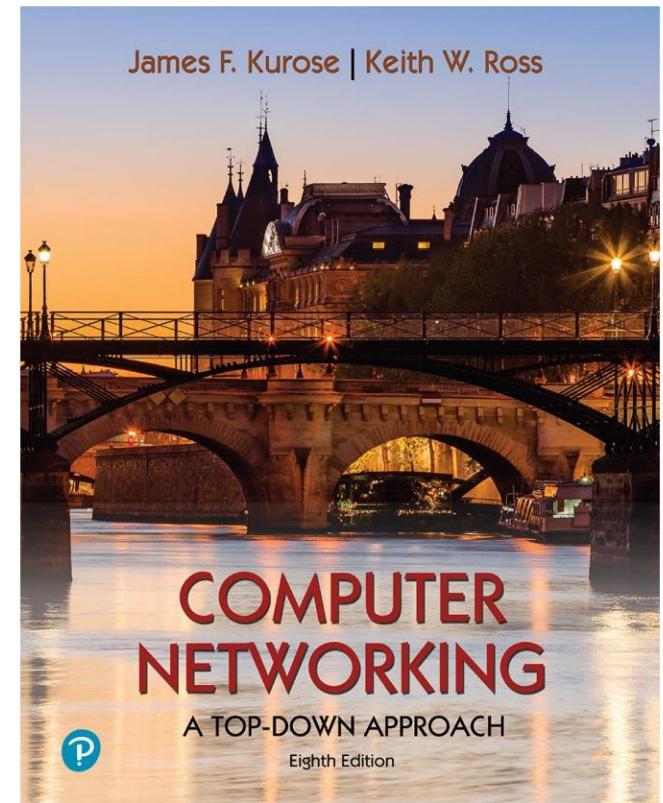


Chương 4

Lớp mạng:

Mặt phẳng dữ liệu



Mạng máy tính: A
Cách tiếp cận từ trên xuống
phiên bản thứ 8
Jim KuroseKeith Ross
Pearson, 2020

Lớp mạng: mục tiêu của chúng tôi

hiểu các nguyên tắc đằng
sau các dịch vụ lớp mạng ,
tập trung vào mặt phẳng dữ liệu:

- mô hình dịch vụ lớp mạng •
chuyển tiếp so với định tuyến •
cách thức hoạt động của bộ định
tuyến
- định địa
chỉ • chuyển tiếp tổng quát
- kiến trúc Internet

khởi tạo, triển khai trên Internet •
Giao thức IP • NAT, hộp trung gian

Lớp mạng: lộ trình “mặt phẳng dữ liệu”

Tầng mạng: tổng quan • mặt phẳng
dữ liệu • mặt phẳng điều khiển

Có gì bên trong một bộ định

tuyến • cổng đầu vào, chuyển mạch, cổng
đầu ra • quản lý bộ đệm, lập lịch biểu

IP: Giao thức Internet • định

dạng datagram • đánh địa chỉ •
dịch địa chỉ mạng • IPv6

Chuyển tiếp tổng quát, SDN •
Khớp+hành động • OpenFlow: khớp+hành
động đang hoạt động Middleboxes



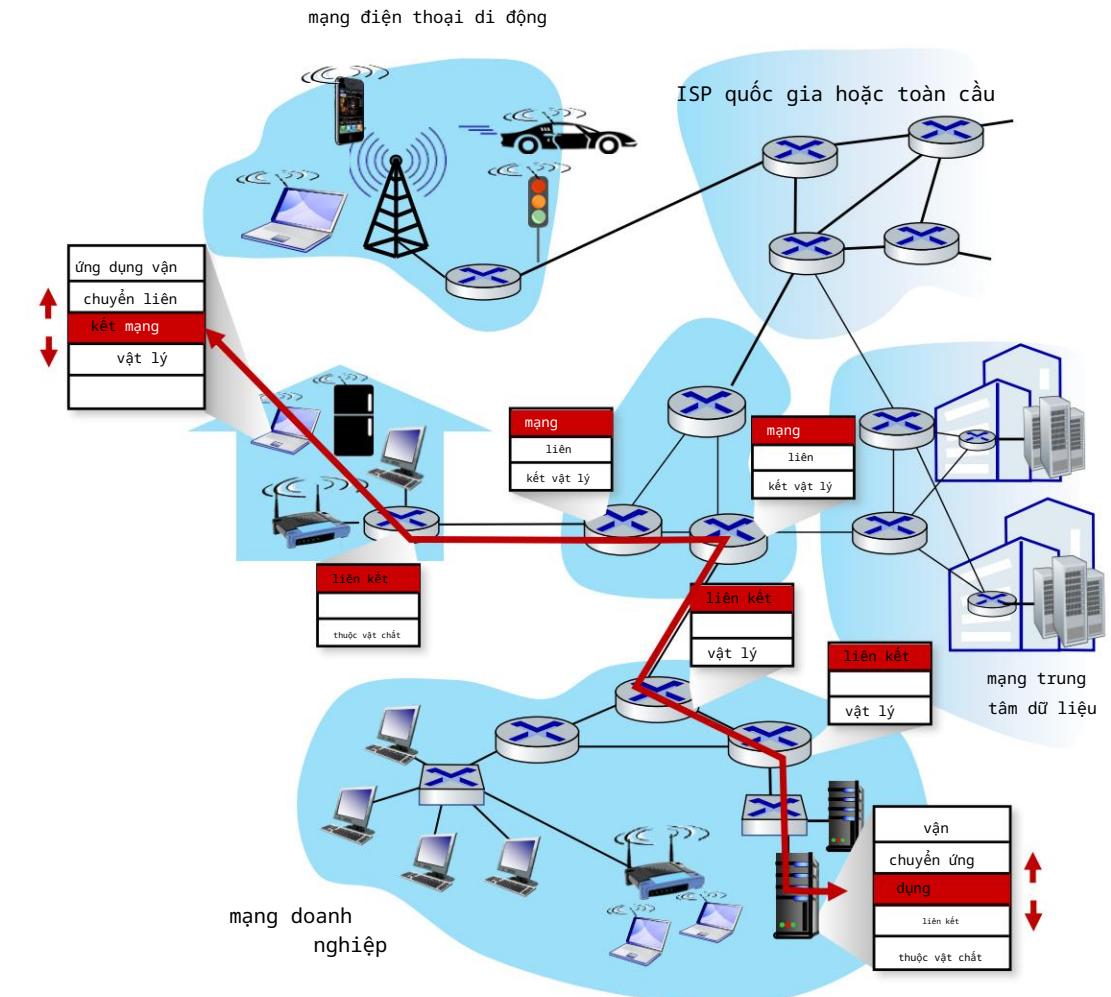
Các dịch vụ và giao thức tầng mạng

vận chuyển phân đoạn từ máy gửi đến máy nhận •
 bên **gửi**: đóng gói các phân đoạn thành datagram,
 chuyển đến tầng liên kết • bên **nhận**: chuyển
 các phân đoạn đến giao thức tầng vận chuyển
 giao thức tầng mạng trong **mọi**

Thiết bị Internet: máy chủ, bộ định tuyến

bộ định tuyến:

- kiểm tra các truờng tiêu đề trong tất cả các gói dữ liệu IP đi qua nó • di chuyển các gói dữ liệu từ các cổng đầu vào đến các cổng đầu ra để truyền các gói dữ liệu đọc theo đường dẫn đầu cuối



Hai chức năng chính của lớp mạng

Chức năng tầng mạng:

- chuyển dữ liệu
- chuyển tiếp: di chuyển các gói từ liên kết đầu vào của bộ định tuyến đến liên kết đầu ra thích hợp của bộ định tuyến
 - định tuyến: xác định đường đi của các gói từ nguồn đến đích
 - thuật toán định tuyến

tư ơng tự: tham gia một chuyến đi

đi trên con đường dựa trên con đường định tuyến quyết định

chuyển tiếp: quá trình đi qua một nút giao

ra quyết định chọn đường đi

định tuyến: quá trình lập kế hoạch chuyến đi từ nguồn đến đích



chuyển tiếp



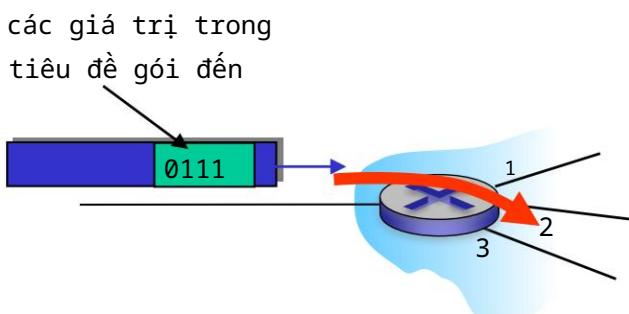
định tuyến

Lớp mạng: mặt phẳng dữ liệu, mặt phẳng điều khiển

sao chép dữ liệu từ cổng này sang cổng khác

Mặt phẳng dữ

liệu: chức năng **cục bộ**, trên mỗi bộ định tuyến xác định cách datagram đến cổng đầu vào của bộ định tuyến được chuyển tiếp đến cổng đầu ra của bộ định tuyến



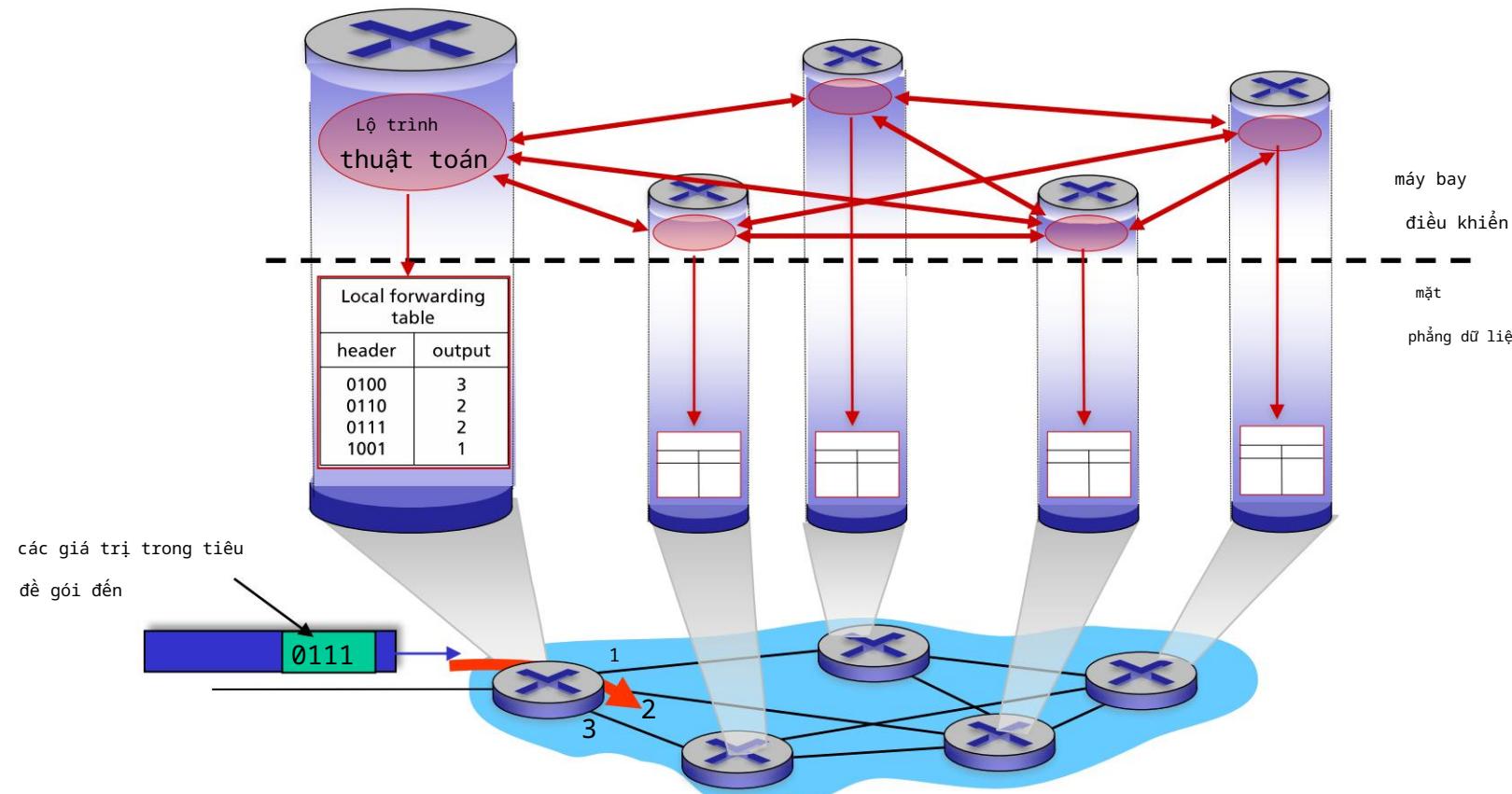
Mặt phẳng điều khiển

logic toàn mạng xác định cách định tuyến datagram giữa các bộ định tuyến dọc theo đường dẫn đầu cuối từ máy chủ nguồn đến máy chủ đích

- hai cách tiếp cận mặt phẳng điều khiển:
 - thuật toán định tuyến truyền thống:** được triển khai trong các bộ định tuyến
 - mạng do phần mềm xác định (SDN):** được triển khai trong các máy chủ (từ xa)

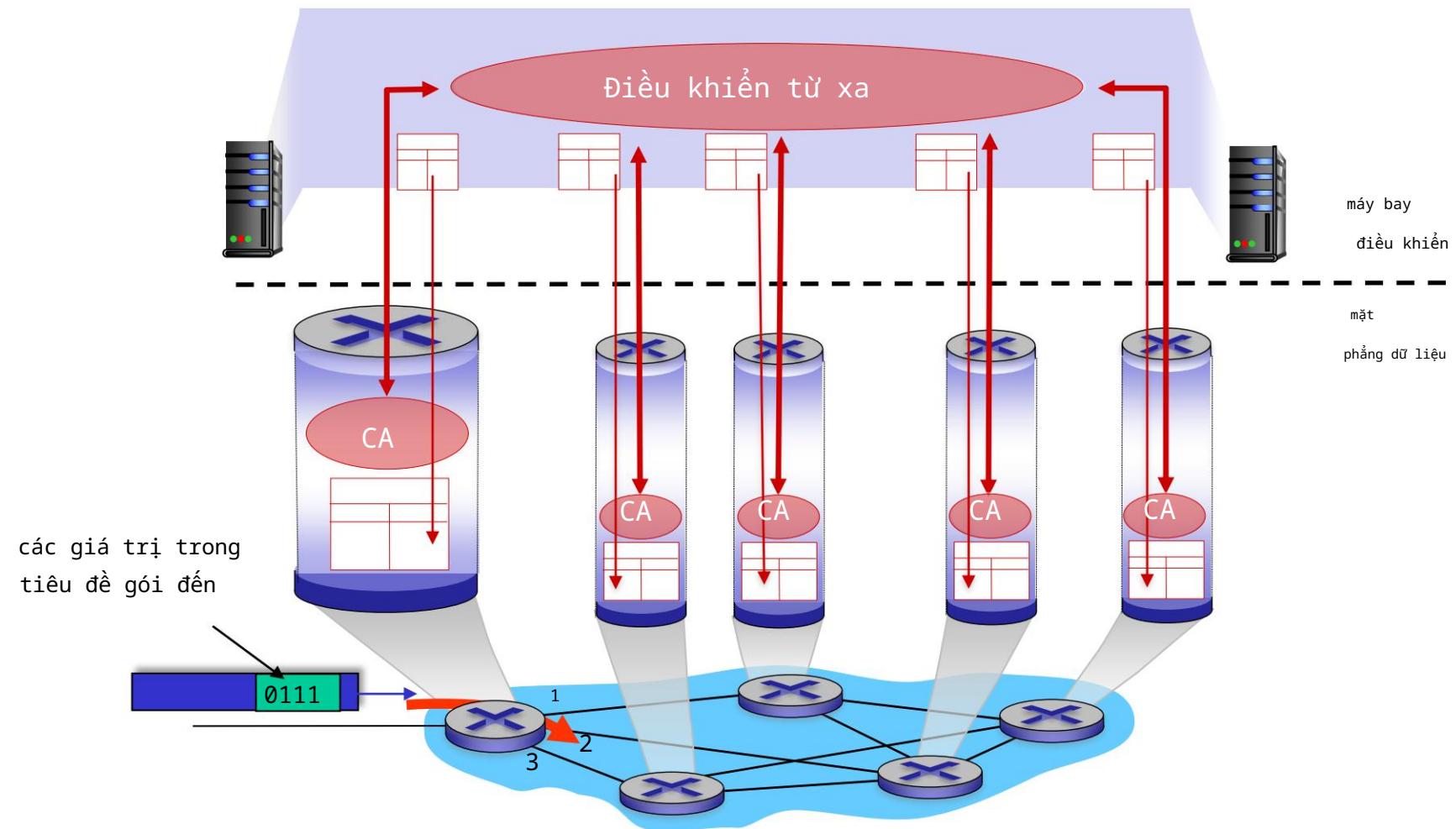
Mặt phẳng điều khiển mỗi bộ định tuyến

Các thành phần thuật toán định tuyến riêng lẻ trong mỗi và mọi bộ định tuyến tương tác trong mặt phẳng điều khiển



Mặt phẳng điều khiển Mạng được xác định bằng phần mềm (SDN)

Bộ điều khiển từ xa tính toán, cài đặt bảng chuyển tiếp trong bộ định tuyến



Mô hình dịch vụ mạng

H: Mô hình dịch vụ nào cho “kênh” vận chuyển datagram từ người gửi đến người nhận?

các dịch vụ ví dụ cho
các datagram riêng lẻ:

giao hàng đảm bảo

giao hàng đảm bảo với độ
trễ dư ới 40 mili giây

các dịch vụ ví dụ cho một luồng
datagram: phân phát datagram
theo thứ tự đảm bảo băng thông
tối thiểu cho luồng

đảm bảo băng thông tối thiểu để chảy.

hạn chế thay đổi khoảng cách
giữa các gói

Mô hình dịch vụ tầng mạng

Mạng Ngành kiến trúc	Dịch vụ Kiểu mẫu	Đảm bảo chất lượng dịch vụ (QoS) ?			
		Băng thông	Thua	Trật tự	thời gian
Internet	nỗ lực tốt nhất	không ai	không	không	không
ATM	Tốc độ không đổi	Tỷ lệ không đổi có	Vâng	Vâng	
ATM	Tốc độ bit khả dụng	đảm bảo tối thiểu	Vâng	không	
Internet	Mô hình dịch vụ Internet “nỗ lực tối đa”	KHÔNG ĐẢM BẢO	Vâng	Vâng	
Internet	Không đảm bảo về:	tối. phân phối thành công datagram tới đích	Đảm bảo	Intserv (RFC 1633)	Vâng
Internet	i băng thông có sẵn cho luồng đầu cuối	Có thể có	Diffserv (RFC 2475)	iii.	không

Mô hình dịch vụ tầng mạng

Mạng Ngành kiến trúc	Dịch vụ Kiểu mẫu	Đảm bảo chất lượng dịch vụ (QoS) ?			
		Băng thông	Thua mất mảnh	Lệnh	thời gian time
Internet	nỗ lực tốt nhất	không ai	không	không	không
ATM	Tốc độ không đổi	tỷ lệ không đổi	Vâng	Vâng	Vâng
ATM	Tốc độ bit khả dụng	đảm bảo tối thiểu	không	Vâng	không
Internet	Đảm bảo dịch vụ (RFC 1633)	Vâng	Vâng	Vâng	Vâng
Internet	Dịch vụ khuếch tán (RFC 2475)	khả thi	có khả năng	có khả năng	không

Mạng trường đại học không sử dụng Internet được. Sử dụng bộ định tuyến đặc biệt để phục vụ

Phản ánh về dịch vụ nỗ lực tốt nhất:

cơ chế đơn giản đã cho phép Internet được triển khai rộng rãi thông qua

cung cấp đủ băng thông cho phép hiệu suất của các ứng dụng thời gian thực (ví dụ: thoại, video tư ơng tác) ở mức “đủ tốt” trong “hầu hết thời gian”

các dịch vụ phân tán ở tầng ứng dụng, sao chép (trung tâm dữ liệu, mạng phân phối nội dung) kết nối gần với mạng của khách hàng, cho phép cung cấp dịch vụ từ nhiều địa điểm

kiểm soát tắc nghẽn của các dịch vụ “co giãn” giúp

Thật khó để tranh luận về sự thành công của mô hình dịch vụ nỗ lực tối đa

Lớp mạng: lộ trình “mặt phẳng dữ liệu”

Lớp mạng: tổng quan • mặt
phẳng dữ liệu • mặt phẳng điều
khiển Có gì bên trong bộ
định tuyến • cổng đầu vào, chuyển
bên trong bộ định tuyến có gì ?
mạch, cổng đầu ra • quản lý bộ đệm, lập
lịch trình

IP: Giao thức Internet •
định dạng datagram • đánh
địa chỉ • dịch địa chỉ
mạng • IPv6

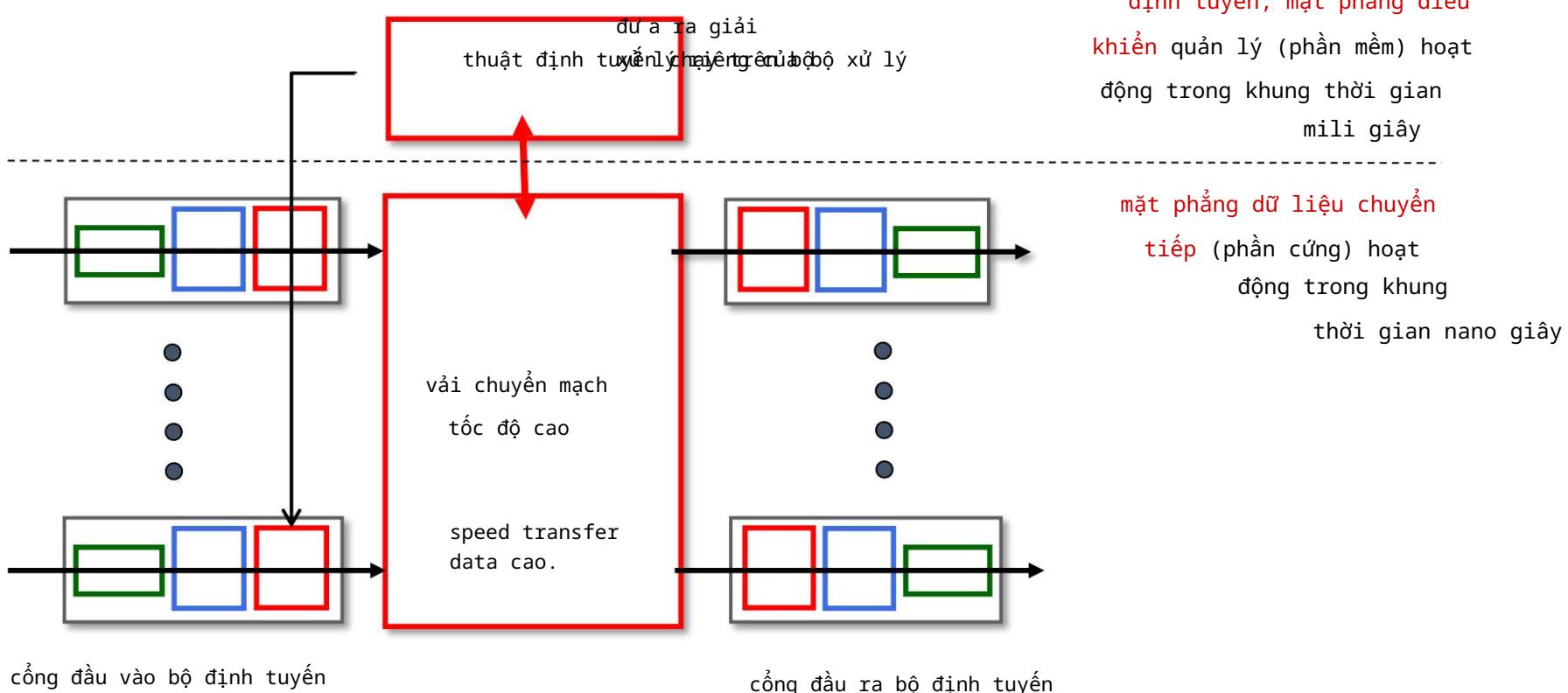
Chuyển tiếp tổng quát, SDN •
Khớp+hành động • OpenFlow:
khớp+hành động đang hoạt động
Middleboxes



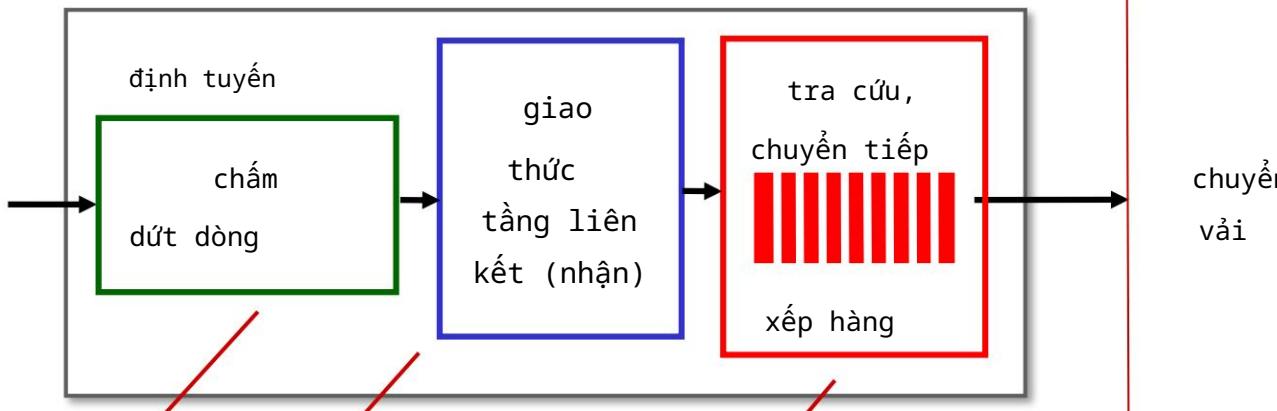
Tổng quan kiến trúc bộ định tuyến

Kiến trúc Minh Hòa

chế độ xem cấp cao của kiến trúc bộ định tuyến chung:



Chức năng cổng đầu vào



lớp vật lý:

tiếp nhận mức bit

lớp liên

kết: ví dụ,

Ethernet (chữ ơng 6)

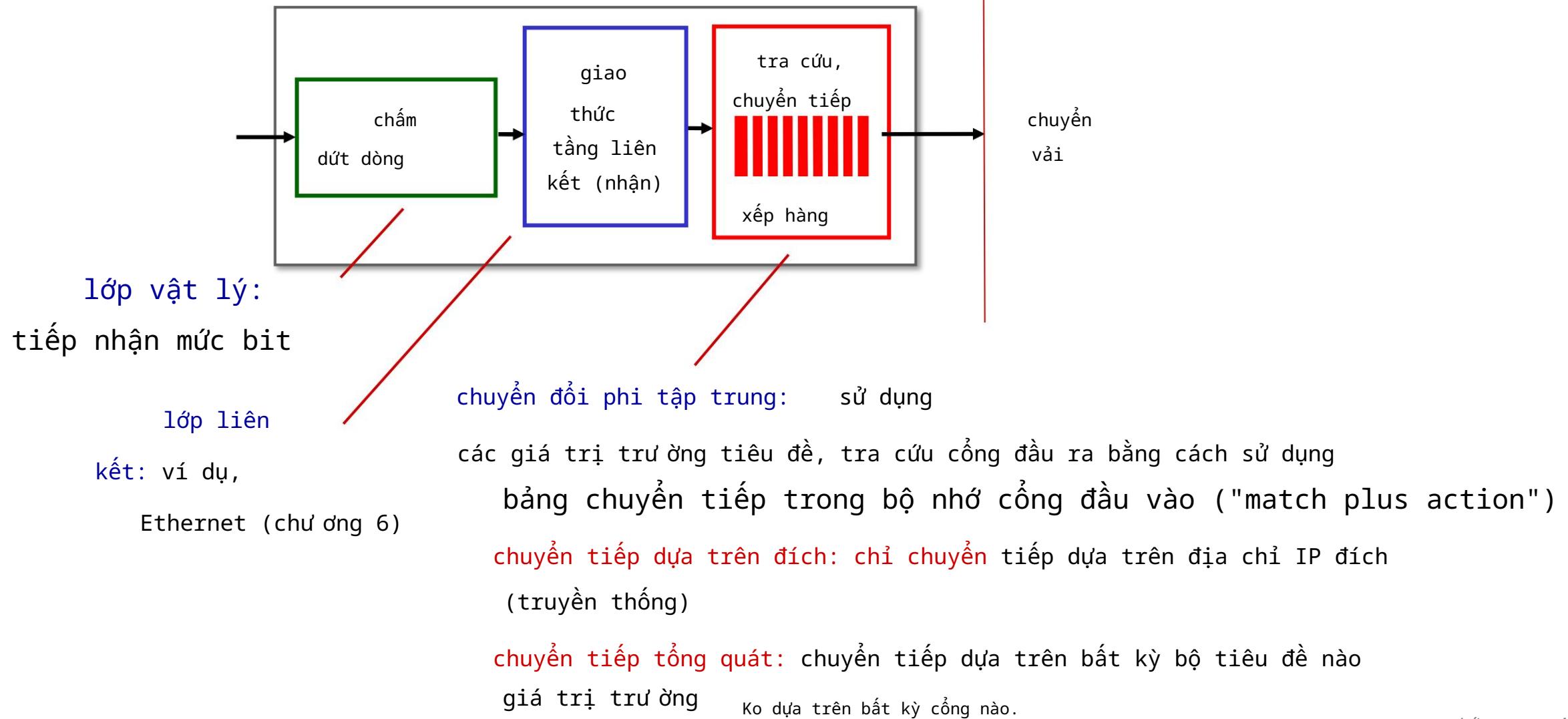
chuyển đổi phi tập trung: sử

dụng các giá trị trự ờng tiêu đề, tra cứu cổng đầu ra bằng cách sử dụng bảng chuyển tiếp trong bộ nhớ cổng đầu vào ("match plus action")

mục tiêu: hoàn thành quá trình xử lý cổng đầu vào ở 'tốc độ

đư ờng truyền' **xếp hàng cổng đầu vào:** nếu các gói dữ liệu đến nhanh hơn chuyển tiếp
tỷ lệ thành vải chuyển đổi ensure data to same time -> queue.

Chức năng cổng đầu vào



Chuyển tiếp dựa trên điểm đến

<i>forwarding table</i>	
Destination Address Range	Link Interface
11001000 00010111 00010000 00000000 through	0
11001000 00010111 00010000 00000100 through	3
11001000 00010111 00010000 00000111	
11001000 00010111 00011000 11111111	
11001000 00010111 00011001 00000000 through	2
11001000 00010111 00011111 11111111	
otherwise	3

H: như ng điều gì sẽ xảy ra nếu các phạm vi không được phân chia độc đáo?

Kết hợp tiền tố dài nhất

Có gắng tìm cổng phù hợp với cổng dài nhất (nhi phân) để gửi
đến VD: 172.68 to texas (203...)

tiền tố dài nhất phù

hợp khi tìm kiếm mục nhập bảng chuyển tiếp cho
địa chỉ đích nhất định, hãy sử dụng tiền tố địa chỉ
dài nhất phù hợp với địa chỉ đích.

Phạm vi địa chỉ đích	giao diện liên kết
11001000 00010111 00010 *** *****	0
11001000 00010111 00011000 *****	1
11001000 00010111 00011 *** *****	2
nếu không thì	3

ví dụ:

11001000 00010111 00010110 10100001 giao diện nào?
11001000 00010111 00011000 10101010 giao diện nào?

Kết hợp tiền tố dài nhất

tiền tố dài nhất phù

hợp khi tìm kiếm mục nhập bảng chuyển tiếp cho địa chỉ đích nhất định, hãy sử dụng tiền tố địa chỉ dài nhất phù hợp với địa chỉ đích.

Phạm vi địa chỉ đích	giao diện liên kết
11001000 00010111 00010	*** ***** 0
11001000 00010111 00011000	***** 1
đầu! 11001000 10010111 *00011	2
nếu không thì	3
11001000 00010111 00010110 10100001	giao diện nào?
11001000 00010111 00011000 10101010	giao diện nào?

ví dụ:

Kết hợp tiền tố dài nhất

tiền tố dài nhất phù

hợp khi tìm kiếm mục nhập bảng chuyển tiếp cho địa chỉ đích nhất định, hãy sử dụng tiền tố địa chỉ dài nhất phù hợp với địa chỉ đích.

Phạm vi địa chỉ đích	giao diện liên kết
11001000 00010111 00010 *** *****	0
11001000 00010111 00011000 *****	1
11001000 00010111 00011 *** *****	2
nếu không thì	3

ví dụ:

đâu! 11001000 00010111 00010110 10100001
 11001000 00010111 00011000 10101010

giao diện nào?
 giao diện nào?

Kết hợp tiền tố dài nhất

tiền tố dài nhất phù

hợp khi tìm kiếm mục nhập bảng chuyển tiếp cho địa chỉ đích nhất định, hãy sử dụng tiền tố địa chỉ dài nhất phù hợp với địa chỉ đích.

Phạm vi địa chỉ đích		giao diện liên kết
11001000 00010111 00010	*** *****	0
11001000 00010111 00011000	*****	1
11001000 00010111 00011	*** *****	2
nếu không thì		3

↑
trận đấu!

ví dụ:

11001000 00010111 00010110 10100001	giao diện nào?
11001000 00010111 00011000 10101010	giao diện nào?

Kết hợp tiền tố dài nhất

chúng ta sẽ thấy tại sao kết hợp tiền tố dài nhất được sử dụng ngay sau đây,
khi chúng ta nghiên cứu địa chỉ

khớp tiền tố dài nhất: thư ờng được thực hiện bằng cách sử dụng bộ nhớ có
thể định địa chỉ nội dung bộ ba (TCAM) • **nội dung có thể định địa chỉ:** đưa
ra địa chỉ cho TCAM: truy xuất địa chỉ trong
một chu kỳ đồng hồ, bất kể kích thước bảng -> must save data lại.
• Cisco Catalyst: ~1 triệu mục trong bảng định tuyến trong TCAM

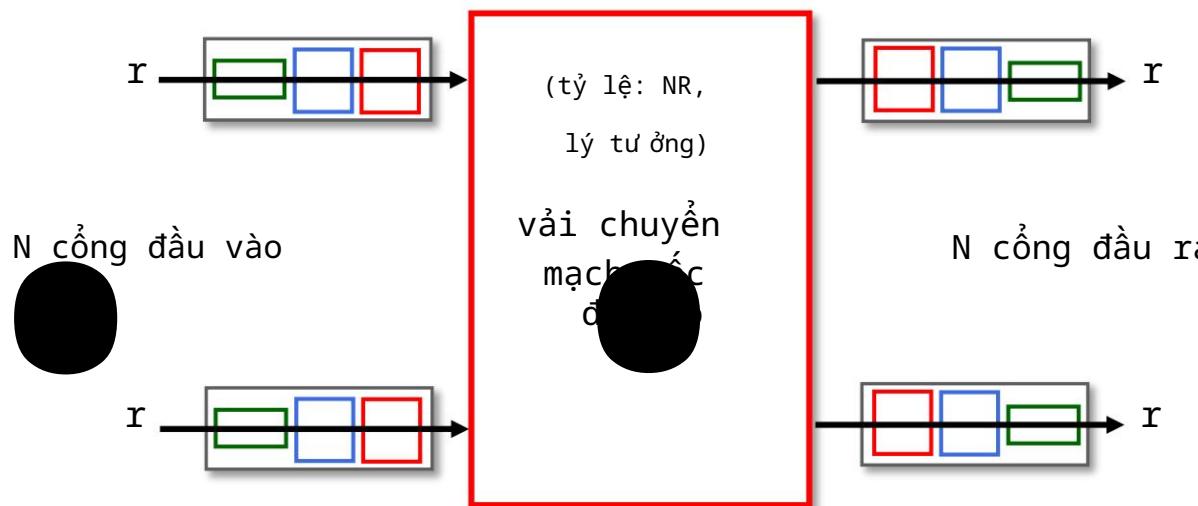
Chuyển đổi vải

Hiển thị cái ở trên (đôi sánh dài nhất)

truyền gói từ liên kết đầu vào đến liên kết đầu ra thích hợp tốc độ

chuyển đổi: tốc độ mà các gói có thể được truyền từ đầu vào đến đầu ra •

thường được đo bằng bội số của tốc độ thường truyền đầu vào/đầu ra • N đầu vào: tốc độ chuyển đổi N lần tốc độ thường truyền mong muốn



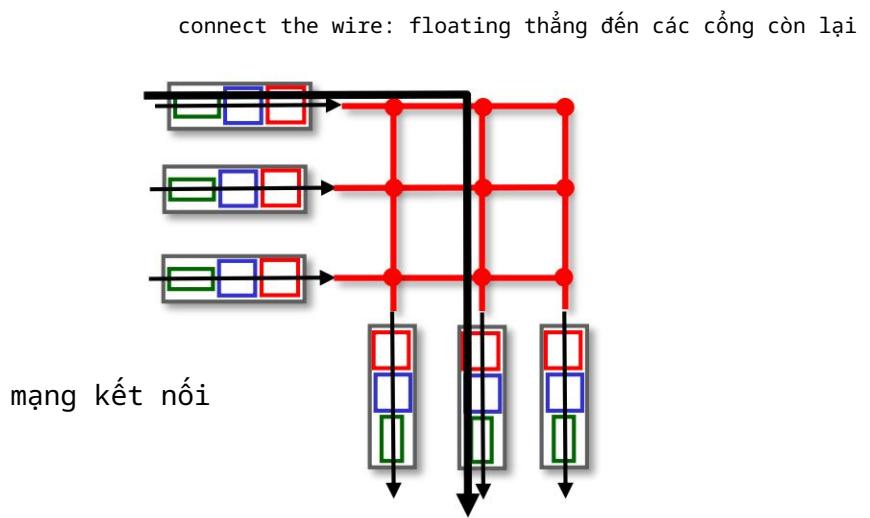
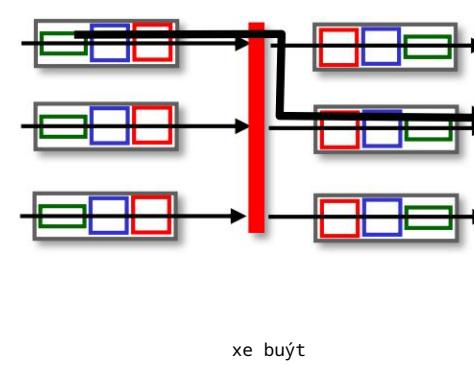
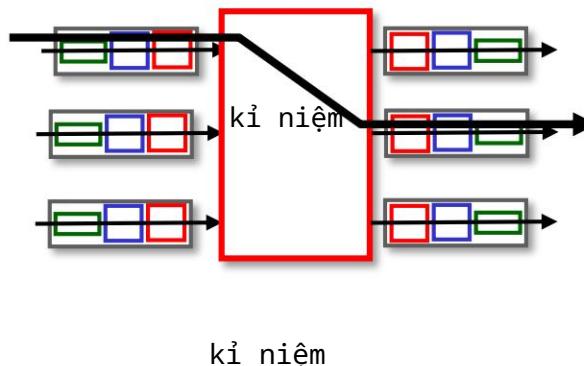
Chuyển đổi vải

truyền gói từ liên kết đầu vào đến liên kết đầu ra thích hợp tốc độ

chuyển đổi: tốc độ mà các gói có thể được truyền từ đầu vào đến đầu ra •

thường được đo bằng bội số của tốc độ thường truyền đầu vào/đầu ra • N đầu vào: tốc độ chuyển đổi N lần tốc độ thường truyền mong muốn

ba loại kết cấu chuyển mạch chính:



Chuyển qua bộ nhớ

(giải thích cơ chế bộ nhớ ở trên)
là cách sơ khai nhất.

bộ định tuyến thẻ hệ đầu tiên:

máy tính truyền thông với việc chuyển đổi dữ ới sự kiểm soát trực tiếp của CPU gói đư ợc sao chép vào bộ nhớ của hệ thống tốc độ bị giới hạn bởi băng thông bộ nhớ (2 điểm giao nhau trên mỗi gói dữ liệu)



Chuyển qua xe buýt

(giải thích xe buýt cơ chế)

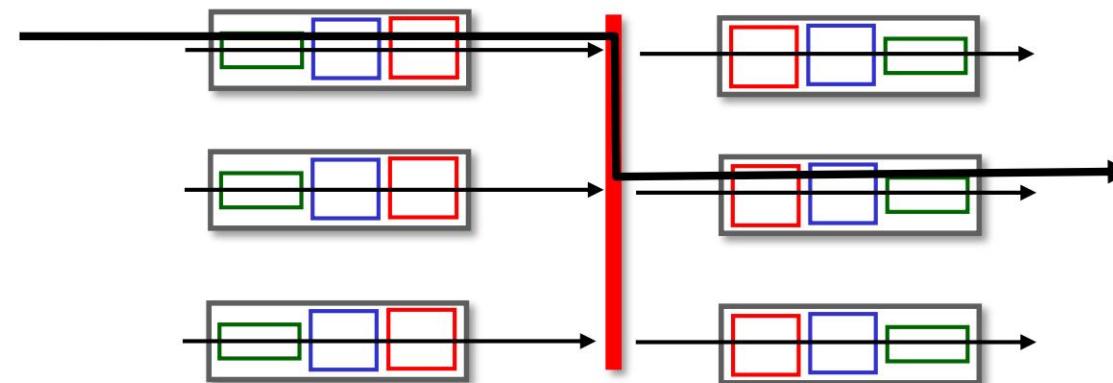
đoạn (trong lớp mạng)

datagram từ bộ nhớ cảng đầu vào đến bộ nhớ cảng đầu ra
qua xe buýt chung

cung cấp một lượng vừa đủ để xác định mức truyền tối đa.

speed switching bị giới hạn.

Tranh chấp về bus: tốc độ chuyển đổi bị giới hạn bởi băng thông của
bus Bus 32 Gbps, Cisco 5600: đủ tốc độ cho các bộ định tuyến truy cập



Chuyển mạch qua mạng kết nối

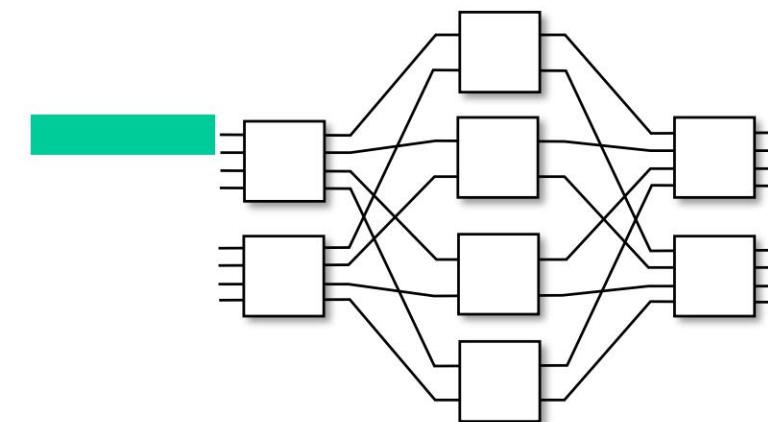
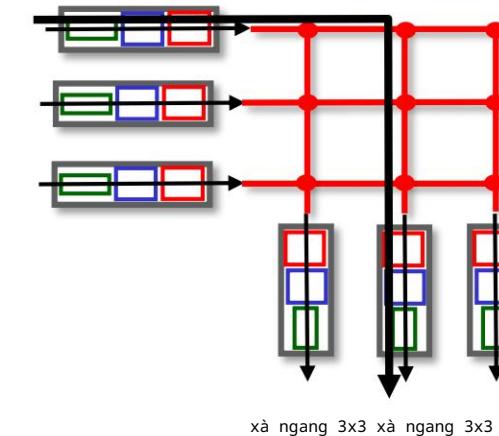
Mạng Crossbar, Clos, các mạng kết nối khác ban đầu được phát triển để kết nối các bộ xử lý trong bộ xử lý đa bộ xử lý **Bộ chuyển mạch đa tầng:**

chuyển mạch nxn từ nhiều tầng của bộ chuyển mạch nhỏ hơn

khai thác song song:

- phân mảnh datagram thành các ô có độ dài cố định trên lối vào
- chuyển đổi các ô thông qua kết cấu, tập hợp lại datagram khi thoát

Xe buýt tốt hơn, như ng chỉ cải thiện một chút.
VD: 2 máy vs 1 máy.



Công tắc đa tầng 8x8 được xây dựng từ các công tắc có kích thước nhỏ hơn

Chuyển mạch qua mạng kết nối mở rộng quy mô, sử dụng nhiều “mặt phẳng” chuyển mạch song song:

tăng tốc, mở rộng quy mô thông qua xử lý song song

Bộ định tuyến CRS của Cisco:

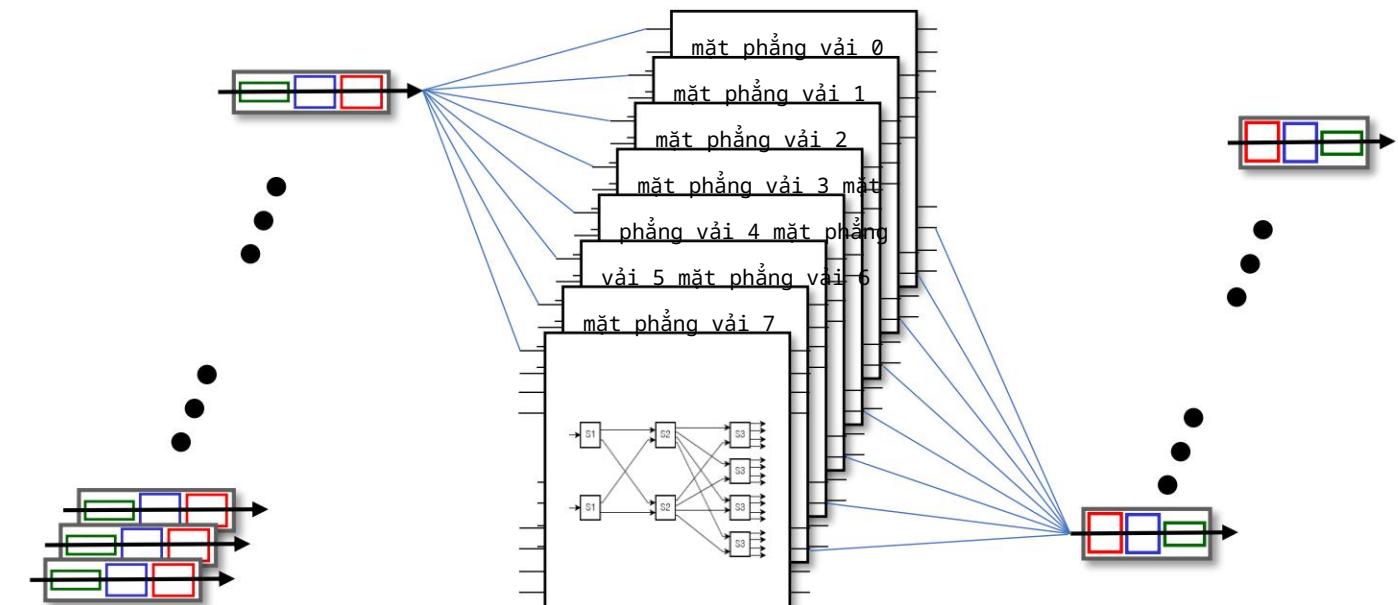
đơn vị cơ bản: 8

mặt phẳng chuyển mạch

mỗi mặt phẳng: Mạng kết nối 3

tầng với dung lư ợng chuyển

mạch lên tới 100 Tbps

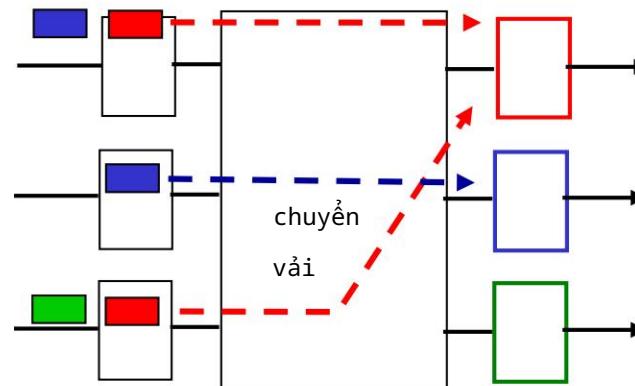


Hàng đợi cổng đầu vào

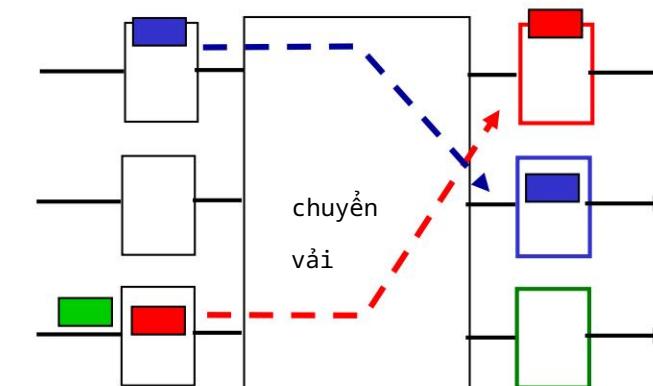
Nếu cấu trúc chuyển đổi chậm hơn so với cổng đầu vào kết hợp -> hàng đợi có thể xảy ra ở hàng đợi đầu vào • Độ trễ và mất hàng đợi do tràn bộ đệm đầu vào!

Chặn Head-of-the-Line (HOL): datagram xếp hàng đợi ở phía trước hàng đợi ngắn những người khác trong hàng đợi di chuyển về phía trước

cái đứng ở đầu hàng chờ đợi những người khác di chuyển (dù còn trống).

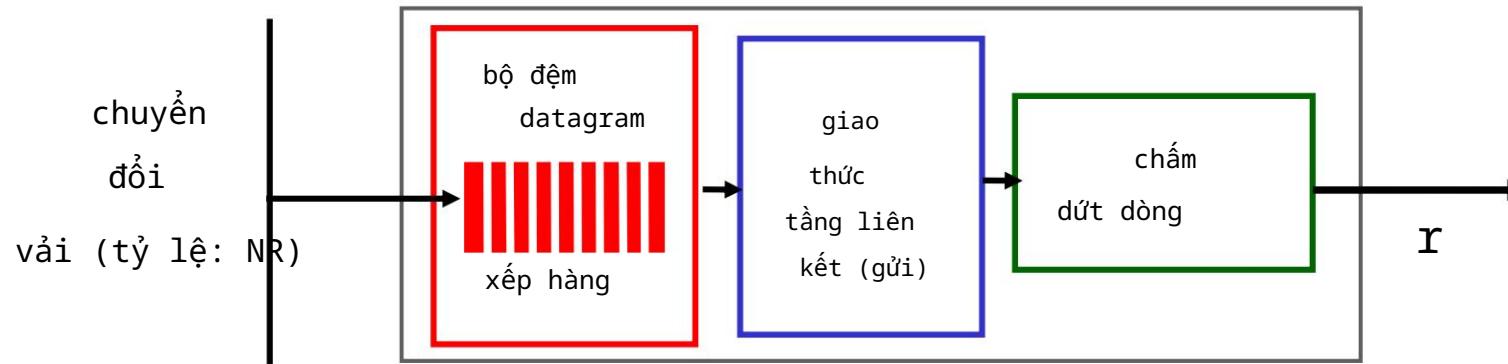


tranh chấp cổng đầu ra: chỉ có thể truyền một gói dữ liệu màu đỏ. gói màu đỏ thấp hơn bị chặn



một thời gian sau gói: gói màu xanh lá cây trải qua chặn HOL

Hàng đợi cổng đầu ra



Đây là một slide thực sự quan trọng

Tốc độ chuyển đổi dữ liệu càng tăng -> bộ đệm đầy đủ. Làm sao để tránh mất nhiều dữ liệu mà tôi có thể.

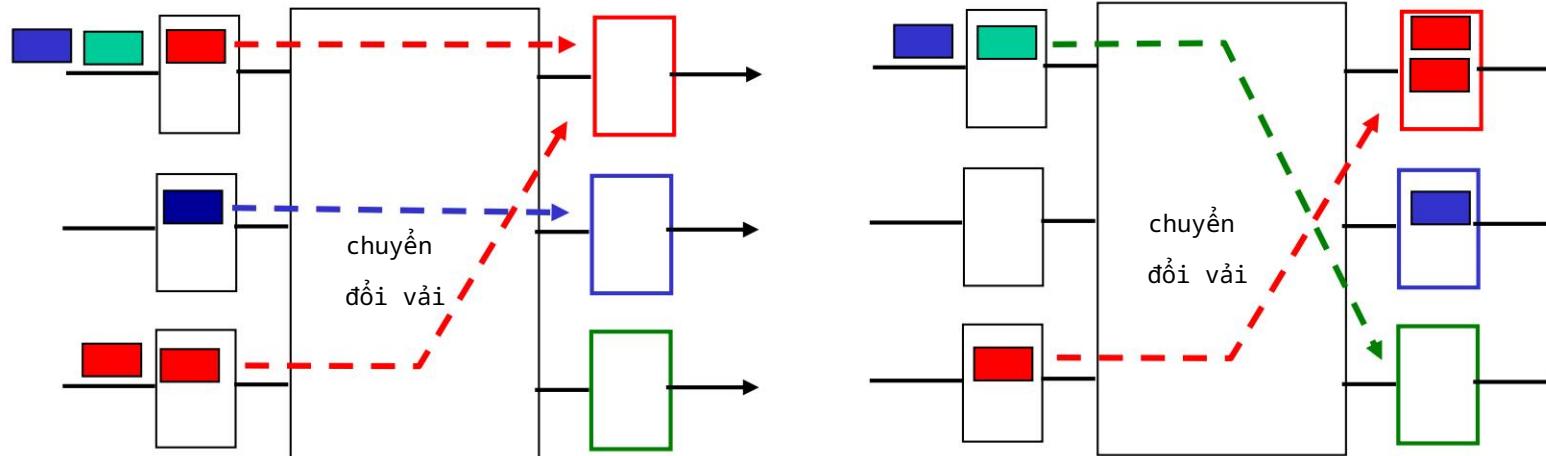
Cần có **bộ đệm** khi các gói dữ liệu đến từ kết cấu nhanh hơn tốc độ truyền liên kết. **Chính sách loại bỏ:** gói dữ liệu nào sẽ loại bỏ nếu không có bộ đệm miễn phí?

Datagram có thể bị mất do tắc nghẽn, thiếu bộ đệm

Nguyên tắc lập lịch chọn trong số các gói tin được xếp hàng đợi để truyền

Lập kế hoạch ưu tiên - ai có hiệu suất tốt nhất, tính trung lập của mạng

Hàng đợi cổng đầu ra



tại t, nhiều gói
hơn từ đầu vào đến đầu ra

một gói thời gian sau

Bộ đệm cố định. Tổng bộ nhớ router còn nhiều nhưng bộ nhớ đệm đã đầy .Giải thuật định tuyến ko tốt -> Mất dữ liệu.

đệm khi tốc độ đến qua switch vư ợt quá tốc độ đư ờng truyền đầu
ra xếp hàng (chậm trễ) và mất dữ liệu do tràn bộ đệm cổng đầu ra!

Bao nhiêu bộ đệm?

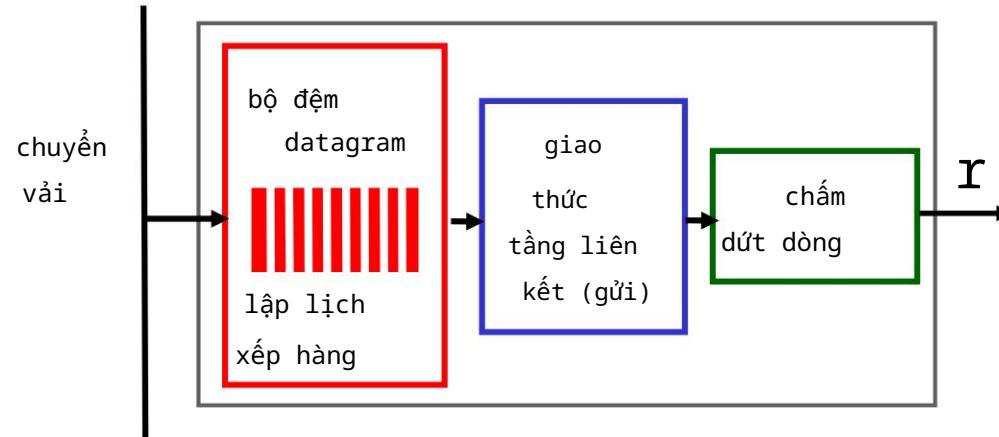
Quy tắc ngón tay cái RFC 3439: bộ đệm trung bình bằng RTT “điển hình” (giả sử là 250 mili giây) lần dung lư ợng liên kết C , ví dụ: liên kết C = 10 Gbps: bộ đệm 2,5

- Gbit truyền 10 Gbps, kênh 2,5 Gbit

khuyến nghị gần đây hơn: với N luồng, bộ đệm bằng $\frac{RT}{\sqrt{N}}$ lít/độ K.

như ng quá nhiều bộ nhớ đệm có thể làm tăng độ trễ (đặc biệt là trong các bộ định tuyến gia đình) • RTT dài: hiệu suất kém đối với các ứng dụng thời gian thực, phản hồi TCP chậm chạp • kiểm soát tắc nghẽn dựa trên độ trễ nhớ lại: “chỉ giữ liên kết cổ chai đủ đầy (bận) như ng không đầy hơn”

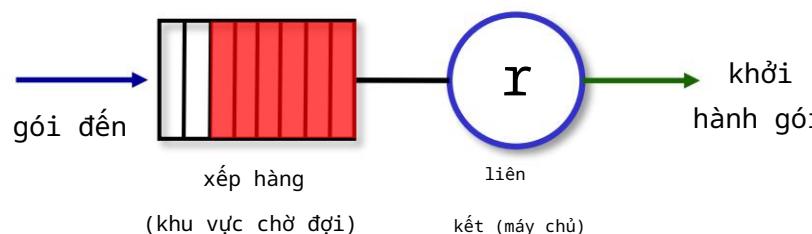
Quản lý bộ đệm



quản lý bộ đệm: loại

bỏ: thêm gói nào, loại bỏ khi bộ đệm đầy • loại bỏ đuôi: loại bỏ gói đến • ưu tiên: loại bỏ/ loại bỏ trên cơ sở ưu tiên

Trừu tượng: hàng đợi



đánh dấu: đánh dấu gói nào để báo hiệu tắc nghẽn (ECN, ĐỎ)

Lập lịch gói tin: FCFS

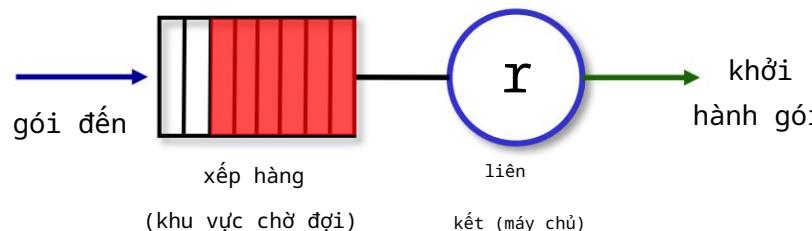
(cơ chế định thời hạn gói tin): First come , phục vụ đầu tiên.

lập lịch gói: quyết định gói nào sẽ gửi tiếp theo trên liên kết • ai đến trước được phục vụ trước • quyền ưu tiên • vòng tròn • xếp hàng công bằng có trọng số

FCFS: các gói được truyền theo thứ tự đến cổng đầu ra còn được gọi là: Đầu tiên đến trước out (FIFO)

ví dụ thực tế?

Trùu tư ợng: hàng đợi



Chính sách lập kế hoạch: ưu tiên

Câu hỏi: Tại sao cơ chế này lại lợi hơn FCFS ?

Lập lịch ưu tiên:

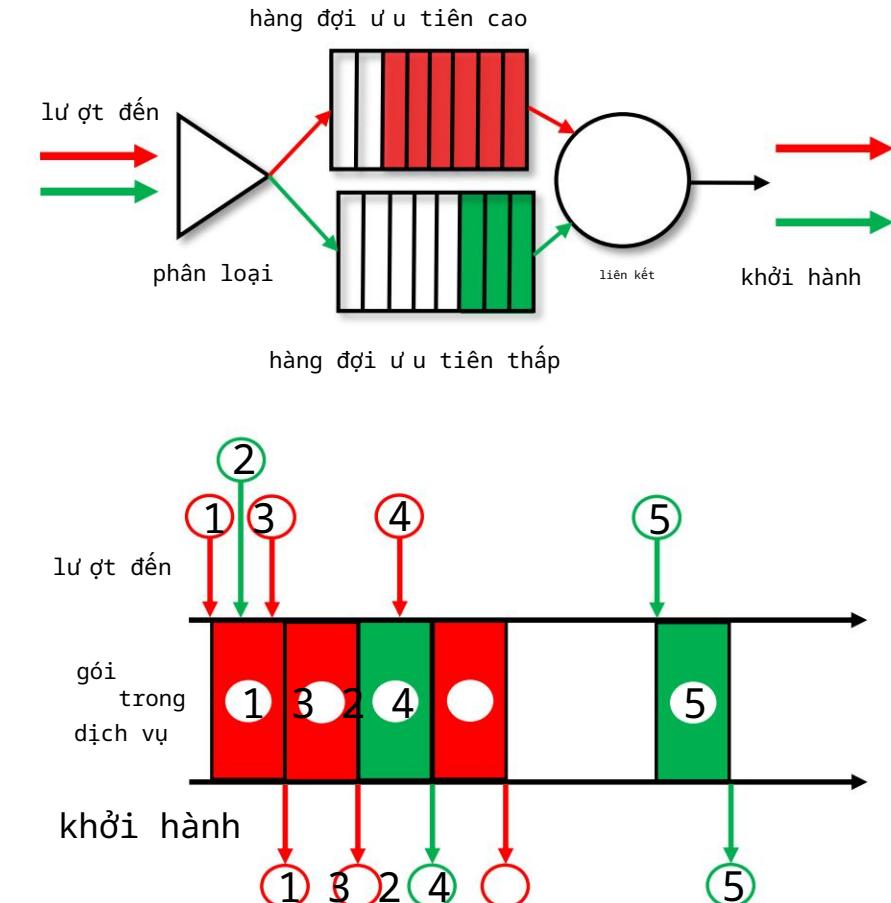
phân loại lưu lượng đến, xếp hàng theo lớp, bất kỳ truờng

- tiêu đề nào cũng có thể đưa ợc sử dụng để phân loại

gửi gói từ hàng đợi có mức ưu tiên cao nhất có gói đư ợc đệm •
FCFS trong lớp ưu tiên

Dữ liệu bth -> ưu tiên thấp.

Dữ liệu quan trọng -> ưu tiên cao.



Chính sách lập kế hoạch: round robin

(sự chậm trễ)

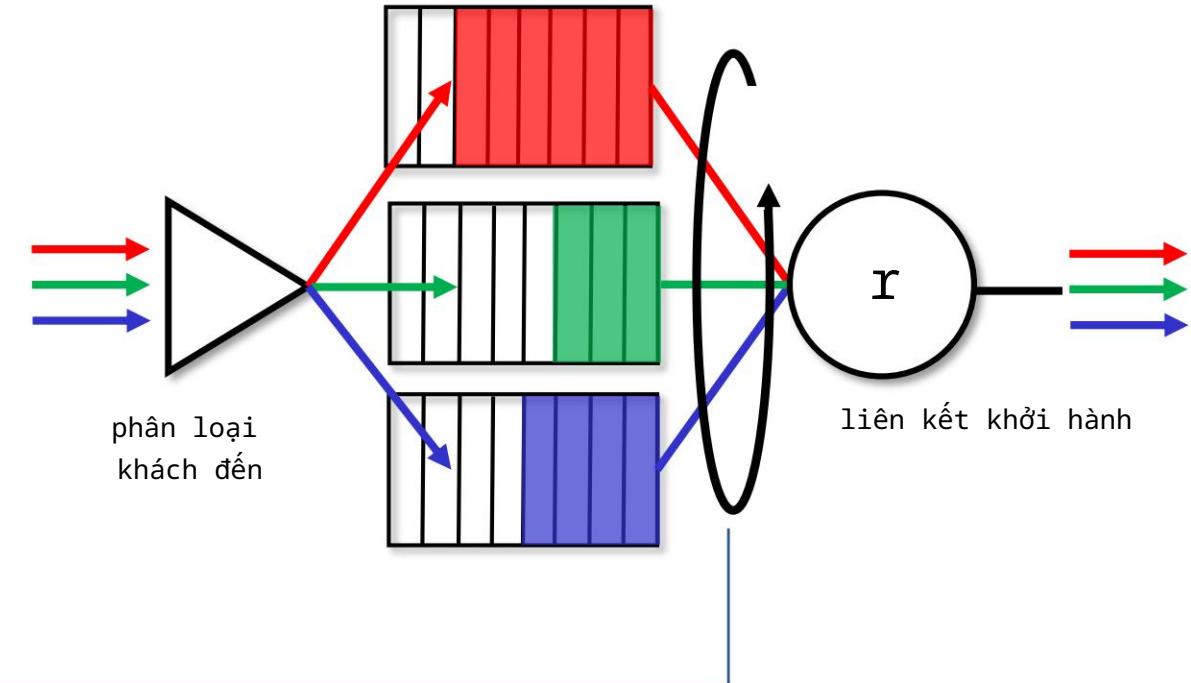
Nhược điểm: Gói dữ liệu quá dài gây chi phí cao do chờ lâu + phải chia liên tục.

Lập lịch Round Robin (RR): Lưu u

lưu ợng đến đư ợc phân loại, xếp hàng
theo lớp, bất kỳ trư ờng tiêu đề

- nào cũng có thể đư ợc sử dụng để
phân loại

máy chủ theo chu kỳ, liên
tục quét hàng đợi của lớp,
lần lượt gửi một gói hoàn
chỉnh từ mỗi lớp (nếu có)



Chính sách lập kế hoạch: hàng đợi công bằng có trọng số

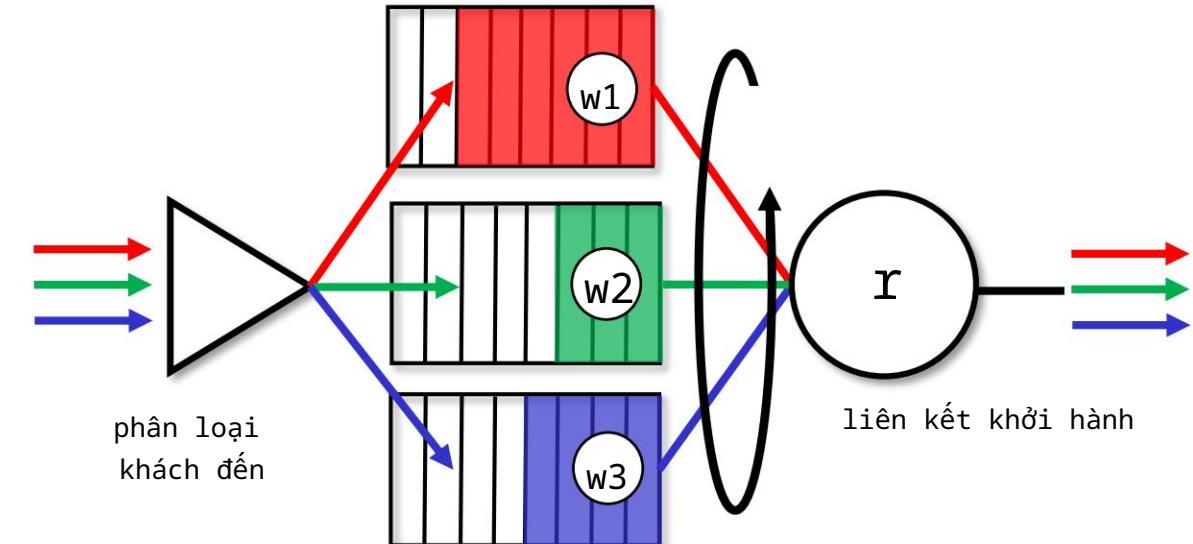
Nhiều hàng đợi \rightarrow làm sao ưu tiên đây ?

Xếp hàng công bằng có trọng số (WFQ):

Vòng tròn tổng quát mỗi hạng w_i hóa
i, có trọng số, w_i và nhận được
lưu ợng dịch vụ có trọng số trong
mỗi chu kỳ: w_i

S_{jw_j}

đảm bảo băng thông tối
thiểu (mỗi loại lưu lượng truy cập)



Thanh bên: Tính trung lập của mạng

Tính trung lập của mạng là gì? kỹ

thuật: ISP nên chia sẻ/phân bổ tài nguyên của mình như thế nào • lập

lịch gói, quản lý bộ đệm là các cơ chế

các nguyên tắc kinh tế, xã hội

- bảo vệ quyền tự do ngôn luận
- khuyến khích đổi mới, cạnh tranh

các quy tắc và chính sách pháp luật được thi hành

Các quốc gia khác nhau có “quản điểm” khác nhau về tính trung lập của mạng

Thanh bên: Tính trung lập của mạng

Lệnh FCC của Hoa Kỳ năm 2015 về Bảo vệ và Thúc đẩy Internet Mở: ba quy tắc “rõ ràng, rõ ràng”:

không chặn . “sẽ không chặn nội dung, ứng dụng, dịch vụ hợp pháp hoặc các thiết bị không gây hại, tùy thuộc vào sự quản lý mạng hợp lý.”

không điều tiết . “sẽ không làm suy giảm hoặc suy giảm lưu lượng truy cập Internet hợp pháp trên cơ sở nội dung, ứng dụng hoặc dịch vụ Internet hoặc việc sử dụng thiết bị không gây hại, tùy thuộc vào sự quản lý mạng hợp lý.”

không trả tiền ưu tiên . . “sẽ không tham gia vào ưu tiên trả phí”

ISP: dịch vụ viễn thông hay thông tin?

ISP là nhà cung cấp “dịch vụ viễn thông” hay “dịch vụ thông tin”? câu trả lời thực sự quan trọng từ quan điểm pháp lý!

Đạo luật Viễn thông Hoa Kỳ năm 1934 và 1996:

- **Tiêu đề II:** áp đặt “các nhiệm vụ chung của nhà cung cấp dịch vụ” đối với **các dịch vụ viễn thông**: giá cư ớc hợp lý, không phân biệt đối xử và yêu cầu phải có quy định
- **Tiêu đề I:** áp dụng cho **các dịch vụ thông tin**:

- không có nhiệm vụ vận chuyển thông thư ờng (không được quy định)
- như ng trao quyền cho FCC “. có thể cần thiết trong việc thực hiện các chức năng của nó”⁴

Lớp mạng: lộ trình “mặt phẳng dữ liệu”

Lớp mạng: tổng quan • mặt phẳng
dữ liệu • mặt phẳng điều khiển
Có gì bên trong bộ định tuyến

- cổng đầu vào, chuyển mạch, cổng đầu ra
- quản lý bộ đệm, lập lịch trình
- IP: Giao thức Internet • định dạng datagram • đánh địa chỉ • dịch địa chỉ mạng
- IPv6

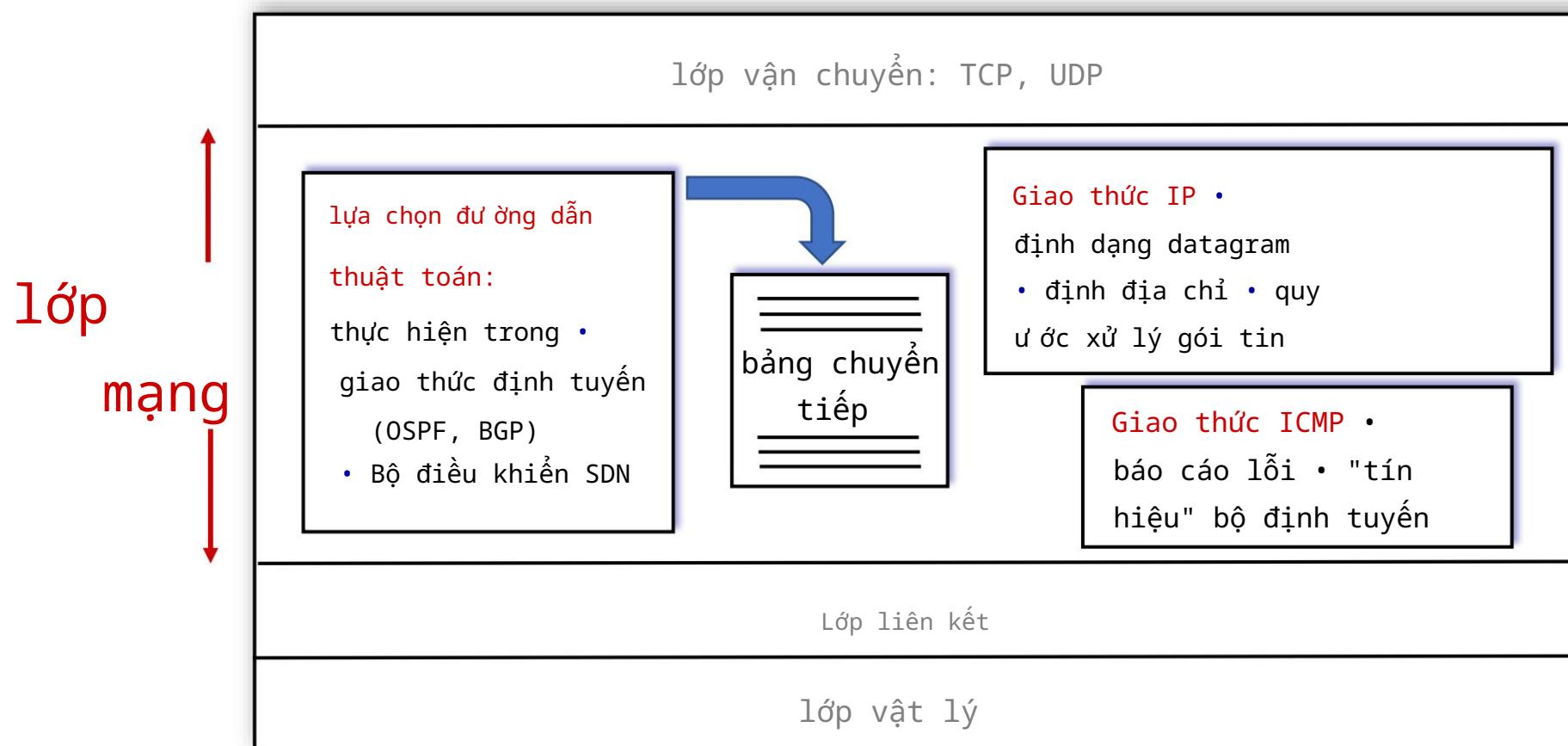


Chuyển tiếp tổng quát, SDN • khớp+hành động • OpenFlow: khớp+hành động đang hoạt động Middleboxes

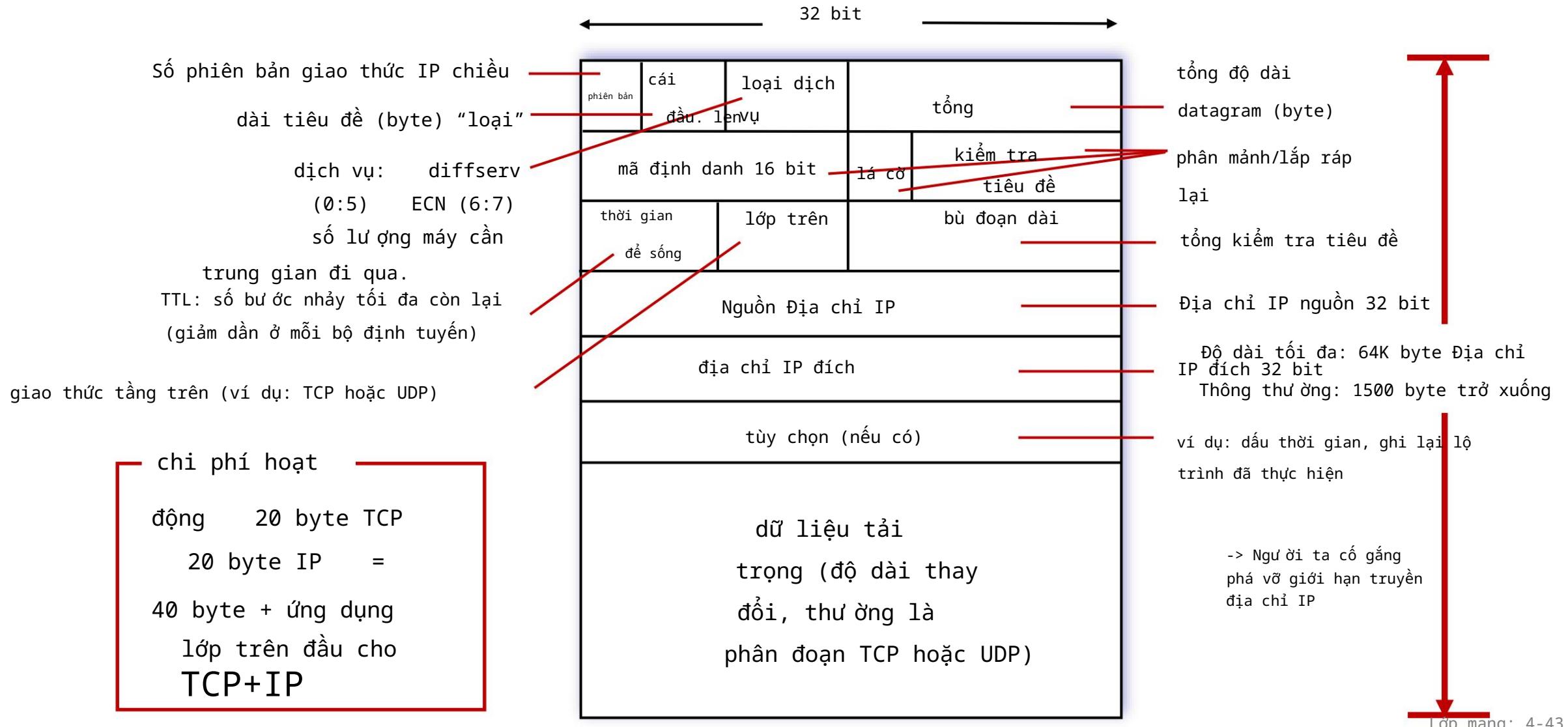
Lớp mạng: Internet

when input -> input queue -> has buffer to save data chia xử lý
 (buffer size, rttc/sqrt(n) -> read buffer. .
 Môi trường giữa queue và buffer: mem, bus, cross switch

chức năng lớp mạng máy chủ, bộ định tuyến:



Định dạng gói dữ liệu IP



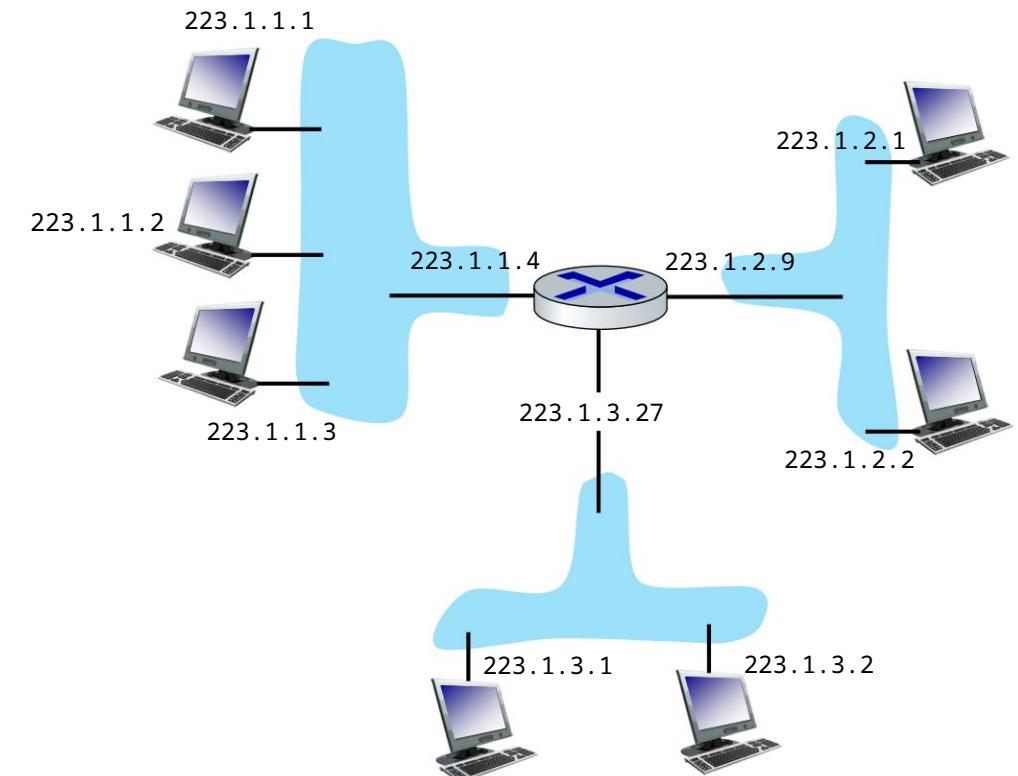
Địa chỉ IP: giới thiệu

Địa chỉ IP: mã định danh 32 bit

được liên kết với từng giao diện
máy chủ hoặc bộ định tuyến

giao diện: kết nối giữa máy chủ/bộ định
tuyến và liên kết vật lý • bộ định
tuyến thư ờng có nhiều giao diện

- máy chủ thư ờng có một hoặc hai
giao diện (ví dụ: Ethernet có
dây, 802.11 không dây)



ký hiệu địa chỉ IP dạng thập phân chấm:

223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001



223

1

1

1

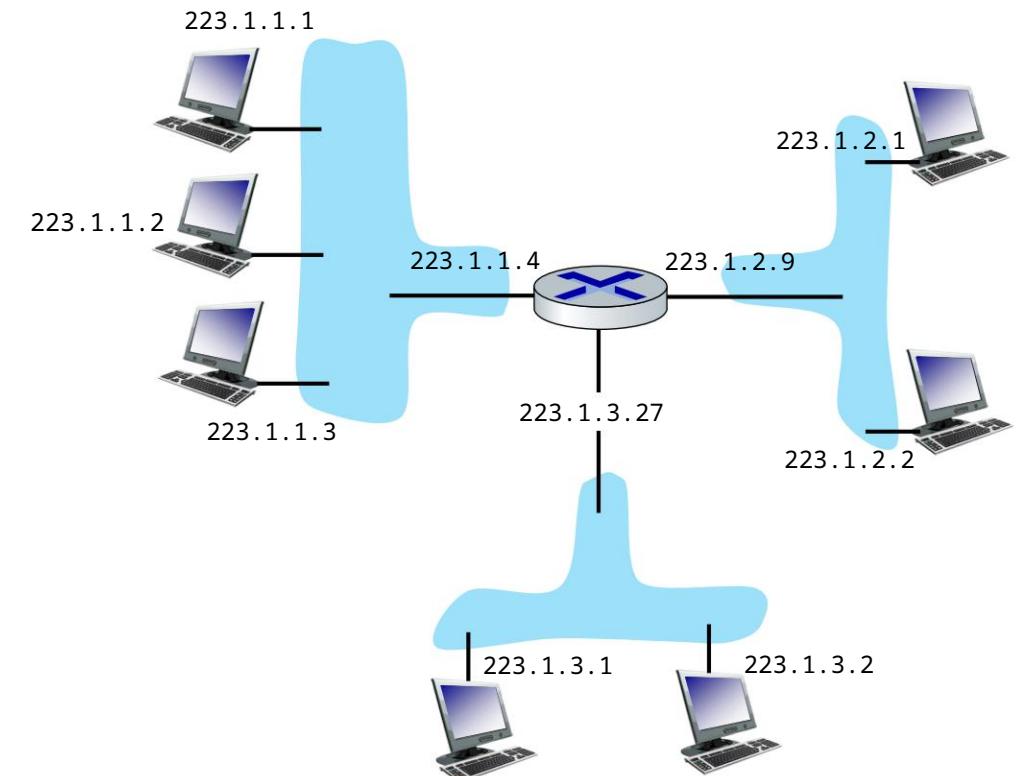
Địa chỉ IP: giới thiệu

Địa chỉ IP: mã định danh 32 bit

được liên kết với từng giao diện
máy chủ hoặc bộ định tuyến

giao diện: kết nối giữa máy chủ/bộ định
tuyến và liên kết vật lý • bộ định
tuyến thư ờng có nhiều giao diện

- máy chủ thư ờng có một hoặc hai
giao diện (ví dụ: Ethernet có
dây, 802.11 không dây)



ký hiệu địa chỉ IP dạng thập phân chấm:

223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001



223

1

1

1

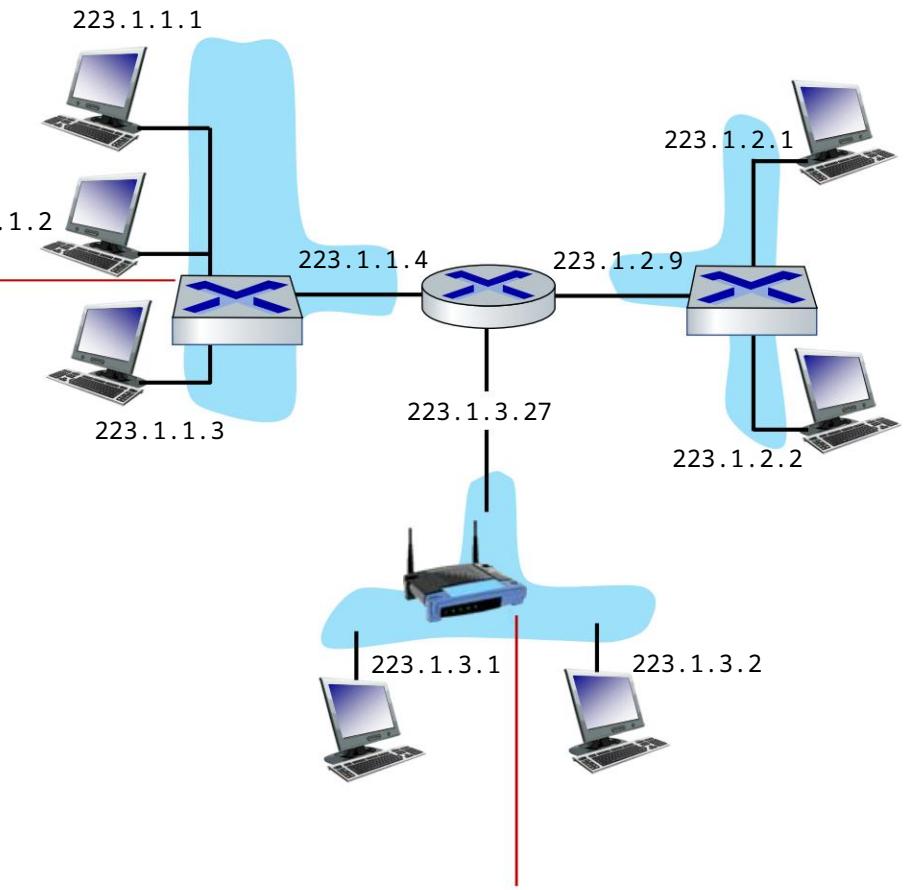
Địa chỉ IP: giới thiệu

Q: các giao diện thực sự
đư ợc kết nối như thế nào?

A: chúng ta sẽ tìm hiểu về
trong chương 6, 7

MỘT: có dây
Giao diện Ethernet đư ợc
kết nối bởi
Bộ chuyển mạch Ethernet

A: giao diện WiFi không
dây đư ợc kết nối bởi trạm gốc WiFi



Hiện tại: không cần lo lắng về
cách một giao diện đư ợc kết nối
với giao diện khác (không có bộ
định tuyến can thiệp)

mạng con

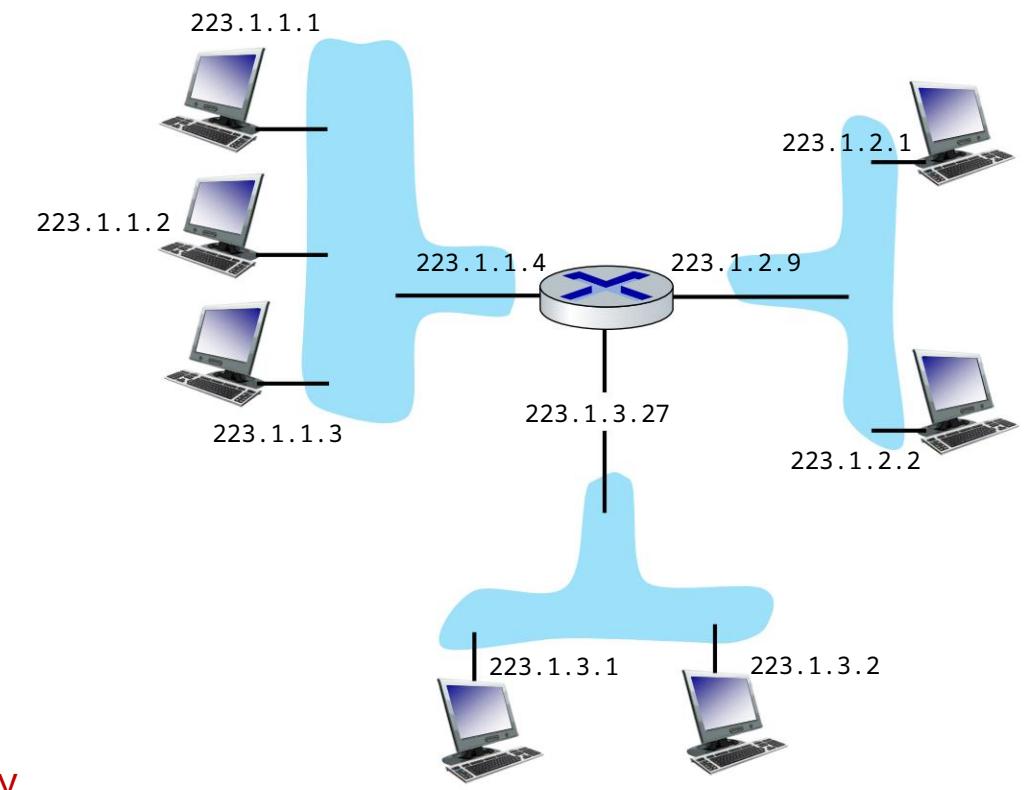
Dựa vào mặt nạ mạng con để đoán vị trí của bạn (vd: 223, ...)

Mạng con là gì?

- giao diện thiết bị có thể tiếp cận vật lý với nhau **mà không cần thông qua một bộ định tuyến can thiệp**

Địa chỉ IP có cấu trúc:

- **phần mạng con:** các thiết bị trong cùng một mạng con có chung các bit bậc cao
chủ: các bit bậc thấp còn lại
- **Phần máy**



mạng gồm 3 mạng con

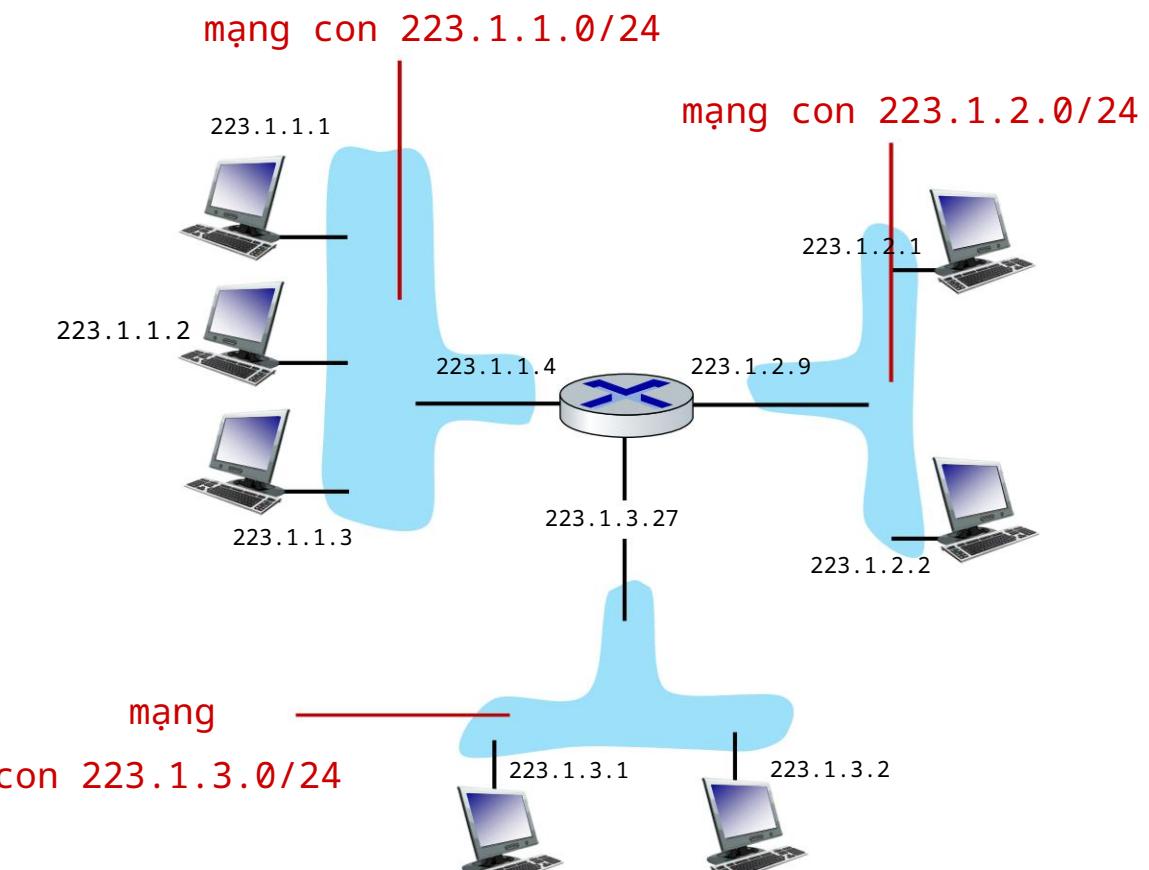
mạng con

Làm thế nào để xác định mạng con? (QUAN TRỌNG)

Công thức xác định mạng con:

tách từng giao diện khỏi máy chủ
hoặc bộ định tuyến của nó, tạo ra
các “đảo” của các mạng bị cô lập
mỗi mạng bị cô lập đư ợc gọi
là **mạng con**

223.0 -> mạng
con 223.255 ->
223.1.1.1 ->
223.1.1.254 ->



**mạng
con 223.1.3.0/24**

mặt nạ mạng con: /

24 (24 bit bậc cao: phần mạng con của địa chỉ IP)

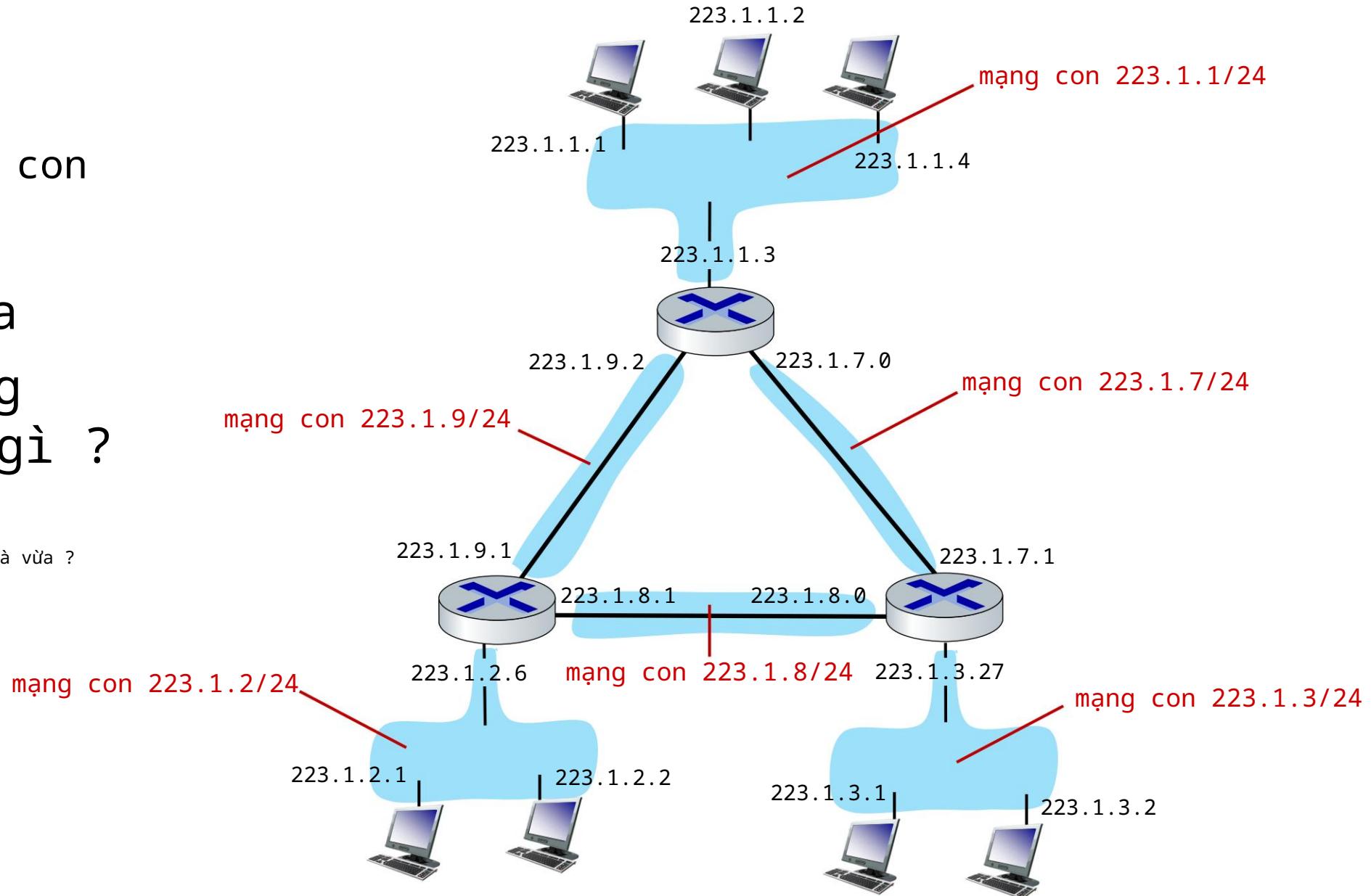
Cao 24 bit: Phần mạng con của địa chỉ IP.

mạng con

các mạng con
ở đâu?

/24 địa
chi mạng
con là gì ?

Chia subnet bao nhiêu là vừa ?

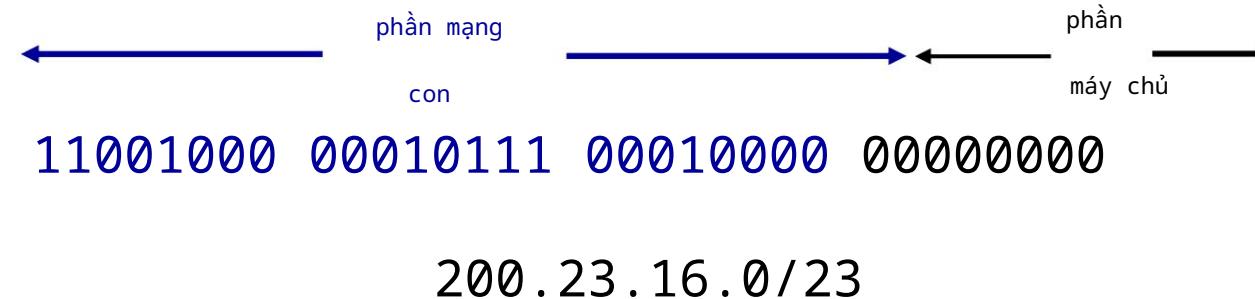


Địa chỉ IP: CIDR

CIDR: Định tuyến liên **miền không phân loại** (phát âm là “rư ợu táo”)

- phần mạng con của địa chỉ có độ dài tùy ý •

định dạng địa chỉ: **abcd/x**, trong đó x là # bit trong phần mạng con địa chỉ



Địa chỉ IP: làm thế nào để có được một?

Làm sao để ta có một địa chỉ IP ?

Đó thực sự là **hai** câu hỏi:

- 1.Hỏi: Làm cách nào để một máy chủ nhận được địa chỉ IP trong mạng của nó (phần máy chủ của Địa chỉ)?
- 2.Hỏi: Làm cách nào để một mạng có được địa chỉ IP cho chính nó (phần mạng của Địa chỉ)

Làm thế nào để máy chủ có được địa

chỉ IP? đư ợc mã hóa cứng bởi sysadmin trong tệp cấu hình (ví dụ: /etc/
rc.config trong UNIX) **DHCP**: Giao thức cấu hình máy chủ động : tự động lấy địa chỉ
từ máy chủ

- “cắm là chạy”

DHCP: Giao thức cấu hình máy chủ động

mục tiêu: máy chủ tự động lấy địa chỉ IP từ máy chủ mạng khi nó “tham gia” mạng có thể gia hạn hợp đồng thuê địa chỉ đang sử dụng cho phép sử dụng lại địa chỉ (chỉ giữ địa chỉ khi kết nối/bật) hỗ trợ người dùng di động tham gia/rời khỏi mạng

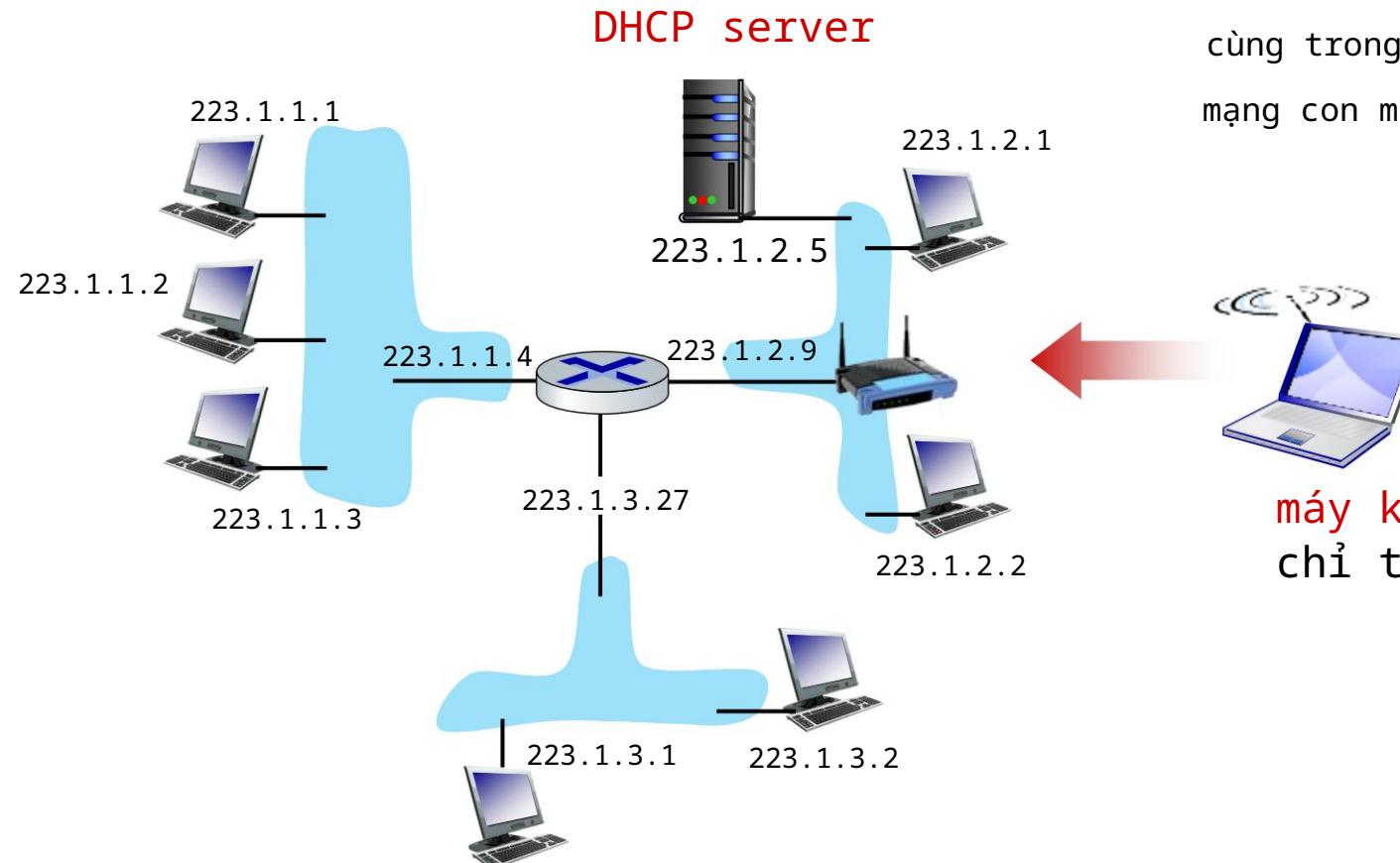
Tổng quan về DHCP:

máy chủ quảng bá Thông điệp khám phá DHCP [tùy chọn]

Máy chủ DHCP phản hồi với thông điệp ưu đãi DHCP [tùy chọn]

Máy chủ yêu cầu địa chỉ IP: Thông điệp yêu cầu DHCP
Máy chủ DHCP gửi địa chỉ: Thông điệp xác nhận DHCP

Kịch bản máy khách-máy chủ DHCP



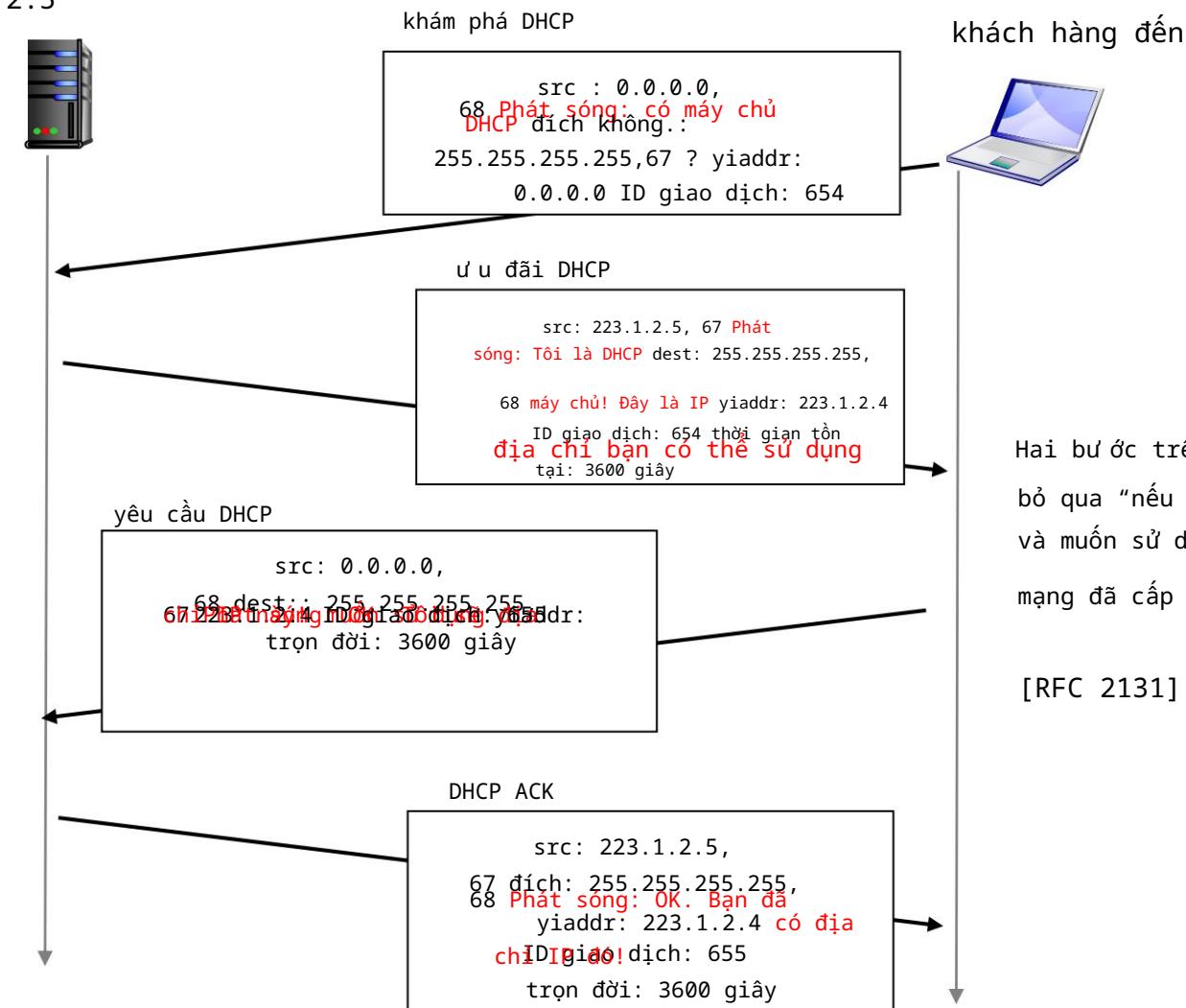
Thông thư ờng, máy chủ DHCP sẽ đư ợc đặt
cùng trong bộ định tuyến, phục vụ tất cả các
mạng con mà bộ định tuyến đư ợc gắn vào.

máy khách DHCP đến cần địa
chỉ trong mạng này

Kịch bản máy khách-máy chủ DHCP

Trong một hệ thống có thể có 2 máy chủ DHCP ko ?

Máy chủ DHCP: 223.1.2.5



Hai bước trên có thể được
bỏ qua "nếu khách hàng nhớ
và muốn sử dụng lại địa chỉ
mạng đã cấp phát trước đó"

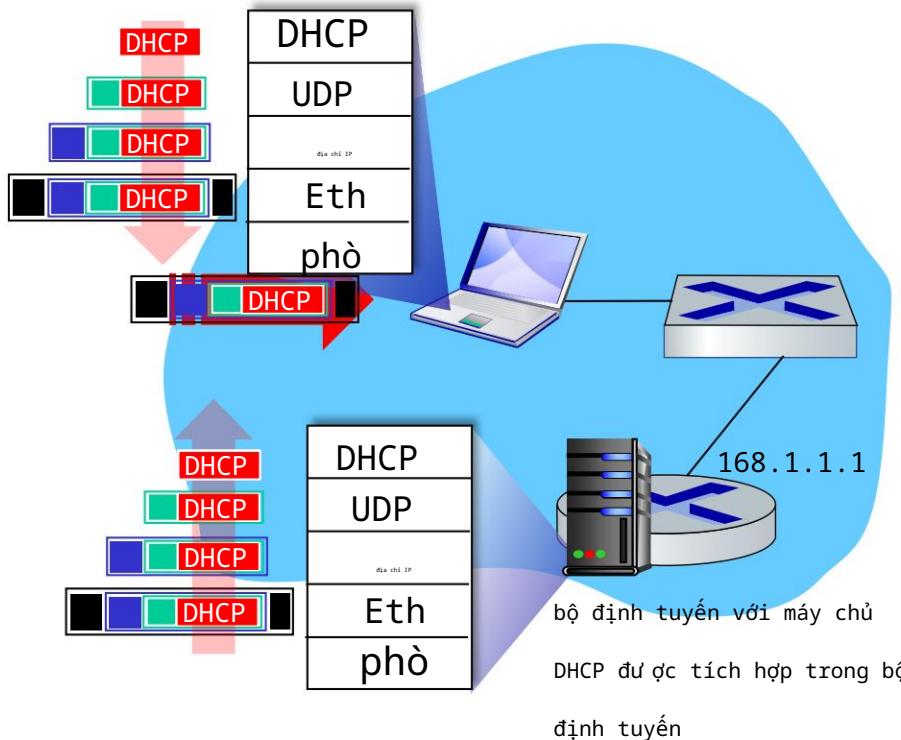
[RFC 2131]

DHCP: nhiều hơn địa chỉ IP

DHCP có thể trả lại nhiều hơn địa chỉ IP được phân bổ trên mạng con:

- địa chỉ của bộ định tuyến chặng đầu dành cho máy khách tên và địa chỉ IP của máy chủ DNS
- mặt nạ mạng (chỉ ra phần mạng so với máy chủ của địa chỉ)

DHCP: ví dụ



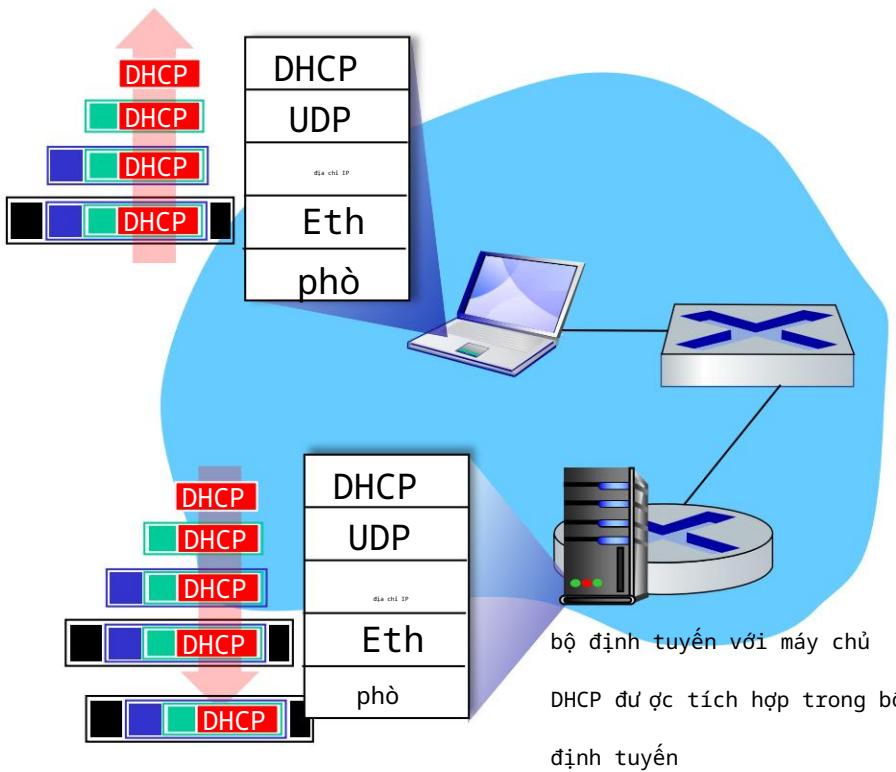
Laptop kết nối sẽ sử dụng DHCP để lấy địa chỉ IP, địa chỉ của router chặng đầu tiên, địa chỉ của máy chủ DNS.

Bản tin DHCP REQUEST đư ợc đóng gói trong UDP, đư ợc gói gọn trong IP, đư ợc gói gọn trong Ethernet

Quảng bá khung Ethernet (đích: FFFFFFFFFFFF) trên mạng LAN, đư ợc nhận tại bộ định tuyến chạy máy chủ DHCP

Giải mã Ethernet sang giải mã IP,
UDP đư ợc giải mã thành DHCP

DHCP: ví dụ



Máy chủ DCP tạo DHCP ACK chứa địa chỉ IP của máy khách, địa chỉ IP của bộ định tuyến bù ớc nhảy đầu tiên cho máy khách, tên & địa chỉ IP của máy chủ DNS

máy chủ DHCP đóng gói trả lời chuyển tiếp đến khách hàng, giải mã lên đến DHCP tại máy khách

máy khách hiện biết địa chỉ IP, tên và địa chỉ IP của máy chủ DNS, địa chỉ IP của bộ định tuyến bù ớc nhảy đầu tiên của nó

Địa chỉ IP: làm thế nào để có được một?

làm thế nào một quốc gia phân bổ địa chỉ IP khi có hàng triệu người sử dụng internet ?

H: làm thế nào để mạng nhận được phần mạng con của địa chỉ IP?

A: được phân bổ một phần không gian địa chỉ của nhà cung cấp ISP

khối của ISP 11001000 00010111 00010000 00000000 200.23.16.0/20

Sau đó, ISP có thể phân bổ không gian địa chỉ của mình thành 8 khối:

Tổ chức 0 11001000 00010111 00010000 00000000 200.23.16.0/23 Tổ chức 1

11001000 00010111 00010010 00000000 200.23.18.0/23 Tổ chức 2 11001000 00010111 00010100 00000000

...

...

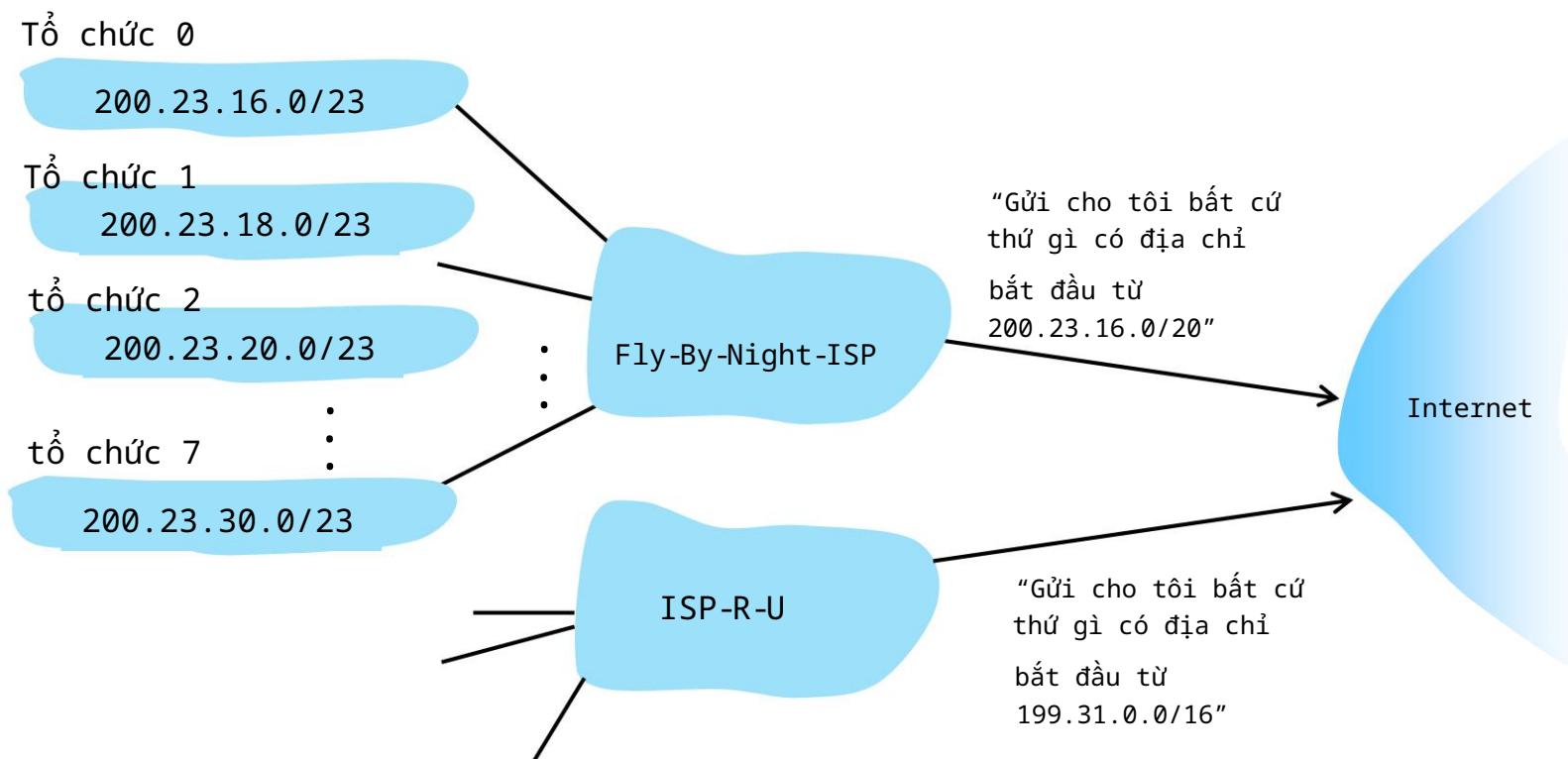
..

..

Tổ chức 7 11001000 00010111 00011110 00000000 200.23.30.0/23

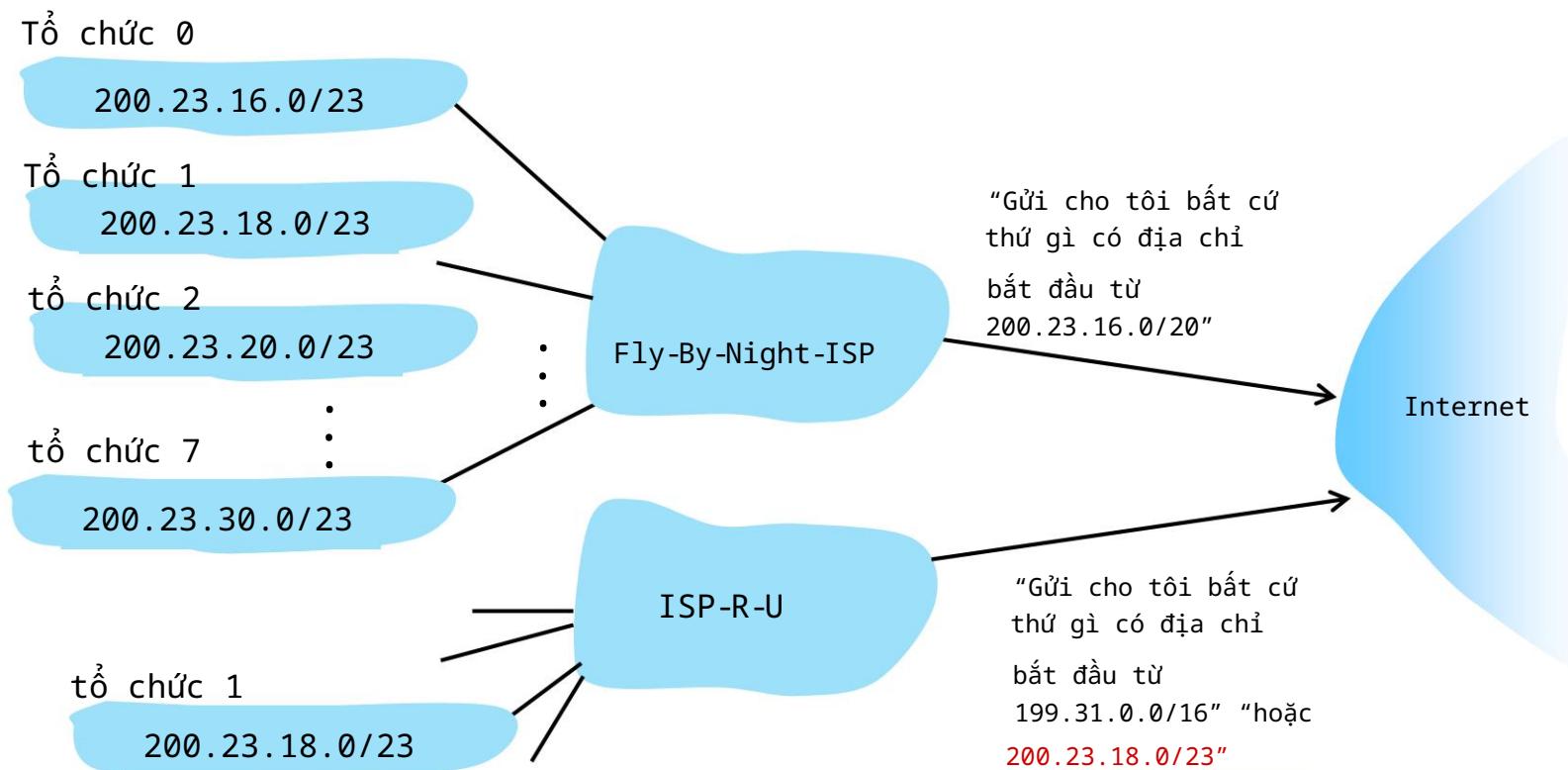
Địa chỉ phân cấp: tập hợp tuyến đư ờng

địa chỉ phân cấp cho phép quảng cáo thông tin định tuyến hiệu quả:



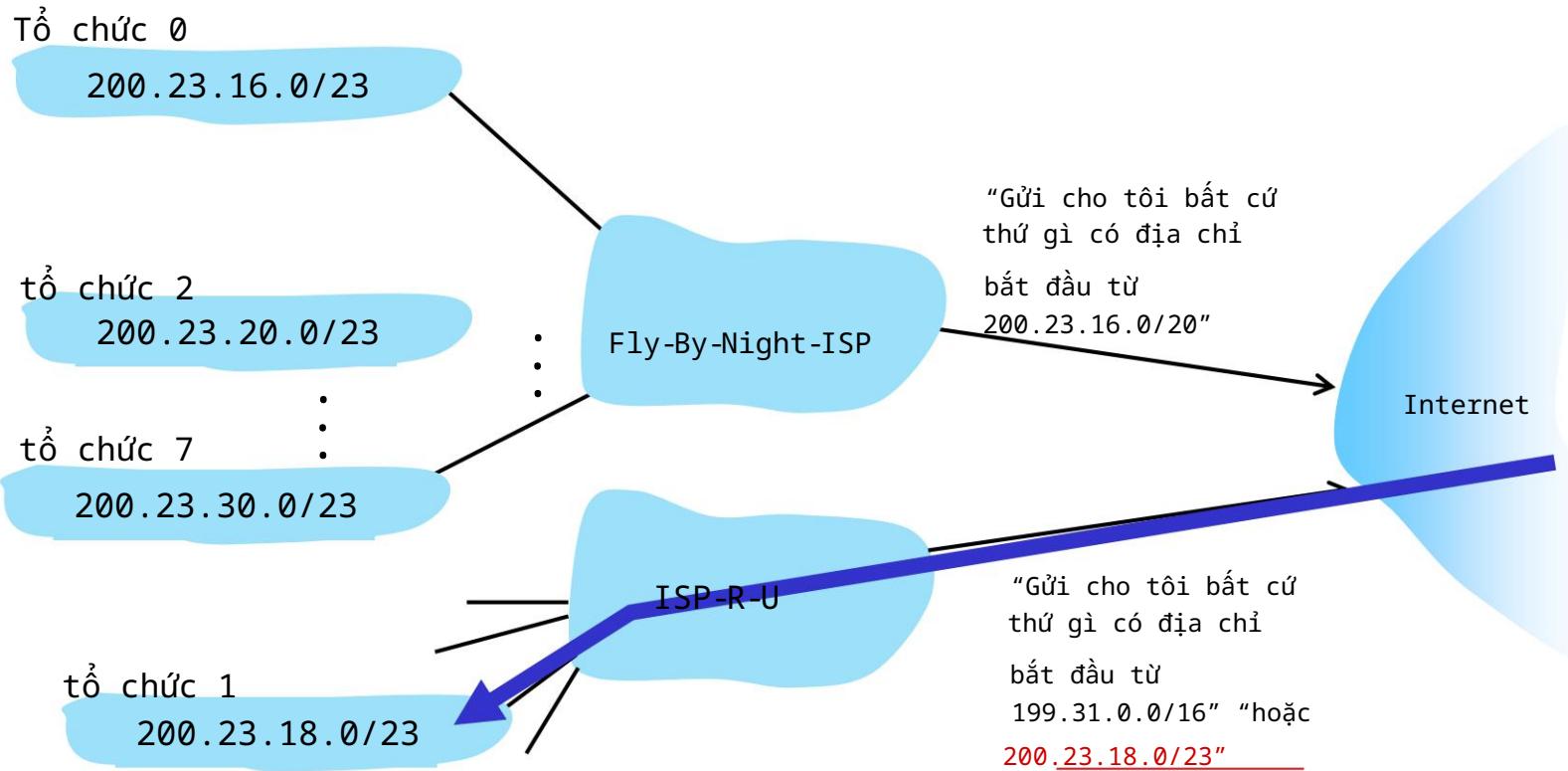
Địa chỉ phân cấp: các tuyến cụ thể hơn

Tổ chức 1 chuyển từ Fly-By-Night-ISP sang ISPs-R-Us
ISPs-R-Us hiện quảng cáo một lộ trình cụ thể hơn đến Tổ chức 1



Địa chỉ phân cấp: các tuyến cụ thể hơn

Tổ chức 1 chuyển từ Fly-By-Night-ISP sang ISPs-R-Us
 ISPs-R-Us hiện quảng cáo một lộ trình cụ thể hơn đến Tổ chức 1



Địa chỉ IP: từ cuối cùng . . .

Hỏi: làm cách nào để một ISP có được khôi phục địa chỉ?

A: ICANN: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers <http://www.icann.org/> • phân bổ địa chỉ IP, thông qua 5 cơ quan đăng ký khu vực (RR) (những người ờ sau đó có thể phân bổ cho các cơ quan đăng ký địa phư ơng) quản lý vùng gốc DNS, bao gồm ủy quyền của • quản lý TLD cá nhân (.com, .edu ,.)

Hỏi: có đủ địa chỉ IP 32 bit không?

ICANN đã phân bổ đoạn cuối cùng của Địa chỉ IPv4 đến RR năm 2011 NAT (tiếp theo) giúp giải quyết cạn kiệt không gian địa chỉ IPv4 IPv6 có không gian địa chỉ 128-bit

"Ai biết chúng ta cần bao nhiêu không gian địa chỉ?" Vint Cerf (phản ánh quyết định tạo địa chỉ IPv4 dài 32 bit)

Lớp mạng: lộ trình “mặt phẳng dữ liệu”

Lớp mạng: tổng quan • mặt phẳng
dữ liệu • mặt phẳng điều khiển
Có gì bên trong bộ định tuyến

- cổng đầu vào, chuyển mạch, cổng đầu ra • quản lý bộ đệm, lập lịch trình
- IP: Giao thức Internet •
- định dạng datagram • đánh địa chỉ • dịch địa chỉ mạng
- IPv6

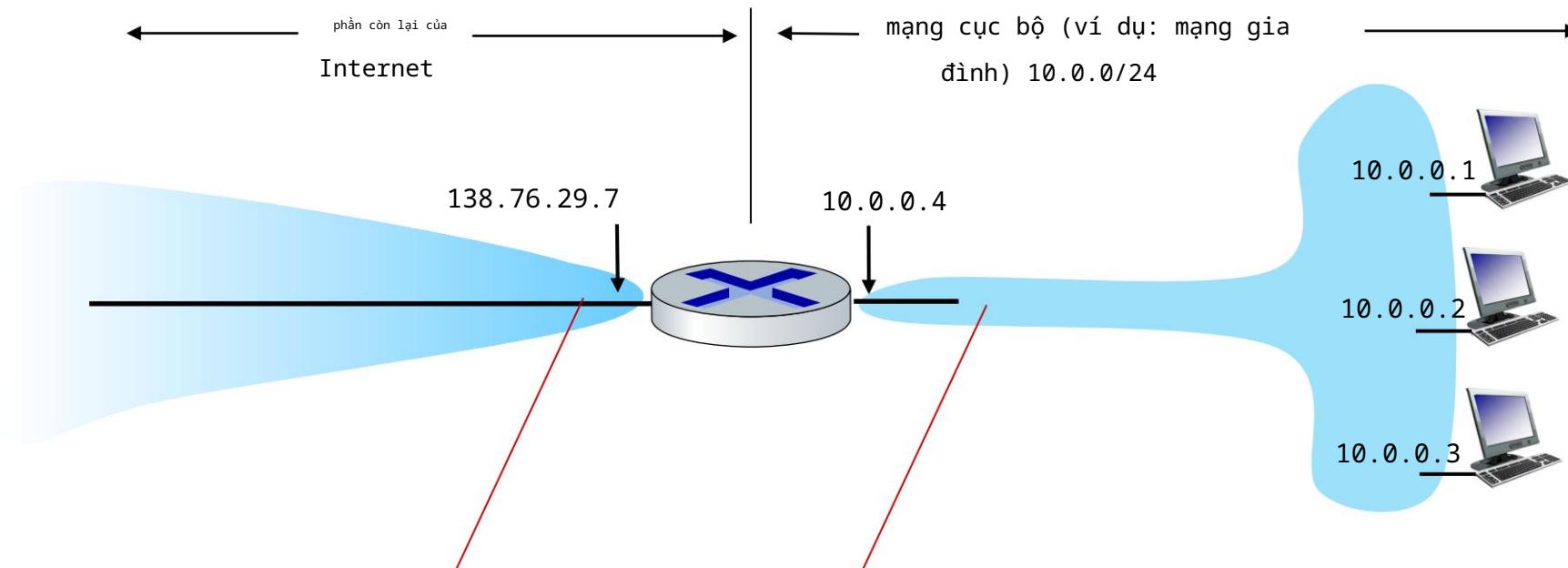


Chuyển tiếp tổng quát, SDN • khớp+hành động • OpenFlow: khớp+hành động đang hoạt động Middleboxes

NAT: dịch địa chỉ mạng

NAT là gì? Hiện thực ra sao ? Cách để có một subnetmask ở việt nam ?

NAT: tất cả các thiết bị trong mạng cục bộ chỉ chia sẻ **một** địa chỉ IPv4 khi có liên quan đến thế giới bên ngoài



tất cả các datagram rời khỏi mạng cục bộ đều có **cùng** địa chỉ IP NAT nguồn: 138.76.29.7, như số cổng nguồn khác (như thư ờng lẻ)

datagram có nguồn hoặc đích trong mạng này có địa chỉ 10.0.0.0/24 cho nguồn, đích

NAT: dịch địa chỉ mạng

tất cả các thiết bị trong mạng cục bộ đều có địa chỉ 32-bit trong một IP “riêng tư” không gian địa chỉ (10/8, 172.16/12, 192.168/16 tiền tố) chỉ có thể được sử dụng trong mạng cục bộ

lợi thế: chỉ

cần **một** địa chỉ IP từ ISP của nhà cung cấp cho **tất cả các** thiết bị có thể thay đổi địa chỉ của máy chủ trong mạng nội bộ mà không cần thông báo cho thế giới bên ngoài

có thể thay đổi ISP mà không cần thay đổi địa chỉ của thiết bị tại địa phư ơng **mạng**

bảo mật: các thiết bị bên trong mạng cục bộ không thể định địa chỉ trực tiếp, có thể nhìn thấy bởi thế giới bên ngoài

NAT: dịch địa chỉ mạng

triển khai: Bộ định tuyến NAT phải (trong suốt):

datagram gửi đi: thay thế (địa chỉ IP nguồn, số cổng) của mọi gói dữ liệu gửi đi tới (địa chỉ NAT IP, cổng mới #)

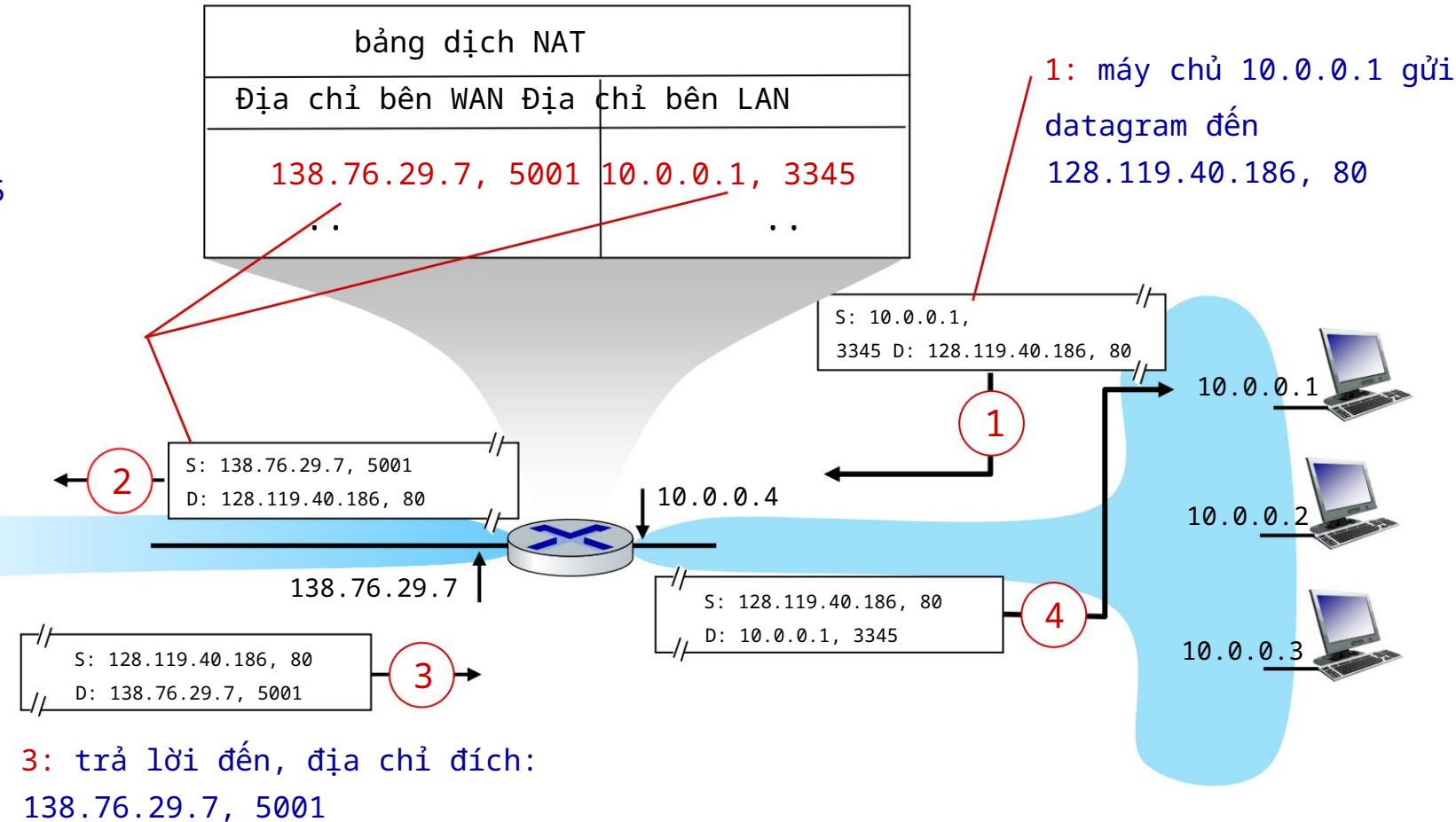
- máy khách/máy chủ từ xa sẽ phản hồi bằng cách sử dụng (địa chỉ IP NAT, cổng mới #) làm địa chỉ đích

ghi nhớ (trong bảng dịch NAT) mọi (địa chỉ IP nguồn, cổng #) sang (địa chỉ NAT IP, cổng mới #) cặp dịch

các gói dữ liệu đến: thay thế (địa chỉ NAT IP, số cổng mới) trong các trự ờng đích của mọi gói dữ liệu đến với (địa chỉ IP nguồn, số cổng) tương ứng được lưu trữ trong bảng NAT

NAT: dịch địa chỉ mạng

2: Bộ định tuyến NAT
thay đổi địa chỉ nguồn
datagram từ 10.0.0.1, 3345
thành 138.76.29.7, 5001,
cập nhật bảng



NAT: dịch địa chỉ mạng

NAT đã gây tranh cãi:

- bộ định tuyến “chỉ nên” xử lý đến lớp 3 • địa chỉ “thiếu hụt” nên được giải quyết bằng IPv6 • vi phạm đối số end-to-end (thao tác cổng # bởi thiết bị lớp mạng) • NAT traversal: điều gì sẽ xảy ra nếu máy khách muốn kết nối với máy chủ đằng sau NAT?

như ng NAT vẫn ở đây:

- được sử dụng rộng rãi trong mạng gia đình và tổ chức, mạng di động 4G/5G

NAT giới hạn ở ~65000 nghìn.

IPv6: động lực

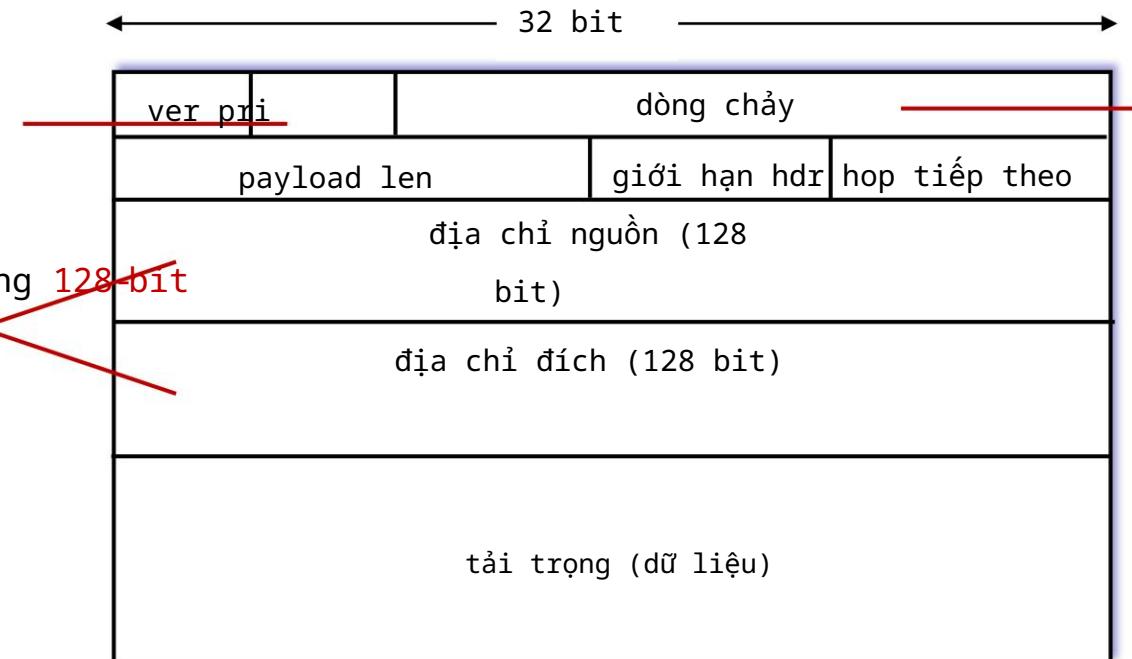
động lực ban đầu: Không gian địa chỉ IPv4 32 bit sẽ
đư ợc phân bổ hoàn toàn động lực bổ sung:

- xử lý/chuyển tiếp tốc độ: tiêu đề có độ dài cố định 40 byte
- cho phép xử lý các “luồng” khác nhau ở tầng mạng

định dạng datagram IPv6

priority: xác định mức độ ưu tiên giữa các datagram

trong luồng **128 bit**
địa chỉ IPv6



nhãn luồng: xác định các datagram trong cùng một "luồng". (khái niệm về "dòng chảy" không được định nghĩa rõ ràng)

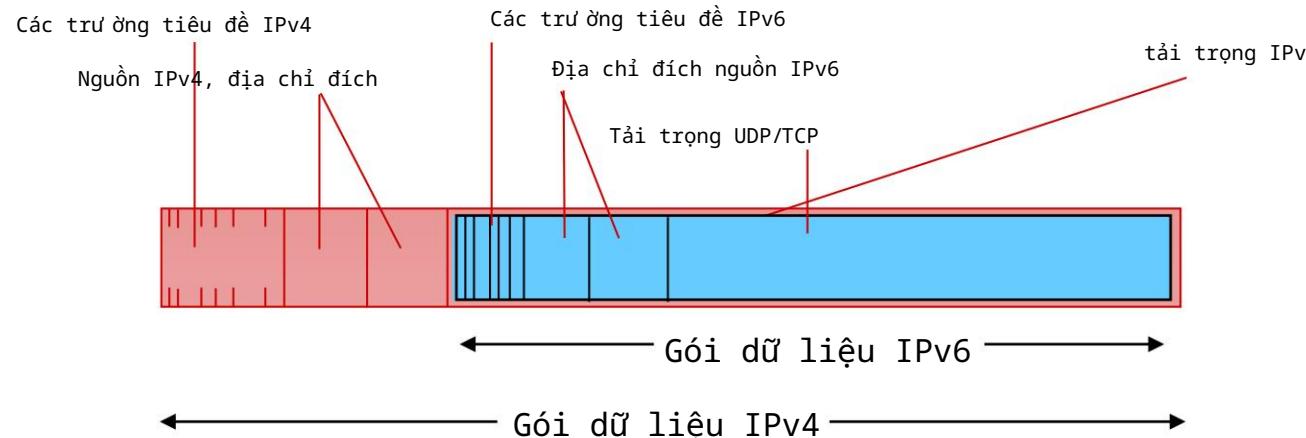
Những gì còn thiếu (so với IPv4): không có tổng kiểm tra (để tăng tốc độ xử lý tại bộ định tuyến)
không có sự phân mảnh/lắp ráp lại không có tùy chọn (có sẵn dữ ới dạng giao thức tiêu đề tiếp theo, lớp trên tại bộ định tuyến)

Chuyển đổi từ IPv4 sang IPv6

không phải tất cả các bộ định tuyến đều có thể được nâng cấp đồng thời • không có “flag day” • mạng sẽ hoạt động như thế nào với các bộ định tuyến hỗn hợp IPv4 và IPv6?

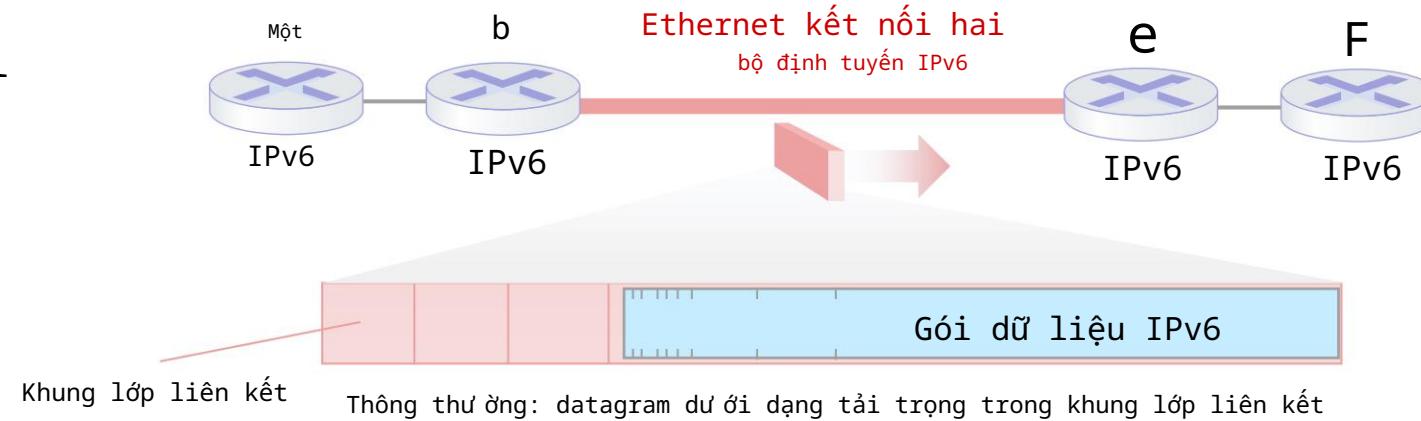
tạo đường hầm: gói dữ liệu IPv6

được mang dưới dạng tải trọng trong gói dữ liệu IPv4 giữa các bộ định tuyến IPv4 (“gói trong gói”) • tạo đường hầm được sử dụng rộng rãi trong các ngữ cảnh khác (4G/5G)

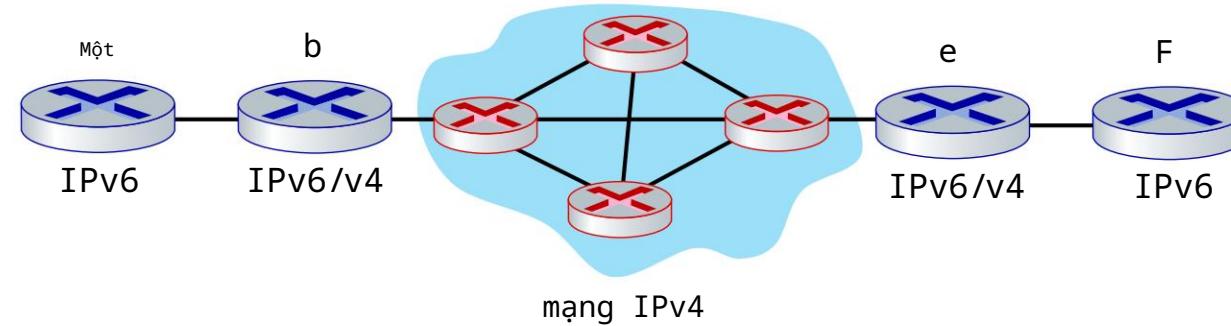


Đư ờng hầm và đóng gói

Ethernet kết nối hai
bộ định tuyến IPv6:

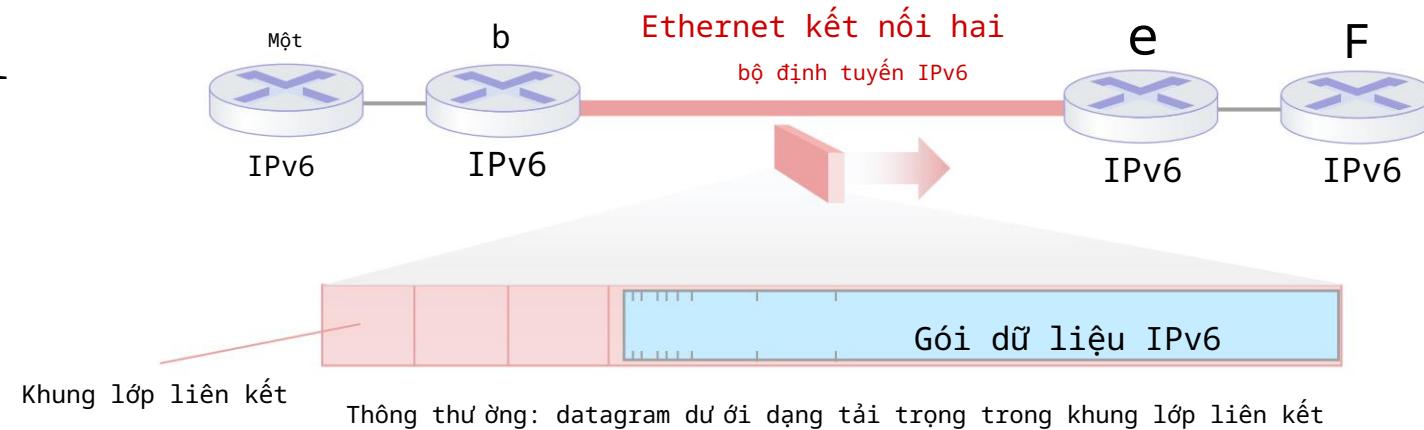


mạng IPv4
kết nối hai
bộ định tuyến IPv6

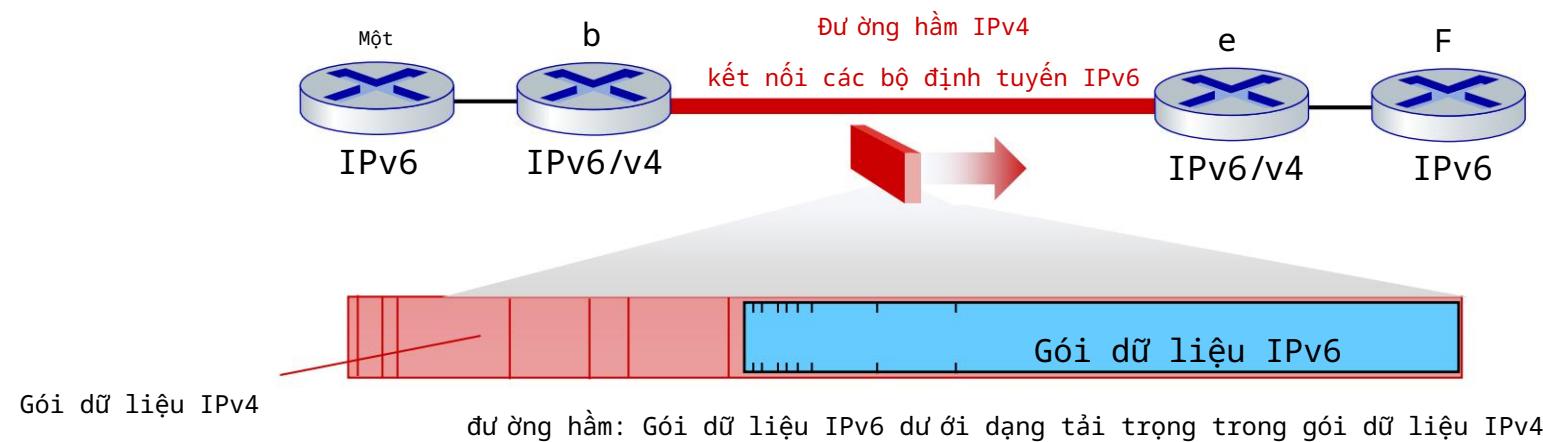


Đư ờng hầm và đóng gói

Ethernet kết nối hai
bộ định tuyến IPv6:



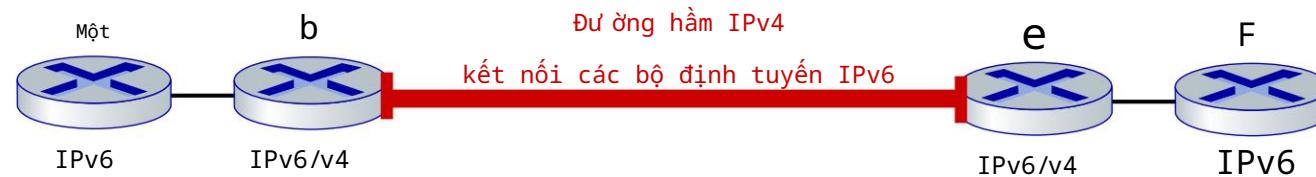
đư ờng hầm IPv4
kết nối hai
bộ định tuyến IPv6



đư ờng hầm

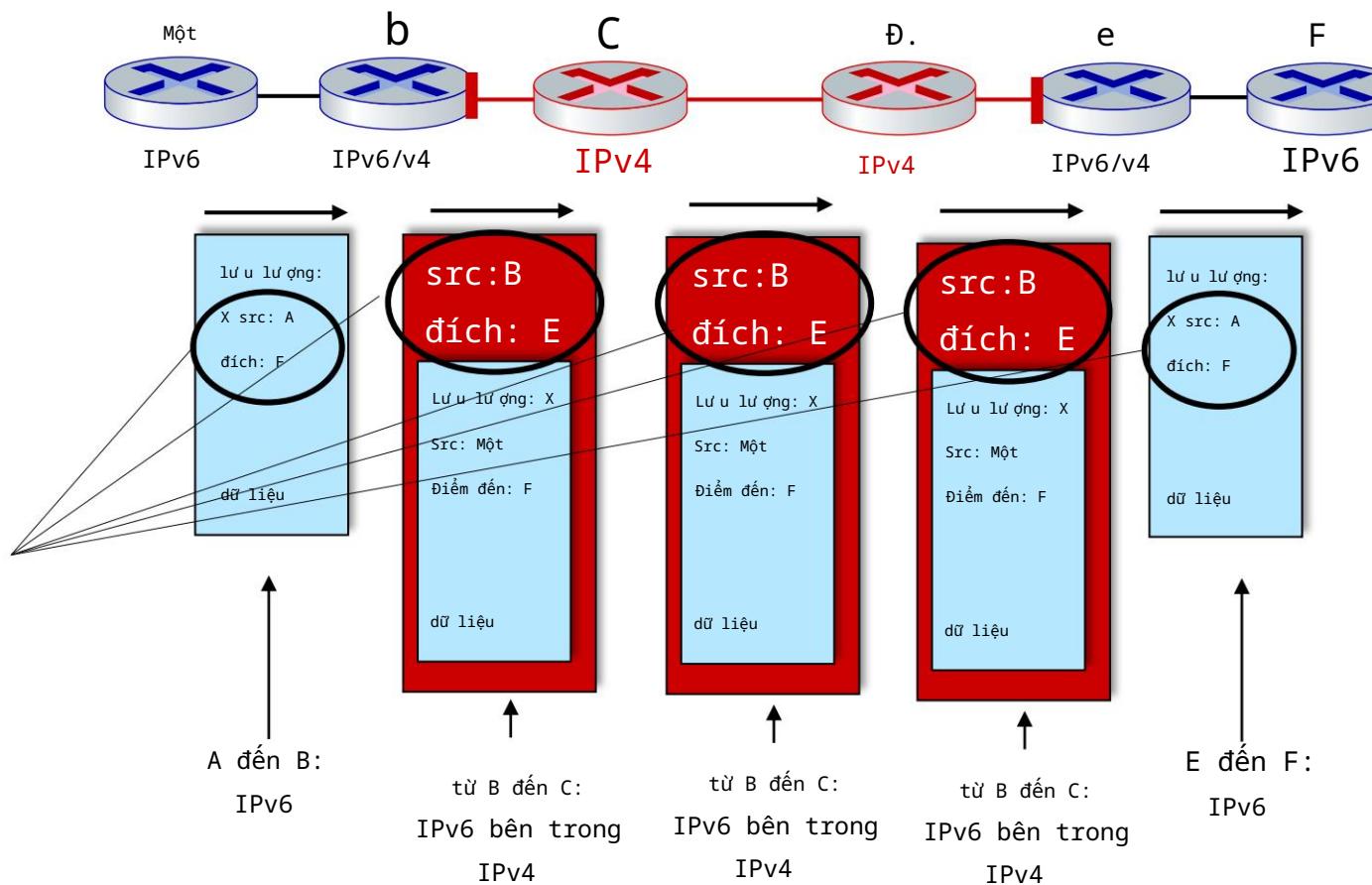
Cách mọi người chuyển sang IPv6 từ IPv4

quan điểm logic:



xem vật lý:

Lưu ý địa chỉ nguồn
và đích!



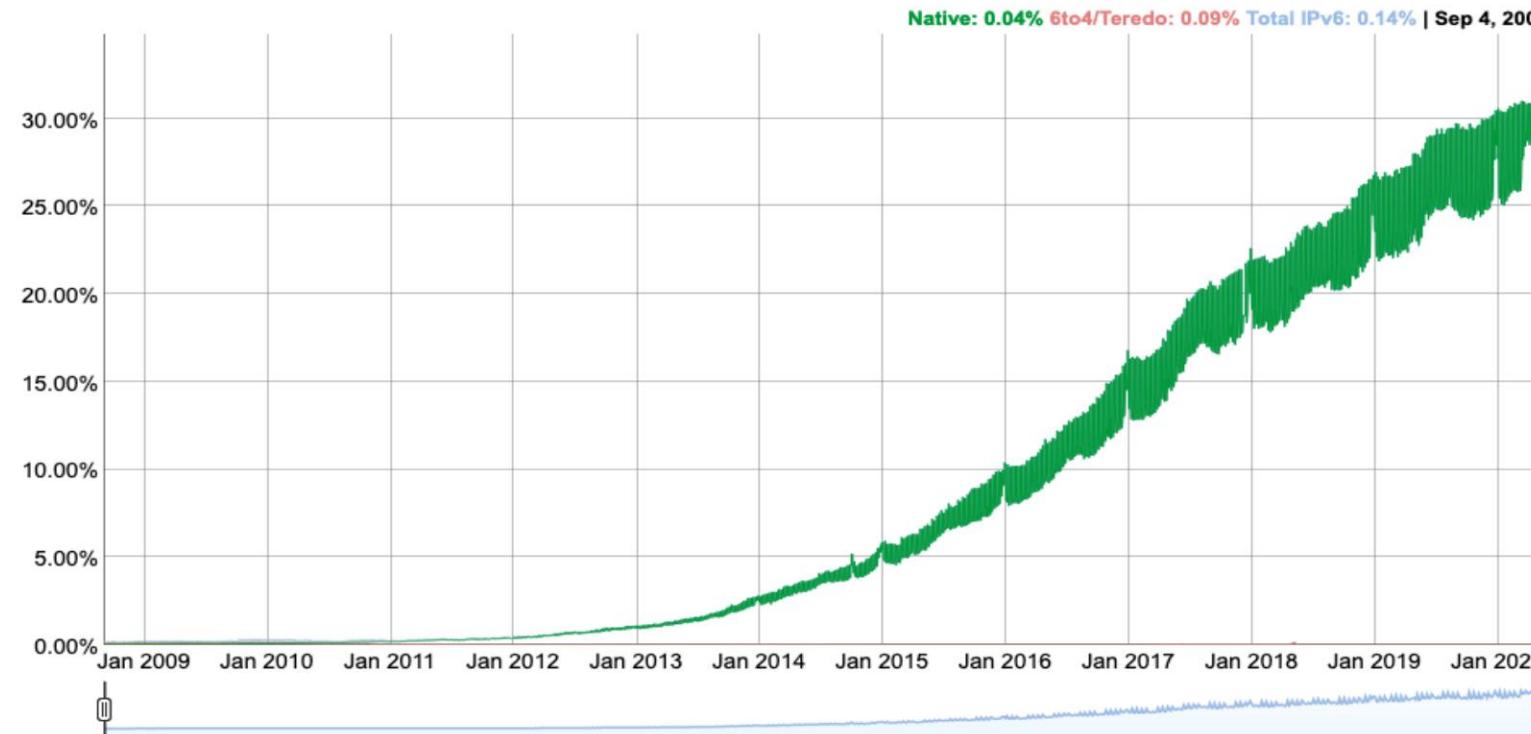
IPv6: áp dụng

Google1 : ~ 30% khách hàng truy cập dịch vụ qua IPv6

NIST: 1/3 tất cả các miền của chính phủ Hoa Kỳ có khả năng IPv6

IPv6 Adoption

We are continuously measuring the availability of IPv6 connectivity among Google users. The graph shows the percentage of users that access Google over IPv6.



1

<https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>

Lớp mạng: 4-75

IPv6: áp dụng

Google¹ : ~ 30% khách hàng truy cập dịch vụ qua IPv6

NIST: 1/3 tất cả các miền của chính phủ Hoa Kỳ có khả năng IPv6

Thời gian triển khai, sử dụng dài (dài!) • 25 năm và còn tiếp tục! •
nghĩ về những thay đổi ở cấp độ ứng dụng trong 25 năm qua: WWW,
mạng xã hội
media, streaming media, gaming, telepresence, . . .

Tại sao?

¹ <https://www.google.com/intl/vi/ipv6/statistics.html>

Lớp mạng: lộ trình “mặt phẳng dữ liệu”

Tầng mạng: tổng quan • mặt phẳng dữ liệu • mặt phẳng điều khiển

Có gì bên trong một bộ định tuyến • cổng đầu vào, chuyển mạch, cổng đầu ra • quản lý bộ đệm, lập lịch biểu

IP: Giao thức Internet
• định dạng datagram • đánh địa chỉ • dịch địa chỉ mạng • IPv6

Chuyển tiếp tổng quát, SDN • Khớp+hành động • OpenFlow: khớp+hành động đang hoạt động

Hộp giữa

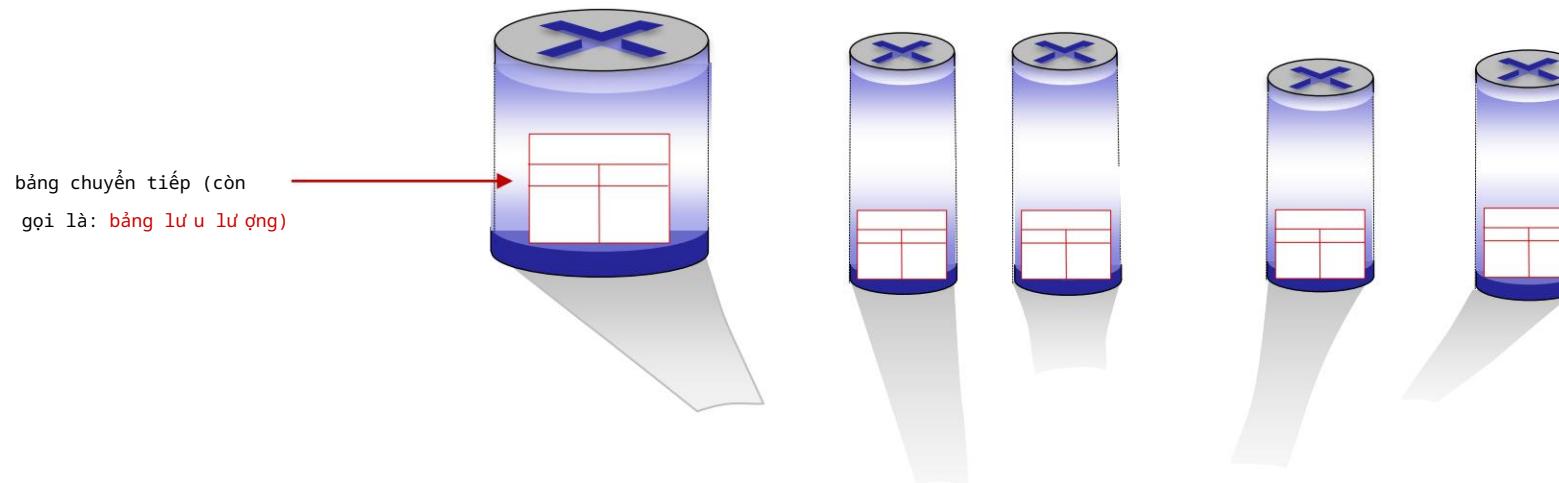


Chuyển tiếp tổng quát: trận đấu công với hành động

Đánh giá: mỗi bộ định tuyến chứa một bảng chuyển tiếp (còn gọi là: **bảng lưu trữ**)

Khái niệm trừu tư orton “khớp cộng với hành động” : khớp các bit trong gói đến, thực hiện hành động

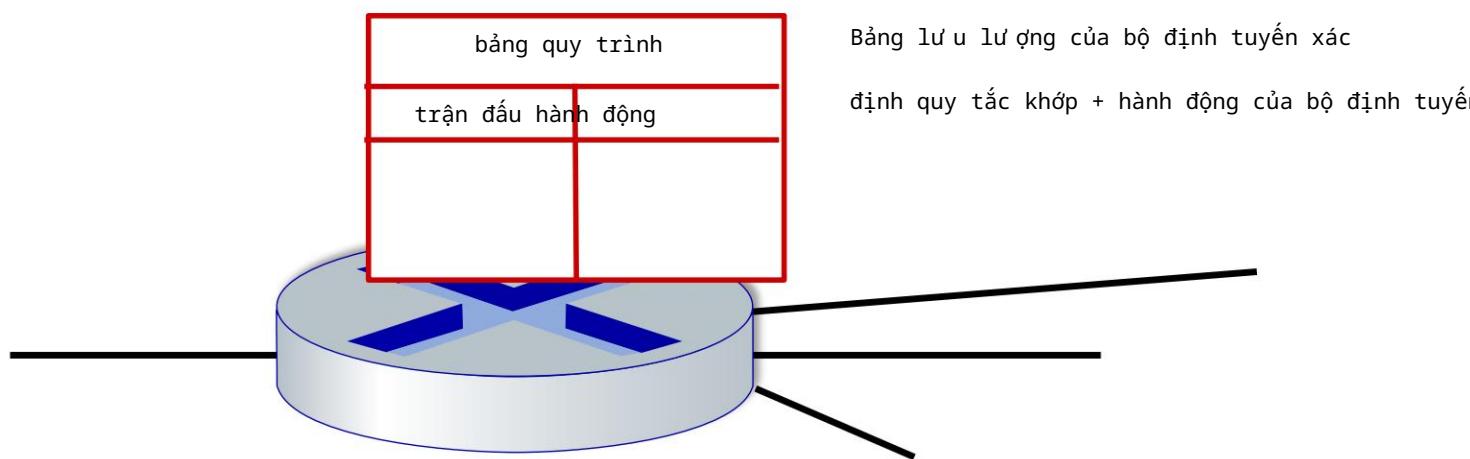
- chuyển tiếp dựa trên đích : chuyển tiếp dựa trên đích. Địa chỉ IP
- **chuyển tiếp tổng quát**: nhiều trường tiêu đề có thể xác định hành động nhiều hành động
- động có thể: thả/sao chép/sửa đổi/ghi nhật ký gói
-



Trừu tư ợng hóa bảng lưu u lư ợng

luồng: được xác định bởi các giá trị tru ờng tiêu đề (trong các tru ờng lớp liên kết, mạng, lớp truyền tải) **chuyển tiếp tổng quát:** các quy tắc xử lý gói đơn giản

- **khớp:** giá trị mẫu trong các tru ờng tiêu đề gói
- **hành động:** đối với gói khớp: hủy, chuyển tiếp, sửa đổi, gói khớp hoặc gửi gói phù hợp với bộ điều khiển
- **mức độ ưu tiên:** phân biệt các mẫu chồng chéo
- **bộ đếm:** #byte và #packets

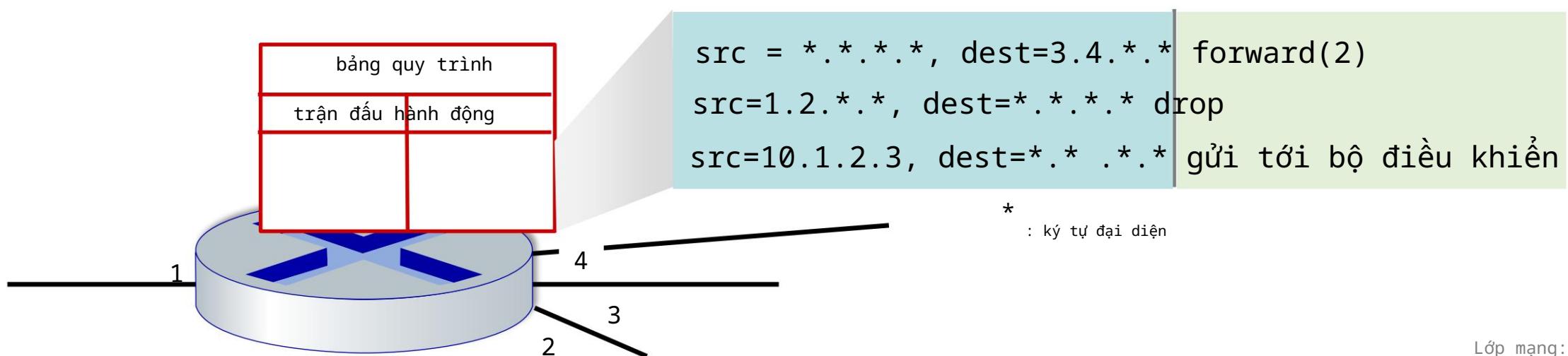


Trừu tượng hóa bảng lưu lượng

luồng: được xác định bởi các

trường tiêu đề **chuyển tiếp tổng quát:** các quy tắc xử lý gói đơn giản

- **khớp:** giá trị mẫu trong các trường tiêu đề
- **hành động:** đối với gói khớp: hủy, chuyển tiếp, sửa đổi, gói khớp hoặc gửi gói phù hợp với bộ điều khiển
- **mức độ ưu tiên:** phân biệt các mẫu chồng chéo
- **bộ đếm:** #byte và #packets



OpenFlow: các mục trong bảng lưu lưu ợng



OpenFlow: ví dụ

Chuyển tiếp dựa trên điểm đến:

Công tắc điện Hải cảng	MAC src	MAC dst	loại eth	VLAN TÔI	VLAN pri	địa chỉ IP Src	địa chỉ IP dst	địa chỉ IP ủng hộ	địa chỉ IP ToS	TCP s-port	TCP d-port	Hoạt động
*	*	*	*	*	*	*	51.6.0.8	*	*	*	*	cảng6

Các gói dữ liệu IP đến địa chỉ IP 51.6.0.8 phải được chuyển tiếp đến cổng đầu ra của bộ định tuyến 6

Bức tư ờng lửa:

Công tắc điện Hải cảng	MAC src	MAC dst	loại eth	VLAN TÔI	VLAN pri	địa chỉ IP Src	địa chỉ IP dst	địa chỉ IP ủng hộ	địa chỉ IP ToS	TCP s-port	TCP d-port	Hoạt động
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	22 rơi vãi

Chặn (không chuyển tiếp) tất cả các gói tin đến cổng TCP 22 (cổng ssh #)

Công tắc điện Hải cảng	MAC src	MAC dst	loại eth	VLAN TÔI	VLAN pri	địa chỉ IP Src	địa chỉ IP dst	địa chỉ IP ủng hộ	địa chỉ IP ToS	TCP s-port	TCP d-port	Hoạt động
*	*	*	*	*	*	128.119.1.1	*	*	*	*	*	rơi vãi

Chặn (không chuyển tiếp) tất cả các datagram được gửi bởi máy chủ 128.119.1.1

OpenFlow: ví dụ

Chuyển tiếp dựa trên đích lớp 2:

Công tắc điện Hải cảng	MAC src	MAC dst	loại eth	VLAN TÔI	VLAN pri	địa chỉ IP Src	địa chỉ IP dst	địa chỉ IP Ủng hộ	địa chỉ IP ToS	TCP s-port	TCP d-port	Hoạt động
*	*	22:A7:23: 11:E1:02	*	*	*	*	*	*	*	*	*	cảng3

khung lớp 2 với địa chỉ MAC đích 22:A7:23:11:E1:02 nên được chuyển tiếp đến cổng đầu ra 3

trùu tư ợng OpenFlow

khớp+hành động: trùu tư ợng hợp nhất các loại thiết bị khác nhau

Bộ định

tuyến • khớp: tiỀn
tố IP đích dài nhất •
hành động: chuyển tiếp một
liên kết

Chuyển

khớp: địa chỉ MAC đích • hành
động: chuyển tiếp hoặc tràn

Tư ờng lửa

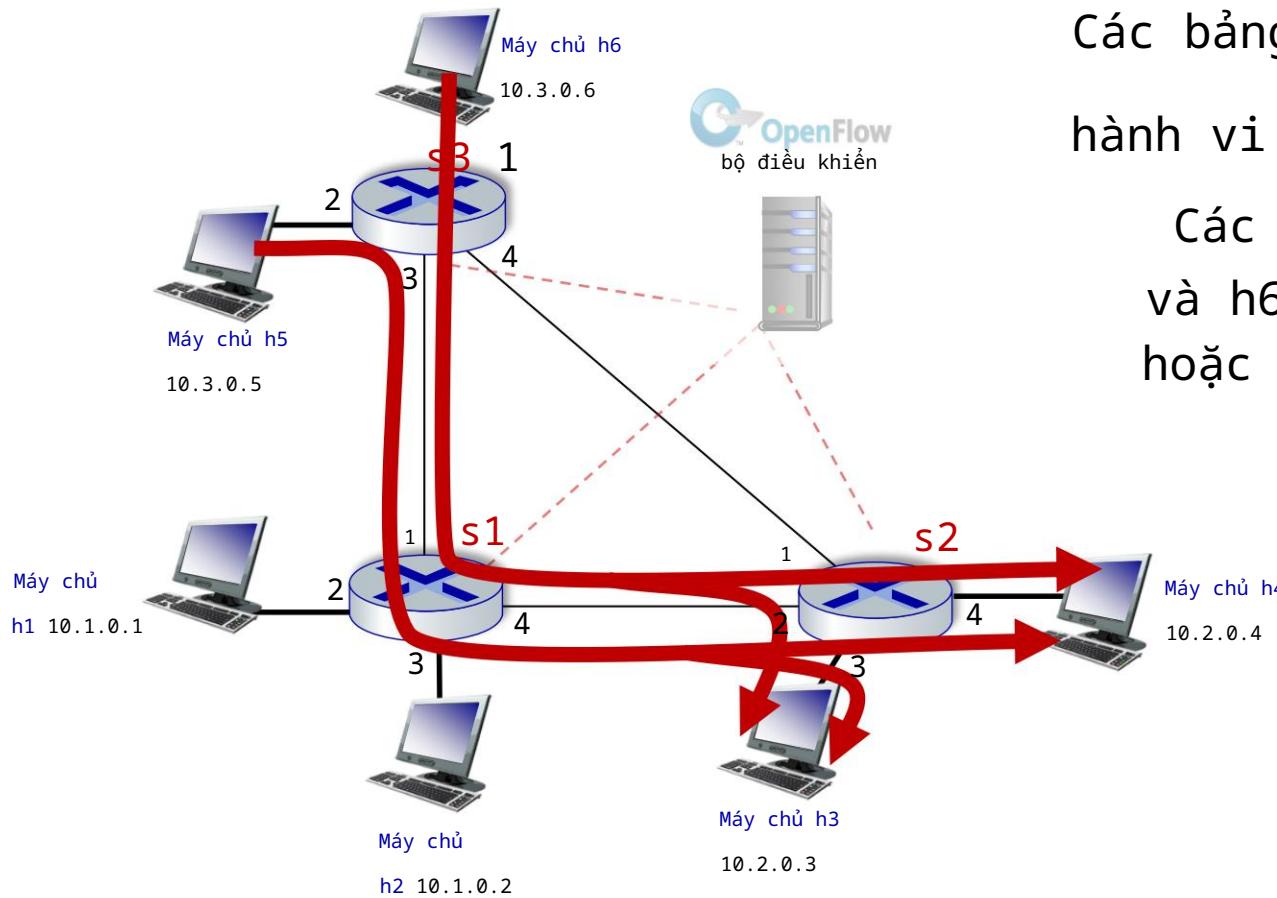
• khớp: địa chỉ IP và
Số cổng TCP/UDP • hành động:
cho phép hoặc từ chối

NAT

• khớp: địa chỉ IP và cổng • hành
động: viết lại địa chỉ và

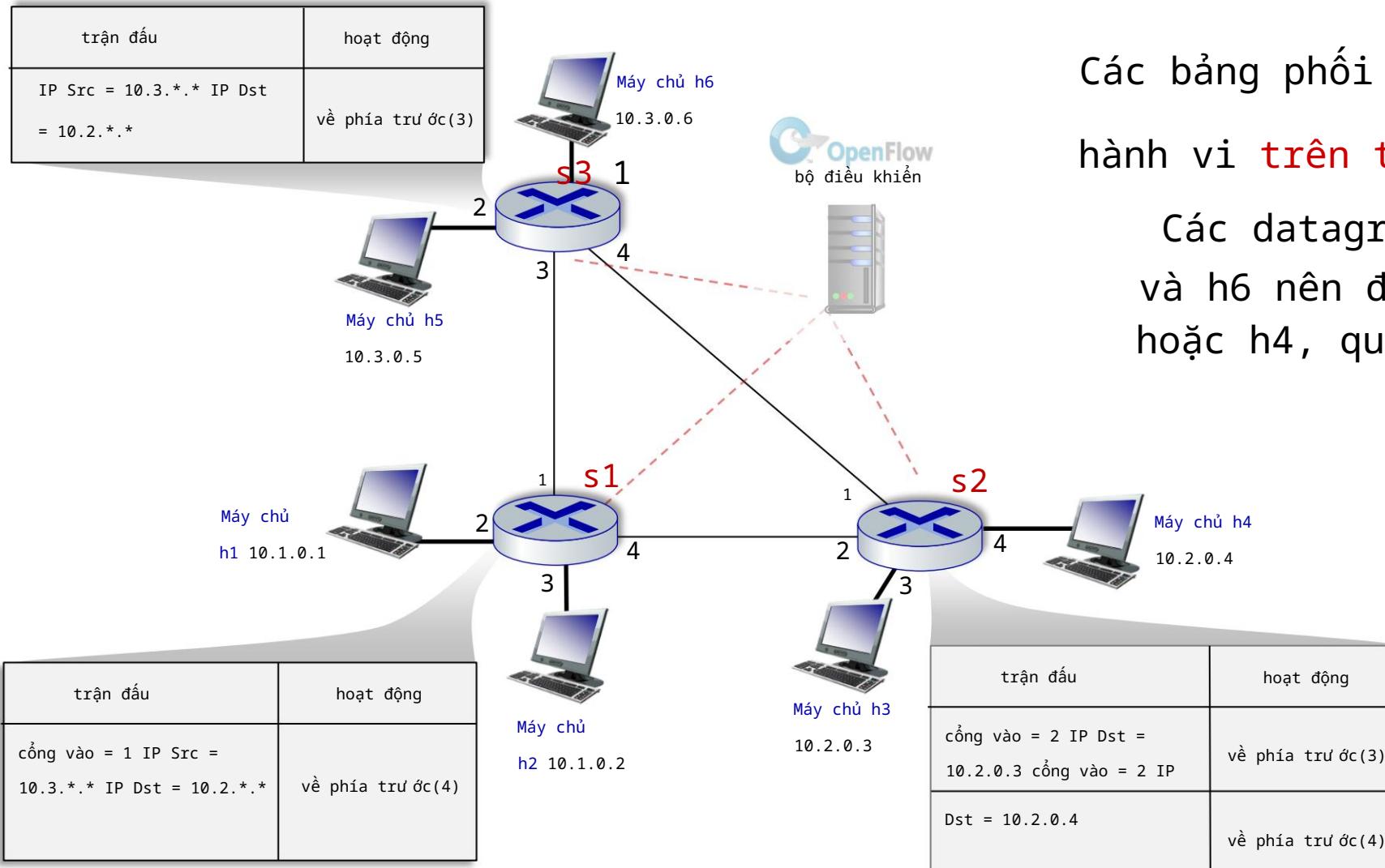
Hải cảng

Ví dụ OpenFlow



Các bảng phối hợp có thể tạo ra hành vi **trên toàn mạng** , ví dụ:
Các datagram từ máy chủ h5 và h6 nên được gửi tới h3 hoặc h4, qua s1 và từ đó tới s2

Ví dụ OpenFlow



Các bảng phối hợp có thể tạo ra hành vi **trên toàn mạng**, ví dụ:
Các datagram từ máy chủ h5 và h6 nên được gửi tới h3 hoặc h4, qua s1 và từ đó tới s2

Chuyển tiếp tổng quát: tóm tắt

trừu tượng hóa “khớp cộng với hành động” : khớp các bit trong (các) tiêu đề gói đến ở bất kỳ lớp nào, thực hiện hành động • khớp trên nhiều truờng (lớp liên kết, mạng, lớp vận chuyển) • hành động cục bộ: thả, chuyển tiếp, sửa đổi hoặc gửi gói phù hợp đến

bộ điều

khiển • "chương trình" hành vi trên
tổn mạng dạng đơn giản của "khả năng lập
trình mạng" • "xử lý" có thể lập trình,
cho mỗi gói • nguồn gốc lịch sử: mạng tích
cực • ngày nay: lập trình tổng quát hơn:

P4 (xem p4.org).

Lớp mạng: lộ trình “mặt phẳng dữ liệu”

Lớp mạng: tổng quan Có
gì bên trong bộ định tuyến

IP: Giao thức Internet

Chuyển tiếp tổng quát

Hộp trung gian

- chức năng hộp trung gian
- tiến hóa, nguyên lý kiến trúc của Internet



Hộp giữa

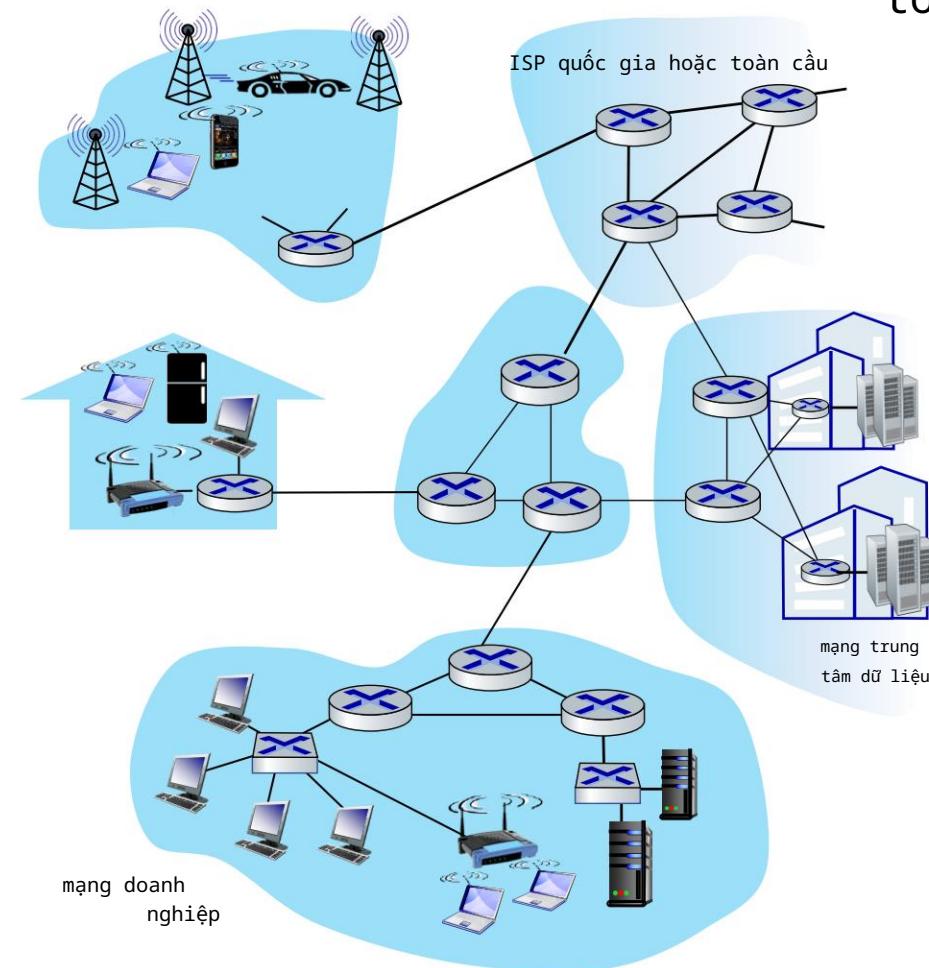
Hộp giữa (RFC 3234)

“bất kỳ hộp trung gian nào thực hiện các chức năng ngoài các chức năng tiêu chuẩn, thông thư ờng của bộ định tuyến IP trên đư ờng dẫn dữ liệu giữa máy chủ nguồn và máy chủ đích”

Middlebox ở khắp mọi nơi!

NAT: nhà,
di động,
tổ chức

Ứng dụng cụ
thể: nhà cung
cấp dịch vụ,
tổ chức,
CDN



Tư ờng lửa, IDS: công ty,
tổ chức, nhà cung cấp dịch vụ,
ISP

Cân bằng tải: doanh
nghiệp, nhà cung cấp
dịch vụ, trung tâm dữ
liệu, mạng di động

Bộ nhớ cache: nhà
cung cấp dịch vụ, di động, CDN

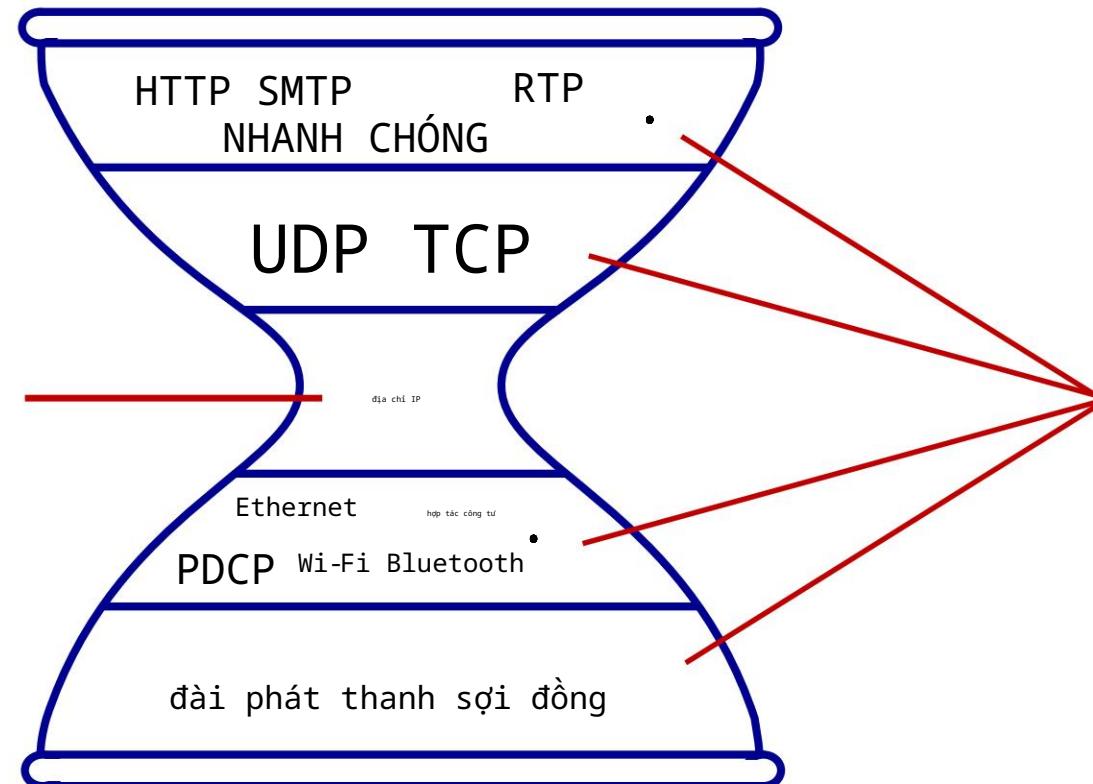
Hộp giữa

ban đầu: các giải pháp phần cứng độc quyền
(đóng) hướng tới phần cứng “hộp trắng” triển khai API mở
tránh xa các giải pháp phần cứng độc quyền các hành
động cục bộ có thể lập trình thông qua khớp+hành động
hướng tới sự đổi mới/khác biệt trong phần mềm SDN: điều
kiển tập trung (về mặt logic) và quản lý cấu hình thư ờng trong đám
mây riêng/công cộng ảo hóa các chức năng mạng (NFV): các dịch
vụ có thể lập trình qua kết nối mạng hộp trắng, tính toán, lưu trữ

Đồng hồ cát IP

“Vòng eo thon” của Internet: giao thức một lớp mạng : IP phải được thực hiện bởi mỗi (tỷ)

kết nối Internet
thiết bị

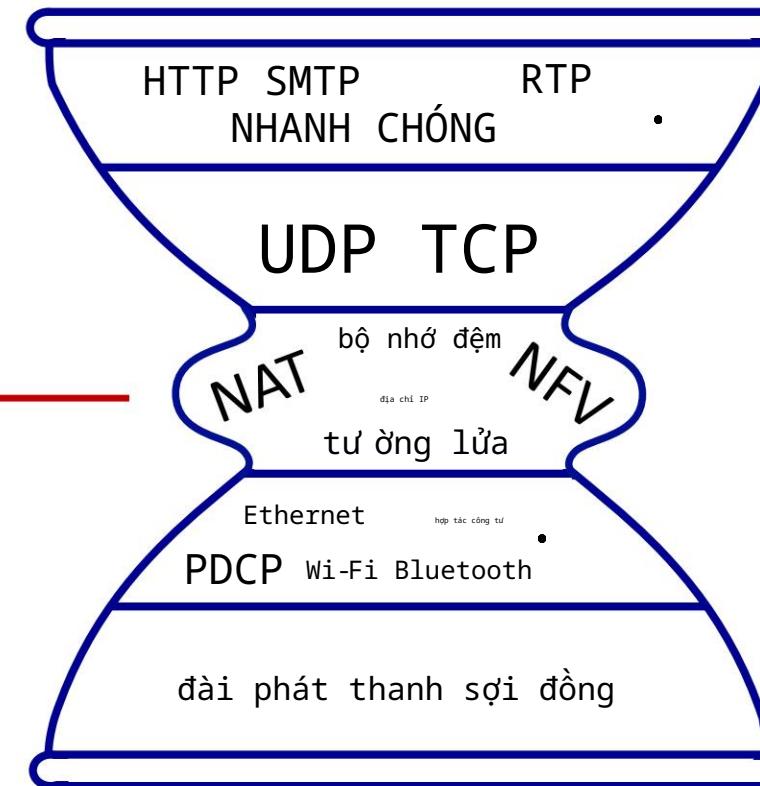


nhiều giao thức
trong các lớp vật
lý, liên kết, vận
chuyển và ứng dụng

IP đồng hồ cát, ở tuổi trung niên

Tuổi trung niên của Internet
"tay cầm tình yêu"?

hộp trung gian,
hoạt động bên trong mạng



Nguyên tắc kiến trúc của Internet

RFC 1958

"Nhiều thành viên của cộng đồng Internet sẽ tranh luận rằng không có kiến trúc mà chỉ có truyền thông không được viết ra trong 25 năm đầu tiên (hoặc ít nhất là không phải bởi IAB). Tuy nhiên, trong điều kiện rất chung chung, cộng đồng tin rằng **mục tiêu là kết nối, công cụ là Internet**

Giao thức và thông tin tình báo là từ đầu đến cuối thay vì ẩn trong mạng."

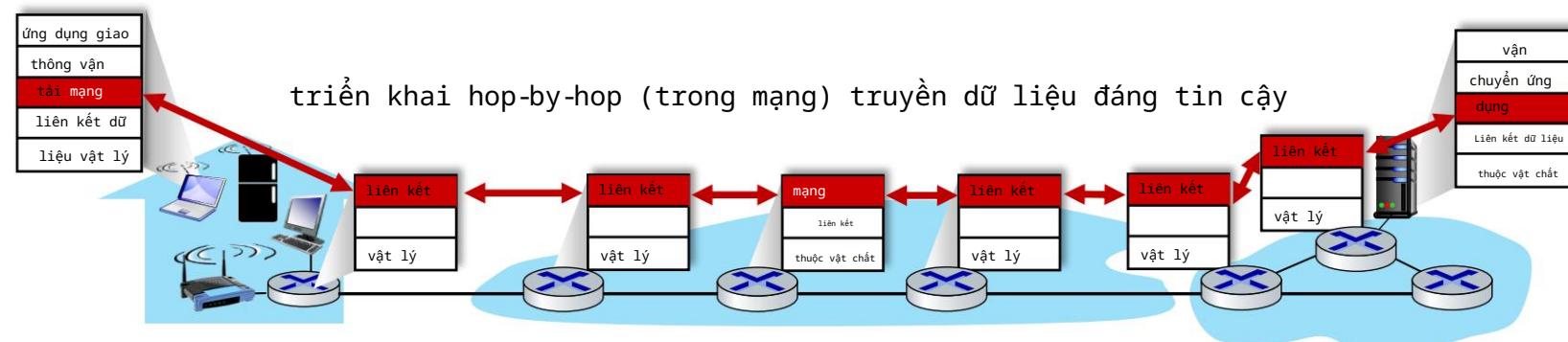
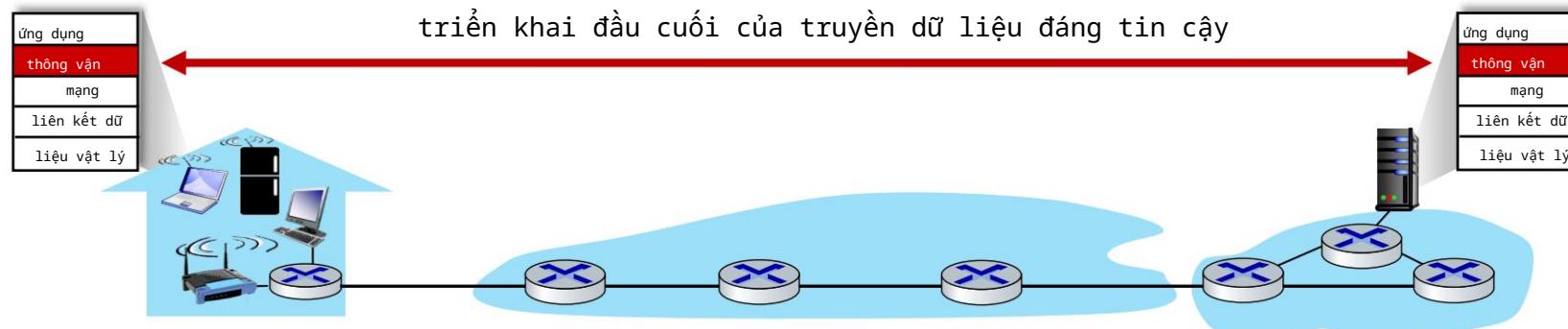
Ba niềm tin nền tảng:

kết nối đơn giản

Giao thức IP: vòng eo hẹp đó
thông minh, độ phức tạp ở biên mạng

đối số end-end

một số chức năng mạng (ví dụ: truyền dữ liệu đáng tin cậy, tắc nghẽn) có thể được thực hiện trong mạng hoặc tại biên mạng



đối số end-end

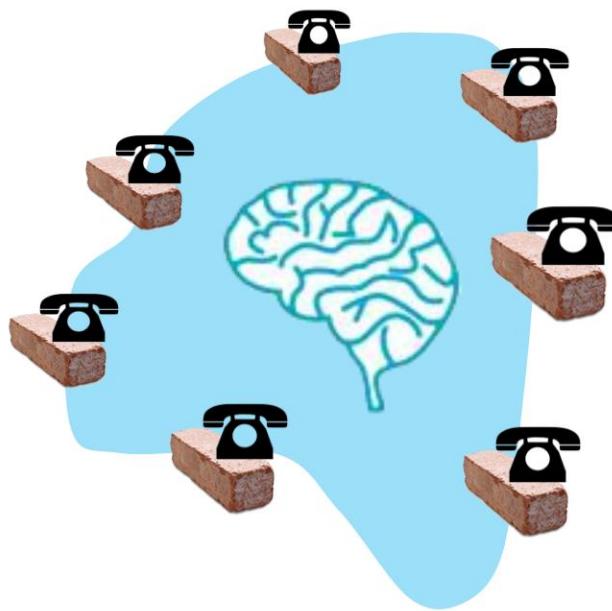
một số chức năng mạng (ví dụ: truyền dữ liệu đáng tin cậy, tắc nghẽn) có thể được thực hiện **trong mạng** hoặc tại **biên mạng**

"Chức năng được đề cập chỉ có thể được thực hiện hoàn toàn và chính xác với kiến thức và sự trợ giúp của ứng dụng nằm ở điểm cuối của hệ thống liên lạc. Do đó, việc cung cấp chức năng được đặt câu hỏi đó như một tính năng của chính hệ thống liên lạc là không thể. (Đôi khi, một phiên bản chưa hoàn thiện của chức năng do hệ thống liên lạc cung cấp có thể hữu ích để nâng cao hiệu suất.)

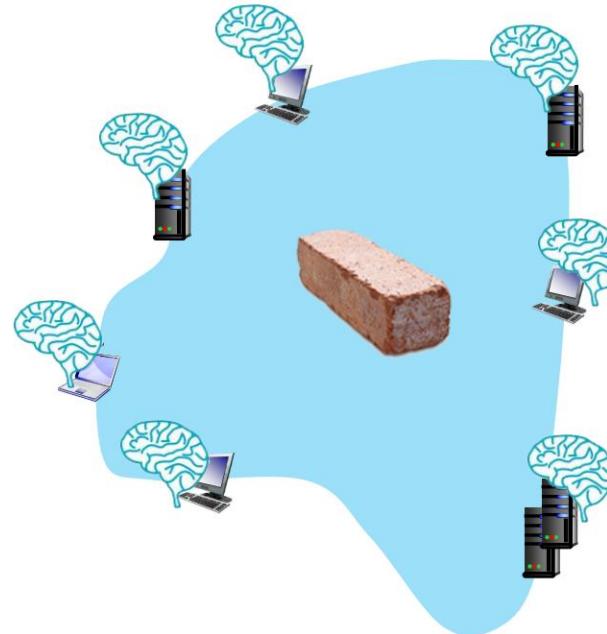
Chúng tôi gọi dòng lập luận chống lại việc triển khai chức năng cấp thấp này là "đối số từ đầu đến cuối".

Saltzer, Sật, Clark 1981

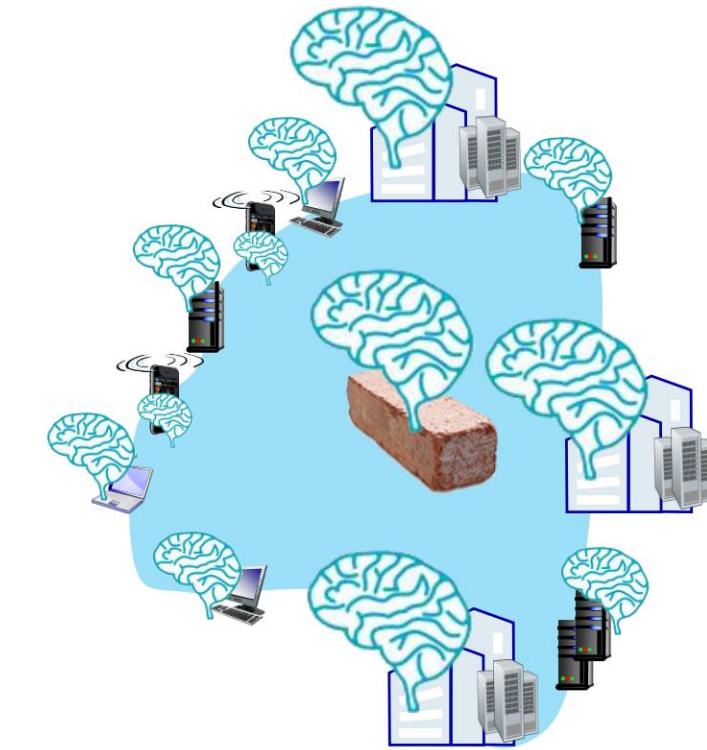
Trí thông minh ở đâu?



Mạng điện thoại **thế kỷ 20**: • trí thông minh/máy tính tại các thiết bị chuyển mạch mạng



Internet (trước năm 2005) •
trí thông minh, điện toán biên



Internet (sau năm 2005) •
thiết bị mạng có thể lập trình • trí
thông minh, máy tính, khối lưu ợng lớn
cơ sở hạ tầng cấp ứng dụng ở biên

Chư ơng 4: xong!

Lớp mạng: tổng quan Có
gì bên trong bộ định tuyến

IP: Giao thức Internet

Chuyển tiếp tổng quát, SDN
Hộp trung gian



Câu hỏi: bằng chuyển tiếp (chuyển tiếp dựa trên đích) hoặc bằng luồng
(chuyển tiếp tổng quát) đư ợc tính như thế nào?

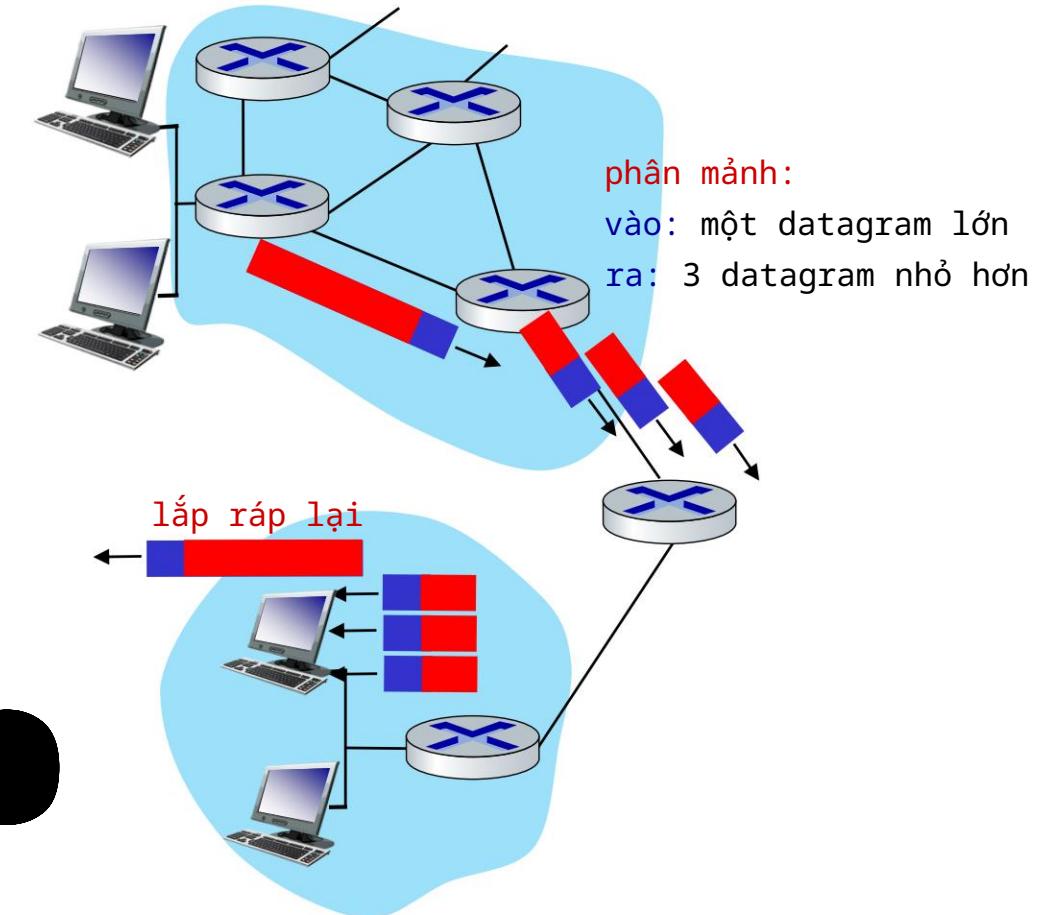
Trả lời: bằng máy bay điều khiển (chư ơng tiếp theo)

Các slide Chương 4 bổ sung

Phân mảnh/lắp ráp lại IP

liên kết mạng có MTU (kích thước truyềnl tối đa) - khung mức liên kết lớn nhất có thể

- các loại liên kết khác nhau, MTU khác nhau
- datagram IP lớn đư ợc phân chia ("phân mảnh") trong mạng
- một datagram trở thành nhiều datagram
- "đư ợc tập hợp lại" chỉ tại đích
- Các bit tiêu đề IP đư ợc sử dụng để xác định, sắp xếp các phân mảnh liên quan

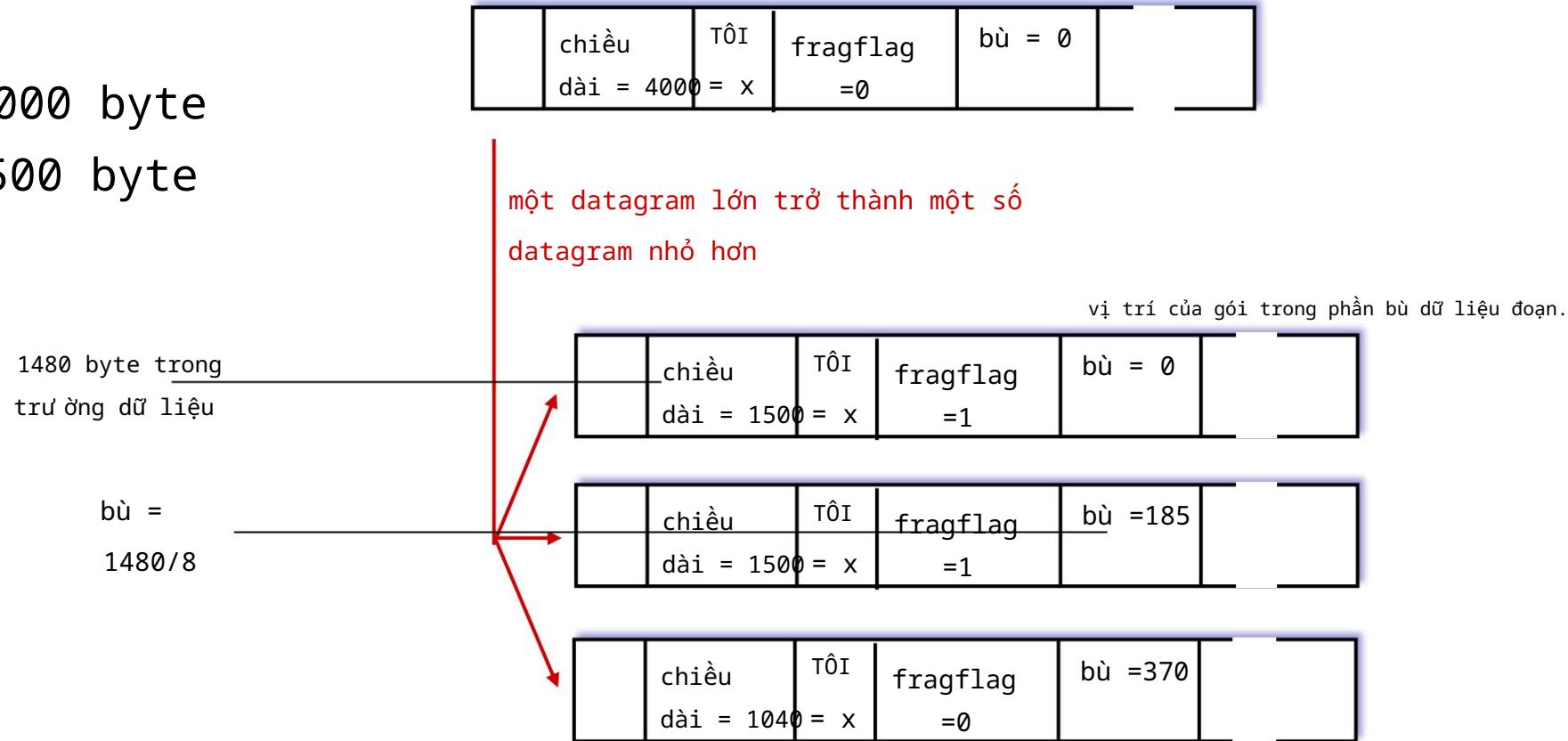


Phân mảnh/lắp ráp lại IP

ví dụ:

Datagram 4000 byte

MTU = 1500 byte



DHCP: Đầu ra Wireshark (mạng LAN gia đình)

Loại thông báo: Yêu cầu khởi động (1)

Loại phần cứng: Ethernet Độ

dài địa chỉ phần cứng: 6 Bước

nhảy: 0 ID giao dịch: 0x6b3a11b7

Số giây đã trôi qua: 0 Cờ bootp:

0x0000 (Unicast)

yêu cầu

Địa chỉ IP máy khách: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Địa chỉ IP (máy khách) của bạn: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Địa chỉ IP máy chủ tiếp theo: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Địa chỉ IP của tác nhân chuyển tiếp: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Địa chỉ MAC của máy khách: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)

Tên máy chủ không được cung cấp

Tên tệp khởi động không được cung

cấp Magic cookie: (OK)

Tùy chọn: (t=53,l=1) Loại bản tin DHCP = Yêu cầu DHCP Tùy chọn: (61)

Định danh máy khách Độ dài: 7; Trị giá: 010016D323688A; Loại phần cứng:

Ethernet Client Địa chỉ MAC: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)

Tùy chọn: (t=50,l=4) Địa chỉ IP được yêu cầu = 192.168.1.101 Tùy
chọn: (t=12,l=5) Tên máy chủ = "nomad"

Tùy chọn: (55) Độ dài danh sách yêu cầu tham

số: 11; Giá trị: 010F03062C2E2F1F21F92B 1 = Mặt nạ mạng

con; 15 = Tên miền 3 = Bộ định tuyến; 6 = Máy chủ tên

miền 44 = NetBIOS qua Máy chủ tên miền TCP/IP

Loại tin nhắn: Trả lời khởi động (2)

Loại phần cứng: Ethernet Độ

dài địa chỉ phần cứng: 6 Bước

nhảy: 0 ID giao dịch: 0x6b3a11b7

Số giây đã trôi qua: 0 Cờ bootp:

0x0000 (Unicast)

Đáp lại

Địa chỉ IP máy khách: 192.168.1.101 (192.168.1.101)

Địa chỉ IP (máy khách) của bạn: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Địa chỉ IP máy chủ tiếp theo: 192.168.1.1 (192.168.1.1)

Địa chỉ IP của tác nhân chuyển tiếp: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Địa chỉ MAC của máy khách: Wistron_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)

Tên máy chủ không được cung cấp

Tên tệp khởi động không được cung

cấp Magic cookie: (OK)

Tùy chọn: (t=53,l=1) Loại bản tin DHCP = DHCP ACK Tùy chọn:

(t=54,l=4) Mã định danh máy chủ = 192.168.1.1 Tùy chọn: (t=1,l=4)

Mặt nạ mạng con = 255.255.255.0 Tùy chọn: (t=3,l=4) Bộ định tuyến

= 192.168.1.1 Tùy chọn: (6) Độ dài máy chủ tên miền: 12; Giá trị:

445747E2445749F244574092; Địa chỉ IP: 68.87.71.226; Địa chỉ IP:

68.87.73.242; Địa chỉ IP: 68.87.64.146 Tùy chọn: (t=15,l=20)

Tên miền = "hsd1.ma.comcast.net."

..