1 वायरलेस संचार (Wireless Communication)

परिचय (Introduction)

सभ्यता के आरिम्भक युग में मनुष्य ने दूर संदेश भेजने हेतु अनेक संचार माध्यमों का आविष्कार किया था। समय के साथ-साथ संचार माध्यमों में आवश्यकताओं के अनुसार अनेक सुधार किये गये विद्युत के आविष्कार से संचार तकनीक में चमत्कारी सुधार सम्भव हो सके। मानव ने एक-दूसरे से दूर होने पर भी परस्पर वार्तालाप के दूर के स्थानों के कार्यों की विधियों का आविष्कार किया। संचार की इन सभी विधियों में जिसका Transmission एवं Reception किया जाता है, उसे सूचना कहते हैं। सूचना वह होती है जिसके साथ कोई अर्थ जुड़ा होता है, जैसे एक लिखित संदेश, कोई बोला गया शब्द, कोई चित्र या तस्वीर आदि।

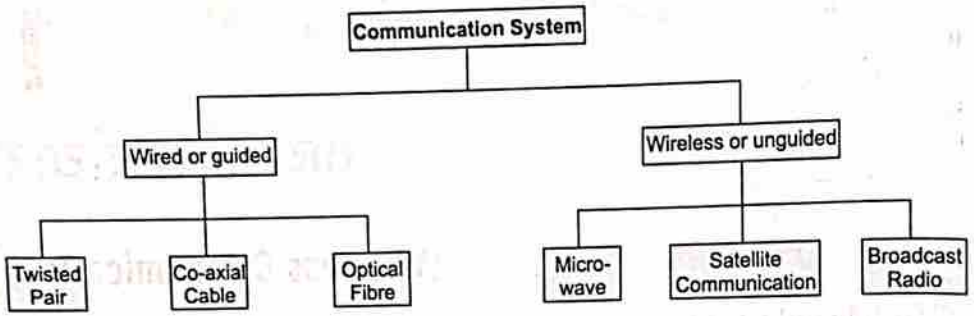
संचरण इंजीनियरिंग (Communication Engineering) क्षेत्र में उन सभी विभिन्न विधियों का अध्ययन किया जाता है, जिनके द्वारा सूचना का संचरण दूर स्थानों पर किया जा सकता है। इस प्रकार संचार इंजीनियरिंग के अन्तर्गत टेलीग्राफी, टेलीफोन, फेसीमाइल, टेलीविजन, टेलीप्रिन्टर टेलेक्स, टेली मीटरिंग, राडार आदि आते हैं। इन सभी पद्धतियों में सूचना के संचरण या वाहन के लिये किसी न किसी प्रकार के विद्युत सिग्नल का उपयोग किया जाता है, उसे ट्रांसमीटर कहते हैं। इसके विपरीत उस यन्त्र को जिसके द्वारा सिग्नल को वांछित मूल सूचना में रूपान्तरित किया जाता है, उसे अभिग्राही या रिसीवर कहते हैं। ट्रांसमीटर तथा रिसीवर को एक-दूसरे से तार के द्वारा जोड़ा जा सकता है। इस अवस्था में सिग्नल ट्रांसमीटर से रिसीवर तक तार के द्वारा संचरण करता है। साधारण टेलीग्राफी तथा टेलीफोनी लाइन या तार संचरण के उदाहरण हैं। यदि ट्रांसमीटर तथा रिसीवर के बीच कोई तार या लाइन न हो तो उस व्यवस्था को हम बेतार या रेडियो संचार या वायरलेस संचार कहते हैं। इस अध्याय में हम विभिन्न प्रकार की संचार प्रणालियों के विषय में अध्ययन करेंगे।

1.1. संचार (Communication)

संचार (Communication) का अर्थ सूचनाओं का आदान-प्रदान करना है। परन्तु ये सूचनाएँ तब तक उपयोगी नहीं हो सकतीं जब तक कि इन सूचनाओं का आदान-प्रदान न हो। पहले सूचनाओं या संदेश को एक स्थान से दूसरे स्थान पर भेजने में काफी समय लगता था किन्तु वर्तमान समय में संदेशों का आदान-प्रदान बहुत ही आसान हो गया है और समय भी कम लगता है। सेटेलाइट व टेलीफोन ने तो सारी दुनिया को एक नगर में बदल दिया है।

कम्युनिकेशन सिस्टम दो प्रकार के होते हैं—वायर्ड या वायरलैस और संचार (Communication) के लिये प्रयोग किया जाने वाला माध्यम गाइडेड या अनगाइडेड हो सकता है। वायर्ड कम्युनिकेशन में सूचना को Transmit या Receive करने के लिये माध्यम एक भौतिक पथ हो सकता है, जैसे Co-axial cables, Twisted Pair Cables और Optical Fiber Links आदि जो एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक प्रचार करने के लिये संकेत का मार्गदर्शन करते हैं।

इस प्रकार के माध्यम को निर्देशित माध्यम (Guided Medium) कहते हैं। दूसरी ओर, वायरलेस संचार (Wireless communication) को किसी भी भौतिक माध्यम की आवश्यकत नहीं होती है, लेकिन यह अंतरिक्ष के माध्यम से सूचना को Transimit व Receive करते हैं, क्योंकि अंतरिक्ष द्वारा बिना किसी मार्गदर्शन के सिग्नल Transmit करना संभव होता है, इसलिये वायरलैस कम्युनिकेशन में उपयोग किये जाने वाले माध्यम को Unguided Medium कहा जाता है।



Different Types of Communication System

1.2. वायरलेस कम्युनिकेशन (Wireless Communication)

आधुनिक युग सूचना तकनीक का युग है। पिछले वर्षों में आई सूचना क्रांति में व्यावसायिक संचार को अत्यधिक और बहुमुखी प्रभावों से परिवर्तित कर दिया है। कम लागत पर तीव्र गति से सूचना के क्षेत्र में उपलब्ध साधनों ने प्राचीन लिखित और औपचारिक संचार को सीधे और औपचारिक संसार में परिवर्तित कर दिया है।

आधुनिक समय में सम्प्रेषण तकनीक का काफी विस्तार हो चुका है। वर्तमान समय में एक ओर व्यवसायों का विकास हो रहा है तो दूसरी ओर सम्प्रेषण तकनीक के भी नये-नये माध्यम विकसित हो रहे हैं। सम्प्रेषण के कुछ आधुनिक साधनों में इंटरनेट, ई-मेल, फैक्स, सेलफोन्स, कम्प्यूटर, पेजर्स इत्यादि प्रमुख हैं। सम्प्रेषण की आधुनिक तकनीक द्वारा संचार हेतु बहुत कम समय लगता है तथा दूरियाँ भी कम हो रही है। संचार की प्रगति की वाणिज्य, उद्योग तथा व्यवसाय इत्यादि क्षेत्रों में विकास में निर्णायक भूमिका है।

वर्तमान में हम इंटरनेट पर देश-विदेश से संचार कर सकते हैं व सेल्युलर फोन की सहायता से यात्रा के समय किसी को भी कहीं भी सन्देश भेजा जा सकता है और यह सब Wireless Communication के माध्यम से संभव हो पाया है।

'वायरलेस संचार' शब्द का विकास 19वीं शताब्दी में हुआ और बाद के वर्षों में वायरलेस संचार तकनीक विकसित हुई है। यह एक Transmitter से दूसरे Receiver पर सूचना प्रसारित करने का सबसे महत्वपूर्ण व आधुनिक माध्यम है। इस तकनीक में किसी भी प्रकार के केवल या तारों या अन्य electronic conductors की आवश्यकता के बिना वायु के माध्यम से सूचना प्रसारित की जा सकती है, जैसे कि विद्युत-चुम्बकीय तरंगों जैसे, आई० आर०, आर० एफ, उपग्रह, आदि का उपयोग करके।

संचार क्षेत्र में वायरलेस communication सबसे तेजी से बढ़ने वाले क्षेत्र है Wireless communication तारों, केबलों या किसी भी भौतिक माध्यम जैसे किसी भी कनेक्शन का उपयोग किए बिना, एक बिन्दु से दूसरे तक सूचना प्रसारित करने की एक विधि है। आमतौर पर, एक संचार प्रणाली में, ट्रांसमीटर से रिसीवर तक सूचना प्रसारित की जाती है, जिसे सीमित दूरी पर रखा जाता है। Wireless communication की सहायता से ट्रांसमीटर और रिसीवर को कुछ मी० (जैसे T.V. Remote Control) से कुछ हजार किलोमीटर (सैटेलाइट Communication) के बीच कहीं भी रखा जा सकता है। हमारे जीवन में आमतौर पर प्रयोग किए जाने वाले अनेक Wireless communication systems हैं—मोबाइल फोन, जी पी एस रिसीवर, रिमोट कंट्रोल, ब्लूटूथ ऑडियो और वाई-फाई आदि हैं।।

1.2.1 वायरलेस कम्युनिकेशन का इतिहास (History of Wirelss Communication)

प्राचीन समय में Signalling के लिए Smoke signals, flags और flashing mirrors का प्रयोग किया जाता था। समय के साथ मनुष्य ने अपनी आवश्यकता व सुविधा के अनुसार संचार के क्षेत्र में अनेक आविष्कार किये।

वर्ष 1897 में, गुग्लिल्मों मार्कोनी ने, 100 मी. की कम दूरी के लिए EM waves Transmit कर वायरलेस टेलीग्राफी का सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया। इस प्रदर्शन ने रेडियो संचार के लिए मार्ग प्रशस्त किया।

वर्ष 1900 के आरंभ में, ट्रांस-अटलांटिक रेडियो प्रसारण स्थापित किया गया, जहाँ मार्कोनी ने मोर्स कोड के रूप में सफलतापूर्वक संदेश प्रसारित किए। तब से वायरलेस संचार और वायरलेस सिस्टम से संबंधित तकनीक तेजी से उन्नत हुई।

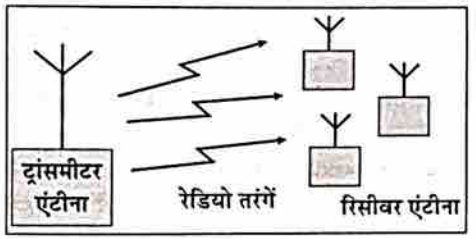
Wireless Communication के विकास के दौरान, अनेक वायरलेस प्रणालियाँ और विधियाँ विकसित हुईं। उदाहरणत: टेलीफोन संचार और टेलीविजन ट्रांसमिशन इसके पश्चात् वायर्ड टेलीफोन प्रणाली को परिवर्तित करने के लिए मोबाइल संचार प्रणाली में तीव्रता से वृद्धि हुई। इस परिदृश्य में, वायर्ड तकनीक पुरानी हो गई और Wireless Communication द्वारा प्रतिस्थापित हो गई।

1.2.2 वायरलेस कम्युनिकेशन के प्रकार (Types of Wireless Communication)

वर्तमान में वायरलेस संचार (Wireless Communication) प्रणाली विभिन्न प्रकार के वायरलेस संचार (Communication) उपकरणों का एक अभिन्न अंग बन गई है, जो उपयोगकर्त्ता को दूरस्थ संचालित क्षेत्रों से भी संवाद करने की अनुमति देती है। Mobiles, cordless telephones, Zigbee wireless technology, GPS, Wi-Fi, satellite television, wireless computer parts, ब्लूटूथ आदि। विभिन्न प्रकार की संचार (Communication) सेवाओं की आवश्यकता के कारण विभिन्न प्रकार के वायरलेस कम्युनिकेशन सिस्टम विकसित हुये है जो इस प्रकार हैं—

- Television and Radio Broadcasting
- Satellite Communication
- Radar
- Mobile Telephone System (Cellular Communication)
- Global Positioning System (GPS)
- Infrared Communication
- WLAN (Wi-Fi)
- Bluetooth
- Paging
- Radio Frequency Identification (RFID)

(i) Television and Radio Broadcasting—रेडियो संचार के प्रसारण के लिए प्रथम वायरलेस सेवा माना जाता है। यह एक सिम्प्लेक्स कम्युनिकेशन सिस्टम है जहाँ सूचना केवल एक दिशा में प्रेषित होती है और सभी उपयोगकर्त्ता समान डेटा प्राप्त करते है। पहली वायरलेस कम्युनिकेशन तकनीक व्याप्त उपयोग हेतु open radio communiation है जो वर्तमान में भी उपयोग की जा रही है। आसान मल्टीचैनल रेडियो एक user को कम दूरी पर वार्तालाप की अनुमति प्रदान करते हैं। रेडियो आवृत्ति स्पेक्ट्म पर डिजिटल जानकारी भी संचारित कर सकते हैं।



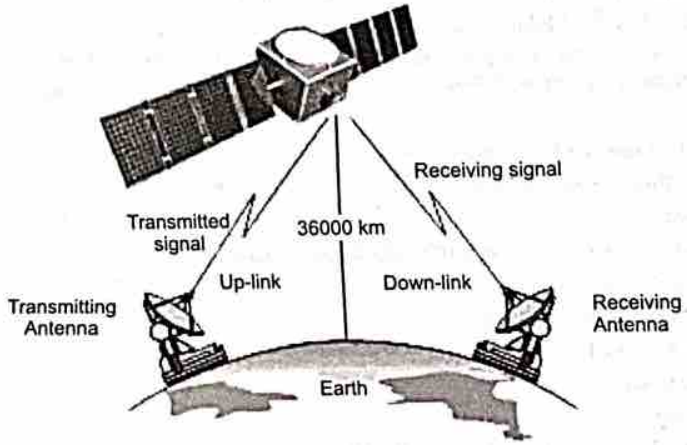
एक ऑडियो प्रसारण सेवा, रेडियो तरेगों के रूप में आवाज को वायु के माध्यम से प्रसारित करती है। रेडियो एक

ट्रांसमीटर का उपयोग करता है जो रेडियो तरंगों के रूप में डेटा को एक रिसीवर एंटीना द्वारा संचारित करने के लिए उपयोग किया जाता है।

सामान्य प्रोग्रामिंग को प्रसारित करने हेतु स्टेशन रेडियो नेटवर्क के साथ जुड़े हुए होते हैं। रेडियो प्रसारण केबल, FM, नेट और उपग्रहों के माध्यम से किया जाता है। एक प्रसारण 2 Mbps (AM/FM) तक लंबी दूरी पर इन्फॉर्मेशन भेजता है।

रेडियो तरंगें विद्युत चुम्बकीय सिग्नल हैं, जो एक एंटीना द्वारा ट्रांसमीट होती हैं। इन तरंगों में पूरी तरह से अलग आवृत्ति बैण्ड होते हैं और एक आवृत्ति खंड से एक ऑडियो सिग्नल प्राप्त किया जा सकता है।

(ii) Satellite Communication—सैटेलाइट कम्युनिकेशन सिस्टम एक महत्वपूर्ण वायरलेस कम्युनिकेशन है। सैटेलाइट कम्युनिकेशन नेटवर्क जनसंख्या घनत्व के लिए दुनिया भर में स्वतंत्र कवरेज प्रदान करते है। सैटेलाइट कम्युनिकेशन सिस्टम दूरसंचार (Communication) (सैटेलाइट फोन), पोजिशनिंग और नेविगेशन (जीपीएस), प्रसारण, इंटरनेट, आदि जैसे—अन्य वायरलेस सेवाएँ जैसे मोबाइल, टेलिविजन प्रसारण और अन्य रेडियो सिस्टम सैटेलाइट कम्युनिकेशन सिस्टम पर निर्भर है।



Satellite Communication

सैटेलाइट कम्युनिकेशन प्रणाली में सुदूर आकाश में एक कम्युनिकेशन सैटेलाइट तथा ग्राउन्ड पर अनेक भू-स्टेशन (Earth stations) होते हैं। भू-स्टेशन, सैटेलाइट के माध्यम से कम्युनिकेशन करते हैं। ये मल्टीचैनल माइक्रोवेव रिपीटर के समान ही होते हैं। सैटेलाइट पृथ्वी के चारों ओर, भूमध्य रेखा (Equator) के ऊपर 36,000 km की दूरी पर परिभ्रमण करता है, तथा पृथ्वी की कोणीय गति (Angular velocity) के बराबर गति पर घूमता है। दूसरे शब्दों में सैटेलाइट पृथ्वी के सापेक्ष स्थिर होता है। अत: इसे भू-स्थिर (geostationary) कहा जाता है। सैटेलाइट में पृथ्वी से सिग्नलों को रिसीव तथा ट्रांसमिट करने के लिए उपकरण होते हैं। इस प्रकार यह लम्बी दूरी के कम्युनिकेशन में प्रयुक्त किया जा सकता है।

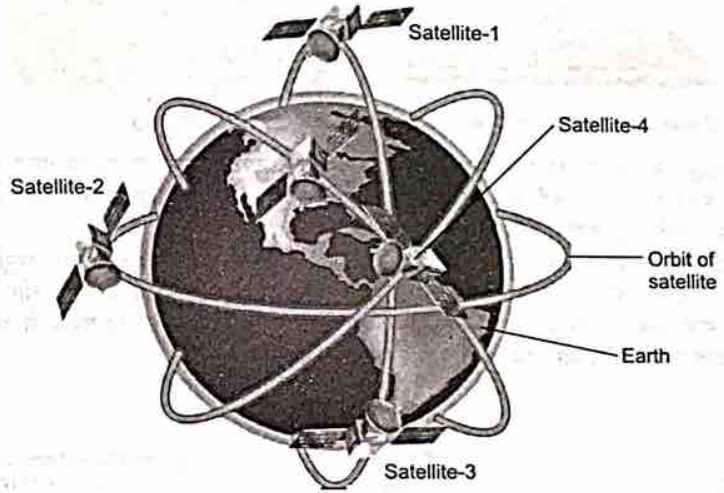
भू-स्टेशन, रेडियो फ्रीक्वैन्सी कैरियर द्वारा सैटेलाइट की ओर सिग्नल ट्रांसमिट करता है तथा सैटेलाइट से रिले किये गये अन्य भू-स्टेशनों के कैरियर्स सिग्नल रिसीव करता है।

(iii) Cellular—एक Cellular network में Encrypted radio links का प्रयोग किया जाता है जिसे modulate किया जाता है जिससे ये अनेक Users को एक ही समय में एक साथ संचार करने की अनुमति देता है। वायरलैस टेलीफोन दो प्रकार के होते हैं—कॉर्डलैस फोन्स (Cordless Phone) तथा मोबाइल फोन्स। मोबाइल फोन्स को सैल फोन्स भी कहते है। कॉर्डलैस फोन प्रणाली में एक बेस स्टेशन तथा एक हैण्ड सैट होता है जिसे घर के अन्दर

प्रयुक्त किया जाता है। इसका उपयोग नेटवर्किंग में नहीं किया जाता है। इसके विपरीत मोबाइल प्रणाली का उपयोग एक बड़े क्षेत्र में, टेलीफोनी तथा डाटा कम्युनिकेशन के लिए किया जाता है।

मोबाइल कम्युनिकेशन द्वारा उन व्यक्तियों के मध्य सम्पर्क किया जा सकता है, जब वे घूम रहे (mobile) हों। इस प्रणाली में सम्पूर्ण भौगोलिक क्षेत्र को (Geographic area) छोटे-छोटे सैल्स (Cells) में विभाजित कर दिया जाता है। सैल सामान्यत: षट्कोणीय आकार (Hexagonal) के होते है। प्रत्येक सैल का अपना बेस स्टेशन होता है। इसमें ट्रांसमीटर तथा रिसीवर लगे होते हैं। सैल के अन्दर घूमने वाले मोबाइल सब्सक्राइबर का सम्पर्क सैल के बेस स्टेशन से बना होता है। सैल की सभी कॉल, बेस स्टेशन से उसी प्रकार रूट की जाती है, जैसे कि सामान्य टेलीफोन प्रणाली में लोकल एक्सचेंज द्वारा की जाती है।

(iv) Global Positioning System (GPS)—जीपीएस पूर्णत: उपग्रह संचार (Communication) की एक उपश्रेणी है। जीपीएस रिसीवर और उपग्रहों की सहायता से विभिन्न वायरलेस सेवाएँ जैसे—नेविगेशन, पोजिशनिंग, स्थान, गति आदि प्रदान करता है।



Global Positioning System (GPS)

GPS एक अति आधुनिक ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम हैं जिसमें स्प्रैड स्पैक्ट्रम टेक्नोलॉजी का उपयोग किया जाता है। GPS को मुख्य रूप से सैनिक कार्यों (Military) के लिए डिजाइन किया गया था। वर्तमान में GPS को सामान्य (Civilian life) में भी व्यापक रूप से प्रयुक्त किया जा रहा है। उदाहरणत: जलयान एवं वायुयान (Ship and Aircraft) नेविगेशन सर्वे तथा अन्य भौगोलिक अध्ययन। GPS प्रणाली द्वारा किसी व्यक्ति की पृथ्वी पर कहीं भी स्थिति (Latitude, longitude तथा altitude) को एक इंच तक की यथार्थता (Accuracy) से ज्ञात किया जा सकता है। मनुष्य अपने वेग को भी ज्ञात कर सकता है जिससे वह गति कर रहा है।

(v) Infrared Communication—इन्फ्रारेड कम्युनिकेशन हमारे दैनिक जीवन में एक और आमतौर पर प्रयोग किया जाने वाला वायरलेस कम्युनिकेशन है, यह इलैक्ट्रोमैग्नेटिक (EM) स्पेक्ट्रम की अवरक्त तरंगों का उपयोग करता है। इन्फ्रारेड (IR) संचार (Communication) का उपयोग टेलीविजन, कार, ऑडियो उपकरण आदि के रिमोट कंट्रोल में किया जाता है।

इन्फ्रारेड वायरलेस कम्युनिकेशन IR विकिरण के माध्यम से एक उपकरण या प्रणालियों में इन्फॉर्मेशन भेजता है। IR एक तरंगदैर्ध्य पर विद्युत-चुम्बकीय ऊर्जा है जो लाल लाइट की तुलना में लम्बी है। इसका उपयोग सेक्यूरिटी कंट्रोल, टीवी रिमोट कंट्रोल और शॉर्ट रेंज कम्युनिकेशन के लिए किया जाता है। विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में IR रेडिएशन माइक्रोवेव और

दृश्य प्रकाश के बीच स्थित है। इसलिए, उनका उपयोग कम्युनिकेशन के स्रोत के रूप में किया जा सकता है।

एक सफल इन्फ्रारेड कम्युनिकेशन के लिए, एक फोटो एलईडी ट्रांसमीटर और एक फोटो डायोड रिसेप्टर की आवश्यकता होती है। एलईडी ट्रांसमीटर आई आर सिग्नल और गैर-दृश्यमान प्रकाश के रूप में प्रसारित करता है।

(vi) Bluetooth Technology इसका प्रयोग अलग-अलग Electronic devices के साथ Connect होने के लिए किया जाता है। एक बार Connect हो जाने के बाद आसानी से data send और receive कर सकते हैं। Cell phones को hands-free Earphones के साथ Connect किया जा सकता है।

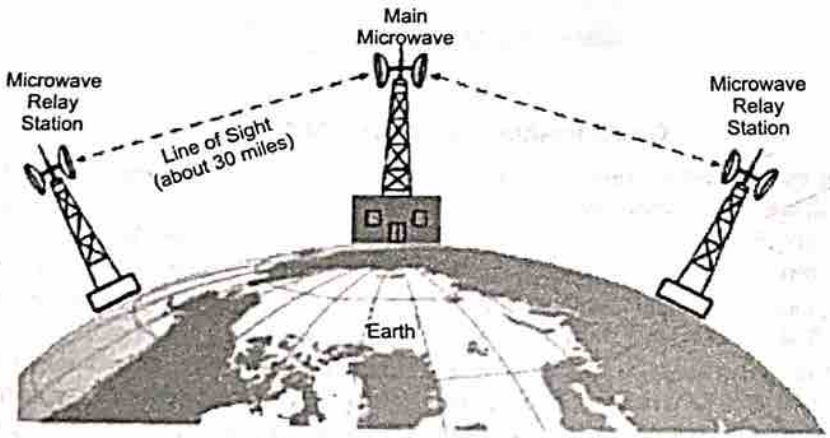
Bluetooth mouse wireless keyboard इस technology का एक व्यापक उदाहरण है।

Bluetooth Wireless Communication

Paging

(vii) Paging—यद्यपि यह तकनीक मोबाइल फोन के आने के उपरान्त लुप्त हो गई हो परन्तु मोबाइल फोन के व्यापक प्रसार से पहले पेजिंग एक बड़ी सफलता थी। पेजिंग संदेशों के रूप में जानकारी प्रदान करता है, और यह एक सिम्प्लेक्स सिस्टम है यानी उपयोगकर्त्ता इसके द्वारा केवल संदेशों को प्राप्त कर सकता है।

(viii) माइक्रोवेव कम्युनिकेशन (Microwave Communication)—माइक्रोवेव वायरलेस कम्युनिकेशन का एक प्रभावी प्रकार का कम्युनिकेशन है, मुख्य रूप से यह ट्रांसमिशन रेडियो तरंगों का उपयोग करते हैं, और रेडियों तरंगों की तरंगदैर्ध्य cm में मापी जाती है। इस प्रकार के कम्युनिकेशन में, डेटा या इन्फॉर्मेशन को दो प्रकार से स्थानान्तरित किया जा सकता है—पहला उपग्रह के माध्यम सेद्ध और दूसरा स्थलीय माध्यम से।



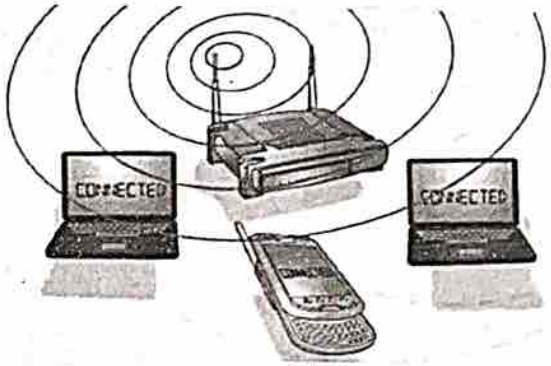
Microwave Communication

सैटेलाइट या उपग्रह पृथ्वी से 22,300 मील ऊपर स्थित है। पृथ्वी पर स्टेशन 11 GHz-14 GHz से फ्रीक्वेंसी के साथ और 1 Mbps से 10 Mbps की ट्रांसमिशन गति के साथ उपग्रह से डेटा सिग्नल Transmit और Receive करते हैं। स्थलीय विधि में, दो माइक्रोवेव टॉवर का उपयोग किया जाता है जिनके मध्य एक स्पष्ट सीधी (Virtual) रेखा हो

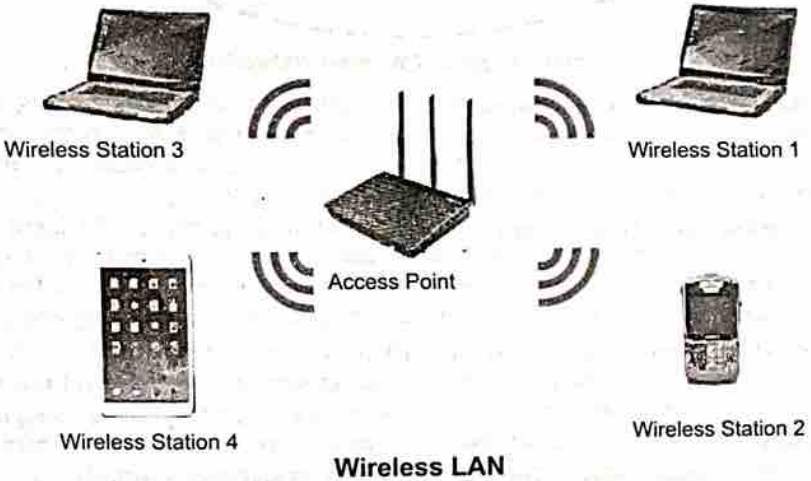
और यह सुनिश्चित किया जाता है कि इस सीधी लाइन के बीच किसी भी प्रकार की बाधा नहीं आ रही हो। यही कारण है कि इसका प्रयोग अधिकतर गोपनीयता के उद्देश्य से किया जाता है। स्थलीय प्रणाली की फ्रीक्वेंसी रेंज आमतौर पर 4 GHz-6 GHz है और ट्रांसमिशन गति 1 Mbps से 10 Mbps होती है।

माइक्रोवेव सिग्नल का मुख्य अवगुण यह है कि ये खराब मौसम द्वारा विशेष रूप से अधिक प्रभावित होते हैं जिसके कारण संचार प्रभावित होता है।

(ix) वाई-फाई (Wi-Fi)—वाई-फाई एक निम्न शक्ति वाला वायरलेस कम्युनिकेशन सिस्टम है, जिसका उपयोग विभिन्न इलेक्ट्रॉनिक डिवाइसेस जैसे स्मार्ट फोन, लैपटॉप आदि द्वारा किया जाता है। इस सेटअप में, एक राउटर वायरलेस प्रकार से कम्युनिकेशन हब के रूप में कार्य करता है। ये नेटवर्क यूजर्स को केवल एक राउटर के निकटता से कनेक्ट करने की अनुमति प्रदान करते हैं। वाई-फाई नेटवर्किंग एप्लीकेशन्स में बहुत अधिक प्रयोग किये जाने वाला सिस्टम है जिसमें पोर्टेबिलिटी और वायरलेस दोनों सुविधाएँ एक साथ सम्मिलित हैं। इन नेटवर्क्स को सुरक्षा के उद्देश्य से पासवर्ड से सुरक्षित करने की आवश्यकता होती है, अन्यथा यह अन्य unauthorised यूजर्स द्वारा एक्ससे किये जा सकते हैं।



Wi-Fi



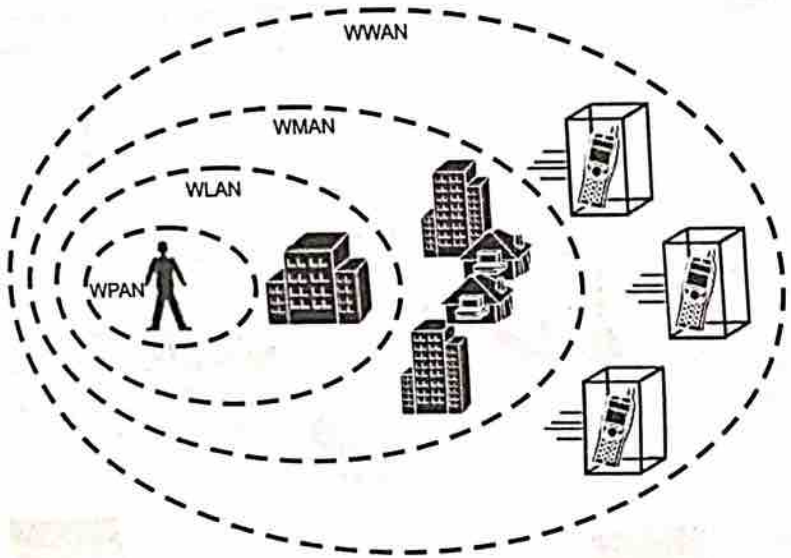
Wireless LAN

(x) Wimax—Wimax का पूरा नाम Worldwide interoperability for Microwave Access है। Wimax एक वायरलेस कम्युनिकेशन टेक्नोलॉजी है। इसकी रेंज बहुत अधिक लगभग 50 km तक हो सकती है। Wimax में encryption तथा decryption कार्यप्रणालियों का प्रयोग किया जाता है। Wimax Time Division Duplexing (TDD) तथा Frequency Division Duplexing (FDD) को support करता है। एक स्टेशन पर हजारों उपभोक्ताओं को Wimax अपनी सेवा प्रदान करता है।

WI MAX

(xi) Different types of wireless Network—

a. WPAN b. WLAN c. WMAN d. WWAN



Different Types of Wireless Networks

(a) Wireless Personal Area Network (WPAN)—WPAN एक अन्य वायरलेस तकनीक है जो आमतौर पर किसी व्यक्ति की पहुँच के भीतर, एक छोटी-सी अवधि में उपकरणों को एकजुट करती है। इन्फ्रारेड (आई०आर०), ब्लूटूथ WPAN के उदाहरण है। ये लगभग 30 फीट के क्षेत्र में निजी उपकरणों की कनेक्टिविटी को प्रदान करते हैं। हालांकि, आई०आर० को साइट की सीधी रेखा की आवश्यकता है और सीमा कम है।

(b) Wireless Local Area Network (WLAN)—उपभोगकर्त्ताओं को एक वायरलेस वितरण पद्धति का उपयोग करके दो या अधिक उपकरणों को जोड़ने की अनुमति प्रदान करता है जो व्यापक इंटरनेट तक Access Point के माध्यम से कनेक्शन प्रदान करते हैं। यह अपने उपयोगकर्त्ताओं को स्थानीय क्षेत्र को कवर करने के लिए गतिशीलता प्रदान करता है। इसका प्रयोग विश्वविद्यालय परिसर, पुस्तकालय या कैंटीन, छोटे कार्यालयों या घर में किया जाता है।

(c) Wireless Metropolitan Area Network (WMAN)—यह अनेक वायरलेस LAN को एक साथ जोड़ने की अनुमति प्रदान करता है। WMAN नेटवर्किंग तकनीक को वायरलेस लोकल लूप (WLL) के रूप में भी जाना जाता है। यह दो या दो से अधिक टर्मिनलों (नोड्स) के मध्य एकल पहुँच बिन्दु (Single access point) की सहायता से 40 km तक के क्षेत्र में संचार की अनुमति प्रदान करता है। सबसे प्रसिद्ध WMAN वायरलेस नेटवर्किंग तकनीक में वाइमैक्स (Wimax), माइक्रोवेव एक्सेस के लिए उपयोगकर्त्ता इंटरऑपरेबिलटी सम्मिलित है।

(d) Wireless Wide Area Network (WWAN)—WWAN वायरलेस नेटवर्क्स एक वाइड एरिया प्रकार के नेटवर्क है जो बड़े क्षेत्रों, जैसे कि समीपस्थ कस्बों, शहरों या देशों के मध्य संचार बनाये रखने के लिए प्रयोग किये जाते हैं। WWAN में एक से अधिक उपग्रह सिस्टम या एन्टेना साइट्स का उपयोग किया जाता है। इसमें प्रयुक्त प्रकार सिस्टम को 2G, 3G, 4G के रूप में भी जाना जाता है। WWAN सेवाओं को आमतौर पर स्मार्टफोन और सेलुलर सेवा प्रदाताओं द्वारा बेचे जाने वाले अन्य पोर्टेबल उपकरणों को दिया जाता है। WWAN में जीएसएम (GSM), यूएमटीएस (UMTS), सीडीएमए वन (CDMA)/सीडीएमए 2000 (CDMA-2000) आदि सम्मिलित हैं।

1.2.3 वायरलेस कम्युनिकेशन के लाभ (Advantages of wireless Communication)

Wireless Communication के अनेक लाभ होते हैं, जिनमें से कुछ लाभ निम्नलिखित हैं—

(1) Cost—Physical infrastructure जैसे कि Wires, Cables को install करना और इनमें दूसरे Infrastructure की लागत Wireless systems में न के बराबर होती है। अत: इनमें Overall cost wired system के सापेक्ष बहुत कम होती है। Wired System की तुलना में Wireless System अधिक सहज होते है।

(2) Mobility—ये हमें ज्यादा Mobility प्रदान करते हैं। आशय यह है कि newtwork के साथ Connect होकर भी हम गति मान अवस्था में इसका प्रयोग कर सकते हैं।

(3) Ease of Installation—इस प्रकार के Network को आसानी से Install किया जा सकता है क्योकि इनमें किसी भी प्रकार के Hardware जैसे Cables आदि का प्रयोग अधिक नहीं होता साथ-में इसे Setup करने में बहुत कम समय लगता है।

(4) Reliability—चूँकि इसमें कोई भी Cables और Wires का प्रयोग नहीं होता है इसलिए Wirelss communication में किसी प्रकार के Fault या Failure की सम्भावना बहुत ही कम होती है। किसी भी प्राकृतिक विपदा आने पर Wireless system में खराबी होने की सम्भावनाएँ कम होती हैं।

(5) प्राकृतिक Disaster की Recovery—किसी भी प्राकृतिक Disaster जैसे कि Fire, Floods या कोई Disasters इसमें Communication infrastructure की Loss बहुत ही कम होती है जिससे Recovery cost भी बहुत कम होती है।

(6) Fast data Transmission—किसी अन्य Communication की तुलना में इसका Rate of data transmission बहुत Fast होता है।

(7) Wireless—सिग्नल में से शोर तथा विरूपण (Noise and Distortions) को सरलता से अलग (Remove) किया जा सकता है।

(8) Wireless सिग्नल में त्रुटियाँ हैं कि नहीं इसका सरलता से पता (Detect) किया जा सकता है तथा कुछ Bites की त्रुटि को ठीक करने की कई तकनीक भी हैं जिनके द्वारा इन्हें correct किया जा सकता है।

(9) Wireless सिग्नल में त्रुटि का आयाम कम से कम हो, इस प्रकार के परिपथी (प्रवर्धक इत्यादि) का निर्माण सम्भव है।

(10) Wireless कम्युनिकेशन में मल्टीप्लेक्सिंग एवं स्विचिंग प्रक्रिया अति सरल है, जैसे कि Wireless सिग्नलों की समय-विभाजक मल्टीप्लेक्सिंग (TDM) बहुत ही सरल है तथा विभिन्न प्रकार के सिग्नलो (उदाहरण स्वर (Voice) एवं डाटा इत्यादि) को मल्टीप्लेक्स करने के पश्चात् केवल एक चैनल द्वारा ट्रांसमिट किया जा सकता है।

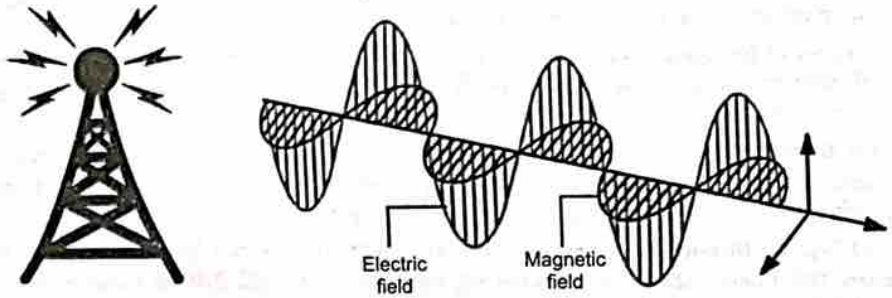
1.3. विद्युत-चुम्बकीय तरंगें (Electromagnetic Waves)

भूमिका (Introduction)

हम यह जानते है कि वैद्युत धारा चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है तथा दो धारावाही तार परस्पर एक-दूसरे पर चुम्बकीय बल आरोपित करते हैं। समय के साथ परिवर्तनशील चुम्बकीय क्षेत्र वैद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है। मैक्सवेल ने वैद्युत व चुम्बकीय क्षेत्रों के बीच की सममिति को नोट किया तथा यह परिकल्पना की कि यदि परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र

वैद्युत क्षेत्र उत्पन्न कर सकता है तो परिवर्ती वैद्युत क्षेत्र अवश्य ही चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करेगा। स्थिर आवेश केवल विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है जबकि एक समान वेग से गतिशील आवेश विद्युत क्षेत्र के साथ-साथ चुम्बकीय क्षेत्र भी उत्पन्न करता है। परन्तु यह चुम्बकीय क्षेत्र समय के साथ परिवर्तित नहीं होता। अत: विद्युत-चुम्बकीय तरंगों का उत्पादन नहीं होता त्वरित आवेश से ही विद्युत-चुम्बकीय तरंगों का उत्पादन संभव है अर्थात् जब विद्युत क्षेत्र एवं चुम्बकीय क्षेत्र किसी आवृत्ति के साथ दोलन करते हैं, तो विद्युत-चुम्बकीय तरंगों का उत्पादन होता है।

यदि कोई आवेश किसी आवृत्ति मे दोलन करता है तथा यह आवेश एक दोलनी विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है, यह दोलनी विद्युत क्षेत्र एक दोलनी चुम्बकीय क्षेत्र को उत्पन्न करता है जो वापस दोलनी विद्युत क्षेत्र को संपोषित करता है, यदि प्रक्रिया चलती रहती है तथा विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की आवृत्ति वही होती है तो त्वरित गति करते हुए आवेशित कण की होती है। यदि म पीले प्रकाश की उत्पत्ति करना चाहते हैं, तो त्वरित आवेश की आवृत्ति पीले प्रकाश की आवृत्ति 6×10^{14} के बराबर होनी चाहिए, परन्तु आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक परिपथों की अधिकतम आवृत्ति 10^{11} Hz है, अत: उन तरंगों का उत्पादन संभव नहीं है जिनकी आवृत्ति 10^{11} Hz से अधिक हो अत: केवल रेडियो तरंगें सूक्ष्म तरंगों का उत्पादन ही संभव हो पाया।



EM Wave

1.3.1 इतिहास (History)

विद्युत-चुम्बकीय तरंगों का प्रायोगिक उत्पादन सबसे पहले हर्ट्ज ने किया परन्तु हर्ट्ज द्वारा प्राप्त विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की तरंगदैर्ध्य अधिक होने के कारण इनका संचरण अधिक दूरी तक संभव नहीं हो सका। हर्ट्ज के सात साल बाद भारतीय वैज्ञानिक जगदीशचन्द्र वसु ने हर्ट्ज की तुलना मे कम तरंगदैर्ध्य (25 मिलीमीटर में 5 मिलीमीटर तक) की विद्युत-चुम्बकीय तरंगें प्राप्त हुईं तथा इन्हें हर्ट्ज की तुलना में अधिक दूरी तक भेजना संभव हुआ परन्तु ये तरंगें भी प्रयोगशाला से बाहर नहीं जा सकीं। इसके कुछ समय पश्चात् मार्कोनी ने विद्युत-चुम्बकीय तरंगों को कई किलोमीटर दूरी तक भेजने में सफलता प्राप्त की तथा मार्कोनी के योग के बाद ही संचार क्षेत्र में क्रान्ति आयी।

1.3.2 मैक्सवेल के समीकरण (Maxwell's Equations)

वैद्युत व चुम्बकीय क्षेत्रों तथा इनके स्रोतों-आवेश एवं धारा घनत्व को सम्मिलित कर समीकरणों का एक समुच्चय सूत्रबद्ध किया, जिन्हें मैक्सवेल समीकरण कहते हैं। इन समीकरणों के आधार पर मैक्सवेल ने विद्युत-चुम्बकीय तंरगों के अस्तित्व की भविष्यवाणी की।

(1) विद्युत का गौस का नियम (Gauss Law of Electricity)—इसके अनुसार, किसी बन्द पृष्ठ से बद्ध विद्युत फ्लक्स पृष्ठ द्वारा घिरे नेट आवेश का $\frac{1}{\varepsilon_0}$ गुना होता है। अर्थात्

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A}=\frac{q}{\varepsilon_0}$$

q पृष्ठ क्षेत्रफल A द्वारा घिरा हुआ कुल आवेश है। यह मैक्सवेल की प्रथम समीकरण कहलाता है। इस समीकरण में q, $\vec{E}$ का स्रोत है। यह समीकरण स्थिर तथा गतिमान दोनों प्रकार के आवेशों के लिये सत्य है।

(2) चुम्बकत्व का गौस का नियम (Gauss'Law of Magnetism)—इसके अनुसार, किसी बन्द पृष्ठ से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स सदैव शून्य होता है, अर्थात्

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A}=0$$

यह मैक्सवेल का द्वितीय समीकरण है। यह नियम दर्शाता है कि प्रकृति में स्वतन्त्र चुम्बकीय ध्रुव का कोई अस्तित्व नहीं है।

(3) विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण का फैराडे का नियम (Faraday's Law of Electromagnetic Induction)—इसके अनुसार, किसी बन्द परिपथ में प्रेरित वि०वा० बल परिपथ से बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन की पर का ऋणात्मक होता है। अर्थात्

$$e=\frac{-d\phi_B}{dt}$$

यदि पृष्ठ की सीमा रेखा पर लम्बाई के खण्ड $d\vec{l}$ की स्थिति पर वैद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ हो, तो वि० वा० बल

$$e=\phi\vec{E}\cdot d\vec{l}$$

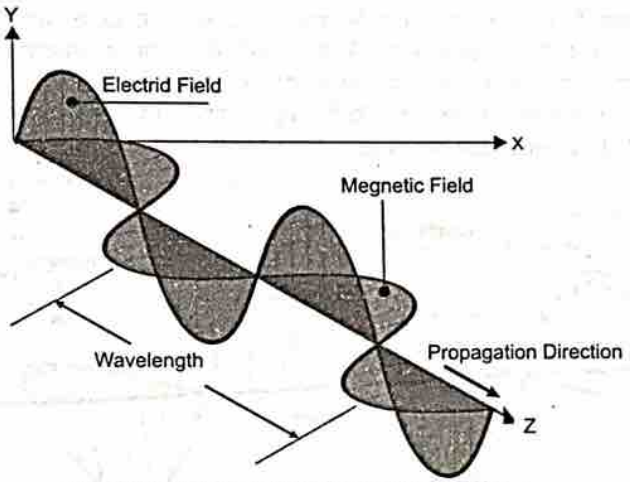
$$\therefore \quad \oint\vec{E}\cdot d\vec{l}=\frac{-d\phi_B}{dt}$$

इससे यह स्पष्ट है कि परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र, वैद्युत क्षेत्र उत्पन्न करते हैं।

(4) ऐम्पियर-मैक्सवेल परिपथीय नियम (Ampere-Maxwell's Circuital Law)—इसके अनुसार, किसी बन्द परिपथ की सीमा के अनुदिश चुम्बकीय क्षेत्र का रेखीय समाकल (line integral) चालन धारा तथा विस्थापन धारा के योग का μ_0 गुना होता है। अर्थात्

$$\oint\vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0(i_c+i_d)$$

जहाँ $i_d=\varepsilon_0\frac{d\phi_E}{dt}$



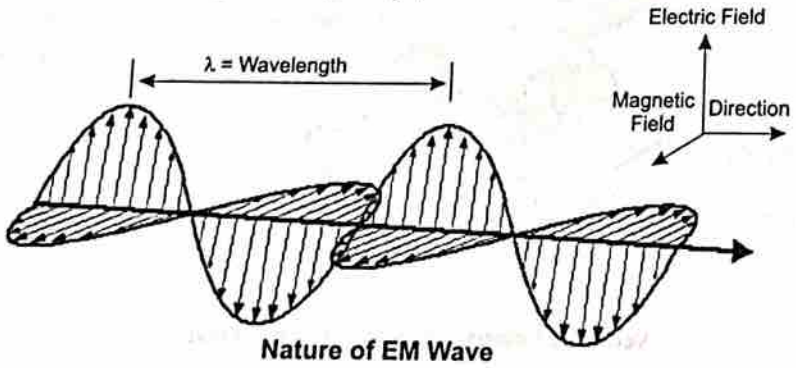
Vertically Polarized Electromagnetic Wave

इन तरंगों में विद्युत क्षेत्र E तथा चुम्बकीय क्षेत्र B परस्पर लम्बवत् तथा तरंग के संचरण की दिशा के लम्बवत् होते हैं। इन तरंगों के संचरण के लिये माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है, अर्थात् विद्युत-चुम्बकीय तरंगे निर्वात में होकर चल सकती हैं। मैक्सवेल ने गणनाओं द्वारा यह स्थापित किया कि विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की चाल 3.0×10^8 m/sec है जो कि निर्वात में प्रकाश की चाल है। इस आधार पर यह सत्यापित हो गया कि प्रकाश विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप में संचारित होता है।

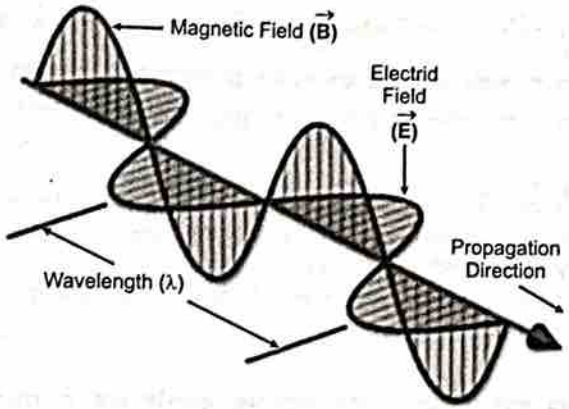
1.3.3 सिद्धान्त (Principle)

जिस प्रकार भौतिकी में मूल राशियों की व्युत्पत्ति संभव नहीं है, इसी प्रकार अनेक ऐसे मूल नियम जैसे न्यूटन के गति के नियम, गुरुत्वाकर्षण, ऊष्मागतिकी के नियम, कूलॉम नियम आदि हैं, जिनकी व्युत्पत्ति संभव नहीं है परन्तु वे अनेक प्रायोगिक परिणामों की सफल व्याख्या करते हैं। इसी प्रकार विद्युत-चुम्बकी में गॉस का नियम, ऐम्पियर का नियम और फैराडे के प्रेरण के नियम ऐसे मूल नियम हैं जिनके द्वारा सम्पूर्ण विद्युत-चुम्बकीय घटनाओं की व्याख्या की जा सकती है। सन् 1873 में जेम्स क्लार्क मैक्सवेल ने इन नियमों को अधिक व्यापक रूप देते हुए उन्हें अवकल समीकरण के रूप में प्रस्तुत किया। ये समीकरण इतने अद्‌भुत हैं कि इनके द्वारा प्रकाश (विकिरण) विद्युत और चुम्बकत्व का एक प्रकार से एकीकरण हो गया तथा यह समीकरण अनेक विद्युत-चुम्बकीय युक्तियों जैसे—मोटर, रडार, कम्प्यूटर, टेलीविजन आदि की कल्पनाओं का स्रोत सिद्ध हुए।

- मैक्सवेल समीकरणों के संयोजन से प्राप्त अनेक महत्वपूर्ण परिणामों में से एक विद्युत और चुम्बकीय क्षेत्र वेक्टरों की स्थिति और समय के साथ परिवर्तनों में सहसम्बन्ध था। यह सम्बन्ध उसी प्रकार प्राप्त होता है, जैसा कि तरंग गति में उसके किसी लाक्षणिक गुण का होता है। इस प्रकार मैक्सवेल समीकरणों से विद्युत क्षेत्र (E) वेक्टर और चुम्बकीय क्षेत्र (B) वेक्टर के लिए तरंग समीकरण प्राप्त होते हैं।
- E और B परस्पर सम्बन्धित होते है। चुम्बकीय क्षेत्र (B) के समय के साथ परिवर्तन से विद्युत क्षेत्र (E) उत्पन्न होता है और विद्युत क्षेत्र (E) के समय के साथ परिवर्तन से चुम्बकीय क्षेत्र (B) उत्पन्न होता है। स्पष्ट है कि इन सदिशों में एक का समय के साथ परिवर्तन दूसरे का स्रोत है और ये परिवर्तन किसी एक बिन्दु पर सीमित नहीं रहते बल्कि आकाश में तरंग रूप में संचरित होते हैं। इन्हीं तरंगों को विद्युत-चुम्बकीय तरंगें (Electromagnetic waves) कहते हैं।
- मैक्सवेल समीकरणों से प्राप्त तरंग समीकरणों को हल करके जब निर्वात में इन तरंगों का वेग ज्ञात किया गया तो यह निर्वात में प्रकाश के वेग (3×10^8 m/s) के बराबर प्राप्त हुआ। ये तरंगें यांत्रिक तरंगों से भिन्न होती हैं। इनके संचरण के लिए किसी भी माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है अर्थात् ये निर्वात में भी गमन कर सकती हैं। प्रकाश तरंगों और विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के गुणों में समानता के आधार पर मैक्सवेल ने एक नए सिद्धान्त का प्रतिपादन किया जिसे प्रकाश का विद्युत चुम्बकीय सिद्धान्त (Electromagnetic theory of light) कहते हैं।



Nature of EM Wave



1.3.4 विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के अभिलक्षण (Characteristics of Electromagnetic Waves)

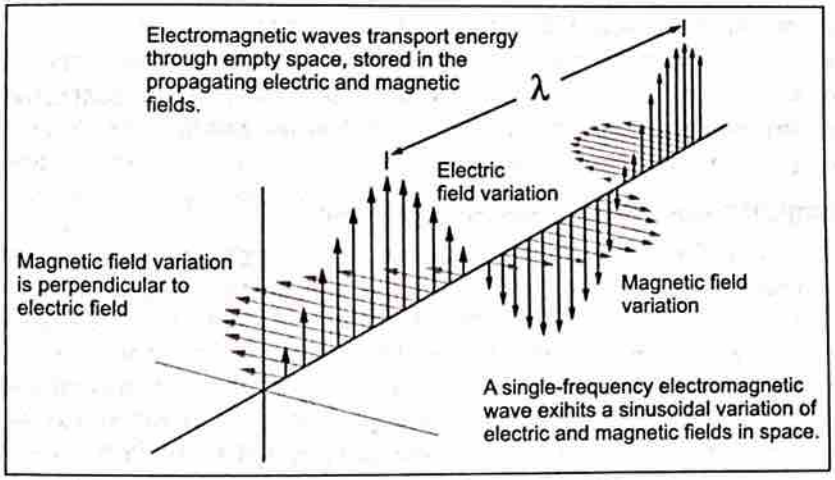
(1) विद्युतचुम्बकीय तरंगें त्वरित आवेश द्वारा उत्पन्न की जाती हैं।

(2) इन तरंगों के संचरण के लिये किसी पदार्थिक माध्यम की आवश्यकता नहीं होती।

(3) ये तरंगें निर्वात् अथवा मुक्त स्थान में $1/\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}$ वेग से चलती हैं जिसका मान प्रकाश की चाल के बराबर होता है।

(4) वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों के परिवर्तनों की दिशायें परस्पर लम्बवत् होती हैं तथा संचरण की दिशा के भी लम्बवत् होती हैं। इस प्रकार, विद्युतचुम्बकीय तरंगों की प्रकृति अनुप्रस्थ होती है।

माना कि समतल विद्युत-चुम्बकीय तरंग X-दिशा में गतिमान है, वैद्युत क्षेत्र Y-दिशा में तथा चुम्बकीय क्षेत्र Z-दिशा में है।



तब वैद्युत क्षेत्र $\vec{E}=E_Y\,\hat{j}=E_0\sin(\omega t-kx)\,\hat{j}$ तथा $E_X=E_Z=0$

एवं चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}=B_z\,\hat{k}=B_0\sin(\omega t-kx)\,\hat{k}$ तथा $B_X=B_Y=0$

ये दोनों क्षेत्र समय के सापेक्ष सदैव एक ही कला में कम्पन करते हैं, परन्तु इनके बीच $\frac{\pi}{2}$ का कलान्तर होता है, अर्थात् यदि वैद्युत क्षेत्र Y-अक्ष के अनुदिश है तो चुम्बकीय क्षेत्र Z-अक्ष के अनुदिश होता है। अत: ऊर्जा संचरण की दिश तथा इन क्षेत्रों के कम्पनों की दिशा के बीच $\frac{\pi}{2}$ का कलान्तर होता है।

(5) वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों में परिवर्तन साथ-साथ होते हैं तथा क्षेत्रों के महत्तम मान E_0 व B_0 एक ही स्थान पर तथा एक ही समय होते हैं। क्षेत्रों के महत्तम मानों का अनुपात $E_0 / B_0 = C$, जहाँ C निर्वात् में वैद्युतचुम्बकीय तरंग की चाल है।

(6) निर्वात् में किसी बिन्दु पर किसी क्षण इन तरंगों के वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों के परिणामों का अनुपात $\frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = C$ होता है।

(7) विद्युतचुम्बकीय तरंगों में ऊर्जा, औसतन वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों के बराबर-बराबर विभाजित होती है।

(8) निर्वात् में, औसत वैद्युत ऊर्जा घनत्व $u_e = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$ तथा औसत चुम्बकीय ऊर्जा घनत्व $u_m = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}$ होता है। कुल ऊर्जा घनत्व $u = u_e + u_m = \varepsilon_0 E^2 + \frac{B^2}{\mu_0}$ होता है।

(9) विद्युतचुम्बकीय तरंग में प्रकाशिक प्रभाव वैद्युत वैक्टर $\vec{E}$ के कारण होता है। वैद्युत क्षेत्र हमारी दृष्टि नाड़ियों (Visual nerves) को उत्तेजित करता है, जिससे हमें प्रकाश का अनुभव होता है। अत: वैद्युत-चुम्बकीय तरंग के वैद्युत क्षेत्र वेक्टर को प्रकाशीय वेक्टर (light vector) कहते हैं।

1.3.5 विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के गुण निम्न हैं–

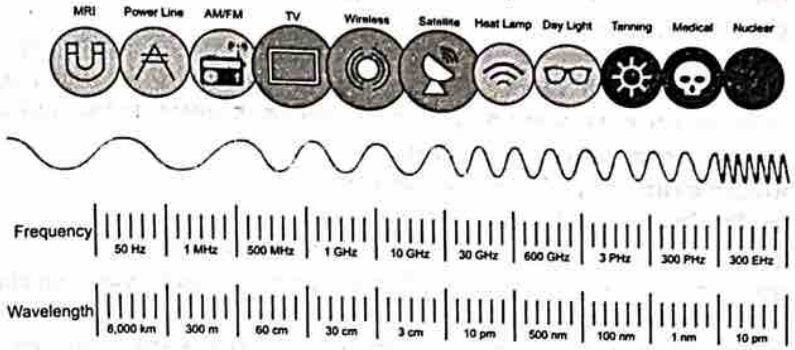
- इन तरगों पर कोई आवेश विद्यमान नहीं रहता है अर्थात् ये उदासीन प्रवृत्ति की होती हैं।
- इन तरंगों में विद्युत क्षेत्र, चुम्बकीय क्षेत्र, और संचरण सदिश, सभी एक-दूसरे के लम्बवत् होते हैं।
- ये अनुप्रस्थ तरंगे होती हैं अर्थात् इसमें इन तरंगों का दोलन, संचरण की दिशा के लम्बवत् होता है।
- विद्युतचुम्बकीय तरंगें प्रकाश के वेग से संचरित होती हैं या गति करती है।
- इन तरंगों में संवेग और ऊर्जा दोनों निहित होती हैं।

1.3.6 विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम (Electromagnetic Spectrum)

सूर्य के प्रकाश के स्पेक्ट्रम में लाल रंग से लेकर बैंगनी रंग तक दिखाई पड़ते हैं। इस स्पेक्ट्रम को 'दृश्य स्पेक्ट्रम' (Visible spectrum) कहते हैं। दृश्य स्पेक्ट्रम के लाल रंग में सबसे लम्बी तरंगदैर्ध्य (Wave length) का मान लगभग 7.8×10^{-7} मीटर और बैंगनी रंग में सबसे छोटी तरंगदैर्ध्य का मान लगभग 4.0×10^{-7} मीटर होता है। इस प्रकार दृश्य स्पेक्ट्रम 7.8×10^{-7} मीटर से लेकर 4.0×10^{-7} मीटर तक फैला हुआ होता है। न्यूटन के बाद विभिन्न अन्वेषणों ने यह पता लगाया कि सूर्य के प्रकाश का स्पेक्ट्रम केवल लाल रंग से लेकर बैंगनी रंग तक ही सीमित नहीं है बल्कि लाल रंग से ऊपर तथा बैंगनी रंग से नीचे भी काफी विस्तार में फैला हुआ है। स्पेक्ट्रम के इन भागों का आँख की रैटिना पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। अत: इन्हें 'अदृश्य स्पेक्ट्रम' (Invisible spectrum) कहते है। लाल रंग से ऊपर बड़ी तरंगदैर्ध्य वाले भाग को 'अवरक्त स्पेक्ट्रम' (Infrared spectrum) तथा बैंगनी रंग से नीचे छोटी तरंगदैर्ध्य वाले भाग को 'पराबैंगनी स्पेक्ट्रम' (Ultraviolet spectrum) कहते हैं।

बाद के अन्वेषणों से X-किरणों, गामा-किरणों तथा रेडियो तरंगों का आविष्कार हुआ। अब यह स्थापित हो चुका है कि ये सभी विकिरण (दृश्य स्पेक्ट्रम सहित) विद्युतचुम्बकीय तरंगें (Electromagnetic waves) हैं। इन तरंगों की

तरंगदैर्ध्य का बहुत अधिक विस्तार होता रहा है तथा इसी आधार पर इन्हें एक क्रम में रखा जा सकता है। इस क्रम को 'विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम' कहते हैं। इसमें अत्यन्त लघु गामा-किरणों से लेकर अत्यन्त दीर्घ रेडियो तरंगें तक आती हैं। दृश्य स्पेक्ट्रम विद्युतचुम्बकीय स्पेक्ट्रम का केवल एक बहुत छोटा-सा भाग है।



Electromagnetic Spectrum

(i) गामा किरणें (γ-Rays)

तरंगदैर्ध्य परिसर : 1×10^{-14} से 1×10^{-10} मीटर तक।
आवृत्ति परिसर : 3×10^{22} से 3×10^{18} हर्ट्ज तक।
उत्पादन : परमाणुओं के नाभिकों का विघटन होने पर उत्सर्जित होती है।
गुण : फोटोग्राफिक प्लेटों पर रासायनिक क्रिया, प्रतिदीप्ति, स्फुरदीप्ति, आयनीकरण, विवर्तन, उच्च वेधन-क्षमता तथा आवेशरहित, मनुष्य के लिए हानिकारक।
उपयोग : परमाणु के नाभिक की संरचना के सम्बन्ध में सूचना देती है। ये चिकित्सा में कैंसर कोशिकाओं को नष्ट करने के लिये भी उपयोगी है।

(2) एक्स किरणें (X-Rays)

तरंगदैर्ध्य परिसर : 1×10^{-1} से 3×10^{-8} मीटर तक।
आवृत्ति परिसर : 3×10^{19} से 1×10^{16} हर्ट्ज तक।
उत्पादन : तीव्रगामी इलेक्ट्रॉनों के उच्च परमाणु-क्रमांक के लक्ष्य पर टकराने से उत्पन्न होती है।
गुण : γ-किरणों वाले सभी गुण, परन्तु वेधन-क्षमता कम होती है।
उपयोग : परमाणु के भीतरी इलेक्ट्रॉन कोश की संरचना के जानने में तथा रोगी के निदान में सहायक होती है।

(3) पराबैंगनी विकिरण (Ultra-violet Radiation)

तरंगदैर्ध्य परिसर : 1×10^{-8} से 4×10^{-7} मीटर तक।
आवृत्ति परिसर : 3×10^{16} से 3×10^{14} हर्ट्ज तक।
उत्पादन : सूर्य, आर्क, स्पार्क, गर्म निर्वात् स्पार्क तथा आयनित गैसों द्वारा उत्पन्न होता है।
गुण : γ-किरणों वाले सभी गुण, परन्तु कम बेधन करने वाली है, प्रकाश-वैद्युत प्रभाव उत्पन्न करती है।
उपयोग : अदृश्य लिखाई, नकली दस्तावेजों, अंगुली के निशानों का पता लगाने में तथा खाने की वस्तुओं के संरक्षण मे। जल शोधक में पराबैंगनी लैम्पों का उपयोग जीवाणुओं का मारने में होता है।

(4) दृश्य विकिरण (Visible Radiation)

तरंगदैर्ध्य परिसर : 4×10^{-7} से 7.8×10^{-7} मीटर तक।
आवृत्ति परिसर : 8×10^{14} से 4×10^{14} हर्ट्ज तक।

उत्पादन : आयनित गैसों के उत्तेजित परमाणुओं द्वारा तथा तापदीप्त (Incandescent) वस्तुओं से विकिरित।

गुण : परावर्तन, अपवर्तन, व्यतिकरण, विवर्तन, ध्रुवण, प्रकाश-वैद्युत प्रभाव, फोटोग्राफिक क्रिया तथा दृष्टि संवेदन (Sensation of sights)।

उपयोग : हमारे नेत्र तरंगदैर्ध्यों के इस परास के लिए संवेदनशील है। विभिन्न जन्तु तरंगदैर्ध्यों के विभिन्न परासों के लिये संवेदनशील है। उदाहरणार्थ सर्प अवरक्त तरंगों को संसूचित कर सकते है। अणुओं की संरचना तथा परमाणु के बाह्य कोशों में इलेक्ट्रॉनों के प्रबन्धन का पता लगाने में होता है।

(5) अवरक्त विकिरण (Infrared Radiation)

तरंगदैर्ध्य परिसर : 7×10^{-7} से 5×10^{-3} मीटर तक।

आवृत्ति परिसर : 4×10^{14} से 6×10^{10} हर्ट्ज तक।

उत्पादन : गर्म वस्तुओं से तथा अणुओं में घूर्णन तथा कम्पनिक संक्रमणों द्वारा।

गुण : ताप पुंजों (thermopiles) तथा बोलोमीटर इत्यादि पर ऊष्मीय-प्रभाव, परावर्तन, अपवर्तन, विवर्तन, फोटोग्राफी क्रिया।

उपयोग : पौध घरों में पौधों को गर्म रखने में, युद्ध के दिनों में कोहरे व धुन्ध के पार देखने में होता है।

(6) सूक्ष्म अथवा माइक्रोतरंगें (Microwaves)

तरंगदैर्ध्य परिसर : 1×10^{-3} से 3×10^{-1} मीटर तक।

आवृत्ति परिसर : 3×10^{11} से 1×10^{9} हर्ट्ज तक।

उत्पादन : विशेष निर्वातित नलिका में दोलित्र धारा से, तथा वैद्युत परिपथों में विद्युतचुम्बकीय दोलित्रों द्वारा

गुण : परावर्तन व ध्रुवण।

उपयोग : अपनी लघु तरंगदैर्ध्य के कारण विमान संचालन में रेडार प्रणाली के लिये उपयुक्त है। रेडार में, उपग्रहों तथा लम्बी दूरी वाले बेतार संचार में, माइक्रोवेव ओवन इन तरंगों का एक रोचक घरेलू अनुप्रयोग है।

(7) रेडियो तरंगें (Radio Waves)

तरंगदैर्ध्य परिसर : 1×10^{-1} से 1×10^{4} मीटर तक।

आवृत्ति परिसर : 3×10^{9} से 3×10^{4} हर्ट्ज तक।

उत्पादन : दोलित्र विद्युत-परिपथों (Oscillating electric circuits) से।

गुण : परावर्तित, विवर्तित होती है।

उपयोग : रेडियो एवं दूरदर्शन की संचार प्रणालियों में, सेल्यूलर फोनों में अत्युच्च आवृत्ति (UHF) बैण्ड की रेडियो तरंगों का उपयोग करके ध्वनि सन्देशों के आदान-प्रदान की व्यवस्था की जाती है।

1.3.7 विद्युतचुम्बकीय तरंगों की अनुप्रस्थ प्रकृति (Transverse Nature of Electromagnetic Waves)

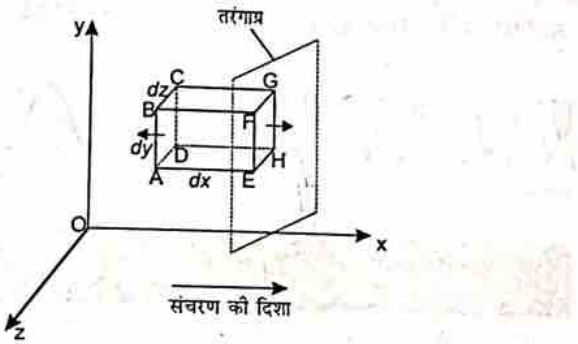
माना कि एक समतल विद्युतचुम्बकीय तरंग धनात्मक X-अक्ष में गतिमान है। इसका तरंगाग्र समतल होगा तथा YZ-तल में होगा। माना किसी समय t पर तरंगाग्र की स्थिति EFGH है। EFGH के दायीं ओर $t=0$ पर वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{E}$ तथा $\vec{B}$ शून्य होंगे जबकि इसके बायीं ओर $\vec{E}$ तथा $\vec{B}$ के मान x तथा t पर निर्भर करेंगे, परन्तु y- तथा z- पर नहीं क्योंकि हमने समतल तरंगाग्र माना है।

माना ABCDEFGH प्रारम्भिक समान्तरषट्फलक (Elementary Parallelopiped) है जिसकी भुजायें dx, dy तथा dz क्रमशः X, Y-तथा Z-अक्षों के समान्तर हैं। मानकि तरंगाग्र किसी समय t पर EFGH पर पहुँचता है। क्षेत्र $\vec{E}$ तथा $\vec{B}$, EFGH के दायीं ओर शून्य हैं, जबकि EFGH के बायीं ओर उनके मान केवल x के साथ बदलते हैं।

चूँकि समान्तरषट्भुज के भीतर कोई आवेश नहीं है। विद्युतिकी के गौस प्रमेय के अनुसार, इसके छः तलों से बद्ध वैद्युत फ्लक्स शून्य होगा, अर्थात्

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A}=0$$

अथवा $$\underset{ABCD}{\oint}\vec{E}\cdot d\vec{A}+\underset{EFGH}{\oint}\vec{E}\cdot d\vec{A}+\underset{BCGF}{\oint}\vec{E}\cdot d\vec{A}+\underset{ADHE}{\oint}\vec{E}\cdot d\vec{A}+\underset{ABFE}{\oint}\vec{E}\cdot d\vec{A}+\underset{DCGH}{\oint}\vec{E}\cdot d\vec{A}=0$$



चूँकि $\vec{E}$ के Y तथा Z घटक परिवर्तित नहीं होते, अत; तल BCGF व ADHE (Y-अक्ष के लम्बवत्) से गुजरने वाले वैद्युत फ्लक्स बराबर व विपरीत होंगे तथा तीसरे व चौथे समाकलन के योगदान परस्पर निरस्त हो जाते हैं। इसी प्रकार, पाँचवें व छठे समाकलन के योगदान परस्पर निरस्त हो जाते हैं। अतः उपरोक्त समी० से

$$\underset{ABCD}{\oint}\vec{E}\cdot d\vec{A}+\underset{EFGH}{\oint}\vec{E}\cdot d\vec{A}=0$$

अतः $$\underset{ABCD}{\oint}(Ex\,\hat{i})\cdot(dy\,dz\,\hat{i})+\oint(Ex\,\hat{i})\cdot(dy\,dz\,\hat{i})=0$$

अथवा $$Ex\,dy\,dz-Ex'\,dy\,dz=0$$

अथवा $$Ex-Ex'=0 \qquad (\because dy\,dz\neq0)$$

अब, दो सम्भावनायें हैं—(i) $Ex=Ex'$ अथवा (ii) Ex व Ex' दोनों अलग-अलग शून्य हैं। सम्भावना $Ex=Ex'$ का अर्थ है कि वैद्युत क्षेत्र नियत है। परन्तु नियत क्षेत्र सीमित तरंगदैर्ध्य की तरंग का संचरण नहीं कर सकता। अतः यह सम्भावना नहीं हो सकती तथा हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते है कि

$Ex=0$ तथा $Ex'=0$

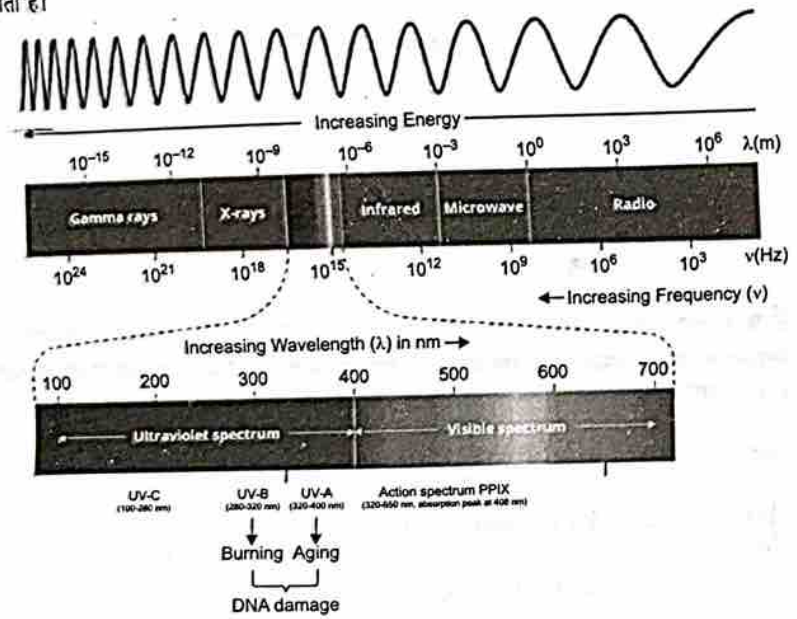
इसका अर्थ है कि वैद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ का संचरण की दिशा के समान्तर कोई घटक नहीं हो सकता। इसी प्रकार, सिद्ध कर सकते हैं कि तरंग के संचरण की दिशा में चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ का कोई घटक नहीं हो सकता ($Bx=0$)।

अतः विद्युतचुम्बकीय तरंग में वैद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्र तरंग के संचरण की दिशा के लम्बवत् होते हैं, अर्थात् वैद्युतचुम्बकीय तरंग की प्रकृति अनुप्रस्थ होती है।

2.5. आवृत्ति स्पेक्ट्रम (Frequency Spectrum Used)

रेडियो वर्णक्रम या रेडियो स्पेक्ट्रम का अर्थ विद्युतचुम्बकीय वर्णक्रम (Electromagnetic spectrum) के उस भाग से है जिसकी आवृत्ति 30 Hz से 300 GHz तक होती है। इस रेंज वाली विद्युत-चुम्बकीय तरंगों को रेडियो तरंगें कहते हैं और आधुनिक युग में इनके अनेक उपयोग हैं जिनमें सबसे बड़ा उपयोग दूरसंचार (Telecommunication) है।

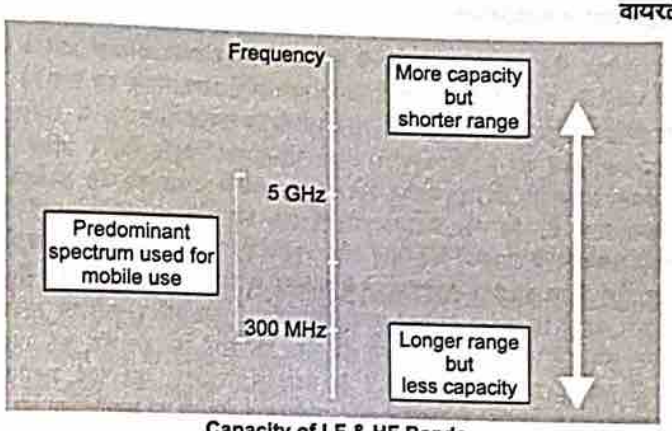
Radio wave की आवृत्ति के आधार पर Electromagnetic spectrum को विभाजित किया गया है। यह आवृत्ति Hz में पायी जाती है। जैसे—रेडियो स्पेक्ट्रम की रेंज कम आवृत्ति तरंगों (Low frequency) से लेकर लगभग 10 kHz तक उच्च आवृत्ति तरंगों (High Frequency) 100 GHz तक होती है। तरंगदैर्ध्य के संदर्भ में, कम आवृत्ति लगभग 30 km लम्बी होती है और उच्च आवृत्तियाँ लगभग 3 mm की होती हैं। यह दृश्यमान प्रकाश तरंगों के विपरीत है जो अत्यन्त उच्च आवृत्तियों पर काम करती है। उन्हें टेराहर्ट्ज (Terahertz) में मापा जाता है और उनकी लम्बाई नैनोमीटर (nm) में होती है।



रेडियो स्पेक्ट्रम को फ्रीक्वेंसी बैंड में विभाजित किया जाता है, तत्पश्चात् इन्हें अनेक सेवाओं को आवंटित किया जाता है। उदाहरण के लिए, यूरोप, मध्य-पूर्व और अफ्रीका में, FM रेडियो बैंड का प्रसारण रेडियो सेवाओं के लिए किया जाता है और यह **87.5 NHz** से 108 Hz तक संचालित होता है। बैंड को एक विशेष प्रसारण के लिए उपयोग किए जाने वाले चैनलों में विभाजित किया गया है। अत: FM बैंड में विभिन्न चैनल अलग-अलग प्रसारण रेडियो स्टेशनों का प्रतिनिधित्व करते हैं। आवृत्ति बैंड और चैनल जितने व्यापक होते हैं उतनी अधिक जानकारी उनके माध्यम से पारित की जा सकती है। व्यापक फ्रीक्वेंसी बैंड जो बड़ी मात्रा में जानकारी ले सकता है, दूरसंचार में सबसे महत्वपूर्ण रुझानों में से एक है और इसका अर्थ सीधा 'ब्रॉडबैंड' कनेक्शन से है। जिस प्रकार व्यापक सड़कें अधिक वाहन यातायात का समर्थन करने के लिए अधिक लेन जोड़ सकती हैं, उसी प्रकार व्यापक बैंड का अर्थ है कि आप डेटा ट्रैफिक को Transmit करने के लिए अधिक चैनल जोड़ सकते हैं।

1.4.1 लो-हाई आवृत्ति बैण्ड (Low & High Frequency Bands)

कम आवृत्ति बैंड व्यापक कवरेज प्रदान करते हैं, क्योंकि वे वस्तुओं में प्रभावी रूप से Perforate कर सकते हैं और किसी भी बाधा जैसे इमारतों आदि के अन्दर भी Travel कर सकते हैं, यद्यपि उनकी क्षमता कम होती है। क्योंकि स्पेक्ट्रम सीमित दायरे में होता है इसलिए supply हेतु केवल संकीर्ण बैंड उपलब्ध होते हैं। इसके विपरीत, उच्च आवृत्ति बैंड अच्छी कवरेज प्रदान नहीं करते क्योंकि सिग्नल कमजोर हो जाते हैं या इमारतों जैसी बाधाओं द्वारा बाधित हो जाता है। यद्यपि HF बैंड का प्रयोग अधिक है क्योंकि उच्च आवृत्ति स्पेक्ट्रम एक व्यापक आवृत्ति बैंड है, जो अधिक transmit करने की अनुमति देता है।



Capacity of LF & HF Bands

इन विशेषताओं के कारण Low frequency बैंड मोबाइल ऑपरेटरों को कई Base स्टेशनों की आवश्यकता के बिना ग्रामीण क्षेत्रों में व्यापक कवरेज प्रदान करने की अनुमति देते हैं। हालाँकि इन बैंडों के पास बड़ी मात्रा में डेटा ले जाने की सीमित क्षमता होती है, अत; ऑपरेटर व्यस्त क्षेत्रों में उच्च आवृत्ति Bands उपयोग करते हैं। जैसे कि शहर और शहर के केन्द्र जहाँ अधिक जनसंख्या में ब्रॉडबैंड सेवाओं का उपयोग किया जाता है। इसका अर्थ है कि वहाँ अधिक बेस स्टेशनों की आवश्यकता होती है। ग्रामीण क्षेत्रों में खासकर उभरते बाजारों में मोबाइल ब्रॉडबैंड का विस्तार करने के लिए अधिक Sub-1 GHz स्पेक्ट्रम का अधिग्रहण करने की आवश्यकता है।

यदि उच्च आवृत्ति बैंड की ओर देखें तो इसमें पहली बार व्यस्त शहरी क्षेत्रों को समायोजित करने के लिए गीगाहर्ट्ज से ऊपर के स्पेक्ट्रम बैंड सम्मलित हैं।

रेडियो तरंगें समान रूप से कार्य करती हैं। स्थलीय टीवी प्रसारण प्राप्त करने के लिए टेलीजिवन के शीर्ष से जुड़े एंटीना का प्रयोग किया जाता है जो कम रेडियों आवृत्तियों (जैसे 700 मेगाहर्ट्ज के नीचे) पर कार्य करते हैं।

उच्च रेडियो आवृत्तियाँ प्राप्त करने के लिए बाहर एक डिश की आवश्यकता होती है जो उपग्रह टी वी प्रसारण के लिए उपयोग की जाती है। (जैसे—4-8 गीगाहर्ट्ज या 12-18 गीगाहर्ट्ज)।

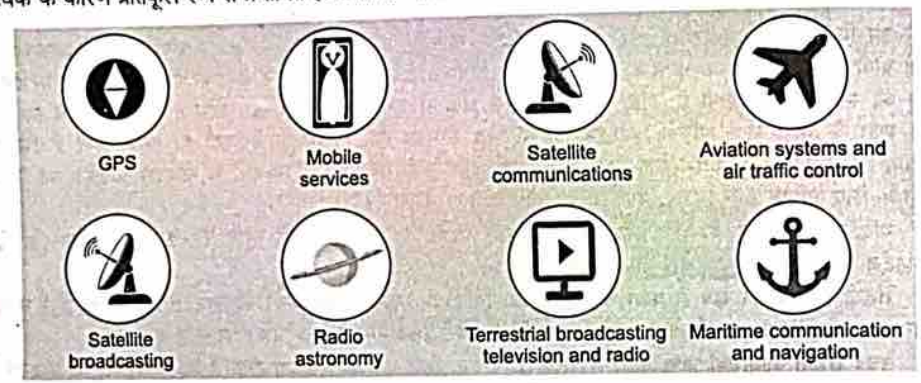
1.4.2 लाईसेन्स्ड एवं अनलाईसेन्स्ड आवृत्ति स्पेक्ट्रम (Licensed & Unlicensed Frequency Spectrums)

एक देश का रेडियों स्पेक्ट्रम एक महत्वपूर्ण सम्पत्ति होती है और इसलिए इसे राष्ट्रीय सरकार (आमतौर पर एक नियामक) द्वारा सावधानीपूर्वक प्रबंधित किया जाता है। वैश्विक या क्षेत्रीय आधार पर कुछ सेवाओं को विशिष्ट बैंड आवंटित करने के लिए अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार संघ, संयुक्त राष्ट्र की एजेंसी के माध्यम से सरकारें सामूहिक रूप से काम करती हैं। यह अन्तर्राष्ट्रीय हस्तक्षेप को सीमित करने के साथ-साथ मोबाइल फोन की लागत को कम करने में सहायता करता है। व्यापक स्तर पर, स्पेक्ट्रम को दो प्रकार से विनियमित किया जाता है, स्पेक्ट्रम लाइसेंस के माध्यम से है या यह लाइसेंस छूट (यानी बिना लाइसेंस वाला) के माध्यम से।

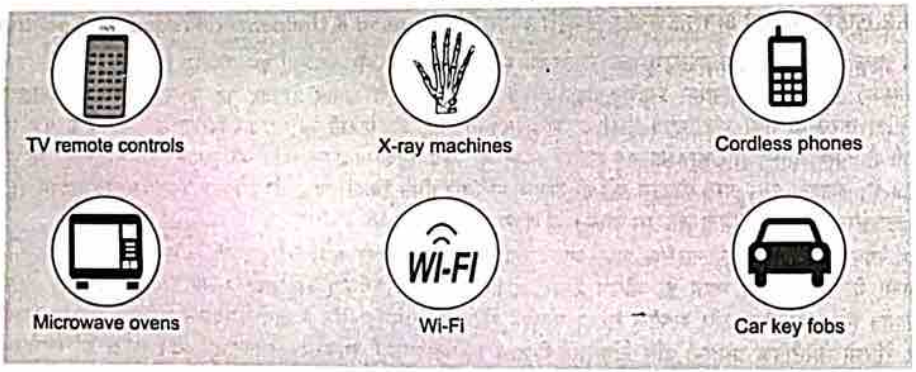
स्पेक्ट्रम उपयोगकर्त्ता लाइसेंस प्राप्त और बिना लाइसेंस वाले स्पेक्ट्रम का उपयोग विभिन्न प्रकार की रोजमर्रा की सेवाओं के लिए किया जाता है, मौसम रडार जीपीएस मोबाइल सेवाएँ सैटेलाइट संचार विमानन सिस्टम और वायु यातायात नियन्त्रण सैन्य और राष्ट्रीय सुरक्षा प्रणाली सैटेलाइट प्रसारण रेडियो खगोल विज्ञान स्थलीय प्रसारण टेलीविजन और रेडियो मैरिटैनिक प्रसारण और नेविगेशन विशाल बहुमत। रेडियो स्पेक्ट्रम को लाइसेंस दिया जाता है और इसमें कई तकनीकों को सम्मलित किया जाता है जो अपेक्षाकृत व्यापक क्षेत्र को कवर करने के लिए पर्याप्त शक्ति के साथ संचालित होती है। राष्ट्रीय नियामक एक लाइसेंसिंग ढाँचे के माध्यम से इस स्पेक्ट्रम तक पहुँच को नियंत्रित करते हैं, जिससे उन्हें कुछ क्षेत्रों और निश्चित समय में एक निश्चित आवृत्ति बैंड का उपयोग करने के लिए एक संगठन को विशेष अधिकार प्रदान करने की अनुमति मिलती है। लाइसेंस धारकों में वाणिज्यिक संगठन शामिल होते हैं, जैसे कि टीवी और रेडियो प्रसारणकर्त्ता या मोबाइल ऑपरेटर, और गैर-वाणिज्यिक संगठन, जैसे आपातकालीन सेवाएँ और सेना

एक इकाई को एक निश्चित बैंड का उपयोग करने के लिए विशेष अधिकार देने का मतलब है कि सेवा की एक निश्चित गुणवत्ता की गारंटी दे। ये अधिकार सुरक्षित है अर्थात् यदि कोई अन्य संस्था इस लाइसेंस प्राप्त आवृत्ति बैंड का उपयोग करती है, या इसके हस्तक्षेप का कारण बनती है, तो इसे रोका जा सकता है।

माइक्रोवेव ओवन वाई-फाई कार के प्रमुख फॉब्स बिना लाइसेंस की आवृत्ति बैंड में अधिक सीमित एप्लिकेशन हैं, और कुछ विशिष्ट प्रकार के उपयोग के लिए नामित होते हैं। जब तक व्यवधान को कम करने के लिए कुछ तकनीकी मानकों को पूरा किया जाता है, तब तक नियामक से लाइसेंस की कोई आवश्यकता नहीं है बिना लाइसेंस की प्रौद्योगिकियों के सबसे उल्लेखनीय उदाहरण वाई-फाई और ब्लूटूथ हैं, जो दोनों 2.4 गीगाहर्ट्ज बैंड में कार्य करते हैं, लेकिन कई अन्य उदाहरण हैं जो तारहित टेलीफोन, बेबी मॉनिटर के लिए उपयोग किये जाते हैं। इन bands के बिना लाइसेंस होने का कारण यह है कि प्रयोग की जाने वाली प्रौद्योगिकियाँ कम-शक्ति स्तरों पर संचालित होती हैं जिसका अर्थ है कि वे केवल कम दूरी को कवर कर सकते है। जैसा कि सभी को इन बैंड का उपयोग करने का समान अधिकार है, सेवा की गुणवत्ता की गारंटी संभव नहीं है। उदाहरण के लिए, वाई-फाई उपयोगकर्त्ता बड़ी संख्या में नेटवर्क के कारण प्रतिकूल रूप से प्रभावित हो सकते हैं और उपयोगकर्त्ता सेवाओं को काफी धीमा कर देते हैं।



Licensed Frequency Spectrum



Unlicensed Frequency Spectrum

1.4.3 Federal Communication Commission (FCC)

जन समूह की आवश्यकताओं के कारण spectrum बहुत Crowded होता जाता है क्योंकि प्रत्येक उपभोक्ता को BW की आवश्यकता होती है। एफसीसी को अन्तर्राष्ट्रीय और विदेशी संचार को विनियमित करने के लिए संचार

अधिनियम 1934 द्वारा स्थापित किया गया था। एफसीसी के कार्य निम्नलिखित हैं—

- विशिष्ट उपयोगों के लिए आवृत्तियों के बैंड आवंटित करता है।
- बिना लाइसेंस के संचालन और तकनीकी उल्लंघनों का पता लगाने के लिए प्रसारण प्रसारित करता है।
- नीलामी-स्पेक्ट्रम उपयोग नीलामी एफएमसी स्पेक्ट्रम के कुछ हिस्सों का उपयोग विभिन्न प्रयोजनों के लिए किया जाता है (जैसे एफएम रेडियो, AM रेडियो, प्रसारण टीवी, उपग्रह संचार)। एफसीसी यह भी सुनिश्चित करता है, कि प्रसारण एक-दूसरे के साथ हस्तक्षेप नहीं करे। (दो आवृत्ति एक ही आवृत्ति सीमा में एक-दूसरे के निकट होने पर ट्रांसमीटर एक-दूसरे के संकेतों को नष्ट कर सकते है)।

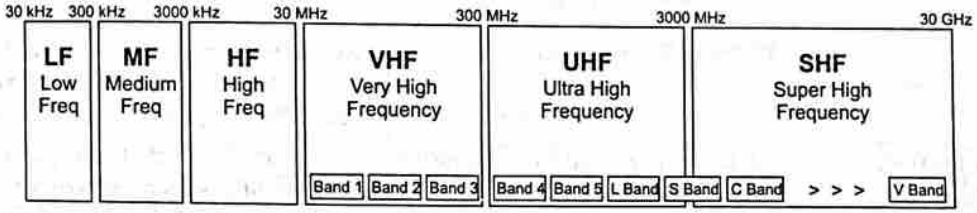
1.4.4 आवृत्ति स्पेक्ट्रम बैण्ड एवं सब-बैण्ड (Frequency Spectrum Bands & Sub Bands)

इलेक्ट्रोमैग्नैटिक स्पेक्ट्रम में सभी इलेक्ट्रोमैग्नेटिक रेडिएशन की रेंज सम्मिलित है, जो शॉर्ट, वेवलेंथ एंड पर गामा रेडिएशन से लेकर लंबे वेवलेंथ एंड पर इलेक्ट्रिक पॉवर तक फैली है। इसके मध्य में रेडियो तरंगों, इन्फ्रा-रेड, दृश्यमान प्रकाश, अल्ट्रा वायलेट और एक्स-रे का उपयोग चिकित्सा निदान में किया जाता है। सैद्धान्तिक रूप में, स्पेक्ट्रम का आकार ब्रह्माण्ड के सामान माना गया है। परन्तु इसके विभिन्न हिस्से विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की कुछ श्रेणियों तक सीमित है। विद्युत चुम्बकीय तरंगों को उनकी विशेष विशेषताओं, जैसे कि आवृत्ति, तरंगदैर्ध्य और आयाम द्वारा परिभाषित किया जाता है।

आवृत्ति समय की एक निर्धारित अवधि में उत्पन्न तरंगों की संख्या को संदर्भित करती है और इसे हर्ट्ज (Hz) में मापा जाता है। 1 हर्ट्ज का अर्थ है प्रति सेकंड एक तरंग, 1 kHz (किलोहर्ट्ज) का अर्थ है प्रति सेकण्ड एक हजार तरंगें, 1 मेगाहर्ट्ज (मेगाहर्ट्ज) का अर्थ है प्रति सेकंड एक मिलियन तरंगें, 1 GHz (गीगाहर्ट्ज) का अर्थ है प्रति सेकण्ड एक बिलियन तरंगें और 1 तरंगदैर्ध्य दो तरंगों के बीच दूरी है। आवृत्ति और तरंगदैर्ध्य के बीच एक निश्चित गणितीय संबंध है। उच्च आवृत्तियों में छोटी तरंगदैर्ध्य होती है और कम आवृत्तियों में लम्बी तरंगदैर्ध्य होती है। तरंगदैर्ध्य अंतरिक्ष में यात्रा करने की तरंग की क्षमता को भी इंगित करती है। एक कम आवृत्ति की लहर एक उच्च आवृत्ति लहर की तुलना में लंबी दूरी तक पहुँचने में सक्षम होती है

रेडियो तरंगों को आमतौर पर तरंगदैर्ध्य के स्थान पर आवृत्ति द्वारा निर्दिष्ट किया जाता है। रेडियो फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम (जिसे बस स्पेक्ट्रम कहा जाता है)। विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम का केवल एक छोटा-सा भाग है, जोकि 3 हर्ट्ज से लेकर 300 गीगा हर्ट्ज तक है। इसमें एक निश्चित प्रकार की विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की एक शृंखला होती है, जिसे रेडियो तरंगें कहते हैं, जो ट्रांसमीटरों द्वारा उत्पन्न होती हैं और ऐंटीना या एरियल द्वारा प्राप्त की जाती है।

आवृत्ति बैंड और उप-बैंड में विभाजित किया जाता है, जैसा कि नीचे चित्र में दिखाया गया है—



Frequency bands and sub-bands

सैद्धान्तिक रूप से, रेडियो स्पेक्ट्रम के किसी भी भाग में विभिन्न संचार प्रौद्योगिकियाँ स्थित हो सकती हैं, परन्तु Transmitted signal में जितनी अधिक जानकारी होगी, उतनी अधिक बैंड विड्थ की आवश्यकता होगी। सरल शब्दों में, बैंडविड्थ आवृत्तियों की एक सीमा है जो एक संकेत स्पेक्ट्रम में व्याप्त है। उदाहरण के लिए, एक एफएम रेडियो स्टेशन 92.9 मेगाहर्ट्ज आवृत्ति पर प्रसारित हो सकता है, लेकिन इसके लिए 0.3 मेगाहर्ट्ज (300 kHz के बराबर) बैंडविड्थ की आवश्यकता होती है। आवृत्तियों 92.8 और 93.0 मेगाहर्ट्ज के बीच का स्पेक्ट्रम समावेशी होता है। अन्य स्टेशन इन आवृत्तियों पर एक ही क्षेत्र में बिना Interference के प्रसारित नहीं किये जा सकते।

नियोजन उद्देश्यों के लिए, स्पेक्ट्रम बैंड चैनलों में विभाजित होते हैं। स्पेक्ट्रम चैनलों की बैंडविड्थ बैंड द्वारा अलग-अलग हो सकती है। उदाहरण के लिए, VHF Band II, FM रेडियों के लिए है जिसे 100 kHz वाइड चैनलों में

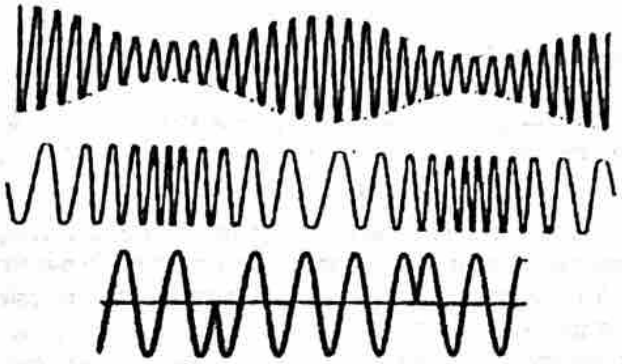
स्लाइस किया गया है। एक FM स्टेशन को kHz बैंडविड्थ की आवश्यकता होती है, अत: प्रत्येक FM रेडियो स्टेशन में तीन स्पेक्ट्रम चैनल होते हैं। टेलीविजन प्रसारण में, एक चैनल की बैंडविड्थ UHF बैंड IV/V में 8 MHz होती है। एनालॉग टीवी प्रोग्राम चैनल की बैंडविड्थ आवश्यकता एक स्पेक्ट्रम टीवी चैनल की बैंडविड्थ के समान होती है, अर्थात् 8 MHz.

Frequency Band	Propagation mode (the way radio waves spread in spectrum)	Coverage
Very Low Frequency	On the ground	Long distances, *e.g.*, for submarine communications and time code signals
Low Frequency	On the ground and in the sky at night	Country wide. Some reduction of coverage at night due to reflections from the ionosphere.
Midium Frequency	On the ground and in the sky at night	Regions of a country. At night time, coverage is significantly reduced by signals reflected from the ionosphere.
High Frequency	Hopping between the ground and the sky	Long distance coverage to continents. A range of High Frequencies are needed to provide continuous coverage during the day and night and at different times of the year.
Very High Frequency	*In line-of-sight, but for short periods, the wave enters the troposphere (the lowermost part of the Earth's atmosphere)*	High power broadcasting stations provide coverage up to around 50 to 70 km radius. For short periods of time signals can propagate for long distances in the troposphere (the lowermost portion of the Earth's atmosphere) and cause interference between services on the same frequency.
Ultra High Frequency	In line-of-sight, and tropospheric for short periods	Similar range to VHF but requires many more filler stations to overcome obstructions to the signal arising from the attenuation of terrain features.
Super High Frequency	Between focussed points and in line-of-sight	Need a clear line-of-sight path as signals blocked by buildings or other objects. Ideally suited for satellite communications and fixed links where highly focused antennas (dishes) can be used or for short range coverage, *e.g.*, inside buildings.
Extremely High Frequency	Between very focussed points and in line-of-sight	Short paths and no possibility for penetrating building walls.

Propagation characteristics of radio frequency bands.

1.4.5 Working of Radio Spectrum

रेडियो स्पेक्ट्रम संचार तकनीकों का समावेश है जैसे कि मोबाइल फोन, रेडियो और टेलीविजन प्रसारण, टू-वे रेडियो, ब्रॉडबैंड सेवा, रडार, फिक्स्ड लिंक, उपग्रह संचार, आदि कोडित जानकारी (संकेतों) को ले जाने की अपनी उत्कृष्ट क्षमता के कारण उपयोग किया जाता है। यह बुनियादी ढाँचे के निर्माण के लिए अपेक्षाकृत सस्ता है जो गतिशीलता और पोर्टेबिलिटी भी प्रदान कर सकता है। आवृत्ति रेंज के आधार पर, रेडियो स्पेक्ट्रम को कम आवृत्तियों में उच्च आवृत्तियों की तुलना में बैंडविड्थ की क्षमता कम होती है। इसका अर्थ है कि बहुत अधिक जानकारी (जैसे कि टेलीविजन, ब्रॉडबैंड या मोबाइल फोन) ले जाने वाले सिग्नल उच्च आवृत्ति बैंड में बेहतर तरीके से Transmitt किये जा सकते हैं जबकि सरल रेडियो (ऑडियो) सिग्नल को कम आवृत्ति तरंगों द्वारा Transmit किया जा सकता है। क्योंकि कम आवृत्ति लंबी दूरी तक Transmission करने में सक्षम होती हैं। लेकिन इसका बैडविड्थ क्षमता कम होती है।



Different Types of Modulation of RF

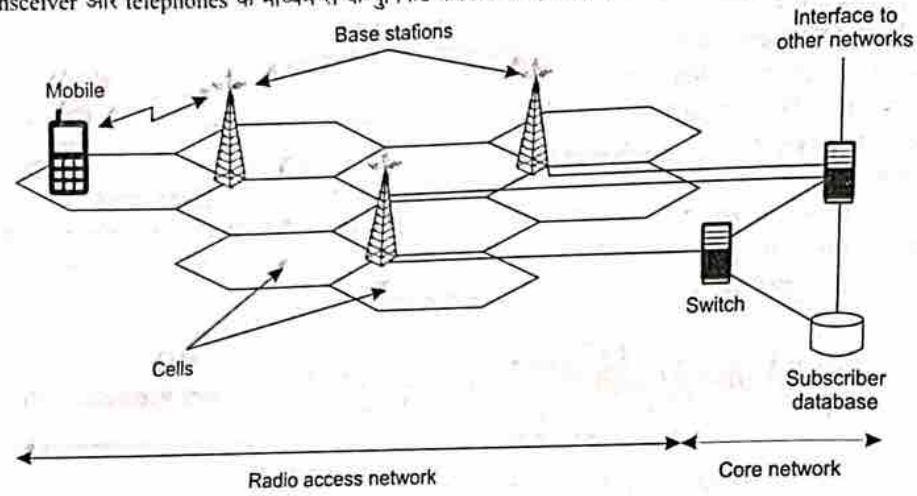
रेडियो स्पेक्ट्रम की कार्य शैली को समझने के लिए Modulation की प्रक्रिया को समझना आवश्यक है। Modulation रेडियो तरंग की विशेषताओं (आयाम, आवृत्ति या चरण), को अलग-अलग करके एक रेडियो सिग्नल में सूचना को एन्कोडिंग करने की वास्तविक प्रक्रिया है। परिणामी तरंगों के सरल उदाहरण पीछे चित्र में दिए गए हैं।

एम्प्लिट्यूड मॉड्यूलेशन (AM) का उपयोग AM रेडियो स्टेशनों के लिए वाहक तरंगों को उत्पन्न करने हेतु किया जाता है जो बड़े क्षेत्रों को कवर करते हैं। उदाहरण के लिए, लम्बी तरंग (LW) पर रेडियो, एक आयाम संग्राहक संकेत द्वारा किया जाता है। फ्रिक्वेंसी मॉड्यूलेशन (FM) का उपयोग FM ब्रॉडकास्टिंग के लिए किया जाता है जो AM रेडियों को बेहतर साउंड क्वालिटी प्रदान करता है, लेकिन सिग्नल AM सिग्गल की तरह दूर तक नहीं जाता है। चरण मॉड्यूलेशन (PM) और आयाम मॉड्यूलेशन का उपयोग डिजिटल संकेतों (0's और 1's से मिलकर) को रेडियो सिग्नल में एन्कोड करने के लिए किया जाता है। इन मॉड्यूलेशन तकनीकों के बहुत जटिल उन्नत संस्करण है जो बड़ी मात्रा में डिजिटल डेटा को सिग्नल में एन्कोड या संपीडित करने की अनुमति देते हैं।

1.5. सेल्युलर नेटवर्क (Cellular Network)

सेल्युलर नेटवर्क एक रेडियो नेटवर्क है जो land areas पर डिस्ट्रीब्यूट होता है जिसे cells के नाम से जाना जाता है। प्रत्येक cell, fixed location ट्रांससीवर पर serve किया जाता है जिसे cell site या बेस स्टेशन के नाम से जाना

जाता है। जब ये cell आपस में एक-दूसरे के साथ जुड़ते हैं तो ये एक wide geographic areas के ऊपर रेडियो कवरेज को उपलब्ध कराते हैं ये बढ़ी संख्या में ट्रांससीवर्स (transceiver) जैसे—mobile phones, pagers इत्यादि को एक-दूसरे के साथ कम्यूनिकेट करने में सक्षम बनाते है तथा नेटवर्क में बेस स्टेशन के द्वारा कही-भी फिक्सड transceiver और telephones के माध्यम से कम्युनिकेट करने के लिए सक्षम बनाते हैं।



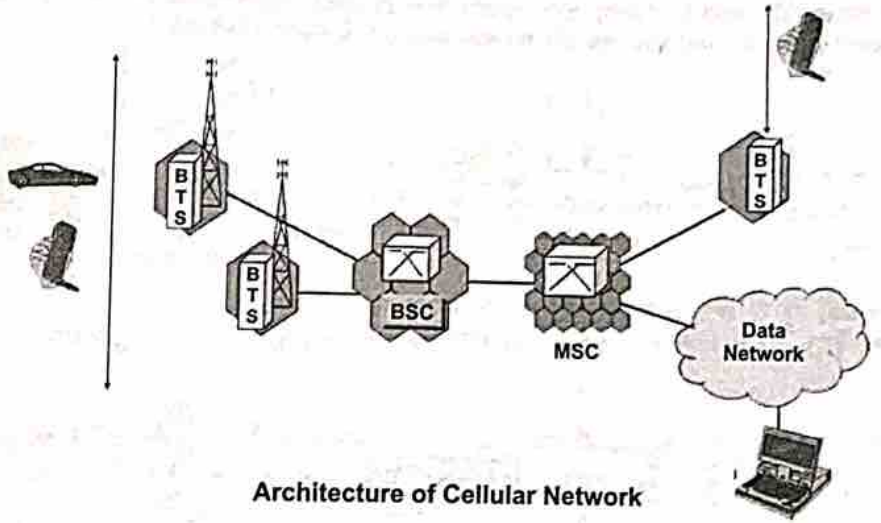
Cellular Network

सेल्युलर ट्रांसमिशन को सेल्युलर रेडियो के नाम से जाना जाता है। इसमें ट्रांसमिशन के लिए low power base स्टेशन का प्रयोग करके नेटवर्क को बनाया जाता है। प्रत्येक स्टेशन एक सीमित कवरेज एरिया होता है। एक एरिया कई छोटे-छोटे एरिया में विभाजित होते हैं। जो सेल के नाम से जाना जाता है। इनमें से प्रत्येक छोटे एरिया को इसके अपने low power radio रेडियो बेस स्टेशन के द्वारा serve किया जाता है।

सेल्युलर रेडियो में ट्रांसमिशन के लिए प्रत्येक एरिया अपने low power रेडियो बेस स्टेशन को रखता है। इन रेडियो स्टेशंस को Frequency channels को इस तरीके से एलोकेट किया जाता है कि सेल में प्रयोग किये गये channels (frequencies) को कुछ दूरी पर दूसरे cell को पुन: प्रयोग किया जा सकता है।

सेल्युलर रेडियो का सिद्धान्त एक coverage area के अन्तर्गत एक पावरफुल ट्रांसमीटर का प्रयोग करने के स्थान पर बहुत सारे low power transmitter का प्रयोग करना होता है। जैसे एक high power transmitter, 12 channels को रखता है, लेकिन यदि हम इस region को 100 cells में विभाजित कर दें और low power transmitter को उसमें स्थित करते हैं और यह 12 channels प्रयोग करते हैं। तो प्रत्येक के लिए सिस्टम की capacity 12 से 1200 channels हो जायेगी।

सेल सेल्युलर सिस्टम की बुनियादी भौगोलिक इकाई है। किसी भी कवरेज क्षेत्र का मधुकोष की तरह का विभाजन सेल्युलर कहलाता है। सेल्स छोटे भौगोलिक क्षेत्रों पर प्रसारित करने वाले बेस स्टेशन है जो कि हेक्सागॉन के रूप में प्रदर्शित की जाती है। परिदृश्य के आधार पर प्रत्येक सेल आकार भिन्न हो सकता है।



Architecture of Cellular Network

सैलुलर नेटवर्क की कार्यप्रणाली (Working of Cellular Mobile)

जब कोई मोबाइल फोन जिस सैल में विद्यमान होता है तो उसी सैल के बेस स्टेशन द्वारा उस मोबाइल फोन की सभी प्रक्रियायें कन्ट्रोल की जाती हैं। चित्र में एक सैलुलर टेलीफोन प्रणाली के ब्लॉक-आरेख को प्रदर्शित किया गया है। एक सैल के मोबाइल स्टेशनों (MSS) द्वारा ट्रांसमिट किये गये सिग्नल, उस सैल के बेस स्टेशन सिस्टम (BSS) के एंटीनों माइक्रोवेव रेडियो लिंक द्वारा प्राप्त होते हैं। BSS में प्रमुख रूप से निम्न दो स्टेज होती हैं—

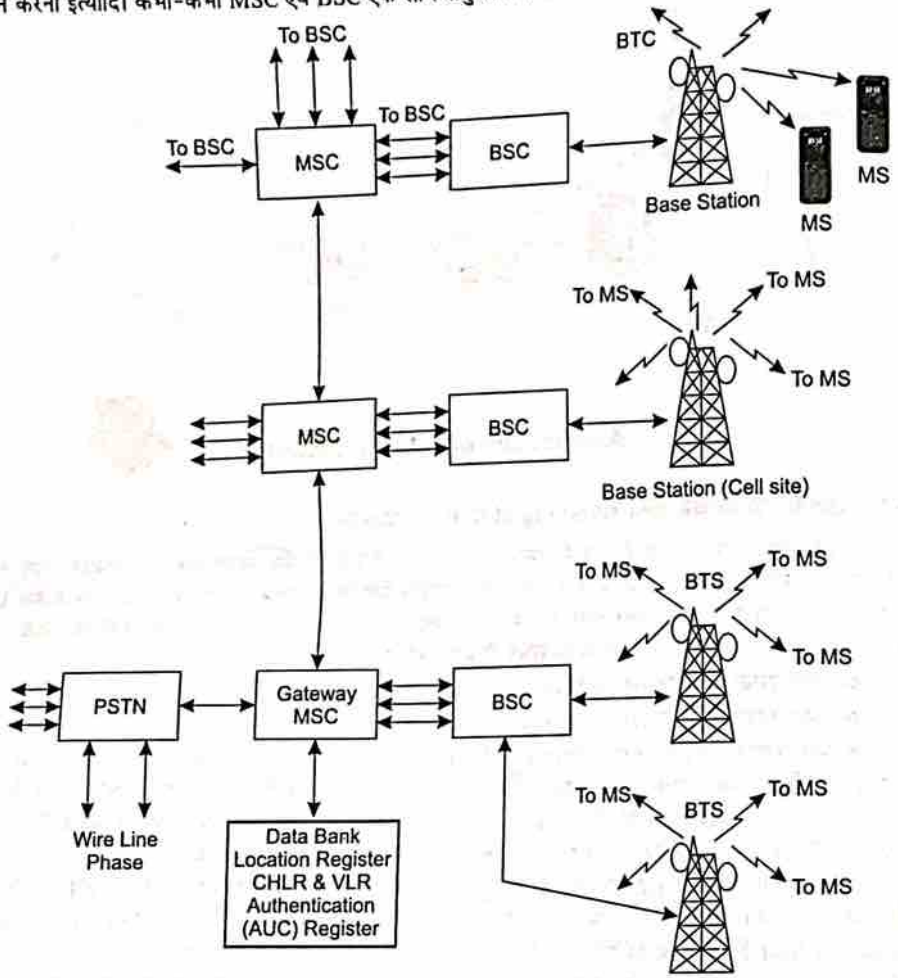
- बेस ट्रासीवर स्टेशन (Base Transceiver Station; BTS)
- बेस स्टेशन कंट्रोलर (Base Station Controller; BSC)

BTS प्राय: सैल के लगभग केन्द्र में स्थित होता है। BTS में कई ट्रांसीवर (ट्रांसीवर में ट्रांसमीटर एवं रिसीवर दोनों यूनिट होती हैं) होते हैं अथवा अलग-अलग ट्रांसमीटर एवं रिसीवर एंटीना, टावर के शिखर (head) पर माउन्ट रहते हैं। एक सेल में विद्यमान मोबाइल स्टेशन (MSS) केवल उस सैल के ऊपर के थ्रो ही प्रणाली की सर्विस प्राप्त कर सकते हैं। BTS में एक पॉवर प्रवर्धक (power amplifier) होता है जोकि सैल के सभी चैनलों को पॉवर प्रदान करता है।

एक बेस स्टेशन कंट्रोलर (NSC) एक या एक से अधिक BTS को नियंत्रित कर सकता है जैस कि चित्र में प्रदर्शित किया गया है। बेस स्टेशन में प्रयुक्त सभी उपकरणों जिन्हें प्राय: साइट के रेडियो उपकरण (site's radio equipments) कहते हैं, का प्रचालन एण द्वारा होता है। मोबाइल सैलुलर फोन एवं सैट-साइट रेडियो उपकरणों (BTS + BSC) को संयुक्त रूप से एअर-इंटरफेस (air-interface) कहते हैं। BSC एअर इंटरफेस का ध्यान रखता है, जैसे कि आवश्यकता के समय मोबाइल फोन को चैनल आवंटित करना, फोन के पॉवर स्तर का मापन करते रहना तथा उसका नियंत्रण करना जिससे सक्रिय मोबाइल फोन द्वारा कम-से-कम को-चैनल इंटरफीरेन्स (CCI) उत्पन्न हो क्योंकि सिग्नल में पॉवर की मात्रा कम (परन्तु कार्य के लिय पर्याप्त) होने से CCI कम उत्पन्न होता है, फोन को सिग्नलिग टोन (signalling tones) ट्रांसमिट करना इत्यादि।

मोबाइल स्विचिंग सैन्टर (MSC) जिसे मोबाइल टेलीफोन स्विचिंग ऑफिस (MTSO) भी कहते हैं, सैलुलर प्रणाली का एक प्रमुख भाग होता है जोकि एक एक्सचेंज के समान कार्य करता है। एक एण अन्य MSC's एक BSC's के साथ कॉपर केबल (copper cables) फाइबर ऑप्टिक (fiber optic) अथवा माइक्रोवेव रेडियो लिंक (Microwave radio link) द्वारा संयोजित रहता है। एण का प्रचालन, सैलुलर सर्विस प्रदान करने वाले प्रबन्धक द्वारा किया जाता है। MSC के प्रमुख कार्य निम्नलिखित हैं—उपभोक्ता को कॉल करने अथवा/और कॉल रिसीव करने के

अधिकार का अनुमोदन करना (authoring calls), बिलिंग करना (billing), आवश्यकता के समय hand-off प्रक्रिया सम्पन्न करना इत्यादि। कभी-कभी MSC एवं BSC एक साथ संयुक्त रूप से संस्थापित किये जाते हैं।



Working of Cellular Network System

Components of Cellular Network

MS = Mobile Station (or mobile subscriber)
BTS = Base Transceivers Station (a transceiver = one transmitter + one receiver)
BSC = Base Station Controller
BSS = Base Station Sub-system (BTS + BsC)
MSC = Mobile Switching Center
PSTN = Public Switched Telephone Network
HLR = Home Location Register
VLR = Visitor Location Register

MSC's के साथ **डाटा बैंक** (Data banks) जुड़े रहते हैं जिसमें प्रमुख रूप से location register sub-sytems ऑथेन्टिकेशन सैन्टर (Authentication Centre; AUC) भाग होते हैं। लोकेशन रजिस्टर सब-सिस्टम (LRS) में दो प्रकार के रजिस्टर होते हैं—

(i) होम लोकेशन रजिस्टर (Home Location Register; HLR) तथा
(ii) विजिटर लोकेशन रजिस्टर (Visitor Location Register; VLR)।

HLR में उपभोक्ता (user) का डाटा, कॉल कर सकने की समय की वैद्यता (validity), कॉल प्राप्त कर सकने की समय की वैद्यता, अवशेष धनराशि अन्तर्राष्ट्रीय मोबाइल सब्सक्राइबर आइडैन्टिटी (International Moble Subscriber Identity; IMSI) इत्यादि स्टोर रहते हैं। VLR में भी HLR के समान ही डाटा के अतिरिक्त कुछ अन्य अस्थायी डाटा भी स्टोर रहते हैं।

ऑथैन्टिकेशन सैन्टर (AUC) का कार्य HLR के सहयोग से बेस-स्टेशन को सब्सक्राइबर के वैद्य (authentic) होने की सूचना देना है। इसके अतिरिक्त चोरी किये गये SIM (Subscriber Identity Module) कार्ड, अवशेष धनराशि आदि की सूचना देना है।

प्रश्नावली

1. पेजिंग प्रणाली की कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए।
2. Wireless Communication के गुणों पर संक्षिप्त टिप्पणी कीजिए।
3. विभिन्न प्रकार के वायरलैस कम्यूनिकेशन का वर्णन कीजिए।
4. कम्यूनिकेशन क्या है? यह कितने प्रकार के होता है?
5. EM Wave से आप क्या समझते हैं?
6. Wired & Unwired संचार प्रणाली में तुलना कीजिए।
7. Cellular Network को परिभाषित कीजिए।
8. Cellular Network के विभिन्न घटक कौन से हैं?
9. EM wave की प्रकृति का वर्णन कीजिए।
10. Frequency spectrum क्या है? इसके विभिन्न बैण्ड व उप-बैण्ड का वर्णन कीजिए।

❑

अध्याय

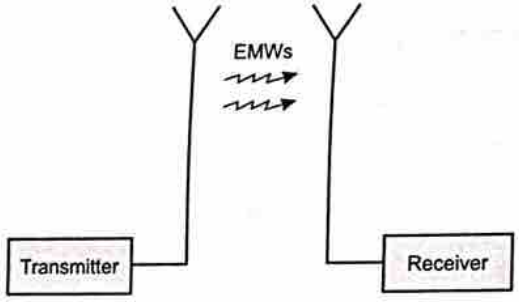
2

सेल्युलर अवधारणाएँ

(Cellular Concepts)

परिचय (Introduction)

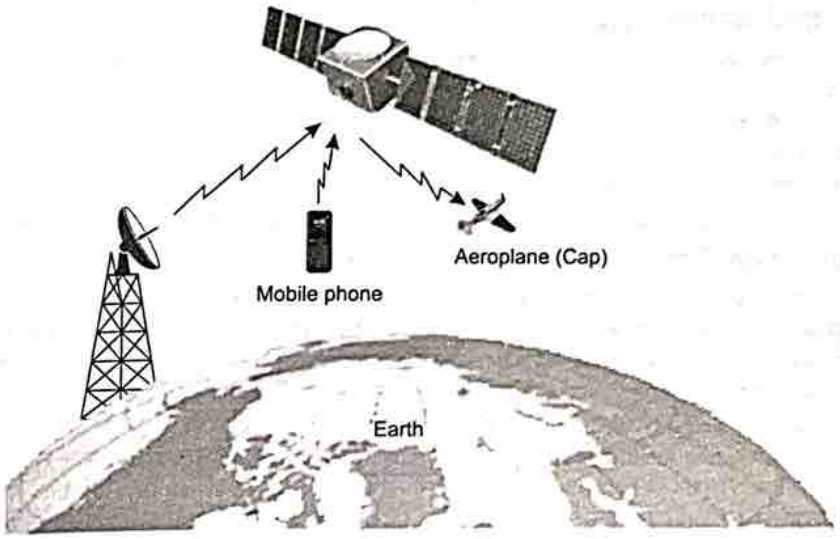
किसी संचार पद्धति को प्रयुक्त करके, सूचना सिग्नल को बिना तार के माध्यम से एक स्थान से दूसरे स्थान पर भेजने और दूसरे स्थान से भेजी गई सूचना को अभिग्रहण करने को बिना तार संचार का wireless communication कहते हैं। आधुनिक युग लैपटॉप एवं मोबाइल फोन का युग है जिनके द्वारा उपभोक्ता कही पर भी एवं किसी भी समय सूचना प्राप्त कर सकता है तथा भेज सकता है। इसे गतिशील (Mobile) संचार पद्धति कहते हैं जोकि केवल तार रहित संचार द्वारा ही संभव है। आजकल अपनी जीविका एवं अन्य कारणों से उपभोक्ताओं का एक बहुत बड़ा समूह ऐसा है जोकि सदा गतिशील रहता है और अपने सम्बन्धियों से अति दूर दूसरे देशों में रहता है। यह उपभोक्ता समूह वायुयान, ट्रेन, कार, अति दूर देशों इत्यादि से e-mail, फोन कॉल, फेसीमाइल, संचार इत्यादि की इच्छा रखता है जोकि तार रहित संचार द्वारा ही संभव है।



तार रहित संचार में सूचना सिग्नल एवं रेडियो/टीवी ब्रॉडकास्ट सिंग्नल इत्यादि पृथ्वी के वातावरण एवं स्पेस में, विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप में प्रोपेगेट होते हैं। इन EMWs को रेडियो तरंगे भी कहते हैं तथा इस संचार को रेडियो संचार भी कहते हैं। अपने गुणों एवं आवश्यकताओं की पूर्ति के कारण, संभावना है कि भविष्य में केवल दो प्रकार की कम्यूनिकेशन पद्धतियाँ ही प्रयोग में रह पाएंगी। तार रहित संचार पद्धति एवं फाइबर ऑप्टिक्स संचार पद्धति। समस्त स्थिर अर्थात् जैसे—फिक्स्ड टेलीफोन्स, कम्प्यूटर्स, फैक्स आदि फाइबर/वायरलैस संचार पद्धति का उपयोग करेंगे।

समस्त स्थित (fixed अर्थात् non-mobile) जैसे—फिक्स्ड टेलीफोन्स, कम्प्यूटर्स, फैक्स आदि फाइबर/वायरलैस संचार पद्धति का उपयोग करेंगे तथा मोबाइल उपभोक्ता, वायरलैस संचार पद्धति का उपयोग करेंगे।

तार रहित संचार पद्धति अर्थात् मोबाइल संचार पद्धति को निम्नलिखित चार ग्रुपों में विभाजित करते हैं—स्थानीय (local), घरेलू (domestic), क्षेत्रीय (regional) एवं ग्लोबल (global)। एक ही शहर या राज्य तक सीमित संचार पद्धति को लोकल, एक ही देश तक सीमित संचार पद्धति को घरेलू, निकटवर्ती देशों के बीच संचार पद्धति को क्षेत्रीय तथा महाद्वीपों के मध्य संचार पद्धति को ग्लोबल संचार पद्धति कहते हैं। इस अध्याय में Wireless Communication की एक अभिन्न शाखा Mobile या Cellular phone के विषय में अध्ययन करेंगे।



Mobile (Satellite Communication System)

2.1 सैल्युलर टेलीफोन प्रणाली का संक्षिप्त इतिहास (History of Cellular Telephone System)

वास्तविक रूप से वायरलैस कम्यूनिकेशन का उपयोग नहीं हो पाया, जब तक विद्युत-चुम्बकीय तरंग की खोज नहीं हुई तथा उसको मॉडुलेट करने वाले दो उपकरणों का आविष्कार एवं विकास नहीं हुआ था।

सन् 1886 में हैनरिच हर्टैज ने स्पेस के माध्यम से विद्युत-चुम्बकीय तरंगों द्वारा विद्युत ट्रांसमिशन को प्रयोग द्वारा प्रदर्शित किया तथा मैक्सवेल समीकरण प्रदान की। परन्तु अति उच्च पावरयुक्त एवं दीर्घ तरंग वाली EMW's द्वारा वायरलैस टेलीग्राफी का प्रदर्शन गुगलीलमो मारकोनी ने सन् 1895 में किया। सन् 1907 में वायरलैस संचार के लिए प्रथम व्यापारिक पार-अटलांटिक संयोजन निर्मित किए गए। इसके लिए अटलांटिक समुद्र में दोनों तरफ 100 मीटर ऊँचे 30–30 एन्टीना युक्त संदेश निर्मित किए गए। उसी समय प्रथम WARC बनायी गई जिसका कार्य रेडियो आवृत्तियों के विश्वव्यापी प्रयोग का समन्वय करना था।

सन् 1915 में न्यूयार्क एवं सैन फ्रान्सिस्को के मध्य प्रथम वायरलैस वाक् ट्रांसमिशन प्रारम्भ हुआ। सन् 1920 में, प्रथम वाणिज्य रेडियो स्टेशन का प्रारम्भ हुआ परन्तु अभी भी ट्रांसमिशन एवं रिसिवर के लिए विशाल एनटिना एवं उच्च ट्रांसमिशन पॉवर की आवश्यकता होती थी। इसे कई जनरेशन में विभाजित किया गया है—

☛ 2.1.1 प्रथम जेनरेशन

मोबाइल फोन्स की प्रथम जेनरेशन (1G) एनालॉग है। सन् 1980 से प्रथम जेनरेशन की व्यापक रूप से प्रयुक्त की जाने वाली प्रणाली "Advanced Mobile Phone Service" अथवा AMPS है। यह पूर्णत: एनालॉग प्रणाली है। AMPS में फ्रीक्वैन्सी मॉडुलेशन प्रयुक्त कर FDMA द्वारा (FDMA-FM) एक्सैस किया जाता है। यह प्रणाली 824–894 MHz में ऑपरेट करता है। बेस स्टेशन से मोबाइल की दिशा में 869–894 MHz तथा मोबाइल से बेस स्टेशन की दिशा में 824–849 MHz फ्रीक्वैन्सी प्रयोग की जाती है। इसकी चैनल बैण्ड विड्थ 30 kHz है।

2.1.2 दूसरी जेनरेशन

प्रथम जेनरेशन सैल्युलर सिस्टम एनालॉग थी एवं दूसरी जेनरेशन डिजिटल। इसका विकास उच्च क्वालिटी के सिग्नल उच्च डाटा रेट पर प्राप्त करने के लिए किया गया। प्रथम जेनरेशन की प्रणालियों में प्रत्येक सैल अनेक चैनलों को सपोर्ट करता है। परन्तु एक समय पर एक चैनल केवल एक यूजर को उपलब्ध कराया जा सकता है। दूसरी जेनरेशन के सिस्टम भी प्रति सेल अनेक चैनल उपलब्ध कराते हैं। परन्तु प्रत्येक चैनल अनेक यूजर्स द्वारा TDMA अथवा CDMA विधि द्वारा शेयर किए जा सकते हैं।

दूसरी जेनरेशन के मुख्य डिजिटल सिस्टम D-AMPS or IS-95, IS-54 तथा ग्लोबल सिस्टम मोबाइल (GSM) है।

D-AMPS (IS-54) सिस्टम

यह प्रथम जेनरेशन की AMPS प्रणाली का डिजिटल संस्करण है। यह पूर्णतया डिजिटल है। D-AMPS का बहुत सावधानीपूर्वक डिजाइन किया गया जिससे कि प्रथम तथा द्वितीया दोनों जेनरेशन के मोबाइल फोन एक साथ एक सैल में ऑपरेट हो सकें। D-AMPS को IS-54 की भाँति स्टैन्डर्ड किया गया। IS-54 में भी AMPS के समान 30 kHz विड्थ के चैनल प्रयुक्त किये जाते हैं तथा फ्रीक्वैन्सी भी AMPS के समान ही होती हैं। IS-54 में एक चैनल डिजिटल तथा दूसरे समीप के (adjacent) चैनल एनालॉग हो सकते हैं। सैल में विभिन्न प्रकार के फोन्स के अनुसार MTSO (or MSC–Mobile Switching Centre) यह निर्धारित करता है कि कौन-से फोन डिजिटल हैं तथा कौन-से एनालॉग। सैल में फोन्स की टाइप परिवर्तित होने पर IS-54 में चैनल भी उसी के अनुसार (dynamically) परिवर्तित हो सकते हैं। IS-54 में अपलिंक (uplink) फ्रीक्वैन्सी रेंज 1930–1990 MHz होती है। चैनल AMPS की भाँति पेयर्स में होते हैं। IS-54 को अमेरिका में व्यापक तथा जापान में संशोधित (modified) रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

इसके अतिरिक्त कनाडा, बोलिविया, ब्राजील, इजरायल, मलेशिया, रूस आदि देशों में यह प्रणाली अभी भी प्रयुक्त की जाती है।

2.1.3 GSM (Global System for Mobile Communication)

GSM एक अन्तर्राष्ट्रीय स्टैन्डर्ड है। इसका उपयोग लगभग 200 देशों में किया जा रहा है। यूरोप (जहाँ से यह स्टैन्डर्ड प्रारम्भ हुआ), अफ्रीका, एशिया तथा आस्ट्रेलिया में मुख्य रूप से, भारत में BSNL की सैल फोन प्रणाली GSM पर ही आधारित है। इन सभी क्षेत्रों में GSM का कवरेज उत्तम है। कुछ नगरों में पिकोसैल्स (Picocells) के उपयोग के कारण इन्हें मूविंग सब-वे ट्रेन (Moving Subway Trains) में भी प्रयुक्त किया जा सकता है। GSM में FDM तथा TDM दोनों का उपयोग किया गया है। प्रारम्भ में 900 MHz स्पैक्ट्रम का उपयोग कर GSM ने बाद में 1900 MHz प्रयुक्त कर अपनी क्षमता (capacity) में वृद्धि की। अधिकांश सैलफोन निर्माता, डूएल-बैण्ड (900 तथा 1900 MHz), ट्राइ बैण्ड (900, 1800 तथा 1900 MHz) तथा क्वाड-बैण्ड (800, 900, 1800 तथा 1900 MHz) के फोन्स उपलब्ध कराते हैं जो विश्व में किसी भी स्थान पर (GSM प्रणाली में) कार्य कर सकते हैं। GSM प्रत्येक 200 kHz रेडियो चैनल पर 8 टाइप स्लॉटेड यूजर्स कर सकता है।

GSM में अनेक आकर्षण हैं—जिसमें e-mail, फैक्स (fax), SMS आदि की भी सविधा है। कुछ निर्माता ISDN लाइन्स तथा GPRS (Global Packet Radio Service) में कनैक्टिविटी की सुविधाएँ भी देते हैं।

2.1.4 तृतीय जनरेशन (Third Generation - 3G)

सैल्युलर टेलीफोनी की तीसरी जनरेशन का उद्देश्य वायस के अतिरिक्त मल्टीमीडिया, डाटा तथा विडियो को सपोर्ट करने के लिए उच्च स्पीड पर वायरलैस कम्प्यूनिकेशन उपलब्ध कराना था। एक छोटी पोर्टेबल डिवाइस का प्रयोग कर कोई व्यक्ति विश्व के किसी कोने में किसी भी व्यक्ति से उसी प्रकार की उत्तम वॉयस क्वालिटी से बात कर सकता है जैसी कि लैन्डलाइन के फिक्स्ड फोन नेटवर्क द्वारा हम कोई भी मूवी देख सकते हैं, डाउनलोड कर सकते हैं आदि।

3G सिस्टम का मुख्य आकर्षण यह है कि पोर्टेबिल डिवाइस सदा कनैक्ट रहती है तथा इन्टरनैट कनेक्ट करने के लिए कोई नम्बर डायल करने की आवश्यकता नहीं होती। तीसरी जेनरेशन (3G) की अवधारणा सन् 1992 में प्रारम्भ हुई। जब ITU में एक ब्ल्यू प्रिंट जारी किया जिसे (internet mobile communication for year 2000 (IMT-2000)) कहते हैं। इनमें 3G टेक्नोलॉजी के महत्त्वपूर्ण अवयव निम्न हैं—

- वायस क्वालिटी पब्लिक टेलीफोन नेटवर्क (PSTN) के समान होती है।
- गतिमान वाहन (car) में 194 kbps की डाटा रेट पर एक्सैस तथा पैदल अवस्था (walking user or pedestrains) में 384 kbps तथा स्थिर यूजर के लिए 2 Mbps डाटा रेट।
- यह पैकेट-स्विच्ड तथा सर्किट स्विच्ड डाटा सर्विसेज को सपोर्ट करता है।
- कार्यालयों (office) आदि में उपयोग के लिए 2.048 Mbps Data rate.
- सिमैट्रिकल तथा नॉन-सिमेट्रिकल डाटा ट्रांसमिशन रेट्स।
- उपलब्ध स्पैक्ट्रम का अधिक दक्षतापूर्वक उपयोग।
- विभिन्न प्रकार के मोबाइल को सपोर्ट।
- बैण्ड 2 GHz
- बैण्ड विड्थ 2 MHz
- इन्टरनेट से इन्टरफेस सम्भव

भविष्य की नयी सेवाओं तथा टेक्नोलॉजी को प्रयुक्त करने की व्यवस्था।

2.1.5 4G चतुर्थ जेनरेशन (Broad Band Fourth Generation)

चतुर्थ जेनरेशन (4G) जिसे कुछ समय पूर्व लॉच किया गया है, निम्न डटा रेट उपलब्ध कराता है—

Fast moving devices	—	100 Mbps
Stationary devices	—	1 Gbps

भविष्य में उपरोक्त डाटा रेट्स में और अधिक वृद्धि की सम्भावना है, जैसे—5G

गतिशील संचार प्रणालियों के प्रकार (Types of Mobile Communication System)

आधुनिक समय में मोबाइल कम्युनिकेशन की अनेक प्रणालियाँ प्रचलित हैं तथा उनमें समय-समय पर आवश्यकतानुसार विकास किया जा रहा है। कुछ प्रमुख मोबाइल संचार प्रणालियाँ इस प्रकार से हैं—

- एडवान्स्ड मोबाइल फोन सिस्टम (Advanced Mobile Phone System; AMPS)
- ग्लोबल सिस्टम्स फॉर मोबाइल कम्युनिकेशन (Global System for Mobile Communication; GMS)
- जनरल पैकेट रेडियो सर्विस (General Packet Radio Service; GPRS)
- ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम्स (Global Positioning System; GPS)

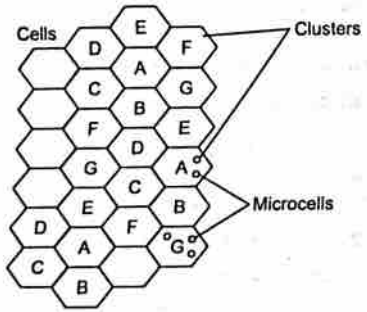
2.1.6 एडवान्स्ड मोबाइल फोन सिस्टम (Advanced Mobile Phone System; AMPS)

सैल्युलर संचार प्रणाली AMPS, अमेरिका में बैल (Bell) प्रयोगशाला द्वारा विकसित की गई तथा सर्वप्रथम सन् 1983 में इसे उत्तरी अमेरिका (North America) में व्यापारिक सैल्युलर प्रणाली के रूप में प्रारम्भ किया गया। परन्तु इस समय में भारत सहित लगभग 200 से अधिक देश AMPS प्रणाली का सैल्युलर संचार में प्रयोग कर रहे हैं। प्रारम्भ में AMPS केवल एनालॉग (Analog) प्रणाली के रूप में विकसित की गई थी जोकि आज भी सार्वजनिक सैल्युलर रेडियो प्रणाली के रूप में प्रयोग की जा रही है। परन्तु इसका आधुनिक डिजिटल रूपान्तरण अधिक प्रसिद्धि प्राप्त कर रहा है। AMPS में कुछ परिवर्तनों के साथ, सन् 1985 में यूरोप (Europe) में इसे ETACS के नाम से अपनाया गया जबकि सन् 1988 में जापान (Japan) में इसे JTACS के नाम से अपनाया गया।

आधुनिक सभी मोबाइल प्रणालियों में उसके सम्पूर्ण कवरेज क्षेत्र को सैलों (cells) में विभाजित किया जाता है जिसके कारण ही मोबाइल फोनों को सैल फोन (cell phone) भी कहते हैं। प्रणाली की क्षमता (capacity) में वृद्धि के लिए सर्वप्रथम प्रणाली के पूर्ण क्षेत्र को आवश्यकतानुसार क्लस्टरों प्रत्येक क्लस्टर को प्रदान किये जाते हैं। अब प्रत्येक कलस्टर को प्राय: 7 सैलों अथवा 12 सैलों में विभाजित किया जाता है तथा AMPS में सैल की त्रिज्या 1 km से 20 km तक होती है। प्रत्येक सैल को बराबर-बराबर प्रणाली के वॉयस चैनल एवं कन्ट्रोल चैनल आवंटित कर दिये जाते

हैं। AMPS प्रणाली में FDMA तकनीक का प्रयोग किया गया है। AMPS प्रणाली में 790 पूर्ण ड्यूप्लैक्स वॉयस चैनल (full duplex voice channels) होते हैं, सैल वास्तव में लगभग वृत्ताकार (Approximately circular) होते हैं जोकि कुछ अंश तक एक-दूसरे की ओवर-लॅप (overlap) करते हैं। परन्तु षटभुजों (hexagons) द्वारा पूर्ण क्षेत्र को कवरेज कर दिखाना सरल होता है, इसलिए चित्र में सैलों को षटभुज के रूप में प्रदर्शित किया गया है। सरलता के लिए प्रत्येक क्लस्टर में 7 सैलों को A, B, C, ...G अक्षरों द्वारा दर्शाया गया है। प्रणाली का प्रत्येक सैल संचार के लिए ड्यूप्लैक्स चैनलों का एक सैट प्रयुक्त करता है जिसे उसका कोई भी समीपस्थ सैल (adjacent cell) प्रयोग नहीं कर सकता है। उदाहरण के लिए चित्र में A सैल जिन चैनलों के ग्रुप का प्रयोग करता है उस चैनल ग्रुप को B, C, D, E, F अथवा G सैल प्रयोग नहीं कर सकते हैं।

इससे सिग्नल में एडजेसैन्ट चैनल इन्टरफीरेन्स (ACI) कम उत्पन्न होते हैं। परन्तु प्रणाली में क्षमता (capacity) उपभोक्ताओं की संख्या में वृद्धि के समय चैनल ग्रुप को अन्य विशेष सैल जोकि उसका समीपस्थ सैल न हो, में पुन: प्रयोग (reuse) कर सकते हैं। अत: 7 सैल रिपीटिंग पैटर्न में प्रत्येक सैल में वॉयस चैनलों की संख्या 790/7 ≅112 होती है। एक 7 सैल पुनरावृत्तीय पैटर्न (seven cell repeating pattern) को चित्र में प्रदर्शित किया गया है।



Seven Cell Repeating Pattern In AMPS System

सैल clustring करते समय निम्न तथ्यों को ध्यान में रखा जाता है।

(i) Same frequency channels are not used in a cell and in adjacent cells.

(ii) Same letter's cell (such as A, A, A,...) are reused same channels group.

(iii) Microcells are constructed in a cell if required more capacity in the cell.

उदाहरण के लिए चित्र में प्रदर्शित समान अंतर वाले सैलों (जैसे कि प्रत्येक क्लचर के D-सैल) में समान चैनल ग्रुप का प्रयोग करते हैं। स्पष्ट है कि सैल की माप (size) जितनी छोटी होती है, प्रणाली की क्षमता भी उसी अनुपात में अधिक होती है क्योंकि चैनलों का पुन: प्रयोग अधिक बार किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त छोटे साइज के सैल होने पर सैल में कम पॉवर के ट्रांसमीटरों की आवश्यकता होती है। इससे बेस स्टेशन पर प्रयुक्त ट्रांसमीटरों का मूल्य तथा हैण्ड-सैट मोबाइल फोन का मूल्य कम होता है एवं इनमें प्रयुक्त बैटरी का कार्यकारी समय (life) अधिक होता है। चित्र द्वारा स्पष्ट है कि प्रत्येक आवृत्ति चैनल ग्रुप का पुन: प्रयोग (reuse frequencies) दो सैलों का भौगोलिक क्षेत्र (geographic region) अन्तर छोड़कर किया गया है जिससे कि चैनल व्यतिकरण (Co-channel interference : CCI) कम-से-कम सिग्नलों में उत्पन्न हो सके।

प्रत्येक सैल में एक बेस स्टेशन (base station BS) होता है जोकि कॉपर केबल (copper cable), फाइबर ऑप्टिक्स (fiber optics) अथवा माइक्रोवेव लिंक (microwave link) द्वारा एक केन्द्रीय ऑफिस (central office) के साथ संयोजित (connect) रहता है जिसे "मोबाइल स्विचिंग सैन्टर" (mobile switching centre : MSC) अथवा "मोबाइल टेलीफोन स्विचिंग ऑफिस" (Mobile telephone switching office) कहते हैं तथा प्रणाली के सभी MSCs परस्पर संयोजित रहते हैं जिससे प्रणाली अपने सभी उपभोक्ताओं (mobile phones चाहे वे किसी भी होम सैल में रजिस्टर्ड हो) से सम्पर्क बनाये रख सके अर्थात् सभी प्रणाली उपभोक्ता परस्पर फोन कॉल कर सके। इसके अतिरिक्त

एक स्थान पर AMPS सैल्युलर प्रणाली वायर-लाइन नैटवर्क "Public Switched Telephone Network : PSTN" के साथ संयोजित रहती है जिससे कि सैल्युलर प्रणाली के उपभोक्ता एवं PSTN प्रणाली के उपभोक्ताओं के मध्य भी कॉल स्थापित हो सके।

AMPS सैल्युलर प्रणाली में यह सुविधा नही होती है कि एक मोबाइल फोन उपभोक्ता (चाहे वे दोनों एक सैल (A अथवा B अथवा C में ही क्यों न हो) से सीधे कॉल स्थापित कर सके।

एक उपभोक्ता एवं दूसरे उपभोक्ता के मध्य कम-से-कम केवल एक सेल-साइट (cell site—जैसे बेस स्टेशन इत्यादि) एवं एक MSC के थ्रू ही कॉल स्थापित हो सकती है।

2.1.7 टाइम हॉप स्प्रैडिंग

टाइम हॉप स्प्रैडिंग में टाइम हॉप किसी टाइम फ्रेम में टाइम स्लॉट्स के माध्यम से चैनल स्थापित करता है। यह फ्रीक्वैन्सी हॉपिंग से भिन्न है जिसमें चैनल फ्रीक्वैन्सी स्लॉट द्वारा स्थापित किए जाते हैं।

2.1.8 सैल्युलस टेलीफोन प्रणाली

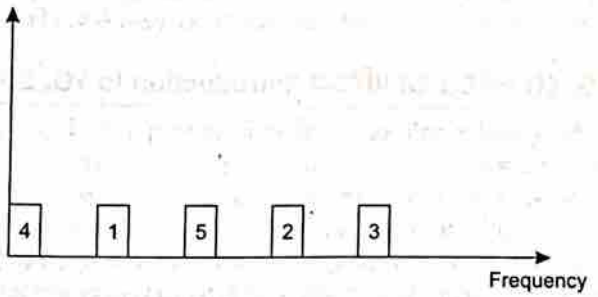
सैल्युलर टेलीफोन प्रणाली में सिस्टम की रेडियो रेंज में उपस्थित किसी भी यूजर का PSTN से वायरलैस कनैक्शन हो जाता है। सैल्युलर प्रणाली में एक बड़े भौगोलिक क्षेत्र में एक सीमित फ्रीक्वैन्सी स्पैक्ट्रम में यूजर्स की बड़ी संख्या को वायरलैस सेवाएँ उपलब्ध कराई जाती हैं। सैल्युलर रेडियो प्रणाली में लैण्ड लाइन टेलीफोन प्रणाली की तुलना में अधिक उच्च गुणवत्ता की सेवाएँ प्राप्त होती हैं। उपभोक्ताओं की अधिक संख्या सम्मिलित करने के लिए प्रत्येक बेस स्टेशन ट्रांसमीटर का कवरेज क्षेत्र एक छोटे भौगोलिक क्षेत्र तक सीमित कर दिया जाता है जिसे सैल कहते हैं। जिससे वही रेडियो चैनल कुछ दूर स्थित अन्य बेस स्टेशन द्वारा प्रयोग किए जा सकें।

2.1.9 फ्रीक्वैन्सी हॉपिंग स्प्रैडिंग (FHS)

FHS में प्रत्येक बिट एक अलग कैरियर पर transmit किया जाता है। यह कैरियर आवृत्तियों की एक वाइड रेंज में स्कैल्ट की जाती है। इस प्रकार यूजर का वॉयस सिग्नल एक कैरियर से दूसरे कैरियर पर जम्प करता है। N हॉपिंग के पश्चात् यह चक्र रिपीट होता है। यदि मूल सिग्नल की बैन्डविड्थ B है तब यूजर को आवंटित स्प्रैड बैन्डविड्थ N × B होती है। FHS में सेन्डर तथा रिसीवर एलॉट की गई बैण्ड के क्रम पर सहमत होते हैं। चित्र में प्रथम बिट सबबैन्ड-1 पर, दूसरा बिट सबबैण्ड-2 पर transmit किया जाता है। यदि कोई अवांछित व्यक्ति अपने रिसीवर को एक सबबैण्ड के लिए ट्यून करता है तब वह बिट्स का प्रथम समूह रिसीव कर सकता है। परन्तु दूसरे इंटरवल में इस सबबैण्ड पर कुछ भी रिसव नहीं करता।

प्रत्येक सबबैण्ड पर व्यय समय 400 ms अथवा अधिक होता है। प्रत्येक कैरियर फ्रीक्वैन्सी का सलैक्शन PN सीक्वेन्स द्वारा किया जाता है।

रिवीवर पर PN कोड की कॉपी प्रयुक्त कर सिग्नल को डि-हॉप किया जाता है।



Cellular Concept

मोबाइल फोन विभिन्न नाम से जाना जाता है; जैसे—CELL PHONE, CELULAR PHONE, CELL WIRELESS PHONE, CELLULAR TELECOM, MOBILE TELEPHONE, HAND PHONE, MOBILE यह एक ऐसा उपकरण है जिसका प्रयोग voice एवं data को एक स्थान से दूसरे स्थान तक, एक लम्बी दूरी तक एक विशेष नेटवर्क के आधार पर transmit और receive करने के लिए किया जाता है। यह बिना किसी तार के द्वारा, एक लम्बी दूरी का इलेक्ट्रॉनिक उपकरण है, जिसे विशेष बेस स्टेशनों के एक नेटवर्क के आधार पर मोबाइल आवाज या डेटा संचार के लिए उपयोग करते हैं। आज के आधुनिक समय में इसका उपयोग बहुत बढ़ गया है। जैसे कि पाठ संदेश के लिए SMS, ई-मेल, इंटरनेट के उपयोग के लिए पैकेट स्विचिंग, गेमिंग, ब्लूटूथ, इन्फरा रेड, वीडियो रिकार्डर के साथ कैमरे और तस्वीरें और वीडियो भेजने और प्राप्त करने के लिए MMS, MP3 प्लेयर, रेडियो और GPS आदि के लिए इसका उपयोग किया जाता है। अधिकांश वर्तमान मोबाइल फोन, बेस स्टेशनों के एक सैल्युलर नेटवर्क से जुड़े होते हैं, जिन्हें टेक्निकल भाषा में (cell sites) "सेल साइट्स" कहा जाता है और यह सार्वजनिक टेलीफोन स्विचिंग नेटवर्क (PSTN) से जुड़े होते हैं।

AT&T के Bell Laboratories के इंजीनियरों द्वारा मोबाइल फोन बेस स्टेशनों के लिए सेल का आविष्कार 1947 में किया गया था और 1960 के दशक के दौरान Bell Laboratories ने इसे विकसित किया। रेडियो फोन का एक लम्बा और विविध इतिहास है जो रेगिनाल्ड फेस्सेडेन के आविष्कार और रेडियो टेलीफोनी को प्रदर्शित करता है। *Ohio, Euclid George Sweigert को 10 जून 1969 में पहले Wireless Phone का अमेरिका में पेटेंट जारी किया गया था।*

मोबाइल टेलीफोन की सबसे पहली generation (0G) O - Generation थी। उस समय की अन्य तकनीको की तरह इसमें एकल, शक्तिशाली बेस स्टेशन शामिल था, जो एक व्यापक क्षेत्र को कवर करता था और प्रत्येक टेलीफोन प्रभावी रूप से एक चैनल को पूरे क्षेत्र पर कवर करता था। सबसे पहले व्यावहारिक मोबाइल फोन का आविष्कार मोटोरोला ने किया था। Motorola researcher and executive, Martin Cooper इसके आविष्कारक हैं।

Mobile Generation का अर्थ ऐसे generation की services से है जोकि प्रति 10 वर्षों में upgrade होती है। इसकी शुरुआत 1 G (first generation) से हुई थी। वही समय के साथ-साथ इसमें ऐसे बहुत से परिवर्तन आये और 2G, 2.5 G, 3G जैसे अनेक generation आयी और upgradation हुई और वह दूसरी gerneration में परिवर्तित होने लगी। अभी हम 4G technology का प्रयोग करते हैं।

'G' का सही अर्थ "Generation" होता है। उदाहरण के लिए 3G मतलब का third generation, वहीं 4G का मतलब है Fourth generation। इसमें ये number बस एक representation होता है, जो technology के evolution को दर्शाता है, जैसे-जैसे नयी technology का आविष्कार हुआ वैसे-वैसे technology की generation भी बढ़ती चली गयी। यदि अभी की बात करें तब अब हम 4th generation of wireless communication technology का प्रयोग कर रहे हैं।

वर्तमान में ज्यादातर wireless carriers 4G और 3G दोनों ही technology को support कर रहे हैं, जोकि काफी handy है। इसलिए कि जहाँ पर 4G की coverage नहीं होती है वहाँ पर 3G speed से काम किया जा सकता है।

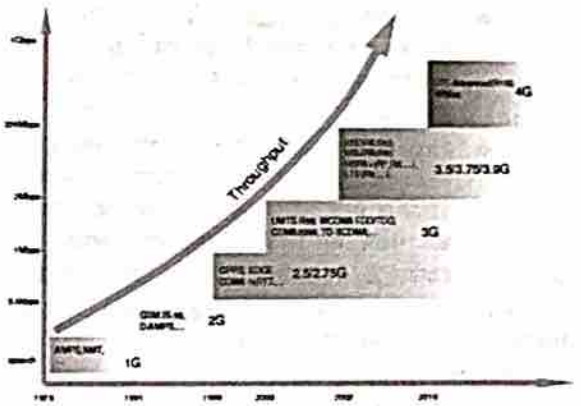
2.2 1G, 2G, 3G, 4G एवं 5G का परिचय (Introduction to 1G, 2G, 3G, 4G & 5G)

अगर हम थोड़ी दृष्टि भूतकाल में डालें तब 1G को सबसे पहले सन् 1979 में introduced किया गया। इसके बाद से प्रत्येक 10 वर्षों में एक नयी Mobile generation को release किया जाता रहा है। ये सभी technology को mobile carrier और device में प्रयोग किया जाता है। Generation के अनुसार इनमें अलग-अलग speeds और featuers होते हैं जोकि generation के अनुसार बढ़ते जाते हैं आने वाले समय में 5G को launch किया जायेगा, जैसे-जैसे speed increase होती है, वैसे-वैसे उस speed को प्राप्त करने के लिए उस technology को भी बदलना आवश्यक होता है। उदाहरण के लिए 1G 2.4 kbps पर कार्य करता है, 2G 64 kbps पर कार्य करता है।

GSM technology, 3G offer करता है 144 kbps से 2 Mbps वही 4G 100 Mbps से 1 Gbps तक data rate प्रदान करता है जोकि LTE technology पर आधारित होता है, साथ में जैसे-जैसे technology में advancement होती है वैसे-वैसे नए generation में बहुत सारे नए features भी देखने को मिलते हैं क्योंकि आखिर में wireless communication का मुख्य उद्देश्य ही है कि कैसे वह high quality, reliable communication प्रदान कर सके। प्रत्येक generation में कुछ अलग telephone network standards होते हैं, जोकि किसी particular mobile phone system में प्रयोग हुए technological implementation को दर्शाता है।

वायरलेस टेलीफोन 0-Generation के साथ शुरू हुआ, जो द्वितीय विश्व युद्ध के बाद प्रारम्भ हो गया था। उन प्री-सेल दिनों में, मोबाइल ऑपरेटर कॉल सेट करता था और केवल कुछ ही चैनल उपलब्ध करते थे। ये मोबाइल हैंड ओवर फीचर यानी चेंज ऑफ चैनल फ्रीक्वेंसी को सपोर्ट नहीं करते हैं। 0-G 1970 के दशक के पूर्व सैल्युलर मोबाइल टेलीफोन प्रौद्योगिकी को संदर्भित करता है। जैसे कि रेडियो टेलीफोन जो कुछ सेल फोन के आगमन से पहले कारों में थे। मोबाइल रेडियो टेलीफोन प्रणाली ने आधुनिक सैल्युलर मोबाइल टेलीफोन प्रौद्योगिकी का उत्पादन किया। चूँकि वे पहली पीढ़ी के सैल्युलर टेलीफोन के पूर्ववर्ती थे इसलिए इन प्रणालियों को 0-G (जीरो जनरेशन) सिस्टम कहा जाता है। 0G सिस्टम में उपयोग की जाने वाली तकनीकों में PTT (पुश टू टॉक), MTS (मोबाइल टेलीफोन सिस्टम), IMTS (इम्प्रूव्ड मोबाइल टेलीफोन सर्विस), AMTS (एडवांस्ड मोबाइल टेलीफोन सिस्टम), OLT (ऑफटलीग लैडमोबिल टेलोनी, पब्लिक लैंड मोबाइल टेलीफोन के लिए नार्वेजियन) और MTD (मोबाइल टेलीफोनी सिस्टम डी के लिए स्पीडिंग संक्षिप्त नाम) प्राथमिक उपयोगकर्ता इन्हें बुनियादी आवाज संचार के लिए प्रयोग किया करते थे।

0.5 G एक ऐसी तकनीक है, जो मूल 0 G प्रौद्योगिकियों की तुलना में बेहतर सुविधा प्रदान करती थी। इन शुरुआती मोबाइल टेलीफोन प्रणालियों को पहले से closed रेडियोटेलीफोन प्रणालियों से अलग किया जा सकता है जिसमें वे एक वाणिज्यिक सेवा के रूप में उपलब्ध थे जोकि सार्वजनिक स्विच किए गए टेलीफोन नेटवर्क का हिस्सा था। अपने स्वयं के टेलीफोन नम्बरों के साथ यह एक closed नेटवर्क के भाग थे। जैसे पुलिस रेडियो या टैक्सी प्रेषण प्रणाली। ये मोबाइल टेलीफोन आमतौर पर कारो या ट्रकों में लगाए जाते थे। हालाँकि इसके ब्रीफकेस मॉडल भी बनाए गये। आमतौर पर ट्रांसीवर (ट्रांसमीटर रिसीवर) वाहन को डिक्की में लगाया गया था और हाइपर सीट के पास लगे "हेड" (डायल डिस्प्ले और हैंडसेट) से जुड़ा हुआ था। वे WCC (वायरलाइन कॉमन, कैरियर, एके टेलीफोन कम्पनियों), RCC (रेडियो कॉमन कैरियर) और two-way रेडियो डीलरों के माध्यम से बेचे गए थे। इसका प्रयोग भी आवाज संचार के लिए किया गया। इस तकनीक के शुरुआती उदाहरण हैं।



Evolution of Cellular Technology

1. ऑटोरेडियोपुलिटन (ARP) 1971 में फिनलैंड में देश के पहले सार्वजनिक वाणिज्यिक मोबाइल फोन नेटवर्क के रूप में लॉन्च किया गया था।
2. B-Netz ने जर्मनी में 1972 को दूसरे सार्वजनिक वाणिज्यिक मोबाइल फोन नेटवर्क के रूप में लॉन्च किया। लेकिन पहले वाले को कनेक्ट होने के लिए अब मानव की आवश्यकता नहीं थी।

2.2.1. 1 G : Voice Only Generation

इसे first Generation wireless technologies भी कहा जाता है। यह केवल voice calls को ही support करता है। इसे पहली बार सन् 1979 में introduce किया गया था। 1 G एक Analog technology होती है और जिन phones में इसे प्रयोग किया जाता है उसमें बहुत ही poor battery life और voice quality होती है। ये अधिक secure नहीं होता है और बार-बार call drop जैसे असुविधाएँ इसमें आती रहती हैं।

1G की विशेषताएँ

- 1 G technology FDMA का प्रयोग करती है (अलग-अलग subscribers के लिए एक single user के द्वारा एक single channel में)
- 1 G technology की maximum speed 2.4 kbps होती है।
- इसकी voice quality बहुत low होती है और यह noise से बहुत प्रभावित होती है।
- ये केवल voice call को ही support करती है, data को नहीं।
- 1 G Mobile handset की battery बहुत ही कम backup प्रदान करती है।
- इस system में voice को higher frequency up to 150 MHz या इससे ज्यादा तक modulate किया जाता है।
- इसकी कीमत अधिक होती है क्योंकि इसमें 1 subscriber per carrier ही support करता है, जिसके लिए यह एक tower में बहुत-ही कम call support करता है।
- 1 G सबसे पुराना cellular नेटवर्क सिस्टम है। 1st जेनरेशन को वायरलेस कम्युनिकेशन टेक्नालॉजी का जनक माना जाता है। यह सन् 1980 में लॉन्च किया गया था। 1G नेटवर्क वायरलेस मोबाइल कम्युनिकेशन की first जेनेरेशन है। ये डाटा को ट्रांसमिट करने के लिए एनालॉग सिग्नल पर कार्य करती थी।
- First जेनरेशन नेटवर्क में बहुत सारी सीमाएँ (limit) थीं। फिर भी पहली बार एक-दूसरे से 'संचार' (communication) करने की दिशा को संभव बनाया। इस मोबाइल network ने सिर्फ कॉल के अतिरिक्त दूसरे फीचर्स नहीं थे। इसमें एक व्यक्ति से दूसरे व्यक्ति को एक लिमिट दूरी तक ही कॉल कर सकते थे। इसकी इंटरनेट स्पीड क्षमता 2.4 kbps थी। ये उस generation की एक नयी टेक्नोलॉजी थी, इसलिए ये सैल्युलर फोन्स उस समय अधिक महँगे होते थे।

AMPS (Advanced Mobile Phone Service) या एनालॉग सिग्नल टेलीफोन को सबसे पहले 1G मोबाइल सिस्टम में USA में लॉन्च किया गया था।

1G की कमियाँ (Drawbacks)

- वॉइस की गुणवत्ता अच्छी नहीं थी।
- फोन की बैटरी लाइफ सीमित थी।
- आकार में बड़ी और अधिक वजनी थे।
- इस जेनेरेशन के network में डेटा सुरक्षित नहीं था। (क्योंकि इसमें कोई security feature नहीं था।)

2.2.2. 2G : SMS और MMS Generation

2G का फुल-फार्म 'Second Generation' और Hindi में इसे 'दूसरी पीढ़ी' कहते हैं। 2G technology सबसे पहला डिजिटल cellular नेटवर्क है, जिसमें बेहतर क्वालिटी की आवाज के साथ 1G से अधिक सुरक्षा भी थी। 2G mobile network की दूसरी जेनरेशन है जिसमें पहली बार डिजिटल सिग्नल का प्रयोग किया। यह फिनलैंड में 1991 में लॉन्च की गयी जिसमें GSM टेक्नोलॉजी का प्रयोग किया गया था। 2G नेटवर्क की ट्रान्सफर डाटा स्पीड लगभग 64 Kbps तक थी। 2nd जेनरेशन नेटवर्क टेलीफोन technology से कॉल के साथ-साथ टेक्स्ट मैसेज, पिक्चर मैसेज जैसी इंटरनेट डेटा सेवाओं की शुरुआत हुई लेकिन वीडियो कॉल, वीडियो कांफ्रेंसिंग, मोबाइल टेलीविजन और मल्टीमीडिया

सर्विस के मामले में अभी 2G सफल नहीं था।

Cell phone को तब नया और पहला major upgrade मिला जब उनकी technology 1G से upgrade होकर 2G में पहुँच गयी। यह बदलाव सबसे पहली बार Finland में सन् 1991 में हुआ वह भी GSM network में और इसके बाद cell phones की technology analog से digital communications में परिवर्तित हुई। इस नयी 2G telephone technology में call और text encryption के साथ में data services जैसे कि SMS, picture message और MMS को भी शामिल किया गया। 2G ने पूरी तरह से 1G को replace कर लिया। परन्तु आज भी बहुत जगहों में इस technologies का प्रयोग अभी भी किया जाता है।

2G की विशेषताएँ

- 2G में digital signal का प्रयोग होता है।
- इसमें data speed upto 64 kbps तक जा सकती है।
- इसमें अनेक services जैसे कि SMS, Picture message और MMS enabled होती है।
- 1G की तुलना में ये बेहतर quality और service प्रदान करती है।
- 2G को कार्य करने के लिए strong digital signals की आवश्यकता होती है नहीं तो ये भली-भाँति कार्य नहीं कर सकती है।
- ये system videos और complex data को handle नहीं कर सकती है।
- 2G नेटवर्क एनालॉग के स्थान पर डिजिटल सिग्नल का उपयोग किया गया।
- इसकी इंटरनेट डाटा स्पीड 64 kbps से अधिक थी।
- 2nd जेनरेशन में SMS और MMS, Picture SMS जैसी मल्टीमीडिया सेवाएँ उपलब्ध थीं।
- 2G से बेहतर गुणवत्ता वाले वॉयस कॉल प्रदान किए।
- 2G technology 2nd generation थी जो GMS/CDMA पर आधारित थी।

2G की कमियाँ (Drawbacks)

- 2G नेटवर्क में फोन की डिजिटल सिंग्नल strong नहीं होते थे जिससे बात करते समय कॉल कट जाती थी।
- इस 2G नेटवर्क से वीडियो जैसे बड़े डेटा नहीं चला सकते थे।
- 2G mobile network में सिग्नल समस्या अधिक होती थी यदि किसी specific क्षेत्र में अच्छा नेटवर्क coverage नहीं है।

2.2.3. 2.5 G : Data Generation

2G के बाद और 3G के आने से पहले एक नयी technology आई जिसे कि 2.5 G का नाम दिया गया। यह एक ऐसी technology थी जोकि 2G और 3G technology के मध्य आती है। कभी-कभी 2.5 G को 2.5 cellular technology जिसे कि GPRS के साथ combine किया गया है, भी कहा जाता है। 2.5 G में एक नए packet switching technique को introduce किया गया था जोकि 2G technology की तुलना में ज्यादा efficient थी। उसके बाद 2.75 आयी जोकि एक theoretical threefold speed increase प्रदान करती है।

2.5 G की विशेषताएँ

- इसमें call की सुविधा होती है।
- इसमें आप E-mail message को send और recreive कर सकते हैं।
- इसमें web browsing कर सकते हैं।
- इसकी speed 64-144 kbps होती है।

2G technology के कुछ mobile network का नया वर्जन 2.5G और 2.75G network technology आया, जिसने इंटरनेट डेटा सेवाओं की स्पीड (GPRS और EDGE) में कुछ सुधार किया। 2.5G का प्रयोग वायरलेस एप्लीकेशन प्रोटोकॉल (wireless application protocol), मल्टीमिडिया मेसेजिंग सर्विस (MMS) के आने जाने, E-mail तथा वर्ल्डवाइड वेब एक्सेस (world wide web access) जैसे इंटरनेट संचार सेवाओं के लिए किया जाने लगा। 2.5 G या GPRS (सामान्य पैकेट रेडियो सेवा) के साथ डेटा ट्रांसफर की गति लगभग 48 kbps से 120 kbps थी और 2.75 G जो EDGE (एन्हैन्सड डेटा GSM एनवायरनमेंट) पर आधारित थी। इसके सिद्धांत के अनुसार डेटा ट्रांसफर स्पीड 384 kbps (वास्तविक में 100 kbps के नीचे) तक जा सकती थी। 2.75 G या EDGE डेटा कनेक्टिविटी GPRS (2G और 2.5G) कनेक्शन की तुलना में इंटरनेट की स्पीड फास्ट होती है। लेकिन आमतौर पर यह 3G नेटवर्क की तुलना में धीमा होता है।

2.5G and 2.75G की प्रमुख विशेषताएँ

- इसमें फोन कॉल आसानी से कर सकते हैं।
- ई-मेल मैसेज send और receive कर सकते हैं।
- वेब ब्राउजिंग access कर सकते हैं।
- इंटरनेट स्पीड : 64–144 kbps से 384 kbps तक सम्भव है।
- कैमरा फीचर्स के साथ मोबाइल उपलब्ध होता है।
- एक mp3 गाना डाउनलोड करने के लिए सिर्फ 6–7 मिनट का समय लगता है।

☛ 2.2.4. 3G : Mobile Data, Video Calling and High Speed Generation

3G technology को वायरलेस mobile नेटवर्क की '3rd Generation' कहते हैं। यह वर्ष 2001 में विकसित की गयी। 3G टेक्नालॉजी विशेषकर मल्टीमीडिया सेलफोन के लिए बनायी गयी जिन्हें आमतौर पर Hindi में 'स्मार्टफोन' कहते हैं। 3G network में हाई स्पीड बैंडविड्थ और डाटा ट्रांसमिशन की स्पीड पिछले 2G जेनरेशन से अधिक 144 kbps से बढ़कर 2.05 Mbps तक होती है जिससे एक साथ टेलीफोन कॉल, इंटरनेट चलाने, e-mail का आदान-प्रदान करने और आसानी से message को transmit किया जा सकता है।

3rd generation में ऑडियो और वीडियो के कोडेक्स में नये फीचर्स आए जिसमें बेहतर वॉयस कॉलिंग क्वालिटी की सुविधा थी। 3G जेनरेशन में वीडियो कॉल, टीवी स्ट्रीमिंग, 3D-गेम्स, बड़ी फाइल्स को ट्रांसफर करना, मल्टीमीडिया एप्लीकेशन, यूट्यूब, हाई डाटा स्पीड और बहुत सारे फीचर्स लांच किए गए। 3G के आने के बाद ही कंपनियों ने नए-नए डाटा प्लान्स भी शुरू किये। जिस कैमरा वाले मोबाइल से हम selfi लेते हैं वह 3G generation ही फ्रंट फेसिंग कैमरा की देन है। 3G Network को IMT-2000 के नाम से भी जाना जाता है।

3G यानि कि Third Generation Mobile Technology की शुरुआत सन् 1998 में हुई थी। इसके आने से data transmission speeds में काफी बढ़ोतरी हुई। लोगों ने इसका प्रयोग ज्यादा data demanding चीजों में जैसे कि video calling और mobile internet access में किया। Term "mobile broadband" को सबसे पहली बार 3G cellular technology को दिया गया। 2G की तरह ही, 3G को भी evolve किया गया। 3.5G और 3.75G में और ज्यादा freatures को introduce किया गया। इसकी maximum speed है 2 Mbps non-moving devices के लिए और 3&4 kbps moving vehicles के लिए। Technological advancement के नजरिए से ये एक बहुत बड़ा revolution network था जिसमें अधिक data transmission दर थी। 3G की speed capabilities 2 Mbps तक होती है। इसकी सहायता से smartphones पर आप faster communication large emails, fast web browsing video streaming इत्यादि आसानी से कर सकते हैं।

3G की विशेषताएँ

- यह 2G से ज्यादा बेहतर और faster communication प्रदान करता है।
- आसानी से बड़े E-mail message को send और receive कर सकते हैं।

- ये तकनीक high speed web प्रदान करती है।
- 2G की तुलना में ज्यादा security प्रदान करती है।
- इसमें आप video conferencing और 3D Games आसानी से खेल सकते हैं।
- इसमें TV streaming/Mobile TV/Call आदि की सुविधा प्राप्त कर सकते हैं।
- इसमें बड़ी Capacities और Broadband capabilities भी होती हैं।
- इसकी download speed 2G से बहुत बेहतर होती है।
- 3G नेटवर्क में डाटा स्पीड 2.05 Mbps तक होती है।
- 3G internet में वेब ब्राउजिंग स्पीड तेज और अधिक सुरक्षित होती है।
- 3G Cellular नेटवर्क में अधिक बैंडविड्थ, डाटा सुरक्षा और विश्वसनीयता होती है।
- 3G network में ऑडियो और वीडियो स्ट्रीमिंग के साथ मल्टीमीडिया सेवाएँ उपलब्ध होती हैं।
- E-mail, fax और powerpoint फाइलों को आसानी से send और receive किया जा सकता है।
- 3G की फ्रीक्वेन्सी बैंडविड्थ 15-25 GHz तक होती है।
- 3G internet से 3 मिनट के गाने को डाउनलोड करने में 11 second-1.5 minute का समय लगता है।

3G की हानियाँ (Drawbacks of 3G)

- 3G डाटा सर्विस बहुत costly होती है।
- इस नेटवर्क में डाटा ट्रांसफर के लिए ज्यादा bandwidth की आवश्यकता होती है।
- 3G के स्मार्टफोन महँगे होते हैं।
- 3G सेलफोन साइज में बहुत बड़े होते हैं।
- इसमें बिजली की खपत अधिक होती है।
- 3G नेटवर्क के base station को हर क्षेत्र में विकसित करना एक चुनौतीपूर्ण कार्य माना जाता है।
- इसमें roaming और data/voice एक साथ काम नहीं कर सकते हैं।

3.5 G हाई-स्पीड डाउनलिंग पैकेट एक्सेस (HSDPA)

3.5 और 3.75 G क्रमश: HSPA और HSPA+ के नाम से जाने जाते हैं जिनकी डाटा स्पीड क्रमश: 14 Mbps और 168 Mbps होती है। 3.75 G MIMD (मल्टीपल इनपुट और मल्टीपल आउटपुट) के प्रयोग से तेज गति और कम विलम्बता से डाटा access करना सम्भव हो पाया है।

☛ 2.2.5. चतुर्थ जेनरेशन (Fourth Generation; 4G)

4G Network मोबाइल की 4th generation वायरलेस कम्युनिकेशन टेक्नोलॉजी है। 4G वायरलेस टेक्नोलॉजी को Hindi में mobile network की 'चौथी पीढ़ी' कहते हैं जो वर्ष 2011 में शुरू हुई थी। 4G network डाटा की स्पीड 3G से कई गुना अधिक है। इसके नेटवर्क की अधिकतम स्पीड उच्च गतिशीलता संचार पर (जैसे कारों और ट्रेनों में) 100 Mbps/sec है और कम गतिशीलता संचार पर (जैसे पैदल यात्री या स्थिर) स्पीड 1 Gbps है।

4th Generation के अनेक फीचर्स 3G generation के समान है, क्योंकि यह इन्टरनेट ब्राउज करने, ऑनलाइन गेम खेलने, डाउनलोड करने और वीडियो स्ट्रीम करने के लिए हाई डेटा स्पीड उपयोग करने की अनुमति देता है। परन्तु यह सब 3G network से बहुत fast speed पर होता है। 3G नेटवर्क की तुलना में 4G बैंडविड्थ की स्पीड 200 Mbps अधिक है जिसमें एक हाई quality movie डाउनलोड करने के लिए लगभग 5-6 मिनट से कम समय लगता है। 4G technology का प्रयोग दो तरह से होता है—एक LTE और दूसरा VOLTE।

LTE (Long Term Evolution)

यह मोबाइल फोन और डेटा सेवा के लिए एक नई स्पीड वायरलेस कम्प्यूनिकेशन का एक स्टैंडर्ड है। LTE की

डाउनलोड क्षमता लगभग 100 Mbps और अपलोड क्षमता लगभग 50 Mbps/sec तक होती है।

VOLTE (Voice Over Long Term Evolution)

यह फोन में वायस कॉल quality और network कनेक्टिविटी को और अधिक बेहतर बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है।

4G को 2000 में ही develop किया जा चुका था लेकिन इसका प्रयोग 2008 से ही किया गया। ये Mobile Web Access को support करता है जैसे कि 3G करता है और साथ में ये gaming services, HD mobile TV, Video conferencing, 3D TV और ऐसे बहुत सारे features को भी support करता है जिनमें कि high speeds की जरूरत होती है। प्राय: सभी current cell phone models दोनों 4G और 3G technologies को support करते हैं।

4G Technology की विशेषताएँ

- इसे Mobile broadband भी कहा जाता है।
- एक ऐसा term है जोकि इसे बेहतर describe करता है वह है 'MAGIC' जहाँ पर M का अर्थ होता है Mobile Multimedia, A का अर्थ होता है Anytime Anywhere, G का अर्थ होता है Global Mobility support, I का अर्थ होता है Integrated Wireless Solution, C का अर्थ होता है Global Mobility Support।
- इसमें high data rates और expanded multimedia services होती हैं।
- इसकी speed 100 Mbps से 1 Gbps तक हो सकती है।
- इसमें fast speed, अधिक capacity और बेहतर security भी होती है।
- बड़े data file को डाउनलोड और अपलोड करने के लिए इंटरनेट की स्पीड 3G से कई गुना अधिक होती है।
- 4G Network से Multimedia सेवाओं (वीडियो स्ट्रीमिंग, लाइव TV आदि) का उपयोग से किया जा सकता है।
- 4G wireless नेटवर्क अधिक सुरक्षा/गोपनीयता प्रदान करता है।
- 4G उच्च bandwidth के साथ अत्यधिक हाई connectivity और वॉयस quality उपलब्ध कराता है।
- 4G Network से अन्य इंटरनेट स्पीड, social netwrork video/tv स्ट्रीमिंग, Video क्रांन्फ्रेंसिंग आदि का उपयोग आसानी से किया जा सकता है।
- इसमें MIMO (मल्टीपल इनपुट मल्टीपल आउटपुट) और DFDM (आर्थोगोनल फ्रीक्वेंसी डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग) तकनीक का उपयोग करके बेहतर सेवाएँ एवं Data व Voice quality प्रदान की जा सकती है।

4G के अवगुण

- 4G टेक्नोलॉजी 3G टेक्नोलॉजी से अधिक महँगी है।
- इसमें बेटरी की खपत अधिक होती है।
- 4G Network टेक्नोलॉजी की सेवाओं का लाभ लेने के लिए 4G मोबाइल खरीदना आवश्यक होता है।
- 4G नेटवर्क की कनेक्टिविटी विशिष्ट क्षेत्रों तक ही सीमित होती है।

☛ 2.2.6. पंचम जेनरेशन (Fifth Generation; 5G)

5G का अर्थ होता है fifth generation। यह एक ऐसी wireless technology है जिसे कि अभी तक implement नहीं किया गया है। इसकी शुरुआत सन् 2020 के बाद से होने की सम्भावनाएँ भी हैं। 5G में हमें अधिक faster data rates, higher connection density जिसमें कम latency हो और ernergy savings जैसे अनेक major improvements देखने को मिल सकते हैं। Speed की बात करें तो इसमें करीब 20 Gbps तक की speed प्रदान की जा सकती है। 5G technology वायरलेस mobile नेटवर्क की आने वाली 5वीं generation है जो वर्तमान में चल रही है और यह 4G LTE (Long Term Evolution) स्टैण्डर्ड से भी ज्यादा फास्ट चलने वाली है। इसकी कनेक्टिविटी स्पीड, वॉयस क्वालिटी, सिक्योरिटी और अन्य फीचर्स पिछले सभी जनरेशन से सबसे बेहतर होगी। 5G Network बिना किसी limitation के एक पूरी वायरलेस कम्युनिकेशन टेक्नोलॉजी है। यह WWWW (वायरलैस वर्ल्ड वाइड वेब) को सबसे ज्यादा सपोर्ट करती है। 2020 की शुरुआत के बाद 5G technology लान्च होने की उम्मीद थी लेकिन अभी भी मौजूदा 4G वायरलेस Network सिस्टम में बहुत सारे ऐसे क्षेत्र हैं जिनमें अभी भी सुधार करने की आवश्यकता है। अब आने वाले समय में 5G Network हर उद्योग को प्रभावित करने वाला है जो सुरक्षित परिवहन, दूरस्थ स्वास्थ्य सेवा, कृषि सेवा, डिजिटाइज्ड लॉजिस्टिक्स और अन्य क्षेत्रों से भी एक सफल कारगर साबित होगा। अधिकतर टेलीकॉम कम्पनियाँ 4G सिस्टम से सीधे 5G का उपयोग नहीं करेगी। 4G से होकर 4.5G pro और फिर अन्त में 5G का प्रयोग सम्भव हो पाएगा।

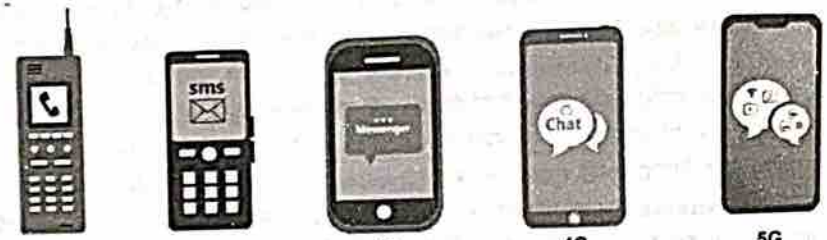
5G की विशेषताएँ

- इस network से डाउनलोड और अपलोड की स्पीड 4G से बहुत अधिक होगी।
- 5G network की अल्ट्रा-लो लेटेंसी (विलम्ब समय) प्रतिक्रिया सबसे कम है जो रियल टाइम का अनुभव प्रदान करेगी।
- इसकी अधिकतम हाई स्पीड 10 Gbps/sec तक हो सकती है जो डिवाइस पर निर्भर करती है।
- 5G नेटवर्क से तत्काल कनेक्शन स्थापित करना है इसलिए 5G नेटवर्क base स्टेशनों पर ट्रैफिक लोड कम करता है।
- 5G में कम्प्यूटर को Mobile हैडसेट द्वारा नियंत्रित कर सकते हैं।
- मल्टीमीडिया, न्यूज पेपर, टीवी प्रोग्राम आदि को हाई hd क्वालिटी और फास्ट देख पाना सम्भव होगा।
- 5G में उच्च इंटरनेट डाटा ट्रांसफर की स्पीड और बड़ी क्षमता वाली मेमोरी होगी।
- 5G internet अधिक प्रभावी और अधिक आकर्षक होगा।
- यह high speed और high capacity प्रदान करेगी।
- इसमें ज्यादा broadcasting of data की सुविधा भी होगी।
- Multimedia को हम High Definition में देख सकते हैं।
- पहले के generation की तुलना में इसमें faster data transmission सम्भव होगा।
- 5G में phone memory अधिक होगी dialling speed और audio/video की clarity में भी इजाफा होगा।
- इसमें बहुत सारे features जैसे कि ineractive multimedia, voice, streaming video और internet इत्यादि देखने को मिलेंगे।

5G के अवगुण

- 5G technology दूसरे मोबाइल नेटवर्क technology की तुलना में अधिक महँगी होगी।
- 5 G Network इन्फ्रास्ट्रचर को बनाने के लिए बड़ी लागत की आवश्यकता होगी।
- 5वीं generation के cellular नेटवर्क पुराने डिवाइस फोन को सपोर्ट नहीं करेंगे।
- इस टेक्नोलॉजी से जिस हाई डाटा स्पीड की उम्मीदें हैं उसे प्राप्त करना थोड़ा मुश्किल है।
- 5G Network में सुरक्षा और गोपनीयता की समस्या का समाधान अभी तक सम्भव नहीं हो पाया है।

2.2.7. Comparison Among Different Types of Generations *i.e.* 1G, 2G, 3G, 4G & 5G



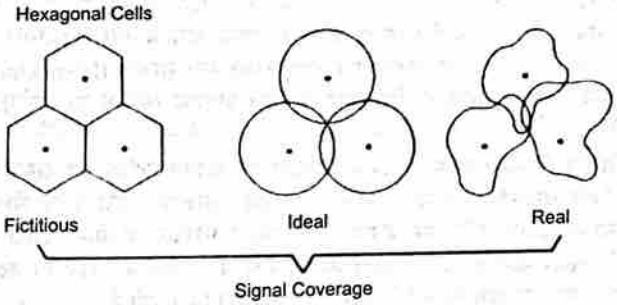
1G 2G 3G 4G 5G

S.N.	Features	1G	2G	3G	4G	5G
1.	Time period	1970-1980	1990-2004	2004-2010	In Use	Upcoming
2.	Definition	1G wireless are used for voice calls only	2G capabilities are achieved by allowing multiple uses on a single channel via multiplexing dusing 2G cellular phones are used for data also along with voice.	3G has multimedia services support along with streaming are more popular. In 3G universal access and porta- bility across different devices types are made possible.	Speeds for 4G are further increased to keep up with data access demand used by various services. High definition streaming is now supported in 4G. New phones with HD capabilities surface. It gets pretty cool. In 4G, Portability is increased further. World wide roaming is not a distant dream.	Currently there is no 5G Technology deployed. When this becomes available it will provide very high speeds to the consumers. It would also providde efficient use of available bandwidth.
3.	Introduce in	1980's	1990's	2000's	2010's	2020's
4.	Basic feature	Basic Analogue Voice No IP	Digital Voice No IP	Digital Voice WWW Multimedia	Voice Over IP HD Video	Voice Over IP VR V2X IoT
5.	Speed	2.4 kbps	14 kbps	2 Mbps	300 Mbps	1 Gbps
6.	Carrier	One network for voice	One network for voice	Onc network for voice other networks for IP	One network for IP	One network for IP
7.	Technology	NMT AMPS TACS	GSM IS-952.5G (GPRS EDGE)	UMTS CDMA 2000 3.5 G (HSDPA , HSUPA HSPA + LTE)	LTE Advanced 4.5G (LTE Advanced PRO)	LTE Advanced PRO NR
8.	Access System	—	TDNA, CDMA	CDMA	CDMA	OFDNA, BDMA
9.	Switching Type	Circuit switching	Circuit switching for voice and packet switchig for data.	Packet switching except for air inferference.	Packet switching	Packet switching
10.	Internet Services	—	Narrowband	Broadband	Ultra Broadband	Wireless World Wide Web
11.	Advantage	Voice calls	Multimedia features (?SMS, MMS) internet access and SIM introduced.	High security international roaming	High speed hard of global mobility.	Externally high speeds low latency.
12.	Applications	Voice calls	Voice calls, short massage.	Video conferencing mobile TV, GPS.	High speed of applications mobile TV, wearable devices.	High resolution, view streaming, remote control of vehicle, roots and media.

2.3 Cell Area

सैलुलर रेडियो प्रणाली में प्रत्येक सैलुलर क्षेत्र छोटे-छोटे क्षेत्रों में विभाजित किया जाता है, जिन्हें सैल (णत्) कहते हैं। प्रत्येक सैल में एक एंटीना होता है तथा उसे एक छोटे ऑफिस द्वारा कंट्रोल किया जाता है, जिसे बेस स्टेशन कहते हैं।

सैल का साइज फिक्स नहीं होता है तथा क्षेत्र की जनसंख्या की आवश्यकता के अनुसार परिवर्तित होता है। सैल का (radius) अद्धव्यास सामान्यत: 1 km से 30 km तक होता है। जैसे नगर के मध्य घनी जनसंख्या के क्षेत्र में सैल का साइज बाहरी क्षेत्रों के सैल की तुलना में छोटा होता है। सैल का आकार निर्धारित करने के पश्चात् adjacent सैलों के सिग्नल के कारण इन्टरफीरेन्स समाप्त करने के लिए सैल के आकार में आवश्यक संशोधन किया जाता है।



Hexagonal Cells and the Real Shapes of Their Coverage

पिको सैल्युलर नेटवर्क के विकास को तेजी से विकसित किया जा रहा है। मैक्रो-सैल्युलर नेटवर्क में सेल का आकार आमतौर पर 1 से 20 km तक होता है।

आमतौर पर माइक्रो-सैल्युलर नेटवर्क में 400 m से 2 km के सेल आकार होते हैं और पिको-सैल्युलर नेटवर्क 4 से 200 m के सेल आकार होते हैं। पिको और माइक्रो-सैल्युलर नेटवर्क के लिए व्यक्तिगत (personal) संचार के

नाम का अक्सर उपयोग किया जाता है। अधिकांश मैक्रो-सैल्युलर टेलीफोन नेट कारों के भीतर उपयोग के लिए डिजाइन किए गए हैं और यह पोर्टेबल नहीं होते एवं बहुत भारी और अधिक बिजली खपत करते हैं। माइक्रो और पिको-सैल्युलर नेटवर्क के साथ Local transmit powers, 20 mW से कम का उपयोग किया जा सकता है जो टर्मिनल के लघुकरण को अनुमति देता है। विभिन्न प्रकार के मुख्य Cell और उनके द्वारा कवर किया क्षेत्र (cell area) निम्नलिखित हैं—

(i) Macro-cellular nets, with cell radius 1.30 km
(ii) Micro-cellular nets, with cell radius 200-2000 metre
(iii) Pico-cellular nets, with cell radius 4-200 metre

यदि cell size को कम कर दिया जाए तो—

- उपयोगकर्ता की क्षमता में वृद्धि होती है।
- प्रतिकॉल पर हैंडओवर की संख्या में वृद्धि होती है।
- ग्राहक का पता लगाने में जटिलता बढ़ जाती है।
- मोबाइल टर्मिनल में कम बिजली की खपत—इसलिए यह लम्बे समय तक वार्तालाप करने और सुरक्षित संचालन की अनुमति देता है।

नोट—

- अधिकाँश रूप से Macro, micro and pico cells के लिए system designing होते हैं।
- छोटे cells के लिए propagation environment भी भिन्न होते हैं।
- Microcells अधिकतर एक urban street grid के ब्लॉक तक सीमित रहते हैं।

विभिन्न प्रकार के cell layout जैसे micro-cell एक block तक सीमित होते हैं।

विभिन्न सेल ले-आउट, माइक्रो-सेल अक्सर एक शहरी सड़क ग्रिड के एक ब्लॉक तक सीमित होते हैं। सैल्युलर फोन प्रणाली के लिए विशिष्ट सैल आकार माइक्रो सैल्युलर सिस्टम पर जाने की प्रवृत्ति के साथ 1 से 30 km तक हो सकता है। इसके कई फायदे हैं। एक बढ़ी हुई उपयोगकर्ता क्षमता के साथ, एक माइक्रो सैल्युलर सिस्टम में बहुत कम transmit power का उपयोग करना होता है क्योंकि आपको निम्न दूरी को कवर करने की आवश्यकता होती है, वह केवल कुछ सौ मीटर की होती है इसलिए phones में लगी बैटरी का आकार भी छोटा होता है अर्थात् आपको उपकरण अधिक सुविधाजनक हो सकता है। इसके अतिरिक्त यदि एक सेल को छोटा बनाते हैं तो यह अधिक सम्भावना है कि एक सेल से दूसरे सेल में प्रवेश करने पर सिस्टम को किसी अन्य सेल को हैंडओवर करने कर आवश्यकता हो।

तथाकथित "हॉट स्पॉट" में उपयोगकर्ता की क्षमता को बढ़ाने के लिए छोटे माइक्रोकेल्स का उपयोग मैक्रोल्स के पूरक के लिए किया जा सकता है। यह स्थानीय क्षमता के लिए व्यापक कवरेज और माइक्रोसेल के लिए मैक्रोकेट्स के साथ मिश्रित सेल संरचना प्रदान करते हैं। यह अक्सर एक पदानुक्रमित सेल संरचना (Hierarchical cell structure) के रूप में जाना जाता है। आमतौर पर ऑपरेटर दो सेल परतों के बीच उपलब्ध स्पेक्ट्रम को मैक्रोसेल बैंड और माइक्रोसेल बैंड में विभाजित करना है।

यद्यपि सैल्युलर सिस्टम में कलस्टर में cells की संख्या उन उपयोगकर्ताओं की संख्या को नियन्त्रित करने में सहायता कर सकती है जिन्हें समायोजित किया जा सकता है। सभी cells को छोटा करके सैल्युलर सिस्टम की समग्र क्षमता में वृद्धि करना सम्भव है। हालाँकि इस प्रक्रिया में ट्रांसमीटर रिसीवर या बेस स्टेशनों की अधिक संख्या की आवश्यकता होती है। यदि cells छोटे हो जाते हैं तो इससे ऑपरेटर को लागत बढ़ जाती है। तदनुसार उन क्षेत्रों में जहाँ अधिक उपयोगकर्ता हैं वहाँ और छोटे कम बिजली के बेस स्टेशन स्थापित किये जाते हैं।

Cellular प्रणाली में उपयोग किये जाने वाले विभिन्न cell इस प्रकार हैं—

(i) Macrocell–मैक्रो सेल बड़े cell होते हैं जो आमतौर पर दूरदराज या कम आबादी वाले क्षेत्रों के लिए उपयोग किये जाते हैं। ये 10 km या सम्भव व्यास में इससे अधिक हो सकते हैं।

(ii) Microcell–माइक्रो सेल वे होते हैं जो सामान्य रूप से घनी आबादी वाले क्षेत्रों में पाए जाते हैं जिनका व्यास लगभग 1 km हो सकता है।

(iii) Pico Cells–पिको cell का उपयोग आमतौर पर इमारतों के विशेष क्षेत्रों जैसे बहुत छोटे क्षेत्रों को कवर करने के लिए किया जाता है। यह सम्भवत: सुरंगों में उपयोग किये जाते हैं जहाँ सैल्युलर सिस्टम में एक बड़े सेल से कवरेज सम्भव नही है और जहाँ छोटे cell के लिए बेस स्टेशनों द्वारा उपयोग किए जाने वाली बिजली का स्तर बहुत कम होता है और एण्टेना व्यापक क्षेत्रों को कवर करने की स्थिति में नहीं होते है। इस तरह से कवरेज कम से कम हो जाता है और adjacent cell के मध्य interference भी कम हो जाता है।

(iv) Selective Cells–कभी-कभी cells को selective cell कहा जाता है जहाँ पूर्ण 360 डिग्री कवरेज की आवश्यकता नहीं होती है। उनका उपयोग सैल्युलर सिस्टम में कवरेज में एक बहुत विशेष क्षेत्र को कवर करने के लिए या एक समस्या को सम्बोधित करने के लिए किया जा सकता है जैसे कि सुरंग का प्रवेश द्वार आदि।

(v) Umbrella Cell–यह एक अन्य प्रकार के cell है जिनको छाता सेल के रूप में जाना जाता है। इनका उपयोग वहाँ किया जाता है जहाँ एक अधिक उपयोग की जाने वाली सड़क उस क्षेत्र को पार करती है जहाँ माइक्रोकेल्स होते है। सामान्य परिस्थितियों में यह बड़ी संख्या में हैंडओवर के परिणामस्वरूप होता है क्योंकि सड़क पर वाहन चलाने वाले लोग माइक्रोकेल्स को जल्दी से पार कर लेते है। एक Umbrella सेल micro cells के कवरेज में ले जाया जाता है। (लेकिन micro cells को आवंटित करने के लिए विभिन्न चैनलों का उपयोग होता है।) हालांकि यह उन लोगों को सड़क पर ले जाने में सक्षम बनाता है जो umbrella सेल द्वारा नियन्त्रित किए जाते हैं और कम हैंडओवर का अनुभव करते हैं, जैसे कि उन्हें एक माइक्रोसेल से अगले cell तक जाना है।

Cellular Hierarchy

Cellular Hierarchy की आवश्यकता उन क्षेत्रों तक कवरेज का विस्तार करना है जो एक बड़ी सेल द्वारा कवर करना मुश्किल है। इन क्षेत्रों के लिए नेटवर्क की क्षमता बढ़ाना जिनके उपयोगकर्ताओं का घनत्व अधिक है, जैसे वायरलेस उपकरणों की बढ़ती संख्या और उनके बीच संचार cellular नेटवर्क में cell hierarchy निम्नलिखित हैं—

(i) Femtocells—यह Hierarchy की सबसे छोटी इकाई है इन cell को केवल कुछ मीटर को कवर करने की आवश्यकता होती है जहाँ सभी डिवाइस उपयोग की भौतिक श्रेणी में आते हैं।

(ii) Picocells—इन नेटवर्कों का आकार कुछ दसियों मीटर की सीमा में होता है। उदाहरण के लिए WLAN।

(iii) Microcells—इनका उपयोग सैकड़ों मीटर की सीमा को कवर करने के लिए शहरी क्षेत्रों में पीसीएस का समर्थन करने के लिए होता है जो मोबाइल प्रौद्योगिकी का एक और प्रकार है।

(iv) Macro cells—यह कई किलोमीटर के क्रम में क्षेत्रों को कवर करते हैं, जैसे—महानगरीय क्षेत्र।

(v) Mega cells—यह सैकड़ों किलोमीटर की सीमा वाले राष्ट्रव्यापी क्षेत्रों को कवर करते हैं, जैसे— उपग्रहों के साथ उपयोग किया जाना।

2.4 Cell Site Structure

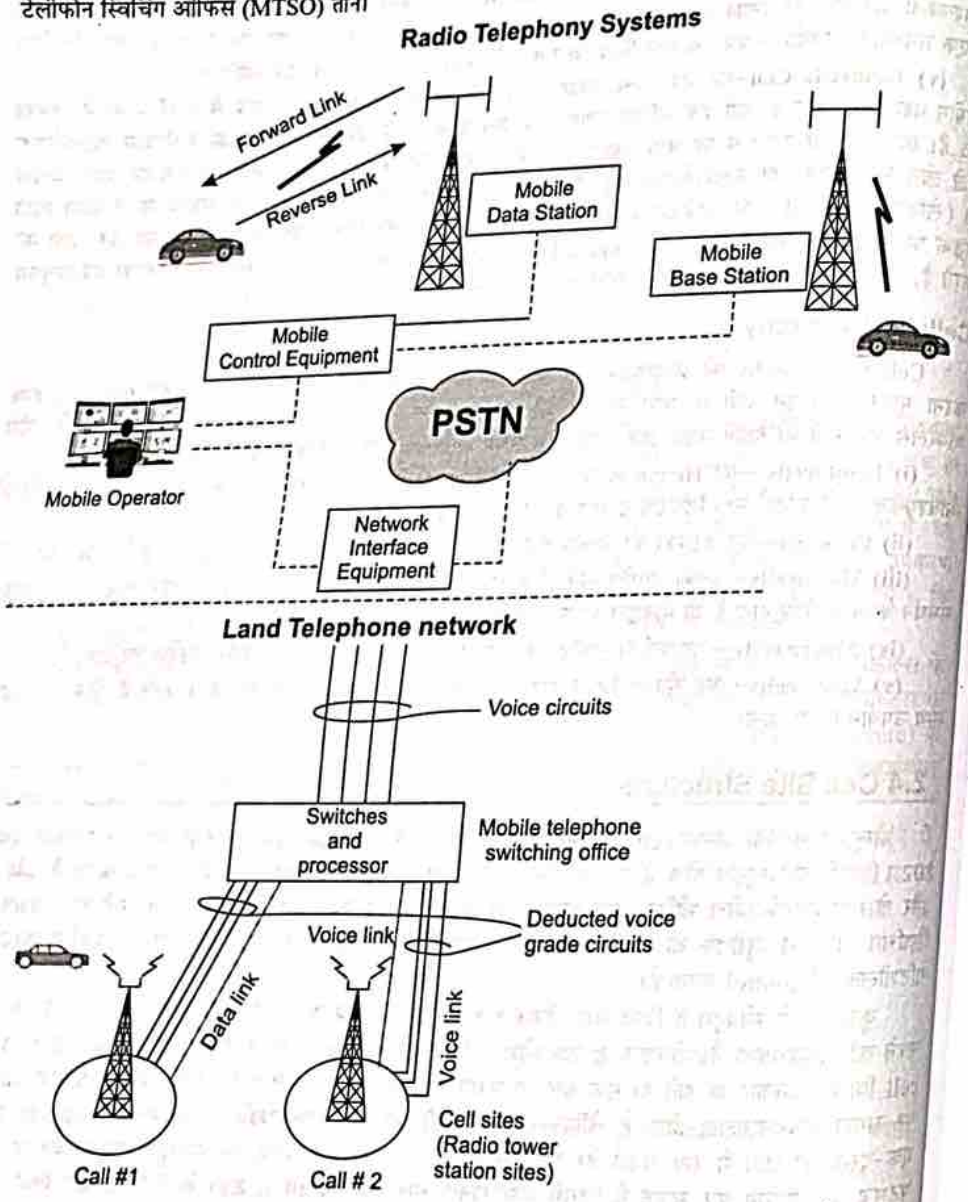
सैल्युलर नेटवर्क अनेक cells से बना होता है। सेल एक भौगोलिक क्षेत्र को कवर करता है जिसका बेस स्टेशन 802.11 एपी के अनुरूप होता है जो मोबाइल उपयोगकर्ताओं को नेटवर्क से जुड़ने में सहायता करता है और मोबाइल और बेस स्टेशन के बीच भौतिक और लिंक लेयर प्रोटोकॉल का एक एयर-इंटरफेस है। ये सभी बेस स्टेशन मोबाइल स्विचिंग सेंटर से जुड़े हैं जो cells को वाइड एरिया नेट से जोड़ता है, कॉल सेटअप का प्रबंधन करता है और गतिशीलता को control करता है।

कुछ रेडियो स्पेक्ट्रम हैं जिन्हें बेस स्टेशन और एक विशेष क्षेत्र को आवंटित किया जाता है और जिसे अब share करने की आवश्यकता है। मोबाइल-टू-बेस स्टेशन रेडियो स्पेक्ट्रम share करने के लिए 2 तकनीकें होती हैं। व्यवहार में cell विभिन्न आकार के होते हैं। एक वृत्त के करीब क्योंकि इसमें सभी पक्षों पर समान शक्ति होती है और सभी पक्षों पर समान संवेदनशीलता होती है लेकिन दो-तीन चक्रों को एक साथ रखने से अंतराल में अंतर हो सकता है या एक-दूसरे को क्रम में रख सकते हैं। इस समस्या को हल करने के लिए हम समभुज त्रिभुज, वर्ग या एक नियमित षटभुज का उपयोग कर सकते हैं जिसमें हेक्सागोनल सेल एक सिस्टम डिजाइन के लिए उपयोग किए गए सर्कल के

करीब होता है। एक कलस्टर N में cells की संख्या सह-चैनल हस्तक्षेप की मात्रा चैनल उपलब्ध आवृत्ति चैनलों की संख्या निर्धारित करती है।

☛ 2.4.1. बेसिक सेल्युलर सिस्टम

एक बेसिक सेल्युलर सिस्टम में तीन भाग होते हैं—एक मोबाइल यूनिट, एक सेल साइट और एक मोबाइल टेलीफोन स्विचिंग ऑफिस (MTSO) तीन।



1. मोबाइल यूनिट–एक मोबाइल टेलीफोन यूनिट में एक नियंत्रण यूनिट एक ट्रांसीवर और एक एंटीना प्रणाली होती है।

2. सेल साइट–सेल साइट एमटीएसओ और मोबाइल इकाइयों के बीच इंटरफेस प्रदान करती है। इसमें एक नियंत्रण इकाई, रेडियो केटिनटस एंटीना एक पावर प्लांट और डेटा टर्मिनल होता है।

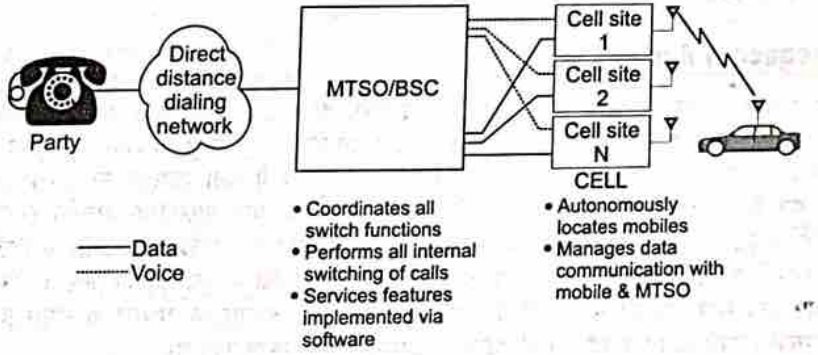
3. एमटीएसओ–स्विचिंग office में सभी सेल साइटों के लिए केंद्रीय समन्वय तत्व (central coordinating elements) सैल्युलर प्रोसेसर और सैल्युलर स्विच शामिल हैं। यह टेलीफोन कंपनी जोन कार्यालयों के साथ इंटरफेस, कॉल प्रोसेसिंग को नियत्रित करता है और बिलिंग गतिविधियों को control करता है।

4. कनेक्शन्स–रेडियो और हाई-स्पीड डेटा लिंक तीन सबसिस्टम को आपस में जोड़ते हैं।

प्रत्येक मोबाइल इकाई अपने संचार लिंक के लिए एक समय में केवल एक चैनल का उपयोग कर सकती है। लेकिन चैनल fix नहीं होता है। यह सेवा क्षेत्र द्वारा सौंपे गए पूरे बैंड में से कोई भी हो सकता है। प्रत्येक साइट में मल्टीचैनल क्षमताएँ हैं जो एक साथ अनेक मोबाइल इकाइयों से जुड़ सकती हैं।

एमटीएसओ सैल्युलर मोबाइल सिस्टम का केंद्र बिन्दु होता है। इसका प्रोसेसर केंद्रीय समन्वय और सैल्युलर प्रशासन (administration) करता है। सैल्युलर स्विच, या तो एनालॉग या डिजिटल हो सकता है। यह मोबाइल उपभोक्ताओं को अन्य मोबाइल ग्राहकों से और देशव्यापी टेलीफोन नेटवर्क से कनेक्ट करने के लिए कॉल स्विच करता है। यह टेलीफोन कंपनी इंटरआफिस वॉयस के समान नेटवर्क से कनेक्ट करने के लिए कॉल स्विच के बीच और सेल साइटों और प्रोसेसर के बीच पर्यवेक्षण लिंक प्रदान करने वाले डेटा लिंक भी होते हैं। रेडियो लिंक मोबाइल यूनिट और सेल साइट के बीच आवाज और सिग्नलिंग करता है। हाई स्पीड डेटा लिंक को मानक टेलीफोन trunks पर प्रसारित नहीं किया जा सकता है और इसलिए उन्हें माइक्रोवेव लिंक या टी-कैरियर (वायर लाइन) का उपयोग करना आवश्यक होता है। रेडियो लिंक या सेल साइट और एमटीएसओ के बीच आवाज और data दोनों carry करते हैं।

सेल साइट शब्द का उपयोग रेडियो उपकरणों के भौतिक स्थान को संदर्भित करने के लिए किया जाता है जो सेल के भीतर कवरेज प्रदान करता है। एक सेल साइट पर स्थित हार्डवेयर की सूची में बिजली के स्रोत, इंटरफेस उपकरण, रेडियो आवृत्ति ट्रांसमीटर और रिसीवर और एंटीना प्रणाली होते हैं।



☛ 2.4.2. Antenna

एंटीना पैटर्न, एंटीना gain, और एंटीना ऊँचाई सभी सैल्युलर सिस्टम डिजाइन को प्रभावित करते है। एंटीना पैटर्न ऊर्ध्वाधर और क्षितिज दोनों में सर्वव्यापी, दिशात्मक या किसी भी आकार का हो सकता है। एंटीना gain संचरित शक्ति की भरपाई करता है। सेल साइट और मोबाइल इकाइयों पर विभिन्न एंटीना पैटर्न और एंटीना gain सिस्टम के प्रदर्शन को प्रभावित करते हैं और इसलिए सिस्टम डिजाइन में विचार किया जाना आवश्यक होता है। सैल्युलर सिस्टम में देखे गए एंटीना पैटर्न free space में देखे गए पैटर्न से भिन्न होते हैं। यदि एक मोबाइल इकाई कई भवनों वाले क्षेत्रों में एक सेल साइट के चारों ओर घूमती है तो सर्वदिशात्मक एंटीना सर्वव्यापी नहीं होगा। इसके अतिरिक्त अगर एक दिशात्मक

एंटीना का फ्रंट-टू-बैक अनुपात 20 dB (free space) पाया जाता है तो यह सेल साइट पर केवल 10 dB होगा। एंटीना पड़ोसी cell के हस्तक्षेप को कम कर सकता है और सेल में कमजोर स्पॉट (weak spot) को बढ़ा सकता है। इसके अलावा, सेल-साइट एंटीना की ऊँचाई प्रणाली में कवरेज के क्षेत्र और आकार को प्रभावित कर सकती है।

सैल्युलर सिस्टम में उपकरण स्विच करने की क्षमता स्विच पोर्ट की संख्या नहीं बल्कि स्विच से जुड़े प्रोसेसर की क्षमता पर आधारित होती है। एक बड़े सैल्युलर सिस्टम में, यह प्रोसेसर बड़ा होना चाहिए। इसके अलावा क्योंकि सैल्युलर सिस्टम अन्य प्रणालियों के विपरीत है, यह विचार करना महत्वपूर्ण है कि स्विचिंग उपकरण अधिकतम क्षमता तक कब पहुँचेगा। स्विचिंग उपकरणों की service life उपकरणों के जीवन-चक्र (life cycle) से निर्धारित नहीं होती है अपितु इस बात पर निर्भर करती है कि इसकी पूरी क्षमता तक पहुँचने में कितना समय लगता है। यदि स्विचिंग उपकरण को मॉडयूल में डिजाइन किया गया है या विपरीत स्विच के रूप में तो उपकरण की क्षमता बढ़ाने के लिए अधिक मॉड्यूल जोड़े जा सकते है। विकेन्दीकृत (decentralized) प्रणालियों के लिए डिजिटल स्विच अधिक उपयुक्त हो सकते है। भविष्य की प्रवृत्ति को सिस्टम हैडऑफ का उपयोग अधिक प्रतीत होता है। इसका अर्थ है कि स्विचिंग उपकरण अन्य स्विचिंग उपकरणों से लिंक कर सकते हैं। उसके परिणामस्वरूप कॉल को एक सिस्टम से दूसरे सिस्टम पर कॉल ड्रॉप किये बिना जारी रखा जा सके।

☛ 2.4.3. DataLink

डेटा लिंक चित्र में दिखाए गए है। यद्यपि वे सैल्युलर सिस्टम से सीधे प्रभावित नहीं होते हैं, वे सिस्टम में महत्वपूर्ण है। प्रत्येक डेटालिंक सेलसाइट से एमटीएसओ तक कई चैनल डेटा (प्रति चैनल पर प्रसारित 10 kbps डेटा ले जा सकता है। यह तेज गति डेटा ट्रांसमिशन एक नियमित टेलीफोन लाइन के माध्यम से पारित नहीं किया जा सकता है। इसलिए डेटा बैक उपकरणों की आवश्यकता होती है। उन्हें बहुसंकेतन (Multiplexed) किया जा सकता है। कई डेटा चैनल एक वाइडबैंड टी-कैरियर वायर लाइन से गुजरते हैं या माइक्रोवेव रेडियो लिंक से गुजरते हैं जहाँ आवृत्ति 850 MHz से अधिक होती है। टेलीफोन कंपनियों के माध्यम से T1-Carrier तार लाइनों को किराए पर लेना महँगा हो सकता है। यद्यपि माइक्रोवेव का उपयोग दीर्घकालिक मनी सेवर हो सकता है। माइक्रोवेव लिंक की उपलब्धता पर विचार करना आवश्यक होता जा रहा है।

2.5 Frequency Reuse

सैल्युलर फोन नेटवर्क सैल्युलर आवृत्ति का उपयोग करते हैं। frequency reuse की अवधारणा में सेवा को आवंटित आवृत्तियों को क्षेत्रों के एक नियमित पैटर्न में पुन: उपयोग किया जाता है, जिसे cell कहा जाता है, प्रत्येक को एक बेस स्टेशन द्वारा कवर किया जाता है। मोबाइल-टेलीफोन नेट में ये cell आमतौर पर regular hexagon के आकार के होते है। यह सुनिश्चित करने के लिए कि उपयोगकर्ताओं के बीच पारस्परिक हस्तक्षेप हानिकारक स्तर से नीचे रहता है, Adjacent cell अलग-अलग आवृत्तियों का उपयोग करते हैं। हालाँकि ऐसे cells में जिन्हें अलग किया जाता है, फ्रीक्वेंसी का पुन: उपयोग किया जा सकता है। अवधारणा आवृत्ति में पुन: उपयोग कवरेज क्षेत्र को अधिकतम करता है और एक साथ बातचीत से निपटने के लिए सैल्युलर संचार आरएफ के संचरण से संभव हो जाता है। यह संकेतों को प्रसारित करने वाले एक शक्तिशाली एंटीना के उपयोग से प्राप्त किया जाता है।

उपलब्ध चैनलों की संख्या के आधार पर शक्तिशाली एंटीना conversation control करने में सक्षम होते हैं। Frequency Reuse उपयोग के लिए आवश्यक पहला कदम नेटवर्क की सेल प्रणाली होती है। विभिन्न cells में प्रत्येक ऐन्टीना उसी आरएफ पर संचालित होता है जिसे असाइन किया जाता है। **यदि एक मूल ऐन्टीना 7 कॉलों को control कर सकता है और आपने एंटेना की संख्या को 10-70 एक साथ कॉल बढ़ा दिया है। यह अवधारणा एंटीना और कम पावर बेस स्टेशन होता है ताकि वह अपने क्षेत्र के भीतर traffic को handle कर सके।** प्रत्येक बेस स्टेशन को पड़ोसी बेस स्टेशनों के साथ अलग-अलग आवृत्तियों को सौंपा जाता है। Carrier फिर इन आवृत्तियों को अन्य क्षेत्रों में फिर से असाइन करने में सक्षम होते हैं जो भौगोलिक रूप से अन्य बस स्टेशनों और cells के बहुत समीप नहीं है। अधिकांश frequency Reuse plans 7 cells के समूह में produce किये जाते हैं।

महानगरीय सांख्यिकीय क्षेत्र (MSA) या ग्रामीण सेवा क्षेत्र (RSA) में विभिन्न सात सेल frequency reuse समूह होते हैं। उच्च ट्रैफिक सेल ग्राहक उपयोग या ग्राहक घनत्व के अनुसार अधिक रेडियो चैनल प्राप्त होते हैं। एक frequency reuse plan की योजना को परिभाषित किया जाता है कि रेडियो फ्रीक्वेंसी (RF) इंजीनियर कैसे उपखंड करते हैं और Carrier market में FCC आवंटित रेडियो स्पेक्ट्रम आवंटित करते हैं।

☛ 2.5.1. फ्रीक्वैन्सी का पुनः प्रयोग (Frequency Resue Principle)

सैलुलर रेडियो प्रणाली अपने सम्पूर्ण कवरेज क्षेत्र में चैनल के बुद्धिमत्तापूर्वक (intelligently) आवंटन तथा पुन: प्रयोग (reuse) पर निर्भर करती है। प्रत्येक सैलुलर बेस स्टेशन को रेडियो चैन का एक समूह आवंटित (allocate) किया जाता है। सामान्यत: एक सैल के लिए 10 से 50 आकृतियाँ निर्धारित की जाती हैं। यह अपेक्षाकृत ट्रैफिक पर निर्भर करता है जिसे बेस स्टेशन भौगोलिक क्षेत्र में, जिसे सैल कहते हैं, प्रयुक्त करता है। समीपों (adjacent) सैलों में स्थिर बेस स्टेशनों को वे चैनल ग्रुप निर्धारित किया जाते हैं जिनमें पड़ोसी (neighbouring) सैलों से पूर्णतया अलग चैनल होते हैं। बेस स्टेशन का एंटीना, एक विशेष (particular) सैल में आवश्यक कवरेज प्राप्त करने के लिए डिजाइन किया जाता है। कवरेज क्षेत्र एक सैल की बाउन्ड्री में सीमित करनते में, चैनलों का यही सूह अलग-अलग उन सैलों को कवर करने के लिए प्रयुक्त किया जा सकता है जो एक-दूसरे से इतनी दूरी पर हैं कि इन्टरफीरेन्स न्यूनतम (telerable) सीमा तक हो। एक सिस्टम के समस्त सैलुलर बेस स्टेशनों के लिए चैनल ग्रुपों को सलैक्ट करना तथा उन्हें आवंटित करना, फीक्वैन्सी रियूज (frequency reuse or frequency planning) कहलाता है।

सामान्यत: पड़ोसी (neighbouring) सैल कम्यूनिकेशन के लिए फ्रीक्वैन्सी का एक समान सैट (same frequencies for uplink and downllink) नहीं प्रयुक्त कर सकते क्योंकि इससे सैल बाउन्ड्री के समीप स्थित यूजर्स के साथ कम्यूनिकेशन में इन्टरफीरेन्स उत्पन्न कर सकता है। परन्तु कम्यूनिकेशन के लिए उपलब्ध आवृत्तियाँ (frequencies) सीमित हैं और उनका रियूज (reuse) करना आवश्यक है।

सब्सक्राइबर्स के मध्य इन्टरफीरेन्स (interference) को कम करने के लिए उन सैलों के मध्य दूरी (separation) अधिक रखी जाती है जो समान फ्रीक्वैन्सी प्रयुक्त करते हैं। इसके लिए कुछ सैलों को एक समूह में रख क्लस्टर्स (clusters) बनाये जाते हैं जोकि समस्त उलब्ध रेडियो चैनलों का उपयोग कर सकते हैं। फ्रीक्वैन्सी रियूज के अनुक पैटर्न हैं। षट्भुजीय सैल (hexagonal cell) के वल अवधारणाा के लिए (conceptual) हैं तथा प्रत्येक बेस के लिए रेडियो कवरेज का एक मॉडल है परन्तु इसे सैलुलर सिस्टम के विश्लेषण के लिए आदर्श माना गया है। यद्यपि बेस स्अेशन का कवरेज क्षेत्र प्रदर्शित करने के लिए एक वृत्त का उपयोग अधिक उपयुक्त प्रतीत होता है परन्तु सैलों को वृत्तों द्वारा एक नक्शे पर प्रदर्शित करने पर ओवरलैपिंग होगी अथवा रिक्त स्थान (gaps) होंगे। इस प्रकार किसी भौगोलिक क्षेत्र को ओवरलैपिंग तथा गैप के बिना समान क्षेत्रफल द्वारा प्रदर्शित करने के लिए तीन सम्भव विकल्प होने चाहिए जो उसमें स्थित सबसे कम शक्ति वाले (weakest) मोबोइल को भी सर्व कर सकें जो सामान्यत: सैल की बाउन्ड्री (boundary or edge) पर स्थित होते हैं। यदि एक बहुभुज (polygon) के केन्द्र एवं बहुभुज की परिधि पर सबसे अधिक दूर बिन्दु के मध्य दूरी पर विचार किये जाएँ तब इन तीनों (वृत्त, त्रिभुज तथा षट्भुज) में एक षट्भुज का क्षेत्रफल सबसे अधिक होता है। इस प्रकार षट्भुजीय ज्यामिति (hexagonal geometry) प्रयुक्त करने पर किसी भौगोलिक क्षेत्र को कवर करने के लिए सैलों की बहुत कम संख्या की आवश्यकता होगी।

कवरेज क्षेत्र को षट्भुज द्वारा प्रदर्शित करने पर बेस स्टेशन ट्रांसमीर को या तो सैल के सैन्टर पर माना जाता है, जिसे centre excited cell कहते हैं, अथवा सैल के 6 शीर्ष (vertices) बिन्दुओं में से किन्हीं तीन पर, जिसे 'edge excited cell' कहते हैं। सैन्टर एक्साइटेड सैलों में ओमनीडायरैक्शनल (omnidirectional) एंटीना तथा एज-एक्साइटेड सैल में सेक्टर्डडारैक्शनल एंटीना का उपयोग किया जाता है।

यदि पैटर्न में N सैल हैं (इसे क्स्टर भी कहते हैं) तथा प्रत्येक सैल को आवृत्तियों की समान संख्या निर्धारित (assign) की गयी है तब प्रत्येक सैल K/N आवृत्तियाँ रख सकता है जहाँ ख सिस्टम को एलॉट की गयी आवृत्तियों की कुल संख्या है। AMPS प्रणाली के लिए $K = 395$ तथा $N = 7$ वह सबसे छोटा पैटर्न है जिसके द्वारा समान फ्रीक्वैन्सी के दो प्रयोगों (two uses) के मध्य अधिकतम अलगाव (maximum isolation) उपलब्ध होता है। इसका अर्थ है कि

अधिकतम 57 फ्रीक्वैन्सी प्रति सैल होगी।

फ्रीक्वैन्सी रियूज के सन्दर्भ में सामान्यत: निम्न पैरामीटर्स प्रयुक्त किये जाते हैं—

D = उन सैलों के केन्द्रों के मध्य दूरी जो समान फ्रीक्वैन्सी बैण्ड प्रयुक्त करते हैं (जिन्हें को-चैनल सैल कहते हैं)।

R = सैल की त्रिज्या (radius of a cell)

d = समीप स्थित (adjacent) सैलों के केन्द्रों के मध्य दूरी ($d = \sqrt{3R}$)

N = एक रिपीट होने वाले पैटर्न में सैलों की संख्या (number of cells in repetitions pattern) एक पैटर्न में प्रत्येक सैल फ्रीक्वैन्सी का एक निश्चित बैण्ड प्रयुक्त करता है।

एक षट्भुजीय पैटर्न में एक N के केवल निम्न मान सम्भव हैं—

$$N = I^2 + J^2 + (I \times J) \text{ जहाँ } I,\ J = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

अत: N के सम्भव मान 1, 3, 4, 7, 9, 12, 15, 16, 19, 21 आदि।

D, R तथा N में निम्न सम्बन्ध हैं—

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N} \text{ अथवा } \frac{D}{d} = \sqrt{N}$$

2.6 Interference (Cochannel & Adjacent Channel)

इंटरफेरेंस and system कैपेसिटी इंटरफेरेंस सैल्युलर रेडियो system के प्रदर्शन में प्रमुख सीमित का (limiting factor) हैं—

हस्तक्षेप के स्रोतों में एक ही सेल में एक अन्य मोबाइल, एक पडोसी सेल में प्रगति में कॉल, एक ही आवृत्ति में कम करने वाले अन्य बेस स्टेशन या कोई भी non-cellular प्रणाली शामिल है जो अनजाने में बड़े 'umbrel सेल के लिए छोटे माइक्रोकेल्स कम traffic को उत्पन्न करती (उच्च गति के लिए) वॉयस चैनलों पर interferen क्रॉस टॉक का कारण बनता है, जहाँ ग्राहक एक अवांछित प्राप्तारण के कारण Background हस्तक्षेप सुनता Central चैनलों पर digital सिग्नलिंग में error के कारण interference सिस्ड और अवरुद्ध कॉल के रूप में अवर उत्पन्न करता है।

अधिक से अधिक आरएफ reuse floor और बेस स्टेशनों और मोबाइलों के कारण शहरी क्षेत्रों में interfa गंभीर समस्या है। बढ़ती क्षमता में हस्तक्षेप को एक बड़ी अड़चन के रूप में मान्यता दी गई है और अक्सर dropcall के लिए जिम्मेदार होता है। System generation सैल्युलर interference के दो प्रमुख प्रकार हैं—सह चैन हस्तक्षेप (co-channel) और adjacent चैनल हस्तक्षेप है। भले ही interference उत्पन्न करने वाले संकेत अक सेल्युलर सिस्टम के भीतर उत्पन्न होते हैं, लेकिन वास्तव में कहना मुश्किल होता है (random propagation effect आउट-ऑफ बैण्ड उपयोगकर्ताओं के कारण हस्तक्षेप control करना और भी मुश्किल है, जो कि सब्सक्राइबर उपकर या रुक-रुक कर इंटरमोड्यूलेशन उत्पादों के सामने के अधिकार के कारण चेतावनी के बिना उत्पन्न होता है। व्यवह में, प्रतिस्पर्धी सैल्युलर carrier से ट्रांसमीटर अक्सर आउट ऑफ बैण्ड हस्तक्षेप का एक महत्वपूर्ण स्रोत होते हैं, क्यों प्रतियोगी अक्सर ग्राहकों को तुलनीय कवरेज प्रदान करने के लिए एक-दूसरे के समीप अपने बेस स्टेशनों को स्थापि करते है।

2.6.1. सह-चैनल हस्तक्षेप (Co-channel Interference)

सह-चैनल हस्तक्षेप और सिस्टम क्षमता आवृत्ति पुन: उपयोग का अर्थ है कि किसी दिए गए कवरेज क्षेत्र में व cells हैं जो आवृत्तियों के समान सेट का उपयोग करते हैं। इन cells को सह-चैनल cells कहा जाता है, और इ cells के संकेतों के बीच के हस्तक्षेप को सह-चैनल हस्तक्षेप कहा जाता है थर्मल शोर के विपरीत जो सिंग्नल-टू-शो अनुपात (एसएनआर) को बढ़ाकर दूर किया जा सकता है, सह-चैनल हस्तक्षेप को केवल एक ट्रांसमीटर की carri शक्ति में वृद्धि करके नहीं घटाया जा सकता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि carrier संचारित शक्ति में वृद्धि से पड़ोस

$\frac{C}{I}$ calculations and 'Q'

"Q" की value भी $\frac{C}{I}$ पर निर्भर करती है। "C" वांछित ट्रांसमीटर से प्राप्त carrier power है और "I" सभी हस्तक्षेप करने वाले cells से प्राप्त सह-चैनल हस्तक्षेप (co-channel interference) है। सात-सेल पुनः उपयोग पैटर्न के लिए, सह-चैनल इंटरफेरिंग cells की संख्या छह होगी।

$$I = m2b\Sigma Mz1I_m$$

Loss of signal is proportional to (distance) r

R — Propagation constant

$$C \propto R - r$$

R = radius of cell

$$I \propto 6D - r$$

D = Co-channel separation distance

$$\frac{C}{I} = \frac{R-r}{6D-r} = \frac{1}{6} \times \frac{Dr}{Rr} = \frac{1}{6}\left(\frac{D}{R}\right)r$$

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{6}qr \qquad \text{since } q = \frac{D}{R} \text{ and } qr = 6\frac{C}{I}$$

$$Q = \left[6 \times \frac{C}{I}\right]\frac{1}{r}$$

Acceptable voice quality के आधार पर $\frac{C}{I}$ की value 18 dB होगी।

Assuming,

- A seven-cell reuse pattern
- Omni-directional antennae

Value of 'q' can be typically around 4.6.

Value r is taken as 3.

यह एक आदर्श स्थिति है, जिसमें हस्तक्षेप करने वाले cell से मोबाइल इकाइयों की दूरी को सभी मामलों में समान रूप से cases D के बराबर माना जाता है। लेकिन व्यावहारिक रूप से मोबाइल के गतिशील होने पर दूरी 'D' सेल की सीमा तक पहुँचने पर $RD - R$ तक कम हो जाती है, और $\frac{C}{I}$ 14.47 dB तक गिर जाता है।

NOTE:

Hence 'freq.' reuse pattern of 7 is not meeting $\frac{C}{I}$ criteria with Omni-directional antennae.

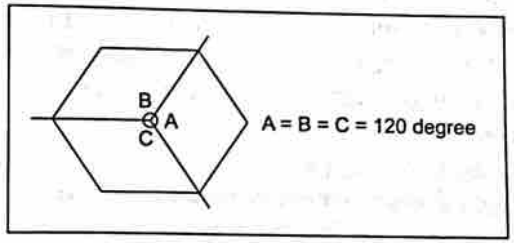
If $N = 9$ (or) 12,

$$N = 9q = 5.2\frac{C}{I} = 19.78 \text{ dB}$$

$$N = 12q = 6.0\frac{C}{I} = 22.54 \text{ dB}$$

इसलिए या तो 9 या 12 सेल पैटर्न ओमनी दिशात्मक एंटीना के साथ होता है, लेकिन हैडलिंग क्षमता कम हो जाती हैं। इसलिए उन्हें अधिकतर उपयोग नहीं नहीं किया जाता है।

एन-7 (या कम) का उपयोग करने के लिए, दिशात्मक एंटीना का उपयोग प्रत्येक सेल साइट में किया जाता है। 3 सेक्टर वाले एक सेल बहुत लोकप्रिय हैं और यह नीचे दिखाए गए हैं—



एंटीना की फ्रन्ट-बैक कपलिंग संभावित इंटरफेरर्स की संख्या को कम करती है।

उपकरण के रूप में $N = 7$

ओमनी दिशात्मक एंटीना के साथ, हस्तक्षेप करने वाले cell की संख्या छह होती है। दिशात्मक एंटीना और 3 क्षेत्रों के साथ यह घटकर 2 हो जाती है। $N = 7$ और तीन क्षेत्रों के लिए, $\frac{C}{I}$ सबसे खराब परिस्थितियों में भी 14.47 dB से 24.5 dB तक सुधार करता है। फिर $\frac{C}{I} = 18$ dB की आवश्यकता को पूरा करता है। $N = 7$ और छह सेक्टरों के लिए $\frac{C}{I}$ 29 dB तक सुधार करता है।

शहरी अनुप्रयोगों के लिए, $N = 4$ और एक तीन सेक्टर सेल का उपयोग किया जाता है जिससे प्रति सेल वाहक अधिक संख्या $N = 7$ से प्राप्त हो।

उदाहरण : 1. DAMPS $\frac{7}{21}$ cell pattern का उपयोग करता है।

2. GSM $\frac{4}{21}$ cell pattern का उपयोग करता है।

2.6.2. आसन्न चैनल हस्तक्षेप (Adjacent Channel Interference)

आसन्न चैनल हस्तक्षेप उन संकेतों से उत्पन्न होता है जो वांछित आवृत्ति में आसन्न होते हैं, उन्हें आसन्न चैनल हस्तक्षेप कहा जाता है। आसन्न रिसीवर फिल्टर से आसन्न चैनल हस्तक्षेप वह परिणाम है जो पास की आवृत्तियों को पासबैंड में लीक करने की अनुमति देता है। समस्या विशेष रूप से गंभीर हो सकती है यदि कोई निकटवर्ती चैनल उपयोगकर्ता किसी सब्सक्राइबर के रिसीवर के बहुत करीब रेंज में संचारित हो रहा है, जबकि रिसीवर वांछित चैनल पर बेस स्टेशन प्राप्त करने का प्रयास करता है। इसे 'near for effect' के रूप में संदर्भित किया जाता है, जहाँ एक समीप ट्रांसमीटर (जो सैल्युलर सिस्टम द्वारा उपयोग किए इस उसी प्रकार का या भिन्न हो सकता है। ग्राहक के रिसीवर को कैप्चर करता है। वैकल्पिक रूप से near-far effect का प्रभाव तब होता है जब किसी बेस स्टेशन के करीब का मोबाइल किसी कमजोर मोबाइल (weak mobile) द्वारा उपयोग किए जा रहे चैनल के समीप पहुँच जाता है। बेस स्टेशन को निकटवर्ती चैनल मोबाइल के कारण "ब्लीडओवर" से वांछित मोबाइल उपयोगकर्ता के Discrimination में कठिनाई हो सकती है।

आसन्न चैनल हस्तक्षेप को सावधानीपूर्वक फिल्टरिंग और चैनल असाइनमेंट के माध्यम से कम किया जा सकता है। चूँकि प्रत्येक सेल को उपलब्ध चैनलों का केवल एक हिस्सा दिया जाता है, इसलिए सेल को उन चैनलों को असाइन करने की आवश्यकता नहीं होती है जो आवृत्ति में आसन्न है। किसी दिए गए सेल में प्रत्येक चैनल के बीच आवृत्ति को अलग-अलग रखने से, आसन्न चैनल का हस्तक्षेप काफी कम हो सकता है। इस प्रकार चैनलों को असाइन करने के

स्थान पर जो एक विशेष सेल के भीतर आवृत्तियों का एक आकस्मिक बैंड बनाते हैं, चैनल ऐसे आवंटित किए जाते हैं कि किसी दिए गए सेल में चैनलों के बीच frequency separation को अधिकतम किया जाता है। क्रमिक रूप से अलग-अलग cells को आवृत्ति बैंड में क्रमिक चैनल असाइन करने से, कई चैनल आवंटन योजनाएँ एक चैनल में आसन्न चैनल को अलग-अलग करने में सक्षम हैं जैसे कि एक चैनल बैंडविड्थस्, जहाँ N क्लस्टर आकार हैं। कुछ चैनल आवंटन योजनाएँ पड़ोसी सेल साइटों में आसन्न चैनलों के उपयोग से बचने के लिए आसन्न चैनल के हस्तक्षेप के एक माध्यमिक स्रोत को भी रोकती है।

यदि frequency reuse factor बड़ा है (जैसे, छोटा N), तो बेस स्टेशन पर आसन्न चैनलों के बीच separation पर्याप्त नहीं हो सकती है जिससे आसन्न चैनल हस्तक्षेप स्तर को सहनीय सीमा के भीतर रखा जा सके। उदाहरण के लिए, यदि कोई क्लोज-इन मोबाइल बेस स्टेशन के दूसरे मोबाइल की तरह 20 गुना है और उसके पासबैंड की ऊर्जा स्पिलआउट है, तो weak मोबाइल के लिए बेस स्टेशन पर सिंग्नल-टू-इंटरफेरेस अनुपात (रिसीवर फिल्टर करने से पहले) लगभग

$$\frac{S}{I} = (20)^{-n} \text{ होगा।}$$

Path Loss exponent $N = 4$ के लिए, यह – 52 dB के बराबर है। यदि बेस स्टेशन रिसीवर के इंटरमीडिएट फ्रीक्वेंसी (IF) फिल्टर में 20 dB/ऑक्टेव का Slope है तो आसन्न चैनल इंटरफेरर को 52 dB attenuation प्राप्त करने के लिए रिसीवर आवृत्ति पासबैंड के केन्द्र से कम से कम छह बार पासबैंड बैंडविड्थ द्वारा विस्थापित करना होगा। यहाँ, लगभग छह चैनल बैंडविड्थ का separation विशिष्ट फिल्टर के लिए आवश्यक है जिससे एक निकटवर्ती चैनल उपयोगकर्त्ता से 0 डीबी एसआईआर प्रदान किया जा सके। इसका तात्पर्य आसन्न चैनल के हस्तक्षेप को स्वीकार्य स्तर पर लाने के लिए छह से अधिक चैनल विभाजनों की आवश्यकता है। जब पास और दूर से उपयोगकर्ता एक ही सेल share करते हैं तो बेस स्टेशन फिल्टर की आवश्यकता होती है। व्यवहार में, बेस स्टेशन रिसीवर को आसन्न चैनल हस्तक्षेप को अस्वीकार करने के लिए एक उच्च Q cavity फिल्टर द्वारा पूर्ववर्ती किया जाता है।

एक दिया गया सेल/सेक्टर कई RF चैनलों का उपयोग करता है। अपूर्ण रिसीवर फिल्टर के कारण जो पास की आवृत्तियों को पास बैंड में लीक करने की अनुमति देता है, आसन्न चैनल हस्तक्षेप होता है।

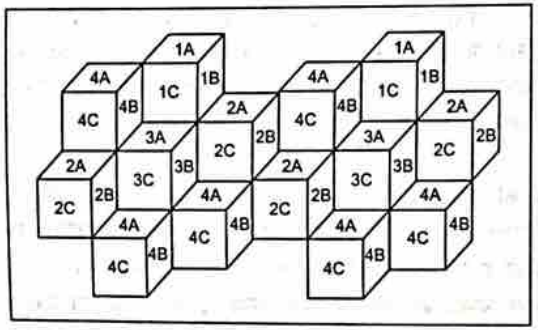
इसे दिए गए सेल में प्रत्येक आरएफ Frequency reuse factor को यथासंभव बड़ा करके कम किया जा सकता है। जब पुन: उपयोग कारक छोटा होता है तो यह पृथक्करण पर्याप्त नहीं हो सकता है।

आरएफ आवृत्तियों का चयन करके एक चैनल पृथक्करण, जो 6 से अधिक चैनलों को अलग कर रहा है, सीमा के भीतर आसन्न चैनल हस्तक्षेप रखने के लिए पर्याप्त होता है।

For example, in GSM which follows 4/12 pattern,

$N = 4$

sectors = 3 1 cell



A will use RF carr. 1, 13, 25, ...

IB will use RF carr. 5, 17, 29, ...

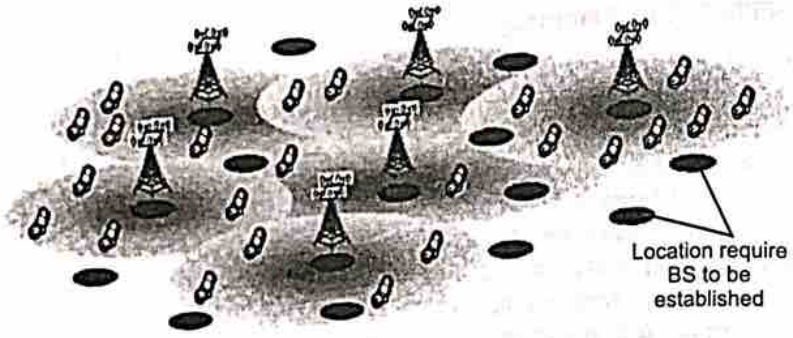
IC will use RF carr . 9, 21, 33,... and so on

2.7 सेल प्लानिंग (Cell Planning)

सेल प्लानिंग (सीपी) सेल्युलर सिस्टम के जीवन चक्र का सबसे महत्वपूर्ण चरण है क्योंकि यह परिचालन व्यय, पूंजीगत व्यय के साथ-ही सिस्टम के दीर्घकालिक प्रदर्शन को भी निर्धारित करता है। यह सैल्युलर सिस्टम की सभी चार पीढ़ियों के लिए पिछले तीन दशकों से बड़े पैमाने पर अध्ययन किया गया है। हालांकि तथ्य यह है कि यह भविष्य के नेटवर्क का एक प्रमुख घटक है। भविष्य के नेटवर्क 5G के लिए CP (Cell Planning) एक पहेली की भाँति है। इसके अतिरिक्त उभरते सैल्युलर सिस्टम में विभिन्न प्रकार के सेल साइज और प्रकार, विषम नेटवर्क ऊर्जा दक्षता एवं व्यवस्थित नेटवर्क सुविधाएँ, नियंत्रण और डेटा प्लेन स्प्लिर आर्किटेक्चर (CDSA) बड़े पैमाने पर मल्टीपल इनपुट आउट (MIMO) शामिल हैं। समन्वित मल्टीपाइंट (COMP) क्लाउड रेडियो एक्सेस नेटवर्क और मिलीमीटर लहर आधारित cells के साथ-साथ इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IOT) और डिवाइस-टू-डिवाइस (D2D) संचार का समर्थन करने की आवश्यकता है जिस तरह से सैल्युलर नेटवर्क में एक प्रमुख प्रतिमान बदलाव की आवश्यकता होती है।

नेटवर्क योजना और अनुकूलन सैल्युलर सिस्टम की तैनाती और विस्तार के लिए पूंजीगत व्यय (CAPEX) और परिचालन व्यय (OPEX) को कम करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। आमतौर पर रेडियो नेटवर्क की योजना एक परिभाषा और आयाम चरण के साथ शुरू होती है जिसमें ट्रैफिक अनुमान, सेवा, परिभाषा, कवरेज और क्षमता की आवश्यकता शामिल है। यह परंपरागत रूप से एक स्थिर प्रक्रिया के रूप में माना जाता है। कुछ मुख्य कार्य बेस स्टेशन स्थान-स्थान क्षेत्र और मार्ग क्षेत्र योजना और रेडियो संसाधन प्रबंधन (आरआरएम) रणनीतियों के लिए साइट चयन होने है। प्रारंभिक आवश्यकताओं जैसे कि कवरेज और क्षमता को पूरा करने के अलावा, रेडियो संसाधन को इस तरह से अधिग्रहित किया जाता है कि लागत कम-से-कम हो। आप्टिमाइजेशन नेटवर्क के लान्च से पहले और बाद में एक लंबी अवधि की प्रक्रिया है। यह प्रक्रिया नेटवर्क प्रदर्शन को अधिकतम रूप से नेटवर्क को कान्फिगर करने और अपने संसाधनों का उपयोग करने के लिए विभिन्न तरीकों को लागू करती है। परंपरागत रूप से अनुकूलन उपकरण स्वचालित रूप से सिस्टम प्रदर्शन को अधिकतम करने के लिए मापदंडों का अनुकूलन करने के लिए विकसित किए गए हैं जिससे अनुकूलन प्रक्रिया बहुत अधिक कुशल हो जाती है। एनालॉग आधारित 1G सैल्युलर नेटवर्क के लिए योजना और optimisation की आवश्यकता नहीं थी। कम क्षमता की आवश्यकता होने पर, मुख्य समस्या कवरेज की संतुष्ट डिग्री प्रदान करना है। 2G नेटवर्क की सफलता और आवाज और डेटा की बढ़ती माँग के साथ, सैल्युलर सिस्टम अधिक से अधिक जटिल हो गए हैं। नई रेडियो एक्सेस प्रौद्योगिकियाँ योजना और अनुकूलन प्रक्रियाओं के लिए नई चुनौतियाँ प्रस्तुत करती है। बेस स्टेशन location सैल्युलर नेटवर्क में एक बहुत ही मौलिक योजना कार्य (Fundamental planning) है। बढ़ते उपयोगकर्ता से निपटने के लिए, संतोषजनक सेवाएँ प्रदान करने के लिए अधिक से अधिक बेस स्टेशनों की आवश्यकता है। एक परिभाषी अनुकूलन समस्या यह निर्धारित करने के लिए है कि कवरेज और क्षमता आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए कितने और कहाँ बेस स्टेशन स्थिर होने चाहिए। समस्या का एक चित्र नीचे दिखाया गया है। चित्र में दर्शाये गये स्थान पर cell/base station स्थापित करने की आवश्यकता होती है। सामान्य तौर पर समस्या की जटिलता में बेस स्टेशन का स्थान एक जटिल समस्या है। 2G नेटवर्क के लिए एक बड़े विस्तार के लिए, कार्य को एक प्रकार के सेट कवरिंग समस्या के रूप में माना जा सकता होता है। प्रदर्शन मुख्य रूप से कवरेज-संचालित है और अधिकतर प्रचार मॉडल पर निर्भर करता है। इस विषय में BS (Base Station) आवश्यक संस्थानों के बीच स्थित होता है। ताकि सिंग्नल power उच्च क्षेत्रों को कवर करने के लिए पर्याप्त हो। डब्ल्यूसीडीएम के साथ 3G नेटवर्क के लिए हालांकि यह उपलब्ध नहीं है क्योंकि कवरेज स्वयं यातायात वितरण से काफी प्रभावित होती है। इस प्रकार यूएमटीएम नेटवर्क में BS स्थान को बिजली नियंत्रण पर विचार करना पड़ता है जोकि यातायात वितरण से जुड़ा हुआ है। पिछले वर्षों में, BS 2G जी और 3G नेटवर्क के लिए बड़े पैमाने पर अध्ययन किया गया है। समस्या समाधान के लिए गणितीय मॉडलिंग और टेरीस्टिल एल्गोरिथ्म दोनों प्रस्तावित किये गये हैं। BS स्थान के साथ 2G जीएसएम नेटवर्क में

एक और महत्वपूर्ण विषय होता है जिसे आवृत्ति असाइनमेंट समस्या (Frequently Assignment Problem; FAP) कहते हैं। एफएपी (FAP) जीएसएम नेटवर्क में हस्तक्षेप से बचने के लिए पड़ोसी cells को विभिन्न आवृत्तियों का उपयोग करना आवश्यक होता है।



2.7.1. RRM (Radio Resource Management)

RRM सैल्युलर नेटवर्क में एक मौलिक विषय है। आरआरएम में विभिन्न प्रकार के संसाधनों के आवंटन रणनीतियों से जुड़ी कई अनुकूलन समस्याएँ दर्शायी जाती हैं। उपरोक्त एफएपी को आरआरएम का हिस्सा माना जा सकता है क्योंकि आवृत्ति सैल्युलर नेटवर्क में एक अत्यधिक मूल्यवान संसाधन है। एक अन्य प्रमुख संसाधन ट्रांसमिशन पावर है। ट्रांसमिशन पावर हस्तक्षेप प्रबंधन, ऊर्जा की खपत के साथ ही सेवा की गुणवत्ता में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस प्रकार शक्ति नियंत्रण (पीसी) तंत्रों पर विचार किया गया है। Power control उपयोगकर्ता उपकरण (यूई) बीएस या रेडियो नेटवर्क नियंत्रक (आरएक्सो) पर स्थित हो सकता है। यह आईएस-95 सीडीएमए प्रणालियों का एक प्रमुख घटक है। Power transmission से जुड़े विभिन्न प्रतिकूल प्रभाव के कारण जीएसएम नेटवर्क में power control तंत्र भी होती है हालांकि पीसी की आवश्यकता आईएस 95 जितनी अधिक नहीं है। 3G और 4G सिस्टम के लिए अधिक उन्नत (PC) तंत्र का आविष्कार किया गया है। 2G सिस्टम में एक निश्चित SIR पर विचार करने के स्थान पर प्राप्त एसआईआर भिन्न होता है और आमतौर पर 3G सिस्टम भी पीसी तंत्र में संयुक्त रूप से नियंत्रित और अनुकूलित होता है। इसके अतिरिक्त पीसी एल्गोरिथ्म को नेटवर्क प्रदर्शन को अधिकतम करने के लिए अन्य आरआरएम प्रतिक्रियाओं (जैसे शेडयूलिंग) के साथ निकटता से सहयोग करने की भी आवश्यकता होती है। सैल्युलर नेटवर्क के तेजी से विकास के कारण निश्चित एसआईआर और Variable एसआईआर अवसरवादी पीसी (opportunistic PC) सिद्धान्त पर आधारित PC संयुक्त PC और बीमफार्मिंग संयुक्त PC और बीएस स्थान आदि के साथ PC एल्गोरिथ्म पर व्यापक शोध किया गया है। पीसी के अलावा, शेड्यूलिंग RRM का एक महत्वपूर्ण घटक है क्योंकि पैकेट स्विचिंग सैल्युलर नेटवर्क में समर्थित हो गयी है। समय निर्धारण का अर्थ है आमतौर पर लक्ष्य आयाम (जैसे थ्रुपुट सेवा की गुणवत्ता (Qos) निष्पक्षता आदि) को अधिकतम करने के लिए समय आयाम के साथ उपयोगकर्ताओं के बीच संसाधन आवंटित करना विशिष्ट शेडयूलिंग रणनीतियो में राउंड रॉबिन (आरआर) आनुपातिक निष्पक्षता (न्यूनतम जीबीआर + पीएफ) के साथ उच्च साइट घनत्व और स्पेक्ट्रम संसाधन की कमी के कारण आवृत्ति आवंटन को सावधानीपूर्वक नियोजित किया जाना चाहिए ताकि उच्च वर्णक्रमीय दक्षता (Spectal efficiency) और कम हस्तक्षेप प्राप्त किया जा सके। GSM नेटवर्क में Frequency Assignment Problem (FAP) के लिए अनेक ऑप्टिमाइजेशन के तरीके और एल्गोरिथ्म प्रस्तावित किए गए हैं। अधिक उन्नत आवृत्ति के उपयोग के लिए पॉलिनेशन की रणनीतियां जैसे फ्रीक्वेंसी होपिंग (FH) और डायनेमिक चैनल एलोकेशन (DCA) भी प्रस्तावित किए गए हैं। डब्ल्यूसीडीएमए नेटवर्क में फ्रीक्वेंसी रीयूज फैक्टर होता है इसलिए यहाँ FAP की समस्या नही होती। एलटीई (LTE) विषय बन जाता है एलटीई स्पेक्ट्रम उपलब्धता में अच्छी तरह से पैमाने पर डिजाइन किया गया है। स्पेक्ट्रम को बड़ी संख्या में उपकारकों में विभाजित किया गया है जो एक-दूसरे के ऑर्थोगोनल है। यह संसाधन आवंटन के संबंध में

अधिक लचीलापन प्रदान करता है। OFDMA के साथ इंट्रा-सेल हस्तक्षेप ऑर्थोगोनलिटी के कारण नहीं होता है लेकिन इंटर-सेल हस्तक्षेप प्रदर्शन-सीमित कारक बन सकता है। विशेष रूप से खराब रेडियो सिग्नल स्थिति वाले सेल-एज उपयोगकर्ताओं के लिए इंटर-कैरियर हस्तक्षेप को कम करने के लिए उप-वाहक आवंटन सावधानी से किया जाना आवश्यक है। इसके लिए फैक्शनल फ्रीक्वेंसी रीयूज (FFR) और सॉफ्ट फ्रीक्वेंसी रीयूज (SFR) स्कीम (Scheme) प्रस्तावित की गई हैं। 3G से 4G नेटवर्क के विकास के साथ Inter-cell हस्तक्षेप Mingohion अधिक से अधिक अनुसंधान ध्यान आकर्षित कर रहा है।

न्यूनतम बिट दर निर्धारण के साथ-साथ अधिकतम विलंब शेड्यूलिंग सम्मिलित है। UMTS R99 के लिए जो एक समर्पित चैनल (DCH) पर आधारित है शेड्यूलिंग RNC पर की जाती है। HSDPA एक उच्च गति डाउनलिंक share चैनल (HS-DSCH) प्रस्तुत करता है। पैकेट शेड्यूलर को RNC में रखने के स्थान पर HSDPA Node B में एक फास्ट शेड्यूलर का उपयोग करता है जो Node B को उपयोगकर्ताओं की चैनल स्थितियों में तेजी से अनुकूल होने की क्षमता प्रदान करता है। HSDPA के समान HSUPA ने अपलिंक के लिए एक enhanced DCH (E-DCH) का परिचय दिया जो तेजी से समय निर्धारण का समर्थन करता है। वर्तमान में HSPA मोबाइल ब्रॉडबैंड के लिए सबसे व्यापक रूप से प्रयोग की जाने वाली सैल्युलर तकनिक है। OFDMA के साथ, रेडियो संसाधन आवंटन के लचीलापन में वृद्धि हुई LTE में डाउनलिंक संसाधन ग्रिड में संसाधन ब्लॉक (RB) होते हैं। प्रत्येक ब्लॉक में 12 sub classes और 7 OFDM प्रतीक होते हैं। उपलब्ध बैंडविड्थ के आधार पर (resource block) तक (20 मेगाहर्ट्ज की बैंडविड्थ के साथ) आवंटित किया जा सकता है। पावर को संयुक्त रूप से आरबी के साथ आवंटित किया जाता है। इसके अलावा, सूचना को अनेक एंटेना द्वारा प्रेषित और संयोजित किया जा सकता है जो स्वतंत्रता के एक ओर आयाम को जोड़ते हैं। इस प्रकार एलटीई में आयाम सम्मिलित है। लचीलेपन के कारण, शेड्यूलिंग एल्गोरिथ्म का प्रदर्शन OFDMA based नेटवर्क में महत्वपूर्ण है। यही कारण है कि कई लेखों ने OFDMA के लिए संसाधन आवंटन रणनीतियों की जाँच की और विशेष रूप से LTE के लिए।

2.8 Power Control for Reducing Interference

पावर कंट्रोल डिजाइन की सहायता से एक सैल्युलर system में डायनेमिक power control सम्मिलित किया जाता है। इसके लिए आवश्यक है कि प्राप्त संचार प्रणाली पृष्ठभूमि के लिए पर्याप्त रूप से प्रभावी होना चाहिए। मोबाइल से transmitted सिग्नल में शक्ति को कम करने के लिए Co-channel interface को कम करना आवश्यक है। बैटरी पावर को बचाने हेतु (सीडीएमए का उपयोग करते हुए एसएस सिस्टम में) BS पर सभी मोबाइल इकाइयों से प्राप्त पावर स्तर को बराबर करना वांछनीय है।

☛ Types of Power Control

1. Open - loop Power control
   Depends solely on mobile unit
   No Feedback from BS
   NOT as accurate as closed - loop, but can react quicker to fluctuations in signal strength
2. Closed - loop Power Control
   A kusts signal strength in reverse channel based on meteric of performance of BS makes power adjustment decision and communicated to mobile on control channel.

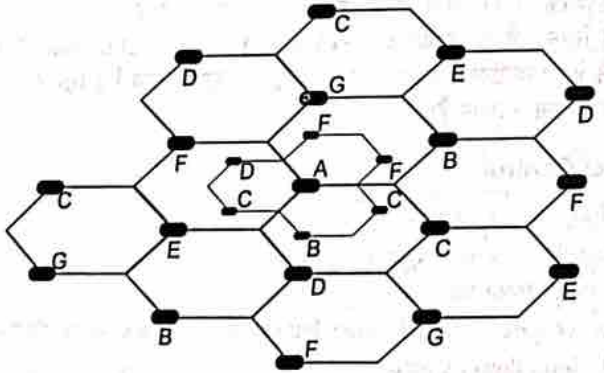
अतिरिक्त कार्यात्मक, जैसे प्रवेश नियंत्रण और भार नियंत्रण भी आरआरएम में आवश्यक है। ध्यान देने योग्य है कि आरआरएम घटक एक-दूसरे से स्वतंत्र नहीं हैं और समय प्रदर्शन विभिन्न आरआरएम कार्यात्मकताओं का एक संयुक्त प्रभाव है।

2.9 Cell Splitting

Cell splitting छोटे आकार के सेल में सेल को विभाजित करने की एक विधि है। मूल cell जोकि मूल रूप से कंजेस्टेड थी को मैक्रो सेल और माइक्रो सेल के रूप में कहा जाने वाला छोटा सेल कहा जाता है।

जब किसी दिए गए क्षेत्र में ग्राहकों की संख्या बढ़ जाती है तो उस चैनल द्वारा कवर किए गए अधिक चैनलों का आवंटन आवश्यक है जो सेल विभाजन द्वारा किया जाता है। अत: दो सह-चैनल cells के बीच एक एकल छोटा सेल मार्ग प्रस्तुत किया जाता है।

- सेल को विभिन्न छोटे सेल में विभाजित किया जाता है। (Transmitted Power)
- सेल में S/I अनुपात को बनाए रखने के लिए संचारित शक्ति को कम करना आवश्यक होता है।
- सेल की त्रिज्या कम हो जाती है और क्षमता में सुधार करने के लिए co-channel reuse ratio D/R को स्थिर रखा जाता है।
- सेल splitting में बड़े मैक्रो-सेल हाई-स्पीड ट्रैफिक के लिए समर्पित होते हैं। हैडऑफ कम होता है और कॉल प्रगति आसानी से हो सकती है।
- यह घनी आबादी वाले सैल को छोटे cells में विभाजित करने की प्रक्रिया है। प्रत्येक का अपना बेस स्टेशन और एंटीना की ऊँचाई और ट्रांसमीटर शक्ति होती है।
- सेल स्प्लिटिंग सैल्युलर system की क्षमता को बढ़ाता है क्योंकि यह चैनलों की पुन: उपयोग की जाने वाली संख्या को बढ़ाता है। नई cell को परिभाषित करने से जिनकी मूल cell से छोटी त्रिज्या होती है और मौजूदा सेल के बीच इन छोटी cell (माइक्रोकेल्स) को स्थापित करने से अतिरिक्त चैनलों/यूनिट क्षेत्र के कारण क्षमता बढ़ जाती है।
- नीचे सेल स्प्लिटिंग का एक उदाहरण दिखाया गया है जो cells के कोनों में रखे जाते हैं और बेस स्टेशन A द्वारा सर्विस प्रदान करने वाला क्षेत्र ट्रैफिक से संतृप्त माना जाता है।
- क्षेत्र में चैनलों की संख्या बढ़ाने और एकल बेस स्टेशन द्वारा सेवा क्षेत्र को कम करने के लिए नए बेस स्टेशनों की आवश्यकता होती है।



ल स्पिलिटी की सीमाएँ (Limitations of Cell Splitting)

- हैडऑफ अधिक लगातार होते हैं।
- चैनल असाइनमेंट मुश्किल हो जाते हैं।
- सभी cell को एक साथ विभाजित नहीं किया जाता है इसलिए समस्या के उचित आवंटन के लिए विशेष देखभाल की जानी आवश्यक होती है।

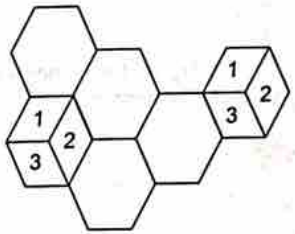
2.10 Cell Sectoring

सेल सेक्टरिंग क्षमता बढ़ाने के लिए एक अन्य तरीका है। यह सेल की त्रिज्या को स्थिर रखता है और क्लस्टर आकार N को कम करने के लिए सह-चैनल पुन: उपयोग अनुपात $\frac{D}{R}$ को घटाता है।

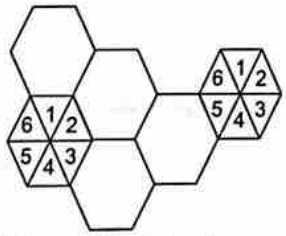
- यह क्षमता बढ़ाने की एक विधि है जिसमें सेल त्रिज्या को अपरिवर्तित रखा जा सके और डी/आर अनुपात को कम करने के तरीकों को खोजा जा सके।
- सेक्टरिंग SIR को बढ़ाता है ताकि क्लस्टर का आकार कम हो सके। पहले दिशात्मक एंटीना का उपयोग करके एसआईआर में सुधार किया जाता है। फिर क्लस्टर में सेल की संख्या को कम करके क्षमता में सुधार किया जाता है। इस प्रकार आवृत्ति पुन: उपयोग बढ़ रहा है।
- इसे प्राप्त करने के लिए, संचरित शक्ति को कम किए बिना सापेक्ष हस्तक्षेप को कम करना आवश्यक है।

Sectoring दो प्रकार की होती है—

- 3 sectors 120° each
- 6 sectors 60° each

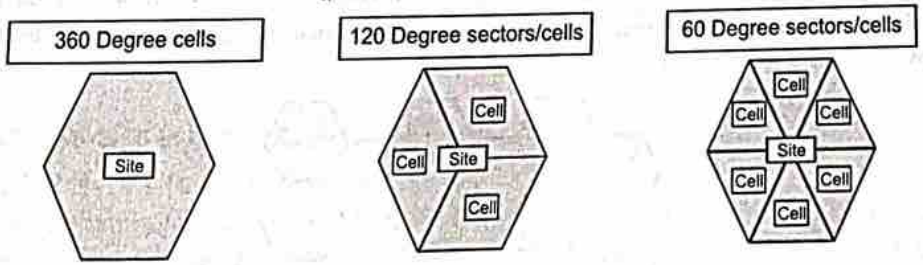


3 Sectors 120°-120° each



6 Sectors 60° - 60° each

- सेल सेक्टरिंग एक दिशात्मक एंटीना का उपयोग करके सह-चैनल हस्तक्षेप को कम करने और system के प्रदर्शन को बढ़ाने की एक विधि है।
- सेल को 120° और 60° सेक्टर में विभाजित किया गया है।
- सेल सेक्टरिंग एक दिशात्मक एंटीना का उपयोग करके एस/आई अनुपात में सुधार करता है।
- सेल की त्रिज्या को स्थिर रखा जाता है और क्षमता में सुधार करने के लिए सह-चैनल पुन: उपयोग अनुपात D/R घटाया जाता है।
- सेल सेक्टरिंग चैनलों के समूह के कवरेज क्षेत्र को कम करता है और हैडऑफ की संख्या बढ़ाता है।



सैल सेक्टरिंग के लाभ (Advantages of Cell Sectoring)

- यह S/I अनुपात में सुधार करता है।
- यह हस्तक्षेप को कम करता है।

- यह क्लस्टर आकार को कम करने में सक्षम करता है और चैनल प्रदान करने में एक अतिरिक्त स्वतंत्रता प्रदान करता है।
- सह-चैनल हस्तक्षेप कम करता है।
- System की क्षमता बढ़ाता है।

सैल सैक्टरिंग की सीमाएँ (Limitations of Cell Sectoring)

- प्रत्येक Base station की Antenna की संख्या में वृद्धि होती है।
- Trunk efficiency को कम करता है।
- ट्रैफिक Loss
- Hand offs में वृद्धि होती है।

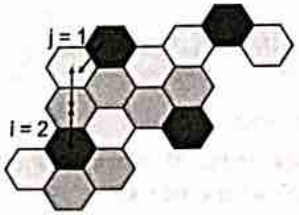
2.11 Reuse Distance

एक ही आवृत्ति (विभिन्न समूहों में) का उपयोग करके दो cells के केन्द्रों के बीच की निकटतम दूरी को क्लस्टर आकार C और सेल क्लस्टर के ले-आउट की choice से निर्धारित किया जाता है। इस दूरी को "Frequency reuse distance" कहते हैं कि प्रत्येक हेक्सागॉन के आकार के लिए frequency reuse distance को normalised कर दिया जाता है।

$$r_u = SQRT\{3C\}$$

जहाँ $r_u \rightarrow$ Frequency reuse distance है।

मोबाइल रेडियो में Haxagonal cells (Honey comb layout) का प्रयोग किया जाता है।

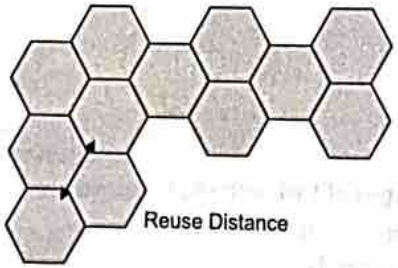


जहाँ cluster size $c = i^2 + ij + j^2$ होता है।

जहाँ i and j integers होते हैं और $C = 1, 2, 3, \ldots$.

i अथवा j selective Co-channel की location को ज्ञात करते हैं।

Adjacent call को अंतर या क्रॉस-टॉक से बचने के लिए अलग-अलग आवृत्तियों को असाइन किया जाता है। इसका यह उद्देश्य है कि पास के सेल में आवृत्ति का पुन: उपयोग किया जा सके। 10 से 50 आवृत्तियों को प्रत्येक सेल को सौंपा जाता है। ट्रांसमिशन power को control किया जाता है। Adjacent cells की आवृत्ति को प्रत्येक सेल को power को सीमित किया जाता है।

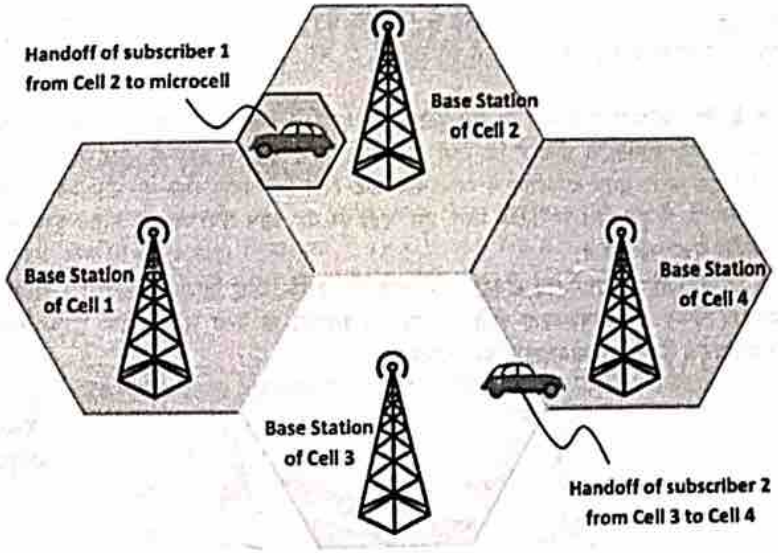


2.12 मोबाइल कम्यूनिकेशन में हैंड-ऑफ (Hand-Off in Mobile Communication)

सैलुलर संचार में, हैंड-ऑफ एक सैलुलर नेटवर्क में एक सैल से या एक चैनल से दूसरे में एक सक्रिय कॉल या डेटा सत्र को स्थानांतरित करने की प्रक्रिया है। उपग्रह संचार में, यह एक पृथ्वी स्टेशन से दूसरे में नियंत्रण स्थानांतरित करने की प्रक्रिया है। यह कॉलर या डेटा सत्र उपयोगकर्त्ता को सेवा में रुकावट की हानि को रोकने के लिए हैंड-ऑफ आवश्यक है। हैंड-ऑफ को हैंडओवर भी कहा जाता है।

जब एक मोबाइल यूजर एक सैल से दूसरे सैल में ट्रैवल करता है उस समय वह एक सैल को अटेंड कर रहा होता है और एक रेडियो बेस स्टेशन की रेंज से बाहर जाता है तथा दूसरे बेस स्टेशन की रेंज में प्रवेश करता है चूँकि सटे हुए सैल समान फ्रीक्वेंसी चैनल का प्रयोग नहीं करते हैं। अत: जब यूजर सटे हुए सैल की लाइन के बीच में क्रॉस करता है तब कॉल या तो ड्रॉप हो जाती है या एक रेडियो चैनल से दूसरे रेडियो चैनल में ट्रासफर हो जाती है। सैल को ड्रॉप करना इच्छित समाधान नहीं है अत: दूसरे विकल्प को चुनना उचित है दूसरे विकल्प को हैंड-ऑफ के नाम से जाना जाता है। अत: हैंड-ऑफ को हम संक्षिप्त रूप में इस तरह परिभाषित कर सकते हैं।

हैंड-ऑफ तब इम्पीमेंट होता है जब कॉल एक रेडियो चैनल से दसूरे रेडिया चैनल में ट्रांसफर होती है। इस ट्रांसफर में मोबाइल equipment एक सैल को छोड़ता है तथा दूसरे सैल में प्रवेश करता है। जब मोबाइल यूजर एक सैल को छोड़त है तो reception कमजोर होता है। इस बिंदु पर सैल साईट एक हैंड-ऑफ के लिए रिक्वेस्ट करता है। मोबाइल टेलीफोन कॉल को एक नए सैल में स्ट्रांग चैनल में स्विच करता है। यह यूजर को अलर्ट या रुकावट के बिना होता है। यूजर को हैंड-ऑफ का कोई नोटिस नहीं होता है।



2.12.1. हैंड-ऑफ के कारण (Reason of Handoff)

हैंड-ऑफ निम्न में से किसी ज़ी स्थिति में ट्रिगर हो सकता है—

- यदि कोई subscriber जो कॉल या डेटा सत्र (data session) में है, एक सैल के कवरेज से बाहर चला जाता है और दूसरे सैल के कवरेज क्षेत्र में प्रवेश करता है, तो सेवा की निरंतरता को बनाये रखने के लिए एक हैंड-ऑफ ट्रिगर होता है जो कार्य पहले सैल द्वारा किए जा रहे थे, वे वर्तमान सैल द्वारा किये जाते हैं।

- प्रत्येक सैल की एक पूर्व-निर्धारित क्षमता होती है, अर्थात् यह केवल एक विशिष्ट संख्या में ग्राहकों (subcribers) को ही विभिन्न सुविधा प्रदान कर सकता है। यदि किसी विशेष सैल का उपयोग करने वाले उपयोगकर्त्ताओं की संख्या इसकी अधिकतम क्षमता तक पहुँच जाती है, तो एक हैंड-ऑफ होता है। कुछ कॉलों को निकटवर्ती सैल में स्थानातरित कर दिया जाता है, बशर्ते कि ग्राहक दोनों सैल के ओवरलैपिंग कवरेज क्षेत्र में हो।
- णत्ते को अक्सर सूक्ष्म microcells में उप-विभाजित किया जाता है। एक हैंड-ऑफ तक भी हो सकता है जब बड़े सैल से छोटे सैल या छोटे से बड़े सैल में कर्त्तव्यों (duties) का स्थानांतरण होता है। उदाहरण के लिए, एक यात्रा करने वाला उपयोकर्त्त एक बड़े सैल के अधिकार क्षेत्र में घूम रहा है। यदि यात्री रुक जाता है, तो बड़े सैल पर भार को कम करने के लिए अधिकार क्षेत्र को एक माइक्रोसेल में स्थानांतरित कर दिया जाता है।
- संचार के लिए समान आवृत्ति का उपयोग करते हुए कॉल में व्यवधान होने पर भी हैंड-ऑफ हो सकता है।

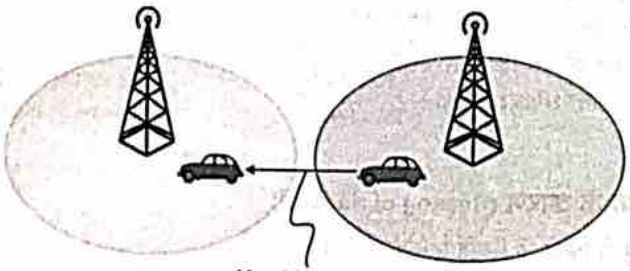
2.12.2. हैंड-ऑफ के प्रकार (Types of Hand-off)

हैंड-ऑफ को दो प्रकारों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. हार्ड हैंड-ऑफ—एक सैल या बेस स्टेशन से दूसरे में स्विच करते समय कनेक्शन में एक वास्तविक ब्रेक द्वारा विशेषता। स्विच इतनी जल्दी होता है कि इसे उपयोगकर्त्ता द्वारा शायद ही देखा जा सकता है क्योंकि हार्ड हैंड-ऑफ के लिए डिजाइन किए गए सिस्टम की सेवा के लिए केवल एक चैनल की आवश्यकता होती है, यह अधिक किफायती विकल्प है। यह उन सेवाओं के लिए भी पर्याप्त है जो मामूली दों की अनुकति दे सकती हैं, जैसे कि मोबाइल ब्रॉडबैंड इंटरनेट।

इस प्रकार के हैंड-ऑफ में एक सैल या बेस स्अेशन से दूसरे में स्विच करते समय कनेक्शन में एक वास्तविक ब्रेक होता है। स्विच इतनी शीघ्रता से होता है कि लैम्मी द्वारा देखा जाना मुश्किल होता है। हार्ड हैंड-ऑफ में, एक सैल से दूसरे सैल में स्विच करते समय कनेक्शन में वास्तविक ब्रेक होता है। अगले सैल के साथ लिंक स्थापित करने से पहले मोबाइल स्टेशन से मौजूदा सेल में रेडियो लिंक टूट जाता है। यह आम तौर पर एक अंतर-आवृत्ति हैंड-ऑफ है। यह एक 'ब्रेक किफोर मेक' पॉलिसी है।

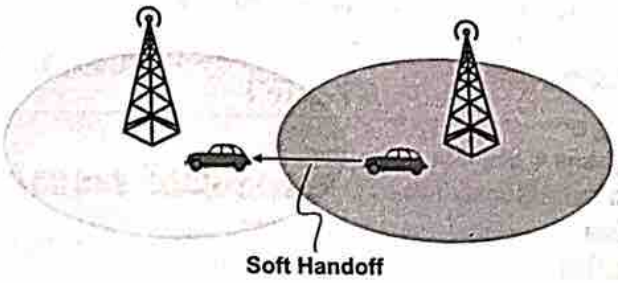
इस प्रकार का हैंड-ऑफ अधिक किफायती होता है क्योंकि इसके लिए डिजाइन किये गये सिस्टम की सेवा के लिए केवल एक ही चैनल की आवश्यकता होती है। यह उन सेवाओं के लिए भी उपयोगी है जो सूक्ष्म विलम्ब से मोबाइल सेवा प्रदान करती हैं, जैसे—मोबाइल ब्रॉडबैंड इन्टरनेट।



Hard Handoff

2. सॉफ्ट हैंड-ऑफ—दो अलग-अलग बेस स्टेशनों से सैल फोन में दो कनेक्शन जोड़ता है। यह सुनिश्चित करता है कि हैंड-ऑफ के दौरान कोई ब्रेक नहीं लगे। स्वाभाविक रूप से, यह एक कठिन हैंड-ऑफ की तुलना में अधिक महंगा है।

सॉफ्ट हैंड-ऑफ में, जब रेडियो लिंक जोड़े जाते हैं और मोबाइल स्टेशन से हटा दिए जाते हैं, तो कम-से-कम एक लिंक रखा जाता है। यह सुनिश्चित करता है कि हैंड-ऑफ के दौरान कोई ब्रेक न हो। यह आमतौर पर सह-स्थित साइटों में अपनाया जाता है। यह 'ब्रेक से पहले बनाओ' 'make before break' नीति है।



Soft Handoff

2.12.3. मोबाइल असिस्टेड हैंड-ऑफ (Mobile Assisted Handoff)

मोबाइल असिस्टेड हैंड-ऑफ (MHO) एक ऐसी तकनीक है जिसमें मोबाइल डिवाइस बेस स्टेशन कंट्रोलर (BSC) को किसी अन्य BSC को कॉल ट्रांसफर करने में सहायता करते हैं। इसका उपयोग GSM सैलुलर नेटवर्क में किया जाता है। अन्य प्रणालियों में, AMPS की तरह, मोबाइल डिवाइस की भागीदारी के बिना, एक हैंड-ऑफ केवल BSC और मोबाइल स्विचिंग सेंटर (MSC) का कार्य है। हालांकि, GSM में, जब कोई मोबाइल स्टेशन संचार के लिए अपने समय स्लॉट का उपयोग नहीं कर रहा हो, तो यह सिग्नल की गुणवत्ता को पास के BSC को मापता है और यह जानकारी BSC को भेजता है। इस जानकारी के अनुसार BSC हैंड-ऑफ करता है।

2.13 सिस्टम की क्षमता (System Capacity)

माना एक सैलुलर सिस्टम को प्रयोग के लिए S ड्यूप्लैक्स चैनल उपलब्ध कराये गये हैं। यदि प्रत्येक सैल को K चैनलों का एक ग्रुप आवंटित (allocate) किया गया है। ($K < S$) तथा यदि S चैलनों को N सैलों में विभाजित किया गया है, जहाँ प्रत्येक ग्रुप में चैनलरों की संख्या समान है, तब उपलब्ध कुल रेडियो चैनलों (S) को निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जा सकता है—

$$S = KN \qquad \ldots(i)$$

N सैल, जो सब मिलकर उपलब्ध आवृत्तियों के सम्पूर्ण सैट का उपयोग करते हैं, क्लस्टर (cluster) कहलाता है। यदि एक क्लस्टर, सिस्टम में M बार रिपीट होता है तब ड्यूप्लैक्स चैनलों की कुल संख्या C सिस्टम की क्षमता (capacity) प्रदर्शित करती है तथा इसका मान

$$C = MkN = MS \qquad \ldots(ii)$$

समीकरण (ii) से ज्ञात होता है कि सैलुलर सिस्टम की क्षमता (capacity) उस संख्या के समानुपाती है जिनती बार एक क्लस्टर, एक फिक्स्ड सर्विस एरिया में रिपीट होता है। N को क्लस्टर साइज (cluster size) कहते हैं तथा इसका मान सामान्यत: 4, 7 अथवा 12 होता है। यदि क्लस्टर साइज N को कम किया जाये तथा सैल का साइज नियत (constant) रखा जाये तब एक दिये गये क्षेत्र को कवर करने के लिए अधिक क्लस्टर्स की आवश्यकता होगी तथा सिस्टम की क्षमता (Capacity) भी अधिक होगी अर्थात् C का मान अधिक होगा। इसके विपरीत क्लस्टर का छोटा साइज प्रदर्शित करता है कि समान चैनल वाले (co-channel) सैल परस्पर अधिक समीप हैं। N का मान इस बात पर निर्भर करता है कि कम्यूनिकेशन की क्वालिटी सुनिश्चित (maintain) करते हुए मोबाइल अथवा बेस स्टेशन कितना इन्टरफीरेन्स सह सकता है। डिजाइन की दृष्टि से एक निर्धारित कवरेज क्षेत्र में क्षमता (कैपेस्टी) को अधिकतम बढ़ाने के लिए N का मान जितना सम्भव हो सके कम होना चाहिये। सैलुलर प्रणाली की फ्रीक्वैन्सी रियेज फैक्टर

अध्याय

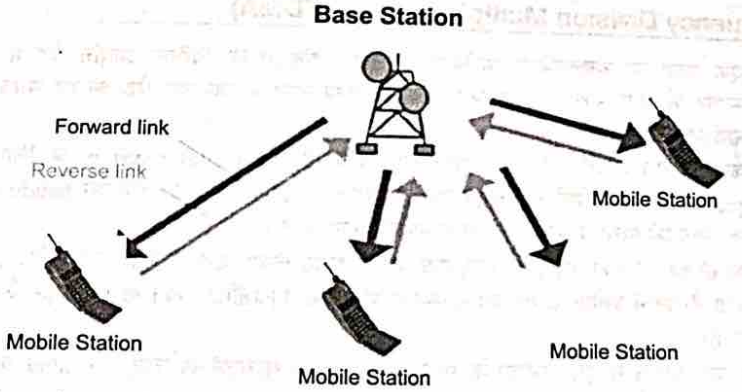
3

वायरलेस कम्युनिकेशन के लिए मल्टीपल एक्सेस तकनीक

(Multiple Access Techniques for Wireless Communication)

3.1. परिचय (Introduction)

रेडियो चैनल एक भौगोलिक क्षेत्र में कई यूजर द्वारा साझा किया जाने वाला संचार माध्यम है। मोबाइल स्टेशन अपनी सूचना प्रवाह को प्रसारित करने के लिए आवृत्ति संसाधन के लिए एक-दूसरे के साथ प्रतिस्पर्धा में हैं। कई यूजरों के समवर्ती पहुँच को नियंत्रित करने के अन्य उपायों के बिना, टकराव हो सकते हैं। चूँकि टकराव कनेक्शन रहित संचार के लिए अवांछनीय है जैसे कि मोबाइल फोन, व्यक्तिगत/मोबाइल ग्राहक स्टेशनों को अनुरोध पर समर्पित चैनल आवंटित करने की आवश्यकता होती है।



सभी यूजरों पर मोबाइल संचार साझा करना, यूजर की पहचान करने के लिए संचार होना चाहिए। यूजर की पहचान करते समय, इसे "मल्टीपल एक्सेस" (Multiple access) के रूप में संदर्भित किया जाता है जो एक रिसीविंग स्टेशन में कई ट्रांसमिशन स्टेशनों की रेडियो तरंग प्राप्त कर रहा है (जैसा कि उपरोक्त चित्र में दिखाया गया है)। विभिन्न यूजरों द्वारा एक ही माध्यम का उपयोग करना multiple access कहलाता है। चार स्टेशनों और एक एक्सेस पॉइंट के साथ एक सेटअप पर देखें।

कई मोबाइल यूजरों को एक साथ रेडियो स्पेक्ट्रम की एक सीमित मात्रा में साझा करने की अनुमति देने के लिए मल्टीपल एक्सेस योजनाओं का उपयोग किया जाता है।

☛ 3.1.1. Multiple Access Techniques

मल्टीपल एक्सेस एक ऐसी टेक्निक (Technique) है जिसके द्वारा बहुत से सबस्क्राइबर (Subscribers) या लोकल स्टेशन (Local Stations) एक ही चैनल को एक ही समय या लगभग समान समय पर प्रयोग किया जा सकता है। दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि मल्टीपल एक्सेस टेक्निक (Multiple Access Technique) के द्वारा बहुत अधिक यजर (User) द्वारा एक-दूसरे से कम्यूनीकेट (Communicate) करने के लिए चैनल के कम्यूनीकेशन Resources का प्रयोग किया जा सकता है।

1. फ्रीक्वेंसी-डिवीजन मल्टीपल एक्सेस (Frequency-Division Multiple Access, FDMA)
2. टाइम-डिवीजन मल्टीपल एक्सेस (Time-Division Multiple Access, TDMA)
3. कोड-डिवीजन मल्टीपल एक्सेस (Code-Division Multiple Access, CDMA)
4. स्पेस-डिवीजन मल्टीपल एक्सेस (Space-Division Multiple Access, SDMA)

यूजर को उपलब्ध बैंडविड्थ कैसे आवंटित किया जाता है, इसके आधार पर, इन तकनीकों को नैरोबैंड और वाइडबैंड सिस्टम के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है।

3.1.2. Narrowband Systems

चैनल के साथ काम करने वाले सिस्टम, सुसंगतता (coherence) बैंडविड्थ की तुलना में काफी संकीर्ण होते हैं जिन्हें संकीर्ण बैंड सिस्टम कहा जाता है। नैरो बैंड TDMA उपयोगकर्त्ताओं को एक ही चैनल का उपयोग करने की अनुमति देता है, लेकिन चैनल पर प्रत्येक यूजर को एक अद्वितीय समय स्लॉट आवंटित करता है, इस प्रकार एक ही चैनल पर समय में यूजरों की एक छोटी संख्या को अलग करता है।

3.1.3. Wideband Systems

वाइडबैंड सिस्टम में, एकल चैनल का प्रसारण बैंडविड्थ चैनल के सुसंगतता बैंडविड्थ से बहुत बड़ा होता है। इस प्रकार, मल्टीपाथ फेडिंग एक वाइडबैंड चैनल के भीतर प्राप्त सिग्नल को बहुत प्रभावित नहीं करती है।

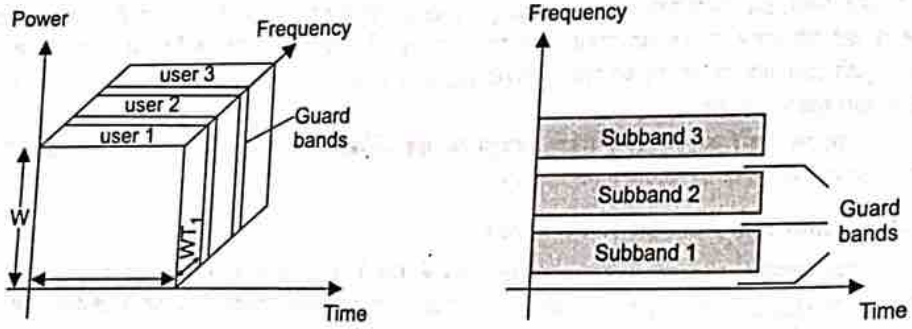
3.2. Frequency Division Multiple Access (FDMA)

FDMA एक प्रकार का चैनलाइजेशन प्रोटोकॉल है। इस बैंडविड्थ को विभिन्न आवृत्ति बैंड में विभाजित किया गया है। प्रत्येक स्टेशन को डेटा भेजने के लिए बैंड आवंटित किया जाता है और उस बैंड को हर समय के लिए विशेष स्टेशन के लिए आरक्षित किया जाता है।

FDMA का पूरा नाम फ्रीक्वेंसी डिवीजन मल्टीपल एक्सेस है। यह Cellular system के लिए एक multiple access technique है जिसमें फ्रीक्वेंसी को विभाजित किया जाता है। इसमें लिंक की उपलब्ध bandwidth को विभिन्न नोड्स (स्टेशन) के मध्य फ्रीक्वेंसी बैंड्स के रूप में विभाजित किया जाता है।

इसमें प्रत्येक स्टेशन को डेटा भेजने के लिए एक बैंड एलोकेट किया जाता है तथा प्रत्येक बैंड हमेशा एक स्टेशन के लिए रिजर्व रहता है। इसमें प्रत्येक स्टेशन की ट्रांसमीटर फ्रीक्वेंसी को सीमित रखने के लिए एक बैंडपास फिल्टर का उपयोग किया जाता है।

FDMA में एक स्टेशन से दूसरे स्टेशन के मध्य overlapping से बचने के लिए allocated बैंड्स के मध्य एक छोटा बैंड जिसे गार्ड बैंड कहते हैं स्थापित किया जाता है।



फ्रीक्वेंसी डिवीजन मल्टीपल एक्सैस

इस विधि में, भिन्न-भिन्न यूजर को फ्रीक्वेंसी से अलग-अलग सबबैण्ड (Subbands) कन्टीन्यूअस टाइम (Continuous Time) के आधार पर Allocate किये जाते हैं। पास वाले Allocated चैनल बैण्ड के यूजर के बीच में Interference को कम करने के लिए गार्ड बैण्ड (Guard Band) प्रयोग किये जाते हैं। गार्ड बैण्ड का प्रयोग Buffer Zones की तरह किया जाता है। इन गार्ड बैण्ड का प्रयोग भिन्न-भिन्न यूजर को अलग रखने के लिए किया जाता है क्योंकि एक ऐसा आदर्श फिल्टर बनाना असम्भव होता है जो भिन्न-भिन्न यूजर को अलग रख सके। अत: गार्ड बैण्ड का प्रयोग करने से यूजरों के बीच Interference की सम्भावना कम होती है। FDMA को चित्र में प्रदर्शित किया गया है।

FDMA एडवांस मोबाइल फोन सेवाओं के लिए बुनियादी तकनीक है। FDMA की विशेषताएँ इस प्रकार हैं—

- FDMA नेटवर्क एक्सेस करने के लिए प्रत्येक अलग-अलग यूजर को आवृत्ति का एक अलग उप-बैंड आवंटित करता है।
- यदि FDMA उपयोग में नहीं है, तो चैनल अन्य यूजरों को आवंटित करने के बजाय Ideal रहता है।
- FDMA नैरोबैंड सिस्टम में इम्प्लेमेंट किया गया है और यह TDMA की तुलना में कम जटिल है।
- आसपास (Adjacent) के चैनल आपस में हस्तक्षेप को कम करने के लिए टाइट फिल्टरिंग की जाती है।
- FDMA में बेस स्टेशन (BS) और मोबाइल स्टेशन (MS), एक साथ और लगातार सिग्नल/डाटा ट्रांसमिट और प्राप्त करते हैं।

Advantages of FDMA

चूँकि एफडीएमए प्रणालियाँ औसत विलंब प्रसार (Average delay spread) की तुलना में कम बिट दर (low bit rate) का उपयोग करती हैं, यह निम्नलिखित लाभ प्रदान करता है—

- बिट दर की जानकारी कम कर देता है और efficient numerical code के उपयोग से क्षमता बढ़ जाती है।
- यह लागत को कम करता है और inter symbol interference (ISI) को कम करता है।
- Equalization जरूरी नहीं है।
- एक एफ०डी०एम०ए० प्रणाली को आसानी से लागू किया जा सकता है। एक प्रणाली को कॉन्फिगर किया जा सकता है ताकि voice एनकोडर और बिट rate में कमी के संदर्भ में सुधार को आसानी से शामिल किया जा सके।
- चूँकि संचरण निरंतर है, इसलिए सिंक्रोनाइजेशन और फ्रेमिंग के लिए कम संख्या में बिट्स की आवश्यकता होती है।

Disadvantages of FDMA

हालांकि एफडीएमए कई लाभ प्रदान करता है, इसमें कुछ कमियाँ भी हैं, जो नीचे सूचीबद्ध हैं—

- यह एनालॉग सिस्टम से अधिक भिन्न नहीं है; क्षमता में सुधार सिग्नल-टू-इंटरफेरेंस में कमी, या सिग्नल-टू-शोर अनुपात (SNR) पर निर्भर करता है।
- प्रति चैनल अधिकतम प्रवाह दर (maximum flow rate per channel) निश्चित और छोटी (small) है।
- गार्ड बैंड से क्षमता की बर्बादी होती है।
- हार्डवेयर का अर्थ है कि संकीर्ण (नैरोबैंड) फिल्टर, जो VLSI में महसूस नहीं किया जा सकता है और इसलिए लागत में वृद्धि करता है।
- FDMA का एक नुकसान क्रॉसस्टॉक है, जो आवृत्तियों के बीच हस्तक्षेप और संचरण (ट्रांसमिशन) को बाधित कर सकता है।

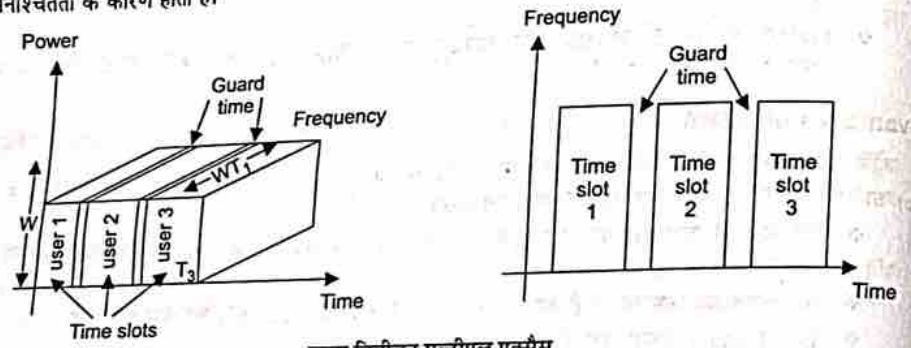
3.3. Time Division Multiple Access (TDMA)

TDMA का पूरा नाम टाइम डिवीजन मल्टीपल एक्सेस है। यह एक multiple access technique है, इसमें चैनल की bandwidth को विभिन्न नोड्स (स्टेशन) के मध्य time slots के रूप में विभाजित किया जाता है TDMA में प्रत्येक चैनल की बैंडविड्थ समान होती है जो विभिन्न स्टेशन के मध्य time slots को share करते हैं।

TDMA में विभिन्न स्टेशन के मध्य synchronization प्राप्त करना बहुत मुश्किल होता है। इसमें प्रत्येक स्टेशन को उसका प्रारंभिक time slot तथा अंतिम time slot की लोकेशन पता होना जरूरी होता है इसमें delay (देरी) को कम करने के लिए guard time को स्थापित किया जाता है।

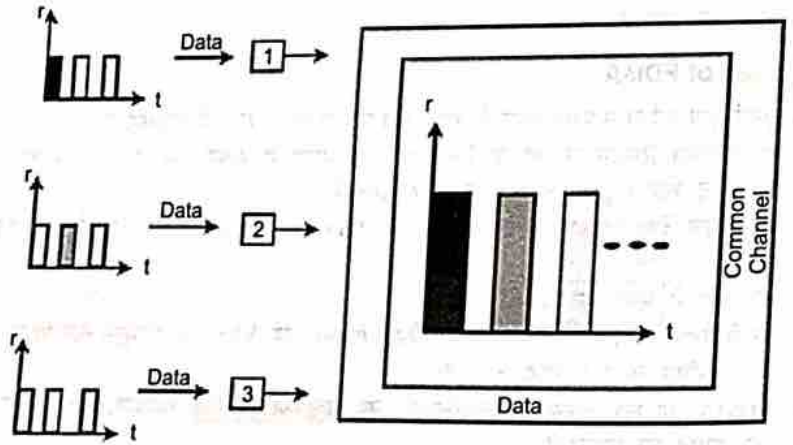
इस विधि में प्रत्येक यूजर (User) को चैनल को पूर्ण रूप से प्रयोग को उपलब्ध कराया जाता है लेकिन बहुत कम समय के लिए (For Short Duration) जिसे टाइम Slot कहा जाता है जैसा कि चित्र में प्रदर्शित किया गया है। FDMA की तरह इसमें भी बफर जोन (Buffer Zone) अर्थात् गार्ड टाइम (Guard Time) प्रयोग किये जाते हैं जिन्हें टाइम Slot के बीच में Insert किया जाता है।

गार्ड (Guard) टाइम का प्रयोग यूजर के बीच Interference को कम करने के लिए किया जाता है जो समय की अनिश्चितता के कारण होता है।



टाइम डिवीजन मल्टीपल एक्सैस

TDMA चैनेलाइजेशन प्रोटोकॉल है जिसमें चैनल के बैंडविड्थ को समय के आधार पर विभिन्न स्टेशनों में विभाजित किया जाता है। प्रत्येक स्टेशन के लिए एक समय स्लॉट दिया गया है, स्टेशन उस समय स्लॉट के दौरान ही डेटासंचारित कर सकता है जो इस प्रकार है—



प्रत्येक स्टेशन को समय स्लॉट की अपनी शुरुआत और समय स्लॉट के स्थान के बारे में पता होना चाहिए। TDMA को विभिन्न स्टेशनों के बीच सिंक्रोनाइजेशन की आवश्यकता होती है।

उन मामलों में जहाँ निरंतर संचरण की आवश्यकता नहीं होती है, वहाँ एफडीएमए के बजाय TDMA का उपयोग किया जाता है। TDMA की विशेषताओं में निम्नलिखित शामिल हैं—

TDMA ट्रांसमिशन और रिसेप्शन के लिए अलग-अलग समय स्लॉट का उपयोग करता है इस प्रकार डुप्लेक्स की आवश्यकता नहीं होती है।

TDMA का एक फायदा है कि अलग-अलग यूजरों के लिए फ्रेम प्रति समय स्लॉट की विभिन्न संख्या आवंटित करना सम्भव है।

बैंडविड्थ को प्राथमिकता के आधार पर समयावधि को समाप्त या पुनः असाइन करके अलग-अलग यूजरों की माँग पर आपूर्ति की जा सकती है।

Advantages of TDMA

यहाँ TDMA के कुछ उल्लेखनीय लाभों की सूची दी गई है—

- लचीली दरों (फ्लेक्सिबल रेट्स) की अनुमति देता है (यानि कई स्लॉट यूजर को सौंपे जा सकते हैं, उदाहरण के लिए, हर बार अंतराल 32 kbps ट्रांसलेट करता है, एक यूजर को प्रति फ्रेम दो 64 kbps स्लॉट दिए जाते हैं)।
- जंग या चर (gusty or variable) बिट दर ट्रैफिक का सामना कर सकते हैं। यूज को आवंटित स्लॉट की संख्या को फ्रेम द्वारा बदला जा सकता है (उदाहरण के लिए, फ्रेम 1 में दो स्लॉट, फ्रेम 2 में तीन स्लॉट, फ्रेम 3 में एक स्लॉट, notches 4 के फ्रेम 0, आदि)।
- वाइडबैंड सिस्टम के लिए कोई गार्ड बैंड आवश्यक नहीं है।
- वाइडबैंड सिस्टम के लिए कोई भी संकरी फिल्टर आवश्यक नहीं है।

Disadvantages of TDMA

TDMA के नुकसान इस प्रकार हैं—

- ब्रॉडबैंड सिस्टम की उच्च डेटा दरों के लिए कॉम्पलेक्स equalization की आवश्यकता होती है।
- Burst mode के कारण, सिंक्रोनाइजेशन और Supervision के लिए बड़ी संख्या में अतिरिक्त बिट्स की आवश्यकता होती है।
- Inaccuracies (घड़ी की अस्थिरता के कारण) को accommodate करने के लिए प्रत्येक स्लॉट में कॉल टाइम की आवश्यकता होती है।
- उच्च बिट दर पर ऑपरेट करने वाले इलेक्ट्रॉनिक्स, ऊर्जा की खपत को बढ़ाते हैं।
- शॉर्ट स्लॉट के भीतर सिंक्रोनाइज करने के लिए कॉम्प्लेक्स सिग्नल प्रोसेसिंग की आवश्यकता होती है।

3.4. Distinction between TDMA FDD and TDMA TDD

वायरलेस कम्युनिकेशन सिस्टम में डाटा का संचार दोनों दिशाओं में simultaneously होना आवश्यक है, डाटा के दोनों दिशाओं में प्रवाह के लिए डुप्लेक्स का प्रयोग किया जाता है।

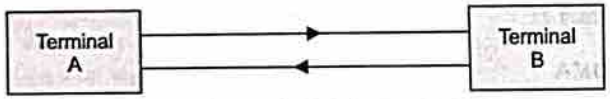
☛ 3.4.1. Duplex

डुप्लेक्स एक बाई-डायरेक्शनल कम्युनिकेशन सिस्टम है जो दोनों अंत नोड्स को एक साथ (simultaneously) और एक समय में एक बार कम्युनिकेशन डेटा या सिग्नल भेजने और प्राप्त करने की अनुमति देती है। दोनों नोड्स को एक ही समय में प्रेषक और रिसीवर के रूप में संचालित करने की क्षमता है।

डुप्लेक्स आमतौर पर दूरसंचार-आधारित प्रणालियों को संदर्भित करता है जिसका उपयोग आवाज या ऑडियो सिग्नल्स को स्थानांतरित करने के लिए किया जाता है। इन प्रणालियों की कल्पना 1960 के दशक में दूरसंचार प्रणालियों में की गई थी और अब इसका उपयोग विभिन्न अन्य संचार प्रणालियों, जैसे सेल्युलर संचार, कम्प्यूटर नेटवर्क और संबंधित प्रौद्योगिकियों में किया जाता है। डुप्लेक्स-आधारित सिस्टम में आम तौर पर दोहरे संचार चैनल होते हैं जो इनकमिंग और आउटगोइंग डेटा के लिए अलग-अलग माध्यम/मार्ग प्रदान करते हैं। डुप्लेक्स के दो प्रकार हैं—

☛ 3.4.2. Full Duplex

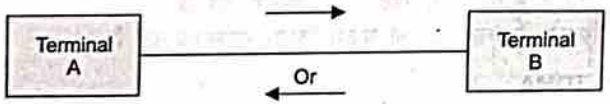
फुल डुप्लेक्स में सेंडर रिसीवर को रिसीवर सेंडर को एक ही समय में डाटा भेज सकता है इसका उदाहरण स्मार्टफोन है।



Transmission in both directions simultaneously

☛ 3.4.3. Half Duplex

इस डुप्लेक्स में सेंडर रिसीवर को और रिसीवर सेंडर को डाटा भेज सकता है लेकिन एक ही समय में दोनों एक-दूसरे को डाटा नहीं भेज सकते। यदि सेंडर रिसीवर को डाटा भेजता है तो रिसीवर डाटा को प्राप्त कर सकता है लेकिन उसी समय वापस भेज नहीं सकता। जब सेंडर कंप्लीट डाटा भेज देता है तो रिसीवर सेंडर को डाटा भे सकता है इसका उदाहरण वॉकी-टॉकी है।

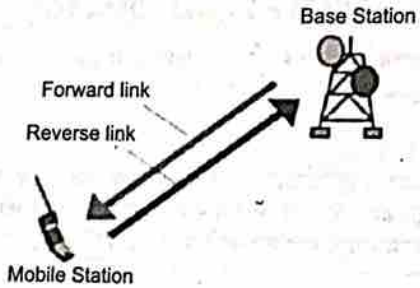


Transmission in either direction, but not simultaneously

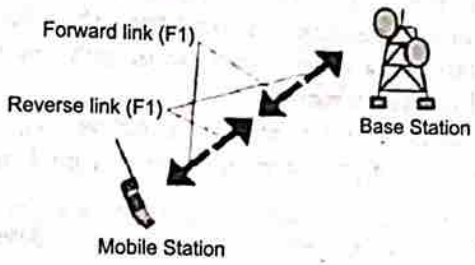
डुप्लेक्स आमतौर पर फुल डुप्लेक्स के रूप में जाना जाता है। हालांकि, प्रौद्योगिकी में हाफ और फुल डुप्लेक्स कम्युनिकेशन शामिल है।

☛ 3.4.4. Time Division Duplex (TDD)

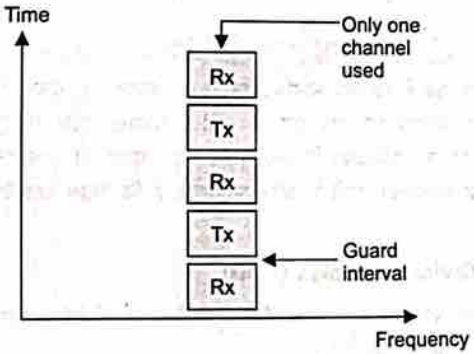
टाइम डिवीजन डुप्लेक्स एक ऐसी तकनीक है जिसके द्वारा अप-लिंक और डाउनलिंक ट्रांसमिशन को ही एक ही फ्रीक्वेंसी पर सिंक्रोनाइज टाइम अंतराल का उपयोग करके किया जाता है। Carrier 5 MHz बैंड का उपयोग करता है, हालांकि 3 GPP (1.28 Mcps) द्वारा अध्ययन के तहत low chip rate एक समाधान है। TDD के लिए उपलब्ध आवृत्ति बैंड 1900-1920 मेगाहर्ट्ज और 2010-2025 मेगाहर्ट्ज होंगे।



टाइम डिवीजन डुप्लेक्स में, फॉरवर्ड लिंक फ्रीक्वेंसी रिवर्स लिंक फ्रीक्वेंसी के समान है। प्रत्येक लिंक में, सिग्नल्स को बारी-बारी से लगातार प्रसारित किया जाता है-ठीक एक पिंग-पोंग गेम की तरह।



टाइम डिवीजन डुप्लेक्स (TDD) डुप्लेक्स कम्युनिकेशन लिंक को संदर्भित करता है जहाँ अपलिंक को एक ही फ्रीक्वेंसी बैंड में अलग-अलग टाइम स्लॉट के आवंटन से डाउनलिंक से अलग किया जाता है। यह एक ट्रांसमिशन स्कीम है जो अपलिंक और डाउनलिंक डेटा ट्रांसमिशन के लिए असिमेट्रिक प्रवाह की अनुमति देता है। उपयोगकर्त्ताओं को अपलिंक और डाउनलिंक ट्रांसमिशन के लिए टाइम स्लॉट आवंटित किए जाते हैं।



टाइम डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग एक हाफ-डुप्लेक्स कम्युनिकेशन लिंक पर फुल डुप्लेक्स कम्युनिकेशन का मिलान करके अपलिंक और डाउनलिंक संकेतों को अलग करता है। अपलिंक और डाउनलिंक डेटा दरों की विषमता होने की स्थिति में यह विधि अत्यधिक लाभप्रद है। TDD फ्रेम में एक डेटा स्ट्रीम को विभाजित करता है और फॉरवर्ड और रिवर्स ट्रांसमिशन के लिए अलग-अलग टाइम स्लॉट देता है, जिससे दोनों प्रकार के ट्रांसमिशन एक ही ट्रांसमिशन माध्यम को साझा करने की अनुमति देते हैं।

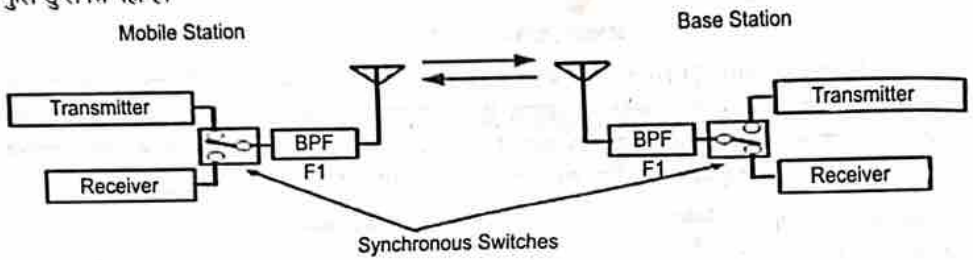
TDD के प्रसिद्ध उदाहरण हैं—

- कैरिएर सेन्स मल्टीपल एक्सेस के आधार पर हाफ-डुप्लेक्स पैकेट मोड नेटवर्क
- IEEE 802.16 Wi MAX
- PACTOR
- Digital enhanced cordless telecommunications (DECT) वायरलेस टेलीफोनी
- Universal Mobile Telecommunications System 3 जी (UMTS 3G) पूरक वायु इंटरफेस
- इनडोर मोबाइल टेलीकम्युनिकेशन के लिए TD-CDMA
- TD-SCDMA 3 जी मोबाइल टेलीफोनी एयर इंटरफेस

Example of TDD System

TDD ट्रांसमिट करने और रिसीव करने के लिए सिंगल फ्रीक्वेंसी बैंड का उपयोग करता है। इसके अलावा, यह ट्रांसमिट करने और रिसीव करने के लिए वैकल्पिक टाइम स्लॉट निर्दिष्ट करके बैंड को साझा करता है। ट्रांसमिट की जाने वाली जानकारी बिट-सीरियल प्रारूप में आवाज, वीडियो या कम्प्यूटर डेटा हो सकती है। हर बार अंतराल 1 बाइट लॉन्ग हो सकता है या कई बाइट्स का हिस्सा हो सकता है।

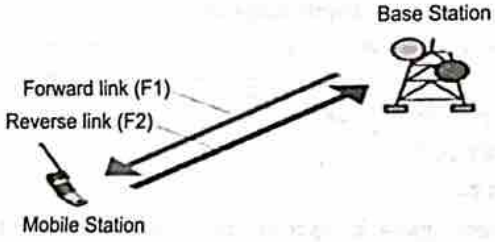
TDD, समय के साथ ट्रांसमिशन और रिसेप्शन स्टेशन डेटा को वैकल्पिक करता है। Timeslots वेरिएबल लेंग्थ का हो सकता है। इसमें एनालॉग voice को डिजिटल रूप में परिवर्तित किया गया है, यह नहीं कह सकते हैं कि यह फुल डुप्लेक्स नहीं है।



TDD का वास्तविक लाभ यह है कि यह आवृत्ति स्पेक्ट्रम का केवल एक चैनल है और इसमें बैंड गार्ड या चैनल पृथक्करण (separations) की आवश्यकता नहीं होती है क्योंकि अंतराल टाइम स्लॉट्स का उपयोग करके होते हैं। नुकसान यह है कि TDD के सफल कार्यान्वयन के लिए एक समय प्रणाली की आवश्यकता है। ट्रांसमीटर और रिसीवर दोनों के लिए सटीक समय यह सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक है कि समय अंतराल एक-दूसरे के साथ ओवरलैप या हस्तक्षेप न करें।

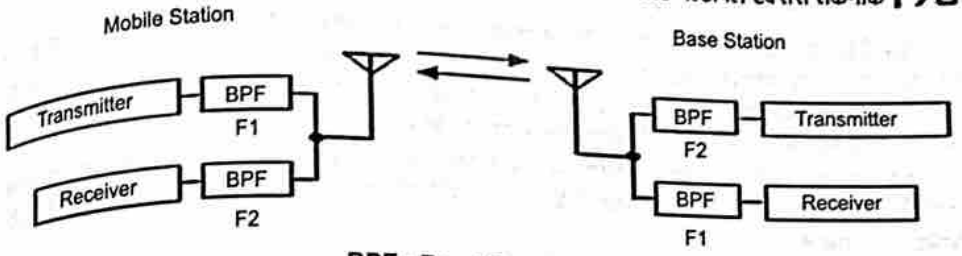
3.4.5. Frequency Division Duplex (FDD)

फ्रीक्वेंसी डिवीजन डुप्लेक्स (FDD) में, फॉरवर्ड लिंक फ्रीक्वेंसी रिवर्स लिंक फ्रीक्वेंसी के समान नहीं है। प्रत्येक लिंक में, समानांतर में सिग्नल लगातर प्रसारित होते हैं।



Example of FDD System

FDD को अपलिंक और डाउनलिंक चैनलों के लिए स्पेक्ट्रम के दो सममित खंडों (symmetrical segments) की आवश्यकता होती है। एक ट्रांसमीटर और रिसीवर के साथ एक सेल फोन में, इस तरह के करीबी निकटता में एक साथ काम करते हुए, रिसवीर को ट्रांसमीटर से सिग्नल के जितना संभव हो उतना फिल्टर करना पड़ता है। स्पेक्ट्रम का अधिक पृथक्करण, सबसे प्रभावी फिल्टर।

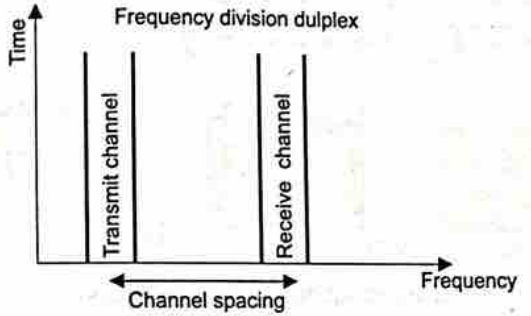


BPF : Band Pass Filter

FDD बहुत अधिक फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम का उपयोग करता है, आमतौर पर TDD स्पेक्ट्रम के आवश्यक पर दो बार। इसके अलावा, चैनलों के प्रसारण और रिसेप्शन के बीच पर्याप्त स्पेक्ट्रम होना चाहिए। ये बैंड कहता रहता है कि इसका उपयोग नहीं किया जा सकता, वे अनावश्यक हैं। स्पेक्ट्रम की कमी और लागत को देखते हुए, वे वास्तविक नुकसान हैं।

3.4.5.1 Use of FDD

FDD का व्यापक रूप से विभिन्न सैल्युलर टेलीफोन प्रणालियों में उपयोग किया जाता है। कुछ प्रणालियों में, बैंड 869-894 मेगाहर्ट्ज का उपयोग सेल साइट टॉवर से डिवाइस तक डाउनलिंक (डीएल) स्पेक्ट्रम के रूप में किया जाता है। और बैंड 824-849 मेगाहर्ट्ज सेल साइट पर हैंडसेट के अपलिंक (यूएल) स्पेक्ट्रम के रूप में उपयोग किया जाता है।



FDD एक केबल पर भी काम करता है, जहाँ केबल टीवी सिस्टम के रूप में प्रसारण और प्राप्त चैनलों को केबल स्पेक्ट्रम के विभिन्न हिस्सों को दिया जाता है और, चैनलों को अलग रखने के लिए फिल्टर का उपयोग किया जाता है।

3.4.5.2 Disadvantage of FDD

FDD का ड्रॉबैक यह है कि यह कई एंटेना, मल्टीपल इनपुट-आउटपुट (MIMO) और बीम बनाने जैसी विशेष तकनीकों की अनुमति नहीं देता है। ये तकनीक डेटा दर को बढ़ाने के लिए नई रणनीतियों Long Term Evolution (LTE) 4G सेल फोन का एक अनिवार्य एलिमेंट हैं। एंटीना स्पेक्ट्रम के दोनों सेट को कवर करने के लिए व्यापक पर्याप्त बैंडविड्थ बनाना मुश्किल है। सर्किट कॉम्प्लेक्स डायनामिक समायोजन की आवश्यकता है। फ्रीक्वेंसी डिवीजन डुप्लेक्स (FDD) एक ऐसी तकनीक है जिसमें ट्रांसमीटर और रिसीवर की तरफ अलग-अलग फ्रीक्वेंसी बैंड्स का इस्तेमाल किया जाता है।

क्योंकि FDD तकनीक सेंड और रिसीव करने के लिए अलग-अलग आवृत्ति बैंड का उपयोग करती है, इसलिए डेटा सिग्नल सेंड और रिसीव करना एक-दूसरे के साथ हस्तक्षेप नहीं करते हैं। यह ब्रॉडबैंड वायरलेस नेटवर्क में वॉयस एप्लीकेशन जैसे Symmetric ट्रैफिक के लिए FDD को टाइम डिवीजन डुप्लेक्स (TDD) से बेहतर विकल्प बनाता है।

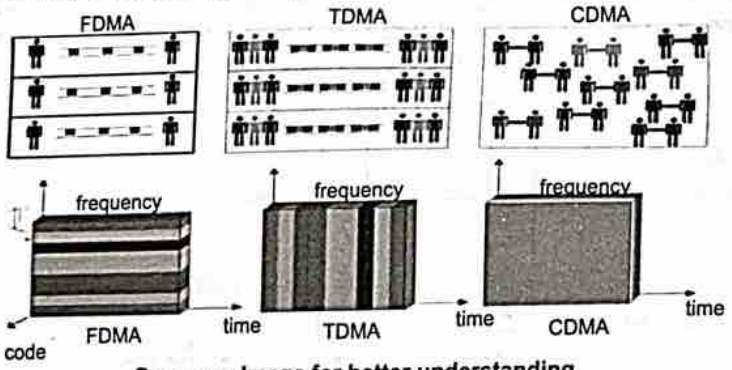
एफडीडी एक ऐसी तकनीक है जिसमें विभिन्न वाहक (carrier) फ्रीक्वेंसी पर ट्रांसमीटर और रिसीवर ऑपरेट होते हैं। उदाहरण के लिए, मोबाइल वायरलेस नेटवर्क में इलेक्ट्रोमैग्नेटिक स्पेक्ट्रम का एक ब्लॉक अपलिंक के लिए आवंटित किया जाता है, जो मोबाइल फोन से बेस स्टेशन तक डेटा पहुँचाता है। स्पेक्ट्रम का एक अलग ब्लॉक डाउनलिंक को आवंटित किया जाता है, जो बेस स्टेशन से मोबाइल फोन तक डेटा ले जाता है।

इस शब्द का उपयोग हैम रेडियो ऑपरेशन में अक्सर किया जाता है, जहाँ ऑपरेटर एक रिपीटर स्टेशन से संपर्क करते हैं। इस स्थिति में स्टेशन एक ही समय में प्रसारण भेजता है और प्राप्त करता है, जिसमें आवृत्तियों को सैंड और रिसीव किया जाता है।

FDD सिस्टम के उदाहरणों में निम्नलिखित शामिल हैं—

- Asymmetric डिजिटल सब्सक्राइबर लाइन (ADSL) और वैरी हाई-बिट रेट डिजिटल सब्सक्राइबर लाइन (VDSL)
- सेल्युलर सिस्टम, जिसमें UMTS/WCDMA फ्रीक्वेंसी डिवीजन डुप्लेक्सिंग मोड और CDMA2000 सिस्टम शामिल हैं।
- IEEE 802.16 वाईमैक्स फ्रीक्वेंसी डिवीजन डुप्लेक्सिंग मोड।

3.4.6. Difference between FDMA, CDMA and TDMA



Summary Image for better understanding

	Technique	FDMA	TDMA	CDMA	SDMA
1.	Concept	Divide the frequency band into disjoint sub-bands	Divide the time into non-overlapping time slots	Spread the signal with orthogonal codes	Divide the space in to sectors
2.	Active terminals	All terminals active on their specified frequencies	Terminals are active in their specified slot on same frequency	All terminals active on same frequency	Number of terminals per beam depends on FDMA/ TDMA/CDMA
3.	Signal separation	Filtering in frequency	Synchronization in time	Code separation	Spatial separation using smart antennas
4.	Handoff	Hard handoff	Hard handoff	Soft handoff	Hard and Soft handoffs

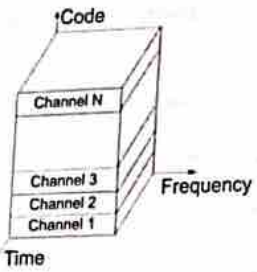
5.	Advantages	Simple and robust	Flexible	Flexible	Very simple, increases system capacity
6.	Mode of Data transfer	Continuous signal	Signal in burst	Digital signal	—
7.	Disadvantages	Inflexible, avaialble frequencies are fixed, requires guard bands	Requires guard space, synchronization problem	Complex receivers, requires power control to avoid near-far problem	Inflexible, requires network monitoring to avoid intra cell handoffs
8.	Current applications	Radio, TV and analog cellular	GSM and PDC	2.5G and 3G	Satellite systems, LTE
9.	Data Rate	Data Rate is low	Medium	High	—
10.	Synchronization	Not Required	Required	Not Required	—
11.	Cell capacity	Limited	Limited	No absolute limit on channel capacity but it is an interference limited system	Depends on cell area
12.	Transmission scheme	Continuous	Discontinuous	Continuous	Continuous
13.	Comment	Typically combined with TDMA and SDMA	Standard infixed network, together with FDMA or SDMA used in many mobile networks	Still faces soem problems, higher complexity, lowered expectations, will be integrated with TDMA or FDMA	Only in combination with TDMA, FDMA or CDMA useful

3.5. Code Division Multiple Access (CDMA)

CDMA full form Code Division Multiple Access होता है। यह भी GSM की तरह ही होता है, Mobile Networks के लिए यह Second generation और Third generation standard होता है। अपने Spread spectrum property की वजह से यह सबसे Secure communication mode माना जाता है। CDMA की खास बात है कि इसमें users को कोई भी Specific frequency assign नहीं की जाती है।

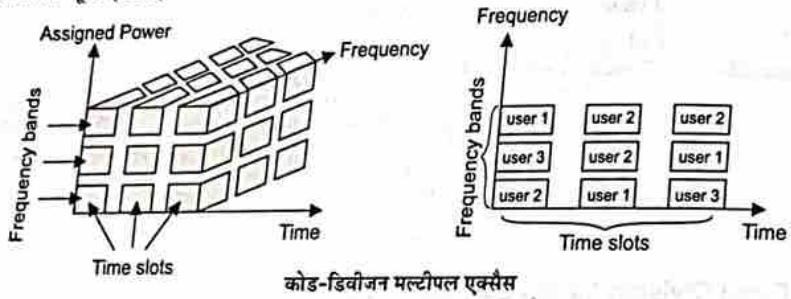
CDMA का पूरा नाम कोड डिवीजन मल्टीपल एक्सेस है। यह भी एक मल्टीपल एक्सेस तकनीक है जो कि CDMA तथा TDMA से मिलकर बना हुआ है तथा यह इन दोनों तकनीक से बेहतर है। इसका प्रयोग ज्यादातर 3G टेलीकम्यूनिकेशन तथा अन्य तकनीकों में किया जाता है CDMA में एक ही चैनल सभी Transmissions को एक साथ ले जाता है इसमें पूरी bandwidth एक ही चैनल में काम में ले लेता है जबकि FDMA में चैनल bandwidth को बाँट लेते हैं। CDMA में सभी Stations एक साथ डेटा भेज सकते हैं लेकिन इसमें Time sharing नहीं होती है जबकि TDMA में time sharing होती है, CDMA में अलग-अलग कोड्स के द्वारा कम्युनिकेशन होता है।

CDMA का पूरा नाम "Code Division Multiple Access" जो कि एक algorithm की तरह telecommunications में प्रयोग की जाती है, जिसके द्वारा कई सारे यूजर एक ही bandwidth का एक ही समय में प्रयोग कर पाते हैं। CDMA एक 2G technology है, और ये GSM का कॉम्पिटिटर भी माना जाता है। CDMA एक digital cellular technology होती है जो spread spectrum technique का प्रयोग करता है।



जैसा कि आपने FDMA में अध्ययन किया कि चैनल के Resources की फ्रीक्वेंसी के Co-ordinate में विभाजित करके Share किया जाता है अर्थात् फ्रीक्वेंसी Co-ordinate को फ्रीक्वेंशी बैण्ड में विभाजित (Disjoint) किया जाता है जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। दूसरी ओर TDMA सिस्टम में चैनल के Resource को टाइम के Co-ordinate में विभाजित करके Share किया जाता है अर्थात् टाइम Co-ordinate को टाइम Slots में विभाजित किया जाता है जैसा कि चित्र मे दर्शाया गया है।

CDMA सिस्टम में चैनल के Resources को FDMA तथा TDMA के Hybrid कॉम्बीनेशन में प्रयोग किया जाता है जिसे CDMA कहा जाता है। इस प्रकार की विधि में प्रत्येक टाइम Slot में भिन्न-भिन्न फ्रीक्वेंसी सबबैण्ड होते है तथा प्रत्येक यूजर (User) को फ्रीक्वेंसी सबबैण्ड Randomly Assigned होते हैं। चित्र के अनुसार—



कोड-डिवीजन मल्टीपल एक्सैस

टाइम Slot 1 में फ्रीक्वेंसी बैण्ड 1 यूजर 2 को, फ्रीक्वेंसी बैण्ड 2 यूजर 3 को तथा फ्रीक्वेंसी बैण्ड 3 यूजर 1 को Assigned है तथा टाइम Slot 2 में, फ्रीक्वेंसी बैण्ड 1 यूजर 1 को, फ्रीक्वेंसी बैण्ड 2 यूजर 2 को तथा फ्रीक्वेंसी बैण्ड 3 यूजर 3 को Assigned है अर्थात् चित्र से स्पष्ट है कि प्रत्येक यूजर को फ्रीक्वेंसी बैण्ड व टाइप Slot Randomly Assigned होते है जैसा कि आपने Musical Chair के खेल में देखा होगा।

CDMA टैक्निक का TDMA तथा FDMA की अपेक्षा मुख्य लाभ यह होता है कि यह Secure कम्यूनीकेशन provide करता है।

CDMA डिजिटल सैल्युलर टेलीफोनी से भी सम्बन्धित है जिसमें इस मल्टीपल एक्सेस का उपयोग किया जाता है उदाहरणत: क्वालकॉम (Qualcomn) तथा W-CDMA।

CDMA का उपयोग अनेक कम्यूनीकेशन तथा नेवीगेशन प्रणालियों में किया जाता है, उदाहरणत: ग्लोबल ोजीशनिंग सिस्टम (GPS) तथा सैटेलाइट प्रणालियाँ।

CDMA तकनीकी के मुख्य लाभ निम्न हैं—

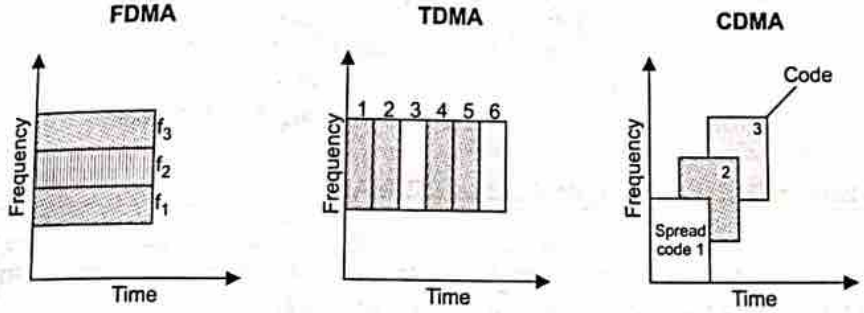
1. नेटवर्क का तीव्रता से उपयोग (Fast network deployment)
2. सर्विस में कम अवरोध (Reduced service interruption)
3. रख-रखाव तथा प्रचालन लागत कम (Low maintenance and operational cost)

4. सिस्टम कवरेज में परिवर्तन सरल (Better system coverage flexibility)
5. मोबाइल सेवाओं का सरल उपयोग (easy transition to mobile services)

3.5.1. CDMA के मुख्य अभिलक्षण (Salient Features of CDMA)

1. यह एक एडवान्स्ड कम्यूनीकेशन टैक्नोलॉजी है।
2. इसमें जैम-रोधी (anti-jam) तथा सुरक्षा (security) के गुण हैं।
3. FDMA तथा TDMA प्रणालियों की तुलना में अधिक क्षमता है।
4. इसमें स्प्रैड स्पैक्ट्रम तकनीक (Spread spectrum technology) का उपयोग किया गया है।
5. मोबाइल प्रणाली में प्रत्येक सैल में सब्सक्राइबर्स, एक समय में एक ही फ्रीक्वेंसी का उपयोग कर सकते हैं।
6. एक सब्सक्राइबर एवं किसी अन्य सब्सक्राइबर के मध्य अन्तर प्रत्येक वॉयस सिग्नल को एक विशिष्ट कोड देकर किया जाता है।
7. CDMA के प्रत्येक सिग्नल में एक अलग Pseudo random sequence होता है जो कैरियर को मॉडुलेशन कर तरंग को स्प्रैड कर देता है।
8. CDMA चैनल की विड्थ 1.25 MHz है तथा सेलुलर बैन्ड में फॉरवर्ड एवं रिवर्स चैनल के मध्य 45 MHz का सैपरेशन है।

चित्र में FDMA, TDMA तथा CDMA में अन्तर दिखाया गया है।



FDMA, TDMA तथा CDMA

3.5.2. Advantages of CDMA

CDMA की एक क्षमता है कि कोड की संख्या जितनी अधिक होगी, यूजरों की संख्या उतनी ही अधिक होगी। इसके निम्नलिखित फायदे हैं—

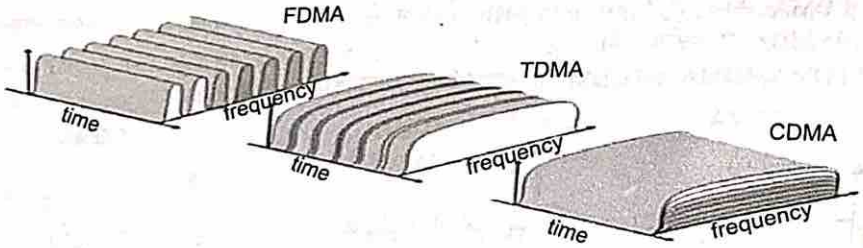
1. CDMA में Fixed frequency spectrum का Efficient utilization होता है।
2. इसमें resources का flexible allocation होता है।
3. CDMA में number of users की कोई सीमा नहीं होती है।
4. CDMA channels केवल 1.23 MHz wide होते हैं।

- CDMA को पॉवर नियंत्रण की आवश्यकता होती है, क्योंकि यह निकट-दूर प्रभाव (near-far effect) से ग्रस्त है।
- सिग्नल रिसेप्शन में सुधार के लिए रेक (Rake) रिसीवर का उपयोग किया जा सकता है। सिग्नल (बहुपथ संकेतों) के समय के विलंबित संस्करणों (delayed version) (एक चिप या बाद में) को एकत्र किया जा सकता है और इसका उपयोग बिट स्तर पर निर्णय लेने के लिए किया जा सकता है।

- लचीले हस्तान्तरण का उपयोग किया जा सकता है। मोबाइल बेस स्टेशन ऑपरेटर को ब बदल सकते हैं। दो बेस स्टेशन मोबाइल सिग्नल प्राप्त करते हैं और मोबाइल दो बेस स सिग्नल प्राप्त करता है।
- ट्रांसमिशन बर्स्ट-हस्तक्षेप को कम करता है।

3.5.3 Disadvantages of CDMA

- CDMA का उपयोग करने के नुकसान इस प्रकार हैं—
- कोड की लेंग्थ सावधानी से चुनी जानी चाहिए। एक बड़ी कोड लेंग्थ डिले को प्रेरित (induc सकती है या हस्तक्षेप का कारण बन सकती है।
- समय सिंक्रोनाइजेशन की आवश्यकता है।
- ग्रेजुअल स्थानांतरण रेडियो संसाधनों के उपयोग को बढ़ाता है और क्षमता को कम कर सकता है।
- एक बेस स्टेशन से प्राप्त और प्रेषित शक्ति के योग को निरंतर टाइट पॉवर कण्ट्रोल की आवश होती है। इसके परिणामस्वरूप कई हैंडओवर हो सकते हैं।



3.6. Space Division Multiple Access (SDMA)

SDMA का पूरा नाम स्पेस डिवीजन मल्टीपल एक्सेस है, यह भी एक multiple access technique जिसक प्रयोग ज्यादातर वायरलेस (जैसे—मोबाइल), तथा सेटेलाइट कम्युनिकेशन में किया जाता है। SDMA में सभी यूज (स्टेशन) एक ही समय में एक ही चैन का प्रयोग करके कम्यूनिकेट कर सकते हैं।

SDMA की एक खासियत यह है कि इसमें कोई overlapping यानि कि हस्तक्षेप नहीं होता है।

इसमें एक सेटेलाइट एक ही फ्रीक्वेंसी की बहुत सारी सेटेलाइटों के साथ कम्यूनिकेट कर सकता है।

SDMA सभी यूजरों के लिए विकीर्णित (radiate) ऊर्जा को स्पेस में नियंत्रित करता है।

इसमें users (स्टेशन) को serve करने के लिए यह spot beam antenna का प्रयोग किया जाता है। स्पेस डिवीजन मल्टीपल एक्सेस या स्पेसियल डिवीजन मल्टीपल एक्सेस एक ऐसी तकनीक है जो MIMO (मल्टीपल-इनपुट मल्टीपल-आउटपुट) आर्किटेक्चर है और इसका उपयोग ज्यादातर वायरलेस और सैटेलाइट कम्युनिकेशन में किया जाता है। इसकी निम्नलिखित विशेषताएँ हैं।

- सभी उपयोगकर्त्ता एक ही चैनल का उपयोग करके एक ही समय में कम्यूनिकेट कर सकते हैं।
- SDMA इन्टर्फेरेंस से पूरी तरह फ्री है।
- एक ही उपग्रह एक ही आवृत्ति से अधिक उपग्रहों के साथ कम्यूनिकेट कर सकता है।
- इसमें डायरेक्शनल स्पॉट-बीम एंटेना का उपयोग किया जाता है और इसलिए SDMA में बेस स्टेशन, एक चलते हुए उपयोगकर्त्ता को ट्रैक कर सकता है।
- अंतरिक्ष में प्रत्येक उपयोगकर्ता के लिए radiated ऊर्जा को नियंत्रित करता है।

- दोनों के बीच बहुत बड़ा अंतर यह है कि WCDMA को शुरुआत से डिजाइन किया गया है और इसे CDMA डिजाइन से प्राप्त नहीं किया गया है।
- CDMA और WCDMA दोनों का प्रयोग एक साथ नहीं किया जा सकता।

प्रश्नावली

1. कम्युनिकेशन सिस्टम से क्या अभिप्राय है?
2. डाटा modulation क्या है? यह कितने प्रकार का होता है।
3. कम्युनिकेशन सिस्टम में modulation की क्या आवश्यकता है? लिखिए।
4. Modulation and Demodulation तकनीक क्या है? इसका डाटा कम्युनिकेशन में किस प्रकार उपयोग किया जाता है?
5. Amplitude modulation एवं फ्रीक्वेंसी modulation क्या है?
6. पल्स कोड modulation की Advantages, Disadvantages एवं एप्लीकेशन क्या है?
7. विभिन्न डिजिटल modulation तकनीक क्या है?
8. Amplitude modulation एवं फ्रीक्वेंसी modulation में अंतर लिखिए।
9. ASK, FSK एवं PSK में अंतर लिखिए या विभिन्न डिजिटल modulation तकनीक में अंतर लिखिए।
10. Multiplexing तकनीक क्या है? यह कितने प्रकार की होती है? डाटा कम्युनिकेशन में किस प्रकार उपयोगी है।
11. टाइम डिवीजन multiplexing एवं फ्रीक्वेंसी डिवीजन multiplexing में अंतर लिखिए।
12. मल्टीपल एक्सेस तकनीक क्या है? यह कितने प्रकार की होती है?
13. CDMA एवं TDMA तकनीक क्या है?
14. PCM क्या है? यह कितने प्रकार का होता है? डाटा कम्युनिकेशन में किस प्रकार उपयोगी है?
15. FDMA के feature क्या है? WDM प्रणाली क्या है?

❑

अध्याय

4

ब्लूटूथ प्रौद्योगिकी और वाई-फाई प्रौद्योगिकी का परिचय

(Introduction to Bluetooth Technology and Wi-Fi Technology)

4.1. Introduction to Bluetooth Technolgoy

ब्लूटूथ वायरलेस तकनीक एक short range communications technology है जिसका उद्देश्य पोर्टेबल यूनिट को कनेक्ट करना और सिक्यूरिटी के स्तर को बनाए रखने वाले केबलों को replace करना है। ब्लूटूथ, Adhock तकनीक पर आधारित है जिसे Ad-hock pico nets के रूप में भी जाना जाता है, जो एक बहुत ही सीमित कवरेज वाला एक लोकल एरिया नेटवर्क है। ब्लूटूथ एक छोटी दूरी की वायरलेस कम्युनिकेशन टेक्नोलॉजी है जो मोबाइल फोन, कम्प्यूटर, और बाह्य उपकरणों) जैसे डिवाइसेस को डेटा या वॉइस को शॉर्ट डिस्टेंस पर वायरलेस तरीके से ट्रांसमिट करने की अनुमति देता है। ब्लूटूथ का उद्देश्य उन केबलों को replace करना है जो सामान्य रूप से उपकरणों को कनेक्ट करते हैं।

1997 में इसे **जिम कोर्डेच** के विचार पर Bluetooth नामकरण किया गया। ब्लूटूथ 2.45 GHz पर केन्द्रित 79 अलग के एक बैंड में रेडियो तरंगों को भेजता है (चैनलों) अलग फ्रीक्वेंसी और प्राप्त करता है, रेडियो, टेलीविजन और सेलफोन से अलग, और औद्योगिक, वैज्ञानिक और चिकित्सा उपकरणों द्वारा उपयोग के लिए रिजर्व है।

Bluetooth कम्युनिकेशन के लिए लो फ्रीक्वेंसी के रेडियो वेव का उपयोग करता है। Bluetooth की रेंज 30 फीट के अंदर होती है। Bluetooth डिवाइस Omni direction में Work करता है।

Bluetooth के द्वारा Data और Voice को Transmit किया जा सकता है। Bluetooth डाटा को ट्रांसमिट करने के लिए पैकेट स्विचिंग ट्रेक्निक प्रयोग करता है। जब नेटवर्क में बहुत सारी Bluetooth डिवाइस कनेक्ट होते हैं तब एक Bluetooth डिवाइस प्राइमरी या मास्टर डिवाइस होता है तथा अन्य सभी डिवाइस सेकेंडरी या Slave डिवाइस होते हैं। मास्टर डिवाइस के द्वारा डाटा को ट्रांसलेट करने के लिए उपयोग होने वाले फ्रिक्वेंसी को तय किया जाता है।

Bluetooth डिवाइस के द्वारा कनेक्ट करके बनाए गए नेटवर्क को Piconet कहा जाता है। यदि Piconet नेटवर्क का Slave Bluetooth Device अन्य नेटवर्क का मास्टर डिवाइस हो तो इसे Scatternet कहा जाता है।

Piconet

Piconet तब form होता है जब one master और one slave मौजुद हो या फिर one master और multiple slaves मौजूद हों। Piconet में ज्यादा से ज्यादा 7 active slaves ही रह सकते हैं। इसलिए ज्यादा से ज्यादा 8 devices एक साथ एक छोटे से network में साथ communicate कर सकते हैं और जिन्हें कि piconet कहा जाता है। Salves केवल तब ही transmit करते हैं जबकि master Bluetooth device उन्हें कुछ request करे तब, लगभग 255 slaves हमेशा parking state में मौजूद होते हैं।

Active slaves को poll किया जाता है master के द्वारा transmission करने के लिए, प्रत्येक Station को केवल 8 bit parked address ही प्राप्त होता है, इसलिए total 255 parked slaves ही possible होते हैं एक piconet में। ये parked station केवल 2 ms के भीतर ही join कर सकते हैं, बाकी सभी stations को join होने में समय लग सकता है। केवल 10 ऐसे ही piconets किसी निर्धारित Bluetooth radio coverage area में पाए जाते हैं।

Scatternet

Multiple Piconets के Combinations को Scatternet कहा जाता है। A device multiple piconets में

participate कर सकता है, इसे timeshare करना पड़ता है और current piconet के master के साथ Synchronize भी होना पड़ता है।

ये उन data rate को support करता है जो कि अलग-अलग versions पर आधारित होते हैं जो कि कुछ इस प्रकार है 720 kbps से 24 Mbps तक। ये 1 से 100 metres तक की दूरता को cover कर पाने की क्षमता रखते हैं जोकि depend करता है कि वह उस bluetoooth device के किस power class को support करता है।

4.1.1. ब्लूटूथ का आविष्कार (History of Bluetooth)

1998

- ब्लूटूथ का जन्म Bluetooth Special Interest Group (SIG) के गठन के साथ हुआ।
- ब्लूटूथ को आधिकारिक तौर पर तकनीक के लिए नाम के रूप में अपनाया गया।

1999

- स्पेसिफिकेशन आधिकारिक तौर पर जारी की गई है।
- COMDEX द्वारा ब्लूटूथ को 'बेस्ट ऑफ शो टेक्नोलॉजी आवार्ड' घोषित किया गया।

2000

- पहली वार, ब्लूटूथ-सक्षम मोबाइल फोन, पीसी कार्ड, माउस, हेडसेट और लैपटॉप का अनावरण किया गया।
- COMDEX पर USB डोंगल प्रोटोटाइप का अनावरण किया गया।

2001

- Bluetooth SIG Inc. का गठन किया गया।
- पहली हैंड-फ्री कार किट लान्च की गई।

2002

- पहला GPS रिसीवर और ब्लूटूथ सक्षम डिजिटल कैमरा।
- IEEE ने ब्लूटूथ तकनीक के लिए 802.15.1 स्पेसिफिकेशन को मंजूरी दी।

2003

- पहला ब्लूटूथ-सक्षम MP3 प्लेयर लॉन्च किया गया।
- पहली FDA-स्वीकृत ब्लूटूथ-सक्षम चिकित्सा प्रणाली।

2004

- ब्लूटूथ SIG ने Enhanced Data Rate (EDR) को अपनाया।
- 250 मिलियन डिवाइसेस में ब्लूटूथ तकनीक को एम्बेडेड किया गया।
- पहला ब्लूटूथ-सक्षम स्टीरियो हेडफोन लान्च किया।

2006

- ब्लूटूथ 1 बिलियन डिवाइस में इंस्टॉल किया गया।

5. SDP Layer—Service Discovery Protocol, यह दूसरे ब्लूटूथ enable device पर उपलब्ध services की खोज करने की अनुमति देता है।

6. RF Comm layer—यह रेडियो Front end Component के लिए है। यह WAP और OBEX के साथ सीरियल इंटरफेस प्रदान करता है।

7. OBEX—यह Object Exchange के लिए है। यह 2 उपकरणों के बीच objects को exchange करने के लिए एक communication प्रोटोकॉल है।

8. WAP—यह वायरलेस एक्सेस प्रोटोकॉल के लिए है। इसका उपयोग इंटरनेट एक्सेस के लिए किया जाता है।

9. TCS—यह टेलीफोनी कंट्रोल प्रोटोकॉल के लिए है। यह telephony service provide करता है।

10. Application layer—यह उपयोगकर्त्ता को एप्लिकेशन के साथ interact करने में सक्षम बनाता है।

4.1.4. Advantages

- Bluetooth बहुत ही सस्ता और कम पावर का उपयोग करता है।
- प्रयोग करने में आसान।
- यह बिना किसी तार के तुरंत एडहॉक कनेक्शन बनाता है।
- इसका उपयोग आवाज और डेटा ट्रांसफर के लिए किया जाता है।
- Bluetooth एक वायरलेस डिवाइस है।
- Bluetooth के द्वारा डाटा के ट्रांसफर करने के लिए पैकेट स्विचिंग टेक्निक का प्रयोग किया जाता है।
- ब्लूटूथ डाटा ट्रांसफर में सिक्योरिटी प्रोवाइड करता है।

4.1.5. Disadvantages

- इसे हैक किया जा सकता है और इसलिए, कम सुरक्षित है।
- इसमें धीमी डेटा transfer दर है : 3 Mbps
- Bluetooth बहुत ही कम दूरी में कम्यूनिकेशन कर सकता है।
- Bluetooth की डाटा ट्रांसफर रेट बहुत ही कम (लगभग 10 मीटर) होती है।

4.1.6. Applications of Bluetooth

ब्लूटूथ के विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोग हैं—

- केबल की मदद के बिना उपकरणों के बीच images (या) टेक्स्ट, डाक्यूमेंट्स (या) एप्लीकेशन (या) ऑडियो और वीडियो फाइलों के ट्रान्सफर कर सकते हैं।
- फाइल और डेटा एक्सचेंज के लिए पीडिए, पामटॉप्स और डेस्कटॉप की इंटर एक्सेसिबिलिटी Provide करता है।
- इसका उपयोग personal एरिया नेटवर्क (PAN) या वायरलेस personal एरिया नेटवर्क (WPAN) सेटअप करने के लिए किया जा सकता है।
- माउस और कीबोर्ड को कम्प्यूटर से कनेक्ट करने में
- कंप्यूटर से प्रिंटर को कनेक्ट करके प्रिंट निकालने में
- दो कम्प्यूटर या लैपटॉप को wireless कनेक्टिविटी द्वारा कनेक्शन के लिए
- ब्लूटूथ के द्वारा स्पीकर्स को कम्प्यूटर से कनेक्ट करने में
- सभी peripheral devices जैसे कि mouse, keyboard, printers, speakers, इत्यादि को हम बड़े ही आसानी से cordlessly PC के साथ connect कर सकते हैं।

4.1.7. Key Features of Bluetooth Technology

- **Less complication :** इसमें ज्यादा complication नहीं होती है, ये बहुत ही simple technology है।
- **Less power consumption :** इसमें ज्यादा power की consumption नहीं होती है जोकि इसे ज्यादा popular बनाता है।
- **Cheaper Rates :** दूसरे similar technologies की तुलना में ये ज्यादा सस्ते होते हैं।
- **Robustness :** ये बहुत ही robust होते हैं, कहीं और कभी भी इनका इस्तेमाल किया जा सकता है।
- **Distance :** इनका इस्तेमाल 10 से 50 metres तक के बीच किया जा सकता है।
- **Data rate :** इनका data rate होता है 1 Mbps तक जो कि बहुत ही fast होता है।
- **Spreading :** इसमें FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) technology का इस्तेमाल होता है।

4.1.8. Bluetooth के अलग-अलग Versions और उनके बीच का अन्तर

Bluetooth V 1.2

Speed or data rate : 720 kbps
Backward compatibility : V 1.1

Bluetooth V 2.0

Speed : 2.1 Mbps
Backward compatibility : Bluetooth V 1.2

Bluetooth V 2.1

Speed : 2 Mbit/s
Backward compatibility : Bluetooth V 1.2

Bluetooth V 3.0

Speed : 24 Mbps
Backward compatibility : Bluetooth V 2.1

Bluetooth V 4.0

Speed : 24 Mbps
Backward compatibility : Bluetooth V 3.0

Bluetooth V 4.1

इसे खासतौर से LTE cellular technology में काम करने के लिए तैयार किया गया है। ये सभी previous versions के साथ backward compatible होता है।

Bluetooth V 5.0

इसे पूर्व versions की तुलना में ज्यादा बेहतर बनाया गया है। इसे मुख्य रूप से Bluetooth Headphones, Mouse और दूसरे Music accessories के लिए ही बनाया गया है। इसमें खास feature यह है कि आप एक ही समय में दो headphones में गाना सुन सकते हैं जब वो एक ही Smartphone से connect हुआ हो तब, इसमें ज्यादा बेहतर speed, distance और throughput प्रदान किया गया है। इसके अलावा इसमें ज्यादा battery का इस्तेमाल नहीं होता है, ये सभी previous versions के साथ Backward compatible होता है।

4.2. Introduction to WI-FI Technology

वाई-फाई या वाईफाई (Wi-Fi) रेडियो तरंगों की मदद से नेटवर्क और इंटरनेट तक पहुँचने की एक युक्ति है। यह वाई-फाई एक्सेस प्वाइंट के इर्द-गिर्द मौजूद मोबाइल फोनों को वायरलैस इंटरनेट उपलब्ध कराने का काम करता है। इस तकनीक की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि इसकी गति (स्पीड) सामान्य सेवा प्रदाताओं की ओर से दी जाने वाली गति से काफी तेज होती है, जो इसके आई० ई० ई० (इंस्टिट्यूट ऑफ इलेक्ट्रिकल एंड इलेक्ट्रॉनिक्स इंजिनीयर्स) मानकों पर निर्भर करती है जो 802.11 प्रोटोकॉल कहलाते हैं। इन प्रोटोकॉलों की शृंखला में सबसे नया प्रोटोकॉल 802.11 ag है जो 2018 में जारी किया गया है। यह तकनीक आजकल के नए स्मार्टफोन, लैपटॉप और कम्प्यूटर में आसानी से पाई जाती है। एक वायरलेस (बेतार) नेटवर्क बनाने के लिए, एक वायरलेस राउटर की जरूरत पड़ती है।

यह *वाई-फाई एलायंस* द्वारा स्वामित्व एक ब्रांड है। एक कम्प्यूटर से दूसरे कम्प्यूटर तक जानकारी भेजने के लिए वाई-फाई IEEE 802.11 मानक का प्रयोग करता है।

IEEE 802 प्रोटोकॉल परिवार के कई हिस्सों का उपयोग करता है और इसकी वायर्ड वहन प्रोटोकॉल ईथरनेट के साथ मूल रूप से हस्तक्षेप करने के लिए डिजाइन किया गया है वाई-फाई तकनीकों का उपयोग करने वाले उपकरणों में डेस्कटॉप और लैपटॉप, स्मार्टफोन और टैबलेट, स्मार्ट टीवी, प्रिंटर, डिजिटल ऑडियो प्लेयर, डिजिटल कैमरा, कार और ड्रोन शामिल हैं। संगत डिवाइस वायरलेस एक्सेस प्वाइंट के साथ-साथ कनेक्ट किए गए ईथरनेट उपकरणों के माध्यम से वाई-फाई पर एक-दूसरे से कनेक्ट हो सकते हैं और इंटरनेट तक पहुँचने के लिए इसका उपयोग कर सकते हैं। इस तरह के एक एक्सेस प्वाइंट (या हॉटस्पॉट) में लगभग 20 मीटर (66 फीट) घर के अंदर और बाहर की ओर अधिक रेंज होती है। हॉटस्पॉट कवरेज रेडियो तरंगों को ब्लॉक करने वाली दीवारों के साथ एक कमरे के रूप में छोटा हो सकता है, या कई अतिव्यापी पहुँच बिन्दुओं का उपयोग करके प्राप्त कई वर्ग किलोमीटर के रूप में बड़ा हो सकता है।

दस्तावेज को प्रिंट करने के लिए, किसी अन्य डिवाइस पर वायरलेस तरीके से सूचना भेजने वाला उपकरण, दोनों स्थानीय नेटवर्क से जुड़ा हुआ है। वाई-फाई के विभिन्न संस्करणों को विभिन्न IEEE 802.11 प्रोटोकॉल मानकों द्वारा निर्दिष्ट किया जाता है, जिसमें विभिन्न रेडियो प्रौद्योगिकियाँ रेंज, रेडियो बैंड और गति को निर्धारित करती हैं। वाई-फाई सबसे अधिक 2.4 गीगाहर्ट्ज (12 सेमी) यू०एच०एफ० और 5 गीगाहर्ट्ज (6 सेमी) एस०एच०एफ०, आई०एस०एम० रेडियो बैंड का उपयोग करता है; ये बैंड कई चैनलों में विभाजित हैं। प्रत्येक चैनल को कई नेटवर्क द्वारा समय-साझा किया जा सकता है। ये तरंगदैर्ध्य लाइन-ऑफ-विजन के लिए सबसे अच्छा काम करते हैं। कई सामान्य सामग्रियाँ उन्हें अवशोषित कर प्रतिबिंबित करती हैं, जो आगे सीमा को सीमित करती हैं, लेकिन भीड़ भरे वातावरण में विभिन्न नेटवर्क के बीच हस्तक्षेप को कम करने में मदद कर सकती हैं। करीब सीमा पर, उपयुक्त हार्डवेयर पर चलने वाले वाई-फाई के कुछ संस्करण, 1 से अधिक Gbit/s (प्रति सेकण्ड गीगाबिट) की गति प्राप्त कर सकते हैं।

वाई-फाई वायर्ड नेटवर्क की तुलना में संभावित रूप से हमला करने के लिए अधिक असुरक्षित है क्योंकि वायरलेस नेटवर्क इंटफेस नियंत्रक के साथ नेटवर्क की सीमा के भीतर भी कोई भी एक्सेस का प्रयास कर सकता है। वाई-फाई प्रोटेक्टेड एक्सेस (डब्ल्यूपीए) वाई-फाई नेटवर्क पर चलती जानकारी की सुरक्षा के लिए बनाई गई तकनीकों का एक परिवार है और इसमें व्यक्तिगत और उद्यम नेटवर्क के समाधान शामिल हैं। WPA की सुरक्षा विशेषताओं में मजबूत सुरक्षा और नए सुरक्षा अभ्यास शामिल हैं क्योंकि समय के साथ सुरक्षा परिदृश्य बदल गया है।

वायरलेस राउटर

वायरलेस राउटर आमतौर पर घरों में पाए जाते हैं। वे हार्डवेयर डिवाइस हैं जिनका उपयोग इंटरनेट सेवा प्रदाता आपको अपने केबल या xDSL इंटरनेट नेटवर्क से जोड़ने के लिए करते हैं। एक वायरलेस राउटर को कभी-कभी एक वायरलेस लोकल एरिया नेटवर्क (WLAN) डिवाइस के रूप में जाना जाता है। एक वायरलेस नेटवर्क को वाई-फाई नेटवर्क भी कहा जाता है। एक वायरलेस राउटर एक वायरलेस एक्सेस प्वाइंट और एक राउटर के नेटवर्किंग कार्यों को जोड़ता है।

मोबाइल हॉटस्पॉट

एक मोबाइल हॉटस्पॉट, दोनों टेथर और अनऑथर्ड कनेक्शन स्मार्टफोन पर एक सामान्य सुविधा है। जब आप अपने फोन के मोबाइल हॉटस्पॉट को चालू करते हैं, तो आप अपने वायरलेस नेटवर्क कनेक्शन को अन्य उपकरणों के साथ साझा करते हैं जो तब इंटरनेट का उपयोग कर सकते हैं।

वायरलेस सुरक्षा

वायरलेस सुरक्षा का अर्थ वायरलेस नेटवर्क से जुड़े हुए कम्प्यूटर्स के डाटा तथा गोपनीयता की अनधिकृत प्रयोग/पहुँच से सुरक्षा है। सबसे सामान्य वायरलेस सुरक्षा के प्रकार डब्ल्यू० ई० पी० (वायर्ड इक्वीवेलेंट प्राइवेसी) व डब्ल्यू० ए० पी० (वाई० फाई० प्रोटेक्टेड एक्सेस) हैं। इनमें डब्ल्यू० ई० पी० बहुत ही कमजोर सुरक्षा उपाय हैं, जिन्हें कम्प्यूटर व कुछ सॉफ्टवेयरों की मदद से आसानी से बहुत ही कम समय में तोड़ा जा सकता है। उपयोगकर्त्ता के हस्तक्षेप की आवाश्यकता के बिना खुले नेटवर्क में उपयोगकर्त्ताओं को डेटा सुरक्षा प्रदान करता है।

Advantages of Wi-Fi

- **Convenient :** यह technology काफी User-Friendly है, आप बड़ी आसानी से कोई भी smart फोन, Tablet और Laptop को wifi के साथ Connect कर सकते हैं जब वह Device wifi के Range में होनी चाहिए।
- **Simplicity :** इसको इस्तेमाल करना बहुत आसान है।
- **Mobility :** Mobility मतलब आप चलते-फिरते कहीं से भी Internet को Access कर सकते हैं। जैसे Bus, Train, Coffee shop, Super Market जहाँ यह Network है।
- **Expandability :** एक ही Wi-Fi Device के साथ आप बहुत सारे दूसरे Mobile Devices को Connect कर सकते हैं, जैसे एक Router के साथ 5 से 6 Mobile Devices connect कर सकते हैं, यह Connection करने के लिए आपको काफी कम समय लगता है।
- **Efficiency :** जैसे कि आपको पता है Wi-Fi को Access करना बहुत आसान है और इसका Range भी Fixed है। इसकी Speed Mbps में होती है। इसीलिए दूसरे कार्यों में इसका इस्तेमाल किया जाता है, जैसे File sharing (Text Audio, Video) जैसे आप File Sharing app में करते हैं।
- **Cost Control :** अगर पहले से ही बहुत सारे User WiFi से Connected हैं और आप चाहते हैं और एक Device को भी Connect किया जाए। इसके लिए आपको कुछ ज्यादा खर्चा करने की जरूरत नहीं है और ना ही कोई Cables चाहिए, अब बात करें Broadband Connection की तो इसमें आपको और Cables और Reconfiguration की आवश्यकता होती है।
- **Standardization :** सबसे खास और जरूरी फायदा यह काफी Standardize है। मतलब एक Wi-Fi Router दुनिया के सारे Countries में चल सकता है।

Disadvantages of Wi-Fi

- **Performance/Speed :** आपको वैसे तो Market में gigabit Speed वाले Wi-Fi मिल जाएँगे लेकिन अब तक उनमें हर Location में Gigabit Speed उपलब्ध नहीं है। परन्तु Cables में Gigabit Speed उपलब्ध है।
- **Connectivity/Reliability :** यह Medium dependent नेटवर्क है। इसका मतलब यह हुआ Wi-Fi Signal किसी भी दीवार के पार जाते ही Signals की Strength कम हो जाती है। आपको पता ही है Wi-Fi का Fixed Range रहता है।
- **Distance :** आप एक Fixed Location में ही Wi-Fi को Access कर सकते हैं। जितना दूर जाओगे उतना network का strength कम होगा, जैसे 10 metre से 20 metre के अंदर ही रहना होगा।

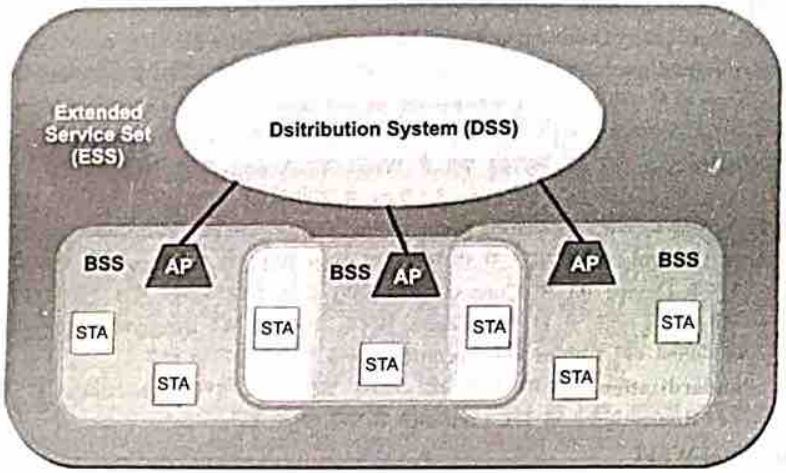
- **Security :** आजकल Wi-Fi के जरिए कोई भी किसी भी System में घुसकर आपके Data को चुरा सकता है। इसलिए यह इस Technology का सबसे बड़ा नुकसान है।

4.2.1 IEEE 802.11 आर्किटेक्चर

IEEE 802.11 वायरलेस LAN को implement करने के लिए स्टैंडर्ड्स का एक समूह (group) है। सबसे पहले बनाया गया स्टैंडर्ड समूह 802.11था जिसे सन् 1997 में बनाया गया था। यह वायरलेस लेन की आवश्यकताओं, भौतिक स्ट्रक्चर व सेवाओं आदि की व्याख्या करता है। इसका मुख्य लक्ष्य एक ऐसा वायरलेस लैन बनाना होता है, जो टाइम bounded व asynchronous सेवाएँ प्रदान करें।

डिस्ट्रीब्युटेड सिस्टम के कई सारे BSS (Basic service sets) जुड़े होते हैं जो मिलकर एक बड़े नेटवर्क का निर्माण करते हैं जिसे ESS (extended service set) कहा जाता है। इसमें डिस्ट्रीब्यूटेड सिस्टम को पोर्टल के माध्यम से दूसरे लेन से जोड़ा जा सकता है। IEEE 802.11 में BSS एक-दूसरे पर निर्भर करते हैं, इसीलिए इन्हें IBSS (Independent basic service set) कहा जाता है। IBSS कई सारे स्टेशनों के बने होते हैं, तथा ये स्टेशन आपस में सीधे जुड़े होते हैं इसमें एक्सेस प्वाइंट की आवश्यकता नहीं होती है तथा डाटा एक स्टेशन से दूसरे स्टेशन पर स्थानांतरित होता है।

वायरलेस LAN वे लोकल एरिया नेटवर्क्स हैं जो LAN में उपकरणों को जोड़ने के लिए केबलों के बजाय हाई फ्रीक्वेंसी रेडियो तरंगों का उपयोग करते हैं। WLAN से जुड़े यूजर नेटवर्क कवरेज एरिया में घूम सकते हैं। अधिकांश WLAN स्टैण्डर्ड IEEE 802.11 या Wi-Fi पर आधारित है।



4.2.2. IEEE 802.11 आर्किटेक्चर के घटक

IEEE 802.11 आर्किटेक्चर के घटक निम्नानुसार हैं—

(1) स्टेशन (STA)—स्टेशनों में सभी उपकरण शामिल होते हैं जो वायरलेस LAN से जुड़े होते हैं। एक स्टेशन दो प्रकार का हो सकता है—

- **वायरलेस एक्सेस प्वाइंट** (WAP)—WAP या बस एक्सेस पॉइंट (AP) आमतौर पर वायरलेस राउटर होते हैं जो बेस स्टेशन या एक्सेस का निर्माण करते हैं।
- **क्लाइंट I**—ग्राहक वर्कस्टेशन, कम्प्यूटरन, लैपटॉप, प्रिंटर, स्मार्टफोन आदि हैं।

प्रत्येक स्टेशन में एक वायलेस नेटवर्क इंटरफेस नियंत्रक होता है।

(2) बेसिक सर्विस सेट (BSS)—Set A बेसिक सर्विस सेट भौतिक परित स्तर पर संचार करने वाले स्टेशनों का एक समूह है। मोड के आधार पर BSS दो श्रेणियों का हो सकता है।

- **इन्फ्रास्ट्रक्चर बीएसएस**—यहाँ, डिवाइस पहुँच बिन्दुओं के माध्यम से अन्य उपकरणों के साथ संवाद करते हैं।
- **इंडिपेंडेंट बीएसएस**—यहाँ, डिवाइस एक तदर्थ तरीके से सहकर्मी से सहकर्मी आधार पर संवाद करते हैं।

(3) विस्तारित सेवा सेट (ESS)—यह सभी जुड़े बीएसएस का एक सेट है।

(4) डिट्रीब्यूशन सिस्टम (DS)—यह ऐप में एक्सेस पॉइंट्स जोड़ता है।

- वायरलेस तकनीक दुनिया भर में स्वीकृत मानकों के अनुसार काम करती है और सुरक्षा के विभिन्न स्तरों की पेशकश करती है।
- वायरलेस मानकों का महत्वपूर्ण पहलू यह है कि विभिन्न निर्माताओं के उपकरणों को हर जगह काम करने में सक्षम होना चाहिए और प्रत्येक डिवाइस के लिए अलग मानक की आवश्यकता नहीं है।
- वायरलेस नेटवर्किंग के लिए उपयोग किए जाने वाले विभिनन वायरलेस मानक IEEE 802.11 ब्लूटूथ, होमआरएफ (Home RF) और इरडा (IrDA) हैं।

IEEE 802.11

- 802.11 रेडियो फ्रीक्वेंसी वायरलेस नेटवर्किंग के सभी पहलुओं को परिभाषित करने के लिए इंस्टीट्यूट ऑफ इलेक्ट्रिकल एंड इलेक्ट्रॉनिक इंजीनियर्स (IEEE) द्वारा बनाया गया एक मानक है।
- वायरलेस नेटवर्क तकनीक 802.11 तकनीक का उपयोग करती है जो रेडियो फ्रीक्वेंसी और डेटा ट्रांसमिशन से संबंधित है।
- 802.11 एक वायरलेस क्लाइंट और बेस स्टेशन के बीच या दो वायरलेस क्लाइंट के बीच एयर इंटरफेस को परिभाषित करता है।
- बेस स्टेशन एक निश्चित स्थान पर एक दो-तरफा रेडियो इंस्टॉलेशन है, जिसका उपयोग एक या अधिक वायरलेस उपकरणों के साथ संचार के लिए किया जाता है। उदाहरण के लिए, वायरलेस स्टेशन।
- 802.11 द्वारा परिभाषित दो अलग-अलग स्प्रेड स्पेक्ट्रम विधियाँ डायरेक्ट सीक्वेंस स्प्रेड स्पेक्ट्रम (DSSS) और फ्रिक्वेंसी होपिंग स्प्रेड स्पेक्ट्रम (FHSS) हैं।
- DSSS एक समय में एक आवृत्ति पर डेटा भेजता है।
- एफ०एच०एस०एस० हस्तक्षेप से बचने के लिए वाहक को विभिन्न आवृत्ति चैनलों के बीच स्विच करने के लिए एक यादृच्छिक संख्या अनुक्रम का उपयोग करता है।
- DSSS द्वारा उपयोग किया जाने वाला बैंडविड्थ 22 MHz है जबकि FHSS द्वारा उपयोग किया जाने वाला बैंडविड्थ लगभग 1 MHz है।
- डीएसएसएस का डेटा थ्रूपुट अधिक है, लेकिन एफएचएसएस की तुलना में अधिक हस्तक्षेप का खतरा है। 802.11 मानक ज्यादातर DSSS मानक का उपयोग करता है जबकि FHSS का उपयोग होमआरएफ के लिए किया जाता है।
- सबसे व्यापक रूप से उपयोग किया जाने वाला वायरलेस नेटवर्किंग प्रकार वायरलेस फिडेलिटी है। वाई-फाई।
- वाई-फाई द्वारा प्रमाणित विभिन्न मानक 802.11 ए, 802.11 बी और 802.11 जी हैं।
- वायरलेस डिवाइस एक-दूसरे के साथ तभी संवाद कर सकते हैं जब वे एक ही मानक का उपयोग कर रहे हों। हालांकि, 802.11 जी 802.11 बी मानक के साथ पिछड़ा हुआ है।
- वायरलेस नेटवर्किंग के लिए उपयोग किए जाने वाले विभिन्न IEEE 802.11 मानक के बारे में विस्तृत विवरण आगे दिया गया है।

☛ 4.2.3. IEEE मानकों के विभिन्न प्रकार (The different types of IEEE Standards)

IEEE 802.11

वर्ष 1997 में रिलीज हुआ, यह 802.11 मानक का मूल संस्करण है। यह है—

- 2.4 GHz बैंड में 1 Mbps की विशिष्ट डेटा दर और 2 Mbps की अधिकतम डेटा दर।
- डेटा 1 Mbps के लिए फ्रीक्वेंसी हॉपिंग स्प्रेड स्पेक्ट्रम (FHSS) या 1 और 2 एमबीपीएस के लिए डायरेक्ट-सीक्वेंस स्प्रेड स्पेक्ट्रम (DSSS) के माध्यम से प्रेषित होता है।
- उपयोग किया जाने वाला मॉड्यूलेशन FHSS के लिए फ्रीक्वेंसी शिफ्ट कीइंग (FSK) और DSSS के लिए फेज शिफ्ट कीइंग (PSK) है।
- इंफ्रारेड बैंड में इस्तेमाल किया जाने वाला मॉड्यूल्स पल्स पोजिशन मॉड्यूलेशन है। मीडिया एक्सेस कंट्रोल (मैक) ओएसआई मॉडल में डेटा लिंक परत की उप-परतों में से एक है जो किसी भी समय भौतिक मीडिया तक पहुँच का फैसला करता है।
- यह तार्किक लिंक नियंत्रण उप-परत और नेटवर्क की भौतिक परत के बीच इंटरफेस के रूप में कार्य करता है।
- मैक परत एक पैकेट और एक नेटवर्क इंटरफेस कार्ड (एनआईसी) से एक साझा चैनल के पार दूसरे के लिए डेटा पैकेट ले जाने के लिए जिम्मेदार है।
- उपयोग की जाने वाली मध्यम पहुँच विधि कैरियर सेंस मल्टीपल एक्सेस (CSMA/CA) के साथ है।
- यहाँ उपयोग किया जाने वाला सुरक्षा प्रोटोकॉल वायर्ड इक्विवेलेंट प्राइवेसी (WEP) और वाई-फाई प्रोटेक्टेड एक्सेस (WPA) है, WPA एक वाई-फाई मानक है जो WEP की सुरक्षा सुविधाओं को बेहतर बनाने के लिए उपयोग किया जाता है।
- यह 150 फीट (लगभग 46 मीटर) तक की दूरी तय कर सकता है।

IEEE 802. 11a

वर्ष 1999 में संशोधित, यह मूल 802.11 मानक का उन्नत संस्करण है।

- 802.11a मानक 5 GHz बैंड में संचालित होता है और सिग्नल जनरेशन के लिए 52-सबकेयर ऑर्थोगोनल फ्रीक्वेंसी-डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग (OFDM) का उपयोग करता है।
- इसमें 6 Mbps की विशिष्ट डेटा दर और अधिकतम डेटा दर 54 Mbps है। 802.11 ए का उपयोग करने के फायदों में से एक कम हस्तक्षेप है क्योंकि ऑपरेटिंग रेंज 5 गीगाहर्ट्ज है और अधिकांश वायरलेस डिवाइस 2.4 गीगाहर्ट्ज रेंज में काम करते हैं।
- 802.11 ए का नुकसान यह है कि यह उच्च वाहक आवृत्ति के कारण केवल दृष्टि अनुप्रयोगों तक ही सीमित है और वे 802.11 बी मानक के रूप में भी नेटवर्क में प्रवेश नहीं कर सकते हैं।
- उपयोग किया जाने वाला सुरक्षा प्रोटोकॉल वायर्ड इक्विवेलेंट प्राइवेसी (WEP) और वाई-फाई प्रोटेक्टेड एक्सेस (WPA) है।
- 80.2 11 ए की अधिकतम सीमा न्यूनतम गति पर 50 मीटर है, लेकिन उच्च गति पर सीमा 25 मी से कम है। डेटा डीएसएसएस के माध्यम से प्रेषित होता है और आजकल इसका व्यापक रूप से उपयोग नहीं किया जाता है।

IEEE 802.11 b

- यह मानक 1999 में भी जारी किया गया था। इसमें 6.5 Mbps की एक विशिष्ट डेटा दर और 2.4 गीगाहर्ट्ज बैंड में 111 एमबीपीएस की अधिकतम डेटा दर है।
- यहाँ उपयोग की जाने वाली मीडिया एक्सेस विधि भी कोलियर अवॉइडेंस (CSMA/CA) के साथ

कैरियर सेंस मल्टीपल एक्सेस है। प्रत्यक्ष-अनुक्रम स्प्रेड स्पेक्ट्रम (DSSS) का उपयोग सिग्नल जनरेशन के लिए पूरक कोड कुंजीयन (CCK) के साथ किया जाता है।

- CCK एक मॉड्यूलेशन तकनीक है। सामान्य इनडोर रेंज 11 एमबीपीएस पर 30 मीटर और 1 एमबीपीएस पर 90 मीटर है।
- यहाँ इस्तेमाल किया जाने वाला सुरक्षा प्रोटोकॉल वायर्ड इक्विवेलेंट प्राइवेसी (WEP) और वाई-फाई प्रोटेक्टेड एक्सेस (WPA) भी है।
- 802.11 b का उपयोग ज्यादातर बिन्दुओं के लिए किया जाता है, संचार के लिए जहाँ पहुँच बिन्दु एक या एक से अधिक उपयोगकर्ताओं के साथ omni-दिशात्मक एंटेना की मदद से संचार करता है।
- हस्तक्षेप और सिग्नल क्षीणन के कारण डेटा त्रुटियों के प्रति कम संवेदनशील है क्योंकि डेटा की कम दर डेटा को एन्कोडिंग के कम जटिल और अधिक निरर्थक तरीकों का उपयोग करती है।

IEEE 802.11 g

- यह मानक जून 2003 में जारी किया गया था। इसमें 2.4 MHz बैंड में 22 Mbps की सामान्य डेटा दर और 54 Mbps की अधिकतम डेटा दर है।
- 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 और 54 Mbps की डेटा दरों के लिए ऑर्थोगोनल फ्रीक्वेंसी-डिवीजन मल्टप्लेक्सिंग (OFDM) और 5.5% एमबीपीएस और सिग्नल जेनरेशन के लिए 11 एमबीपीएस की डेटा दरों के लिए पूरक कोड कुंजीकरण (CCK)।
- इनडोर रेंज 30 मी। यहाँ उपयोग किया जाने वाला सुरक्षा प्रोटोकॉल वायर्ड इक्विवेलेंट प्राइवेसी (WEP) और वाई-फाई प्रोटेक्टेड एक्सेस (WPA) भी है।
- माइक्रोवेव ओवर, ब्लूटूथ डिवाइस और कॉर्डलेस टेलीफोन 2.4 GHz रेंज में काम करने वाले उपकरण हैं।
- इसीलिए, 2.4 गीगाहर्ट्ज रेंज में बहुत सारे उपकरणों के कारण 802.11 जी हस्तक्षेप की समस्याओं से ग्रस्त है। यह 300 फीट (लगभग 91 मीटर) तक की दूरी तय कर सकता है। यह 802.11 बी के साथ पिछड़ा संगत है।

IEEE 802.11 n

- यह IEEE 802.11 मानक का नवीनतम संस्करण है जो अभी भी विकास की प्रक्रिया में है।
- इसमें 200 Mbps की एक विशिष्ट डेटा दर और 2.4 या 5 गीगाहर्ट्ज आवृत्ति बैंड में 540 एमबीपीएस की अधिकतम डेटा दर है। 802.11n, 802.11b की तुलना में 100 गुना और 802.11ए या 802.11 जी से 10 गुना तेज होना चाहिए।
- यह मौजूदा नेटवर्क की तुलना में बेहतर ऑपरेटिंग दूरी भी प्रदान करता है। ऑर्थोगोनल फ्रीक्वेंसी-डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग (OFDM) यहाँ इस्तेमाल की जाने वाली मॉड्यूलेशन स्कीम है और यहाँ इस्तेमाल किया जाने वाला सिक्योरिटी प्रोटोकॉल वायर्ड इक्विवेलेंट प्राइवेसी (WEP) और वाई-फाई प्रोटेक्टेड एक्सेस (WPA) भी है।
- W 802.11 n को मौजूदा 802.11 मानकों पर मल्टीपल-इनपुट मल्टीपल-आउटपुट (MIMO) के अतिरिक्त फीचर के साथ बनाया गया है।
- MIMO स्थानिक द्वारा पूरे डेटा के लिए कई ट्रांसमीटर और रिसीवर एंटेना का उपयोग करता है।

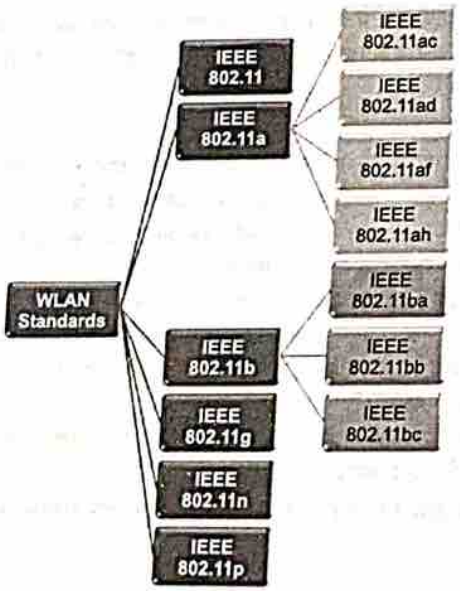
Comparing 802.11 a, b, g, n and ac

Wireless Transmission 802.11 Protocols					
Standards	**Year Established**	**Band Frequency**	**Maximum Data Transfer**	**Channel Bandwidth**	**Antenna Configuration**
802.11a	1999	5 GHz	54 Mbps	20 MHz	1×1 SISO
802.11b	1999	2.4 GHz	11 Mbps	20 MHz	1×1 SISO
802.11g	2003	2.4 GHz	54 Mbps	20 MHz	1×1 SISO
802.11n	2009	2.4 & 5 GHz	600 Mbps	20 & 40 MHz	Up to 4×4 MIMO
802.11ac	2013	5 GHz	1.3 Gbps	20, 60, 80, 160 MHz	Up to 3×3 SU-MIMO
802.11ac Wave 2	2015	5 GHz	3.47 Gbps	20, 60, 80, 80 + 80, 160 MHz	Up to 4×4 SU-MIMO & MU MIMO

SISO = Single Input Single Output
MIMO = Multiple Input Multiple Output
SU = Single User and **MU** = Multiple User

☛ 4.2.4. Standards of IEEE 802.11 Family

IEEE का प्रारंभिक वर्जन IEEE 802.11 था, उसके पश्चात् जैसे-जैसे नवीन तकनीकों का विकास होता गया वैसे-वैसे इनके भी नए वर्जन विकसित होते गए। इसके कुछ संस्करण की संक्षिप्त व्याख्या इस प्रकार है—



1. IEEE 802.11 a—इसे IEEE ने 1999 में विकसित किया था। इसे commercial (व्यावसायिक), Industrial (औद्योगिक) तथा ऑफिस use के लिए बनाया गया था, यह 5 GHz की फ्रीक्वेंसी पर कार्य करता था तथा इसकी स्पीड यानि कि डेटा ट्रान्सफर रेट 54 Mbps थी। इसकी रेंज 115 फीट तक थी, तथा यह बहुत महँगा था।

2. IEEE 802.11b—इसे भी 1999 में विकसित किया गया था। अर्थात् 802.11a तथा 802.11b दोनों स्टैंडर्ड्स को IEEE ने एक साथ विकसित किया था। ये स्टैण्डर्ड home तथा domestic (घरेलू) प्रयोग के लिए बनाया गया था। यह 5 GHz की फ्रीक्वेंसी पर कार्य करता है तथा इसकी स्पीड (डेटा ट्रान्सफर रेट) 11 Mbps तक है। इसकी रेंज 115 फीट तक थी।

3. IEEE 802.11 g—इसे 2003 में विकसित किया गया। इसको IEEE ने 802.11a तथा 802.11b के combination से बनाया। यह 2.4 GHz की फ्रीक्वेंसी पर कार्य करता है तथा इसकी स्पीड (डेटा ट्रान्सफर रेट) 54 Mbps तक है। इसकी रेंज 125 फीट तक है।

4. IEEE 802.11 n—इसे 2009 में विकसित किया गया। यह 2.4 GHz तथा 5 GHz दोनों फ्रीक्वेंसी पर कार्य करता है। वैसे सैद्धांतिक रूप से कहें तो उसकी स्पीड (डेटा ट्रान्सफर रेट) 500 Mbps तक है तथा इसकी रेंज 230 फीट तक है।

5. IEEE 802.11 ac—इसे 2013 में विकसित किया गया तथा हम इसे Wi-Fi का 5th जनरेशन भी कह सकते हैं। इसकी स्पीड यानि कि डेटा ट्रान्सफर रेट जो है वह 802.11 n से तीन गुना ज्यादा है लगभग 1.3 Gbps। यह 5 GHz की फ्रीक्वेंसी पर कार्य करता है तथा इसकी रेंज 115 फीट है, आजकल ज्यादातर सभी डिवाइस इसी वाई-फाई का प्रयोग करते हैं, लेकिन अभी भी कुछ डिवाइस 802.11 n का भी प्रयोग कर रहे हैं।

☛ 4.2.5. Services of IEEE 802.11 family

1. संदेश का वितरण—इसके द्वारा संदेश के फ्रेम्स को एक स्टेशन से दूर के स्टेशन पर भेजा जा सकता है। जब किसी फ्रेम को एक BSS से दूसरे BSS पर भेजा जाता है तो उस समय डिस्ट्रीब्यूटेड सिस्टम का प्रयोग किया जाता है।

2. इंटीग्रेशन—इंटीग्रेशन service के द्वारा IEEE पर डाटा को विभिन्न स्टेशनों के बीच में इंटीग्रेटेड रूप में ट्रांसफर किया जाता है। इस प्रक्रिया में वायर्ड LAN को distributed सिस्टम से जोड़ा जाता है।

3. एसोसिएशन—किसी भी स्टेशन को वायरलेस लेन पर डाटा को ट्रांसमीट तथा रिसीव करने के लिए किसी विशेष BSS के एक्सेस प्वाइंट के साथ कनेक्शन बनाना होता है।

4. पुनः एसोसिएशन—इसके द्वारा स्थापित एसोसिएशन को एक एक्सेस प्वाइंट से दूसरे एक्सेस प्वाइंट पर ट्रांसमिट किया जाता है।

5. ऑथेंटिकेशन—यह सर्विस स्टेशन को पहचानने के लिए प्रयोग में की जाती है। इसके लिए यह कई फंक्शनलिटी प्रदान करती है। इसके लिए यह पब्लिक की एंक्रिप्शन स्कीम का प्रयोग करती है। इसके अंतर्गत दोनों स्टेशनों के ऑथेंटिकेशन को जाँचा जाता है तथा सही पाए जाने पर ही उन दोनों के मध्य कम्युनिकेशन प्रदान किया जाता है।

6. डी-ऑथेंटिकेशन—जब दो स्टेशनों के मध्य ऑथेंटिकेशन की जाँच की जा रही होती है, गलत ऑथेंटिकेशन पाए जाने पर यह सर्विस उसे डी ऑथेंटिकेट कर देती है फल-स्वरूप कम्युनिकेशन नहीं होने दिया जाता है।

7. गोपनीयता—गोपनीयता के लिए भी यह एक अच्छी सुविधा प्रदान करती है। इसके लिए ऑथेंटिकेशन व डि ऑथेंटिकेशन का प्रयोग किया जाता है।

☛ 4.2.6. Wi-Fi का इतिहास

Wi-Fi को 1985 में Introduce किया गया था जब यूएस फेडरल कम्युनिकेशंस कमिशन के फैसले ने बिना लाइसेंस के उपयोग के लिए आईएसएस बैंड जारी किया था।

लेकिन उपभोक्ताओं के लिए वाई-फाई को पहली बार 1997 में जारी किया गया था, जब 802.11 नामक एक समिति बनाई थी, जिसे IEEE 802.11 के रूप में जाना जाता है।

उस समय 802.11 standard की Data Transfer speed करीबन 2 Megabits per second थे। उसके बाद 1999 में 802.11a को Publish किया गया।

इसकी रफ्तार करीबन 54 Mbps थी। उसके बाद 1999 में ही 802.11b, 2003 में 802.11g, 2009 में 802.11n और 2014 में 802.11 ac की शुरुआत हुई और अब 2019 में 802.11 ax standard आने वाला है।

☛ 4.2.7. WLAN के लाभ

- वे clutter free घरों, कार्यालयों और अन्य नेटवर्क वाले स्थानों को प्रदान करते हैं।
- LAN स्केलेबल हैं, यानी वायर्ड LAN की तुलना में अधिक आसानी से डिवाइस को नेटवर्क से जोड़ा या हटाया जा सकता है।
- सिस्टम नेटवर्क कवरेज के भीतर पोर्टेबल है और नेटवर्क तक पहुँच केबल की लम्बाई से बंधी नहीं है।
- इसकी स्थापना वायर्ड इंस्टॉलेशन की तुलना में बहुत आसान है।
- डिवाइस और सेटअप की लागत कम हो जाती है।

☛ 4.2.8. WLAN के नुकसान

- चूँकि रेडियो तरंगों का उपयोग संचार के लिए किया जाता है, इसीलिए सिग्नल आस-पास के सिस्टम के हस्तक्षेप से शोर करते हैं।
- जानकारी को एन्क्रिप्ट करने के लिए अधिक देखभाल की आवश्यकता होती है। इसके अलावा, वे त्रुटियों के लिए अधिक Prone हैं। तो, उन्हें वायर्ड LAN की तुलना में अधिक बैंडविड्थ की आवश्यकता होती है।
- WLAN वायर्ड LAN की तुलना में धीमे हैं।

4.3. Wireless Security

वायरलेस सिक्योरिटी कम्प्यूटर, स्मार्ट फोन, टैबलेट, लैपटॉप और अन्य पोर्टेबल डिवाइसेस के साथ-साथ नेटवर्कों को, वायरलेस कंप्यूटिंग से जुड़े threats और vulnerabilities से सिक्यूरिटी provide करते हैं।

Wireless security और वायर्ड सिक्यूरिटी में कुछ requirements समान हैं—जैसे Confidentiality, integrity, availability, authenticity, accountability और इनका महत्वपूर्ण source कम्युनिकेशन माध्यम है।

वायरलेस सुरक्षा के लिए threats और counter measures, वायर्ड environment के समान हैं, जैसे कि ईथरनेट LAN या wired wide-area network। security requirements दोनों environment में समान हैं: गोपनीयता, अखंडता, उपलब्धता, प्रामाणिकता और जवाबदेही।

☛ 4.3.1. वायरलेस सिक्योरिटी को विभिन्न तरीकों से डिस्ट्रीब्यूट किया जा सकता है जैसे–

- **Hardware-based**—जहाँ राउटर और स्विच एन्क्रिप्शन के कुछ उपायों (measures) के साथ निर्मित (fabricate) होते हैं, ये सभी वायरलेस कम्युनिकेशन की सुरक्षा करते हैं। इसलिए, इस मामले में, भले ही डेटा साइबर क्राइम द्वारा compromise किया जाता है, लेकिन वे डेटा को डिक्रिप्ट करने या ट्रैफिक के कंटेंट को देखने में सक्षम नहीं होंगे।
- **IDS और IPS का वायरलेस सेटअप**—वायरलेस नेवटर्क का पता लगाने, अलर्ट करने और रोकने में मदद करता है।
- **वायरलेस सिक्यूरिटी एल्गोरिथ्म**—जैसे WEP, WPA, WPA2 और WPA3

Wired Equivalent Privacy (WEP)

- WEP एक प्रोटोकॉल है जो 802.11 वाई-फाई Standard के आधार पर वायरलेस लोकल एरिया नेटवर्क (WLAN) में सुरक्षा को जोड़ता है।
- WEP एल्गोरिदम का उपयोग वायरलेस कम्युनिकेशन को ईव्सड्रॉपिंग (जासूसी) से बचाने के लिए और एक वायरलेस नेटवर्क पर unauthorized access को रोकने के लिए किया जाता है।
- WEP के original implementations ने 40-बिट एन्क्रिप्शन का support करता है, जिसकी लेंग्थ 40 बिट्स और सिस्टम-जनरेटैड डेटा के 24 अतिरिक्त बिट्स (कुल 64 बिट्स) हैं।
- 40-बिट WEP एन्क्रिप्शन को डिकोड करना बहुत आसान है।
- 128-बिट एन्क्रिप्शन (104 बिट्स की key length, not 128 बिट्स)।
- WEP एक secret key पर निर्भर करता है।
- WEP RC4 एन्क्रिप्शन एल्गोरिथ्म का उपयोग करता है, जिसे एक stream chiper के रूप में जाना जाता है।
- स्ट्रीम साइफर एक short key को pseudo-random key stream में expand करके संचालित करता है।

Wi-Fi Protected Access (WPA)

- इसे WPA + के नाम से भी जाना जाता है।
- WEP + "weak IVs" से बचकर WEP सुरक्षा बढ़ाता है।
- यह पूरी तरह से तब effective है जब WEP + का उपयोग वायरलेस कनेक्शन के दोनों सिरों पर किया जाता है। यह गंभीर सीमा बनी हुई है।
- WEP की एन्क्रिप्शन weaknesses को दूर करने के लिए WEP Temporal key Integrity Protocol (TKIP) का उपयोग करता है।
- WEP का Key component built-in authentication है जो WEP offer नहीं करता है।
- WEP, WEP के साथ आसान administration और उपयोग के लाभ के साथ VPN टनलिंग के लिए लगभग comparable सुरक्षा प्रदान करता है।
- WPA की एक भिन्नता को WPA Pre Shared Key या WPA-PSK कहा जाता है।
- WPA-PSK का उपयोग करने के लिए, एक व्यक्ति WEP के साथ एक Static key या "पासफ्रेज" सेट करता है।
- TKIP का उपयोग करके, WPA-PSK automatically पूर्व-निर्धारित समय अंतराल पर Keys को बदलता है, जिससे हैकर्स के लिए उन्हें ढूँढ़ना और उनका Exploit करना अधिक कठिन हो जाता है।
- WPA, RC4 cipher का उपयोग करता है।
- Keys को बार-बार घुमाया जाता है, और पैकेट काउंटर रिप्ले या पैकेट री-इंजेक्शन attacks होते हैं।

Wi-Fi Protected Access II (WPA2)

- Wireless Equivalent Privacy (WEP2)
- WEP के लिए एक स्टॉपगैप वृद्धि (stopgap enhancement), कुछ (सभी नहीं) पर लागू करने योग्य हार्डवेयर WPA/WPA2 को संभालने में सक्षम नहीं है—

(i) Enlarged IV value।

(ii) Enforced 28-बिट एन्क्रिप्शन।

- WEP attacks को जानने के लिए WEP2 vulnerable है।
- इसी IV के लिए की स्ट्रीम obtain की जाती है।
- 224 संभावित IVs में से प्रत्येक के लिए 1500 बाइट्स।
- एक पूर्ण तालिका का निर्माण करने के लिए 24GB, जो attacker को प्रत्येक बाद के cipher text को तुरंत डिक्रिप्ट करने में सक्षम करेगा।

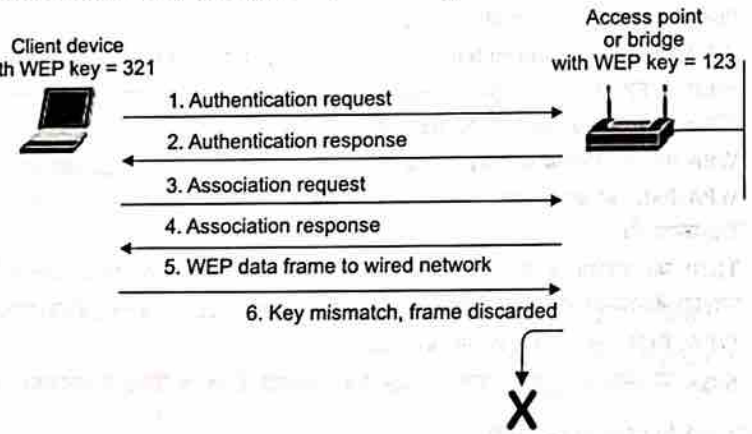
Wi-Fi Protected Access 3 (WPA 3)

Wi-Fi Protected Access 3 (WPA 3) नवीनतम है, और Wi-Fi Alliance के अनुसार इस परिवार का तीसरा developed पुनरावृत्ति (iteration) है। इसमें व्यक्तिगत और साथ ही इंटरप्राइज security-support सुविधा है और 384-बिट Hashed Message Authentication मोड, 256-बिट गैलोज (Galois)/काउंटर मोड प्रोटोकॉल (GCMP-256), साथ ही 256-बिट के ब्रॉडकास्ट/मल्टीकास्ट इंटीग्रिटी प्रोटोकॉल का उपयोग करता है। WPA3 भी सही फॉरवर्ड secrecy मैकेनिज्म सपोर्ट प्रदान करता है।

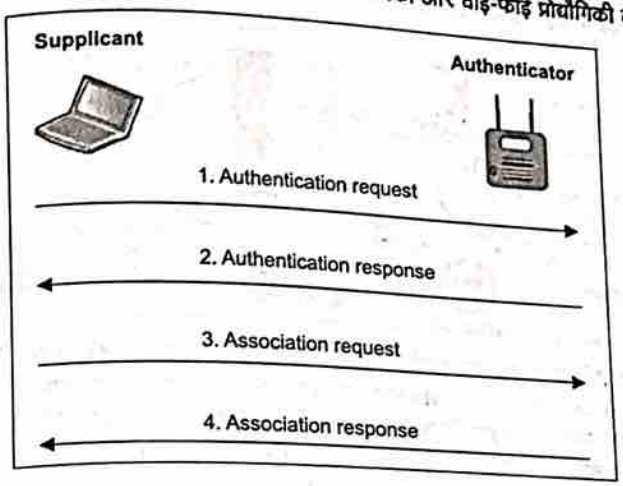
4.3.2. Wireless Security Wi-Fi Authentication Modes

4.3.2.1. Open Authentication

ओपन ऑथेंटिकेशन किसी भी डिवाइस को ऑथेंटिकेट करने की अनुमति देता है और फिर एक्सेस प्वाइंट के साथ communicate करने का प्रयास करता है। ओपन ऑथेंटिकेशन का उपयोग करके, कोई भी वायरलेस डिवाइस एक्सेस पॉइंट के साथ authenticate कर सकता है, लेकिन डिवाइस केवल तभी communicate कर सकती है जब उसकी Wired Equivalent Privacy (WEP) कीज़ एक्सेस प्वाइंट के WEP कुंजियों से मेल खाती हो।

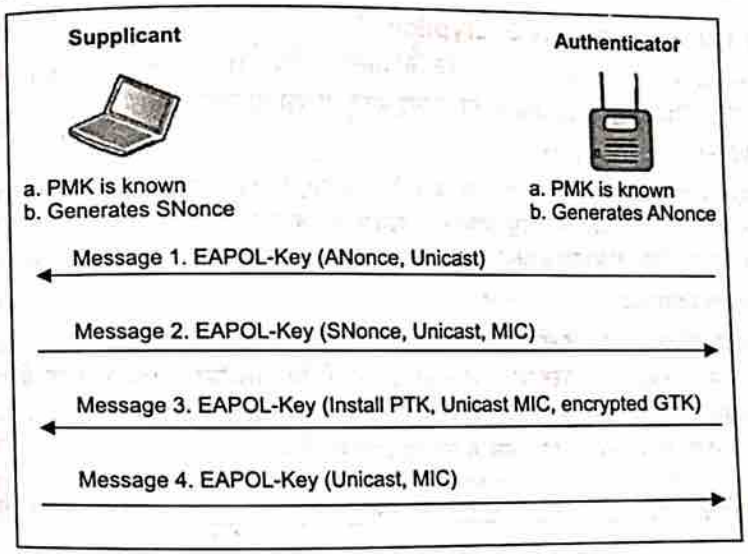


ओपन ऑथेंटिकेशन संदेशों का एक सरल आदान-प्रदान है। आरंभिक STA (आमतौर पर एक WLAN ग्राहक, एक लैपटॉप या एक PDA) एक AP को 1 संदेश भेजता है। AP अपने internal processing से गुजरता है और एक उत्तर भेजता है, जो या तो एक success है या एक reason code के साथ failure है। Status code केवल AP से उत्तर के लिए relevant है।



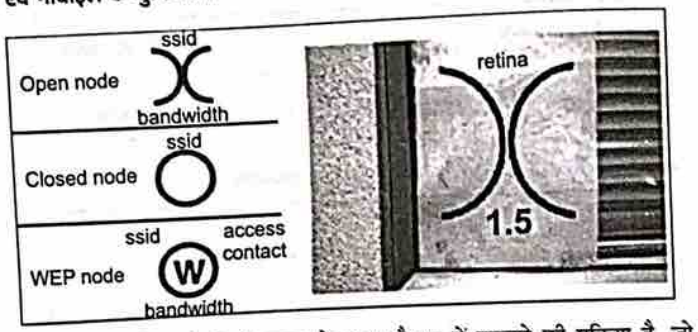
4.3.2.2. EAP-based 4-way handshake (with WPA/WPA2)

जब कोई वायरलेस क्लाइंट AP को authenticate करता है, तो दोनों 4-स्टेप authentication process से गुजरते हैं जिसे 4-वे हैंडशेक कहा जाता है। संदेशों के आदान-प्रदान के दौरान, बिना EAP संदेशों में transmit हुए, AP और वायरलेस क्लाइंट के बीच एक shared पासवर्ड derive होता है।



4.3.2.3. Wi-Fi Chalking

Wi-Fi चाकिंग का उपयोग मुख्य रूप से संयुक्त राज्य अमेरिका में किया गया था। मुख्य ऑब्जेक्टिव उन स्थानों को चिन्हित करना था, जहाँ open-authentication या weak authentication वाले बैंड WLANs को implement किया गया था। ऐसा करने से, हर कोई जो दीवार पर या जमीन पर कहीं भी इस चिन्ह का पता लगाता है, चाक के साथ लिखा जाता है, तो वह without authentication के वाई-फाई सिस्टम में लॉग-इन कर सकता है।



सामान्य तौर पर, एन्क्रिप्शन डेटा को किसी प्रकार के हाइपरटैक्स्ट में बदलने की प्रक्रिया है, जो किसी भी third party के लिए non-understandable है। आजकल, हम हर एक दिन एन्क्रिप्शन का उपयोग करते हैं, वह भी बिना सूचना के। जब भी आप किसी भी प्रकार के वेब पेज पर लॉग-इन करते हैं, या अपने कॉर्पोरेट नेटवर्क पर एक VPN tunnel बनाते हैं, तो हर बार जब आप अपने web page या मेलबॉक्स लॉग इन करते हैं।

कुछ जानकारी बहुत मूल्यवान है, लेकिन Secure नहीं है और, information को efficiently स्टोर करने के लिए, इसे इस तरह से एन्क्रिप्ट किया जाना चाहिए जो किसी attacker को इसे डिक्रिप्ट करने की अनुमति न दे।

उदाहरण के लिए, नए सुपर-फास्ट कंप्यूटरों का उपयोग करके एन्क्रिप्शन "X" को break करने में लगभग आठ साल लग सकते हैं। एन्क्रिप्शन के लिए एल्गोरिथ्म "X" का उपयोग बंद करने के लिए क्या वह risk काफी बड़ा है क्योंकि स्टोर की हुई जानकारी उस समय पुरानी हो सकती है।

4.3.3. Wireless Security-Encryption

Encryption का उपयोग data को हैक होने से बचाने के लिए किया जाता है। Encrypt किया गया data receiver के पास उपलब्ध key या password का उपयोग करके ही पढ़ा जा सकता है।

Types of Wireless Encryption

तीन मुख्य प्रकार की वायरलेस सुरक्षा/एन्क्रिप्शन हैं : WEP, WPA और WPA2। WEP (वायर्ड इक्विवेलेंट प्राइवेसी) एक पुरानी सुरक्षा पद्धति है जिसे वायरलेस नेटवर्क ट्रैफिक को समान स्तर की सुरक्षा प्रदान करने के लिए डिजाइन किया गया था जैसा कि वायर्ड नेटवर्क में प्रदान किया जाता है।

Encryption Algorithms

एन्क्रिप्शन एल्गोरिथ्म 2 प्रकार के होते हैं—स्ट्रीम Cipher और ब्लॉक Cipher।

- स्ट्रीम Cipher—यह प्लेनटेक्स्ट को cipher text में बिट-by-बिट परिवर्तित करता है।
- ब्लॉक Cipher—यह डेटा के निश्चित आकार के ब्लॉक पर operate होता है।

एन्क्रिप्शन एल्गोरिदम निम्नलिखित तालिका में कलेक्ट किए गए हैं—

Encryption Algorithm	Type of encryption algorithm	Size of data block
RC4	Stream cipher	—
RC5	Block cipher	32/64/128 bits
DES	Block cipher	56 bits
3DES	Block cipher	56 bits
AES	Block cipher	128 bits

RC4 और AES की वायरलेस नेटवर्क पर (किसी न किसी रूप में) मिलने की संभावना है।

4.3.4. WEP vs WPA vs WPA2

वायरलेस नेटवर्किंग की दुनिया में तीन व्यापक रूप से ज्ञात सिक्यूरिटी स्टैण्डर्ड हैं। उन तीनों के बीच सबसे बड़ा अंतर, सुरक्षा मॉडल है जो वे प्रदान कर सकते हैं—

Security Standard	Encryption algorithm user	Authentication methods	Possibility of breaking the encyrption
WEP	WEP (based on RC4)	Pre-Shared Key (PSK)	• Initialization Vector (IV) collision attack • Weak Key Attack • Reinjection Attack • Bit flipping attack
WPA	TKIP (based on RC4)	Pre-Shared Key (PSK) or 802.1x	Cracking the password during initial 4-way handshake (assuming that it's relatively short password <10 characters)
WPA2	CCMP (based on AES)	Pre-Shared Key (PSK) or 802.1×	

4.4. Comparison between Bluetooth and Wi-Fi

ब्लूटूथ और वाई-फाई दोनों का उपयोग रेडियो सिग्नल के माध्यम से वायरलेस communication के लिए किया जाता है। ब्लूटूथ और वाई-फाई के बीच अंतर यह है कि, ब्लूटूथ वास्तव में जानकारी साझा करने के लिए कम डिस्टेंस वाली डिवाइस को कनेक्ट करने के लिए है, जबकि वाईफाई का उपयोग हाई-स्पीड वेब एक्सेस या इंटरनेट use करने के लिए किया जाता है।

S.No.	Bluetooth	Wi-Fi
1.	Bluetooth has no full form.	While Wi-Fi stands for Wireless Fidelity.
2.	It requires Bluetooth adapter on all devices for connectivity.	Whereas it requires wireless adapter on all devices and wireless router for connectivity.
3.	Bluetooth consumes low power.	While it consumes high power.
4.	The security of Bluetooth is less in comparison of Wi-Fi	While it provides better security than bluetooth.
5.	Bluetooth is less flexible means in this limited users are supported.	Whereas Wi-Fi supports a large number of users.
6.	The radio signal range of Bluetooth is ten metres.	Whreas in Wi-Fi this range is hundred metres.
7.	Bluetooth requires low bandwidth	While it requires high bandwidth

4.5. Difference between WPAN WLAN, WMAN, WMAN

Category	Coverage	Examples	Applications
Wireless Personal Area Newtork (WPAN)	Very short-max 10 metres but usually much smaller	Bluetooth, 802.15, IrDA communication	• Data exchange between smart phones • Headsets • Smart watches
Wireless Local Area Network (WLAN)	Moderate inside the apartments or work places.	802.11 Wi-Fi	Wireless extension of the local network used in : • Enterprises • Markets • Airport • Home
Wireless Metropolitan Area Network (WMAN)	All around the city	WiMax, IEEE 802.16 or proprietary technologies	Between homes and businesses
Wireless Wide Area Network (WWAN)	Throughout the world	3G, LTE	Wireless access to the internet from any place.

प्रश्नावली

1. Wireless LAN IEEE 802.11 आर्किटेक्चर को चित्र सहित समझाइये।
2. IEEE 802.11 के विभिन्न स्टैंडर्ड्स क्या हैं?
3. Wireless LAN IEEE 802.11 के सर्विसेज, लाभ एवं हानि क्या हैं?
4. WiMax एवं Li-Fi में अंतर लिखिए।
5. WiMax एवं Li-Fi के उपयोग क्या हैं? दोनों में कौन-सी तकनीक बेहतर है और क्यों?
6. वायरलेस सिक्योरिटी क्या है? इसमें प्रयोग होने वाले एल्गोरिथ्म कौन-कौन से हैं?
7. WEP, WPA, WPA2 किस प्रकार आपस में भिन्न हैं?
8. ब्लूटूथ क्या है? ब्लूटूथ की विभिन्न एप्लीकेशन के बारे में लिखिए।
9. ब्लूटूथ आर्किटेक्चर एवं ब्लूटूथ प्रोटोकॉल स्टेक क्या है?
10. ब्लूटूथ के advantages एवं Disadvantages लिखिए।
11. ब्लूटूथ और Wi-Fi में अंतर लिखिए।
12. Li-Fi, Wi-Fi, WimAX और Blutooth एक-दूसरे से किस प्रकार भिन्न हैं?

अध्याय

5

मोबाइल संचार प्रणाली

(Mobile Communication System)

परिचय (Introduction)

डिजिटल mobile ट्रांसमिशन एनालॉग से इसलिए superior है क्योंकि इसमें वॉयस, डाटा व फैक्स की सिंगल system में इन्टीग्रेट किया जा सकता है। स्पीच कम्प्रैशन करके बैंडविड्थ को कम किया जा सकता है तथा एरर transmission correcting code का प्रयोग करके ट्रांसमिशन quality को बेहतर बनाया जा सकता है। वायरलेस डिजिटल Radio System में channel allocation की अनेक तकनीकें हैं, जैसे—GSM (Global System of Mobile Communication), CDPD (Cellular Digital Pocket Data), CDMA (Code Division Multiple Access)। GSM एक digital यूरोपीय सिस्टम है जो कि channel access हेतु स्लॉटेड एलोहा, FDM, TDM को संयुक्त रूप से प्रयोग करता है। इस अध्याय में हम GSM एवं अन्य मोबाइल संचार प्रणालियों का अध्ययन करेंगे।

5.1. GSM

GSM को मूलत: 900 MHz बैंड हेतु डिजाइन किया गया था किंतु बाद में इसे 1800 MHz आवृत्ति allocate की गई। एक GSM system में अधिकतम 200 फूल ड्यूप्लैक्स चैनल प्रति सेल हो सकते हैं। प्रति चैनल की एक डाउनलिंक आवृत्ति तथा एक अपलिंक आवृत्ति होती है। प्रत्येक आवृत्ति बैंड की चौड़ाई 200 kHz होती है।

GSM एक अन्तर्राष्ट्रीय स्टैन्डर्ड है। इसका उपयोग लगभग 200 देशों में किया जा रहा है—यूरोप, अफ्रीका, Asia तथा ऑस्ट्रेलिया तथा मुख्य रूप से भारत में BSNL की सेल फोन प्रणाली GSM पर ही आधारित है। इन सभी क्षेत्रों में GSM का कवरेज उत्तम है। कुछ नगरों में पिकोसेल्स के उपयोग के कारण इन्हें मूविंग सब-वे ट्रेन में भी प्रयुक्त किया जा सकता है। GSM में FDM तथा TDM दोनों का प्रयोग किया जा सकता है। प्रारम्भ में 900 MHz स्पैक्ट्रम का उपयोग कर GSM ने बाद में 1900 MHz प्रयुक्त कर अपनी क्षमता में वृद्धि की। अधिकांश सैलफोन निर्माता डूएल बैण्ड (900 तथा 1900 MHz), ट्राई बैण्ड (900, 1800 तथा 1900 MHz) तथा क्वाड-बैण्ड (800, 900, 1800 तथा 1900 MHz) के फोन्स उपलब्ध कराते हैं, जो विश्व में किसी भी स्थान पर (GSM प्रणाली में) कार्य कर सकते हैं। GSM प्रत्येक 200 kHz रेडियो channel पर 8 type स्लॉटेड यूजर्स सपोर्ड कर सकता है।

GSM एक Digital Mobile Telephony System है जो Europe तथा World के अन्य भागों में use की जाती है। GSM TDMA technique का प्रयोग करती है तथा wireless के लिए use की जाने वाली तीन तकनीकों (TDMA, GSM and CDMA) में से सबसे अधिक प्रचलित है। GSM data को digitize तथा compressed करती है तथा फिर इसके channel में दो अन्य data streams के साथ transmit करती है। यह 900 MHz तथा 1800 MHz frequency में operate करती है। GSM arrow band TDMA का प्रयोग करती है जिससे एक ही frequency पर 8 callls एक साथ की जा सकती हैं। TDMA का अर्थ Time Division Multiple Access है, जिसमें digital wire service को time division multiplexing द्वारा deliver किया जा सकता है। TDMA में Radio frequency को time slots में divide कर देते हैं और विभिन्न calls को ये slots आवंटित कर दिए जाते हैं। इस प्रकार एक ही frequency अनेक channels को एक साथ support कर सकती है। GSM voice डाटा को digitalized तथा compress कर देता है तथा फिर इसको दूसरी user data के साथ channel पर transmit कर देता

है। ये सभी data अपने-अपने slots पर चलते हैं। GSM डाटा को सुरक्षित बनाने के लिए उसका encryption करती है। Encryption एक प्रकार का lock key security system होता है, जिसमें डाटा को code कर दिया जाता है तथा decoding हेतु key केवल user तथा sender के पास होती है। GMS Europe तथा Asia में 900 MHz तथा 1800 MHz पर operate करता है जबकि United States में 1900 MHz (1.9 GHz) में काम करता है। इसको digital cellular तथा PC Base Network (IDEN) System में उपयोग किया जाता है। Motorola द्वारा विकसित Integrated Digital Enhanced Network (IDEN system) भी GSM पर आधारित है।

5.1.1 History of GSM

GSM का पूरा नाम Global System for Mobile है। यह एक second generation mobile network 2G डिजिटल cellular technology है जिसका प्रयोग mobile voice तथा डाटा सर्विस को ट्रांसमिट करने के लिए किया जाता है। इसमें mobile voice तथा data services को 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz तथा 1900 MHz फ्रीकेंसी बैंड्स पर operate किया जाता है।

GSM को डिजिटल सिस्टम के रूप में विकसित किया गया था जिसमें टाइम डिविजन मल्टीपल एक्सेस (TDMA) तकनीक का प्रयोग किया गया। GSM पहले circuit switching नेटवर्क था बाद में इसमें packeting switching को भी implement किया गया। वर्तमान में दुनिया के 70% लोग इसका प्रयोग कर रहे हैं। GSM 64 kbPS से 120 Mbps तक के data rates को carry कर सकता है। यह समान्य services से लेकर Advance services भी उपलब्ध कराता है। जैसे—Roaming Roming के द्वारा हम अपने GSM फोन नंबर को दूसरे नेटवर्क में प्रयोग कर सकते हैं। इससे हम GRPS तथा SMS की सेवाओं का लाभ उठा सकते हैं तथा इससे Phone Number को identify करने के लिए subscriber identity module SIM का प्रयोग किया जाता है। GSM phone में हम एक SIM card को निकालकर दूसरा SIM डाल सकते हैं। इसमें डेटा को compress करके channel के माध्यम से भेजा जाता है।

सर्वप्रथम 1990 के दशक में GSM को Bell laboratories में प्रस्तावित किया गया था।

संयुक्त राज्य अमेरिका में Advanced Mobile Phone System (AMPS) और यूनाइडेट किंगडम में United States and Total Access Communication System (TACS) सहित GSM को एनालॉग टेक्नोलॉजी के साथ बनाया गया। ये टेलीकम्युनिकेशन अधिक यूजर्स को एक साथ सर्विस प्रदान करने अत: बढ़ती आवश्यकता के आधार पर अधिक कुशल सैल्युलर टेक्नोलॉजी का निर्माण हो गया है जिसका उपयोग अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर भी किया जा सके। Postal and Telecommunication (CEPT) के यूरोपीय सम्मेलन ने 1983 में डिजिटल टेलीकम्युनिकेशन के लिए एक यूरोपीय स्टैण्डर्ड विकसित करने के लिए एक समिति का गठन किया। CEPT ने कई मापदण्डों पर निर्णय लिया जिससे भविष्य के समय को आवश्यकताओं जैसे अंतर्राष्ट्रीय रोमिंग रिपोर्ट, हाई स्पीच क्वालिटी, हैंडहेल्ड डिवाइस के लिए सपोर्ट कम सर्विसेस लागत, नई सर्विसेस के लिए सपोर्ट और Integrated सर्विस digital Network (ISDN) सम्मिलित हो।

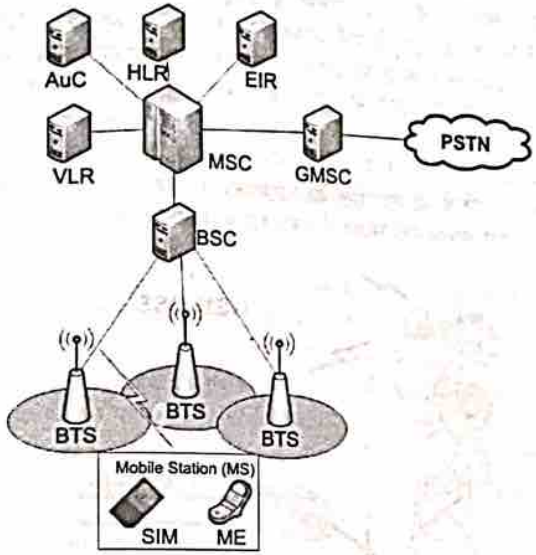
1982 में 13 यूरोपीय देशों के प्रतिनिधियों ने एक टेलीकम्युनिकेशन स्टैन्डर्ड को डेवलप करने के लिए एक कान्ट्रेक्ट पर हस्ताक्षर किये। यूरोपियन यूनियन (EU) ने यूरोप में स्टैण्डर्ड के रूप में GSM की आवश्यकता के लिए कानून पारित किया। 1989 में GSM प्रोजेक्ट की जिम्मेदारी (CEPT) में European Telecommunications Standard Institute (ETST) को हस्तान्तरित की गई। GSM विनिदर्शों की प्रथम प्रावस्था का प्रकाशन 1990 में किया गया।

5.1.2 GSM आर्किटेक्चर (GSM Architecture)

GSM नेटवर्क अनेक function units से मिलकर बना होता है। Mobile Station, Base Station, Network Switching subsystem आदि।

GSM मोबाइल में हैंडसेट को मोबाइल स्टेशन (MS) कहते हैं। Base Transreceiver System (BTS) के कवरेज एरिया द्वारा एक cell निर्मित होती है। IBTS अपने कवरेज एरिया में स्थित MS को सर्विस प्रदान करता है। अनेक BTS एक बेस स्टैशन control द्वारा control किये जाते है। BTS तथा BSC मिलकर subsystem बनाते हैं।

मोबाइल स्टेशनों का सेलों में ट्रैफिक एक switch द्वारा रूट किया जाता है जिसे मोबाइल स्विच सेंटर कहते हैं। पब्लिक टेलीफोन प्रणाली से प्रचलित होने वाले कनेक्शन एक गेटवे (GMSC) द्वारा हैण्डल किये जाते हैं।



GSM Architecture

कॉल control तथा नेटवर्क मैनेजमेंट हेतु अन्य अनेक डाटा बेस प्रयुक्त किये जाते हैं। ये डेटाबेस होम लोकेशन रजिस्टर (HLR), विजिटर लोकेशन रजिस्टर (VLR). ऑथेंटिकेशन रजिस्टर (AU). डॉक्यूमेंट रजिस्टर (EIR) के नाम से जाने जाते हैं।

1. Mobile Station (मोबाइल स्टेशन)

मोबाइल स्टेशन निम्न दो components से मिलकर बना होता है—

(i) मोबाइल उपकरण (Mobile Equipment)–अर्थात् किसी भी प्रकार का मोबाइल जिससे कि कम्यूनिकेशन किया जा सकता हो।

(ii) SIM (Subscriber Identity Module)–यह एक प्रकार की चिप होती है जिसका प्रयोग प्रत्येक सब्सक्राइबर को identify करने के लिए किया जाता है तथा यह मोबाइल उपकरण में लगायी जाती है। SIM कार्ड सब्सक्राइबर का डेटा जैसे कि फोन नंबर, लोकेशन तथा टैक्स्ट मैसेज को स्टोर करता है। बिना सिम के मोबाइल उपकरण से कम्यूनिकेशन सम्भव नहीं होता।

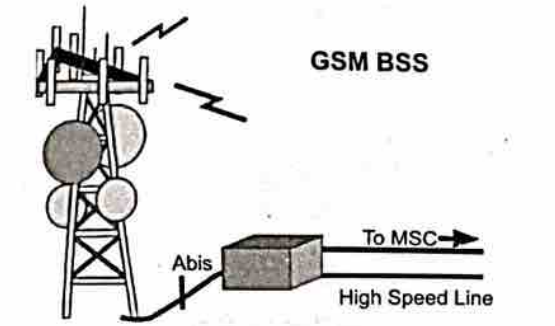
2. BSS (Base Station Subsystem)

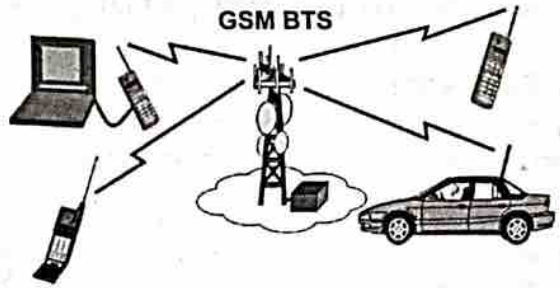
BTS और BSC Specific Abis इंटरफेस में संचार करते हैं, जो विभिन्न आपूर्तिकर्ताओं (suppliers) द्वारा बनाए गए घटकों के बीच संचालन को सम्भव बनाते हैं। एक BSS के रेडियो घटको में चार से सात या नौ cell हो सकते हैं। एक BSS में एक या अधिक बेस स्टेशन हो सकते हैं। BSS, BTS और BSC के बीच Abis इंटरफेस का उपयोग करता है। एक अलग हाई-स्पीड (T1 या E1) BSS में मोबाइल MSC से जुड़ी होती है।

(i) BTS (Base Transceiver Station)–BTS antenna में स्थित होता है। यह सिग्नल transmit तथा receive करने का कार्य करता है अर्थात् यह किसी नेटवर्क तथा मोबाइल के मध्य कम्यूनिकेशन को सम्भव बनाता है।

BTS रेडियो सिग्नलों को Encode/encrypt, मल्टीप्लेक्स, मोड्यूलेट (मोडयूलेशन व डिमोडयूलेशन) करता है। एक या अधिक बेस ट्रांसीवर स्टेशन एयर इंटरफेस के रूप में नेटवर्क को मोबाइल स्टेशन का फिजिकल कनेक्शन प्रदान करता है। लोड, सब्सक्राइबर व्यवहार और रूप संरचना के आधार पर, इसके अलग-अलग कान्फिगरेशन हो सकते हैं—स्टैन्डर्ड कान्फिगरेशन में प्रत्येक बीटीएस को एक अलग सेल identity CI और कई बीटीएस एक स्थान क्षेत्र बनाते हैं। Umbrella Cell Configuration में हायर ऐल्टिट्यूट पर इंस्टॉल हाई ट्रांसमिशन पावर के साथ एक BTS होता है जो लोअर ट्रांसमीटर स्टेशनों के लिए एक छतरी के रूप में कार्य करता है। Collocated कॉन्फिगरेशन में एक साइट पर कई BTSs collocated होते हैं, लेकिन एंटिना केवल 120 से लेकर 180 डिग्री के क्षेत्र को कवर करता है। यह पड़ोसी रेडियो सेल का एक नेटवर्क है जो सर्विसेज क्षेत्र की पूरी कवरेज प्रदान करता है।

BTS में रेडियो ट्रांसीवर्स होते हैं जो एक सेल को परिभाषित करते हैं और MS के साथ रेडियो लिंक प्रोटोकॉल को हैंडल करते हैं। एक बड़े शहरी क्षेत्र में बड़ी संख्या में BTS लगाये जा सकते हैं।





GSM Sub systems

बीटीएस नेटवर्क के प्रत्येक सेल में उपयोग किए जाने वाले ट्रांससीवर्स और एंटेना से co-ordinate करती है। एक BTS को सामान्यत: एक सेल के केन्द्र में रखा जाता है। इसकी संचारण शक्ति एक cell के आकार को परिभाषित करती है। सेल में उपयोगकर्ताओं के घनत्व के आधार पर प्रत्येक BTS में 1 से 16 ट्रांससीवर्स होते हैं। प्रत्येक BTS एक single cell के रूप में कार्य करता है। BTS निम्नलिखित कार्य भी पूर्ण करता है।

- Encoding encryption, multiplexing, modulation and fuding the RF sygnals to the Antenna.
- Transcoding and rate adaptation
- Time and frequency synchronisation
- Voice through full or half rate services

- De-coding De crypting; and equalizing received signals
- Random AccessDetection
- Timing advances
- Uplink channel measurement

(ii) BSC (Base Station Controller)-BSC एक या एक से अधिक BTS को नियंत्रित तथा मैसेज करता है तथा यह MSC तथा BTS से कनेक्टेड रहता है।

इसके एरिया में जितने भी मोबाइल स्टेशन होते हैं उनको यह फ्रीक्वेंसी तथा टाइम स्लॉट्स (slots) assign करता है। BSC, MSC के कनेक्शनों को कम करता है तथा उसे उच्च क्षमता के कनेक्शन प्रदान कराता है। BSC रेडियो चैनल एलोकेशन, फ्रीक्वेंसी हॉपिंग, MS के लिए हैंडओवर रेडियो पावर आदि कार्यों को हैंडल करता है। यह BSC एंजिस इंटरफेस पर BTS से जुड़े होते हैं। इसमें BTS सम्पूर्ण मैंटेनेंस स्टेटस, रेडियो और स्थलीय संसाधनों की गुणवत्ता और BTS ऑपरेशन सॉफ्टवेयर सम्मिलित है।

बीएससी एक या अधिक बी टी एस के लिए रेडियो संसाधनों का प्रबंधन करता है। यह रेडियो चैनल सैटअप फ्रीक्वेंसी हॉपिंग और हैंडओवर को हैंडल करता है। BSC मोबाइल और MSC के बीच का एक connection है। BSC सार्वजनिक लिंग टेलीफोन नेटवर्क (PSDN) या ISDN द्वारा उपयोग किए जाने वाले मानक 64 kbps चैनल के लिए रेडियो लिंक पर उपयोग किए जाने वाले 13 kbps वॉइस चैनल को भी translate करता है।

यह MS के लिए आवृत्तियों और समय स्लॉट को रिलीज करता है। BSC भी इंटरसेल हैंडओवर को हैंडल करता है। यह अपने क्षेत्र में BSS और MS के पॉवर ट्रांसमिशन को को नियंत्रित करता है। BSS का कार्य BTS और MSC के बीच आवश्यक समय स्लॉट आवंटित करना है। यह एक स्विचिंग डिवाइस है जो रेडियो संसाधनों को हैंडल, मैनेज व कन्ट्रोल करता है। BSC के अनेक कार्य निम्नलिखित हैं—

- Control of frequency hopping
- Performing traffic concentration to reduce the number of lines from the MSC
- Providing an interface to the Operations and Maintenance Center for the BSS
- Reallocation of frequencies among BTSs
- Time and frequency synchronization
- Power management
- Time-delay measurements of received signals from the MS

(iii) Transcoding Rate and Adaption Unit—यह बेस स्टेशन कट्रोलर और मोबाइल स्विचिंग सेंटर के बीच स्थित होती है। यह मेाबाइल स्टेशन से स्पीच को कम्प्रेस या डिंकप्रेस करता है। इसका उपयोग डेटा नहीं किया जाता है।

3. NSS (Network Switching Subsystem)

यह एन्क्रिप्शन, प्रमाणीकरण और रोमिंग सुविधाओं का उपयोग करके कॉल सेट करने के लिए आवश्यक कंट्रोल और डेटाबेस फंक्शन का पूरा सेट प्रदान करता है। यह मूल रूप से मोबाइल स्टेशन को नेटवर्क कनेक्शन प्रदान करता है।

NSS architecture का एक महत्त्वपूर्ण भाग है। इसके निम्नलिखित भाग होते हैं—

(a) MSC (Mobile Switching Center)
(b) HLR (Home Location Register)
(c) VLR (Visitor Location Register)
(d) EIR (Equipment Identity Register)
(e) AUC (Authentication Center)

NSS जिसका मुख्य भाग MSC होता है। वह मोबाइल एवं अन्य fixed या मोबाइल नेटवर्क के मध्य call switching प्रदान करता है। यह अनेक मोबाइल सम्बन्धित सेवाएँ जैसे authentication आदि भी प्रदान करता है।

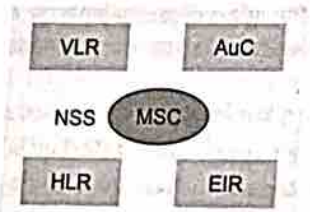
(i) MSC (Mobile Switching Center)–यह अनेक BSC को नियंत्रित करता है। MSC GSM architecture के केन्द्र बिन्दु के सामान है। यह GSM architecture का सबसे महत्त्वपूर्ण भाग है। यह GSM का अन्य networks के मध्य कम्प्यूनिकेशन को मैनेज करता है। यह कॉल सैटअप बेसिक switching तथा कॉल routing आदि कार्य को दूसरे मोबाइल फोन से कनेक्शन के लिए किसी अन्य मोबाइल स्विचिंग सेंटर (MSC) के लिए लैंडलाइन या इंटरफेस के संबंध में पब्लिक स्विच्ड टेलीफोन नेटवर्क (PSTN) को इंटरफेस प्रदान करता है।

नेटवर्क सबसिस्टम का केंद्रीय घटक MSC होता है। MSC मोबाइल और अन्य निश्चित या मोबाइल नेटवर्क उपयोगकर्ताओं के बीच कॉल को switch करता है, साथ ही मोबाइल सेवाओं का प्रबंधन जैसे—पंजीकरण, प्रमाणीकरण, स्थान अपडेट करना, हेडओवर करना और रोमिंग सब्सक्राइबर का कॉल रूट करना। यह टोल टोकटिंग नेटवर्क इंटरफेसिंग, कॉमन चैनल सिग्नलिंग और अन्य कार्य भी करता है। हर MSC की पहचान एक यूनिक आईडी से होती है।

(ii) HLR (Home Location Registers)–HLR सभी रजिस्टर किय हुए सब्सक्राइबर (mobile users) की जानकारी रखता है। जैसे—कस्टमर id, कस्टमर नंबर, बिलिंग की जानकारी तथा अंतिम किये हुए रिचार्ज की जानकारी आदि तथा उसके साथ-साथ यह यह सब्सक्राइबर की लोकेशन की जानकारी को भी रखता है। यह एक रिपाजिटरी है जो बड़ी संख्या में सब्सक्राइबर से संबंधित डेटा संग्रहित करता है। यह मूल रूप से एक बड़ा डेटाबेस है जो प्रत्येक सब्सक्राइबर के डेटा को एडमिनिस्टर करता है।

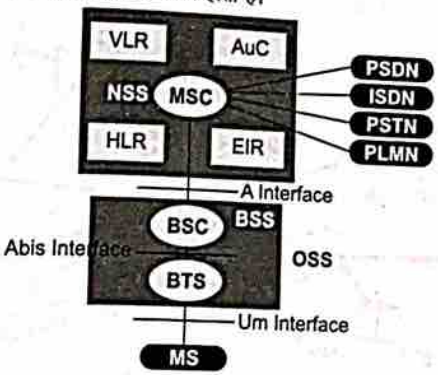
एचएलआर एक डेटाबेस है जिसे subscribers के भंडारण और प्रबंधन के लिए उपयोग किया जाता है। HLR को सबसे महत्त्वपूर्ण डेटाबेस माना जाता है, क्योंकि यह सब्सक्राइबर के बारे में स्थायी डेटा स्टोर करता है, जिसमें सब्सक्राइबर की सर्विस प्रोफाइल, स्थान की जानकारी और गतिविधि की स्थिति सम्मिलित होते हैं। जब कोई व्यक्ति SIM के रूप में सदस्यता खरीदता है, तो इस सदस्यता के बारे में सारी जानकारी उस ऑपरेटर के HLR में पंजीकृत हो जाती है।

(iii) VLR (Visitor Location Registers)–VLR वह register है जो सब्सक्राइबर के विषय में temporary जानकारी स्टोर करता है जिसका प्रयोग MSC के द्वारा किया जाता है। जब एक सब्सक्राइबर एक लोकेशन से दूसरे लोकेशन में जाता है तो उसकी सूचना VLR में अपडेट होती है। VLR रोमिंग के कार्य को भी हैंडल करता है। कस्टमर अगर अपने HLR एरिया से बाहर चले जाये तो उसके लिए रोमिंग की सुविधा इसी के द्वारा सम्भव होती है। VLR में HLR की भाँति subscribers की जानकारी store की जाती है परन्तु इसकी जानकारी temporary होती है जबकि HLR की अपने रजिस्टर्ड सब्सक्राइबर की जानकारी को permanently स्टोर करता है। वीएलआर एक ऐसा डेटाबेस है जिसमें सब्सक्राइबर के बारे में अस्थायी जानकारी होती है जो ग्राहकों के पास जाने के लिए MSC द्वारा आवश्यक होती है। वीएआर को सदैव एमएसी के साथ एकीकृत किया जाता है। जब एक मोबाइल स्टेशन एक नए MSC क्षेत्र में प्रवेश करता है तो VLR उस MSC से जुड़ा होता है जो HLR से मोबाइल स्टेशन के बारे में डेटा का अनुरोध करेगा। यदि कोई मोबाइल स्टेशन कॉल करता है तो वीएलआर को हर बार एचएलआर से पूछताछ किए बिना कॉल सेटअप के लिए आवश्यक जानकारी प्रदान करता है।



(iv) Equipment Identity Register (EIR)–EIR यह निर्णय लेता है कि कोई मोबाइल किसी नेटवर्क को एक्सेस करने में सक्षम है या नहीं।

प्रत्येक मोबाइल में एक यूनिक नंबर होता है जिसे हम International Mobile Equipment Indentity (IMEI) कहते हैं। जब मोबाइल किसी नेटवर्क में रजिस्टर होता है, तब नेटवर्क इस नंबर को check करता है। यदि IMEI नंबर सही होता है तो मोबाइल नेटवर्क में एक्सेस करने में समर्थ होता है।



EIR एक ओर डेटाबेस है जो मोबाइल उपकरणों की identity विषय में जानकारी रखता है; जैसे—अंतर्राष्ट्रीय मोबाइल उपकरण पहचान (IMEI) जो निर्माता, उत्पादन के देश और डिवाइस इस प्रकार के बारे में विवरण को दर्शाता है। इस जानकारी का उपयोग अनधिकृत या दोषपूर्ण एप्स को रोकने के लिए, चोरी हुए मोबाइल फोन की रिपोर्ट करने या यह जाँचने के लिए किया जाता है कि मोबाइल फोन अपने प्रकार के विनिर्देश के अनुसार चल रहा है या नहीं। EIR के अन्तर्गत विभिन्न सब्सक्राईबर सूची—

सफेद सूची (White list)–इस सूची में मोबाइल के वे IMEI सम्मिलित हैं जिन्हें नेटवर्क में प्रवेश करने की अनुमति है।

काली सूची (Black list)–White list के विपरीत इस सूची में उन फोनों के IMEI शामिल हैं जिन्हें नेटवर्क में प्रवेश करने की अनुमति नही है। उदाहरण के लिए—मोबाइल

ग्रे सूची (Gray list)–इस सूची में फोन के IMEI को नेटवर्क में प्रवेश करने की अनुमति नहीं है। उदाहरण के लिए यदि किसी सॉफ्टवेयर संस्करण बहुत पुराना है या मरम्मत की आवश्यकता है।

उपकरण पहचान रजिस्टर (EIR) एक डेटाबेस है जिसमें नेटवर्क पर सभी मान्य मोबाइल उपकरणों की एक सूची होती है, जहाँ सूची के अनुसार किसी मोबाइल के प्रत्येक MS की पहचान करती है। IMEI को सामान्य रूप एवं उसके सूची के अनुसार चिह्नित किया जाता है। यदि किसी मोबाइल के चोरी होने की सूचना दी गई हो तो उसे अनुमोदित नहीं किया जाता है।

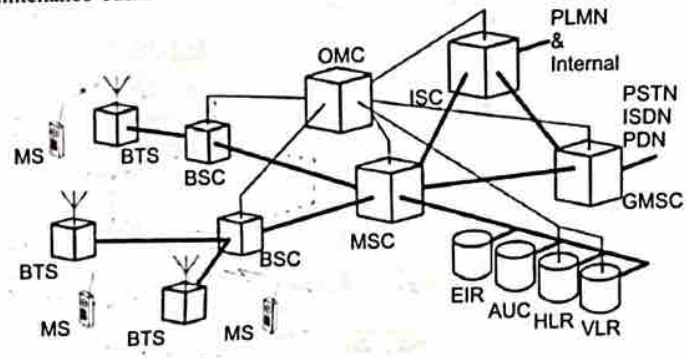
(v) Authenication centre (AUC)—AUC एक डेटाबेस होता है जो कि प्रत्येक सब्सक्राइबर के SIM कार्ड में एक secret key store करता है जिसका प्रयोग Authentication तथा Encryption के लिए किया जाता है AUC मोबाईल में होने वाली धोखा-धड़ी, फेक कॉल आदि से सब्सक्राइबर को बचाता है।

ऑपरेशन स्पोर्ट सिस्टम (Operation Support System; OSS)–संचालन और रखरखाव केंद्र (OMC) स्विचिंग सिस्टम बीएससी के सभी उपकरणों से जुड़ा होता है। (OMC) के कार्यान्वयन को ऑपरेशन और सपोर्ट सिस्टम (OSS) कहा जाता है। ऑपरेशन सपोर्ट सिस्टम GSM सिस्टम के संचालन और मेंटेनेंस की अनुमति देता है। यह सिस्टम इंजीनियरों को GSM system के मापदण्डों का निधान, समस्या निवारण और निरीक्षण करने की अनुमति देता है। OSS subsystem अन्य सबसिस्टम के साथ इंटरैक्ट करता है और जी एस एम ऑपरेटिंग कंपनी के कर्मचारियों के लिए सुविधा प्रदान करता है जो नेटवर्क के लिए सुविधा प्रदान करता है।

OMC functions निम्नलिखित हैं—

- Administration and Commercial Operation (Subcription and Terminal Charging, and Statics)

- Security Management
- Network Configuration, Operation and Performance Management
- Maintenance Tasks



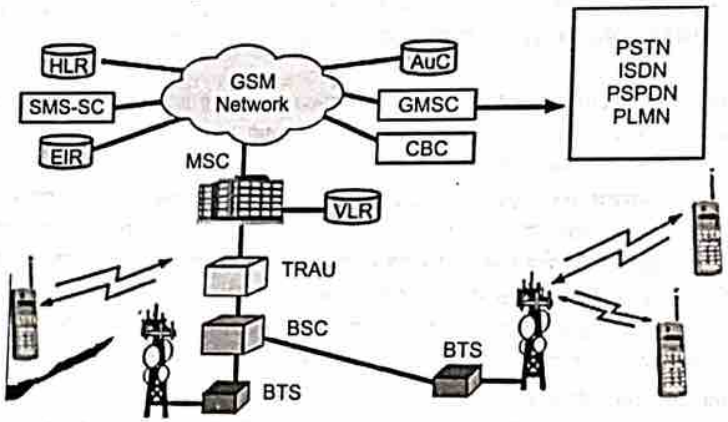
Variosu system of GSM and their connections

OMC Telecommunication Management Network (TMN) के concept पर आधारित है जिसको ITU series M 30 द्वारा standardized किया गया है।

OSS एक कार्यात्मक इकाई है, जहाँ से नेटवर्क ऑपरेटर सिस्टम की निगरानी और नियंत्रण करता है। ओएसएस का उद्देश्य ग्राहक को केंद्रीयकृत, क्षेत्रीय और स्थानीय परिचालन और रखरखाव गतिविधियों के लिए लागत प्रभावी समर्थन प्रदान करना है जो जीएसएम नेटवर्क के लिए आवश्यक है। OSS का एक महत्त्वपूर्ण कार्य नेटवर्क अवलोकन प्रदान करता है और विभिन्न संचालन और रखरखाव संगठनों की रखरखाव गतिविधियों का समर्थन करना भी है।

5.1.3 GSM Architecture के अन्य घटक

- SMS Service Center (SMS Sc)
- Gateway MSC (GMSC)
- Chargeback Center (CBC)
- Transcoder and Adaptation Unit (TRAU)



GSM Network along with the Added Elements

5.1.4 GSM Network Areas

1. Cell GSM नेटवर्क की Basic Unit Service क्षेत्र है एक BTS एक cell के क्षेत्र को कवर करता है। प्रत्येक cell को एक Global Cell Indentity दी जाती है जो एक Unique नंबर है, जिसके द्वारा किसी भी cell की पहचान की जा सकती है।

2. Location Area–अनेक cells एक साथ मिलकर एक Location Area का निर्माण करते हैं। यह वह क्षेत्र है जिसे subscriber को coming call आने पर "Paged" किया जाता है। प्रत्येक Location Area को एक यूनिक नम्बर प्रदान किया जाता है जिसे Location Area Identity कहते हैं। एक या एक से अधिक BSC एक Location Area को serve करते हैं।

3. MSC/VLR Service Area–एक MSC के द्वारा कवर किये जाने वाले क्षेत्र को MSC/VLR Service Area कहते हैं।

4. PLMN—एक नेटवर्क operator द्वारा कवर किये जाने वाले क्षेत्र को Public Land Mobile Network कहते हैं। एक PLMN के अन्तर्गत एक से अधिक MSC आते हैं।

5.1.5 Modulation

माड्यूलेशन इनपुट डेटा को ट्रांसमिशन माध्यम के लिए एक उपयुक्त प्रारूप में परिवर्तित की प्रक्रिया है। प्रेषित डेटा अंत में पुन: अपने मूल में परिवर्तित हो जाता है। जीएसएम तकनीक में (GMSK) Gaurrian Minimum Shift Keying मॉडुलेशन विधि का उपयोग किया जाता है।

5.1.6 Access Methods

रेडियो स्पेक्ट्रम एक सीमित संसाधन है जो सभी उपयोगकर्ताओं के बीच विभाजित और उपयोग होता है। जीएसएम में TDMA/FDMA के संयोजन को उपयोगकर्ताओं के बीच बैंडविड्थ को विभाजित करने हेतु प्रयोग किया जाता है। इस प्रक्रिया में FDMA कुल 25 MHz बैंडविड्थ की आवृत्ति को 200 kHz बैंडविड्थ की 124 carrier आवृत्तियों में विभाजित करता है।

प्रत्येक BS को एक या एक से अधिक आवृत्तियाँ assign की जाती हैं और प्रत्येक आवृत्ति को TDMA का उपयोग करके आठ टाइमस्लॉट में विभाजित किया गया है। इनमें से प्रत्येक स्लॉट को ट्रांसमिशन के साथ-साथ डेटा के रिसेप्शन के लिए उपयोग किया जाता है। इन स्लॉट्स को समय आधारित अलग कर दिया जाता है ताकि एक मोबाइल यूनिट एक ही समय पर संचारित और डेटा प्राप्त न करे।

5.1.7 Transmission Rate

The total symbol rate for GMS at 1 bit per symbol in GMSK 270.833K symbols/second. The gross transmission rate of a timeslot 22.8 kbps.

GSM is a digital system with an over-the-air bit rate of 270 kbps.

5.1.8 Frequency Band

The uplink आवृत्ति रेंज 933-960 MHz (basic 900 MHz band only).

The downlink आवृत्ति band 890-915 (basic 900 MHz band only)

5.1.9 Channel Spacing

Channel spacing adjacent carrier आवृत्तियों के बीच के स्पेस को प्रदर्शित करती है। GSM के लिए यह 200 kHz.

5.1.10 Speech Coding

स्पीच कोडिंग या प्रोसेसिंग के लिए GSM (Linear predictive coding) का उपयोग करता है। यह उपकरण बिट दर को संपीडित (compress) करता है और भाषण मापदंडों का अनुमान देता है। जब ऑडियो सिग्नल एक फिल्टर से गजरता है तो यह मुख्य पथ की नकल करता है। यह speech 13 kbps पर एन्कोडेड किया जाता है।

5.1.11 Duplex Distance

Duplex distance uplink एवं downlink आवृत्ति के बीच के स्पेस को कहते हैं। जहाँ प्रत्येक चैनल के पास दो आवृत्ति होती है जो 80 MHz की दूरी पर होती है।

5.1.12 Vital Address & Identifiers Used in GSM

Speech Channels per RF channel-8

एसएम उपयोगकर्ताओं और उपकरणों के साथ विभिन्न प्रकार से कार्य करता है जैसे—फोन नंबर, ग्राहक और उपकरण पहचानकर्ता अनेक अन्य पहचानकर्त्ता हैं जिन्हें अच्छी तरह से परिभाषित किया गया है, जो ग्राहक के गतिशीलता प्रबंधन और शेष नेटवर्क तत्वों को संबोधित करने के लिए आवश्यक है। महत्त्वपूर्ण पते और पहचानकर्ता जो जीएसएम में उपयोग किए जाते हैं, निम्नलिखित हैं—

(i) International Mobile Station Equipment Identity (IMEI)

इंटरनेशनल मोबाइल स्टेशन इक्विपमेंट आइडेंटिटी (IMEI) एक सीरियल नंबर की तरह दिखता है जो अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर एक मोबाइल स्टेशन की अलग पहचान देता है। यह उपकरण निर्माता द्वारा आवंटित किया जाता है और नेटवर्क ऑपरेटर द्वारा पंजीकृत किया जाता है, जो इसे उपकरण पहचान रजिस्टर (ईआईआर) में संग्रहित करता है। IMEI के माध्यम से कोई अप्रचलित, चोरी या गैर-कार्यात्मक उपकरण की पहचान कर सकता है।

IMEI के तीन भाग होते हैं—

- Type Approval Code (TAC) : 6 decimal places, centrally assigned
- Final Approval Code (FAC) : 6 decimal places, assigned by the manufacturer
- Serial Number (SNR) : 6 decimal places, assigned by the manufacturer
- Spare (SP) : 1 decimal place

इस प्रकार आईएमईआई = टीएसी + एफएसी + एसएनआर + एसपी।

यह विशिष्ट रूप से एक मोबाइल स्टेशन की विशेषता है और निर्माता और निर्माण की तारीख के बारे में जानकारी प्रदान करता है।

(ii) ISMI (International Mobile Subscriber Identity)

प्रत्येक पंजीकृत अभोगकर्त्ता के पास एक इंटरनेशनल मोबाइल सब्स्क्राइबर आइडेंटिटी (IMSI) और एक वैध IMEI होता है जो उनके सब्स्क्राइबर आइडेंटिटी मॉड्यूल (सिम) में संग्रहित होता है।

IMSI में निम्नलिखित भाग होते हैं—

- Mobile Country Code (MCC) : 3 decimal places, internationally standardized
- Mobile Network Code (MNC) : 2 decimal places, for unique identification of mobile network within the country.
- Mobile Subscriber Identification Number (MSIM) : Maximum 10 decimal places, identification number of the subscriber in the home mobile network

(iii) Mobile Subscriber ISDN Number (MSISDN)

मोबाइल स्टेशन का प्रामाणिक टेलीफोन नंबर मोबाइल सब्सक्राइबर ISDN नंबर (MSISDN) होता है। सिम के आधार पर एक मोबाइल स्टेशन में अनेक MSISDN हो सकते हैं क्योंकि प्रत्येक ग्राहक को क्रमशः एक अलग MSISDN उनके सिम पर उपलब्ध कराया जाता है।

MSISDN स्ट्रक्चर

- Country Code (CC) : Upto 3 decimal places
- National Destination Code (NDC) : Typically 2-3 decimal places
- Subscriber Number (SN) : Maximum 10 decimal places

(iv) Mobile Station Roaming Number (MSRN)

मोबाइल स्टेशन रोमिंग नंबर (MSRN) एक अंतरिम स्थान पर निर्भर ISDN नंबर है, जो एक क्षेत्रीय जिम्मेदार VLA (VIsitor Location Register)) द्वारा एक मोबाइल स्टेशन को दिशा देता है। MSRN का उपयोग करते हुए आने वाली कॉलो को MS में प्रसारित किया जाता है।

MSRN का स्ट्रक्चर MSISDN की तरह ही होता है–

- Country Code (CC) : of the visited network
- National Destination Code (NDC) : of the visited network
- Subscriber Number (SN) : in the current mobile network

(v) Location Area Identity (LAI)

PLMN के भीतर, एक स्थान क्षेत्र अपने स्वयं के प्रमाणिक स्थान क्षेत्र पहचान (LAI) की पहचान करता है। LAI पदानुक्रम अंतरराष्ट्रीय मानक पर आधारित है और अद्वितीय प्रारूप में संचारित है जैसा कि नीचे वर्णित है।

- Country Code (CC) : 3 decimal places
- LAC (Location Area Code) : Maximum 5 deciman plaus o maximum Twice 8 bit coded in bexadeciman (LACCFFFF)
- Mobile Network Code (MNC) : 2 decimal places

Duplex Technique - Frequency Division Duplexing (FDD) एक्सेस मोड जिसे पूर्व में WCDMA के नाम से भी जाना जाता था।

(vi) Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI)

अस्थायी मोबाइल सब्सक्राइबर आइडेंटिटी (टीएमएसआई) को वीएलआर द्वारा उपलब्ध कराया जाता है जो एक सब्सक्राइबर के लिए वर्तमान स्थान के लिए उत्तरदायी होता है। टीएमएसआई का वीएलआर द्वारा नियंत्रित क्षेत्र में केवल स्थानीय महत्त्व होता है। यह केवल वीएलआर में नेटवर्क पक्ष पर संग्रहित किया जाता है और होम लोकेशन रजिस्टर (एचएलआर) को पारित नहीं किया जाता है।

वर्तमान स्थान क्षेत्र के साथ, TMSI विशिष्ट रूप से एक ग्राहक की पहचान करता है। इसमें 4×8 बिट हो सकते हैं।

(vii) Local Mobile Subscriber Identity (LMSI)

प्रत्येक मोबाइल स्टेशन को एक स्थानीय मोबाइल सब्सक्राइबर आइडेंटिटी (LMSI) दिया जाता है, जो कि VLR द्वारा एक मूल कुंजी होती है। इस कुंजी को अपने क्षेत्र के भीतर प्रत्येक मोबाइल स्टेशन के लिए सहायक खोज कुंजी के रूप में उपयोग किया जा सकता है। यह डेटाबेस एक्सेस में तेजी लाने में भी सहायता कर सकता है। यदि मोबाइल

स्टेशन को वीएलआर के साथ पंजीकृत किया जाता है और एचएलआर को भेजा जाता है, तो एक एलएमएसआई सौंपा जाता है। LMSI में चार ऑक्टेट (4×8 बिट्स) होते हैं।

(viii) Cell Identifier (CI)

सेल आइडेंटिफायर (CI) (अधिकतम 2×8) बिट्स का उपयोग करके, LA के भीतर मौजूद व्यक्तिगत cells को पहचाना जा सकता है। जब ग्लोबल सेल आइडेंटिटी (LAI + CI) कॉल्स को संयोजित किया जाता है तो विशिष्ट रूप से परिभाषित किया जाता है। एक बार जब एक मोबाइल स्टेशन एक कॉल प्रारम्भ करता है तो घटनाओं की एक शृंखला होती है। इन घटनाओं का विश्लेषण जीएसएम प्रणाली के संचालन में एक अंतर्दृष्टि प्रदान कर सकता है।

MSC तब PSTN को भाषण डेटा अग्रेषित करता है। रिवर्स दिशा में भाषण बीएससी पर 64 kbps पर प्राप्त होता है और बीएससी इसे रेडियो प्रसारण के लिए 13 kbps पर स्थानांतरित करता है।

जीएसएम 96 kbps डेटा का समर्थन करता है जिसे एक टीडीएमए समयसीमा में चैनल किया जा सकता है। उच्च डेटा दरों की आपूर्ति करने के लिए जीएसएम मानकों (जिएसएम चरण 2 और जीएसएम चरण 2+) के लिए कई संवर्द्धन किए गए थे।

बीएसएम आर्कीटेक्चर एक स्तरित मॉडल है जिसे दो विभिन्न प्रणालियों के बीच संचार की अनुमति देने के लिए डिजाइन किया गया है। निचली परतें ऊपरी परतों को प्रोटोकॉल द्वारा सेवाएँ देती हैं। प्रत्येक परत यह सुनिश्चित करने के लिए कि संचारित डेटा को सही प्रकार से स्वरूपित, प्रेषित और प्राप्त किया गया है, उपयुक्त सूचनाएँ पास करती है।

5.1.13 मोबाईल फोन एवं PSTN नेटवर्क [Mobile Phone to Public Switched Telephone Network (PSTN)]

जब एक मोबाईल सब्सक्राइबर PSTN टेलीफोन सब्सक्राइबर को कॉल करता है तो निम्नलिखित घटनाक्रम होता है—

- एमएससी/वीएलआर (VLR; Visitor Locator Register) कॉल अनुरोध का संदेश प्राप्त करता है।
- एमएससी/वीएलआर चेक करता है कि मोबाइल स्टेशन नेटवर्क का उपयोग करने के लिए अधिकृत है या नहीं। यदि ऐसा है, तो मोबाइल स्टेशन सक्रिय है। यदि मोबाइल स्टेशन अधिकृत नहीं है, तो सेवा से वंचित कर दिया जाता है।
- MSC/VLR नंबर का विश्लेषण करता है और PSTN के साथ कॉल सेटअप की शुरुआत करता है।
- MSC/VLR संबंधित BSC को एक ट्रैफिक चैनल (एक रेडियो चैनल और एक टाइम स्लॉट) आवंटित करने के लिए कहता है।
- MSC/VLR संबंधित BSC को एक ट्रैफिक स्टोर (एक रेडियो चैनल और एक टाइम-स्लॉट) आवंटित के लिए कहता है।
- बीएससी ट्रैफिक चैनल को आवंटित करता है और मोबाइल स्टेशन को सूचना देता है।
- Called पार्टी कॉल का जवाब देती है और बातचीत होती है।
- मोबाइल स्टेशन वर्तमान सेल और पड़ोसी cell में रेडियो चैनलों का माप लेता रहता है और बीएससी को सूचना देता है। यदि हैंडओवर की आवश्यकता होती है तो बीएससी निर्णय लेती है। यदि ऐसा है, तो एक नया ट्रैफिक चैनल मोबाइल स्टेशन को आवंटित किया जाता है और हैंडओवर होता है। यदि हैंडओवर की आवश्यकता नहीं है तो मोबाइल स्टेशन एक ही आवृत्ति में प्रसारित करना जारी रखता है।

5.1.14 GSM टेली सेवाएँ (GSM Teleservices)

Voice Cells–जीएसएम द्वारा समर्थित सबसे बुनियादी टेलीसेव टेलीफोनी है। इसमें 13 kbps और आपातकालीन कॉल पर पूर्ण-दर स्पीच शामिल है, जहाँ निकटतम आपातकालीन-सेवा प्रदाता को तीन अंक डायल करके सूचित किया जाता है।

Videotext and Facsmile–टेलीसर्विसेज के अन्य समूह में वीडियोटैक्स्ट एक्सेस, टीलेटेक्स ट्रांसमिशन, फेसमाइल अल्टरनेटिव और फेसमाइल ग्रुप 3, ऑटोमैटिक फेसमाइल ग्रुप, 3 आदि होते हैं।

Short Text Message–लघुसंदेश सेवा (एसएमएस) सेवा एक पाठ संदेश सेवा है जो आपके जीएसएम मोबाइल फोन पर संदेश भेजने और प्राप्त करने की अनुमति देती है। सरल पाठ संदेशों के अलावा, समाचार, खेल, वित्तीय, भाषा और स्थान आधारित डेटा सहित अन्य पाठ डेटा भी प्रेषित किये जा सकते हैं।

Bearer Services–डेटा सेवाओं या बियरर सेवाओं का उपयोग जीएसएम फोन के माध्यम से किया जाता है। डेटा प्राप्त करना और भेजना आवश्यक बिल्डिंग ब्लॉक है जिसके कारण मोबाइल इंटरनेट एक्सेस और मोबाइल डेटा ट्रांसफर होता है। वर्तमान में जीएसएम की डाटा अंतरण दर 9.6 Kps है। जीएसएम उपयोगकर्त्ताओं के लिए डेटा ट्रांसफर दरों को आगे बढ़ाने वाले नए विकास एचएससीएसडी (हाई स्पीड सर्किट स्विच्ड डेटा), जीपीआरएस (सामान्य पैकेट रेडियो सेवा) अब उपलब्ध है।

5.1.15 Supplementary Services

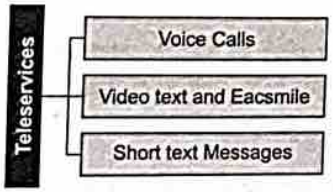
अनुपूरक सेवाएँ अतिरिक्त सेवाएँ हैं जो टेलीसर्विस और बियरर सेवाओं के अतिरिक्त प्रदान की जाती हैं। इन सेवाओं में कॉलर पहचान कॉल फारवर्डिंग, कॉल प्रतीक्षा, बहुपक्षीय वार्तालाप और अन्य लोगों के बीच आउटगोइंग (अंतर्राष्ट्रीय) कॉल सम्मिलित है। पूरक सेवाओं का संक्षिप्त विवरण निम्नलिखित है—

(a) कॉन्फ्रेंसिंग–यह एक मोबाइल ग्राहक को एक मल्टीपार्टी वार्तालाप स्थापित करने की अनुमति देता है अर्थात् कान्फ्रेंस कॉल सेटअप करने के लिए तीन या अधिक सब्सक्राइबर के बीच एक साथ बातचीत सुविधा प्रदान करता है। यह सेवा केवल सामान्य टेलीफोनी पर लागू है।

(b) कॉल वेटिंग–यह सेवा एक वार्तालाप के मध्य आने वाले कॉल के एक मोबाइल ग्राहक को सूचित करती है। ग्राहक आने वाली कॉल का जवाब अस्वीकार या अनदेखा कर सकता है।

(c) Call Hold–यह सेवा सब्सक्राइबर को आने वाले कॉल को होल्ड पर रखने और थोड़ी देर बाद पुन: call शुरू करने की अनुमति देती है। कॉल होल्ड सेवा सामान्य टेलीफोन पर लागू होती है।

(d) Call Forwarding–कॉल फारवर्डिंग का उपयोग मूल प्राप्तकर्त्ता से कॉल को दूसरे नंबर पर भेजने के लिए किया जाता है। यह सुविधा सामान्यत: स्वयं ग्राहक द्वारा स्थापित किया जाता है तब सब्सक्राइबर जब सब्सक्राइबर उपलब्ध नहीं होता और जिससे call lost न हो।



(e) कॉल बैरिंग–अनेक प्रकार के आउटगोइंग कॉल जैसे कि आईएसडी को प्रतिबंधित करने या अवांछित नम्बरों से आने वाला कॉल को रोकने के लिए कॉल बैरिंग उपयोगी है। कॉल बैरिंग एक लचीली सेवा है जो सब्सक्राइबर को सशर्त कॉल बार (bar) करने में सक्षम बनाती है।

(f) Number Identification–नम्बर Identification से जुड़ी supplementary सेवाएँ निम्नलिखित है—

- **कॉलिंग लाइन आइडेंटिफिकेशन रेस्ट्रिक्शन**–यह सेवा आपकी स्क्रीन पर कॉलिंग पार्टी का टेलीफोन नम्बर प्रदर्शित करती है।
- **कॉलिंग लाइन आइडेंटिफिकेशन रेस्ट्रिक्शन**–एक व्यक्ति जो अपने फोन नम्बर को दूसरों के समक्ष प्रस्तुत नहीं करना चाहता है वह इस सेवा के लिए आवेदन कर सकता है।

- **कनेक्टेड लाइन आइडेंटिफिकेशन प्रेजेंटेशन**–यह सेवा कॉलिंग पार्टी को उस व्यक्ति का टेलीफोन नम्बर देने के लिए प्रदान की जाती है जिससे वे जुड़े हुए हैं। यह सेवा call forwarding जैसी स्थितियों में उपयोगी है जहाँ डायल किया गया नम्बर कनेक्टेड नम्बर से भिन्न होता है।
- **कनेक्टेड लाइन आइडेंटिफिकेशन रेस्ट्रिक्शन**–ऐसे समय में जब called party अपना नम्बर प्रस्तुत करने की इच्छा नहीं रखता है तो वे इस सेवा की सदस्यता ले सकता है। आमतौर पर यह प्रस्तुति सेवा को ओवरराइड करता है।
- **दुर्भावनापूर्ण कॉल पहचान**–अश्लील या कष्टप्रद कॉल के प्रसार को रोकने के लिए इस प्रकार की सेवा प्रदान की गई थी।

(g) चार्ज की सलाह (AOC)–इस सेवा का उपयोग ग्राहकों को सेवाओं की लागत का संकेत देने के लिए किया गया था। इसके अलावा जो सेवा प्रदाता अपने स्वयं के सिम के बिना ग्राहकों को किराये की सेवाएँ देने की इच्छा रखते हैं वे भी इस सेवा का उपयोग थोड़े अलग रूप में कर सकते हैं। डेटा कॉल के लिए AOC समय मापन के आधार पर प्रदान किया जाता है।

5.1.16 Unstructured Supplementary Service Data (USSD)

इस कुंजी की गणना उसी RAND संख्या का उपयोग करके की जाती है जिसका उपयोग Ciphering key generation algorithm (A8) के साथ dividual subscriber authentication key (Ki) को authenitication प्रदान करने के लिए किया जाता है।

एमएस और नेटवर्क के बीच एन्क्रिप्टेड आवाज और डेटा संचार साइफर एल्गोरिथ्म ए5 का उपयोग करके पूरा किया जाता है। एन्क्रिप्टेड संचार GSM नेटवर्क से एक साइफर मोड अनुरोध कमांड द्वारा शूरू किया गया है। इस आदेश के प्राप्त होने पर, मोबाइल स्टेशन एन्क्रिप्शन एल्गोरिथ्म और डेटा का डिक्रिप्शन एल्गोरिथ्म (ए 5) और सिफरिंग कुंजी (KC) का उपयोग करना शुरू कर देता है।

ग्राहकों की पहचान की गोपनीयता सुनिश्चित करने के लिए अस्थायी मोबाइल सब्सक्राइबर आइडेंटिटी (TMSI) का उपयोग किया जाता है। एक बार प्रमाणीकरण ओर एन्क्रिप्शन प्रक्रिया पूरी हो जाने के बाद TMSI को मोबाइल स्टेशन पर भेज दिया जाता है। रसीद के बाद मोबाइल स्टेशन जवाब देता है। टीएमएसआई के लिए उस स्थान क्षेत्र की पहचान (LAI) आवश्यक है।

अधिकांश सेवा प्रदाता भेजे गए पाठ संदेशों की संख्या के आधार पर अपने ग्राहक की एसएमएस सेवाओं को चार्ज करते हैं। अन्य प्राइम SMS सेवाएँ उपलब्ध हैं जहाँ सेवा प्रदाता सामान्य SMS चार्ज से अधिक शुल्क लेते हैं। दर्शको से SMS की माँग करने के लिए टेलीविजन नेटवर्क या रेडियो नेटवर्क के सहयोग से इन सेवाओं का लाभ उठाया जा रहा है।

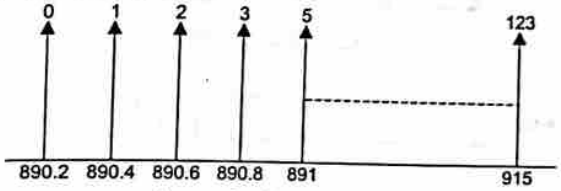
ज्यादातर बार शुल्क SMS प्रेषक द्वारा भुगतान किया जाता है, लेकिन कुछ सेवाओं जैसे स्टॉक और शेयर की कीमतें, मोबाइल बैंकिंग सुविधाएँ और अवकाश बुकिंग सेवाएँ आदि के लिए SMS के प्राप्तकर्ता को सेवा के लिए भुगतान करना पड़ता है।

5.1.18 GSM Operating Channels

GSM एक अत्यन्त महत्त्वपूर्ण रेडियो इन्टरफेस है। यह समस्त नेटवर्क ऑपरेटर्स के नेटवर्क्स के समकक्ष (compatible) है जिसके कारण इसमें रोमिंग roaming की सुविधा उपलब्ध है। GSM की किसी भी बैण्डविद्थ में एक साथ अनेक (large number) कॉल की जा सकती है। GSM में इन्टरफीरेन्स कम करने की तकनीक का उपयोग किया गया है।

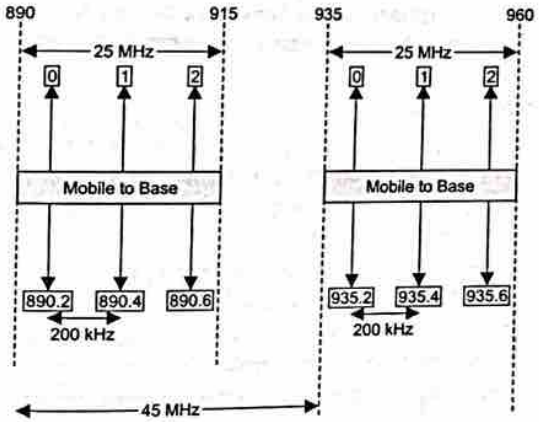
GSM को मूलत: 900 MHz के लिए डिजाइन किया गया। बाद में इसे 1800 MHz आवृत्ति दी गयी। GSM की फ्रीक्वैन्सी बैण्ड्स निम्न प्रकार है—

- ***GSM 900 MHz***
  - Mobile to Cell – 890 to 915 MHz (UPLINK)
  - Cell to Mobile – 935 to 960 MHz (DOWNLINK)
  - GSM 900 MHz में प्रत्येक बैण्ड की विद्थ 25 MHz है।
- ***GSM 1800 MHz***
  - Mobile to Cell – 1710 to 1785 MHz (UPLINK)
  - Cell to Mobile – 1805 to 1880 MHz (DOWNLINK)
  - GSM 1880 MHz में प्रत्येक बैण्डविद्थ 75 MHz है।
- GSM में चैनल बैण्डविद्थ 200 kHz है तथा इसमें TDMA एवं FDMA तकनीकी प्रयुक्त की गयी है। मॉडुलेशन विधि GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) है। GSM में 200 kHz विद्थ के 124 चैनल है। प्रत्येक चैनल की डाटा रेट 270.8 kbps है। प्रत्येक बेस स्टेशन को एक या अधिक कैरियर आवंटित (allocate) की जाती है।
  - 200 kHz के 124 एनालॉग चैनल FDMA प्रयुक्त कर मल्टीप्लैक्स किए जाते हैं जिसमें 25 MHz बैण्ड प्राप्त होता है।



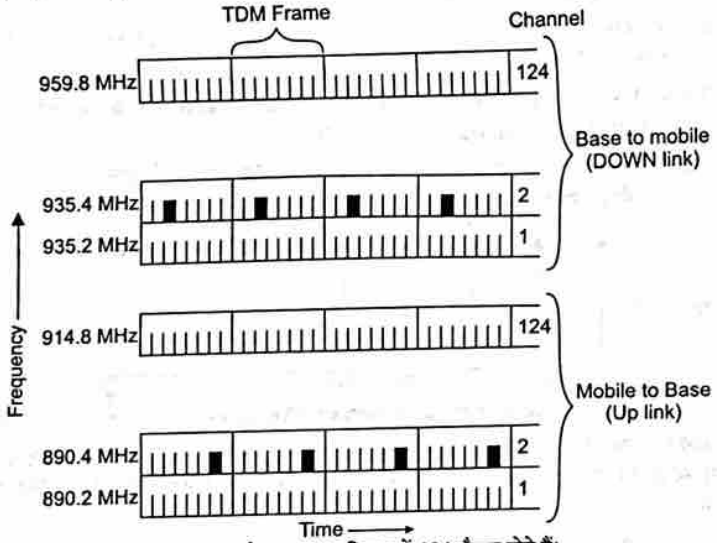
GSM चैनल : प्रत्येक चैनल की विद्थ 200 kHz है।

GSM में प्रत्येक चैनल TDM विधि द्वारा 8 टाइम स्लॉट्स में विभाजित किया गया है अर्थात् इसके प्रत्येक RF चैनल में 8 टाइम स्लॉट हैं। प्रत्येक टाइम स्लॉट की अवधि 15/26 msec है। प्रत्येक चैनल 8 अलग-अलग कनेक्शनों को सपोर्ट करता है



GSM चैनल ले-आउट तथा फ्रीक्वैन्सी बैण्ड (FDMA)

प्रत्येक एक्टिव स्टेशन को एक चैनल पेयर, एक टाइम स्लॉट निर्धारित किया जाता है। सैद्धान्तिक रूप से (theoretically) प्रत्येक सैल में 992 चैनल (124 × 8) सपोर्ट किए जा सकते हैं परन्तु उनमें से अनेक समीप के सैलों के साथ इन्टरफीरेंस होने की आशंका के कारण उपलब्ध नहीं होते। चित्र में 8-शेडिड (shaded) टाइम स्लॉट एक ही कनैक्शन से सम्बन्धित हैं। चार एक दिशा में तथा चार दूसरी दिशा में। ट्रांसमिटिंग तथा रिसीविंग एक ही टाइम स्लॉट से नहीं होती क्योंकि GSM रेडियो एक ही समय में ट्रांसमिट तथा रिसीव नहीं कर सकता तथा एक से दूसरे पर स्विच करने में समय लेता है। यदि किसी मोबाइल स्टेशन को 890/935.4 MHz आवृत्ति तथा टाइम-स्लॉट 2 निर्धारित है एवं वह बेस स्टेशन को ट्रांसमिट करना चाहता है तब वह नीचे वाले (lower) चार शेडिड स्लॉट्स का उपयोग करेगा। प्रत्येक स्लॉट में वह कुछ डाटा ट्रांसमिट करेगा जब तक कि समस्त डाटा ट्रांसमिट न हो जाए।



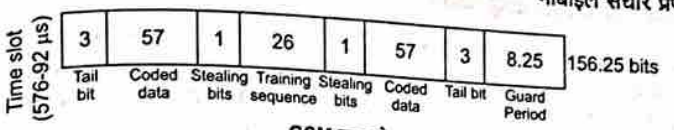
GSM से 200 kHz विड्थ में 124 चैनल होते हैं।
प्रत्येक चैनल TDM विधि द्वारा 8 टाइम-स्लॉट्स में विभाजित है।

5.1.19 GSM Frame Structure

प्रत्येक यूजर उसे निर्धारित टाइम स्लॉट में डाटा-पुंज (data-bursts) के रूप में ट्रांसमिट करता है। GSM में मुख्य रूप से दो प्रकार के चैनल होते हैं—ट्रैफिक चैनल (TCHs) तथा कन्ट्रोल चैनल (CCHs)। ट्रैफिक चैनल यूजर का डिजिटली कोडिड डाटा/स्पीच carey करते हैं तथा कन्ट्रोल चैनल बेस स्टेशन (BS) तथा मोबाइल स्टेशन (MS) के मध्य सिग्नलिंग एवं सिन्क्रोनाइजिंग डाटा को carey करते हैं।

चित्र में GSM के एक सामान्य डाटा फ्रेम (time slot) का डाटा स्ट्रक्चर दिया गया है। इसमें 148 बिट्स हैं जो 270.8 kbps की रेत पर ट्रांसमिट किये जाते हैं (प्रत्येक बर्स्ट के पश्चात् 8.25 बिट्स का गार्ड टाइम दिया जाता है। इसका उपयोग नहीं होता।) प्रत्येक टाइम स्लॉट के 148 बिट्स में से 114 बिट्स डाटा/सूचना बिट्स होते हैं। 57 बिट्स को दो सीक्वेन्स में बर्स्ट के प्रारम्भ तथा अन्त के समीप ट्रांसमिट किया जाता हैं। ट्रेनिंग सीक्वेंस में 26 बिट होते हैं जिनके द्वारा यूजर का डाटा डिकोड करने से पहले मोबाइल अथवा बेस स्टेशन, रिसीवर रेडियो चैनल के अभिलक्षणों का विश्लेषण करते हैं।

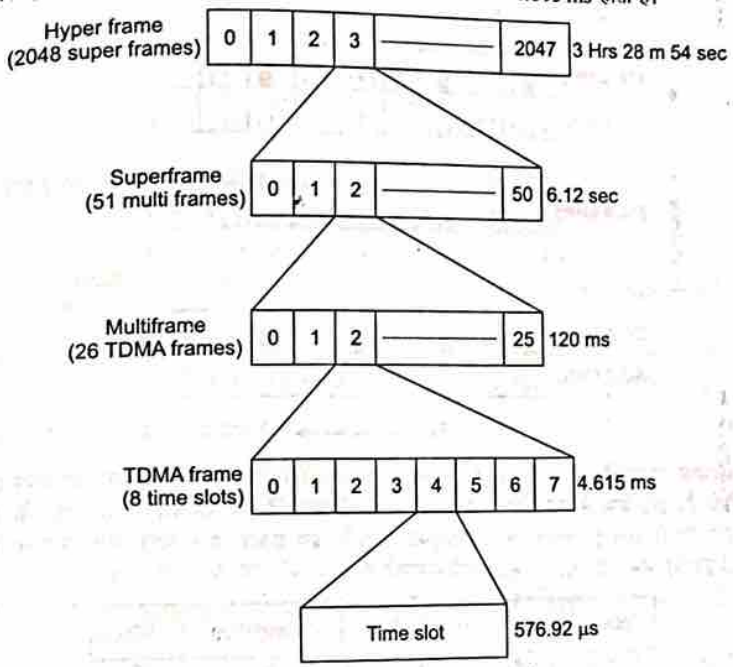
ट्रेनिंग सीक्वेंस के दोनों ओर कन्ट्रोल बिट्स होते हैं। इन्हें स्टीलिंग फ्लैग्स कहते हैं। ये फ्लैग्स यह ज्ञात करते हैं कि टाइम स्लॉट में वॉयस है अथवा कन्ट्रोल डाटा है। ये दोनों एक ही चैनल को शेयर करते हैं।



GSM डाटा फ्रेम

GSM के एक TDMA फ्रेम में 1 टाइम स्लॉट ट्रांसमिट के लिये तथा एक रिसीव के लिये होता है। फ्रेम में 6 अतिरिक्त टाइम-स्लॉट होते हैं जो समीप के पाँच तथा अपने बेस स्टेशनों के सिग्नल की पॉवर (strength) का मापन करते हैं।

इस प्रकार एक TDMA फ्रेम में 8 टाइम स्लॉट होते हैं तथा फ्रेम पीरियड 4.615 ms होता है।



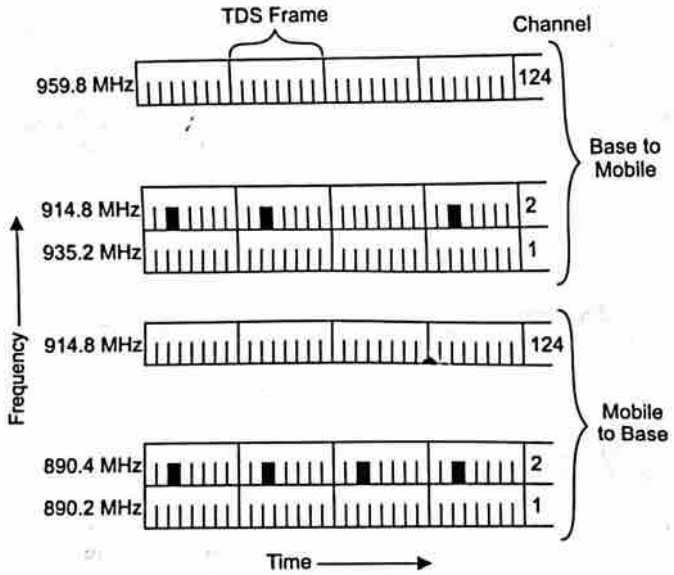
GSM फ्रेम स्ट्रक्चर : टाइम स्लॉट, TDMA फ्रेम, मल्टीफ्रेम, सुपरफ्रेम तथा मल्टीफ्रेम

चित्र में GSM का सम्पूर्ण फ्रेम स्ट्रक्चर दिया गया है। सामान्य स्पीच के प्रत्येक फ्रेम बड़े स्ट्रक्चर में ग्रुप किये जाते है, जिन्हें मल्टीफ्रेम कहते हैं। मल्टीफ्रेम पुनः सुपरफ्रेम तथा हाइपरफ्रेम में ग्रुप किये जाते हैं। एक मल्टीफ्रेम में 26 TDMA फ्रेम होते हैं जिसका पीरियड 120 ms (= 26 × 4.615) होता है। सुपरफ्रेम में 51 मल्टीफ्रेम तथा हाइपरफ्रेम में 2048 सुपरफ्रेम होते हैं। एक सम्पूर्ण हाइपरफ्रेम लगभग 3 घण्टे 28 मिनट 54 सेकण्ड में ट्रांसमिट होता है।

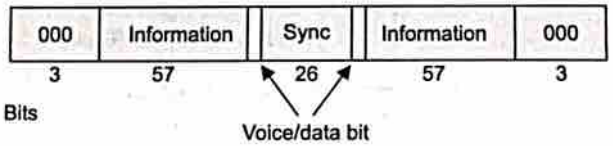
GSM Frame

एक GSM system में प्रदर्शित है जोकि 124 आवृत्ति चैनल प्रयोग करता है तथा इनमें से प्रत्येक चैनल आठ-स्लॉट वाला TDM सिस्टम प्रयोग करता है। अतः 124 आवृत्ति चैनलों में से प्रत्येक चैनल आठ अलग-अलग कनैक्शन को support करता है। प्रत्येक currently active स्टेशन को प्रत्येक चैनल में एक टाइम स्लॉट दिया जाता है।

दिखाये गए आठ shaded time slot एक ही चैनल के हैं, चार अपलिंक हेतु तथा चार डाउनलिंग हेतु। अत: यदि मोबाइल स्टेशन जिसका आवृत्ति 890.4/935.4 MHz है, तथा जिसका स्लॉट नम्बर 2 है. को बेस स्टेशन को डाटा ट्रांसमिट करना है तो वह नीचे वाले शेडेड स्लॉट में अपना डाटा तब तक रखा रहेगा जब तक पूर्ण डाटा ट्रांसमिट नहीं हो जाता।



चित्र में प्रदर्शित प्रत्येक TDM स्लॉट में 148 बिट डाटा फ्रेम होता है। प्रत्येक डाटा फ्रेम की प्रथम तीन व अन्तिम तीन बिट 0 होती है। इस फ्रेम में 57-बिट Information field होती है। दो information field के मध्य 26-बिट sync field होती है जो synchronization हेतु प्रयुक्त होती है। इस प्रकार आठ डाटा फ्रेम मिलकर TDM frame बनाते हैं तथा 26 TDM फ्रेम 120 m sec का मल्टीफ्रेम बनाते हैं।



इसके अतिरिक्त GSM में कई अन्य चैनल होते हैं। ब्रॉडकास्ट कन्ट्रोल चैनल द्वारा बेस स्टेशन की पहचान तथा चैनल स्टेट्स पता चलता है। डैडिकेटेड कन्ट्रोल चैनल द्वारा location updating registration व call updation होता है। इसके अतिरिक्त कॉमन कन्ट्रोल चैनल होता है जिसके तीन भाग होते हैं—फेंजिग चैनल, जोकि बेस चैनल द्वारा उसकी इनकमिंग कॉल announce करने हेतु प्रयुक्त किया जाता है, random access चैनल, जिसके द्वारा मोबाइल स्टेशन डैडिकेटड कन्ट्रोल चैनल पर स्लॉट हेतु request करता है तथा access grant channel, जिस पर assigned slot को announce किया जाता है।

5.1.20 GSM के लाभ (Advantages of GSM)

1. जीएसएम mobile phones तथा modem पूरी दुनिया में उपलब्ध होते हैं।

2. यह बहुत ही सस्ता है अर्थात् इसमें सस्ती call rates, मुफ्त messaging की सुविधा तथा limited free calls का plan उपलब्ध होता है।
3. इनमें calling की quality बेहतर होती है तथा यह CDMA से ज्यादा secure है।
4. इनमें बहुत सारी value added सेवाएँ होती हैं; जैसे—GPRS, SMS आदि।
5. इनके mobiles में battery power की खपत बहुत ही कम होती है।
6. Tri based GSM के द्वारा हम अपने फोन को दुनिया में कहीं भी प्रयोग कर सकते हैं।
7. इनका प्रयोग ISDN (integrated services digital network) तथा अन्य सेवाओं के साथ कर सकते हैं।
8. इनमें international roaming की सुविधा उपलब्ध होती है।
9. इसमें इन्टरनेट की speed बहुत ही अच्छी होती है।
10. इसके नेटवर्क को maintain करना बहुत ही आसान होता है।
11. इसमें phone जो है वह SIM cards के माध्यम से चलता है और हम विभिन्न SIM cards का प्रयोग कर सकते हैं।

5.1.21 जीएसएम की हानियाँ (Disadvantages of GSM)

1. CDMA की तुलना में इसकी roaming का charge ज्यादा है।
2. इसमें mobile के द्वारा की गयी call को tamper किया जा सकता है।
3. यदि SIM खो जाती है तो उसमें उपस्थित data (जैसे—number, message आदि) भी खो सकते हैं। यदि हमने अपने data को phone में save नहीं किया है तो।
4. Airplanes, petrol pumps तथा hospitals में GSM पर आधारित mobile का प्रयोग नहीं करना चाहिए क्योंकि यह pulse based burst transmission तकनीक का प्रयोग करता है।

5.1.22 GSM के मुख्य अभिलक्षण (Features of GSM)

- GSM एक digital cellular technology प्रणाली है जिसका उपयोग Mobile Voice और data services को transmit करने के लिए किया जाता है।
- GSM में narrow band Time Division Multiple Access (TDMA) तकनीक का प्रयोग signals को transmit करने के लिए किया जाता है।
- GSM में circuit-switching सिस्टम का प्रयोग होता है जो सभी 200 kHz channel को 8-25 kHz time slots में विभाजित कर डाटा ट्रांसमिट करती है।
- मुख्यत: GSM network सम्पूर्ण विश्व में 900 MHz और 1800 MHz के mobile communication bands में संचालित है।
- GSM Network के मुख्य रूप से तीन घटक होते हैं—The Switching System (SS), the Base Station System (BSS) और the Operation and Support System (OSS).
- Switching System (SS) call processing और subscriber सम्बन्धित कार्यों को सम्पादित करता है।
- सभी radio सम्बंधित function BSS द्वारा संचालित किये जाते हैं, और इसके दो मुख्य घटक होते हैं—Base Station Controller (BSCs) और Base Transceiver Stations (BTSs)
- Operation Support System का कार्य नेटवर्क overview प्रदान करना और सभी प्रकार के maintenance कार्यों को support करना है।

5.2. कोड डिविजन मल्टीपर एक्सेस (Code Division Multiple Access; CDMA)

CDMA (Code Division Multiple Access) का संक्षप्ति नाम है, यह एक digital cellular technology है जो Spread Spectrum टेक्नोलॉजी का प्रयोग करती है। GSM तकनीक जो TDMA का प्रयोग करती है, उसके विपरीत CDMA में कोई specific frequency user को assign नहीं होती इसके स्थान पर सभी channel full available spectrum का प्रयोग करते है। इस तकनीक में security पर विशेष ध्यान दिया जाता है। इसमें pseudo-random digital sequence प्रणाली की सहायता से सभी individual conversation को encode किया जाता है। दूसरे digital cellular technology की अपेक्षा में ये बेहतर data और voice communication प्रदान करती है और एक समय में एक साथ अधिक से अधिक users के मध्य संचार संभव हो सकता है।

CDMA एक military technology है जिसे सबसे पहली बार दूसरे विश्व युद्ध के दौरान अंग्रेजों के द्वारा Germans के विरुद्ध प्रयोग में लाया गया था। इसका प्रयोग व्यापक रूप से transmission को जाम करने के लिए होता था जिससे कि वे सटीक signal नहीं भेज सकते। Qualcomm नाम की एक company ने CDMA technology के लिए communication chip design की थी।

CDMA एक multiplexing है, जो बहुत सारे signals को एक साथ single transmission को occupy करने में सक्षम बनाती है। इसे spread spectrum technique के नाम से भी जाना जाता है क्योंकि ये एक साथ बहुत से उपभोक्ता को एक साथ एक ही समय में और एक ही frequency में एक fixed space, band में occupy कराने में सक्षम है। इसका प्रयोग Ultra-high frequency (UHF) cellular telephone system में भी किया जाता है। जिस जगह band की रेंज 800 MHz से 1.9 GHz तक होनी चाहिए। इसका मुख्य सिद्धांत अलग-अलग CDMA Codes का प्रयोग करना है जिससे कि विभिन्न उपभोक्ताओं को distinguish किया जा सके।

CDMA एक रेडियो एक्सेस टेक्नोलॉजी भी है, जो हमें एक रेडियो चैनल पर कई Calls, कनेक्शन और डेटा स्ट्रीम ट्रांसमिट करने की अनुमति देती है। CDMA एक कोड डिवीजन सिस्टम है, जिसके तहत हर एक Call के डेटा को एक यूनिक key के साथ एन्कोडेड किया जाता है। फिर सभी Calls एक ही बार में प्रसारित होती हैं। रिसीवर फिर संयुक्त संकेत को अलग-अलग आवाज में पुन: विभाजित करने के लिए इस यूनिक key का उपयोग करते हैं। CDMA को निम्नलिखित रूप से परिभाषित किया जा सकता है—

Code : यह बाइनरी सीक्वेंस की स्ट्रिंग को संदर्भित करता है जो ट्रांसमीटर और रिसीवर शेयर करता है। यह कोड किसी चैनल पर प्रसारित होने से पहले इनफॉर्मेशन को लो फ्रीक्वेंसी सिग्नल में एन्कोड करता है।

इनफॉर्मेशन को डिकोड करने के लिए रिसीवर द्वारा इसी कोड का उपयोग किया जाता है। रिसीवर निकटतम बेस स्टेशन की मदद से कोड प्राप्त करता है।

Division : CDMA में एक सिंगल चैनल को कई स्लॉट में विभाजित किया जाता है जिसे अनेक यूजर्स द्वारा उपयोग किया जा सकता है। अद्‌वितीय कोड के उपयोग के कारण यह संभव है।

Multiple access : इसका अर्थ है कि एक बैण्ड का कई उपभोक्ताओं द्वारा प्रयोग करना FDMA एवं TDMA की भाँति डायरेक्ट सीक्वेन्स स्प्रेड-स्पेक्ट्रम संचार प्रणाली हमें विभिन्न स्रोतों से प्राप्त सिग्नलों की मल्टीप्लैक्सिंग की एक अन्य विधि प्रदान करती है, जिसे CDMA प्रणाली कहते हैं।

इस प्रकार के नेटवर्क में प्रयोग किये जाने वाले मोबाइल फोन में सिम कार्ड का उपयोग नहीं किया जाता है। यदि किया भी जाता है तो केवल उसी मोबाइल नेटवर्क कंपनी का, जिस मोबाइल नेटवर्क कंपनी का आपने फोन खरीदा है। जैसे आयडिया, एयरटेल, बीएसएनएल, डोकोमो आदि। इस प्रकार के फोन में केवल उसी कंपनी का ही सिम कार्ड काम करता है। किसी दूसरी कंपनी का नहीं। आपका फोन एक बार में केवल एक नेटवर्क को सपोर्ट करने में सक्षम होता है CDMA या फिर GSM।

5.2.1 CDMA का इतिहास (History of CDMA)

CDMA ट्रांसमिशन का एक रूप है जो डायरेक्ट सीक्वेंस स्प्रैड स्पेक्ट्रम के रूप में जाना जाता है। CDMA इतिहास को सीधे 1940 के दशक से जोड़ा जा सकता है। जब ट्रांसमिशन के इस रूप की परिकल्पना की गई थी। जैसे-जैसे इलेक्ट्रॉनिक्स टेक्नोलॉजी में सुधार हुआ, इसका प्रयोग गुप्त सैन्य प्रसारण के लिए किया जाने लगा। इस तथ्य

को ध्यान में रखते हुए कि प्रसारण शोर की तरह दिखते है। सही कोड के ज्ञान के बिना इसे समझना कठिन है, और इसके अलावा इसे रोकना भी मुश्किल है।

1980 के दशक में हुई सैल्युलर टेलीकम्युनिकेशन में क्रांति के साथ, DSSS ट्रांसमीशन पर कार्य करने वाली क्वालकॉम नाम की एक छोटी-सी कंपनी को एक सैल्युलर टेलीकम्युनिकेशन मल्टीपल एक्सेस स्कीम-CDMA-कोड डिवीजन मल्टीपल एक्सेस के आधार के रूप में देखना शुरू किया।

क्वालकॉम को पहले प्रयोगात्मक CDMA सिस्टम को विकसित करने के लिए अमेरिकी नेटवर्क ऑपरेटरों निनेक्स और अमेरिटेक द्वारा शामिल किया गया था। बाद में मोटोरोला और AT&T (अब ल्यूसेंट) के रूप में टीम का विस्तार किया गया ताकि विकास में तेजी लाने के लिए अपने संसाधनों को शामिल किया जा सके।

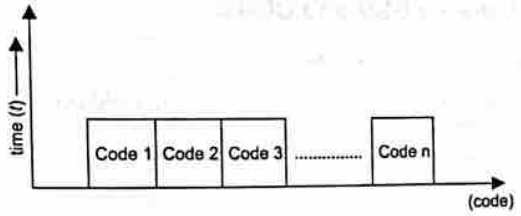
परिणामस्वरूप यह 1990 में CDMA के लिए एक स्पेसिफिकेशन लिखना शुरू करना संभव हुआ। Cellular Telecommunications Industry Association (CTIA) और Telecommunications Industry Association (TIA) के समर्थन से एक स्टैंडर्ड ग्रुप स्थापित किया गया था। इस समूह ने तब IS-95 के रूप में पहली CDMA सिस्टम के लिए स्टैंडर्ड प्रकाशित किया, जिसके परिणामस्वरूप 1995 में IS-95-A का औपचारिक प्रकाशन हुआ। पहली CDMA सिस्टम सितंबर 1995 में हचिसन टेलिफोन कंपनी लिमिटेड द्वारा कोरिया में और एसके टेलीकॉम द्वारा संयुक्त राज्य अमेरिका में नेटवर्क के साथ जल्द ही शुरू की गई थी।

यह केवल एक सैल्युलर टेलीकम्युनिकेशन सिस्टम थी, हालांकि यह पहली थी। इसका विकास स्टैंडर्ड के CDMA 2000 श्रृंखला पर हुआ। CDMA2000 के साथ CDMA का उपयोग बन्द नहीं हुआ क्योंकि यह GSM स्टैंडर्ड को विकसित करने के लिए आवश्यक हो गया है ताकि यह डेटा ले जा सके और स्पेक्ट्रम उपयोग दक्षता के संदर्भ में महत्वपूर्ण सुधार प्रदान कर सके। तदनुसार, CDMA, वाइडबैंड CDMA (WCDMA) के रूप में इस स्टैंडर्ड के लिए अपनाया गया था।

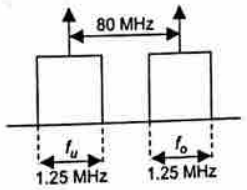
5.2.2 CDMA Channel

CDMA संचार प्रणाली में प्रचलित सभी ट्रांसमीटरों में प्रत्येक को एक निश्चित PN Code निर्धारित करना आवश्यक होता है, जैसाकि Mobile संचार प्रणाली में किया जाता है। परन्तु एक ट्रांसमीटर का PN code केवल उसके रिसीवर (ओ) को ही प्रदान किया जाता है जिससे कि केवल वही रिसीवर (ओं) द्वारा इस ट्रांसमीटर द्वारा भेजी गई सूचना को डिटेक्ट किया जा सके।

With 3 bits frequency (f) code → We can make only $2^3 = (8)$ channels with three digit code such as 000,001, 111



CDMA Frame Structure



CDMA Channel Structure

CDMA संचार प्रणाली में एक रिसीवर के लिए इसके लिए प्रेषित सिग्नल के अतिरिक्त अन्य सभी प्रेषित संकेत एक शोर के समान ही होते हैं। CDMA प्रणाली में यह अधिक वांछनीय है कि एक रिसीवर पर प्राप्त सभी सिग्नलों की शक्ति समान हो। वास्तव में व्यावहारिक रूप में बिना तार के फोनों के कारण यह सदैव सम्भव नहीं होता है। परन्तु जहाँ यह सम्भव हो तो ट्रांसमीटर पॉवर स्तर के बन्द नियंत्रण (close control) में अति अधिक लाभ प्राप्त होता है।

अत: CDMA को संक्षेप में निम्न प्रकार परिभाषित कर सकते हैं— CDMA वह संचार प्रणाली है जो कि बहुत से उपभोक्ताओं को भिन्न-भिन्न कृत्रिम बेतरतीब शोर कोडों तथा एक स्प्रेड-स्पेक्ट्रम मॉडुलेशन प्रणाली के साथ सूचना सिग्नलों को प्रेषित करने के लिए एक पूर्ण चौड़े (wide) बैण्ड को प्रयोग करने की अनुमति प्रदान करती है।

CDMA प्रणाली यूनाइटेड स्टेट (US) के क्वालकॉम द्वारा विकसित की गयी थी तथा इसका मानवीकरण IS 95 के रूप में कियस गया। CDMA स्प्रेड-स्प्रैक्ट्रम तकनीकी पर आधारित वायु माध्यम द्वारा परस्पर संयोजित वाली मल्टीपल एक्सैस प्रणाली है। CDMA प्रणाली AMPS, GSM इत्यादि से बिल्कुल अलग है परन्तु इसका नियन्त्रण (control) एवं संदेश संरचना, GMS के लगभग समान ही है।

यदि प्रत्येक मोबाइल फोन को अलग-अलग 'n' bits का कोड प्रदान किया जाए तो कुल 2^n मोबाइल फोनों को कोड प्रदान किये जा सकते हैं। अत: मोबाइल फोनों में परस्पर अन्तर करने के लिए प्रत्येक मोबाइल को एक विशिष्ट कोड आवंटित किया जाता है। यह unique code संख्याओं का एक क्रम होता है, जिसे चिप कहते हैं। इस क्रम संख्या को उत्पन्न करने के लिए वाल्श कोड का प्रयोग किया जाता है। CDMA-800 में अपलिंक आवृत्ति बैण्ड-विड्थ 824-849 MHz तथा डाउनलिंक बैण्ड-विड्थ 869-894 MHz होती है। अत: एक सैल के अपलिंक एवं डाउनलिंक में आवृत्ति अन्तर 45 MHz का होता है। इसी प्रकार CDMA-1900 band में अपलिंक आवृत्ति बैण्ड-विड्थ 1850-1910 MHz एवं डाउनलिंक चैनलों के मध्य आवृत्ति अन्तर 80 MHz का रहता है। चूँकि इसे प्राय: PCSs (Personal Communication System) में प्रयोग किया जाता है। इसलिए इसे CDMA-1900 MHz PCS band भी कहते हैं। CDMA में चैनल की बैण्ड-विड्थ 1.25 MHz होती है। CDMA में ऑडियो सिग्नल को सर्वप्रथम वोकोडर द्वारा अधिकतम 9.6 kb/s (अर्थात् 9.6 kHz) के डिजिटल सिग्नल में परिवर्तित किया जाता है। इसके पश्चात् इसमें PN कोड एवं वाल्श कोड को जोड़कर 1.2288 Mb/s (अर्थात् लगभग 1.25 MHz) की समस्त बैण्ड-विड्थ पर स्प्रैड कर दिया जाता है। अत: स्प्रैडिंग का अर्थ है कि प्रणाली के एक सैल में Walsh code, जिसकी दर 1.2288 Mb/s होती है पर डाटा विड्थ एवं PN कोड (जिस मोबाइल फोन के लिए कॉल की गई है उसका PN code सप्लाई किये जाते हैं। अब उचित रिसीवर द्वारा उपयुक्त PN कोड एवं एक कोरिलेटर प्रयुक्त कर वास्तविक डाटा 9.6 kb/s पर प्राप्त होता है जो एक ऑडियो सिग्नल होता है।

5.2.3 Comparison between GSM and CDMA

S.No.	Parameter	GSM	CDMA
	Full Form	Global System for Mobile Communication	Code Division Multiple Access
1.	Basic	GSM is SIM (Subscriber Identity Module) Specific	CDMA is Handset specific. It uses ESNs (Electronic Serial Numbers)
2.	Technology	FDMA (Frequency division multiple access) and TDMA (Time division multiple access)	CDMA (code division multiple access)
3.	Network	Network Tower in each cell serves the mobile phone of that area.	There are a physical channel and a dedicated code for each device in the network.
4.	Transmission	Voice and data transmission at the same time.	Can not do voice and data transmission simultaneously.
5.	Roaming	Worldwide	Limited
6.	Data Rate	Slower 42 Mbps in HSPA (3G)	Faster 3.6 Mbps in CDMA.
7.	Availability	GSM is globally widely used and available	CDMA is available in fewer countries and carriers.
8.	Features	GSM supports transmitting data and voice both at once.	CDMA does not support this feature.
9.	Customer Information	Stores in a SIM card.	Stored in a headset or phone.
10.	Security	It offers less secured communication.	Comparatively more secured communication is offered by it.
11.	Signal detection	Easy	Quite difficult
12.	Encryption	Signal must be additionally encrypted as no built-in encryption exist.	It offers automatic encryption to the signal. Thus no additional encryption is required.
13.	Global use	More (80% WORLDWIDE)	Comparatively less.
	Flexibility	It offers more flexibility.	Comparitively less flexibility is offered by CDMA system.
	Radiation emission	More (release continuous-wave pulses)	Less (do not release continuous-wave pulses)

5.2.4 CDMA Technology के Features

CDMA technology के features निम्नलिखित हैं—

- CDMA एक प्रकार की multiplexing है जो बहुत से signals को एक single transmission को occupy करने की अनुमति प्रदान करती है। ये bandwidth को संपूर्ण रूप से प्रयोग करने की क्षमता में वृद्धि करती है।
- इस technique को spread spectrum technique भी कहा जाता है जोकि बहुत सारे users को एक साथ समान time और frequency में एक fixed space, band occupy करने की अनुमति प्रदान करती है।
- सुरक्षा को प्राथमिकता देते हुए Pseudo-random digital sequence की सहायता से वार्तालाप को encode किया जाता है।
- इस तकनीक का प्रयोग Ultra-high frequency (UHF) cellular telephone system में होता है, जहाँ band की रेंज 800 MHz से 1.9 GHz तक होती है।
- यहाँ Direct Sequence Spread Spectrum Modulation (DS-CDMA) Frequency Hopping or Mixed CDMA detection तकनीक का प्रयोग किया जाता है।
- Spreading Code तकनीक का प्रयोग करके यहाँ जब signal generate होता है तो वह पूर्ण bandwidth पर extend होता है।
- इसमें Code के group का प्रयोग किया जाता है जो एक-दूसरे से Orthogonal होते हैं। यह संभव है कि हम एक signal जिसका कि एक constant कोड हो, दूसरे Orthogonal Codes के भीतर उसे पहचाना जा सकता है।

5.2.5 CDMA के मुख्य अभिलक्षण

- इसमें अति उपयोगी तकनीकी स्प्रैड स्प्रैक्ट्रम का उपयोग किया जाता है।
- यह एक अधिक गुणकारी एवं उन्नतिशील तकनीक है।
- इसमें आवृत्ति पुन: प्रयोग पैटर्न की आवश्यकता नहीं है।
- इसमें उपभोक्ताओं की संख्या में सरलता से वृद्धि की जा सकती है।
- यह जैमरोधी है अर्थात् जब तक PN कोड का पता न हो इसे कोड करना सम्भव नहीं अर्थात् PN कोड वाले रिसीवर के अतिरिक्त अन्य के लिए यह इन्टरफीरेन्स सिग्नल के समान ही है, अत: यह एक अति सुरक्षायुक्त संचार प्रणाली है।
- इस प्रणाली के कवरेज क्षेत्र में परिवर्तन करना सरल है।
- CDMA नेटवर्क को अधिक सिग्नल डाटा दर प्राप्त होती है।
- इसमें रखरखाव एवं प्रचलन लागत कम लगती है।
- इसमें प्रयोग किये जाने वाले मोबाइल फोन हल्के एवं सस्ते होते हैं।
- इसकी सर्विस में अति कम अवरोध उत्पन्न होते हैं।
- इसमें FDMA एवं TDMA प्रणालियों की अपेक्षा अधिक क्षमता होती है।
- CDMA में चैनल की विड्थ 1.25 MHz होती है तथा CDMA-800 MHz में अपलिंक चैनल एवं डाउनलिंक चैनल के मध्य आवृत्ति-पृथक्करण 45 MHz होता है तथा CDMA-1900 MHz प्रणाली में यह आवृत्ति सैपरेशन 80 MHz का होता है।
- एक उपभोक्ता एवं किसी अन्य मोबाइल फोन में अन्तर करने के लिए प्रत्येक वॉयस सिग्नल के साथ एक विशिष्ट कोड को सम्मिलित किया जाता है।

5.3. जीपीएस (Global Positioning System; GPS)

जीपीएस एक अंतरिक्ष-आधारित उपग्रह नेविगेशन प्रणाली है जो कि सभी मौसम की स्थिति में स्थान और समय की जानकारी प्रदान करता है। फिर चाहे वह धरती के किसी भी जगह में क्यों न स्थित हो।

यह प्रणाली सम्पूर्ण विश्व के सैन्य, नागरिक और वाणिज्यिक उपयोगकर्ता को महत्त्वपूर्ण क्षमता प्रदान करती है। यह GPS एक ऐसी satellite-based navigation system होती है जो 24 satellites के network समूह से बनी हो जिन्हें कि धरती के orbit में रखा गया है। U.S. Department of Defense के द्वारा GPS को मुख्य रूप से Military application में प्रयोग करने के लिए बनाया गया था, लेकिन सन् 1980s में, सरकार ने इस system को आम लोगों के उपयोग के लिए उपलब्ध करवा दिया। GPS किसी भी मौसम में काम कर सकता है, वह भी दुनिया के किसी भी जगह में, दिन के 24 घंटे तक, GPS के प्रयोग हेतु किसी भी प्रकार की subscription fees या setup charges का भुगतान करने की आवश्यकता नहीं होती है।

जीपीएस का इतिहास (History of GPS)

GPS की उत्पत्ति सोवियत कृत्रिम सैटेलाइट के युग में हुई थी। जब साइंटिस्ट्स सैटेलाइट के ट्रैक के साथ अपने रेडियो सिग्नल का ट्रैक करने में सक्षम थे, जिसे "डॉपलर इफेक्ट" कहा जाता है। संयुक्त राज्य अमेरिका ने नेवी मिसाइलों को ले जाने वाली अमेरिकी पनडुब्बियों को ट्रैक करने के लिए 1960 के दशक के मध्य में सैटेलाइट नेविगेशन का प्रयोग किया। ध्रुवों की परिक्रमा करते हुए छह सैटेलाइट के साथ, पनडुब्बियाँ डॉपलर में सैटेलाइट परिवर्तनों को देखने में सक्षम थी और कुछ मिनट के भीतर पनडुब्बी के लोकेशन को point करती थी।

1970 की शुरुआत में, Department of Defence (DoD) एक मजबूत, स्थिर सैटेलाइट नेविगेशन सिस्टम को सुनिश्चित करना चाहता था। नौसेना साइंटिस्ट्स के विचारों से प्रेरित, DoD ने अपने प्रस्तावित नेविगेशन सिस्टम को सपोर्ट करने के लिए उपग्रहों का उपयोग करने का निर्णय लिया। DoD ने इसके बाद 1978 में Timing and Ranging

(NAVSTAR) सैटेलाइट के साथ अपना पहला नेविगेशन सिस्टम लॉन्च किया। 24 उपग्रह सिस्टम 1993 में पूरी तरह से संचालित हो गया।

आज, GPS एक बहु-उपयोग, स्पेस-आधारित रेडियो नेविगेशन सिस्टम है जो यूएस सरकार के स्वामित्व में है और संयुक्त राज्य अमेरिका वायु सेना द्वारा संचालित है।

वर्तमान में GPS सर्विस के दो लेवल हैं—Standard Positioning Service (SPS) जो L1 फ्रीक्वेंसी पर coarse acquisition (C/A) कोड का उपयोग करती है और Precise Positioning Service (PPS) जो L1 और L2 दोनों फ्रीक्वेंसी का उपयोग करती है। PPS का एक्सेस यूएस आर्म्ड फोर्स, यूएस फेडरल एजेंसीज और सिलेक्टेड आर्म्ड फोर्स और गर्वनमेंट के लिए प्रतिबंधित है, जबकि SPS विश्वव्यापी आधार पर उपलब्ध है।

5.3.1 GPS Basic Structure

जीपीएस तीन सेंगमेंट से मिलकर बना होता है—

1. Space segment
2. Control segment
3. User segment

1. Space Segment

इस सेंगमेंट के अंतर्गत अंतरिक्ष में स्थित satellite के समूह को परिभाषित किया जाता है जो orbits में धरती के चारों ओर लगभग 20,000 km के altitude पर (चार GPS satellites per one orbit) पर परिक्रमा करती है (एक ऑर्बिट में चार जीपीएस सैटेलाइट्स) और 12 घंटे के अंतराल पर पृथ्वी के चारों ओर घूमते हैं। Solar cells द्वारा संचालित उपग्रह निरंतर सूर्य और पृथ्वी की ओर अपने एंटीना और सौर पैनलों को इंगित करने के लिए खुद को उन्मुख करते हैं।

2. Control Segment

ग्राउंड कंट्रोल स्टेशन सैटेलाइट्स ऑर्बिट को मॉनिटर, कंट्रोल और मेंटेन करने की भूमिका निभाते हैं, जिससे यह सुनिश्चित किया जा सके कि ऑर्बिट से सैटेलाईट्स के विचलन और साथ-साथ जीपीएस टाइमिंग टॉलरेंस लेवल के भीतर है।

जीपीएस के नियंत्रण खंड में तीन घटक होते हैं—

(i) Master Control Station
(ii) Monitor Stations
(iii) Ground Antennas

(i) Master Control Station : मास्टर कंट्रोल स्टेशन रिमोट कंट्रोल और ट्रांसमिशन साइटों के समग्र प्रबंधन के लिए उत्तरदायी होता है। जीपीएस पंचांगों (ephemeris) में गणना की गई स्थितियाँ, वेगों और व्युत्पन्न सही उद्गमों और विशिष्ट समय पर जीपीएस उपग्रहों की घोषणा का सारणीकरण होने के कारण, "स्थिति" (position) को "पंचांग" (ephemeris) में बदल दिया जाता है क्योंकि मास्टर नियंत्रण स्टेशन न केवल स्थिति की गणना करता है, बल्कि वेग सही उद्गम (ascension) और घटता पैरामीटर (declination parameters) भी जीपीएस उपग्रहों के लिए अपलोड करता है।

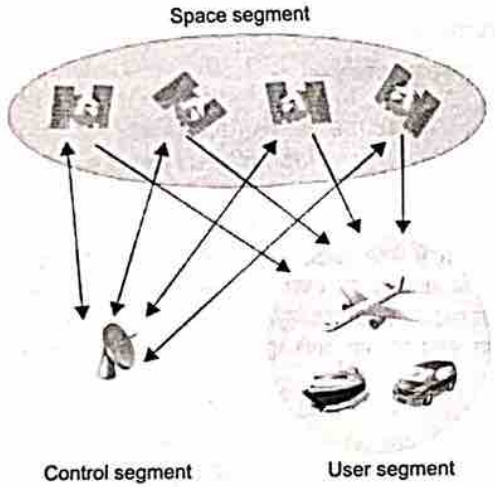
(ii) Monitor Stations : प्रत्येक मॉनिटर स्टेशन परिक्रमा उपग्रहों की सटीक ऊँचाई, स्थिति, गति और समग्र स्वास्थ्य की जाँच करता है। नियंत्रण खंड प्रत्येक उपग्रह की कक्षा और clock के व्यवहार की भविष्यवाणी करने के लिए मॉनिटर स्टेशनों द्वारा एकत्र किए गए माप का उपयोग करता है। उपयोगकर्ताओं को वापस प्रसारण के लिए उपग्रहों से prediction डेटा up-linked या संचारित होता है। नियंत्रण खंड यह भी सुनिश्चित करता है कि जीपीएस उपग्रह कक्षाओं और घड़ियों स्वीकार्य सीमा के भीतर रहे। एक स्टेशन एक बार में 11 उपग्रहों को ट्रैक कर सकता है। यह "चैक-अप" प्रत्येक स्टेशन द्वारा दिन में दो बार किया जाता है, क्योंकि उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर अपनी यात्रा

12 घंटे में पूरी करते हैं। उल्लेखनीय विविधताएँ जैसे कि चंद्रमा, सूर्य के गुरुत्वाकर्षण और सौर विकिरण के दबाव के कारण मास्टर कंट्रोल स्टेशन के साथ पारित की जाती है।

(iii) Ground Antennas : ग्राउंड एंटेना निगरानी और उपग्रहों को क्षितिज से क्षितिज तक ट्रैक करता है। वे व्यक्तिगत उपग्रहों में सुधार जानकारी भी प्रसारित करते हैं।

3. User Segment

User Segment को GPS receivers भी कहते हैं। इनका कार्य satellites के द्वारा भेजी गयी signals को receive करना होता है। इसलिए इन्हें GPS Receivers भी कहा जाता है।



1-2 Three elements of GPS

5.3.2 जीपीएस के उपयोग (Applications of GPS)

1. Emergency Response : GPS emergency या प्राकृतिक विपदा में सहायक भूमिका निभाता है। GPS मौसम की mapping और predicting करने में सहायक होता है। इसकी मदद से emergency personnel के ऊपर नजर रखी जा सकती है उनकी safety सुनिश्चित की जा सकती है।।

2. Entertainment : GPS का प्रयोग अनेक activities और games जैसे कि Pokemon Go और Geocaching में किया जाता है।

3. Health और Fitness Technology में : अनेक Fitness activity को track करने के लिए smartwatches औरwearable technology का प्रयोग किया जाता है। (जैसे कि कितने miles आपने run किया)

4. Construction : इसका इस्तेमाल locating equipment में किया जाता है, जिससे कि measuring और improving asset allocation को बेहतर किया जा सके। (GPS tracking से)

5. Transportation : Logistics companies भी अपनी driver productivity और safety को इम्प्रूव करने के लिए telematics systems को implement करती है। कृषि, autonomous vehicles, sales और services, military, mobile communications, security, drones और fishing industries में GPS का प्रयोग किया जाता है।

6. Locating Positions : GPS से किसी लोकेशन को ट्रैक करना इसका मुख्य और सबसे आम उपयोग है। मान लीजिए कि आप लंबी यात्रा कर रहे हैं और आप रास्ता भूल जाते हैं तो जीपीएस आपको लोकेशन को ढूँढने में सहायता करता है।

7. Emergency Road Side Support : यदि आप किसी दुर्घटना या इमरजेंसी का सामना करते हैं और तत्काल सहायता की आवश्यकता होती है तो आप अपने स्मार्टफोन पर प्रि-प्रोग्राम्ड इमरजेंसी नंबर पर कॉल कर सकते हैं। लोकेशन के डिटेल्स दिए बिना भी, आपातकालीन दल आपके वर्तमान लोकेशन का पता लगाने में सक्षम होते हैं।

8. Preventing Car Theft : GPS ट्रैकर एक उत्कृष्ट एंटी-थेफ्ट डिवाइस है। आपकी गाड़ी पर GPS ट्रैकिंग डिवाइस को लगाने से आप अपनी कार चोरी हो जाने पर उसे ढूंढ़ सकते हैं।

9. Mapping and Surveying : मैपिंग और सर्वेक्षण प्रोजेक्ट में GPS का भी उपयोग किया जा सकता है। सर्वेक्षण में GPS का इस्तेमाल कंपनियों का समय और लागत को बचाता है। यह राजमार्गों, बिजली लाइनों, फसलों, मिट्टी के प्रकार, नदियों आदि के मैपिंग प्रोजेक्ट में प्रयोग किया जा सकता है।

10. Tracking : अपराधियों का पीछा करने में पुलिस और जांचकर्ताओं द्वारा भी जीपीएस का उपयोग किया जा सकता है।

11. Locating Your Pets : आपका पालतू जानवर गायब या चोरी हो जाने पर उन पर आप GPS ट्रैकिंग डिवाइस लगाकर उन्हें ट्रैक कर सकते हैं।

12. Keeping Watch On Elderly People : ट्रैकिंग डिवाइस आपको परिवार के विशेष सदस्य या बुजुर्ग की देखभाल करने में मदद कर सकता है। वे कभी-कभी अकेले घूमते हैं और फिर उन्हें घर वापस जाने में कठिनाई होती है। कुछ स्वास्थ्य सुविधा देने वाली संस्थाएँ अपने मरीजों की देखभाल के लिए इनका उपयोग करती हैं। इन GPS ट्रैकिंग डिवाइस में एक बटन होता है जिसे दबाने पर, बुजुर्ग तक तुरंत चिकित्सा सहायता पहुँचाने के लिए या आपातकालीन कॉल करने के लिए इस्तेमाल किया जाता है।

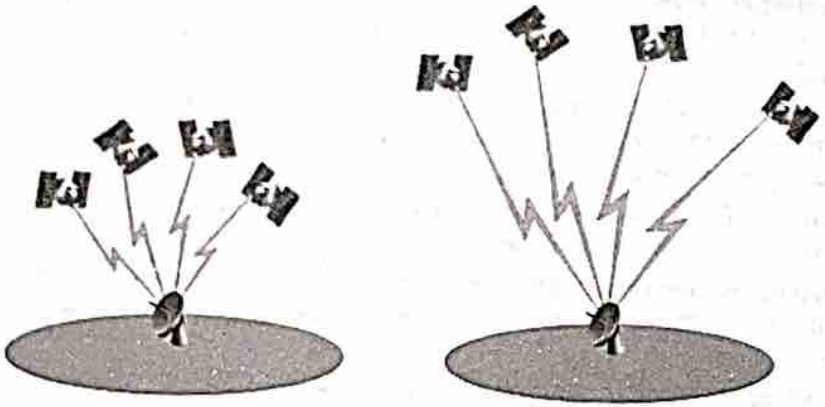
13. MINIG : जीपीएस ट्रैकिंग सिस्टम खनन में भी उपयोगी है। डिवाइस की सहायता से पृथ्वी की सतह के विभिन्न परतों में खनिजों को ट्रैक करते हैं।

14. Securing Artworks : पेंटिंग और अन्य कलाकृतियों की कीमत सैकड़ों या लाखों के बराबर होती है। कोई आश्चर्य नहीं कि उन्हें निवेश कहा जाता है। इनमें से अधिकतर मालिकों को नुकसान से बचाने के लिए बीमा किया जाता है क्योंकि ऐसी महँगी वस्तुऐं अक्सर चोरों के लक्ष्य होते हैं। सुरक्षा की एक अतिरिक्त लेयर के रूप में, इन कलाकृतियों पर एक छोटे ट्रैकिंग डिवाइस भी लगाते हैं ताकि वे चोरों का पता लगा सकें और अपना "निवेश" वापस पा सकें।

15. Hiking And Backpacking : टोपो मैप्स आमतौर पर ट्रिप की योजना बनाते समय उपयोग किए जाते हैं। GPS डिवाइस का उपयोग शिविर साइट, रन, रेस्ट पॉइंट और अन्य महत्वपूर्ण लोकेशन को खोजने के लिए किया जाता है। यह अन्य हाइकर्स का पता लगाने के लिए भी उपयोग किया जाता है।

5.3.2 DOP (Dilution of Precision)

डीओपी एक value है जो जीपीएस पोजिशनिंग सटीकता की degradation की डिग्री दिखाता है। यह value जितनी छोटी होती है, स्थिति सटीकता उतनी ही अधिक होती है। यह मान स्थिति के लिए ट्रैक किए गए GPS उपग्रहों की स्थिति पर निर्भर करता है। यदि ट्रैक किए गए उपग्रह पृथ्वी पर समान रूप से फैलते हैं, तो स्थिति सटीकता अधिक हो जाती है और यदि ट्रैक किए गए उपग्रहों के स्थान विषम हैं, तो स्थिति सटीकता कम हो जाती है।

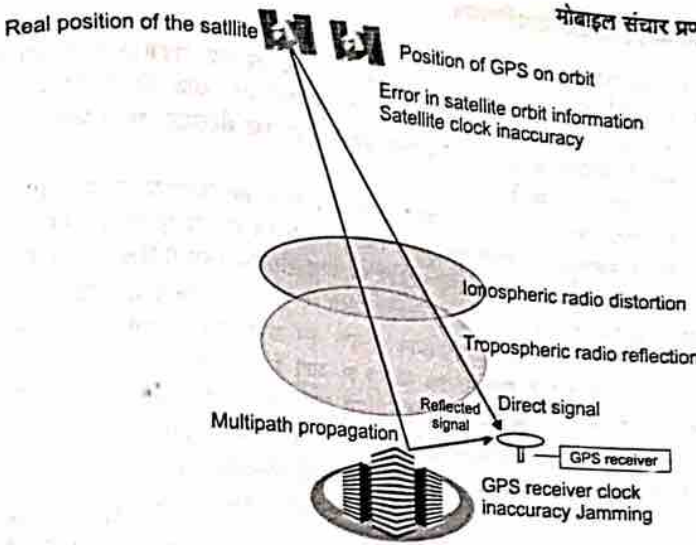


DOP value is smaller

DOP value greater

5.3.4 GPS position errors

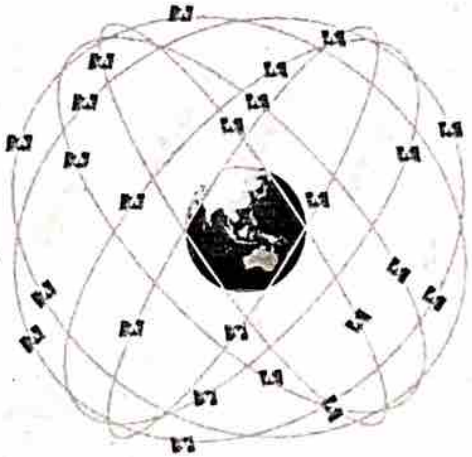
- **Ionosphere and Troposphere Delays :** थर्मोस्फेयर और एक्सोस्फेयर के बीच आयनमंडल ऊपरी वायुमंडल का एक हिस्सा है। जब जीपीएस सिग्नल इस परत से गुजरते हैं तो जीपीएस सिग्नल का प्रसार वेग धीमा हो जाता है, जिससे प्रसार त्रुटि (propagation error) उत्पन्न होती है। आयनमंडल और ट्रोपोस्फीयर देरी के कारण सैटेलाइट सिग्नल धीमा हो जाता है क्योंकि वे वायुमंडल से गुजरते हैं। जीपीएस सिस्टम इस प्रकार की त्रुटि का आंशिक रूप से सही करने के लिए एक अंतर्निहित मॉडल का उपयोग करता है।
- **Troposphere :** Troposphere पृथ्वी के वायुमंडल का सबसे निचला हिस्सा है। इसके भीतर उपस्थित शुष्क वातावरण और जल वाष्प के कारण रेडियो प्रतिबिंब उत्पन्न होता है जो जीपीएस स्थिति त्रुटि का कारण बनता है।
- **Multipath propagation :** जीपीएस सिग्नल जमीन, संरचनाओं और कई अन्य वस्तुओं से टकराता है तो परावर्तित नहीं होता जाता है। इस घटना को बहुपथ प्रसार (multipath propagation) कहा जाता है, जो जीपीएस स्थिति त्रुटियों के कारणों में से एक है।
- **Signal multipath :** जीपीएस सिंग्नल रिसीवर तक पहुँचने से पहले ऊँची इमारतों या बड़ी चट्टान सतहों जैसी वस्तुओं को प्रतिबिंबित कर सकता है, जो सिग्नल की यात्रा के समय में वृद्धि कर सकती है और त्रुटि का कारण बनती है।
- **Receiver Clock Errors :** एक रिसीवर की अंतर्निहित (built-in) clock में थोड़ी समय की त्रुटियाँ हो सकती हैं, क्योंकि यह जीपीएस उपग्रहों पर atomic clocks की तुलना में कम सटीक होती है।
- **Orbital errors कक्षीय त्रुटियाँ**–उपग्रह का सूचित स्थान सटीक नहीं हो सकता है।
- **Number of satellites visible :** जीपीएस system में जितने अधिक उपग्रह होंगे जीपीएस receiver की सटीकता उतनी अधिक होगी। जब कोई सिग्नल अवरुद्ध होता है तो आपको स्थिति त्रुटियाँ मिल सकती हैं या संभवत: कोई स्थिति पढ़ना सम्भव नहीं होता। जीपीएस इकाइयाँ आमतौर पर पानी के नीचे या भूमिगत काम नहीं कर सकती, लेकिन नई उच्च संवेदनशीलता वाले रिसीवर इमारतों के अंदर या पेड़ के नीचे कुछ संकेतों को ट्रैक करने में सक्षम होते हैं।
- **Satellite geometry/shading :** उपग्रह संकेत तब अधिक प्रभावी होते हैं जब उपग्रह एक-दूसरे के सापेक्ष व्यापक कोण पर स्थित होते हैं, बजाय एक पंक्ति या तंग समूह के स्थान पर।



GPS position error

5.3.5 GPS की कार्यप्रणाली

GPS प्रणाली में स्प्रैड स्पैक्ट्रम तकनीक का उपयोग किया जाता है। GPS रिसीवर, सैटेलाइट के एक समूह से अपनी दूरी माप कर ऑपरेट होता है जो रैफरन्स बिन्दुओं का कार्य करते हैं। GPS सिस्टम में 24 सैटेलाइट होती हैं। अत: पृथ्वी के किसी भी स्थान से सदैव चार से अधिक सैटेलाइट दिखायी देती है। ये 24 सैटेलाइट 6 कक्षीय तलों में पृथ्वी से 22400 km दूरी पर स्थित किये जाते हैं। कक्ष की यह स्थिति MEO सैटेलाइट की ऊँचाई से अधिक है। प्रत्येक सैटेलाइट 12 घण्टे में पृथ्वी की परिक्रमा करती है। सैटेलाइटों की निरंतर मॉनिटरिंग की जाती है जिसके लिए

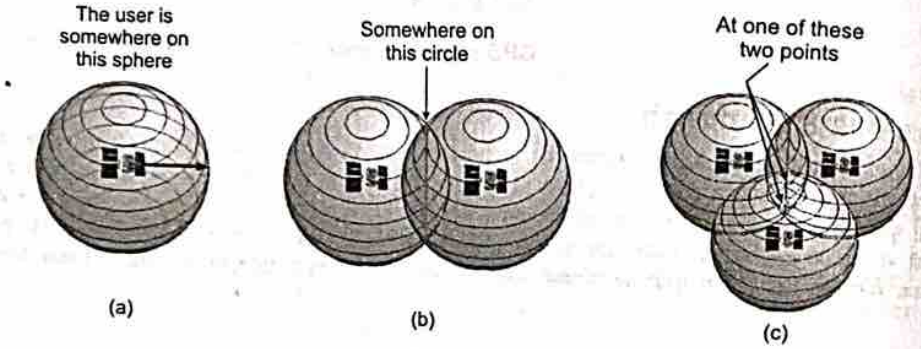


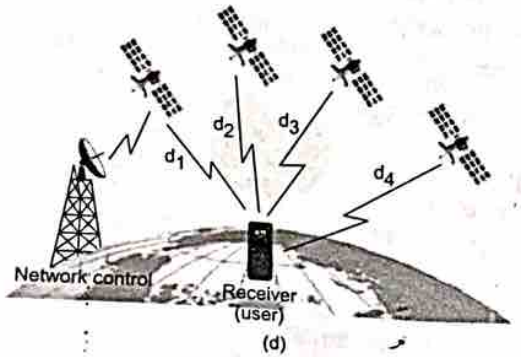
Orbit of GPS satellites

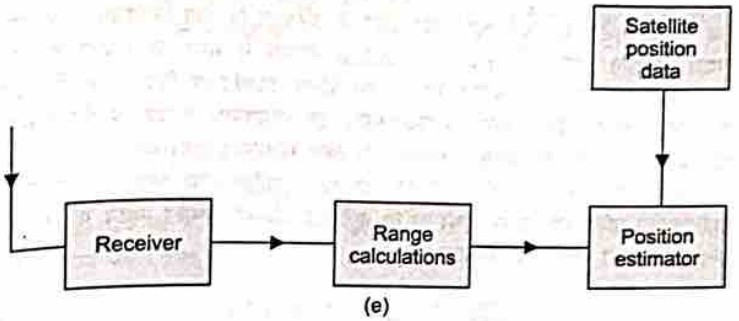
प्रत्येक सैटेलाइट में उच्च सत्यता की परमाणुविक घड़ियाँ होती हैं तथा उनका सिन्क्रोनाइजेशन इस प्रकार होता है कि एक समय पर एक ही PN कोड जनरेट करती है। सैटेलाइट इस PN कोड को तथा अपनी लोकेशन एवं समय की सूचना निरन्तर ट्रांसमिट करते रहते हैं। पृथ्वी पर एक GPS रिसीवर भी इसी PN कोड को जेनरेट करता है। यद्यपि यह सैटेलाइट के PN कोड से सिन्क्रोनिज्म में नहीं होता। सामान्यतः रिसीवर तथा सैटेलाइट द्वारा जेनरेट हुए PN कोड्स में समय अन्तर को टाइमिंग बायस (α) कहते हैं।

माना प्रारम्भ में टाइमिंग बायस $\alpha = 0$ है। रिसीवर अपने PN कोड तथा सैटेलाइट से प्राप्त PN कोड्स के मध्य टाइम डिले का मापन कर सैटेलाइट से अपनी दूरी d की गणना कर सकता है। इस सूचना के अनुसार, d अर्द्धव्यास के उस गोले पर कहीं भी हो सकता है जिसका केन्द्र सैटेलाइट लोकेशन पर हो। जैसा चित्र में दिखाया गया है।

तीन सैटेलाइट्स के एक साथ मापन करने पर रिसीवर तीन गोलों पर हो सकता है जिनके केन्द्र सैटेलाइट्स की तीन ज्ञात लोकेशन पर होते हैं। दो गोलों के प्रतिच्छेदन से एक वृत्त प्राप्त होता है तथा इस वृत्त का तीसरे गोले से प्रतिच्छेदन पर रिसीवर की लोकेशन दो बिन्दुओं तक सीमित हो जाती है। इन दोनों में से एक बिन्दु सही लोकेशन है। यह बिन्दु कौन-सा है? भाग्यवश इनमें से एक बिन्दु विचित्र एवं असम्भव से उत्तर प्रदान करता है। त्रुटिपूर्ण बिन्दु पृथ्वी पर नहीं हो सकता है अथवा यह रिसीवर का अति उच्च वेग दर्शा सकता है जो असम्भव है। GPS रिसीवर में स्थित कम्प्यूटर में त्रुटिपूर्ण एवं सही बिन्दु में अन्तर करने की अनेक तकनीकियाँ होती हैं।







(a) एक सैटेलाइट प्रयुक्त कर रिसीवर लोकेशन का मापन
(b) दो सैटेलाइट प्रयुक्त कर रिसीवर लोकेशन का मापन
(c) तीन सैटेलाइट प्रयुक्त कर रिसीवर लोकेशन का मापन
(d) चार सैटेलाइट का एक ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम
(e) एक GPS रिसीवर का ब्लॉक डायग्राम

वास्तव में टाइमिंग शून्य नहीं होता। इस समस्या को हल करने के लिए एक अन्य चतुर्थ सैटेलाइट से दूरी मापन आवश्यक है। यूजर अपनी स्थिति में चार सैटेलाइटों से सिग्नल रिसीव कर निर्धारित करता है। इस प्रक्रिया में चार अज्ञात राशियाँ होती हैं—यूजर के त्रिविमीय स्पेस में निर्देशांक तथा यूजर के रिसीवर में टाइमिंग बायस। इन चार अज्ञात को चार सैटेलाइट की चार रेंज समीकरणों को प्रयुक्त कर ज्ञात किया जा सकता है।

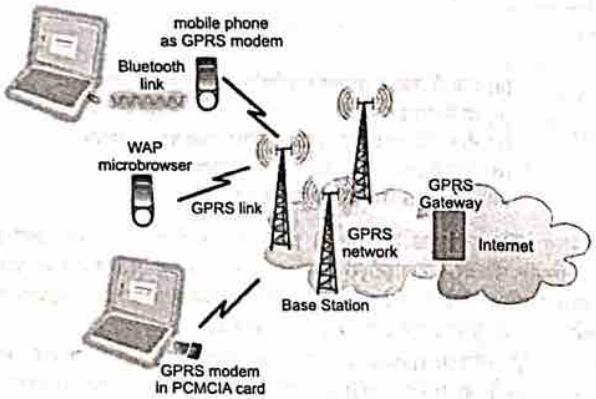
चूँकि डिजीटल सिग्नल स्प्रैड स्पैक्ट्रम (DS/SS) सिग्नलों की बहुत छोटी पल्सो का एक क्रम होता है। अतः उनके आने के यथार्थता के साथ ज्ञात किये जा सकते है। GPS प्रणाली से 10 मीटर तक की एक्यूरेसी प्राप्त की जा सकती है जबकि डिफ्रेन्शियल GPS द्वारा cm तक की एक्यूरेसी प्राप्त है। इस विधि में हम एक ऐसी लोकेशन का उपयोग करते है जिसकी पोजिशन ठीक ज्ञात होती है। इस पोजिशन के निर्देशांक तथा GPS रिसीवर द्वारा पढ़े गये इस लोकेशन के निर्देशांक की तुलना कर GPS प्रणाली की बायस ज्ञात होती है जिसका प्रयोग कर अन्य लोकेशन्स के GPS द्वारा मापन की त्रुटियों को ठीक किया जा सकता है। यह तथ्य इस बात पर आधारित है कि सैटेलाइट्स को इतनी अधिक ऊँचाई पर स्थित किया जाता है कि एक रिसीवर तथा मापी गयी त्रुटियाँ, उसी क्षेत्र में अन्य रिसीवर द्वारा मापी गयी त्रुटियों के ठीक समान होती हैं। डिफ्रैन्शियल GPS का उपयोग सर्वे में, पेट्रोल पाइप लाइनों को बिछाने में, एवियेशन प्रणालियों में, मैरीन नेविगेशन, भूगर्भ केबिलों से लेकर पॉवर पोल्स आदि तक अनेक प्रकार के नक्शे आदि बनाने में किया जाता है।

5.4. GPRS (General Packet Radio Service)

जीपीआरएस जनरल पैकेट रेडियो सिस्टम का संक्षिप्त रूप है जो इंटरनेट एक्सेस की दिशा में third generation की ओर कदम बढ़ाता है। जीपीआरएस को जीएसएम-आईपी के रूप में भी जाना जाता है जो एक ग्लोबल-सिस्टम मोबाइल कम्युनिकेशंस इंटरनेट प्रोटोकॉल है क्योंकि यह इस प्रणाली के उपयोगकर्ताओं को ऑनलाइन रखता है, वॉयस कॉल करने की अनुमति देता है, और इंटरनेट का उपयोग करता है। टाइम डिवीजन मल्टीपल एक्सेस (टीडीएमए) उपयोगकर्ता भी इस प्रणाली से लाभ ले सकतें हैं क्योंकि यह पैकेट रेडियो एक्सेस प्रदान करता है।

जीपीआरएस नेटवर्क ऑपरेटरों को एकीकृत वॉयस और डेटा अनुप्रयोगों के लिए इंटरनेट प्रोटोकॉल (आईपी) आधारित कोर आर्किटेक्चर को निष्पादित करने की अनुमति देता है जो 3 जी सेवाओं के लिए उपयोग और विस्तारित हो रहे हैं। जीपीआरएस वायर्ड कनेक्शनों को सुपरकोड करता है, क्योंकि इस प्रणाली ने इंटरनेट जैसे पैकेट डेटा नेटवर्क तक पहुंच को सरल बना दिया है। पैकेट रेडियो सिद्धांत को GPRS द्वारा जीएसएम मोबाइल स्टेशनों और बाहरी पैकेट डेटा

नेटवर्क के बीच एक संरचना तरीके से उपयोगकर्ता डेटा पैकेट के परिवहन के लिए नियोजित किया जाता है। इन पैकेटों को सीधे जीपीआरएस मोबाइल स्टेशनों से packet Switched नेटवर्क में भेजा जा सकता है। GPRS के वर्तमान संस्करणों में, इंटरनेट प्रोटोकॉल (IP) पर आधारित नेटवर्क जैसे वैश्विक इंटरनेट या निजी । कॉर्पोरेट इंट्रानेट और X.25 नेटवर्क समर्थित है। जनरल पैकेट रेडियो सेवा (जीपीआरएस) एक जीएसएम नेटवर्क में पैकेट स्विचिंग ट्रैफ़िक का समर्थन करने वाली एक तकनीक है। जीपीआरएस जीएसएम में उच्च गति वाले वायरलेस इंटरनेट और अन्य डेटा संचार को सक्षम बनाता है। जीपीआरएस की डेटा गति पारंपरिक जीएसएम प्रणालियों की तुलना में चार गुना अधिक है। एक पैकेट डेटा सेवा का उपयोग करते हुए, सब्सक्राइबर हमेशा जुड़े रहते हैं और हमेशा लाइन में रहते हैं। इसलिए सेवाएं आसानी से और अविलम्ब रूप से उपयोग की जा सकतीं हैं।



GPRS

जीपीआरएस में, जीएसएम समय स्लॉट गतिशील रूप से विभिन्न उपयोगकर्ताओं को उनकी तात्कालिक मांग के अनुसार आवंटित किए जाते हैं। उपयोगकर्ता वैकल्पिक रूप से एक ही स्लॉट में डेटा संचारित कर सकते हैं। सभी डेटा को पैकेट में उपलब्ध संसाधनों के माध्यम से अविलम्ब भेजा जाता है यह उपयोगकर्ता को नेटवर्क से स्थायी रूप से जुड़े होने का अनुभव देता है।

GSM में अधिकतम डेटा दर 9.6 kbps प्रति टाइम स्लॉट होती है। जीपीआरएस में डेटा को पैकेट में संरक्षित किया जाता है जो सिद्धांत रूप में 9.05 kbps की एक निम्न डेटा दर देता है जिसमें से 8 kbps उपयोगकर्ता के लिए उपलब्ध है। हालांकि, जीपीआरएस में इस डेटा दर को बढ़ाने के लिए दो तकनीकों का उपयोग किया गया है। सबसे पहले, त्रुटि सुधार का उपयोग किया जाता है जिसे रेडियो चैनल की गुणवत्ता के लिए अनुकूलित किया जा सकता है। दूसरे, एक से अधिक समय स्लॉट का उपयोग करना संभव है। सैद्धांतिक रूप में सभी 8 time स्लॉट का उपयोग किया जा सकता है।

जीपीआरएस विकास के इतिहास पर एक अध्ययन के अनुसार, बर्नहार्ड वॉके और उनके छात्र, पीटर डैकर, जीपीआरएस के आविष्कारक हैं (सर्वभौमिक मोबाइल इंटरनेट एक्सेस प्रदान करने वाली पहली प्रणाली।)

5.4.1 New network elements of GPRS

जीपीआरएस को जीएसएम नेटवर्क में दो नए नेटवर्क तत्वों की आवश्यकता होती है—

- Serving GPRS Support Node (SGSN),
- Gateway GPRS Support Node (GGSN).

एसजीएसएन नेटवर्क के भीतर सभी पैकेट स्विच किए गए डेटा को संभालता है और यह उपयोगकर्ताओं के प्रमाणीकरण और ट्रैकिंग के लिए प्रतिक्रियाशील है। एसजीएसएन voice traffic आवाज के लिए एमएससी के समान

कार्य करता है। एसजीएसएन और एमएससी अक्सर सह-स्थित होते हैं। GGSN GSM / GPRS नेटवर्क से बाहरी नेटवर्क तक का इंटरफ़ेस है। IP पते के आवंटन के लिए GGSN भी उत्तरदायी होता है।

5.4.2 Mobile Terminal Classes

जीपीआरएस में परिभाषित मोबाइल टर्मिनलों के तीन अलग-अलग वर्ग हैं: Class A: जो एक साथ जीपीआरएस और सर्किट स्विच्ड सेवा (आवाज) प्रदान करने में सक्षम है; Class B: एक समय में केवल जीपीआरएस सेवाओं या वॉयस सेवा पर काम कर सकता है। हालांकि यह जीपीआरएस और वॉयस दोनों की इनकमिंग कॉल सुनने में सक्षम है; *Class C:* केवल जीपीआरएस या सर्किट स्विच्ड सेवाओं में सक्षम है। टर्मिनल या तो केवल आवाज या किसी एक जीपीआरएस सर्वेस के लिए सक्षम होता है।

5.4.3 जीपीआरएस सेवाऐं (GPRS Services)

GPRS के द्वारा प्रदान की जाने वाली Services निम्न हैं—

1. SMS messaging और broadcasting
2. Push-to-talk over cellular
3. Instant messaging the presence
4. Multimedia messaging service
5. Point-to-Point और Point-to-Multipoint services

5.4.4 जीपीआरएक प्रोटोकोल (GPRS Support Protocols)

Protocols जिन्हें GPRS Support करता है।

1. Internet Protocol (IP)
2. Point-to-Point Protocol (PPP)

5.4.5 जीपीआरएस के फायदे (Advantages of GPRS)

GPRS technology basic GSM system की तुलना में users और network operators को विभिन्न benefits और advantages प्रदान करती है। Cellular telecommunications technology द्वारा एक realistic data capability प्रदान करने के लिए इसे widely deploy किया जाता है:

(i) Higher Data Rate

GPRS shorter access times में higher data rates प्रदान करती हैं। GPRS 115 kbit/s transfer rate प्रदान करता है इसकी अधिकतम दर 171.2 kbit/'s (excluding FEC) होती है। इसका अर्थ है कि GPRS और ISDN उपभोक्ता portable computers के माध्यम से Internet को surf कर सकते हैं।

(ii) Low Connection Cost

GSM network में, high resource utilization होती हैं. सर्वप्रथम GPRS ने packet-switching को introduce किया जिससे कि सही मायने में circuit-switching GSM data transmission mode का प्रयोग होने लगा अब GPRS Users की billing communication की data volume के आधार पर की जाती है , जिससे की ये आसानी से पता चल जाता है कि उपभोक्ताओं को सर्विसेज का लाभ लेने के लिए कितना भुगतान करना है। GPRS उपभोक्ताओं की connection time भले ही कुछ घंटे क्यों न हो, लेकिन उन्हें केवल low connection cost pay करना होता है।

(iii) Short Access Times

मुख्य रूप से GPRS mobile connection और remote data networks प्रदान करता है e.g.. यह TCP/IP, X.25 और दूसरे networks को सपोर्ट करता है जिससे कि mobile users को high-speed wireless IP और wireless X.25 services प्रदान की जा सके।

(iv) Easy Billing

GPRS packet transmission circuit switched services की billing की तुलना में अधिक user-friendly billing प्रदान करता है। यदि Circuit switched services की बात करें तो इसकी billing connection के duration पर आधारित होती है। यह उन applications के लिए उपयुक्त नहीं होती है जिनमें bursty traffic होती है। इसमें उपभोगताओं को पूर्ण airtime के लिए (Idle periods में जब कोई भी packets को भेजा न जाता हो) भुगतान करना होता है। वहीं इसके विपरीत, packet switched services में, billing transmitted data के परिणाम के ऊपर आधारित होती है। इसका लाभ यह है कि उपभोगता को केवल transmitted data volume के आधार पर बिल का भुगतान करना होता है चाहे वह एक लम्बे समय के लिए 'online' हो।

(v) Speed

GPRS technology GSM की तुलना में higher data rate प्रदान करती है; up to 172 kbps वहीं GPRS में अधिकतम data rates 15 -40 kbps तक achieve किया जा सकता है।

(vi) Packet switched operation:

GSM में circuit switched techniques का प्रयोग होता था, वहीं GPRS technology packet switching का प्रयोग करती हैं in line वह भी Internet के साथ, इससे available capacity का अधिक efficient use होना संभव होता है।

(vii) Always on connectivity

GPRS की एक और advantage यह है कि यह 'Aways On' capability प्रदान करती है। Circuit switched techniques के प्रयोग में charge इस विषय पर आधारित होता है कि कितनी देर तक call चल रही है या कितने समय के लिए circuit का प्रयोग हुआ है क्योंकि इसमें दो users के बीच में एक डेडिकेटेड पाथ बन जाता है वहीं packet switched technology में charges को amount of data carried के ऊपर जो कि services provider's capacity के द्वारा प्रयोग किया गया होता है उस पर आधारित होता है, साथ ही यहाँ always on connectivity भी संभव होती है।

Packet switched technology के साथ always on connectivity एवं higher data rates संयुक्त रूप से नए applications के लिए अवसर प्रदान करते हैं। GPRS की Capabilities को ज्यादा develop करने के लिए, उसमें further advances किये गए हैं और अन्य system जैसे कि EDGE या Enhanced GPRS, EGPRS को develop किया गया।

5.4.6 Switching USED IN GPRS

GPRS technology में circuit switched data के स्थान पर Packet Switched Data का प्रयोग होता है।

यह technique available capacity का अधिक efficiently उपयोग करती है। इसका कारण यह है कि अधिकतम data transfer 'bursty' होता है। एक traditional approach के अनुसार एक particular user के लिए एक circuit को permanently switched कर दिया जाता था। इन्हें circuit switched mode कहा जाता है। Data Transfer के 'bursty' होने के कारण कुछ ऐसे भी time इंटरवल होते हैं जब ये किसी भी प्रकार के data को carry नहीं कर रही होती है। इस time इंटरवल में, overall capacity को improve करने के लिए चैनल विभिन्न users के बीच में shared कर दिया जाता है।

इसमें प्राप्त data को packets और tags में split कर दिया जाता है, जिन्हें packet में insert किया जाता है जिससे कि इसे destination address प्रदान किया जा सके. Packets को अलग-अलग sources से link के माध्यम से transmit किया जाता है। अलग-अलग users के लिए एक-ही समय में overall resource को share कर channel, या combined channels को अधिक बेहतर रूप से प्रयोग किया जा सकता है। इसी प्रक्रिया को packet switching कहा जाता है, और ये अनेक cellular data systems का core होता है ।

5.4.7 GPRS key Parameters

Parameter	Specification
Channel Bandwidth	200 kHz
Modulation type	GMSK
Data handling	Packet data
Max data rate	172 kbps

जीपीआरएस ने जीएसएम का पहला वास्तविक विकास और इस शृंखला में पहली वास्तविक डेटा क्षमता प्रदान की। यह ईमेल और कुछ सरल वेब ब्राउजिंग की सेवा भी प्रदान करता है।

5.5. INTRODUCTION TO EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution)

EDGE या Enhanced Data Rates for GSM Evolution GSM इवोल्यूशन के लिए एक डिजिटल मोबाइल फोन तकनीक है। इस तकनीक को एन्हांस्ड जीपीआरएस या ग्लोबल इवोल्यूशन या आईएमटी सिंगल कैरियर के लिए बढ़ी हुई डेटा दरों के रूप में भी जाना जाता है, जो बेहतर डेटा ट्रांसमिशन दरों को संभव बनाता है। यह मानक GSM तकनीक में विस्तार के रूप में देखा जाता है। यह एक 3-G रेडियो तकनीक है और यह आईटीयू के स्वामित्व वाली 3-G परिभाषा से संबंधित है। दूसरी ओर जीपीआरएस या जनरल पैकेट रेडियो सेवा एक मोबाइल डेटा सेवा है जो अनिवार्य रूप से पैकेट उन्मुख (oriented) है। मोबाइल संचार या जीएसएम के लिए वैश्विक प्रणाली के 2-G और 3-G संचार प्रणालियों के उपयोगकर्ताओं द्वारा इस तकनीक का लाभ उठाया जा सकता है।

EDGE एक ऐसी तकनीक है जो न केवल जीपीआरएस तकनीक से बेहतर है बल्कि इससे कई अधिक उन्नत सेवाएं प्रदान करने में सक्षम है। क्योंकि EDGE उपयोगकर्ताओं को जीपीआरएस से कम से कम 3 से 4 गुना अधिक थ्रूपुट क्षमता और डेटा स्पीड प्रदान करता है।

EDGE मौजूदा TDMA और GSM carriers को बहुत आवश्यक और परिष्कृत (sophisticated) 3G सेवाएं प्रदान करने की अनुमति देता है। EDGE प्रत्येक 3 बिट्स के लिए एक एकल प्रतीक (single symbol) प्रदान करता है। इससे स्पष्ट हो जाता है कि EDGE की दर GPRS दर के 3 गुना के बराबर है। इसकी bit rate बहुत high होती है क्योंकि प्रौद्योगिकी 8PSK की एक मॉडुलन संरचना पर आधारित है। इसलिए एयर इंटरफेस पर बिट दर में सुधार होता है। EDGE जीपीआरएस का enhanced और upgraded रूप है जो इसे कई तकनीकी से बेहतर बनाता है।

जीपीआरएस सेवा प्रदाताओं और ऑपरेटरों को विस्तारित वायरलेस डेटा (extended wireless data) एप्लिकेशन तक पहुँच प्राप्त करने की अनुमति देने में असमर्थ है परन्तु EDGE के उपयोग के साथ यह संभव है। EDGE के साथ वेब आधारित ईमेल, वायरलेस मल्टीमीडिया, वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग की उन्नत तकनीक जो कि एक ग्राउंड ब्रेकिंग प्रक्रिया है, और वेब आधारित इन्फोटेनमेंट भी संभव है। इसके अलावा EDGE का अधिक विकसित रूप Release 7, 3GP मानक के साथ मौजूद है, जिसकी विलंबता (latency) बहुत कम और प्रदर्शन स्तर पूर्व फॉर्म से दो गुना अधिक है।

GPRS के बाद EDGE या एन्हांस्ड डेटा फॉर ग्लोबल इवोल्यूशन था जो मोबाइल डेटा की गति को और भी बेहतर बनाने के लिए एक और वृद्धि थी। EDGE, डाउनलोड के लिए अधिकतम 384 kbps तक की डाउन डाउनलिंक स्पीड की दर प्रदान कर सकता है, जो कि GPRS की के दोगुने से अधिक है। भले ही 384 kbps सैद्धांतिक रूप से बुनियादी मोबाइल इंटरनेट कार्यों को करने में सक्षम हैं, लेकिन हमें वास्तविक जीवन में peak speed प्राप्त नहीं होती है। आमतौर पर, नेटवर्क पर कितने लोग हैं और आप बेस स्टेशन से कितने दूर हैं, इस पर निर्भर करते हुए, आप केवल इस 384 kbps के एक छोटे हिस्से का आनंद ले सकते हैं। EDGE भी जीपीआरएस की तरह मोबाइल डेटा ट्रांसमिट और रिसिव करने के लिए पैकेट-स्विच्ड मेथडोलॉजी का उपयोग करता है। EDGE के साथ, नेटवर्क के पैकेट-स्विच किए गए हिस्से पर उपलब्ध क्षमता कई उपयोगकर्ताओं के बीच शेयर की जाती है। data bursts के पैकेट अलग-अलग उपयोगकर्ताओं के लिए अलग-अलग अंतराल पर भेजे जाते हैं जो समग्र प्रक्रिया को और अधिक कुशल बनाता है। GPRS और EDGE को अक्सर 2.5G और 2.75G के रूप में संदर्भित किया जाता है।

5.5.1 EDGE architecture

EDGE रेडियो इंटरफ़ेस का निर्माण जीएसएम में उपयोग किए जाने वाले एक ही स्लॉट और बर्स्ट संरचना का उपयोग करके किया जाता है परन्तु उच्च डेटा दरों को प्राप्त करने के लिए GMSK मॉड्यूलेशन का उपयोग किया जाता है।

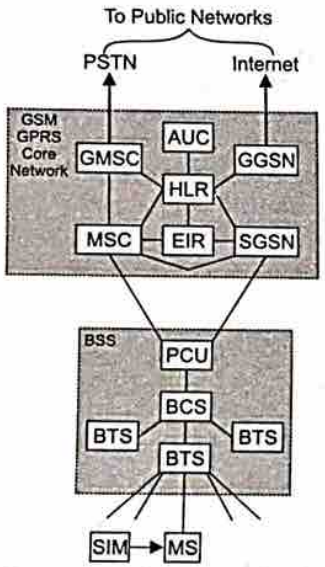
EDGE रेडियो इंटरफ़ेस को GSM रेडियो इंटरफ़ेस के साथ संगत और काम करने के लिए डिज़ाइन किया गया था, ताकि एक ही बेस स्टेशन एक साथ बुनियादी GSM, GPRS और EDGE चला सके।

यद्यपि रेडियो इंटरफेस के लिए इस दृष्टिकोण को अपनाने से पूरी तरह से नया इंटरफ़ेस अपनाने की तुलना में बहुत कम उन्नयन लागत प्रदान की गई परन्तु उपयोगकर्ताओं को EDGE चलाने और बेहतर डेटा क्षमताओं से लाभ उठाने के लिए नए फोन खरीदने की आवश्यकता थी।

यद्यपि नेटवर्क आर्किटेक्चर में विभिन्न प्रकार के एलीमेंट्स की आवश्यकता होती है, EDGE अपग्रेड के लिए आवश्यक मुख्य नई नेटवर्क आर्किटेक्चर इकाइयाँ निम्नलिखित हैं—

- **SGSN:** GPRS Support Node—यह नेटवर्क के भीतर सेवाओं के लिए एक प्रवेश द्वार (gateway) का कार्य करती है।
- **GGSN :** Gateway GPRS Support Node जो बाहरी दुनिया के लिए प्रवेश द्वार (Gateway) बनाता है।
- **PCU:** Packet Control Unit जो डेटा को पैकेट स्विच्ड या सर्किट स्विच्ड किस नेटवर्क पर रूट करना है, इसकी जानकारी देता और विभिन्न पैकेट्स को अलग-अलग करता है।

EDGE नेटवर्क आर्किटेक्चर का एक सरलीकृत दृश्य नीचे चित्र में देखा जा सकता है। इससे यह देखा जा सकता है कि अतिरिक्त एलीमेंट्स के साथ यह अधिक बुनियादी जीएसएम नेटवर्क architecture के समान है।



The Network architecture for EDGE

SGSN

जीपीआरएस नेटवर्क के एसजीएसएन या सर्विंग जीपीआरएस सपोर्ट नोड एलीमेंट समग्र प्रणाली के IP elements पर ध्यान केंद्रित किए गए कई नंबर प्रदान करता है। यह मोबाइलों को निम्नलिखित सेवाएं प्रदान करता है—

- Packet routing and transfer
- Mobility management
- Authentication
- Attach/detach
- Logical link management
- Charging data

एसजीएसएन के भीतर एक location register होता है और यह location के विषय जैसे—वर्तमान सेल, वर्तमान वीएलआर की जानकारी को संग्रहीत करता है। यह विशेष एसजीएसएन के साथ पंजीकृत सभी जीपीआरएस उपयोगकर्ताओं के लिए उपयोगकर्ता प्रोफाइल (जैसे IMSI, packet addresses used) को भी संग्रहीत करता है।

GGSN

GGSN, गेटवे GPRS सपोर्ट नोड, GSM EDGE नेटवर्क आर्किटेक्चर के भीतर सबसे महत्वपूर्ण entities में से एक है। जीजीएसएन को गेटवे, राउटर और फायरवॉल का संयोजन माना जा सकता है क्योंकि यह आंतरिक नेटवर्क को संरक्षित करता है। जब GGSN किसी विशिष्ट उपयोगकर्ता से संबोधित डेटा प्राप्त करता है, तो यह जाँचता है कि क्या उपयोगकर्ता सक्रिय है, यदि हाँ तो डेटा को अग्रेषित करता है। विपरीत दिशा में, मोबाइल से पैकेट डेटा GGSN द्वारा सही गंतव्य नेटवर्क पर रूट किया जाता है।

PCU

पीसीयू या पैकेट कंट्रोल यूनिट एक हार्डवेयर राउटर है जिसे बीएससी में जोड़ा जाता है। यह मानक GSM नेटवर्क (सर्किट स्विच्ड डेटा) के लिए नियत डेटा को अलग करता है और EDGE नेटवर्क (पैकेट स्विचड डेटा) के लिए नियत डेटा को PCU अपने आप में एक अलग भौतिक इकाई हो सकती है, या इसे बेस स्टेशन नियंत्रक, BSC में सम्मिलित किया जाता है, जिससे अन्य हार्डवेयर लागतों की बचत होती है।

5.5.2 EDGE network upgrade

GSM EDGE के माइग्रेशन के फायदों में से एक यह था कि नेटवर्क को जीपीआरएस के लिए उपयोग किए जाने वाले और भविष्य के 3 G यूएमटीएस नेटवर्क के लिए क्या उपयोग किया जाएगा, से कम ही अपग्रेड की आवश्यकता थी। इसने नेटवर्क ऑपरेटरों के लिए विशेष रूप से आकर्षक विकल्प प्रस्तुत किया जिन्हें अतिरिक्त क्षमता प्रदान करने के लिए कम व्यय निवेश की आवश्यकता होती है । साथ ही 3G नेटवर्क के लिए इसकी आवश्यकता होती है और EDGE नेटवर्क मौजूदा GSM नेटवर्क में जुड़ सकता है। नेटवर्क के भीतर आवश्यक मुख्य नई इकाइयाँ एसजीएसएन और जीजीएसएन हैं,जो शुरुआती बिंदु के रूप में आवश्यक हैं।

बेस स्टेशन सबसिस्टम को कुछ अपडेट की आवश्यकता होती है। मुख्य एक ऊपर वर्णित पीसीयू के अतिरिक्त है। बीटीएस के लिए कुछ संशोधनों की आवश्यकता हो सकती है, लेकिन अक्सर केवल एक सॉफ्टवेयर अपग्रेड की आवश्यकता होती है, और इसे अक्सर दूरस्थ रूप से प्राप्त किया जा सकता है। इस तरह लागत को न्यूनतम रखा जाता है।

GSM EDGE नेटवर्क को आवश्यक पैकेट डेटा को transmit करने और भविष्य में लॉन्च होने वाले 3G UMTS सिस्टम के लिए नेटवर्क तैयार करने के लिए तेजी से अपग्रेड किया गया।

5.5.3 EDGE के गुण (Benefits of EDGE)

- Capacity and performance
- Easy implementation on a GSM/GPRS network
- Cost effective
- Increase the capacity and triples the data rate of GPRS
- Enabling new multimedia services
- Harmonization with WCDMA

5.5.4 EDGE के अनुप्रयोग (APPLICATIONS of EDGE)

- Streaming Applications
- Very high speed downloads
- Corporate Intranet connections Quicker MMS
- Video Phone
- Vertical corporate applications
- Video Conference
- Remote presentations

5.5.5 Difference Between GPRS and EDGE

EDGE और GPRS GSM द्वारा समर्थित इंटरनेट सेवाओं के साथ बेहतर अनुभव प्रदान करने हेतु मानक हैं। दोनों GPRS और EDGE मुख्य रूप से पैकेट स्विच्ड प्रौद्योगिकियाँ हैं।

Parameter	GPRS	EDGE
Full form	Genral packet radio service	Enhanced Data for Global Evolution
Modulation	GMSK	GMSK & 8-PSK
Symbol rate	270 ksym/s	270 ksym/s
Modulation bit rate	270 kbps	810 kbps
Radio data rate /time slot	22.8 kbps	96.2 kbps
User data /time slot	20 kbps	59.2 kbps
User data rate	160 kbps	473.6 kbps
Packet resegmentation	Not possible	Possible with more robust coding scheme
Packet size	packets were numbered from 1 to 128 and addressing window size was 64.	packets are addressed up to 2048 and window size to 1024

5.6. UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

UMTS का पूरा नाम Universal Mobile Telecommunication System (यूनिवर्सल मोबाइल दूरसंचार प्रणाली) है। यह नेटवर्क के लिए GSM standard पर आधारित एक 3rd generation (3G) mobile cellular सिस्टम है। इसमें 2Mbps की speed से text, digital voice, video, तथा multimedia का ट्रांसमिशन होता है। UMTS को 3 GPP (3rd generation partnership project) द्वारा विकसित किया गया है और इसकी मेंटेनेंस भी इसी के द्वारा की

जाती है। UMTS wideband code division multiple access (W-CDMA) रेडियो तकनीक का प्रयोग करती है। W-CDMA से mobile network operators को बहुत ही अच्छी spectral efficiency तथा bandwidth प्राप्त होती है। यह एक complete नेटवर्क सिस्टम है जिसमें radio access network, core network तथा users को authenticate करने के लिए SIM cards सम्मिलित है। UMTS फोन तथा कंप्यूटर users को पूरे विश्व में services प्रदान करती है। users विश्व में कहीं भी इस service का प्रयोग कर सकते है। wireless तथा satellite transmission होने के कारण इसका प्रयोग roaming में भी किया जा सकता है ।

UMTS (3G) की मोबाइल टेलीकम्यूनिकेशन प्रौद्योगिकी है, जिसे 4G प्रौद्योगिकी में भी विकसित किया गया है। EDGE (GSM पर आधारित IMT सिंगल-कैरियर) और CDMA2000 (IMT मल्टी-कैरियर) से भिन्न, UMTS को नए सेल टावरों और नए आवृत्ति आवंटन की आवश्यकता होती है। UMTS GSM/EDGE तकनीक से मिलता-जुलता है क्योंकि यह GSM से ली गई अवधारणाओं पर आधारित है। इसके अतिरिक्त अधिकतर UMTS हैंडसेट्स GSM को भी सपोर्ट करते हैं जिससे कि 'डुअल मोड' का परिचालन संभव हो पाता है। इसलिए, UMTS को कभी- कभी 3GSM के नाम से भी जाना जाता है; UMTS नाम, जो ETSI दवारा रखा गया था, आमतौर पर यूरोप में प्रयोग किया जाता है। यूरोप के बाहर, इस तकनीक को दूसरे नामों, जैसे, FOMA या W-CDMA।

UMTS, W-CDMA का उपयोग करते हुए, अधिकतम 21 Mbit/s (HSDPA के साथ) के डाटा ट्रांसफ़र दरों को सपोर्ट करता है, हालांकि अभी के परिनियोजित नेटवर्क में उपयोगकर्ता, डाउनलिंक कनेक्शन में, R99 हैंडसेटों के लिए 384 kbit/s तक तथा HSDPA हैंड सेटों के लिए 7.2 Mbit/s तक के ट्रांसफर दर प्राप्त करने में सक्षम हैं। सिंगल GSM एयर-करेक्टेड सर्किट स्विच्ड डाटा चैनल, या HSCSD में मल्टिपल 9.6 kbit/s चैनलों (14.4 kbit/s CDMAOne के लिए) के 9.6 kbit/s से ज्यादा है और यह CDMA2000, PHS या WLAN जैसी दूसरी टेक्नोलॉजियों के समान मोबाइल उपकरणों पर वर्ल्ड वाइड वेब के ऐक्सेस और अन्य डाटा सेवाओं की सुविधा प्रदान करता है।

2006 के बाद से कई देशों में UMTS नेटवर्क, हाई-स्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस (HSDPA) - जो 3.5G के नाम से भी जाना जाता है, उन्नत हो चुका है या होने की प्रक्रिया में है। वर्तमान में, HSDPA 21 Mbit/s तक के डाउनलिंक ट्रांसफर दरों को सक्षम बनाता है। हाई-स्पीड अपलिंक पैकेट एक्सेस (HSUPA) के जरिए अपलिंक ट्रांसफर स्पीड (अपलिंक ट्रांसफर गति) बेहतर करने का कार्य प्रगति पर है। 3GPP लॉन्ग टर्म एवोल्यूशन परियोजना के अंतर्गत, ऑर्थोगोनल फ्रीक्वेंसी-डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग पर आधारित एक NEXT GENERATION के एयर इंटरफेस का प्रयोग कर UMTS को 4G की गति - 100 Mbit/s DOWNLINK और 50 Mbit/s UPLINK- प्रदान करने की योजना है। पहला राष्ट्रीय उपभोक्ता UMTS नेटवर्क 2002 में शुरू किया गया जिसमें टेल्को-प्रदत्त मोबाइल अनुप्रयोगों, जैसे मोबाइल टीवी और विडियो कॉलिंग पर विशेष कार्य किये गये।

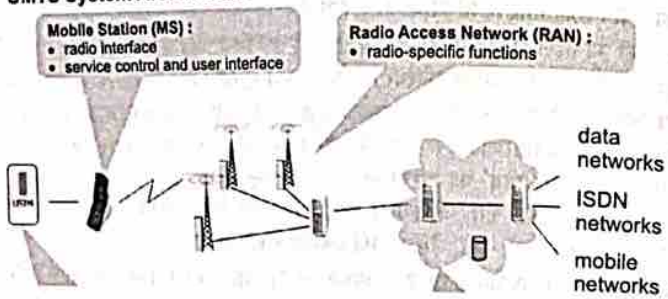
UMTS technology को कभी-कभी freedom of mobile multimedia access (FOMA) या 3GSM के नाम द्वारा भी संबोधित किया जाता है जहाँ EDGE और CDMA 2000 में नए base station तथा नयी frequencies allocation की आवश्यकता नहीं पड़ती U.MTS में होती है। अगर UMTS नेटवर्क को पूरे विश्व में upgrade कर दिया जाए तो यह HSDPA protocol के द्वारा 14 mbps की downloading speed प्रदान करेगा। U.MTS phones की एक capability यह होती है कि आप इसको GSM mode में switch कर सकते है। अगर आप किसी ऐसी जगह में चले जाएँ जहाँ UMTS नेटवर्क नहीं है परन्तु GSM नेटवर्क है तो आप GSM में switch कर सकते हैं। UMTS phones में एक upgraded SIM होती है जिसे USIM (universal SIM) कहते हैं।

5.6.1 UMTS Architecture

UMTS प्रणाली को डोमेन के एक समूह और संदर्भ बिंदुओं में विभाजित किया जा सकता है जो उन्हें परस्पर जोड़ते हैं। UMTS नेटवर्क आर्किटेक्चर आंशिक रूप से मौजूदा 2G नेटवर्क घटकों और कुछ नए 3G नेटवर्क घटकों पर आधारित है। यह कोर नेटवर्क (CN) पर GSM आर्किटेक्चर से बुनियादी कार्यात्मक तत्वों का विस्तृत रूप है। GSM के MS को UMTS में उपयोगकर्ता द्वारा उपकरण (UE) के रूप में संदर्भित किया जाता है। MSC के GSM और UMTS

दोनों में अधिकांश रूप से समान कार्य हैं। इसमें पैकेट डेटा के लिए सर्किट-स्विच्ड सेवाओं के स्थान पर एक पैकेट नोड एसजीएसएन (SGSN) को सम्मिलित किया गया है। यह एसजीएसएन 2 mbps तक की डेटा दरों का समर्थन करने में सक्षम है। कोर-नेटवर्क तत्व Iu इंटरफ़ेस के माध्यम से रेडियो नेटवर्क से जुड़े होते हैं, जो जीएसएम में उपयोग किए जाने वाले ए-इंटरफ़ेस के समान है।

UMTS System Architecture



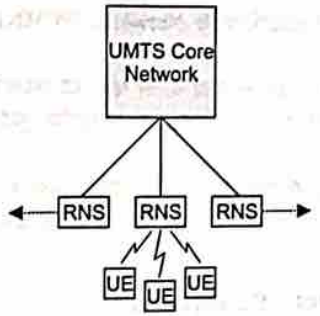
UMTS आर्किटेक्चर में अधिकांश परिवर्तन रेडियो एक्सेस नेटवर्क (RAN) में होते हैं, जिसे UMTS टेरेस्ट्रियल RAN (UTRAN) भी कहा जाता है। आईयूआर नामक एक बिल्कुल नया इंटरफ़ेस है, जो दो पड़ोसी रेडियो नेटवर्क कंट्रोलर्स (आरएनसी) को जोड़ता है। आईबीएस को आईयूबी इंटरफ़ेस के माध्यम से आरएनसी से जोड़ा जाता है।

UMTS architecture को तीन मुख्य भागों में विभाजित किया जा सकता है—

1. User Equipment (UE)
2. Radio Network Subsystem (RNS)
3. Core Network: Radio Network Subsystem (RNS):

- **User Equipment (UE):** उपयोगकर्ता उपकरण (UE) उपयोगकर्ता उपकरण या UE उस नाम को संदर्भित करता है जिसे पहले मोबाइल या सेलफोन कहा जाता था। UE की अधिक कार्यक्षमता के कारण इसका यह नाम चुना गया है। यह एक मोबाइल फोन या उससे अधिक कुछ भी हो सकता है, जिसका उपयोग कंप्यूटर से जुड़े डेटा टर्मिनल से बात करने के लिए किया जाता है, जिसमें आवाज की क्षमता नहीं होती।
- **Radio Network Subsystem (RNS):** रेडियो नेटवर्क सबसिस्टम (आरएनएस): आरएनएस जिसे यूएमटीएस रेडियो एक्सेस नेटवर्क, यूटीआरएएन के रूप में भी जाना जाता है, जीएसएम में पिछले बैस स्टेशन सबसिस्टम या बीएसएस के सामान है। यह संपूर्ण नेटवर्क को एयर इंटरफ़ेस प्रदान करता है और उसे मेन्टेन करने का कार्य करता है।
- **Core Network: Radio Network Subsystem (RNS):** कोर नेटवर्क सिस्टम के लिए सभी केंद्रीय प्रसंस्करण और प्रबंधन प्रदान करता है। यह जीएसएम नेटवर्क स्विचिंग सबसिस्टम या एनएसएस (NSS) के सामान होता है।

कोर नेटवर्क समग्र इकाई (overall entity) है जो सार्वजनिक फोन नेटवर्क और अन्य सैल्युलर दूरसंचार नेटवर्क सहित बाहरी नेटवर्क के लिए इंटरफेस करता है।



The main UMTS network blocks

User Equipment, UE

USER उपकरण या UE समग्र 3G UMTS नेटवर्क आर्किटेक्चर का एक प्रमुख तत्व है। यह उपयोगकर्ता के साथ अंतिम इंटरफ़ेस बनाता है। उन अनुप्रयोगों और सुविधाओं की अधिक से अधिक संख्या को ध्यान में रखते हुए, जो यह प्रदर्शन कर सकते हैं, यह निर्णय लिया गया कि इसे मोबाइल के स्थान पर इसे उपयोगकर्ता उपकरण कहा जाए। यह मूल रूप से हैंडसेट ही होता है (सबसे व्यापक शब्दावली में), परन्तु बहुत अधिक डेटा संचार होने के कारण यह बहुत अधिक बहुमुखी हो सकता है, जिसमें अन्य अनेक अनुप्रयोग भी सम्मिलित होते हैं। इसमें आरएफ सर्किट्री, प्रसंस्करण, एंटीना, बैटरी, आदि सहित विभिन्न तत्वों की एक variety शामिल है—

UE के भीतर अनेक एलिमेंट्स हैं जिन्हें अलग से वर्णित किया जा सकता है:

- **UE RF circuitry:** आरएफ क्षेत्र रिसीवर और ट्रांसमीटर के लिए सिग्नल के सभी elements को हैंडल करते हैं। RF पावर एम्पलीफायर के लिए प्रमुख चुनौतियों में से एक बिजली की खपत को कम करना था। W-CDMA के लिए उपयोग किए जाने वाले मॉड्यूलेशन के रूप को एक रैखिक एम्पलीफायर के उपयोग की आवश्यकता होती है। ये स्वाभाविक रूप से non-linear एम्पलीफायरों की तुलना में अधिक करंट लेते हैं जो कि जीएसएम पर उपयोग किए जाने वाले मॉड्यूलेशन के रूप में उपयोग किए जा सकते हैं। बैटरी लाइफ को बनाए रखने के लिए, इष्टतम दक्षता (optimum efficiency) सुनिश्चित करने के लिए कई डिजाइनों में उपायों को प्रस्तुत किया गया।
- **Baseband processing:** (बेसबैंड प्रोसेसिंग) बेस-बैंड सिग्नल प्रोसेसिंग में मुख्य रूप से डिजिटल सर्किटरी होती हैं। यह पिछली previous generations से फोन में प्रयोग किए जाने की तुलना में काफी जटिल है। जहाँ तक संभव हो सकता है वर्तमान खपत को कम करने के लिए फिर से इसे अनुकूलित किया गया है।
- **Battery** (बैटरी): बैटरी पर current drain में वृद्धि करके फोन की सर्किटरी के भीतर जहाँ तक संभव हो, करंट खपत को कम कर दिया गया है, previous generation के फोन पर अनुभवी बैटरी के बीच समान lifetime की अपेक्षा करने वाले उपयोगकर्ताओं के लिए नई और बेहतर बैटरी तकनीक के उपयोग की आवश्यकता है। वर्तमान में लिथियम आयन (ली-आयन) बैटरी का उपयोग किया जाता है। ये फोन छोटे और अपेक्षाकृत हल्के होते हैं चार्ज के बीच overall life में सुधार करते हैं।
- **Universal Subscriber identity Module, USIM:** यूनिवर्सल सब्सक्राइबर आइडेंटिटी मॉड्यूल, UE में एक सिम की भाँति होता है, हालांकि UMTS के में इसे USIM (यूनिवर्सल सब्सक्राइबर आइडेंटिटी मॉड्यूल) कहा जाता है। यह जीएसएम और अन्य प्रणालियों में उपयोग किए जाने वाले सिम कार्ड का अधिक उन्नत संस्करण है, जिसमें सिम के सामान सभी प्रकार की जानकारी होती है। इसमें इंटरनेशनल मोबाइल सब्सक्राइबर आइडेंटिटी नंबर (IMSI) के साथ-साथ मोबाइल स्टेशन इंटरनेशनल ISDN नंबर (MSISDN) भी होता है। USIM सही भाषा की जानकारी प्रदर्शित करने में सक्षम है जो कि पसंदीदा भाषा में इनफार्मेशन प्रदर्शित करे खासकर जब रोमिंग में और preferred

और prohibited Public Land Mobile Networks (PLMN) की नंबर्स की सूची प्रदर्शित करने में भी।

USIM में एक short message storage भी होता है जो फोन को बदलने पर भी उपयोगकर्ता दवारा प्रयोग किया जा सकता है। इसी तरह 'फोन बुक' नंबर और इनकमिंग और आउटगोइंग कॉल की संख्याओं की कॉल जानकारी भी संग्रहीत की जाती है।

UE विभिन्न प्रकार के हो सकते है, हालांकि सबसे आम प्रारूप अभी भी 'मोबाइल फोन' का एक संस्करण है जिसके पास विभिन्न दर की डेटा क्षमताएं हो सकतीं हैं। यहाँ अन्य ब्रॉडबैंड डॉगल का भी व्यापक रूप से उपयोग किया जा रहा है।

5.6.2 3G UMTS Radio Network Subsystem

यह 3G UMTS/ WCDMA नेटवर्क का एक सेक्शन है जो UE और कोर नेटवर्क दोनों को इंटरफेस करता है। समग्र रेडियो एक्सेस नेटवर्क, यानी सामूहिक रूप से सभी रेडियो नेटवर्क सबसिस्टम को UTRAN UMTS रेडियो एक्सेस नेटवर्क के रूप में जाना जाता है।

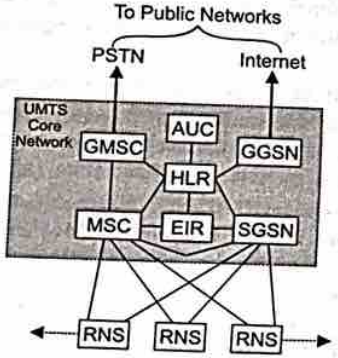
रेडियो नेटवर्क सबसिस्टम को UMTS रेडियो एक्सेस नेटवर्क या UTRAN के रूप में भी जाना जाता है।

5.6.3 3G UMTS Core Network

3G UMTS कोर नेटवर्क आर्किटेक्चर GSM के लिए उपयोग किया जाने वाला एक माइग्रेशन है जो UMTS द्वारा माँग की गई अतिरिक्त कार्यक्षमता को सक्षम करने के लिए अन्य एलिमेंट्स के साथ प्रयोग किया जाता है।

डेटा को ले जाने के विभिन्न तरीकों को देखते हुए, UMTS कोर नेटवर्क को दो अलग-अलग क्षेत्रों में विभाजित किया जा सकता है।

- **Circuit switched elements :** (सर्किट स्विच्ड एलिमेंट्स) : ये एलिमेंट्स मुख्य रूप से GSM नेटवर्क एंटिटीज पर आधारित होते हैं और डेटा को सर्किट स्विच्ड तरीके से कैरी करते हैं, अर्थात कॉल की अवधि के लिए एक स्थायी चैनल स्थापित किया जाता है।
- **Packet switched elements :** (पैकेट स्विच किए गए एलिमेंट्स) : ये नेटवर्क इकाइयाँ पैकेट डेटा ले जाने के लिए डिज़ाइन की गई हैं। यह बहुत अधिक नेटवर्क को उपयोगी बनाने में सक्षम है क्योंकि इसके द्वारा capacity शेयर की जा सकती है और डेटा को पैकेट के रूप में ले जाया जाता है जो उनके गंतव्य (destination) के अनुसार रूट किए जाते हैं।



UMTS network Architecture Overview

कुछ नेटवर्क तत्व, विशेष रूप से जो पंजीकरण से जुड़े हैं, दोनों डोमेन द्वारा share किए जाते हैं और उसी तरह से कार्य करते हैं जैसे जीएसएम में।

Circuit switched Elements

UMTS core network architecture के entities निम्नलिखित हैं—

- **Mobile switching centre (MSC):** मोबाइल स्विचिंग सेंटर (MSC): यह अनिवार्य रूप से जीएसएम के भीतर के रूप में ही है, और यह ट्रांसमिट किये गए सर्किट स्विच कॉल को manage करता है।
- **Gateway MSC (GMSC):** गेटवे MSC (GMSC) यह प्रभावी रूप से बाहरी नेटवर्क के लिए एक इंटरफ़ेस है।

Packet switched elements

3 जी UMTS कोर नेटवर्क आर्किटेक्चर के पैकेट स्विच किए गए एलिमेंट्स में निम्नलिखित नेटवर्क इकाइयाँ होती हैं—

- **Serving GPRS Support Node (SGSN):** जीपीआरएस सपोर्ट नोड (एसजीएसएन) जैसा कि नाम से ही स्पष्ट है, यह entity पहली बार जीपीआरएस प्रस्तुत किए जाने के समय विकसित की गई थी, और इसका उपयोग यूएमटीएस नेटवर्क आर्किटेक्चर में किया गया है। एसजीएसएन यूएमटीएस नेटवर्क architecture के भीतर अनेक फंक्शन प्रदान करता है।
  - **Mobility management** (गतिशीलता प्रबंधन) जब एक UE UMTS कोर नेटवर्क के पैकेट स्विच किए गए डोमेन से जुड़ता है, तो एसजीएसएन मोबाइल के वर्तमान स्थान के आधार पर MM (mobile management) उत्पन्न करता है।
  - **Session management** (सत्र प्रबंधन) एसजीएसएन सेवा की आवश्यक गुणवत्ता प्रदान करने वाले डेटा सत्रों का प्रबंधन करता है और यह भी प्रबंध करता है कि PDP (Packet data Protocol) संदर्भों को क्या कहा जाता है, अर्थात् जिन pipes पर डेटा भेजा जाता है।
  - **Interaction with other areas of the network :** (नेटवर्क के अन्य क्षेत्रों के साथ सहभागिता) एसजीएसएन नेटवर्क के अन्य क्षेत्रों के साथ संचार करके केवल नेटवर्क के भीतर अपने elements का प्रबंधन करने में सक्षम है जैसे एमएससी और अन्य सर्किट स्विच किए गये क्षेत्र।
  - **Billing :** (बिलिंग) एसजीएसएन बिलिंग के लिए भी responsible है। यह जीपीआरएस नेटवर्क में उपयोगकर्ता डेटा के flow की निगरानी (monitoring) करके इसे प्राप्त करता है। CDR (कॉल डिटेल रिकॉर्ड) चार्जिंग संस्थाओं (चार्ज गेटवे फंक्शन, सीजीएफ) में स्थानांतरित होने से पूर्व एसजीएसएन द्वारा तैयार किए जाते हैं।

5.6.4 Gateway GPRS Support Node (GGSN)

एसजीएसएन की तरह, इस entity को भी पहले जीपीआरएस नेटवर्क में introduced किया गया था। गेटवे GPRS सपोर्ट नोड (GGSN) UMTS पैकेट स्विचड नेटवर्क के भीतर का केंद्रीय element है। यह UMTS पैकेट स्विच्ड नेटवर्क और एक्सटर्नल पैकेट स्विच्ड नेटवर्क्स के बीच इंटर-वर्किंग को हैंडल करता है, और इसे बहुत परिष्कृत (sophisticated) राउटर माना जा सकता है। ऑपरेशन में, जब जीजीएसएन एक विशिष्ट उपयोगकर्ता को संबोधित डेटा प्राप्त करता है, तो यह जांचता है कि उपयोगकर्ता सक्रिय है और फिर एसजीएसएन को विशेष UE की सेवा के लिए डेटा अग्रेषित करता है।

5.6.5 Shared elements

3G UMTS कोर नेटवर्क आर्किटेक्चर के shared elements में निम्नलिखित नेटवर्क इकाइयां होती हैं:

- **Home location register (HLR) :** इस डेटाबेस में प्रत्येक ग्राहक के बारे में उनके अंतिम ज्ञात स्थान (last known location) के साथ सभी प्रशासनिक जानकारी होती है। इस तरह, यूएमटीएस नेटवर्क संबंधित आरएनसी / नोड बी को कॉल को रूट करने में सक्षम बनाता है। जब कोई उपयोगकर्ता अपने UE पर स्विच करता है, तो यह नेटवर्क के साथ पंजीकृत होता है और इससे यह निर्धारित करना संभव है कि नोड बी यह संचार करता है ताकि आने वाली कॉल को उचित तरीके से रूट किया जा सकता है। जब यूई सक्रिय नहीं होता (लेकिन चालू है) तो यह समय-समय पर यह सुनिश्चित करने के लिए समय-समय पर re-registers करता है कि नेटवर्क (एचएलआर) पर अपने वर्तमान या अंतिम ज्ञात स्थान के साथ अपनी नवीनतम स्थिति से अवगत है।
- **Equipment identity register (EIR) :** ईआईआर वह इकाई है जो यह तय करती है कि किसी दिए गए UE उपकरण को नेटवर्क पर अनुमति दी जा सकती है या नहीं। प्रत्येक UE उपकरण में एक नंबर होता है। जिसे International Mobile Equipment identity कहा जाता है। यह संख्या, जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है, उपकरण में स्थापित होती है और पंजीकरण के दौरान नेटवर्क द्वारा इसकी जाँच की जाती है।
- **Authentication centre (AuC) :** एयूसी एक संरक्षित डेटाबेस है जिसमें उपयोगकर्ता के यूएसआईएम कार्ड में निहित secret key भी शामिल है। 3G UMTS की शुरुआत के साथ नेटवर्क एलिमेंट्स के लिए कई नए शब्द सामने आए जैसे UTRA और UTRAN IUTRA (UMTS radio access) और UTRAN (UMTS radio access network) UMTS कभी-कभी यूटीआरएएन, यूएमटीएस टेरेस्ट्रियल एक्सेस नेटवर्क को रेडियो नेटवर्क सबसिस्टम या आरएनएस (RNS) भी कहा जाता था।

5.6.6 UMTS radio access network, UTRAN

The UMTS Radio Access Network, UTRAN, or Radio Network Subsystem, दो घटकों से मिलकर बना है—

(i) Radio Network Controller, RNC & (ii) Node B

- **Radio Network Controller, RNC:** रेडियो नेटवर्क नियंत्रक, आरएनसी: यूटीआरएएन/रेडियो नेटवर्क सबसिस्टम का यह एलिमेंट इससे जुड़े नोड बीएस को नियंत्रित करता है, अर्थात इसके डोमेन में रेडियो संसाधन ... आरएनसी रेडियो संसाधन प्रबंधन और गतिशीलता प्रबंधन कार्यों का संचालन करता है। यह वह point है जिस पर उपयोगकर्ता के डेटा को संरक्षित करने के लिए डेटा एन्क्रिप्शन/डिक्रिप्शन किया जाता हैं।
- **Node B:** (नोड बी) नोड बी, बेस स्टेशन ट्रांसीवर को निरूपित करने के लिए यूएमटीएस के भीतर उपयोग किया जाने वाला घटक है। यूटीआरएएन के इस भाग में CELL के भीतर UE के साथ संचार करने के लिए ट्रांसमीटर और रिसीवर होता है। यह संसाधन प्रबंधन में RNC के साथ भाग लेता है। Node B बेस स्टेशन के लिए 3GPP शब्द का प्रयोग किया जाता है।

5.6.7 UTRAN / RNS interfaces

UMTS मानकों को इस तरह संरचित किया जाता है कि विभिन्न नेटवर्क तत्वों की आंतरिक कार्यक्षमता परिभाषित नहीं होती है। इसके बजाय, नेटवर्क तत्वों के बीच इंटरफेस को परिभाषित किया गया है और इस तरह से, तत्व की कार्यक्षमता को भी।

UTRAN तत्वों के लिए परिभाषित इंटरफेस निम्नलिखित हैं—

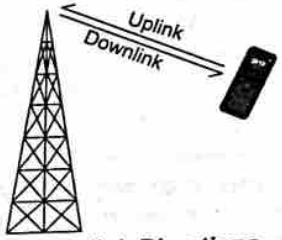
- **Iu इंटरफ़ेस :** Iu इंटरफ़ेस UTRAN को कोर नेटवर्क से जोड़ता है।
- **Iub :** Iub UTRAN के भीतर Node B और RNC को जोड़ता है। हालांकि जब इसे लॉन्च किया गया था, तो यूटीआरएएन में नियंत्रक और बेस स्टेशन के बीच इंटरफेस का एक मानकीकरण क्रांतिकारी था, उद्देश्य आपूर्तिकर्ताओं के बीच प्रतिस्पर्धा को प्रोत्साहित करना था, कुछ निर्माताओं जैसे अवसरों को अनुमति देता है जो नियंत्रक और अन्य नेटवर्क के स्थान पर बेस स्टेशनों पर ध्यान केंद्रित कर सकते हैं।
- **Iur :** Iur इंटरफ़ेस UTRAN के भीतर विभिन्न RNCs के बीच संचार की अनुमति देता है। Open Iur इंटरफ़ेस उपकरण निर्माताओं के बीच प्रतिस्पर्धा को प्रोत्साहित करने में मदद करने के साथ-साथ soft हैंडओवर जैसी क्षमताओं को सक्षम बनाता है।

UTRAN सहित नेटवर्क के विभिन्न क्षेत्रों के भीतर मानकीकृत इंटरफेस होने से नेटवर्क ऑपरेटरों को विभिन्न आपूर्तिकर्ताओं से विभिन्न नेटवर्क संस्थाओं का चयन करने की अनुमति मिलती है।

5.6.8 UTRA uplink & downlink

रेडियो एयर इंटरफेस और इससे जुड़े गुणों को देखते समय, उन दिशाओं को परिभाषित करना आवश्यक है जिनमें प्रसारण हो रहे हैं। एक full duplex system, अर्थात् दोनों दिशाओं में एक साथ संचार करना, यह परिभाषित करने में सक्षम होना आवश्यक है कि कौन सी दिशा है।

- **Downlink;** डाउनलिंक; इसे कभी-कभी आगे की कड़ी के रूप में भी जाना जा सकता है और यह नोड बी या बेस स्टेशन से उपयोगकर्ता उपकरण (यूई) के लिए लिंक है।
- **Uplink :** अपलिंक, इसे कभी-कभी रिवर्स लिंक के रूप में भी जाना जा सकता है और यह उपयोगकर्ता उपकरण (यूई) से नोड बी या बेस स्टेशन के लिए लिंक है।
- अपलिंक और डाउनलिंक शब्द ऐसे शब्द हैं जिनका उपयोग UMTS और विशेष रूप से यूरोप के भीतर किया जाता है। फॉरवर्ड लिंक और रिवर्स लिंक को आमतौर पर सीडीएमए 220 तकनीकों के साथ और उत्तरी अमेरिका के भीतर भी उपयोग किया जाता है।



Uplink and Downlink Directions

5.6.9 Frequency division and time division duplex

इस तथ्य को देखते हुए कि प्रसारण दोनों दिशाओं में किया जाना है, अर्थात् अपलिंक और डाउनलिंक दोनों में इन प्रसारणों के तरीके को व्यवस्थित करना आवश्यक है। दो तकनीकों का उपयोग दोनों दिशाओं में समवर्ती या समवर्ती प्रसारण को सुनिश्चित करने के लिए किया जाता है—आवृत्ति विभाजन द्वैध और समय विभाजन द्वैध (FDD & TDD)।

यूटीआरए-एफडीडी (UTRA-FDD) : यूटीआरए की आवृत्ति विभाजन द्वैध संस्करण एक ऐसी योजना का उपयोग करता है जिसके तहत अपलिंक और डाउनलिंक में प्रसारण विभिन्न आवृत्तियों पर होते हैं। यद्यपि इसके लिए दो प्रसारणों को समायोजित करने के लिए बैंडविड्थ की आवश्यकता होती है, और प्रेषित सिग्नल को रिसीवर के साथ

हस्तक्षेप करने से रोकने के लिए फ़िल्टर की। हालांकि अपलिंक और डाउनलिंक के बीच एक परिभाषित विभाजन होता है, परन्तु एक प्रभावी फिल्टर की आवश्यकता ीाी होती है।

- **यूटीआरए-टीडीडी (UTRA-TDD) :** यूटीआरए का टाइम डिवीजन संस्करण अपलिंक और डाउनलिंक ट्रांसमिशन का उपयोग करता है जो समान आवृत्ति का उपयोग करते हैं लेकिन विभिन्न अंतरालों पर होने के लिए समयबद्ध हैं। UTRA-FDD और UTRA-TDD दोनों के अपने फायदे और नुकसान हैं और इसलिए विभिन्न क्षेत्रों में इसका उपयोग किया जाता है जबकि UTRA-FDD और UTRA-TDD दोनों 3G UMTS से संबंधित हैं और 3GPP मानकों में शामिल हैं, उनके प्रसारण के लिए कुछ अलग पैरामीटर हो सकते हैं, जो निम्नलिखित हैं—

Key Specifications for UTRAN Operation For FDD & TDD

Parameter	Utra FDD	Utra TDD
Multiple access method	CDMA	TDMA, CDMA
Channel spacing	5 MHz	5 MHz (and 1.6 MHz for TD-SCDMA)
Carrier chip rate	3.84 Mcps	3.84 Mcps
Spreading factors	4. 512	1.16
Time slot structure	15 slots / frame	15 / 14 slots / frame
Frame length (ms)	10	10

Key Specifications for UTRAN Operation for FDD & TDD

Parameter	UTRA FDD	UTRA TDD
Multirate concept	Multicode, and OVSF	Multicode, multislot and OVSF
Burst types	N/A	(1) traffic bursts (2) random access burst (3) synchronisation burst

हालाँकि UMTS UTRAN / RNS के कई पहलू 2G रेडियो एक्सेस नेटवर्क पर आधारित थे, लेकिन इसका उद्देश्य उनकी कार्यक्षमता पर निर्माण करना था, साथ ही ऑपरेटरों द्वारा आवश्यक निवेश में वृद्धि नहीं करना था। कई ऑपरेटरों को स्पेक्ट्रम के लिए भारी रकम का भुगतान करने की आवश्यकता थी, और अन्य ऑपरेटर उस चरण में नहीं थे जहां वे रेडियो एक्सेस नेटवर्क के लिए पूरी तरह से नए सेट में निवेश करना चाहते थे।

5.6.10 UMTS terrestrial RAN (UTRAN)

UTRAN रेडियो नेटवर्क सबसिस्टम (RNS) से मिलकर बना हैं। आरएनएस के दो मुख्य तत्व हैं: (i) नोड बी और एक रेडियो नेटवर्क कंट्रोलर (आरएनसी)।

- RNC अपने क्षेत्र में रेडियो संसाधनों के नियंत्रण के लिए जिम्मेदार है। एक RNC कई नोड B को नियंत्रित करता है।
- UMTS में RNC GSM/GPRS नेटवर्क के बेस स्टेशन कंट्रोलर (BSC) के समान सेवा प्रदान करता है।

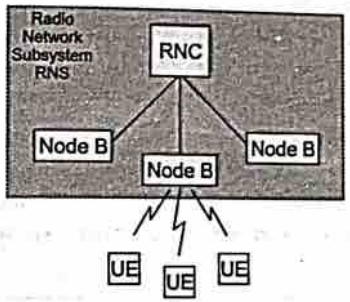
- प्रमुख अंतर यह है कि आरएनसी के पास अपने जीएसएम/जीपीआरएस समकक्षों की तुलना में अधिक intelligence अंतर्निहित होता है। उदाहरण के लिए, आरएनसी स्वायत्त रूप से MSCs और SGSN को शामिल किए बिना हैंडओवर का प्रबंधन कर सकते हैं।

5.6.11 UMTS radio access network, UTRAN

UMTS रेडियो एक्सेस नेटवर्क, UTRAN या रेडियो नेटवर्क सबसिस्टम, RNS में दो मुख्य घटक शामिल हैं—

- **Radio Network Controller, RNC:** (रेडियो नेटवर्क नियंत्रक, आरएनसी) यूटीआरएएन/रेडियो नेटवर्क सबसिस्टम का यह तत्व इससे जुड़े नोड बी को नियंत्रित करता है, अर्थात इसके डोमेन में रेडियो संसाधन आरएनसी रेडियो संसाधन प्रबंधन और गतिशीलता प्रबंधन कार्यों में से कुछ का संचालन करता है। यह वह बिंदु भी है जिस पर उपयोगकर्ता डेटा को ईवेसड्रॉपिंग (eavesdropping) से बचाने के लिए डेटा एन्क्रिप्शन/डिक्रिप्शन किया जाता है।
- **Node B :** (नोड बी) यह बेस स्टेशन ट्रांसीवर को निरुपित करने के लिए UMTS के भीतर उपयोग किया जाने वाला शब्द है। यूटीआरएएन के इस भाग में सेल के भीतर यूई के साथ संचार करने के लिए ट्रांसमीटर और रिसीवर होता है। यह संसाधन प्रबंधन में RNC के साथ भाग लेता है। Node B बेस स्टेशन के लिए 3GPP शब्द है।

अलग-अलग RNC के नियंत्रण में Node B के बीच प्रभावी हैंडओवर की सुविधा के लिए, RNC न केवल कोर नेटवर्क के साथ संचार करती है, बल्कि पड़ोसी RNC के साथ भी।



Architecture of the UMTS radio network subsystem, RNS

UTRAN सहित नेटवर्क के विभिन्न क्षेत्रों के भीतर मानकीकृत इंटरफेस होने से नेटवर्क ऑपरेटरों को विभिन्न आपूर्तिकर्ताओं से विभिन्न नेटवर्क संस्थाओं का चयन करने की अनुमति मिलती है।

5.6.12 Features of UMTS

1. इसकी स्पीड 2g तथा EDGE से अधिक होती है। यह 2Mps data rates को support करता है।
2. इसमें virtual home environment (VHE) होता है जिससे users को रोमिंग में भी same services उपलब्ध होती है जैसा कि home network में उपलब्ध होती है।
3. इसमें network security तथा location पर आधारित services बेहतर हुई है।
4. इसकी carrier spacing 1230 kHz तक होती है,
5. यह CDMA (code division multiple access) का प्रयोग करता है,
6. इसमें frame duration 10 ms होता है।
7. इसमें 1228.8 kbps तक channel rate होता है।

5.7. LTE (Long Term Evolution)

Long Term Evolution (LTE) एक वायरलेस संचार, मोबाइल फोन और डेटा टर्मिनलों के लिए हाई-स्पीड डेटा standard है। इसका आधार GSM/EDGE and UMTS/HSPA नेटवर्क प्रौद्योगिकियों है, जिसमें कोर नेटवर्क को सरल बनाने और एक अलग रेडियो इंटरफेस का उपयोग करके बढ़ी हुई क्षमता और उच्च गति के संदर्भ में परिवर्तन किये गए हैं।

- इसे Third Generation Partnership Project (3GPP) के नाम से जानी जाने वाली दूरसंचार संस्था द्वारा 2004 में एक परियोजना के रूप में शुरू किया गया था। SAE (सिस्टम आर्किटेक्चर इवोल्यूशन) GPRS/3G पैकेट कोर नेटवर्क इवोल्यूशन का संगत विकास है। LTE शब्द का प्रयोग आमतौर पर LTE और SAE दोनों का प्रतिनिधित्व करने के लिए किया जाता है।
- LTE पहले के 3GPP सिस्टम से विकसित हुआ जिसे Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), के नाम से जाना जाता है, जो ग्लोबल सिस्टम फॉर मोबाइल कम्युनिकेशंस (GSM) से विकसित हुआ है । इससे सम्बंधित विशिष्टताओं को औपचारिक रूप से विकसित UMTS टेरेस्ट्रियल रेडियो एक्सेस (E-UTRA) और विकसित UMTS टेरेस्ट्रियल रेडियो एक्सेस नेटवर्क (E-UTRAN) के रूप में जाना जाता था। LTE के पहले संस्करण को 3GPP विनिर्देशों के रिलीज़ 8 में प्रलेखित किया गया था।
- मोबाइल डेटा उपयोग में तेजी से वृद्धि और MMOG (मल्टीमीडिया ऑनलाइन गेमिंग), मोबाइल टीवी, वेब 2.0, स्ट्रीमिंग सामग्री जैसे नए अनुप्रयोगों ने 3GPP को दीर्घकालिक LTE पर काम करने के लिए प्रेरित किया और 4g के मोबाइल की ओर अग्रसर किया।
- एलटीई का मुख्य लक्ष्य एक उच्च डेटा दर, कम विलंबता और पैकेट अनुकूलित रेडियो एक्सेस प्रौद्योगिकी प्रदान करना है जो लचीली बैंडविड्थ परिनियोजन का समर्थन करता है। इसके नेटवर्क आर्किटेक्चर को पैकेट-स्विच्ड ट्रैफिक को निर्बाध गतिशीलता और सेवा की बेहतरीन गुणवत्ता के साथ समर्थन देने के लक्ष्य के साथ डिजाइन किया गया है।
- एलटीई न केवल यूएमटीएस बल्कि सीडीएमए 2000 की भी successor तकनीक है।
- एलटीई महत्वपूर्ण है क्योंकि यह सेलुलर नेटवर्क के लिए 50 गुना प्रदर्शन सुधार और बेहतर स्पेक्ट्रल दक्षता प्रदान करती है।
- *LTE* का प्रयोग उच्च डेटा दर, 300 mbps पीक डाउनलिंक और 75 mbps पीक अपलिंक प्राप्त करने के लिए किया गया है। एक 20Mhz वाहक में, बहुत अच्छी सिग्नल स्थितियों के अंतर्गत 300 *mbps* से अधिक डेटा दर प्राप्त की जा सकती है।
- *LTE* वॉयस ओवर आईपी (वीओआइपी), स्ट्रीमिंग मल्टीमीडिया, वीडियोकांफ्रेंसिंग या यहां तक कि एक हाई-स्पीड सेलुलर मॉडेम जैसी सेवाओं के लिए उच्च दरों का समर्थन करने के लिए एक आदर्श तकनीक है।
- *LTE Time Division Duplex (TDD) and Frequency Division Duplex (FDD)* मोड दोनों का उपयोग करता है। एफडीडी अपलिंक और डाउनलिंक ट्रांसमिशन में अलग-अलग आवृत्ति का उपयोग किया जाता है, जबकि टीडीडी में अपलिंक और डाउनलिंक दोनों एक ही वाहक का उपयोग करते हैं और समय में अलग हो जाते हैं।
- एलटीई *1.4* मेगाहर्ट्ज से *20* मेगाहर्ट्ज तक के साथ-साथ एफडीडी और टीडीडी दोनों के लिए लचीले कैरियर बैंडविंड का समर्थन करता है। एलटीई को 1.4 मेगाहर्ट्ज से 20 मेगाहर्ट्ज तक एक स्केलेबल कैरियर बैंडविड्थ के साथ डिज़ाइन किया गया है, जो आवृत्ति बैंड और नेटवर्क ऑपरेटर के पास उपलब्ध स्पेक्ट्रम की मात्रा पर निर्भर करता है।
- सभी *LTE* उपकरणों को (MIMO) मल्टीपल इनपुट मल्टीपल आउटपुट ट्रांसमिशन को सपोर्ट करने के लिए डिजाईन किया गया है, जो बेस स्टेशन को एक ही कैरियर पर एक साथ अनेक डेटा स्ट्रीम ट्रांसमिट करने की अनुमति देता है।

- एलटीई में नेटवर्क नोड्स के बीच सभी इंटरफेस आईपी आधारित होतें हैं, जिसमें रेडियो बेस स्टेशनों के लिए बैकहॉल कनेक्शन भी होता है। यह पहले की तकनीकों की तुलना में बहुत सरलीकरण है जो शुरू में E1/T1, ATM और फ्रेम रिले लिंक पर आधारित थे, जिनमें से अधिकांश नैरोबैंड और महंगे थे।
- सेवा की गुणवत्ता (QOS) तंत्र को सभी इंटरफेस पर मानकीकृत किया गया है जिससे यह सुनिश्चित किया जा सके कि निरंतर विलंब और बैंडविड्थ के लिए वॉयस कॉल की आवश्यकता तब भी पूरी की जा सकती है जब क्षमता सीमा (limit) तक पहुंच जाए।
- यह मौजूदा 2G और 3G स्पेक्ट्रम और नए स्पेक्ट्रम का उपयोग करते हुए GSM/EDGE/UMTS सिस्टम के साथ काम करता है। मौजूदा मोबाइल नेटवर्क को हैंड-ओवर और रोमिंग का समर्थन करता है।

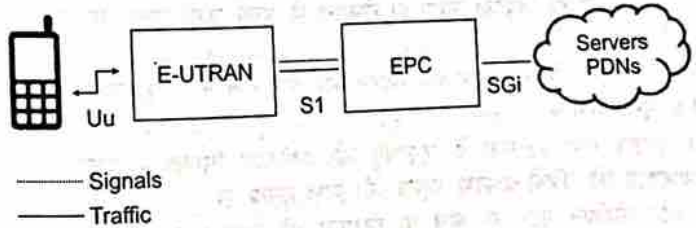
5.7.1 4G LTE features

- **ऑडियो और वीडियो स्ट्रीमिंग** (Audio and video streaming)—LTE में 2G और 3G की तुलना में तेज़ डाउनलोड और अपलोड गति होती है। 2021 में, वैश्विक औसत एलटीई डाउनलोड गति 17 एमबीपीएस है और औसत अपलोड गति 12 एमबीपीएस है।
- **सेवाओं के लिए रीयल-टाइम कनेक्शन** (Real-time connection to services)—वॉयस ओवर LTE (VoLTE) के साथ, उपयोगकर्ता बिना अंतराल या घबराहट का अनुभव किए वार्तालाप कर सकते हैं।
- **एलटीई-उन्नत के साथ और भी तेज गति** (faster speeds with LTE-Advanced)—एलटीई-एडवांस्ड के साथ डाउनलोड और अपलोड स्पीड मानक एलटीई से दो से तीन गुना तेज है। सभी एलटीई उन्नत डिवाइस मानक एलटीई के साथ backward-compatible हैं।
- **वाहक एकत्रीकरण** (Carrier aggregation)—इस एलटीई-एडवांस्ड फीचर ने नेटवर्क क्षमता में सुधार किया है, जिसमें प्रत्येक 20 मेगाहर्ट्ज बैंडविड्थ के साथ पांच घटक वाहक (बैंड) में 100 मेगाहर्ट्ज तक की बैंडविड्थ है। LTE-A हैंडसेट सिग्नल, गति और विश्वसनीयता में सुधार के लिए कई घटक वाहकों से आवृत्तियों को जोड़ते हैं।

LTE के उच्च-स्तरीय नेटवर्क आर्किटेक्चर में निम्नलिखित तीन मुख्य घटक होतें हैं—

1. उपयोगकर्ता उपकरण (UE: User Equipment).
2. विकसित UMTS टेरेस्ट्रियल रेडियो एक्सेस नेटवर्क (E-UTRAN: Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network)
3. विकसित पैकेट कोर (EPC: Evolved Packet Core)

विकसित पैकेट कोर बाहरी दुनिया में पैकेट डेटा नेटवर्क जैसे इंटरनेट, निजी कॉर्पोरेट नेटवर्क या आईपी मल्टीमीडिया सबसिस्टम के साथ संचार करता है। सिस्टम के विभिन्न भागों के बीच के इंटरफेस को Uu, S1 और SGi के रूप में दर्शाया गया है जैसा कि नीचे दिखाया गया है—



Evolved packet core network

5.7.2 User Equipment (UE)

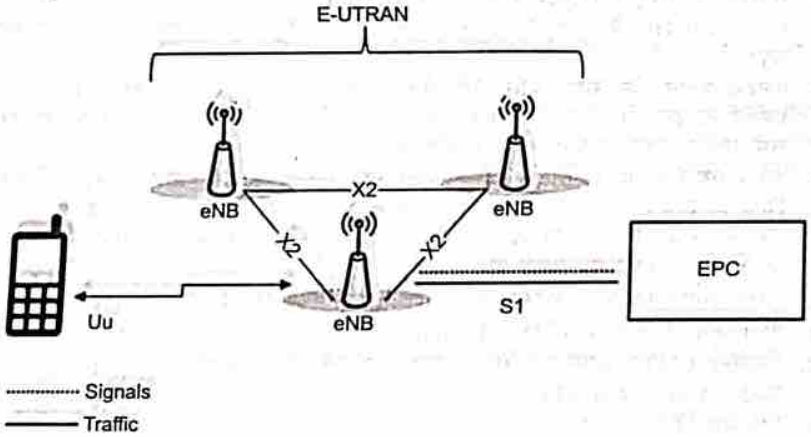
एलटीई के लिए उपयोगकर्ता उपकरण की आंतरिक संरचना यूएमटीएस और जीएसएम द्वारा उपयोग किए जाने वाले उपकरण के समान है जो वास्तव में एक मोबाइल उपकरण (ME) है। मोबाइल उपकरण में निम्नलिखित महत्वपूर्ण मॉड्यूल होते हैं—

- **मोबाइल टर्मिनेशन** (MT: Mobile Termination)—यह सभी संचार कार्यों को संभालता है।
- **टर्मिनल उपकरण** (TE: Terminal Equipment)—यह डेटा स्ट्रीम को समाप्त करता है।
- **यूनिवर्सल इंटीग्रेटेड सर्किट कार्ड** (UICC: Universal Integrated Circuit Card)—इसे LTE उपकरणों के लिए सिम कार्ड के रूप में भी जाना जाता है। यह यूनिवर्सल सब्सक्राइबर आइडेंटिटी मॉड्यूल (USIM) के नाम से जाना जाने वाला एक एप्लिकेशन चलाता है।

एक USIM उपयोगकर्ता-विशिष्ट डेटा को 3G सिम कार्ड के समान ही संग्रहीत करता है। इससे यूजर के फोन नंबर, होम नेटवर्क आइडेंटिटी और सिक्योरिटी कीज (keys) आदि की जानकारी रहती है।

5.7.3 E-UTRAN (The access network)

विकसित यूएमटीएस टेरेस्ट्रियल रेडियो एक्सेस नेटवर्क (ई-यूटीआरएएन) की संरचना को नीचे दिखाई गयी है।



Architecture of E-UTRAN (The access network)

E-UTRAN मोबाइल और विकसित पैकेट कोर के बीच रेडियो संचार को संभालता है और इसमें केवल एक घटक होता है, विकसित बेस स्टेशन, जिसे eNodeB या eNB कहा जाता है। प्रत्येक ईएनबी एक बेस स्टेशन है जो एक या अधिक सेल में मोबाइल को नियंत्रित करता है। मोबाइल से संचार करने वाला बेस स्टेशन इसके सर्विंग ईएनबी के रूप में जाना जाता है।

एलटीई मोबाइल एक समय में सिर्फ एक बेस स्टेशन और एक सेल के साथ संचार करता है और ईएनबी द्वारा समर्थित निम्नलिखित दो मुख्य कार्य करता है—

- ईबीएन एलटीई एयर इंटरफेस के एनालॉग और डिजिटल सिग्नल प्रोसेसिंग कार्यों का उपयोग करके सभी मोबाइलों को रेडियो प्रसारण भेजता और प्राप्त करता है।
  सर्विंग और पीडीएन गेटवे के बीच के इंटरफेस को S5/S8 के रूप में जाना जाता है। इसके दो अलग-अलग कार्यान्वयन हैं, अर्थात् S5 यदि दो डिवाइस एक ही नेटवर्क में हैं, और S8 यदि वे अलग-अलग नेटवर्क में हैं।

Parameters	Description
Frequency range	UMTS FDD bands and TDD bands defined in 36.101(v860) Table 5.5.1, given below
Duplexing	FDD, TDD, half-duplex FDD
Channel coding	Turbo code
Mobility	350 km/h
Channel Bandwidth (MHz)	❖ 1.4 ❖ 3 ❖ 5 ❖ 10 ❖ 15 ❖ 20
Transmission Bandwidth Configuration NRB : (1 resource block = 180kHz in 1ms TTI)	❖ 6 ❖ 15 ❖ 25 ❖ 50 ❖ 75 ❖ 100
Modulation Schemes	UL: QPSK, 16QAM, 64QAM(optional) DL: QPSK, 16QAM, 64QAM
Multiple Access Schemes	UL: SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) supports 50Mbps+ (20MHz spectrum) DL: OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) supports 100Mbps+ (20MHz spectrum)
Multi-Antenna Technology	UL: Multi-user collaborative MIMO DL: TxAA, spatial multiplexing, CDD ,max 4x4 array
Peak data rate in LTE	UL: 75Mbps(20MHz bandwidth) DL: 150Mbps(UE Category 4, 2x2 MIMO, 20MHz bandwidth) DL: 300Mbps(UE category 5, 4x4 MIMO, 20MHz bandwidth)
MIMO (Multiple Input Multiple Output)	UL: 1 × 2, 1 × 4 DL: 2 × 2, 4 × 2, 4 × 4
Coverage	5 - 100km with slight degradation after 30km
QoS	E2E QOS allowing prioritization of different class of service
Latency	End-user latency < 10mS

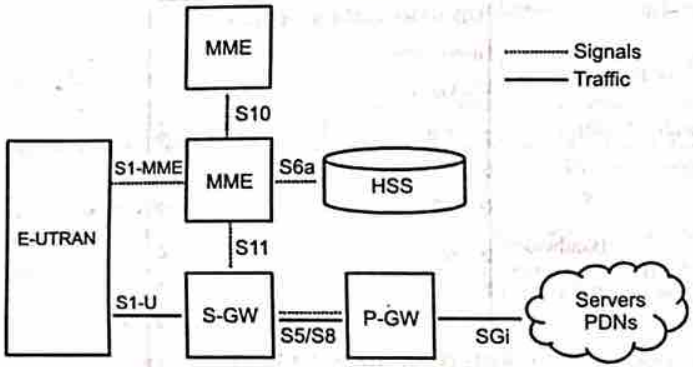
- ईएनबी अपने सभी मोबाइलों को हैंडओवर कमांड जैसे सिग्नलिंग संदेश भेजकर उनके निम्न-स्तरीय संचालन को नियंत्रित करता है।

प्रत्येक eBN S1 इंटरफ़ेस के माध्यम से EPC से जुड़ता है और इसे X2 इंटरफ़ेस द्वारा आस-पास के बेस स्टेशनों से भी जोड़ा जा सकता है, जो मुख्य रूप से हैंडओवर के दौरान सिग्नलिंग और पैकेट अग्रेषण (packet forwarding) के लिए उपयोग किया जाता है।

एक होम ईएनबी (एचएनबी) एक बेस स्टेशन है जिसे एक उपयोगकर्ता द्वारा घर के भीतर फेमटोसेल कवरेज (femtocell coverage) प्रदान करने के लिए खरीदा गया है। होम ईएनबी एक क्लोज्ड सब्सक्राइबर ग्रुप (सीएसजी) से संबंधित है और इसे केवल यूएसआईएम (USIM) वाले मोबाइल द्वारा ही एक्सेस किया जा सकता है जो क्लोज्ड सब्सक्राइबर ग्रुप से संबंधित है।

5.7.4 The Evolved Packet Core (EPC) (The Core Network)

विकसित पैकेट कोर (ईपीसी) की संरचना को नीचे दिखाया गया है।



Evolved Packet Core (EPC) (The core network) Architecture

- होम सब्सक्राइबर सर्वर (HSS) घटक को यूएमटीएस और जीएसएम से आगे ले जाया गया है और यह एक केंद्रीय डेटाबेस है जिसमें सभी नेटवर्क ऑपरेटर के ग्राहकों के बारे में जानकारी होती है।
- पैकेट डेटा नेटवर्क (पीडीएन) गेटवे (पी-ज़ीडब्ल्यू) बाहरी दुनिया के साथ संचार करता है अर्थात। पैकेट डेटा नेटवर्क पीडीएन, एसजीआई इंटरफेस का उपयोग कर। प्रत्येक पैकेट डेटा नेटवर्क को एक्सेस प्वाइंट नाम (APN) द्वारा जाना जाता है। पीडीएन गेटवे की जीपीआरएस सपोर्ट नोड (जीजीएसएन) और यूएमटीएस और जीएसएम के साथ सेवारत जीपीआरएस सपोर्ट नोड (एसजीएसएन) जैसी ही भूमिका होती है।
- सर्विंग गेटवे (एस-जीडब्ल्यू) राउटर के रूप में कार्य करता है, और बेस स्टेशन और पीडीएन गेटवे के बीच डेटा अग्रेषित करता है।
- मोबिलिटी मैनेजमेंट एंटिटी (MME) सिग्नलिंग मैसेज और होम सब्सक्राइबर सर्वर (HSS) के माध्यम से मोबाइल के उच्च-स्तरीय संचालन को नियंत्रित करती है।
- पॉलिसी कंट्रोल एंड चार्जिंग रूल्स फंक्शन (पीसीआरएफ) एक ऐसा घटक है जो उपरोक्त आरेख में नहीं दिखाया गया है, लेकिन यह नीति नियंत्रण निर्णय लेने के साथ-साथ पॉलिसी कंट्रोल एनफोर्समेंट फंक्शन में प्रवाह-आधारित चार्जिंग कार्यात्मकताओं को नियंत्रित करने के लिए जिम्मेदार है। (PCEF), P-GW में रहता है।

5.7.5 LTE के गुण (Advantages of LTE)

- **उच्च थ्रूपुट** (High throughput)—डाउनलिंक और अपलिंक दोनों में उच्च डेटा दरें प्राप्त की जा सकती हैं। यह उच्च थ्रूपुट का कारण बनता है।
- **कम विलंबता** (Low latency)—नेटवर्क से जुड़ने के लिए आवश्यक समय कुछ सौ मिलीसेकंड की सीमा में है और बिजली की बचत करने वाले राज्यों को अब बहुत जल्दी प्रवेश और बाहर किया जा सकता है।

- **एक ही प्लेटफॉर्म में FDD और TDD** (Superior end-user experience)—फ्रीक्वेंसी डिवीजन डुप्लेक्स (FDD) और टाइम डिवीजन डुप्लेक्स (TDD), दोनों योजनाओं का उपयोग एक ही प्लेटफॉर्म पर किया जा सकता है।
- **सुपीरियर एंड-यूज़र अनुभव** (Superior end-user experience)—कनेक्शन स्थापना और अन्य एयर इंटरफेस और गतिशीलता प्रबंधन प्रक्रियाओं के लिए अनुकूलित सिग्नलिंग ने उपयोगकर्ता
- **निर्बाध कनेक्शन** (Seamless Connection)—एलटीई जीएसएम, सीडीएमए और डब्ल्यूसीडीएमए जैसे मौजूदा नेटवर्क के लिए निर्बाध कनेक्शन का भी समर्थन करता है ।
- **प्लग एंड प्ले** (Plug and play)—उपयोगकर्ता को डिवाइस के लिए मैन्युअल रूप से ड्राइवर स्थापित करने की आवश्यकता नहीं होती है। इसके स्थान पर सिस्टम स्वचालित रूप से डिवाइस को पहचानता है, यदि आवश्यक हो तो हार्डवेयर के लिए नए ड्राइवर लोड करता है और नए कनेक्टेड डिवाइस के साथ काम करना शुरू कर देता है।
- **सरल वास्तुकला** (Simple architecture)—सरल वास्तुकला के कारण कम परिचालन व्यय।

5.8. VOLTE (Voice over Long Term Evolution)

VoLTE, वॉयस ओवर लॉन्ग टर्म इवोल्यूशन (LTE), एक मानक-आधारित तकनीक है, जिसे GSMA द्वारा 3GPP तकनीकी विशिष्टताओं के आधार पर परिभाषित किया गया है, जिसका उपयोग LTE तकनीक पर वॉयस कॉल का समर्थन करने के लिए किया जाता है और जिसका उपयोग अब 4G वायरलेस नेटवर्क द्वारा किया जा रहा है। VoLTE ग्राहकों को नेचुरल-साउंडिंग हाई-डेफिनिशन वॉयस सेवाएं प्रदान करता है, जैसे कि आप आमने-सामने बैठकर वार्तालाप कर रहे हो। एलटीई नेटवर्क पर वॉयस कॉल को बनाए रखा जाता है क्योंकि डेटा को बात करते समय 4 जी डेटा सत्र (जैसे ब्राउज़िंग या फ़ाइल डाउनलोडिंग) रखने की अनुमति मिलती है। इसके अलावा, एलटीई कनेक्टिविटी बैंडविड्थ के कारण, नेटवर्क ऑपरेटर उच्च गुणवत्ता के साथ कॉन्फ्रेंस कॉल सेवाएं प्रदान कर सकते हैं, और वीओएलटीई कॉल के दौरान उपयोगकर्ता फ़ोटो और वीडियो क्लिप जैसी सामग्री साझा कर सकते हैं, ऑडियो कॉल को वीडियो कॉल में अपग्रेड कर सकते हैं और एक बहु-पार्टी उच्च स्थापित कर सकते हैं। गुणवत्ता कॉल।

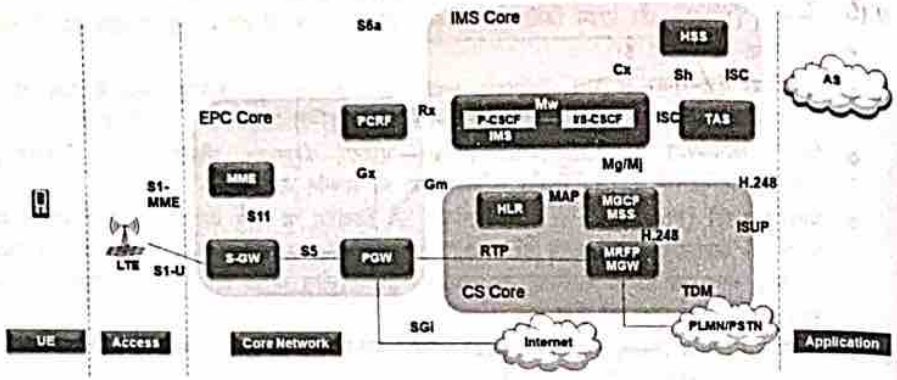
- VoLTE दृष्टिकोण IP मल्टीमीडिया सबसिस्टम (IMS) नेटवर्क पर आधारित है, जिसमें LTE पर वॉयस सर्विस के नियंत्रण और मीडिया प्लेन (planes) के लिए विशिष्ट प्रोफाइल हैं।

5.8.1 VoLTE Architecture

VoLTE लॉजिकल आर्किटेक्चर VoLTE UE, लॉन्ग टर्म इवोल्यूशन (LTE), इवॉल्व्ड पैकेट कोर नेटवर्क (EPC) और IMS कोर नेटवर्क के लिए 3GPP परिभाषित आर्किटेक्चर और सिद्धांतों पर आधारित है।

VOLTE आर्किटेक्चर के कार्य निम्नलिखित हैं—

- **VoLTE UE**—VoLTE UE में मोबाइल ब्रॉडबैंड कनेक्टिविटी की अनुमति देने के लिए LTE RAN और EPC को एक्सेस करने की कार्यक्षमता शामिल है। VoLTE सेवाओं तक पहुँचने के लिए एक एम्बेडेड IMS स्टैक और VoLTE IMS एप्लिकेशन की आवश्यकता होती है।
- **रेडियो एक्सेस नेटवर्क** (Radio Access Network)—विकसित यूनिवर्सल टेरेस्ट्रियल रेडियो एक्सेस नेटवर्क (ई-यूट्रान); इसे अक्सर लॉन्ग टर्म इवोल्यूशन (LTE) के रूप में जाना जाता है। केवल FDD LTE के लिए LTE रेडियो क्षमताएं, केवल TDD LTE या FDD और TDD LTE दोनों VoLTE के लिए लागू हैं।
- **कोर नेटवर्क** (Core Network)—विकसित पैकेट कोर (Evolved Packet Core (EPC)।
- **आईएमएस कोर नेटवर्क** (IMS Core Network)—VoLTE आर्किटेक्चर के भीतर IMS कोर नेटवर्क मल्टीमीडिया टेलीफोनी प्रदान करने के लिए सर्विस लेयर प्रदान करता है।



Volte Architecture

eNodeB के कार्य

- EUTRAN में एक एकल नोड, eNodeB होता है जो UE के साथ इंटरफेस करता है।
- eNodeB फिजिकल (PHY), मीडियम एक्सेस कंट्रोल (MAC), रेडियो लिंक कंट्रोल (RLC) और पैकेट डेटा कन्वर्जेंस प्रोटोकॉल (PDCP) लेयर्स को होस्ट करता है जिसमें यूजर-प्लेन हेडर-कंप्रेशन और एन्क्रिप्शन की कार्यक्षमता शामिल होती है।
- यह कंट्रोल प्लेन के अनुरूप रेडियो रिसोर्स कंट्रोल (आरआरसी) कार्यक्षमता भी प्रदान करता है।
- यह रेडियो संसाधन प्रबंधन, प्रवेश नियंत्रण, शेड्यूलिंग, बातचीत किए गए UL QoS को लागू करने, सेल सूचना प्रसारण, उपयोगकर्ता और नियंत्रण विमान डेटा की सिफरिंग / डिक्रिप्शनऔर DL/UL उपयोगकर्ता प्लेन पैकेट हेडर के संपीड़न / विघटन (म्दस्जेग्दह/ग्म्दस्जेग्दह)सहित कई कार्य करता है।

MME (Mobility Management Entity) के कार्य

- गतिशीलता प्रबंधन इकाई (एमएमई) एलटीई एक्सेस नेटवर्क के लिए प्रमुख नियंत्रण-नोड है।
- यह निष्क्रिय मोड यूई ट्रैकिंग और पुनः प्रसारण सहित पेजिंग प्रक्रियाओं के लिए जिम्मेदार है।
- यह वाहक सक्रियण/निष्क्रिय करने की प्रक्रिया में शामिल है और प्रारंभिक अटैचमेंट पर और कोर नेटवर्क नोड स्थानांतरण को शामिल करते हुए इंट्रा-एलटीई हैंडओवर के समय यूई के लिए एसजीडब्ल्यू चुनने के लिए भी जिम्मेदार है।
- यह उपयोगकर्ता को प्रमाणित करने के लिए जिम्मेदार है (HSS के साथ संयोजन में)।
- NAS (नॉन-एक्सेस स्ट्रैटम) सिग्नलिंग एमएमई पर समाप्त हो जाती है जो कि UE के लिए अस्थायी पहचान के निर्माण और आवंटन के लिए भी जिम्मेदार है।

MME सेवा प्रदाता के पीएलएमएन (PLMN) पर camp लगाने के लिए UE की अनुमति को मान्य करता है और UE रोमिंग प्रतिबंधों को लागू करता है।

- एमएमई एनएएस सिग्नलिंग के लिए सिफरिंग/अखंडता (ciphering/integrity) सुरक्षा के लिए नेटवर्क में समाप्ति बिंदु है और सुरक्षा कुंजी प्रबंधन को संभालता है।
- सिग्नलिंग का वैध अवरोधन भी एमएमई द्वारा प्रदान किया गया एक कार्य है।
- एमएमई एलटीई और 2जी/3जी एक्सेस नेटवर्क के बीच गतिशीलता के लिए कंट्रोल प्लेन फ़ंक्शन प्रदान करता है और रोमिंग यूई के लिए होम एचएसएस के साथ इंटरफेस करता है।

SGW (Serving Gateway)

- (SGW) एसजीडब्ल्यू रूट और फॉरवर्ड यूजर डेटा पैकेट, इंटर-ईनोडबी हैंडओवर के दौरान यूजर प्लेन के लिए मोबिलिटी एंकर के रूप में भी कार्य करता है और एलटीई और अन्य 3 GPP प्रौद्योगिकियों के बीच गतिशीलता के लिए एंकर के रूप में कार्य करता है (S4 इंटरफेस को समाप्त करना और 2G/3G सिस्टम और PGW)।
- निष्क्रिय अवस्था वाले UE के लिए, SGW DL डेटा पथ को समाप्त कर देता है और UE के लिए DL डेटा आने पर पेजिंग को ट्रिगर करता है।
- यह यूई संदर्भों का प्रबंधन और भंडारण करता है और वैध अवरोधन के मामले में उपयोगकर्ता यातायात की प्रतिकृति करता है।
- SGW और PGW कार्यों को एकल नेटवर्क तत्व के रूप में अनुभव किया जा सकता है।

PGW (Packet Data Network Gateway):

- PGW, UE और बाहरी पैकेट डेटा नेटवर्क के बीच कनेक्टिविटी प्रदान करता है।
- यह UE के लिए यातायात का प्रवेश और निकास बिंदु प्रदान करता है।
- एकाधिक पैकेट डेटा नेटवर्क तक पहुँचने के लिए एक UE में एक से अधिक PGW के साथ एक साथ कनेक्टिविटी हो सकती है।
- PGW प्रत्येक उपयोगकर्ता के लिए नीति प्रवर्तन, पैकेट फ़िल्टरिंग, चार्जिंग समर्थन, वैध अवरोधन और पैकेट स्क्रीनिंग करता है।
- SGW और PGW कार्यों को एकल नेटवर्क तत्व के रूप में महसूस किया जा सकता है।

IMS :

- जब UE नेटवर्क से जुड़ता है तो IMS सिग्नलिंग स्ट्रीम के लिए एक डिफ़ॉल्ट बियरर सेट किया जाता है।
- UE द्वारा कॉल शुरू करने के बाद, कॉल कनेक्शन के लिए SIP सिग्नलिंग स्ट्रीम डिफ़ॉल्ट वाहक पर P-GW के माध्यम से IMS कोर को प्रेषित की जाती है।
- कॉल कनेक्शन के दौरान आईएमएस वॉयस मीडिया स्ट्रीम के लिए एक समर्पित वाहक स्थापित किया गया है।
- कॉलिंग और कॉल की गई पार्टियों की वॉयस मीडिया स्ट्रीम समर्पित वाहक पर प्रसारित की जाती हैं

P-CSCF (Proxy Call Session Control Function):

- IMS- enabled VoLTE UE के लिए सत्र संकेतन के लिए P-CSCF संपर्क का प्रारंभिक बिंदु है।
- P-CSCF UE और आईएमएस कोर नेटवर्क के बीच एसआईपी संदेशों को अग्रेषित करके एक एसआईपी प्रॉक्सी के रूप में व्यवहार करता है, अपने और बीओएलटीई यूई के बीच सुरक्षा संघों को बनाए रखता है, और आईएमएस सत्र के बंधन को सक्षम करने के लिए पीसीसी के एप्लिकेशन फ़ंक्शन पहलू को शामिल करता है। गतिशील नीति लागू करने और वाहक स्तर की घटनाओं की सूचनाएं प्राप्त करने के लिए वाहक।
- P-CSCF को एक्सेस सेशन बॉर्डर कंट्रोलर में लागू किया जा सकता है जिसमें IMS-ALG/IMS-AGW भी शामिल हो सकता है।

I-CSCF (Interrogating Call Session Control Function):

- I-CSCF एक ऑपरेटर के नेटवर्क के भीतर उस नेटवर्क के उपयोगकर्ता के लिए नियत सभी कनेक्शनों के लिए संपर्क बिंदु है।
- आईएमएस पंजीकरण पर, यह निर्धारित करने के लिए एचएसएस से पूछताछ करता है कि पंजीकरण के लिए अनुरोध करने के लिए कौन सा उपयुक्त एस-सीएससीएफ है।
- मोबाइल टर्मिनेटिंग कॉल्स के लिए, यह निर्धारित करने के लिए एचएसएस से पूछताछ करता है कि उपयोगकर्ता किस एस-सीएससीएफ पर पंजीकृत है।

S-CSCF (Serving Call Session Control Function):

- S-CSCF सत्र सेट-अप, सत्र टियर-डाउन, सत्र नियंत्रण और रूटिंग कार्य प्रदान करता है।
- यह अपने नियंत्रण में सभी सत्रों के लिए बिलिंग उद्देश्यों के लिए रिकॉर्ड तैयार करता है, और एचएसएस से प्राप्त आईएफसी के आधार पर एप्लिकेशन सर्वर को आमंत्रित करता है।
- S-CSCF VoLTE UE के लिए SIP रजिस्ट्रार के रूप में कार्य करता है जिसे HSS और I-CSCF इसे असाइन करते हैं।
- यह लागू ग्राहक प्रोफाइल के लिए एचएसएस से पूछताछ करता है और पंजीकृत होने के बाद इन अंतिम बिंदुओं से जुड़े कॉलों को संभालता है।

Telephony Application Server (TAS):

- The TAS is an IMS Application Server providing support for a minimum set of mandatory MultiMedia Telephony (MMTel) services as defined by 3GPP e.g. supplementary service functionality, and profiled within GSMA PRD IR.92

MRF (Media Resource Function)

- एमआरएफ एक सामान्य मीडिया संसाधन फ़ंक्शन है, जिसका उपयोग आईएमएस एप्लिकेशन सर्वर और आई/एससीएससीएफ द्वारा किया जाता है, ताकि एप्लिकेशन प्रकारों से स्वतंत्र मीडिया प्लेन प्रोसेसिंग प्रदान की जा सके।

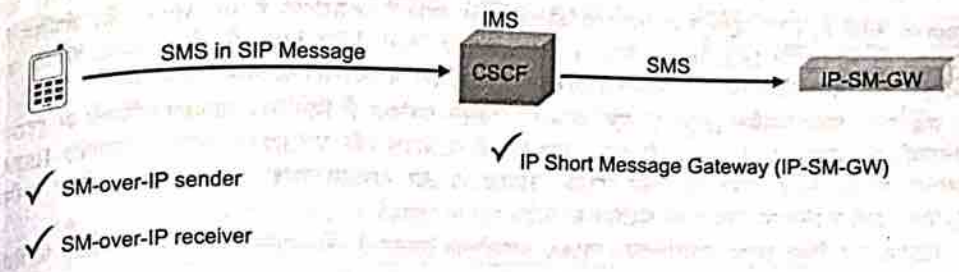
IBCF/TrGW (Interconnection Border Control Function/Transition Gateway)

- आईबीसीएफ/टीआरजीडब्ल्यू अन्य पीएमएन के नेटवर्क इंटरकनेक्ट बिंदु पर नियंत्रण/मीडिया विमान के लिए जिम्मेदार है।
- आईबीसीएफ/टीआरजीडब्ल्यू को इंटरकनेक्ट सत्र सीमा नियंत्रक में लागू किया जा सकता है।

BGCF (Breakout Gateway Control Function

- बीजीसीएफ एसआईपी संदेशों के रूटिंग के लिए अगला हॉप निर्धारित करने के लिए जिम्मेदार है।
- यह निर्धारण एसआईपी/एसडीपी और रूटिंग कॉन्फ़िगरेशन डेटा (जो आंतरिक कॉन्फ़िगरेशन डेटा या ENUM/DNS लुकअप हो सकता है) के भीतर प्राप्त जानकारी पर आधारित है।
- सीएस डोमेन समाप्ति के लिए, बीजीसीएफ उस नेटवर्क को निर्धारित करता है जिसमें सीएस डोमेन ब्रेकआउट होना है और उपयुक्त एमजीसीएफ का चयन करता है।
- पीयर आईएमएस नेटवर्क में समाप्ति के लिए, बीजीसीएफ पीयर आईएमएस डोमेन से इंटरकनेक्ट को संभालने के लिए उपयुक्त आईबीसीएफ का चयन करता है।

- बीजीसीएफ एमजीसीएफ/आईबीसीएफ को निर्देश भी दे सकता है जिस पर इंटरकनेक्ट या अगला नेटवर्क चुनना है।
- इस तरह के निर्देश अगले नेटवर्क प्रवेश नोड की ओर इशारा करते हुए एक रूटिंग हेडर को शामिल करके दिए जा सकते हैं।



5.9 HSPA (High Speed Packet Acess)

3rd जनरेशन पार्टनरशिप प्रोजेक्ट (3GPP) एक Collaboration है जो अनेक दूरसंचार मानक निकायों को एक साथ जोड़ता है। 3GPP को संयुक्त रूप से अमेरिका यूरोप, जापान, दक्षिण कोरिया और चीन के दूरसंचार संगठनों द्वारा बनाया गया था। वर्तमान में, इसमें 400 से अधिक सदस्य कम्पनियाँ और संस्थान है। 3GPP GSM और WCDMA के लिए की पूर्ण मोबाइल सिस्टम है। यह पूर्ण विनिर्देशों को विस्तारित जानकारी देता है, जिसमें टर्मिनल पहलू, रेडियो एक्सेस नेटवर्क, कोर नेटवर्क और सेवा नेटवर्क सम्मिलित है। प्रत्येक विश्व क्षेत्र में मानवीयकरण निकायों के पास 3GPP से उत्पादन लेने और इसे अपने क्षेत्र में औपचारिक मानकों के रूप में प्रकाशित करने का जनादेश है। 3GPP स्पेसिफिकेशन रिलीज में संरचित है।

आमतौर पर, 3GPP प्रौद्योगिकियों की चर्चा एक रिलीज या किसी कार्यक्षमता को संदर्भित करती है। यह ध्यान देने योग्य है कि सभी नई रिलीज पिछले रिलीज के साथ back-compatible है। 3GPP प्रौद्योगिकी ट्रैक (GSM/WCDMA/HSPA) का विकास अद्भुत रहा है। उदाहरण के लिए, दस साल के भीतर डेटा दरों में 1000 गुना की वृद्धि हुई है। 3GDP प्रौद्योगिकियों का विकास जारी है। WCDMA 3GPP रिलीज 99 ने व्यापक क्षेत्र कवरेज के लिए 384 Kbps की डेटा दरें प्रदान की। हालाँकि, पैकेट डेटा सेवाओं के उपयोग में वृद्धि और नई सेवाओं के शुरू होने के बाद अधिक गति (डेटा दर) और क्षमता की (कम उत्पादन लागत पर) आवश्यकता अनिवार्य हो गई।

WCDMA 3GPP रिलीज 5 ने एक नए डाउनलिंक ट्रांसपोर्ट चैनल, हाईस्पीड डाउनलिंक शेयर्ड चैनल के साथ स्पेसिफिकेशन को बढ़ाया, जिसने उच्च-प्रदर्शन पैकेट-डेटा अनुप्रयोगों के समर्थन में वृद्धि की। रीलीज 99 की तुलना में, बढ़ी हुई डाउनलिंक ने क्षमता में काफी वृद्धि की जिसके प्रति बिट उत्पादन लागत में अनुवाद किया गया। इसने lafency को धीरे-धीरे कम किया और 14 Mbps तक की डाउन लिंक डेटा दरें प्रदान की। ये संवर्धन, जो आमतौर पर मूल्यवर्ग हाईस्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस (HSDPA) के अन्तर्गत आते हैं। WCDMA के विकास में यह प्रथम कदम था।

हालांकि अधिकतम ट्रैफिक Downlink oriented होता है। साथ ही अनेक अनुप्रयोगों में भी सुधार हुआ है। उदाहरण ई-मेल, चित्र, विडियो क्लिप और ब्लॉग भेजना। WCDMA 3GPP रिलीज 6 में महत्त्वपूर्ण वृद्धि अपलिंक, एन्हांस अपलिंक (Enhance up link; EUL) में एक नया परिवहन चैनल था—जिसे कभी-कभी HSUPA (हाई स्पीड अपलिंक पैकेट एक्सेस) के रूप में भी जाना जाता है — जिसने थ्रुपुट, कम विलम्बता और बढ़ी हुई क्षमता में सुधार किया। EUL 5.8 Mpbs तक की डेटा दरें प्रदान करता है। HSDPA और EUL के संयोजन को HSPA (हाई स्पीड पैकेट एक्सेस) कहा जाता है।

3GPP रिलीज 7 ने HSPA इवोल्यूशन (जिसे HSPA + भी कहा जाता है) को introduce किया, जो पीक डेटा रेट और क्षमता को और अधिक बढ़ावा देने के लिए downlink में MIMO, 64 QAM और अपलिंक में 16 QAM का समर्थन करता है। HSPA विकास डाउनलिंक में 42 Mbps तक और अपलिंक में 11.5 Mpbs तक डेटा दरों का समर्थन करता है। लॉंग टर्म इवोल्यूशन (LTE), वर्तमान में 3GPP द्वारा रिलीज 8 के लिए Specify किया जा रहा है, जो डाउनलिंक में OFDM/OFDMA और अपलिंक में सिंगल-कैरियर FDMA (SC-FDMA) को introduce करता है। LTE बहुत उच्च डेटा दरों को Support करता है, डाउनलिंक में 300 Mpbs और अपलिंक में 80 Mbps से अधिक है। LTE कम-से-कम 20 MHz तक के लगभग 1.25 MHz के चैनल Band Width का उपयोग करके युग्मित और अप्रकाशित स्पेक्ट्रम (FDD और TDD) दोनों में ऑपरेशन को सम्भव बनाता है।

हाई स्पीड पैकेट एक्सेस (HSPA) एक वायरलेस एक्सेस तकनीक है जिसे 3G मोबाइल टर्मिनलों से इंटरनेट कनेक्टिविटि की क्षमता बढ़ाने के लिए डिजाइन किया गया है (UMTS और WCDMA आधारित नेटवर्क) HSPA डाउनलिंक या हाई स्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस (HSDPA) और अपलिंग या हाई स्पीड अपलिंक पैकेट एम्सेस (HSUPA) दोनों में किए गए सुधारों को संदर्भित करता है।

HSPA एक पैकेट संचार प्रणाली; W-CDMA प्रणाली का विस्तार है, जो अपलिंक डेटा दरों को बढ़ाने के लिए डाउनलिंक डेटा दरों और हाई स्पीड अपलिंक पैकेट एक्सेस (HSUPA) को बढ़ाने के लिए हाई स्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस (HSDPA) को जोड़ती है।

HSPA + को 3GPP Release 1.7 में प्रस्तुत किया गया था और यह HSDPA (3GPP Re 1.5) और HSUPA (3GPP Rel.6) का संयोजन है।

HSPA + HSPA का एक और संवर्द्धन है जो उच्च-क्रम Modulation और MIMO, CPC वाहक एकत्रीकरण, Layer 2 संवर्द्धन, अपलिंक और डाउनलिंक में वस्तुकला में सुधार का परिचय देता है।

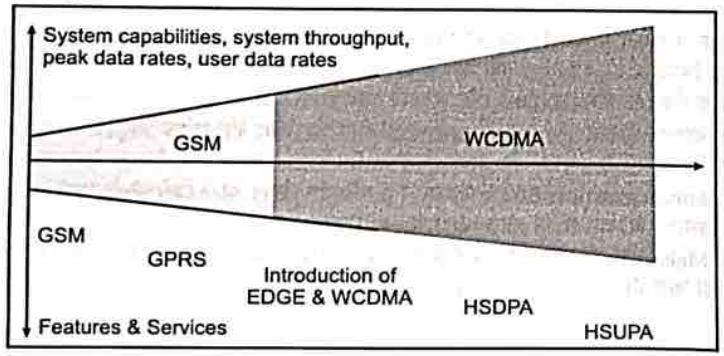
प्रत्येक नए 3GPP रिलीज के साथ, HSPA + में सुधार और नई सुविधाएँ अपलिंक और डाउनलिंक गति में सुधार करती है, विलम्बता (latency) को कम करती है और एक साथ डेटा कनेक्शन की संख्या को बढ़ाती है।

3G UMTS ने मोबाइल संचार को ध्वनि-केन्द्रित प्रणालियों का डेटा लोगों तक ले जाने में सक्षम बनाया। हालाँकि, इन्टरनेट सर्फिंग और विडियो डाउनलोड को सक्षम करने के लिए गति का समर्थन किया जा सकता है।

3G UMTS को OVER COME करने के लिए उच्च गति पैकेट एक्सेस के साथ उन्नत किया गया था, HSPA इस दिशा में एक बड़ी उपलब्धि है और यह UTMS को अपनी आवश्यकताओं को कवर करने के लिए उपयुक्त बनाता है।

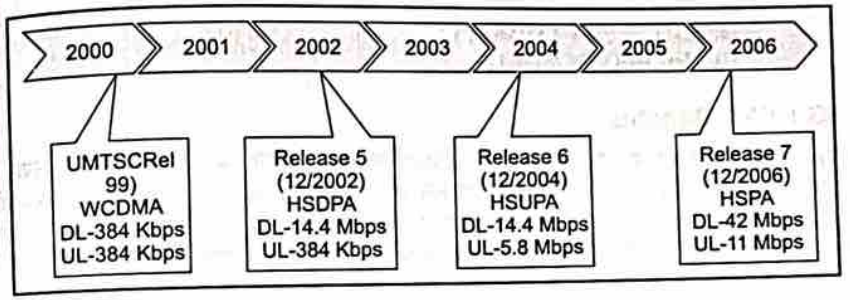
प्रारम्भिक रूप में डाउनलिंक को हाई स्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस का उपयोग करके सम्बोधित किया गया था, फिर उच्च गति अपलिंक पैकेट एक्सेस के साथ अपलिंक में अपग्रेड को जोड़ा गया।

इसके बाद अपग्रेड को dual carrier और MIMO क्षमताओं के साथ जोड़ा गया ताकि 3-G के लिए पहले परिकल्पित डेटा गति में वृद्धि की जा सके।



5.9.1 HSPA Features

- HSPA का मतलब हाई स्पीड पैकेट एक्सेस है।
- हाई स्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस (HSDPA) और हार्ड स्पीड अपलिंक पैकेट एक्सेस (HSUPA) दोनों HSPA के अन्तर्गत आते हैं।
- मानक-WCDMA के विनिर्देश 3GPP रिलीज 5 (HSDPA) और रिलीज 6 (HSUPA)
- HSPA नेटवर्क में उपयोगकर्त्ता उपकरण (UE), Node B और रेडियो नेटवर्क नियन्त्रक (RNC) सम्मिलित है।
- डेटा दर—यह डाउनलिंक में 14.4/7.2 Mpbs और अपलिंक में 5.76 Mbps प्रदान करता है।
- Modulation—HSDPA में QPSK/16 QAM और HSUPA में QPSK
- विकसित HSPA यानि HSPA + 3GPP रिलीज 7 का अनुसरण करता है।
- नीचे दिये चित्र में HSPA के विकास के चरणों को दर्शाया गया है।



GSM family के प्रौद्योगिकियों के भीतर HSPA व्यापक रूप से लोकप्रिय मोबाइल Broad Band तकनीक है। HSPA में HSDPA (3GPP रिलीज 5) और HSUPA (3GPP रिलीज 6) दोनों तकनीक शामिल है (जब वे एक नेटवर्क पर तैनात होते हैं) HSPA Evolved (जिसे 3GPP रिलीज 7 और उससे आगे के HSPA + के रूप में भी जाना जाता है) भी HSPA तकनीक का हिस्सा है और 3GPP लॉन्ग टर्म इवोल्यूशन (LTE या 3GPP रिलीज 8 और आगे) के अगले चरण से पहले नेटवर्क में ऑपरेटर के निवेश का विस्तार है। HSPA तीसरी पीढ़ी (3G) UMTS/WCDMA पर बना है।

अक्टूबर 2012 तक 478 से अधिक वाणिज्यिक नेटवर्क का निर्माण किया गया था। (181 से अधिक देशों में) 3847 से अधिक वाणिज्यिक HSPA डिवाइस 285 से अधिक आपूर्तिकर्त्ताओं से दुनिया भर में उपलब्ध है। HSPA विलम्बता (latency) को कम करता है और Carrier को एक कुशल मोबाइल ब्रांड बैंड तकनीक प्रदान करता है जो ग्राहकों की उन्नत वायरलेस जरूरतों को पूरा करने के लिए HSPA + तक विकसित हो सकती है। HSPA में ऑपरेटर निवेश का लाभ उठाने के लिए और पूरे नेटवर्क में सेवा की गुणवत्ता बढ़ाने के लिए, 3GPP ने रिलीज 7 और रिलीज 8 को अन्तिम रूप दिया, जो HSPA + बनाने के लिए Enhancement की एक श्रृंखला निर्दिष्ट करता है। इसके अलावा, 3GPP ने रिलीज 9 HSPA + में LTE के लिए उपयोग की जाने वाली अनेक तकनीकों का प्रयोग किया है।

यह प्रणाली मूल 3G WCDMA/UMTS सेल्युलर सिस्टम पर एक Enhancement प्रदान करती है, जो अधिक डेटा ट्रांसफर दर प्रदान करती है जो मूल रूप से 3G के लिए परिकल्पित और वर्णक्रमीय दक्षता के अधिक-से-अधिक स्तरों के लिए परिकल्पित है।

3G HSPA Speed & Highlight Features

3GPP Release	Technology	Downlink Speed (Mbps)	Uplink Speed (Mbps)
Rel 5	HSDPA	14.4	0.384
Rel 6	HSUPA	14.4	5.7
Rel 7	2 × data capacity 2 × data capacity	28	11
Rel 8	Multi-Carrier	42	11
Rel 9	Multicarrier, 10 MHz, 2 × 2 MIMO UL, 10 MHz & 16-QAM D/L	84	23
Rel 10	20 MHz 2 × 2 MIMO in UL, 10	168	23
Rel 11	40 MHz 2 × 2/4 × 4 MIMO UL 10 MHz 64-QAM MIMO DL	336-672	70

5.9.2 3G HSPA Benefits

3GPP रिलीज 99 मानक के अन्तर्गत परिभाषित UMTS सेल्युलर सिस्टम switched सर्किट ऑपरेशन की ओर अधिक उन्मुख था और यह पैकेट संचालन के लिए पूर्ण रूप से अनुकूल नहीं था। इसके अतिरिक्त उपयोगकर्त्ताओं द्वारा मूल UMTS नेटवर्क के साथ प्रदान किए जाने की तुलना में अधिक गति की आवश्यकता थी। तद्नुसार एचएसपीए के लिए आवश्यक परिवर्तनों को अनेक UMTS नेटवर्क में सम्मिलित किया गया जिससे वे वर्तमान अनुप्रयोगों के लिए अधिक काम कर सके।

HSPA अनेक महत्त्वपूर्ण लाभ प्रदान करता है जो नई सेवा को उपयोगकर्त्ता के लिए बेहतर प्रदर्शन प्रदान करने में सक्षम बनाता है।

1. उच्च आदर्श माड्यूलेशन का उपयोग (High Order Modulation)—QPSK के स्थान पर डाउनलिंक में 16 QAM का उपयोग किया जाता है ताकि डेटा को उच्च दर पर प्रेषित किया जा सके। यह डाउनलिंक में 14 Mbps की अधिकतम डेटा दर प्रदान करता है। QPSK का उपयोग अभी भी अपलिंक में किया जाता है जहाँ 5.8 Mbps तक की डेटा दरें प्राप्त की जाती है। यह डेटा दर Raw डेटा दरों के लिए हैं और प्रोटोकॉल ओवरहेड्स के परिणामस्वरूप वास्तविक पेलोड डेटा में कटौती को सम्मिलित नहीं करते हैं।

2. शार्ट ट्रांसमिशन टाइम अन्तराल (Shorter Transmission Time Interval)—एक छोटी TTI का उपयोग round trip के समय को कम करता है और तेजी से चैनल विविधताओं को अपनाने में सुधार को समक्ष बनाता है और विलम्बता को भी कम करता है।

3. साझा चैनल प्रसारण का उपयोग (Use of Shared Channel Transmission)—संसाधनों को share करना दक्षता के अधिक-से-अधिक स्तरों को प्राप्त करने में सक्षम बनाता है और आईपी और पैकेट डेटा अवधारणाओं को एक साथ एकीकृत करता है।

4. लिंक एडेपटेशन (Use of Link Adaptation)—लिंक को अपनाने से चैनल के उपयोग को अधिकतम करना सम्भव है।

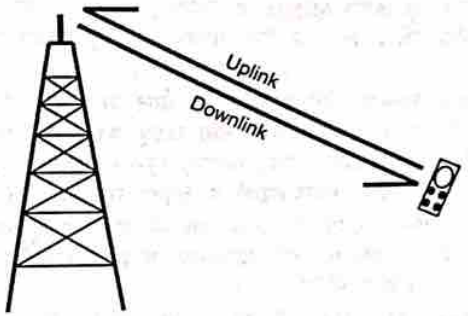
5. फास्ट नोड बी शेड्यूलिंग (Fast Node-B Scheduling)—अनुकूली कोडिंग और माड्यूलेशन (केवल डाउनलिंक) के साथ तेजी से शेड्यूलिंग का उपयोग सिस्टम को अलग-अलग रेडियो चैनल और हस्तक्षेप की स्थितियों को response देने और डेटा ट्रैफिक को समायोजित करने में सक्षम बनाता है जिसकी प्रकृति "Bursty" होती है।

6. नोड बी आधारित हाइब्रिड एआरक्यू (Node-B Based Hybrid ARQ)—यह 3-जी HSPA को कम किए गए रिट्रॉंसमिशन राउंड ट्रिप टाइम प्रदान करने में सक्षम बनाता है और यह रिट्रॉंसमिशन को Soft Combining अनुमति देकर सिस्टम को अधिक मजबूत बनाता है।

नेटवर्क ऑपरेटर के लिए, 3 जी HSPA प्रौद्योगिकियों की शुरुआत प्रति सिस्टम लागत में वृद्धि के साथ-साथ प्रति बिट लागत में कमी लाती है। डेटा ट्रैफिक में वृद्धि के साथ और ऑपरेटर्स डेटा ट्रांसमिशन से राजस्व में वृद्धि करना चाहते है, यह एक विशेष रूप से आकर्षक प्रस्ताव है। 3G HSPA की शुरूआत का एक और फायदा यह है कि इसे अक्सर सिस्टम में एक सॉफ्टवेयर अपडेट को शामिल करके रोल आउट किया जा सकता है। इसका अर्थ है कि इसका उपयोगकर्त्ता और ऑपरेटर के लिए समान रूप में महत्त्वपूर्ण लाभ प्रदान करता है।

5.9.3 3G UMTS HSPA Constituents

3G UMTS HSPA के दो मुख्य घटक है जो प्रत्येक बेस स्टेशन और उपयोगकर्त्ता उपकरण के बीच के लिंक में से एक को सम्बोधित करते हैं, अर्थात् एक अपलिंक के लिए और एक डाउनलिंक के लिए दोनों तकनीकों को 3-GPP के माध्यम से अलग-अलग समय पर जारी किया गया था। उनके पास ऑपरेशन के विभिन्न तरीकों के परिणामस्वरूप अलग-अलग गुण है जो आवश्यक हैं। इन तथ्यों के मद्देनजर उन्हें अक्सर लगभग अलग-अलग संस्थाओं के रूप में माना जाता था। अब वे आमतौर पर rolled out हो चुकी है।



Uplink and Downlink Directions

(i) High Speed Downlink Access (HSDA)
(ii) High Speed Uplink Access (HSUPA)

- **हाई स्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस** (HSDPA)—HSDPA 14 Mbps को पैकेट डेटा सपोर्ट Reduced Delay और एक Peak Raw डेटा दर (यानि हवा में) प्रदान करता है। यह 3 GPP UMTS मानक के रिलीज 99 में परिभाषित 3 जी UMTS प्रौद्योगिकी की क्षमता का लगभग तीन गुना Output प्रदान करता है।
- **हाई स्पीड अपलिंक पैकेट एक्सेस** (HSUPA)—HSUPA बेहतर अपलिंक पैकेट, सपोर्ट कम देरी और 5.74 Mbps की पीक रॉ डेटा दर प्रदान करता है। यह रिलीज 99 सेवाओं द्वारा प्रदान की गई लगभग दो गुनी क्षमता वृद्धि का परिणाम है।

5.9.4 UMTS HSPA and 3GPP Standards

नई उच्च गति प्रौद्योगिकी 3 जी UMTS विकास का हिस्सा है। यह अतिरिक्त सुविधाएँ प्रदान करता है जो 3 GPP मानक पर जोड़े जाते हैं। उन्नयन और अतिरिक्त सुविधाओं को 3 GPP मानक के क्रमिक रिलीज पर अग्रलिखित रूप से प्रस्तुत हैं—

- **रिलीज 4 (Release-4)**—आई पी के कुशल उपयोग के लिए प्रदान की गई 3 GPP मानक की यह रिलीज, एक सुविधा है जो आवश्यक थी क्योंकि मूल रिलीज 99 सर्किट switched तकनीक पर केन्द्रित थी। तद्नुसार यह 3 जी HSDPA के लिए एक महत्त्वपूर्ण प्रवर्तक बनी।
- **रिलीज 5 (Release-5)**—इस रिलीज में स्वयं HSDPA की कोर शामिल थी। इसने 14 Mpbs के डाउनलिंक पैकेट सपोर्ट, कम देरी, एक रॉ डेटा दर (जैसे पेलोड, प्रोटोकॉल त्रुटि सुधार आदि) के लिए प्रदान किया और 3 GPP UMTS रिलीज 99 मानक के लगभग तीन प्रतिशत की समग्र वृद्धि की जाती है।
- **रिलीज 6 (Release-6)**—इसमें बेहतर पैकेट डेटा सपोर्ट के साथ बेहतर अपलिंक के साथ HSUPA का कोर सम्मिलित था। इसका delay कम था। इसमें 5.74 Mbps की अपलिंक रॉ डेटा दर थी और इसने मूल रिलीज 99 UMTS मानक द्वारा पेशकश की क्षमता को लगभग दो गुना बढ़ा दिया। इसके अतिरिक्त इस रिलीज के भीतर, मल्टीमीडिया ब्रॉडकास्ट मल्टीकास्ट सर्विसेज थी, जो बेहतर प्रसारण सेवाएँ प्रदान करती थी यानि मोबाइल टी०वी०।
- **रिलीज 7 (Release-7)**—3 GPP मानक के इस रिलीज में डाउनलिंक MIMO ऑपरेशन के साथ-साथ अपलिंक में 64-QAM तक के उच्च आर्डर मॉड्यूलेशन और डाउनलिंक में 16-QAM शामिल थे। हालाँकि यह केवल MIMO या उच्चतर आर्डर माड्यूलेशन के लिए अनुमति देता है। यह सतत् पैकेट कनेक्टिविटी (CPC) के लिए समर्थन की अनुमति देने के लिए प्रोटोकॉल संवर्द्धन भी प्रस्तुत करता है।
- **रिलीज 8 (Release-8)**—यह रिलीज 2008 के दौरान प्रस्तुत हुई और यह Dual carrier संचालन को परिभाषित करती है और साथ-ही-साथ उच्च मॉड्यूलेशन Order योजनाओं और MIMO के एक साथ संचालन की अनुमति देती है। इसके अतिरिक्त इसमें विलम्बता में सुधार किया गया है जिससे इसे अनेक नए अनुप्रयोगों के लिए आवश्यकताओं के अनुरूप रखा जा सके।
- **रिलीज 9 (Release-9)**—3 GPP रिलीज 9 2009 के दौरान, प्रस्तुत की गई और इसमें HPSA के लिए अपलिंक में 2 × 2 MIMO और डाउनलिंक में 10 MHz बैंड विड्थ शामिल थी। अपलिंक Carrier विभिन्न बैंड से हो सकते हैं।
- **रिलीज 10 (Release-10)**—HSPA रिलीज 10 का उपयोग 4-Carrier तक किया जाता है, अर्थात् 20 MHz बैंड विड्थ जो दो अलग-अलग बैण्ड से हो सकती है। डाउनलिंक में इस 2 × 2 MIMO के अलावा 168 Mbps तक की डेटा दरें प्रदान करता है। तुल्नीय बैंड विड्थ और एंटेना कॉन्फिगरेशन का उपयोग करते समय यह आँकड़ा एलटीई रिलीज 8 के लिए प्राप्त किया गया है।
- **रिलीज 11 (Release-11)**—रिलीज 11 2011/2012 के दौरान प्रस्तुत की गयी। इसने अपलिंक में 4×4 MIMO के साथ 40 MHz बैंड विड्थ की सुविधा प्रदान की। 64-QAM माड्यूलेशन और MIMO को समायोजित करने के लिए डाउनलिंक को अपग्रेड किया गया।
- **रिलीज 12 (Release-12)**—यह 3 GPP रिलीज 2013/2014 में प्रस्तुत की गई। 3G HSPA 3G UMTS मोबाइल दूरसंचार प्रणाली के प्रदर्शन में एक बड़ा सुधार प्रदान करती है। HSPA के लिए शीर्ष डेटा दरें 4G LTE तकनीक के साथ भली-भाँति प्रतिस्पर्धा करती है। जैसे कि 3 जी इन्फ्रास्ट्रक्चर का उपयोग लम्बे समय तक चलता रहा और 4 जी की क्षमता जोड़ने से पहले कई ऑपरेटरों को अपने निवेश का अधिकतम उपयोग करने में सक्षम बनाया गया है।

5.9.5 HSDPA (High Sped Downlink Packet Access)

3G HSDPA हाई स्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस, मूल 3G UMTS सेलुलर दूरसंचार प्रणाली को अतिरिक्त क्षमता प्रदान करता है।

HSDPA HSPA में पहला अपग्रेड था जिसने दोनों दिशाओं में उच्च गति डेटा को सक्षम किया। हालाँकि जितना अधिक डेटा डाउनलिंक दिशा में ले जाया जाता था, HSDPA को मानकीकृत किया गया और इसे जल्द-से-जल्द अधिकतम लाभ प्रदान करने के लिए लागू किया गया।

5.9.5.1. HSDPA Features

HSDPA उच्च गति डाउनलिंक डेटा सेवा है जिसे मौजूद 3G नेटवर्क पर deploy किया जा सकता है। HSDPA की विशेषताएँ निम्नलिखित हैं।

- 3GPP मानक—रिलीज 5
- दिशा (Direction)—नेटवर्क (नोड-बी) से मोबाइल स्टेशन तक।
- डेटा दर (Data Rate)—14.4 Mbps/7.2 Mbps
- माड्यूलेशन—QPSK 16 QAM
- गति/कवरेज त्रिज्या—47 मीटर तक 480 Kpbs की गति का समर्थ करता है, 15 मीटर तक 0.7 Mbps की गति का समर्थन करता है।

5.9.5.2 HSDPA Technologies

3G HSDPA उन्नयन (up grade) में अनेक परिवर्तन शामिल है जो मूल 3 GPP UMTS मानक पर बनाए गए हैं। हालाँकि कुछ HSDPA प्रौद्योगिकियों के अपलिंक में आम है, अन्य HSDPA हाई स्पीड डाउनलिंक पैकेट एक्सेस के लिए विशिष्ट है, क्योंकि प्रत्येक दिशा के लिए आवश्यकताओं में अन्तर होता है।

(i) **Additional Channels**—आवश्यक फैशन में डेटा को ट्रांसपोर्ट करने में सक्षम होने के लिए और सिस्टम की अतिरिक्त ज़वाबदेही प्रदान करने के लिए, अतिरिक्त चैनल जोड़े गए हैं।

(ii) **Modulation**—HSDPA के संचालन की कुंजी में से एक है मॉड्यूलेशन के एक अतिरिक्त रूप का उपयोग। मूल रूप से डब्ल्यू-सीडीएमए ने केवल QPSK को माड्यूलेशन स्कीम के रूप में प्रयोग किया था; हालाँकि नई प्रणाली 16-QAM के अन्तर्गत उच्च डेटा दर ले सकता है, लेकिन लिंक के पर्याप्त रूप से मजबूत होने पर Noise के लिए कम लचीला भी उपयोग किया जाता है। चैनल की मजबूती और QPSK के स्थान पर 16 QAM का उपयोग करने के लिए इसकी उपयुक्तता विभिन्न मापदंडों के बारे में फीड की गई जानकारी का विश्लेषण करके निर्धारित की जाती है। इनमें चैनल की भौतिक परत की स्थिति, बिजली नियन्त्रण, सेवा की गुणवत्ता (QOS), और HSDPA के लिए विशिष्ट जानकारी का विवरण शामिल है।

(iii) **Improved Scheduling**—शेड्यूलिंग के क्षेत्र में और प्रगति की गई है। बेस स्टेशन में अधिक बुद्धिमता को स्थानांतरित करके डेटा ट्रैफिक शेड्यूलिंग को अधिक गतिशील तरीके से प्राप्त किया जा सकता है। यह तेजी से लुप्त होने वाली विविधताओं को सक्षम करता है और सेल किसी विशेष उपयोगकर्त्ता डेटा को अधिक तेजी से प्राप्त करने में सक्षम होता है।

(iv) **FAST HARQ**—फास्ट हर्क (हाइब्रिड ऑटोमैटिक रिपीट रिक्वेस्ट) को मल्टीकोड ऑपरेशन के साथ भी लागू किया गया है और यह एक वैरिएबल स्प्रेडिंग फैक्टर की आवश्यकता को समाप्त करता है। इन उपगमों का उपयोग करके सभी उपयोगकर्त्ता (चाहे वे बेस स्टेशन से दूर हो) अधिकतम उपलब्ध डेटा दर प्राप्त करने में सक्षम होते हैं।

5.9.6 High Speed Signalling Control Channel, HS-SCCH

HSDPA चैनल का उपयोग टीटीआई के अनुसार प्रत्येक 2 MS को उपयोगकर्त्ताओं को शेड्यूल करने के लिए किया जाता है। HS-SCCH चैनल सूचना के तीन मुख्य तत्त्वों को वहन करता है—

- यह साझा (shared) नियन्त्रण चैनल पर व्यक्तिगत यूई के विशिष्ट पते की अनुमति देने के लिए यूई (UE) पहचान को वहन करता है।

- HS-SCCH संयोजन प्रक्रिया को आगे बढ़ाने में सक्षम करने के लिए हाइब्रिड ARQ वहन करती है।
- यह चैनल परिवहन प्रारूप और संसाधन संकेतक (TFRI) को वहन करता है। यह अनुसूचित संसाधन और इसके प्रसारण प्रारूप की पहचान करता है।

5.9.7 High Speed Dedicated Physical Control Channel, HS-DPCCH

हाई स्पीड डेडिकेटेड फिजिकल कन्ट्रोल चैनल, HS-DPCCH एक HSDPA चैनल है जिसका उपयोग शेड्यूलर को फीड बैक प्रदान करने के लिए किया जाता है और यह अपलिंक में स्थित होता है। HS-DPCCH चैनल निम्नलिखित जानकारी देता है—

HARQ ACK/NAK Information जो सूचना की सफल प्राप्ति और डिकोडिंग के बारे में जानकारी प्रदान करने के लिए उपयोग की जाती है और इसलिए संशोधित जानकारी का अनुरोध किया जाता है जिसे सफलतापूर्वक प्राप्त नहीं किया गया है।

ये नए चैनल, HS-DSCAH, HS-SCHH & HS-DP CHH उच्च गति डेटा क्षमता के साथ-साथ HSDPA में जोड़े गए अन्य सुधारों के साथ-साथ उच्च आदेश मॉड्यूलेशन अनुकूली हार्क और बेहतर शेड्यूलिंग भी प्रदान करते हैं।

5.9.8 3G UMTS HSUPA Key Characteristics

HSUPA मौजूदा UMTS प्रौद्योगिकी के शीर्ष पर नई सुविधाओं को जोड़ने के माध्यम से उन्नत प्रदर्शन लाता है। HSUPA के उपयोग के द्वारा प्रस्तुत किए जाने वाले मुख्य विनिर्देश पैरामीटर निम्नलिखित हैं—

- **बढ़ी हुई डेटा दर** (Increased Data rate)—HSUPA का उपयोग उपलब्ध डेटा दर में उल्लेखनीय वृद्धि प्रदान करने में सक्षम है। यह 5.74 Mbps की चरम रॉ डेटा दरों की अनुमति देता है।
- **निम्न विलम्बता** (Low Latency)—HSUPA का उपयोग 2 MS की टीटीआई (TTI) का परिचय देता है, हालाँकि 10 MS टीटीआई मूल रूप से उपयोग किया गया था और यह अभी भी समर्थित है।
- **बेहतर प्रणाली क्षमता** (Improved System Capacity)—बड़ी संख्या में उच्च डेटा दर उपयोगकर्त्ताओं को सक्षम करने के लिए, यह सुनिश्चित करना आवश्यक है कि HSUPA का उपयोग करते समय समग्र क्षमता अधिक होती है।
- **मॉड्यूलेशन** (Modulation)—मूल रूप से केवल BPSK मॉड्यूलेशन, जिसे UMTS के लिए अपनाया गया था, का उपयोग किया गया था। तद्नुसार यह अनुकूली मॉड्यूलेशन योजनाओं का समर्थन नहीं करता था। जब 64 QAM की अनुमति दी गई थी। 3 GPP मानकों के रिलीज 7 में उच्च आदेश मॉड्यूलेशन (High Order Modulation) प्रस्तुत किया गया था।
- **हाइब्रिड ARQ** (Hybrid ARQ)—बेहतर प्रदर्शन की सुविधा के लिए HSDPA के लिए उपयोग किए जाने वाले हाइब्रिड ARQ (ऑटोमैटिक रिपीट रिक्वेस्ट) को अपलिंक, HSUPA के लिए भी नियोजित किया गया है।
- **फास्ट पैकेट शेड्यूलिंग** (Fast Packet Scheduling)—विलम्बता को कम करने के लिए Fast पैकेट शेड्यूलिंग को अपलिंक के लिए फिर से अपलिंक के रूप में अपनाया गया, हालाँकि इसका कार्यान्वयन थोड़ा अलग है।

इन विनिर्देश मापदण्डों के साथ HSUPA, HSDPA के प्रदर्शन को पूरक करने में सक्षम बनाता है, HSPA को उपयोग करने वाले सिस्टम के लिए एक समग्र प्रदर्शन में सुधार प्रदान करता है।

5.9.9 3G HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

HSUPA के मूल में, हाई स्पीड अपलिंक पैकेट एक्सेस की कई नई प्रौद्योगिकियाँ हैं जो HSPA के साथ उपयोग किए जाने वाले तकनीक के समान है। हालाँकि लिंक के दोनों छोर पर विभिन्न स्थितियों से उत्पन्न कुछ मूलभूत अन्तर भी होते हैं।

- UMTS में अपलिंक और HSUPA नॉन-आर्थोगोनल है क्योंकि सभी यूई के बीच पूर्ण ऑर्थोगोनलिटी को बनाए नहीं रखा जा सकता है। परिणामस्वरूप समान Cells के भीतर अपलिंक प्रसारण के बीच अधिक हस्तक्षेप होता है।
- शेड्यूलिंग बफर डाउनलिंक के लिए एक ही स्थान में स्थित है, जबकि अपलिंक के लिए उन्हें विभिन्न UE के भीतर वितरित किया जाता है। इसके लिए UE'S को Node B में शेड्यूलर को बफर जानकारी भेजने की आवश्यकता होती है, ताकि यह तब डेटा ट्रांसमिशन के लिए एक समग्र शेड्यूल प्रदान कर सकें।
- डाउनलिंक में Shared संसाधन ट्रांसमिशन पॉवर का कार्य करता है। अपलिंक में, संसाधन हस्तक्षेप के स्तर तक सीमित है जिसे Tolerate किया जा सकता है और यह अनेक UE की संचरण शक्ति पर निर्भर करता है।
- High Order Modulation तकनीक डाउनलिंक में उच्च सिग्नल स्तर लिंक के लिए उच्च डेटा दर प्रदान करने में सक्षम होती है। अपलिंक में समान लाभ नहीं होता, जहाँ उपयोगकर्त्ताओं के बीच चैनलाइजेशन कोड को Share करने की कोई आवश्यकता नहीं होती और चैनल कोडिंग दरें कम होती है। हालाँकि रिलीज 7 के अन्तर्गत उच्च आदेश मॉड्यूलेशन प्रस्तुत किया गया था।

3G UMTS नेटवर्क में HSUPA के जुड़ने से न केवल अपलिंक बल्कि डाउनलिंक को भी बेहतर प्रदर्शन प्रदान करने में सक्षम बनाया। HSDPA (डाउनलिंक) और HSUPA (अपलिंक) दोनों सक्रिय होने के साथ पूरा पैकेट HSPA-हाई स्पीड पैकेट एक्सेस कहलाता था। यद्यपि अधिकांश डेटा डाउनलिंक में पास किया जाता है, अनेक Users ने HSUPA के बिना अपलिंक को बहुत धीमा पाया और इसने समग्र उपयोगकर्त्ता अनुभव को degrade किया। HSUPA के साथ समग्र अनुभव में बहुत सुधार हुआ है।

जैसा कि डेटा उपयोग में अभी भी वृद्धि हुई है, HSPA को संशोधित HSPA, HSPA + या यहाँ तक कि HSPA इवोल्यूशन को समाप्त करने के लिए संशोधन की एक श्रृंखला में सुधार किया गया है। समग्र विकसित HSPA/HSPA + ने Enhancement की एक श्रृंखला को शामिल किया, जिससे न केवल डेटा की गति में सुधार हुआ, बल्कि विलम्बता भी कम हुई है और प्रदर्शन में समग्र सुधार हुआ।

इस संवर्द्धन को प्राप्त करने के लिए रेडियो एक्सेस नेटवर्क के साथ-साथ बैकहॉल के साथ-साथ नेटवर्क पर भी सुधार किया जा रहा है।

5.9.10 HSPA के लाभ (Advantages of HSPA)

HSPA के लाभ निम्नलिखित हैं—

- यह उपयोगकर्त्ताओं को सुसंगत केवरेज प्रदान करता है। उपयोगकर्त्ता पूर्ण मोबाइल डेटा सेवा के साथ आउटडोर से इन्डोर तक घूम सकते हैं।
- यह EDGE/UMTS की तुलना में कम उत्पादन लागत प्रदान करता है। इसकी सेवा सामान्य वाईफाई सदस्यता के विपरीत सामान्य मोबाइल सदस्यता दरों के आधार पर दी जाती है।
- वाईफाई के विपरीत HSPA के साथ कनेक्ट करना आसान है जहाँ उपयोगकर्त्ता को कनेक्ट करने के लिए वाईफाई नेटवर्क के लिए स्कैन करने की आवश्यकता होती है।
- HSPA वाईफाई सेवा की तुलना में बेहतर प्रदर्शन करती है।
- HSPA 14 Mbps की डाउनलोड गति और 5.8 Mbps की अपलोड गति प्रदान करता है।
- यह कम विलम्बता प्रदान करता है।

HSPA + HSPA का अगला संस्करण जो MIMO और Higher Order Modulation योजनाओं और बहु-वाहक प्रौद्योगिकी के उपयोग के कारण बहुत अधिक डेटा दरों का समर्थन करता है।

5.9.11 HSPA की कमियाँ या नुकसान (Disadvantages of HSPA)

- HSPA के अनुरूप UE को कुल बैंडविड्थ नहीं मिलती है जब यह नोड बी (यानी बेस स्टेशन) से बहुत दूर हो।
- HSPA नेटवर्क में QoS (सेवा की गुणवत्ता) उपयोगकर्त्ताओं की संख्या पर निर्भर करती है।
- इसमें पूरे सिस्टम को अपग्रेड करने के साथ-साथ UE को अपग्रेड करना महँगा होता है।

ये प्रौद्योगिकियाँ WCDMA में अपग्रेड हैं जो डाउनलिंक में 3.6 Mbps और अपलिंक में 384 Kbps का समर्थन कर रही थी। जो उपकरण इन तकनीकों का समर्थन करते हैं उन्हें HSDPA मॉडेम और HSUPA मॉडेम कहा जाता है। HSDPA और HSUPA दोनों HSPA के अन्तर्गत आते हैं। HSPA + डाउनलिंक में 84 Mbps और अपलिंक में लगभग 23 Mbps की गति का समर्थन करता है।

HSPA + 3GPP R7, R8 और R9 मानकों का अनुसरण करता है। HSPA + MIMO; उच्च मॉडुलन योजना 64 QAM (डाउनलिंक) और 16 QAM (अपलिंक) को सपोर्ट करता है और लचीले PDU (Public distribution unit) आकार में लेयर 2 का Enhancement करता है।

HSPA + CPC (कन्टीन्यूअस पैकेट कनेक्टिविटी) का भी समर्थन करता है। HSPA + HSPA नेटवर्क पर VOIP और CS वाइस का समर्थन करता है।

5.9.12 3GPP रिलीज में HSDA (HSPA + In 3 GPP releases)

HSPA + / विकसित की परिभाषा को 3GPP मानकों के रिलीज 7 और 8 में सम्मिलित की गयी है।

- **3GPP रिलीज 7**—3GPP मानक के इस रिलीज में डाउनलिंक MIMO ऑपरेशन के साथ-साथ अपलिंक में 64 QAM तक के उच्च ऑर्डर मॉडुलन और डाउनलिंक में 16 QAM शामिल हैं। हालाँकि यह केवल MIMO या उच्चतर ऑर्डर मॉड्यूलेशन के लिए अनुमति देता है इसने अधिक उपयोगकर्त्ताओं के समर्थन की अनुमति देने के लिए Protocol Enhancement भी प्रस्तुत किया है जो "लगातार चालू" (Continuous On) स्थिति में होता है।
- **3GPP रिलीज 8**—मानक की यह रिलीज दोहरे वाहक संचालन को परिभाषित करती है और साथ ही साथ उच्च आदेश मॉड्यूलेशन योजनाओं और MIMO के एक साथ संचालन की अनुमति देती है। इसके अलावा विलम्बता में सुधार किया जाता है ताकि इसे कई नए अनुप्रयोगों के लिए आवश्यकताओं के अनुरूप रखा जा सके।

5.9.13 Evolved HSPA/HSPA + Highest Features

अनेक प्रमुख नई विशेषताओं के साथ-साथ मौजूदा क्षमताओं के लिए कुछ संवर्द्धन है जो HSPA + या विकसित HSPA को सक्षम करते हैं, यह मानक HSPA सिस्टम द्वारा प्रदान किए गए प्रदर्शन में महत्त्वपूर्ण सुधार प्रदान करते हैं। जैसे—

- **Higher Order Modulation**—यद्यपि MIMO थ्रुपुट में कुछ महत्त्वपूर्ण सुधार प्रदान करता है, जहाँ MIMO के लिए आवश्यक कोई एंटेना उपलब्ध नहीं है, और जहाँ सिग्नल की शक्ति अपेक्षाकृत अधिक होती है। उच्चतर थ्रुपुट दरों को सक्षम करने के लिए मॉड्यूलेशन के आदेश को बढ़ाना सम्भव है। हालाँकि यह तभी प्राप्त किया जा सकता है जब सिग्नल का स्तर पर्याप्त रूप से अधिक हो अन्यथा डेटा त्रुटियाँ बढ़ जाती है।
- **MIMO**—कई अन्य प्रणालियों ने MIMO का उपयोग किया गया है और इसलिए भी HSPA + इसके उपयोग से महत्त्वपूर्ण लाभ प्राप्त करने में सक्षम है।
- **Layer 2 Protocal Enhancements**—आर एल सी (RLC) और मैक-एच एस (MAC-HS) प्रोटोकॉल का उपयोग HS-DSCH से उच्च डेटा दरों पर डेटा transmission प्रदान करते हैं।

- **Continuous Packet Connectivitiy**—अधिकांश डेटा ट्रैफिक IP डेटा के रूप में होने के कारण निरन्तर कनेक्टिविटी एक बढ़ती आवश्यकता है। इसे प्राप्त करने के लिए HS-DSCH और EODCH चैनलों को पुनः कॉन्फिगर किया गया है ताकि वे तेजी से उपयोगकर्त्ता डेटा संचारित कर सकें।
- **Enhanced Cell-FACH Operation**—बहुत कम या कोई गतिविधि नहीं होने पर इसका उपयोग हमेशा ऑन-पैकेट कनेक्टिविटी (Always on packet connectivity) को बनाए रखने में किया जाता है।

5.9.14 HSPA + Data Rate Comparison With LTE

HSPA + से परे सेलुलर सेवाओं के अगले प्रवास को LTE के रूप में जाना जाता है। W-CDMA के अतिरिक्त OFDM के उपयोग के आधार पर एक पूरी तरह से नए एयर इंटरफेस का उपयोग करना जो UMTS, HSPA और HSPA + के लिए उपयोग किया जाता है, जो और भी अधिक डेटा ट्रैफिक दरों को प्रस्तुत करता है। इसका उपयोग अगली पीढ़ी यानि 4G सिस्टम के लिए आधार के रूप में किया जाता है।

Channel Bandwidth (MHZ)	HSPA + Data Rate (MBPS)	LTE Data Rate (MBPS)
5	42	37
10	84	73
20	.....	150

- LTE की कई अन्य विशेषताएँ है, जिसका अर्थ यह है ककि कि यह दीर्घकालिक के लिए एक बेहतर विकल्प है। LTE व्यापक बैंडविड्थ को सक्षम बनाता है और OFDM मॉड्यूलेशन डेटा ट्रांसमिशन को मल्टीपाथ और अन्य प्रसार प्रभावों के लिए अधिक लचीला बनाने में भी सक्षम बनाता है।

5.9.15 HSDPA एवं HSUPA का तुलनात्मक अध्ययन (Comparison between HSDPA & HSUPA)

Specifications	HSDPA	HSUPA
Full form	High Speed Downlink Packet Access	High Speed Uplink Packet Access
3GPP Standard	Release 5	Release 6
Applications	Video download,video conferencing	big file upload
Direction	Downlink, From network to Mobile side	Uplink, from mobile to network side
Modulation	QPSK, 16QAM (IN older HSDPA systems only QPSK supported)	QPSK
Data rate	7.2 Mbps (previous)/14.4 Mbps	About 5.76 Mbps
Physical channel	E-HICH(Enhanced Hybrid Indicator Channel), E-AGCH (Enhanced Absolute Grant Channel) and E-RGCH (Enhanced Relative Grant Channel) are added in the downlink. HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channel) upgraded here compare to WCDMA	E-DPDCH (Enhanced Dedicated Physical Data Channel) and E-DPCCH (Enhanced Dedicated Physical Control Channel) are added to previous 3G (WCDMA) system in uplink

MAC layer	Supports MAC-hs protocol which has H-ARQ and rate adaption features. H-ARQ takes care of retransmission of erroneous blocks.	Newly added E-DCH transport channel supports MAC-e/es sublayer. MAC-e sublayer has HARQ, demultiplexing and fast scheduling functionalities. MAC-es takes care of re-ordering,combining & dis-assembly of PDUs.
TTI(Transmission Time Interval)	2 ms (R99 supported 10 ms as shortest TTI)	2 ms,10 ms

5.10 Y-MAX Technology

WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) एक telecommunications प्रोटोकॉल है जो फिक्स्ड और पूर्ण रूप से मोबाइल इंटरनेट एक्सेस सेवाओं का वर्णन करता है। यह प्रोटोकॉल IEEE 803.16 मानक के कुछ भागों के अनुरूप हैं, वाईमैक्स फोरम जिसे 2001 में एक nonprofit organization के रूप में बनाया गया था, जो वाईमैक्स-संगत उत्पादों और सेवाओं को अपनाने के लिए बनाया गया था और वाई मैक्स उत्पादों के अंतर प्रमाणित करता है, जिसे बाद में वाईमैक्स फोरम प्रमाणित किया गया। वाईमैक्स फोरम, एक उद्योग समूह, हाई स्पीड वाइड एरिया इंटरनेट एक्सेस के लिए उन्नत प्रौद्योगिकी समाधान बनाने पर केंद्रित है। वाईमैक्स उत्पाद प्रमाण कार्यक्रम दुनिया भर में विक्रेताओं से वाईमैक्स उपकरणों के बीच अंतर सुनिश्चित करता है।

वाईमैक्स इंटरनेट से जुड़ने के लिए 802.11 हॉटस्पॉट के लिए एक backbone के रूप में काम कर सकता है वैकल्पिक रूप से, उपयोगकर्त्ता मोबाइल उपकरणों जैसे लैपटॉप और हैंडसेट को सीधे वाईमैक्स बेस स्टेशनों से जोड़ सकते हैं। सीधे जुड़े हुए मोबाइल डिवाइस 4 से 6 मील की रेंज प्राप्त कर सकते हैं।

वाईमैक्स दो प्रकार के होते हैं—

1. फिक्स्ड वाईमैक्स (IEEE 802.16d-2004) 2. मोबाइल वाईमैक्स (IEEE 802.16e-2004)

फिक्स्ड वाईमैक्स एक पॉइंट-टू-मल्टीपॉइंट तकनीक है जबकि मोबाइल वाईमैक्स एक सेलुलर-इन्फ्रास्ट्रक्चर के समान मल्टीपॉइंट-टू-मल्टीपॉइंट तकनीक है।

आधुनिक इंटरनेट की दो ड्राइविंग फोर्स होती है ब्रॉडबैंड और वायरलेस। वाईमैक्स मानक इन दो को एक साथ जोड़ती है, एक वायरलेस कनेक्शन पर हाई-स्पीड ब्रॉडबैंड इंटरनेट एक्सेस प्रदान करता है क्योंकि इसका उपयोग अपेक्षाकृत लम्बी दूरी पर किया जा सकता है, यह घर पर ब्रॉडबैंड पहुँचाने के लिए और हवाई अड्डों, कॉलेज परिसरों और छोटे समुदायों जैसी जगहों पर वायरलेस "हॉट स्पॉट" बनाने के लिए एक प्रभावी तकनीक है।

IEEE 802.16 एयर इंटरफेस स्टैंडर्ड के आधार पर, WiMax एक पॉइंट-टू-मल्टिपल आर्किटेक्चर वितरित करता है, जिससे कैरियर्स को उन स्थानों पर ब्रॉडबैंड पहुँचाने के लिए एक आदर्श विधि नहीं हैं जहाँ वायर्ड कनेक्शन मुश्किल या महंगा होता है। यह ग्रामीण क्षेत्रों में ब्रॉडबैंड पहुँचाने के लिए एक उपयोगी समाधान भी प्रदान कर सकता है जहाँ उच्च गति वाली लाइनें अभी तक उपलब्ध नहीं हुई हैं। एक वाईमैक्स कनेक्शन को एक मानक वायर्ड या वायरलेस लोकल एरिया नेटवर्क (LAN) के लिए ब्रीड या रूट किया जा सकता है।

यद्यपि यह एक वायरलेस तकनीक है, कुछ अन्य वायरलेस तकनीकों के विपरीत, इसे स्रोत और समापन बिंदु के बीच प्रत्यक्ष रेखा की आवश्यकता नहीं होती है और इसमें 50 किलोमीटर की सेवा सीमा होती है। यह 70 Mbps की को डेटा दर प्रदान करता है, जो उच्च गति तक पहुँच के साथ एक हजार घरों तक सेवा प्रदान करने के लिए पर्याप्त है। वाई मैक्स हाई स्पीड वायरलेस इंटरनेट सेवा है जिसका एक अडाप्टर चालीस किलोमीटर के दायरों में बिना मोडेम के इंटरनेट सेवा प्रदान कर सकता है। इसके लिए उपभोक्ता को एक कार्ड दिया जाता है। जिसे कम्प्यूटर में लगाते ही इंटरनेट सेवा प्रारम्भ हो जाती है। जैसे उपभोक्ता मोबाइल का प्रयोग करते हैं उसी प्रकार तेज रफ्तार वाहनों में चलते-चलते इंटरनेट का प्रयोग किया जा सकता है। जबकि वाई फाई सेवा लगभग दस मीटर के दायरे में ही कार्य करने में सक्षम है। लैपटॉप का प्रयोग करने वाले उपभोगताओं के लिए वाई मैक्स सेवा बहुत लाभकारी हैं वाइ मैक्स एक

दूरसंचार तकनीक है। इस तकनीक के माध्यम से एक कम्प्यूटर, दूसरे कम्प्यूटर से बिना तारों की सहायता से संपर्क स्थापित कर सकता है। वर्तमान में अनेक देश इस तकनीक का प्रयोग कर रहे हैं। वर्तमान में मौजूदा 2जी और 3जी फोन की सहायता से आप इस सुविधा का लाभ नहीं उठा सकते। इसके लिए ऐसे फोन की आवश्यकता होती है, जो वाईमैक्स संगत हो। वाईमैक्स इंटरनेट और सेल्यूलर दोनों नेटवर्क पर कार्य करता है। इसकी गति 2 mbps होती है और दस किमी० तक यह समान रहती है। इसकी रेंज वाई-फाई की तुलना में अधिक होती है। जहाँ लैपटॉप के लिए इसकी सीमा 5 से 15 किमी० होती है, तो वहीं फिक्सड कम्प्यूटर स्टेशनों में इसकी सीमा 50 किमी० होती है।

5.10.1 वाईमैक्स का इतिहास

वाईमैक्स पर 1990 के दौरान अनेक कम्पनियों जैसे एटीएंडटी, नोकिया और वेरीजोन के इंजीनियरों ने कार्य करना शुरू किया। सभी कम्पनियाँ ऐसी तकनीक बनाना चाहती थीं, जिसकी रेंज कई किमी० की हो। इंटेल कॉर्पोरेशन ने इस विचार को अनुकूल और वाई-फाई से उन्नत इस तकनीक को 2002 में अस्तित्व में लाया गया। वाई-फाई की रेंज जहाँ कुछ मीटर तक होती है, तो वहीं वाईमैक्स लम्बी दूरी तक की क्षमता वाली प्रणाली है। इसकी सहायता से बड़े क्षेत्र को कम टॉवरों की सहायता से कवर किया जा सकता है। दस किमी० की दूरी तक वाइमेक्स की स्पीड समान रहती है। इसकी डाउनलोड क्षमता 20 mbps है। इसमें इंटरनेट पर जीपीएस, गेमिंग और डाउनलोड की सुविधा उपलब्ध होती है। यह वायरलैस कवरेज की क्षमता को दस से तीस गुना तक बढ़ा देता है। इस सेवा हेतु स्पेक्ट्रम में आवृत्ति बैण्डविड्थ की सरकार द्वारा नीलामी की जाती है। यह सेवा भारत संचार निगम लिमिटेड ने भारत में सर्वप्रथम जयपुर से आरम्भ की थी। पत्रिका.कॉम में वाई-मैक्स तकनीक के माध्यम से टेलीफोन की जगह छोटा एंटीना लगाया गया, जो टावर से सम्पर्क में रह सके। इस प्रकार 25 किमी० दायरे में इंटरनेट सेवा उपलब्ध रह सकती है। इसके बाद मुम्बई में यह सेवा आरम्भ करने के लिए कई भारतीय दूरसंचार कम्पनियाँ प्रयासरत रहीं। इनमें टाटा कम्युनिकेशंस अग्रणी है।

वाईमैक्स नाम 2001 में वाईमैक्स फोरम की बैठक में निश्चित किया गया। इस संस्था का कहना है कि, 'वाईमैक्स एक ऐसी उच्च गुणवत्ता वाली तकनीक है, जिसके जरिये वायरलेस ब्रांडबैंड जमीन के आखिरी हिस्से तक पहुँच सकता है।'

विशेषज्ञों का कहना है कि इसके लिए आपको तारों के जंजाल की आवश्यकता नहीं होती। वैसे, काम करने के अंदाज से यह तकनीक वाई-फाई से बहुत भिन्न तकनीक है। वाईमैक्स कई किलोमीटर के दायरे में फैले एक बड़े क्षेत्रफल में कार्य करती है जिसके लिए एक लाइसेंस्ड स्पेक्ट्रम की आवश्यकता होती है। दूसरी ओर, वाईफाई केवल छोटी दूरी में ही यानी केवल कुछ मीटर के दायरे में कार्य करने में सक्षम है। इसके लिए किसी प्रकार के लाइसेंस की आवश्यकता नहीं होती। साथ ही, वाईमैक्स का प्रयोग इंटरनेट को एक्सेस करने के लिए किया जाता है, जबकि वाईफाई का प्रयोग अपने नेटवर्क को एक्सेस करने के लिए होता है।

5.10.2 Salient Features Supported by WiMAX

- **उच्च डेटा दर** (High data rates)—वाईमैक्स आमतौर पर 500 Kbps से 2Mbps से तक डेटा दरों का समर्थन कर सकता है। उप-चैनलकरण योजनाओं (sub-channelization schemes), उन्नत कोडिंग और मॉड्यूलेशन (advanced coding and modulation) के साथ मल्टी-इनपुट मल्टी-आउटपुट (MIMO) एंटीना तकनीकों का समावेश मोबाइल को 63 Mbps की पीक डाउनलिंक डेटा दरों और 28 Mbps प्रति सेक्टर 10 मेगाहर्ट्ज चैनल में अपलिंक डेटा दरों का समर्थन करने में सक्षम बनाता है। WiMAX में उच्च कोटि के ऐन्टेना का प्रयोग किया जाता है तथा modulation तकनीक का प्रयोग किया जाता है इस कारण यह 10 mhz में प्रत्येक क्षेत्र में 18.5 Mbps के डेटा रेट्स उपलब्ध करता है।
- **Quality of Service (QoS)**—वाईमैक्स ने अलग-अलग आवश्यकताओं जैसे कि वीओआईपी (VoIP), वास्तविक समय वीडियो स्ट्रीमिंग (real time vidoe streaming), फाइल स्थानांतरण और वेब ट्रैफिक के साथ अनुप्रयोगों के लिए स्पष्ट रूप से QoS classes परिभाषित की हैं।

- o इसमें सिम / यूएसआईएम कार्ड, स्मार्ट कार्ड, डिजिटल प्रमाणपत्र, उपयोगकर्त्ता नाम / पासवर्ड योजनाओं जैसे उपयोगकर्त्ता क्रेडेशियल्स के विधि सेट के लिए समर्थन है।
- o यह सब क्रेडेशियल प्रकार के लिए प्रासंगिक 'Extensible Authentication Protocol (EAP)' के तरीकों पर आधारित है।

❖ **Mobility**—मोबाइल WiMAX 50 ms की latencies के साथ अनुकूलित हैंडऑफ योजनाओं का समर्थन करता है, जिससे यह सुनिश्चित किया जा सके कि वास्तविक समय के अनुप्रयोग जैसे कि VoIP को service degradation के बिना प्रदर्शित किया जा सके।

- o Flexible key management schemes के अनुसार सुरक्षा को बनाए रखा जाता है।

❖ **अधिक रेंज** (Long range)—इसकी रेंज बहुत अधिक है, लगभग 50 किलोमीटर (km) तक हो सकती है।

❖ **सुरक्षा** (Security)—WiMAX में advanced security का प्रयोग किया जाता है जिससे यह बहुत अधिक सुरक्षित है WiMAX में encryption तथा decryption विधियों का प्रयोग किया जाता है तथा यह उच्च कोटि के security प्रोटोकॉल का प्रयोग करता है।

❖ एक स्टेशन पर सैकड़ों यूजर्स को WiMAX अपनी सेवा दे सकता है अर्थात् एक स्टेशन पर सैकड़ों यूजर इसका लाभ उठा सकते हैं।

❖ WiMAX का एक feature यह है कि यह यूजर्स को modulation तथा त्रुटियों को सही करने की सुविधा देता है।

❖ WiMAX Time Division Duplexing (TDD) तथा Frequency Division Duplexing (FDD) को support करता है।

❖ WiMAX टेक्नोलॉजी MAC लेयर पर आधारित होती है अर्थात् हम इसमें मीडिया तथा अन्य applications का प्रयोग कर सकते हैं।

❖ WiMax में Interfacing तथा accessibility आसान होती है।

❖ वाईमैक्स का मेष मोड सब्सक्राइबर स्टेशनों के ट्रैफिक को एक-दूसरे से रिले करने में सक्षम बनाता है। इस प्रकार, एक स्टेशन जिसके पास बेस स्टेशन के साथ लाइन-ऑफ-विजन नहीं है, वह किसी अन्य स्टेशन से अपना ट्रैफिक प्राप्त कर सकता है।

❖ वाईमैक्स तकनीक उन जगहों में तेजी से और सस्ते ब्रॉडबैंड की सुविधा प्रदान कर सकती है, जिनमें बुनियादी ढाँचे (फाइबर ऑप्टिक्स, कॉपर वायर), जैसे ग्रामीण क्षेत्रों और अवांछित देशों की कमी होती है। वाईमैक्स का उपयोग आपदाओं के दौरान बैकअप में भी किया जा सकता है, जहाँ वायर्ड नेटवर्क उपलब्ध नहीं होते हैं।

❖ जैसा कि मोबाइल वाईमैक्स रेडियो एक्सेस और नेटवर्क आर्किटेक्चर दोनों में स्केलेबल है, यह नेटवर्क परिनियोजन के विकल्प और service offerings में लचीलापन प्रदान करता है।

❖ 802.16 e पर आधारित मोबाइल वाईमैक्स OFDMA का उपयोग करता है जिसमें carriers को उप चैनल बनाने के लिए उपयोगकत्ताओं के बीच विभाजित किया जाता है। कोडिंग और मॉडयूलेशन प्रत्येक उप चैलन के लिए अलग से अनुकूलित किए जाते हैं।

❖ SOFDMA OFDMA का एक enhancement है जो चैनल में check करता है कि संख्या 128, 512, 1024 और 2048 के सम्भावित मानों के साथ है।

❖ 802.16 e में मोबाइल डिवाइसेज में बैटरी लाइफ को बढ़ाये जाने हेतु पॉवर सेविंग और स्लीप मोड्स भी होते हैं।

❖ 802.16 e उपयोगकर्त्ताओं को hard and soft handoff कनेक्शन प्रदान करने का भी समर्थन करता है क्योंकि वे आसन्न (adjacent) cells के कवरेज क्षेत्रों में चलते हैं।

5.8.3 WiMAX Physical Layer

(i) For bands in 10-66 GHz range, 802.16 defines one interface called Wireless MAN-SC

(ii) For 2-11 GHz (both licensed and unlicensed) :

- o Wireless MAN-SC (single carrier modulation)
- o Wireless MAN-OFDM (256 carrier OFDM with access to different stations using TDMA)
- o Wireless MAN-OFDM (2048 carrier OFDM by assigning subset of carriers to individual station)

(iii) WiMAX PHY सुविधाओं में एडेप्टिव मॉड्यूलेशन और कोडिंग (AMC), Automatic हाइब्रिड ऑटोमैटिक रिपीट रिक्वेस्ट (HARQ), Quality चैनल क्वालिटी इंडिकेटर चैनल (CQICH) होते है जो एक फीडबैक चैनल है।

(iv) ये सभी सुविधाएँ 120 Km/h से अधिक वाहनों की गति पर मोबाइल वातावरण में मजबूत लिंक प्रदान करती हैं।

5.10.4 WiMAX Medium Access Control (MAC)

(i) प्रत्येक ग्राहक स्टेशन को केवल एक प्रविष्टि के लिए मीडिया के लिए complete करने की आवश्यकता होती है। फिर, वाईमैक्स बेस स्टेशन प्रत्येक ग्राहक स्टेशन को समय स्लॉट प्रदान करता है जो आवश्यकता के आधार पर कम या अधिक हो सकता है।

(ii) प्रत्येक स्टेशन के लिए सेवा के लिए एक समय-निर्धारण एल्गोरिथ्म होता है। यह एल्गोरिथ्म मजबूत है और अधिक लोडिंग और ओवर सब्सक्रिप्शन से प्रभावित नहीं होता।

(iii) WiMAX IPv4, IPv6 और ईथरनेट जैसी विभिन्न परिवहन तकनीकों का समर्थन करता है।

(iv) वाईमैक्स मेन नेटवर्किंग ग्राहकों के स्टेशनों को एक दूसरे के साथ "सब्सक्राइबर" मोड ओर बेस स्टेशन यानी "बेस स्टेशन" मोड के साथ एक साथ संचार करने की अनुमति देता है।

5.10.5 Spectrum Allocation for WiMAX

(i) वाईमैक्स के लिए सबसे बड़ा स्पेक्ट्रम खंड लगभग 2.5 GHz है।

(ii) अन्य बैंड 3.5 HZ, 2.3 / 2.5 GHz या 5 GHz, 2.3 / 2.5 GHz हैं।

5.10.6 Wireless Broad Band Technologies

वाइमैक्स फ्रेमवर्क निम्नलिखित मुख्य सिद्धांतों पर आधारित हैं—

(i) यह विभिन्न RAN टोपोलॉजी का समर्थन करता है।

(ii) 802.16 RAN आर्किटेक्चर स्वतंत्रता को सक्षम करने के लिए Well-defined इंटरफेस उपलब्ध कराता है और वाई-फाई, 3GPP3 and 3GPP2 नेटवर्क के साथ सहज एकीकरण और अंतर-सक्षमता (interworking) भी उपलब्ध कराता है।

(iii) बुनियादी ढाँचे में Ipv6 के उपयोग करने के लिए Ipv4 और Ipv6 क्लाइंट और एप्लिकेशन सर्वर के लिए समर्थन।

(iv) पूरी गतिशीलता और समृद्ध ब्रॉडबैंड मल्टीमीडिया के वितरण के लिए भावी प्रवास का समर्थन करने के लिए कार्यात्मक विस्तार।

वाईमैक्स ने बुनियादी एटीएम और बुनियादी आईपी के दो मैक सिस्टम प्रोफाइल को परिभाषित किया है। उन्होंने दो प्राथमिक PHY सिस्टम प्रोफाइल, 25 MHz चैनल 10.66 गीगाहर्ट्ज रेंज को US परिनियोजन और 28 मेगाहर्ट्ज वाइड चैनल को 10.66 GHz रेंज में यूरोपियन परिनियोजन में उपयोग के लिए परिभाषित किया है।

WiMAX तकनीकी कार्य समूह IEEE 802.16 a और HiperMan मानकों के लिए MAC और PHY सिस्टम प्रोफाइल को परिभाषित कर रहा है। मैक प्रोफाइल में वायरलेस MAN (लाइसेंस प्राप्त) और वायरलेस HUMAN (लाइसेंस-छूट) दोनों के लिए एक आईपी-आधारित संस्करण शामिल हैं।

IEEE मानक 802.16 को एक सामान्य मैक प्रोटोकॉल के आधार पर WMAN के लिए वायु इंटरफेस मानकों के एक सेट के रूप में उपयोग के स्पेक्ट्रम और सम्बंधित नियमों पर निर्भर भौतिक परत विनिर्देशों के साथ विकसित करने के लिए डिजाइन किया गया था।

5.10.7 WiMAX Architecture/Network Model

IEEE 802.16e-2005 मानक वाईमैक्स के लिए एयर इंटरफेस प्रदान करता है लेकिन पूर्ण एंड-टू-एंड वाईमैक्स नेटवर्क को परिभाषित नहीं करता है। वाईमैक्स फोरम का नेटवर्क वर्किंग ग्रुप (NWG) IEEE 802.16e-2005 का air इंटरफेस के रूप में उपयोग करते हुए वाईमैक्स के लिए एंड-टू-एंड नेटवर्क आवश्यकताओं, architecture और प्रोटोकॉल को विकसित करने के लिए उत्तरदायी है।

वाईमैक्स NWG ने वाईमैक्स deployment के लिए architecture framework के रूप में काम करने के लिए और विभिन्न वाइमैक्स उपकरण और ऑपरेटरों के बीच अंतर सुनिश्चित करने के लिए एक नेटवर्क संदर्भ मॉडल (network reference model) विकसित किया है।

वाईमैक्स फोरम एनडब्ल्यूजी (NWG) द्वारा विकसित नेटवर्क संदर्भ मॉडल अनेक functional entities और इंटरफेस को परिभाषित करता है। कुछ महत्त्वपूर्ण functional entities निम्नलिखित हैं—

(i) मोबाइल स्टेशन (MS)—नेटवर्क का उपयोग करने के लिए उपयोगकर्त्ता द्वारा उपयोग किया जाता है।

(ii) बेस स्टेशन (BS)—बीएस एमएस को एयर इंटरफेस प्रदान करता है इसके अतिरिक्त कार्य निम्नलिखित हैं—

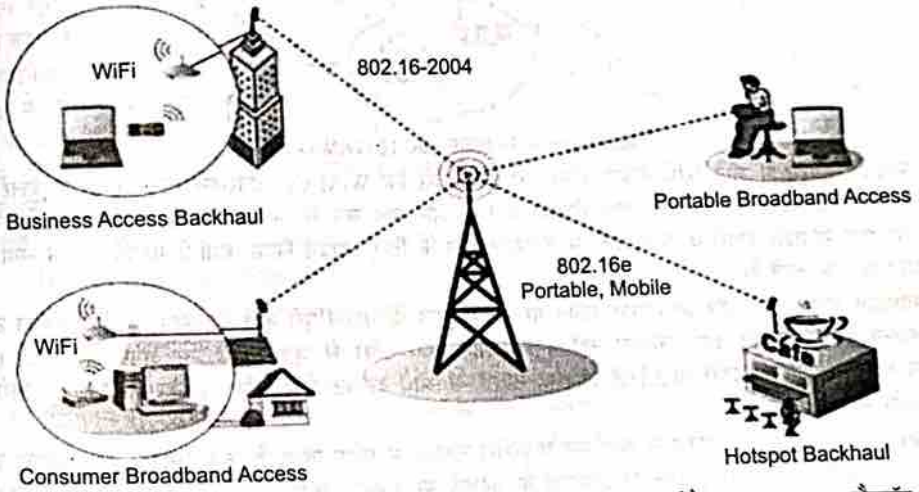
1. Micro mobility management functions, such as handoff triggering and tunnel establishment, radio resource management
2. QoS policy enforcement
3. Traffic classification
4. DHCP (Dynamic Host Control Protocol) proxy
5. Key management
6. Session management
7. Multicast group management

(iii) एक्सेस सर्विस नेटवर्क गेटवे (ASN-GW)—ASN गेटवे आमतौर पर ASN के भीतर एक layer 2 ट्रैफिक एकत्रीकरण बिंदु के रूप में कार्य करता है। अतिरिक्त कार्य जो ASN गेटवे का हिस्सा हो सकते हैं, वे निम्नलिखित हैं—

- Intra-ASN location management and paging
- Radio resource management and admission control
- Caching of subscriber profiles and encryption keys
- AAA client functionality
- Establishment and management of mobility tunnel with base stations
- QoS and policy enforcement
- Foreign agent functionality for mobile IP
- Routing to the selected CSN

5.10.8 Working of YMax

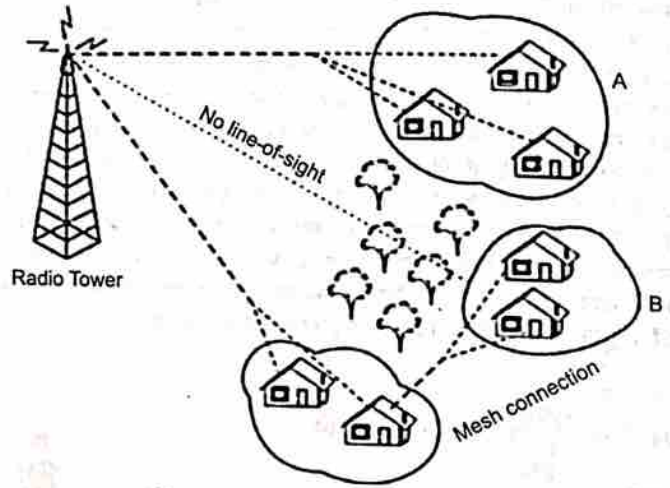
आसान शब्दों में कहें तो यह बड़े क्षेत्र में फैले वाई-फाई नेटवर्क के समान ही है परन्तु वाईमैक्स की स्पीड काफी तेज होती है और साथ ही इसकी कवरेज भी ज्यादा बड़े क्षेत्र तक फैली होती है। इस सिस्टम के लिए वाईमैक्स टॉवर और वाईमैक्स रिसीवर की आवश्यकता होती है। वाईमैक्स टॉवर दिखने में बिल्कुल मोबाइल फोन टॉवर की तरह लगता है। लेकिन वह टॉवर तीन हजार वर्ग मील के क्षेत्र को कवर कर सकता है। दूसरी तरफ, वाईमैक्स रिसीवर एक सेटटॉप बॉक्स की तरह होता है। वर्तमान में ये रिसीवर एक छोटे से कार्ड के रूप में उपलब्ध हैं, जिसे लैपटॉप के साथ जोड़कर काम किया जाता है। इसके लिए आपको कुछ फीस देनी पड़ती है जो ब्रॉडबैंड के इंस्टॉलेशन कॉस्ट से काफी कम होती है। सबसे पहले वाईमैक्स टॉवर को तारों के सहारे इंटरनेट के साथ जोड़ा जाता है। फिर ये टॉवर सिग्नल ट्रांसमिट करते हैं। जिन्हें आपके घर में लगा हुआ वाईमैक्स रिसीवर रिसिव करता है। इस प्रकार आप कम्प्यूटर को उस रिसीवर से जोड़कर इंटरनेट एक्सेस कर सकते हैं। साइबर स्पेस के अनुसार वाई-मैक्स इंटरनेट की दुनिया में वह चमत्कार कर सकता है, जो सेलफोन ने टेलीफोन की दुनिया में कर दिखाया था। इसका सबसे बड़ा फायदा यह है कि आप वाईमैक्स के जरिये कहीं से भी अपने लैपटॉप या पॉमटॉप से बड़ी आसानी के साथ इंटरनेट पर काम कर सकते हैं। इसके लिए आपको तारों के जंजाल की आवश्यकता नहीं होती। यानी अब आप गाँवों और दूर-दराज के इलाकों से भी बड़ी आसानी से इंटरनेट एक्सेस कर सकते हैं। यानी ब्रॉडबैंड से अलग यह हर जगह मौजूद रह सकता है। साथ ही, ब्रॉडबैंड से काफी हद तक सस्ता भी है। इसमें डेटा ट्रांसफर की स्पीड भी काफी तेज होती है। यही कारण है कि विदेशों में अनेक मोबाइल फोन कम्पनियाँ इसका प्रयोग सेल फोन ऑपरेशंस में भी करना चाहती हैं। वाईमैक्स उपभोक्ताओं और कम्पनियों, दोनों के लिए एक कम लागत वाली प्रणाली है। साथ ही, व्यापारिक प्रतिष्ठानों में इसका प्रयोग केवल और डीएसएल के साथ-साथ एक इमरजेंसी लाइन की तरह किया जा सकता है। इंडोनेशिया में सुनामी के दौरान इसने लोगों की जान बचाने में काफी मदद की थी। इसी के जरिये मुसीबत में फंसे कई लोगों ने राहतकर्मियों से सम्पर्क साधा था। अमेरिका में आए कैटरिना तूफान के दौरान भी इसने कई लोगों की जिंदगियाँ बचाई थी।



एक वाईमैक्स मोबाइल स्टेशन (एमएस) एक वायरलेस यूएसबी, मॉडेम, वाईमैक्स क्षमता वाला लैपटॉप, आपके वाहन के लिए मोबाइल रेडियो ट्रांसमीटर (MRT) और निश्चित रूप से घर या कार्यालय के लिए वाईमैक्स ग्राहक unit हो सकता है। WiMAX subscriber units या तो इनडोर या आउटडोर हो सकती हैं जो निकटतम WiMAX बेस स्टेशन टॉवर की दूरी पर निर्भर करता है, यदि ग्राहक के सेवा क्षेत्र में अवरोध हैं। ये वाईमैक्स एक्सेस पॉइंट डिवाइस वे हैं जो एक केबल मोडेम वायरलेस राउटर या डीएसएल मोडेम वायरलेस राउटर का वाईमैक्स संस्करण है जो आपके द्वारा उपयोग किए जाने के आधार पर होता है। जब जरूरत होती है (SU-O) ग्राहक unit आउटडोर एंटेना को केबल

द्वारा (SU-I) सब्सक्राइबर यूनिट इनडोर उपकरणों को माउंट और कनेक्ट किया जा सकता है, जब ग्राहक लोकेशन के अंदर मजबूत सिग्नल प्रदान करने के लिए लम्बी इमारत या पेड़ स्थानीय सेवा टावरों से सिग्नल प्रतिबंधित करते हैं। जब नेटवर्क पैकेट वाईमैक्स एक्सेस पॉइंट में प्रवेश करते हैं तो वाईमैक्स कैसे काम करता है यह इस बात पर निर्भर करता है कि आप महानगरीय क्षेत्र में हैं, जहाँ फिक्स्ड बेस स्टेशन टॉवर स्थित हैं या मोबाइल बेस स्टेशन टॉवरों पर प्रवेश कर रहे है, जो ग्रामीण समुदायों में जुड़ने वाले ग्राहकों को सेवा प्रदान करते हैं और उन्नत मोबाइल टॉवरों पर शहर के सेवा क्षेत्रों के माध्यम से हस्तक्षेप किया गया।

फिक्स्ड टावरों जो घर या office subscriber units के साथ जुड़े हुए हैं, जैसे कि वाईमैक्स आईएसपी जो उच्च शक्ति आउटपुट ट्रांसमिशन पर संचलित इनडोर या आउटडोर सब्सक्राइबर यूनिट प्रदान करते हैं, जो 25 मील की दूरी तक 3.5 GHz सिग्नल प्रदान करते हैं, जब सेल के निर्माण में व्यवस्थित टावरों से गुजरते हैं।



Mesh mode in IEEE 806.16 (WiMAX)

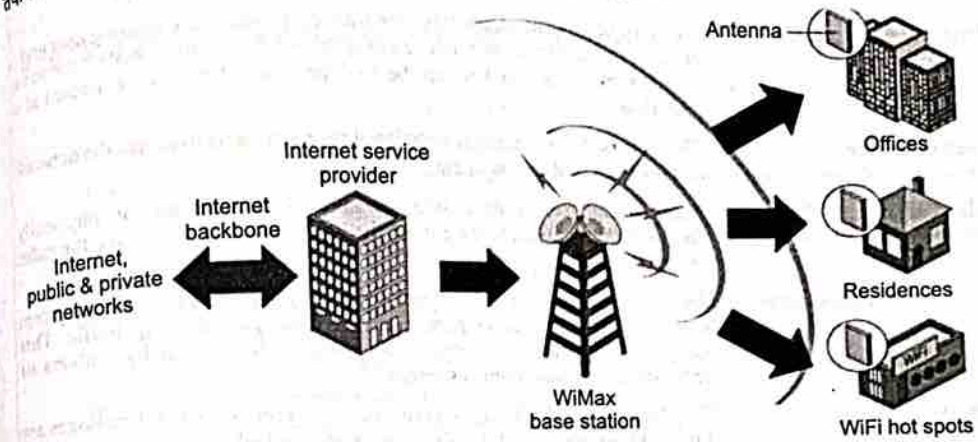
मोबाइल टावरों में छोटे फॉर्म फैक्टर CPE उपकरण जैसे कि WiMAX वायरलेस मिनी कार्ड, सेल्युलर फोन और मोबाइल हॉटस्पॉट डिवाइसेस के साथ लैपटॉप होते हैं और मूल रूप से अपग्रेड किए गए मोबाइल फोन संचार टावरों के साथ मोबाइल टावरों के बीच तेजी से कनेक्शन रिले के लिए अपग्रेड किया जाता है क्योंकि ग्राहक सेवा क्षेत्रों के माध्यम से यात्रा करते हैं।

मोबाइल टॉवर बैटरी और प्रसंस्करण शक्ति पर सीमित होने के कारण पूरी तरह से अलग-अलग निश्चित टॉवरों का संचालन करते हैं। यदि आप निश्चित नहीं हैं कि आप किस टॉवर से जुड़ रहे हैं, तो अपने WiMAX CPE उपकरण के विनिर्देशों को देखें। 802.16d निश्चित टावरों के साथ कनेक्ट होगा और उपकरण मोबाइल टावरों पर कनेक्ट और संचालित होता है।

अब जब आपके नेटवर्क पैकेट ने वाईमैक्स वायरलेस नेटवर्क में प्रवेश किया है, चाहे फिक्स्ड या मोबाइल टॉवर सेल पर, यह आपके वाईमैक्स इंटरनेट सेवा प्रदाता के नेटवर्क पर सम्भत: सबसे shortest path पर आगे बढ़ता है, जिसे "बैकहॉल" के रूप में जाना जाता है।

अपने मोबाइल स्टेशन के रूप में, चाहे वह आपके घर के अंदर या उसके सामने स्थित वाईमैक्स subscriber unit हो या सामने के छोर पर वाईमैक्स मोबाइल टॉवरों से जुड़ने वाली डिवाइस हो, आपका आईएसपी बैकहॉल सिस्टम के माध्यम से वाईमैक्स फिक्स्ड और मोबाइल टॉवर ऐरे से जुड़ा होता है। आपके ISP से जुड़ा बैकहॉल आपके स्थानीय क्षेत्र नेटवर्क पर डिफॉल्ट गेटवे पते की तरह है। यह वाईमैक्स टॉवर पर नेटवर्क पैकेटों को पहुँचने के लिए एक गंतव्य पता देता है, इसलिए वे आपके आईएसपी से होकर इंटरनेट पर निकल जाते हैं।

वाईमैक्स Wireless Internet Solution मिश्रिम दूरसंचार टॉवरों का एक बहुत ही सरल नेटवर्क टोपोलॉजी है। टॉवर एरे न केवल सब्सक्राइबर और आईएसपी के बीच फिक्स्ड और मोबाइल संचार की अनुमति देता है, बल्कि यहाँ तक कि वाइमैक्स इंटरऑपरेबिलिटी में योगदान करने वाले आईएसपी नेटवर्क के बीच roaming का समर्थन करता है।



5.10.9 WiMAX Security

वाईमैक्स इंटरनेट प्रोटोकॉल, आईपी को मुख्य परिवहन तंत्र के रूप में उपयोग करता है और इसके परिणामस्वरूप, वाईमैक्स सुरक्षा उपायों को न केवल एक वायरलेस दूरसंचार प्रणाली के लिए पारम्परिक सुरक्षा आवश्यकताओं को शामिल करने की आवश्यकता है, बल्कि आईपी सिस्टम के उपयोग से भी सम्बंधित है।

वाईमैक्स सुरक्षा के उच्च स्तर की आवश्यकता को देखते हुए, IEEE 802.16 कार्य समूहों ने वाईमैक्स security threats का सामना करने के लिए अवधारणा चरणों के दौरान मानक में सुरक्षा उपायों को सम्मिलित किया है। वाईमैक्स सुरक्षा को बाद के चरण में एक अतिरिक्त के रूप में जोड़े जाने के स्थान पर शुरुआत से मानक में एम्बेडेड किया गया है। इस दृष्टिकोण को अपनाने से, उपयोगकर्त्ता के लिए कम दखल देते (less intrusive) हुए वाईमैक्स सुरक्षा को अधिक प्रभावी बना दिया गया है।

वाईमैक्स सुरक्षा elements चार मुख्य शीर्षकों के अंतर्गत आते हैं—

(i) Authentication of the user device
(ii) Higher-level user authentication
(iii) Advanced over-the-air encryption
(iv) Methods for securing the control and signaling within an IP scenario

इन वाईमैक्स सुरक्षा क्षेत्रों में से प्रत्येक को मानकों के भीतर सम्बोधित किया गया है, फिर भी, नेटवर्क ऑपरेटरों को यह सुनिश्चित करने के लिए एक विशिष्ट अभ्यास का उपयोग करना आवश्यक है कि सुरक्षा से समझौता नहीं किया गया है। यदि ऐसा नहीं किया जाता तो सही ऑपरेटिंग प्रक्रियाएं सम्भव नहीं हो पाती जिसके फलस्वरूप सबसे अच्छी सुरक्षा तकनीक का लाभ नहीं लिया जा सकता।

5.10.9 WiMAX Security Threats

किसी भी सुरक्षा प्रणाली को विकसित करते समय उन साधनों को समझना आवश्यक है जिनके द्वारा सुरक्षा से समझौता किया जा सकता है और इस तरह से सम्बंधित सुरक्षा उपायों में निर्माण किया जा सकता है।

वाईमैक्स सुरक्षा के कुछ मुख्य खतरों को नीचे दी गई तालिका में संक्षेपित किया गया है—

Type of security attack	Description / details of the security attack
Man-in-the-middle	This form of WiMAX security issue occurs when a base station is set up to impersonate a base station in the network, either just to a subscriber, or a two way impersonation between the subscriber and the base station.
Privacy compromise	This type of security attack takes the form of the attacker capturing user and / or signaling traffic being conveyed over the wireless or the wired elements of the network. These packets can be analyzed and information extracted at a later time.
Theft of service	This occurs if users without authorized access are able to access the network and utilize it without payment.
Denial of service (physical)	This is achieved by degrading the network performance by physically disrupting the physical elements of the network, *e.g.*, by jamming the radio channels used.
Denial of service (protocol)	This form of denial of service involves overloading the network or system resources by introducing new traffic or modifying existing traffic. This happens when Internet websites are maliciously targeted by millions of requests to overload their resources.
Replay	This form of WiMAX security issue occurs if previously valid messages are injected into the system to exhaust resources or lock out valid users.

यद्यपि ये वाईमैक्स सुरक्षा मुद्दे के प्रमुख रूपों के लिए व्यापक विवरण हैं, इन सभी को सम्बोधित करने की आवश्यकता है जिससे दुर्भावनापूर्ण प्रयास (malicious attempts) नेटवर्क को बाधित करने, उपयोगकर्त्ता की जानकारी या डेटा प्राप्त करने या नेटवर्क तक अनधिकृत पहुँच प्राप्त करने में सफल न हो सकें।

5.10.10 वाइमैक्स सुरक्षा उपाय (WiMAX Security Measures)

WiMAX मानक में विभिन्न सुरक्षा उपायों को सम्बोधित करने और सिस्टम पर आने वाले विभिन्न security threats दूर करने के लिए अनेक सुरक्षा उपाय शामिल हैं। इनमें mutual device / user authentication techniques, a flexible key management tool, traffic encryption and control and management message protection सम्मिलित हैं।

5.10.11 वाइमैक्स के लाभ (Advantages of WiMAX)

(i) **कवरेज**—वाईमैक्स का एकल स्टेशन एक समय में सौ उपयोगकर्त्ताओं के लिए कवरेज प्रदान कर सकता है और नेटवर्क सुरक्षा के साथ बहुत तेज गति से डेटा ट्रांसमिट और रिसीव करने का प्रबंधन कर सकता है।

(ii) **उच्च गति**—लम्बी दूरी पर कनेक्टिविटी की उच्च गति और उच्च गति वाली आवाज इसे कम आबादी वाले क्षेत्रों और संकुचित क्षेत्रों में अधिक उपयोगी बनाती है।

(iii) **मल्टी-फंक्शनलिटी**—वाईमैक्स टेक्नोलॉजी एक समय में कई तरह के कार्य करती है जैसे हाई स्पीड इंटरनेट प्रदान करना, टेलीफोन सेवा प्रदान करना, डेटा का रूपांतरण, वीडियो स्ट्रीमिंग, वॉयस एप्लिकेशन इत्यादि।

(iv) **इन्फ्रास्ट्रक्चर**—वाईमैक्स इन्फ्रास्ट्रक्चर बहुत आसान और लचीला है इसलिए यह नेटवर्क और एंड-यूजर्स को वास्तविक पहुंच के लिए सहमति प्रदान करता है।

(v) **कम लागत वाला नेटवर्क**—वाईमैक्स एडीएसएल, मॉडेम या स्थानीय क्षेत्र नेटवर्क के माध्यम से प्रस्तुत की जाने वाली इंटरनेट सेवाओं के लिए कम लागत वाला नेटवर्क विकल्प प्रदान करता है।

(vi) **रिच फीचर्स**—वाईमैक्स टेक्नोलॉजी रिच फीचर प्रदान करती है, जो इसे उपयोगी बनाता है। वाईमैक्स entertainment के लिए अलग से आवाज और डेटा चैनल प्रदान करता है, semantic connection तेजी से संयोजी, लाइसेंस स्पेक्ट्रम, liberty of movement की अपेक्षा में आपके नेटवर्क को और अधिक सुरक्षित बनाता है।

5.10.12 वाइमैक्स के अवगुण (Disadvantages of WiMAX)

(i) **गुणवत्ता की कमी** (Lack of Quality)—वाईमैक्स नेटवर्क में गुणवत्तापूर्ण सेवा की कमी है क्योंकि सैकड़ों लोग एक ही टॉवर पर एसेस करने का प्रयास करते हैं इसलिए भारी यातायात के कारण उच्च गुणवत्ता बनाए रखना बहुत मुश्किल है।

(ii) **वाईमैक्स रेंज** (WiMAX range)—वाईमैक्स नेटवर्क का अन्य नुकसान रेंज है। जैसा कि वाईमैक्स बढ़ते स्टेशन के साथ सीमा में 70 एमबीपीएस की डाटा दर प्रदान करता है लेकिन व्यवहार में यह काफी अलग है क्योंकि यह केवल निर्दिष्ट या आदर्श परिस्थितियों में सम्भव है। यदि कोई उपयोगकर्त्ता निर्दिष्ट वातावरण से दूर रहता है तो गति में काफी कम हो सकती है।

(iii) **वाईमैक्स बैंडविड्थ** (WiMAX Bandwidth)—अन्य नेटवर्क की तरह बैंडविड्थ एक निर्दिष्ट क्षेत्र में ग्राहकों के बीच सामूहिक है। लेकिन अगर एक क्षेत्र में बहुत सारे उपयोगकर्त्ता हैं तो गति कम हो जाती है जो साझा बैंडविड्थ से 2 से 10 एमबीपीएस हो सकती है।

(iv) **स्थापना और परिचालन लागत** (Installation and operational cost)—भारी संरचना के कारण, टावर, एंटेना आदि वाईमैक्स नेटवर्क को सामूहिक रूप से उच्च लागत नेटवर्क बनाते हैं।

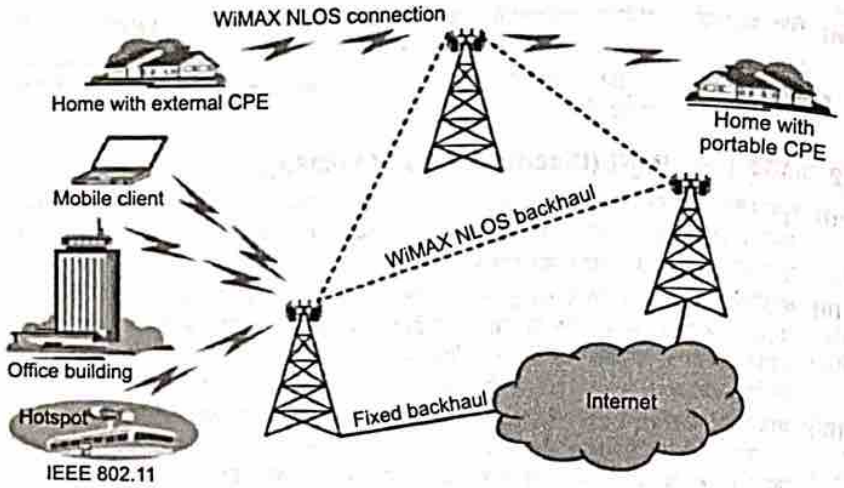
(v) **खराब मौसम** (Bad weather)—बारिश के मौसम में सेवाओं की गुणवत्ता कम हो जाती है क्योंकि मौसम की स्थिति सिग्नल को बाधित कर सकती है, जिससे सिग्नल और प्रसारण रुक सकता है या बाधित हो सकता है।

(vi) **वायरलेस उपकरण** (Wireless equipments)—यदि आप वाईमैक्स नेटवर्क के भीतर एक समय में बहुत सारे वायरलेस उपकरणों का उपयोग करने का प्रयास कर रहे हैं, तो ये उपकरण हस्तक्षेप का कारण बन सकते हैं और आपके प्रसारण डेटा को बाधित कर सकते हैं या compromised speed का सामना करना पड़ता हैं।

(vii) **बिजली की खपत** (Power consuming)—वाईमैक्स नेटवर्क संरचना में बहुत भारी है इसलिए नेटवर्क चलाने के लिए बहुत अधिक electric support की आवश्यकता होती है।

5.10.13 वाइमैक्स के अनुप्रयोग (Applications of WiMAX)

1. Broadband Internet access
2. Real time applications
   (i) Video streaming
   (ii) VoIP, Video on Demand
   (iii) Telemedicine application/Video Conference
   (iv) Surveillance and monitoring (forests, volcano, etc.)
   (v) E-learning
3. General applications and services based on IP connectivity



CPE : Customer Permises Equipment

Fig. Application of IEEE 802.16 (WiMAX)

5.10.14 Difference between Wi-Fi and WiMAX

वाईमैक्स की तुलना अक्सर वाई-फाई से की जाती है; दोनों के मूल में वायरलेस इंटरनेट कनेक्टिविटी है और प्रौद्योगिकियाँ पूरक हैं।

Sr. No.	Wi-Fi	WiMax
1.	Wi-Fi technology is based on IEEE 802.11 standards.	WiMAX technology is based on IEEE 802.16 standards.
2.	802.11a-OFDM, maximum rate=54Mbps.,802.11b-DSSS, maximum rate=11Mbps.,802.11g-OFDM, maximum rate=54Mbps.	802.16-OFDM, maximum rate=50Mbps.,802.16e-OFDM, maximum rate~30Mbps.
3.	The stations gain access to media based on CSMA/CA and back off algorithm schemes.	There is time slot for each station and there is scheduling algorithm used by base station.
4.	Range is less than 100 meters.	A kilometer non-line-of-sight, more with line-of-sight.
5.	Indoor Environment.	Outdoor Environment.
6.	No Quality of Service.	Five Quality of service enforced by base station.
7.	Wi-Fi uses an unlicensed spectrum	WiMAX's spectrum could be licensed or unlicensed.
8.	Wi-Fi is more popular in end-user devices such as laptops, desktops and smart phones	WiMAX service providers usually provide the customer with a WiMAX subscriber unit. This unit connect to the provider's network and offers Wi-Fi accessibility and convenience to the customer within the Wi-Fi range.

5.10.15 Comparison of Various Wireless Technologies

S.No.	Standard	3GPP (UMTS)	3GPP (HSDPA)	IEEE 802.16e-2005	3GPP (GSM/EDGE and UMTS/HSDPA)
1.	Data rate (Bandwidth)	5MHz	5MHz	3.5MHz, 7MHz, 5MHz, 10MHz, and 8.75MHz initially	1.4 MHz, 3 MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz
2.	Frequency	700/800/ 900/1500 /1700/1900 /2100 MHz	800/900/ 1,800/1,900/ 2,100MHz	2.3GHz, 2.5GHz, and 3.5GHz	2.6GHz,1.8GHz,Advanced Wireless Service (1.7GHz in the uplink and 2.1GHz in the downlink), 700MHz and 2.1GHz.
3.	Coverage	1-3miles	1-3miles	<2 miles	3 miles-60 miles
4.	Mobility	High	High	Medium	Up to 500kmph but optimized for low speeds from 0 to 15kmph
5.	Download rate (bit/sec)	384 kbit/s	13.98 Mbit/s	128 Mbit/s (in 20MHz bandwidth FDD)	100 Mbit/s for Category3,150 Mbit/s for Category4,300 Mbit/s for Category5(in 20MHz FDD)
6.	Upload rate (bit/sec)	384 kbit/s	5.760 Mbit/s	56 Mbit/s (in 20MHz bandwidth FDD)	50 Mbit/s for Category3/4, 75 Mbit/s for Category5 (in 20 MHz FDD)

5.11 IMEI NUMBER

अंतर्राष्ट्रीय मोबाइल उपकरण पहचान संख्या (The International Mobile Equipment Identity or IMEI) मोबाइल फोन उपकरण में पहचान हेतु एक उपकरण पहचान संख्या होती है जो अन्य किसी भी उपकरण से भिन्न होती है।

एक **standard IMEI number 14 digit** का होता है, इसके साथ में कुछ additional check number भी जोड़ें जाते हैं। दूसरा **IMEI/SV (SV means Software Version) 16 digit** का होता है, लेकिन ये केवल नए Mobile Phones में ही होता है। IMEI number अब केवल phone की पहचान तक ही सीमित नहीं रह गयी है, इससे किसी मोबाइल फोन को block भी किया जा सकता है। यदि आपका Mobile Phone चोरी हो गया है तो इस number के जरिये आप अपने Local Service Provider को सूचित कर अपने number को block भी कर सकते हैं। इस number का प्रयोग अधिकाँश रूप से, चोरी किये गए phones का पता लगाने या trade करने के लिए करती है।

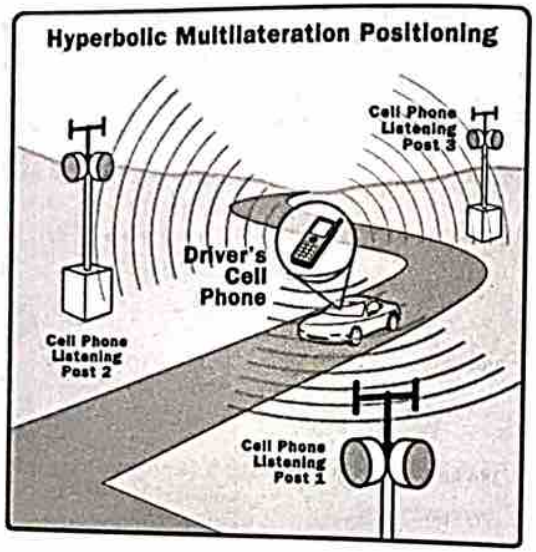
जीएसएम, सीडीएमए और आईडीईएन तथा कुछ सेटेलाइट फोन में भी ये संख्या मिलती है। **यह संख्या 15 अंकों की होती है** (कभी कभी 16 और 17 अंकों की भी), जिसमें मोबाइल फोन उपकरण के मॉडल, उसके बनने की जगह और मोबाइल (डिवाइस) के सीरियल नम्बर के बारे में लिखा होता है।

आंकड़ों के अनुसार भारत में लगभग 2 करोड़ 50 लाख लोग बिना आईएमईआई नम्बर का मोबाइल फोन प्रयोग करते आ रहे थे।

IMEI नम्बर क्या करता है?

किसी भी फोन का IMEI नम्बर उस फोन की वर्तमान स्थिति (location) को बताता है। अर्थात् इसके माध्यम से यह पता लगाया जा सकता है कि अमुख व्यक्ति किस जगह पर खड़ा है। यदि किसी व्यक्ति का फोन गुम हो जाता है

या चोरी हो जाता है तो उस फोन का पता भी उस फोन की बैटरी के नीचे लिखे गए IMEI नम्बर के माध्यम से लगाया जा सकता है। **यदि किसी को अपने मोबाइल फोन का IMEI नम्बर नही पता है तो उसे अपने फोन से *#06# डायल करके पता किया जा सकता है।**



5.11.1 IMEI नम्बर का निर्माण

IMEI नम्बर का format AA-BBBBBB-CCCCCC-D द्वारा अंकित किया जाता है। इसमें पहले दो भाग labelled A और B को Type **Allocation Code (TAC)** कहा जाता है और ये सीधे Manufacturer और Phone के Model से सम्बंधित होते हैं। उदाहरण के रूप में iPhones5 का TAC **01-332700** और Samsung Galaxy S2 का **35-853704** होता है। दूसरा भाग labelled C एक serial number है जो कि सभी handset के लिए unique होता है और ये mobile manufacturer द्वारा निर्धारित किया जाता है और last digit एक chesksum होता है, जिसका प्रयोग पूरी string को verify करने के लिए किया जाता है।

IMEI में 15 डिजिट होती है वास्तव में ये 14 अंक के साथ एक चेक अंक होता है। IMEISV (16 अंक) में डिवाइस के सीरियल नम्बर, मॉडल और निर्माण के बारे में जानकारी होती है। IMEI/SV की संरचना को 3GPP TS 23.003 के रूप में निर्दिष्ट किया जाता है।

डिवाइस के मॉडल पर IMEI/SV के प्रारम्भिक 8 अंक अंकित रहते हैं जिसे 'टाइप एलोकेशन कोड' (TAC) के रूप में जाना जाता है जिसके बाद कम्पनी द्वारा निर्धारित सीरियल नम्बर अंकित रहता है। IMEI के अंत में एक 'लुह्न चेक अंक' (Luhn check digit) डाला जाता है जिसका निर्धारण IMEI आबंटन और अनुमोदन के दिशानिर्देशों के अनुसार 'लुह्न एलगोरथ्मि' (Luhn Algorithim) गणना प्रणाली द्वारा किया जाता है।

उदाहरण के लिए किसी Mobile के लिए निर्धारित IMEI संख्या 490154203237518 है तो इसके पहले 8 अंक अर्थात् 49015420 'टाइप एलोकेशन कोड' (TAC) है जबकि उसके बाद के 6 अंक अर्थात् 323751 निर्माता कम्पनी द्वारा निर्धारित सीरियल नम्बर है जबकि अन्तिम अंक अर्थात् 8 'लुह्न चेक अंक' (Luhn checksum) है।

चेक अंकों का निर्धारण तीन चरणों में किया जाता है—

1. दाहिने छोर से हर दूसरे अंक को दुगुना किया जाता है (उदाहरण के लिए, 7 → 14)।
2. अंक को जोड़ा जाता है (उदाहरण के लिए, 14 → 1 + 4)।

3. अंकों के कुल योग 10 से विभाजित है या नहीं इसकी जाँच की जाती है।

उदाहरण के लिए हमें IMEI 49015420323751 के लिए चेक अंक ज्ञात करना है—

IMEI	4	9	0	1	5	4	2	0	3	2	3	7	5	1	?
Double every other	4	18	0	2	5	8	2	0	3	4	3	14	5	2	8
Sum digits	4 + (1 + 8) + 0 + 2 + 5 + 8 + 2 + 0 + 3 + 4 + 3 + (1 + 4) + 5 + 2 + ? = 52 + ?														

चूंकि 52 को 10 से विभाजित करने के लिए उसमें 8 जोड़ने पड़ते हैं अत: हम ? के स्थान पर 8 लिखते हैं अत: अंतिम रूप में प्राप्त IMEI 490154203237518 है।

5.11.2 IMEI नम्बर के लाभ

1. IMEI नम्बर का सबसे ज्यादा फायदा अपराधियों को पकड़ने में किया जाता है।
2. किसी का फोन चोरी या खो जाने की स्थिति में भी इसी IMEI नम्बर की सहायता से उस चोर को पकड़ा जा सकता है।

5.12 SIM (Subscriber Identity Module)

Sim card एक सूक्ष्म कार्ड होता है जिसका पूरा नाम Subscriber Identity Module है जिसमें एक चिप लगी होती है सिम कार्ड को काम करने के लिए एक मोबाइल डिवाइस की आवश्यकता होती है बिना सिम कार्ड के आप नेटवर्क से नहीं जुड़ सकते हैं। सिम कार्ड की चिप में यूजर डाटा, फोन नम्बर, लोकेशन और कुछ मेसेज स्टोर होते हैं जिनका उपयोग उपभोक्ता द्वारा किया जा सकता है।

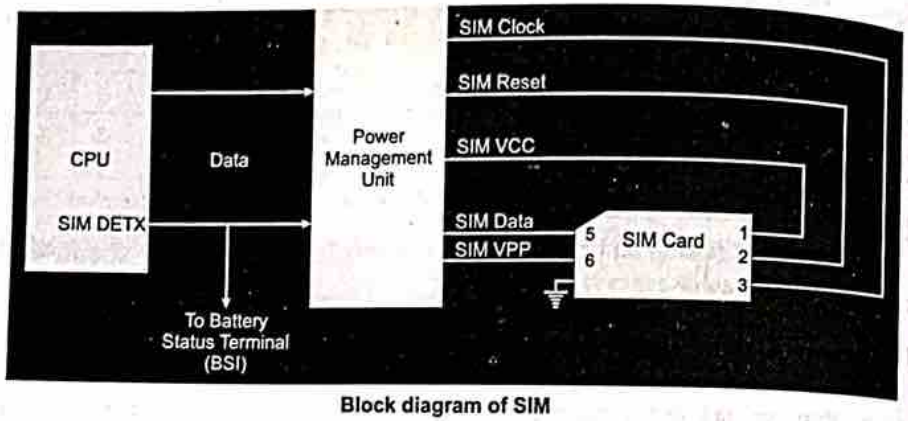
सिम कार्ड को सबसे पहले साल **1991** में निर्मित किया गया था तब से वर्तमान समय में इसके आकार में बहुत परिवर्तन आये हैं परन्तु इसकी फंक्शनलिटी में कोई भी बदलाव नहीं आया है।

जीएसएम फोन के लिए दो अलग-अलग आकार उपयोग किए जाते हैं, एक क्रेडिट कार्ड के आकार का है और दूसरा एक स्टैम्प के आकार का है। छोटे कार्ड का लाभ यह है कि यह निर्माता को और भी छोटे फोन बनाना सम्भव बनाता है।

सिम कार्ड अनेक कार्य करता हैं, उदाहरण के लिए, नाम और फोन नम्बर और एसएमएस के। आप सिम कार्ड पर कई अलग-अलग सेवाओं को सक्रिय कर सकते हैं।

सिम कार्ड का विकास उतनी ही तेजी से हुआ है जितना कि मोबाइल फोन की बाकी सभी चीजों में। सिम कार्ड अधिक-से-अधिक परिस्कृत होते जा रहे हैं और अधिक-से-अधिक कार्यों को जोड़ा और सुधार किया जा रहा है। इसमें उपयोगकर्त्ता के कुछ पैरामीटर शामिल हैं जैसे IMSI (इंटरनेशनल मोबाइल सब्सक्राइबर आइडेंटिटी)। सिम एक डेटाबेस भी है - यह नेटवर्क स्टेट सूचनाओं को संग्रहीत करता है जैसे कि उनके वर्तमान स्थान क्षेत्र पहचान LAI (एलएआई)। यदि हैंडसेट को बंद कर दिया जाता है और फिर से on किया जाता है तो वह सिम का डेटा ले लेगा और उसमें मौजूद LAI को खोजेगा। इससे फ्रीक्वेंसी की पूरी सूची को सर्च करने में समय की बचत होती है। बीएसआई (BSI) लाइन सीपीयू के सिम कार्ड DETX लाइन से जुड़ी होती है। जब power switched ON होती है तो बीएसआई टर्मिनल को एक अवरोधक द्वारा ground किया जाता है, सभी इंटरफेस लाइन VSIM, DATA A, SIM RST, SIM CLK तक पहुँच जाती है।

बैटरी को हटाने के लिए बैटरी आइडेंटिफिकेशन लाइन का भी उपयोग किया जाता है। Power loss हो जाने से पहले सिम कार्ड को डाउन कर दिया जाता है। इस तरह, सिम कार्ड सॉकेट सिम कार्ड की जानकारी पढ़ता है। उसके बाद अगली प्रोसेसिंग के लिए IC N201 के माध्यम से सीपीयू को फिर से यह जानकारी दी जाती है और उसके बाद पंजीकरण के लिए बेस स्टेशन पर भेजा जाता है।



Block diagram of SIM

5.12.1 सिम कार्ड टेक्नोलॉजी (Sim Card Technology)

सिम कार्ड टेक्नोलॉजी की बात करे तो ये 2 तरह की होती है—

1. GSM
2. CDMA

1. GSM

इसका पूरा नाम **Global System For Mobile Communication** होता है मोबाइल नेटवर्क के लिए सबसे अधिक इसी का प्रयोग किया जाता है इसको आप साधारण भाषा में ऐसे समझ सकते है जैसे कोई भी जो **GSM** SIM का प्रयोग करता है वो अपने सिम कार्ड को एक फोन से निकाल के दूसरे फोन में प्रयोग कर सकता है और साथ ही उसका डाटा और कांटेक्ट को Access करने में सक्षम होता है।

2. CDMA

इस टेक्नोलॉजी का पूरा नाम **Code Division multiple Access** है इसकी सहायता से फोन बिना सिम कार्ड के चल सकता है इसमें फोन एक इलेक्ट्रॉनिक सीरियल नम्बर (ESN) का प्रयोग करता है और अगर किसी फोन में ESN का प्रयोग किया गया है तो उपभोक्ता बिना परमिशन के एक से दूसरी सर्विस नहीं चुन सकता है।

जैसे—कुछ साल पहले रिलायंस, वर्जिन मोबाइल के फोन आया करते थे।

ESIM/Next-Generation SIM Technology

ये एक नई Mobile Phone Communication Technology है, जिसका मतलब Embedded SIM है। इसमें किसी भी तरह की कोई फिजिकल chip नहीं होती। यह NFC chip की तरह ही phone में एक pre-assembled छोटे size की chip होती है। आप इसमें भी अपने network operator को बदल सकते हैं, क्योंकि eSIM एक re-writable chip होती है। इन eSIMs को network carrier द्वारा remotely activate किया जाता है। ई-सिम या एम्बेडेड सिम कार्ड की साइज बहुत ही कम होती है। लगभग 6 × 5 mm ये सिम कार्ड मोबाइल फोन में पहले से ही इन्स्टाल्ड होते हैं जिन्हें रिमोटली एक्टिव किया जा सकता है।

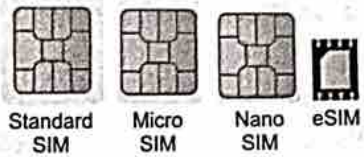
LTE SIM CARD

- मौजूदा समय में भारत की दो-तिहाई जनसंख्या LTE SIM Cards (जो कि एक 4G सिम कार्ड है) का उपयोग करती है क्योंकि इन Cards में Internet Connectivity की सुविधा GSM या CDMA से बहुत तेज होती है।

- GSM और CDMA SIM Cards में Calling की सुविधा उपलब्ध होती है जबकि LTE सिम कार्ड से जब Call लगाया जाता है तो वह अपने Network को CDMA या GSM में बदल लेती है। हालाँकि Jio 4G ने VoLTE का Function डाल कर इस समस्या को किसी हद तक दूर कर दिया है।
- GSM (2G) Sim Cards में Low Frequency Waves के कारण Internet Speed कम आती है और Webpage भी देर में Load हो पाते है जबकि और CDMA (3G) और LTE (4G) कार्ड्स में High Frequency Waves की वजह से ऐसी परेशानी नहीं आती है।
- GSM SIM Cards में Internet Speed Maximum 236 Kbps होती है, CDMA में 14.4 MBps और LTE SIM Cards में यह 100 Mbps तक होती है।

5.12.2 Types of Sim Cards

सिम प्लास्टिक में लगी एक चिप होती है जिनका साइज समय के साथ कम होता आया है और आज सबसे अधिक प्रयोग में माइक्रो और नैनो सिम कार्ड आते हैं अब तो सिम में एक कट भी दिया जाता है जिससे सिम गलत तरीके से डिवाइस में न लग जाये। विभिन्न प्रकार के सिम निम्नलिखित हैं—



(i) Full Sim/Standard Sim (1FF or 1st Form Factor)

सबसे पहले सिम साल 1991 में बनाया गया था जिसका साइज एक क्रेडिट कार्ड के जितना था बाकी अन्य सिम कार्ड की तुलना में स्टैंडर्ड सिम कार्ड का साइज सबसे अधिक होता है। सिम के साइज का आकार लगभग 25 * 15 MM होता है।

(ii) Mini Sim (2FF)

समय के साथ टेक्नोलॉजी में कुछ सुधार हुआ और इसका साइज भी कम हुआ मिनी सिम कार्ड का इस्तेमाल कीपैड वाले फोंस में होता था। 1996 में यह पहली बार प्रयोग किए गए, इनकी साइज - 25 मिमी × 15 मिमी।

मिनी सिम को चारो तरफ से थोडा ट्रिम करके उसकी साइज को छोटा किया गया इनका प्रयोग कुछ शुरुआती स्मार्ट फोन में किया जाता था और आज भी इनका उपयोग किया जाता है।

(iii) Micro Sim (3FF)

माइक्रो सिम कार्ड का आकार 15 * 12 mm होता है। माइक्रो सिम कार्ड वे होते हैं जिनमें सिम कार्ड की चिप के बाहर एक्स्ट्रा प्लास्टिक लगा होता है तथा इनका साइज स्टैंडर्ड सिम के साइज की तुलना में आधा होता है। अनेक स्मार्टफोन में इनका इस्तेमाल होता है।

पुराने डिजिटल Phones में जिन Sim's का इस्तेमाल किया जाता था उनका आकार काफी बड़ा होता था उसके बाद सिम को अपग्रेड करने के बारे में सोचा गया तो माइक्रो सिम कार्ड का प्रयोग पहली बार साल 2010 के बाद से होने लगा।

सिम कार्ड में स्टैंडर्ड सिम कार्ड का साइज अटैच किये जाते हैं जिनमें आप स्टैंडर्ड सिम यूनिट को बाहर निकाल सकते हैं और माइक्रो सिम कार्ड को फोन में Insert कर सकते हैं। यदि जब कभी जरूरत पड़े तो इस माइक्रो सिम कार्ड को स्टैंडर्ड साइज में अटैच कर इसका प्रयोग पुराने तथा नई दोनों मोबाइल्स में किया जा सके।

(iv) Nano Sim (4FF)

नैनो-सिम सबसे लेटेस्ट फॉर्मेट है और इनका साइज 12.3 mm × 8.8 mm है। यह सिम कार्ड हम अपने स्मार्ट फोन में प्रयोग करते हैं जो यह चिप की साइज के होते हैं। नैनो सिम अर्थात् जिसका आकार काफी छोटा हो नैनो सिम माइक्रो सिम कार्ड का trimmed वर्जन है। नैनो सिम का इस्तेमाल iphone तथा अन्य स्मार्टफोन डिवाइस में होता है। हालाँकि सिम के उक्त तीनों प्रकार same साइज का डेटा स्टोर करते हैं।

5.12.3 सर्विस के आधार पर सिम कार्ड (Types of SIM Based on Services)

टेलिकॉम कम्पनियाँ हमे सर्विस के आधार पर दो तरह के सिम कार्ड देती है इन दोनों टाइप के सिम कार्ड में हमे सभी मूलभूत सर्विस दी जाती है लेकिन कुछ सिम की सर्विस अलग होती है और भुगतान में भी अन्तर होता है।

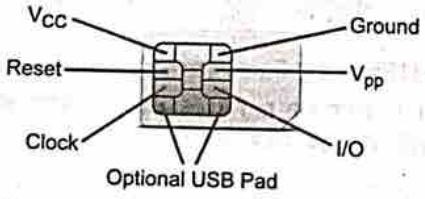
1. प्रीपेड सिम कार्ड (Prepaid Sim Card)

इसके नाम से ही पता चलता है कि किसी भी सर्विस का उपयोग करने से पहले आपको भुगतान करना पड़ेगा। इस तरह के सिम सबसे ज्यादा इस्तेमाल किये जाते है जहाँ हम सिम में पहले रिचार्ज करते हैं जिसके बाद ही इन्टरनेट, कॉल, मेसेज को भेज सकते है या किसी अन्य मोबाईल सेवा का उपयोग करते हैं।

2. पोस्ट पेड सिम कार्ड (Post Paid Sim Card)

यहाँ पर आपको सबसे पहले एक प्लान लेना होता है उसके बाद आप अपने प्लान के हिसाब से सर्विसेज को यूज़ कर सकते हैं और इसके लिए महीने के अंत में कम्पनी आपको बिल भेजती है जिसका आपको भुगतान (Pay) करना होता है।

5.12.4 Sim Card Parts and Functions



- **VCC** – Phone की power supply से connect करने के लिए।
- **CLK** – Processor के लिए SIM को clock signal के साथ provide कराता है।
- **RST** – जरूरत पड़ने पर SIM को reset करने के लिए।
- **GND** – Chip को ground करना।
- **VPP** – Voltage Programming Power
- **D+ and D - (Optional USB Pad)** – भविष्य में प्रयोग के लिए reserve होते हैं।
- **SIM Data I/O Pin** – डाटा transfer करने के लिए।

SIM Card के Functions

1. **यह Subscriber की पहचान करता है** – SIM card में स्थित IMSI, subscriber की पहचान कराता है। प्रत्येक mobile number पर एक IMSI होता है, जिसे Home Location Register (HLR) पर नियोजित किया जाता है ताकि subscriber को identify किया जा सके।
2. **Subscriber को प्रमाणित करता है** – इस process के दौरान, SIM card पर authentication algorithm का प्रयोग कर प्रत्येक subscriber द्वारा IMSI (SIM में स्टोर) और RAND (network द्वारा दिए गए) पर आधारित एक अलग response दिया जाता है। इस response को network द्वारा computed values के साथ match किया जाता है और legal subscriber को network में प्रवेश

करने की अनुमति दी जाती है। इसके बाद ग्राहक mobile service provider द्वारा दी जाने वाली सेवाओं का लाभ उठा सकता है।

3. **Storage** – SIM card द्वारा कुछ storage भी उपलब्ध कराई जाती है, जिसमे हम SMS और contacts सुरक्षित कर सकते हैं।

5.12.5 सिम के प्रयोग (Uses of SIM Card)

मौजूदा समय में लगभग हर कोई Mobile phone use करता है जिसे operate या connect करने के लिए SIM CARD की जरूरत पड़ती है। आज SIM CARD को विभिन्न कार्यों को करने के लिये प्रयोग में लाया जाता है। SIM CARD के कुछ मुख्य हैं—

1. **Providing Calling Service**—मोबाइल में SIM Card का सबसे खास और जरूरी Use Calling की सुविधा देना होता है। SIM Card की मदद से ही User दूसरे व्यक्ति को Call कर सकता है।
2. **Providing Internet Connectivity**—सिम कार्ड की सहायता से User Internet को Access कर सकता है। यह SIM का दूसरा सबसे जरूरी use होता है।
3. **Providing Message Service**—सिम की मदद से User बड़ी ही आसानी से किसी को भी Text, Audio या Video Message भेज सकता है।
4. **Storing Contact Information**—सिम Card में भी Storage option होता है जिसमें User अपने जरूरी Contacts store कर सकता है।

5.12.6 SIM Cards की महत्त्वपूर्ण Keys

1. Integrated Circuit Card Identifier (ICCID)
2. International Mobile Subscriber Identity (IMSI)
3. Authentication Key (Ki)
4. Location Area Identity (LAI)
5. SMS Messages
6. Contacts
7. Photos

सिम कार्ड में स्टोर डेटा में एक unique serial number जिसे ICCID कहा जाता है, International Mobile Subscriber Identity (IMSI), सिक्योरिटी ऑथेंटिकेशन इनफॉर्मेशन, नेटवर्क के बारे में अस्थायी इनफॉर्मेशन, एक पर्सनल आइडेंटिफिकेशन नम्बर या पिन और अनलॉक करने के लिए एक पर्सनल अनब्लॉकिंग कोड या PUK शामिल होता है।

1. Integrated Circuit Card Identifier or ICCID

यह Primary account number है जो 19 digits का होता है। यह number कई sections में बँटा होता है, जिसमें Issuer Identification Number (IIN), Individual Account Identification, Check digit इत्यादि होते हैं।

2. International Mobile Subscriber Identity or IMSI

इसका प्रयोग अलग-अलग operator network की पहचान के लिए किया जाता है। आमतौर पर इसमें 109 डिजिट्स होते हैं। इसके पहले 3 डिजिट मोबाइल देश कोड या MCC का प्रतिनिधित्व करते हैं, अगले 2 से 3 डिजिट मोबाइल नेटवर्क कोड या MNC का प्रतिनिधित्व करते हैं। अगले डिजिट Mobile Subscriber Identification number (MSIN) का प्रतिनिधित्व करते हैं। इसका इस्तेमाल किसी विशेष operator network पर SIM card को पहचानने के लिए किया जाता है। Mobile Network Operators इन्हीं IMSIs की सहायता से mobile phone calls को connect करते हैं और अपने SIM card users के साथ communicate करते हैं। सामान्य तौर पर इनकी संख्या 10 होती है, लेकिन 3 digis

रूप के केस में या national regulations कहते हैं कि IMSI के digits 15 से कम होने चाहिए, तो इनकी संख्या घटाई भी जा सकती है। IMSI digits की संख्या अलग-अलग देशों में अलग-अलग होती है।

3. Authentication Key or Ki

यह मोबाइल नेटवर्क पर सिम कार्ड के प्रमाणीकरण के लिए उपयोग किया जाने वाला 128 बिट नम्बर है। प्रत्येक सिम में पर्सनलाइजेशन के दौरान ऑपरेटर द्वारा निर्दिष्ट एक यूनिक Authentication key होती है। Authentication key को कैरियर के नेटवर्क के डेटा बेस में भी स्टोर किया जाता है। जब मोबाइल फोन पहली बार सिम कार्ड का उपयोग करता है, तो यह सिम कार्ड से International Mobile Subscriber Identity (IMSI) प्राप्त करता है और इसे प्रमाणीकरण के लिए मोबाइल ऑपरेटर को ट्रांसफर करता है। ऑपरेटर सिस्टम के डेटाबेस में आने वाले IMSI और सम्बंधित Authentication key की खोज करता है। ऑपरेटर डेटाबेस तब एक रैंडम नम्बर या RAND उत्पन्न करता है और इसे IMSI के साथ हस्ताक्षर करता है और एक अन्य नम्बर प्रदान करता है जिसे Singed Response l (SRES_ 1) कहा जाता है। RAND मोबाइल फोन और सिम को भेजा जाता हैं और फिर इसे Authentication Key के साथ साइन-इन करता हैं और SRES_2 का उत्पादन करता है जो ऑपरेटर नेटवर्क से गुजरता है। ऑपरेटर नेटवर्क तब अपने द्वारा उत्पन्न SRES_1 की तुलना मोबाइल फोन के SRES_2 से करता है। यदि दोनों मेल खाते हैं, तो सिम को प्रमाणित किया जाता है।

4. Location Area Identity (LAI)

SIM card नेटवर्क स्थिति की जानकारी स्टोर करता है, जो Location Area Identity से प्राप्त होती है। Operator networks को location areas में divide किया जाता है और प्रत्येक area network का एक अलग LAI होता है। जैसे ही device की location बदलती है, यह SIM में नई LAI को स्टोर करता है और अपनी नई location के साथ इसे network operator के पास वापस भेजता है।

5. SMS Messages

SIM card बहुत सारे SMS Messages को स्टोर कर सकता है।

6. Contacts

SIM card करीब 250 contacts को स्टोर कर सकता है।

7. Photos

एक सिम कार्ड में 8 kb से लेकर 256 kb तक स्टोरेज होता है। लेकिन आज के स्मार्टफोंस के कैमरे से खींची गई फोटोस भी MB में होती है तो इससे आप समझ सकते हैं कि कम स्टोरेज की वजह से हम किसी सिम कार्ड में फोटोस को स्टोर नहीं कर सकते।

5.12.7 Working of SIM Card

SIM या Subscriber Identity Module में एक integrated circuit होता है जो **International Mobile Subscriber Identity** या **IMSI** और Keys को स्टोर करके रखता है, जिसके जरिए communication system subscriber की पहचान करता है और इसे प्रमाणित करता है।

SIM card में स्टोर data में एक unique serial number जिसे **ICCID** कहा जाता है, Security Authentication Information, Network के बारे में temporary information, एक Personal Identification Number (PIN) और एक Personal Unblocking Code या unblocking के लिए PUK शामिल होते हैं। SIM card की internal memory में personal और financial information और GSM/CDMA की identity स्टोर होती है। आधुनिक SIM cards उन application data को भी स्टोर करते हैं जो SIM application tool kit का प्रयोग करके server या handset के साथ communicate करते हैं।

- जब mobile phone को ON किया जाता है, तब यह SIM card से International Mobile Subscriber Identity (IMSI) प्राप्त कर इसे mobile operator के पास भेजता है और access और authentication के लिए request करता है।
- अब operator network आने वाली IMSI और सहयोगी Ki के लिए अपने database में खोज शुरू करता है।
- इसके बाद operator network एक random number (RAND) generate करता है और इसे associated Ki और IMSI के साथ sign करता है और फिर एक दूसरा number create करता है जिसे Signed Response (SRES_1) कहा जाता है।
- अब random number (RAND) को mobile phone और SIM में भेजा जाता है और Authentication Key के साथ sign किया जाता है और SRES_2 generate किया जाता है। यह SRES_2 operator network में आता है।
- अब operator network अपने द्वारा generate किए गए SRES_1 और mobile phone से मिले SRES_2 को compare करता है। अगर दोनों match हो जाते हैं तो SIM को authenticate कर दिया जाता है।

5.12.8 सिम कार्ड की आन्तरिक संरचना

SIM card के अंदर एक electronic circuit होता है, जो plastic paper पर छपा होता है। आजकल इसे Universal Integrated Circuit Card (UICC) कहा जाता है। Electronic circuit, paper पर एक small capacity processor system होता है, जिसमे power-ON reset और clock circuit को छोड़कर वो सबकुछ शामिल होता है जो low level programming के लिए आवश्यक होता है।

Processor एक small integrated circuit होता है, जिसे insert करने के बाद mobile द्वारा read किया जाता है। Modern processor में वो सभी चीजें शामिल होती हैं जो SIM operating system (OS) के execution के लिए जरुरी होती हैं। इसमें ALU, तीन प्रकार की memories और input output ports शामिल होते हैं। OS को execute करने के लिए तीन प्रकार की memories – system, scratch-pad और erasable memories की आवश्यकता होती है।

System memory OS program और constants को स्टोर करती है, scratch-pad memory का प्रयोग intermediate results को स्टोर करने और stack के implementation के लिए होता है जबकि erasable memory का इस्तेमाल subscriber की information, जैसे कि mobile number, phone directory इत्यादि स्टोर करने के लिए किया जाता है।

SIM Card में Software

SIM Card Software का Operating System program C, assembly या java language में लिखा होता है और SIM card की system memory में स्टोर होता है। इसके उद्देश्य कुछ इस प्रकार हैं—

- Subscriber के data को manage करता है, जैसे identity, phone number, contact list, SMS इत्यादि।
- यह encryption technique के माध्यम से authentication द्वारा subscriber के data को secure करता है।
- Authentication, call management, power management आदि activities को monitor करता है।
- Memory management करता है।
- Data communication स्थापित करता है।

SIM और Handset के बीच Communication

SIM card mobile का removable part होता है और इसे किसी भी handset में प्रयोग किया जा सकता है। दोनों के बीच serial communication के माध्यम से connection स्थापित किया जाता है। SIM के flat connector पर केवल एक I/O pin उपलब्ध होती है। Input और output data दोनों का transfer इसी pin के माध्यम से होता है। यह two way communication, duplex कहलाता है लेकिन अभी तक एक ही wire के इस्तेमाल होने की वजह से इसे आमतौर पर half duplex कहा जाता है। पुराने SIM cards के लिए data transfer rate 9.6 Kbps और modern SIM cards के लिए 500Kbps होता है।

Microcontroller आधारित SIM Cards

SIM card का सबसे महत्वपूर्ण हिस्सा Microcontroller होता है। यह एक paper sized chip होता है जिसपर बाह्य उपकरण लगे होते हैं, जिनका काम code को execute करना होता है, जिसके द्वारा subscriber को सेवाएं उपलब्ध कराई जा सके। इन बाह्य उपकरणों में 64KB से 512KB के बीच ROM, 1KB से 8KB के बीच RAM और 16KB से 512KB के बीच EEPROM शामिल होते हैं।

ROM मे card के लिए operating system होता है, EEPROM के data को personalization कहा जाता है जिसमें IMSI, contact table, SMS management इत्यादि शामिल होते हैं। SIM की operating voltage 1.8V, 3V या 5V होती है और clock frequency 20MHz तक की होती है।

5.12.9 सिम कार्ड के फायदे (Benefits of Sim Card)

- एक Sim card होने का एक मुख्य फायदा यह है कि हम सिम कार्ड को रिचार्ज कर किसी भी नम्बर पर कॉल कर सकते हैं तथा अपनी बातें दूसरों तक पहुँचा सकते हैं।
- नेटवर्क ऑपरेटर द्वारा सिम कार्ड में कॉलिंग के अतिरिक्त इंटरनेट की भी सुविधा दी जाती है। यदि आपके सिम कार्ड में इंटरनेट प्लान मौजूद है तो आप अपने कार्ड के जरिए ही इंटरनेट भी एक्सेस कर सकते हैं और देश दुनिया की तमाम जानकारियाँ अपने मोबाइल पर प्राप्त कर सकते हैं।
- कोई व्यक्ति आपके मोबाइल नम्बर पर बार-बार Call कर परेशान कर रहा है तो आप उस नम्बर को डायरेक्ट Block भी कर सकते हैं जिससे वह आपको कॉल नहीं कर पाएगा।
- यदि आप फोन बदल भी देते हैं तो भी आप अपने पुराने सिम कार्ड का इस्तेमाल अपने नए मोबाइल पर कर सकते हैं हालाँकि esim में यह सुविधा नहीं होती।
- यदि आपका सिम कार्ड खो भी जाता है और आपका मोबाइल नम्बर काफी पुराना है जिसे आप खोना नहीं चाहते तब भी आप नम्बर पर एक नया सिम कार्ड ले सकते हैं।

5.12.10 LTE तथा VoLTE में अंतर

LTE	VoLTE
1. Full Form **Long Term Evolution**	Full Form **Voice over LTE**
2. इन्हें मुख्यत इन्टरनेट के लिए ही design किया गया है।	इन्हें मुख्यत Voice और इन्टरनेट के लिए ही design किया गया है।
3. ये voice transmission को support नहीं करता।	ये voice transmission और Data transmisssion दोनों को support करता है।
4. Voice Call तभी हो सकती है जब internet connection चालू रहे नहीं तो call drop हो सकती है।	Internet connection के न होने से भी Voice Call किया जा सकता है।
5. एलटीई नेटवर्क पर वीडियो कॉल करने के लिए उपयोगकर्त्ताओं के पास व्हाट्एप, फेसबुक मैसेंजर और स्काइप आदि जैसे बाहरी सॉफ्ट्वेयर होने चाहिए।	इसके यूजर्स को वीडियो कॉल करने के लिए अलग से बाहरी सॉफ्टवेसर इंस्टॉल करने की आवश्यकता नहीं है, बस एक फोन नम्बर की आवश्यकता है।
6. यह वॉयस कॉल और डेटा सेवाओं को एक साथ सपोर्ट कर सकता है या नहीं भी कर सकता है।	यह वॉयस कॉल और डेटा सेवाओं को एक साथ सपोर्ट करता है।
7. यह सिर्फ 4जी बैंडविड्थ पर डेटा स्पीड बढ़ाने का काम करता है।	यह एक दूसरे को प्रभावित किए बिना इंटरनेट डेटा और वॉयस कॉलिंग दोनों को एक साथ चलाने का काम करता है।
8. 3जी नेटवर्क पर एक कॉल को कनेक्ट करने में करीब 7 सेकेंड का समय लगता है।	यह उपयोगकत्ताओं को केवल एक या दो सेकंड में जोड़ता है, यदि दोनों उपयोगकर्त्ता VoLTE नेटवर्क पर हैं।
9. इसकी शुरुआत भारत में एयरटेल ने की थी।	इसकी शुरुआत रिलायंस जियो ने भारत में की थी।
10. इसे 2012 में लॉन्च किया गया था।	इसे 2016 में लॉन्च किया गया था।

प्रश्नावली

1. सैटेलाइट कम्यूनिकेशन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
2. GSM प्रणाली के आर्किटेक्चर का आरेख बनाइए।
3. GPRS से आप क्या समझते हैं? GPRS नेटवर्क की सहायता से समझाइये।
4. UMTS से क्या तात्पर्य है? इसकी कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए।
5. GPRS सिस्टम पर GSM के क्या लाभ है? तुलनात्मक विश्लेषण कीजिए।
6. GPS क्या है? वर्तमान में इसके क्या अनुप्रयोग हैं?
7. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी कीजिए—
   (i) Y-Max technology (ii) IMEI
   (ii) SIM
8. LTE एवं VoLTE कैसे भिन्न है?
9. GSM एवं CDMA का तुलनात्मक विश्लेषण कीजिए।
10. HSPA से आप क्या समझते हैं? विस्तार से समझाइए।

अध्याय
6

डिजिटल और डाटा संचार

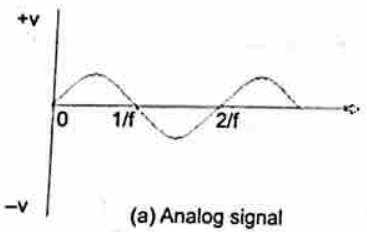
(Digital and Data Communication)

6.1. Data Transmission Basics

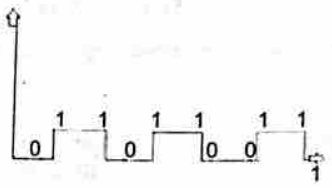
Data Transmission एक ऐसा Process है जिसमें Digital और Analog Data को दो या दो से अधिक devices के मध्य Transfer or Share किया जाता है। यह डेटा जो शेयर होता हैं वह बिट्स (bits) के form में होता है। जब हम डाटा को Transfer या शेयर करते हैं तो sharing का कुछ ना कुछ माध्यम जरूर होता हैं devices के मध्य डेटा का ट्रांसमिशन (जैसे—coaxial cable, fiber optic आदि) के द्वारा किया जाता है। Data को हम कम दूरी और लम्बी दुरी दोनों तक शेयर करने के लिए use किया जाता है। कंप्यूटर में डेटा को एनालॉग या डिजिटल रूप में भी दर्शाया जाता है। कंप्यूटर ने सूचनाओं को संग्रहीत करने के लिए डिजिटल रूप का उपयोग किया जाता है। इसलिए, डेटा को डिजिटल रूप में परिवर्तित करने की आवश्यकता है ताकि इसका उपयोग कंप्यूटर द्वारा किया जा सके। डेटा या सूचना को दो तरीकों से संग्रहीत किया जा सकता है, एनालॉग और डिजिटल। ट्रांसमिटर डेटा को डिजिटल रूप से प्रसारित करता है, इसे पहले डिजिटल रूप में परिवर्तित करने की आवश्यकता है। डेटा एनालॉग या डिजिटल हो सकता है। एनालॉग डेटा का अर्थ उस सूचना से है जो निरंतर (continuous) है: डिजिटल डेटा उन सूचनाओं को define करता है जिनमें असतत (discrete) होती है। एनालॉग डेटा countinuous values को लेते हैं। डिजिटल डेटा असतत values को लेते है। डेटा एनालॉग या डिजिटल हो सकता है। एनालॉग डेटा निरंतर होते हैं और एनालॉग डेटा निरंतर होते हैं और निरंतर मान लेते हैं। डिजिटल डेटा में असतत स्थिति होती है और असतत् मान लेते हैं। सिग्नल एनालॉग या डिजिटल हो सकते हैं। एनालॉग सिग्नल में एक सीमा में अनंत संख्या में मान हो सकते हैं; डिजिटल सिग्नल में सीमित संख्या में ही मान हो सकते हैं।

6.1.1 डिजिटल और एनालॉग डाटा ट्रांसमिशन (Digital and Analog Data Transmission)

एक कंप्यूटर नेटवर्क एक बिंदु से दूसरे स्थान पर जानकारी भेजने के लिए डिज़ाइन किया गया है इस जानकारी को ट्रांसमिशन के लिए डिजिटल और एनालॉग में परिवर्तित किया जाता है। डेटा को विद्युत बिंदुओं के माध्यम से एक बिंदु से दूसरे स्थान पर भेजा जाता है, जो डिजिटल या एनालॉग रूप में हो सकता है। एनालॉग सिग्नल में, ट्रांसमीटर वाली शक्ति एक निरंतर श्रेणी पर भिन्न होती है, उदाहरण के लिए, ध्वनि, प्रकाश, रेडियो तरंग एनालॉग संकेतों के आयाम (V) वोल्ट में मापा जाता है और हर्ट्ज (Hz) में इसकी आवृत्ति (F)। सिग्नल की आवृत्ति अधिक होती है,



(a) Analog signal



(b) Digital signal

कम्प्यूटर उत्पन्न डेटा डिजिटल है, जबकि कंप्यूटर नेटवर्क में डेटा संचार के लिए उपयोग की जाने वाली टेलीफोन

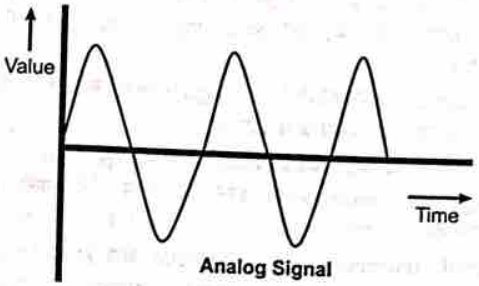
लाइनें आमतौर पर एनालॉग संकेतों को चलाने के लिए होती हैं। जब एनालॉग सुविधा पर डिजिटल डेटा भेजना होता है, तो डिजिटल सिग्नल को एनालॉग फ़ॉर्म में परिवर्तित किया जाना चाहिए। जिस तकनीक से एक डिजिटल सिग्नल अपने एनालॉग फॉर्म में कनवर्ट किया जाता है उसे मॉडुलन के रूप में जाना जाता है। रिवर्स प्रक्रिया, अर्थात, एनालॉग सिग्नल के अपने डिजिटल रूप में गंतव्य डिवाइस पर रूपांतरण को डीमॉड्यूलेशन कहा जाता है।

6.1.2 सिग्नल्स (Signals)

एनालॉग सिग्नल

एनालॉग सिग्नल ऐसे सिग्नल को कहा जाता है, जो लगातार अर्थात् continuous होता है, टेलीफ़ोन पर की जाने वाली बातचीत में हमारी आवाज को एक स्थान से दूसरे स्थान तक भेजना एनालॉग सिग्नलों के माध्यम से होता है। साइन वेव (Sine Wave) भी एनालॉग सिग्नल का एक अच्छा उदाहरण है, एनालॉग सिग्नलों का डाटा कम्युनिकेशन, डाटा ट्रांसमिशन और कंप्यूटर नेटवर्क के सम्बंध में बहुत महत्वपूर्ण है, क्योंकि लम्बी दूरी डाटा का सम्प्रेषण एनालॉग सिग्नलों के माध्यम से ही किया जाता है।

Analog Signal Continuous electrical signal है जो समयानुसार बदलते रहता है, यह changes Non-Electric Signal को follow करता है। Human Voice, Music, Video आदि एनालॉग सिग्नल के उदाहरण हैं। एनालॉग सिग्नल की मुख्य कमी यह है कि इसमें High Quality Transmission नहीं हो पाता है तथा गलतियों की संभावना अधिक होती है।



Analog Signal

Advantages

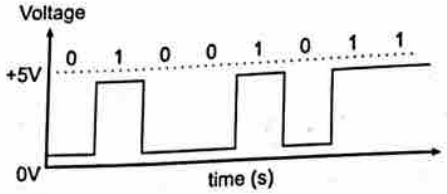
- Analog Signal की कोई निश्चित सीमा नहीं है।
- Analog Signal एक तरंग के रूप में डेटा Transmit करता है।
- एनालॉग सिग्नल से ही हमारे मोबाइल, एक-दूसरे से जुड़े है।
- एनालॉग सिग्नल के कारण सूचना को, electromagnetic तरंगो के माध्यम से पूरी धरती में और धरती के बाहर (Satellite) तक पहुँचाना सम्भव हुआ।

डिजिटल सिग्नल

डिजिटल सिग्नल आधुनिक कंप्यूटर के आधार हैं। किसी डिजिटल सिग्नल में मानों की संख्या सीमित होती है। और वह डिस्क्रीट (Discrete) भी होता है, इसके एक मान से दूसरे मान में बदलना तत्काल (Instantaneous) होता है, वास्तव में डिजिटल सिग्नलों में केवल दो भिन्न-भिन्न मान या स्थितियां (States) होती हैं, जिन्हे क्रमश: 0 और 1 से दिखाया जाता है। इन दोनों स्थितियों को अलग-अलग वोल्टेज रेंजों (Voltage Ranges) से व्यक्त किया जाता है।

डिजिटल सिग्नलों के सम्बन्ध में हम प्रायः दो शब्दों (Terms) का उपयोग करते है, बिट रेट (Bit Rate) और बिट अंतराल (Bit Interval), किसी एक बिट को भेजने में लगने वाले समय को बिट अंतराल कहा जाता है। उदाहरण के लिए, यदि हम एक सेकंड में 8 बिट डाटा सम्प्रेषित करते है, तो बिट अंतराल 1/8 अर्थात 0.125 सेकंड होगा। एक

सेकंड में भेजी जाने वाली बिटों की संख्या को बिट रेट कहा जाता है, यहाँ बिट रेट 8 बिट प्रति सेकण्ड (Bit per second) है, जिसे संक्षेप में इंच लिखा जाता है। Digital Signal के दो Amplitudes होते हैं जिन्हें हम nodes कहते हैं जिसका value दो संभव value 0 या 1, उच्च या निम्न, सत्य या असत्य में से एक होता है, डिजिटल सिग्नल में मानों की संख्या सीमित होती है।



डिजिटल सिग्नल के लाभ

- Digital System को Design करना आसान होता है, क्योंकि इनमें Switching Circuit प्रयोग किये जाते हैं, जिनमें Signal का वास्तविक मान महत्वपूर्ण नहीं होता है, बल्कि उनकी रेंज (High/Low) महत्वपूर्ण होती है।
- Digital format में information को store करना आसान होता है।
- इनमें Accuracy अधिक होती है, और Switching Circuit की संख्या अधिक कर accuracy को बढ़ाया जा सकता है।
- Operation को Computer की सहायता से Program किया जा सकता है।
- Digital System में शोर का प्रभाव कम होता है।
- Digital Circuit को IC (Integrated Circuit) पर बनाया जाता है।
- Signal का Digital Communication करने पर उनमें होने वाली Error का Detection और Correction संभव है।
- Signal का Digital Communication अधिक Secure होता है।
- VLSI(Very Large Scale Integration) तकनीकी सहायता से Transceivers small हल्के व मोबाइल हो गए हैं।
- डिजिटल परिपथ (Circuit) अधिक Reliable होते हैं।

डिजिटल सिस्टम के दोष

डिजिटल सिस्टम का महत्वपूर्ण दोष यही है, कि संसार की अधिकांश राशियाँ एनालॉग होती है, और उनको डिजिटल में कन्वर्ट करना आवश्यक होता है, तभी इनकी डिजिटल प्रोसेसिंग संभव है।

एनालॉग और डिजिटल सिग्नल में अन्तर

विशेषताएं	Analog	Digital
Signal का प्रकार	continuous signal	binary signal
Accuracy	digital से कम accuracy होती है	इसकी Accuracy उच्च होती है
Speed	इसकी speed निम्न होती हैं	इसकी Speed उच्च होती है
Data Transmission	उच्च Quality का डाटा transmission perform नहीं करता	उच्च Quality का डाटा transmission perfom करता हैं
Access Time	लगभग 1 sec	कुछ sec

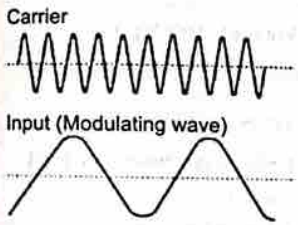
Integration Method	Continuous	Numerical
त्रुटियां (errors)	एनालॉग संचार में गड़बड़ी संचार में त्रुटियां उत्पन्न करती है।	त्रुटियों को व्यक्त करने के लिए हम Symbols को Replace करने में सक्षम होते हैं।
बैंडविड्थ (bandwidth)	एनालॉग सिग्नल प्रोसेसिंग कम बैंडविड्थ का Consumption करती है।	डिजिटल सिग्नल प्रोसेसिंग ज्यादा बैंडविड्थ का Consumption करती है।
गुणवत्ता	डेटा के translation या Reuse पर क्वालिटी डैमेज का खतरा रहता है।	डिजिटल में यह खतरा नहीं होता।

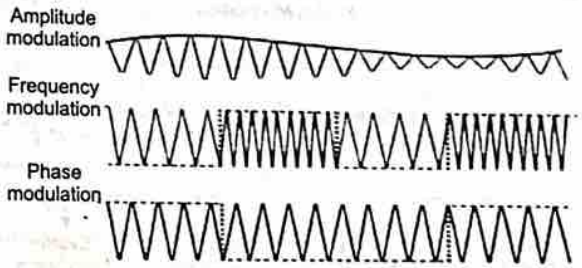
6.2. मॉड्यूलेशन एवं डीमॉड्यूलेशन (Modulation and Demodulation)

मॉड्यूलेशन

कंप्यूटर द्वारा generate संकेत (Signals) डिजिटल संकेत होते हैं, इन संकेतों (signals) की आवृत्ति कम होती है। अतः यह संकेत संचार माध्यम पर अधिक दूर तक बनने सक्षम नहीं होते इन सूचना संकेतों को अधिक दूर तक पहुंचाने के लिए उच्च आवृत्ति तरंगों का प्रयोग किया जाता है। वाहक तरंग (Carrier Frequency) कहा जाता है। संचार माध्यम (communication medium) पर भेजने से पहले डिजिटल सूचना संकेतों (Digital information signals) को वाहक संकेत (Carrier Frequency) पर (Superimpose) किया जाता है, मोडुलेशन (Modulation) कहते हैं Modulation में carrier Frequency के एनालॉग गुणों को डिजिटल संकेतों के आधार पर बदला जाता है। प्राप्तकर्त्ता (Receiver) द्वारा modulated signals को पुनः सूचना संकेत (Communication Signals) में बदला जाता है, जिसे डीमॉड्यूलेशन (Demodulation) कहा जाता है। एनालॉग संकेतों (Analog Signals) में तीन गुण होते हैं। आयाम (Amplitude), आवृत्ति (Frequency) तथा कला (Phase)। इन्हीं के आधार पर modulation की तीन विधियां हैं।

'Modulation एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें कैरियर सिग्नल के एक या एक से अधिक पैरामीटर्स को बदल दिया जाता है। ये पैरामीटर्स हैं—amplitude, फ्रीक्वेंसी तथा फेज'





दूसरे शब्दों में कहें तो, 'modulation एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें कम फ्रीक्वेंसी के सिग्नलों को उच्च फ्रीक्वेंसी के सिग्नलों में बदल दिया जाता है, अर्थात् मॉड्यूलेटेड कर दिया जाता है।'

इन सिग्नलों को मॉड्यूलेटेड इसलिए किया जाता है क्योंकि ये low फ्रीक्वेंसी सिग्नल होते है अर्थात् इनकी ऊर्जा कम होती है जो ज्यादा दूरी तक नहीं पहुँच पाते हैं जिससे जो सिग्नल होता है वह बीच में ही नष्ट हो जाता है तथा receiver तक नहीं पहुँच पाता है। मॉड्यूलेशन की क्रिया मॉड्यूलेटर के द्वारा की जाती है।

डिमॉड्यूलेशन (Demodulation)

मॉड्यूलेटेड कैरियर सिग्नल से वापस original मैसेज प्राप्त करना डिमॉड्यूलेशन कहलाता है। यह मॉड्यूलेशन के विपरीत की क्रिया है।

डिमॉड्यूलेशन की क्रिया डिमॉड्यूलेटर के द्वारा की जाती है।

वह device (युक्ति) जो मॉड्यूलेशन तथा डिमॉड्यूलेशन दोनों कार्य करती है, Modem कहलाती है।

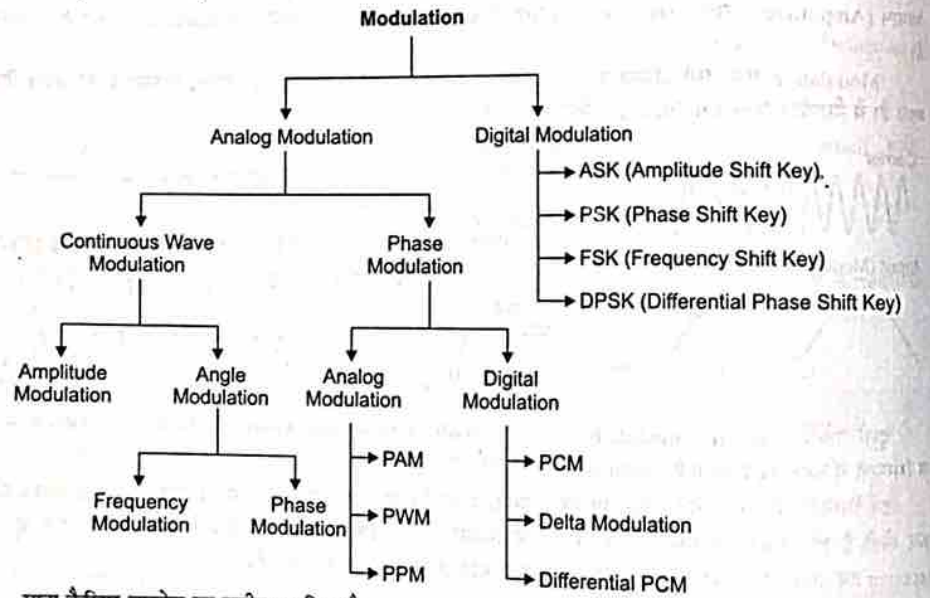
मॉडुलेशन प्रोसेस (modulation process) द्वारा मॉडुलेटिंग सिग्नल (modulating signal) को मॉडुलेट (modulate) किया जाता है। मॉडुलेशन प्रोसेस से प्राप्त मॉडुलेटेड वेव (modulated wave) को चैनल (channel) में ट्रांसमिट कर दिया जाता है। इस मॉडुलेटेड सिग्नल को दूसरे सिरे पर रिसीव (receive) किया जाता है। मॉडुलेटेड सिग्नल को रिसीव करने का कार्य रिसीवर (receiver) द्वारा किया जाता है। रिसीवर इस मॉडुलेटेड सिग्नल से मूल मैसेज सिग्नल (original message signal) को पुनः रिकवर (recover) करता है। अत: मॉडुलेटेड सिग्नल से मूल मैसेज को पुनः प्राप्त करने के प्रोसेस को डिमॉडुलेशन कहा जाता है अर्थात् डिमॉडुलेशन प्रोसेस, मॉडुलेशन प्रोसेस की रिवर्स प्रोसेस (reverse process) होती है।

'Demodulation is the process in which modulating signal is recovered from modulated signal.'

☛ विभिन्न प्रकार के मॉडुलेशन (Types of Modulation)

मॉडुलेशन की क्रिया में एक उच्च आवृत्ति तरंग (high frequency wave) के कुछ अभिलक्षण उदाहरणत: ..... आवृत्ति अथवा एक अन्य वोल्टेज (मॉडुलेटिंग वोल्टेज) के तात्क्षणिक मान ..... अनुसार परिवर्तित किये जाते है।

..... कोई सूचना अथवा सिग्नल होता है तथा परिवर्तित की जाने वाली वोल्टेज एक उच्च आवृत्ति ..... कैरियर वेव (carrier wave) कहते हैं।



माना कैरियर वाल्टेज का समीकरण निम्न है—

$$e_c = E_c \cos(\omega_c t + \theta)$$

जहाँ E_c—कैरियर वोल्टेज का अधिकतम मान
E_c—कैरियर वेव की कोणीय (angular) आवृत्ति
ω_c—फेज कोण (Phase angle)
e_c—कैरियर वोल्टेज का तात्क्षणिक (instantaneous) मान

Countinuans Wave Modulation

1. एम्प्लीट्यूड मॉडुलेशन (Amplitude Modulation)

'Amplitude modulation is the process in which the amplitude of carrier wave $c(t)$ is varied in accordance with the modulating wave $m(t)$.'

अर्थात् एम्प्लीट्यूड मॉडुलेशन वह प्रोसेस है जिसमें कैरियर वेव $c(t)$ का एम्प्लीट्यूड एक निम्न फ्रीक्वेंसी की मॉडुलेटिंग वेव $m(t)$ के अनुसार परिवर्तित किया जाता है।

2. एंगल मॉडुलेशन (Angle Modulation)

'Angle molulation is the process in which the angle of carried wave $e(t)$ is varied in accordance with the modulating wave $m(t)$.'

अर्थात् एंगल मॉडुलेशन वह प्रोसेस है जिसमें कैरियर वेव $c(t)$ का एंगल एक निम्न फ्रीक्वेंसी की मॉडुलेटिंग वेव $m(t)$ के अनुसार परिवर्तित किया जाता है।

एंगल मॉडुलेशन को पुन: दो भागों में विभाजित किया जाता है—

(a) फ्रीक्वेंसी मॉडुलेशन (Frequency modulation)
(b) फेज मॉडुलेशन (Phase modulation)

(a) फ्रीक्वेंसी मॉडुलेशन (Frequency modulation)—'Frequency modulation is the process in which the frequency of carrier wave $c(t)$ is varied in accordance with the modulating wave $m(t)$.'

अर्थात् फ्रीक्वेंसी मॉडुलेशन वह प्रोसेस है जिसमे कैरियर वेव $c(t)$ को फ्रीक्वेंसी को मॉडुलेटिंग वेव $m(t)$ के अनुसार परिवर्तित किया जाता है।

(b) फेज मॉडुलेशन (Phase modulation)—'Phase modulation is the process in which the phase of carrier wave $c(t)$ is varied in accordance with the modulating wave $m(t)$.'

अर्थात् फेज मॉडुलेशन वह प्रोसेस है जिसमें कैरियर वेव $c(t)$ की फेज, मॉडुलेटिंग वेव $m(t)$ के अनुसार परिवर्तित किया जाता है।

फेज मॉडुलेशन की एप्लीकेशन्स (Applications of Phase Modulation)

1. डाटा कम्युनिकेशन सिस्टम में प्रयोग किया जाता है।
2. फेज मॉडुलेशन का उपयोग फेज शिफ्ट के लिए किया जाता है।
3. फेज मॉडुलेशन का उपयोग FM वेव जनरेट करने के लिए किया जाता है।

फेज मॉडुलेशन के लाभ (Advantages of Phase Modulation)

1. नॉइज का प्रभाव कम होता है।
2. फ्रीक्वेंसी मॉडुलेशन की तुलना में मॉडुलेशन एवं मॉडुलेशन आसान होता है।
3. फेज मॉडुलेटर का प्रयोग चलते larget की वैलोसिटी (velocity) ज्ञात करने के लिए डॉप्लर (Doppler) इनफार्मेशन का प्रयोग किया जाता है। डॉप्लर इन्फॉर्मेशन के लिए स्थायी कैरियर (Stable carrier) की आवश्यकता होती है जो फेज मॉडुलेशन में होता है लेकिन फ्रीक्वेंसी मॉडुलेशन में नहीं।

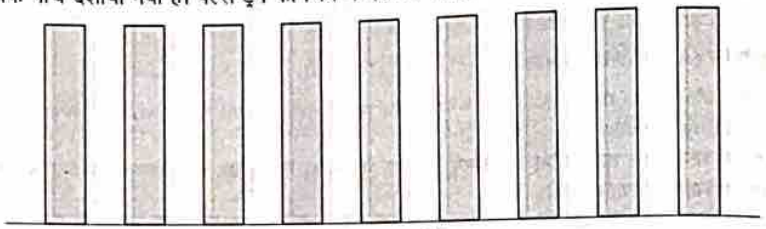
फेज मॉडुलेशन की हानियाँ (Disadvantages of Phase Modulation)

1. रिसीवर का हार्डवेयर (Hardware) अधिक कॉम्प्लैक्स (complex) होता है।
2. फेज में ambiguity आ जाती है यदि इसकी मॉडुलेशन इंडैक्स को π रेडियन (180°) बढ़ाया जाये।
3. फेज मॉडुलेशन इंडेक्स को बढ़ाने के लिए फ्रीक्वेंसी multiplier की आवश्यकरता होती है।

3. पल्स मॉडुलेशन (Pulse Modulation)

'In pulse modulation, periodic sequence of rectangular pulse is used as the carrier.'

जैसा कि आपने चित्र में देखा कि मॉडुलेशन का दूसरा प्रकार पल्स मॉडुलेशन है। इस प्रकार के मॉडुलेशन में कैरियर वेव के रूप में एक पल्स ट्रेन का प्रयोग किया जाता है। पल्स मॉडुलेशन को पुनः छः भागों में विभाजित किया जाता है जैसा कि नीचे दर्शाया गया है। पल्स ट्रेन को चित्र में दर्शाया गया है।



पल्स ट्रेन या पल्स कैरियर

1. पल्स एम्प्लीट्यूड मॉडुलेशन
2. पल्स विड्थ मॉडुलेशन
3. पल्स पोजीशन मॉडुलेशन
4. पल्स कोड मॉडुलेशन
5. डेल्टा मॉडुलेशन
6. डिफरैन्शिअल PCM

1. पल्स एम्प्लीट्यूड मॉडुलेशन (Pulse Amplitude Modulation)—'Pulse amplitude modulation is the process in which the amplitude of carrier pulse is varied in accordance with the modulating signal.'

अर्थात् पल्स एम्प्लीट्यूड मॉडुलेशन वह प्रोसेस है जिसमें पल्स के एम्प्लीट्यूड को मॉडुलेटिंग सिग्नल के अनुसार परिवर्तित किया जाता है।

2. पल्स विड्थ मॉडुलेशन (Pulse Width or Duration Modulation)—"Pulse width modulation is the process in which the width of carrier pulse is varied in accordance with the modulating signal.'

अर्थात् पल्स विड्थ मॉडुलेशन वह प्रोसेस (process) है जिसमें पल्स की विड्थ या ड्यूरेशन (dration) को मॉडुलेटिंग सिग्नल (modulating signal) के अनुसार परिवर्तित किया जाता है।

3. पल्स पोजीशन मॉडुलेशन (Pulse Position Modulation)—'Pulse position modulation is the process in which the position of a pulse is varied in accordance with the modulating signal.'

अर्थात् पल्स पोजीशन मॉडुलेशन वह प्रोसेस (process) है जिसमें पल्स की पोजीशन (position) को माडुलेटिंग सिग्नल के अनुसार परिवर्तित किया जाता है।

4. पल्स कोड मॉडुलेशन (Pusle Code Modulation)—'Pulse code modulation is the digital modulation in which a message signal is represented in discrete form in both time and amplitude, This form of signal representation permits the transmission of the message signal as sequence of coded binary pulses.'

अर्थात् पल्स कोड मॉडुलेशन एक डिजिटल मॉडुलेशन टैक्निक है जिसमें मैसेज सिग्नल या मॅडुलेटिंग सिग्नल को डिस्क्रीट सिग्नल (discrete signal) में बदला जाता है। मॉडुलेटिंग सिग्नल को डिस्क्रीट सिग्नल (discrete signal) में बदलने के लिए सैम्पलिंग प्रोसेस (sampling process) एवं क्वांटाइजेशन का प्रयोग करते हैं तथा उसके बाद इन्हें बाइनरी संख्याओं में परिवर्तित किया जाता है।

पल्स कोड मॉडुलेशन के गुण (Advantages of PCM)

PCM सिस्टम की complexity अधिक होने के बावजूद इसमें निम्न गुण होते हैं—

(i) PCM सिस्टम, रिसीवर के आउटपुट पर सिग्नल टू नॉइज रेशियो के बढ़ने को afford कर लेता है अर्थात् यह ट्रांसमिशन नॉइज एवं interference के लिए Rugged होता है।

(ii) PCM के अन्तर्गत encode सिग्नल को बिना डिस्टॉर्शन (distortion) के Repeating एवं एम्प्लीफाई किया जा सकता है।

(iii) Code Group इस प्रकार से synchronize होता है कि रिसीवर पर प्रत्येक पल्स को Occurrence पता होता है। रिसीवर को केवल यह निर्णय लेना है कि पल्स उपस्थित है या नहीं। पल्स के एम्प्लीट्यूड एवं विड्थ के बारे में कोई जानकारी नहीं करनी जैसा कि अन्य पल्स सिस्टम में होता है।

(iv) इस प्रकार के सिस्टम में नॉइज (Noise) तथा interference से बचाव होता है।

(v) बैंडविड्थ (bandwidth) बढ़ने के साथ आउटपुट सिग्नल टू नॉइज रेशियो भी बढ़ता है जो दूसरे पल्स सिस्टम की अपेक्षा अधिक होता है।

(vi) ट्रांसमिशन चैनल में रीजनरेटिव रिपीटर का प्रयोग होने के कारण इसको अत्यधिक दूरी तक ट्रांसमिट किया जा सकता है।

(vii) यदि भेजी जाने वाली इनफॉर्मेशन यदि secret है तो डाटा का एन्क्रिप्शन encryption करके उसे सुरक्षित रखा जा सकता है। डाटा का एन्क्रिप्शन एक प्रकार से secret coding होती है।

(viii) विभिन्न प्रकार के मैसेज सिग्नल के लिए समान Format होता है।

(ix) इसको TDM एवं FDM दोनों के लिए efficiently प्रयोग किया जा सकता है।

(x) इसमें टाइम एवं एम्प्लीट्यूड दोनों डिस्क्रीट (discrete) form में होते हैं। इसलिए PCM के द्वारा कम्प्यूटर कम्युनिकेशन (computer communication) भी अच्छा होता है।

पल्स कोड मॉडुलेशन के दोष (Disadvantages of PCM)

(i) PCM सिस्टम में ट्रांसमिशन के लिए अधिक बैण्डविड्थ की आवश्यकता होती हैं।

(ii) PCM सिस्टम में एनकोडिंग व डिकोडिंग सर्किट प्रयुक्त होने के कारण Complex होते हैं।

लेकिन वर्तमान समय में Large Scale Integration की सहायता से Computer सर्किटों को भी आसानी से बनाया जा सकता है तथा फाइबर ऑप्टिक (Fibre Optic System) के अस्तित्व में आने के पश्चात् बैण्डविड्थ को समस्या भी लगभग समाप्त हो चुकी है। अत: हम कह सकते हैं कि वर्तमान समय के अनुसार PCM सिस्टम में कोई दोष नहीं है।

पल्स कोड मॉडुलेशन की एप्लीकेशन्स (Applications of PCM)

(i) डिजिटल कम्यूनिकेशन सिस्टम में
(ii) टेलीफोनी (telephony) में
(iii) स्पेस कम्यूनिकेशन (space communication) में
(iv) PCM का प्रयोग मोबाइल कम्यूनिकेशन (Mobile Communication) में किया जाता है।

5. डेल्टा मॉडुलेशन (Delta Modulation)–'Delta modulation is also a digital modulation in which an incoming message signal is over-sampled (*i.e.*, at much higher rate than the nyquist rate) to purposely increase the correlation between adjacent samples of the signal.'

अर्थात् डेल्टा मॉडुलेशन भी एक डिजीटिल टैक्निक हैं जिसमें एक मैसेज सिग्नल को ओवर सैम्पल्ड (over-sampled) किया जाता है। दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि मैसेज सिग्नल को सेम्पल करने की रेट (rate) को निक्विस्ट रेट (nyquist rate) से अधिक रखा जाता है जिसमें सिग्नल के adjacent सेम्पल्स के बीच को-रिलेशन (correlation) को बढ़ाया जा सके।

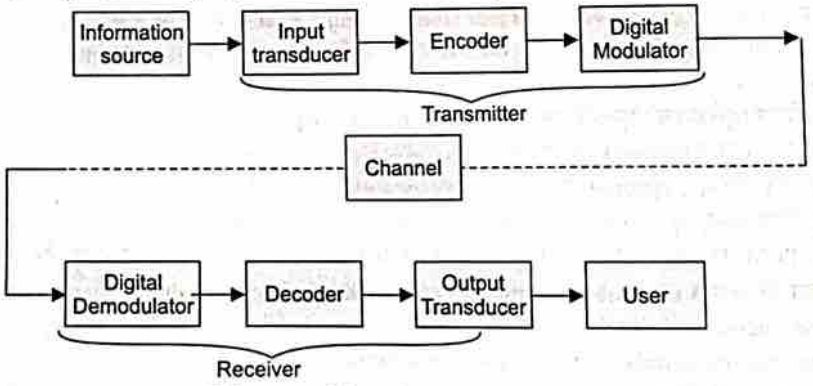
6. डिफरैन्शिअल PCM (Differential PCM)–As we know in pulse code modulation, the resulting sampled signal is found to exhibit a high degree of correlation between adjacent samples. The meaning of this high correlation is that, in an average sense, the signal does not change rapidly from one sample to the next and as a result, the difference between adjacent samples has a variance that is smaller than the variance of the signal itself. When these highly correlated samples are encoded as in the standard PCM system. Such type of modulation is called differential pulse code modulation.

जैसा कि हम जानते हैं कि पल्स कोड मॉडुलेशन में मैसेज सिग्नल की सैम्पलिंग (sampling) रेट को निक्विस्ट रेट से कुछ अधिक रखा जाता है जिससे (adjacent) सैम्पल्स के बीच correlation बहुत अधिक होता है। दो adjacent सैम्पल्स के बीच अधिक correlation का मतलब यह होता है कि सिग्नल एक सैम्पल से अगले सैम्पल पर तेजी से परिवर्तित नहीं होता है अर्थात् दो adjacent सैम्पल के बीच अंतर difference का variance स्वयं सिग्नल के variance से कम होता है। जब इन अधिक correlation वाले सैम्पल्स को standard PCM में encode किया जाता है तो इस प्रकार के मॉडुलेशन को डिफरैन्शिअल मॉडुलेशन कहा जाता है।

6.3. डिजिटल मॉडुलेशन टैक्निक (Digital Modulation Techniques)

पिछले एक Decade में इनफॉर्मेशन टेक्नोलॉजी (Information Technology) के क्षेत्र में हुए तीव्र विकास (Development) के कारण आज कम्यूनिकेशन अत्यन्त आसान एवं अच्छी Quality के साथ सम्भव हो सका है। इनफॉर्मेशन टेक्नोलॉजी के क्षेत्र में यह विकास डिजिटल कम्यूनिकेशन सिस्टम (Digital Communication System) के कारण ही सम्भव हो सका है। इस प्रकार के कम्यूनिकेशन में सिग्नलों का ट्रांसमिशन एवं रिसैप्शन (Transmission and Reception) डिजिटल सिग्नलों के रूप में होता है अर्थात् इनफॉर्मेशन सोर्स (Information Source) से प्राप्त इनफॉर्मेशन को पहले डिजिटल सिग्नल के रूप में परिवर्तित किया जाता है तथा उसके पश्चात् डिजिटल मॉडुलेटर (Digital Modulator) का प्रयोग कर डिजिटल मॉडुलेशन किया जाता है तथा सिग्नल को डिजिटल रूप में चैनल में ट्रांसफर कर दिया जाता है। दूसरी तरफ डिजिटल रिसीवर द्वारा सिग्नल को प्राप्त करने के पश्चात् डिजिटल मॉडुलेटर द्वारा डिमॉडुलेट (Demodulate) किया जाता है तथा डिमॉडुलेटर से प्राप्त सिग्नल को पुनः एनालॉग सिग्नल में परिवर्तित करने के पश्चात् यूजर को दिया जाता है।

डिजिटल कम्यूनिकेशन सिस्टम (Digital Communication System) के ब्लॉक डायग्राम को चित्र में दर्शाया गया है।

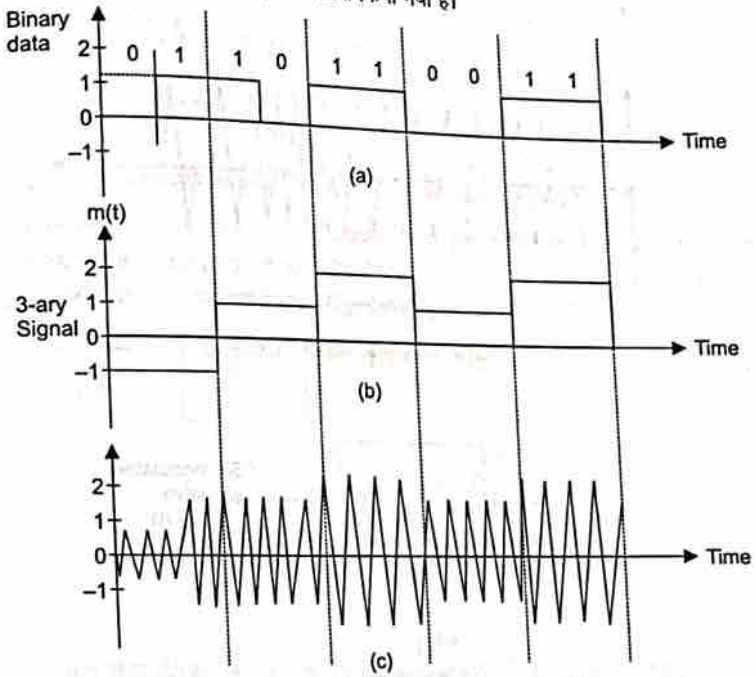


डिजिटल कम्यूनिकेशन सिस्टम का ब्लॉक डायग्राम

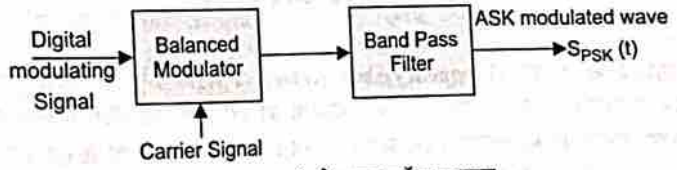
डिजिटल सिग्नल को मॉडुलेट करने के लिए विभिन्न प्रकार की मॉडुलेशन टैक्निक्स का प्रयोग किया जाता है जिन्हें डिजिटल मॉडुलेशन टैक्निक कहते हैं जो निम्न प्रकार हैं—

1. एम्प्लीट्यूड-शिफ्ट कीइंग (Amplitude-Shift Keying, ASK)
2. फेज-शिफ्ट कीइंग (Phase-Shift Keying, PSK)
3. फ्रीक्वेंसी शिफ्ट कीइंग (Frequency-Shift Keying, FSK)
4. डिफरैन्शिअल फेज-शिफ्ट कीइंग (Differential Phase Shift Keying, DPSK)

1. एम्प्लीट्यूड-शिफ्ट कीइंग (Amplitude-Shift Keying, ASK)–एम्प्लीट्यूड-शिफ्ट कीइंग एक डिजिटल मॉडुलेशन टैक्निक है जिसके अनुसार कैरियर वेव का एम्प्लीट्यूड डिजिटल मॉडुलेटिंग वेव के अनुसार परिवर्तित होता है। इस विधि में हम सर्वप्रथम एनालॉक मॉडुलेटिंग सिग्नल को उसके एक्वीवेलेन्ट डिजिटल सिग्नल में परिवर्तित करते हैं, उसके पश्चात् कैरियर वेव के एम्प्लीट्यूड को डिजिटल मॉडुलेटिंग सिग्नल के अनुसार परिवर्तित करते हैं। ASK विधि द्वारा मॉडुलेशन को चित्र में प्रदर्शित किया गया है। चित्र (a) में बाइनरी डाटा को प्रदर्शित किया गया है जबकि चित्र (b) में 3 लेवल मॉडुलेटिंग सिग्नल को दर्शाया गया है तथा (c) में ASK मॉडुलेटेड सिग्नल को प्रदर्शित किया गया है। ASK मॉडुलेटर के ब्लॉक डायग्राम को चित्र (d) में प्रदर्शित किया गया है।



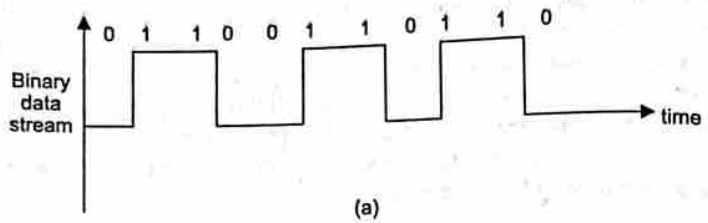
(a) Binary data; (b) 3-ary Signal; (c) ASK signal



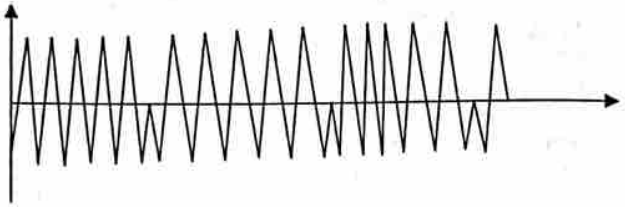
(d) ASK मॉडुलेटर का ब्लॉक डायग्राम

2. फेज-शिफ्ट कीइंग (Phase-Shift Keying, PSK)—फेज शिफ्ट कीइंग विधि में, कैरियर वेव का फेज डिजिटल मॉडुलेटिंग वेव अथवा डिजिटल डाटा स्ट्रीम (Digital Data Stream) के अनुसार परिवर्तित होता है। अर्थात् फेज शिफ्ट कीइंग में जब मॉडुलेटिंग वेव 1 होती है तब साधारणतः बिना शिफ्ट की हुई कैरियर $A\cos\omega_c t$ को ट्रांसमिट

करते हैं तथा जब मॉडुलेटिंग वेव 0 होती है तब कैरियर को 180° शिफ्ट करने के पश्चात् ट्रांसमिट किया जाता है जैसा कि चित्र में प्रदर्शित है तथा PSK मॉडुलेटर को चित्र (c) में दर्शाया गया है।

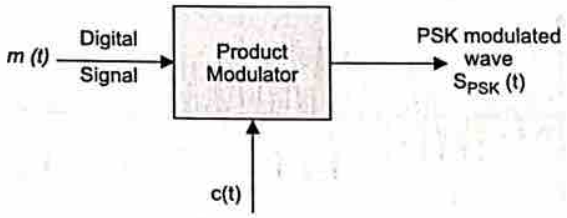


(a)



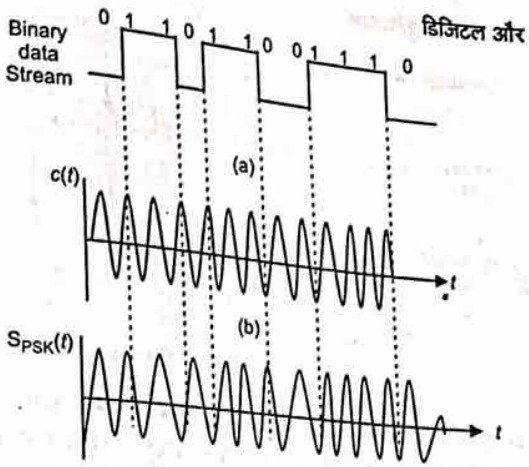
(b) PSK मॉडुलेटेड वेव

ASK फेज-शिफ्ट कीइंग



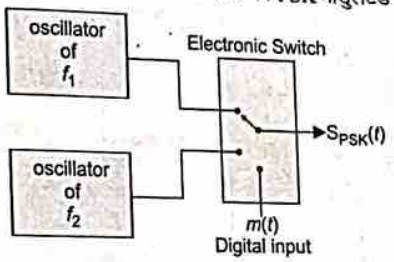
(c) PSK मॉडुलेटर का ब्लॉक डायग्राम

3. फ्रीक्वेंसी शिफ्ट कीइंग (Frequency-Shift Keying, FSK)—फ्रीक्वेंसी शिफ्ट कीइंग एक डिजिटल मॉडुलेशन टेक्निक है जिसके अनुसार, कैरियर वेव की फ्रीक्वेंसी को डिजिटल मॉडुलेटिंग सिग्नल के अनुसार परिवर्तित किया जाता है सबसे आसान FSK, बाइनरी FSK होता है जिसमें FSK दो फ्रीक्वेंसी को 0 एवं 1 को ट्रांसमिट करने के लिए प्रयोग करता है जैसा कि चित्र में प्रदर्शित किया गया है।



(a) डिजिटल मॉडुलेटिंग डाटा, (b) कैरियर वेव, (c) FSK मॉडुलेटेड वेव

FSK मॉडुलेटेड वेव को जनरेट करने के लिए साधारण ब्लॉक डायग्राम को चित्र में प्रदर्शित किया गया है जिसमें एक इलेक्ट्रॉनिक स्विच का प्रयोग किया गया है जो इनपुट सिग्नल $m(t)$ के अनुसार दोनों Oscillators में से किसी एक फ्रीक्वेसी को Select करके आउटपुट पर देता है। इस सर्किट से प्राप्त वेव FSK मॉडुलेटेड वेब होती है।



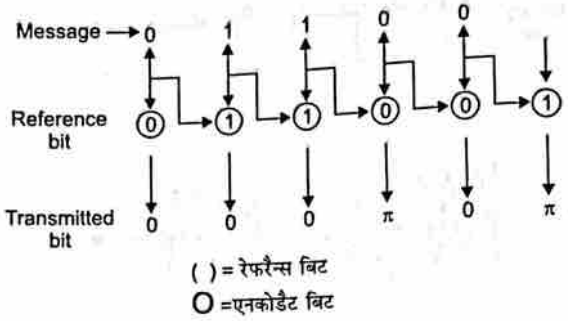
FSK मॉडुलेटर

4. डिफरैन्शिअल फेज-शिफ्ट कीइंग (Differential Phase Shift Keying, DPSK)—फेज शिफ्ट कीइंग विधि में रिसीवर (Receiver) पर प्रयोग होने वाले लोकल ऑसीलेटर (Local Oscillator) ट्रांसमीटर (Transmitter) पर प्रयोग होने वाले ऑसीलेटर के साथ Synchnonrised होना चाहिए अर्थात् ट्रांसमीटर के लोकल ऑसीलेटर की कैरियर (Carrier) रिसीवर पर प्रयोग होने वाले लोकल ऑसीलेटर के कैरियर के साथ एक ही फेज में होनी चाहिए। इस प्रकार का Synchronisation आसान नहीं होता है जबकि डिफरैन्शिअल फेज शिफ्ट कीइंग में Synchronisation की आवश्यकता नहीं होती है।

डिफरैन्शिअल फेज शिफ्ट कीइंग विधि में दो क्रमागत (Successive) बिट के बीच के फेज शिफ्ट का प्रयोग किया जाता है।

पहली मैसेज बिट की रेफरेन्स बिट (Reference Bit) के साथ तुलना करते हैं। रेफरैन्स बिट को 0 या 1 लेते हैं। यदि तुलना करने वाली दोनों bits समान होती हैं तो यह 1 Encode होती है या कैरियर की फेज शिफ्ट 0 होती है। यदि इनमें अन्तर होता है तो इसे 0 की तरह करते हैं या कैरियर की फेज शिफ्ट π रेडियन होती है।

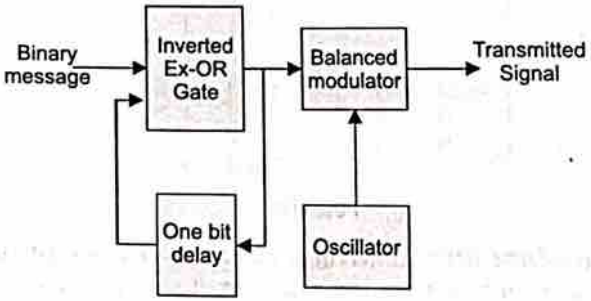
चित्र में मैसेज 0 1 1 0 0 लिया गया है तथा रेफेरैन्स बिट 0 ली गयी है।



DPSK में मैसेज सिग्नल की encoding

प्रथम मैसेज बिट 0 की तुलना रेफरेन्स बिट (0) से करने पर, दोनों बिट समान हैं इसलिए Encoded बिट 1 होगी तथा ट्रांसमिट बिट 0 होगी। अब दूसरी मैसेज बिट 1 की तुलना में दूसरी Encoded बिट 1 से करने पर, दोनों समान है इसलिए यह इनफॉर्मेशन भी 1 Encoded होगी तथा कैरियर फेज शिफ्ट 0 होगा अर्थात् ट्रांसमिट बिट भी 0 होगी। इसी प्रकार तीसरी मैसेज बिट 1 की तुलना तीसरी Encoded बिट 1 के साथ करने पर, दोनों समान हैं इसलिए यह इनफॉर्मेशन भी 1 Encoded होगी तथा कैरियर फेज शिफ्ट 0 होगा। अब चौथी मैसेज बिट 0 की तुलना चौथी Encoded बिट 1 के साथ करने पर, दोनों समान नहीं है इसलिए यह इनफॉर्मेशन 0 Encoded होगी तथा कैरियर फेज शिफ्ट π रेडियन होगा। इसी प्रकार अंतिम मैसेज बिट 0 की तुलना पाँचवीं Encoded बिट 0 के साथ करने पर, दोनों बिट समान हैं इसलिए यह इनफॉर्मेशन 1 encoded होगी तथा कैरियर फेज शिफ्ट 0 होगा।

मॉडुलेटर को चित्र में दर्शाया गया है।



DPSK मॉडुलेटर या ट्रांसमीटर

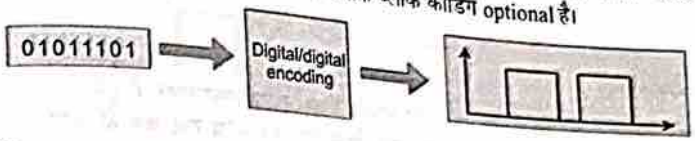
6.4. Digital Transmission

डेटा को एनालॉग या डिजिटल रूप में भी दर्शाया जा सकता है। कंप्यूटर ने सूचनाओं को संग्रहीत करने के लिए डिजिटल रूप का उपयोग किया।

इसलिए, डेटा को डिजिटल रूप में परिवर्तित करने की आवश्यकता है ताकि इसका उपयोग कंप्यूटर द्वारा किया जा सके।

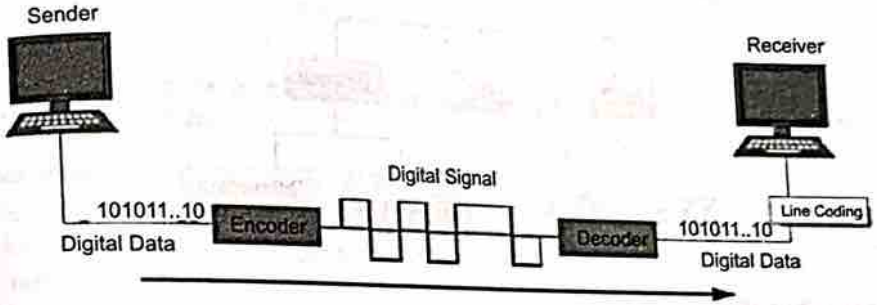
डिजिटल-टू-डिजिटल एन्कोडिंग (DIGITAL-TO-DIGITAL CONVERSION)

डिजिटल-टू-डिजिटल एन्कोडिंग एक डिजिटल सिग्नल द्वारा डिजिटल जानकारी का प्रतिनिधित्व है। जब द्विआधारी 1s और 0s द्वारा उत्पन्न होता है कंप्यूटर को वोल्टेज pulses के अनुक्रम में अनुवादित किया जाता है जिसे एक तार पर प्रचारित किया जा सकता है। इस प्रक्रिया को इस रूप में जाना जाता है यह खंड बताता है कि डिजिटल डेटा को डिजिटल सिग्नल में कैसे परिवर्तित किया जाए। यह दो तरीकों से किया जा सकता है, लाइन कोडिंग और ब्लॉक कोडिंग। सभी संचार के लिए, लाइन कोडिंग आवश्यक है जबकि ब्लॉक कोडिंग optional है।

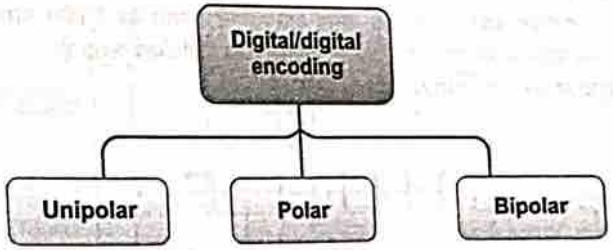


Line Coding

डिजिटल डेटा को डिजिटल सिग्नल में बदलने की प्रक्रिया को लाइन कोडिंग कहा जाता है। डिजिटल द्विआधारी प्रारूप में पाया जाने वाला डिजिटल डेटा है। यह 1s और 0s की शृंखला के रूप में आंतरिक रूप से दर्शाया (संग्रहीत) है।

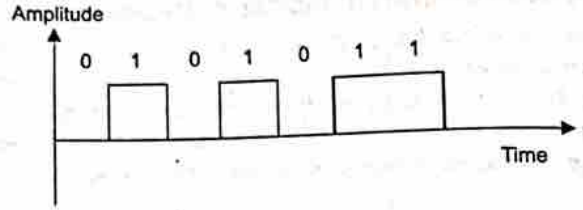


डिजिटल-टू-डिजिटल में लाइन एन्कोडिंग को तीन श्रेणियों में विभाजित किया गया है—



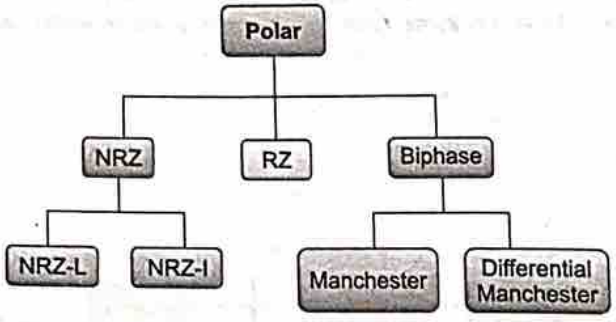
Unipolar

एकध्रुवीय एन्कोडिंग योजनाएं डेटा का प्रतिनिधित्व करने के लिए एकल वोल्टेज स्तर का उपयोग करती हैं। प्रतिनिधित्व इस मामले में, अभ्यावेदन बाइनरी 1 के लिए, उच्च वोल्टेज प्रेषित होता है और 0 का प्रतिनिधित्व करने के लिए, कोई वोल्टेज प्रसारित नहीं होता है। इसे यूनीपोलर-यूनीपोलर-नॉन-रिटर्न-टू-जीरो भी कहा जाता है, क्योंकि कोई आराम की स्थिति नहीं है यानी यह 1 या 0 का प्रतिनिधित्व करता है। यूनिपोलर एन्कोडिंग में, '1' को एक उच्च वोल्टेज माना जाता है और '0' को शून्य वोल्टेज माना जाता है



Polar

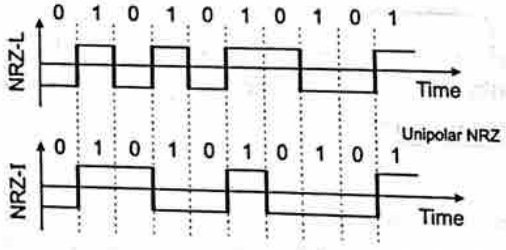
ध्रुवीय एन्कोडिंग एक एन्कोडिंग योजना है जो दो वोल्टेज लेवल (एक सकारात्मक है, और दूसरा नकारात्मक है।) का उपयोग करती है—दो वोल्टेज लेवल का उपयोग करके, एक औसत वोल्टेज स्तर कम हो जाता है, और unipolar एन्कोडिंग की डीसी कॉम्पोनेन्ट की समस्या को समाप्त किया गया है।



NRZ (नॉन-रिटर्न जीरो)

एनआरजेड एन्कोडिंग में, सिग्नल के स्तर को सकारात्मक या नकारात्मक रूप से दर्शाया जा सकता है। यह द्विआधारी मूल्यों का प्रतिनिधित्व करने के लिए दो अलग-अलग वोल्टेज स्तरों का उपयोग करता है। आम तौर पर, सकारात्मक वोल्टेज 1 का प्रतिनिधित्व करता है और नकारात्मक मान 0 का प्रतिनिधित्व करता है।

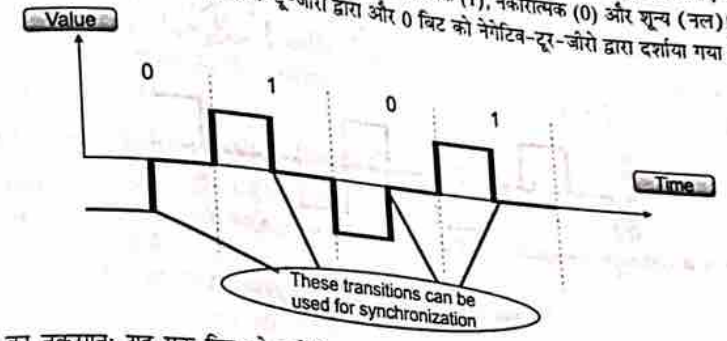
NRZ योजना के दो संस्करण हैं—NRZ-L और NRZ-I



NRZ-L 1 बिट पर पॉजिटिव और 0 बिट पर नेगेटिव वोल्टेज लेकल में वदलाव करता है जबकि NRZ-1 बिट 1 (पॉजिटिव/ नेगेटिव) आने पर वोल्टेज बदलता है।

Return to Zero (RZ)

सिंक्रोनाइज़ेशन को प्राप्त करने के लिए प्रत्येक बिट के लिए एक संकेत परिवर्तन होना चाहिए। हालांकि, हर बिट के साथ बदलने के लिए, हमें करने की आवश्यकता है तीन वैल्यू है: सकारात्मक (1), नकारात्मक (0) और शून्य (नल)। आरजेड स्कीम में, 1 बिट को पॉजिटिव-टू-जीरो द्वारा और 0 बिट को नेगेटिव-टू-जीरो द्वारा दर्शाया गया है।



RZ का नुकसान: यह एक बिट को सांकेतिक शब्दों में बदलने के लिए दो संकेत परिवर्तन करता है जो अधिक बैंडविड्थ प्राप्त करता है।

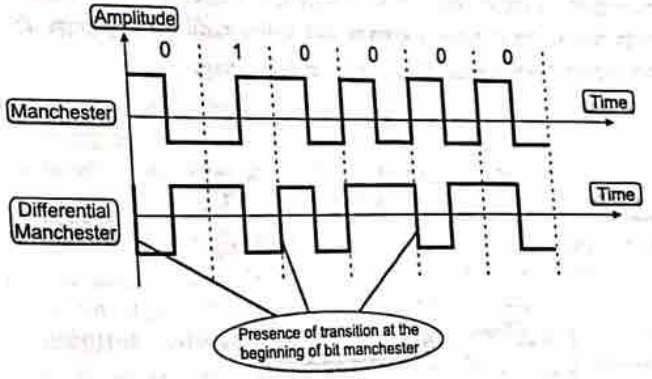
Biphase

Biphase एक एन्कोडिंग योजना है जिसमें बिट अंतराल के बीच में सिग्नल बदलता है लेकिन शून्य पर वापस नहीं आता है। यह दो प्रकार की होती है—

Manchester

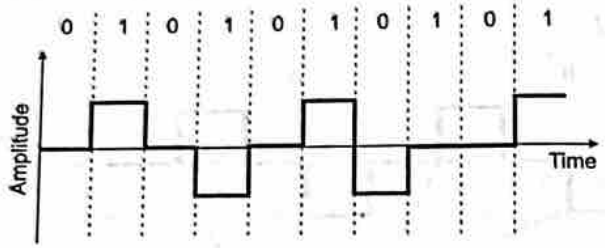
यह एन्कोडिंग योजना RZ और NRZ-L का संयोजन है। बिट टाइम को दो हिस्सों में बांटा गया है। यह बिट के बीच में ट्रांसिट करता है और एक अलग बिट एनकाउंटर होने पर फेज बदलता है।

Differential Manchester: यह एन्कोडिंग योजना RZ और NRZ-I का संयोजन है। यह बिट के बीच में भी ट्रांसिट् करता है लेकिन केवल बिट 1 एनकाउंटर होने पर फेज बदलता है।



Bipolar Encoding

द्विध्रुवी एन्कोडिंग तीन वोल्टेज स्तर का उपयोग करता है, सकारात्मक, नकारात्मक और शून्य। शून्य वोल्टेज बाइनरी 0 का प्रतिनिधित्व करता है और बिट 1 का प्रतिनिधित्व सकारात्मक और नकारात्मक वोल्टेज को बदलकर किया जाता है।



Block Coding

प्राप्त डेटा फ्रेम की सटीकता सुनिश्चित करने के लिए अनावश्यक बिट्स का उपयोग किया जाता है। उदाहरण के लिए even parity में, फ्रेम में 1 s की गिनती बनाने के लिए एक parity बिट जोड़ी जाती है। इस तरह से बिट्स की मूल संख्या बढ़ जाती है। इसे ब्लॉक कोडिंग कहा जाता है।

Block coding is represented by slash notation, *m*B/*n*B.Means, *m*-bit block is substituted with n-bit block where $n > m$. Block coding involves three steps: Division, Substitution, and Combination. After block coding is done, it is line coded for transmission.

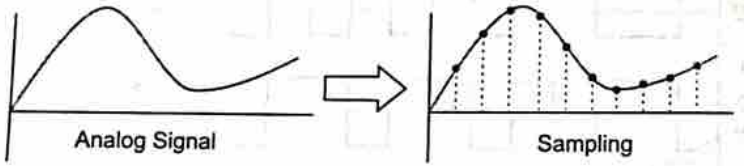
Analog-to-Digital Conversion

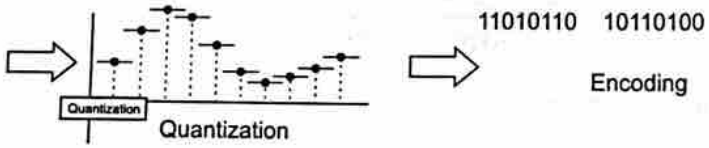
जब एक एनालॉग सिग्नल को डिजिटल किया जाता है, तो इसे एनालॉग-टू-डिजिटल रूपांतरण कहा जाता है।

मान लीजिए कि मानव एक एनालॉग सिग्नल के रूप में एक आवाज भेजता है, हमें एनालॉग सिग्नल को डिजिटल करने की आवश्यकता है जो कम प्रबल है।

एनालॉग-टू-डिजिटल रूपांतरण में, निरंतर तरंग रूप में निहित जानकारी डिजिटल pulses में परिवर्तित हो जाती है।

PCM एनालॉग डेटा को डिजिटल रूप में परिवर्तित करने के लिए सबसे अधिक इस्तेमाल की जाने वाली विधि है। इसमें तीन तीन चरण शामिल हैं—Sampling. Quantization and Encoding.





दो तकनीक का प्रयोग किया जाता है—PAM एवं PCM के बारे मे इसी अध्याय में पढ़ चुके हैं।

6.5. DIGITAL SIGNALS

एनालॉग सिग्नल द्वारा represent किए जाने के अलावा, सूचना को डिजिटल सिग्नल द्वारा भी दर्शाया जा सकता है। उदाहरण के लिए, एक 1 को positive वोल्टेज के रूप में और 0 को शून्य वोल्टेज के रूप में एन्कोड किया जा सकता है। एक डिजिटल सिग्नल में दो से अधिक levels हो सकते हैं। इस मामले में, हम प्रत्येक level के लिए 1 बिट से अधिक भेज सकते हैं।

BIT RATE, BAUD RATE, BIT LENGTH, BIT INTERVAL

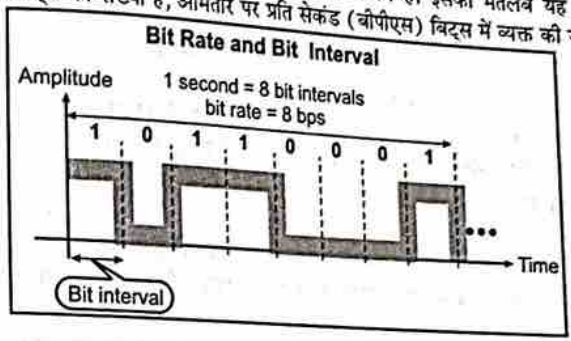
Bit Rate: प्रति सेकंड संचरित बिट्स की संख्या

Baud Rate: बॉड रेट प्रति सेकंड transmitted सिग्नल यूनिट की संख्या है। इस प्रकार, बॉड दर हमेशा बिट दर से कम या बराबर होती है।

Bit Length: बिट की लंबाई संचरण माध्यम पर एक बिट दूरी occupy करता है।

$$\text{Bit Length} = \text{Propagation speed} * \text{Bit duration}$$

Bit Interval: डेटा को डिजिटल सिग्नल द्वारा दर्शाया जा सकता है। उदाहरण के लिए, एक 1 को पॉजिटिव वोल्ट वोल्टेज के रूप में एन्कोड किया जा सकता है और एक 0 को एक जीरो वोल्टेज के रूप में एनकोड किया जा सकता है। बिट अंतराल एक एकल बिट भेजने के लिए आवश्यक समय है। इसका मतलब यह है कि बिट दर एक सेकंड में भेजे जाने वाले बिट्स की संख्या है, आमतौर पर प्रति सेकंड (बीपीएस) बिट्स में व्यक्त की जाती है।



DATA RATE

डेटा दर को ट्रांसमिशन स्पीड, या बिट्स की संख्या प्रति सेकंड ट्रान्सफर करने के लिए उपयोग किया जाता है। उपयोगकर्ता के लिए उपयोगी डेटा दर आमतौर पर नेटवर्क पर पहुंचाई गई वास्तविक डेटा दर से कम होता है। इसका एक कारण यह है कि सिग्नलिंग, एड्रेस के लिए अतिरिक्त बिट्स को स्थानांतरित किया जाता है।

बिट रेट (Bit Rate) टेलीकम्यूनिकेशन में डेटा दर को बिट्स प्रति सेकंड (bit/s) बिट्स में व्यक्त करना आम है। डेटा दर अक्सर प्रति सेकंड बाइट्स (B/S) में व्यक्त की जाती है।

- Data communications में एक बहुत महत्वपूर्ण विचार यह है कि हम कितनी तेजी से, प्रति सेकंड बिट्स में, एक channel पर डेटा भेज सकते हैं। डेटा दर तीन कारकों पर निर्भर करती है:
  उपलब्ध बैंडविड्थ, डिजिटल सिग्नल में लेवल कि संख्या एवं चैनल की गुणवत्ता (शोर का स्तर)।
- नेटवर्किंग में, हम दो संदर्भों में शब्द-विन्यास का उपयोग करते हैं
  सबसे पहले, हर्ट्ज में बैंडविड्थ, एक संयुक्त संकेत में आवृत्तियों की सीमा या एक चैनल से गुजरने वाली आवृत्तियों की सीमा को संदर्भित करता है। दूसरा, प्रति सेकंड बिट्स में बैंडविड्थ एक चैनल या लिंक में बिट ट्रांसमिशन की स्पीड को संदर्भित करता है।

दूसरे शब्दों में, डेटा दर को एक नेटवर्क पर एक निर्धारित समय अवधि के दौरान प्रेषित डेटा की मात्रा के रूप में परिभाषित किया जाता है। यह वह गति है जिस पर डेटा को एक डिवाइस से दूसरे में या एक पेरिफेरल डिवाइस और कंप्यूटर के बीच स्थानांतरित किया जाता है। इसे सामान्यतः मेगा बिट्स प्रति सेकंड (एमबीपीएस) या मेगा बाइट्स प्रति सेकंड (एमबीपीएस) में मापा जाता है। उदाहरण के लिए, यदि बैंडविड्थ 100 एमबीपीएस है, लेकिन डेटा दर 50 एमबीपीएस है, तो इसका मतलब है कि अधिकतम 100 एमबी डेटा स्थानांतरित किया जा सकता है लेकिन चैनल प्रति सेकंड केवल 50 एमबी डेटा प्रसारित कर रहा है।

चैनल कैपेसिटी (Channel Capacity)

चैनल कैपेसिटी कंप्यूटर नेटवर्क में एक बहुत ही प्रयोग किया जाने वाला माप है जो यह बताता है कि अधिकतम कितनी मात्रा में डाटा या सिग्नल किसी खास चैनल से मूव कराया जा सकता है।

यह चैनल कि क्षमता को बताता है। डाटा रेट डाटा ट्रांसमिशन की गति को नियंत्रित करता है। डाटा कम्युनिकेशन में एक सबसे बड़ा सवाल यह है कि हम किसी चैनल में डाटा को कितनी तेज भेज सकते हैं।

इसकी गति अधिकतम कितने बिट प्रति सेकंड हो सकती है। डाटा रेट इन तीन चीजों पर निर्भर करता है—

1. उपलब्ध बैंडविड्थ,
2. डिजिटल सिग्नल में लेवल की संख्या, और
3. चैनल की गुणवत्ता यानी कि noise का लेवल

दो ऐसे फार्मूला विकसित किये गये हैं जो डाटा रेट को निकालने में हमारी मदद करते हैं। एक Nyquist द्वारा नॉइज़-लेस चैनल के लिए और एक Shanonn द्वारा नॉइज़ी चैनल के लिए। अब हम एक-एक कर इन दोनों फार्मूला को देखते हैं और इनसे कैल्कुलेट करने की कोशिश करते हैं।

Noiseless चैनल, Nyquist बिट रेट नॉइज़-लेस चैनल के लिये Nyquist बिट रेट थ्योरेटिकल अधिकतम बिट रेट को परिभाषित करता है: Bit Rate = 2 * Bandwidth * log2(L)

ऊपर वाले समीकरण में Bandwidth का मतलब हुआ चैनल का बैंडविड्थ, L है डाटा को दिखाने के लिए प्रयोग किये गये सिग्नल लेवल की संख्या और बिट रेट का मतलब हुआ बिट पर सेकंड।

नोट–सिग्नल लेवल की संख्या को बढ़ाना सिस्टम की रिलाअबिलिटी को घटा सकता है।

उदाहरण

प्रश्नः 3000 Hz बैंडविड्थ वाले एक नॉइज़-लेस चैनल की कल्पना कीजिये जो एक सिग्नल के साथ ट्रांसमिट कर रहा है जिसमे दो सिग्नल लेवल हैं। अधिकतम बिट रेट क्या हो सकता है?

उत्तरः Bit Rate = 2 * 3000 * log2(2) = 6000 bps

प्रश्नः हमे 265 kbps से डाटा को एक नॉइज़-लेस चैनल से भेजना है जिसका बैंडविड्थ 20 kHz है। हमे कितने सिग्नल चाहिए होंगे?

उत्तरः 265000 =2* 20000 * log2(L) log2(L) = 6.625L = 2^6.625 = 98.7 levels

Noisy चैनलः Shannon कैपेसिटी

वास्तविक तौर पर देखा जाए तो हम पूरी तरह से नॉइज़-लेस चैनल बना ही नही सकते क्योंकि चैनल में कुछ न कुछ नॉइज़ तो होगा ही। नॉइज़ी चैनल के लिए थ्योरेटिकली अधिकतम बिट रेट Shannon द्वारा परिभाषित किया गया:

Capacity = bandwidth * log2(1 + SNR)

इस समीकरण में Bandwidth का मतलब हुआ चैनल का बैंडविड्थ, SNR का अर्थ हुआ सिग्नल और नॉइज़ का अनुपात, और capacity मतलब चैनल की क्षमता जो बिट्स प्रति सेकंड में होगी।

बैंडविड्थ एक फिक्स्ड मात्रा है और इसीलिए इसे बदला नहीं जा सकता। इसीलिए चैनल कैपेसिटी चैनल के पोएर के डायरेक्टली proportional होगा, क्योंकि,

SNR= पॉवर ऑफ़ सिग्नल/पॉवर ऑफ़ नॉइज़

सिग्नल से नॉइज़ के अनुपात को इस फोर्मुला द्वारा डेसिबल (dB) में मापा जाता है—

10 * log10(S/N)

इसीलिए उदाहरण के तौर पर एक सिग्नल से नॉइज़ का अनुपात अगर 1000 है तो उसे ऐसे दिखाया जाएगा—

10 * log10 (1000) = 30 dB.

उदाहरण

प्रश्नः एक टेलीफोन लिंक जिसका बैंडविड्थ 3000 Hz (300 to 3300 Hz) है, उसे डाटा कम्युनिकेशन के लिए असाइन किया गया। उसका SNR सामान्यत: 3162 है। इस चैनल की कैपेसिटी क्या होगी?

उत्तरः C = 3000 * log2(1 + SNR) = 3000 * 11·62 = 34860 bps

प्रश्नः डेसिबल (dB) में SNR दिया गया है। मान लीजिये कि SNR(dB) 36 है और चैनल का बैंडविड्थ 2 MHz है।

थ्योरेटिकल चैनल कैपेसिटी को कैल्कुलेट करें।

उत्तरः SNR(dB) = 10*log10(SNR)

SNR = 10 (SNR(dB)/10)SNR = 10^3·6 = 3981

अत:, C = 2 * 10^6 * log2(3982) = 24 MHz

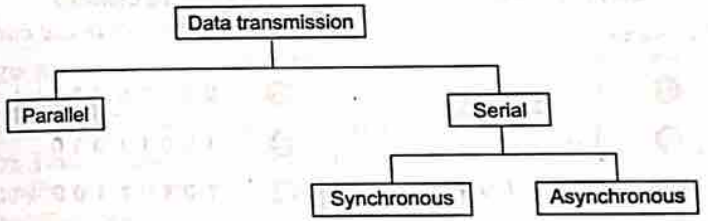
इन फोर्मूला द्वारा आप दोनों ही तरीकों के बिट रेट निकाल सकते हैं।

6.6. Data Transmission

डेटा ट्रांसमिशन से तात्पर्य दो या दो से अधिक डिजिटल उपकरणों के बीच डेटा के हस्तांतरण की प्रक्रिया से है। डेटा को एनालॉग या डिजिटल प्रारूप में एक डिवाइस से दूसरे में प्रसारित किया जाता है। असल में, डेटा ट्रांसमिशन डिवाइस या उपकरणों को एक-दूसरे से बात करने के लिए सक्षम बनाता है।

डेटा ट्रांसमिशन एक या अधिक उपकरणों के लिए संचार माध्यम पर डिजिटल या एनालॉग डेटा प्रसारित करने का एक साधन है। यह विभिन्न वातावरणों में उपकरणों के संचरण और संचार की अनुमति देता है: बिंदु-से-बिंदु, बिंदु-से-बहु-बिंदु, या बहु-से-बहु-बिंदु।

डेटा ट्रांसमिशन या तो एनालॉग या डिजिटल हो सकता है, लेकिन डिजिटल डेटा भेजने और प्राप्त करने के लिए ज्यादातर चिह्नित है। जैसे, डेटा ट्रांसमिशन को डिजिटल ट्रांसमिशन या डिजिटल संचार भी कहा जाता है। यह तब काम करता है जब डिवाइस का उद्देश्य किसी ऑब्जेक्ट या फ़ाइल को एक या एक से अधिक प्राप्तकर्ता डिवाइसों तक पहुँच होता है। डिजिटल डेटा स्रोत डिवाइस से डिजिटल बिट धाराओं के रूप में आता है। ये डेटा स्ट्रीम गंतव्य डिवाइस पर संचरण के लिए संचार माध्यम पर तैनात हैं। एक बाहरी संकेत या तो बेसबैंड या पासबैंड हो सकता है। बाहरी संचार के अलावा, डेटा ट्रांसमिशन आंतरिक रूप से एक ही डिवाइस के विभिन्न भागों के बीच किया जा सकता है। रैंडम एक्सेस मेमोरी (रैम) या हार्ड डिस्क से प्रोसेसर को डेटा भेजना डेटा ट्रांसमिशन का एक रूप है।

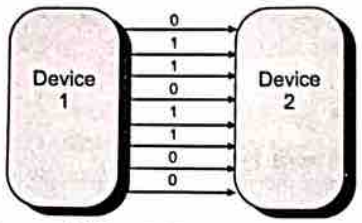


डिजिटल उपकरणों के बीच डेटा ट्रांसमिशन कैसे काम करता है?

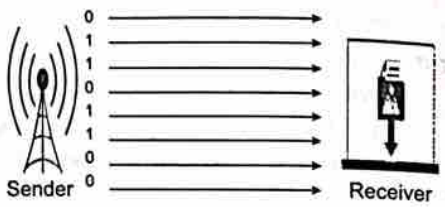
डेटा को दो या अधिक डिजिटल उपकरणों के बीच बिट के रूप में स्थानांतरित किया जाता है। डिजिटल उपकरणों के बीच डेटा संचारित करने के लिए दो तरीकों का उपयोग किया जाता है: सीरियल ट्रांसमिशन और समानांतर ट्रांसमिशन। सीरियल डेटा ट्रांसमिशन एक एकल चैनल पर एक के बाद एक डेटा बिट्स भेजता है। समानांतर डेटा ट्रांसमिशन कई चैनलों पर एक ही समय में कई डेटा बिट्स भेजता है

What is Parallel Transmission?

जब डेटा को समानांतर डेटा ट्रांसमिशन का उपयोग करके भेजा जाता है, तो कई डेटा बिट्स एक ही समय में कई चैनलों पर प्रसारित होते हैं। इसका मतलब है कि सीरियल ट्रांसमिशन विधियों का उपयोग करने की तुलना में डेटा को बहुत तेज़ी से भेजा जा सकता है।

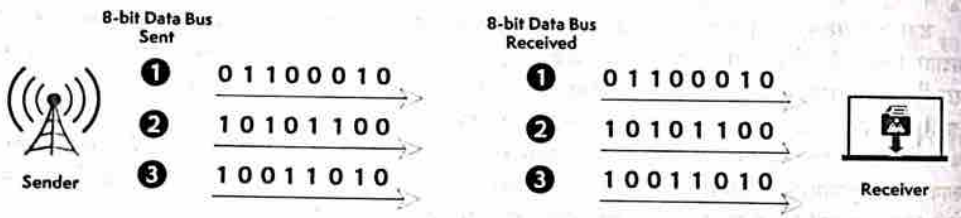


(a) Parallel Transmission

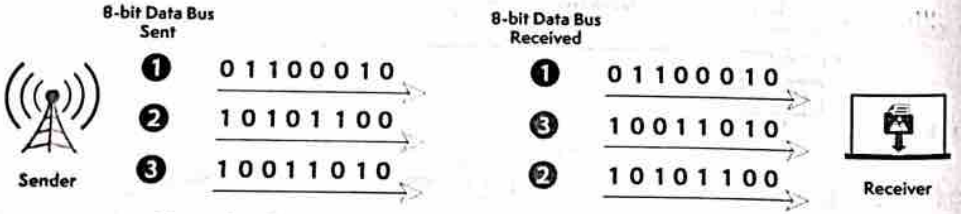


Simultaneous transmission of 6-bit Data

यह देखते हुए कि एक ही समय में कई बिट्स कई चैनलों पर भेजे जाते हैं, जिस क्रम में एक बिट स्ट्रिंग प्राप्त होता है वह विभिन्न स्थितियों पर निर्भर कर सकता है, जैसे कि डेटा स्रोत की निकटता, उपयोगकर्ता स्थान और बैंडविड्थ उपलब्धता। समानांतर इंटरफेस के दो उदाहरण नीचे देखे जा सकते हैं। पहले समानांतर इंटरफ़ेस में, डेटा सही क्रम में भेजा और प्राप्त किया जाता है। दूसरे समानांतर इंटरफ़ेस में, डेटा सही क्रम में भेजा जाता है, लेकिन कुछ बिट्स दूसरों की तुलना में तेजी से प्राप्त किए गए थे।



Example of Parallel Transmission – Data Received Correctly



Example of Parallel Transmission – Data Received Incorrectly

Advantages and Disadvantages of Using Parallel Data Transmission

Advantages

1. Parallel Transmission में Transfer की गति Speed होती है
2. इसे Program करना बहुत आसान होता है।

Disadvantage

1. इसका cost (मूल्य) अधिक है क्योंकि *n* data bits को transmit करने के लिए हमें *n* communication लाइन की जरूरत पड़ती है।

डेटा भेजने के लिए समानांतर ट्रांसमिशन का उपयोग कब किया जाता है?

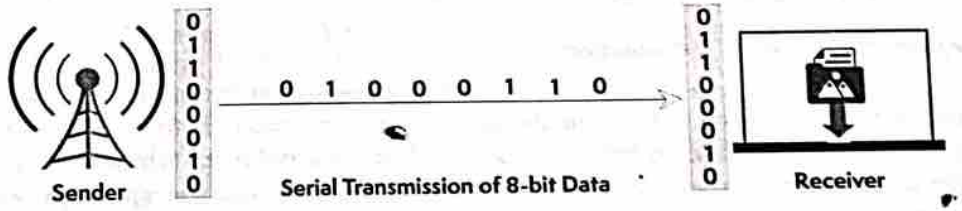
समानांतर संचरण का उपयोग तब किया जाता है जब—

- बड़ी मात्रा में डेटा भेजा जा रहा है,
- भेजा जा रहा डेटा समय के प्रति संवेदनशील है;
- और डेटा को जल्दी भेजने की जरूरत है।

एक परिदृश्य जहां समानांतर संचरण का उपयोग डेटा भेजने के लिए किया जाता है, वह वीडियो स्ट्रीमिंग है। जब किसी वीडियो को एक दर्शक को स्ट्रीम किया जाता है, तो वीडियो को रोकने या बफरिंग को रोकने के लिए बिट्स को जल्दी से प्राप्त करने की आवश्यकता होती है। वीडियो स्ट्रीमिंग में बड़ी मात्रा में डेटा के प्रसारण की भी आवश्यकता होती है। भेजा जा रहा डेटा भी समय के प्रति संवेदनशील है क्योंकि धीमी गति से डेटा स्ट्रीम के परिणामस्वरूप खराब दर्शक अनुभव होता है।

सीरियल ट्रांसमिशन (Serial Transmission)

जब सीरियल डेटा ट्रांसमिशन का उपयोग करके डेटा भेजा या प्राप्त किया जाता है, तो डेटा बिट्स एक विशिष्ट क्रम में व्यवस्थित होते हैं, क्योंकि उन्हें केवल एक के बाद एक भेजा जा सकता है। डेटा बिट्स का क्रम महत्वपूर्ण है क्योंकि यह तय करता है कि ट्रांसमिशन प्राप्त होने पर कैसे व्यवस्थित होता है। इसे एक विश्वसनीय डेटा ट्रांसमिशन विधि के रूप में देखा जाता है क्योंकि एक डेटा बिट केवल तभी भेजा जाता है यदि पिछला डेटा बिट पहले ही प्राप्त हो चुका हो।



Synchronous Serial Transmission

डेटा बिट्स को एक मास्टर वाच के साथ समय में एक सतत स्ट्रीम के रूप में प्रेषित किया जाता है। डेटा ट्रांसमीटर और रिसीवर दोनों एक सिंक्रोनाइज़ घड़ी आवृत्ति का उपयोग करते हैं; इसलिए, बिट्स शुरू करो, बिट्स बंद करो, और अंतराल का उपयोग नहीं किया जाता है। इसका मतलब यह है कि डेटा तेजी से चलता है और टाइमिंग की त्रुटियां कम होती हैं क्योंकि ट्रांसमीटर और रिसीवर का समय सिंक होता है। हालांकि, डेटा सटीकता उपकरणों के बीच सही ढंग से समन्वयित होने के समय पर अत्यधिक निर्भर है। अतुल्यकालिक सीरियल ट्रांसमिशन के साथ तुलना में, यह विधि आमतौर पर अधिक महँगा है।

"इसमें बहुत सारा डेटा एक block में भेजा जाता है,प्रत्येक block में बहुत सारें characters होते है।' सिंक्रोनस

ट्रांसमिशन में, डेटा पूरी तरह से युग्मित (paired) दृष्टिकोण में, चंक्स या फ्रेम के रूप में चलता है। सोर्स और डेस्टिनेशन के बीच सिंक्रोनाइज़ेशन की आवश्यकता होती है ताकि सोर्स को पता चल जाए कि नई बाइट कहाँ से शुरू होती है, क्योंकि डेटा के बीच कोई रिक्त स्थान शामिल नहीं है।

सिंक्रोनस ट्रांसमिशन प्रभावी, भरोसेमंद, और अक्सर बड़ी मात्रा में डेटा संचारित करने के लिए उपयोग किया जाता है। यह जुड़े उपकरणों के बीच रियल टाइम कम्युनिकेशन प्रदान करता है।

सिंक्रोनस ट्रांसमिशन का एक उदाहरण एक बड़ी टेक्स्ट फ़ाइल का स्थानांतरण। फ़ाइल ट्रान्सफर होने से पहले, इसे पहले sentences के ब्लॉक्स में विच्छेदित किया जाता है। ब्लॉक को फिर डेस्टिनेशन एड्रेस पर कम्युनिकेशन लिंक पर ट्रान्सफर कर दिया जाता है।

क्योंकि कोई शुरुआत और अंत बिट्स नहीं हैं, डेटा ट्रांसफर दर तेज है, लेकिन त्रुटियों के बढ़ने की संभावना है। समय के साथ, क्लॉक सिंक नहीं होगी और डेस्टिनेशन डिवाइस में गलत समय होगा, इसलिए खोए हुए बिट्स के कारण कुछ बाइट्स क्षतिग्रस्त हो सकते हैं। इस समस्या को हल करने के लिए, क्लॉक को नियमित रूप से फिर से सिंक्रोनाइज़ करना आवश्यक है, साथ ही यह सुनिश्चित करने के लिए चेक अंकों का उपयोग करना है कि बाइट्स सही ढंग से रिसीव और ट्रांसलेट हो रही हैं।

Characteristics of Synchronous Transmission

- भेजे जा रहे लेटर्स के बीच कोई रिक्त स्थान नहीं हैं।
- ट्रांसमिशन के अंत में मोडेम या अन्य उपकरणों द्वारा समय प्रदान किया जाता है।
- डेटा भेजे जाने से पहले एक विशेष सिंक्रोनस कैरेक्टर जाता है।
- समकालिक वर्णों को समय के कार्यों के लिए डेटा के विखंडन के बीच शामिल किया जाता है।

Examples of Synchronous Transmission

- Chatrooms
- Video conferencing
- Telephonic conversations
- Face-to-face interactions

Asynchronous Serial Transmission

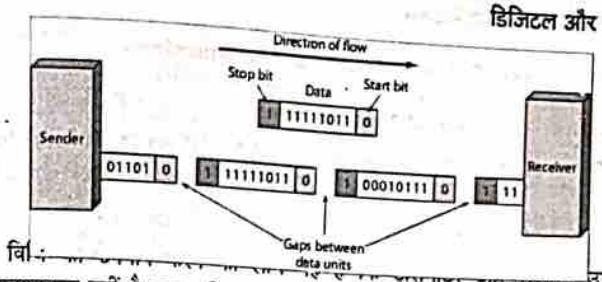
Asynchronous transmission में, एक समय में केवल एक ही character को भेजा जाता है। डेटा बिट्स को किसी भी समय भेजा जा सकता है। स्टॉप बिट्स और स्टार्ट बिट्स का उपयोग ट्रांसमीटर और रिसीवर को सिंक्रोनाइज़ करने और यह सुनिश्चित करने के लिए किया जाता है कि डेटा सही तरीके से प्रसारित हो। डेटा बिट्स भेजने और प्राप्त करने के बीच का समय स्थिर नहीं है, इसलिए अंतराल का उपयोग प्रसारण के बीच समय प्रदान करने के लिए किया जाता है।

Start bit रिसीवर को alert करता है कि नए डेटा bits आने वाले हैं।

Start bit को किसी character के ट्रांसमिट होने से पहले ही भेज दिया जाता है।

एक start bit की वैल्यू 0 होती है, वैल्यू 0 यह दिखाता है कि character बस ट्रान्सफर होने ही वाला है। यह रिसीवर को alert करता है और उसे character को रिसीव करने के लिए ready रखता है। अगर start bit की वैल्यू 1 होती है तो यह indicate करता है कि कम्युनिकेशन लाइन idle है। इसे mark state कहते है।

Stop bit यह indicate करता है कि डेटा bits समाप्त हो चुके हैं अर्थात् यह रिसीवर को सूचना देता है कि डेटा byte खत्म हो चूका है, सामान्यतया stop bit की वैल्यू 1 होती है।



अतुल्यकालिक वि... उपकरणों के बीच कोई सिंक्रोनाइज़ेशन की आवश्यकता नहीं है। यह अधिक लागत प्रभावी तरीका भी है। एक नुकसान यह है कि डेटा ट्रांसमिशन धीमा हो सकता है, लेकिन यह हमेशा ऐसा नहीं होता है।

असिंक्रोनस ट्रांसमिशन में, डेटा एक समय में half-paired दृष्टिकोण में 1 बाइट या 1character के रूप में चलता है। यह वाइट्स के एक निरंतर चालू में डेटा भेजता है। प्रेषित एक वर्ण का आकार 8 बिट्स है, जिसमें एक समता बिट शुरुआत में और अंत में दोनों को जोड़ा गया, जिससे यह कुल 10 बिट्स हो गया। यह एक...रण के लिए एक घड़ी की जरूरत नहीं है - बल्कि, यह डेटा का अनुवाद करने के लिए रिसीवर को बताने के लिए समता बिट्स का उपयोग करता है। यह सीधा, त्वरित, लागत प्रभावी है, और कार्य करने के लिए 2-तरफ़ा संचार की आवश्यकता नहीं है।

Characteristics of Asynchronous Transmission

- प्रत्येक character की शुरुआत एक बिट से होती है और एक या एक से अधिक एंडबिट्स के साथ संपन्न होती है।
- वर्णों के बीच अंतराल या रिक्त स्थान हो सकते हैं।

Examples of Asynchronous Transmission

- Emails
- Letters
- Televisions
- Forums
- Radios

सीरियल ट्रांसमिशन का उपयोग डेटा भेजने के लिए कब किया जाता है?

सीरियल ट्रांसमिशन का उपयोग आम तौर पर लंबी दूरी के डेटा हस्तांतरण के लिए किया जाता है। इसका उपयोग उन मामलों में भी किया जाता है जहां भेजे जाने वाले डेटा की मात्रा अपेक्षाकृत कम है। यह सुनिश्चित करता है कि डेटा अखंडता बनाए रखी जाती है क्योंकि यह डेटा बिट्स को एक विशिष्ट क्रम में स्थानांतरित करता है, एक के बाद एक। इस तरह, डेटा बिट्स एक-दूसरे के साथ सिंक में प्राप्त होते हैं।

6.6.1. Comparison between Synchronous and Asynchronous Transmissions

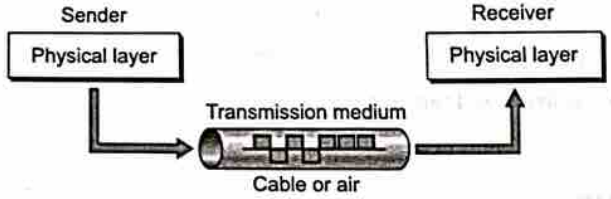
Point of Comparison	Synchronous Transmission	Asynchronous Transmission
Definition	Transmits data in the form of chunks or frames	Transmits 1 byte or character at a time
Speed of Transmission	Quick	Slow
Cost	Expensive	Cost-effective
Time Interval	Constant	Random
Gaps between the data	Does not exist	Exist
Examples	Chat Rooms, Telephonic Conversations, Video Conferencing	Email, Forums, Letters

6.6.2. Comparison between Serial and Parallel Transmissions

Basis for Comparison	Serial Transmission	Parallel Transmission
Definition	Data flows in 2 directions, bit by bit	Data flows in multiple directions, 8 bits (1 byte) at a time
Cost	Economical	Expensive
Number of bits transferred per clock pulse	1 bit	8 bits or 1 byte
Speed	Slow	Fast
Applications	Used for long distance cnmunication	Used for short distance communication
Example	Computer to computer	Computer to printer

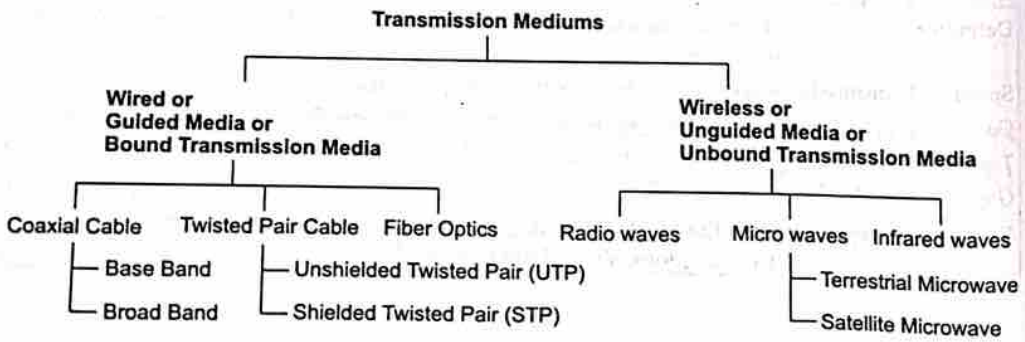
6.7. Mediums for communication/ Transmission Media (Guided and Unguided)

Transmission Media Information को Sender से Receiver तक पहुंचाने का एक माध्यम है।



उदाहरण के लिए, दो लोगों के बीच बातचीत लिए transmission medium हवा है। हवा का उपयोग smoke signal या semaphore में मैसेज convey करने के लिए भी किया जा सकता है। written message के लिए, ट्रांसमिशन माध्यम एक mail carrier, एक ट्रक या एक airplane हो सकता है। Data Communications में इन्फॉर्मेशन और ट्रांसमिशन मीडियम की परिभाषा अधिक स्पेसिफिक है। ट्रांसमिशन माध्यम आमतौर पर free space, metallic cable, या फाइबर-ऑप्टिक केबल होते है। इन्फॉर्मेशन आमतौर पर एक सिग्नल है। टेलिकम्युनिकेशन में, ट्रांसमिशन मीडिया को दो श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है: गाइडेड और अन-गाइडेड। गाइडेड मीडिया में twisted-pair cable, coaxial केबल और फाइबर-ऑप्टिक केबल शामिल हैं Unguided माध्यम फ्री स्पेस है।

6.7.1. Types of Transmission Media



6.7.1.1 GUIDED MEDIA

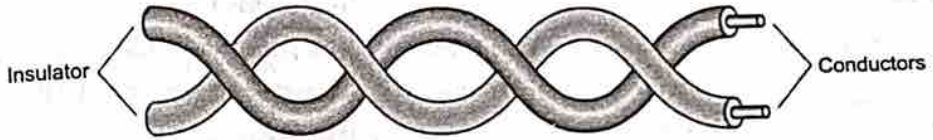
Guided transmission media (निर्देशित ट्रांसमिशन मीडिया) को Wired Communication और Bounded Transmission Media के रूप में भी जाना जाता है। इस माध्यम से Data को Cable के द्वारा Transmit होता है। इसमें Data (Electromagnetic signal) एक Physical/Conductor के माध्यम से Communication device के बीच travel करते हैं। इसके कुछ मुख्य फायदे है तेज़ गति, सुरक्षा और यह छोटी दूरी के लिए काम आते हैं।

गाइडेड मीडिया, वे हैं जो एक डिवाइस से दूसरे डिवाइस को एक माध्यम प्रदान करते हैं, इसमें ट्विस्टेड-पेयर केबल, coaxial केबल और फाइबर-ऑप्टिक केबल शामिल हैं। ट्विस्टेड-पेयर और coaxial केबल धातु (तांबा) कंडक्टर का उपयोग करते हैं जो विद्युत प्रवाह के रूप में सिग्नल्स को accept और ट्रान्सफर करते हैं।

ऑप्टिकल फाइबर एक केबल है जो प्रकाश के रूप में संकेतों को रिसीव और ट्रान्सफर करते है।

Twisted-Pair Cable

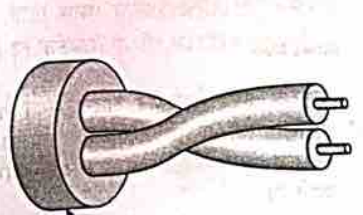
Twisted Pair Cable एक ऐसी Wire होती है जिसमे दो Wire आपस में एक-दूसरे से Twisted होती है। इस cable में Plastic के अन्दर 4 Pairs होते है और 1 pair से 2 Wire Twist होती है और सभी का अलग-अलग Colour और Code होता है। यह Cable LAN Network में सबसे ज्यादा इस्तेमाल होने वाली Cable है। एक Twisted Pair में दो कंडक्टर (सामान्य रूप से तांबे) होते हैं, प्रत्येक अपने स्वयं के प्लास्टिक इन्सुलेशन के साथ, एक साथ मुड़े हुए होते हैं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



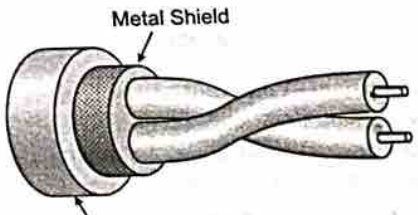
तारों में से एक का उपयोग रिसीवर तक सिग्नल ले जाने के लिए किया जाता है, और दूसरे का उपयोग केवल एक ग्राउंड रेफरेंस के रूप में किया जाता है।

किसी एक तार पर sender द्वारा भेजे गए सिग्नल के अलावा, interference (हस्तक्षेप) (शोर) और क्रॉसस्टॉक दोनों तारों को प्रभावित कर सकते हैं और unwanted सिग्नल क्रिएट कर सकते हैं। यदि दो तार समानांतर हैं, तो इन unwanted signals का प्रभाव दोनों तारों में समान नहीं होता है क्योंकि वे शोर या क्रॉसस्टॉक स्रोतों के सापेक्ष विभिन्न स्थानों पर होते हैं (जैसे, एक करीब है और दूसरा बहुत दूर है।) Twisted Pair Cable-2 तरह की होती है—

1. UTP (Unshielded Twisted pair)—यह Un-shielded Twisted Pair Cable होती है मतलब इसमें कोई अलग से Cover नहीं होता है जैसा कि आप ऊपर UTP केबल में देख सकते हैं। यह केबल 100 मीटर तक 1 GBps से 10 GBps तक डाटा को Transfer कर सकती हैं।



(a) UTP



(b) STP

2. STP (Shielded Twisted pair)–यह Shielded Twisted Pair Cable होती है। इस Cable में एक अतिरिक्त Shield होती है जिससे इसमें डाटा Secure हो जाता है और Data Transfer की Speed भी बढ़ जाती है।

Unshielded Versus Shielded Twisted-Pair Cable

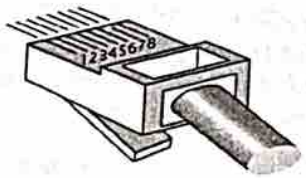
संचार में उपयोग की जाने वाली सबसे प्रचलित twisted-pair केबल को unshielded ट्विस्टेड पेयर (यूटीपी) के रूप में जाना जाता है। आईबीएम ने इसके उपयोग के लिए ट्विस्टेड-पेयर केबल का एक संस्करण (version) भी तैयार किया है, जिसे shielded ट्विस्टेड-पेयर (एसटीपी) कहा जाता है।

एसटीपी केबल में एक धातु की पत्री होती है, जो insulated कंडक्टरों के प्रत्येक pair को कवर करती है। यद्यपि metal casing (धातु आवरण) ध्वनि या क्रॉसस्टॉक के प्रदेश को रोककर केबल की गुणवत्ता में सुधार करता है, लेकिन यह बहुत अधिक महंगा है।

Parameters	UTP	STP
Full Form	Unshielded Twisted Pair	Shielded Twisted Pair
Structure	Cable with wires that are twisted together.	Twisted pair cable enclosed in foil/shield.
Cost	Cheaper than STP	Castlier than UTP
Weight	Lighter than STP	Heavier than UTP
Noise & interference	Prone to Noise and interference	Less prone to noise and interference
Data Speed	Supports slower speed than on STP	Support higher speed than UTP
Grounding of cable	Not required	Required
Target deployments	Locations less prone to interference like offices and homes.	Locations prone to interference like factories and airports

Connector–सबसे आम यूटीपी कनेक्टर RJ45 है (आरजे पंजीकृत जैक के लिए बड़ा है), जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। RJ45 एक keyed कनेक्टर है।

FJ-45 Female



RJ-45 Male

Applications–Voice और data channels provide करने के लिए टेलीफोन लाइनों में Twisted-pair cables का उपयोग किया जाता है। local लूप-लाइन जो subscribers को केंद्रीय टेलीफोन कार्यालय (central telephone office) से जोड़ती है आमतौर पर इसमें unshielded ट्विस्टेड-पेयर केबल होते हैं लोकल-एरिया नेटवर्क, जैसे लोवेज़-टी और लोबेज़-टी, भी ट्विस्टेड-पेयर केबल का उपयोग करते हैं।

Twisted pair Cable के लाभ (Advantages of Twisted pair Cable)

- यह Cable लागत में किसी अन्य Cable की तुलना में बहुत ही सस्ती होती है

- इसका Installation बहुत सरल (Easy) होता है। इसको RJ 45 (Registered Jack type 45) जैसे plug के साथ आसानी से Connect किया जा सकता है।
- इसमें किसी भी Node को Easily Network में Connection दिया जा सकता है

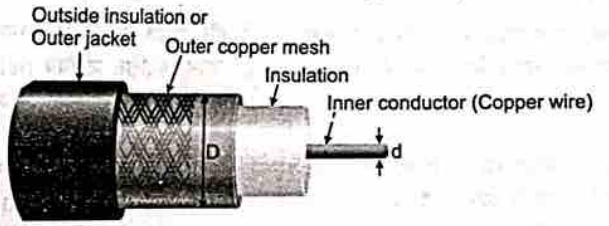
Twisted Pair Cable की हानियाँ (Disadvantages of Twisted pair Cable)

- इस Cable से data को ज्यादा Long Distance तक Travel नहीं कराया जा सकता है
- यह Cable बाहरी वातावरण से effective होती है क्योंकि इसमें Electromagnetic Field बनता है जिससे electrical नॉइज़ व interference होता है
- इस Cable में किसी भी Node को Connection देना बहुत ही Easy होता है अतः यह सुरक्षा के लिहाज से अधिक सुरक्षित नहीं होती है।
- इस Cable में Connection बढ़ने पर Data transfer की स्पीड भी कम हो जाती है।

Coaxial Cable

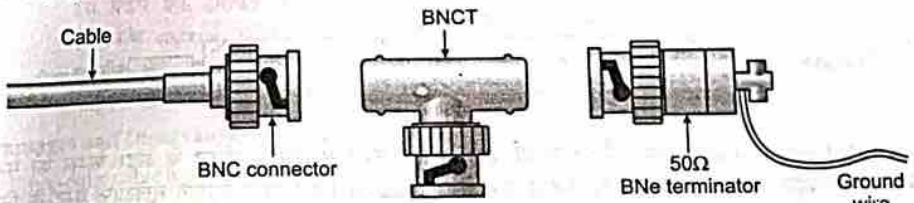
Coaxial Cable Copper Wire से बनी होती है। Copper Wire के ऊपर Insulated परत होती है और उसके ऊपर ताम्बे की Copper Mesh होती है, इसकी Data को Transfer करने की दूरी 185 मीटर तक होती है। Coaxial Cable की Installation करना Easy है, लेकिन यह काफी लचीली और कमजोर होती है जिससे इसके टूटने का ज्यादा डर रहता था। Coaxial Cable का इस्तेमाल मुख्यत: Bus Topology में किया जाता था, अब इस Topology के साथ Coaxial cable का भी इस्तेमाल कम होने लगा है।

Coaxial केबल (या कोआक्स) twisted pair केबल की तुलना में higher frequency ranges के सिगनल्स को carry करती है, क्योंकि दोनों मीडिया का निर्माण काफी अलग तरीके से किया जाता है। बाहरी कंडक्टर भी एक इन्सुलेट cover में है, और पूरे केबल को प्लास्टिक कवर द्वारा संरक्षित (protected) कर दिया जाता है।



Coaxial Cable Connectors

Coaxial केबल को डिवाइस से जोड़ने के लिए, हमें coaxial कनेक्टर की आवश्यकता होती है। आज इस्तेमाल किया जाने वाला सबसे सामान्य प्रकार का कनेक्टर बेयोन-नील-कौनसेलमैन (Bayone-Neill-Concelman (BNe)) कनेक्टर है। इन कनेक्टरों के तीन लोकप्रिय प्रकार हैं—BNC कनेक्टर, BNC T कनेक्टर और BNC टर्मिनेटर।



Applications

- Coaxial केबल को व्यापक रूप से एनालॉग टेलीफोन नेटवर्क में उपयोग किया गया था, जहाँ एक एकल coaxial नेटवर्क 10,000 आवाज संकेतों को ले जा सकता था। बाद में इसका उपयोग डिजिटल टेलीफोन नेटवर्क में किया गया था जहां एक एकल coaxial केबल 600 एमबीपीएस तक डिजिटल डेटा ले जा सकती थी। हालांकि, टेलीफोन नेटवर्क में coaxial केबल को मोटे तौर पर आज फाइबर-ऑप्टिक केबल से बदल दिया गया है।
- केबल टीवी नेटवर्क) भी coaxial केबल का उपयोग करते हैं। पारंपरिक केबल टीवी नेटवर्क में, पूरे नेटवर्क ने coaxial केबल का उपयोग किया। हालांकि बाद में, केबल टीवी प्रदाताओं ने अधिकांश मीडिया को फाइबर-ऑप्टिक केबल से बदल दिया; हाइब्रिड नेटवर्क उपभोक्ता सीमाओं के पास केवल नेटवर्क सीमाओं पर coaxial केबल का उपयोग करते हैं। केबल टीवी RG-59 coaxlal केबल का उपयोग करता है ।

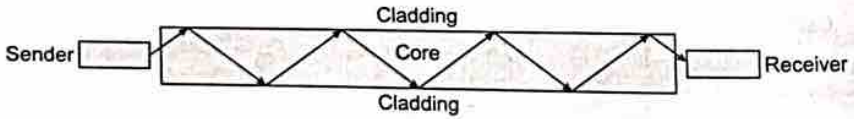
Cables in Computer Networks : Comparison among Specifications of Cables

Cable Type/Features	Bandwidth	Speed	Range
Twisted Pair Cables	3 MHz	4 Mbps	0.1 km
Co-Axial Cable	350 MHz	500 Mbps	1-10 km
Optical Fibres	2 GHz	2 Gbps	100's of km

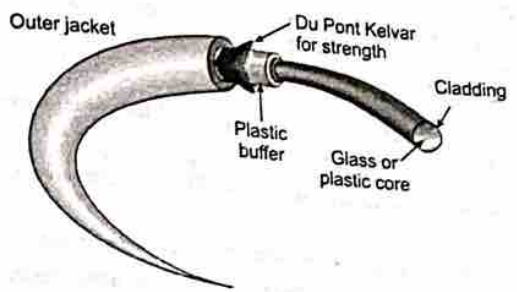
Fibre-Optic Cable

फाइबर-ऑप्टिक केबल ग्लास या प्लास्टिक से बना होता है और प्रकाश के रूप में सिग्नल्स को ट्रांसमिट करता है। ऑप्टिकल फाइबर एक चैनल के माध्यम से प्रकाश को गाइड करने के लिए प्रतिबिंब (reflection) का उपयोग करते हैं। एक ग्लास या प्लास्टिक का कोर (कोर) कम घने (dense) ग्लास या प्लास्टिक के आवरण (cladding) से घिरा होता है।

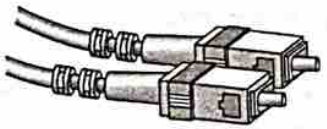
यह Cable Pure सिलिका Glass से बनी होती है। इसको 1970 में Developed किया गया था। Fiber optic cable ने Internet की दुनिया में क्रन्तिकारी परिवर्तन किया है। आज सारे देश Internet के द्वारा एक-दूसरे से जुड़े है, जिसमें Fiber optic Cable की बहुत बड़ी भूमिका है। Fiber Optic cable का उपयोग Data को High Speed तथा लम्बी दूरी में transmit करने के लिए किया जाता है। मतलब एक देश के नेटवर्क को दूसरे देश के नेटवर्क से जोड़ने के लिए Fiber optic Cable का इस्तेमाल किया जाता हैं। । इस केबल में date light signal की form # Travel करता है, और Data Destination पहुंचते ही Light signal से Digital signal में convert हो जाता हैं। यह Cable बहुत ही महँगी होती है।



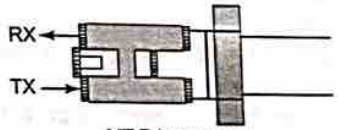
Cable Composition—बाहरी जैकेट या तो पीवीसी या टेफ्लॉन से बना है। जैकेट के अंदर केबल को मजबूत करने के लिए केवलर (Kevlar) किस्में हैं। केवलर एक मजबूत material है जिसका उपयोग बुलेटप्रूफ वेस्ट के निर्माण में किया जाता है। केवलर के नीचे फाइबर को कुशन करने के लिए एक और प्लास्टिक कोटिंग है। फाइबर केबल के कैंटर में होता है, और इसमें क्लैडिंग और कोर होते है।



Fibre-Optic Cable Connectors—फाइबर-ऑप्टिक केबल के लिए तीन प्रकार के कनेक्टर हैं। केबल टीवी के लिए सब्सक्राइबर चैनल (SC) कनेक्टर का उपयोग किया जाता है। यह एक पुश / पुल लॉकिंग सिस्टम का उपयोग करता है। केबल को नेटवर्किंग डिवाइस से जोड़ने के लिए स्ट्रेट-टिप (ST) कनेक्टर का उपयोग किया जाता है। यह एक संगीन लॉकिंग सिस्टन का उपयोग करता है और SC की तुलना में अधिक विश्वसनीय है। एमटी-आरजे एक कनेक्टर है जो आरजे 45 के समान आकार है।


SC connector

ST connector



MT-RJ connector

Applications

- फाइबर-ऑप्टिक केबल अक्सर बैकबोन नेटवर्क में पाया जाता है क्योंकि इसकी व्यापक बैंडविड्थ लागत प्रभावी होती है। आज, तरंगदैर्घ्य विभाजन बहुसंकेतन (WDM) के साथ, हम 1600 Gbps की दर से डेटा स्थानांतरित कर सकते हैं।
- कुछ केबल टीवी कंपनियां ऑप्टिकल फाइबर और coaxial केबल के संयोजन का उपयोग करती हैं, इस प्रकार एक हाइब्रिड नेटवर्क का निर्माण होता है। ऑप्टिकल फाइबर बैकबोन संरचना प्रदान करता है जबकि coaxial केबल उपयोगकर्ता परिसर को कनेक्शन प्रदान करता है।
- स्थानीय-क्षेत्र नेटवर्क जैसे कि 100 Base-FX नेटवर्क) फास्ट ईथरनेट (और 1000 Base-x भी फाइबर-ऑप्टिक केबल का उपयोग करते हैं।

Advantages and Disadvantages of Optical Fibre

Fibre-optic cable has several advantages over metallic cable (twisted pair or coaxial):

- **Higher bandwidth :** फाइबर-ऑप्टिक केबल उच्च-बैंडविड्थ और डेटा दरों (को ट्विस्टेड-पेयर या coaxial केबल की तुलना में support करता है। वर्तमान में, फाइबर-ऑप्टिक केबल पर डाटा rate

और बैंडविड्थ उपयोग सीमित नहीं है।

- **Less signal attenuation :** फाइबर-ऑप्टिक का transmission distance अन्य गाइडेड मीडिया की तुलना में काफी अधिक है। regeneration के बिना एक सिग्नल 50 किमी तक चल सकता है। हमें coaxial या ट्विस्टेड-पेयर केबल के लिए प्रत्येक 5 किमी रिपीटर्स की आवश्यकता होती है।
- **Immunity to electromagnetic interference : Electromagnetic noise** फाइबर-ऑप्टिक केबलों को प्रभावित नहीं कर सकता है।
- **Resistance to corrosive materials :** ग्लास संक्षारक) corrosive (material की तुलना में अधिक प्रतिरोधी है।
- **Light weight :** फाइबर-ऑप्टिक केबल कॉपर केबल की तुलना में बहुत हल्के होते हैं।
- **Greater immunity to tapping :** फाइबर ऑप्टिक केबल कॉपर केबल्स से अधिक immune है। कॉपर केबल एंटीना इफैक्ट generate करते हैं जिन्हें आसानी से टैप किया जा सकता है।

There are some disadvantages in the use of optical fibre

- **Installation and maintenance :** फाइबर-ऑप्टिक केबल एक अपेक्षाकृत नई तकनीक है। इसकी स्थापना और रखरखाव के लिए विशेषज्ञता की आवश्यकता होती है जो अभी तक हर जगह उपलब्ध नहो है।
- **Unidirectional light propagation :** प्रकाश का प्रसार यूनिडायरेक्शनल है। यदि हमें द्विदिश संचार की आवश्यकता है, तो दो तंतुओं की आवश्यकता होती है।
- **Cost:** केबल और इंटरफेस अन्य निर्देशित मीडिया की तुलना में अपेक्षाकृत अधिक महँगे हैं।

6.7.1.2. UNGUIDED MEDIA : WIRELESS

बिना किसी मीडिया का उपयोग किए सिग्नल (विद्युत-चुम्बकीय तरंगों) का travel करना। इस प्रकार के संचार को अक्सर wireless communication के रूप में जाना जाता है। सिग्नल सामान्य रूप से मुक्त स्थान के माध्यम से प्रसारित होते हैं और इस प्रकार किसी को भी उपलब्ध होते हैं जिनके पास एक डिवाइस है जो उन्हें प्राप्त करने में सक्षम है।

चित्र विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम का हिस्सा दिखाता है, वायरलेस संचार के लिए 3 kHz से 900 THz तक का उपयोग किया जाता है।

Unguided signals source से destination तक कई तरह से ट्रैवल कर सकते हैं: ground propagation, sky propagation, and line-of-sight propagation Ground propagation में, रेडियो तरंगें वायुमंडल के सबसे निचले हिस्से से गुज़रती हैं, ये लो-आवृत्ति signal ट्रांसमिटिंग एंटीना से सभी दिशाओं में निकलते हैं। रेडियो तरंगों और माइक्रोवेव के रूप में परिभाषित विद्युत-चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के section को आठ श्रेणियों में विभाजित किया जाता है, जिन्हें बैंड कहा जाता है, प्रत्येक को government authorities द्वारा regulated किया जाता है। इन बैंडों को very Low Frequency (VLF) से Extremely High Frequency (EHF) से रेट किया गया है।

हम वायरलेस ट्रांसमिशन को तीन व्यापक समूहों में विभाजित कर सकते हैं: रेडियो तरंगें, माइक्रोवेव और अवरक्त तरंगें।

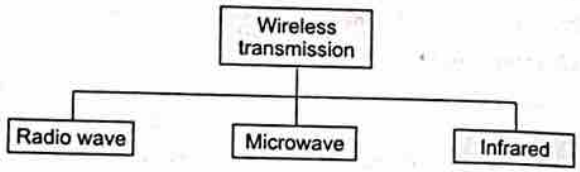
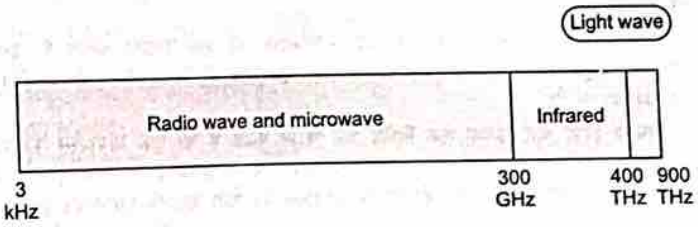


Table: Bands

Band	Range	Propagation	Appiteatian
VLF (very low frequency	3-30 kHz	Ground	Long-range radio
LF (low frequency)	30-300 kHz	Ground	Radio beacons and navigational locators
MF (middle frequency)	300 kHz-3 MHz	Sky	AM radio
MF (high frequency)	3-30 MHz	Sky	Citizens band (CB). ship/aircraft Communication
VHF (very high frequency)	30-300 MHz	Sky and line-of-sight	VHF TV, FM radio
UHF (ultrahigh frequency)	300 MHz-3 GHz	Line of sight	UHFTV, cellular phones, pagng, satellite
SHF (superhigh frequency)	3-30 GHz	Line-of-sight	Satellite Comunication
EHF (extremely high frequency)	30-300 GHz	Line-of-sight	Radar, satellite

Radio Waves

3 kHz और 1GHz के बीच आवृत्तियों में विद्युत-चुम्बकीय तरंगों को आमतौर पर रेडियो तरंगें कहा जाता है; 1 और 300 GHz के बीच की आवृत्तियों में तरंगों को माइक्रोवेव कहा जाता है। रेडियो तरंगें, अधिकांश भाग के लिए, omnidirectional हैं। जब एक एंटीना रेडियो तरंगों को प्रसारित करता है, तो वे सभी दिशाओं में propagate होते हैं। एक transmitter एंटीना तरंगों को ट्रांसमिट करता है जो किसी भी receiver एंटीना द्वारा receive किया जा सकता है जो एक ही आवृत्ति या बैंड का उपयोग करके संकेत भेज सकते हैं। रेडियो तरंगें, विशेषकर वे तरंगें जो sky mode में propagate, लंबी दूरी तक travel कर सकते हैं। यह रेडियो तरंगों को लंबी दूरी तक ब्रॉडकास्ट जैसे AM रेडियो के लिए बेहतर है।



Applications

- रेडियो तरंगों की omnidirectional characteristics उन्हें multicasting के लिए उपयोगी बनाती हैं, जिसमें एक sender लेकिन कई रिसीवर होते हैं। AM और FM रेडियो, टेलीविजन, wireless फोन और पेजिंग मल्टीकास्टिंग के उदाहरण हैं।

Microwaves

1 और 300 GHz के बीच की आवृत्तियों वाली विद्युत-चुम्बकीय तरंगों को माइक्रोवेव कहा जाता है। माइक्रोवेव्स यूनिडायरेक्शनल है। जब एक एंटीना माइक्रोवेव तरंगों को प्रसारित करता है, तो वे narrowly focused हो सकते है।

इसका मतलब है कि send और रिसीव करने के लिए एंटेना aligned करने की आवश्यकता है। एंटेना की एक पेयर को aligned किए गए अन्य एंटेना के साथ interfere किए बिना जोड़ा जा सकता है। निम्नलिखित माइक्रोवेव propagation की कुछ विशेषताओं का वर्णन करता है—

- माइक्रोवेव का प्रसार लाइन-ऑफ-विज़न है। पृथ्वी की वक्रता के साथ-साथ अन्य अवरोधक रुकावटें दो छोटे टावरों को माइक्रोवेव का उपयोग करके communicate करने की अनुमति नहीं देती है। अक्सर लंबी दूरी के संचार के लिए रिपीटर की आवश्यकता होती है।
- बहुत उच्च आवृत्ति वाले माइक्रोवेव दीवारों में प्रवेश नहीं कर सकते। यदि रिसीवर इमारतों के अंदर है तो वह characteristic नुकसान पहुंचा सकती है।
- माइक्रोवेव बैंड अपेक्षाकृत wide हैं, लगभग 299 गीगाहर्ट्ज है। इसलिए wider उप-बैंड को सौंपा जा सकता है, और एक उच्च डेटा दर संभव है। बैंड के कुछ भागों के उपयोग के लिए authorities से अनुमति की आवश्यकता होती है।

Applications

जब sender और रिसीवर के बीच यूनिकास्ट (वन-टू-वन) संचार की आवश्यकता होती है तब माइक्रोवेव, उनके यूनिडायरेक्शनल properties के कारण, बहुत उपयोगी होते हैं।

Infrared waves

इन्फ्रारेड तरंगें, 300 गीगाहर्ट्ज से 400 टीएचजेड (1 मिमी से 770 एनएम तक वेवलेंग्थ) की आवृत्तियों के साथ शॉर्ट-रेंज संचार के लिए उपयोग किया जा सकता है। उच्च तरंगों वाली Infrared waves, दीवारों में प्रवेश नहीं कर सकती है।

जब हम रिमोट कंट्रोल का उपयोग करते हैं, तो हम अपने पड़ोसियों द्वारा रिमोट के उपयोग में हस्तक्षेप नहीं करते हैं। हालांकि, यह समान विशेषता लंबी दूरी के संचार के लिए Infrared सिग्नल को बेकार बनाती है। इसके अलावा, हम एक इमारत के बाहर Infrared तरंगों का उपयोग नहीं कर सकते क्योंकि सूरज की किरणों में Infrared waves होती हैं जो संचार में हस्तक्षेप कर सकती हैं।

Applications

- लगभग 400 THz के इन्फ्रारेड बैंड में डेटा ट्रांसमिशन की एक उत्कृष्ट क्षमता है। इस तरह की एक विस्तृत बैंडविड्थ का उपयोग बहुत उच्च डेटा दर के साथ डिजिटल डेटा को प्रसारित करने के लिए किया जा सकता है।
- कुछ निर्माता इरडा पोर्ट नामक एक विशेष पोर्ट प्रदान करते हैं जो एक वायरलेस कीबोर्ड को पीसी के साथ संचार करने की अनुमति देता है। मानक मूल रूप से 8 मीटर तक की दूरी के लिए 75 kbps की डेटा दर को परिभाषित करता है। मानक 4Mbps की डेटा दर को परिभाषित करता है ।

6.8. ISO-OSI Model and TCP/IP Model of Network

एक कंप्यूटर नेटवर्क में सॉफ्टवेयर और हार्डवेयर होते है जिनका उपयोग एक डिवाइस से दूसरे डिवाइस पर data भेजने और receives करने के लिए किया जाता है। हार्डवेयर का काम data को भेजने और receives करने के लिए आवश्यक physical equipments को कनेक्ट करने के लिए होता है, जबकि सॉफ्टवेयर instructions के set को परिभाषित करता है जो data ट्रांसमिशन के लिए हार्डवेयर उपकरणों का उपयोग करता है । कंप्यूटर नेटवर्क के विभिन्न levels पर data के एक सिंपल ट्रांसमिशन में कई steps होते हैं। कंप्यूटर नेटवर्क मॉडल में हम यह जानेंगे कि वास्तव में

कंप्यूटर पर data को कैसे ट्रान्सफर किया जाता है और रिसीव किया जाता है।

नेटवर्किंग इंजीनियरिंग एक जटिल कार्य है, जिसमें सॉफ्टवेयर, फर्मवेयर, चिप स्तर इंजीनियरिंग, हार्डवेयर, और इलेक्ट्रिक pulses को शामिल किया जाता है। नेटवर्क इंजीनियरिंग को आसान बनाने के लिए, संपूर्ण नेटवर्किंग अवधारणा को कई परतों में विभाजित किया गया है। प्रत्येक layer किसी विशेष कार्य में शामिल है और अन्य सभी परतों से स्वतंत्र है। लेकिन कुल मिलाकर, लगभग सभी नेटवर्किंग कार्य इन सभी परतों पर निर्भर करते हैं। layers उनके बीच data साझा करती हैं और वे केवल इनपुट लेने और आउटपुट भेजने के लिए एक-दूसरे पर निर्भर हैं।

Layers of a Computer Network Models

1. कंप्यूटर नेटवर्क मॉडल में कई layers होने का मुख्य उद्देश्य data send और रिसीव करने की process को छोटे-छोटे कार्यों में विभाजित करना है।
2. ये layer एक-दूसरे से जुड़ी हुई है, प्रत्येक layer अपनी higher और immediate lower layer को कुछ डेटा send करती है और उसी से data receive करती है।
3. एक मॉडल को विभाजित करना परतों की संरचना को काफी सरल बना देता है जिससे समस्या होने पर इसे पहचानना आसान हो जाता है। कंप्यूटर नेटवर्क मॉडल के तीन मुख्य घटक होते हैं। Sender, receiver and carrier.

Sender side

- **Higher layer:** Higher layer middle layer का कार्य करती है, massage (या डेटा) को middle layer तक निर्देशित करती है।
- **Middle layer:** middle layer higher layer से data उठाती है और इसे lower layer में ट्रान्सफर करती है।
- **Lower layer :** data रिसीवर पक्ष की lower layer को प्रेषित होता है।

Receiver side

- **Lower layer:** Data को sender पक्ष की lower layer से receives करता है और इसे middle layer में ट्रान्सफर करता है।
- **Middle layer:** middle layer lower layer से data को ऊपर उठाती है और higher layer को ट्रान्सफर करती है।
- **Higher layer:** higher layer रिसीवर को data ट्रान्सफर करती है। सबसे महत्वपूर्ण कंप्यूटर नेटवर्क मॉडल हैं:

सबसे महत्वपूर्ण कंप्यूटर नेटवर्क मॉडल है—

1. OSI Model
2. TCP/IP Model

☛ OSI Model : Definition

- OSI Model stands for ओपन सिस्टम इंटरकनेक्शन (Open System Interconnection) model.
- OSI मॉडल यह परिभाषित करता है कि data को कैसे एक कंप्यूटर से दूसरे कंप्यूटर में ट्रान्सफर किया जाता है।
- साधारणतया LAN और कनेक्टर्स से जुड़े दो कंप्यूटर NIC का उपयोग करके data ट्रांसफर करते है। यह एक कंप्यूटर नेटवर्क बनाता है, हालांकि यदि दोनों सिस्टम अलग-अलग ऑपरेटिंग सिस्टम का उपयोग करते हैं, उदाहरण के लिए एक सिस्टम विंडोज़ पर चलता है और अन्य एक Mac OS पर

चलता है तो इन दो अलग-अलग प्रणालियों के बीच data कैसे ट्रान्सफर किया जा सकता है, यहां OSI मॉडल की भूमिका है जो एक seven layered मॉडल है जो परिभाषित करता है कि विभिन्न प्रणालियों के बीच एक data को कैसे ट्रान्सफर किया जा सकता है।

- OSI model को 1984 में standardization (OSI) के लिए International Organization द्वारा पेश किया गया था।
- OSI model में सात layers होती हैं, और प्रत्येक layer का एक विशेष फंक्शन है।
- OSI मॉडल पूरे कार्य को सात छोटे और प्रबंधनीय कार्यों में विभाजित करता है। प्रत्येक layer को एक विशेष कार्य सौंपा गया है।

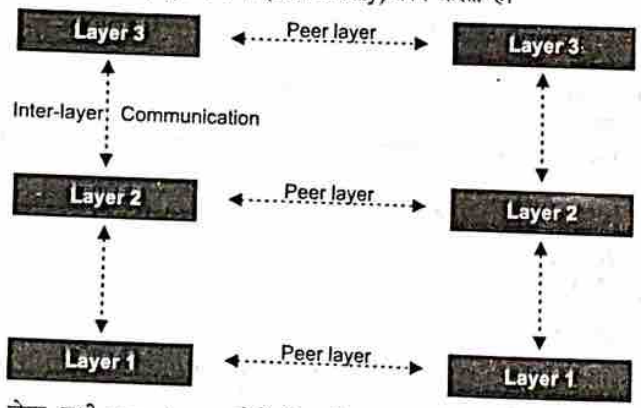
History of OSI model

सबसे पहले IBM ने नेटवर्किंग की शुरुआत की, पर IBM ने अपने नेटवर्क के लिये rules of conditional रखे थे, मतलब कि IBM के network के लिए उसी के device use में आयंगे, अगर किसी दूसरे कंपनी के device use में लिए भी तो, network में नेटवर्किंग नहीं हो पाएगी, इसलिये user को IBM नेटवर्क के लिये अधिक दाम देना पड़ता था। 1977 में IBM ने SMA (Sales Management Advisory) का निर्माण किया, जिसमें device तो दूसरी कंपनी के होते थे, पर device पर rule IBM के fallow होते थे, मतलब कि device की बनावट केसी होगी, इसमे IBM दूसरी कम्पनी से मन चाहा दाम लेतीं थीं। इन सभी के चलते में 1984 मे ISO ने अपना network बनाया जिसे OSI Model नाम दिया।

'ISO-IOS : IOS का full form International Organization for Standardization और OSI का full form Open Systems Interconnection है। इसमें सभी कंपनी के device support करते हैं।'

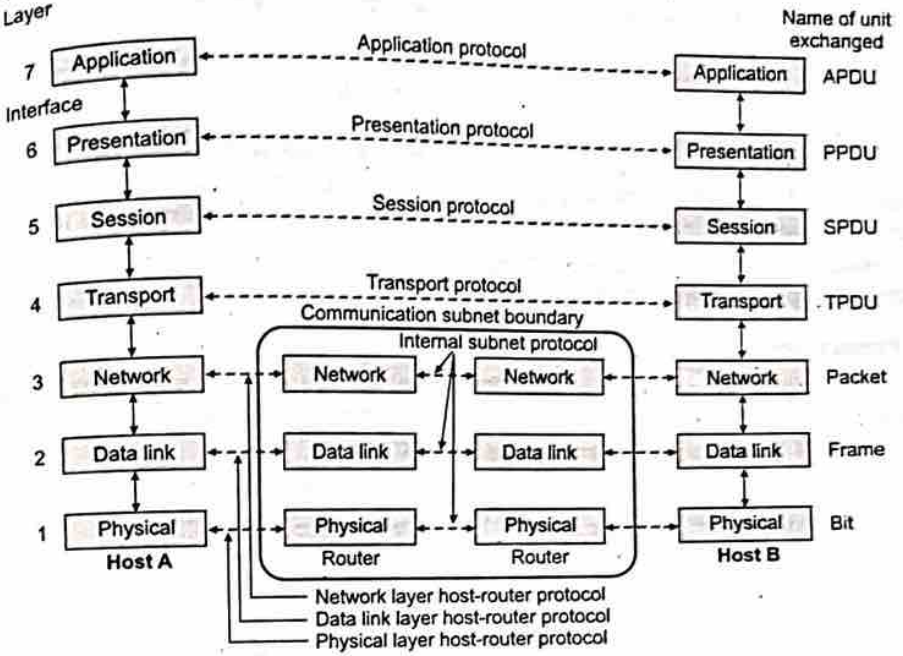
Layered Tasks

- नेटवर्क मॉडल के layered architecture में, एक पूरे नेटवर्क process को small tasks में divide किया गया है। प्रत्येक small task को तब एक विशेष layer को सौंपा जाता है जो केवल tasks को process करने के लिए पूर्ण रूप से (dedicatedly) काम करता है।



- प्रत्येक लेयर सभी procedures, प्रोटोकॉल और methods को एक साथ आपस में जोड़ता है सभी layers एनकैप्सुलेशन (encapsulation) हेडर और tail के माध्यम से अपने counterparts को identify करती हैं।

Layered Architecture of OSI Model



The OSI Reference Model

(A) The Physical Layer–Physical layer सबसे नीचे की layer है और यह इंटरनेट पर सूचना और receives करने के लिए ट्रांसमिशन मीडिया के विद्युत, यांत्रिक और कार्यात्मक पहलुओं से जुड़ी है।

(B) The Data Link Layer–दूसरी layer Data link layer है और lower layer की श्रेणी में आती है। यह data synchronization, error detection और controlling capability सुनिश्चित करती है

(C) The Network Layer–OSI मॉडल में तीसरी लेयर Network layer है जो Data link layer के ऊपर है और कई नेटवर्क/डिवाइस / होस्ट /नोड्स के बीच डाटा कम्युनिकेशन चैनल establish करने के लिए responsible है।

(D) The Transport Layer–OSI मॉडल में Transport Layer चौथी layer है और यह Network Independent layer के रूप में कार्य करती है। इसे lower layer अर्थात physical, data लिंक और नेटवर्क परतों के task के बारे में कोई जानकारी नहीं होती है।

(E) The Session Layer–यह Layer OSI मॉडल की पांचवीं layer है और यह user और organization के बीच valid session उपलब्ध करती है, इस layer का उपयोग उपलब्ध resources के आधार पर किया जा सकता है और आवश्यकता न होने पर इसे फ्री कर दिया जाता है। उदाहरण के लिए: ऑनलाइन बैंकिंग में session login करना।

(F) The Presentation Layer–यह OSI मॉडल की छठी layer है और यह विभिन्न डाटा प्रेजेंटेशन technique के माध्यम से data का उचित प्रतिनिधित्व प्रदान करता है।

(G) The Application Layer–एप्लिकेशन लेयर OSI मॉडल की सबसे ऊपरी layer है और विभिन्न उपयोगकर्ताओं और एप्लिकेशन के बीच इंटरफेस प्रदान करने के लिए responsible है।

Functions of the OSI Layers

OSI मॉडल मे सात layers हैं। प्रत्येक layer के अलग-अलग कार्य होते हैं। सात परतों की एक सूची नीचे दी गई है।

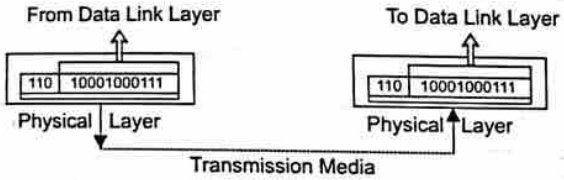
1. Physical Layer
2. Data-Link Layer
3. Network Layer
4. Transport Layer
5. Session Layer
6. Presentation Layer
7. Application Layer

एक ट्रांसपोर्ट लेयर data को segments में converts करती है, नेटवर्क लेयर segments को packets में convert करती है और data लिंक लेयर packets को frame में convert करता है। एक frame और कुछ नहीं बल्कि बिट्स का एक sequence है जैसे कि 1001011

Physical layer इन बाइनरी sequence को signals में convert करती है और इसे ट्रांसमिशन मीडिया जैसे केबल आदि के माध्यम से ट्रान्सफर करती है

1. Physical layer

Physical layer द्वारा generated signals ट्रांसमिशन मीडिया पर based हैं उदाहरण के लिए, यदि medium copper cable है एक electrical signal generate होता है। अगर मीडिया ऑप्टिकल फाइबर है तो light signal generate होता है और radio signal है तो transmission media हवा होगी।



- Physical layer की main functionality individual बिट्स को एक नोड से दूसरे नोड में transmit करना है।
- यह OSI मॉडल की सबसे lower layer है।
- यह physical connection establishes करता है, maintains रखता है deactivates/free करता है।
- यह mechanical, electrical और procedural network interface specifications को specifies करता है।
- Physical layer का एक मुख्य कार्य data को signals के रूप में ट्रान्सफर करना है। data एनालॉग या डिजिटल हो सकता है। ट्रांसमिशन मीडिया जैसे वायर, केबल आदि पर data ट्रांसफर करने के लिए फिजिकल लेयर को data को अपने डिजिटल सिग्नल में convert करता है।

Functions of a Physical layer

1. Line coding : एक डिजिटल डेटा बाइनरी sequence के रूप में होता है जैसे 1000111 (0s और 1s का संयोजन) । लाइन कोडिंग इन बाइनरी sequences को सिग्नल के रूप में represent करने के लिए तीन schemes का उपयोग करता है जिन्हें ट्रान्सफर किया जा सकता है।

2. Data Transmission: यह ट्रांसमिशन मोड को परिभाषित करता है चाहे वह नेटवर्क पर दो devices के बीच simple, half-duplex or full-duplex mode हो।

3. Topology: यह नेटवर्क devices को व्यवस्थित (arrange) करने के तरीके को परिभाषित करता है।

4. Signals: यह information को transmit करने के लिए उपयोग किए जाने वाले सिग्नल के प्रकार को निर्धारित करता है।

5. Digital data to Digital signal conversion: यह रूपांतरण करने के लिए दो तकनीकों का उपयोग करता है: Line coding and block coding

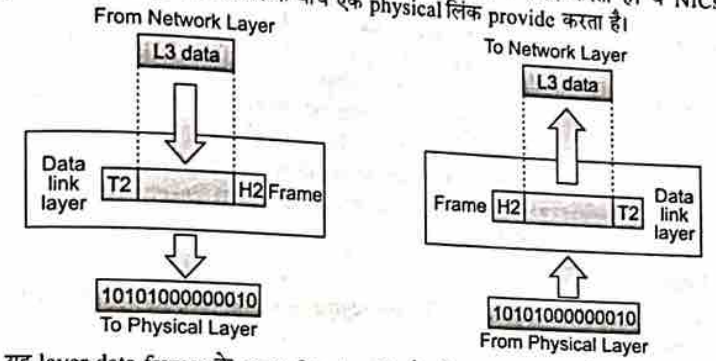
2. Data-Link Layer

Data link layer network layer से data receive करती है। एक कंप्यूटर से दूसरे कंप्यूटर में पैकेट ट्रांसफर करने के लिए दो तरह के एड्रेस होते हैं।

Logical addressing—लॉजिकल एड्रेसिंग data पैकेट को भेजने वाले और रिसीव करने वाले को IP एड्रेस assigning करता है। यह नेटवर्क लेयर पर किया जाता है।

Physical addressing—फिजिकल एड्रेसिंग data लिंक लेयर पर की जाती है, जहाँ सेंडर और रिसीवर के मैक एड्रेस प्रत्येक data पैकेट को असाइन किए जाते हैं।

Data लिंक लेयर में data यूनिट को फ्रेम कहा जाता है। एक फ्रेम को एक कंप्यूटर से दूसरे कंप्यूटर में ट्रान्सफर किया जाता है और ट्रांसमिशन एक ट्रांसमिशन मीडिया जैसे तार, केबल आदि के माध्यम से किया जाता है। sender और रिसीवर कंप्यूटर दोनों में NIC होता है जो फ्रेम भेजने और receive करने में मदद करता है। ये NICs sender और रिसीवर में प्रस्तुत करते हैं, sender और रिसीवर के बीच एक physical लिंक provide करता है।



- यह layer data frames के error-free transfer के लिए responsible है।
- यह नेटवर्क पर data के format को defines करता है।
- यह दो या दो से अधिक devices के बीच एक reliable and efficient communication provide करता है।
- यह local नेटवर्क पर रहने वाले प्रत्येक device की unique identification के लिए मुख्य रूप से responsible है। इसमें दो sub-layers शामिल हैं—

Logical Link Control Layer

- पैकेट को रिसीवर के नेटवर्क लेयर पर ट्रांसफर करने के लिए responsible होता है।
- यह हेडर से नेटवर्क लेयर प्रोटोकॉल के address की पहचान करता है।
- यह flow control भी provide करता है।

Media Access Control Layer

- मीडिया एक्सेस कंट्रोल लेयर लॉजिकल लिंक कंट्रोल लेयर और नेटवर्क की फिजिकल लेयर के बीच का link है।
- इसका उपयोग पैकेट को नेटवर्क पर ट्रान्सफर करने के लिए किया जाता है।

Functions of the Data-link layer

1. Framing—Data लिंक लेयर रॉ (raw) बिट स्ट्रीम को packets के रूप में translate करता है जिन्हें फ्रेम कहा जाता है। data लिंक layer फ्रेम में हेडर और trailer को जोड़ता है। हेडर जो फ्रेम में जोड़ा जाता है उसमें हार्डवेयर डेस्टिनेशन और सोर्स एड्रेस contain करता है।

Header	Packet	Trailer

2. Physical Addressing—Data लिंक लेयर फ्रेम में एक हेडर को जोड़ता है जिसमें डेस्टिनेशन एड्रेस होता है। फ्रेम को हेडर में mentioned destination address पर transmit किया जाता है।

3. Flow control—फ्लो कंट्रोल डाटा-लिंक लेयर का main function है। यह वह तकनीक है जिसके माध्यम से दोनों तरफ constantt data rate को बनाए रखा जाता है ताकि कोई data corrupt न हो।

4. Error Control—Data लिंक लेयर के ट्रेलर में रखी गई एक calculated value CRC (साइक्लिक रिडंडेसी चेक) को जोड़कर Error control को achieve किया जाता है जिसे physical layer पर भेजे जाने से पहले message फ्रेम में जोड़ा जाता है। यदि कोई error प्रतीत होती है, तो रिसीवर corrupted फ्रेम के retransmission के लिए acknowledgment भेजता है।

5. Access Control—जब दो या दो से अधिक devices को समान link द्वारा जोड़ा जाता है, तब डाटा लिंक लेयर protocols द्वारा यह निर्धारण किया जाता है कि किस devices को दिये गये समय में लाइन पर Control प्राप्त होगा।

डाटा लिंक लेयर की समस्याएँ (Challenges of data link layer)–इतना सब कुछ होने के बाद भी डाटा लिंक लेयर की अपनी कुछ समस्याएं हैं जिन्हें हम डिजाईन इश्यूज कह सकते हैं। इसकी चर्चा हम नीचे करेंगे—

- इसकी सबसे बड़ी समस्या यह है कि धीमे रिसीवर के होने के बावजूद डाटा के ट्रांसमिशन को कैसे तेज गति से बनाये रखा जाए। इसमें एक ट्रैफिक को रेगुलेट करने वाले मैकेनिज्म की भी जरूरत है जो यह बता सके कि अभी रिसीवर के पास कितना बफर स्पेस है।
- डाटा लिंक लेयर में ब्रॉडकास्ट नेटवर्क की भी अतिरिक्त समस्याएं हैं। इसमें शेयर्ड चैनल के एक्सेस को कण्ट्रोल कैसे करें? यह भी एक समस्या है। वैसे MAC जो कि इसका एक सबलेयर है वह इस समस्या का समाधान करता है।

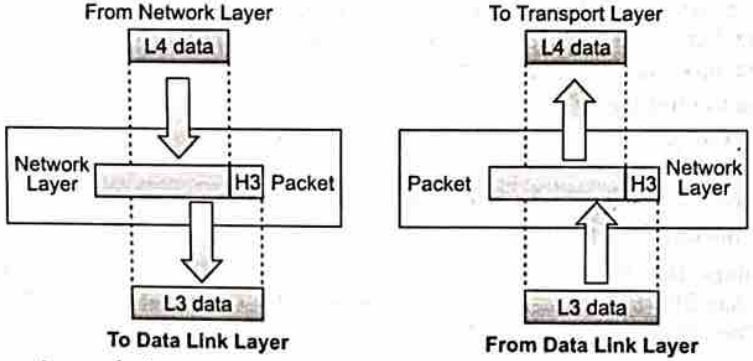
3. Network Layer

नेटवर्क लेयर का मुख्य उद्देश्य ट्रांसपोर्ट लेयर से data segments receive करना और उन्हें अलग-अलग नेटवर्क पर एक कंप्यूटर से दूसरे कंप्यूटर में ट्रांसफर करना है।

नेटवर्क लेयर OSI model का तीसरा लेयर है। इस लेयर में switching तथा routing तकनीक का प्रयोग किया जाता है। इसका कार्य लॉजिकल एड्रेस अर्थात I.P. address उपलब्ध कराना है।

इस Layer का मुख्य कार्य Packet को बनाना होता है। एक Packet दो Objects से मिलकर बना होता है जिसमें First Object Data Portion and second Destination का Address होता है।

यह Layer Multiple Networks में Packet की Source से Destination तक की Delivery के लिए Responsible होती है। Network layer यह Insure करती है प्रत्येक Packet, Source point से Last destination पर प्राप्त होता है।



- यह लेयर 3 है जो डिवाइस के एड्रेसिंग को मैनेज तथा नेटवर्क पर डिवाइसेस की लोकेशन को track करता है।

- यह नेटवर्क की conditions, priority of service और अन्य factors के आधार पर data को source से destination तक से जाने के लिए सबसे अच्छा मार्ग provide करता है।
- पैकेट को route and forward करने के लिए नेटवर्क layer responsible है।
- राउटर लेयर 3 डिवाइस हैं, उन्हें इस लेयर में specify किया जाता है और internetwork में routing services provide करने के लिए उपयोग किया जाता है।
- नेटवर्क ट्रैफ़िक को रूट करने के लिए उपयोग किए जाने वाले प्रोटोकॉल को नेटवर्क लेयर प्रोटोकॉल के रूप में जाना जाता है। प्रोटोकॉल के उदाहरण IP और Ipv6 हैं।

Functions of Network Layer

1. Internetworking—Internetworking नेटवर्क layer की main responsibility है। यह विभिन्न devices के बीच एक logical connection प्रदान करता है।

2. Logical Addressing—इंटरनेट पर डिवाइस की पहचान करने के लिए एड्रेसिंग का उपयोग किया जाता है। फ्रेम के हेडर में सोर्स और डेस्टिनेशन एड्रेस को जोड़ा जाता है।

3. Packetizing—A Network Layer receives the packets from the upper layer and converts them into packets. This process is known as Packetizing. It is achieved by internet protocol (IP).

4. Routing—रूटिंग नेटवर्क layer का प्रमुख component है, और यह source से destination तक के multiple paths में से best optimal path निर्धारित करता है।

5. Packetizing—Source पर एक नेटवर्क लेयर पैकेट में नेटवर्क की ऊपरी परतों (जिसे पेलोड भी कहा जाता है) से प्राप्त डेटा को इनकैप्सुलेट करने की process और destination पर नेटवर्क लेयर पैकेट से पेलोड को डिक्लेक्ट करना, पैकेटिंग के रूप में जाना जाता है।

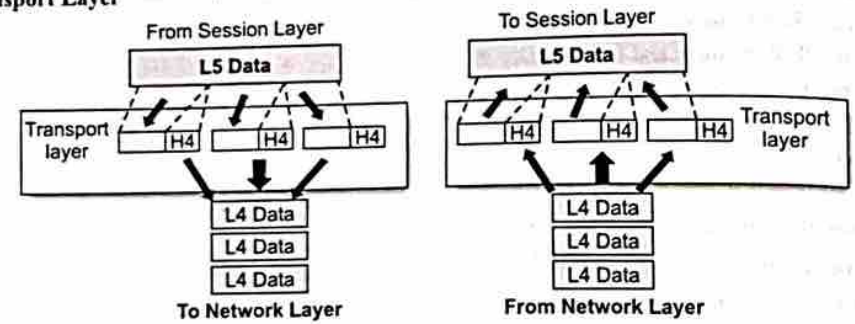
नेटवर्क लेयर के लाभ (Advantages of Network Layer)

- नेटवर्क लेयर में पैकटाइजेशन सर्विस डेटा पैकेट के transport में आसानी प्रदान करती है।
- पैकेटीकरण डेटा संचार प्रणालियों में विफलता के एकल बिंदुओं को भी समाप्त करता है।
- नेटवर्क लेयर में मौजूद राउटर टकराव और प्रसारण डोमेन बनाकर नेटवर्क ट्रैफिक को कम करते हैं।
- फॉरवर्डिंग की मदद से, नेटवर्क में डेटा पैकेट को एक स्थान से दूसरे स्थान पर स्थानांतरित किया जाता है।

नेटवर्क लेयर की समस्याएँ (Issues with Network Layer)

- पैकेट को सोर्स से डेस्टिनेशन तक कैसे पहुंचाया जाए इसका निर्धारण करना सबसे जरूरी है। रूट static टेबल पर आधारित सकता है जो नेटवर्क में वायर्ड होते हैं वे डायनामिक भी हो सकते हैं।
- अगर सबनेट के अंदर बहुत जयादा पैकेट्स हैं तो वे एक-दूसरे के रास्ते में आ सकते हैं। वे एक Bottleneck बना सकते हैं। ऐसे congestion को नियंत्रित करना भी नेटवर्क लेयर की ही जिम्मेवारी होती है।
- सर्विस की गुणवत्ता देना इसकी सबसे बड़ी जिम्मेदारी है। इसका मतलब हुआ delay, समय या jitter वगैरह।
- दूसरे नेटवर्क की एड्रेसिंग अलग हो सकती है, वह बड़े पैकेज को स्वीकार करने में असमर्थ हो सकता है या फिर प्रोटोकॉल अलग हो सकता है। नेटवर्क लेयर को इन सबका ध्यान रखना पड़ता है ताकि ट्रान्सफर अच्छे से हो।

Transport Layer



- ट्रांसपोर्ट लेयर 4 लेयर है जो यह सुनिश्चित करती है कि massage उसी order में transmit किए जाते हैं जिसमें उन्हें भेजा जाता है और data का duplication नहीं होता है।
- ट्रांसपोर्ट लेयर की मुख्य responsibility data को completely ट्रांसफर करना है।
- यह ऊपरी layer से data receive करता है और उन्हें segments के रूप में जानी जाने वाली Smaller units में convert करता है।
- इस layer को एंड-टू-एंड लेयर के रूप में भी जाना जाता है क्योंकि यह data को reliably deliver करने के लिए source और destination के बीच एक पॉइंट-टू-पॉइंट कनेक्शन प्रदान करता है।

The two protocols used in this layer are:

Transmission Control Protocol

- यह एक standard protocol है जो सिस्टम को इंटरनेट पर communicate करने की अनुमति देता है।
- यह hosts के बीच connection establishes और maintains करता है।
- जब data को TCP connection पर भेजा जाता है, तो TCP protocol data को segments में divide करता है। प्रत्येक segment, multiple routes का उपयोग करके इंटरनेट पर travel करता है, और वे destination पर अलग-अलग order में पहुंचते हैं। ट्रांसमिशन कंट्रोल प्रोटोकॉल पैकेट को receiving end पर ही सही क्रम में रखता है।

User Datagram Protocol

- User Datagram Protocol एक transport layer protocol है।
- यह एक unreliable transport protocol है क्योंकि रिसीवर पैकेट receive होने पर कोई acknowledgment नहीं भेजता है, sender किसी भी acknowledgment की wait नहीं करता है। इसलिए, यह एक प्रोटोकॉल unreliable बनाता है।

Functions of Transport Layer:

1. Service-point addressing: कंप्यूटर में एक साथ कई program चलाते हैं, क्योंकि source से destination तक data का transmission न केवल एक कंप्यूटर से दूसरे कंप्यूटर पर बल्कि एक process से दूसरे process में भी होता है। ट्रांसपोर्ट लेयर उस हेडर को जोड़ता है जिसमें सर्विस-पाइंट एड्रेस या पोर्ट एड्रेस होता है। नेटवर्क लेयर की responsibility data को एक कंप्यूटर से दूसरे कंप्यूटर में ट्रांसफ़र करना और ट्रांसपोर्ट लेयर की responsibility मैसेज को सही process में ट्रांसमिट करना है।

2. Segmentation and reassembly: जब ट्रांसपोर्ट लेयर को ऊपरी लेयर से मैसेज मिलता है, तो यह मैसेज को कई सेगमेंट में विभाजित करता है, और प्रत्येक सेगमेंट को एक sequence number के साथ असाइन किया जाता

है, जो प्रत्येक सेगमेंट को uniquely identifies करता है। जब message destination पर आ जाता है, तो ट्रांसपोर्ट लेयर massage को उनके sequence number के आधार पर reassemble करती है—

3. Connection control: Transport layer दो services provide करती है—Connection-oriented सर्विस और connectionless service । एक connectionless service प्रत्येक segment को एक individual packet के रूप में मानती है, और वे सभी destination तक पहुंचने के लिए different routes में travel करते हैं।

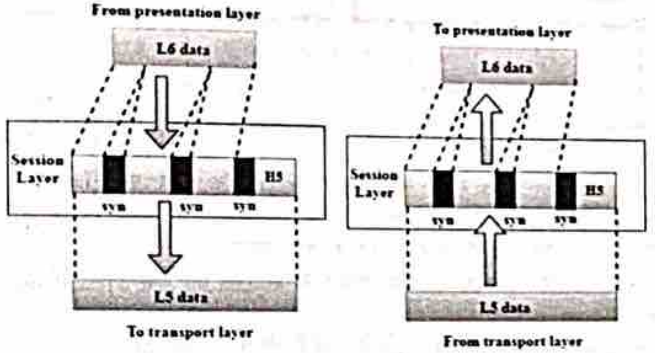
Connection-oriented service पैकेट deliver करने से पहले destination मशीन पर transport layer के साथ एक Connection बनाती है। connection-oriented service में, सभी पैकेट single route में travel करते हैं।

Connection oriented transmission, ट्रांसमिशन कंट्रोल प्रोटोकॉल (TCP) का उपयोग करके किया जाता है। UDP की तुलना में TCP काफी slow है क्योंकि यह फीडबैक provide करता है कि data receive हुआ है या नहीं, इस प्रकार data दोबारा receive नहीं होने पर भेजा जा सकता है। Connectionless transmission, transmission User Datagram protocol (UDP) का उपयोग करके किया जाता है। UDP TCP से अधिक fast है क्योंकि यह फीडबैक प्रदान नहीं करता है कि data वास्तव में रिसीवर की तरफ से receive हुआ है या नहीं।

4. Flow control: Transport layer भी प्रवाह नियंत्रण के लिए responsible है, लेकिन यह single link के end-to-end किया जाता है।

5. Error control: Error control के लिए ट्रांसपोर्ट लेयर भी responsible है। Error control single link के बजाय end-to-end किया जाता है। sender side transport layer यह सुनिश्चित करती है कि massage बिना किसी error के destination पर पहुंचे।

Session Layer



- यह OSI मॉडल में लेयर 5 है।
- Communicating devices के बीच Interaction को establish करने, maintain करने और सिंक्रोनाइज़ करने के लिए Session layer का उपयोग किया जाता है।

Functions of Session layer:

1. Dialog control: Session layer एक dialog controller के रूप में कार्य करती है जो दो processes के बीच एक dialog बनाता है या कह सकते हैं कि यह दो processes के बीच communication की अनुमति देता है जो या तो half duplex or full-duplex हो सकता है।

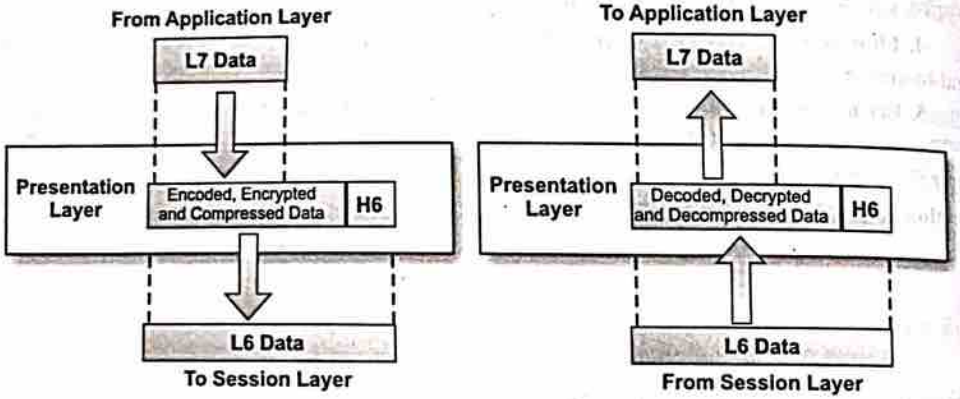
2. Synchronization: Data को एक सीक्वेंस में ट्रांसमिट करते समय सेशन लेयर कुछ checkpoints को जोड़ती है। यदि data के transmission के बीच में कुछ error होती है, तो ट्रांसमिशन फिर से चेकपॉइंट से ही होगा। इस process को सिंक्रोनाइज़ेशन और रिकवरी के रूप में जाना जाता है।

3. Authentication: कंप्यूटर को सर्वर से कनेक्ट किए जाने से पहले, कंप्यूटर को authentication के लिए यूजर का नाम और पासवर्ड provide कराना होगा। authentication की क्रिया और authentication के बाद कनेक्शन स्थापित करने का कार्य Session layer द्वारा किया जाता है।

4. Authorization: एक बार कनेक्शन स्थापित होने के बाद, Session layer जांचती है कि कनेक्टेड कंप्यूटर data को access करने के लिए authorize है या नहीं authorization check करने का यह कार्य Session layer द्वारा भी किया जाता है।

5. Session management: Session layer यह भी जांचती है कि data पैकेट के रूप में सर्वर से जो data receive होता है वह किस एप्लिकेशन का है, उदाहरण के लिए जब आप अपने ब्राउज़र के माध्यम से फेसबुक प्रोफाइल का उपयोग करते हैं, तो फेसबुक सर्वर से ट्रान्सफर data आपके वेब ब्राउज़र में ट्रान्सफर हो जाता है। इस प्रकार Session layer Session management में मदद करती है।

Presentation Layer



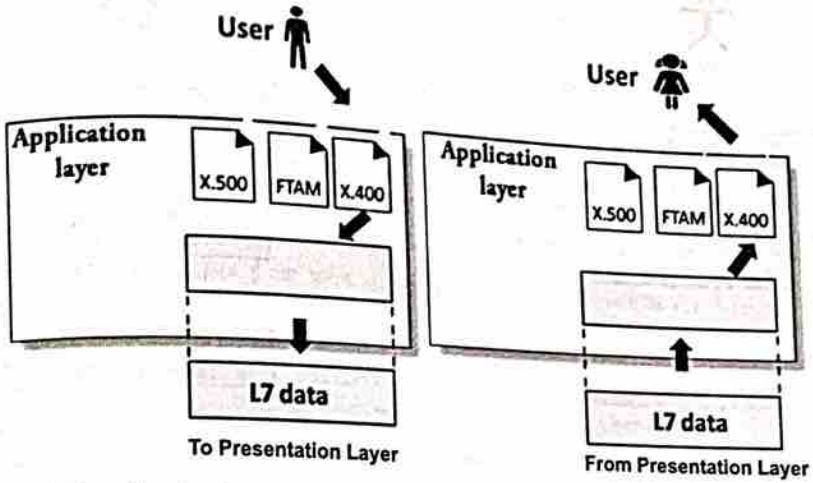
- एक Presentation layer मुख्य रूप से दो systems के बीच एक्सचेंज की गई इनफार्मेशन के syntax और semantics से related है।
- यह नेटवर्क के लिए data ट्रांसलेटर के रूप में कार्य करता है।
- यह layer ऑपरेटिंग सिस्टम का एक हिस्सा है जो data को एक Presentation format से दूसरे format में convert करता है।
- Presentation layer को सिंटैक्स layer के रूप में भी जाना जाता है।

Functions of Presentation layer

1. Translation : दो systems की processes information character strings, numbers आदि के रूप में एक्सचेंज करती हैं। विभिन्न कंप्यूटर विभिन्न एन्कोडिंग विधियों का उपयोग करते हैं, Presentation layer विभिन्न एन्कोडिंग विधियों के बीच अंतर को संभालती है। यह sender-dependent format से data को एक common format में convert करता है और common format को receiver-dependent format में रिसीवर एंड में बदल देता है।

2. Encryption : गोपनीयता बनाए रखने के लिए एन्क्रिप्शन की आवश्यकता होती है। एन्क्रिप्शन sender-transmitted information को दूसरे रूप में परिवर्तित करने की एक process है और नेटवर्क पर परिणामी message भेजता है।

3. Compression : Data compression, data को compress करने का एक process है, यानी, यह बिट्स की संख्या को कम करता है। मल्टीमीडिया में टेक्स्ट, ऑडियो, वीडियो जैसे data कम्प्रेशन बहुत महत्वपूर्ण है।



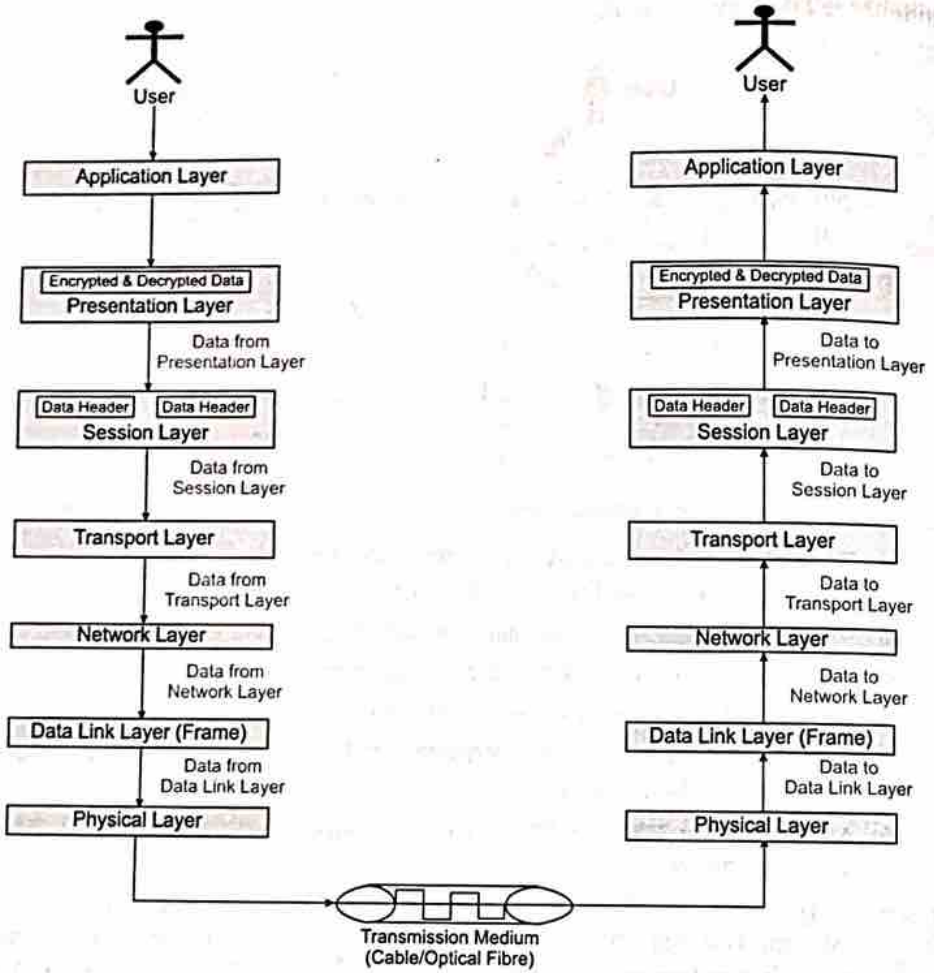
- एक application layer network service का उपयोग करने के लिए users और application processes के लिए एक विंडो के रूप में कार्य करती है।
- यह नेटवर्क transparency, resource allocation आदि जैसे issues को handle करता है।
- एक एप्लीकेशन लेयर एक एप्लीकेशन नहीं है, यह एक फंक्शन है।
- यह layer end-users को network services प्रदान करती है।
- एप्लीकेशन लेयर का उपयोग कंप्यूटर एप्लीकेशन जैसे कि Google chrome, outlook, Firefox, Skype आदि द्वारा किया जाता है।
- Application layer उदाहरण के लिए कंप्यूटर applications द्वारा उपयोग किए जाने वाले प्रोटोकॉल को define करती है।
- HTTP और HTTPS प्रोटोकॉल का उपयोग वेब ब्राउज़र जैसे कि Google chrome, Firefox, Safarl आदि द्वारा किया जाता है। FTP प्रोटोकॉल का उपयोग दो या अधिक कंप्यूटरों के बीच फाइल ट्रांसफर के लिए किया जाता है। SMTP प्रोटोकॉल का उपयोग ईमेल के लिए किया जाता है। टेलनेट का उपयोग आभासी टर्मिनलों के लिए किया जाता है।
- दर्जनों अन्य प्रोटोकॉल हैं जो एप्लिकेशन लेयर बनाते हैं, जैसे NFS, FMTP, DHCP, SNMP, POP3, IRC, NNTP आदि।

Functions of Application layer

1. File transfer, access, and management (FTAM)—एक एप्लीकेशन लेयर एक user को remote computer में फ़ाइलों को एक्सेस करने, कंप्यूटर से फ़ाइलों को retrieve करने और remote computer में फ़ाइलों को manage करने की अनुमति देता है।

2. Mail services—एक application layer ई-मेल forwarding और storage के लिए सुविधा प्रदान करती है।

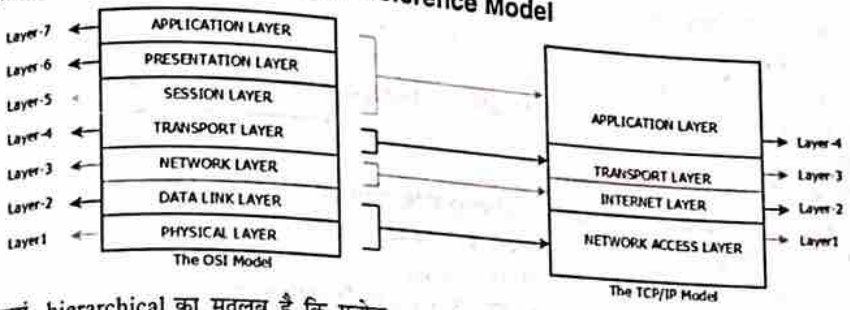
3. Directory services—एक application distributed database source provide करता है और इसका उपयोग विभिन्न objects के बारे में global information प्रदान करने के लिए किया जाता है।



6.9. TCP/IP Model: Definition

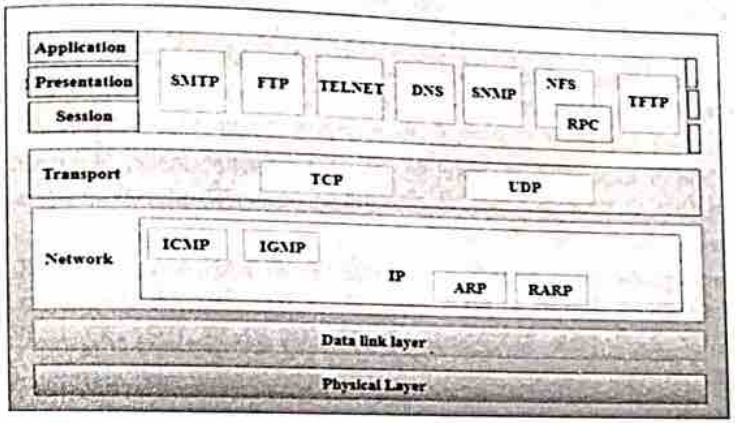
- OSI मॉडल से पहले TCP/IP मॉडल विकसित किया गया था।
- TCP/IP मॉडल OSI मॉडल के समान नहीं है।
- TCP/IP मॉडल में पांच layers होती हैं: एप्लिकेशन लेयर, ट्रांसपोर्ट लेयर, नेटवर्क लेयर, data लिंक लेयर और फिजिकल लेयर।
- पहली चार layers physical standards, नेटवर्क इंटरफेस, इंटरनेटवर्क और transport फंक्शन provide करती हैं जो OSI मॉडल की पहली चार परतों के अनुरूप होती हैं और इन चार परतों को एक layer द्वारा TCP/IP मॉडल में represent किया जाता है जिसे एप्लीकेशन लेयर कहा आता है।
- TCP/IP Interactive modules से बना एक hierarchical protocol है, और उनमें से प्रत्येक specific functionality provide कराता है।

Architecture and Layers: TCP/IP Reference Model



यहां, hierarchical का मतलब है कि प्रत्येक upper-layer protocol दो या अधिक lower-level protocols द्वारा समर्थित है।

Functions of TCP/IP layers



Network Access Layer

- एक नेटवर्क लेयर TCP/IP मॉडल की सबसे lower layer है।
- एक नेटवर्क लेयर OSI reference model में परिभाषित physical layer और data लिंक layer का combination है।
- यह परिभाषित करता है कि नेटवर्क के माध्यम से data को physical रूप से कैसे भेजा जाना चाहिए।
- The protocols used by this layer are Ethernet, token ring, FDDI, X.25, frame relay.
- यह layer मुख्य रूप से एक ही नेटवर्क पर दो devices के बीच data के transmission के लिए responsible है। इस layer द्वारा किए गए कार्य, नेटवर्क द्वारा transmitted फ्रेम में IP डेटाग्राम को एन्कैप्युलेट करते हैं और IP addresses को physical address में mapping करते हैं।
- इस layer द्वारा use होने वाले प्रोटोकॉल ईथरनेट, टोकन रिंग, FDDI, X.25, फ्रेम रिले हैं।

Internet Layer

- एक इंटरनेट layer TCP/IP model की दूसरी layer है।
- एक इंटरनेट लेयर को नेटवर्क लेयर के नाम से भी जाना जाता है।

- इंटरनेट लेयर की main responsibility पैकेटों को किसी भी नेटवर्क से, क्रिसी रूट से होकर destination तक पहुँचाने की है।

इस layer में प्रयुक्त प्रोटोकॉल निम्नलिखित हैं—

1. IP Protocol: इस layer में आईपी प्रोटोकॉल का उपयोग किया जाता है, और यह पूरे TCP/IP suite का सबसे महत्वपूर्ण हिस्सा है।

इस प्रोटोकॉल की जिम्मेदारियां निम्नलिखित हैं:

- **IP Addressing:** यह प्रोटोकॉल लॉजिकल होस्ट एड्रेस को Implement करता है। IP address का उपयोग इंटरनेट और higher layers द्वारा डिवाइस की पहचान करने और इंटरनेटवर्क routing provide करने के लिए किया जाता है।
- **Host-to-host communication:** यह उस path को निर्धारित करता है जिसके माध्यम से data को प्रेषित किया जाना है।
- **Data Encapsulation and Formatting:** एक IP protocol transport layer protocol के data को accept करता है। एक IP protocol यह ensure करता है कि data को securely send और receive किया जाता है, यह data को IP datagram के रूप में encapsulate करता है।
- **Fragmentation and Reassembly:** data लिंक लेयर प्रोटोकॉल द्वारा IP डेटाग्राम के आकार पर लगाई गई सीमा को अधिकतम ट्रांसमिशन यूनिट (MTU) के रूप में जाना जाता है। यदि IP डेटाग्राम का आकार MTU इकाई से अधिक है, तो IP प्रोटोकॉल डेटाग्राम को छोटी इकाइयों में विभाजित करता है ताकि वे local नेटवर्क पर travel कर सकें। Fragmentation sender या Intermediate router द्वारा किया जा सकता है। रिसीवर की ओर, सभी fragments को original message बनाने के लिए reassembled किया जाता है।
- **Routing:** जब IP datagram को उसी local नेटवर्क जैसे LAN, MAN, WAN पर भेजा जाता है, तो इसे डायरेक्ट डिलीवरी के रूप में जाना जाता है। जब source और destination दूर के नेटवर्क पर होते हैं, तो आईपी डेटाग्राम Indirectly भेजा जाता है। यह राउटर जैसे विभिन्न उपकरणों के माध्यम से आईपी डेटाग्राम को रूट करके पूरा किया जा सकता है।

2. ARP Protocol

- ARP का मतलब Address Resolution Protocol है।
- ARP एक network layer protocol है जिसका उपयोग IP एड्रेस से physical address खोजने के लिए किया जाता है।
- दो शब्द मुख्य रूप से ARP प्रोटोकॉल से जुड़े हैं।
- **ARP request:** जब कोई sender डिवाइस का physical address जानना चाहता है, तो वह ARP request को नेटवर्क पर broadcast करता है।
- **ARP reply:** नेटवर्क से जुड़ी प्रत्येक डिवाइस ARP request को accept करेगी और रिक्वेस्ट को process करेगी, लेकिन केवल रिसीवर IP एड्रेस को पहचानता है और ARP reply के रूप में अपना physical एड्रेस वापस भेजता है। यह एक मैक एड्रेस रिस्पांस है जो कि सोर्स डेस्टिनेशन से प्राप्त करता है और उसके बाद ये आगे के डाटा के कम्युनिकेशन के लिए जुड़ जाता है।

3. ICMP Protocol

- ICMP का मतलब Internet Control Message Protocol है।
- यह hosts या राउटर द्वारा उपयोग किया जाने वाला एक mechanism है जो भेजने वाले को वापस डेटाग्राम problems के बारे में notifications भेजने के लिए उपयोग करता है।

- एक डेटाग्राम राउटर-से-राउटर तक travel करता है जब तक कि वह अपने destination तक न पहुंच जाए। यदि राउटर कुछ unusual conditions (जैसे कि disabled links) के कारण data को रूट करने में असमर्थ है, तो डिवाइस में network congestion है, तो ICMP प्रोटोकॉल का उपयोग sender को inform करने के लिए किया जाता है कि डेटाग्राम undeliverable है।
- एक ICMP प्रोटोकॉल मुख्य रूप से दो शब्दों का उपयोग करता है:

ICMP Test: ICMP टेस्ट का उपयोग यह test करने के लिए किया जाता है कि destination उपलब्ध है या नहीं।

ICMP Reply: ICMP रिप्लाई का इस्तेमाल यह जांचने के लिए किया जाता है कि डेस्टिनेशन डिवाइस जवाब दे रहा है या नहीं।

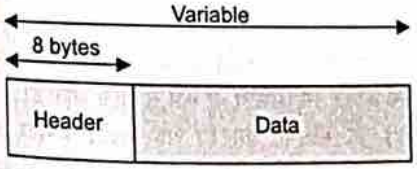
- ICMP प्रोटोकॉल की मुख्य जिम्मेदारी समस्याओं की रिपोर्ट करना है, न कि उन्हें सही करना। सुधार की जिम्मेदारी sender के पास है।
- ICMP messages को केवल source को भेज सकता है intermediate routers को नहीं

Transport Layer

- Transport layer नेटवर्क पर भेजे जा रहे data की reliability, flow control, and correction के लिए responsible है।
- ट्रांसपोर्ट लेयर में उपयोग किए जाने वाले दो प्रोटोकॉल User Datagram protocol और Transmission control protocol हैं।

1. User Datagram Protocol (UDP)

- यह connectionless service और ट्रांसमिशन की end-to-end delivery provide करता है। यह एक unreliable protocol है क्योंकि यह error का पता लगाता है लेकिन error को निर्दिष्ट नहीं करता है।
- User Datagram Protocol error का पता लगाता है, और ICMP प्रोटोकॉल उस sender को error रिपोर्ट करता है जो user datagram damaged हो गया है।
- **Source port address:** सोर्स पोर्ट एड्रेस एप्लिकेशन प्रोग्राम का एड्रेस होता है जिसने मैसेज बनाया है।
- **Destination port address:** डेस्टिनेशन पोर्ट एड्रेस उस एप्लिकेशन प्रोग्राम का एड्रेस होता है जो mcessage receive करता है।
- **Total length:** यह बाइट्स में user datagram के बाइट्स की कुल संख्या को परिभाषित करता है।
- **Checksum:** चेकसम एक 16-बिट field है जिसका उपयोग error का पता लगाने में किया जाता है।
- UDP यह specify नहीं करता है कि कौन सा पैकेट खो गया है। UDP में केवल चेकसम होता है इसमें data सेगमेंट की कोई आईडी शामिल नहीं है।



Header Format

Source port address 16 bits	Destination port address 16 bits
Total length 16 bits	Checksum 16 bits

2. Transmission Control Protocol (TCP)

- यह applications को पूर्ण transport layer services provide करता है।
- यह sender और रिसीवर के बीच एक वर्चुअल सर्किट बनाता है, और यह ट्रांसमिशन की अवधि के लिए सक्रिय है।

- TCP एक विश्वसनीय प्रोटोकॉल है क्योंकि यह error का पता लगाता है और damaged frames को retransmit करता है। इसलिए, यह सुनिश्चित करता है कि ट्रांसमिशन पूरा होने से पहले सभी सेगमेंट्स को receive और स्वीकार किया जाना चाहिए।

At the sending end, TCP पूरे massage को segment में विभाजित करता है, और प्रत्येक segment में एक Sequence संख्या होती है जो original massage बनाने के लिए फ्रेम को reordering करने की आवश्यकता होती है।

At the sending end, TCP सभी सेगमेंट को एकत्रित करता है और sequence संख्या के आधार पर उन्हें फिर से व्यवस्थित करता है।

Application Layer

- TCP/IP model में application layer सबसे ऊपरी layer है।
- यह high-level protocols, representation के issues को handle के लिए responsible है।
- यह layer उपयोगकर्ता को एप्लिकेशन के साथ इंटरेक्ट करने की अनुमति देती है।
- जब एक एप्लिकेशन लेयर प्रोटोकॉल किसी अन्य एप्लिकेशन लेयर के साथ Communicate करना चाहता है, तो वह ट्रांसपोर्ट लेयर के लिए अपना data फॉरवर्ड करता है।
- Application layer में एक अस्पष्टता है। communication system के साथ interact करने वालों के अलावा हर एप्लिकेशन को एप्लिकेशन layer के अंदर नहीं रखा जा सकता है। उदाहरण के लिए: वेब एडिटर HTTP प्रोटोकॉल का उपयोग करते हुए नेटवर्क के साथ इंटरैक्ट करने के लिए, जहां HTTP प्रोटोकॉल एक एप्लीकेशन लेयर प्रोटोकॉल है, वहां टेक्स्ट एडिटर को एप्लिकेशन लेयर में नहीं माना जा सकता है।

Application layer में प्रयुक्त मुख्य प्रोटोकॉल निम्नलिखित हैं—

1. HTTP: HTTP का अर्थ हाइपरटेक्स्ट ट्रांसफर प्रोटोकॉल (Hypertext transfer protocol) है। यह प्रोटोकॉल हमें वर्ल्ड वाइड वेब पर data एक्सेस करने की अनुमति देता है। यह data को सादे टेक्स्ट, ऑडियो, वीडियो के रूप में ट्रान्सफर करता है। यह एक हाइपरटेक्स्ट ट्रांसफर प्रोटोकॉल के रूप में जाना जाता है क्योंकि इसमें हाइपरटेक्स्ट environment उपयोग करने की efficiency है जहां एक डॉक्यूमेंट से दूसरे डॉक्यूमेंट में आसानी से navigate कर सकते हैं।

2. SNMP: यह एक सरल नेटवर्क प्रबंधन प्रोटोकॉल (Simple Network Management Protocol) है। यह TCP/IP प्रोटोकॉल सूट का उपयोग करके इंटरनेट पर डिवाइस मैनेजमेंट के लिए उपयोग किया जाने वाला एक framework है।

3. SMTP: सिंपल मेल ट्रांसफर प्रोटोकॉल (Simple mail transfer protocol) है। ई-मेल को support करने वाले TCP/IP प्रोटोकॉल को एक साधारण मेल ट्रांसफर प्रोटोकॉल के रूप में जाना जाता है। इस प्रोटोकॉल का उपयोग data को दूसरे ई-मेल एड्रेस पर भेजने के लिए किया जाता है।

4. DNS: डोमेन नाम प्रणाली (Domain Name System) है। इंटरनेट से किसी होस्ट के कनेक्शन की पहचान करने के लिए एक IP एड्रेस का उपयोग किया जाता है। लेकिन, अधिकतर यूजर एड्रेस के बजाय नामों का उपयोग करना पसंद करते हैं। इसलिए, जो सिस्टम एड्रेस पर नाम दिखाता है, उसे डोमेन नेम सिस्टम के रूप में जाना जाता है।

5. TELNET: यह टर्मिनल नेटवर्क (Terminal Network) का संक्षिप्त नाम है। यह local कंप्यूटर और remote कंप्यूटर के बीच connection को इस तरह से establishes करता है कि local terminal remote system पर एक टर्मिनल के जैसे है ।

6. FTP: FTP का मतलब फाइल ट्रांसफर प्रोटोकॉल है। एफ़टीपी एक मानक इंटरनेट प्रोटोकॉल है, जिसका उपयोग फ़ाइलों को एक कंप्यूटर से दूसरे कंप्यूटर में भेजने के लिए किया जाता है।

6.9.1. Comparison between OSI and TCP/IP model

TCP/IP MODEL
Application Layer
Transport Layer
Internet Layer
Network Access Layer

OSI MODEL
Application Layer
Presentation Layer
Session Layer
Transport Layer
Network Layer
Data Link Layer
Physical Layer

	OSI (ओपन सिस्टम इंटरकनेक्शन)	टीसीपी/आईपी (ट्रांसमिशन कंट्रोल प्रोटोकॉल/ इंटरनेट प्रोटोकॉल)
1.	OSI एक सामान्य, प्रोटोकॉल स्वतंत्र मानक है, जो नेटवर्क और अंतिम उपयोगकर्ता के बीच संचार द्वार के रूप में कार्य करता है।	टीसीपी/ आईपी मॉडल मानक प्रोटोकॉल पर आधारित है जिसके आसपास इंटरनेट विकसित हुआ है। यह एक संचार प्रोटोकॉल है, जो एक नेटवर्क पर मेजबानों के कनेक्शन की अनुमति देता है।
2.	OSI मॉडल में ट्रांसपोर्ट लेयर पैकेट की डिलीवरी की गारंटी देता है।	टीसीपी/ आईपी मॉडल में परिवहन परत पैकेटों के वितरण की गारंटी नहीं देती है। फिर भी टीसीपी / आईपी मॉडल अधिक विश्वसनीय है।
3.	ऊर्ध्वाधर दृष्टिकोण का अनुसरण करता है।	क्षैतिज दृष्टिकोण का पालन करता है।
4.	*******	*******
5.	ट्रांसपोर्ट लेयर कनेक्शन ओरिएंटेड है।	ट्रांसपोर्ट लेयर कनेक्शन ओरिएंटेड और कनेक्शन कम दोनों है।
6.	नेटवर्क लेयर कनेक्शन ओरिएंटेड और कनेक्शन कम दोनों है।	नेटवर्क लेयर कम कनेक्शन है।
7.	OSI एक संदर्भ मॉडल है जिसके चारों ओर नेटवर्क बनाए जाते हैं। आम तौर पर इसका उपयोग एक मार्गदर्शन उपकरण के रूप में किया जाता है।	OSI मॉडल के एक तरह से TCP/IP मॉडल है।
8.	OSI मॉडल की नेटवर्क लेयर कनेक्शन ओरिएंटेड और कनेक्शन-लेस सर्विस प्रदान करती है।	टीसीपी/आईपी मॉडल में नेटवर्क परत कनेक्शन-लेस सर्विस प्रदान करती है।
9.	OSI मॉडल में प्रोटोकॉल को मॉडल में फिट करने की समस्या है।	टीसीपी/आईपी मॉडल किसी भी प्रोटोकॉल में फिट नहीं होता है

6.10. Protocols and services

6.10.1 DNS Services and Protocol

डेटा नेटवर्क में, उपकरणों को IP Addresses असाइन किये जाते हैं ताकि वे नेटवर्क पर मेसेज को भेज और प्राप्त कर सकें। संख्यात्मक (न्युमेरिक) IP Addresses को अधिक पहचानने योग्य नाम में बदलने के लिए डोमेन नाम (Domain name) बनाए गए थे।

DNS एक क्लाइंट/सर्वर सर्विस है; हालाँकि यह अन्य क्लाइंट / सर्वर सर्विसों से अलग है, जबकि अन्य सर्विसएं एक क्लाइंट का उपयोग करती हैं जो एक एप्लिकेशन (वेब ब्राउज़र, ईमेल क्लाइंट, एक्ट) है। डीएनएस सर्वर एक क्लाइंट के रूप मे ही चलता है।

DNS क्लाइंट, जिसे कभी-कभी DNS रिज़ॉल्वर कहा जाता है, यह उन सभी अन्य नेटवर्क एप्लिकेशन और अन्य सर्विसों के लिए नाम रिज़ॉल्यूशन (name resolution) का समर्थन करता है जिनकी उसे आवश्यकता होती है। एक DNS सर्वर डेमॉन नाम का उपयोग करके नाम रिजॉल्यूशन (name resolution) प्रदान करता है। डीएनएस सर्वर इंटरनेट के लिए एक फोन बुक के रूप में कार्य करता है। यह मानव-पठनीय (human readable) कंप्यूटर होस्ट नामों को IP Addresses में ट्रांसलेट करता है जिसको सूचना देने के लिए नेटवर्किंग उपकरण की आवश्यकता होती है।

6.10.2 www Services and Protocol

जब कोई URL किसी वेब ब्राउज़र में टाइप किया जाता है, तो ब्राउज़र HTTP का उपयोग करके सर्वर पर चलने वाली वेब सर्विस के लिए एक कनेक्शन स्थापित करता है। URL और URI मे (समान संसाधन पहचानकर्ता) वेब एड्रेस के साथ अधिकांश लोगों के नाम जुड़े हैं।

वेब ब्राउज़र क्लाइंट एप्लीकेशन हैं जिनका उपयोग कंप्यूटर को वर्ल्ड वाइड वेब से कनेक्ट करने और वेब सर्वर पर संग्रहीत संसाधनों तक पहुंचने के लिए उपयोग करते हैं। अधिकांश सर्वर प्रोसेस के साथ, वेब सर्वर एक बैकग्राउंड सर्विस के रूप में चलता है और विभिन्न प्रकार की फाइलें उपलब्ध कराता है।

ब्राउज़र विभिन्न प्रकार के डेटा को इन्टरप्रेट और रिप्रेजेंट कर सकते हैं, जैसे कि प्लेन टेक्स्ट या HTMLI हालांकि, अन्य प्रकार के डेटा के लिए किसी अन्य सर्विस या प्रोग्राम की आवश्यकता हो सकती है, इन्हें आमतौर पर प्लग-इन के रूप में जाना जाता है।

URL को 3 भागों में तोड़ा जा सकता है—

- http: प्रोटोकॉल
- www.google.com: सर्वर नाम
- web-server.htm: विशिष्ट फ़ाइल नाम का अनुरोध किया गया

HTTP, टीसीपी / आईपी सूट में प्रोटोकॉल में से एक, मूल रूप से HTML पेज को प्रकाशित (पब्लिश) पुनप्राप्त करने लिए विकसित (develop) किया गया था और अब इसे वितरित (डिस्ट्रिब्यूटेड), सहयोगी सूचना प्रणालियों (collaborative information system) के लिए उपयोग किया जाता है। HTTP का उपयोग वर्ल्ड वाइड वेब में डेटा ट्रांसफर के लिए किया जाता है और यह सबसे अधिक उपयोग किया जाने वाला एप्लिकेशन प्रोटोकॉल है।

तीन common मेसेज प्रकार—

- GET- डेटा का अनुरोध करने वाला ग्राहक (client)
- POST- सर्वर को भेजे गए मेसेज में डेटा शामिल करता है
- PUT- वेब सर्वर पर संसाधन या सामग्री अपलोड करता है

HTTP एक सुरक्षित प्रोटोकॉल नहीं है। HTTPS प्रोटोकॉल का उपयोग सुरक्षित डेटा को प्रमाणित और एन्क्रिप्ट करने के लिए किया जा सकता है क्योंकि यह क्लाइंट और सर्वर के बीच travel करता है।

6.10.3 E-Mail Services and SMTP/POP protocol

ई-मेल सबसे आम नेटवर्क सर्विस है, जो revolution के लिए जिम्मेदार है कि लोग इसकी simplicity और गति (speed) के माध्यम से कैसे कम्यूनिकेट करते हैं। इसके लिए इसे कंप्यूटर या अन्य एंड (End) डिवाइस पर चलाने के लिए, ई-मेल के लिए कई एप्लिकेशन और सर्विसों की आवश्यकता होती हैं।

पोस्ट ऑफिस प्रोटोकॉल (पीओपी)—यह एक इनबाउंड मेल डिलीवरी प्रोटोकॉल और विशिष्ट क्वाइंट / सर्वर प्रोटोकॉल हैं। यह ई-मेल सर्वर से क्लाइंट (MUA) तक ई-मेल पहुंचाने के लिए जिम्मेदार है।

सिंपल मेल ट्रांसफर प्रोटोकॉल (SMTP) - ई-मेल सर्वर (एमटीए) के लिए भेजने वाले (क्लाइंट) से आउटबाउंड ई-मेल के हस्तांतरण के साथ-साथ ई-मेल सर्वर (एमटीए) एसएमपीटी के बीच ई-मेल के ट्रेवल को नियंत्रित करता है। विभिन्न प्रकार के सर्वर और क्लाइंट सॉफ्टवेयर और इंटरनेट पर ई-मेल विनिमय संभव बनाता है।

6.10.4 E-Mail Server Processes: MTA and MDA

- Mail Transfer Agent (MTA)
- Mail Delivery Agent (MDA)

यह ई-मेल को फॉरवर्ड करने के लिए उपयोग की जाने वाली एक प्रक्रिया है। MTA किसी अन्य ई-मेल सर्वर पर MUA या किसी अन्य MTA मे मैसेज प्राप्त करता है। मेसेज हैडर में वह जानकारी होती है जो निर्धारित करती है कि किसी मेसेज को अपने डेस्टिनेशन तक पहुंचने के लिए कैसे फॉरवर्ड किया जाना है। यदि प्राप्तकर्ता स्थानीय सर्वर पर है, तो मेल एमडीए के पास जाता है। यदि मेल किसी ऐसे उपयोगकर्ता के लिए है जो लोकल सर्वर पर नहीं है, तो MTA ई-मेल को उपयुक्त(एप्रोप्रियेट) सर्वर पर MTA के लिए रूट करता है।

एमडीए एमटीए से सभी इनबाउंड मेल प्राप्त करता है और इसे उपयुक्त उपयोगकर्ता के मेलबॉक्स में रखता है। MDA फाइनल डिलीवरी समस्याओं को भी हल कर सकता है, जैसे कि वायरस स्कैनिंग।

6.10.5 FTP (फाइल ट्रान्सफर प्रोटोकॉल)

यह क्लाइंट और सर्वर के बीच फ़ाइल स्थानांतरण की अनुमति देने के लिए विकसित किया गया है। एफ़टीपी क्लाइंट एक ऐसा एप्लीकेशन है जो एक कंप्यूटर पर चलता है जिसका उपयोग एफ़टीपी डेमॉन चलाने वाले सर्वर से फ़ाइलों को पुश और पुल करने के लिए किया जाता है।

फ़ाइलों को सफलतापूर्वक स्थानांतरित करने के लिए, FTP को क्लाइंट और सर्वर के बीच दो कनेक्शनों की आवश्यकता होती है: पहला कमांड और रिप्लाई के लिए, और दूसरा वास्तविक फ़ाइल स्थानांतरण के लिए।

टीसीपी पोर्ट 21 का उपयोग प्रथम सर्वर को जोड़ने के लिए किया जाता है। ट्रैफ़िक को नियंत्रित करने के लिए उपयोग किया जाता है, जिसमें क्लाइंट कमांड और सर्वर रिप्लाई शामिल होते हैं।

टीसीपी पोर्ट 20 दूसरा कनेक्शन है। वास्तविक फ़ाइल स्थानांतरण के लिए उपयोग किया जाता है और हर बार फ़ाइल स्थानांतरित होने पर क्रिएट किया जाता है।

6.10.6 DHCP

डायनामिक होस्ट कॉन्फ़िगरेशन प्रोटोकॉल (DHCP) एक नेटवर्क management प्रोटोकॉल है जिसका उपयोग इंटरनेट प्रोटोकॉल नेटवर्क पर किया जाता है, DHCP प्रत्येक नेटवर्क पर प्रत्येक डिवाइस को dynamically एक आईपी एड्रेस और अन्य नेटवर्क कॉन्फ़िगरेशन पैरामीटर assign करता है ताकि वे अन्य आईपी नेटवर्क के साथ communicate कर सकें।

DHCP stands for 'Dynamic Host Configuration Protocol'. DHCP का हिंदी में मतलब डाइनामिक होस्ट कॉन्फिगरेशन प्रोटोकॉल' होता है। यह एक Network Management Protocol जिसका उपयोग UDP/IP Networks पर किया जाता है।

यह किसी Device या Node पर Dynamically internet Protocol Assign करने का कार्य करता है जिसकी साहयता से यह किसी अन्य Internet Protocol Network से Communicate कर पता है।

DHCP की Help ही Computer Automatically IP Address और Networking Parameters की Request Internet Service Provider से करता है, यह बिना किसी Networking Administrator के Work कर सकता है।

डीएचसीपी सर्वर से IP Addresses और अन्य जानकारी प्राप्त करने के लिए एक नेटवर्क पर क्लाइंट्स को सक्षम करता है। प्रोटोकॉल आईपी एड्रेस , सबनेट मास्क, गेटवे और अन्य आईपी नेटवर्किंग मापदंडों के असाइनमेंट को स्वचालित (ऑटोमेट) करता है।

स्थापित करते हैं । यह प्रोटोकॉल फ़ाइल सिस्टम एक्सेस का वर्णन करता है और इंगित करता है कि क्लाइंट फ़ाइलों के लिए अनुरोध कैसे कर सकते हैं। यह एसएमबी प्रोटोकॉल इंटरप्रोसेस संचार का भी वर्णन करता है । सभी एसएमबी मेसेज एक सामान्य प्रारूप साझा करते हैं।

SMB मेसेज निम्न कार्य कर सकते हैं—

- सेशन स्टार्ट authenticate , और समाप्त करना
- फ़ाइल और प्रिंटर के उपयोग को कण्ट्रोल करना।
- किसी एप्लिकेशन को या किसी अन्य डिवाइस से मेसेज भेजने या प्राप्त करने की अनुमति देना।

6.10.7 P2P Services and Gnutella Protocol

Cnutella प्रोटोकॉल पर आधारित P2P अनुप्रयोगों के साथ, लोग अपनी हार्ड डिस्क पर फ़ाइलों को डाउनलोड कर दूसरों के लिए उपलब्ध करा सकते हैं। कई पी 2 पी एप्लिकेशन peer पर उपलब्ध सभी फाइलों को रिकॉर्ड करने के लिए एक केंद्रीय डेटाबेस का उपयोग नहीं करते हैं। इसके बजाय, नेटवर्क पर मौजूद उपकरण प्रत्येक को यह बताते हैं कि कौन-सी फाइलें उपलब्ध हैं और कब और किन संसाधनों का समर्थन करने के लिए Gnutella प्रोटोकॉल और सर्विसों का उपयोग किया जाता है। जब कोई उपयोगकर्ता Gnutella सर्विस से जुड़ा होता है, तो क्लाइंट एप्लिकेशन कनेक्ट होने के लिए अन्य Gnutella नोड की खोज करेगा। ये नोड्स रिसोर्स लोकेशन और उन अनुरोधों के उत्तर के लिए प्रश्नों को हैंडल करते हैं। वास्तविक फ़ाइल ususally HTTP सर्विसों पर निर्भर करती है।

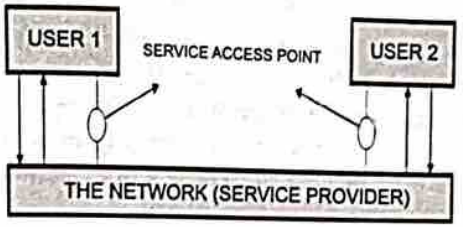
6.10.8 Telnet Services and Protocol

एक क्लाइंट / सर्वर प्रोटोकॉल जो डेटा नेटवर्क पर टेक्स्ट - बेस्ड टर्मिनल उपकरणों का अनुकरण (emulat) करने का एक स्टैण्डर्ड मेथड प्रदान करता है। दोनों प्रोटोकॉल और क्लाइंट सॉफ्टवेयर जो प्रोटोकॉल को लागू करते हैं, उन्हें आमतौर पर टेलनेट के रूप में जाना जाता है। प्रत्येक टेलनेट कमांड में कम से कम 2 बाइट्स होते हैं । पहला बाइट एक स्पेशल केरेक्टर है जिसे इंटरप्रिटेशन इन कमांड (IAC) कहा जाता है IAC केरेक्टर अगले बाइट को टेक्स्ट के बजाय कमांड के रूप में परिभाषित करता है। टेलनेट एक वर्चुअल डिवाइस बनाने के लिए सॉफ़्टवेयर का उपयोग करता है जो सर्वर कमांड-लाइन इंटरफ़ेस (CLI) तक एक्सेस के साथ टर्मिनल session की समान सुविधाएँ प्रदान करता है। यद्यपि टेलनेट प्रोटोकॉल यूजर ऑथेंटिकेशन का समर्थन करता है, यह एन्क्रिप्टेड डेटा के ट्रांसपोर्ट का समर्थन नहीं करता है।

टेलनेट सत्र के दौरान सभी एक्सचेंज को पूरे नेटवर्क में सिंपल टेक्स्ट के रूप में पहुंचाया जाता है।

6.11. What are Services?

ये ऐसे ऑपरेशन हैं जो एक परत OSI रिफरेन्स मॉडल में इसके ऊपर की परत को प्रदान कर सकते हैं यह ऑपरेशन को परिभाषित करता है और बताता है कि एक लेयर प्रेजेंटेशन के लिए तैयार है लेकिन यह इन कार्यों के कार्यान्वयन के बारे में कुछ भी specify नहीं करता है।



एक लेयर से दूसरी लेयर को दी गई ये दो सर्विसएँ हैं। ये सर्विसएं हैं:

1. Connection Oriented Service
2. Connectionless Services

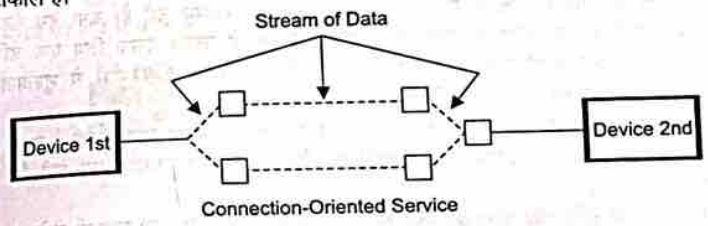
6.11.1. Connection oriented and connectionless services

कनेक्शन-ओरिएंटेड सर्विस और कनेक्शन-लेस सर्विस दोनों का उपयोग दो या दो से अधिक उपकरणों के बीच कनेक्शन स्थापित करने के लिए किया जाता है। इस प्रकार की सर्विस नेटवर्क लेयर द्वारा दी जाती हैं।

कनेक्शन-ओरिएंटेड सर्विस टेलीफोन प्रणाली से संबंधित है। इसमें कनेक्शन establish और कनेक्शन टर्मिनेशन शामिल है। कनेक्शन- ओरिएंटेड सर्विस में, सेन्डर और रिसीवर के बीच कनेक्शन स्थापित करने के लिए हैंडशेक विधि का उपयोग किया जाता है।

कनेक्शन ओरिएंटेड और कनेक्शन लेस सर्विस नेटवर्क लेयर प्रोटोकॉल और ट्रांसपोर्ट लेयर प्रोटोकॉल द्वारा प्रदान की जाने बाली दो डेटा ट्रांसमिशन सर्विसएं हैं। कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विसएं सोर्स से डेस्टिनेशन तक एक ही मेसेज से संबंधित पैकेट भेजने से पहले एक कनेक्शन स्थापित करती हैं। दूसरी तरफ, कनेक्शन-लेस सर्विस एक ही मेसेज से संबंधित प्रत्येक पैकेट को एक अलग और इंडिपेंडेंट यूनिट के रूप में मानती है और उन्हें एक अलग पथ के साथ मार्ग देती है।

कनेक्शन ओरिएंटेड और कनेक्शन लेस सर्विसएं नेटवर्क परत और परिवहन परत पर अलग अलग व्यवहार दिखाती हैं। यहाँ दोनों परतों यानी नेटवर्क लेयर और ट्रांसपोर्ट लेयर पर कनेक्शन-ओरिएंटेड और कनेक्शन-लेस सर्विसओं पर जानेंगे। कनेक्शन-ओरिएंटेड सर्विस कनेक्शन-लेस सर्विस से अधिक विश्वसनीय है। यदि रिसीवर्स के अंत में कोई त्रुटि है, तो कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस में मेसेज भेज सकते हैं। कनेक्शन ओरिएंटेड का उदाहरण टीसीपी (ट्रांसमिशन कंट्रोल प्रोटोकॉल) प्रोटोकॉल है।



6.11.1.1 Connection Oriented Services

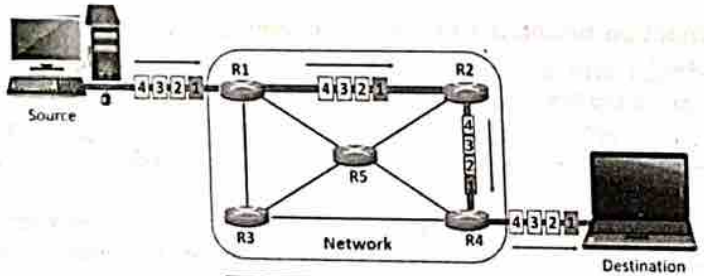
कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस के उपयोगकर्ताओं द्वारा पालन किए जाने वाले ऑपरेशन का एक क्रम यह है—

1. Connection is established.
2. Information is sent.
3. Connection is released.

कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस में संचार शुरू करने से पहले एक कनेक्शन स्थापित करना होता है। जब कनेक्शन स्थापित होता है, तो मेसेज या सूचना भेजते है और फिर कनेक्शन जारी करते हैं।

कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस विभिन्न नेटवर्क में दो कंप्यूटरों के बीच डेटा ट्रांसफर विधि है, जिसे टेलीफोन सिस्टम के बाद डिज़ाइन किया गया है। जैसे, टेलिफोन सिस्टम में यदि हम किसी से बात करना चाहते हैं, तो हम सिर्फ फोन उठाते हैं, उस नंबर को डायल करते है, जिसके साथ हम बात करना चाहते हैं; कनेक्शन स्थापित होने के बाद हम ड्डात करते हैं और अंत में, कॉल को रिलीज़ करते हैं।

इसी तरह, कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस पहले सोर्स और डेस्टिनेशन के बीच वर्चुअल कनेक्शन स्थापित करती है, फिर उसी समर्पित संबंधित कनेक्शन के माध्यम से एक ही मेसेज से संबंधित सभी डेटा पैकेट स्थानांतरित करती है और एक मेसेज के सभी पैकेट स्थानांतरित होने के बाद यह कनेक्शन जारी करती है।



Connection Oriented Service

एक कनेक्शन स्थापित करने के लिए एक सोर्स , डेस्टिनेशन के लिए एक रिक्वेस्ट पैकेट भेजता है। किस डेस्टिनेशन के लिए सोर्स के लिए acknowledge पैकेट भेजता है और यह पुष्टि करता है कि डेस्टिनेशन सोर्स से डेटा स्वीकार करने के लिए तैयार है। इस बीच, सोर्स और डेस्टिनेशन के बीच रिक्वेस्ट और acknowledge पैकेट के आदान-प्रदान में शामिल राउटर, वर्चुअल पथ को परिभाषित करते हैं जो एक ही मेसेज से संबंधित सभी पैकेटों द्वारा फॉलो किया जाएगा। इसलिए, हम कहते हैं कि किसी मेसेज में सभी पैकेट को स्थानांतरित करने से पहले डेटा ट्रांसफर में शामिल संसाधन रिज़र्व हैं।

जैसा कि वर्चुअल पाथ पूर्वनिर्धारित है, वहाँ congestion की कोई संभावना नहीं है। अगर हम डेटा ट्रांसमिशन में देरी के बारे में बात करते हैं, तो पैकेट के प्रसारण में कोई देरी नहीं है क्योंकि इसके लिए एक डेडिकेटेड पथ है लेकिन, कनेक्शन स्थापना और समाप्ति के दौरान एकनॉलेज प्रोसेस के कारण काफी देरी से शुरुआत की जाती है। टीसीपी प्रोटोकॉल एक कनेक्शन ओरिएंटेड प्रोटोकॉल है।

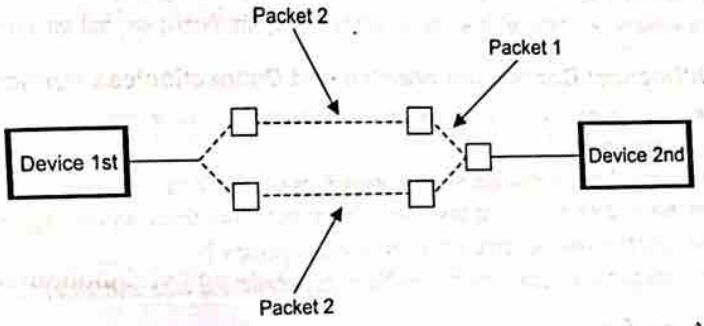
कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस नेटवर्क लेयर और ट्रांसपोर्ट लेयर दोनों पर समान काम करती है यानी पहले यह एक कनेक्शन स्थापित करती है, डेटा का आदान-प्रदान करती है और कनेक्शन को समाप्त कर देती है। लेकिन, इसका व्यवहार दोनों स्तर पर अलग-अलग है।

जैसा कि सोर्स , डेस्टिनेशन और बीच के सभी राउटर के बीच समन्वय है और एक ही मेसेज से संबंधित सभी पैकेट एक डेडिकेटेड establish कनेक्शन का पालन करते हैं इसलिए, हम कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विसों में प्रवाह नियंत्रण, त्रुटि नियंत्रण और भीड़ नियंत्रण लागू कर सकते है।

ट्रांसपोर्ट लेयर में: ट्रांसपोर्ट लेयर पर, कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस केवल सोर्स और डेस्टिनेशन के बारे में है। यहां, पैकेट एक-दूसरे पर निर्भरता दर्शाते हैं। जैसा कि सभी पैकेट एक ही आवंटित मार्ग के आसपास जाएंगे।

6.11.1.2 Connectionless Services

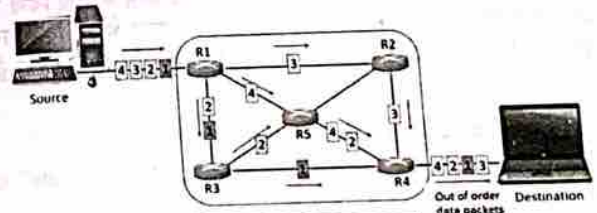
कनेक्शन-लेस सर्विस डाक प्रणाली से संबंधित है। इसमें कोई कनेक्शन स्थापना और कनेक्शन समाप्ति शामिल नहीं है। कनेक्शन-लेस सर्विस विश्वसनीयता की गारंटी नहीं देती है। इसमें, पैकेट्स डेस्टिनेशन तक पहुंचने के लिए एक ही रास्ते का पालन नहीं करते हैं। यह डाक सर्विस के समान है, क्योंकि यह डेस्टिनेशन के पूर्ण एड्रेस को रखता है। प्रत्येक मेसेज को सोर्स से डेस्टिनेशन तक स्वतंत्र रूप से रूट किया जाता है। सेंड किये गए मेसेज का सीक्वेंस रिसीविंग आर्डर से भिन्न हो सकता है। कनेक्शन-लेस में डेटा को सोर्स से डेस्टिनेशन तक एक दिशा में स्थानांतरित किया जाता है बिना यह जांचे कि डेस्टिनेशन अभी भी है या नहीं या यदि वह मेसेज स्वीकार करने के लिए तैयार है या नहीं। इसमें प्रमाणीकरण की आवश्यकता नहीं है। कनेक्शन-लेस सर्विस का उदाहरण यूडीपी (उपयोगकर्ता डेटाग्राम प्रोटोकॉल) प्रोटोकॉल है।



कनेक्शन-लेस सर्विस दो अलग नेटवर्क में दो कंप्यूटरों के बीच डेटा ट्रांसमिशन की एक विधि है। कनेक्शन-लेस सर्विस को डेटाग्राम सर्विस भी कहा जाता है। यह सर्विस डाक प्रणाली को समान रूप से देखती है जहां प्रत्येक अक्षर अपने सोर्स और डेस्टिनेशन एड्रेस को ले जाता है और उनमें से प्रत्येक को एक अलग रास्ते से रूट किया जाता है।

सोर्स, मेसेज को स्माल पैकेटों में विभाजित करता है जिसे इन पैकेटों को डेटाग्राम के रूप में जाना जाता है। ये डेटाग्राम व्यक्तिगत रूप से नेटवर्क में पुश कर दिए जाते हैं; प्रत्येक डेटाग्राम एक अलग पाथ पर ट्रेवल कर सकता है । नेटवर्क प्रत्येक डेटाग्राम या डेटा पैकेट को एक स्वतंत्र इकाई के रूप में मानता है यानी किसी भी मेसेज से संबंधित पैकेट के बीच कोई संबंध नहीं माना जाता है।

प्रत्येक डेटाग्राम अपने सोर्स और डेस्टिनेशन एड्रेस को कैरी करता है। राउटर अपने डेस्टिनेशन के लिए डेटाग्राम को रूट करने के लिए डेस्टिनेशन एड्रेस का उपयोग करता है। डेस्टिनेशन पर प्राप्त पैकेट ऑर्डर से अलग हो सकते हैं। इसलिए, मूल मेसेज को फिर से बनाने के लिए डेटाग्राम को इकट्ठा किया जाता है।



Connectionless Service

यूडीपी प्रोटोकॉल एक कनेक्शन-लेस प्रोटोकॉल है।

कनेक्शन-लेस सर्विस दोनों नेटवर्क परत के प्रोटोकॉल के साथ-साथ परिवहन परत द्वारा प्रदान की जाती है हालांकि इसका मूल कार्य समान है, यानी यह नेटवर्क पर प्रत्येक पैकेट को स्वतंत्र रूप से अलग-अलग डेटा पथों के माध्यम से रूट करता है।

नेटवर्क लेयर में: नेटवर्क लेयर पर कनेक्शन-लेस सर्विस एक ही मेसेज से संबंधित विभिन्न डेटा पैकेटों के लिए अलग-अलग पथ को दर्शाती है।

ट्रांसपोर्ट लेयर में: ट्रांसपोर्ट लेयर पर कनेक्शन-लेस सर्विस विभिन्न पथों के बजाय पैकेटों के बीच स्वतंत्रता प्रदर्शित करती है।

जैसा कि एक ही मेसेज से संबंधित डेटा पैकेट अलग-अलग पथ का अनुसरण करते हैं, ऐसा हो सकता है कि वे डेस्टिनेशन से ऑर्डर के बाहर प्राप्त किए जाते हैं। यह भी हो सकता है कि पैकेट में से एक खो गया हो।

ट्रांसपोर्ट लेयर में, प्रत्येक पैकेट को एक इंडिपेंडेंट यूनिट माना जाता है और पैकेट एक-दूसरे के साथ कोई संबंध नहीं दिखाते हैं। डेस्टिनेशन परिवहन परत को पता भी नहीं चलेगा कि एक पैकेट खो गया है। यहां, हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि हम कनेक्शन-लेस सर्विस में प्रवाह नियंत्रण, त्रुटि नियंत्रण या भीड़ नियंत्रण लागू नहीं कर सकते।

6.11.1.3 Difference: Connection oriented and Connectionless service

1. कनेक्शन में ओरिएंटेड सर्विस में ऑथेंटिकेशन की आवश्यकता है, जबकि कनेक्शन-लेस सर्विस को किसी ऑथेंटिकेशन की आवश्यकता नहीं है।

2. कनेक्शन-ओरिएंटेड प्रोटोकॉल एक कनेक्शन बनाता है और जांचता है कि क्या मेसेज प्राप्त होता है या नहीं और त्रुटि होने पर फिर से भेजता है, जबकि कनेक्शन-लेस सर्विस प्रोटोकॉल मेसेज वितरण की गारंटी नहीं देता है।

3. कनेक्शन-ओरिएंटेड सर्विस कनेक्शन-लेस सर्विस से अधिक विश्वसनीय है।

4. कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस इंटरफ़ेस स्ट्रीम आधारित है और कनेक्शन-लेस मेसेज आधारित है।

6.11.2 What are Service Primitives?

एक सर्विस औपचारिक रूप से सर्विस को एक्सेस करने के लिए यूजर प्रोसेस के लिए उपलब्ध primitives के एक सेट द्वारा निर्दिष्ट की जाती है। कनेक्शन-ओरिएंटेड सर्विस के लिए primitives कनेक्शन-लेस सर्विस से भिन्न होती हैं। सर्विस primitives पाँच प्रकार की होती हैं—

1. LISTEN: जब कोई सर्वर आने वाले कनेक्शन को स्वीकार करने के लिए तैयार होता है तो वह लिस्टेन आदिम को निष्पादित करता है। यह आने वाले कनेक्शन के लिए प्रतीक्षा कर रहा है।

2. CONNECT: यह एक कनेक्शन स्थापित करके सर्वर को जोड़ता है। प्रतिक्रिया का इंतजार है।

3. RECEIVE: इसके बाद RECEIVE कॉल सर्वर को ब्लॉक कर देता है।

4. SEND: फिर ग्राहक जवाब भेजने के लिए RECEIVE के निष्पादन के बाद अपने अनुरोध को प्रेषित करने के लिए SEND आदिम निष्पादित करता है। मेसेज भेजें।

5. DISCONNECT: इस आदिम का उपयोग कनेक्शन को समाप्त करने के लिए किया जाता है। इस आदिम के बाद कोई भी मेसेज नहीं भेज सकता है। जब क्लाइंट DISCONNECT पैकेट भेजता है तो सर्वर क्लाइंट को स्वीकार करने के लिए DISCONNECT पैकेट भी भेजता है। जब क्लाइंट द्वारा सर्वर पैकेज प्राप्त होता है तो प्रक्रिया समाप्त हो जाती है।

6.11.2.1 Connection Oriented Service Primitives

There are 5 types of primitives for Connection Oriented Service:
कनेक्शन ओरिएंटेड सर्विस के लिए 5 प्रकार के आदिम हैं—

LISTEN	Block waiting for an incoming connection
CONNECTION	Establish a connection with a waiting peer
RECEIVE	Block waiting for an incoming message
SEND	Sending a message to the peer
DISCONNECT	Terminate a connection

6.11.2.2 Connectionless Service Primitives

There are 4 types of primitives for Connectionless Oriented Service:
कनेक्शन-लेस ओरिएंटेड सर्विस के लिए 4 प्रकार के प्रिमिटिव हैं—

UNIDATA	This primitive sends a packet of data
FACILITY, REPORT	Primitive for enquiring about the performance of the network, like delivery statistics.

Relationship of Services to Protocol

In this section we will learn about how services and protocols are related and why they are so important for each other.

6.12. Connection-Oriented vs. Connectionless Service

S.No.	Comparison Parameter	Connection-oriented Service	Connection-less Service
1.	Related System	It is designed and developed based on the telephone system.	It is service based on the postal system.
2.	Definition	It is used to create an end to end connection between the senders to the receiver before transmitting the data over the same or different network.	It is used to transfer the data packets between senders to the receiver without creating any connection.
3.	Virtual path	It creates a virtual path between the sender and the receiver.	It does not create any virtual connection or path between the sender and the receiver.
4.	Authentication	It requires authentication before transmitting the data packets to the receiver.	It does not require authentication before transferring data packets.
5.	Data Packets Path	All data packets are received in the same order as those sent by the sender.	Not all data packets are received in the same order as those sent by the sender.

6.	Bandwidth Requirement	It requires a higher bandwidth to transfer the data packets.	It requires low bandwidth to transfer the data packets.
7.	Data Reliability	It is a more reliable connection service because it guarantees data packets transfer from one end to the other end with a connection.	It is not a reliable connection service because it does not guarantee the transfer of data packets from one end to another for establishing a connection.
8.	Congestion	There is no congestion as it provides an end-to-end connection between sender and receiver during transmission of data.	There may be congestion due to not providing an end-to-end connection between the source and receiver to transmit the data packets.
9.	Examples	Transmission Control Protocol (TCP) is an example of a connection-oriented service.	User Datagram Protocol (UDP), Internet Protocol (IP), and Internet Control Message Protocol (ICMP) are examples of connectionless service.

6.13. Difference between Connection-oriented and Connection-less Services

S.No.	Connection-oriented Service	Connection-less Service
1.	Connection-oriented service is related to the telephone system.	Connection-less service is related to the postal system.
2.	Connection-oriented service is preferred by long and steady communication.	Connection-less Service is preferred by bursty communication.
3.	Connection-oriented Service is necessary.	Connection-less Service is not compulsory.
4.	Connection-oriented Service is feasible.	Connection-less Service is not feasible.
5.	In connection-oriented Service, Congestion is not possible.	In connection-less Service, Congestion is possible.
6.	Connection-oriented Service gives the guarantee of reliability.	Connection-less Service does not give the guarantee of reliability.
7.	In connection-oriented Service, packets follow the same route.	In connection-less Service, packets do not follow the same route.
8.	Connection-oriented Services requires a bandwidth of high range.	Connection-less Service requires a bandwidth of low range.

6.14. IEEE 802 standards for computer networks

विभिन्न IEEE 802 मानक हैं—

IEEE 802.1 उच्च स्तरीय इंटरफ़ेस
IEEE 802.2 तार्किक लिंक नियंत्रण (LLC)
IEEE 802.3 ईथरनेट
IEEE 802.4 टोकन बस
IEEE 802.5 टोकन रिंग
IEEE 802.6 महानगरीय क्षेत्र नेटवर्क
IEEE 802.7 ब्रॉडबैंड लैन
IEEE 802.8 फाइबर ऑप्टिक LANS
IEEE 802.9 एकीकृत डेटा और वॉयस नेटवर्क
IEEE 802.10 सुरक्षा
IEEE 802.11 वायरलेस नेटवर्क

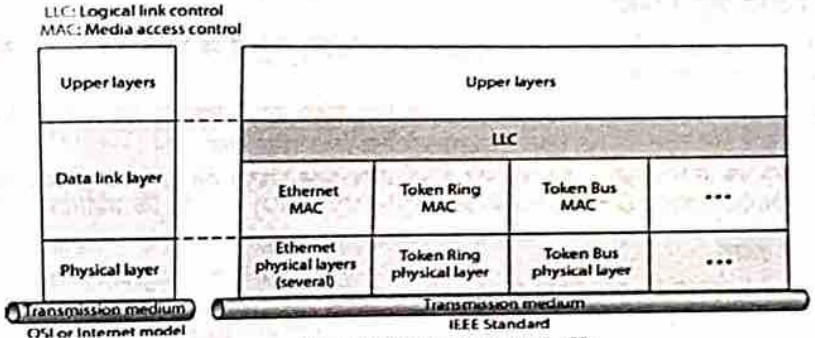


Figure: IEEE standard for LANs

Data link layer: Standard IEEE मानक में डेटा लिंक परत को दो सबलेयर्स में विभाजित किया गया है: LLC और MAC

Logical Link Control (LLC)

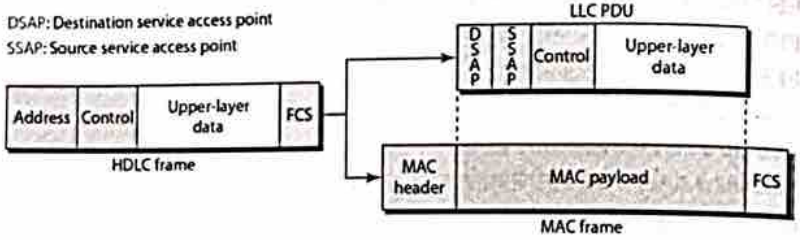
- डेटा लिंक कंट्रोल फ्रेमिंग, फ्लो कंट्रोल और एरर कंट्रोल को हैंडल करता है।
- IEEE प्रोजेक्ट 802 में, फ्लो कंट्रोल, एरर कंट्रोल और फ्रेमिंग फंक्शन के एक भाग को एक उपलेयर मे एकत्र किया जाता है जिसे लॉजिकल लिंक कण्ट्रोल कहा जाता है।
- फ्रेमिंग को एलएलसी सबलेयर और मैक सबलेयर दोनों में हैंडल किया जाता है।
- एलएलसी सभी IEEE LAN के लिए एक एकल डेटा लिंक नियंत्रण प्रोटोकॉल प्रदान करता है।
- एक एकल LLC प्रोटोकॉल विभिन्न LANs के बीच परस्पर जुड़ाव (interconnectivity) प्रदान कर सकता है क्योंकि यह मैक को sublayer पारदर्शी बनाता है

फ्रेमिंग

एलएलसी एक प्रोटोकॉल डेटा यूनिट (पीडीयू) को परिभाषित करता है जो एचडीएलसी के समान है। हेडर में एचडीएलसी में एक की तरह एक कण्ट्रोल फील्ड होता है; इस फील्ड का उपयोग फ्लो और एरर कण्ट्रोल के लिए

किया जाता है दो अन्य हेडर फ़ील्ड स्रोत और गंतव्य पर अपर लेयर प्रोटोकॉल को परिभाषित करते हैं जो एलएलसी का उपयोग करता है। इन फील्ड को डेस्टिनेशन सर्विस एक्सेस पॉइंट (DSAP) और सोर्स सर्विस एक्सेस पॉइंट (SSAP) कहा जाता है।

एक अन्य क्षेत्र डेटा लिंक नियंत्रण प्रोटोकॉल को परिभाषित करता है जैसे कि एचडीएलसी को मैक में स्थानांतरित करना। दूसरे शब्दों में, एचडीएलसी के एक फ्रेम को एलएलसी उपलेयर में एक पीडीयू और मैक सबलेयर में एक फ्रेम पर विभाजित किया गया है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



मीडिया एक्सेस कंट्रोल (मैक)

IEEE प्रोजेक्ट 802 ने मीडिया एक्सेस कंट्रोल नामक एक सबलेयर बनाया है जो प्रत्येक लैन के लिए स्पेसिफिक एक्सेस मेथड को परिभाषित करता है।

उदाहरण के लिए, यह ईथरनेट LAN और टोकन के लिए मीडिया एक्सेस मेथड के रूप में CSMA/CD को परिभाषित करता है और टोकन रिंग और टोकन बस LANs के लिए टोकन पासिंग मेथड।

एलएलसी उप-परत के विपरीत, मैक उप-परत में कई अलग-अलग मॉड्यूल होते हैं; प्रत्येक LAN प्रोटोकॉल के लिए एक्सेस मेथड और फ्रेमिंग प्रारूप को परिभाषित करता है।

Physical लेयर

फिजिकल लेयर फिजिकल के इम्प्लीमेंटेशन और प्रकार पर निर्भर है।

IEEE प्रत्येक LAN इम्प्लीमेंटेशन के लिए विस्तृत स्पेसिफिकेशन को परिभाषित करता है।

उदाहरण के लिए, हालांकि स्टैंडर्ड ईथरनेट के लिए केवल एक मैक सबलेयर है, प्रत्येक ईथरनेट इम्प्लीमेंटेशन के लिए एक अलग फिजिकल लेयर स्पेसिफिकेशन है।

मैनचेस्टर एन्कोडिंग

मेनचेस्टर इनकोडिंग एक सिंक्रोनस क्लॉक इनकोडिंग तकनीक है जिसे ओपन सिस्टम इंटरकनेक्शन (OSI) के फिजिकल लेयर द्वारा प्रयोग में लाया जाता है। इसका प्रयोग सिंक्रोनस बिट स्ट्रीम में क्लॉक और डाटा को इनकोड करने के लिए किया जाता है। केबल पर ट्रांसमिट होने वाले बाइनरी डाटा को NRZ (नॉन return टू जीरो) कि तरह नहीं भेजा जाता।

Non-Return-to-Zero (NRZ)

NRZ कोड का वोल्टेज लेवल बिट स्ट्रीम के दौरान कांस्टेंट रहता है। अगर 0 या 1 का लम्बा क्रम आ जाये तो रिसीविंग end पर समस्या हो जाती है।

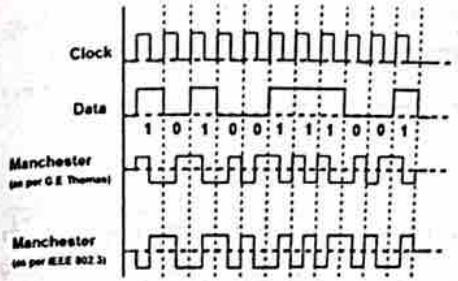
यहाँ दिक्कत यह है कि ट्रांसमिशन की कमी के कारण सिंक्रोनाइजेशन खो जाता है।

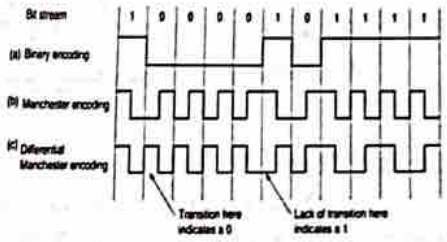
ये दो प्रकार का होता है—

1. NRZ लेवल इनकोडिंग—जब आने वाले सिग्नल 1 से 0 या 0 से 1 में बदल जाते हैं तो सिग्नल की पोलारिटी में भी बदलाव आता है। यह डाटा के पहले बिट को पोलारिटी चेंज के तौर पर देखता है।

2. NRZ इनवर्टेड/डिफरेंशियल एनकोडिंग—इसमें बिट इंटरवल के शुरू में जो ट्रांजीशन होता है तो वहाँ 1 होता है और अगर कोई ट्रांजीशन नहीं होता तो वहां 0 होता है।

- प्रत्येक बिट अवधि को दो समान अंतरालों में विभाजित किया जाता है।
- पहले अंतराल के दौरान वोल्टेज सेट उच्च और दूसरे में कम होने से एक बाइनरी (1) बिट भेजा जाता है बाइनरी 0 केवल रिवर्स है पहले निम्न और फिर उच्च।
- यह योजना यह सुनिश्चित करती है कि हर बिट अवधि के बीच में ट्रांजीशन हो, जिससे रिसीवर प्रेषक के साथ सिंक्रोनाइज़ करने के लिए आसान हो जाए।
- मैनचेस्टर एन्कोडिंग का एक नुकसान यह है कि इसे सीधे दो बार ज्यादा बैंडविड्थ की आवश्यकता होती है।
- बाइनरी एन्कोडिंग क्योंकि पल्स की विड्थ आधी है। उदाहरण के लिए, 10 एमबीपीएस पर डेटा भेजने के लिए, सिग्नल को 20 मिलियन बार सेकंड बदलना होगा।



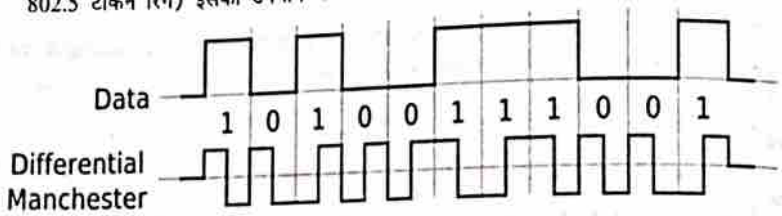


मैनचेस्टर एनकोडिंग की विशेषता (Characteristics of Manchester Encoding)

- लॉजिक 0 के दिखने का मतलब हुआ बिट के बीच में 0 से 1 ट्रांजीशन हुआ है जबकि 1 के दिखने का मतलब हुआ 1 से 0 का ट्रांजीशना।
- सिग्नल ट्रांजीशन जरूरी नहीं है कि हमेशा बिट बाउंड्री पर ही हो लेकिन सभी बिट के सेंटर में जरूर कोई न कोई ट्रांजीशन होता है।
- डिफरेंशियल फिजिकल लेयर ट्रांसमिशन बाइनरी डिजिट को इलेक्ट्रिकल सिग्नल में बदलने के लिए कभी भी inverting लाइन ड्राईवर का प्रयोग नहीं करता। इसीलिए वायर में आया सिग्नल एनकोडर के आउटपुट का उल्टा नहीं होता।
- मैनचेस्टर एनकोडिंग को Biphase कोड भी बोलते हैं क्योंकि बिट को एक पॉजिटिव या नेगेटिव 90 डिग्री फेज ट्रांजीशन द्वारा एनकोड किया जाता है।
- डिजिटल फेज लॉक्ड लूप (DPLL) क्लॉक सिग्नलों को निकालता है और सभी बिट के मान और टाइमिंग को deallocate करता है। ट्रांसमिशन हुए बिट स्ट्रीम में बिट ट्रांजीशन हाई इंटेसिटी में जरूर होने चाहिए।
- मैनचेस्टर एनकोडिंग ओरिजिनल सिग्नल्स इससे दोगुने बैंडविड्थ को रखता है।
- मैनचेस्टर कोड का एक फायदा यह है कि इसका DC कॉम्पोनेन्ट किसी भी तरह की सूचना को नहीं ढोता। इससे यह पता चलता है कि ऐसे स्टैंड्डर्स जो पॉवर को कैरी नहीं कर सकते वे भी सूचनाओं को ट्रांसमिट कर सकते हैं।
- *e.g :* For 10Mbps LAN the signal spectrum lies between 5 and 20

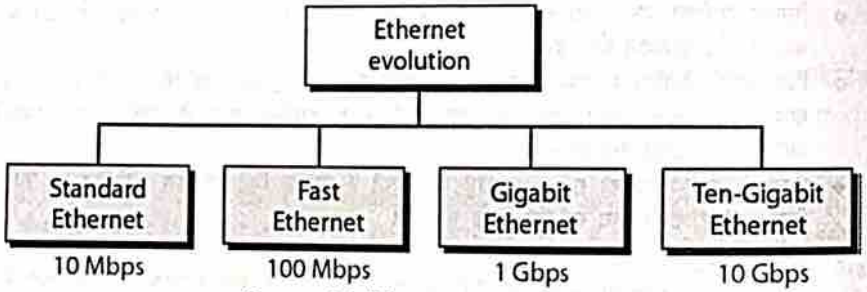
Differential मैनचेस्टर एन्कोडिंग

- इसमें, अंतराल की शुरुआत में ट्रांजीशन की अनुपस्थिति से 1 बिट इंगित किया जाता है।
- अंतराल की शुरुआत में एक ट्रांजीशन की उपस्थिति से एक 0 बिट इंगित किया जाता है।
- स्कीम Differential में अधिक जटिल उपकरणों की आवश्यकता होती है, लेकिन बेहतर नॉइज़ इम्युनिटी प्रदान करता है। सब ईथरनेट सिस्टम अपनी सिम्पलिसिटी के कारण मैनचेस्टर एन्कोडिंग का उपयोग करते हैं।
- ईथरनेट Differential मैनचेस्टर एन्कोडिंग का उपयोग नहीं करता है, लेकिन अन्य LANS (जैसे, 802.5 टोकन रिंग) इसका उपयोग करते हैं।



Standard Ethernet

Ethernet को 1973 से 1976 के बीच Xerox PARC (ज़ेरॉक्स पालो ऑल्टो रिसर्च सेंटर) research और development company में develop किया गया था। जोकि California के Palo Alto में स्थित है। सबसे शुरू में Ethernet 10 MBps की speed से चलता था जिसे कि पहली बार 1980 में DEC-Intel-Xerox vendor consortium के द्वारा प्रकाशित किया गया। इसे DIX Ethernet Standard के नाम से भी जाना जाता है। Standard तब से, यह चार पीढ़ियों से गुजरा है। स्टैंडर्ड ईथरनेट (10 एमबीपीएस), फास्ट ईथरनेट (100 एमबीपीएस), गिगाबिट ईथरनेट (एल Gbps), और टेन-गीगाबिट ईथरनेट (10 Gbps)



चित्र-चार पीढ़ियों के माध्यम से ईथरनेट विकास

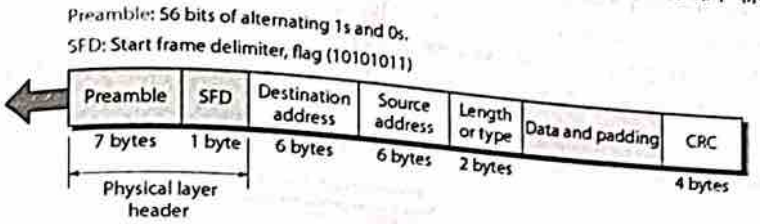
मैक सबलेयर: मैक उपलेयर ऊपरी लेयर से फ्रेम डेटा प्राप्त करता है और उन्हें फिजिकल लेयर पर भेज देता है।

फ्रेम प्रारूप: ईथरनेट फ्रेम में सात फील्ड होते हैं।

सभी MAC इम्प्लीमेंटेशन के लिए जो बेसिक फ्रेम फॉर्मेट परिभाषित किया गया है वह IEEE 802.3 स्टैण्डर्ड पर काम करता है।

वैसे प्रोटोकॉल्स की बेसिक क्षमता को बढ़ाने के लिए और नये विभिन्न प्रकार के फॉर्मेट भी प्रयोग किये जा रहे हैं। ईथरनेट Preamble और SFD से शुरू होता है—ये दोनों ही फिजिकल लेयर में काम करते हैं। ईथरनेट के हेडर में सोर्स और डेस्टिनेशन दोनों का ही MAC एड्रेस होता है। इसके बाद फ्रेम का payload उपस्थित रहता है। CRC अंतिम

क्षेत्र है जिसका इस्तेमाल एरर को डिटेक्ट करने के लिए किया जाता है। अब हम आगे ईथरनेट फ्रेम फॉर्मेट में आने वाले इन सारी चीजों को एक-एक करके समझेंगे।



Preamble

ईथरनेट का फ्रेम 7 बाइट के preamble के साथ शुरू होता है। ये एक के बाद एक आने वाले 0 और 1 का एक पैटर्न है जो सेंडर और रिसीवर को बिट सिंक्रोनाइजेशन स्थापित करने के लिए अनुमति देता है।

सबसे पहले PRE को इसीलिए लाया गया था क्योंकि सिग्नल delay की वजह से कुछ बिट के खोने से कोई फर्क ना पड़े।

PRE रिसीवर को यह बताता है कि फ्रेम आ रहा है और उसे डाटा स्तर को लॉक करने की सुविधा देता है। इससे पहले कि असली डाटा शुरू हो।

स्टार्ट ऑफ़ फ्रेम डिलिमिटर (start of frame delimiter)

यह एक 1 बाइट का क्षेत्र है जो हमेशा 10101011 ही सेट रहता है। SFD यह दिखाता है कि आगे आने वाले बिट्स फ्रेम की शुरुआत हैं जो कि डेस्टिनेशन का पता होता है।

नोट—कई जगह आपको ऐसा लिखा मिलेगा कि preamble 8 बाइट का होता है। ऐसा इसीलिए क्योंकि SFD को बहुत जगह PRE का ही एक अंग माना जाता है।

डेस्टिनेशन एड्रेस (Destination address)

यह एक 6 बाइट का क्षेत्र है जिसमें डेस्टिनेशन मशीन का मैक एड्रेस सेट होता है। या 'इसमें गंतव्य स्टेशन या पैकेट प्राप्त करने वाले स्टेशनों का भौतिक पता होता है'

सोर्स एड्रेस (source address)

ये भी एक 6 बाइट का ही फील्ड है जिसमे कि सोर्स मशीन का मैक एड्रेस होता है। चूँकि सोर्स एड्रेस हमेशा एक unicast एड्रेस होता है, इसका लीस्ट significant बिट हमेशा शून्य सेट रहता है।

Length

Length एक 2 बाइट का क्षेत्र है जो कि पूरे ईथरनेट फ्रेम का length बताता है। यह 16 बिट का क्षेत्र 0 से 65534 तक की length का मान रख सकता है लेकिन length 1500 से ज्यादा देने की अनुमति नहीं है क्योंकि ईथरनेट की अपनी भी कुछ सीमाएं हैं।

डाटा (Data)

इसे Payload भी कहा जाता हैं क्योंकि इसी क्षेत्र में वह असली सूचना या डाटा होता है जिसका ट्रांसमिशन करना रहता है। IP हैडर और डाटा दोनों ही यहीं पर इन्सर्ट किये जाते हैं (अगर ईथरनेट पर इन्टरनेट प्रोटोकॉल का प्रयोग किया जाए तो)। अधिकतम डाटा जो इसमें उपस्थित हो वह 1500 बाइट तक का हो सकता है।

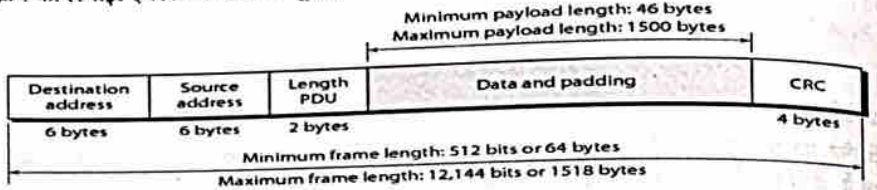
अगर डाटा के length 46 बाइट' (minimum) से भी कम हो तो बांकी की जगह को 0 द्वारा भरा जाता है।

Cyclic Redundancy Check (CRC)

सीआरसी एक 4 बिट का क्षेत्र है जिसमें डाटा का 32 बिट का एक हैश-कोड होता है जो कि डेस्टिनेशन एड्रेस, सोर्स एड्रेस, length और डाटा फील्ड को मिला कर बनाया जाता है।

अगर डेस्टिनेशन द्वारा कंप्यूट किया गया चेक्सुम इसके बराबर नहीं आये तो यह समझा जाता है कि प्राप्त डाटा corrupted है।

फ्रेम की लंबाई: ईथरनेट में फ्रेम की न्यूनतम और अधिकतम लंबाई दोनों पर प्रतिबंध लगाया जाता है।



- CSMA/CD के सही संचालन के लिए न्यूनतम लंबाई पर प्रतिबंध आवश्यक है।
- एक ईथरनेट फ्रेम की न्यूनतम लंबाई 512 बिट्स या 64 बाइट्स होनी चाहिए।
- इस लम्बाई का एक भाग हैडर और ट्रेलर है।
- यदि हम हेडर और ट्रेलर के 18 बाइट्स (6 बाइट्स ऑफ़ सोर्स एड्रेस, 6 बाइट्स ऑफ़ डेस्टिनेशन एड्रेस, लंबाई या प्रकार के 2 बाइट्स, और सीआरसी के 4 बाइट्स गिनते हैं) फिर ऊपरी लेयर से डेटा की न्यूनतम लंबाई 64 – 18 = 46 बाइट्स है।
- यदि ऊपरी परत का पैकेट 46 बाइट्स से कम है, तो अंतर बनाने के लिए पैडिंग को जोड़ा जाता है।
- स्टैण्डर्ड एक फ्रेम की अधिकतम लंबाई 1518 बाइट्स को परिभाषित करता है।
- यदि हम हेडर और ट्रेलर के 18 बाइट्स घटाते हैं, तो पेलोड की अधिकतम लंबाई 1500 बाइट्स है।

नोट: फ्रेम की लंबाई: न्यूनतमः 64 बाइट्स (512 बिट्स), अधिकतम: 1518 बाइट्स (12,144 बिट्स)

एड्रेसिंग

ईथरनेट नेटवर्क के प्रत्येक स्टेशन का अपना नेटवर्क इंटरफेस कार्ड (NIC) होता है।

एनआईसी स्टेशन के अंदर फिट होता है और 6-बाइट वाले फिजिकल एड्रेस के साथ स्टेशन प्रदान करता है।

चित्र मे, ईथरनेट एड्रेस 6 बाइट्स (48 बिट्स) है, सामान्य रूप से हेक्साडेसिमल नोटेशन में लिखा गया है,

06 : 01 : 02 : 01 : 2C : 4B

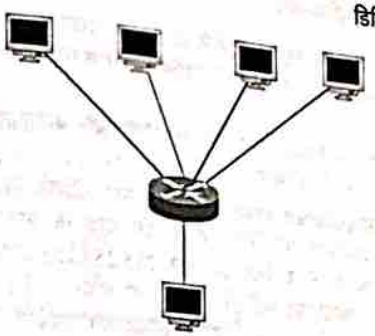
6 bytes = 12 hex digits = 48 bits

यूनिकास्ट, मल्टीकास्ट और ब्रॉडकास्ट एड्रेसः

इसमें कास्ट का मतलब यह है कि जो डाटा क्लाईट की मदद से उपयोगकर्ता को भेजा जाता है उसे हम इस नाम से जानते हैं।

1. यूनिकास्ट (unicast)–Unicast का सबसे ज्यादा प्रयोग peer-to-peer network में या single node topology में किया जाता है जहाँ केवल एक device दूसरी device से direct जुड़ी रहती है। इस तरह के ट्रान्सफर की हमें तब जरूरत पड़ती है जब एक ही कोई डाटा भेजने वाला हो और एक ही डाटा को लेने वाला हो। इसे हम वन टू वन ट्रंजमिशन के नाम से भी जानते हैं।

उदाहरण के लिए यदि हमें किसी आईपी एड्रैस 10.2.1.0 से किसी डाटा को स्ट्रीम करके 10.4.5.6 पर भेजना है तब इसका इस्तेमाल किया जाता है। यह डाटा ट्रान्सफर के लिए काफी लोकप्रिय भी है।



लाभ (Advantage)

1. इसमें use होने वाले protocols बहुत पहले से ही प्रयोग किये जाते है और इसमें techniques को आसानी से deploy किया जा सकता है।
2. Http, SMTP, ftp तथा telnet आदि सभी एप्लीकेशन unicast स्टैण्डर्ड का प्रयोग करती हैं।
3. इसमें transmission एक डिवाइस से दूसरी डिवाइस में किया जाता है जिससे local area network (LAN) में traffic की समस्या कम हो जाती है।

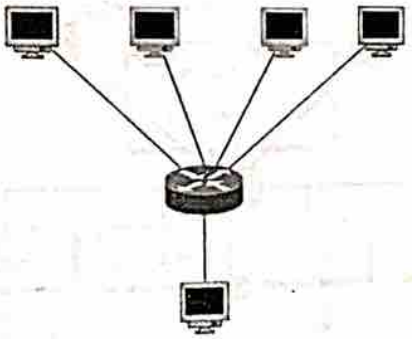
हानियाँ (Disadvantage)

इसमें यदि device को, बहुत सारी devices को message भेजना हो तो इसे बहुत सारें unicast messages भेजने पड़ते है और sender को प्रत्येक receiving डिवाइस का सही IP address पता होना चाहिए.

Example of unicast

जब हम किसी website को open करते है तो web server जो है वह sender होता है और हमारा कंप्यूटर receiver होता है। जब हम किसी FTP server से किसी फाइल को डाउनलोड करते है तो ftp server सेन्डर होता है और हमारा कंप्यूटर receiver होता है।

2. ब्रॉडकास्ट (broadcast)–इसमें एक device से बहुत सारें devices में data को एक साथ ट्रान्सफर किया जाता है। इसमें sender एक होता है और receiver बहुत सारे होते हैं।



Broadcasting में, सेन्डर के द्वारा data को केवल एक बार ही भेजा जाता है और उस data की copy को अन्य सभी devices को एक साथ broadcast कर दिया जाता है। इसे हम one-to-all transmission भी कहते हैं।

TV में लगने वाला cable जिससे हम बहुत सारे टीवी channels देखते है इसका उदाहरण है। Internet के लिए broadcast उपयुक्त नहीं होता है क्योंकि यह अनावश्यक अवरोध उत्पन्न करता है और unwanted data को भी जनरेट करता है।

इसका ज्यादातर प्रयोग LAN में किया जाता है। इस तरह की ब्रॉडकास्टिंग दो भागों में विभाजित होती है—लिमिटेड ब्रॉडकास्टिंग और डाइरैक्ट ब्रॉडकास्टिंग।

- **लिमिटेड ब्रॉडकास्टिंग (limited broadcasting)**–मान लीजिये कि आपको पैकेट की स्ट्रीम नेटवर्क के माध्यम से सभी उपकरणों को भेजना है तो इस तरह के ब्रॉडकास्टिंग सिस्टम को हम इस्तेमाल करते है । इस कार्य को करने के लिए हम फिर 255.255.255.225 लिमिटेड ब्रॉडकास्ट का इस्तेमाल करते हैं जिससे कि जानकारी को सही से पहुंचाया जा सके।
- **डाइरैक्ट ब्रॉडकास्टिंग (direct broadcasting)**–यह तब उपयोगी होता है जब हमें पैकेट की स्ट्रीम को और भी नेटवर्क पर डाटा को भेजना होता है। यह कार्य होस्ट आईडी की मदद से किया जाता है। यह टीवी में ऑडियो और विडियो के लिए भी इस्तेमाल किया जाता है।

लाभ (Advantage)

1. इसमें एकसमान data को सभी को भेजा जाता है जिससे server load कम होता है।
2. टीवी के लिए उपयुक्त है।

हानियाँ (Disadvantage)

यह इन्टरनेट के लिए उपयुक्त नहीं होता है।

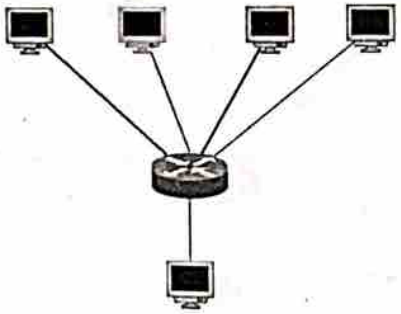
3. मल्टीकास्ट (Multicast)–इसमें एक और एक से ज्यादा सिस्टम डाटा को भेजने और लेने का काम करता है।

यह सिस्टम एक कॉपी की डाटा स्ट्रीम को होस्ट की मदद से राउट करने के काम में आता है।

इसमे हमें आईजीएमपी (इंटरनेट ग्रुप मैनेजमेंट प्रोटोकॉल) की भी जरूरत पड़ती है .डाटा को ट्रान्सफर करने के लिए जिससे कि हम इसका आसानी से इस्तेमाल कर सकें।

Multicasting में, data को एक या एक से ज्यादा devices से दूसरे devices में ट्रान्सफर किया जाता है । इसमें एक या एक से ज्यादा sender और receiver हो सकते हैं।

वे devices जो किसी एक विशेष multicast traffic को receive करना चाहती है उन्हें उस multicast group को join करना पड़ता है। IP multicast Groups को multicast IP address के द्वारा identify किया जाता है।



लाभ (Advantage)

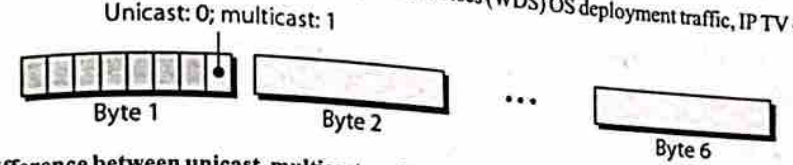
1. यह नेटवर्क के traffic को control करके तथा server/CPU load को कम करके transmission की दक्षता को बढ़ा देता है।

2. इसमें traffic की redundancy को हटा दिया जाता है जिससे performance में सुधार होता है।
3. इसका प्रयोग WAN में भी किया जा सकता है।

हानियाँ (Disadvantage)

1. बहुत amount के data को भेजने के लिए यह सही नहीं है।
2. इसमें congestion को avoid करने की सुविधा नहीं है।

इसके उदाहरण—multicast windows deployment services (WDS) OS deployment traffic, IP TV आदि।



Difference between unicast, multicast, and broadcast—इनके मध्य अंतर निम्नलिखित है—

यूनिकास्ट	मल्टीकास्ट	ब्रॉडकास्ट
इसके पास केवल एक सेन्डर और एक रिसीवर होता है।	इसके पास एक या एक से ज्यादा सेन्डर तथा रिसीवर हो सकते है।	इसके पास एक सेन्डर होता है और बहुत सारें रिसीवर होते हैं।
यह single node topology पर कार्य करता है।	यह star, mesh, tree तथा hybrid टोपोलॉजी पर कार्य करता है।	यह bus तथा star टोपोलॉजी पर कार्य करता है।
इसमें दो डिवाइस एक single केबल के द्वारा जुड़ी रहती है।	Switch इसका एक उदाहरण है।	Hub इसका एक उदाहरण है।

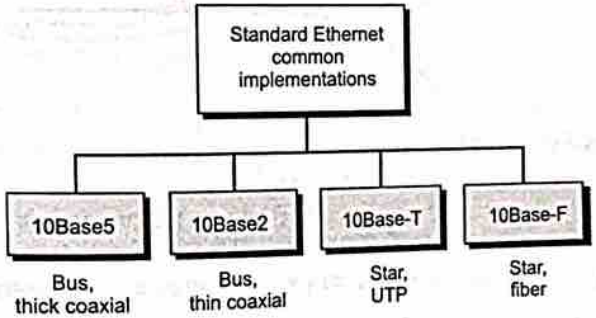
6.15. एक्सेस विधि : CSMA/CD :

स्टैण्डर्ड ईथरनेट CSMA/CD का उपयोग करता है।

1. स्लॉट समय = राउंड ट्रिप टाइम + जाम अनुक्रम भेजने के लिए आवश्यक समय
2. अधिकतम लंबाई = प्रसार गति × स्लॉट समय/2

फिजिकल लेयर :

मानक ईथरनेट कई भौतिक परत इम्प्लीमेंटेशन को परिभाषित करता है; चार सबसे आम, चित्र में दिखाए गए हैं।



स्टैण्डर्ड ईथरनेट की श्रेणियाँ

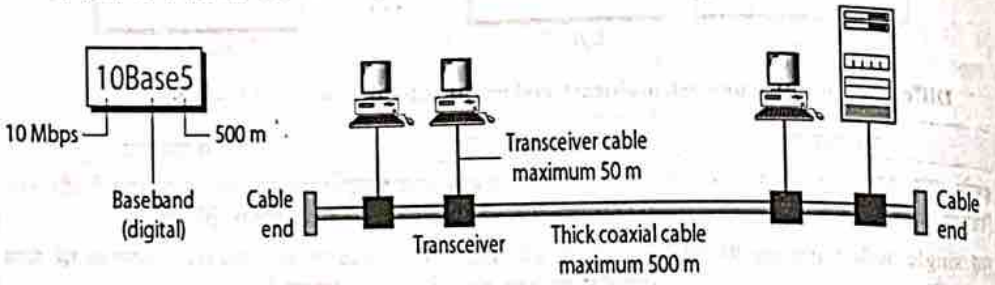
10Base5 : थिक ईथरनेट :

Ethernet की पहली इम्प्लीमेंटेशन को 10Bases5, मोटा ईथरनेट या थिकनेट कहा जाता है।

10Base5 बाहरी ट्रांसीवर के साथ बस टोपोलॉजी का उपयोग करने वाला पहला ईथरनेट ट्रान्सीवर था (ट्रांसमीटर /रिसीवर) एक नल के माध्यम से थिक कोअक्सिअल केबल से जुड़ा हुआ है। ट्रान्सीवर collision का पता करने ट्रांसमिट करने, रिसीव करने के लिए जिम्मेदार होता है। ट्रान्सीवर एक ट्रांसीवर केबल के माध्यम से स्टेशन से जुड़ा होता है जो इसके भेजना और प्राप्त करने के लिए अलग-अलग मार्ग प्रदान करता है।

इसका मतलब है कि collision केवल कोअक्सिअल केबल में हो सकती है।

कोअक्सिअल केबल की अधिकतम लंबाई 500 मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिए।

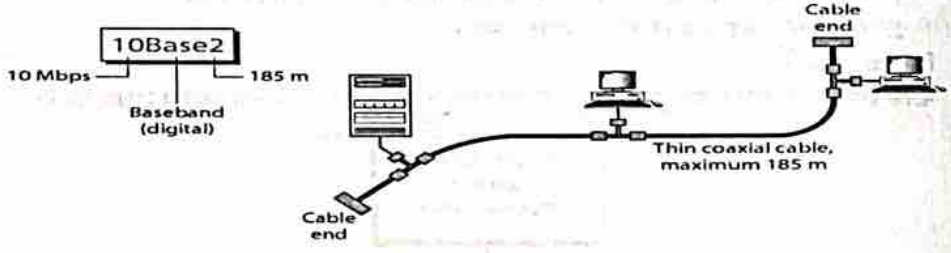


10Base2 : थिन ईथरनेट :

Ethernet दूसरे इम्प्लीमेंटेशन को 10Base2, थिन ईथरनेट या Cheapernet कहा जाता है।

10Base2 में बस टोपोलॉजी का भी उपयोग किया जाता है, लेकिन केबल बहुत पतली और अधिक लचीली होती है। केबल स्टेशनों के बहुत करीब से गुजरने के लिए मुड़ी हो सकती है।

इस मामले में, ट्रांसीवर सामान्य रूप से नेटवर्क इंटरफेस कार्ड (एनआईसी) का हिस्सा है, जो स्टेशन के अंदर स्थापित है।



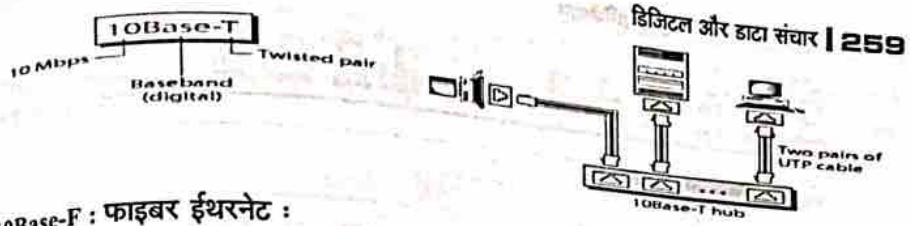
10Base-T: ट्विस्टेड पेअर ईथरनेट:

10Base-T एक फिजिकल स्टार टोपोलॉजी का उपयोग करता है।

दो जोड़े ट्विस्टेड केबल से स्टेशन और हब के बीच में दो रास्ते बनाते हैं (एक भेजने के लिए और दूसरा प्राप्त करने के लिए)। यहां कोई भी collision हब में होती है।

10Base5 या 10Base2 की तुलना में, हम देख सकते हैं कि हब वास्तव में coaxial केबल को replace करता है।

यहाँ attenuation के प्रभाव को कम करने के लिए ट्विस्टेड केबल की अधिकतम लंबाई 100 मीटर के रूप में परिभाषित की गई है।



10Base-F : फाइबर ईथरनेट :

हालांकि कई प्रकार के ऑप्टिकल फाइबर 10-एमबीपीएस ईथरनेट हैं, जिन्हें सबसे आम कहा जाता है 10 बेस-एफ।

10 बेस-एफ स्टेशनों को हब से जोड़ने के लिए एक स्टार टोपोलॉजी का उपयोग करता है। स्टेशन दो फाइबर-ऑप्टिक केबल का उपयोग करके हब से जुड़े हैं।

Characteristics	10Base5	10Base2	10Base-T	10Base-F
Media	Thick coaxial cable	Thin coaxial cable	2 UTP	2 Fiber
Maximum length	500 m	185 m	100 m	2000 m
Line encoding	Manchester	Manchester	Manchester	Manchester

Table: Summary of Standard Ethernet implementations

तालिका: मानक ईथरनेट कार्यान्वयन का सारांश

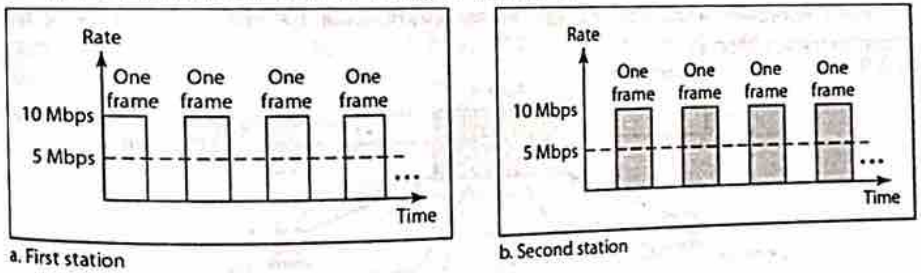
6.15.1 Change in the standard (मानक में परिवर्तन)

ब्रिज ईथरनेट–ईथरनेट इवोल्यूशन का पहला चरण bridge द्वारा एक LAN को विभाजित करना था।

ईथरनेट लैन पर ब्रिज के दो प्रभाव होते हैं—

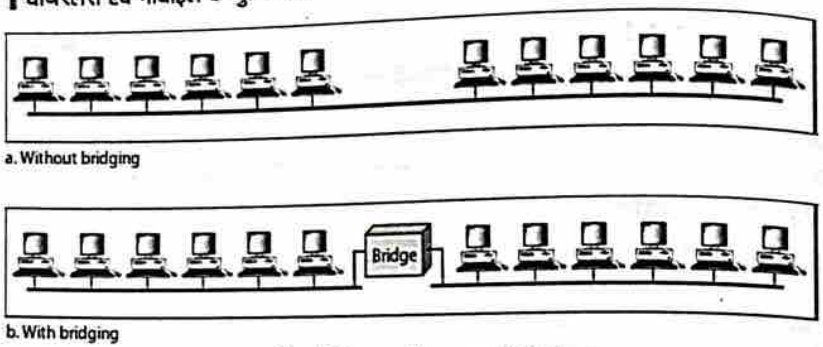
1. वे बैंडविड्थ बढ़ाते हैं।
2. वे collision डोमेन को अलग करते हैं।

बिना ब्रिज के, सभी स्टेशन नेटवर्क की बैंडविड्थ को साझा करते हैं।



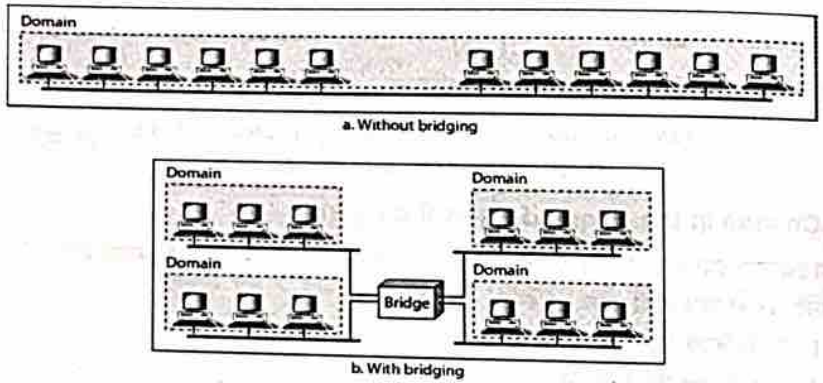
बैंडविड्थ को साझा करना

ब्रिज ईथरनेट: बैंडविड्थ को बढ़ाना–ब्रिज दो भागों में नेटवर्क को विभाजित करते हैं। प्रत्येक नेटवर्क स्वतंत्र है। ब्रिज के साथ 10 एमबीपीएस नेटवर्क केवल 6 स्टेशन द्वारा साझा किया जाता है [वास्तव में 7 एक स्टेशन के रूप में ब्रिज कार्य करता है।]



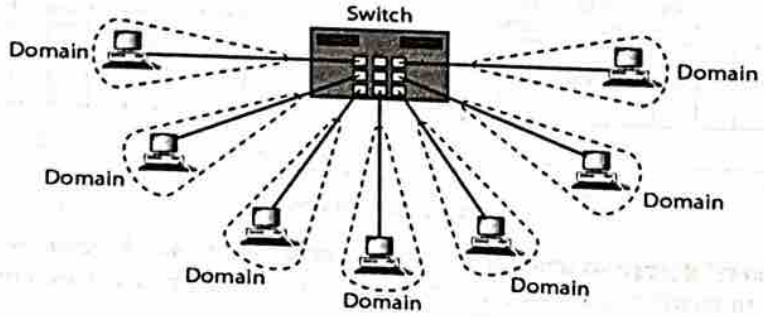
एक नेटवर्क के साथ और एक पुल के बिना

ब्रिजित ईथरनेट : अलग टकराव डोमेन–collision डोमेन बहुत छोटा हो जाता है और collision की संभावना कम हो जाती है।



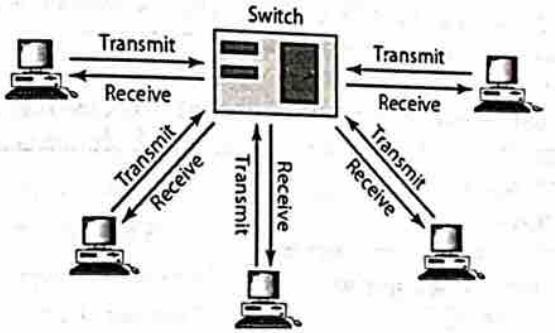
एक बेलगाम नेटवर्क और एक ब्रिज नेटवर्क में टकराव डोमेन

स्विच्ड ईथरनेट–एक नेटवर्क स्विच एक छोटा हार्डवेयर उपकरण है जो एक लोकल एरिया नेटवर्क में कई कंप्यूटरों को एक साथ जोड़ता है।



स्विच किए गए ईथरनेट

फुल-डुप्लेक्स ईथरनेट–फुल डुप्लेक्स स्विच में दो लिंक होते हैं, एक भेजने के लिए और दूसरा प्राप्त करने के लिए। यहाँ CSMA/CD की आवश्यकता नहीं है (कोई collision नहीं)। प्रत्येक डोमेन की क्षमता 10 से 20 एमबीपीएस तक बढ़ाता है।



फुल डुप्लेक्स स्विच ईथरनेट

फ़ास्ट ईथरनेट–फास्ट ईथरनेट को FDDI या फाइबर चैनल जैसे लैन प्रोटोकॉल के साथ प्रतिस्पर्धा करने के लिए डिज़ाइन किया गया था। IEEE ने 802.3u नाम से फास्ट ईथरनेट बनाया।

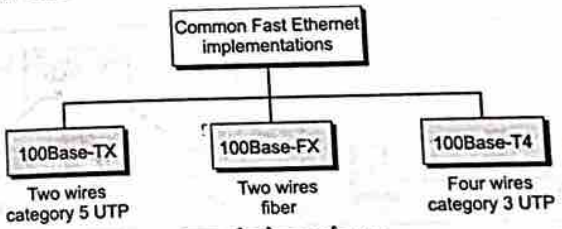
फास्ट ईथरनेट नेटवर्क में twisted-pair cable या fiber-optic cable का उपयोग करके 100 Mbps की दर से डेटा ट्रांसफर हो सकता है। पुराने 10 Mbps ईथरनेट का अभी भी उपयोग किया जाता है, लेकिन ऐसे नेटवर्क कुछ नेटवर्क-बेस वीडियो ऐप्लीकेशन के लिए आवश्यक बैंडविड्थ प्रदान नहीं करते हैं।

फास्ट ईथरनेट CSMA/CD Media Access Control (MAC) प्रोटोकॉल पर आधारित है, और 10BaseT केबलिंग का उपयोग करता है। डेटा किसी भी प्रोटोकॉल ट्रांसमिशन या एप्लिकेशन और नेटवर्किंग सॉफ्टवेयर में परिवर्तन किए बिना 10 Mbps से 100 Mbps तक जा सकता है।

Fast Ethernet एक प्रकार का ईथरनेट नेटवर्क होता है जो कि Twisted-pair cable और FIber optic cable का उपयोग करके 10 Mbps से लेकर 100 Mbps तक के speed से data transfer करने का काम करता है, जबकि ईथरनेट 10 Mbps के speed से data transmit करने का काम करता है हालाँकि पुराने वाले ईथरनेट version को अभी भी इस्तेमाल किया जाता है लेकिन वह Video application के लिए necessary bandwidth provide नहीं कर पाता है।

ईथरनेट standard को IEEE standard 802.3 कहा जाता है जबकि इसका extended version fast ईथरनेट आया जिसे IEEE Standard 802.3u कहा जाता है, फ़ास्ट ईथरनेट higher transmission speed के लिए बनाया गया यह Video, Multimedia, graphics, internet surfing इत्यादि के लिए faster throughput provide करता है जिससे video और audio की quality पूरी तरह से end user तक पहुँच जाती है।

फ़ास्ट ईथरनेट के sub-standards



फास्ट ईथरनेट कार्यान्वयन

I. 100BASE TX IEEE 802.3 जिसे UTP (Unshielded Twisted-pair) category, 5 cable के दो या दो pair type shielded pairs के साथ उपयोग किया जाता है।
II. 100BASE-FX जिसे दो fiber-optic cable के साथ उपयोग किया जाता है।
III. IEEE 802.3100BASE T4 जो कि UTP (Unshielded twisted-pair) cablecategory 3, 4, और 5 के extra two wires (four pairs) को utilize (उपयोग) करता है । 100BASE-TXstandard सबसे popular हो चुका है क्योंकि यह 10BASE-T Ethernet standard के साथ compatible है।

IEEE has designed two categories of Fast Ethernet: 100Base-X and 100BaseT4.

100Base-X स्टेशन और हब के बीच दो केबल का उपयोग करता है और 100Base-T4 स्टेशन और हब के बीच चार केबल का उपयोग करता है।

फास्ट ईथरनेट के लक्ष्य—

1. डेटा दर को 100 एमबीपीएस पर अपग्रेड करें।
2. इसे मानक ईथरनेट के साथ संगत करें।
3. समान 48-बिट पता रखें।
4. एक ही फ्रेम प्रारूप रखें।
5. एक ही न्यूनतम और अधिकतम फ्रेम लंबाई रखें।

मैक सबलेयर–ईथरनेट के विकास में मुख्य विचार 10 से 100 एमबीपीएस तक मैक उपलेयर untouched रखना था। बस टोपोलॉजी को समाप्त कर केवल स्टार टोपोलॉजी उपयोग करना।

स्टार टोपोलॉजी के लिए, दो विकल्प हैं, जैसा कि हमने पहले देखा था—हाफ डुप्लेक्स और फुल डुप्लेक्स।

हाफ डुप्लेक्स में—

- स्टेशन एक हब के माध्यम से जुड़े हुए हैं।
- Access मेथड CSMA/CD है।

फुल डुप्लेक्स में—

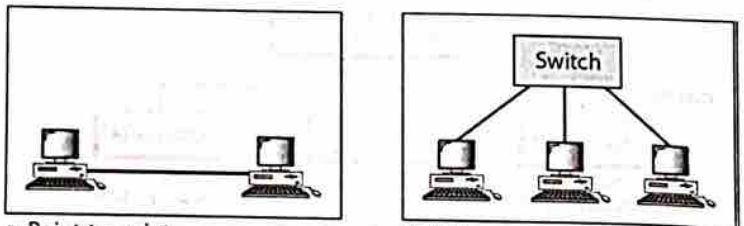
- प्रत्येक पोर्ट पर बफ़र्स के साथ एक स्विच के माध्यम से कनेक्शन किया जाता है।
- CSMA/CD की कोई आवश्यकता नहीं है

फिजिकल लेयर—

फास्ट ईथरनेट में फिजिकल लेयर मानक ईथरनेट में अधिक जटिल है।

टोपोलॉजी—

- फास्ट ईथरनेट दो या दो से अधिक स्टेशनों को एक साथ जोड़ने के लिए डिज़ाइन किया गया है। यदि केवल दो स्टेशन हैं, तो उन्हें पॉइंट-टू-पॉइंट जोड़ा जा सकता है।
- तीन या अधिक स्टेशनों को एक केंद्र या केंद्र में एक स्विच के साथ एक स्टार टोपोलॉजी में जोड़ा जाना चाहिए।



फास्ट ईथरनेट टोपोलॉजी

6.16. Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet एक प्रकार का नेटवर्क होता है जो कि Twisted -pair cable और Fiber optic cable का उपयोग करके 1000 Mbps के speed से data transfer करने के लिए capable होता है, यह सबसे पोपुलर नेटवर्क है। Multimedia और Voice over IP (VolP) जैसे applications के साथ faster communication के लिए Gigabit ईथरनेट को develop किया गया, जिसे "gigabit-Ethernet-over-copper" या 1000Base-T के नाम से भी जाना जाता है । गिगाबिट ईथरनेट को existing नेटवर्क में बैकबोन के रूप में implement किया जा सकता है। इसका उपयोग क्लाइंट और "सर्वर फ़ार्म" के बीच ट्रैफ़िक को एग्रीगेट करने और फास्ट ईथरनेट स्विच को जोड़कर करने के लिए किया जा सकता है। यह उच्च बैंडविड्थ अनुप्रयोगों जैसे मेडिकल इमेजिंग या सीएडी के लिए वर्कस्टेशन और सर्वर को जोड़ने के लिए भी उपयोग कर सकता है।

'Ethernet-over-Copper' 1000BASE-T, 1000BASE-SX, 1000BASE- LX, और GigE ये सब इसके उदहारण हैं। इसको IEEE 802.3z Standard में निर्धारित किया गया है। फिलहाल के दौर में ये बहुत सारे company का रीढ़ की हड्डी जैसे काम करता है। ये 100BASE-T से 10 गुना तेज है।

ईथरनेट के इस version का speed 100BASE-T की अपेक्षा दस गुना faster है। Gigabit ईथरनेट को support करने वाला twisted-pair cable Cat-5e cable है, जहाँ cable का सभी चारों twisted wires High data transfer rate को achieve (प्राप्त) करने के लिए उपयोग होता है । Video systems के लिए Cat-5e और higher category के cable recommend किया जाता है।

गीगाबिट ईथरनेट के प्रकार

1000Base SX (Two wire | short wave fiber | Distance = 550 metre)
1000Base LX (Two wire | Long wave fiber | Distance = 5000 metre)
1000Base CX (Two wire of 50 ohm | Copper (STP) | Distance 25 metre)
1000Base T (Four wire | category5 UTP | Distance = 100 metre)

गीगाबिट ईथरनेट एक full-duplex configuration में स्विच्ड मोड में भी काम करता है। ईथरनेट के विकास में main issue मैक sub-layer को untouched रखना था। गीगाबिट ईथरनेट में medium access के लिए दो approaches हैं।

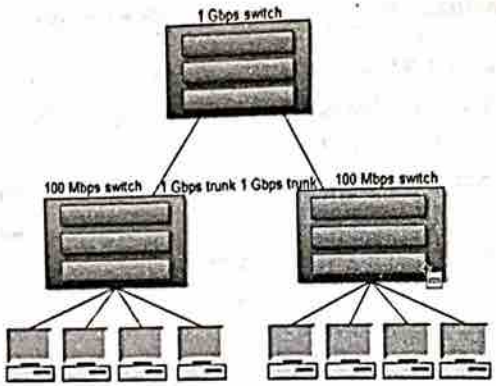
MAC Sub layer Functions

गिगाबिट ईथरनेट में MAC सब-लेयर लगभग एक जैसी रहती है। medium access के लिए दो अलग-अलग approaches हैं—

Half duplex mode और full duplex mode.

Full duplex mode

- कोई collision नहीं है तो CSMA/CD का उपयोग नहीं किया गया है।
- प्रत्येक कंप्यूटर central switch या अन्य स्विच से जुड़ा हुआ है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।
- इस मोड में, प्रत्येक स्विच में प्रत्येक इनपुट पोर्ट के लिए बफ़र होते हैं जिसमें डेटा तब तक संग्रहीत किया जाता है जब तक वे transmit नहीं होते हैं।
- केबल की अधिकतम लंबाई केबल में सिग्नल क्षीणन द्वारा निर्धारित की जाती है।



Gigabit Ethernet

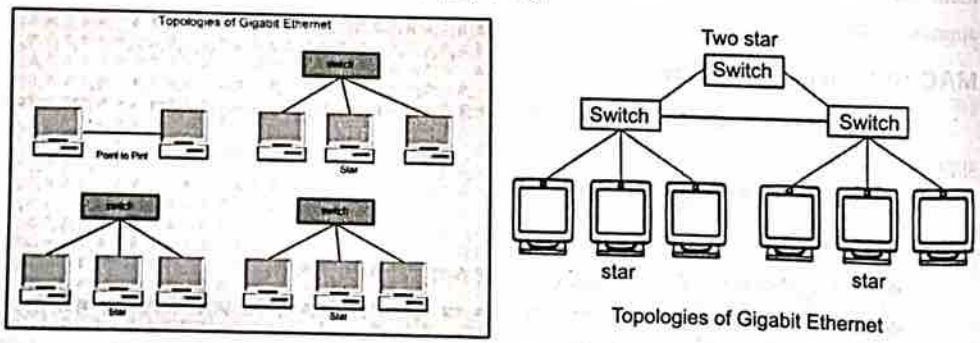
Half duplex mode

- स्विच का उपयोग नहीं किया जाता है बल्कि हब का उपयोग किया जाता है।
- इस हब में सभी collisions होते हैं।
- इसे नियंत्रित करने के लिए, CSMA/CD approach का उपयोग किया जाता है।
- इस approach में नेटवर्क की maximum length पूरी तरह से minimum frame size पर निर्भर है।

Physical layer function

Topology

- गिगाबिट ईथरनेट में, दो या अधिक स्टेशनों को जोड़ा जा सकता है।
- केवल दो स्टेशनों को बिंदु से बिंदु मोड में जोड़ा जा सकता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।
- कई स्टेशनों (दो या अधिक) को एक स्विच या हब के साथ एक स्टार टोपोलॉजी में जोड़ा जा सकता है।
- विभिन्न संभावित कार्यान्वयन चित्र में दिखाए गये हैं।

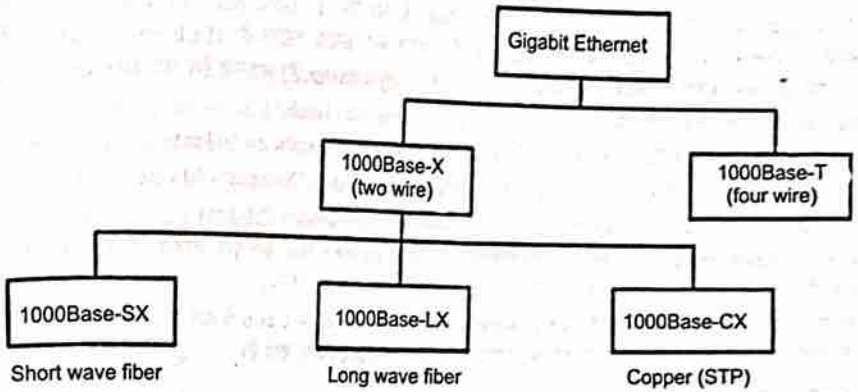


Topologies of Gigabit Ethernet

Physical layer Implementation

- गीगाबिट ईथरनेट के दो अलग-अलग implementation हैं और a four wire।

- two wires implementation फाइबर ऑप्टिक केबल का उपयोग करता है।
  two wires implementation 1000Base-SX, 1000Base-LX, 1000Base-CX हैं।
- four Wire implementation category 5 twisted pair cable का उपयोग करता है। इसमें 100 बेस-टी शामिल हैं।



1000BASE-CX

- Defined by IEEE 802.3z standard
- The initial standard for Gigabit Ethemet
- Uses shielded twisted pair cables with DE-9 or 8P8C connector
- Maximum segment length is 25 metres
- Uses NRZ line encoding and 8B/6B block encoding

1000BASE-SX

- Defined by IEEE 802.3z standard
- Uses a pair of fibre optic cables of a shorter wavelength having 770 - 860 nm diameter
- The maximum segment length varies from 220 - 550 metres depending upon the fiber properties
- Uses NRZ line encoding and 8B/10B block encoding

1000BASE-LX

- Defined by IEEE 802.3z standard
- Uses a pair of fibre optic cables of a longer wavelength having 1270 - 1355 nm diameter
- Maximum segment length is 500 metres
- Can cover distances up to 5 km
- Uses NRZ line encoding and 8B/10B block encoding

1000BASE-T

- Defined by IEEE 802.3ab standard
- Uses a pair four lanes of twisted-pair cables (Cat-5, Cat-5e, Cat-6, Cat-7)

- Maximum segment length is 100 metres
- Uses trellis code modulation technique

6.17. Gigabit Ethernet

10 Gigabit ईथरनेट, ईथरनेट की latest generation है जो कि Twisted-pair और Fiber optic cable का use करके 10 Gbps (10,000 Mbps) तक data transfer करने की क्षमता रखता है। IEEE 802.3ae ईथरनेट के एक version को define करता है जोकि Gigabit Ethernet से 10 गुना faster है, मतलब कि यह 10 Gbps के speed से data transfer करने की क्षमता रखता है।

10GBASE-LX4 (Long wave | 1350 mm | single mode | Distance = 10 km)

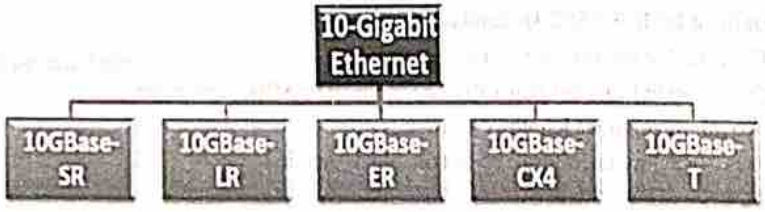
10GBASE-ER (Extended wave | 1550 mm | single mode 1 Distance = 40 km)

10GBASE-SR (Short wave | 850 mm | multimode | Distance = 300 km)

Optical Fiber cable के आधार पर 10,000 मीटर (6.2 miles) तक की दूरी जोड़ने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।

गिगाबिट ईथरनेट को सपोर्ट करने वाले twisted-pair केबल्स का टाइप Cat 6 केबल है, जहाँ केबल के ट्विस्टेड वायर के सभी चार pair हाई डेटा ट्रांसफर रेट को प्राप्त करने के लिए use किए जाते हैं।

10 गीगाबिट ईथरनेट के प्रकार



10GBase-SR

- Defined by IEEE 802.3ae standard
- Uses fiber optic cables
- Maximum segment length is 300 m
- Deployed using multimode fibers having 0.85μ frequency

10GBase-LR

- Defined by IEEE 802.3ae standard
- Uses fiber optic cables
- Maximum segment length is 10 km
- Deployed using single-mode fibers having 1.3μ frequency

10GBase-ER

- Defined by IEEE 802.3ae standard
- Uses fiber optic cables
- Maximum segment length is 40 km
- Deployed using single-mode fibers having 1.5 μ frequency

10GBase-CX4

- Defined by IEEE 802.3ak standard
- Uses 4 pairs of twin-axial cables
- Maximum segment length is 15 m
- Uses 8B/10B coding

10GBase-T

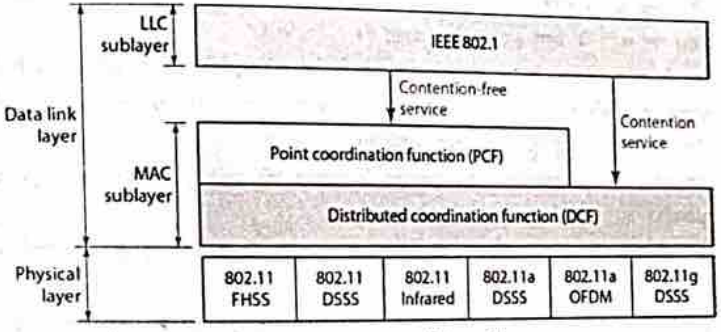
- Defined by IEEE 802.3an standard
- Uses 4 pairs of unshielded twisted pair cables
- Maximum segment length is 100 m
- Uses low-density parity-check code (LPDC code)

6.18. IEEE-802.11: आर्किटेक्चर

इस टॉपिक के बारे मे chapter-4 में विस्तार पूर्वक समझाया गया है । यहाँ हम मैक sublayer फंक्शन के बारे मे पढ़ेंगे।

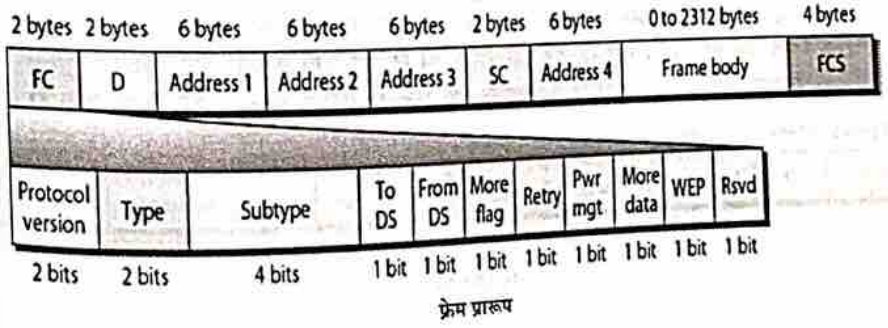
6.18.1. मैक सबलेयर

IEEE 802.11 दो मैक सबलेयर को परिभाषित करता है—वितरित समन्वय फ़ंक्शन (DCF) और बिंदु समन्वय समारोह (पीसीएफ)।



IEEE 802.11 मानक में मैक परतें

फ्रेम प्रारूप–MAC मैक परत फ्रेम में नौ क्षेत्र होते हैं—



फ्रेम प्रारूप

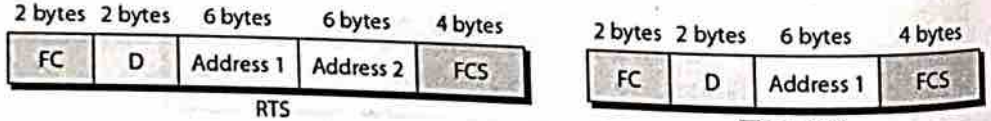
फ्रेम नियंत्रण (एफसी)। एफसी क्षेत्र 2 बाइट्स लंबा है और फ्रेम के प्रकार और कुछ नियंत्रण को परिभाषित करता है जानकारी।

Field	Explanation
Version	Current version is 0
Type	Type of information : management (00), control (01), or data (10)
Subtype	Subtype of each type
To DS	Defined later
From DS	Defined later
More flag	When set to 1, means more fragments
Retry	When set to 1, means retransmitted frame
Pwr mgt	When set to 1, means station is in power management mode
More data	When set to 1, means station has more data to sent
WEP	Wired equivalent privacy (encryption implemented)
Rsvd	Reserved

- **डी**—एक को छोड़कर सभी फ्रेम प्रकारों में, यह फ़ील्ड ट्रांसमिशन की अवधि को निर्धारित करती है जिसे सेट करने के लिए उपयोग किया जाता है।
- एनएवी का मूल्य एक नियंत्रण फ्रेम में, यह फ़ील्ड फ्रेम की आईडी को परिभाषित करती है।
- **एड्रेस**—चार पते फ़ील्ड हैं, प्रत्येक 6 बाइट्स लंबे हैं। प्रत्येक पता फ़ील्ड का अर्थ डीएस टू और डीएस सबफील्ड्स के मूल्य पर निर्भर करता है।
- **अनुक्रम नियंत्रण**—यह क्षेत्र प्रवाह नियंत्रण में उपयोग की जाने वाली फ्रेम की अनुक्रम संख्या को परिभाषित करता है।
- **फ्रेम बॉडी**—यह फ़ील्ड, जो 0 से 2312 बाइट्स के बीच हो सकती है, पर आधारित जानकारी होती है। एफसी क्षेत्र में परिभाषित प्रकार और उपप्रकार।
- **एफसीएस**—FCS फ़ील्ड 4 बाइट्स लंबा है और इसमें CRC 32 त्रुटि का पता लगाने का क्रम है।

फ्रेम प्रकार—802 IEEE 802.11 द्वारा परिभाषित एक वायरलेस लैन में फ्रेम की तीन श्रेणियां हैं— प्रबंधन फ्रेम, नियंत्रण फ्रेम, और डेटा फ्रेम।

- प्रबंधन फ्रेम स्टेशनों और पहुंच बिंदुओं के बीच प्रारंभिक संचार के लिए उपयोग किया जाता है।
- डेटा फ्रेम का उपयोग डेटा ले जाने और सूचना को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है ।
- नियंत्रण फ्रेम का उपयोग चैनल तक पहुंचने और फ्रेम को स्वीकार करने के लिए किया जाता है।



नियंत्रण फ्रेम

01 नियंत्रण फ्रेम के लिए टाइप फ़ील्ड का मान 01 है; फ्रेम के लिए उप-फ़ील्ड फ़ील्ड का मान

तालिका-नियंत्रण फ्रेम में उप-फ़ील्ड का मान

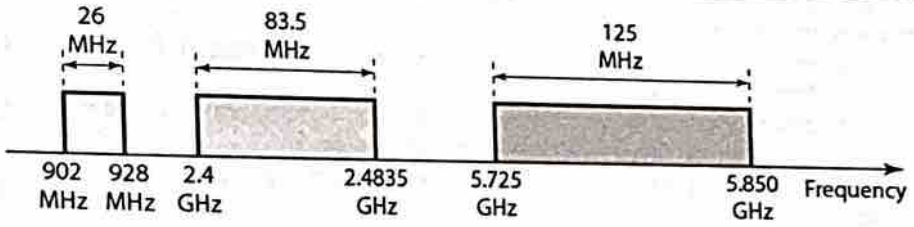
Subtype	Meaning
1011	Required to sent (RTS)
1100	Clear to send (CTS)
1101	Acknowledgment (ACK)

6.18.2 फिजिकल लेयर

अवरक्त को छोड़कर सभी कार्यान्वयन, औद्योगिक, वैज्ञानिक और चिकित्सा (आईएसएम) बैंड में संचालित होते हैं, जो तीन श्रेणियों 902-928 मेगाहर्ट्ज, 2.400 –4.835 गीगाहर्ट्ज, और 5.725 – 5.850 GHz में तीन बिना लाइसेंस वाले बैंड को परिभाषित करता है।

तालिका : फिजिकल लेयर्स

IEEE	Technique	Band	Modulation
802.11	FHSS	2.4 GHz	FSK
	DSSS	2.4 GHz	PSK
		Infrared	PPM



औद्योगिक, वैज्ञानिक और चिकित्सा (आईएसएम) बैंड

IEEE 802.11 FHSS

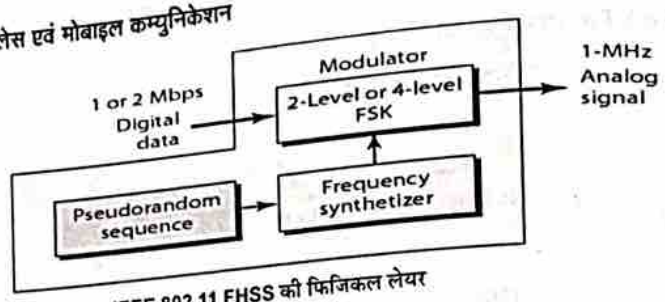
IEEE 802.11 FHSS फ्रीक्वेंसी-हॉपिंग स्प्रेड स्पेक्ट्रम (FHSS) विधि का उपयोग करता है।

FHSS 2.4-GHz ISM बैंड का उपयोग करता है।

1 बैंड को 1 मेगाहर्ट्ज (और कुछ गार्ड बैंड) के 79 सब बैंडों में विभाजित किया गया है।

एक pseudorandom number जनरेटर hopping सीक्वेंस का चयन करता है।

इस विनिर्देशन में मॉडयूलेशन तकनीक 1 या 2 बिट्स/बॉड के साथ दो-स्तरीय FSK या चार-स्तरीय FSK है, जिसके परिणामस्वरूप 1 या 2 एमबीपीएस की डेटा दर होती है।



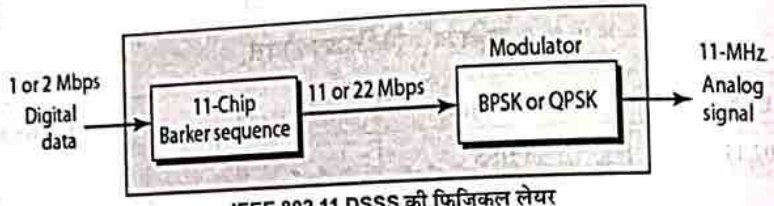
IEEE 802.11 FHSS की फिजिकल लेयर

IEEE 802.11 DSSS:

IEEE 802.11 DSSS डायरेक्ट सीक्वेंस स्प्रेड स्पेक्ट्रम (DSSS) विधि का उपयोग करता है।

DSSS 2.4-GHz ISM बैंड का उपयोग करता है। इस विनिर्देशन में मॉड्युलेशन तकनीक 1 mbauds/s पर PSK है।

सिस्टम 1 या 2 बिट्स/बॉड (BPSK या QPSK) की अनुमति देता है, जिसके परिणामस्वरूप 1 या 2 की डेटा दर होती है।



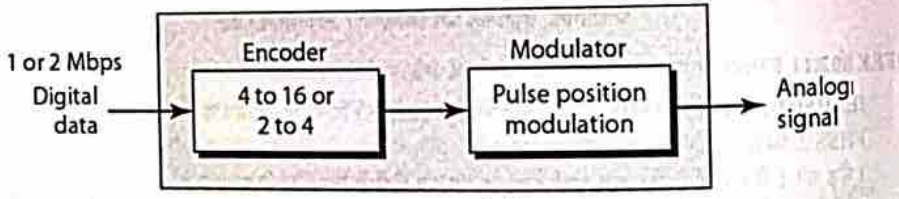
IEEE 802.11 DSSS की फिजिकल लेयर

IEEE 802.11 इन्फ्रारेड

IEEE 802.11 इन्फ्रारेड 800 से 950 nm की सीमा में इन्फ्रारेड लाइट का उपयोग करता है। मॉड्यूलेशन तकनीक को पल्स पोजिशन मॉड्यूलेशन (PPM) कहा जाता है।

1. एमबीपीएस डेटा दर के लिए, 4-बिट सीक्वेंस को पहले 16-बिट सीक्वेंस में मैप किया जाता है, जिसमें केवल एक बिट 1 पर सेट है और बाकी 0 पर सेट हैं।
2. एमबीपीएस डेटा दर के लिए, 2-बिट सीक्वेंस को पहले 4-बिट सीक्वेंस में मैप किया जाता है, जिसमें केवल एक बिट । पर सेट होता है और बाकी 0 पर सेट हैं।

मैप किए गए सीक्वेंस को फिर ऑप्टिकल सिग्नल में बदल दिया जाता है; प्रकाश की उपस्थिति 1, प्रकाश की अनुपस्थिति 0 बताती है।



IEEE 802.11 अवरक्त की भौतिक परत

IEEE 802.11A OFDM:

5-GHz ISM बैंड में सिग्नल जेनरेशन के लिए IEEE 802.11a में ऑर्थोगोनल फ्रीक्वेंसी-डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग (OFDM) विधि का वर्णन करता है।

एक बार में 48 बिट के समूहों को 48 सबबैंड्स के साथ भेजने के लिए बैंड को 52 उप-खंडों में विभाजित किया जाता है और इनफॉर्मेशन को कण्ट्रोल करने के लिए 4 सबबैंड।

बैंड को सबबैंड में विभाजित करने से हस्तक्षेप का प्रभाव कम हो जाता है।

यदि सबबैंड का उपयोग रैंडम ढंग से किया जाता है, तो सुरक्षा भी बढ़ाई जा सकती है।

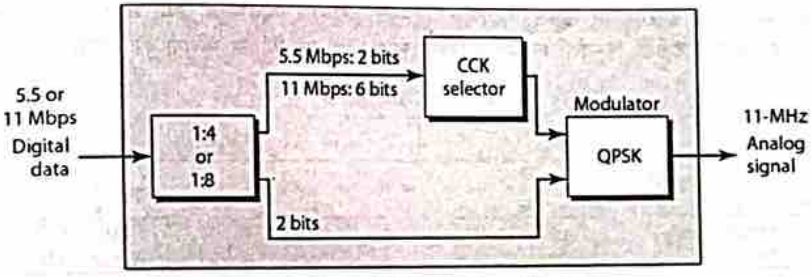
OFDM मॉड्यूलेशन के लिए PSK और QAM का उपयोग करता है । सामान्य डेटा दरें 18 एमबीपीएस (PSK) और 54 एमबीपीएस (QAM) हैं।

IEEE 802.11b DSSS:

2.4-GHz ISM बैंड में सिग्नल जेनरेशन के लिए IEEE 802.11b DSSS हाई रेट डायरेक्ट सीक्वेंस स्प्रेड स्पेक्ट्रम (HRDSSS) विधि का वर्णन करता है।

एन्कोडिंग विधि को छोड़कर HR-DSSS DSSS के समान है, जिसे कॉम्प्लीमेंट्री कोड keying (CCK) कहा जाता है। CCK एक CCK सिंबल को 4 या 8 बिट्स में एनकोड करता है। डीएसएसएस, एचआर-डीएसएसएस के साथ बैकवर्ड कम्पैटिबल होना चार डेटा दरों को परिभाषित करता है: 1,2, 5.5 और 11 एमबीपीएस।

पहले दो DSSS के रूप में एक ही मॉडुलन तकनीकों का उपयोग करते हैं। 5.5-एमबीपीएस संस्करण BPSK का उपयोग करता है और 4-बिट CCK एन्कोडिंग के साथ 1.375 Mbaud/s पर प्रसारित करता है। II-Mbps संस्करण QPSK का उपयोग करता है और 8-बिट CCK एन्कोडिंग के साथ 1.375 एमबीपीएस पर प्रसारित करता है।



IEEE 802.11 b की फिजिकल लेयर

IEEE 802.11g:

यह नया विनिर्देश 2.4 गीगाहर्ट्ज ISM बैंड का उपयोग करके एरर करेक्शन और OFDM को परिभाषित करता है। यह मॉड्यूलेशन तकनीक 22-या 54-एमबीपीएस डेटा दर प्राप्त करती है। यह 802.11b बैकवर्ड कम्पैटिबल है, लेकिन मॉड्यूलेशन तकनीक OFDM है।

Diffrence Between Fast Ethernet and Gigabit Ethernet

S.No.	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet
1.	Fast Ethernet provides 100 Mbps speed.	Gigabit Ethernet offers 1 Gbps speed.
2.	Fast Ethernet is simple configured.	While Gigabit Ethermet is more complicated than Fast Ethernet.

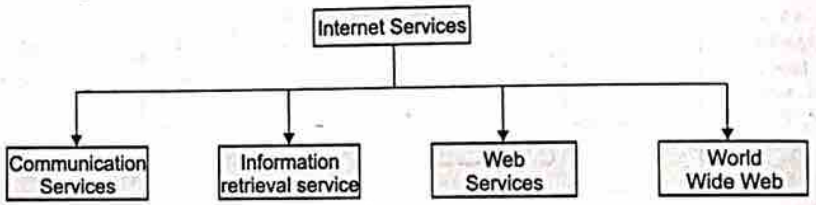
3.	Fast Ethernet generates more delay comparatively.	Gigabit Ethernet generates less delay than Fast Ethernet.
4.	The coverage limit of Fast Ethernet is up to 10 km.	While the coverage limit of Gigabit Ethernet is up to 70 km.
5.	The round-trip delay in Fast Ethernet is 100 to 500 bit times.	While the round-trip delay in Gigabit Ethernet is 4000 bit times.
6.	Fast Ethernet is the Successor of 10-Base-T Ethernet.	While Gigabit Ethernet is the successor of Fast Ethernet.

6.19. Internet and ISDN services

6.19.1. Internet Services

इन्टरनेट का पूरा नाम International Network है जिसे साल 1950 मे विंट कर्फ ने शुरू किया था। इन्हें Internet Father भी कहा जाता है। इन्टरनेट Networks का नेटवर्क है, जिसमे लाखों Confidential और Public Information, Local to Global Scope वाले नेटवर्क होते है। Generally नेटवर्क्स दो या दो से ज्यादा Computor Systems को आपस में जोड़कर बनाया गया एक Group है। इंटरनेट से यूजर कई प्रकार की सेवाओ का लाभ उठा सकता है, जैसे की Electronic Mail, Multimedia Display, shopping, Real Time Broadcasting इत्यादि. इनमें से कुछ महत्वपूर्ण सेवाएँ नीचे दी गयी है।

इंटरनेट सेवाएं हमें इंटरनेट पर टेक्स्ट, ग्राफिक्स, साउंडेड इंटरनेटेंड सॉफ्टवेयर जैसी बड़ी मात्रा में इनफार्मेशन एक्सेस करने की अनुमति देती हैं। निम्नलिखित आरेख इंटरनेट सेवाओं की चार विभिन्न श्रेणियों को दर्शाता है—



Communication Services

वहाँ विभिन्न संचार सेवाएं उपलब्ध हैं, जो व्यक्तियों या समूहों के साथ सूचनाओं के आदान-प्रदान करने मे सहायक हैं। निम्न तालिका इन सेवाओं का संक्षिप्त परिचय देती है—

S.No.	Service Description
1.	Electronic Mail used to send electronic message over the internet.
2.	Telnet Used to log on the a remote computer that is attached to internet.
3.	Newsgroup offers a forum for people to discuss topics of common interests.
4.	Internet Relay Chat (IRC) Allows the people from all over the world to communicate in real time.
5.	Mailing List used to organize group of internet users to share common information through e-mail.

6.	Internet Telephony (VoIP) Allows the internet users to talk across internet to any PC equipped to receive the call.
7.	Instant Messaging offers real time chat between individuals and groups of people. e.g. Yahoo messenger, MSN messenger.

Information Retrieval Services

वहाँ कई सूचना पुनर्प्राप्ति सेवाएं मौजूद हैं जो इन्टरनेट पर मौजूद जानकारी तक आसान पहुँच प्रदान करती हैं। इंटरनेट। निम्न तालिका इन सेवाओं का संक्षिप्त परिचय देती है—

S.N.	Service Description
1.	File Transfer Protocol (FTP) enables the users to transfer files
2.	Archie it's updated database of public FTP sites and their content. It helps to search a file by its name.
3.	Gopher used to search, retrieve, and display documents on remote sites.
4.	Very Easy Rodent Oriented Netwide Index to computer Achieved (VERONICA) VERONICA is gopher based resource. It allows access to the information resource stored on gopher's servers.

Web Services

वेब सेवाएं वेब पर एप्लिकेशन के बीच सूचनाओं के आदान-प्रदान की अनुमति देती है। वेब सेवाओं का उपयोग करते हुए एप्लिकेशन आसानी से एक दूसरे के साथ बातचीत कर सकते हैं।

यूटिलिटी कंप्यूटिंग की अवधारणा का उपयोग कर वेब सेवाएं प्रदान की जाती हैं।

World Wide Web (WWW)

www को w3 के नाम से भी जाना जाता है। यह serverIt कई सर्वरओवर इंटरनेट पर फैले दस्तावेजों तक पहुंचने का एक तरीका प्रदान करता है। इन दस्तावेजों में टेक्स्ट, ग्राफिक्स, ऑडियो, वीडियो, हाइपरलिंक हो सकते हैं। हाइपरलिंक्स हाइपरलिंक उपयोगकर्ताओं को दस्तावेजों के बीच नेविगेट करने की अनुमति देता है।

Video Conferencing

वीडियो और वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग या वीडियो टेलीकांफ्रेंसिंग दूरसंचार तकनीकों की मदद से दो-तरफ़ा वीडियो और ऑडियो प्रसारण द्वारा संचार करने की एक विधि है।

Types of Internet Services – Internet Access करने के तरीके

Types of Internet Services—जब एक User के रूप में हम Internet द्वारा Provide की जाने वाली Services को use करना चाहते हैं, तब हमें किसी न किसी Internet Service Provider की Internet Service को Use करना होता है जो कि Directly या Indirectly Paid या Free हो सकती है और अलग-अलग प्रकार के आधार पर हमें भिन्न-भिन्न प्रकार का Internet Service प्राप्त हो सकता है।

उदाहरण के लिए यदि हम Broadband Connection Use करते हैं, तो हमें प्राप्त होने वाली Internet Speed 2G/3G/4G या Dialup Connections की तुलना में अलग-अलग होती है और इन भिन्न-भिन्न प्रकार की Speed के

लिए किया जाने वाला भुगतान भी अलग-अलग होता है। फिर भी विभिन्न प्रकार के Internet Connections को हम निम्नानुसार कुल 6 भागों में विभाजित कर सकते हैं—

Gateway Access Connection–इस प्रकार के Internet Connection को Level-One प्रकार का Internet Connection भी कहा जाता है। इसके अन्तर्गत एक Network के माध्यम से Internet को Access किया जाता है जो कि स्वयं Internet पर नहीं होता। Gateway वास्तव में दो Different प्रकार के Networks को आपस में Communicate करवाने का काम करता है।

यानी दुनिया भर में विभिन्न प्रकार की Devices हैं, जिन पर विभिन्न प्रकार के Operating Systems (Windows, Linux, Unix, Macintosh, Android, iOS, etc...) Run होते हैं और इन विभिन्न प्रकार की Devices को आपस में Communicate करवाने के लिए जो Network अपना Role Play करता है, उसे हम Gateway के रूप में Identify करते हैं। लेकिन Gateway के माध्यम से Internet को Use करने वाले Users, Internet के एक Limited हिस्से को ही Access करने में सक्षम होते हैं, इसलिए ये Users Internet पर उपलब्ध सभी Tools को Use नहीं कर सकते।

एक Gateway को Use करने वाले सभी Users Internet के किस हिस्से को Access कर सकते हैं और किसे नहीं तथा Internet के किन Tools को Access कर सकते हैं और किसे नहीं, इस बात को पूरी तरह से Gateway Access Provide करने वाला ISP (Internet Service Provider) तय करता है।

VSNL (Videsh Sanchar Nigam Limited), Gateway Access प्रकार के Level-One Internet Connection का सबसे उपयुक्त उदाहरण है क्योंकि सम्पूर्ण भारत में Internet को इसी Gateway के माध्यम से Use किया जाता है।

यानी दुनिया भर में विभिन्न प्रकार की Devices हैं, जिन पर विभिन्न प्रकार के Operating Systems (Windows, Linux, Unix, Macintosh, Android, iOS, etc...) Run होते हैं और इन विभिन्न प्रकार की Devices को आपस में Communicate करवाने के लिए जो Network अपना Role Play करता है, उसे हम Gateway के रूप में Identify करते हैं। लेकिन Gateway के माध्यम से Internet को Use करने वाले Users, Internet के एक Limited हिस्से को ही Access करने में सक्षम होते हैं, इसलिए ये Users Internet पर उपलब्ध सभी Tools को Use नहीं कर सकते।

एक Gateway को Use करने वाले सभी Users Internet के किस हिस्से को Access कर सकते हैं और किसे नहीं तथा Internet के किन Tools को Access कर सकते हैं और किसे नहीं, इस बात को पूरी तरह से Gateway Access Provide करने वाला ISP (Internet Service Provider) तय करता है।

VSNL (Videsh Sanchar Nigam Limited), Gateway Access प्रकार के Level-One Internet Connection का सबसे उपयुक्त उदाहरण है क्योंकि सम्पूर्ण भारत में Internet को इसी Gateway के माध्यम से Use किया जाता है।

Dialup Access–इस प्रकार के Internet Connection को Level Two प्रकार का Internet Connection भी कहा जाता है। इसके अन्तर्गत हमें एक Dialup Terminal के माध्यम से Internet को Access करने की सुविधा प्राप्त होती है। इस प्रकार के Connection में जो Computer System हमें Internet Use करने की सुविधा Provide करता है, उसे 'Host' Computer कहा जाता है, जबकि जिस Computer System पर Internet Service को Use किया जाता है, उसे "Client" या "Teminal" Computer के नाम से जाना जाता है।

Client Computer को Host Computer से Internet Access की सुविधा प्राप्त करने के लिए "Modem" नाम की Device का प्रयोग करना पड़ता है, जो कि Client Computer को ऐसा Feeling Provide करता है, जैसे कि वह Directly Internet से जुड़ा हुआ हो, जबकि वास्तव में वह एक Host Computer से जुड़ा होता है और उसके Computer पर आने वाला Internet Service पूरी तरह से Host Computer के माध्यम से आता है।

अत: इस प्रकार के Internet Connection को "Remote Modem Access" Connection के नाम से भी जाना जाता है।

इस प्रकार के Internet Connection में Client द्वारा Fire किए जाने वाले सभी Internet Commands को Host Computer ही Accept करता है और आगे Internet पर Forward करता है । इसलिए इस प्रकार के Connection में Client Computer एक Dumb Teminal की तरह Act करते हुए Remote Host से Connected रहता है और उसके द्वारा Fire किए गए सभी Actions को Remote Host Computer के Action की तरह Treat किया जाता है।

इस प्रकार के Internet Connections को ही यदि हम आगे और विभाजित करें, तो निम्नानुसार तीन भागों में विभाजित कर सकते हैं—

Shell Connections–इस प्रकार के Connection में User केवल Textual Format में ही Internet को Access कर सकता है।

TCP/IP Connections–वर्तमान समय में Use किए जाने वाले सभी Modern Web Browsers इसी प्रकार के Connections की वजह से Internet की सभी Services को GUI Mode में Access कर पा रहे हैं। इस प्रकार के Connection को भी हमने पिछले Section में PPP Account के रूप में काफी विस्तार से Discuss किया है।

ISDN Connections–ISDN (Integrated Services Digital Network) के रूप में हम Dialup Connections के रूप में Internet Services को Digital Phone Lines के माध्यम से Access करने की सुविधा प्राप्त करते हैं।

ISDN नाम की Dialup Services हमें Telephone Companies Provide करती हैं हालांकि वर्तमान समय में ये Dialup Services काफी कम लोग Use करते हैं। फिर भी Dialup Services को Use करने के लिए हमें मूलत: निम्न Software व Hardware की जरूरत होती है—

- Internet Supported Device (Computer, Smart Phone, Tablet, etc...)
- Modem
- Landline Telephone Connection
- Shell Account or TCP/IP/ISDN Account from ISP
- Internet Client Software like Web Browser

Leased Line Connection–इस प्रकार के Internet Connection को Level Three प्रकार का Internet Connection अथवा Direct-Internet Connection भी कहा जाता है।

इस प्रकार का Internet Connection सबसे अधिक Secure, Dedicated, Fast व सबसे अधिक महंगा होता है। इसलिए इस Connection को Use करते समय हमारा Computer System, Internet Network to High-speed Transmission Lines के माध्यम से हर समय Directly Connected रहता है।

DSL Connection–इस प्रकार के Internet Connection को Level Four प्रकार का Internet Connection भी कहा जाता है और हम अपने Telephone Lines के माध्यम से जिस BSNL या MTNL के Broadband Connection को Use करते हैं, वह वास्तव में इसी प्रकार का Connection होता है।

ये Connection कुछ हद तक Dialup Connection की तरह ही Telephone Lines के माध्यम से Access होता है लेकिन ये Connection DSL (Digital Subscriber Line) द्वारा प्राप्त होता है जो कि एक प्रकार का High Frequency Band होता है। इस प्रकार के Internet Connection की Speed 256 kbps से 40 Mbps तक होती है।

Cable Modem Connection–इस प्रकार के Internet Connection को सामान्यत: Telephone Links के माध्यम से नहीं बल्कि Cable Modem के माध्यम से Access किया जाता है।

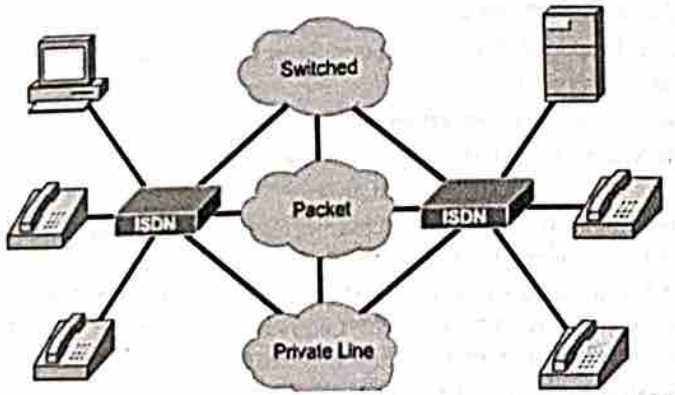
Cable Modem एक ऐसा Modem होता है जो हमें हमारे घरों में Television connection के लिए Use किए जाने वाले Cable के माध्यम से Provide किया जाता है। इस प्रकार का Connection वास्तव में एक प्रकार का Network Bridge युक्त Modem होता है, जो कि Radio Frequency Channels के माध्यम से Bi-Directional Data Communication की सुविधा Provide करता है।

Cable Modes का प्रयोग मूल रूप से Broadband Internet Connection को Cable Internet के माध्यम से Provide करने हेतु Use किया जाता है और इस प्रकार का Internet Connection मूलत: Australia, Europe, Asia व America के विकसित देशों में Use किया जाता है।

VSAT Connection–VSAT (Very Small Aperture Terminal) प्रकार के Internet Connection को सामान्यत: Satellite Communications के माध्यम से Access किया जाता है जिसके Transmitter व Receiver के रूप में दो हिस्से होते हैं जो कि Internet से connected दो Nodes के बीच Data को Receive करके Transmit करते हुए Communication करवाने का काम करते हैं।

6.20. ISDN services

ISDN का पूरा नाम (Integrated Services Digital Network) है। यह एक सर्किट स्विच्ड टेलीफोन नेटवर्क सिस्टम है। इसका प्रयोग और डाटा को हम डिजिटल ट्रांसमिशन कर सकते है। ट्रांसमिशन का माध्यम साधारण टेलीफोन लाइने होती है जिनमें तांबे या कॉपर के तार होते है। इस तकनीक से हमें अच्छा और हाई स्पीड का डाटा ट्रांसमिशन मिलता है।



दूसरे शब्दों में कहें तो "यह एक सर्किट स्विच्ड टेलीफोन नेटवर्क सिस्टम है तथा यह डिजिटल ट्रांसमिशन (जैसे—ऑडियो, विडियो तथा अन्य नेटवर्क सम्बंधित डेटा) के लिए कम्युनिकेशन मानकों का एक सेट है।"

ISDN वैसे तो सर्किट स्विच्ड टेलीफोन नेटवर्क सिस्टम है परन्तु इसमें पैकेट स्विच्ड नेटवर्क भी एक्सेस कर सकते है।

ISDN प्रोटोकॉल का एक सेट है जो सर्किट स्विच कनेक्शनों को बनाता है और कनेक्शनों को तोड़ता भी है। यदि आप वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग कर रहे हैं तो ISDN (Integrated Services Digital Network) आपको टेक्स्ट, आवाज़, और विडियो, साथ-साथ उपलब्ध कराता है यह काम आप अपने कंप्यूटर या लैपटॉप से भी से कर सकते है और ग्रुप में वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग भी कर सकते हैं। ISDN (Integrated Services Digital Network) की मुख्य विशेषता यह होती है कि यह एक टाइम में एक साथ दो कनेक्शन को हमारे पास पहुंचा सकता है। कनेक्शनों में डाटा का कोई भी मिश्रण हो सकता है चाहे वह आवाज हो या टेक्स्ट हो या फिर फेक्स या आवाज़ या फिर आवाज़ या विडियो, हम अपने आवश्यक कार्यों के अनुसार इसमें एक से ज्यादा डिवाइस भी जोड़ सकते हैं। शायद यही कारण है जिससे लाइन के द्वारा ज्यादातर प्रयोगकर्ताओं की संचार संबंधी जरूरतें पूरी हो जाती है। और एक से ज्यादा टेलीफ़ोन लाइनों को खरीदने की आवश्यकता नहीं होती है।

यदि आप टेलीफोन लाइनों के द्वारा मॉडेम का प्रयोग करते हैं तो इसमें जब् मॉडेम किसी वेबसाइट से आपको जोड़ता है तो वह डिजिटल सिग्नल को एनालॉग में बदलता है। जब वेबसाइट को सिग्नल भेजता है तो एनालॉग सिग्नल को डिजिटल में बदलता है लेकिन ISDN (Integrated Services Digital Network) लाइन में ऐसा नहीं होता है। यह सीधे-सीधे डिजिटल सिग्नल ही प्रयोग करता है इसमें सिग्नल का कोई भी एनालॉग कन्वर्जन नहीं होता है।

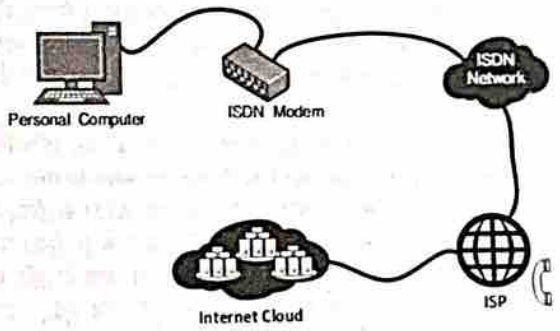
यदि ISDN (Integrated Services Digital Network) लाइनों की तुलना हम लीज्ड लाइनों से करें तो यह लीज़ड लाइनों के मुकाबले में काफी पीछे है लेकिन जिस उद्देश्य से प्रयोग किया जाता है वह उद्देस्य पूरी तरह से पूरा होता है यह यूजर को सम्पूर्ण इंटीग्रेटेड डिजिटल सर्विस हमारे लिए उपलब्ध करता है। इसके द्वारा उपलब्ध होने वाली सेवाएं तीन भागो में विभाजित होती हैं—

- Bearer Services
- Supplementary Services
- Teleservices

ISDN का पूरा नाम Integrated Service Digital Network है। यह एक डिजिटल टेलीफोन नेटवर्क है जिसका उपयोग Point to Point टेलीफोन नेटवर्क के रूप में किया जाता है। ISDN नेटवर्क के माध्यम से उपयोगकर्ता को Internet Service भी प्रदान किया जाता है। ISDN मुख्यत: Circuit Switching नेटवर्क का उदाहरण है अर्थात ISDN Network में Source और Destination Computer आपस में फिजिकल सर्किट नेटवर्क के माध्यम से Connect रहता है।

ISDN नेटवर्क में Data और Voice एक ही तार के माध्यम से ट्रांसमिट होता है। यह DSL (Digital Subscriber Line) की तरह कार्य करता है। दोनों में फर्क सिर्फ इतना है कि DSL लेटेस्ट टेक्नोलॉजी का डिवाइस है जबकि ISDN पुराने टेक्नोलॉजी का डिवाइस है।

ISDN
Integrated Service Digital Network



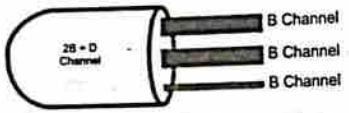
6.20.1 ISDN कनेक्शन के प्रकार

ISDN (Integrated Services Digital Network) तकनीक दो प्रकार की होती है—इस तकनीक में दो प्रकार के चैनल प्रयोग किए जाते हैं—एक चैनल B और दूसरे चैनल को D कहते हैं। यह B का अर्थ "Bearer" और D का अर्थ "Delta' होता है। B चैनल का प्रयोग डाटा के लिए होता है और D चैनल का प्रयोग सिग्नल और कन्ट्रोल के लिये किया जाता है लेकिन इसे भी डेटा के लिए ही प्रयोग करते हैं। ISDN को तीन तरह से प्रयोग किया जाता है। इनमें एक को BRI कहते हैं। BRI का अर्थ है बेसिक रेट इंटरफ़ेस (Basicrate interface) इसमें दो B चैनल होते है और प्रत्येक

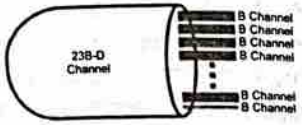
को बैंडविड्थ 64 kbit/s होती है इसके अलावा इसमें एक D चैनल होता है जिसकी बैंडविड्थ 16 kbit/s होती है। ये चैनल एक साथ मिलकर इन तीन चैनलों को 2B+D के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

BRI-ISDN

BRI का पूरा नाम Basic Rate Interface है जो PRI की तुलना में कम कीमत में कम स्पीड वाले कनेक्शन प्रोवाइड करने के लिए उपयोग किया जाता था। ज्यादातर BRI कनेक्शन के उपयोग घर, ऑफिस और छोटे कंपनी में इन्टरनेट कनेक्शन के लिए उपयोग किया जाता था। BRI वाले ISDN में केवल दो B चैनल और एक D चैनल का उपयोग किया जाता था। BRI तांबे के वायर पर अधिकतम स्पीड केवल 128 kbps तक होती थी जिसमें B चैनल 64 kbps और D चैनल 16 kbps पर चलता था।



BRI-ISDN INTERFACE



PRI-ISDN INTERFACE

PRI-ISDN

PRI का पूरा नाम Primary Rate Interface है जो BRI की तुलना में अधिक कीमत में अधिक स्पीड वाले कनेक्शन प्रोवाइड करने के लिए उपयोग किया जाता था। ज्यादातर PRI कनेक्शन के उपयोग बड़े कंपनी जैसे कॉल सेंटर एवम् BPO इत्यादि में इन्टरनेट कनेक्शन के लिए उपयोग किया जाता था। PRI वालें ISDN में केवल दो 23 B-चैनल और एक D-चैनल का उपयोग किया जाता था जिसमे अधिकतम स्पीड 2.94 Mbps तक होती थी।

ISDN के दूसरे प्रयोग को PRI कहते है यह PRI का अर्थ है प्राइमरी रेट एक्सेस (Primary Rate Access) इसमें काफी संख्या में B चैनल होते हैं और एक D चैनल होता है इसकी बैंडविड्थ 64 kbit/s होती है। PRI में B चैनलों की संख्या देश के ऊपर निर्भर रहती है। उत्तरी अमेरिका और जापान में B चैनलों की संख्या 23B+1D होती है और इसकी बैंडविड्थ 1.544 Mbit/s होती है इसे T1 भी कहा जाता है। यूरोप, भारत और ऑस्ट्रेलिया में चैनलों की संख्या 30B+1D होती है और इसकी डाटा ट्रांसमिशन करने की गति 2.048 Mbit/s होती है। इसे E1 के नाम से जाना जाता है।

SDN का तीसरा प्रयोग BISDN के रूप में होता है इसका अर्थ ब्रॉडबैंड इंटीग्रेटेड सर्विस डिजिटल नेटवर्क (Broadband Integrated service Digital Network) होता है। यह एक समय में अलग-अलग प्रकार की सेवाएं देने में सक्षम है। इसका प्राइमरी प्रयोग नेटवर्क की बैकबोन के रूप में तथा ATM के लिए किया जाता है। ISDN में बिपोलर 8-0 एनकोडिंग तकनिकी को प्रयोग किया जाता है इसमें कॉल डाटा को B चैनल पर तथा सिग्नल के लिए D चैनल का प्रयोग होता है। इसमें कॉल सेटअप तथा मैनेजमेंट का कार्य किया जाता है। यदि एक बार कॉल सेटअप बन जाता है तो कॉल समाप्त होने तक दोनों पार्टियो के बीच 64 kbits/s सिंक्रोनाइज बाई - डायरेक्शनल डाटा चैनल बन जाता है। इसमें प्रयोग होने वाले चैनल का प्रयोग X.25 डाटा पैकेटो को भेजने तथा ग्रहण करने के लिए भी किया जाता है। यह एनालॉग कनेक्शन के लिए एक मॉडेम की जरुरत होती है वही ISDN कनेक्शन के लिए एक टर्मिनल एडाप्टर (TA) की अवश्यकता होती है। एक PC कार्ड के रूप में भी उपलब्ध होता है और इसमें S/T इंटरफ़ेस लगा होता है।

6.20.2 ISDN के चैनल (Channel in ISDN)

ISDN में दो प्रकार के चैनल का उपयोग किया जाता है जिसमे B-चैनल और D-चैनल दोनों शामिल हैं।

B-चैनल–इस चैनल का पूरा नाम Bearer Channel (बेयरर चैनल) है। इसका उपयोग डाटा और voice के ट्रांसमिशन के लिए किया जाता है।

D-चैनल–D चैनल का पूरा नाम Delta Channel (डेल्टा चैनल) है। इसका उपयोग सिग्नलिंग और कण्ट्रोलिंग के लिए किया जाता है। साथ-ही इसका उपयोग कनेक्शन को Establish करने तथा Dis-connect करने के लिए किया जाता था। इस चैनल का उपयोग डाटा ट्रांसमिशन के लिए नहीं किया जाता है।

ISDN की विशेषता निम्नलिखित है—

1. यह एक स्टैण्डर्ड ट्रांसमिशन मीडिया के ग्रुप का निर्माण करता है जोकि डाटा को अधिक तेजी से सर्च करता है।
2. यह हर प्रकार की इन्फो मैनेज कर सकता है जैसे-वॉइस, वीडियो, इमेज, साउंड इत्यादि।
3. यह सभी डिवाइस एवं टेलीफोन नंबर को एक ही लाइन पर मैनेज कर सकता है। इस सर्विस में 8 टेलीफोन, 1 फैक्स मशीन आपस में जोड़ सकते हैं। यह डिजिटल कनेक्शन उपयोग करता है जिससे आने वाला खर्च बहुत कम होता है।
4. डिजिटल सिग्नल प्रसारण टेलीफोन लाइनों को स्थानांतरण करता है।
5. ISDN डिजिटल योजना के कारण हाई डाटा स्पीड प्रदान करता है जो 56 kbps है।

Advantages of ISDN

- Network में डिवाइस के मध्य High Bandwidth प्रदान करता है।
- ISDN एक ऐसी पहली dial-up technology थी जिसने हाई स्पीड की इन्टरनेट प्रदान किया था।
- ISDN टेक्नोलॉजी एक ही कॉपर वायर से कई प्रकार के सर्विसेस प्रदान करते थे।
- ISDN नेटवर्क Reliable Connection प्रदान करता है क्योंकि इस प्रकार के नेटवर्क मं सभी डिवाइस अन्य डिवाइस से Physical Connection के माध्यम से जुड़ा रहता है।

Disadvantages of ISDN Network

- ISDN Network सीमित जगह के लिए इन्टरनेट कनेक्शन प्रदान कर सकता है।
- ISDN की स्पीड बहुत ही कम होती थी। इसकी स्पीड केवल 128 kbps से 384 kbps तक सीमित होती थी।
- ISDN कनेक्शन की Cost उसकी स्पीड के हिसाब से बहुत अधिक होती थी। ISDN टेक्नोलॉजी डायल-अप कनेक्शन पर काम करता था।
- इस प्रकार के Network को बनाने में विभिन्न प्रकार के Special Devices की आवश्यकता होती है।

प्रश्नावली

1. डाटा कम्युनिकेशन क्या है?
2. डाटा ट्रांसमिशन मोड क्या है? ये कितने प्रकार के होते है? डाटा कम्युनिकेशन में किस प्रकार उपयोगी है?
3. नेटवर्क क्या है? विभिन्न नेटवर्क क्राइटेरिया क्या है?
4. नेटवर्क टोपोलॉजी क्या है? ये कितने प्रकार की होती है? चित्र सहित व्याख्या कीजिये।
5. रिंग एवं मेश टोपोलॉजी के advantage एवं disadvantage लिखिए।
6. एनालॉग सिग्नल एवं डिजिटल सिग्नल में अंतर लिखिए।
7. डाटा ट्रांसमिशन कितने प्रकार से हो सकता है?
8. ट्रांसमिशन मीडिया क्या है? गाइडेड मीडिया एवं अन-गाइडेड मीडिया क्या है?
9. UTP एवं STP में अंतर लिखिए।
10. ट्विस्टेड पेअर एवं को-एक्सियल केबल को चित्र सहित उपयोग के बारे में लिखिए।
11. ट्रांसमिशन इम्पैमेंट क्या है? डिजिटल सिग्नल, बिट रेट, बिट लेंग्थ को परिभाषित कीजिये।

12. OSI मॉडल का सात लेयर आर्किटेक्चर का साफ चित्र बनाइये एवं प्रत्येक लेयर का कार्य लिखिए।
13. डाटा लिंक लेयर एवं नेटवर्क लेयर के फंक्शन लिखिए।
14. टी सी पी/आई पी टॅडल को चित्र सहित प्रत्येक लेयर के कार्य के बारे में लिखिए।
15. OSI मॉडल एवं TCP/IP मॉडल में अंतर लिखिए।
16. LAN, MAN, WAN में अंतर लिखिए।
17. नेटवर्क सर्विसेज क्या है? ये कितने प्रकार की होती हैं?
18. Switching तकनीक क्या है? नेटवर्किंग में switching की क्या आवश्यकता है?
19. Switching तकनीक कितने प्रकार की होती है?
20. पैकेट switching क्या है? ये कितने प्रकार की होती है? इसके लाभ तथा हानि के बारे में लिखिए।
21. विभिन्न switching तकनीक में अंतर लिखिए।
22. विभिन्न इथरनेट standard क्या है?
23. Fast Ethernet क्या है तथा इसकी limitation क्या है?
24. Standard Ethernet कितने प्रकार का होता है?
25. Mancehster encoding क्या है?
26. विभिन्न प्रकार के Ethernet केबल के बारे में टिप्पणी लिखिये।
27. Ethernet फ्रेम फॉर्मेट का चित्र बनाकर प्रत्येक Field को समझाइये।
28. Fast Ethernet एवं गीगाबिट Ethernet में अंतर लिखिये।
29. Ethernet स्पेसिफिकेशन एंड standardization क्या है?

❑