CELLULAR WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

↳ 2nd Generation Cellular Networks →

- 1st generation Cellular System relied mainly on FDMA/FDD and analog FM.
- 2nd generation uses digital modulation formats and TDMA/FDD and CDMA/FDD multiple acess techniques.
- 2nd generation Standards include 3 TDMA and one CDMA Standard.

a)→ GSM :- Global System Mobile supports eight time Slotted users for each 200kHz radio channel and has been deployed widely in Cellular and PCS bands by service providers in Europe, Asia, Australia, South America and some parts of the US.

b)→ Interim Standard 136 (IS-136) → It is known as North American Digital Cellular (NADC) or US Digital Cellular (USDC) which supports 3 time slotted users for each 30kHz radio channel. It is popular choice for Carriers in North America, South America and Australia.

c)→ Pacific Digital Cellular → It is Japanese TDMA Standard with more than 50 million users

d) Interim Standard 95 CDMA → It is known as CDMA One which supports upto 64 users that are orthogonally coded & simultaneously transmitted on each 1.25 MHz channel.

This technique is widely used in North America Korea, Japan, China, South America & Australia.

	Cdma One IS-95	GSM, DCS-1900	NADC, IS-136
uplink Frequencies	824-849 MHz (US Cellular) 1850-1910 MHz (US PCS)	890-915 MHz (Europe) 1850-1910 MHz (US PCS)	800 MHz, 1500 MHz (Japan) 1850-1910 MHz (US PCS)
Downlink Frequencies	869-894 MHz (US Cellular) 1930-1990 MHz (US PCS)	935-960 MHz (Europe) 1930-1990 MHz (US PCS)	869-894 MHz (US Cellu) 1930-1990 MHz (US PCS) 800 MHz, 1500 MHz (Japan)
Duplexing	FDD	FDD	FDD
Multiple Access Technology	CDMA	TDMA	TDMA
Modulation	BPSK with quadrature spreading	GMSK	π/4 DQPSK
Carrier Separation	1.25 MHz	200 KHz	30 KHz
Channel Data Rate	1.2288 MChips/sec	270.833 kbps	48.6 kbps
Voice channel / Carrier	64	8	3

is used in each subscriber unit.

In this we use both FDMA and TDMA.

(2) Wideband Systems → In this, transmission BW of a single channel is much larger than the coherence BW of the channel.

In this multipath fading doesn't effect much and freq. selective fades occurs in only a small fraction of the BW.

In wideband system several transmitters are allowed to transmit on the same channel.

TDMA allocates time slots to the many transmitters on the same channel & allows one transmitter at a given time slot, while CDMA allows all transmitters to access the channel at the same time.

↳ FDMA → (i) It assigns individual channels to individual users.

(ii) During period of call no other user can share the same channel.

Features :→ (i) The FDMA channel carries only one phone ckt. at a time.

(ii) After the assignment of a voice channel, the base station & the mobile transmit simultaneously.

(iii) It is usually implemented in narrow band systems.

(iv) Intersymbol interference is low, thus no equalization is required in narrow band FDMA.

(v). The complexity of FDMA systems is lower than TDMA.

(vi). Since FDMA is continuous transmission scheme, a fewer bits are required for synchronization and framing.

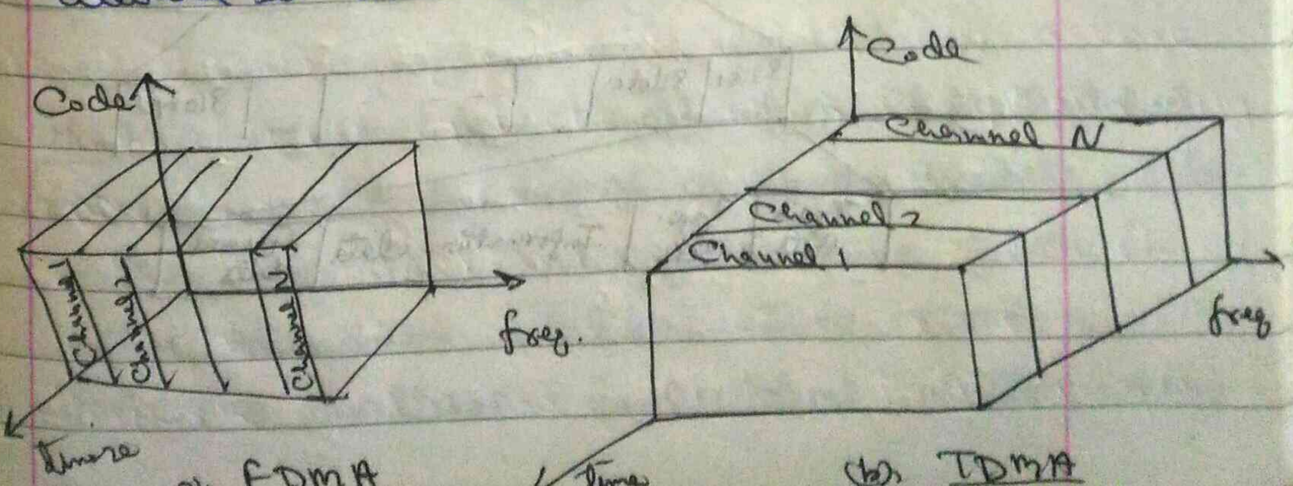
(vii). FDMA uses duplexers since both T_x & R_x operates at the same time.

(viii) FDMA requires tight RF filtering to remove or minimize adjacent channel interference.

↳ <u>Non-Linear Effects in FDMA</u> → In FDMA system many channels share the same antenna. The power amplifiers when operated near or at saturation for max. efficiency are non-linear. The non-linearities cause signal spreading in the freq. domain and generate intermodulation frequencies, which are undesirable RF radiation which can interfere with nearby channels.

Thus the spreading of the spectrum results in adjacent-channel interference.

↳ <u>TDMA</u> → It divides radio spectrum into time slots, in each slot only one user is allowed to transmit or receive.



• **Features of TDMA →** (i). It transmits data in a buffer and burst method, it is "non-continuous".

(ii). In TDMA, half of the time slots is used for the forward link and other half for reverse link.

(iii). Single carrier freq. is shared with several users, where each user make use of non-overlapping time slots.

(iv). Because of discontinuous transmission in TDMA the handoff process is much simpler for a subscriber unit.

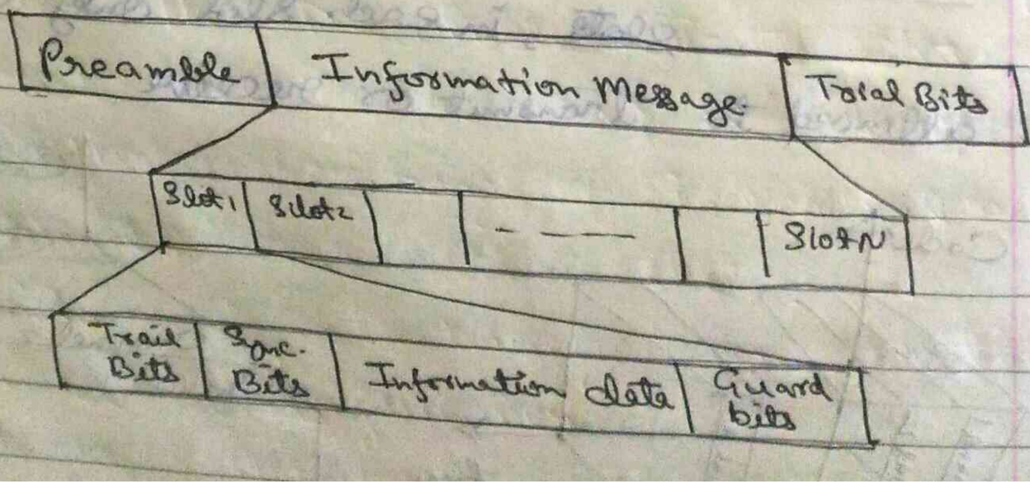
(v). In TDMA duplexers aren't required as it uses different time slots for transmission and reception.

(vi). Adaptive equalization is required as the transmission rates are generally very high.

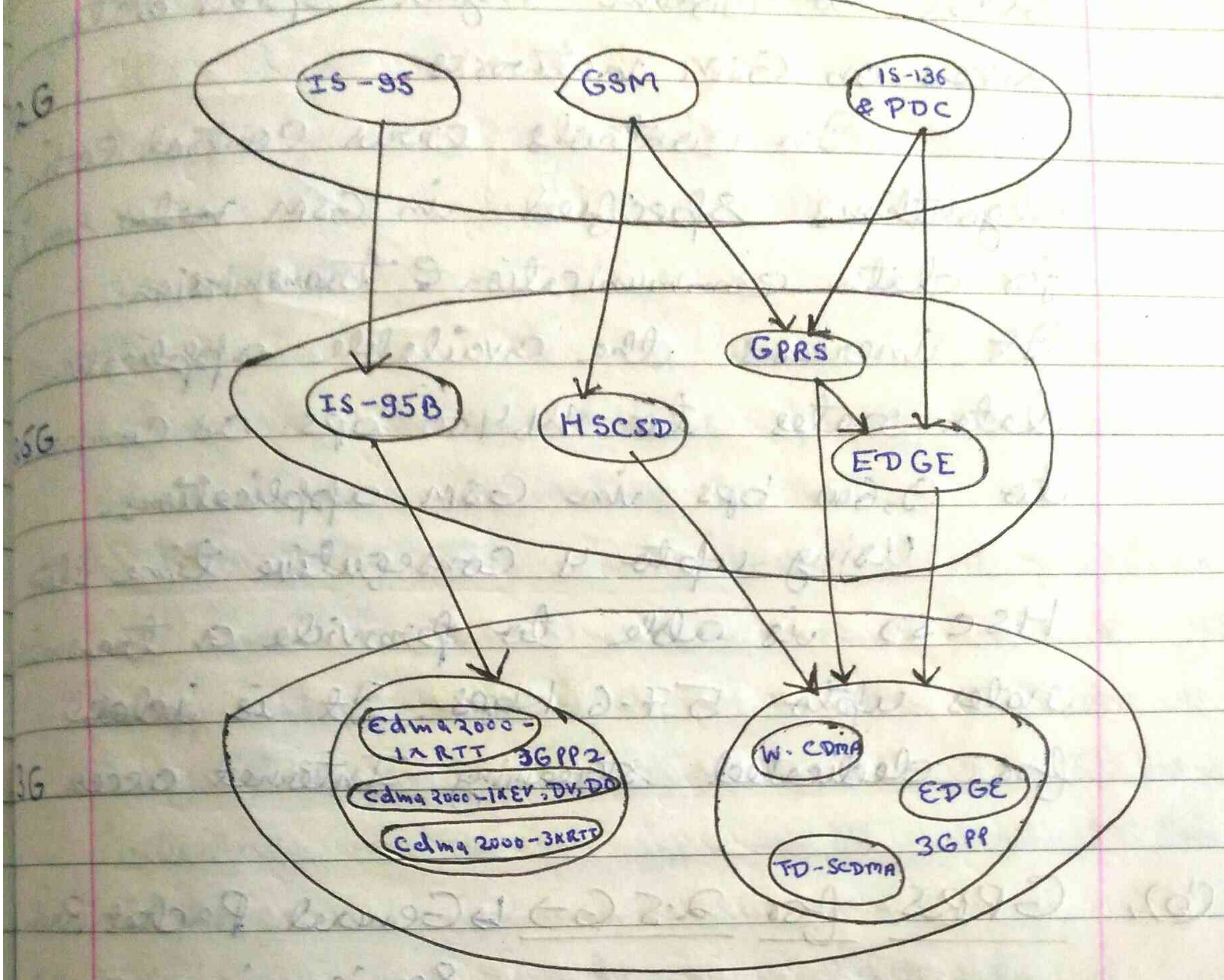
(vii). High synchronization is required since it uses burst transmission.

(viii). In TDMA, guard time should be minimized.

↳ TDMA FRAME STRUCTURE →



→ 2.5G Systems : Various upgrade paths for 2G.



Three different upgrade path have been developed for GSM carriers and 2 of these solutions also support IS-136.

Three TDMA options include :

(a)→ High Speed Circuit Switched Data [HSCSD]

(b)→ General Packet Radio Service [GPRS]

(c). Enhanced Data Rates for GSM Evolution [EDGE]

(a)→ HSCSD for 2.5G GSM → It is a ckt. switched technique that allows a single mobile subscriber to use consecutive time slots in GSM standard. Unlike GSM TDMA, HSCSD allows individual data users

to use consecutive time slots in order to obtain higher speed data access on GSM networks.

In controls error control coding algorithms specified in GSM ~~radio~~ standard for data communication & transmission. It increases the available application data rates to 14,400 bps as compared to 9,600 bps in GSM applications.

Using upto 4 consecutive time slots HSCSD is able to provide a transmission rates upto 57.6 kbps. It is ideal for dedicated streaming Internet access.

(b) GPRS for 2.5G → ↳ General Packet Radio Service is a packet based data network.

↳ It is well suited for non real time Internet usage including retrieval of email, faxes & assymetric web browsing, where user downloads more than uploading.

↳ Unlike HSCSD which dedicates ckt. switched channels to specific user, it allows/supports multiuser n/w sharing of individual radio channels and time slots.

↳ GPRS supports many more users than HSCSD in a brusty manner.

↳ It is similar to Cellular Digital Packet Data (CDPD). GPRS standard provides

a packet network on dedicated GSM radio channels.

↳ GPRS subscriber units are automatically instructed to tune to dedicated GPRS radio channels and particular time slots for "always on" access ~~to~~ the n/w.

↳ An individual channel achieve 171.2 kbps when all 8 slots of time of a GSM radio channel are dedicated to GPRS.

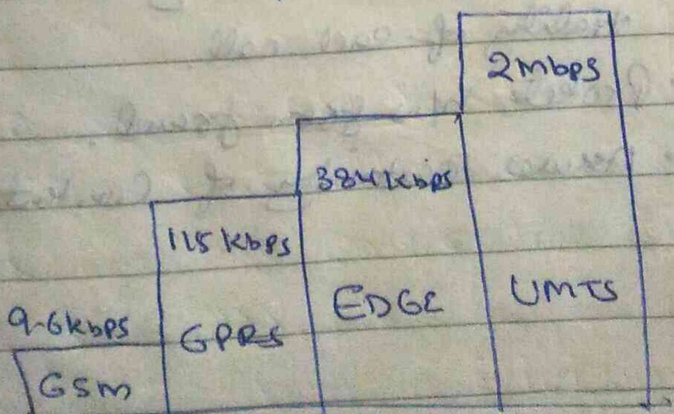
↳ Similar to CDPD, GPRS requires GSM operators to install new routers and Internet gate-ways at base stations. Also new software is required which redefines the base station air interface standard for GPRS channel & time slots.

↳ No new RF hardware is required.

↳ It uses both TDMA standards.

(c) <u>EDGE for 2.5G</u> → • New Digital format 8-PSK

• High throughput.
• 3 folds increase of data rates over GSM
• Max. 384 kbps data rates.



SPREAD SPECTRUM

MODULATION

In order to provide secure communication in a hostile environment such that transmitted signal may not be easily detected or recognized by unwanted listeners, technique is called Spread Spectrum modulation

↳ Advantage → Ability to reject interference which may be intentional (by jammer) or unintentional.

↳ Definition :- (1) It is a means of transmission in which data sequence occupies BW in excess of the min BW necessary to send it.

(2) The spectrum spreading is accomplished before transmission through the use of a code which is independent of the data sequence.

Same code is used in receiver to recover the original signal.

↳ Applications → (1) Military application

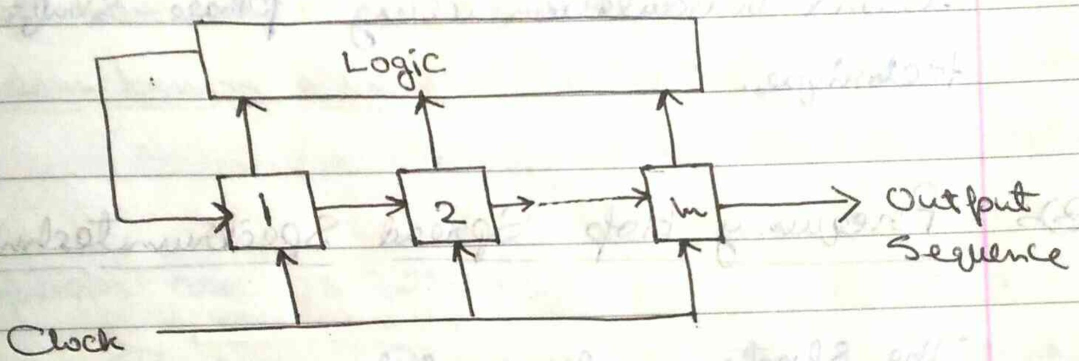
(2) Used for multipath rejection in a ground based mobile radio environment.

(3) In multiple access communication in which many users share a common channel.

↳ Pseudo-Noise Sequences :- It is a periodic binary sequence

with a noise like waveform that is usually generated by a feedback shift register.

A feedback shift register consists of an ordinary shift register made up of m-flip-flops and a logic ckt. that are interconnected to form a multiloop feedback ckt.



↳ Period → The period of a PN sequence produced by a linear feedback shift register with m f-f can't exceed $(2^m - 1)$ when period is exactly $(2^m - 1)$ the PN sequence is called a maximal length sequence.

↳ Types → Although standard modulation techniques such as freq. modulation and pulse-code modulation have enough B.W but they are not spread spectrum techniques as they don't satisfy part 2 of definition.

It utilizes two techniques:

(1) Direct Sequence Spread Spectrum technique.

(2) Frequency hopped spread spectrum technique.

(1). **Direct Sequence Spread Spectrum Technique :-**

In this 2 stages of modulation are used.

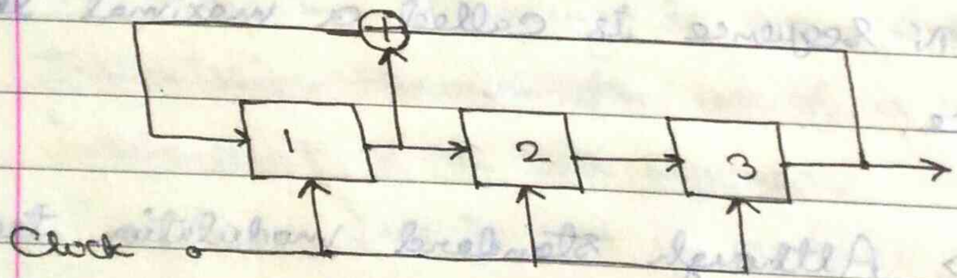
(a). First, incoming data sequence is used to modulate a wideband code. This converts a narrow band data sequence to a noise like wideband signal.

(b). The resulting wideband signal undergoes a second modulation using phase-shift keying technique.

(2). **Frequency Hop Spread Spectrum technique :-**

The spectrum of a data-modulated carrier is widened by changing the carrier frequency in a pseudo random manner.

Example :-



Initial state of the register is 100.

Successive state of shift Registers will be :-

1	0	0
1	1	0
1	1	1
0	1	1
1	0	1
0	1	0
0	0	1

The O/P sequence is therefore
00111010....
which repeats itself with period $2^3-1=7$

↳ Properties of Maximal - Length Sequences →
These sequences have many of properties of a truly random binary sequence.

- Random binary Sequence → In this presence of binary symbol 1 or 0 is equi-probable.

Properties are as follows:-

1. Balance Property → In each period of maximal-length sequence, no. of ones is always one more than no. of zeros.

2. Run Property → Among the runs of 1's and of 0's in each period of a maximal-length sequence (i) one half of the runs of each kind are of length one.
(ii) $\frac{1}{4}^{th}$ of length 2.
(iii) $\frac{1}{8}^{th}$ of length 3 and so on.

Here run means subsequence of identical symbols (1's or 0's) within one period of sequence.

★ ↳ For a maximal-length sequence generated by a linear feedback shift register of length 'm', the total number of runs is $\frac{(N+1)}{2}$. where $N=2^m-1$.

Frequency-Hop Spread Spectrum:-

In spread spectrum modulation techniques, transmission BW is spreaded by the use of a PN sequence to modulate PSK signal. The ability of such a system to combat the effects of the jammer by processing gain of the system, which is the fn. of PN sequence period.

Processing gain can be made larger by employing ~~chip of~~ PN sequence with narrow chip duration which permits larger BW & more chips per bit. However the capabilities of physical devices used to generate PN spread spectrum impose a practical limit on the attainable processing gain. But still there may be some cases in which the processing gain so attained may not be enough to overcome jammers.

This can be achieved by randomly hoping the data modulated carrier from one frequency to other.

The type of spread spectrum in which ~~freq~~ carrier hops from one frequency to another is called frequency-hop (FH) spread

Spectrum. A common modulation format for FH is MFSK (M-ary Freq. Shift Keying).

CLASSIFICATION :→ Two types of classification are:-

① Slow Freq-Hoping → In this symbol rate R_s of the MFSK Signal is an integer is integral multiple of hop rate R_H.

In this several symbols are transmitted on each freq. hop. $R_S = nR_H$

②. Fast Freq-Hoping → In this R_h is integral multiple of MFSK symbol rate R_s

In this carrier freq. hops several times during transmission of one symbol.

$R_h = nR_s$

↳ Code Division Multiple Access (CDMA) :-

- It is a channel access method used by various radio comm. technologies, where several transmitters can send information simultaneously over a single comm. channel.
- It employs spread spectrum technology and a special coding technique.
- The technology is commonly used in ultra high freq (UHF) ranging b/w 800 MHz and 1.9 GHz
- In this system user has access to the whole bandwidth for the entire duration.
- The basic principle is that different CDMA codes are used to distinguish among different users.
- It is a spread spectrum technique which uses :-
  1) DS- CDMA
  2) freq. hopping or mixed CDMA

Working → It allows upto 61 concurrent users in 1.2288 MHz channel by processing each voice packet with 2 PN codes.

- In fact, many 'signals' baseband with different spreading codes can be modulated on the same carrier to allow many different users to be supported.
- Conversely when signals are received from several mobile stations, the base station is capable of isolating each as they have different orthogonal spreading codes

CDMA Capacity → Factors deciding CDMA capacity are :

- Processing gain
- Signal to noise ratio
- Voice Activity factor
- freq. Reuse Efficiency

Advantages : 1> It requires a tight power control as it suffers from near-far effect.

2> Rake receivers can be used to improve signal reception.

3> Mobile base stations can switch without changing operator.

4> Transmission burst - reduces interference.

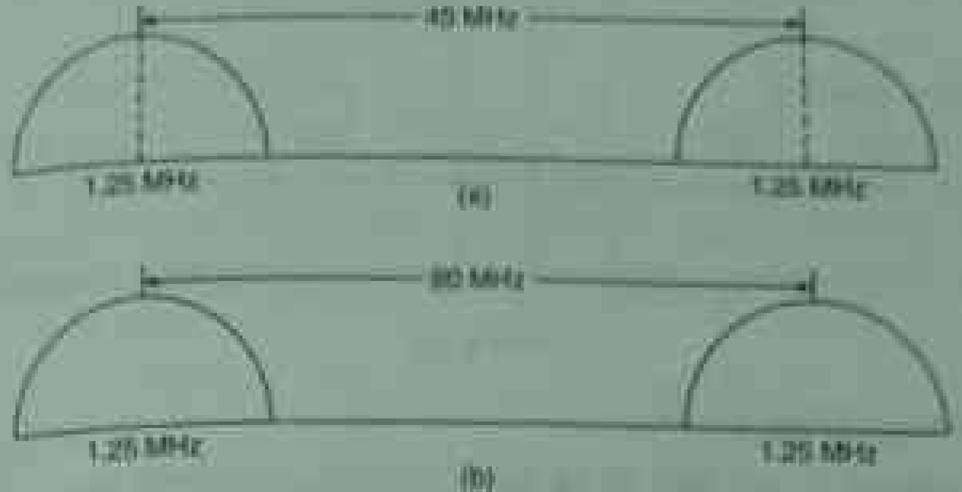
Disadvantages :> 1> A large code-length can induce delay or may cause interference.

2> Time Synchronization is required.

3> Gradual transfer increases the use of radio resources and may reduce the capacity.

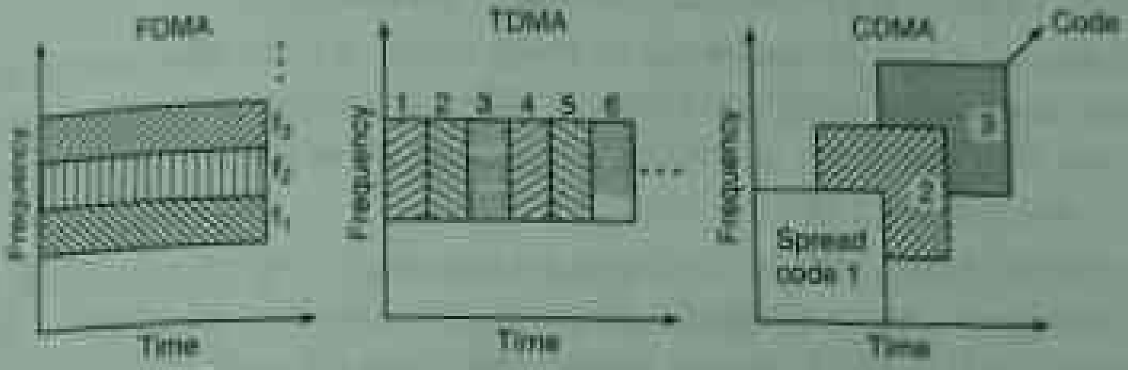
4> There are several handovers.

4. CDMA चैनल की विस्तृत 1.25 MHz है तथा सैलुलर बैण्ड में फॉरवर्ड एवं रिवर्स चैनल के मध्य 45 MHz का सेपरेशन है (चित्र 4.5 (a))।



चित्र 4.5– (a) सैलुलर बैण्ड में CDMA चैनल (b) PCS में CDMA चैनल।

पर्सनल कम्युनिकेशन सर्विस (PCS) में CDMA चैनलों के मध्य 80 MHz का सेपरेशन है (चित्र 4.5 (b))।



चित्र 4.6–FDMA, TDMA तथा CDMA.

चित्र 4.6 में FDMA, TDMA तथा CDMA में अन्तर दिखाया गया है।

4.2.4. स्प्रैड स्पैक्ट्रम मल्टीपल एक्सैस (SSMA)

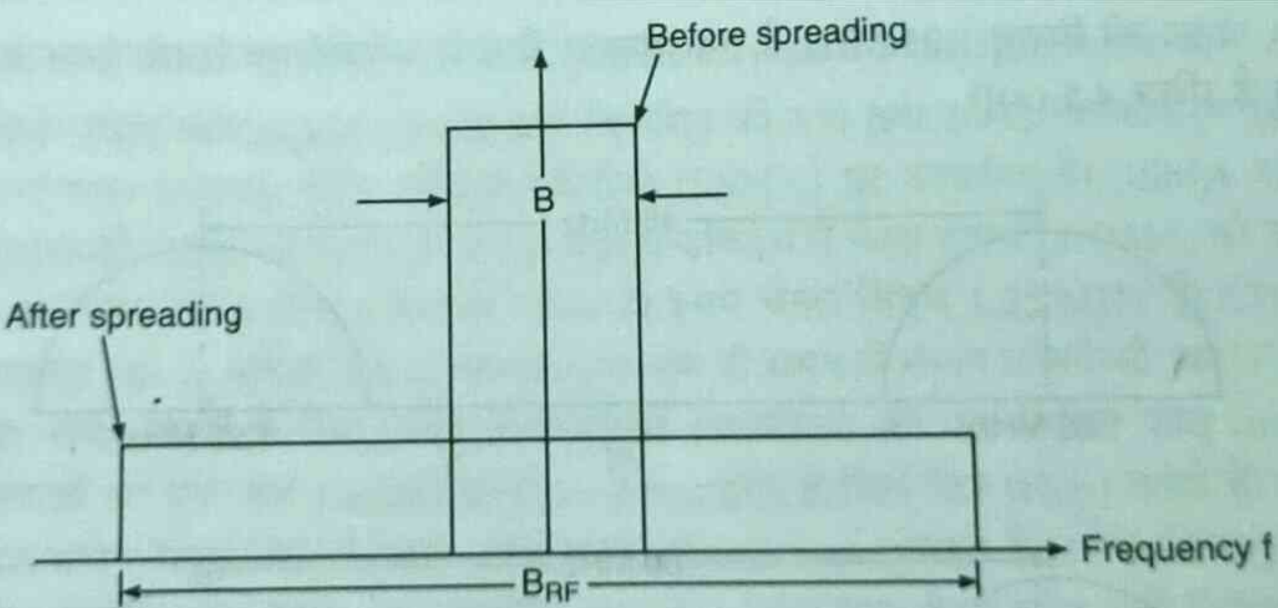
स्प्रैड स्पैक्ट्रम विधि में यूजर द्वारा ट्रांसमिट की गयी इनफार्मेशन सिगनल की बैन्डविड्थ को एक बड़ी बैन्डविड्थ में फैला दी जाती है (लगभग 10 to 100 गुना)। बैन्डविड्थ स्प्रैड करने से अनाधिकृत व्यक्ति (unauthorized person) ट्रांसमिट किए गए सिगनल का कोई अर्थ नहीं निकाल सकते। स्प्रैड बैन्डविड्थ तथा इनफार्मेशन सिगनल की मूल (original) बैन्डविड्थ का अनुपात कम्युनिकेशन प्रणाली की परफॉर्मैन्स की माप है। चित्र 4.7 (a) में स्प्रैड स्पैक्ट्रम का सिद्धान्त दिया गया है। स्पष्ट है कि मूल बैन्डविड्थ B की ऊर्जा एक बड़ी बैन्डविड्थ B_{RF} में स्प्रैड कर दी गयी है।

बैन्ड-विड्थ (or spectrum) स्प्रैड करने की तीन विधियाँ हैं—

1. डायरेक्शन सीक्वैन्स स्यूडोनॉयज (Direction Sequence Pseudonoise -DSPN)

2. फ्रीक्वैन्सी हॉपिंग (Frequency Hopping-FH)

3. टाइम हॉपिंग (Time Hopping-TH)



चित्र 4.7 (a)

प्रत्येक (individual) यूजर, चैनल को उसे निर्धारित टाइम स्लॉट में एक्सेस करता है तथा प्रत्येक डुप्लेक्स चैनल में फॉरवर्ड टाइम स्लॉट तथा रिवर्स टाइम स्लॉट दोनों होते हैं जिससे दोनों दिशाओं में कम्युनिकेशन होता है (चित्र 4.1)।

यदि फॉरवर्ड तथा रिवर्स टाइम स्लॉट के मध्य समयान्तर (time seperation) कम हो तब डाटा का ट्रांसमिशन एवं रिसेप्शन, सम्बन्धित यूनिट एवं बेस स्टेशन को एक साथ होता हुआ प्रतीत होगा। TDD में केवल एक सिंगल चैनल पर कम्युनिकेशन किया जाता है तथा इसमें डुप्लेक्सर की आवश्यकता नहीं होती, अतः यह (TDD) सरल है।

TDD का उपयोग सामान्यतः कॉर्डलेस टेलीफोन (cordless telephone) तथा कम रेंज में पोर्टेबल यूनिट की एक्सेस (short range portable access) के लिए किया जाता है।

TDD, फिक्स्ड वायरलेस एक्सेस के लिए अधिक प्रभावी है जिसमें सभी यूजर्स स्थिर (stationary) होते हैं जिससे यूजर्स के मध्य समय के साथ प्रोपेगेशन डिले परिवर्तित नहीं होती।

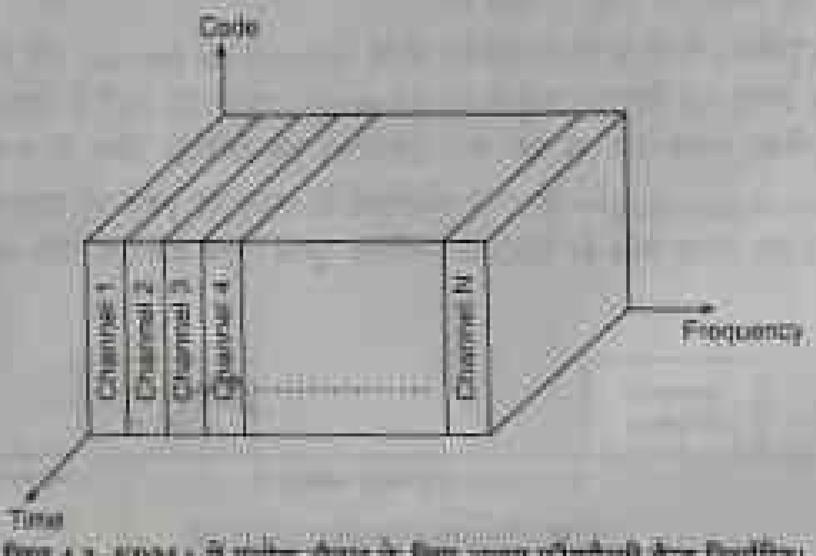
4.2. विभिन्न मल्टीपल एक्सेस तकनीकी (Types of Multiple Access Techniques)

मोबाइल कम्युनिकेशन प्रणालियों में प्रयुक्त विभिन्न एक्सेस तकनीकी निम्न प्रकार हैं—

1. फ्रीक्वेन्सी डिविजन मल्टीपल एक्सेस (FDMA)
2. टाइम डिविजन मल्टीपल एक्सेस (TDMA)
3. कोड डिविजन मल्टीपल एक्सेस (CDMA)
4. स्प्रेड स्पैक्ट्रम मल्टीपल एक्सेस (SSMA)

4.2.1. फ्रीक्वेन्सी डिविजन मल्टीपल एक्सेस–FDMA (Frequency Division Multiple Access)

फ्रीक्वेन्सी डिविजन मल्टीपल एक्सेस (FDMA) में प्रत्येक (individual) यूजर के लिए अलग अपना (individual) चैनल निर्धारित (assign) किया जाता है। चित्र 4.2 में स्पष्ट है कि प्रत्येक यूजर के लिए एक विशिष्ट फ्रीक्वेन्सी अथवा चैनल आवंटित (allocate) किया गया है।



चित्र 4.2–FDMA में प्रत्येक चैनल के लिए अलग फ्रीक्वेन्सी बैण्ड निर्धारित।

ये चैनल यूजर्स को उनकी सर्विस प्रार्थना (service request) प्राप्त होने पर निर्धारित किए जाते हैं। FDMA चैनल एक समय में केवल एक फोन सर्किट के लिए होता है।

जब कोई FDMA चैनल प्रयोग में नहीं होता तब इसे खाली (idle) रखा जाता है तथा किसी अन्य यूजर द्वारा, क्षमता को शेयर करने के लिए प्रयोग नहीं किया जा सकता। वास्तव में यह संसाधन (resource) की क्षय (wastage) ही है।

वॉयस चैनल के निर्धारण के पश्चात् बेस स्टेशन तथा मोबाइल, एक साथ लगातार ट्रांसमिट करते हैं। FDMA चैनलों की बैंडविड्थ अपेक्षाकृत कम (AMPS में 30 kHz) होती है क्योंकि प्रत्येक चैनल प्रति कैरियर केवल एक सर्किट को सपोर्ट

जाता है इसका अर्थ है कि FDMA का प्रयोग सामान्यतः कम बिट्स की नैरोबैण्ड (narrow band) प्रणालियों में किया जाता है। चूंकि FDMA एक सतत (continuous) ट्रांसमिशन प्रणाली है अतः ओवरहेड (overhead) कार्यों, उदाहरणार्थ सिंक्रोनाइजेशन एवं फ्रेमिंग के लिए इसमें TDM की तुलना में कम बिट्स की आवश्यकता होती है।

FDMA प्रणाली में सेल साइट का मूल्य (cell site cost) TDMA की तुलना में अधिक होता है। इसका कारण, इसका 'सिंगल चैनल प्रति कैरियर' (single channel per carrier) डिजाइन है तथा इसमें अवांछित विकिरण (spurious radiation) को कम करने के लिए महंगी बैण्ड-पास फिल्टर्स की आवश्यकता होती है।

FDMA मोबाइल यूनिट में ड्यूप्लेक्सर्स (duplexers) का उपयोग किया जाता है क्योंकि ट्रांसमीटर तथा रिसीवर दोनों एक ही समय में ऑपरेट होते हैं। इससे सब्सक्राइबर यूनिट तथा बेस स्टेशन का मूल्य बढ़ता है।

FDMA में समीपस्थ चैनल इन्टरफेरेन्स (adjacent channel interference) को कम करने के लिए उच्च कोटि की RF फिल्टरिंग की आवश्यकता होती है।

FDMA में नॉन-लीनियर प्रभाव (Non-linear Effects in FDMA)

FDMA सिस्टम में बेस स्टेशन पर एक ही एन्टीना में अनेक चैनल शेयर करते हैं अतः पावर एम्पलीफायर्स को जब अधिकतम पावर दक्षता (maximum power efficiency) के लिए सैचुरेशन पर अथवा सैचुरेशन के समीप ऑपरेट किया जाता है तब वे अरेखीय (non-linear) हो जाते हैं। अरेखीयता (non-linearity) के कारण फ्रीक्वेन्सी डोमेन में सिग्नल स्प्रैड हो जाता है जिससे इन्टरमॉडुलेशन (IM) फ्रीक्वेन्सी जेनरेट होती है। IM एक अवांछित RF रेडियेशन है जो FDMA सिस्टम में अन्य चैनलों के साथ इन्टरफीयर कर सकता है।

स्पेक्ट्रम (frequency group) के स्प्रैड होने से एडजेसेन्ट चैनल इन्टरफेरेन्स होता है। इन्टरमाडुलेशन, अवांछित हार्मोनिक्स का जेनरेशन है। मोबाइल रेडियो बैण्ड से बाहर जेनरेट होने वाले हार्मोनिक्स समीपस्थ सर्विसेज (adjacent services) के लिए इन्टरफेरेन्स उत्पन्न करते हैं जबकि बैण्ड के अन्दर उपस्थित हार्मोनिक्स वायरलेस सिस्टम में अन्य यूजर्स के लिए इन्टरफेरेन्स उत्पन्न करते हैं।

AMPS (Advanced Mobile Phone System) प्रणाली FDMA/FDD पर आधारित है। कॉल प्रोग्रेस होने की अवधि में एक सिंगल यूजर एक सिंगल चैनल ग्रहण (occupy) करता है। यह सिंगल चैनल वास्तव में दो सिम्प्लैक्स चैनल होते हैं। कॉल पूर्ण (complete) होने पर अथवा हैण्ड-ऑफ होने पर चैनल खाली (vacate) हो जाते हैं जिससे कि अन्य मोबाइल सब्सक्राइबर इसका उपयोग कर सकें। मल्टीपल अथवा एक समय में ही अनेक यूजर्स द्वारा कॉल करने की अवस्था में प्रत्येक यूजर को एक विशिष्ट चैनल दिया जाता है।

वॉइस सिग्नल, बेस स्टेशन से मोबाइल यूनिट को फॉरवर्ड चैनल पर तथा मोबाइल यूनिट से बेस स्टेशन को रिवर्स चैनल पर भेजा जाता है। AMPS प्रणाली में कैरियर को मॉडुलेट करने के लिए narrowband frequency modulation (NBFM) का उपयोग किया जाता है।

FDMA सिस्टम में एक साथ (simultaneously) सपोर्ट किये जाने वाले चैनलों की संख्या निम्नलिखित होती है—

$$N = \frac{B_t - 2B_{guard}}{B_c}$$

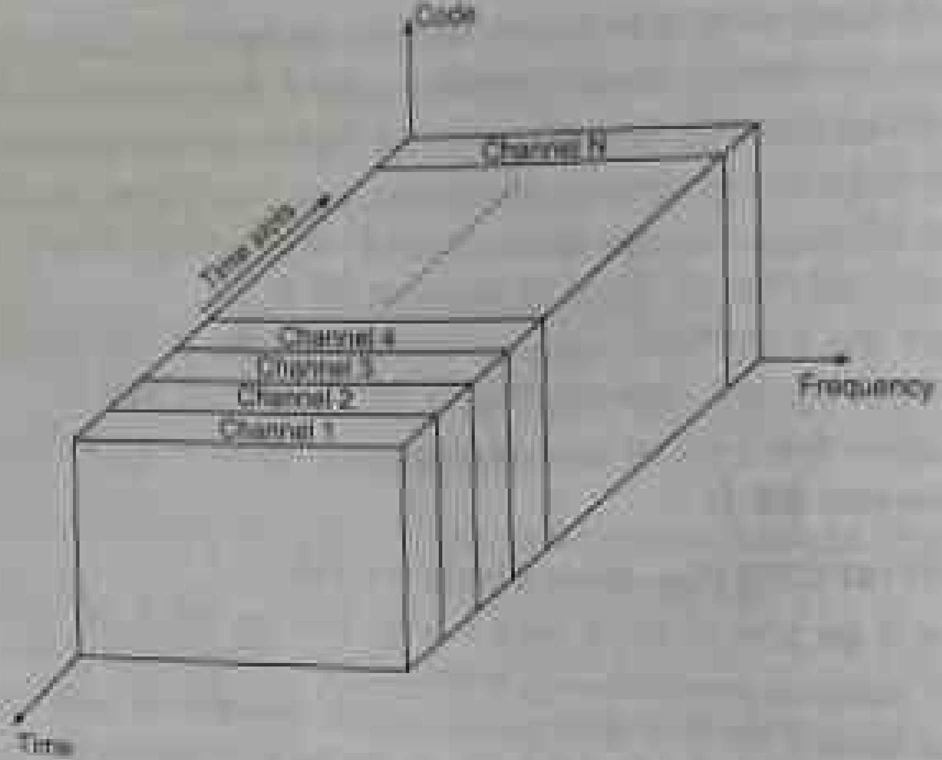
जहाँ B_t = Total frequency allocation

B_{guard} = Guard band allocated at the edge of allocated spectrum band

B_c = Channel width

4.2.2. टाइम डिविजन मल्टीपल एक्सेस–TDMA (Time Division Multiple Access)

TDMA प्रणाली में रेडियो स्पेक्ट्रम को टाइम स्लॉट्स में विभाजित किया जाता है तथा प्रत्येक टाइम स्लॉट में केवल एक यूजर ट्रांसमिट कर सकता है अथवा रिसीव कर सकता है (चित्र 4.3)। चित्र से स्पष्ट है कि प्रत्येक यूजर चक्रीय रूप से रिपीटिंग (cyclically repeating) टाइम स्लॉट ग्रहण करता है। इस प्रकार एक चैनल, उस विशेष टाइम स्लॉट के समान है जो प्रत्येक फ्रेम में पुनः प्राप्त होता है जहाँ एक फ्रेम में N टाइम स्लॉट हैं।



चित्र 4.3–TDMA प्रणाली–TDMA में प्रत्येक चैनल चक्रीय रूप में पुनरावृत्ति (cyclically repeating) टाइम स्लॉट ग्रहण करता है।

TDMA प्रणाली में डाटा, बफर-एण्ड-बर्स्ट (buffer-and-burst) विधि द्वारा ट्रांसमिट किया जाता है, अतः किसी भी यूजर के लिए ट्रांसमिशन सतत नहीं (non-continuous) होता है। इसका अर्थ है कि FDMA प्रणाली, जिसमें एनेलॉग FM का उपयोग होता है, के विपरीत TDMA में डिजिटल डाटा तथा डिजिटल मॉडुलेशन का उपयोग किया जाना चाहिए।

TDMA फ्रेम—चित्र 4.4 में एक TDMA/TDD फ्रेम दिखाया गया है। एक फ्रेम में अनेक स्लॉट्स होते हैं। प्रत्येक फ्रेम में एक प्रीएम्बल (preamble), एक सूचना सन्देश (information message) तथा ट्रेल बिट्स (trail bits) होते हैं। फ्रेम के इन्फॉर्मेशन मैसेज के आधे स्लॉट फॉरवर्ड लिंक चैनल के लिए तथा आधे रिवर्स लिंक चैनल के लिए प्रयुक्त किए जाते हैं।

TDMA/FDD प्रणालियों में फॉरवर्ड तथा रिवर्स दोनों ट्रांसमिशन के लिए एकसमान (identical) फ्रेम स्ट्रक्चर प्रयुक्त किया जाता है परन्तु फॉरवर्ड तथा रिवर्स लिंक के लिए कैरियर फ्रीक्वेन्सी अलग-अलग होती है।

चित्र 4.4–TDMA फ्रेम स्ट्रक्चर–फ्रेम की समय के साथ चक्रीय रूप से पुनरावृत्ति (cyclically repeated) होती है।

TDMA/FDD प्रणालियों में यूज़र के लिए फॉरवर्ड तथा रिवर्स टाइम स्लॉट के मध्य अनेक टाइम स्लॉट डिले उत्पन्न (induce) की जाती हैं अतः सब्सक्राइबर यूनिट में ड्यूप्लेक्सर्स की आवश्यकता नहीं होती।

TDMA के फ्रेम के प्रीएम्बल में एड्रेस तथा सिन्क्रोनाइजेशन सूचना होती है जिसके द्वारा बेस स्टेशन तथा सब्सक्राइबर एक-दूसरे की पहचान (identify) करते हैं। गार्ड बिट्स (guard bits or times) द्वारा विभिन्न स्लॉट्स तथा फ्रेमों के मध्य रिसीवर का सिन्क्रोनाइजेशन होता है।

TDMA में एक सिंगल कैरियर फ्रीक्वेन्सी को अनेक यूजर्स शेयर करते हैं जहाँ प्रत्येक यूज़र नॉन-ओवरलैपिंग (non-overlapping) टाइम स्लॉट्स का उपयोग करता है। एक फ्रेम में टाइम स्लॉट्स की संख्या, मॉड्यूलेशन विधि तथा उपलब्ध बैन्डविड्थ आदि पर निर्भर करती है।

TDMA में डाटा ट्रांसमिशन **सतत** (continuous) नहीं है बल्कि बर्स्ट्स (bursts) में कम्युनिकेशन होता है। अतः बैटरी (पावर) खपत (battery consumption) कम होती है क्योंकि सब्सक्राइबर का ट्रांसमीटर, प्रयोग न किए जाने के समय टर्न-ऑफ (turn off) किया जा सकता है।

TDMA में सतत् ट्रांसमिशन न होने (discontinuous transmission) के कारण हैण्ड-ऑफ अधिक सरल है क्योंकि मोबाइल यूनिट खाली (idle) टाइम स्लॉट में अन्य बेस स्टेशनों को सुन सकता है।

TDMA में ट्रांसमिशन तथा रिसेप्शन के लिए अलग-अलग टाइम स्लॉट प्रयुक्त किए जाते हैं अतः इसमें ड्यूप्लेक्सर की आवश्यकता नहीं है। यदि FDD का भी उपयोग किया जाता है तब सब्सक्राइबर यूनिट में ड्यूप्लेक्सर के स्थान पर ट्रांसमीटर एवं रिसीवर के मध्य केवल एक स्विच ही काफी होता है।

TDMA में गार्ड टाइम को कम किया जाना आवश्यक है। यदि गार्ड टाइम को कम करने के लिए टाइम स्लॉट की 'edge' पर सिगनल को सप्रेस किया जाये तब ट्रांसमिट किया जाने वाला स्पेक्ट्रम फैल (expand) जायेगा तथा एडजेसेन्ट चैनलों में इन्टरफेरेन्स उत्पन्न हो जायेगा।

TDMA में बर्स्ट ट्रांसमिशन होने के कारण उच्च सिन्क्रोनाइज़ेशन होना आवश्यक है। TDMA ट्रांसमिशन स्लॉटेड (slotted) होते हैं तथा इसके लिए रिसीवर्स का, प्रत्येक डाटा बर्स्ट के लिए सिन्क्रोनाइजेशन आवश्यक है। इसके अतिरिक्त यूजर्स को अलग-अलग करने के लिए गार्ड स्लॉट्स आवश्यक हैं। इसी कारण से TDMA में FDMA की तुलना में अधिक सिन्क्रोनाइजेशन की आवश्यकता है।

TDMA का एक लाभ यह है कि इसमें अलग-अलग यूजर्स को प्रत्येक फ्रेम में अलग-अलग टाइम स्लॉट एलॉट किए जा सकते हैं। इस प्रकार विभिन्न यूजर्स द्वारा माँग (demand) होने पर टाइम स्लॉट पुनः निर्धारित कर बैन्डविड्थ सप्लाई की जा सकती है।

TDMA सिस्टम में चैनलों की संख्या (Number of Channels in TDMA)

TDMA सिस्टम में उपलब्ध कराये जा सकने वाले TDMA चैनल स्लॉट्स की संख्या, TDMA स्लॉट/चैनल को उपलब्ध चैनल की संख्या से गुणा कर प्राप्त की जा सकती है। यह निम्न सूत्र द्वारा प्रदर्शित की जाती है—

$$\text{चैनलों की संख्या, } N = \frac{m(B_{tot} - 2B_{guard})}{B_c}$$

जहाँ B_{tot} = Total spectrum allocation

m = Maximum Number of TDMA users supported on each radio channel

TDMA में एलोकेटेड फ्रीक्वेन्सी बैण्ड के नीचे वाले सिरे (low end) तथा उच्च सिरे (high end) दोनों पर दो गार्ड बैण्ड प्रयुक्त किये जाने आवश्यक हैं जिससे यूजर्स, अन्य समीपस्थ (adjacent) रेडियो सर्विस में इन्टरफीयर न करें।

4.2.3. कोड डिविज़न मल्टीपल एक्सेस–CDMA (Code Division Multiple Access)

CDMA* इण्डस्ट्री क्वाल कॉम (Qual comm) द्वारा विकसित की गयी तथा इसका मानकीकरण (standardisation) IS-95 के रूप में किया गया। CDMA स्प्रेड-स्पैक्ट्रम तकनीकी (SSMA) पर आधारित है। SSMA का अर्थ है कि यह सिग्नल में उपस्थित सूचना को GSM की तुलना में अधिक बड़ी बैण्डविड्थ में फैला देता है। CDMA की अपलिंक फ्रीक्वेंसी बैण्ड 824-849 MHz तथा डाउनलिंक बैण्ड 869-894 MHz है। इसमें चैनल विड्थ 1.25 MHz है। CDMA में फ्रीक्वेंसी रियूज़ पैटर्न की आवश्यकता नहीं है। प्रत्येक सैल के सब्सक्राइबर एक ही समय में समान फ्रीक्वेंसी का उपयोग कर सकते हैं। सब्सक्राइबर्स में परस्पर अन्तर करने के लिए प्रत्येक सब्सक्राइबर (मोबाइल) को एक विशिष्ट कोड (unique code) दिया जाता है। यह कोड संख्याओं का एक क्रम (sequence of numbers) होता है जिसे चिप (chip) कहते हैं। इस क्रम को जेनरेट करने के लिए एक कोड प्रयोग किया जाता है जिसे वाल्श कोड (Walsh code) कहते हैं। इसके पश्चात् CDMA में प्रत्येक यूज़र द्वारा ट्रांसमिट की गयी सूचना का प्रत्येक बिट एनकोड (encode) किया जाता है। ये कोड इतने विशिष्ट (specific) होते हैं कि अनेक यूज़र्स, परस्पर इन्टरफेरन्स के बिना, एक ही फ्रीक्वेंसी पर एक साथ ट्रांसमिट कर सकते हैं। यूज़र के समीप (adjacent) सैल साइट में कोई दूसरी फ्रीक्वेंसी प्रयुक्त करने की आवश्यकता नहीं है जैसा कि AMPS तथा TDMA में किया जाता है। CDMA में इस प्रकार के कोडित सिग्नल प्रयुक्त करने के कारण अन्य रेडियो सिग्नल्स तथा इन्टरफेरन्स केवल आंशिक नॉइस की भाँति है। ये कोड 'स्यूडोरैण्डम कोड सीक्वेंस' (Pseudo-Random Code Sequence) अथवा PN कोड कहलाते हैं।

CDMA कॉल 9.6 kbps पर आरम्भ होती है। इसके पश्चात् इसे pseudo-random noise प्रयुक्त कर 1.25 मेगा बिट्स को समस्त बैण्डविड्थ पर स्प्रेड किया जाता है। स्प्रेडिंग का अर्थ है कि एक सैल के यूज़र के डाटा बिट्स पर डिजिटल कोड्स एप्लाई किए जाते हैं। ये डाटा बिट्स उसी सैल के अन्य यूज़र्स के सिग्नलों के साथ ट्रांसमिट किए जाते हैं। जब सिग्नल रिसीव किया जाता है तब इस सिग्नल को, उसी सैल के अन्य यूज़र्स, दूसरे सैल के यूज़र्स तथा अन्य noise sources के साथ इन्टरफेरन्स होती है। ये सभी सिग्नल्स वांछित (desired) सिग्नल के साथ कम्बाइन हो जाते हैं परन्तु एक कोरिलेटर तथा उपयुक्त PN कोड प्रयुक्त कर वास्तविक (original) डाटा 9.6 bps पर प्राप्त किया जा सकता है।

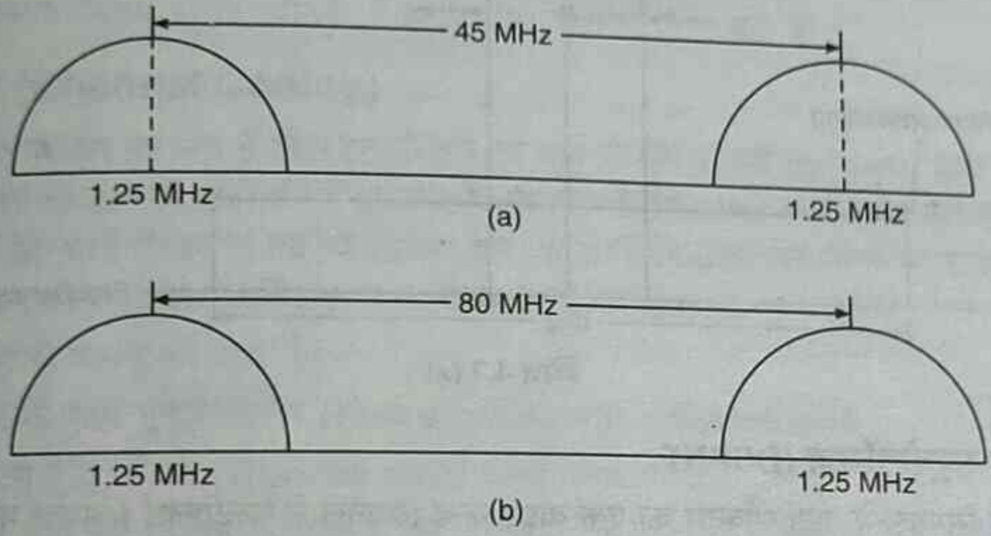
CDMA तकनीकों के मुख्य लाभ निम्न हैं—

1. नेटवर्क का तीव्रता से उपयोग (fast network deployement)
2. सर्विस में कम अवरोध (reduced service interruption)
3. रखरखाव तथा संचालन 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)

CDMA के मुख्य अभिलक्षण (Salient Features of CDMA)

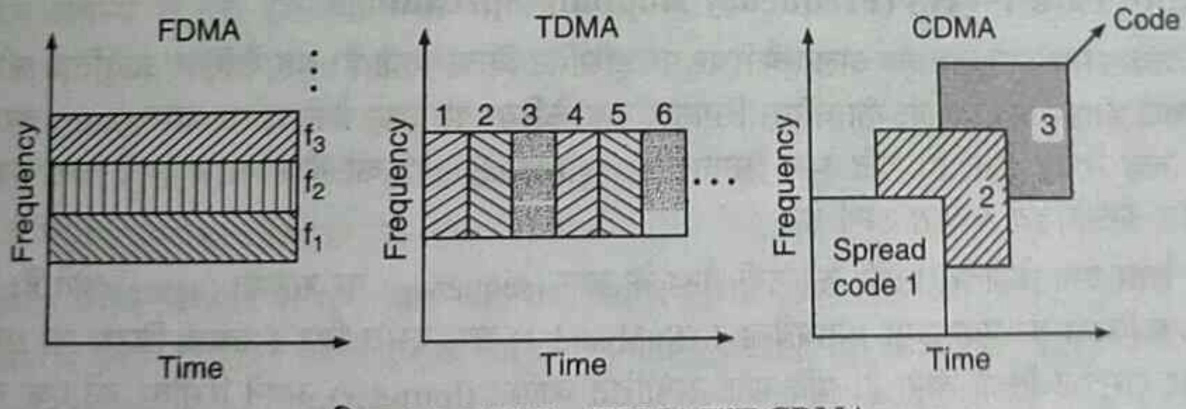
1. यह एक एडवान्स्ड कम्युनिकेशन टैक्नोलॉजी है।
2. इसमें जैम-रोधी (anti-jam) तथा सुरक्षा (security) के गुण हैं।
3. FDMA तथा TDMA प्रणालियों की तुलना में अधिक क्षमता है।
4. इसमें स्प्रेड स्पैक्ट्रम तकनीक (spread spectrum technology) का उपयोग किया गया है।
5. फ्रीक्वेंसी रियूज़ पैटर्न की आवश्यकता नहीं। फ्रीक्वेंसी रियूज़ = 1
6. प्रत्येक सैल में सब्सक्राइबर्स, एक समय में एक ही फ्रीक्वेंसी का उपयोग कर सकते हैं।
7. एक सब्सक्राइबर एवं किसी अन्य सब्सक्राइबर के मध्य प्रत्येक वांछित सिग्नल को एक विशिष्ट कोड देकर किया जाता है।
8. CDMA के प्रत्येक सिग्नल में एक अलग Pseudo random sequence होता है जो कैरियर को मॉड्युलेट कर उसे को स्प्रेड कर देता है।

9. CDMA चैनल की विड्थ 1.25 MHz है तथा सैलुलर बैन्ड में फॉरवर्ड एवं रिवर्स चैनल के मध्य 45 MHz का सैपरेशन है [चित्र 4.5 (a)]।



चित्र 4.5– (a) सैलुलर बैन्ड में CDMA चैनल (b) PCS में CDMA चैनल।

पर्सनल कम्युनिकेशन सर्विस (PCS) में CDMA चैनलों के मध्य 80 MHz का सैपरेशन है [चित्र 4.5 (b)]।



चित्र 4.6–FDMA, TDMA तथा CDMA.

चित्र 4.6 में FDMA, TDMA तथा CDMA में अन्तर दिखाया गया है।

APPENDIX-VII

WIRELESS LOCAL LOOP (WLL)

Traditionally, voice and data communication are making use of wired systems. For residential subscribers, twisted pair are the standard means of connection and for business and government subscribers, twisted pair, coaxial cable and optical fiber are in use. However, increasing interest is being shown in competing wireless technologies for subscriber access. This approach is called as wireless local loop (WLL).

Wireless Local Loop (WLL) provides narrowband and wideband operations. The following are the main features of Narrowband WLL and Broadband WLL :

S.No.	Entity	Technology	Telephony	Broadcast	Computer
(i)	Narrowband WLL	Wireless	Two lines	No	64-kbps
(ii)	*Broadband WLL	Wireless	Yes	50 + Channels	High speed Asymmetrical or Symmetrical access

- Fig. 7.1 shows a simple WLL configuration.

Fig. 7.1 WLL configuration

- A WLL provider services one or more cells. Each cell includes a base station antenna, mounted on top of a tall building or tower. Individual subscriber have a fixed antenna mounted on a building or pole that has an unobstructed line of sight to the base station antenna.
- From the base station there is a link may either by wired by wireless, to a switching center. The switching center is typically a telephone company local office, which provides connection to the local and long distance telephone networks. An internet service provider (ISP) may be connected to the switch by a high-speed link.

---

* **Broadband** : The term broadband is not precise (*i.e.* accurate). It refers to systems that provide user data rates of greater than 2 Mbps up to *100s* of Mbps.

- Because of the above limitations, WLL systems can serve cells of limited radius, usually just a few kilometres.

WIRELESS LOCAL LOOP (WLL) CAN ALSO BE EXPLAINED AS GIVEN BELOW

- Fixed wireless equipment is extremely well suited for distributing a broadband connection in many cases such as local loop access.
- Microwave wireless links can be used to create a wireless local loop (WLL).
- Fig. 7.2 shows wireless local loop (application and markets for broadband services).

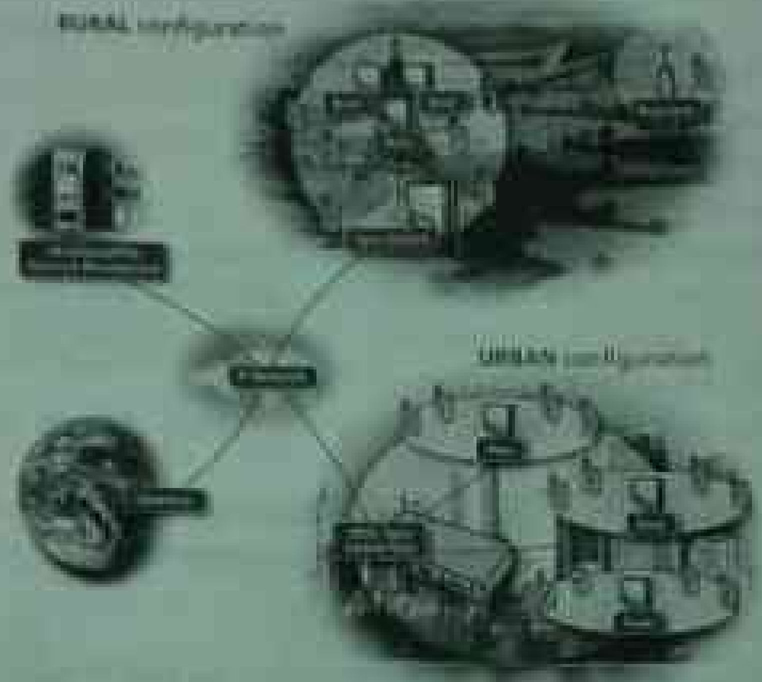


Fig. 7.2 Wireless local loop (application and markets for broadband services)

- Local loop can be thought of as the "last mile" of the telecommunication network. It basically resides between the central office (CO) and the individual homes and business nearness to the CO.
- In most developed countries, copper or fiber optic cable are also in use but cables are very expensive and can take years to install. Wireless equipment, on the other hand, can be easily arranged in couple of hours.
- An additional advantages of wireless local loop (WLL) technology is that once the wireless equipment is paid for, there are not additional costs for transport between the CO and the customer premises equipment (CPE).
- Wireless local loop (WLL) can improve the efficiency of telecommunications service using the concept of Local Multipoint Distribution Service (LMDS). LMDS basically provides broadband telecommunication access in the local exchange.
- In 1998, 1300 MHz of unused spectrum in the 27-31 GHz was auctioned by the US government to support LMDS. Fig. 7.3 shows the various spectrum allocations made by countries throughout the world.

- The WLL has a number of advantages over a wired system and these are :
  (i) **Cost :** Wireless systems are less expensive than wired systems. Although the hardware part of the wireless transmitter/receiver may be more expensive than those used for wired communications the cost of installation of cables and maintenance is not there in wireless systems.
  (ii) **Installation Time :** WLL systems can be installed more rapidly than wired systems, the main difficulty is in obtaining permission to use a given frequency band and finding a suitable elevated site for the base station antennas. Once these hurdles are cleared, WLL system can be installed in a small fraction of time.
  (iii) **Selective Installation :** Radio units are installed only for those subscribers who want the service at a given time. In the wired system, a cable is laid out considering that it can serve every subscriber in the local area.
- WLL is used with respect to two alternatives :
  (a) Wired scheme using existing installed cable
  (b) Mobile cellular technology
  (a) **Wired scheme using existing installed cable :** For high-speed application, many subscribers do not have a quality telephone lines or subscribers are too far from the central office. Many of the subscribers also do not have cable TV or their cable provider does not offer two way data services. This makes WLL is as the best choice for use.
  (b) **Mobile Cellular Technology :** Current cellular systems are very expensive, even when 3G systems become available.
  A major advantage of WLL over mobile cellular is that, because the subscriber unit is fixed and subscriber can use a directional antenna to provide improved signal quality in both directions.

Propagation Considerations for WLL :

- For high speed WLL schemes, the millimetre wave region are used. Frequencies above 10 GHz, up to about 300 GHz are considered to be in the millimetre region.
- The reasons for using frequencies in the millimetre wave region are :
  (i) There are wide unused frequency bands available above 25 GHz.
  (ii) In millimetre wave regions, wide channel bandwidths can be used, providing high data rates.
  (iii) Small size transceivers and adaptive antenna arrays can be used.
- However, millimetre wave systems have some undesirable propagation characteristics and these are :
  (i) Free space loss increases with the square of the frequency and as such losses are much higher in this range than in the ranges used for traditional microwave systems.
  (ii) Generally, below 10 GHz, attenuation due to rainfall and atmospheric or gaseous absorption. Above 10 GHz, these attenuation effects are large.
  (iii) Multipath losses can be quite high because of the following reasons :
  - Reflection occurs when an electromagnetic signal encounters a surface that is large relative to the wavelength of the signal.
  - Scattering occurs if the size of an obstacle is of the order of the wavelength of the signal or less.
  - Diffraction occurs when the wave front encounters the edge of an obstacle that is large compared to the wavelength.