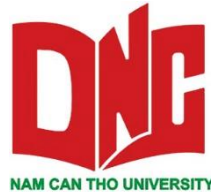


BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NAM CẦN THƠ



MẠNG MÁY TÍNH

Chương 4:

TẦNG MẠNG – NETWORK LAYER

Giảng viên: ThS. Nguyễn Minh Triết

Tầng mạng

4.1. Tổng quan

4.2. Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói

4.3. IP - Internet Protocol

4.4. Các giải thuật định tuyến

4.5. Định tuyến trong Internet

Tầng mạng

4.1. Tổng quan

4.2. Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói

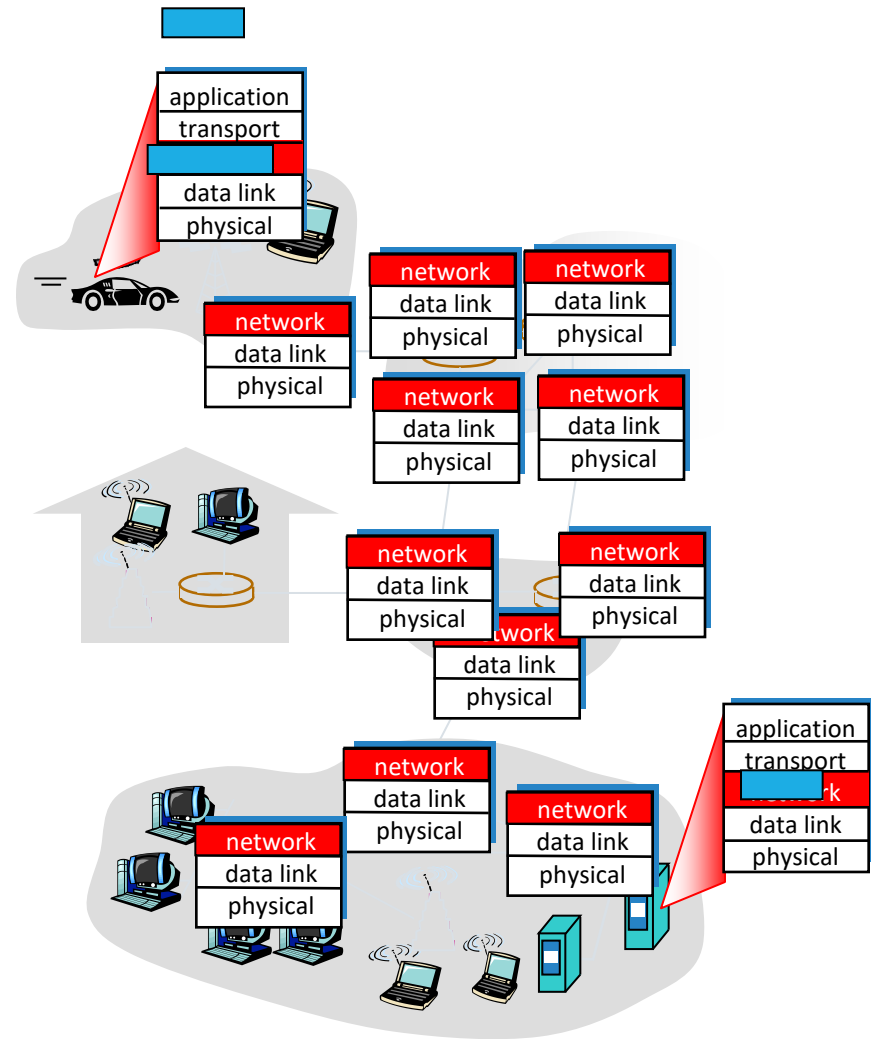
4.3. IP - Internet Protocol

4.4. Các giải thuật định tuyến

4.5. Định tuyến trong Internet

Tổng quan

- Chuyển các segment từ host gửi sang host nhận
- Bên gửi sẽ đóng gói các segment vào trong các **datagram (packet , gói tin)**
- Bên nhận sẽ phân phối các segment đến tầng vận chuyển
- Các giao thức tầng mạng được cài đặt trong mỗi host và router
- Router kiểm tra các trường trong tiêu đề của các IP datagram để chuyển nó đi tiếp



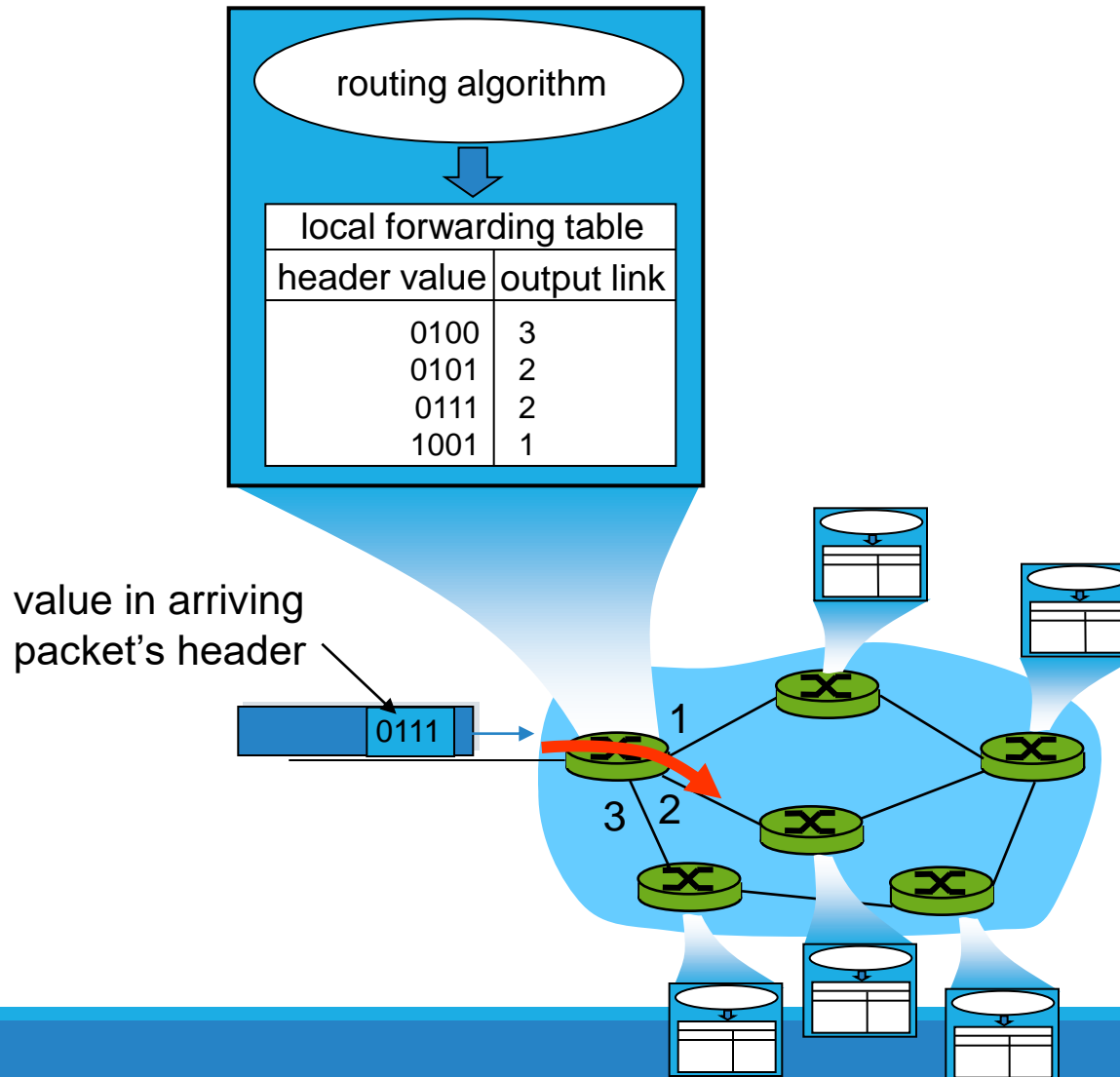
Tổng quan (tt)

Hai chức năng chính của tầng mạng

- Chuyển tiếp (**forwarding**): chuyển các gói tin từ đầu vào tới đầu ra phù hợp của router
 - Định tuyến (**routing**): xác định tuyến đường đi cho các gói tin từ nguồn đến đích
-
- *Tương tự:*
 - Định tuyến: tiến trình lập kế hoạch chuyển đi từ nguồn đến đích
 - Chuyển tiếp: tiến trình vận chuyển qua một giao điểm (nút)

Tổng quan (tt)

- Tác động qua lại giữa định tuyến và chuyển tiếp



Tổng quan (tt)

Thiết lập kết nối

- Trước khi các datagram chuyển đi, hai host đầu cuối và các router trung gian thiết lập kết nối ảo
- Dịch vụ kết nối tầng mạng và tầng vận chuyển:
 - Tầng mạng: giữa hai host (cũng có thể chứa các router trung gian trong trường hợp kết nối ảo)
 - Tầng vận chuyển: giữa hai tiến trình

Tổng quan (tt)

Mô hình dịch vụ nào cho “kênh” vận chuyển các datagram từ bên gửi đến bên nhận?

- Ví dụ các dịch vụ cho các datagram riêng lẻ:
 - Giao nhận đảm bảo
 - Giao nhận đảm bảo với trễ nhỏ hơn 40 msec
- Ví dụ các dịch vụ cho một luồng datagram:
 - Giao nhận datagram theo đúng thứ tự
 - Đảm bảo băng thông tối thiểu cho luồng
 - Hạn chế những thay đổi trong khoảng trống giữa các gói tin

Tổng quan (tt)

Các mô hình dịch vụ tầng mạng

Network Architecture	Service Model	Guarantees ?				Congestion feedback
		Bandwidth	Loss	Order	Timing	
Internet	best effort	none	no	no	no	no (inferred via loss)
ATM	CBR	constant rate	yes	yes	yes	no congestion
ATM	VBR	guaranteed rate	yes	yes	yes	no congestion
ATM	ABR	guaranteed minimum	no	yes	no	yes
ATM	UBR	none	no	yes	no	no

Tầng mạng

4.1. Tổng quan

4.2. **Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói**

4.3. IP - Internet Protocol

4.4. Các giải thuật định tuyến

4.5. Định tuyến trong Internet

Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói

- Mạng mạch ảo (**virtual-circuit network**) cung cấp dịch vụ hướng kết nối tầng mạng
- Mạng chuyển gói (**datagram network**) cung cấp dịch vụ không hướng kết nối tầng mạng
- Tương tự với các dịch vụ hướng kết nối/không hướng kết nối TCP/UDP tại tầng vận chuyển, nhưng tại tầng mạng:
 - Dịch vụ: host-to-host
 - Không lựa chọn: tầng mạng chỉ cung cấp hoặc dịch vụ này, hoặc dịch vụ kia
 - Triển khai: tại phần trục mạng (network core)

Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói (tt)

Mạch ảo (Vircuit network)

“Cách xử lý đường từ nguồn đến đích giống như mạch điện thoại”

- Hiệu suất tốt
 - Mạng hoạt động theo đường đi từ nguồn đến đích
-
- Thiết lập cuộc gọi, chia nhỏ mỗi cuộc gọi trước khi dữ liệu được truyền đi
 - Mỗi gói tin mang định danh mạch ảo (không phải là địa chỉ của host đích)
 - Mỗi router trên đường đi từ nguồn đến đích duy trì “trạng thái” cho mỗi kết nối qua
 - Liên kết, tài nguyên router (băng thông, bộ đệm) có thể được cấp phát cho mạch ảo (các tài nguyên dành riêng bằng dịch vụ dự đoán trước)

Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói (tt)

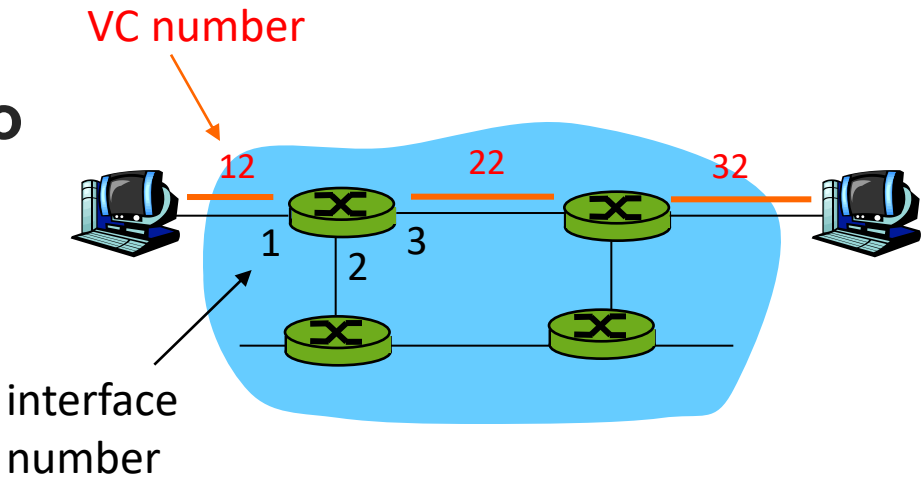
Triển khai mạch ảo

- Một mạch ảo gồm
 - 1. Đường từ nguồn đến đích
 - 2. Số hiệu mạch ảo, mỗi số dành cho một liên kết dọc theo đường đi
 - 3. Điểm vào trong các bảng chuyển tiếp trong các router dọc theo đường đi
- Gói thuộc về mạch ảo sẽ mang số hiệu của mạch ảo đó
- Số hiệu mạch ảo có thể được thay đổi trên mỗi liên kết
 - Số hiệu mạch ảo mới được cung cấp từ bảng chuyển tiếp

Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói (tt)

Bảng chuyển tiếp mạch ảo

Forwarding table in
northwest router:



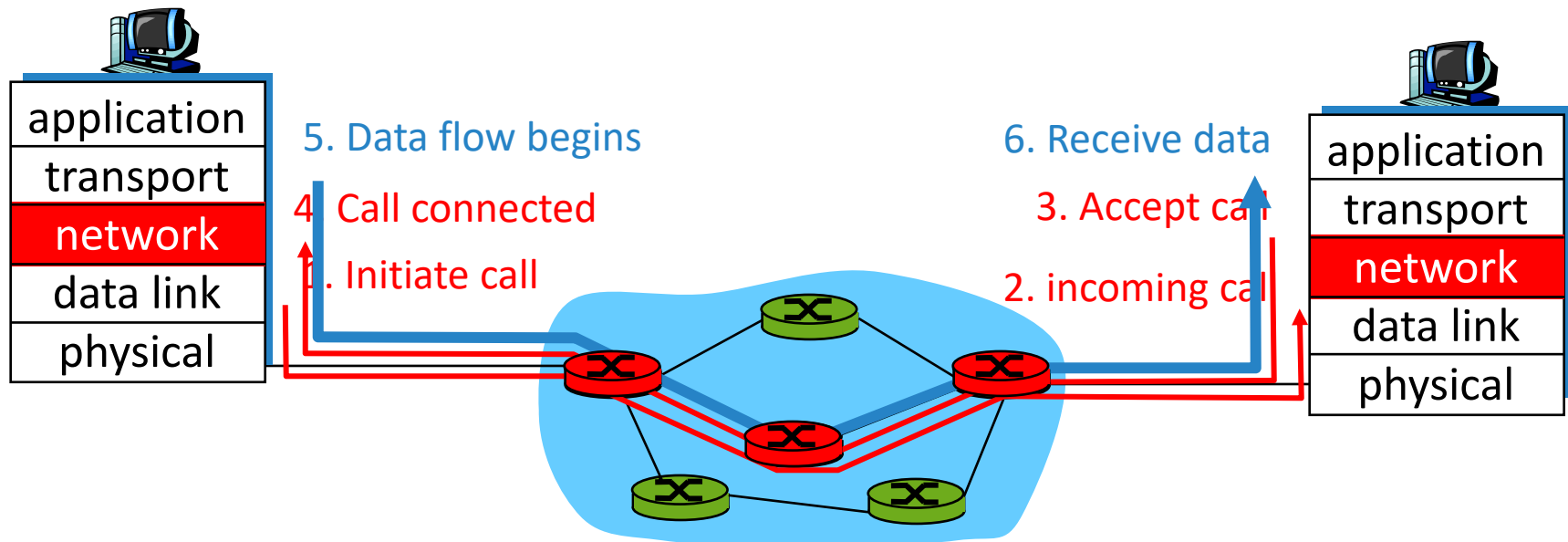
Incoming interface	Incoming VC #	Outgoing interface	Outgoing VC #
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
...

Các router duy trì thông tin trạng thái kết nối

Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói (tt)

Các giao thức báo hiệu (signaling protocol)

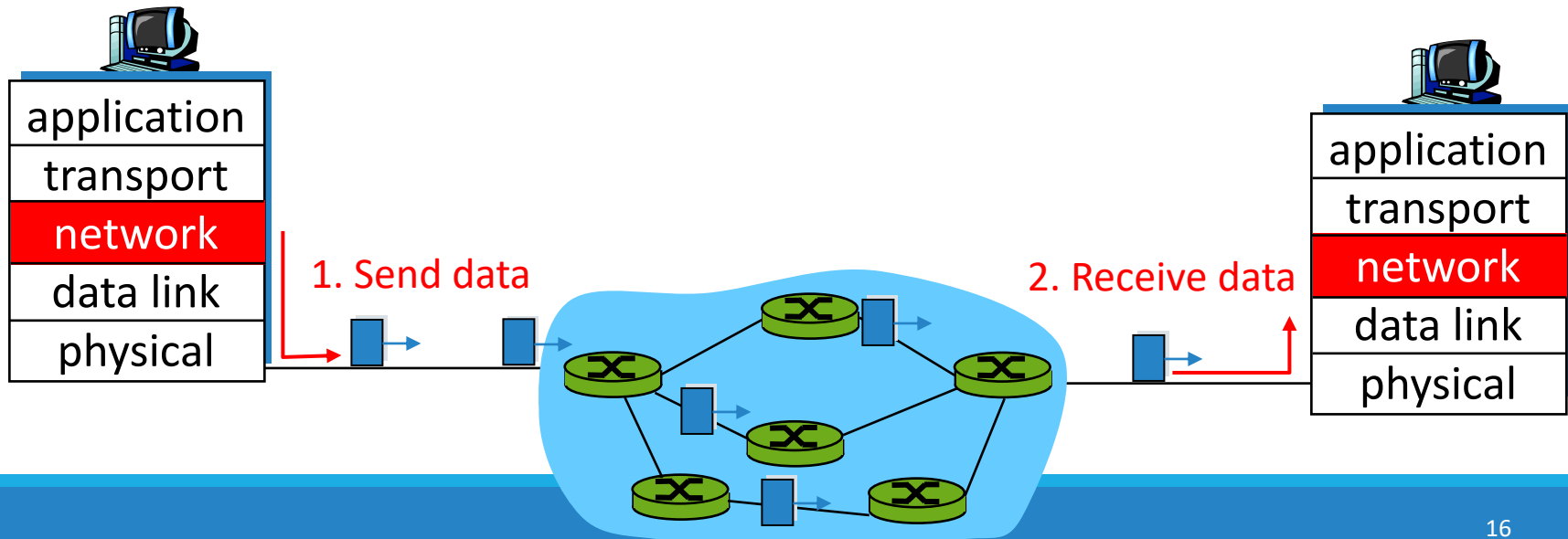
- Được sử dụng để thiết lập, duy trì, phân nhỏ mạch ảo
- Được sử dụng trong ATM, frame-relay, X.25
- Không được dùng trong mạng Internet ngày nay



Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói (tt)

Mạch chuyển gói (Datagram networks)

- Không có thiết lập cuộc gọi tại tầng mạng
- Các router không lưu giữ trạng thái về kết nối giữa các đầu cuối (end-to-end)
 - Không có khái niệm “kết nối” mức mạng
- Các gói tin được chuyển tiếp bằng cách sử dụng địa chỉ host đích



Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói (tt)

Chuyển mạch gói hay chuyển mạch ảo? Tại sao?

Internet (datagram)

- Dữ liệu trao đổi giữa các máy tính
 - Dịch vụ “mềm dẻo”, không giới hạn yêu cầu thời gian
- Nhiều loại liên kết
 - Các đặc tính khác nhau
 - Khó khăn khi đồng nhất dịch vụ
- Các hệ thống đầu cuối “thông minh” (máy tính)
 - Có thể thích ứng, kiểm soát, khôi phục lỗi
 - **Mạng bên trong đơn giản, sự phức tạp nằm ở “phần biên”**

ATM (VC)

- Phát triển từ hệ thống điện thoại
- Hội thoại của con người:
 - Giới hạn thời gian, yêu cầu độ tin cậy
 - Cần dịch vụ đảm bảo
- Các hệ thống đầu cuối “ít thông minh”
 - Máy điện thoại
 - **Sự phức tạp ở bên trong mạng**

Tầng mạng

4.1. Tổng quan

4.2. Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói

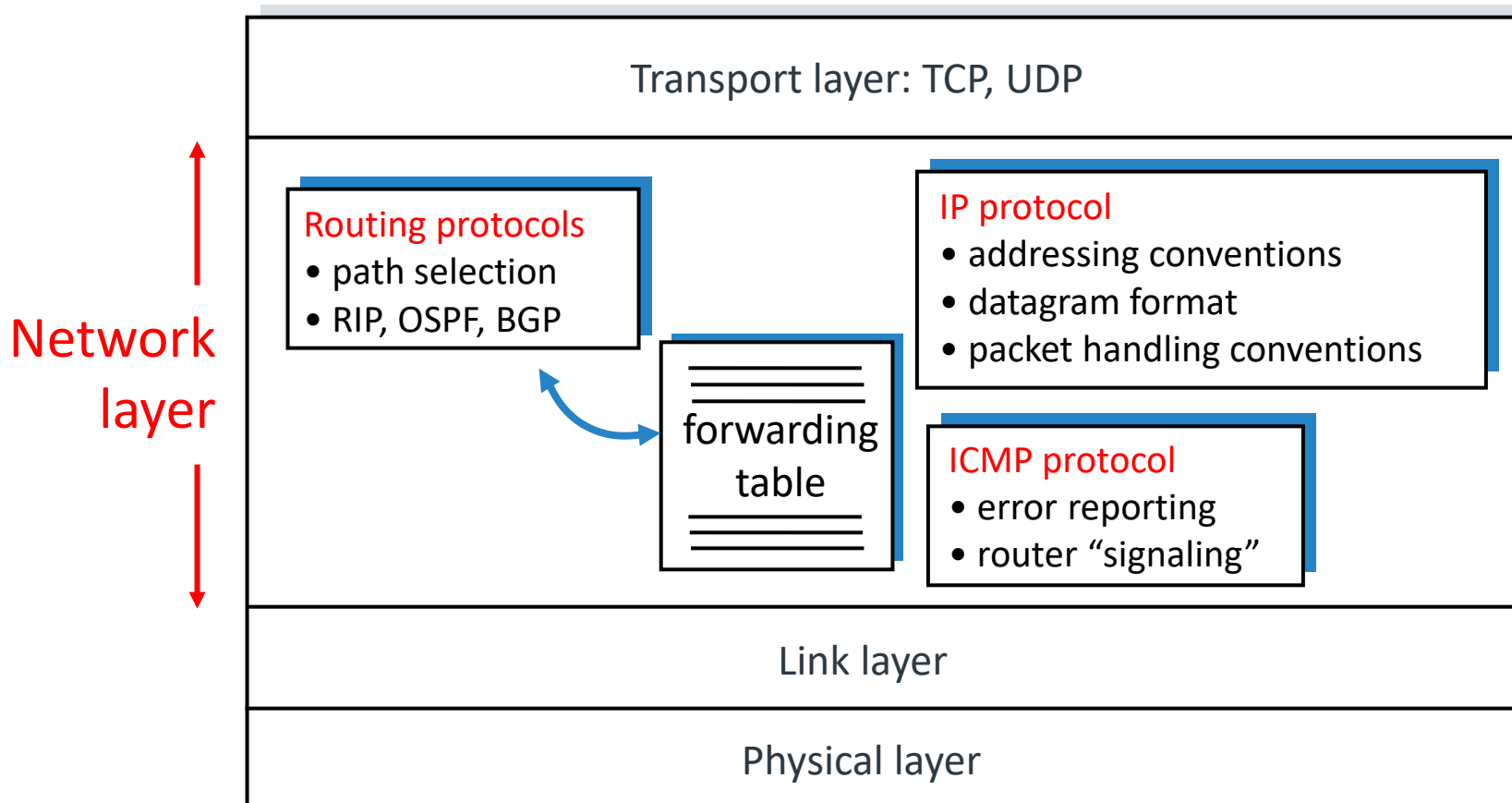
4.3. IP - Internet Protocol

4.4. Các giải thuật định tuyến

4.5. Định tuyến trong Internet

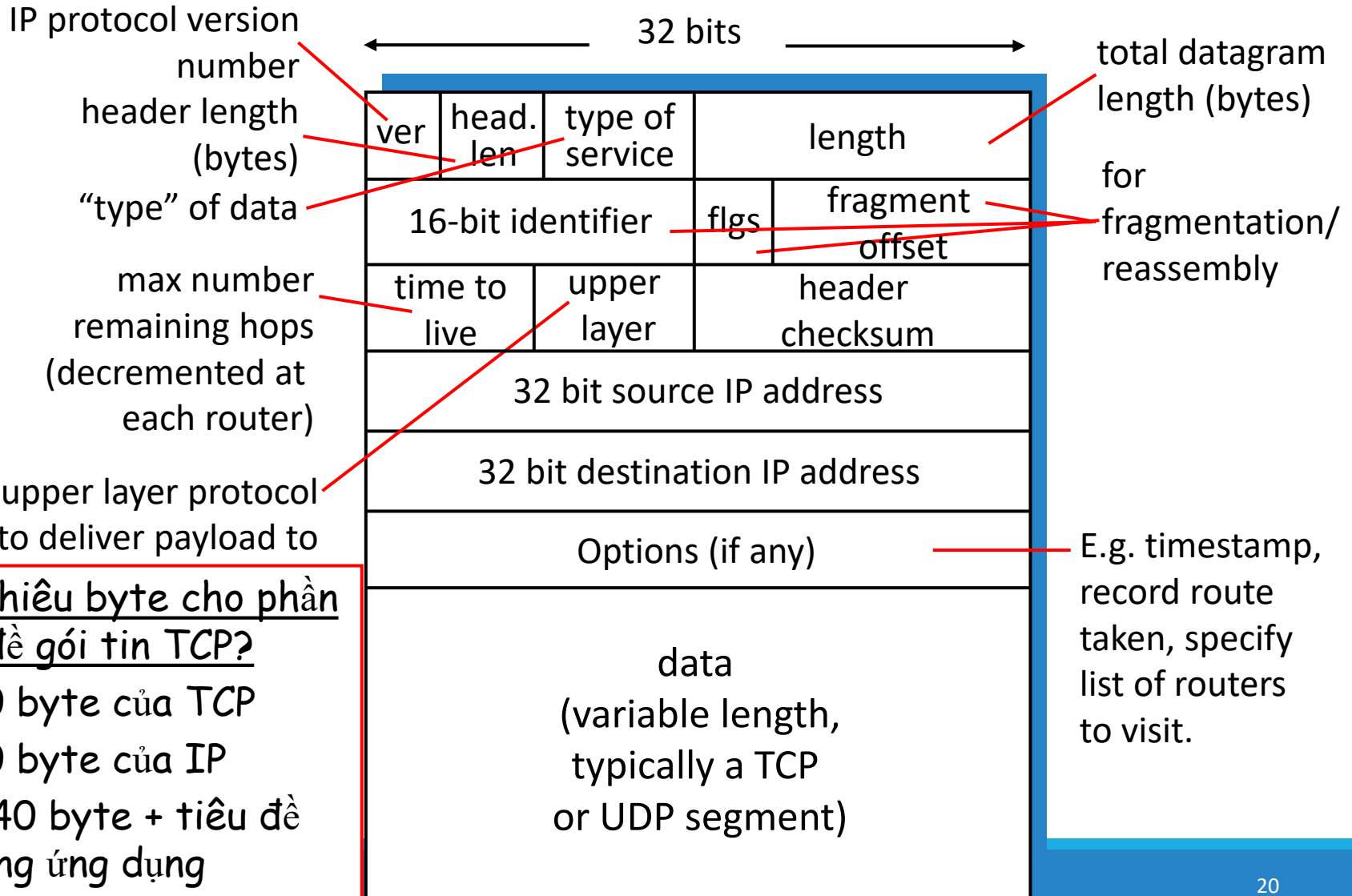
Internet Protocol

➤ Chức năng của tầng mạng tại router, host



Internet Protocol (tt)

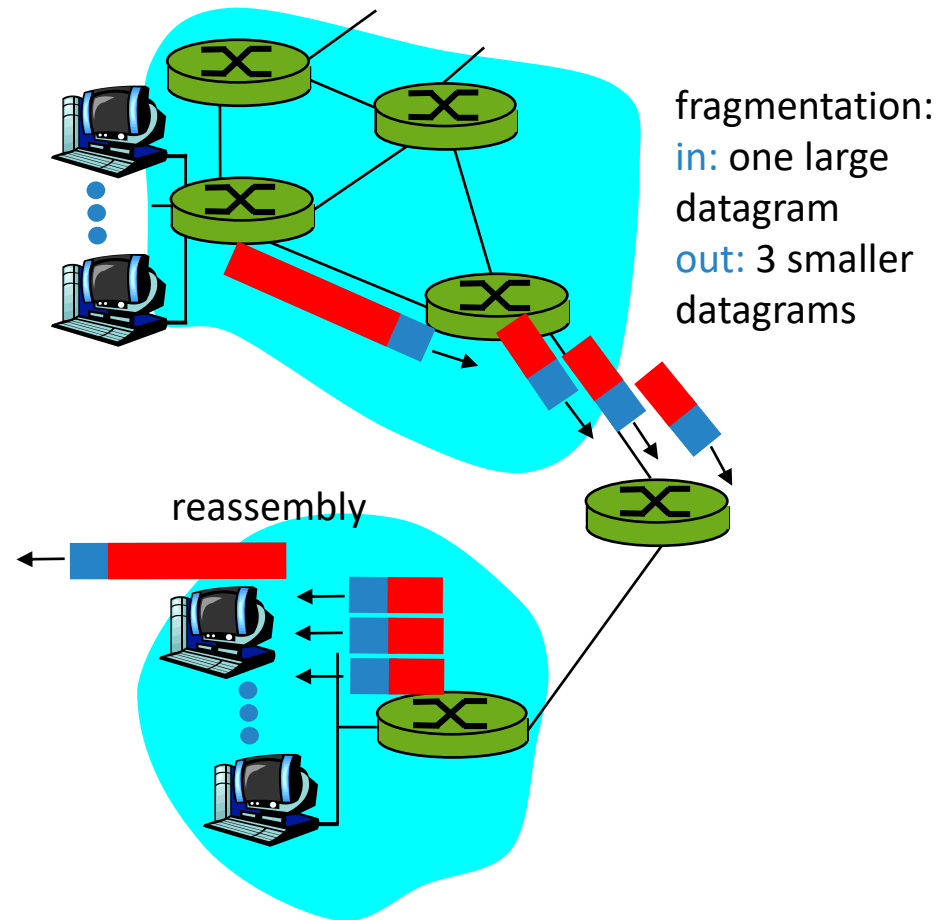
➤ Định dạng IP datagram



Internet Protocol (tt)

➤ Phân mảnh và tập hợp gói tin IP

- Các liên kết mạng có MTU (Max Transfer Size)
 - Các loại liên kết khác nhau sẽ có MTU khác nhau
- IP datagram lớn sẽ được chia nhỏ (“phân mảnh”) bên trong mạng
 - Một datagram sẽ được chia thành một số datagram
 - Chúng sẽ được “tập hợp lại” tại đích cuối cùng
 - Các bit trong tiêu đề IP được dùng để xác định thứ tự liên quan đến các mảnh



Internet Protocol (tt)

- Ví dụ:
 - 4000 byte datagram
 - MTU = 1500 bytes

	length	ID	fragflag	offset	
	=4000	=x	=0	=0	

Một datagram lớn được chia thành một số datagram nhỏ hơn

1480 bytes in
data field

offset =
 $1480/8$

	length	ID	fragflag	offset	
	=1500	=x	=1	=0	

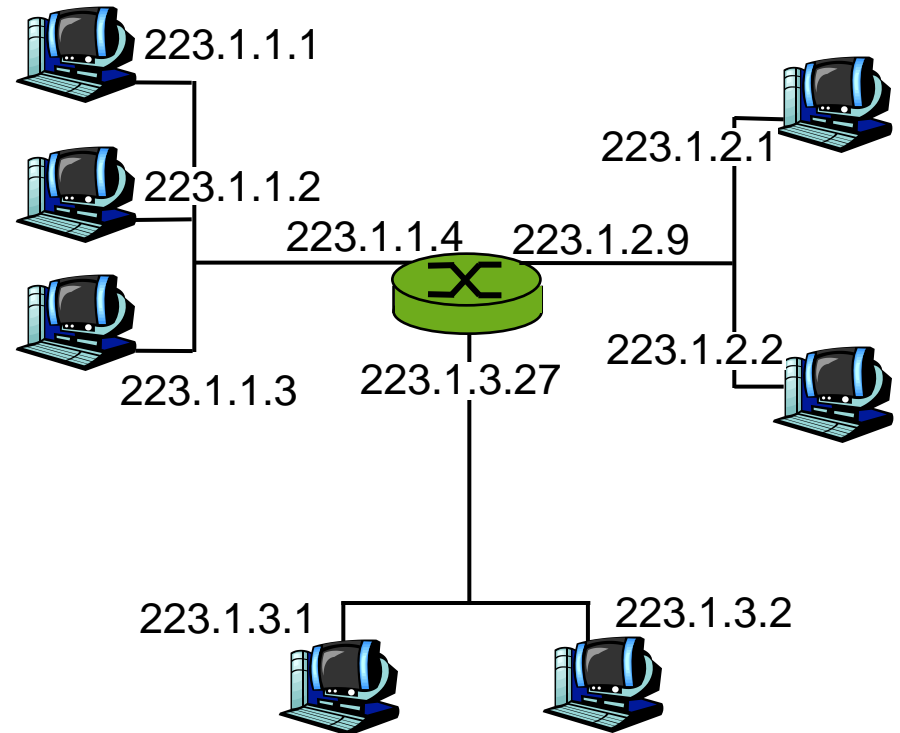
	length	ID	fragflag	offset	
	=1500	=x	=1	=185	

	length	ID	fragflag	offset	
	=1040	=x	=0	=370	

Internet Protocol (tt)

IPv4 - Internet Protocol version 4

- Địa chỉ IP: 32-bit định danh cho giao diện của host và router
- Giao diện (interface): kết nối giữa host/router với liên kết vật lý
 - Một router thường có nhiều giao diện
 - Một host có một hoặc hai giao diện (Ví dụ: Ethernet có dây, 802.11 không dây)
 - Địa chỉ IP được gắn với từng giao diện



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

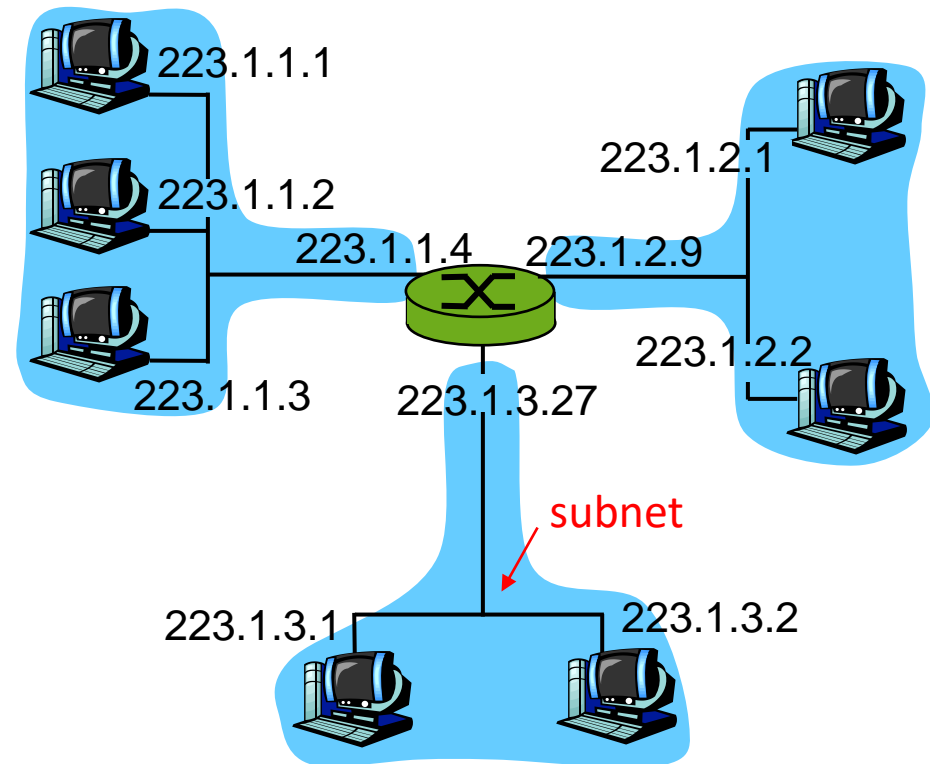
Internet Protocol (tt)

Địa chỉ IP

- Phần subnet – các bit cao (bên trái)
- Phần host – các bit thấp (bên phải)

Subnet (mạng con)

- Các giao diện của thiết bị có cùng phần subnet của địa chỉ IP
- Có thể tìm thấy nhau mà không cần sự can thiệp của router

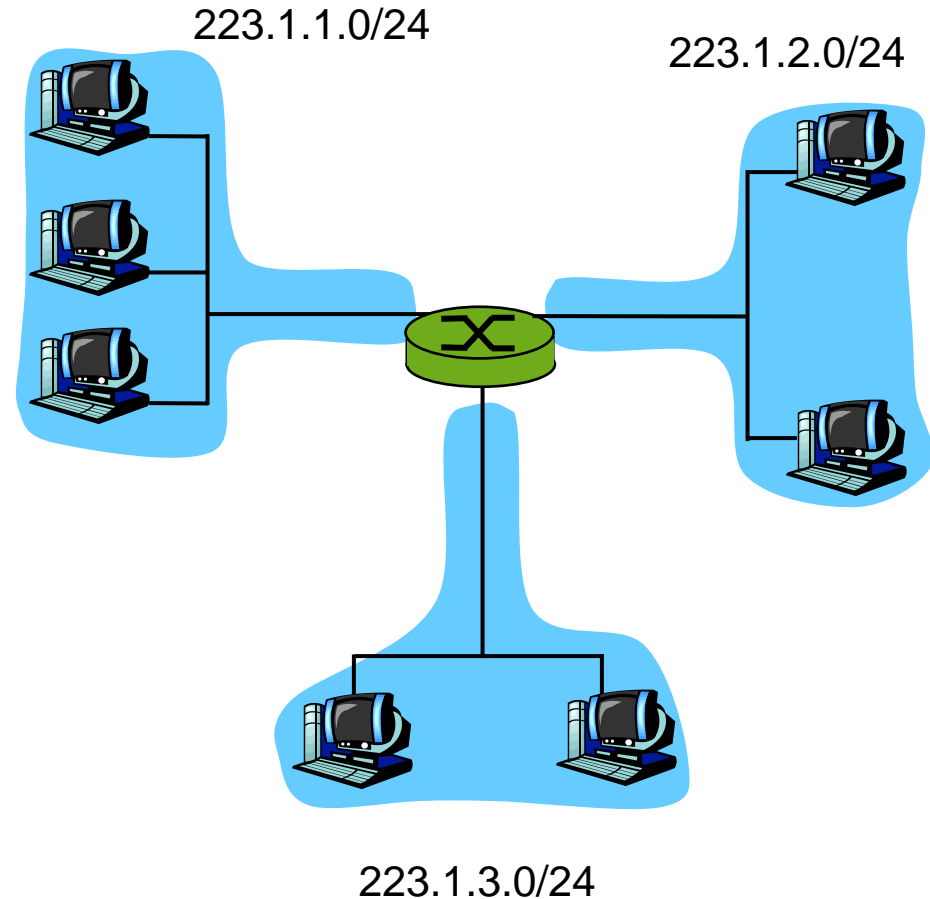


Mạng có 3 subnet

Internet Protocol (tt)

Phương pháp

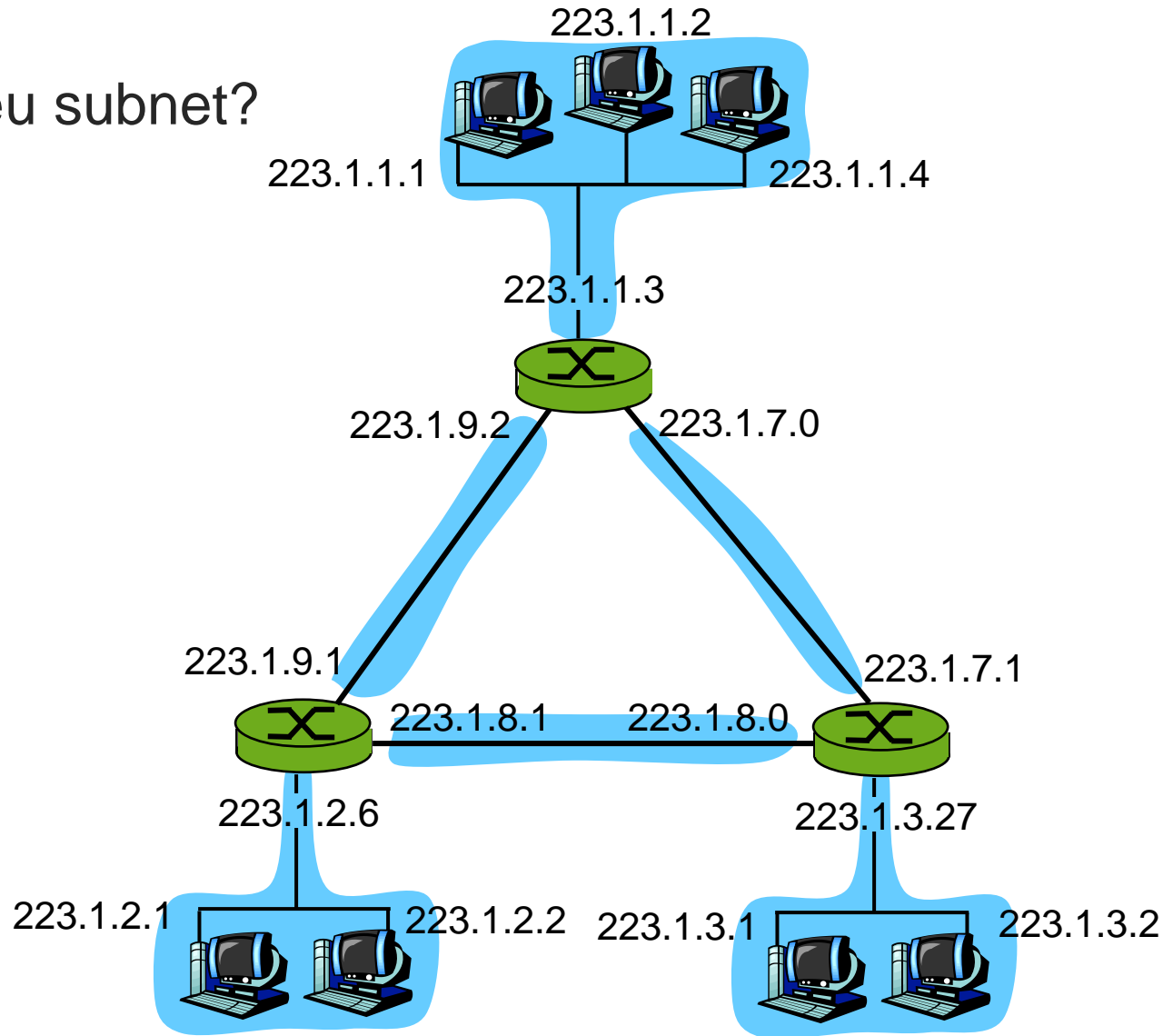
- Để xác định các subnet, tách mỗi giao diện từ host hoặc router, tạo thành các vùng mạng độc lập
- Mỗi vùng mạng độc lập được gọi là một subnet



Subnet mask: /24

Internet Protocol (tt)

➤ Có bao nhiêu subnet?



Internet Protocol (tt)

Định địa chỉ IP CIDR (Classless Inter Domain Routing)

- Phần địa chỉ của subnet có độ dài tùy ý
- Định dạng địa chỉ: **a.b.c.d/x**, với x là số bit trong phần subnet của địa chỉ



200.23.16.0/23

Internet Protocol (tt)

Làm thế nào để có được một địa chỉ IP?

➤ Mã hóa cứng trong một tập tin hệ thống

- Windows: Control Panel -> Network -> Configuration -> TCP/IP -> Properties
- UNIX: /etc/rc.config

➤ DHCP

- Tự động lấy địa chỉ IP từ server
- “plug-and-play”

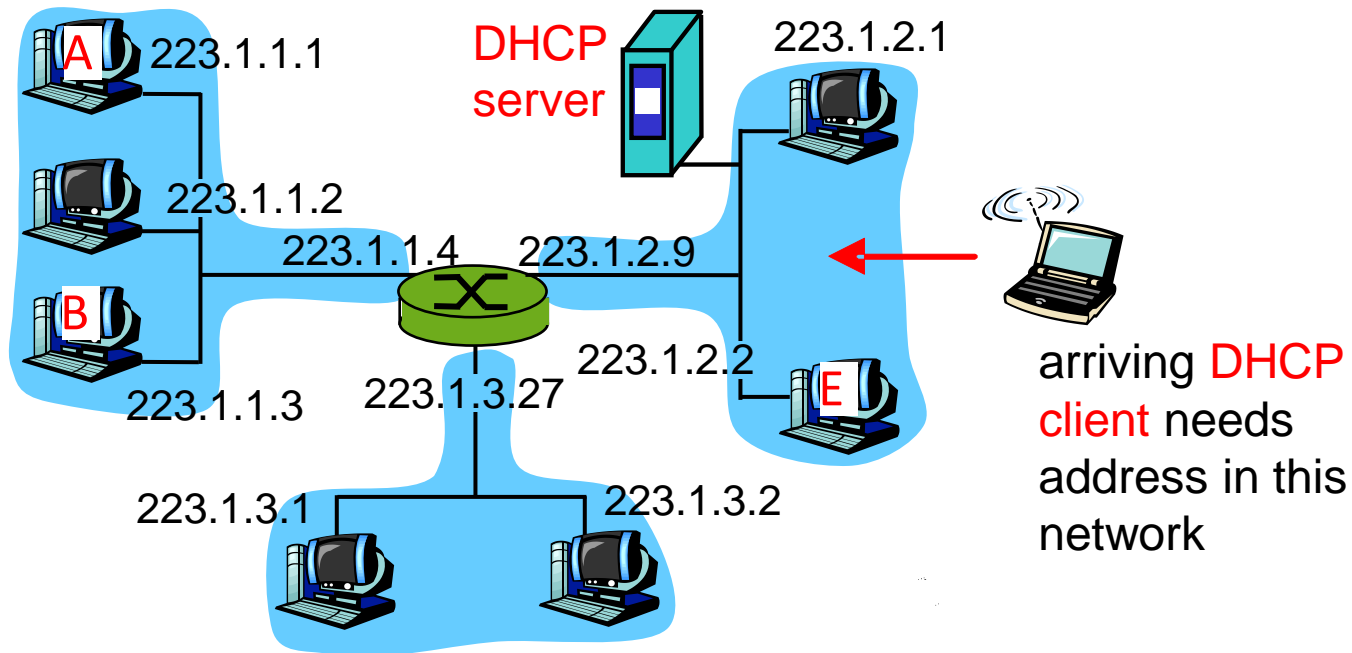
Internet Protocol (tt)

➤ DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol

- Mục đích: cho phép host có được địa chỉ IP một cách tự động từ server khi kết nối vào mạng
 - Có thể làm mới địa chỉ đang sử dụng
 - Cho phép dùng lại địa chỉ IP (chỉ giữ địa chỉ đang kết nối)
 - Hỗ trợ cho người dùng di động khi muốn kết nối vào mạng
- Khái quát DHCP:
 - Host gửi thông điệp quảng bá (broadcast) “*DHCP discover*”
 - DHCP server trả lời bằng thông điệp “*DHCP offer*”
 - Host yêu cầu địa chỉ IP bằng thông điệp “*DHCP request*”
 - DHCP server gửi địa chỉ bằng thông điệp “*DHCP ack*”

Internet Protocol (tt)

➤ Kịch bản DHCP client-server



Internet Protocol (tt)

DHCP server: 223.1.2.5

DHCP discover

src: 0.0.0.0, 68
dest.: 255.255.255.255, 67
yiaddr: 0.0.0.0
transaction ID: 654

arriving
client



DHCP offer

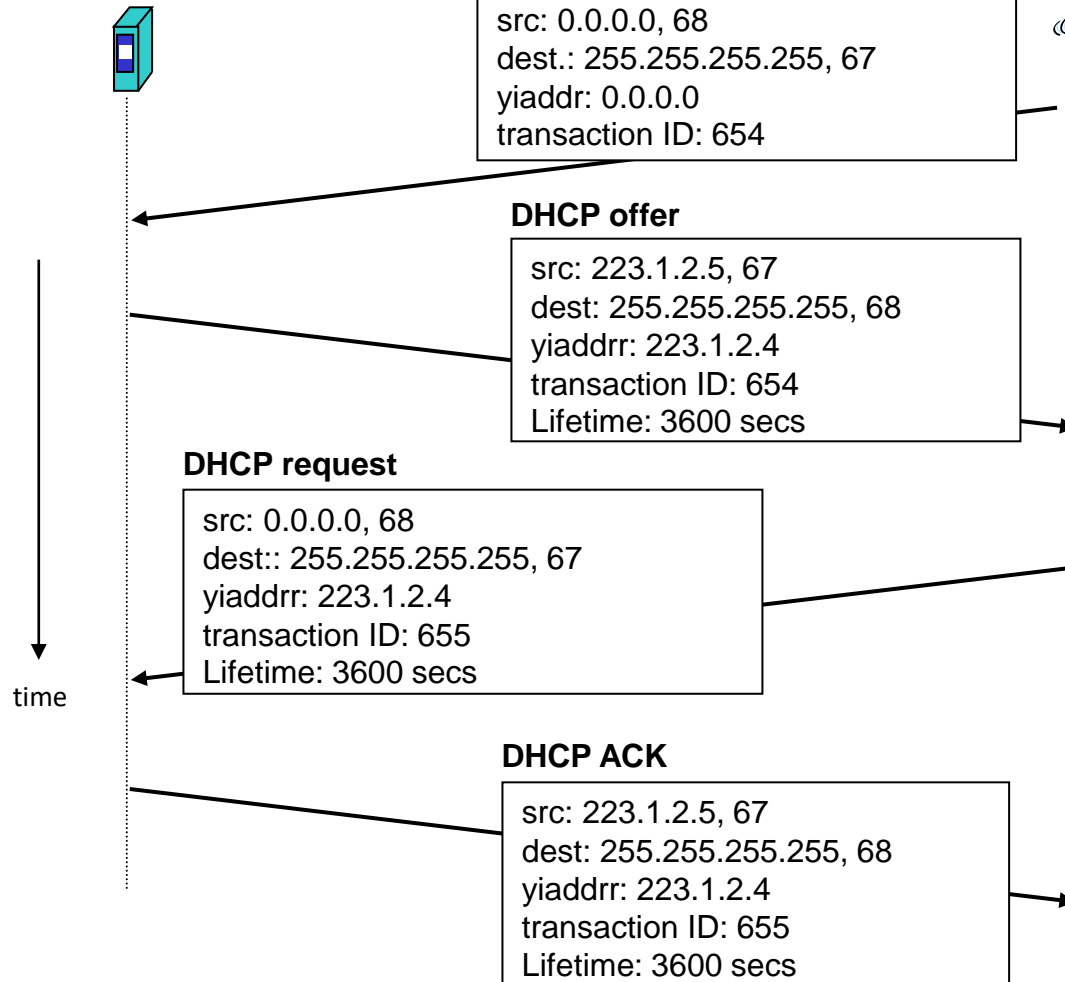
src: 223.1.2.5, 67
dest: 255.255.255.255, 68
yiaddr: 223.1.2.4
transaction ID: 654
Lifetime: 3600 secs

DHCP request

src: 0.0.0.0, 68
dest.: 255.255.255.255, 67
yiaddr: 223.1.2.4
transaction ID: 655
Lifetime: 3600 secs

DHCP ACK

src: 223.1.2.5, 67
dest: 255.255.255.255, 68
yiaddr: 223.1.2.4
transaction ID: 655
Lifetime: 3600 secs

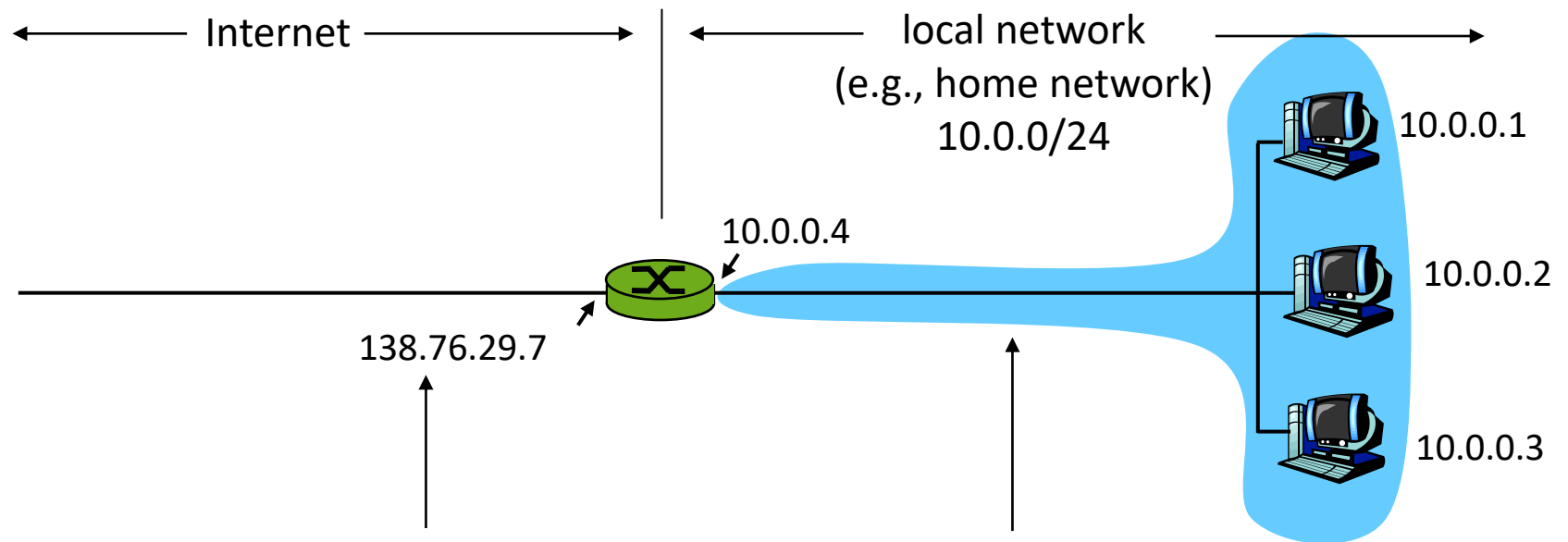


Internet Protocol (tt)

- Làm thế nào để mạng nội bộ có được địa chỉ IP public (dùng để kết nối internet)?
 - Lấy theo phần được phân bổ từ không gian địa chỉ của nhà cung cấp dịch vụ internet (ISP)
- Làm thế nào một ISP có thể lấy được khối địa chỉ IP?
 - ICANN: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
 - Phân bổ địa chỉ IP
 - Quản lý DNS
 - Gán các tên miền, giải quyết tranh chấp

Internet Protocol (tt)

NAT (Network Address Translation)



Tất cả các datagram đi ra khỏi mạng cục bộ đều có cùng địa chỉ IP NAT nguồn duy nhất là 138.76.29.7 với các số hiệu cổng nguồn khác nhau

Các datagram có địa chỉ nguồn và đích thuộc lớp mạng 10.0.0/24

Internet Protocol (tt)

➤ Lý do

Mạng cục bộ chỉ dùng một địa chỉ IP đối với hệ thống mạng bên ngoài:

- Không cần thiết sử dụng cả dãy địa chỉ từ một ISP: chỉ cần một địa chỉ cho tất cả các dịch vụ
- Có thể thay đổi địa chỉ của dịch vụ trong mạng cục bộ mà không cần thông báo với hệ thống mạng bên ngoài
- Có thể thay đổi ISP mà không cần thay đổi địa chỉ của các dịch vụ bên trong mạng cục bộ
- Hệ thống mạng bên ngoài không nhìn thấy, cũng không biết được địa chỉ rõ ràng của các thiết bị bên trong mạng cục bộ (tăng tính bảo mật)

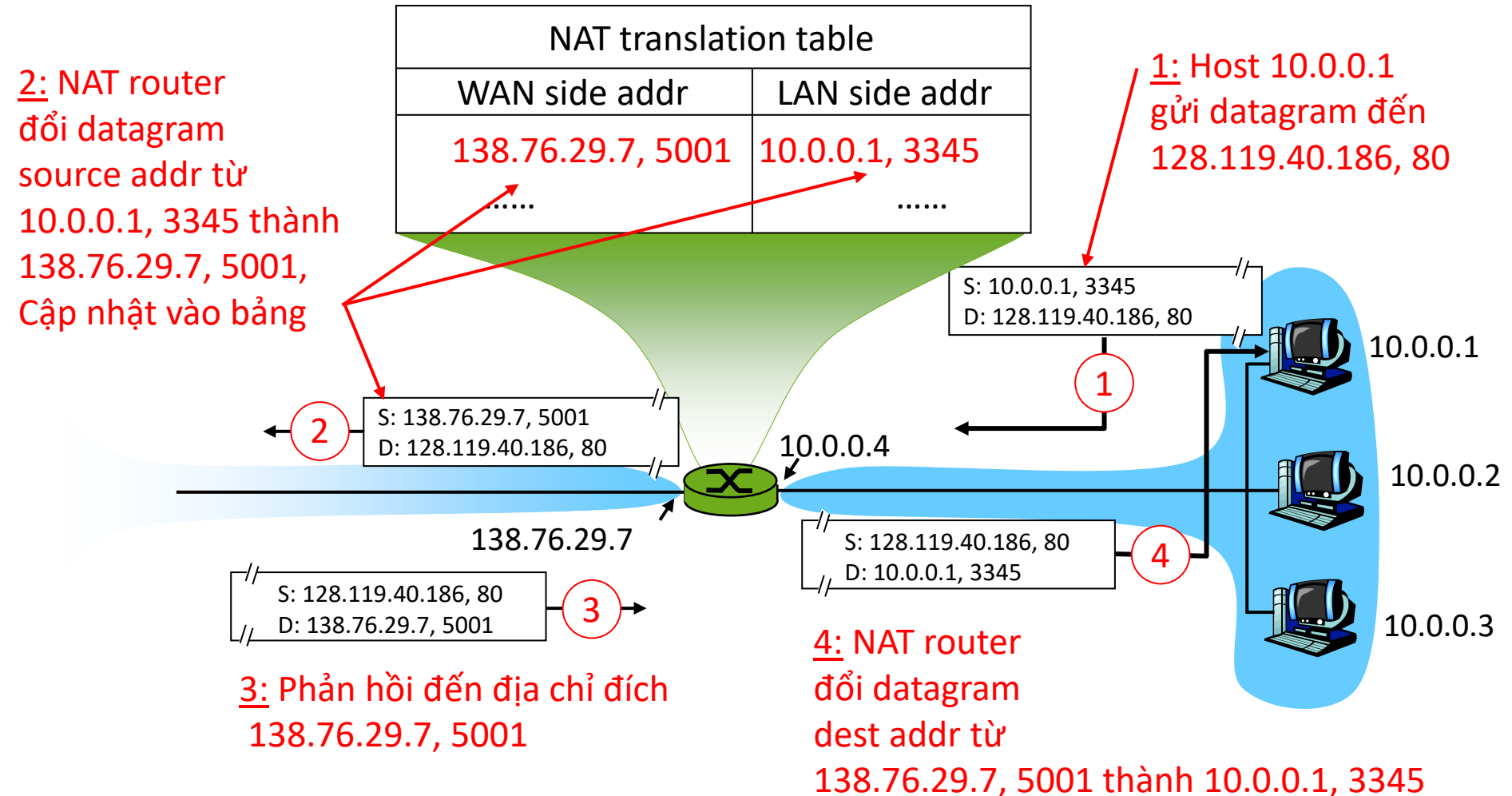
Internet Protocol (tt)

➤ Cài đặt

Router phải:

- Các datagram đi ra: thay thế địa chỉ IP nguồn, số cổng của mỗi datagram đi ra ngoài thành địa chỉ IP NAT, số cổng mới. Các client/server ở xa sẽ dùng địa chỉ IP NAT, số cổng mới như là địa chỉ đích
- Ghi nhớ (trong bảng chuyển đổi NAT) mọi cặp chuyển đổi (địa chỉ IP nguồn, số cổng thành địa chỉ IP NAT, số cổng mới)
- Các datagram đi đến: thay thế địa chỉ IP NAT, số cổng mới trong trường địa chỉ đích của mọi datagram đi đến thành địa chỉ IP nguồn, số cổng tương ứng được lưu trong bảng NAT

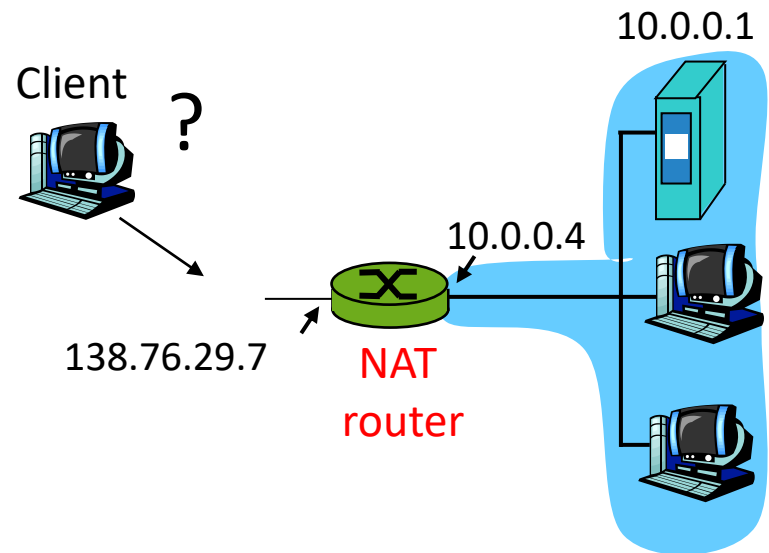
Internet Protocol (tt)



Internet Protocol (tt)

➤ Vấn đề đi qua NAT

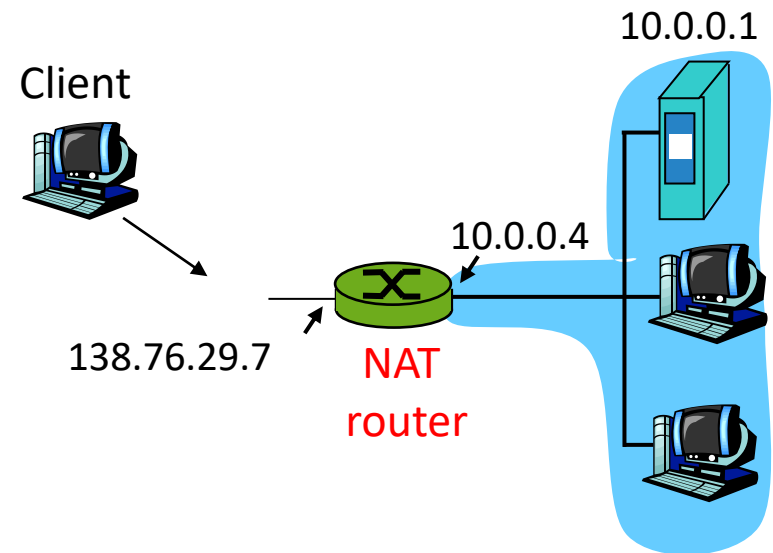
- Client muốn kết nối đến server có địa chỉ 10.0.0.1
 - Địa chỉ 10.0.0.1 của server được đặt trong mạng LAN (client không thể sử dụng địa chỉ này là địa chỉ đích)
 - Từ bên ngoài, client chỉ nhìn thấy địa chỉ NAT là 138.76.29.7



Internet Protocol (tt)

■ Giải pháp 1:

- Cấu hình NAT tĩnh để chuyển tiếp các yêu cầu kết nối đến tới cổng đã xác định của server
- Ví dụ: (138.76.29.7, cổng 2500) sẽ luôn được chuyển tiếp tới (10.0.0.1, cổng 25000)

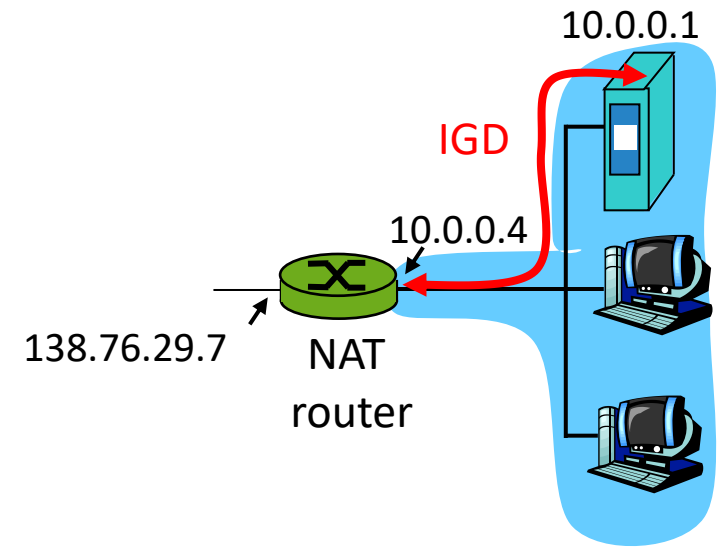


Internet Protocol (tt)

- *Giải pháp 2:*

Sử dụng giao thức Universal Plug and Play (UPnP) Internet Gateway Device (IGD), cho phép NAT:

- Ghi nhớ địa chỉ IP công khai (138.76.29.7)
- Thêm/xóa các ánh xạ cổng (trong khoảng thời gian cho phép)

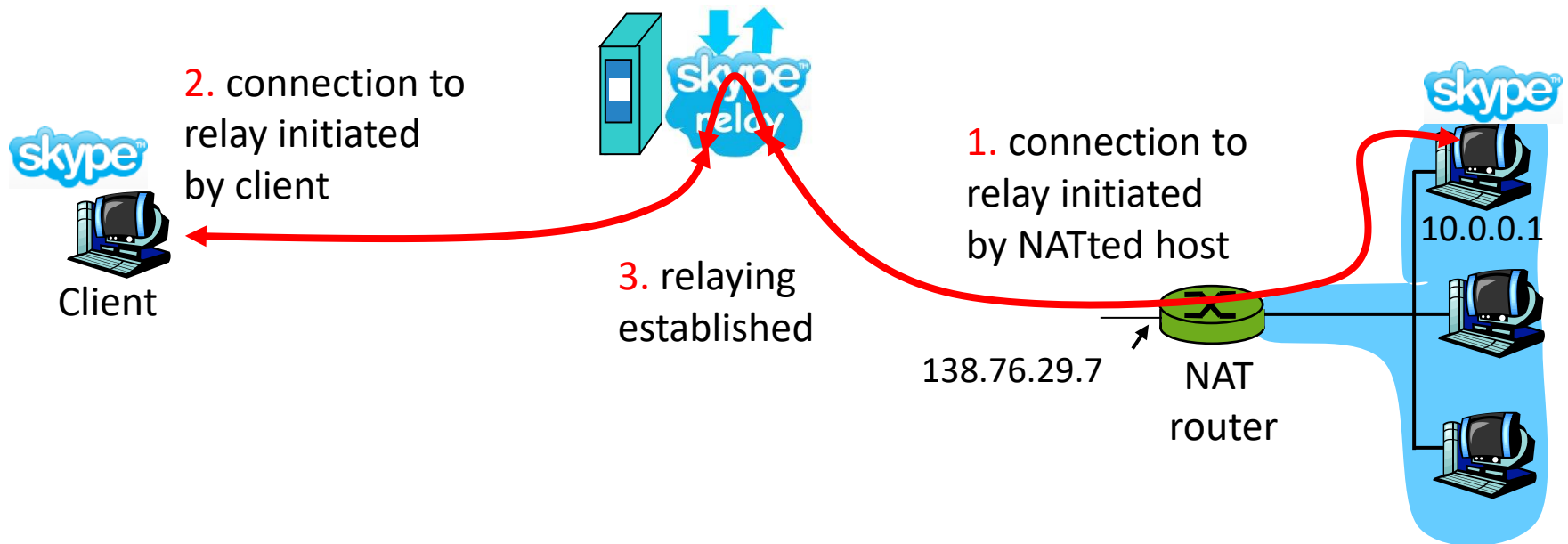


Internet Protocol (tt)

■ Giải pháp 3:

Chuyển tiếp (relaying) được sử dụng trong Skype

- Client NAT thiết lập kết nối đến relay
- Client bên ngoài kết nối đến relay
- Relay chuyển tiếp gói tin giữa các kết nối



Internet Protocol (tt)

ICMP (Internet Control Message Protocol)

- Được sử dụng bởi host và router để truyền thông tin tầng mạng

- Báo cáo lỗi: không tìm được host, cổng, giao thức...
- Phản hồi yêu cầu (được dùng bởi ping)

- Thông điệp ICMP được mang trong các IP datagram

- Thông điệp ICMP: type, code và 8 byte đầu tiên của IP datagram mô tả nguyên nhân lỗi

<u>Type</u>	<u>Code</u>	<u>Description</u>
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest. network unreachable
3	1	dest host unreachable
3	2	dest protocol unreachable
3	3	dest port unreachable
3	6	dest network unknown
3	7	dest host unknown
4	0	source quench (congestion control - not used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

Internet Protocol (tt)

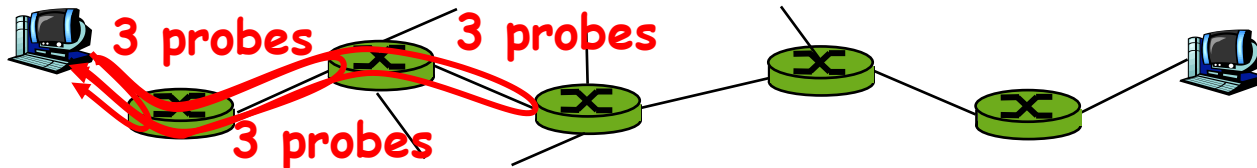
Traceroute và ICMP

- Phía nguồn gửi một chuỗi UDP segment đến đích
 - Segment đầu tiên được thiết lập TTL = 1
 - Segment thứ 2 TTL = 2
 - ...
- Khi datagram thứ n tới router n
 - Router bỏ qua các datagram
 - Gửi đến nguồn thông điệp ICMP (type 11, code 0)
 - Thông điệp ICMP có chứa tên và địa chỉ IP của router
 - Khi thông điệp ICMP đến, nguồn tính toán các RTT
 - Traceroute được thực hiện 3 lần

Internet Protocol (tt)

➤ Điều kiện dừng

- UDP segment cuối cùng đến được host đích
- Đích trả lại thông điệp ICMP “port unreachable” (type 3, code 3)
- Nguồn dừng lại

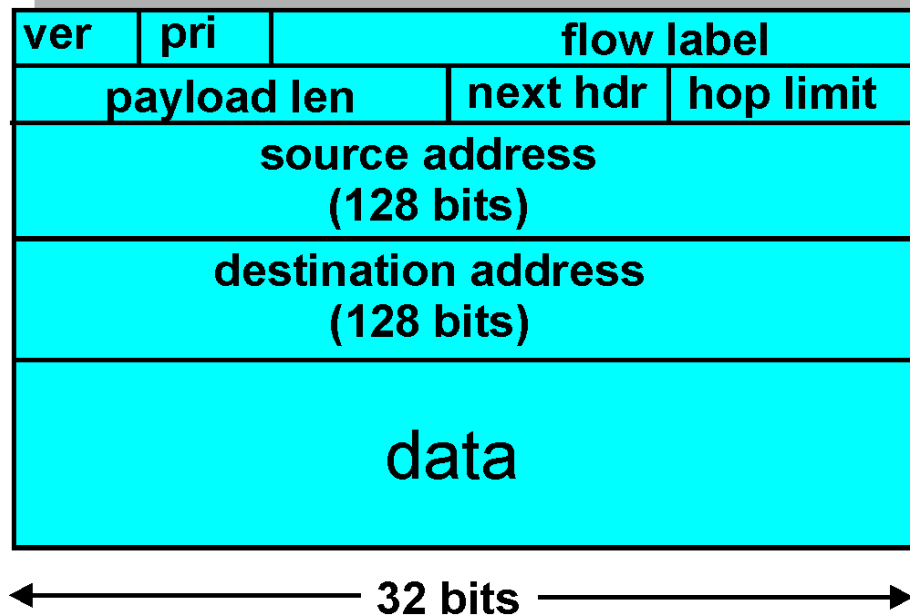


Internet Protocol (tt)

IPv6

- Động lực thúc đẩy ban đầu: không gian địa chỉ 32-bit sắp được cấp phát hết
- Động lực bổ sung:
 - Định dạng tiêu đề (header) giúp tăng tốc độ xử lý/chuyển tiếp
 - Tiêu đề thay đổi giúp tạo điều kiện cho QoS
- Định dạng IPv6 datagram:
 - Phần tiêu đề có chiều dài cố định 40 byte
 - Không cho phép phân mảnh gói tin

Internet Protocol (tt)



- Priority (ưu tiên): xác định ưu tiên giữa các datagram trong luồng
- Flow Label (nhãn luồng): xác định các datagram trong cùng một luồng
- Next header: xác định giao thức tầng cao hơn cho dữ liệu

Internet Protocol (tt)

➤ Những thay đổi của IPv6 so với IPv4

- Checksum: bỏ hoàn toàn, nhằm giảm thời gian xử lý tại mỗi hop
- Options: được phép, nhưng nằm ngoài phần tiêu đề, được xác định trong trường “Next Header”
- ICMPv6: phiên bản mới của ICMP
 - Bổ sung thêm loại thông điệp, ví dụ: “Packet Too Big”
 - Các chức năng quản lý nhóm multicast

Internet Protocol (tt)

➤ Chuyển đổi từ IPv4 sang IPv6

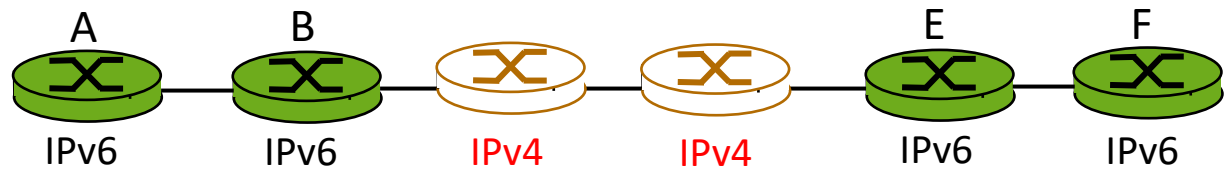
- Không phải tất cả các router đều có thể được nâng cấp đồng thời
 - Không có ngày dành riêng cho việc chuyển đổi (flag days)
 - Mạng sẽ hoạt động như thế nào với việc sử dụng đồng thời các router IPv4 và IPv6?
- *Tunneling* (đường hầm): IPv6 datagram được mang trong phần payload IPv4 datagram giữa các router IPv4

Internet Protocol (tt)

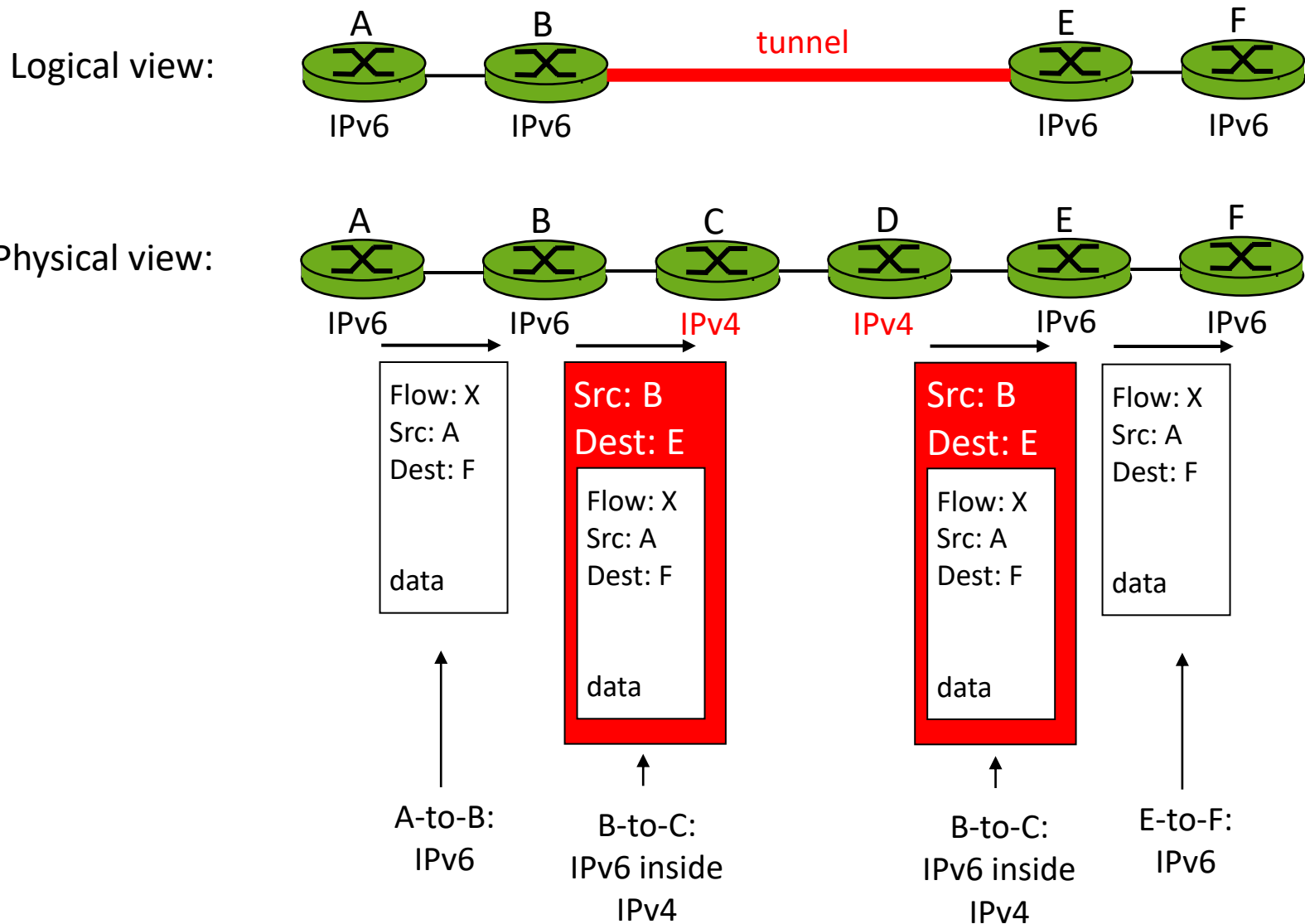
Logical view:



Physical view:



Internet Protocol (tt)



Tầng mạng

4.1. Tổng quan

4.2. Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói

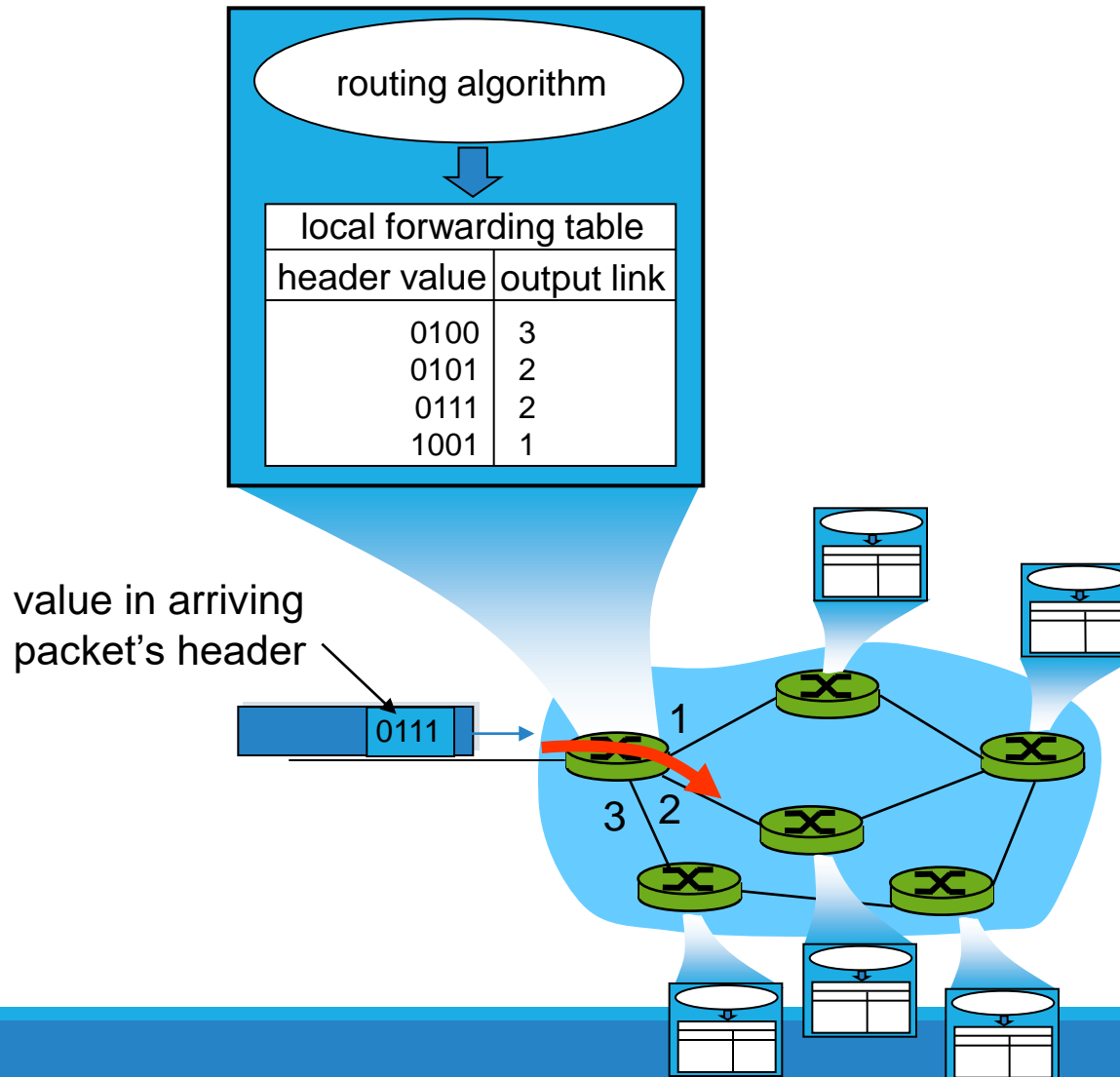
4.3. IP - Internet Protocol

4.4. Các giải thuật định tuyến

4.5. Định tuyến trong Internet

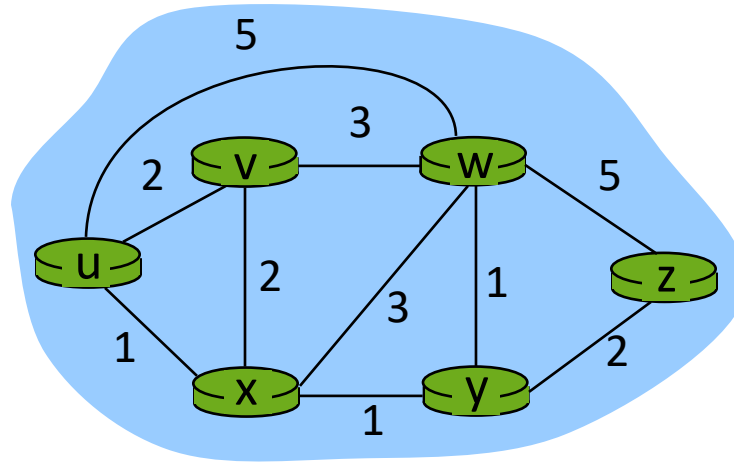
Các giải thuật định tuyến

- Tác động qua lại giữa định tuyến và chuyển tiếp



Các giải thuật định tuyến (tt)

Mô hình đồ thị



➤ Đồ thị: $G = (N, E)$

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

Chú ý: mô hình đồ thị cũng được dùng trong các ngữ cảnh mạng khác, như P2P, trong đó N là tập các peer và E là tập các kết nối TCP.

Các giải thuật định tuyến (tt)

➤ Chi phí:

- $c(x, x') =$ chi phí của kết nối (x, x')
 - ví dụ: $c(w, z) = 5$
- Chi phí có thể luôn bằng 1, hoặc có thể liên quan đến băng thông, hoặc liên quan đến tắc nghẽn
- Chi phí của đường đi $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_p) = c(x_1, x_2) + c(x_2, x_3) + \dots + c(x_{p-1}, x_p)$

Các giải thuật định tuyến (tt)

Phân loại giải thuật định tuyến

➤ Tập trung (Global)

- Tất cả các router đều có đầy đủ thông tin về cấu trúc mạng và chi phí của các liên kết
- Giải thuật “Link State”

➤ Không tập trung (Decentralized)

- Router biết về các láng giềng có kết nối vật lý với nó và chi phí liên kết tới các láng giềng này
- Lặp lại quá trình tính toán, trao đổi thông tin với các láng giềng
- Giải thuật “Distance Vector”

➤ Tĩnh (Static)

- Việc định tuyến thay đổi chậm theo thời gian

➤ Động (Dynamic)

- Việc định tuyến thay đổi nhanh hơn
 - Cập nhật định kỳ
 - Phản ứng với những thay đổi chi phí liên kết

Các giải thuật định tuyến (tt)

➤ Giải thuật Dijkstra (thuộc nhóm Link State)

- Tất cả các nút đều biết được cấu trúc mạng và chi phí của các liên kết trên mạng
 - Được thực hiện bằng cách “quảng bá trạng thái liên kết”
 - Tất cả các nút có thông tin giống nhau
- Tính toán chi phí thấp nhất cho đường đi từ một nút (“nguồn”) đến tất cả các nút khác
 - Lưu vào bảng chuyển tiếp của nút đó
- Lặp: sau k lần duyệt, sẽ biết được chi phí thấp nhất tới k đích

Các giải thuật định tuyến (tt)

- Ký hiệu:
 - $c(x,y)$: chi phí liên kết từ nút x tới y ; $= \infty$ nếu không có kết nối trực tiếp
 - $D(v)$: giá trị hiện tại của chi phí đường đi từ nguồn đến đích
 - $p(v)$: nút trước nằm trên đường đi từ nguồn đến v
 - N' : tập các nút mà chi phí đường đi thấp nhất đã được xác định

Các giải thuật định tuyến (tt)

1 **Khởi tạo:**

2 $N' = \{u\}$

3 for tất cả các nút v

4 if v là kề với u

5 then $D(v) = c(u,v)$

6 else $D(v) = \infty$

7

8 **Loop**

9 tìm w không thuộc N' mà $D(w)$ là nhỏ nhất

10 thêm w vào N'

11 cập nhật $D(v)$ cho tất cả v kề với w và không thuộc N' :

12 $D(v) = \min(D(v), D(w) + c(w,v))$

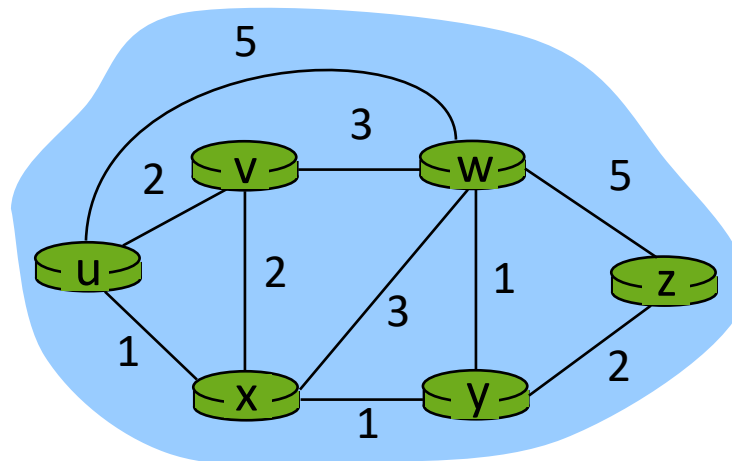
13 /* chi phí mới đến v chính là chi phí cũ đến v hoặc chi phí

14 nhỏ nhất đến w cộng với chi phí từ w đến v */

15 **cho đến khi tất cả các nút nằm trong N'**

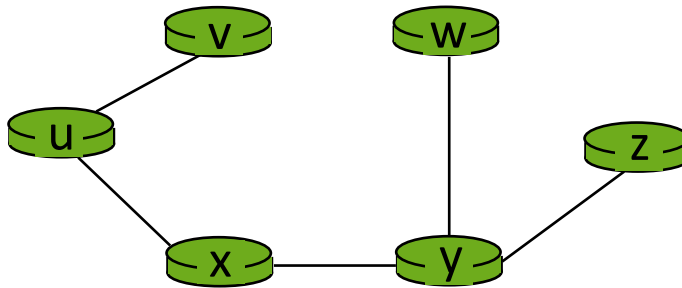
Các giải thuật định tuyến (tt)

Step	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					



Các giải thuật định tuyến (tt)

- Kết quả cây đường đi ngắn nhất từ u:



- Kết quả bảng chuyển tiếp tại u:

destination	link
v	(u,v)
x	(u,x)
y	(u,x)
w	(u,x)
z	(u,x)

Các giải thuật định tuyến (tt)

- Độ phức tạp của giải thuật: với n nút
 - Mỗi lần duyệt: cần kiểm tra lại tất cả các nút w không thuộc N
 - $n(n+1)/2$ phép so sánh: $O(n^2)$
 - Có thể cài đặt hiệu quả hơn: $O(n \log n)$

Các giải thuật định tuyến (tt)

➤ Giải thuật Distance Vector

- Công thức Bellman-Ford

$d_x(y)$ là chi phí thấp nhất đường đi từ x đến y

$$d_x(y) = \min \{ c(x,v) + d_v(y) \}$$

Trong đó:

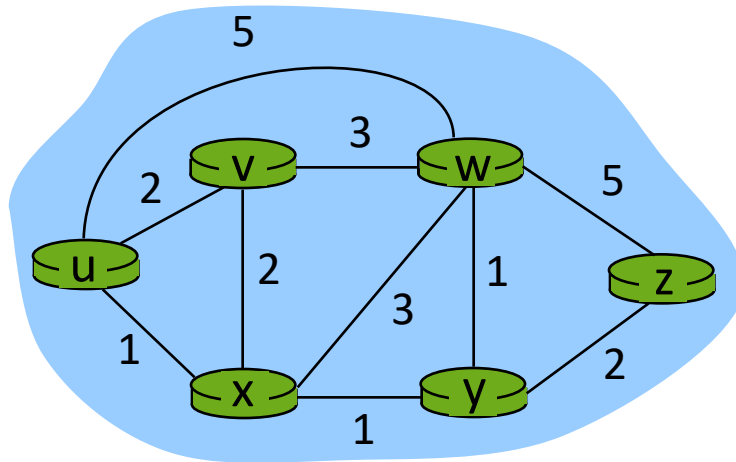
- min được tính trên tất cả các lân cận v của x
- $c(x,v)$: chi phí tới lân cận v
- $d_v(y)$: chi phí từ lân cận v tới đích y

Các giải thuật định tuyến (tt)

- Ví dụ Bellman-Ford

- Cho $d_v(z) = 5$, $d_x(z) = 3$, $d_w(z) = 3$

- Áp dụng công thức B-F: $d_u(z) = \min \{ c(u,v) + d_v(z), c(u,x) + d_x(z), c(u,w) + d_w(z) \}$



$$= \min \{ 2 + 5, 1 + 3, 5 + 3 \} = 4$$

- Giá trị nhỏ nhất đạt được của nút là hop kế tiếp trong đường đi ngắn nhất, được dùng trong bảng chuyển tiếp

Các giải thuật định tuyến (tt)

- $D_x(y)$: ước lượng chi phí thấp nhất từ x đến y
- Nút x biết chi phí đến mỗi nút lân cận v : $c(x,v)$
- Nút x duy trì véc-tơ khoảng cách $\mathbf{D}_x = [D_x(y): y \in N]$
- Nút x cũng duy trì véc-tơ khoảng cách của các nút lân cận của nó (v là lân cận của x) $\mathbf{D}_v = [D_v(y): y \in N]$

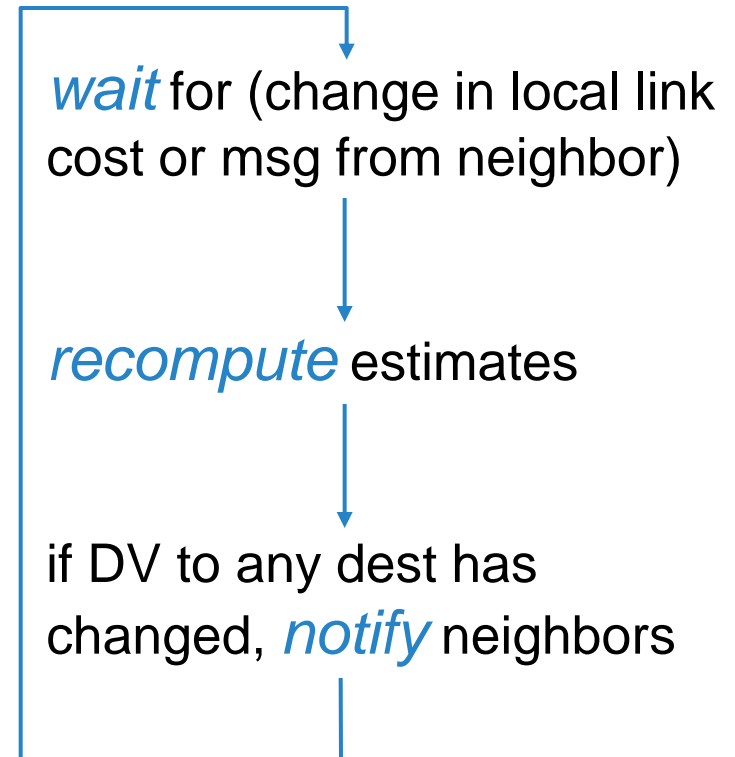
Các giải thuật định tuyến (tt)

- Ý tưởng chính:
 - Mỗi nút định kỳ gửi ước lượng véc-tơ khoảng cách của nó đến các nút lân cận
 - Khi x nhận được ước lượng DV mới từ nút lân cận, nó sẽ cập nhật DV của nó bằng cách dùng công thức B-F:
$$D_x(y) \leftarrow \min_v \{c(x,v) + D_v(y)\} \text{ for each node } y \in N$$
 - Dưới các điều kiện tự nhiên, ước lượng $D_x(y)$ sẽ hội tụ về giá trị chi phí thấp nhất thực tế $d_x(y)$

Các giải thuật định tuyến (tt)

- Lặp, không đồng bộ:
Mỗi lần lặp cục bộ có nguyên nhân từ
 - Thay đổi chi phí liên kết cục bộ
 - Thông báo cập nhật DV từ nút lân cận
- Phân phối:
Mỗi nút chỉ thông báo đến các nút lân cận khi DV của nó thay đổi
 - Các lân cận sau đó sẽ thông báo đến các lân cận khác của nó nếu cần

Mỗi nút:



$$D_x(y) = \min\{c(x,y) + D_y(y), c(x,z) + D_z(y)\}$$

$$= \min\{2+0, 7+1\} = 2$$

$$D_x(z) = \min\{c(x,y) + D_y(z), c(x,z) + D_z(z)\}$$

$$= \min\{2+1, 7+0\} = 3$$

node x table

		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	7
	y	∞	∞	∞
	z	∞	∞	∞

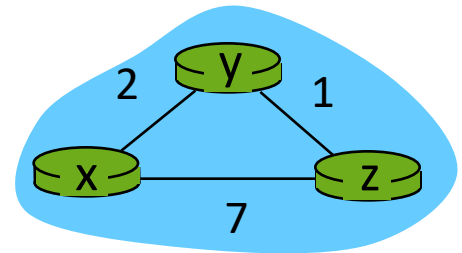
node y table

		cost to		
		x	y	z
from	x	∞	∞	∞
	y	2	0	1
	z	∞	∞	∞

node z table

		cost to		
		x	y	z
from	x	∞	∞	∞
	y	∞	∞	∞
	z	7	1	0

		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	3
	y	2	0	1
	z	7	1	0



time

$$D_x(y) = \min\{c(x,y) + D_y(y), c(x,z) + D_z(y)\}$$

$$= \min\{2+0, 7+1\} = 2$$

$$D_x(z) = \min\{c(x,y) + D_y(z), c(x,z) + D_z(z)\}$$

$$= \min\{2+1, 7+0\} = 3$$

node x table

		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	7
	y	∞	∞	∞
	z	∞	∞	∞

node y table

		cost to		
		x	y	z
from	x	∞	∞	∞
	y	2	0	1
	z	∞	∞	∞

node z table

		cost to		
		x	y	z
from	x	∞	∞	∞
	y	∞	∞	∞
	z	7	1	0

		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	3
	y	2	0	1
	z	7	1	0

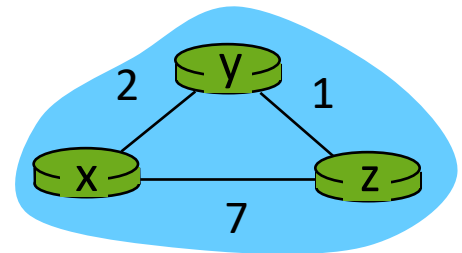
		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	7
	y	2	0	1
	z	7	1	0

		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	7
	y	2	0	1
	z	3	1	0

		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	3
	y	2	0	1
	z	3	1	0

		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	3
	y	2	0	1
	z	3	1	0

		cost to		
		x	y	z
from	x	0	2	3
	y	2	0	1
	z	3	1	0

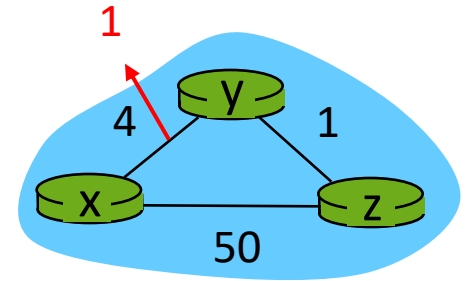


time →

Các giải thuật định tuyến (tt)

- Chi phí kết nối thay đổi:

- Nút kiểm tra thay đổi chi phí kết nối cục bộ
- Cập nhật thông tin tìm đường, tính toán lại véc-tơ khoảng cách
- Nếu DV thay đổi, thông báo đến các lân cận

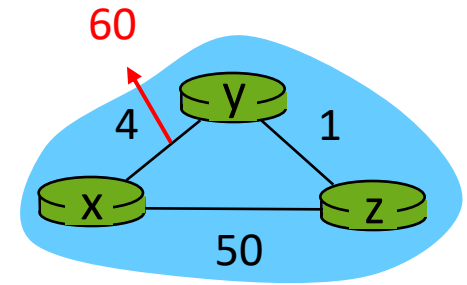


- t_0 : y kiểm tra thay đổi chi phí kết nối, cập nhật lại DV của nó, và thông báo cho các lân cận
- t_1 : z nhận thông tin cập nhật từ y, cập nhật lại bảng của nó, tính toán chi phí thấp nhất mới tới x, và gửi DV của nó tới các lân cận
- t_2 : y nhận cập nhật của z, cập nhật lại bảng khoảng cách của nó. Chi phí thấp nhất của y không thay đổi, nên y không cần gửi thông báo tới z

“thông tin
tốt truyền
đi nhanh”

Các giải thuật định tuyến (tt)

- “Tin tốt truyền đi nhanh” (good news travels fast)
- Tin xấu truyền đi chậm (bad news travels slow) – vấn đề “đếm vô hạn” (count to infinity)
- 44 lần duyệt trước khi thuật toán ổn định



Poisoned reverse

- Nếu Z định tuyến qua Y để đến X
 - Z thông báo cho Y khoảng cách (của Z) tới X là vô cực (để Y không đi đến X qua Z)
- Sẽ giải quyết triệt để vấn đề đếm vô hạn?

Các giải thuật định tuyến (tt)

So sánh giải thuật LS và DV

➤ Độ phức tạp của thông điệp

- LS: với n nút, E liên kết, $O(nE)$ thông báo được gửi đi
- DV: chỉ trao đổi giữa các nút lân cận
 - Thời gian hội tụ thay đổi

➤ Tốc độ hội tụ (convergence)

- LS: thuật toán $O(n^2)$ yêu cầu $O(nE)$ thông điệp
 - Có thể có dao động
- DV: thời gian hội tụ thay đổi
 - Có thể lặp định tuyến
 - Vấn đề đếm vô hạn

Các giải thuật định tuyến (tt)

➤ Sự linh hoạt (Robustness)

Điều gì sẽ xảy ra nếu router hoạt động sai chức năng?

■ LS:

- Nút có thể thông báo chi phí *kết nối* không chính xác
- Mỗi nút chỉ tính toán bảng riêng của nó

■ DV:

- Nút có thể thông báo chi phí *đường đi* không chính xác
- Mỗi bảng của nút được dùng bởi các nút khác
 - Lỗi lan truyền thông qua mạng

Các giải thuật định tuyến (tt)

➤ Định tuyến phân cấp (Hierarchical Routing)

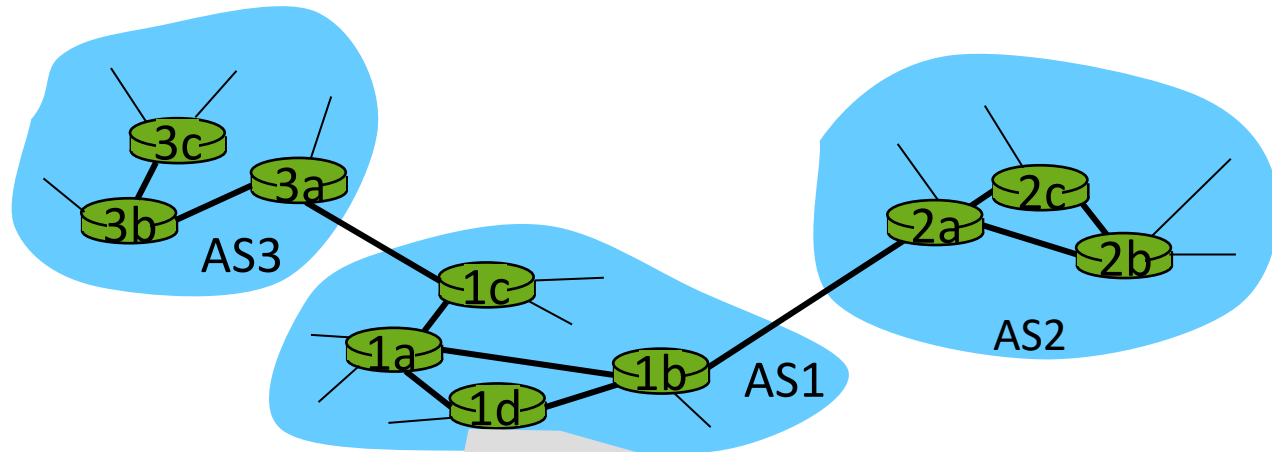
- Những vấn đề định tuyến được tìm hiểu cho đến lúc này là với môi trường lý tưởng hóa
 - Tất cả các bộ định tuyến là đồng nhất
 - Mạng “phẳng” (không phân cấp)
... không đúng trong thực tế
- Quy mô 600 triệu đích (destination)
 - Không thể lưu tất cả các đích trong các bảng định tuyến!
 - Việc trao đổi bảng định tuyến sẽ làm tràn các liên kết!
- Vấn đề tự quản:
 - Internet = mạng của các mạng
 - Mỗi nhà quản trị mạng có thể điều hành định tuyến riêng trong mạng của họ

Các giải thuật định tuyến (tt)

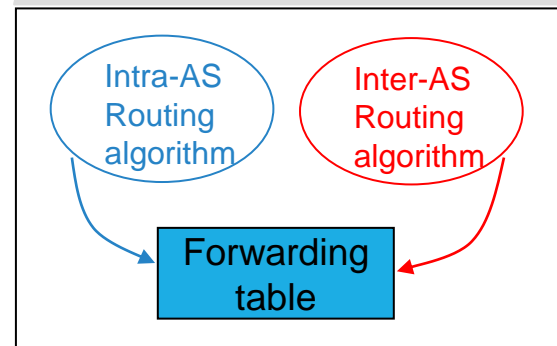
- Các router được tập hợp lại thành các vùng, “hệ thống tự trị” (Autonomous Systems - **AS**)
- Các router trong cùng AS sẽ chạy cùng giao thức định tuyến
 - Giao thức định tuyến “nội vùng-AS” (**intra-AS**)
 - Các router trong các AS khác nhau có thể chạy các giao thức định tuyến intra-AS khác nhau
- Gateway router:
 - Tại “biên” AS của nó
 - Có liên kết đến router trong AS khác

Các giải thuật định tuyến (tt)

- Kết nối các AS:
 - Bảng chuyển tiếp được cấu hình bởi cả giải thuật định tuyến intra-AS và inter-AS



- intra-AS thiết lập lối vào (entry) cho các đích nội mạng
- inter-AS & intra-AS thiết lập lối vào cho các đích ngoại mạng

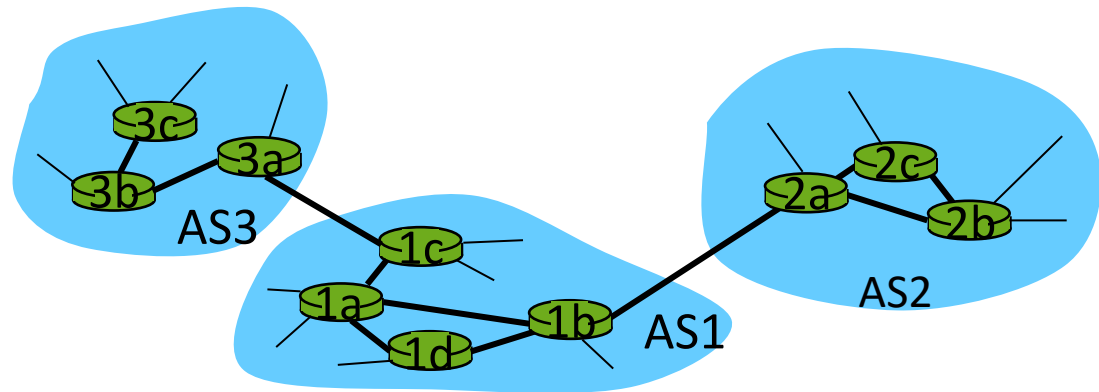


Các giải thuật định tuyến (tt)

- Nhiệm vụ của Inter-AS

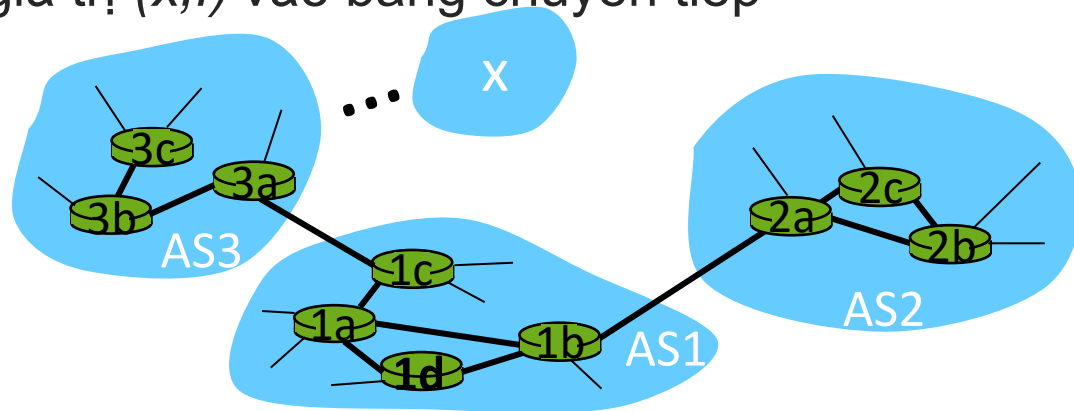
Giả sử router trong AS1 nhận datagram có đích ở bên ngoài AS1:

- Router nên chuyển tiếp gói tin đến gateway router, nhưng mà là cái nào?
- AS1 phải:
 - Học xem có thể đến được đích nào qua AS2, AS3
 - Lan truyền thông tin này đến tất cả các router trong AS1



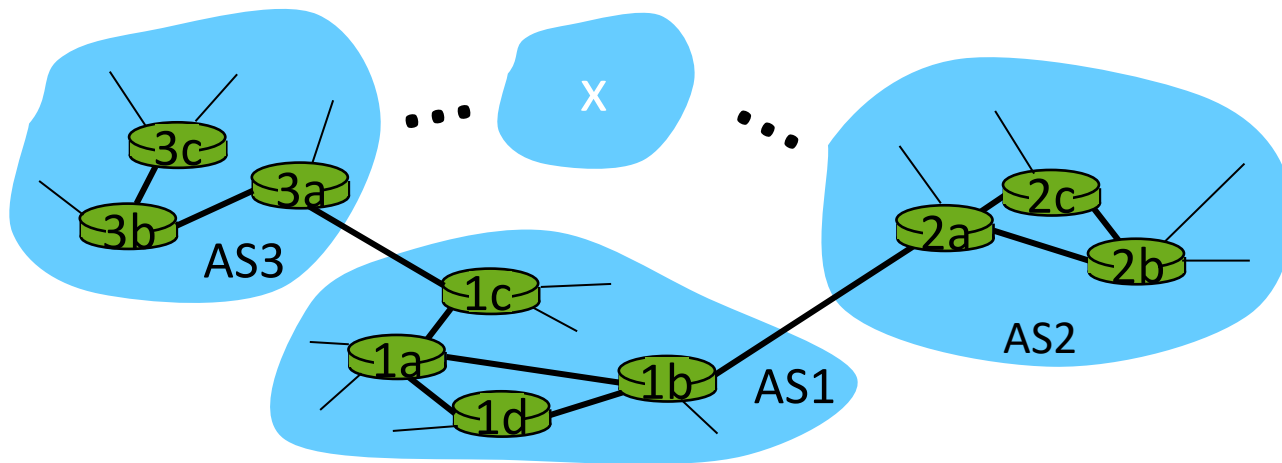
Các giải thuật định tuyến (tt)

- Ví dụ: thiết lập bảng chuyển tiếp trong router 1d
 - Giả sử AS1 học được (qua giao thức inter-AS) là *subnet x* có thể đến được qua AS3 (gateway 1c), nhưng không qua AS2 được
 - Giao thức inter-AS lan truyền thông tin đi được cho tất cả các router nội mạng
 - Router 1d biết được từ thông tin định tuyến intra-AS là *giao diện 1* của nó thuộc đường đi có chi phí thấp nhất tới 1c
 - Đưa giá trị $(x,1)$ vào bảng chuyển tiếp



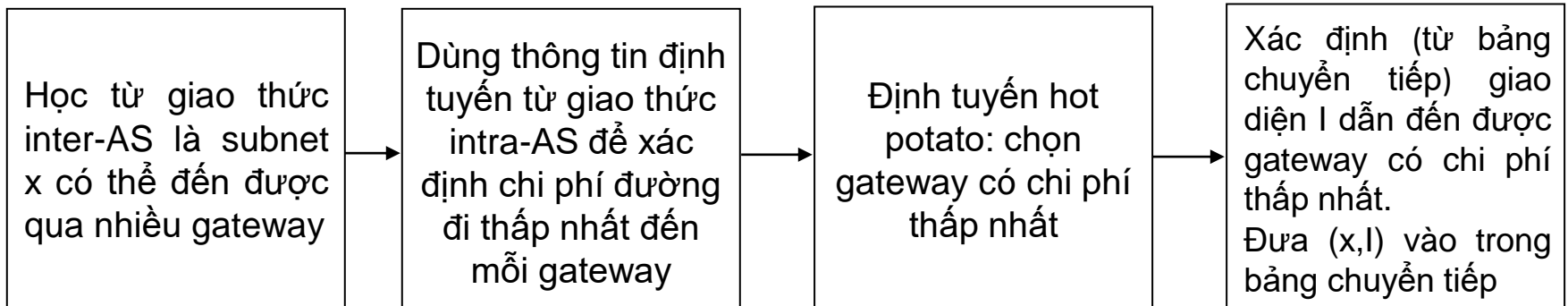
Các giải thuật định tuyến (tt)

- Ví dụ: lựa chọn giữa nhiều AS
 - Giả sử AS1 học từ giao thức inter-AS là subnet x có thể đến được từ AS3 và từ AS2
 - Để cấu hình bảng chuyển tiếp, router 1d cần phải xác định gateway nào mà nó nên chuyển tiếp các gói tin để đến được đích x
 - Đây là nhiệm vụ của giao thức định tuyến inter-AS



Các giải thuật định tuyến (tt)

- Định tuyến **hot potato**: gửi gói tin đến router gần nhất trong hai router



Tầng mạng

4.1. Tổng quan

4.2. Mạng mạch ảo và mạng chuyển gói

4.3. IP - Internet Protocol

4.4. Các giải thuật định tuyến

4.5. Định tuyến trong Internet

Định tuyến trong Internet

Định tuyến Intra-AS

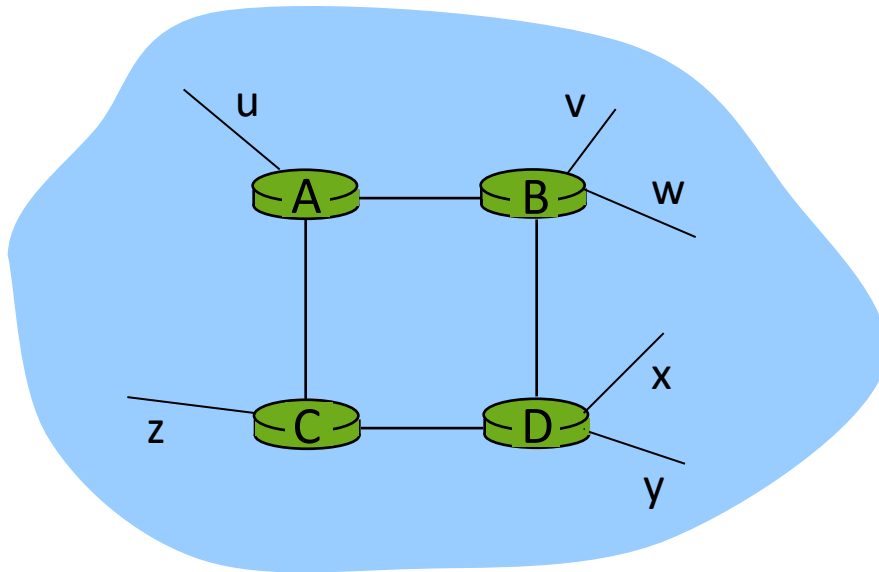
- Còn được gọi là các giao thức cổng nội mạng (Interior Gateway Protocols - IGP)
- Các giao thức định tuyến intra-AS phổ biến:
 - RIP: Routing Information Protocol
 - OSPF: Open Shortest Path First
 - IGRP: Interior Gateway Routing Protocol (Cisco độc quyền)

Định tuyến trong Internet (tt)

RIP (Routing Information Protocol)

- Được công bố trong BSD-UNIX distribution năm 1982
- Giải thuật Distance Vector
 - Độ đo khoảng cách: số lượng hop (lớn nhất = 15 hop), mỗi liên kết có chi phí là 1
 - Các DV được trao đổi giữa các điểm lân cận sau mỗi 30 giây bằng một thông điệp phản hồi (Response Message), còn được gọi là quảng bá (advertisement)
 - Mỗi quảng bá: danh sách lên đến 25 subnet đích

Định tuyến trong Internet (tt)

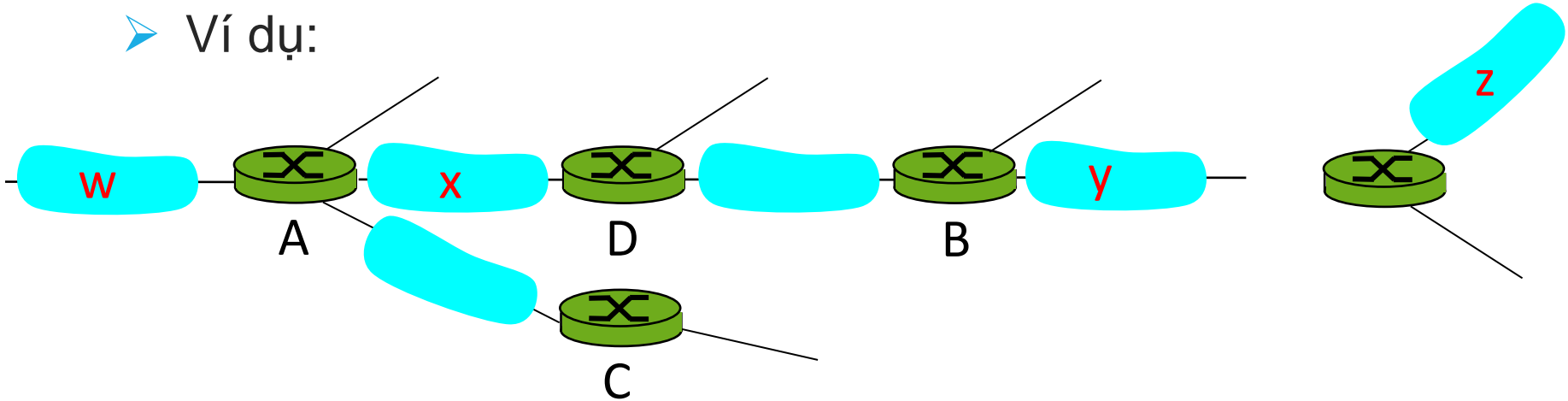


Từ router A đến các subnet:

<u>destination</u>	<u>hops</u>
u	1
v	2
w	2
x	3
y	3
z	2

Định tuyến trong Internet (tt)

➤ Ví dụ:



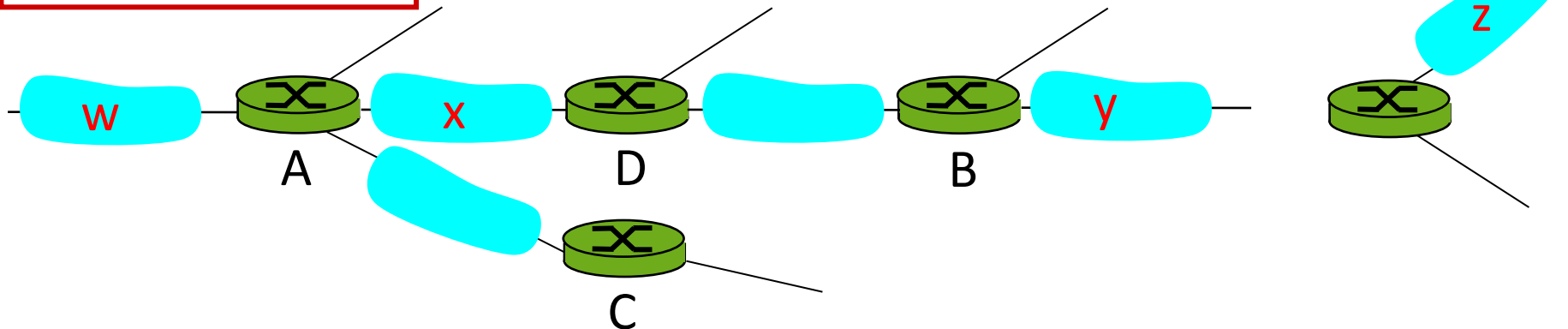
Destination Network	Next Router	Num. of hops to dest.
w	A	2
y	B	2
z	B	7
x	--	1
....

Routing/Forwarding table in D

Định tuyến trong Internet (tt)

Dest	Next	hops
w	-	1
x	-	1
z	C	4
....

Advertisement
from A to D



Destination Network	Next Router	Num. of hops to dest.
w	A	2
y	B	2
z	B A	7 5
x	--	1
....

Routing/Forwarding table in D

Định tuyến trong Internet (tt)

➤ Lỗi liên kết và khắc phục:

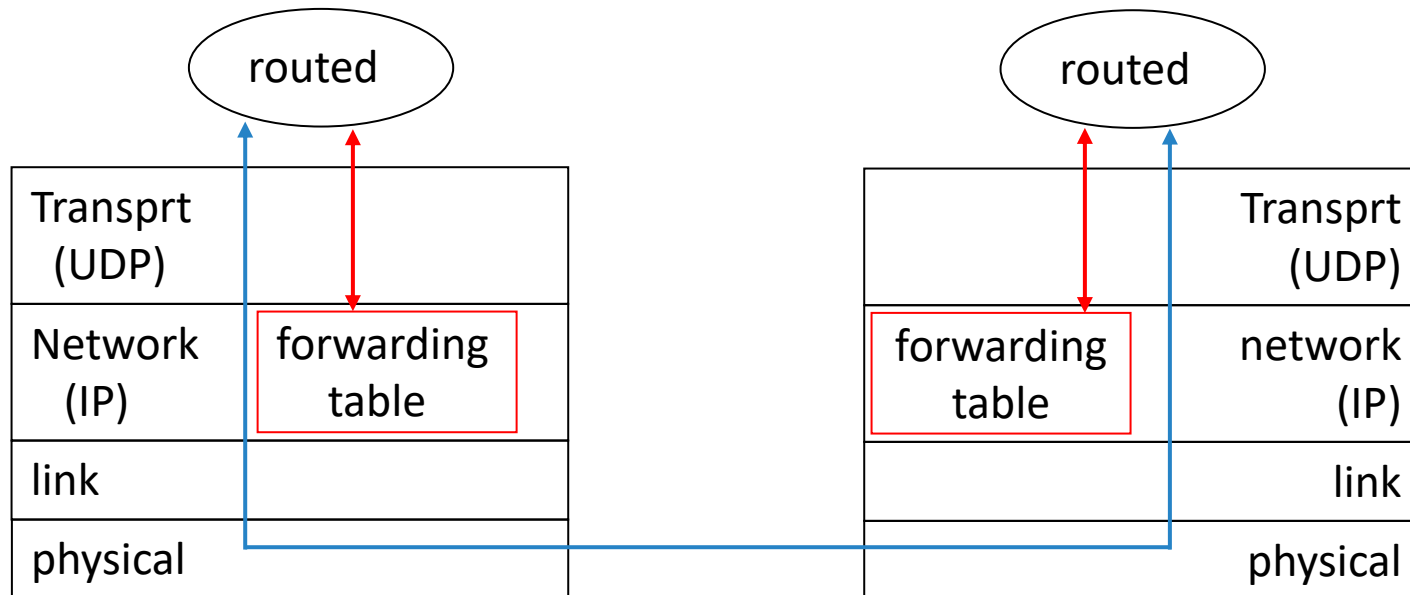
Nếu không nhận được quảng bá sau khoảng 180 giây thì lân cận/liên kết được coi là “đã chết”

- Các tuyến đường qua lân cận là không còn dùng được
- Gửi thông báo tới các lân cận
- Các lân cận tiếp tục gửi các thông báo (nếu các bảng bị thay đổi)
- Thông báo lỗi liên kết lan truyền nhanh chóng trên toàn mạng
- Poison reverse được dùng để ngăn chặn các vòng lặp ping-pong (khoảng cách vô hạn = 16 hop)

Định tuyến trong Internet (tt)

➤ Xử lý bảng RIP

- Các bảng định tuyến RIP được quản lý bởi tiến trình tầng ứng dụng được gọi là route-d (daemon)
- Thông điệp được gửi trong các gói tin UDP, lặp lại định kỳ



Định tuyến trong Internet (tt)

OSPF (Open Shortest Path First)

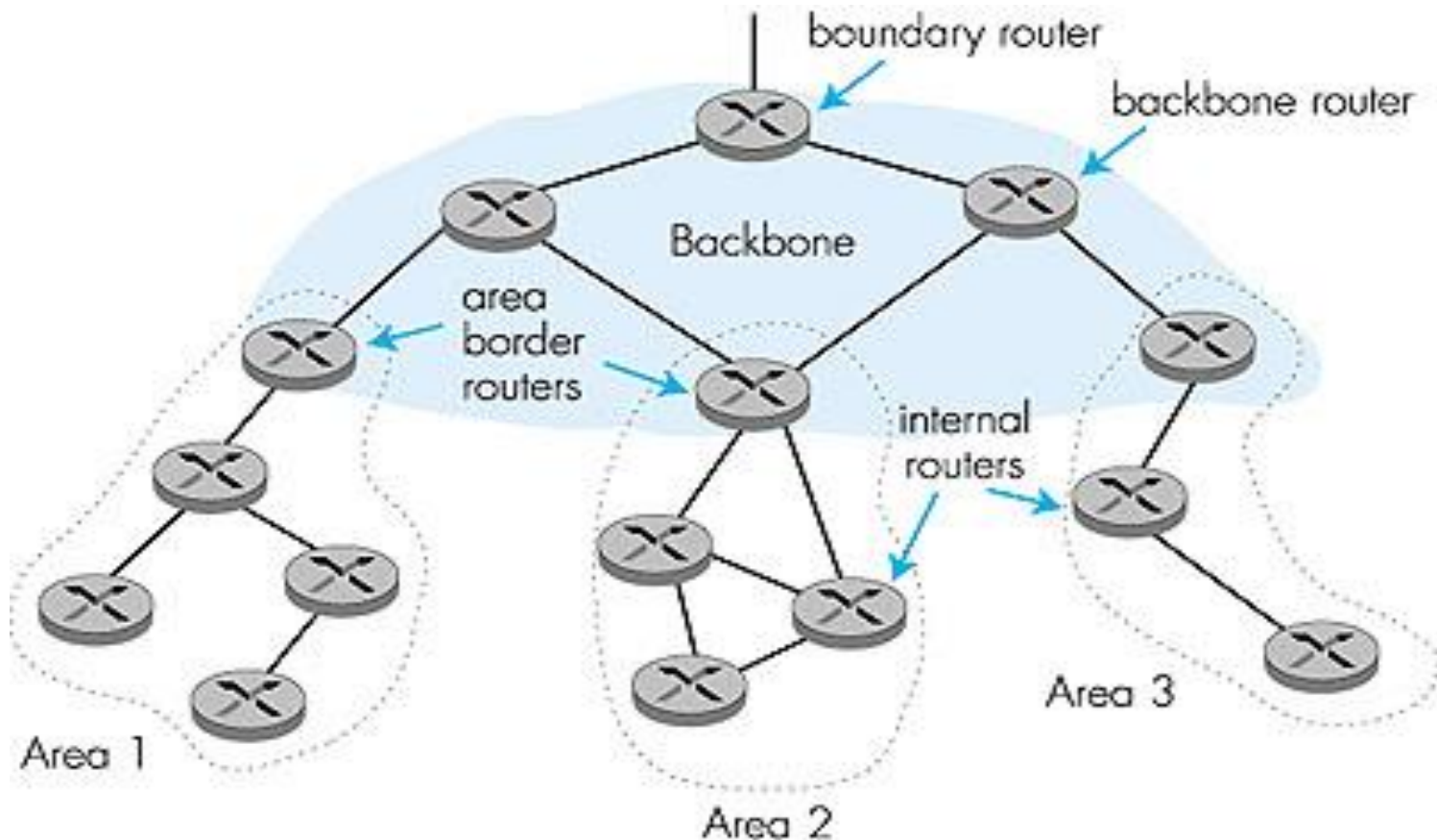
- “Open”: sẵn sàng công khai
- Dùng giải thuật Link State
 - Phân phối gói LS
 - Bản đồ cấu trúc mạng tại mỗi nút
 - Tính toán đường đi dùng giải thuật Dijkstra
- Thông điệp quảng bá OSPF mang một lối vào (entry) trên mỗi router lân cận
- Thông điệp quảng bá được phân phối đến toàn bộ AS (qua cơ chế flooding)
 - Các thông điệp OSPF được mang trực tiếp trên IP (chứ không phải là TCP hay UDP)

Định tuyến trong Internet (tt)

- **Các đặc tính cải tiến trong OSPF** (không có trong RIP)
 - Bảo mật: tất cả các thông điệp OSPF đều được chứng thực (để ngăn chặn những xâm nhập xấu)
 - Cho phép có nhiều tuyến đường đi với cùng chi phí (trong RIP chỉ có một)
 - Với mỗi liên kết, có nhiều độ đo chi phí cho các TOS (Type Of Service) khác nhau. (Ví dụ: chi phí liên kết vệ tinh được thiết lập “thấp” để đạt hiệu quả tốt, “cao” cho thời gian thực)
 - Hỗ trợ tích hợp unicast và multicast
 - Multicast OSPF (MOSPF) dùng cơ sở dữ liệu cùng cấu trúc như OSPF
 - OSPF phân cấp trong các miền lớn

Định tuyến trong Internet (tt)

➤ OSPF phân cấp



Định tuyến trong Internet (tt)

- Phân cấp 2 mức: vùng cục bộ (local area), vùng xương sống (backbone)
 - Chỉ dùng thông báo link-state bên trong vùng
 - Mỗi nút có cấu trúc vùng chi tiết, chỉ biết hướng (đường đi ngắn nhất) đến các mạng trong các vùng khác
- Các router biên của vùng (border router): “tổng hợp” khoảng cách đến các mạng trong vùng của nó, thông báo tới các router biên của vùng khác
- Các router xương sống (backbone router): chạy định tuyến OSPF hạn chế truy cập mạng xương sống
- Các router biên (boundary router): kết nối đến các router biên của các AS khác

Định tuyến trong Internet (tt)

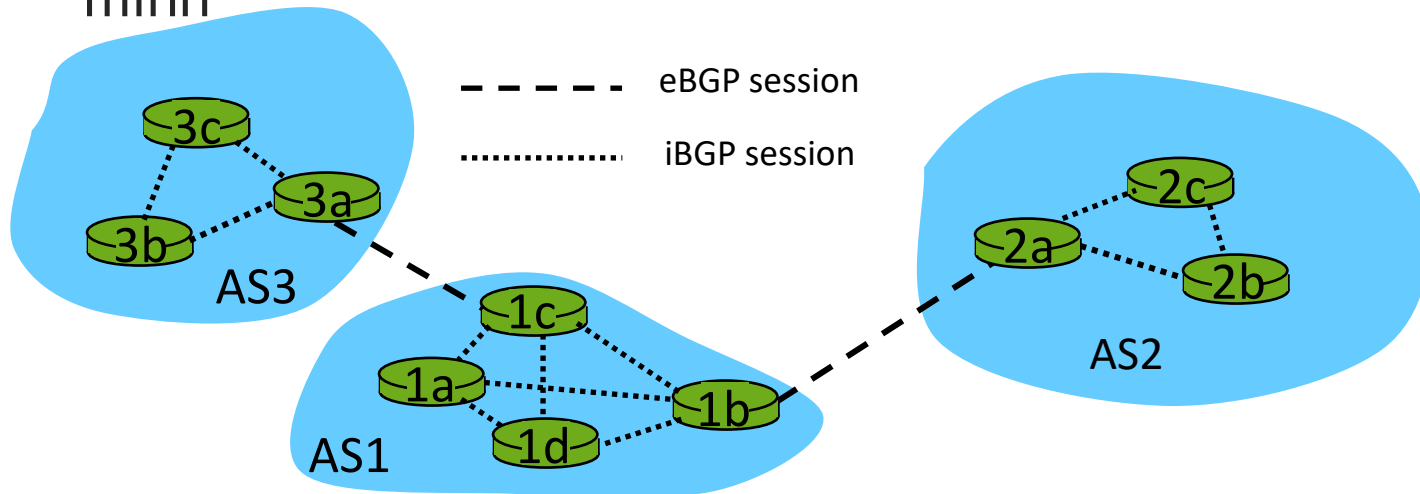
BGP (Border Gateway Protocol)

Giao thức định tuyến liên miền thực tế

- BGP cung cấp cho mỗi AS:
 - eBGP: lấy thông tin đi đến subnet từ các AS lân cận
 - iBGP: lan truyền thông tin đến tất cả các router bên trong AS
 - Xác định đường đi “tốt” tới các mạng khác dựa trên thông tin đường đi và chính sách
- Cho phép subnet thông báo sự tồn tại của nó đến phần còn lại của Internet

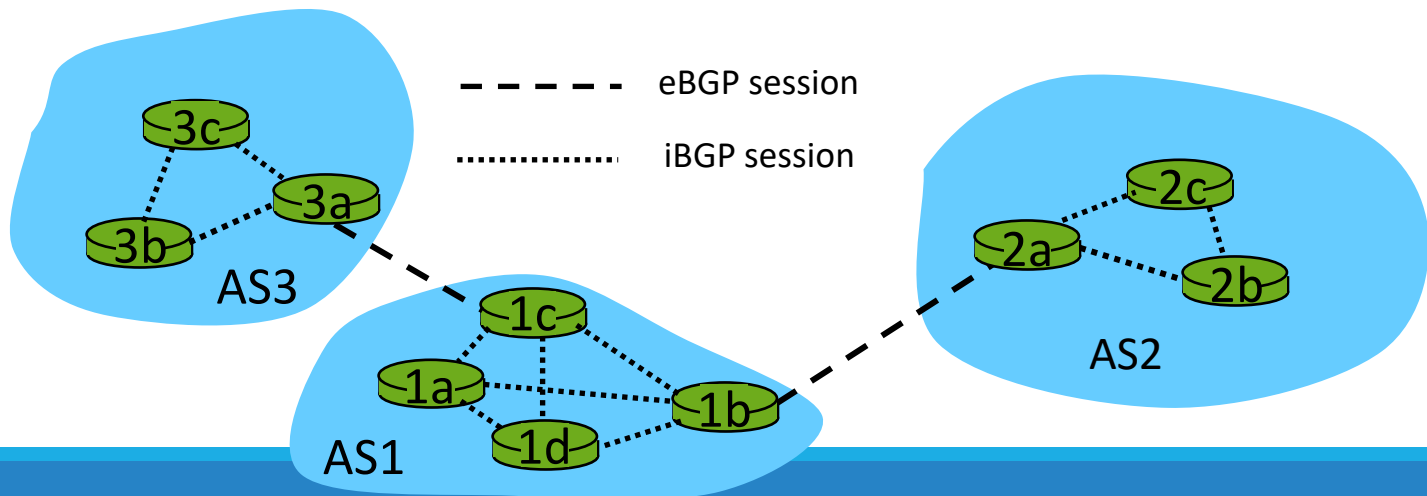
Định tuyến trong Internet (tt)

- Phiên BGP (BGP session): hai router BGP (“các peer”) trao đổi các thông điệp BGP thông qua kết nối TCP bán bền vững (semi-permanent)
- Khi AS2 thông báo một prefix đến AS1:
 - AS2 hứa hẹn sẽ chuyển tiếp các datagram hướng đến prefix đó
 - AS2 có thể tổng hợp các prefix trong thông báo của mình



Định tuyến trong Internet (tt)

- Dùng phiên eBGP giữa 3a và 1c, AS3 gửi thông tin đường đi (prefix) cho AS1
 - Tiếp theo, 1c có thể dùng iBGP để phân phối thông tin prefix mới cho tất cả các router trong AS1
 - Sau đó, 1b có thể thông báo thông tin đường đi mới tới AS2 qua phiên eBGP từ 1b-đến-2a
- Khi router học được prefix mới, nó sẽ tạo ra điểm truy nhập cho prefix trong bảng chuyển tiếp của nó



Định tuyến trong Internet (tt)

➤ Các thuộc tính đường và định tuyến BGP

- Prefix chứa các thuộc tính BGP
 - Prefix + các thuộc tính = “định tuyến”
- Hai thuộc tính quan trọng:
 - AS-PATH: chứa các AS qua đó thông báo prefix nào được truyền. Ví dụ: AS 67, AS 17
 - NEXT-HOP: xác định router AS nội vùng nào là AS kế tiếp. (Có thể có nhiều liên kết từ AS hiện tại tới AS kế tiếp)
- Gateway router nhận thông báo định tuyến bằng cách dùng import policy (chính sách nhập) để chấp nhận/từ chối
 - Ví dụ: không bao giờ định tuyến qua AS x
 - Định tuyến dựa trên chính sách

Định tuyến trong Internet (tt)

➤ Lựa chọn tuyến đường BGP

Router có thể học được nhiều đường đi đến AS đích, việc chọn tuyến đường được dựa trên:

- 1. Thuộc tính giá trị ưu tiên cục bộ
- 2. AS-PATH ngắn nhất
- 3. Router NEXT-HOP gần nhất: định tuyến hot potato
- 4. Tiêu chuẩn bổ sung

Định tuyến trong Internet (tt)

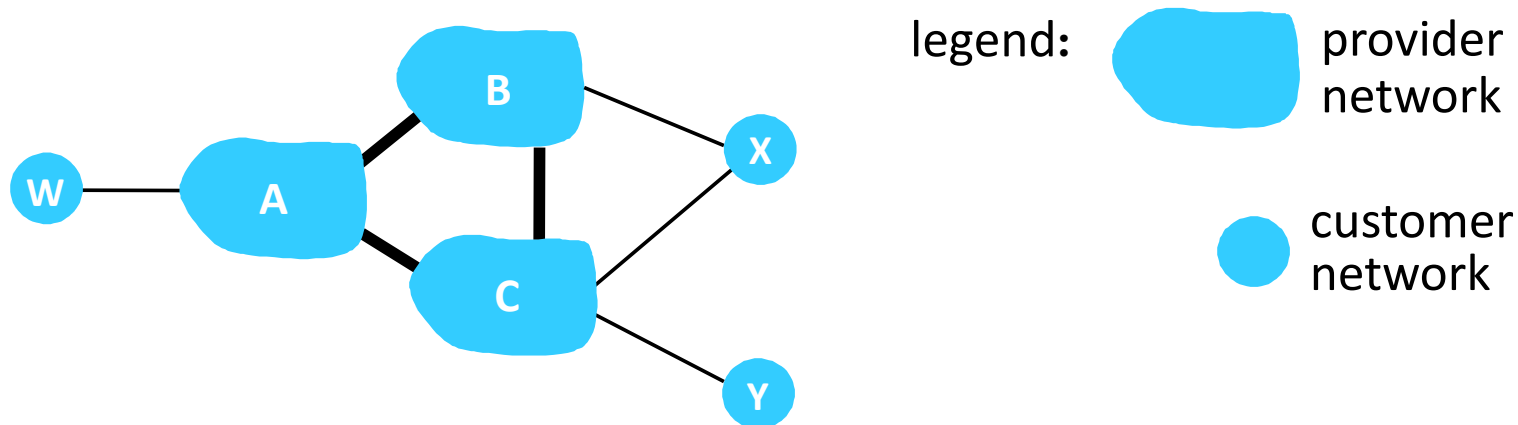
➤ Các thông điệp BGP

Các thông điệp BGP được trao đổi giữa các peer qua kết nối TCP

- OPEN: mở kết nối TCP tới peer và xác thực bên gửi
- UPDATE: thông báo đường đi mới (hoặc xóa bỏ đường cũ)
- KEEPALIVE: giữ kết nối tồn tại khi UPDATES thiếu, cũng có thể yêu cầu ACKs OPEN
- NOTIFICATION: báo cáo lỗi trong thông điệp trước, cũng được dùng để đóng kết nối

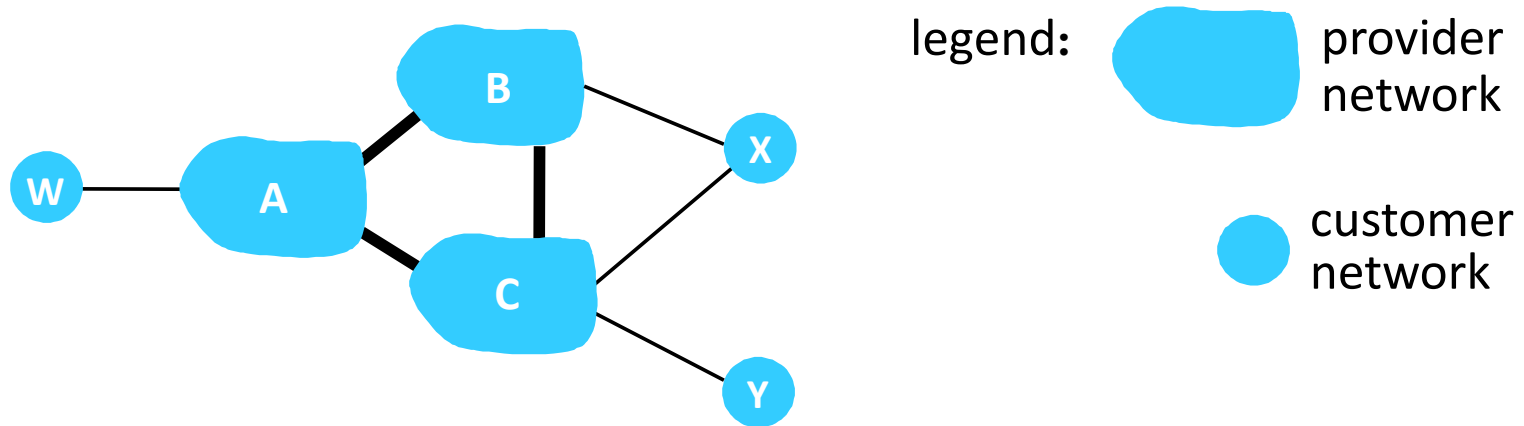
Định tuyến trong Internet (tt)

➤ Chính sách định tuyến BGP



- A, B, C là các nhà cung cấp mạng
- X, W, Y là khách hàng (của nhà cung cấp mạng)
- X là dual-homed: được gắn vào hai mạng
 - X không muốn định tuyến từ B đến C qua X
 - ... do vậy, X sẽ không thông báo tới B về đường đi đến C

Định tuyến trong Internet (tt)



- A thông báo đường đi AW đến B
- B thông báo đường đi BAW đến X
- B sẽ thông báo đường đi BAW đến C?
 - Không! B không nhận “thu thập” cho định tuyến CBAW vì W và C đều không phải là khách hàng của B
 - B muốn buộc C phải định tuyến tới w qua A
 - B chỉ muốn định tuyến từ/tới khách hàng của nó!

Định tuyến trong Internet (tt)

➤ Tại sao định tuyến Intra-AS và Inter-AS khác nhau?

Chính sách (Policy):

- Inter-AS: nhà quản trị muốn điều hành định tuyến, lưu lượng và ai định tuyến qua mạng của họ
- Intra-AS: quản trị riêng, vì vậy không cần quyết định các chính sách

Quy mô (Scale):

- Định tuyến phân cấp tiết kiệm kích thước bảng, giảm lưu lượng cập nhật

Hiệu năng (Performance):

- Intra-AS: có thể tập trung vào hiệu năng
- Inter-AS: chính sách quan trọng hơn hiệu suất

