Department of Electronics & Telecomm. Engg.

Session → 2024 – 25

Subject → ~~Analog~~ Cellular optical Comm. (6th Sem)

Prepared By:-

Abhimanyu Kumar Singh

Lecturer (ET & T)

Date
Page

Source –

(I) Javatpoint.com → website

(II) Mobile Cellular Telecomm. Systems - William.C.Y.Lee

(III) Mobile Comm. Jochen Schiller

(IV) Fundamental of optical fibre Communication - M.Sathish kumar

(V) Optical fibre Communication - gerd keiser

Sem:- 6th

Date 5/4/22

Cellular and optical Communication

Unit-I :- Introduction to mobile Comm.

Evalution of mobile Radio Communication —

1st Generation Cellular System :—

1970 में mobile radio system में 800/900 MHZ band में उचित मूल्य में Radio technology का विकास प्रारंभ हुआ। 1976 में World Allocation Radio Conference (WARC) में cellular telephones के लिए 800/900 MHZ band में Signal को transmit एवं receive करने के लिए Standards बनाये गए। 1980 में बहुत सारे से देशों ने frequency division multiple Access (FDMA) एवं Analog FM technology की मदद से first Generation Cellular systems को प्रारंभ किया।
1979 में पहला Analog cellular System, Nippon Telephone and Telegraph (NTT) प्रारंभ हुआ।
इस cellular System में transmitter एवं receiver की frequency में 45 MHZ का अंतर रखा गया।

2nd Generation cellular system :—

Second generation Digital cellular System को विश्व के अलग-अलग हिस्से में विकसित किया गया जिसमें से GSM/DCS 1800/PCS 1900 को Europe में, PDC Standard को Japan, IS 54 एवं IS-95 Standard को US में विकसित किया गया।

GSM / DCS 1800 / PCS 1900 :- यूरोपियन देशों में Roaming के कारण 2nd generation digital cellular system का विकास किया गया। GSM (Global system for mobile communication) को अलग frequency ~~पर कार्य~~ allocate किया गया जिससे voice की Quality में सुधार, पूरे Europe में roaming free एवं यह data service को भी support करता था।
GSM को 1992 में प्रारंभ किया गया जोकि world's first digital cellular system था। GSM में TDMA एवं GMSK (Gaussian minimum shift keying) का उपयोग हुआ

3rd Generation Cellular Systems :-

मार्च 1992 में WARC ने IMT - 2000 (International mobile telephone in year 2000) को 1885 - 2200 MHz frequency band में allocate किया। IMT - 2000 standard को International telecommunication Union radio communication (ITU - R) एवं Telecommunication Sector ने मिलाकर विकसित किया। IMT 2000 standard को बनाने के मुख्य उद्देश्य :-

(i) Wireless network जोकि voice, multimedia एवं High speed data communication प्रदान करता है।

(ii) IMT 2000 में wireless wide band packet switch Data Service का उपयोग किया गया जिसकी मदद से 2Mb/s internet speed प्राप्त किया गया।

Principles of IMT 2000 :—

(i) Terminal एवं Personal Mobility with universal access एवं World wide Roaming

(ii) Expanded Range of Services को दो phase में start किया गया। पहले phase में packet switch multimedia एवं circuit switch को 144Kb/s से 2Mb/s की data rate प्राप्त हुई। phase 2 में 20Mb/s की Data rate प्राप्त हुई जिसके कारण web browsing, file transfer, email, Video Conferencing जैसी services आरंभ हो गयी।

(iii) Call waiting, Caller ID, Store, Call forward जैसे Supplymentory Services भी उपयोग होने लगी।

(iv) Paging, Cellular & Satellite network के लिए Common band का उपयोग प्रारंभ हुआ।

(v) IMT-2000 के लिए 10 अलग multiple access का उपयोग किया गया जिसमें से 2 TDMA based एवं 8 CDMA (Code Division multiple access) based थे। इसी समय GSM एवं IS-136 family को मिलाकर Enhanced GSM air interface को विकसित किया गया जिसे EDGE (Enhanced Data Global evolution) कहते हैं। EDGE को 3G (3rd Generation) के लिए Use किया गया।

4th generation :- (4G) :-

3G UMTS का successor 4G LTE (long term evolution) था जिसे mobile telecommunication में और evolution के लिए लाया गया।
4G LTE system की मदद से High data speed, cellular services के performance में सुधार एवं सस्ती सुविधा लोगों को प्राप्त हुई। LTE system में निम्नलिखित मुख्य technology को use किया गया। —

(I) OFDM (Orthogonal frequency division Multiplex):- इस multiplexing के उपयोग से ~~high data rate के साथ - साथ~~ reflections एवं interference के कारण signal के strength के घटने के बावजूद high data rate प्रदान करता है।

(II) MIMO (multiple input multiple Output) :- पहले multiple path के कारण multiple signal आ जाते थे और interference पैदा करते थे परन्तु MIMO system की मदद से system का throughput बढ़ाया जा सकता है।

4G LTE की मदद से fast data connectivity प्रारंभ हुई।

5G (5th generation) :-

5G generation की मदद से ~~high~~ पुराने generation से अच्छा performance प्राप्त होगा। 5G technology न केवल पुराने generation का advance रूप होगा

बल्कि सर्वव्यापी एवं Secure होगा।

5G technology में Internet of things (IoT) का उपयोग किया गया है। 5G बहुत flexible system है जिसमें wide range of applications आते हैं।

5G technology में data rate बहुत high होने के साथ-साथ latency भी negligible है। इसलिए 5G technology का उपयोग निम्न कुछ application में हो रहा है—

(i) Autonomous Vehicles की मदद से safe transport को बढ़ावा दिया जा रहा है।
(ii) एक experienced surgeon दूर से 5G technology की मदद से जटिल surgery कर रहा है।

5G technology में OFDM modulation का उपयोग हो रहा है। अभी 5G mobile communication के implementation में millimeter-wave communication का उपयोग नहीं हो रहा है क्योंकि large coverage देने के लिए बहुत सारे base stations की आवश्यकता होगी जिससे 5G technology की cost बढ़ जाएगी। इसी problem को solve करने के लिए new technology mm wave को develop किया जा रहा है।

Definition of basic terms used in mobile Comm..

(i) Cell :- Antenna के द्वारा overall coverage area को small part में बाँटा जाता है जिसे हम Cell कहते हैं। प्रत्येक Cell के मध्य में base station होता है। base station और cell के edge के बीच में बहुत सारे subscriber होते हैं।

(ii) Subscriber :- (post-paid + Prepaid)

वैसे Users जोकि portable mobile की मदद से cellular technology का उपयोग करते हैं, Subscriber कहलाते हैं।

Post-paid Service — Use the Service than pay
prepaid — pay than use the Service

(iii) Transceiver :-

Transmitter एवं Receiver के combination को transceiver कहते हैं।

Radio Communication में transceiver दो तरीके से काम करता है —

(i) Half-Duplex transceivers :- यह System एक समय पर transmit एवं receive नहीं करता है। इसमें electronic switch से transmitter एवं receiver एक साथ connected रहते हैं।

(ii) Full duplex transceivers :- इस System में

Radio transmitter एवं receiver parallel में कार्य करते हैं। Transmission एवं reception दो अलग frequency पर होता है।

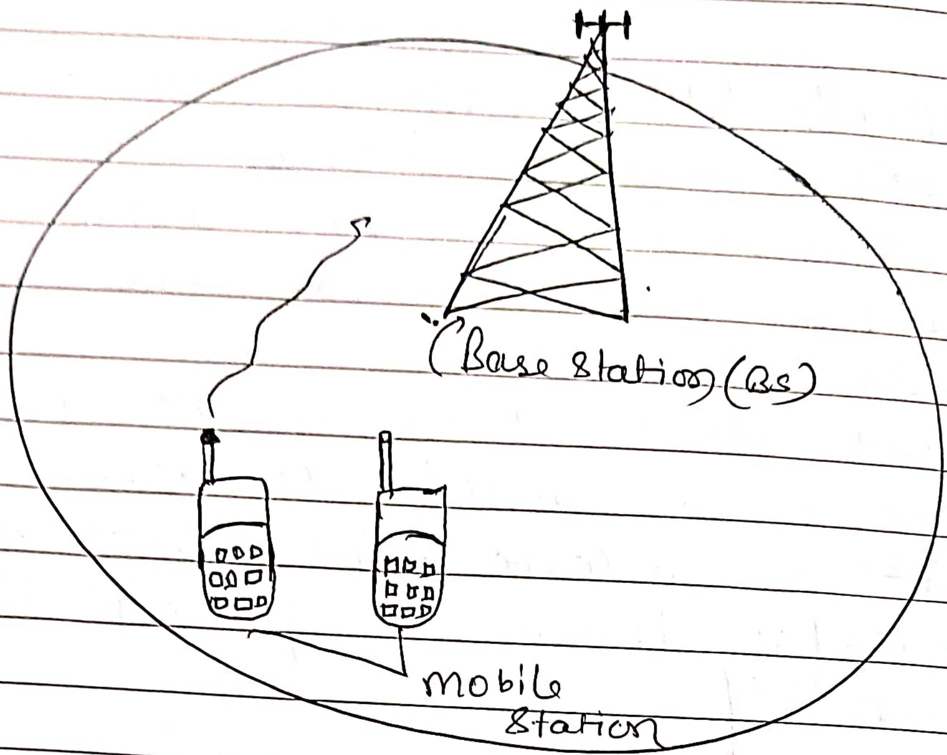
III

(IV) Mobile Station (MS) :— यह User के सभी equipment जैसे की mobile phone, SIM card एवं GSM network से communicate के लिए लगने वाले Software का Combination होता है।
Mobile Station user के साथ information को communicate करता है एवं Base Station (BS) से communicate करने के लिए air ~~infof~~ interface transmission protocol में convert करता है।

मुख्यतः MS चार component से मिलकर बना होता है —
(I) Mobile terminal (MT)
(II) Mobile equipment (ME)
(III) Terminal adapter (MA)
(IV) Subscriber Identity Module (SIM)
SIM GSM telephone Subscriber का data store करता है।

(V) Base Station (BS) :—
ऐसे Network element जिसकी मदद से Mobile को connect किया जाता है, Base Station कहलाता है।
Base Station का मुख्य काम mobile unit के लिए

air interface प्रदान करता है। Base Station Call processing, Signalling, maintenance एवं diagnostics का काम भी करता है।



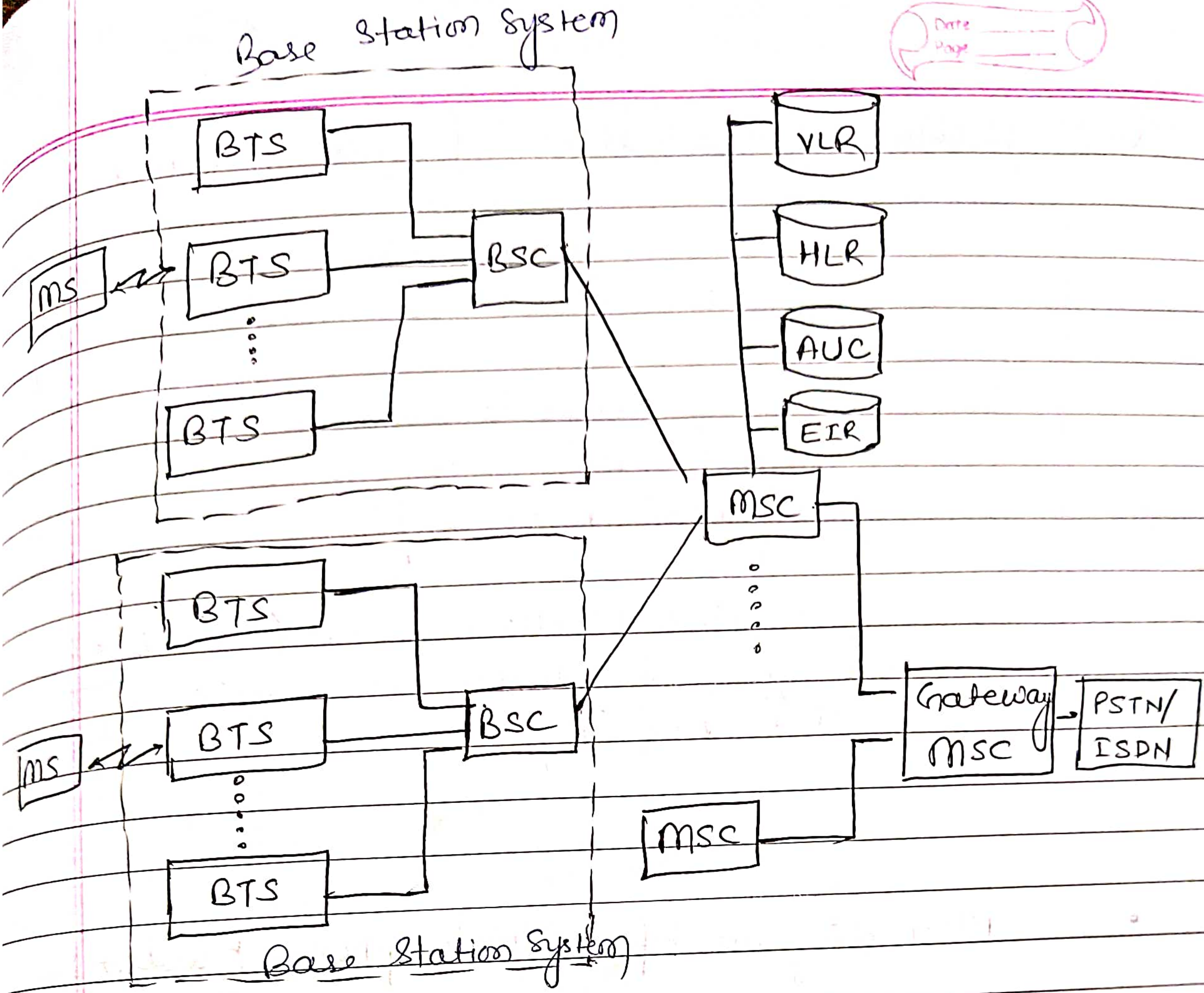
(vi) **Mobile Switching Center (MSC) :—**

यह एक Telephone exchange है जो कि ~~mobile users एवं network के बीच में~~ mobile users के बीच में connection बनाता है।

MSC wireless switch का hardware part होता है। MSC की मदद से registration में मदद एवं mobile stations के बीच में connection बनाने में मदद मिलता है।

Terms :—

- MS :— Mobile Station
- MSC :— Mobile Switching Centre
- BSC :— Base Station Controller
- BTS :— Base Transceiver System
- VLR :— Visitor Location Register
- AUC :— Authentication Centre



HLR - Home location Register
EIR - Equipment Identity Register
PSTN - Public Switching Telephone Network.

(VII) Hand off :— वैसा process जिसमें एक Base station से connection टूटने के बावजूद, बिना network breakdown के दूसरे Base station से connection को Handoff कहते हैं।

(VIII) Mobile Communication frequency band :—

2nd Generation Mobile (2G) → 900 MHz एवं 1800 MHz पर काम करता है।

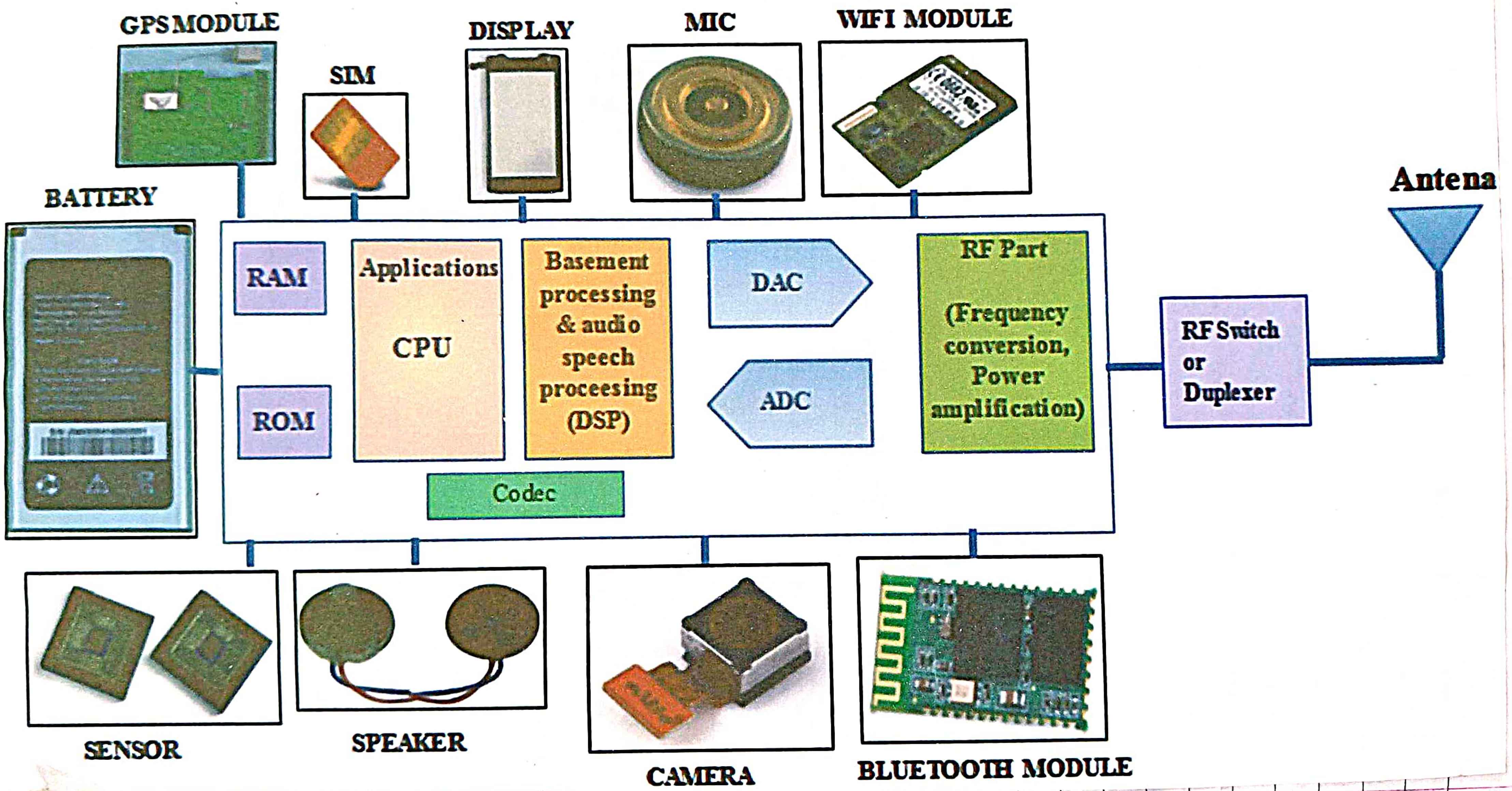
3rd Generation Mobile network (3G) मुख्यतः 900 MHz एवं 2100 MHz frequency पर काम करता है।

4th Generation Mobile network (4G) मुख्यतः 1800 MHz, 850 MHz, 2300 MHz पर कार्य करती है।

• Block diagram of Mobile phone handset :—
(www.techplayon.com)

Mobile phone में मुख्यतः display unit (LCD, touch screen), keypad, Microphone, Speaker, SIM Cards, battery, USB port, Antenna, Memory unit (RAM, ROM), Camera, CODEC, RF part, DAC/ADC, baseband part होते हैं।

(1) RF part :— प्रत्येक phone में RF part होता है, जोकि frequency upconverter एवं frequency downconverter बहुत सारे Analog filters, digital attenuator, driver amplifier को मिलाकर बना होता है। Frequency Conversion करने के लिए mixer का उपयोग करते हैं। Analog filters की मदद से desirable band के Signal pass होते हैं। Amplifier की मदद से Signal का Power level को बढ़ाया जाता



Block diagram of Mobile phone handset

Date
Page

(ii) Baseband part :- Baseband part में Digital Signal processing (DSP) का उपयोग होता है। जोकि transmitted or received voice data को process करता है। Mobile में यह मुख्य अवयव है जो Data को GSM, HSPA, LTE और air interface में convert करता है। Speech/Audio data को Codec की मदद से compress एवं decompress करते हैं।

(iii) ADC & DAC :- ADC (Analog to Digital Converter) का मुख्य कार्य analog signal को digital signal में convert करना है।

DAC (Digital to Analog converter) का मुख्य कार्य digital signal को Analog Signal में convert करना है।

(iv) RF Switch / Duplexer :- RF Switch का उपयोग TDD configuration में होता है, जिसकी मदद से transmit chain एवं receiver chain के बिच में change होता रहता है।

(v) Camera :- Camera की मदद से अलग-अलग अवसरों पर picture click करते हैं। mobile phone के cost को बढ़ाने में camera का बढ़ा हाथ है। Mobile phone के लिए अलग-अलग तरह के camera जैसे की 5 mega pixel, 13 mega pixel, 41 mega pixel camera, आने लगे हैं।

Mobile phone camera में आजकल मुख्यतः CMOS active-pixel image sensor का उपयोग होता है। आजकल mobile camera में बहुत advance features आ गये हैं जिनमें —

(a) Zooming :- बिना picture Quality में loss हुए picture को ~~zoom~~ बड़ा करना ही Zooming कहलाता है। Ex- Huawei P30 pro ~~cam~~ phone का camera ~~digi~~ 10x digital zoom कर सकता है।

(b) Image format :- Mobile phone में Generally image JPEG formate में save होता है। परन्तु नये advance mobile phone में HDR, BOKEH mode feature add हो गये हैं। (High Dynamic range)
BOKEH mode का मतलब picture के background के image को Blur करना होता है।

(c) Night mode
(d) Slow motion picture
(e) Time lapse.
(f) panoramic ~~v~~ view :- एक frame में complete ~~s~~ surrounding को capture करता है।

(VI) Display :- mobile phone में विभिन्न प्रकार के mobile display का उपयोग होता है। ये colour या monochrome हो सकते हैं। Colour display में मुख्यतः CSTN, TFT, TFD or OLED ~~a~~ display का उपयोग होता है। अभी के mobile phones में TFT

Thin film Transistor

display का उपयोग होता है। TFT display में resistive एवं capacitive touchscreen का उपयोग होता है। Capacitive touchscreen, मानव शरीर के electrical properties को sense करके कार्य करता है जबकि resistive touchscreen में user के द्वारा direct pressure के द्वारा काम करता है।

geeksforgeeks.com) TFT LCD panel, LCD panel में सबसे सस्ता है। इस display में, प्रत्येक pixel cap, एक capacitor एवं transistor से attach होता है। सस्ते mobile phones में TFT LCD panel का ही उपयोग होता है।

LED (Light emitting diode):- LED display के मुख्य advantage है:—

(a) बहुत कम power consume करता है।
(b) Colour reproduction बहुत अच्छा होता है।
(c) Best viewing angle.
(d) Aspect ratio के लिए कोई limitation नहीं होता है।
(e) Better contrast level.
(f) Best sunlight visibility
(g) True black colors.

Type of LED :—

(a) OLED → patent by LG.
(b) AMOLED patent by Samsung.

OLED (Organic light emitting diode) में दो conductor के बीच में organic thin film को series में connect करते हैं। जब current apply करते हैं तो light emit होता है, और यह LCD से ज्यादा efficient

होता है।

AMOLED -(Active Matrix Organic Light emitting diode) :- इसमें प्रत्येक Pixel LED bulb की तरह कार्य करते हैं और इसके कारण backlighting की आवश्यकता नहीं होती है। इस technology में black colour के आने पर Pixel के द्वारा projecting light को बंद कर देता है जिससे black colour true black colour दिखता है। इससे power saving भी होता है।
AMOLED में Glass एवं touch Sensor के बिच में Gap होता है, जबकी Super AMOLED में Glass एवं ~~touch~~ touch Sensor के बिच में कोई Gap नहीं होता है।

(VII) Microphone :- Microphone air pressure variation को electrical Signal में convert करता है। Mobile phone में normally Condenser, dynamic, Carbon or ribbon type के microphone का उपयोग किया जाता है।

(VIII) Speaker :- यह electrical Signal को audible Signal में Convert करता है, जिससे यह आसानी से सुना जा सकता है। Speaker को audio amplifier के साथ use करते हैं जोकि audio Signal को amplify करता है। volume Control Circuit की मदद से volume को घटाया या बढ़ाया जाता है।

(IX) Antenna :- Antenna electromagnetic radiation को electrical signal में convert करता है एवं इसके विपरीत electrical signal को electromagnetic radiation में भी convert करता है। Mobile phone में antenna mobile के अंदर रहता है।

(X) Connectivity (wifi, Bluetooth, USB, GPS):

Mobile एवं Computer के बीच में Data transfer को fast करने के लिए wifi, Bluetooth, USB (universal ~~System~~ Serial Bus) की मदद ली जाती है। Google map एवं device का location पता करने के लिए GPS (Global positioning System) का उपयोग किया जाता है।

(XI) Sensors :- Sensor एक transducer होता है जो कि आसपास के environment की characteristic को sense करता है। यह environment के change को detect करके electrical or optical form में processor को भेजता है। Mobile में बहुत सारे sensor का उपयोग होता है जैसे की - Accelerometer, Magnetometer, proximity sensor, light sensor, barometer, padometer, thermometer, etc.

Mobile Cellphone Battery Charging Circuit:-

Battery chargers में timer based, intelligent, universal battery charger – analyzer, fast, pulse, inductive, USB based, Solar chargers and motion powered chargers होते हैं। Mobile phone battery chargers application based बनाये जाते हैं जैसे की mobile phone charger, battery charger for vehicles, electric vehicle batteries chargers, charge stations etc.

Charging methods को दो भागों में बाँटा गया है —

(i) Fast charge method

(ii) Slow charge method.

दो या दो से ~~ज्यादा~~ कम समय में charging करने वाले method को fast charge method कहते हैं।

Auto-turn off Battery Charger:-

Battery के full charge होने पर battery automatically mains से ~~discharge~~ disconnect हो जाता है। इस circuit में AC-DC converter, relay drivers एवं charge stations भी होते हैं।

Description:- AC-DC Converter section में, AC supply को 9V AC, ~~75mA current~~ voltage में transformer की मदद से step down करते हैं। Full wave rectifier की मदद से voltage को rectified करते हैं। Regulator की मदद से 12V charging voltage को S_1 switch की मदद से

किया जाता है। जैसे ही 12V voltage circuit में जाता है, Charging Start हो जाती है एवं LED जलना चालू कर देता है।

SIM Card :- (Subscriber Identification module)

Mobile phone में Connection एवं Server System से connection करने के लिए SIM का उपयोग किया जाता है। SIM Card में integrated circuit की मदद से International Mobile Subscriber Identity (IMSI) and identity key को store करते हैं जिससे कि communication Channel में Subscriber की पहचान की जा सके। SIM Smart phone में लगे होते हैं जिसे remove करके दूसरे phone में लगाया जा सकता है। पहला SIM Card 1991 में Giesecke और Devrient ने बनाया था।

SIM Card में मुख्यतः :-

(i) एक Unique Serial number होता है जिसे ICCID (Integrated circuit card Identification Number) कहते हैं।
(ii) IMSI (International mobile subscriber Identity
(iii) Security Authentication information
(iv) Temporary information about network
(v) A personal Identification number (PIN)
(vi) personal Unblocking Code (PUK)

SIM Card में internal memory होता है जिसमें data, personal, financial information, identity for GSM / CDMA के बारे में जानकारी होती है।
SIM 32 KB से लेकर 128 KB के Range।

वाली data capacity range में आते हैं।

Keys of SIM Cards :—

(i) Integrated Circuit Card Identifier or ICCID :— यह 19 digit का primary account होता है। इस number में Issuer Identification number (IIN), individual account Identification, Check digit आदि के section होते हैं।

(ii) International Mobile Subscriber Identity (IMSI) :— इसके द्वारा प्रत्येक operator का network को पहचानता है। इसमें 109 digit होते हैं। इसके first 3 digit Mobile Country Code (MCC), next 2 to 3 digit Mobile network code (MNC), next digits Mobile Subscriber Identification number (MSIN) होता है।

(iii) Authentication Key or Ki :— Mobile network पर 128 bit का authentication of SIM card के लिए उपयोग किया जाता है। Personalisation के दौरान प्रत्येक SIM को unique authentication key प्रदान किया जाता है। Carrier Network के database में Authentication key को store किया जाता है। जब SIM card की मदद से mobile phone को पहली बार Activate किया जाता है, तो इसे IMSI प्राप्त होता है जिसे operator के पास authentication के लिए भेजा जाता है। Operating System का database incoming IMSI एवं Authentication key का data को ~~sera~~ search करता है। Operator database एक Random

Number or RAND generate करता है और IMSI number के साथ sign करके एक अलग number प्रदान करता है जिसे Signed Response 1 (SRES_1) कहते हैं। RAND को mobile phone एवं SIM पर भेजते हैं Authentication Key के साथ भेजते हैं जिससे SRES_2 produce होता है जो operator में pass होता है।
Operator network SRES_1 एवं SRES_2 को Compare करता है यदि दोनों Key match हो जाते हैं तो SIM authenticate हो जाता है।

(iv) Location Area Identity (LAI):- Local area के बारे में information SIM में store रहता है। Operator network को small area में बाँटा जाता है जिसका अपना LAI होता है।

Function of SIM card:-

(i) Subscriber को पहचानना।
(ii) Subscriber को Authenticate करना।
(iii) SMS एवं phone number को Store करना।
(iv)

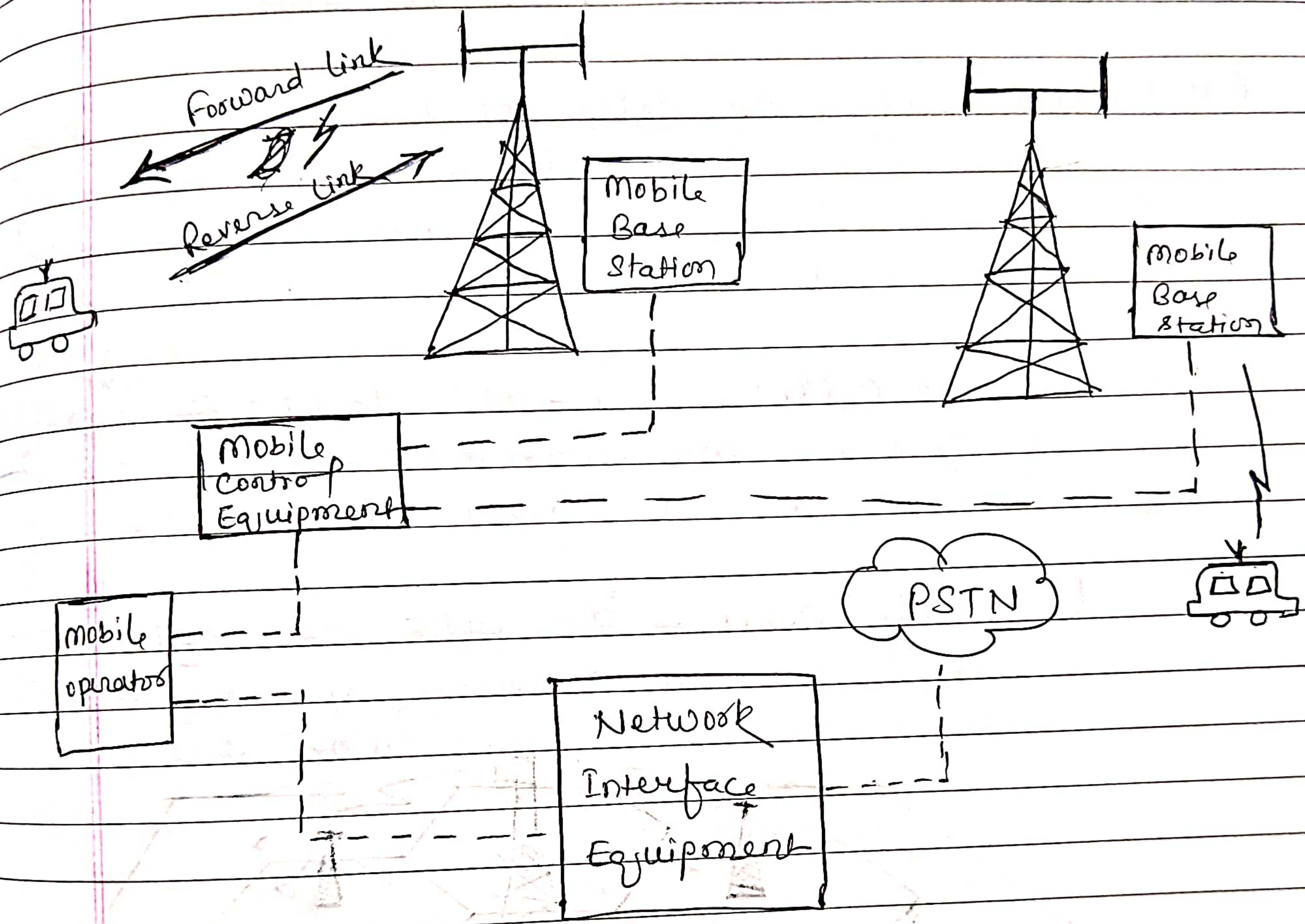
Type of SIM Card:-

(i) GSM
(ii) CDMA

Unit - 2

Cellular Concepts :-

Basic cellular System :-



Basic Mobile telephone Service Network

Cells, एक small geographical area है जिन्हें hexagonal से दर्शाते हैं| एक base station है जो ~~हर क्षेत्र में एक Base Station होता है~~

Types of cell :-

(1) Macro Cells :- इन Cells का उपयोग दूर दराज वाले

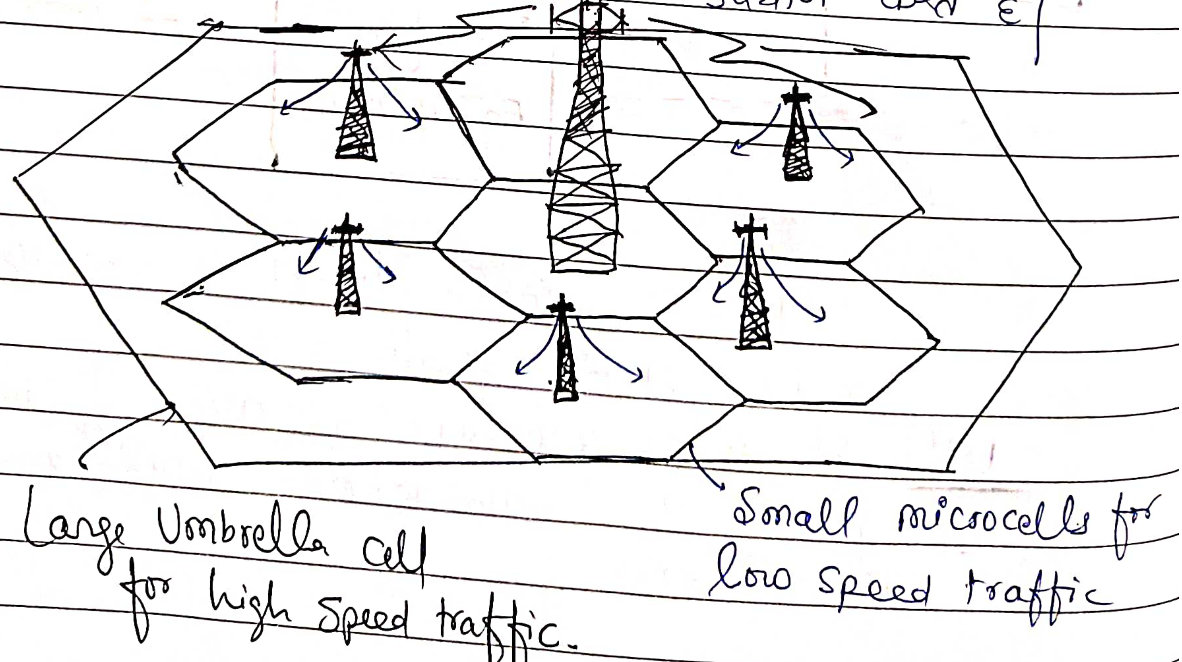
वाले इलाकों में होता है। इनकी size 10 Km diameter की हो सकती है।

(ii) Micro cells :- इन Cells को normally बहुत ज्यादा population वाले area में उपयोग किया जाता है। इनके Cell का diameter 1 Km तक होती है।

(iii) Pico Cells :- इन Cells की मदद से बहुत छोटे area जैसे की एक Building, एक सुरंग जहाँ बड़े Cell से Coverage नहीं मिल पाता है वहाँ use किया जाता है।

(iv) Selective Cells :- कभी-कभी किसी स्थान पर Coverage की 360° Coverage की आवश्यकता नहीं होती है तो Selective Cells का उपयोग किया जाता है।

(v) Umbrella Cells :- वैसे जगह जहाँ बहुत सारे Microcells के कारण Connectivity issue आती है तो Umbrella cells का उपयोग करते हैं।



(geeksforgeeks.com)

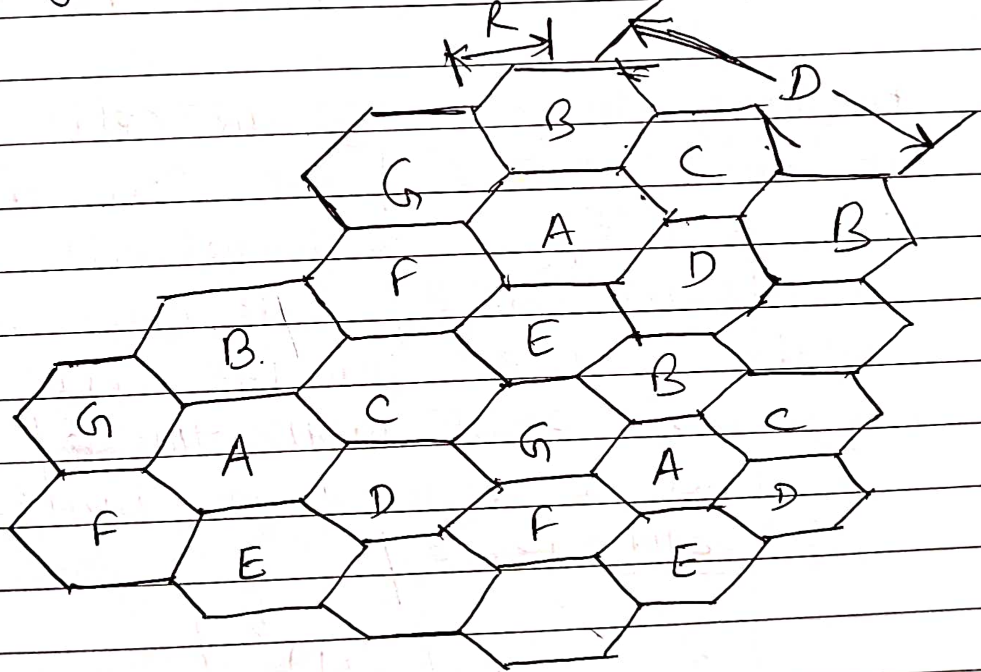
Frequency Reuse :- इस Scheme के तहत Coverage region में frequency का Channels का allocation एवं reuse करते हैं। प्रत्येक cellular base station को कुछ frequencies allocate की जाती हैं जिसकी मदद से उस cell में communication होता है।

Frequency reuse के मुख्य features :-

(i) इसकी मदद से Spectral efficiency & Signal Quality अच्छी होती है।

(ii) frequency reuse interference को भी रोकता है।

(iii) .



Same letter वाले cell same frequency का उपयोग करते हैं।

Total number of channels (S) = KN

K = Channel allocated to each cell
N = Total number of cells or cluster size

Frequency reuse factor $= \frac{1}{N}$

उपरोक्त diagram में cluster size 7 है (A, B, C, D, E, F, G).

∴ frequency reuse factor $= \frac{1}{7}$.

Number of Cluster (N) $= I^2 + J^2 + J \cdot I$

जहाँ $I, J = 0, 1, 2, 3 \ldots$

∴ $N = 1, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19 \ldots$

Frequency reuse में बहुत सारे cells same frequency का उपयोग करते हैं। इन cells को Co-channel cells कहते हैं। इन co-channel cells के कारण interference होता है। अतः cells के बीच में interference न हो इसके लिए cells को large distance से अलग किया जाता है। दो co-channel के बीच के distance को निम्नलिखित formulae द्वारा ज्ञात करते हैं।

$$D = R(3N)^{1/2}$$

R = Radius of cell

N = number of cells in given Cluster.

यदि सभी cell same power को transmit करते हैं तो N भी increase करता है और frequency reuse Distance (D) भी increase करता है।

Frequency reuse concept को time domain एवं
Space ~~frequency~~ domain में प्रयोग कर सकते हैं।

Same frequency को अलग-अलग time slot
में use करना ही Time division multiplexing
(TDM) कहते हैं।

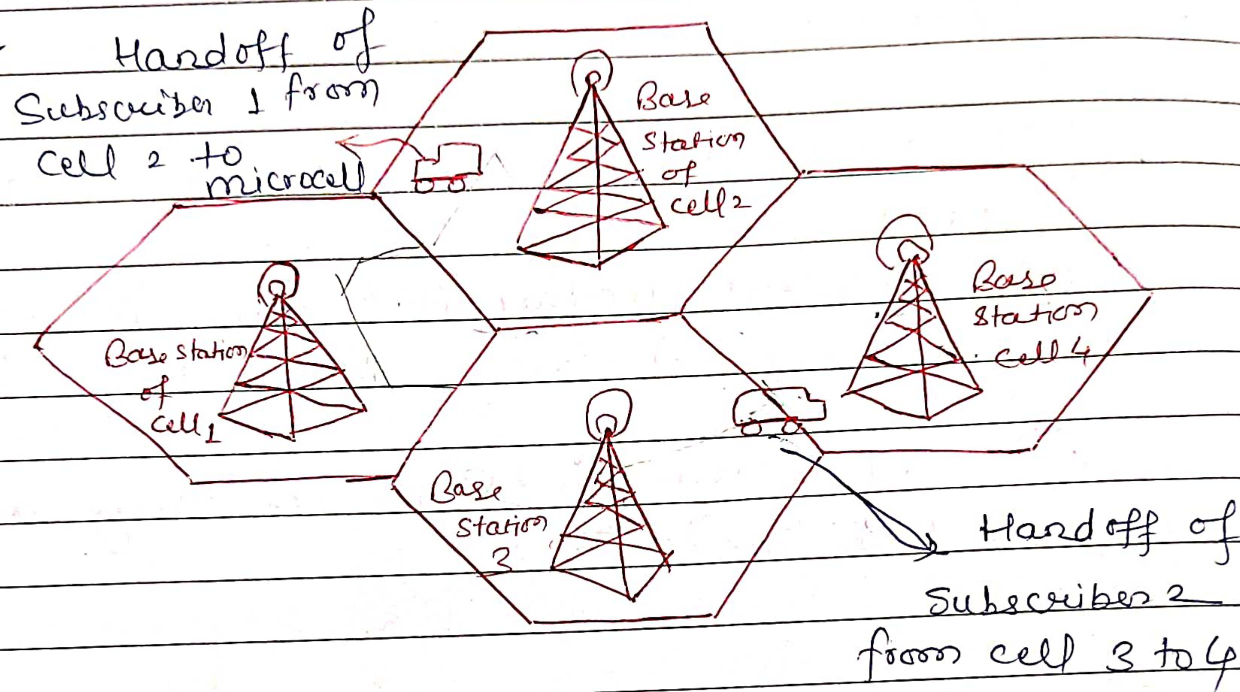
Space domain में frequency reuse दो तरीके से
किया जाता है —

(i) दो अलग geographical area में same
frequency को assign किया जाता है।

(ii) एक system में same frequency को बार-बार
एक area में use करते हैं।

Hand off :-

Call के दौरान एक cellular network में Handoff वह process होता है जहाँ active call या data session एक cellular network से दूसरे cell में बिना किसी रुकावट के चला जाता है।



Situation for triggering Handoff :-

(i) यदि कोई subscriber एक cell से दूसरे cell में चला जाता है तो Handoff या Handover trigger हो जाता है।

(ii) प्रत्येक cell की ~~अपनी~~ fix call handling capacity होती है। यदि कोई cell में maximum number of user हो जाते हैं तो भी Handoff trigger हो जाता है। वैसे subscriber को बगल वाले cell frequency की मदद से ~~call~~ communication करने दिया जाता है।

(iii) Cells को microcells में विभाजित करते हैं। जब कोई cell से small cell या छोटा सेल में call transfer होता है तो Handoff हो जाता है।

(iv) यदि Calls के बिच में Interference होने पर भी Handoff हो जाता है।

Type of Handoff :-

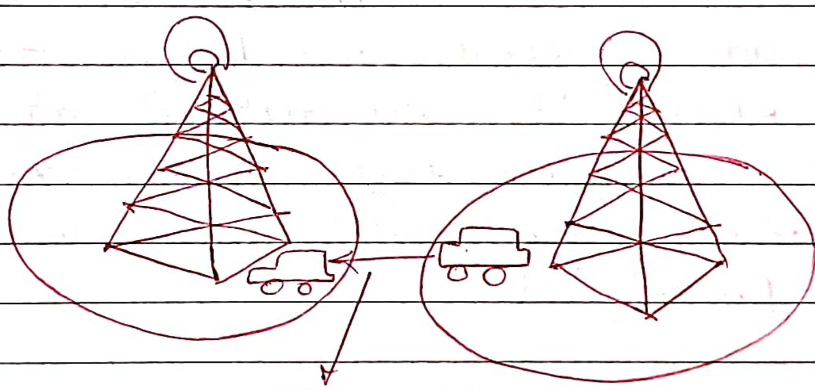
(1) **Hard Handoff :-** इस Handoff में एक cell से दूसरे cell में switching के दौरान call connection टूट जाता है। इसे Inter-frequency Handoff भी कहते हैं। Hard Handoff "Break before Make" policy को follow करता है।

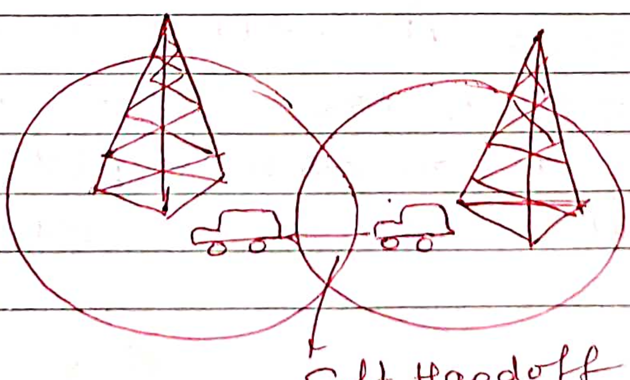
- Connection Quality भी खराब होती है। used in TDM & FDM में उपयोग होता है। (ii) यह soft handoff की तुलना में सस्ता होता है।

(ii) more efficient than soft handoff

(iii) कभी-कभी switching के दौरान delay experience करते हैं।

(II) **Soft Handoff :-** इस Handoff में कम से कम एक Radio link के द्वारा call connection को जोड़ रखते हैं जब user एक cell से दूसरे cell में जाता है। Soft Handoff "Make before break" policy पर काम करता है।





23421581

Date ____
Page ____

Algorithms of Handoff :-

(1) Mobile Assisted Handoff :- (MAHO) :-

इस technique में mobile station की मदद से Base Station Controller (BSC) से दूसरे BSC में call transfer करने के ~~लिए~~ लिए assist करता है।

इस System का उपयोग GSM ~~mobile~~ Cellular network में होता है।

MAHO एक समाधान है जिसका उद्देश्य Handover प्रक्रिया में सहायता के लिए mobile उपकरणों का उपयोग करके इन मुद्दों का समाधान करना है। Handover करने के सर्वोत्तम समय निर्धारित करने में सहायता के लिए MAHO नेटवर्क में अन्य mobile उपकरणों से ~~सि~~ Signal का उपयोग करके इस समस्या का समाधान करना है।

MAHO के पीछे मूल विचार यह है कि network में Mobile device network environment के बारे में जानकारी का आदान-प्रदान करने के लिए एक दूसरे के साथ संवाद कर सकते हैं। इस जानकारी में Signal की Strength, interference and Other factor हो सकते हैं। इस जानकारी को साझा करके, Mobile device Handover process को बेहतर बनाने एवं बेहतर उपयोगकर्ता अनुभव प्रदान करने में मदद मिलती है।

Advantages of MAHO :-

(i) Handover process की सटीकता में सुधार करता है।

(ii) MAHO process की मदद से call drop की संख्या कम की जा सकती है एवं Call की Quality में सुधार लाया जा सकता है।

(31)

MAHO को Wireless Communication में दो तरीकों से implement कर सकते हैं —

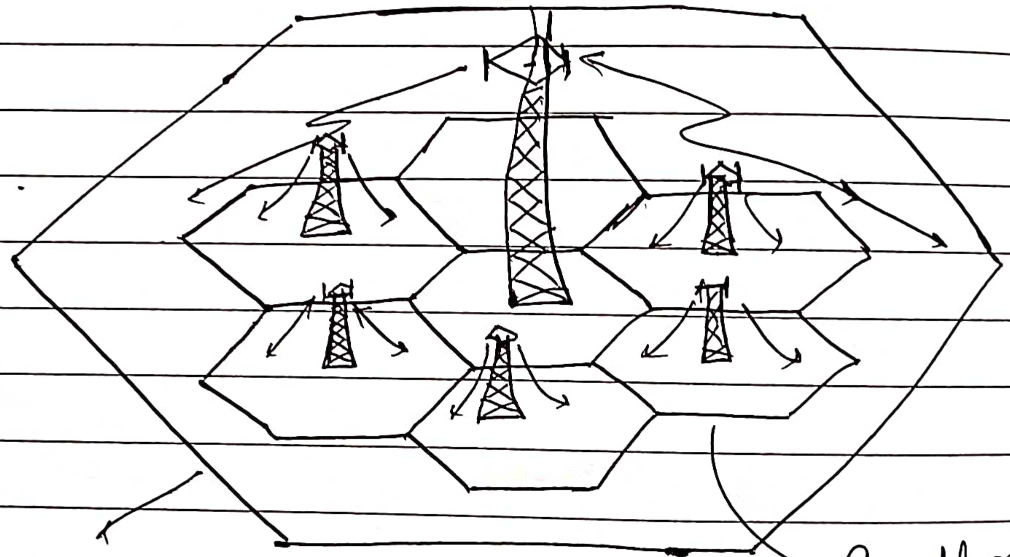
(I) एक dedicated MAHO Server का उपयोग करके hardover प्रक्रिया का प्रबंधन करता है। MAHO सर्वर नेटवर्क में mobile devices से जानकारी एकत्र करता है एवं उसी जानकारी का उपयोग hardover के निर्णय लेने के लिए करता है।

(II) Another method में MAHO को लागू करने के लिए Peer-2-Peer (P2P) architecture का use किया जाता है। इसमें network में mobile device network environment के बारे में जानकारी का आदान-प्रदान करने के लिए एक दूसरे के साथ सीधे संवाद करते हैं। Every mobile device Hardover से संबंधित निर्णय लेने के लिए इस जानकारी का उपयोग करता है।

- Queuing Handoff :— Two-threshold-level handoff से ज्यादा कारगर होता है। यदि नया cell site busy होता है तो MSO calls को reject करने के बजाय calls को Queue में रखता है। MSO पर सभी calls को handoff का request bundle में आने पर ही queuing scheme effective होता है।

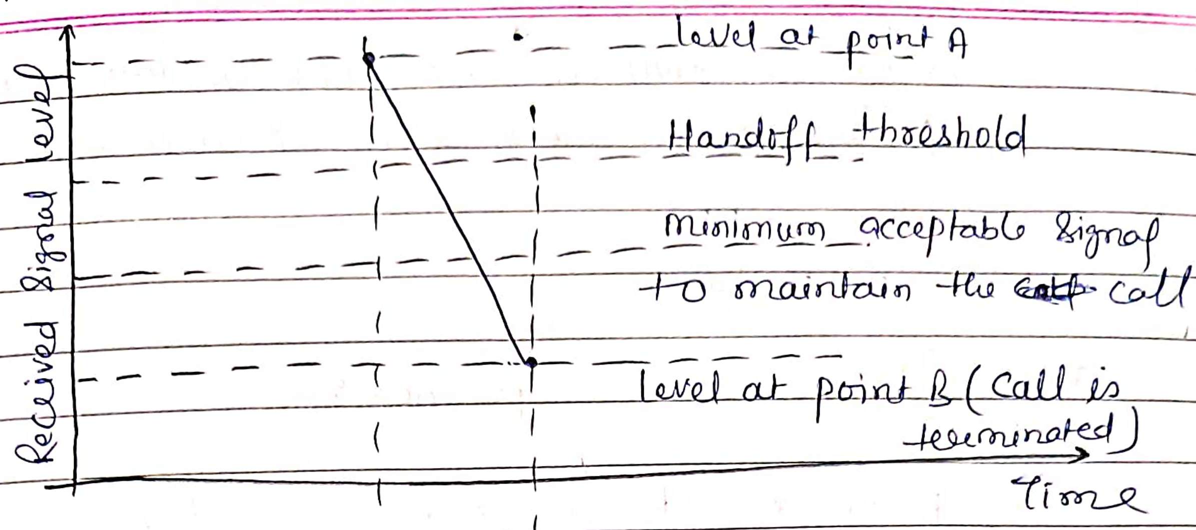
- Umbrella Cell approch :—

इस approch में same cell के लिए दो cells i.e large cells and small cells का उपयोग होता है। Umbrella cell के antenna की height एवं power level small cell से ज्यादा होता है। Umbrella cell approch की मदद से high speed users को भी बिना किसी network break के connection provide किया जाता है। Umbrella cell की मदद से high speed user में minimum handoff एवं ~~रोड़ पर~~ चलने वाले users को additional microcell provide करता है।

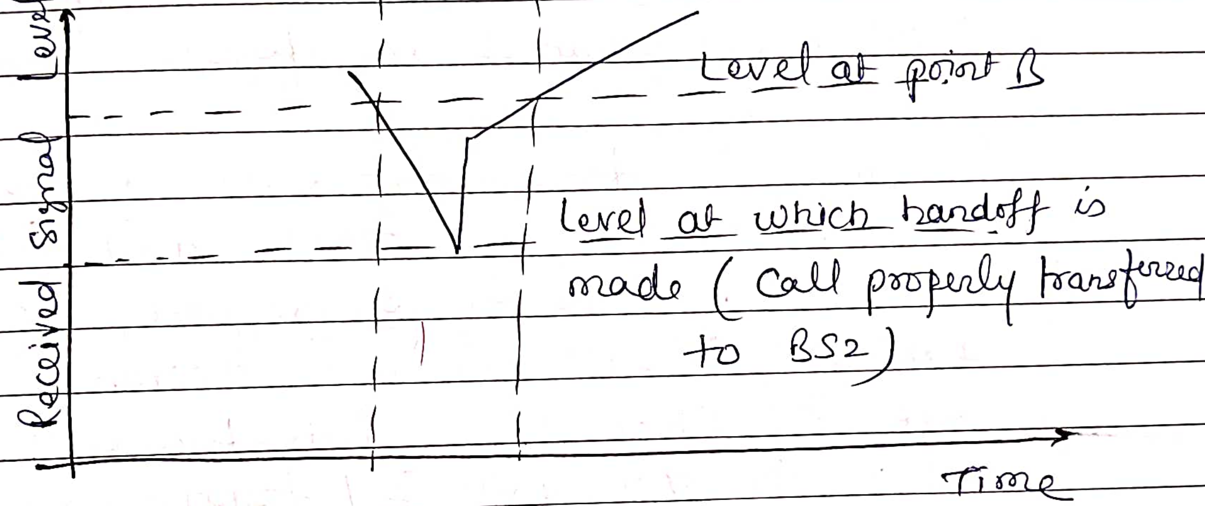


- Proper & Improper handoff :—

(a) Impooper handoff Situation:—



(b) Prooper handoff Situation:—



Generally ऐसा System develope किया जाता है जहाँ Handoff successfully एवं विश्वसनिय तरीके से संपन्न हो। इसके लिए operator designer, optimum signal level देता है जहाँ handoff initiate हो सके।

Generally −90 dBm से −100 dBm के voice signal को threshold level बनाया जाता है। इस margin को निम्नलिखित equation के माध्यम से दर्शाया जाता है।

$$\Delta = P_{r\,handoff} - P_{r\,minimum\ usable}.$$

Δ large होगा तो unnecessary handoff होगा जिससे MSC पर भार बढ़ेगा।

Δ Small होगा तो handoff के लिए बहुत कम समय मिलेगा और call lost हो सकता है।

mischa Schwartz * mobile wireless communications

Cochannel Interference :-

Type of Interference जहाँ Same frequency वाले Channel Cells के बीच में interference होने लगता है, Cochannel Interference कहलाता है।

Cochannel interference को जानने के लिए तीन प्रकार के channel का उपयोग करते हैं। Channel 1 जिसे जो frequency (f_1) पर काम करता है, जहाँ कोई cochannel interference नहीं है। Channel f_2 interference level को मापने का कार्य करता है। तीसरा channel f_3 की मदद से noise level को मापते हैं।

$$C/I = f_2 - f_1$$

$$\frac{C}{N} = f_3 - f_2$$

four Conditions -

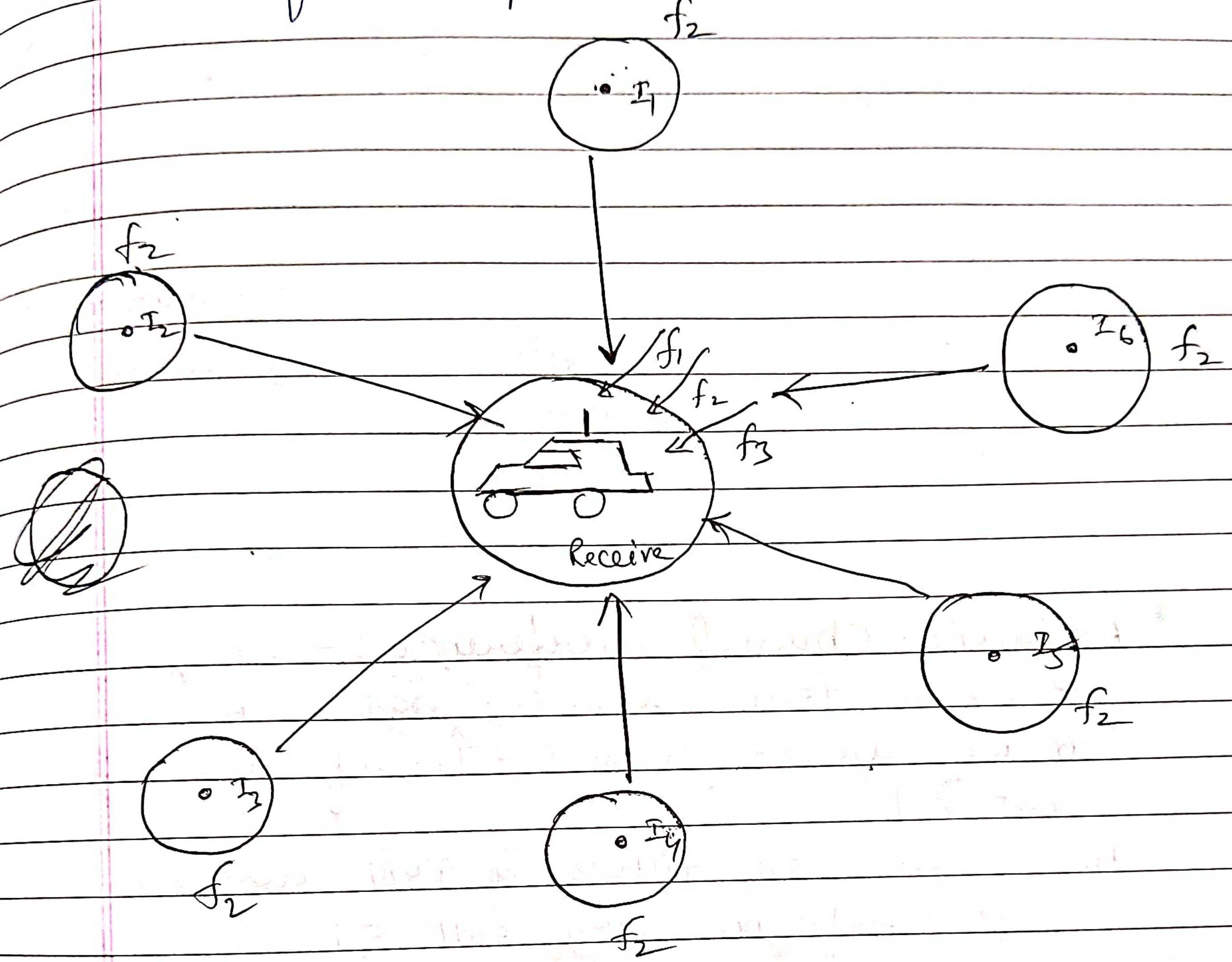
(i) $C/I > 18dB$, throughout the cell, cell properly designed.

(ii) $C/I < 18dB$, $C/N > 18dB$ in some area, Cochannel interference का problem.

(iii) दोनों C/I एवं $C/N < 18dB$ होगी एवं $C/I \simeq C/N$ तो उस area में coverage of

समस्या है।

(iv) यदि दोनों C/N एवं C/I < 18 dB एवं $C/N > C/I$ है तो Coverage problem एवं Cochannel interference है।



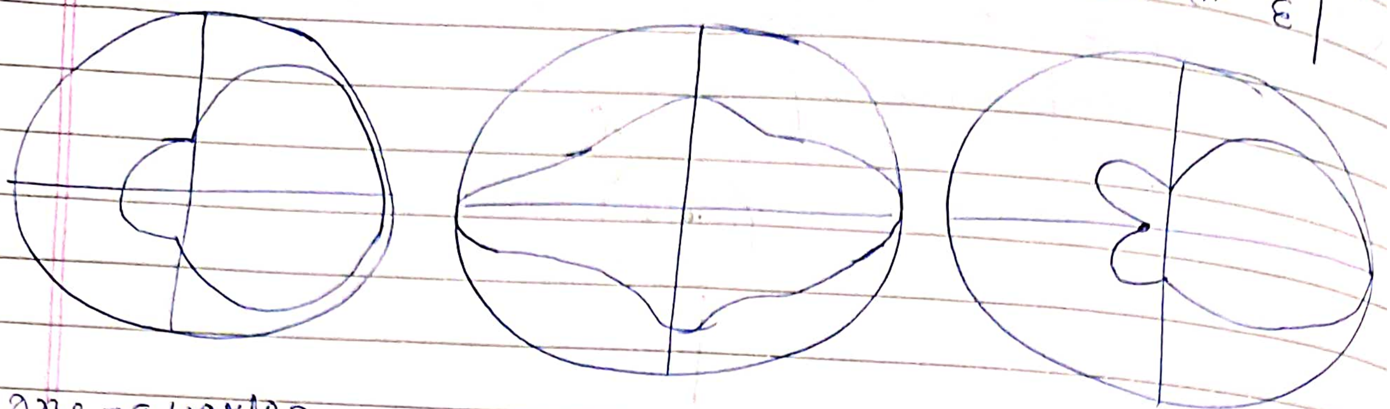
Cochannel Interference at Mobile unit

Reduction of Cochannel Interference :-

(1) Cochannel interference को कम करना एक कठिन कार्य है।

(i) Base station पर directional antenna का उपयोग करने पर cochannel interference को कम किया जा सकता है।

(ii) Parasitic element का उपयोग करने पर भी Interference को कम किया जा सकता है।



One-quarter. Wavelength Spacing

One-half. Wavelength Spacing

Combination of (a) & (b)

Adjacent Channel Interference:— वैसे Signals जिनकी frequency desired signal के बहुत close होती है, वे adjacent Channel Interference Cause करते हैं।

Imperfect receiver filters के कारण adjacent Channel interference उत्पन्न होता है।

Adjacent Channel Interference निम्नलिखित तरीकों से उत्पन्न होता है—

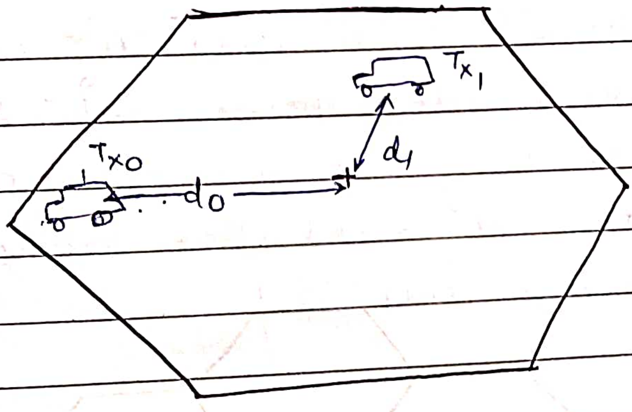
(i) Next Channel Interference:— एक particular mobile station पर दूसरे cell के signal के द्वारा भी affect पड़ सकता है। System को properly design नहीं करने पर यह problem उत्पन्न होती है।

(ii) Neighboring-channel Interference:— अगल-बगल के channel के कारण भी adjacent

channel interface हो सकता है। इस problem को बचने के लिए channels के बीच में बड़ा isolation band प्रदान करना चाहिए।

(iii) Near-End-far-End Interference :-
एक cell में Motor vehicles एक जगह से दूसरे जगह move करते रहते हैं। यदि mobile unit BS के नजदीक है तो उसे Strong Signal प्राप्त होगा। इस Situation में Near-End-far-End interference होगा।

Near-end-far-end interference को Narrow filter की मदद से frequency separation करके कम किया जा सकता है।



Example
$d_0 = 10$ miles
$d_1 = 0.25$ miles
T_{x_0} = The desired Signal
T_{x_1} = Interferred Signal

Near-end-far-end ratio interference

$$\frac{C}{I} = \left(\frac{d_0}{d_I}\right)^{-\gamma}$$

γ is path-loss slope. Here $\gamma = 4$

$$\therefore \frac{C}{I} = \left(\frac{d_0}{d_I}\right)^{-4}$$

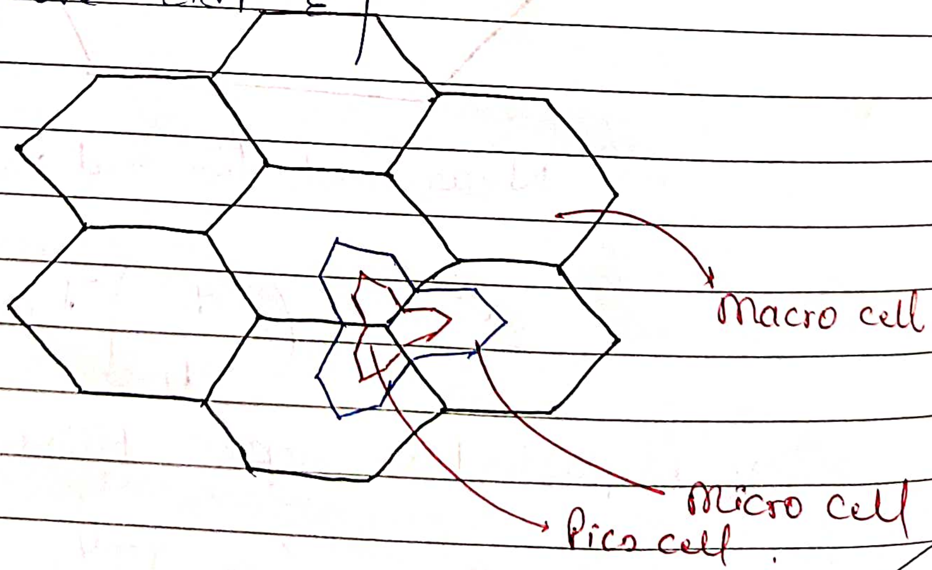
$$\frac{C}{I} = -64 dB.$$

इसका मतलब interference, desired signal से 64dB ज्यादा है। ऐसे interference को narrow filters के द्वारा frequency separation करके कम किया जा सकता है।

• Improving Coverage & Capacity in Cellular System

जैसे-जैसे users की संख्या में वृद्धि होगी channel की Capacity भी कम होती है। इसलिए Coverage एवं Cellular System की Capacity को बढ़ाने के दो method हैं—

(1) Cell Splitting :— इस Method के द्वारा भीड़-भाड़ वाले cells को smaller cells में विभक्त करते हैं। प्रत्येक small cell का अपना base station साथ-साथ होता है। प्रत्येक cell में antenna height एवं ~~tran.~~ transmitted power को भी कम किया जाता है। एक Large Macro cell को micro cells में split करने से cellular channel की Capacity improve होती है।



Cell splitting technique :—

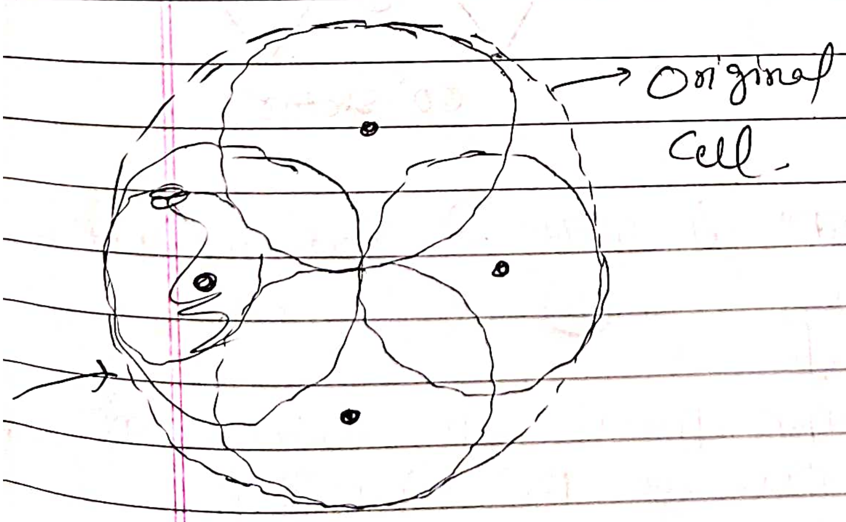
(i) permanent splitting :— किसी cell को permanently microcells में विभाजित करना ही permanent splitting कहलाता है। इस cell splitting को handle करना आसान है यदि low traffic हो तो।

(ii) Real-time Splitting (dynamic Splitting) :— ~~कभी कभी~~ football match के बाद traffic jam, accident के बाद traffic jam या अन्य कारणों से एक छोटे जगह पर कुछ समय में cell traffic capacity बढ़ जाती है तो Real time splitting की मदद से cell की capacity को increase किया जाता है।

Effect of Cell Splitting :—

(i) Cell splitting के कारण पड़ोसी cells affect होते हैं। Splitting के कारण power and frequency reuse distance में unbalance पैदा हो जाता है।

(ii) कुछ frequencies को barrier के तौर पर उपयोग करना पड़ता है।



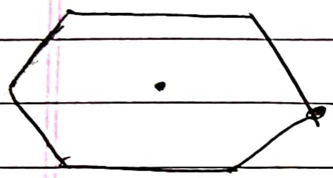
Cell Sectoring :- किसी cell को sectoring करने के लिए Omnidirectional antenna को बहुत सारे directional antenna की मदद से ~~बाँटते हैं~~ | बिना radius change किये हुए बाँटते हैं |

Advantages of cell sectoring :-

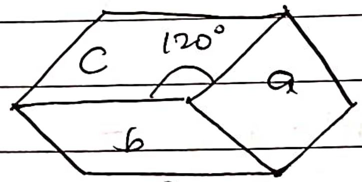
(i) Co-channel interference को हटाने में |

(ii) Capacity को increase करने में मदद करता है |

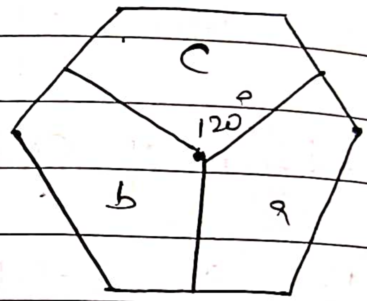
प्रत्येक sector को एक cell की भाँति माना जा सकता है, जिसका अपना frequency है |



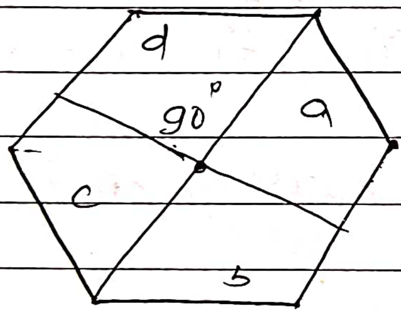
Omni



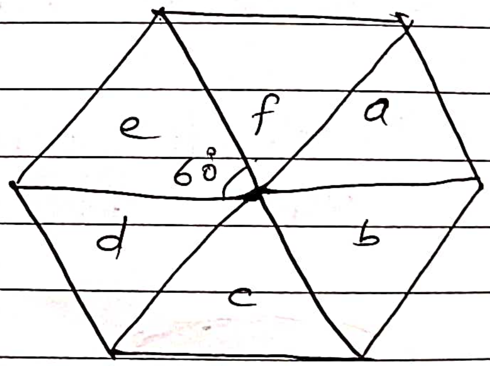
120° sector



120° sector (altern



90° sector



60° sector

Cell को ~~को~~ मुख्यतः दो प्रकार से sectoring करते हैं

(a) 120° sectoring (b) 60° sectoring

120° sectoring में तीन directional antenna को रखते हैं जिनका coverage 120° होता है |

इन antenna को या तो hexagonal cell के corner पर या centre पर रखते हैं |

60° sectoring में 6 directional antenna को hexagonal के छः corners पर रखते हैं।
Cell sectoring, Cell splitting से कम खर्चीला होता है।

Unit - 3

Cellular Network Standards :—

(I) Global System for mobile (GSM) :-

European Group ने GSM System को develop किया। GSM की मदद से दो Objective को पूरा किया गया :—

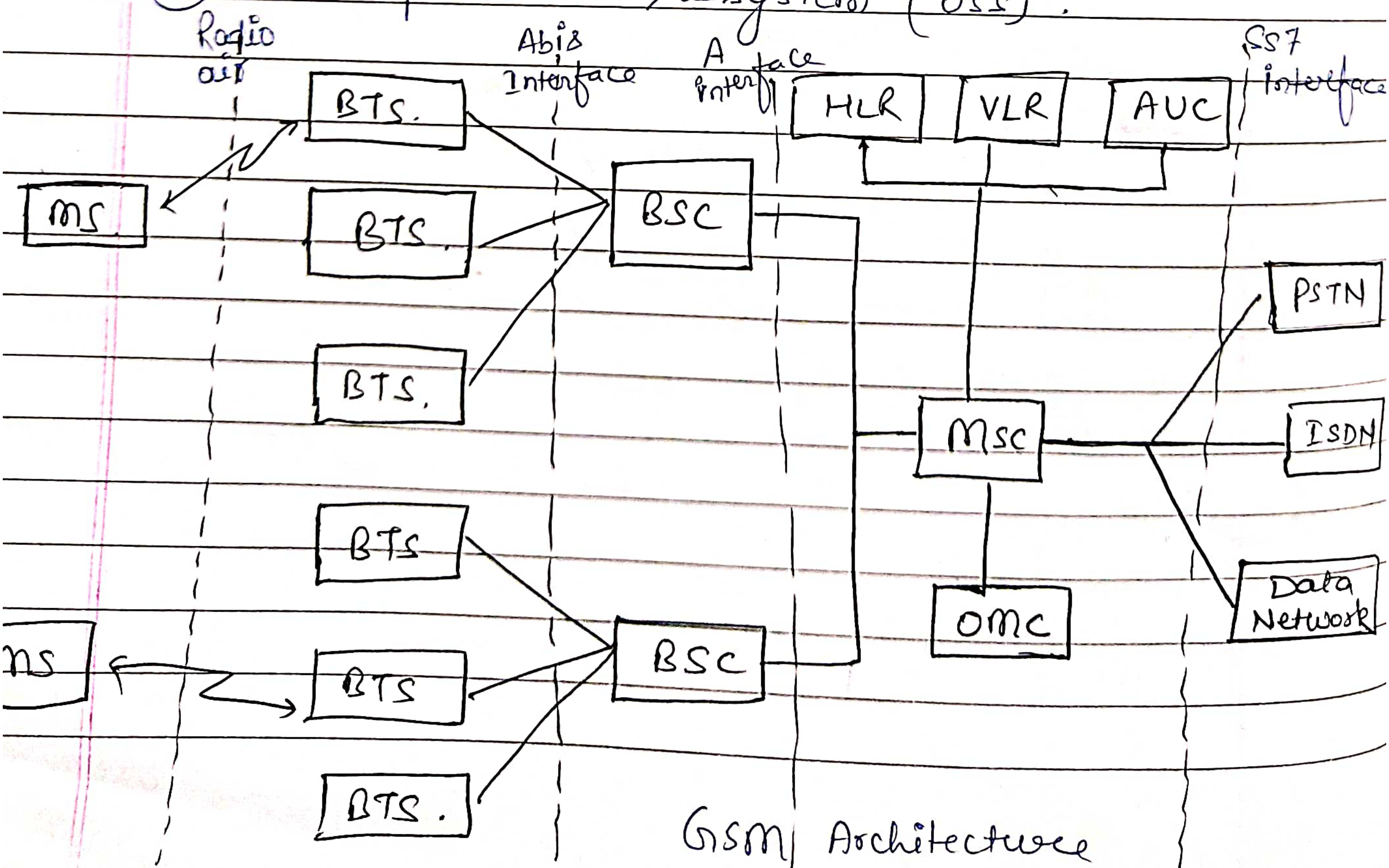
(a) Pan- Europe Roaming

(b) Interaction with the Integrated Service digital Network (ISDN). जिसकी मदद से Single Subscriber Line System को multiservice System में Convert किया गया।

GSM architecture :—

GSM Consists of many Subsystem :—

(a) Mobile Station (MS).
(b) Base Station Sub System (BSS).
(c) Network & Switching subsystem (NSS).
(d) Operation Subsystem (OSS).



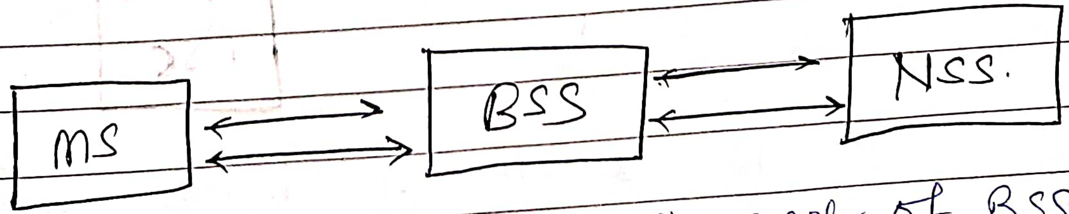
GSM Architecture

Date ______
Page ______

(I) Mobile Station :- Mobile Station Mobile equipment एवं Subscriber Identity Module (SIM) से मिलकर बना होता है। SIM प्रत्येक subscriber को दिये जाते हैं जहाँ subscriber से related data store रहता है।

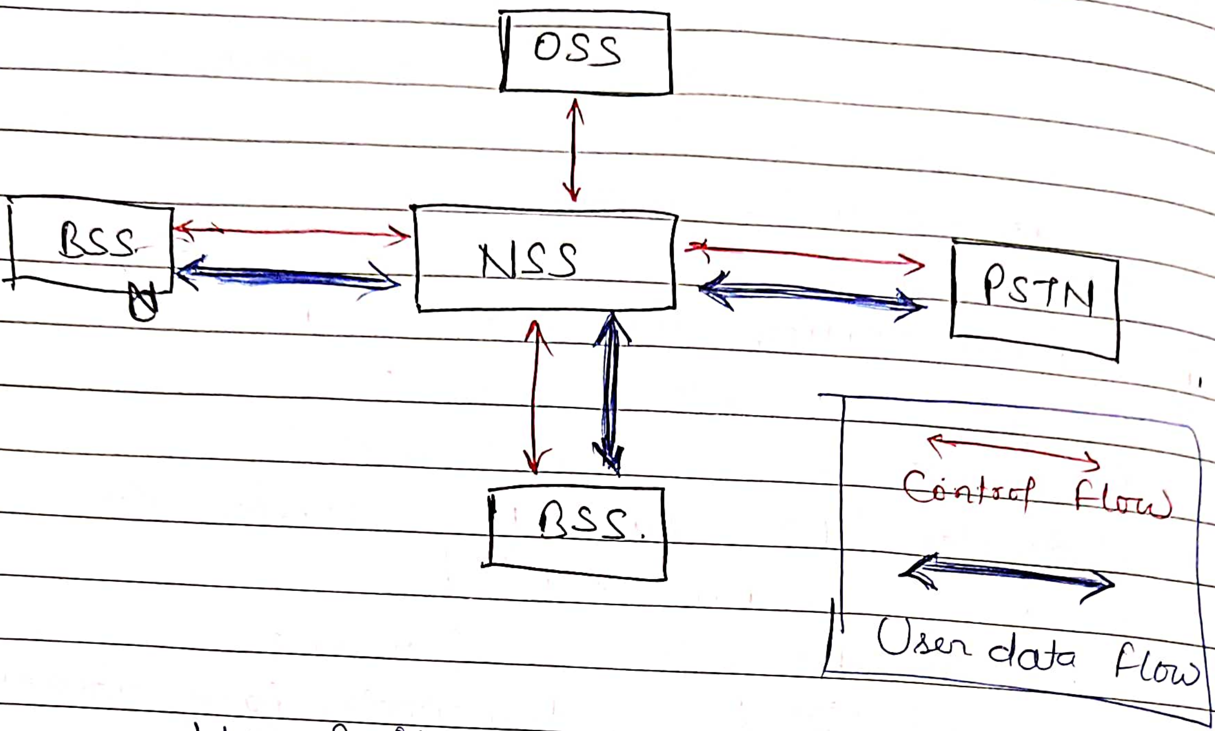
(II) Base Station Subsystem :- BSS radio signal के माध्यम से MS से एवं दूसरे side से NSS से भी जुड़ा होता है। BSS mainly Base transceiver station (BTS) एवं Base station Controller से मिलकर बना होता है।
BTS में transmitter and receiver equipment लगे होते हैं। A transcoder rate adaption Unit (TRAU) की मदद से encoding, speech decoding एवं transmitting data का data rate को पहचाना जाता है।

GSM, open system Interconnection (OSI) model पर काम करता है। OSI पर based 3 common interface है —
(I) A common radio interface called air interface b/w MS & BTS.
(II) An interface A between the MSC & BSC.
(III) An A-bis interface b/w BTS and BSC.

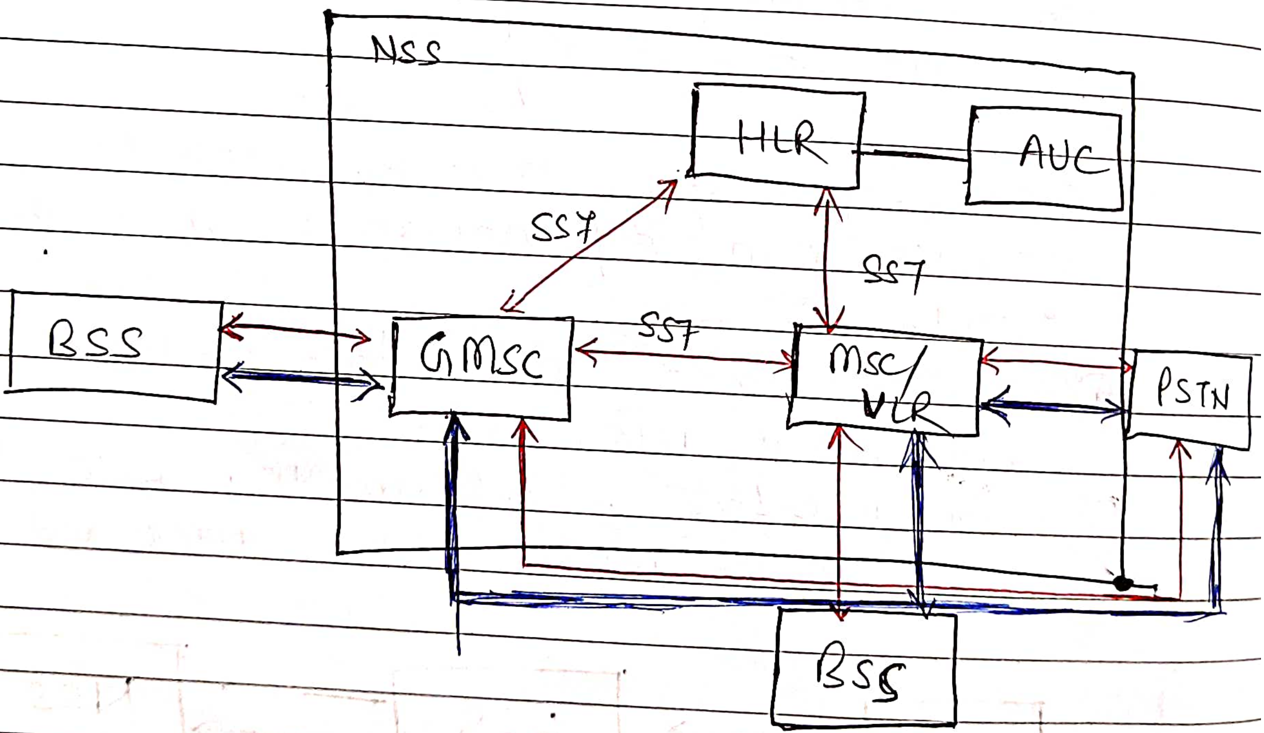


external environment of BSS.

(III) Work & Switching Subsystem :—



NSS & its external environment



NSS architecture internal ~~environment~~ Structure

GSM एक intelligent network (IN) का उपयोग करता है। NSS मुख्यतः GSM users एवं other

telecommunication users के बीच में manage करता है। NSS management मुख्यतः निम्नलिखित Component को Consist करता है:—

(a) Mobile Service Switching Center:— (MSC)
GSM users से to and from calls को setup करने का काम करता है। MSC बहुत सारे BSC को Control करता है।

(b) Interworking function (IWF):— इसकी मदद से ~~GSM~~ MSC external networks से communicate करता है। External network outside GSM से Communicate करने के लिए packet - switched public data Network (PSPDN) और circuit - switch public data network (CSPDN) की मदद ली जाती है।

(c) Home location Register (HLR):— यह एक Computer होता है जिसमें switching Capabilities, नहीं होती है। यह subscriber के data base information ~~subscriber~~ Current location, की जानकारी रखता है। HLR का subdivision Authentication Center (AUC) होता है। AUC subscriber का security data को Manage करता है। दूसरा ~~8~~ HLR का subdivision equipment identity Register (EIR) होता है जो mobile equipment से related data को store करता है।

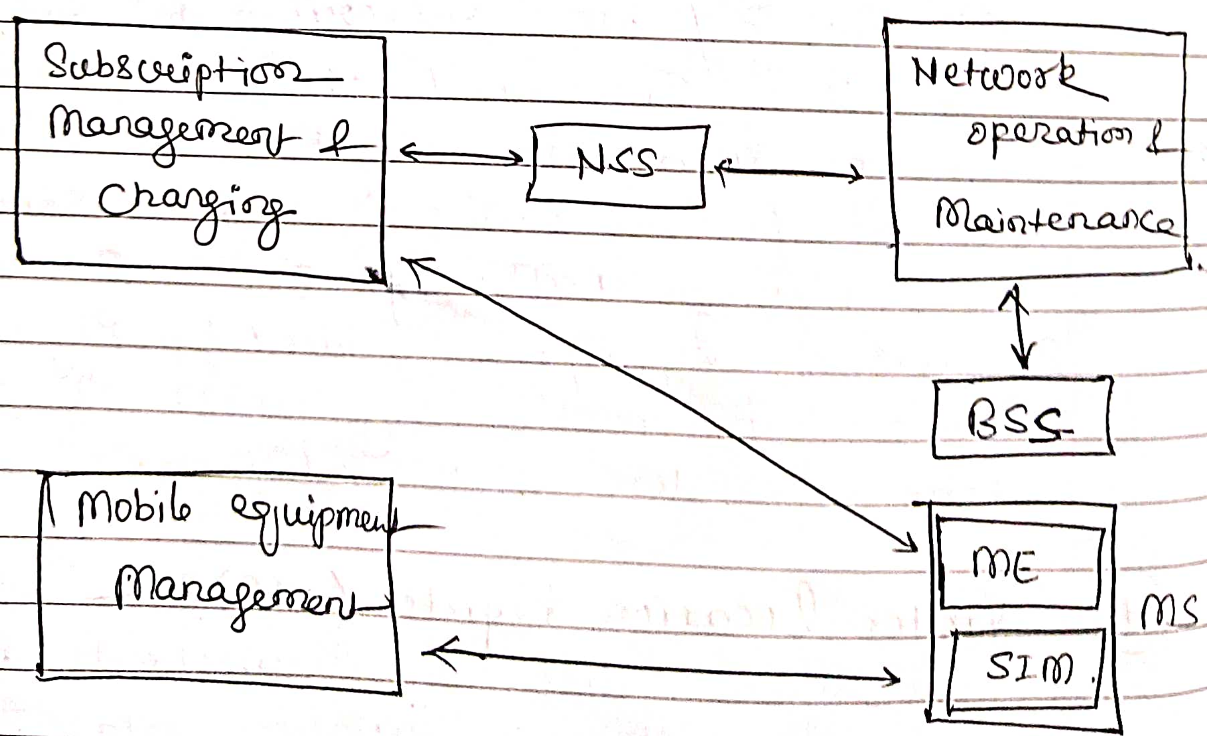
(d) Visitor Location Register (VLR):— यह एक एसा रहता है। उससे अधिक MSC से Connected रहता है। यह Temporarily subscription data एवं किस MSC

के द्वारा connected है की जानकारी रखता है।
VLR, HLR से ज्यादा ~~VLR~~ current subscriber location information को store करके रखता है।

(e) Gateway MSC (GMSC) :- किसी call को setup करने से पहले call Gateway MSC को भेजा जाता है जो की directory से correct HLR की जानकारी प्रदान करता है। GMSC external network से gatewaying होता है एवं network full signalling system 7 (SS7) पर operate करता है।

(f) Signalling transfer point (STP) :- NSS function का standalone node होता है। STP signalling transport के cost को optimize करता है।

(IV) Operation Subsystem :-



OSS Organization.

OSS operation के तीन area हैं —
(i) Network operation & Maintenance functions
(ii) Subscription management जिसमें charging एवं billing आते हैं।
(iii) Mobile equipment management.

Features of GSM:—

(i) GSM uses Gaussian minimum shift keying (GMSK).
(ii) GSM में Time division multiple access एवं frequency division multiple access का उपयोग होता है। FDMA 25MHZ bandwidth को 124 carrier frequencies में 200KHZ bandwidth में बाँट देता है। प्रत्येक BS को एक frequency assign की जाती है एवं प्रत्येक frequency को 8 time slot में TDMA scheme के तहत बाँट किया जाता है।

(iii) GSM में bit rate 270 KbPS होता है।

(iii) uplink frequency = 933 - 960 MHZ
downlink frequency = 890 - 915 MHZ

(iii) GSM में channel spacing 200KHZ होता है।

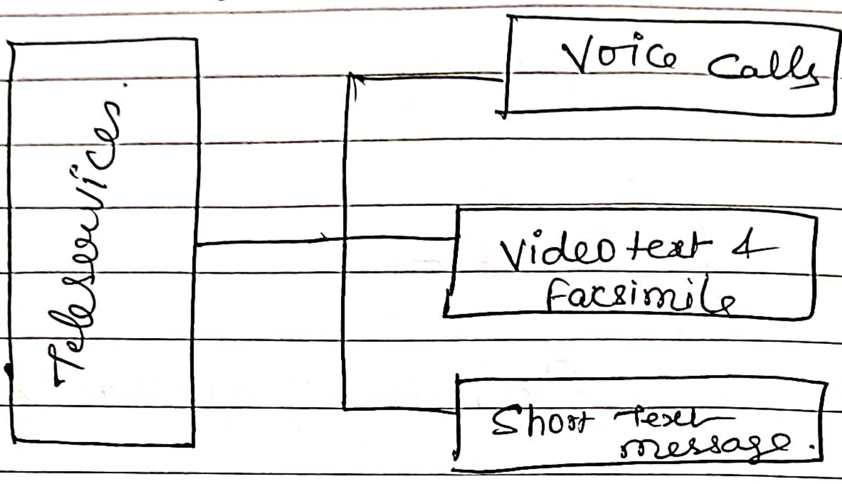
(iv) Speech coding के लिए GSM linear predictive coding (LPC) का उपयोग करता है।

(v)

GSM offer 3 basic Services :-

(i) Telephony services.
(ii) Data Services → data provides.
(iii) Supplementary Services.

(i)



(iii) Supplementary Services :-

(a) Conferencing :- एक से ज्यादा लोगों से एक समय में बात कर सकते हैं।

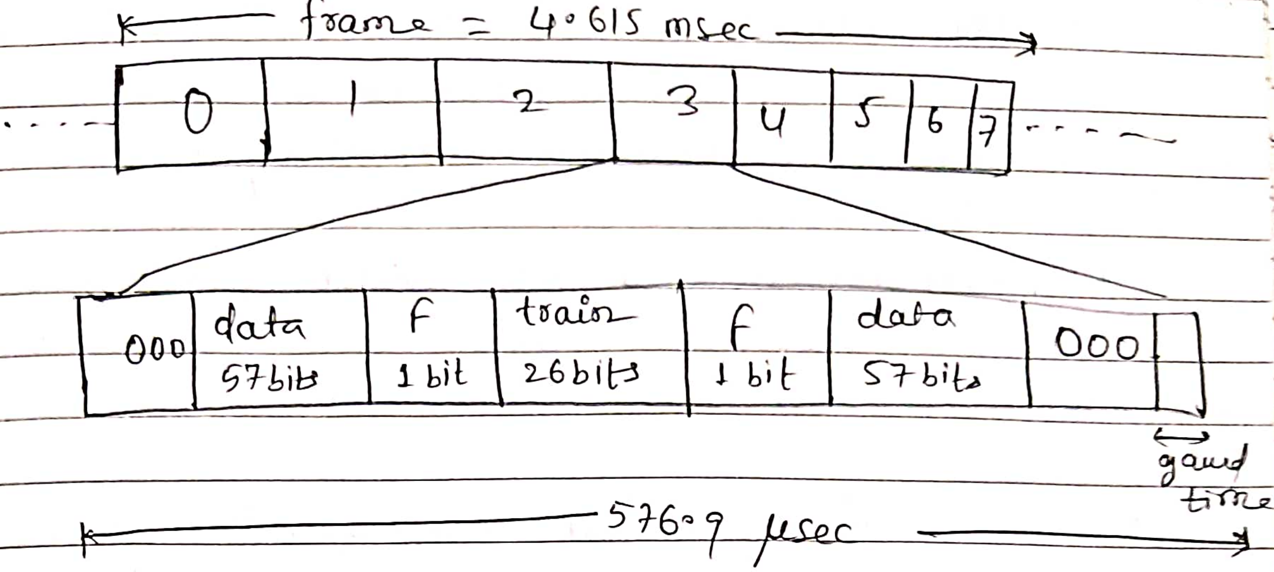
(b) Call waiting :- बात करने के दौरान यदि दूसरा call आने पर Subscriber को notify करना।

(c) Call Hold :- इस Service की मदद से Subscriber incoming signal को hold पर रख सकता है।

(d) Call Forwarding :- इस Service के द्वारा किसी Call को अन्य number पर भेज सकते हैं, जिससे की Call lost न हो सके।

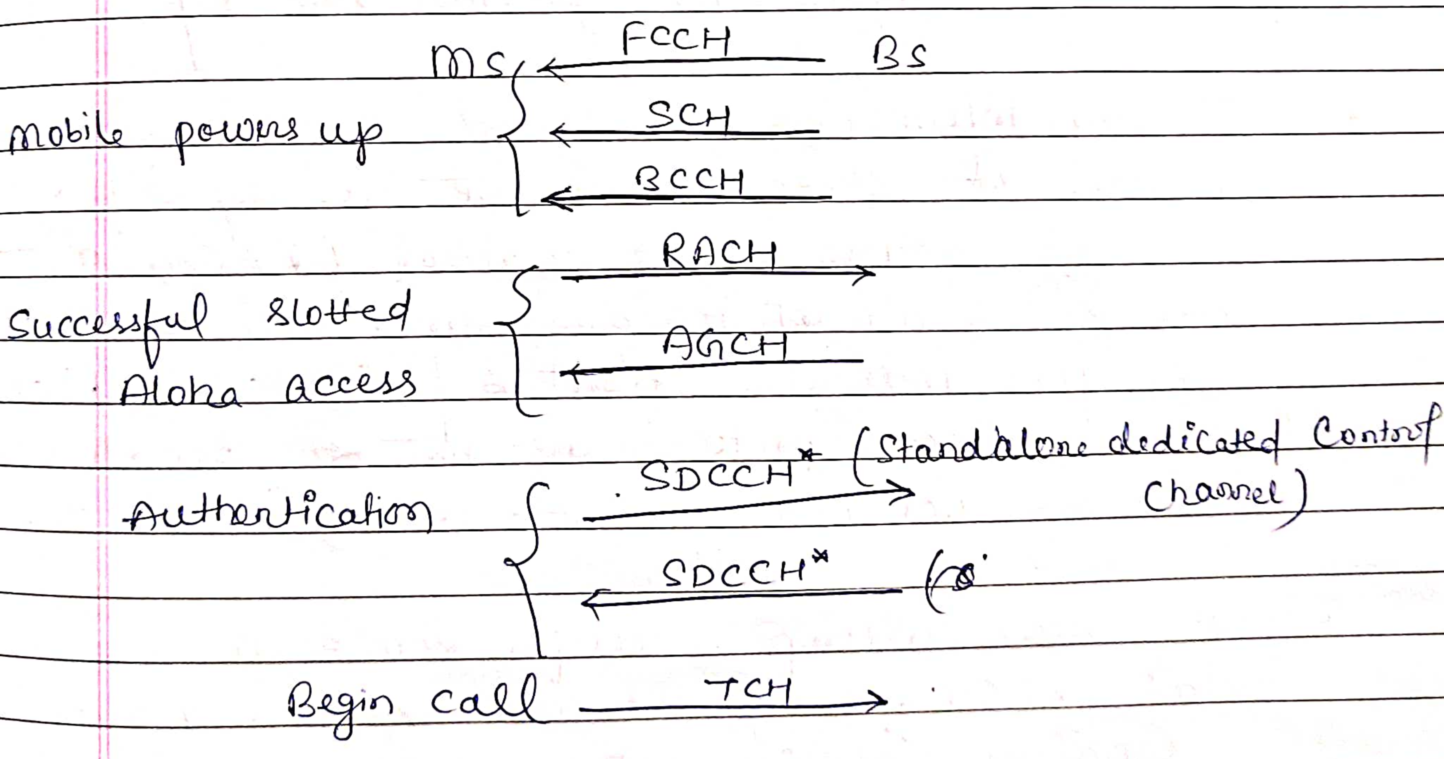
(e) Call Barring :- कुछ प्रकार के incoming Calls को रोकने में उपयोग किया जाता है।

~~CDMA :- Code division multiple Access :~~



GSM frame / slot Structure

- Setting up a GSM call :—



- किसी Signal को transmit or receiver करने के लिए mobile को ON होना जरूरी है। power ON

होने के बाद mobile उस cell की frequency को ग्रहण करता है। इसके लिए MS, Frequency Correction Channel (FCCH) को ढूंढता है जिसे local BS broadcast करता है।

- FCCH message के साथ होगा Synchronization Channel SCH message रहता है जोकि BS को पहचानकर mobile को frame एवं time synchronise करता है।

- जैसे ही frequency एवं timing information synchronise हो जाते हैं तब mobile Broadcast control channel (BCCH) की मदद से किसी call को setup करता है। BCCH बहुत सारे information जैसे की cell configuration, किस network से वह जुड़ा है, access information, control channel information एवं अन्य information provide करता है।

- इन सभी information की मदद से mobile terminal एक call को start करने के लिए ready है। Mobile एक random access channel (RACH) की मदद से 5 bit का random number एवं 3-bit का purpose indicator भेजती है। Slotted Aloha random access protocol की मदद से sending एवं receiving acknowledgement को पूर्ण किया जाता है।

- यदि Access attemp successful होता है तो BS को RACH message के साथ Access grant Channel (AGCH) का acknowledgement receipt प्राप्त होता है। यह message 8-bit के request message की मदद से stand-alone channel (SDCCH) provide करता है।

यदि call setup approve हो जाता है तो BS, MS को SDCCH message की मदद से time slot traffic channel (TCH) को user करता है reply करता है।

Code division multiple Access (CDMA) :-

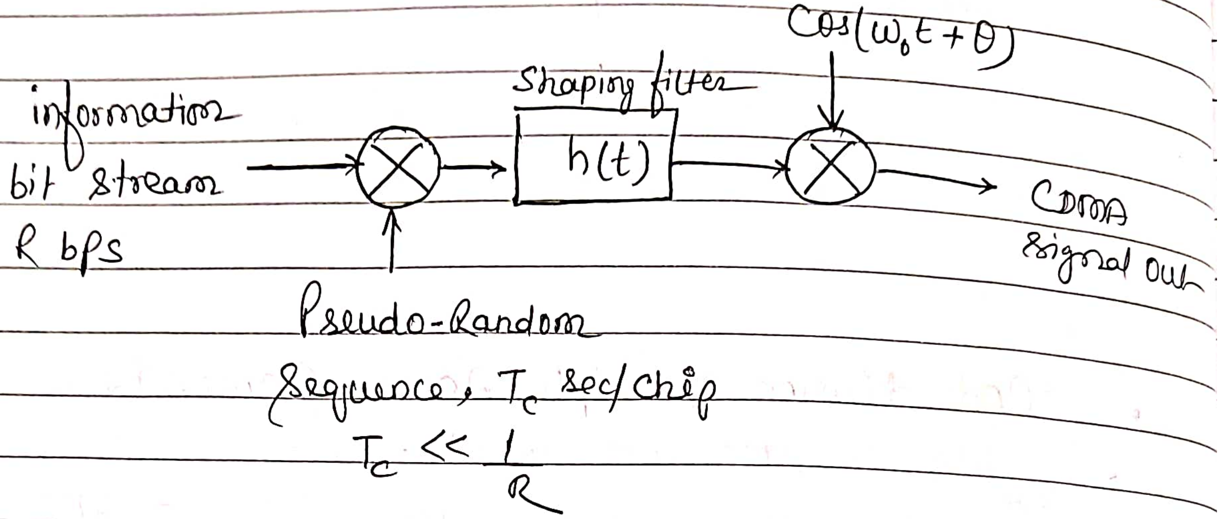
यह एक प्रकार का multiple access scheme है जिसे second generation system IS-95 में उपयोग किया गया था। CDMA system में बहुत सारे transmitter एक साथ information को communication channel में transmit करते हैं। CDMA system spread spectrum technology पर based होता है।

CDMA system में प्रत्येक user को एक code प्रदान किया जाता है। code को इस तरह चुनते हैं कि वे एक दूसरे के orthogonal हों।
माना की code i, l length के bits से मिलकर बना है। $\{x_{ik}\}$ where, $k = 1 \ldots l$ एवं $x_{ik} = \pm 1$

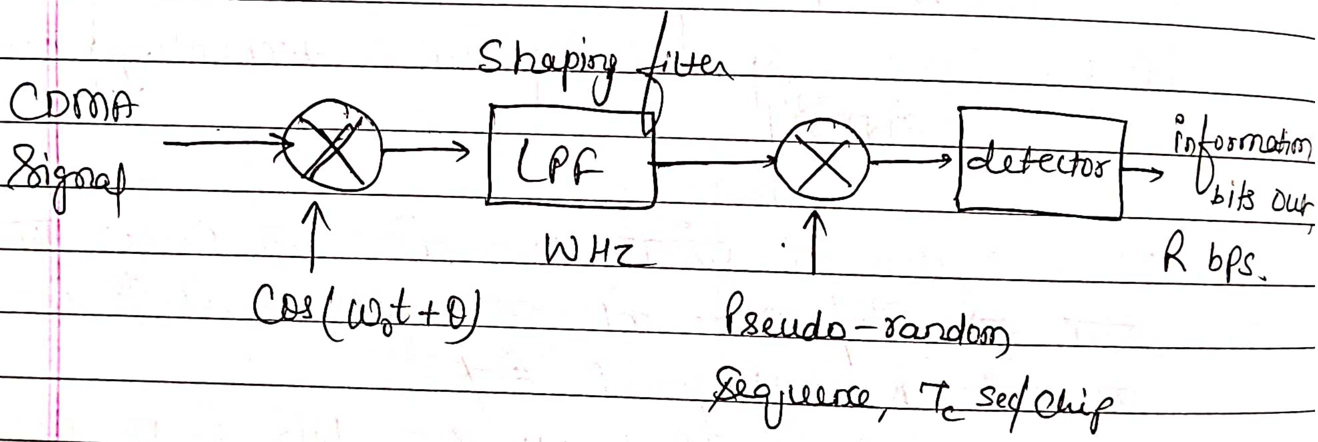
इन sequence of bit को l-element वाले vector C_i से दर्शाया जाता है। Orthogonality का मतलब dot product, $C_i \cdot C_j = K \cdot x_{ik} x_{jk} = 0 \; \forall \; j \neq i$

इस प्रकार बहुत सारे users को different code assign होने पर वे एक साथ information को transmit कर सकते हैं। इसी प्रकार receiver भी dot product करके message को extract कर सकता है।

IS95 में OQPSK तथा QPSK modulation scheme का प्रयोग किया गया है।



(a) CDMA Transmitter



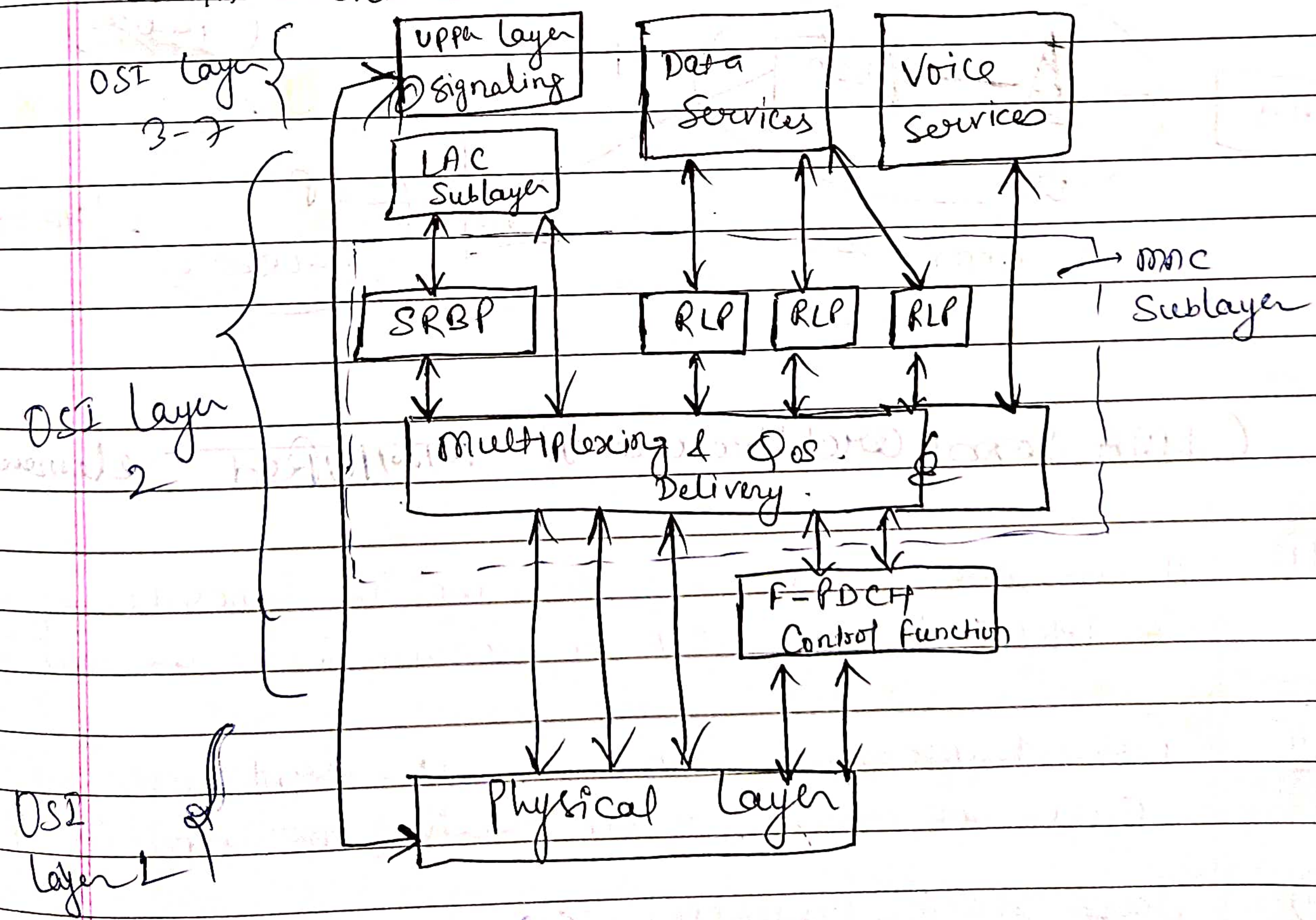
(b) CDMA Receiver

उपरोक्त CDMA transmitter में Pseudo-random generator प्रत्येक information bit stream में Pseudo-random sequence जिसे Chip कहते हैं, को multiply करता जाता है। इस multiplication के कारण binary information stream, noise sequence की तरह दिखने लगता है जिसके कारण CDMA को Spread Spectrum Communication भी कहते हैं।

इस Binary Sequence का Bandwidth $= \frac{1}{T_c}$

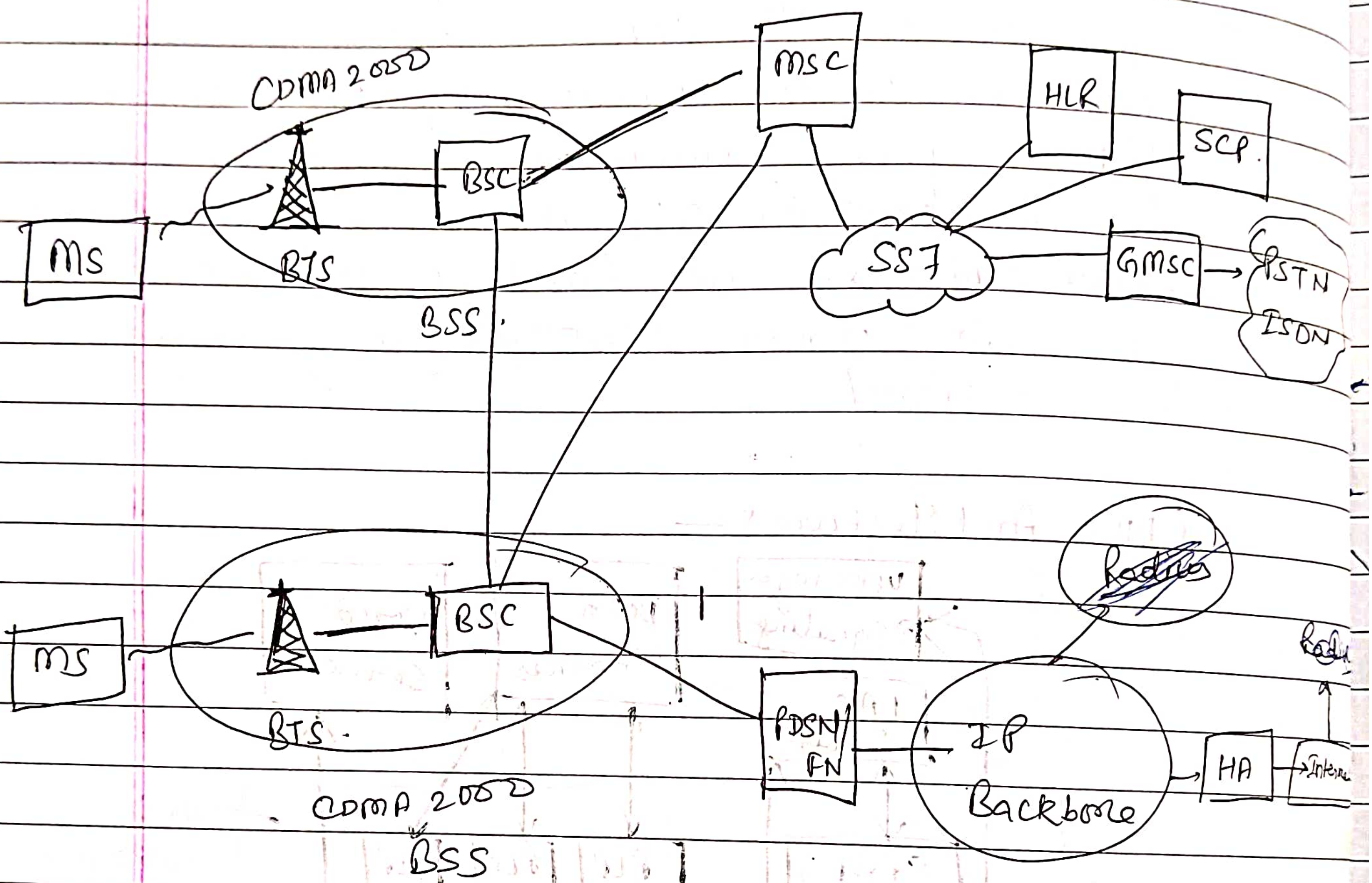
CDMA Receiver में received Signal को Same pseudo-random sequence से multiply करने पर original Signal प्राप्त होता है। Code की orthogonality के कारण same carrier frequency वाले Signal reject हो जाते हैं। CDMA की मदद से frequency reuse का उपयोग universally ~~pros~~ possible है। Mobile phone roaming के case में भी same user को दिए गये cell में same code दे सकते हैं जिससे की बार-बार handoff होने पर same user को अलग-अलग frequency assign नहीं करना पड़ेगा।

CDMA Architecture :—



Lac Sublayer - Link access Control
RLP - radio link protocol
Qos - Quality of Service

CDMA Network Structure :-



CDMA 2000 architecture में निम्नलिखित elements है -

(I) Mobile Station (MS) :- यह mobile subscriber equipment है जिसकी मदद से BST से communicate कर सकते हैं।

(II) Base transceiver Station (BTS) :- इसकी मदद से calls को transmit एवं receive कर सकते हैं।

(III) Base Station Controller :- (BSC) :-
BSC निम्नलिखित कार्य करता है:

(a) Base transceiver station (BTS) Control & Management
(b) Call connection & disconnection.
(c) Mobility management
(d) Stable & reliable radio link provision for upper layer services.
(e) Power Control
(f) Radio resource management

(IV) Packet Control function (PCF) :- यह R-P connection management करता है।

(V) Packet Data Service Node (PDSN) :- यह mobile subscriber का packet data services को implement करता है।

(VI) Home agent (HA) :- mobile node जहाँ अपना account खुलवाता है वहाँ Home agent located रहता है। Mobile network से registration information प्राप्त करता है।

(VII) Mobile Switching Center (MSC) :- इसकी मदद से Calling एवं called Subscriber के बीच में services देता है। एक MSC बहुत सारे BSC से Connected रहता है। MSC, PSTN, ISDN या अन्य MSC से भी Connected रहता है। यह Radio network एवं PSTN के बीच में interface प्रदान करता है।

(VIII) Visitor Location Register (VLR) :- सभी data जिसकी मदद से एक call को Setup कर सकते हैं, VLR के पास होता है। यह एक dynamic database होता है। Local area में subscriber के information को VLR में store करके रखता है।

(IX) Home Location Register (HLR) :— यह Mobile Subscriber management database होता है। यह Subscriber के information, MS Location information, को store करता है। Authentication Center (AC) HLR से physically connected होता है। AU का मुख्य कार्य CDMA System की Security management करना है। यह unauthorized Subscriber को System के access से रोकता है एवं radio interface data की चोरी होने से भी रोकता है।

Characteristics of CDMA :—

(a) एक समय पर बहुत सारे user connect हो सकते हैं।

(b) CDMA में सभी channel के द्वारा full spectrum का उपयोग होता है।

(c) Power control की मदद से interference एवं noise को हटाया जाता है।

(d) CDMA System में users के data को Unique Code में transmit किया जाता है जिससे की message signal की Security बढ़ जाती है।

(e) CDMA System में सभी cell same frequency को transmit करते हैं।

(f)

Unit-4 : Overview of optical fibre Comm.

Evolution of fibre optics :—

- First Optical fiber में बहुत high loss ~~1000dB~~ 1000 dB/Km था जिसमें 3meter में ही signal का strength आधा हो जाता था। इस प्रकार के loss optical fiber में अस्वीकार्य थे।

- परन्तु optical fibre को बनाने वाले material को purify करने पर losses बहुत कम हो गये। 1970 में, Corning Glass Works ने silica fibre बनाया जिसका attenuation 20dB/Km था।

- Material में development की वजह से आज के optical fibre में losses 0.16 से 0.2 dB/Km पर आ गया है।

- **Frequency band of Optical fibre Comm. :—**

Optical fibre spectrum को 5nm (ultravoilet) से 1mm (far infrared) region band में उपयोग करते हैं। optical fibre को 800 से 1675 nm range में उपयोग करते हैं।
International Telecommunication Union (ITU) ने fibre optic Communication को 6 भाग में बाँटा है:

(a) Original band (O-band) :- 1260 – 1360 nm
(b) Extended band (E-band) :- 1360 – 1460 nm
(c) Short band (S-band) :- 1460 – 1530 nm
(d) Conventional band (C-band): 1530 – 1565 nm
(e) Long band (L-band) :- 1565 – 1625 nm
(f) Ultralong band (U-band) :- 1625 – 1675 nm

O-band	E-band	S-band	C-band	L-band	U-band

1260 1360 1460 1530 1565 1625 1675

Wavelength (nm) →

Advantages of fibre Optical Transmission :-

1. Extremely high bandwidth
2. Longer Distance
3. Resistance to electromagnetic interference.
4. Low security Risk
5. Small size.
6. Light weight.

Disadvantage of fibre optic Transmission :-

1. Difficult to install.
2. Attenuation & Dispersion
3. Cost is higher than Copper Cable.
4. Special equipment such as OTDR (optical time-domain reflectometry) is required.

Application :-

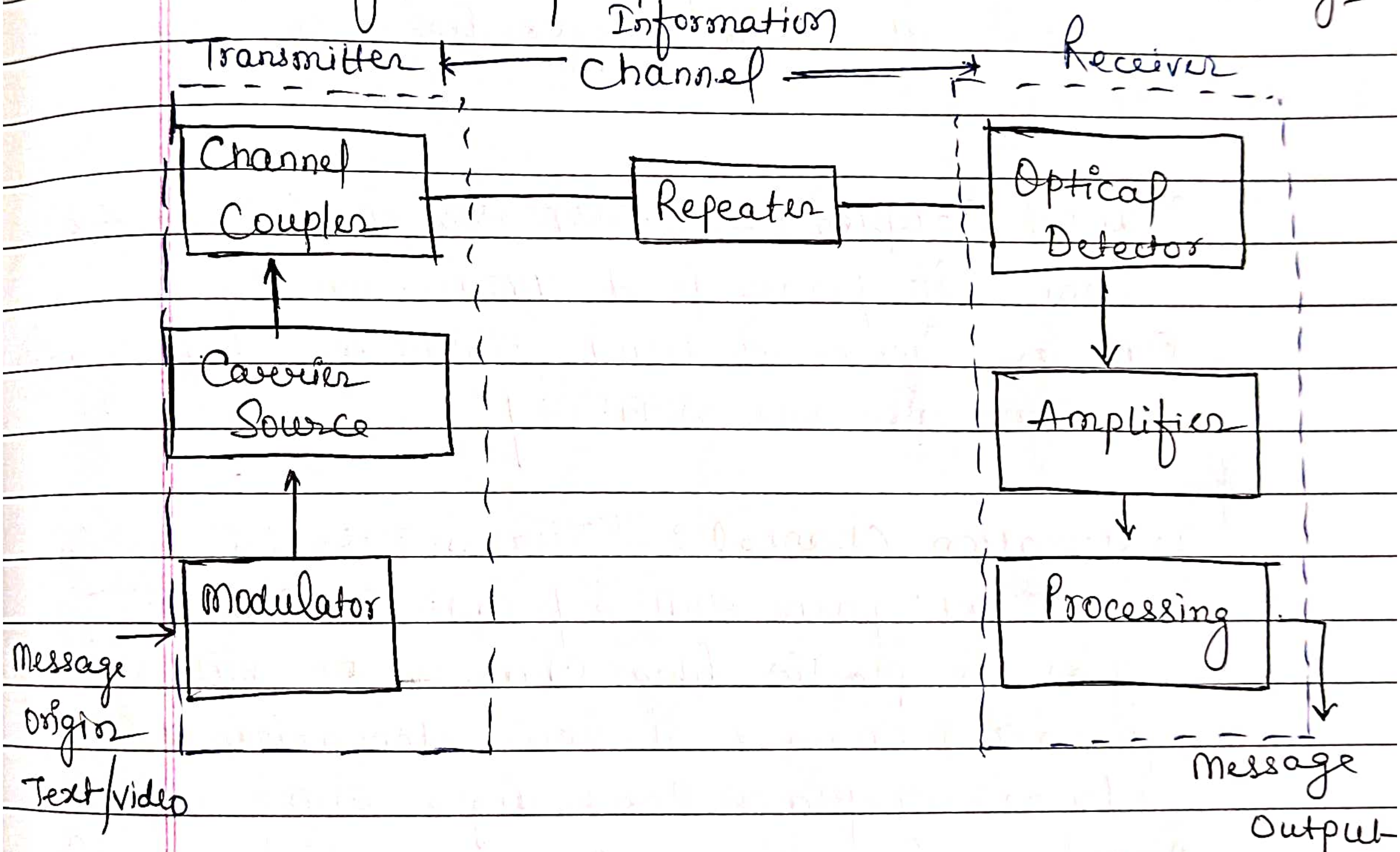
1. Medical में surgeries के लिए lasers, Imaging tools में उपयोग होता है।
2. Defence में hydrophones जिसका उपयोग SONAR waves को detect करने में होता है।
3. Data transmission में होता है।
4. Transmission & reception purpose के लिए

Telecommunication sector में होता है।

(v) Industries जहाँ पहुँचना मुश्किल हो वहाँ इसका उपयोग होता है।

(vi) Television broadcasting में HDTV, internet, video-on demand एवं अन्य applications में इसका उपयोग होता है।

Block diagram of optical fibre Communication System



(i) Message Origin :- एक transducer जो non-electrical message को electrical signal में convert करता है। Ex- microphones जो कि sound waves को current में convert करता है। Video TV camera images को current में convert करता है।

(ii) Modulator :- इसका दो मुख्य कार्य होता है :-

(i) It converts electrical message into proper format.
(ii) It impresses this signal onto the wave generated by the carrier source.

Carrier Source :— यह waves generate करता है जोकि information को transmit करता है। Fibre optic system के लिए Laser diode, light emitting diode की मदद से carrier signal को transmit किया जाता है। इन्हे optical oscillator भी कहते हैं जो stable, single frequency wave देते हैं।

Channel Coupler :— इनकी मदद से information channel में power feed किया जाता है। Carrier Source से निकले lights को इकट्ठा करके receiver की ओर भेजता है।

Information Channel :- यह Transmitter एवं receiver के बीच का path होता है। optical fibre में glass or plastic fibre channel का काम करते हैं। Information channel में low attenuation एवं large acceptance cone angle होना चाहिए। Amplifiers input signal का power level को बढ़ाते हैं। digital system के लिए amplifier की तरह repeaters का उपयोग किया जाता है।

Optical detector :— optical fibre से information transmit होता है उसे detector की मदद से detect करते हैं। Optical fibre में optical wave को electrical signal में photodetector की मदद से convert करते हैं।

detector में developed current, incident optic wave के power के proportional होता है।
~~Decto~~ Detector output में transmitted information होता है जिसे filter की मदद से extract किया जाता है।

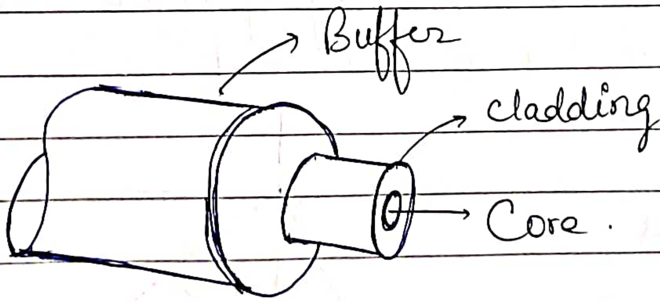
photodetector का important property —

(a) Small size. (b) Long life.
(c) Low power consumption (d) High sensitivity to optical signal.

Signal processing :—
इसके अंतर्गत filtering, amplification आता है। सही तरीके से filtering करने पर Signal/Noise ratio improve होता है।

Message Output :— Optical fibre के output पर signal processor के output पर प्राप्त signal को sound या visual image में प्राप्त कर लिया जाता है।

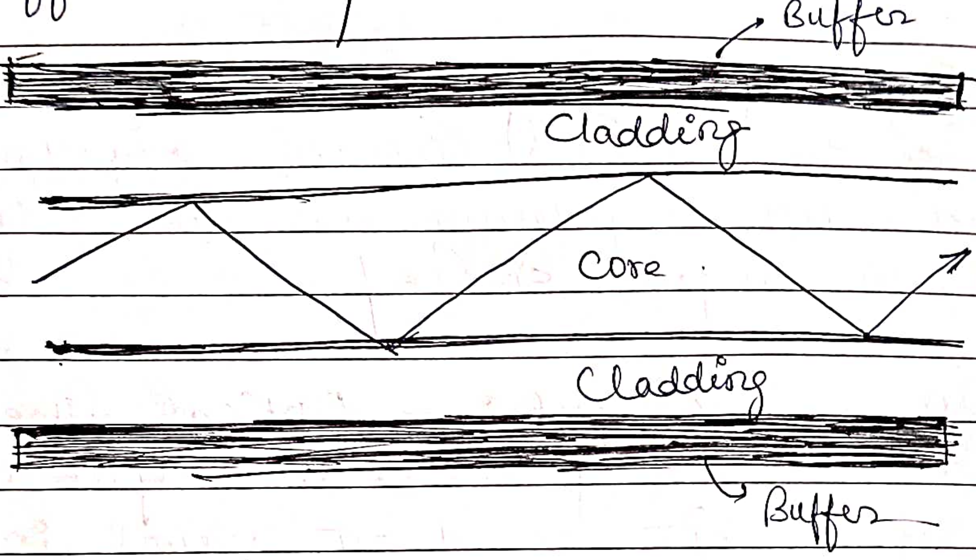
Optical Fibre :—



Core :— High ~~refract~~ refractive index एवं सबसे अंदरूनी भाग जोकि light को transmit करता है।

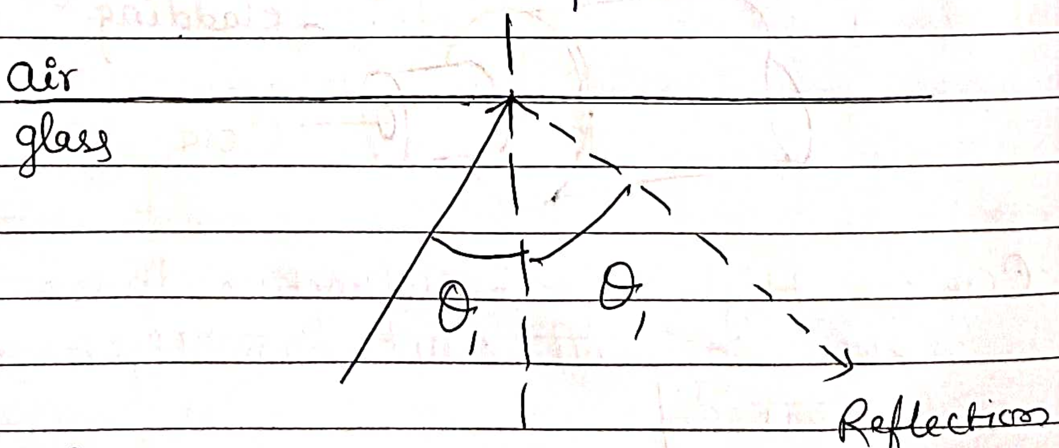
Cladding :- Optical fibre का middle layer जो light को core में confine करता है। इसका refractive index low होता है।

Buffer :- यह Outermost layer होता है जिसका काम shock को absorb करना है। बाहरी वातावरण से core एवं cladding को बचाने के लिए एक या दो plastic के layer को ही Buffer कहते हैं।



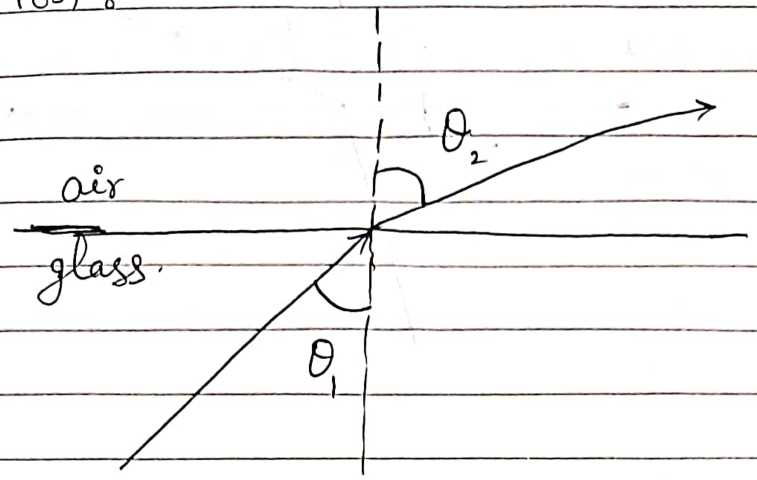
- Ray theory :-

(1) Reflection :- (1) Ray of light same medium में travel करता है।



Angle of incidence = Angle of Reflection.

(11) Refraction :—



दिए गए medium में speed of light के कारण उस medium में light का मुड़ना ही refraction कहलाता है।

Refractive index = $\dfrac{\text{Speed of light in air}}{\text{Speed of light in medium}}$

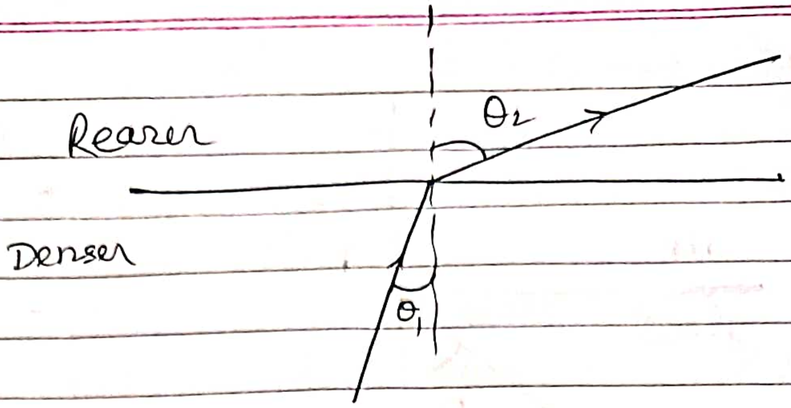
$$n = R.I = \frac{c}{V}$$

Snell's law of refraction —

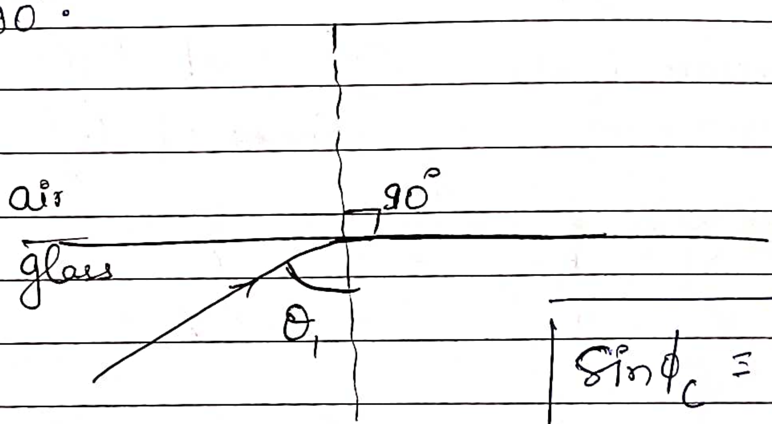
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

n_1 = refractive index of first medium
θ_1 - angle of incidence
n_2 = refractive index of second medium
θ_2 = angle of refraction

- यदि light high refractive index से low refractive index वाले medium में travel करती तो light normal से दूर जाएगी।



- ~~Total internal reflection :~~
- Critical angle :— Minimum angle of incidence (θ_1) for which ray strikes the interface of two medium and causes angle of refraction $\theta_2 = 90^\circ$.



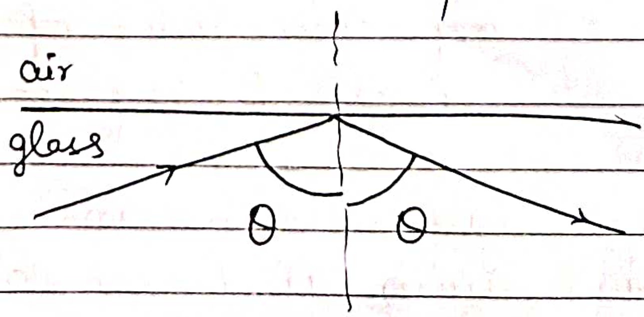
$$\sin\phi_c = \frac{n_2}{n_1}$$

- Total internal reflection :— (T.I.R)

Conditions —

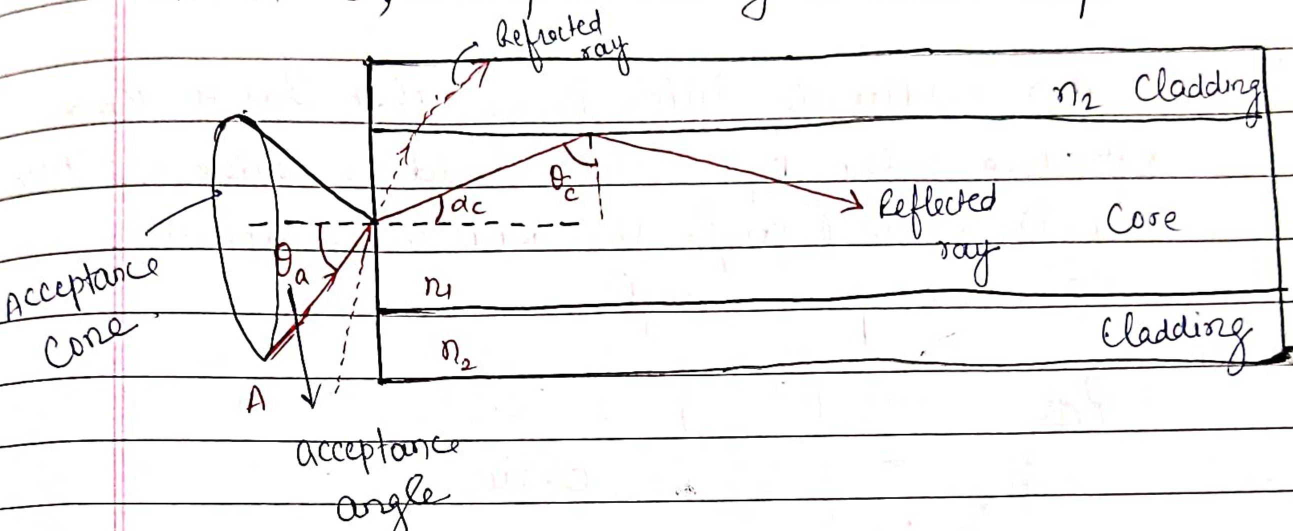
(a) ray ~~rarer~~ denser medium से rarer medium में travel करना चाहिए

(b) incident angle, critical angle से ज्यादा होना चाहिए



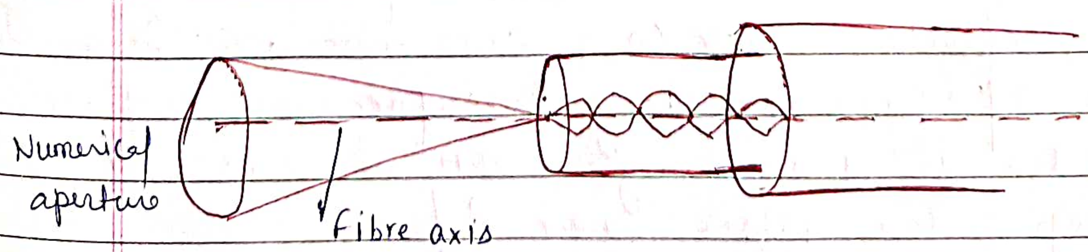
Optical fibre में भी optical rays को Total internal reflection की मदद से transmit किया जाता है।

- Acceptance angle :- वह angle जिसपर optical fibre का Core ~~पहली बार Core~~ से ray of light मिलता है, acceptance angle कहलाता है।



$$n \sin\theta_{0,max} = n \sin\theta_A = n_1 \sin\theta_c = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

- Numerical Aperture :- यह Optical system की एक Characteristics होता है। एक Optical System की ability जिसके कारण वही सभी incident light को एक area में collect करता है जिसे Numerical aperture कहते हैं।



Maximum angle जिसपर ray of light optical fibre पर पड़े एवं transmit हो जाए Numerical aperture कहलाता है।

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n \sin\theta_A$$

Q. Consider multimode silica fiber that has a core refractive index $n_1 = 1.48$, cladding index $n_2 = 1.46$. find (a) critical angle (b) Numerical aperture (c) Acceptance angle

→

$$\phi_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = 80.5°$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = 0.242$$

$$\theta_A = \sin^{-1}(NA) = \sin^{-1}(0.242) - 14°$$

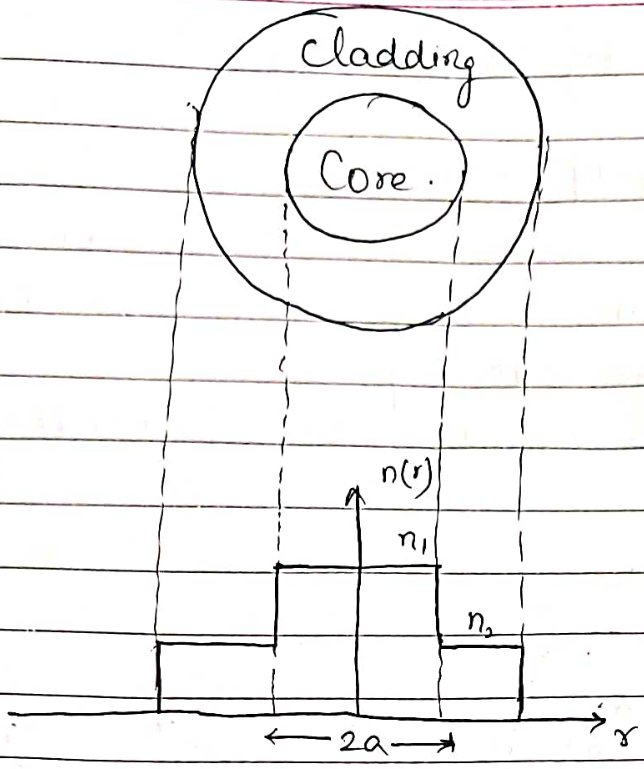
Types of optical fibre :-

(I) Step index fiber → Single mode / multi mode

(II) Graded index fibre → Single mode / multi mode

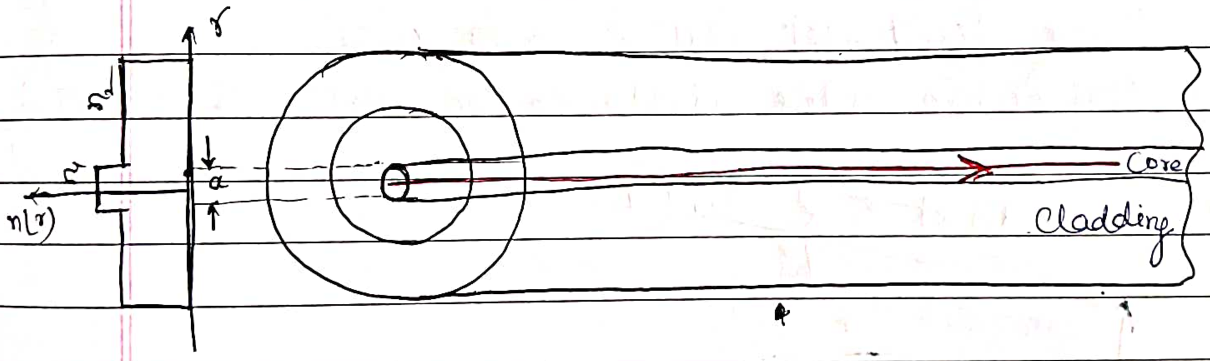
(I) Step index fibre :- इस प्रकार के optical fibre में core section का refractive index (n_1) के बराबर रहेगा एवं ~~core-cladding interface पर~~ cladding का refractive index (n_2) core की तुलना में कम होता है। Core-cladding interface पर refractive index में तुरंत change आता है अतः इसे Step index fibre कहते हैं।

Step - index fibre



$$n(r) = \begin{cases} n_1, & r < a \ (\text{Core}) \\ n_2, & r \geq a \ (\text{Cladding}) \end{cases}$$

Single mode step index fibre में केवल एक ray of light को transmit ~~करते हैं~~ किया जाता है। Single mode step index fibre का mode HE_{11} होता है एवं Core diameter 9 to 10 µm.



Single mode step index fibre में intermodal dispersion बहुत कम होता है क्योंकि उसमें केवल एक mode को transmit करते हैं।

Multimode Step index fibre :- इसमें एक से ज्यादा guided channel को भेजा जाता है। Guided modes की संख्या relative refractive index, core radius, wavelength of transmitted

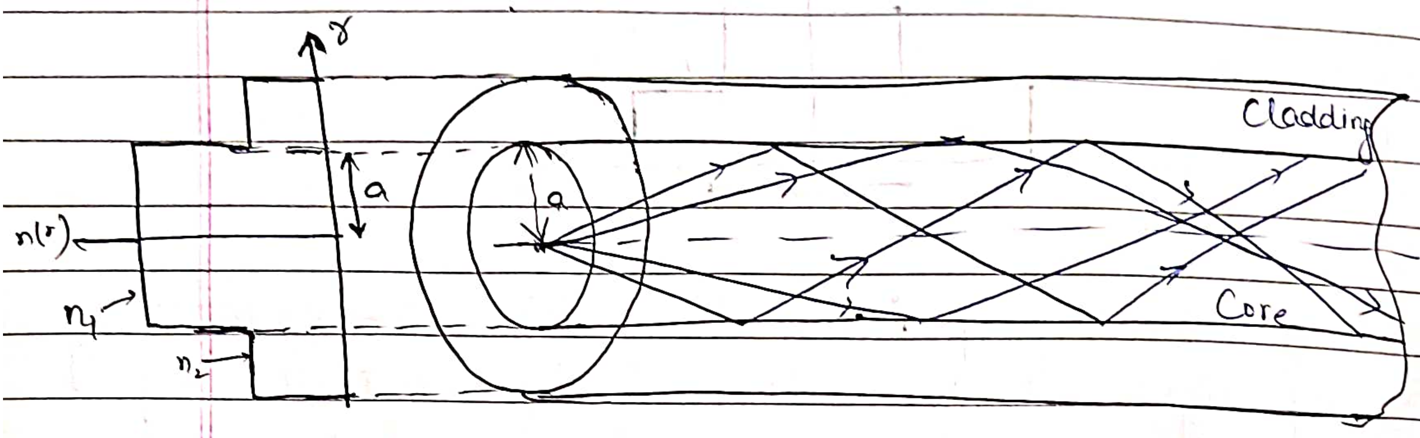
light पर depend करती है।

Advantages of multimode fibres :-

(a) Light source के लिए LED का उपयोग किया जाता

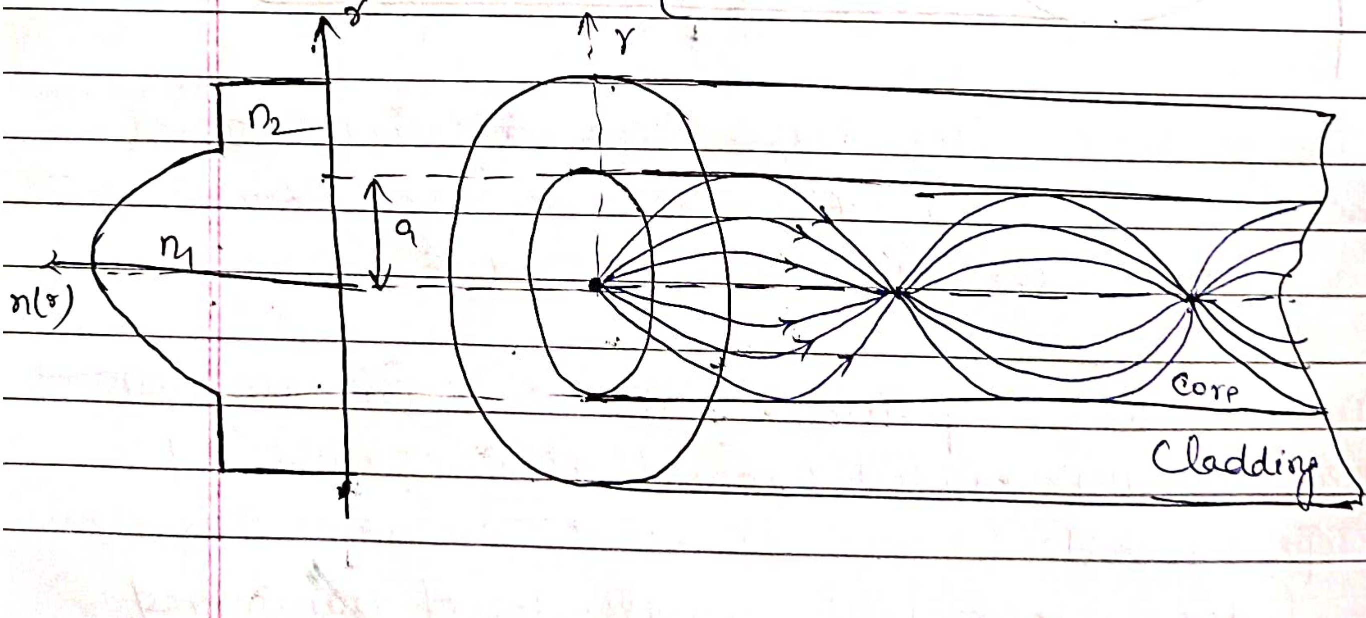
(b) Numerical aperture, Core diameter large होता है।

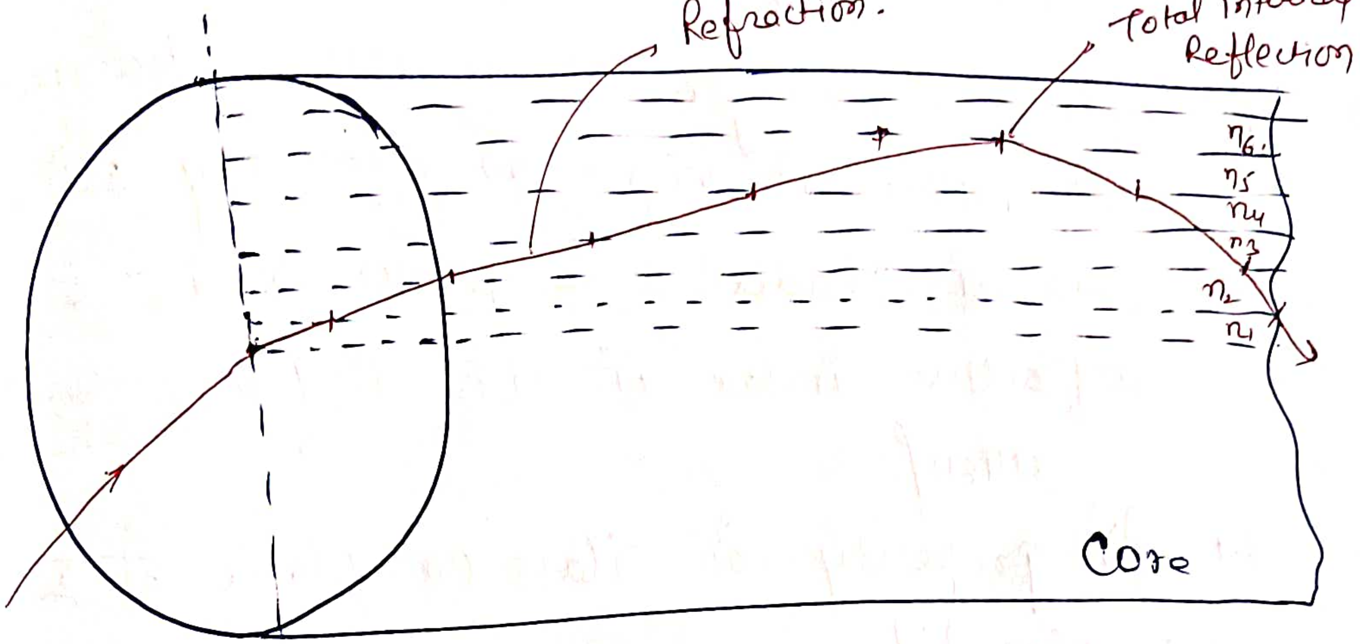
(c) Low tolerance की आवश्यकता पड़ती है।



(ii) Graded Index Fibre :- इसमें Core का refractive index fixed नहीं होता है ~~लेकिन~~ परन्तु Core का refractive index distance के साथ घटता जाता है।

~~n(r) = { n1 (1 -~~





$$n_1 > n_2 > n_3 > n_4 > n_5 > n_6 .$$

उपरोक्त diagram में Graded index fibre में किस प्रकार Total internal reflection होता है उसे बताया गया है। Core से जैसे-जैसे दूर जायेंगे refractive index घटता जाता है।

Multimode Graded index, multimode step index optical fibre से बहुत कम intermodel dispersion देता है क्योंकि उसमें अलग-अलग refractive index है।

Fiber Materials! — Fiber material बनाने के लिए निम्नलिखित प्रमुख property होनी चाहिए :-

ⓐ उस material की मदद से long, thin, एवं flexible fibers बनाया जा सके।

ⓑ optical wavelength पर material transparent हो जिससे की light को effectively भेजा जा सके

ⓒ Core एवं Cladding के निर्माण के बाद दोनों के refractive index में कुछ difference आना चाहिए।

इन तीनो property को Glass एवं plastic ही satisfy कर पाती है।

ⓐ Glass fibre :— इसे metal oxides, sulphides, selenides की मदद से बनाया जाता है। इसमें material के molecules randomly connected होते है। Silica (SiO_2) से generally optical fibres बनाये जाते है। silica का refractive index 850nm पर 1.458 एवं 1550nm पर 1.444 होता है। Core & cladding के बीच में refractive index को vary करने के लिए fluorine, B_2O_3, GeO_3, P_2O_5 जैसे dopents को add किया जाता है।

dopents जैसे GeO_2 or P_2O_5 को silica के साथ add करने पर refractive index बढ़ता है।

dopent जैसे की Fluorine या B_2O_3 को silica साथ add करने पर refractive index घटता है

Fibre optics के कुछ Compositions —

1. $GeO_2 - SiO_2$ Core, SiO_2 - cladding
2. $P_2O_5 - SiO_2$ Core, SiO_2 · cladding.
3. SiO_2 - Core, $B_2O_3 - SiO_2$ - cladding.

• Active Glass fibre :— Rare earth ~~metals~~ elements जिसका atomic number 57-71 होता है को glass के साथ doping करने पर Active Glass fibre बनता है। Commonly used Rare earth elements are erbium, neodymium.

Plastic optical fibre :—

(b) Plastic optical fibre की बहुत ज्यादा demand की वजह optical fiber के developers ने high bandwidth graded index polymer (plastic) optical fibre (POF) का उपयोग किया। इस fibre का core Polymethyl-methacrylate या perfluorinated polymer से बना होता है। इसलिए इन fibres को PMMA POF या PF POF भी कहते हैं।

Plastic fibre, glass optical fibre से ज्यादा attenuation प्रदान करते हैं परन्तु ये tough एवं durable होते हैं।

Attenuation & Losses :—

- जैसे-जैसे light power fiber optic cable में propagate करती है, इसका Signal Strength कम होता जाता है जिसे attenuation कहते हैं।
- optical fibre में attenuation absorption एवं scattering losses के कारण होता है। Fiber material के कारण absorption होता है जबकि scattering का मुख्य कारण structural imperfection होता है।
- fiber optic cable में attenuation का मुख्य कारण :-
  - (a) Manufacturing process
  - (b) Refractive index profile
  - (c) material.
- Attenuation को dB/Km में नापा जाता है।

Losses :—

(1) Absorption :— optical fibre में absorption 3 कारणों से होता है —

- (a) Absorption by atomic defects in the Glass.
- (b) Extrinsic absorption by impurity atom in glass
- (c) Intrinsic absorption by the basic Constituent atom of fibre material.

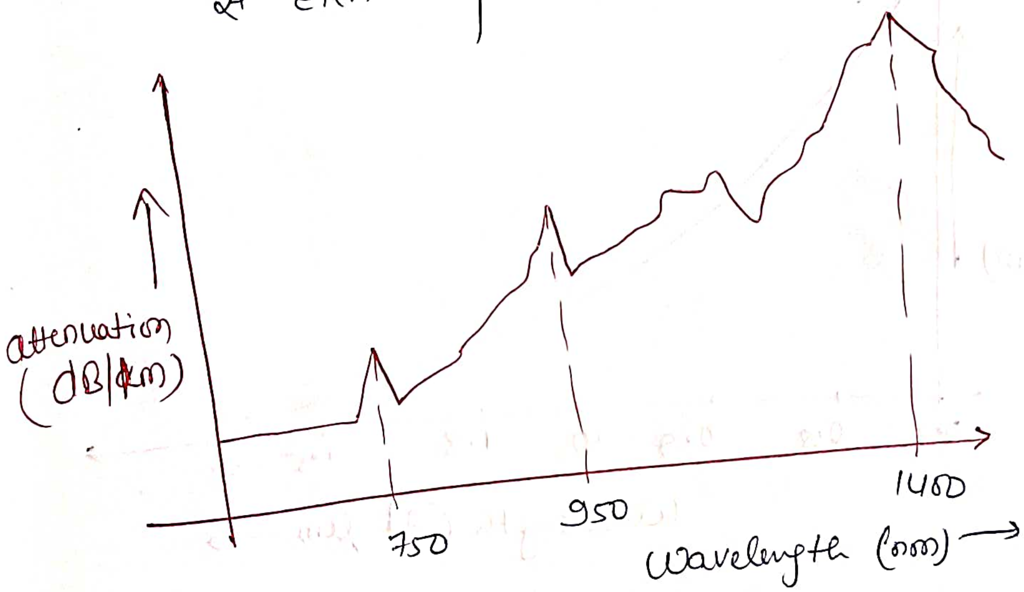
Absorption loss के कारण fibre optics के optical power में कुछ loss आता है।

(a) Absorption by atomic defects :—
Fibre material में missing molecules, high density Clusters of atom के कारण atomic defects पैदा होते हैं। इस loss को extrinsic एवं intrinsic defect की तुलना में

negligible मानते हैं।

(b) Extrinsic absorption :— यह absorption ions के बीच में charge transition या electrons का एक energy level से दूसरे energy level में जाने पर होता है। Metal ion impurity का transition से यह absorption होता है।
Metallic impurity को Glass refining technique से कम किया जा सकता है।

- other Major extrinsic loss OH ions के absorption से होता है।



absorption spectra of OH group.

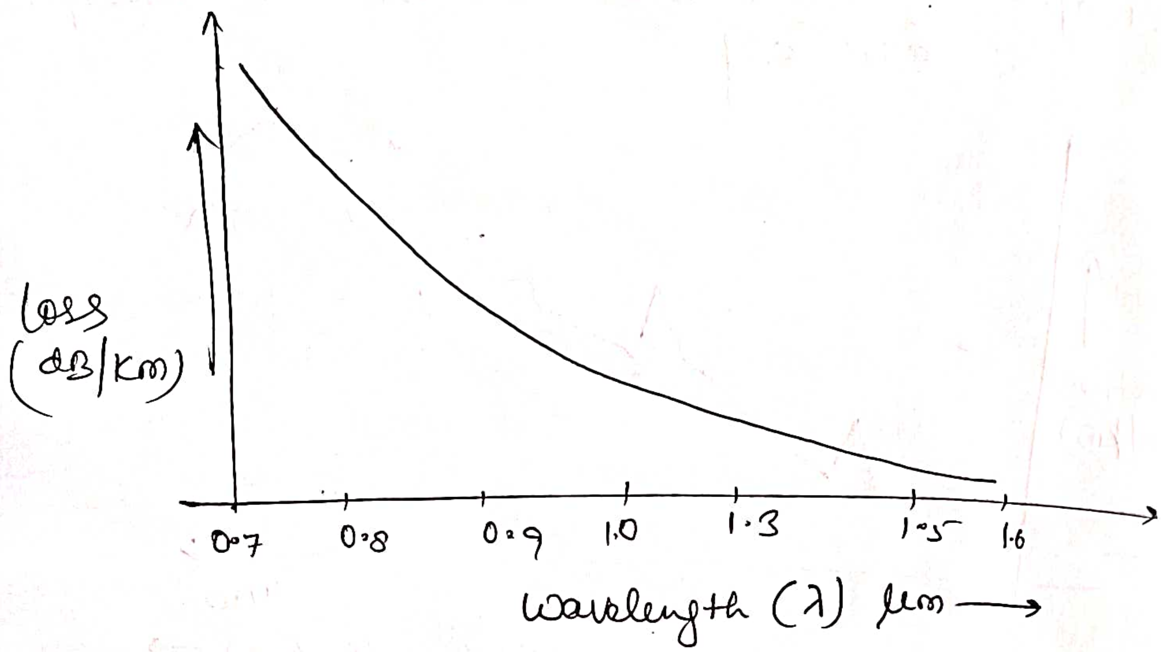
(c) Intrinsic absorption :— जब material में कोई impurity या कोई density variation नहीं होता है तो intrinsic absorption उत्पन्न होता है।

- Intrinsic absorption, UV regions के electronic absorption या infrared region के atomic vibrations के कारण होता है।
- Amorphous glass material के band gap की वजह से भी intrinsic absorption होता है।

(i) Rayleigh Scattering loss :—

materials में बहुत छोटे composition variations एवं density variation के कारण scattering loss होता है। Glass में बहुत सारे oxides होते हैं। जिनके कारण scattering loss होता है।

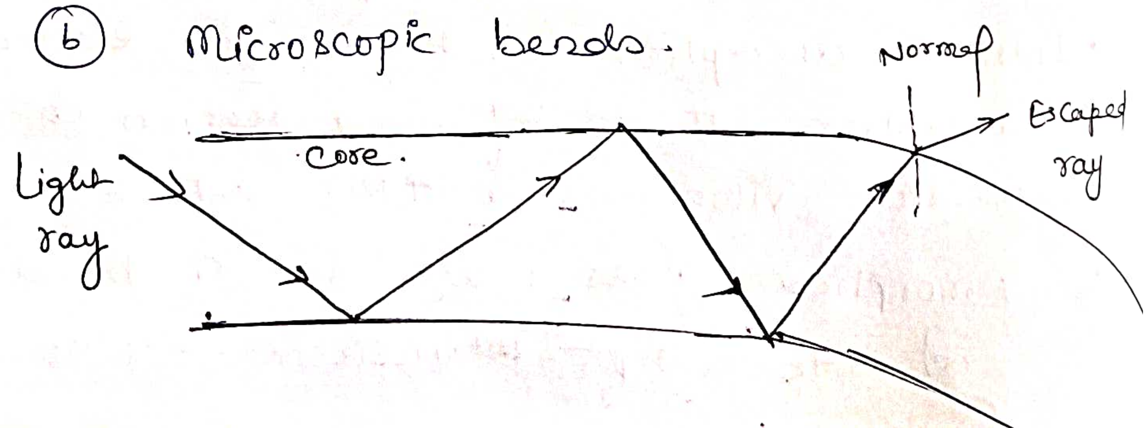
Rayleigh Scattering loss core और cladding material के refractive index में changes के कारण होता है।



(3) Bending loss :- यदि optical fibre में bending होता है तो Bending loss आ जाता है। optical fibre में मुख्यतः दो प्रकार के Bends होते हैं।

(a) Macroscopic bends.

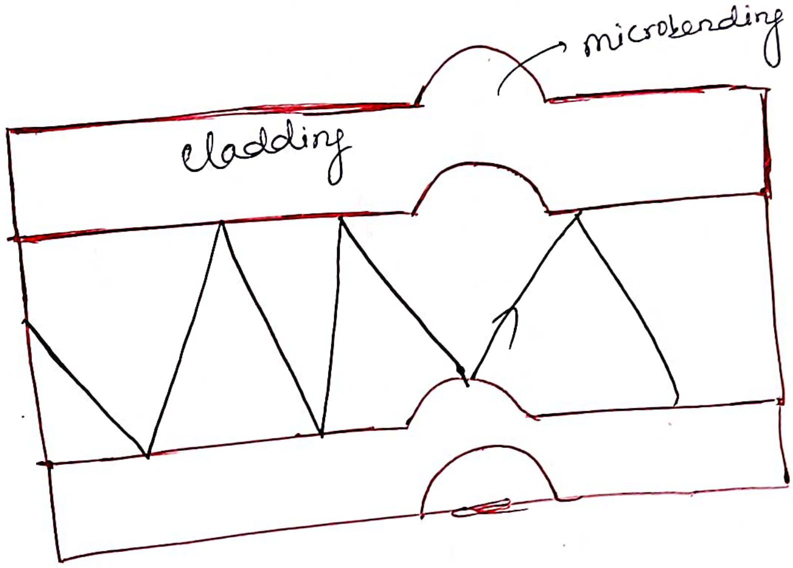
(b) Microscopic bends.



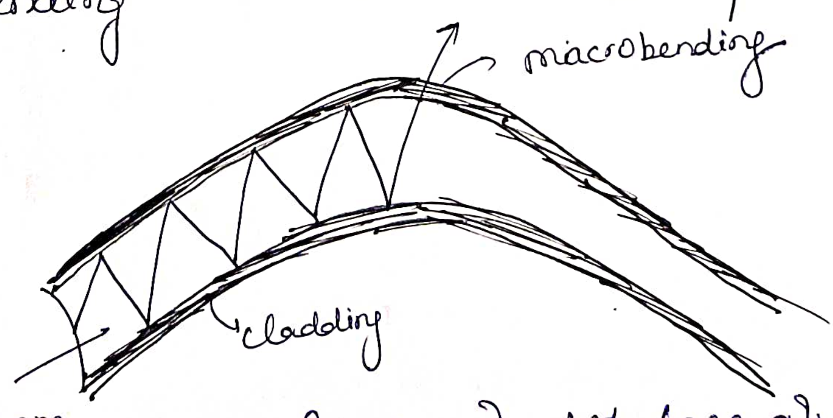
(a) Micro bending loss :- fibre के axis में बहुत छोटे radius of curvature आ जाते हैं जिनके कारण microbending loss होता है।

· Microbending के आने के कारण मुख्यतः हैं —

- Fiber के manufacturing में non-uniformity
- fiber के cabling के दौरान uniform lateral pressure के कारण।
- microbending को रोकने के लिए fibre के ऊपर Compressible Jacket का इस्तेमाल कर सकते हैं।



(b) Macrobending :- optical fibre के मुड़ने के कारण macrobending loss होता है। जैसे-जैसे radius of curvature बढ़ता जाता है, macro-bending increase होती जाती है।



- optical fibre को सीधा करके इस loss को कम करते हैं

Unit:5

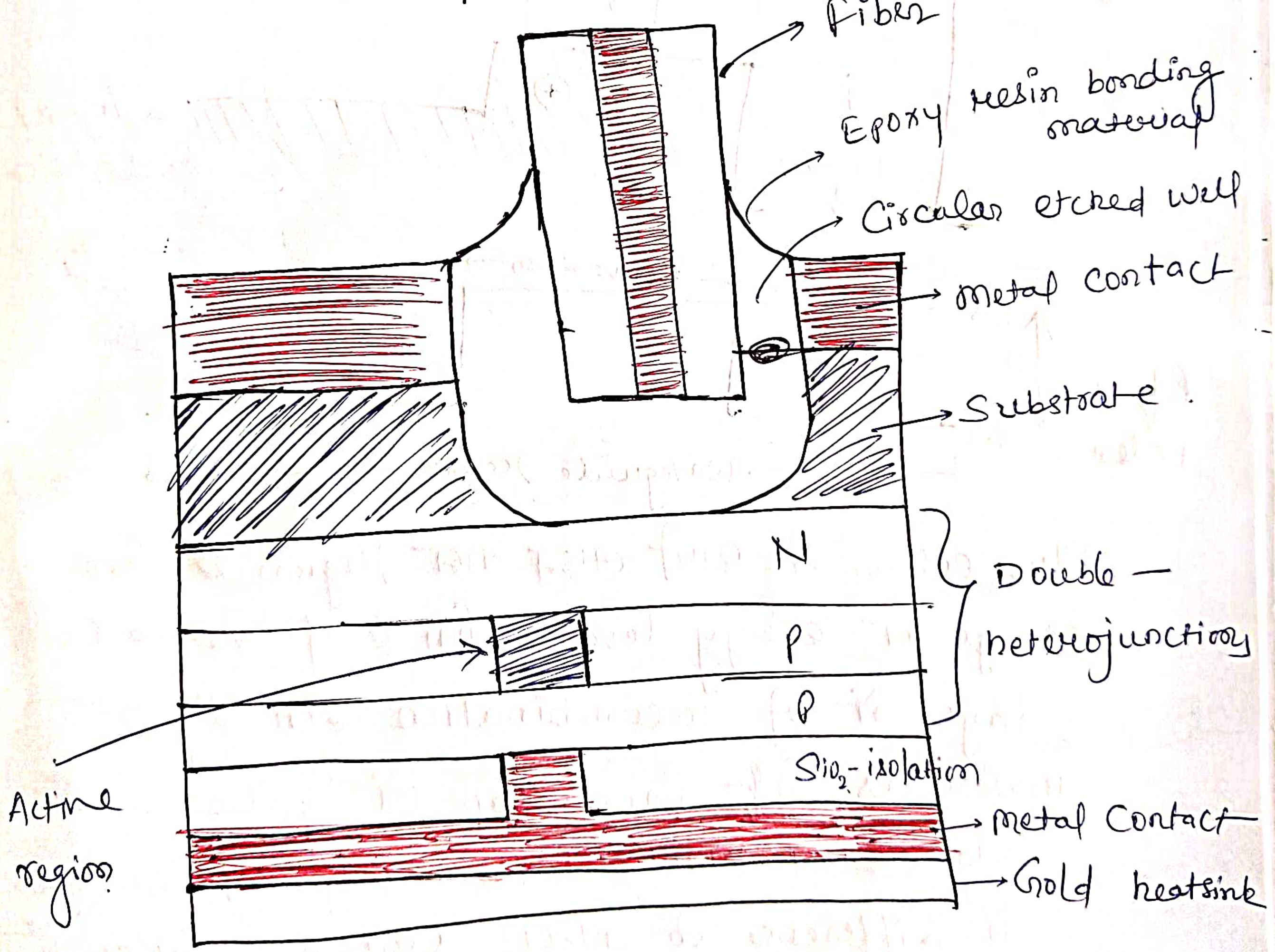
Fibre optic Communication Component

Optical transmitter electrical input Signal को optical Signal में convert करता है। इस optical Signal को fiber में launch करते हैं।

Optical Communication में मुख्यतः Light emitting diode (LED) एवं Laser diode का उपयोग होता है।

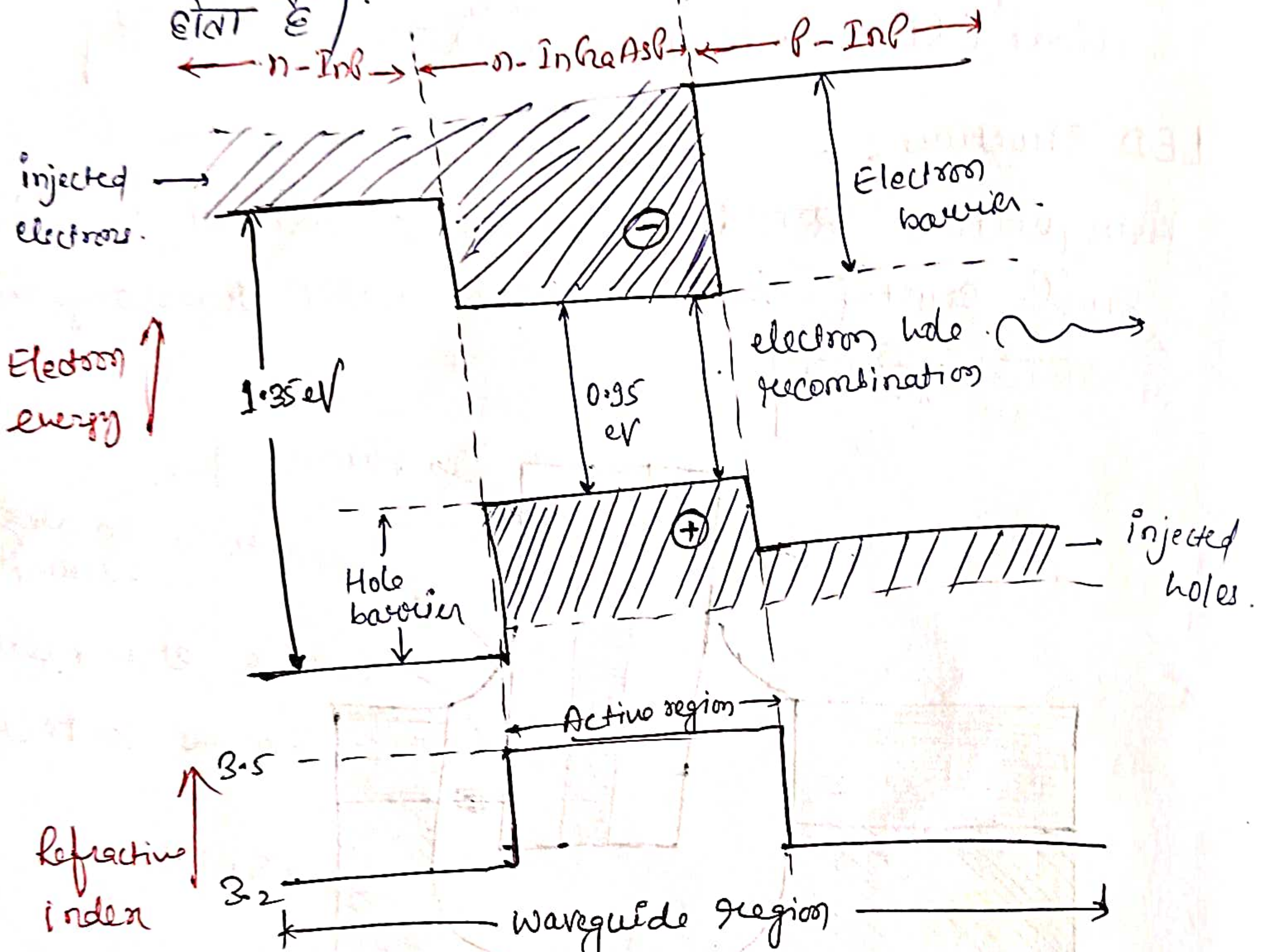
LED Structure :-

Hetrojunction जैसा interface होता है जहाँ दो Single crystal Semiconductor अलग Bandgap के साथ जुड़ते हैं।



Crosssectional veiw of Suface emitting LED.

Surface emitting LEDs में light emitting region optical fiber के axis के perpendicular होता है। Double heterojunction diode को N-type के substrate पर बनाते हैं। Circular well को substrate से करते हैं जिससे fibre को connect किया जाता है। diode के पीछे gold heat sink होता है।



Blue colour से आरी लाइन वाले region free charge का energy level दर्शाता है। Active GaAsP layer में ही recombination होता है। दो materials के Band-Gap एवं refractive index अलग-अलग होता है। Band Gap की energies में difference के कारण electron & holes में barrier potential develope हो जाता है।

Advantages of LED —

(i) Simple design.

(ii) Ease of manufacture

(iii) Simple system integration.

(iv) Low cost

Disadvantage :—

(i) Air interface पर light का refraction होता है।

(ii) Recombination का average lifetime अधिक कम होता है इसलिए modulation bandwidth few MHz तक ही होता है।

(iii) Coupling efficiency कम होता है।

• Laser Diode :— इसका full form Light amplification by stimulated emission of Radiation Laser एक ऐसा device है जो light को amplify करता है।

Principle :— Laser diode के action को हम तीन process में बाँट सकते हैं —

(i) Absorption (ii) Spontaneous emission

(iii) Stimulated emission.

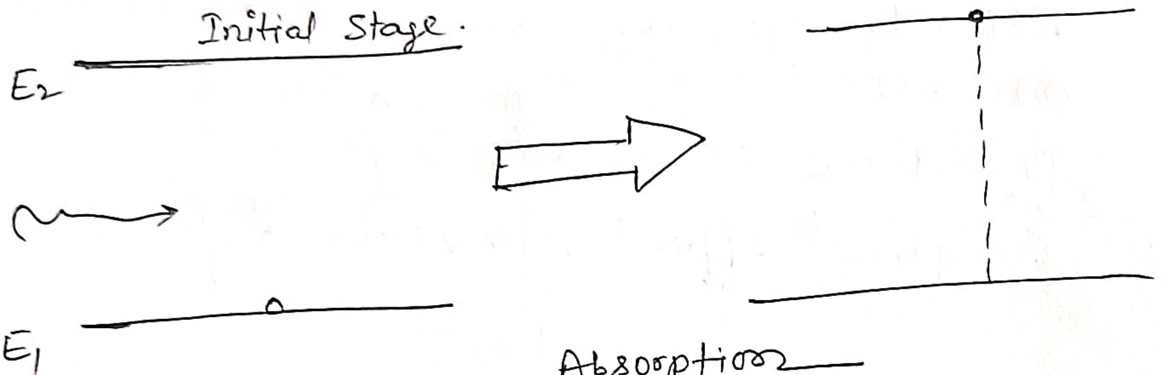
इन तीनों process को energy level diagram से ~~दिखाया~~ गया है जहाँ lower state energy को E_1 से Higher State energy level को E_2 से दर्शाया गया है।

Quantum theory के अनुसार यदि कोई atom ~~को~~ किसी निश्चित discrete energy level में रहता है तो

absorption या emission के कारण वह एक energy state से दूसरे energy state में चला जाता है।

$$E = E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda}$$

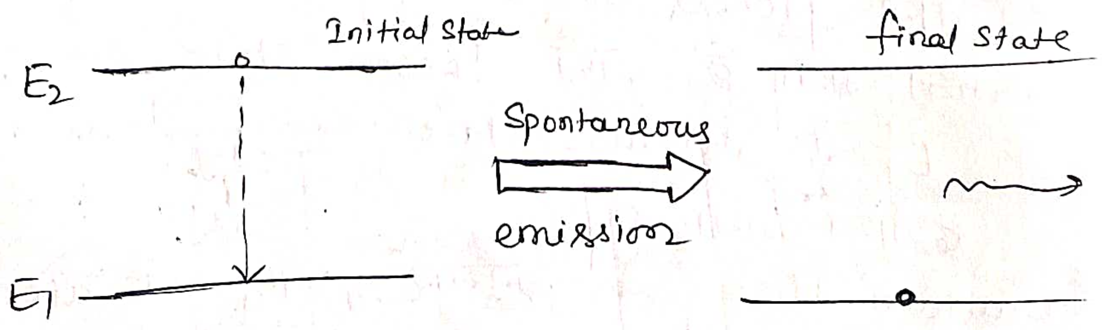
Where h = Plank's Constant = 6.626×10^{-34} J)



Absorption —

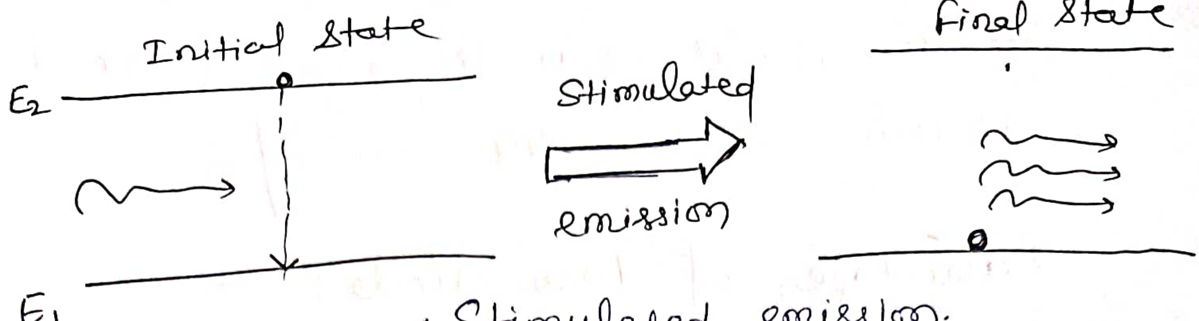
यदि atom पर $(E_2 - E_1)$ energy पड़ता है तो atom excited होकर lower energy level E_1 से higher energy level E_2 में पहुँच जाता है।

- जब कोई atom higher energy State (E_2) में रहता है तो एवं वह lower Energy State (E_1) में transition करता है तो यह photon जिसकी energy $E = hf$ को emit करके lower energy level में आता है। photon का emission दो प्रकार से होता है — (a) Spontaneous emission. (b) Stimulated emission.



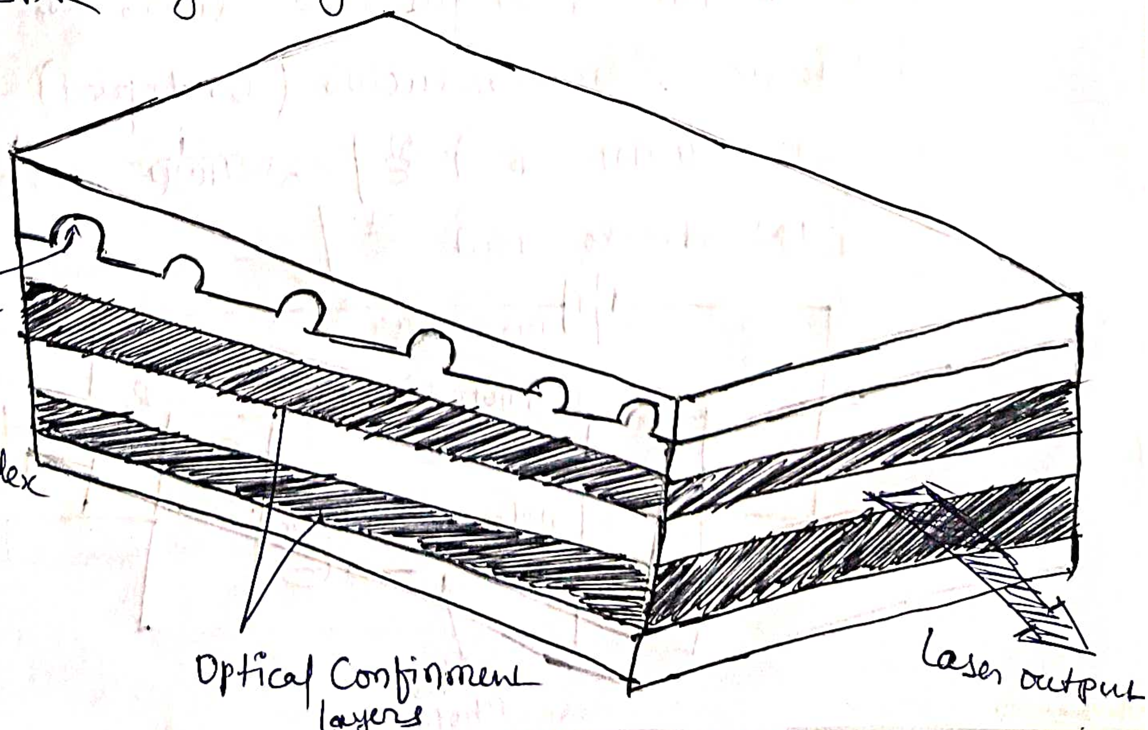
Spontaneous emission में ~~Photon~~ atom lower energy

Level (E_1) पर randomly पहुँचते हैं जिससे photon emission भी random होता है।



· Stimulated emission.

Stimulated emission में जब एक photon जिसकी energy दो energy State के difference ($E_2 - E_1$) के बराबर है, उस atom से मिलता है तो वह atom lower State में आने के साथ दुसरा photon generate करता है। इसी Property का उपयोग करके LASAR generate किया जाता है। इस emission में जो Light generate होती है उसकी frequency, phase, polarisation Same होता है। उस Light को optical resonator में feed करने पर एक amplified, highly coherent LASAR Light generate होती है।



(ii) Distributed feedback (DFB) Laser :—

उपरोक्त Laser diode DFB laser है जिसमें Periodic Variation in refractive index के कारण Lasering action प्राप्त होता है।

Advantages of Laser diode :—

(i) Simple economic design

(ii) High optical power

(iii) Production of light can be controlled

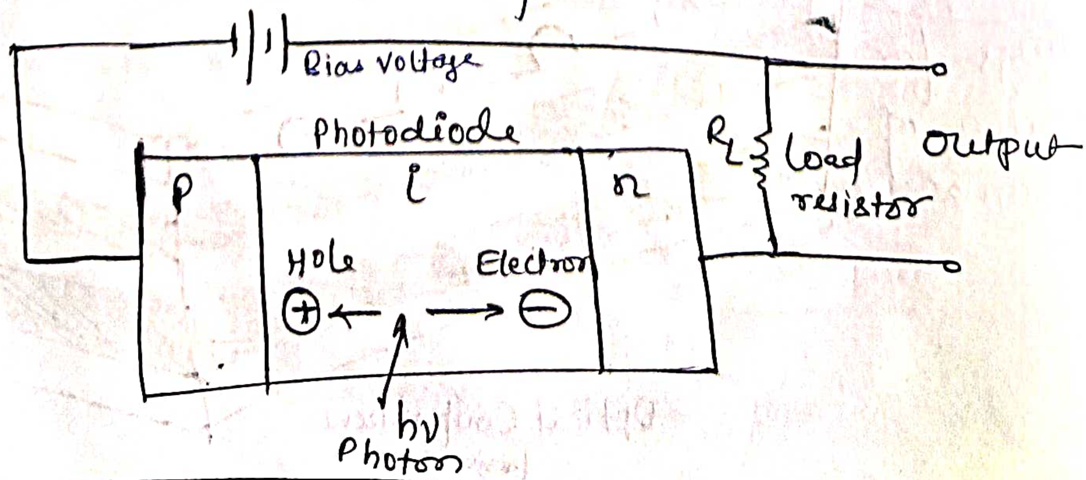
(iv) high temperature पर उपयोग कर सकते हैं।

(v) Coupling efficiency high होता है।

(vi)

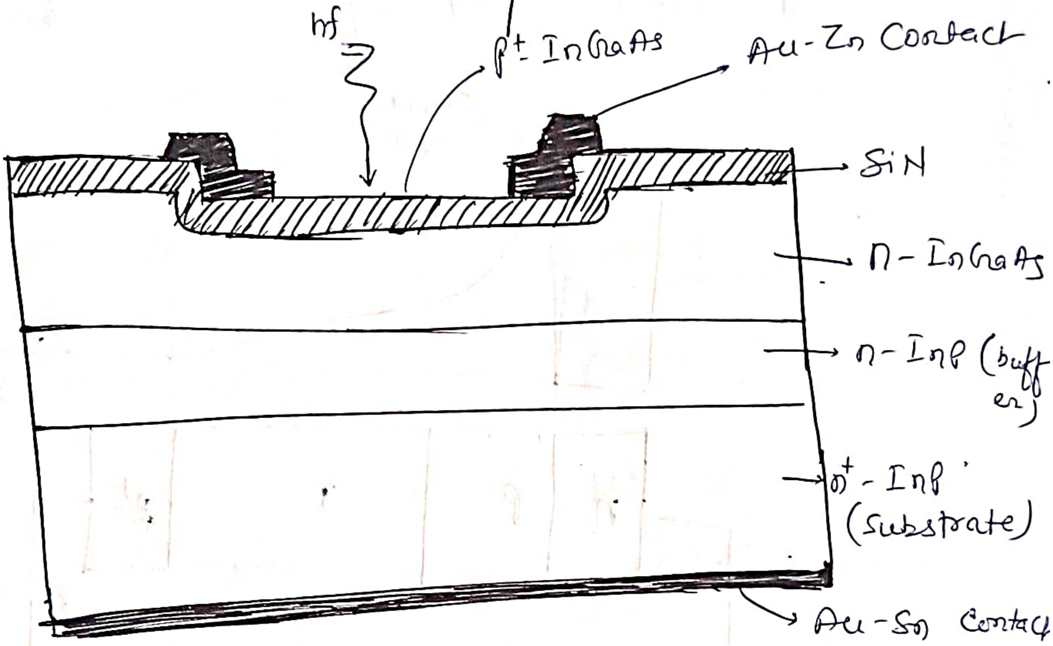
Optical Detectors :—

(1) PIN diode :— Depletion region की width को बढ़ाने के लिए P-N junction diode के बीच में intrinsic Semiconductor (Undoped) material का उपयोग करते हैं। इसलिए इस diode को PIN diode कहते हैं।



- जब photodetector में photon जाता है तो low band Gap absorption layer photon को absorb कर लेता है जिसके कारण electron hole pair generate होता है जिसे photocarrier कहते हैं।

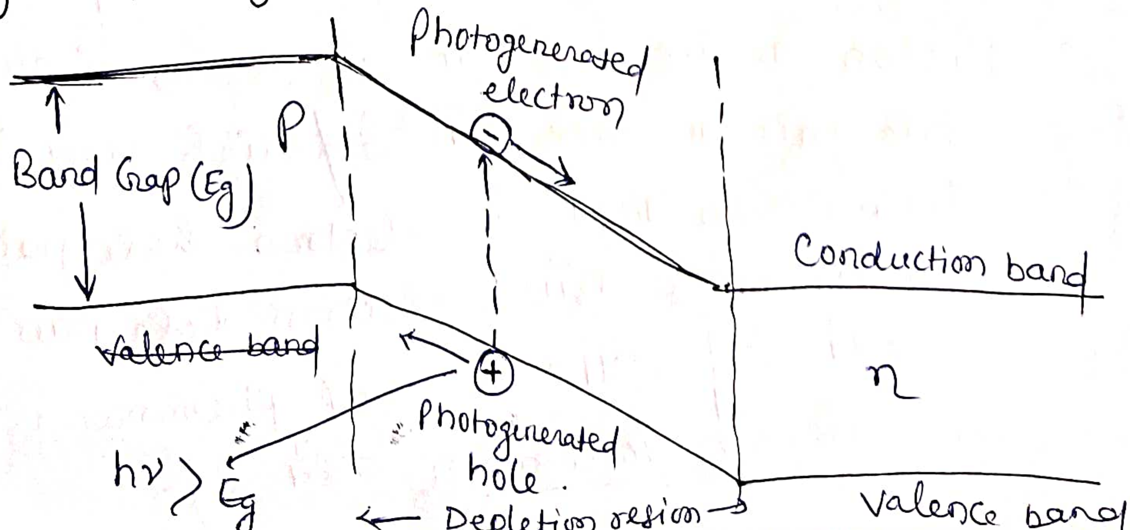
- ~~Strong~~ reverse bias potential के कारण strong electric feild generate होता है जिससे incident photons के proportional photo-current पैदा होते हैं।



Structure of Planar InGaAs PIN photodiode.

Light को p^+ layer पर दिया जाता है। n^+-InP को substrate की तरह उपयोग किया जाता है।

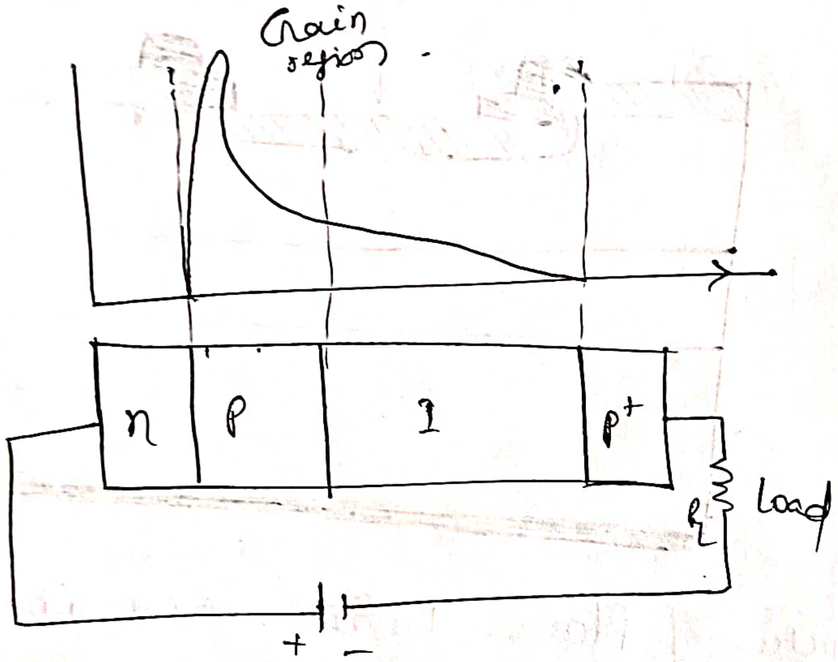
Energy band diagram:-



② Avalanche Photodiodes :—

सभी detectors को run करने के लिए minimum current की आवश्यकता होती है। (Photo current generated / unit optical power) वैसे detector जिनकी responsivity (R) बड़ी होती है उन्हे detector की तरह use करते हैं।

PIN photodiode की responsivity अच्छी नहीं होने के कारण हम Avalanche photodiodes का उपयोग करते हैं।



APD का Electric feild.

Working:—

- APD, PIN diode के समान होता है परन्तु APD में high electric feild region होता है।
- Photon के incident से इस region में electron-hole pair generate होते हैं। High electric feild intensity के कारण ये electron-hole pair atoms से टकराते हैं और electron-hole pair generate करते हैं। इसी internal phenomenon को impact ionisation कहते हैं।

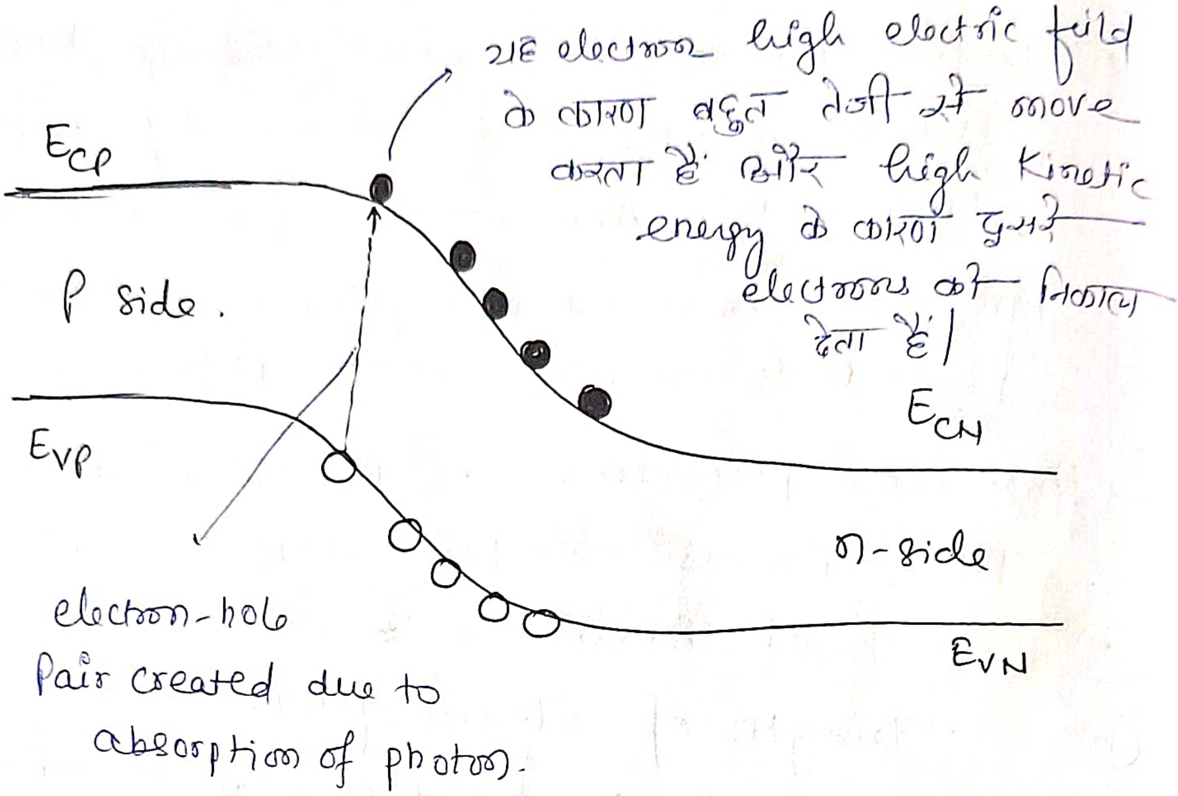
- Impact ionisation के कारण reverse bias में avalanche breakdown हो जाता है। इसी Process को Avalanche effect कहते हैं।
- Avalanche ~~machena~~ multiplication के कारण Photodiode current का amplification होता है।

Avalanche photodiode की operational property निम्न factors पर निर्भर करती है —

(a) Width of Avalanche region.
(b) Strength of Electric feild.
(c) Type of Semiconductor material.

Comparision b/w PIN & APD diode

PIN diode	APD diode
(i) PIN diode में high intensity electric feild का उपयोग नहीं किया जाता है।	(i) इसमें High intensity electric feild का उपयोग करते हैं।
(ii) Photo current कम generate होता है।	(ii) Photo current ज्यादा generate होता है।
(iii) PIN diode की responsivity कम होती है।	(iii) APD की responsivity ज्यादा होती है।
(iv) Noise level कम होता है।	(v) इसकी responsivity बहुत ज्यादा होती है।
(v) इसकी responsivity कम होती है।	(iv) Noise level ज्यादा होता है।
(vi) इसका response time, APD का आधा होता है।	(vi) APD का response time PIN diode से double होता है।



Impact ionization process

Fiber Joints :— Optical fibre को बहुत सारे अवसरों पर जोड़ना पड़ता है जैसे की -

(a) Communication System fibre को Source से attach optical fibre से जोड़ना पड़ता है।

(b) Cable के साथ fibre को attach करने में।

(c) detector से Connected fibre System से Communication System fibre को connect करने में।

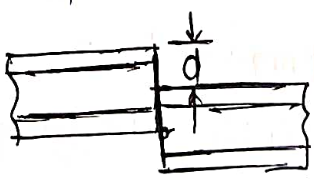
Fibre joints को 2 भागों में विभाजित किया गया है -

(a) Splice :- दो fibres के बिच में Permanent Connection करना, Splice कहलाता है।

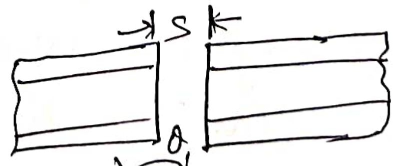
(b) Connection :- दो fibres को temporary तरीके से जोड़ना Connection कहलाता है।

Mechanical Misalignment की समस्या सामान्यतः दो fibre को जोड़ते हैं तो आती है। Transmitting fibre एवं receiving fibre का Radiation core misalign हो जाता है। optical fibre में मुख्यतः तीन प्रकार के misalignment उत्पन्न होते हैं —

(a) Lateral (axial)



(b) Longitudinal :-



(c) Angular :-

optical fibre में axial offset की वजह से सबसे

ज्यादा losses होते हैं।

(ii) जब दो fibres को जोड़ते हैं तो दोनों optical fibres के geometry एवं waveguide characteristics के कारण भी coupling affect होता है। अलग-अलग तरह के geometrical problems जैसे की core diameter, core-area ellipticity, numerical aperture, refractive index profile, core-cladding concentricity के कारण losses आते हैं।

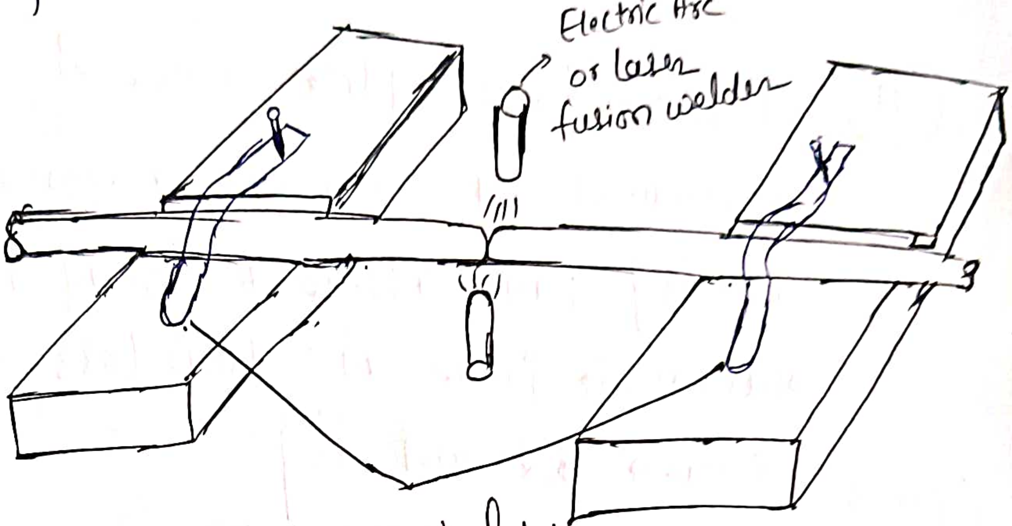
- Splices :— दो fibres के बीच में permanent या semi permanent connection को ही splices कहते हैं। splices का उपयोग लंबा optical link को join करने या frequent connection या disconnection न होने वाले जगहों पर करते हैं। Splicing करने के लिए मुख्यतः दोनों optical fibres का geometrical difference, joints पर fibre misalignment एवं splices का mechanical strength को जानना जरूरी होता है।

Splicing Techniques :—

(i) Fusion splice technique. → Permanent
(ii) V-groove mechanical slice } Semi-
(iii) Elastic - tube splice. } Permanent

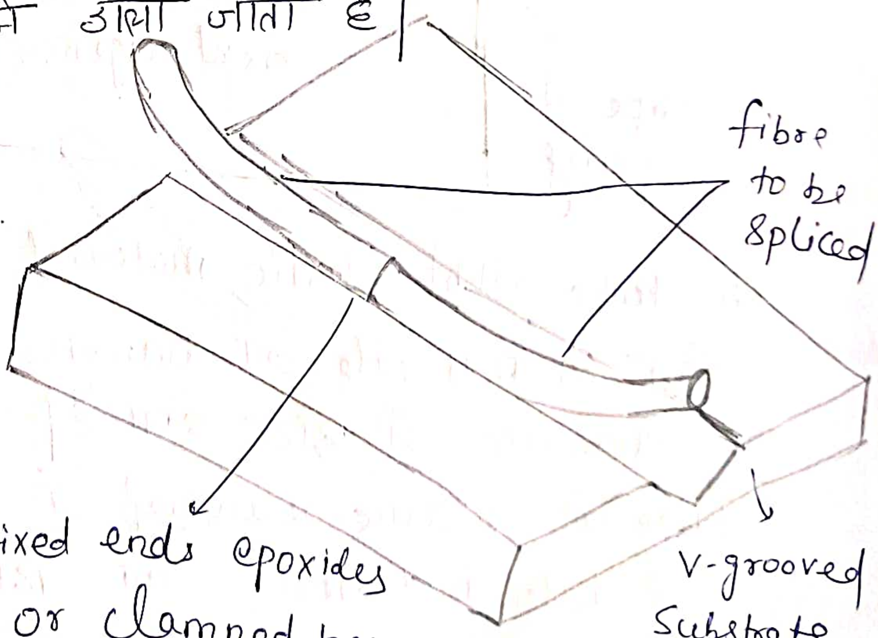
(i) Fusion splice technique :- इस technique की मदद से optical fibres के दोनों ends को thermally heat करके bonding बनाया जाता है। Thermally heat करने के कारण

optical fibre के दोनो सिरे गरम होकर पिघल जाते हैं और एक-दूसरे के साथ bond बना लेते हैं। इस technique से बहुत low loss splicing किया जाता है।



Fusion splicing of optical fibre.

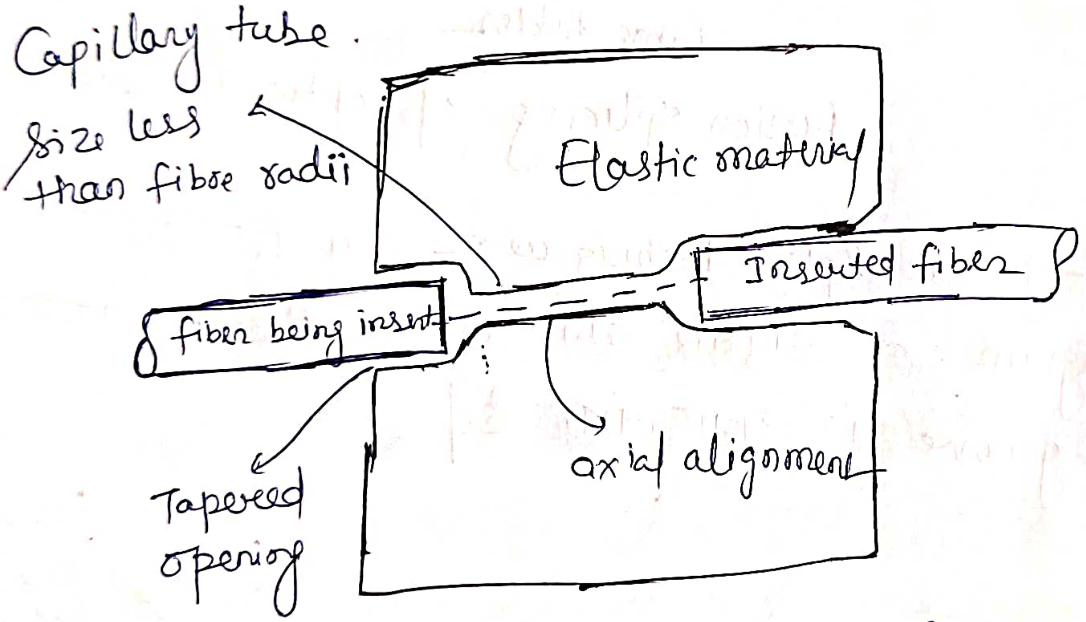
(ii) V-groove splice technique :— नीचे दिए गए diagram के अनुसार दोनों optical fibres को V-groove में डाला जाता है।



इसके बाद किसी चिपकने वाले पदार्थ या cover plate की मदद से एक जगह पर रहने देते हैं।
Grooved substrate silica, Plastic, Ceramic या

metal से बना होता है। इस method में splice loss fibre size एवं eccentricity के कारण होता है।

(iii) Elastic-tube splice की मदद से lateral, longitudinal एवं angular alignment किया जाता है। बिना कठिनाई के इसकी मदद से multimode fibre को low loss के साथ splice ~~fusion~~ कर सकते हैं।



एक tube जोकि elastic material से बना होता है। बीच ~~का~~ वाला hole का diameter, fiber के diameter से छोटा होता है। जैसे ही optical fibre को elastic material में डालते हैं, तो यह hole के diameter को बढ़ा देता है और material optical fibre पर सभी तरफ से बराबर pressure लगाता है। बहुत अलग-अलग प्रकार के fibre ~~को~~ को इस device की मदद से splicing कर सकते हैं।

Connectors :— Optical fibre के application के अनुसार Connectors को develop किया गया है। Good Connector की कुछ मुख्य विशेषताएँ :—

(i) Low coupling loss
(ii) Compatible with other Manufacturer
(iii) आसानी से assemble किया जा सके।
(iv) Environment से इसपर कम effect पड़े।
(v) सस्ता एवं Reliable Construction.
(vi) Ease of connection.

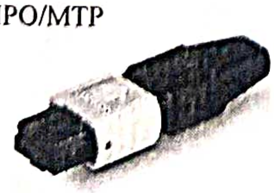
Connector type :— ज्यादातर Connector को butt-joint coupling mechanism की मदद से बनाया जाता है। Connector को बनाने में stainless steel, glass, Ceramic, plastic जिसे ferrule कहते हैं, एवं precision sleeve जिसमें ferrule को fit करते हैं।

- ST connector का full form Straight tip.
- SC — Subscriber Connector or Square Connector
- LC → Lucent Connector
- MU → miniature unit
- MT-RJ — Media terminal - recommended Jack
- MPO — multiple fibre push on/pull-off

In addition, optical processing elements, such as beam splitters and switches, can easily be inserted into the expanded beam between the fiber ends.

Manufacturers have devised almost 100 different optical fiber connector styles and configurations. Many of these styles have now become obsolete owing to clever new designs and use of better materials, which resulted in smaller, lower-loss, and easier to use connectors. Table 5.1 lists six widely used connector types and gives their main features and applications.

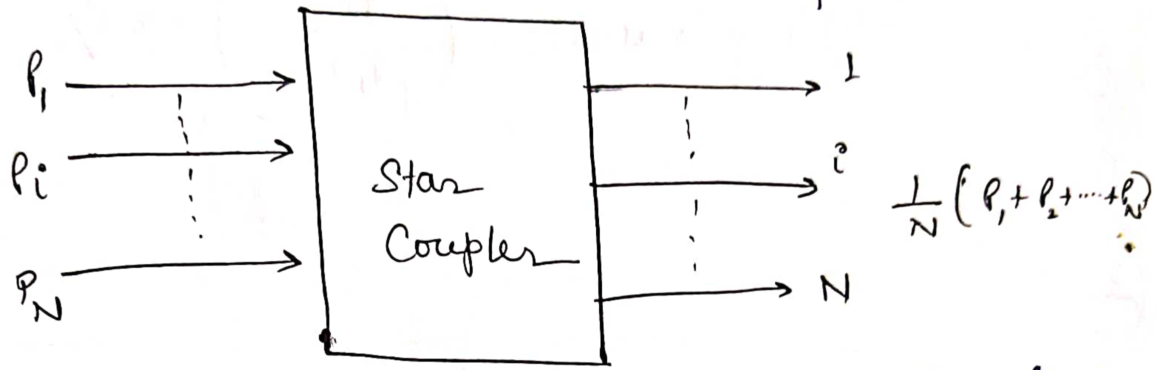
Table 5.1 *Six popular fiber optic connectors with their features and applications (Photos courtesy of Mr. Frank Jaffer (SENKO GROUP) www.senko.com)*

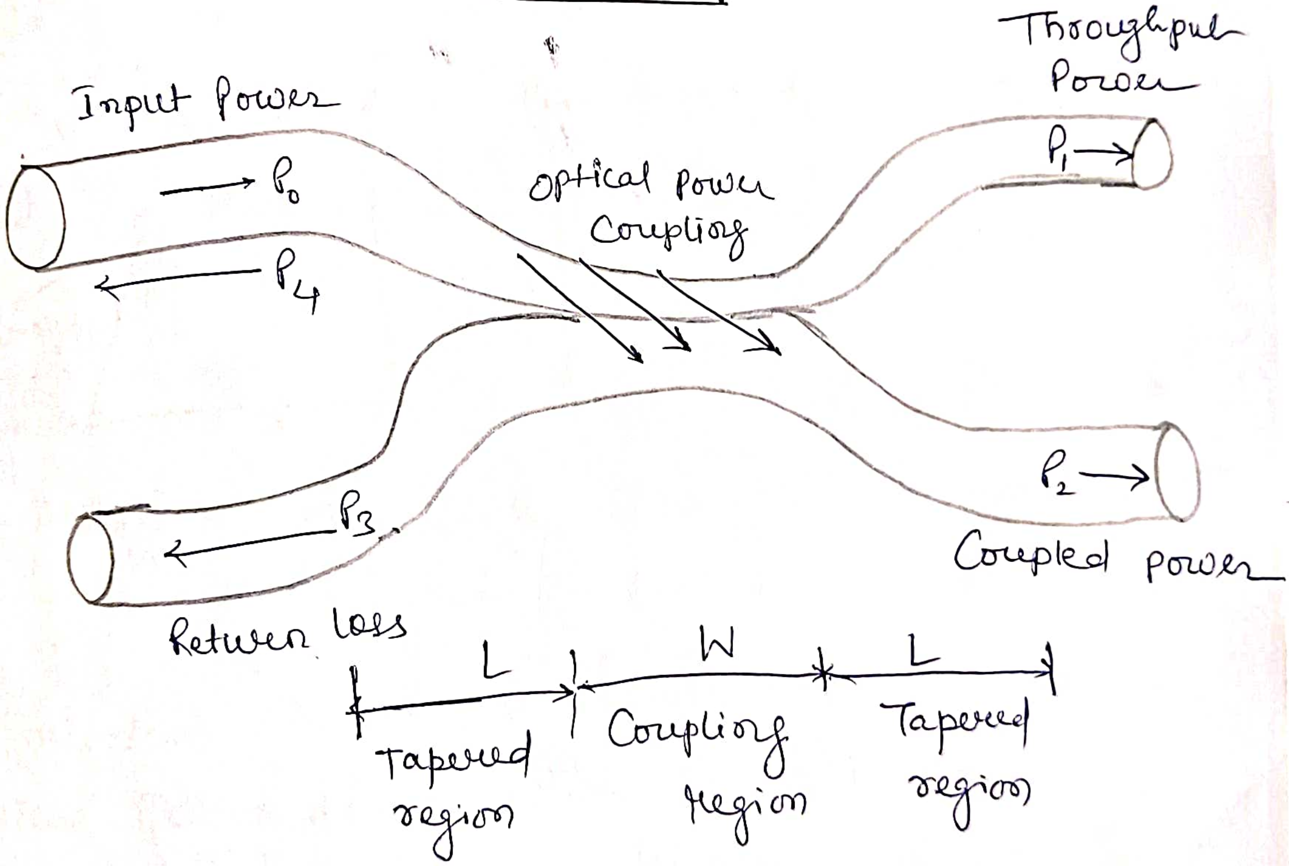
Connector type	*Features*	*Applications*
ST	Uses a ceramic ferrule and a rugged metal housing. It is latched in place by twisting. Typical loss range is 0.20–0.50 dB.	Designed for distribution applications using either multimode or single-mode fibers.
SC	Designed by NTT for snap-in connection in tight spaces. Uses a ceramic ferrule in simplex or duplex plastic housings for either multimode or single-mode fibers. Typical loss range is 0.20–0.45 dB.	Widely used in Gigabit Ethernet, ATM, LAN, MAN, WAN, data communication, Fibre Channel, and telecommunication networks.
LC	SFF connector that uses a standard RJ-45 telephone plug housing and ceramic ferrules in simplex or duplex plastic housings. Typical loss range is 0.10–0.50 dB.	Available in simplex and duplex configurations for CATV, LAN, MAN, and WAN applications.
MU	SFF connector based on a 1.25-mm ceramic ferrule and a single free-floating ferrule. Typical loss range is 0.10–0.30 dB.	Used mainly in Japan. Suitable for board-mounted applications and for distribution-cable assemblies.
MT-RJ	SFF connector with two fibers in one molded plastic ferrule and an improved RJ-45 latch mechanism. Typical loss range is 0.25–0.75 dB.	Applications are for MANs and LANs, such as horizontal optical cabling to the desktop.
MPO/MTP 	Can house up to twelve multimode or single-mode optical fibers in a single compact ferrule. Typical loss range is 0.25–1.00 dB.	Allows high-density connections between network equipment in telecom rooms.

• ~~Passive~~ Optical Couplers :- Coupler का मुख्य कार्य light को split एवं Combine करना है।

2×2 Fiber Coupler :-

Coupler जिसमें दो input एवं दो output होते हैं, 2×2 fiber Coupler कहलाते हैं।





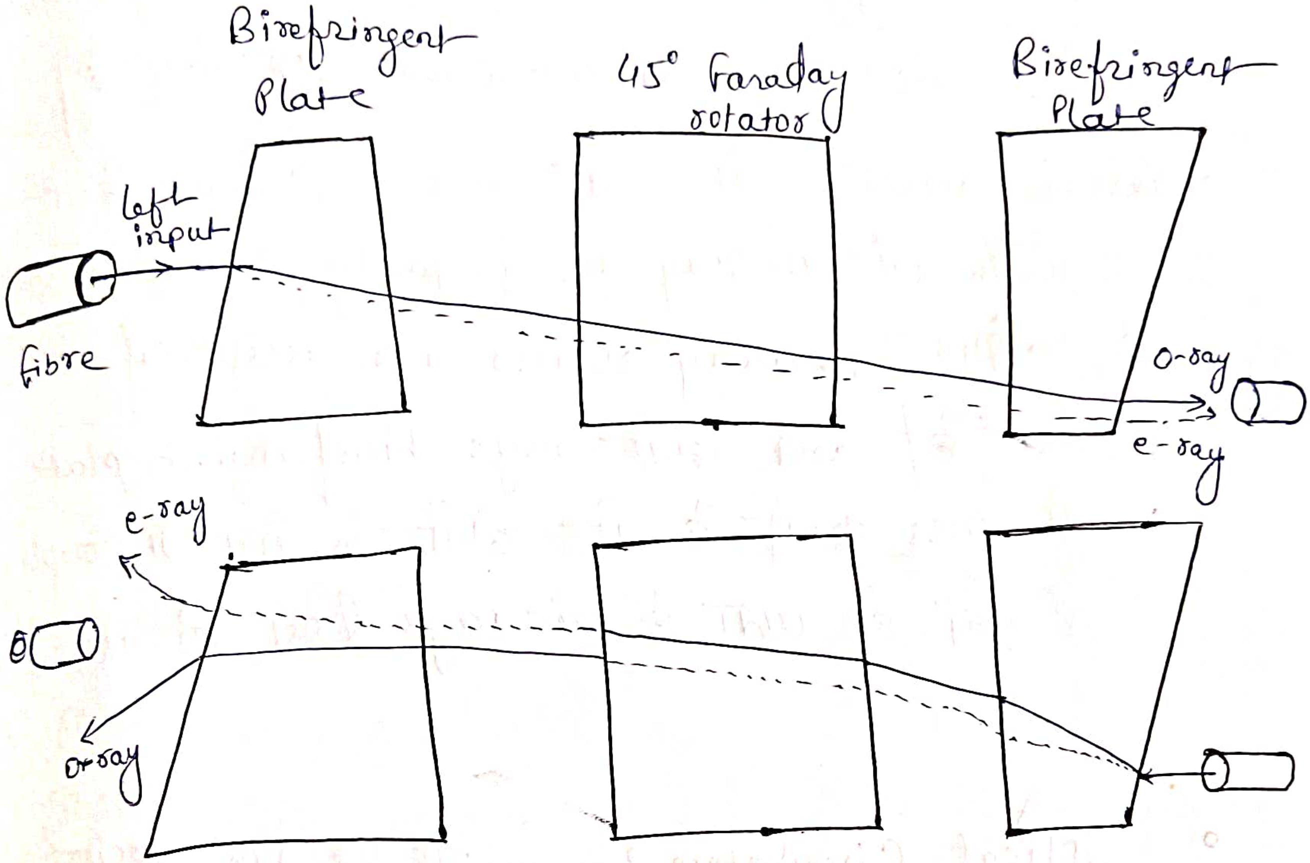
Fuse fibre Coupler

Fuse fiber coupler को दो single mode fibre को मोड़कर, melt करके बनाया जाता है। Coupling section की length 'W' होता है एवं input एवं output section भी 'l' length का tapered section से बना होता है।

Coupler में P_0 = input power होता है जबकि P_1 throughput power कहलाता है। Parameter P_3 4 P_4 बहुत small signal होते है जो कि back scattering या back reflection के कारण generate होते है।

$$\text{Coupling Ratio} = \left(\frac{P_2}{P_1 + P_2}\right) \times 100\%$$

Optical Isolators :— ये ऐसे device होते जोकि light को केवल एक direction में Pass करते हैं। इसकी मदद से reflected light या scattered light reverse direction में नहीं आ पाते हैं।



Design and operation of Polarization-independent isolator

Polarization-independent isolator तीन miniature optical Components से मिलकर बना होता है। दो wedge-shaped birefringent plates के बीच में 45° faraday rotator को place करते हैं। ये Plates YVO_4 या TiO_2 से बने होते हैं।

- जब light left से right forward direction में जाती है तो पहले birefringent plates से निकलने के बाद ordinary एवं extraordinary rays में टूट जाती है। faraday rotator इन rays को

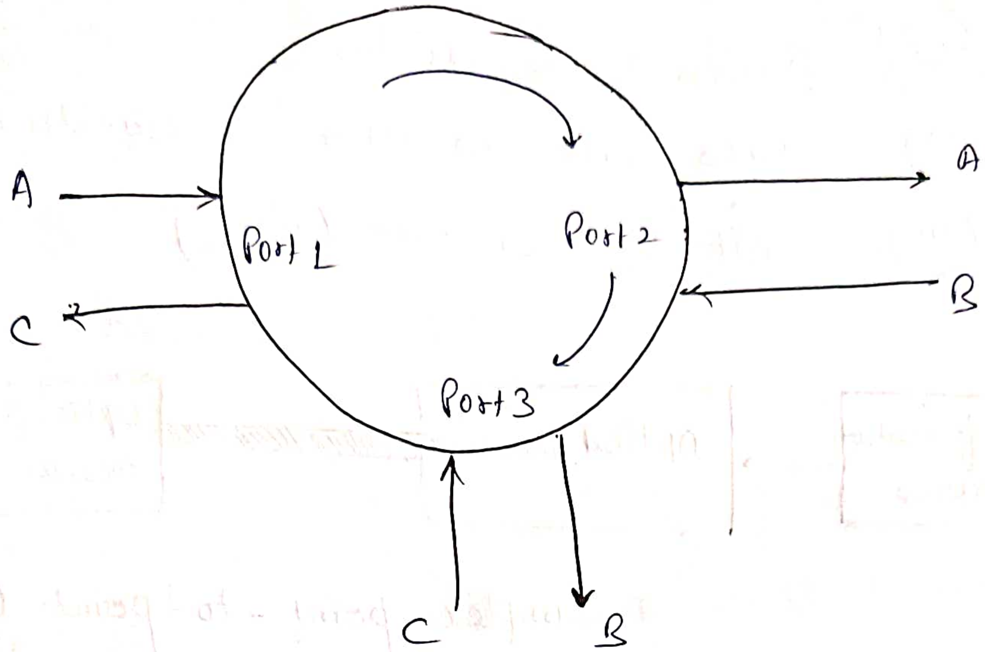
45° rotate कर देता है। faraday rotator से निकलने के पश्चात दोनों rays दूसरे birefringent Plate में जाते हैं, जहाँ से निकलने के बाद दोनों rays का axis of rotation align होता है, और हमें correct wave प्राप्त होती है।

- Reverse direction में जब rays को भेजते हैं तो e ray एवं O-ray की property change हो जाती है, क्योंकि faraday rotator non-reciprocal device होता है। जब दोनों rays birefringent plate से pass करती हैं तो दोनों के बीच में coupling नहीं हो पाता है एवं rays lost हो जाती हैं।

- Optical Circulators :— यह एक non-reciprocal multiport passive device होता है जोकि light को एक port से दूसरे port में एक direction में transmit करता है। इसका उपयोग optical amplifiers, add/drop multiplexers, dispersion compensation modules में होता है। Circular isolator की तरह ही कार्य करता है परन्तु इसकी बनावट complex होती है।

Optical Circular में Polarisers, half-wave plates, faraday rotators एवं 3 से 4 ports होते हैं। नीचे दिए गए Circulators में Port 1 से input Port 2 में, जबकि port 2 से input Port 3,

एवं Port 3 से input port 1 में transfer होती है।



3-port Circulator

Property of optical Circular —

1. Low insertion loss.
2. High isolation over a wide wavelength range
3. Minimal polarization-dependent loss (PDL)
4. Low polarization-mode dispersion (PMD)

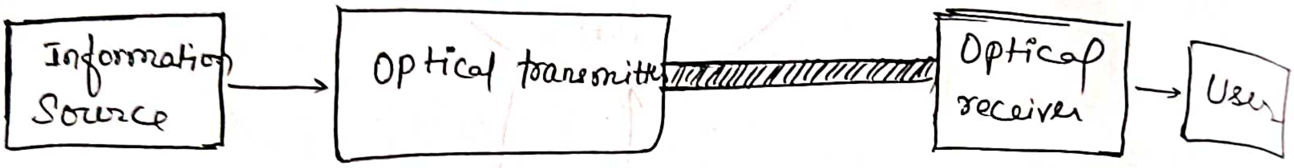
- Optical fibre link को design करने में बहुत सारे interrelated variables को ध्यान में रखना अति आवश्यक है। optical fibre link के design को में Performance एवं cost constraint बहुत अहम भूमिका निभाते हैं। components को आवश्यकतानुसार उपयोग किया जाता है जिससे Performance भी अच्छा रहे एवं cost भी कम पड़े।

किसी Link को design करने के लिए निम्नलिखित Characteristics होते हैं —

(I) Transmission distance

(II) Data rate or Channel Bandwidth.

(III) Bit – error rate (BER)

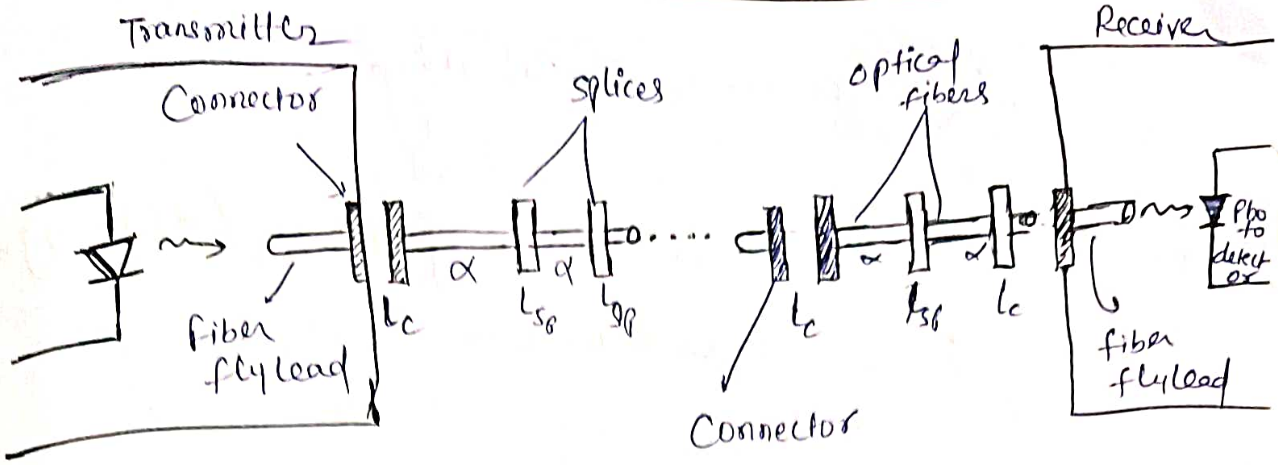


Simplex point-to-point link

System के performance को check करने के लिए दो analysis आवश्यक हैं —

(I) Link power budget (II) Rise time budget

(I) Link power budget :- इस analysis में optical transmitter एवं receiver के बीच में अच्छा Bit error rate पाने के लिए कितने power margin की आवश्यकता है। इस margin को Connector, Splice, fibre losses एवं अन्य component में Power loss में बाँट देते हैं। यदि उपयोग किये गए component की power input से output पर correctly नहीं पहुँचता है तो component को change करना होगा अन्यथा Amplifier का उपयोग करते हैं। एक बार Link power budget की analysis के बाद Rise time budget किया जाता है।



loss occur at Connectors = l_c

" " " Splices = l_{sp}.

" in optical fiber = α.

Link loss budget को अलग- अलग components को लेकर calculate के द्वारा अलग - अलग Losses को calculate करते हैं।

$$\text{Loss} = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

P_{in} = input power, P_{out} = Output power

Link loss budget के अलावा कुछ ज्यादा power margin System को दिया जाता है। Components के aging, temperature fluctuations & losses को adjust करने के लिए ऐसा करना पड़ता है।

$$P_T = P_s - P_R$$

$$P_T = 2l_c + \alpha L + \text{System margin}$$

P_T = optical power loss that is allowed b/w light source & photodetector

P_s = optical power emerging from end of fiber

P_R = Receiver Sensitivity

l_c = Connector loss.

α = attenuation of fibre (dB/Km)

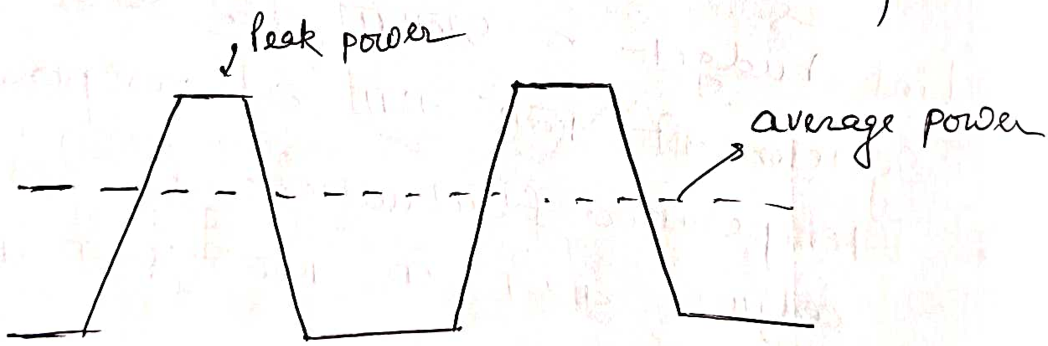
l = transmission distance.

- **Optical Powermeter :—**

Light particles को photons भी कहते हैं। प्रत्येक Photons के पास अपनी energy होती है जिसे निम्नलिखित equation से दर्शाया गया है —

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$ (~~Plank'~~ Planck's law)

- optical power (P) photons किस गति से optical fibre पर पहुँचते उसे दर्शाता है।



- Optical power meter की मदद से एक पूरे wavelength में power को measure करना है।
- Photodetector की मदद से optical power को measure करना सबसे आसान method है।
- Ge - photodetector की मदद से +18 dBm से

-60dBm तक के power measure कर सकते हैं।

- **Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)**
  - Optical fibre link की परखने के लिए OTDR का उपयोग होता है। optical fibre में fault की पहचानने एवं location पता करने के लिए use किया जाता है। इन faults को OTDR, fiber attenuation, length, optical connector एवं splice losses एवं light reflectance level को पता करता है।
  - OTDR एक optical Radar है।

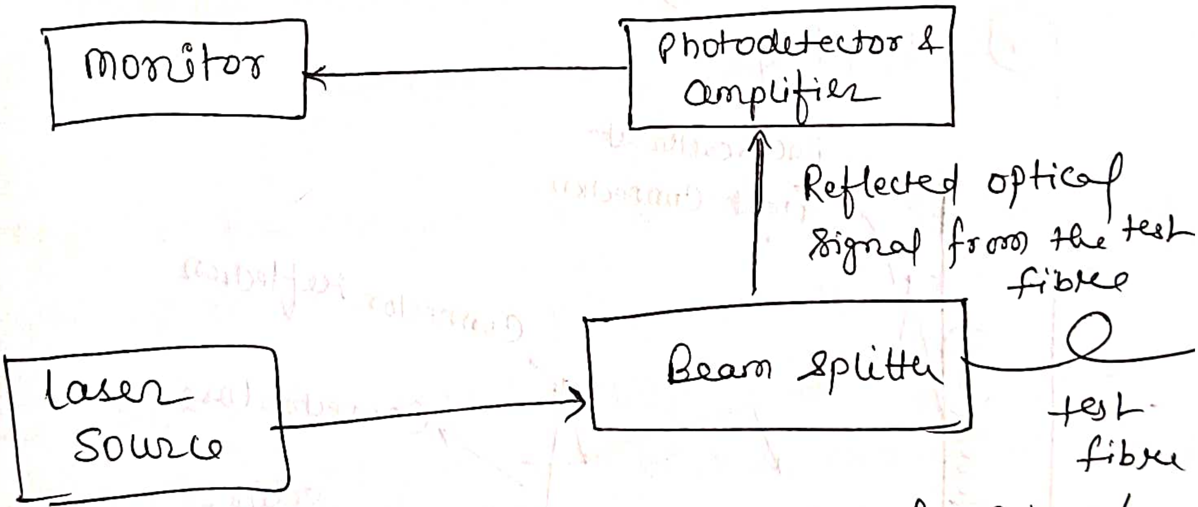
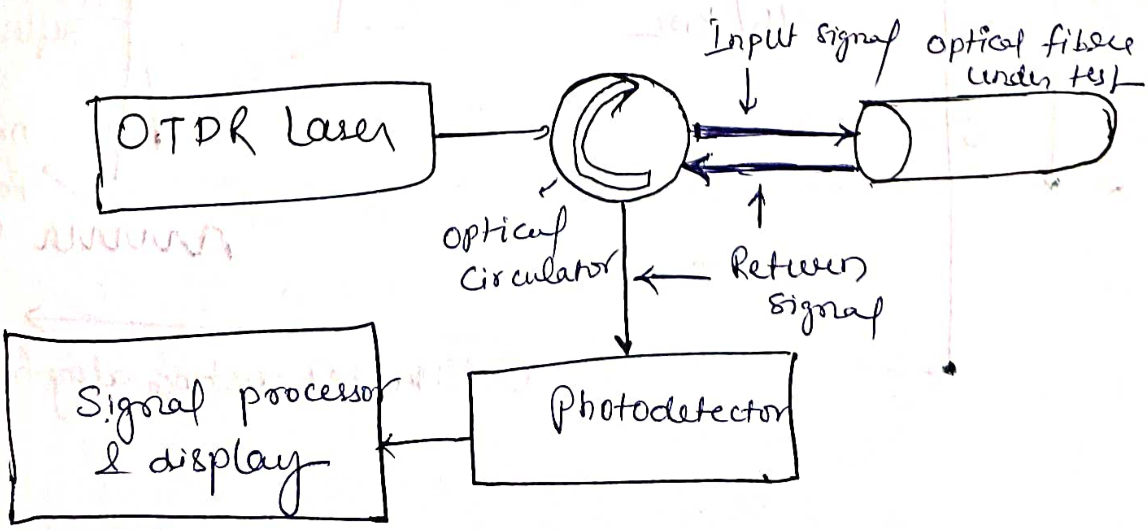
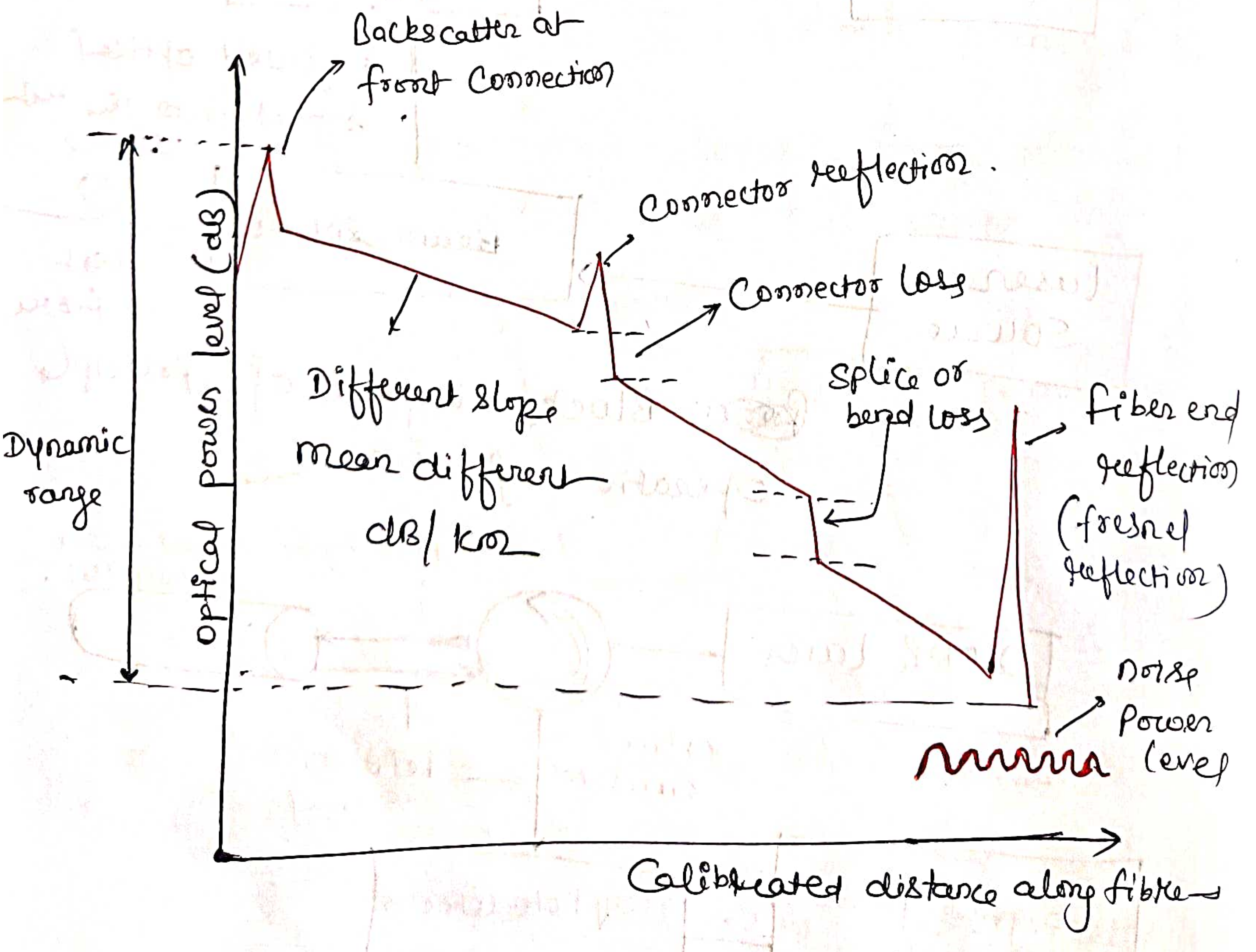


Fig: Block diagram of principle operation of OTDR



- OTDR Periodically narrow laser pulses को Under test fiber के end पर directional Coupler या Circulator की मदद से Signal भेजता रहता है।
- Under test optical fiber से प्राप्त waveform से उसके विभिन्न properties एवं faults के बारे में पता कर सकते हैं।
- OTDR मुख्यतः निम्नलिखित Components से मिलकर बना है —

(i) Light Source (ii) Receiver (iii) Data acquisition & processing module (iv) Information Storage u (v) Display



Important traces OTDR monitor पर दिखने पर हम निम्नलिखित निष्कर्ष निकाल सकते है —

(a) एक strong initial pulse, front connection से Back scattering को दर्शाता है।

(b) एक लंबा decaying shape tail, Rayleigh scattering के कारण आता है जब fiber में input pulse reverse direction में दिया जाता है।

(c) fiber line में joints एवं connector पर loss के कारण curve में तुरंत change दिखाई पड़ता है।

(d) fresnel reflection के कारण fiber के far ends में positive spike दिखाई पड़ता है।

OTDR के Performance को निम्नलिखित Parameter से ज्ञात करते हैं —

(i) Dynamic range :- optical fibre में front connector पर शुरुआती backscatter power level एवं noise level at far end of optical fibre के difference को Dynamic range कहते हैं।

(ii) Measurement Range :- जिस range तक OTDR किसी event को पहचान पाता है, वह उसका Measurement Range कहलाता है।