

Chương 5

Lớp Link & các mạng LAN

*Computer Networking:
A Top Down Approach
Featuring the Internet,
3rd edition.*

Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July
2004.

Slide này được biên dịch sang tiếng Việt theo
sự cho phép của các tác giả

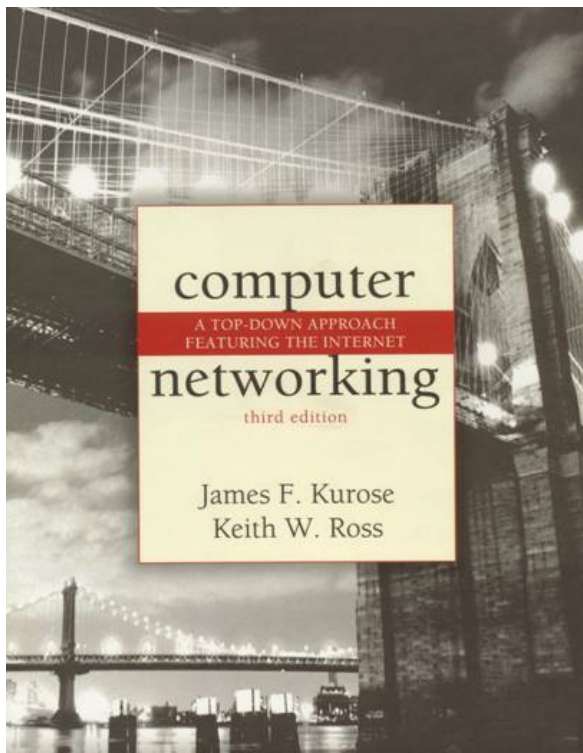
Chương 5: Lớp Data Link

Mục tiêu:

- ❑ hiểu các nguyên lý của các dịch vụ lớp data link:
 - phát hiện và sửa lỗi
 - chia sẻ kênh broadcast : đa truy cập
 - định địa chỉ lớp link
 - truyền dữ liệu tin cậy, điều khiển luồng
- ❑ khởi tạo và hiện thực một số công nghệ lớp link

Chương 5: Nội dung trình bày

- ❑ 5.1 Giới thiệu và các dịch vụ
- ❑ 5.2 Phát hiện và sửa lỗi
- ❑ 5.3 Các giao thức đa truy cập
- ❑ 5.4 Định địa chỉ
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Hubs & switches
- ❑ 5.7 PPP
- ❑ 5.8 Link Virtualization: ATM & MPLS

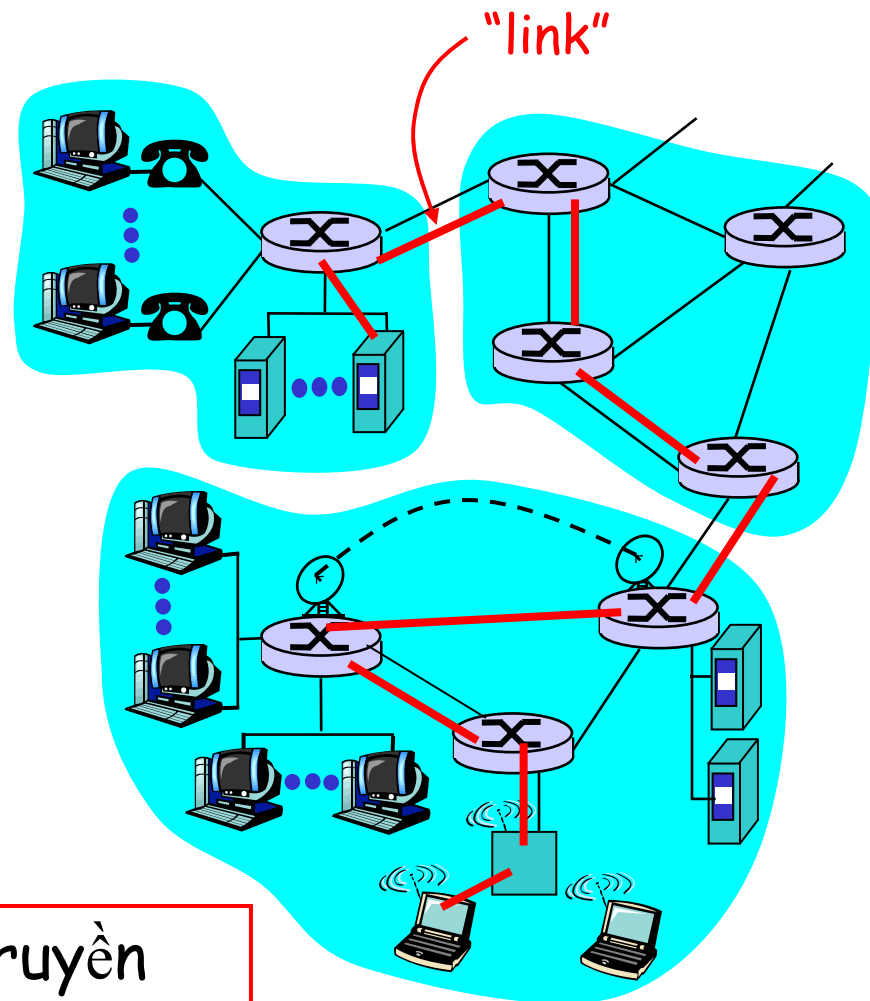


5.1 Giới thiệu và các dịch vụ

Giới thiệu

một số công nghệ:

- ❑ host và router gọi là **các nút**
- ❑ các kênh truyền thông nối liền các nút lân cận gọi là **các kết nối**
 - các kết nối hữu tuyến (wired)
 - các kết nối vô tuyến (wireless)
 - các LAN
- ❑ gói dữ liệu trong lớp 2 gọi là **frame**, đóng gói datagram



lớp data-link có trách nhiệm truyền datagram từ 1 nút đến nút lân cận trên đường liên kết

Ngữ cảnh

- ❑ Datagram được truyền bởi các giao thức và trên các đường kết nối khác nhau:
 - Vd: Ethernet trên kết nối thứ 1, frame relay trên các kết nối trung gian, 802.11 trên kết nối cuối cùng
- ❑ Mỗi giao thức kết nối cung cấp các dịch vụ khác nhau
 - vd: có thể hoặc không thể cung cấp rdt trên kết nối

so sánh

- ❑ hành trình từ Princeton → Lausanne
 - limo: Princeton → JFK
 - máy bay: JFK → Geneva
 - tàu hỏa: Geneva → Lausanne
- ❑ khách du lịch = **datagram**
- ❑ đoạn đường đi = **liên kết truyền thông**
- ❑ kiểu vận chuyển = **giao thức lớp link**
- ❑ đại lý du lịch = **giải thuật routing**

Các dịch vụ

❑ truy cập liên kết, Framing:

- đóng gói datagram vào frame, thêm header, trailer
- truy cập kênh truyền nếu được chia sẻ
- các địa chỉ "MAC" dùng trong các header của frame giúp xác định nguồn, đích
 - khác với địa chỉ IP!

❑ Truyền tin cậy giữa các nút lân cận

- đã nghiên cứu làm thế nào để thực hiện được điều này trong chương 3
- ít khi dùng trên các kết nối có tỷ lệ lỗi thấp (cáp quang, một số loại cáp xoắn)
- các kết nối không dây: tỷ lệ lỗi cao

Các dịch vụ (tt)

❑ *Điều khiển luồng:*

- điều khiển tốc độ giữa các nút gửi và nhận

❑ *Phát hiện lỗi:*

- các lỗi gây ra bởi sự suy giảm tín hiệu, nhiễu.
- bên nhận phát hiện sự xuất hiện của các lỗi:
 - thông báo bên gửi truyền lại hoặc bỏ frame đó

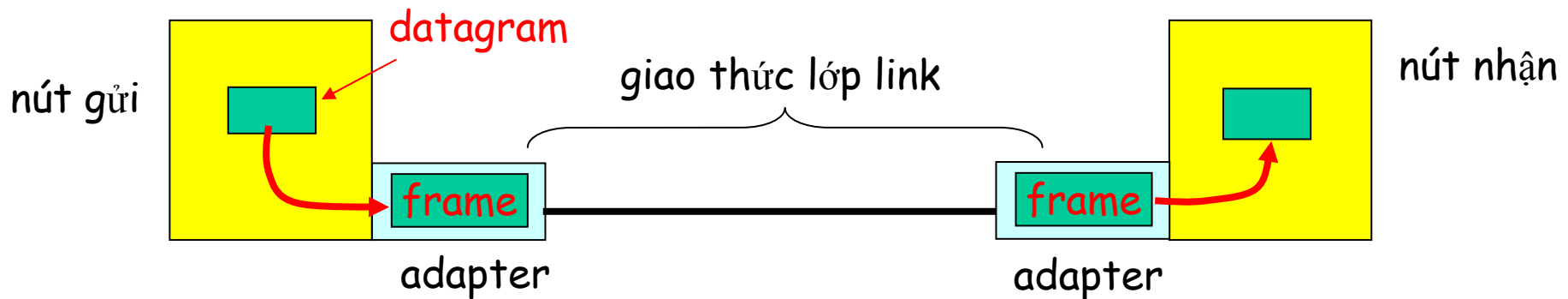
❑ *Sửa lỗi:*

- bên nhận xác định và *sửa* bit bị lỗi không cần phải truyền lại

❑ *Half-duplex và full-duplex*

- với half duplex, các nút tại 2 điểm đầu cuối của kết nối có thể truyền, nhưng không đồng thời

các Adaptor trong truyền thông



- ❑ lớp link được hiện thực trong "adaptor" (còn gọi là NIC)

- Ethernet card, PCMCIA card, 802.11 card

- ❑ bên gửi:

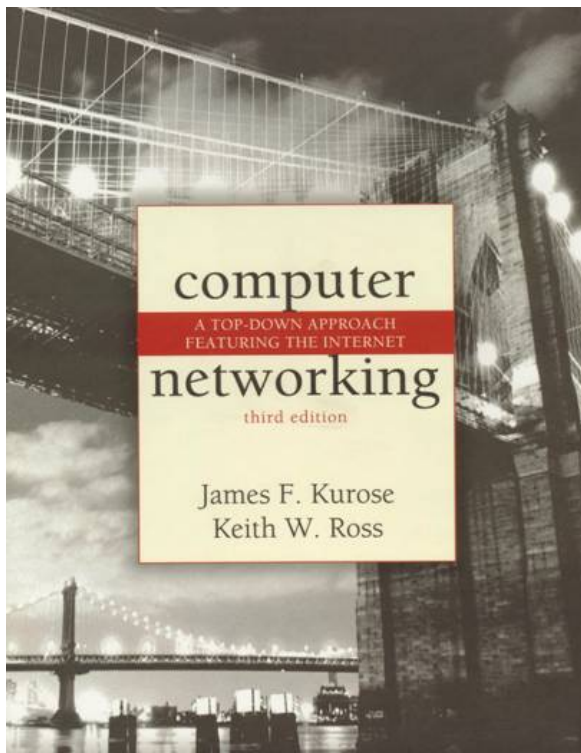
- đóng gói datagram vào trong frame
- thêm các bit kiểm tra lỗi, rdt, điều khiển luồng...

- ❑ bên nhận

- phát hiện lỗi, rdt, điều khiển luồng...
- trích ra datagram, chuyển cho nút nhận

- ❑ adapter là bán tự động

- ❑ các lớp link & physical



5.2 Phát hiện và sửa lỗi

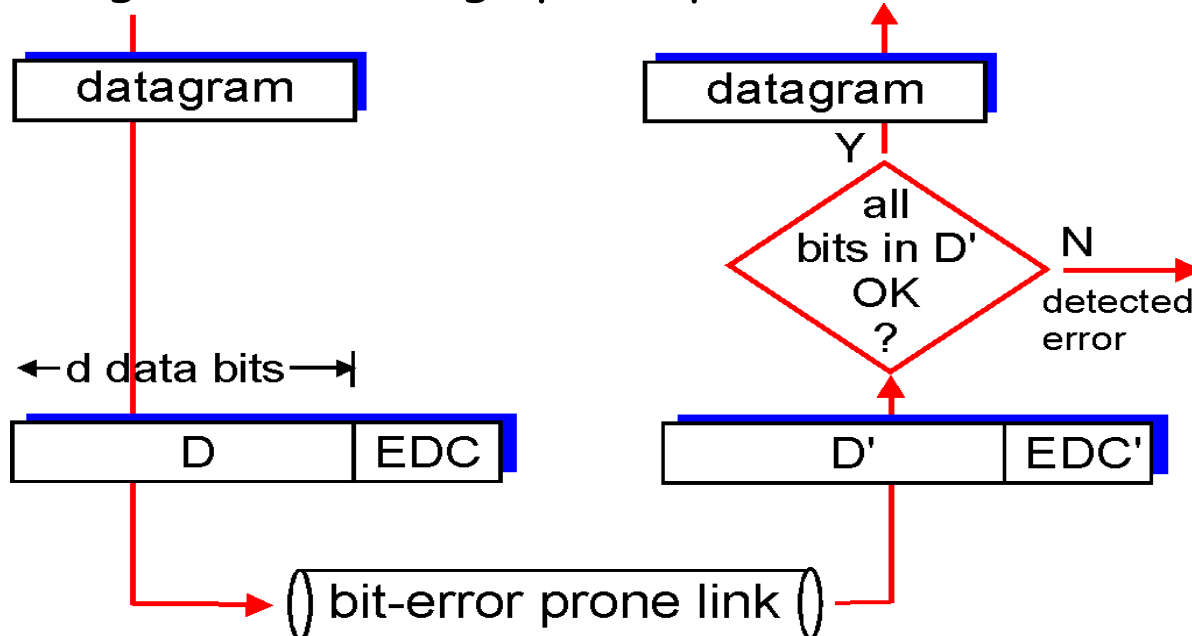
Phát hiện lỗi

EDC= Error Detection and Correction bits (các bit dùng để phát hiện và sửa lỗi, có thể dư thừa)

D = Dữ liệu được bảo vệ bởi việc kiểm tra lỗi, có thể chứa các trường header

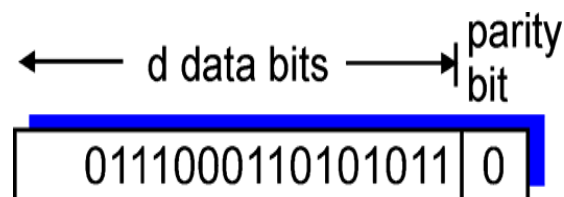
Phát hiện lỗi không đảm bảo tin cậy 100%!

- giao thức thỉnh thoảng có thể nhớ một số lỗi
- trường EDC lớn hơn giúp việc phát hiện và sửa lỗi tốt hơn

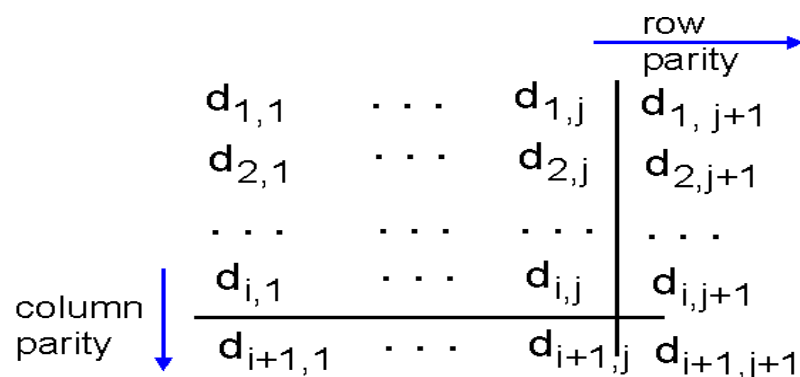


Kiểm tra Parity

Bit Parity đơn: phát hiện các lỗi bit



Bit Parity 2 chiều: phát hiện & sửa các lỗi bit



1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0

no errors

1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0

parity error

*correctable
single bit error*

Internet checksum

Mục tiêu: phát hiện “các lỗi” trong đoạn đã truyền (chú ý: chỉ dùng tại lớp transport)

Bên gửi:

- ❑ xử lý các nội dung đoạn như một chuỗi các số nguyên 16 bit
- ❑ checksum: thêm (tổng bù 1) vào các nội dung đoạn
- ❑ bên gửi đặt giá trị checksum vào trong trường UDP checksum

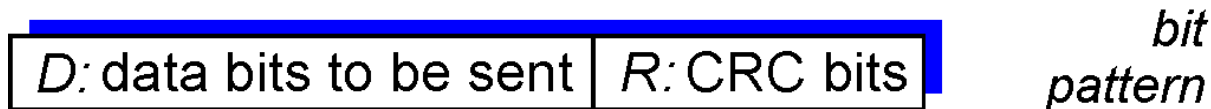
Bên nhận:

- ❑ tính toán checksum của đoạn đã nhận
- ❑ kiểm tra checksum đó có bằng giá trị trong trường checksum?
 - KHÔNG - có lỗi
 - CÓ - không lỗi. *Nhưng có thể vẫn còn lỗi khác? Xem tiếp các chương sau*

Checksumming: kiểm tra dư thừa theo chu kỳ

- ❑ xem các bit dữ liệu, **D**, như số nhị phân
- ❑ chọn mẫu $r+1$ bit, **G**
- ❑ mục tiêu: chọn r bit CRC, **R**, như thế
 - $\langle D, R \rangle$ chia cho G (theo cơ số 2)
 - bên nhận biết G , chia $\langle D, R \rangle$ cho G . nếu phần dư khác 0: phát hiện lỗi!
 - có thể kiểm tra tất cả các lỗi nhỏ hơn $r+1$ bits
- ❑ sử dụng phổ biến trong thực tế (ATM, HDLC)

← d bits → ← r bits →



$$D * 2^r \text{ XOR } R$$

mathematical formula

CRC ví dụ

Muốn:

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

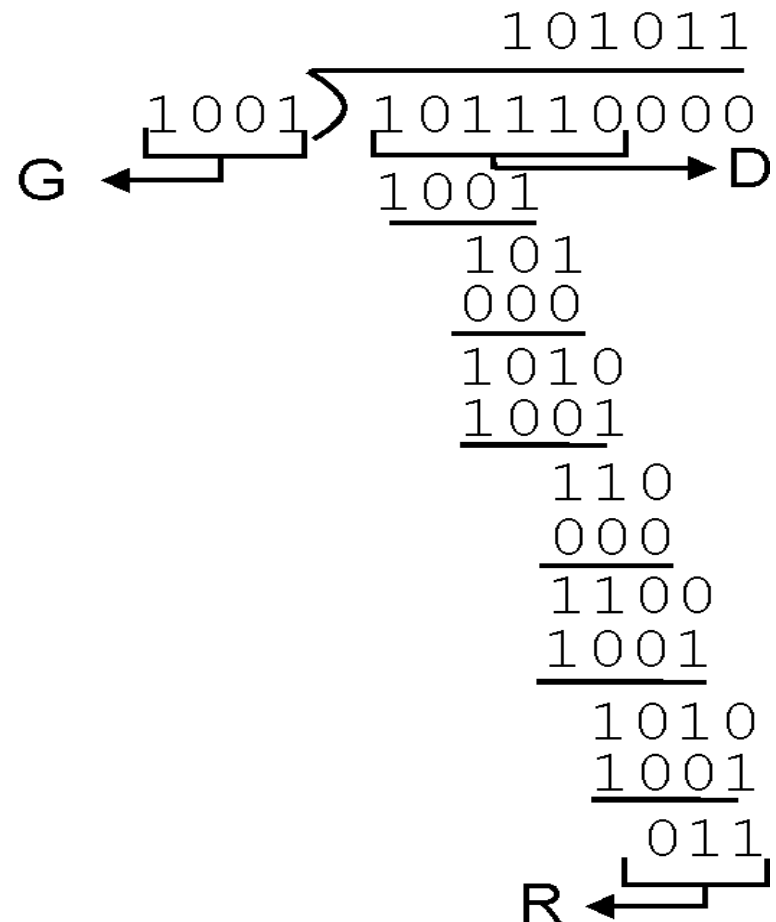
tương đương:

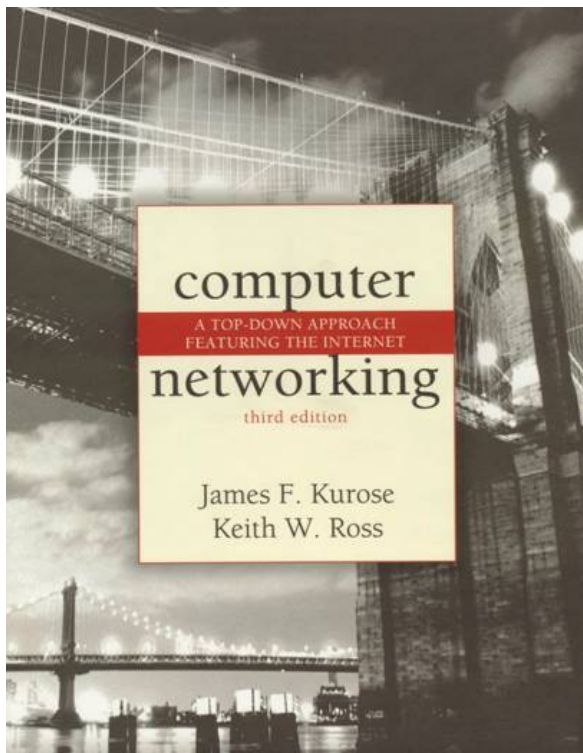
$$D \cdot 2^r = nG \text{ XOR } R$$

tương đương:

nếu chúng ta chia
 $D \cdot 2^r$ cho G , lấy phần
còn lại R

$$R = \text{phần dư của} \left[\frac{D \cdot 2^r}{G} \right]$$





5.3 Các giao thức đa truy cập

Các giao thức và kết nối đa truy cập

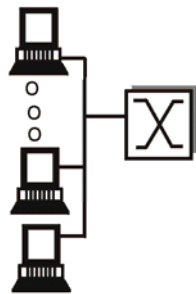
2 kiểu “kết nối”:

❑ point-to-point (điểm-điểm)

- PPP cho truy cập dial-up
- kết nối point-to-point giữa Ethernet switch và host

❑ **broadcast** (chia sẻ đường truyền chung)

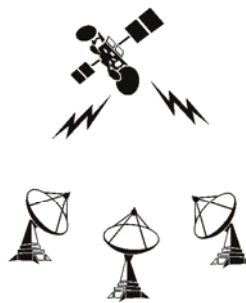
- Ethernet mô hình cũ
- upstream HFC
- 802.11 wireless LAN



shared wire
(e.g. Ethernet)



shared wireless
(e.g. Wavelan)



satellite



cocktail party

Các giao thức đa truy cập

- ❑ kênh broadcast đơn chia sẻ
- ❑ 2 hoặc nhiều sự truyền đồng thời bởi các nút: giao thoa
 - collision if node receives two or more signals at the same time

giao thức đa truy cập

- ❑ giải thuật phân bố xác định cách các nút chia sẻ kênh truyền, nghĩa là xác định khi nào nút có thể truyền
- ❑ truyền thông về chia sẻ kênh phải dùng chính kênh đó!
 - không có kênh khác để phối hợp

Các giao thức đa truy cập lý tưởng

kênh Broadcast với tốc độ R bps

1. khi 1 nút muốn truyền, nó gửi dữ liệu với tốc độ R
2. khi M nút muốn truyền, nó gửi dữ liệu với tốc độ R/M
3. Hoàn toàn được phân quyền:
 - không có nút đặc biệt để các quá trình truyền phối hợp
 - không cần đồng bộ các đồng hồ, slot
4. Đơn giản

Các giao thức MAC: 1 cách phân loại

3 lớp chính:

❑ Phân hoạch kênh

- chia kênh thành các "mảnh" nhỏ hơn (các slot thời gian, tần số, mã)
- cấp phát mảnh cho nút để sử dụng độc quyền

❑ Truy cập ngẫu nhiên

- kênh không chia, cho phép các tranh chấp
- "giải quyết" các tranh chấp

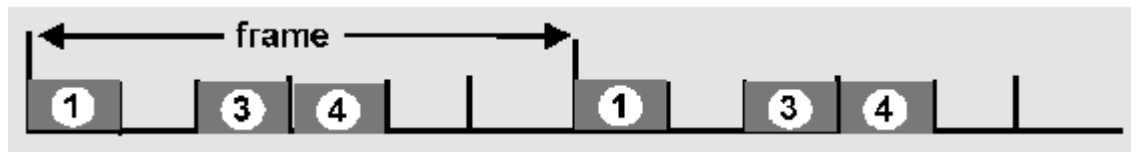
❑ "Xoay vòng"

- Xoay vòng các nút, nhưng nút có nhiều quyền hơn được giữ thời gian truyền lâu hơn

các giao thức phân hoạch kênh MAC: TDMA

TDMA: time division multiple access

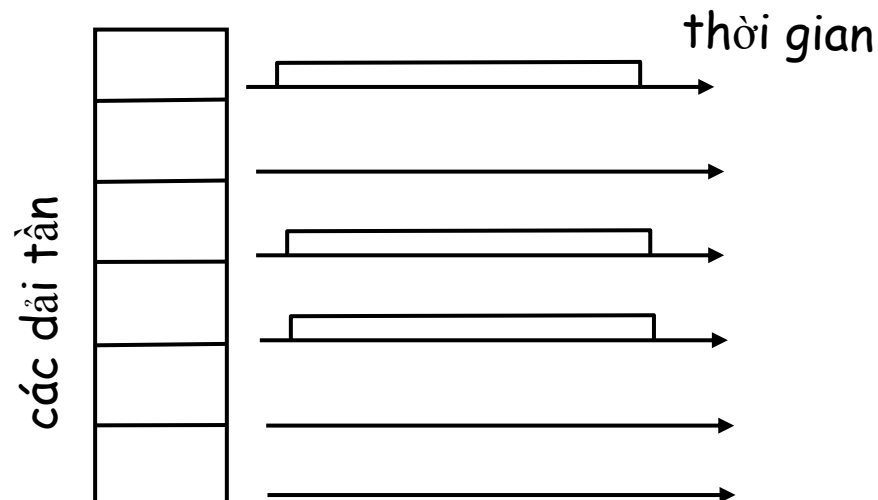
- ❑ truy cập đến kênh trong theo hình thức “xoay vòng”
- ❑ mỗi trạm có slot với độ dài cố định (độ dài = thời gian truyền gói) trong mỗi vòng
- ❑ các slot không dùng bị bỏ phí
- ❑ ví dụ: 6-trạm LAN, 1,3,4 có gửi gói, các slot 2,5,6 rảnh



các giao thức phân hoạch kênh MAC: FDMA

FDMA: frequency division multiple access

- ❑ phổ kênh truyền được chia thành các dải tần số
- ❑ mỗi trạm được gán một dải tần số cố định
- ❑ thời gian truyền không dùng trong các dải tần rảnh
- ❑ ví dụ: 6-trạm LAN, 1,3,4 có gói truyền, các dải tần 2,5,6 rảnh



các giao thức truy cập ngẫu nhiên

- ❑ Khi 1 nút có nhu cầu truyền
 - truyền dữ liệu với trọn tốc độ của kênh
 - không có sự ưu tiên giữa các nút
- ❑ 2 hoặc nhiều nút truyền → “tranh chấp”
- ❑ **giao thức truy cập ngẫu nhiên MAC** xác định:
 - làm cách nào phát hiện tranh chấp
 - giải quyết tranh chấp (như truyền lại sau đó)
- ❑ Ví dụ:
 - chia slot ALOHA
 - ALOHA
 - CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA

chia slot ALOHA

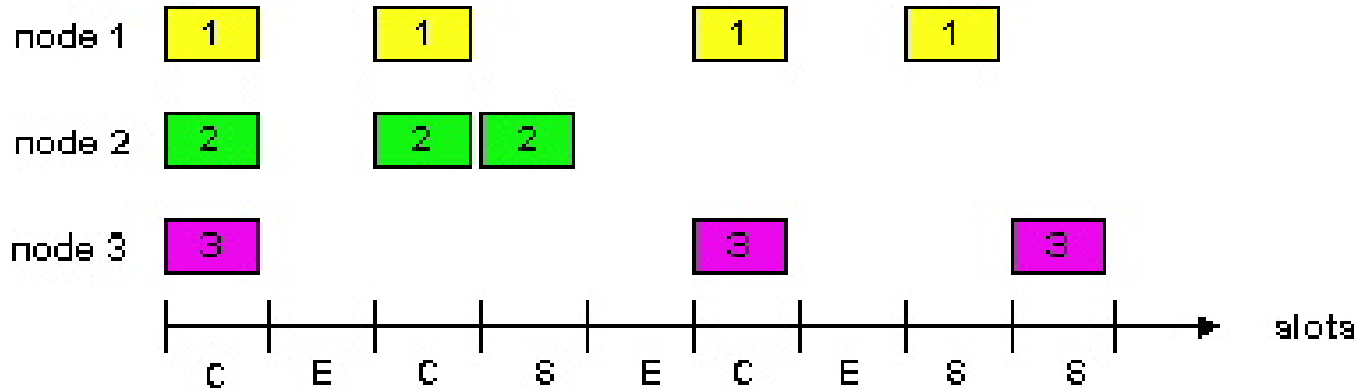
Những giả thiết

- ❑ tất cả frame có cùng kích thước
- ❑ thời gian truyền được chia thành các slot kích thước như nhau (để truyền 1 frame)
- ❑ các nút bắt đầu truyền các frame chỉ ngay tại lúc bắt đầu slot
- ❑ các nút được đồng bộ hóa
- ❑ nếu 2 nút hoặc nhiều hơn cùng truyền trong slot, tất cả đều phát hiện tranh chấp

Hoạt động

- ❑ khi nút lấy frame nó được phép truyền trong slot kế tiếp
- ❑ không tranh chấp, nút có thể gửi frame mới trong slot kế tiếp
- ❑ nếu tranh chấp, nút truyền lại frame trong mỗi slot kế tiếp với xác suất p cho đến khi thành công

chia slot ALOHA



Ưu điểm

- ❑ nút kích hoạt có thể truyền liên tục với tốc độ tối đa của kênh
- ❑ phân quyền cao: chỉ có các slot trong các nút cần được đồng bộ
- ❑ đơn giản

Nhược điểm

- ❑ các tranh chấp
- ❑ lãng phí slot
- ❑ các nút có thể phát hiện tranh chấp với thời gian ít hơn để truyền gói
- ❑ đồng bộ hóa

hiệu suất trong cách chia slot Aloha

hiệu suất là phần slot truyền thành công trong số nhiều frame dự định truyền của nhiều nút

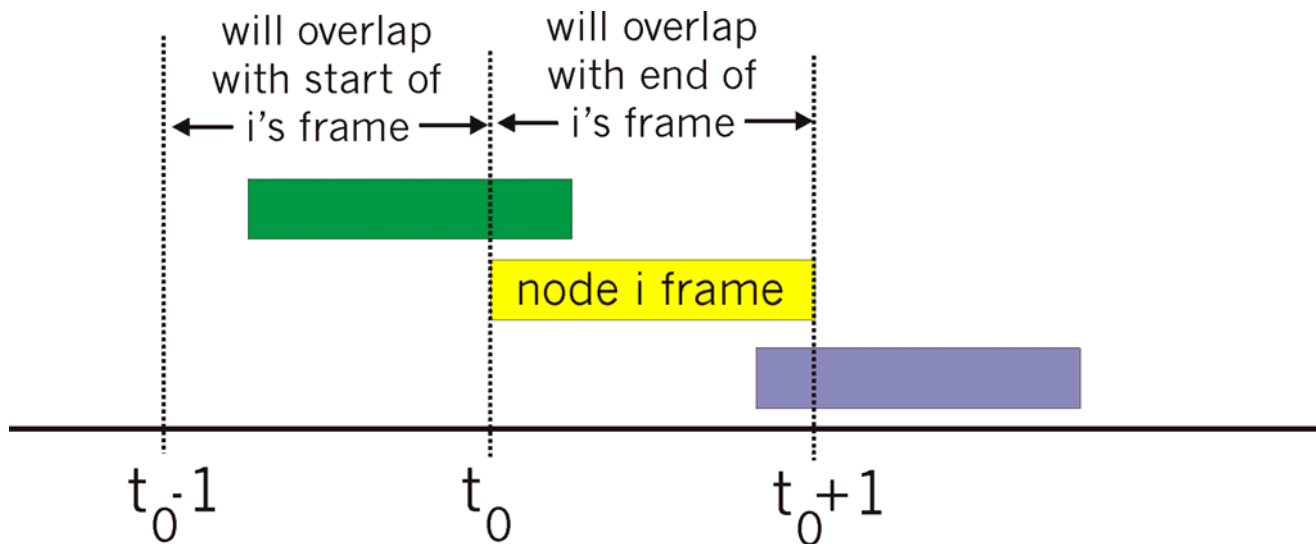
- giả sử có N nút với nhiều frame để truyền trong slot với xác suất là p
- xác suất để nút 1 truyền thành công trong 1 slot = $p(1-p)^{N-1}$
- xác suất để bất kỳ nút nào đó truyền thành công = $Np(1-p)^{N-1}$

- để đạt hiệu suất cao nhất với N nút, tìm p^* làm cực đại hóa $Np(1-p)^{N-1}$
- với nhiều nút, tìm giới hạn của $Np^*(1-p^*)^{N-1}$ khi $N \rightarrow \infty$, cho $1/e = 0.37$

Tốt nhất: kênh hữu dụng trong khoảng 37% thời gian!

ALOHA thuần nhất (không chia slot)

- ❑ Aloha không chia slot: đơn giản hơn, không đồng bộ
- ❑ khi frame đến đầu tiên
 - truyền ngay
- ❑ khả năng tranh chấp tăng lên:
 - frame gửi tại thời điểm t_0 tranh chấp với các frame khác gửi trong thời điểm $[t_0-1, t_0+1]$



ALOHA thuần nhất: hiệu suất

$P(\text{thành công với nút cho trước}) = P(\text{nút truyền}) \cdot$

$P(\text{không có nút nào truyền trong } [p_0-1, p_0]) \cdot$

$$\begin{aligned} &P(\text{không có nút nào truyền trong } [p_0-1, p_0]) \\ &= p \cdot (1-p)^{N-1} \cdot (1-p)^{N-1} \\ &= p \cdot (1-p)^{2(N-1)} \end{aligned}$$

... chọn p tối ưu và sau đó cho $n \rightarrow \infty$...

$$= 1/(2e) = 0.18$$

Thậm chí xấu hơn!

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

CSMA: nghe ngóng trước khi truyền:

Nếu kênh rảnh: truyền đi toàn bộ frame

- Nếu kênh bận, trì hoãn truyền

- So sánh với con người: đừng ngắt lời người khác đang nói!

CSMA: các tranh chấp

các tranh chấp vẫn xảy

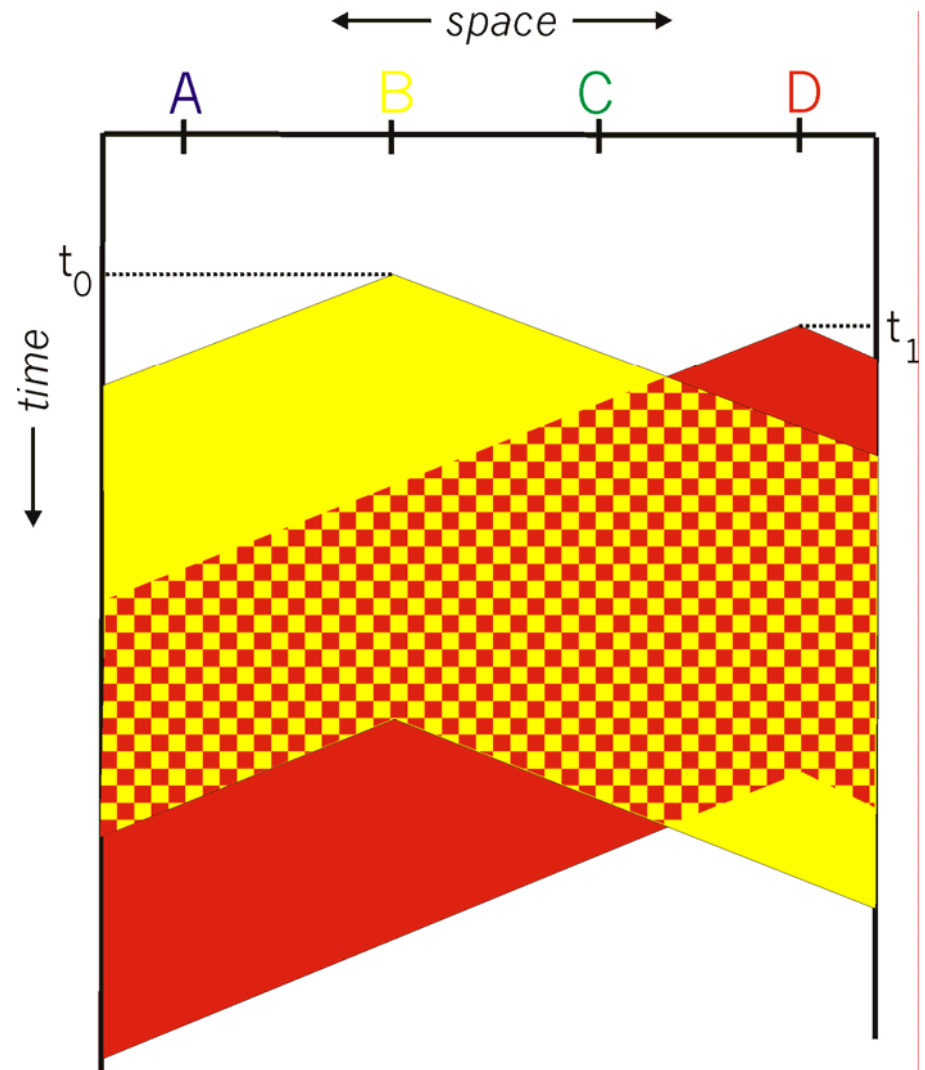
ra: trễ lan truyền nghĩa là 2 nút không nghe thấy quá trình truyền của nhau

tranh chấp:

truyền toàn bộ frame
lãng phí thời gian

chú ý:

vai trò của khoảng cách & trễ lan truyền trong việc xác định xác suất tranh chấp



CSMA/CD (Collision Detection)

CSMA/CD: trì hoãn như trong CSMA

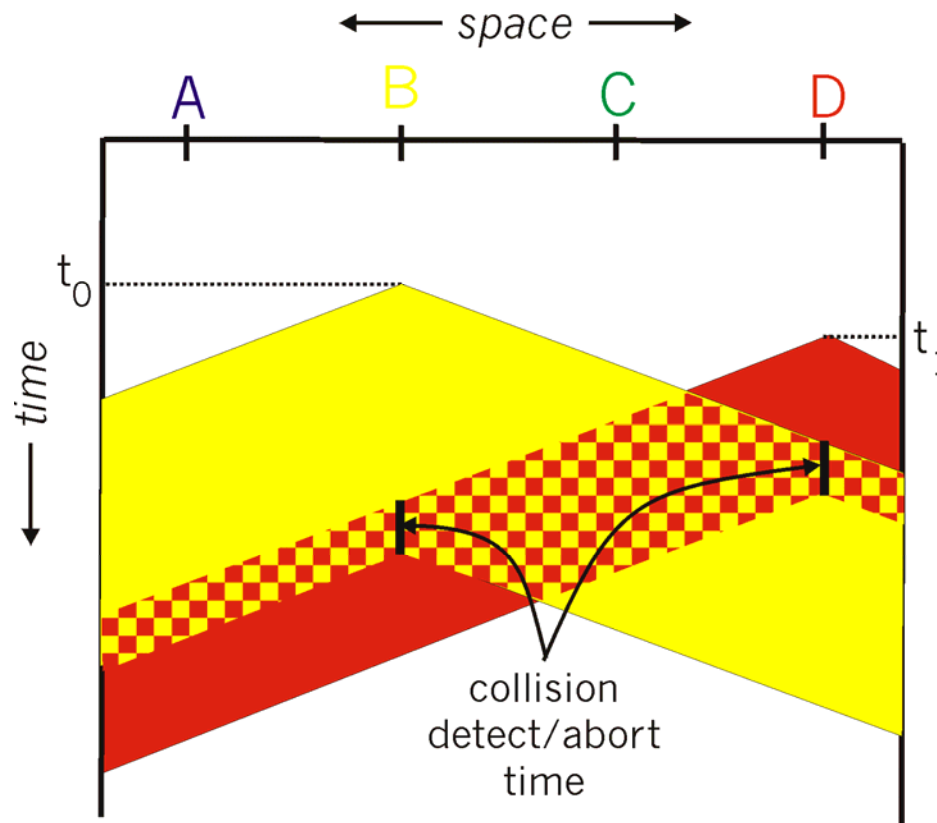
- các tranh chấp *được phát hiện* trong khoảng thời gian ngắn
- tranh chấp đường truyền được bỏ qua, giảm sự lãng phí kênh

□ phát hiện tranh chấp:

- dễ dàng trong các mạng LAN hữu tuyến: đo cường độ tín hiệu, so sánh với các tín hiệu đã truyền, đã nhận
- khó khăn trong các mạng LAN vô tuyến: bên nhận bị tắt trong khi đang truyền

□ so sánh với con người: đàm thoại lịch sự

CSMA/CD phát hiện tranh chấp



các giao thức "xoay vòng" MAC

các giao thức phân hoạch kênh MAC:

- chia sẻ hiệu suất kênh và công bằng khi tải lưu lượng lớn
- không hiệu quả khi tải lưu lượng thấp: trễ khi truy cập kênh: băng thông cấp phát là $1/N$ thậm chí trong trường hợp chỉ có 1 nút hoạt động!

các giao thức truy cập ngẫu nhiên MAC

- hiệu quả khi tải lưu lượng thấp: 1 nút có thể dùng hết khả năng của kênh
- tải lưu lượng lớn: tranh chấp

các giao thức "xoay vòng"

tìm kiếm giải pháp tốt nhất!

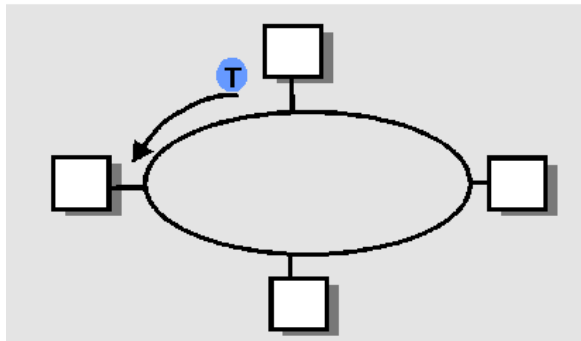
các giao thức "xoay vòng"

Kiểm tra tuần tự:

- ❑ nút chủ "mời" các nút tớ đến truyền theo lượt trên vòng
- ❑ liên quan:
 - polling overhead
 - latency
 - 1 vị trí chịu lỗi (chủ)

chuyển Token:

- ❑ điều hành token chuyển tuần tự từ 1 nút đến nút kế tiếp
- ❑ thông điệp token
- ❑ liên quan:
 - token overhead
 - latency
 - 1 vị trí chịu lỗi (token)



Tổng kết các giao thức MAC

- ❑ Bạn làm gì với một đường truyền chia sẻ?
 - Phân hoạch kênh theo thời gian, tần số hoặc mã
 - chia thời gian, chia tần số
 - Phân hoạch ngẫu nhiên (động),
 - ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD
 - cảm nhận: dễ dàng với một số công nghệ (hữu tuyến), khó khăn với một số khác (vô tuyến)
 - CSMA/CD dùng trong Ethernet
 - CSMA/CA dùng trong 802.11
 - Xoay vòng
 - thăm dò từ vị trí trung tâm, chuyển token

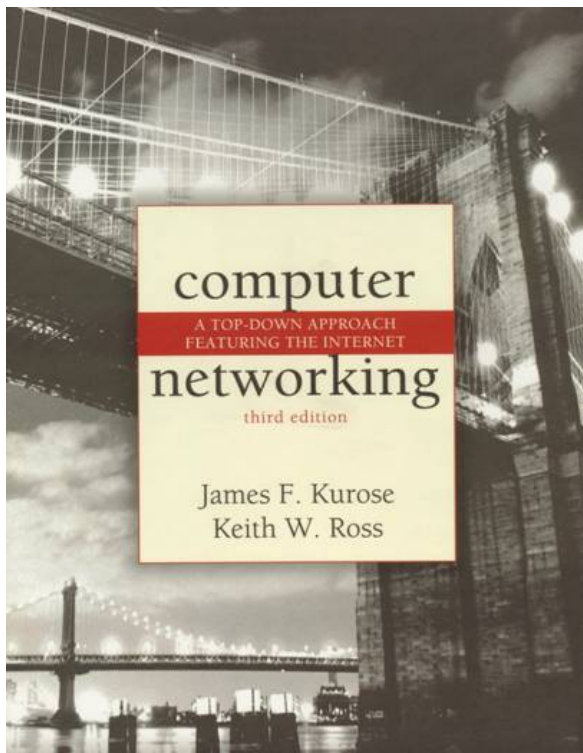
LAN

lớp Data link:

- các dịch vụ, phát hiện/sửa lỗi, đa truy cập

tiếp: các công nghệ LAN

- định địa chỉ
- Ethernet
- hub, switch
- PPP



5.4 Định địa chỉ trong lớp Link

Các địa chỉ MAC và ARP

□ địa chỉ IP 32-bit:

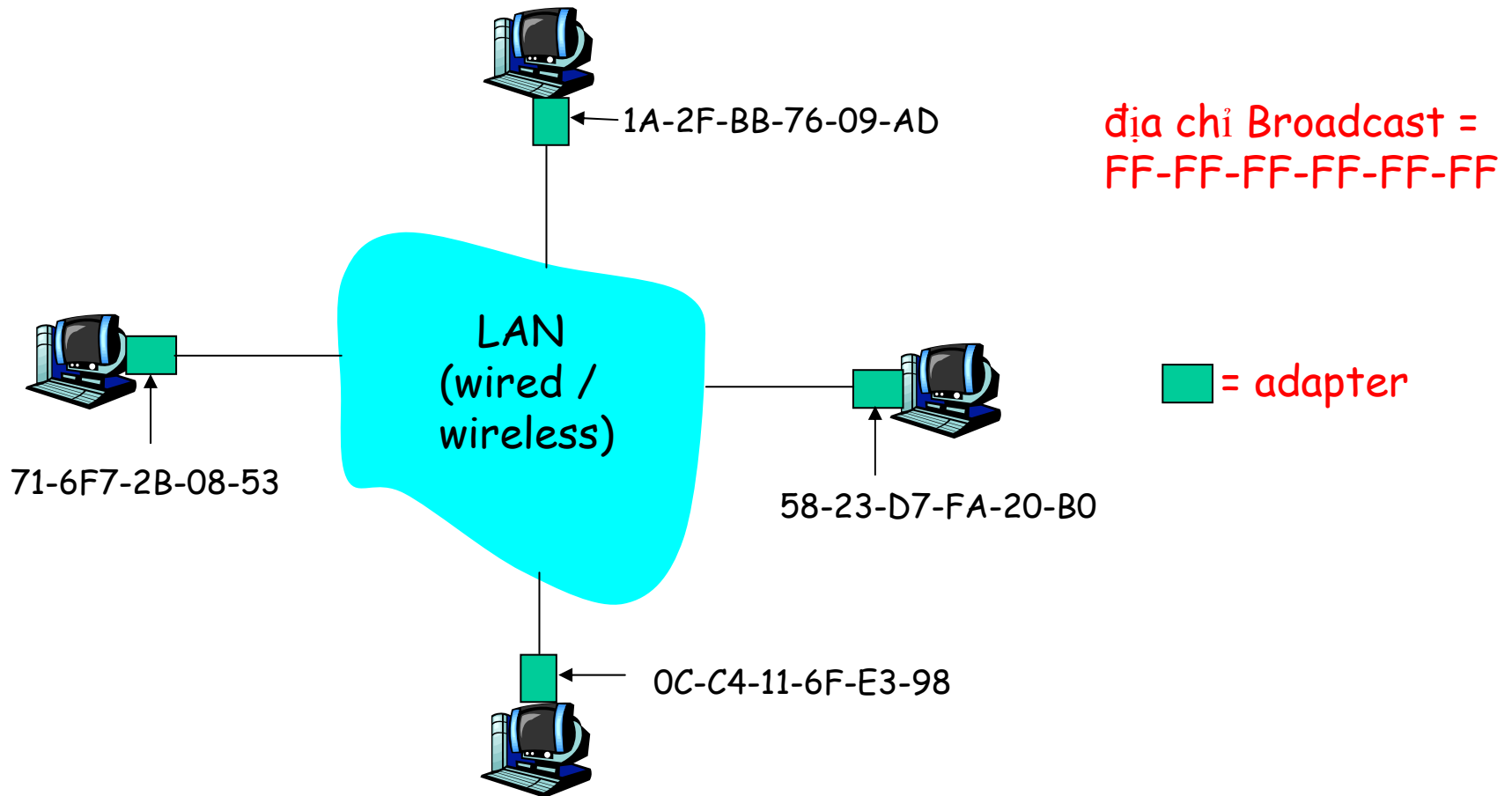
- address địa chỉ lớp network
- dùng để lấy datagram từ IP subnet đích

□ địa chỉ MAC (hoặc LAN/physical/Ethernet):

- dùng để lấy frame từ một interface với một interface vật lý khác (cùng mạng)
- địa chỉ MAC 48 bit (cho hầu hết các loại LAN) được ghi sẵn trong adapter ROM

Các địa chỉ MAC và ARP

Mỗi adapter trên LAN có địa chỉ LAN duy nhất



Các địa chỉ MAC và ARP

- ❑ việc cấp phát địa chỉ MAC được quản lý bởi IEEE
- ❑ nhà sản xuất mua không gian địa chỉ MAC (duy nhất)
- ❑ So sánh:
 - (a) địa chỉ MAC: giống số chứng minh nhân dân
 - (b) địa chỉ IP: giống số điện thoại
- ❑ địa chỉ MAC phẳng & tĩnh có thể thay đổi
 - có thể di chuyển card LAN giữa các mạng cục bộ
- ❑ địa chỉ phân cấp IP không thể thay đổi
 - phụ thuộc vào IP subnet mà nút đó gắn vào

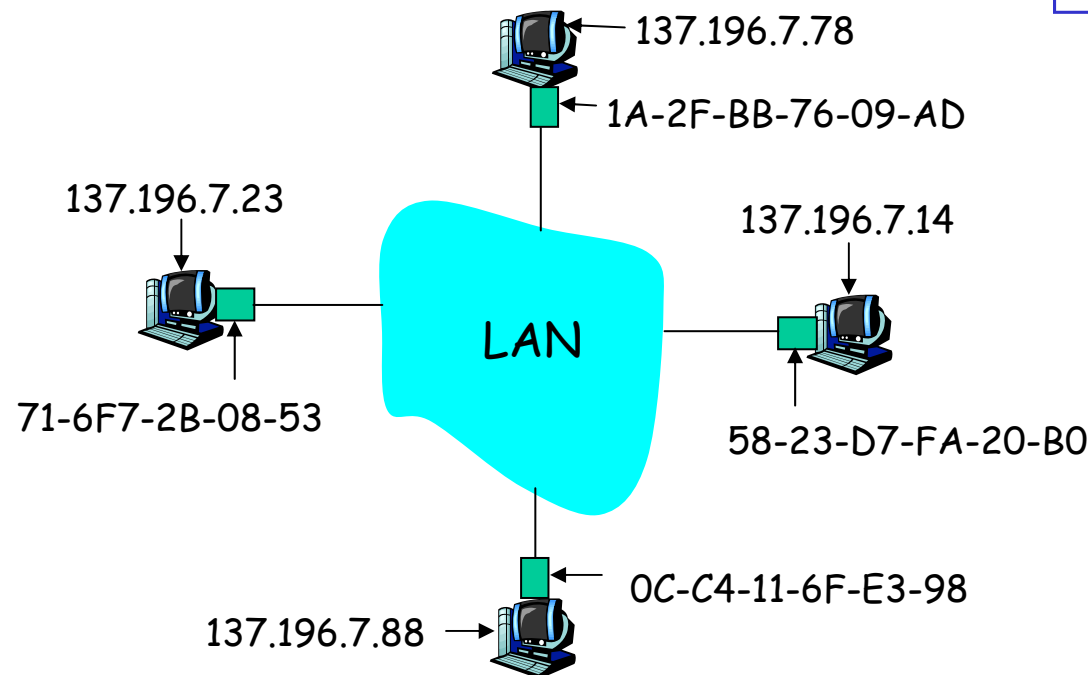
ARP: Address Resolution Protocol

Hỏi: Làm sao xác định địa chỉ MAC từ địa chỉ IP?

- Mỗi nút IP (Host, Router) trên LAN có bảng **ARP**
- bảng ARP: ánh xạ địa chỉ IP/MAC cho một số nút LAN

< địa chỉ IP; địa chỉ MAC; TTL >

- TTL (Time To Live): thời gian sau đó ánh xạ địa chỉ sẽ bị hủy (thường là 20 phút)



ARP: cùng LAN (network)

- ❑ A muốn gửi datagram đến B, địa chỉ MAC của B không có trong bảng ARP của A
- ❑ A **broadcasts** gói truy vấn ARP chứa địa chỉ IP của B
 - địa chỉ MAC đích = FF-FF-FF-FF-FF-FF
 - tất cả máy trên LAN nhận gói truy vấn ARP đó
- ❑ B nhận gói truy vấn ARP và trả lời cho A với địa chỉ MAC của mình
 - frame gửi đến địa chỉ MAC của A (unicast)
- ❑ Một cặp địa chỉ IP-to-MAC được lưu trong bảng ARP của nó cho đến khi thông tin đã cũ (times out)
 - trạng thái mềm: thông tin này sẽ times out (mất) trừ khi được làm tươi (refresh) lại
- ❑ ARP là “plug-and-play”:
 - các nút tạo các bảng ARP của nó không cần sự can thiệp của người quản trị

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

Mục tiêu: cho phép host *tự động* lấy địa chỉ IP của nó từ server khi nó kết nối vào mạng

Có thể làm mới lại từ địa chỉ đang dùng

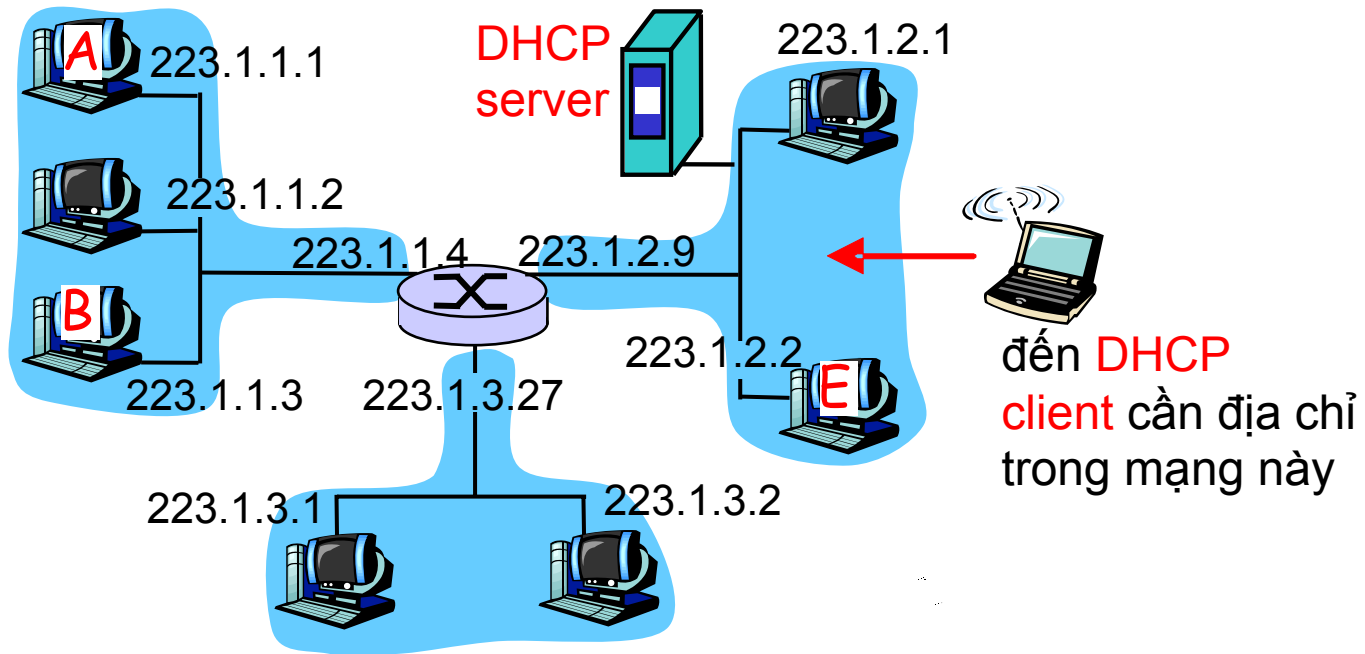
Cho phép dùng lại các địa chỉ (chỉ giữ địa chỉ trong khi kết nối đang hoạt động)

Hỗ trợ cho các người dùng di động, muốn kết nối vào mạng

DHCP tổng quan:

- host broadcasts thông điệp "DHCP discover"
- DHCP server đáp ứng với thông điệp "DHCP offer"
- host yêu cầu địa chỉ IP: thông điệp "DHCP request"
- DHCP server gửi địa chỉ: thông điệp "DHCP ack"

kịch bản DHCP client-server



kịch bản DHCP client-server

DHCP server: 223.1.2.5

DHCP discover

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



DHCP offer

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

DHCP request

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

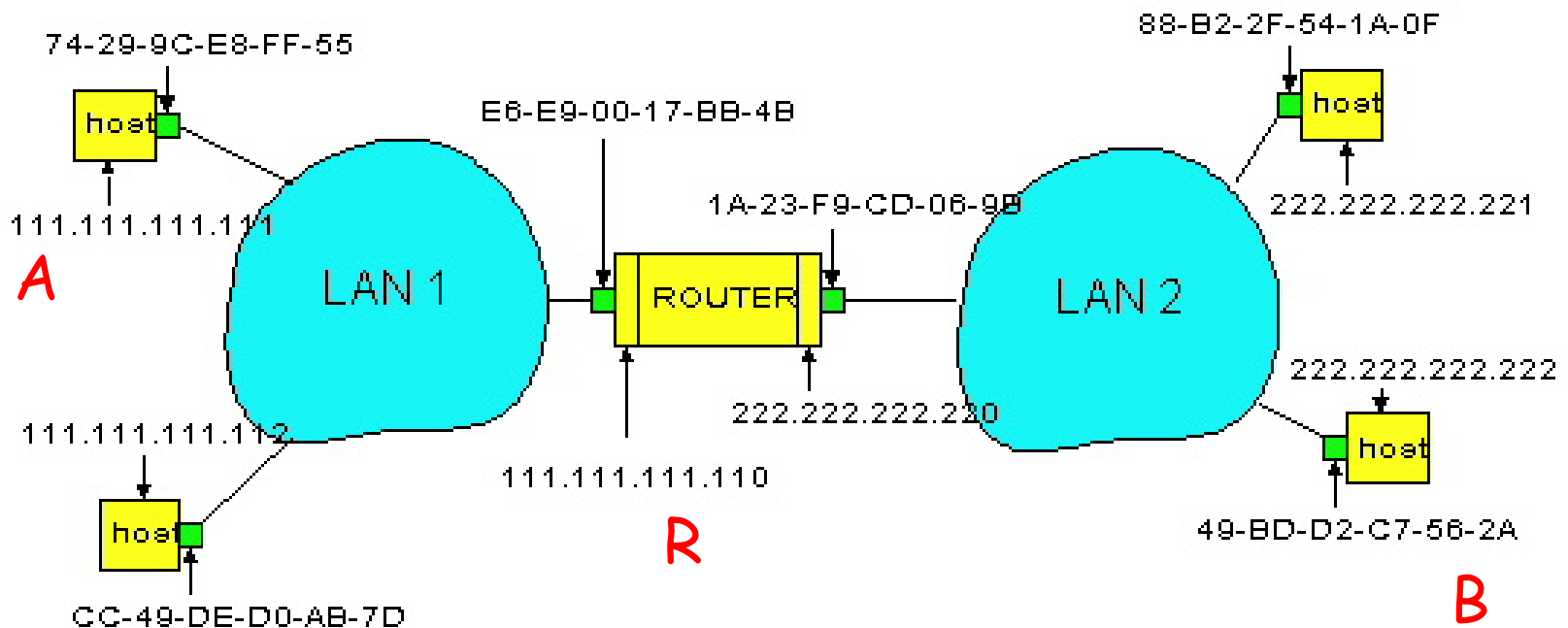
DHCP ACK

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

thời
gian

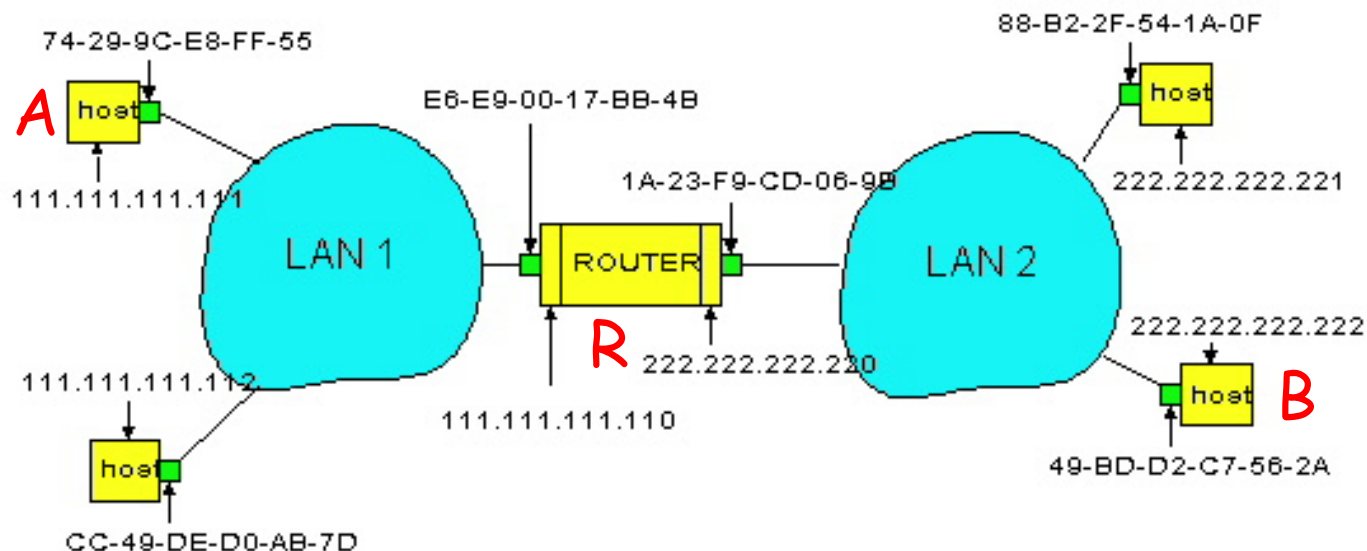
Routing đến LAN khác

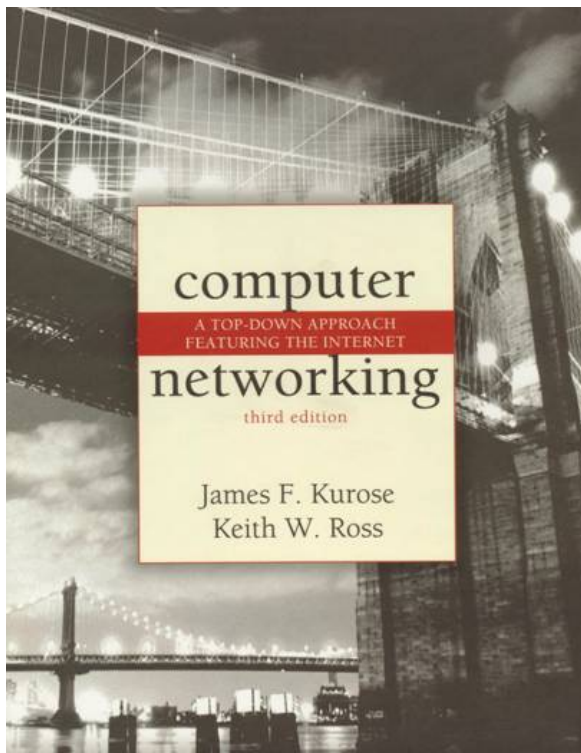
tình huống: **gửi datagram từ A đến B qua R**
giả sử A biết địa chỉ IP của B



- 2 bảng ARP trong router R, 1 cho mỗi IP mạng (LAN)

- ❑ A tạo datagram với nguồn A, đích B
- ❑ A dùng ARP để lấy địa chỉ MAC của R (dựa vào giá trị 111.111.111.110)
- ❑ A tạo frame lớp link với địa chỉ MAC của R như là địa chỉ đích, frame chứa IP datagram từ-A-đến-B
- ❑ adapter của A gửi frame
- ❑ adapter của A nhận frame
- ❑ R gỡ bỏ IP datagram từ Ethernet frame, thấy đích đến là B
- ❑ R dùng ARP để lấy địa chỉ MAC của B
- ❑ R tạo frame chứa IP datagram từ-A-đến-B gửi tới B



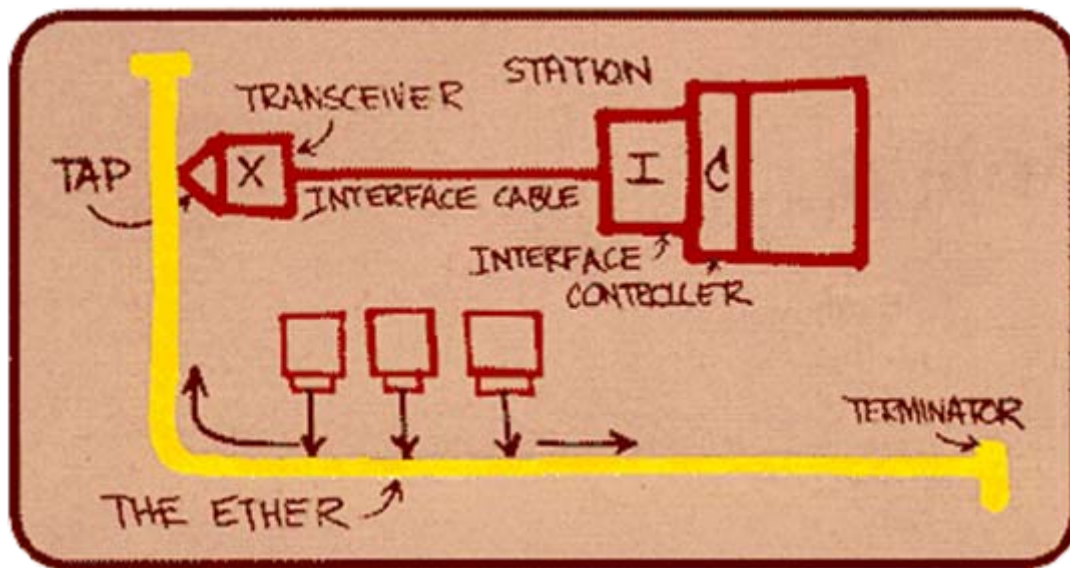


5.5 Ethernet

Ethernet

công nghệ LAN hữu tuyến:

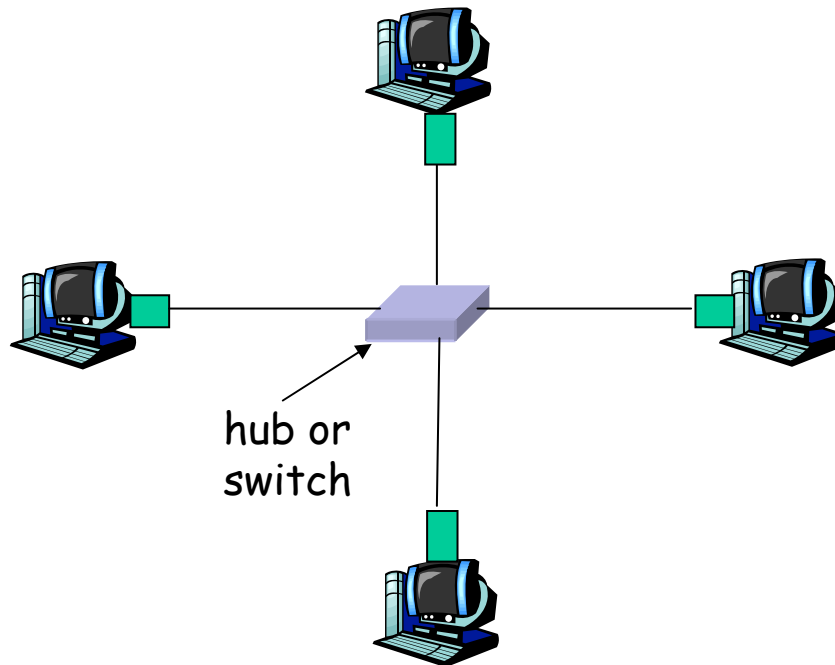
- ❑ rẻ hơn \$20 cho tốc độ 100Mbps!
- ❑ công nghệ LAN được dùng phổ biến đầu tiên
- ❑ đơn giản hơn, rẻ hơn token LAN và ATM
- ❑ giữ tốc độ trung bình từ 10 Mbps - 10 Gbps



Metcalfe's Ethernet sketch

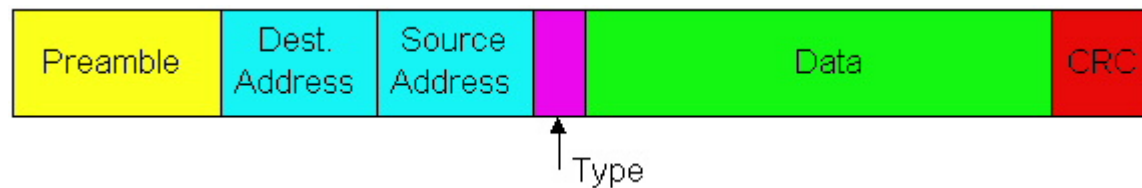
cấu trúc hình sao-Star

- ❑ cấu trúc bus dùng phổ biến trong giữa thập niên 90
- ❑ hiện nay cấu trúc star dùng nhiều hơn
- ❑ các lựa chọn kết nối: hub hoặc switch



Ethernet: cấu trúc Frame

Gửi IP datagram đã đóng gói (hoặc gói giao thức lớp network khác) trong **Ethernet frame**



phần đầu:

- ❑ 7 bytes với mẫu 10101010, theo sau là 1 byte với mẫu 10101011
- ❑ dùng trong các tốc độ đồng hồ gửi, nhận đồng bộ

Ethernet: cấu trúc Frame (tt)

□ Địa chỉ: 6 bytes

- nếu adapter nhận frame với địa chỉ đích đúng của nó hoặc địa chỉ broadcast (như gói ARP), nó chuyển dữ liệu trong frame cho giao thức lớp network
- ngược lại, adapter hủy frame

□ Kiểu: chỉ giao thức lớp cao hơn (thường là IP, nhưng cũng có thể là cái khác cũng được hỗ trợ như Novell IPX & AppleTalk)

□ CRC: kiểm tra tại nơi nhận, nếu phát hiện lỗi, đơn giản hủy frame đó



dịch vụ không kết nối, không tin cậy

- ❑ **Connectionless (không kết nối):** không bắt tay giữa adapter gửi và nhận.
- ❑ **không tin cậy:** nhận không gửi các tín hiệu ACK hoặc NACK cho bên gửi
 - dòng các datagram chuyển cho lớp network có thể có các khoảng trống
 - các khoảng trống đó sẽ được lấp đầy nếu ứng dụng dùng TCP
 - trái lại, ứng dụng sẽ thấy các khoảng trống

Ethernet dùng CSMA/CD

- ❑ không có các slot
- ❑ adapter không truyền nếu nó cảm nhận rằng có adapter nào đó đang truyền, nghĩa là **carrier sense (cảm nhận)**
- ❑ adapter hủy bỏ việc truyền khi nó cảm nhận là có adapter khác đang truyền, nghĩa là **collision detection (phát hiện tranh chấp)**
- ❑ trước khi thử truyền lại, adapter chờ một thời gian ngẫu nhiên, nghĩa là **random access (truy cập ngẫu nhiên)**

Ethernet CSMA/CD: giải thuật

1. Adaptor nhận datagram từ lớp network & tạo ra frame
2. Nếu adapter cảm nhận kênh rảnh, nó bắt đầu truyền frame. Nếu cảm nhận kênh bận, nó chờ đến khi kênh rảnh và sau đó truyền
3. Nếu adapter truyền toàn bộ frame không phát hiện các tiến trình truyền khác, công việc sẽ hoàn thành!
4. Nếu adapter phát hiện có tiến trình truyền khác, nó hủy bỏ và gửi tín hiệu báo tắc nghẽn
5. Sau khi hủy bỏ, adapter vào chế độ **exponential backoff**: sau tranh chấp thứ m , adapter chọn một giá trị K ngẫu nhiên trong $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$. Adapter chờ $K \cdot 512$ lần thời gian truyền 1 bit và trở về bước 2

Ethernet CSMA/CD (tt)

tín hiệu báo tắc nghẽn: chắc chắn rằng tất cả các máy phát khác đều cảm nhận được sự tranh chấp; 48 bits

thời gian truyền 1 bit: 0.1 micro giây với 10 Mbps Ethernet ;
cho $K=1023$, thời gian chờ khoảng 50 mili giây

Nên xem Java
applet trên AWL Web site!

Exponential Backoff:

- ❑ *mục tiêu:* tự điều chỉnh với các lần thử truyền lại nhằm ước lượng tải hiện hành
 - tải nặng: thời gian chờ ngẫu nhiên sẽ dài hơn
- ❑ tranh chấp lần đầu: chọn K thuộc $\{0,1\}$; độ trễ là $K \cdot 512$ thời gian truyền 1 bit
- ❑ sau khi tranh chấp lần 2: chọn K thuộc $\{0,1,2,3\}$...
- ❑ sau khi tranh chấp lần 10, chọn K thuộc $\{0,1,2,3,4,...,1023\}$

CSMA/CD hiệu suất

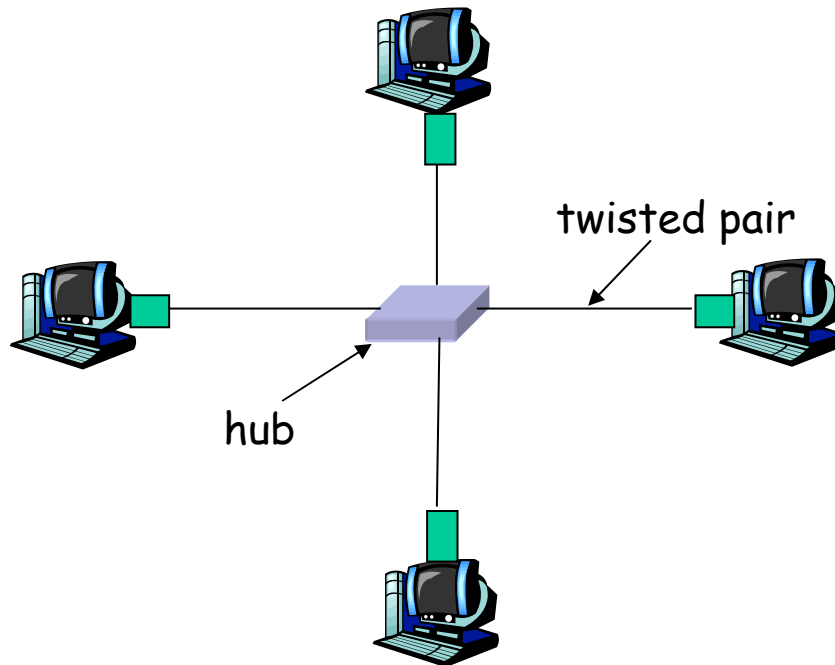
- ❑ T_{prop} = thời gian lan truyền tối đa giữa 2 nút trên LAN
- ❑ t_{trans} = thời gian lan truyền frame kích thước lớn nhất

$$\text{efficiency} = \frac{1}{1 + 5t_{prop} / t_{trans}}$$

- ❑ hiệu suất tiến đến 1 khi t_{prop} tiến đến 0
- ❑ tiến đến 1 khi t_{trans} tiến đến ∞
- ❑ Tốt hơn ALOHA nhưng vẫn còn bị phân quyền, đơn giản, chi phí thấp

10BaseT và 100BaseT

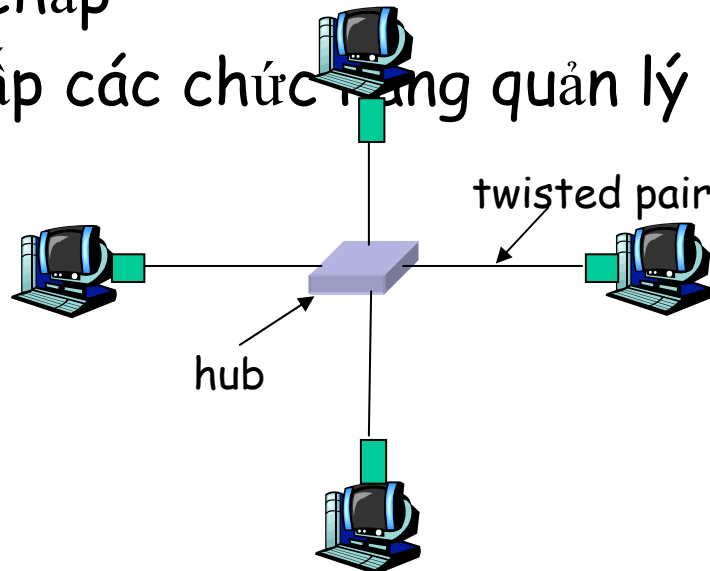
- ❑ tốc độ 10/100 Mbps; còn gọi là "fast ethernet"
- ❑ T viết tắt của cụm từ Twisted Pair
- ❑ Các nút kết nối vào 1 hub: "cấu trúc hình sao"; khoảng cách tối đa giữa nút và hub là 100 m



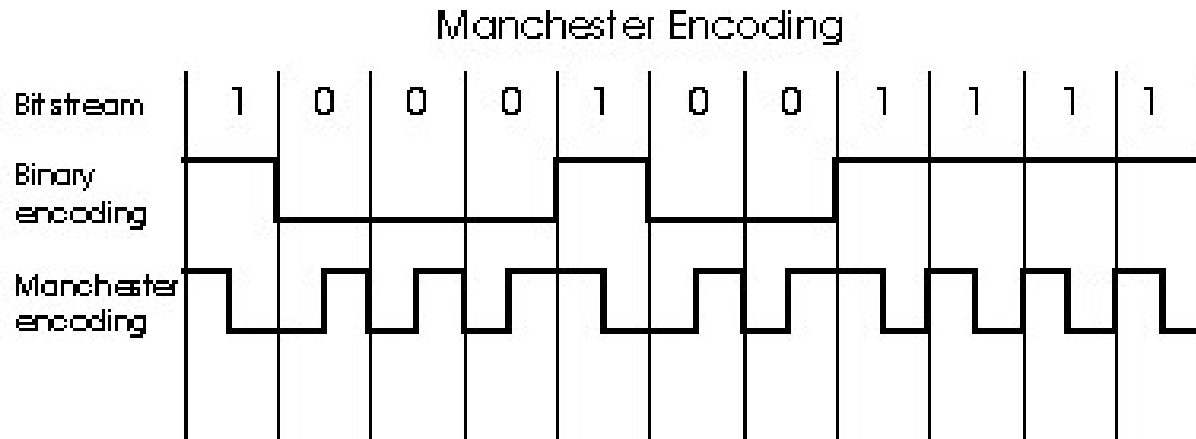
các Hub

Hub thực chất là repeater lớp physical:

- các bit đến từ 1 đường và đi ra tất cả các đường còn lại
- tốc độ như nhau
- không có bộ đệm frame
- không có CSMA/CD tại hub: adapter phát hiện tranh chấp
- cung cấp các chức năng quản lý mạng



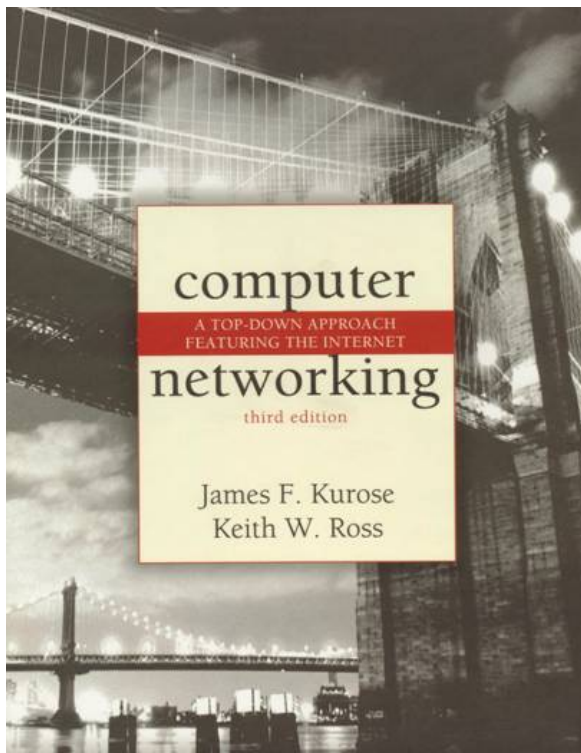
Mã Manchester



- ❑ dùng trong 10BaseT
- ❑ mỗi bit có 1 kiểu chuyển trạng thái
- ❑ cho phép các đồng hồ chạy trong các nút gửi và nhận để đồng bộ với nhau
 - dùng đồng hồ chung cho tất cả các nút!

Gigabit Ethernet

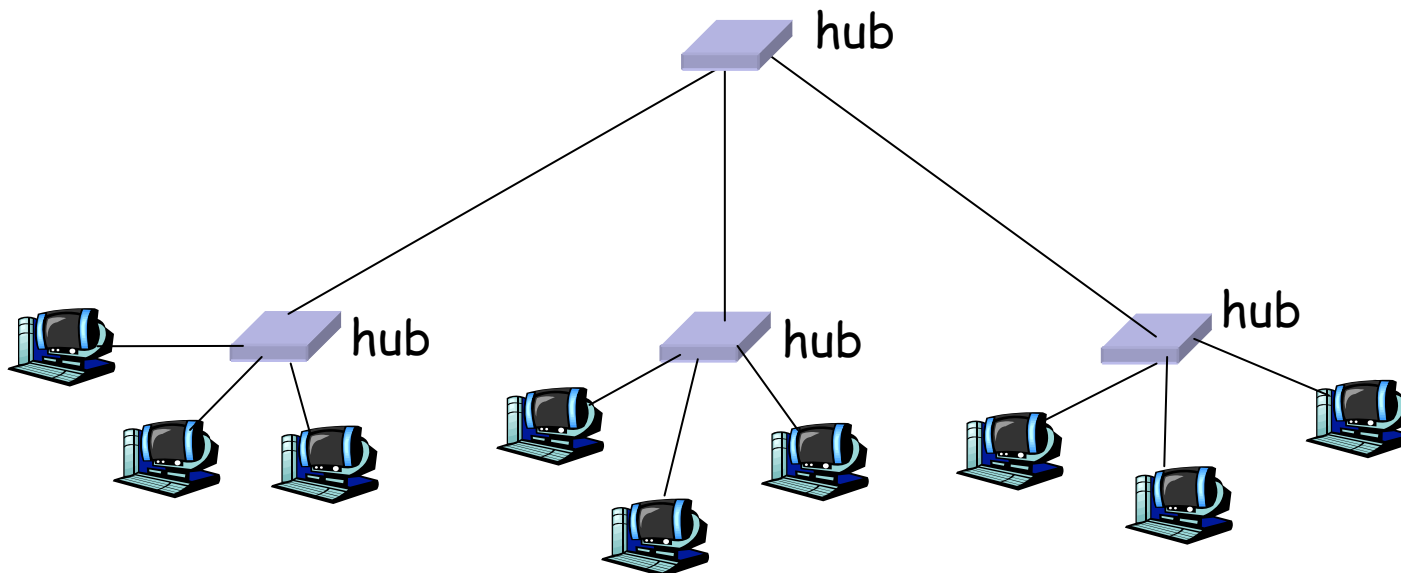
- ❑ dùng dạng thức frame Ethernet chuẩn
- ❑ cho phép các kết nối điểm-điểm và các kênh broadcast chia sẻ
- ❑ trong chế độ chia sẻ, CSMA/CD được dùng, yêu cầu khoảng cách giữa các nút ngăn để đạt hiệu quả
- ❑ dùng các hub, gọi là "Buffered Distributors"
- ❑ Full-Duplex tại 1 Gbps cho các kết nối điểm-điểm
- ❑ hiện nay tốc độ đã đạt 10 Gbps!



5.6 Các Hub & switch

Liên kết các hub

- ❑ Backbone hub liên kết các đoạn LAN
- ❑ Mở rộng khoảng cách tối đa giữa các nút
- ❑ nhưng các vùng tranh chấp riêng trong đoạn trở thành vùng tranh chấp lớn
- ❑ Không thể kết nối 10BaseT & 100BaseT



Switch

❑ Thiết bị lớp Link

- lưu và chuyển tiếp các frame Ethernet
- xem xét header frame và chọn chuyển tiếp frame dựa trên địa chỉ MAC đích
- khi frame được chuyển tiếp trên đoạn, dùng CSMA/CD để truy cập đoạn

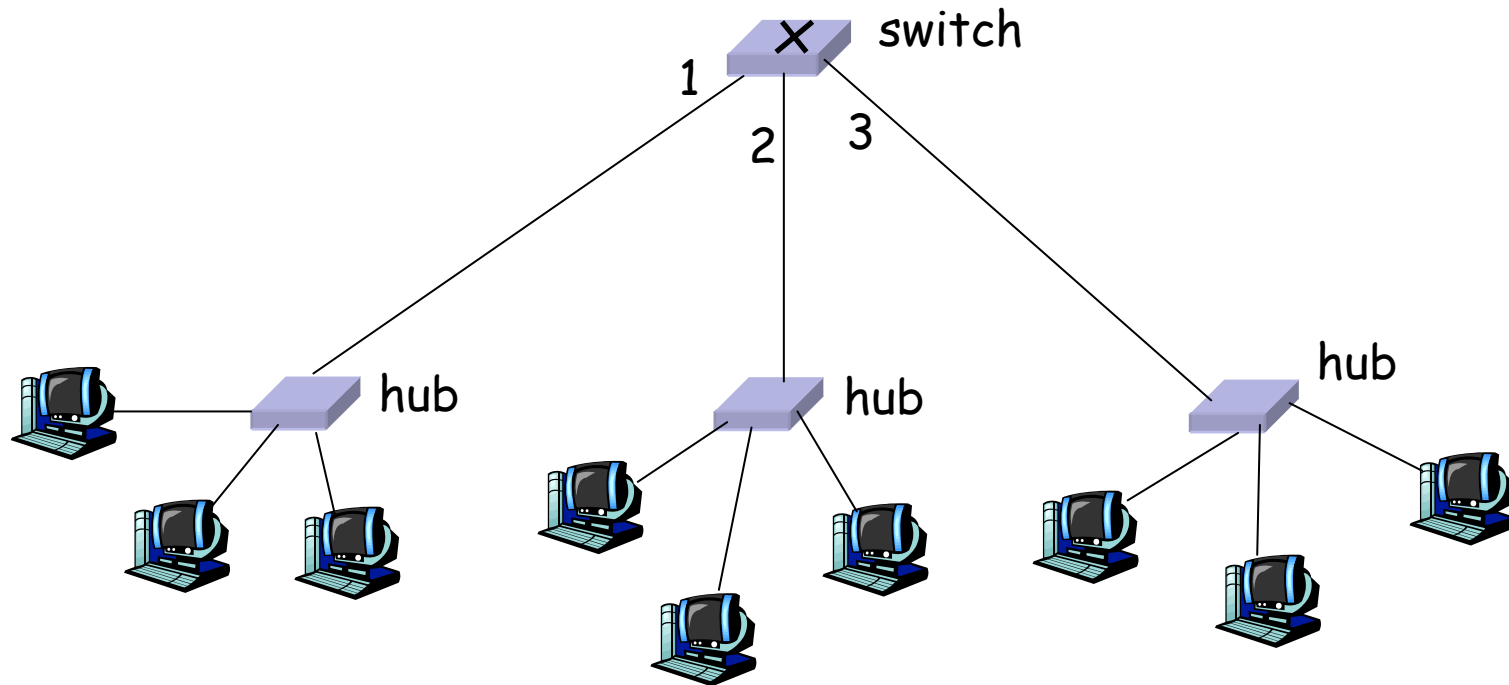
❑ trong suốt

- các host không cần chú ý đến sự hiện diện của các switch

❑ plug-and-play, tự học

- switch không cần cấu hình

Chuyển tiếp



- Làm sao xác định trên đoạn LAN nào sẽ chuyển tiếp frame?
- Giống như vấn đề routing

Tự học

- ❑ 1 switch có 1 **bảng switch**
- ❑ mỗi dòng trong bảng này có:
 - (địa chỉ MAC, Interface, Time Stamp)
- ❑ các dòng cũ trong bảng bị bỏ (TTL có thể đến 60 phút)
- ❑ switch **học** để biết những host nào có thể chạm đến thông qua những interfaces nào
 - khi nhận frame, switch "học" vị trí của bên gửi: đoạn LAN đi đến
 - ghi cặp bên gửi/vị trí vào trong bảng switch

Lọc/Chuyển tiếp

Khi switch nhận 1 frame:

chỉ mục sắp xếp lại bảng switch dùng địa chỉ MAC đích

if dòng tìm thấy cho đích

then {

if đích nằm trên đoạn từ đó frame đến

then bỏ frame

else chuyển tiếp frame trên interface chỉ định

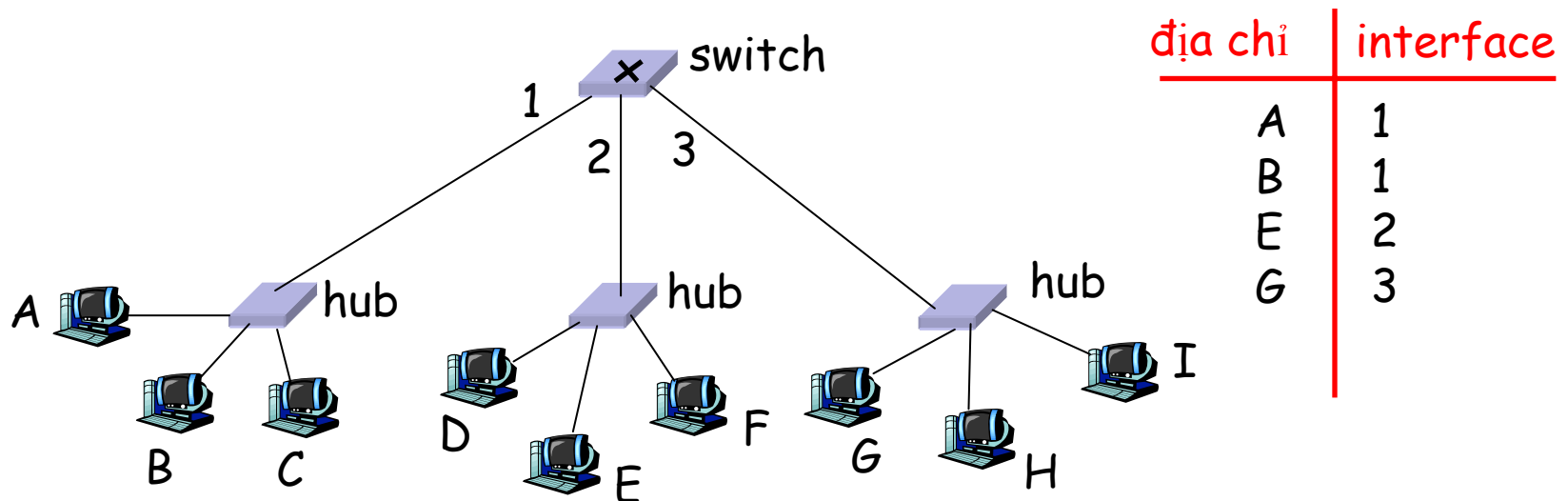
}

else tràn ngập

*chuyển tiếp lên tất cả interface trừ nơi
mà frame đến*

Switch: ví dụ

Giả sử C gửi frame đến D



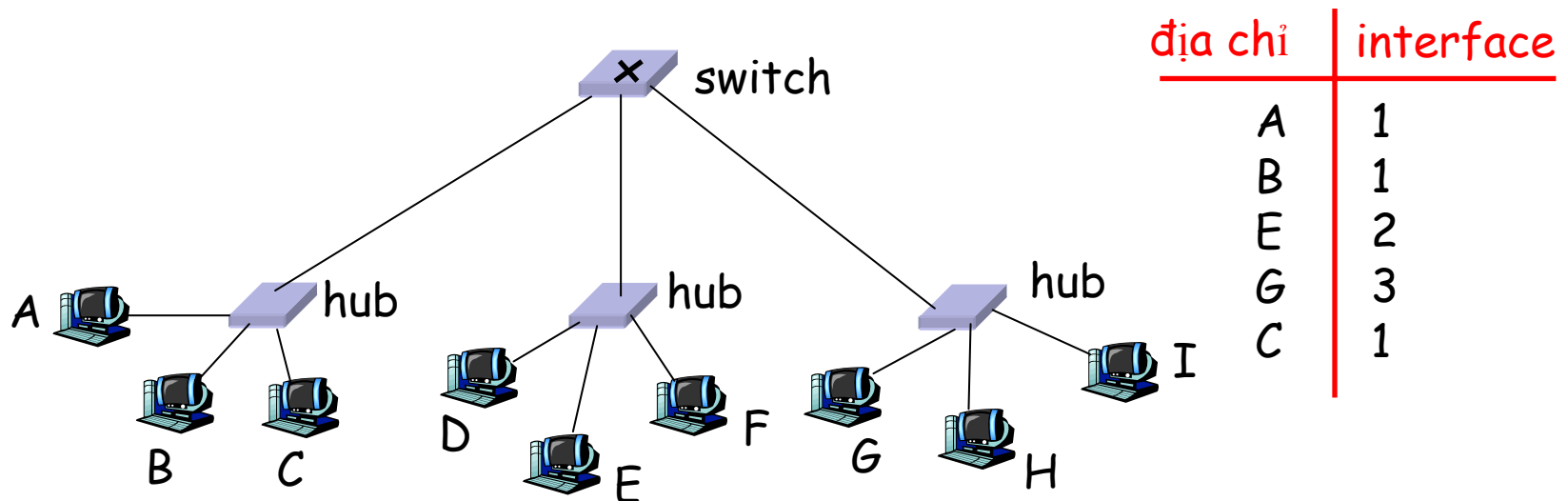
□ Switch nhận frame từ C

- ghi chú trong bảng bridge là C đến từ interface 1
- D không có trong bảng, switch chuyển tiếp frame vào trong interface 2 và 3

□ frame nhận bởi D

Switch: ví dụ

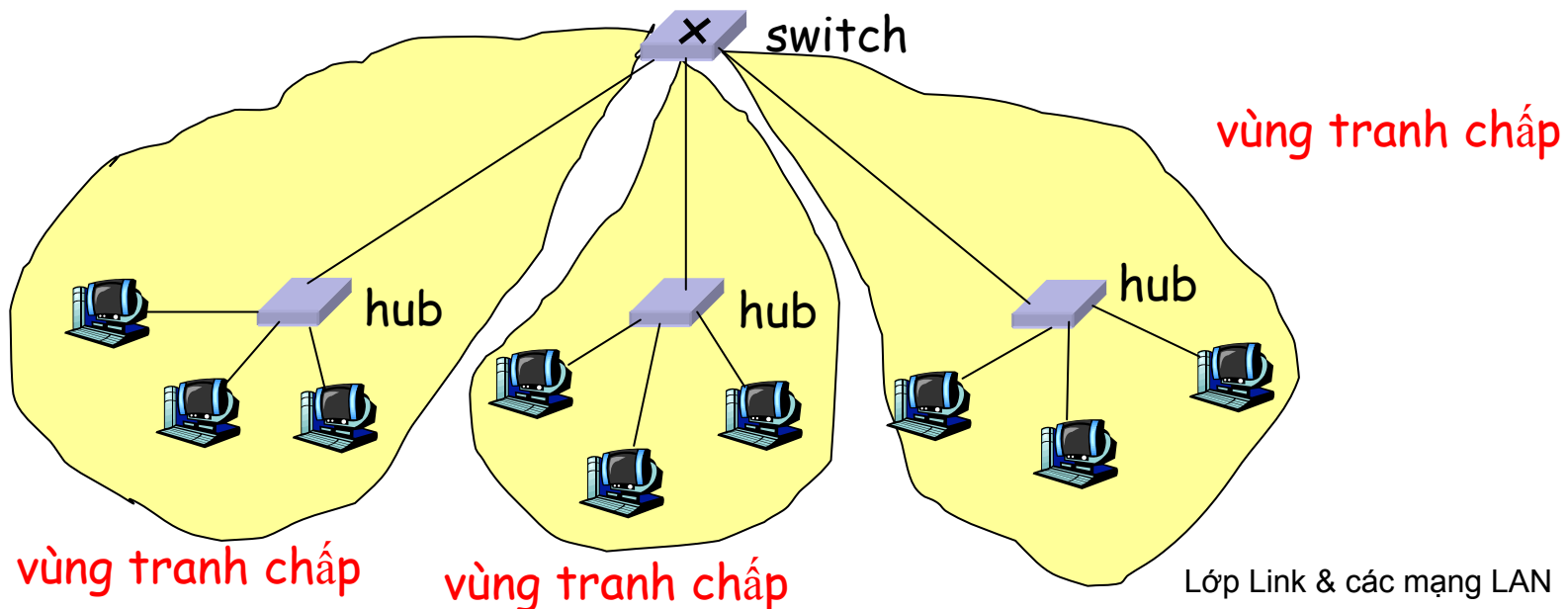
Giả sử D trả lời phản hồi với frame cho C.



- ❑ Switch nhận frame từ D
 - ghi chú trong bảng bridge là D đến từ interface 2
 - vì C có trong bảng, switch chỉ chuyển tiếp frame vào trong interface 1
- ❑ frame nhận bởi C

Switch: lưu thông độc lập

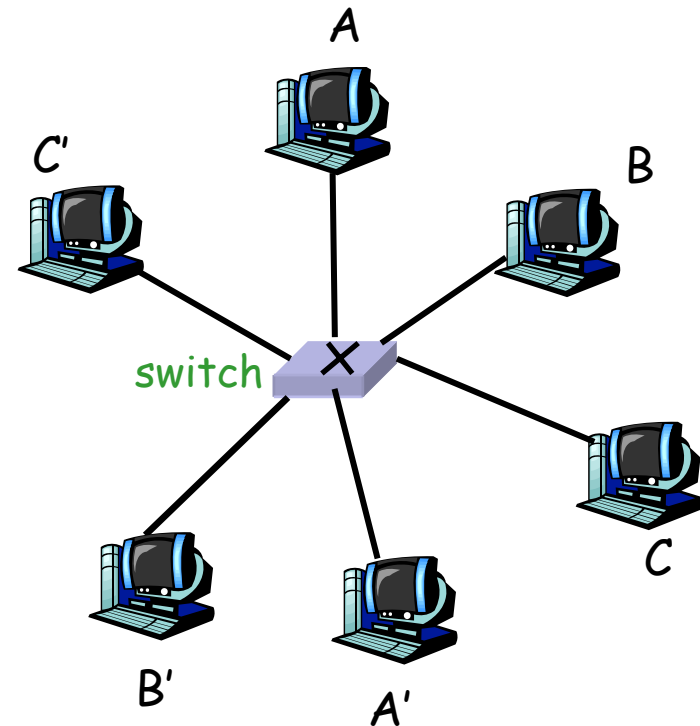
- switch chia subnet thành các đoạn mạng LAN
- switch **lọc** các gói:
 - các frame cùng đoạn LAN thường **KHÔNG** chuyển tiếp lên các đoạn LAN khác
 - các đoạn trở thành các **vùng tranh chấp** riêng biệt



Switch: truy cập độc quyền

- ❑ Switch với nhiều interfaces
- ❑ các host có kết nối trực tiếp với switch
- ❑ không tranh chấp; full duplex

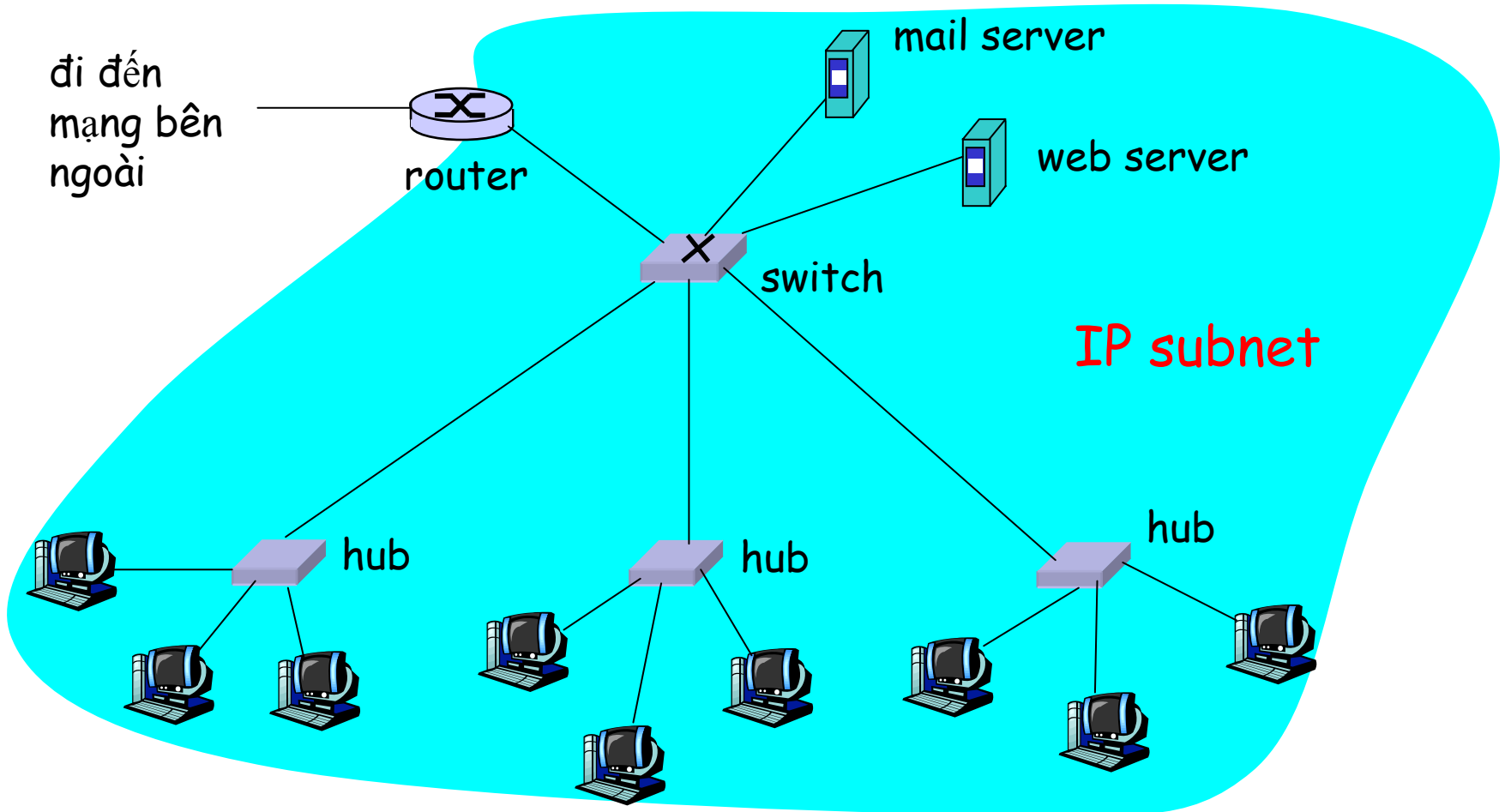
Switching: A-đến-A' và B-đến-B' đồng thời, không có các tranh chấp



những vấn đề khác trên Switch

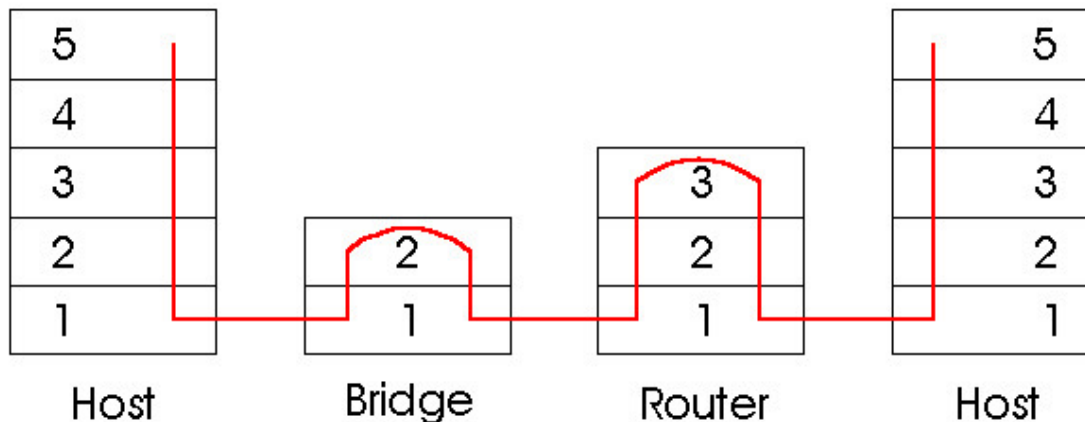
- ❑ **cut-through switching:** frame chuyển tiếp từ port vào đến port ra không cần tập hợp đủ toàn bộ frame đầu tiên
- ❑ kết hợp các interfaces chia sẻ/độc quyền, 10/100/1000 Mbps

Mạng cơ quan



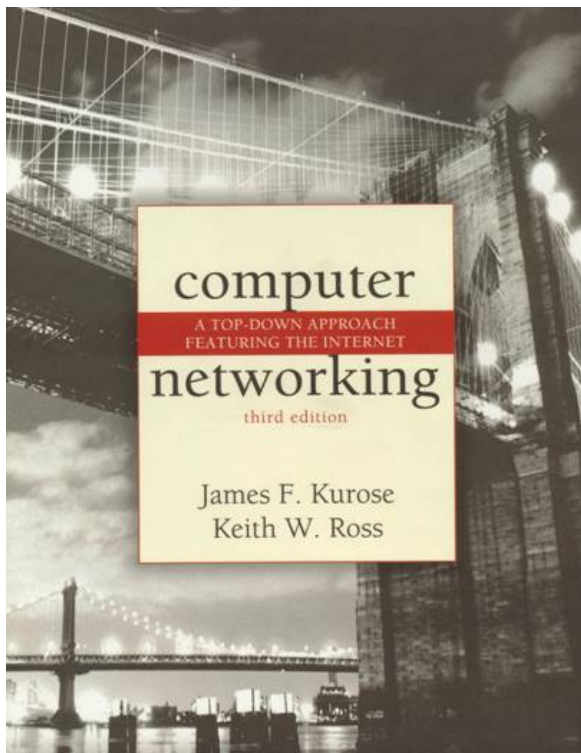
Switches & Routers

- ❑ đều là các thiết bị store-and-forward (lưu giữ & chuyển tiếp)
 - các router: các thiết bị lớp network (xem xét các header lớp network)
 - các switch là các thiết bị lớp link
- ❑ các router duy trì bảng routing, hiện thực các giải thuật routing
- ❑ các switch duy trì các bảng switch, hiện thực các giải thuật lọc, tự học



Tổng kết so sánh

	<u>hubs</u>	<u>routers</u>	<u>switches</u>
traffic isolation	no	yes	yes
plug & play	yes	no	yes
optimal routing	no	yes	no
cut through	yes	no	yes



5.7 PPP

Những yêu cầu thiết kế PPP [RFC 1557]

- ❑ **packet framing:** đóng gói datagram lớp network vào frame lớp data link
 - mang dữ liệu lớp network của bất kỳ giao thức lớp network nào (không chỉ IP) *tại cùng thời điểm*
 - khả năng demultiplex (phân đa kênh) lên lớp trên
- ❑ **bit trong suốt:** phải mang bất kỳ mẫu bit nào trong trường data
- ❑ **phát hiện lỗi** (không sửa lỗi)
- ❑ **kết nối động:** phát hiện, thông báo kết nối lỗi đến lớp network
- ❑ **sự đàm phán địa chỉ lớp network:** mỗi điểm đầu cuối có thể tự học/cấu hình địa chỉ mạng của điểm khác

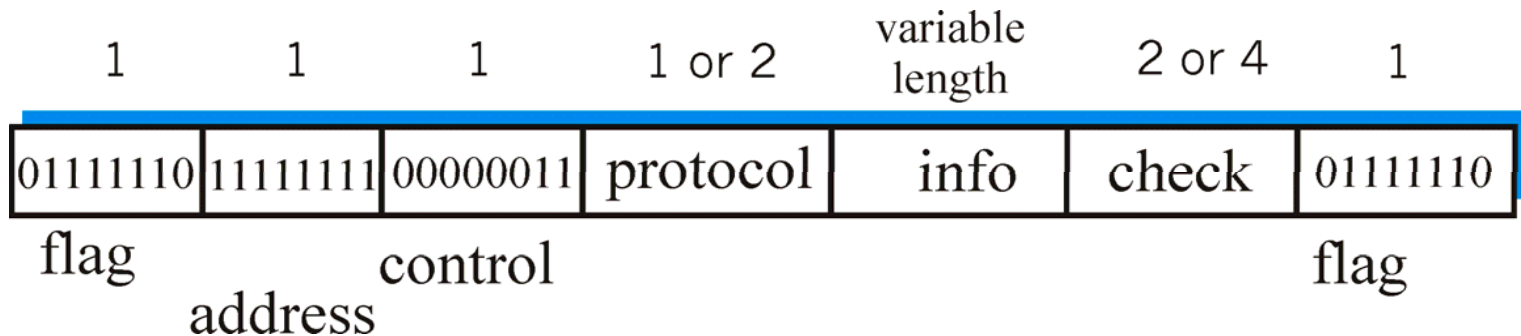
PPP không yêu cầu

- ❑ không sửa/phục hồi lỗi
- ❑ không điều khiển luồng
- ❑ vận chuyển không cần theo thứ tự
- ❑ không cần hỗ trợ các kết nối đa điểm (như polling)

Phục hồi lỗi, điều khiển luồng, sắp thứ tự dữ liệu được ủy nhiệm cho các lớp cao hơn!

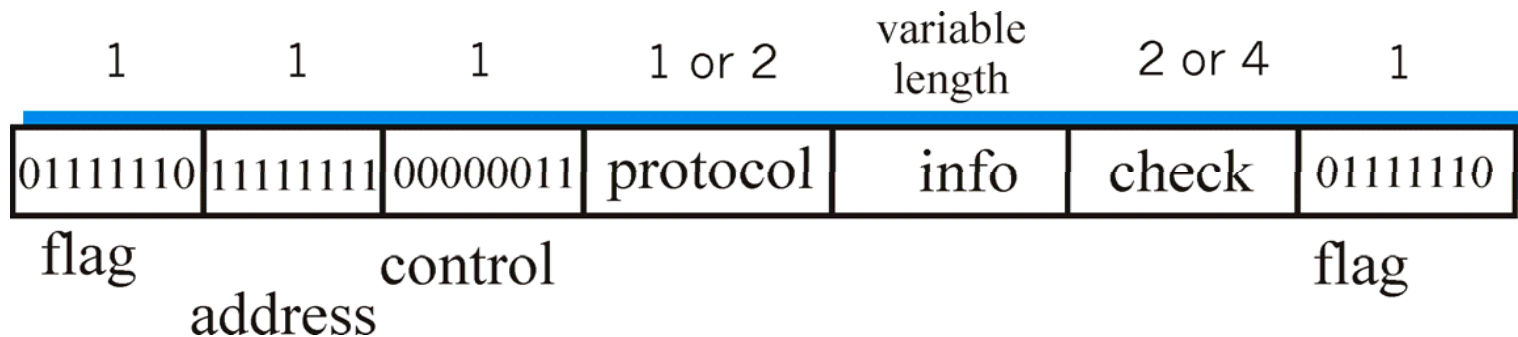
PPP Data Frame

- ❑ **Flag:** tách riêng (framing)
- ❑ **Địa chỉ:** không làm gì cả (chỉ có 1 tùy chọn)
- ❑ **Điều khiển:** không làm gì cả; tương lai có thể có nhiều trường điều khiển
- ❑ **Giao thức:** giao thức lớp trên nơi mà frame sẽ đến (ví dụ: PPP-LCP, IP, IPCP...)



PPP Data Frame

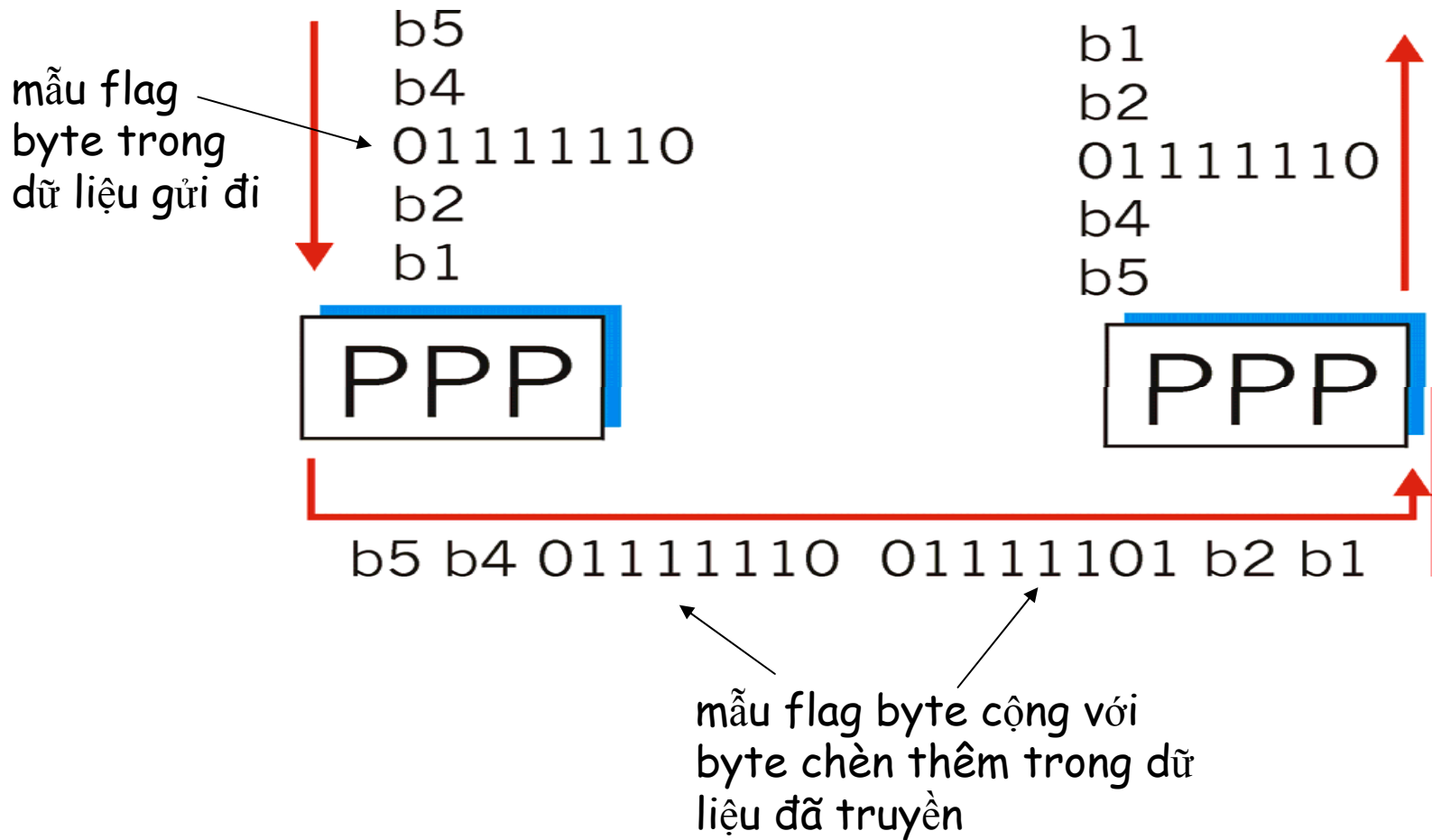
- **thông tin:** dữ liệu lên lớp trên đang được mang đi
- **kiểm tra:** kiểm tra dư thừa theo chu kỳ để phát hiện lỗi



Byte Stuffing (chèn thêm byte)

- ❑ yêu cầu “dữ liệu trong suốt”: trường dữ liệu phải được phép chứa mẫu flag <01111110>
 - Hỏi: nếu nhận <01111110> thì đó là dữ liệu hay flag?
- ❑ Bên gửi: thêm (“stuffs”) byte <01111110> sau mỗi byte dữ liệu <01111110>
- ❑ Bên nhận:
 - hai byte <01111110> trên 1 hàng: hủy byte đầu, tiếp tục nhận dữ liệu
 - chỉ 1 byte <01111110>: flag byte

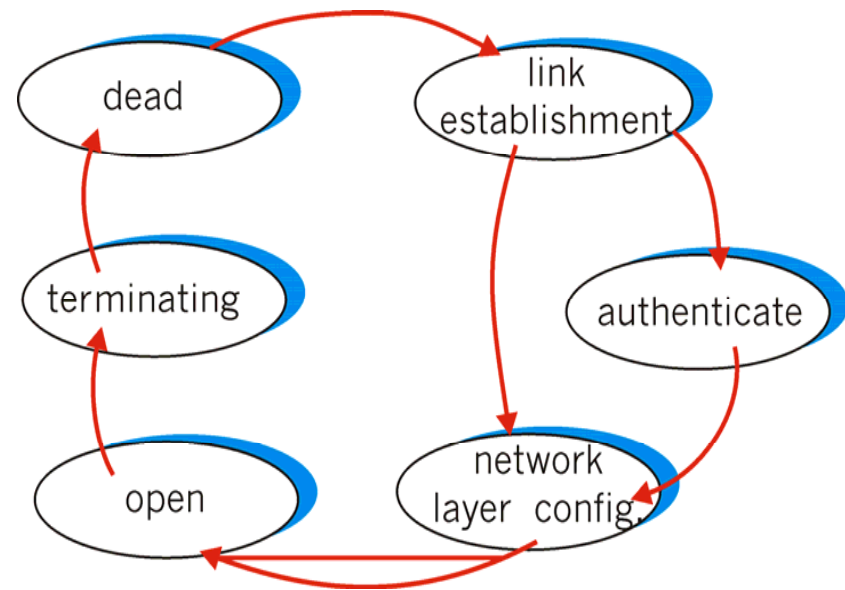
Byte Stuffing

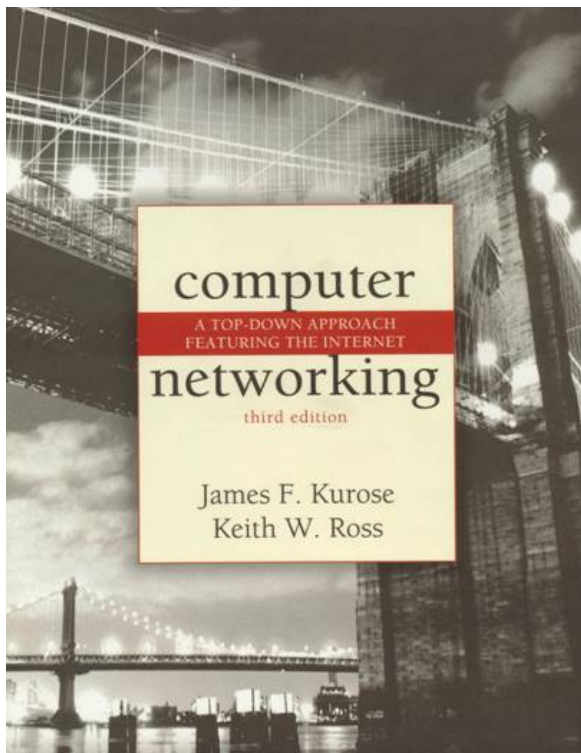


PPP: giao thức điều khiển dữ liệu

Trước khi trao đổi dữ liệu lớp network, các peer của data link phải

- ❑ **cấu hình kết nối PPP** (độ dài frame tối đa, cách chứng thực)
- ❑ thông tin **tự học/cấu hình** lớp network
 - với IP: mang các thông điệp IP Control Protocol (IPCP) (trường giao thức: 8021) để cấu hình/tự học địa chỉ IP





5.8 Link Virtualization: ATM & MPLS

Các mạng ảo

Sự ảo hóa các tài nguyên: một trừu tượng hóa mạnh mẽ trong kỹ thuật hệ thống

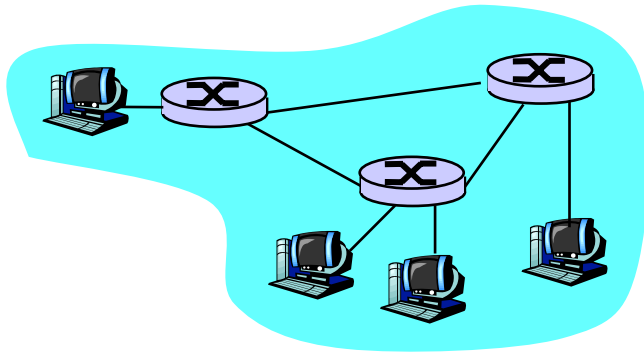
- ví dụ: bộ nhớ ảo, thiết bị ảo
 - máy ảo: như Java
 - hệ điều hành IBM VM xuất hiện từ những năm 1960/1970
- sự phân lớp: không phải lo lắng về những chi tiết, chỉ xử lý trừu tượng hóa những lớp thấp hơn

Internet: Các mạng ảo

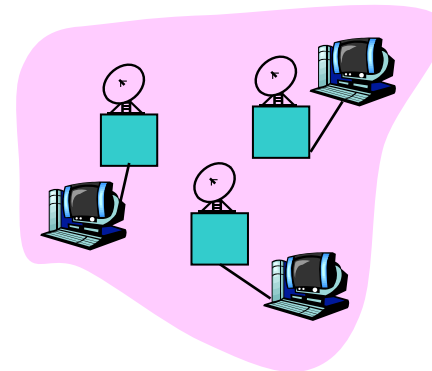
1974: nhiều mạng không kết nối ... sự khác biệt:
với nhau

- ARPAnet
- các mạng truyền dữ liệu trên cáp
- mạng chuyển gói vệ tinh (Aloha)
- mạng chuyển gói radio

- các quy ước định địa chỉ
- các dạng thức gói tin
- phục hồi lỗi
- routing



ARPAnet



mạng vệ tinh

"A Protocol for Packet Network Intercommunication",
V. Cerf, R. Kahn, IEEE Transactions on Communications,
May, 1974, pp. 637-648.

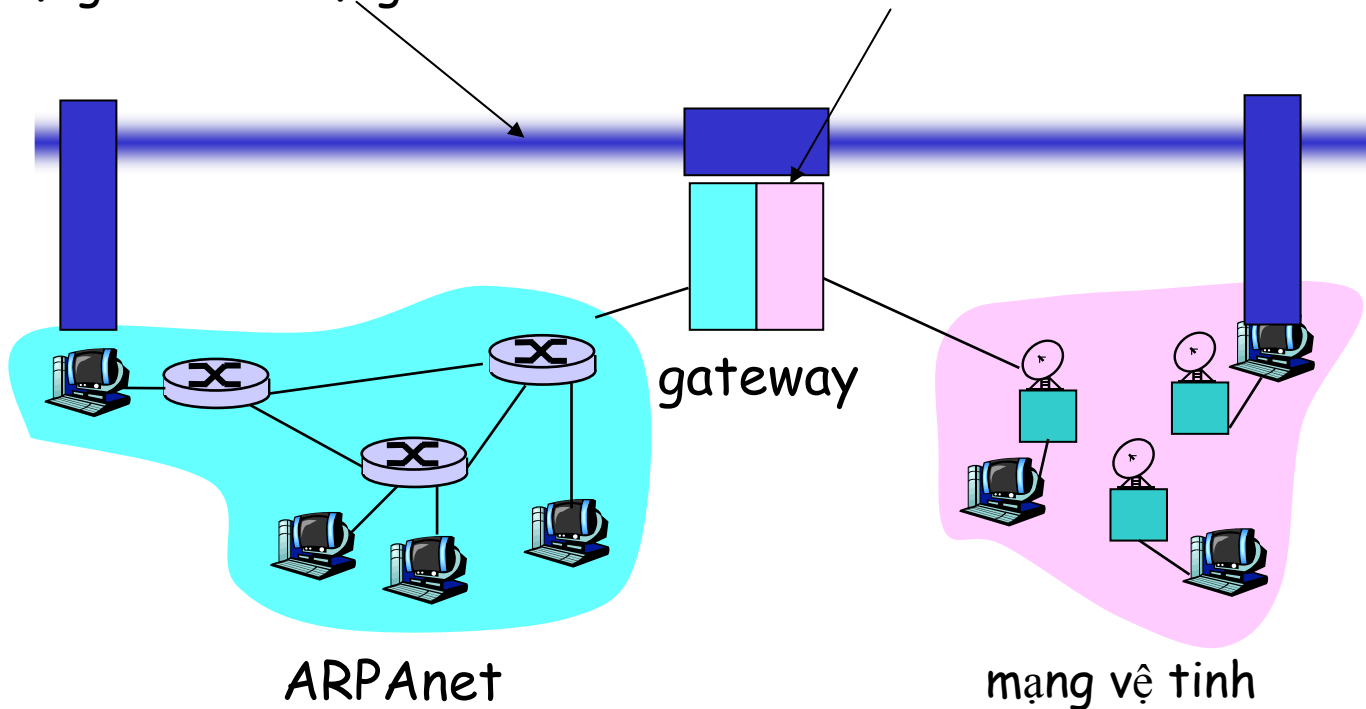
Internet: Các mạng ảo (tt)

lớp Internetwork (IP):

- định địa chỉ: Internet xuất hiện như một thực thể đồng nhất bất chấp sự hỗn tạp của mạng cục bộ bên dưới
- mạng của các mạng

Gateway:

- "nhúng các gói Internet theo dạng thức gói cục bộ hoặc khai thác chúng"
- dẫn đường (mức Internet) đến gateway kế tiếp



Kiến trúc Internet của Cerf & Kahn

Sự ảo là gì?

- ❑ 2 lớp định địa chỉ: mạng Internet và mạng cục bộ
 - ❑ lớp mới (IP) làm cho mọi thứ trở nên đồng nhất tại lớp internet
 - ❑ công nghệ mạng cục bộ bên dưới
 - cáp
 - vệ tinh
 - modem điện thoại 56K
 - ngày nay: ATM, MPLS
- ...“không nhìn thấy” tại lớp internet. chỉ xem như công nghệ lớp data link

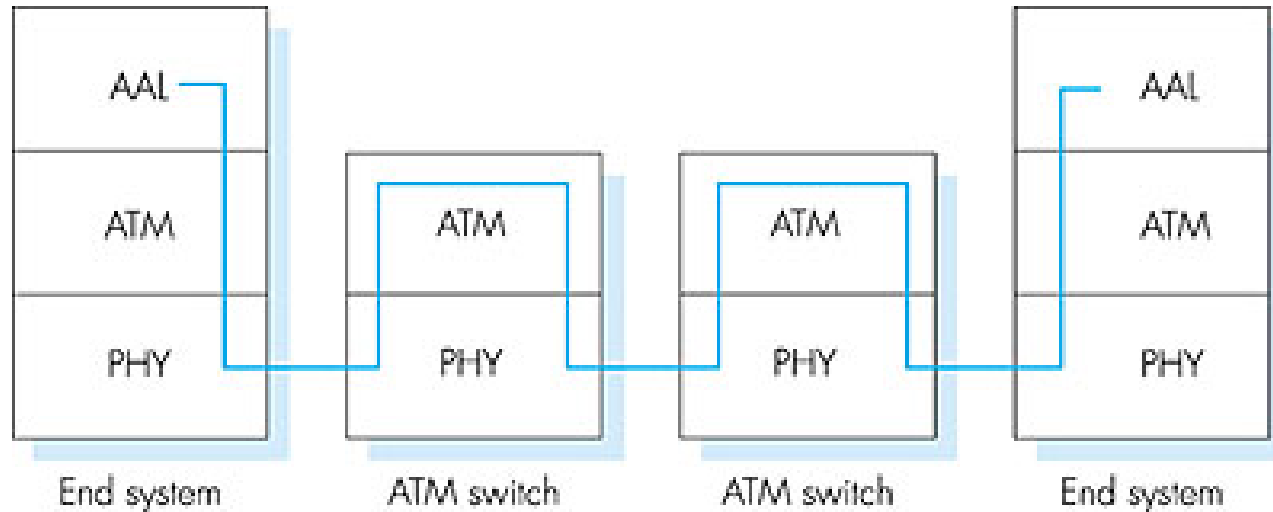
ATM & MPLS

- ❑ ATM, MPLS chia các mạng theo quyền hạn của chúng
 - các mô hình dịch vụ, định địa chỉ, dẫn đường khác nhau từ Internet
- ❑ được Internet xem như các router IP kết nối logic
 - giống như kết nối dial-up là một phần thực tế của mạng riêng biệt (mạng điện thoại)

Asynchronous Transfer Mode: ATM

- ❑ Chuẩn trong những năm 1990/2000 cho tốc độ cao (155Mbps đến 622 Mbps và có thể cao hơn), kiến trúc *Broadband Integrated Service Digital Network*
- ❑ Mục tiêu: *tích hợp, chuyển vận giữa các thiết bị đầu cuối dữ liệu, giọng nói, video*
 - các yêu cầu chất lượng dịch vụ/thời gian thực của tiếng nói, video (khác với Internet là mô hình hướng đến hiệu quả cao nhất)
 - “thế hệ kế tiếp” của điện thoại
 - chuyển gói (các gói có độ dài cố định, gọi là các “cell”) dùng các mạch ảo

kiến trúc ATM



- ❑ **lớp tiếp xúc:** chỉ ở mức ngoài của mạng ATM
 - phân đoạn/tổng hợp dữ liệu
 - tương đối giống với lớp transport của Internet
- ❑ **lớp ATM:** lớp "network"
 - chuyển và dẫn đường cell
- ❑ **lớp physical**

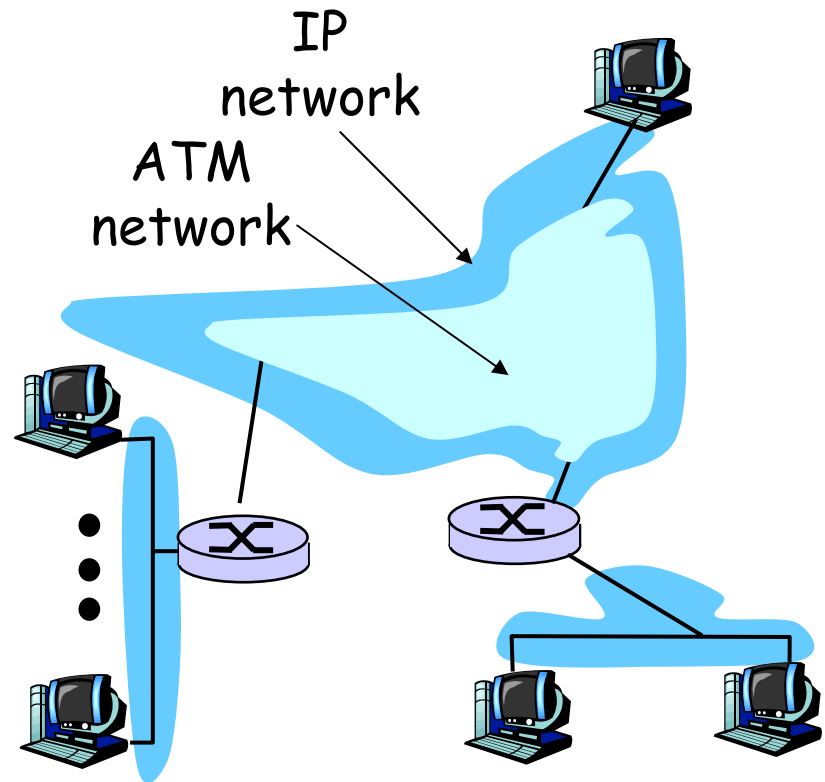
ATM: lớp network hay lớp link?

Quan sát: vận chuyển giữa
2 thiết bị đầu cuối:
"ATM từ desktop đến
desktop"

- *ATM là một công nghệ mạng*

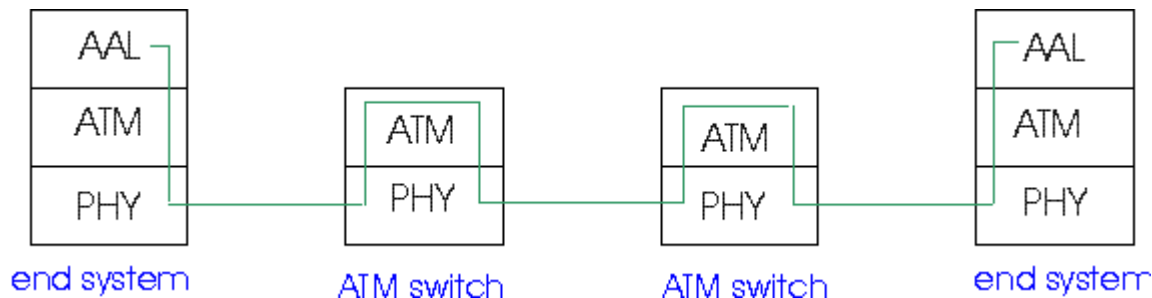
Thực tế: dùng để kết nối
các router IP
backbone

- "IP trên ATM"
- ATM như lớp kết nối, liên kết các IP router



ATM Adaptation Layer (AAL)

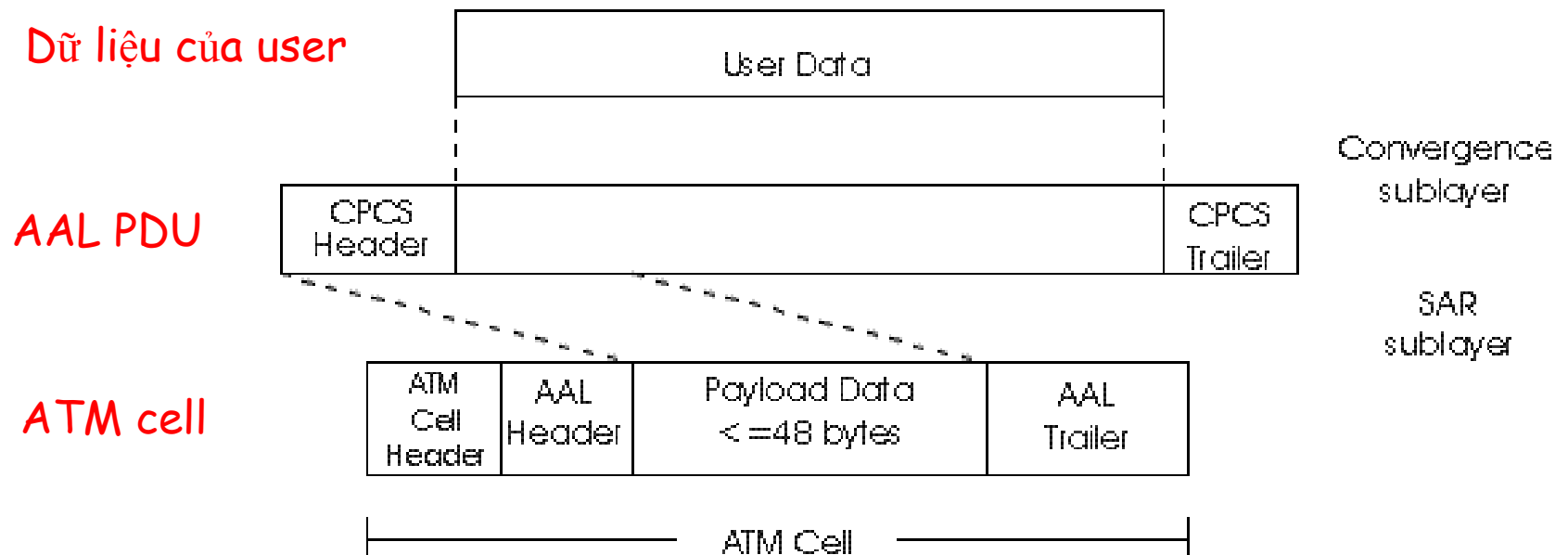
- ❑ **ATM Adaptation Layer (AAL):** “tiếp xúc” các lớp trên (IP hoặc các ứng dụng ATM thực tế) đến lớp ATM bên dưới
- ❑ AAL xuất hiện **chỉ trong các hệ thống đầu cuối**, không có trong các switch
- ❑ đoạn của lớp AAL (các trường header/trailer, dữ liệu) phân mảnh thành các cell ATM
 - tương tự: đoạn TCP trong nhiều gói IP



ATM Adaptation Layer (AAL) [tt]

Có nhiều phiên bản khác nhau của lớp AAL, phụ thuộc vào lớp dịch vụ ATM

- ❑ **AAL1**: cho các dịch vụ CBR (Constant Bit Rate) như giả lập mạch
- ❑ **AAL2**: cho VBR (Variable Bit Rate) như MPEG video
- ❑ **AAL5**: cho dữ liệu (như IP datagrams)



Lớp ATM

Dịch vụ: vận chuyển các cells xuyên qua mạng ATM network

Kiến trúc mạng	Mô hình dịch vụ	Bảo đảm?			Phản hồi tắc nghẽn	
		Bandwidth	M. mát	Thứ tự		
Internet	h.suất tốt nhất	không	không	không	không (→ từ mất mát)	
ATM	CBR	tốc độ không đổi	có	có	có	không tắc nghẽn
ATM	VBR	tốc độ bảo đảm	có	có	có	không tắc nghẽn
ATM	ABR	bảo đảm tối thiểu	không	có	không	có
ATM	UBR	không	không	có	không	không

Lớp ATM: các mạch ảo

- ❑ **Vận chuyển trên mạch ảo:** các cell lan truyền từ nguồn đến đích trên mạch ảo
 - thiết lập cuộc gọi, chia nhỏ trước khi dữ liệu có thể truyền
 - mỗi gói lan truyền trên mạch ảo xác định (không ID đích)
 - mọi switch trên đường đi từ nguồn đến đích duy trì "trạng thái" cho mỗi kết nối đã qua
 - các tài nguyên kết nối, switch (bảng thông, các bộ đệm) có thể được cấp phát cho mạch ảo
- ❑ **Permanent VCs (PVCs) - các mạch ảo bền vững**
 - những kết nối bền vững thời gian dài
 - tiêu biểu: dẫn đường "bền vững" giữa các IP router
- ❑ **Switched VCs (SVC) - các mạch ảo chuyển hướng**
 - linh hoạt thiết lập dựa trên cơ sở mỗi cuộc gọi

Lớp ATM: các mạch ảo

❑ Những thuận lợi của cách tiếp cận mạch ảo ATM:

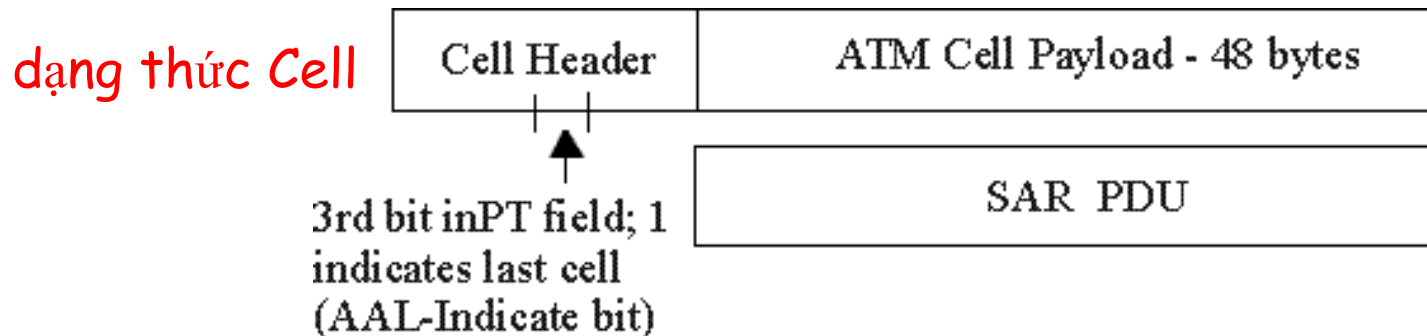
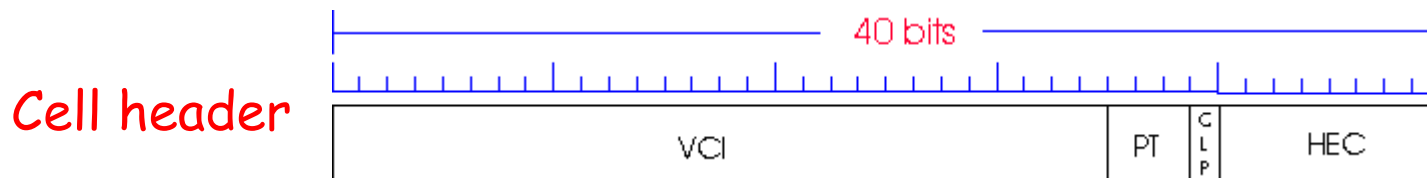
- hiệu suất, chất lượng dịch vụ được bảo đảm cho kết nối đã ánh xạ với mạch ảo (băng thông, độ trễ, sự biến động độ trễ)

❑ Những hạn chế của cách tiếp cận mạch ảo ATM:

- Không đủ sự hỗ trợ cần thiết cho lưu thông datagram
- mỗi kết nối cần thiết giữa cặp nguồn/đích → không mở rộng được (cần đến N^2)
- SVC đưa ra latency thiết lập cuộc gọi, xử lý các kết nối thời gian ngắn

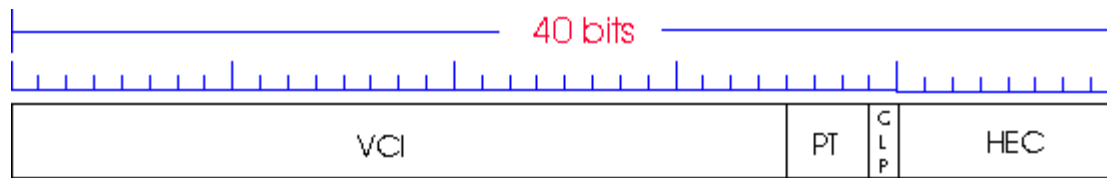
Lớp ATM: ATM cell

- ❑ byte ATM cell header
- ❑ 48-byte cần tải
 - Tại sao? tải nhỏ → độ trễ khi tạo cell ngắn (khi số hóa giọng nói)
 - nửa khoảng từ 32 đến 64 (thỏa thuận!)



ATM cell header

- ❑ **VCI:** virtual channel ID
 - sẽ thay đổi từ kết nối đến kết nối thông qua mạng
- ❑ **PT:** kiểu tải (như cell RM với cell dữ liệu)
- ❑ **CLP:** Cell Loss Priority bit
 - CLP = 1 thể hiện cell có độ ưu tiên thấp, có thể hủy bỏ nếu tắc nghẽn
- ❑ **HEC:** Header Error Checksum
 - kiểm tra sự dư thừa theo chu kỳ



ATM: lớp Physical (tt)

2 mảnh (lớp con) của lớp physical

- ❑ **Transmission Convergence Sublayer (TCS)**: tiếp xúc giữa lớp ATM trên
- ❑ **Physical Medium Dependent (PMD)**: phụ thuộc vào phương tiện vật lý sẽ dùng

Các chức năng TCS:

- sinh ra Header **checksum**: 8 bits CRC
- **mô tả sơ lược** cell
- với lớp con "không cấu trúc" PMD, chỉ truyền các **cell rảnh rỗi** khi không có cell dữ liệu nào phải truyền

ATM: lớp Physical (tt)

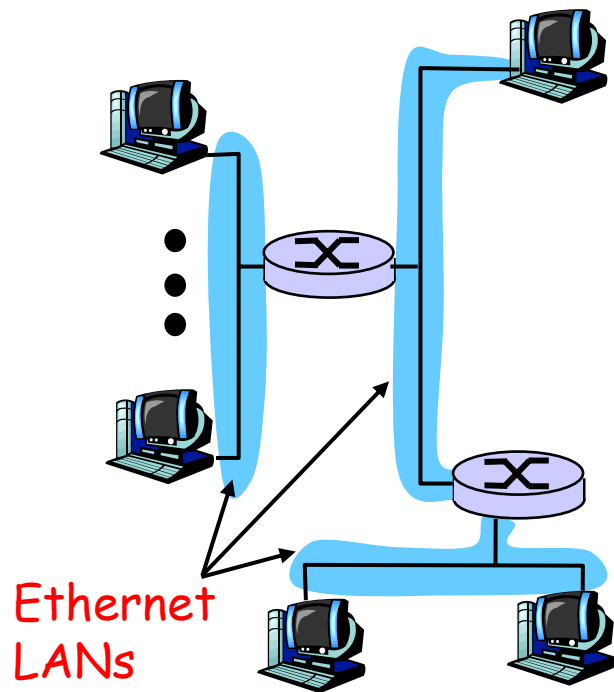
Physical Medium Dependent (PMD)

- **SONET/SDH:** truyền cấu trúc frame
 - đồng bộ bit
 - phân hoạch băng thông (TDM);
 - tốc độ: OC3 = 155.52 Mbps; OC12 = 622.08 Mbps; OC48 = 2.45 Gbps, OC192 = 9.6 Gbps
- **TI/T3:** truyền cấu trúc frame (kiến trúc điện thoại cũ): 1.5 Mbps/ 45 Mbps
- **không cấu trúc:** chỉ các cell (bận/rảnh)

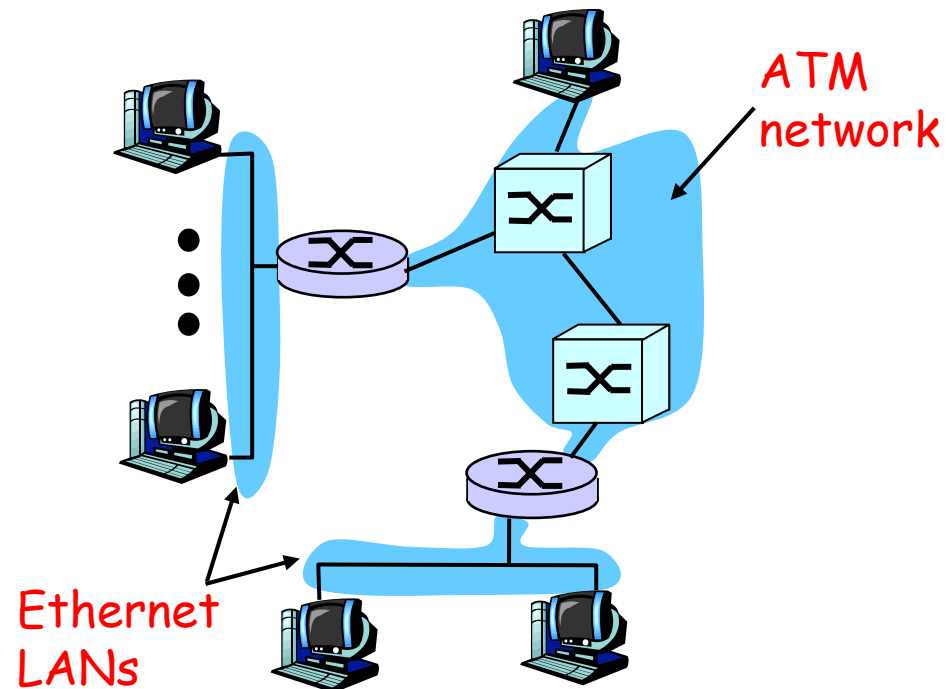
IP-trên-ATM

Chỉ có IP cổ điển

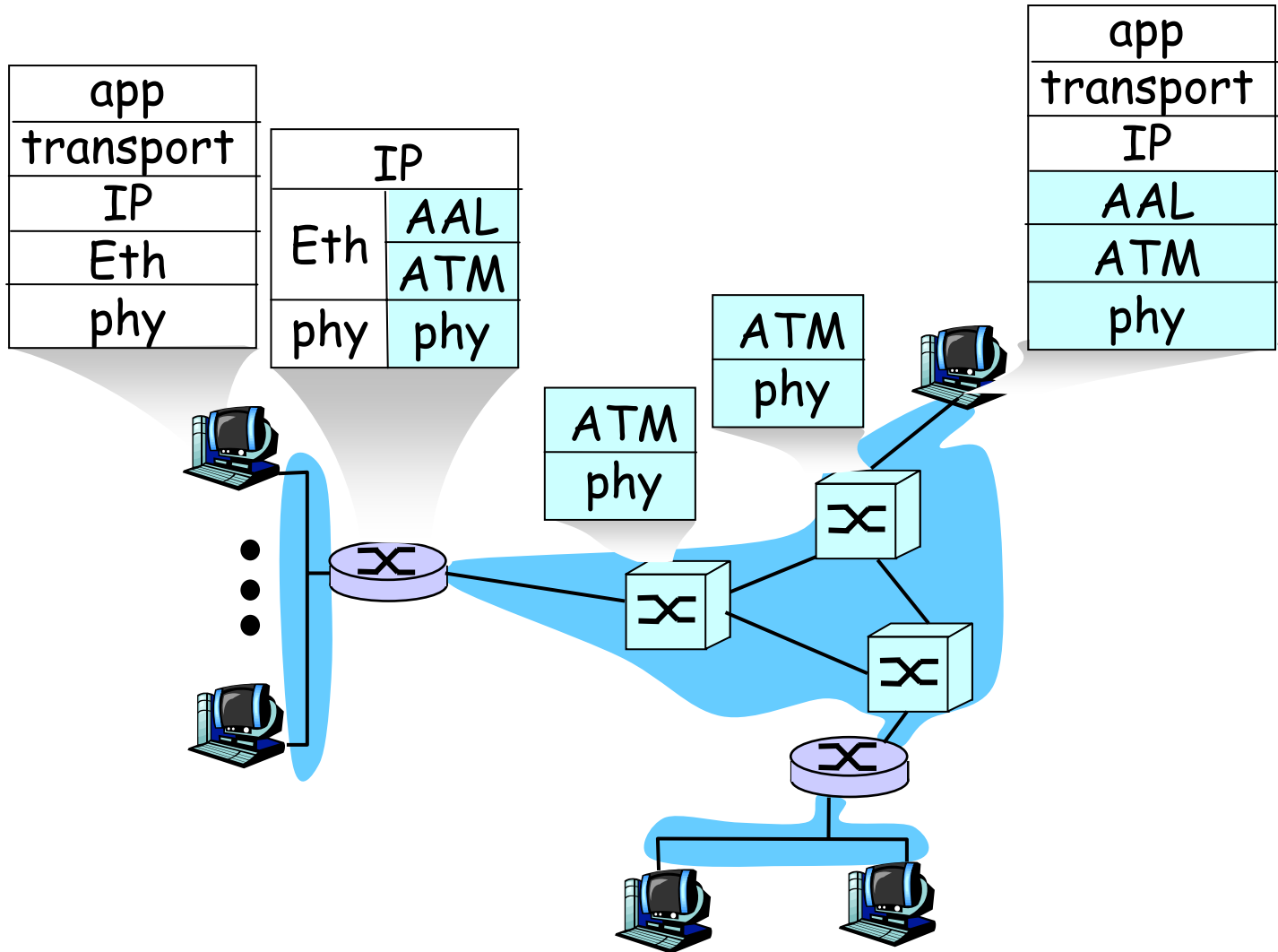
- ❑ 3 "mạng" (như các đoạn LAN)
- ❑ MAC (802.3) và các địa chỉ IP



- ❑ IP-trên-ATM thay thế "mạng" (như các đoạn LAN) với mạng ATM
- ❑ các địa chỉ ATM, địa chỉ IP



IP-trên-ATM



Đường đi của Datagram trong mạng IP-trên-ATM

□ tại Host nguồn:

- lớp IP ánh xạ giữa địa chỉ IP, ATM đích (dùng ARP)
- chuyển datagram cho AAL5
- AAL5 đóng gói các cell dữ liệu, đoạn → chuyển cho lớp ATM

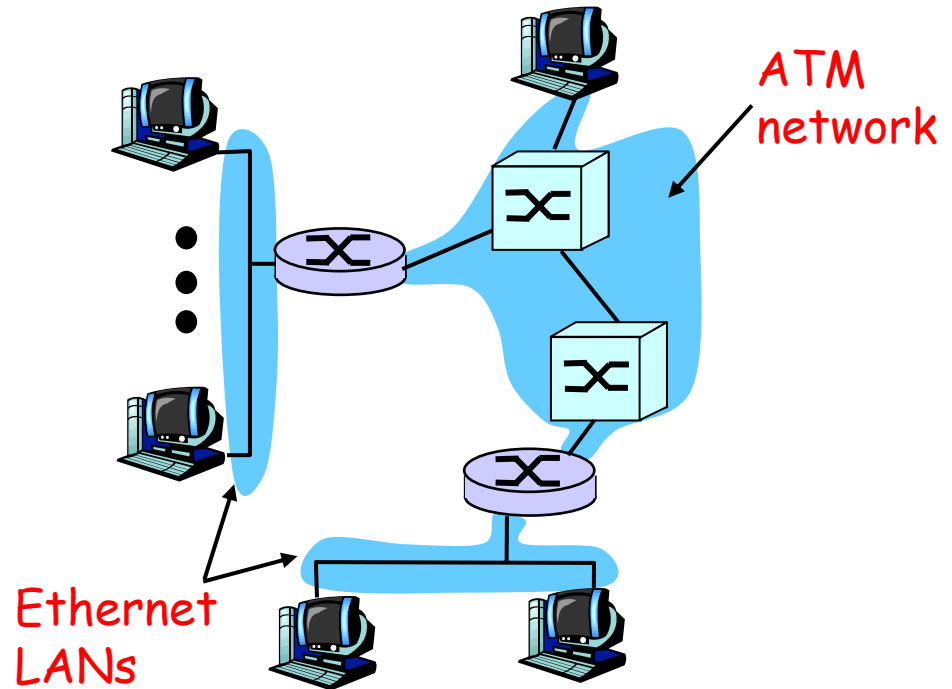
□ mạng ATM: di chuyển các cell dọc theo mạng ảo đến đích

□ tại Host đích:

- AAL5 tổng hợp các cell thành datagram nguyên thủy
- nếu kiểm tra CRC là tốt thì datagram chuyển cho IP

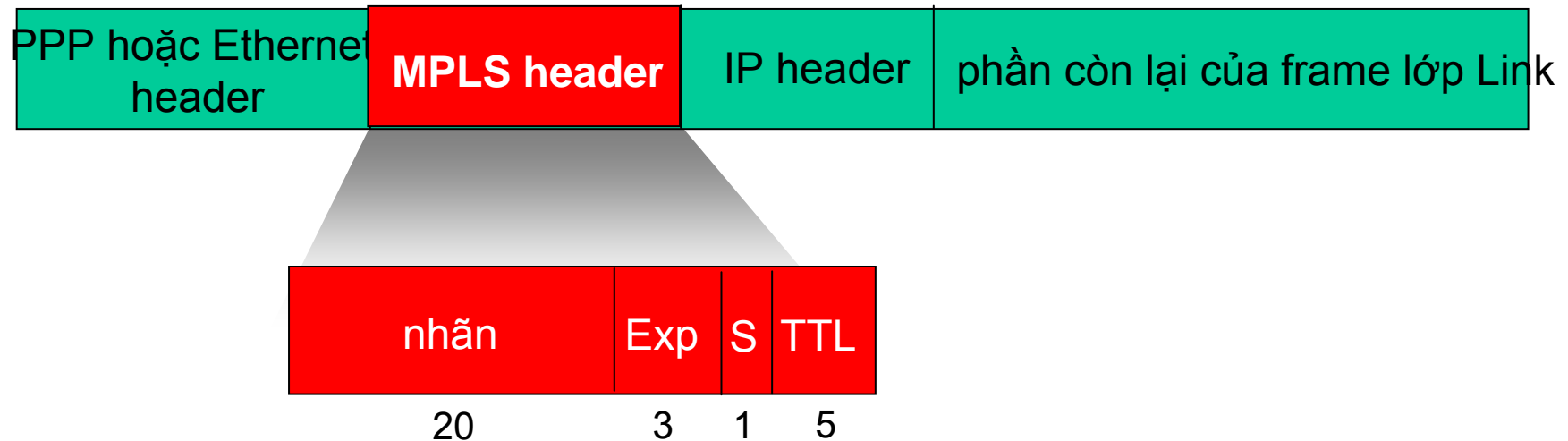
IP-trên-ATM

- ❑ các datagram IP đi tiếp vào các ATM AAL5 PDU
- ❑ từ các địa chỉ IP thành các địa chỉ ATM
 - giống các địa chỉ IP thành các địa chỉ 802.3 MAC!



Multiprotocol label switching (MPLS)

- ❑ mục tiêu ban đầu: tăng tốc chuyển IP bằng cách dùng nhãn độ dài cố định (thay cho địa chỉ IP)
 - dựa trên các ý tưởng từ cách tiếp cận mạng ảo
 - nhưng datagram IP vẫn giữ địa chỉ IP



Các router có khả năng MPLS

- ❑ nghĩa là các router có khả năng chuyển nhãn
- ❑ chuyển tiếp các gói đến interface đi ra chỉ dựa trên giá trị nhãn (không xem xét địa chỉ IP)
 - bảng forwarding MPLS khác với bảng forwarding IP
- ❑ giao thức chuyển tín hiệu cần để thiết lập chuyển tiếp
 - RSVP-TE
 - chuyển tiếp có thể dọc theo những đường mà IP không được phép dùng riêng (như: dẫn đường có nguồn xác định)
 - dùng MPLS cho kỹ thuật lưu thông
- ❑ phải cùng tồn tại với các router chỉ dùng IP

các bảng forwarding MPLS

