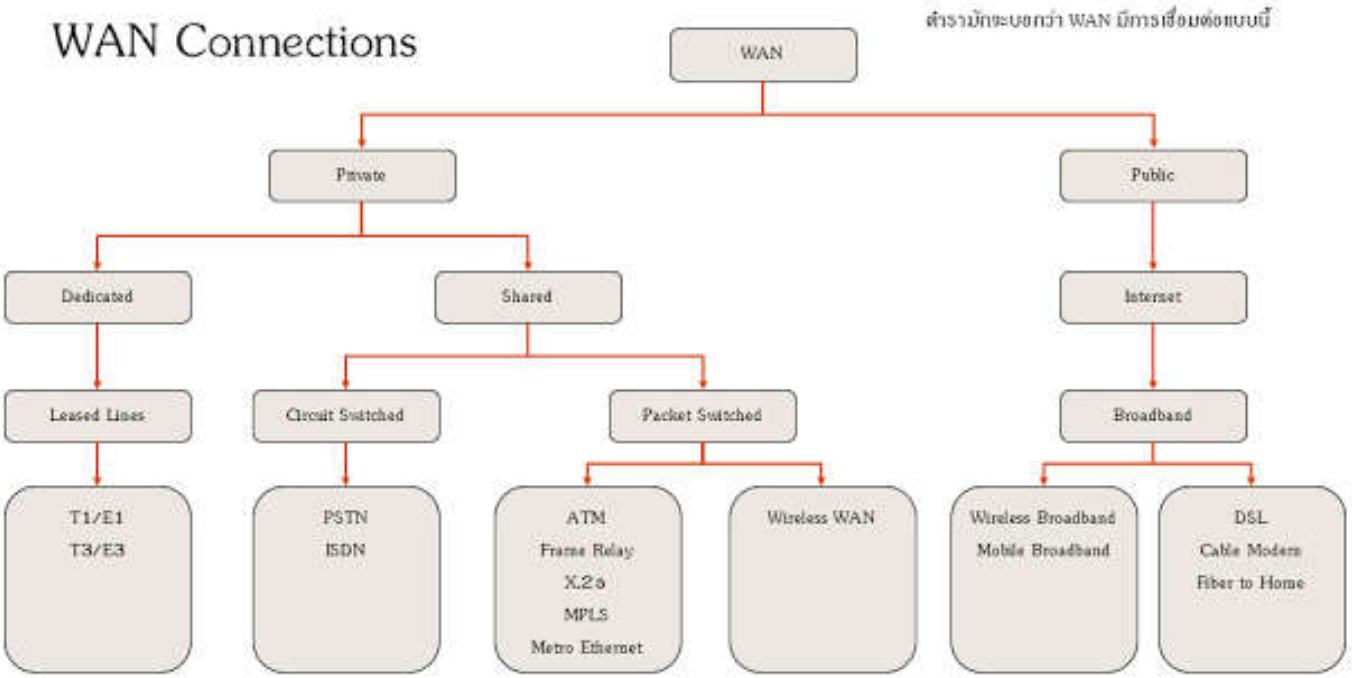
โพรโทคอลการจัดเส้นทางสารสนเทศ

Routing Concept

- การเชื่อมต่อเครือข่าย WAN (Wide Area Network) ในปัจจุบันมีการเชื่อมต่อที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับผู้ให้บริการ (Service Provider) และ ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet Service Provider) ว่ามีการออกแบบและเลือกให้บริการในรูปแบบไหน



WAN Type

- Private Connection: เป็นการเชื่อมต่อแบบส่วนตัว โดยต้องมีความเป็นส่วนตัวหรือเชื่อมต่อกันในวงจำกัด
- Public Connection: เป็นการเชื่อมต่อสาธารณะ หรือเป็นการเชื่อมต่อไปยังระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- หากต้องการเชื่อมต่อสาขาจะใช้การเชื่อมต่อแบบ Private ซึ่งมีความปลอดภัยมากกว่า ได้ประสิทธิภาพสูงกว่า และปรับแต่งการทำงานให้เข้ากับรูปแบบการใช้งานของเครือข่ายขององค์กรได้ แต่ก็มีข้อเสียคือราคาแพง
- ส่วนการเชื่อมต่อแบบ Public ต้องใช้เพื่อเชื่อมต่อไปยังอินเทอร์เน็ต ใช้สำหรับบริการที่ต้องการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เช่นให้บริการสำหรับพนักงานในการสืบค้นข้อมูลผ่านเน็ต สำหรับให้บริการเว็บไซต์สาธารณะ สำหรับพนักงานในรีโมทเข้าไปทำงานจากภายนอก

Private WAN

- Dedicated Link: หรือลิงค์ส่วนตัว โดยผู้ให้บริการจะลากสายสัญญาณจากต้นทางไปยังปลายให้ทำให้มีความปลอดภัยสูงสุด ได้ความเร็วเต็มที่ของสายสัญญาณที่รองรับได้ บริการรูปแบบนี้ เราเรียกว่า Leased Line หรือวงจรเช่า โดยมีการเชื่อมต่อตรงของวงจรโทรศัพท์ โดยใช้สายสัญญาณ เช่น DS0, E1, หรือ E3 เป็นต้น นอกจากนี้ในปัจจุบัน มีการใช้สายไฟเบอร์ในการส่งสัญญาณแทนโดยมักจะเรียกกันว่า Dark Fiber ข้อเสียคือมีราคาแพงมาก
- Shared Link: เป็นการใช้งานสายสัญญาณหลักร่วมกัน โดยมีเทคโนโลยีที่ใช้กันมาตั้งแต่ดังเดิม คือ Circuit Switching เช่น PSTN (Analog) และ ISDN (Digital) ปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้แบบ Packet Switching หมดแล้ว เช่น Wireless WAN, MPLS และ Metro Ethernet
- ข้อควรระวัง Leased Line (LL) ต้องเป็นวงจรเช่าโดยเฉพาะ ดังนั้น ความเร็วจะคงที่เช่นถ้าเช่าสายไฟเบอร์แบบ LL จะต้องได้ความเร็วเต็มที่ตามอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วได้เอง เช่นซื้อ Switch 40GB มา ก็ต้องได้ความเร็วตามนั้น ไม่ใช่ความเร็วตามที่ผู้ให้บริการกำหนด แต่เวลาเราซื้อบริการแวน ผู้ให้บริการมันจะบอกว่าขาย LL ความเร็ว 100/10Mbps หรือ 50/5Mbps แบบนี้ไม่ใช่ LL แท้ แต่เป็นเทคโนโลยีที่เรียกว่า Virtual Leased Line หรือเป็นแบบ Shared Link แต่มีการใช้โปรโตคอลในการทำให้มีการเชื่อมต่อกันตรง ๆ ระหว่างต้นทางกับปลายทางคล้าย Leased Line

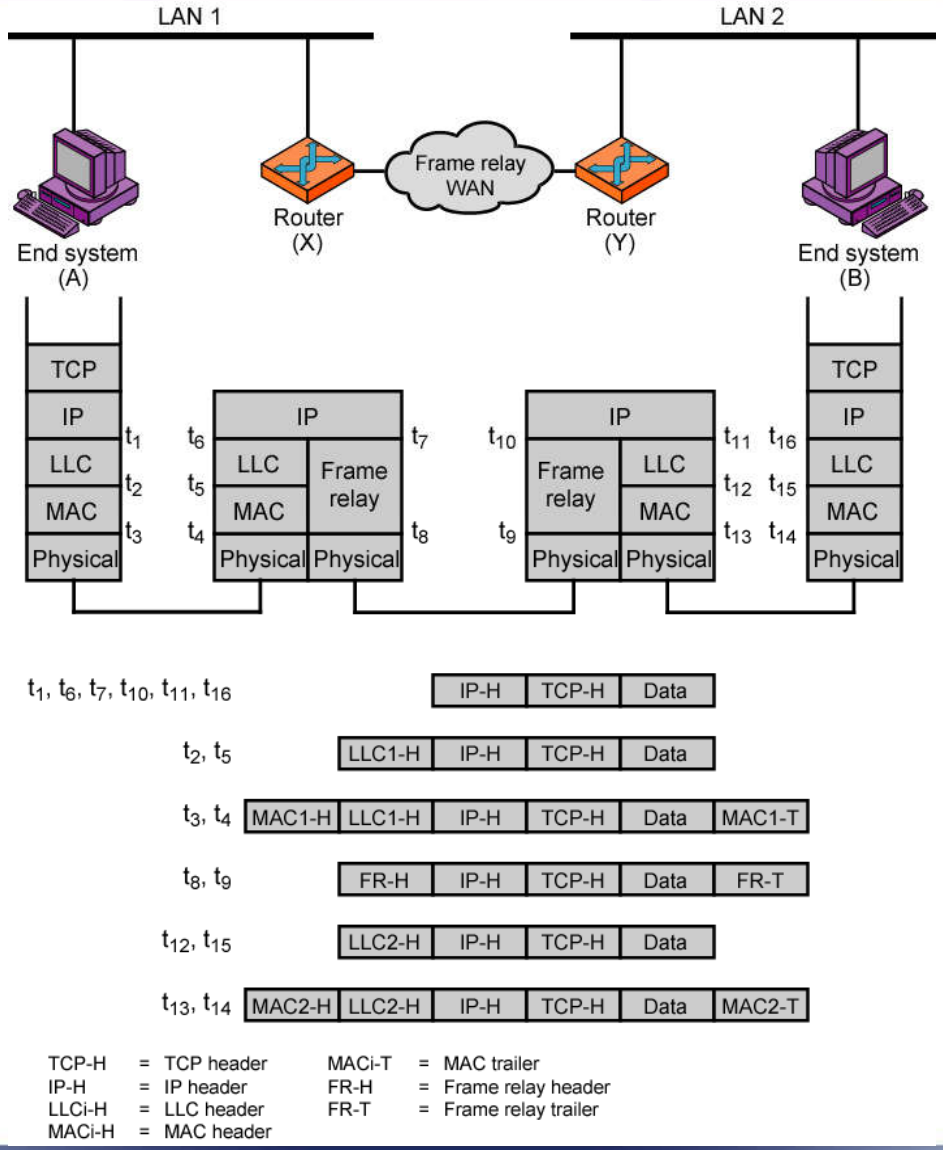
Public WAN

- เป็นการเชื่อมต่อไปยังระบบอินเทอร์เน็ต จึงมีเทคโนโลยีมากมายที่ใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นเทรนที่อุปกรณ์ทุกชนิด จะต้องสามารถเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ตามแนวโน้มของ Internet of Thing (IoT) ตัวอย่างของการเชื่อมต่อแบบนี้เช่น
  - DSL: เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้สายโทรศัพท์แบบดั้งเดิม โดยแบ่งประเภทเช่น ADSL, VDSL, SDSL เป็นต้น
  - Cable Modem: เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้สายโทรทัศน์ (Coaxial Cable)
  - Fiber to the Home: เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้สายไฟเบอร์ออฟฟิต มีบริการหลากหลายเช่น FTTX, FTTH, FTTC, FTTB เป็นต้น
  - Broadband Wireless: เป็นการเชื่อมต่อ แบบไร้สาย ซึ่งปัจจุบันนิยมมากเช่น 3G, 4G, และ LTE

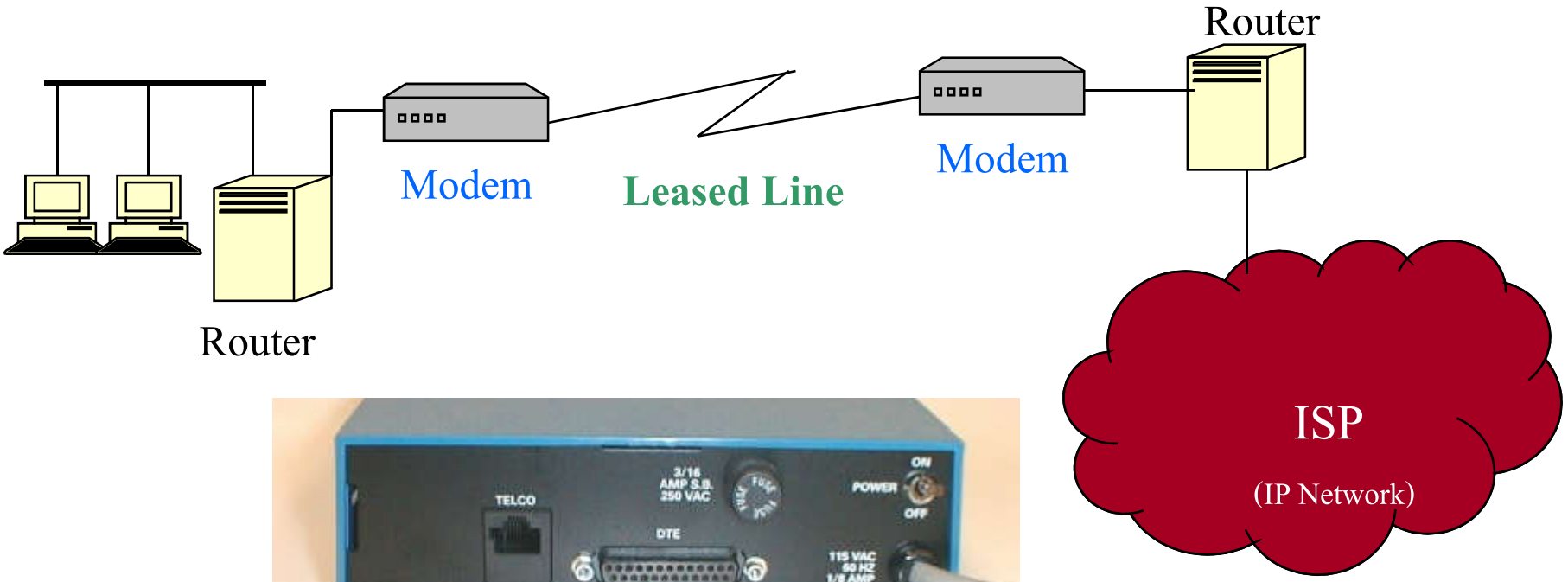
WAN Technologies

- IP เป็น WAN แต่อยู่ใน Layer 3 ดังนั้นต้องการ Layer 2 และ Layer 1 เป็นตัวนำ IP Packet
  - IP บน Ethernet ส่วนใหญ่ใช้ได้ใน 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 Technologies



Connect to ISP



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

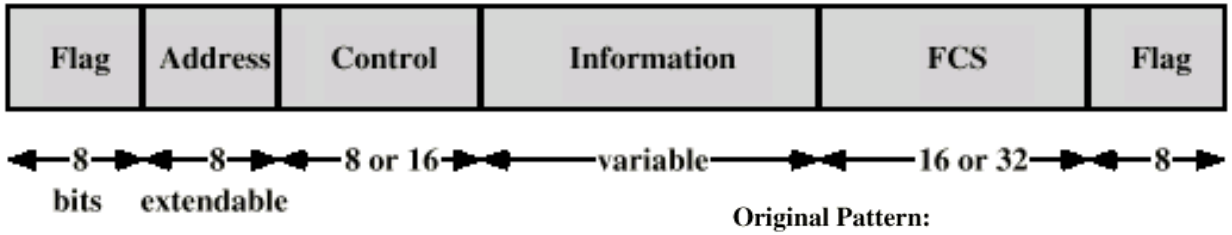
WAN Technologies

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

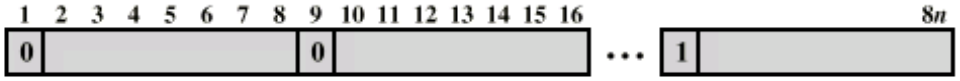
HDLC

- High Level Data Link Control Protocol
- ISO Standard
  - Current Standard = ISO 13239
- Connection Oriented and Connectionless
- Most common mode = point-to-point using ABM (Asynchronous Balanced Mode)
- Transmission Mode/Station Type/Flow
  - ดูใน CPE326 (Stalling Book)

HDLC Frame Format



(a) Frame format



(b) Extended Address Field

Original Pattern:

111111111111011111101111110

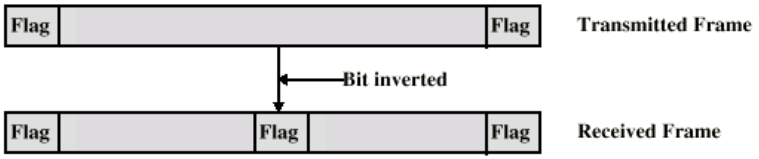
After bit-stuffing

111110111110110111110101111010

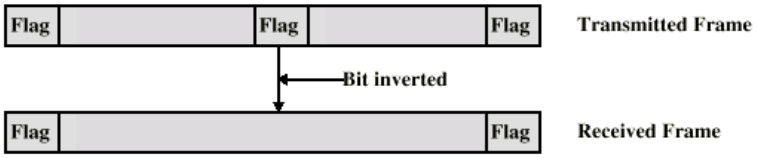
(a) Example

HDLC เป็นต้นกำเนิดของ Frame Format และ L2 Protocol อื่นๆ

- -LLC
- -MAC
- -PPP
- -LAPB
- -LAPD
- -LAPF
- -ฯลฯ

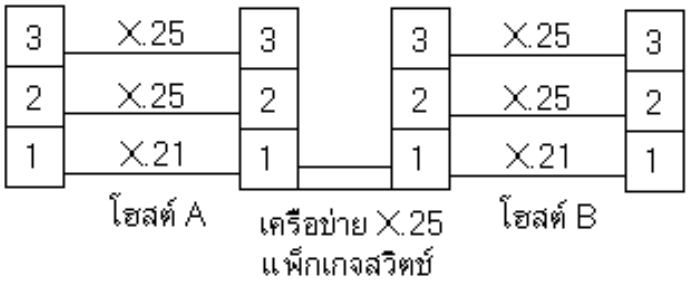


(b) An inverted bit splits a frame in two

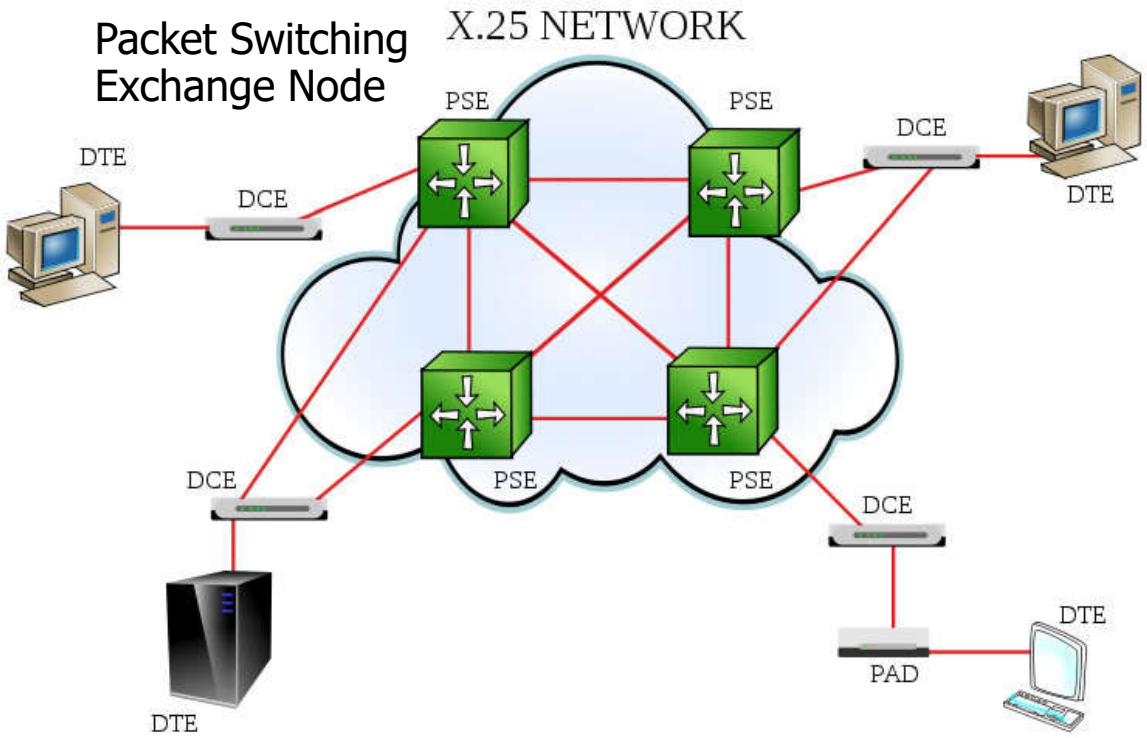


(c) An inverted bit merges two frames

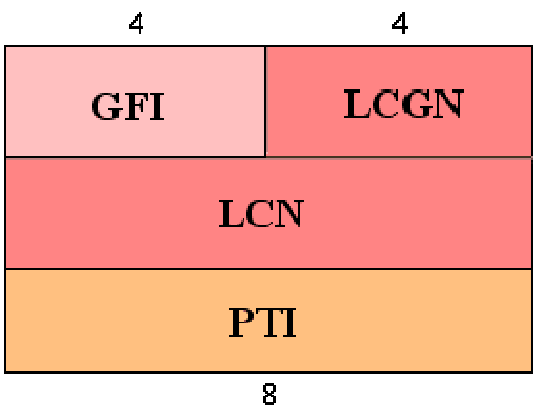
X.25



Packet Switching Exchange Node



X.25



General Format ID

Logical Channel ID

-LC Group No

-LC Number

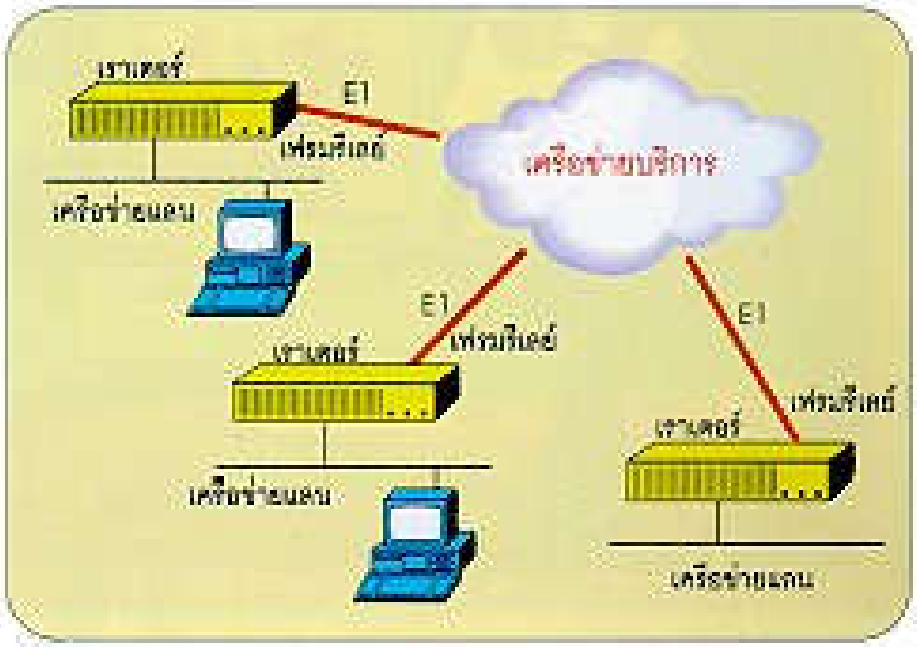
Packet Type ID

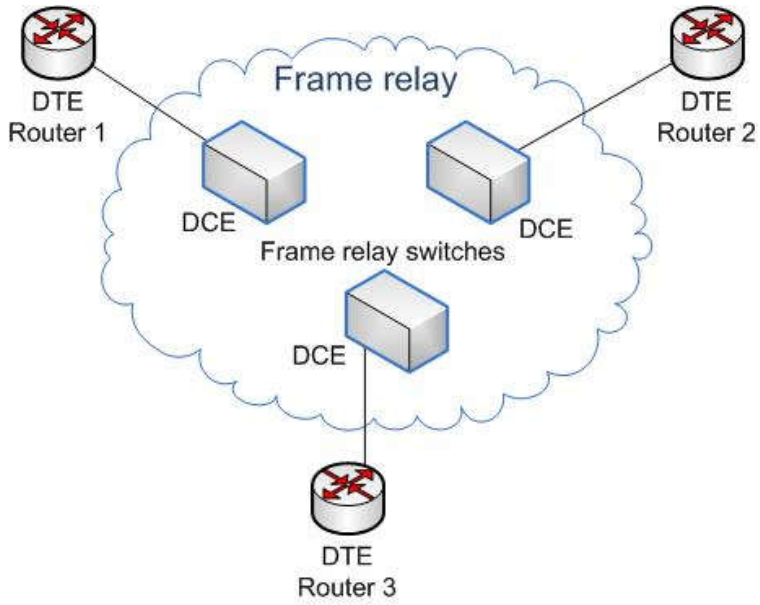
- Physical Layer: กำหนดการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า ระหว่าง DTE/DCE จะอยู่ใน X.21 หรือจะใช้ EIA-232, EIA-449 หรือ Serial Protocol อื่น
- Data Link Layer: กำหนดขบวนการใช้ Link สำหรับการส่งข้อมูลระหว่าง DTE/DCE จะใช้ LAPB

Flag 01111110 (8bits)	Address (8bits)	Control (8bits)	Data (Variable)	Checksum (16 bits)	Flag 01111110 (8bits)

- Packet Layer กำหนด Protocol ในระดับ Packet ในการแลกเปลี่ยน Control และ Data กับ PSN ผ่าน Virtual Circuit

Frame Relay

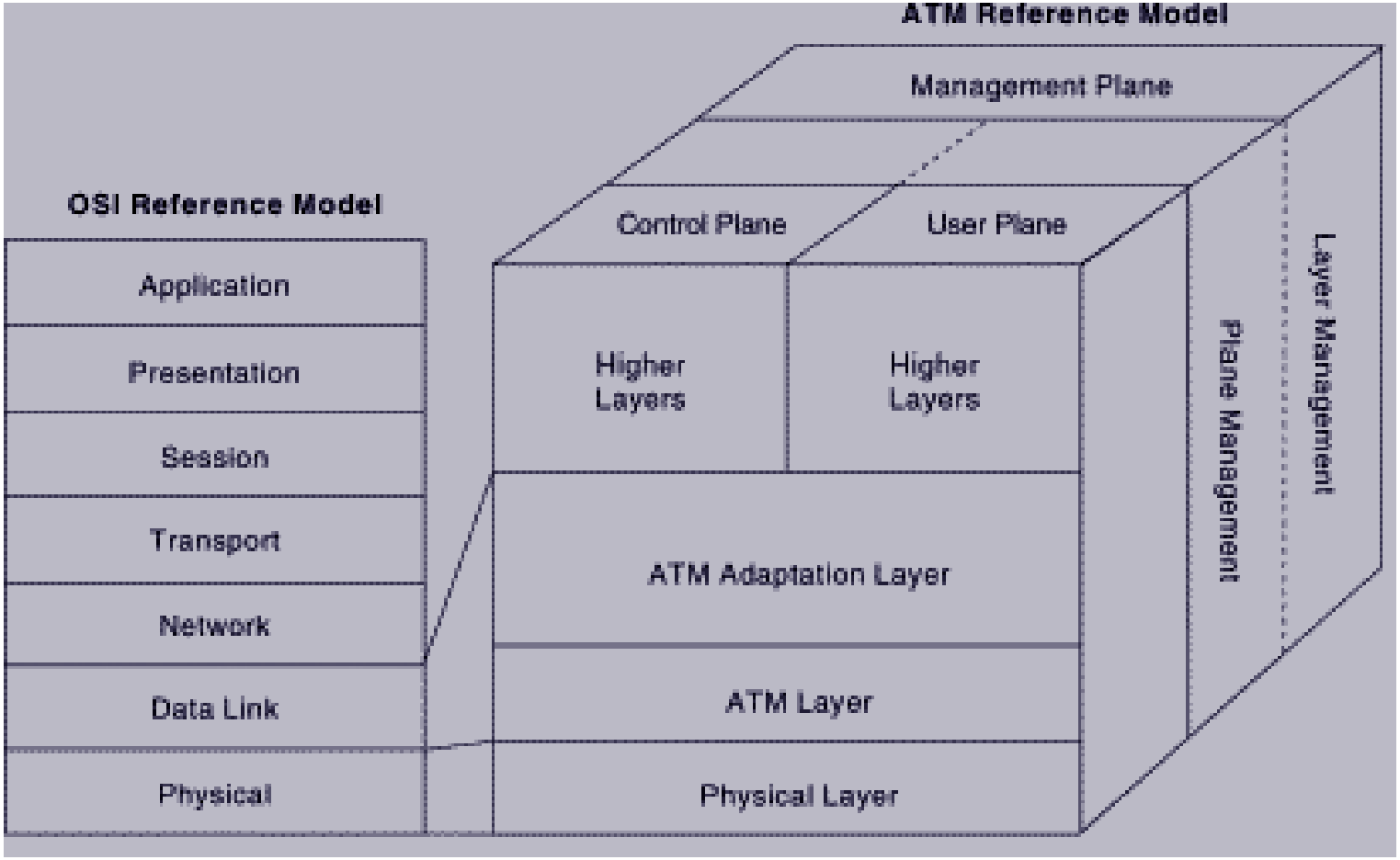




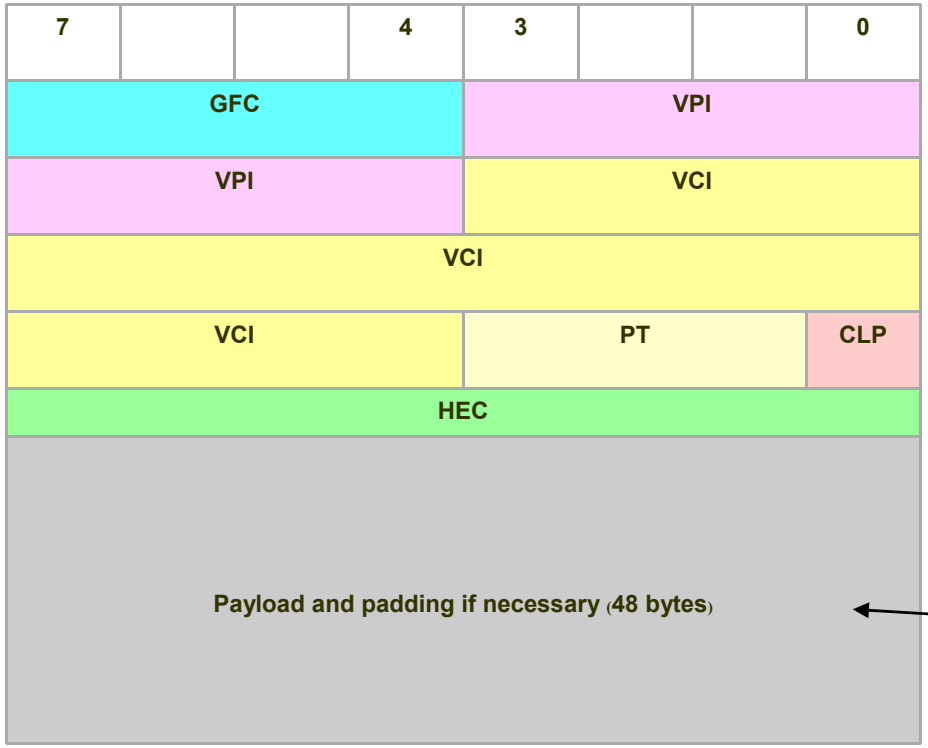
พัฒนาต่อจาก X.25 ใช้ LAP-D ในการส่ง Data, ตัดส่วน Flow Control ออก และ Switch ใน L2 ทำให้ส่งข้อมูลได้เร็วและเป็น Stream มากขึ้น

ATM (Cell Switching)

Diagram of the UNI ATM Cell



ATM (Cell Switching)



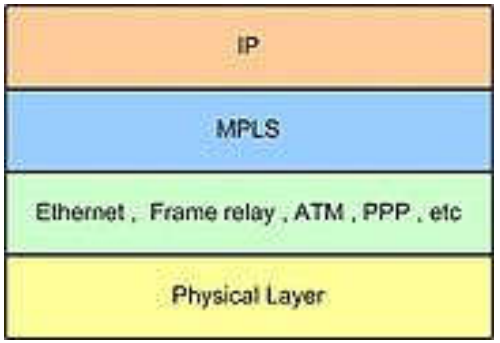
ปัจจุบัน SDH ถูกใช้ในการ

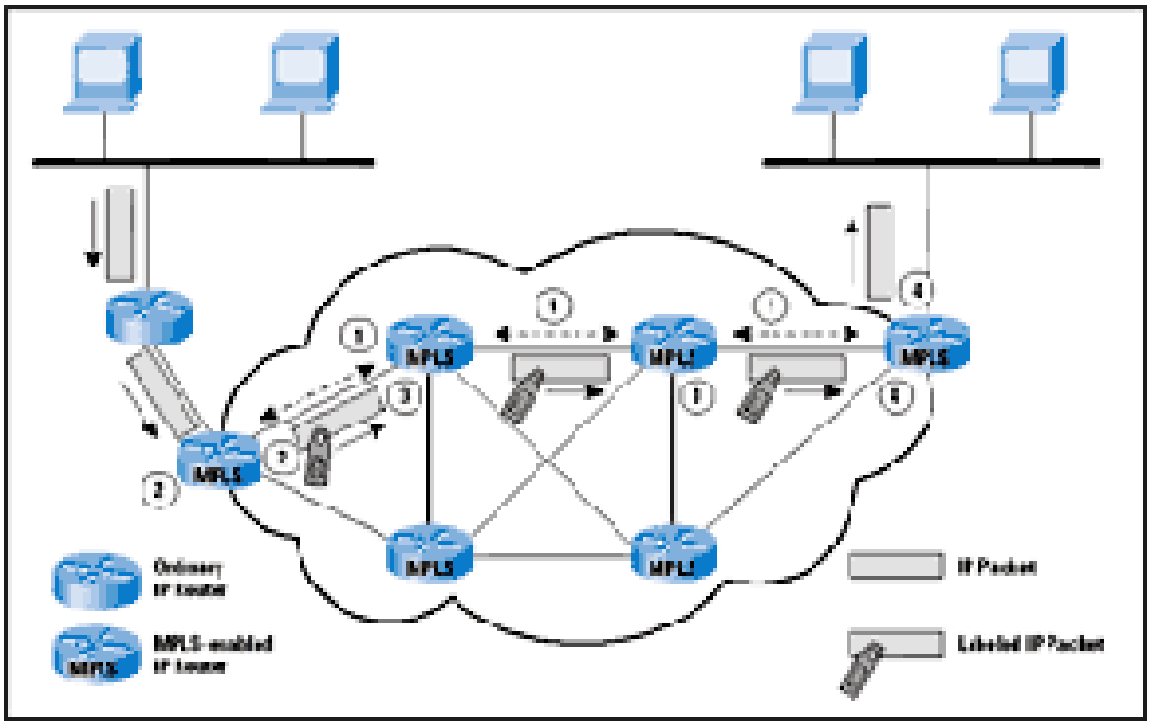
Transport ATM

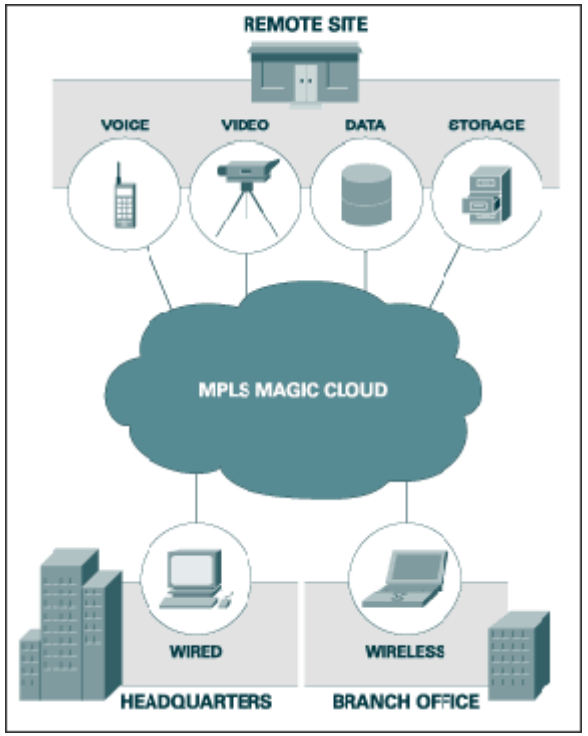
- CBR
- VBR
- ABR
- UBR

AAL Type 1-5

MPLS (Multiprotocol Label Switching)



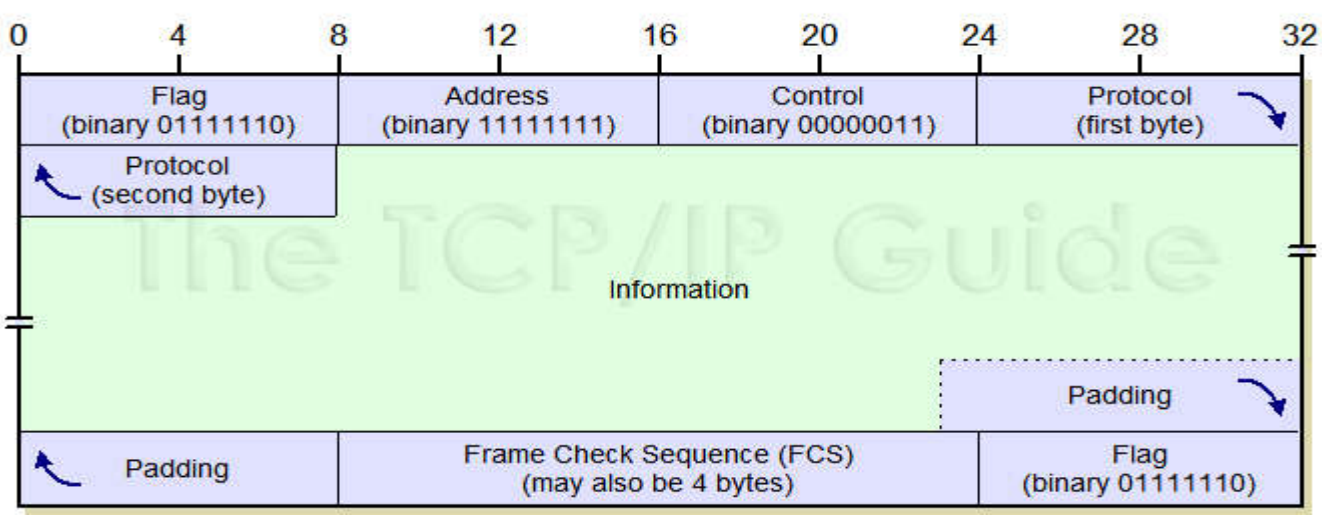




PPP (Point-to-Point Protocol)

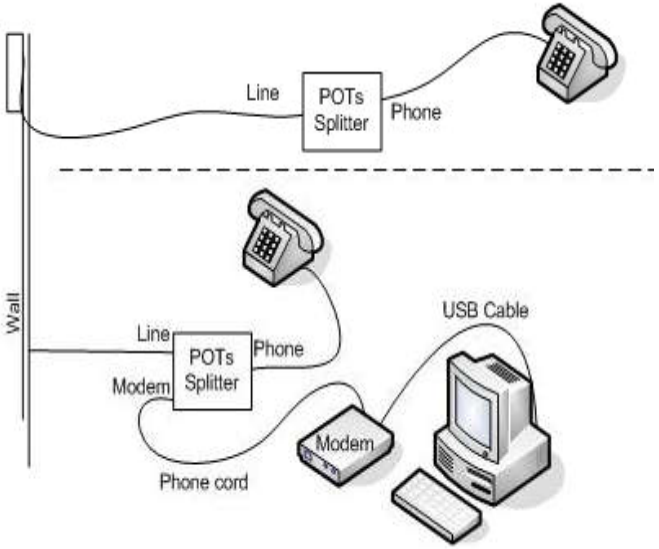
- นิยมใช้ในปัจจุบัน สำหรับเป็น Data Link Protocol ในการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่าง Node (Point-to-Point)
- ใช้ได้ผ่าน Physical Link หลายแบบ เช่น Serial Cable, Phone Line, Cell Phone, SONET โดยที่ ISP ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับลูกค้าที่จะ Dial-Up Access กับ Internet
- มาแทนที่ Protocol เก่าได้แก่
  - SLIP (Serial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

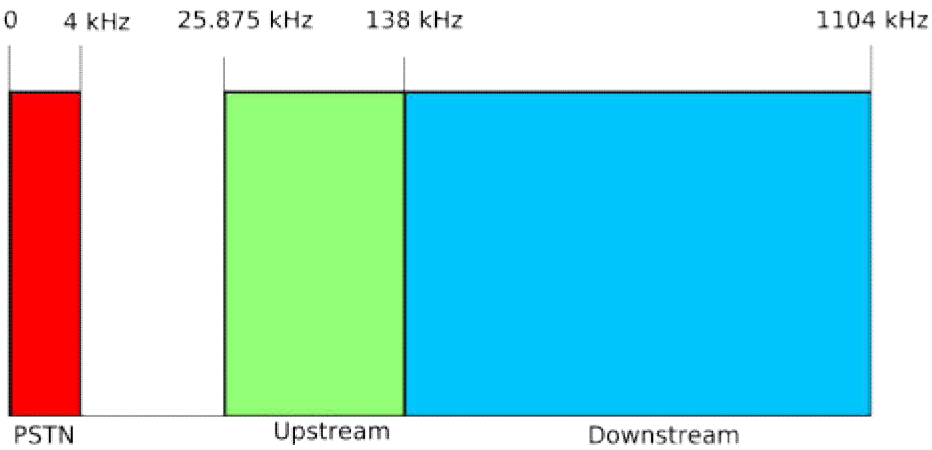
PPP Frame

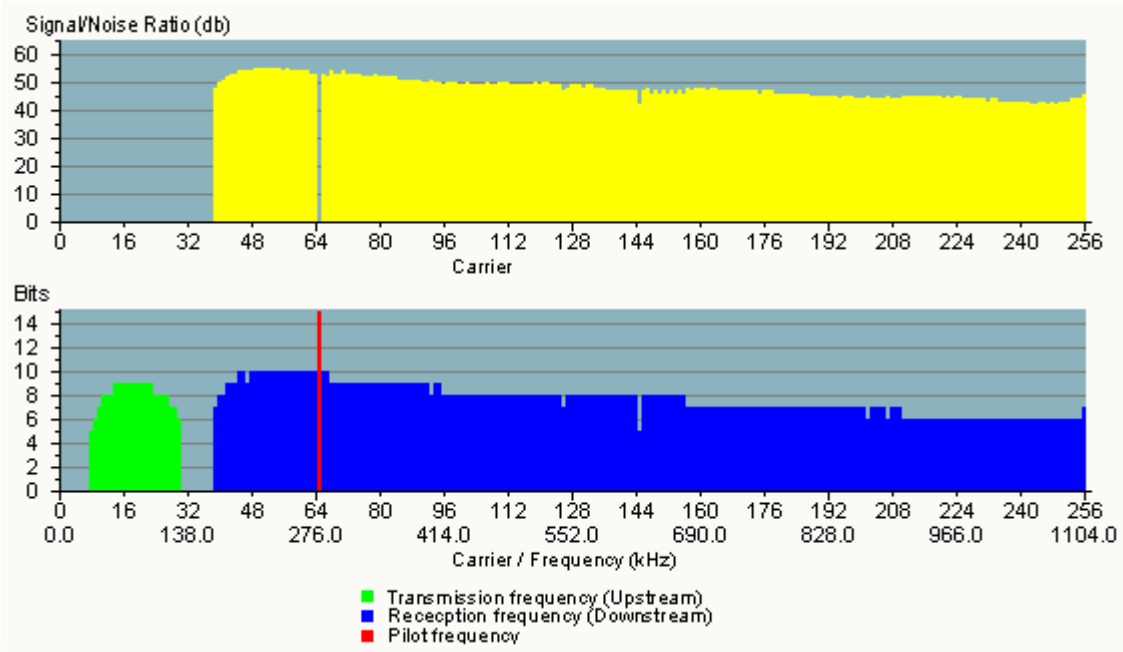


Field Name	Size (bytes)	Description
Flag	**1**	*Flag:* **Indicates the start of a PPP frame. Always has the value "01111110" binary (0x7E hexadecimal, or 126 decimal).**
Address	**1**	*Address:* **In HDLC this is the address of the destination of the frame. But in PPP we are dealing with a direct link 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)



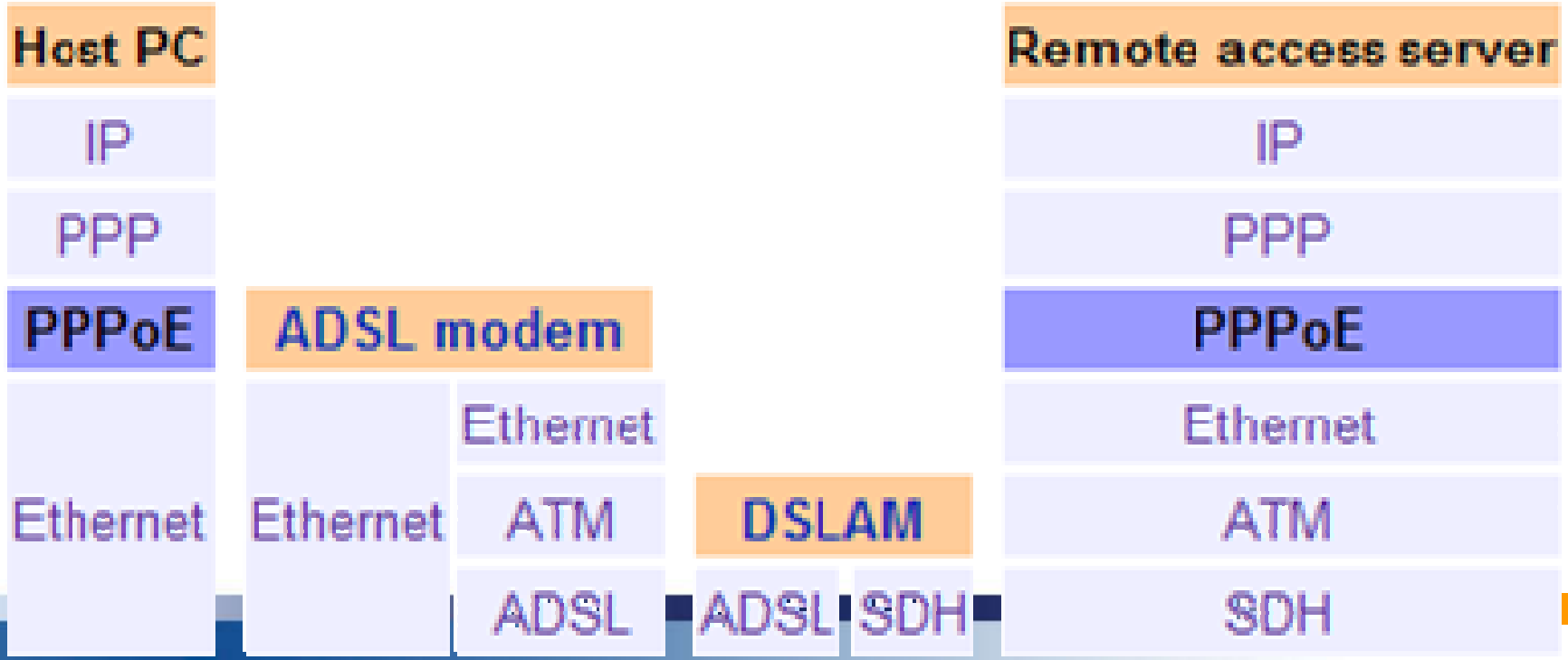




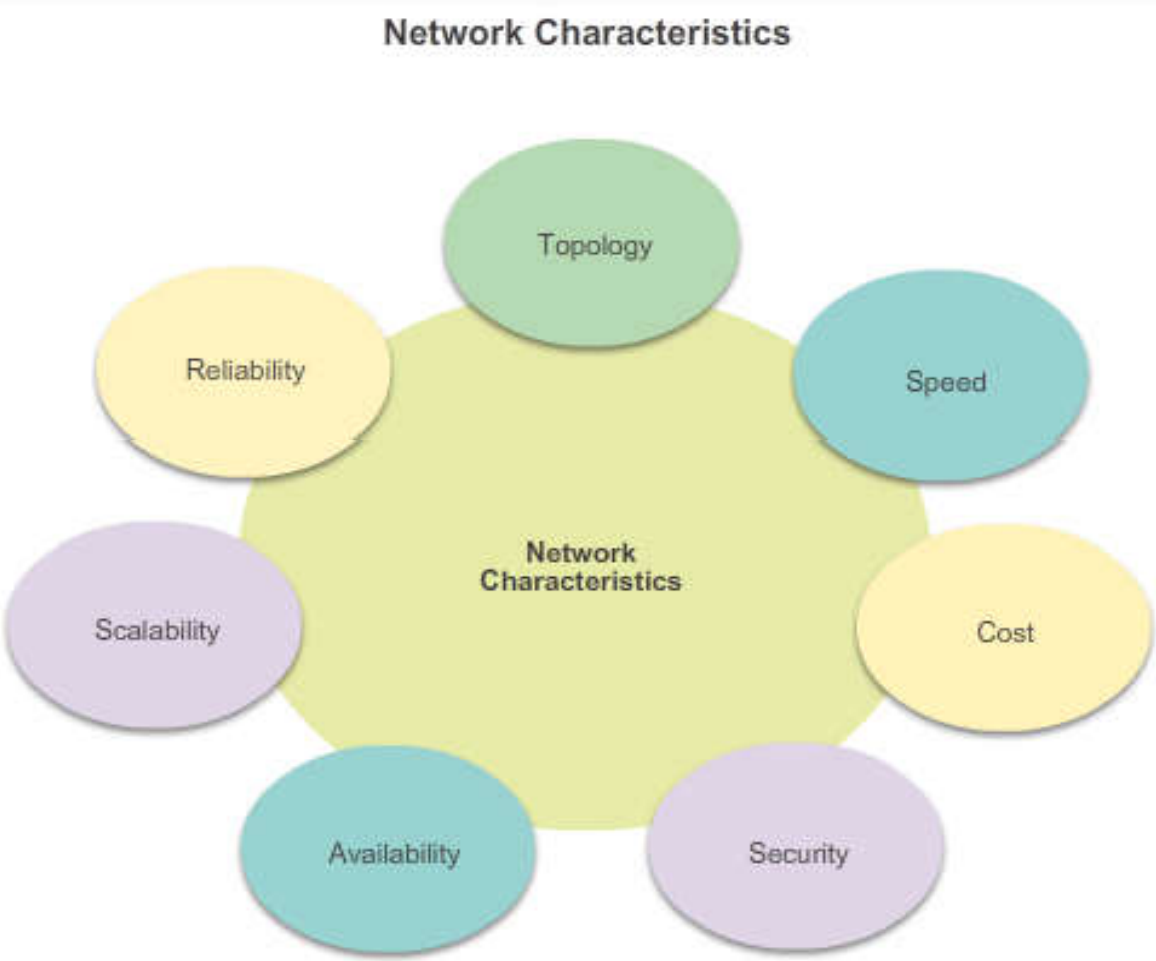
PPPoE

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

ADSL internet access architecture



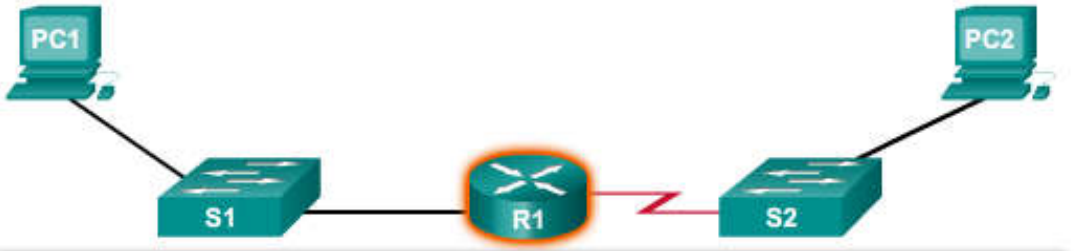
Characteristics of a Network



ทำไมต้องมีการหาเส้นทาง

- เราเตอร์มีหน้าที่หาเส้นทางการจราจรในเครือข่าย

Routers Route Packets




```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS
inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0
```

Cisco IOS command line interface (CLI) can be used to view the route table.

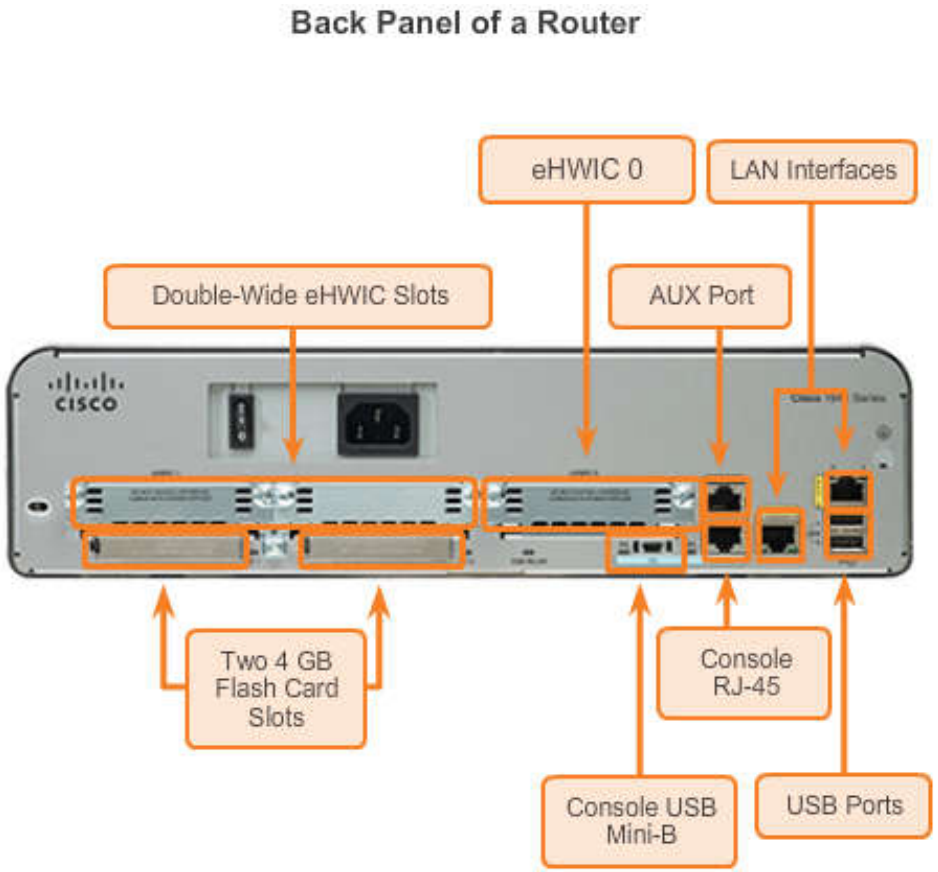
เราเตอร์คือคอมพิวเตอร์

- เราเตอร์คือคอมพิวเตอร์พิเศษ ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นเช่น
  - Central processing unit (CPU)
  - Operating system (OS) - Routers use Cisco IOS
  - Memory and storage (RAM, ROM, NVRAM, Flash, hard drive)
- เราเตอร์ใช้หน่วยความจำชนิดต่างๆ หลายชนิด

Memory	Volatile / Non-Volatile	Stores
RAM	Volatile	• Running IOS • Running configuration file • IP routing and ARP tables • Packet buffer
ROM	Non-Volatile	• Bootup instructions • Basic diagnostic software • Limited IOS
NVRAM	Non-Volatile	• Startup configuration file
Flash	Non-Volatile	• IOS • Other system files

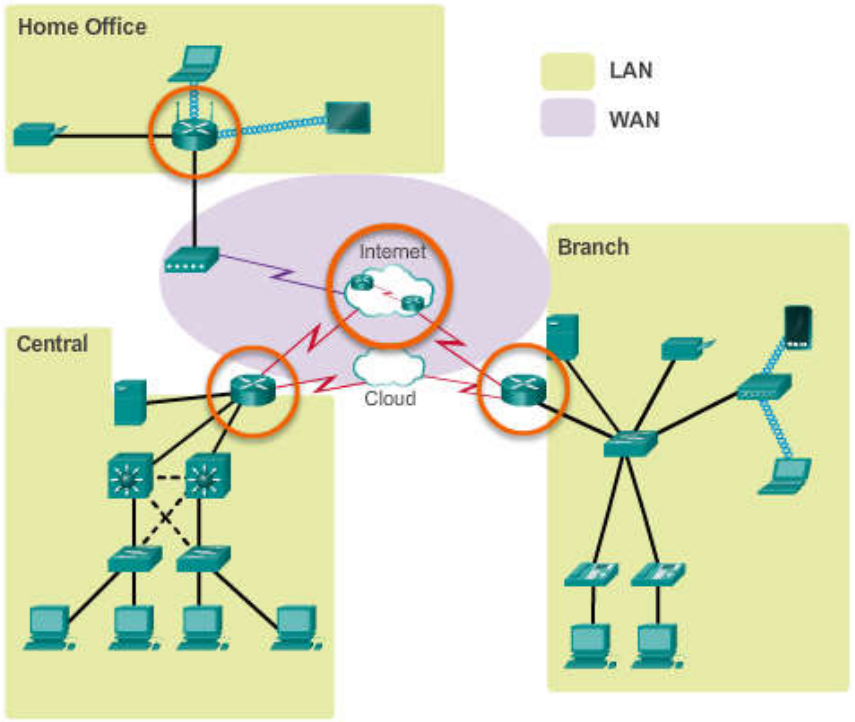
เราเตอร์คือคอมพิวเตอร์

- เราเตอร์ใช้พอร์ตพิเศษและ network interface cards เพื่อเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายอื่นๆ



Routers Interconnect Networks

- Routers สามารถเชื่อมต่อไปยังหลายๆ เครือข่ายได้
- Routers มีหลายอินเตอร์เฟส ทำให้แต่ละอินเตอร์เฟสเชื่อมต่อไปหลากหลายเครือข่ายได้



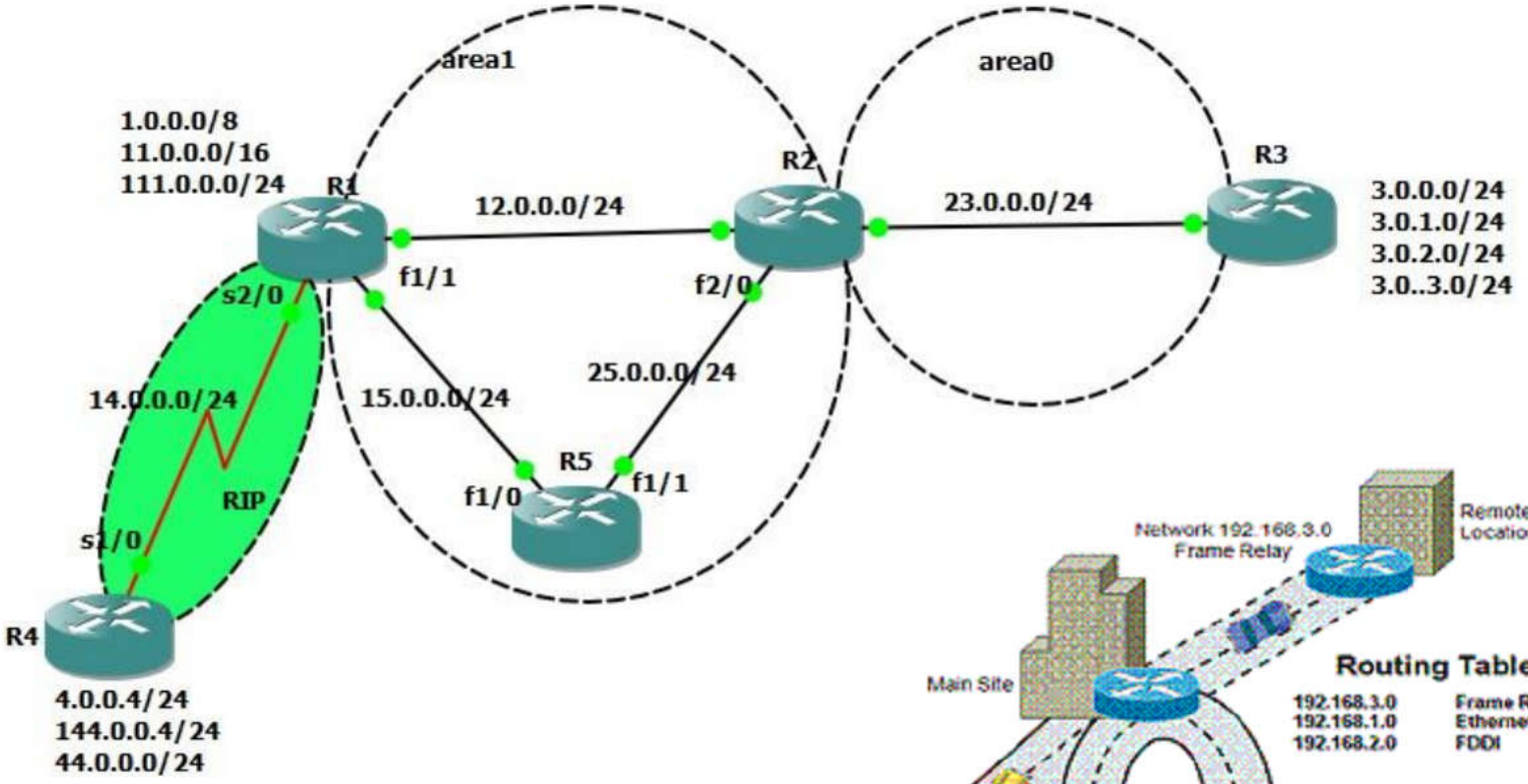
หน้าที่หลักของ router

- การพิจารณาคัดเลือกเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลไปยังเครือข่ายคอมพิวเตอร์อื่น ๆ (Internetworking Device)
- การส่งผ่านข้อมูลของ Router จะใช้โปรโตคอล IP โดยทำงานอยู่บนระดับชั้นที่ 3 ของแบบจำลอง OSI Model
- โดยทั่วไป Routers จะมีการเชื่อมต่ออยู่ 2 ชนิด
  - WAN connection (Connection to ISP)
  - LAN connection

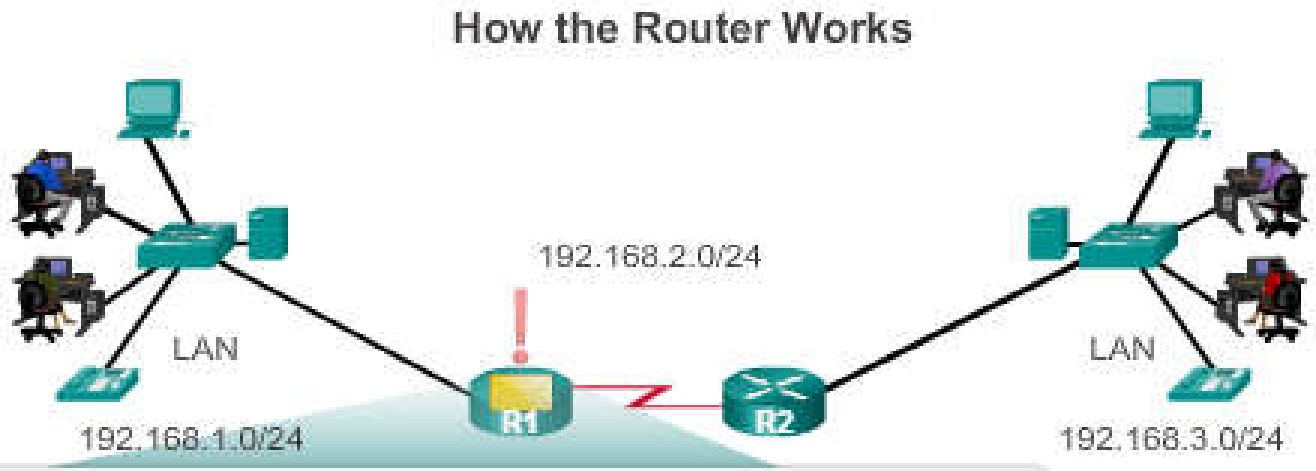
Routing Protocol and Concepts

- ลักษณะการส่งแพ็คเกจใน IP Network จะส่งทีละ Hop จากเครือข่ายหนึ่ง ไปยังอีกเครือข่ายหนึ่ง
- Router จะทำหน้าที่ดังกล่าว เนื่องจาก Router เป็นตัวเชื่อมระหว่างเครือข่าย
- การส่งจะดูที่ส่วน Prefix ของ IP Address ดังนั้น Router จะต้อง Run IP Protocol คือทำงานในระดับ Layer 3
- ที่ Router จะมีตารางชื่อ Routing Table ที่กำหนด IP Address ของ Next Hop

Routing Protocol and Concepts



Routers เลือกเส้นทางที่ดีที่สุด

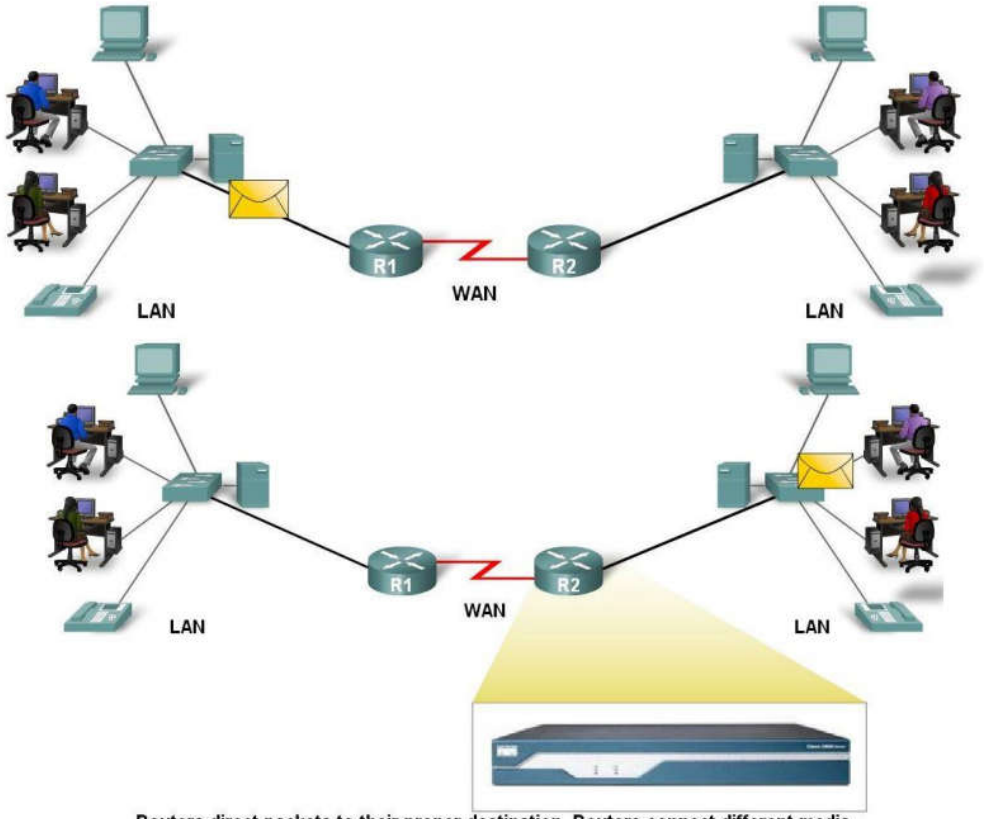



```
R1#show ip route
Codes:
C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
S    192.168.3.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
```

Routers use the routing table like a map to discover the best path for a given network.

การทำงานของเราเตอร์

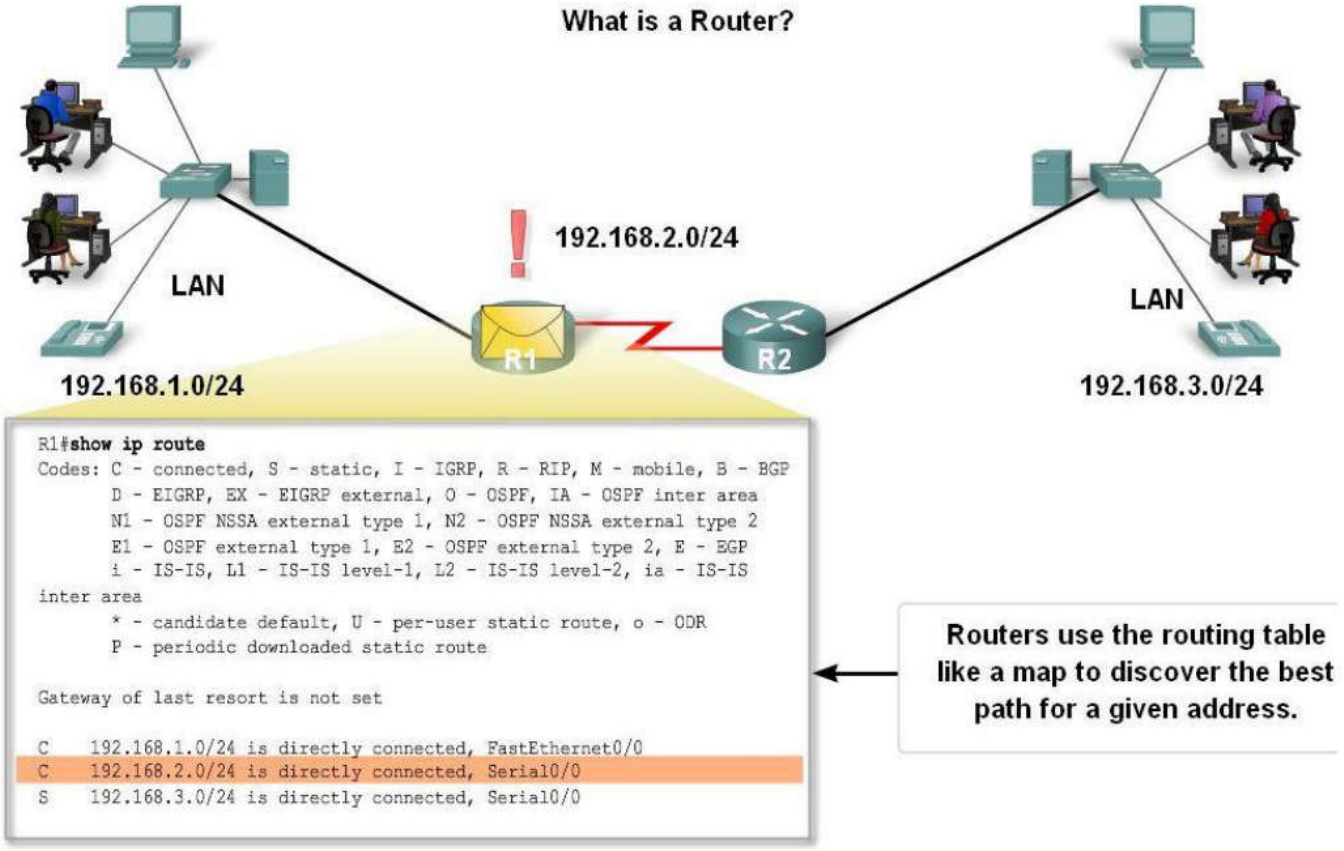
- ข้อมูลจะถูกส่งในรูปแบบของแพ็คเกจระหว่าง 2 อุปกรณ์ปลายทาง
- เราเตอร์ส่งแพ็คเกจไปยังปลายทางของมัน



Routers direct packets to their proper destination. Routers connect different media.

การทำงานของเราเตอร์

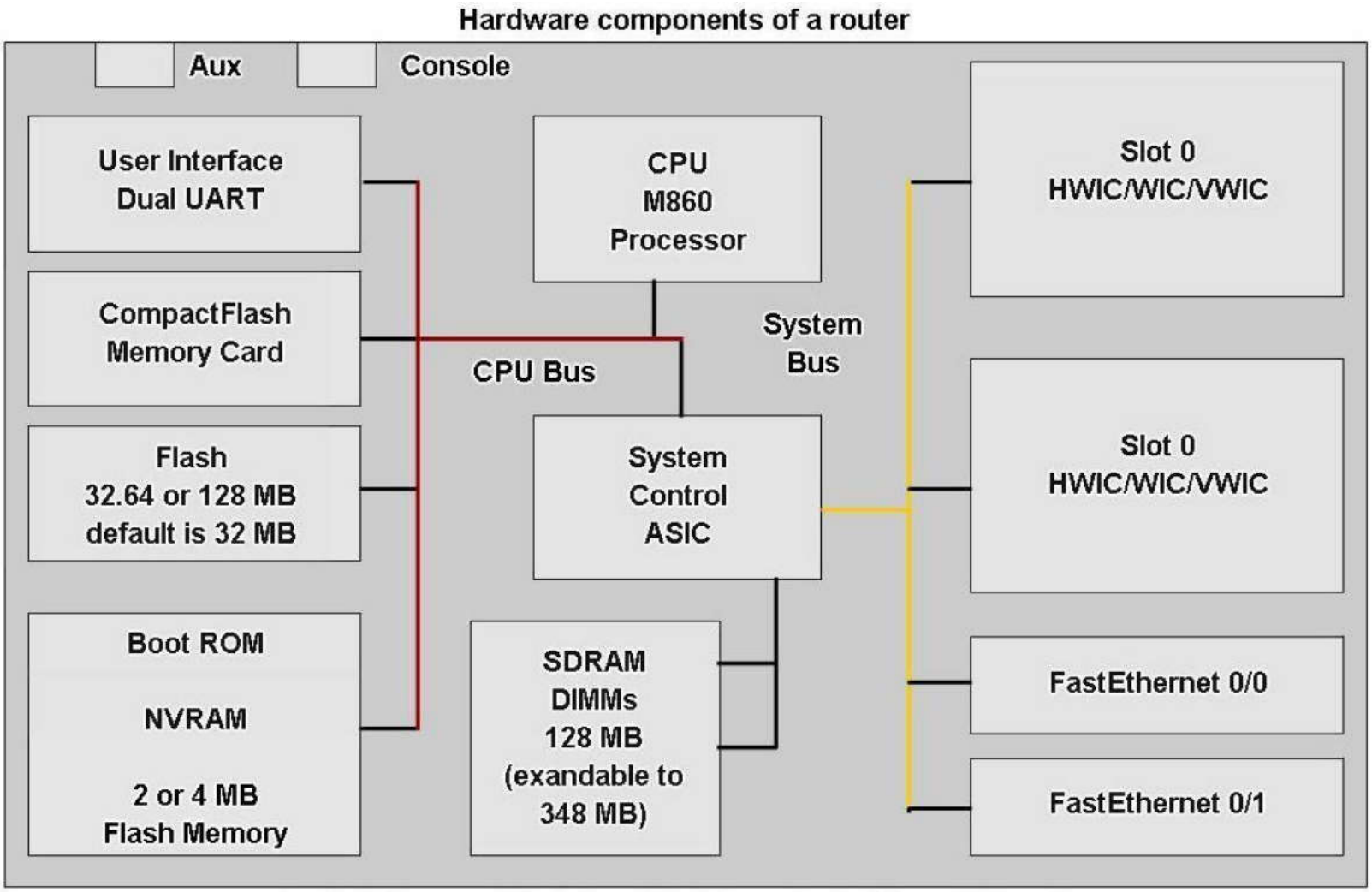
- เราเตอร์ตรวจสอบที่อยู่ IP ปลายทางของแพ็คเกจและหาเส้นทางที่ดีที่สุด โดยใช้ตารางเส้นทาง (routing table) มาช่วย



ส่วนประกอบและฟังก์ชันการทำงานของ router

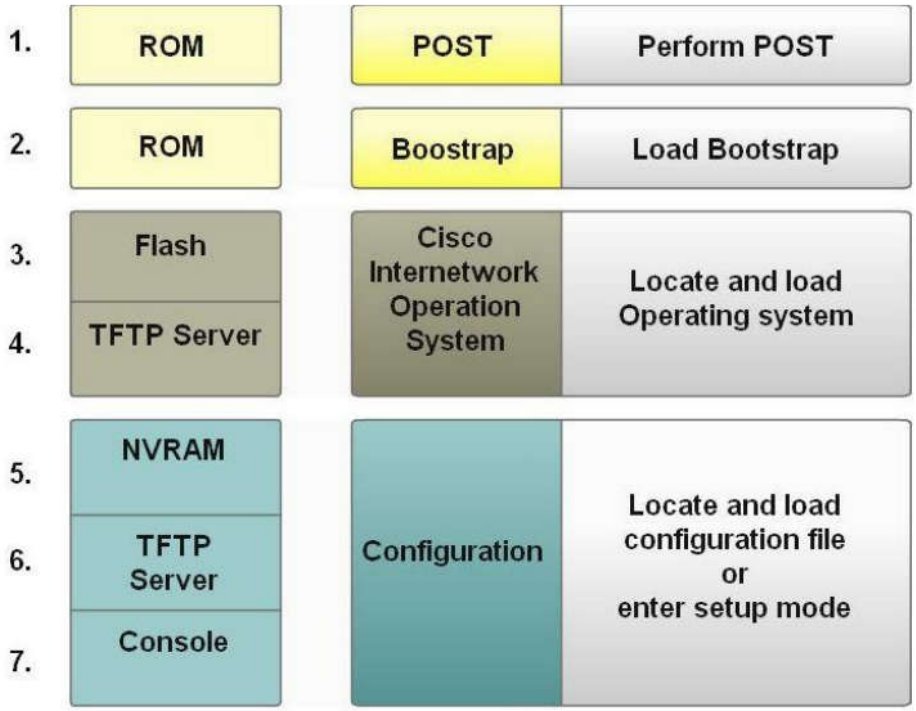
- CPU
- Random access memory (RAM)
- Read-only memory (ROM)
- Non-volatile RAM (NVRAM)
- Flash memory
- Interfaces
  - Ethernet / fast Ethernet interfaces
  - Serial interfaces
  - Management interfaces

ส่วนประกอบของเราเตอร์



กระบวนการทำงานของ Router

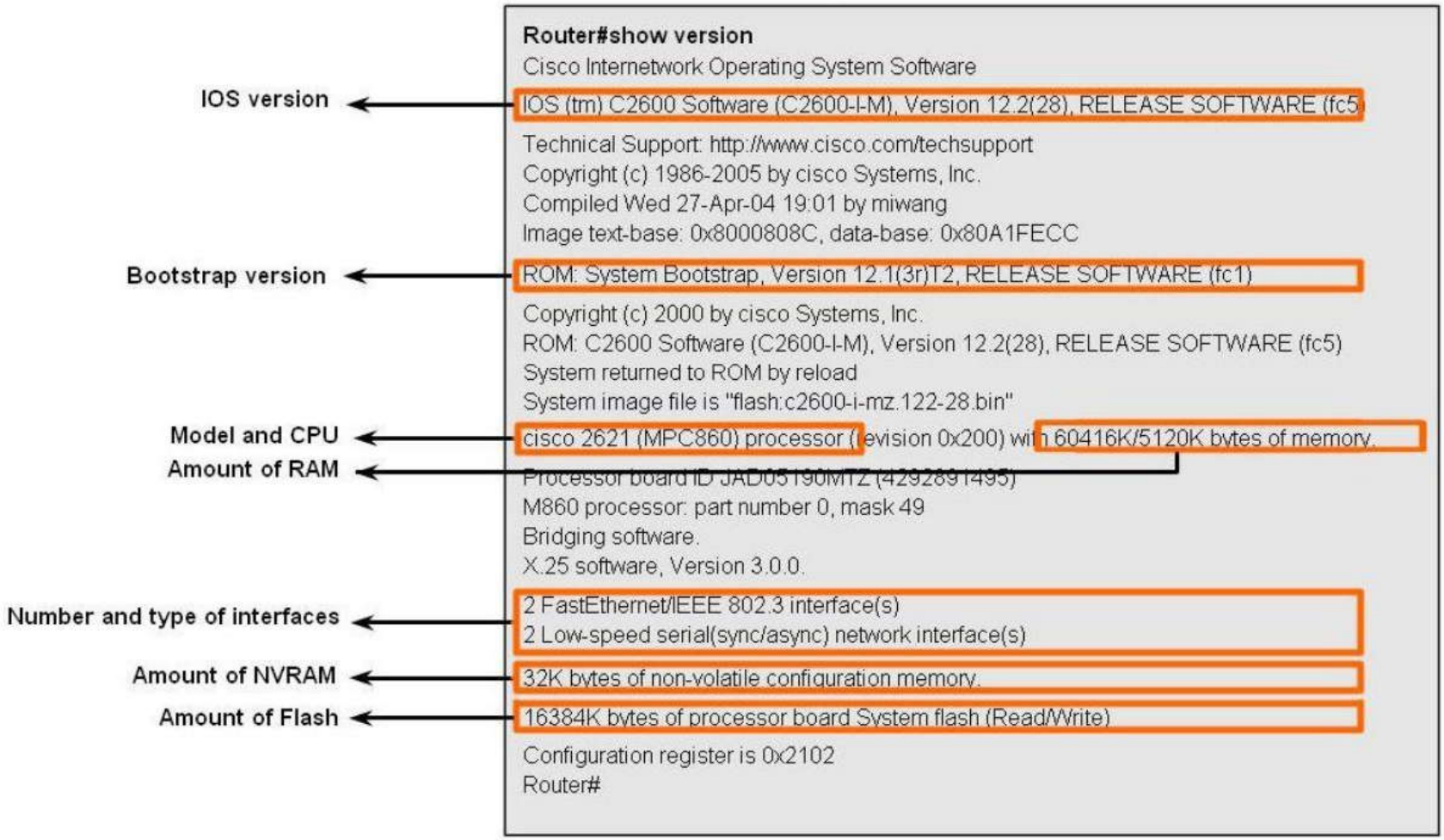
- Test router hardware
  - Power-On Self Test (POST)
  - Execute bootstrap loader
- Locate & load Cisco IOS software
  - Locate IOS
  - Load IOS
- Locate & load startup configuration file or enter setup mode
  - Bootstrap program looks for configuration file



การตรวจสอบข้อมูลของตัว router

- ใช้คำสั่ง show version เพื่อดูข้อมูลเกี่ยวกับขบวนระหว่างการบูต ข้อมูลประกอบด้วย:
  - Platform model number
  - Image name & IOS version
  - Bootstrap version stored in ROM
  - Image file name & where it was loaded from
  - Number & type of interfaces
  - Amount of NVRAM
  - Amount of flash
  - Configuration register

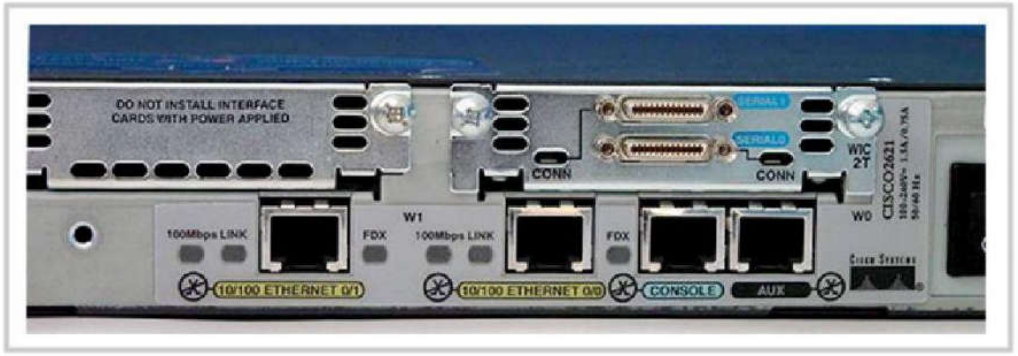
กระบวนการบูตของเราเตอร์



Router Interface

- เราเตอร์อินเตอร์เฟสเป็นจุดเชื่อมต่อทางกายภาพ ทำให้เราเตอร์ส่งหรือรับแพ็คเกจได้
- แต่ละอินเตอร์เฟสเชื่อมต่อไปยังแต่ละเครือข่าย
- ประกอบด้วยซ็อคเก็ตหรือแจ็ค พบได้ที่ด้านนอกของเราเตอร์
- ชนิดของเราเตอร์อินเตอร์เฟส:
  - Ethernet (Ethernet, FastEthernet, GigabitEthernet)
  - Serial
  - DSL
  - ISDN
  - Cable

Each individual interface connects to a different network. Thus each interface has an IP address/mask from that network.



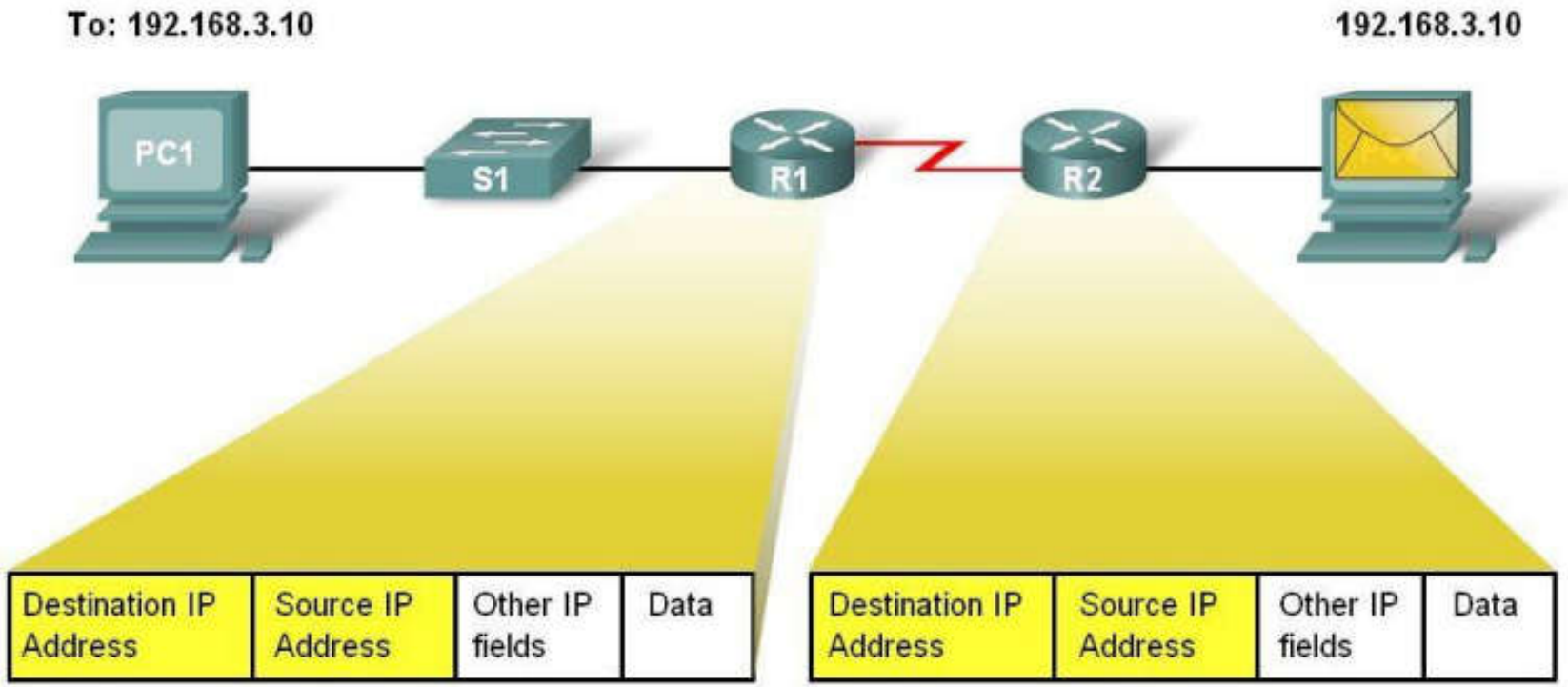
ชนิดของ Router Interfaces

- LAN Interfaces:
  - ใช้ในการเชื่อมต่อเราเตอร์ไปยังเครือข่าย LAN network
  - ใช้ layer 2 MAC address
  - สามารถกำหนด Layer 3 IP address ได้
  - ปกติจะใช้ RJ-45 jack
- WAN Interfaces
  - ใช้ในการเชื่อมต่อจากเราเตอร์ไปยังเครือข่ายภายนอก ซึ่งก็คือ interconnect LANs
  - ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยี WAN technology, a layer 2 address may be used.
  - Uses a layer 3 IP address

Routers และ Network Layer

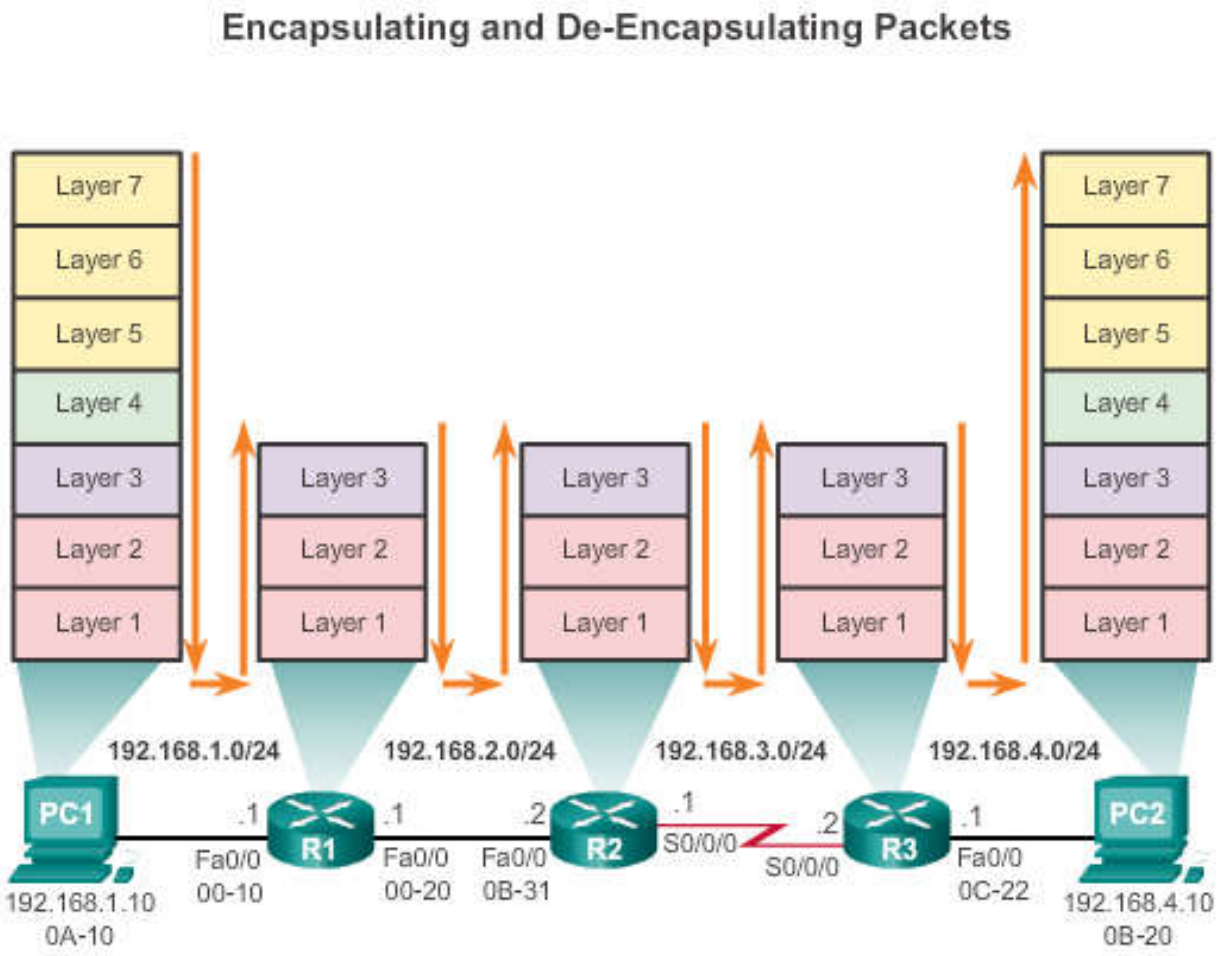
- Routers ใช้ IP address ปลายทาง เพื่อส่งต่อแพ็คเกจ
- เส้นทางแพ็คเกจจะถูกใช้กำหนดหลังจากเราเตอร์พิจารณาข้อมูลในตารางการหาเส้นทาง
- หลังจากเราเตอร์กำหนดเส้นทางที่ดีที่สุดแล้ว แพ็คเกจจะถูกห่อหุ้ม (encapsulated) ไปเป็นเฟรม
- เฟรมจะถูกส่งไปในสื่อกลางเน็ตเวิร์คในรูปของบิต

การส่งแพ็กเกจ (Packet Forwarding)



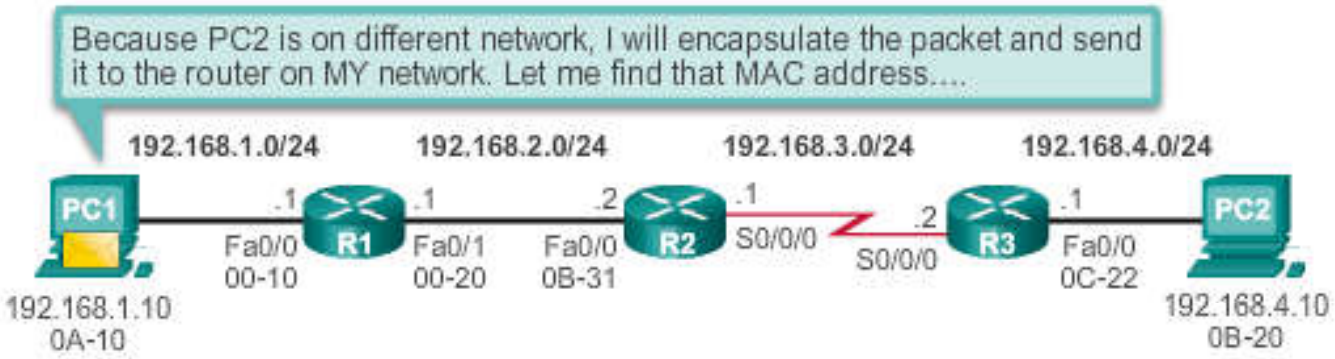
Each router examines the Destination IP address to correctly forward the packet.

Router Switching Functions



Send a Packet

PC1 Sends a Packet to PC2



Layer 2 Data Link Frame | **Packet's Layer 3 data**

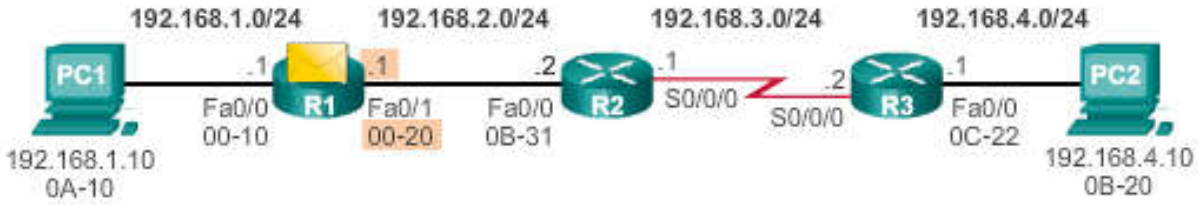
Dest. MAC 00-10	Source MAC 0A-10	Type 800	Source IP 192.168.1.10	Dest. IP 192.168.4.10	IP fields	Data	Trailer

PC1's ARP Cache for R1

IP Address	MAC Address
192.168.1.1	00-10

Forward to the Next Hop

R3 Forwards the Packet to PC2



Layer 2 Data Link Frame | **Packet's Layer 3 data**

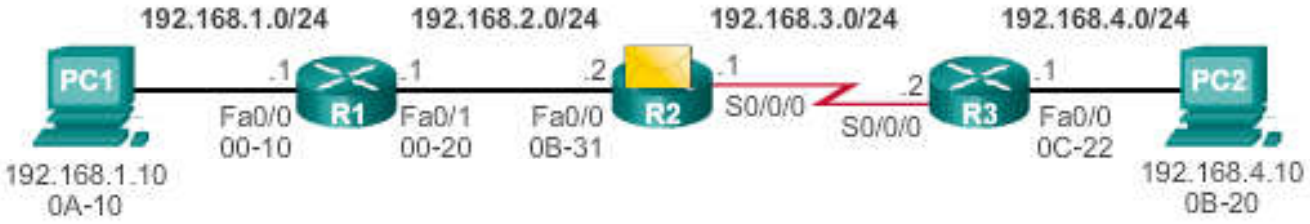
Dest. MAC 0B-31	Source MAC 00-20	Type 800	Source IP 192.168.1.10	Dest. IP 192.168.4.10	IP fields	Data	Trailer

R1's Routing Table

Network	Hops	Next-hop-IP	Exit Interface
192.168.1.0/24	0	Dir. Connect.	Fa0/0
192.168.2.0/24	0	Dir. Connect.	Fa0/1
192.168.3.0/24	1	192.168.2.2	Fa0/1
192.168.4.0/24	2	192.168.2.2	Fa0/1

Packet Routing

R2 Forwards the Packet to R3



Layer 2 Data Link Frame **Packet's Layer 3 data**

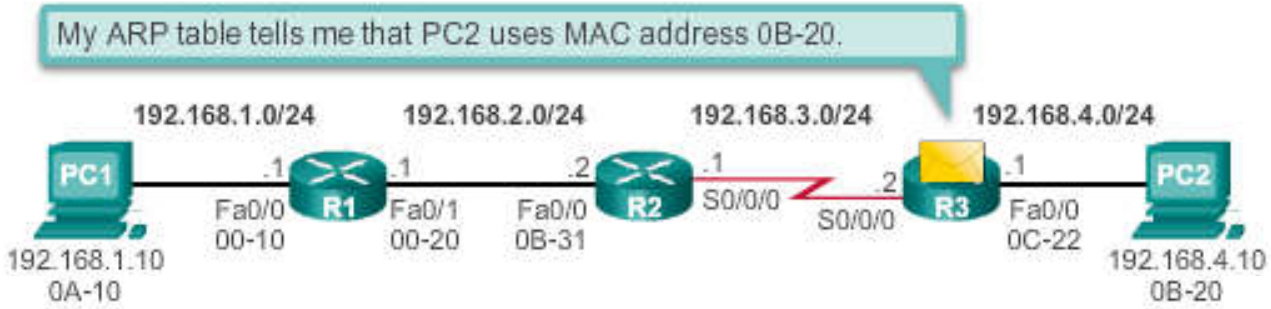
Address Ox8F	Control 0x00	Type 800	Source IP 192.168.1.10	Dest. IP 192.168.4.10	IP fields	Data	Trailer

R2's Routing Table

Network	Hops	Next-hop-IP	Exit Interface
192.168.1.0/24	1	192.168.3.1	Fa/0/0
192.168.2.0/24	0	Dir. Connect.	Fa/0/0
192.168.3.0/24	0	Dir. Connect.	S0/0/0
192.168.4.0/24	1	192.162.3.2	S0/0/0

Reach the Destination

R3 Forwards the Packet to PC2



Layer 2 Data Link Frame | **Packet's Layer 3 data**

Dest. MAC 0B-20	Source MAC 0C-22	Type 800	Source IP 192.168.1.10	Dest. IP 192.168.4.10	IP fields	Data	Trailer

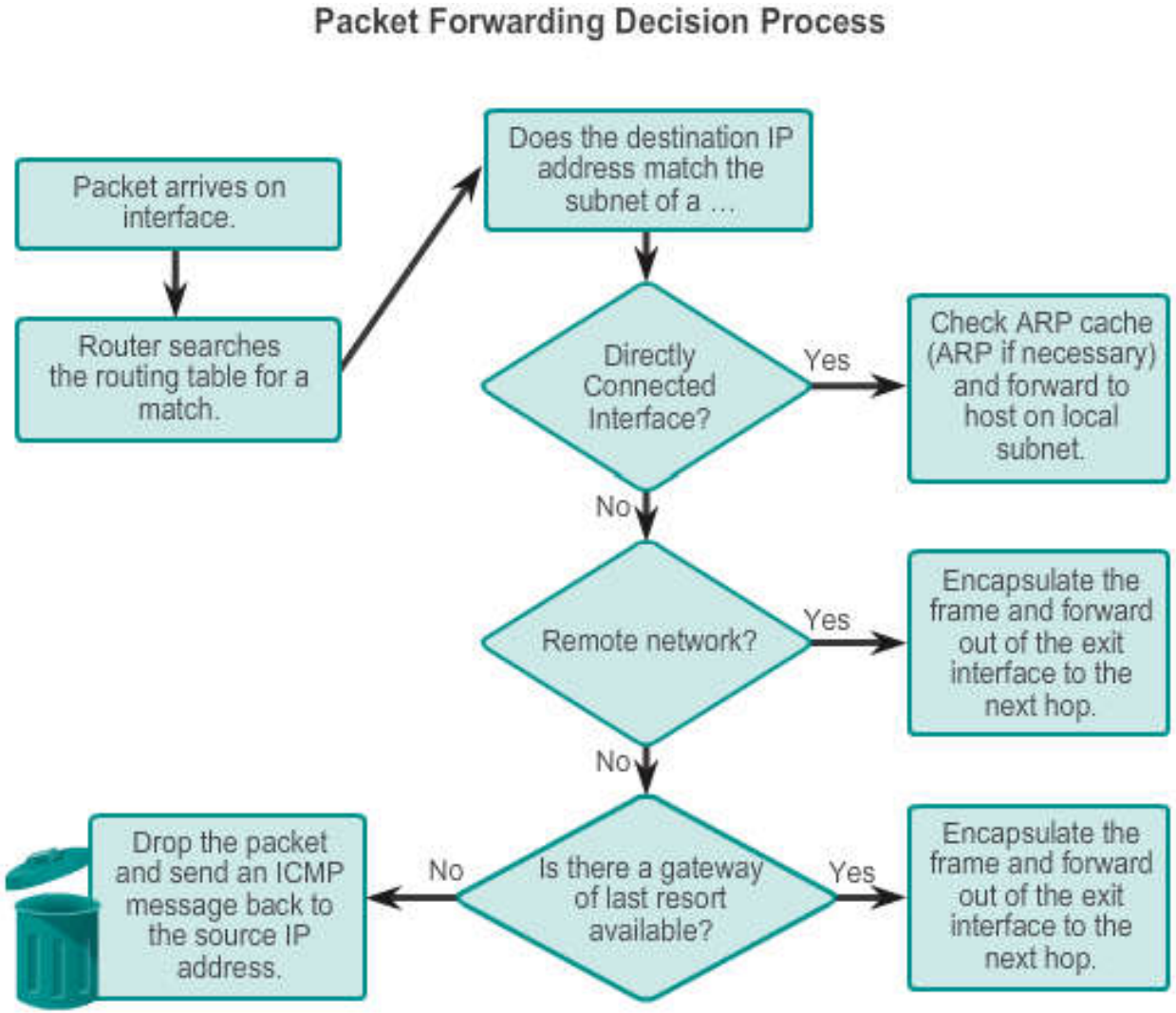
R3's ARP Cache

IP Address	MAC Address
192.168.4.10	0B-20

R3's Routing Table

Network	Hops	Next-hop-IP	Exit Interface
192.168.1.0/24v	2	192.168.3.1	S0/0/0
192.168.2.0/24	1	192.162.3.1	S0/0/0
192.168.3.0/24	0	Dir. Connect.	S0/0/0
192.168.4.0/24	0	Dir. Connect.	Fa0/0

Routing Decisions



Determination Best Path

- Best path is selected by a routing protocol based on the value or metric it uses to determine the distance to reach a network.
- A metric is the value used to measure the distance to a given network.
- Best path to a network is the path with the lowest metric.
- Dynamic routing protocols use their own rules and metrics to build and update routing tables for example:

Routing Information Protocol (RIP) - Hop count

Open Shortest Path First (OSPF) - Cost based on cumulative bandwidth from source to destination

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) - Bandwidth, delay, load, reliability

Load Balancing

- When a router has two or more paths to a destination with equal cost metrics, then the router forwards the packets using both paths equally.

Administrative Distance

- If multiple paths to a destination are configured on a router, the path installed in the routing table is the one with the best Administrative Distance (AD).
- Administrative Distance is the “trustworthiness”
- The Lower the AD the more trustworthy the route.

Default Administrative Distances

Route Source	Administrative Distance
Connected	0
Static	1
EIGRP summary route	5
External BGP	20
Internal EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
External EIGRP	170
Internal BGP	200

Administrative Distance

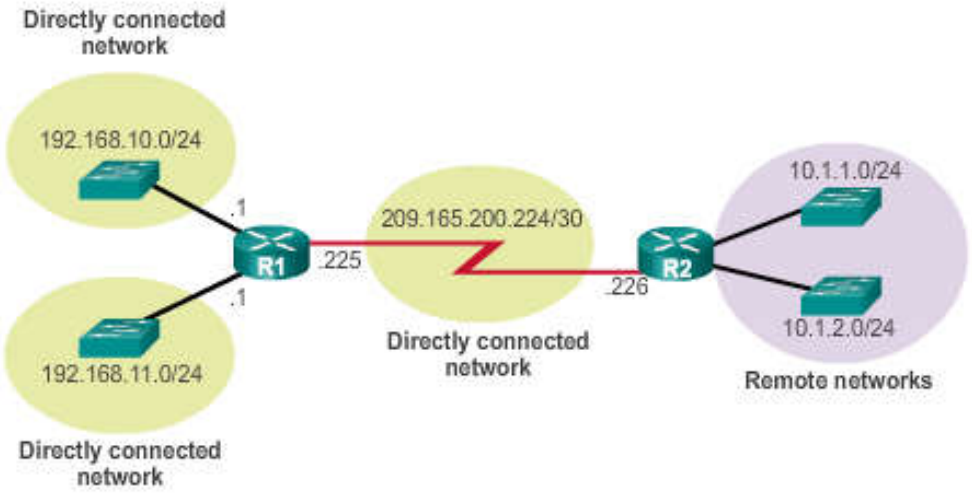
- If multiple paths to a destination are configured on a router, the path installed in the routing table is the one with the best (lowest) Administrative Distance (AD).
- Administrative Distance is the "trustworthiness" of the route
- The Lower the AD the more trustworthy the route.

Default Administrative Distances

Route Source	Administrative Distance
Connected	0
Static	1
EIGRP summary route	5
External BGP	20
Internal EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
External EIGRP	170
Internal BGP	200

The Routing Table

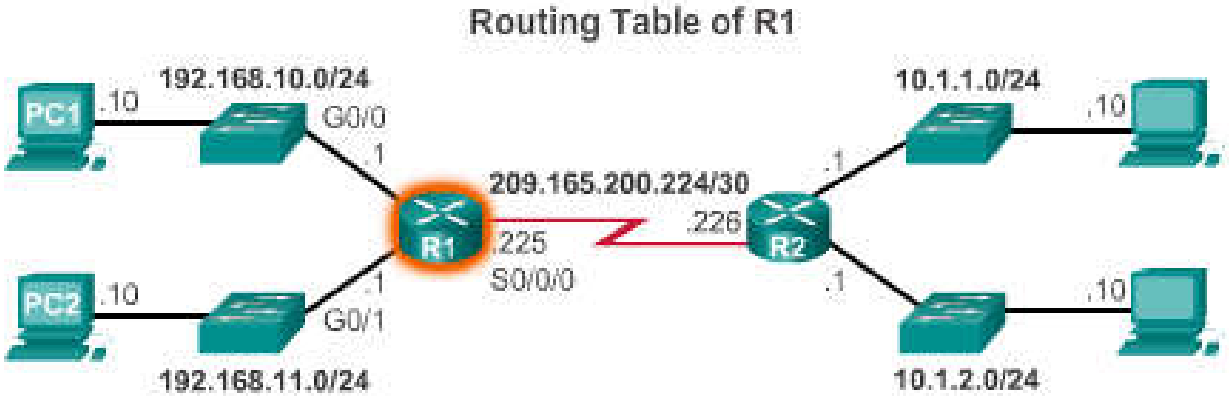
- Routing Table is a file stored in RAM that contains information about
  - Directly Connected Routes
  - Remote Routes
  - Network or Next hop Associations



Routing Table Sources

- Show ip route command is used to display the contents of the routing table
- **Link local Interfaces** –Added to the routing table when an interface is configured. (displayed in IOS 15 or newer)
- **Directly connected interfaces -**Added to the routing table when an interface is configured and active.
- **Static routes -** Added when a route is manually configured and the exit interface is active.
- **Dynamic routing protocol -** Added when EIGRP or OSPF are implemented and networks are identified.

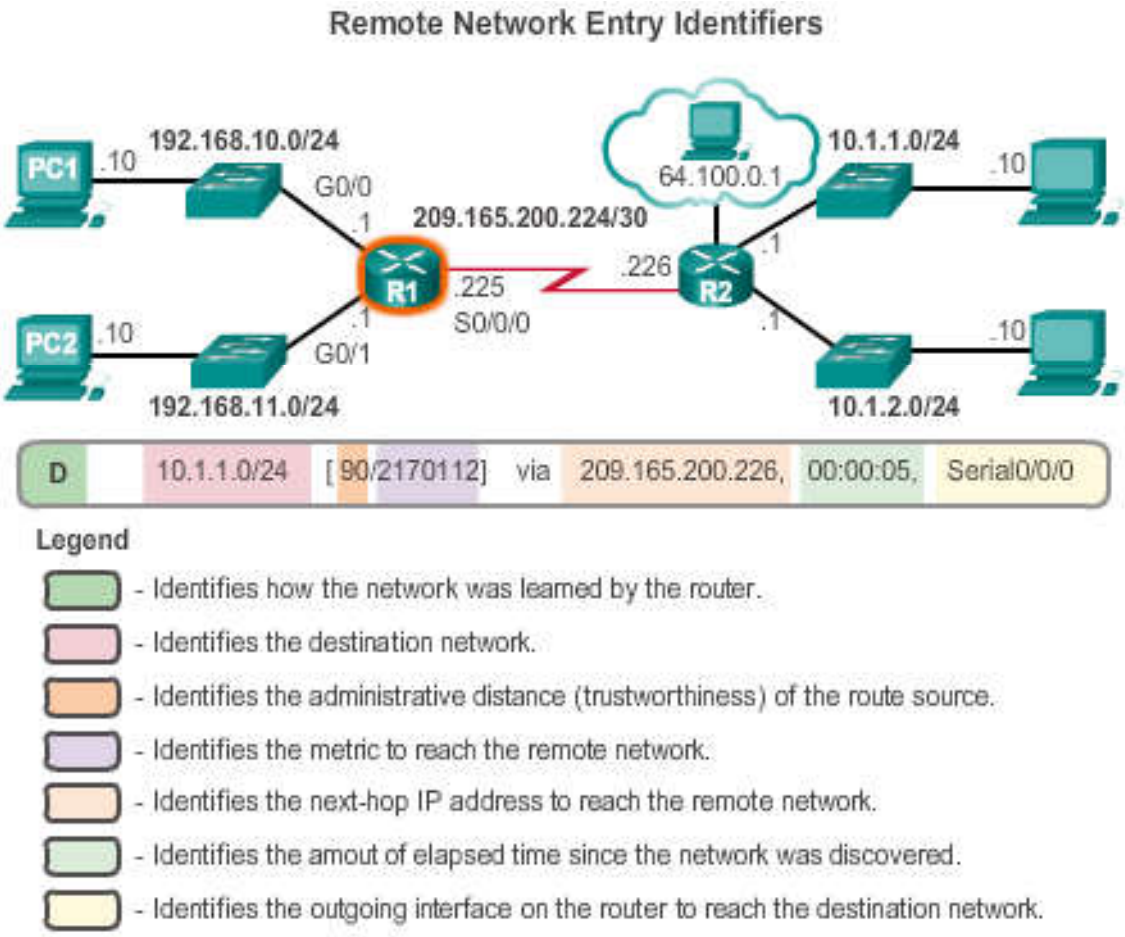
Routing Table Sources




```
R1#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia -
       IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
     10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
D       10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05,
```

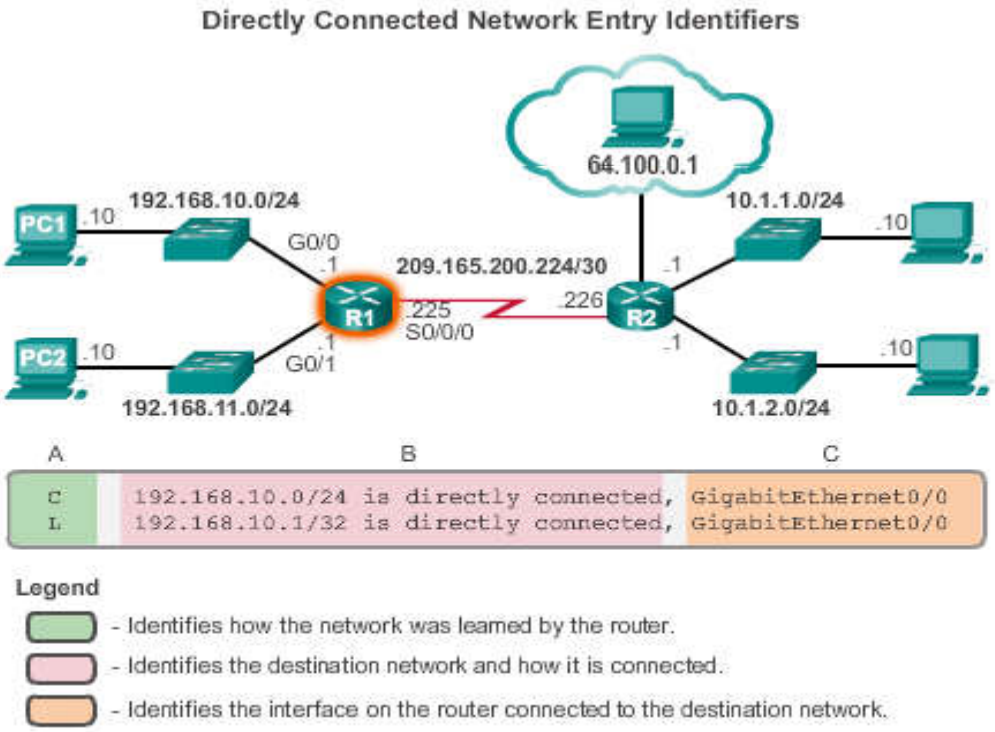
Remote Network Routing Entries

- Interpreting the entries in the routing table.



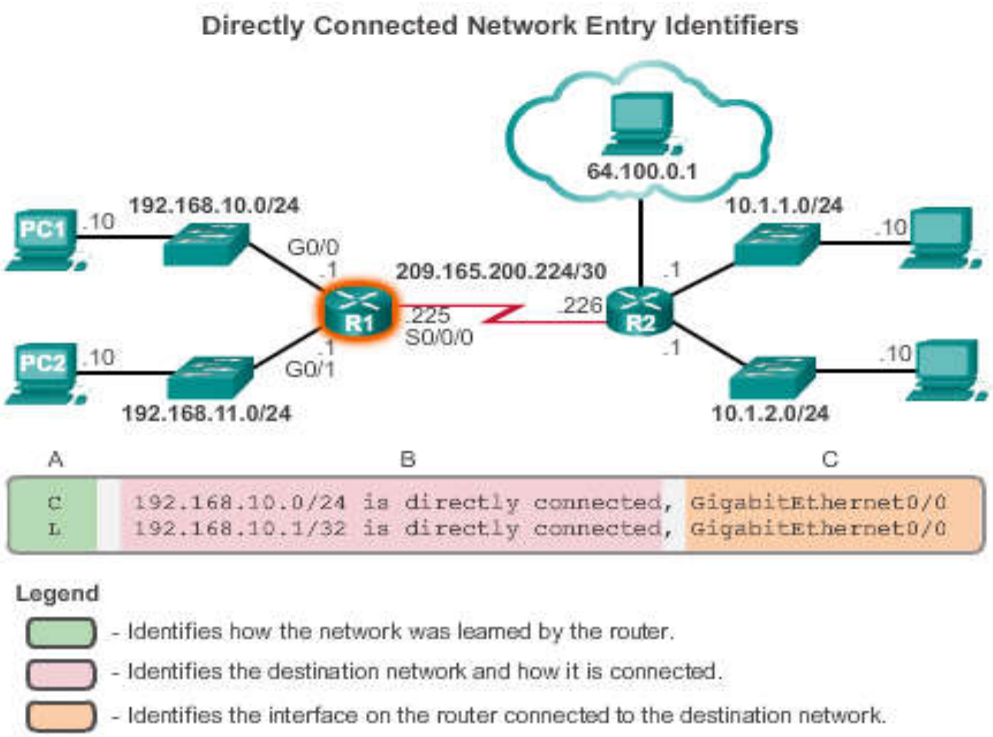
Directly Connected Interfaces

- A newly deployed router, without any configured interfaces, has an empty routing table.
- An active, configured directly connected interface creates two routing table entries Link Local (L) and Directly Connected (C)



Directly Connected Interfaces

- A newly deployed router, without any configured interfaces, has an empty routing table.
- An active, configured directly connected interface creates two routing table entries Link Local (L) and Directly Connected (C)



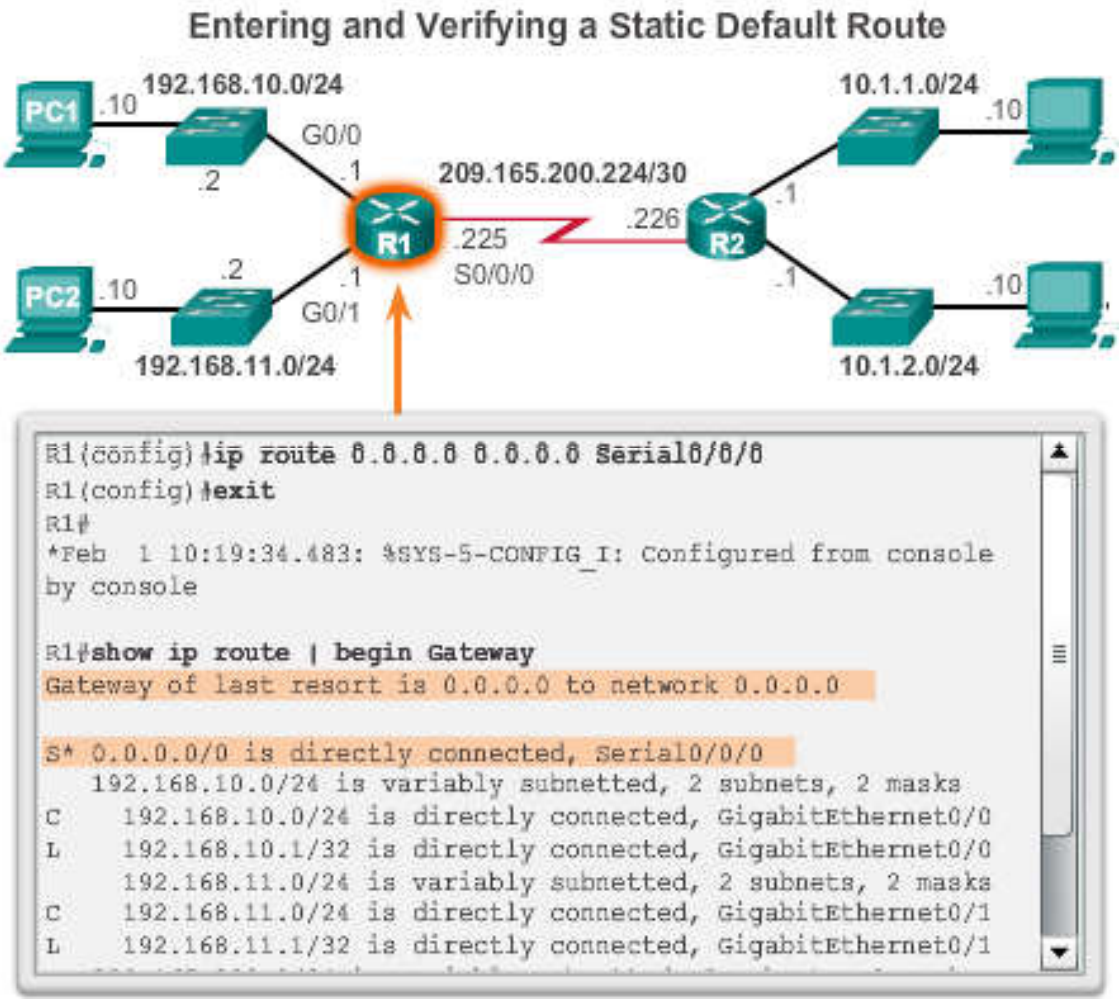
Routing Protocol and Concepts

- Static Routing : หมายถึงตาราง Routing Table ของ Router แต่ละตัวจะไม่เปลี่ยน ปกติตารางนี้จะถูกกำหนดจากผู้ดูแลระบบเครือข่าย คือตารางนี้จะได้จากการทำ Configuration ของ Router
- Dynamic Routing : หมายถึงตาราง Routing Table สามารถเปลี่ยนได้ตามสภาวะความคับคั่งของเครือข่ายขณะนั้นหรือจากปัจจัยอื่นๆ โดยมันจะมีการ Update ตลอดเวลา

Static Routes

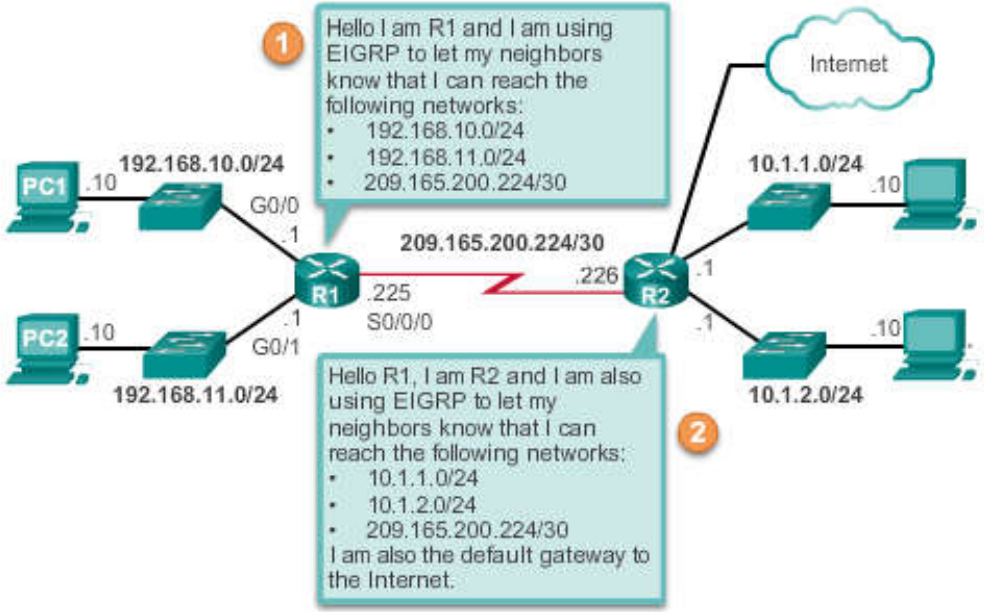
- Manually configured
- Define an explicit path between two networking devices.
- Must be manually updated if the topology changes.
- Benefits include improved security and control of resources.
- Static route to a specific network.
  - **ip route***networkmask* {*next-hop-ip* | *exit-intf*}
- Default Static Route used when the routing table does not contain a path for a destination network.
  - ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 {*exit-intf* | *next-hop-ip*

Static Routes Example



Dynamic Routing

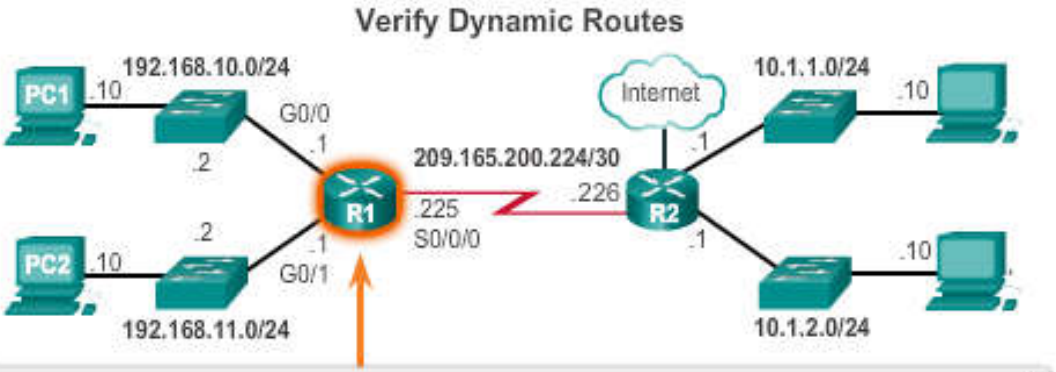
- Used by routers to share information about the reachability and status of remote networks.
- Performs network discovery and maintaining routing tables.



IPv4 Routing Protocols

- Cisco ISR routers can support a variety of dynamic IPv4 routing protocols including:
- **EIGRP –** Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
- **OSPF –** Open Shortest Path First
- **IS-IS –** Intermediate System-to-Intermediate System
- **RIP –** Routing Information Protocol

IPv4 Routing Protocols




```
R1#show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0

D*EX  0.0.0.0/0 [170/2297856] via 209.165.200.226, 00:07:29, Serial0/0/0
      10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
D        10.1.1.0 [90/2172416] via 209.165.200.226, 00:07:29, Serial0/0/0
D        10.1.2.0 [90/2172416] via 209.165.200.226, 00:07:29, Serial0/0/0
      192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L        192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
      192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L        192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
L        209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
R1#
```