



ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

# Chương 3. Tầng liên kết dữ liệu

# Nội dung

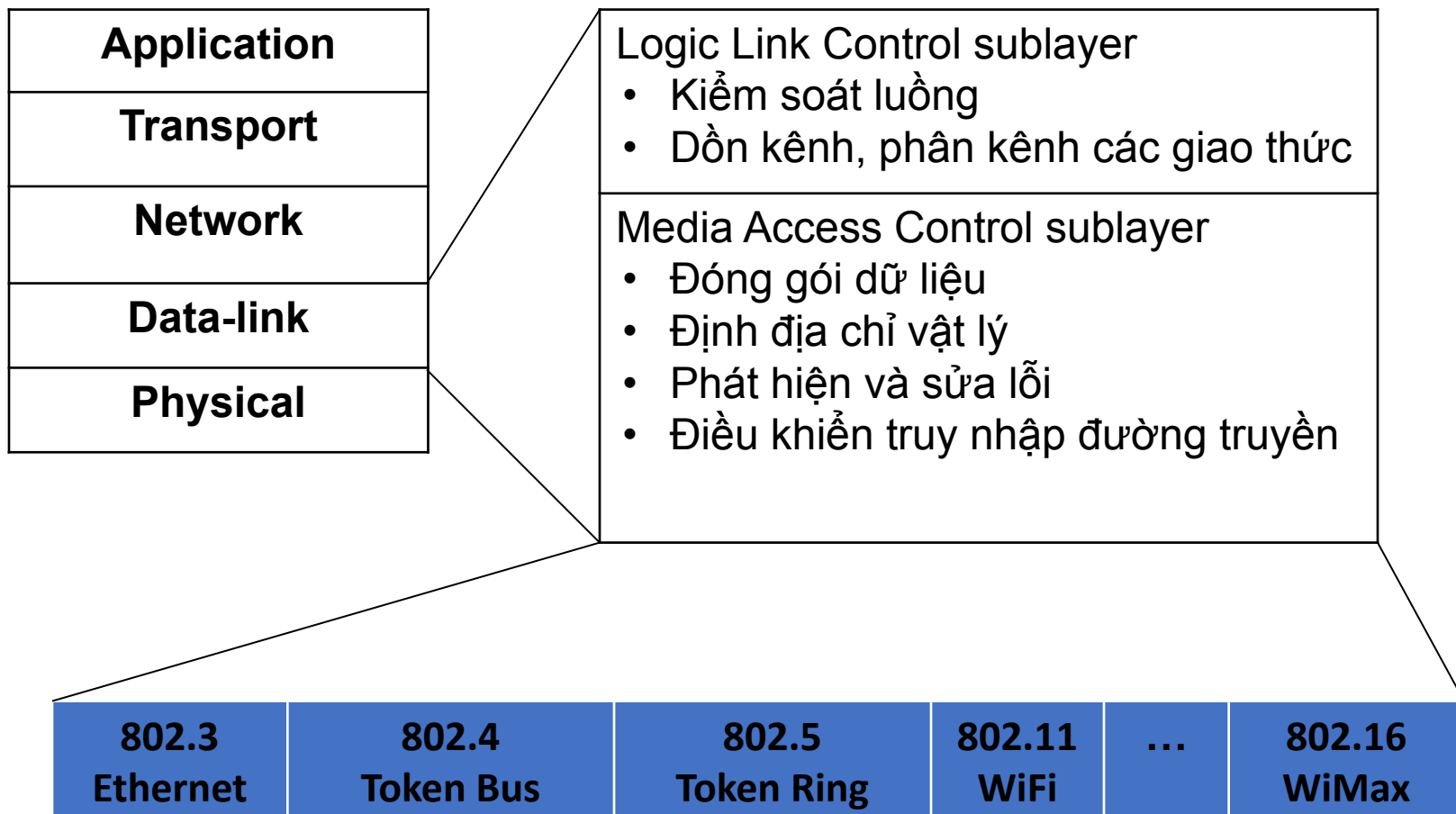
1. Tổng quát về tầng liên kết dữ liệu
2. Kiểm soát lỗi
3. Điều khiển truy nhập đường truyền
4. Chuyển tiếp dữ liệu
5. Mạng cục bộ (LAN)
6. Mạng diện rộng (WAN)



ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

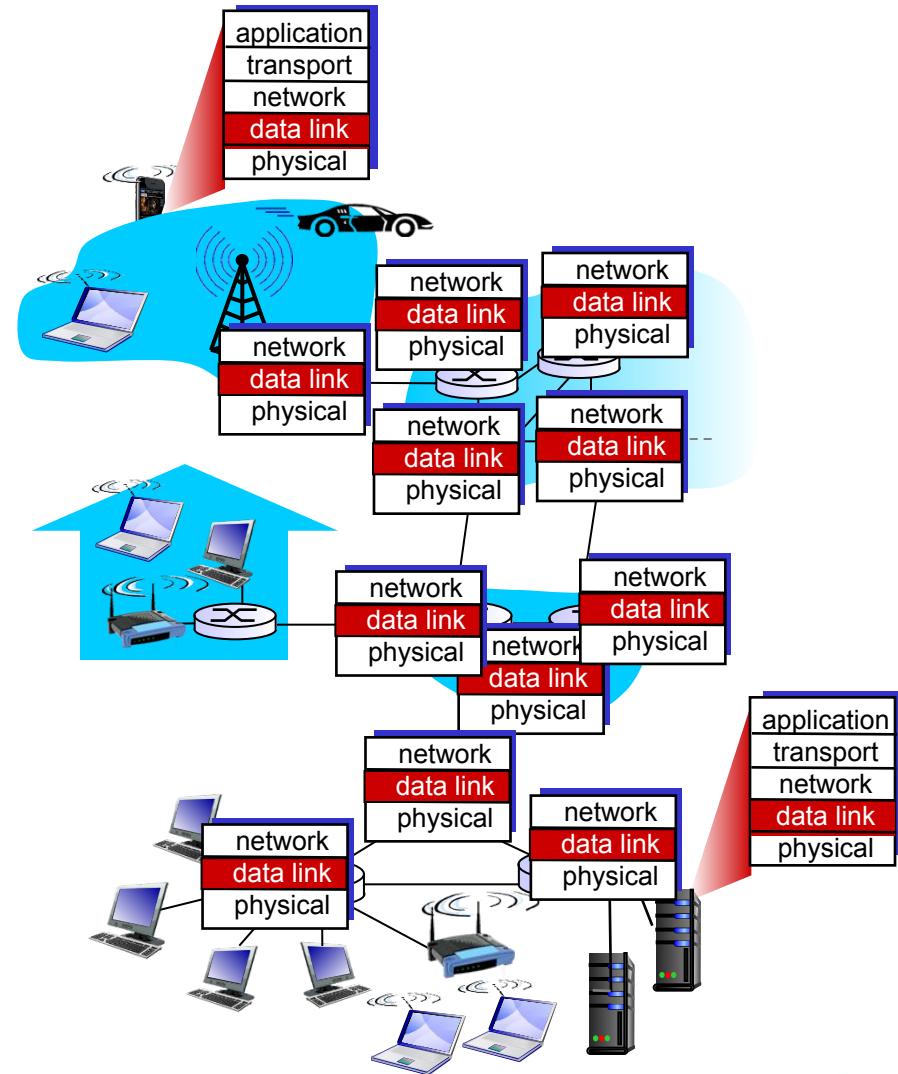
# 1. Tổng quan

# Tầng liên kết dữ liệu trên mô hình TCP/IP



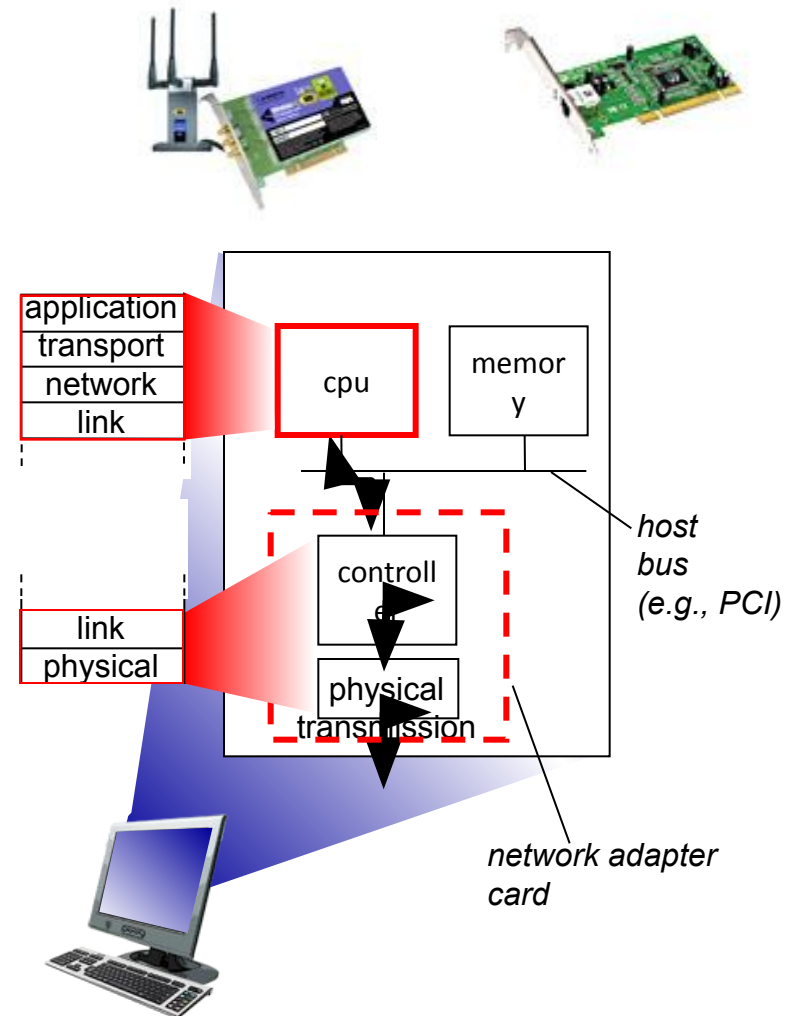
# Triển khai trên hệ thống mạng

- Điều khiển truyền dữ liệu trên liên kết vật lý giữa 2 nút mạng kế tiếp
- Triển khai trên mọi nút mạng
- Các thức triển khai và cung cấp dịch vụ phụ thuộc vào đường truyền(WiFi, Wimax, 3G, cáp quang, cáp đồng...)
- Truyền thông tin cậy (cơ chế giống TCP nhưng đơn giản hơn) hoặc không
- Đơn vị truyền: frame (khung tin)



# Triển khai trên các nút mạng

- Tầng liên kết dữ liệu được đặt trên các mạng (NIC-Network Interface Card) hoặc trên chip tích hợp
- Cùng với tầng vật lý
- NIC được kết nối với hệ thống bus



# Các chức năng chính

- Đóng gói:
  - Đơn vị dữ liệu: khung tin (frame)
  - Bên gửi: thêm phần đầu cho gói tin nhận được từ tầng mạng
  - Bên nhận: bỏ phần đầu, chuyển lên tầng mạng
- Địa chỉ hóa: sử dụng địa chỉ MAC
- Điều khiển truy nhập đường truyền: nếu mạng đa truy nhập, cần có giao thức điều khiển đa truy nhập
- Kiểm soát luồng: đảm bảo bên nhận không bị quá tải
- Kiểm soát lỗi: phát hiện và sửa lỗi bit trong các khung tin
- Chế độ truyền: simplex, half-duplex, full-duplex

# Chế độ truyền

- Simplex (Đơn công): Mỗi thiết bị trên liên kết vật lý chỉ thực hiện 1 chức năng (phát tín hiệu hoặc thu tín hiệu). Ví dụ: Hệ thống truyền hình tương tự, truyền thanh
- Half-duplex (Bán song công): Mỗi thiết bị trên liên kết vật lý có 2 chức năng phát và thu, nhưng chỉ thực hiện 1 chức năng tại mỗi thời điểm. Ví dụ: truyền thông bằng bộ đàm
- Full-duplex (Song công đầy đủ): Mỗi thiết bị trên liên kết vật lý có thể phát và thu đồng thời. Ví dụ: truyền thông trong hệ thống mạng, hệ thống điện thoại



# Định danh: địa chỉ MAC

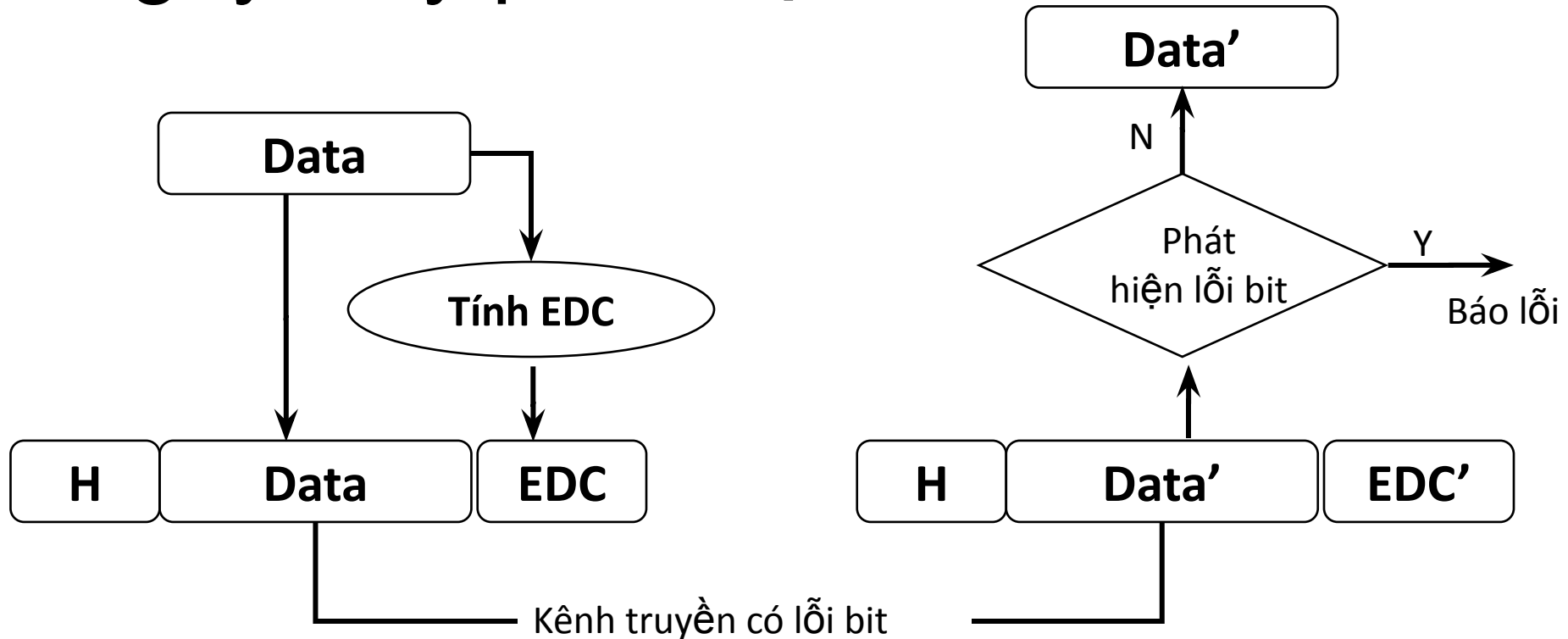
- Địa chỉ MAC: 48 bit, được quản lý bởi IEEE
- Mỗi cổng mạng được gán một MAC
  - Không thể thay đổi □ địa chỉ vật lý
- Không phân cấp, có tính di động
  - Không cần thay đổi địa chỉ MAC khi host chuyển sang mạng khác
- Địa chỉ quảng bá trong mạng LAN:  
FF-FF-FF-FF-FF-FF



ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

## 2. Kiểm soát lỗi

# Nguyên lý phát hiện lỗi



EDC: Error Detection Code

- Mã parity
- Mã checksum
- Mã vòng CRC (được sử dụng chủ yếu trong các giao thức trên tầng liên kết dữ liệu)

# Mã chẵn lẻ (parity)

- Mã đơn:

- **Phát hiện** lỗi bit đơn
- Không phát hiện nếu nhiều hơn 1 bit lỗi

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

- Mã hai chiều:

- **Phát hiện** và **sửa** lỗi bit đơn

101011	1		101011	1
111100	0		<del>101100</del>	0
011101	1	⇒	011101	1
001010	0		001010	0

- Phát hiện lỗi trên nhiều bit?

$$f_{edc}(P_{gửi}) \neq f_{edc}(P_{nhận})$$

$$\forall P_{gửi} \neq$$

(khái niệm hàm băm!!!)

# Mã Checksum

- Gửi:
  - Chia dữ liệu thành các phần có kích thước  $n$  bit
  - Tính tổng các phần. Nếu kết quả tràn quá  $n$  bit, cộng các bit tràn vào phần kết quả
  - Đảo bit kết quả cuối cùng được checksum
  - Truyền checksum kèm theo dữ liệu
- Nhận:
  - Tách dữ liệu và checksum
  - Chia dữ liệu thành các phần có kích thước  $n$  bit
  - Tính tổng các phần và checksum. Nếu kết quả tràn quá  $n$  bit, cộng các bit tràn vào phần kết quả
  - Nếu kết quả cuối xuất hiện bit 0 ☐ dữ liệu bị lỗi

# Mã checksum: Ví dụ

Dữ liệu: 0011 0110 1000

Tính checksum 4 bit:

$$\begin{array}{r} 0011 \\ + 0110 \\ 1000 \\ \hline 10001 \\ \text{Bít tràn} \rightarrow 1 \\ \hline 0010 \end{array}$$

Đảo bit ☐ mã checksum: 1101

Chuỗi bit truyền: 0011 0110 1000 **1101**

# Mã checksum: Xử lý nhận

Nhận chuỗi bit: 0011 0110 1000 **1101**

Kiểm tra:

$$\begin{array}{r} 0011 \\ 0110 \\ + 1000 \\ \hline 1101 \end{array}$$

Bít tràn  
tràn

**1**1110  
→ 1

1111 ☐ Không có lỗi bit

# Mã vòng CRC (Cyclic Redundancy Check)

- Phía gửi
  - Chọn 1 đa thức sinh bậc  $k$
  - Biểu diễn đa thức dưới dạng chuỗi bit  $P$
  - Thêm  $k$  bit 0 vào frame dữ liệu  $F$  được  $Fk$
  - Chia  $Fk$  cho  $P$ , lấy phần dư  $R$  (có kích thước  $k$  bit)
  - Ghép phần dư vào chuỗi dữ liệu được  $FR$
- Phía nhận : lấy  $FR$  chia cho  $P$ 
  - Nếu chia hết  $\square$  truyền đúng
  - Nếu chia có dư, căn cứ vào số dư (syndrom) để phát hiện và sửa lỗi (nếu được)



# Mã CRC – Ví dụ

Frame : 1101011011

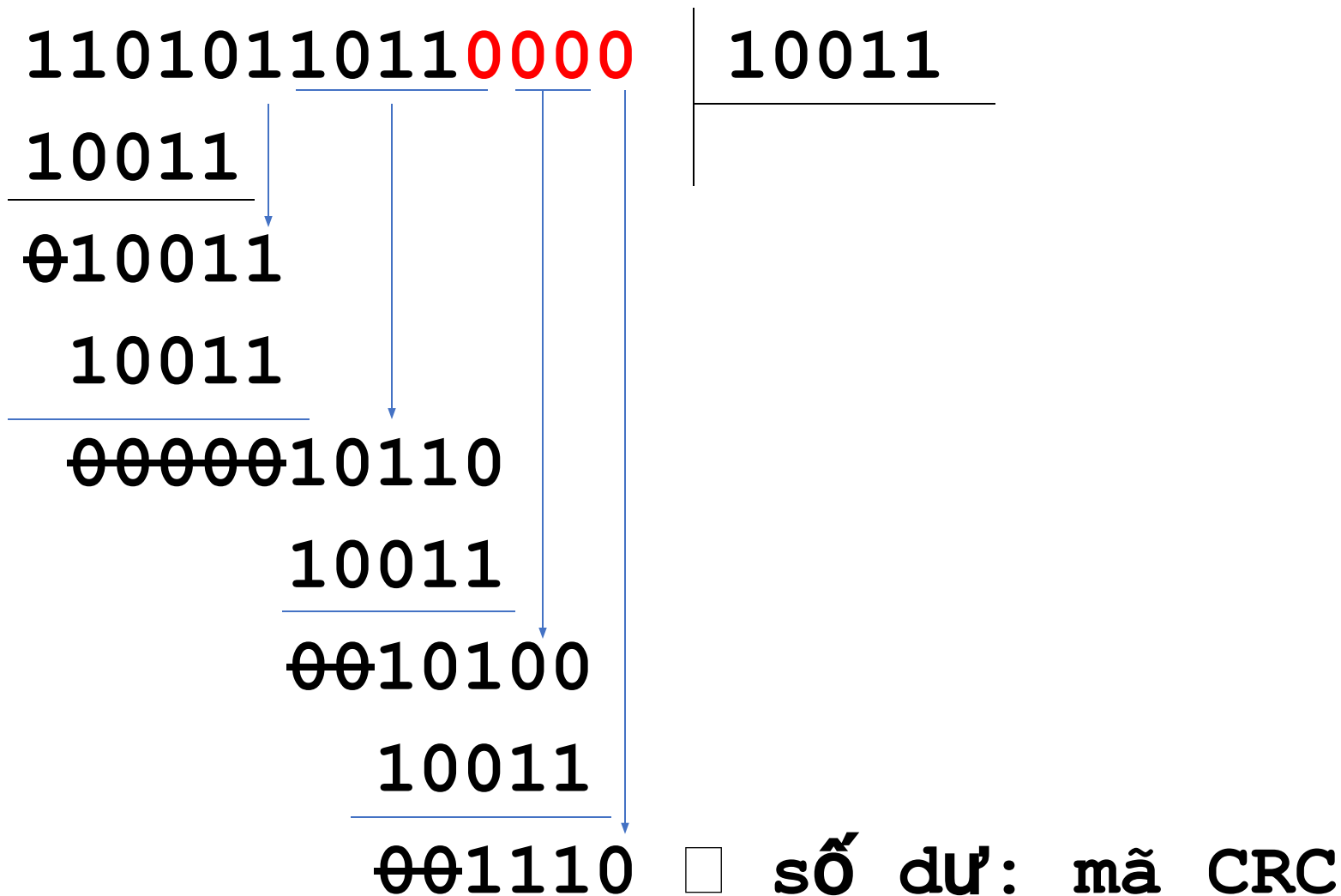
Generator :  $G(x) = x^4 + x + 1$  □  $P = 10011$

Dividend :  $F_k = 11010110110000$

$R = F_k \bmod P = 1110$

Send : 11010110111110

# Mã CRC – Ví dụ



# Mã CRC - Kiểm tra 11010110111110

11010110111110	10011
10011	
<del>010011</del>	
10011	
<del>0000010111</del>	
10011	
<del>0010011</del>	
10011	
<del>000000</del>	<input type="checkbox"/> Không có lỗi

# Mã CRC - Kiểm tra 11010010111110

11010010111110	10011
10011	
<del>0</del> 10010	
10011	
<del>0000</del> 11011	
10011	
<del>0</del> 10001	
10011	
<del>000</del> 10110	
10011	
00101	

☐ có dư   ☐ có lỗi

# Làm gì sau khi phát hiện lỗi

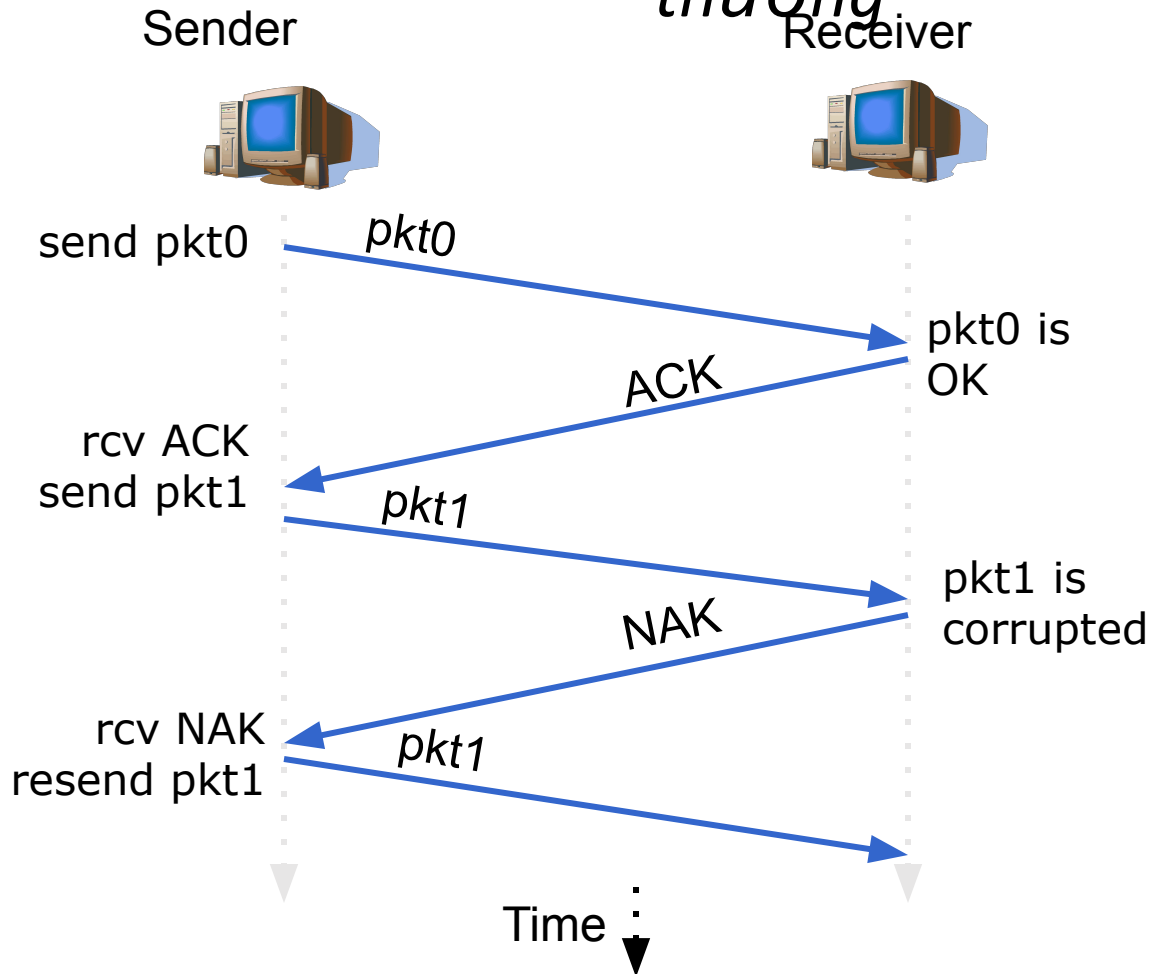
- Các loại lỗi
  - Mất khung dữ liệu
  - Khung dữ liệu bị lỗi
  - Thông báo lỗi bị mất
- Làm thế nào để báo cho bên gửi?
  - Báo nhận: ACK (*acknowledgements*):
  - Báo lỗi: NAK (*negative acknowledgements*), báo cho người gửi về một gói tin bị lỗi
- Phản ứng của bên gửi?
  - Truyền lại nếu là NAK
  - Nếu không nhận được cả ACK/NAK? Timeout

# Các kỹ thuật báo nhận, phát lại

- **ARQ: automatic repeat request.**
- Có 3 phiên bản chuẩn hóa
  - Dừng và chờ (Stop and Wait) ARQ
    - Chỉ phát tiếp khi nhận được ACK của gói đã phát
    - Hoặc nếu gặp timeout mà chưa nhận được ACK thì phát lại gói vừa phát.
  - Quay lại N (Go Back N) ARQ
    - Sẽ xem ở tầng 4
  - Loại bỏ chọn lọc (Selective Reject) ARQ
    - Sẽ xem ở tầng 4

# Stop-and-wait ARQ

*Trường hợp thông thường*  
Receiver

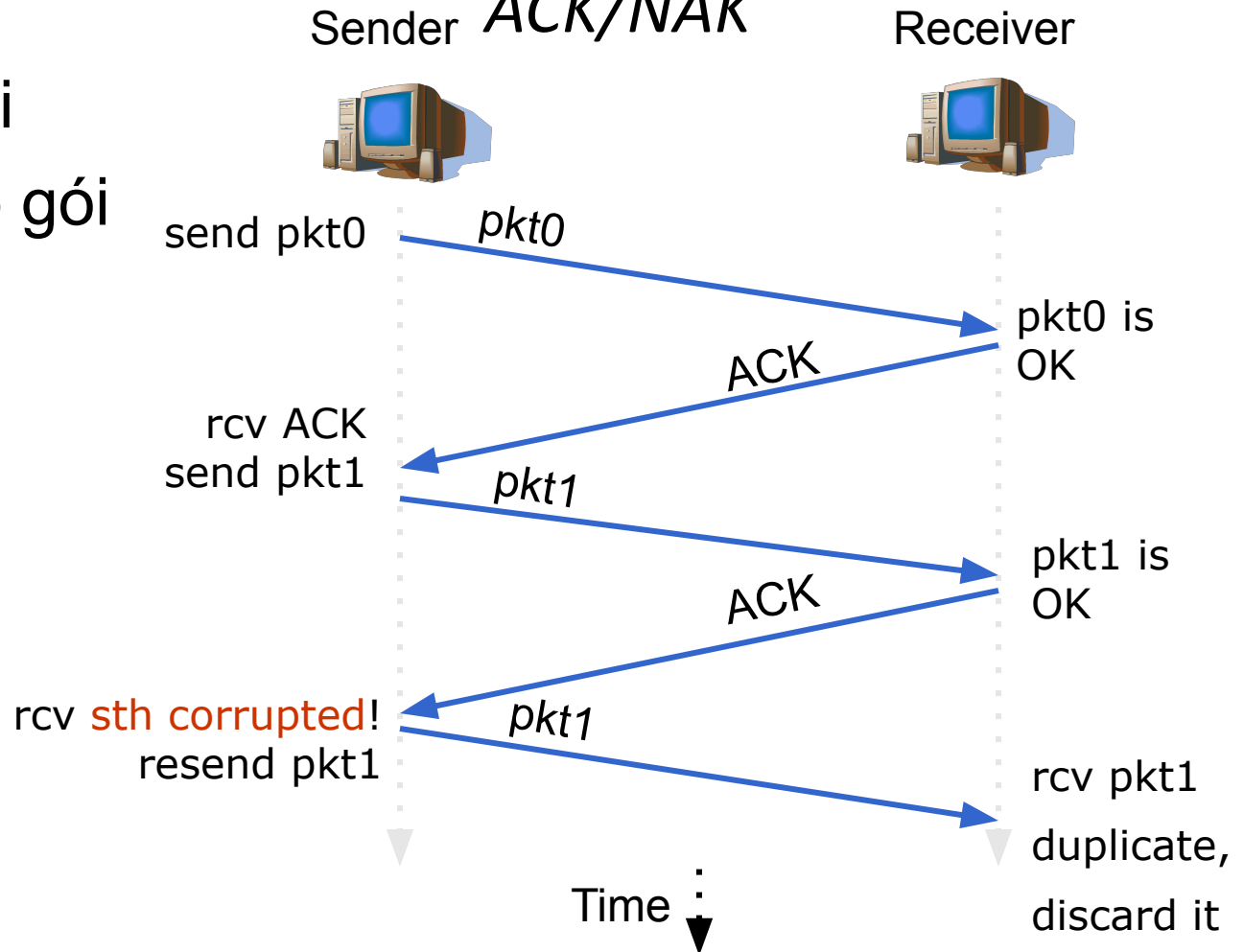


# Stop-and-wait ARQ

*Trường hợp lỗi*

*ACK/NAK*

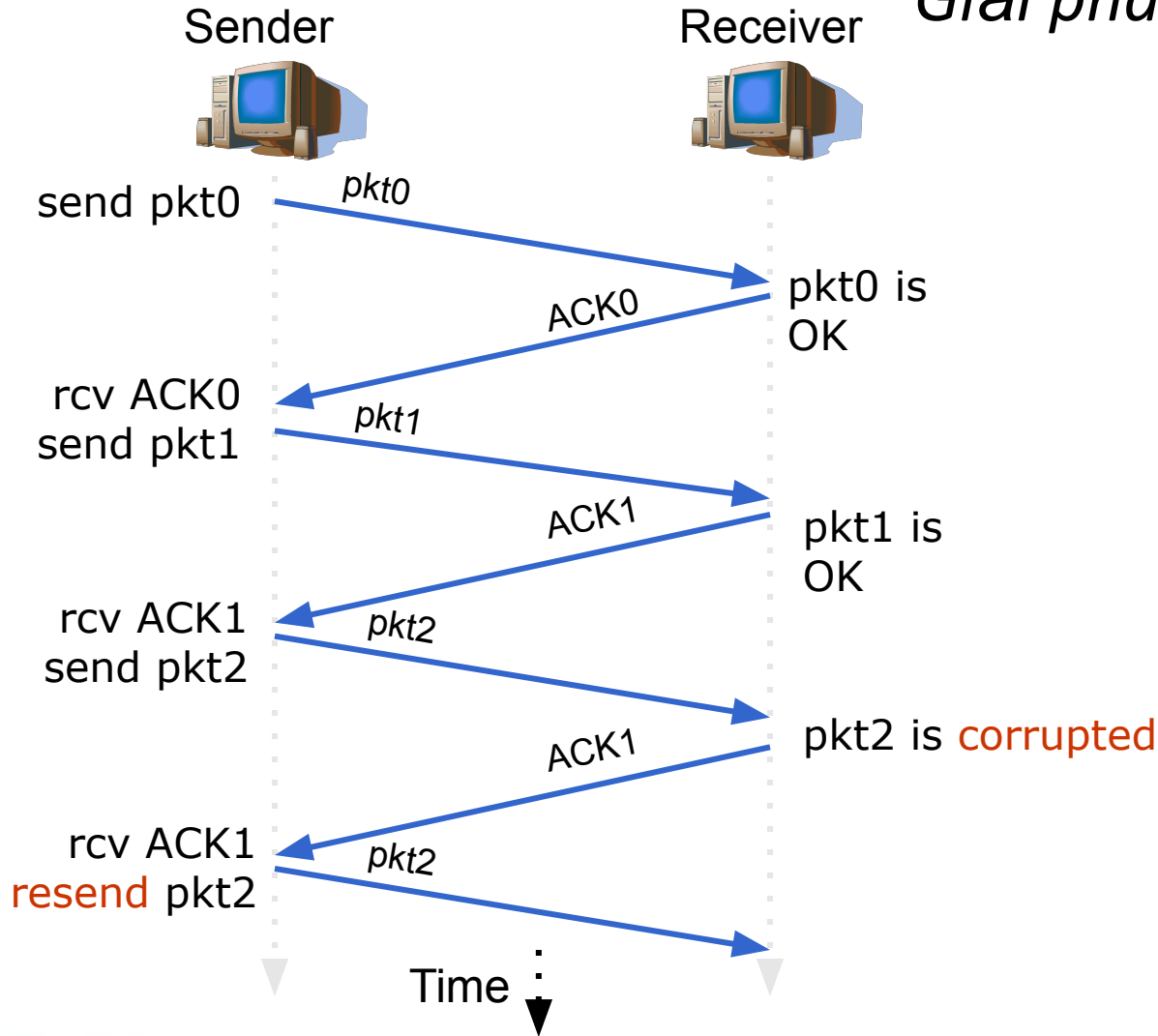
- Cần truyền lại
- Xử lý việc lặp gói tin ntn?
- Thêm Seq.#





# Stop-and-wait ARQ

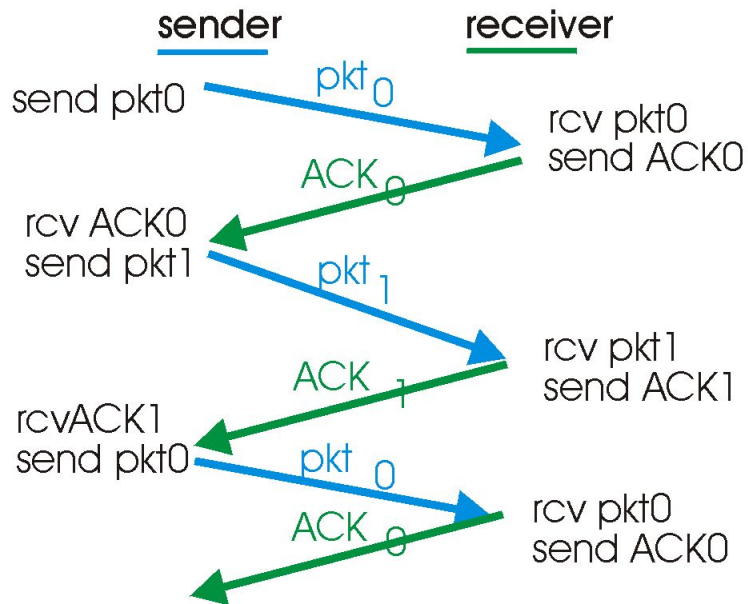
*Giải pháp không dùng NAK*



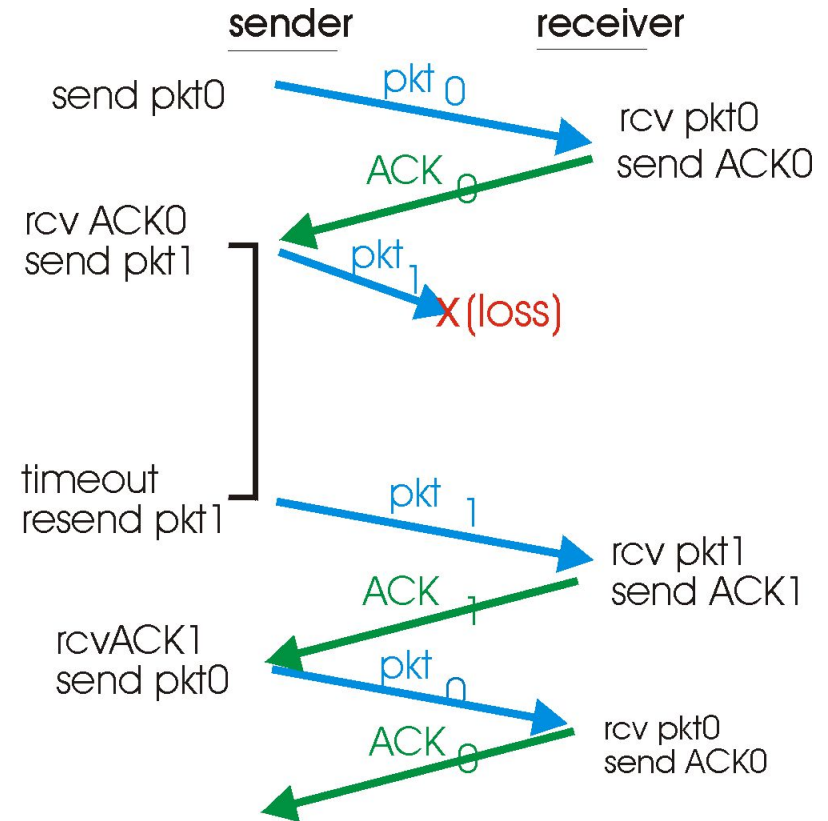
# Stop-and-wait ARQ: Khi ACK bị mất

- Dữ liệu và ACK có thể bị mất
  - Nếu không nhận được ACK?
  - Truyền lại như thế nào?
- Cơ chế
  - Các gói được đánh số và bên gửi tự động truyền lại cho đến khi nhận được ACK của gói.
  - Chờ hết Timeout mới truyền lại
- Timeout nên dài bao lâu?
  - Ít nhất là 1 RTT (Round Trip Time)
  - Mỗi gói tin gửi đi cần 1 timer
- Nếu gói tin vẫn đến đích, chỉ ACK bị mất?
  - Phía nhận lọc gói tin dư căn cứ số hiệu gói tin trùng lặp

# Minh họa ARQ

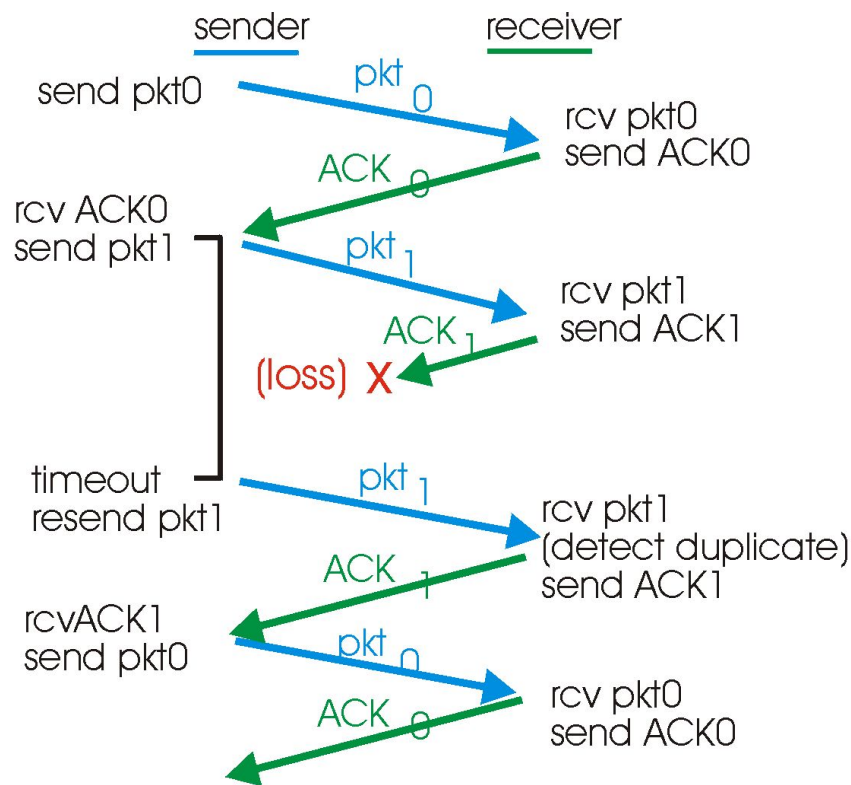


(a) operation with no loss

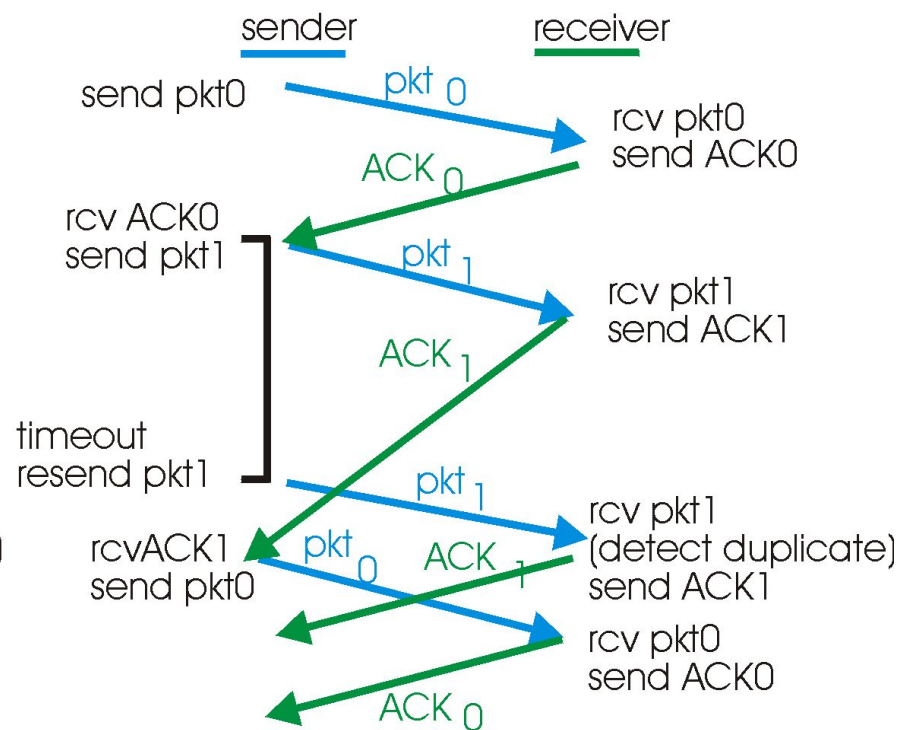


(b) lost packet

# Minh họa ARQ (tiếp)



(c) lost ACK



(d) premature timeout

# 3. Kiểm soát luồng

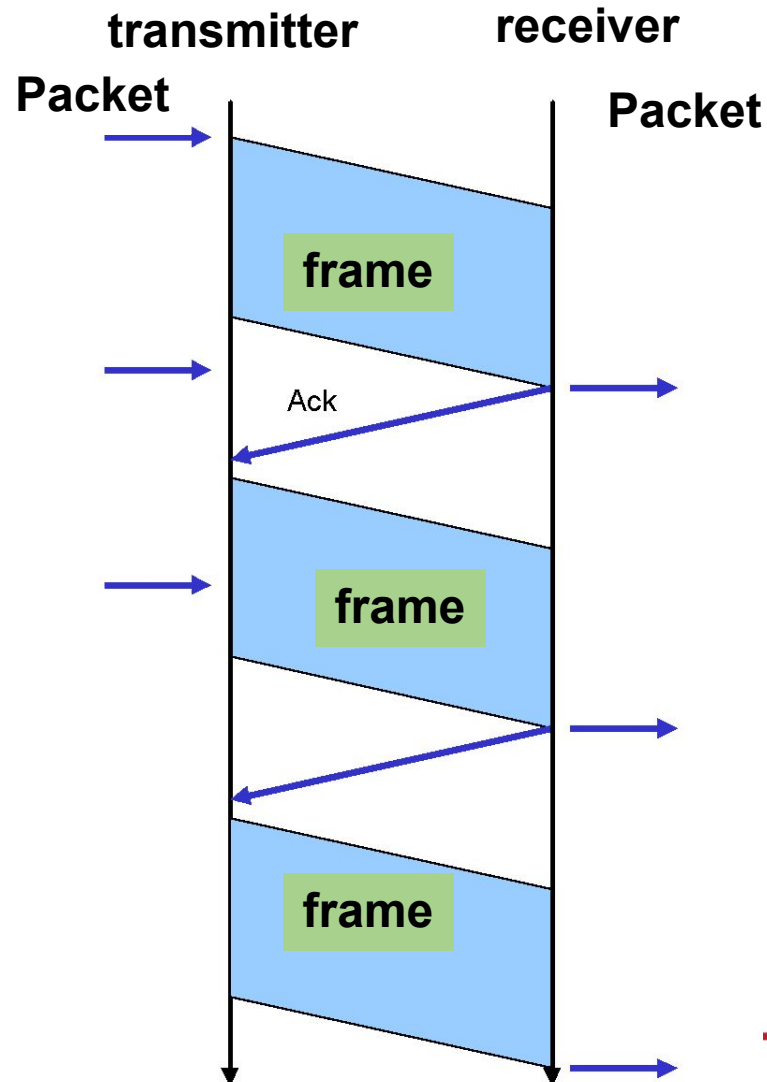
# Kiểm soát luồng dữ liệu

- Mục tiêu: Đảm bảo trạm gửi không làm quá tải trạm nhận
- Trạm đích
  - Lưu trữ các khung dữ liệu trong bộ nhớ đệm
  - Thực hiện một số thao tác trước khi chuyển dữ liệu lên tầng trên
  - Bộ nhớ đệm có thể bị đầy, dẫn tới mất khung dữ liệu
- Không đặt vấn đề lỗi truyền tin
  - Các khung dữ liệu luôn luôn được truyền chính xác
  - Độ trễ truyền tin không đáng kể
- Giải pháp
  - Cơ chế dừng và chờ
  - Cơ chế cửa sổ trượt (sẽ xem ở tầng 4)

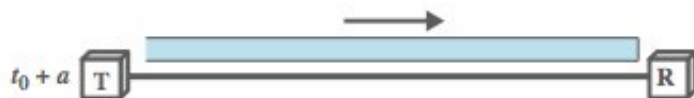
# Cơ chế dừng và chờ

- Nguyên tắc
  - Nguồn gửi một khung dữ liệu
  - Đích nhận khung dữ liệu, xử lý, sau đó thông báo sẵn sàng nhận các khung dữ liệu tiếp theo bằng một thông báo báo nhận (acknowledgement)
  - Nguồn phải chờ đến khi nhận được báo nhận mới truyền tiếp khung dữ liệu tiếp theo

# Cơ chế dừng và chờ







(a)  $a < 1$

(b)  $a > 1$

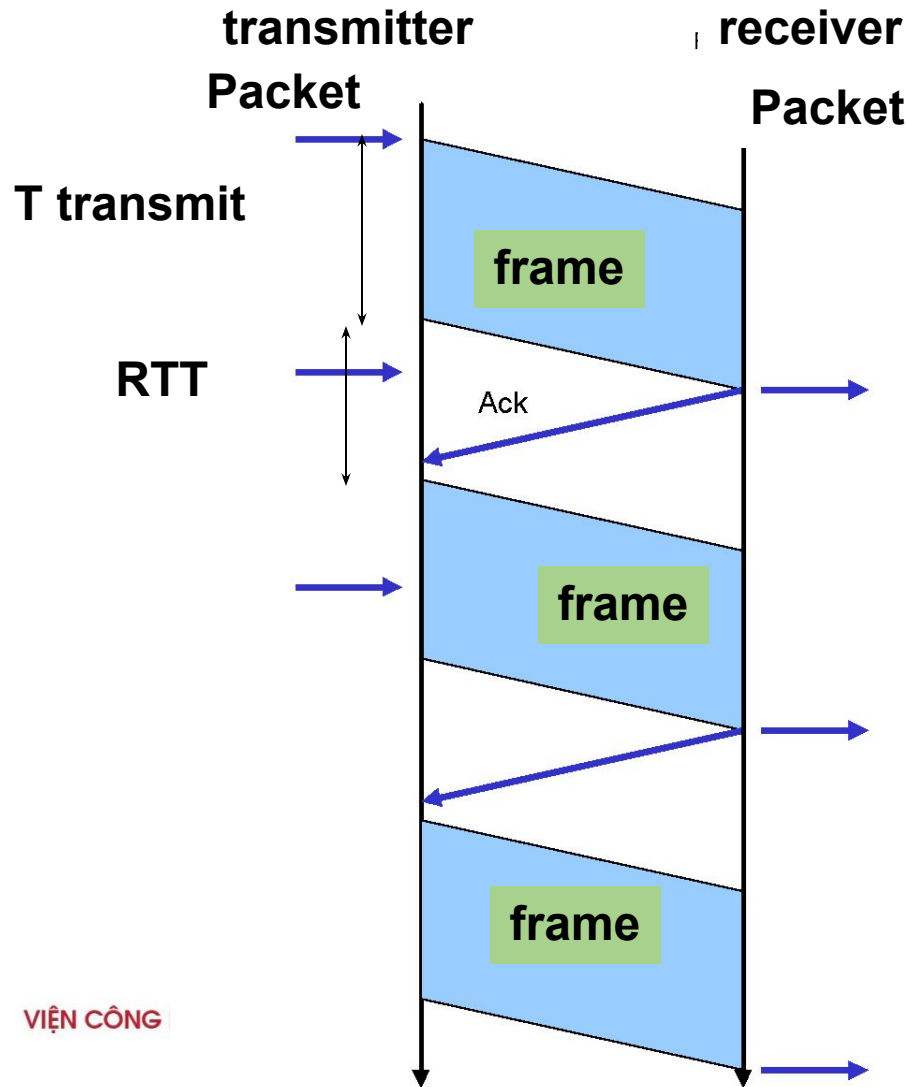
# Cơ chế dừng và chờ

- Ưu điểm
  - Đơn giản, đặc biệt thích hợp với các khung dữ liệu lớn
- Nhược điểm
  - Với các khung dữ liệu nhỏ, thời gian sử dụng đường truyền bị lãng phí
  - Không thể sử dụng các khung dữ liệu lớn một cách phổ biến
    - Bộ nhớ đệm có hạn
    - Khung dữ liệu dài khả năng lỗi lớn
    - Trong môi trường truyền tin chia sẻ, không cho phép trạm nào chiếm dụng lâu đường truyền

# Bài tập

- Cho một liên kết có tốc độ  $R=100\text{Mbps}$
- Cần truyền 1 dữ liệu có kích thước tổng tại tầng liên kết dữ liệu là  $L=100\text{KB}$
- Giả sử kích thước một khung liên kết dữ liệu là:  $1\text{KB}$
- RTT giữa 2 nút của liên kết là  $3\text{ms}$
- Hỏi thời gian truyền khi áp dụng phương pháp kiểm soát luồng Stop-and-wait.

# Thời gian phát với cơ chế dừng và chờ



# Thời gian phát với cơ chế dừng và chờ

- $T_{\text{tổng}} = \text{Số frame} * (T_{\text{transmit}} + \text{RTT})$
- $T_{\text{transmit}}(F) = L(\text{Frame}) / R$
- $\text{Số frame} = L / L(\text{frame})$
  
- Với Số liệu đã cho
- $\text{Số frame} = 100 \text{ KB} / 1 \text{ KB} = 100$
- $T_{\text{transmit}}(F) = 1 \text{ KB} / 100 \text{ Mbps} = 10^3 * 8 / 10^8$   
 $= 8 \cdot 10^{-5} \text{ (s)} = 0.08 \text{ (ms)}$

## 4. Điều khiển truy nhập đường truyền

# Các dạng liên kết

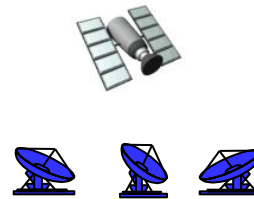
- Điểm-điểm (point-to-point): ADSL, Telephone modem, Leased line...
- Điểm-đa điểm (point-to-multipoint):
  - Mạng LAN có dạng bus, mạng LAN hình sao dùng hub
  - Mạng không dây
  - Cần giao thức điều khiển truy nhập để tránh xung đột



shared wire (e.g.,  
cabled Ethernet)



shared RF  
(e.g., 802.11 WiFi)



shared RF  
(satellite)



humans at a  
cocktail party  
(shared air, acoustical)

# Phân loại các giao thức đa truy nhập

- Phân hoạch tài nguyên sử dụng kỹ thuật 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
  - Cần có cơ chế để phát hiện và tránh xung đột
  - e.g. Pure Aloha, Slotted Aloha, CSMA/CD, CSMA/CA...
- Lần 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

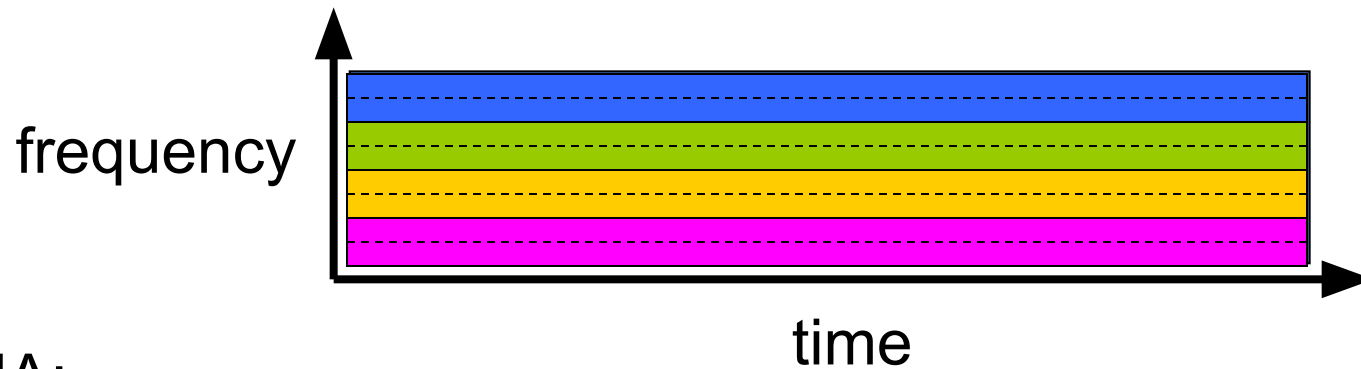
# TDMA và FDMA

Ví dụ:

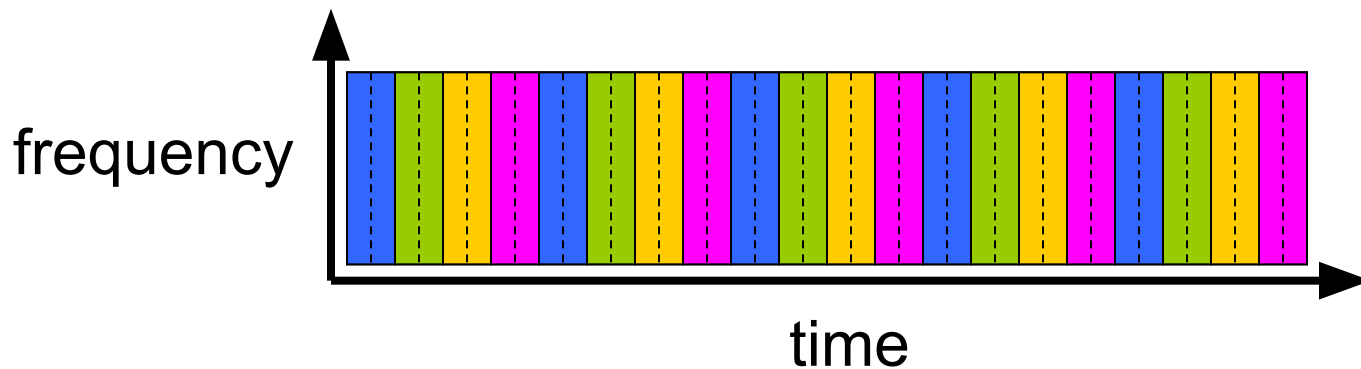
4 máy



FDMA

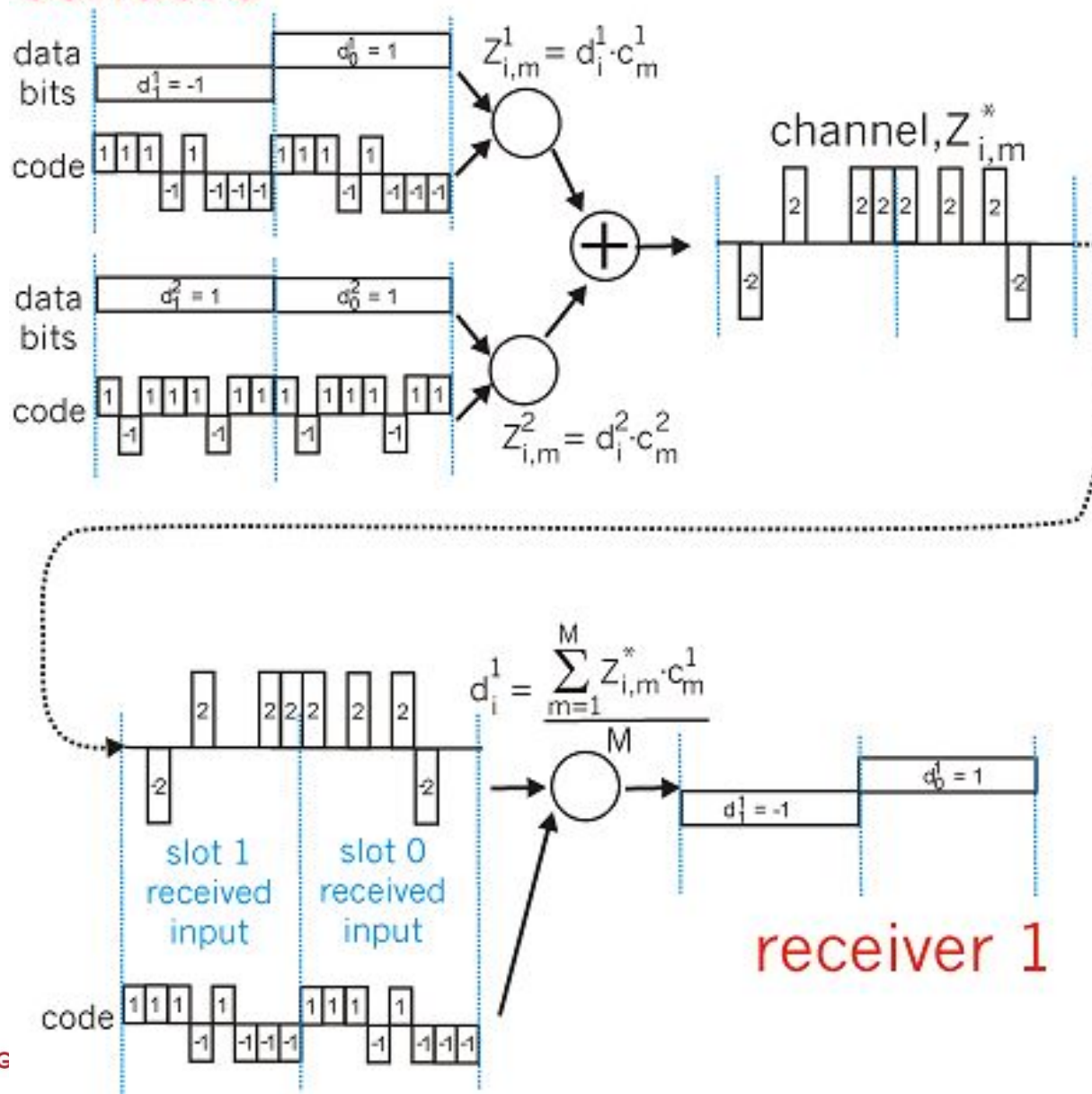


TDMA:



# CDMA

senders



# CDMA: đảm bảo toán học

- Các trạm truyền dữ liệu trên  $n$  tần số. Mỗi bit dữ liệu được truyền đồng thời bằng  $n$  tín hiệu (gọi là một *chips*) trên  $n$  tần số

- Mỗi trạm # $m$  được gán một mã code **đôi một trực giao**:

$$C_m = (c_{m1}, c_{m2}, \dots, c_{mn}) \quad c_{mi} = -1, 1$$

$$C_m \times C_k = \sum (c_{mi} \times c_{ki}) = 0 \text{ với } m \neq k$$

$$= n \text{ với } m = k \text{ (đương nhiên)}$$

- Khi truyền dãy bit  $d_m$  ( $-1$  hoặc  $1$ ), trạm # $m$  sử dụng mã của mình để điều chế mỗi bit  $d_{mi}$  thành  $n$  chips và truyền đồng thời trên  $n$  tần số:

$$d_m = (d_{m1}, d_{m2}, \dots) \quad \square \quad \begin{matrix} d_{m1} \cdot c_{m1} & d_{m2} \cdot c_{m1} \\ d_{m1} \cdot c_{m2} & d_{m2} \cdot c_{m2} \\ \dots & \dots \\ d_{m1} \cdot c_{mn} & d_{m2} \cdot c_{mn} \end{matrix} \begin{matrix} \left[ \begin{matrix} f_1 \\ f_2 \\ \dots \\ f_n \end{matrix} \right] \end{matrix} \begin{matrix} \xrightarrow{\text{---} f_1 \text{---}} \\ \xrightarrow{\text{---} f_2 \text{---}} \\ \xrightarrow{\text{---} f_n \text{---}} \end{matrix} d_{mi} = -1, 1$$

chips  $d_{m1}$       chips  $d_{m2}$

- Trạm nhận (thường là BTS) nhận được tín hiệu của nhiều trạm phát đồng thời trên  $n$  tần số. Ví dụ trên tần số  $k$ , tại thời điểm *chip*#1:

$$R_k = d_{1l} \cdot c_{1k} + d_{2l} \cdot c_{2k} + d_{3l} \cdot c_{3k} + \dots$$

- Do tính chất đôi một trực giao, giá trị  $R_k \times C_m$  tổng hợp trên toàn bộ  $n$  tần số ( $k=1, 2, \dots, n$ ) cho phép xác định bit  $d_{mi}$  do trạm # $m$  đã phát:

$$\sum (R_k \times C_m) = \sum (d_{1l} \cdot c_{1k} \cdot c_{mk} + d_{2l} \cdot c_{2k} \cdot c_{mk} + d_{3l} \cdot c_{3k} \cdot c_{mk} + \dots)$$

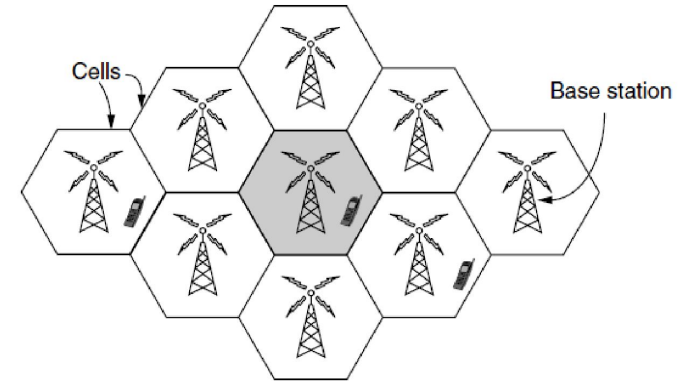
$$= d_{1l} \sum (c_{1k} \cdot c_{mk}) + d_{2l} \sum (c_{2k} \cdot c_{mk}) + d_{3l} \sum (c_{3k} \cdot c_{mk}) + \dots = d_{ml} \times n$$

$$\begin{matrix} = 0 \text{ (} m \neq 1 \text{)} & = 0 \text{ (} m \neq 2 \text{)} \\ = n \text{ (} m = 1 \text{)} & = n \text{ (} m = 2 \text{)} \end{matrix}$$

# CDMA: ví dụ

- Code trực giao, truyền trên 8 tần số:

- $C1 = (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)$
- $C2 = (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)$
- $C3 = (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)$
- $C4 = (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)$



- Dữ liệu truyền:

- $C1: \{1, 1, \dots\} \square \{(-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1), (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1), \dots\}$
- $C2: \{-1, 1, \dots\} \square \{(+1 +1 -1 +1 -1 -1 -1 +1), (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1), \dots\}$
- $C3: \{1, -1, \dots\} \square \{(-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1), (+1 -1 +1 -1 -1 -1 +1 +1), \dots\}$
- #4 không truyền

- Dữ liệu nhận tại BTS:

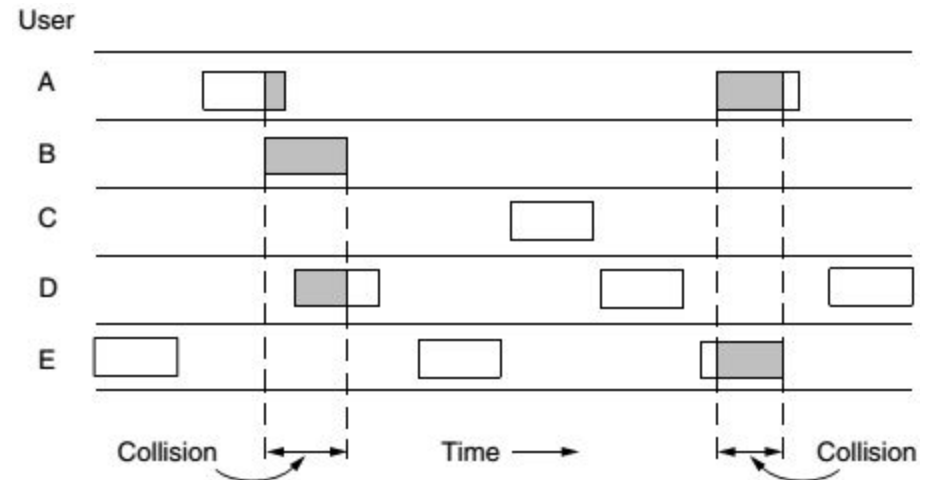
- $R$  (không giải mã)  $= \{(-1 +1 -3 +3 +1 -1 -1 +1), (-1 -3 +1 -1 +1 -1 +3 +1), \dots\}$
- $R$  (giải mã)  $\times C_1 = \{(\underbrace{+1 -1 +3 +3 +1 +1 -1 +1}_8), (\underbrace{+1 +3 -1 -1 +1 +1 +3 +1}_8), \dots\}$
- $R$  (giải mã)  $\times C_2 = \{(\underbrace{+1 -1 -3 -3 +1 -1 -1 -1}_{-8}), (\underbrace{+1 +3 +1 +1 +1 -1 +3 -1}_8), \dots\}$
- $R$  (giải mã)  $\times C_3 = \{(\underbrace{+1 +1 +3 +3 +1 -1 +1 -1}_{+8}), (\underbrace{+1 -3 -1 -1 -1 +1 -3 -1}_{-8}), \dots\}$
- $R$  (giải mã)  $\times C_4 = \{(\underbrace{+1 +1 +3 -3 -1 +1 -1 -1}_0), (\underbrace{+1 -3 -1 +1 -1 +1 +3 -1}_0), \dots\}$

# Điều khiển truy nhập ngẫu nhiên

- Aloha (Pure Aloha)

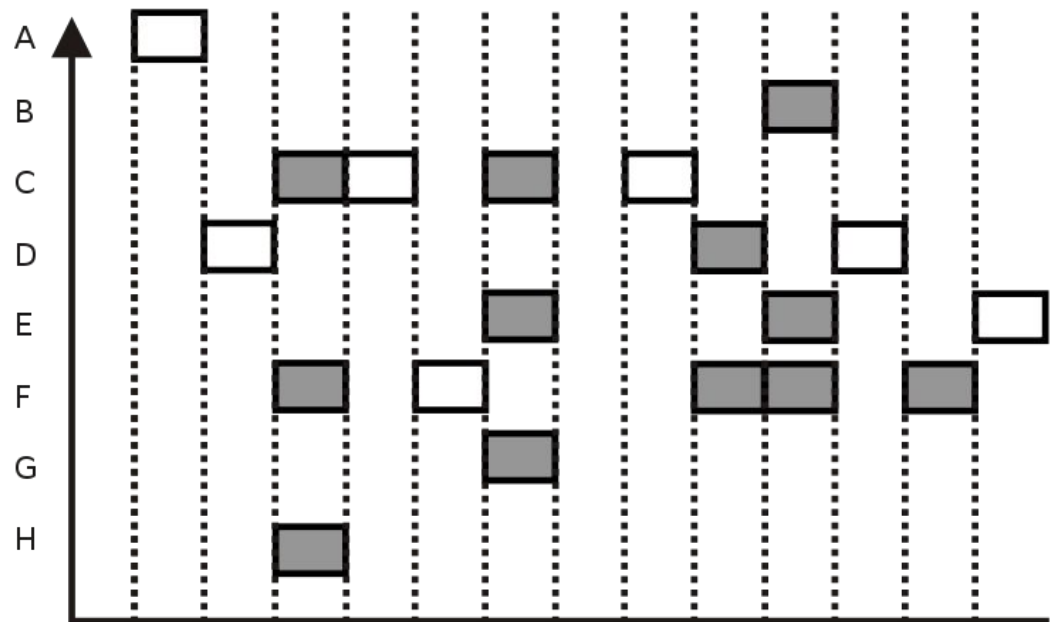
- Frame-time: thời gian để truyền hết một frame có kích thước lớn nhất ( $= MTU/R$ )
- Khi một nút mạng cần truyền dữ liệu:
  - Frame đầu tiên: truyền ngay. Nếu có đụng độ thì truyền lại với xác suất  $p$
  - Các frame sau: truyền với xác suất là  $p$
  - Trong 1 frame-time chỉ được truyền 1 frame

- Xác suất truyền thành công là  $\sim 18.4\%$



# Slotted Aloha

- Hoạt động như Aloha với các yêu cầu:
  - Frame-time là như nhau với mọi nút
  - Tất cả các nút phải đồng bộ về thời gian
  - Các trạm đồng bộ time slot & Frame chỉ được truyền vào đầu slot
    - giảm nguy cơ collision
  - Xác suất truyền thành công: 36.8%



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

# CSMA

- Đa truy nhập sử dụng sóng mang
- CSMA:
  - Carrier Sense Multiple Access
  - Cảm nhận sóng mang để quyết định đường truyền có bận hay không?
  - Nghe trước khi nói
  - Đụng độ xảy ra do trễ trên đường truyền
- CSMA/CA: CSMA with Collision Avoidance
- CSMA/CD: CSMA with Collision Detection
  - Phát hiện đụng độ : nghe trong khi nói
  - Giải quyết đụng độ với backoff (thuật toán quay lui)





# Nhắc lại khái niệm sóng mang (Carrier)

- Tham khảo: DATA AND COMPUTER COMMUNICATIONS – Chương 5
- Sóng mang có tần số lớn (năng lượng lớn) để truyền được xa (cả môi trường có dây & không dây)
- Sóng mang là giao động tuần hoàn (không mang thông tin)

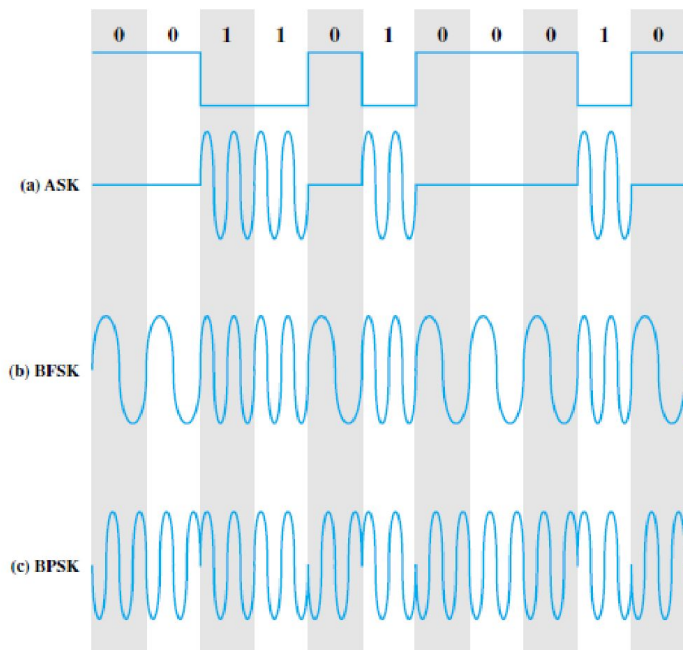


Figure 5.7 Modulation of Analog Signals for Digital Data

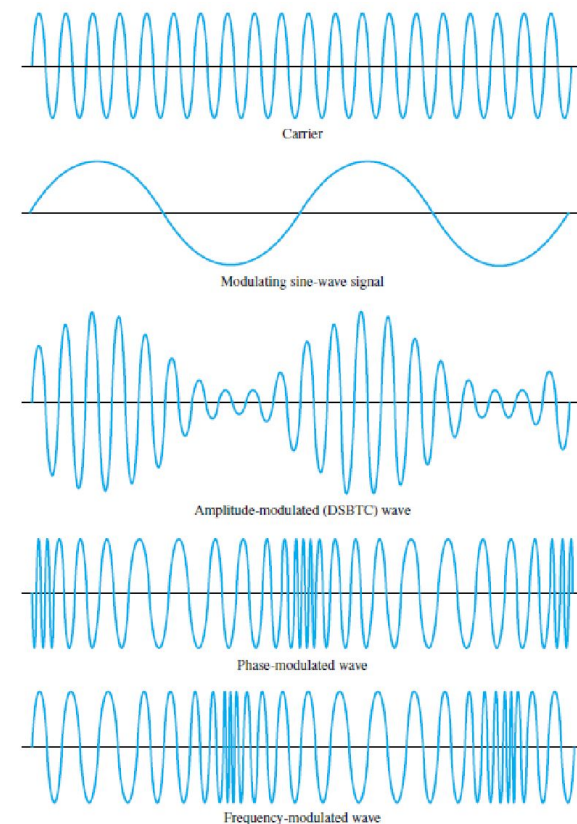
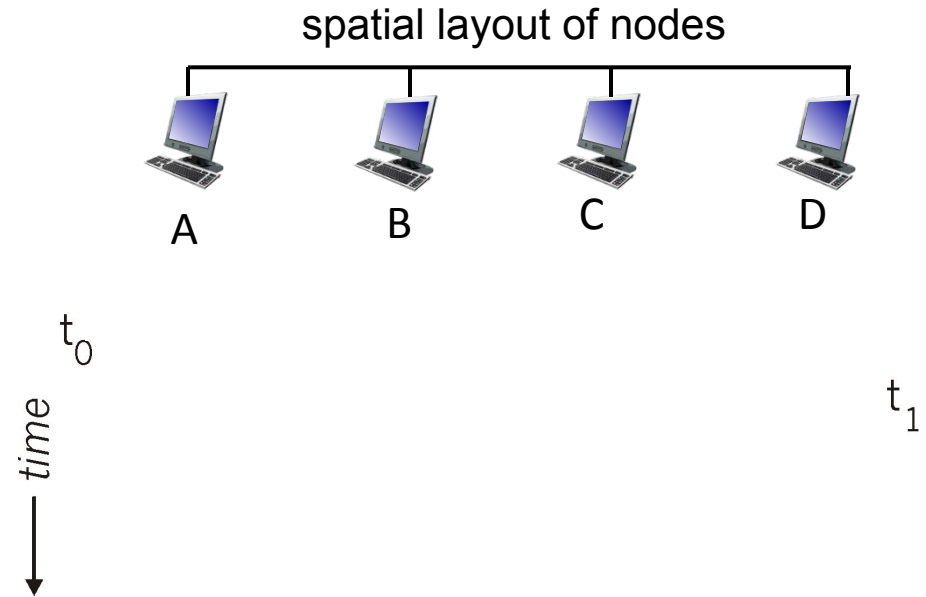


Figure 5.24 Amplitude, Phase, and Frequency Modulation of a Sine-Wave Carrier by a Sine-Wave Signal

- Tín hiệu/dữ liệu (mang thông tin) cần được truyền đi xa. Thường có tần số rất thấp (năng lượng yếu) □ dùng sóng mang “cõng” tín hiệu/dữ liệu đầu vào
- Phương pháp AM, FM (tín hiệu đầu vào analog)
- Các phương pháp Coding (dữ liệu đầu vào digital)

# Độ trễ 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/CA (Collision Avoidance)

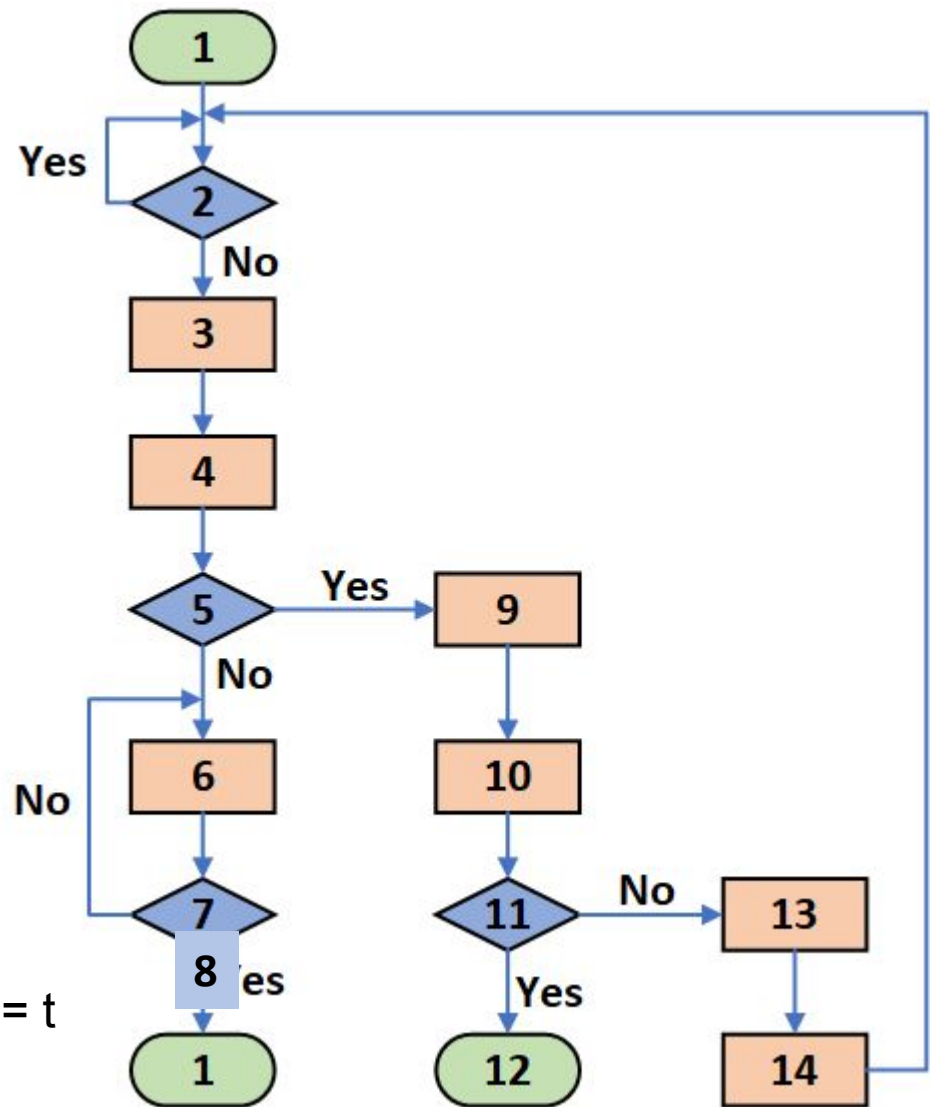
- Dùng trong mạng WIFI 802.11
- Nếu 2 hay nhiều trạm cùng phát hiện đường truyền bận và cùng chờ thì có khả năng chúng sẽ cùng truyền lại một lúc.
  - □ xung đột,
- Giải pháp CSMA/CA.
  - Mỗi trạm chờ một khoảng thời gian được tính ngẫu nhiên □ giảm xác suất đụng độ.

# CSMA/CD (Collision detection)

- Dùng trong mạng Ethernet
- CSMA có phát hiện xung đột: Listen while talk.
- Nếu đường truyền rỗi, truyền
- Nếu bận, chờ rồi truyền với xác suất p
- Nghe đường truyền trong khi truyền, nếu có xung đột chỉ phát 1 tín hiệu báo xung đột ngắn và dừng ngay
- Không tiếp tục truyền như CSMA
- Thử truyền lại sau một khoảng thời gian ngẫu nhiên.

# Thuật toán CSMA

- 1: Yêu cầu truyền dữ liệu
- 2: Đường truyền bận ?
- 3: Tổ chức data thành Frame
- 4: Truyền Frame
- 5: Có đụng độ ?
- 6: Tiếp tục truyền
- 7: Hết dữ liệu cần truyền ?
- 8: Kết thúc
- 9: Truyền tín hiệu JAM
- 10: Inc(attempts)
- 11:  $attempts > Max\ Attempts$
- 12: Error !!!
- 13: Tính toán khoảng thời gian backoff = t
- 14: Delay(t)



# CSMA/CD: Tóm tắt

- Máy trạm nghe trước khi muốn truyền
  - Bận: Chờ, 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 chờ, nghe
- Một số biến thể của CSMA
  - CSMA kiên nhẫn (persistence)
  - CSMA không kiên nhẫn
  - CSMA với xác suất p nào đó

# So sánh chia kênh & truy nhập ngẫu nhiên

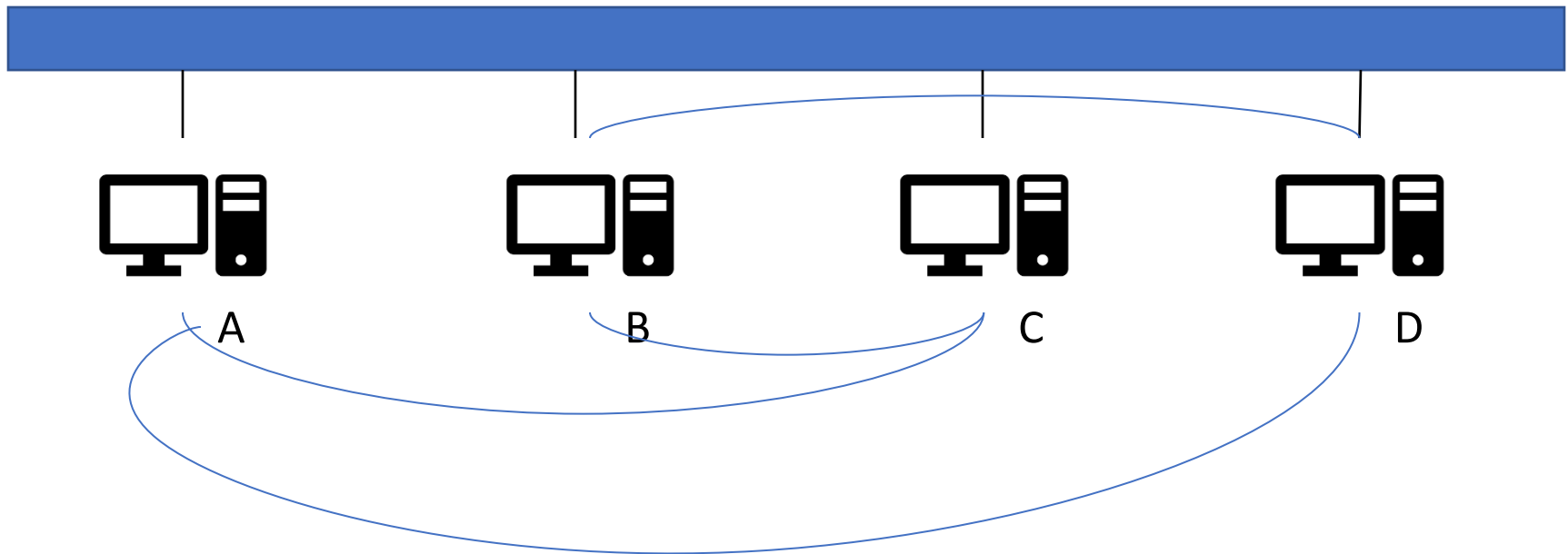
- Chia kênh
  - Hiệu quả, công bằng cho đường truyền với lưu lượng lớn
  - Lãng phí nếu chúng ta cấp kênh con cho một nút chỉ cần lưu lượng nhỏ
- Truy nhập ngẫu nhiên
  - Khi tải nhỏ: Hiệu quả vì mỗi nút có thể sử dụng toàn bộ kênh truyền
  - Tải lớn: Xung đột tăng lên
- Phương pháp quay vòng: Có thể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

# Token passing

- Bit trạng thái: rỗi hay bận
- Nút mạng nhận được thẻ bài rỗi, không mang dữ liệu : được phép truyền dữ liệu
  - Thiết lập trạng thái thẻ bài về trạng thái bận
  - Tổ chức dữ liệu để truyền, thẻ bài trở thành tiêu đề của frame
  - Sau khi truyền xong dữ liệu: thiết lập trạng thái thẻ bài là rỗi
- Nút đích: sao chép dữ liệu trên frame và trả lại frame cho nút nguồn
- Token Ring: vòng luân chuyển thẻ bài là vòng vật lý
- Token Bus: vòng luân chuyển thẻ bài là vòng logic
- Hạn chế

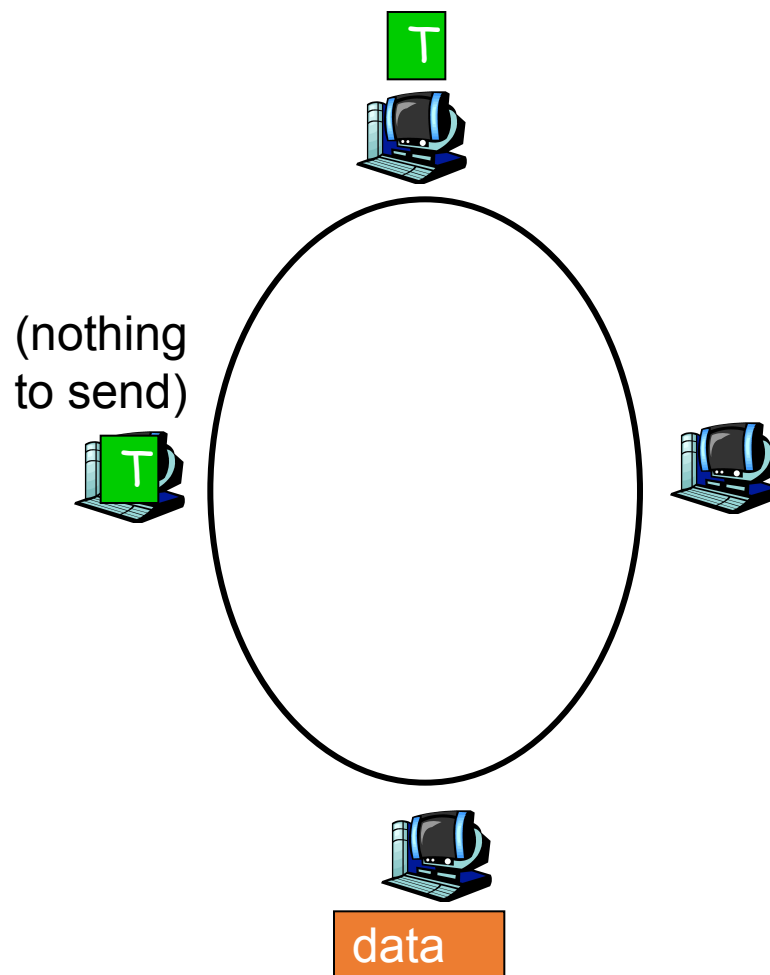


# Token bus



# 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....



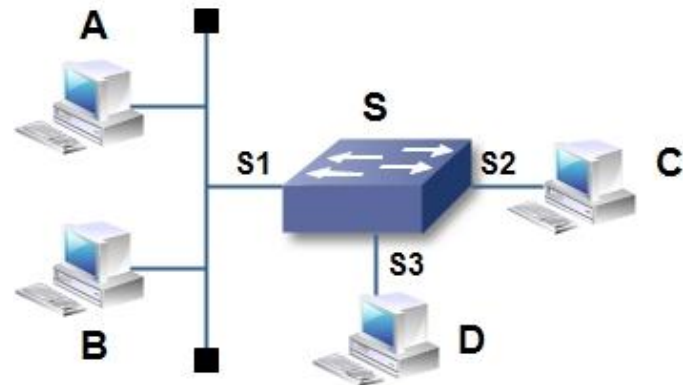
# Tổng kết các phương pháp kiểm soát đa truy nhập

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

## 5. Chuyển tiếp dữ liệu

# Chuyển tiếp dữ liệu tầng 2

- Bảng địa chỉ MAC
  - Địa chỉ MAC của host
  - Cổng kết nối với host
  - TTL: thời gian giữ lại thông tin trong bảng
- Cơ chế tự học
- Chuyển mạch
- Quảng bá: địa chỉ MAC là FF:FF:FF:FF:FF:FF

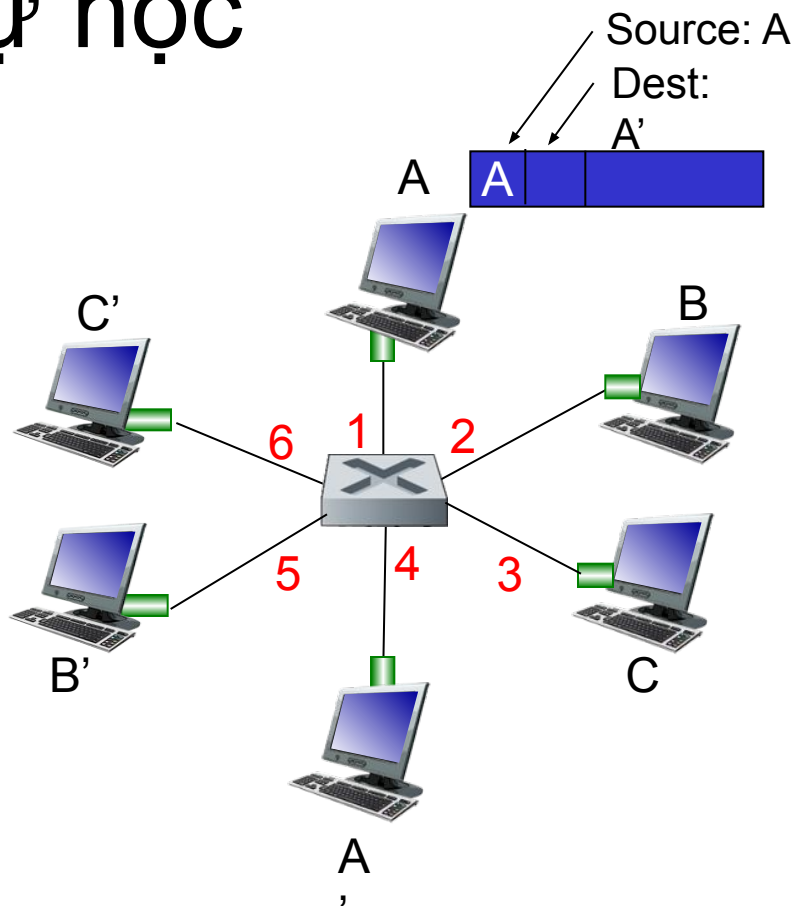


MAC Addr.	Interface	TTL
A	S1	
B	S1	
C	S2	

# Switch: Cơ chế tự học

- Cập nhật địa chỉ MAC nguồn và cổng nhận gói tin vào bảng MAC Table nếu:

- Địa chỉ nguồn chưa có trong bảng MAC Table, hoặc
- Địa chỉ nguồn đã có nhưng nhận được gói tin trên cổng khác



MAC addr	interface	TTL
A	1	60

MAC Table  
(ban đầu rỗng)

# Switch: Cơ chế chuyển tiếp

## Khi nhận được 1 frame

1. Tìm đ/c cổng vào (tự học)
2. Tìm địa chỉ cổng ra dùng bảng chuyển tiếp
3. **if** tìm thấy cổng ra  
    **then** {  
        **if** cổng ra == cổng vào  
            **then** hủy bỏ frame  
            **else** chuyển tiếp frame đến cổng ra  
    }  
    **else** quảng bá frame đến tất cả các cổng

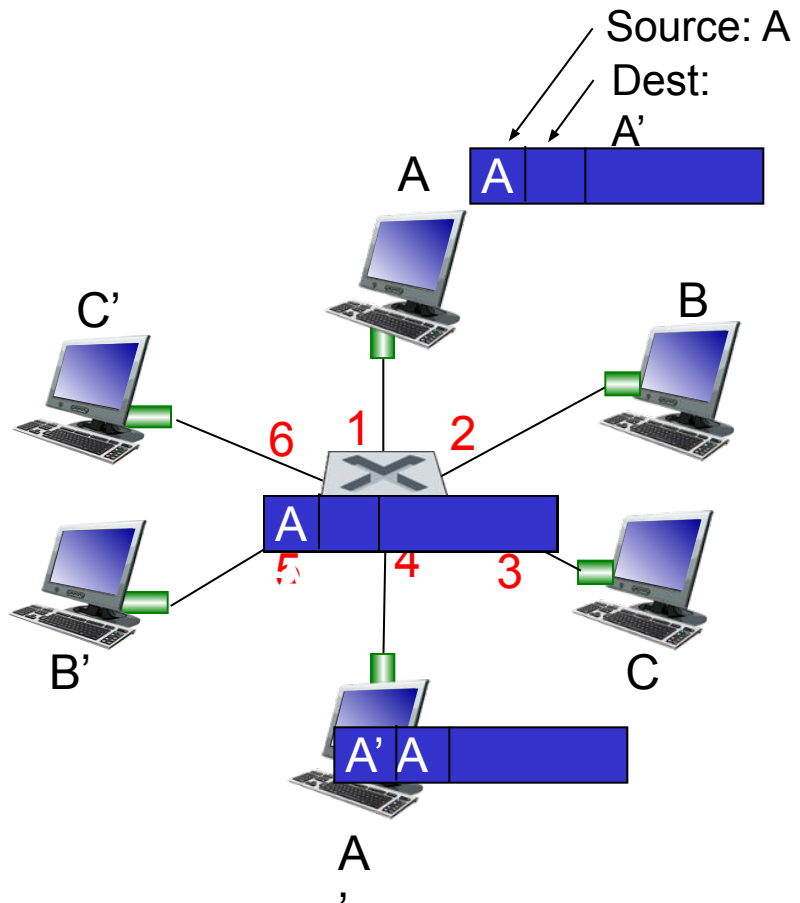
# Ví dụ

Không có cổng ra:

☐ **Quảng bá**

Đã biết địa chỉ A:

☐ **Chuyển trực tiếp**



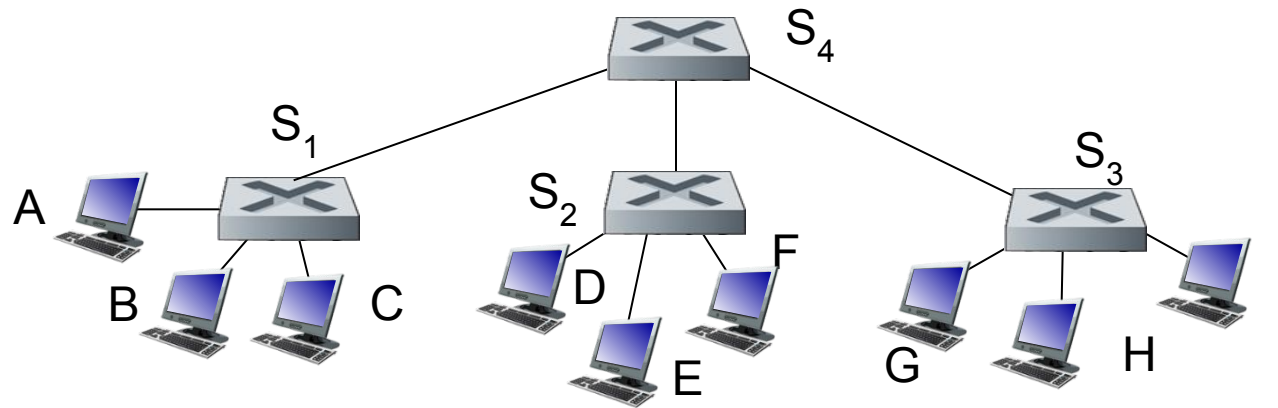
MAC addr	interface	TTL
A	1	60
A'	4	60

MAC Table  
(ban đầu rỗng)



# Nối chồng các switch với nhau

- Các switch có thể được nối với nhau



- Cũng dùng cơ chế tự học:
  - A □ I, S1 học A, quảng bá: B, C, S4
  - S4: học A từ S1, quảng bá: S2, S3
  - S3: học A từ S4, quảng bá: G, H, I

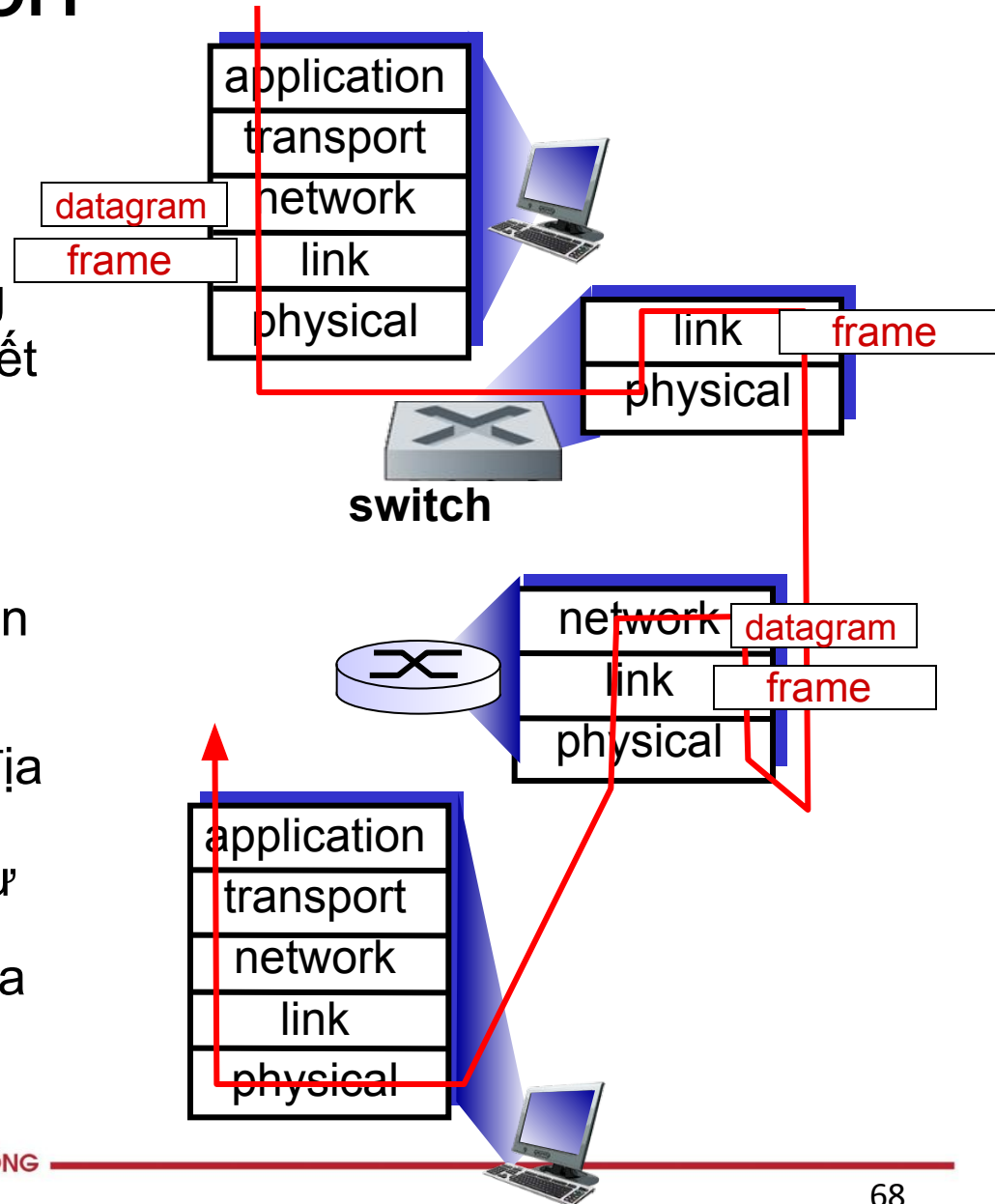
## 6. Mạng cục bộ (LAN)

# Các thiết bị kết nối trong mạng LAN

- Repeater (bộ lặp), Hub (bộ chia)
  - Đảm nhiệm chức năng tầng 1
  - Tăng cường tín hiệu □ mở rộng phạm vi kết nối (broadcast zone)
  - $\leq 4$  repeater / 1 đoạn mạng (đường truyền kết nối 2 nút mạng)
- Bridge (Cầu), Switch (Bộ chuyển mạch)
  - Đảm nhiệm chức năng tầng 1 và 2
  - Cho phép kết nối các loại đường truyền vật lý khác nhau
  - Chia nhỏ miền đưng độ
  - Chuyển mạch cho khung tin dựa trên địa chỉ MAC
- Router (Bộ định tuyến)

# Router vs Switch

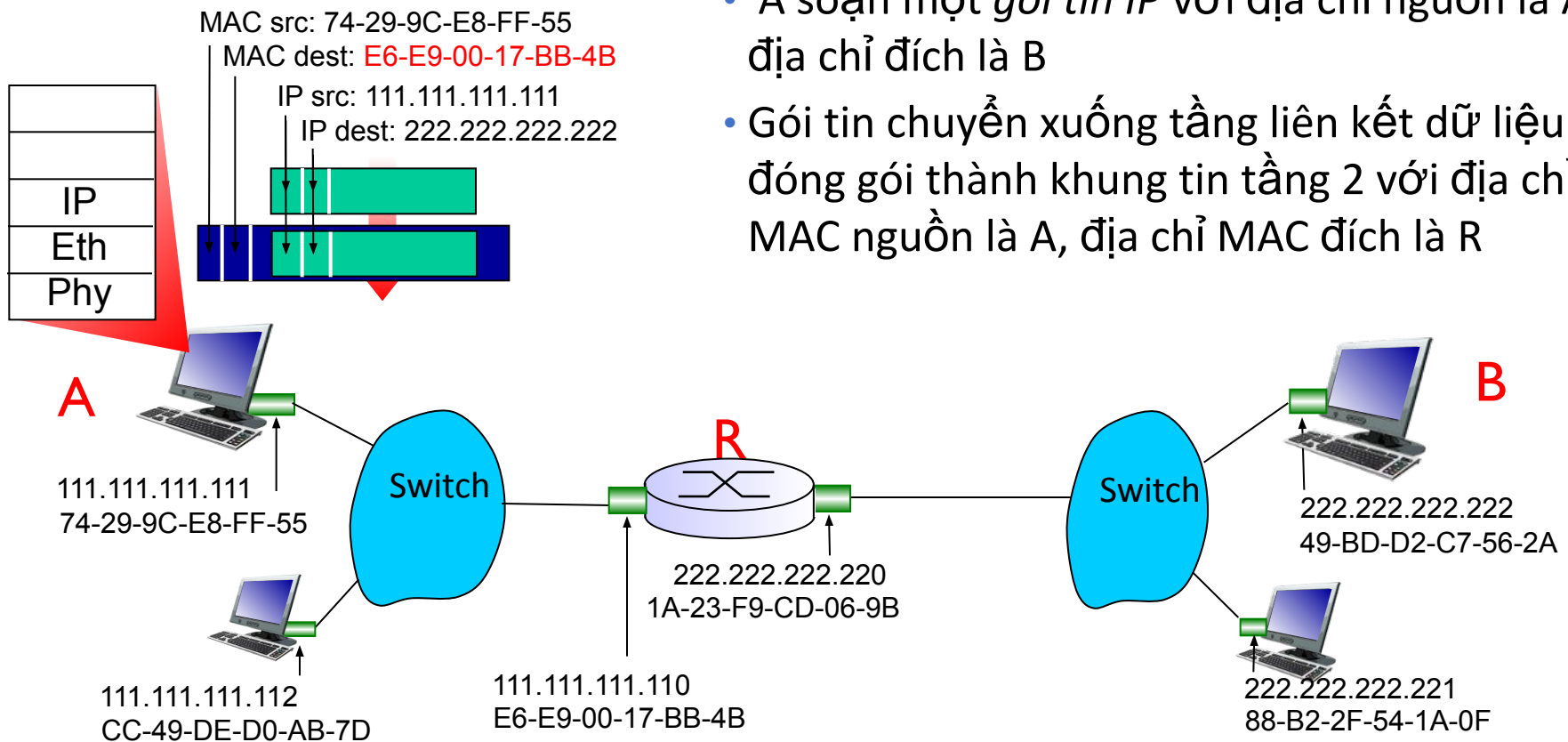
- Xử lý gói tin: lưu và chuyển tiếp (store-and-forward)
  - Router: thiết bị tầng mạng
  - Switch: thiết bị tầng liên kết dữ liệu
- Chuyển tiếp gói tin:
  - Router: sử dụng thuật toán định tuyến tính toán bằng chuyển tiếp (Forwarding Table), chuyển tiếp theo địa chỉ IP đích
  - Switch: sử dụng cơ chế tự học tính toán bằng MAC Table, chuyển tiếp theo địa chỉ MAC đích



# Router kết nối LAN

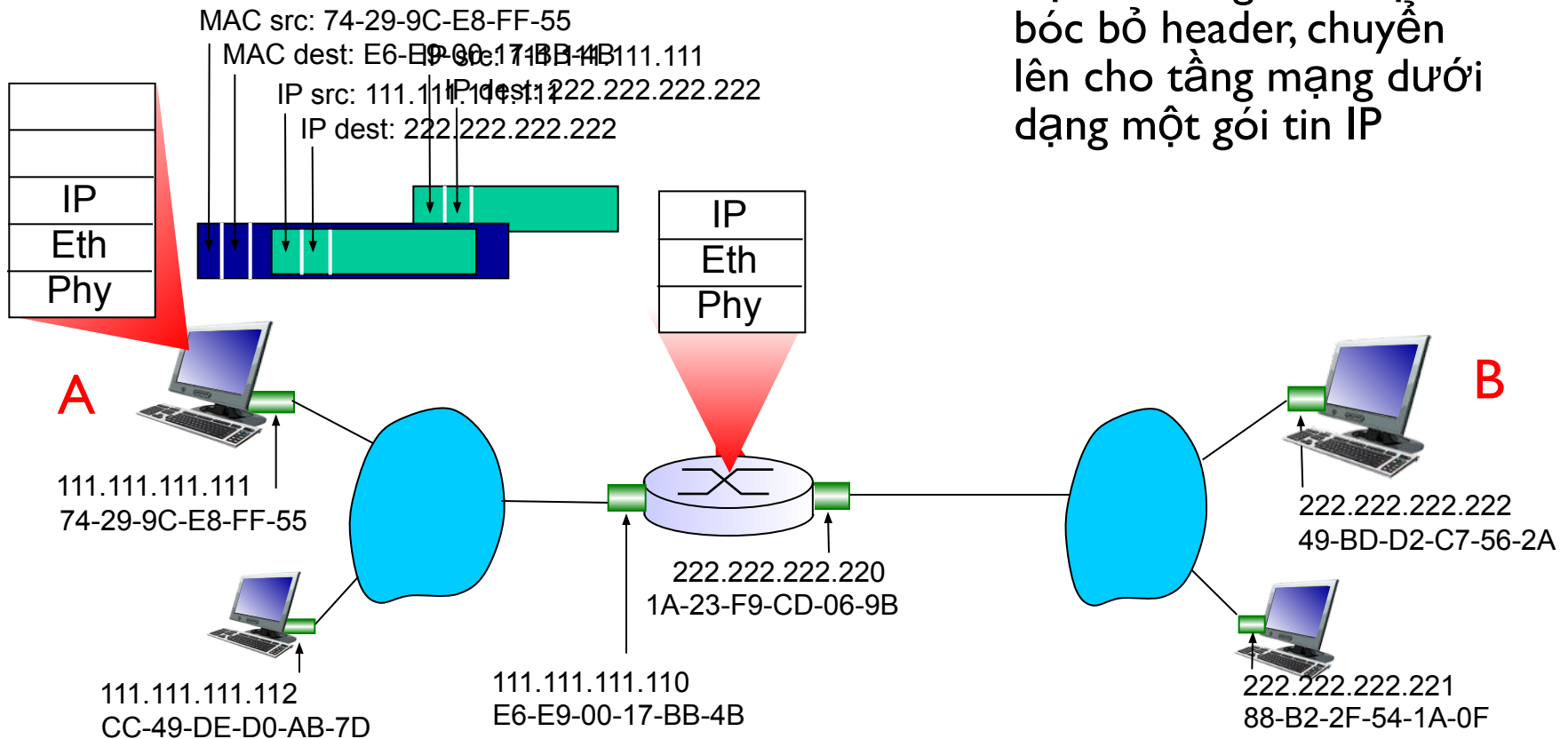
Ví dụ: **Gửi dữ liệu từ A tới B qua router R**

- A soạn một *gói tin IP* với địa chỉ nguồn là A, địa chỉ đích là B
- Gói tin chuyển xuống tầng liên kết dữ liệu: đóng gói thành khung tin tầng 2 với địa chỉ MAC nguồn là A, địa chỉ MAC đích là R



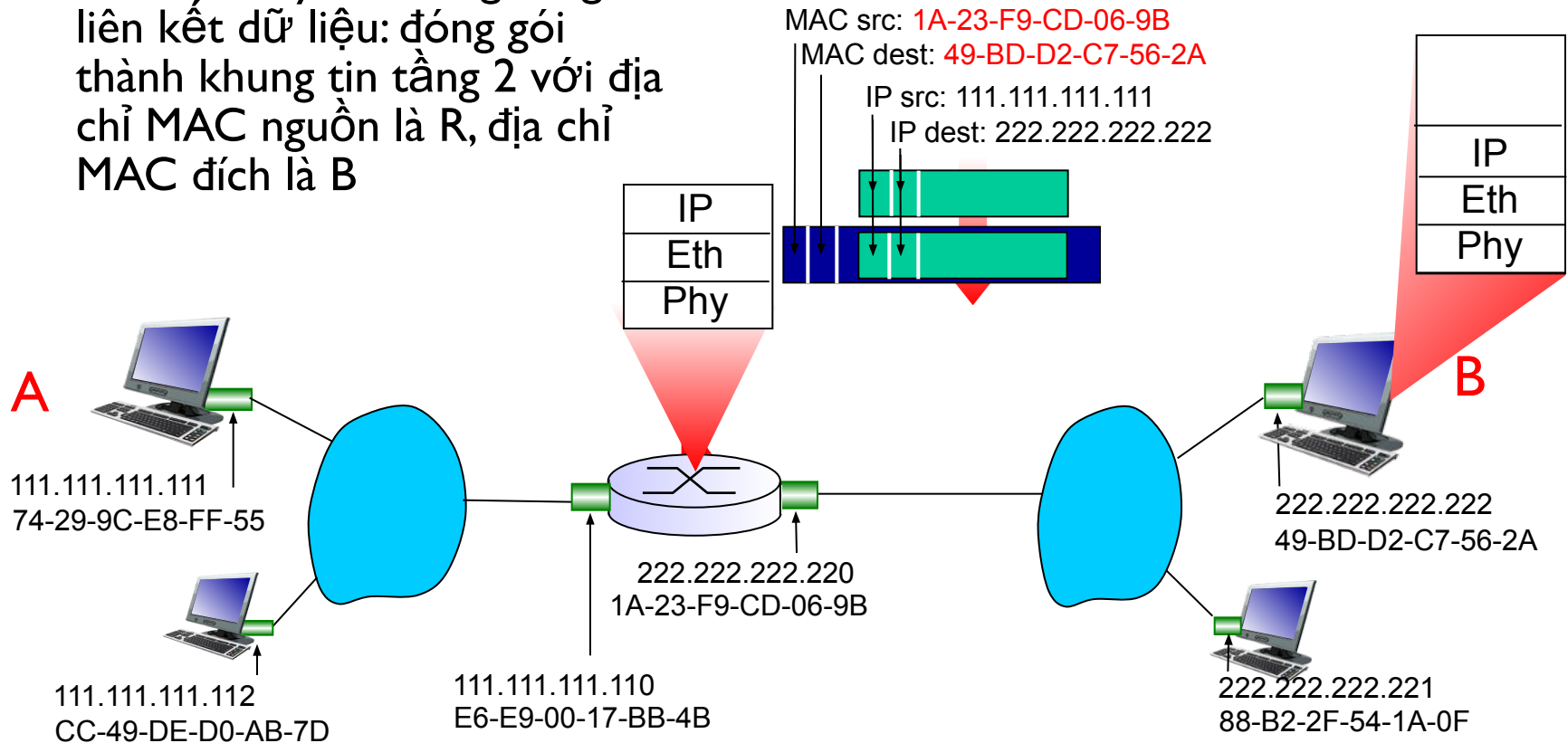
# Chuyển tiếp dữ liệu tới LAN khác

- ❖ Khung tin được chuyển từ A tới R
- ❖ Tại R: khung tin được bóc bỏ header, chuyển lên cho tầng mạng dưới dạng một gói tin IP



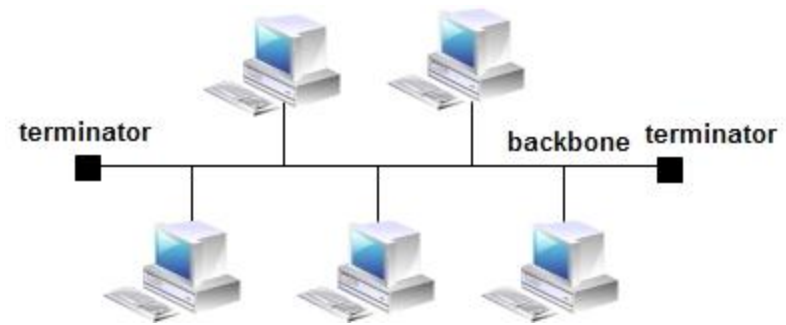
# Chuyển tiếp gói tin trong LAN đích

- ❖ R chuyển tiếp gói tin với địa chỉ IP nguồn là A, IP đích là B
- ❖ Gói tin chuyển xuống tầng liên kết dữ liệu: đóng gói thành khung tin tầng 2 với địa chỉ MAC nguồn là R, địa chỉ MAC đích là B



# Hình trạng LAN: bus (mạng trục)

- Tất cả các nút mạng sử dụng chung đường truyền – trục (backbone)
- Mỗi nút mạng kết nối vào trục bằng đầu nối chữ T (T-connector)
- Terminator hai đầu
- Phương thức truyền: điểm – đa điểm (point-to-multipoint)
  - Dữ liệu truyền theo 2 hướng
  - Nút nhận: kiểm tra địa chỉ đích của dữ liệu
- Ưu điểm
- Nhược điểm





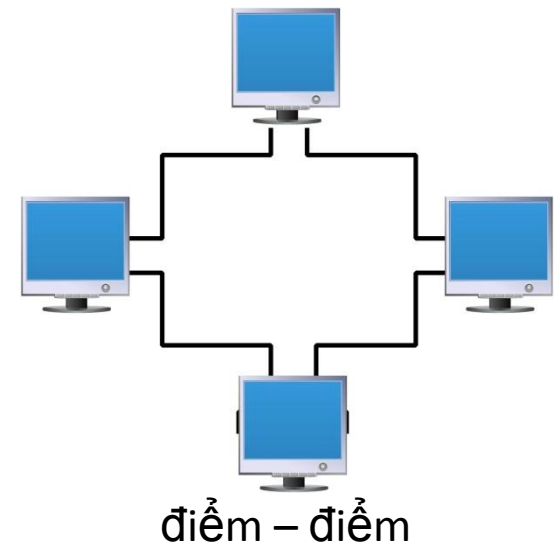
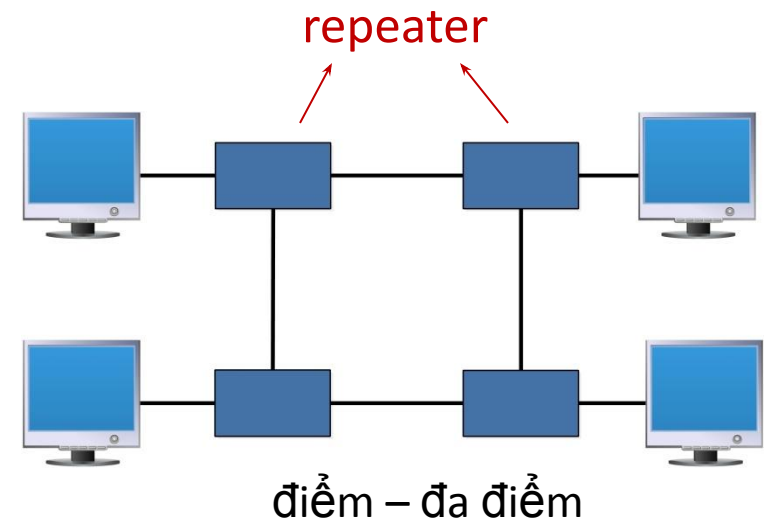
# Hình trạng LAN: star (hình sao)

- Một nút mạng đóng vai trò thiết bị trung tâm
  - Hub
  - Switch
  - Router
- Các nút mạng khác kết nối trực tiếp với thiết bị trung tâm
- Phương thức truyền
  - Điểm – điểm: switch, router
  - Điểm – đa điểm: hub
- Ưu điểm
- Nhược điểm



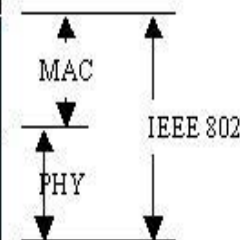
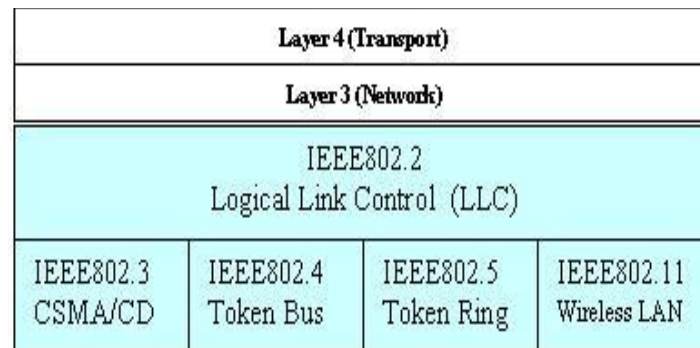
# Hình trạng LAN: ring (hình vòng)

- Các nút mạng chung đường truyền khép kín
- Phương thức truyền: điểm – điểm (point-to-point) hoặc điểm-đa điểm
- Dự phòng: FDDI vòng kép, thường sử dụng cho khu vực mạng xương sống
- Ưu điểm
- Nhược điểm



# Chuẩn hóa LAN: IEEE 802.x

- IEEE 802.1 Network Management
- IEEE 802.2 Logical link control
- IEEE 802.3 Ethernet (CSMA/CD)
- IEEE 802.4 Token bus
- IEEE 802.5 Token Ring
- IEEE 802.6 Metropolitan Area Networks
- IEEE 802.7 Broadband LAN using Coaxial Cable
- IEEE 802.8 Fiber Optic TAG
- IEEE 802.9 Integrated Services LAN
- IEEE 802.10 Interoperable LAN Security
- IEEE 802.11 Wireless LAN



- IEEE 802.12 demand priority
- IEEE 802.14 Cable modems
- IEEE 802.15 Wireless PAN
- IEEE 802.15.1 (Bluetooth)
- IEEE 802.15.4 (ZigBee)
- IEEE 802.16 WiMAX
- V.v...

# LLC: IEEE802.2

802.2 LLC Header			Information
DSAP address	SSAP address	Control	
8 bits	8 bits	8 or 16 bits	multiple of 8 bits

- Vai trò:
  - kết nối các giao thức tầng Network: IPX, DCE, **IP**, v.v..
  - với các loại tầng vật lý khác nhau: có dây, không dây, quang
- Chức năng:
  - phân kênh/dồn kênh (multiplexing)
  - kiểm soát luồng (flow control) theo 3 chế độ làm việc:
    - Unacknowledged connectionless
    - Acknowledged connectionless
    - Connection mode
- Cấu trúc gói tin:
  - DSAP & SSAP: Destination/Source SAP, phục vụ phân kênh/dồn kênh với tầng trên (cho biết thực thể nào trên tầng Network đang thực hiện truyền/nhận gói tin LLC)
  - Control: định nghĩa phân loại PDU để truyền tin & kiểm soát:
    - U-frame: gửi/nhận trong chế độ connectionless (U: Unnumbered)
    - I-frame: frame có thông báo (I: Information), sử dụng trong chế độ acknowledged
    - S-frame: dùng để kiểm soát (S: Supervisor)

# Nhắc lại SAP & cơ chế phân kênh/dồn kênh

## Gửi: Dồn

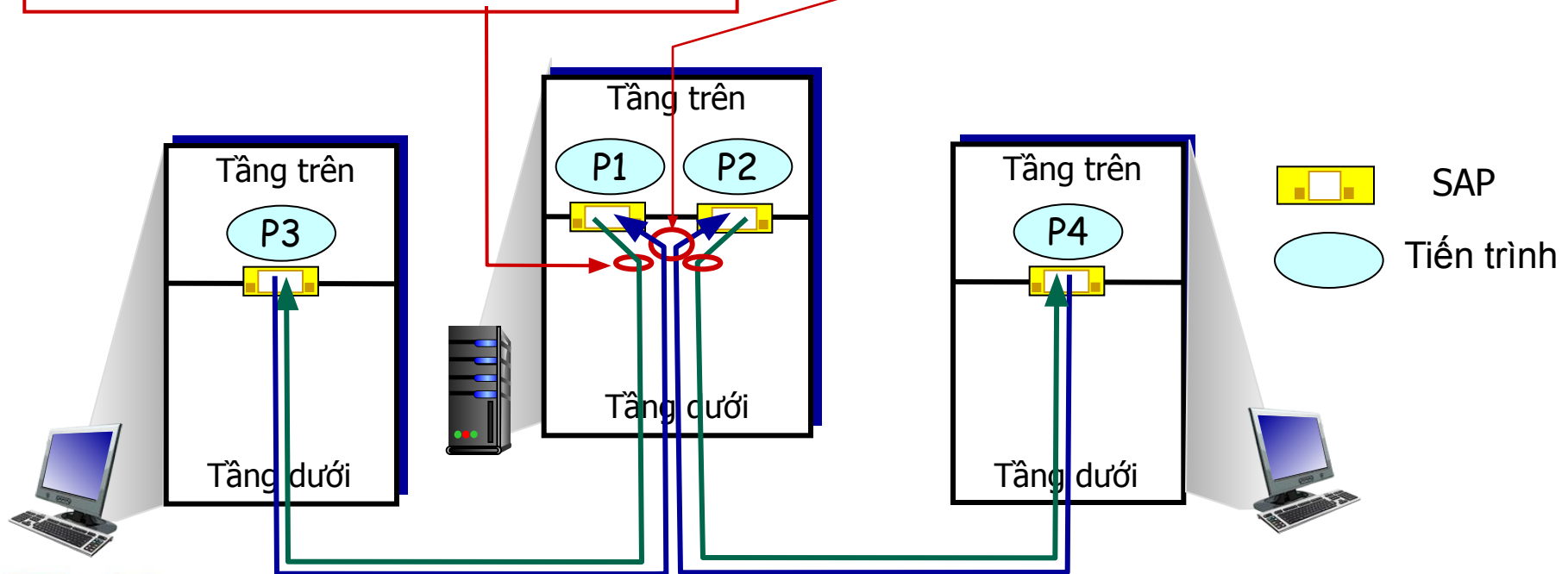
kênh

Nhận data từ tiến trình tầng trên, đóng gói PDU với SAP bên gửi (S.SAP) và SAP bên nhận (D.SAP) rồi chuyển PDU lên “đường truyền”

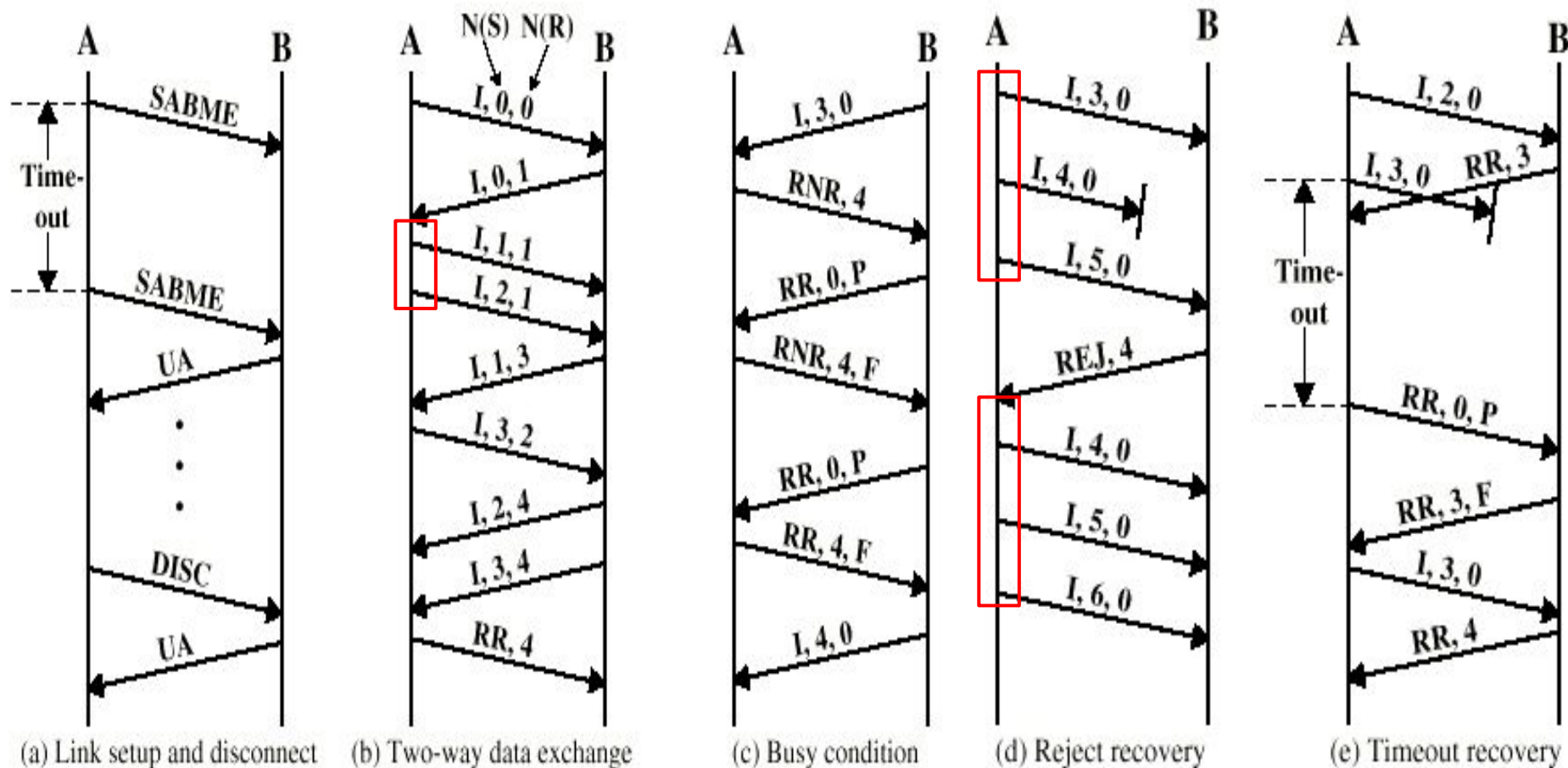
## Nhận: Phân

kênh

Nhận PDU từ “đường truyền”, đọc thông tin trường D.SAP để xác định tiến trình tầng trên & gửi data lên



# Hoạt động: stop & wait, sliding window



Sliding window

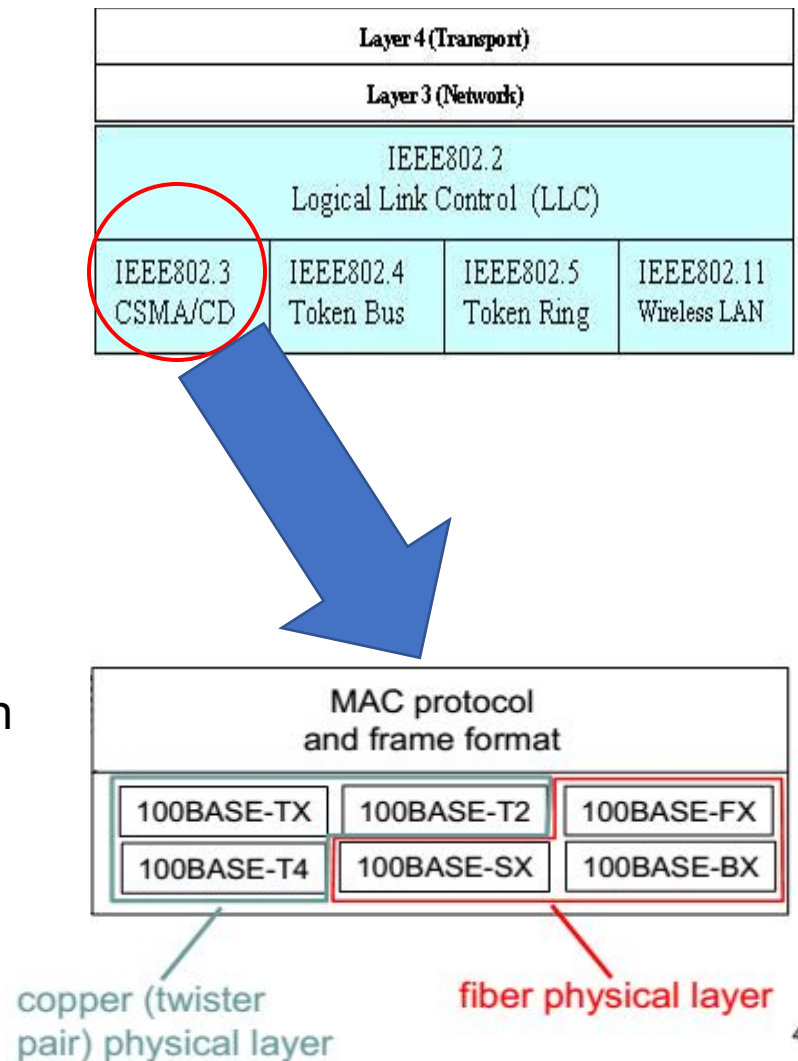
# Thực tế sử dụng LLC

- Chức năng kiểm soát lỗi & luồng (với I-frame & S-frame) được một số giao thức tầng trên sử dụng (NetBIOS).
- U-frame đóng gói PDU kiểu không có chỉ số (unnumbered) và như vậy không hỗ trợ kiểm soát lỗi cũng như kiểm soát luồng.
- Hầu hết các chồng giao thức bên trên LLC (TCP/IP) đã hỗ trợ kiểm soát lỗi & luồng □ sử dụng LLC chỉ với riêng chức năng phân kênh/dồn kênh ở chế độ “Unacknowledged connectionless” với U-frame.



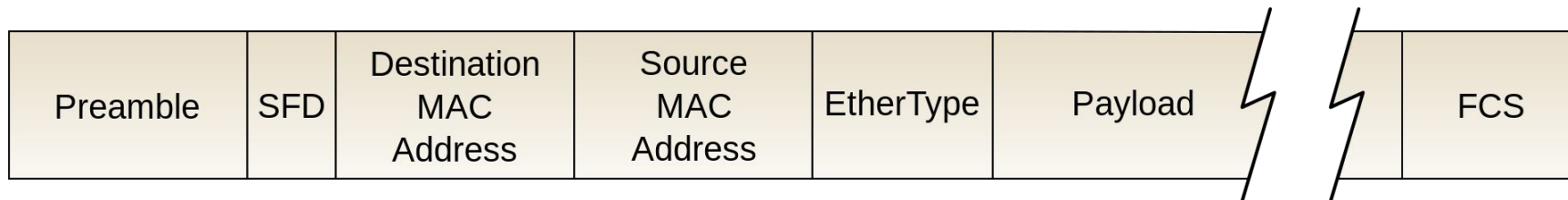
# Ethernet: IEEE802.3

- Chức năng:
  - Kiểm soát truy nhập đường truyền (Data-link)
  - Mã hóa tín hiệu đường truyền có dây (Physical)
- Cài đặt CSMA/CD
- Hỗ trợ đường truyền:
  - Cáp đồng trục
  - 10BASE-TX: cáp xoắn đôi tốc độ 10Mbps
  - 100BASE-TX (fast ethernet): cáp xoắn đôi tốc độ 100Mbps
  - Giga Ethernet FX: cáp quang tốc độ Gbps





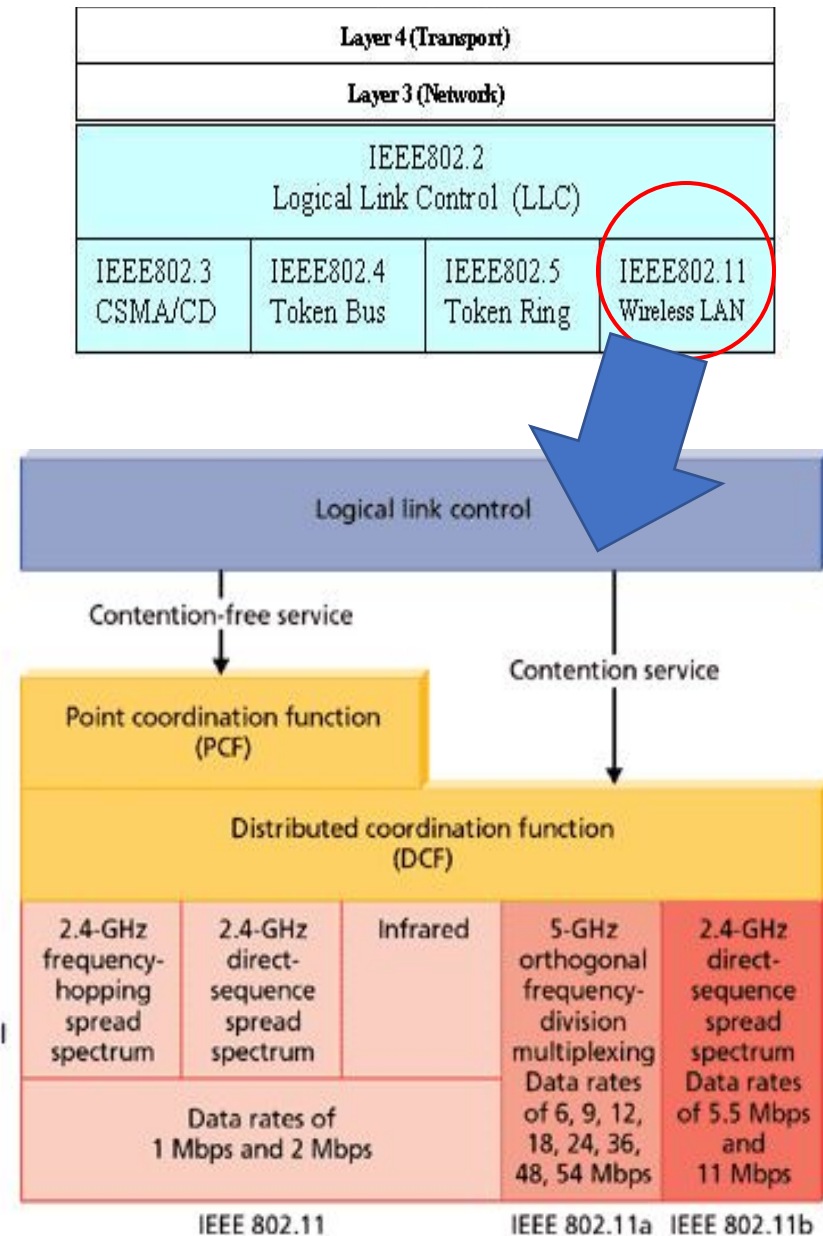
# Cấu trúc gói tin Ethernet



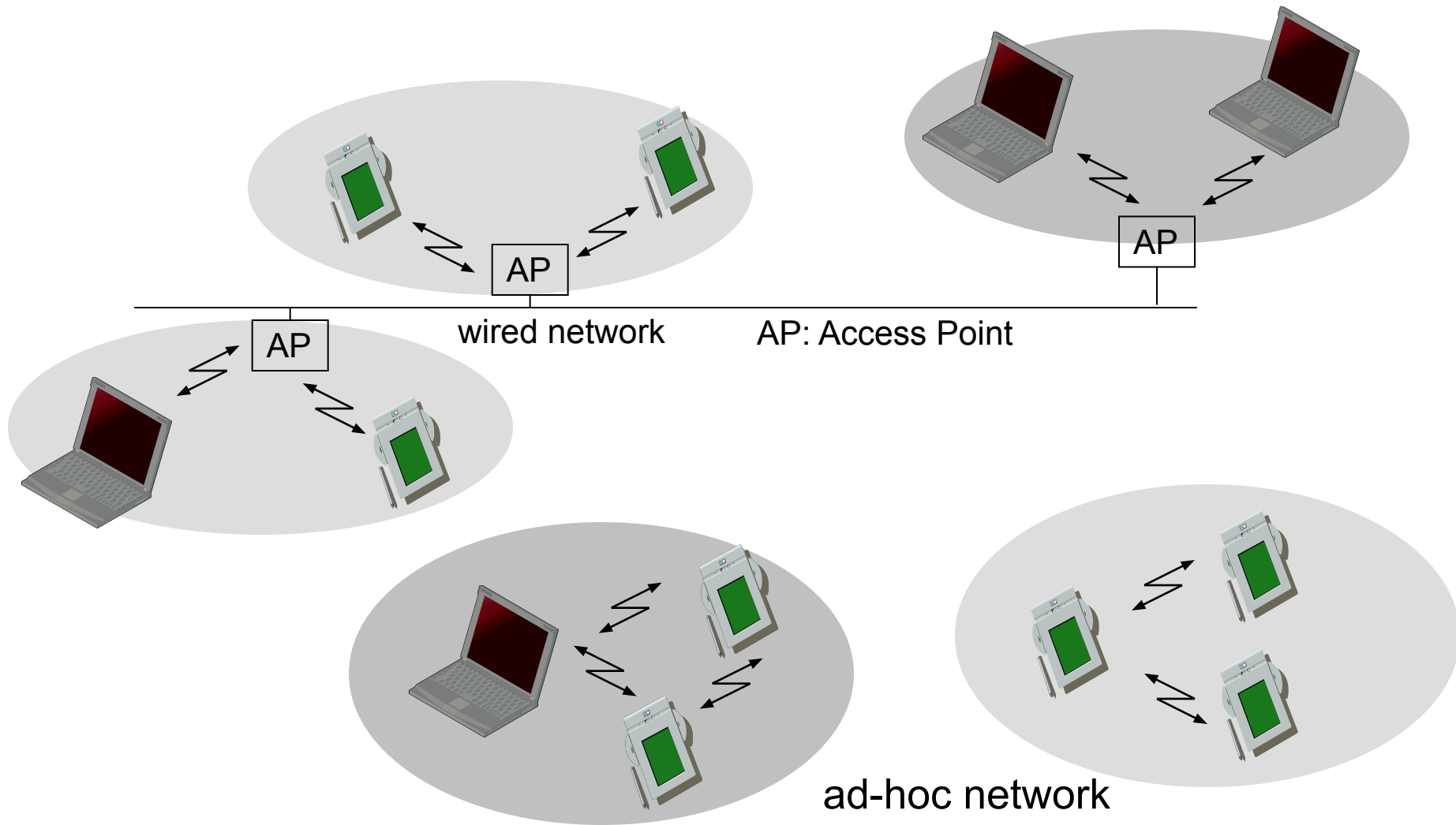
- Preamble (7 byte): 101010... đánh dấu bắt đầu một Ethernet frame
- SFD (1 byte): Start frame delimiter = 10101011. Ngăn cách Preamble với frame
- MAC Address (6 byte): địa chỉ vật lý các trạm nguồn & đích
- EtherType (2 byte): xác định giao thức tầng trên (IP, Novell IPX, AppleTalk, ...)
- FCS (4 byte): Frame check sequence. Mã kiểm soát lỗi theo cơ chế CRC. Phối hợp với LLC (i-frame & s-frame) để xử lý báo lỗi & truyền lại. Trường hợp sử dụng LLC với u-frame, FCS chỉ để kiểm tra lỗi nhận frame và hủy frame bên nhận (không thông báo, không phát lại)

# Wireless LAN: IEEE802.11

- Kiểm soát truy nhập đường truyền (Data-link):
  - PCF: dựa vào một thiết bị trung tâm (Access Point – AP) để điều phối truy nhập đường truyền của tất cả các trạm
  - DCF: điều phối truy nhập phân tán
- Mã hóa tín hiệu đường truyền không dây (Physical):
  - Tia hồng ngoại: 902-928MHz
  - Dải tần 2.4GHz
  - Dải tần 5GHz
- Cài đặt CSMA/CA

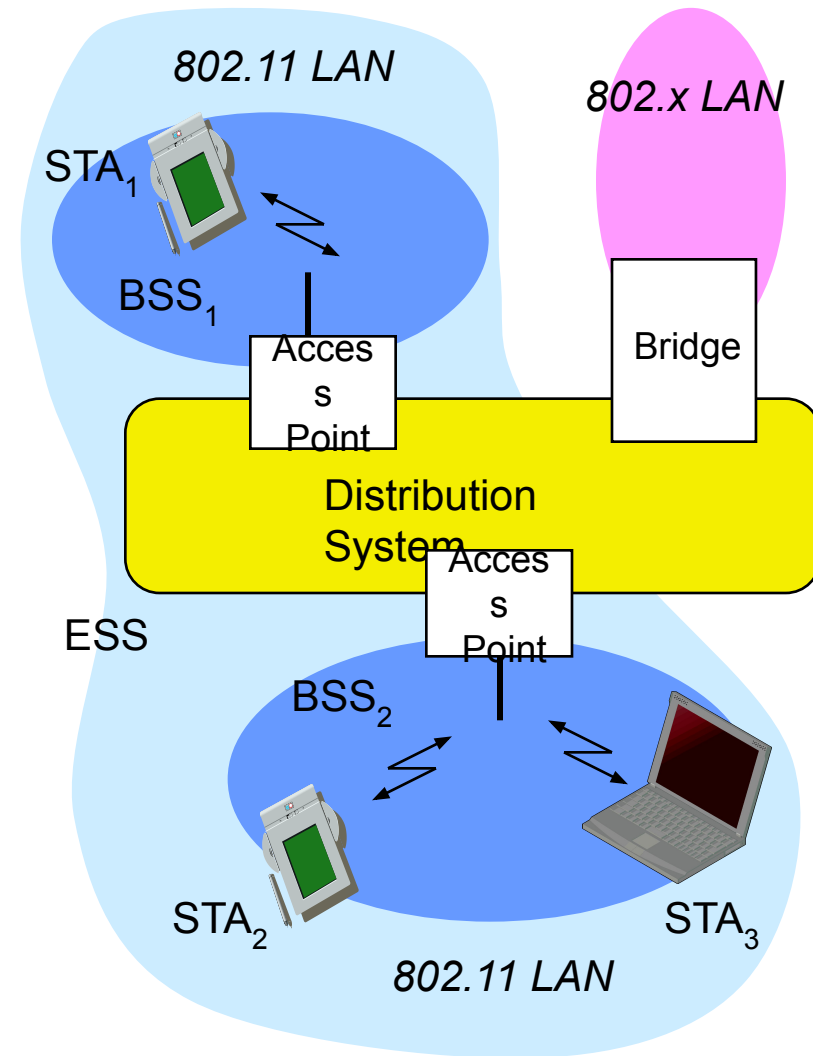


# Mô hình triển khai WLAN



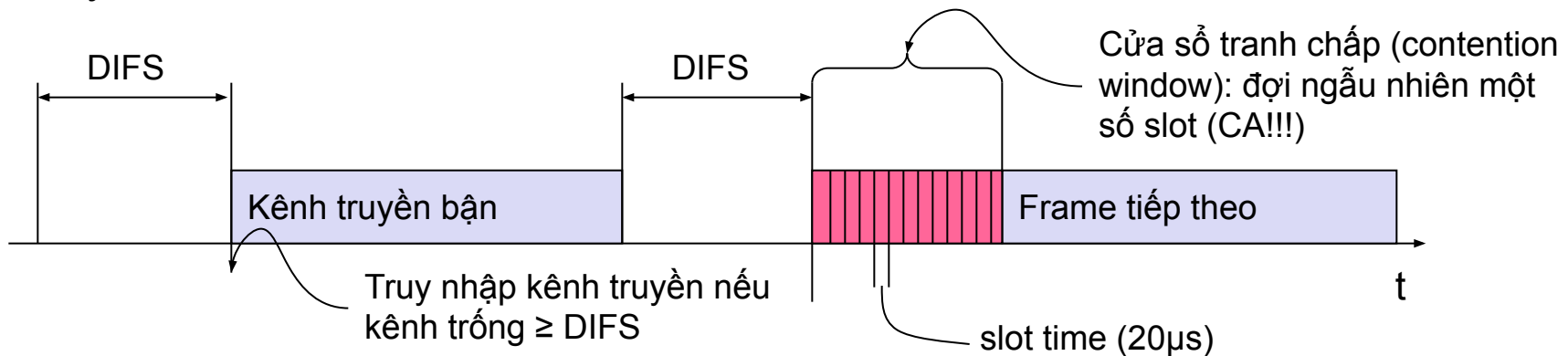
# Kiến trúc thể thống

- Station (STA): Trạm làm việc, với kết nối không dây đến Access Point
- Access Point: Điểm điều phối các STA, đồng thời liên kết với hệ thống điều phối phân tán (Distributed System)
- Basic Service Set (BSS): nhóm các trạm làm việc chung trên một dải tần (với một AP hoặc nhiều AP)
- Bridge: cầu kết nối với hệ thống có dây (Ethernet, Bus, v.v.)
- Distribution System:
  - Liên kết nhiều BSS để tạo nên một ESS (Extended Service Set)
  - Không được chuẩn hóa trong IEEE802.11, hoạt động tùy theo nhà sản xuất

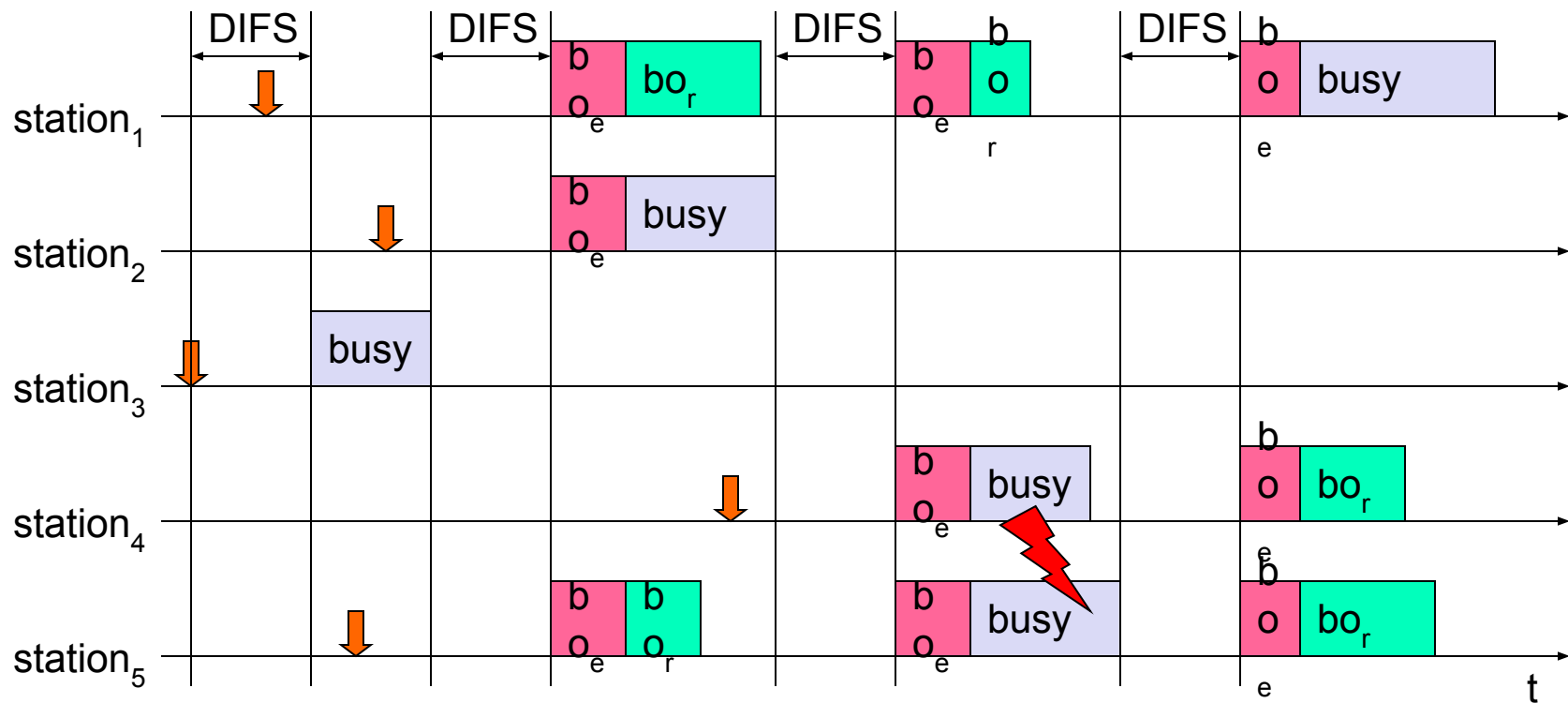


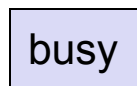
# Cài đặt CSMA/CA trên 802.11

- STA muốn truyền dữ liệu, nghe kênh truyền xem có bận không?
- Nếu kênh truyền trống với một khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng Distributed Inter-Frame Space (DIFS), STA bắt đầu truyền
- Nếu kênh truyền bận, STA phải đợi để tìm được một DIFS trống, sau đó đợi thêm một khoảng ngẫu nhiên số slot time (gọi là khoảng back-off time) để chống đụng độ nếu có STA khác cũng đang muốn truyền (collision avoidance)
- Nếu có STA khác chiếm dụng đường truyền trong khoảng back-off time, trạm STA hiện tại hủy cơ chế back-off timer và đợi DIFS trống khác để truyền

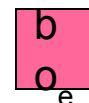


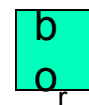
# Ví dụ CSMA/CA trên 802.11



 busy Chiếm dụng đường truyền

 Có yêu cầu truyền gói tin

 backoff time hợp lý (elapsed)

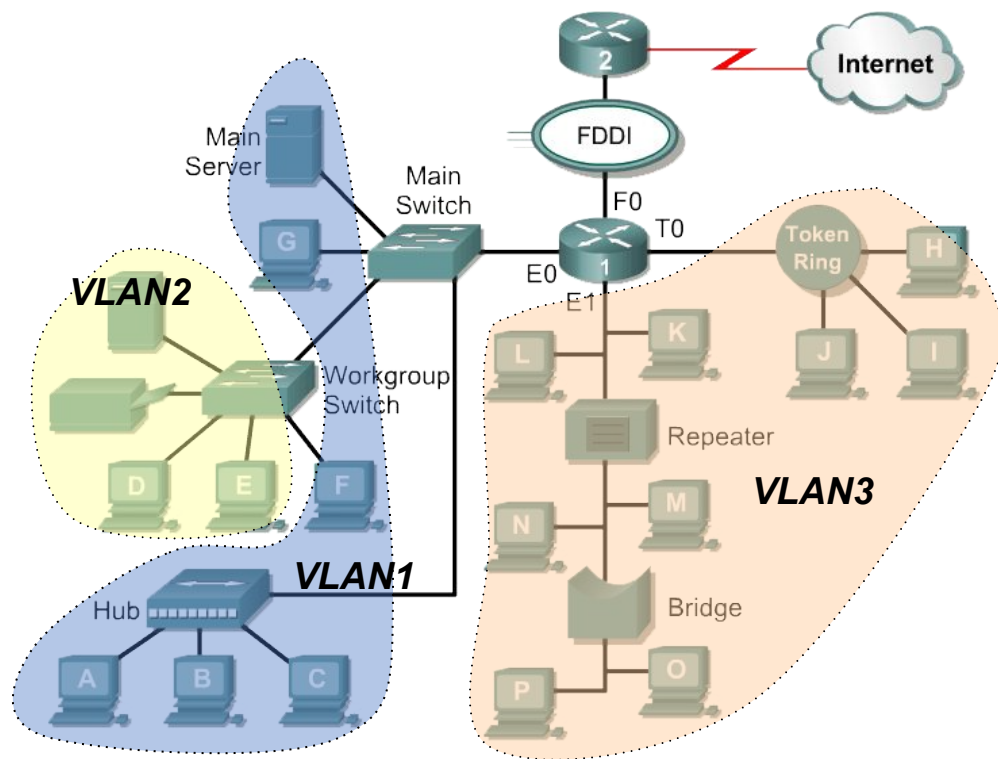
 backoff time còn dư (residual)

# Tổng kết Wireless LAN

- Ưu điểm:
  - Khả năng di động
  - Triển khai dễ dàng
  - Khả năng mở rộng
- Nhược điểm:
  - Bảo mật
  - Phạm vi
  - Độ tin cậy
  - Tốc độ
- Đọc thêm:
  - Roaming: STA thay đổi AP bên trong một BSS hoặc giữa các BSS (trong một ESS)
  - Wired Equivalent Privacy (WEP): Hỗ trợ bảo mật tương đương mạng có dây.

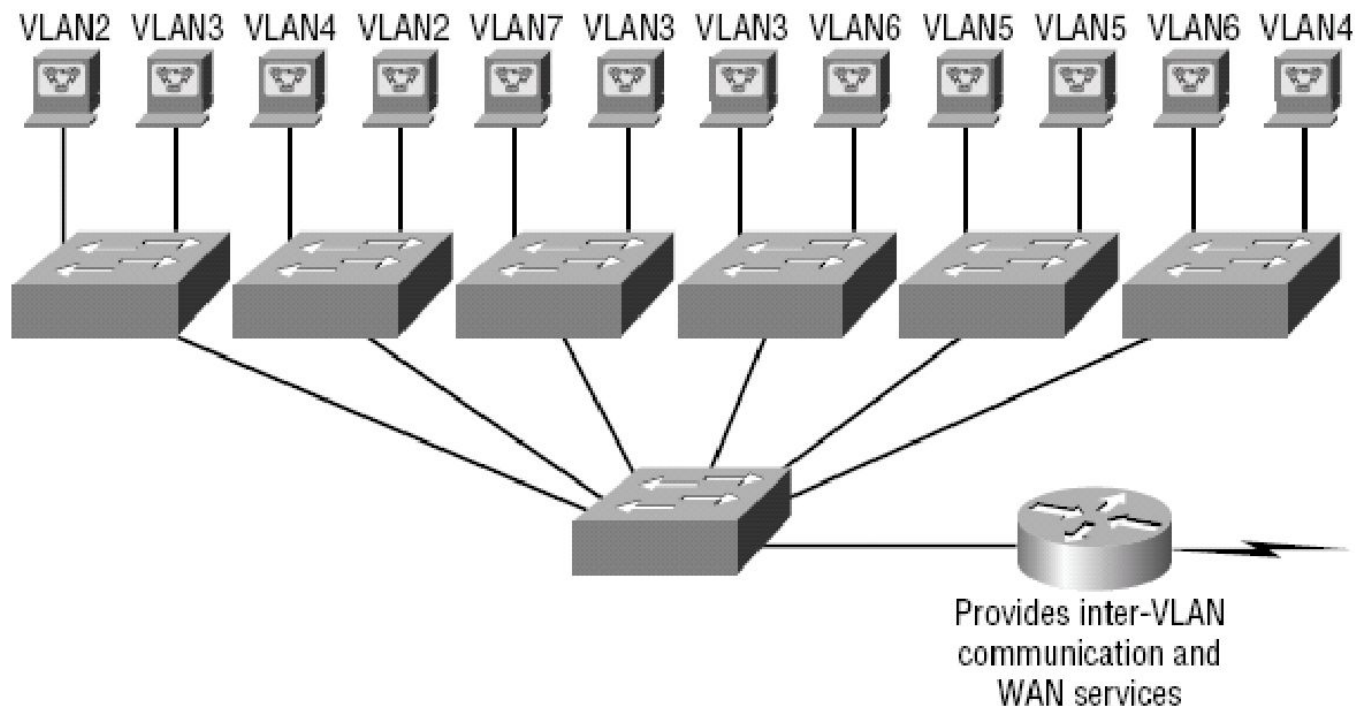
# Mạng LAN ảo – VLAN (Virtual LAN)

- Yêu cầu thực tế
  - Chia sẻ tài nguyên (file, máy in, v.v.) giữa các trạm trong LAN (broadcast zone)
  - Vấn đề trạm “xa nhau”
  - Bảo mật thông tin nội bộ giữa các phòng ban
- Giải pháp mạng LAN ảo
  - Nhóm các trạm vào các broadcast zone (LAN ảo)
  - Broadcast zone không bị ràng buộc về mặt địa lý của các trạm
  - Broadcast zone độc lập với các ứng dụng mạng





# Vai trò của Switch

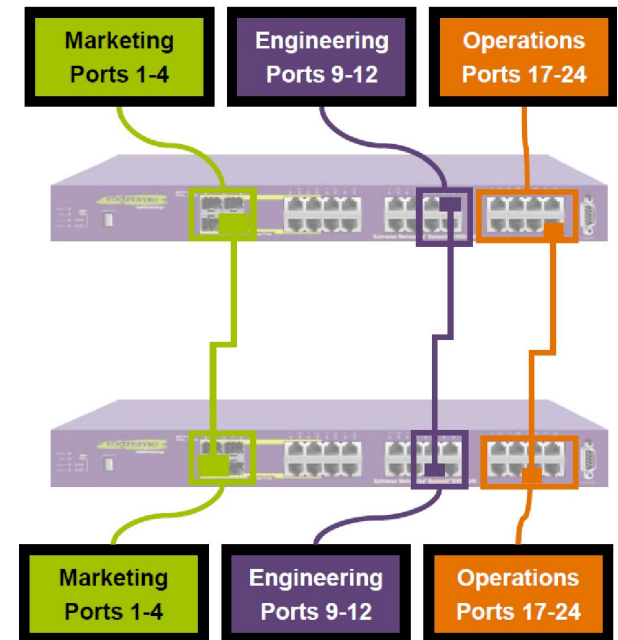


Marketing	VLAN2	172.16.20.0/24
Shipping	VLAN3	172.16.30.0/24
Engineering	VLAN4	172.16.40.0/24
Finance	VLAN5	172.16.50.0/24
Management	VLAN6	172.16.60.0/24
Sales	VLAN7	172.16.70.0/24

- Cấu hình một switch hoặc liên kết các switch để thiết lập broadcast zone (tương ứng VLAN)
- Một switch có thể chứa một hoặc nhiều VLAN

# Các phương pháp chia VLAN

- Port-based: chia theo cổng trên switch – VLAN tĩnh (Static VLAN): tất cả các thiết bị gắn với cổng đó phải cùng VLAN
- MAC-based: chia theo địa chỉ MAC của thiết bị - VLAN động (Dynamic VLAN): linh hoạt
- Protocol-based: chia theo giao thức. Định nghĩa filter trên các switch, dựa trên các trường của gói tin (hay sử dụng Type, LLC, SNAP) để xác định nó thuộc VLAN nào.



Ethernet Frame						
6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	3 Bytes	5 Bytes	38 to 1492 Bytes	4 Bytes
Destination MAC	Source MAC	Type	LLC (Logical Link Control)	SNAP (Sub network Access Protocol)	Data (Payload / Padding)	CRC
64 Bytes Minimum. 1518 Bytes Maximum.						

# Chuẩn hóa: IEEE802.1Q

- Phương pháp thiết lập VLAN theo cổng switch, địa chỉ MAC hoặc ánh xạ từ giao thức là dựa trên cơ chế hoạt động đặc thù của từng switch.
- Để các switch (của các hãng sản xuất khác nhau) có thể cùng phối hợp hoạt động VLAN, IEEE chuẩn hóa 802.1Q
- 802.1Q bổ sung một số trường dữ liệu vào gói tin Ethernet để switch xác định VLAN cho gói tin này:
  - Tag Protocol ID (TPID)
  - User Priority
  - Canonical Format Indicator (CFI)
  - VLAN Identifier (VID)

802.1Q Ethernet Frame								
6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	3 bits	1 bit	12 bits	2 Bytes	42 to 1500 Bytes	4 Bytes
Destination MAC	Source MAC	TPID (0x8100)	802.1p	CFI	VLAN ID	Type / Length	Data (Payload / Padding)	CRC
64 Bytes Minimum. 1522 Bytes Maximum.								

# Kết nối Switch hỗ trợ VLAN

- Access link:

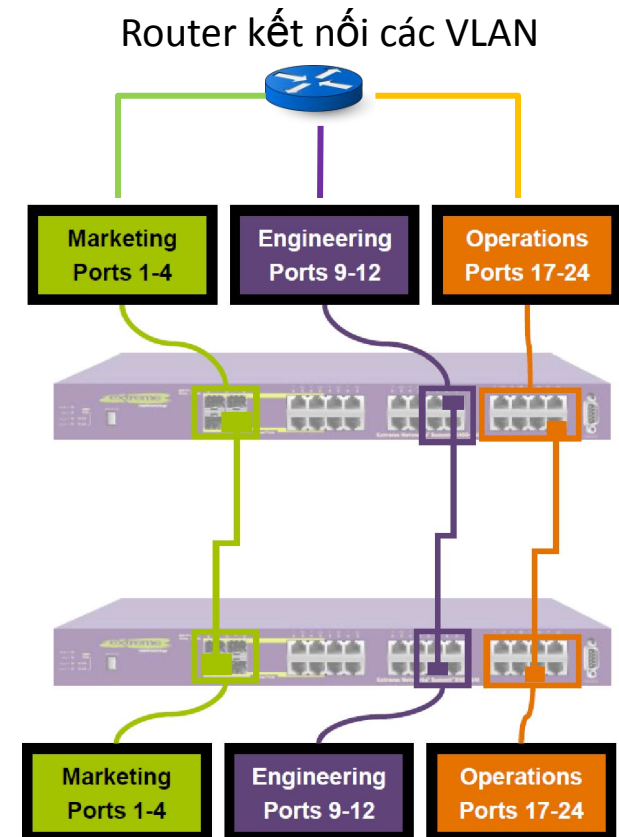
- Thuộc về một VLAN đơn lẻ, thường nối trực tiếp từ 1 cổng đến 1 máy trạm.
- Switch gỡ bỏ các thông tin VLAN trong frame trước khi chuyển tiếp đến cổng chứa access link.
- Các thiết bị nối với access link không thể truyền thông trực tiếp với thiết bị khác VLAN

- Trunk link:

- Dùng chung cho nhiều VLAN khác nhau, thường nối giữa switch với nhau hoặc giữa switch với router.
- Trunk link cho phép 1 cổng thuộc về nhiều VLAN tại cùng một thời điểm để kết nối đến server hoặc với các switch khác

# Kết nối các VLAN

- Giống như kết nối các LAN
- Sử dụng router





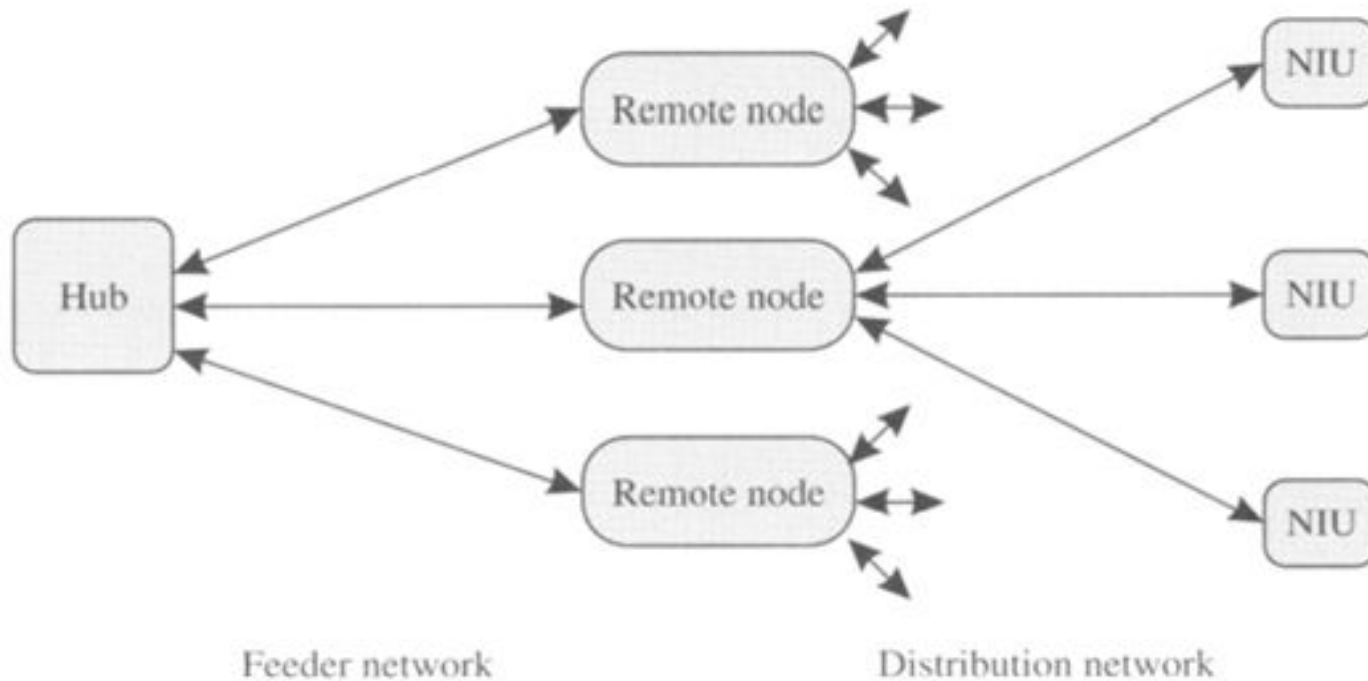
ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

## 7. Mạng truy nhập sử dụng cáp quang

# Mạng truy nhập

- Mạng truy nhập thu thập dữ liệu từ phía người dùng và cung cấp cho mạng lõi
- Các dịch vụ phổ biến từ phía người dùng
  - Điện thoại
  - Mạng truyền hình cáp
  - Truyền dữ liệu. Ví dụ trên nền đường truyền điện thoại (xDSL) hoặc cáp quang (FTTH).

# Kiến trúc của mạng truy nhập



Kiến trúc bao gồm một hub phía nhà cung cấp dịch vụ, các Remote Node đóng vai trò là nút phân phối ở ngoài trời, các NIU (Network Interface Unit) là các nút mạng phía người dùng  
Ref: R. Ramaswami , K. Sivarajan, G. Sasaki, "Optical Networks: A Practical Perspective", 3<sup>rd</sup> Edition



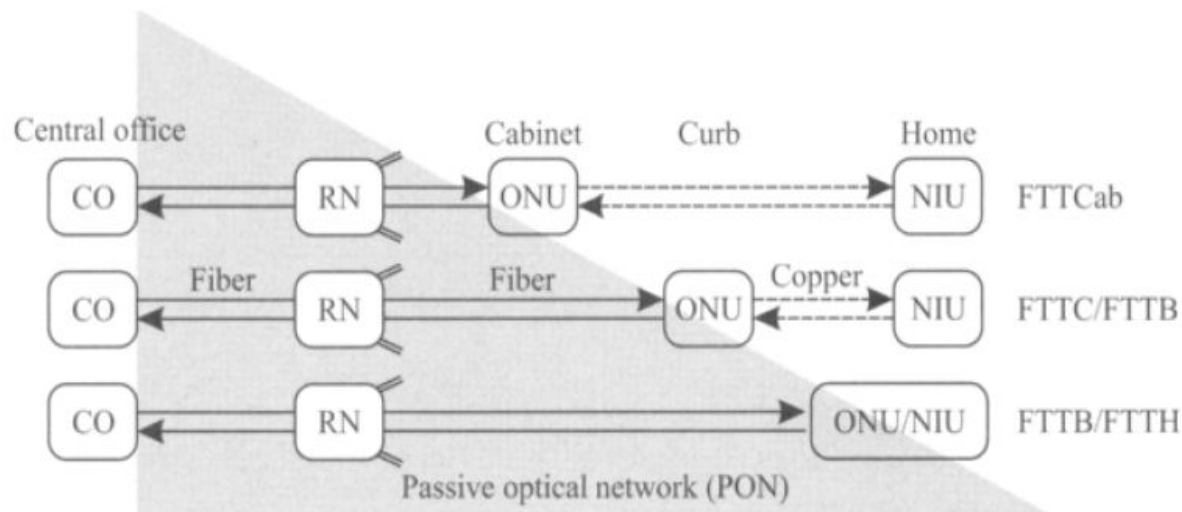
# Kiến trúc mạng truy nhập

- Hub
  - Nằm phía nhà cung cấp
- NIU: Network Interface Unit
  - Nằm phía người sử dụng
  - Nối với 1 người dùng hoặc 1 doanh nghiệp
- Remote Node
  - Trong mạng broadcast, RN phân phối dữ liệu từ Hub đến mọi NIU
  - Trong mạng switched, RN nhận dữ liệu từ Hub và phân phối các luồng khác nhau đến các NIU

# Mạng truy nhập quang: FTTx

- Dữ liệu được truyền trên cáp quang trong mạng phân phối (distribution network) cho đến ONU (Optical Network Unit)
  - Mong muốn: Cáp quang đến gần thuê bao nhất
- **FTTCab** (*Fiber To The Cabinet*): Cáp quang kết thúc ở một cabinet, dưới 1km cuối đến thuê bao dùng mạng phân phối cáp đồng.
- **FTTC** (*Fiber To The Curb*) / **FTTB** (*Fiber To The Building*); ONU phục vụ một số thuê bao (8 to 64); từ ONU đến NIU dùng cáp đồng (dưới 100m)
- **FTTH** (*Fiber To The Home*); ONUs thực hiện chức năng của NIUs;
  - ONU: có thể là modem quang.

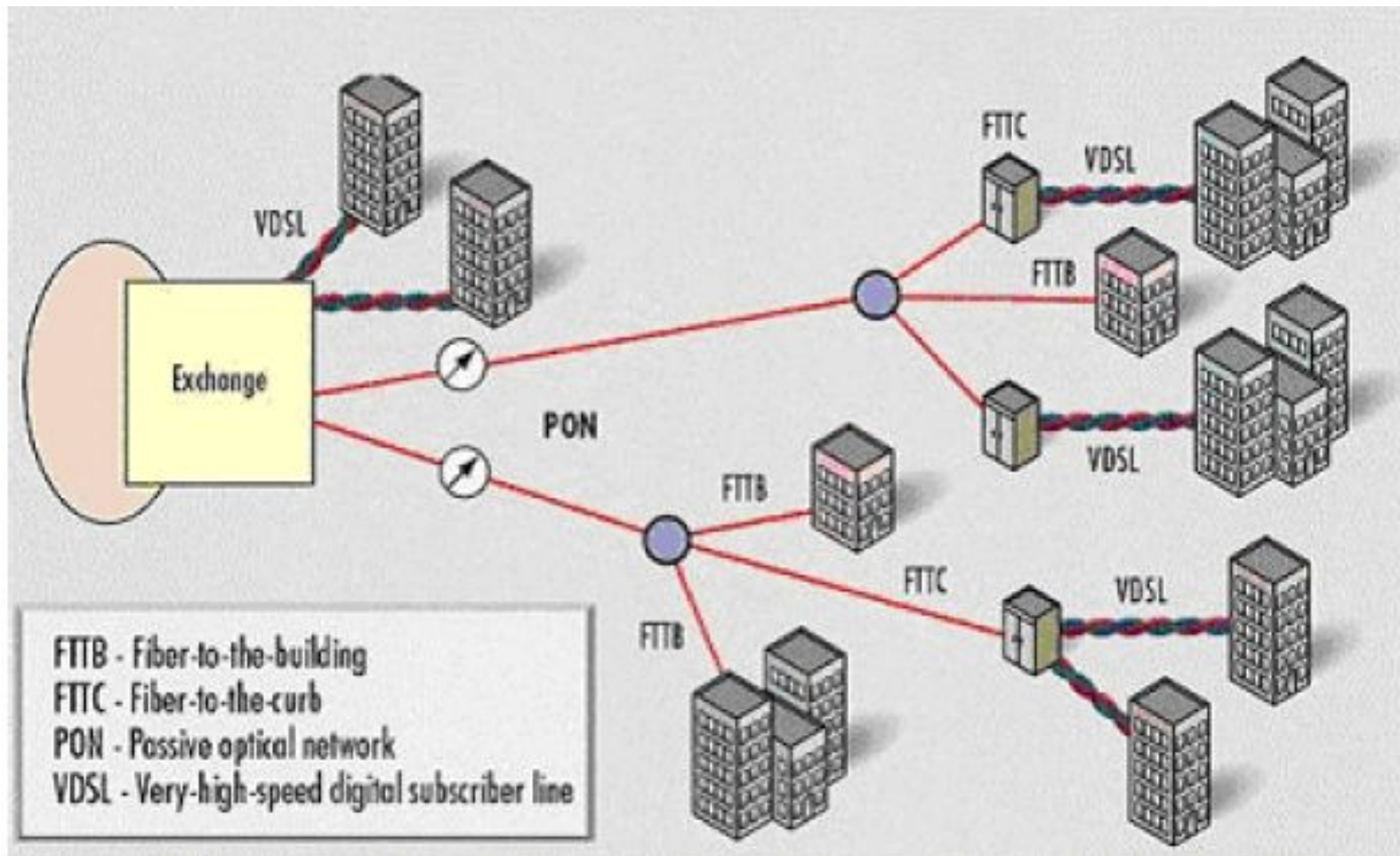
# Mạng truy nhập quang: FTTx



**Figure 11.5** Different types of fiber access networks, based on how close the fiber gets to the end user. In many cases, the remote node may be located at the central office itself. The ONUs terminate the fiber signal, and the links between the ONUs and the NIUs are copper based.

Ref: R.Ramaswami , K. Sivarajan, G. Sasaki, "Optical Networks: A Practical Perspective", 3<sup>rd</sup> Edition

# Mạng truy cập FTTx



# AON vs. PON

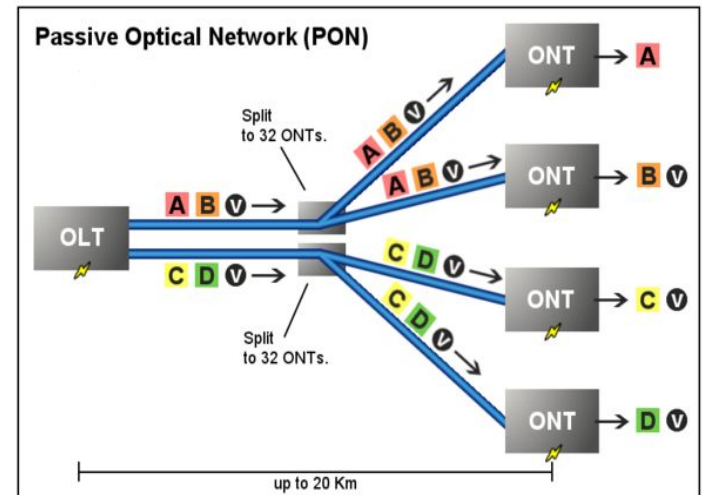
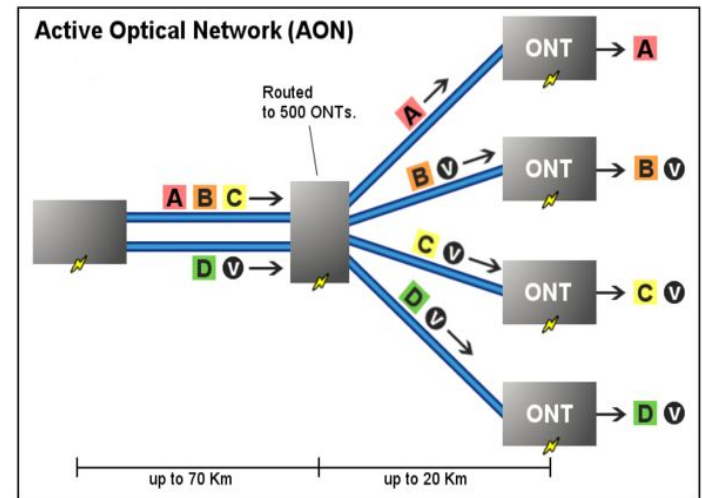
Remote Node (Distribution nodes) chia dữ liệu về các đích.

AON: Active Optical Network

- là mạng sử dụng công nghệ chủ động (Remote Node tiêu thụ điện)
- Remote node phân tích và định tuyến riêng các gói tin theo địa chỉ đích
- Khoảng chạy cáp có thể dài đến 100km

PON: Passive Optical Network

- Là mạng sử dụng công nghệ thụ động. (Remote Node không tiêu thụ điện)
- Remote node (Splitter) không phân tích mà chỉ lặp tín hiệu trên tất cả các cổng ra
- Upstream: MUX từ các nguồn khác nhau bằng TDM (TDM PON) hoặc WDM (WDM PON)
- Khoảng chạy cáp giới hạn 20km



Key: **A** - Data or voice for a single customer. **V** - Video for multiple customers.

# EPON: Ethernet PON

- EPON: PON vận chuyển dữ liệu là các frame Ethernet
- Chiều xuống (down stream)
  - Quảng bá dữ liệu chung

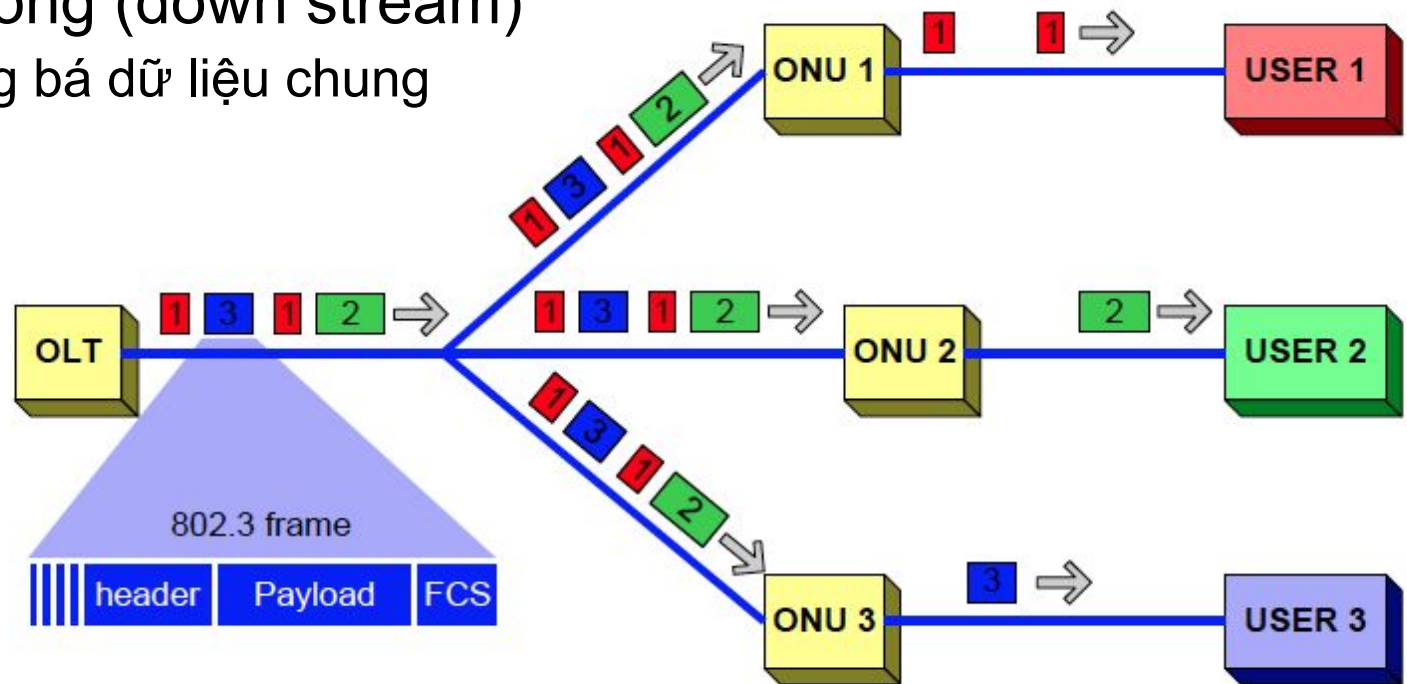


Figure 8-6. Downstream traffic in EPON.



# EPON

- Chiều lên (Upstream): dồn kênh theo thời gian (TDM) trực tiếp các gói Ethernet của người dùng từ các nguồn khác nhau vào kết nối chung OLT-RN
- EPON thuộc loại TDM PON

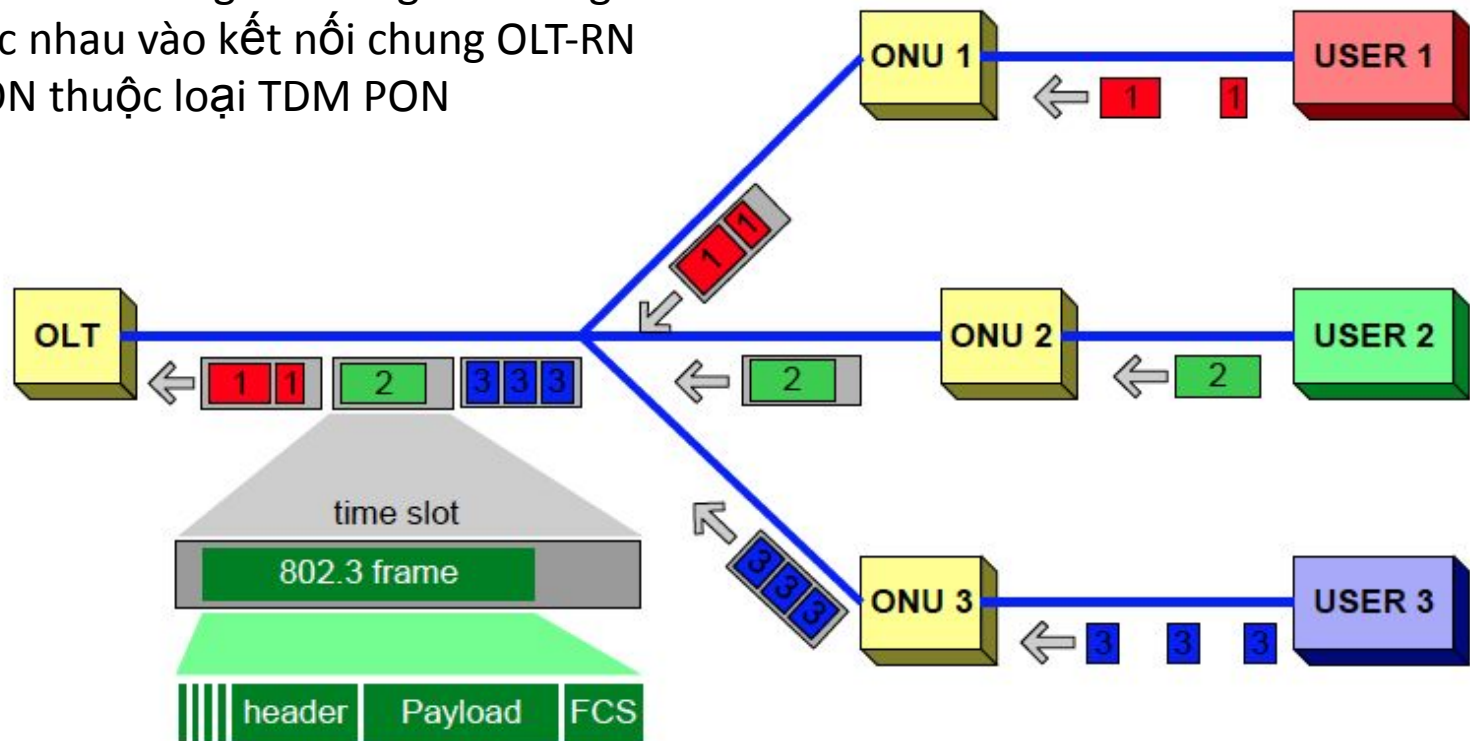


Figure 8-7. Upstream traffic in EPON.

# GPON: Gigabit Capable PON

- GPON có thể dùng để tải nhiều dữ liệu khác nhau: Ethernet, ATM, voice ...
- Dữ liệu từ OLT đến người dùng chia sẻ kênh chung giữa OLT và RN
  - Downstream broadcast
  - Upstream TDM
  - Các gói được đóng trong khung dữ liệu GPON có trường định danh người nhận (chiều downstream), người gửi (chiều upstream)



# WPON (WDM PON)

- Được phát triển bởi các công ty, chưa chuẩn hóa
- Mỗi ONT sử dụng một bước sóng để truyền dữ liệu
- Remote node là AWG thiết bị có khả năng tách ghép các bước sóng, thực hiện MUX/DEMUX theo bước sóng chiều xuống và lên.
- Thuộc loại Wavelength routing PON

