

Mạng máy tính

ThS. Đoàn Thị Quế

Email: dtque@tlu.edu.vn

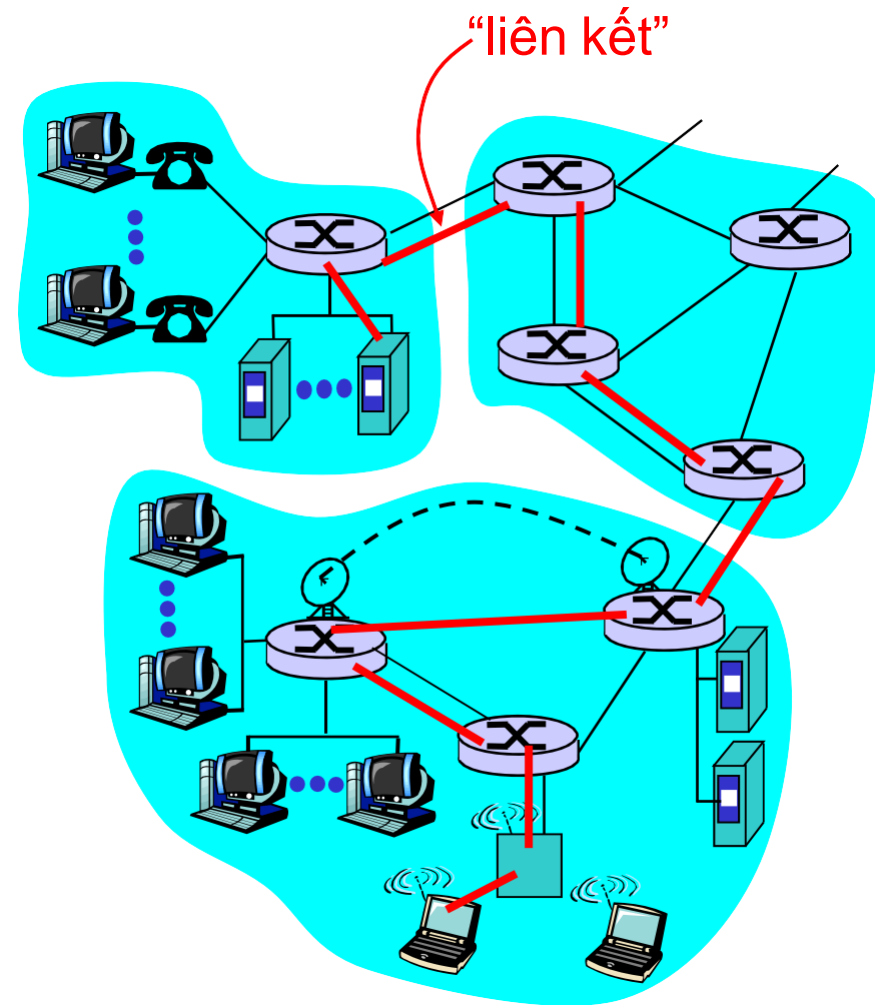
Chương 5: Tầng liên kết

1. Giới thiệu
2. Điều khiển lỗi
3. Điều khiển truy nhập đường truyền
4. LAN
 - Địa chỉ MAC và ARP
 - Ethernet
 - Hub, Bridge, Switch
5. WLAN

Tầng liên kết dữ liệu: Giới thiệu

Một số thuật ngữ:

- ❑ host và router: **nút**
- ❑ Kênh truyền thông kết nối giữa hai nút liên tiếp dọc theo đường truyền thông gọi là **liên kết (link)**
 - Liên kết có dây
 - Liên kết không dây
- ❑ Truyền bán song công (half duplex) và song công (full duplex)
 - **Full duplex**: các nút tại cả hai điểm cuối của liên kết có thể đồng thời truyền dữ liệu
 - **Half duplex**: các nút tại cả hai điểm cuối của liên kết có thể truyền dữ liệu nhưng không tại cùng thời điểm
- ❑ Các gói tin tầng 2 gọi là **khung (frame)**



Tầng liên kết dữ liệu có vai trò truyền các datagram từ một nút tới nút kế qua một liên kết

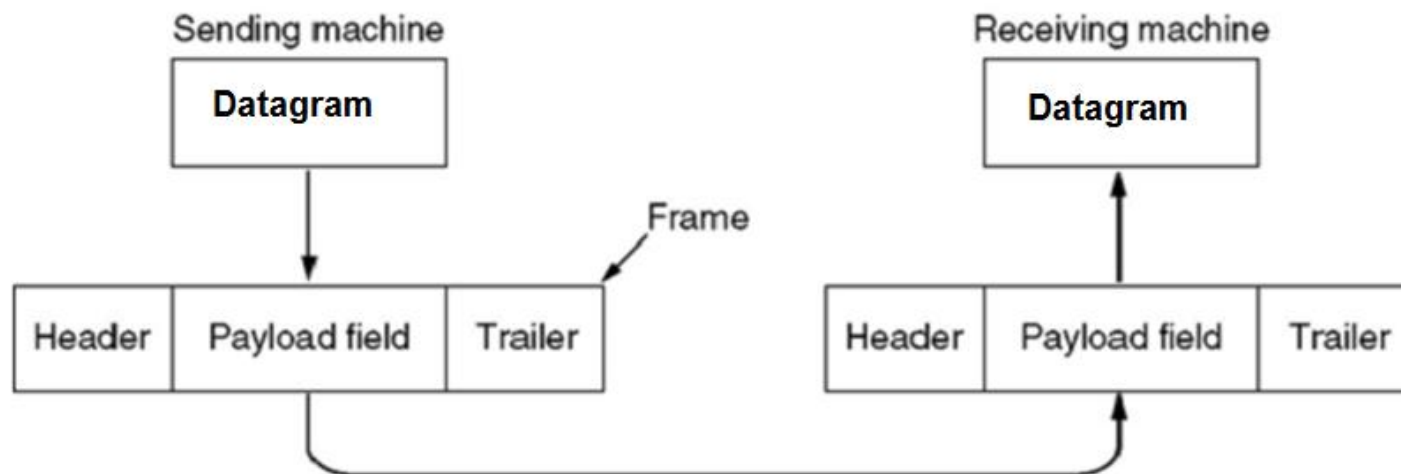
Các dịch vụ tầng liên kết dữ liệu

- ❑ Đóng gói (Framing)
- ❑ Địa chỉ hóa (Addressing)
- ❑ Điều khiển truy nhập đường truyền (Media Access Control)
- ❑ Điều khiển luồng (Flow Control)
- ❑ Điều khiển lỗi (Error Control)

Các dịch vụ tầng liên kết dữ liệu

❑ Đóng gói (framing)

- Đơn vị dữ liệu: Frame (khung tin)
- Bên gửi: đặt gói tin tầng mạng (datagram) vào khung tin, thêm phần đầu (header), phần đuôi (trailer)
- Bên nhận: Bỏ phần đầu, phần đuôi và lấy gói tin truyền lên tầng mạng



Các dịch vụ tầng liên kết dữ liệu

❑ Địa chỉ hóa (Addressing)

- Địa chỉ vật lý (MAC) đặt trong header của khung tin để định danh nút nguồn, nút đích

❑ Điều khiển truy nhập đường truyền (Media Access Control)

- Nếu liên kết dùng chung, cần có giao thức truy nhập đường truyền cho nhiều máy trạm

❑ Điều khiển luồng (Flow Control)

- Kiểm soát tốc độ truyền của bên gửi sao cho bên nhận không bị quá tải

❑ Điều khiển lỗi (Error Control)

- Nhiều bit trong khung tin bị lỗi
- Cần phát hiện và sửa các bit lỗi

Bộ điều hợp (adapter)



- ❑ Tầng liên kết dữ liệu được cài đặt trong “adapter”
 - Là bo mạch có giao diện ghép nối (interface) với máy tính và giao diện ghép nối với đường truyền
 - Adapter thường được gọi là card giao tiếp mạng hay gọi tắt là card mạng (NIC-Network Interface Card)
 - Mỗi NIC có một mã duy nhất gọi là địa chỉ MAC (Media Access Control)

Chương 5: Tầng liên kết

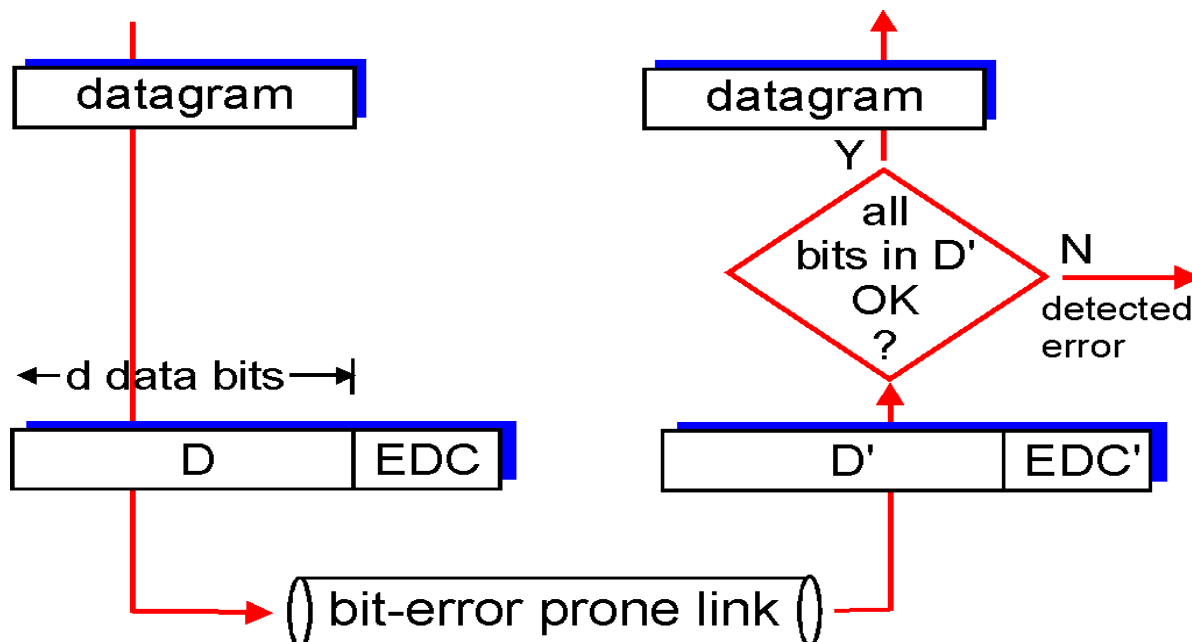
1. Giới thiệu
2. Điều khiển lỗi
3. Điều khiển truy nhập đường truyền
4. LAN
 - Địa chỉ MAC và ARP
 - Ethernet
 - Hub, Bridge, Switch
5. WLAN

Phát hiện lỗi

EDC= Error Detection and Correction bits (phần dôi thừa)

D = Dữ liệu được bảo vệ bằng kiểm tra lỗi, có thể bao gồm các trường header

- Phát hiện lỗi không bảo đảm 100%
 - Giao thức có thể không phát hiện ra một số lỗi nhưng tỷ lệ rất thấp
 - Trường EDC càng lớn thì phát hiện và sửa lỗi càng tốt



Kiểm tra tính chẵn lẻ

□ Bên gửi

- Dữ liệu ban đầu: chuỗi D
- Dữ liệu thêm vào: 1 bit, kí hiệu P (Parity)
- Dữ liệu truyền đi $\langle D, P \rangle$
- Thêm P để đảm bảo tổng số bit “1” trong chuỗi truyền đi là số chẵn (lẻ)

□ Bên nhận

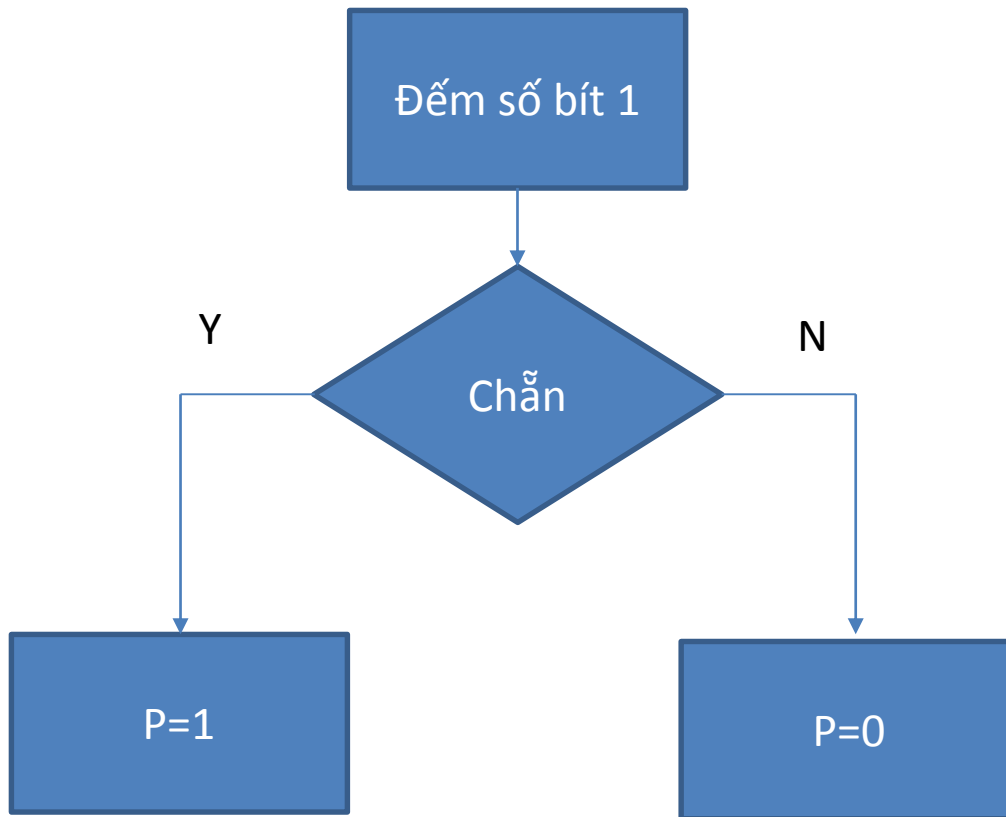
- Nếu tổng số bit “1” trong chuỗi dữ liệu nhận được là số chẵn (lẻ) thì dữ liệu nhận được không có lỗi
- Chỉ phát hiện được lỗi khi tổng số bit bị lỗi là số lẻ

Ví dụ: Kiểm tra lẻ

Tổng số bit 1 phải là số lẻ

Bên gửi

D = 0 1 1 0 1 0 1 1



Dữ liệu truyền đi = 0 1 1 0 1 0 1 1 0

Bên nhận

0 1 1 0 1 0 1 1 0 Đúng

1 1 1 0 1 0 1 1 0 Sai

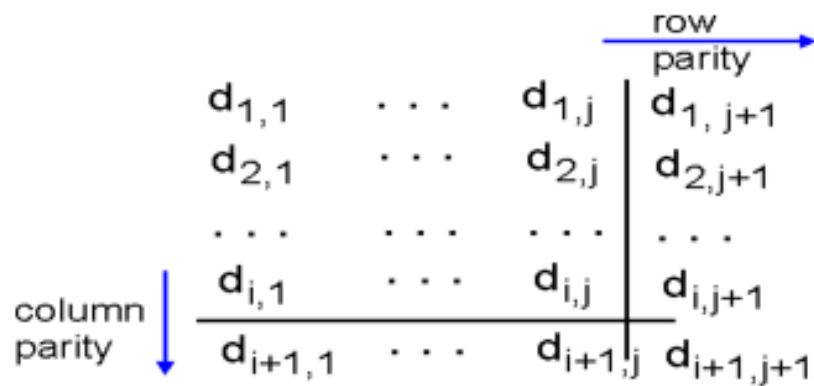
0 0 1 0 0 0 1 1 1 Sai

1 0 1 0 1 0 1 1 0 ?

Kiểm tra tính chẵn lẻ

Bít chẵn lẻ 2 chiều:

Phát hiện và *sửa* một bít lỗi



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

parity error

parity error

Internet checksum

Mục đích: Phát hiện lỗi trong segment đã truyền (Chú ý: *chỉ* sử dụng tại tầng giao vận)

Bên gửi:

- ❑ Xem xét nội dung của các segment như một chuỗi các số nguyên 16 bit
- ❑ checksum: tổng (bù 1) của nội dung segment
- ❑ Bên gửi đặt giá trị checksum vào trong trường checksum của Segment

Bên nhận:

- ❑ Tổng tất cả theo các chuỗi 16 bit (kể cả checksum)
- ❑ Phải thu được toàn các bit 1
- ❑ Nếu không, gói tin bị lỗi

Checksumming: Cyclic Redundancy Check (CRC)

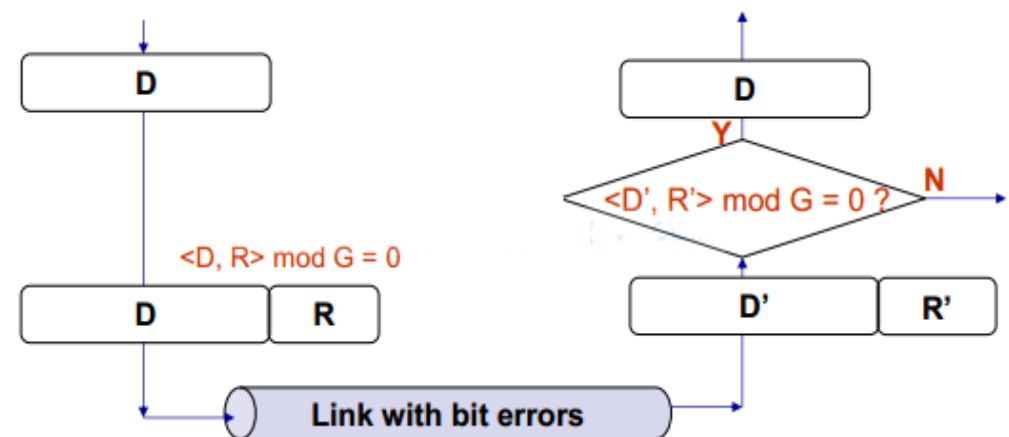
Mã vòng

□ Bên gửi:

- Chuỗi dữ liệu ban đầu D : d bit, được coi như một số nhị phân
- Chuỗi bit thêm vào R : r bit, R được sinh ra từ chuỗi sinh G
- Chọn một chuỗi sinh G (Generator) gồm: $r+1$ bit
- Chuỗi truyền đi là chuỗi ghép giữa D và R
 - Kí hiệu: $\langle D, R \rangle$ là chuỗi ghép của D và R , gồm $d + r$ bit
- Mục tiêu:
 - Tìm một chuỗi R độ dài r bit, sao cho chuỗi ghép $\langle D, R \rangle$ là một số nhị phân chia hết cho G (chia module 2)

□ Bên nhận:

- Biết G
- Chuỗi nhận được là $\langle D', R' \rangle$
- Chia $\langle D', R' \rangle$ cho G .
 - Nếu phần dư bằng không: không có lỗi
 - Nếu phần dư khác không: lỗi được phát hiện!
- Có thể phát hiện các lỗi ít hơn $r+1$ bit



Cách tìm R

- $\langle D, R \rangle$ có thể viết dưới dạng

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

- $\langle D, R \rangle$ chia hết cho G

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

Tương đương với:

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

- Nếu $D \cdot 2^r$ chia G, phần dư là R

$$R = D \cdot 2^r \bmod G$$

Phép XOR

□ Phép XOR hai bit

a	b	a XOR b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

□ Phép XOR hai chuỗi nhiều bit

$$1011 \text{ XOR } 0101 = 1110$$

$$1001 \text{ XOR } 1101 = 0100$$

Cách tìm R

□ Ví dụ

- $D = 10101001$
- $G = 1001$ (4 bit)
- R : 3 bit
- $D \cdot 2^r = D \cdot 2^3 = 10101001 \cdot 2^3$
 $= 10101001000$

$R=110$, chuỗi bit gửi đi là

10101001110

D

R

$$\begin{array}{r}
 \textbf{D} \cdot 2^3 \\
 10101001000 \\
 \underline{1001} \\
 1110 \\
 \underline{1001} \\
 1110 \\
 \underline{1001} \\
 1111 \\
 \underline{1001} \\
 1100 \\
 \underline{1001} \\
 1010 \\
 \underline{1001} \\
 110 \\
 \textbf{R}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \textbf{G} \\
 \boxed{1001} \\
 1011110
 \end{array}$$

10101001000

1001

1110

1001

1110

1001

1111

1001

1100

1001

1010

1001

110

1001

10111110

CRC biểu diễn dưới dạng đa thức

- Một số đa thức sinh thường được sử dụng:

$$\text{CRC-8} = x^8 + x^2 + x + 1$$

$$\text{CRC-12} = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x$$

$$\text{CRC-16-CCITT} = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

$$\text{CRC-32} = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

$$G = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$
$$= 1\ 00000100\ 11000001\ 00011101\ 10110111$$

- G càng dài, phát hiện lỗi càng hiệu quả
- Ví dụ:

$$G = x^4 + x + 1 = 1.x^4 + 0.x^3 + 0.x^2 + 1.x^1 + 1.x^0 = 10011 \text{ (5 bit)}$$

Chuỗi sinh có 5 bit \Rightarrow R có 4 bit ($r = 4$)

$$D = 10110011$$

$$D \cdot 2^r = D \cdot 2^4 = (2^7 + 2^5 + 2^4 + 2^1 + 2^0) \cdot 2^4 = 2^{11} + 2^9 + 2^8 + 2^5 + 2^4$$

$$= 10110011\ 0000$$

Kiểm tra CRC

□ Ví dụ

- $G = 1001$ (4 bit)
- Chuỗi dữ liệu nhận được là $\langle D', R' \rangle = 10101101110$
- $\langle D', R' \rangle$ chia cho G (chia module 2)
 - Nếu số dư bằng 0 \Rightarrow không có lỗi
 - Nếu số dư khác 0 \Rightarrow có lỗi
- Kết quả:
 - Số dư = **100** (khác không)
 - Dữ liệu nhận được có lỗi

$\langle D', R' \rangle$	G
10101101110	1001
1001	10111010
1111	
1001	
1100	
1001	
1011	
1001	
1011	
1001	
100	

Bài tập áp dụng

□ Bài 1

- $D = 101011110$
- Đa thức sinh $G = x^4 + x + 1$
- Tính CRC và dữ liệu truyền đi $\langle D, R \rangle$

□ Bài 2

- Cho đa thức sinh $G = 10011$
- Chuỗi dữ liệu nhận được tại phía thu là $\langle D', R' \rangle = 1011110111010$
- Hãy cho biết dữ liệu thu có bị lỗi hay không, tại sao?

Xử lý lỗi

❑ Lỗi: Mất khung, hỏng khung

❑ Kiểm soát lỗi:

- Phát hiện lỗi
- Báo nhận: khung tin tốt
- Báo nhận: khung tin lỗi và truyền lại
- Truyền lại khi hết thời gian định trước

Các cơ chế trên gọi là **tự động lặp lại yêu cầu** (automatic repeat request – ARQ)

❑ Ba phiên bản của ARQ

- ARQ dừng và chờ (Stop-and-Wait ARQ)
- ARQ quay-lui-N (Go-back-N ARQ)
- ARQ Chọn-Hủy (Selective-Reject ARQ)

(Tham khảo Mục 7.2, trang 188, Tài liệu tham khảo số 1 - Truyền dữ liệu và mạng máy tính)



Chương 5: Tầng liên kết

1. Giới thiệu
2. Điều khiển lỗi
3. Điều khiển truy nhập đường truyền
4. LAN
 - Địa chỉ MAC và ARP
 - Ethernet
 - Hub, Bridge, Switch
5. WLAN

Các giao thức đa truy nhập

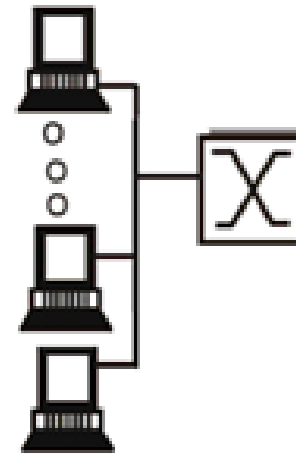
Hai kiểu kết nối mạng:

❑ Điểm-nối-điểm (point-to-point)

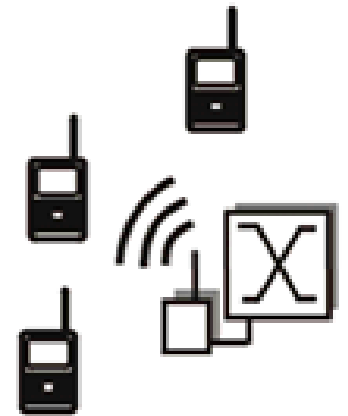
- Telephone modem
- Kết nối point-to-point giữa Ethernet switch và host

❑ **Quảng bá (broadcast)** (kênh truyền dùng chung)

- Ethernet
- 802.11 wireless LAN
- Các mạng quảng bá cần giao thức điều khiển đa truy nhập (giao thức đa truy nhập) để tránh xung đột



shared wire
(e.g. Ethernet)



shared wireless
(e.g. Wavelan)

Phân loại giao thức đa truy nhập

❑ Phân chia kênh

- Chia kênh thành các phần nhỏ (khe thời gian - TDMA, tần số - FDMA, mã - CDMA)
- Cấp phát từng phần nhỏ cho nút sử dụng riêng

❑ Truy nhập ngẫu nhiên

- Không chia kênh, cho phép đồng thời truy nhập, chấp nhận xung đột
- Cần có cơ chế để phát hiện và tránh xung đột
- Ví dụ: Pure Aloha, Slotted Aloha, CSMA/CD, CSMA/CA

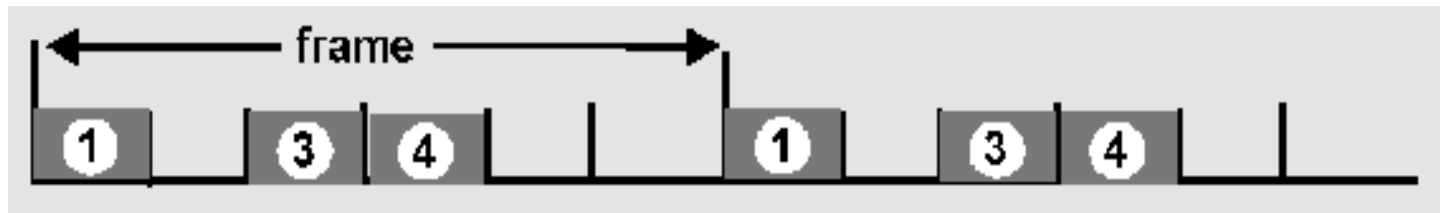
❑ Theo phiên lần lượt

- Các nút lần lượt truyền theo phiên theo hình thức quay vòng
- Token Ring, Token bus

Các phương pháp chia kênh

TDMA: time division multiple access

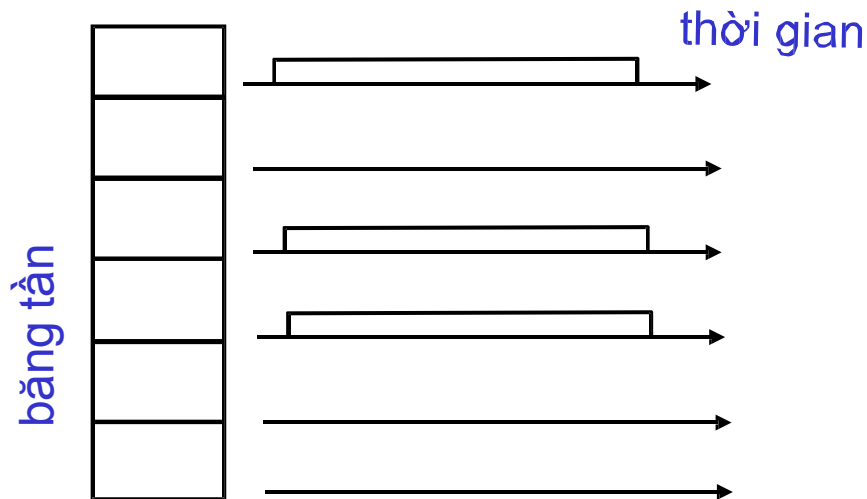
- ❑ Kênh được chia thành N khe thời gian, một khe cho một trạm
- ❑ Các khe không sử dụng sẽ rỗi
- ❑ Ví dụ: 6 trạm LAN, 1,3,4 có gói tin, khe 2,5,6 rỗi



Các phương pháp chia kênh

FDMA: frequency division multiple access

- ❑ Phổ của kênh được chia thành các băng tần
- ❑ Mỗi trạm được gán một băng tần cố định
- ❑ Thời gian truyền không sử dụng, băng tần sẽ rỗi
- ❑ Ví dụ: 6 trạm LAN; 1,3,4 có gói tin; băng tần 2,5,6 rỗi



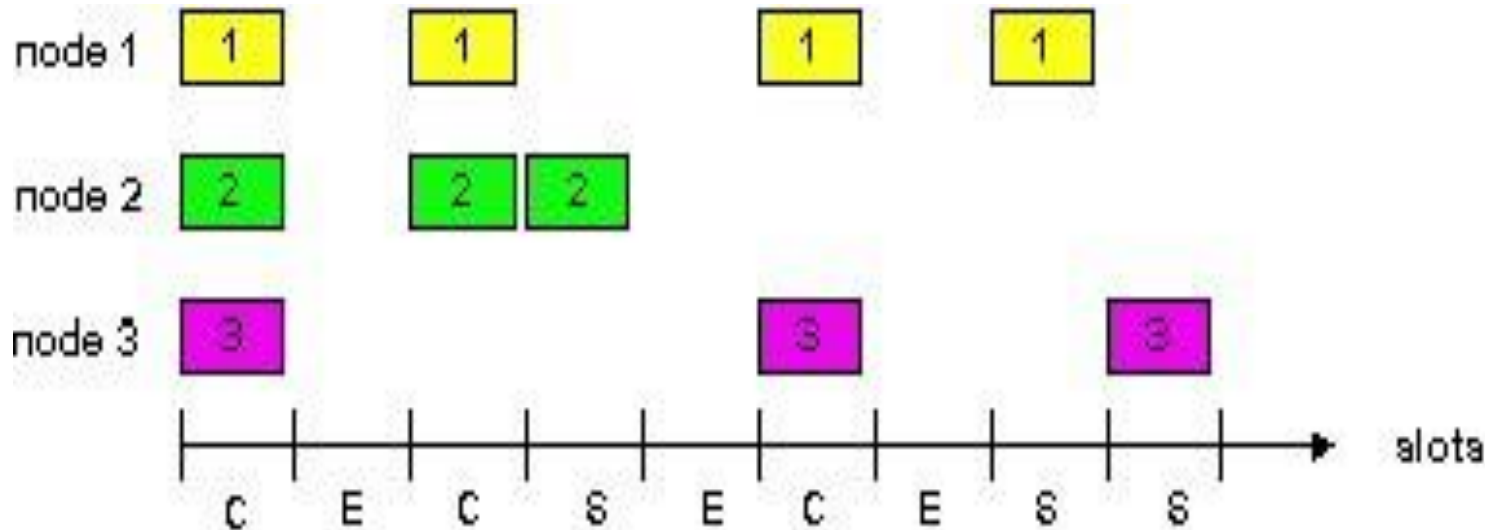
CDMA: Code division multiple access

- ❑ CDMA là phương thức đa truy nhập mà ở đó mỗi kênh được cung cấp một cặp tần số và một mã duy nhất. Đây là phương thức đa truy nhập mới, phương thức này dựa trên nguyên lý trải phổ.

Giao thức truy nhập ngẫu nhiên

- ❑ Khi nút có gói tin để gửi
 - Truyền trên toàn kênh với tốc độ dữ liệu R
 - Không có sự phối hợp trước giữa các nút
- ❑ Hai hoặc nhiều nút truyền → “xung đột”
- ❑ **Giao thức truy nhập ngẫu nhiên** chỉ ra:
 - Cách phát hiện xung đột
 - Cách khôi phục từ xung đột (ví dụ: đợi một khoảng thời gian rồi truyền lại)
- ❑ Ví dụ
 - slotted ALOHA
 - Pure ALOHA
 - CSMA, CSMA/CD

Slotted ALOHA



Giả sử

- ❑ Mọi frame có cùng kích thước
- ❑ Thời gian được chia thành các khe có kích thước bằng nhau, thời gian để truyền 1 frame
- ❑ Nút bắt đầu truyền frame chỉ tại bắt đầu của khe
- ❑ Các nút được đồng bộ
- ❑ Nếu 2 hoặc nhiều nút truyền trong khe, mọi nút phát hiện đụng độ

Hoạt động

- ❑ Khi nút giành khung mới, nó truyền trong khe tiếp theo
- ❑ Không đụng độ, nút có thể gửi frame mới trong khe tiếp
- ❑ Nếu đụng độ, nút truyền lại frame trong khe sau ngẫu nhiên tới khi thành công

Hiệu suất của Slotted Aloha

Hiệu suất là phần khoảng thời gian truyền thành công khi có nhiều nút, mỗi nút có nhiều frame để gửi

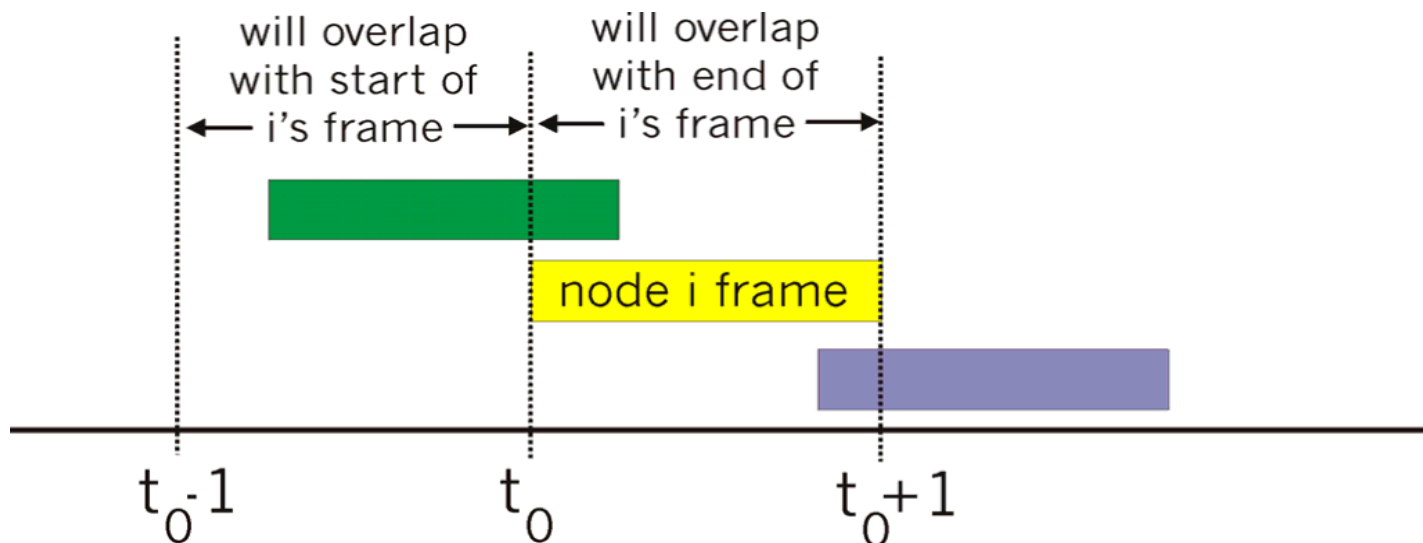
- ❑ Giả sử có N nút với nhiều frame để gửi, mỗi nút truyền trong khe với xác suất là p
- ❑ Xác suất nút 1 có sự thành công trong một khe = $p(1-p)^{N-1}$
- ❑ xác suất một nút bất kỳ có sự thành công = $Np(1-p)^{N-1}$

- ❑ Để tối đa hiệu suất với N nút, tìm p để tối đa $Np(1-p)^{N-1}$
- ❑ Đối với nhiều nút, giới hạn của $Np^*(1-p^*)^{N-1}$ khi N tiến ra vô hạn bằng $1/e = 0.37$

Tốt nhất: kênh sử dụng cho việc truyền hữu ích chiếm 37% thời gian

Pure (unslotted) ALOHA

- ❑ unslotted Aloha: đơn giản, không đồng bộ
- ❑ Khi frame đầu tiên đến
 - truyền ngay lập tức
- ❑ Xác suất xung đột tăng:
 - frame gửi tại t_0 đụng độ với frame khác gửi trong khoảng $[t_0 - 1, t_0 + 1]$



CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- ❑ Nghe trước khi truyền:
 - Nếu nghe thấy kênh rỗi, truyền toàn bộ frame
 - Nếu nghe thấy kênh bận, tạm trì hoãn việc truyền

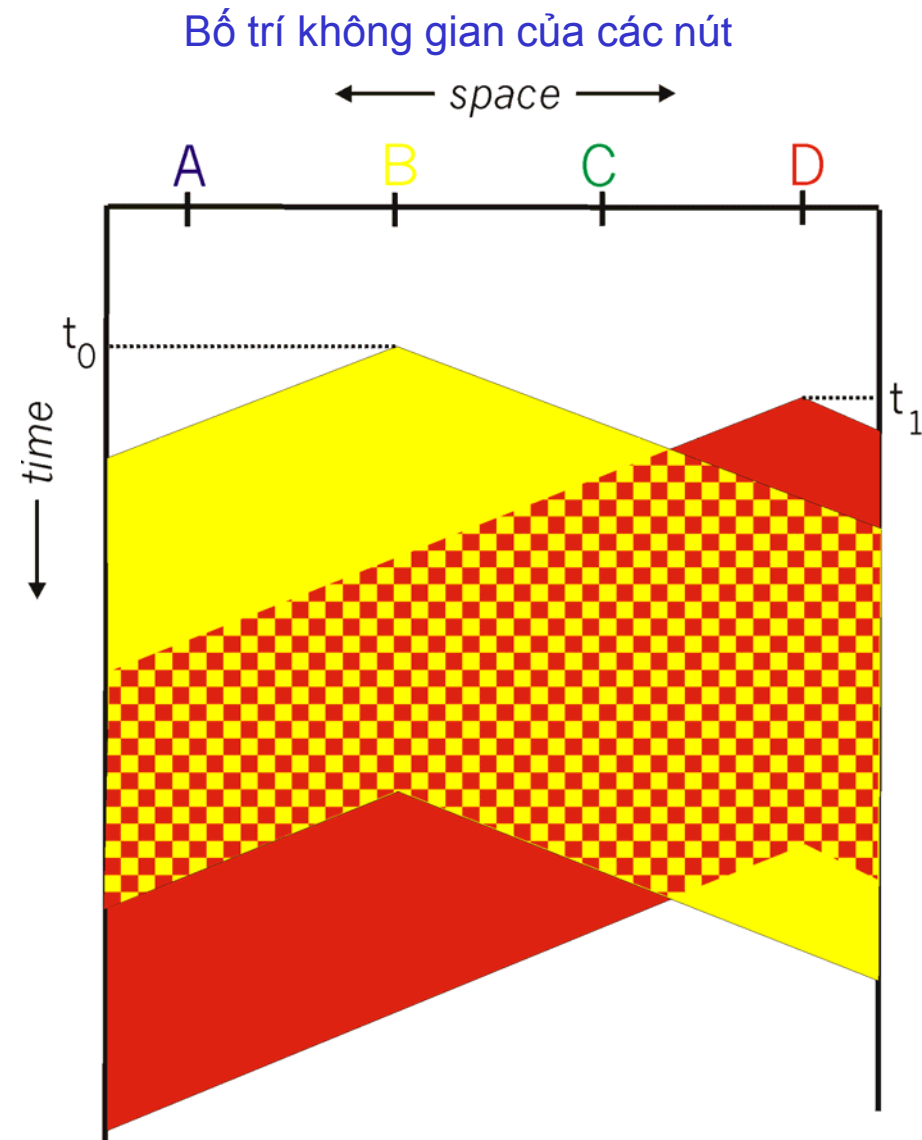
Xung đột trong CSMA

❑ Xung đột có thể vẫn xảy ra:

- ❑ Tín hiệu lan truyền từ nút này đến nút khác mất một khoảng thời gian nhất định (trễ lan truyền) làm cho hai nút có thể không nghe thấy nút khác truyền

❑ Có xung đột:

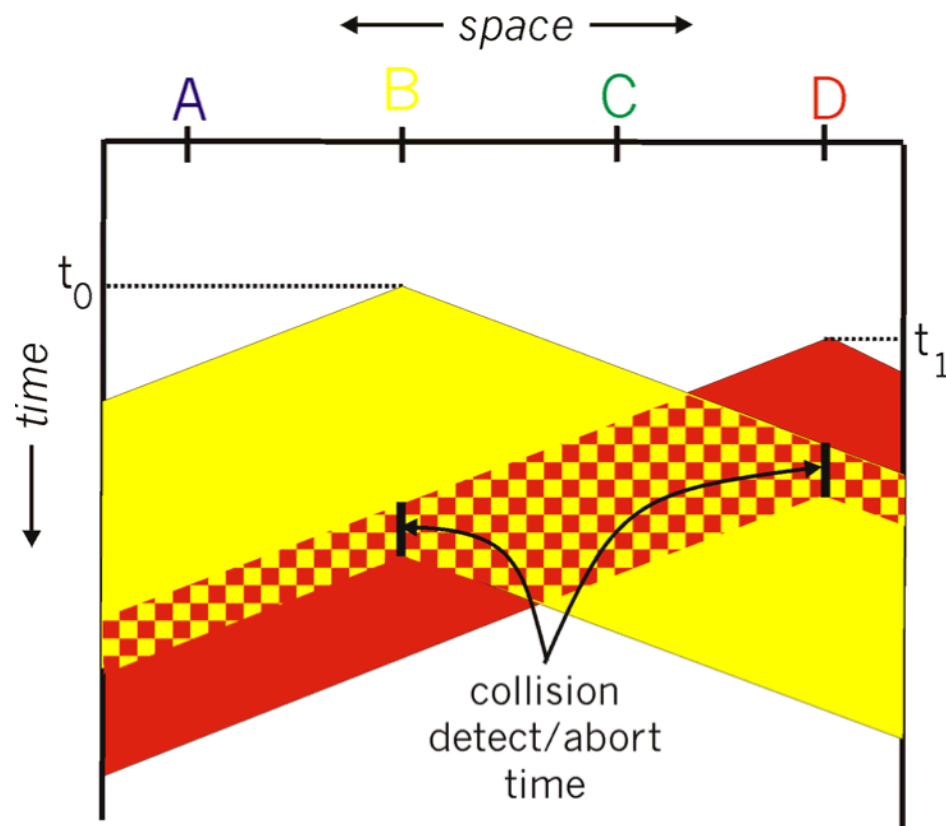
- ❑ Toàn bộ thời gian gói tin truyền bị lãng phí



CSMA/CD (Collision Detection)

- ❑ Máy trạm nghe trước khi muốn truyền
 - Bận: Rút lui, sau đó quay lại tiếp tục nghe
 - Rỗi: Bắt đầu truyền, vừa truyền vừa “nghe ngóng”
 - Nếu phát hiện thấy xung đột: Hủy bỏ quá trình truyền và quay lại trạng thái rút lui

Phát hiện đụng độ trong CSMA/CD



So sánh phương pháp chia kênh và truy nhập ngẫu nhiên

Kiểu chia kênh:

- Dùng chung kênh hiệu quả và công bằng khi tải nặng
- Lãng phí nếu cấp kênh con cho một nút chỉ cần lưu lượng nhỏ

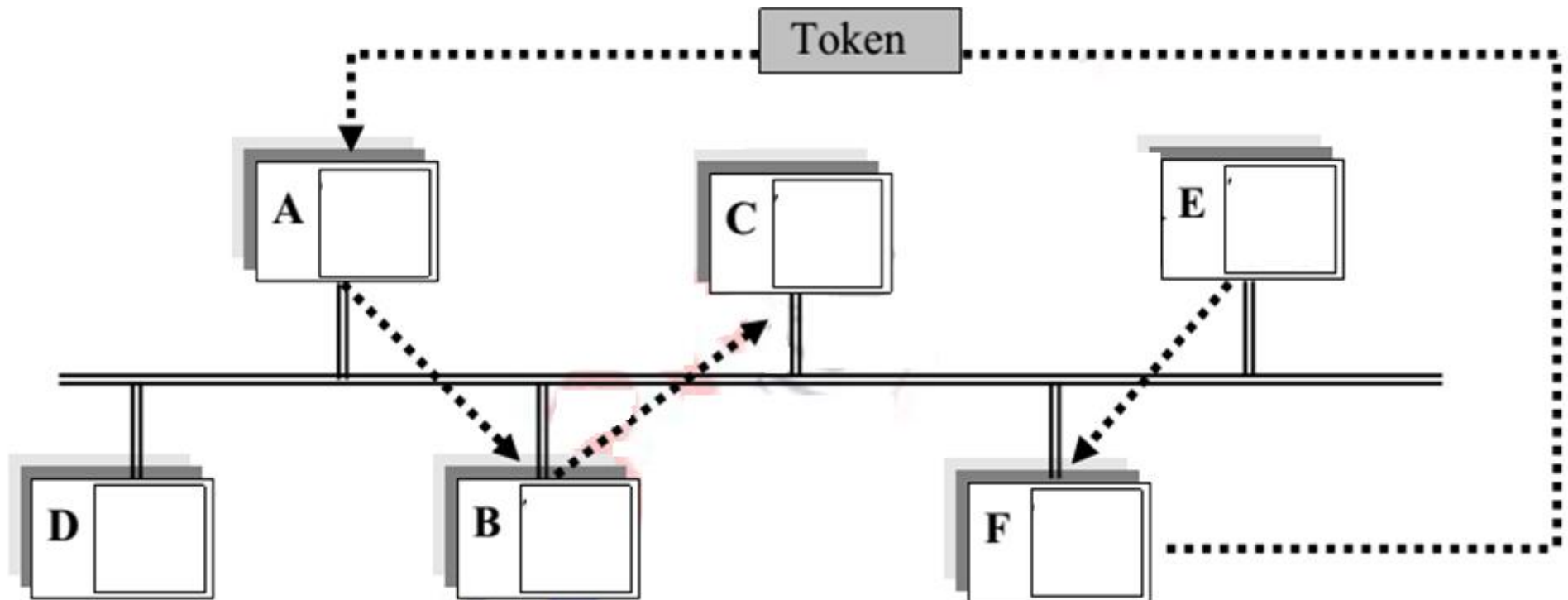
Truy nhập ngẫu nhiên

- Hiệu quả khi tải nhẹ: vì một nút có thể sử dụng toàn bộ kênh
- Tải nặng: xung đột tăng lên

Theo phiên lần lượt (quay vòng): có thể dung hòa ưu điểm của hai phương pháp trên

- Ví dụ: Token bus, Token ring

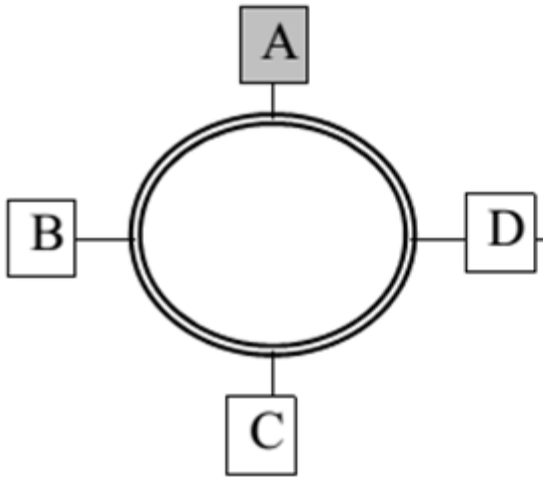
Token bus



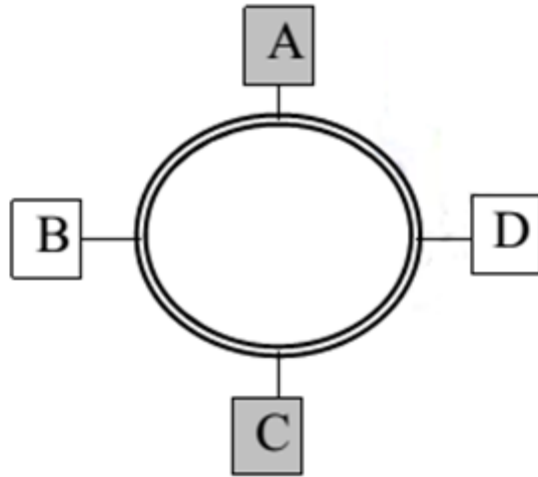
Token bus

- ❑ Một thẻ bài được lưu chuyển trên một vòng logic được thiết lập bởi các trạm có nhu cầu.
- ❑ Khi một trạm nhận được thẻ bài nó có quyền truy nhập đường truyền trong một thời gian xác định và có thể truyền một hoặc nhiều đơn vị dữ liệu.
- ❑ Khi đã hết dữ liệu hoặc hết thời gian cho phép, nó chuyển thẻ bài cho trạm tiếp theo trên vòng logic.
- ❑ Thẻ bài (Token) là một đơn vị dữ liệu đặc biệt, có kích thước và nội dung gồm các thông tin điều khiển được quy định riêng cho mỗi phương pháp.

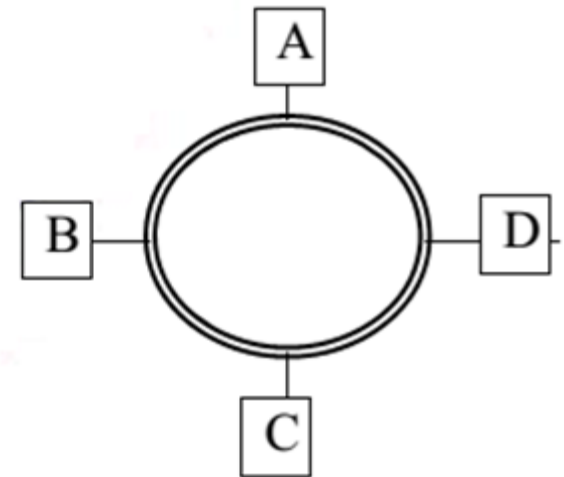
Token Ring



A có nhu cầu truyền dữ liệu đến C. Đợi Free Token, chuyển sang trạng thái Busy, gửi kèm Packet dữ liệu



Node C đọc, phân tích và so sánh địa chỉ đích với địa chỉ MAC. Node C sao chép dữ liệu



Khi Packet dữ liệu quay về, Node A chuyển trạng thái Token thành Free.

Token Ring

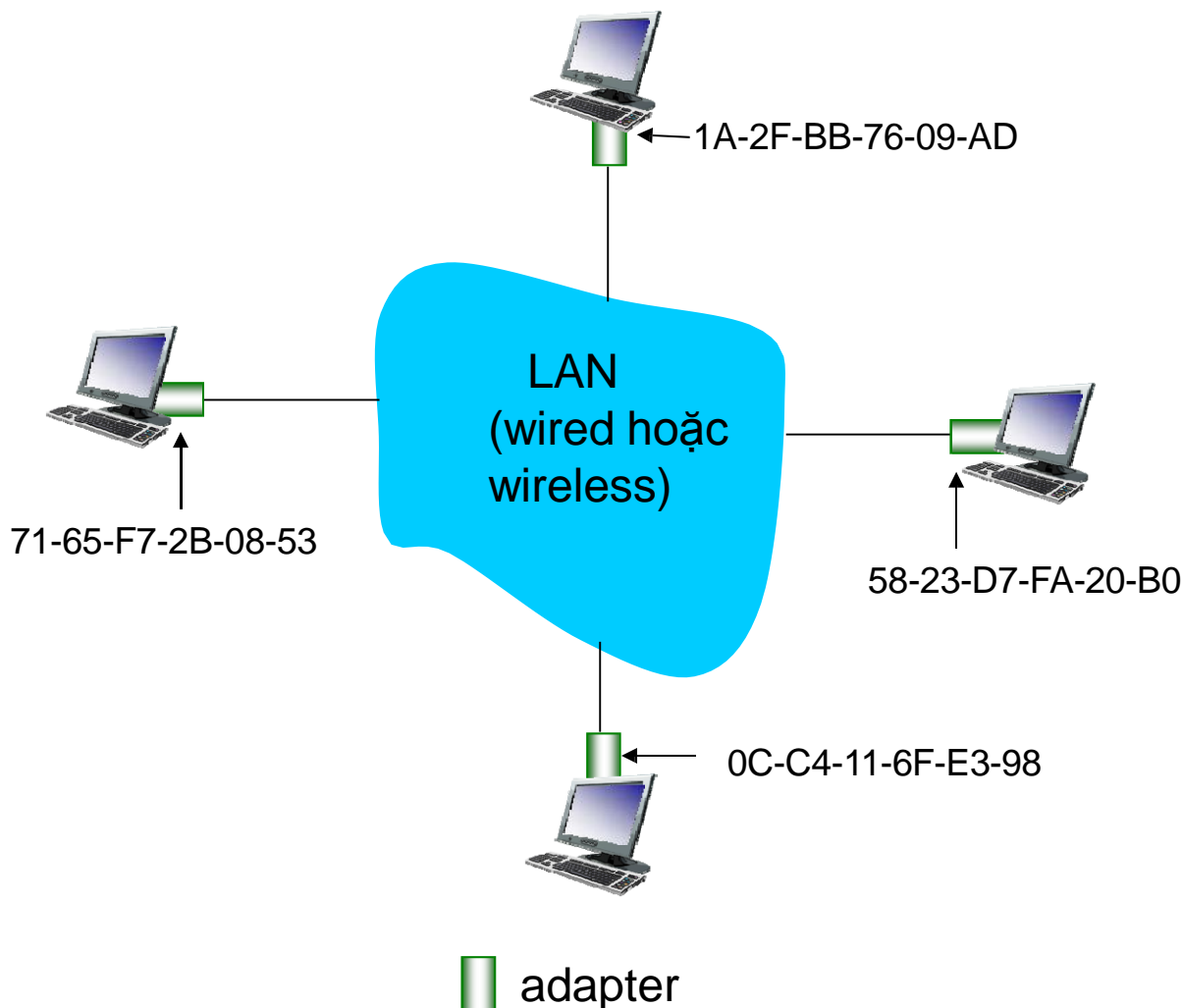
- ❑ Dùng thẻ bài lưu chuyển trên đường vật lý để cấp phát truy nhập đường truyền.
- ❑ Một trạm muốn truyền dữ liệu thì phải đợi đến khi nhận được một thẻ bài “rỗi”.
- ❑ Khi đó trạm sẽ đổi bit trạng thái của thẻ bài sang trạng thái “bận” và truyền một đơn vị dữ liệu cùng với thẻ bài đi theo chiều của vòng.
- ❑ Các trạm khác muốn truyền dữ liệu phải đợi. Dữ liệu đến trạm đích phải được sao lại, sau đó cùng với thẻ bài đi tiếp cho đến khi quay về trạm nguồn.
- ❑ Trạm nguồn sẽ xóa bỏ dữ liệu và đổi bit thẻ bài thành “rỗi” và cho lưu chuyển tiếp trên vòng để các trạm khác có thể nhận được quyền truyền dữ liệu.

Chương 5: Tầng liên kết

1. Giới thiệu
2. Điều khiển lỗi
3. Điều khiển truy nhập đường truyền
4. LAN
 - Địa chỉ MAC và ARP
 - Ethernet
 - Hub, Bridge, Switch
5. WLAN

Địa chỉ MAC và ARP

Mỗi adapter trong LAN có 1 địa chỉ MAC duy nhất



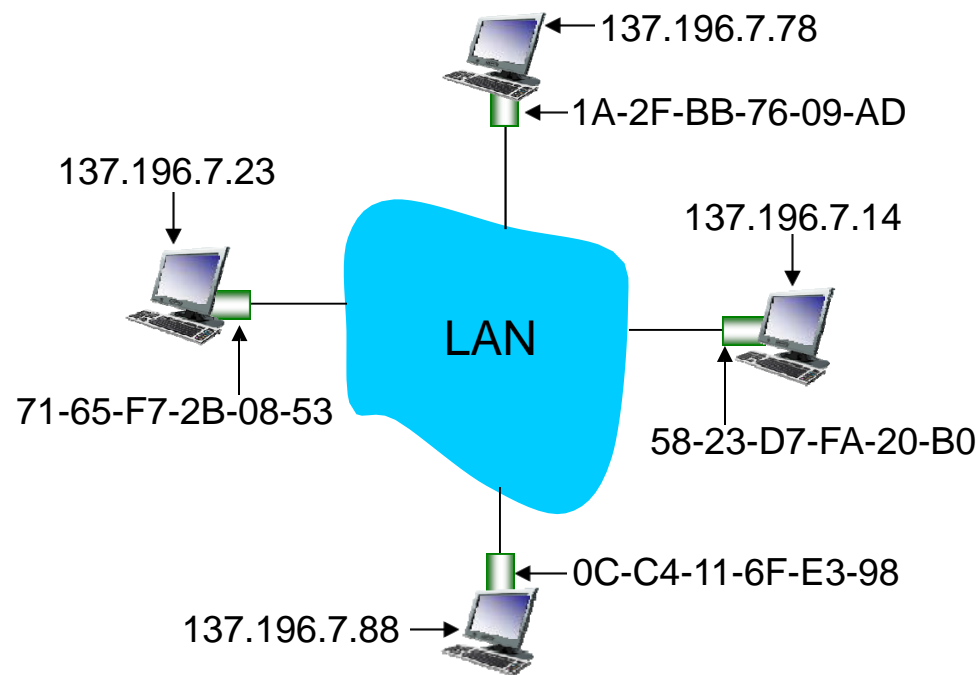
□ Địa chỉ MAC (media access control)

- Địa chỉ MAC có nhiều tên gọi khác như: địa chỉ LAN, địa chỉ vật lý (physical address), địa chỉ Ethernet
- Địa chỉ MAC gồm 48 bit, biểu diễn dưới dạng thập lục phân
 - ví dụ: 1A-2F-BB-76-09-AD
- Mỗi Adapter được gán một địa chỉ MAC duy nhất bởi nhà sản xuất

Địa chỉ MAC

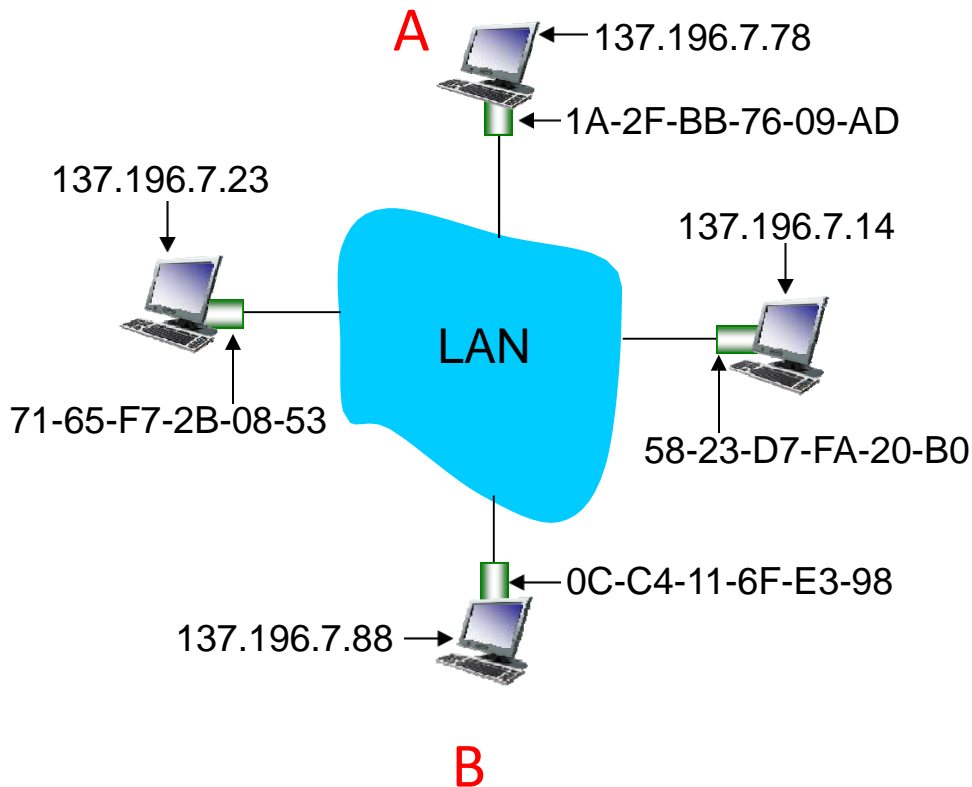
- ❑ IEEE quản lý việc cấp phát địa chỉ MAC
- ❑ Các nhà sản xuất mua không gian địa chỉ MAC (để đảm bảo duy nhất)
 - 3 bytes đầu là mã của nhà sản xuất (cung cấp bởi IEEE)
 - 3 bytes sau là số serial của card (do nhà sản xuất gán tùy ý)
- ❑ Địa chỉ MAC phẳng (flat address): có tính di động
 - có thể mang LAN card từ LAN này sang LAN khác
- ❑ Địa chỉ IP phân cấp: không có tính di động
 - địa chỉ phụ thuộc vào IP subnet mà nút mạng kết nối vào

ARP: address resolution protocol



Giao thức giải mã địa chỉ (ARP): xác định địa chỉ MAC từ địa chỉ IP

ARP: address resolution protocol



- **ARP table:** mỗi node (host, router) trong LAN có bảng ARP
 - ánh xạ địa chỉ IP/MAC của một số nút trong LAN:
< IP address; MAC address; TTL >
 - TTL (Time To Live): thời gian sau đó ánh xạ địa chỉ sẽ bị xóa (thường 20 phút)

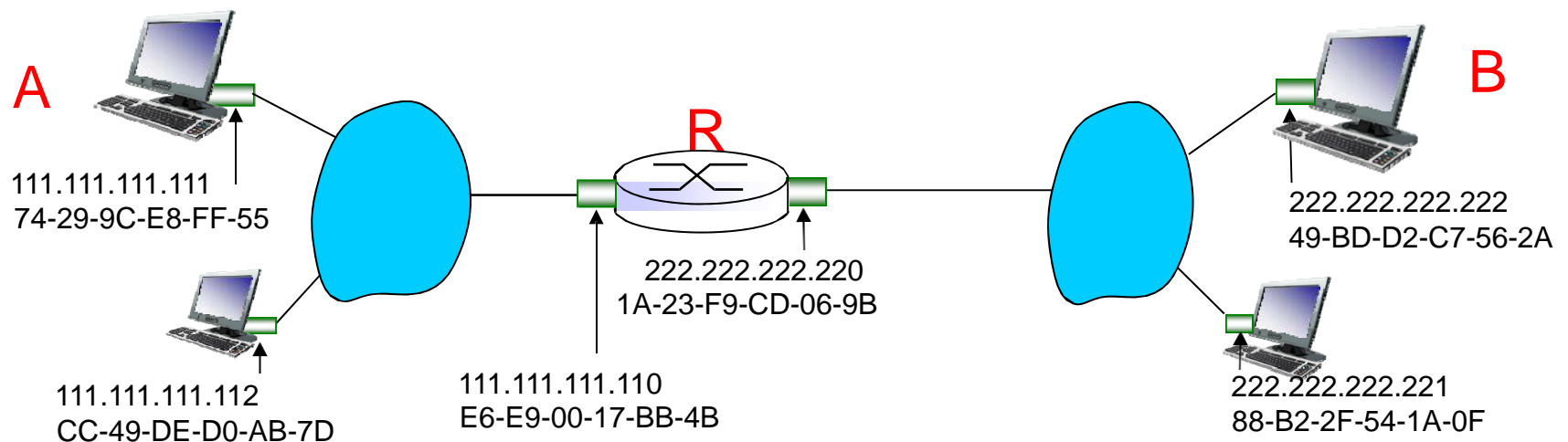
Giao thức ARP: cùng LAN

- ❑ A muốn gửi datagram cho B
 - Địa chỉ MAC của B không có trong ARP table của A
- ❑ A **quảng bá (broadcast)** ARP query packet (chứa địa chỉ IP của B)
 - dest MAC address = FF-FF-FF-FF-FF-FF
 - tất cả mọi nút trong LAN sẽ nhận ARP query packet
- ❑ B nhận ARP packet, trả lời A với địa chỉ MAC của B
 - frame gửi tới địa chỉ MAC của A (unicast)
- ❑ A lưu giữ cặp địa chỉ IP-to-MAC trong ARP table trong một khoảng thời gian
- ❑ ARP thực hiện “plug-and-play”:
 - các nút tạo ARP table không có sự can thiệp của quản trị mạng

Addressing: Dẫn đường tới LAN khác

Xem xét: **gửi datagram từ A tới B qua R**

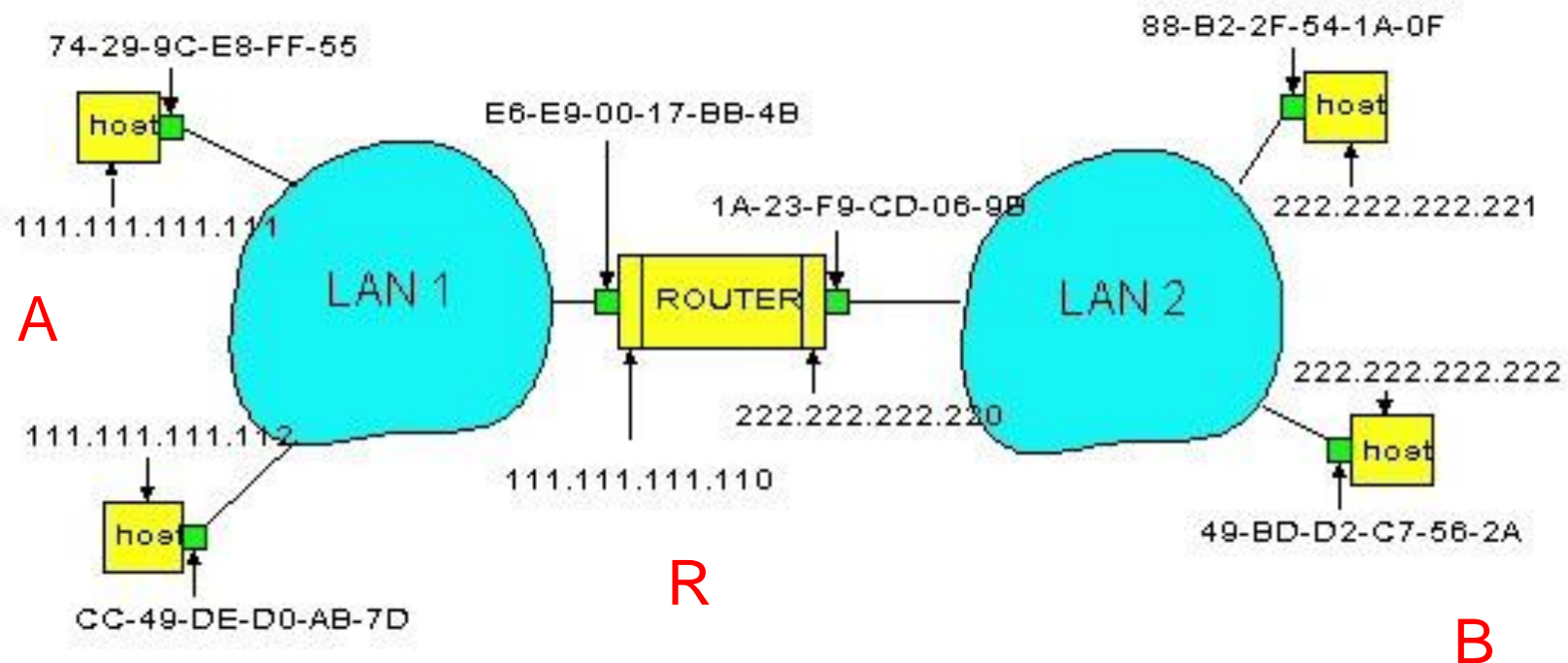
- Giả sử A biết địa chỉ IP của B
- Giả sử A biết địa chỉ IP của router kề, R (làm sao A biết được?)
- Giả sử A biết địa chỉ MAC của R (làm sao A biết được?)



Dẫn đường tới mạng LAN khác

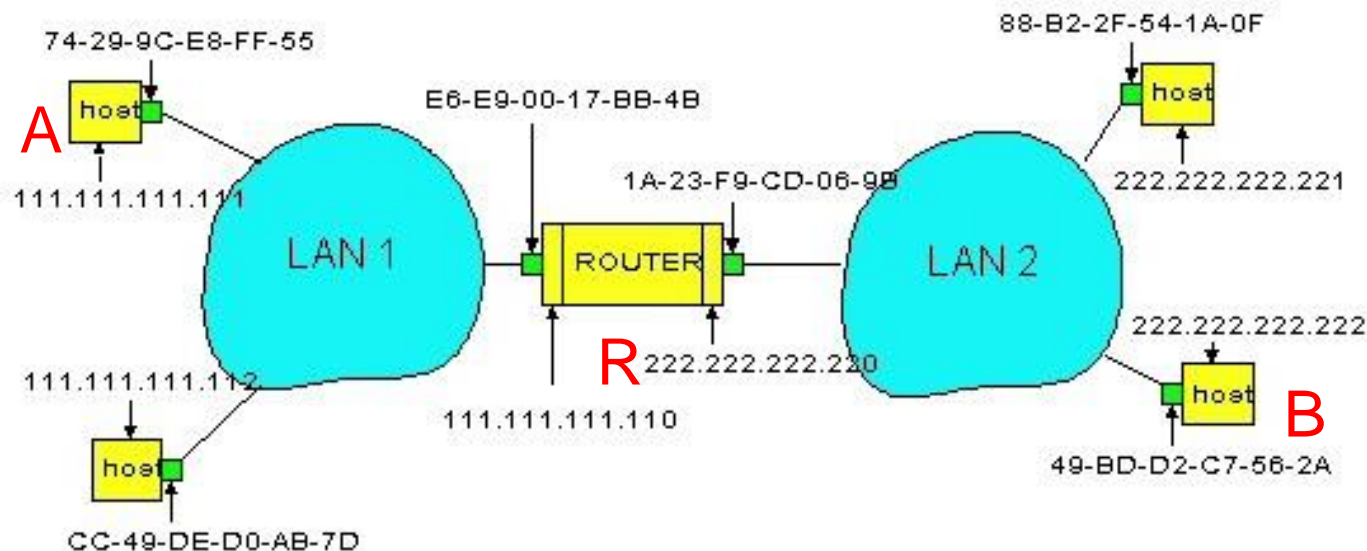
Gửi datagram từ A tới B qua R

Giả sử A biết địa chỉ IP của B



- ❑ Hai bảng ARP trong router R, mỗi bảng cho một mạng LAN
- ❑ Trong bảng dẫn đường tại host nguồn, tìm router 111.111.111.110
- ❑ Trong bảng ARP tại nguồn, tìm địa chỉ MAC E6-E9-00-17-BB-4B,...

- ❑ A tạo datagram có địa chỉ nguồn A, địa chỉ đích B
- ❑ A sử dụng ARP để biết địa chỉ MAC của R 111.111.111.110
- ❑ A tạo frame tầng liên kết dữ liệu, sử dụng địa chỉ MAC của R là địa chỉ đích, frame chứa IP datagram A-to-B
- ❑ Adapter của A gửi frame
- ❑ Adapter của R nhận frame
- ❑ R lấy IP datagram từ Ethernet frame, thấy địa chỉ đích là tới B
- ❑ R sử dụng ARP để có địa chỉ MAC của B
- ❑ R tạo frame chứa IP datagram A-to-B gửi tới B



Kiểm tra địa chỉ mac

Trên cmd sử dụng lệnh ipconfig /all

```
Wireless LAN adapter Wireless Network Connection:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Description . . . . . : Broadcom BCM4352HMB 802.11ac 2x2 Wi-Fi Ad
apter
    Physical Address. . . . . : 28-C2-DD-8F-3B-B1
    DHCP Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::c11f:bd9a:75f8:e680%18(Preferred)
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.0.102(Preferred)
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Lease Obtained. . . . . : Sunday, September 13, 2020 8:23:07 PM
    Lease Expires . . . . . : Sunday, September 13, 2020 10:23:07 PM
    Default Gateway . . . . . : 192.168.0.1
    DHCP Server . . . . . : 192.168.0.1
    DHCPv6 IAID . . . . . : 304661213
    DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-1A-E4-84-50-08-00-27-BF-65-4A

    DNS Servers . . . . . : 192.168.0.1
    NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled

Ethernet adapter Local Area Connection 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Description . . . . . : Realtek PCIe GBE Family Controller
    Physical Address. . . . . : 30-8D-99-BB-21-DC
    DHCP Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
```

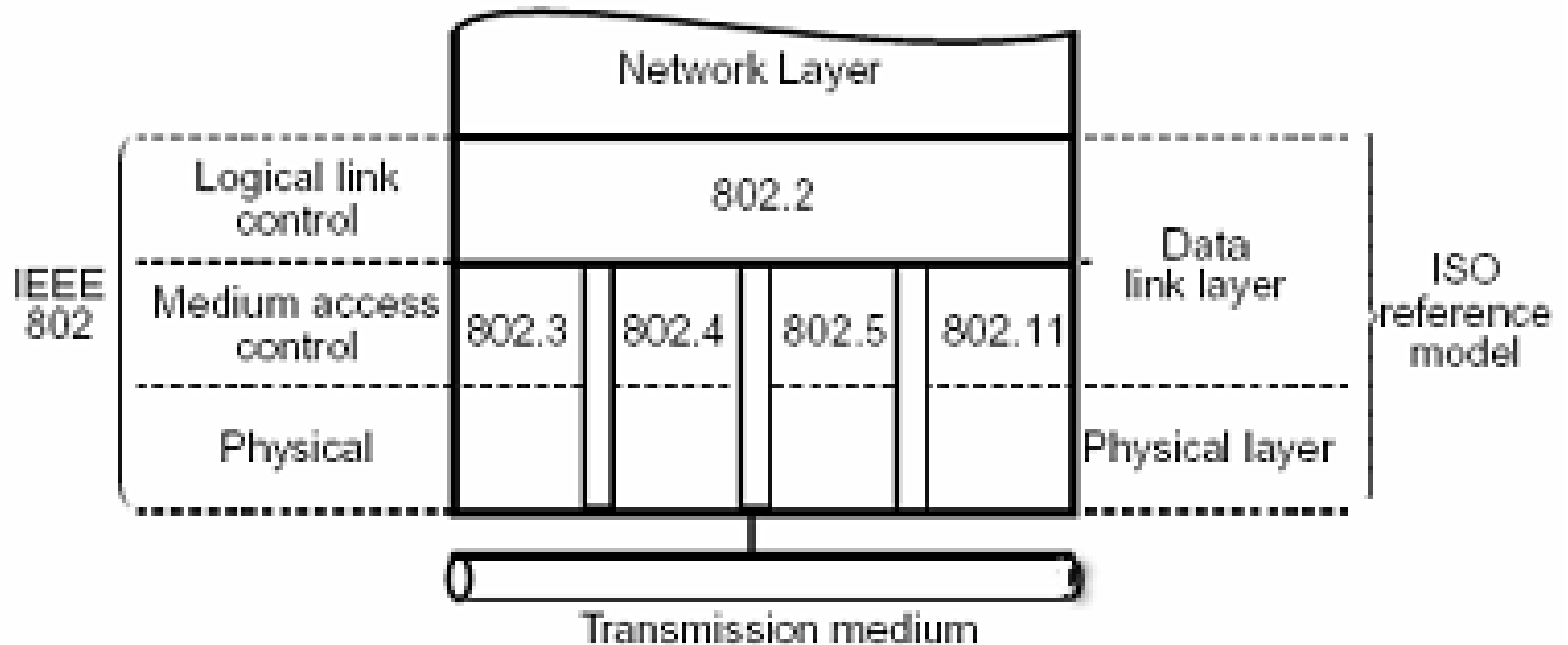
Chương 5: Tầng liên kết

1. Giới thiệu
2. Điều khiển lỗi
3. Điều khiển truy nhập đường truyền
4. LAN
 - Địa chỉ MAC và ARP
 - Ethernet
 - Hub, Bridge, Switch
5. WLAN

Ethernet và chuẩn IEEE 802

- ❑ Ethernet là công nghệ của mạng LAN cho phép truyền tín hiệu giữa các máy tính với tốc độ 10Mb/s đến 10 Gigabit/s.
- ❑ Ethernet được sử dụng phổ biến trong mạng LAN
- ❑ IEEE đưa ra tiêu chuẩn về Ethernet đầu tiên vào năm 1985 với tên gọi "IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications"

Ethernet và chuẩn IEEE 802



802.2 = Logical link control protocol

802.3 = CSMA/CD

802.4 = Token bus

802.5 = Token ring

802.11 = Wireless

Medium access control protocols

Ethernet và chuẩn IEEE 802

- ❑ IEEE 802.3 đặc tả một mạng cục bộ dựa trên mạng Ethernet do Digital, Intel và Xerox hợp tác phát triển từ năm 1980.
- ❑ IEEE 802.3 bao gồm cả tầng vật lý và tầng con MAC với các đặc tả sau:
 - Đặc tả dịch vụ MAC (MAC Services Specification)
 - Đặc tả vật lý độc lập đường truyền (đặc tả giao diện giữa MAC và tầng vật lý).
Phần phụ thuộc đường truyền (đặc tả giao diện với đường truyền của LAN và các tín hiệu trao đổi với đường truyền)
 - Đặc tả dịch vụ MAC định nghĩa các dịch vụ IEEE 802.3 cung cấp cho tầng LLC hoặc người sử dụng ở tầng cao hơn.

Chuẩn IEEE 802.3

❑ Ethernet (IEEE 802.3)

- 10BASE-T: Dùng cáp xoắn đôi không chống nhiễu (Unshielded Twisted Pair-UTP), trở kháng 75 Ohm, với mạng hình sao, tốc độ tín hiệu 10Mb/s.
- 10BASE-F: Dùng cáp quang, tốc độ 10 Mb/s, phạm vi cáp 4km. Chuẩn này được phân thành 3 dạng con: 10BASE-FL, 10BASE-FB và 10BASE-FP.

❑ Fast Ethernet (IEEE 802.3u): 100Base-TX, 100Base-T4 và 100Base-FX. Phương thức điều khiển truy nhập CSMA/CD.

- 100BASE-T4 sử dụng bốn đôi dây cân bằng cáp UTP Cat-4 hoặc Cat-5.
- 100BASE-TX sử dụng hai đôi UTP Cat-5 hoặc đôi dây STP (shielded Twisted Pair – cáp xoắn đôi có vỏ bọc chống nhiễu).
- 100BASE-FX sử dụng đôi dây cáp quang đa mode.

Chuẩn IEEE 802.3

- ❑ **Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z):** Phương tiện truyền dẫn là cáp quang.
 - 1000Base-SX: chuẩn cho cáp quang đa mode 62.5 μm , khoảng cách tối đa 220-275 m. Với cáp quang đa mode 50 μm , khoảng cách tối đa 500-550 m.
 - 1000Base-LX: chuẩn cho cáp quang đa mode 62.5/50 μm , khoảng cách tối đa 550 m. Với cáp quang đơn mode 9 μm , khoảng cách tối đa 5000 m.
 - 1000Base-CX: chuẩn cho cáp đồng trục. Với cáp đồng trục, khoảng cách tối đa là 25m, hoặc cáp xoắn bốn đôi Cat-5 UTP, Cat-6.
 - 1000Base-T (IEEE 802.3ab) Sử dụng cả 4 đôi dây cáp UTP Cat-5 hoặc Cat-6 với khoảng cách tối đa 100m.

Chuẩn IEEE 802

- ❑ IEEE 802.4: Mô tả một mạng cục bộ với cấu trúc dạng hình BUS sử dụng thẻ bài Token BUS. IEEE 802.4 sử dụng cáp đồng 75-ohm (tốc độ 1 Mbps, 5 Mbps và 10 Mbps) hoặc cáp quang (tốc độ 5 Mbps, 10 Mbps và 20 Mbps).
- ❑ IEEE 802.5: Là chuẩn đặc tả mạng cục bộ với mạng dạng vòng (RING) sử dụng thẻ bài Token RING.
- ❑ IEEE802.11: chuẩn đặc tả mạng cục bộ không dây (Wireless LAN), hiện đang tiếp tục phát triển với phương pháp truy nhập CSMA/CD.

Thành phần mạng Ethernet

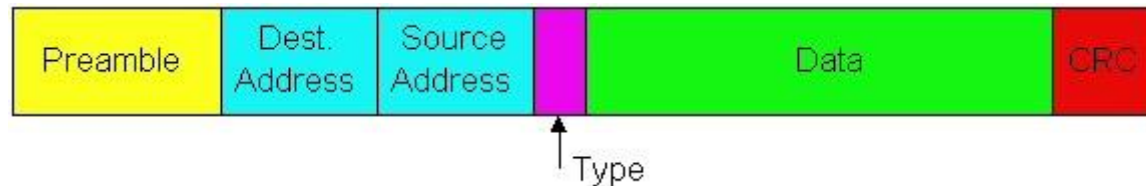
- ❑ Data terminal Equipment (DTE): Các thiết bị truyền và nhận dữ liệu DTEs thường là PC, Workstation, File Server, Print Server ...
- ❑ Data Communication Equipment (DCE): Là các thiết bị kết nối mạng cho phép nhận và chuyển khung trên mạng. DCE có thể là các thiết bị độc lập như Repeater, Switch, Router hoặc các khối giao tiếp thông tin như Card mạng, Modem ..
- ❑ Interconnecting Media: Cáp xoắn đôi, cáp đồng trục (mỏng/dày), cáp quang.

Những đặc điểm cơ bản của Ethernet

- ❑ Cấu hình truyền thống: Bus đường thẳng/ Star
- ❑ Kỹ thuật truyền: Base band (truyền trực tiếp tín hiệu số vào kênh truyền)
- ❑ Phương pháp truy nhập: CSMA/CD.
- ❑ Quy cách kỹ thuật: IEEE 802.3.
- ❑ Tốc độ truyền: 10Mbps, 100Mbps ... 10Gbps
- ❑ Loại cáp: Cáp đồng trục mảnh, cáp đồng trục dày, cáp xoắn đôi, cáp quang

Cấu trúc của Ethernet Frame

Adapter bên gửi đóng gói IP datagram (hoặc các gói tin tầng mạng khác) trong **Ethernet frame**

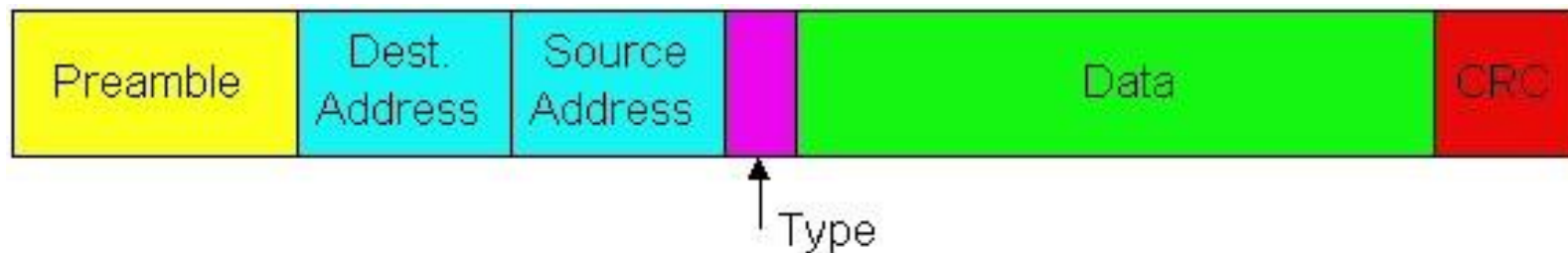


Preamble:

- ❑ 7 bytes with pattern 10101010 theo sau là 1 byte với pattern 10101011
- ❑ Sử dụng để đồng bộ tốc độ bên nhận, bên gửi

Cấu trúc của Ethernet Frame

- ❑ **Address:** 6 byte
 - Nếu adapter nhận frame có địa chỉ đích tương ứng hoặc với địa chỉ quảng bá (ví dụ: gói tin ARP), nó chuyển dữ liệu trong frame tới giao thức tầng mạng
 - Trường hợp khác, adapter loại bỏ frame
- ❑ **Type:** chỉ ra giao thức của tầng phía trên (hầu hết là IP nhưng cũng có thể là Novell IPX hay AppleTalk)
- ❑ **CRC:** được kiểm tra tại bên nhận, nếu phát hiện ra lỗi thì frame bị loại bỏ



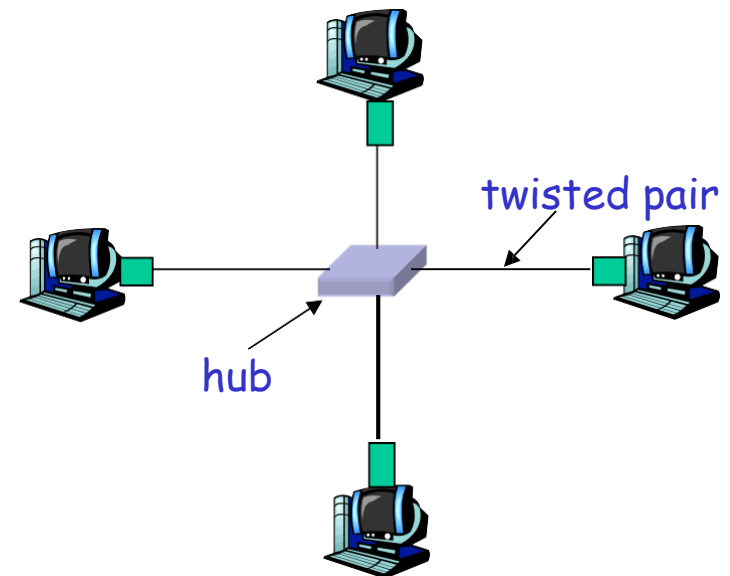
Chương 5: Tầng liên kết

1. Giới thiệu
2. Điều khiển lỗi
3. Điều khiển truy nhập đường truyền
4. LAN
 - Địa chỉ MAC và ARP
 - Ethernet
 - Hub, Bridge, Switch
5. WLAN

Hub (bộ tập trung)

Hub là thiết bị lập hoạt động ở tầng vật lý:

- Sao chép tín hiệu đến từ một cổng ra tất cả các cổng còn lại với cùng tốc độ
- Tạo ra điểm kết nối tập trung để nối mạng theo kiểu hình sao
- Có 3 loại Hub
 - Hub thụ động
 - Hub chủ động
 - Hub thông minh



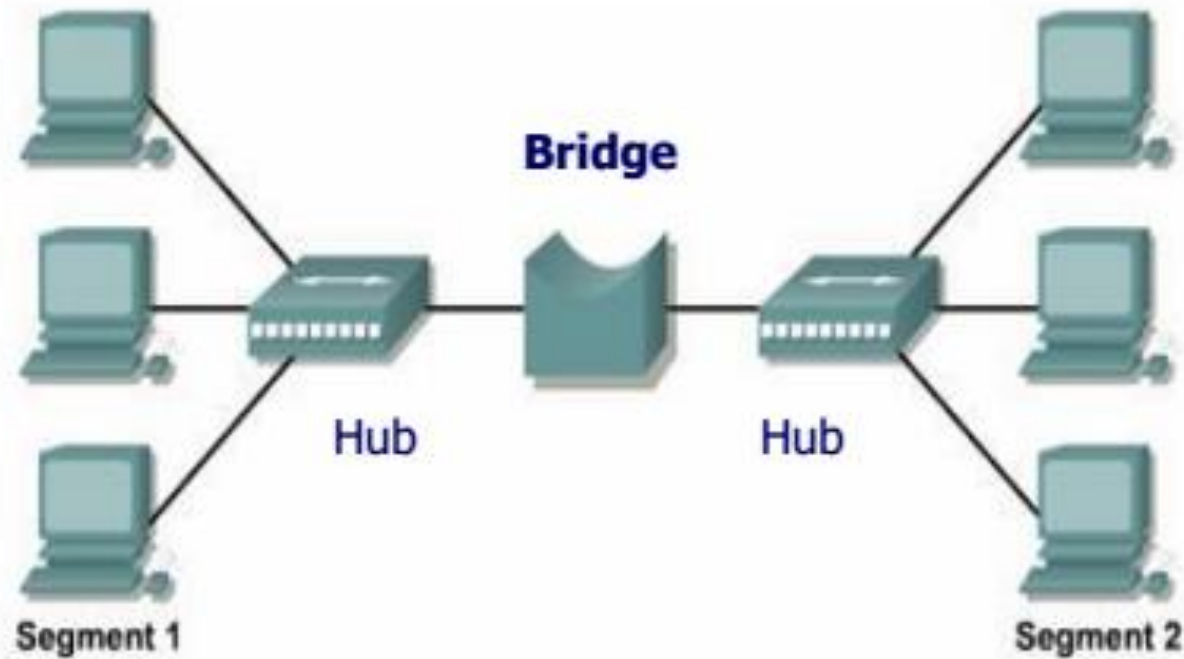
Hub (bộ tập trung)

- ❑ Hub thụ động (Passive Hub): Chỉ đảm bảo chức năng kết nối, không xử lý lại tín hiệu
- ❑ Hub chủ động (Active Hub): Có khả năng khuếch đại tín hiệu để chống suy hao.
- ❑ Hub thông minh (Intelligent Hub): là Hub chủ động nhưng có thêm khả năng tạo ra các gói tin thông báo hoạt động của mình giúp cho việc quản trị mạng dễ dàng hơn.

Bridge (cầu nối)

- ❑ Dùng để nối 2 mạng có giao thức giống hoặc khác nhau.
- ❑ Chia mạng thành nhiều phân đoạn nhằm giảm lưu lượng trên mạng.
- ❑ Hoạt động ở lớp Data Link với 2 chức năng chính là lọc và chuyển vận.
- ❑ Bridge thu thập và chọn lựa dữ liệu để chuyển mạch giữa hai đoạn mạng bằng cách học địa chỉ MAC của tất cả các thiết bị nằm trong từng đoạn mạng kết nối vào nó.
- ❑ Dựa trên bảng địa chỉ MAC lưu trữ, Bridge kiểm tra các gói tin và xử lý chúng trước khi có quyết định chuyển đi hay không.

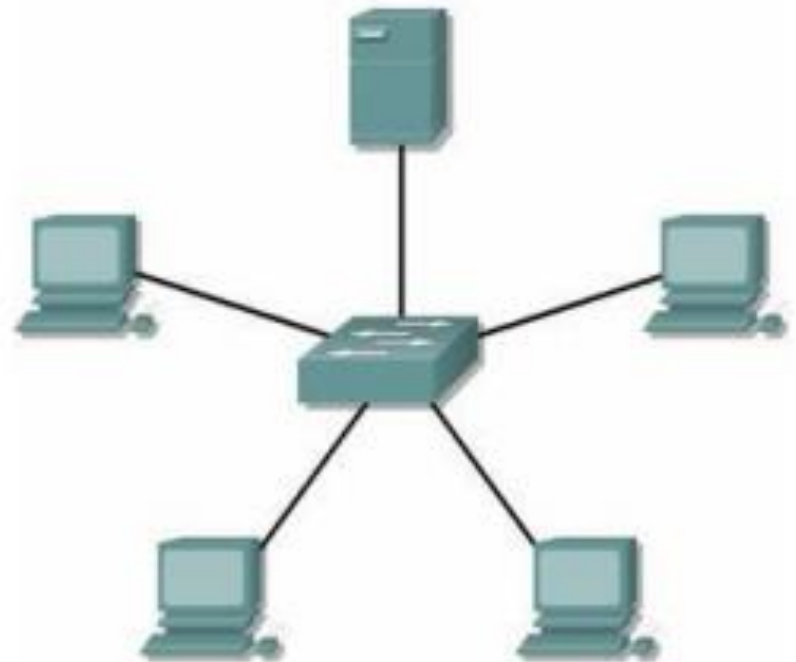
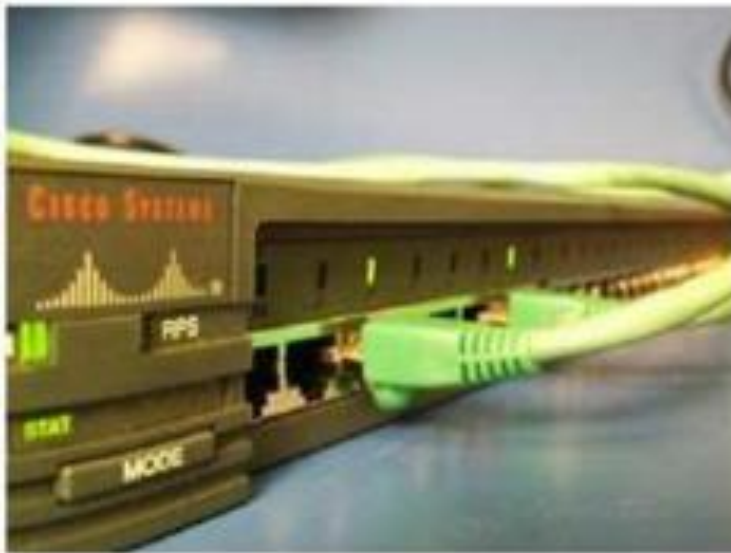
Bridge (cầu nối)



Switch (bộ chuyển mạch)

- ❑ Thiết bị thực hiện tầng liên kết dữ liệu
- ❑ Switch có thể quyết định chuyển 1 gói dựa trên địa chỉ MAC được ghi trong gói đó.
- ❑ Switch tự học địa chỉ MAC của các thiết bị kết nối trên từng port của nó và xây dựng thành bảng chuyển mạch
- ❑ Khi hai thiết bị kết nối vào Switch thực hiện trao đổi với nhau, Switch sẽ thiết lập một mạch ảo cung cấp một đường liên lạc riêng giữa hai thiết bị này.
- ❑ Switch có khả năng phân đoạn mạng cực nhỏ, nghĩa là tạo ra môi trường không đụng độ giữa nguồn và đích.
- ❑ Switch có thể tạo nhiều mạch ảo đồng thời giữa các cặp thiết bị khác nhau.

Switch (bộ chuyển mạch)

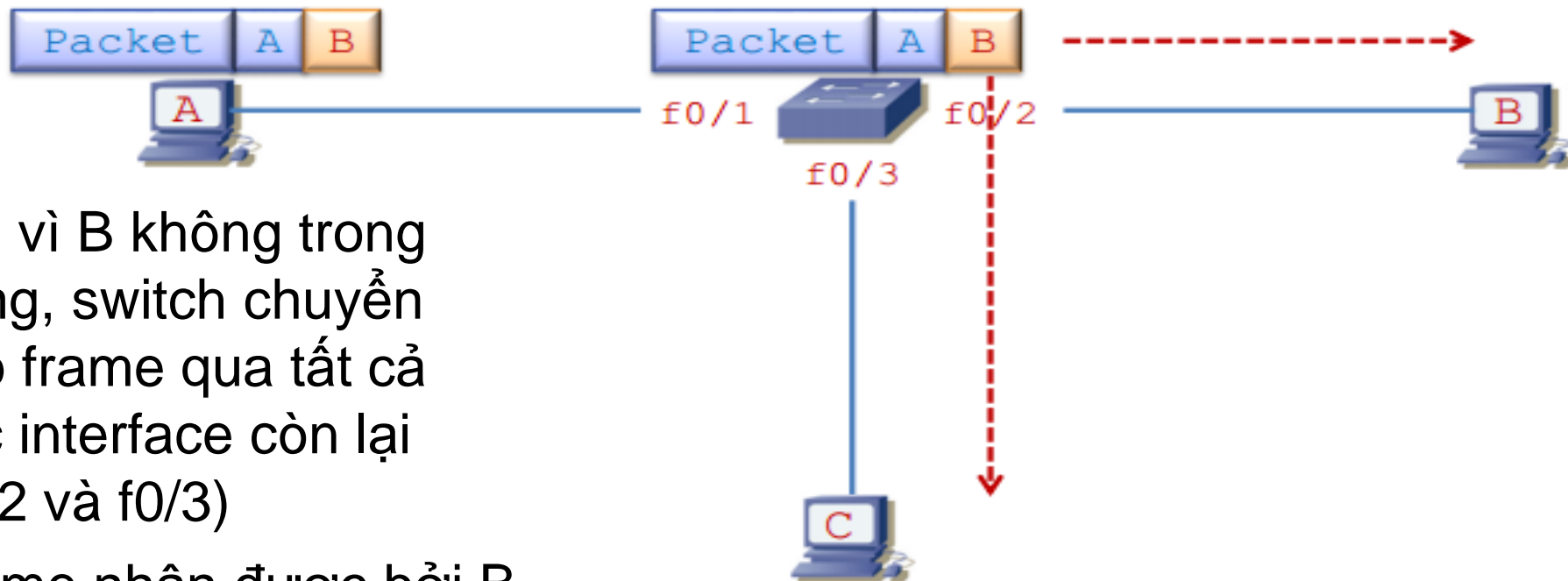


Switch học địa chỉ MAC

Giả sử A gửi frame tới B

- ❑ Switch nhận frame từ A
- ❑ Ghi vào bảng switch là A trên interface f0/1

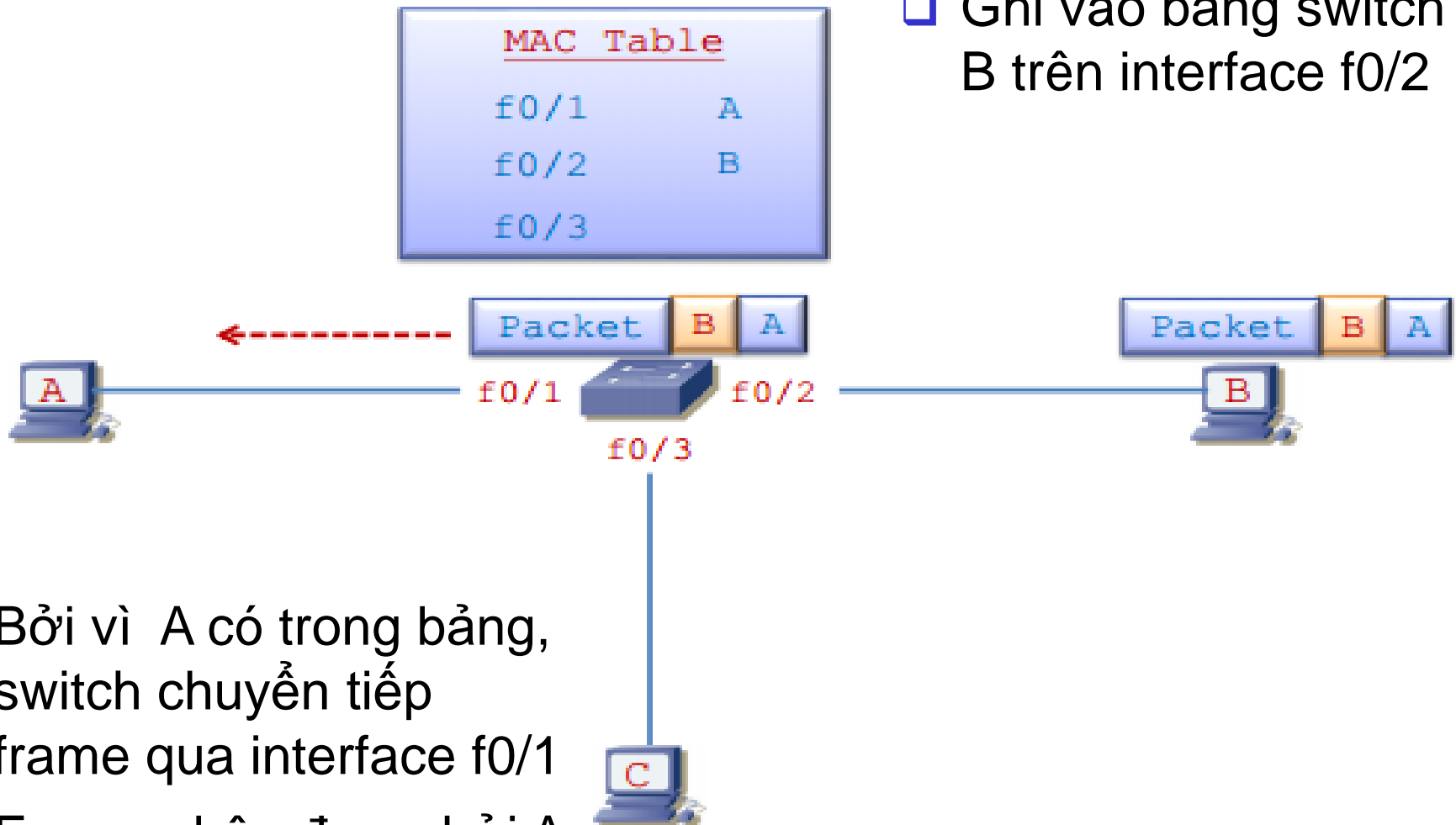
<u>MAC Table</u>	
f0/1	A
f0/2	
f0/3	



- ❑ Bởi vì B không trong bảng, switch chuyển tiếp frame qua tất cả các interface còn lại (f0/2 và f0/3)
- ❑ Frame nhận được bởi B

Switch học địa chỉ MAC

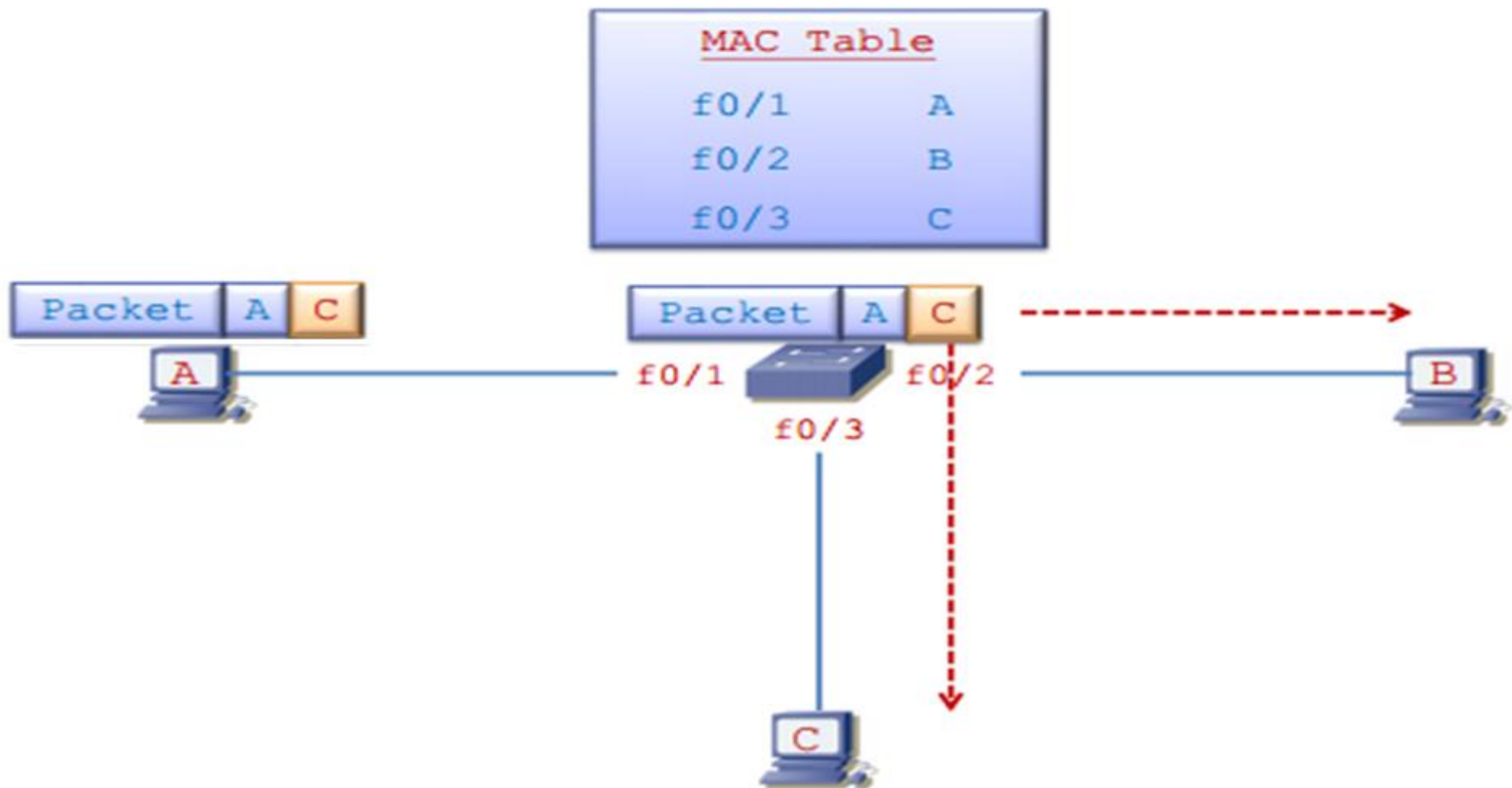
Giả sử B gửi frame trả lời A



- ❑ Switch nhận frame từ B
- ❑ Ghi vào bảng switch là B trên interface f0/2

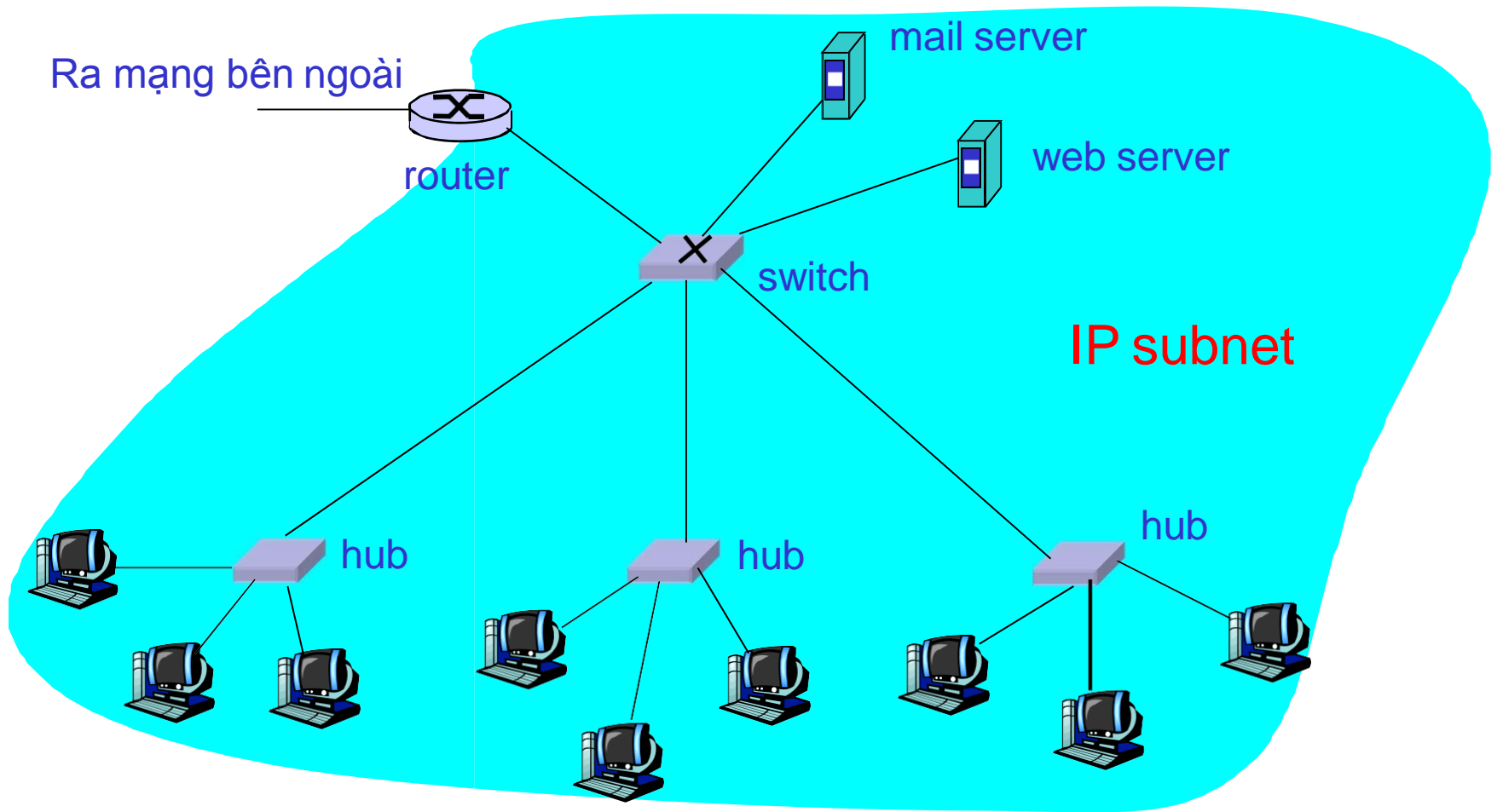
- ❑ Bởi vì A có trong bảng, switch chuyển tiếp frame qua interface f0/1
- ❑ Frame nhận được bởi A

Switch học địa chỉ MAC



Mạng của tổ chức

Sử dụng phối hợp hub, switch và Router

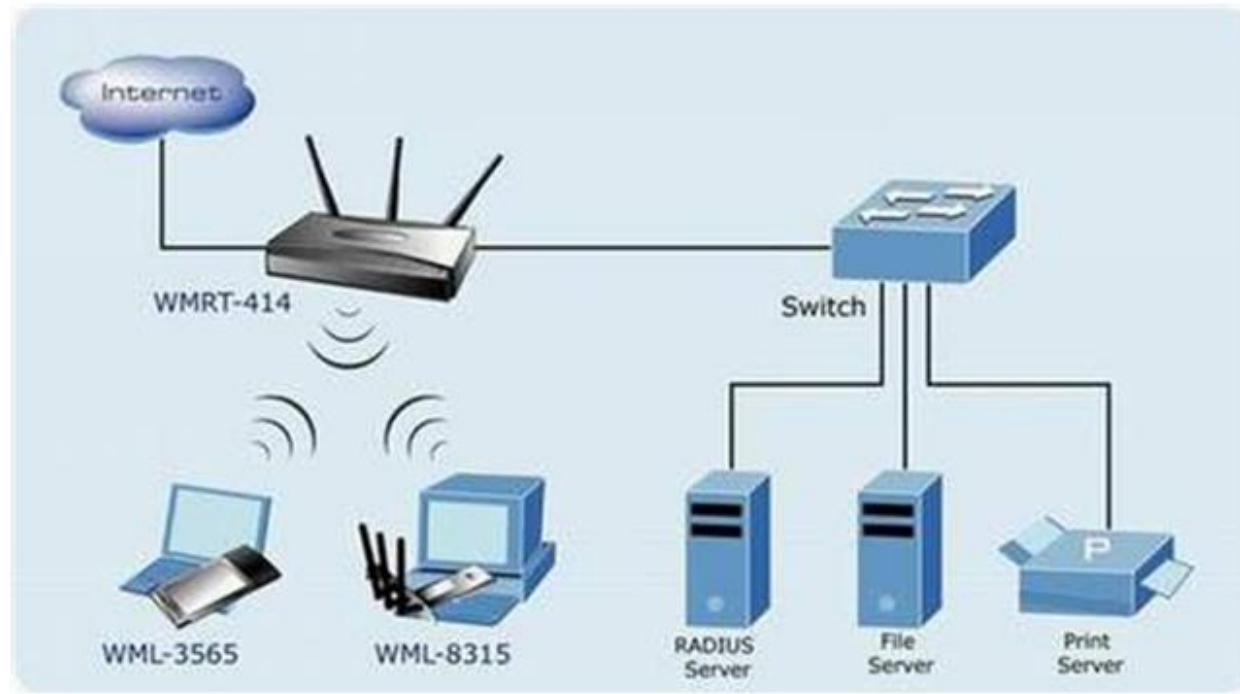


Chương 5: Tầng liên kết

1. Giới thiệu
2. Điều khiển lỗi
3. Điều khiển truy nhập đường truyền
4. LAN
 - Địa chỉ MAC và ARP
 - Ethernet
 - Hub, Bridge, Switch
5. **WLAN**

Wireless LAN

- ❑ Do tổ chức IEEE xây dựng và được tổ chức Wi-fi Alliance đưa vào sử dụng trên toàn thế giới.
- ❑ Có các tiêu chuẩn: chuẩn 802.11a, b, g, i, n trong đó chuẩn 802.11g (sử dụng phổ biến ở thị trường Việt Nam).
- ❑ Chuẩn WLAN:
 - IEEE 802.11a
 - IEEE 802.11b
 - IEEE 802.11g
 - IEEE 802.11i (WPA 2)
 - IEEE 802.11n (MIMO)
 - IEEE 802.11ac
 -



Wireless LAN

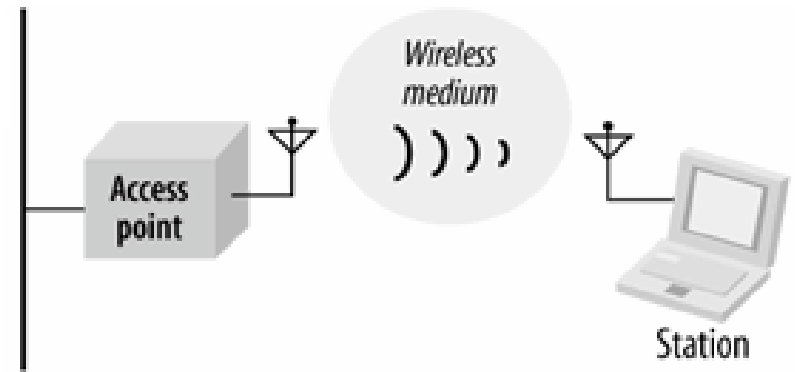


	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac
Năm phát hành	1999	1999	2003	2009	2013
Tần số	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz	5 GHz
Tốc độ tối đa	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	1 Gbps
Phạm vi trong nhà	100 ft	100 ft	125 ft	225 ft	90 ft
Phạm vi ngoài trời	400 ft	450 ft	450 ft	825 ft	1000 ft

Các thành phần của 802.11

❑ Station (trạm)

- Wireless network interface
- Laptop, thiết bị cầm tay, desktop



❑ Access point (Điểm truy nhập)

- Các khung (frame) của mạng 802.11 phải được chuyển thành các dạng khung khác trước khi gửi đi
- Cầu (bridge)

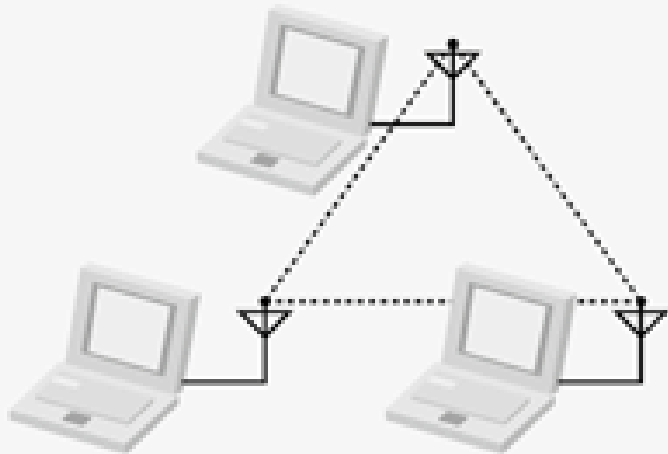
❑ Wireless medium (phương tiện truyền dẫn không dây)

- Sóng radio (Radio Frequency – RF)
- Tia hồng ngoại

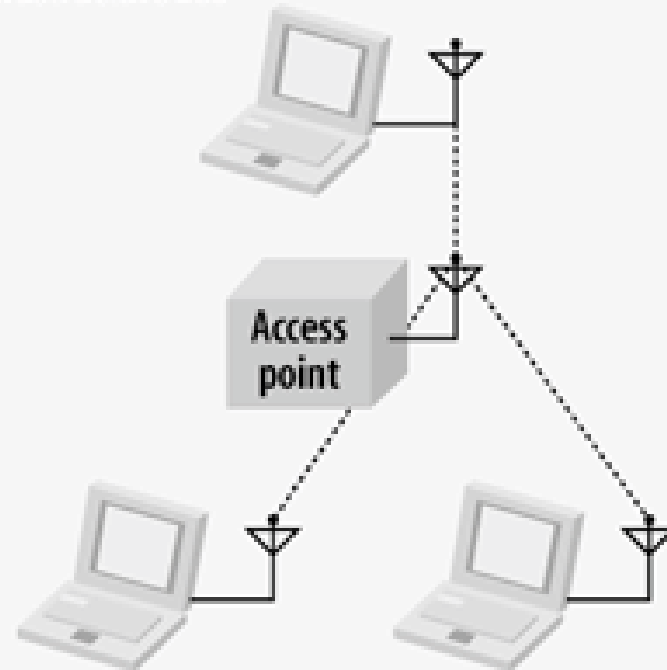
Tô pô của mạng WLAN

- ❑ Khối căn bản của mạng 802.11 là BSS (Basic Service Set) bao gồm một nhóm các trạm truyền thông với nhau
- ❑ BSS gồm có hai loại: Independent BSS (Ad hoc) và Infrastructure BSS (BSS)

Independent BSS



Infrastructure BSS



Chương 5: Tổng kết

- ❑ Các nguyên tắc bên trong của các dịch vụ tầng liên kết dữ liệu:
 - Phát hiện và sửa lỗi
 - Dùng chung một kênh quảng bá: đa truy cập
 - Đánh địa chỉ tầng liên kết dữ liệu
- ❑ Các công nghệ mạng LAN
 - Ethernet
 - WLAN
- ❑ Các thiết bị kết nối mạng LAN
 - Hub, bridge, switch