

Trường Đại Học Bách Khoa Tp.HCM  
Hệ Đào Tạo Từ Xa  
Khoa Khoa Học và Kỹ Thuật Máy Tính

---

Mạng máy tính căn bản

# Bài giảng 11: Tầng Liên Kết và LAN

---

## **Tham khảo:**

Chương 5: “Computer Networking – A top-down approach”  
Kurose & Ross, 5<sup>th</sup> ed., Addison Wesley, 2010.

# Chương 5: Tầng liên kết

---

## Mục tiêu:

- hiểu rõ các nguyên tắc đằng sau các dịch vụ tầng liên kết dữ liệu:
  - phát hiện và sửa lỗi
  - chia sẻ một kênh quảng bá: đa truy cập
  - đánh địa chỉ tầng liên kết
  - truyền tải dữ liệu tin cậy, kiểm soát lượng
- Diễn giải và hiện thực của các công nghệ tầng liên kết

# Tầng liên kết

- 5.1 Giới thiệu và dịch vụ
- 5.2 Sự phát hiện và Sửa lỗi
- 5.3 Các giao thức đa truy cập
- 5.4 Đánh địa chỉ tầng-Liên kết
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Các bộ chuyển mạch tầng-liên kết

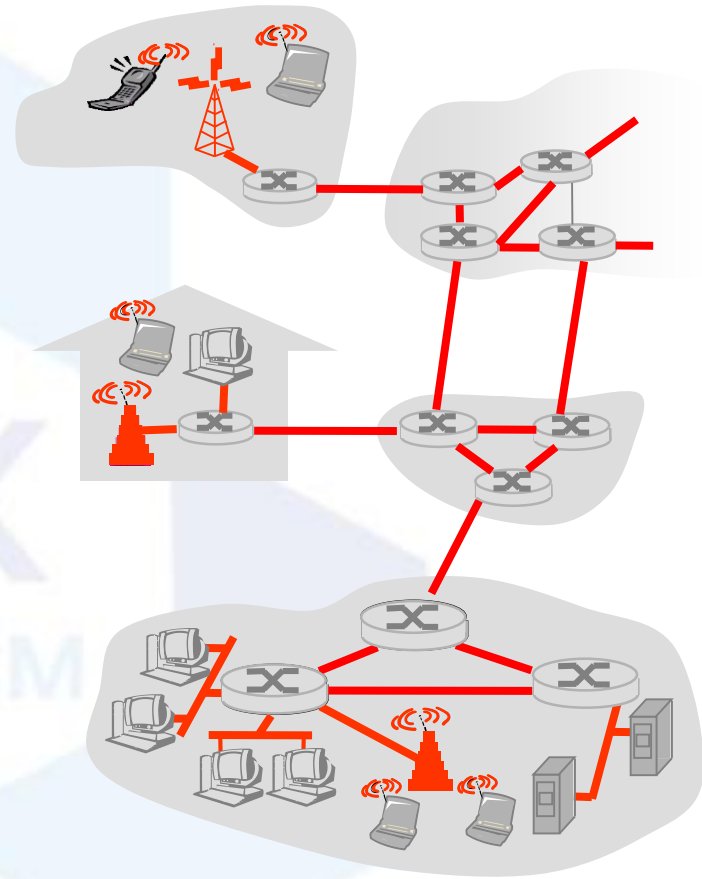


# Tầng liên kết: Giới thiệu

## Vài thuật ngữ:

- ❑ máy tính và BĐT là **các nốt**
- ❑ các kênh liên lạc mà kết nối các nốt liên tiếp dọc theo đường liên lạc đó gọi là các **liên kết**
  - liên kết có dây
  - liên kết không dây
  - LANs
- ❑ gói tin tầng-2 là một **khung (frame)**, bọc bên trong nó gói tin tầng-3

**tầng liên kết-dữ liệu** có trách nhiệm truyền tải gói tin từ một nốt sang nốt liên tiếp trên một liên kết



# Tầng liên kết: ngữ cảnh

- ❑ gói tin được chuyển đi bởi nhiều giao thức liên kết khác nhau qua các liên kết khác nhau:
  - vd, Ethernet trên liên kết đầu, 802.11 trên liên kết tiếp theo v.v..
- ❑ mỗi giao thức liên kết cung cấp những dịch vụ khác nhau
  - vd: có thể hoặc không cung cấp truyền tải dữ liệu tin cậy qua liên kết

## vd tương đồng: vận tải

- ❑ chuyển đi từ Sa Pa tới Tháp Mười
  - ngựa: từ bản tới Sa Pa
  - ô tô: SaPa tới Hà Nội
  - tàu: Hà Nội tới HCM
  - ô tô: HCM tới Đồng Tháp
  - ghe: Đồng Tháp tới T. Mười
- ❑ người, hàng = **gói tin**
- ❑ đoạn đường đi = **liên kết**
- ❑ loại vận tải = **g/t tầng liên kết**
- ❑ Công ty du lịch = **giải thuật định tuyến**

# Dịch vụ tầng liên kết

## ❑ *chia khung, truy cập liên kết:*

- đóng gói gói tin vào các khung, thêm mào đầu, đuôi
- truy cập kênh truyền nếu môi trường chia sẻ
- địa chỉ "MAC" dùng trong mào đầu của khung để xác định nguồn, đích
  - khác với địa chỉ IP!

## ❑ *truyền tải tin cậy giữa các nốt cận kề*

- chúng ta đã biết về vấn đề này ở tầng truyền tải!
- hiếm khi dùng trên một liên kết ít xảy ra lỗi (sợi quang, các loại cáp xoắn)
- các liên kết không dây: tần số lỗi cao
  - Hỏi: tại sao cần có tính tin cậy ở cả tầng-liên kết và đầu cuối-đầu cuối?

# Dịch vụ tầng liên kết (tt)

## ❑ *kiểm soát lưu lượng:*

- đi từng bước giữa các nốt gửi và nhận kề nhau

## ❑ *phát hiện lỗi:*

- lỗi gây ra bởi sự suy giảm của tín hiệu, nhiễu.
- bên nhận phát hiện ra sự tồn tại của lỗi:
  - thông báo bên gửi để gửi lại hoặc là bỏ khung

## ❑ *sửa lỗi:*

- bên nhận xác định *và sửa* các lỗi bit mà không yêu cầu sự gửi lại

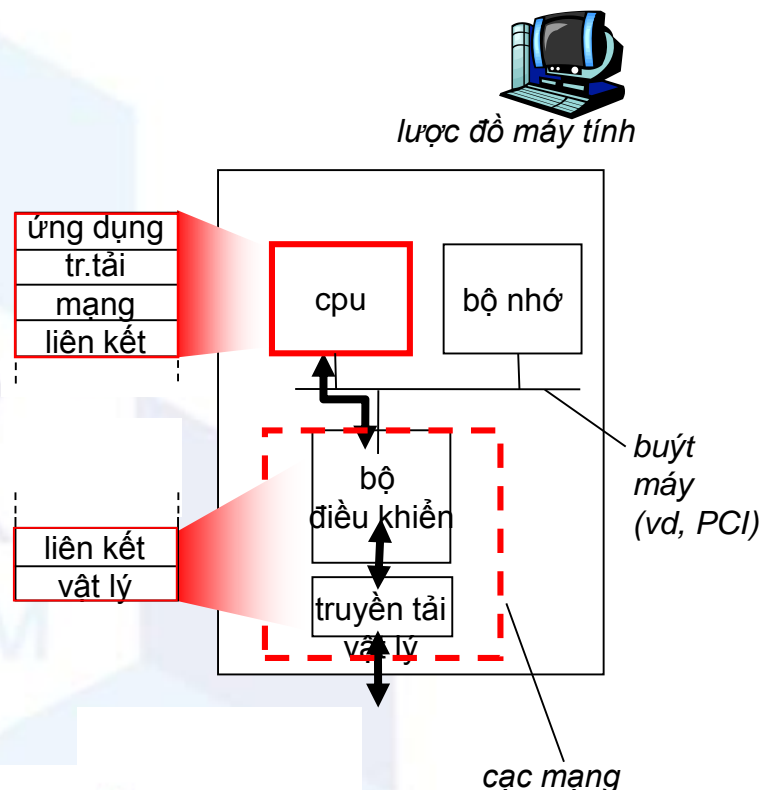
## ❑ *cơ chế một-chiều và hai-chiều (half-, full-duplex)*

- với một-chiều các nốt tại hai đầu không thể truyền tải cùng một lúc

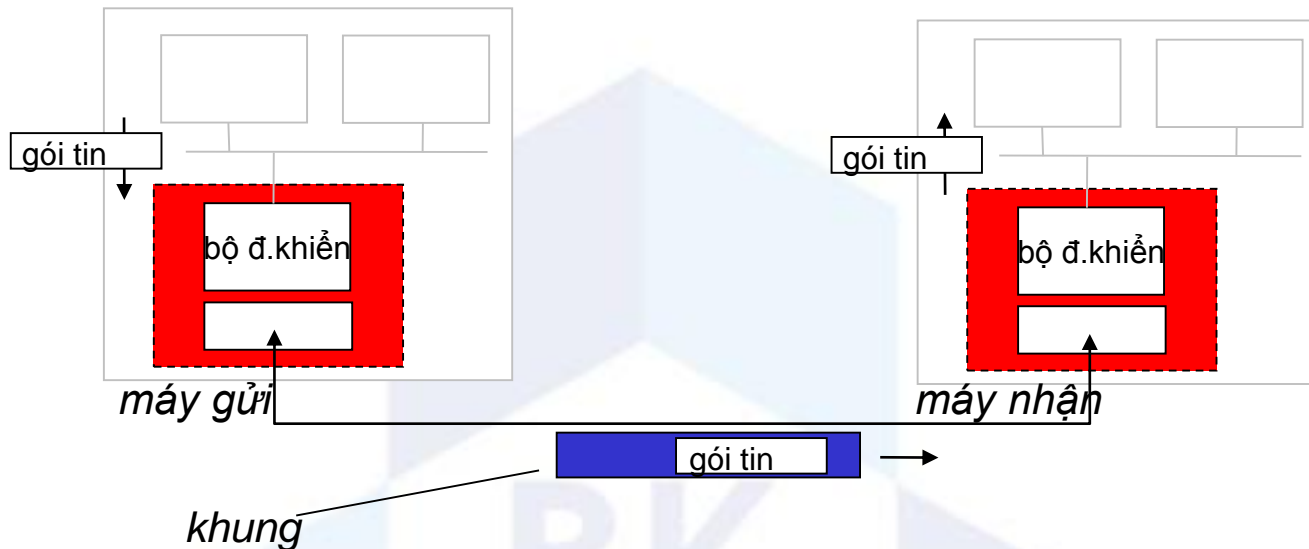


# Tầng liên kết được hiện thực ở đâu?

- trong mỗi máy
- ở các mạng (hay *network interface card* NIC)
  - Các Ethernet, các PCMCIA, các 802.11
- gắn vào đường buýt của hệ thống
- tổ hợp bao gồm phần cứng, phần mềm và firmware



# Giao tiếp giữa các mạng



## □ bên gửi:

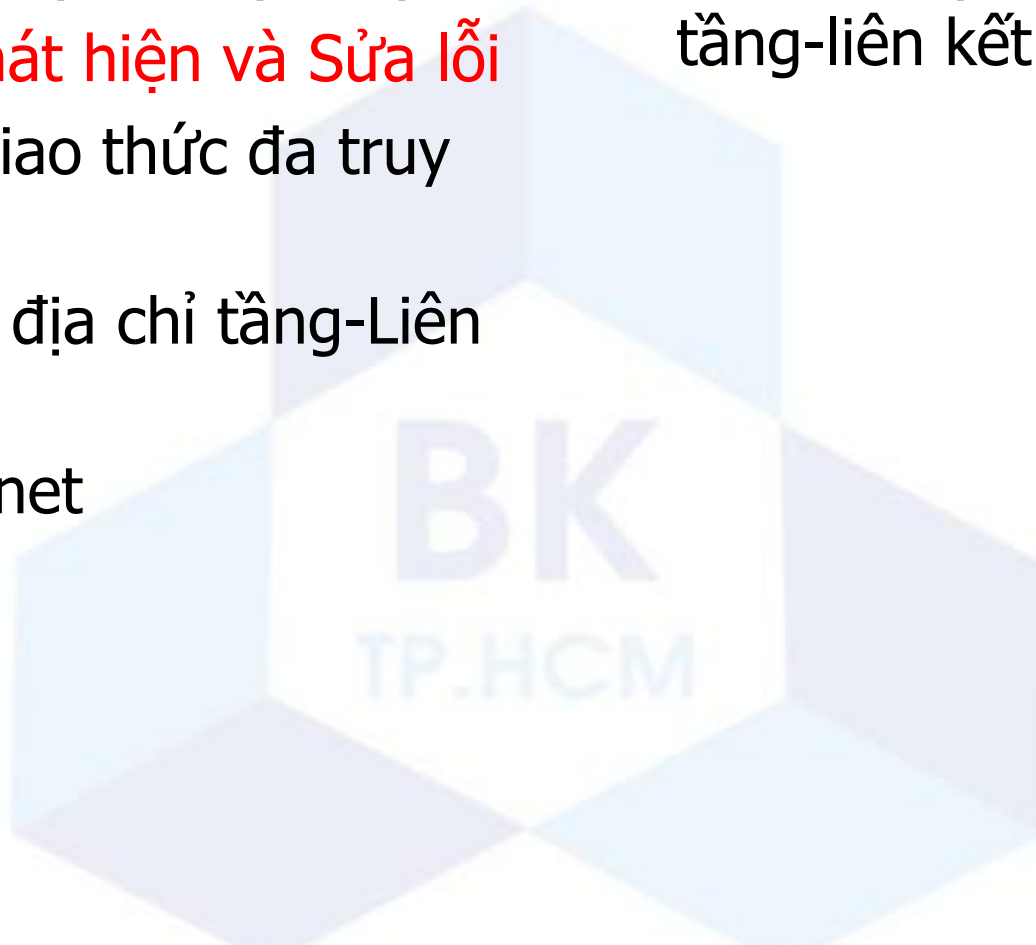
- đóng gói gói tin trong khung dữ liệu
- thêm vào các bit kiểm tra lỗi, truyền tải tin cậy, kiểm soát lưu lượng, v.v..

## □ bên nhận

- kiểm tra lỗi, truyền tải tin cậy, kiểm soát lưu lượng, v.v..
- tháo gói tin ra, đẩy lên tầng trên của bên nhận

# Tầng liên kết

- 5.1 Giới thiệu và dịch vụ
- 5.2 Sự phát hiện và Sửa lỗi
- 5.3 Các giao thức đa truy cập
- 5.4 Đánh địa chỉ tầng-Liên kết
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Các bộ chuyển mạch tầng-liên kết

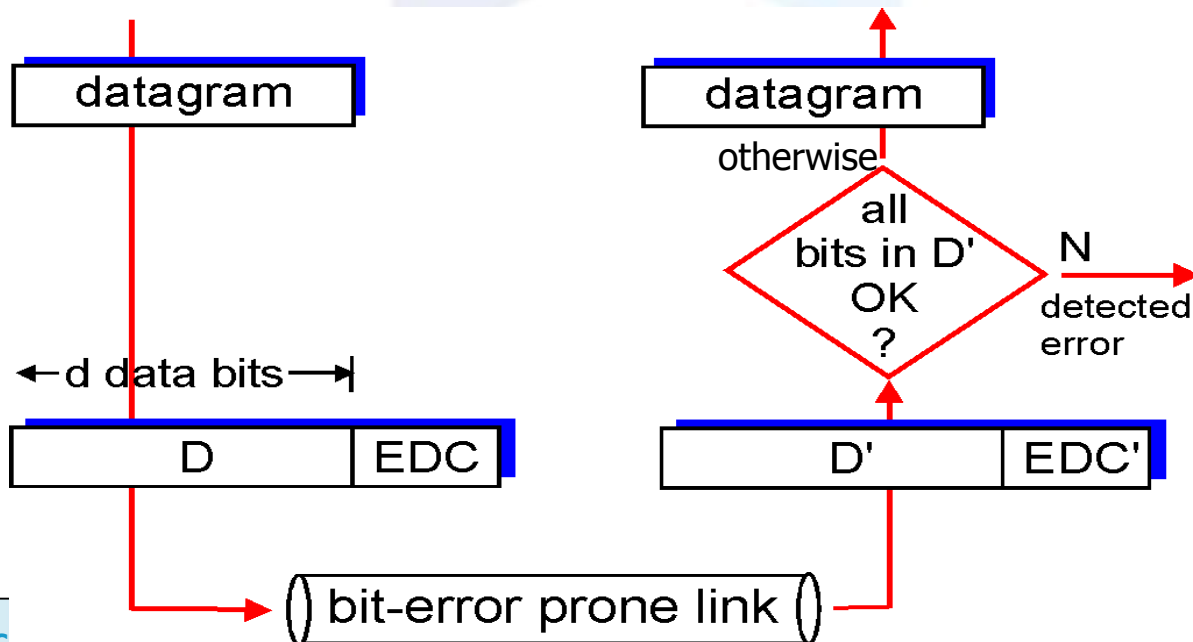


# Cơ chế phát hiện lỗi

EDC (error detection code) = các bit bổ sung dùng cho phát hiện và sửa lỗi

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

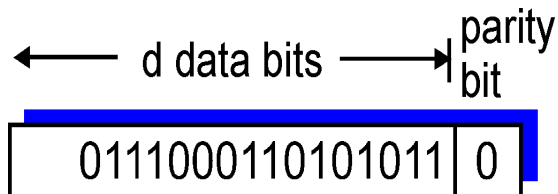
- Cơ chế phát hiện lỗi không đáng tin cậy 100%!
  - giao thức có thể bỏ sót vài lỗi, nhưng rất hiếm khi
  - trường EDC càng lớn thì khả năng phát hiện và sửa lỗi càng cao



# Kiểm tra tính chẵn lẻ

## Một bit chẵn lẻ:

Phát hiện các lỗi 1 bit



## bit chẵn lẻ hai chiều:

Phát hiện và sửa các lỗi 1 bit

				row parity →
$d_{1,1}$	...	$d_{1,j}$		$d_{1,j+1}$
$d_{2,1}$	...	$d_{2,j}$		$d_{2,j+1}$
...	...	...		...
$d_{i,1}$	...	$d_{i,j}$		$d_{i,j+1}$
column parity ↓				
$d_{i+1,1}$	...	$d_{i+1,j}$		$d_{i+1,j+1}$

10101		1
11110		0
01110		1
00101		0

*no errors*

10101		1
<del>10110</del>		<del>0</del>
01110		1
00101		0

parity  
error

*correctable  
single bit error*

# Tổng kiểm tra Internet (xem lại)

Mục đích: phát hiện “các lỗi” (vd: nhảy bit) trong gói tin được truyền tải (chú ý: *chỉ* sử dụng ở tầng truyền tải)

## Người gửi:

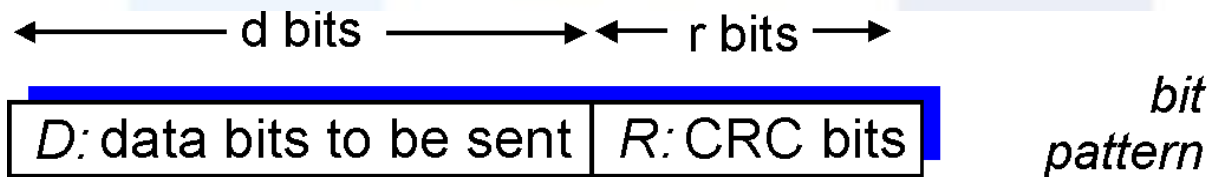
- ❑ xem một đoạn dữ liệu (segment) như là một chuỗi các số nguyên 16-bit
- ❑ tổng kiểm tra: tổng bù 1 (1's complement sum) của đoạn dữ liệu
- ❑ người gửi đặt giá trị TKT vào trường “checksum” của mào đầu UDP

## Người nhận:

- ❑ tính toán TKT của đoạn nhận được
- ❑ kiểm tra xem TKT tính được có bằng giá trị trong trường TKT không:
  - KHÔNG – có lỗi
  - CÓ – không phát hiện ra lỗi.  
*Nhưng vẫn có khả năng có lỗi?*

# Tính tổng kiểm tra: CRC (Cyclic Redundancy Check)

- ❑ xem các bit dữ liệu, **D**, như là số nhị phân
- ❑ chọn  $r+1$  bit mẫu (bộ phát), **G**
- ❑ mục đích: chọn  $r$  bit CRC, **R**, sao cho
  - $\langle D, R \rangle$  chia hết cho  $G$  (mô-đun 2)
  - người nhận biết  $G$ , chia  $\langle D, R \rangle$  cho  $G$ . nếu số dư khác 0: có lỗi!
  - có thể phát hiện tất cả các lỗi chùm ngắn hơn  $r+1$  bit
- ❑ được sử dụng rộng rãi trong thực tế (Ethernet, 802.11 WiFi, ATM)



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

*mathematical formula*

## Ví dụ CRC

## Cần:

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

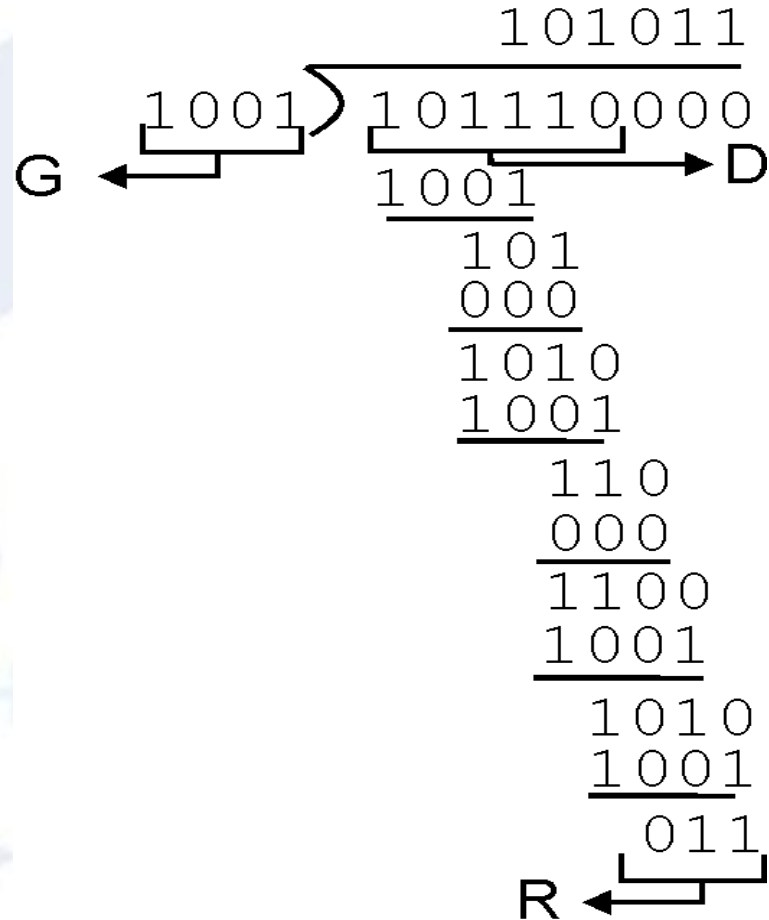
*tương đương:*

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

*tương đương:*

nếu chúng ta chia  $D \cdot 2^r$  cho  $G$ , cần có số dư là  $R$

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





# Tầng liên kết

---

- 5.1 Giới thiệu và dịch vụ
- 5.2 Sự phát hiện và Sửa lỗi
- 5.3 Các giao thức đa truy cập
- 5.4 Đánh địa chỉ tầng-Liên kết
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Các bộ chuyển mạch tầng-liên kết



# Các giao thức và liên kết đa truy cập

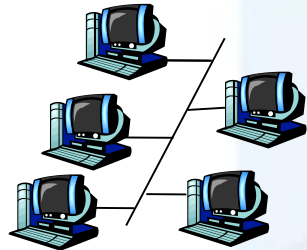
Hai loại “liên kết”:

## ❑ điểm-điểm (PPP)

- PPP dùng cho truy cập quay số
- liên kết PPP giữa bộ chuyển mạch Ethernet và máy

## ❑ **quảng bá** (đường dây/môi trường truyền chia sẻ)

- Ethernet cổ điển
- đường tải lên HFC
- LAN không dây 802.11



đường dây chia sẻ(vd:  
Ethernet đi cáp)



tần số radio chia sẻ  
(vd: 802.11 WiFi)



tần số radio chia sẻ  
(vệ tinh)



mọi người tại một  
buổi tiệc đứng  
(âm thanh chia sẻ)

# Các giao thức Đa Truy Cập

- ❑ một kênh quảng bá chia sẻ chung
- ❑ có nhiều sự truyền tải đồng thời tại các nốt: giao thoa, nhiễu
  - **đụng độ** nếu nốt nhận được hơn 1 tín hiệu tại một thời điểm

## *giao thức đa truy cập*

- ❑ là giải thuật phân tán mà xác định cách thức các nốt chia sẻ kênh, như là, xác định khi nào nốt có thể truyền tải
- ❑ sự liên lạc về chia sẻ phải sử dụng chính kênh đó!
  - không có kênh riêng dành cho sự điều phối

# Giao thức Đa Truy Cập Lý Tưởng

## Kênh quảng bá với tốc độ $R$ bps

1. khi một nốt muốn truyền, nó có thể truyền với vận tốc  $R$ .
2. khi  $M$  nốt muốn truyền, mỗi nốt có thể truyền với vận tốc trung bình là  $R/M$
3. phân tán một cách hoàn toàn:
  - không có nốt riêng dành cho việc điều phối truyền tải
  - không có sự đồng bộ hóa đồng hồ, ô thời gian
4. đơn giản !!!

# Các giao thức MAC: phân loại

Ba lớp lớn:

## ❑ Phân chia kênh

- chia kênh thành những “phần” nhỏ hơn (ô thời gian, tần số, mã)
- phân phối các phần cho các nốt có nhu cầu sử dụng riêng biệt

## ❑ Truy cập ngẫu nhiên

- không chia kênh, cho phép xảy ra đụng độ
- “khôi phục lại” từ đụng độ

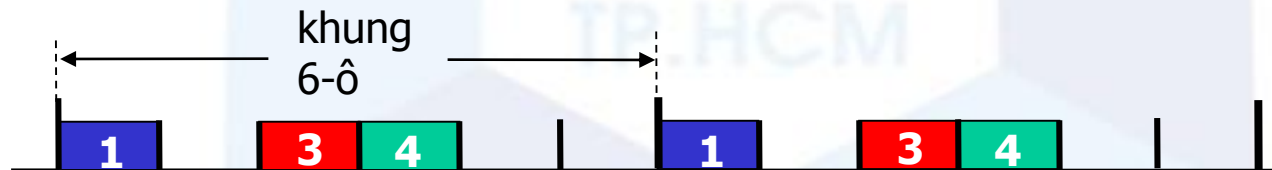
## ❑ “Theo lượt”

- các nốt truyền theo lượt, nhưng nốt nào có nhiều dữ liệu hơn có thể có lượt dài hơn

# Giao thức MAC phân chia kênh: TDMA

**TDMA: đa truy cập phân chia thời gian** (time division multiple access)

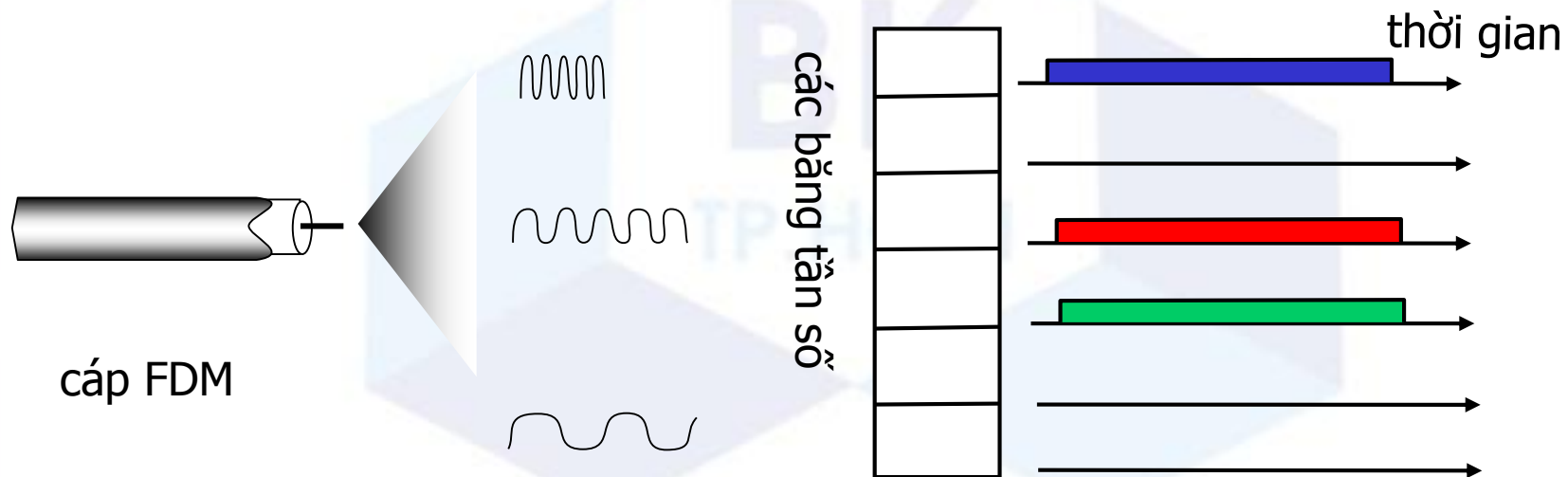
- ❑ truy cập kênh theo "vòng"
- ❑ mỗi trạm có một ô thời gian có độ dài xác định (độ dài = t/g gửi 1 gói) trong mỗi vòng
- ❑ những ô không dùng sẽ rỗi
- ❑ ví dụ: LAN 6-trạm, 1,3,4 có gói tin, ô 2,5,6 rỗi



# Giao thức MAC phân chia kênh: FDMA

**FDMA: đa truy cập phân chia tần số** (frequency division multiple access)

- ❑ phổ của kênh được chia thành những băng tần
- ❑ mỗi trạm được gán một băng tần cố định
- ❑ các băng tần không sử dụng sẽ bị rỗi
- ❑ ví dụ: LAN 6-trạm, 1,3,4 có gói tin, các băng 2,5,6 rỗi



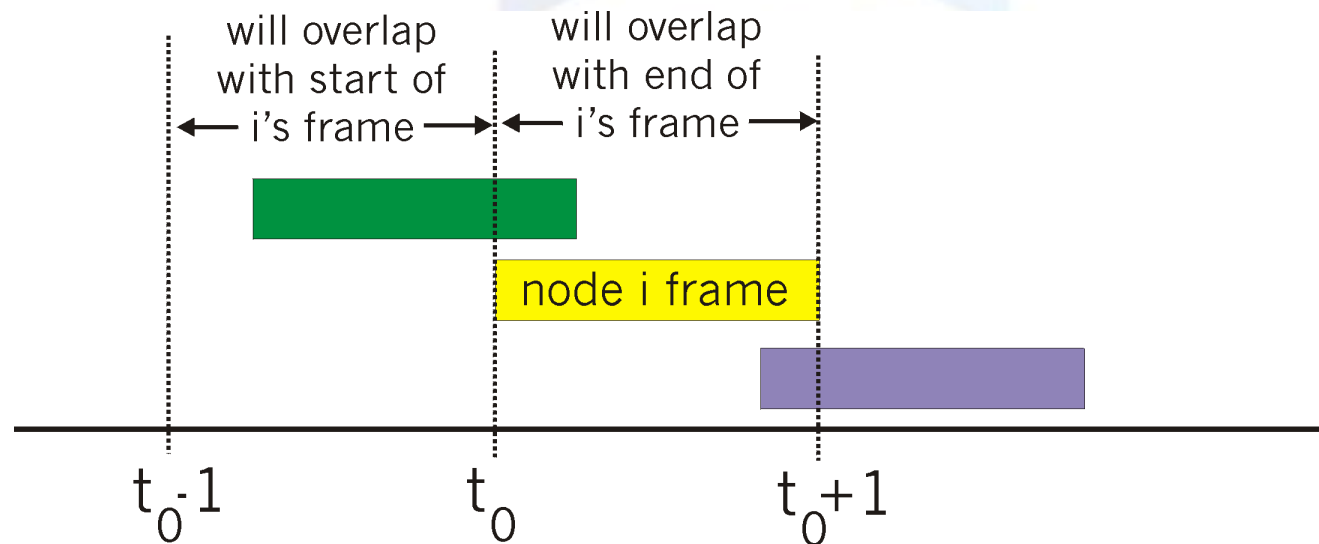
# Giao thức Truy cập Ngẫu nhiên (Random Access)

- ❑ Khi nốt có gói tin để gửi
  - gửi ở vận tốc cao nhất của kênh R.
  - không có sự điều phối *ưu tiên* nào giữa các nốt
- ❑ nhiều hơn 1 nốt cùng truyền tải → “đụng độ”,
- ❑ **giao thức MAC truy cập ngẫu nhiên** chỉ rõ:
  - cách phát hiện đụng độ
  - cách phục hồi lại từ đụng độ (vd, thông qua truyền lại sau đó)
- ❑ Ví dụ của các g/thức MAC truy cập ngẫu nhiên:
  - ALOHA
  - ALOHA chia ô
  - CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA



# ALOHA thuần túy (không chia ô)

- ❑ Aloha không chia ô: đơn giản, không đồng bộ hóa
- ❑ khi có khung dữ liệu thì nốt sẽ
  - gửi đi ngay lập tức
- ❑ xác suất đụng độ tăng cao:
  - khung gửi tại  $t$ /điểm  $t_0$  đụng độ với các khung gửi trong  $[t_0-1, t_0+1]$



# Hiệu quả của Aloha thuần túy

$$P(1 \text{ nút thành công}) = P(\text{truyền tải của nút}) \cdot$$

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

$$P(\text{không có nút khác truyền trong } [p_0, p_0+1])$$

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

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

... lựa chọn  $p$  tối ưu và sau đó cho  $n \rightarrow$  vô cùng ...

$$= 1/(2e) = .18$$

# ALOHA chia ô

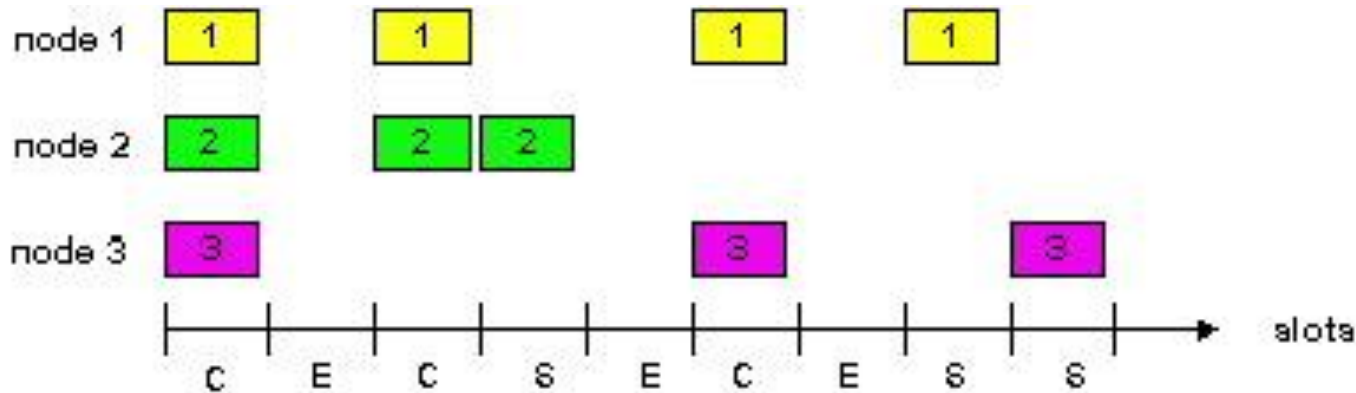
## Các giả định:

- ❑ tất cả các khung có cùng kích thước
- ❑ thời gian được chia thành những ô bằng nhau (bằng t/g để truyền 1 khung)
- ❑ các nốt bắt đầu truyền tại thời điểm bắt đầu của ô
- ❑ các nốt có đồng bộ hóa
- ❑ nếu hơn 1 nốt truyền trong 1 ô thì tất cả nốt phát hiện ra đụng độ

## Thực hiện:

- ❑ khi nốt có một khung mới nó sẽ truyền đi ở ô tiếp theo
  - *nếu không đụng độ*: nốt có thể gửi khung mới trong ô tiếp theo
  - *nếu đụng độ*: nốt gửi lại khung trong mỗi ô sau đó với xác suất là p cho đến khi thành công

# ALOHA chia ô



## Ưu điểm

- ❑ một nốt hoạt động có thể liên tục truyền tải ở vận tốc tối đa của kênh
- ❑ phân tán cao: chỉ có các ô trong nốt cần phải đồng bộ
- ❑ đơn giản

## Nhược điểm

- ❑ độ trễ, lãng phí ô
- ❑ các ô rời
- ❑ các nốt có thể phát hiện độ trễ trong t/g ngắn hơn t/g để truyền gói
- ❑ đồng bộ hóa đồng hồ

# Hiệu quả của Aloha chia ô

**Hiệu quả:** phần trăm của những ô thành công trong toàn quá trình (nhiều nốt, tất cả đều có nhiều khung)

- ❑ *giả sử:* N nốt với nhiều khung để gửi, mỗi nốt gửi với xác suất  $p$
- ❑ Xác suất mà một nốt nào đó gửi thành công trong một ô là  $= p(1-p)^{N-1}$
- ❑ Xác suất mà *bất kì nốt nào* gửi được 1 lần  $= Np(1-p)^{N-1}$

- ❑ hiệu quả t/đa: tìm  $p^*$  sao cho tối đa  $Np(1-p)^{N-1}$
- ❑ với nhiều nốt, lấy giới hạn của  $Np^*(1-p^*)^{N-1}$  khi  $N$  tiến tới vô cùng, thu được:

$$h/\text{quả tối đa} = 1/e = .37$$

**Tốt nhất:** kênh được sử dụng hiệu quả trong 37% thời gian!



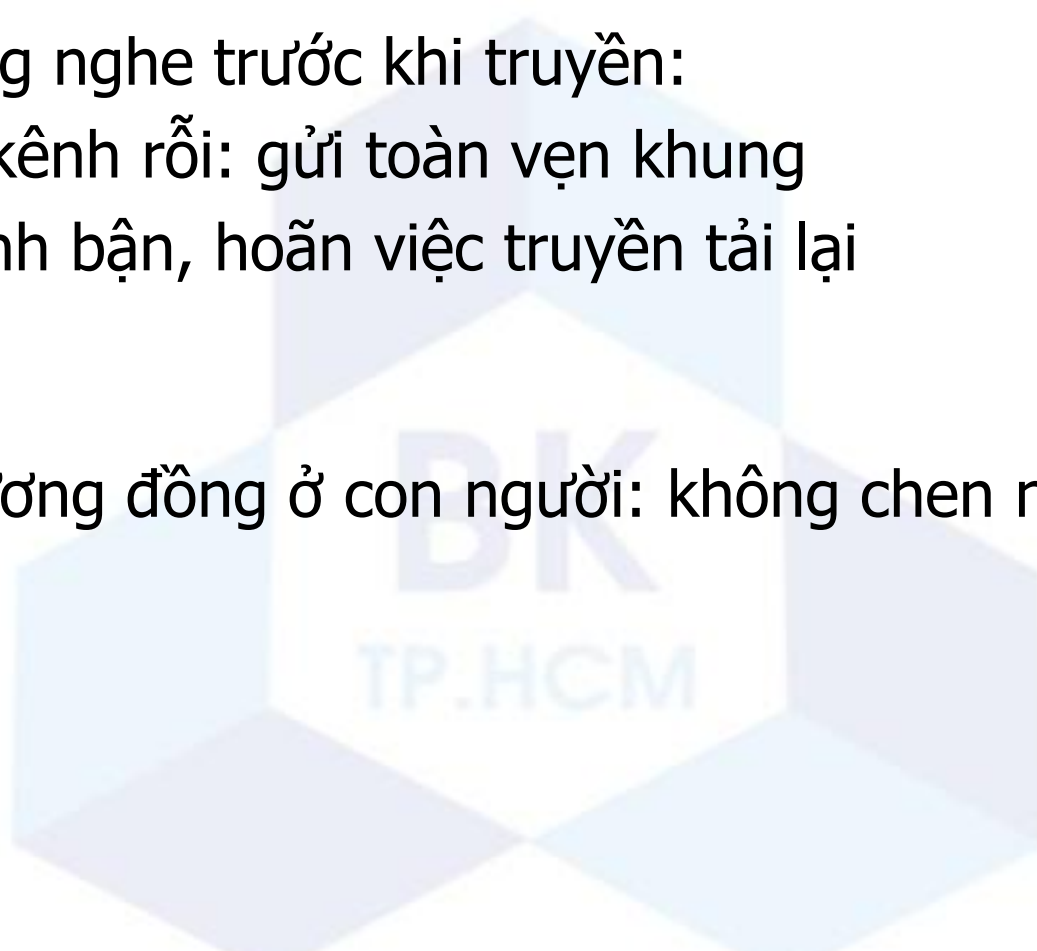
# Đa truy cập kiểm tra đường truyền - CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

CSMA: lắng nghe trước khi truyền:

Nếu thấy kênh rỗi: gửi toàn vẹn khung

❑ Nếu kênh bận, hoãn việc truyền tải lại

❑ ví dụ tương đồng ở con người: không chen ngang người khác!



# Đụng độ CSMA

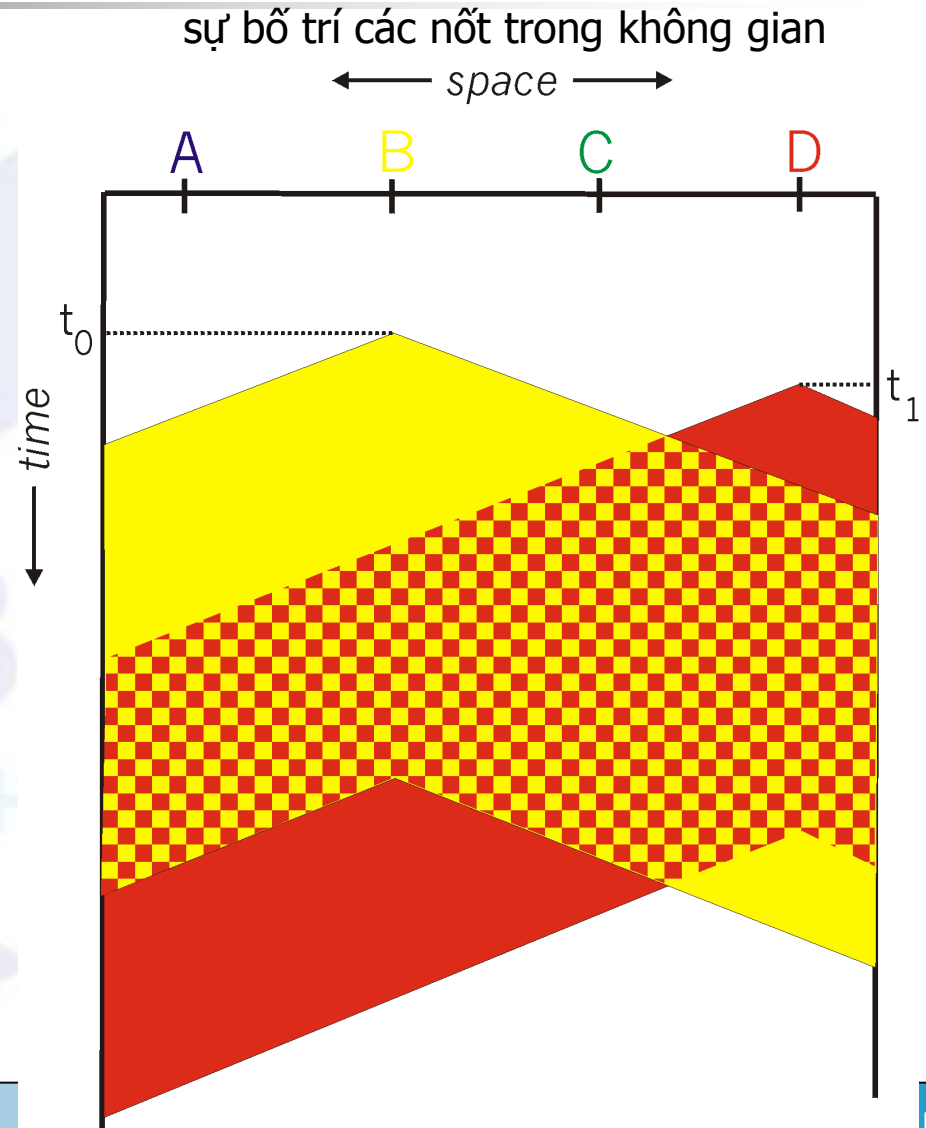
đụng độ vẫn *có thể* xảy ra  
độ trễ lan truyền nghĩa là hai  
nốt có thể không nghe được sự  
truyền tải của nhau

**đụng độ:**

toàn bộ thời gian truyền tải  
gói tin bị lãng phí

**chú ý:**

vai trò của khoảng cách và độ trễ  
lan truyền trong việc xác định xác  
số đụng độ



# CSMA/CD phát hiện đụng độ (Collision Detection)

**CSMA/CD:** kiểm tra đường truyền, trì hoãn như trong CSMA

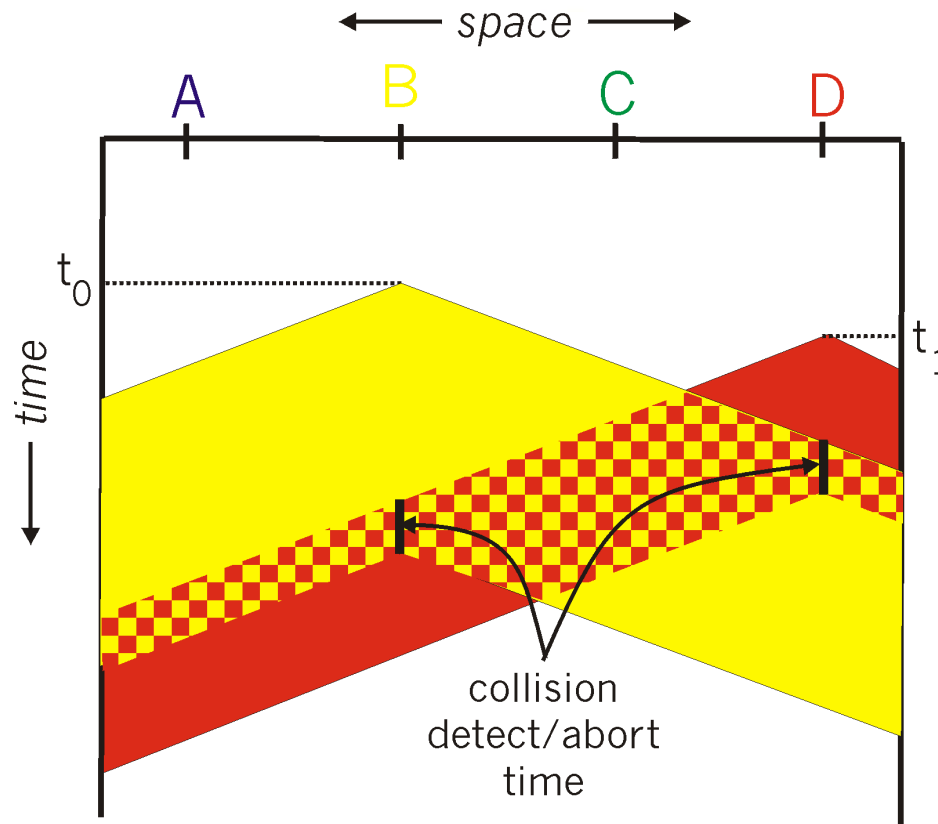
- *phát hiện* đụng độ trong khoảng t/g ngắn
- các truyền tải đụng độ sẽ bị bỏ qua, giảm sự hoang phí kênh

□ phát hiện đụng độ:

- tương đối dễ trong LAN đi dây: đo cường độ của tín hiệu, so sánh tín hiệu gửi đi và nhận được.
- khó trong LAN không dây: cường độ tín hiệu nhận được bị bị áp đảo bởi cường độ truyền tải cục bộ



# CSMA/CD phát hiện đụng độ



# Giao thức MAC “Theo lượt”

## giao thức MAC phân chia kênh:

- chia sẻ kênh *hiệu quả* và *công bằng* khi tải cao
- không hiệu quả khi tải thấp: trễ khi truy cập kênh, được sử dụng  $1/N$  băng thông nếu thậm chí chỉ có 1 nốt làm việc!

## giao thức MAC truy cập ngẫu nhiên

- hiệu quả khi tải thấp: một nốt có thể sử dụng hoàn toàn băng thông
- tải cao: độn độ bị quá tải

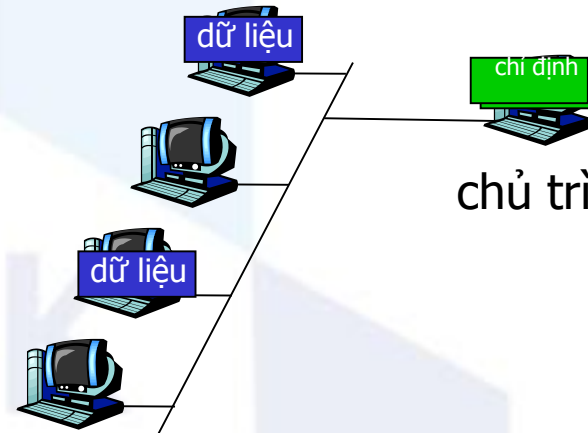
## giao thức “theo lượt”

sử dụng một cách tốt nhất ưu điểm của cả 2!

# G/thức MAC “Theo lượt”

## Chỉ định:

- ❑ nút chủ trì “mời” các nút thành viên truyền tải theo lượt
- ❑ thông thường được dùng với những thiết bị thành viên “câm”
- ❑ vấn đề:
  - độ trễ do việc chỉ định
  - nguy cơ hỏng tại một điểm thành viên (nút chủ trì)



# G/thức MAC “Theo lượt”

## Truyền thẻ:

- ❑ **thẻ** điều khiển được truyền từ nốt này sang nốt khác theo thứ tự.
- ❑ thông điệp thẻ
- ❑ vấn đề:
  - độ trễ do truyền thẻ
  - hỏng tại một điểm (nốt giữ thẻ)

(không có dữ liệu)



dữ liệu

# Tổng kết về các giao thức MAC

- ❑ *phân chia kênh*, theo t/g, tần số hoặc mã
  - Phân chia Thời Gian, Phân chia Tần Số
- ❑ *truy cập ngẫu nhiên* (động),
  - ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD
  - kiểm tra đường truyền: dễ trong dây dẫn, khó trong m/trường không dây
  - CSMA/CD được dùng trong Ethernet
  - CSMA/CA được dùng trong 802.11
- ❑ *theo lượt*
  - sự chỉ định từ nốt chủ trì, sự truyền thê
  - Bluetooth, FDDI, IBM Token Ring