

Chương 5: Tầng liên kết dữ liệu

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 lưu lượng
- ❑ Diễn giải và hiện thực của các công nghệ tầng liên kết

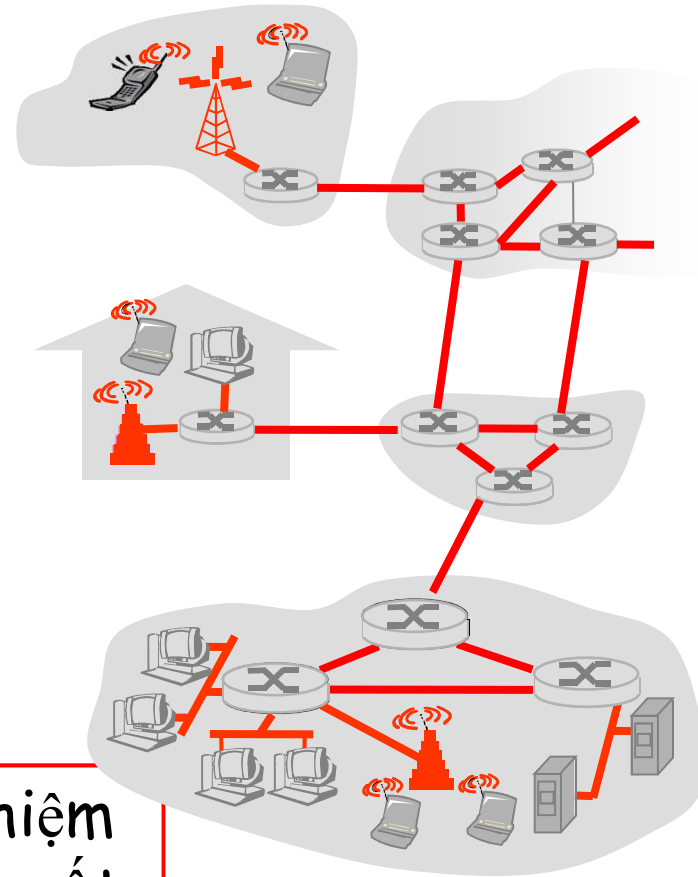
Tầng liên kết

- 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:

- ❑ MT và BĐT là **các nút**
- ❑ các kênh liên lạc mà kết nối các nút liên kế 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**, bọc bên trong nó gói tin tầng-3



tầng liên kết-dữ liệu có trách nhiệm truyền tải gói tin từ một nút sang nút liên kế 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

vd tương đồng: vận tải

- chuyến 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 = **gt tầng lk**
- c.ti vận tải = **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 nút 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 nút 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:*

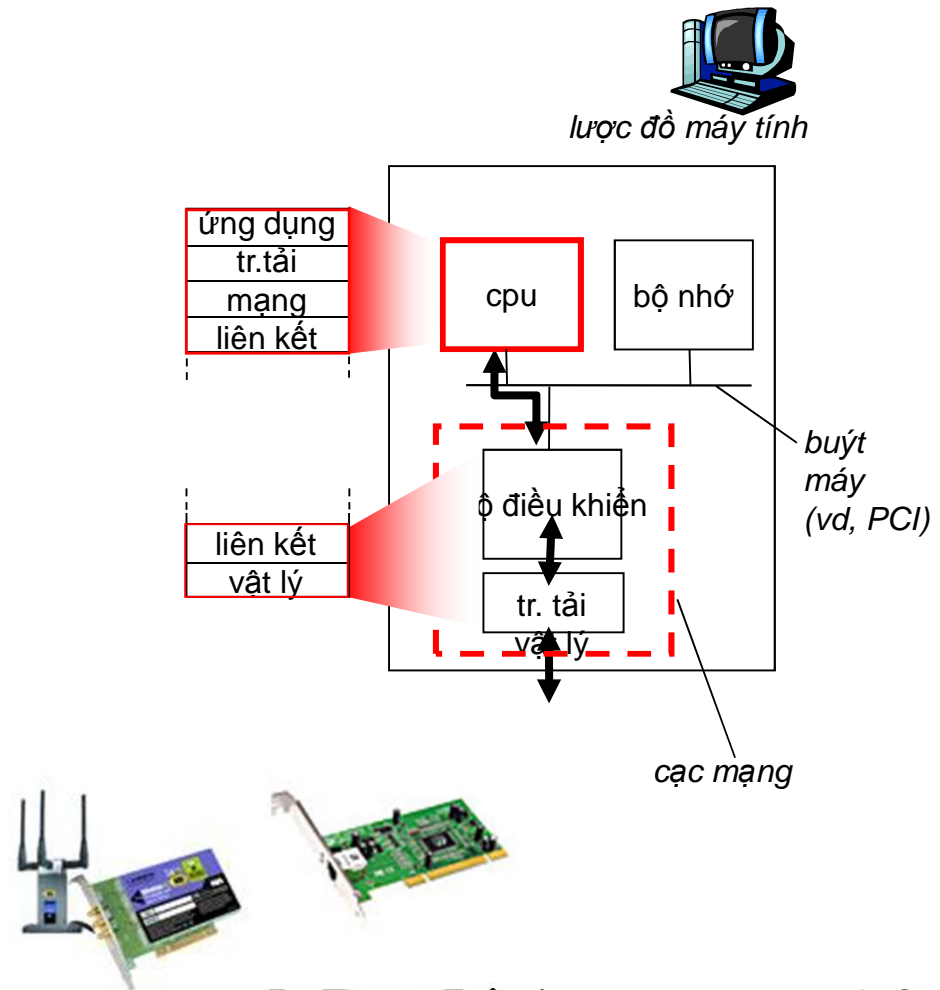
- bên nhận xác định *và sửa* các lỗi bit mà không yêu cầu sự gửi lại

❑ *cơ chế một-chiều và hai-chiều (đơn công, song công) (half-, full-duplex)*

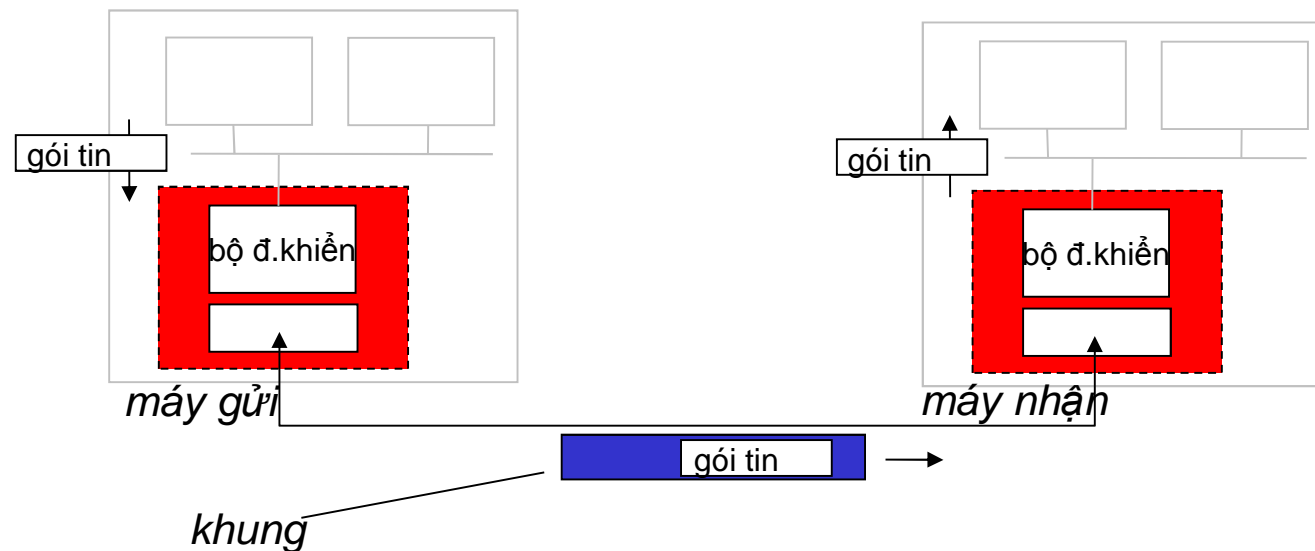
- với một-chiều các nút tại hai đầu không thể truyền tải cùng một lúc

Tầng liên kết được hiện thực ở đâu?

- trong mỗi và mọi máy
- tầng lk được h/thực ở các mạng (hay *network interface card* NIC)
 - Các Ethernet, các PCMCIA, các 802.11
- gắn vào đường buýt của hệ thống
- thường tích hợp 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 l.lượng, v.v..

□ bên nhận

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

Tầng liên kết

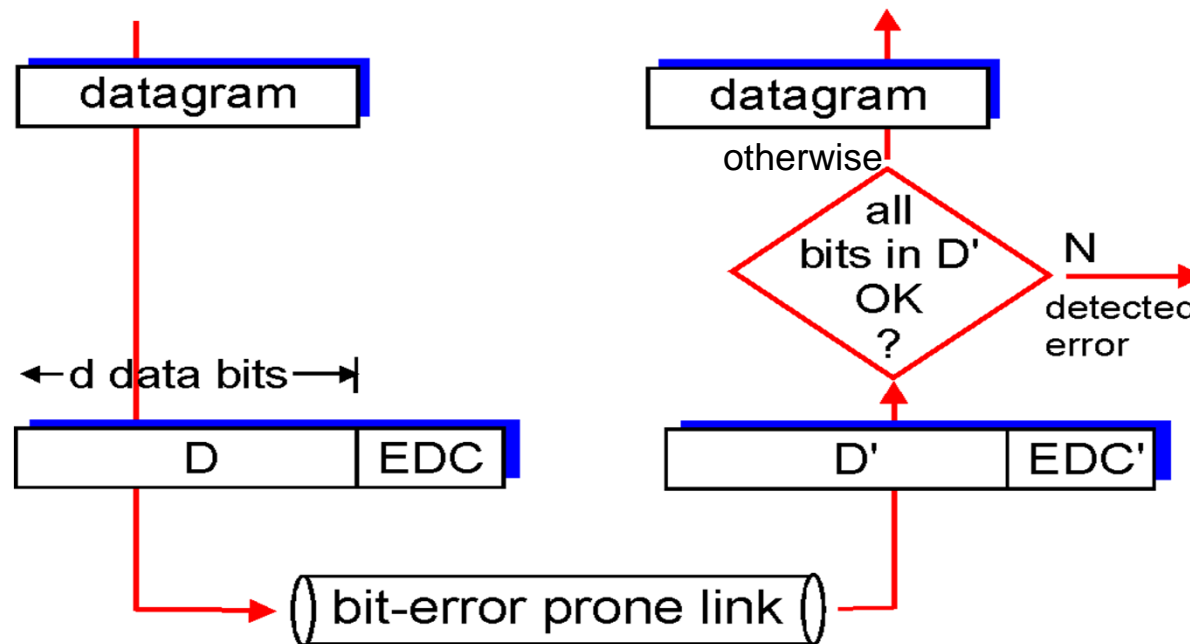
- 5.1 Giới thiệu và dịch vụ
- 5.2 Sự phát hiện và Sửa lỗi
- 5.3 Các giao thức đa truy cập
- 5.4 Đánh địa chỉ tầng-Liên kết
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Các bộ chuyển mạch tầng-liên kết

Cơ chế phát hiện lỗi

EDC= 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 mào đầu

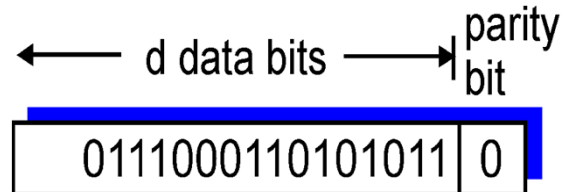
- Cơ chế phát hiện lỗi không đáng tin cậy 100%!
 - giao thức có thể bỏ sót vài lỗi, nhưng rất hiếm
 - trường EDC càng lớn thì khả năng phát hiện và sửa lỗi càng cao



Kiểm tra tính chẵn lẻ

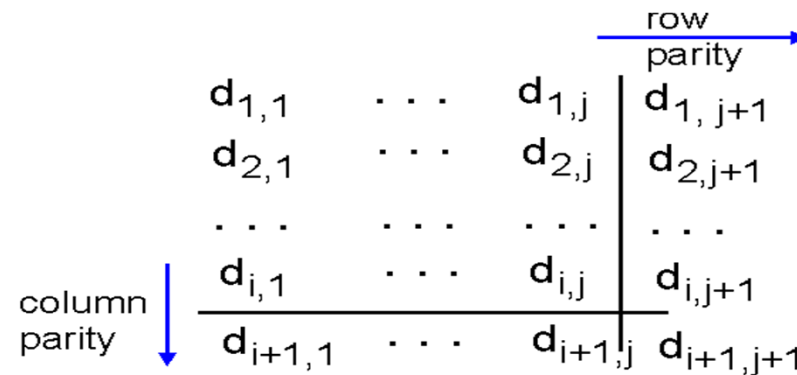
Một bít chẵn lẻ:

Phát hiện các lỗi 1 bít



Bít chẵn lẻ hai chiều:

Phát hiện và sửa các lỗi 1 bít



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

no errors

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

parity error

*correctable
single bit error*

Tổng kiểm tra Internet (xem lại)

Mục đích: phát hiện "các lỗi" (vd: đảo bit) trong gói tin được truyền tải (chú ý: *chỉ* sử dụng ở tầng tr.tải)

Ng. gửi:

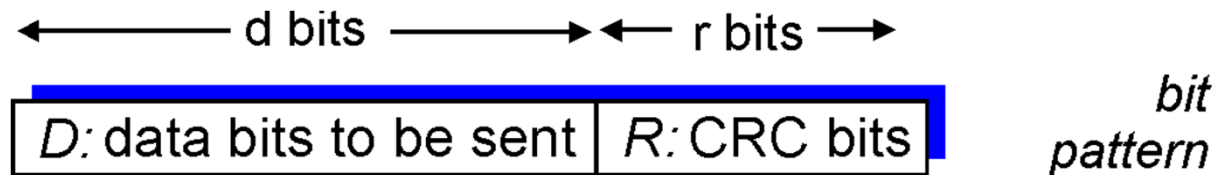
- xem một khúc dữ liệu (segment) như là một chuỗi các số nguyên 16-bit
- tổng k/tra: tổng bù 1 (1's complement sum) của khúc dữ liệu
- ng/gửi đặt giá trị tổng k/tra vào trường "tổng k/tra" của mào đầu UDP

Ng. nhận:

- tính toán tổng k/tra của khúc 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
 - $\langle D, R \rangle$ chính xác chia hết cho G (mô-đun 2)
 - ng/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:

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

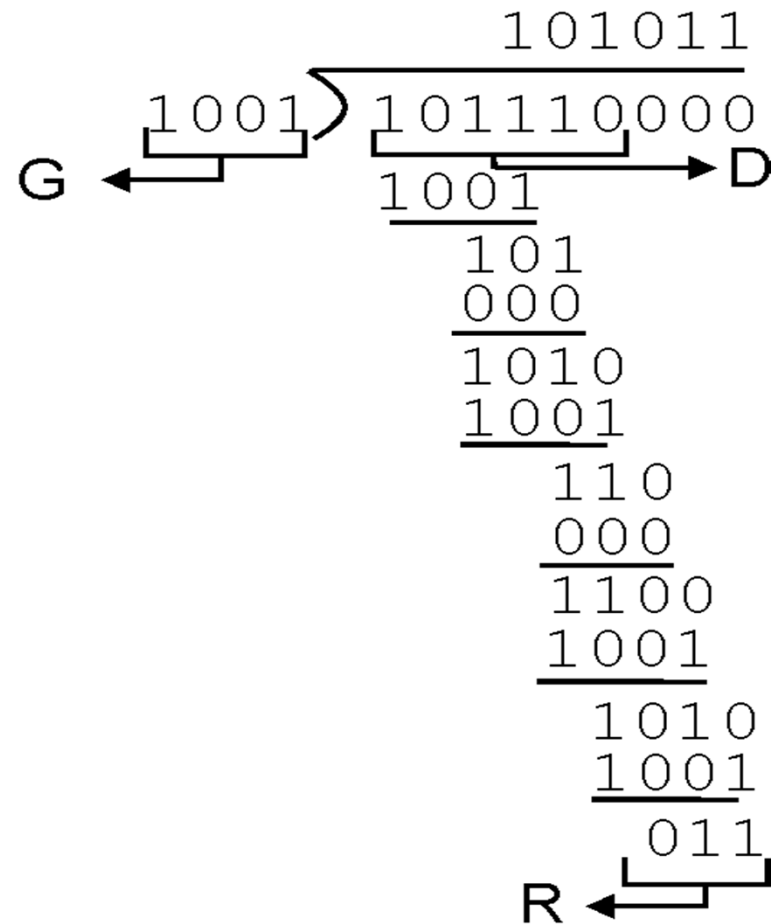
tương đương:

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

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

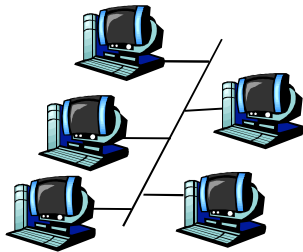
Hai loại “liên kết”:

❑ 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 nút: giao thoa, nhiễu
 - **đụng độ** nếu nút nhận được hơn 1 tín hiệu tại một thời điểm

giao thức đa truy cập

- ❑ là giải thuật phân tán xác định cách thức các nút chia sẻ kênh truyền, ví dụ: xác định khi nào nút 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 kênh rảnh, một nút có thể truyền với vận tốc R .
2. khi M nút muốn truyền, mỗi nút có thể truyền với vận tốc trung bình là R/M
3. phân tán hoàn toàn:
 - không có nút 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 miếng cho các nút 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

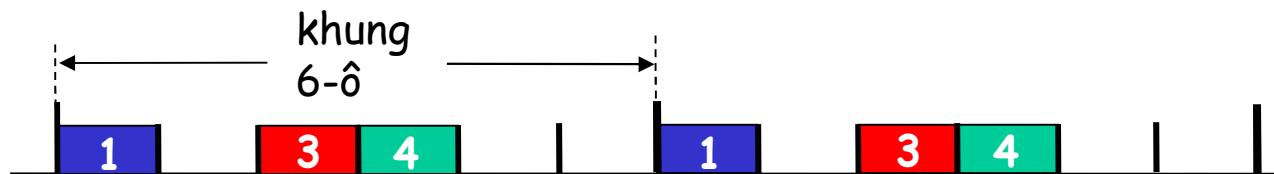
□ “Theo lượt”

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

G/Thức MAC phân chia kênh: TDMA

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

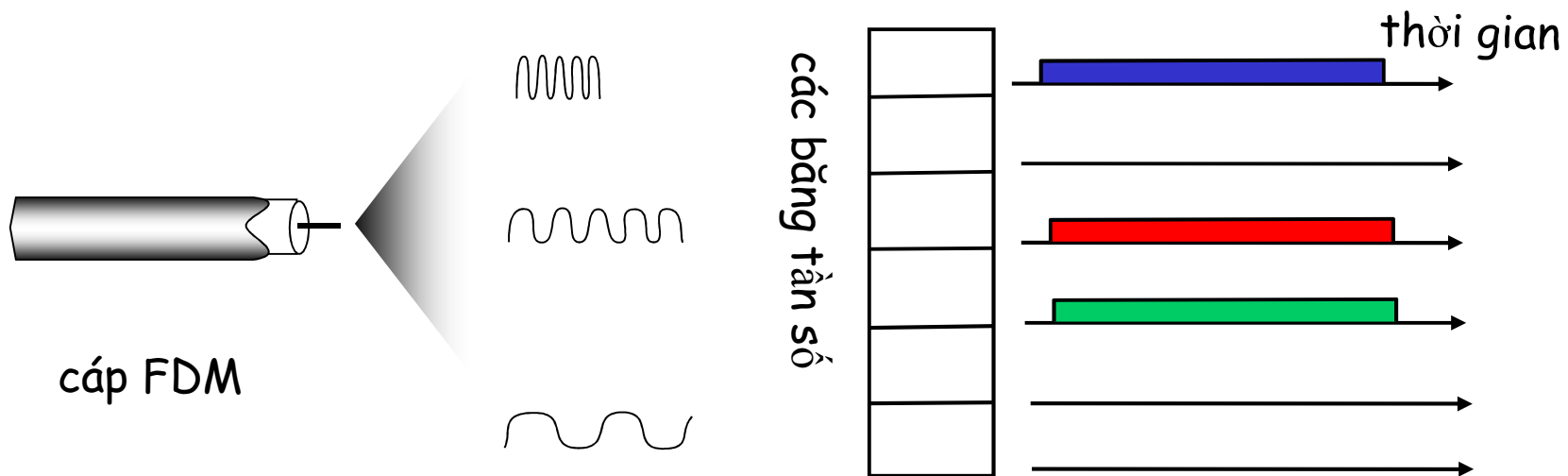
- ❑ truy cập kênh theo "vòng"
- ❑ mỗi trạm có một ô thời gian có độ dài xác định (độ dài = t/g gửi 1 gói) trong mỗi vòng
- ❑ những ô không dùng sẽ rỗi
- ❑ ví dụ: LAN 6-trạm, 1,3,4 có gói tin, ô 2,5,6 rỗi



G/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 ko sử dụng sẽ bị rỗi
- ví dụ: LAN 6-trạm, 1,3,4 có gói tin, các băng 2,5,6 rỗi



5: DataLink Layer

5-22

Giao thức Truy cập Ngẫu nhiên

- ❑ Khi nút có gói tin để gửi
 - gửi ở vận tốc cao nhất của kênh R.
 - không có sự điều phối *ưu tiên* nào giữa các nút
- ❑ nhiều hơn 1 nút 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 trễ)
- ❑ Ví dụ của các g/thức MAC truy cập ngẫu nhiên:
 - ALOHA chia ô
 - ALOHA
 - CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA

ALOHA chia ô

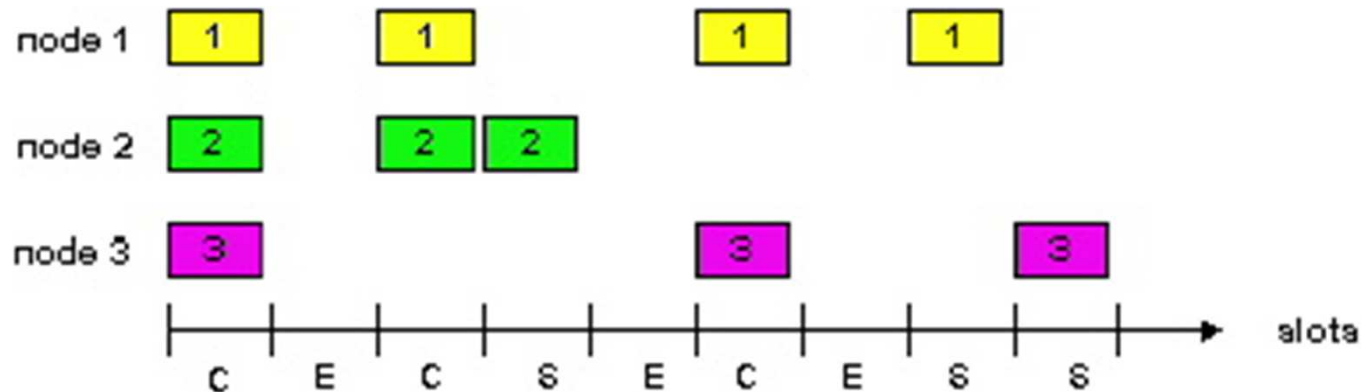
Các giả định:

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

Thực hiện:

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

ALOHA chia ô



Ưu điểm

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

Nhược điểm

- ❑ độ trễ, lãng phí ô
- ❑ các ô rời
- ❑ các nút có thể phát hiện độ trễ trong t/gian 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 nút, tất cả đều có nhiều khung)

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

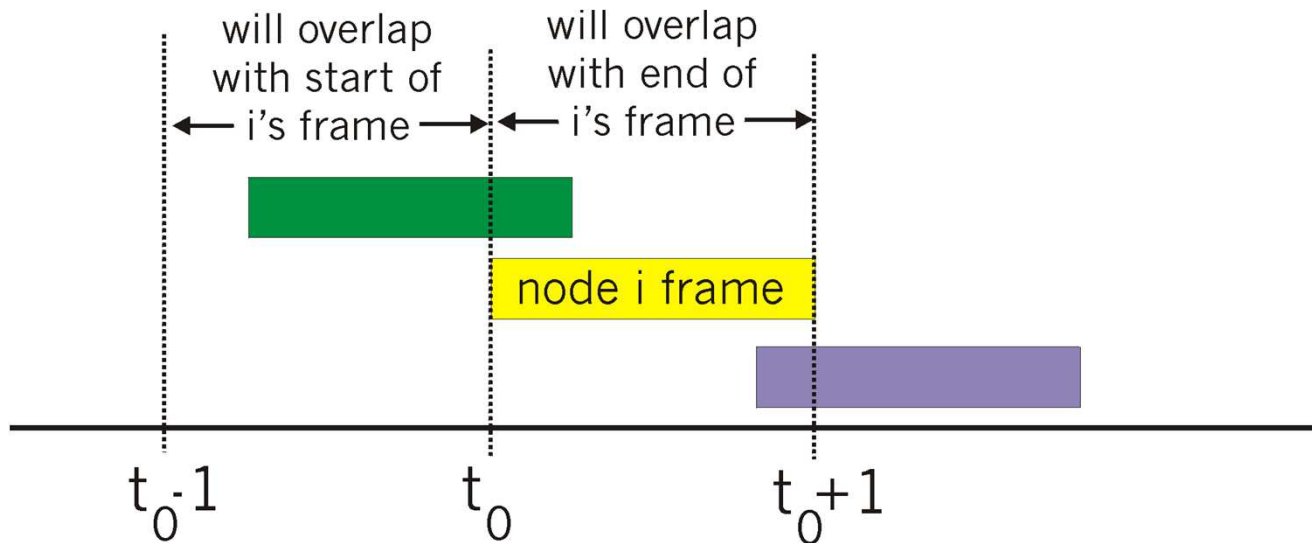
- hiệu quả t/đa: tìm p^* sao cho tối đa $Np(1-p)^{N-1}$
- với nhiều nút, lấy giới hạn của $Np^*(1-p^*)^{N-1}$ khi N tiến tới vô cùng, thu được:
 $h/\text{quả tối đa} = 1/e = .37$

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



ALOHA Thuần túy (không chia ô)

- ❑ Aloha không chia ô: đơn giản, không đồng bộ hóa
- ❑ khi có khung dữ liệu thì nút 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 ...

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

tệ hơn Aloha chia ô!

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: lắng nghe tiếng ngựa phi!

Đụng độ CSMA

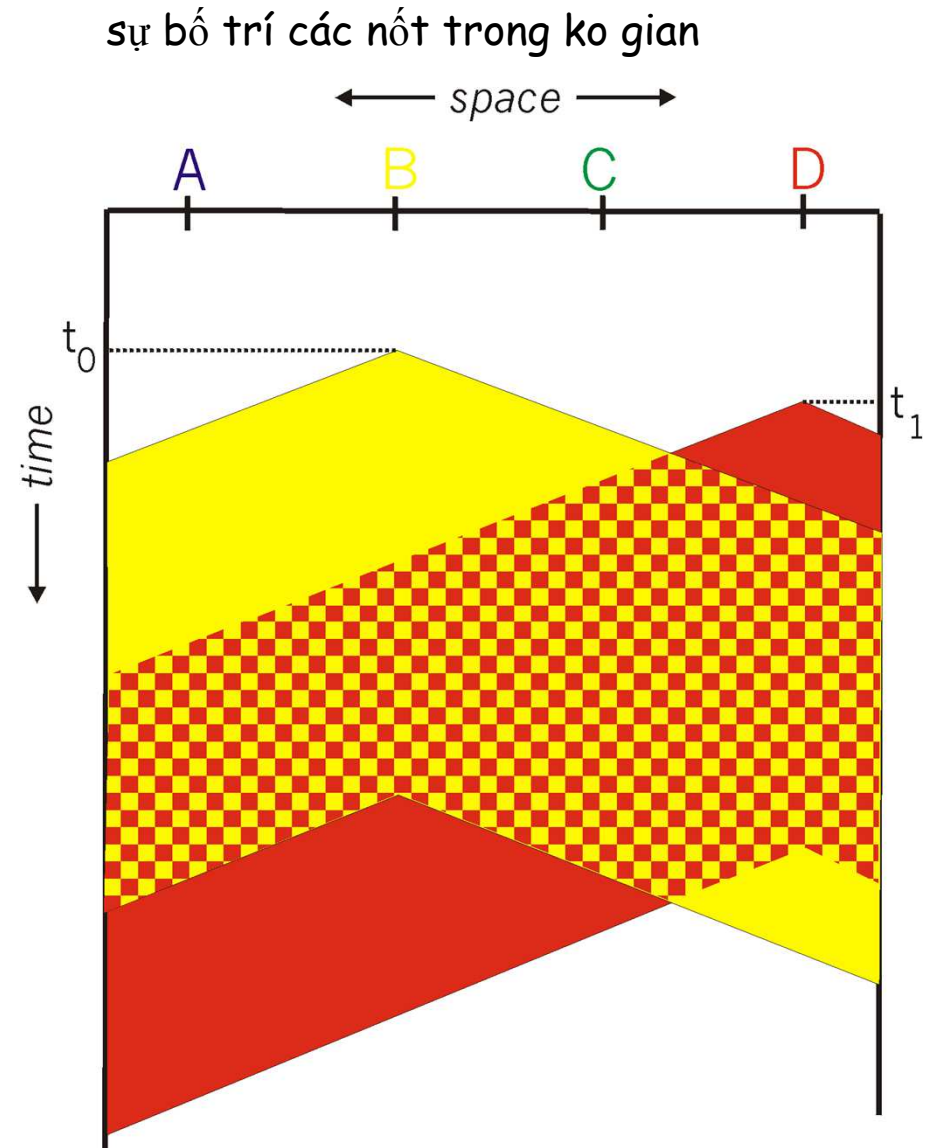
đụng độ vẫn *có thể* xảy ra
độ trễ lan truyền nghĩa là hai
nút có thể không nghe được sự
truyền tải của nhau

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
sốat đụng độ



CSMA/CD Phát hiện đụng độ (Collision Detection)

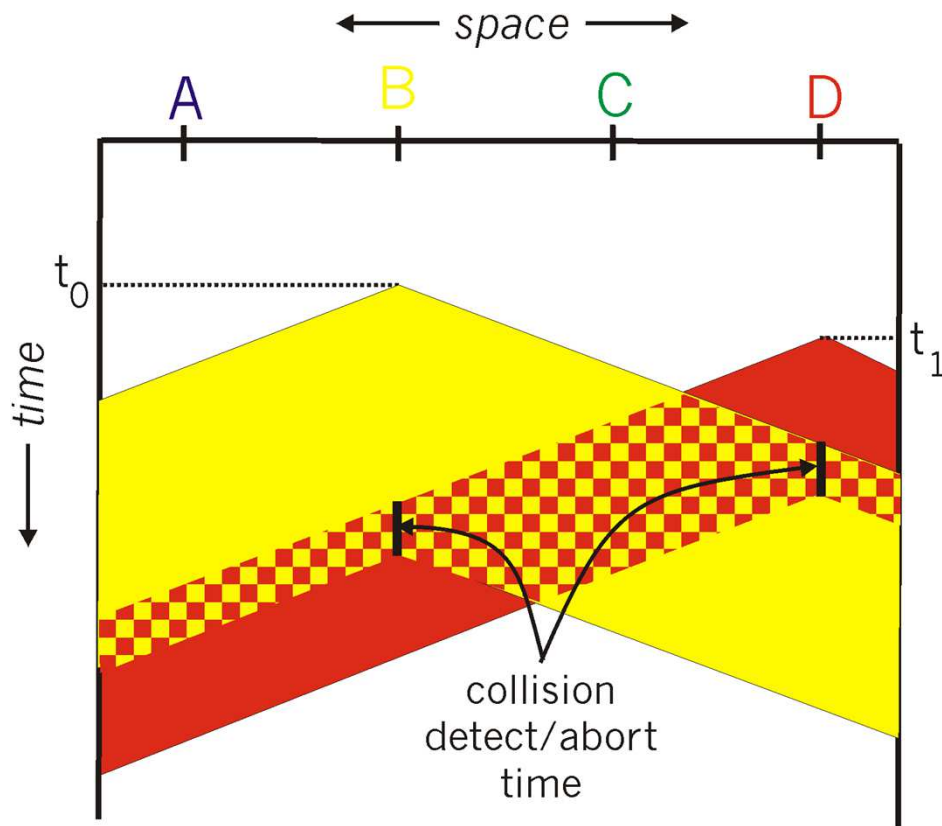
CSMA/CD: kiểm tra đường truyền, trì hoãn như trong CSMA

- *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



G/thức MAC "Theo lượt"

g/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 thêm chỉ chỉ có 1 nút làm việc!

g/thức MAC truy cập ngẫu nhiên

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

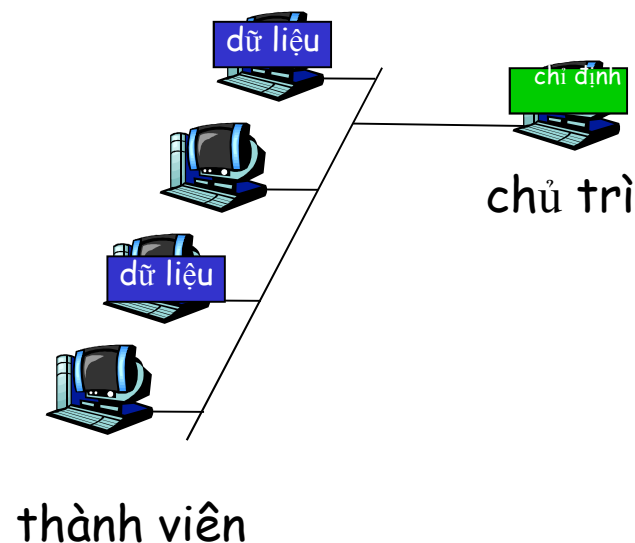
g/thức "theo lượt"

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

G/thức MAC "Theo lượt"

Chỉ định:

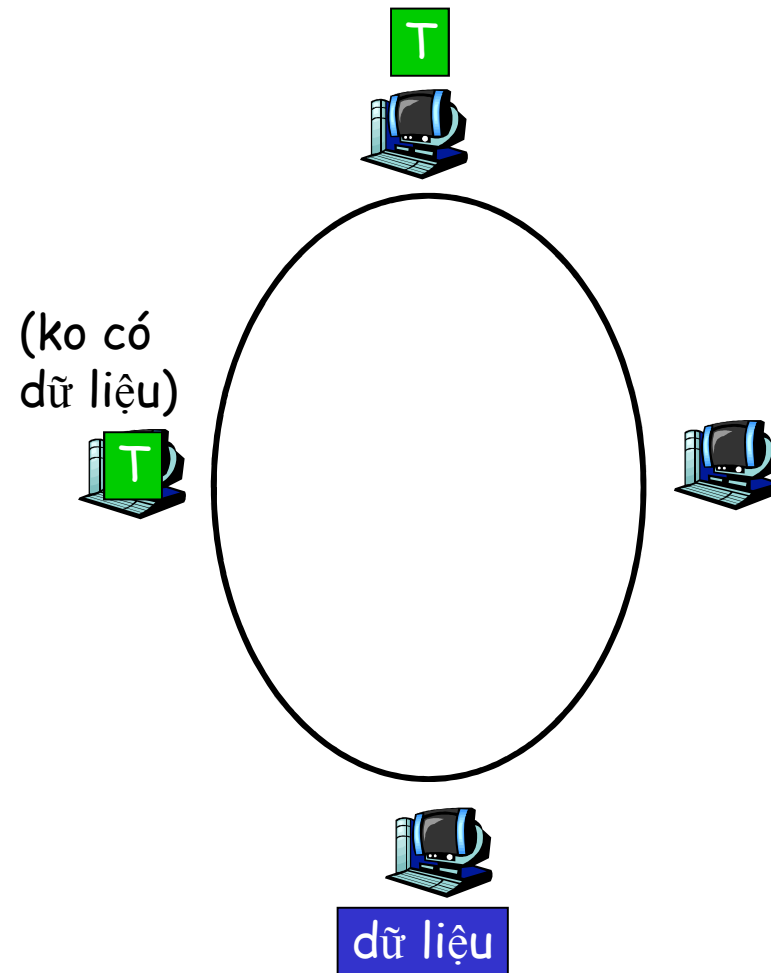
- ❑ nút chủ trì "mời" các nút thành viên truyền tải theo lượt
- ❑ thông thường được dùng với những t/bị thành viên "câm"
- ❑ vấn đề:
 - độ trễ do chỉ định
 - hỏng tại một điểm (chủ trì)



G/thức MAC "Theo lượt"

Truyền thẻ:

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



Tổng kết về các g/t MAC

- *phân chia kênh*, theo t/gian, 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 nút chủ trì, sự truyền thê
 - Bluetooth, FDDI, IBM Token Ring