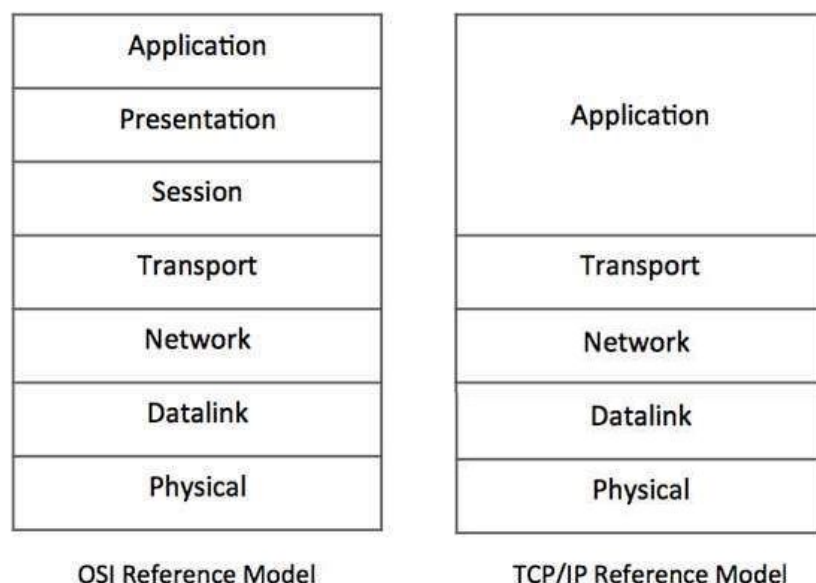


## ❖ Type of Protocol

- **Simplex** เป็นการสื่อสารแบบทางเดียวโดยจะมีแค่ผู้รับและผู้ส่ง เช่น วิทยุ โทรศัพท์ เป็นต้น
  - **Half duplex** เป็นการสื่อสารสองทางแบบครึ่งอัตรา ผู้ส่งสามารถเปลี่ยนตัวเองมาเป็นผู้รับได้ และผู้รับสามารถเปลี่ยนตัวเองมาเป็นผู้ส่งได้แต่ไม่สามารถเป็นผู้ส่งทั้งสองฝ่ายได้ในเวลาเดียวกัน เช่น วิทยุสื่อสาร
  - **Full duplex** เป็นการสื่อสารแบบสวนทาง ทั้งสองฝ่ายสามารถเป็นผู้ส่งได้ในเวลาเดียวกัน เช่น การพูดคุยผ่านโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น
- 

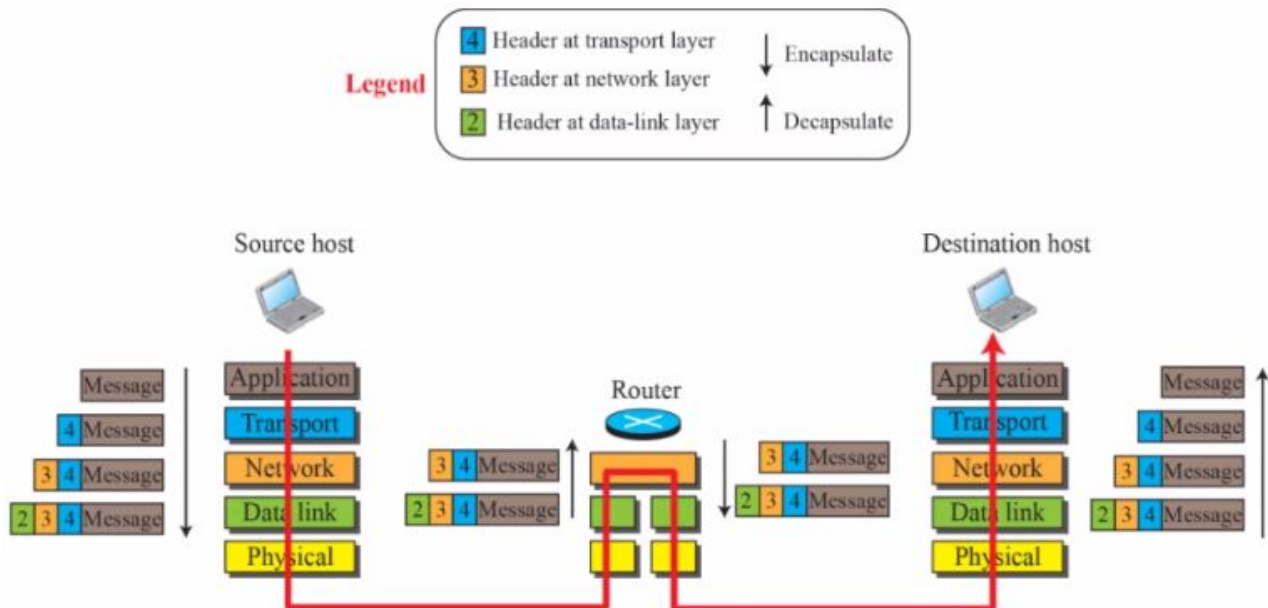
## ❖ Network Model



แต่ละ Layer มีการทำงานของตนเอง

- **Layer 1 (Physical)** - เป็นระดับ Hardware, สัญญาณ
  - **Layer 2 (Datalink)** - ตรวจสอบความเสียหายของข้อมูลจากการส่ง
  - **Layer 3 (Network)** - ค้นหาเส้นทาง
  - **Layer 4 (Transport)** - เช็การส่ง/รับข้อมูล
  - **Layer 5 (Application)** - โปรแกรม
-

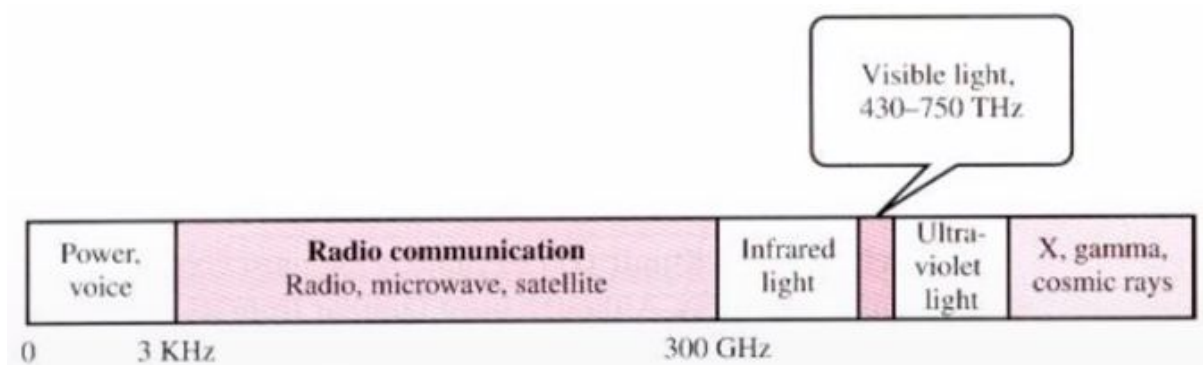
## ❖ OSI Encapsulation Model



- แต่ละ Layer จะสื่อสารกับ Layer เดียวกันเท่านั้น

## ❖ Guide Media

- **twisted pair - สายคู่บิดเกลียว**
  - ความถี่ที่ส่งโน้นเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

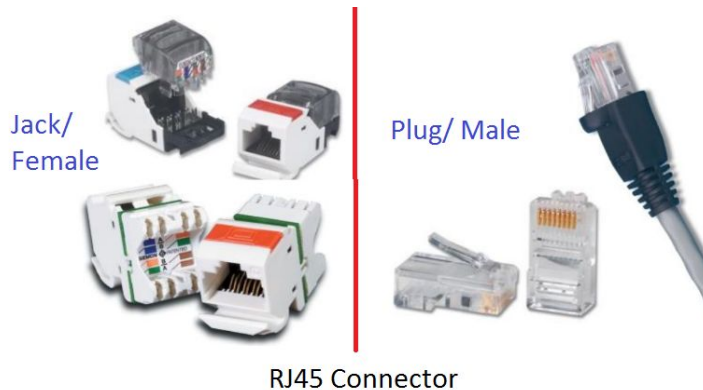
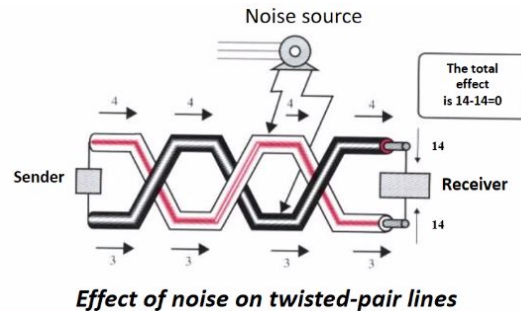
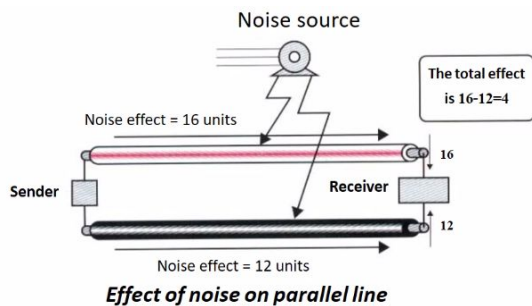


- ความถี่อยู่ในช่วง 100 Hz - 2000 MHz
- ทองแดงที่อยู่ในสายมี 2 แบบ

1. **แบบแกนแข็ง** : เหมาะสำหรับการติดตั้งแล้วไม่ถอดเข้า-ออก ง่าย สัญญาณได้ดีกว่าแบบฝอย

2. **แบบฝอย** : เหมาะสำหรับถอดเข้า-ออกบ่อยๆ

- ดีเยี่ยมสายเพื่อกระจายสัญญาณรบกวนจากสิ่งรอบข้าง ให้เท่ากันเพื่อความถูกต้องของข้อมูล



- **มาตรฐานของสาย Twisted Pair มี 2 มาตรฐาน คือ EIA (Category) และ ISO (Class)**

- **Category 1 / Class A**

- รองรับความถี่ที่ 100 KHz
- ใช้ในสายโทรศัพท์

- **Category 2 / Class B**

- รองรับความถี่ที่ 1 MHz
- ใช้รับส่งเสียงและข้อมูล
- ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 4 Mbps

- **Category 3 / Class C**

- รองรับความถี่ที่ 16 MHz
- สายโทรศัพท์ส่วนใหญ่ใช้ในปัจจุบัน
- รองรับความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 10 Mbps

- **Category 4**

- รองรับความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 16 Mbps

### ■ Category 5

- รองรับความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 100 Mbps

### ■ Category 5e / Class D

- รองรับความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 1 Gbps ที่ระยะ 100 เมตร
- ความถี่อยู่ที่ 100 MHz
- ใช้สาย 4 คู่

### ■ Category 6 / Class E

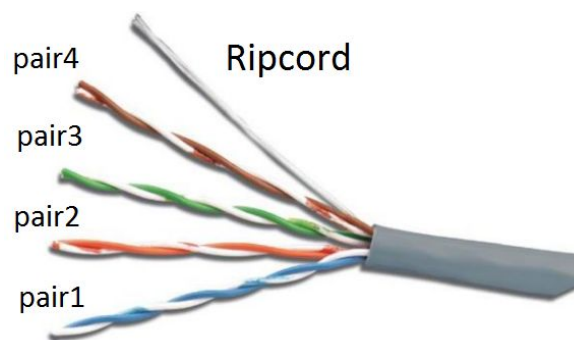
- รองรับความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 10 Gbps ที่ระยะ 55 เมตร
- ความถี่อยู่ที่ 250 MHz
- ใช้สาย 2 คู่

### ○ Twisted Pair Standard color

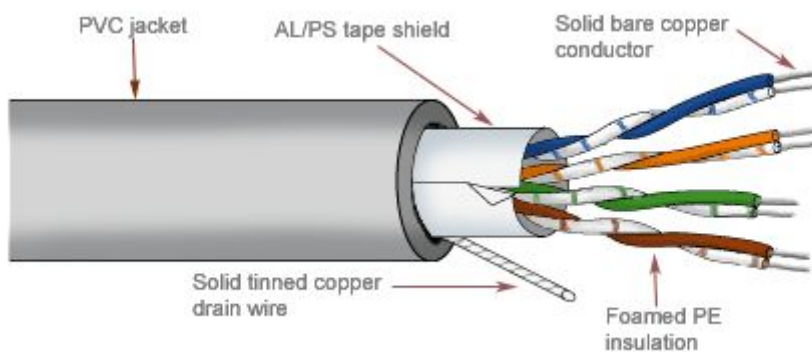
1. ฟา - ขาวฟา
2. ส้ม - ขาวส้ม
3. เขียว - ขาวเขียว
4. น้ำตาล - ขาวน้ำตาล

### ○ ประเภทของสาย

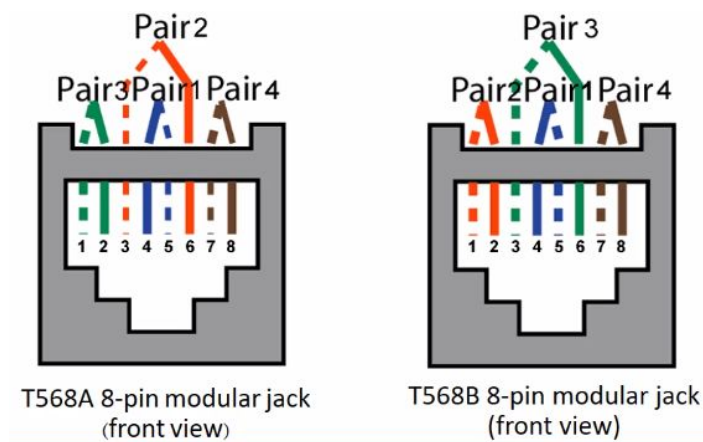
#### 1. UTP(Unshielded Twisted Pair)



#### 2. STP(Shielded Twisted Pair)



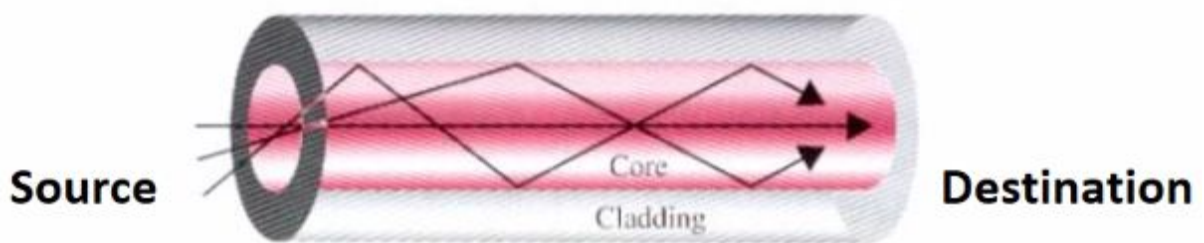
- TIA/EIA-568 Connector (หัวสาย Lan)



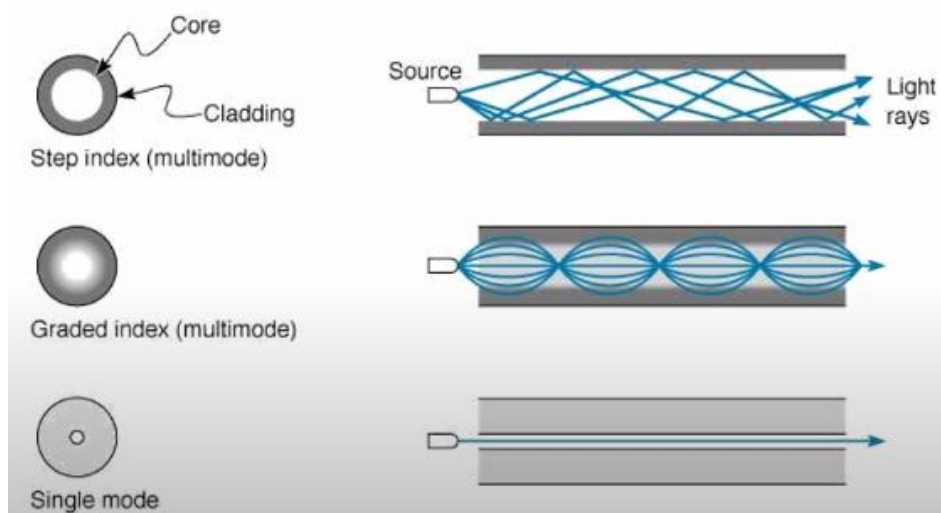
## ● Fiber Optic

ใช้การส่งสัญญาณแบบแสงเข้าไปในสายด้วย การหักเหของแสงโดยให้แสงวิ่งวนวนไปกับตัวนำด้วยมุม Critical Angle และวิธีการสะท้อนของแสงภายในสาย

- โครงสร้างของสาย



- สายแบ่งเป็น 2 Mode



## ■ Single Mode

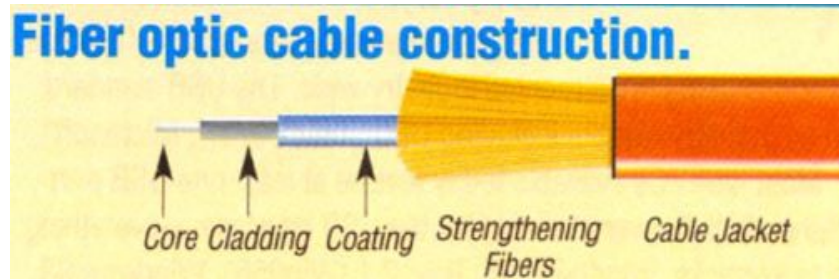
- ราคาถูก

- ส่งสัญญาณได้ไกล

#### ■ Multi Mode

- Step Index - ใช้การตกกระทบแล้วสะท้อนแสง
- Graded Index - ใช้การหักเหของแสง
- ราคาสูง
- ส่งสัญญาณได้ใกล้

- ส่วนประกอบของสาย



- สาย fiber ต้องมีชั้นอย่างน้อย 2 ชั้น เพื่อ รับ-ส่ง
- สาย fiber ที่ต่อมาบ้านเดินสายมา 1 เส้น จะรับ-ส่ง ด้วยความยาวคลื่นแสงที่ไม่เท่ากัน
- Connectors ส่วนใหญ่ใช้ LC

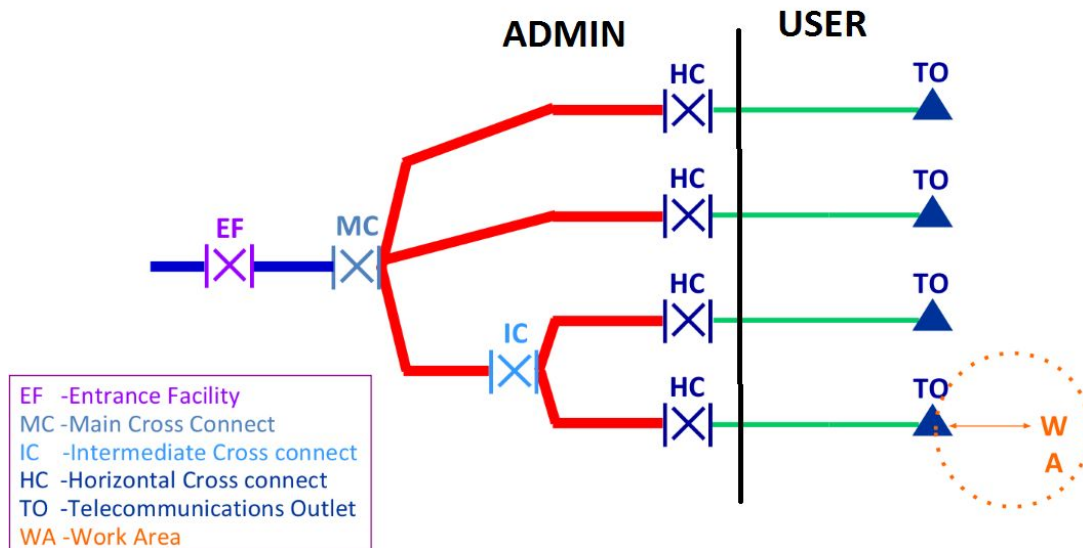
LC

Little Connector



## ❖ Cabling Standard

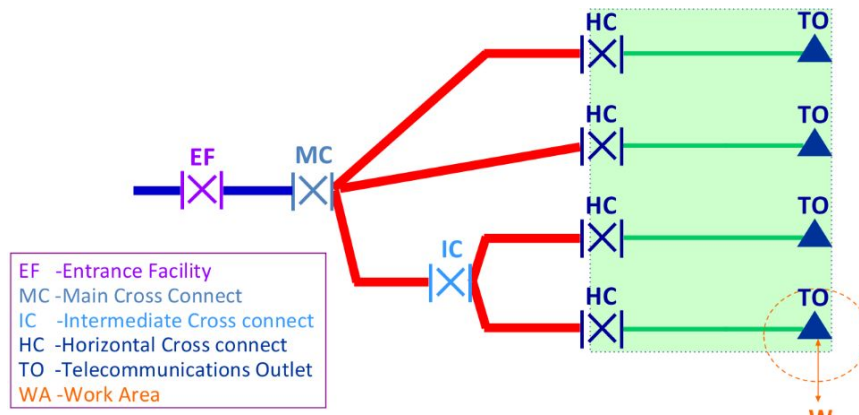
- สำหรับใช้ใน office, องค์กร มาตรฐาน EIA 568
- เวลาติดตั้งให้คำนึงถึงอีก 10 ปีข้างหน้า
- โครงสร้าง



- TO : ช่องสำหรับต่อกับ user
  - HC : จุดเชื่อมต่อสาย
  - MC : จุดรวมสาย \*\*มีได้แค่จุดเดียวเท่านั้นในระบบ
  - EF : ภายนอก
- มาตรฐานการตั้งชื่อ(TIA 606)
    - เช่น 16A24
      - 1 หมายถึง ชั้น
      - 6 หมายถึง ตู้ Rack
      - A หมายถึง แผงพักสาย(Patch channel)
      - 24 หมายถึง ช่องในแผงพักสาย
  - มาตรฐานการเข้าหัว+การติดตั้ง UTP
    - straight through : ทั้ง 2 ฝั่งต้องเรียงสายเหมือนกัน
    - สายฝั่ง plug ห้ามเข้าหัวเองต้องซื้อจากโรงงานเท่านั้น ซึ่งจะมีประกันและจะนำไปเครมได้ก็ต่อเมื่อออกแบบและติดตั้งตามมาตรฐาน
    - คลายเกลียวสายให้น้อยที่สุด CAT5e ไม่เกิน 13 mm CAT6 ไม่เกิน 6 mm
    - ดึงสายไม่เกิน 110N
    - สาย UTP งอได้ไม่เกิน 4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง
    - ห้ามรัดแน่นเกินไป

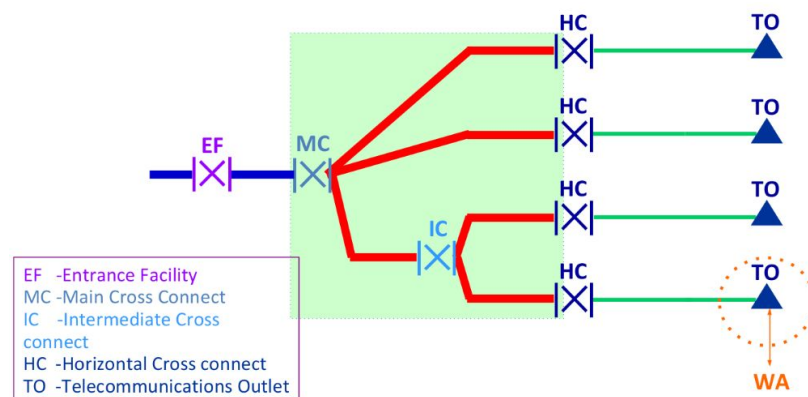


## ● Horizontal Cabling Subsystem (สำหรับ USER)



- ห้าม Bridged tap(แบ่งสาย) แต่ทำได้หลังจากที่ออกจากผนัง
- ห้าม Splices(ตัดต่อ)
- ระยะได้ 100m โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน
  - TO → User 5m
  - Switch → TO 90m
  - HC → Switch 5m
- HC → TO ไม่ควรเกิน 200 จุด

## ● Backbone Subsystem (สำหรับ ADMIN)



- นิยมใช้ fiber
- MC → HC
  - Singlemode 3km
  - Multimode 2km
  - UTP 100m
- ห้าม Bridged tap(แบ่งสาย)
- สาย fiber สามารถ Splices ได้ แต่ใช้เพื่อเข้าหัว fiber ไม่ใช่เพื่อเพิ่มความยาว



---

## ❖ Unguide Media

- ใช้อากาศเป็นตัวกลาง
- **Mobile Communication**
  - 1G
    - เป็นสัญญาณ Analog ผ่านคลื่นความถี่ 470 MHz
    - ไม่มีการเข้ารหัสข้อมูล ทำให้ถูกโคลนหมายเลขได้ง่าย
  - 2G
    - เป็นสัญญาณ Digital
    - รับส่ง SMS ได้
    - bandwidth อยู่ที่ 80 - 100 kbps
    - ไม่สามารถรับส่ง Voice และ Data ไปพร้อมๆกันได้
  - 3G
    - สามารถรับส่ง Voice และ Data ได้พร้อมๆกัน
    - Bandwidth up to 42 Mbps
  - 4G
    - เน้นส่ง Data
- **Bluetooth [IEEE 802.15]**
  - BR (Basic Rate)
    - เน้นส่งข้อมูลตลอดเวลา และปริมาณมากๆ เช่น หูฟัง bluetooth
    - รองรับการเชื่อมต่อแบบ point to point เท่านั้น
  - BLE (Bluetooth Low Eneergy)
    - เน้นส่งข้อมูลเล็กน้อย ส่วนมากเอามาใช้กับในห้างรองรับการทำงาน 3 โหมด
      1. Point to Point
      2. Broadcast เช่น ลูกค้าเดินผ่านหน้าร้านแล้วทำการยิงโปรโมชั่นมาที่มือถือลูกค้าที่เดินผ่าน
      3. Mesh เช่น Sensor ที่เป็น IoT ติดต่อสื่อสารกัน
- **WiFi [IEEE 802.11]**
  - 802.11
    - ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 2 Mbps
    - ทำงานบนคลื่น 2.4 GHz
  - 802.11 b

- ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 11 Mbps
- ทำงานบนคลื่น 2.4 GHz
- 802.11 a/g
  - ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 54 Mbps
  - 2.4 GHz เท่านั้นใน 802.11g
  - 5 GHz เท่านั้นใน 802.11a
- 802.11 n
  - ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 450 Mbps
  - ทำงานบนคลื่น 2.4 GHz และ 5 GHz (Dualband wireless)
- 802.11 ac
  - Wave 1
    - ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 1.2 Gbps
    - ทำงานบนคลื่น 5 GHz เท่านั้น
  - Wave 2
    - ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 6.9 Gbps
    - ทำงานบนคลื่น 5 GHz เท่านั้น
    - 256 QAM
- **Operating Mode**
  - **Infrastructure Mode**
    - เป็นโหมดที่มี Access Point เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร
    - ถ้ามี AP ตัวเดียวเรียก Basic Service Set (BSS)
    - ถ้ามี AP มากกว่า 1 ตัว เรียกว่า Extended Service Set (ESS)
  - **Ad-hoc Mode**
    - เป็นโหมดที่ไม่มี Access Point เป็นตัวกลางในการสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์ แต่จะให้อุปกรณ์ติดต่อสื่อสารกันเอง
  - **WDS Mode (Wireless Distribution System)**
    - Access Point 2 ตัวติดต่อสื่อสารกันโดยตรงโดย
    - **ข้อเสีย** : สามารถใช้งานระบบการเข้ารหัสได้แค่ WEP



### ○ Physical Layer

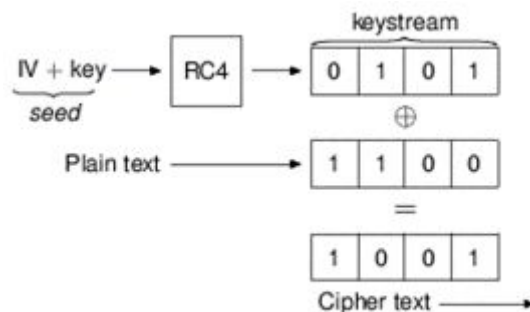
- ส่วนใหญ่ใช้คลื่น 2.4GHz เพราะไม่ต้องขอ license
- **Frequency Hopping Spread Spectrum(FHSS)**
  - มีช่องสัญญาณ 1 MHz 75 ช่อง
  - ส่งข้อมูลแบบกระโดดข้าม
  - ส่งได้สูงสุด 2 Mbps
- **Direct Sequence Spread Spectrum(DSSS)**
  - แบ่งเป็น channel
  - ควรเลือก channel ที่ห่างกัน 5 channel เช่น 1, 6, 11

### ○ Data Link Layer

- Access Point เป็นตัวจัดการเรื่องการรับส่งข้อมูล

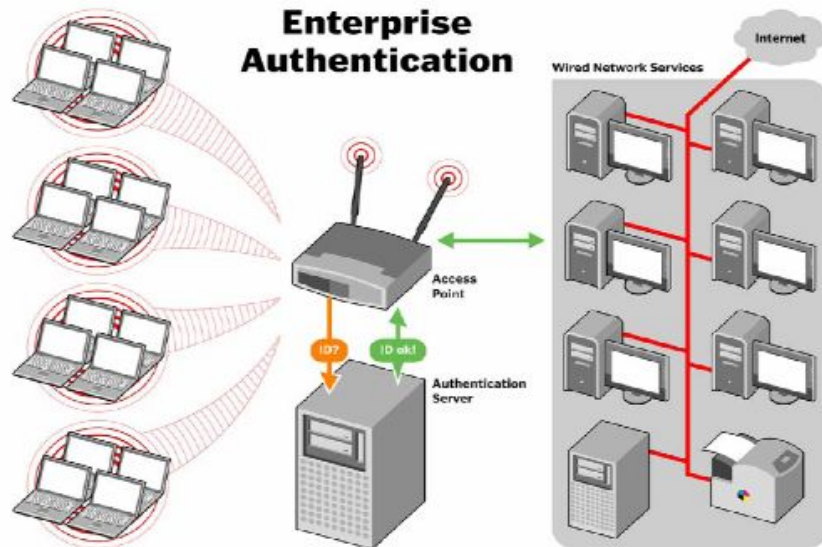
### ○ Security

- ชื่อน SSID(ชื่อ wifi)
- MAC address
- **Wired Equivalent Privacy (WEP)**



- ไม่มีการ Authentication
- เข้ารหัสด้วย RC4 (แทรก static key ใน data)
- ถูก Crack ได้ง่าย
- **WiFi Protected Access (WPA)**

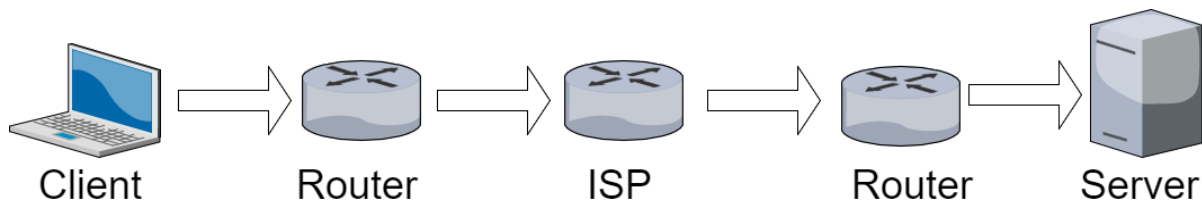
- สามารถทำ Authentication ได้
- เข้ารหัสด้วย RC4 แต่ทำ TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) หรือการเปลี่ยน key ไปเรื่อยๆ ด้วย
- มี Pre-Shared Key (PSK) คือ password



- **WiFi Protected Access 2 (WPA2)**
  - เพิ่ม Advanced Encryption Standard (AES) สลับ  
บรรทัด + ใส่ key ไป 10 รอบ

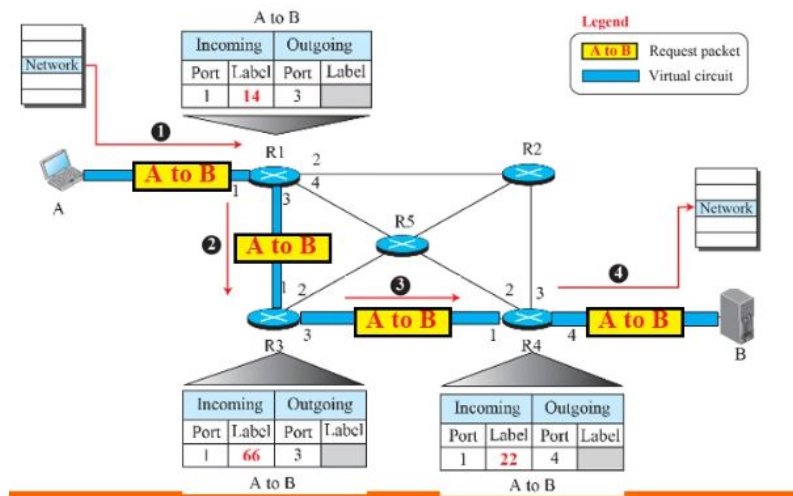
## ❖ Network Layer (Layer 3)

- การทำงานจะเป็นแบบ **one step route**



- A Connectionless packet
  - ไม่มีการกำหนดเส้นทางไว้ล่วงหน้า
  - **ข้อเสีย**
    - ลำดับข้อมูลที่ได้รับจากการส่งไม่ถูกต้อง → แก้ ใช้ Layer 3 sort
    - มีโอกาสซ้ำและสูญหายได้ → แก้ ใช้ Layer 4 ทำ
- Virtual Circuit packet

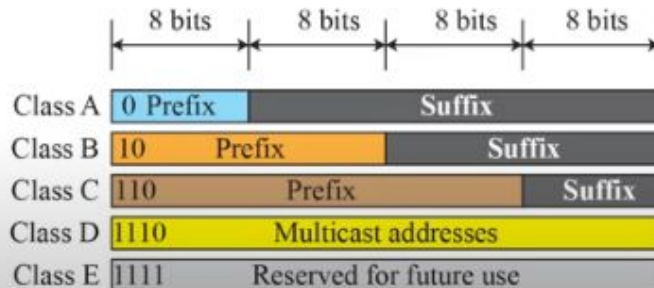
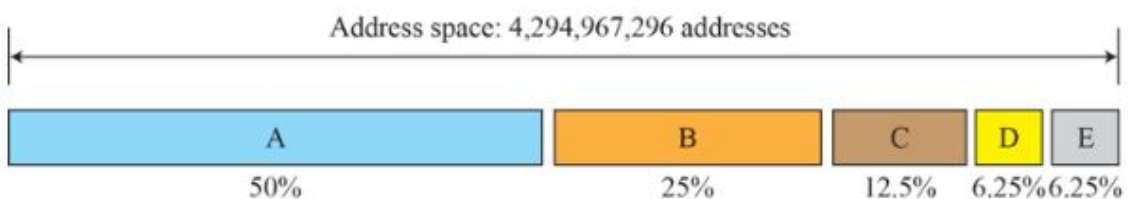
- สร้างเส้นทางก่อนส่งข้อมูล
- **ข้อดี** : ไม่ต้องจัดเรียงข้อมูล
- **ข้อเสีย** : ถ้าข้อมูลหายจะหายทั้งหมด



## ❖ IP Address

### • IPv4

- เป็น IP แบบ 32 bit แบ่งตัวเลขเป็นชุดละ 8 bit ทั้งหมด 4 ชุด
- ตัวเลขเป็นได้ตั้งแต่ 0-255
- Hierarchy in addressing



Class	Prefixes	First byte
A	$n = 8$ bits	0 to 127
B	$n = 16$ bits	128 to 191
C	$n = 24$ bits	192 to 223
D	Not applicable	224 to 239
E	Not applicable	240 to 255

- **Subnet Mask** - เป็นเลขที่ครอบ Network ID และยังใช้ตรวจสอบได้ว่าเครื่องทั้ง 2 เครื่องนี้อยู่ Network เดียวกันหรือไม่
    - **class A** : 255.0.0.0
    - **class B** : 255.255.0.0
    - **class C** : 255.255.255.0
 ซึ่งสามารถเขียน / แล้วตามด้วยจำนวน bit ที่มีค่าเป็น 1  
 เช่น 192.168.1.0/24 , 10.0.0.0/8 , 172.16.0.0/16
    - **classless** : class ที่มี subnet mask ไม่ตรงกับ class
  - ใน IP แต่ละวงจะมี 2 ip ที่ใช้ไม่ได้
    - Network ID เลขเริ่มต้นวง
    - Broadcast IP เลขที่สุดท้ายของวง มีไว้สื่อสารกับทุกๆ IP ในวง
- 

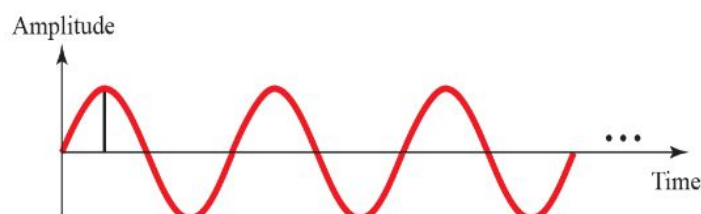
## ❖ Physical Layer (Layer 1)

### • Signal

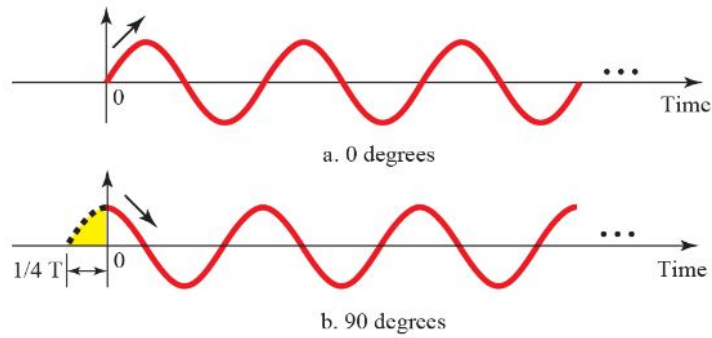
#### ○ Analog Signal



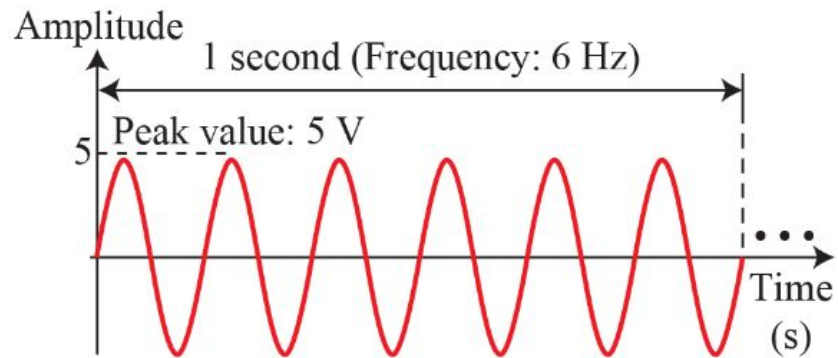
- สัญญาณที่ปลายทางสามารถตีความได้มากกว่า 1 และ 0
- เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ
- มีรูปแบบเป็น Sine Wave
- **Amplitude** (ขนาดของคลื่น)



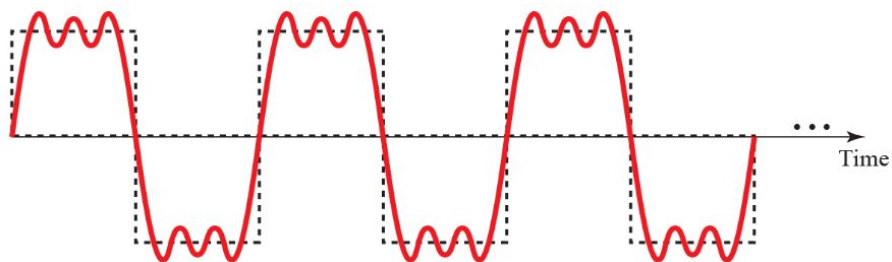
- **Phase** (มุมที่เกิดคลื่น)



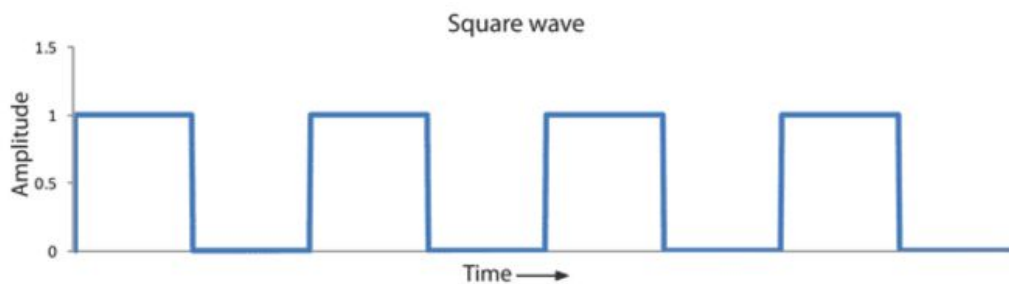
### - Frequency (ความถี่)



### - Composite Signal : คลื่นที่เกิดจากการนำคลื่นที่มี Frequency และ Amplitude ที่ต่างกัน 1 ใน 3 มารวมกัน → Square Wave



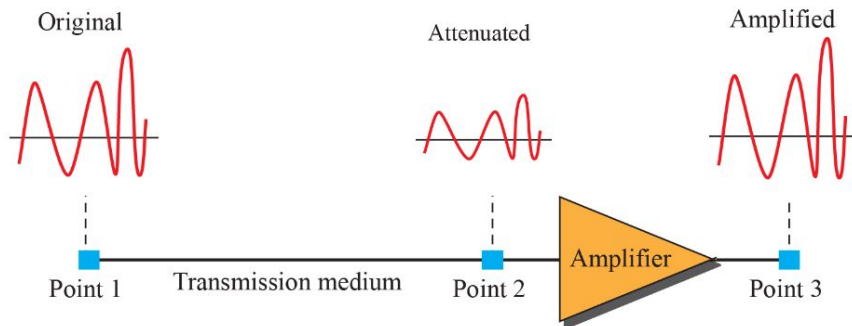
### ○ Digital Signal



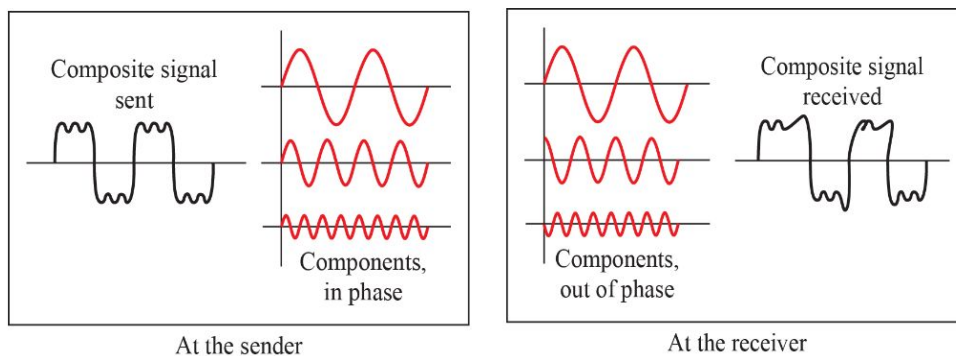
- สัญญาณที่สามารถส่งข้อมูลแล้วปลายทางสามารถตีความได้แค่ค่า 1 และ 0
- มีรูปแบบเป็น Square Wave ซึ่งเกิดจาก Composite Signal



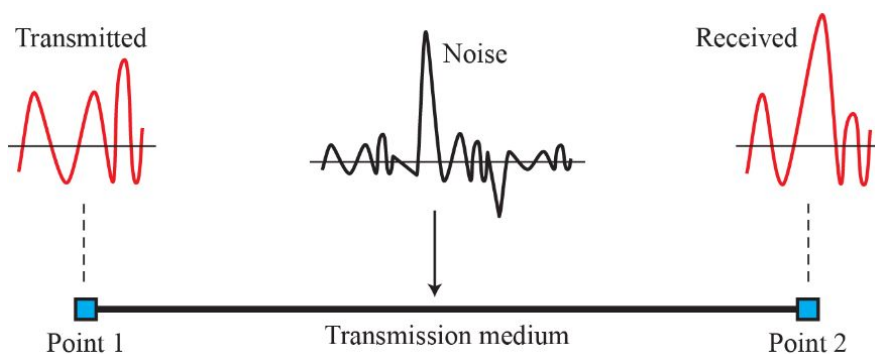
## ○ Impairment (การถูกรบกวน)



- **Attenuation** (การลดทอน) : ยิ่งไกลคลื่นยิ่งเล็ก สามารถใช้ Amplifier ช่วยขยายสัญญาณได้



- **Distortion** (สัญญาณผิดเพี้ยน) : phase และ amplitude เปลี่ยน

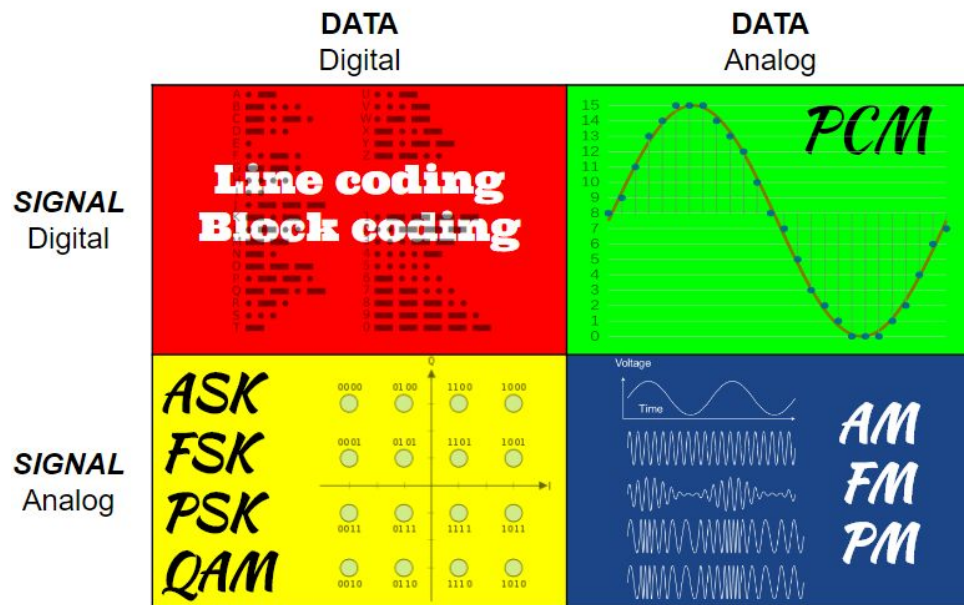


- **Noise** (สัญญาณถูกแทรก)

## ○ Performance

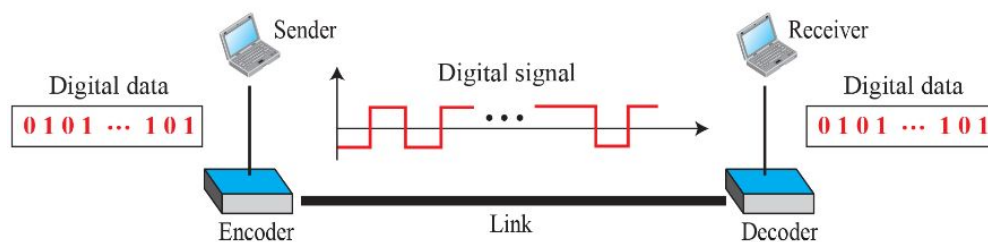
- **Bandwidth** : ความกว้างของช่วงคลื่นความถี่
- **Throughput** : จำนวนค่าที่วิ่งผ่าน
- **Jitter** : ค่าความแปรปรวนของเวลาที่เดินทางมาถึงปลายทาง

- **Transmission**



- **Digital Data to Digital Signal**

- **line coding**

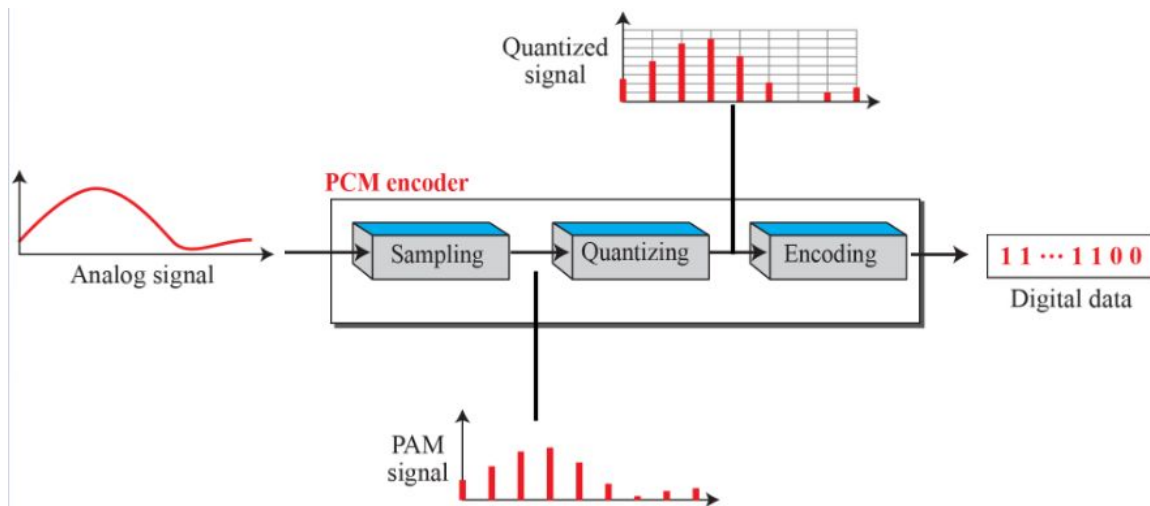


- แปลงชื่อความเป็นสัญญาณ 0 และ 1
    - **ข้อเสีย** : เมื่อไม่มีการส่งข้อมูลนานๆหรือมีสัญญาณรบกวนจนค่าผิดไปจากเดิมจะตีความไม่ออกว่าหยุดส่งแล้วหรือยัง

- **block coding**

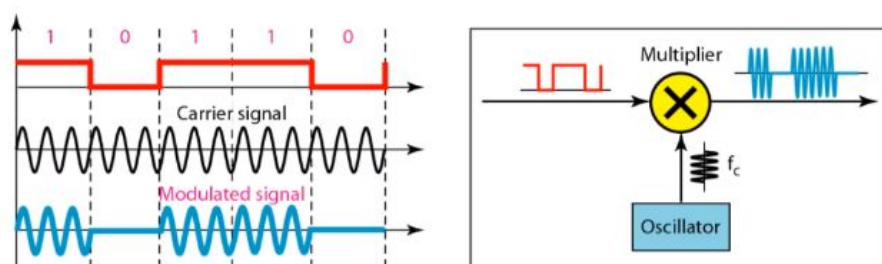
- ต่างจาก line coding ตรงที่มีการแทรกคำสั่งควบคุมเข้าไปในสัญญาณ

## ○ Analog Data to Digital Signal



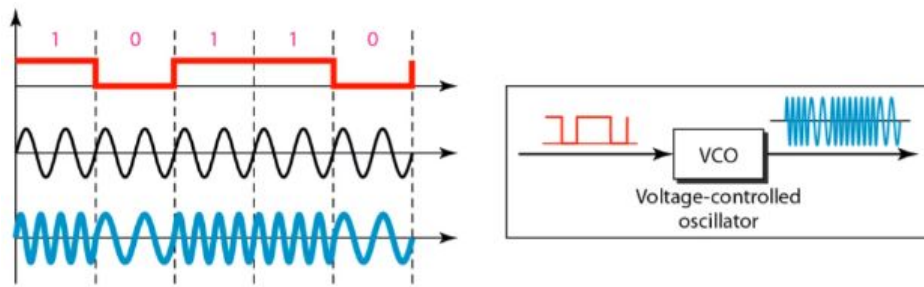
- ใช้ **PCM** เป็นตัวแปลงสัญญาณ โดยมีการทำงาน 3 ช่วง
  1. Sampling : สุ่มตัวอย่างข้อมูลที่จะส่ง
  2. Quantizing : กำหนดช่วงความถี่
  3. Encoding : แปลงเป็น digital signal
- การส่งข้อมูลมี 2 แบบ
  1. Parallel : ส่งข้อมูลไปพร้อมๆกัน
  2. Serial : แบ่งส่งข้อมูลเป็นชุดๆละ 8 bit

## ○ Digital Data to Analog Signal



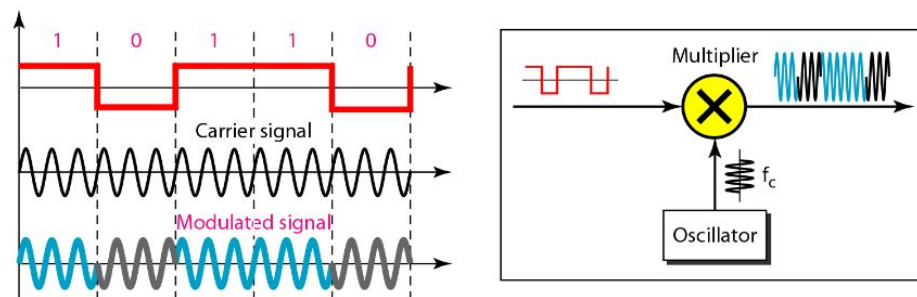
### - Amplitude Shift Keying (ASK)

- ใช้การควบคุม Amplitude เพื่อเป็นตัวแทนในการส่งข้อมูล
- ทำเทคนิคการ Modulator สัญญาณเข้าด้วยกัน



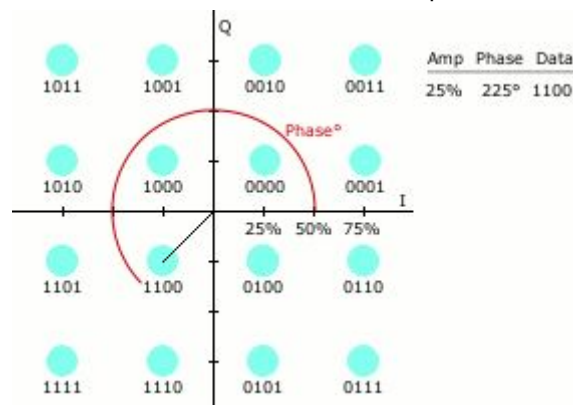
### - Frequency Shift Keying (FSK)

- ใช้การควบคุมความถี่เพื่อเป็นตัวแทนในการส่งข้อมูล
- ใช้เทคนิคการควบคุมแรงดันไฟฟ้าในการสร้างความถี่
- **ข้อเสีย** : สิ้นเปลืองความถี่



### - Phase Shift Keying (PSK)

- ใช้การควบคุม phase (จุดเริ่มต้นของคลื่นบนกราฟ)
- ใช้ Modulator เพื่อควบคุม phase ของคลื่น

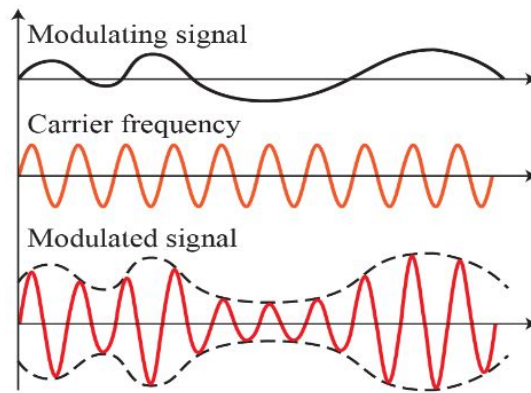


### - Quadrature amplitude modulation (QAM)

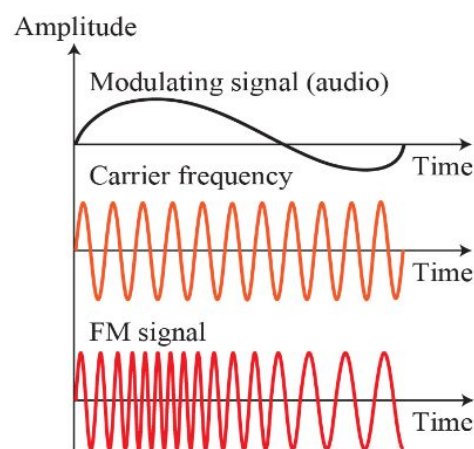
- ใช้ phase และ amplitude ของคลื่นเป็นตัวแทนในการส่งข้อมูล

### ○ Analog Data to Analog Signal

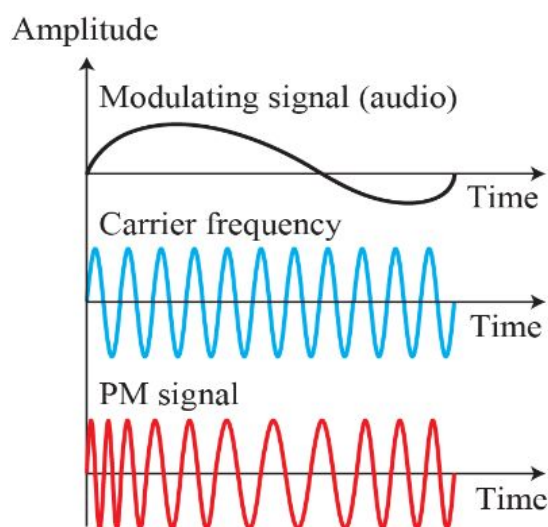
- เอา Carrier signal มา Modulation(แปลงสัญญาณ) กับข้อมูลที่ ต้องการส่งไปมี 3 แบบ



### 1. Amplitude modulation (AM) : แยกสัญญาณด้วย ขนาดของคลื่น



### 2. Frequency modulation (FM) : แยกสัญญาณด้วย ความถี่ของคลื่น



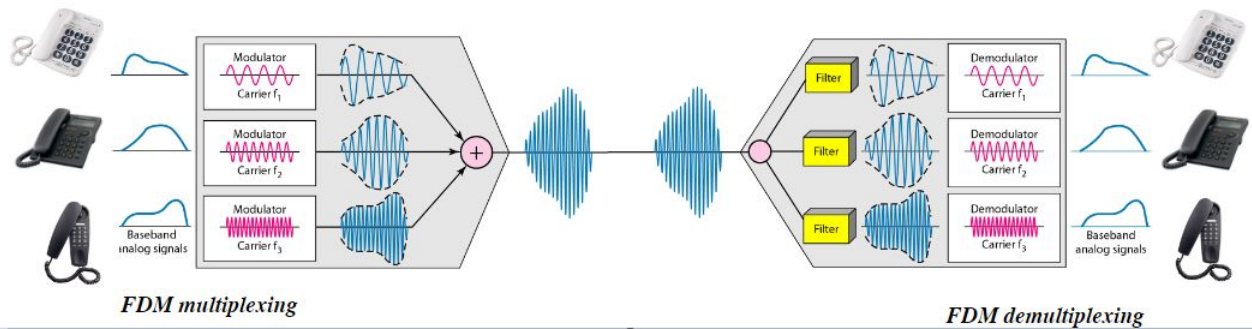
### 3. Phase modulation (PM) : แยกสัญญาณด้วยมุมที่เกิด คลื่น

## • Bandwidth Utilization

### ○ Multiplexing

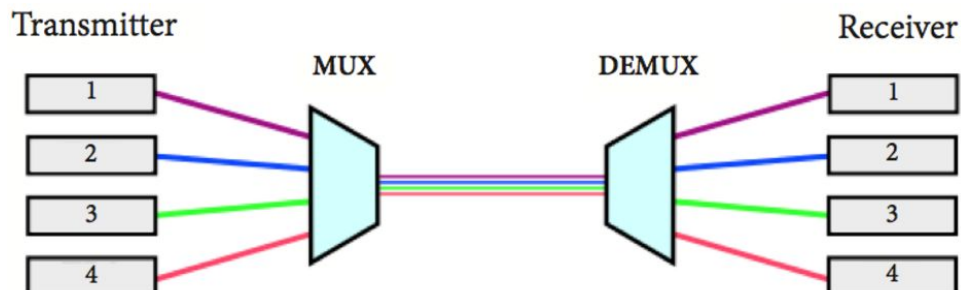
- การส่งสัญญาณมากกว่า 1 สัญญาณ พร้อมๆกัน

#### 1. Frequency-Division Multiplexing (FDM)



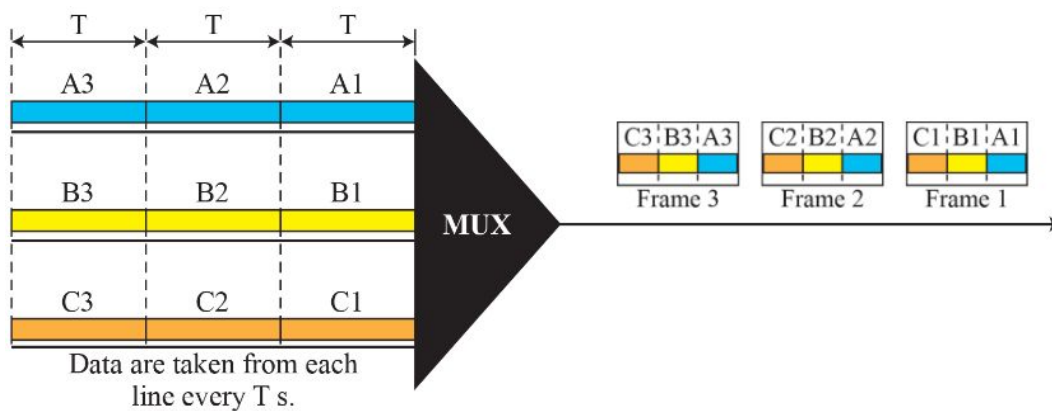
- เป็น analog
- นำ signal หลังจาก modulation ที่แตกต่างกันมารวมกันแล้วค่อยส่งไป
- เช่น โทรศัพท์บ้าน

#### 2. Wavelength-Division Multiplexing (WDM)



- เป็น analog
- ส่งแสงที่มีความยาวคลื่นไม่เท่ากันกันไปพร้อมๆกัน
- เช่น การส่งข้อมูลในสาย fiber optic

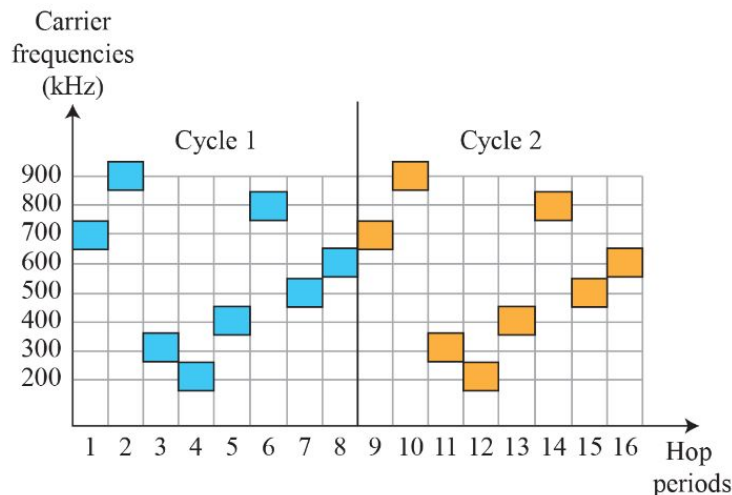
#### 3. Time-Division Multiplexing (TDM)



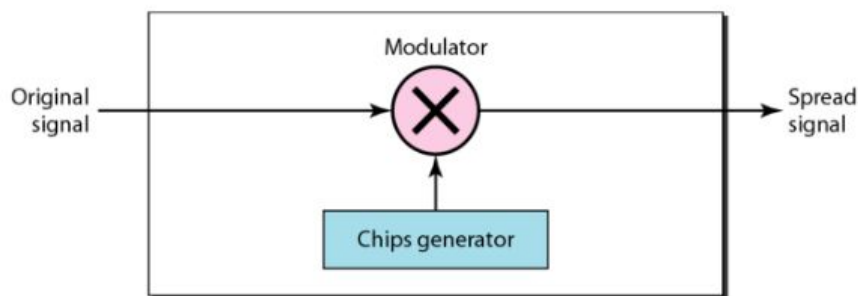


- เป็น digital
- แบ่งข้อมูลทุกๆข้อมูลแล้วค่อยๆส่งไปในแต่ละวิ โดยเวลาของ multiplexing-demultiplexing ต้องตรงกัน
- เช่น MUX ใน digital TV

## ○ Spread Spectrum



### 1. Frequency Hopping Spread Spectrum(FHSS) : ส่งค่าข้ามไปเรื่อยๆ



### 2. Direct Sequence Spread Spectrum(DSSS) : ข้อมูลถูก modulation ด้วย code ก่อนแล้วค่อยส่งค่า

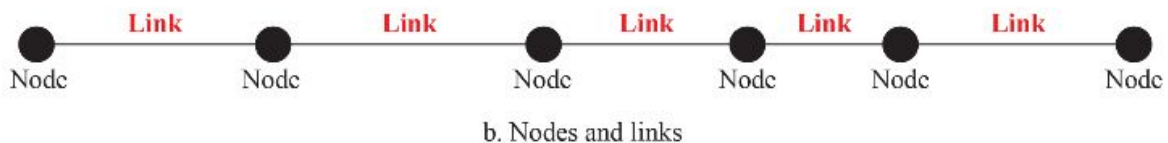
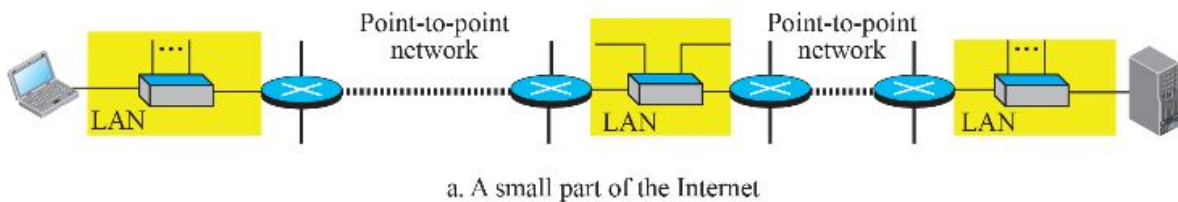
## ◆ Datalink Layer

หน้าที่หลัก คือ การตรวจหา bit ที่ผิดพลาดของข้อมูล และแก้ไขข้อมูลใน bit ที่ผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งในปัจจุบันไม่ได้มีบทบาทมากในการตรวจหาข้อผิดพลาดเหมือนในสมัยก่อน เพราะเนื่องจากสภาพแวดล้อมของระบบเครือข่ายดีขึ้น Datalink ในแต่ละที่อาจจะเหมือนหรือแตกต่างกันได้



## - Node and Link

- Datalink Layer นั้นจะมองการเชื่อมต่อเป็นแบบ Node ต่อ Node โดยเวลาตัวของ Datalink นั้นเวลาส่งข้อมูลจะมองไปได้แค่ Node ถัดไปเท่านั้น ซึ่งเมื่อจะเชื่อมต่อระหว่าง Node ที่มี Datalink ต่างกันก็อาจจะเชื่อมต่อได้ด้วย Router (Node)



ซึ่ง Link ในที่นี้จะมี 2 แบบคือ point to point และ broadcast link

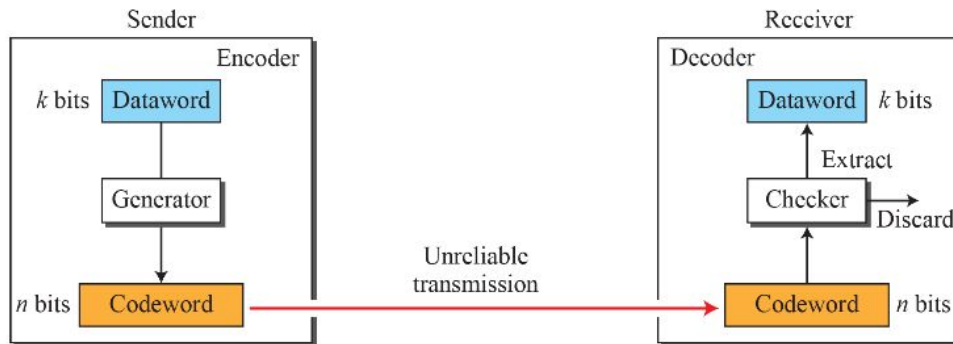
- Point to Point คือ การเชื่อมต่อของ Node สอง Node ซึ่งการเชื่อมต่อจะสร้างแบบลากตรง ซึ่งการเชื่อมต่อสามารถให้บริการได้ 3 อย่าง คือ
  - a. Direct Connection เชื่อมต่อแบบตรงๆ
  - b. Authentication ทำการเชื่อมต่อแบบมีการพิสูจน์ตัวตน
  - c. Transimition and Encryption ส่งข้อมูลแบบมีการเข้ารหัส
- Broadcast Link คือการเชื่อมต่อแบบส่งไปหาปลายทางแบบหลายคน

## - Error Detection And Correction

ในตัวของ Datalink Layer จะมีเทคนิคในการเช็คข้อมูลอยู่โดยใช้ concept Redundancy(การเพิ่ม bit ลงไปเพื่อการเช็คข้อมูลด้วยทฤษฎี **Hamming Distance** หรือการนำค่า 2 ค่าที่มีขนาดเท่ากันแล้วนำมาเปรียบเทียบจุดที่แตกต่าง) โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

### - Block Coding

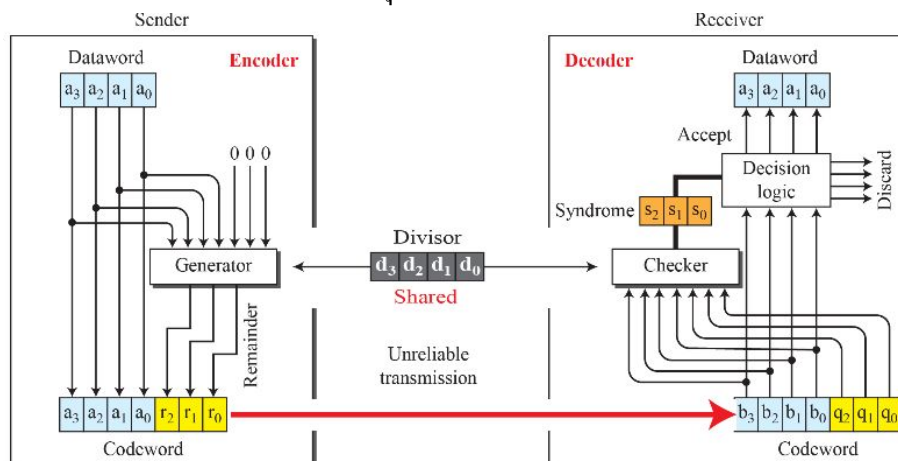
จะทำการ Generate Data ให้กลายเป็น Codeword แล้วทำการส่งไปยังปลายทาง ปลายทางจะมีการตรวจสอบ CodeWord ที่ส่งมาว่าถูกต้องไหมถ้าไม่ทำการ drop ข้อมูลทิ้ง ซึ่งการ Generate codeword นั้นใช้การทำ Operation XOR (Exclusive OR) หรือการทำ Parity bit



<i>Datawords</i>	<i>Codewords</i>	<i>Datawords</i>	<i>Codewords</i>
00	000	10	101
01	011	11	110

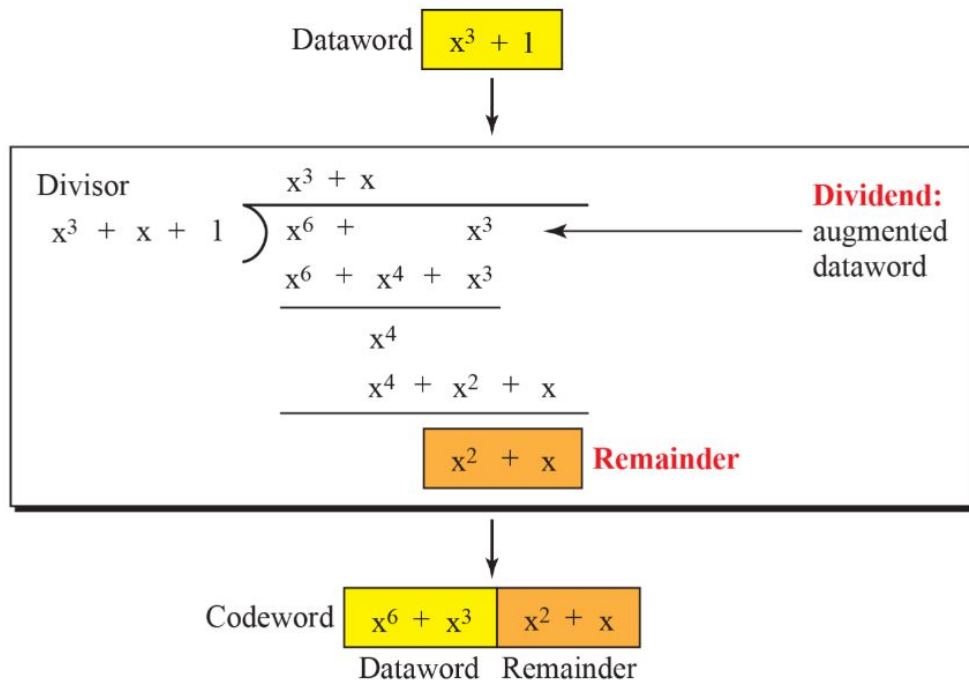
### - Cyclic Redundancy Check (CRC)

- หนึ่งในเทคนิคในการทำ Error Decion ซึ่งจะใช้เทคนิคการหารยาวในการทำ Codeword
- เมื่อส่งข้อมูลไปยังปลายทางจะส่ง Divisor (ตัวหาร) ไปด้วยเพื่อทำการ decode และ check codeword
- ส่วนมากพบในการทำใน LAN และ WAN
- ใช้งานได้ดีในการจุดผิดเพียงแค่ 1 bit



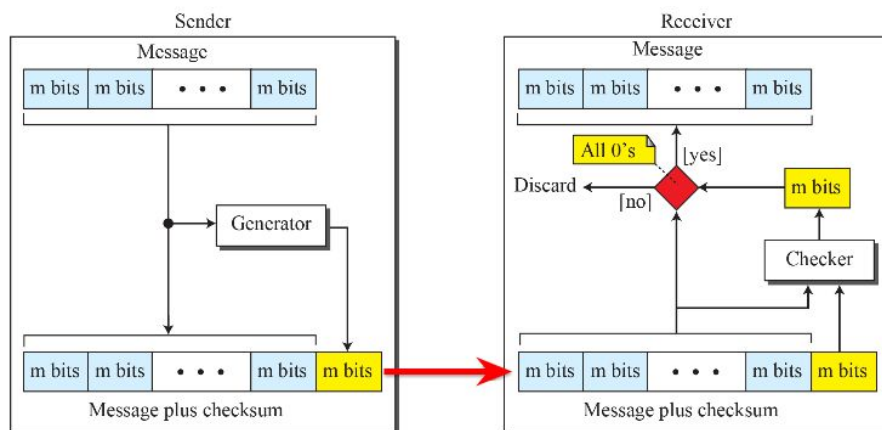
### - A Polynomial Division

- ใช้เทคนิคการหารด้วยพหุนาม โดยการตั้งหารยาว



## - Checksum

- ใช้วิธีการบวกรวมผลลัพธ์แล้วทำ 1's complement
- เมื่อข้อมูลไปยังปลายทางจะส่งผลรวมไปด้วย
- ส่วนมากพบในการทำ WinRAR ไฟล์



ภายใน Datalink Layer ยังมี 2 sublayer อยู่ภายในตัวมันเอง คือ LLC (Logical Link Control) ที่ไว้คอยติดต่อกับ Network Layer และ MAC (Media Access Control) ที่ไว้คอยติดต่อกับ Physical ซึ่งในจุดของ Media Access Control เป็นจุดที่ทำ Bandwidth Utilization, Transmission และ Signal Conversion โดยปกติแล้วในตัว Physical เป็นตัวที่ส่งสัญญาณอย่างเดียวโดยจุดที่ทำคือ Sublayer ที่มีชื่อว่า Media Access Control

## ❖ Media Access Control

Sublayer ของ data link layer ที่คอยควบคุมการเข้าถึง Physical Layer โดยมีเทคนิคดังนี้

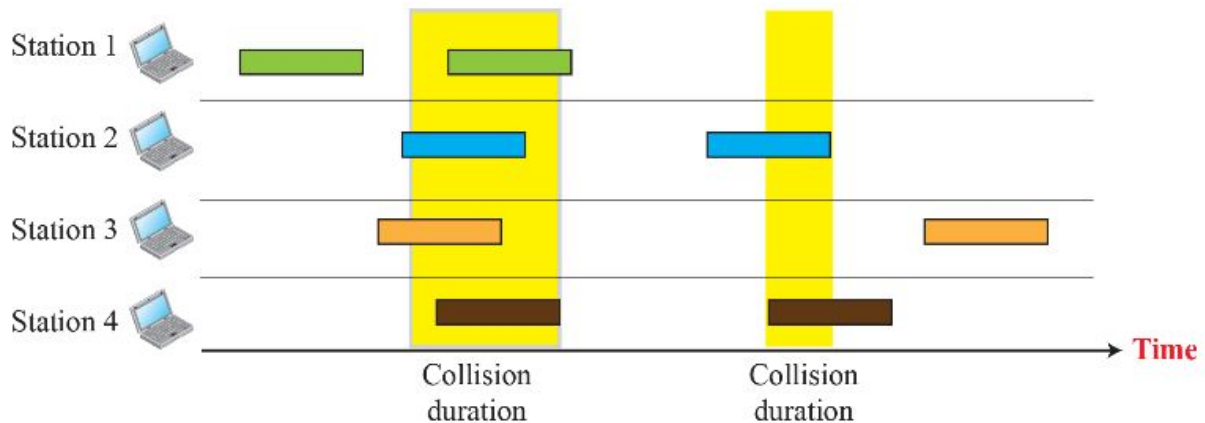
### - Random

คือ การที่ให้สามารถทุกคนมีโอกาสเข้าถึงที่เท่ากันและมีการจัดการภายใน

#### - ALOHA

คือ การ Random การเข้าถึง Media

- มีโอกาสที่ข้อมูลจะชนกันสูงเพราะทุกคนส่งพร้อมๆกันหมดในตัวกลาง
- ในแรกเริ่มนั้นใช้กับระบบ Wireless LAN ปัจจุบันเลิกใช้งานไปแล้ว

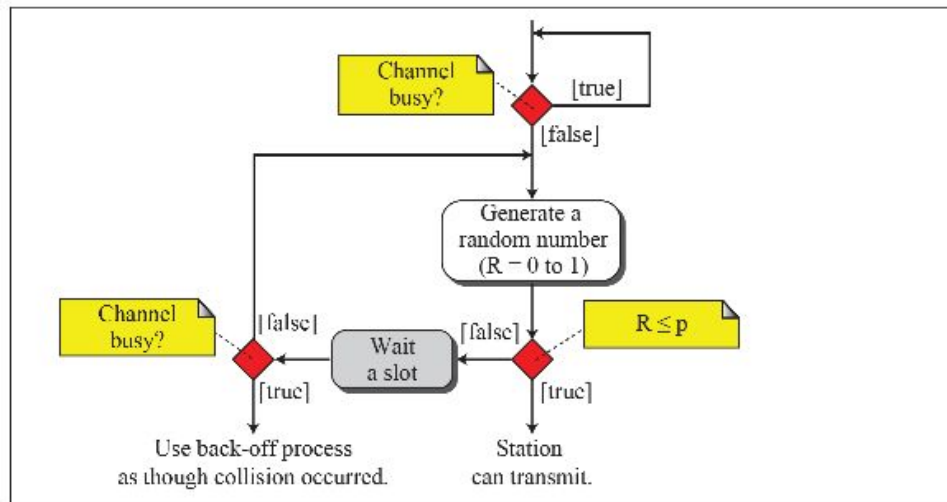


#### - CSMA (Carrier-Sense Multiple Access)

- เป็นวิธีการส่งที่ใช้เทคนิค “การฟังก่อนแล้วพูด” เพื่อไม่ให้เกิดการชนของข้อมูล

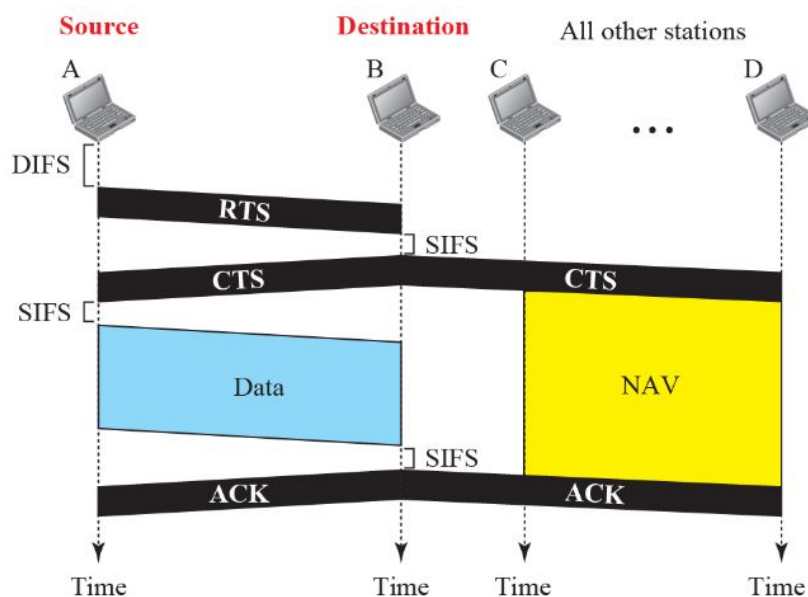
#### - CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection)

- คอยตรวจสอบว่ามีข้อมูลชนกันหรือไม่ใน Domain เดียวกัน
- วิธีการตรวจสอบอาจจะตรวจสอบจากค่าทางไฟฟ้าที่ผิดปกติ
- วิธีแก้ไขหากเกิดการชนกันของข้อมูลคือ ส่งให้ทุกคนหยุดส่งแล้วให้ส่งใหม่อีกรอบ หากเกิดเหตุการณ์นี้ซ้ำๆ จะทำให้การทำงานของ Network ช้าลง
- วิธีป้องกันไม่ให้เกิดพื้นที่ Collision Domain ที่ใหญ่มากคือการแบ่ง VLAN



## - CSMA/CA (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Avoidance)

- เป็นการจัดการที่ใช้ในระบบ Wireless LAN ในปัจจุบัน
- ใช้เทคนิคการหลีกเลี่ยงช่องสัญญาณที่มีการใช้งานอยู่
- ใช้ Frame RTS (Request To Send) และ CTS (Clear To Send) ในการตรวจสอบแล้วส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ

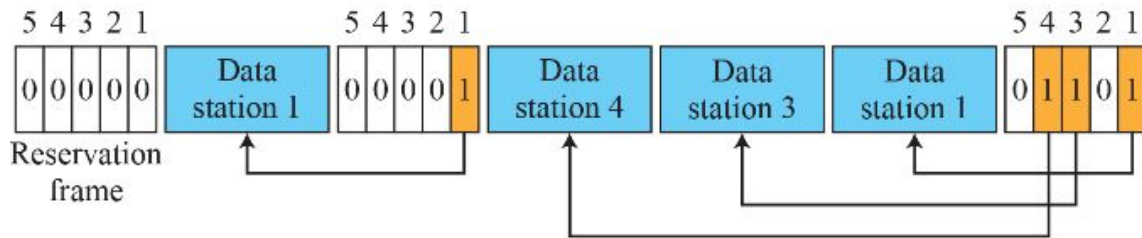


## - Controlled Access

คือ การที่สถานีคอยจัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูลโดยก่อนรับส่งอาจจะมีการรับสัญญาณจากสถานีอื่นว่าสามารถใช้งานได้ โดย **Controlled Access** จะมี 3 วิธีการในการทำ

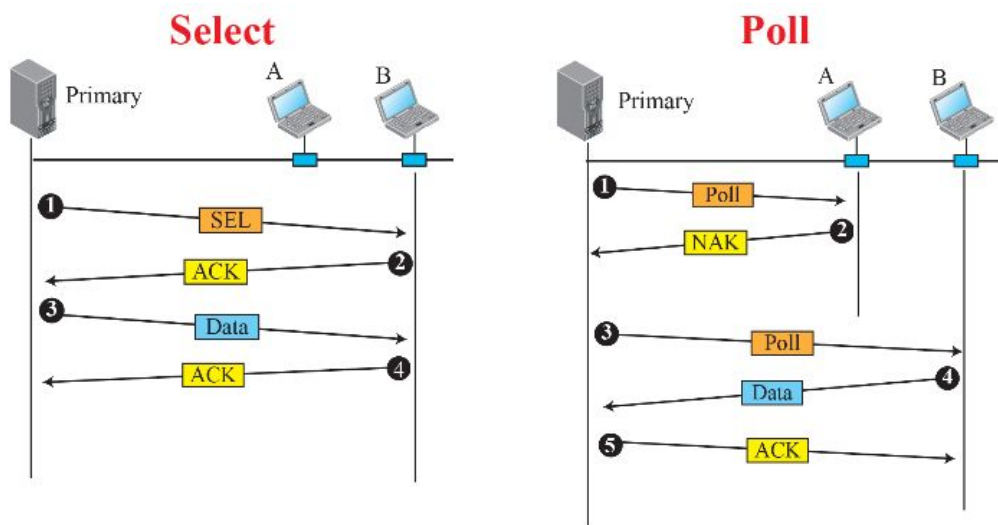
## - Reservation

คือ การที่จองช่องสัญญาณก่อนจะทำการส่งข้อมูลไป โดยในแต่ละช่วงเวลานั้น จะมี frame ที่ส่งไปในแต่ละจุดเพื่อ flow ข้อมูลไป



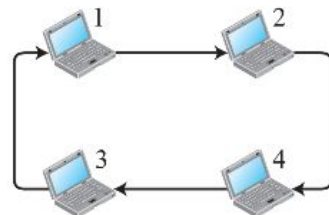
## - Polling

Primary Station ใช้วิธีการส่งสัญญาณไปยัง Client ที่เป็น Secondary Station แล้วให้ Permission การเข้าถึงในแต่ละเครื่องโดยเครื่อง Client จะตอบกลับผ่าน ACK

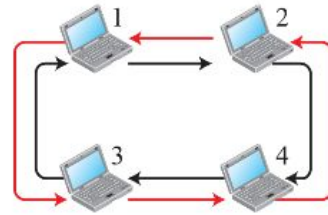


## - Token Passing Protocol

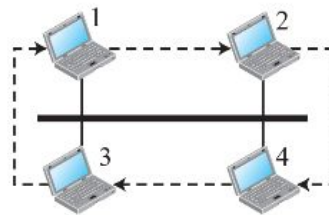
- ทุกเครื่องจะเชื่อมหากันหมดเป็นแบบวงแหวน
- ข้อมูลที่ส่งทุกเครื่องจะได้รับทั้งหมดเพราะข้อมูลจะวิ่งผ่านทุกเครื่อง
- **ข้อดี** : สามารถลดเรื่องข้อมูลชนกันได้ดี
- **ข้อเสีย** : หากเครื่องเครื่องหนึ่งมีปัญหาจะทำให้ทั้งระบบใช้งานไม่ได้



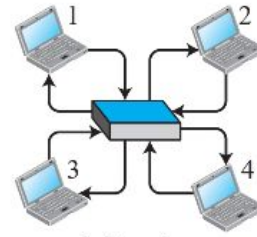
a. Physical ring



b. Dual ring



c. Bus ring



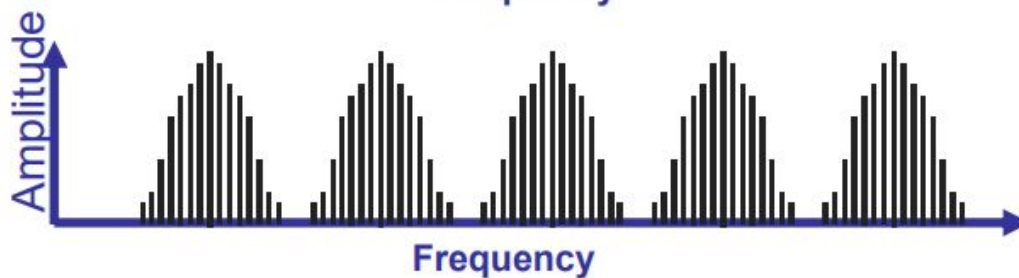
d. Star ring

## - Channelization

เป็น เทคนิคการควบคุมการใช้ช่องสัญญาณให้เกิดประสิทธิภาพที่สุดไม่ว่าจะใช้ความถี่ เวลาหรือการเข้ารหัส

### - FDMA (Frequency-Division Multiple Access)

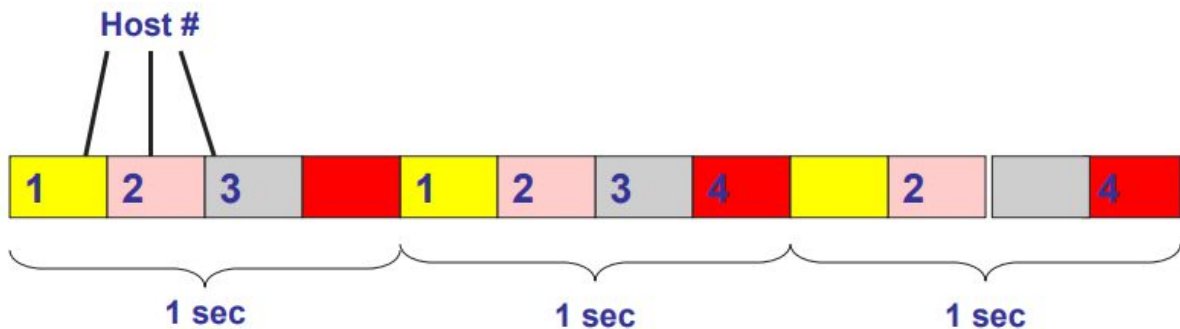
- ใช้เทคนิคการแบ่ง Bandwidth ที่มีอยู่ออกเป็นย่านความถี่ (Band)
- ที่สถานีฐานจะกรองความถี่ออกเพื่อแยกออกมาจากไหน
- พบในโทรศัพท์รุ่นแรก (1G)





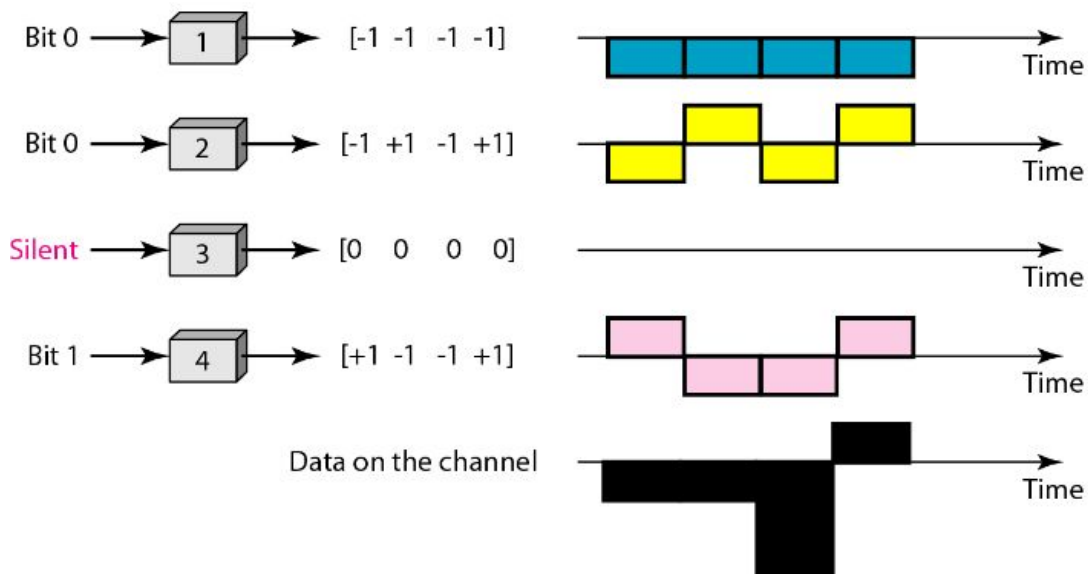
### - TDMA (Time-Division Multiple Access)

- ใช้วิธีการแบ่งช่วงเวลาการเข้าถึงแต่ใช้บนความถี่เดียวกันและ Band เดียวกัน
- พบในโทรศัพท์ระบบ GSM



### - CDMA (Code-Division Multiple Access)

- ใช้เทคนิคการเข้ารหัสข้อมูลที่แตกต่างกัน แต่ใช้บนคลื่นความถี่และย่านความถี่เดียวกัน
- พบได้ในระบบของ WCDMA (3G)

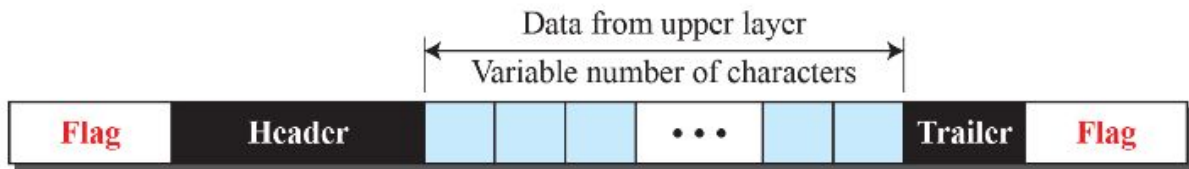


### - OFDMA

## ❖ Datalink Control (DLC)

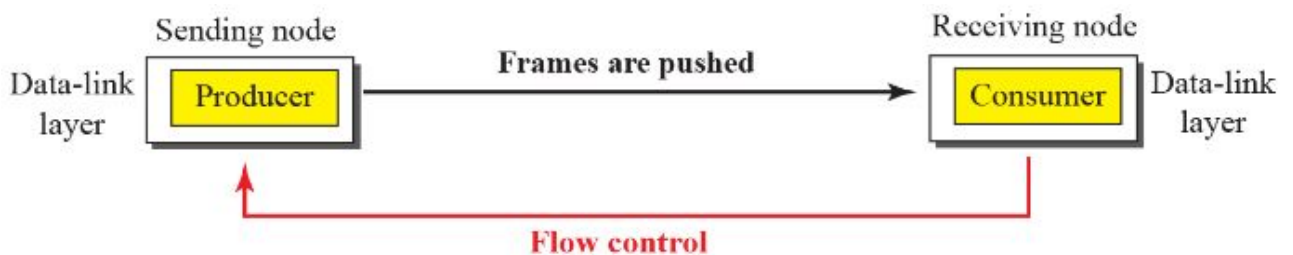
เป็น Sub Layer ของ Data Link Layer ที่อยู่ข้างบนของ Media Access Control คอยจัดการ Packet ที่มาจาก Network Layer ให้กลายเป็น Frame และยังจัดการ Flow ของข้อมูลรวมไปถึงการควบคุมข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

## - Frame Structure



## - Flow Control

เป็น การควบคุมการส่งโดยที่เมื่อส่งไปแล้วทางผู้รับจะมี **ACK** กลับมาเพื่อควบคุมการส่งว่าเร็วเกินไปที่จะรับไหวหรือไม่ โดยถ้าหากเร็วเกินไปก็สามารถลดปริมาณการส่งได้ ซึ่งถ้ามากจนเกินไปจะใช้การ **Stop and Wait**



## - Error Control

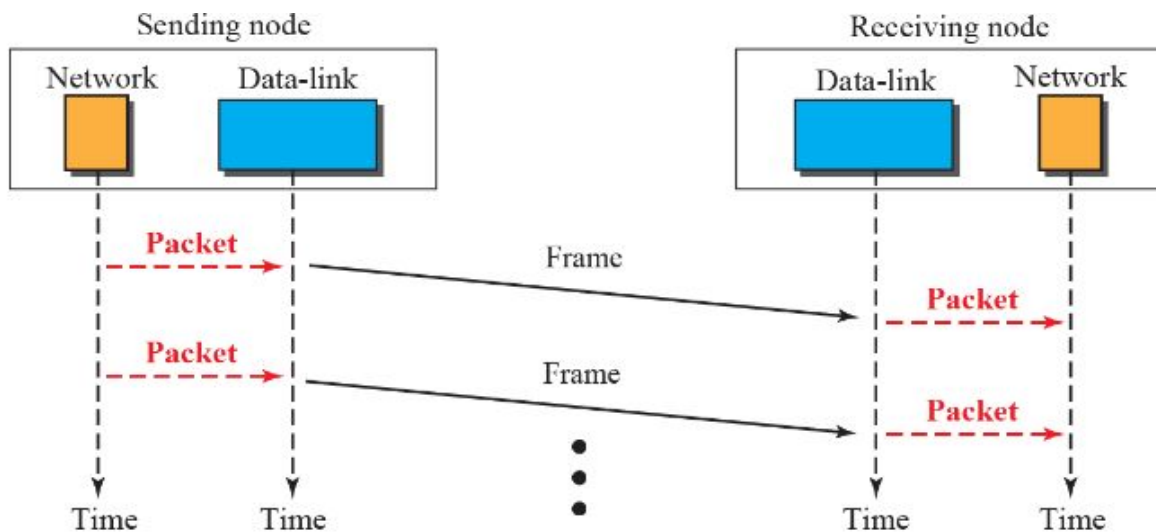
เมื่อเริ่มมีการส่งข้อมูลทั้งผู้ส่งและรับจะต้องมีการทำ **Error Control** เพื่อให้รู้ว่า **Frame** ที่ส่งไปนั้นสำเร็จหรือเกิดข้อผิดพลาดหรือไม่ ซึ่งที่จะส่งข้อมูล frame ใหม่ไปก็ต้องได้ **ACK** ที่บอกว่าส่งไปต่อได้โดยสิ่งที่มีในการทำ **Error Control** คือ

- **Error Detection** คือ การที่ตรวจสอบว่าเกิดข้อผิดพลาดหรือไม่
- **Positive ACK** คือ Acknowledge ที่บอกให้ผู้ส่งรู้ว่าไม่มีข้อผิดพลาด
- **Negative ACK** คือ Acknowledge ที่บอกให้ผู้ส่งรู้ว่า มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นเช่น frame เสียหาย หรือส่งมาซ้ำ ซึ่งอาจจะให้ผู้ส่ง ส่งมาใหม่
- **Retransmission** คือ การที่เกิดข้อผิดพลาดแล้วผู้ส่งต้องส่ง frame นั้นๆไปใหม่

## - DLC Protocol

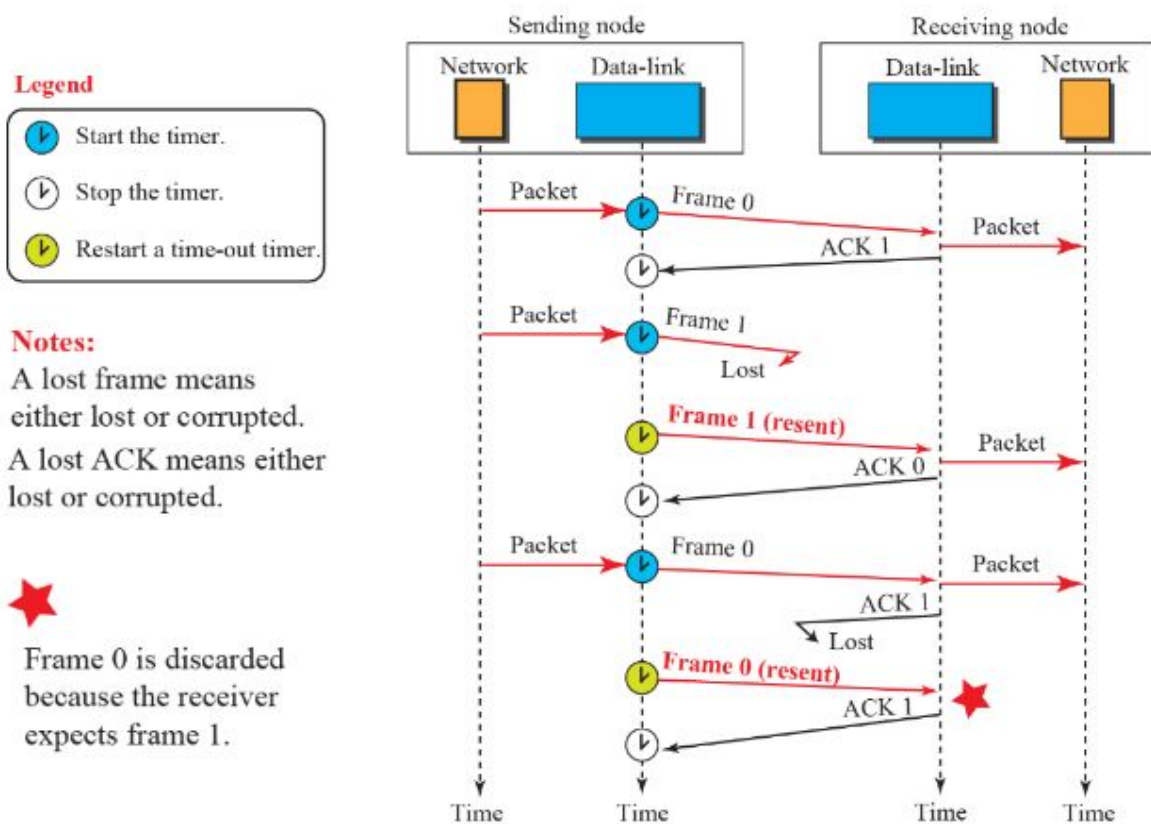
### - Simple Protocol

เป็น Protocol ที่มีการส่งแบบตรงไปตรงมาและไม่มีการทำ **Error Control**



### - Stop and Wait Protocol

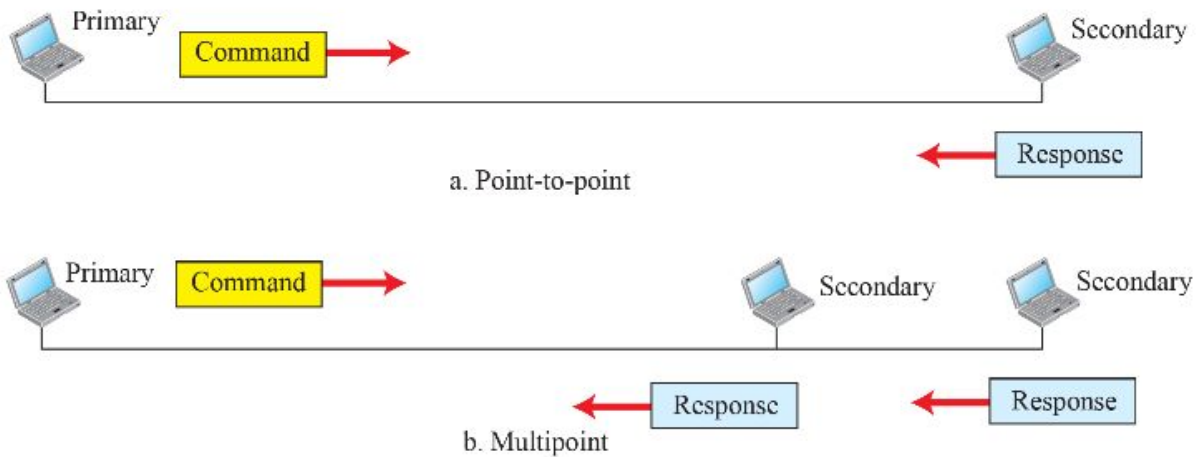
เป็นการที่หยุดก่อนแล้วค่อยส่งต่อ โดยจะใช้ ACK จากปลายทาง มีการทำ Error and Flow Control ใน Protocol ตัวนี้ Protocol นี้จะมีการทำ CRC เพื่อใช้ตรวจหา Frame ที่ผิดพลาดด้วย



### - HDLC Protocol (High-Level Data Link Control)

- เป็น Protocol ที่ใช้ในการติดต่อ point to point และ Multipoint

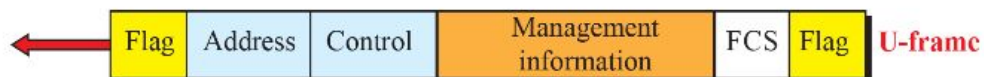
- นำหลักการ Stop and Wait มาใช้งาน
- รองรับ Protocol หลายแบบเช่น Apple Talk , Novell IPX เป็นต้น
- **Transfer Mode**
  - **Normal Response Mode (NRM)** ฝ่ายที่ออกคำสั่ง และอีกฝั่งประมวลผลคำสั่ง



- **Asynchronous Balanced Mode (ABS)** สามารถออกคำสั่งและประมวลผลคำสั่งทั้งสองฝ่าย

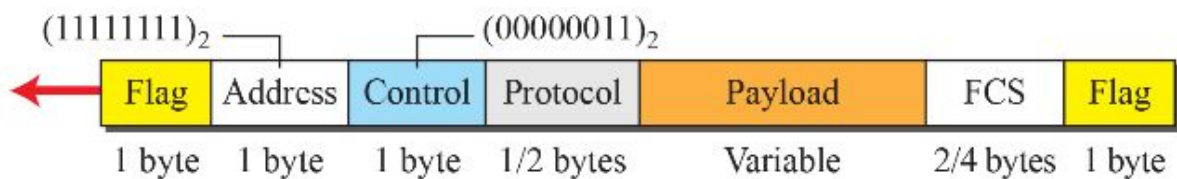


- **Framing**
  - I-Frame(Information Frame) ใช้ส่งข้อมูล
  - S-Frame(Supervisory Frame) ใช้ส่งพวก acknowledge
  - U-Frame(Unnumbered Frame)



## - PPP

- เป็นหนึ่งใน Protocol ที่ใช้รับส่ง Frame ใน LAN และ WAN
- อุปกรณ์ทุกยี่ห้อสามารถใช้ PPP ได้
- Frame of PPP



## - Transition Phase

