

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Mạng máy tính

TS. Đoàn Thị Quế

Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

3. Định tuyến

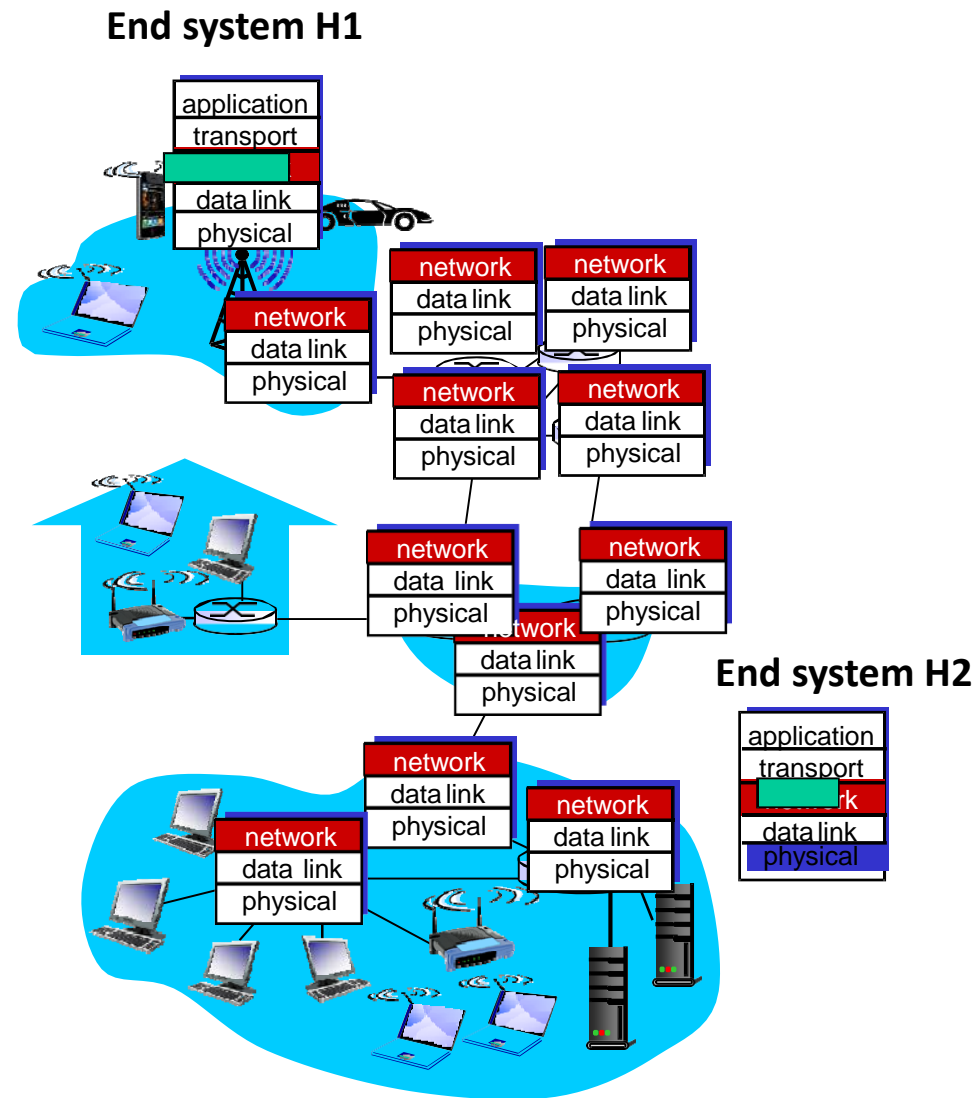
- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

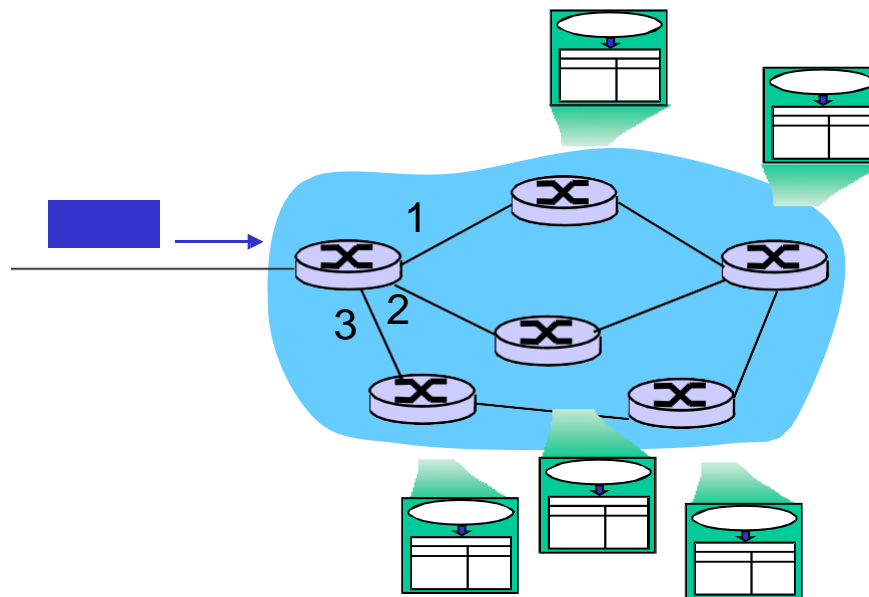
Tầng mạng

- ❑ Tầng mạng chuyển Segment của tầng giao vận từ nút gửi tới nút nhận
 - ❑ Phía gửi, đóng segment trong các datagram
 - ❑ Phía nhận, chuyển segment tới tầng giao vận
- ❑ Giao thức của tầng mạng có trong mọi host và router

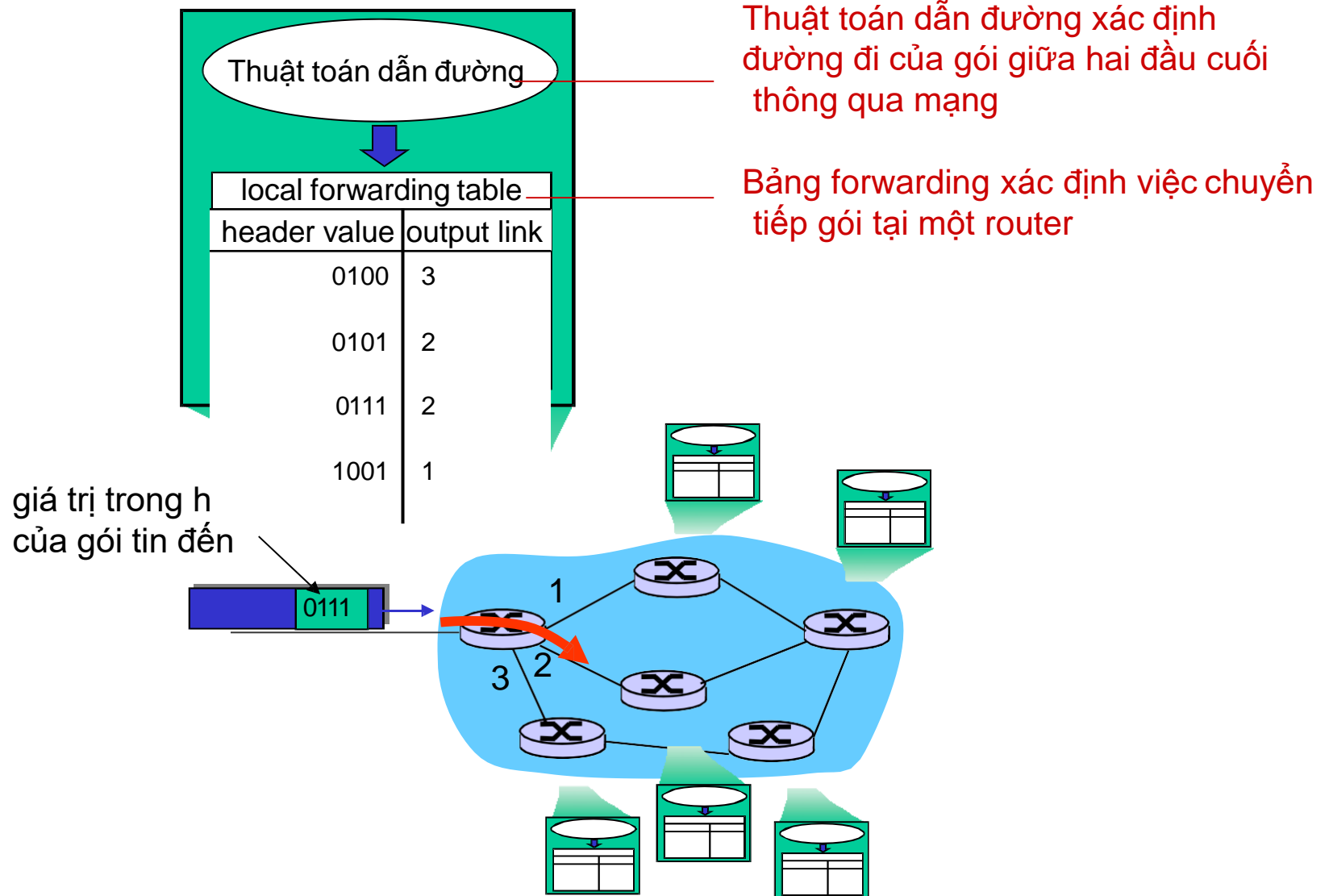


Hai chức năng cơ bản của tầng mạng

- ❑ *Định tuyến/ Dẫn đường (routing)*: xác định đường đi của gói tin từ nguồn tới đích
 - Thuật toán xác định đường đi gọi là thuật toán định tuyến (routing algorithm)
- *Chuyển tiếp (forwarding)*: chuyển gói tin từ đầu vào của router ra đầu ra thích hợp của router



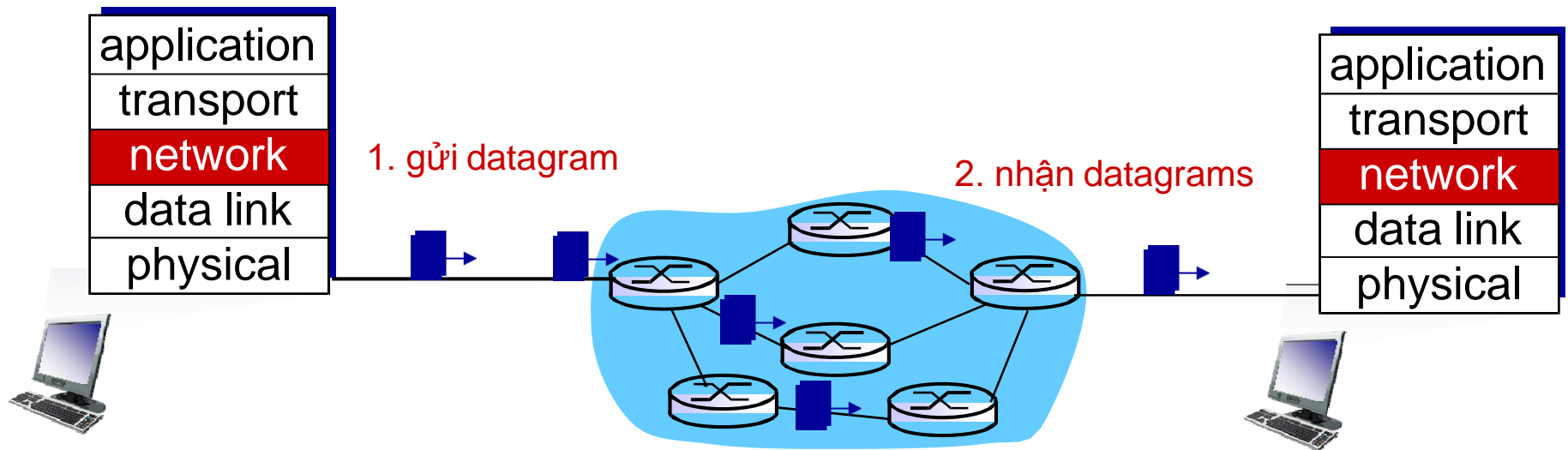
Dẫn đường và chuyển tiếp



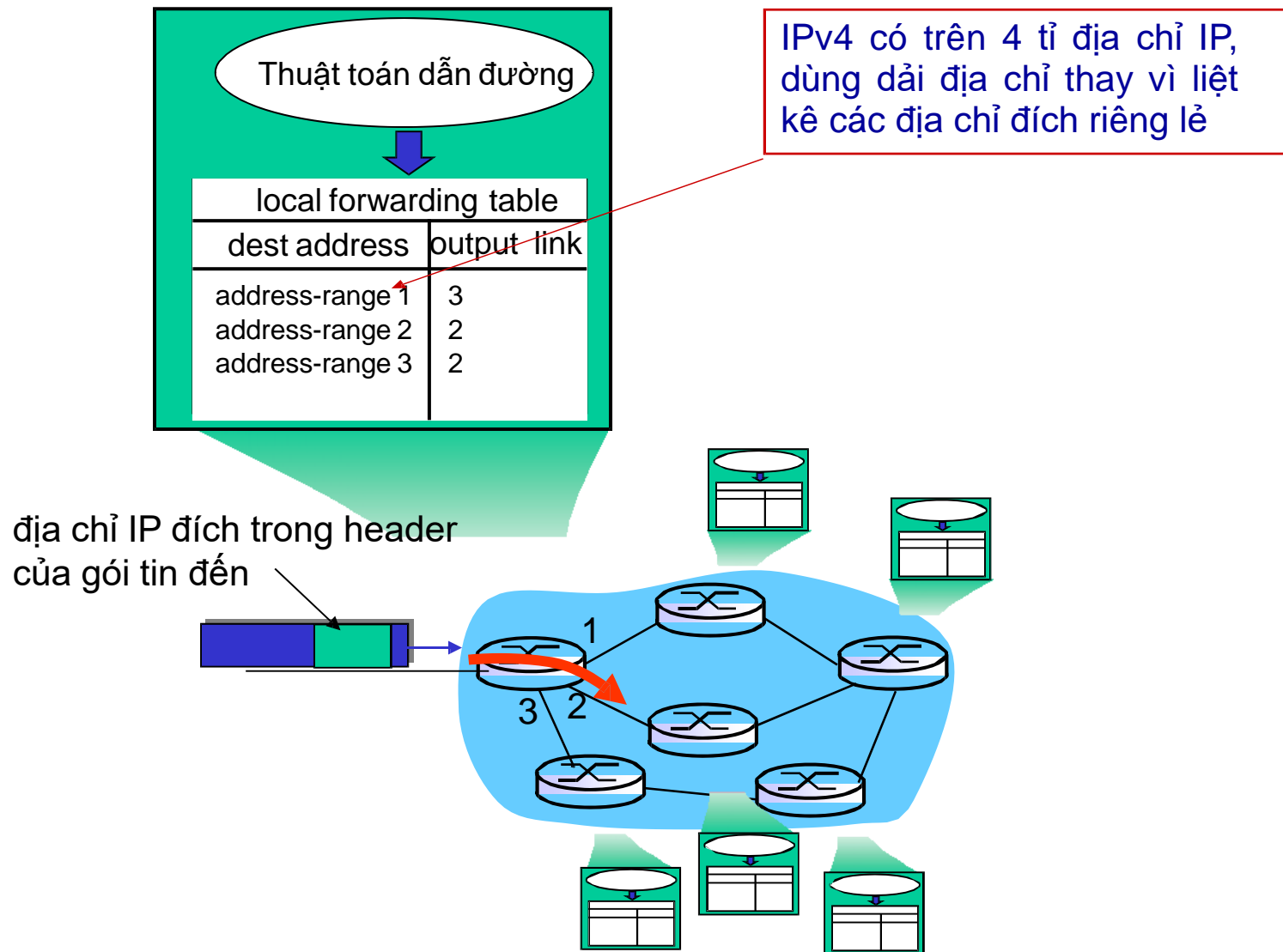
Mạng chuyển mạch gói

Mạng chuyển mạch gói (Datagram network)

- Gói tin được chuyển đi dựa vào địa chỉ của thiết bị nhận



Bảng chuyển tiếp (forwarding table)



Bảng chuyển tiếp

Dải địa chỉ đích	Liên kết ra
11001000 00010111 00010000 00000000 through 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 through 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 through 11001000 00010111 00011111 11111111	2

Longest prefix matching

longest prefix matching

khi tìm kiếm một dòng của bảng chuyển tiếp cho một địa chỉ IP đích, dùng dòng địa chỉ mà phần đầu (*prefix*) địa chỉ dài nhất giống với địa chỉ đích

prefix	Liên kết ra
1100 1000 0001 0111 0001 0*** **** *	0
1100 1000 0001 0111 0001 1000 **** *	1
1100 1000 0001 0111 0001 1*** **** *	2

Ví dụ:

DA: 1100 1000 0001 0111 0001 0110 1010 0001 liên kết ra?

Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

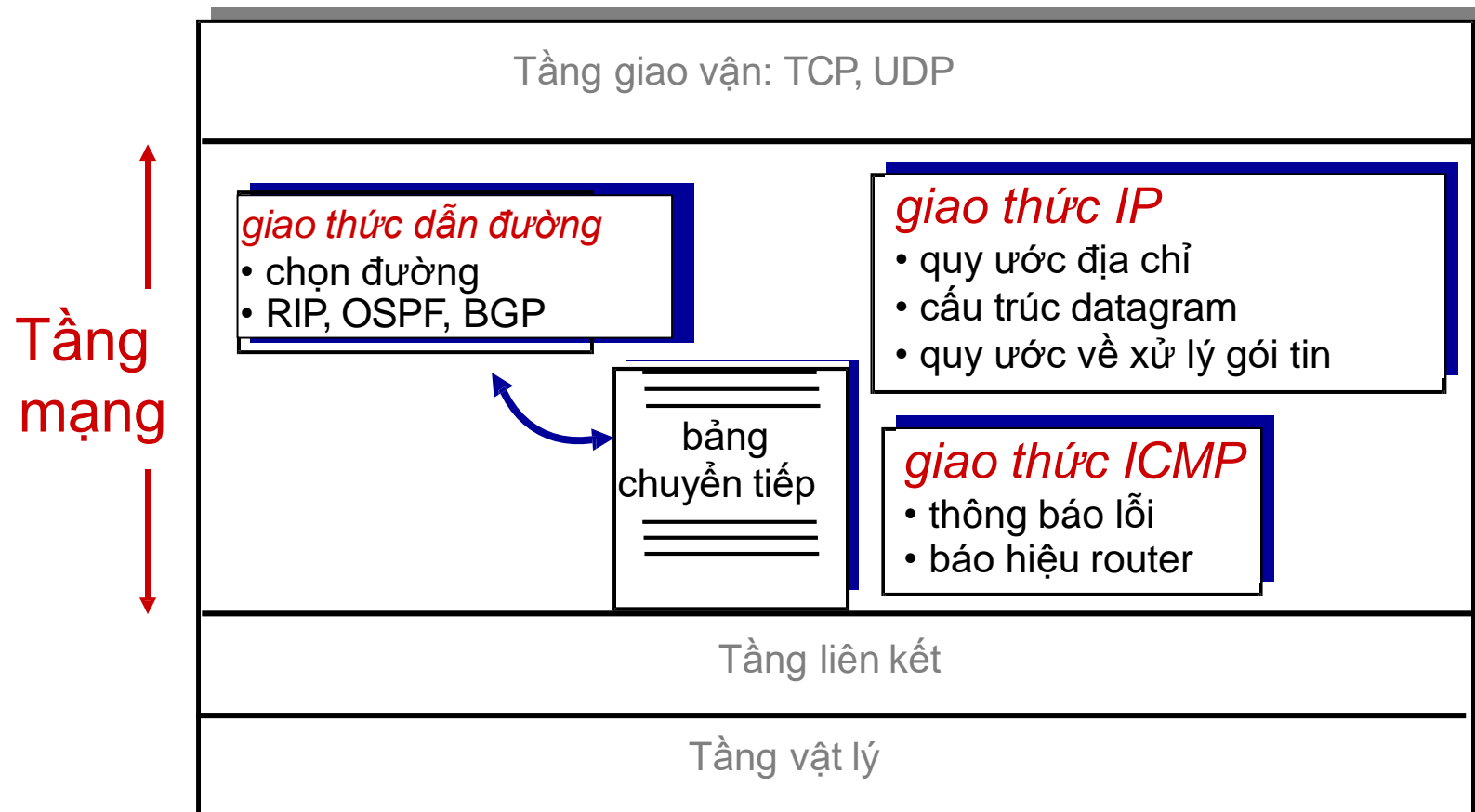
3. Định tuyến

- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

Internet Protocol



Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

3. Định tuyến

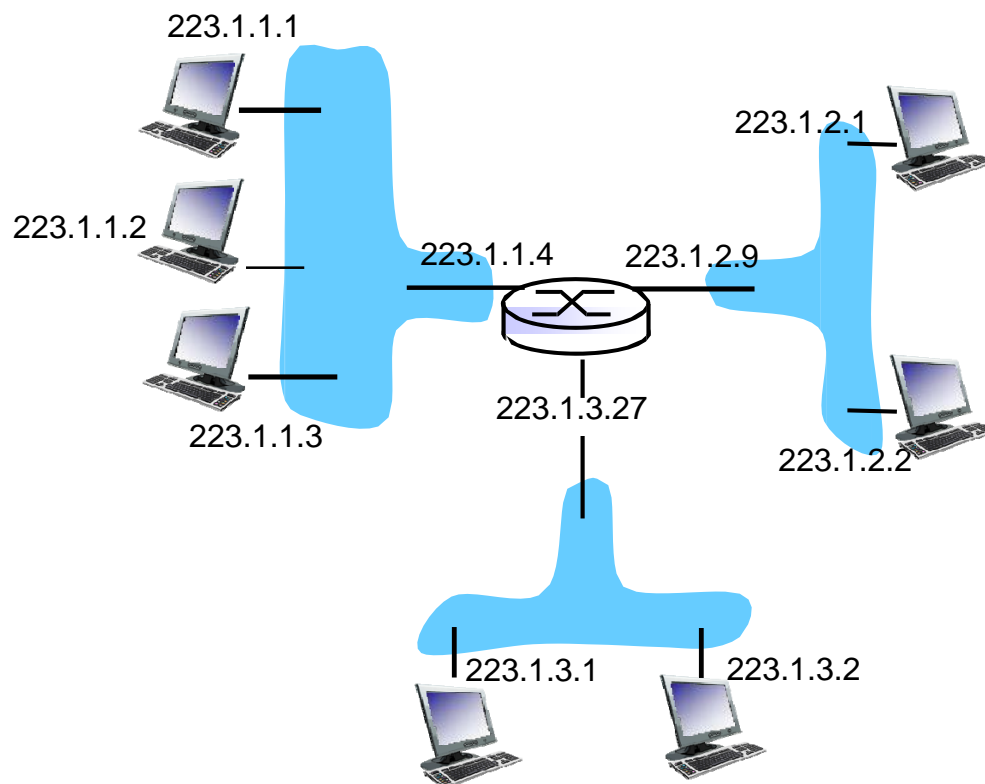
- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

Địa chỉ IPv4

- ❑ **Địa chỉ IPv4:** 32 bit để định danh giao diện (interface) của host hay router
- ❑ **interface:** kết nối giữa host/router và liên kết vật lý
 - router thường có nhiều interface
 - host thường có 1 hoặc 2 interface (ví dụ: wired Ethernet, wireless 802.11)
- ❑ Mỗi địa chỉ IP gán cho một interface
- ❑ Địa chỉ IP có tính duy nhất



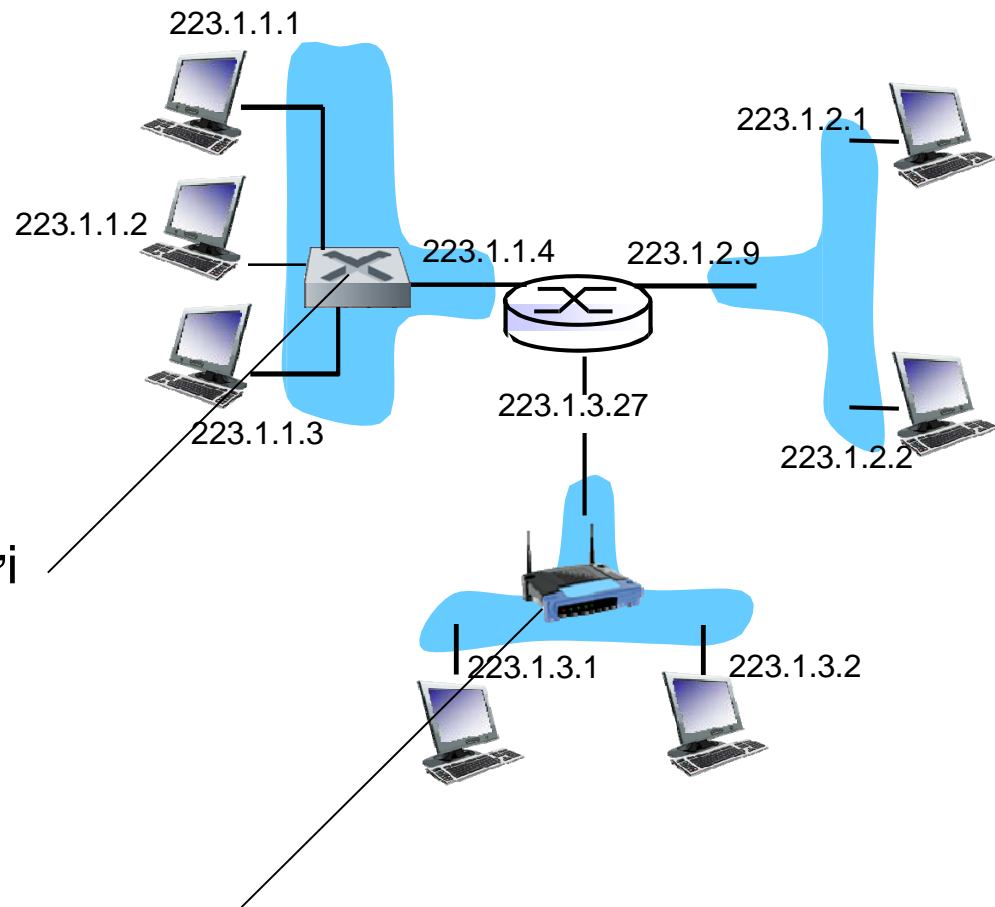
$$223.1.1.1 = \underbrace{11011111}_{223} \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1$$

Chia làm 4 octet, mỗi octet là 8 bit có giá trị chạy từ 0 đến 255

Địa chỉ IPv4

Các interface kết nối với nhau như thế nào?

Các Ethernet interface kết nối với nhau qua Ethernet switches

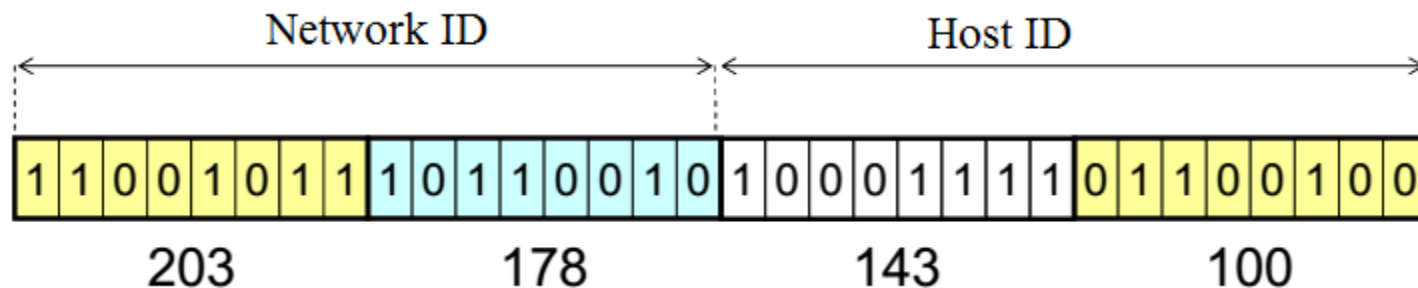


Các WiFi interface kết nối với nhau qua WiFi base station

Địa chỉ IPv4

□ Địa chỉ IP có hai phần

- Network – địa chỉ mạng
- Host – địa chỉ host



□ Làm thế nào biết được phần nào là cho host, phần nào dành cho mạng?

- Phân lớp địa chỉ
- Không phân lớp – CIDR (Classless interdomain routing)

Phân lớp địa chỉ IP

Lớp	Octet1	Octet2	Octet3	Octet 4	Octet1 Thập phân	Số mạng	Số host
A	0nnn nnnn	hhhh hhhh	hhhh hhhh	hhhh hhhh	0-127	2^7 (128)	$2^{24}-2$ (16.777.214)
B	10nn nnnn	nnnn nnnn	hhhh hhhh	hhhh hhhh	128-191	2^{14} (16384)	$2^{16}-2$ (65.534)
C	110n nnnn	nnnn nnnn	nnnn nnnn	hhhh hhhh	192-223	2^{21} (2.097.152)	2^8-2 (254)
D	1110 xxxx	Multicast			224-239		
E	1111 xxxx	Dự phòng			240-255		

Địa chỉ mạng: phần host =0

Địa chỉ Broadcast trong một mạng: Phần host =1

Địa chỉ IPv4

Địa chỉ IP Public

- Duy nhất
- Phải trả phí
- Được định tuyến

Địa chỉ IP Private

- Được sử dụng lặp
- Miễn phí
- Không được định tuyến (kết hợp NAT)

Lớp A: 10.0.0.0 - 10.255.255.255

Lớp B: 172.16.0.0 – 172.31.255.255

Lớp C: 192.168.0.0 – 192.168.255.255

Địa chỉ nào sử dụng trong mạng nội bộ?

- 1) 150.100.255.255
- 2) 172.19.255.18
- 3) 195.234.253.0
- 4) 10.10.110.23
- 5) 192.168.221.176
- 6) 127.34.25.189
- 7) 203.162.217.73

Các dạng địa chỉ

❑ Địa chỉ mạng

- Địa chỉ IP gán cho một mạng (các bit phần host bằng 0). Ví dụ: 172.29.0.0

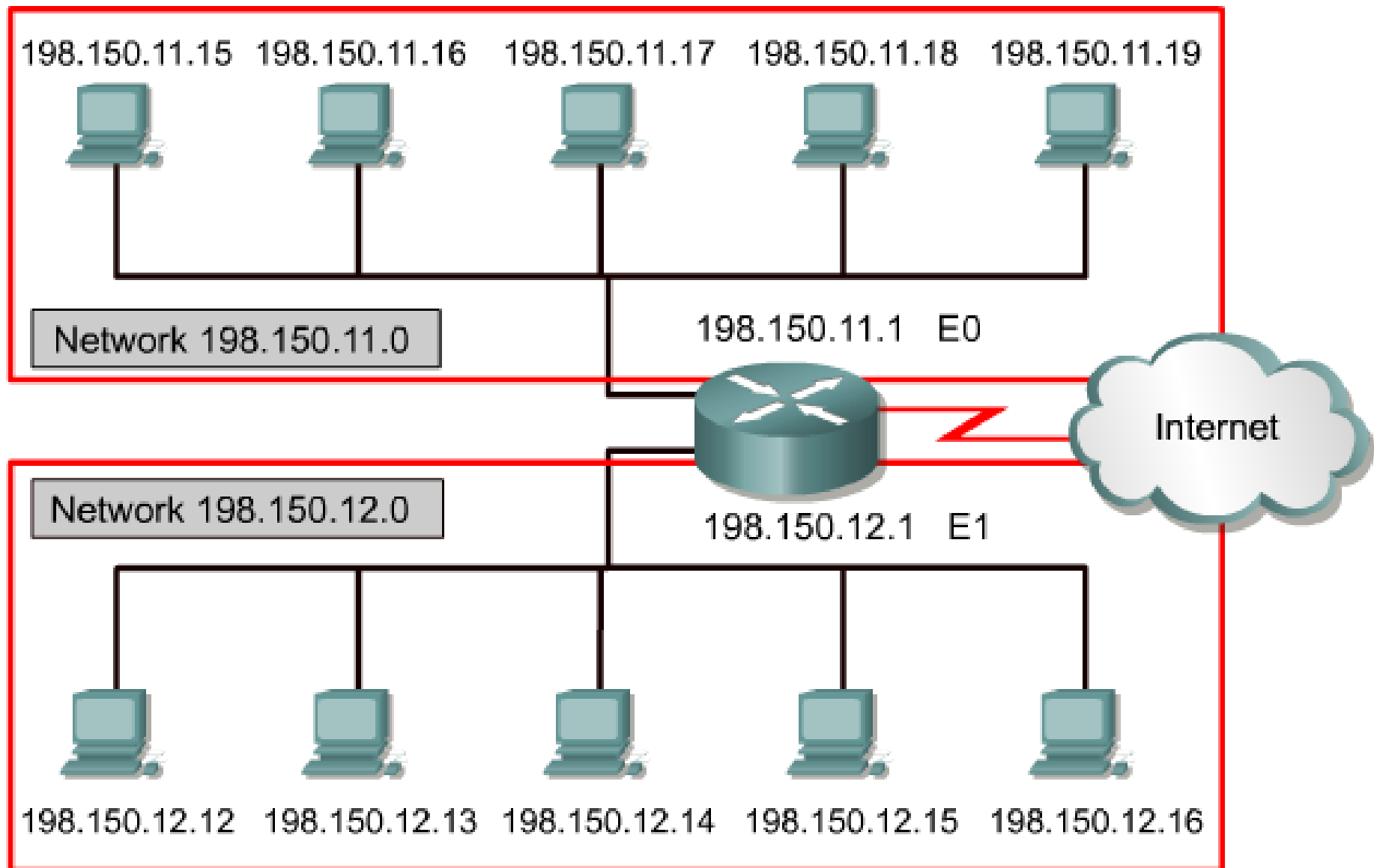
❑ Địa chỉ host (địa chỉ máy trạm)

- Địa chỉ IP gán cho interface của host

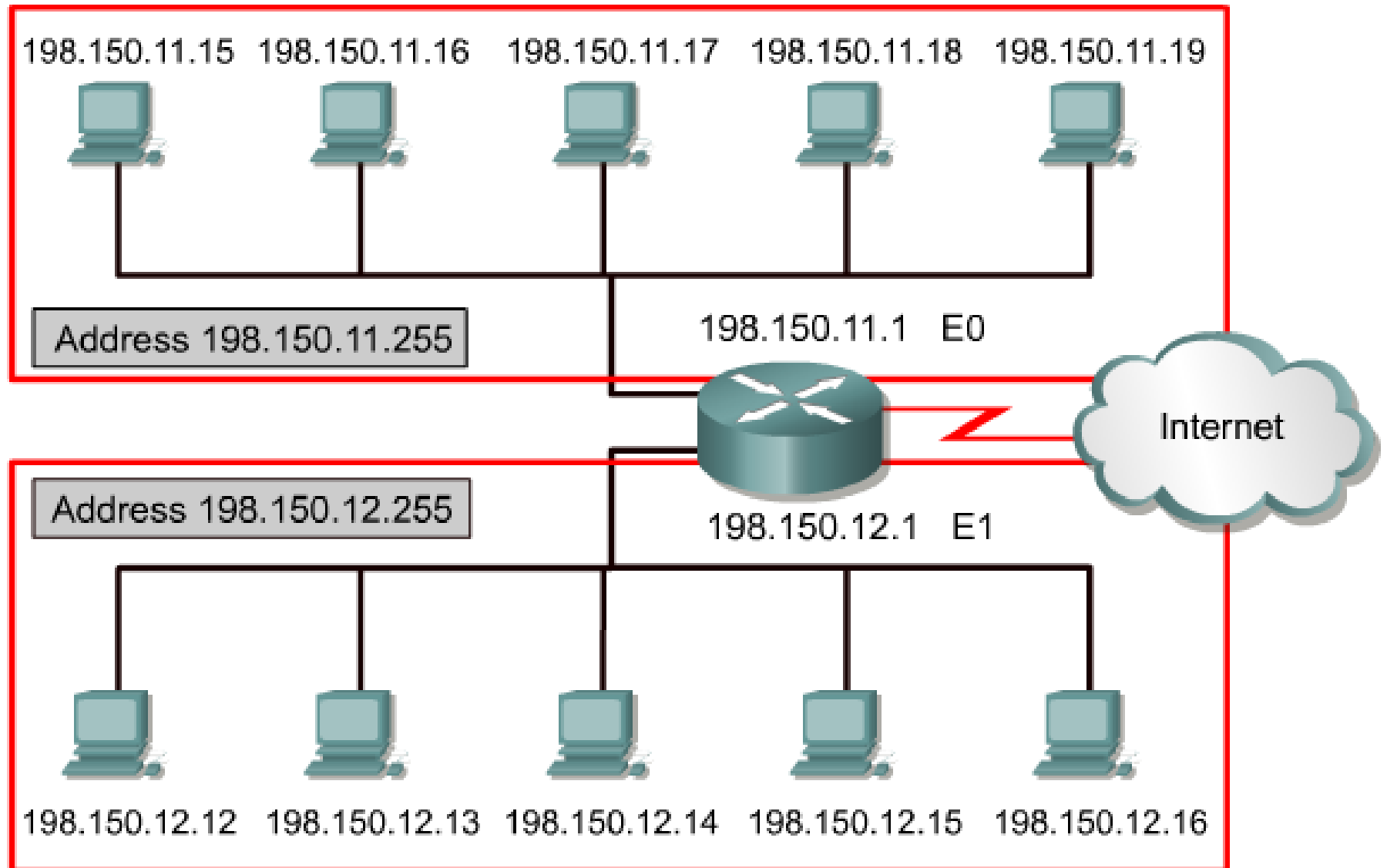
❑ Địa chỉ quảng bá

- Địa chỉ dùng để đại diện cho tất cả các host trong mạng (các bit phần host bằng 1). Ví dụ: 172.29.255.255.

Địa chỉ mạng (Network Address)



Địa chỉ quảng bá Broadcast



Hạn chế của việc phân lớp địa chỉ

❑ Lãng phí không gian địa chỉ

- Việc phân chia cứng thành các lớp (A, B, C, D, E) làm hạn chế việc sử dụng toàn bộ không gian địa chỉ

Cách giải quyết

❑ Không phân lớp

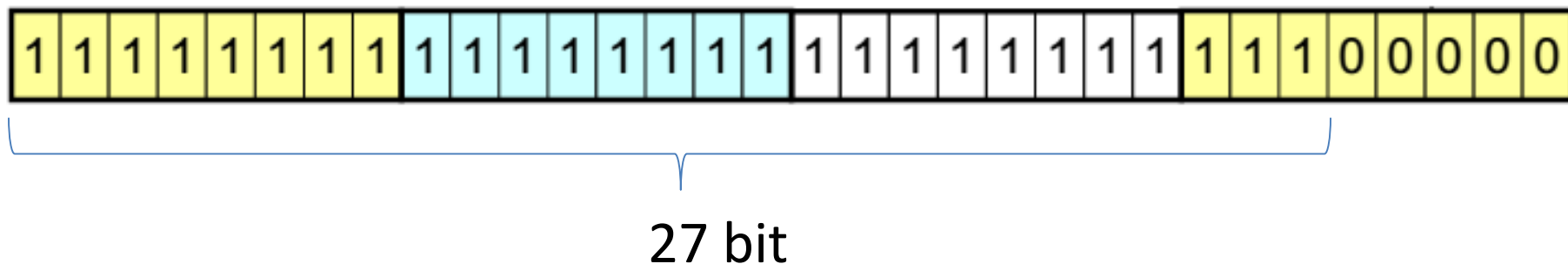
- Phần địa chỉ mạng sẽ có độ dài tùy ý
- Dạng địa chỉ không phân lớp:
 - ✓ a.b.c.d/x
 - ✓ /x (subnet mask - mặt nạ mạng) là số bit trong phần ứng với Network ID
 - ✓ Ví dụ địa chỉ IPv4: 144.28.16.17/20

Mặt nạ mạng

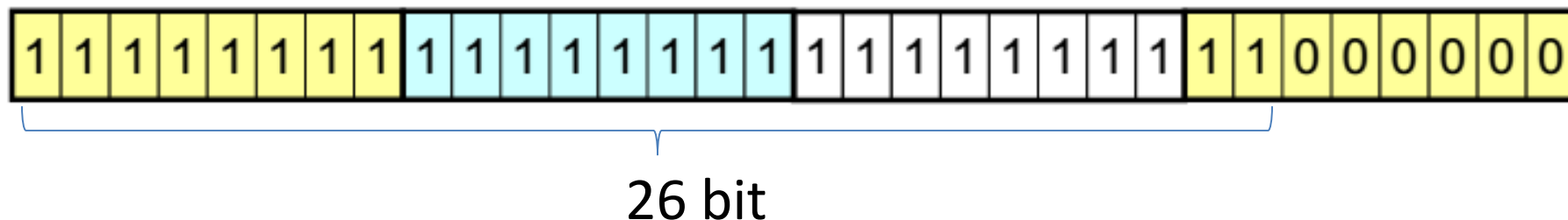
- ❑ Mặt nạ mạng chia một địa chỉ IP thành 2 phần
 - Phần ứng với phần Network: các bit bằng 1
 - Phần ứng với host: các bit bằng 0

 Ví dụ:

/27



/26



Tính địa chỉ mạng từ địa chỉ IP

☐ Tính địa chỉ mạng từ địa chỉ IP

- Dùng toán tử AND

☐ Ví dụ: Tính địa chỉ mạng của địa chỉ IP sau:

144.28.16.17/20

	144	.	28	.	16	.	17
IP address:	10010000		00011100		00010000		00010001
Subnet mask:	11111111		11111111		11110000		00000000
Network address:	10010000		00011100		00010000		00000000
	144	.	28	.	16	.	0

Địa chỉ mạng: 144.28.16.0/20

Bài tập áp dụng

- ☐ Cho địa chỉ IP: 203.178.142.130/27
- ☐ Tính địa chỉ mạng?

Địa chỉ mạng, địa chỉ máy trạm?

133 27 4 160

1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

133 27 4 128

Địa chỉ IP nào là địa chỉ máy trạm, địa chỉ mạng, địa chỉ quảng bá?

- 1) 203.178.142.128/25
- 2) 203.178.142.128/24
- 3) 203.178.142.127/25
- 4) 203.178.142.127/24

Tính dải địa chỉ host và địa chỉ quảng bá của mạng sau:

131.26.3.128/25

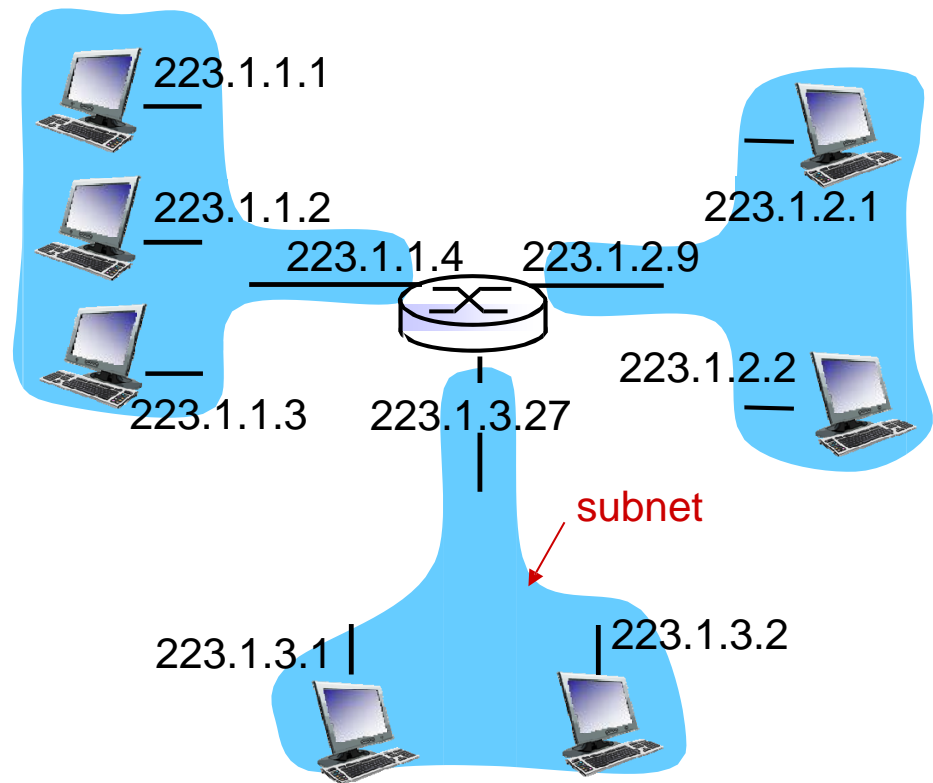
Mạng con - Subnet

Sự cần thiết phải phân chia mạng con

- Mỗi mạng ở lớp A có đến $2^{24} - 2 = 16.777.214$ địa chỉ IP
Mỗi mạng ở lớp B có $2^{16} - 2 = 65534$ địa chỉ IP.
- Khó có hệ thống có số lượng host lớn như vậy
- Số lượng host lớn sẽ khó khăn trong việc quản lý mạng

Mạng con - Subnet

- ❑ Mạng con là một phần của một mạng nào đó
 - ISP thường được gán một khối địa chỉ IP
 - Chia khối địa chỉ IP thành các mạng nhỏ hơn được gọi là mạng con



Mạng với 3 mạng con

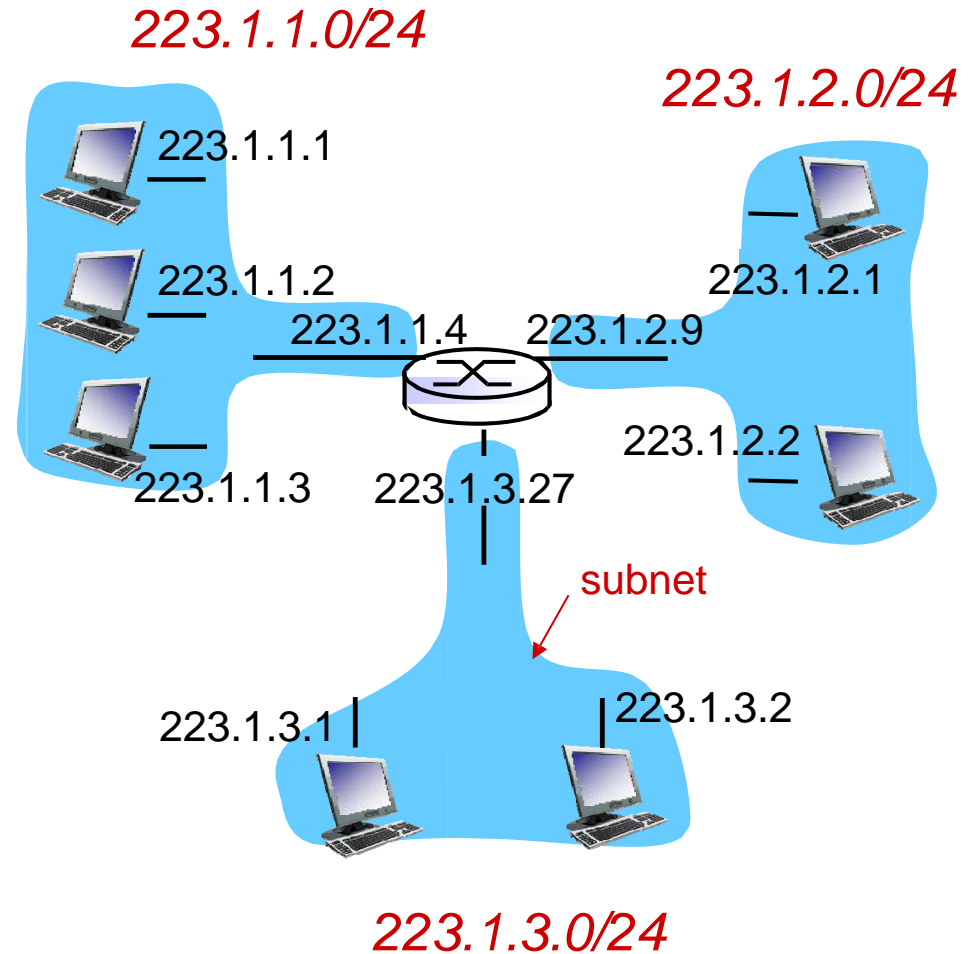
Mạng con - Subnet

□ Địa chỉ IP:

- Phần subnet ID: các bit cao
- Phần host ID: các bit thấp

□ Trong một subnet

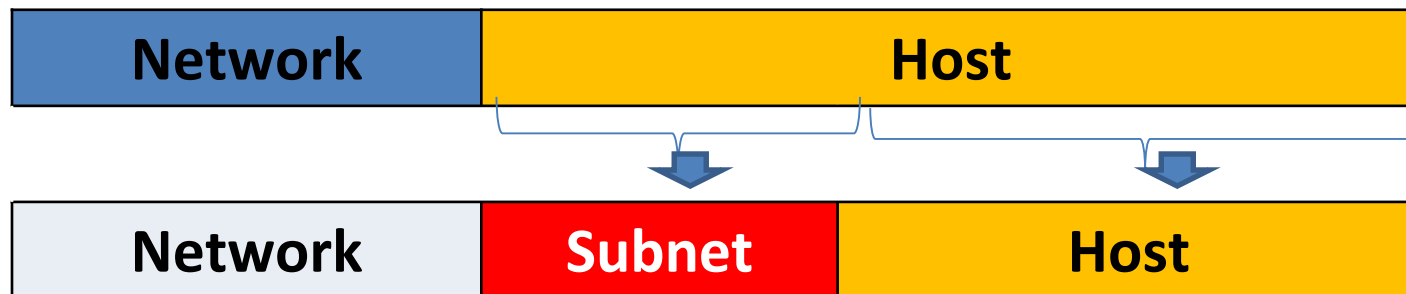
- các interface có cùng phần subnet ID
- có thể giao tiếp với nhau không cần qua router



subnet mask: /24

Kỹ thuật chia mạng con

- ❑ Mượn một số bit trong phần host_id ban đầu để đặt cho các mạng con
- ❑ Cấu trúc của địa chỉ IP lúc này sẽ gồm 3 phần: network_id, subnet_id và host_id



Kỹ thuật chia mạng con

- Số bit dùng trong subnet_id tùy thuộc vào chiến lược chia mạng con. Tuy nhiên số bit tối đa có thể mượn phải tuân theo công thức:

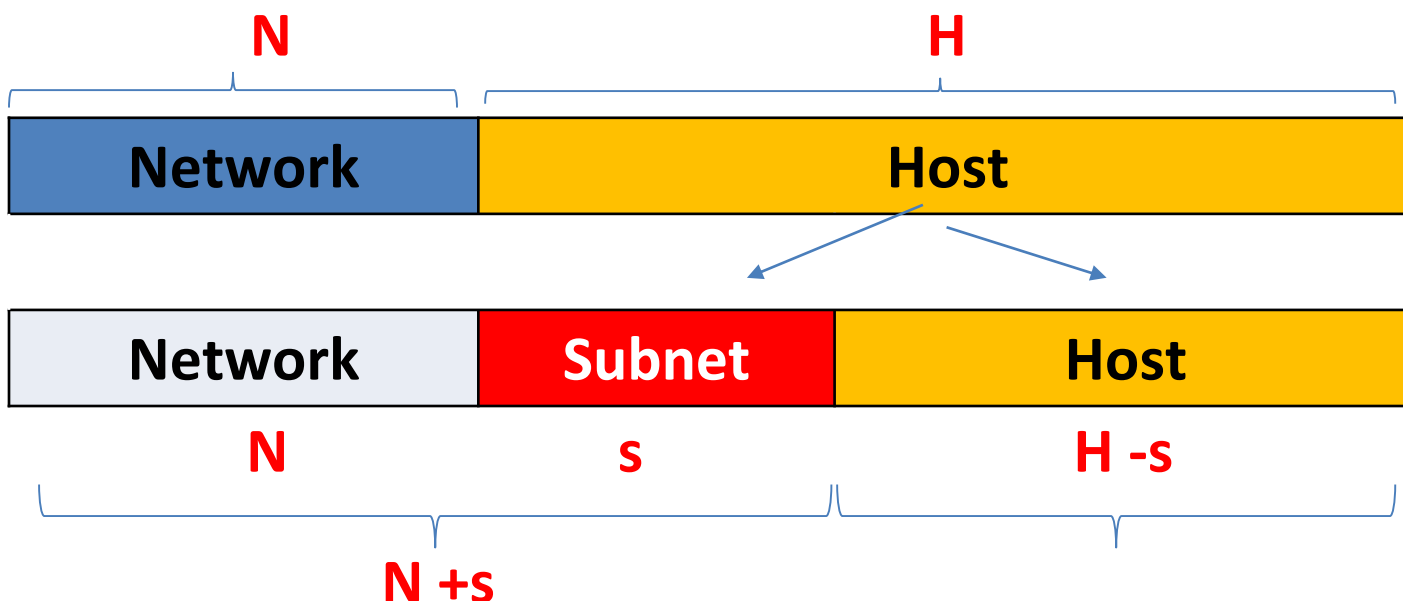
$$\text{Subnet_id} \leq \text{host_id} - 2$$

- Số lượng bit tối đa có thể mượn:
 - Lớp A: 22 (= 24 – 2) bit -> chia được $2^{22} = 4194304$ mạng con
 - Lớp B: 14 (= 16 – 2) bit -> chia được $2^{14} = 16384$ mạng con
 - Lớp C: 6 (= 8 – 2) bit -> chia được $2^6 = 64$ mạng con

Một số khái niệm mới

- ❑ Địa chỉ mạng con (địa chỉ đường mạng): gồm cả phần `network_id` và `subnet_id`, phần `host_id` chỉ chứa các bit 0
- ❑ Địa chỉ broadcast trong một mạng con: tất cả các bit trong phần `host_id` là 1.
- ❑ Mặt nạ mạng con (subnet mask): tất cả các bit trong phần `host_id` là 0, các phần còn lại là 1.

Kỹ thuật chia mạng con



Bước 1	Xác định Subnet mask ban đầu: N (bit) Xác định Host_ID ban đầu: H (bit)
Bước 2	<ul style="list-style-type: none">- Subnet_ID (số bit cần mượn): s (bit)- Subnet mask mới: $N + s$ (bit)- Số lượng mạng con chia được: 2^s- Host_ID mới: $H - s$ (bit)- Số lượng host thực sự có được $2^{H-s} - 2$ (2, trong đó 1 là địa chỉ mạng, 1 là địa chỉ quảng bá)
Bước 3	<ul style="list-style-type: none">- Xác định các mạng con: địa chỉ mạng con, vùng địa chỉ host, địa chỉ quảng bá của mỗi mạng con- Chọn mạng con muốn dùng

Ví dụ


- Cho một địa chỉ IP lớp B, 139.12.0.0, với subnet mask là 255.255.0.0.
- Hãy chia network thành 5 mạng con.

Bước 1

❑ Bước 1: Địa chỉ mạng 139.12.0.0/16

⇒ Subnet mask ban đầu: $N = 16$ (bit)

Host_ID ban đầu: $H = 16$ (bit)

139	.	12	.	0	.	0
10001011		00001100		00000000		00000000
						
Network_ID						

Bước 2

139 . 12 . 0 . 0
10001011 00001100 00000000 00000000

Network_ID

- Subnet_ID (số bit cần mượn):
cần chia 5 mạng con $\Rightarrow s = 3$ (bit)
- Số lượng mạng con chia được: $2^s = 2^3 = 8$
Subnet_ID: 000 \rightarrow 111
- Subnet mask mới: $N + s = 16 + 3 = 19$ (bit)
- Host_ID mới: $H - s = 16 - 3 = 13$ (bit)

10001011 00001100 ssshhhhh hhhhhhhh
Network_ID subnet_ID host_ID

Bước 2: Địa chỉ mạng của tám Subnet

TT	Dạng nhị phân	Dạng thập phân
1	10001011 00001100 00000000 00000000	139.12.0.0/19
2	10001011 00001100 00100000 00000000	139.12.32.0/19
3	10001011 00001100 01000000 00000000	139.12.64.0/19
4	10001011 00001100 01100000 00000000	139.12.96.0/19
5	10001011 00001100 10000000 00000000	139.12.128.0/19
6	10001011 00001100 10100000 00000000	139.12.160.0/19
7	10001011 00001100 11000000 00000000	139.12.192.0/19
8	10001011 00001100 11100000 00000000	139.12.224.0/19

Bước 3: Vùng địa chỉ host của các mạng con

TT	Dạng nhị phân	Dạng thập phân
1	10001011 00001100 00000000 00000001 10001011 00001100 00011111 11111110	139.12.0.1/19 - 139.12.31.254/19
2	10001011 00001100 00100000 00000001 10001011 00001100 00111111 11111110	139.12.32.1/19 139.12.63.254/19
3	10001011 00001100 01000000 00000001 10001011 00001100 01011111 11111110	139.12.64.1/19 139.12.95.254/19
4	10001011 00001100 01100000 00000001 10001011 00001100 01111111 11111110	139.12.96.1/19 139.12.127.254/19
5	10001011 00001100 10000000 00000001 10001011 00001100 10011111 11111110	139.12.128.1/19 139.12.159.254/19
6	10001011 00001100 10100000 00000001 10001011 00001100 10111111 11111110	139.12.160.1/19 139.12.191.254/19
7	10001011 00001100 11000000 00000001 10001011 00001100 11011111 11111110	139.12.192.1/19 139.12.223.254/19
8	10001011 00001100 11100000 00000001 10001011 00001100 11111111 11111110	139.12.224.1/19 139.12.255.254/19

Bước 3: Địa chỉ quảng bá của các mạng con

TT	Dạng nhị phân	Dạng thập phân
1	10001011 00001100 00011111 11111111	139.12.31.255/19
2	10001011 00001100 00111111 11111111	139.12.63.255/19
3	10001011 00001100 01011111 11111111	139.12.95.255/19
4	10001011 00001100 01111111 11111111	139.12.127.255/19
5	10001011 00001100 10011111 11111111	139.12.159.255/19
6	10001011 00001100 10111111 11111111	139.12.191.255/19
7	10001011 00001100 11011111 11111111	139.12.223.255/19
8	10001011 00001100 11111111 11111111	139.12.255.255/19

Bài tập áp dụng 1

Cho địa chỉ mạng 139.12.0.0/16:

- a) Chia mạng trên thành 4 mạng con: Xác định địa chỉ mạng, địa chỉ quảng bá và dải địa chỉ host của mỗi mạng con.
- b) Tính số lượng địa chỉ host trong mỗi mạng con

Cho địa chỉ mạng 139.12.0.0/16:

TT	Địa chỉ mạng con	Địa chỉ host, địa chỉ quảng bá
1	139.12. 00 000000. 0000 0000/18 = 139.12.0.0/18	139.12. 00 000000. 0000 0001/18 = 139.12.0.1/18 ... 139.12. 00 111111. 1111 1110/18 = 139.12.63.254/18 139.12. 00 111111. 1111 1111 /18 = 139.12.63.255/18
2	139.12. 01 000000. 0000 0000/18 = 139.12.64.0/18	139.12. 01 000000. 0000 0001/18 = 139.12.64.1/18 ... 139.12. 01 111111. 1111 1110/18 = 139.12.127.254/18 139.12. 01 111111. 1111 1111/18 = 139.12.127.255/18
3	139.12. 10 000000. 0000 0000/18 = 139.12.128.0/18	139.12. 10 000000. 0000 0001/18 = 139.12.128.1/18 ... 139.12. 10 111111. 1111 1110/18 = 139.12.191.254/18 139.12. 10 111111. 1111 1111/18 = 139.12.191.255/18
4	139.12. 11 000000. 0000 0000/18 = 139.12.192.0/18	139.12. 11 000000. 0000 0001/18 = 139.12.192.1/18 ... 139.12. 11 11 1111. 1111 1110/18 = 139.12.255.254/18 139.12. 11 11 1111. 1111 1111/18 = 139.12.255.255/18

Bài tập áp dụng 2

Cho mạng sau: 192.168.1.0/24

Hãy chia mạng trên thành 4 mạng con, xác định số lượng địa chỉ host của mỗi mạng con

Gán địa chỉ IP cho một host?

- ❑ Khai báo cố định bởi người quản trị hệ thống
 - ➔ Cấp phát địa chỉ IP cố định (cấp phát tĩnh) cho các host sẽ dẫn đến tình trạng lãng phí địa chỉ IP
- ❑ Nhận địa chỉ động từ server thông qua dịch vụ cấp phát địa chỉ động cho host (DHCP-Dynamic Host Configuration Protocol)

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

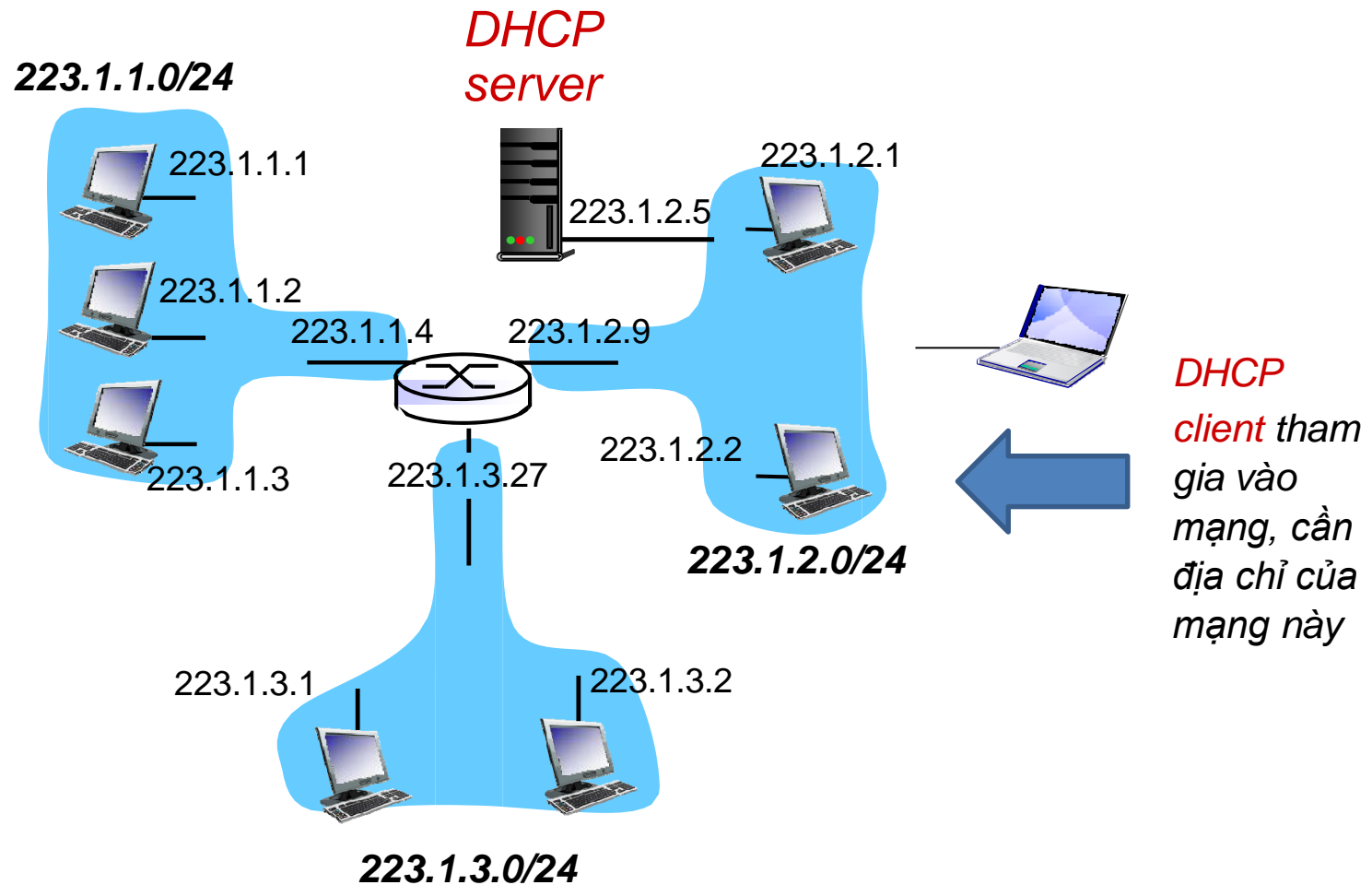
DHCP: cho phép host lấy địa chỉ IP động từ DHCP server khi tham gia vào mạng

- có thể làm mới địa chỉ đang dùng
- có thể sử dụng lại các địa chỉ (chỉ giữ địa chỉ khi kết nối)
- cho phép thiết bị di động tham gia vào mạng (thời gian kết nối ngắn)

Cơ bản về hoạt động của DHCP:

- Host quảng bá bản tin “**DHCP discover**”
- DHCP server trả lời bằng bản tin “**DHCP offer**”
- Host yêu cầu địa chỉ IP bằng bản tin “**DHCP request**”
- DHCP server gửi địa chỉ: bản tin “**DHCP ack**”

Kịch bản DHCP client-server

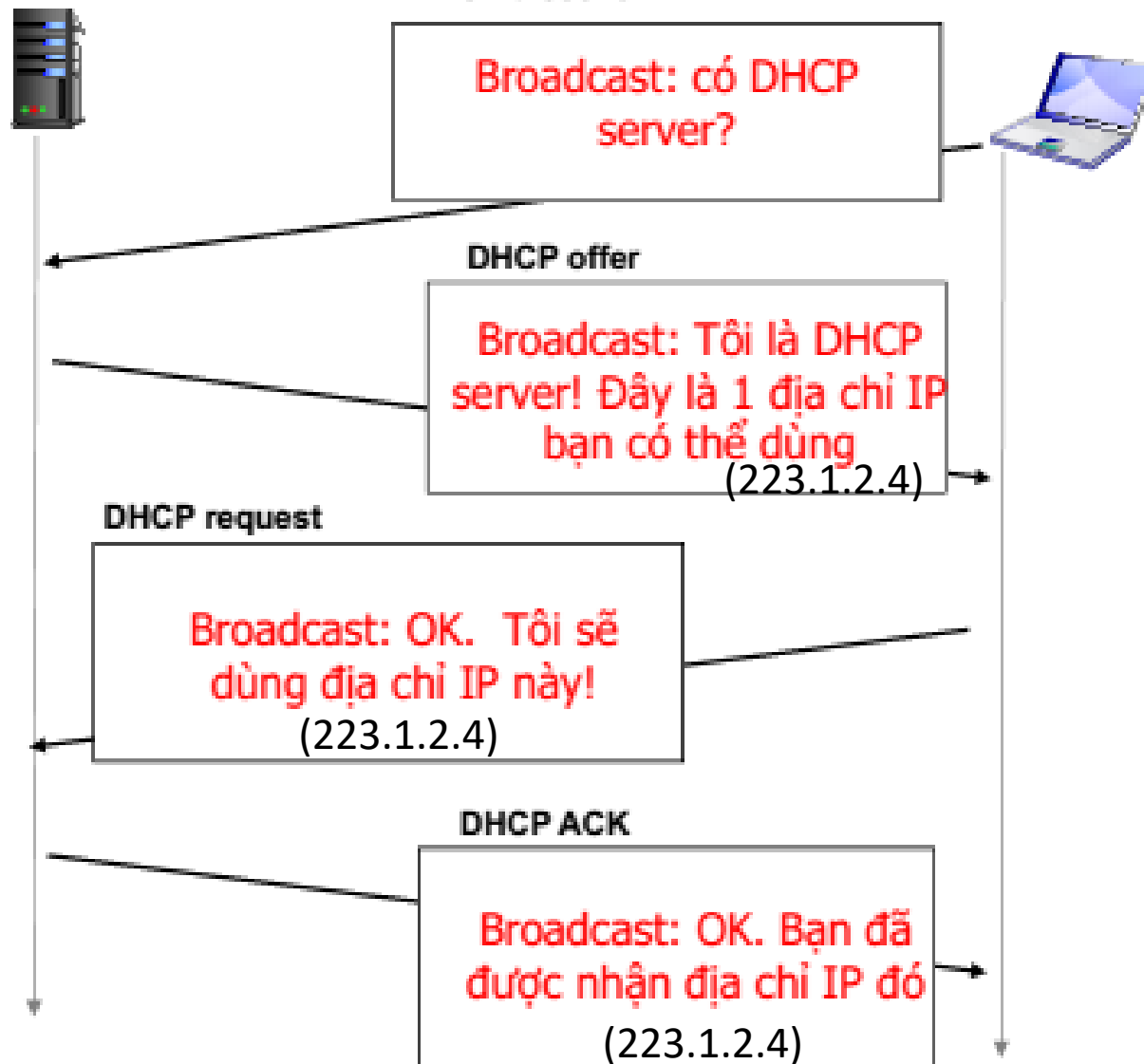


Kịch bản DHCP client-server

DHCP server: 223.1.2.5

DHCP discover

client tham gia



Cấp phát địa chỉ IP cho mạng?

Q: Một mạng con lấy địa chỉ IP từ đâu?

A: Lấy phần đã cấp của không gian địa chỉ của nhà cung cấp dịch vụ Internet (ISP)

Khối địa chỉ của ISP	<u>11001000 00010111 00010000</u>	00000000	200.23.16.0/20
Tổ chức 0	<u>11001000 00010111 00010000</u>	00000000	200.23.16.0/23
Tổ chức 1	<u>11001000 00010111 00010010</u>	00000000	200.23.18.0/23
Tổ chức 2	<u>11001000 00010111 00010100</u>	00000000	200.23.20.0/23
...
Tổ chức 7	<u>11001000 00010111 00011110</u>	00000000	200.23.30.0/23

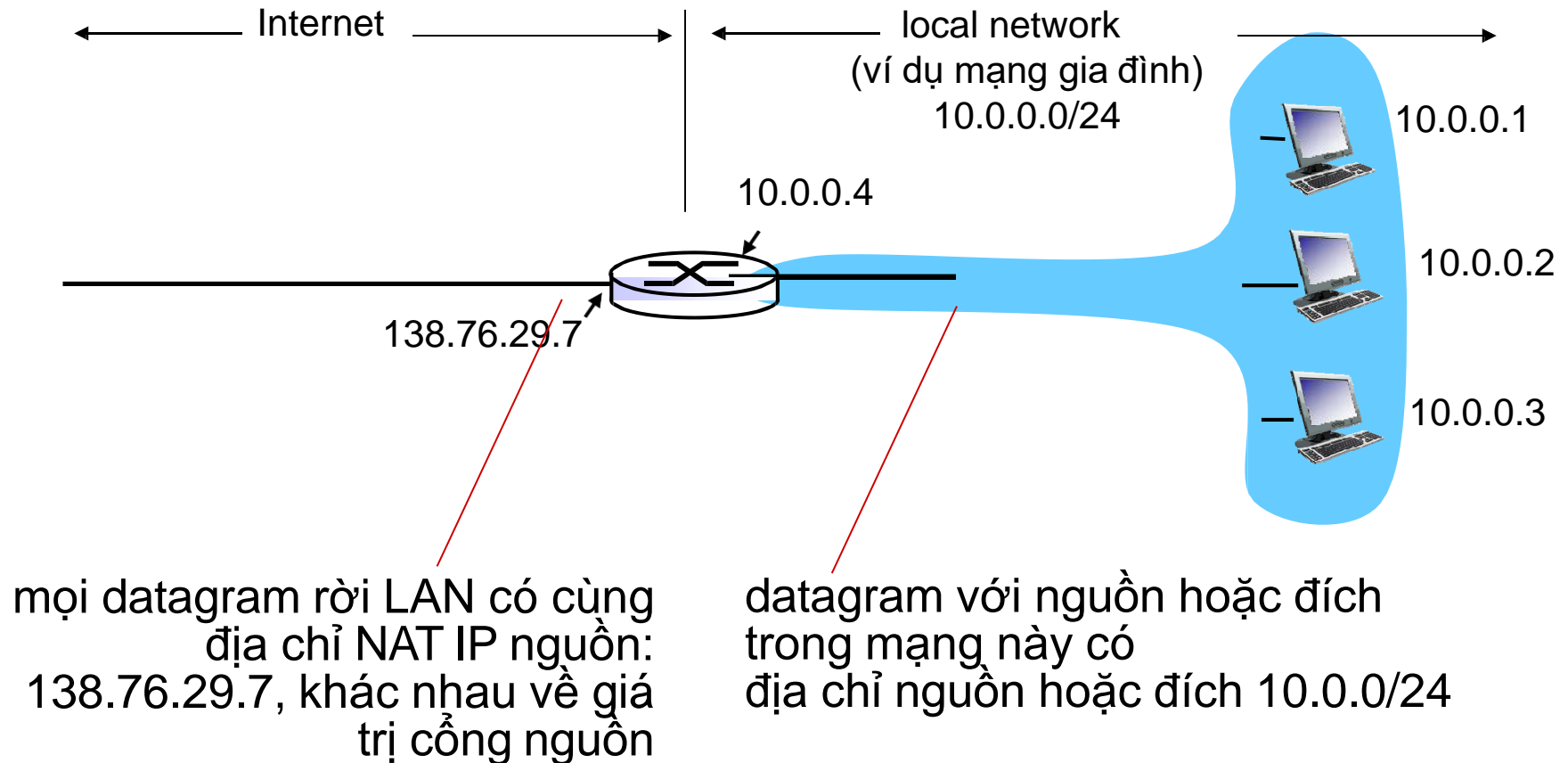
Khối địa chỉ IP cấp cho các ISP

Q: ISP lấy địa chỉ IP từ đâu?

A: ICANN: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (<http://www.icann.org/>)

- quản lý DNS
- gán tên miền, giải quyết tranh chấp
- Quản lý không gian địa chỉ IP và phân phối các khối địa chỉ đến các cơ quan đăng ký internet khu vực

NAT: network address translation



NAT: network address translation

LAN sử dụng 1 địa chỉ IP để giao tiếp với bên ngoài:

- không cần một dải địa chỉ từ ISP: chỉ 1 địa chỉ IP cho mọi thiết bị
- có thể thay đổi địa chỉ của thiết bị trong LAN không cần thông báo cho bên ngoài
- có thể thay đổi ISP mà không cần thay đổi địa chỉ của các thiết bị trong LAN
- đối với bên ngoài, các thiết bị trong LAN không được gán địa chỉ riêng mạch và hiện hữu

NAT: network address translation

NAT router phải:

- ❑ *datagram đi ra:*

- *thay thế* (địa chỉ IP nguồn, số cổng) của mọi datagram đi ra thành (địa chỉ NAT IP, số hiệu cổng mới)

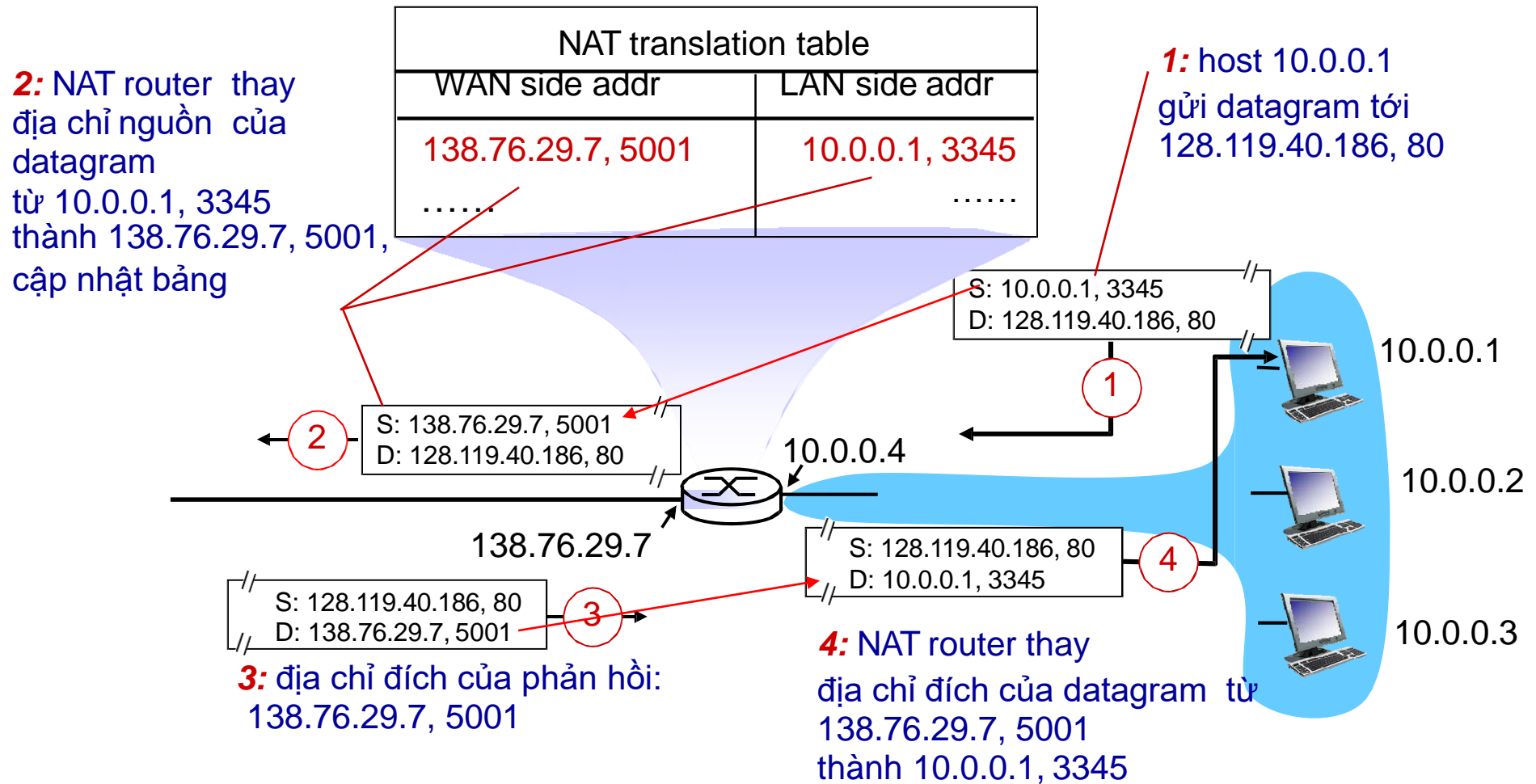
. . . clients/server từ xa sẽ phản hồi dùng địa chỉ đích là (địa chỉ NAT IP, số hiệu cổng mới)

- *ghi lại (trong NAT translation table)* cặp ánh xạ (địa chỉ IP nguồn, số hiệu cổng) và (địa chỉ NAT IP, số hiệu cổng mới)

- ❑ *datagram đi vào:*

- *thay thế* (địa chỉ NAT IP, số hiệu cổng mới) trong trường địa chỉ đích của mọi datagram đi vào thành (địa chỉ IP nguồn, số hiệu cổng) đã lưu trong bảng NAT

NAT: network address translation



Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

3. Định tuyến

- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

Cấu trúc của IPv4 datagram

VER (4)	IHL (4)	Type of services (8)	Datagram length (16)	
Identification (16)			Flags (3)	Fragment offset (13)
Time to live (8)		Protocol (8)	Header checksum (16)	
Source address (32)				
Destination address (32)				
Options + Padding				
Data				

Chức năng các trường

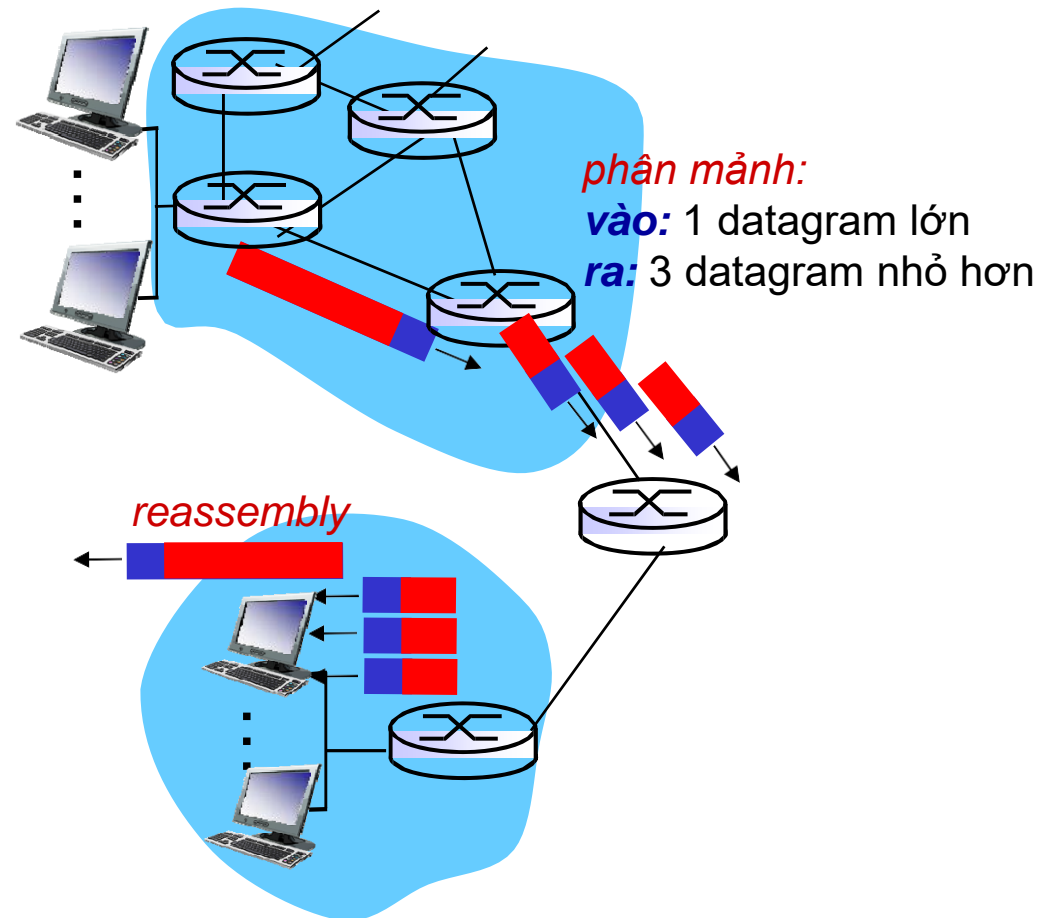
- VER (4 bits): Version hiện hành của IP được cài đặt.
- IHL(4 bits): Internet Header Length của Datagram, tính theo đơn vị word (32 bits).
- Type of service (8 bits): Thông tin về loại dịch vụ và mức ưu tiên của gói IP:
- Datagram Length (16 bits): Chỉ độ dài toàn bộ Datagram (bytes),
- Identification (16bits), Flags (3 bits), Fragment Offset (13 bits): được sử dụng khi phân mảnh gói IP
- Time To Live (TTL-8 bits): Thời gian sống của một gói dữ liệu (số hop tối đa còn).

Chức năng các trường

- Protocol (8 bits): Chỉ giao thức sử dụng TCP hay UDP.
- Header Checksum (16 bits): giá trị checksum của trường tiêu đề.
- Source Address (32 bits): địa chỉ của trạm nguồn.
- Destination Address (32 bits): Địa chỉ của trạm đích.
- Option (có độ dài thay đổi): Sử dụng trong trường hợp bảo mật, định tuyến đặc biệt.
- Padding (độ dài thay đổi): Vùng đệm cho phần Header luôn kết thúc ở 32 bits
- Data (độ dài thay đổi): Độ dài dữ liệu tối đa là 65.535 bytes, tối thiểu là 8 bytes.

Phân mảnh IP datagram

- ❑ liên kết mạng có MTU (max transfer size)
 - kiểu liên kết khác nhau có MTU khác nhau
- ❑ IP datagram lớn được chia nhỏ trong mạng
 - 1 datagram thành nhiều datagram
 - được ghép lại tại đích
 - Các bit trong IP header dùng để ghép các phân mảnh



Ghép phân mảnh

ví dụ:

- ❖ Datagram kích thước 4000 byte
- ❖ MTU = 1500 byte

phần dữ liệu: 3980 bytes

	length =4000	ID =x	flag =000	offset =0	
--	-----------------	----------	--------------	--------------	--

1 datagram lớn được chia thành nhiều datagram nhỏ hơn

phần dữ liệu: 1480 bytes

offset = $1480/8=185$

	length =1500	ID =x	flag =001	offset =0	
--	-----------------	----------	--------------	--------------	--

	length =1500	ID =x	flag =001	offset =185	
--	-----------------	----------	--------------	----------------	--

	length =1040	ID =x	flag =000	offset =370	
--	-----------------	----------	--------------	----------------	--

flag = 001 > còn phân mảnh
flag = 000 > không còn phân mảnh

phần dữ liệu: 1020 bytes

Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- IPv4
- Cấu trúc datagram
- **ICMP**
- IPv6

3. Định tuyến

- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

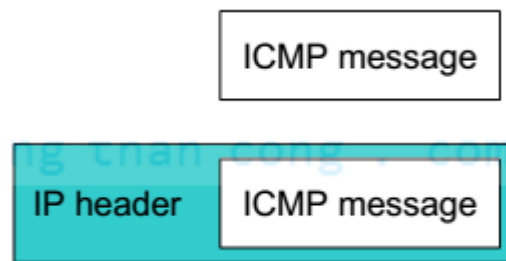
- RIP
- OSPF
- BGP

ICMP: internet control message protocol

- ❑ Dùng bởi các host và router để giao tiếp thông tin ở mức mạng

- thông báo lỗi: destination network unreachable, ...
- echo request/reply (dùng bởi ping)

- ❑ Gói tin ICMP chứa trong các IP datagram



- ❑ **ICMP message:** type, code và 8 byte đầu tiên của IP datagram gây ra lỗi

Type	Code	Mô tả
0	0	echo reply (ping)
3	0	không tới được mạng đích
3	1	không tới được host đích
3	2	không tới được giao thức đích
3	3	không tới được cổng đích
3	6	không biết mạng đích
3	7	không biết host đích
4	0	source quench (điều khiển tắc nghẽn, không dùng)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL quá hạn
12	0	IP header không hợp lệ

Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

3. Định tuyến

- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

IPv6

- ❑ *Lý do ban đầu:* Không gian địa chỉ 32-bit của IPv4 sẽ nhanh chóng dùng hết
- ❑ Lý do khác:
 - Đơn giản hóa header để tăng tốc độ xử lý/chuyển tiếp
 - Thay đổi header để hỗ trợ chất lượng dịch vụ (QoS - Quality of Service)

Cấu trúc của IPv6 datagram:

- Header có chiều dài cố định 40 bytes
- Không cho phép phân mảnh

Cấu trúc IPv6 datagram

Version (4 bit): xác định phiên bản IP

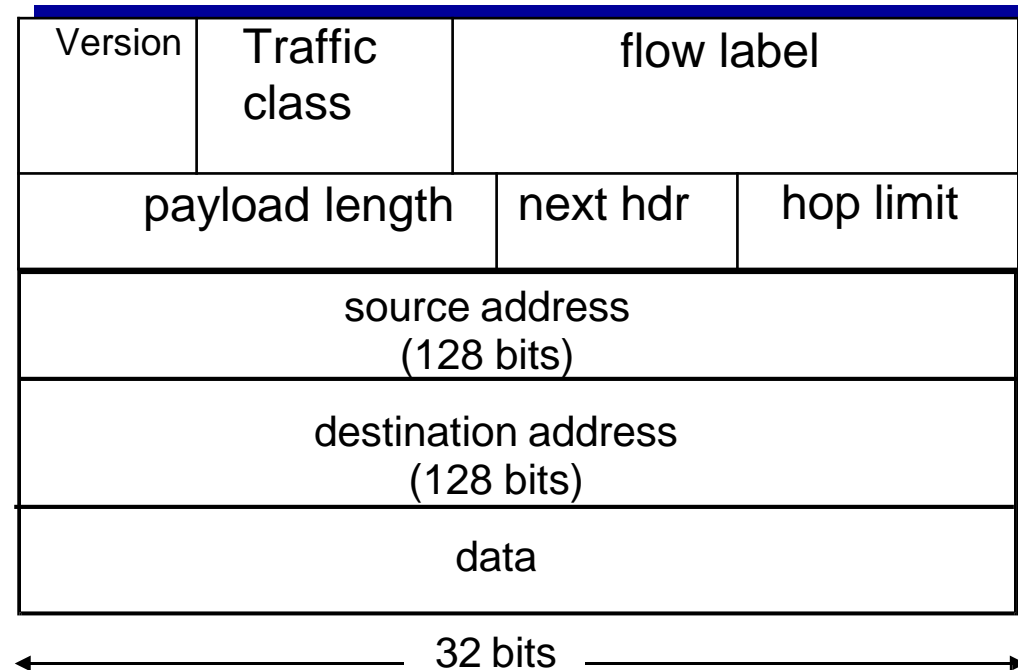
Traffic class (8 bit): xác định ưu tiên giữa các datagram trong flow hoặc cho những ứng dụng có độ ưu tiên cao

Flow Label (20 bit): xác định các datagram trong cùng flow

Payload length (16 bit): độ lớn (theo byte) của phần dữ liệu không tính tiêu đề

Next header: xác định giao thức của tầng cao hơn sẽ nhận dữ liệu

Hop limit: Giá trị của trường giảm đi 1 khi đi qua mỗi router. Nếu giá trị này bằng 0 thì gói dữ liệu bị loại bỏ



Cấu trúc IPv6

- ❑ **Địa chỉ IPv6:** 128 bit, biểu diễn ở hệ hex

Ví dụ:

2001:0ABC:00AB:000A:0000:0000:0000:1001

- ❑ **Qui tắc để rút gọn IPv6**

- Cho phép bỏ các số 0 nằm trước mỗi nhóm (octet).
- Thay bằng số 0 cho nhóm có toàn số 0.
- Thay bằng dấu “::” cho các nhóm liên tiếp nhau có toàn số 0.
- Dấu “::” chỉ sử dụng được 1 lần trong toàn bộ địa chỉ IPv6

Ví dụ: Địa chỉ IPv6 rút gọn của địa chỉ ở trên

2001:ABC:AB:A:0:0:0:1001

2001:ABC:AB:A::1001

Các thay đổi khác so với IPv4

- ❑ *Checksum*: loại bỏ để giảm thời gian xử lý tại mỗi hop
- Không cho phép phân mảnh
- ❑ *ICMPv6*: phiên bản mới của ICMP
 - thêm kiểu bản tin, ví dụ “Packet Too Big”
 - chức năng quản lý nhóm multicast

Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- Cấu trúc datagram
- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

3. Định tuyến

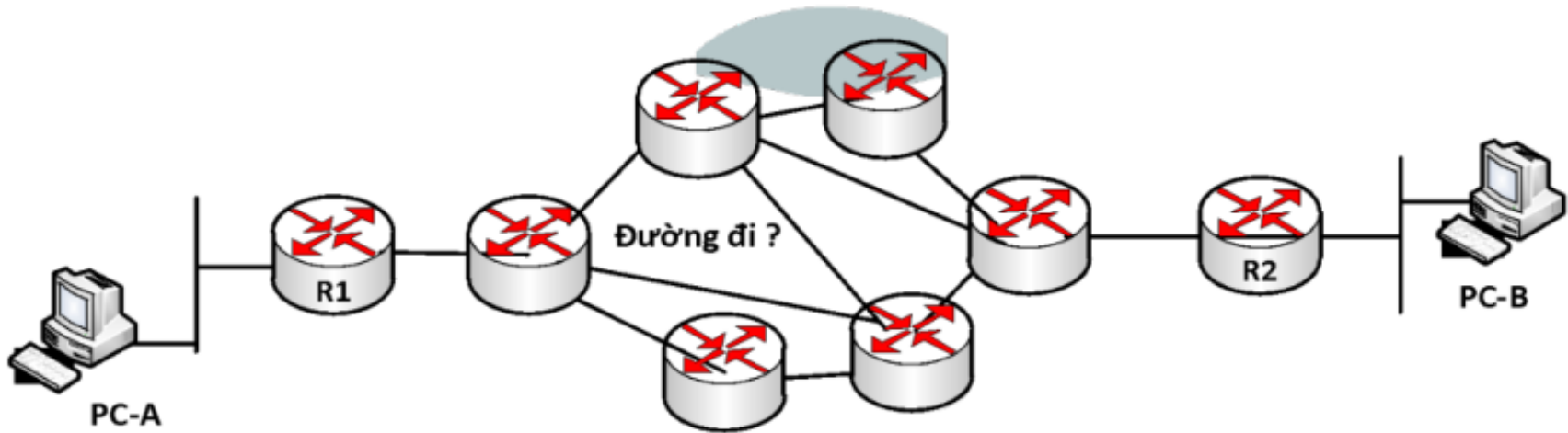
- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

Định tuyến là gì?

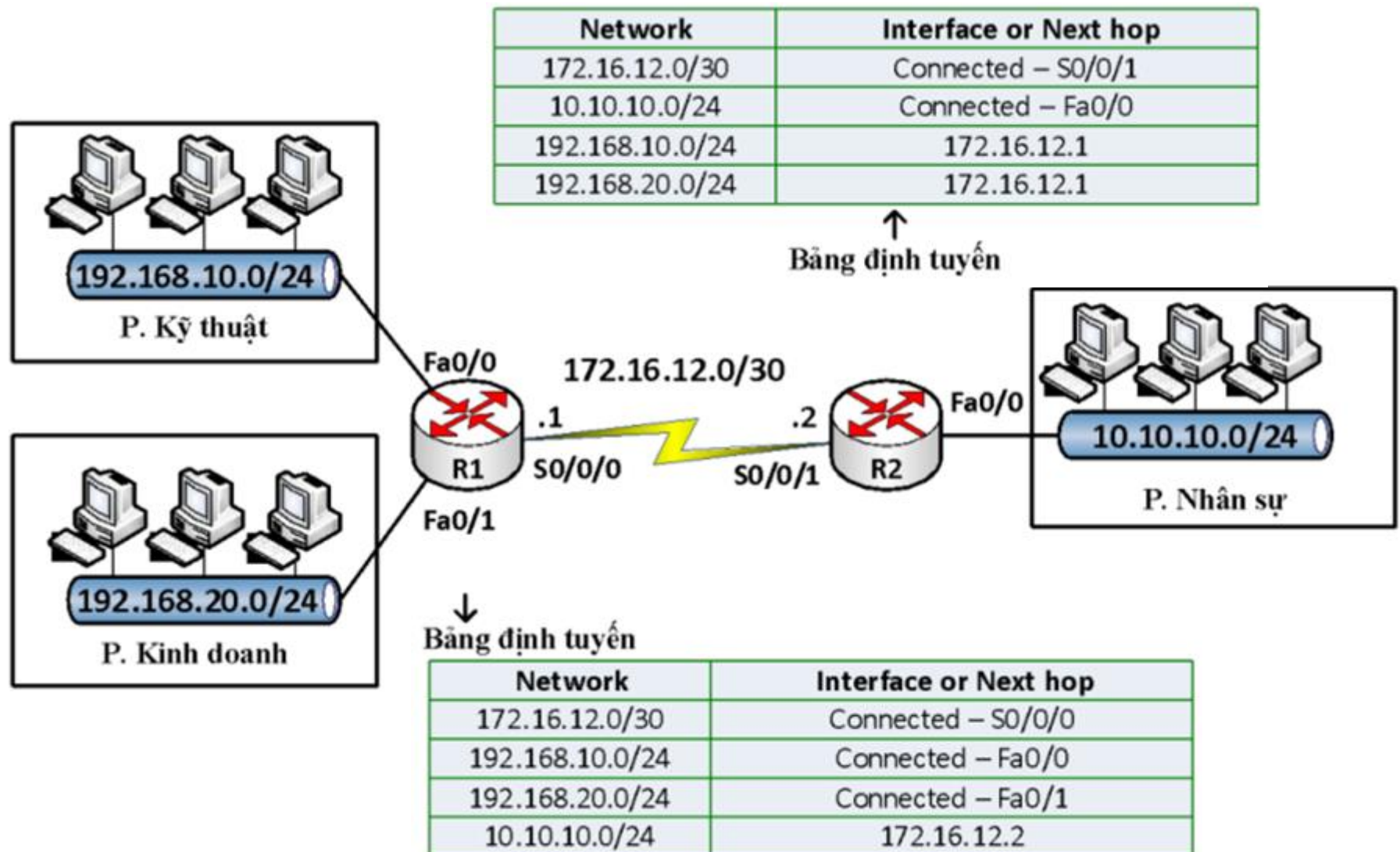
- ❑ Định tuyến là quá trình xác định đường đi **tốt nhất** của gói tin từ nút gửi đến nút nhận



Thông tin định tuyến được lưu trữ ở đâu?

- ❑ Thông tin về tuyến đường đi được lưu trữ trong bảng định tuyến (routing table)
- ❑ Bảng định tuyến thường gồm những thông tin sau:
 - ✓ Địa chỉ đích của mạng, mạng con/mặt nạ mạng
 - ✓ Địa chỉ IP của router chặng kế tiếp phải đến
 - ✓ Giao tiếp vật lí phải sử dụng để đi đến Router kế tiếp
 - ✓ Số lượng chặng để đến đích

Ví dụ bảng định tuyến



- ❑ **Lưu ý:** Khi có sự thay đổi như thêm mạng mới, một nút mạng nào đó bị mất điện thì phải cập nhật bảng định tuyến

Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- Cấu trúc datagram
- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

3. Định tuyến

- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

Phân loại định tuyến

❑ Định tuyến tĩnh (Static Routing):

- Định tuyến tĩnh là loại định tuyến mà trong đó router sử dụng các tuyến đường đi tĩnh để vận chuyển dữ liệu đi.
- Các tuyến đường đi tĩnh này có được do người quản trị cấu hình thủ công vào các router.

❑ Định tuyến động (Dynamic Routing):

- Định tuyến động là loại định tuyến mà trong đó router sử dụng các tuyến đường đi động để vận chuyển dữ liệu đi.
- Các tuyến đường đi động này có được do các router sử dụng các giao thức định tuyến động trao đổi thông tin định tuyến với nhau tạo ra.

Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- Cấu trúc datagram
- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

3. Định tuyến

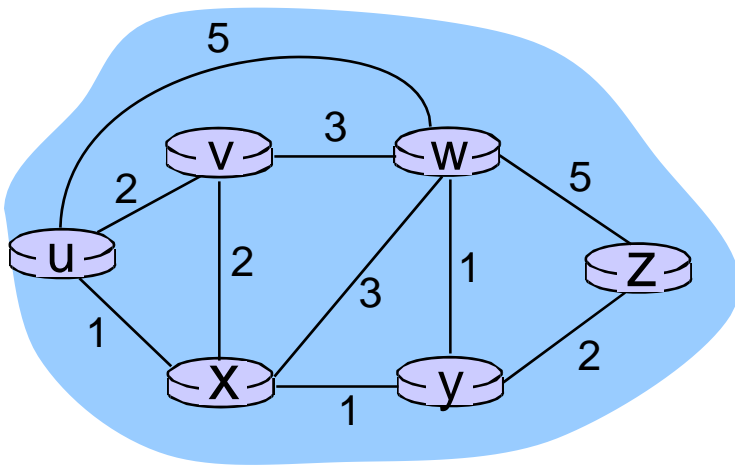
- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

Thuật toán định tuyến

- ❑ Thuật toán định tuyến: xác định đường đi có chi phí nhỏ nhất giữa hai nút bất kỳ
- ❑ Sử dụng đồ thị để xây dựng thuật toán định tuyến



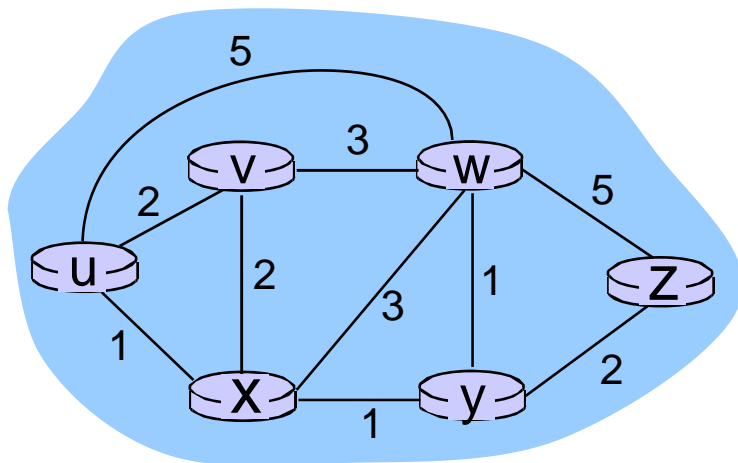
Đồ thị: $G = (N, E)$

N = tập các router = $\{ u, v, w, x, y, z \}$

E = tập các liên kết = $\{ (u,v), (u,x), (v,x), (v,w), (x,w), (x,y), (w,y), (w,z), (y,z) \}$

Chi phí cho việc gửi gói tin qua mỗi liên kết: $c(x,y), c(w,z), \dots$

Chi phí của liên kết



$c(x, x')$ = chi phí của liên kết (x, x') ví dụ $c(w, z) = 5$

Chi phí có thể phản ánh thời gian trễ trung bình hoặc có thể phản ánh khoảng cách thực sự giữa hai router

Chi phí của đường đi $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_p) = c(x_1, x_2) + c(x_2, x_3) + \dots + c(x_{p-1}, x_p)$

Giải thuật định tuyến: Giải thuật tìm đường có chi phí nhỏ nhất

Phân loại thuật toán định tuyến

Thuật toán tập trung:

- ❑ Mọi router có mô hình đầy đủ, thông tin chi phí của các liên kết trong mạng
- ❑ Thuật toán “link state”

Thuật toán phân tán

- ❑ Router chỉ biết các láng giềng có liên kết vật lý tới nó và chi phí liên kết tương ứng
- ❑ Liên tục lặp lại việc tính toán và trao đổi thông tin với láng giềng
- ❑ Thuật toán “distance vector”

Thuật toán kiểu Link-State

Thuật toán Dijkstra

- ❑ Mọi nút mạng có đầy đủ thông tin về sơ đồ mạng và chi phí các liên kết
 - Quảng bá “link state”
 - Mọi nút có cùng thông tin
- ❑ Tính toán đường đi có chi phí thấp nhất từ một nút tới các nút khác
 - Gửi *forwarding table* cho nút đó
- ❑ Lặp: sau k bước lặp, tính được đường đi có chi phí thấp nhất tới k đích

Ký hiệu:

- ❑ $c(x,y)$: chi phí liên kết từ nút x tới nút y ; $= \infty$ nếu không là nút kề
- ❑ $D(v)$: giá trị hiện tại thấp nhất của chi phí đường đi từ nguồn tới nút v
- ❑ $p(v)$: nút trước v trên đường đi có giá thấp nhất từ nguồn tới v
- ❑ N' : tập các nút mà đường đi với chi phí nhỏ nhất tới nút đã được xác định

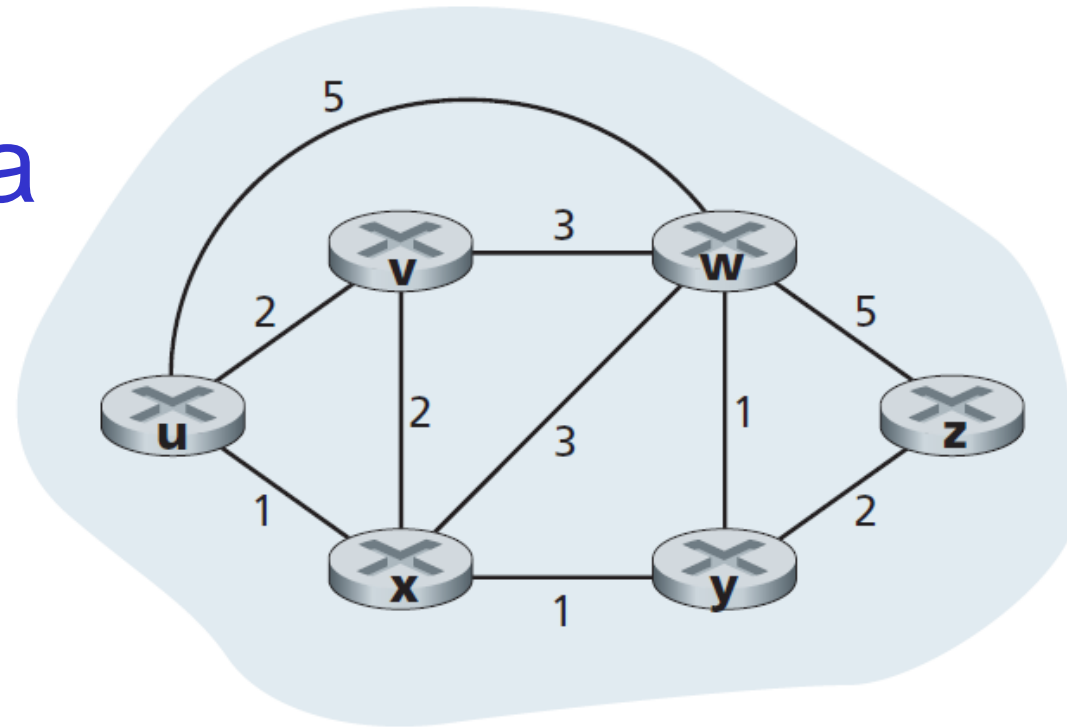
Thuật toán Dijkstra

1. Khởi tạo:

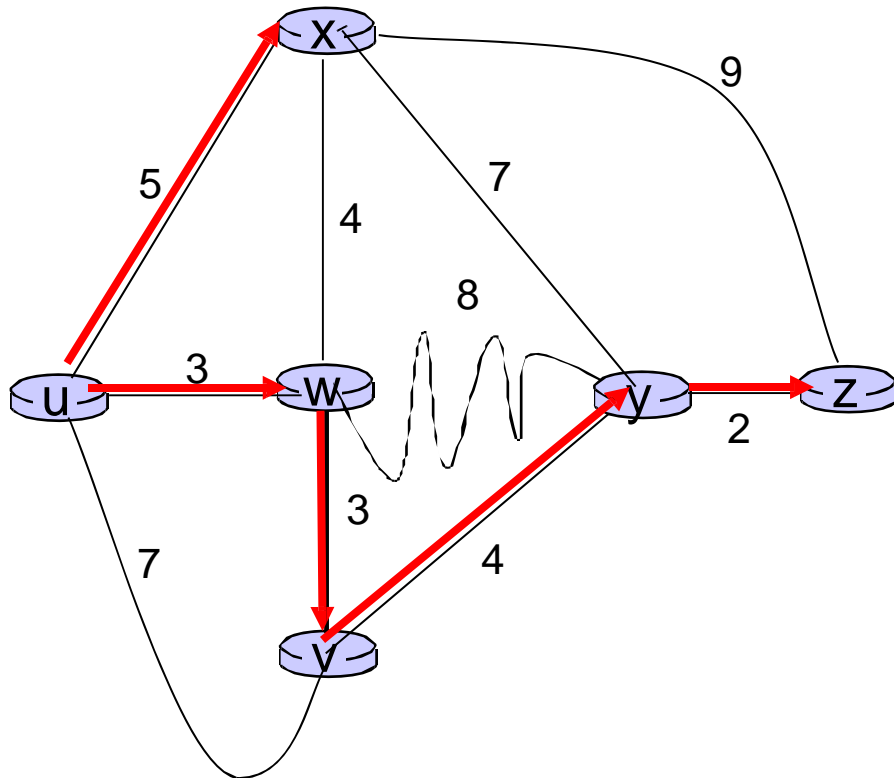
2. $N' = \{u\}$
3. for all nodes v
4. if v kề u then
 $D(v) = c(u, v)$, $P(v) = u$
5. else
6. $D(v) = \infty$

7. Loop

8. tìm w không trong N' mà $D(w)$ nhỏ nhất
9. thêm w vào N'
10. cập nhật $D(v)$ cho mọi v kề với w và không trong N' :
 $D(v) = \min(D(v), D(w) + c(w, v))$
11. $P(v) = w$ nếu $D(w) + c(w, v) < D(v)$
12. /* chi phí mới tới v sẽ hoặc là chi phí cũ tới v hoặc là chi phí đường đi ngắn nhất tới w cộng với chi phí từ w tới v */
13. **until mọi nút nằm trong N'**



Thuật toán Dijkstra: Ví dụ 1



		D(v)	D(w)	D(x)	D(y)	D(z)
Bước	N'	p(v)	p(w)	p(x)	p(y)	p(z)
0	u	7,u	3,u	5,u	∞	∞
1	uw	6,w		5,u	11,w	∞
2	uwx	6,w			11,w	14,x
3	uwxv				10,v	14,x
4	uwxvy					12,y
5	uwxvyz					

U->v:6, v,w,u -> u,w,v

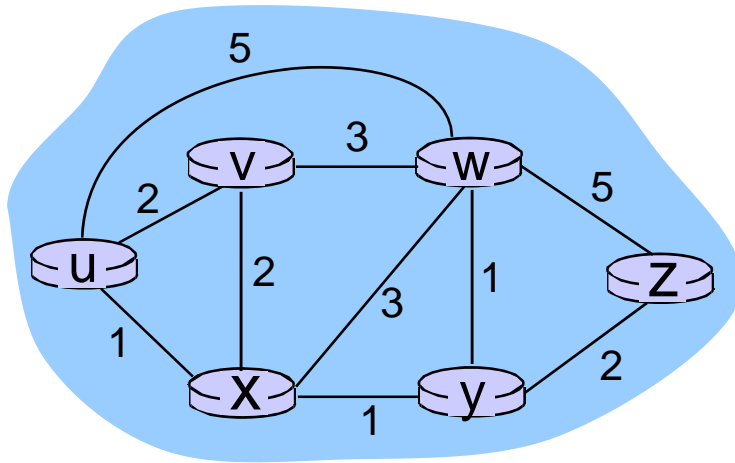
U->w: 3, w,u->u, w

U->x:5: x,u -> u,x

U->y:10: y,v,w,u-> u,w,v,y

U->z: 12: z,y,v,w,u -> u,w,v,y,z

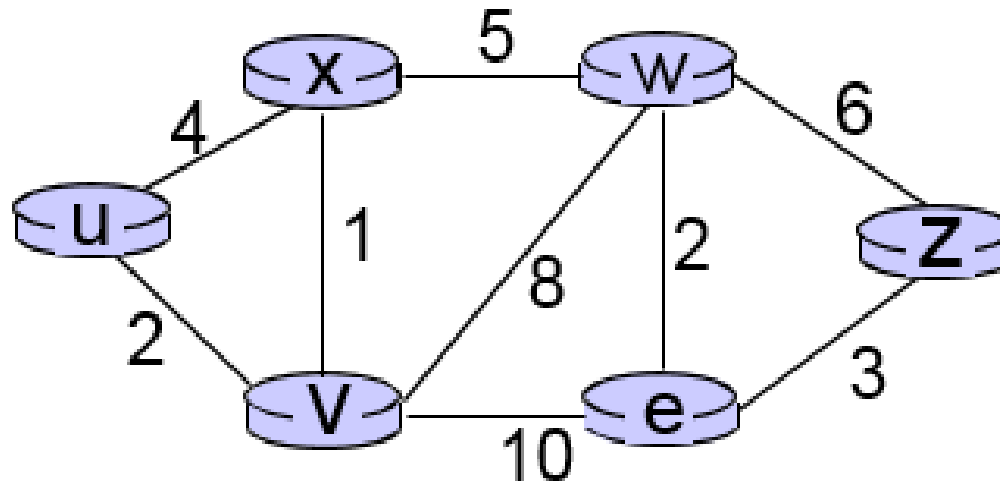
Thuật toán: Ví dụ 2



Bước	N'	D(v),p(v)	D(w),p(w)	D(x),p(x)	D(y),p(y)	D(z),p(z)
0	u	2,u	5,u	1,u	∞	∞
1	ux	2,u	4,x		2,x	∞
2	uxy	2,u	3,y			4,y
3	uxyv		3,y			4,y
4	uxyvw					4,y
5	uxyvwz					

Bài tập áp dụng

Dùng giải thuật Dijkstra trong định tuyến link state để xác định đường đi ngắn nhất từ một nút tới các nút còn lại trong các sơ đồ mạng dưới đây.

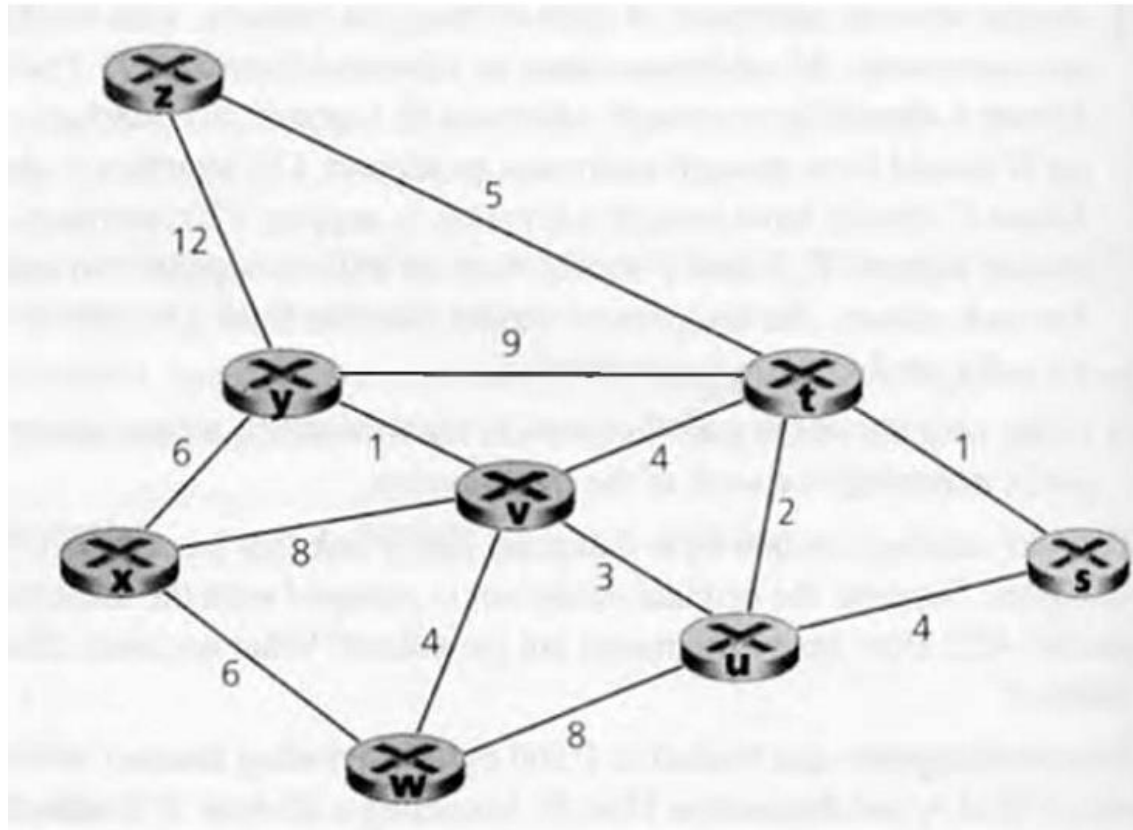


a) Từ nút u tới các nút còn lại

Bước	N'	D(x),p(x)	D(v),p(v)	D(w),p(w)	D(e),p(e)	D(z),p(z)
0	u	4,u	2,u	∞	∞	∞
1	uv	3,v		10,v	12,v	∞
2	uvx			8,x	12,v	∞
3	uvxw				10,w	14,w
4	uvxwe					13,e
5	uvxwez					

Bài tập áp dụng (tiếp)

Dùng giải thuật Dijkstra trong định tuyến link state để xác định đường đi ngắn nhất từ một nút tới các nút còn lại trong các sơ đồ mạng dưới đây.



b) Từ nút s tới các nút còn lại

Chương 4: Tầng mạng

1. Giới thiệu

2. IP: Internet Protocol

- Cấu trúc datagram
- IPv4
- Cấu trúc datagram
- ICMP
- IPv6

3. Định tuyến

- Định tuyến là gì?
- Phân loại định tuyến
- Thuật toán định tuyến

4. Dẫn đường trong Internet

- RIP
- OSPF
- BGP

Định tuyến trong Internet

Các nội dung dẫn đường đã tìm hiểu đã lý tưởng hóa một số yếu tố

- ❖ mọi router giống nhau

- ❖ network “flat”

... *không* đúng trong thực tế

Quy mô: Với 600 triệu
đích:

- ❑ Không thể chứa mọi đích trong bảng dẫn đường
- ❑ Trao đổi bảng dẫn đường làm tràn ngập liên kết

Tự quản

- ❑ internet = mạng của các mạng
- ❑ Mỗi quản trị mạng có thể muốn điều khiển việc dẫn đường trong chính mạng của nó

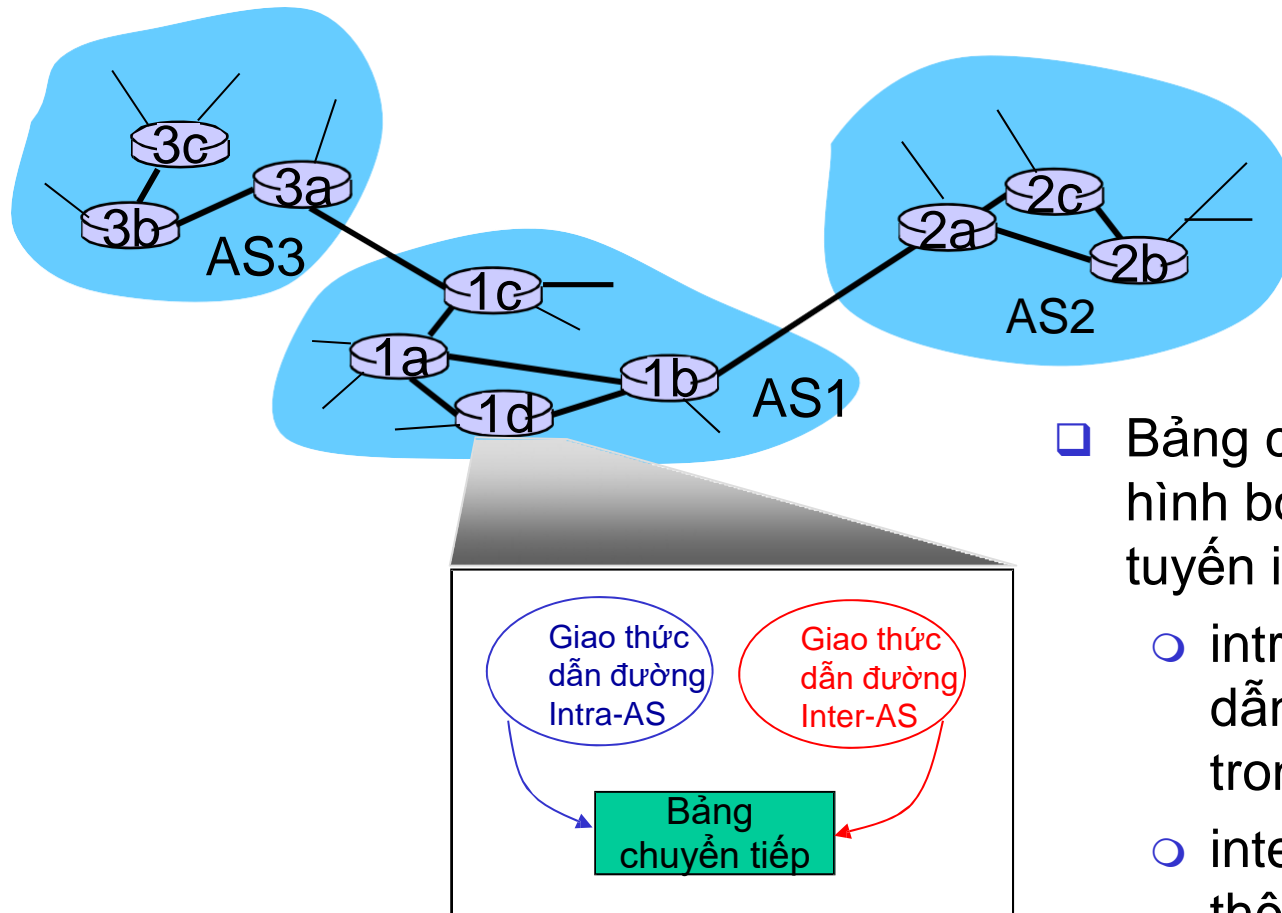
Định tuyến trong Internet

- ❑ Kết tập các router thành các vùng, “**autonomous systems**” (AS)
- ❑ Các router trong cùng AS chạy cùng giao thức định tuyến
 - Giao thức dẫn đường “**Intra-AS**”
 - Các router trong các AS khác nhau có thể chạy các giao thức intra-AS khác nhau

Gateway router:

- ❑ Tại “biên” của AS của nó
- ❑ Có liên kết tới router khác trong AS khác
- ❑ **Inter-AS**

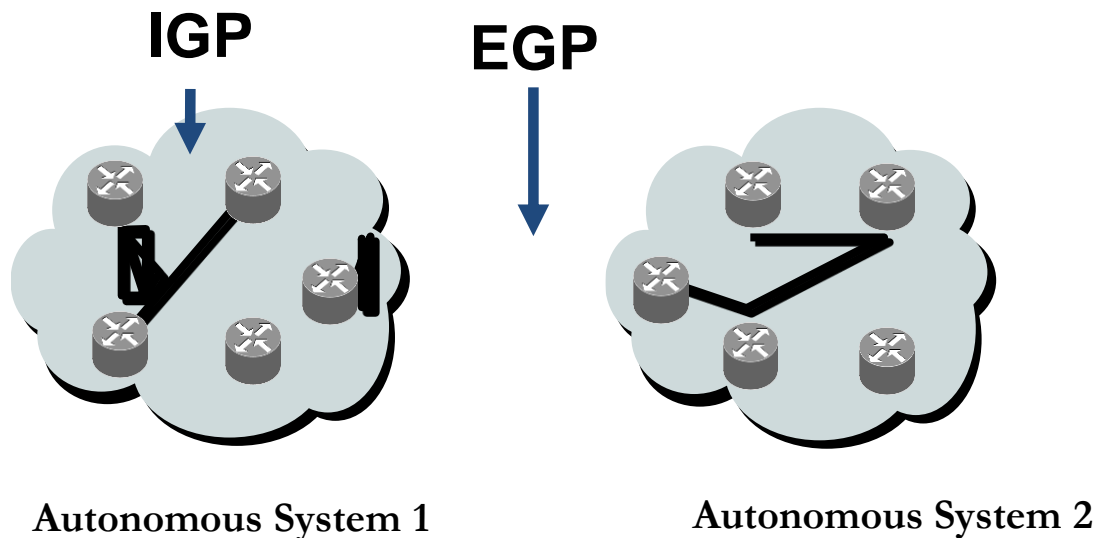
Kết nối các AS



- Bảng chuyển tiếp được cấu hình bởi cả giao thức định tuyến intra-AS và inter-AS
 - intra-AS gán thông tin dẫn đường cho các đích trong AS
 - inter-AS và intra-AS gán thông tin dẫn đường cho các đích bên ngoài AS

Định tuyến trong Internet

- ❑ **Định tuyến trong IGP (Interior Gateway Protocol):** là giao thức định tuyến bên trong một hệ thống tự quản (AS - Autonomous System)
 - Phổ biến là RIP (Routing Information Protocol) , OSPF (Open Shortest Path First), IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)
- ❑ **Định tuyến ngoài EGP (Exterior Gateway Protocol):** là giao thức trao đổi thông tin giữa các AS khác nhau.
 - Phổ biến là BGP (Border Gateway Protocol)



Hết chương 4