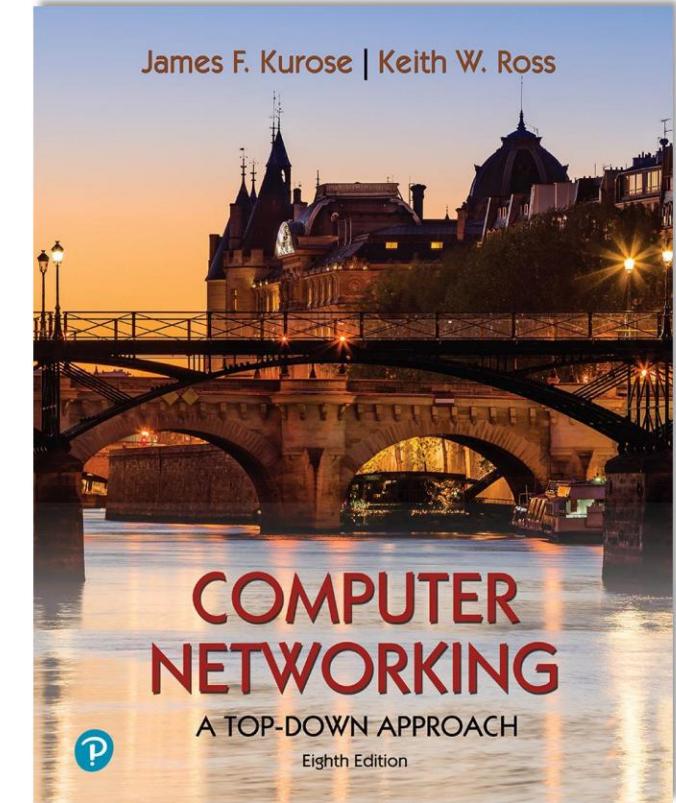


Chương 6

Lớp liên kết và mạng LAN



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

Lớp liên kết và mạng LAN: mục tiêu của chúng tôi

hiểu các nguyên tắc
đằng sau các dịch vụ lớp
liên kết:

- phát hiện, sửa
lỗi
- chia sẻ kênh quảng bá:
đa truy cập •
- địa chỉ lớp liên kết
- mạng cục bộ:
Ethernet, Vlan
- mạng trung tâm dữ liệu

khởi tạo, triển khai các công
nghệ tầng liên kết khác nhau



Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

phát hiện, sửa lỗi giao
thức đa truy cập LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS
mạng trung tâm dữ liệu



một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

Lớp liên kết: giới thiệu

thuật ngữ:

máy chủ và bộ định tuyến: nút

các kênh liên lạc kết nối các nút

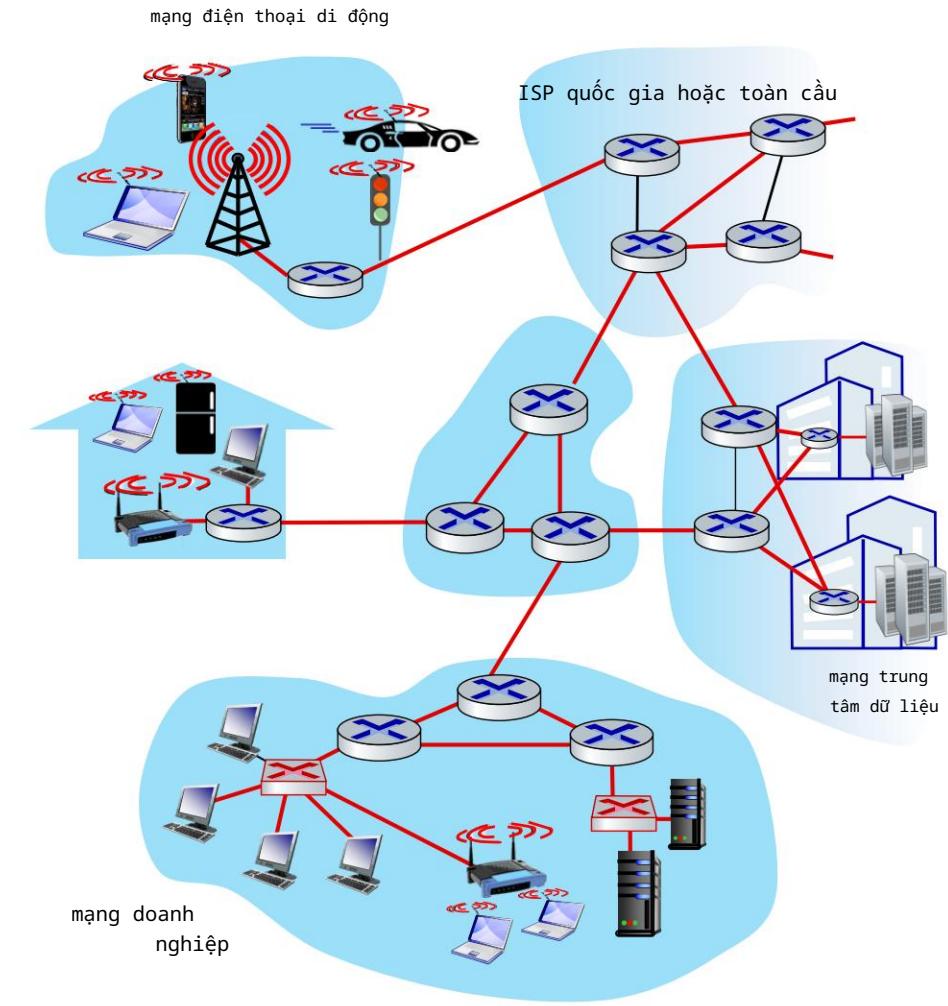
lân cận đọc theo đường liên lạc:

liên kết • có dây • không dây

- Mạng LAN

gói -2 lớp: khung,
đóng gói datagram

lớp liên kết có trách nhiệm
chuyển datagram từ một nút sang nút
lân cận vật lý qua một liên kết



Lớp liên kết: ngũ cảnh

datagram được truyền bởi các giao thức liên kết khác nhau qua các liên kết khác nhau:

- ví dụ: WiFi trên liên kết đầu tiên, Ethernet trên liên kết tiếp theo

mỗi giao thức liên kết cung cấp các dịch vụ khác nhau , ví dụ: có thể hoặc

- không thể cung cấp truyền dữ liệu đáng tin cậy qua liên kết

phép loại suy **về giao thông vận tải**:

chuyến đi từ Princeton đến Lausanne

- xe limo: Princeton đến JFK
- máy bay: JFK đến Geneva
- xe lửa: Geneva đến Lausanne

khách du lịch = **datagram**

đoạn vận chuyển = **liên kết**
truyền thông

chế độ vận chuyển = **giao thức tầng liên kết**

đại lý du lịch = **thuật toán định tuyến**

Lớp liên kết: dịch vụ

tạo khung, truy cập

liên kết: • đóng gói datagram vào khung, thêm
tiêu đề, đoạn giới

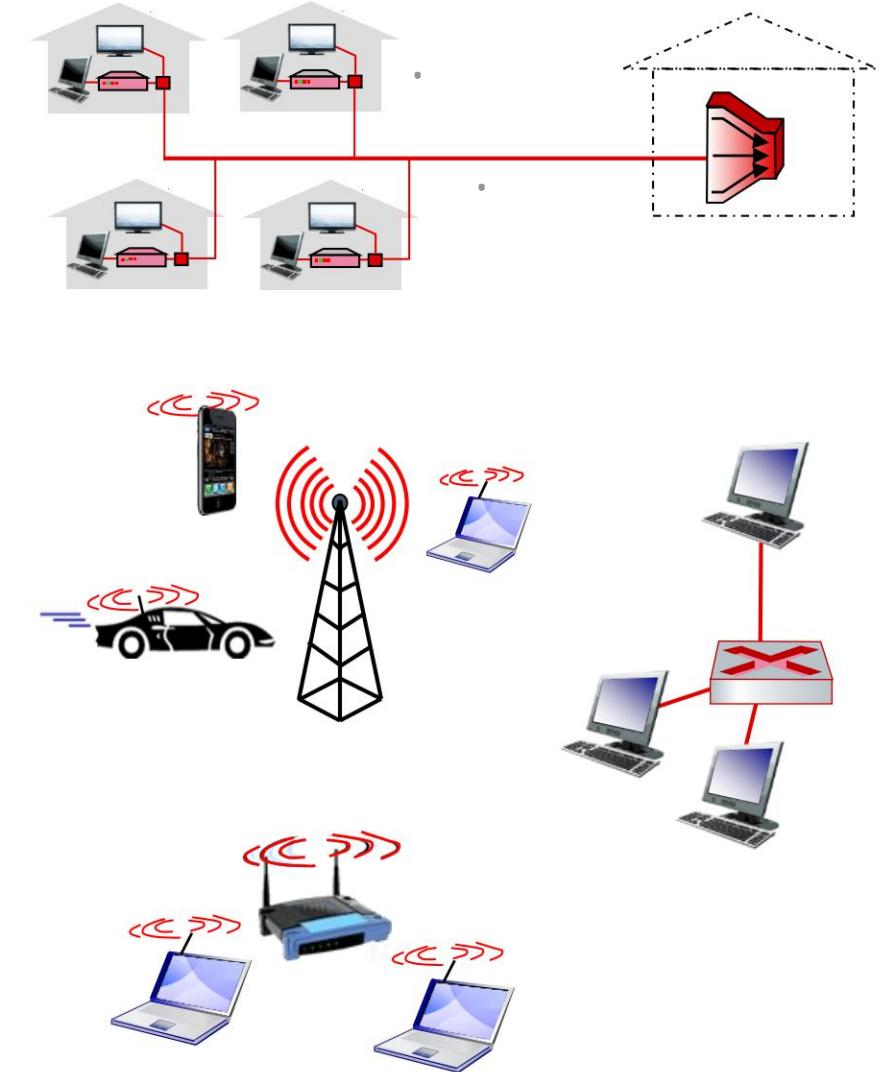
thiệu • truy cập kênh nếu phương tiện được chia sẻ

- Địa chỉ “MAC” trong tiêu đề khung xác định nguồn, đích (khác với địa chỉ IP!) phân phối
đáng tin cậy giữa các nút liền kề • chúng tôi

đã biết cách thực hiện điều này! • hiếm khi được sử dụng trên các liên kết có lỗi bit thấp

- liên kết không dây: tỷ lệ lỗi cao •

Hỏi: tại sao cả độ tin cậy ở cấp độ liên kết
và đầu cuối ?



Lớp liên kết: dịch vụ (thêm)

điều khiển luồng:

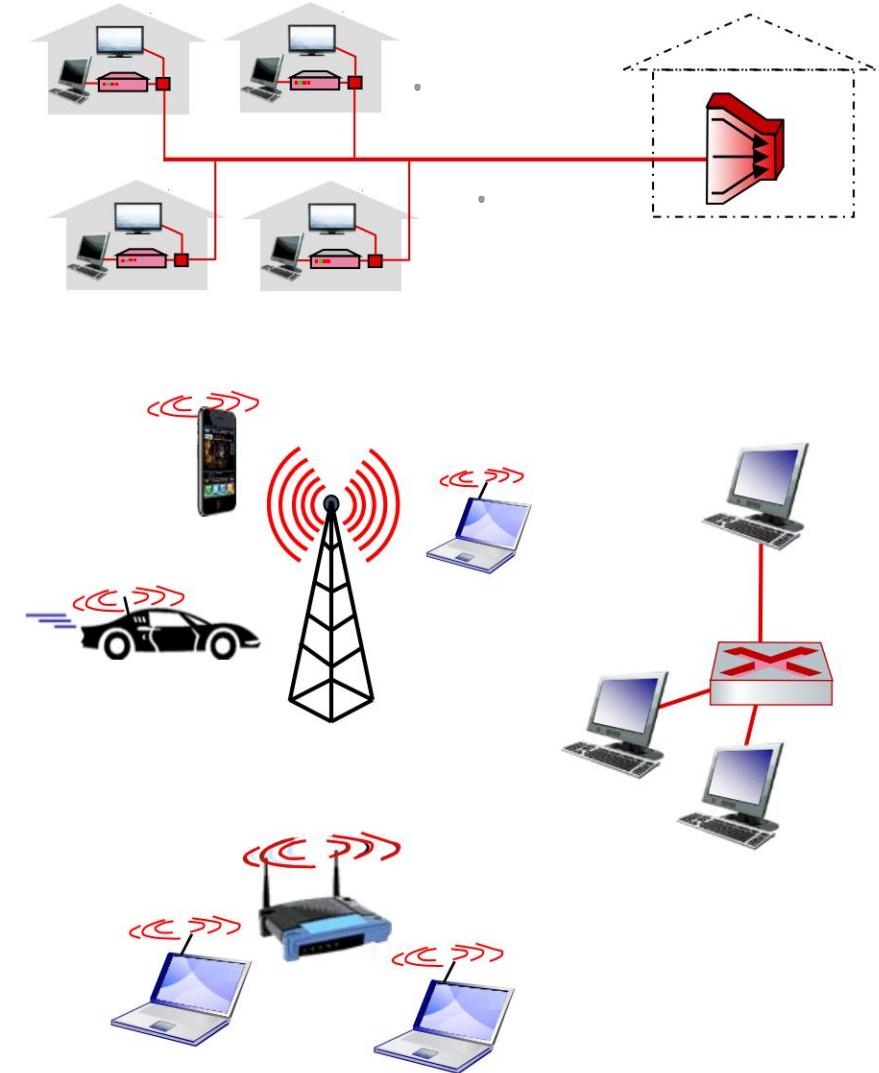
- tạo nhịp giữa các nút gửi và nhận lân cận
- phát hiện lỗi:**

- lỗi do suy giảm tín hiệu, nhiễu.
 - bộ thu phát hiện lỗi, truyền lại tín hiệu hoặc bỏ khung
- sửa lỗi:**

- bộ thu xác định và sửa (các) lỗi bit không truyền lại

Half-duplex và Full-duplex:

- với half-duplex, các nút ở cả hai đầu của liên kết có thể truyền, nhưng không phải cùng một lúc

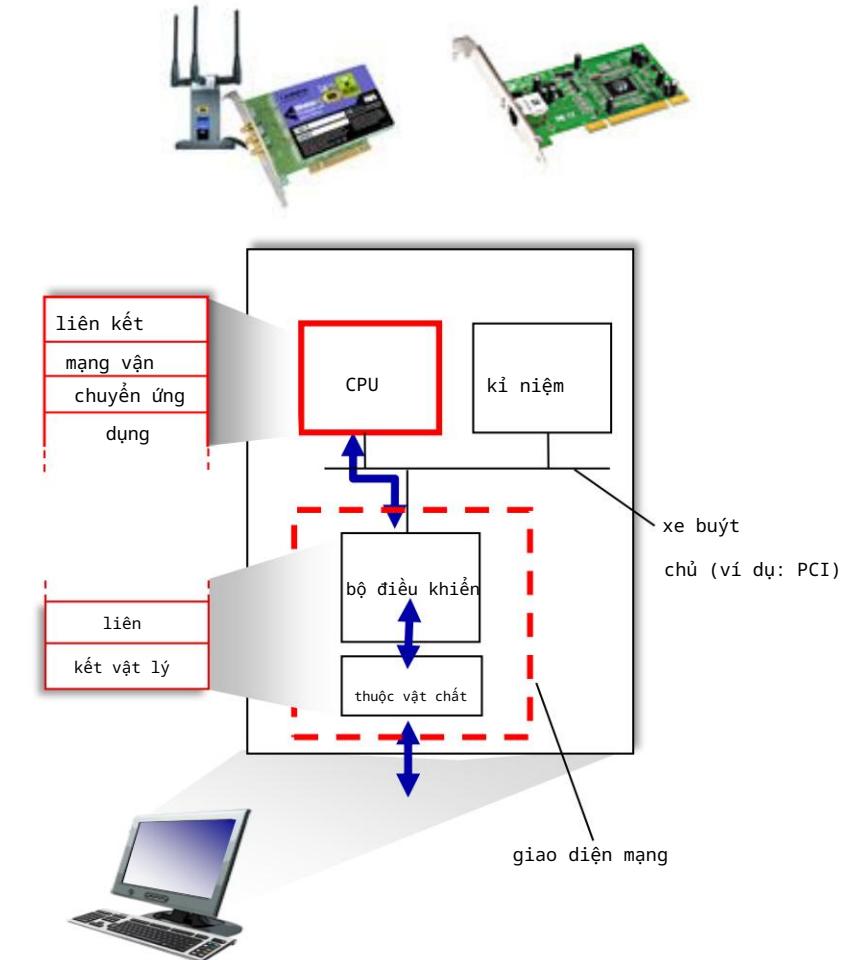


Lớp liên kết được triển khai ở đâu?

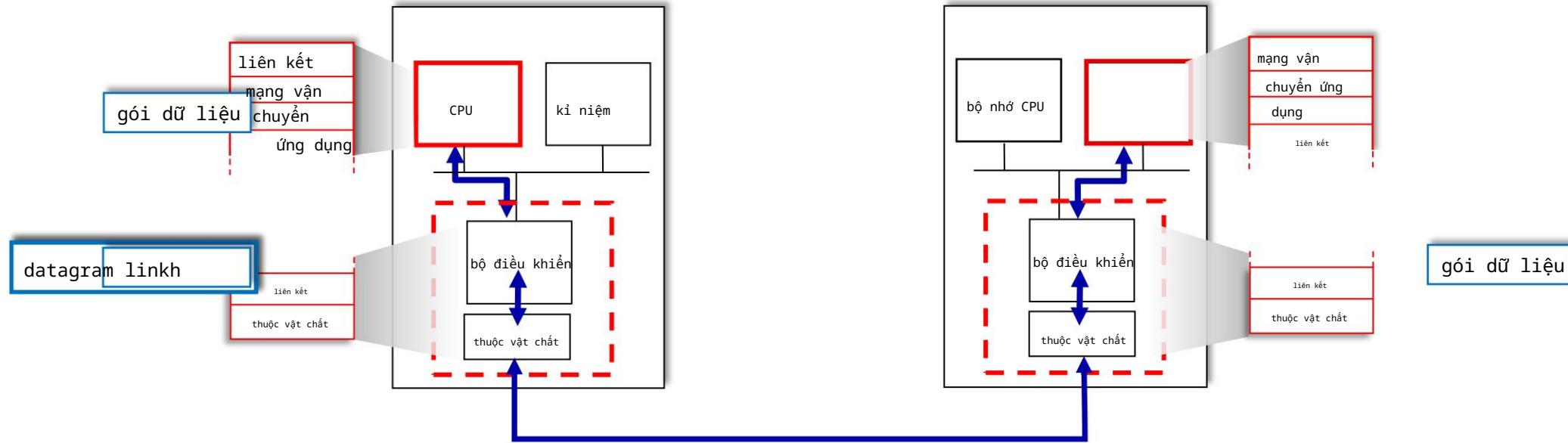
trong từng máy chủ lớp
 liên kết được triển khai trong
thẻ giao diện mạng (NIC) hoặc trên
 chip • Ethernet, thẻ WiFi hoặc chip
 • triển khai lớp liên kết, vật lý

gắn vào các bus hệ thống của
 máy chủ

sự kết hợp giữa phần cứng,
 phần mềm, phần sụn



giao diện giao tiếp



bên gửi:

đóng gói datagram trong khung
thêm các bit kiểm tra lỗi, truyền dữ liệu đáng
tin cậy, kiểm soát luồng, v.v.

bên nhận:

tìm lỗi, truyền dữ liệu đáng tin
cậy, kiểm soát luồng, v.v.
trích xuất datagram, chuyển đến
lớp trên ở bên nhận

Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu
phát hiện, sửa lỗi
giao thức đa truy cập LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS

mạng trung tâm dữ liệu

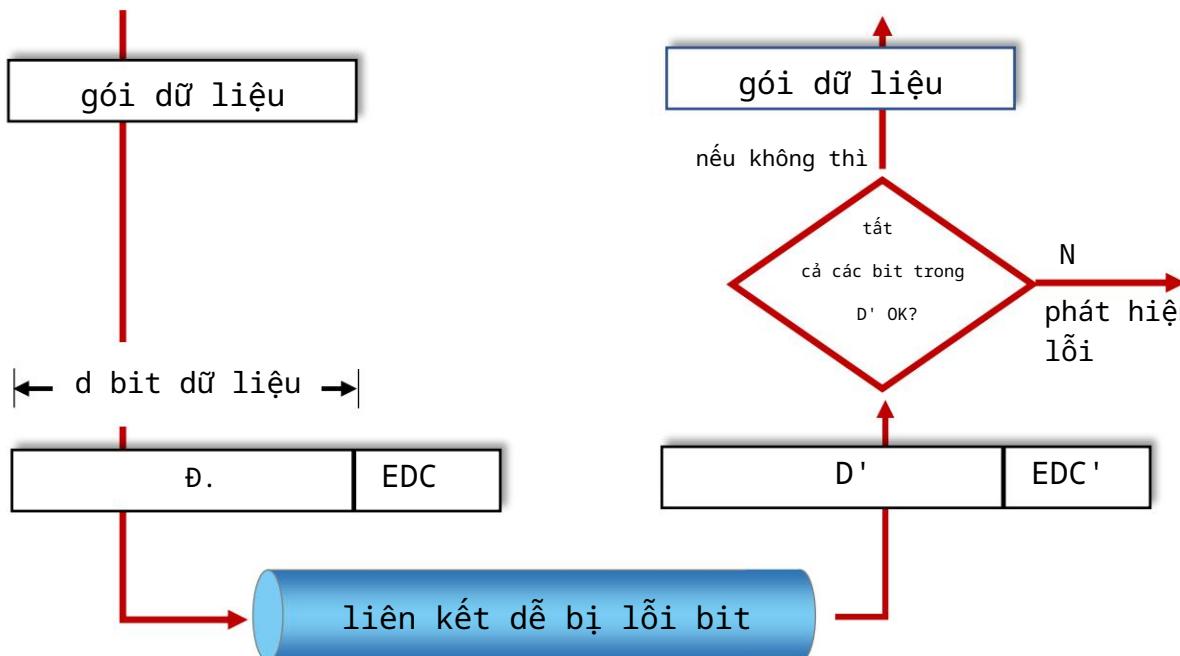


một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

Phát hiện lỗi

EDC: các bit phát hiện và sửa lỗi (ví dụ: dự phòng)

D: dữ liệu được bảo vệ bằng cách kiểm tra lỗi, có thể bao gồm các trường tiêu đề

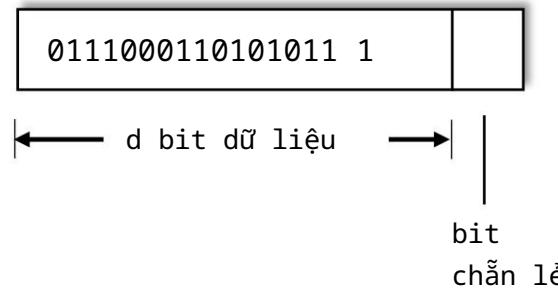


Phát hiện lỗi không 100%
đáng tin
cậy! giao thức có thể bỏ
sót một số lỗi, nhưng hiếm khi
xảy ra Trường EDC lớn hơn giúp
phát hiện và xử lý tốt hơn
điều chỉnh

kiểm tra chẵn lẻ

chẵn lẻ bit đơn:

phát hiện lỗi bit đơn



Chẵn lẻ: đặt bit chẵn lẻ để có số chẵn là 1

chẵn lẻ bit hai chiều:

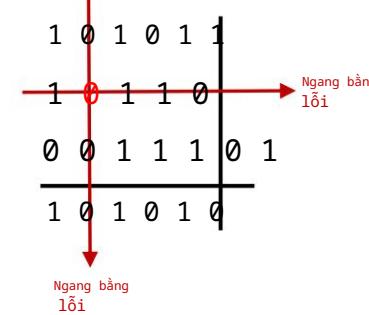
phát hiện và sửa các lỗi bit đơn



không có lỗi:

$$\begin{array}{r}
 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1 \\
 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0 \\
 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1 \\
 \hline
 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0
 \end{array}$$

bit đơn
được
phát hiện và
sửa được
lỗi:



* Xem các bài tập tương tác trực tuyến để biết thêm ví dụ: http://gai.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive/

Tổng kiểm tra Internet (đánh giá)

Mục tiêu: phát hiện lỗi (nghĩa là các bit bị đảo lộn) trong phân đoạn được truyền

người gửi:

xử lý nội dung của phân
đoạn UDP (bao gồm các trường tiêu
đề UDP và địa chỉ IP) dưới dạng
chuỗi các số nguyên 16 bit

tổng kiểm tra: phép cộng (tổng bù
của một người) nội dung phân khúc

giá trị tổng kiểm đưa vào
Trường tổng kiểm tra UDP

người nhận:

tính toán tổng kiểm tra của phân đoạn nhận
được

kiểm tra xem tổng kiểm tra được tính có bằng giá trị
trường tổng kiểm tra hay không:

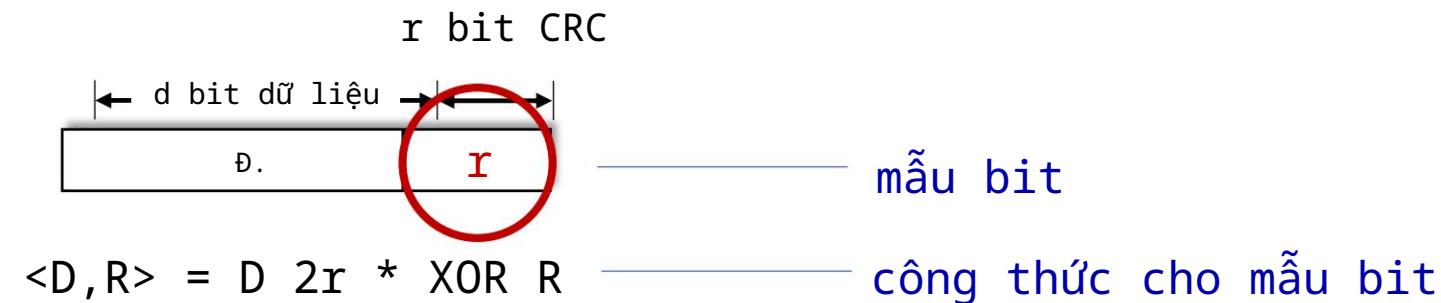
- không bằng - phát hiện
lỗi
 - bằng - không phát hiện lỗi.
- Nhưng có lẽ lỗi dù sao? Trễ hơn ..

Kiểm tra dự phòng theo chu kỳ (CRC)

mã hóa phát hiện lỗi mạnh mẽ hơn

D: bit dữ liệu (đã cho, coi đây là số nhị phân)

G: mẫu bit (bộ tạo), gồm $r+1$ bit (đã cho)



- mục tiêu: chọn r bit CRC, R , sao cho $\langle D, R \rangle$ chia hết cho G ($\text{mod } 2$)
 - bên nhận biết G , chia $\langle D, R \rangle$ cho G . Nếu phần dư khác 0: phát hiện lỗi!
 - có thể phát hiện tất cả các lỗi chùm nhỏ hơn $r+1$ bit
 - Được sử dụng rộng rãi trong thực tế (Ethernet, 802.11 WiFi)

Kiểm tra dự phòng theo chu kỳ (CRC): ví dụ

Chúng tôi

$$\text{muốn: } D \cdot 2^r \text{ XOR } R = nG$$

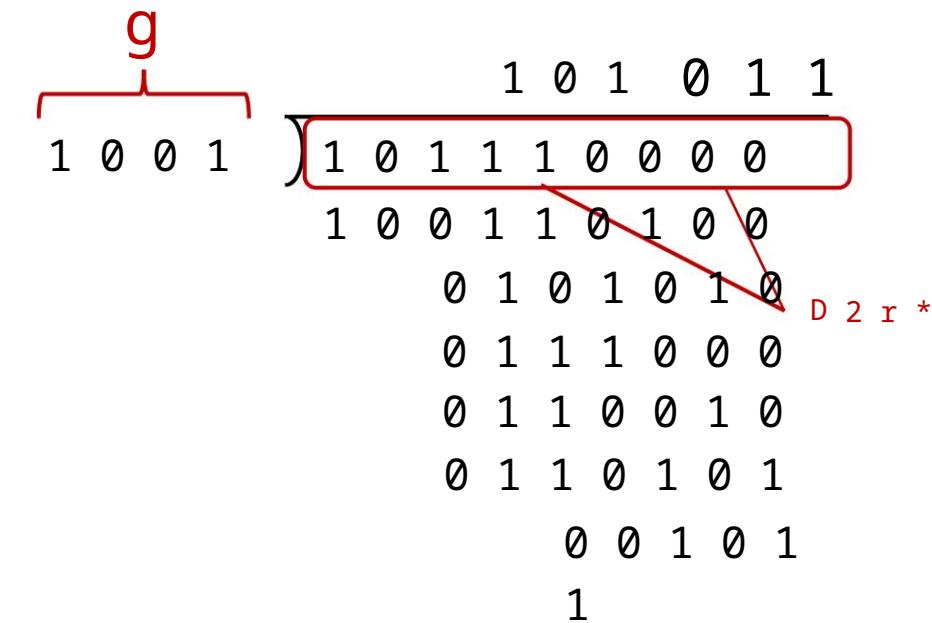
hoặc tương đương:

$$D \cdot 2^r = nG \text{ XOR } R$$

hoặc tương đương:

nếu ta chia $D \cdot 2^r$ cho G , muốn
phần dư R thỏa mãn:

$$R = \text{phần còn lại } \left[\frac{D \cdot 2^r}{g} \right]$$



r

* Xem các bài tập tương tác trực tuyến để biết thêm ví dụ: http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive/

Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

Phát hiện, sửa lỗi **Nhiều**

giao thức truy cập Mạng LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS

mạng trung tâm dữ liệu



một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

Nhiều liên kết truy cập, giao thức

hai loại “liên kết”: điểm

tới điểm • liên kết điểm

tới điểm giữa bộ chuyển mạch Ethernet, máy chủ • PPP
cho truy cập quay số

quảng bá (dây chia sẻ hoặc phương tiện)

- Ethernet kiểu cũ
- HFC ngược dòng trong mạng truy cập dựa trên cáp • LAN không dây 802.11, 4G/4G. vệ tinh



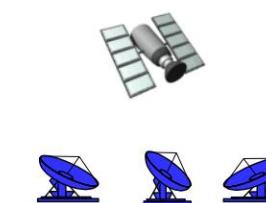
dây dùng chung (ví
dụ: cáp Ethernet)



đài chia sẻ: 4G/5G



radio dùng chung: radio dùng chung WiFi : vệ tinh



con người tại một bữa tiệc
cocktail (không khí chung, âm thanh)

Nhiều giao thức truy cập

kênh quảng bá dùng chung duy nhất

hai hoặc nhiều lần truyền đồng thời bởi các nút: nhiều • **xung đột** nếu nút nhận
được hai tín hiệu trở lên cùng một lúc

— giao thức đa truy cập —

thuật toán phân tán xác định cách các nút chia sẻ kênh,
tức là xác định khi nào nút có thể truyền

truyền thông về chia sẻ kênh phải sử dụng chính kênh đó!

- không có kênh ngoài băng để phối hợp

Một giao thức đa truy cập lý tưởng

đã cho: kênh đa truy cập (MAC) có tốc độ R bps
mong muốn:

1. khi một nút muốn truyền, nó có thể gửi ở tốc độ R .

khi M nút muốn truyền, mỗi nút có thể gửi ở tốc độ trung bình
tốc độ R/M

3. phi tập trung hoàn

- toàn:
- không có nút đặc biệt để phối hợp truyền
 - không đồng bộ hóa đồng hồ, khe cắm
 - đơn giản

Giao thức MAC: phân loại

ba lớp rỗng:

phân vùng kênh • chia kênh

thành các "phần" nhỏ hơn (khe thời gian, tần số, mã) • phân bổ phần cho nút để sử dụng độc quyền

truy cập ngẫu nhiên

- kênh không bị chia, cho phép xung đột • "phục hồi" từ xung đột

"thay phiên nhau"

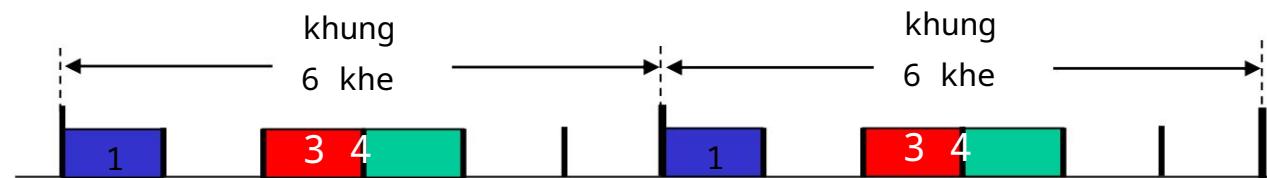
- các nút thay phiên nhau, nhưng các nút có nhiều thứ để gửi hơn có thể mất nhiều lượt hơn

Giao thức MAC phân vùng kênh: TDMA

TDMA: đa truy cập phân chia theo thời gian

truy cập kênh theo “vòng”

mỗi trạm có khe cắm có độ dài cố định (độ dài = thời gian truyền gói tin)
trong mỗi vòng Các khe cắm không sử dụng không hoạt động ví dụ: LAN 6
trạm, 1,3,4 có gói để gửi, các khe cắm 2,5,6 không hoạt động



Các giao thức MAC phân vùng kênh: FDMA

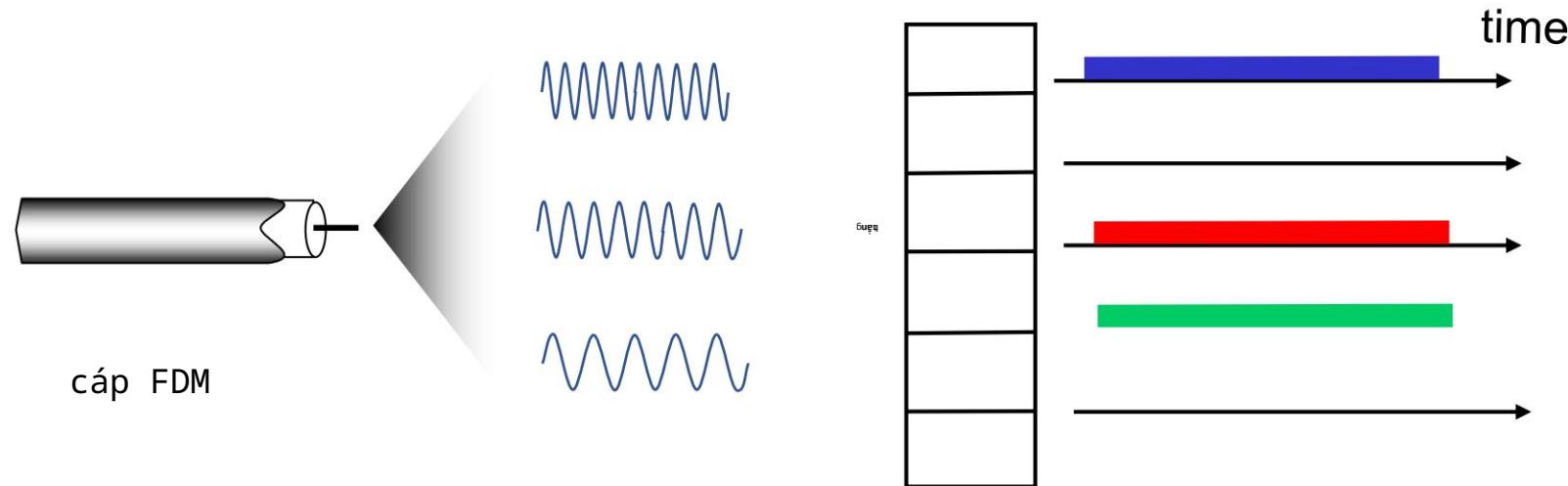
FDMA: đa truy nhập phân chia theo tần số phổ

kênh được chia thành các băng tần mỗi trạm được

ấn định băng tần cố định thời gian truyền không

sử dụng trong các băng tần không hoạt động ví

dụ: LAN 6 trạm, 1,3,4 có gói để gửi, băng tần 2 ,5,6 nhàn rỗi



Giao thức truy cập ngẫu nhiên

khi nút có gói để gửi

- truyền ở tốc độ dữ liệu toàn kênh

R. • không có sự phối hợp ưu tiên giữa

các nút hai hoặc nhiều nút truyền: “va chạm”

Giao thức MAC truy cập ngẫu nhiên chỉ định:

- cách phát hiện xung đột
- cách khôi phục sau xung đột (ví dụ: thông qua truyền lại bị trì hoãn)

ví dụ về giao thức MAC truy cập ngẫu nhiên:

- ALOHA, ALOHA có rãnh
- CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA

ALOHA có rãnh

giả định:

tất cả các khung có cùng kích thước

thời gian được chia thành các khe có
kích thước bằng nhau (thời gian truyền 1 khung)

các nút bắt đầu truyền chỉ bắt đầu
từ khe các nút được đồng bộ hóa
nếu 2 hoặc nhiều nút truyền trong
khe, tất cả các nút phát hiện xung đột

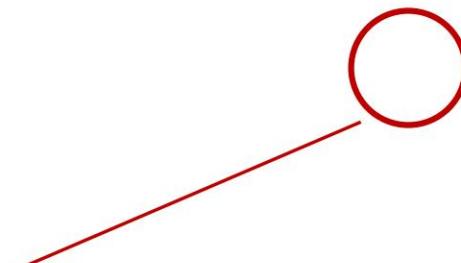
hoạt động:

khi nút nhận được mới

khung, truyền trong khe tiếp theo •

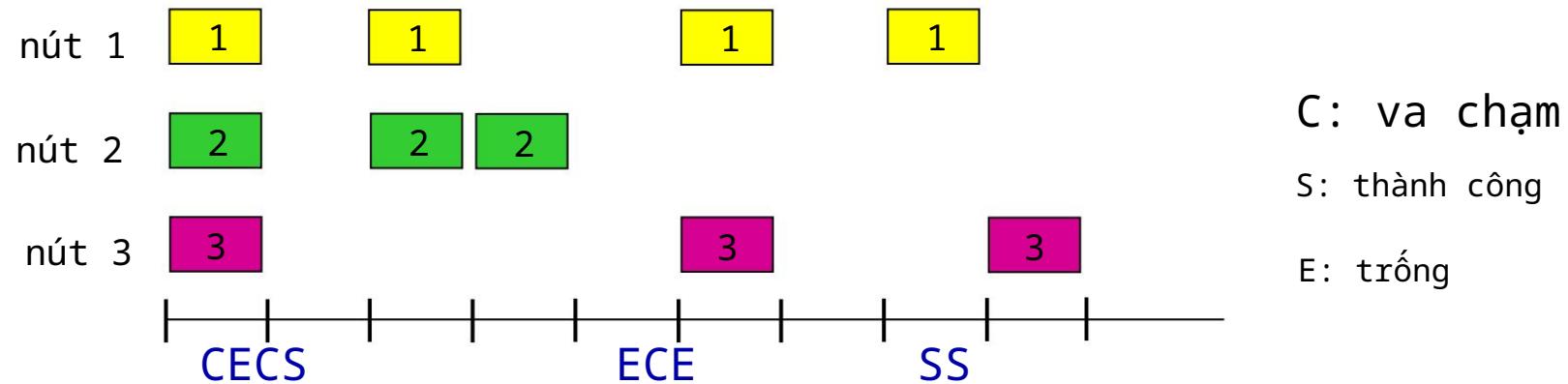
nếu không có xung đột: nút có thể gửi
khung mới trong khe tiếp theo

- nếu xung đột: nút truyền lại khung trong
mỗi khe tiếp theo với xác suất p cho đến
khi
thành công



ngẫu nhiên hóa - tại sao?

ALOHA có rãnh



Ưu điểm:

nút hoạt động duy nhất có
thể truyền liên tục ở tốc độ đầy đủ của kênh

phi tập trung hóa cao: chỉ cần đồng bộ hóa
các vị trí trong các nút đơn giản

Nhược điểm:

xung đột, lãng phí vị trí
vị trí nhàn rỗi

các nút có thể phát hiện xung đột trong thời gian
ngắn hơn để truyền gói tin đồng bộ hóa đồng hồ

ALOHA có rãnh: hiệu quả

hiệu quả: tỷ lệ dài hạn của các vị trí thành công (nhiều nút, tất cả đều có nhiều khung để gửi)

giả sử: N nút có nhiều khung để gửi, mỗi khung truyền trong khe với xác suất p • thăm dò rằng nút đã cho thành công trong một khe = $p(1-p)^{N-1}$ • thăm dò rằng bất kỳ nút nào cũng thành công = $Np(1-p)^{N-1}$ • hiệu quả tối đa: tìm p^* tối đa hóa $Np(1-p)^{N-1}$ • cho nhiều nút, lấy giới hạn của $Np^*(1-p^*)^{N-1}$ khi N tiến tới vô cùng, cho: hiệu quả tối đa = $1/e = 0,37$ tốt nhất: kênh được sử dụng để truyền hữu ích 37% thời gian!

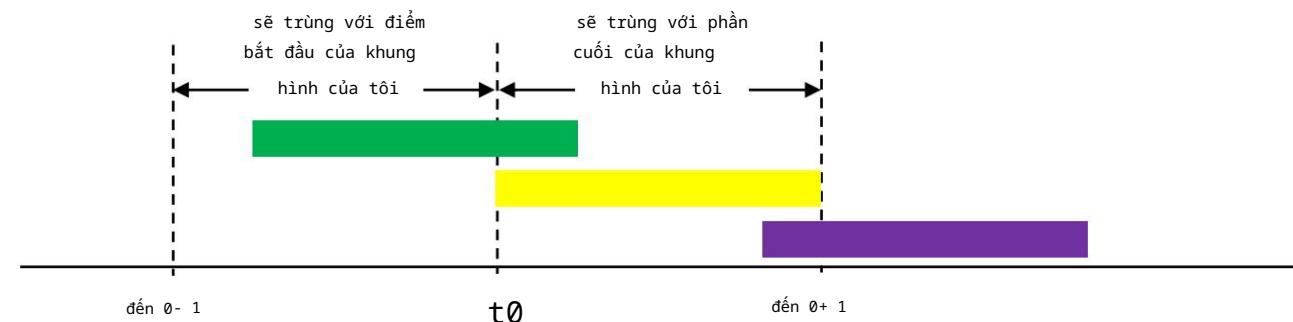
ALOHA nguyên chất

Aloha không phân vùng: đơn giản hơn, không đồng bộ hóa

- khi khung đầu tiên đến: truyền ngay lập tức

xác suất va chạm tăng khi không đồng bộ hóa:

- khung được gửi tại t_0 xung đột với các khung khác được gửi trong $[t_0 - 1, t_0 + 1]$



hiệu suất Aloha nguyên chất: 18% !

CSMA (đa truy nhập cảm biến sóng mang)

CSMA đơn giản : nghe trước khi truyền:

- nếu kênh cảm thấy nhàn rỗi: truyền toàn bộ khung

hình • nếu kênh cảm thấy bận: hoãn truyền

phép loại suy của con người: đừng ngắt lời người khác!

CSMA/CD: CSMA với **phát hiện va chạm** • phát hiện va
chạm trong thời gian ngắn

- truyền xung đột bị hủy bỏ, giảm lãng phí kênh • phát hiện xung
đột dãy dàng trong mạng có dây, khó phát hiện với mạng không dây
phép loại suy con người: người đối thoại lịch sự

CSMA: va chạm

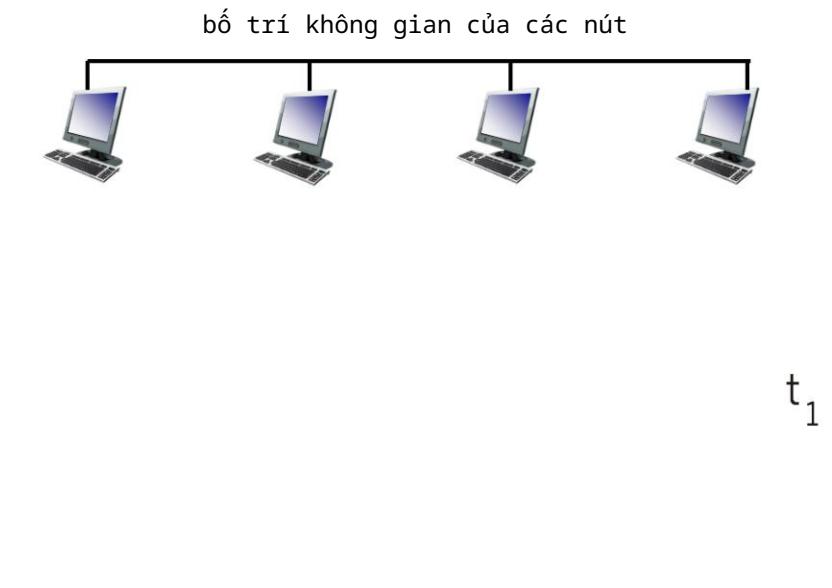
va chạm vẫn có thể xảy ra với

cảm biến sóng mang:

- độ trễ lan truyền có nghĩa là hai nút có thể không nghe thấy đường truyền mới bắt đầu của nhau

xung đột: toàn bộ gói tin
lãng phí thời gian truyền

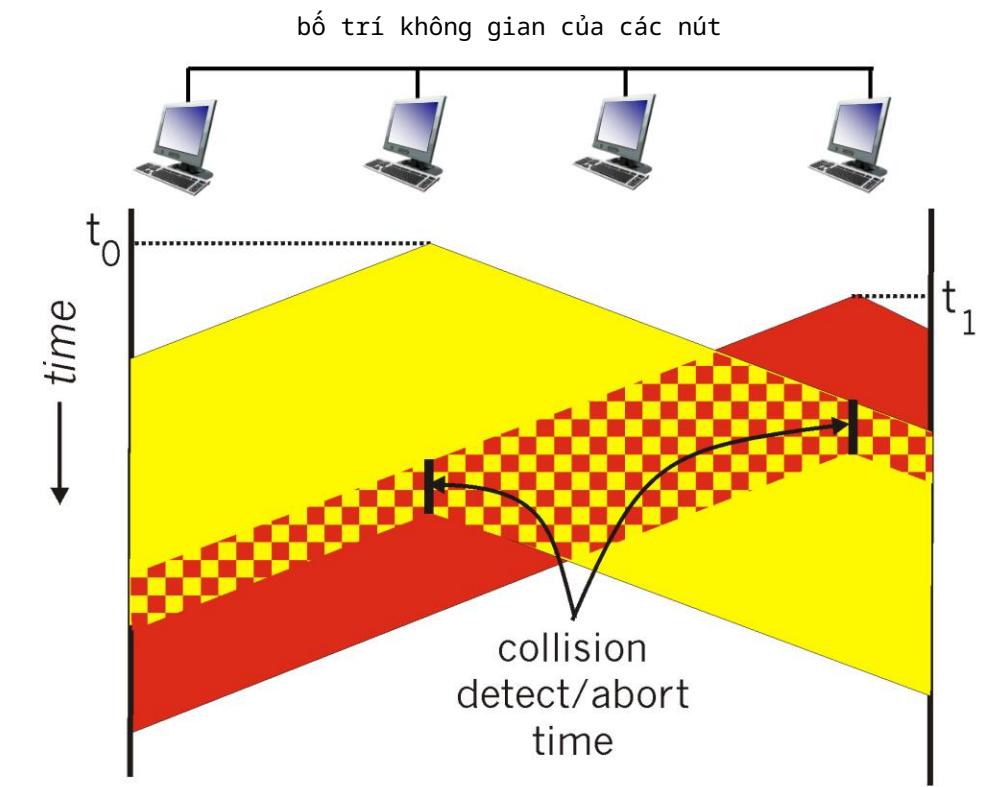
- Khoảng cách và độ trễ lan truyền đóng vai trò trong việc xác định xác suất va chạm



CSMA/CD:

CSMA/CS giảm lượng thời gian lãng phí khi va chạm

- truyền bị hủy bỏ khi phát hiện va chạm



Thuật toán CSMA/CD Ethernet

1. NIC nhận datagram từ tầng mạng, tạo frame
2. Nếu NIC cảm nhận được kênh:
 - nếu nhàn rỗi: bắt đầu truyền khung.
 - nếu bận: đợi cho đến khi kênh nhàn rỗi, sau đó truyền
3. Nếu NIC truyền toàn bộ khung mà không bị xung đột, thì NIC đã hoàn thành việc truyền khung !
4. Nếu NIC phát hiện một đường truyền khác trong khi gửi: hủy bỏ, gửi tín hiệu kêt 5.

Sau khi hủy bỏ, NIC chuyển sang **trạng thái lùi nhị phân (cấp số mũ)**:

- sau va chạm thứ m , NIC chọn ngẫu nhiên K từ $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$. NIC đợi $K \cdot 512$ lần bit, quay lại Bước 2 • nhiều xung đột hơn: khoảng thời gian chờ lâu hơn

CSMA/CD hiệu quả

Tprop = độ trễ prop tối đa giữa 2 nút trong mạng LAN

ttrans = thời gian truyền khung kích thước tối đa

$$\text{hiệu quả} = \frac{1}{\text{ttrans} + \text{Tprop}}$$

hiệu quả tiến tới 1 •

khi tprop tiến tới 0

- khi ttrans tiến tới vô cùng

hiệu suất tốt hơn ALOHA: và đơn giản, rẻ, phi tập trung!

Các giao thức MAC “thay phiên nhau”

giao thức MAC phân vùng kênh:

chia sẻ kênh hiệu quả và công bằng ở mức tải cao

không hiệu quả ở mức tải thấp: trễ truy cập kênh, phân bổ băng thông 1/N ngay cả khi chỉ có 1 nút hoạt động!

giao thức MAC truy cập ngẫu nhiên

hiệu quả khi tải thấp: nút đơn có thể sử dụng đầy đủ kênh

tải cao: chi phí xung đột

giao thức “thay phiên nhau”

tìm kiếm tốt nhất của cả hai thế giới!

Các giao thức MAC “thay phiên nhau”

bỏ phiếu:

nút chính “mời” các nút khác

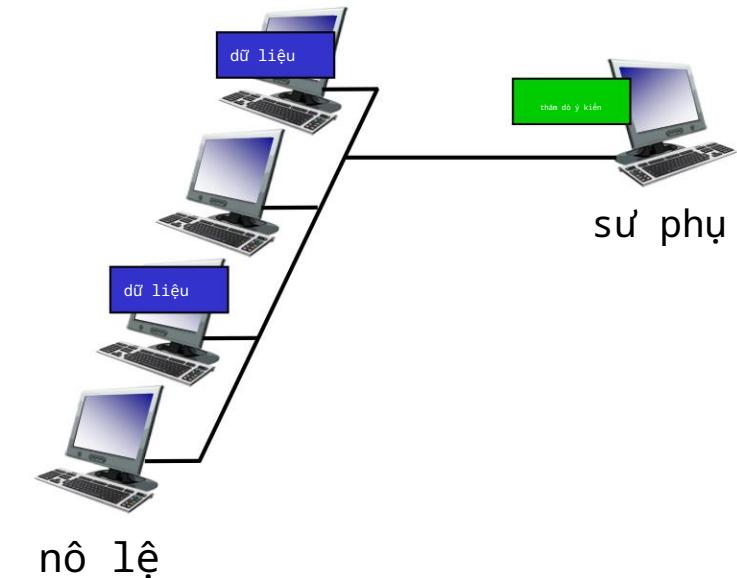
truyền lần lượt

thường được sử dụng với các thiết
bị “câm”

quan ngại:

- chi phí bỏ phiếu • độ

- trễ • điểm lỗi duy nhất
(chính)



Các giao thức MAC “thay phiên nhau”

truyền mã thông báo:

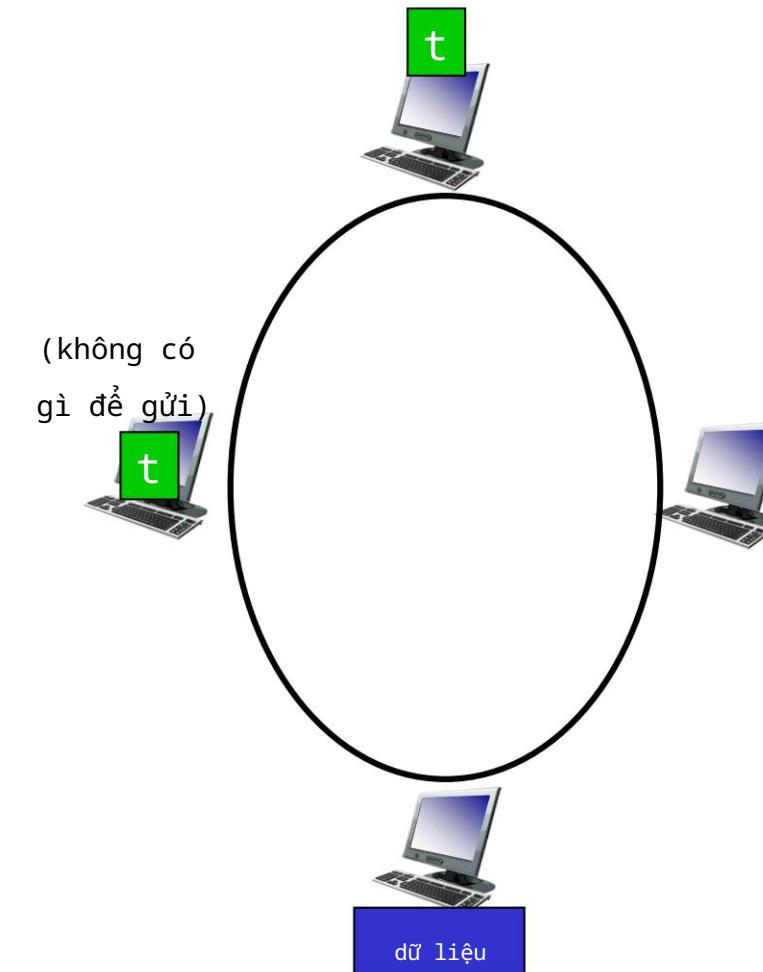
mã thông báo điều khiển được truyền tuần tự từ nút này sang nút tiếp theo. tin

nhắn mã thông báo

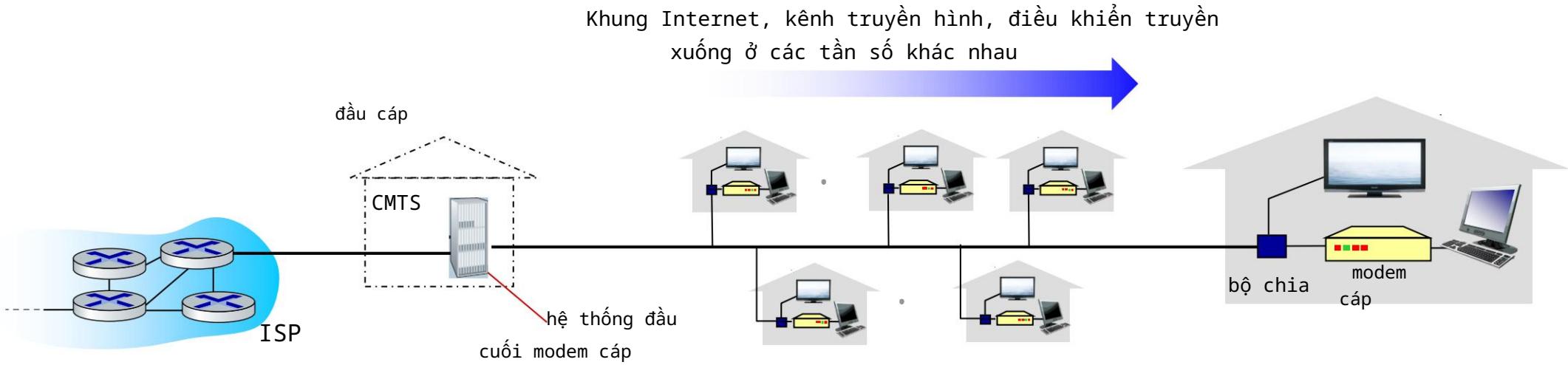
quan ngại:

- chi phí mã thông báo
- độ trễ •

một điểm lỗi (mã thông báo)



Mạng truy cập cáp: FDM, TDM và truy cập ngẫu nhiên!



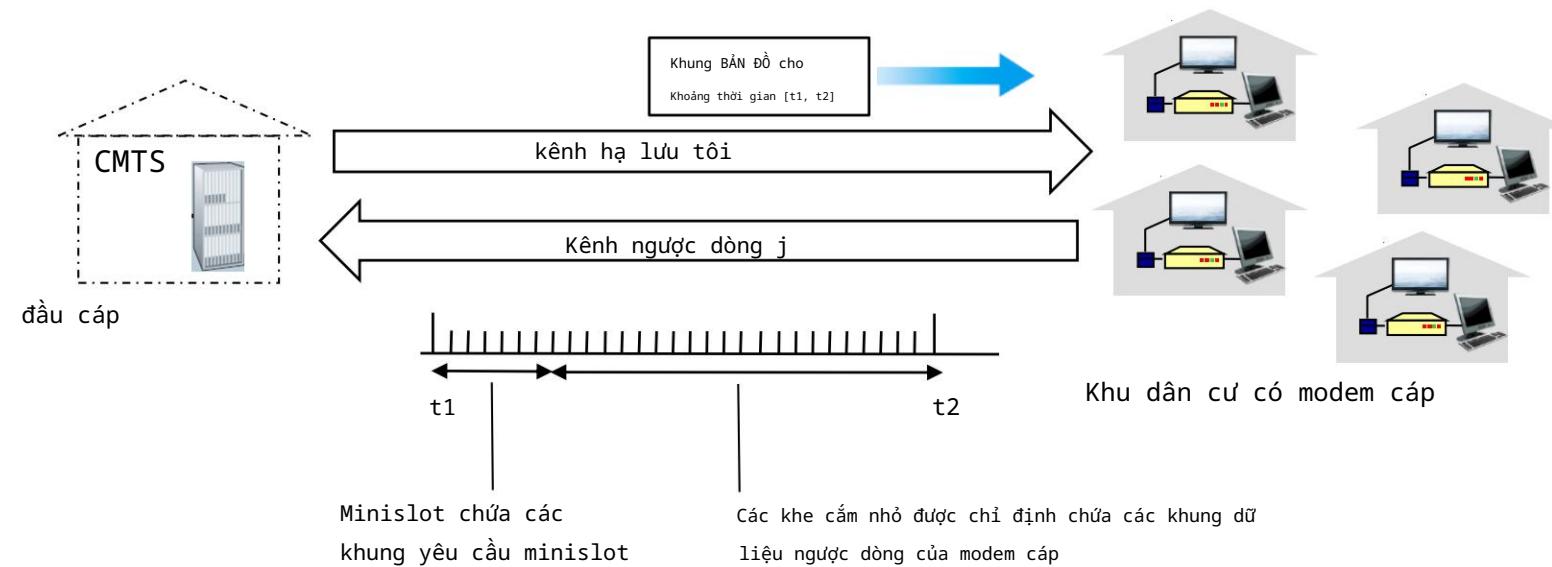
nhiều kênh FDM xuôi dòng (phát sóng): lên tới 1,6 Gbps/kênh

CMTS đơn truyền vào các kênh **nhiều**

kênh ngược dòng (tối đa 1 Gbps/kênh) **đa truy cập:** tất cả

người dùng tranh chấp (truy cập ngẫu nhiên) cho các khe thời gian kênh ngược dòng nhất định; những người khác được chỉ định TDM

Mạng truy cập cáp:



DOCSIS: dữ liệu qua giao diện dịch vụ cáp cụ thể FDM trên các kênh tần số ngược dòng, xuôi dòng TDM ngược dòng: một số khe được chỉ định, một số có tranh chấp • Khung MAP xuôi dòng: chỉ định các khe ngược dòng • yêu cầu các khe ngược dòng (và dữ liệu) được truyền truy cập ngẫu nhiên (backoff nhị phân) trong các vị trí đã chọn

Tóm tắt các giao thức MAC

phân vùng kênh, theo thời gian, tần số hoặc mã • Phân chia

theo thời gian, Phân chia theo tần số

truy cập ngẫu nhiên (động), •

ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD • cảm biến sóng

mang: dễ dàng trong một số công nghệ (dây), khó trong những công nghệ khác
(không dây)

- CSMA/CD được sử dụng trong Ethernet
- CSMA/CA được sử dụng trong 802.11

thay phiên nhau • bỏ phiếu từ trang

trung tâm, chuyển mã thông báo • Bluetooth, FDDI,

vòng mã thông báo

Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

phát hiện, sửa lỗi

giao thức đa truy cập

LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS

mạng trung tâm dữ liệu



một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

địa chỉ MAC

Địa chỉ IP 32 bit:

- địa chỉ lớp mạng cho giao diện
- được sử dụng để chuyển tiếp lớp 3 (lớp mạng), vd: 128.119.40.136
-

Địa chỉ MAC (hoặc LAN hoặc vật lý hoặc Ethernet):

chức năng: được sử dụng “cục bộ” để truyền khung từ một giao diện này sang giao diện được kết nối vật lý khác (cùng mạng con, theo nghĩa địa chỉ IP)

- Địa chỉ MAC 48 bit (đối với hầu hết các mạng LAN) được ghi trong ROM NIC, đôi khi cũng có thể cài đặt bằng phần mềm , ví dụ: 1A-2F-BB-76-09-AD

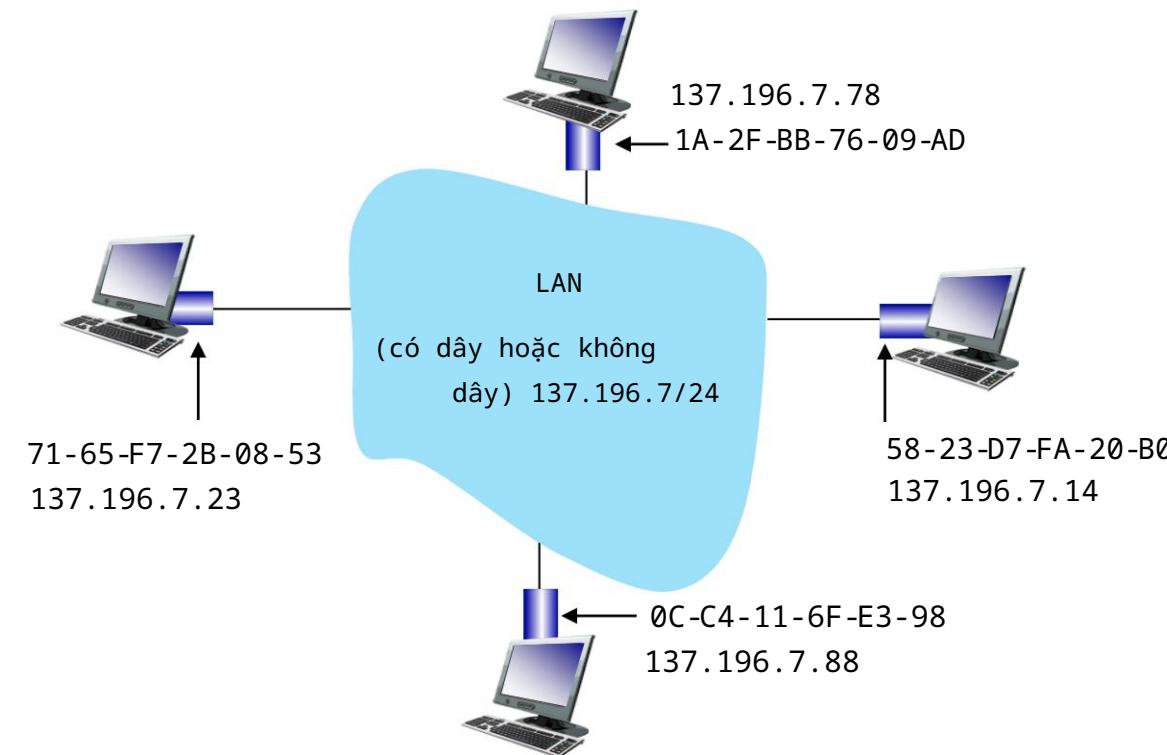
-

ký hiệu thập lục phân (cơ sở 16) (mỗi "chữ số" đại diện cho 4 bit)

địa chỉ MAC

mỗi giao diện trên mạng LAN

có địa chỉ **MAC** 48 bit duy nhất có
địa chỉ IP 32 bit duy nhất cục bộ (như chúng ta đã thấy)



địa chỉ MAC

Phân bổ địa chỉ MAC do IEEE quản lý nhà sản xuất mua một phần không gian địa chỉ MAC (để đảm bảo tính duy nhất) tương tự:

- Địa chỉ MAC: giống như Số an sinh xã hội
- Địa chỉ IP: giống như địa chỉ bưu chính

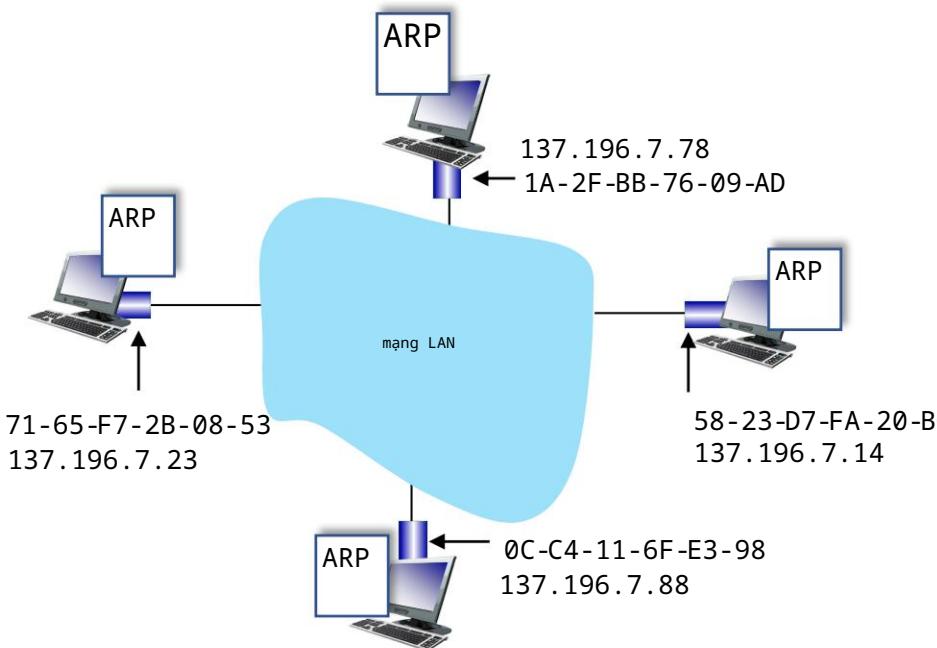
Địa chỉ MAC cố định: tính di động

- có thể di chuyển giao diện từ một mạng LAN sang mạng khác

- gọi lại địa chỉ IP không di động: phụ thuộc vào mạng con IP mà nút được đính kèm

ARP: giao thức phân giải địa chỉ

Câu hỏi: làm thế nào để xác định địa chỉ MAC của giao diện, biết địa chỉ IP của nó?



Bảng ARP: mỗi nút IP (máy chủ, bộ định tuyến) trên mạng LAN có bảng

- Ánh xạ địa chỉ IP/MAC cho một số nút mạng LAN:
<địa chỉ IP; Địa chỉ MAC; TTL>
- TTL (Time To Live): thời gian sau ánh xạ địa chỉ nào sẽ bị quên (thường là 20 phút)

Giao thức ARP đang hoạt động

ví dụ: A muốn gửi datagram cho B • Địa chỉ MAC của B

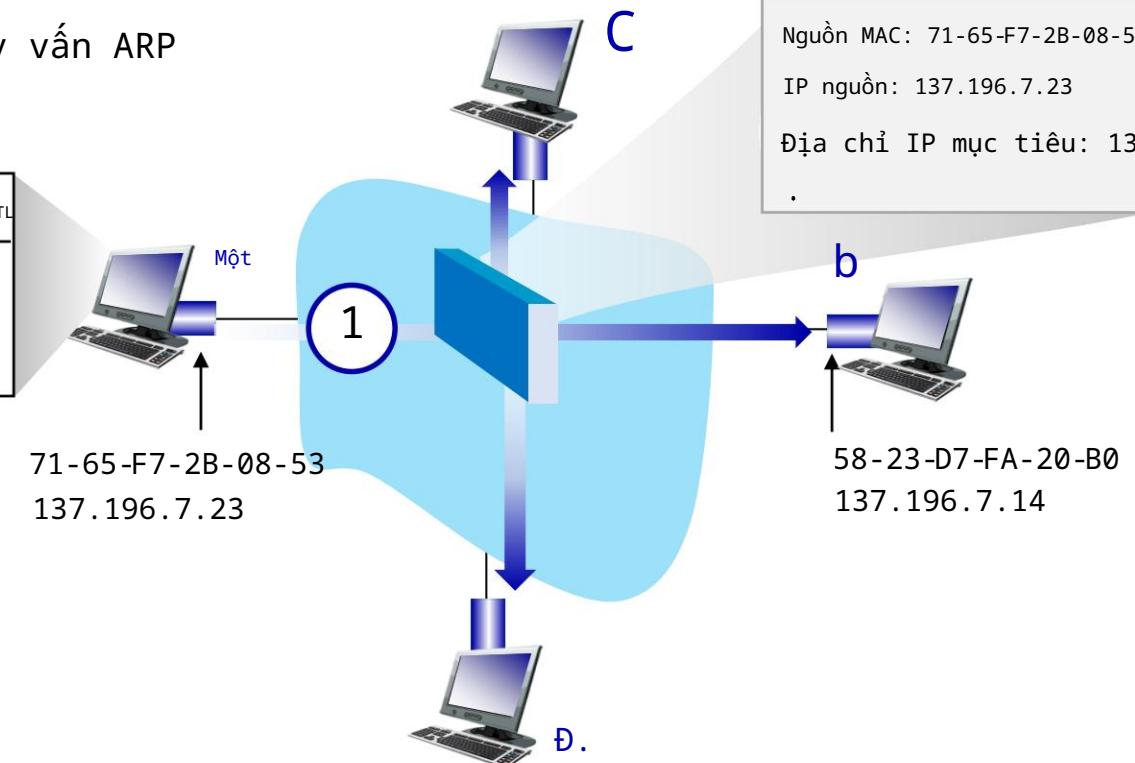
không có trong bảng ARP của A nên A sử dụng ARP để tìm địa chỉ MAC của B

Truy vấn ARP quảng bá, chứa địa chỉ IP của B

- 1 • địa chỉ MAC đích = FF-FF-FF-FF-FF-FF • tất cả các nút trên mạng LAN nhận truy vấn ARP

Bảng ARP trong A

địa chỉ IP	địa chỉ MAC	TTL TTL



Khung Ethernet (được gửi tới FF-FF-FF-FF-FF-FF)

Nguồn MAC: 71-65-F7-2B-08-53

IP nguồn: 137.196.7.23

Địa chỉ IP mục tiêu: 137.196.7.14

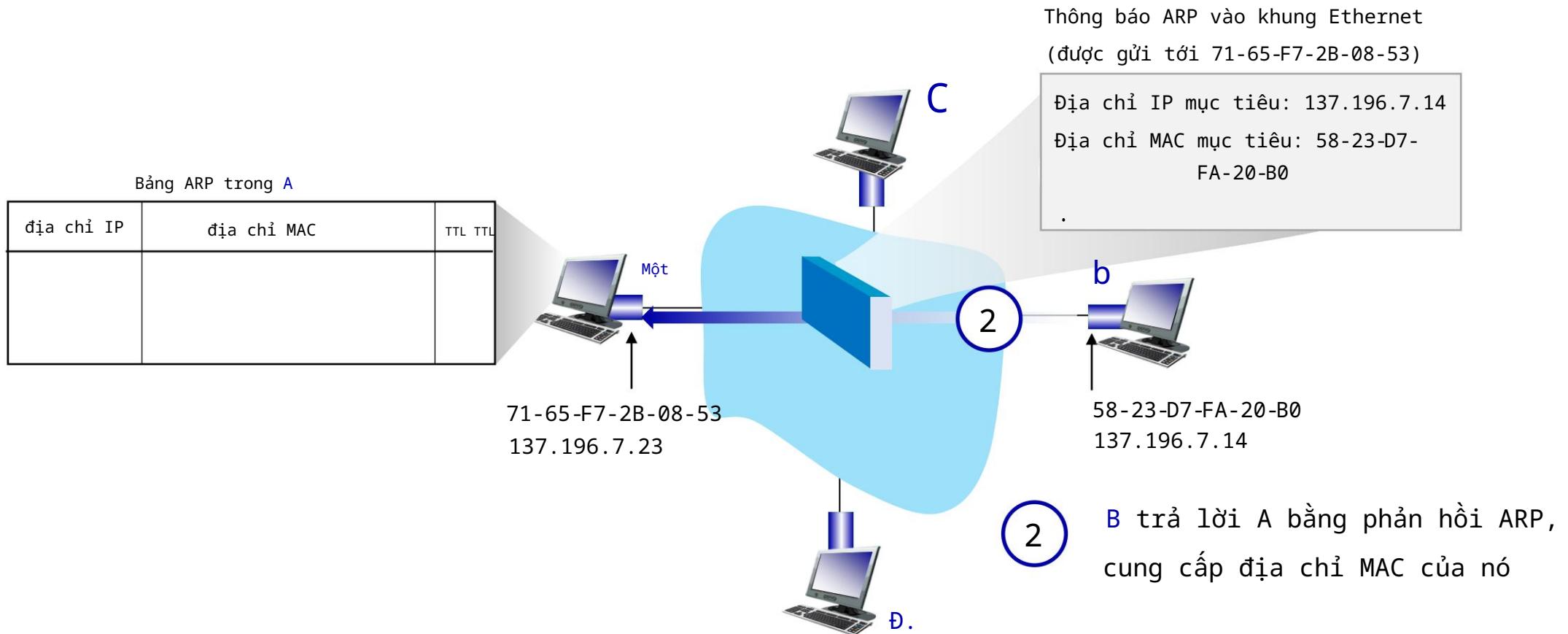
b

58-23-D7-FA-20-B0
137.196.7.14

D.

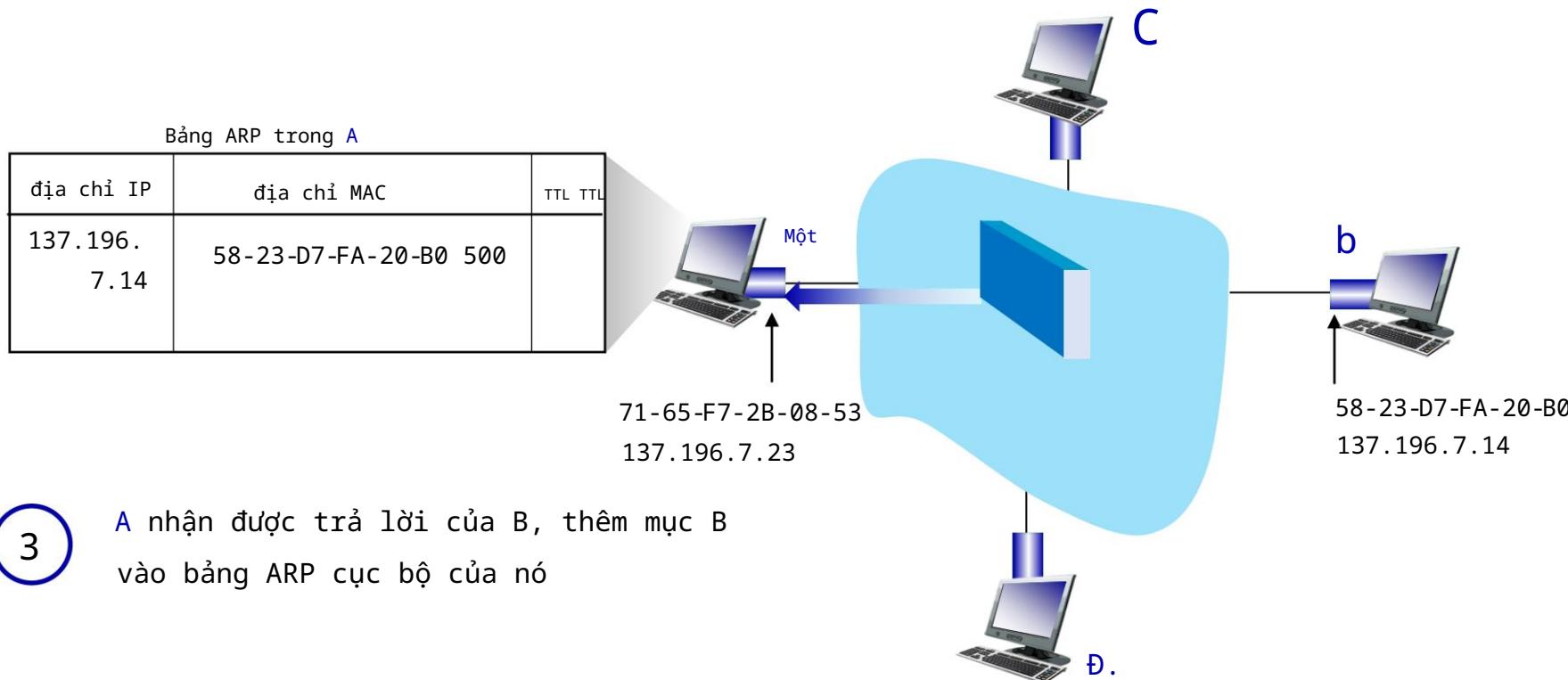
Giao thức ARP đang hoạt động

ví dụ: A muốn gửi datagram cho B • Địa chỉ MAC của B không có trong bảng ARP của A nên A sử dụng ARP để tìm địa chỉ MAC của B



Giao thức ARP đang hoạt động

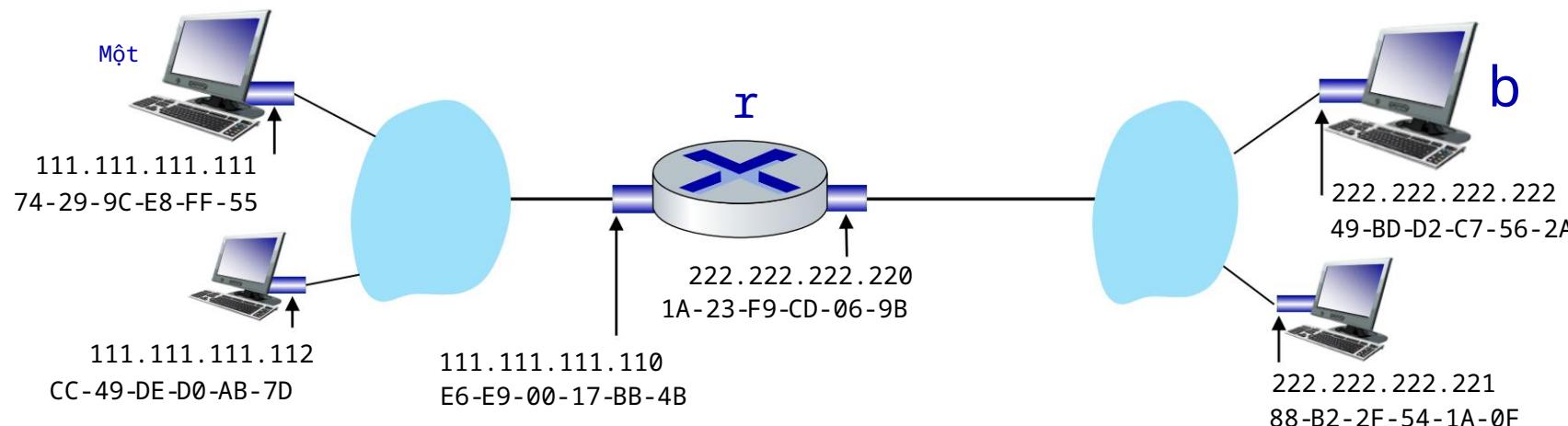
ví dụ: A muốn gửi datagram cho B • Địa chỉ MAC của B không có
trong bảng ARP của A nên A sử dụng ARP để tìm địa chỉ MAC của B



Định tuyến đến mạng con khác: đánh địa chỉ

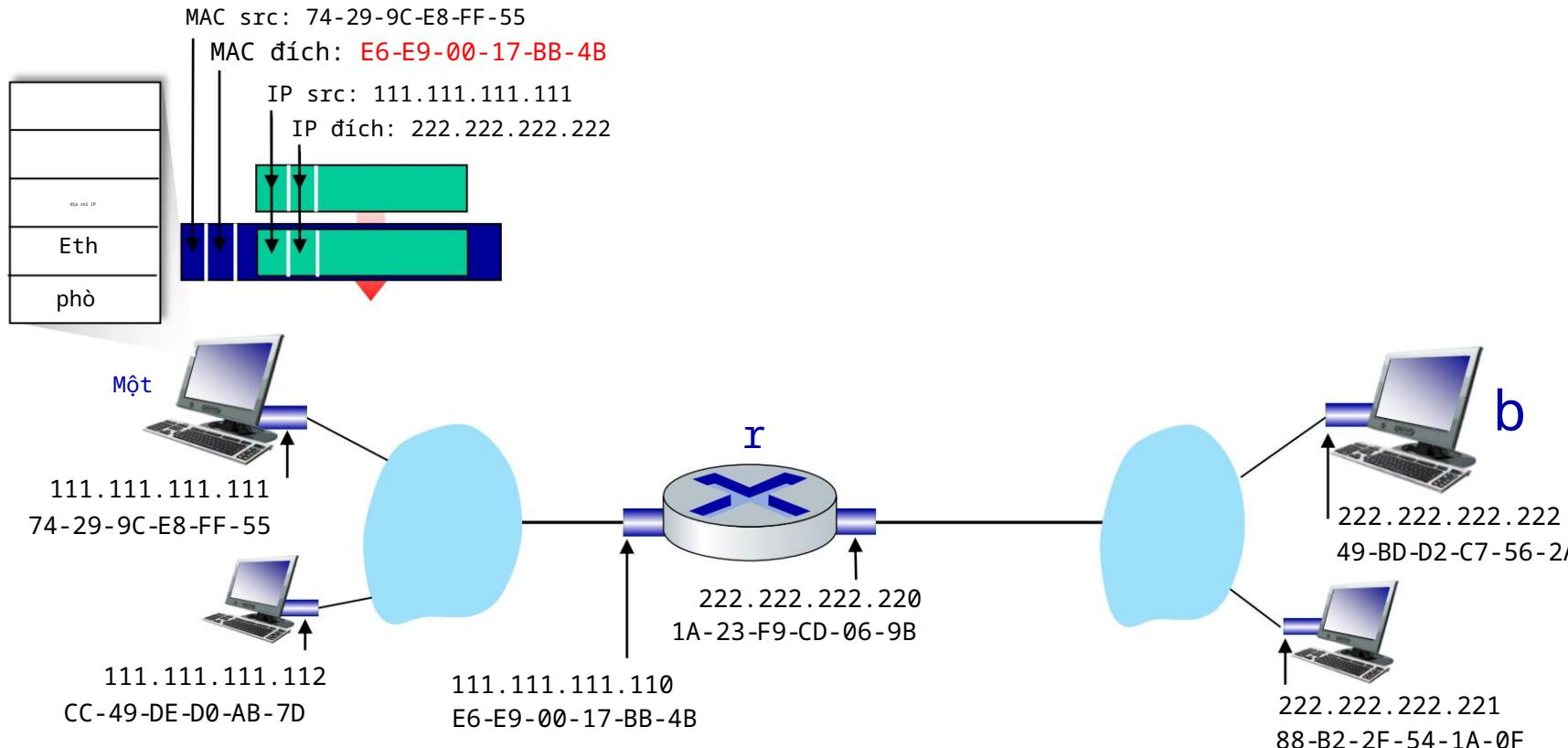
hướng dẫn: gửi một datagram từ A đến B qua R

- tập trung vào địa chỉ - ở cấp độ IP (datagram) và lớp MAC (khung) giả sử rằng:
 - A biết địa chỉ IP của B
 - A biết địa chỉ IP của bộ định tuyến bước nhảy đầu tiên, R (bằng cách nào?)
 - A biết địa chỉ MAC của R (bằng cách nào?)



Định tuyến đến mạng con khác: đánh địa chỉ

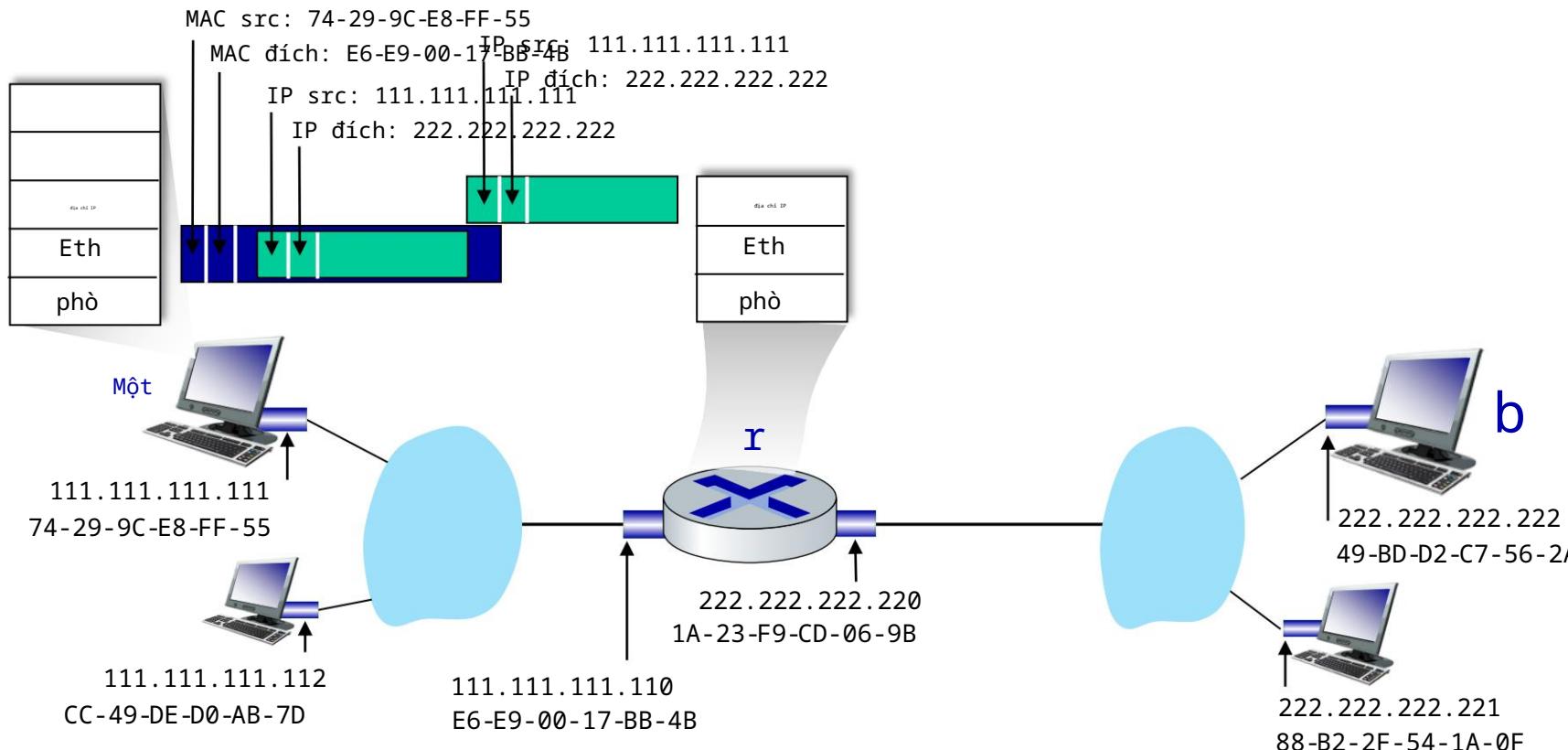
A tạo IP datagram với IP nguồn A, đích B
 link-layer frame chứa A-to-B IP datagram • Địa chỉ MAC
 của R là đích của frame



Định tuyến đến mạng con khác: đánh địa chỉ

khung được gửi từ A đến R

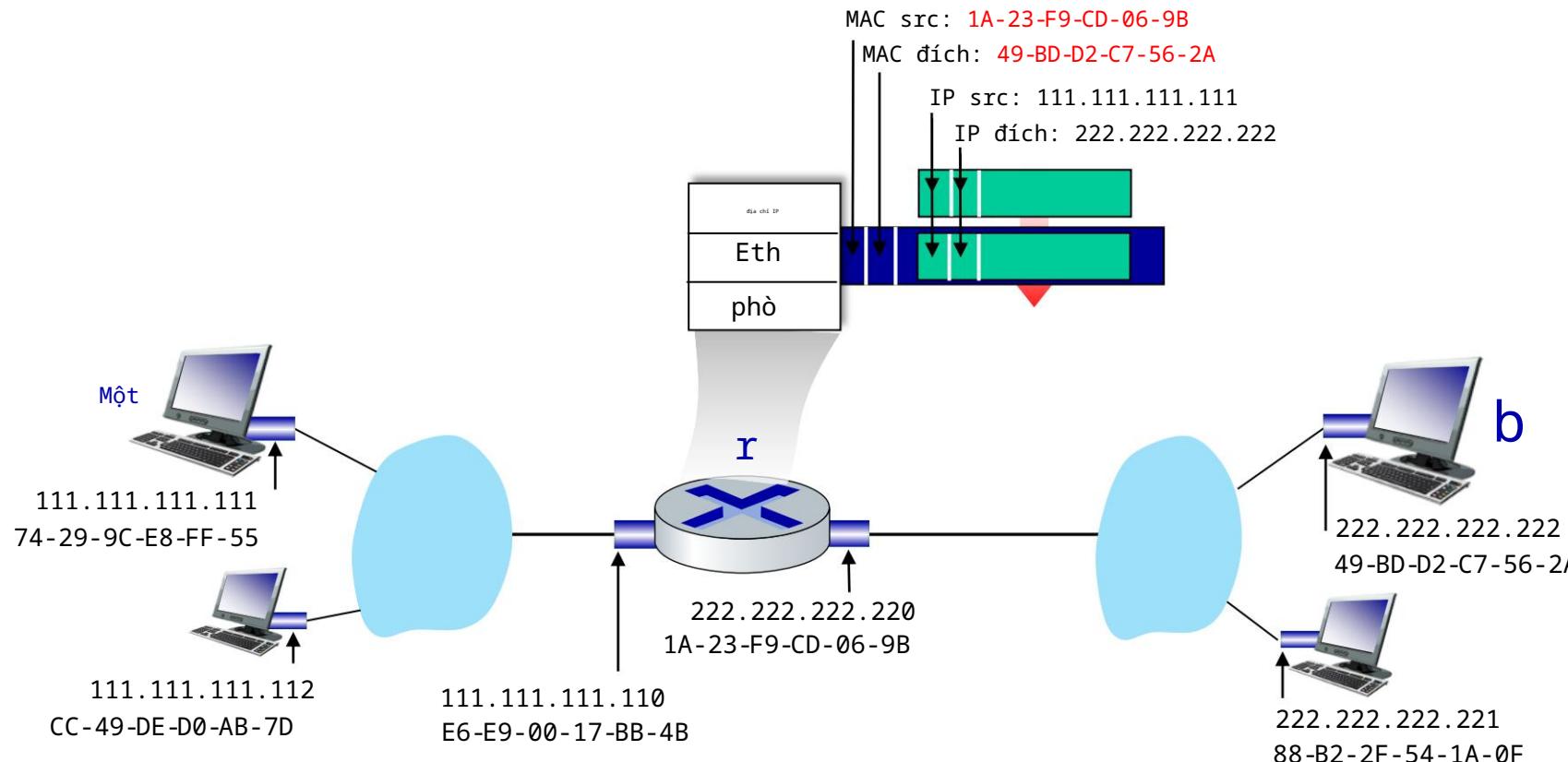
khung nhận được tại R, datagram bị loại bỏ, chuyển lên IP



Định tuyến đến mạng con khác: đánh địa chỉ

R xác định giao diện gửi đi, chuyển datagram với IP nguồn A, đích B để liên kết lớp

R tạo khung lớp liên kết chứa gói dữ liệu IP A-to-B. khung đích địa chỉ: địa chỉ MAC của B

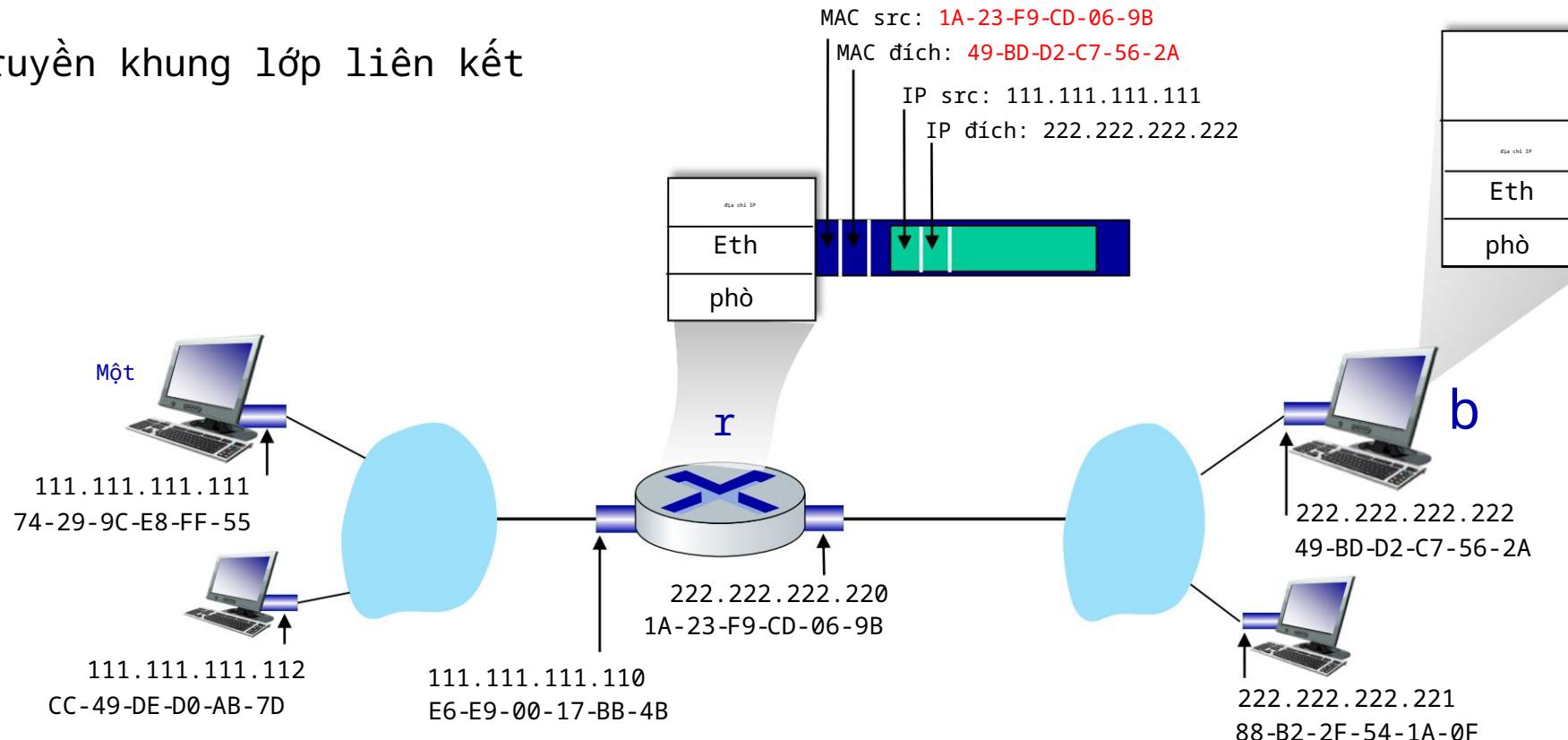


Định tuyến đến mạng con khác: đánh địa chỉ

R xác định giao diện gửi đi, chuyển datagram với IP nguồn A, đích B để liên kết lớp

R tạo khung lớp liên kết chứa gói dữ liệu IP A-to-B. khung đích địa chỉ: địa chỉ MAC của B

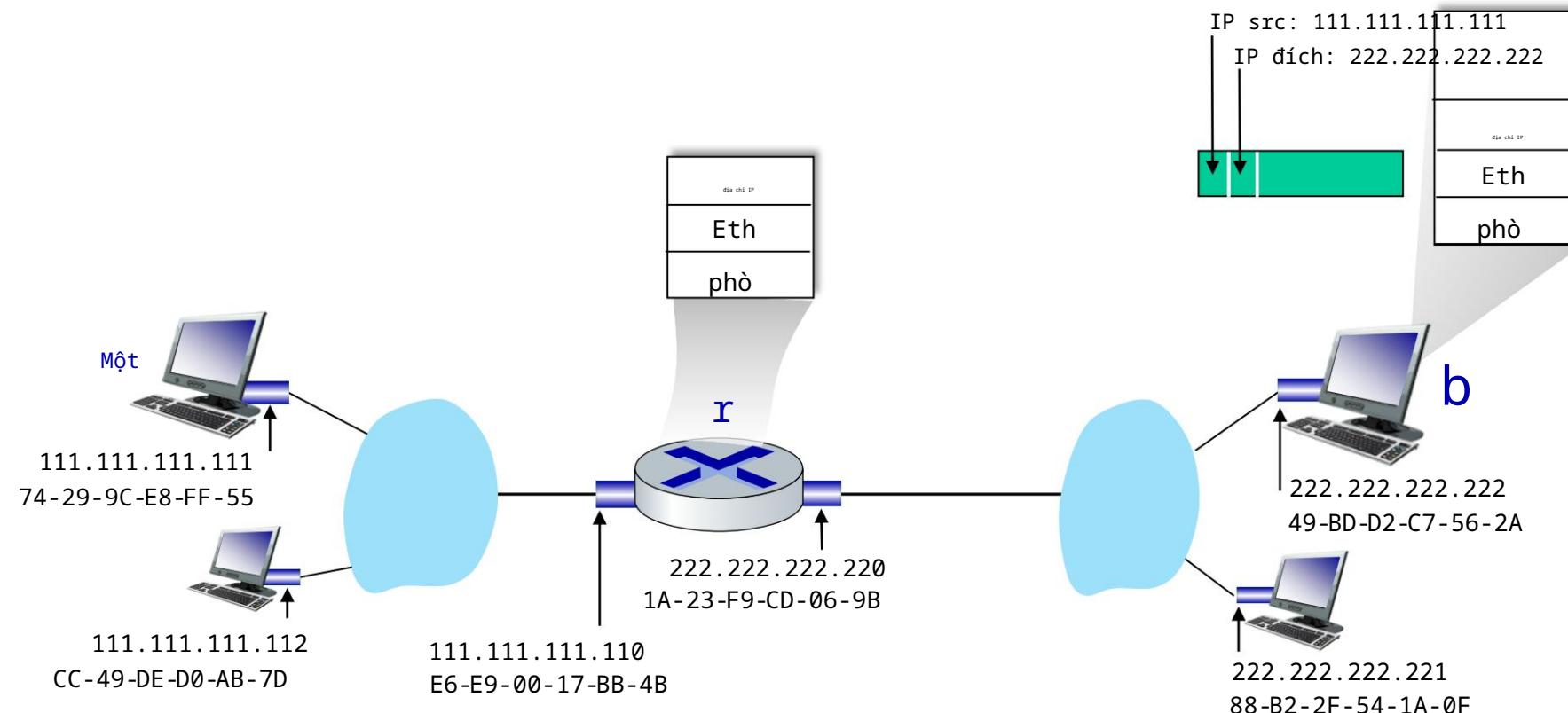
truyền khung lớp liên kết



Định tuyến đến mạng con khác: đánh địa chỉ

B nhận khung, trích xuất địa chỉ IP datagram B

B chuyển datagram lên chồng giao thức tới IP



Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

phát hiện, sửa lỗi

giao thức đa truy cập

LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • **Ethernet**

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS

mạng trung tâm dữ liệu

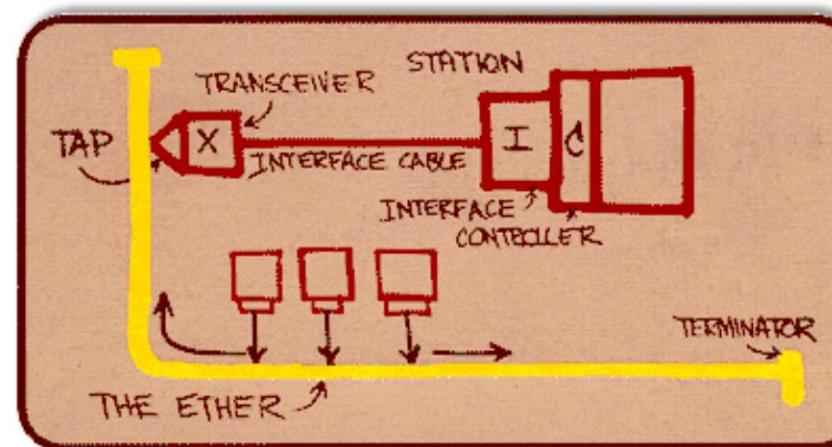


một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

Ethernet

Công nghệ LAN có dây “thống trị”:

Công nghệ LAN đầu tiên được sử dụng
rộng rãi đơn giản hơn, rẻ hơn
bắt kịp cuộc đua tốc độ: 10 Mbps - 400 Gbps
chip đơn, nhiều tốc độ (ví dụ: Broadcom BCM5761)



Bản phác thảo Ethernet của
Metcalf

Ethernet: cấu trúc liên kết vật lý

bus: phô biến đến giữa những năm 90

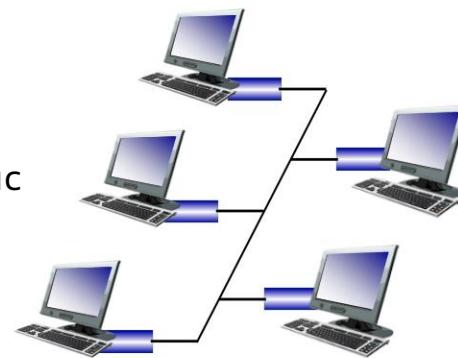
- tất cả các nút trong cùng một miền xung đột (có thể xung đột với nhau)

chuyển mạch: phô biến hiện nay •

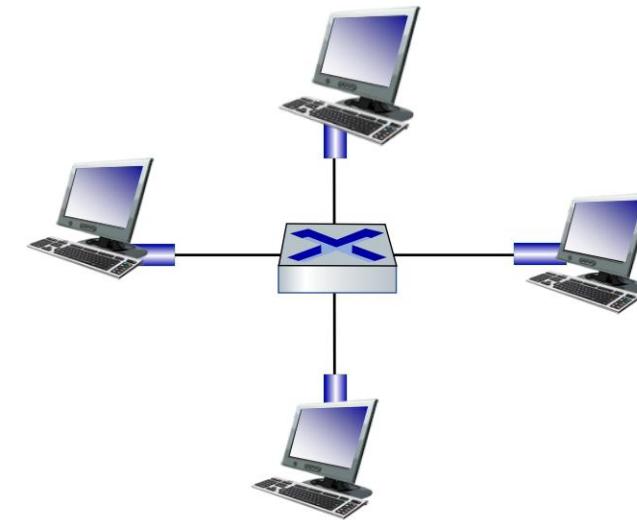
chuyển mạch lớp liên kết 2 hoạt động ở

trung tâm • mỗi "spoke" chạy một giao thức Ethernet (riêng biệt) (các nút không xung đột với nhau)

xe buýt: cáp đồng trục



chuyển đổi



Cấu trúc khung Ethernet

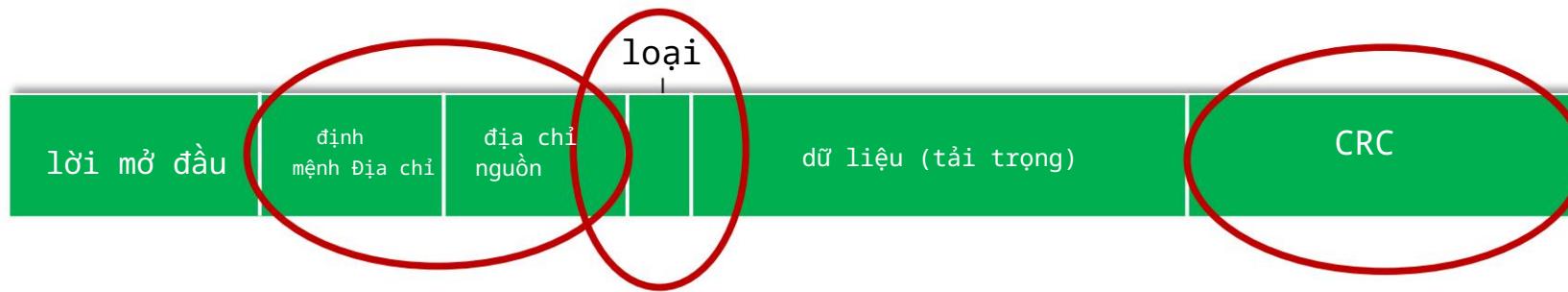
giao diện gửi đóng gói dữ liệu IP (hoặc lớp mạng khác
gói giao thức) trong **khung Ethernet**



lời mở đầu:

được sử dụng để đồng bộ hóa tốc độ xung nhịp của
máy thu, máy gửi 7 byte 10101010 theo sau bởi một byte 10101011

Cấu trúc khung Ethernet (thêm)



địa chỉ: 6 byte nguồn, địa chỉ MAC đích • nếu bộ điều hợp nhận được khung có địa chỉ đích phù hợp hoặc với địa chỉ quảng bá (ví dụ: gói ARP), nó sẽ chuyển dữ liệu trong khung tới giao thức lớp mạng
• nếu không, bộ điều hợp loại bỏ khung

loại: biểu thị giao thức lớp cao hơn • chủ yếu là IP nhưng cũng có thể có các loại khác, ví dụ: Novell IPX, AppleTalk • được sử dụng để phân kênh tại máy thu

CRC: kiểm tra dự phòng theo chu kỳ tại máy thu • phát hiện lỗi: khung bị loại bỏ

Ethernet: không đáng tin cậy, không kết nối

không kết nối: không bắt tay giữa gửi và nhận NIC

không đáng tin cậy: NIC nhận không gửi ACK hoặc NAK cho NIC gửi •
dữ liệu trong các khung bị rớt chỉ được khôi phục nếu người gửi ban
đầu sử dụng rdt lớp cao hơn (ví dụ: TCP), nếu không thì dữ liệu bị
rớt sẽ bị mất Giao thức MAC của Ethernet: **CSMA/CD** không có khe

cắm với nhị phân
rút lui

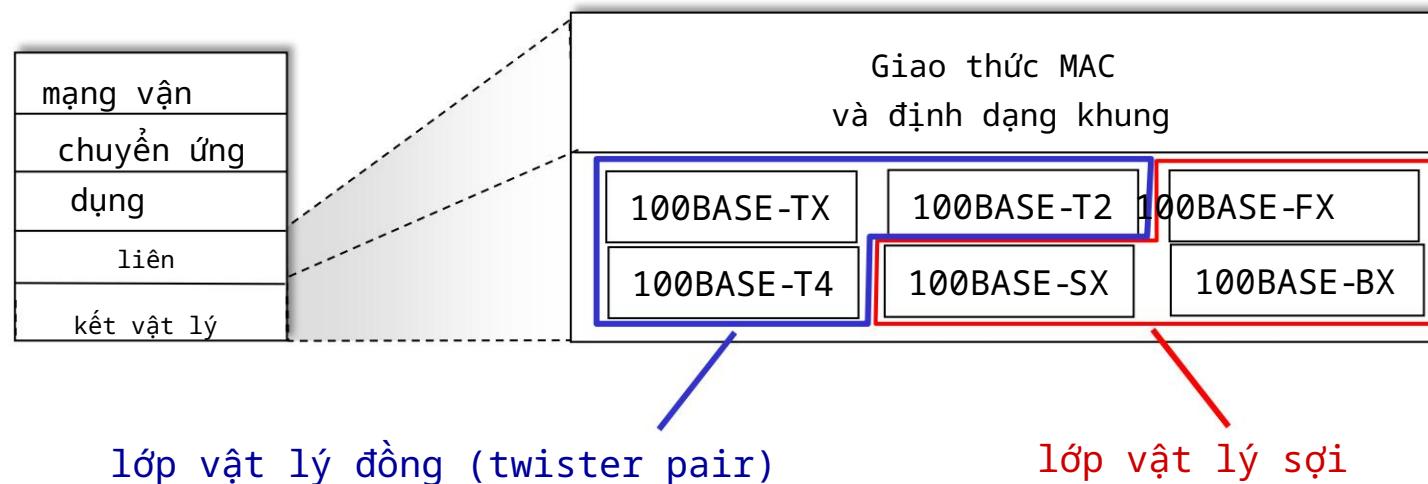
Tiêu chuẩn Ethernet 802.3: lớp liên kết & vật lý

nhiều tiêu chuẩn Ethernet khác nhau •

giao thức MAC chung và định dạng khung •

tốc độ khác nhau: 2 Mbps, 10 Mbps, 100 Mbps, 1Gbps, 10 Gbps, 40 Gbps •

phương tiện lớp vật lý khác nhau: cáp quang, cáp



Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

phát hiện, sửa lỗi

giao thức đa truy cập

LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS

mạng trung tâm dữ liệu



một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

chuyển mạch Ethernet

Switch là thiết bị **tầng liên kết** : đóng vai trò tích cực

- lưu trữ, chuyển tiếp khung

Ethernet • kiểm tra địa chỉ MAC của khung đến, chuyển tiếp khung **có chọn lọc** tới một hoặc nhiều liên kết gửi đi khi khung được chuyển tiếp trên phân đoạn, sử dụng CSMA/CD để truy cập phân khúc

mình bạch: máy chủ không biết sự hiện diện của thiết bị chuyển mạch

plug-and-play, tự học • switch

không cần cấu hình

Switch: nhiều lần truyền đồng thời

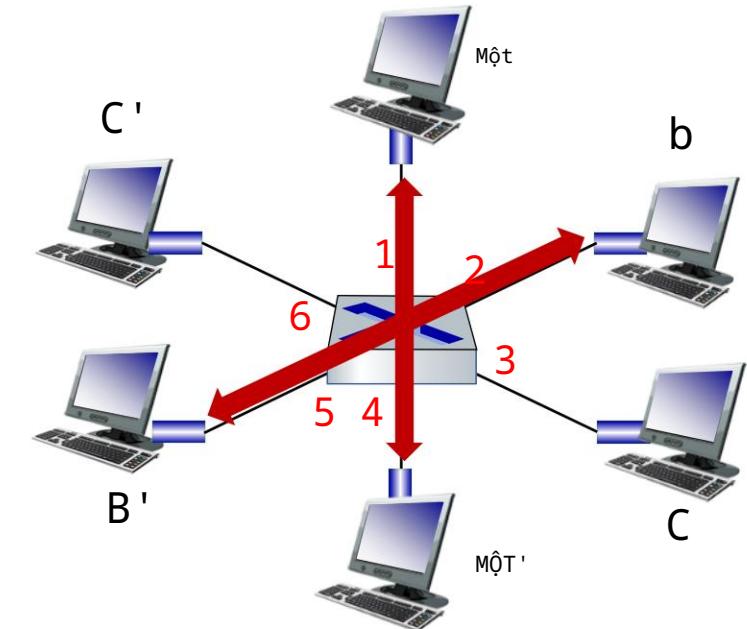
máy chủ có kết nối trực tiếp, chuyên
dụng để chuyển đổi

chuyển mạch các gói đệm Giao

thức Ethernet được sử dụng trên mỗi
liên kết đến, vì vậy:

- không có xung đột; song công
hoàn toàn
- mỗi liên kết là miền xung
đột riêng của nó

chuyển đổi: A-to-A' và B-to-B' có thể truyền đồng thời mà
không có xung đột



chuyển đổi với
sáu giao diện (1,2,3,4,5,6)

Switch: nhiều lần truyền đồng thời

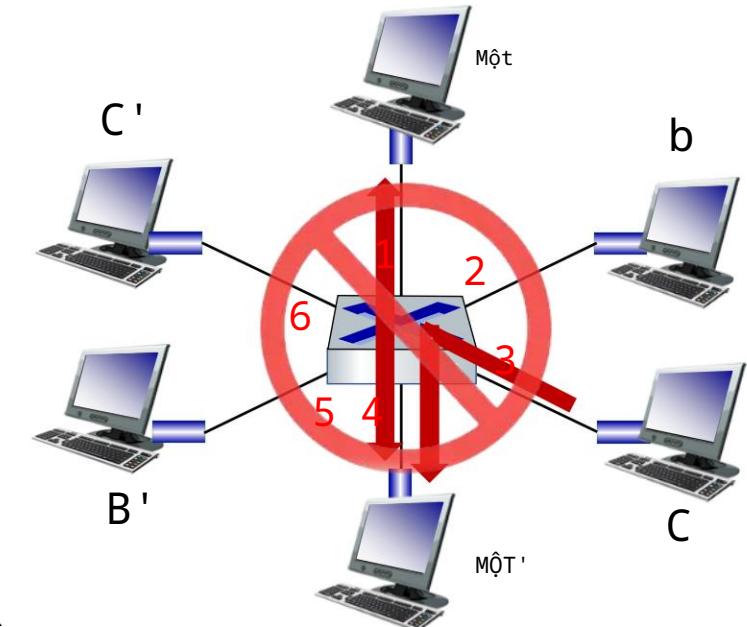
máy chủ có kết nối trực tiếp, chuyên
dụng để chuyển đổi

chuyển mạch các gói đệm Giao

thức Ethernet được sử dụng trên mỗi
liên kết đến, vì vậy:

- không có xung đột; song công
hoàn toàn
- mỗi liên kết là miền xung
đột riêng của nó

chuyển đổi: A-to-A' và B-to-B' có thể truyền đồng
thời, không xung đột • nhưng A-to-A' và C đến A'
không thể xảy ra đồng thời



chuyển đổi với
sáu giao diện (1,2,3,4,5,6)

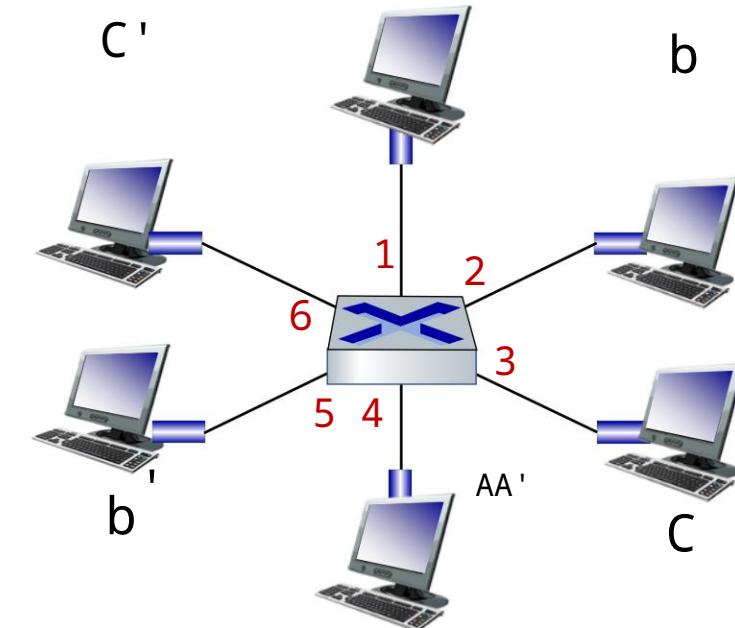
Chuyển bảng chuyển tiếp

Q: làm thế nào để switch biết A' có thể truy cập qua giao diện 4, B' có thể truy cập qua giao diện 5?

Trả lời: mỗi công tắc có một **bảng chuyển đổi**, mỗi mục nhập: (địa chỉ MAC của máy chủ, giao diện tiếp cận máy chủ, dấu thời gian) trông giống như một bảng định tuyến!

Q: các mục được tạo, duy trì trong bảng chuyển đổi như thế nào?

một cái gì đó giống như một giao thức định tuyến?

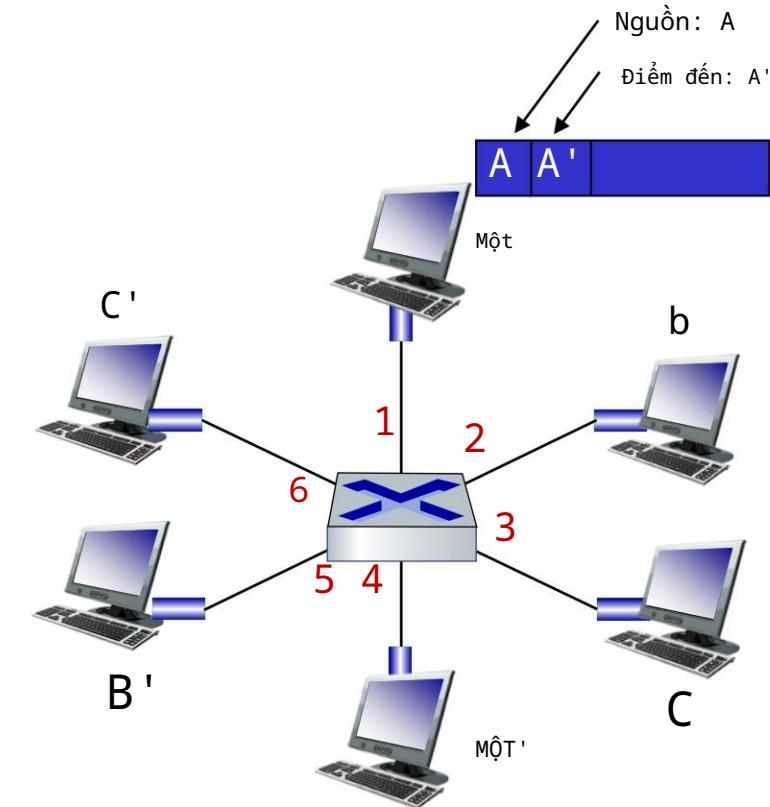


Chuyển đổi: tự học

switch **tìm hiểu** máy chủ

nào có thể truy cập thông qua giao diện nào

- khi nhận được khung, chuyển đổi "tìm hiểu" vị trí của người gửi: phân đoạn mạng LAN đến • ghi lại cặp người gửi/vị trí trong bảng chuyển đổi



Giao diện địa chỉ MAC TTL		
MỘT	1	60

Chuyển bảng
(ban đầu trống)

Chuyển đổi: lọc/chuyển tiếp khung

khi khung nhận được tại switch:

1. ghi lại liên kết đến, địa chỉ MAC của máy chủ gửi 2. bảng
chuyển đổi chỉ mục sử dụng địa chỉ đích MAC 3. **nếu** tìm thấy mục
cho đích **thì** { **nếu** đích trên phân đoạn mà khung đến

sau đó thả khung

khác chuyển tiếp khung trên giao diện được chỉ định bởi mục nhập

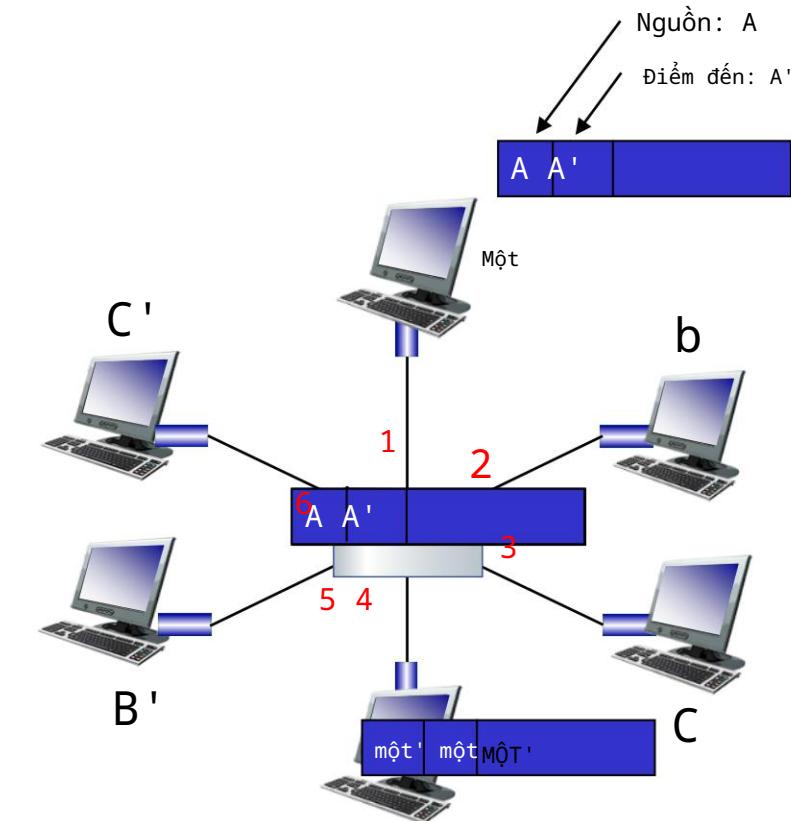
} khác lũ /* chuyển tiếp trên tất cả các giao diện ngoại trừ giao diện đến */

Tự học, chuyển tiếp: ví dụ

đích khung, A' ,
vị trí không xác định: lũ lụt

điểm đến Một địa điểm

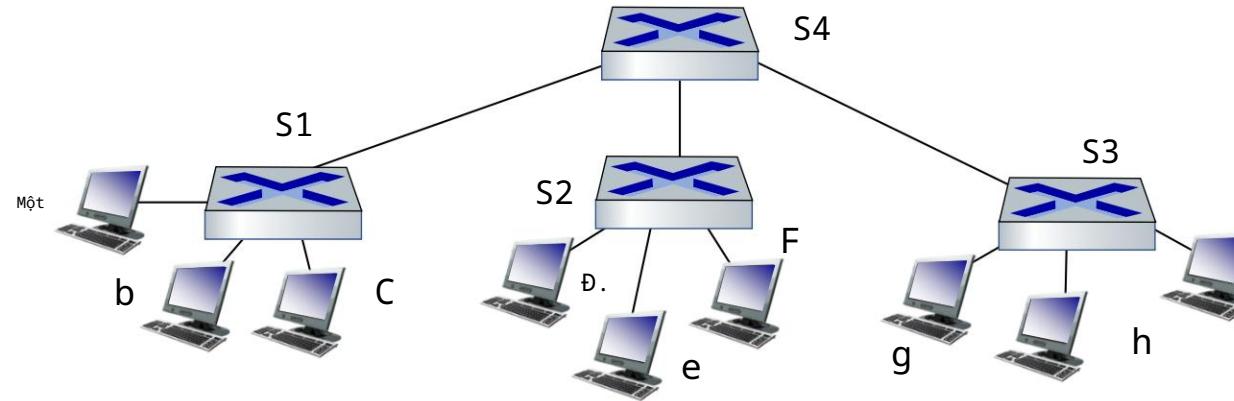
đã biết: gửi có chọn lọc chỉ
trên một liên kết



Giao diện địa chỉ MAC	TTL	
Một	60	bảng chuyển
'	60	đổi (ban đầu trống)
1 4		

Công tắc kết nối

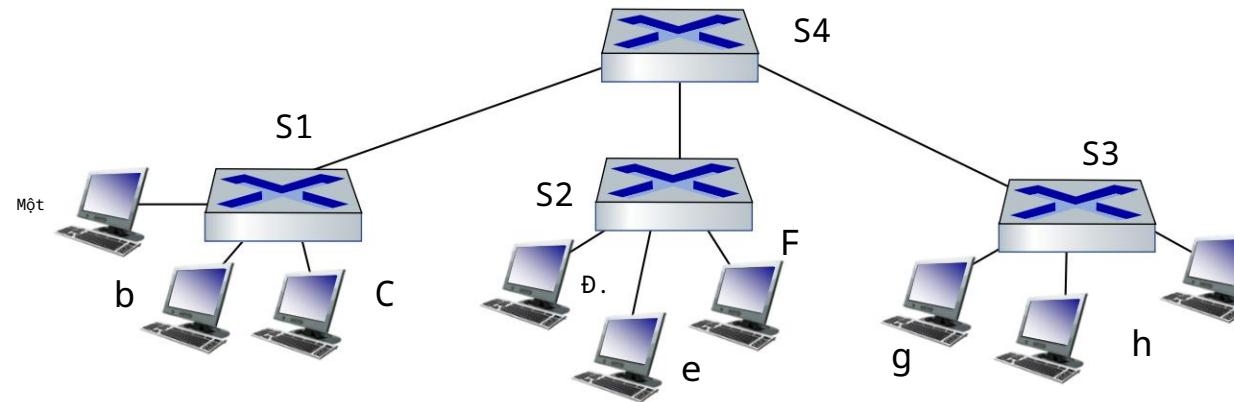
công tắc tự học có thể được kết nối với nhau:



Hỏi: gửi từ A đến G - làm thế nào để S1 biết chuyển tiếp khung đến G thông qua S4 và S3 ? **Đáp:** tự học ! (hoạt động giống hệt như trong trường hợp một công tắc !)

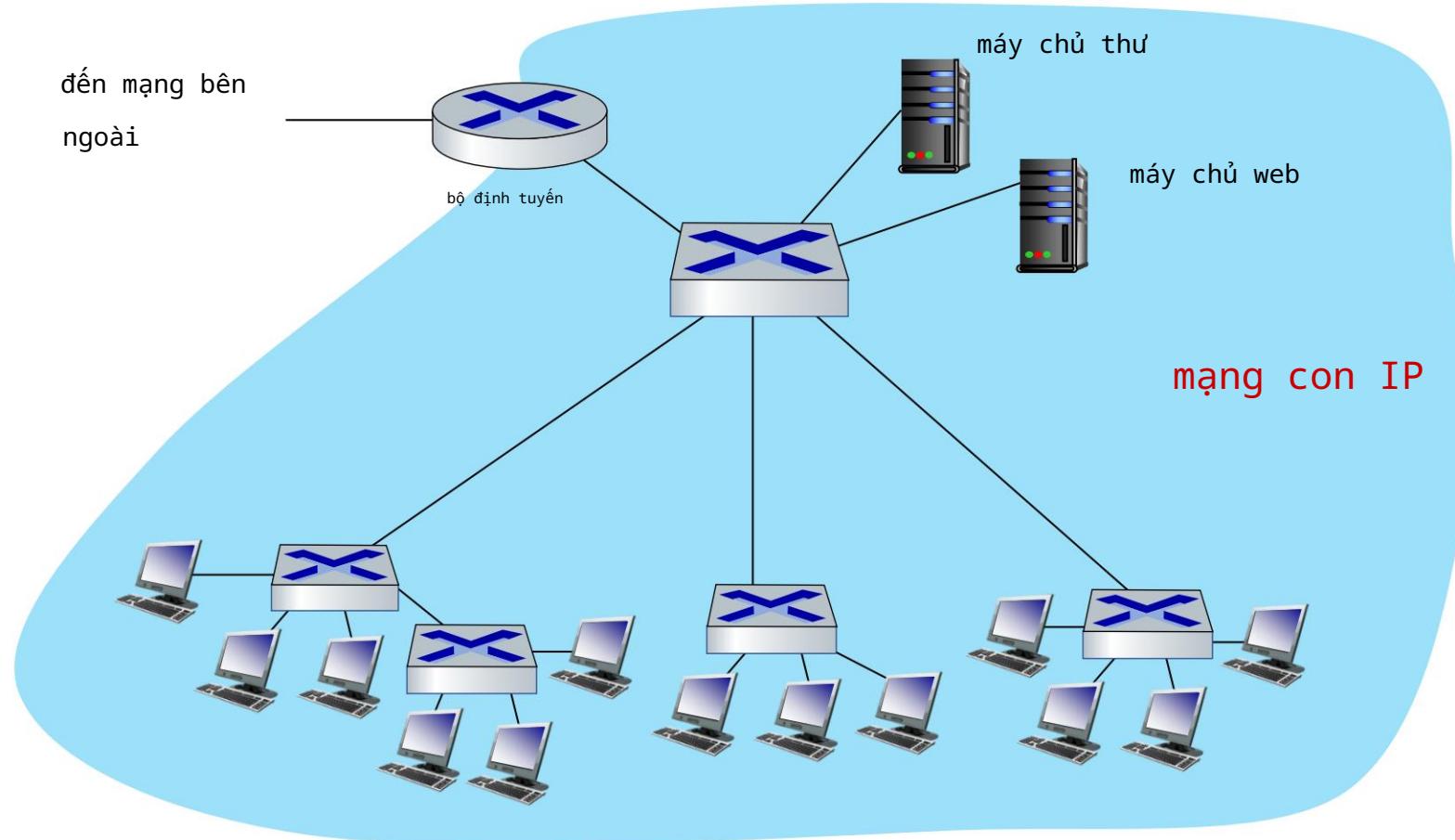
Ví dụ về nhiều công tắc tự học

Giả sử C gửi khung cho I, tôi trả lời C



Q: hiển thị bảng chuyển đổi và chuyển tiếp gói trong S1 , S2 , S3 , S4

Mạng lưới tổ chức nhỏ



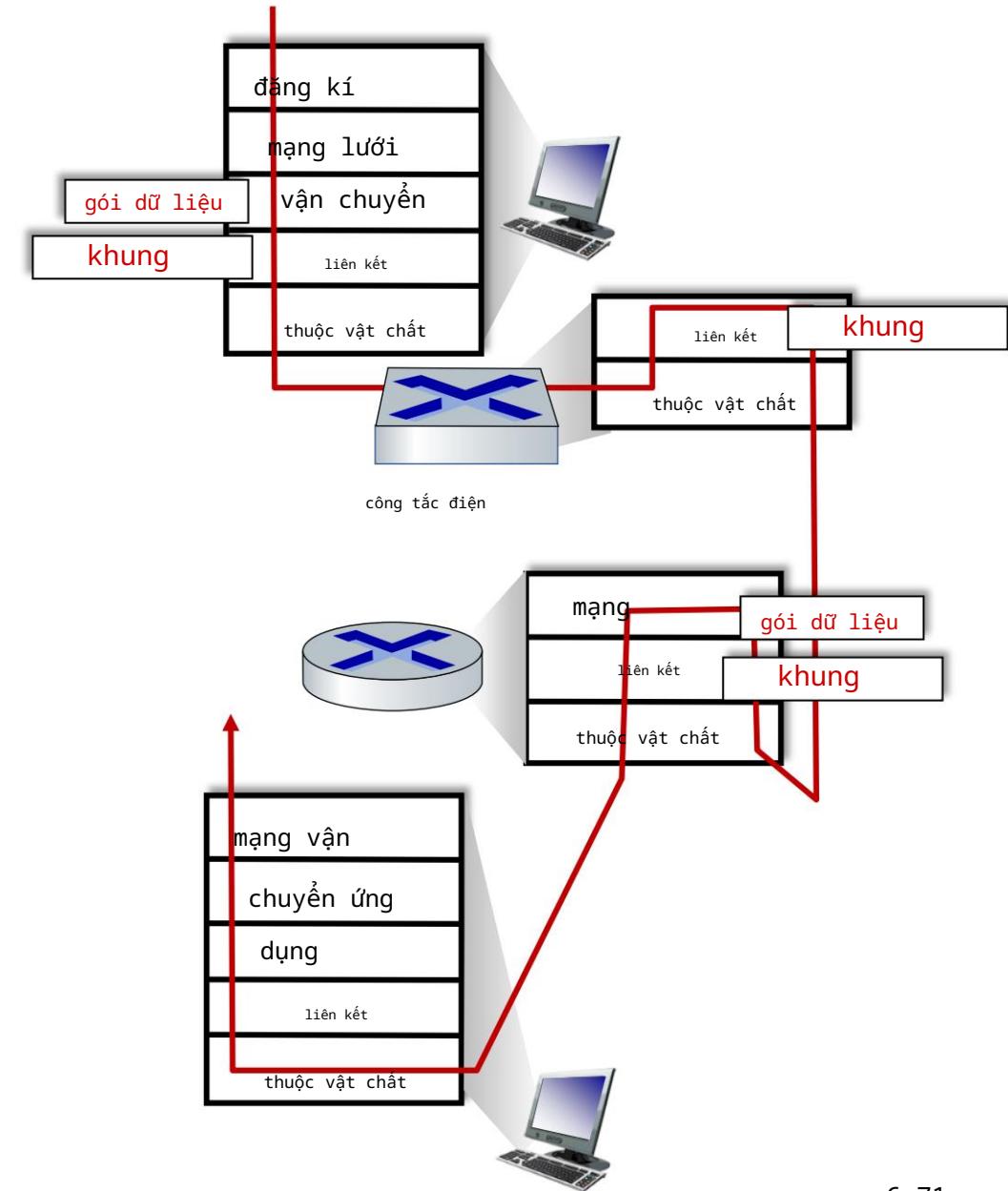
Công tắc so với bộ định tuyến

cả hai đều là lưu trữ và chuyển tiếp:

bộ định tuyến: thiết bị tầng mạng (kiểm tra tiêu đề tầng mạng) thiết bị chuyển mạch:

thiết bị tầng liên kết (kiểm tra tiêu đề tầng liên kết)

cả hai đều có bảng chuyển tiếp: bộ định tuyến: tính toán bảng sử dụng thuật toán định tuyến, địa chỉ IP bộ chuyển mạch: tìm hiểu bảng chuyển tiếp sử dụng địa chỉ MAC, học tập, làm tràn



Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

phát hiện, sửa lỗi

giao thức đa truy cập

LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- **VLAN**

ảo hóa liên kết: MPLS

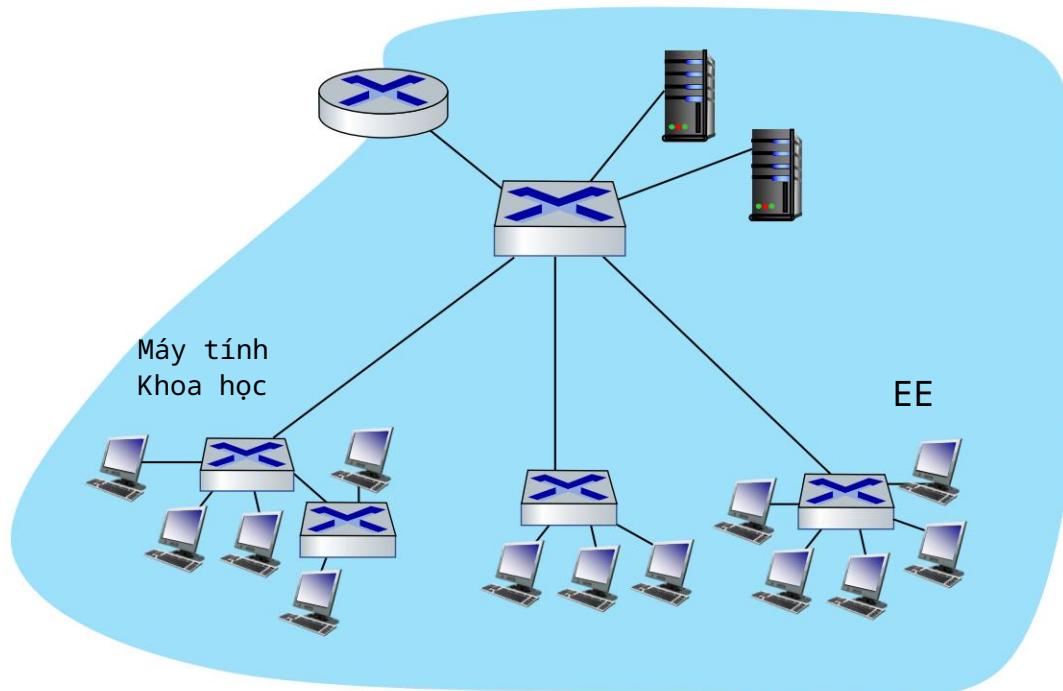
mạng trung tâm dữ liệu



một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

Mạng LAN ảo (VLAN): động lực

H: điều gì sẽ xảy ra khi quy mô kích thước mạng LAN, người dùng thay đổi điểm đính kèm?



miền quảng bá đơn: mở rộng quy mô:

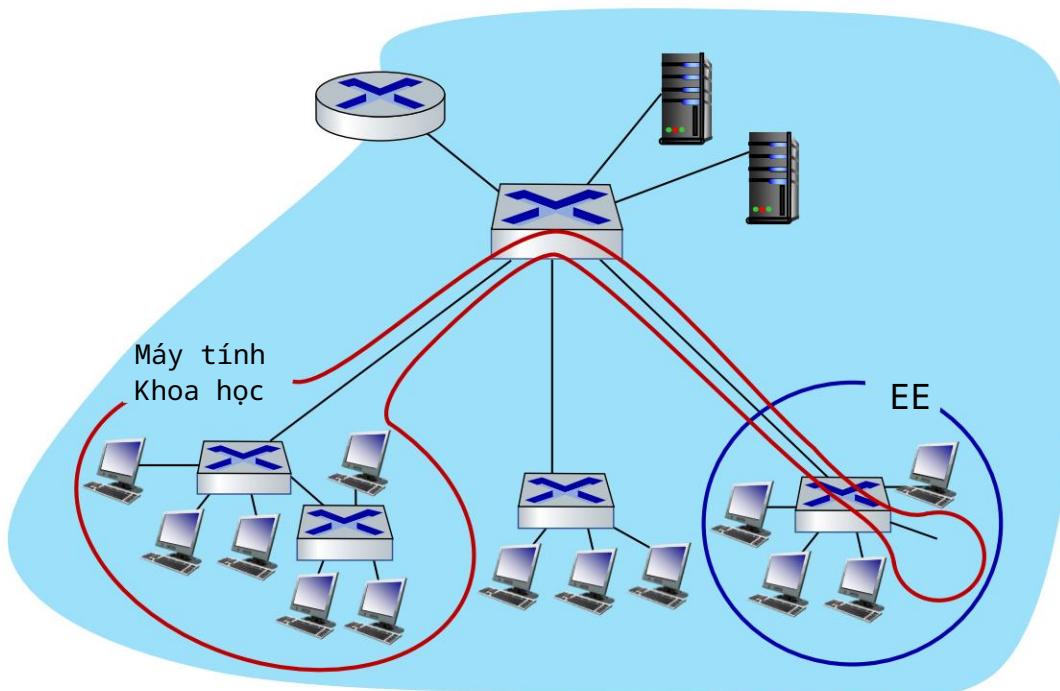
tất cả lưu lượng quảng bá lớp 2

(ARP, DHCP, MAC không xác định) phải qua toàn bộ mạng LAN

các vấn đề về hiệu quả, bảo mật, quyền riêng tư

Mạng LAN ảo (VLAN): động lực

H: điều gì sẽ xảy ra khi quy mô kích thước mạng LAN, người dùng thay đổi điểm đính kèm?



miền quảng bá đơn: mở rộng

quy mô: tất cả lưu lượng quảng bá lớp 2 (ARP, DHCP, MAC không xác định) phải qua toàn bộ mạng LAN

hiệu quả, bảo mật, riêng tư, hiệu quả vấn đề

những vấn đề hành chính:

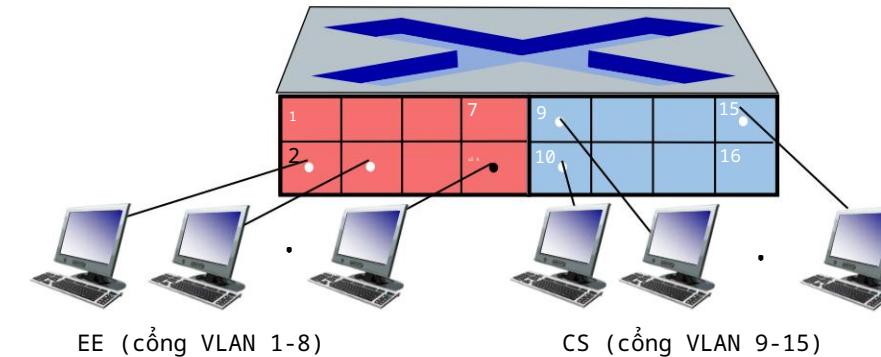
Người dùng CS chuyển văn phòng sang EE
- được gắn vật lý vào switch EE, nhưng muốn duy trì gắn logic với switch CS

VLAN dựa trên cổng

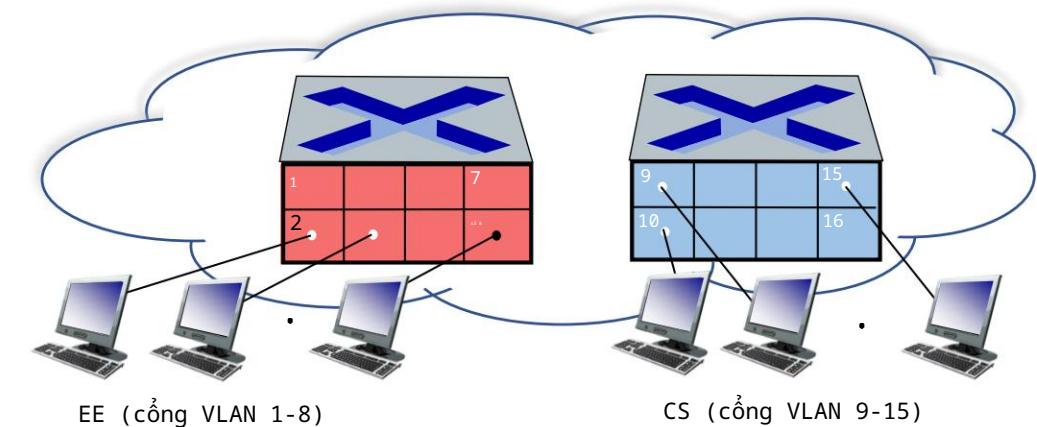
Khu vực cục bộ ảo
Mạng (VLAN)

(các) công tắc hỗ trợ
khả năng VLAN có thể
được cấu hình để xác
định nhiều mạng LAN ảo
trên cơ sở hạ tầng LAN
vật lý đơn lẻ.

port-based VLAN: các port của switch được nhóm
lại (bởi phần mềm quản lý switch) sao cho
switch vật lý đơn lẻ ..



- hoạt động như **nhiều** công tắc ảo



VLAN dựa trên cổng

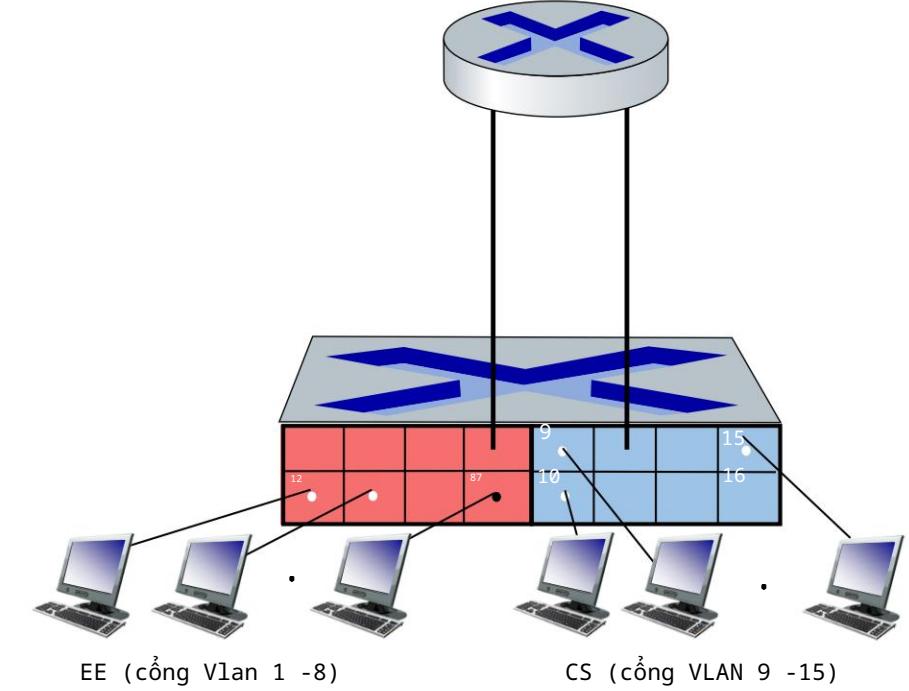
cách ly lưu lượng: các khung đến/từ cổng

1-8 chỉ có thể đến cổng 1-8

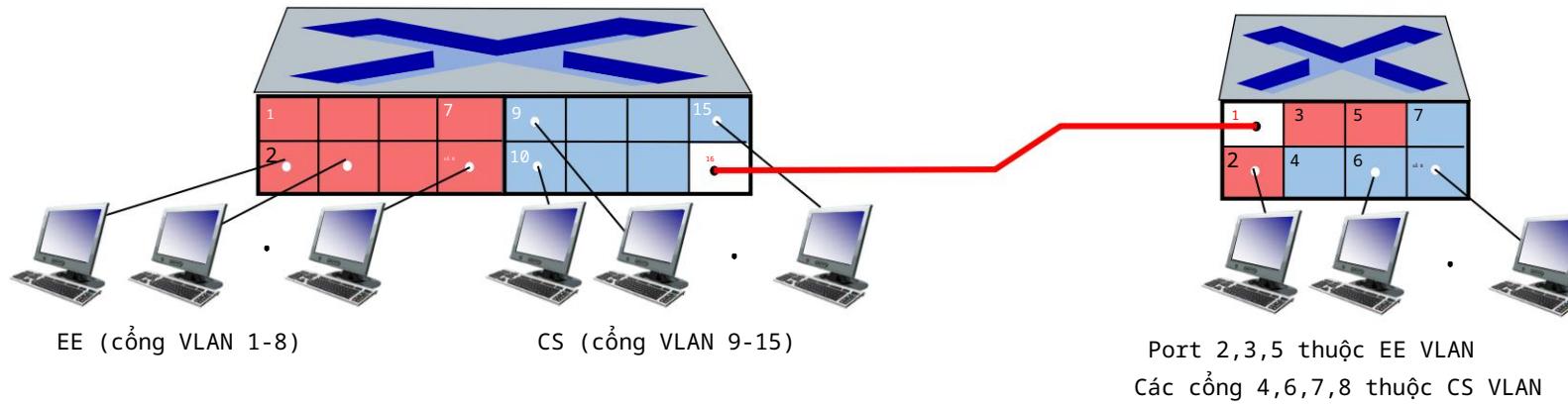
- cũng có thể xác định VLAN dựa trên địa chỉ MAC của các điểm cuối, thay vì cổng chuyển đổi **Tư cách thành**

viên động : các cổng có thể được chỉ định động giữa các VLAN

chuyển tiếp giữa các VLAN: thực hiện qua định tuyến (giống như với các bộ chuyển mạch riêng biệt) • trong thực tế, các nhà cung cấp bán các bộ chuyển mạch kết hợp cộng với bộ định tuyến

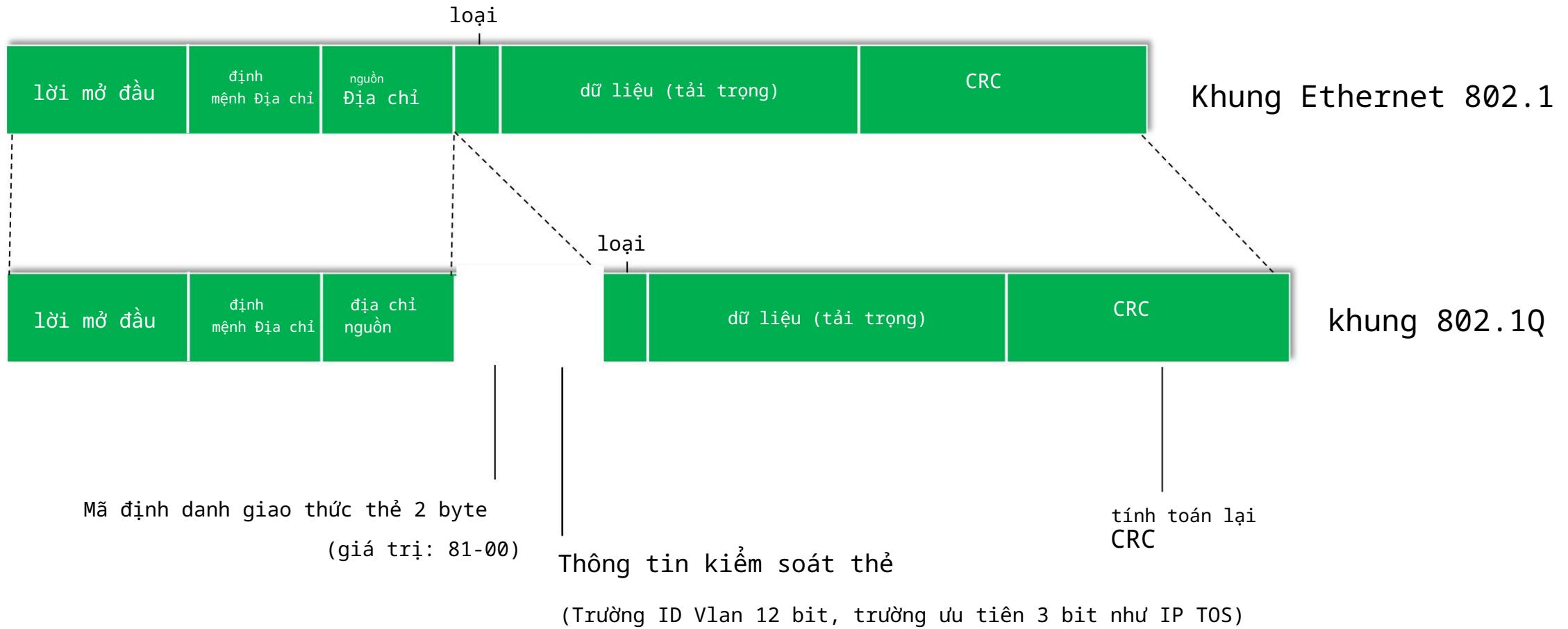


VLAN mở rộng trên nhiều thiết bị chuyển mạch



cổng trunk: mang các khung giữa các VLAN được xác định trên nhiều switch vật lý các khung được chuyển tiếp trong VLAN giữa các switch không thể là các khung 802.1 cố định (phải mang thông tin VLAN ID) Giao thức 802.1q thêm/xóa các trường tiêu đề bổ sung cho các khung được chuyển tiếp giữa các cổng trunk

Định dạng khung VLAN 802.1Q



Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

phát hiện, sửa lỗi giao

thức đa truy cập LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS

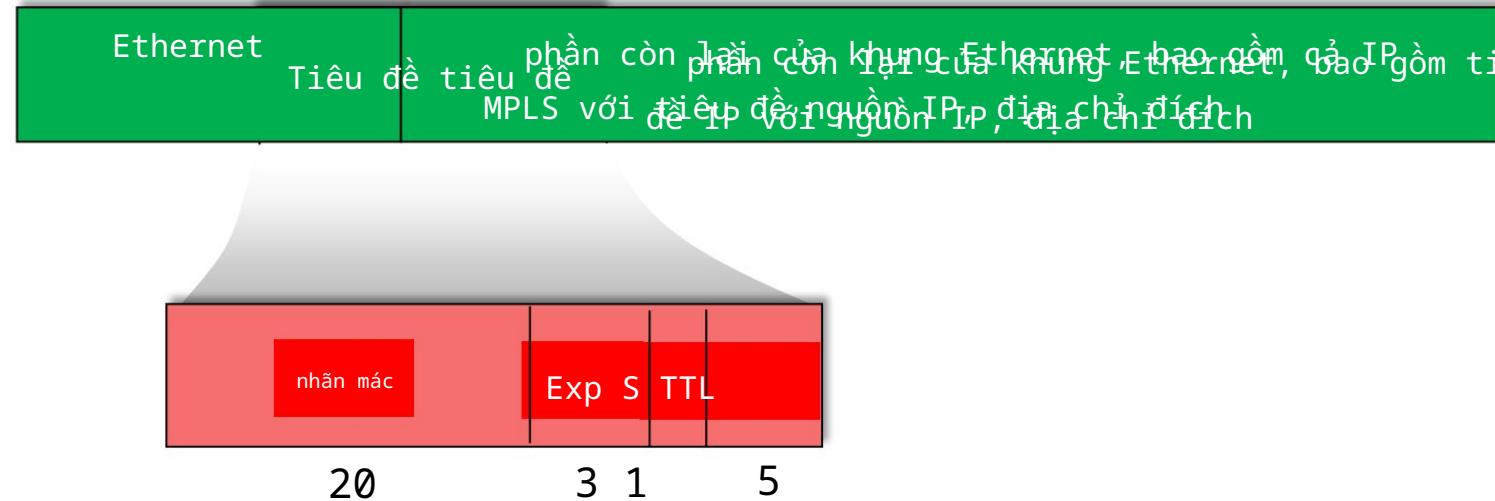
mạng trung tâm dữ liệu



một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

Chuyển mạch nhãn đa giao thức (MPLS)

mục tiêu: chuyển tiếp IP tốc độ cao giữa mạng các bộ định tuyến có khả năng MPLS, sử dụng nhãn có độ dài cố định (thay vì so khớp tiền tố ngắn nhất) • tra cứu nhanh hơn bằng cách sử dụng mã định danh có độ dài cố định • vay mượn ý tưởng từ phương pháp Mạch ảo (VC) • nhưng gói dữ liệu IP vẫn giữ nguyên Địa chỉ IP!



Bộ định tuyến có khả năng MPLS

hay còn gọi là bộ định tuyến chuyển mạch nhãn

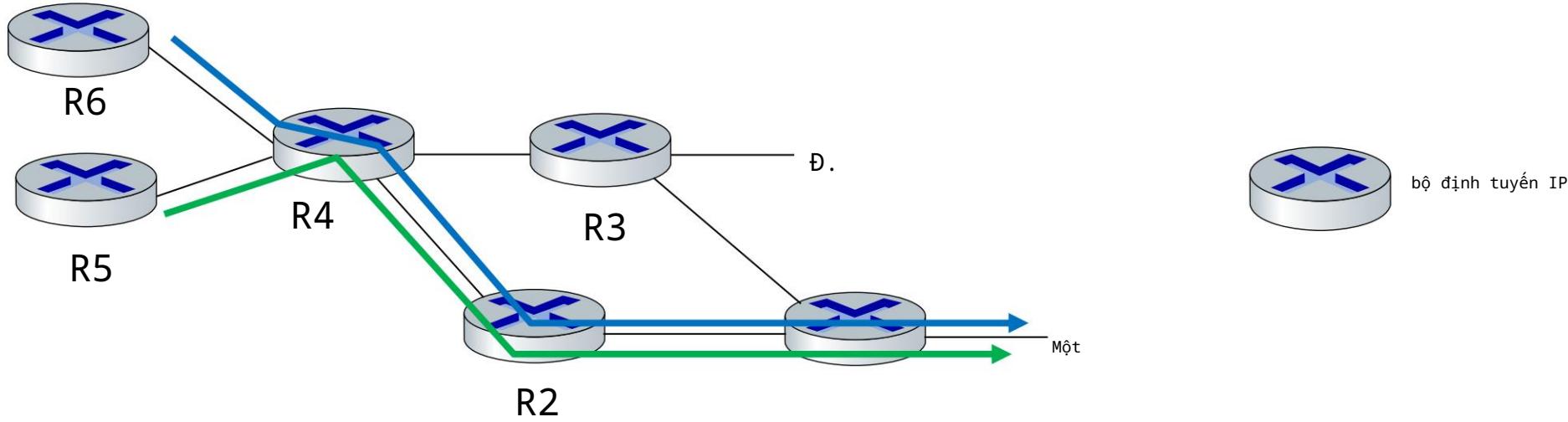
chuyển tiếp các gói đến giao diện gửi đi chỉ dựa trên nhãn
giá trị (không kiểm tra địa chỉ IP)

- Bảng chuyển tiếp MPLS khác với bảng chuyển tiếp IP

tính linh hoạt: Quyết định chuyển tiếp MPLS có thể khác với
quyết định của IP

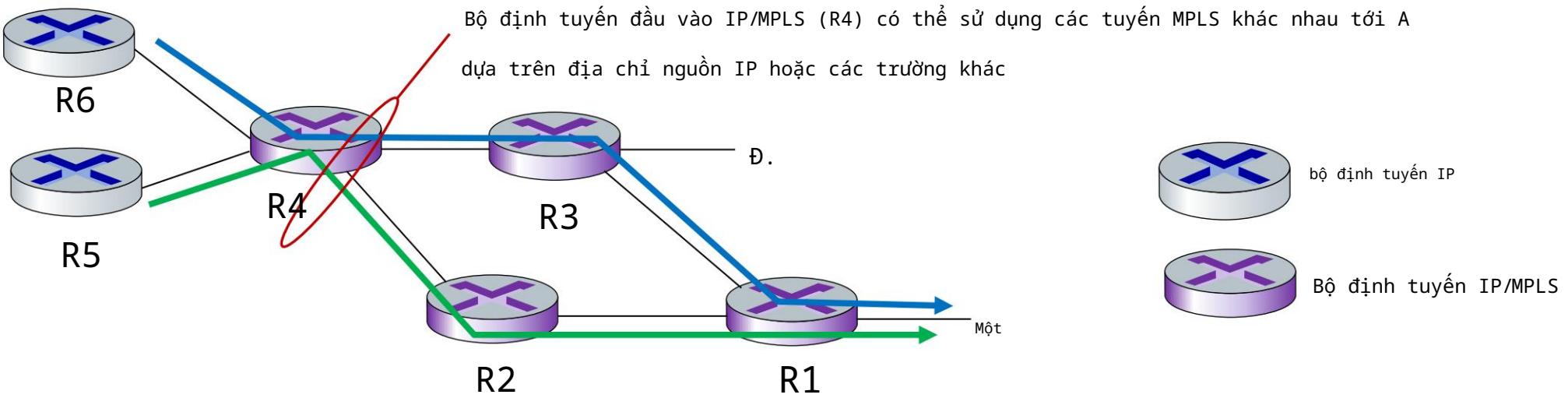
- sử dụng địa chỉ đích và nguồn để định tuyến các luồng đến cùng
điểm đến khác nhau (kỹ thuật giao thông)
- định tuyến lại luồng nhanh chóng nếu liên kết bị lỗi: đường dẫn dự phòng được tính toán trước

Đường dẫn MPLS so với IP



Định tuyến IP: đường dẫn đến đích được xác định bởi địa chỉ đích

Đường dẫn MPLS so với IP



Định tuyến IP: đường dẫn đến đích được xác định bởi chỉ địa chỉ đích **Định tuyến MPLS:**

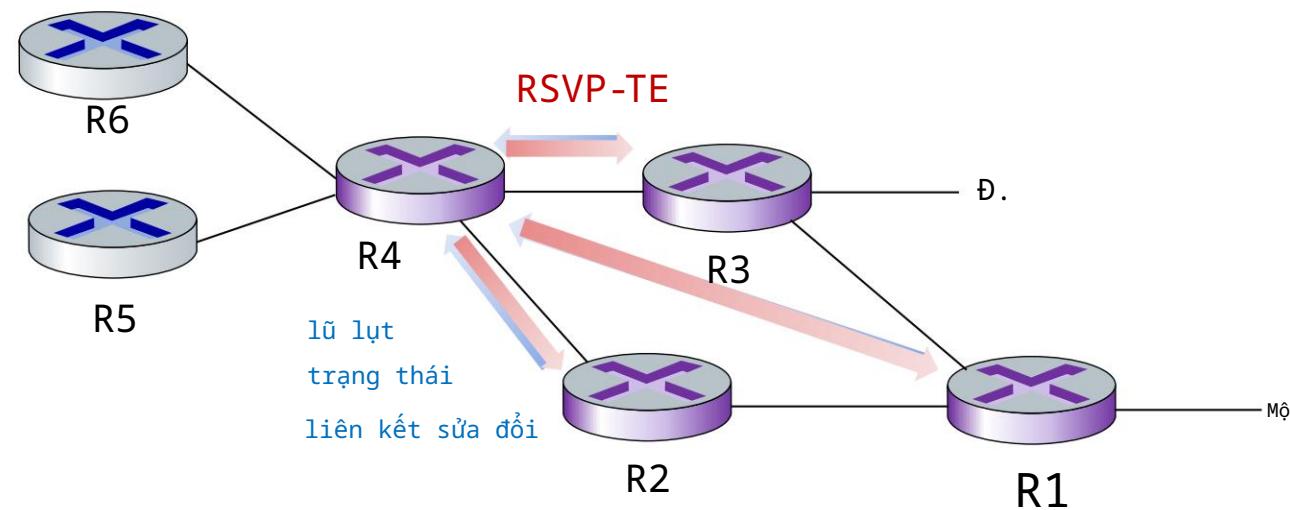
đường dẫn đến đích có thể dựa trên địa chỉ nguồn và đích

- hương vị của chuyển tiếp tổng quát (MPLS 10 năm trước) • định

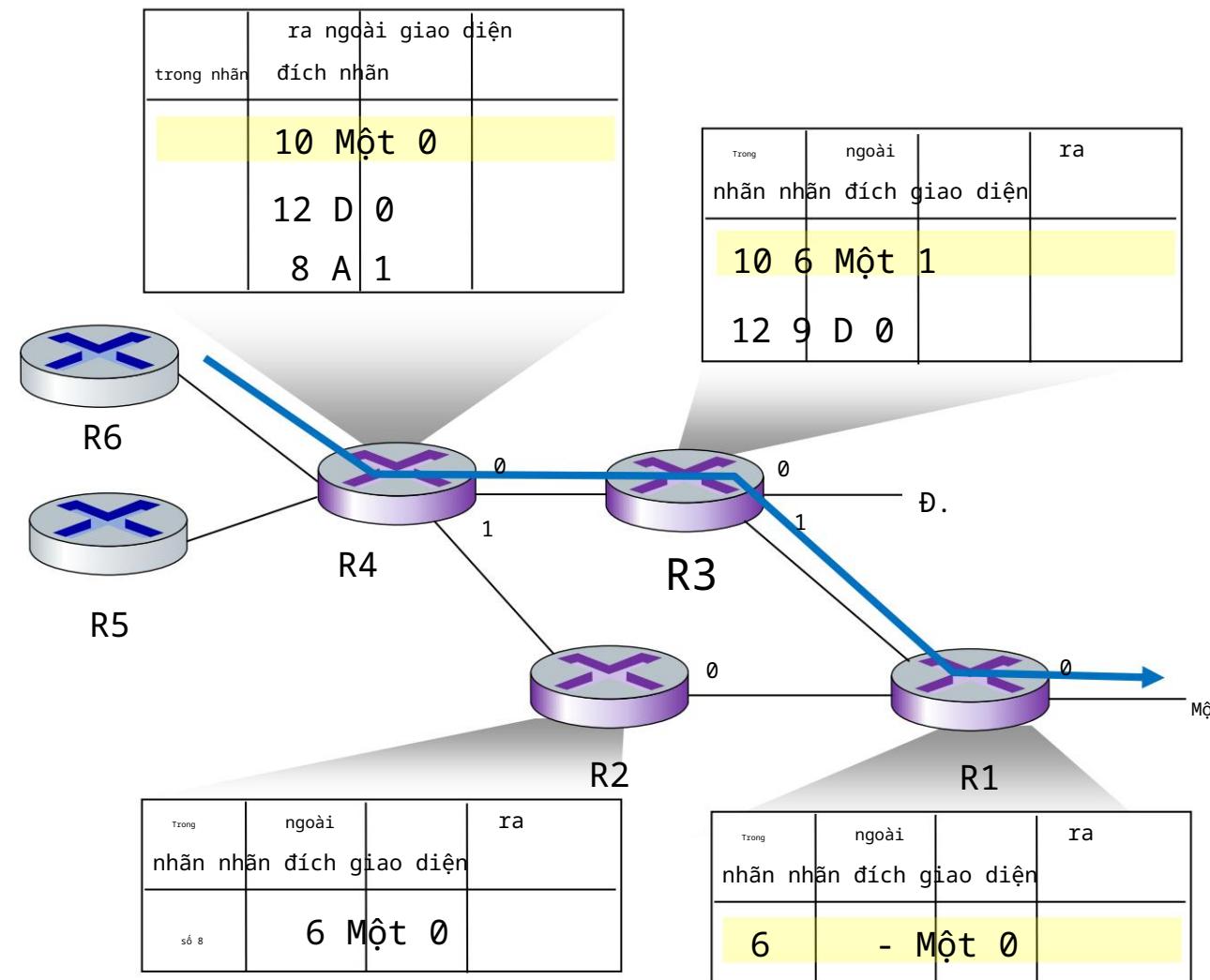
tuyến lại nhanh: tính toán trước các tuyến dự phòng trong trường hợp lỗi liên kết

báo hiệu MPLS

sửa đổi các giao thức tràn ngập trạng thái liên kết OSPF, IS-IS để mang thông tin được định tuyến MPLS sử dụng: • ví dụ: băng thông liên kết, lượng băng thông liên kết “dành riêng” Bộ định tuyến MPLS đầu vào sử dụng giao thức báo hiệu RSVP-TE để thiết lập chuyển tiếp MPLS ở hạ lưu bộ định tuyến



Bảng chuyển tiếp MPLS



Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

phát hiện, sửa lỗi giao

thức đa truy cập LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS

mạng trung tâm dữ liệu



một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

Mạng trung tâm dữ liệu

10 đến 100 trong số hàng nghìn máy chủ, thường được kết hợp chặt chẽ, ở gần nhau:
kinh doanh điện tử (ví dụ: Amazon) máy chủ nội dung (ví dụ: YouTube, Akamai,
Apple, Microsoft) công cụ tìm kiếm, khai thác dữ liệu (ví dụ: Google)

thách thức:

nhiều ứng dụng, mỗi ứng dụng phục
vụ số lượng lớn khách hàng

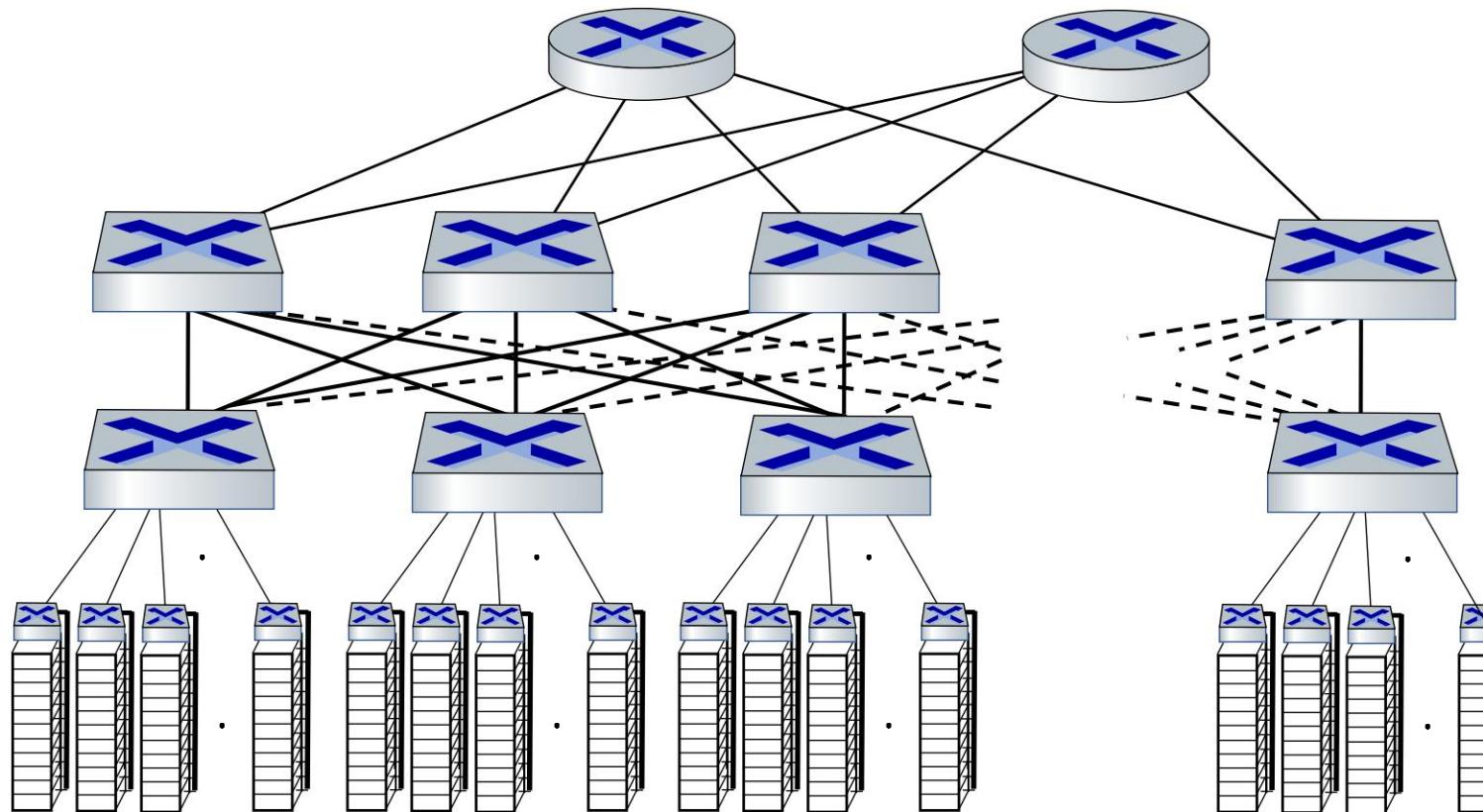
độ tin

cậy quản lý/cân bằng tải, tránh
tắc nghẽn xử lý, kết nối mạng,
dữ liệu



Bên trong một container 40 ft của Microsoft, trung tâm dữ liệu Chicago

Mạng trung tâm dữ liệu: các thành phần mạng



bộ định tuyến biên giới

kết nối bên ngoài trung tâm dữ liệu

Công tắc cấp 1 kết

nối với ~16 T-2 bên dưới

Công tắc cấp 2 kết

nối với ~16 TOR bên dưới

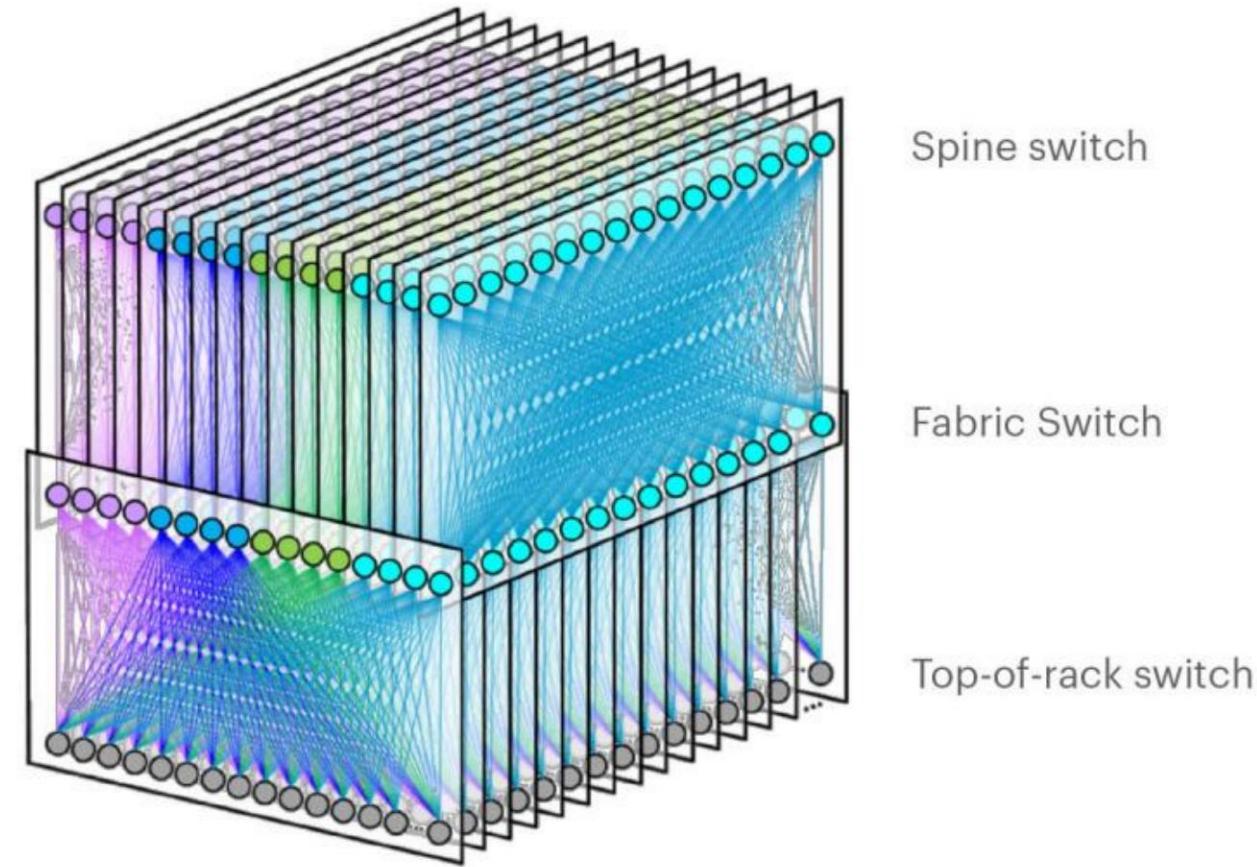
Công tắc Top of Rack (TOR) một
trên mỗi rack Ethernet
40-100Gbps tới các phiên

Giá đỡ máy chủ

20- 40 phiên máy chủ: máy chủ

Mạng trung tâm dữ liệu: các thành phần mạng

Cấu trúc liên kết mạng trung tâm dữ liệu Facebook F16:

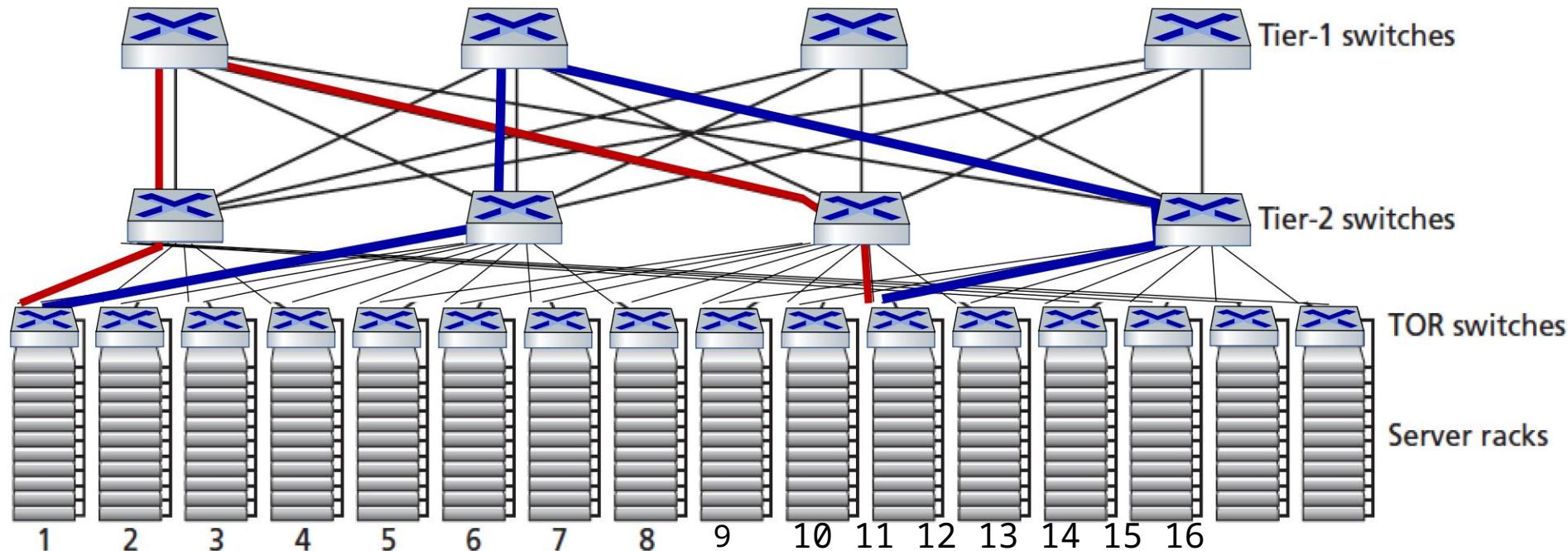


<https://engineering.fb.com/data-center-engineering/f16-minipack/> (đăng tháng 3/2019)

Mạng trung tâm dữ liệu: đa đường

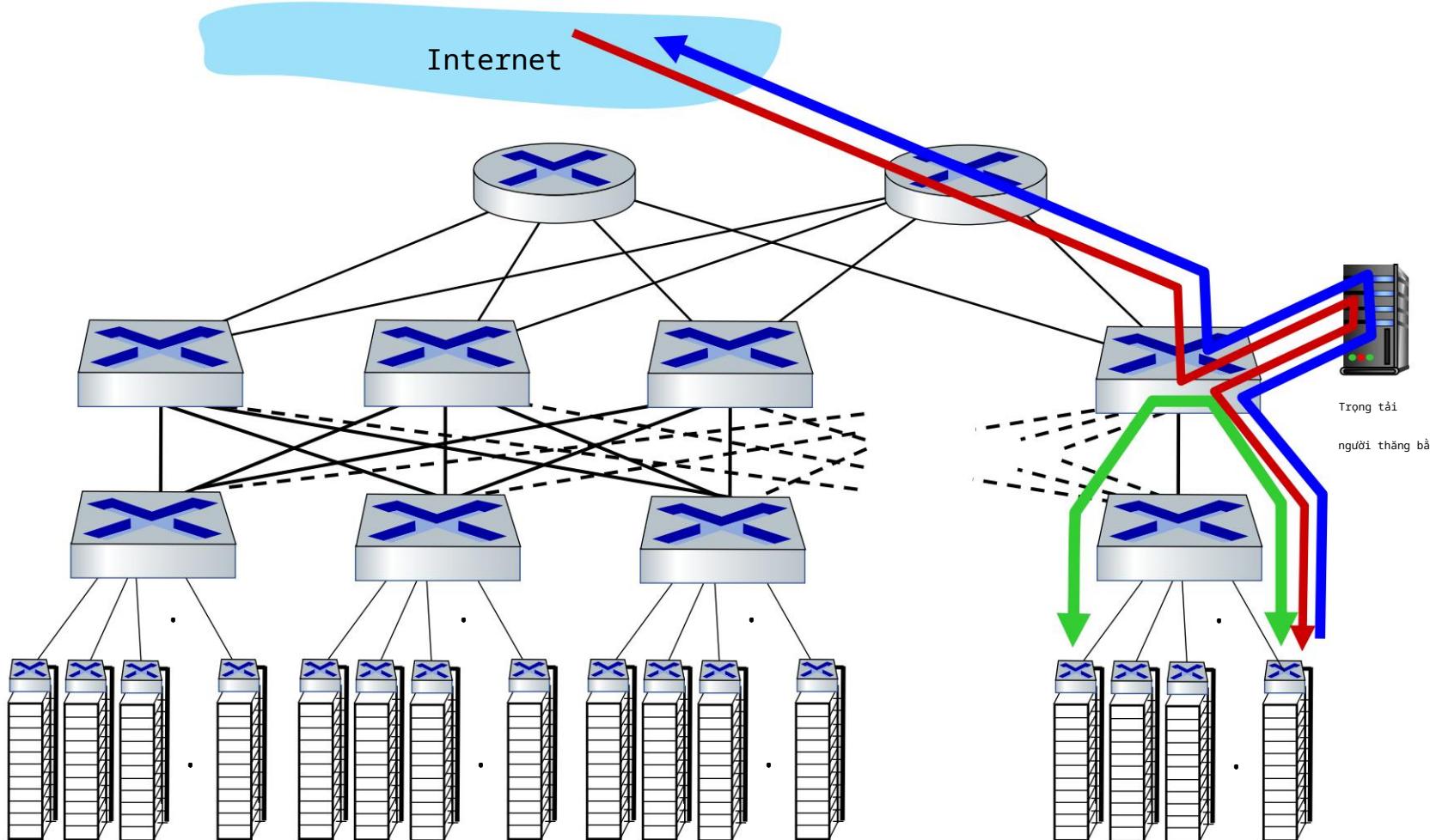
kết nối phong phú giữa các thiết bị chuyển mạch,

giá đỡ: • tăng thông lượng giữa các giá đỡ (có thể có nhiều đường định tuyến) • tăng độ tin cậy thông qua dự phòng



hai đường dẫn **rời rạc** được đánh dấu giữa giá 1 và 11

Mạng trung tâm dữ liệu: định tuyến lớp ứng dụng



cân bằng tải: định tuyến lớp ứng dụng nhận các yêu cầu từ máy khách bên ngoài chỉ đạo khôi lượng công việc trong trung tâm dữ liệu trả kết quả cho máy khách bên ngoài (ẩn nội bộ trung tâm dữ liệu khỏi máy khách)

Mạng trung tâm dữ liệu: đổi mới giao thức

lớp liên kết:

- RoCE: DMA từ xa (RDMA) qua Ethernet hội tụ

lớp truyền tải:

- ECN (thông báo tắc nghẽn rõ ràng) được sử dụng trong kiểm soát tắc nghẽn lớp truyền tải (DCTCP, DCQCN)

- thử nghiệm kiểm soát tắc nghẽn hop-by-hop (áp lực ngược)

định tuyến, quản lý:

- SDN được sử dụng rộng rãi trong/giữa các trung tâm dữ liệu của tổ chức
- đặt các dịch vụ, dữ liệu liên quan càng gần càng tốt (ví dụ: trong cùng một giá đỡ hoặc gần đó rack) để giảm thiểu giao tiếp cấp 2, cấp 1

Lớp liên kết, mạng LAN: lộ trình

giới thiệu

phát hiện, sửa lỗi giao

thức đa truy cập LAN

- đánh địa chỉ,

ARP • Ethernet

- công tắc

- VLAN

ảo hóa liên kết: MPLS

mạng trung tâm dữ liệu



một ngày trong vòng đời của một
yêu cầu web

Tổng hợp: một ngày trong cuộc sống của một yêu cầu web

hành trình của chúng tôi xuống ngăn xếp giao thức hiện đã hoàn tất!

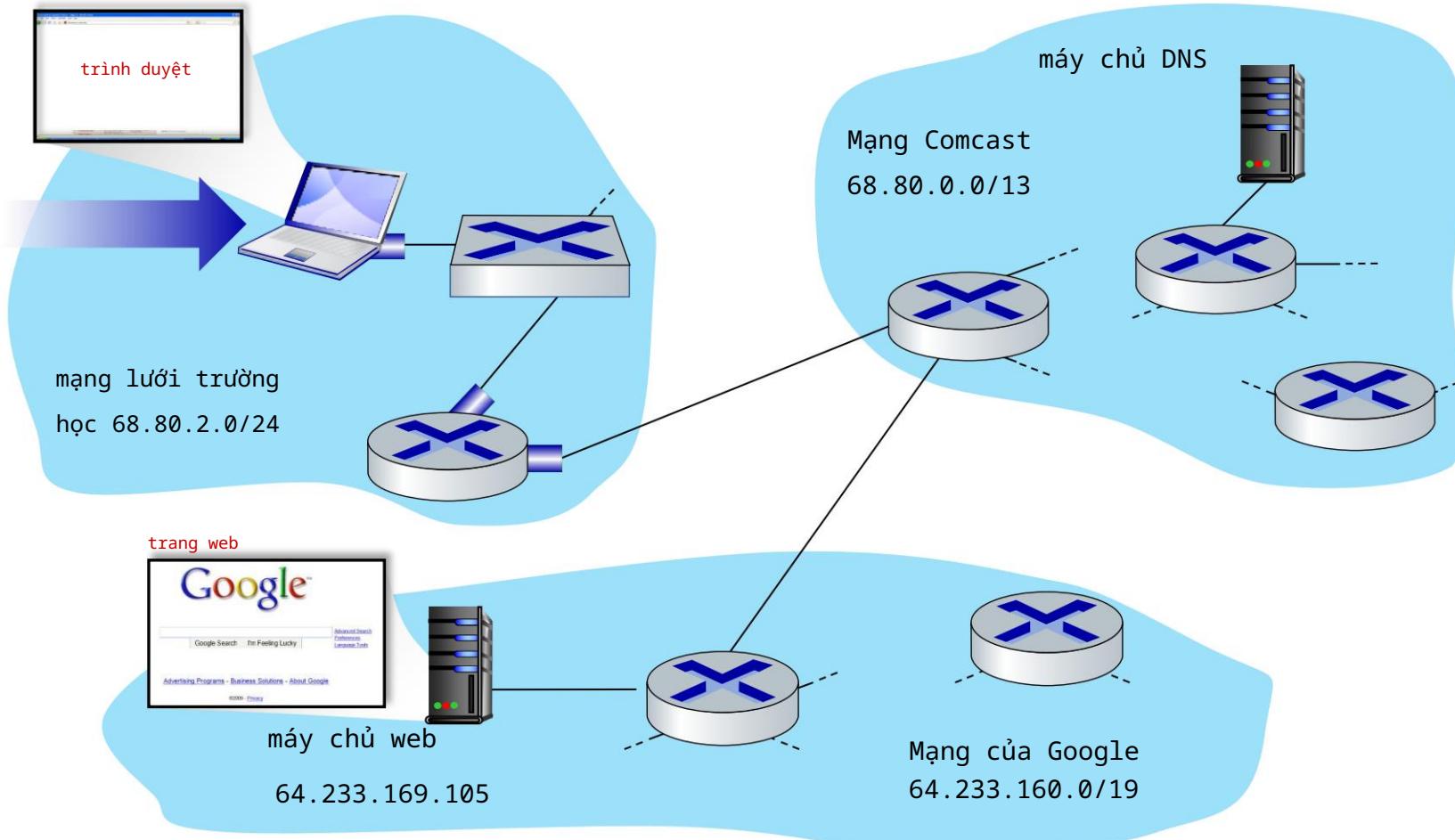
- Ứng dụng, vận chuyển, mạng, liên

kết tổng hợp tất cả: tổng hợp! • **mục**

tiêu: xác định, xem xét, hiểu các giao thức (ở tất cả các lớp) liên quan đến kịch bản có vẻ đơn giản: yêu cầu trang www

- **kịch bản:** sinh viên gắn máy tính xách tay vào mạng trường, yêu cầu/nhận www.google.com

Một ngày trong đời: kịch bản



kịch bản:

máy khách di động đến gắn vào mạng .

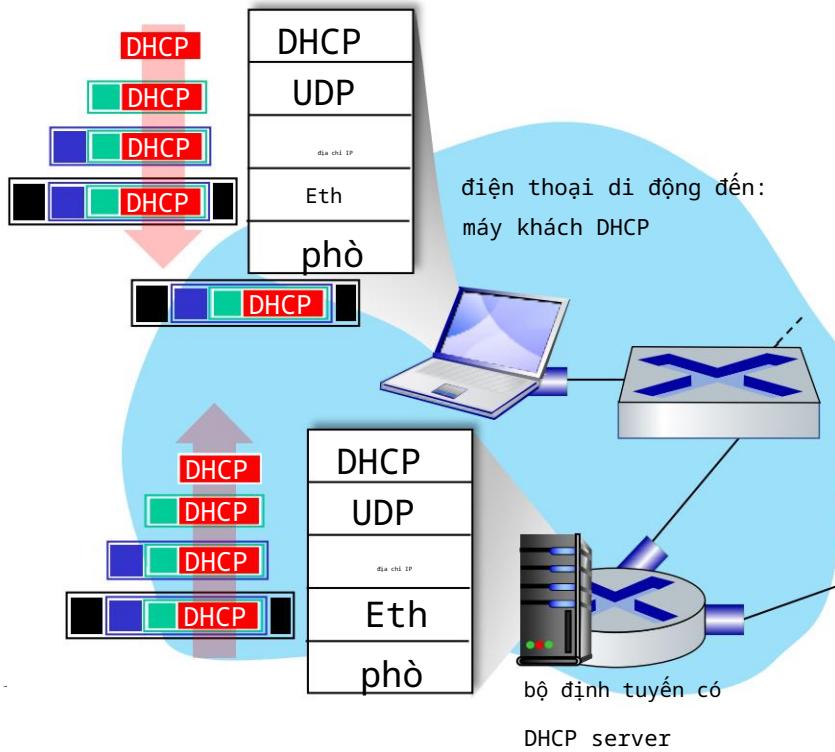
yêu cầu trang web :
www.google.com

Nghe có

vẽ đơn giản!



Một ngày trong cuộc sống: kết nối với Internet



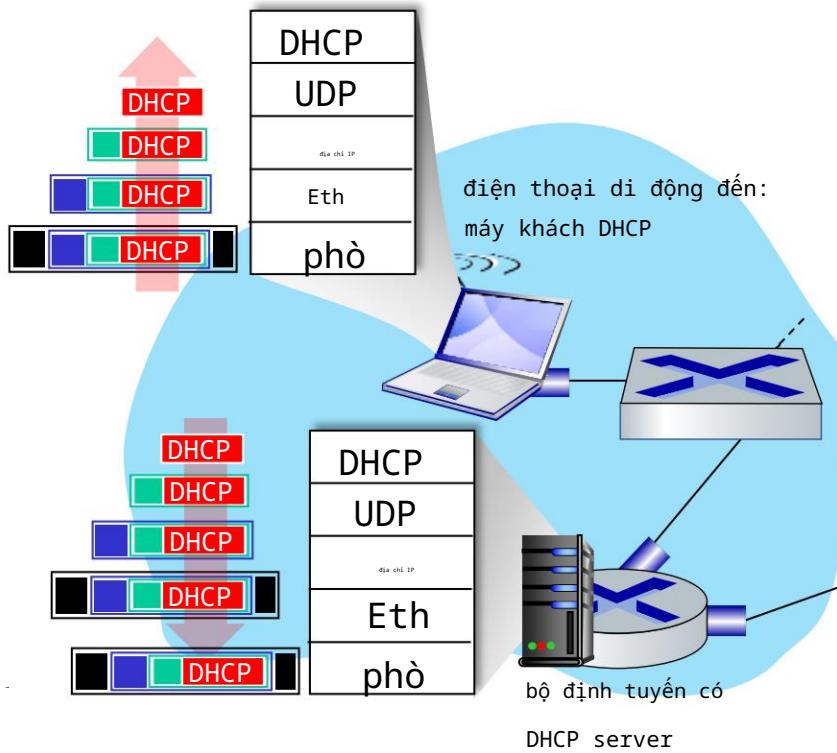
Máy tính xách tay kết nối cần có địa chỉ IP của chính nó, địa chỉ của bộ định tuyến bước nhảy đầu tiên, địa chỉ của Máy chủ DNS: sử dụng **DHCP**

Yêu cầu DHCP **được gói gọn** trong UDP, gói gọn trong IP, gói gọn trong Ethernet **802.3**

Quảng bá khung Ethernet (đích: FFFFFFFFFF) trên mạng LAN, được nhận tại bộ định tuyến chạy máy chủ **DHCP**

Ethernet **được tách thành** IP, UDP **được tách thành** DHCP

Một ngày trong cuộc sống: kết nối với Internet



Máy chủ DHCP tạo **DHCP ACK**

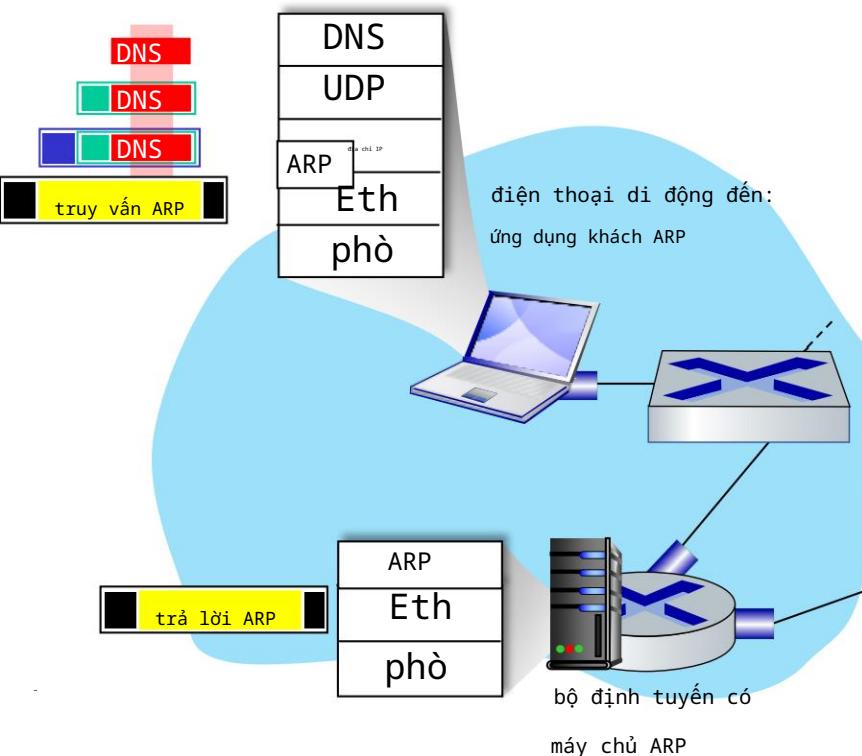
chứa địa chỉ IP của máy khách, địa chỉ IP của bộ định tuyến bước nhảy đầu tiên cho máy khách, tên & địa chỉ IP của máy chủ DNS

đóng gói tại máy chủ DHCP, chuyển tiếp khung (**học chuyển mạch**) qua mạng LAN, tách kênh tại máy khách

Máy khách DHCP nhận phản hồi DHCP ACK

Máy khách hiện có địa chỉ IP, biết tên và địa chỉ của máy chủ DNS, địa chỉ IP của bộ định tuyến chặng đầu tiên của nó

Một ngày trong đời. ARP (trước DNS, trước HTTP)



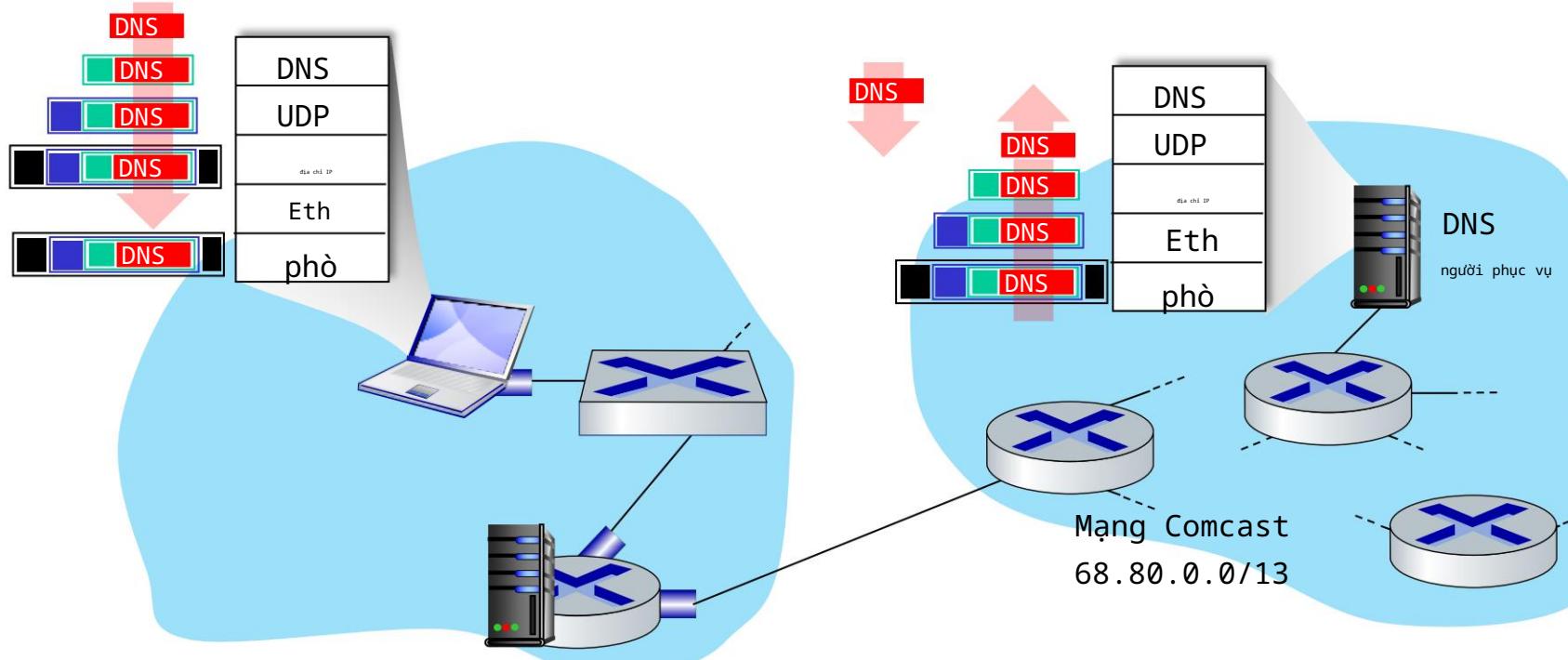
trước khi gửi yêu cầu **HTTP**, cần có địa chỉ IP
của www.google.com: **DNS**

Truy vấn DNS được tạo, được đóng gói trong UDP,
gói gọn trong IP, gói gọn trong Eth. Để gửi khung tới bộ
định tuyến, cần có địa chỉ MAC của giao diện bộ định
tuyến: **ARP**

Quảng bá **truy vấn ARP**, được bộ định tuyến nhận, trả lời bằng
câu trả lời ARP cung cấp địa chỉ MAC của giao diện bộ định
tuyến

máy khách bây giờ đã biết địa chỉ MAC của bộ định tuyến
bước nhảy đầu tiên, vì vậy bây giờ có thể gửi khung chứa
truy vấn DNS

Một ngày trong đời. sử dụng DNS



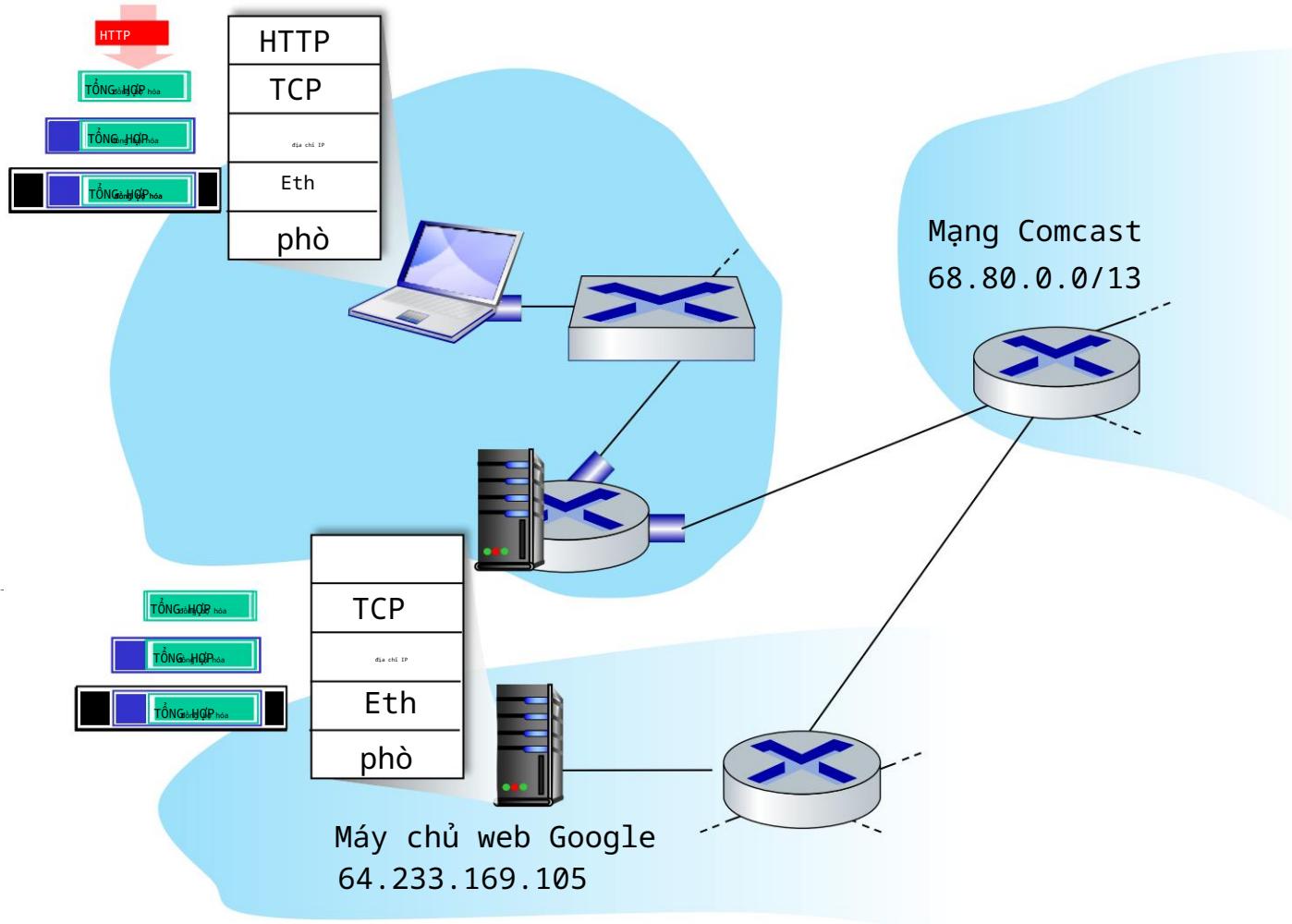
Gói dữ liệu IP
chứa truy vấn DNS được
chuyển tiếp qua chuyển mạch
LAN từ máy khách đến bộ
định tuyến chặng 1

Gói dữ liệu IP được chuyển tiếp từ mạng
trường vào mạng Comcast, được định tuyến
(các bảng được tạo bởi **RIP, OSPF,**
IS-IS và/hoặc giao thức định tuyến **BGP**)
đến máy chủ DNS

chuyển sang DNS

DNS trả lời client với
địa chỉ IP của
www.google.com

Một ngày trong đời .Kết nối TCP mang HTTP



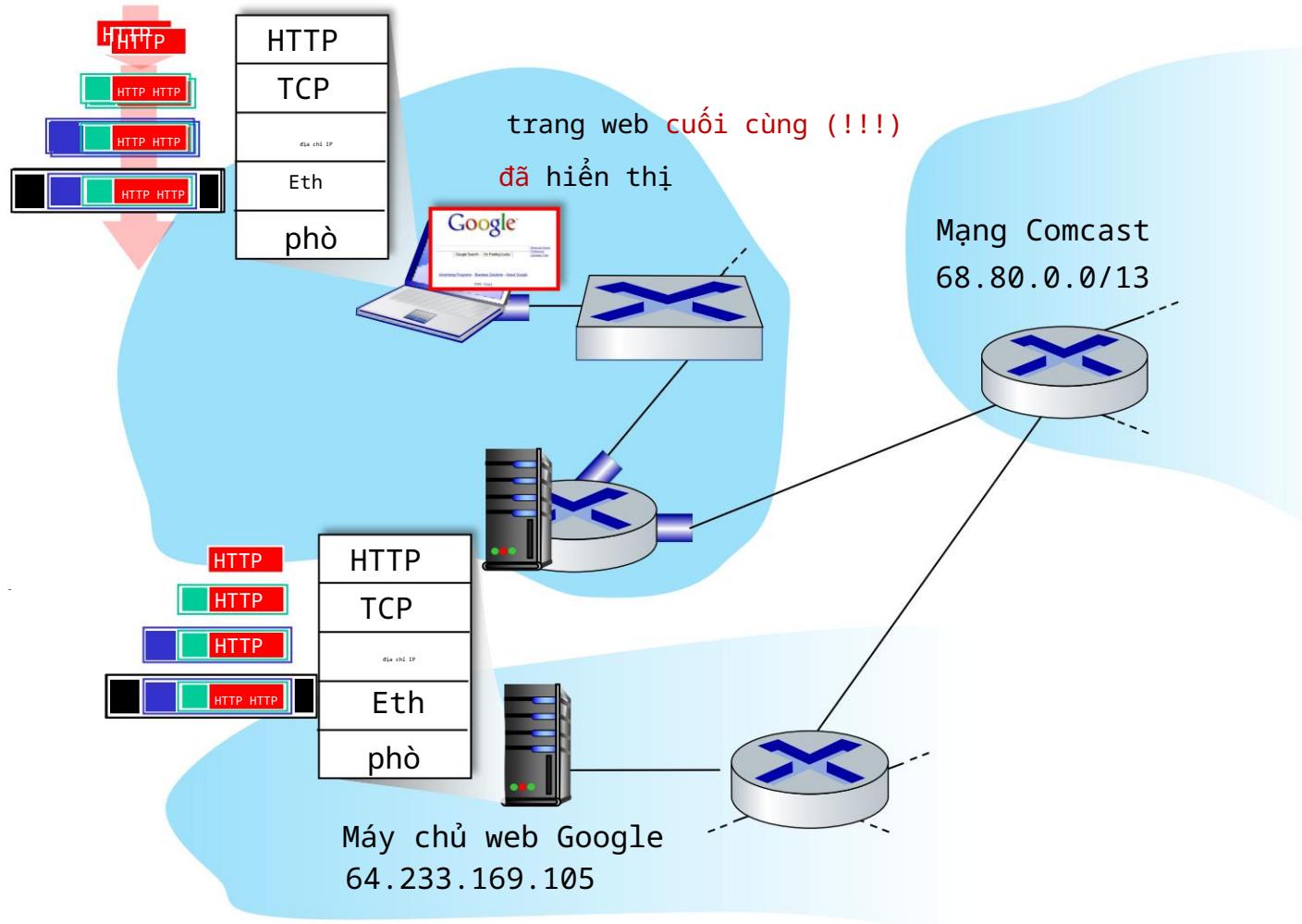
để gửi yêu cầu HTTP, trước tiên máy khách mở ô cắm TCP tới máy chủ web

Phân đoạn TCP **SYN** (bước 1 trong Bắt tay 3 bước TCP) liên miền được định tuyến đến máy chủ web

máy chủ web phản hồi với **TCP SYNACK** (bước 2 trong bắt tay 3 bước TCP)

Đã thiết lập kết nối TCP !

Một ngày trong đời. Yêu cầu/trả lời HTTP



Yêu cầu HTTP được gửi vào ổ cắm TCP

Gói dữ liệu IP chứa yêu cầu HTTP được định tuyến tới www.google.com

máy chủ web phản hồi với HTTP reply (chứa trang web)
IP datagram chứa

Phản hồi HTTP được chuyển trả lại máy khách

Chương 6: Tóm tắt

nguyên tắc đằng sau các dịch vụ tầng liên kết

dữ liệu: • phát hiện lỗi, sửa lỗi • chia sẻ

kênh quảng bá: đa truy cập • định địa chỉ tầng

liên kết khai tạo, triển khai các công nghệ

tầng liên kết khác nhau

- Ethernet

- chuyển mạch LAN, VLAN

- mạng ảo hóa dưới dạng lớp liên kết: MPLS

tổng hợp: một ngày trong vòng đời của yêu cầu web

Chương 6: hít một hơi nào

hoàn thành hành trình xuống ngăn xếp giao thức
(ngoại trừ PHY) hiểu rõ các nguyên tắc mạng, thực
hành! . . . có thể dừng ở đây .. nhưng chủ đề thú vị
hơn ! • không dây
• an ninh

Các slide bổ sung của Chương 6

Hiệu quả ALOHA tinh khiết

$$P(\text{thành công bởi nút đã cho}) = P(\text{nút truyền}) \quad *$$

$$P(\text{không có nút nào khác truyền trong } [t_0 - 1, t_0])^* \quad *$$

$$P(\text{không có nút nào khác truyền trong } [t_0 - 1, t_0])$$

$$= p \cdot (1-p)^{N-1} \cdot (1-p)^{N-1} = p \cdot (1-p)^{2(N-1)} \cdot \text{chọn}$$

$$p \text{ tối ưu và sau đó đặt } n = 1/(2e) = .18$$

$\rightarrow \infty$

thậm chí còn tệ hơn cả Aloha có rãnh!