CPE 426 Computer Networks

Chapter 2: Review Part II

LAN Technologies

Course Outlines

- ดูใน Sheet
- สามารถ Download ได้
  - http://cpe.rsu.ac.th/ut

Review Part II

- LAN and LAN Technologies
- เน้นที่ Ethernet Technologies

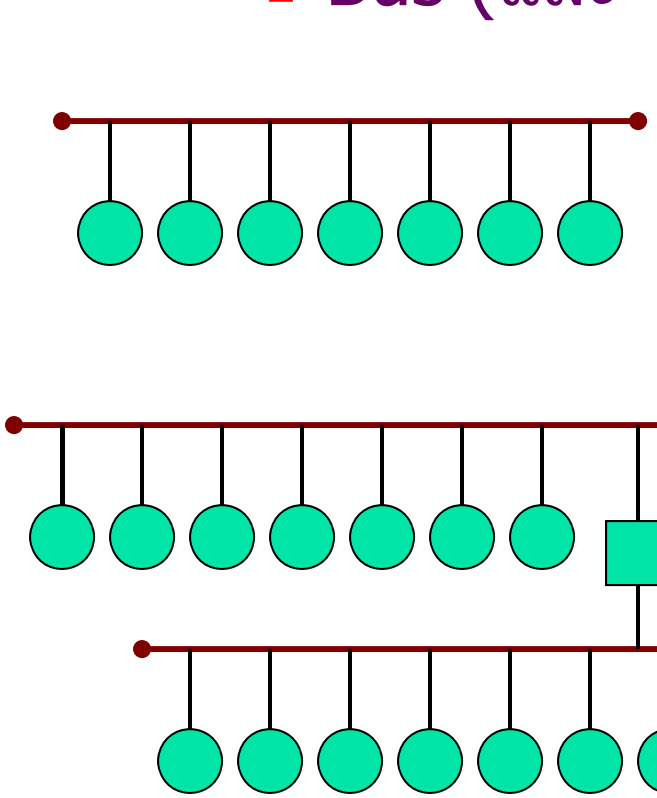
Network types

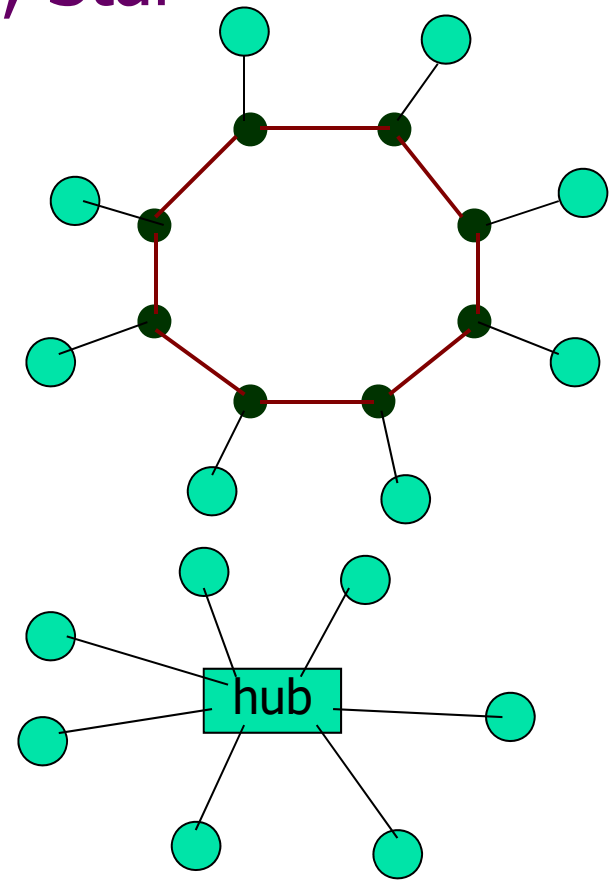
ปัจจุบัน Technology ของ LAN ผ่าน Fiber Optic สามารถส่งได้ไกลในระดับ MAN

	Range	*Bandwidth (Mbps)*	*Latency (ms)*
LAN	1-2 kms	10-1000	1-10
WAN	worldwide	0.010-600	100-500
MAN	2-50 kms	1-150	10
Wireless LAN	0.15-1.5 km	2-11	5-20
Wireless WAN	worldwide	0.010-2	100-500
Internet	worldwide	0.010-2	100-500

วิธีแก้คือ Share Medium และทำ Multiple Access Control

- ใน LAN จะใช้ Topology 3 แบบที่สำคัญ
  - Bus (และ Tree), Ring, Star





การ Share Medium

- **ต้องมีการควบคุม = Medium Access Control**
- **End Node จะต้องมีการกำหนดชื่อหรือ Address สำหรับอ้างอิง หรือกำหนด Circuit Number**
- **Intermediate Node จะใช้หมายเลขอ้างอิงดังกล่าวในการตัดสินใจส่งข้อมูลต่อออกไป(Forwarding)**
- **ดังนั้น**
  - 1. Data ที่ส่งจะต้องแปะส่วนหัว (Header) ด้วยข้อมูลต่างๆของ Address และการ Control เราเรียกว่าเป็นการทำ Encapsulation ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่า Frame
  - 2. ที่ส่วนท้ายของ Frame จะมีการต่อด้วยข้อมูลช่วยตรวจจับความผิดพลาด (Error Detection) มักจะเป็น CRC Code เรียก Frame Check Sequence(FCS)
  - 3. ก่อนหน้าส่วน Header และหลัง FCS อาจจะมีการเติมบิตสำหรับช่วยตรวจจับหัวและท้ายของ Frame (Frame Delimiter: Pre-amble/Post-amble)
  - 4. สำคัญที่สุดต้องมีการกำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆเหล่านี้ให้เป็นมาตรฐาน คือกำหนดเป็น Protocol ของการสื่อสาร

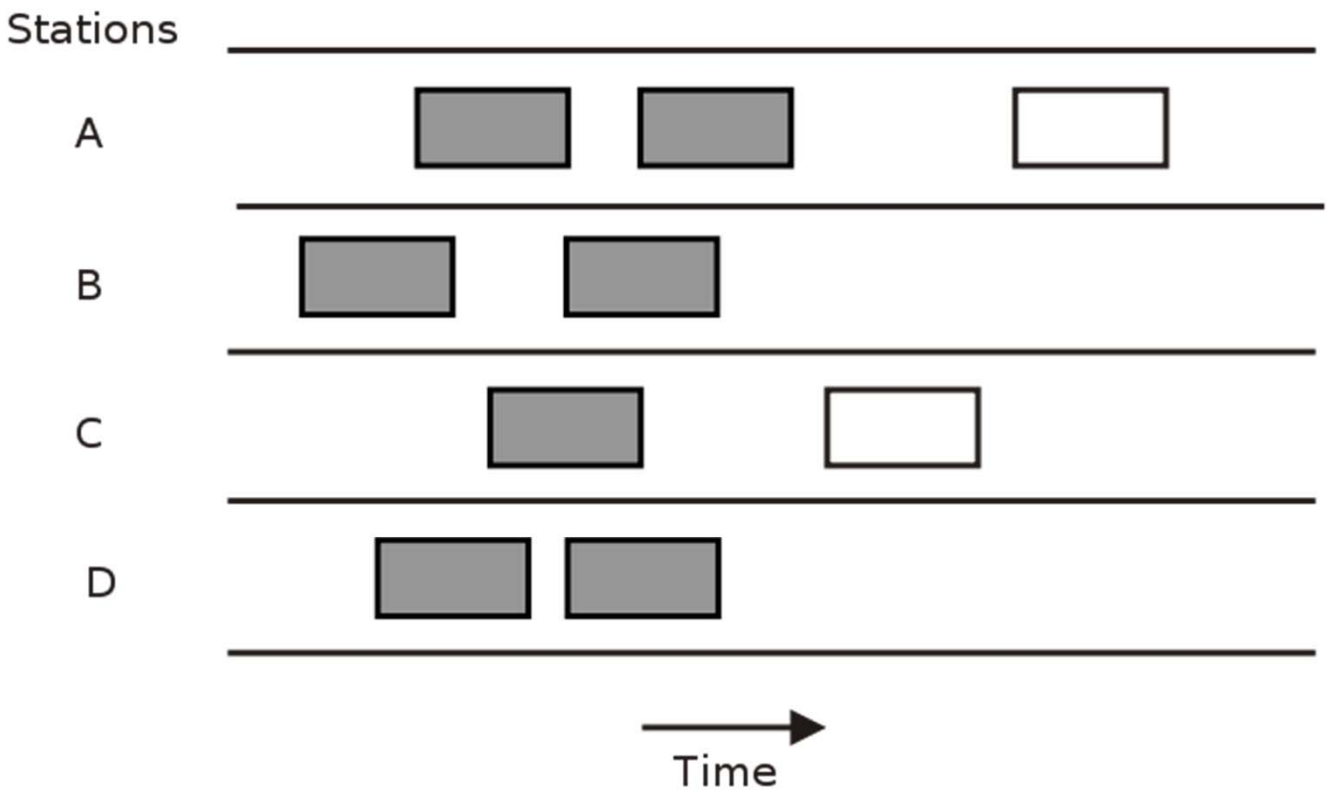
LAN vs WAN Technologies

- **LAN มักจะใช้การ Share Medium แบบ Contention ดังนั้นจะต้องมีขบวนการควบคุมการทำ Multiple Access**
  - Topology ที่เหมาะสมคือ Bus, Ring, Star
- **WAN จะ Share Medium เช่นกัน แต่มักจะใช้วิธีของ Synchronous Multiplexing (TDM) ใน Circuit Switching Networkหรือ Statistical Multiplexing (ใช้ใน Packet Switching Network)**
  - Topology ที่เหมาะสมคือ Mesh Network และมักจะเป็น Partial Mesh
- **Internetworking Technologies มักจะถูกใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง LAN ผ่าน WAN Network**
  - ที่นิยมคือ Internet (IP Network)

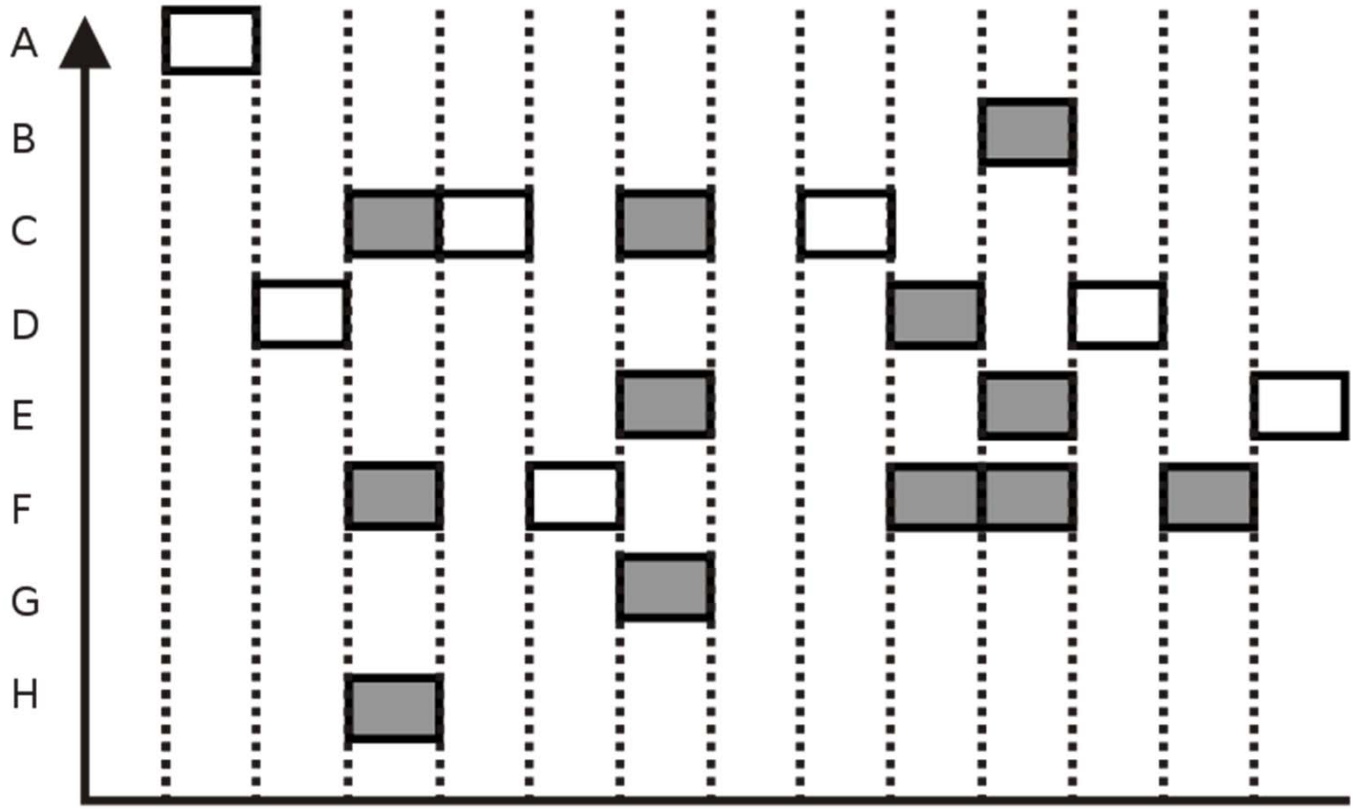
ALOHA System

- เป็นระบบที่ใช้ทดลองการทำ Multiple Access(Random Access) ของ Packet Radio System
  - 1970 University of Hawaii
- จากการวิจัยพบว่า Efficiency ของระบบ มีได้สูงสุด 18%
  - ถ้าใช้ Slotted ALOHA จะได้ถึง 36%
- ค่านี้เป็นค่าสูงสุดในทางทฤษฎี
- การศึกษาวิจัย ALOHA นำไปสู่การพัฒนา CSMA ซึ่งถูกนำไปใช้เป็นครั้งแรกใน Ethernet
  - ให้ฟังก่อนที่จะส่ง

Pure ALOHA



Slotted ALOHA



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

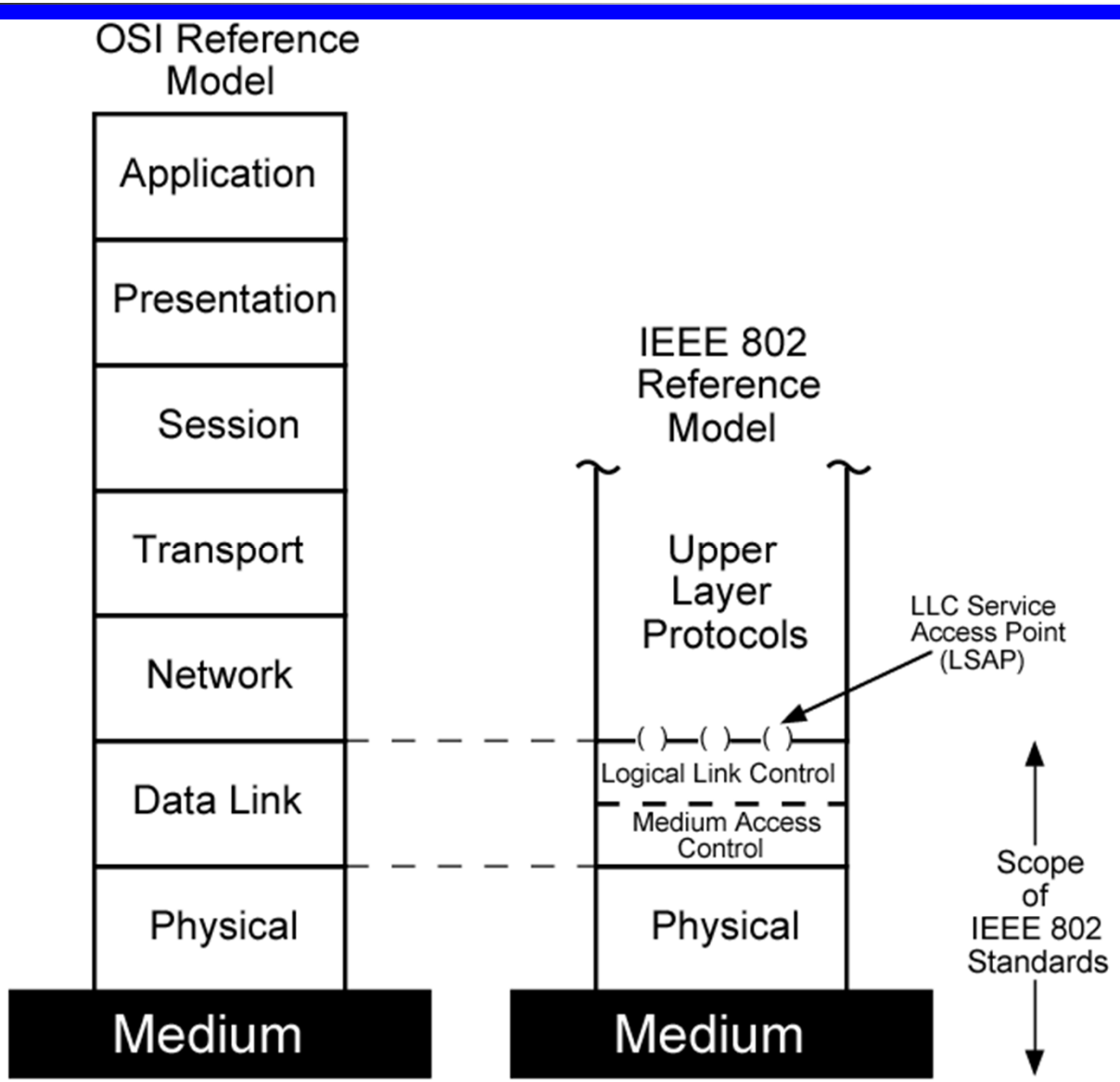
Local Area Networks

- **Smaller scope**
  - Building or small campus
- **Usually owned by same organization as attached devices**
- **Data rates much higher**
- **Usually broadcast systems**
- **Now some switched systems and ATM are being introduced**

LAN Configurations

- **Switched**
  - Switched Ethernet
    - May be single or multiple switches
  - ATM LAN
  - Fibre Channel
- **Wireless**
  - Mobility
  - Ease of installation

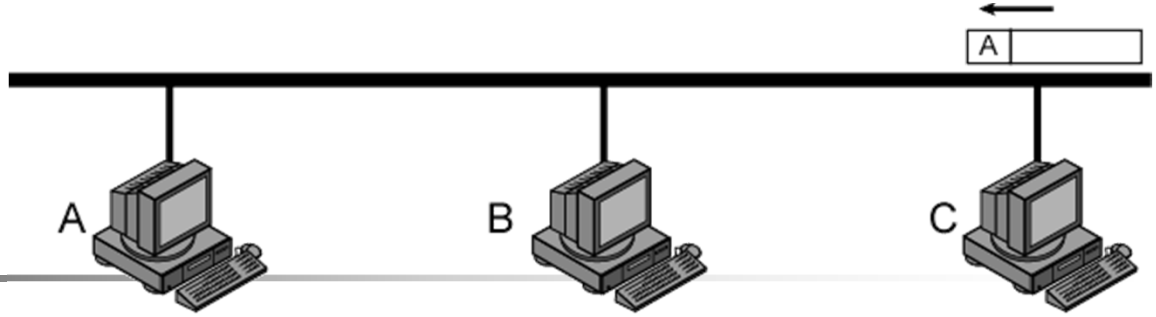
IEEE 802 v OSI



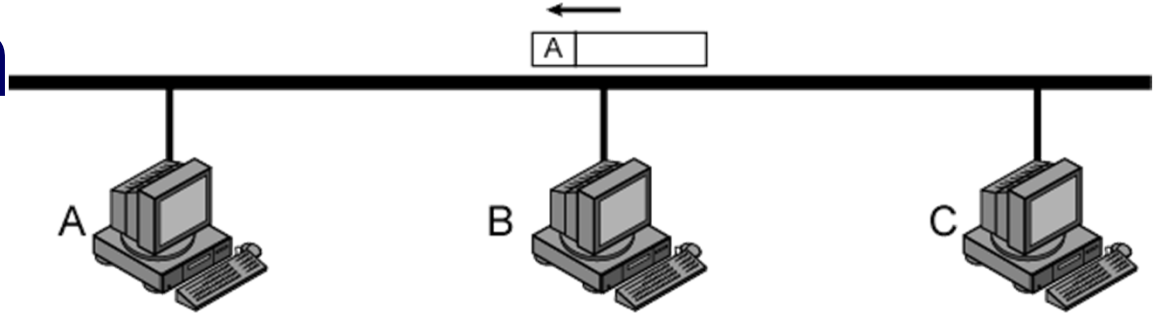
Protocol Stack

- **Application**
- **Data link**
  - Logical Link Control(LLC)
  - Medium Access Control(MAC)
- **Physical**

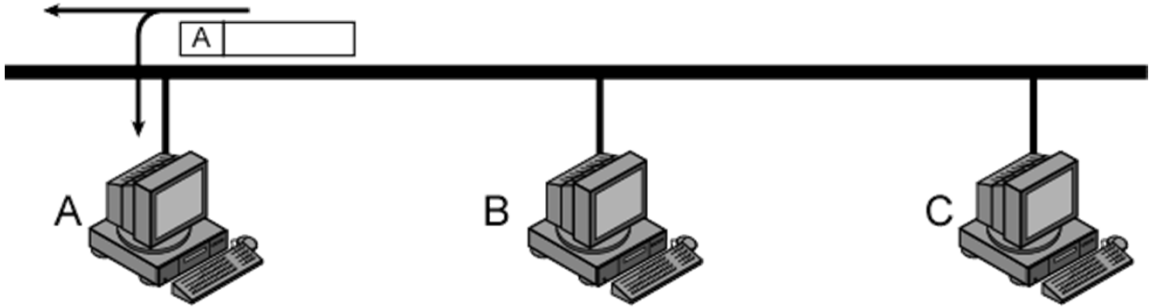
Frame Transmission on Bus LAN



C transmits frame addressed to A



Frame is not addressed to B; B ignores it



A copies frame as it goes by

CSMA ใน BUS Ethernet

- **Carrier Sense Multiple Access**
- **1. ก่อนส่งข้อมูล ให้ฟังก่อนว่ามีใครกำลังใช้ Channel หรือไม่ ถ้าไม่มีให้ส่งได้ มิฉะนั้นให้รอจนกว่า Channel จะว่าง ถึงส่งได้**
- **ปัญหา**
  - ถ้ามีผู้รอส่งมากกว่าหนึ่งคน เมื่อสายว่าง คนเหล่านั้นจะส่งข้อมูลออกมา และชนกัน
  - เราต้องการกลไกเพิ่มเติม ในการตรวจจับการชนกันและจัดการ เรียก Collision Detection(CD)

CD or Collision Detection

- **2. ในขณะที่กำลังส่งข้อมูลให้ทำการฟังด้วย ถ้าข้อมูลที่ฟังได้ไม่เหมือนกับที่ส่ง แสดงว่าเกิดการชนกัน ให้หยุดส่งทันที พร้อมทั้งส่งสัญญาณบอกสถานีอื่นว่าได้มีการชนกันเกิดขึ้น (Jamming Signal)**
- **3. หยุดรอเป็นระยะเวลา Random และลองใหม่ (กลับไปยังข้อ 1)**
- **4. ถ้ามีการชนกันติดต่อกัน แต่ละครั้งที่หยุดรอ ให้จับเลข Random ที่มีค่า Standard Deviation เป็นสองเท่า**
  - เรียก Binary Exponential Back-Off
- **5. ถ้าจำนวนครั้งที่ชนกัน ติดต่อกันเกินกำหนด ให้เลิกล้มการส่งข้อมูลและ Report ไปยังผู้ส่ง**
- **ขบวนการรวมเรียก CSMA/CD**

Notes on CSMA/CD

- **เพื่อที่จะให้ CD สามารถทำงานได้ ข้อมูลต้องส่งเป็นจำนวนมากพอ**
  - ใน Ethernet กำหนดให้ขนาดของ Frame ที่ส่งอย่างต่ำต้องมีความยาว 64 Octet(512 Bit)
- **เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใดผู้หนึ่งใช้ Channel นานเกินไป จะต้องมีการกำหนดค่า MTU (Maximum Transfer Unit)**
  - Ethernet กำหนดขนาด Frame สูงสุดคือ 1518 Octet โดยส่วน Payload จะมีขนาดสูงสุดคือ 1500 Octet
- **เมื่อคนหนึ่งส่งไปหนึ่ง Frame แล้ว จะส่งอีก Frame ต่อเลยไม่ได้ ต้องรอว่ามีใครต้องการส่งหรือเปล่า (Inter-Frame Gap) ถ้าไม่มีจึงส่ง Frame ต่อไปได้**

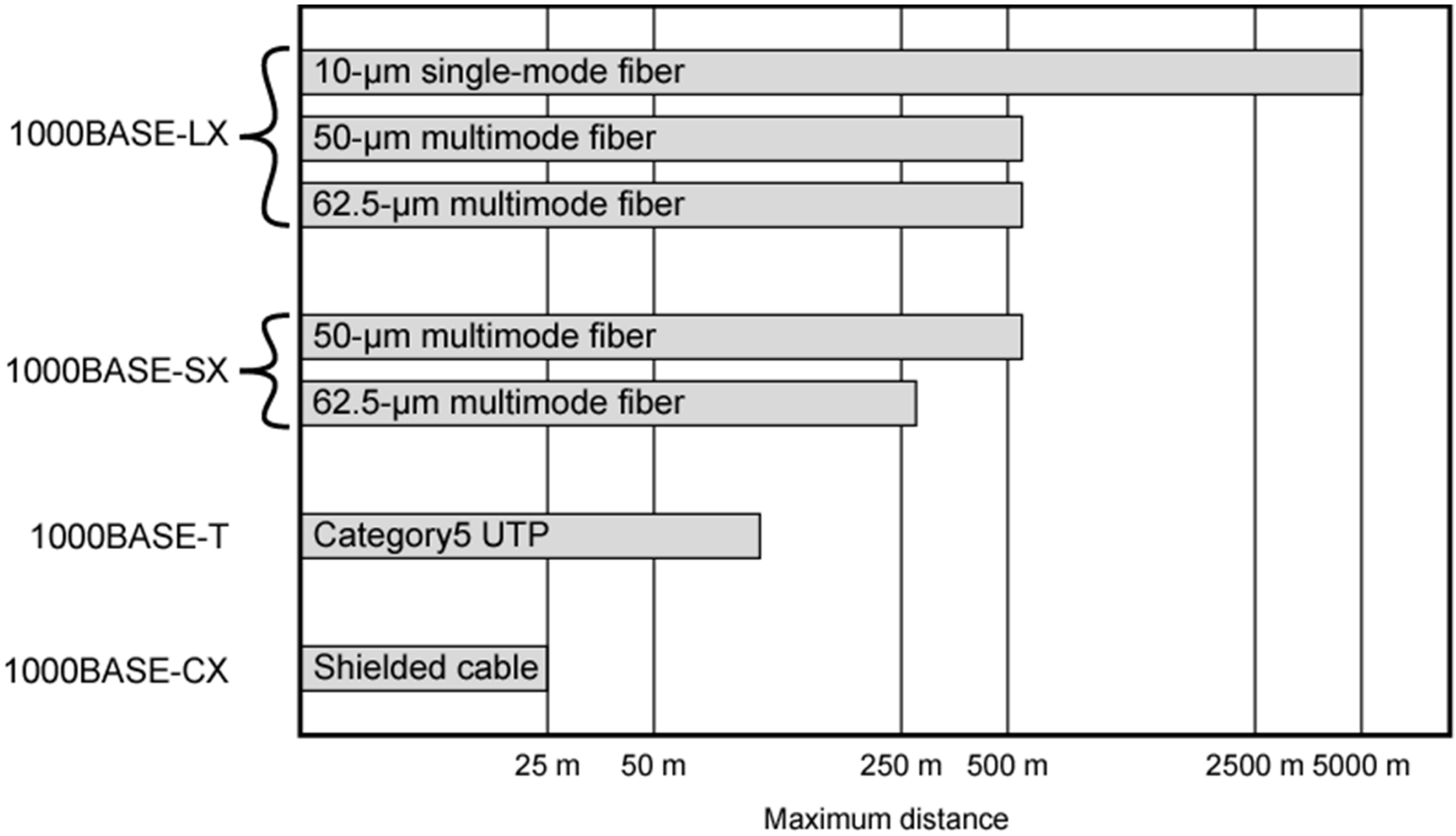
Review Ethernet Technologies

- **IEEE 802**
  - IEEE 802.1 Management
    - IEEE 802.1D Spanning Tree
    - IEEE 802.1Q VLAN Tag
    - IEEE 802.1X อื่นๆ
  - IEEE 802.2 LLC
  - IEEE 802.3 Ethernet
  - IEEE 802.11 WLAN

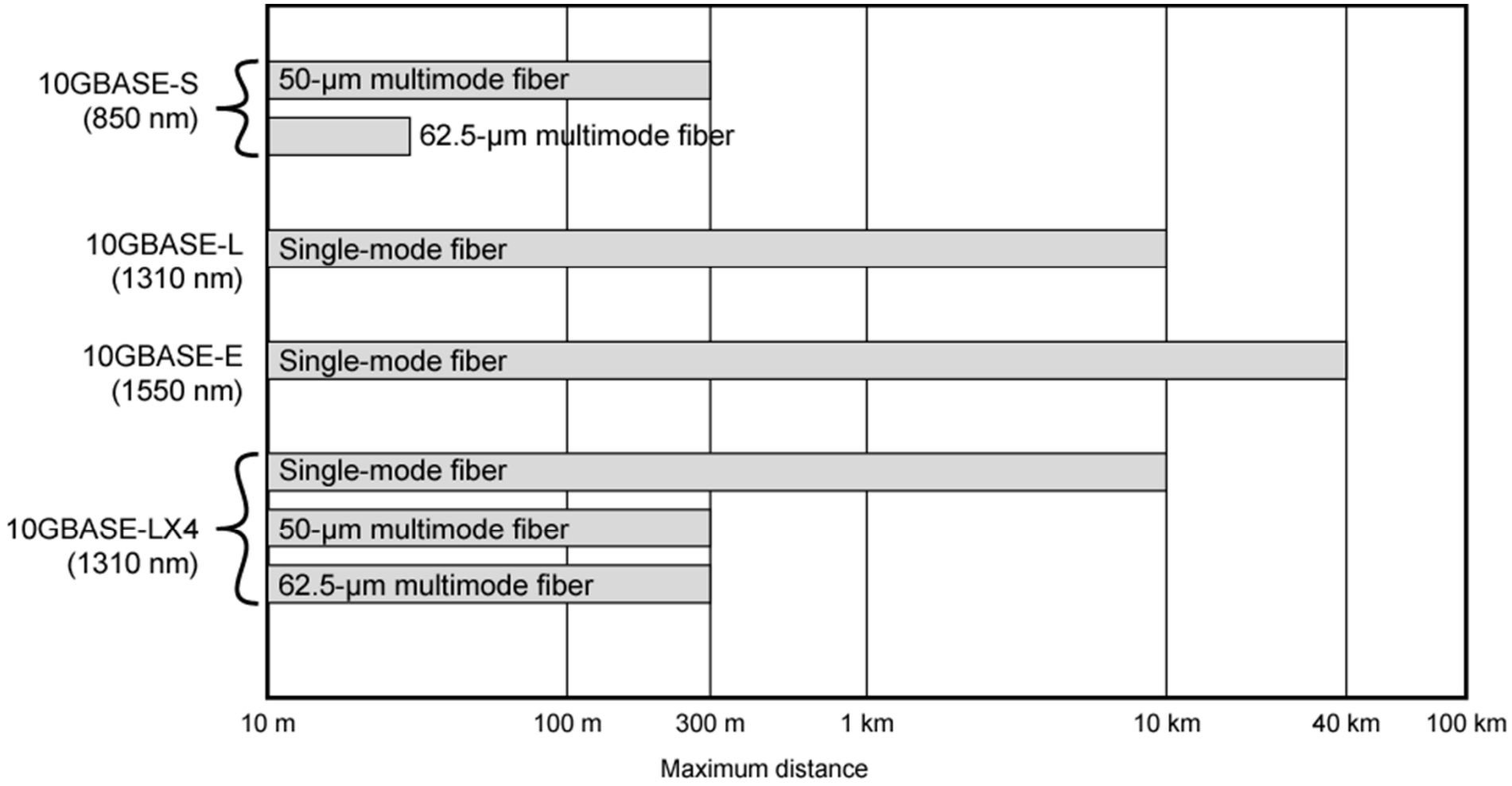
LAN Technologies(Ethernet)

- **Wired**
  - 10M(Ethernet), 100M(Fast Ethernet), 1000M(Gigabit Ethernet), 10G(10 Gigabit), 40G
  - Coaxial, UTP, STP, Fiber Optics(62.5/125,50/125,8-10/125 with 850 nm, 1300/1310 nm, 1550nm)
- **Wireless**
  - 802.11a
  - 802.11b
  - 802.11g
  - Infrared
  - Laser
  - Radio, Microwave

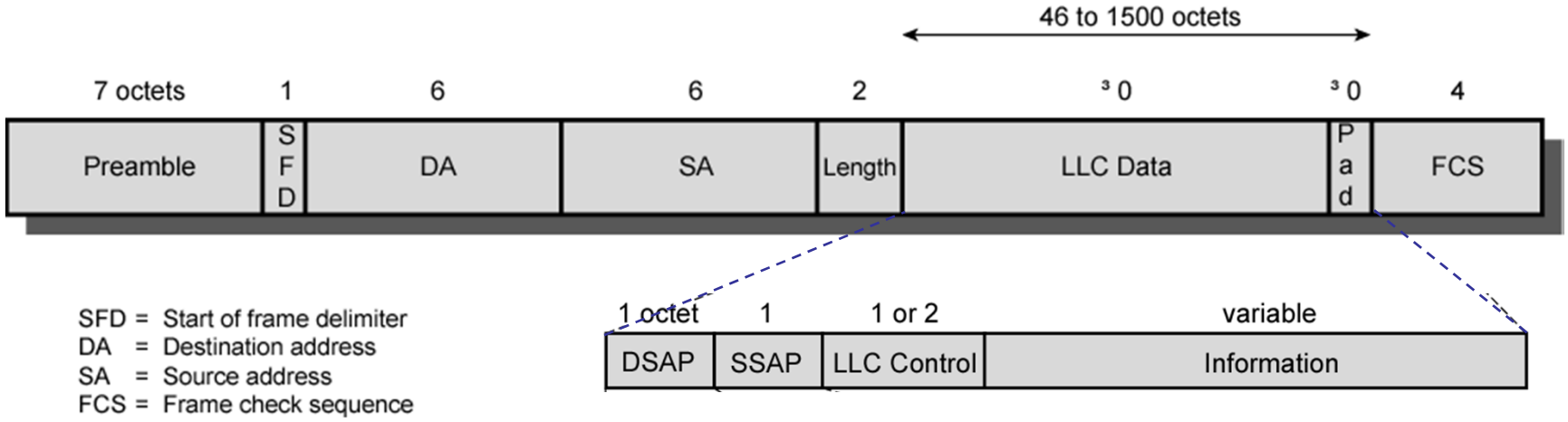
Gbit Ethernet Medium Options (log scale)



10Gbps Ethernet Distance Options (log scale)



IEEE 802.3 Frame Format



General Ethernet Frame Format

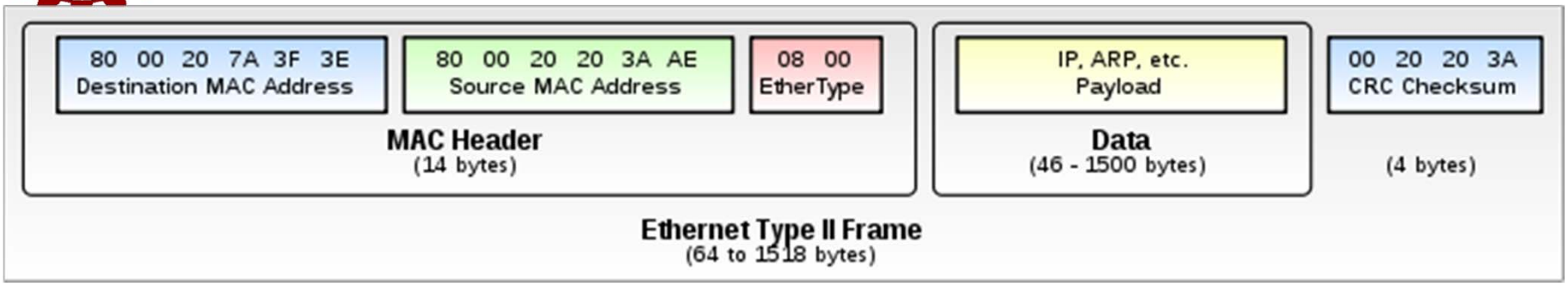
802.3 Ethernet frame structure

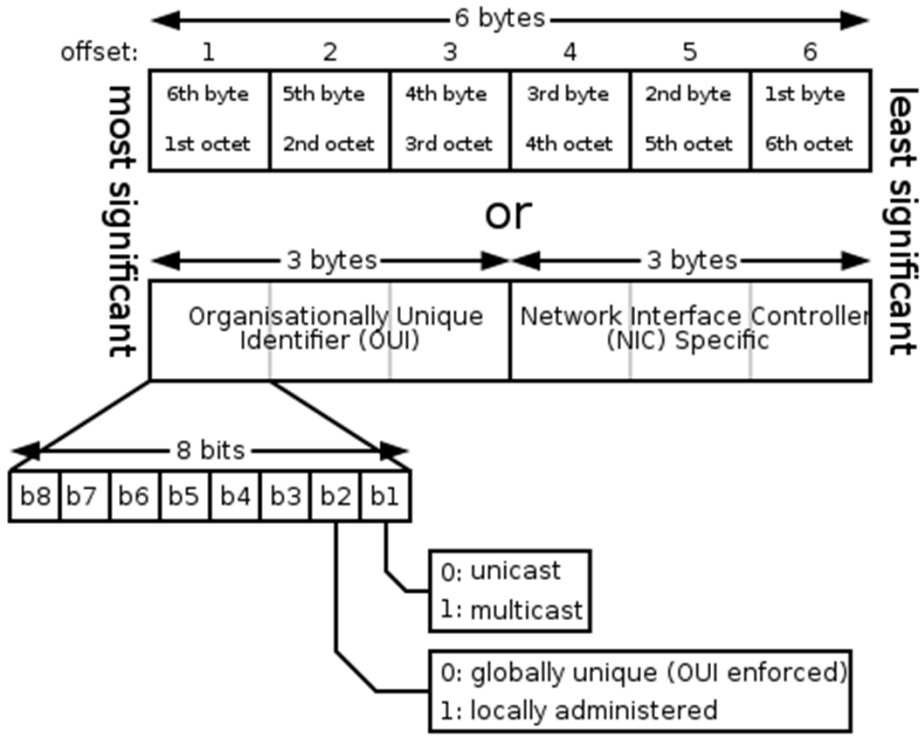
Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	802.1Q tag (optional)	Ethertype or length	Payload	Cyclic redundancy check	Interframe gap
7 octets of 10101010	1 octet of 10101011	6 octets	6 octets	(4 octets)	2 octets	46–1500 octets	4 octets	12 octets
		64–1522 octets						
72–1530 octets								
84–1542 octets								

IP over Ethernet

- **ปัญหาในการบรรจุ IP Packet ลงใน Ethernet IEEE 802.3**
  - เมื่อ IP ถูกประกอบส่วนหัวผ่าน LLC Layer โดยส่วนหัวนี้จะประกอบด้วย DSAP และ SSAP และส่วน Control ที่บ่งบอกว่า LLC Frame มี Payload ของ Protocol อะไรอยู่ จากนั้นจึงส่งให้ MAC Layer เพื่อประกอบ MAC Frame
  - มาตรฐานของ LLC มี Code กำหนด IP Packet แต่ไม่มี Code กำหนด ARP Protocol ทำให้เกิดปัญหาในการประกอบ MAC Frame
    - ARP จะต้องใช้ในการประกอบ MAC Frame เพื่อใช้หา MAC Address ของปลาย Link ที่ Match กับ IP Address (ของเครื่องปลายทางหรือของ Gateway)
    - ดังนั้น เมื่อมีการ Run ARP มันจะประกอบ LLC Frame ไม่ได้
  - วิธีแก้
    - ปรับปรุงมาตรฐาน LLC ใหม่ให้สามารถรองรับ ARP ได้
      - มีวิธีการของ SNAP แต่ไม่เคยมีการใช้งาน
    - ย้อนกลับไปใช้ Ethernet Frame Type II ซึ่งเป็นมาตรฐานเก่า ไม่มี LLC
  - ปกติ เรามักจะใช้ TCP/IP วางบน Ethernet สำหรับ Network ในองค์กร (คือ Technology ของ Intranet) ดังนั้นจะพบว่า Ethernet Frame ส่วนใหญ่ที่วิ่งใน LAN จะเป็น Ethernet Type II
    - Switch ปัจจุบัน รับ Ethernet Frame ได้ทั้งสองแบบ เพราะ Switch จะดูแค่ MAC Address ในส่วนหัวของ MAC Frame

Ether Type II (DIX Frame)





MAC-48 Address
In Transmission Order
01-23-45-67-89-ab,
01:23:45:67:89:ab,
0123.4567.89ab

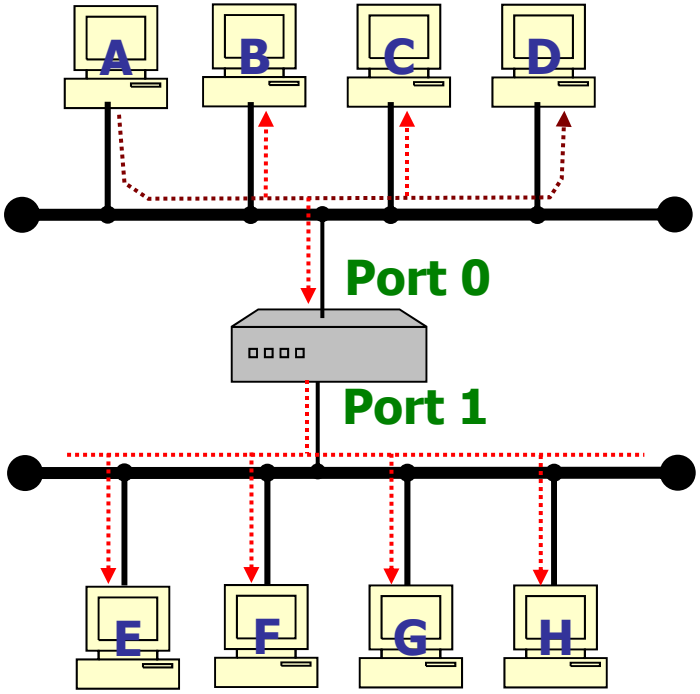
802.3/.4 Send LSBit First
(Canonical Format)
10000000 11000100 10100010 …

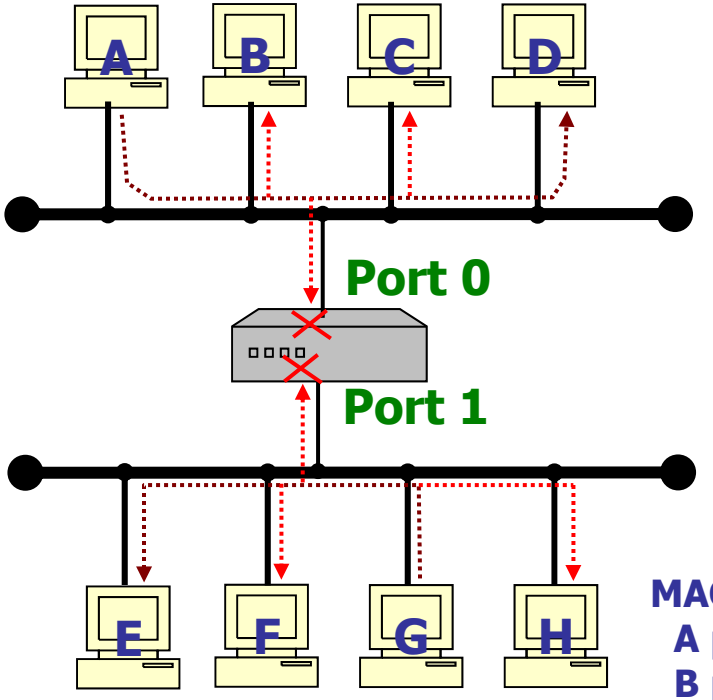
802.5/.6 Send MSBit First
(Bit-Reverse/Non-canonical)
00000001 00100011 01000101 …

Bridge Concept

- **Repeater แค่ทำการสร้างสัญญาณใหม่ ส่งไปยังอีกฝั่งหนึ่ง ไม่สนใจว่าสัญญาณนั้นต้องการจะส่งไปยังที่ใด**
- **Bridge จะสร้างสัญญาณใหม่ และส่งไปยังอีกฝั่งก็ต่อเมื่อ MAC address ปลายทางของ Frame ไม่ได้อยู่ในตาราง MAC address table ของด้านที่ส่งมา**
  - การเรียนรู้ตาราง MAC Address จะกระทำโดยอัตโนมัติ เมื่อมี Frame เข้ามา โดยดูจาก MAC address ต้นทางของ Frame และจะ Update ตลอดเวลา

Bridge vs Repeater

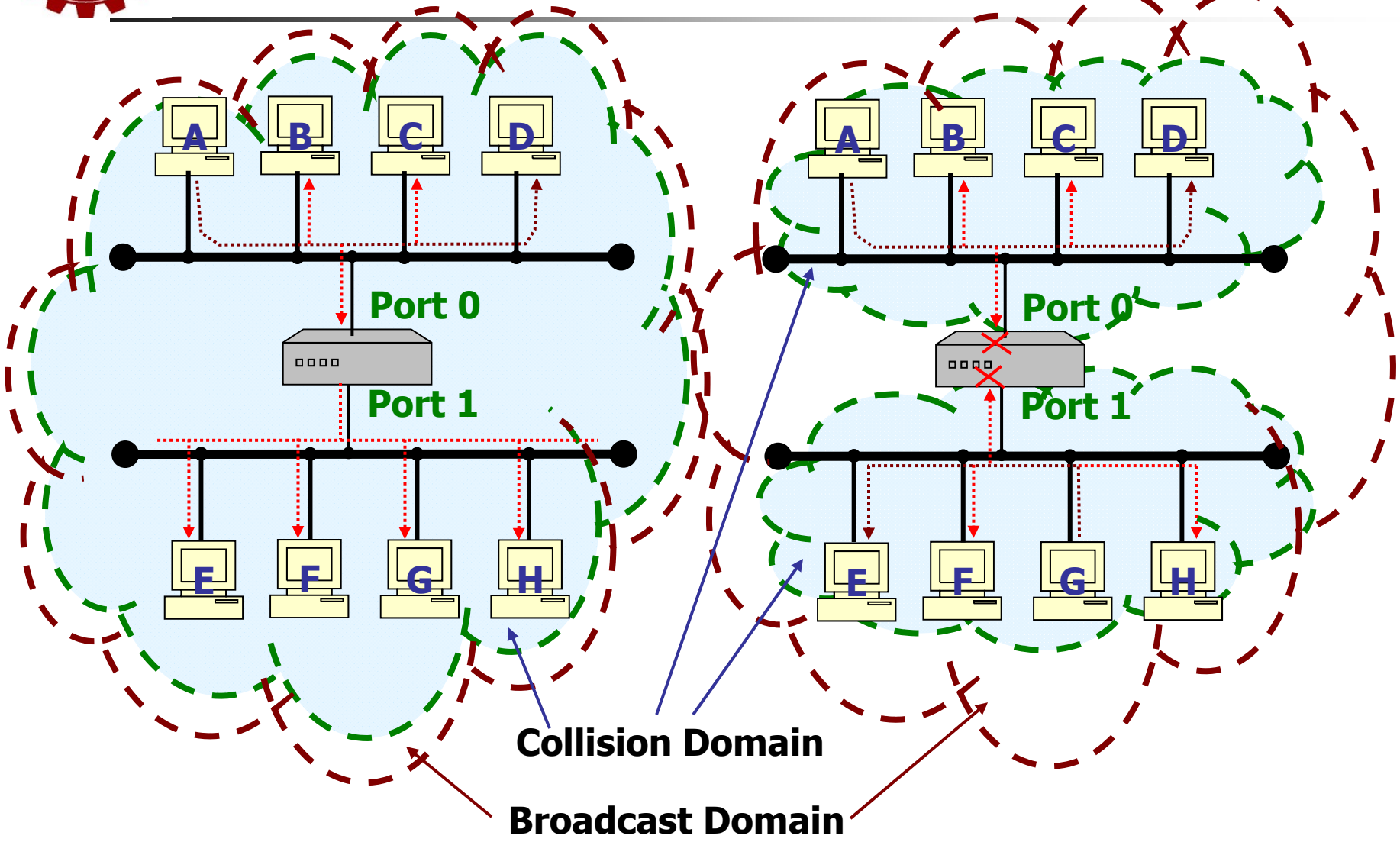




1. ถ้า A ส่งข้อมูลให้ C เกิดอะไรขึ้น ?
2. ถ้า A ส่ง Broadcast Traffic เกิดอะไรขึ้น ?

MAC Table
A port 0
B port 0
D port 0
E port 1
F port 1
G port 1
H port 1

Bridge vs Repeater: Collision Domain vs Broadcast Domain



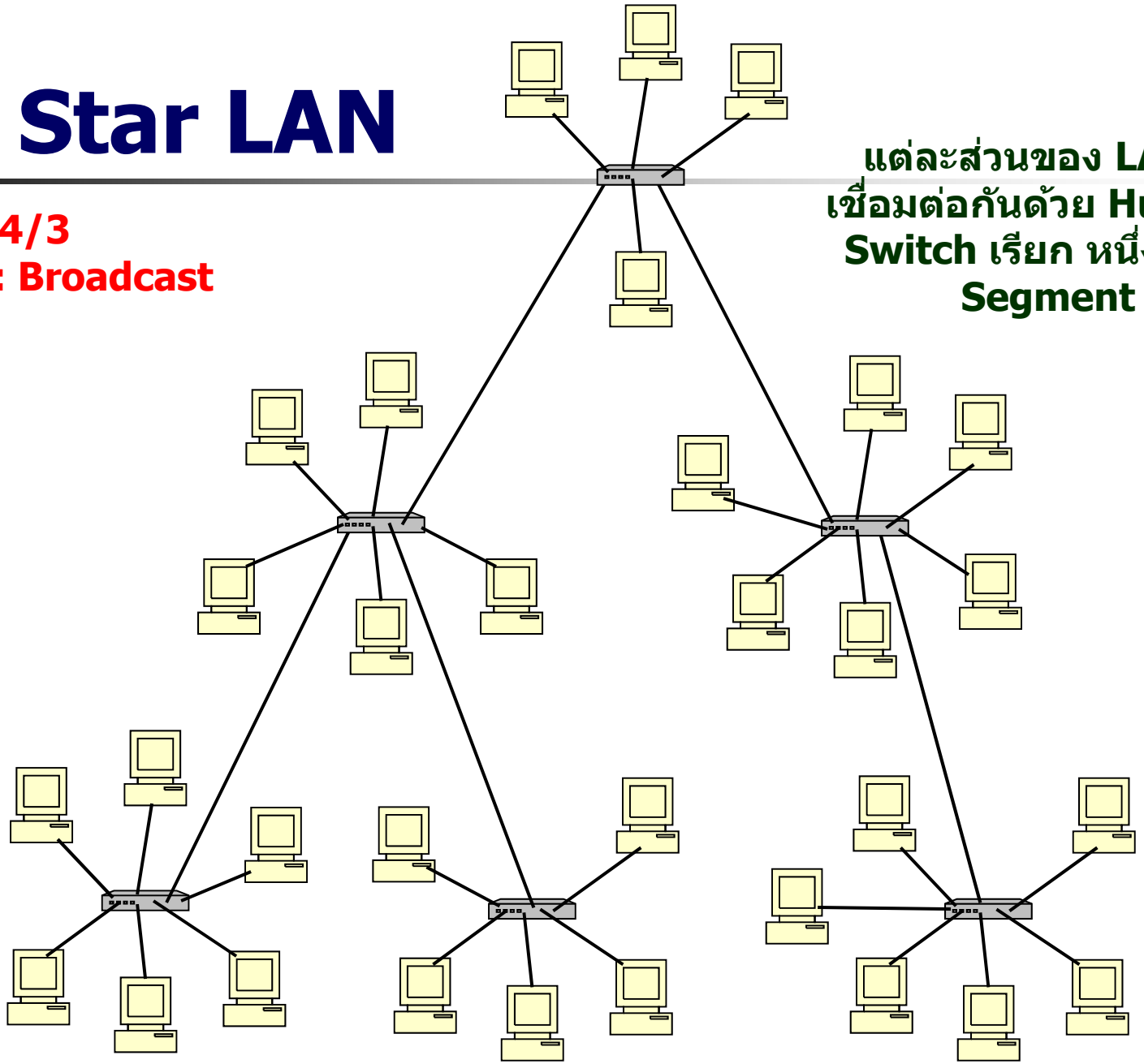
Repeater and Bridge in Star LAN

- **ใน Topology แบบ LAN ตัว Hub จะเป็น Repeater ที่มีหลาย Port ทำงานใน Layer 1**
  - ทุกๆอุปกรณ์ที่ต่อผ่าน Hub จะเป็น Collision Domain เดียวกัน
- **ต่อมาเราเปลี่ยนเป็น Switch ซึ่งมีการทำงานแบบ Bridge ที่มีหลาย Port ทำงานใน L 2 (MAC Layer)**
  - แต่ละอุปกรณ์ที่ต่อผ่าน Switch ถือว่าแต่ละ Port จะเป็นหนึ่ง Collision Domain
- **อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าเราจะเชื่อมต่อด้วย Hub หรือ Switch ยังคงจัดว่าเป็น Network เดียวกัน (มี Network ID หรือ Subnetwork ID เดียวกัน) คือเป็น LAN วงเดียวกัน**
  - Broadcast Traffic จะกระจายทั้ง Network และทั้งหมดนี้ จัดได้ว่าเป็น Broadcast Domain เดียวกัน
  - การเชื่อมต่อระหว่างสอง Network ต้องใช้อุปกรณ์ Layer 3 คือ Router หรือ L3 Switch
    - Port ต่างๆของ Switch จะต่อคนละ Network และคนละ Broadcast Domain

Star LAN

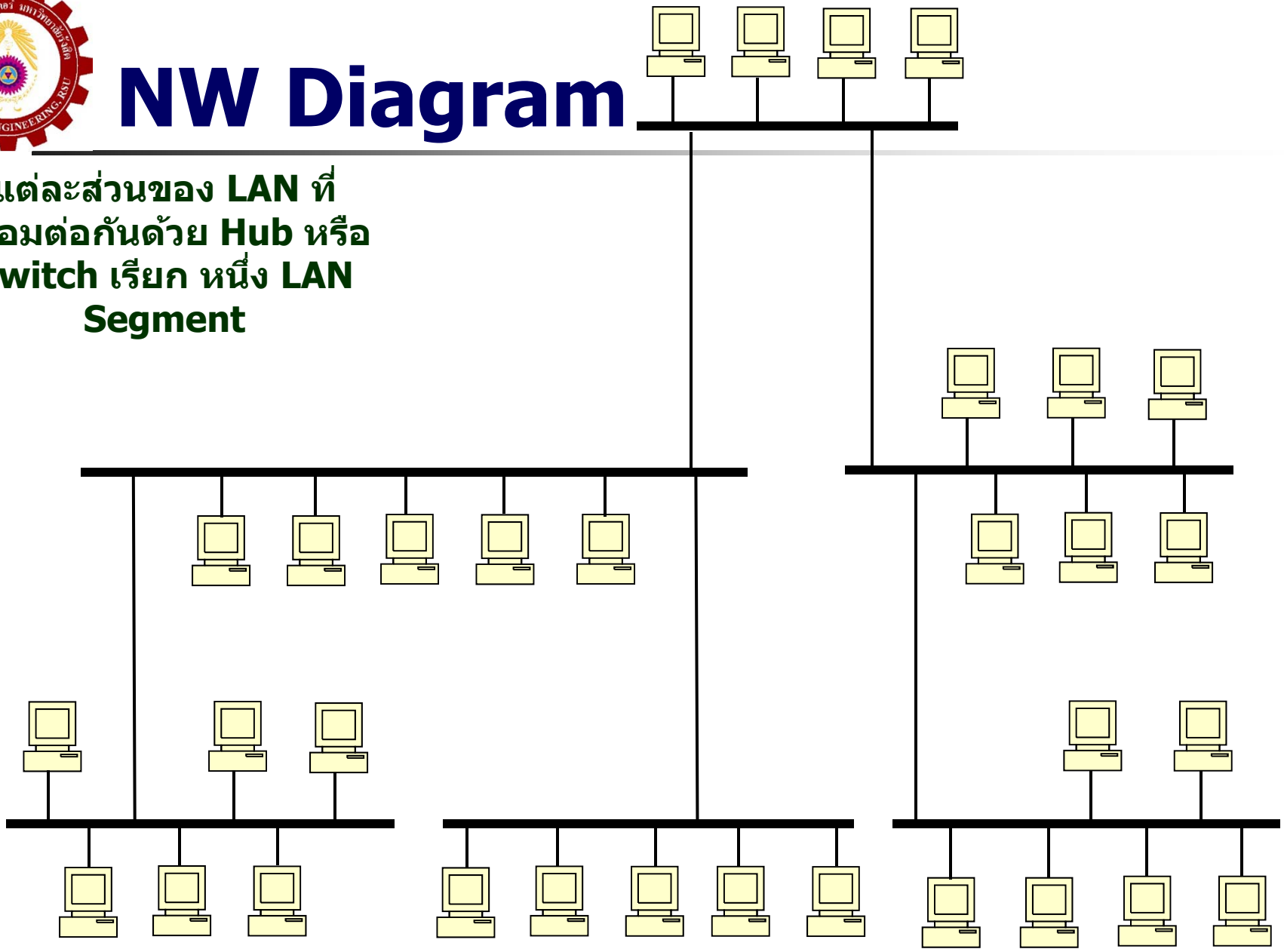
HUB: 5/4/3
SWITCH: Broadcast Traffic

แต่ละส่วนของ LAN ที่เชื่อมต่อกันด้วย Hub หรือ Switch เรียก หนึ่ง LAN Segment

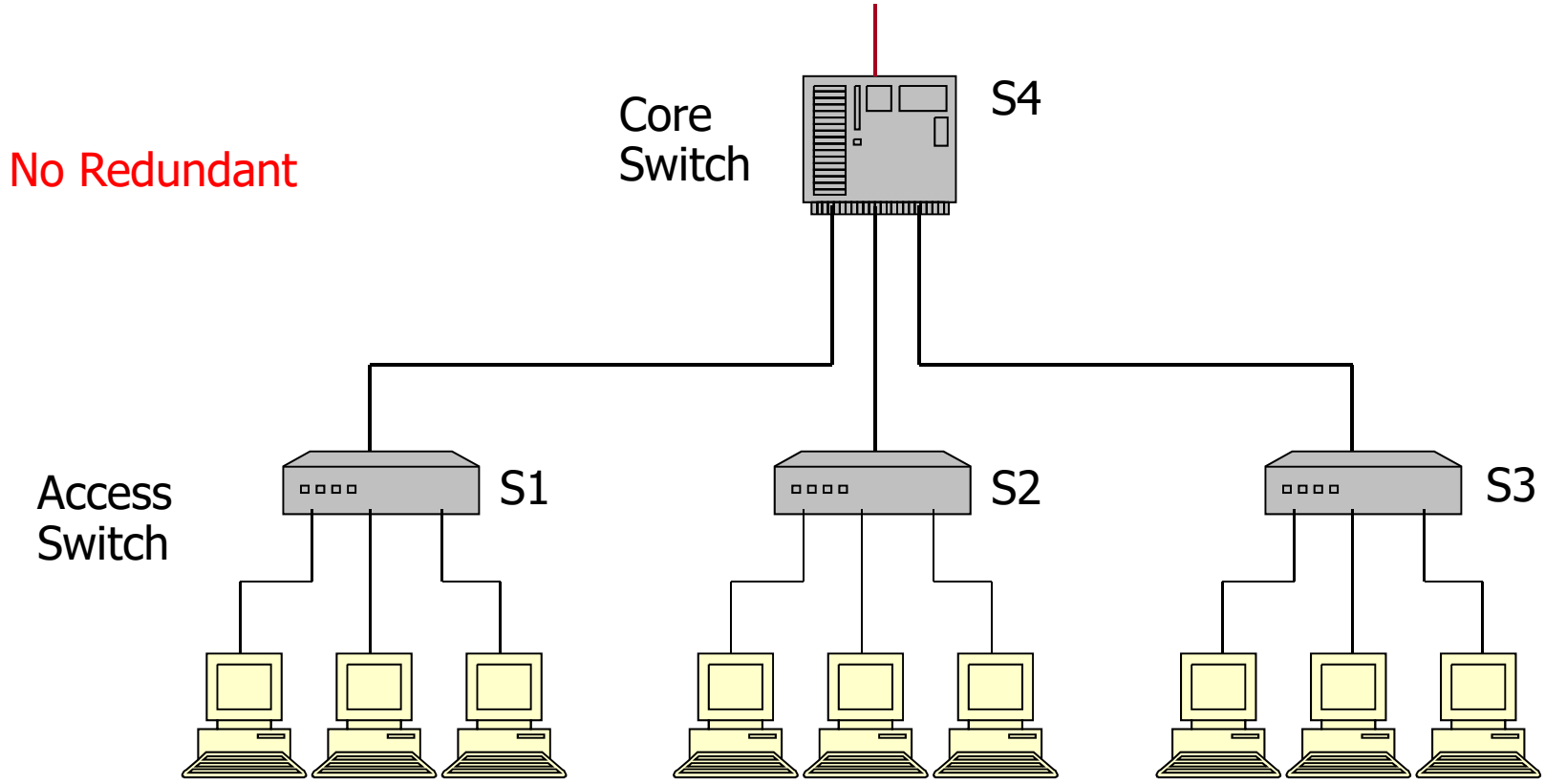


NW Diagram

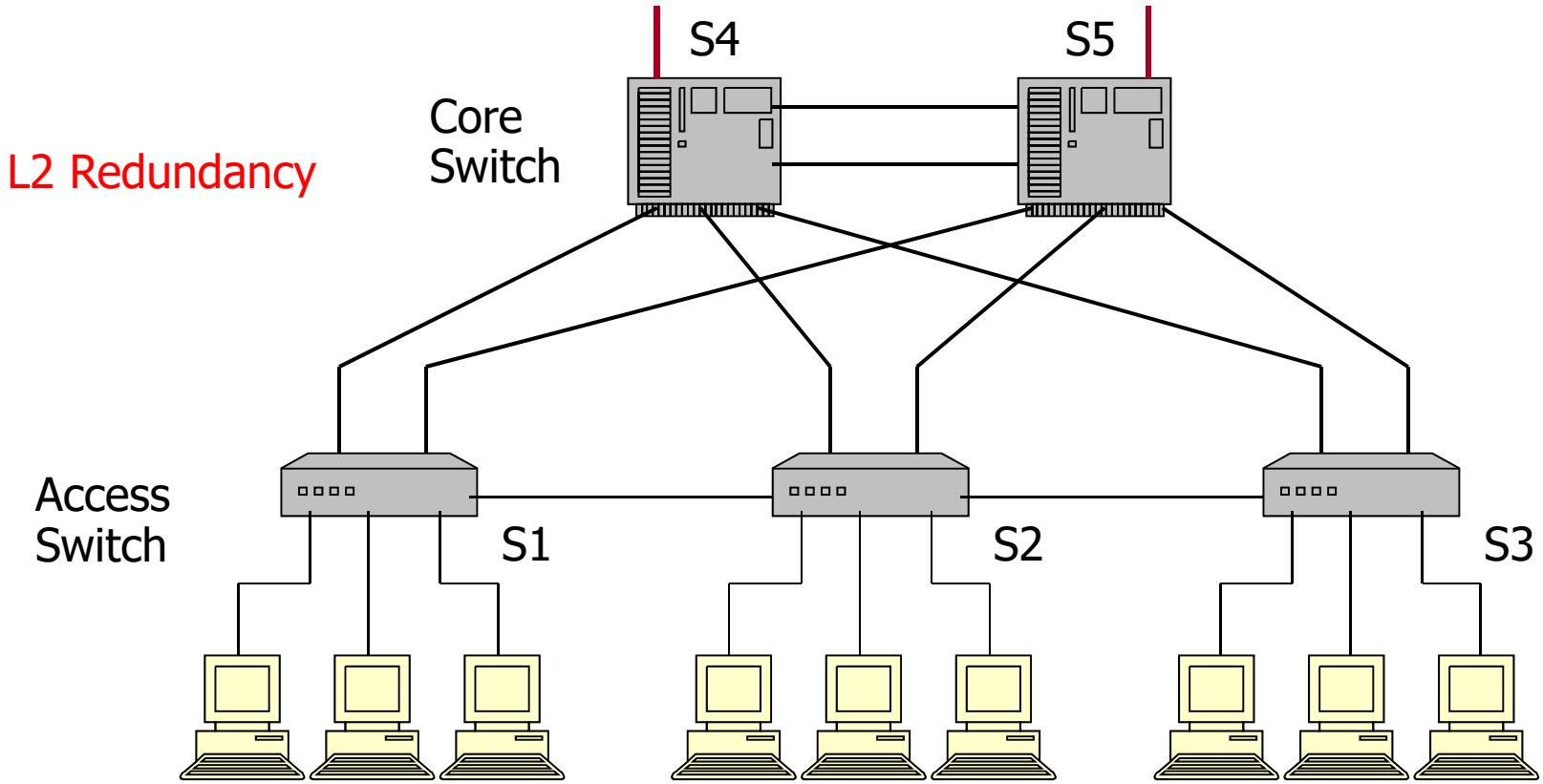
แต่ละส่วนของ LAN ที่เชื่อมต่อกันด้วย Hub หรือ Switch เรียก หนึ่ง LAN Segment



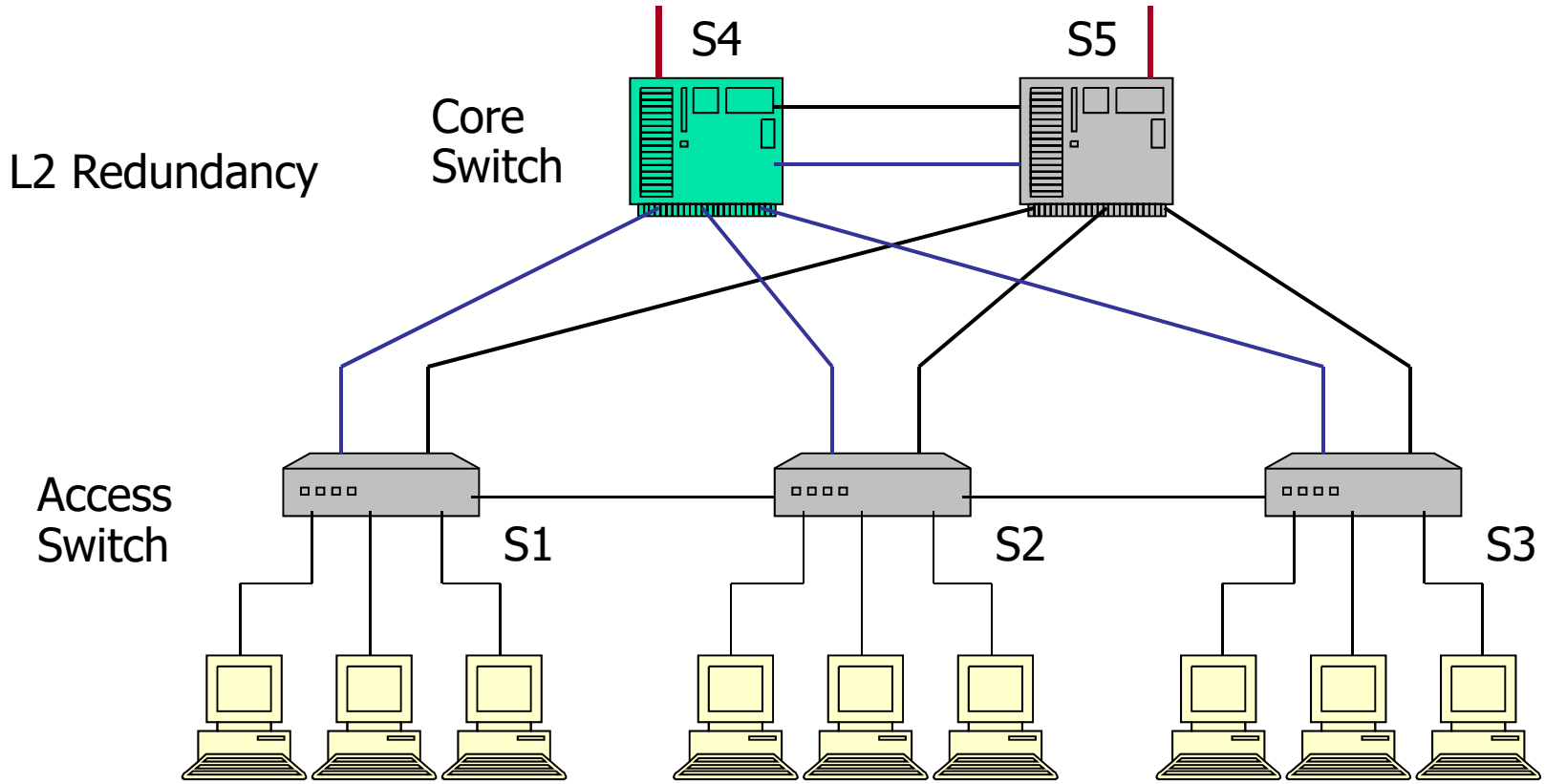
Layer 2: LAN No Redundancy



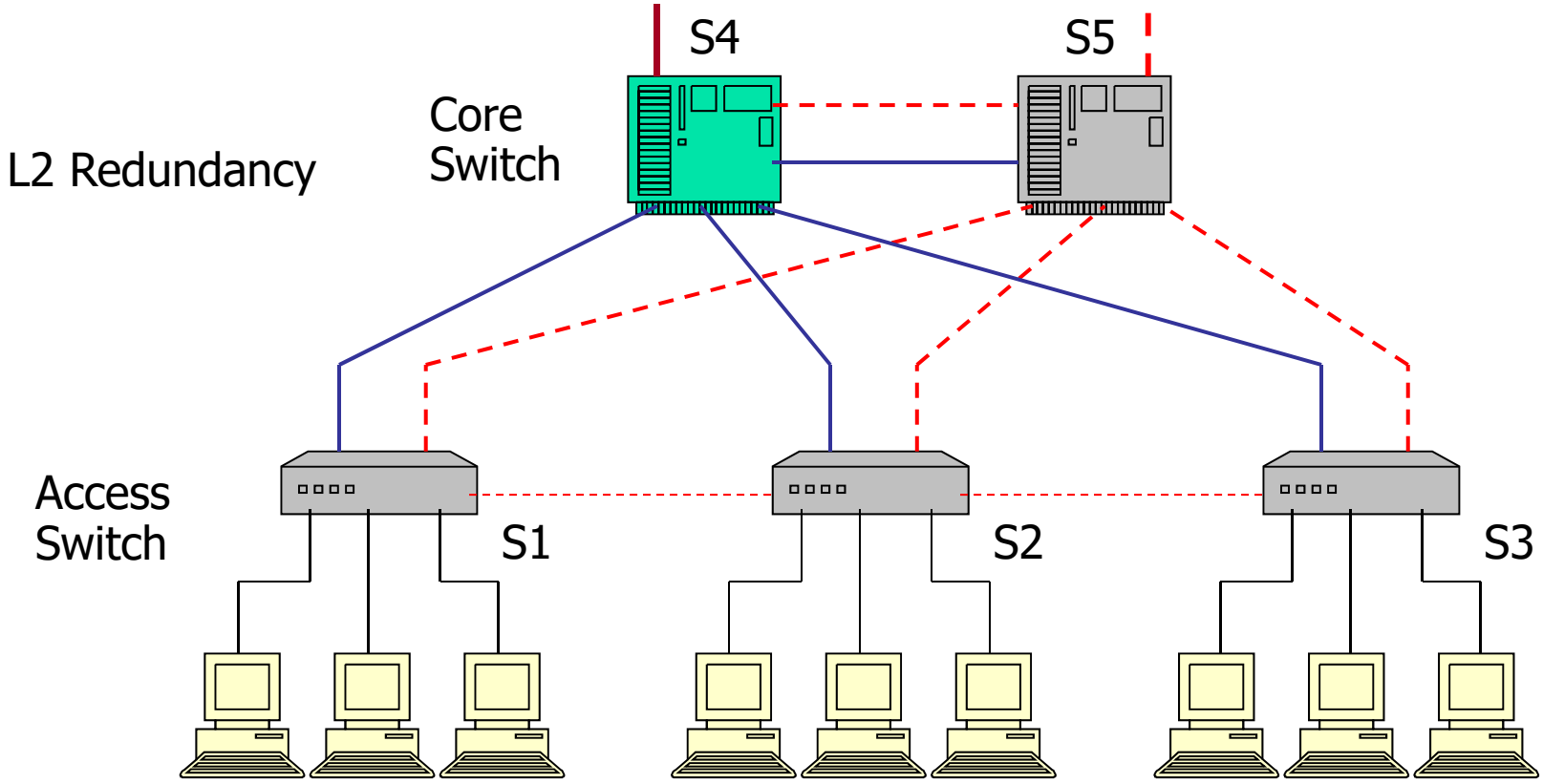
Layer 2: LAN with Link & Core Redundancy



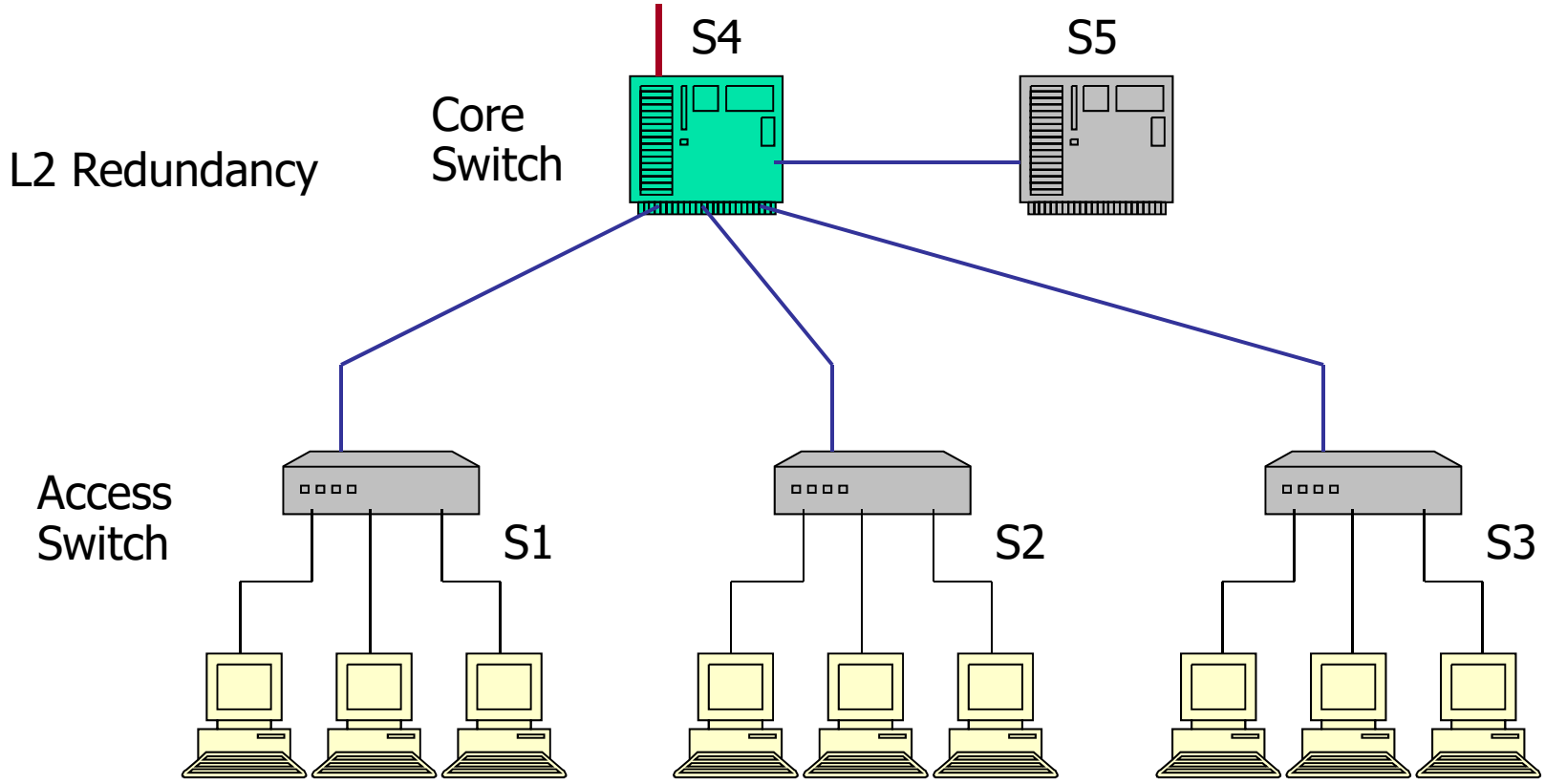
Layer 2 Redundancy: Active Link



Layer 2 Redundancy: SPT



Layer 2 Redundancy: SPT



Spanning Tree

- L2 Protocol
- LAN มี Loop ไม่ได้
- แต่เราต้องการสร้าง Redundancy
- ปิด Port ไม่ให้เกิด Loop
- เปิด Port เพื่อเปิดเส้นทาง เมื่อเส้นทางเก่ามีปัญหา
- IEEE 802.1D
- IEEE 802.1W
- IEEE 802.1S

Spanning Tree

- Transparent
- ทำงานโดยอัตโนมัติ
- บางครั้ง Tree ที่ได้อาจจะไม่เป็นที่เราต้องการ
- อาจต้องมีการ Configure
- ปกติเป็นการกำหนด Root Bridge จาก Bridge Priority

Steps 1: Root Bridge Selection

- เลือก Root Bridge โดยทุก Switch ส่ง BPDU ออกทุก Port และใส่ค่า Bridge ID
- Bridge ID = Bridge Priority(2 Octet) + MAC Address(6 Octet)
- Switch ที่มี Bridge ID ต่ำสุดจะเป็น Root
- Default Bridge Priority = 32768
- ถ้าไม่มีการ Configure ดังนั้น Switch ที่มี MAC Address ต่ำสุดจะได้รับเลือก

Steps 2: Minimum Cost Tree

- สร้าง Minimum Cost Tree โดยจาก Root ส่ง BPDU ที่มี Cost = 0 ออกทุกๆ Port ที่มันต่อ ซึ่งถูกจัดว่าเป็น Designated Port
- เมื่อ Switch ได้รับ BPDU มันจะบวกค่า Cost กับ Cost ของ Link ที่เข้ามา และส่งต่อ
- ถ้ามันได้รับมากกว่า 1 BPDU แสดงว่ามีมากกว่าหนึ่งเส้นทางไปยัง Root (Loop)
- เลือกเส้นทางที่ Cost ต่ำกว่า เป็น Root Port
- ถ้ามีมากกว่าหนึ่งเส้นทางและ Cost เท่ากัน เลือก Port ไปยัง Bridge ID ต่ำกว่า
- ถ้ายังเท่ากันเลือก Port Priority ต่ำกว่า

Steps 3: เลือก Designated Port และ Port Blocking

- เส้นทางที่ไม่ได้ถูกเลือกจะถูกปิด
- การปิด ทำโดย Blocking Port
- Port จะถูกปิดด้านเดียว
  - ปิด Port ที่มี Cost สูงกว่าไปยัง Root ถ้าเท่ากัน
  - ปิด Port Switch ที่มี Bridge ID สูงกว่า ถ้าเท่ากัน
  - ปิด Port ที่มี Port ID สูงกว่า
    - Port ID = Port Priority(1 Byte, Default = 128) + Port Number
- Port ที่เปิดเรียก Designated Port

Cost Table

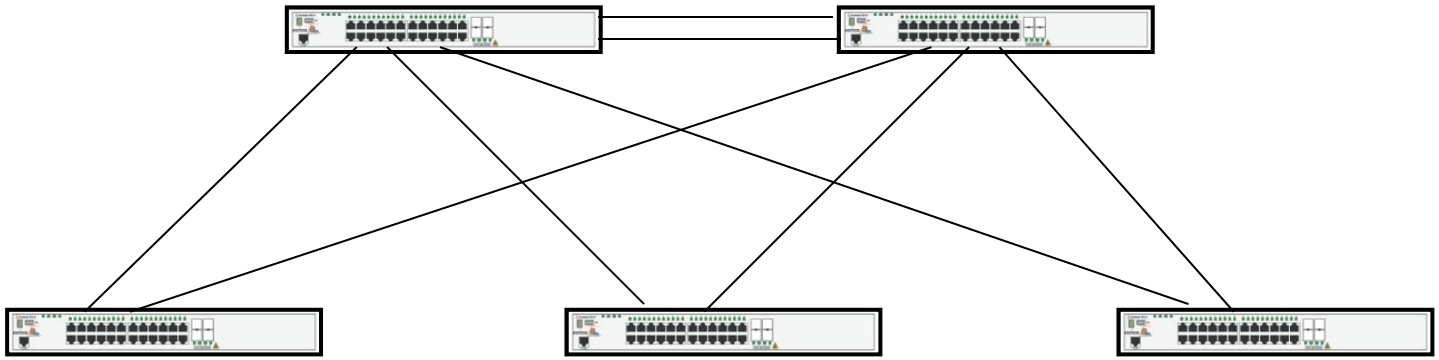
Link Bandwidth	Path Cost (Old Version)	Path Cost (New Version)
4 Mbps	**250**	**250**
10 Mbps	**100**	**100**
16 Mbps	**63**	**62**
45 Mbps	**22**	**39**
100 Mbps	**10**	**19**
155 Mbps	**6**	**14**
622 Mbps	**2**	**6**
1 Gbps	**1**	**4**
10 Gbps	**0**	**2**

Spanning Tree Protocol

- **STP เป็น Protocol และ Algorithm ที่จะแก้ไขปัญหา Loop ที่เกิดใน LAN(เชื่อมต่อด้วยLayer 2 Switch)**
- **มาตรฐานคือ IEEE 802.1D**
- **ประกอบด้วย Root Bridge และ Set ของ Port บน Switch ที่มี Cost ต่ำสุด ที่จะส่ง Traffic มายัง Root**
  - Root Bridge เป็น SW ที่มี Bridge ID ต่ำสุด
- **Switch Port ที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของ Tree จะถูก Disable ดังนั้นจะมีเพียง Path เดียวระหว่าง 2 Station**
- **แต่ละ Switch จะส่ง Bridge Protocol Data Unit (BPDU) ให้แก่กันเพื่อรักษา Spanning Tree**
- **BPDU จะถูกส่งเมื่อ State ของ Port เปลี่ยน**
- **นอกจากนี้ BPDU จะถูกส่งทุกๆ 2 วินาที**
- **Root Bridge ควรจะเลือก Manually จาก Switch กึ่งกลางที่ความเร็วสูง**

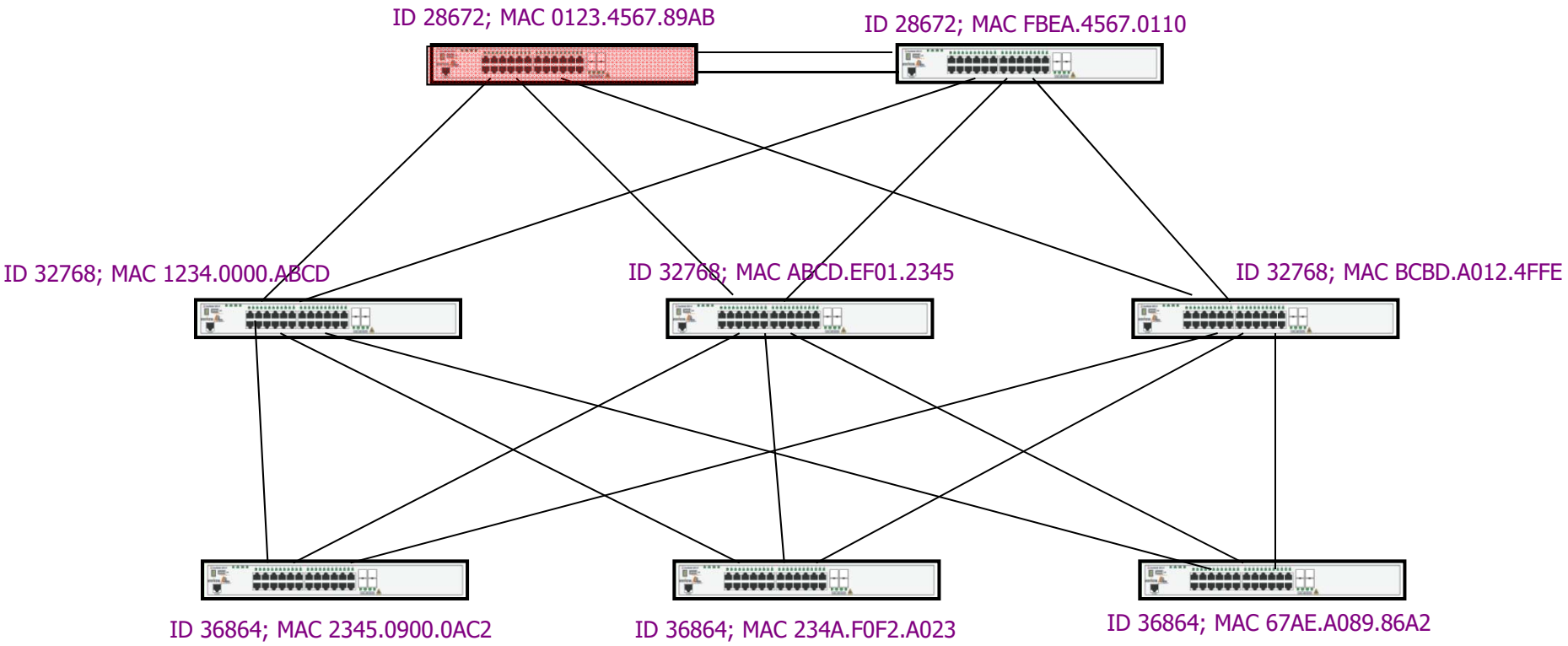
Order of Precedence

- 1. Lowest Root Bridge ID
- 2. Best Root Path Cost
- 3. Lowest Bridge ID that Send BPDU
- 4. Port ID



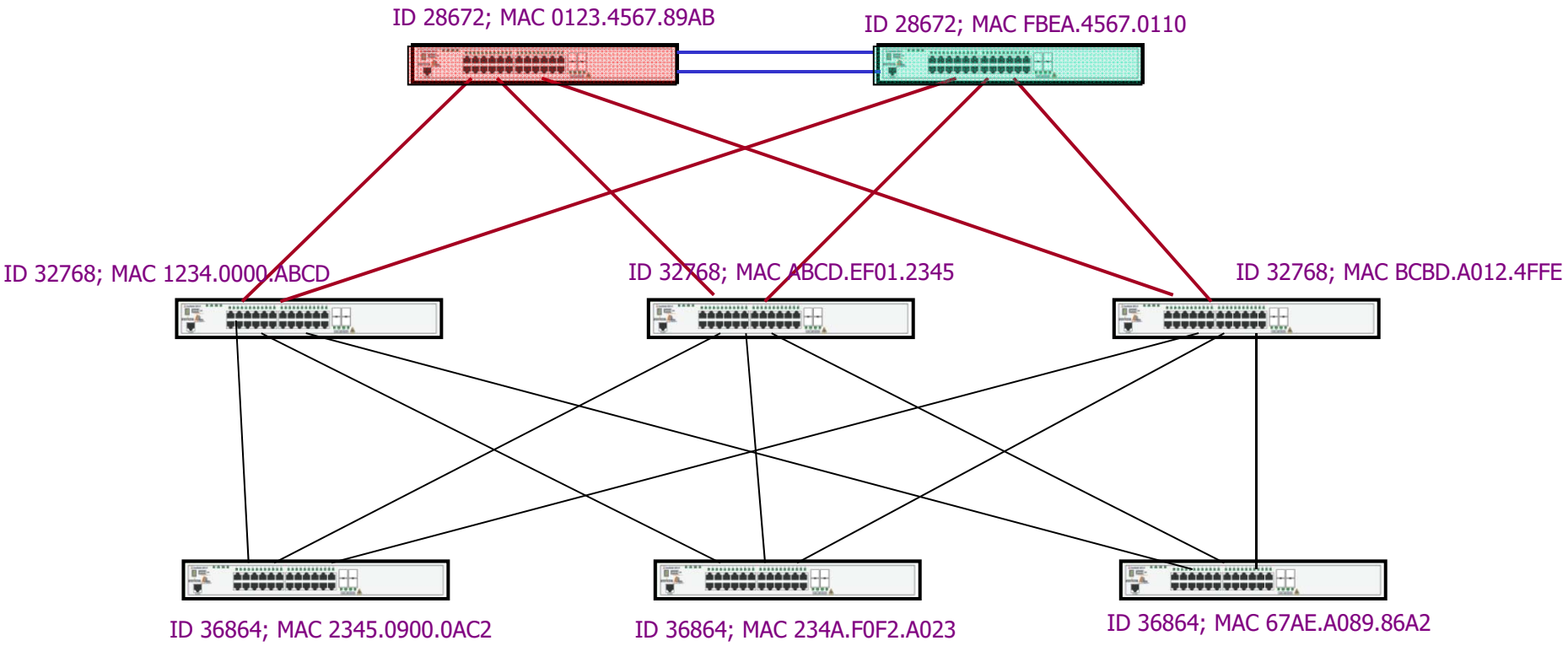
Order of Precedence

เลือก Root Bridge



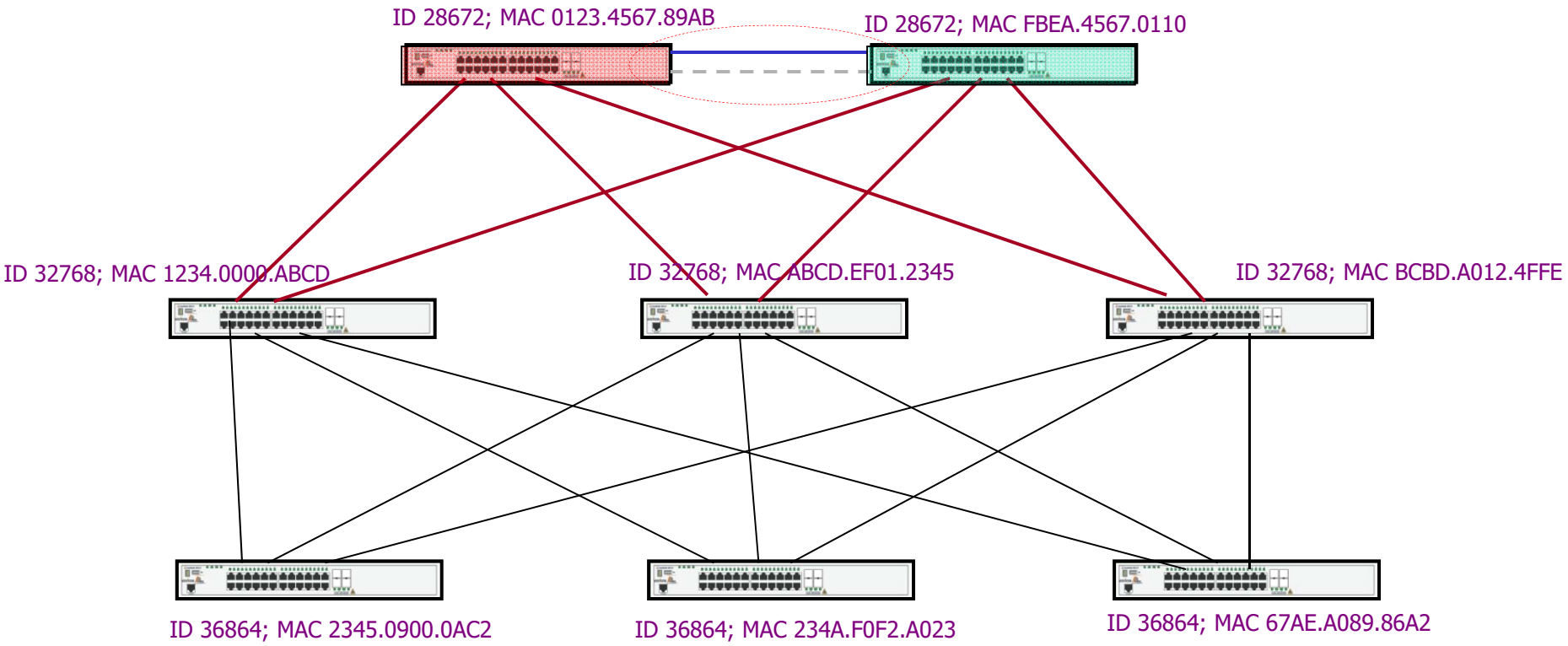
Order of Precedence

กำหนด Designated Port และส่ง BPDU จาก Root



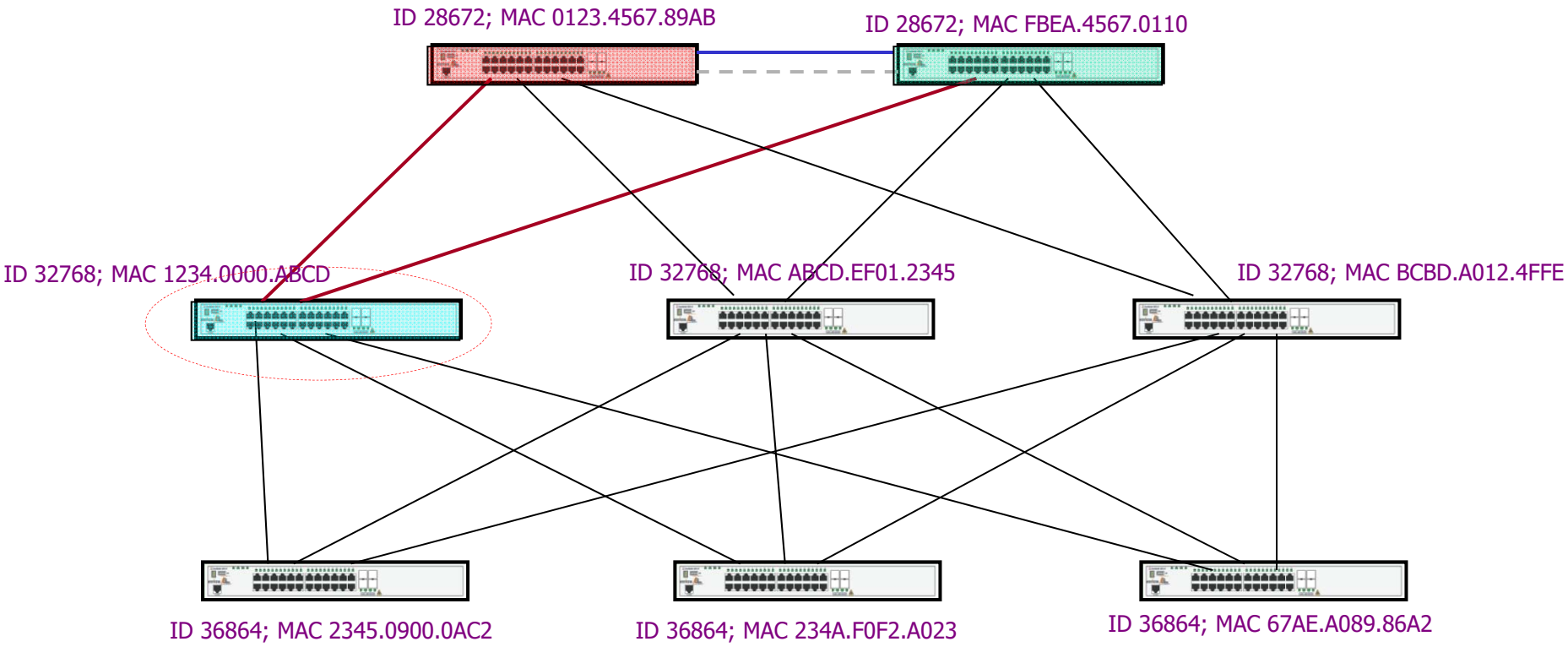
Order of Precedence

สร้าง SPT และ Block Link ที่ไม่เป็นส่วนของ Tree ตามกฎ Precedence Rule

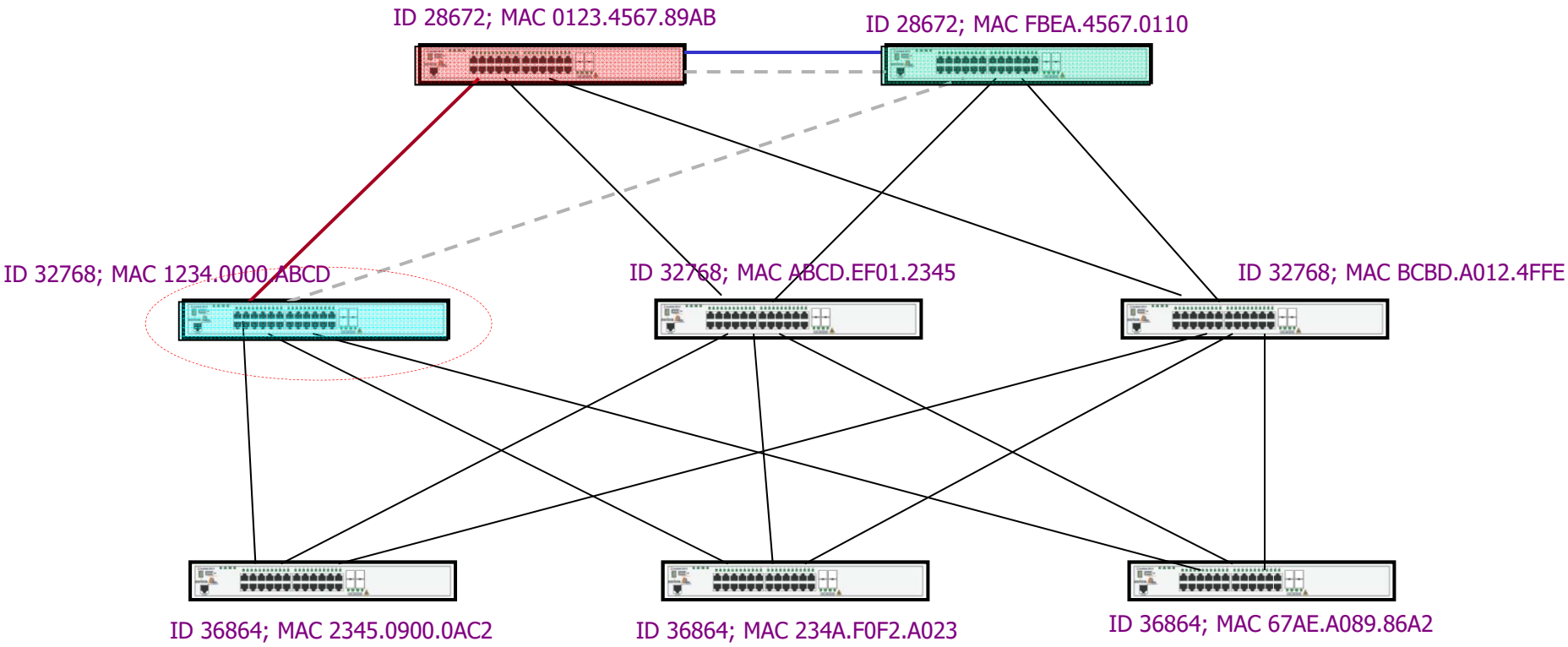


Order of Precedence

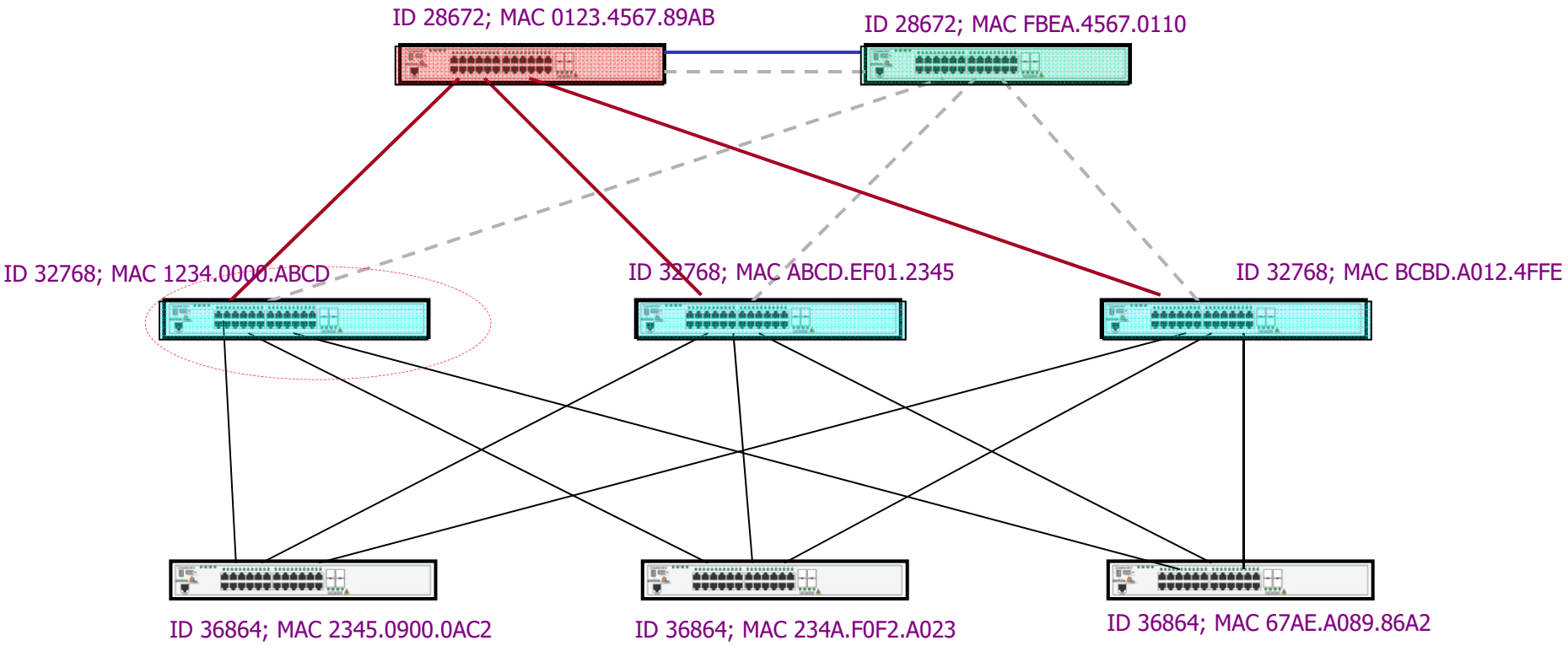
สร้าง SPT และ Block Link ที่ไม่เป็นส่วนของ Tree ตามกฎ Precedence Rule



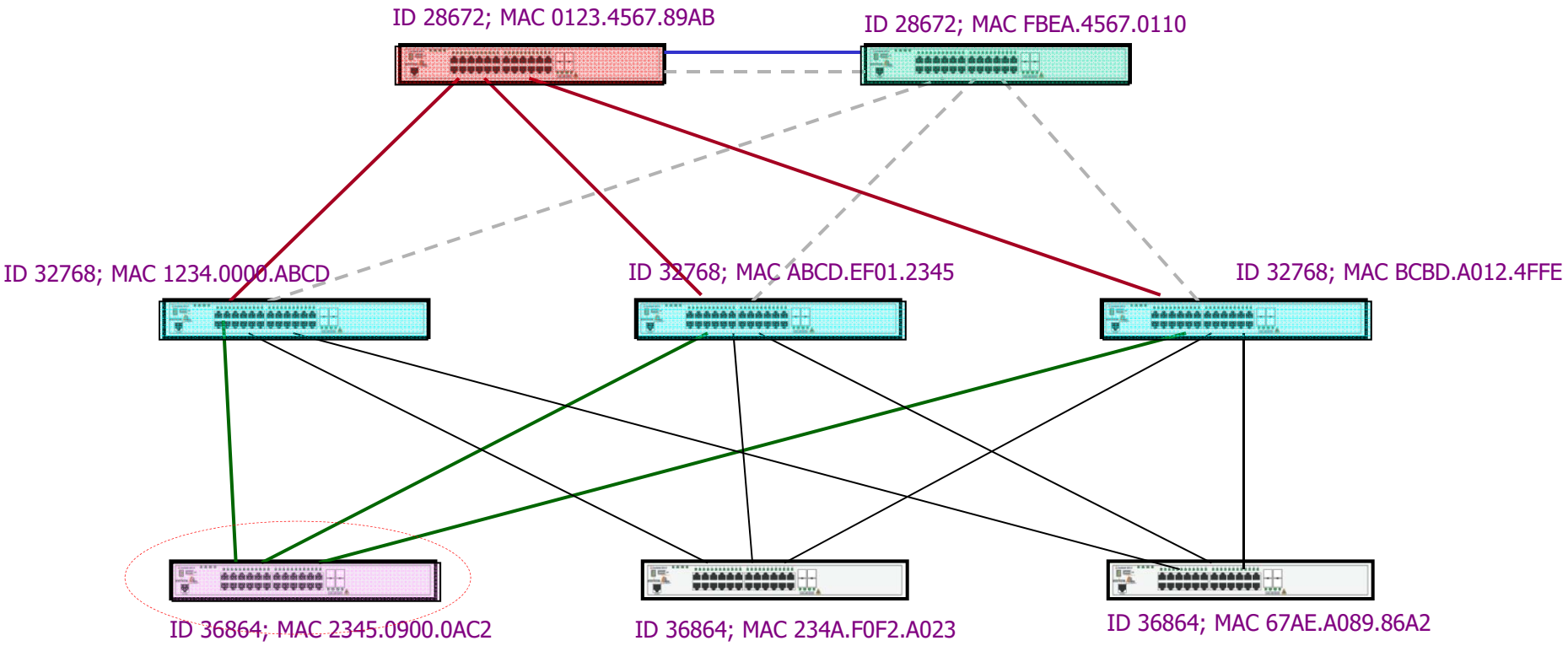
Order of Precedence



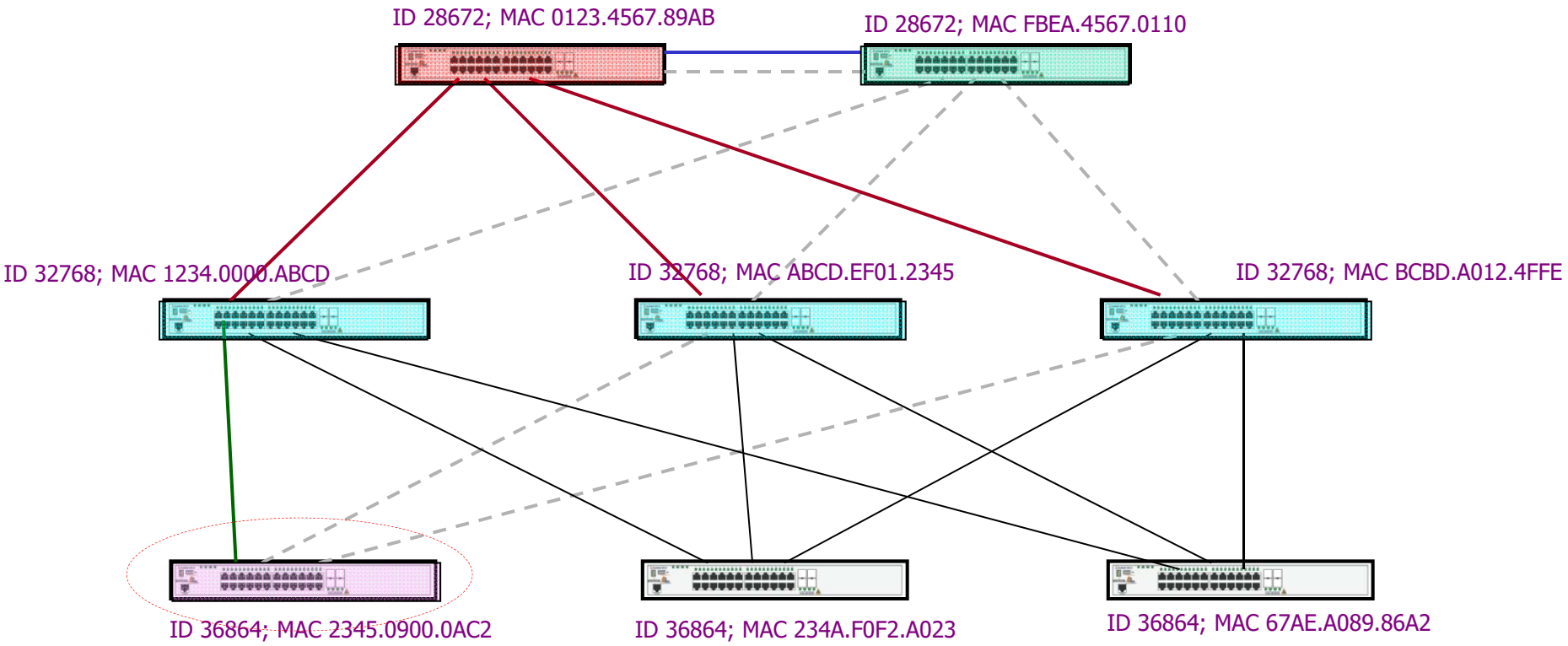
Order of Precedence



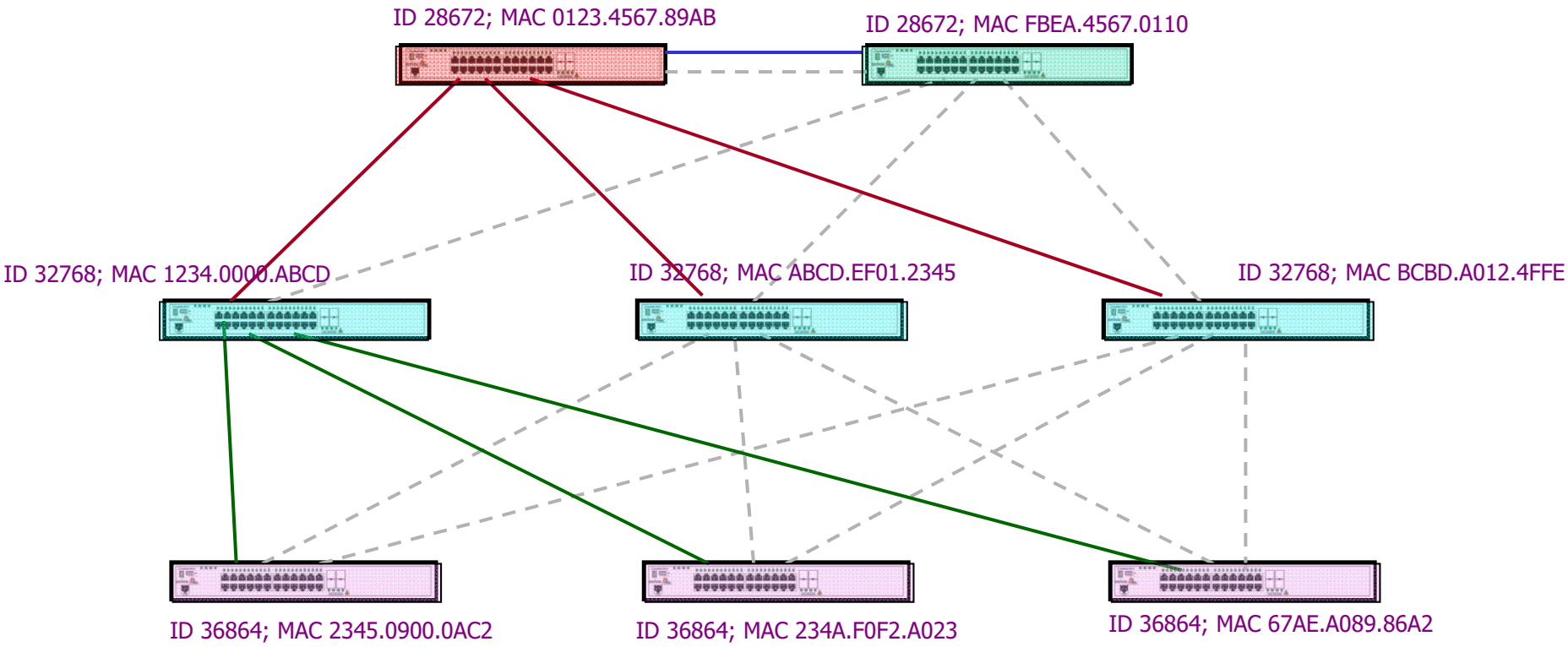
Order of Precedence



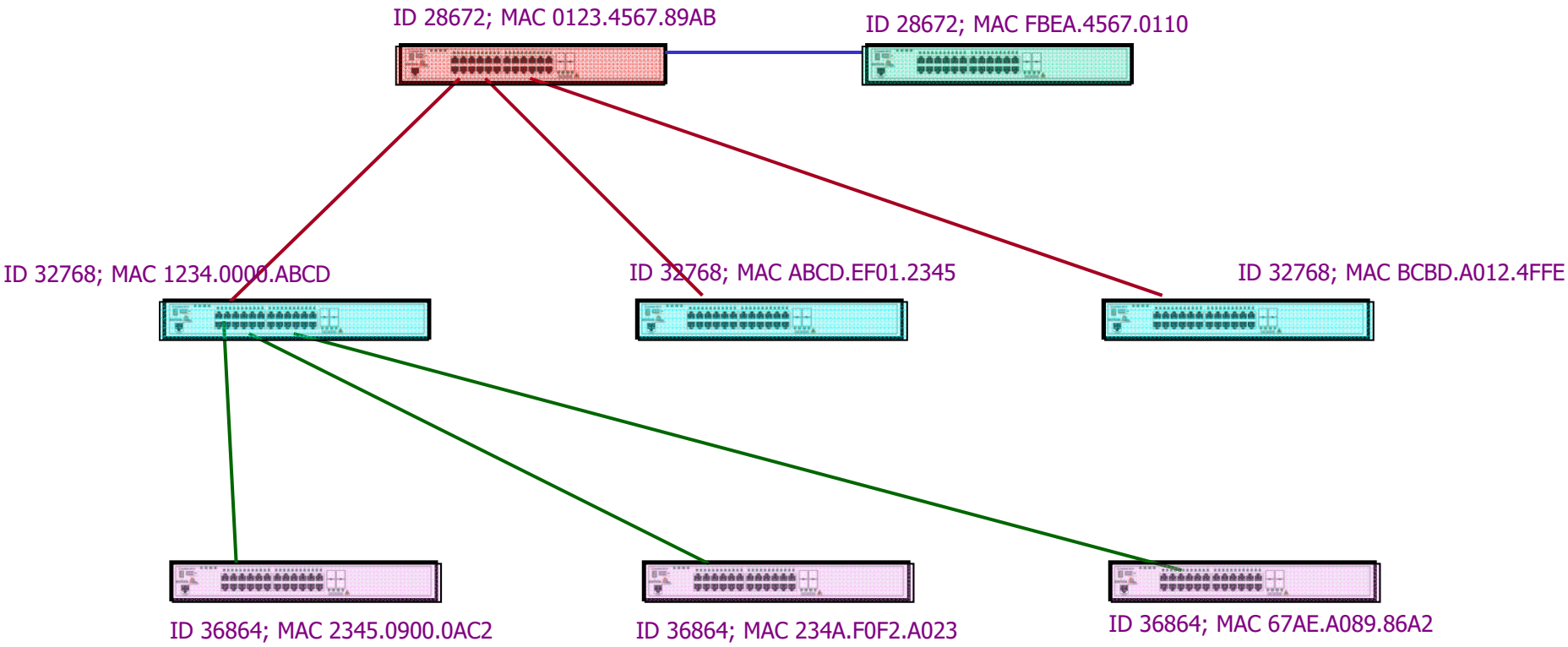
Order of Precedence



Order of Precedence



Order of Precedence



VLAN

- **แยก Broadcast Domain ออกภายใน Switch ตัวเดียว**
- **L2 Protocol**
- **เหมือนกับมีหลาย Switch ที่ไม่เชื่อมต่อกันในตัวเดียว**
- **สามารถทำการ Configure ได้ว่าจะแยกอย่างไร**
  - VLAN by Port (Static) กำหนดแต่ละ Port ตายตัวว่าเป็นของ VLAN อะไร
  - Dynamic VLAN : ตาม MAC, IP, Protocol หรืออื่นๆ กรณีนี้แต่ละ Port จะเปลี่ยน VLAN ตาม Condition ที่กำหนด เราเรียกว่าเป็น Mobile Port

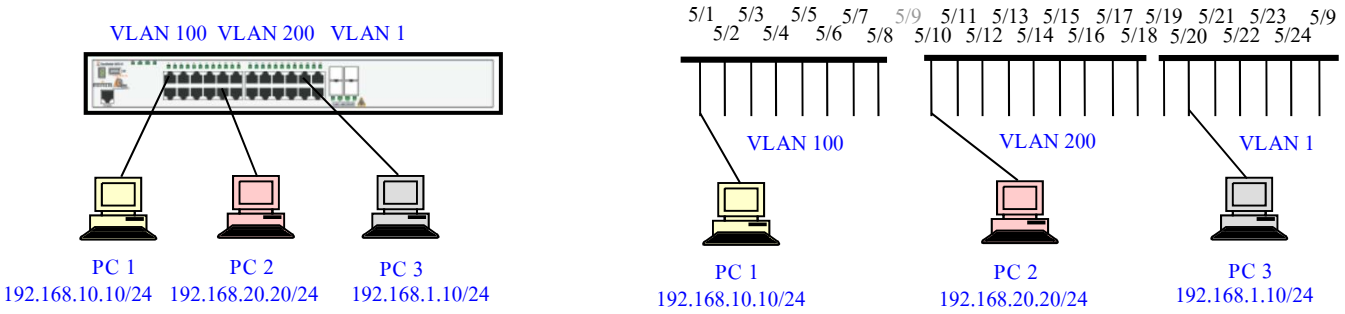
VLAN

- VLAN 1 คือ Default VLAN ลบและสร้างไม่ได้
- ทุก Port ถ้าไม่มีการกำหนดจะอยู่ใน VLAN 1
- VLAN Number = 12 Bit แต่ปกติการสร้าง จะให้หมายเลขระหว่าง VLAN 2 – VLAN 4094
- การเชื่อมต่อสอง VLAN ด้วยกันต้องใช้ความสามารถของ L3
- VLAN สามารถแยก Physical NW ออกจาก Logical NW

VLAN แบ่ง Switch เป็นหลายส่วน

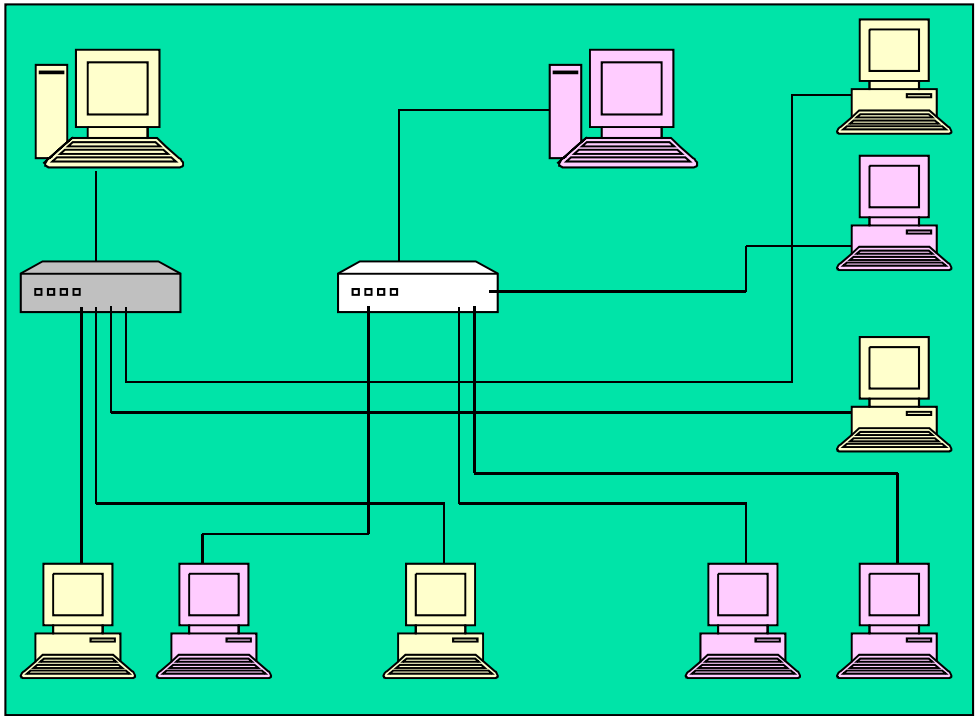
Switch ปกติเมื่อไม่แบ่ง VLAN หรือไม่ใช่ Managed Switch

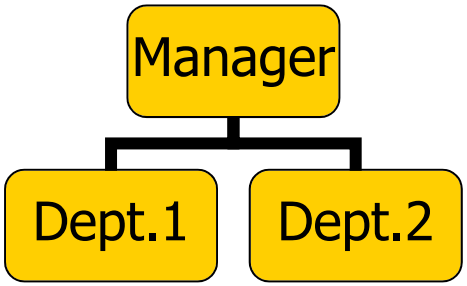
Switch ตัวเดียว ถูกแบ่งเป็น 3 VLAN



แต่ละ VLAN ถูกแยกออกจากกัน เสมือนอยู่คนละ Switch
จัดว่าอยู่คนละ Sub-network/Broadcast Domain
ต้องใช้อุปกรณ์ Layer 3(Router) มาเชื่อมต่อ

VLAN

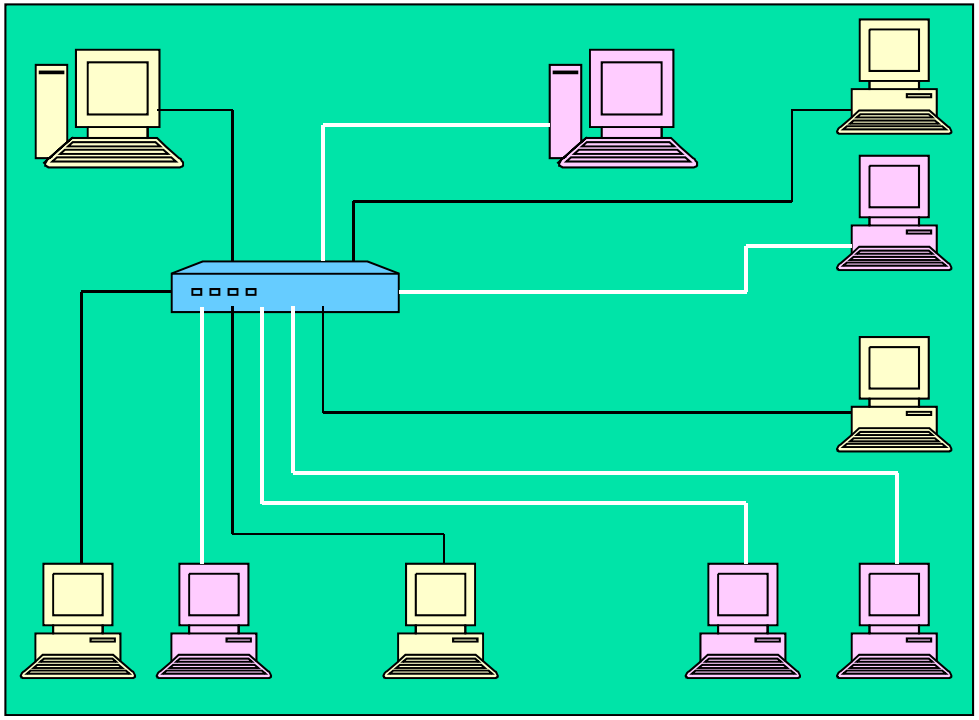


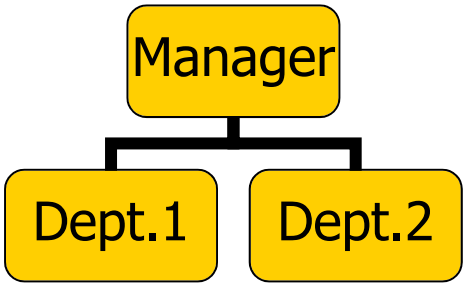


สอง Network สอง Server
ต้องการแยกออกจากกัน

ลงทุน สอง Switch
ปัญหาในการย้ายสถานที่
ต้องวางสายใหม่สำหรับ
Network ของตัวเอง

VLAN

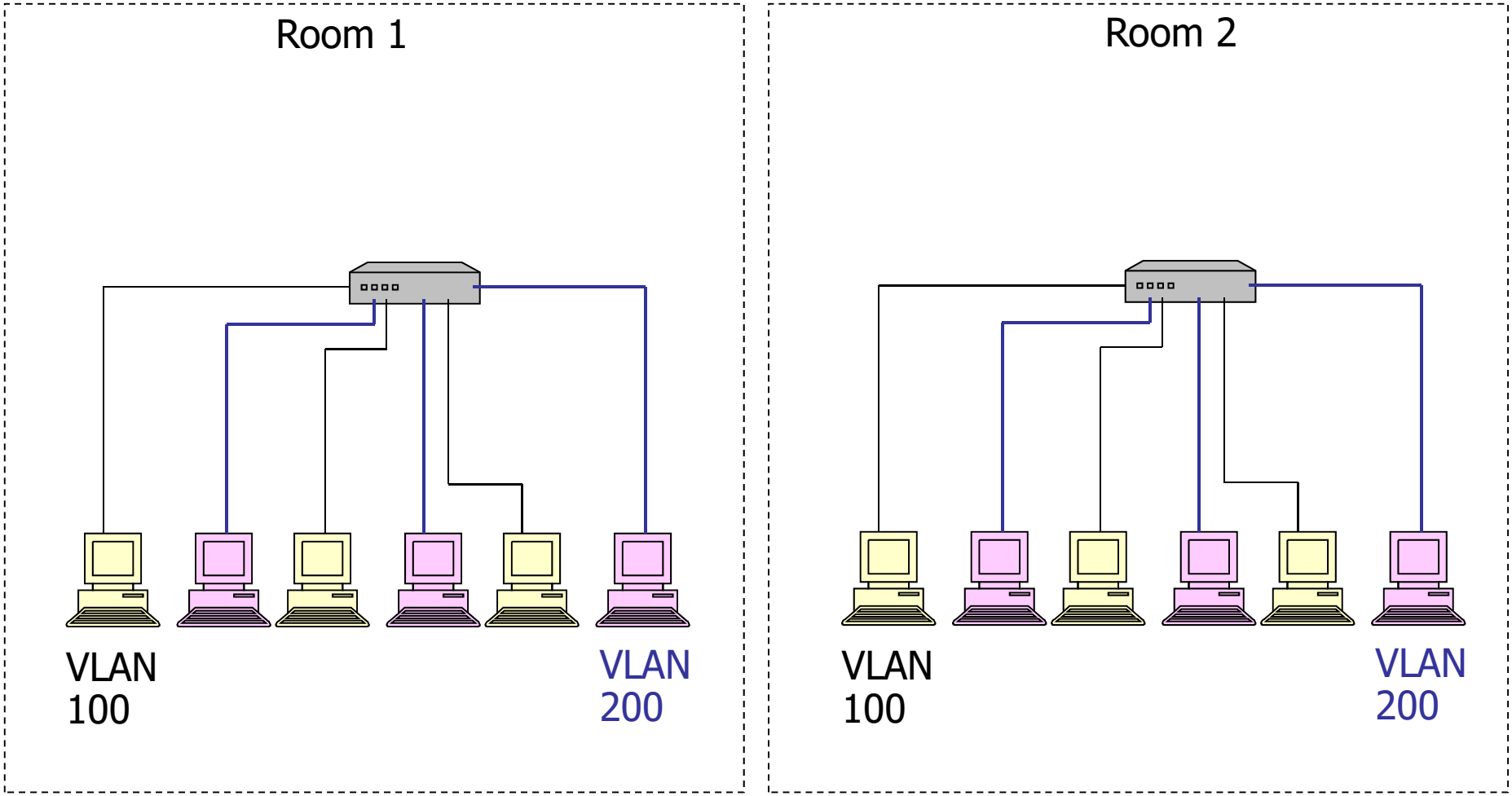




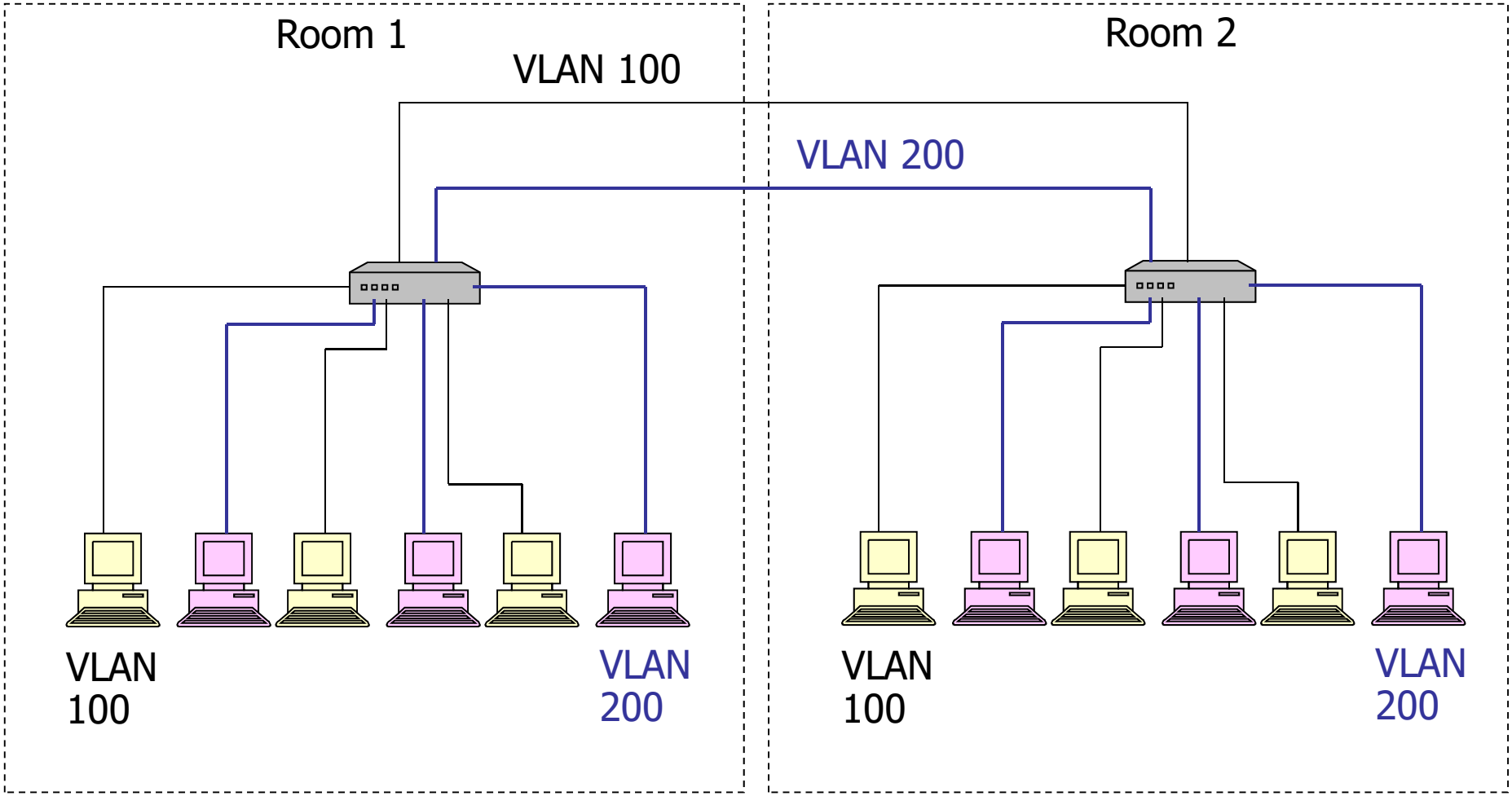
สอง Network สอง Server
ต้องการแยกออกจากกัน

ใช้ VLAN แก้ปัญหา
ย้ายที่ เชื่อมต่อกับ Port
ไหนของ Switch ก็ได้
แค่ Configure Port ให้ถูก VLAN

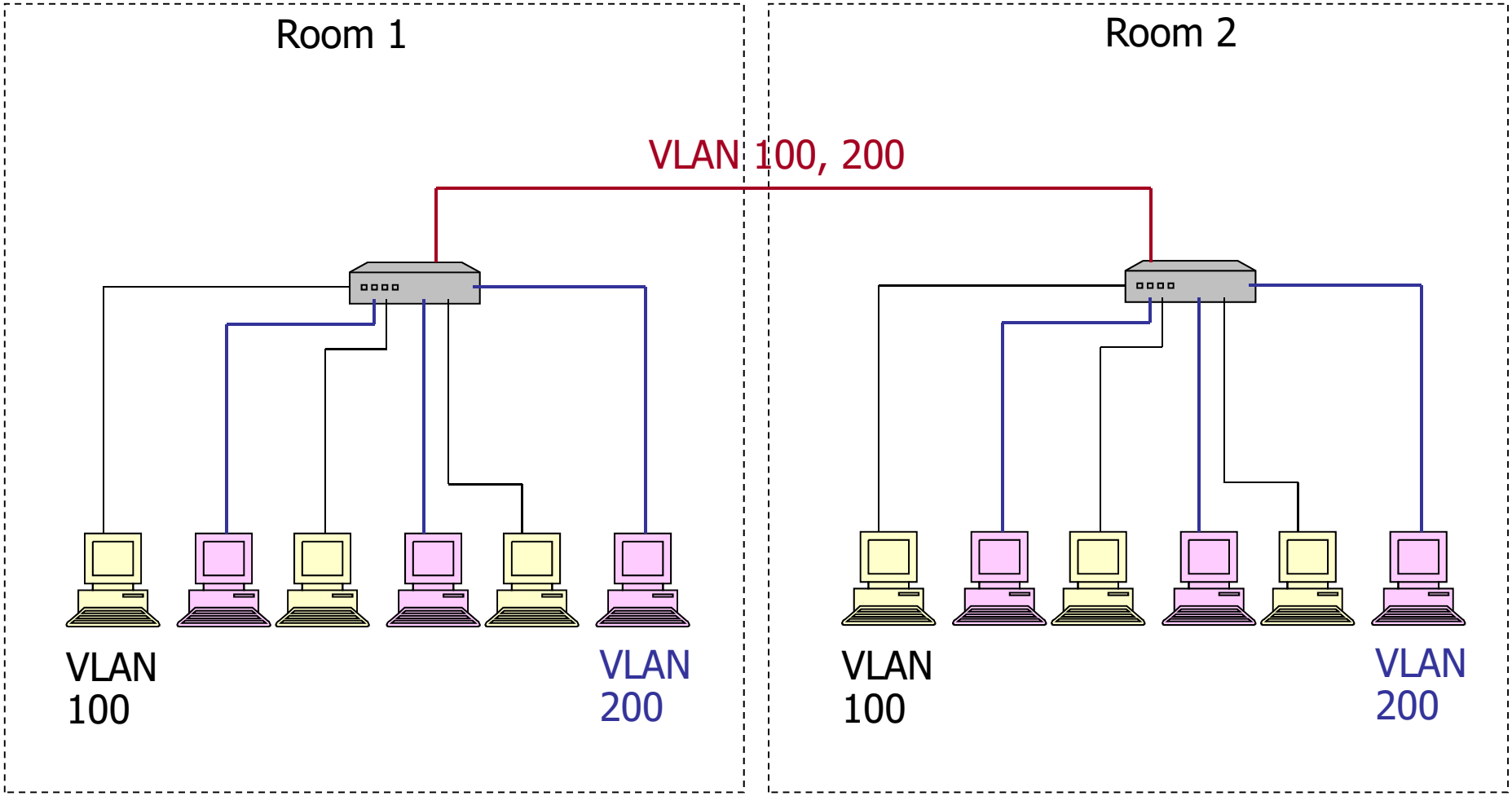
VLAN สามารถขยายผ่านมากกว่า 1 Switch



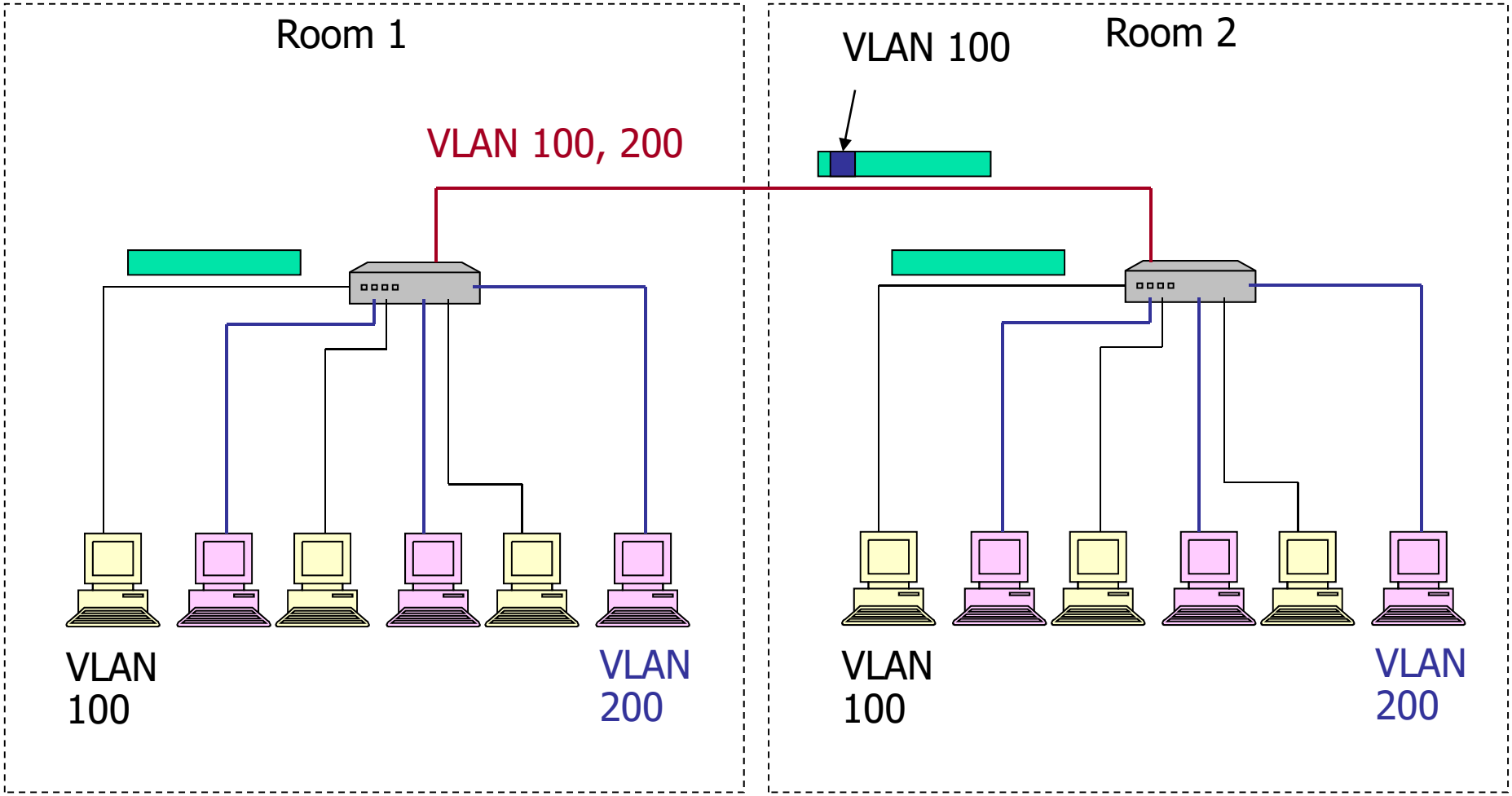
VLAN สามารถขยายผ่านมากกว่า 1 Switch



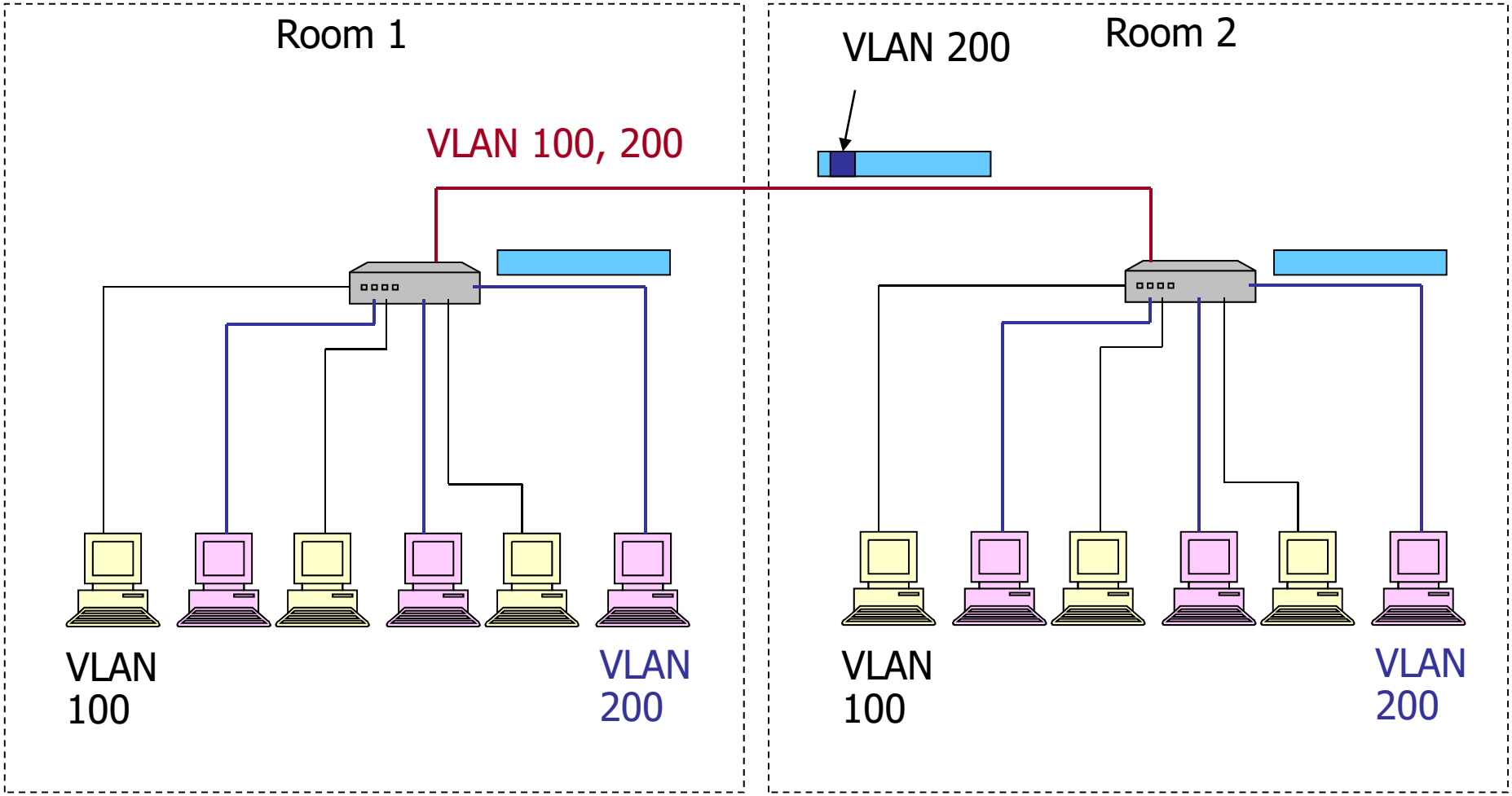
VLAN สามารถขยายผ่านมากกว่า 1 Switch



VLAN สามารถขยายผ่านมากกว่า 1 Switch



VLAN สามารถขยายผ่านมากกว่า 1 Switch



VLAN TAGGING

- **IEEE 802.1Q Standard**
  - 4 Byte เพิ่มในส่วนของ Header
  - 12 Bit เป็น VLAN Number
- **ISL(Cisco)**
  - Encapsulation

VLAN Tagging (IEEE 802.1Q)

- **Port ของ Switch จะต้องถูกกำหนดเป็น Tag Port**
- **เมื่อข้อมูลถูกส่งออกไปยัง Tag Port จะมีการใส่ Tag กำหนด VLAN**
- **เมื่อข้อมูลมาถึง Tag Port จะถูกส่งไปยัง VLAN ตาม Tag และตัว Tag จะถูกนำออก**
- **VLAN Default ของ Port นั้นจะไม่ถูกใส่ Tag**
  - VLAN Number จะเป็น Local ยกเว้นทำ Tagging
  - อุปกรณ์บางยี่ห้อจะมี Protocol สื่อสารระหว่าง SW (Interswitch Protocol)

Communication Between VLAN

- Connect Through Router (L3)
- Using L3 Switch ดีกว่า

VLAN Static vs Dynamic

- **เมื่อ VLAN ถูกกำหนดโดย Port ของ Switch เราเรียก Static VLAN**
  - อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ Port ดังกล่าวจะถูกจับไปอยู่ใน VLAN ที่กำหนด
- **แต่ถ้าเรากำหนดให้อุปกรณ์ที่มาเชื่อมกับ Port ไปอยู่ใน VLAN ตามคุณสมบัติของอุปกรณ์ เช่น ตาม IP Address, MAC Address หรือตามการ Authentication เราเรียก Dynamic VLAN**
  - Port ดังกล่าวจะเป็น “Mobile Port” และต้องกำหนด VLAN Rule ให้

การกำหนด VLAN

- **หนึ่ง Subnet ให้เป็น หนึ่ง VLAN**
- **เมื่อเรากำหนด Topology เราได้**
  - Subnet ของแต่ละ Network
  - กำหนด IP Address ให้กับแต่ละ Subnet
  - กำหนด VLAN ให้กับแต่ละ Subnet
    - ดังนั้นแต่ละ Subnet สามารถอยู่ร่วมกันบน Switch เดียวกันได้
    - แต่ละ Subnet สามารถกระจาย ครอบคลุมหลาย Switch ได้
    - กล่าวคือ Logical Network(Diagram) และ Physical Network(Wiring Diagram) สามารถแยกจากกัน
      - Network จะประกอบด้วยสอง Diagram

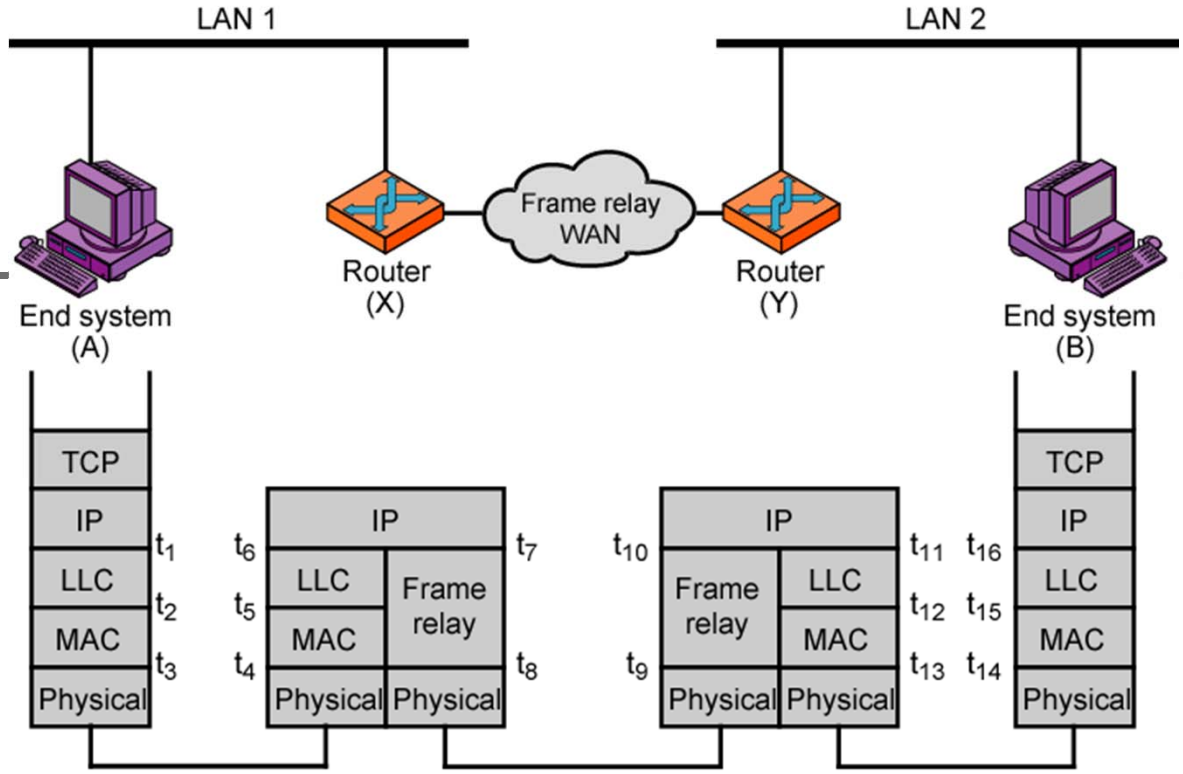
Spanning Tree and VLAN

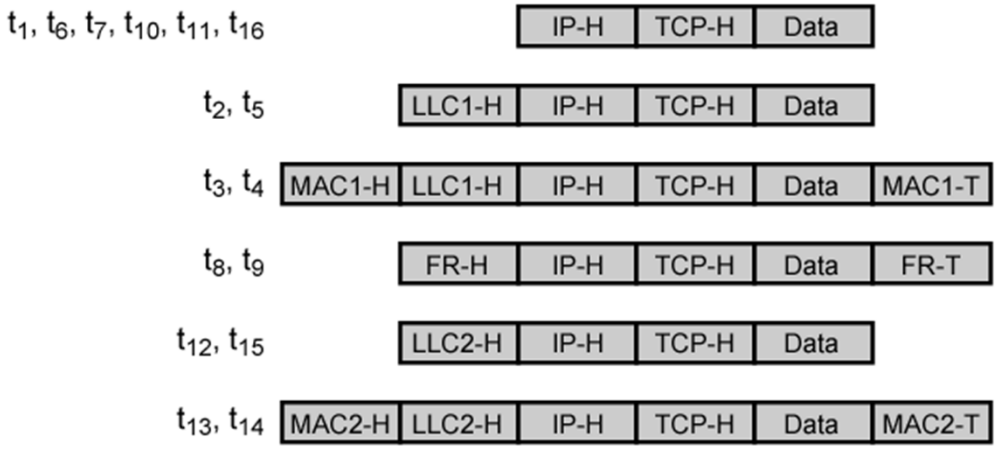
- เนื่องจากมาตรฐานของ Spanning Tree(802.1D) นั้นได้ตั้งขึ้นมาก่อน VLAN ดังนั้นการทำ VLAN ใน Network จะมีมากกว่า 1 Spanning Tree ไม่ได้ นั่นหมายถึงทุกๆ VLAN จะต้องมี Spanning Tree เดียว ซึ่งถ้าทำ VLAN แบบ ง่ายๆจะไม่มีปัญหา แต่บางครั้งถ้าเรามีการทำ Filter ของ Trunk Port อาจจะทำให้บาง VLAN หลุดจาก Spanning Tree ได้
- Cisco ได้เพิ่มส่วนของ Protocol ของ Spanning Tree ที่ทำให้สามารถมี Spanning Tree แยกสำหรับแต่ละ VLAN ได้ แต่ก็ใช้ได้กับ Switch ของ Cisco เท่านั้น อย่างไรก็ตามมาตรฐานใหม่ของ IEEE คือ IEEE 802.1s ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับ Multiple Spanning Tree(MST) จะยอมให้มีหลาย Spanning Tree ได้

WAN Technologies

- **ในการเชื่อมต่อระยะไกล, Ethernet Technologies ไม่สามารถนำมาใช้ได้**
- **IP เป็น WAN แต่อยู่ใน Layer 3 ดังนั้นต้องการ Layer 2 และ Layer 1 เป็นตัวนำ IP Packet**
  - IP บน Ethernet ใช้ได้ใน LAN เท่านั้น
  - ในการส่งไกลกว่านั้น ต้องหา WAN Technologies มานำ IP Packet
    - IP บรรจุใน WAN Layer 2 ส่งผ่าน Layer 1 (HDLC, FR, SDH, MPLS, ATM ผ่าน Modem, Fiber, ...)
    - IP บรรจุใน Layer 3 WAN Frame เช่นใน X.25

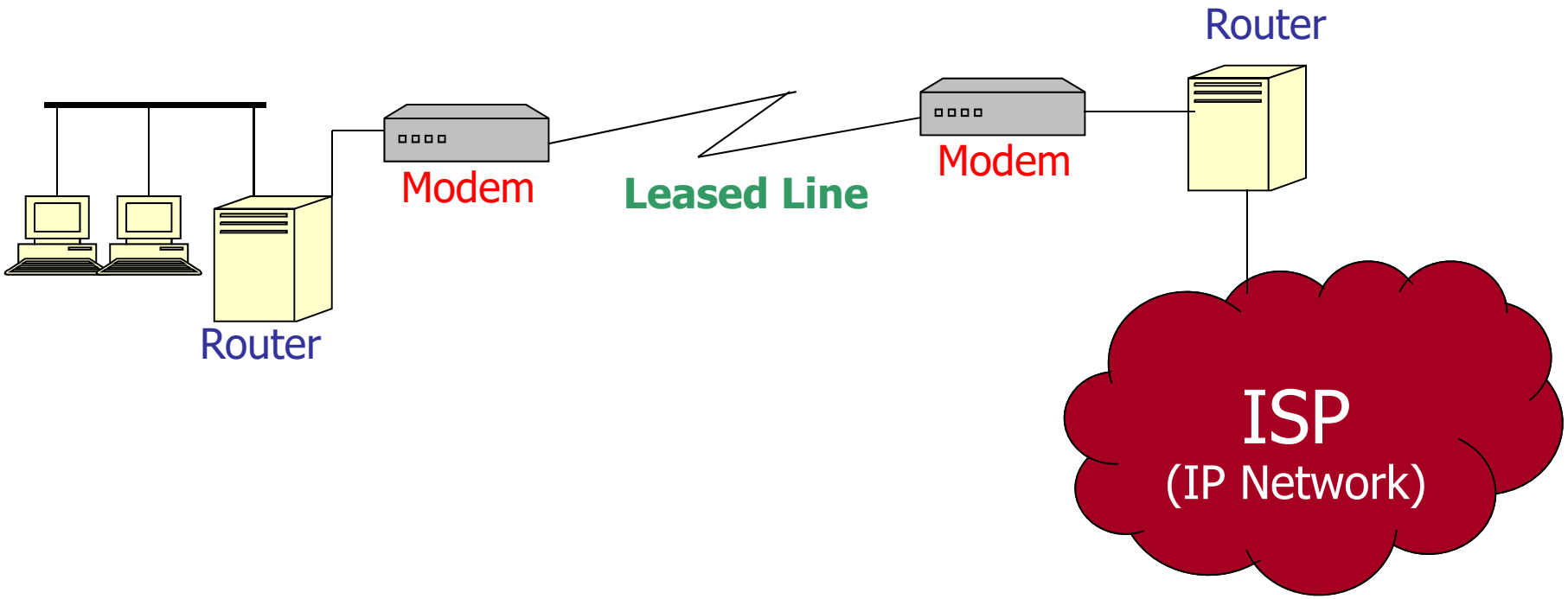
WAN Connection





TCP-H = TCP header
IP-H = IP header
LLCi-H = LLC header
MACi-H = MAC header
MACi-T = MAC trailer
FR-H = Frame relay header
FR-T = Frame relay trailer

Connect to ISP



Note: ปัจจุบัน Technology ของ Ethernet สามารถส่งได้ไกลขึ้น
ทำให้เราขยาย LAN ได้ในระยะทางหลายสิบ กม. แต่เราไม่สามารถเดินสายได้เอง
ยังคงต้องพึ่ง Public Network

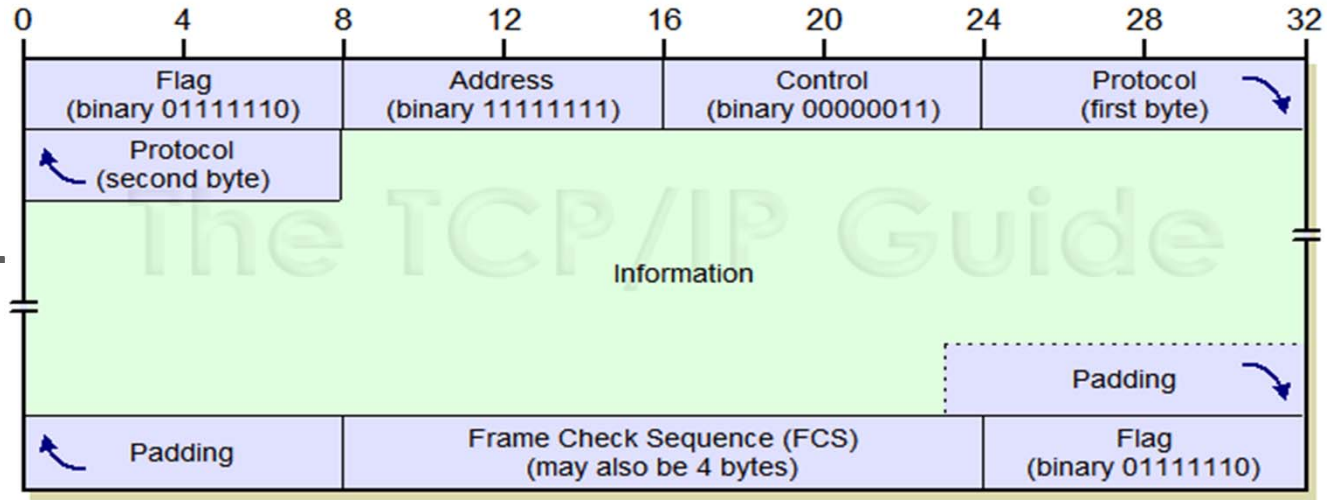
WAN Technologies

Option:	Description	Advantages	Disadvantages	Bandwidth range	Sample protocols used
Leased line	Point-to-Point connection between two computers or Local Area Networks (LANs)	Most secure	Expensive		PPP, HDLC, SDLC, HNAS
Circuit switching	A dedicated circuit path is created between end points. Best example is dialup connections	Less Expensive	Call Setup	28 kbit/s - 144 kbit/s	PPP, ISDN
Packet switching	Devices transport packets via a shared single point-to-point or point-to-multipoint link across a carrier internetwork. Variable length packets are transmitted over Permanent Virtual Circuits (PVC) or Switched Virtual Circuits (SVC)		Shared media across link		X.25 Frame-Relay
Cell relay	Similar to packet switching, but uses fixed length cells instead of variable length packets. Data is divided into fixed-length cells and then transported across virtual circuits	best for simultaneous use of Voice and data	Overhead can be considerable		ATM

PPP (Point-to-Point Protocol)

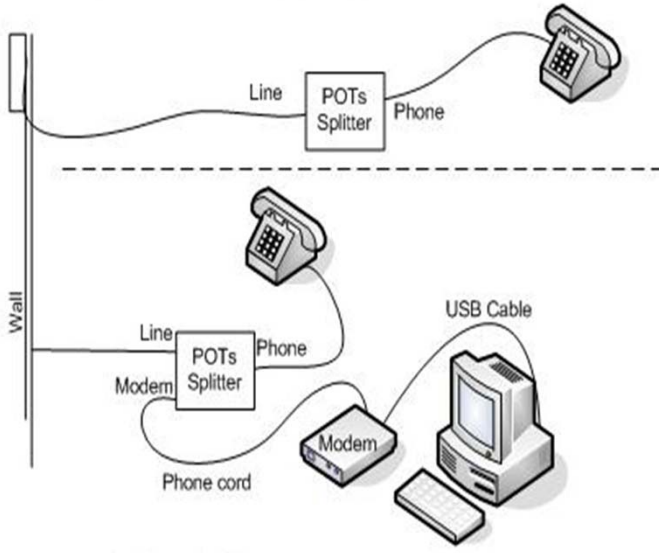
- นิยมใช้ในปัจจุบัน สำหรับเป็น Data Link Protocol ในการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่าง Node (Point-to-Point)
- ใช้ได้ผ่าน Physical Link หลายแบบ เช่น Serial Cable, Phone Line, Cell Phone, SONET โดยที่ ISP ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับลูกค้าที่จะ Dial-Up Access กับ Internet
- มาแทนที่ Protocol เก่าได้แก่
  - SLIP (Serial Line Internet Protocol)
  - LAPB ใน X.25
- ถูกออกแบบมาให้ใช้กับ Network Layer ต่างๆ รวมถึง IP
- ยังถูกใช้เป็น Protocol ในการเชื่อมต่อ Broadband ด้วย ใน PPPoE และ PPPoA

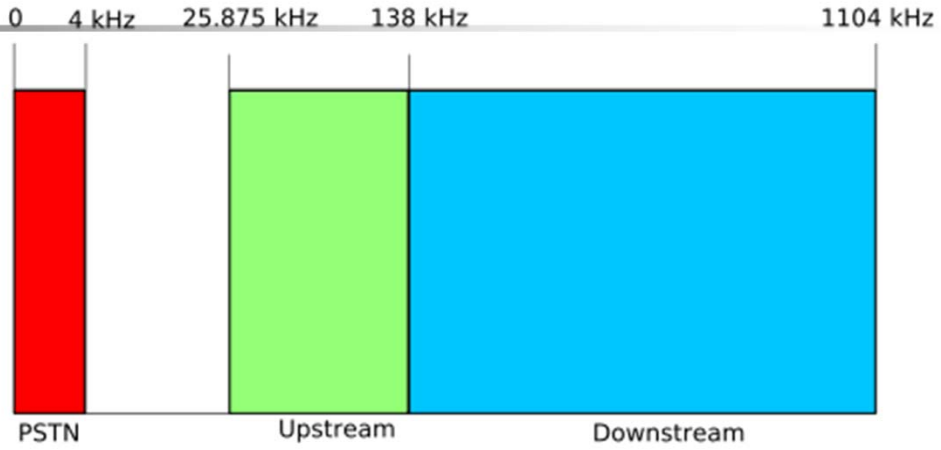
PPP Frame

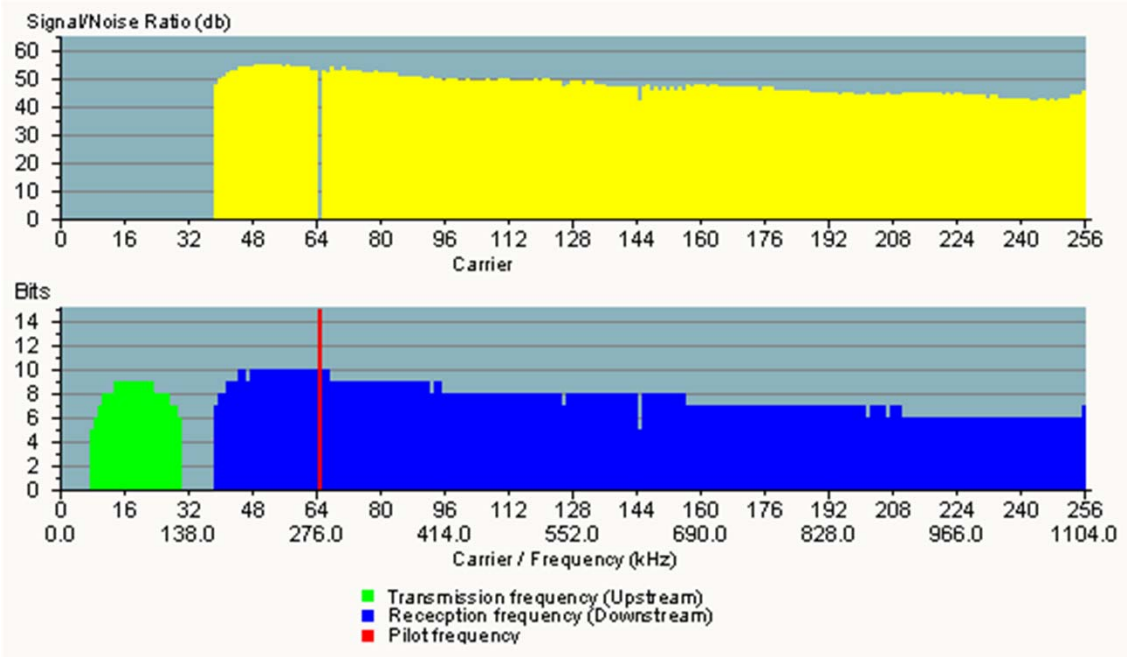


Field Name	Size (bytes)	Description
Flag	**1**	*Flag:* **Indicates the start of a PPP frame. Always has the value "01111110" binary (0x7E hexadecimal, or 126 decimal).**
Address	**1**	*Address:* **In HDLC this is the address of the destination of the frame. But in PPP we are dealing with a direct link between two devices, so this field has no real meaning. It is thus always set to "11111111" (0xFF or 255 decimal), which is equivalent to a broadcast (it means "all stations").**
Control	**1**	*Control:* **This field is used in HDLC for various control purposes, but in PPP it is set to "00000011" (3 decimal).**
Protocol	**2**	*Protocol:* **Identifies the protocol of the datagram encapsulated in the Information field of the frame. See below for more information on the *Protocol* field.**
Information	**Variable**	*Information:* **Zero or more bytes of payload that contains either data or control information, depending on the frame type. For regular PPP data frames the network-layer datagram is encapsulated here. For control frames, the control information fields are placed here instead.**
Padding	**Variable**	*Padding:* **In some cases, additional dummy bytes may be added to pad out the size of the PPP frame.**
FCS	**2 (or 4)**	*Frame Check Sequence (FCS):* **A checksum computed over the frame to provide basic protection against errors in transmission. This is a CRC code similar to the one used for other layer two protocol error protection schemes such as the one used in Ethernet. It can be either 16 bits or 32 bits in size (default is 16 bits).** **The FCS is calculated over the *Address*, *Control*, *Protocol*, *Information* and *Padding* fields.**
Flag	**1**	*Flag:* **Indicates the end of a PPP frame. Always has the value "01111110" binary (0x7E hexadecimal, or 126 decimal).**

Broad-band (ADSL)

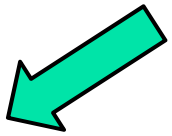




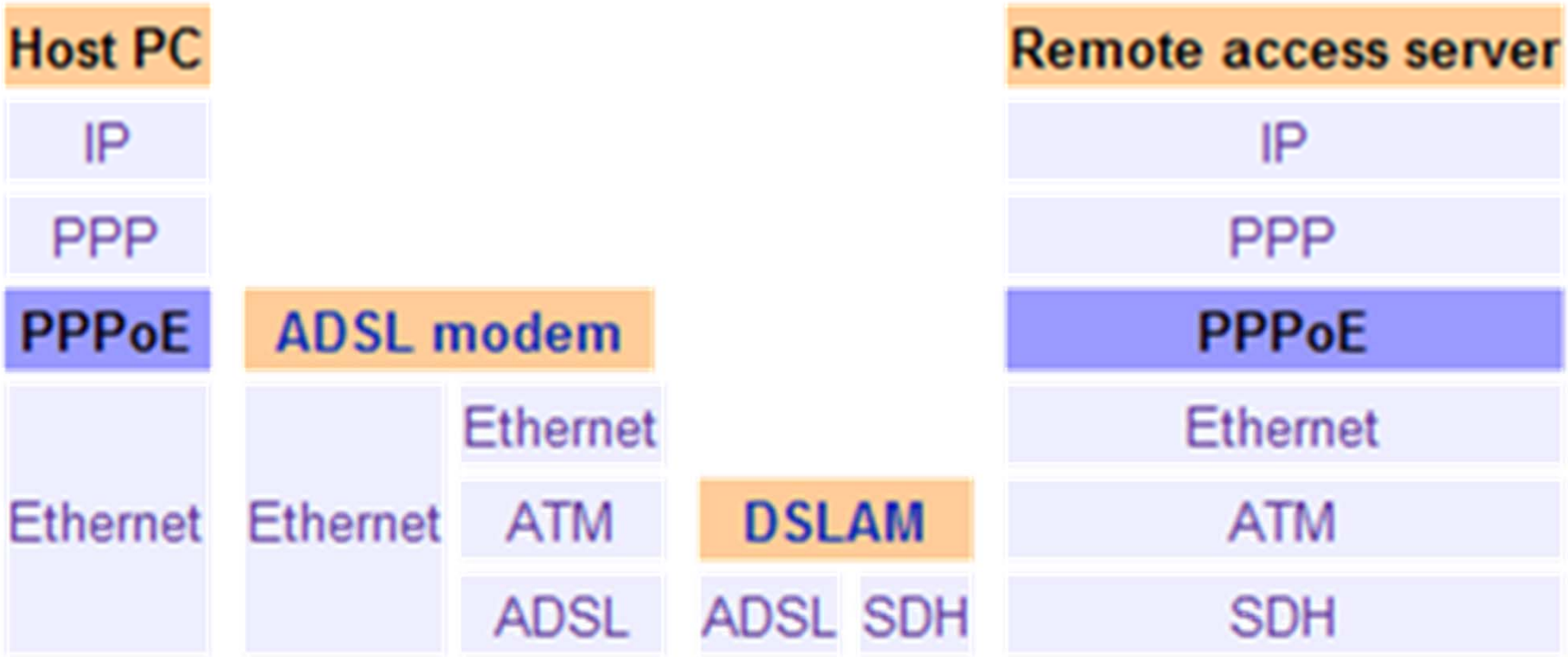


PPPoE

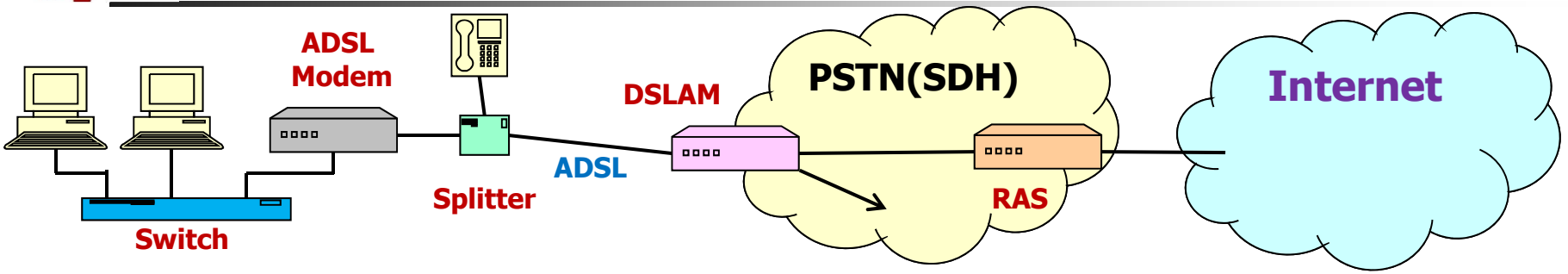
Application	FTP	SMTP	HTTP	…	DNS	…
Transport	TCP				UDP	
Network	IP				IPv6	
Network access	PPP					
	PPPoE					
	Ethernet					



ADSL internet access architecture



PPPoE



Host PC				Remote access server
IP				IP
PPP				PPP
PPPoE	ADSL modem			PPPoE
Ethernet	Ethernet	Ethernet		Ethernet
		ATM	DSLAM	ATM
		ADSL	ADSL SDH	SDH

Importance Ethernet Standards

Ethernet Standard	Date	Description
Experimental Ethernet	1973[1]	2.94 Mbit/s (367 kB/s) over coaxial cable (coax) bus
Ethernet II (DIX v2.0)	1982	10 Mbit/s (1.25 MB/s) over thick coax. Frames have a Type field. This frame format is used on all forms of Ethernet by protocols in the Internet protocol suite.
IEEE 802.3 standard	1983	10BASE5 10 Mbit/s (1.25 MB/s) over thick coax. Same as Ethernet II (above) except Type field is replaced by Length, and an 802.2 LLC header follows the 802.3 header. Based on the CSMA/CD Process.
802.3a	1985	10BASE2 10 Mbit/s (1.25 MB/s) over thin Coax (a.k.a. thinnet or cheapernet)
802.3i	1990	10BASE-T 10 Mbit/s (1.25 MB/s) over twisted pair
802.3j	1993	10BASE-F 10 Mbit/s (1.25 MB/s) over Fiber-Optic

Importance Ethernet Standards

Ethernet Standard	Date	Description
802.3u	1995	100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX Fast Ethernet at 100 Mbit/s (12.5 MB/s) w/autonegotiation
802.3x	1997	Full Duplex and flow control; also incorporates DIX framing, so there's no longer a DIX/802.3 split
802.3ab	1999	1000BASE-T Gbit/s Ethernet over twisted pair at 1 Gbit/s (125 MB/s)
802.3ad	2000	Link aggregation for parallel links, since moved to IEEE 802.1AX
802.3ae	2002	10 Gigabit Ethernet over fiber; 10GBASE-SR, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW, 10GBASE-LW, 10GBASE-EW
802.3af	2003	Power over Ethernet (15.4 W)
802.3an	2006	10GBASE-T 10 Gbit/s (1,250 MB/s) Ethernet over unshielded twisted pair (UTP)
802.3at	2009	Power over Ethernet enhancements (25.5 W)

Ethernet Standard	Date	Description
802.3ba	2010	40 Gbit/s and 100 Gbit/s Ethernet. 40 Gbit/s over 1m backplane, 10 m Cu cable assembly (4x25 Gbit or 10x10 Gbit lanes) and 100 m of MMF and 100 Gbit/s up to 10 m of Cu cable assembly, 100 m of MMF or 40 km of SMF respectively
802.3.1	2011	MIB definitions for Ethernet. It consolidates the Ethernet related MIBs present in Annex 30A&B, various IETF RFCs, and 802.1AB annex F into one master document with a machine readable extract. (workgroup name was P802.3be)
802.3bm	2015	100G/40G Ethernet for optical fiber
802.3bq	~Feb 2016	40GBASE-T for 4-pair balanced twisted-pair cabling with 2 connectors over 30 m distances
802.3bs	~ 2017	400 Gbit/s Ethernet over optical fiber using multiple 25G/50G lanes
802.3by	~Sep 2016	25G Ethernet
802.3bz	TBD	2.5 Gigabit and 5 Gigabit Ethernet over twisted pair - 2.5GBASE-T and 5GBASE-T

HW1 Due Next Week

ให้นักศึกษา Download HW 1, Week 2
ทำการพิมพ์คำถามบนกระดาษ A4 จากนั้นให้ทำการบ้าน
ลงในกระดาษที่พิมพ์ ด้วยการเขียนเท่านั้น(ห้ามพิมพ์)
และส่งต้นชั่วโมง สัปดาห์ถัดไป

อย่าลืมใส่ชื่อ รหัส และ Section ในหน้าแรก

End of Review Part I+II

- **Next Week**
  - Internet Concept
  - IP Address