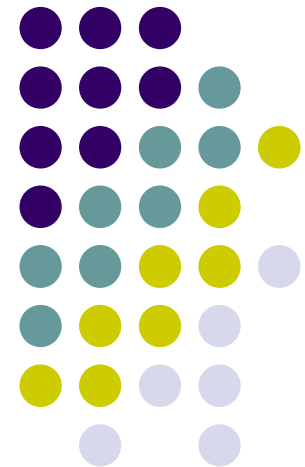


# Chương 8: Tầng liên kết dữ liệu

---

Giảng viên: Ngô Hồng Sơn

Khoa CNTT- ĐHBK Hà Nội  
Bộ môn Truyền thông và Mạng máy tính



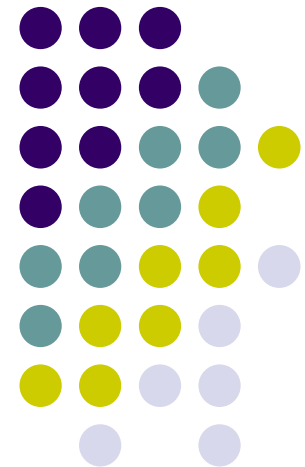


# Tổng quan

- Tuần trước: Tầng ứng dụng
  - Mô hình: client-server vs. P2P
  - Case study: HTTP, Mail, FTP...
- Tuần này: Tầng liên kết dữ liệu
  - Dịch vụ:
    - Đóng gói, địa chỉ hóa
    - Phát hiện và sửa lỗi
    - Kiểm soát luồng
    - Kiểm soát truy nhập đường truyền
  - Công nghệ mạng LAN (Local Area Network)
    - Ethernet
    - Wireless LAN
  - Công nghệ mạng WAN (Wide Area Network)
    - Frame relay
    - ATM
    - ....

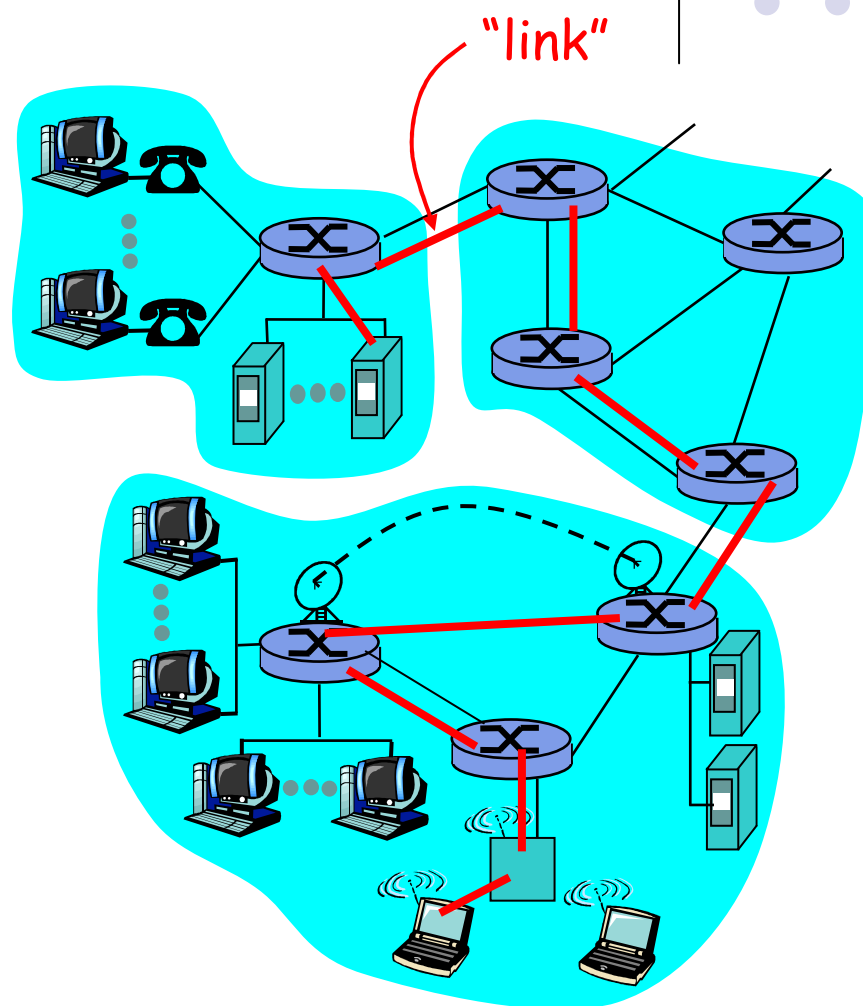
# Giới thiệu về Tầng liên kết dữ liệu

---

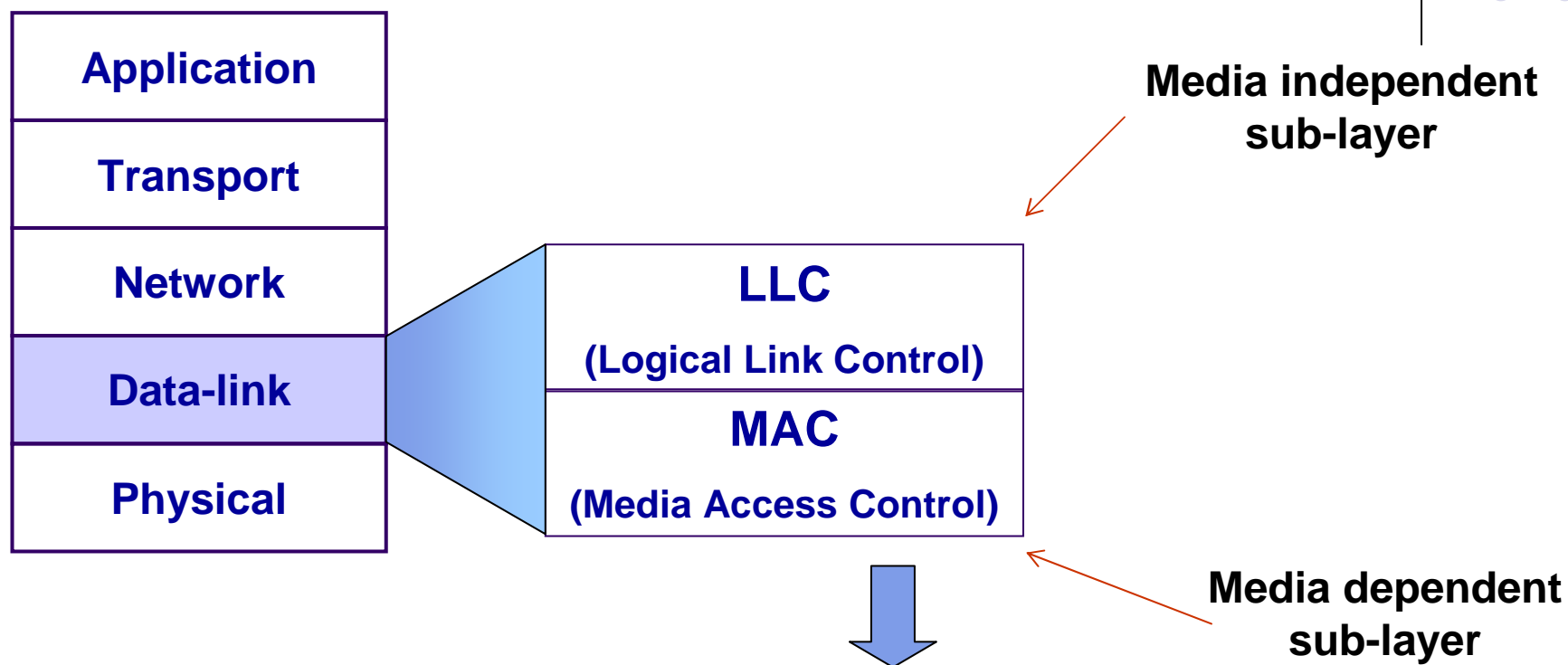


# Nút mạng và liên kết

- Nút mạng:
  - PCs, Laptop, Routers, Server...
- Liên kết:
  - Kênh truyền thông giữa các nút kế tiếp
  - Hữu tuyến: Ethernet LAN, ADSL, fiber optic...
  - Không dây: Wi-fi, Wi-Max, vệ tinh,...
- **Tầng liên kết dữ liệu:**  
Truyền dữ liệu giữa các thành phần kế tiếp



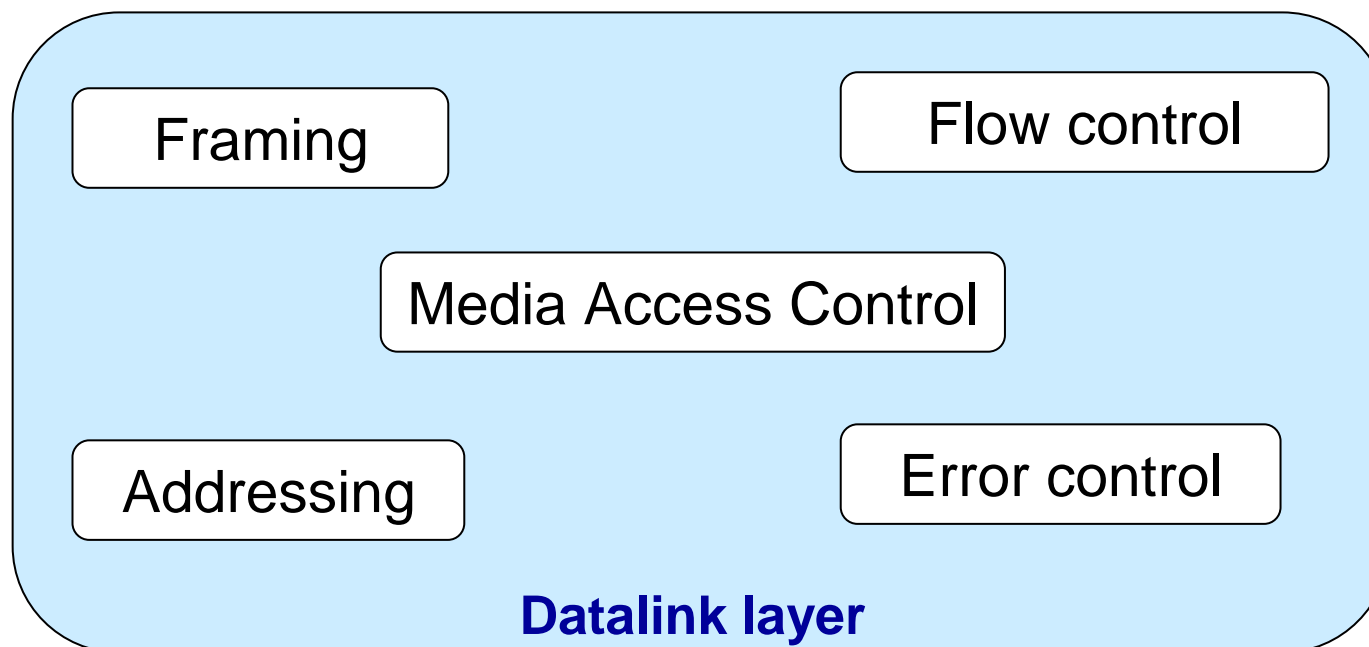
# Tầng liên kết dữ liệu và kiến trúc phân tầng



802.2 LLC					
802.3	802.4	802.5	802.11	.....	802.16
Ethernet	Token Bus	Token Ring	Wi-Fi		Wi-Max

IEEE 802.x series

# Tổng quan về các chức năng





# Các chức năng (1)

- Đóng gói - Framing:
  - Đơn vị dữ liệu: Frame (khung tin)
  - Bên gửi: đặt gói tin tầng mạng vào khung tin, thêm phần đầu, phần đuôi
  - Bên nhận: Bỏ phần đầu, phần đuôi và lấy gói tin truyền lên tầng mạng
- Địa chỉ hóa - Addressing:
  - Địa chỉ vật lý đặt trong phần đầu gói tin để định danh nút nguồn, nút đích



## Các chức năng (2)

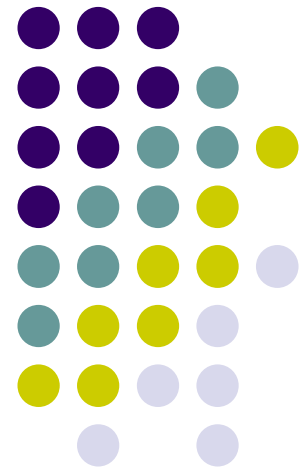
- Điều khiển truy nhập đường truyền
  - Nếu là mạng đa truy nhập, cần có các giao thức truy nhập đường truyền cho nhiều máy trạm
- Kiểm soát luồng:
  - Kiểm soát tốc độ truyền của bên gửi sao cho bên nhận hoạt động tốt, không bị quá tải
- Kiểm soát lỗi:
  - Phát hiện và sửa các lỗi bit
  - e.g. parity check, checksum, CRC check



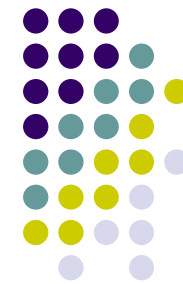
# Kiểm soát lỗi

---

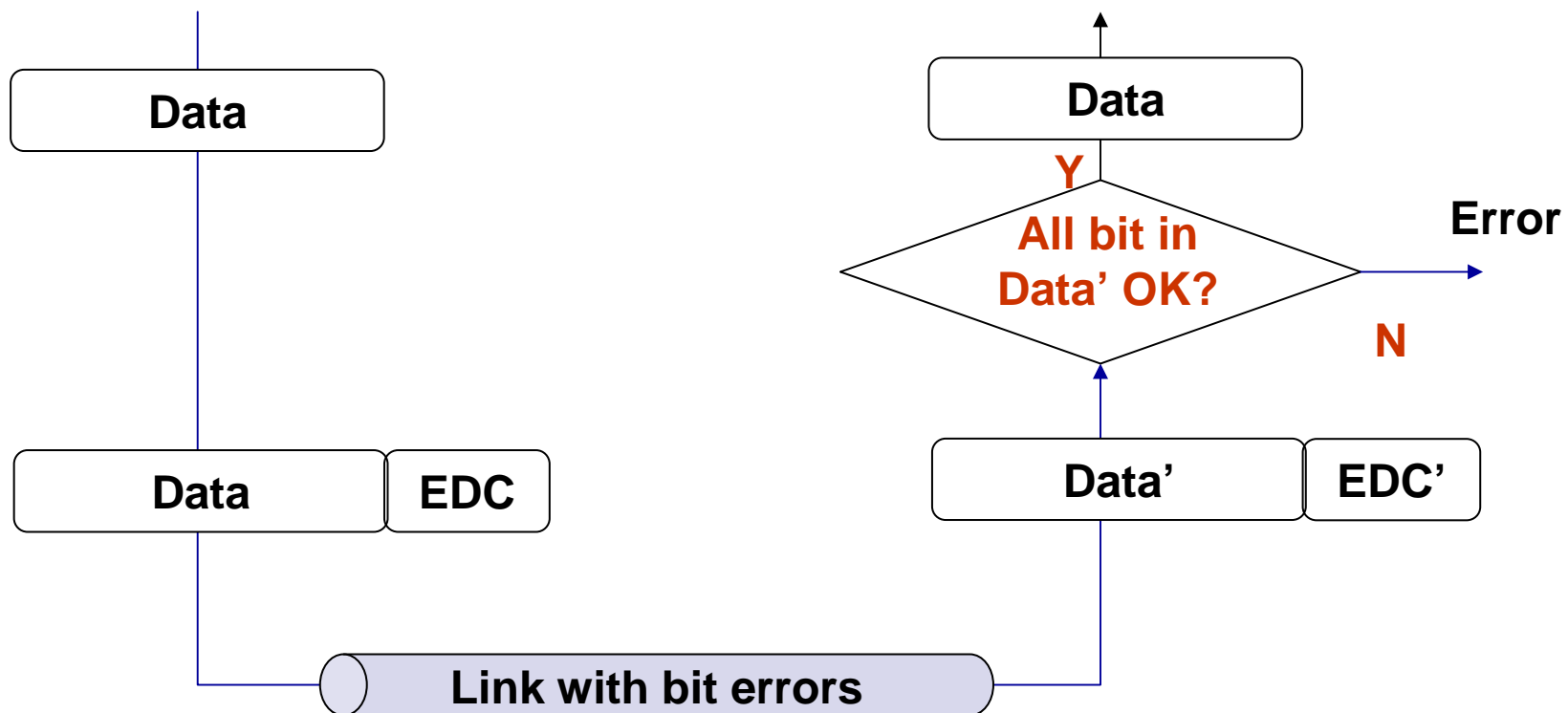
Phát hiện lỗi  
Phát hiện và sửa lỗi



# Nguyên lý phát hiện lỗi



EDC= Error Detection Code (redundancy)  
Mã phát hiện lỗi



# Mã chẵn lẻ



- Mã đơn
  - Phát hiện lỗi bit đơn
- Mã hai chiều
  - Phát hiện và sửa lỗi bit đơn
- Khái niệm về checksum của Internet?

0111000110101011	0
------------------	---

101011	1		101011	1
111100			101100	0
011101			011101	1
001010			001010	0



# Internet checksum (nhắc lại)

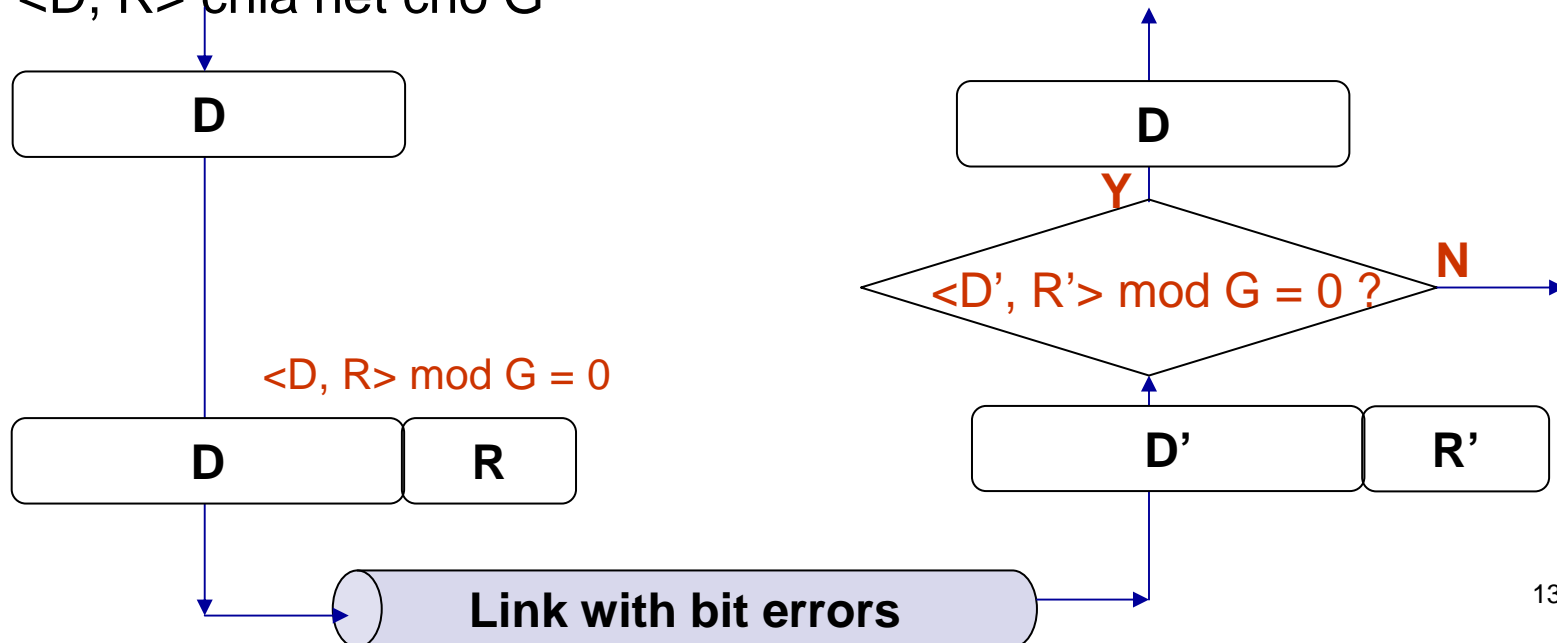
- Mã kiểm tra lỗi độ dài 16 bit
- Tại bên gửi
  - Đặt 16 bit của checksum = 0
  - Tổng theo các số 16 bits
  - Đảo bit tất cả
- Tại bên nhận
  - Tổng tất cả theo các số 16 bit
  - Phải thu được toàn các bit 1
  - Nếu không, gói tin bị lỗi

# CRC: Cyclic Redundancy Check

## Mã vòng



- Dữ liệu được xem như một số nhị phân: D
- Chọn một chuỗi  $r+1$  bit, G (chuỗi sinh – Generator)
- Tìm một chuỗi R độ dài r bit, sao cho chuỗi ghép của D và R là một số nhị phân chia hết cho G (chia modulo 2)
  - $\langle D, R \rangle$  chia hết cho G



# CRC: 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

- $D \cdot 2^r \text{ XOR } R = n \cdot G$

- $D \cdot 2^r = n \cdot G \text{ XOR } R$

- Có nghĩa là R là số dư khi chia  $D \cdot 2^r$  cho G (phép chia modulo 2)

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

$R=110$ , chuỗi bit gửi đi là

$10101001110$

**D**

**R**

- Ví dụ

$  \begin{array}{r}  10101001000 \\  \underline{1001} \quad \mathbf{D} \\  1110 \\  1001 \\  \underline{1110} \\  1001 \\  \underline{1111} \\  1001 \\  \underline{1100} \\  1001 \\  \underline{1010} \\  1001 \\  \underline{110} \\  \mathbf{R}  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  \mathbf{G} \\  \underline{1001} \\  1011110  \end{array}  $
---	--

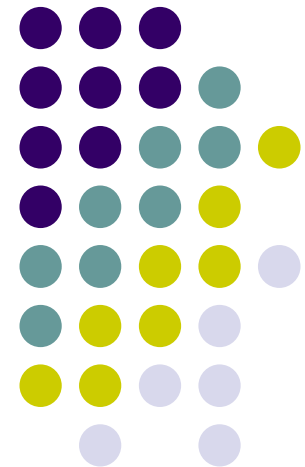
# CRC biểu diễn dưới dạng đa thức



- 1011 :  $x^3 + x + 1$
- Ví dụ một số mã CRC được sử dụng trong thực tế:
  - CRC-8 =  $x^8 + x^2 + x + 1$
  - CRC-12 =  $x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x$
  - CRC-16-CCITT =  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
  - 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 càng dài, mã CRC phát hiện lỗi càng hiệu quả
- CRC được sử dụng rộng rãi trong thực tế
  - Wi-fi, ATM, Ethernet...
  - Phép toán XOR được cài đặt bởi phần cứng
  - Phát hiện chuỗi bit bị lỗi có độ dài nhỏ hơn  $r+1$  bit

# Kiểm soát truy nhập đường truyền

---







# Các dạng liên kết

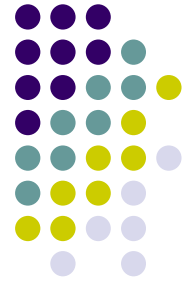
- Điểm-nối-điểm
  - ADSL
  - Telephone modem
  - Leased Line....
- Quảng bá
  - Mạng LAN truyền thống với hình trạng bus hay mạng hình sao dùng hub (công nghệ lỗi thời)
  - Wireless LAN, radio network, mobile network
  - HFC:
  - ...
- Các mạng quảng bá cần giao thức điều khiển truy nhập để tránh xung đột -> Giao thức đa truy nhập

# Phân loại các giao thức đa truy nhập



- Chia kênh:
  - Chia tài nguyên của đường truyền thành nhiều phần nhỏ (Thời gian - TDMA, Tần số - FDMA, Mã - CDMA)
  - Chia từng phần nhỏ đó cho các nút mạng
- Truy nhập ngẫu nhiên:
  - Kênh không được chia, cho phép đồng thời truy nhập, chấp nhận là có xung đột (collision)
  - Cần có cơ chế để phát hiện và tránh xung đột
  - e.g. Pure Aloha, Slotted Aloha, CSMA/CD, CSMA/CA...
- Lăn lượt:
  - Theo hình thức quay vòng
  - Token Ring, Token Bus....

# Các phương pháp chia kênh



- FDMA: frequency division multiple access
- TDMA: time division multiple access
- CDMA: code division multiple access

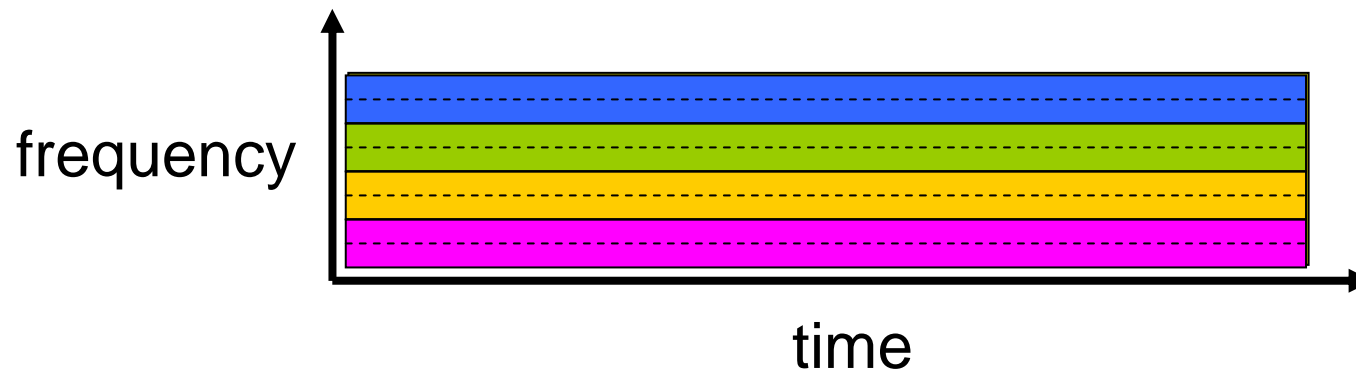
# TDMA và FDMA

Ví dụ:

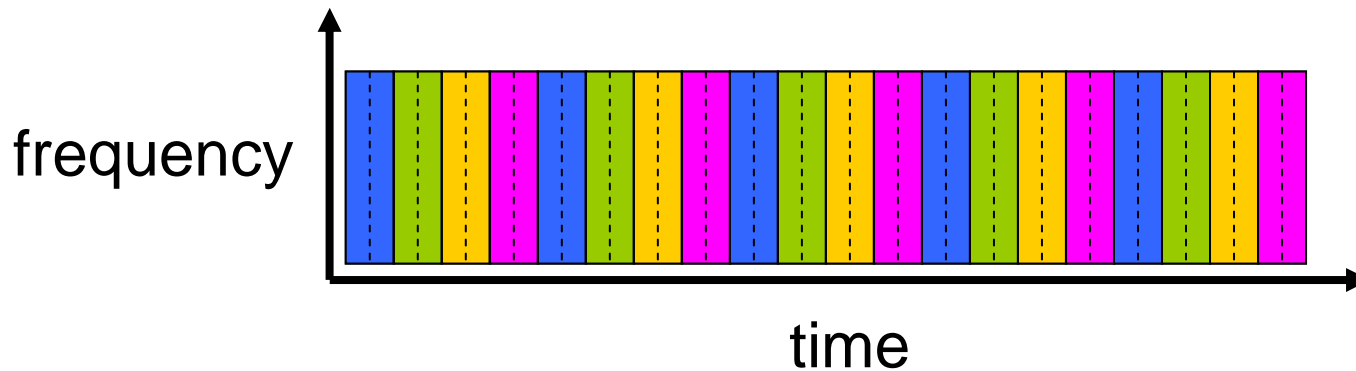
4 kênh



FDMA



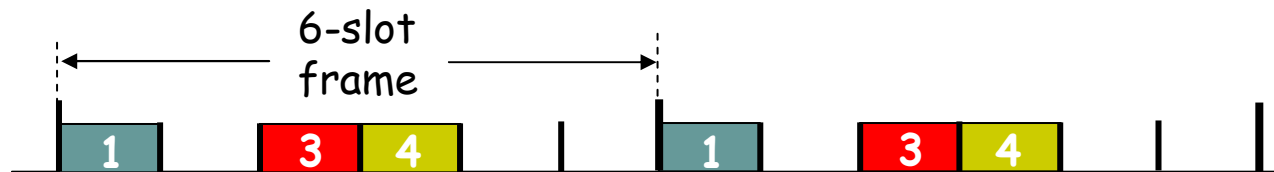
TDMA:



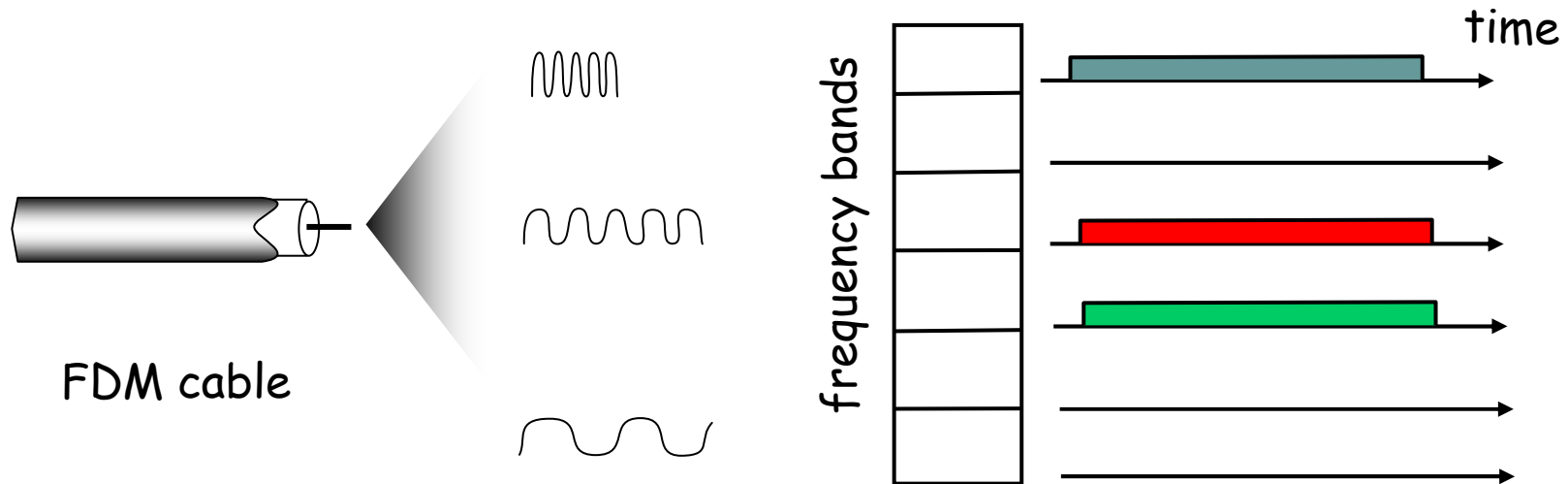


# TDMA: Ví dụ

- Mạng LAN có 6 máy, 1,3,4 hoạt động. 2, 5, 6 nghỉ

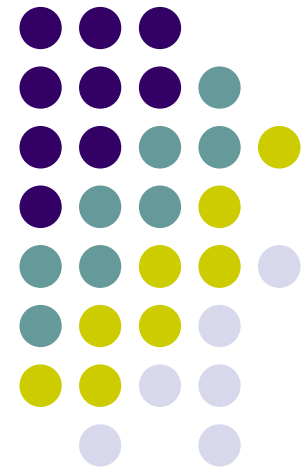


# FDMA: Ví dụ



# Các phương pháp truy cập ngẫu nhiên

---

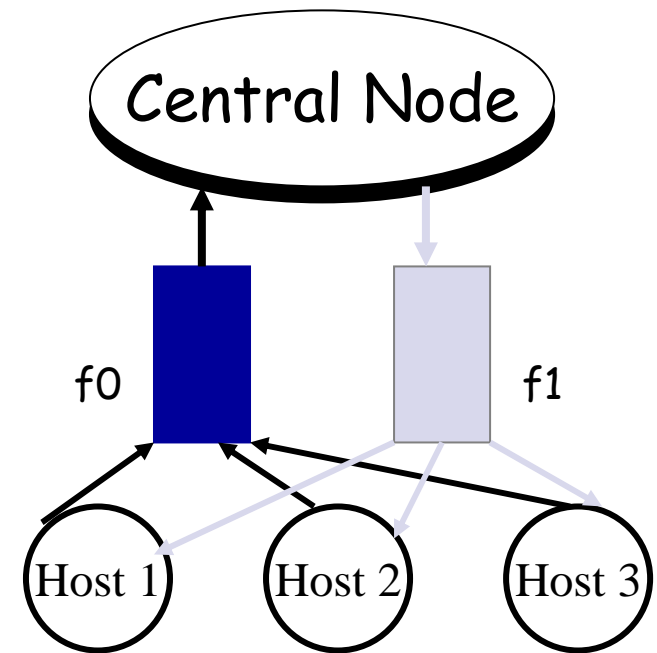


# Aloha

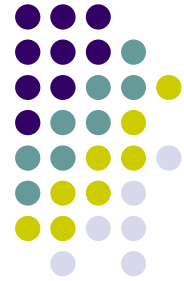
- Packet-Switched Radio Network
- Các nút truyền trên một tần số ( $f_0$ )
- Nút trung tâm nhận và truyền lại một tần số khác ( $f_1$ )

Nếu có hai nút cùng truyền: Xung đột

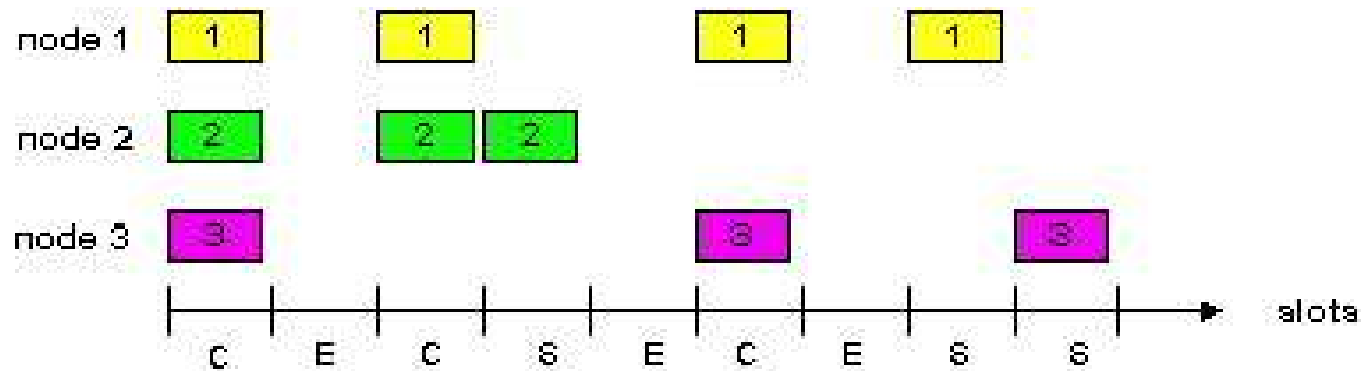
- Nếu có xung đột, nút vừa truyền sẽ nhận được một gói tin bị lỗi, nó sẽ đợi một thời gian ngẫu nhiên trước khi truyền lại







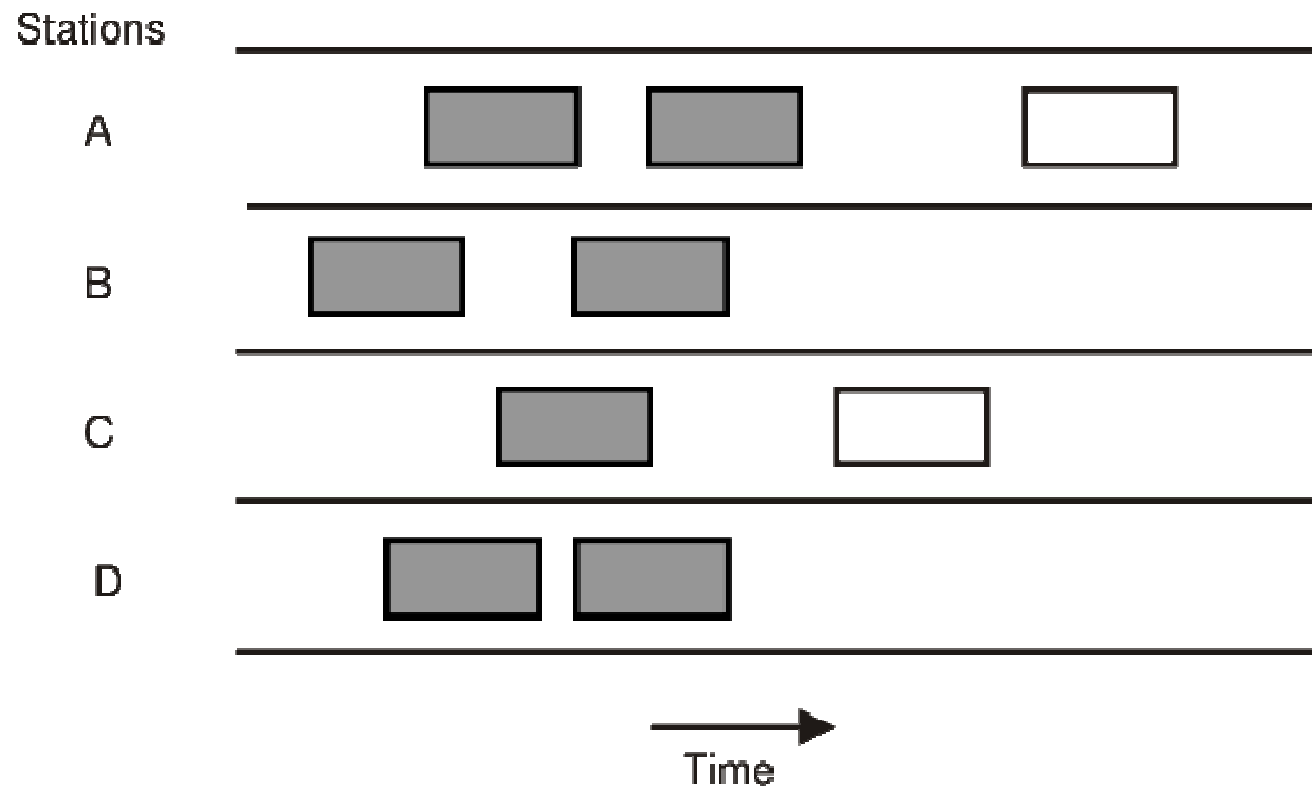
# Slotted ALOHA



- Thời gian được chia làm các khe (slot) bằng nhau
- Dữ liệu có cùng kích thước (1 slot)
- Các nút phải đồng bộ hóa thời gian

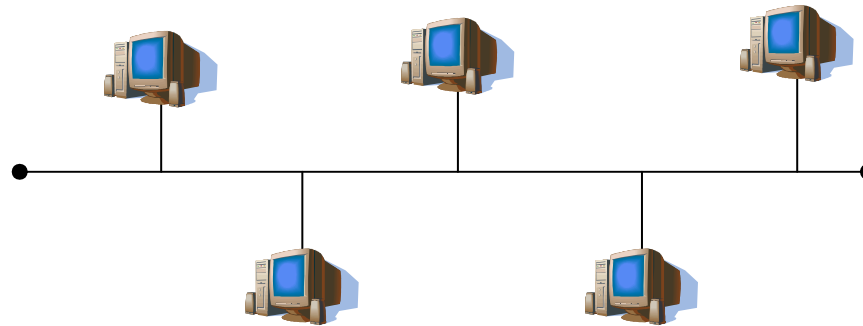


# Pure ALOHA



*Hiệu quả kém hơn Slotted ALOHA!*

# CSMA/CD

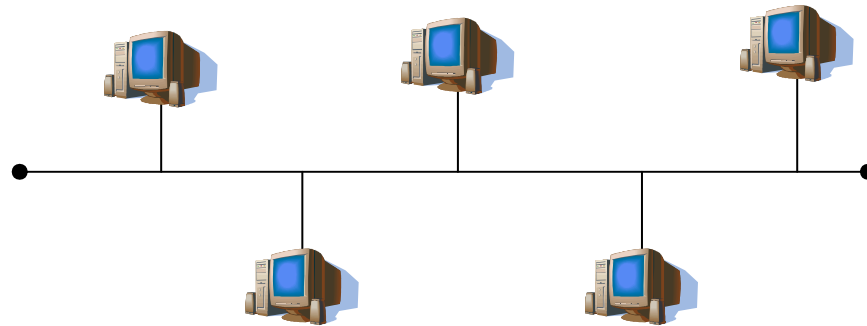


- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (Đa truy nhập, có phát hiện xung đột)
- Thế nào là CSMA/CD: trong một cuộc họp
  - Multiple Access:
  - Collision:
  - CSMA: “Listen before talk”
  - CD
    - “Listen while talking”





# CSMA/CD

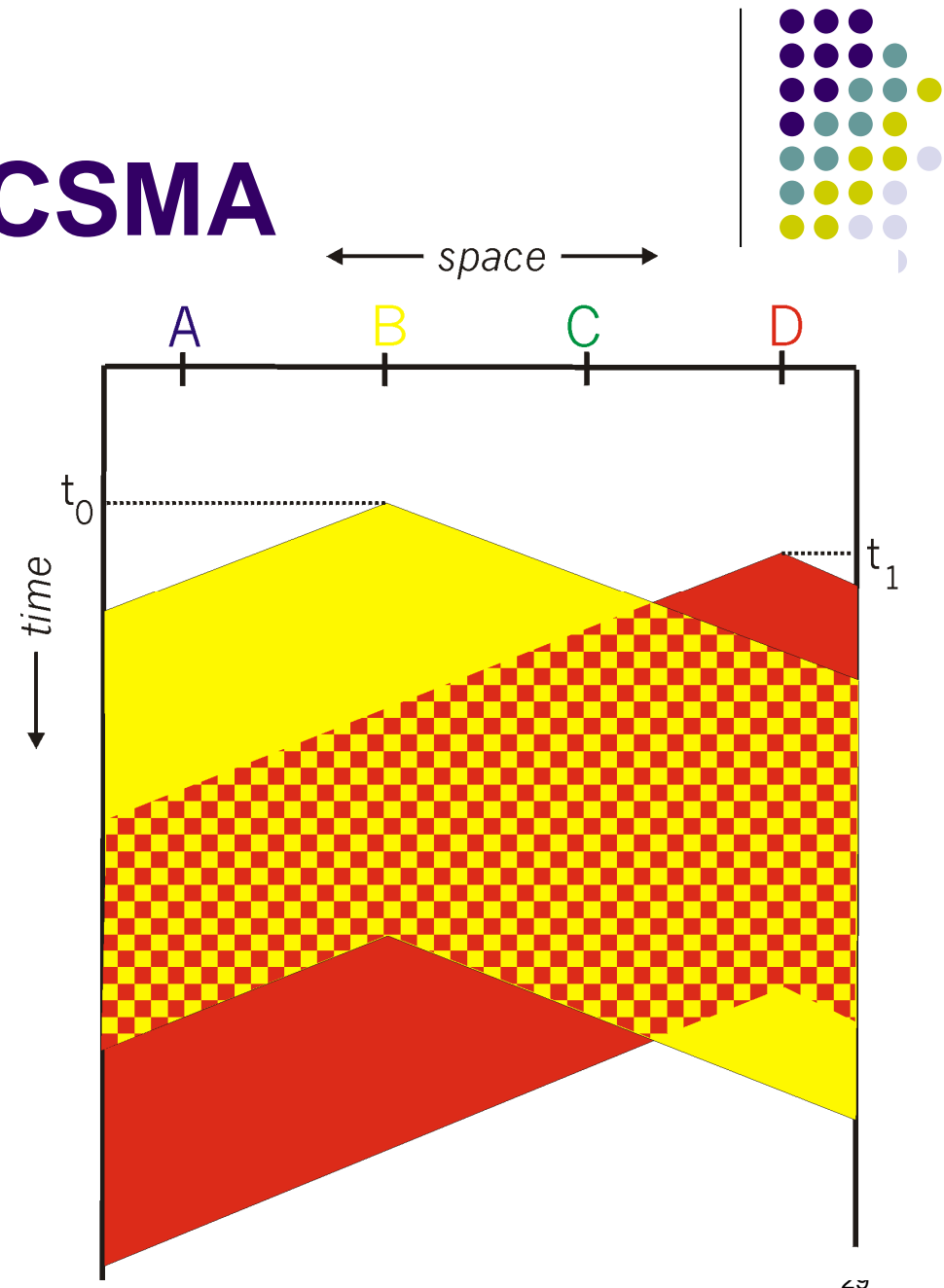


- **CSMA**: Các máy nghe trước muốn truyền:
  - Nếu kênh rỗi, truyền toàn bộ dữ liệu
  - Nếu kênh bận, chờ (rút lui và quay lại)
- Tại sao lại có xung đột?

**Độ trễ lan truyền**

# Xung đột trong CSMA

- Giả sử kênh truyền có 4 nút
- Tín hiệu điện từ lan truyền từ nút này đến nút kia mất một thời gian nhất định (trễ lan truyền)
- Ví dụ:





# CSMA/CD: Tóm tắt

- 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” xem có xung đột hay không
    - Nghe trong thời gian bao lâu?
  - Nếu phát hiện thấy xung đột: Hủy bỏ quá trình truyền và quay lại trạng thái rút lui
- Sau khi rút lui, khi nào thì quay lại
  - *Exponential back-off*

# So sánh chia kênh và truy nhập ngẫu nhiên

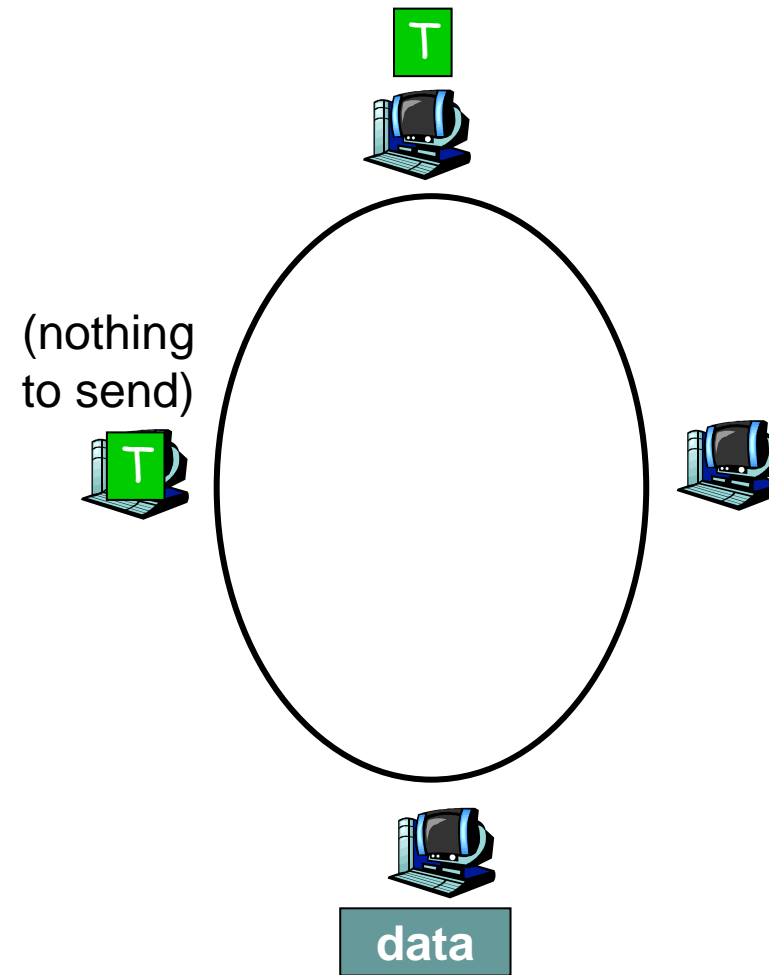


- Chia kênh
  - Hiệu quả, công bằng cho đường truyền với lưu lượng lớn
  - Lãng phí nếu chúng ta cấp kênh con cho một nút chỉ cần lưu lượng nhỏ
- Truy nhập ngẫu nhiên
  - Khi tải nhỏ: Hiệu quả vì mỗi nút có thể sử dụng toàn bộ kênh truyền
  - Tải lớn: Xung đột tăng lên
- Phương pháp quay vòng: Có thể dung hòa ưu điểm của hai phương pháp trên

# Token Ring – Mạng vòng dùng thẻ bài



- Một “thẻ bài” luân chuyển lần lượt qua từng nút mạng
- Nút nào giữ thẻ bài sẽ được gửi dữ liệu
- Gửi xong phải chuyển thẻ bài đi
- Một số vấn đề
  - Tốn thời gian chuyển thẻ
  - Trễ
  - Mất thẻ bài....





# Tổng kết các phương pháp kiểm soát đa truy nhập



- Chia kênh
- Truy nhập ngẫu nhiên
- Quay vòng
- Phân tích ưu, nhược điểm

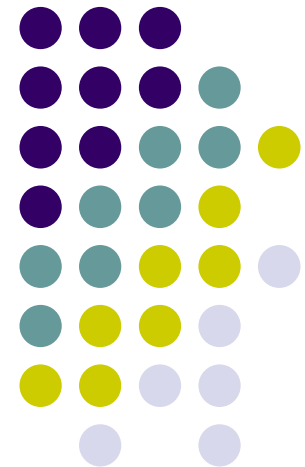


# Thảo luận

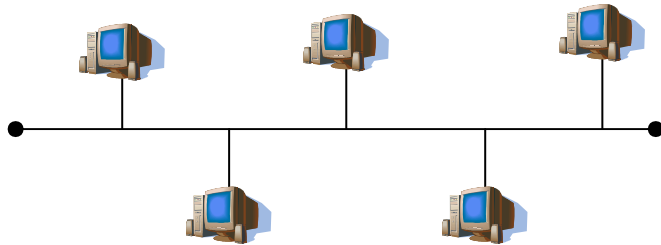
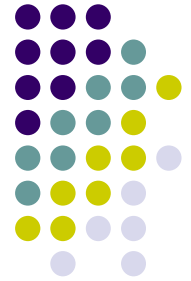
- Trong phương pháp CSMA/CD, khi lượng dữ liệu cần gửi tăng lên thì:
  - Xung đột tăng lên?
  - Thông lượng tăng lên?
- Trong phương pháp TDMA, xung đột sẽ tăng lên khi lượng dữ liệu cần gửi tăng lên?
- Khi lượng dữ liệu cần gửi là rất nhiều, phương pháp Token Ring là kém hơn so với CSMA/CD
- Câu hỏi: Giải thích một cách định lượng hiệu quả của các phương pháp truy cập đường truyền (Bài tập lớn)

# LAN: Local Area Network

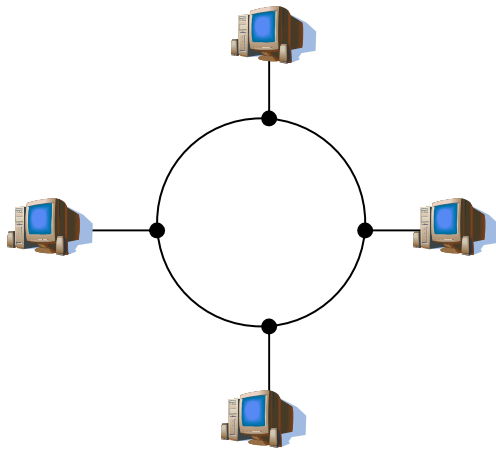
---



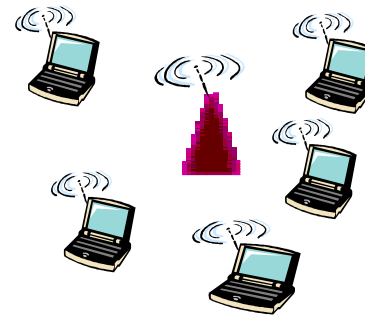
# LAN topology



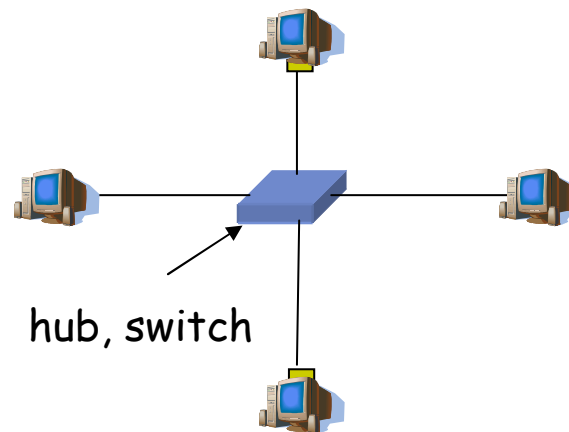
**Bus**



**Ring**



**WLAN**

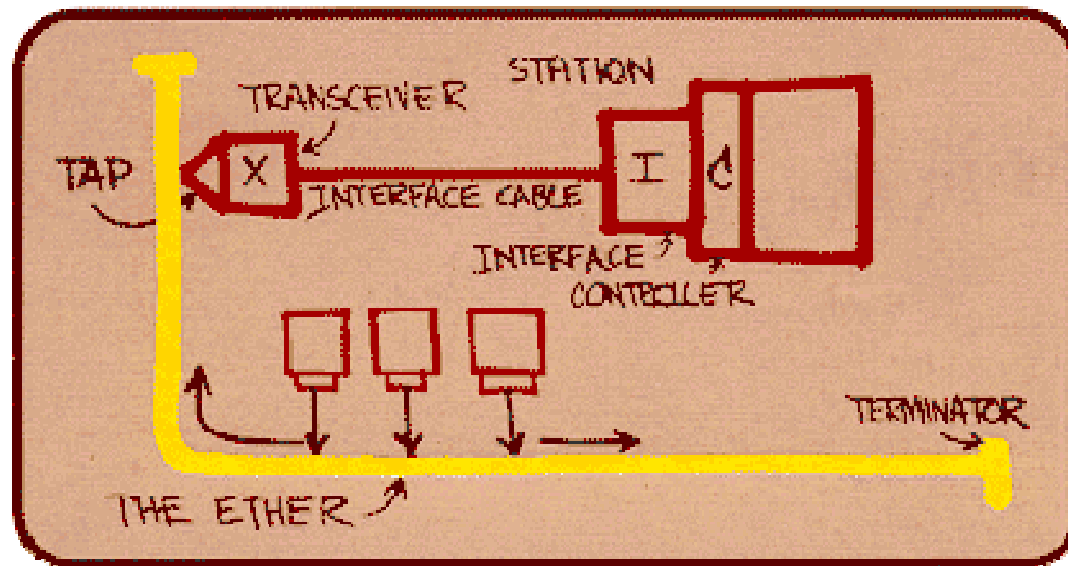


**Star**



# Mạng Lan Ethernet

- IEEE 802.3
- Tốc độ đa dạng: 10 Mbps – 10 Gbps...
  - Ethernet: 10BaseT, 10Base2...
  - Fast Ethernet: 100BaseT
  - Giga Ethernet

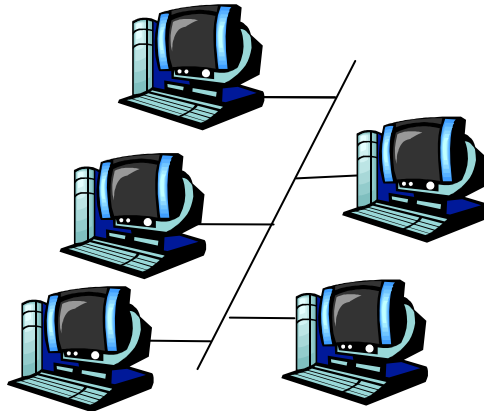


Metcalfe's Ethernet sketch

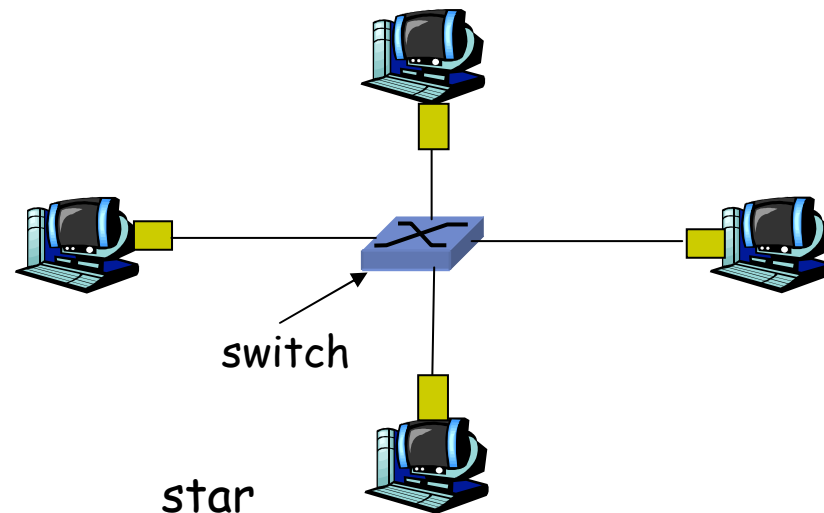
# Mạng hình sao



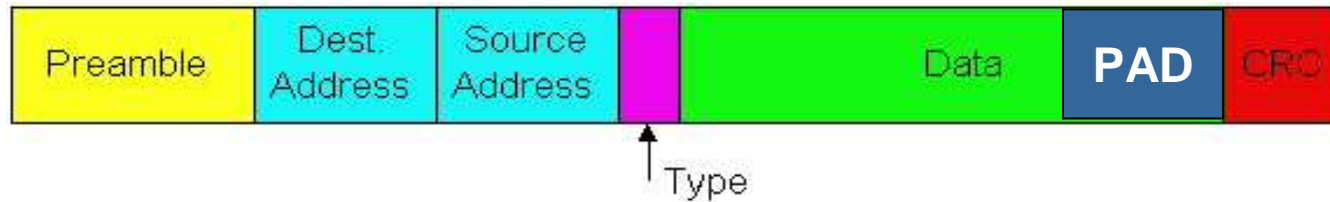
- Mạng dạng bus từng phổ biến trước đây
  - Các nút mạng cùng chia sẻ một đường trục
- Ngày nay: Chủ yếu là mạng hình sao
  - Một bộ chuyển mạch trung tâm với nhiều cổng Ethernet
  - Bộ chuyển mạch có thể tạo liên kết độc lập cho 2 nút mạng bất kỳ
  - Không xung đột
  - Không giao thức đa truy nhập .



bus: coaxial cable



# Cấu trúc đơn vị dữ liệu của Ethernet

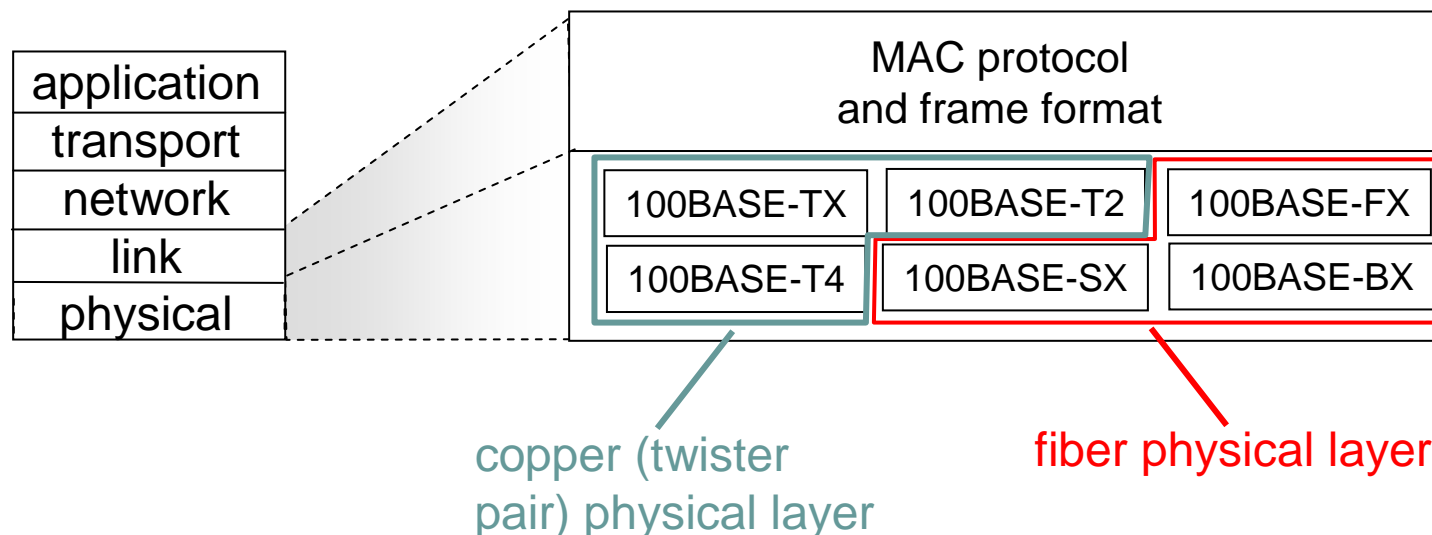


- **Preamble:** Bắt đầu một khung tin
- **Address:** Địa chỉ vật lý của trạm nguồn, trạm đích
  - 6 bytes
- **Type:** Giao thức tầng trên (IP, Novell IPX, AppleTalk, ...)
- **PAD:** Phần thêm vào cho khung tin đủ độ dài (nếu cần thiết)
- **CRC:** Mã kiểm soát lỗi

# Chuẩn mạng cục bộ 802.3 Ethernet Standards

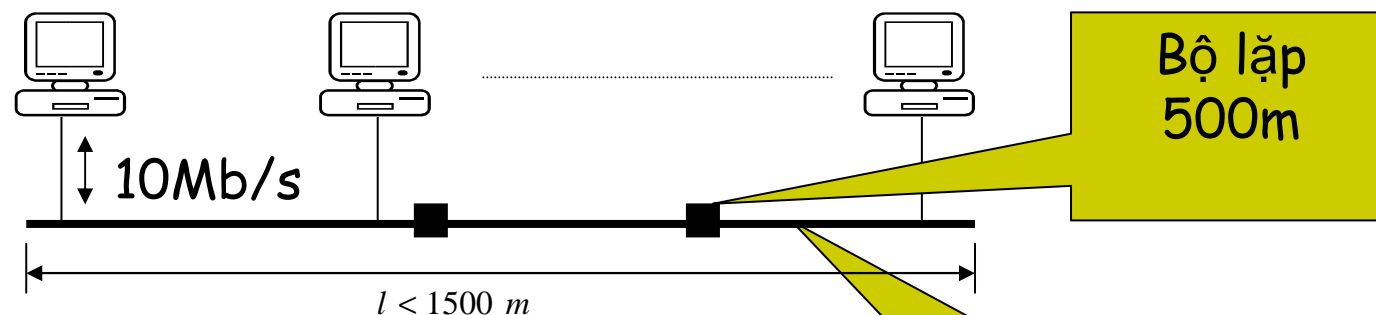


- Link & Physical Layers
- MAC: CSMA/CD
- Có nhiều chuẩn Ethernet khác nhau
  - Cùng giao thức MAC và cấu trúc Frame
  - Tốc độ khác nhau: 2 Mbps, 10 Mbps, 100 Mbps, 1Gbps, 10G bps
  - Phương tiện truyền khác nhau: Cáp quang, cáp đồng trục, cáp xoắn đôi.





# Ethernet cổ điển



$$PROP_{\max} = l / c = 1500 / 2.5 \times 10^8 = 6 \mu s$$

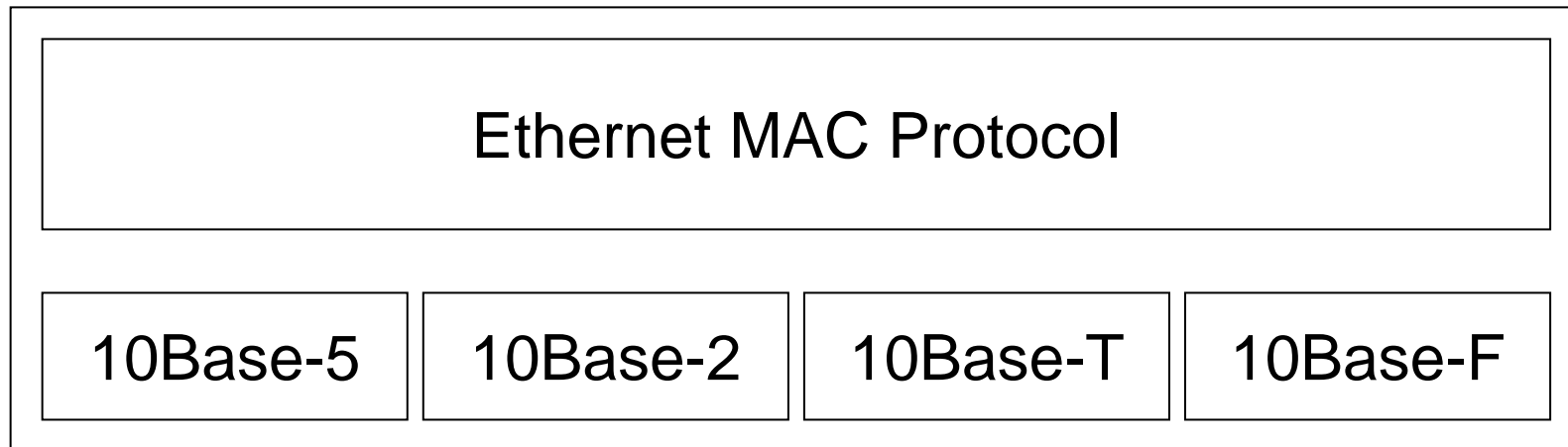
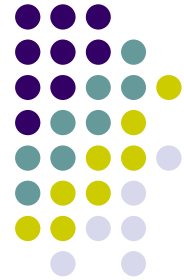
$$TRANSP > 2PROP \Rightarrow TRANSP > 12 \mu s$$

$$\therefore Packetsize \geq (12 \mu s) \times 10 Mb / s = 120 bits$$

Thực tế, Min packet size = 512 bits.

- Thêm thời gian phát hiện xung đột.
- Cho phép “repeaters” đủ thời gian khuếch đại tín hiệu.

# Chuẩn Ethernet 10Mb/s



10Base-5: Cáp đồng trục béo, max = 500m.

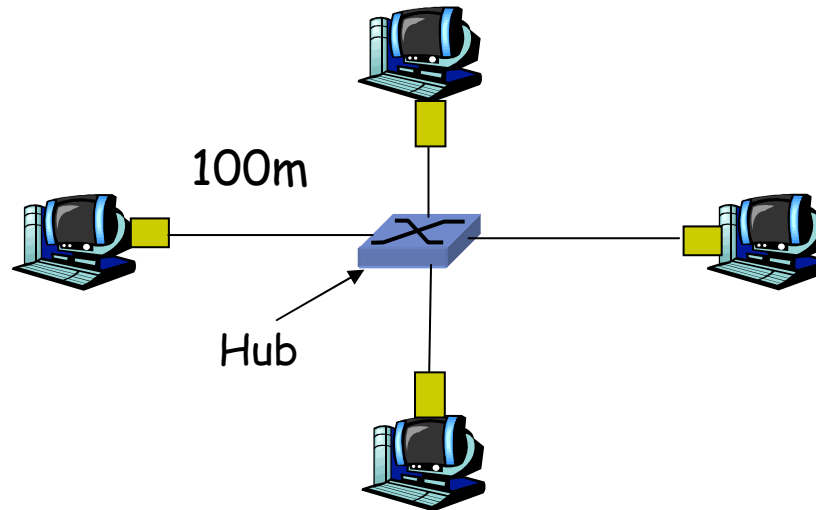
10Base-2: Cáp đồng trục gầy, max ~ 200m (180m).

10Base-T: Dùng cáp xoắn đôi (twisted-pair) CAT 3

10Base-F: Dùng cáp sợi quang.

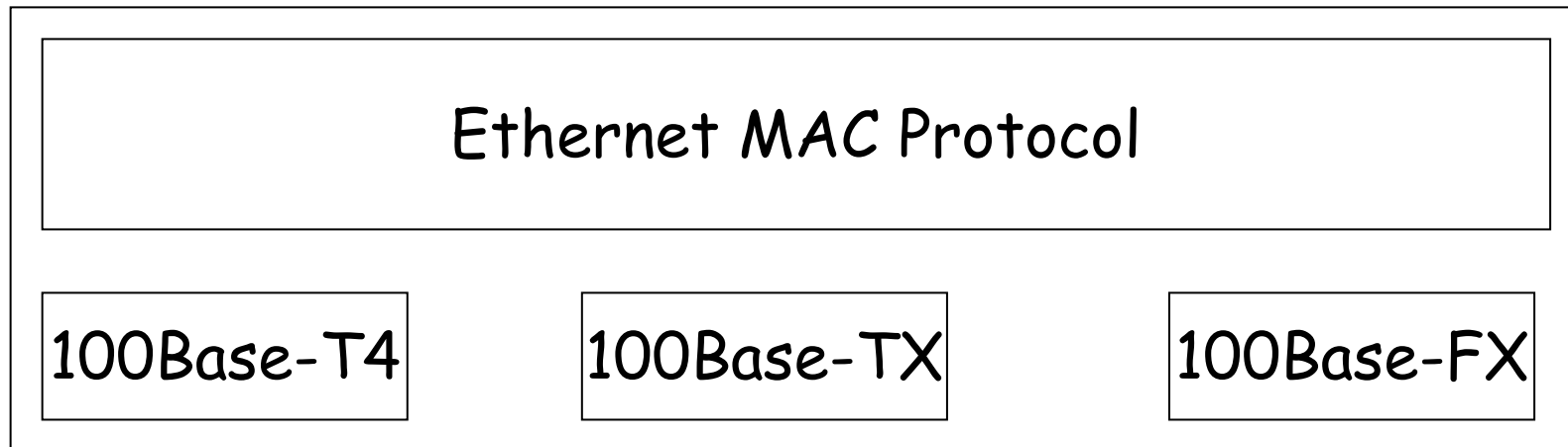


# 10Base-T



- Sử dụng hub trung tâm, cáp TP CAT 3 (4 cặp dây xoắn).
- Dễ lắp đặt và quản trị
- Làm Ethernet trở nên phổ biến hơn

# “Fast Ethernet” 100Mb/s

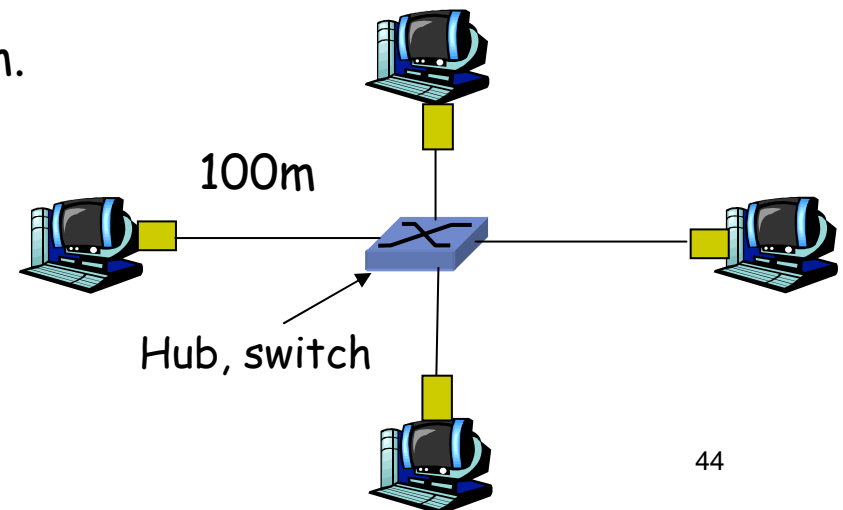


Mạng hình sao, Độ dài cáp 100m.

100Base-T4: Cáp TP CAT 3 .

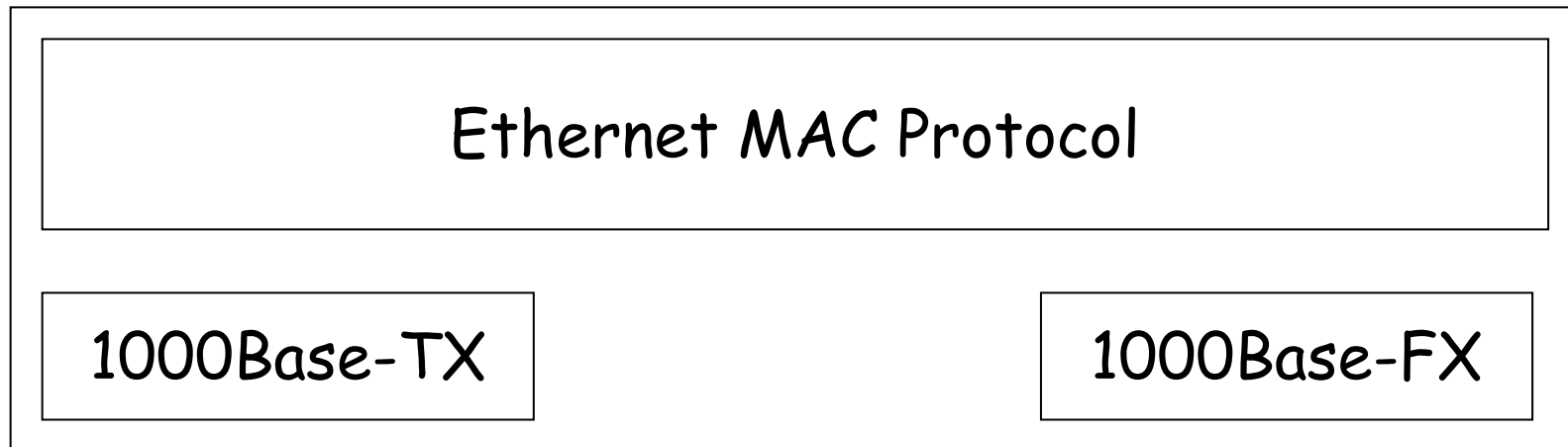
100Base-TX: Cáp TP CAT 5.

100Base-FX: Cáp sợi quang.





# “Gigabit Ethernet” 1Gbps



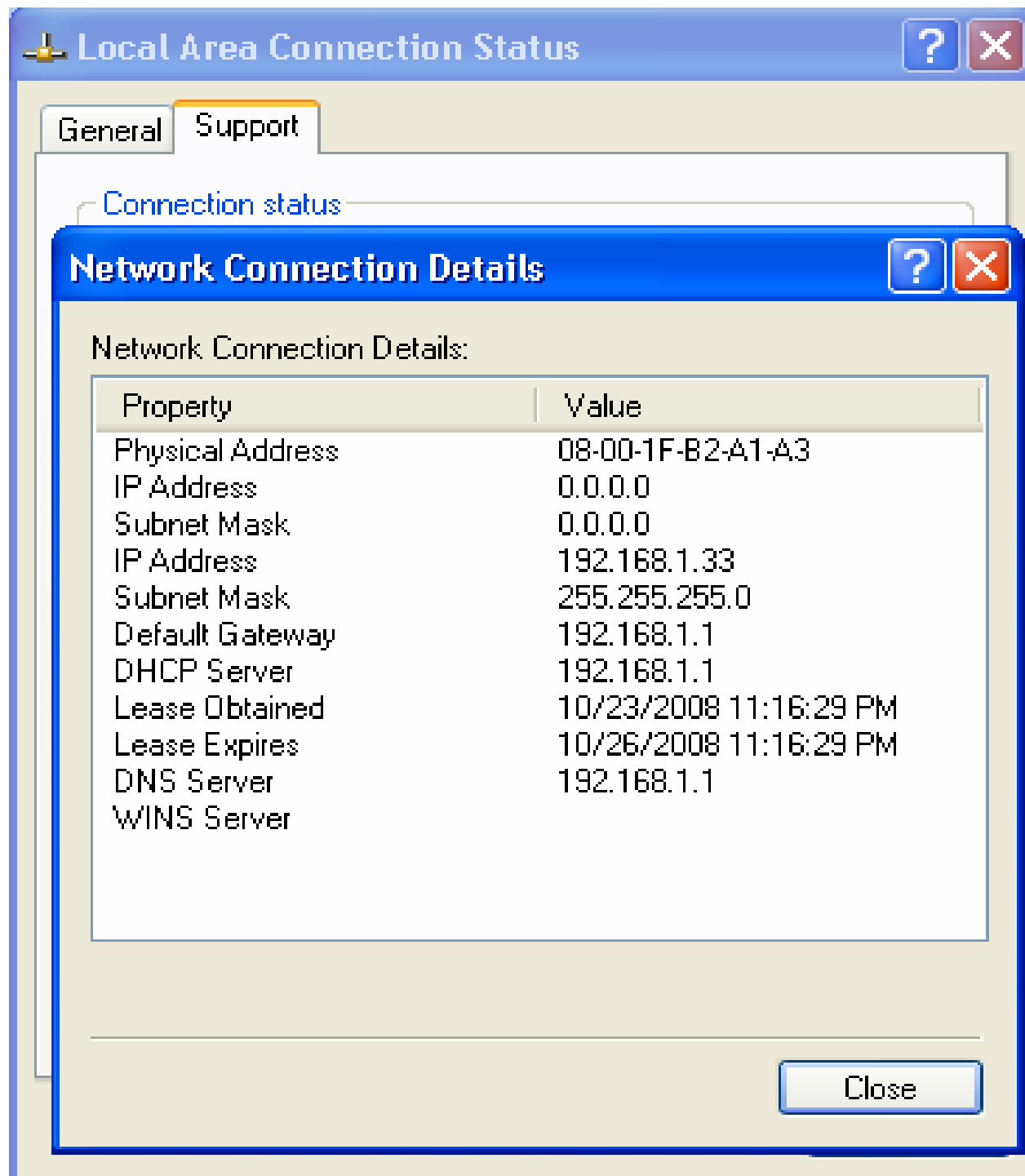
1000Base-TX: 4 cặp dây xoắn, CAT 6.

1000Base-FX: Cáp sợi quang.



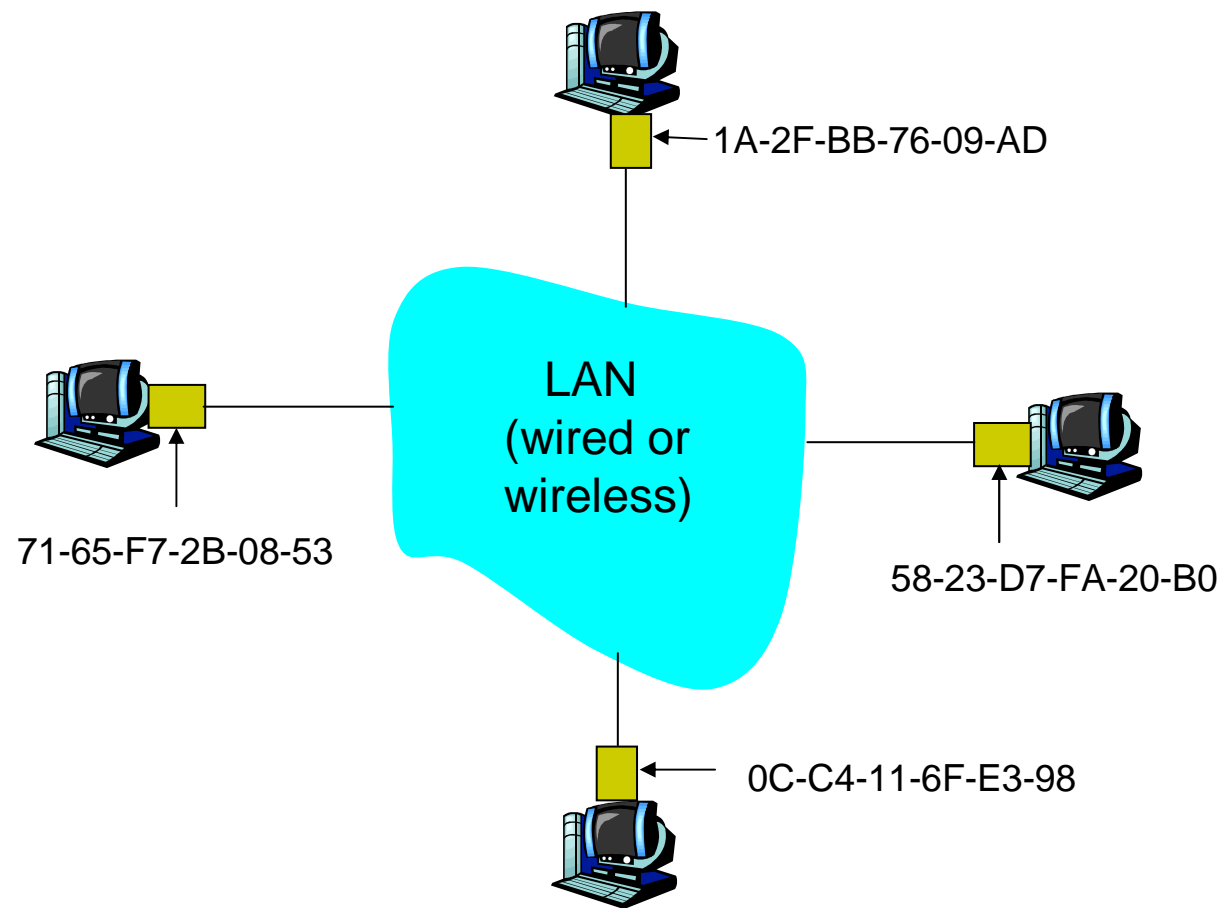
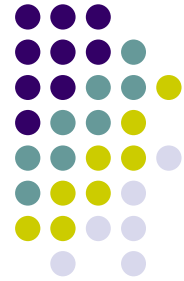
# Địa chỉ MAC và ARP

- Địa chỉ IP :
  - 32-bit
  - Dùng trong tầng mạng IP
- Địa chỉ MAC :
  - Dùng trong tầng liên kết dữ liệu
  - 48 bit



# ARP và địa chỉ MAC

Mỗi card mạng có một địa chỉ MAC



Broadcast address =  
FF-FF-FF-FF-FF-FF

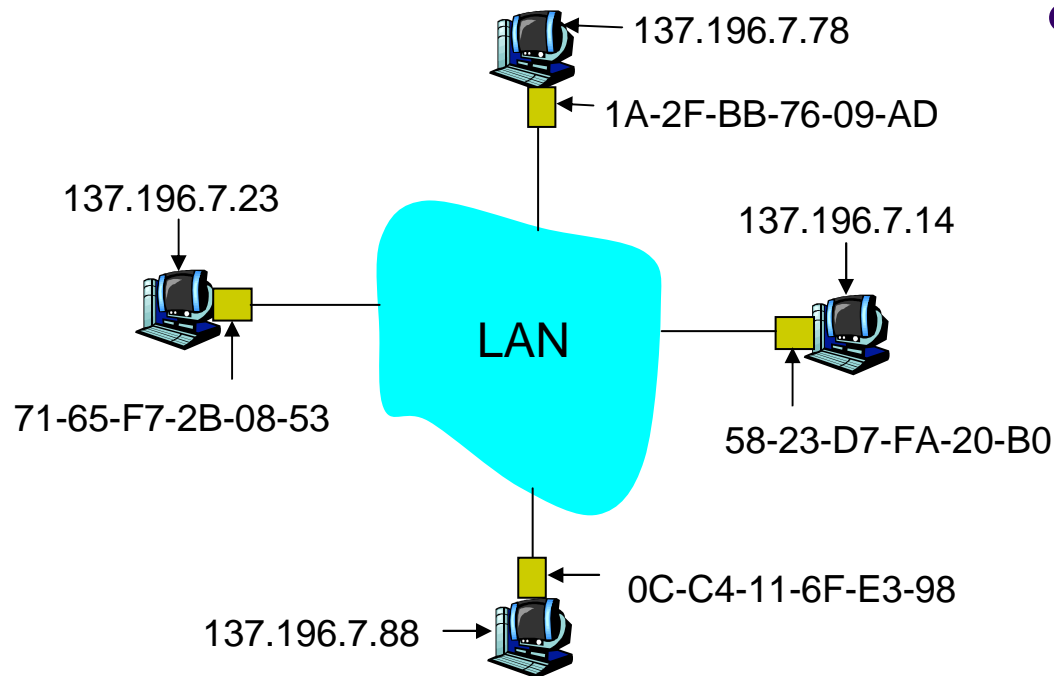
 = adapter



# ARP: Address Resolution Protocol



Vấn đề: Xác định địa chỉ MAC  
từ địa chỉ IP



- Mỗi nút mạng (host, router) có một bảng **ARP**
- ARP table: Ánh xạ địa chỉ IP/MAC của một số nút trong mạng  
< IP address; MAC address; TTL >
- TTL (Time To Live): khoảng 20 min.)

# Giao thức ARP : Hoạt động trên cùng một mạng

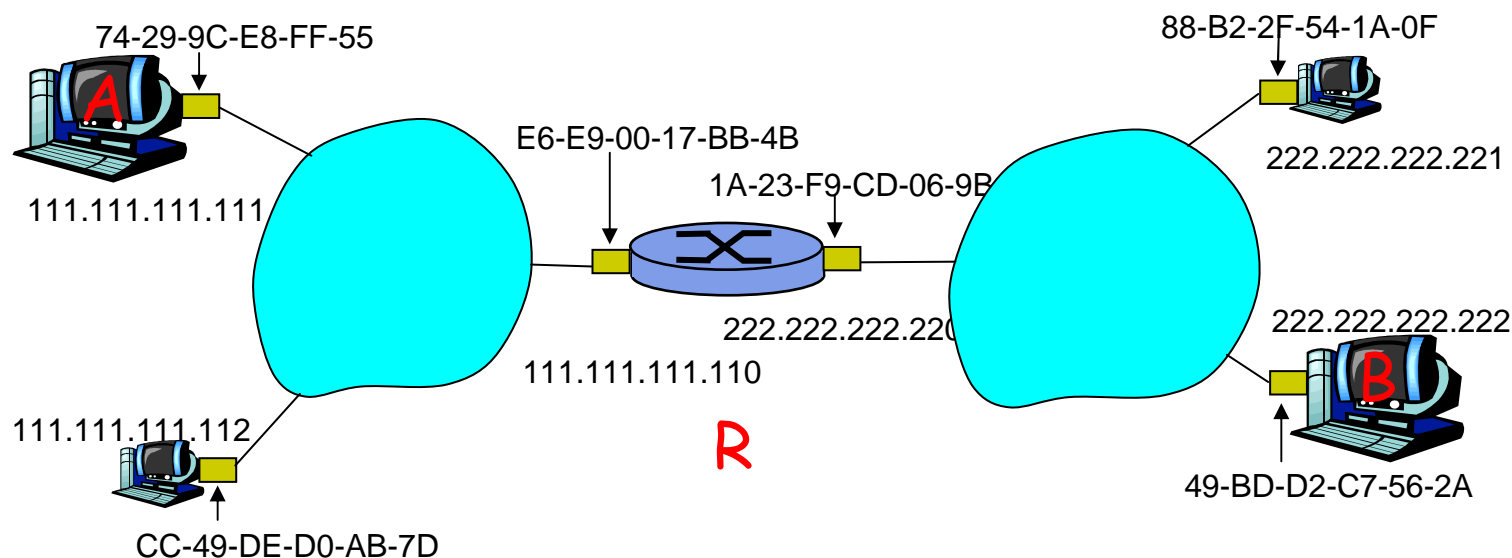


- A muốn gửi dữ liệu tới B mà không biết đ/c MAC của B
- A lưu lại đ/c MAC của B và gửi tin đến B
- A quảng bá một gói tin ARP, trong đó chỉ ra đ/c IP của B
  - Quảng bá ntn?
  - Phạm vi gói tin được quảng bá?
- B nhận được đ/c này sẽ trả lời A đ/c MAC của mình
  - Làm sao biết A gửi?
- ARP là một giao thức “plug-and-play”
- Nếu muốn ARP mở rộng phạm vi hoạt động sang một mạng khác?
  - ARP Proxy

# Ví dụ: chuyển gói tin giữa hai máy

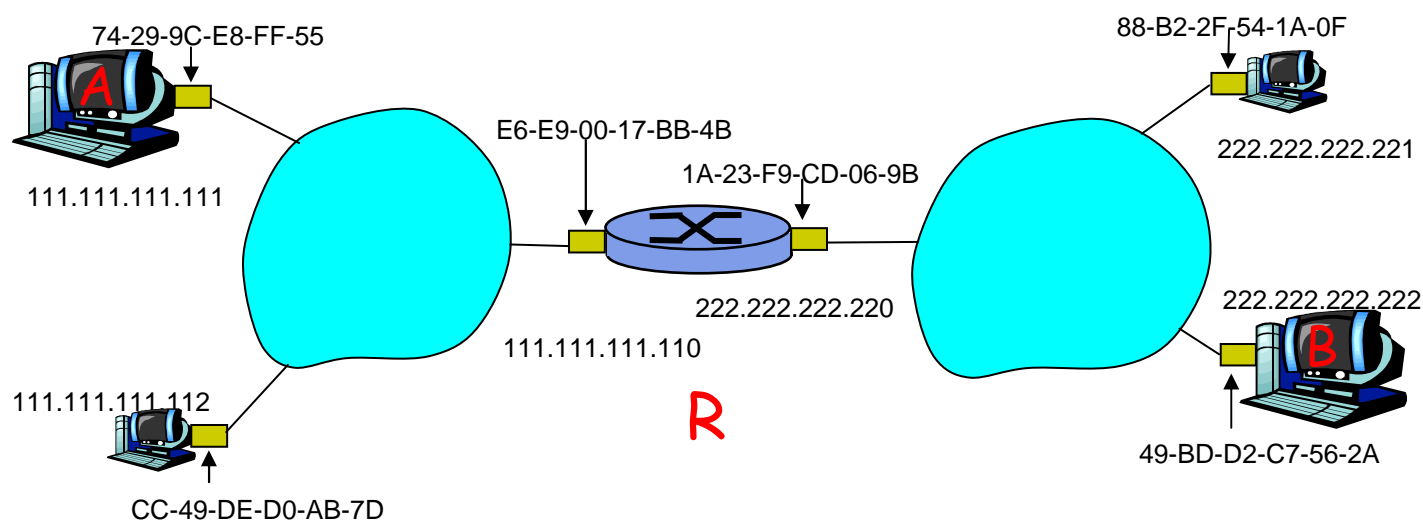


Giả sử A biết đ/c IP của B





- A tạo một gói tin IP, địa chỉ nguồn A, địa chỉ đích B
- A dùng ARP để lấy đ/c MAC của router: 111.111.111.110
- A tạo một frame, đ/c đích là router, đặt gói tin vào
- A chuyển frame tới R
- R nhận frame
- R đọc địa chỉ IP của B từ trong khung tin
- R dùng ARP để tìm đ/c MAC của B
- R tạo một frame, đặt gói tin vào và chuyển đến B



# Tuần tới

- More about LAN:
  - Bridge and Switch
  - WLAN
- Physical layer issues





# Acknowledgment

- Bài giảng có sử dụng các tư liệu và hình vẽ từ:
  - Tài liệu của trường đại học Keio và Ritsumekan
  - Tài liệu “Computer Network, a top down approach” của J.F Kurose và K.W. Ross