UNIT-1 : INTRODUCTION TO DATA COMMUNICATION

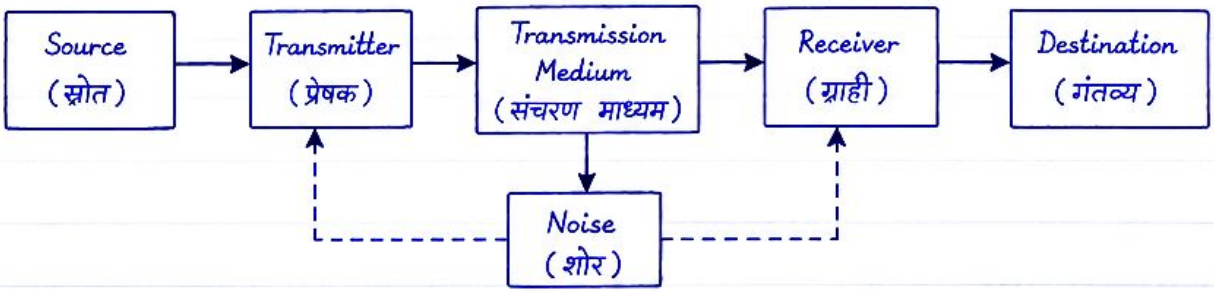
Topic : Basics of the Communications

1. Communication (संचार)

- जब दो या दो से अधिक Devices या Systems के बीच Information / Data का आदान-प्रदान होता हैं, उसे Communication कहते हैं।
- Communication का मुख्य उद्देश्य यह होता हैं कि Sender द्वारा भेजा गया Data Receiver तक सही रूप में और सही समय पर पहुँच सके।

2. Elements of Communication System (संचार व्यवस्था के तत्व)

किसी भी Communication System में निम्नलिखित मुख्य तत्व होते हैं :



① Source (स्रोत) : Data या Information को Generate करता हैं।

② Transmitter (प्रेषक) : Source से प्राप्त Data को Signals में Convert करता हैं।

③ Transmission Medium (संचरण माध्यम) : डेटा को एक स्थान से दूसरे स्थान तक पहुँचाने का माध्यम (जैसे – Twisted Pair, Coaxial Cable, Fiber Optic, Radio Waves आदि)।

④ Receiver (ग्राही) : Signals को प्राप्त करके पुन: Data में Convert करता हैं।

⑤ Destination (गंतव्य) : वह Device या User जिसके लिए Data भेजा गया हैं।

⑥ Noise (शोर) : अवांछित Signals जो Data के Transmission को Disturb करते हैं और Errors का कारण बनते हैं।

3. Types of Communication (संचार के प्रकार)

- Direction के आधार पर :
  - (i) Simplex Communication (एक दिशा में संचार)
  - (ii) Half Duplex Communication (दोनों दिशाओं में, पर एक समय पर एक दिशा)
  - (iii) Full Duplex Communication (दोनों दिशाओं में, एक ही समय पर)
- Signals के आधार पर :
  - (i) Analog Communication (एनालॉग संचार) (Continuous Signals के द्वारा)
  - (ii) Digital Communication (डिजिटल संचार) (Discrete Signals के द्वारा)

4. Characteristics of Good Communication System

- Delivery : Data सही Receiver तक पहुँचना चाहिए।
- Accuracy : Data बिना Error के पहुँचना चाहिए।
- Timeliness : Data सही समय पर पहुँचना चाहिए।
- Efficiency : System संसाधनों का कुशल उपयोग करे।
- Reliability : System भरोसेमंद और लगातार कार्य करे।

5. Importance of Communication

- यह Information Sharing को संभव बनाता हैं।
- यह Business, Education, Entertainment, Banking, Defense आदि सभी क्षेत्रों के लिए आवश्यक हैं।
- यह दूरियों को कम करता हैं और समय की बचत करता हैं।

Topic : Direction of the Data flow

1. Direction की परिभाषा

- Direction of Data Flow से तात्पर्य यह होता है कि Communication System में Data एक Device से दूसरे Device की तरफ किस दिशा में Transfer होता है।
- Data Flow की Direction के आधार पर Communication को मुख्यतः तीन प्रकार में बाँटा गया है।

2. Direction of Data Flow के प्रकार

(i) Simplex (एक-दिशीय)	(ii) Half Duplex (अर्ध-द्वयी)	(iii) Full Duplex (पूर्ण-द्वयी)
इसमें Data केवल एक ही दिशा में Flow करता है। Sender केवल भेज सकता है, Receiver केवल प्राप्त कर सकता है।	इसमें Data दोनों दिशाओं में Flow कर सकता है, लेकिन एक समय पर केवल एक ही दिशा में।	इसमें Data दोनों दिशाओं में एक साथ (Simultaneously) Flow करता है। Sender और Receiver एक ही समय पर Send और Receive कर सकते हैं।

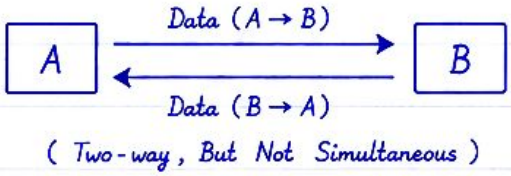
3. Direction of Data Flow का विवरण

(i) Simplex (एक-दिशीय)

- इसमें Communication एक ही दिशा में होता है।
- Sender से Receiver की तरफ Data Flow होता है।
- Reverse Direction में Data Flow संभव नहीं होता।
- यह One-way Communication होता है।

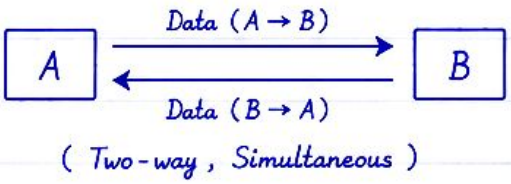
(ii) Half Duplex (अर्ध-द्वयी)

- इसमें Communication दोनों दिशाओं में संभव है, परन्तु एक समय पर केवल एक ही दिशा में।
- जब एक Device Data Send करता है, तब दूसरा Device केवल Receive करता है और इसके विपरीत।
- यह Two-way Communication होता है लेकिन Simultaneous नहीं होता।



(iii) Full Duplex (पूर्ण-द्वयी)

- इसमें Communication दोनों दिशाओं में एक साथ होता है।
- Sender और Receiver एक ही समय पर Data Send और Receive कर सकते हैं।
- यह Two-way Communication होता है और Simultaneous भी होता है।



4. Comparison Table (तुलना सारणी)

प्रकार	Direction	एक समय पर Communication	उदाहरण
Simplex	एक-दिशीय	केवल एक दिशा में	TV Broadcast, Keyboard → CPU
Half Duplex	दोनों दिशाओं में	एक समय पर केवल एक दिशा में	Walkie-Talkie, CB Radio
Full Duplex	दोनों दिशाओं में	दोनों दिशाओं में एक साथ	Telephone, Mobile Communication

Topic : Simplex

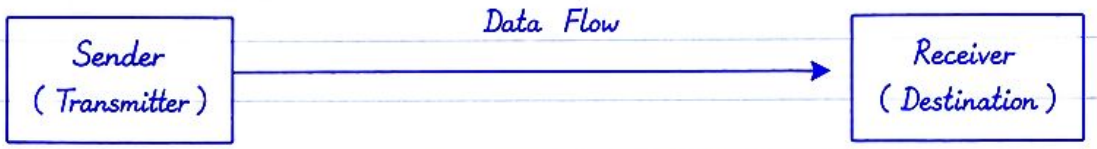
1. परिभाषा (Definition)

Simplex एक प्रकार की Data Communication Method होती है जिसमें Data केवल एक ही दिशा में Flow करता है। इसमें Sender केवल Data भेज सकता है और Receiver केवल Data प्राप्त कर सकता है, लेकिन Receiver से Sender की ओर Data वापस नहीं भेजा जा सकता।

2. विशेषताएँ (Characteristics)

- Data Flow केवल एक दिशा में होता है।
- Communication एक तरफा (One-way) होती है।
- इसमें Return Path या Feedback Channel नहीं होता।
- इसका Design और Cost कम होता है, इसलिए यह Simple और सस्ता होता है।
- Error Detection के लिए Acknowledgement संभव नहीं होता।

3. आरेख (Diagram)



(One-way Communication)

4. उदाहरण (Examples)

- TV Broadcast (Television से Viewer तक)
- Radio Broadcast
- Keyboard → CPU (केवल Key Press भेजता है, CPU Response वापस नहीं भेजता)
- Walkie-Talkie (एक व्यक्ति बोलता है, दूसरा केवल सुनता है जब तक Switch न किया जाए)
- Remote Control → TV (Remote से Command जाता है, TV से वापस कुछ नहीं आता)

5. फायदे (Advantages)

- Setup Simple और Cost Effective होता है।
- कम Cable/Channel की आवश्यकता होती है।
- Installation और Maintenance आसान होता है।
- High Speed पर भी Data Transmit किया जा सकता है, क्योंकि Return Path नहीं होता।

6. सीमाएँ (Limitations)

- Data एक ही दिशा में जा सकता है, दो-तरफा Communication संभव नहीं।
- Error होने पर Sender को पता नहीं चलता, क्योंकि Acknowledgement नहीं मिलता।
- Feedback या Control Information के लिए उपयुक्त नहीं।

सारांश (Summary)

Simplex Communication में Data केवल एक दिशा में Flow करता है। यह Method Broadcast और Basic Communication के लिए उपयोगी होती है जहाँ Return Communication की आवश्यकता नहीं होती।

Topic : Half-Duplex

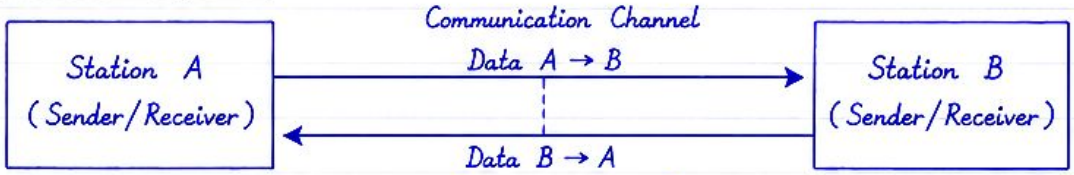
1. परिभाषा (Definition)

- Half-Duplex एक ऐसी Data Communication Method होती है जिसमें Data दोनों दिशाओं में Flow कर सकता है, लेकिन एक समय पर केवल एक ही दिशा में Data Transmit होता है।
- इसमें Sender और Receiver दोनों कभी Sender का काम करते हैं और कभी Receiver का।
- एक समय पर या तो Data Send होगा या Data Receive होगा, दोनों एक साथ नहीं हो सकते।

2. विशेषताएँ (Characteristics)

- Data दोनों दिशाओं में Flow करता है, लेकिन एक समय पर एक ही दिशा में।
- Communication Two-way होती है, परंतु Simultaneous नहीं होती।
- इसमें एक ही Transmission Channel दोनों दिशाओं के लिए Use होता है।
- इसमें Direction Change करने के लिए Control Mechanism की आवश्यकता होती है।
- यह Full-Duplex की तुलना में कम Costly होता है।

3. आरेख (Diagram)



(एक समय पर केवल एक दिशा में Data Flow)

4. कार्य प्रणाली (Working)

- यदि Station A, Station B को Data Send करता है, तो B केवल Receive करेगा।
- जब A का Transmission पूरा हो जाता है, तब B वापस A को Data Send कर सकता है।
- Direction Change होने से पहले दोनों Stations को Switch या Control Signal के माध्यम से सूचित किया जाता है।

5. उदाहरण (Examples)

- Walkie-Talkie
- CB Radio (Citizen Band Radio)
- Police Wireless Communication
- Two-way Radio System

6. लाभ (Advantages)

- Simplex की तुलना में अधिक सुविधाजनक।
- कम Hardware Cost में Two-way Communication संभव।
- एक ही Channel का दोनों दिशाओं में उपयोग।
- कम Complexity और आसान Implemuntation।
- कम Bandwidth में Efficient Communication।
- छोटे और Medium Distance के लिए उपयुक्त।

7. सीमाएँ (Limitations)

- एक समय पर केवल एक ही दिशा में Data Flow संभव।
- यदि एक Station लगातार Send करता रहे, तो दूसरे Station को Delay हो सकता है।
- Direction Change के लिए Time और Control Signal की आवश्यकता होती है।
- Full-Duplex जितनी Efficiency नहीं होती।

सारांश (Summary)

Half-Duplex Communication एक Two-way Communication Method है जिसमें Data दोनों दिशाओं में Flow करता है, लेकिन एक समय पर केवल एक ही दिशा में। यह Walkie-Talkie और CB Radio जैसे Devices में उपयोगी है।

Topic : Full-Duplex

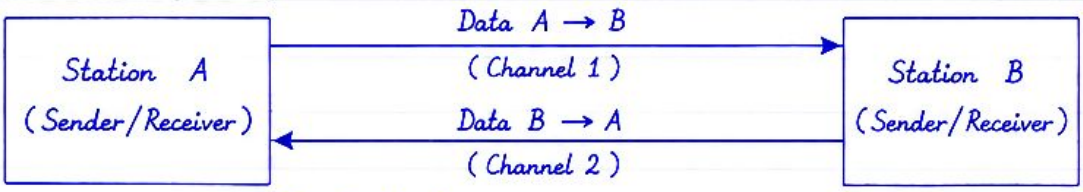
1. परिभाषा (Definition)

- Full-Duplex एक ऐसी Data Communication Method होती है जिसमें Data दोनों दिशाओं में एक साथ (Simultaneously) Flow करता है।
- इसमें Sender और Receiver दोनों एक ही समय पर Data Send और Receive कर सकते हैं।
- इसके लिए दो अलग-अलग Transmission Path की आवश्यकता होती है, एक Send करने के लिए और दूसरी Receive करने के लिए।
- यह Method सबसे Efficient होती है, क्योंकि इसमें Waiting Time नहीं होता और Communication Speed अधिक होती है।

2. विशेषताएँ (Characteristics)

- Data दोनों दिशाओं में Simultaneously Flow करता है।
- इसमें दो Separate Channel / Path होते हैं – एक Send के लिए, एक Receive के लिए।
- Higher Bandwidth और Better Performance प्रदान करता है।
- इसमें Connection दोनों दिशाओं में हमेशा Open रहता है।
- यह Real-time Communication के लिए सबसे उपयुक्त होता है।

3. आरेख (Diagram)



(दोनों दिशाओं में Data एक साथ Flow करता है)

4. कार्य प्रणाली (Working)

- Full-Duplex Communication में दो Separate Transmisaion Channel होती हैं।
- जब Station A, B को Data Send करता है, उसी समय B भी A को Data Send कर सकता है।
- दोनों Stations एक साथ Data Transmit और Receive कर सकते हैं, बिना किसी Interruption के।
- इस प्रकार Communication Continuous और Smooth रहती है।

5. उदाहरण (Examples)

- Telephone Call
- Video Conference
- Mobile Communication (4G/5G Voice Call)
- Modern Internet Connections (Fiber Optic Links)

6. लाभ (Advantages)

- High Efficiency और Speed
- No Waiting Time
- Better Real-time Communication
- Continuous Data Flow
- Higher Throughput

7. सीमाएँ (Limitations)

- अधिक Cost, क्योंकि इसमें दो Channel की आवश्यकता होती है।
- Setup और Hardware की Complexity अधिक होती है।
- अधिक Bandwidth की आवश्यकता होती है।

सारांश (Summary)

Full-Duplex वह Method है जिसमें Data दोनों दिशाओं में एक साथ Flow करता है। यह Method Real-time Communication के लिए सर्वोत्तम है, जैसे Telephone, Video Conference आदि।

Topic : Signals and Transmission (Analog and Digital)

1. Signals (संकेत)

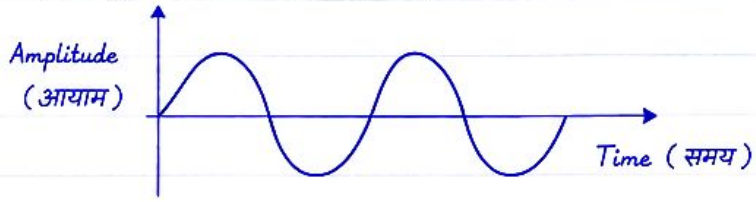
Signal वह Electrical या Electromagnetic Quantity होती हैं जो Information को एक स्थान से दूसरे स्थान तक भेजने के लिए उपयोग की जाती हैं।
यह समय के साथ बदलती हैं और इसके द्वारा ही Data Transmit होता हैं।

Signals दो प्रकार की होती हैं :
- (i) Analog Signal (एनालॉग संकेत)
- (ii) Digital Signal (डिजिटल संकेत)

2. Analog Signal (एनालॉग संकेत)

- Analog Signal वह Signal होती हैं जो समय के साथ Continuous रूप से बदलती रहती हैं।
- इसमें Amplitude , Frequency और Phase निरंतर बदलते रहते हैं।
- यह Infinite Values ले सकती हैं किसी भी समय पर।
- Analog Signal को Waveform के रूप में दर्शाया जाता हैं।
- उदाहरण : Human Voice , Music , Temperature , Pressure आदि।
- Analog Transmission में Noise का प्रभाव अधिक होता हैं।

(i) Analog Signal का Waveform

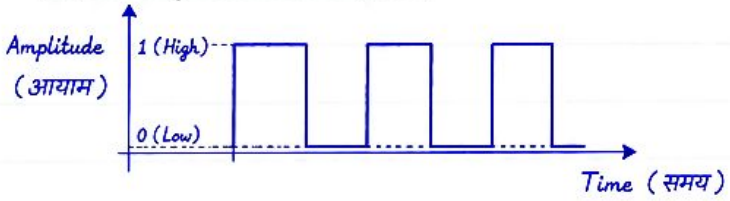


विशेषताएँ :
- Continuous Signal
- Infinite Amplitude Values
- Smooth Waveform
- Noise Sensitive

3. Digital Signal (डिजिटल संकेत)

- Digital Signal वह Signal होती हैं जो समय के साथ Discrete रूप से बदलती हैं।
- इसमें केबल दो ही मान होते हैं – 0 और 1 (Low और High)।
- यह Finite Values लेती हैं।
- Digital Signal को Pulses (Square Wave) के रूप में दर्शाया जाता हैं।
- उदाहरण : Computer Data , Binary Data , Digital Communication आदि।
- Digital Transmission में Noise का प्रभाव कम होता हैं और Accuracy अधिक होती हैं।

(ii) Digital Signal का Waveform



विशेषताएँ :
- Discrete Signal
- Finite Values (0 और 1)
- Square Waveform
- Less Affected by Noise
- High Accuracy

4. Comparison Table (तुलना सारणी)

क्रमांक	Basis	Analog Signal	Digital Signal
1.	Nature	Continuous	Discrete
2.	Amplitude	Infinite Values	Finite Values (0 और 1)
3.	Waveform	Sine Wave (Smooth)	Square Wave (Pulses)
4.	Noise Immunity	Less (Noise Sensitive)	High (Less Affected by Noise)
5.	Accuracy	Low	High
6.	Examples	Voice , Music , Temperature	Computer Data , Binary Data

निष्कर्ष (Conclusion) :
Analog Signal natural होती हैं और Continuous रूप में बदलती हैं, जबकि Digital Signal discrete होती हैं और 0 और 1 के रूप में Information को Transmit करती हैं। Digital Transmission अधिक Reliable और Efficient होती हैं।

Topic : Transmission Media

1. Transmission Media (परिभाषा)

Transmission Media वह भौतिक माध्यम होता है जिसके द्वारा Sender से Receiver तक Data Signals के रूप में Transmit होता है। यह Media दो प्रकार का होता है – (i) Guided Media (Wired) (ii) Unguided Media (Wireless)

2. Types of Transmission Media (प्रकार)

- Guided Media (Wires / Cables) – जिनमें Signals एक भौतिक Cable के माध्यम से Transmit होते हैं।
- Unguided Media (Wireless) – जिनमें Signals बिना किसी Physical Cable के Air / Space के माध्यम से Transmit होते हैं।

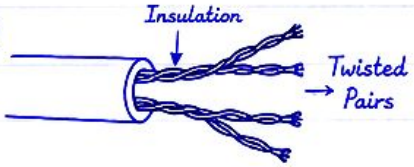
3. Guided Media (Wires / Cables)

Guided Media में Signals Cable के अंदर एक निश्चित Path से Travel करते हैं। इसके निम्न प्रकार हैं –

- (i) Twisted Pair Cable
- (ii) Coaxial Cable
- (iii) Optical Fiber Cable
- (iv) Shielded Cable

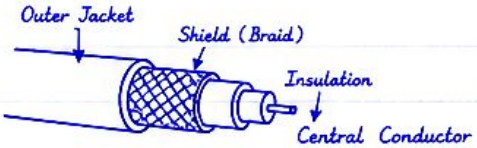
(i) Twisted Pair Cable

- इसमें दो Copper Wires को आपस में Twist करके Pair बनाया जाता है।
- यह सस्ता होता है और Installation आसान होता है।
- इसका उपयोग Telephone, LAN आदि में होता है।



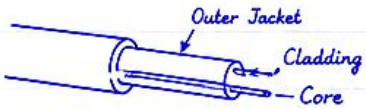
(ii) Coaxial Cable

- इसमें एक Central Conductor होता है जिसके चारों और Insulation और उसके ऊपर Shield होता है।
- यह Noise के प्रभाव से कम प्रभावित होता है।
- इसका उपयोग Cable TV, Broadband आदि में होता है।



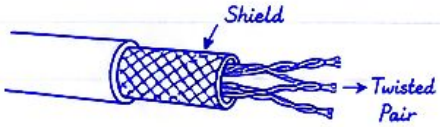
(iii) Optical Fiber Cable

- इसमें Light Signals को Transmit किया जाता है।
- यह बहुत High Speed और High Bandwidth प्रदान करता है।
- इसका उपयोग Internet Backbone, Long Distance Communication में होता है।



(iv) Shielded Cable

- यह Twisted Pair Cable का ही एक प्रकार है जिसमें Extra Shield दिया जाता है।
- यह External Interference और Noise से Protection देता है।



4. Unguided Media (Wireless)

Unguided Media में Signals Air / Space के माध्यम से Transmit होते हैं। इसके निम्न प्रकार हैं –

- (i) Radio Waves
- (ii) Microwaves
- (iii) Infrared Waves
- (iv) Satellite Communication

5. Comparison Table (तुलना सारणी)

Basis	Guided Media (Wired)	Unguided Media (Wireless)
1. Medium	Physical Cable (Wire)	Air / Space
2. Direction	Fixed Path	All Direction
3. Speed	High (Depends on Cable)	High but Varies
4. Security	More Secure	Less Secure
5. Cost	Installation Cost High	Installation Cost Low
6. Interference	Less Affected by Interference	More Affected by Interference
7. Examples	Twisted Pair, Coaxial, Fiber Optic	Radio Waves, Microwaves, Infrared, Satellite

Topic : (Guided and Unguided)

1. Transmission Media (परिचय)

Transmission Media वे Physical Path होते हैं जिनके द्वारा Sender और Receiver के बीच Data Signals Transmit होते हैं।

Transmission Media दो प्रकार के होते हैं – (i) Guided Media (ii) Unguided Media

2. Guided Media (Wired Media)

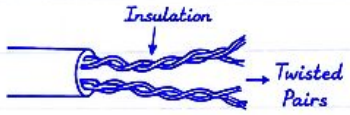
- Guided Media में Signals एक भौतिक Cable / Wire के अंदर Travel करते हैं।
- यह Point to Point Communication के लिए Use होते हैं।
- इन Media की Performance High, Secure और Reliable होती हैं।
- इसमें External Interference कम होता हैं।

Guided Media के प्रकार –

- (i) Twisted Pair Cable
- (ii) Coaxial Cable
- (iii) Optical Fiber Cable
- (iv) Shielded Cable

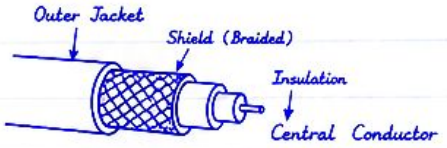
(i) Twisted Pair Cable

- इसमें दो Copper Wires को Twist करके Pair बनाया जाता हैं।
- यह सस्ता होता हैं, Installation आसान और Maintain करना आसान होता हैं।
- इसका उपयोग Telephone, LAN (Ethernet) में किया जाता हैं।



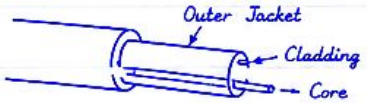
(ii) Coaxial Cable

- इसमें एक Central Conductor होता हैं जिसके चारों और Insulation होती हैं और उसके ऊपर Shield (Braided) और Outer Jacket होता हैं।
- यह Noise के प्रभाव को कम करता हैं और High Frequency Signals के लिए उपयोगी हैं।



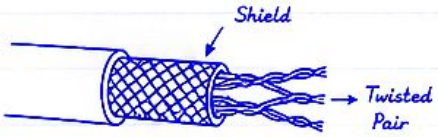
(iii) Optical Fiber Cable

- इसमें Light Signals को Transmit किया जाता हैं।
- यह बहुत High Speed, High Bandwidth और Long Distance Communication के लिए उपयोगी हैं।
- इसमें Electromagnetic Interference नहीं होता हैं।



(iv) Shielded Cable

- यह Twisted Pair Cable का ही एक प्रकार हैं जिसमें Extra Shield दिया जाता हैं।
- यह External Interference और Noise से Protection देता हैं।



3. Unguided Media (Wireless Media)

- Unguided Media में Signals बिना किसी Physical Cable के Air / Space के माध्यम से Transmit होते हैं।
- यह Broadcast Communication के लिए उपयोगी होते हैं।
- Installation आसान और Cost कम होती हैं, लेकिन Interference अधिक होता हैं।

Unguided Media के प्रकार –

- (i) Radio Waves
- (ii) Microwaves
- (iii) Infrared Waves
- (iv) Satellite Communication

4. Guided और Unguided Media में अंतर –

Guided Media (Wired)	Unguided Media (Wireless)
1. Signals Physical Cable के माध्यम से Transmit होते हैं।	1. Signals Air / Space के माध्यम से Transmit होते हैं।
2. Performance High और Reliable होती हैं।	2. Performance Medium और Interference अधिक होता हैं।
3. Security अधिक होती हैं।	3. Security कम होती हैं।
4. Installation Cost अधिक होती हैं।	4. Installation Cost कम होती हैं।
5. Maintenance की आवश्यकता होती हैं।	5. Maintenance कम या नहीं के बराबर होती हैं।
6. Examples – Twisted Pair, Coaxial Cable, Optical Fiber	6. Examples – Radio Waves, Microwaves, Infrared, Satellite

सारांश (Summary)

Guided Media (Wired) उच्च Performance, सुरक्षा और Reliability प्रदान करते हैं और Point to Point Communication के लिए उपयुक्त होते हैं। Unguided Media (Wireless) बिना Cable के Communication की सुविधा देते हैं और Broadcast Communication के लिए उपयुक्त होते हैं।

Topic : Concept of Digital Signals

1. परिभाषा (Definition)

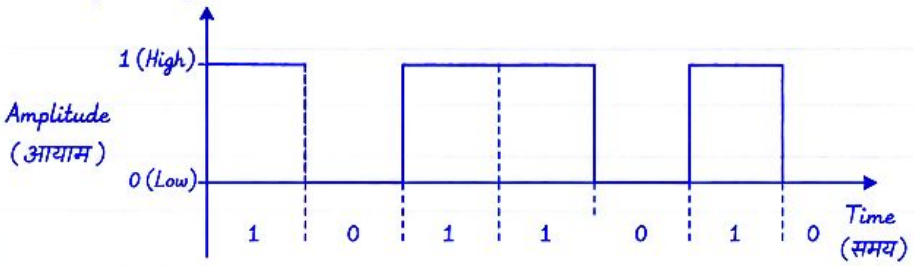
- Digital Signal वह Signal होता हैं जो Discrete (अलग-अलग) रूप में होता हैं।
- इसमें Signal केवल निश्चित मान (Levels) लेता हैं।
- आमतौर पर Digital Signal दो मान लेता हैं – 0 और 1 (Low और High)।
- यह Time के साथ बदलता हैं लेकिन निश्चित Steps (Discrete Intervals) में बदलता हैं।

2. Digital Signal की विशेषताएँ (Characteristics)

- Digital Signal Discrete होता हैं, Continuous नहीं।
- यह Finite Number of Values लेता हैं (आमतौर पर 0 और 1)।
- यह Noise के प्रति कम Sensitive होता हैं।
- Digital Signal को Store, Process और Transmit करना आसान होता हैं।
- Digital Communication में Error Detection और Correction आसान होता हैं।

3. Digital Signal का Waveform

Digital Signal का सामान्य Waveform Square Wave के रूप में होता हैं।



विशेषताएँ :

- Discrete Amplitude
- Finite Values (0 और 1)
- Square Waveform
- Less Affected by Noise
- Easy to Regenerate

4. Digital Signal के मुख्य तत्व (Elements)

- Amplitude (आयाम) – Signal का मान (0 या 1)
- Time (समय) – Signal कब बदलता हैं
- Bit (Binary Digit) – सबसे छोटा Unit (0 या 1)
- Bit Rate – प्रति सेकंड Transmit होने वाले Bits की संख्या (bps)
- Baud Rate – प्रति सेकंड Signal Changes की संख्या (Symbols/sec)

5. Digital Signal के प्रकार (Types)

- Unipolar Signal – केवल Positive Values (0 और +V)
- Polar Signal – Positive और Negative Values (+V, 0, −V)
- Bipolar Signal – +V और −V Values
- Differential Signal – Changes (Transitions) Important होते हैं, Value नहीं।

6. Digital Signal का उदाहरण (Examples)

- Computer Data (0 और 1)
- Digital Communication
- Compact Disc (CD)
- Digital Audio (MP3, WAV)
- Digital Video (Streaming, DVD)
- Mobile Communication (Data)

7. Digital Signal के लाभ (Advantages)

- Noise Immunity अधिक होता हैं।
- Error Detection और Correction आसान होता हैं।
- Storage आसान और Efficient होता हैं।
- Processing (Digital Circuits) आसान होता हैं।

8. Digital Signal के नुकसान (Disadvantages)

- Bandwidth Requirement अधिक होता हैं।
- Transmission Cost कभी-कभी अधिक हो सकता हैं।
- Equipment महंगे हो सकते हैं।

सारांश (Summary)

Digital Signal एक Discrete Signal होता हैं जो निश्चित मान (0 और 1) लेता हैं और Time के साथ Square Wave के रूप में बदलता हैं। यह Noise के प्रति कम संवेदनशील होता हैं और इसे Store, Process और Transmit करना आसान होता हैं।

Topic : Bit Rate, Bit Length

1. Bit Rate (बिट रेट)

- Bit Rate वह दर होती हैं जिस पर Data Bits एक Channel के माध्यम से Transmit होते हैं।
- यह Communication Channel की Speed को दर्शाती हैं।
- Bit Rate को bps (bits per second) में मापा जाता हैं।
- इसे निम्न Formulas से व्यक्त किया जा सकता हैं –

$$\text{Bit Rate } (R) = \frac{\text{कुल Bits की संख्या } (N)}{\text{समय } (T) \text{ (Seconds)}} \qquad \text{Unit} = \text{bps}$$

जहाँ, R = Bit Rate (bps)
N = कुल Bits की संख्या
T = समय (Seconds)

उदाहरण (Example)
यदि 1200 Bits को 2 Seconds में Transmit किया जाता हैं, तो –
$R = \frac{1200}{2} = 600$ bps

2. Bit Length (बिट लंबाई)

- Bit Length उस समय अंतराल (Duration) को कहते हैं जिसके दौरान एक Bit Transmit होती हैं।
- यह Bit Rate का Reciprocal होता हैं।
- इसे T_b या L_b से दर्शाते हैं।
- Bit Length को Seconds या Microseconds (μs) में मापा जाता हैं।
- Formula –

$$\text{Bit Length } (T_b) = \frac{1}{\text{Bit Rate } (R)}$$

जहाँ, R = Bit Rate (bps)
T_b = Bit Length (sec)

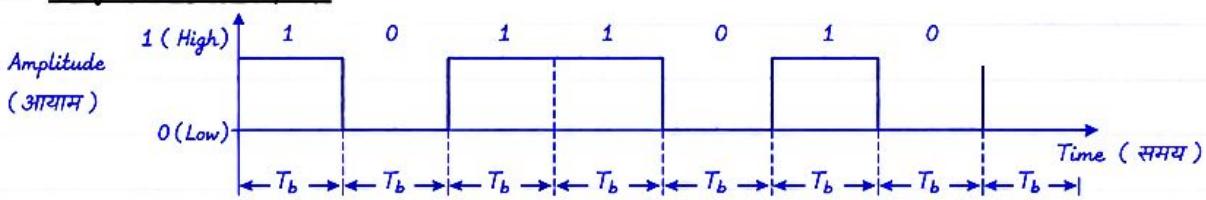
उदाहरण (Example)
यदि Bit Rate = 2400 bps हैं,
तो Bit Length $T_b = \frac{1}{2400}$ sec = 0.0004167 sec = 416.7 μs

3. Relationship between Bit Rate and Bit Length

- Bit Rate जितना अधिक होगा, Bit Length उतना कम होगा।
- Bit Rate जितना कम होगा, Bit Length उतना अधिक होगा।

Bit Rate (bps)	Bit Length (T_b)	Meaning
2400	1/2400 = 0.0004167 sec (416.7 μs)	कम Speed, अधिक Bit Length
4800	1/4800 = 0.0002083 sec (208.3 μs)	मध्यम Speed, मध्यम Bit Length
9600	1/9600 = 0.0001042 sec (104.2 μs)	अधिक Speed, कम Bit Length

4. Diagram (Concept)



ऊपर दिए गए Diagram में प्रत्येक Bit का समय = T_b (Bit Length)
कुल समय = $n \times T_b$ (जहाँ n = कुल Bits की संख्या)
Bit Rate $R = \frac{n}{n \times T_b} = \frac{1}{T_b}$

Key Points :
- Bit Rate → Speed (bps)
- Bit Length → Time per Bit (sec)
- $R \times T_b = 1$

Topic : Transmission Impairment

1. Transmission Impairment (परिभाषा)

जब Data Signals एक Medium (Physical Path) के द्वारा Transmit होते हैं, तब कई कारणों से वो अपने Original रूप से Distort हो जाती हैं। इस Distortion को ही Transmission Impairment कहते हैं।

यह Impairment Signal की Quality को कम करती हैं और Receiver पर सही Data प्राप्त करने में समस्या पैदा करती हैं।

2. Transmission Impairment के कारण

- Medium की Imperfections (अपूर्णताएँ)
- Noise (बाहरी अवांछित Signals)
- Attenuation (Signal की शक्ति में कमी)
- Distortion (Signal का विकृत होना)
- Interference (अन्य Signals का प्रभाव)

मुख्य प्रभाव :

- Signal Weak हो जाता हैं
- Data Errors बढ़ जाते हैं
- Communication की Speed और Reliability प्रभावित होती हैं

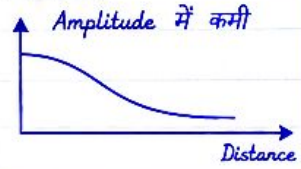
3. Transmission Impairment के प्रकार

(i) Attenuation (क्षीणन) | (ii) Distortion (विकृति) | (iii) Noise (शौर) | (iv) Interference (हस्तक्षेप)

(i) Attenuation (क्षीणन)

- जब Signal Transmission Medium में Travel करते समय अपनी Strength या Amplitude खो देता हैं, उसे Attenuation कहते हैं।
- यह Distance बढ़ने के साथ अधिक होता हैं।
- High Frequency Signals कम Distance तक ही सही रूप में पहुँचती हैं।

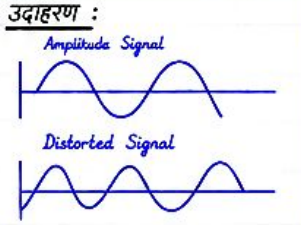
उदाहरण :



(ii) Distortion (विकृति)

- जब Signal के Different Components (Frequencies) अलग-अलग मात्रा में Delay होते हैं, तब Signal का Shape बदल जाता हैं, इसे Distortion कहते हैं।
- यह मुख्यतः दो प्रकार की होती हैं – Amplitude Distortion और Delay Distortion (Phase Distortion)।

उदाहरण :



(iii) Noise (शोर)

- Noise अवांछित या अनावश्यक Signals होते हैं, जो Useful Signal के साथ Mix होकर उसकी Quality को खराब करते हैं।
- Noise कई स्रोतों से उत्पन्न होता हैं जैसे – Thermal Noise, Electrical Noise, Atmospheric Noise आदि।

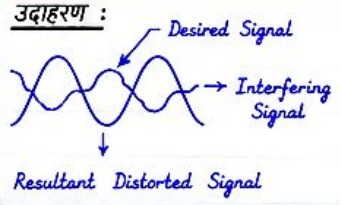
उदाहरण :

Useful Signal + Noise

(iv) Interference (हस्तक्षेप)

- जब एक Signal के Transmission पर दूसरे Signal का प्रभाव पड़ता हैं, उसे Interference कहते हैं।
- यह दो प्रकार का होता हैं –
  - (a) Co-channel Interference
  - (b) Adjacent Channel Interference

उदाहरण :



4. Impairment को कम करने के उपाय

- High Quality Transmission Medium का उपयोग करें।
- Repeaters, Amplifiers का उपयोग करके Signal Strength बढ़ाएँ।
- Shielded Cables का उपयोग करें।
- Error Detection और Correction Techniques का उपयोग करें।
- Proper System Design और Maintenance करें।

निष्कर्ष (Conclusion) :

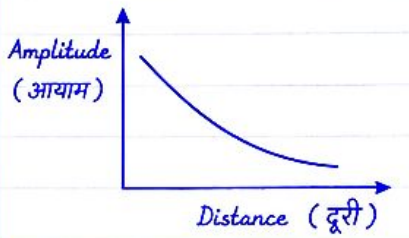
Transmission Impairment Communication System की Performance को प्रभावित करते हैं। इनकी समझ और नियंत्रण से Reliable और Efficient Communication प्राप्त किया जा सकता हैं।

Topic : Attenuation, Distortion, Noise

1. Attenuation (क्षीणन)

- Attenuation वह प्रक्रिया है जिसमें Signal की Strength या Amplitude Transmission Medium में Travel करते समय धीरे-धीरे कम हो जाती है।
- यह मुख्य रूप से Distance बढ़ने, Medium की Resistance, Absorption और Scattering के कारण होता है।
- High Frequency Signals Low Frequency Signals की तुलना में अधिक Attenuate होते हैं।

उदाहरण :



कारण :

- Medium का Resistance
- Absorption Loss
- Scattering
- Distance बढ़ना
- Splices, Connectors और Joints

प्रभाव :

- Signal Weak हो जाता है
- Receiver को कम Signal प्राप्त होता है
- Data Errors की संभावना बढ़ जाती है
- Communication Range कम हो जाती है

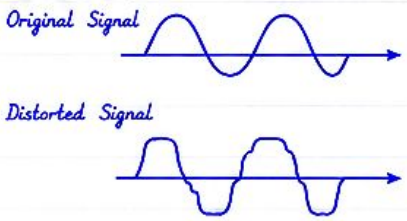
2. Distortion (विकृति)

- Distortion वह स्थिति है जिसमें Signal का Shape Original Signal से बदल जाता है।
- यह Different Frequency Components के अलग-अलग Delay के कारण होता है, जिससे Signal का Waveform विकृत हो जाता है।
- Distortion दो प्रकार का होता है – (i) Amplitude Distortion (ii) Delay Distortion

कारण :

- Medium का गैर-एकसमान गुण (Non-uniform Characteristics)
- Different Frequencies का Different Speed से Travel करना
- Bandwidth Limitation
- Overloading

उदाहरण :



प्रभाव :

- Signal का Shape बदल जाता है
- Data को सही से Decode करना कठिन हो जाता है
- High Speed Communication में Errors बढ़ जाते हैं।

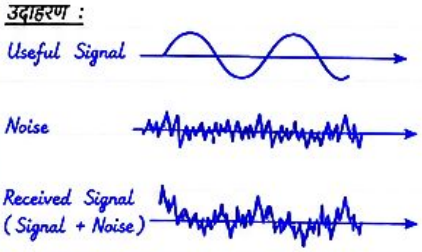
3. Noise (शोर)

- Noise अवांछित या अनचाहे Signals होते हैं, जो Useful Signal के साथ Mix होकर उसकी Quality को खराब करते हैं।
- Noise की वजह से Signal की Accuracy कम हो जाती है और Errors उत्पन्न होते हैं।
- Noise Random Nature का होता है और यह हर Communication System में पाया जाता है।

Noise के प्रकार :

(i) Thermal Noise – ताप के कारण उत्पन्न
(ii) Intermodulation Noise – Two या अधिक Signals के Mix होने से
(iii) Crosstalk – Adjacent Channels के Interference से
(iv) Impulse Noise – High Energy Spikes के रूप में
(v) White Noise – सभी Frequencies पर समान रूप से वितरित Noise

उदाहरण :



प्रभाव :

- Signal की Quality कम हो जाती है
- Data Errors बढ़ जाते हैं
- Communication की Reliability कम होती है
- Throughput कम हो जाता है
- System Performance पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है

Topic : Signal to Noise Ratio (SNR)

1. परिचय (Introduction)

- Signal to Noise Ratio (SNR) एक माप हैं जो यह बताता हैं कि Useful Signal की Strength , Noise की तुलना में कितनी अधिक हैं ।
- यह Communication System की Quality और Performance को निर्धारित करने में महत्वपूर्ण Role निभाता हैं ।
- Jitna अधिक SNR होगा , उतनी ही अच्छी Signal Quality और कम Error Rate मिलेगा ।

2. परिभाषा (Definition)

Signal to Noise Ratio (SNR) वह अनुपात हैं जो एक Useful Signal की Power (या Voltage , Current) और Noise की Power के बीच होता हैं ।

3. सूत्र (Formula)

- Power के आधार पर –

$$SNR = \frac{P_s}{P_n}$$

जहाँ , P_s = Signal Power
P_n = Noise Power

- Decibel (dB) में –

$$SNR\,(dB) = 10 \log_{10}\left(\frac{P_s}{P_n}\right)$$

जहाँ , SNR (dB) = Signal to Noise Ratio in Decibel
P_s = Signal Power
P_n = Noise Power

- Voltage के आधार पर –

$$SNR = \frac{V_s}{V_n}$$

जहाँ , V_s = Signal Voltage (RMS)
V_n = Noise Voltage (RMS)

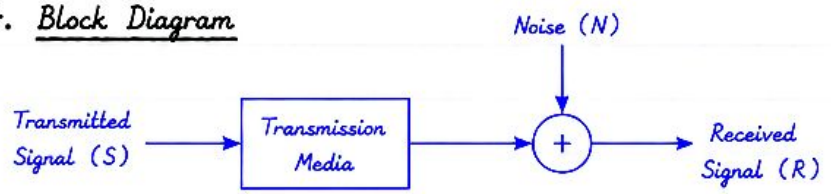
- Decibel (dB) में (Voltage के लिए) –

$$SNR\,(dB) = 20 \log_{10}\left(\frac{V_s}{V_n}\right)$$

जहाँ , V_s = Signal Voltage (RMS)
V_n = Noise Voltage (RMS)

नोट :
- Power Ratio के लिए $10 \log_{10}$ का उपयोग ।
- Voltage Ratio के लिए $20 \log_{10}$ का उपयोग ।

4. Block Diagram



$R = S + N$
जहाँ ,
R = Received Signal
S = Useful Signal
N = Noise

5. SNR के महत्व (Importance)

- उच्च SNR का मतलब हैं बेहतर Signal Quality और कम Errors ।
- यह System की Reliability और Efficiency को बढ़ाता हैं ।
- Digital Communication में उच्च SNR कम Bit Error Rate (BER) प्रदान करता हैं ।
- Wireless Communication , Audio/Video Transmission , Satellite Link आदि में SNR एक महत्वपूर्ण Parameter हैं ।

SNR के स्तर (dB में)
- SNR < 10 dB : Poor
- 10 dB – 20 dB : Fair
- 20 dB – 30 dB : Good
- > 30 dB : Excellent

6. उदाहरण (Example)

यदि Signal Power (P_s) = 1 mW और Noise Power (P_n) = 0.01 mW तों ,

$$SNR = \frac{P_s}{P_n} = \frac{1}{0.01} = 100$$

$$SNR\,(dB) = 10 \log_{10}(100) = 10 \times 2 = 20\ dB$$

अर्थात् SNR = 20 dB (Good)

Key Points :
- SNR अधिक ⇒ Signal Quality बेहतर
- SNR कम ⇒ Noise का प्रभाव अधिक
- SNR (dB) का उपयोग Comparison के लिए किया जाता हैं ।