

## **Chương 5: Lớp Network và Mạng IP**

### **Mục tiêu**

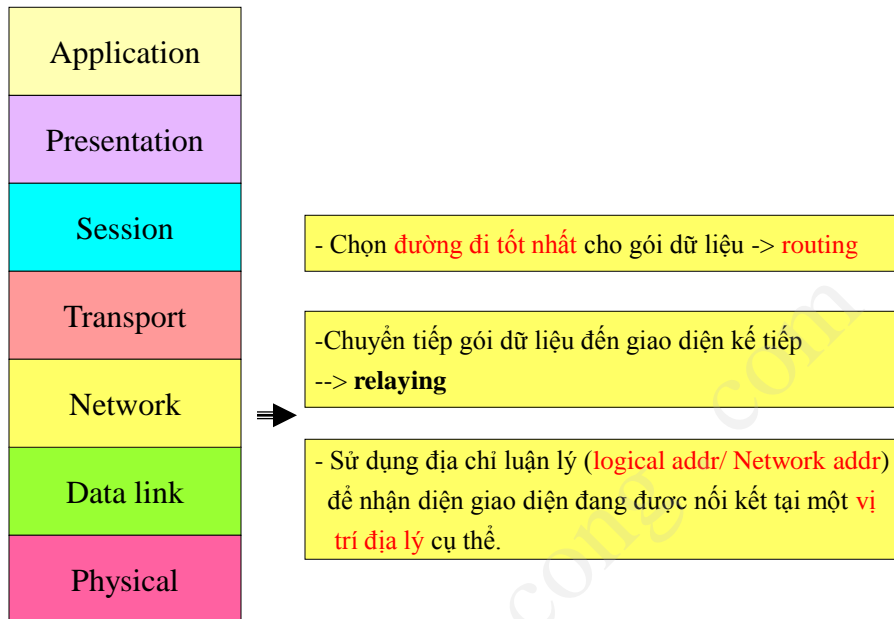
- ❖ Hiểu được vai trò và chức năng hoạt động cơ sở của lớp mạng trong mô hình OSI.
- ❖ Hiểu được tính năng điều khiển hoạt động của giao thức truyền thông IPv4 và IPv6 thông qua các định dạng gói.
- ❖ Nắm được hoạt động của các dịch vụ hạ tầng mạng IP cần thiết cho phép tạo kết nối cơ bản:
  - ☐ ARP
  - ☐ DHCP
  - ☐ NAT
  - ☐ ROUTING
- ❖ Hiểu được vai trò hỗ trợ điều khiển truyền thông trong mạng IP của ICMP

## **Chương 5: Lớp Network và Mạng IP**

### **❖ Nội dung:**

1. Giao thức IPv4 và IPv6
2. Giao thức ICMP
3. Mô hình dịch vụ tầng cơ sở của mạng IP
  - ARP
  - DHCP
  - NAT
4. Định tuyến IP
  - RIP, OSPF và BGP

## Lớp **Network** trong mô hình OSI



## Lớp Mạng (Network)

- ❖ Nhiệm vụ:
  - ☐ Định tuyến và chuyển gói tin về đích bởi đường đi tốt nhất.
- ❖ Đặc điểm:
  - ☐ Xử lý tại các thiết bị chuyển tiếp trung gian (routers) có khả năng định tuyến thông minh và chuyển tiếp dữ liệu nhanh nhất.
  - ☐ Router phải có ít nhất 2 giao tiếp
    - 🌐 Giao tiếp LAN - WAN: router nối mạng LAN
    - 🌐 Giao tiếp WAN- WAN: router chuyển tiếp trung gian
- ❖ Các chức năng cơ sở:
  - ☐ Định tuyến (Routing)
  - ☐ Chuyển tiếp (Forwarding)

## Điều khiển kết nối tại lớp mạng (Network)

- ❖ Tiêu chí hoạt động:
  - ☐ Yêu cầu đảm bảo độ tin cậy cao nhất -> Oriented connection
  - ☐ Yêu cầu đảm bảo sử dụng tài nguyên mạng tối ưu và chuyển tiếp gói tin nhanh nhất -> Connectionless.
- ❖ Phương thức điều khiển có kết nối (Oriented connection)
  - ☐ Mạng sử dụng: X.25
- ❖ Phương thức điều khiển không kết nối (Connectionless)
  - ☐ Cơ chế hoạt động Best Effort
    - Định tuyến Hop by Hop
    - Phân mảnh và tái hợp
  - ☐ Mạng sử dụng: IP, IPX; Apple talk

## Định tuyến tại lớp mạng

- ❖ Routing tìm ra đường đi về đích tốt nhất ( “good” paths)
- ❖ Routing cho phép mạng linh hoạt hơn với bản chất biến động liên tục trạng thái mạng:
  - ☐ Tình trạng hư hỏng của thiết bị
  - ☐ Biến động của tải, độ nghẽn mạng
  - ☐ Băng thông, tỉ lệ mất gói
- ❖ Routing cũng có thể điều khiển lưu lượng mạng (“Traffic Engineering”)
  - ☐ Điều phối lưu lượng các gói tin qua các routers và các links
  - ☐ Tránh nghẽn bằng cách chuyển tiếp các gói qua các links có tải thấp hơn

6

## Phương pháp định tuyến cơ sở

### ❖ Source-based:

- ☐ Source cho một **danh sách lộ trình** đến đích
- ☐ Giao thức liên quan: X.25, ATM, Frame relay

### ❖ Hop by Hop: routers xác định Hop kế tiếp tốt nhất đối với một đi chỉ đích (IP Prefix) dựa vào thông tin bảng định tuyến.

- ☐ **Link state:** tính giá trị đường đi thấp nhất sử dụng **kiến thức toàn cục về topology mạng**.

✚ Maps => next-hop

✚ OSPF; BGP

- ☐ **Distance vector:** thông tin mạng tính cục bộ/ lân cận (**adjacent Nodes**)

✚ Bắt đầu với giá trị của kết nối trực tiếp.

✚ Thông tin định tuyến lệ thuộc vào node lân cận.

✚ RIP; IGP

## Phân mảnh và tái hợp gói dữ liệu

### Fragmentation/ Reassembly

### ❖ Khi chiều dài gói dữ liệu vượt quá kích thước gói lớn nhất cho phép truyền (**MTU**) của hệ thống tiếp nhận, tại hệ thống gởi phải thực hiện phân chia gói dữ liệu thành các đơn vị nhỏ hơn trước khi truyền đi.

### ❖ Quá trình tái hợp các gói dữ liệu đã bị phân mảnh thành gói nguyên thủy ban đầu tại hệ thống đích.

### ❖ Các thông số điều khiển liên quan:

- ☐ Xác định gói tin gốc- **ID**

- ☐ Chiều dài dữ liệu- **L**.

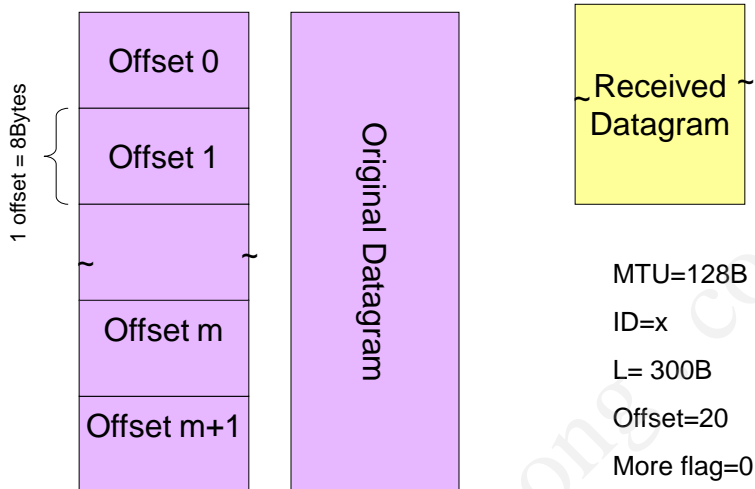
- ☐ Nhận diện mảnh đối với gói ban đầu : **Offset**.

✚ 1 offset = 8byte

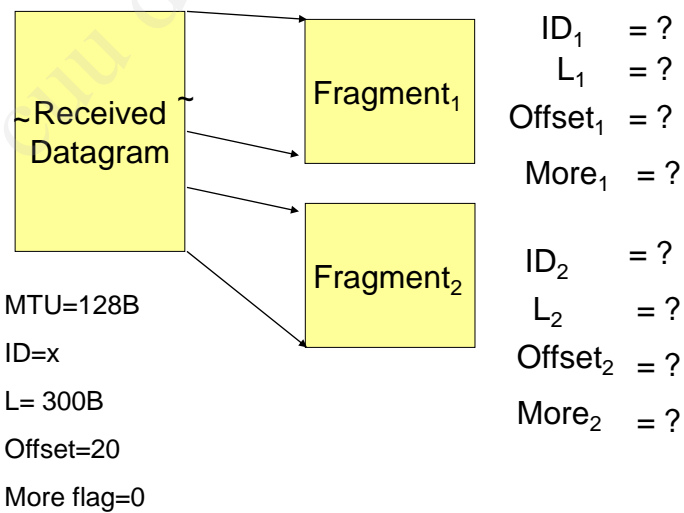
- ☐ Nhận diện mảnh cuối- Cờ "**More**".

✚ More = 0 => last one

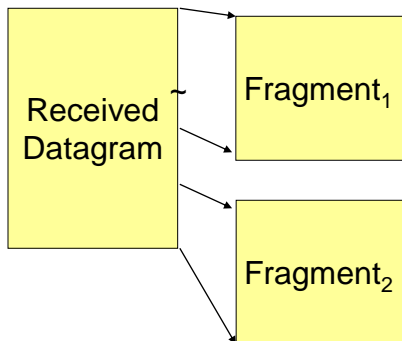
## Fragmenting datagram (1/3)



## Fragmenting datagram (2/3)



## Fragmenting datagram (3/3)



$$ID_1 = ID$$

Cách 1:  $L_1 = MTU$

Cách 2:

$$L_1 = \text{Int}(L/2) - \text{Mod}(\text{Int}(L/2), 8)$$

$$\text{Offset}_1 = \text{Offset}$$

$$\text{More}_1 = 1$$

$$ID_2 = ID$$

$$L_2 = L - L_1$$

$$\text{Offset}_2 = \text{Offset}_1 + \text{Div}(L_1, 8)$$

$$\text{More}_2 = \text{More}$$

## Lớp mạng sử dụng IP

- ❖ IP cung cấp dịch vụ kết nối tốt nhất có thể (**unreliable connectionless** - best effort) được gọi là “datagram”.
- ☐ Unreliable/Connectionless
- ☐ Best effort
- ❖ Hệ quả:
  - ☐ Giao thức lớp trên phải xử lý mất và trùng lặp gói.
  - ☐ Gói tin có thể về đến đích không tuần tự (**out-of-sequence**)

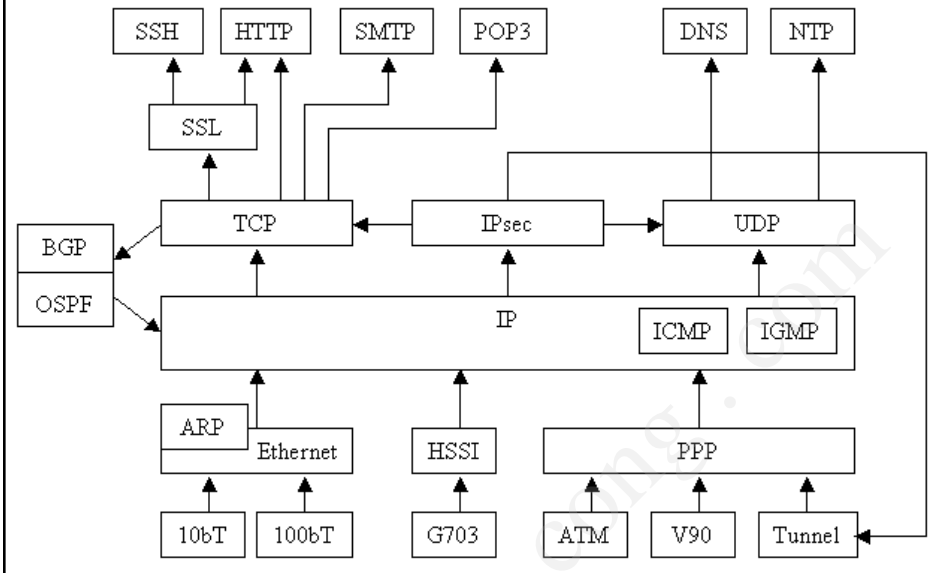
## Những giao thức khác sử dụng cùng IP (1/2)

- ❖ Internet Control Message Protocol (**ICMP**)
  - Cung cấp các thông điệp điều khiển
  - ❑ Vd: PING, TRACEROUTE và ROUTER
- ❖ Internet Group Message Protocol (**IGMP**)
  - ❑ Truyền thông IP dựa trên Multicast
- Address Resolution Protocol (**ARP**)
  - Xác định địa chỉ lớp data-link khi biết địa chỉ IP.
- Reverse Address Resolution Protocol (**RARP**)
  - Xác định địa chỉ IP khi biết MAC-address.

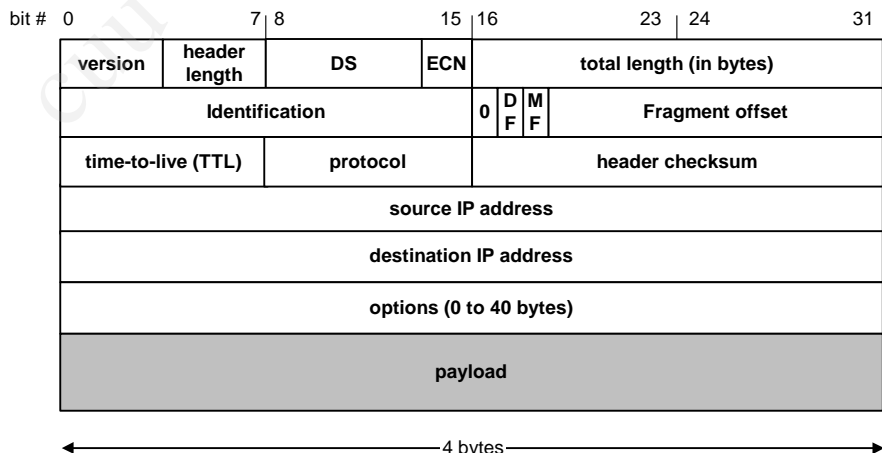
## Những giao thức khác sử dụng cùng IP (2/2)

- ❖ Giao thức định tuyến (Routing):
  - ❑ RIP/ RIPng (for IPv6)
  - ❑ OSPF v2, v3
  - ❑ BGP
- ❖ Bảo mật:
  - ❑ 802.1x/ 802.1AE
  - ❑ IPsec
  - ❑ SSL/ TLS
  - ❑ SSH
- ❖ Điều khiển QoS: RSVP...

## Tổng hợp giao thức hoạt động trong mạng IP



## Định dạng gói IPv4





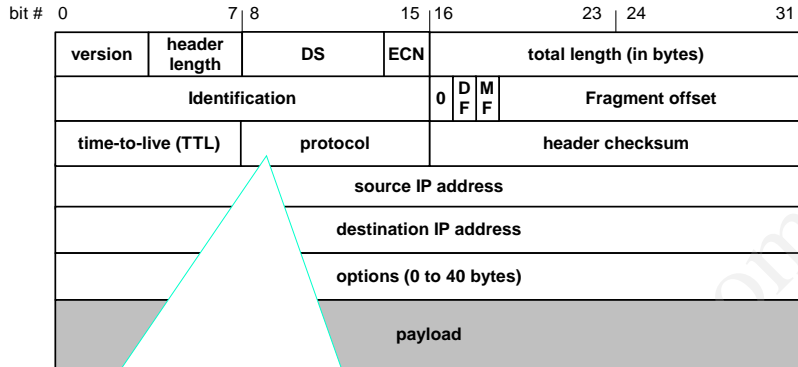
## Chức năng IP (1/2)

- ❖ Tham gia điều khiển QoS tại Router truyền:
  - ❑ **DS**- Differentiated Service / Type-of-Service (TOS).
- ❖ Explicit Congestion Notification to TCP (**ECN**-2bits):
- ❖ Phân mảnh và tái hợp: sử dụng các trường “**total length, identification, don't fragment, more flag** và fragment **offset**”.
- ❖ Định tuyến gói tin thông qua địa chỉ đích.
- ❖ Trong trường hợp **Option** sử dụng “source route” để định tuyến, nhiều tùy chọn được thêm vào:
  - ✚ Record route
  - ✚ Source route
  - ✚ Timestamp

## Chức năng IP (2/2)

- ❖ **Time To Live (TTL) (1 byte):**
  - ❑ Xác định quãng đường dài nhất trước khi hủy bỏ gói tin.
  - ❑ Vai trò TTL: đảm bảo gói tin được hủy bỏ khi xảy ra “loop”
- ❖ **Được sử dụng:**
  - ❑ Sender thiết lập giá trị(vd: 64)
  - ❑ Mỗi router giảm 1.
  - ❑ Khi giá trị bằng 0, gói tin bị hủy.
- ❖ Chỉ định giao thức lớp cao:
  - ❑ Protocol field: 06 : TCP, 01 : ICMP, 17 : UDP, 08 : EGP
- ❖ Kiểm tra lỗi gói tin bằng trường checksum (2 bytes)

## IP header format: Protocol



- 8 bits.
- Cho biết giao thức lớp trên nhận gói tin đến sau tiến trình tại lớp IP.
  - 06 : TCP    01 : ICMP
  - 17 : UDP    08 : EGP

## Datagram Lifetime (TTL)

- ❖ Datagrams có thể bị định tuyến vòng trên mạng.
  - ☐ cạn kiệt tài nguyên.
  - ☐ ảnh hưởng hoạt động lớp Transport
- ❖ Datagram được chỉ định lifetime
  - ☐ thời gian sống trong trường IP.
  - ☐ lifetime giảm đi 1 mỗi khi được chuyển tiếp qua một router
  - ☐ sau khi xử lý lifetime, nếu =0 mà chưa về đích , gói tin bị hủy bỏ.

## IP Fragmentation (1)

### ❖ Sử dụng các trường trong tiêu đề:

#### ☐ Data Unit Identifier (ID)

✚ Xác định gói tin tại hệ thống đầu cuối nguồn

▶ Địa chỉ nguồn và đích.

#### ☐ Data length

✚ Chiều dài của dữ liệu người dùng dạng bits

#### ☐ Offset

✚ Vị trí phân mảnh của dữ liệu trong gói tin gốc.

✚ 1 offset gồm 64 bits (8 octets)

#### ☐ More flag

✚ Nhận diện phân mảnh cuối.

## Các hạn chế của phân mảnh và tái hợp

### ❖ Quá trình tái hợp có thể gây nên lỗi:

☐ Mất gói: hoạt động phân mảnh và tái hợp

☐ Độ trễ gia tăng bởi thời gian phân mảnh hay tái hợp

### ❖ Re-assembly time out (T')

☐ Được cấu hình trước (thông số hệ thống)

☐ Được bắt đầu tính khi nhận mảnh đầu tiên của một giá trị ID

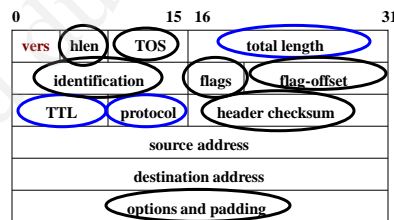
☐ Nếu hết thời gian T', các mảnh chưa về đủ để tái hợp thì tất cả sẽ bị hủy bỏ.

### ❖ Sử dụng nhiều không gian bộ nhớ đệm của hệ thống xử lý

## Error Control

- ❖ IP chỉ phát hiện lỗi nhờ check-sum và thực hiện hủy gói (không thực hiện điều khiển truyền lại)
- ❖ Cơ chế điều khiển lỗi của IP được hỗ trợ thêm nhờ giao thức ICMP.

## Định dạng gói IPv6



**IPv4**

### Loại bỏ (7)

- ID, flags, flag offset
- TOS, hlen
- header checksum
- options and padding

### Thay Thế (3)

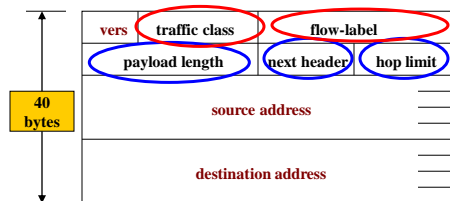
- total length => payload
- protocol => next header
- TTL => hop limit

### Thêm Mới (2)

- traffic class
- flow label

### Mở Rộng

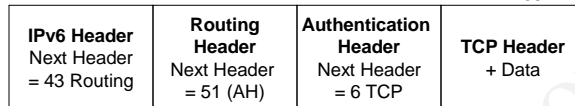
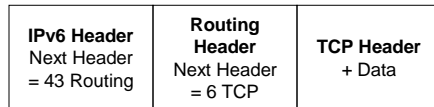
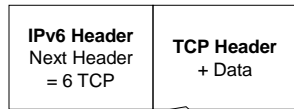
- địa chỉ 32bit thành 128 bit



**IPv6**

40 bytes

## Tiêu đề mở rộng IPv6



### Giá trị trường tiêu đề mở rộng:

0 – Hop-by-Hop

60 – Destination

(Nếu tiêu đề Routing được sử dụng)

43 – Routing

44 – Fragment

51 – Authentication Header

50 – Encapsulating Security Payload

60 – Destination

6 – TCP

17 – UDP

58 – ICMPv6

59 – None (no next header)

## Nhận xét

- ❖ Định dạng gói IPv6 đơn giản -> hoạt động điều khiển tại các routers hiệu quả.
- ❖ Thêm vào các trường traffic class, flow Label:
  - Điều khiển QoS tốt hơn.
- ❖ Thay thế “ option ” bởi “ next header. ”
  - Hiệu quả cho mạng di động (định tuyến và điều khiển chuyển vùng)
  - Áp đặt bảo mật khi cần thiết.
  - Mở rộng cho các ứng dụng mới (new attributes)

## Hạ tầng cục bộ mạng IP

### 1. ARP

- Nhiệm vụ & chức năng
- Các tiến trình hoạt động

### 2. R-ARP/ DHCP

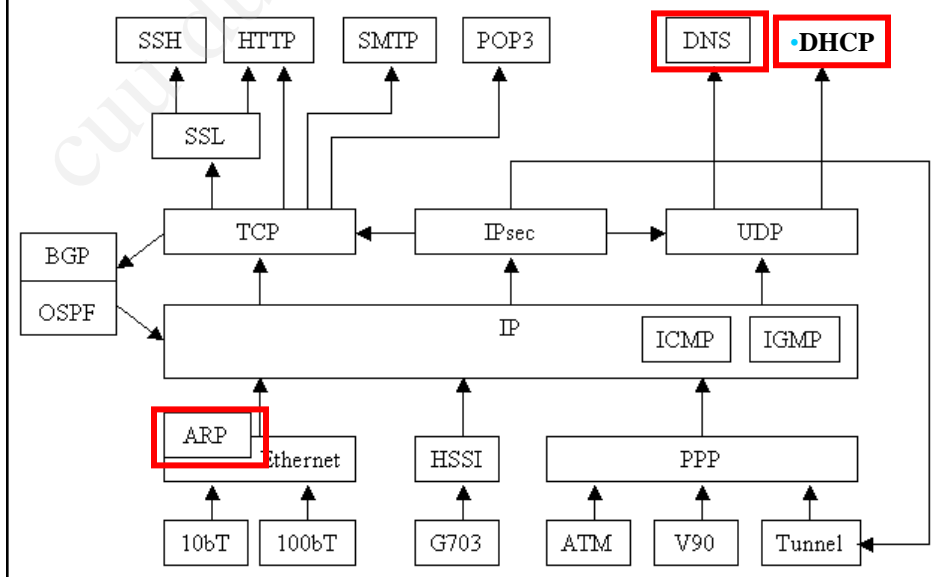
- Nhiệm vụ & chức năng
- BOOT – Bootstrap và DHCP - Các tiến trình hoạt động

### 3. NAT

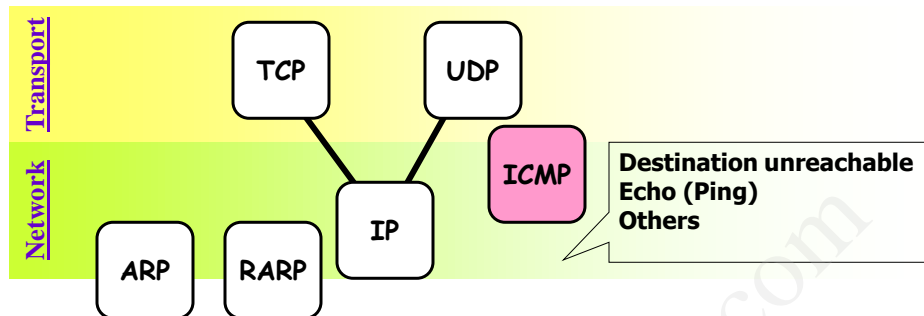
- Chuyển đổi giữa địa chỉ mạng riêng (Private Addresses) và địa chỉ mạng toàn cầu (Public Addresses)
- Sử dụng mở rộng kết hợp địa chỉ và port

27

## Tổng hợp giao thức hoạt động trong mạng IP



## Internet Control Message Protocol (ICMP)



- ICMP là thành phần của chồng giao thức TCP/IP, hoạt động ngay trên lớp IP.
- Là giao thức hỗ trợ hoạt động IP

## Các loại thông điệp điều khiển ICMP

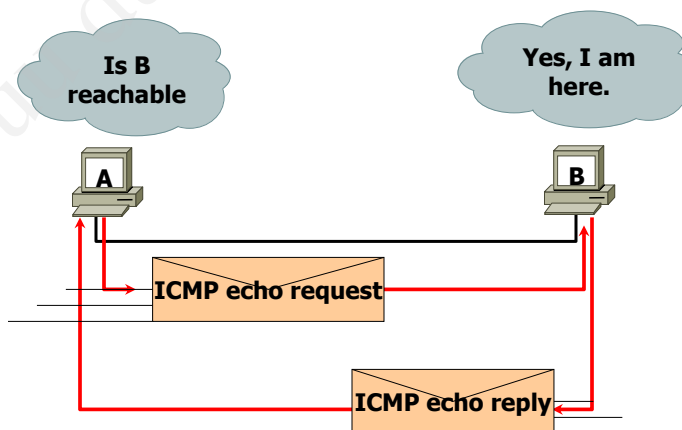
Type	Description
0	Echo reply.
3	Destination unreachable.
4	Source quench.
5	Redirect / Change request
8	Echo Request
9	Routers advertisement
10	Router Selection
11	Time exceeded.
12	Parameter problem.
13	Timestamp.
14	Timestamp reply.
15	Information Request
16	Information Reply
17	Address Mask Request
18	Address Mask Reply

- **Error ICMP** gọi các báo cáo lỗi về host-nguồn:
  - Các lỗi xảy ra trong quá trình truyền datagram
- **Control ICMP**, được sử dụng để thông báo cho host các tình trạng nghẽn mạng hoặc thông tin gateway tốt hơn.
- **Query ICMP** được sử dụng cung cấp thông tin quản trị mạng.

### Code values for destination unreachable message

Code	Description
0	<b>Net</b> unreachable.
1	<b>Host</b> unreachable.
2	Protocol unreachable.
3	<b>Port</b> unreachable.
4	<b>Fragmentation needed and DF set.</b>
5	Source route failed.
6	Destination network unknown
7	Destination host unknown
8	Source Host Isolated
9	Communication with destination network administratively prohibited
10	Communication with destination network administratively prohibited
11	Network unreachable for type of device
12	Host unreachable for type of device

### Sử dụng Ping để kiểm tra đích đến





## Các dịch vụ hạ tầng IP

1. Các dịch vụ **phân giải địa chỉ**:
  - Domain Name System – **DNS**: phân giải tên và địa chỉ.
  - **R-ARP** chỉ định địa chỉ IP khi biết địa chỉ MAC của hệ thống.
    - Giao thức cấu hình tự động (Dynamic host configuration protocol-**DHCP**)
  - **ARP** nhận diện địa chỉ MAC cần gọi đến khi biết địa chỉ IP của đích đến.
2. **ICMP, IGMP**: Các dịch vụ hỗ trợ điều khiển truyền IP:
  - **ICMP** (Internet Control Message Protocol),
  - **IGMP** (Internet Group Message Protocol)
3. Định tuyến liên mạng: **Internet routing** (Intra-domain and inter-domain)
4. Security: **NAT, Packet filter, Proxy (firewall)**

33

## Các loại nhận diện địa chỉ truyền thông

- **Host name** (e.g., www.cnn.com)
  - *Thích hợp với con người*
  - Thông tin về tên đơn giản và cụ thể của một tổ chức hay cá nhân.
  - Cấu trúc tên phân cấp, có thể thay đổi (chữ và số)
- **Địa chỉ IP** (e.g., 64.236.16.20)
  - *Thích hợp với thiết bị truyền thông là routers và hosts (đầu cuối)*
  - 4 byte (32 bits – IPv4) hay 128bits- IPv6)
  - Hierarchical addresses (structured addresses)
  - Nhận diện link (mà node nối vào) trong phạm vi một subnet hay site.
- **Địa chỉ MAC** (e.g. 00-15-C5-49-04-A9)
  - Nhận diện giao diện (node) trong phạm vi một link- (broadcast domain)
  - Tích hợp trong phần cứng và là giá trị duy nhất.
  - 48 bits (Cũ) hay 64bits (mới)-> flat addresses

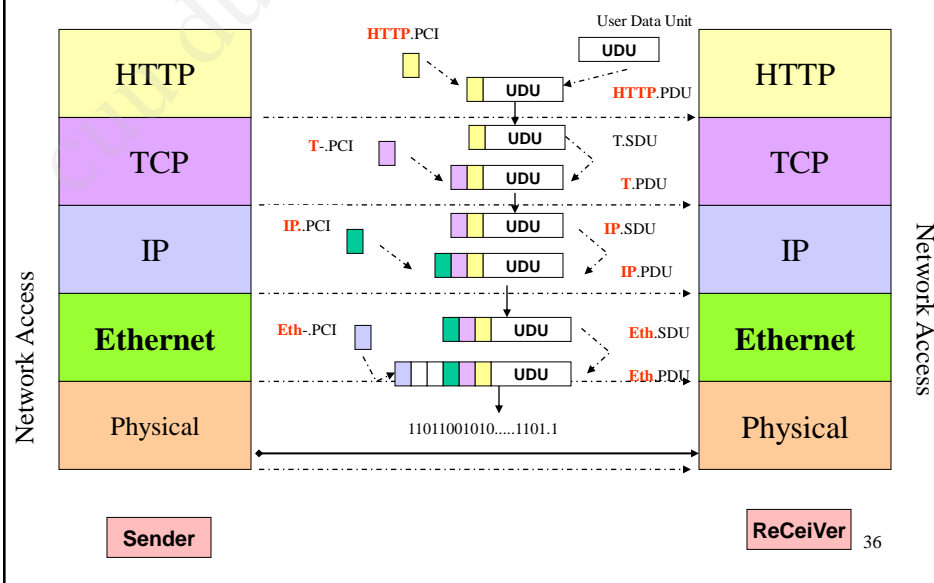
34

## Tham chiếu giữa các loại thông tin nhận diện

- Domain Name System (**DNS**)
  - Host Name → địa chỉ IP.
  - Địa chỉ IP → Host name.
- Dynamic Host Configuration Protocol (**DHCP**)
  - MAC-address → IP address.
  - Cung cấp các thông số truyền thông :
    - Network Mask
    - Default gateway
    - Địa chỉ IP của DNS, ...
- Address Resolution Protocol (**ARP**)
  - IP- address → MAC address
  - Xử lý ARP trong link với địa chỉ broadcast.

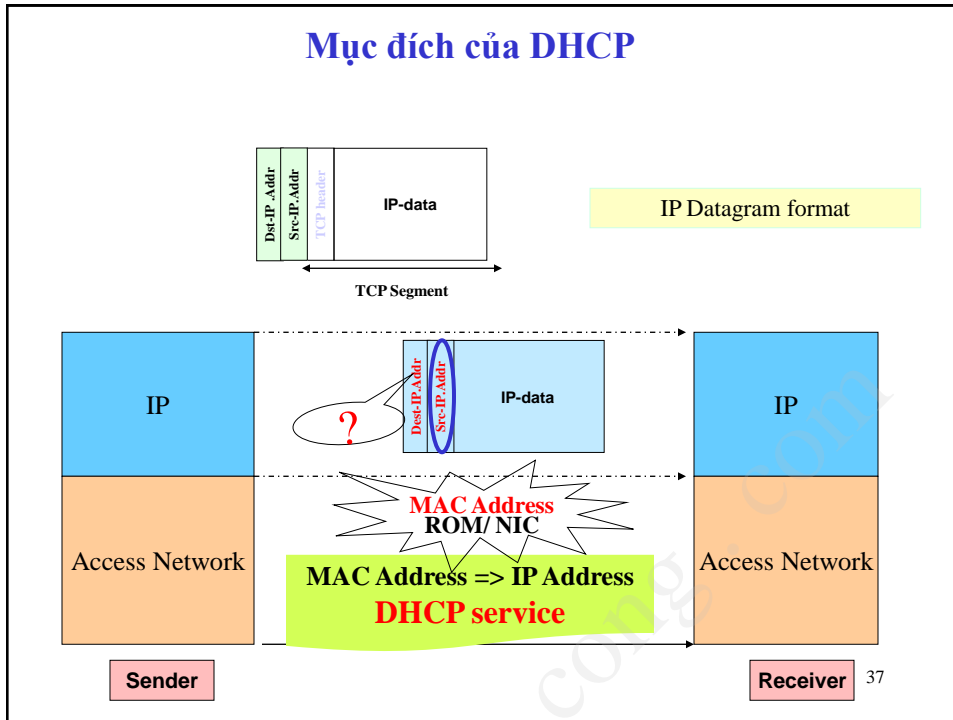
35

## Encapsulation HTTP/TCP/IP/Ethernet

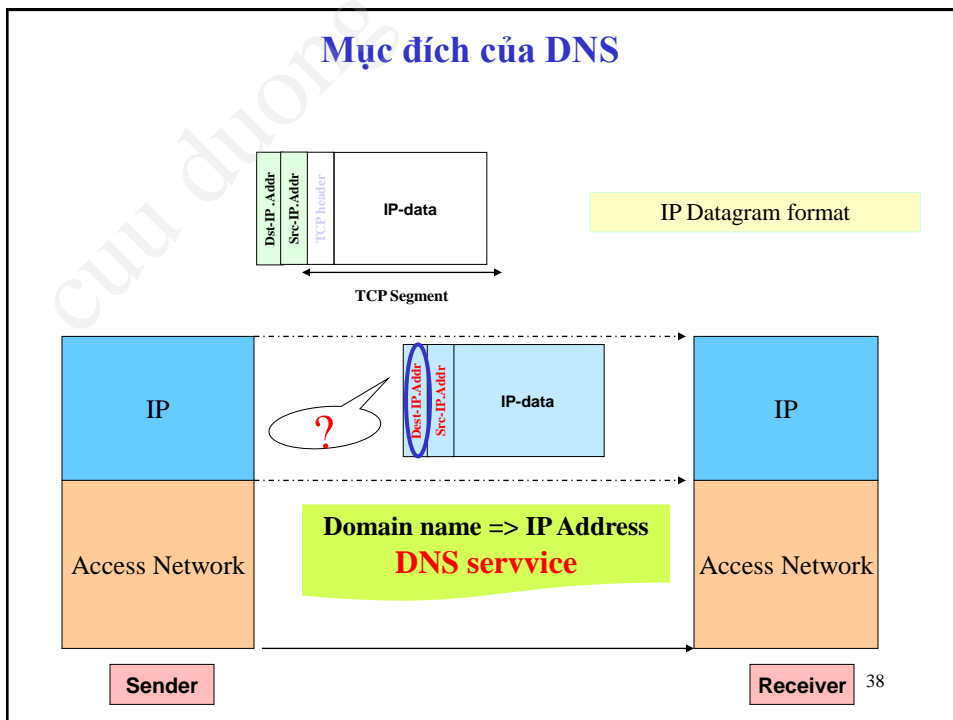


36

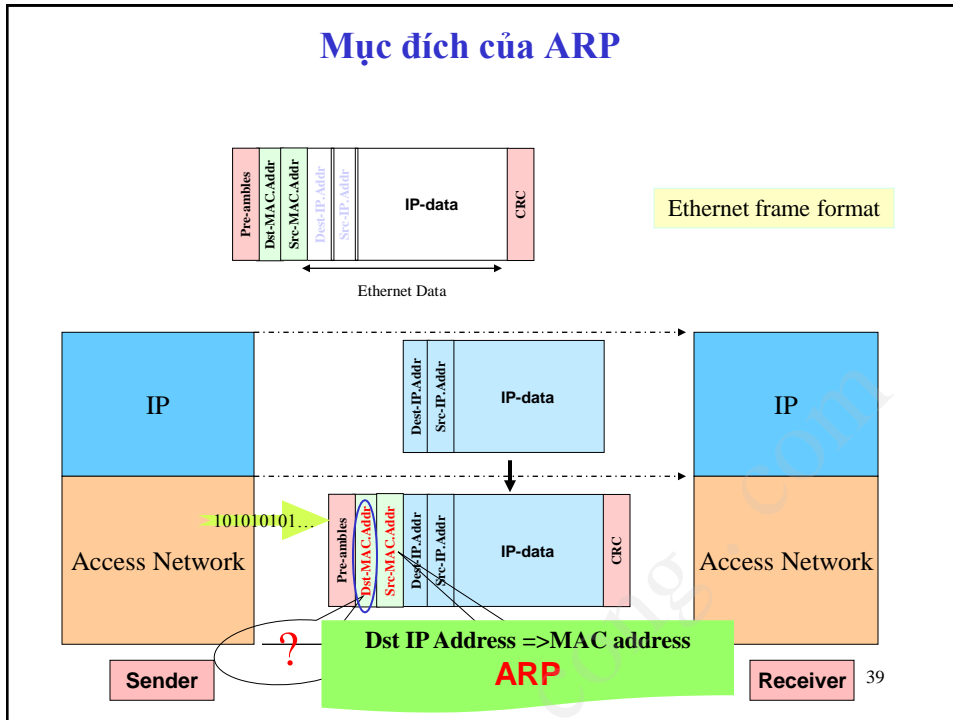
## Mục đích của DHCP



## Mục đích của DNS

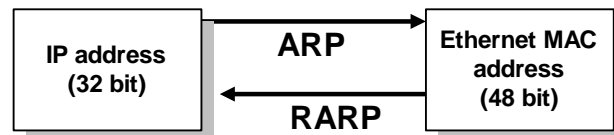


## Mục đích của ARP



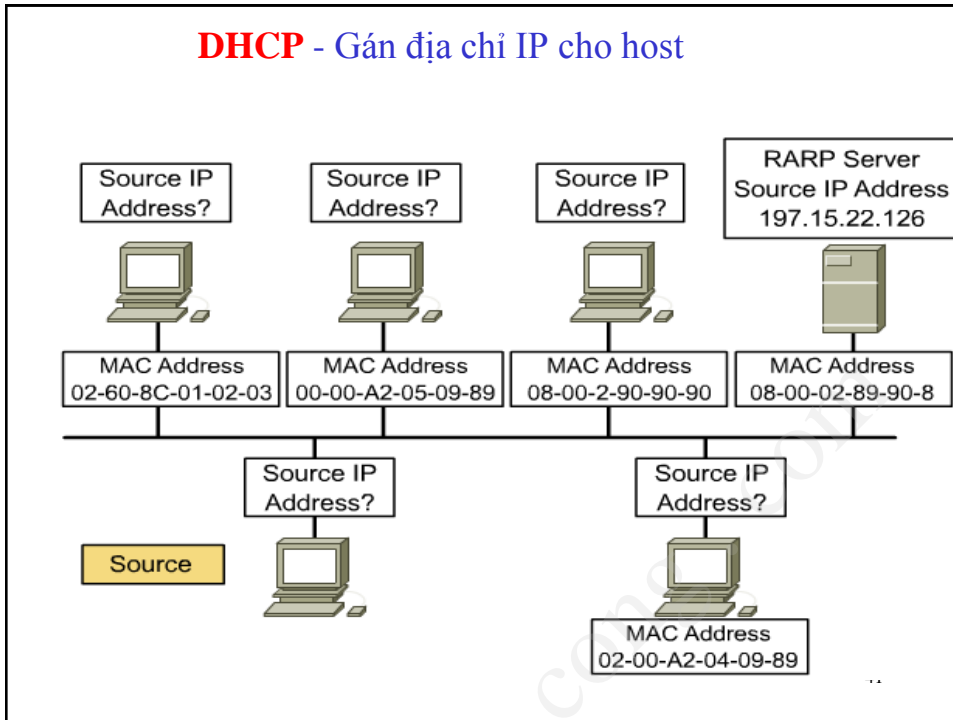
## R-ARP và Dịch vụ DHCP

- Một số phương thức gán địa chỉ IP động:
  - RARP: Reverse Address Resolution Protocol.
  - BOOTP: BOOTstrap Protocol.
  - DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol.

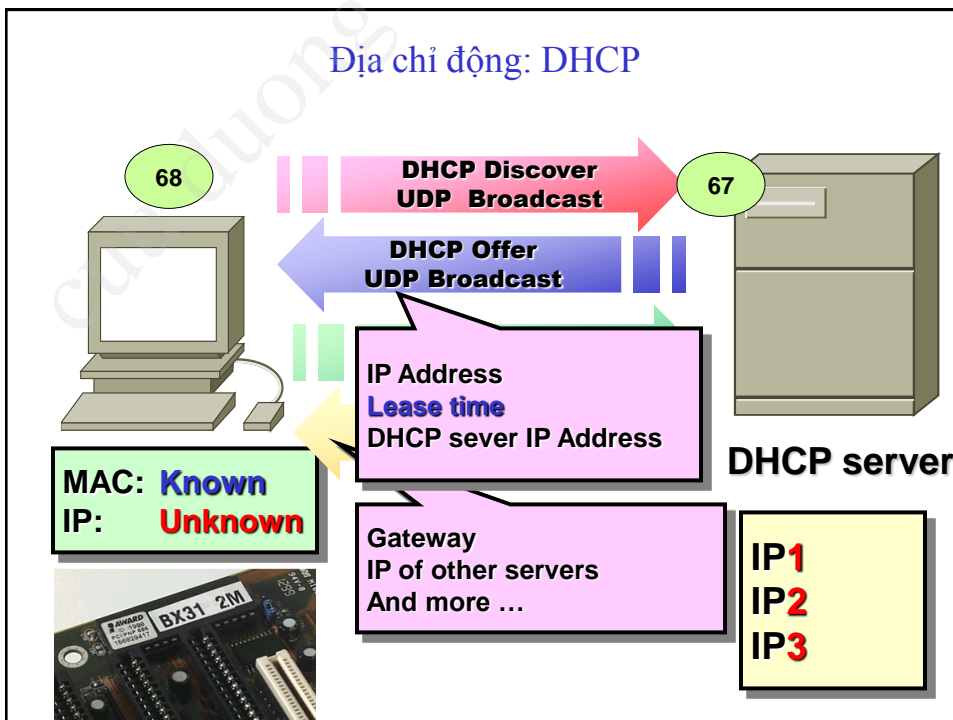


40

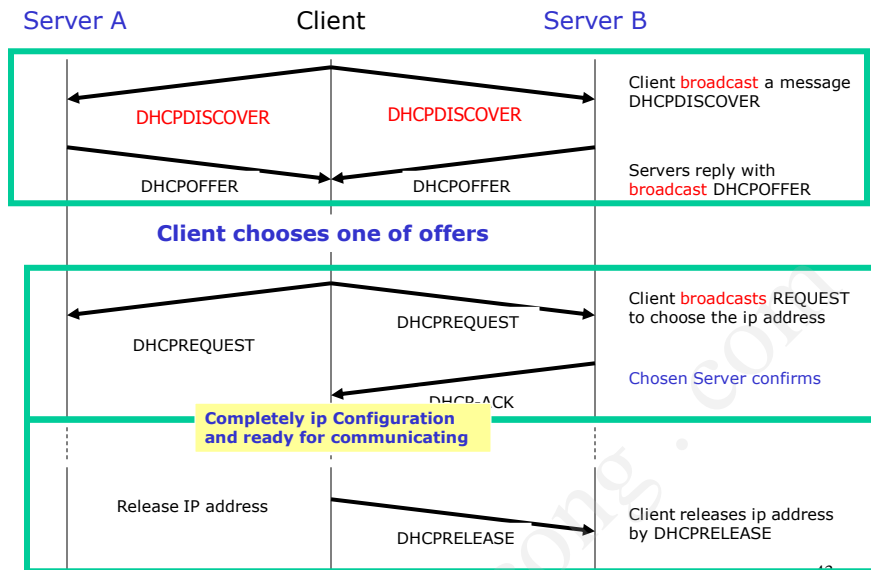
## DHCP - Gán địa chỉ IP cho host



## Địa chỉ động: DHCP

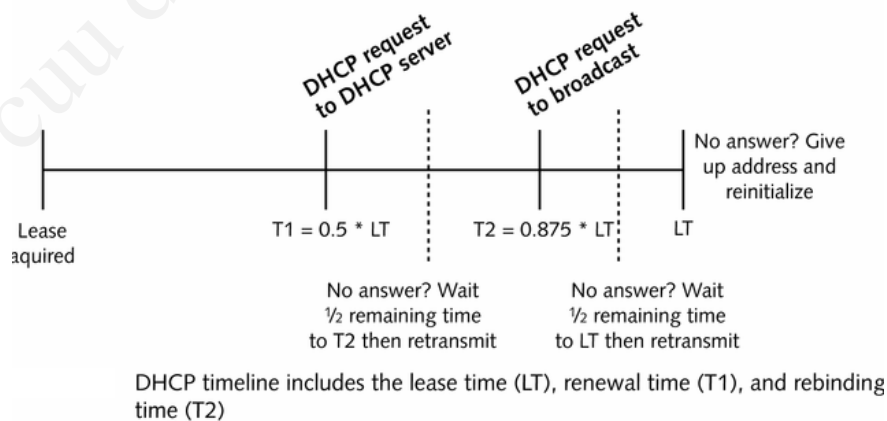


## Chỉ định thông tin cấu hình mới – Discover stage



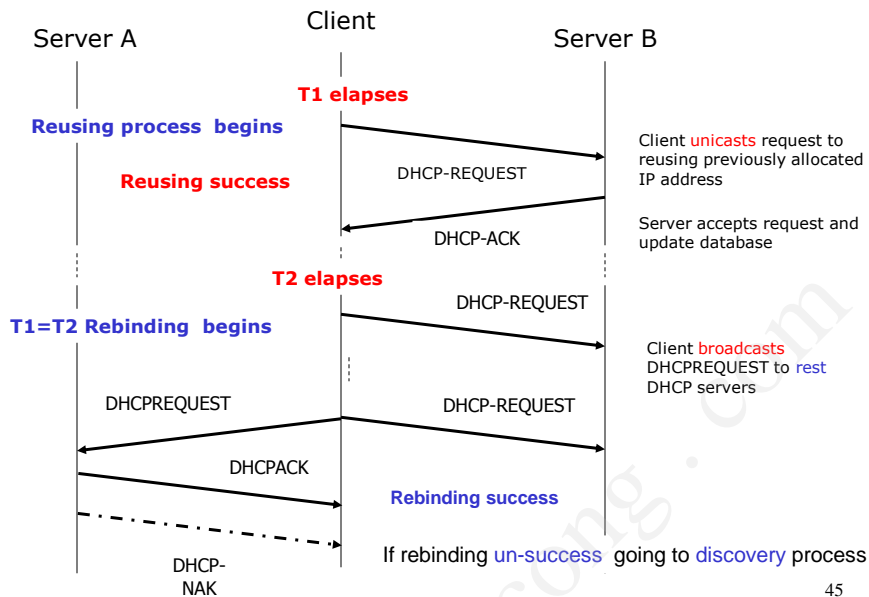
[Detail](#)

## DHCP Timeline: the Lease Time (LT), Renewal Time (T1), and Rebinding Time (T2)



44

## Yêu cầu sử dụng lại địa chỉ IP



45

## Các thông tin cấu hình có thể được quản lý bởi DHCP

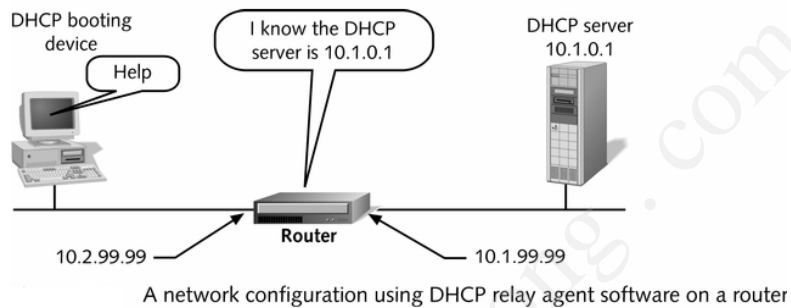
### ■ Thông tin DHCP được gửi như một tùy chọn:

Subnet Mask, Name Server, Hostname, Domain Name, Forward On/Off, Default IP TTL, Broadcast Address, Static Route, Ethernet Encapsulation, X Window Manager, X Window Font, DHCP Msg Type, DHCP Renewal Time, DHCP Rebinding, Time SMTP-Server, SMTP-Server, Client FQDN, Printer Name, ...

46

## DHCP Relay Agents

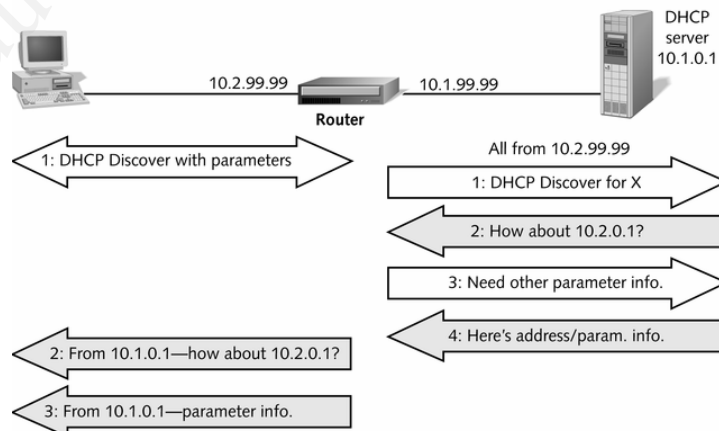
- Chức năng “relay agent” thường được gán tại một router được kết nối với phân đoạn mạng thuộc DHCP client.
- Thiết bị “relay agent” này được cấu hình cùng subnet với địa chỉ DHCP Server và có thể truyền thông unicast với Server.



47

## DHCP Relay Agents

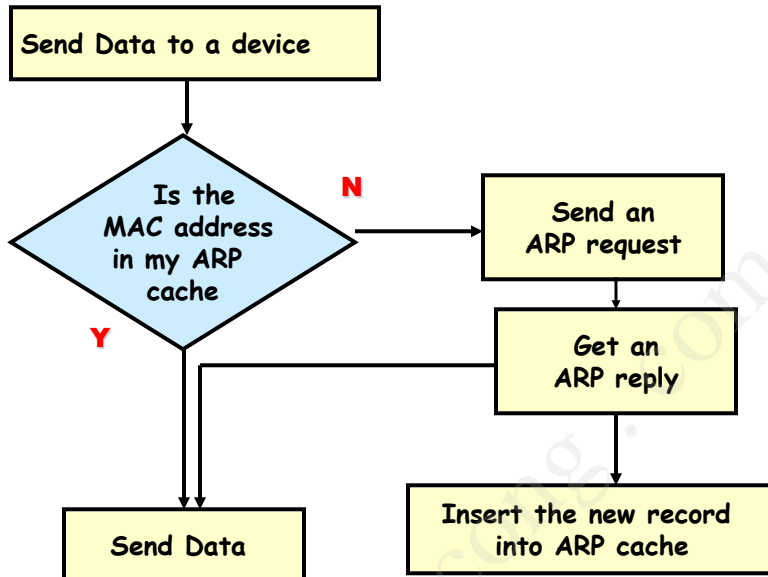
Truyền thông trên mạng hỗ trợ DHCP relay agent



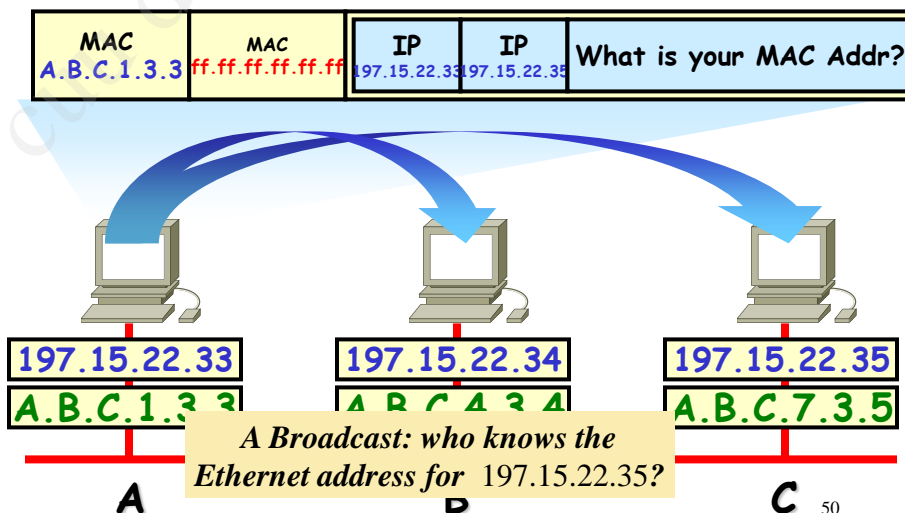
48



## Dịch vụ phân giải địa chỉ Address Resolution Protocol (ARP)

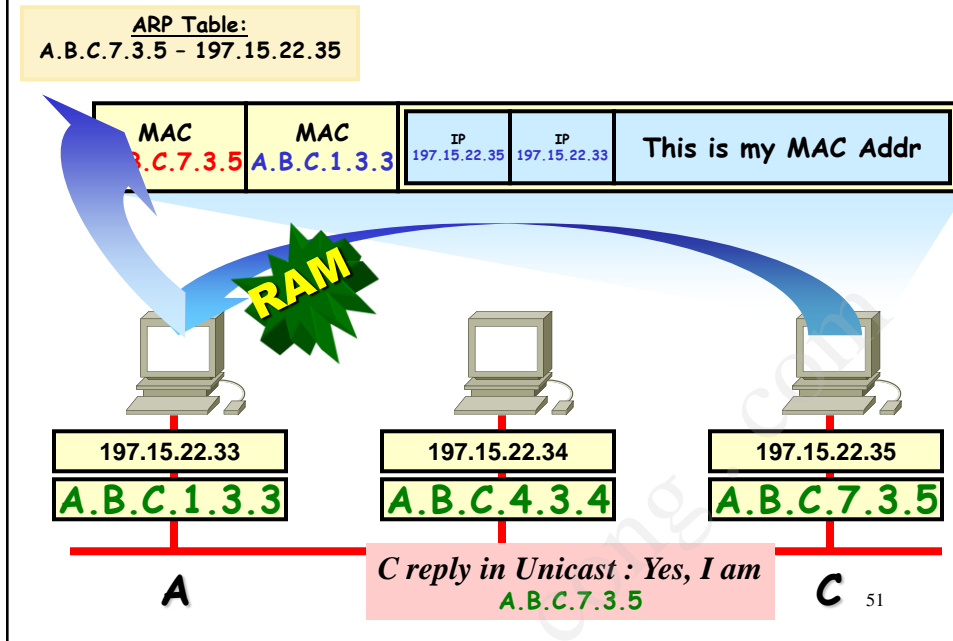


## Hoạt động ARP : ARP request

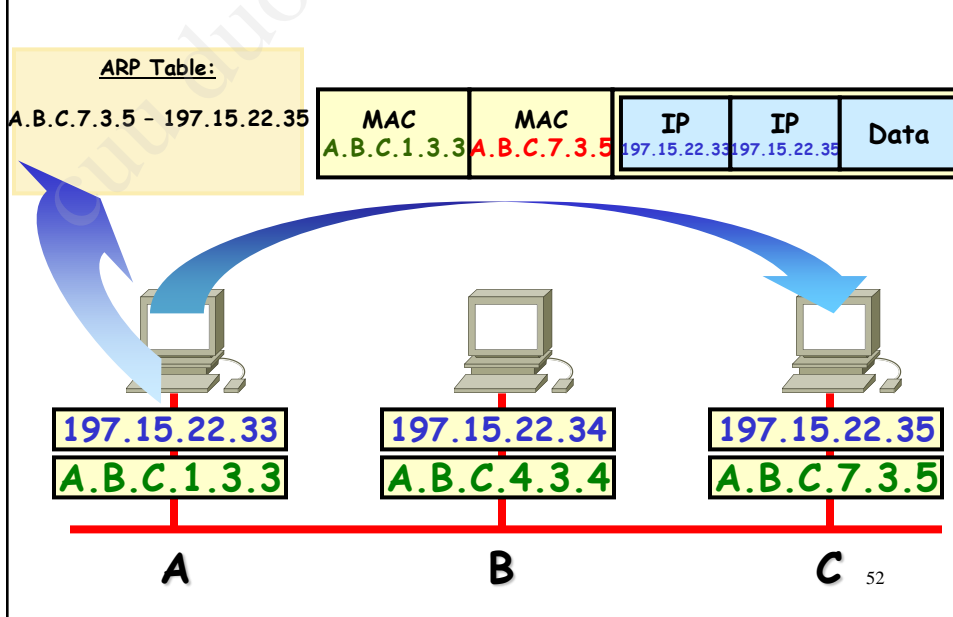


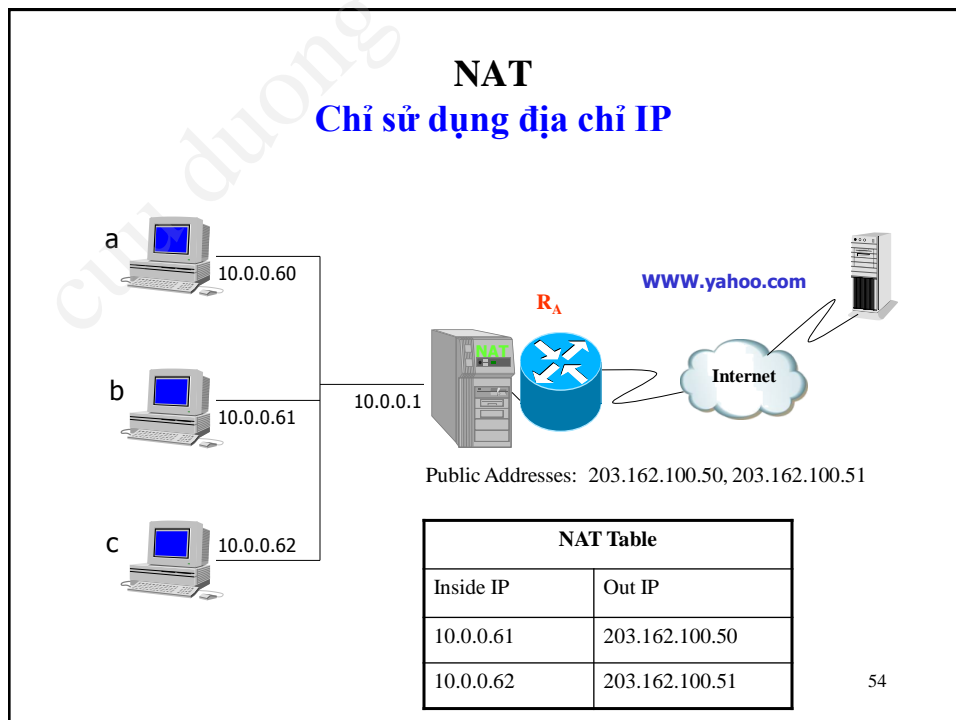
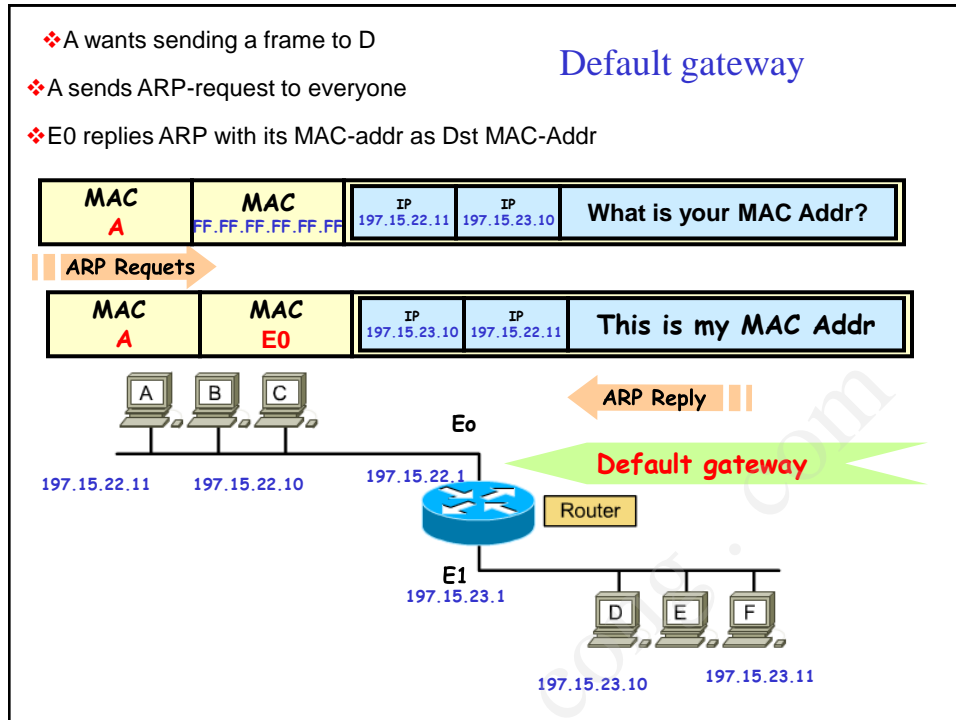
50

## ARP Reply và Caching



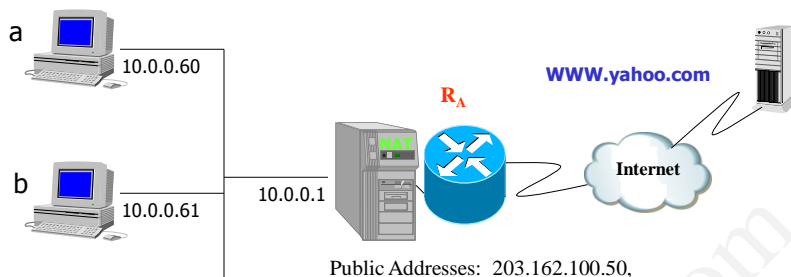
## ARP Cache để tạo một Data Frame





# NAT

Sử dụng kết hợp địa chỉ IP và port



NAT Table			
In Port	Inside IP	Out IP	Out Port
2000	10.0.0.60	203.162.100.50	2500
2001	10.0.0.61	203.162.100.50	2501
3000	10.0.0.62	203.162.100.50	2502

## Định tuyến IP

1. Khái niệm & thuật ngữ
  - Routing Table
  - Nhiệm vụ và chức năng của Router
2. Định tuyến tĩnh và định tuyến động
3. Thuật toán Routing
  - Distance vector
  - Link-state
4. Giao thức định tuyến
  - RIP, IGP
  - OSPF, BGP
5. Thiết bị định tuyến- Router

## Ý nghĩa của định tuyến

- Routing tìm ra đường đi về đích tốt nhất ( “good” paths)
- Routing cho phép mạng linh hoạt hơn với bản chất biến động liên tục trạng thái mạng:
  - Tình trạng hư hỏng của thiết bị
  - Biến động của tải, độ nghẽn mạng
  - Băng thông, tỉ lệ mất gói
- Routing cũng có thể điều khiển lưu lượng mạng (“Traffic Engineering”)
  - Điều phối lưu lượng các gói tin qua các routers và các links
  - Trasngh nghẽn bằng cách chuyển tiếp các gói qua các links có tải thấp hơn

57 57

## Tổng quan Định tuyến IP

- **Routing** là tiến trình tìm đường đi tối ưu ứng với IP-prefix của đích đến.
- IP routing:
  - Connectionless-> best effort-> Hop by Hop
  - Best path-> Next hop
- **Routing table/ forwarding table:**
  - Bảng định tuyến hay cơ sở dữ liệu đường đi, mô tả các thông tin liên quan để quyết định chặn kế tiếp (**Next Hop**) tốt nhất tương ứng địa chỉ đích.
- **Giao thức định tuyến:** tự động cập nhật động thông tin đường đi
  - Link-state routing (Dijkstra’s algorithm)
  - Distance-vector routing (Bellman-Ford algorithm)

58

## Thiết bị định tuyến- Router

- **Nhiệm vụ:** chuyển tiếp gói tin về đích bằng đường đi tốt nhất.
- Chức năng: routing và forwarding
  - **Routing: Duy trì** bảng định tuyến-> “**control plane**”
    - Cập nhật thông tin đường đi (*topology & state of the network*).
  - **Forwarding: Xử lý** Datagram-> “**data plane**”
    - Xác định lộ trình kế tiếp cho gói IP: **next hop** (nhờ vào routing table)
    - Chuyển tiếp gói IP:
      - chuyển gói tin ra bên môi trường truyền thông qua interface thích hợp.
    - Có thể thực hiện **re-encapsulates** phù hợp giao thức sử dụng của interface nối ra môi trường kế tiếp.

59

## Thiết bị định tuyến- Router

- **Nhiệm vụ:** chuyển tiếp gói tin về đích bằng đường đi tốt nhất.: **Best route**
- Chức năng:
  - **Duy trì** bảng định tuyến-> “**control plane**”
  - Cập nhật thông tin đường đi (*topology & state of the network*).
  - **Xử lý** Datagram: **Forwarding: “data plane”**
    - Xác định lộ trình kế tiếp cho gói IP: **next hop và out-interface** (nhờ vào routing table)
    - Chuyển tiếp gói IP:
      - chuyển gói tin ra bên môi trường truyền thông qua interface thích hợp.
    - Có thể thực hiện **re-encapsulates** phù hợp giao thức sử dụng của interface nối ra môi trường kế tiếp.

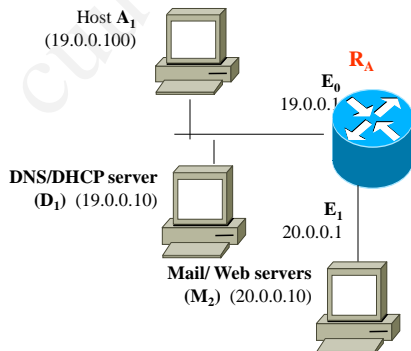
60

## Bảng định tuyến (routing table)

- ❖ Bảng định tuyến là cơ sở dữ liệu chứa thông tin định tuyến:
  - Danh sách các **đường đi tốt nhất** hiện hữu.
  - Đích đến và địa chỉ chặng kế tiếp (Dest- IP Prefix, Next-hop)
  - **Routing(dest-addr, out-if, nexthop, Metric)**
- ❖ Phương pháp tạo ra và **duy trì nội dung bảng định tuyến** :
  - ❖ Cập nhật **nhân công** bởi người quản trị-> **Định tuyến tĩnh**.
  - ❖ **Tự động** cập nhật giữa các routers thông qua **giao thức định tuyến**-> **Định tuyến động**.
- ❖ Routers lưu giữ bảng định tuyến trong **NVRAM**.

61

## ARP caches & Routing table



ARP cache (E0)

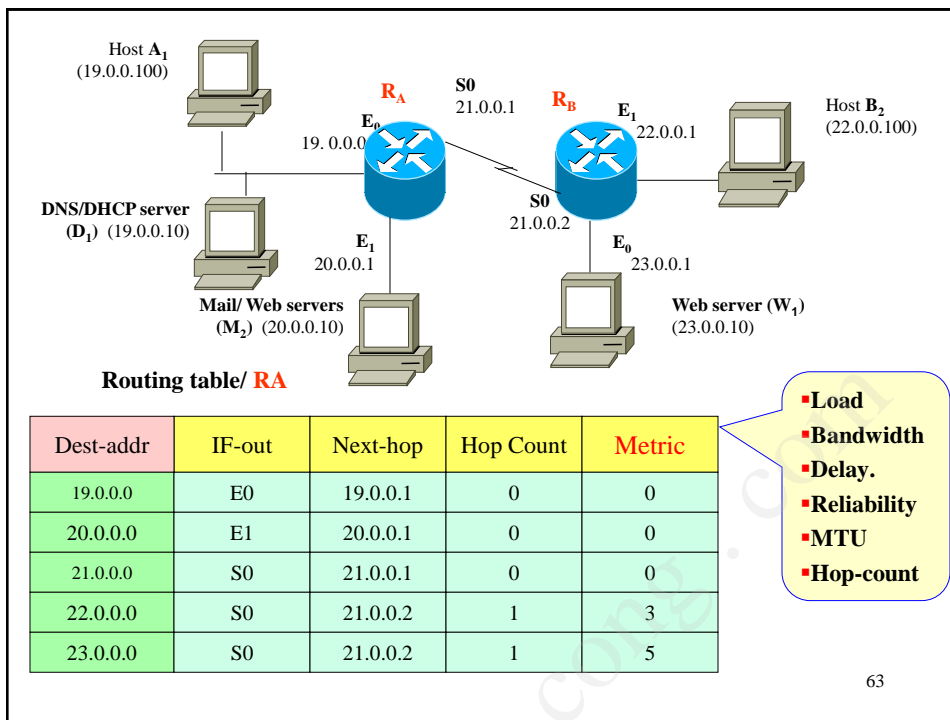
MAC-addr	IP-addr
A <sub>1</sub>	19.0.0.100
E <sub>0</sub>	19.0.0.1
D <sub>1</sub>	19.0.0.10

ARP cache (E1)

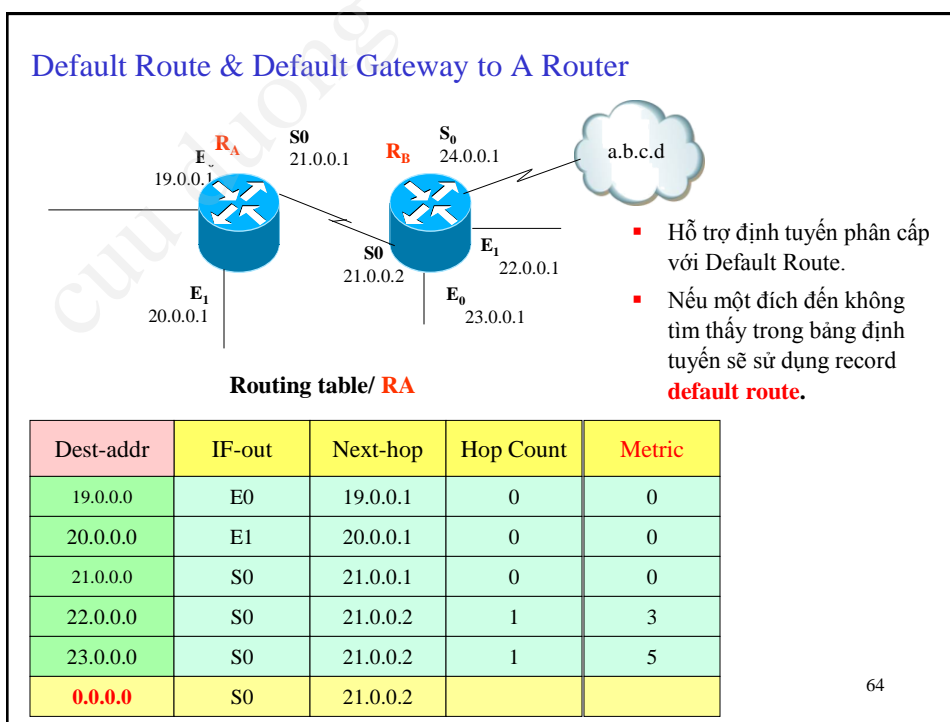
MAC-addr	IP-addr
E <sub>1</sub>	20.0.0.1
M <sub>2</sub>	20.0.0.10

Routing table

Dest-addr	IF-out	Next-hop
19.0.0.0	E0	19.0.0.1
20.0.0.0	E1	20.0.0.1



63



64



## Định tuyến tĩnh - Static routing

- Record mô tả đường đi được cập nhật bởi người quản trị
- Định tuyến tĩnh được sử dụng trong trường hợp topology mạng đơn giản hay cần bảo mật cao.
- Mạng con có duy nhất một đường kết nối ra ngoài (**stub network**).
- **Router(config)# ip route destination-prefix {next address | interface} [distance]**

```
RT2(config)#ip route 172.24.4.0 255.255.255.0 172.16.1.2
```



65

## Định tuyến động- Dynamically Routing

- Định tuyến động: được sử dụng trong mạng phức tạp, tình trạng đường đi trong mạng thay đổi nhanh
- Router sử dụng trọng số **Metric** để đánh giá, đo lường lộ trình
  - Mỗi giao thức định tuyến sẽ tính toán giá trị Metric có thể khác nhau (Bandwidth; Delay; Load; Reliability; MTU...)
- Được sử dụng khi nhiều lộ trình cùng tồn tại và sử dụng cùng giao thức định tuyến, lộ trình với giá trị Metric thấp nhất là tốt nhất.

66

## Phương pháp định tuyến động cơ sở

- **Source-based:**
  - Source cho một **danh sách lộ trình** đến đích
  - E.g: ATM , Frame relay approach
- **Hop by Hop:** routers xác định Hop kế tiếp tốt nhất đối với một đi chỉ đích (IP Prefix) dựa vào thông tin bảng định tuyến.
  - **Link state:** tính giá trị đường đi thấp nhất sử dụng **kiến thức toàn cục về topology mạng**.
    - Maps => next-hops
    - **OSPF; BGP**
  - **Distance vector:** thông tin mạng tính cục bộ/ lân cận (**adjacent Nodes**)
    - Bắt đầu với giá trị của kết nối trực tiếp.
    - Thông tin định tuyến lệ thuộc vào node lân cận.
    - RIP; IGP

67

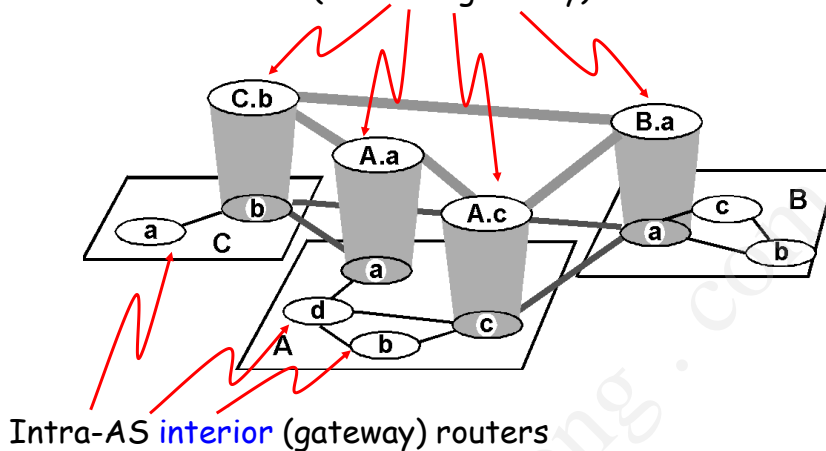
## Phân cấp định tuyến trong mạng internet

- Phân cấp định tuyến trong cấu trúc internet:
  - ASs, Areas, networks
- **ASs (Autonomous System)**
  - Là các hệ thống mạng qui mô lớn (tương đương một tiểu bang hay một quốc gia), được tổ chức và quản lý độc lập.
  - Kết nối giữa các AS là những router biên **Boundary routers**.
- **Areas:**
  - Đơn vị thành phần trong một AS
  - Bao gồm Mạng và các mạng con (**Networks** and **Sub-networks**)
  - Kết nối giữa các Areas là “**border routers**”
  - Kết nối giữa các “networks/ subnetworks” trong Area là “**internal routers**”

68

## Định tuyến phân cấp

Inter-AS border (**exterior** gateway) routers

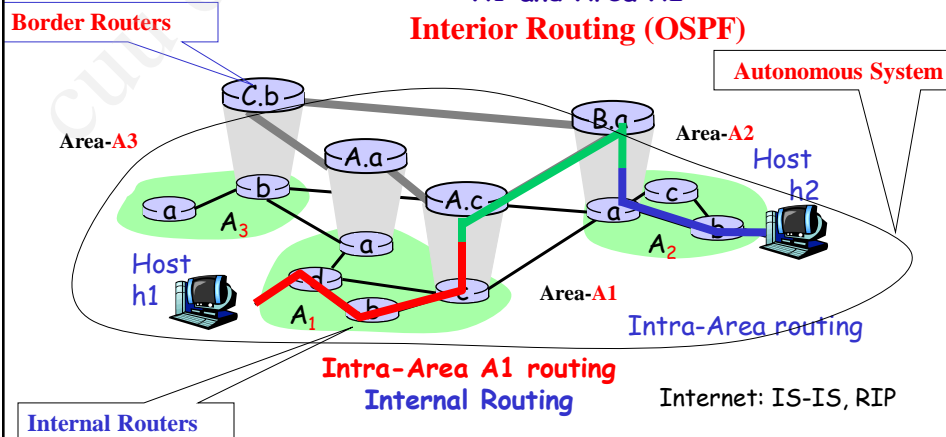


69

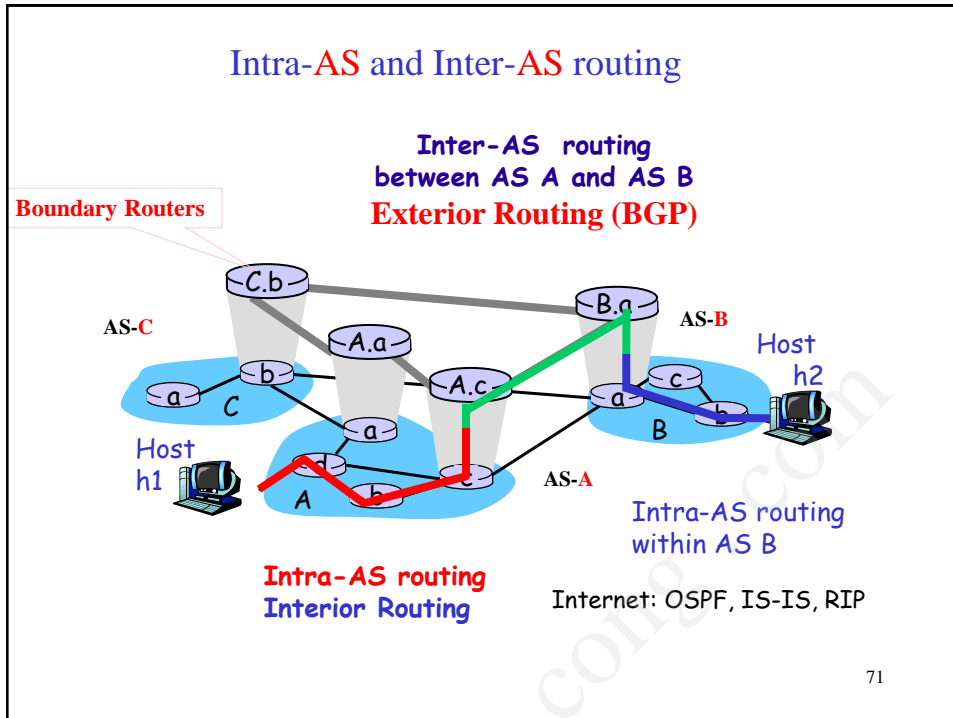
## Intra-Area & Inter-Areas

Inter-Area routing between Area A1 and Area A2

**Interior Routing (OSPF)**



70



- Thách thức trong định tuyến toàn cầu**
- Biến động trạng thái đường đi trong toàn miền- Global state
    - độ bao phủ lớn: Area-> AS => toàn cầu
    - thay đổi nhanh, tần xuất cao (dynamic)
    - => khó khăn trong việc thu thập và cập nhật thông tin đường đi
  - Thách thức:
    - Tính nhất quán (**Consistency**)
    - Tính xác đáng (**completeness**)
    - => **convergence time**
    - **Khả năng mở rộng:** scalability (interior / exterior )
    - Ảnh hưởng về **hiệu suất** sử dụng tài nguyên mạng
- 72

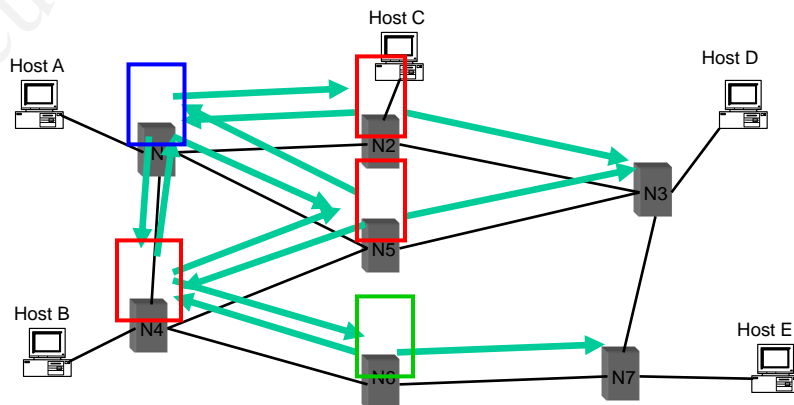
## Distance Vector Routing

- Mỗi router sẽ biết các Links đến các routers kề cận
- Quảng bá và cập nhập chỉ với routers kề cận
  - Chỉ **broadcast** mà không **flooding**
- Mỗi router sẽ xác định được “shortest path” đối với các đích đến thông qua routers kề cận, và ngược lại
  - E.g.: Router A: “I can get to router B with cost 11 via **next hop router D**”
- Thông tin đường đi thay đổi sẽ được lan truyền lần lượt qua các routers nằm trên các links đi và đến.

73 73

## Trao đổi thông tin đường đi trong Distance Vector

- **Broadcast** để lan truyền thông tin đường đi với routers kề cận (adjacent routers)



## Bellman-Ford Algorithm

- Distance from i to j:  $D(i,j)_k$  thông qua node kề k
- INPUT:
  - Link costs đến mỗi routers kề cận: directive cost:  $d(i,k)$
- OUTPUT:
  - **Next hop** dẫn đến mỗi đích đến chi phí tương ứng (cost)
  - $D(k,j)$

❖ Chỉ trong phạm vi một phần cấu trúc mạng, bao gồm các routers tham gia quảng bá và cập nhật.

75

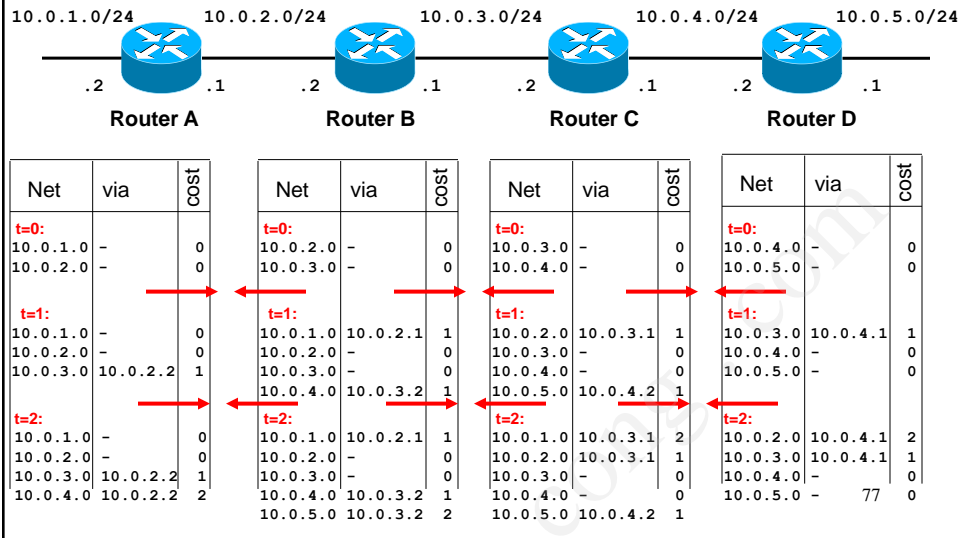
## Áp dụng Bellman Ford cho Distance Vector

- ❖ Giao thức định tuyến Distance Vector sử dụng thuật toán tìm đường đi **Bellman Ford**.
- ❖ **Thời gian hội tụ (Convergence time)**: tổng thời gian mà một biến động thông tin đường đi được gởi đến và cập nhật hoàn chỉnh tại tất cả các router trong miền định tuyến.
- ❖ Sử dụng kiểu truyền thông broadcast để trao đổi thông tin đường đi.
- ❖ Quảng bá theo định kỳ (90s) hay ngay khi có thay đổi.
- ❖ Quảng bá toàn bộ thông tin đường đi có trong CSDL

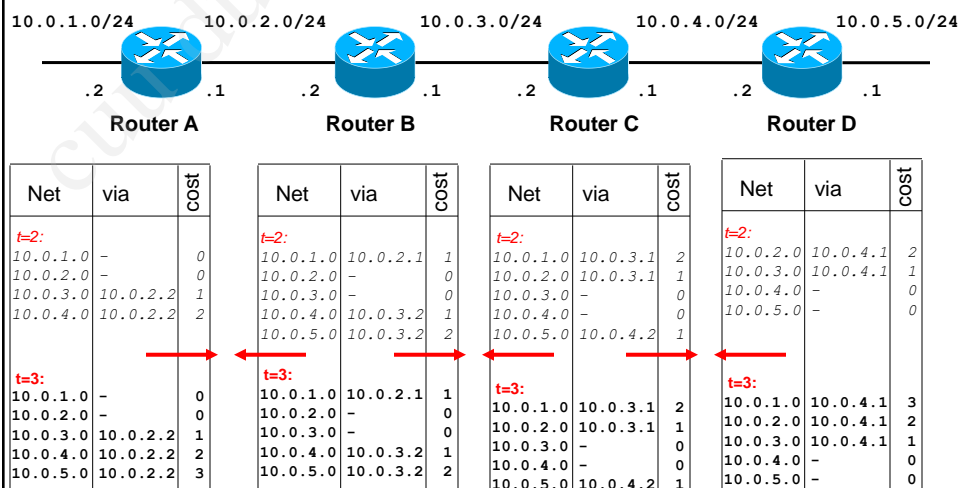
76

## Minh họa Distance Vector (1/2)

- Assume:**
- link cost is 1, i.e.,  $d(i,k) = 1$
  - all updates, updates occur simultaneously
  - Initially, each router only knows the cost of connected interfaces



## Minh họa Distance Vector (2/2)



**Now, routing tables have converged !**

78

## Distance Vector- Cập nhật thông tin đường đi

- Nếu nhận thông tin từ **node** **kề** khác **chưa có** trong CSDL:
  - chọn đường đi có chi phí thấp hơn
- Nếu nhận thông tin từ **node** **kề khác đã có** trong CSDL:
  - Cập nhật lại các đường đi cho các đích đến đã biết trước đó
  - Chọn những đường đi cho đích đến mới.
- Phương pháp chia sẻ thông tin đường đi:
  - chia sẻ định kỳ: chu kỳ quảng bá (periodic update): 90s
  - chia sẻ ngay khi có sự thay đổi:
    - Kích hoạt hoạt động quảng bá ngay khi có thay đổi về thông tin đường đi.
- Thời gian sống của một entry đường đi trong CSDL: 3 lần chu kỳ quảng bá.

79

## Distance Vector- Thách thức

- Hạn chế:
  - Vấn đề **thời gian hội tụ** đường đi sau một biến động về trạng thái mạng.
    - Không phù hợp đối với hệ thống mạng lớn (AS)=> khó mở rộng mạng
    - Khó xử lý nhanh vấn đề routing looping
  - Hiệu suất sử dụng băng thông truyền cho quá trình trao đổi thông tin đường đi.
- **RIP; IGP** là giao thức định tuyến điển hình

80



## Giao thức định tuyến RIP (1/2)

- RIPv1 :
  - Sử dụng broadcast và không xác thực router khi trao đổi thông tin đường đi.
  - Không hỗ trợ VLSMs
- RIPv2 sử dụng địa chỉ multicast **224.0.0.9**
  - Sử dụng cơ chế xác thực router đơn giản
- Giai đoạn khởi động (Initialization): gửi đến tất cả router liên quan gói yêu cầu trao đổi thông tin đường đi:
  - request packet -> all interfaces
  - Các router nhận được thông điệp này sẽ hồi đáp bởi Response packet với toàn bộ nội dung bảng định tuyến

81

## Giao thức định tuyến RIP (2/2)

- Giai đoạn tính toán và cập nhật đường đi vào CSDL
- Có thể cấu hình để thực hiện hoạt động trao đổi thông tin theo các cơ chế:
  - Regular routing updates: chu kỳ mỗi 30 seconds
    - Gửi 1 phần hay toàn bộ thông tin đường đi trong CSDL
  - Triggered Updates: bất kỳ khi nào có một sự thay đổi đường đi, router sẽ gửi ngay toàn bộ thông tin đường đi cho router kề cạnh.

82

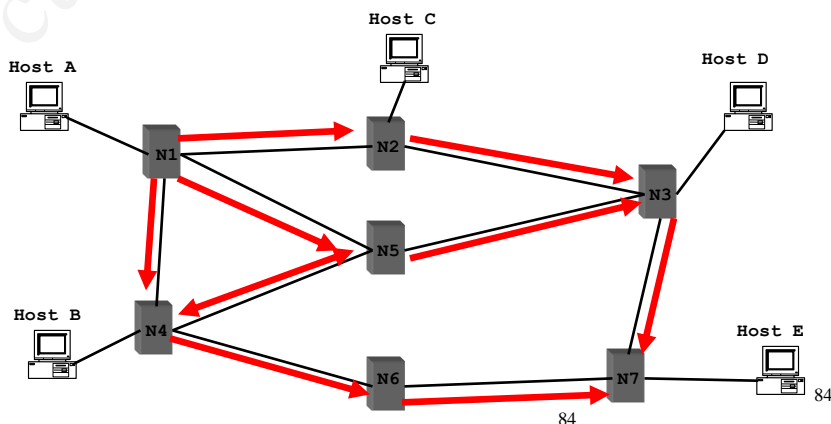
## Thuật toán Dijkstra's và giao thức Link State

- Mỗi router sẽ biết được toàn bộ cấu trúc mạng, bao gồm
  - Topology
  - Link costs
- Cơ chế tiếp cận thông tin trạng thái mạng:
  - Mỗi router sẽ flooding thông tin cần thiết của các routers láng giềng biết được đến các routers còn lại trong cấu trúc mạng.
- Tính toán đường đi tốt nhất:
  - sử dụng thuật toán **Dijkstra's**

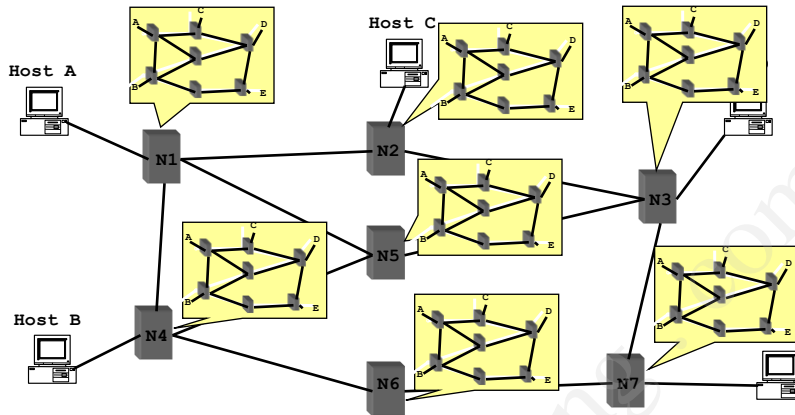
83 83

## Trao đổi thông tin đường đi trong Link State

- **Flooding** thông tin biết được (Advertising)
- Cập nhật toàn bộ cấu trúc mạng (Updating)



## Link State Cập nhật toàn bộ cấu trúc mạng (Updating)



85

85

## Dijkstra's Shortest Path Algorithm

- INPUT:
  - Network topology (graph) và link costs
- OUTPUT:
  - Least cost paths từ một node đến tất cả các nodes còn lại.
  - Tạo ra một cây gồm các nodes/ routers với các cost kèm theo.

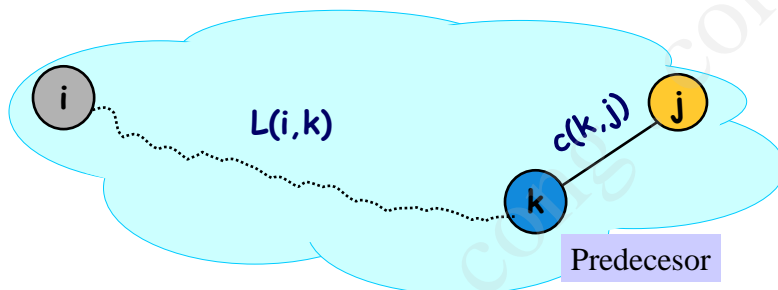
86

86

### Thuật toán tìm đường Dijkstra (cơ sở xây dựng định tuyến Link State)

- $c(k,j)$ : là chi phí của Link nối giữa  $j$  và  $k$ .
  - $\text{cost}(k,j)$
- $L(i,k)$ : là chi phí nhỏ nhất tính từ gốc  $i$  đến node kề trước đích  $k$ 
  - Least path cost ( $i, k$ )

$$L(i,j) = L(j) = L(i,k) + c(k,j)$$



### Giao thức định tuyến Link State (1/2)

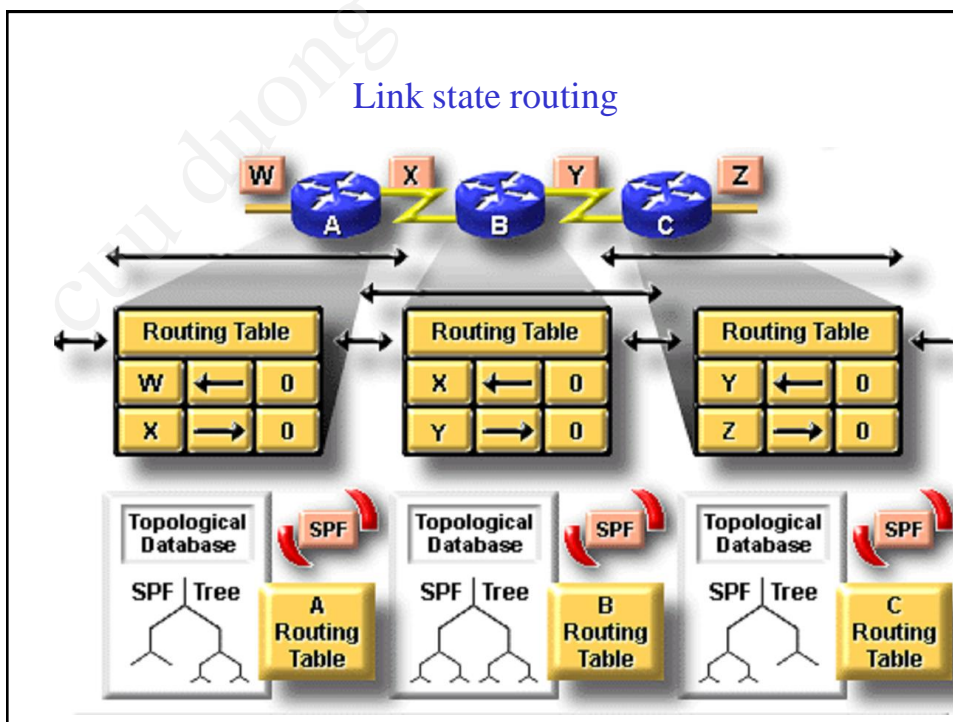
- Sử dụng thuật toán tìm đường Dijkstra
- Khi router được khởi động, nó sẽ xác định các giá trị **link cost** trên mỗi giao diện đang hiện hữu.
- Tiến hành duyệt cây với các router trong miền định tuyến với gốc là chính router.
  - Xác định được CSDL về cấu trúc mạng (**topology Database**)
  - Xác định được CSDL về chi phí đường đi đến các router trong topology (**shortest path**)
- Giám sát và thông báo sự thay đổi thông tin đường đi:
  - Ngay khi có sự thay đổi (không theo định kỳ)
  - Gởi theo cơ chế **flooding**
  - Gởi cho các router trong CSDL cấu trúc mạng

88

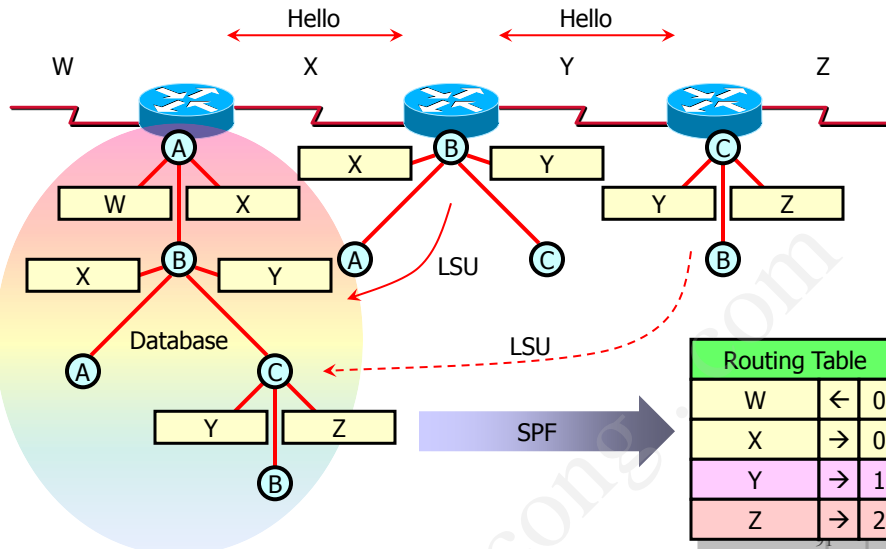
## Giao thức định tuyến Link State (2/2)

- Cụ thể:
  - Cùng với trọng số Metric của mỗi Link mà router được kết nối đến sẽ được **flooding** đến tất cả các router còn lại.
    - Trạng thái UP hay DOWN của mỗi Link sẽ được flooding cho tất cả.
  - Mỗi router sẽ tính toán lại đường đi đến các đích thông qua một **cơ sở dữ liệu về thông tin trạng thái liên kết (Link State database)**
  - Mỗi router có thể tái cấu trúc lại CSDL đường đi bằng cách liệt kê ra các con đường ngắn nhất đến các đích đến trong vùng.
- **OSPF** là giao thức định tuyến điển hình sử dụng thuật toán Link State.

89



## Link-State Routing Protocols



## Giao thức định tuyến Link-state

### \_ Ưu điểm:

- Thời gian hội tụ đường đi cao (Faster convergence)
- Cải thiện được hiệu suất sử dụng băng thông truyền
- Hỗ trợ định tuyến không phân lớp liên vùng (classless interdomain routing- **CIDR**), **VLSM**

### \_ Hạn chế:

- Yêu cầu nhiều tài nguyên phần cứng trên router (bộ nhớ và năng lực xử lý của CPU) để thực hiện các tính toán phức tạp
- Sự phức tạp trong cấu hình và quản trị các hệ thống định tuyến liên quan trong vùng.

92

## Định tuyến trong mạng IP (1/2)

- Sử dụng các loại router đặc trưng trong phạm vi miền định tuyến:
  - Internal router với IP-Prefix
  - Border router với IP-Prefix và Area-ID
  - Boundary router với IP-Prefix và AS-ID
- Sử dụng gateways (default GW) như là ngõ giao thông với miền định tuyến khác
  - Sử dụng **default routing** để chỉ đến border router hay boundary router

93

## Định tuyến trong mạng IP (2/2)

- Định tuyến trong phạm vi nhỏ sử dụng thuật toán định tuyến Distance Vector với các giao thức RIP, IGP.
- Định tuyến trong phạm vi lớn Areas sử dụng thuật toán định tuyến Link State với các giao thức OSPF.
- Định tuyến trong phạm vi giữa các AS sử dụng thuật toán định tuyến lai giữa Distance Vector và Link State với các giao thức BGP.

