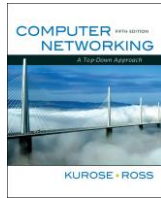


Chapter 5 Link Layer and LANs



A note on the use of these ppt slides:

We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in PowerPoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a lot of work on our part. In return for use, we only ask the following:

- If you use these slides (e.g., in a class) in substantially unaltered form, that you mention their source (after all, we'd like people to use our book!)
- If you post any slides in substantially unaltered form on a www site, that you note that they are adapted from (or perhaps identical to) our slides, and note our copyright of this material.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

All material copyright 1996-2009
J.F. Kurose and K.W. Ross. All Rights Reserved

*Computer Networking:
A Top Down Approach
5th edition.
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, April
2009.*

5: DataLink Layer 5-1

Chapter 5: Tầng liên kết dữ liệu

Mục đích:

- Hiểu được các nguyên lý đằng sau các dịch vụ tầng liên kết dữ liệu:
 - Phát hiện lỗi, sửa lỗi
 - Chia sẻ kênh quang báo: đa truy nhập
 - Địa chỉ tầng liên kết dữ liệu
 - Truyền dữ liệu tin cậy, điều khiển luồng: *done!*
- Các kỹ thuật khác nhau cho tầng liên kết dữ liệu

5: DataLink Layer 5-2

Link Layer

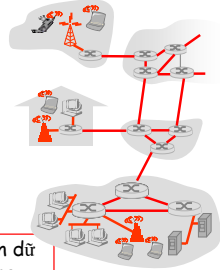
- 5.1 Introduction and services
- 5.2 Error detection and correction
- 5.3 Multiple access protocols
- 5.4 Link-layer Addressing
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Link-layer switches
- 5.7 PPP
- 5.8 Link virtualization: ATM, MPLS

5: DataLink Layer 5-3

Link Layer: giới thiệu

Thuật ngữ:

- hosts và routers là **nodes**
- Các kênh truyền thông nối các nodes kề nhau theo đường truyền thông là các **links**
 - Liên kết có dây
 - Liên kết không dây
 - LANs
- Gói tin của tầng 2 là một **frame**, gói gọn dữ liệu



data-link layer có vai trò truyền dữ liệu từ một node tới node kề thông qua liên kết

5: DataLink Layer 5-4

Link layer: ngữ cảnh

- Gói tin được truyền bởi các giao thức khác nhau qua các liên kết khác nhau:
 - Ví dụ: Ethernet qua liên kết đầu, frame relay qua liên kết trung gian, 802.11 liên kết cuối cùng
 - Mỗi loại giao thức liên kết cung cấp các dịch vụ khác nhau
 - Ví dụ: có hoặc không có ndt trong liên kết
- transportation analogy**
- trip from Princeton to Lausanne
 - limo: Princeton to JFK
 - plane: JFK to Geneva
 - train: Geneva to Lausanne
 - tourist = **datagram**
 - transport segment = **communication link**
 - transportation mode = **link layer protocol**
 - travel agent = **routing algorithm**

5: DataLink Layer 5-5

Các dịch vụ tầng liên kết

- Đóng khung, truy nhập liên kết:**
 - Đóng gói dữ liệu vào frame, thêm header, mã truyền
 - Truy nhập kênh nếu kênh dùng chung
 - Địa chỉ "MAC" sử dụng trong frame headers xác định source, dest
 - Khác với địa chỉ IP!
- Phân phát tin cậy giữa các nodes kề nhau**
 - Đã xem xét ở chương 3!
 - Đôi lúc dùng cho liên kết bit lỗi mức thấp (sợi, xoắn đôi)
 - Liên kết không dây: tỷ lệ lỗi cao

5: DataLink Layer 5-6

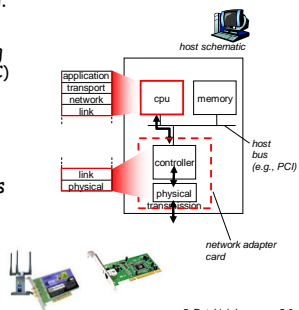
Các dịch vụ tầng liên kết (cont)

- ❑ **Điều khiển luồng:**
 - Bước thực hiện truyền và nhận giữa các nodes kề nhau
- ❑ **Phát hiện lỗi:**
 - Lỗi do suy hao tín hiệu, nhiễu.
 - Bên nhận phát hiện lỗi :
 - Báo bên gửi để truyền lại hoặc giảm khung
- ❑ **Sửa lỗi:**
 - Bên gửi xác định và *sửa* bit lỗi mà không cần truyền lại
- ❑ **half-duplex và full-duplex**
 - Với half duplex, nodes của hai bên có thể truyền, nhưng không cùng một thời điểm

5: DataLink Layer 5-7

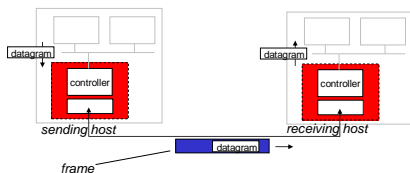
Các chức năng của tầng liên kết dữ liệu được thực hiện ở đâu?

- ❑ Tại mỗi trạm trong mạng.
- ❑ Tại mỗi giao diện mạng hay còn gọi là Card mạng (*network interface card NIC*)
 - Card Ethernet, Card không dây 802.11.
 - Điều khiển liên kết logic, truy nhập đường truyền.
- ❑ Gắn kết vào hệ thống bus của node mạng.
- ❑ Tổ hợp của phần cứng, phần mềm, phần mềm nhúng.



5: DataLink Layer 5-8

Truyền thông giữa các card mạng.



- ❑ **Bên gửi:**
 - Đóng gói dữ liệu vào khung.
 - Thêm các bit kiểm tra lỗi, kỹ thuật truyền dữ liệu tin cậy, điều khiển luồng, ...
- ❑ **Bên nhận:**
 - Kiểm tra lỗi, kỹ thuật truyền dữ liệu tin cậy, điều khiển luồng, ...
 - Giải nén dữ liệu, chuyển lên tầng trên.

5: DataLink Layer 5-9

Link Layer

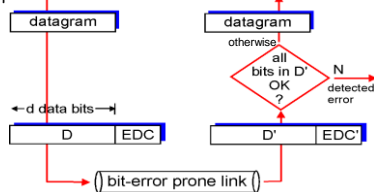
- 5.1 Introduction and services
- 5.2 Error detection and correction
- 5.3 Multiple access protocols
- 5.4 Link-layer Addressing
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Link-layer switches
- 5.7 PPP
- 5.8 Link Virtualization: ATM, MPLS

5: DataLink Layer 5-10

Phát hiện lỗi

EDC= phát hiện lỗi và sửa bits (mã vòng)
D = dữ liệu được bảo đảm thông qua kiểm tra lỗi, có thể bao gồm cả phần header

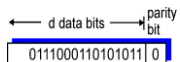
- Phát hiện lỗi độ tin cậy không phải 100%
 - Giao thức có thể bỏ qua một số lỗi, nhưng rất ít
 - Trường EDC càng lớn thì khả năng phát hiện và phục hồi lỗi càng tốt



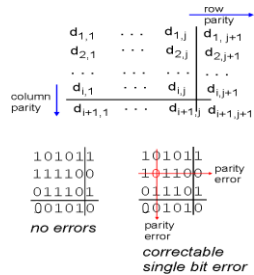
5: DataLink Layer 5-11

Mã kiểm tra chẵn lẻ

Single Bit Parity:
Detect single bit errors



Two Dimensional Bit Parity:
Detect and correct single bit errors



5: DataLink Layer 5-12

Mã tổng kiểm tra dùng trong Internet (review)

Mục đích: phát hiện "lỗi" (ví dụ lật bits) trong quá trình truyền gói (lưu ý: chỉ dùng tại tầng vận chuyển)

Sender:

- ❑ Xem nội dung phân đoạn như chuỗi của 16-bit các số nguyên
- ❑ checksum: thêm (phản bù tổng) của nội dung phân đoạn
- ❑ sender đặt giá trị checksum vào trường UDP checksum

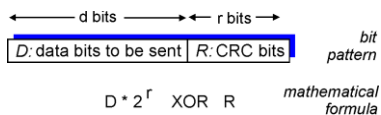
Receiver:

- ❑ tính checksum của phân đoạn nhận được
- ❑ So sánh nếu checksum bằng giá trị ở trường checksum:
 - NO - có phát hiện lỗi
 - YES - không phát hiện lỗi. Nhưng có thể vẫn xảy ra lỗi?

5: DataLink Layer 5-13

Tổng kiểm tra: Mã vòng CRC

- ❑ Xem các bit dữ liệu **D** như là một số nhị phân.
- ❑ Chọn $r+1$ bit mẫu **G** (đa thức sinh).
- ❑ Mục đích: chọn r CRC bit **R**, sao cho:
 - $\langle D, R \rangle$ chia hết cho **G** (theo modulo 2)
 - Bên nhận có **G**, đem chia $\langle D, R \rangle$ cho **G**. Nếu phần dư khác không thì có lỗi đã xảy ra.
 - Có thể phát hiện số bit lỗi nhỏ $r+1$ bit.
- ❑ Được sử dụng phổ biến trong thực tế, như Ethernet, 802.11 WiFi, ATM,...



5: DataLink Layer 5-14

Ví dụ về CRC

Từ mã:

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

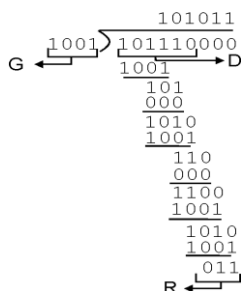
hay:

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

tức là:

Nếu ta chia $D \cdot 2^r$ cho **G** ta sẽ tìm được **R** chính là phần dư.

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



5: DataLink Layer 5-15

Link Layer

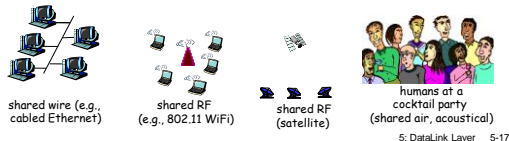
- 5.1 Introduction and services
- 5.2 Error detection and correction
- 5.3 Multiple access protocols
- 5.4 Link-layer Addressing
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Link-layer switches
- 5.7 PPP
- 5.8 Link Virtualization: ATM, MPLS

5: DataLink Layer 5-16

Liên kết đa truy nhập và giao thức

Hai kiểu "liên kết":

- point-to-point
 - PPP cho truy nhập dial-up
 - point-to-point liên kết giữa Ethernet switch và host
- broadcast (chia sẻ dây dẫn hoặc môi trường truyền)
 - Kiểu Ethernet cũ
 - Kỹ thuật lai đồng trục-quang (HFC)
 - Mạng cục bộ không dây (802.11 wireless LAN)



Giao thức đa truy nhập

- Kênh quảng bá chia sẻ đơn
- Hai hoặc nhiều hơn hai nodes truyền đồng thời: nhiều
 - **Đụng độ** nếu node nhận được hai hoặc nhiều hơn hai tín hiệu cùng một thời điểm

Giao thức đa truy nhập

- Giải thuật phân tán xác định nodes chia sẻ kênh như thế nào, ví dụ xác định khi nào thì node có thể truyền
- Truyền thông qua kênh chia sẻ chỉ dùng tài nguyên hiện có của kênh
 - Không có giá trị ngoài băng thông của kênh cho sự phối hợp

5: DataLink Layer 5-18

Giao thức đa truy nhập lý tưởng

Kênh quảng bá với tốc độ R bps

1. Khi một node muốn truyền, nó sẽ truyền với tốc độ R .
2. Khi M nodes muốn truyền, mỗi node sẽ truyền tốc độ trung bình R/M
3. Hoàn toàn không tập trung:
 - Không có node đặc biệt nào điều phối quá trình truyền
 - Không đồng bộ clocks, slots
4. Đơn giản

5: DataLink Layer 5-19

Giao thức MAC: nguyên tắc phân loại

Ba lớp phổ biến:

- **Phân chia kênh**
 - Phân chia kênh thành những phần nhỏ hơn (time slots, frequency, code)
 - Cấp phần nhỏ cho node sử dụng độc quyền
- **Truy nhập ngẫu nhiên**
 - Không chia kênh, cho phép đụng độ
 - "phục hồi" từ đụng độ
- **"phiên nói"**
 - nodes sẽ tới lượt, nhưng nếu nhiều nodes thì thời gian chờ đến phiên dài hơn

5: DataLink Layer 5-20

Giao thức MAC phân chia kênh: TDMA

TDMA: time division multiple access

- Truy nhập kênh theo "chu kỳ"
- Mỗi trạm nhận lát thời gian có độ dài cố định (length = pkt trans time) trong một chu kỳ
- các slots không sử dụng trôi đi ở trạng thái rỗi
- Ví dụ: 6-trạm LAN, 1,3,4 có pkt, slots 2,5,6 rỗi

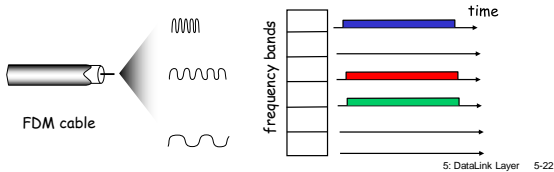


5: DataLink Layer 5-21

Giao thức MAC phân chia kênh: FDMA

FDMA: frequency division multiple access

- ❑ Phổ của kênh phân chia thành các dải tần
- ❑ Mỗi trạm gán với một dải tần cố định
- ❑ Dải không được dùng ở trạng thái rỗi
- ❑ Ví dụ: 6-trạm LAN, 1,3,4 có pkt, dải tần 2,5,6 rỗi



Giao thức truy nhập ngẫu nhiên

- ❑ Khi node có gói cần truyền
 - Truyền dữ liệu với tốc độ R.
 - Không có sự ưu tiên giữa các nodes
- ❑ Nếu có nhiều hơn 1 node truyền → "đụng độ",
- ❑ **Giao thức MAC truy nhập ngẫu nhiên:**
 - Phát hiện đụng độ như thế nào
 - Làm thế nào để phục hồi từ đụng độ
- ❑ Ví dụ về giao thức MAC truy nhập ngẫu nhiên:
 - slotted ALOHA
 - ALOHA
 - CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA

5: DataLink Layer 5-23

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

CSMA: nghe trước khi truyền:

Nếu nhận biết kênh rỗi: truyền toàn bộ frame

- ❑ Nếu kênh bận, trì hoãn việc truyền
- ❑ Tương tự con người: Không cắt ngang người khác nói chuyện!

5: DataLink Layer 5-24

CSMA đụng độ

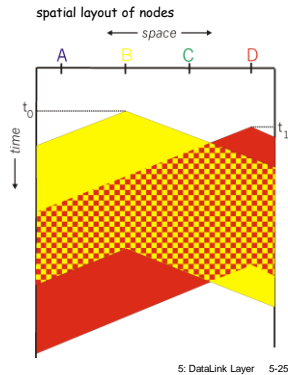
Đụng độ có thể xảy ra: độ trễ trong truyền dẫn có nghĩa là node này có thể không nghe thấy node khác

Đụng độ:

Lãng phí toàn bộ thời gian truyền gói tin

Chú ý:

Vai trò của khoảng cách và độ trễ truyền dẫn trong việc xác định khả năng xảy ra đụng độ



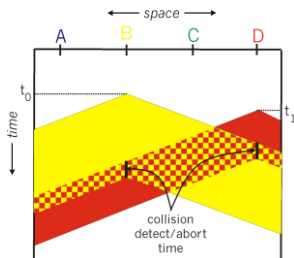
CSMA/CD (Collision Detection)

CSMA/CD: dùng sóng mang cảm biến trong CSMA

- Đụng độ được phát hiện trong khoảng thời gian ngắn
- Các phiên truyền có đụng độ sẽ bị hủy bỏ, giảm thời gian lãng phí kênh
- Phát hiện đụng độ:
 - Dễ dàng trong LANs có dây dẫn: ước lượng cường độ tín hiệu, so sánh bên truyền và bên nhận
 - Khó khăn trong LANs không dây: cường độ tín hiệu bên nhận bị lấn át bởi cường độ truyền cục bộ
- Tương tự con người: cuộc nói chuyện lịch sự

5: DataLink Layer 5-26

CSMA/CD phát hiện đụng độ



5: DataLink Layer 5-27

Giao thức MAC "Phiên nói"

Giao thức MAC phân chia kênh:

- Chia sẻ kênh một cách hiệu quả và khá tốt khi tải cao
- Không hiệu quả khi kênh có tải thấp: độ trễ trong truy nhập kênh, phân chia kênh thành các phần 1/N độ rộng băng thông như nhau trong khi chỉ có 1 node thực hiện!

Giao thức MAC truy nhập ngẫu nhiên

- Hiệu quả với kênh có tải thấp
- Kênh có tải cao: phụ phí cho sự đụng độ

Giao thức "phiên nói"

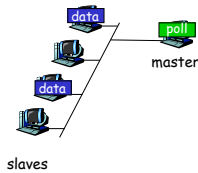
Tìm kiếm đặc điểm tốt nhất của hai dạng giao thức trên!

5: DataLink Layer 5-28

Giao thức MAC "Phiên nói"

Kiểm tra vòng:

- Node chính "mời" các nodes phụ truyền theo phiên
- Thường sử dụng với các thiết bị phụ "cắm"
- Các vấn đề liên quan:
 - Phụ phí cho kiểm tra vòng
 - Thời gian chờ
 - Lỗi hỏng node đơn (node chính)

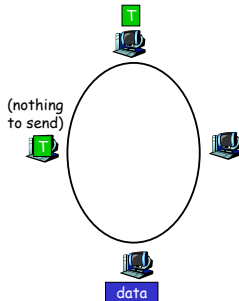


5: DataLink Layer 5-29

Giao thức MAC "Phiên nói"

Chuyển thẻ bài:

- Điều khiển thẻ bài chuyển từ một node tới dãy các nodes tiếp theo.
- Bản thông báo thẻ bài
- Vấn đề liên quan:
 - Phụ phí thẻ bài
 - Thời gian chờ
 - Lỗi hỏng node đơn (thẻ bài)



5: DataLink Layer 5-30

Giao thức MAC: tóm tắt

- ❑ **Phân chia kênh:** theo thời gian, tần số hoặc mã
 - Time Division, Frequency Division, code Division
- ❑ **Truy nhập ngẫu nhiên** (động),
 - ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD
 - Cảm biến sóng mang: dễ dàng trong một số kỹ thuật (có dây), khó khăn trong kỹ thuật khác (không dây)
 - CSMA/CD sử dụng trong Ethernet
 - CSMA/CA sử dụng trong 802.11
- ❑ **Phiên nối**
 - Kiểm tra vòng từ trạm trung tâm, chuyển thẻ bài
 - Bluetooth, FDDI, IBM Token Ring

5: DataLink Layer 5-31

Link Layer

- ❑ 5.1 Introduction and services
- ❑ 5.2 Error detection and correction
- ❑ 5.3 Multiple access protocols
- ❑ 5.4 Link-Layer Addressing
- ❑ 5.5 Ethernet
- ❑ 5.6 Link-layer switches
- ❑ 5.7 PPP
- ❑ 5.8 Link Virtualization: ATM, MPLS

5: DataLink Layer 5-32

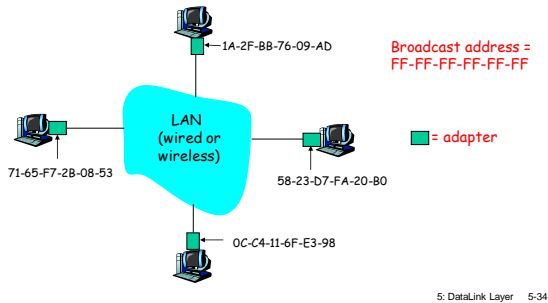
Địa chỉ MAC và ARP

- ❑ 32-bit địa chỉ IP:
 - Địa chỉ tầng *mạng*
 - Sử dụng để chuyển gói tin tới mạng con đích
- ❑ Địa chỉ MAC (hoặc LAN hoặc vật lý hoặc Ethernet):
 - Chức năng: *chuyển khung tin từ một giao diện tới một giao diện khác (cùng một mạng)*
 - 48 bit địa chỉ MAC (cho hầu hết các LANs)
 - Lưu ở NIC ROM, đôi lúc có thể thiết lập bởi phần mềm

5: DataLink Layer 5-33

Địa chỉ MAC và ARP

Mỗi giao diện trên LAN có duy nhất 1 địa chỉ LAN



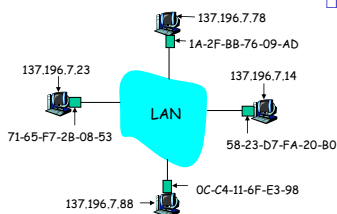
Địa chỉ LAN (more)

- Địa chỉ MAC quản trị và phân bổ bởi IEEE
- Các nhà sản xuất mua phân đoạn không gian địa chỉ MAC (đảm bảo tính duy nhất)
- Sự tương tự:
 - (a) địa chỉ MAC: giống như số chứng minh thư
 - (b) địa chỉ IP: giống như địa chỉ bưu điện
- Địa chỉ MAC → linh động
 - Có thể di chuyển card LAN từ mạng này sang mạng khác
- Phân cấp địa chỉ IP không linh động
 - Địa chỉ IP phụ thuộc mạng con mà node được gán vào

5: DataLink Layer 5-35

ARP: giao thức phân giải địa chỉ

Question: cách xác định sự tương ứng giữa địa chỉ MAC và địa chỉ IP của node B?



- Mỗi IP node (host, router) trên LAN có bảng ARP
- Bảng ARP : ánh xạ địa chỉ IP/MAC cho một số nodes của LAN
 - < IP address; MAC address; TTL >
 - TTL (Time To Live): thời gian mà sau đó ánh xạ địa chỉ sẽ bị bỏ qua (thường là 20 phút)

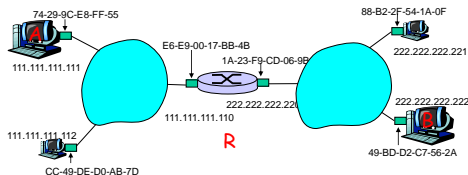
Giao thức ARP: cùng mạng LAN

- A muốn gửi gói tin tới B, và địa chỉ MAC của B không chứa trong bảng ánh xạ ARP của A.
- A gửi gói truy vấn ARP, chứa địa chỉ IP của B
 - dest MAC address = FF-FF-FF-FF-FF-FF
 - Tất cả các trạm trên LAN nhận được truy vấn ARP này
- B nhận được gói ARP, trả lời A với địa chỉ MAC của mình
 - Khung chứa địa chỉ MAC gửi tới A bằng unicast
- A lưu giữ cặp IP-to-MAC trong bảng ARP cho đến khi thông tin hết giá trị (times out)
- ARP là "plug-and-play":
 - Các nodes tự tạo bảng ánh xạ ARP mà không cần sự can thiệp từ quản trị mạng

5: DataLink Layer 5-37

Địa chỉ: định tuyến tới LAN khác

walkthrough: gửi gói tin từ A tới B thông qua R
giả thiết A có địa chỉ IP của B

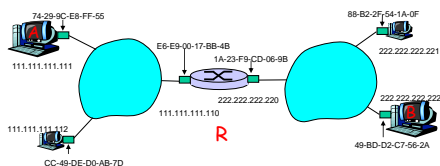


- Hai bảng ARP trong router R, một bảng cho mỗi mạng IP (LAN)

5: DataLink Layer 5-38

- A tạo gói tin IP với nguồn là A, đích là B
- A sử dụng ARP nhận địa chỉ MAC của R tương ứng 111.111.111.110
- A tạo khung link-layer với địa chỉ đích là MAC của R, khung chứa địa chỉ IP từ A-to-B
- NIC của A gửi khung đi
- NIC của R nhận khung về
- R loại bỏ gói tin IP từ khung Ethernet, xem địa chỉ đích tới B
- R sử dụng ARP nhận địa chỉ MAC của B
- R tạo khung chứa gói tin IP từ A-to-B IP và gửi tới B

This is a really important example - make sure you understand!



5: DataLink Layer 5-39

Link Layer

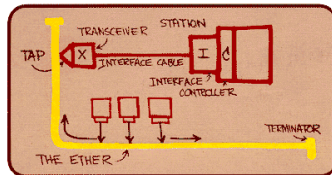
- 5.1 Introduction and services
- 5.2 Error detection and correction
- 5.3 Multiple access protocols
- 5.4 Link-Layer Addressing
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Link-layer switches
- 5.7 PPP
- 5.8 Link Virtualization: ATM and MPLS

5: DataLink Layer 5-40

Ethernet

"chủ yếu" cho mạng LAN có dây:

- Giá thành rẻ \$20 cho NIC
- Được sử dụng rộng rãi cho kỹ thuật LAN
- Đơn giản hơn, rẻ hơn so với token LANs và ATM
- Tốc độ khoảng: 10 Mbps - 10 Gbps

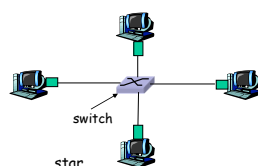


Metcalfe's Ethernet sketch

5: DataLink Layer 5-41

Topo hình sao

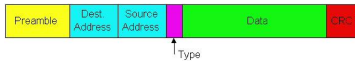
- Topo bus phổ dụng vào những năm 90
 - Tất cả các nodes cùng một miền đụng độ
- Ngày nay: topo hình sao phổ biến hơn
 - active **switch** làm trung tâm
 - Mỗi "đối tượng" chạy một giao thức Ethernet (các nodes không đụng độ lẫn nhau)



5: DataLink Layer 5-42

Cấu trúc khung Ethernet

Bên gửi đóng gói dữ liệu IP (hoặc gói dữ liệu của tầng khác) trong **khung Ethernet**



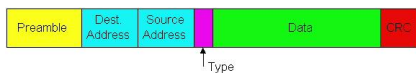
Phản đầu:

- 7 bytes với mẫu pattern 10101010 tiếp theo là một byte mẫu 10101011
- Sử dụng để đồng bộ tốc độ bên nhận và bên gửi

5: DataLink Layer 5-43

Cấu trúc khung Ethernet (more)

- **Địa chỉ:** 6 bytes
 - Nếu adapter nhận được khung với trùng khớp với địa chỉ đích, hoặc địa chỉ quảng bá (eg ARP packet), nó sẽ chuyển dữ liệu trong khung tới giao thức tầng mạng
 - Ngược lại, adapter loại bỏ khung
- **Kiểu:** chỉ ra giao thức tầng cao hơn (thường là IP nhưng có thể giao thức khác, e.g., Novell IPX, AppleTalk)
- **CRC:** kiểm tra bên nhận, nếu phát hiện lỗi khung sẽ bị bỏ đi



5: DataLink Layer 5-44

Ethernet: không tin cậy, không hướng kết nối

- **Không hướng kết nối:** không có thủ tục bắt tay giữa bên NIC gửi và NIC nhận
- **Không tin cậy:** NIC nhận không gửi acks hoặc nacks tới NIC gửi
 - Luồng dữ liệu chuyển tới tầng mạng có thể có các khoảng hở (mất các gói dữ liệu)
 - Các khoảng hở có thể được lấp đầy nếu ứng dụng dùng TCP
 - Ngược lại, ứng dụng sẽ có các khoảng hở
- Giao thức MAC của Ethernet: không tạo khe **CSMA/CD**

5: DataLink Layer 5-45

Giải thuật CSMA/CD

1. NIC nhận gói dữ liệu từ tầng mạng, tạo khung
2. Nếu NIC cảm nhận được kênh rỗi, bắt đầu tiên trình gửi khung, nếu kênh bận chờ đến khi kênh rỗi thì gửi đi
3. Nếu NIC gửi toàn bộ khung mà không phát hiện NIC khác gửi, NIC hoàn thành tiên trình gửi khung.
4. Nếu NIC phát hiện NIC khác cùng gửi thì hủy bỏ và gửi đi tín hiệu báo kẹt
5. Sau khi hủy bỏ, NIC rơi vào **thời gian chờ**: sau lần đụng độ thứ m , NIC chọn K ngẫu nhiên từ $\{0,1,2,\dots,2^m-1\}$ để trở lại bước 2

5: DataLink Layer 5-46

Giải thuật CSMA/CD (more)

Tín hiệu báo kẹt: đảm bảo rằng mọi thiết bị truyền khác đều nhận ra sự đụng độ; 48 bits

Bit thời gian: .1 microsec cho 10 Mbps Ethernet; cho $K=1023$, thời gian chờ khoảng 50 msec

Thời gian chờ:

- ❑ **Mục đích:** thích ứng tiên trình truyền lại bằng cách ước lượng tải hiện tại
 - Tải nặng: thời gian chờ ngẫu nhiên sẽ lâu hơn
- ❑ Lần đụng độ đầu tiên: chọn K từ $\{0,1\}$; độ trễ là $K \cdot 512$
- ❑ Sau lần đụng độ thứ 2: chọn K từ $\{0,1,2,3\}$...
- ❑ Sau lần đụng độ thứ 10, chọn K từ $\{0,1,2,3,4,\dots,1023\}$

5: DataLink Layer 5-47

Hiệu suất CSMA/CD

- ❑ T_{prop} = khả năng trễ lớn nhất giữa 2 nodes trong LAN
- ❑ t_{trans} = thời gian truyền khung có kích thước lớn nhất

$$efficiency = \frac{1}{1 + 5t_{prop}/t_{trans}}$$

- ❑ Hiệu suất dần tới 1
 - khi t_{prop} dần tới 0
 - khi t_{trans} dần tới vô cùng
- ❑ Hiệu năng tốt hơn ALOHA: đơn giản, rẻ, không tập trung.

5: DataLink Layer 5-48

Link Layer

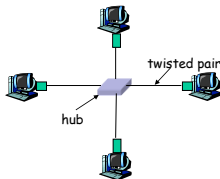
- 5.1 Introduction and services
- 5.2 Error detection and correction
- 5.3 Multiple access protocols
- 5.4 Link-layer Addressing
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Link-layer switches
- 5.7 PPP
- 5.8 Link Virtualization: ATM, MPLS

5: DataLink Layer 5-49

Hubs

... Bộ lặp ở tầng vật lý ("câm") :

- bits tới từ một liên kết sẽ đi ra mọi liên kết khác với cùng tốc độ
- Tất cả các nodes nối cùng một hub có thể xung đột với nhau
- Không có bộ đệm
- Không có CSMA/CD tại hub: NIC của trạm phát hiện xung đột



5: DataLink Layer 5-50

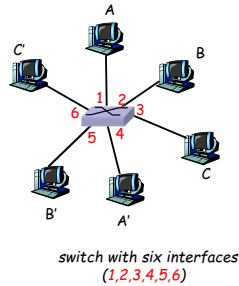
Switch

- **Thiết bị tầng liên kết: nhỏ hơn hub, giữ vai trò chủ động**
 - Lưu trữ, chuyển tiếp các khung Ethernet
 - Kiểm tra địa chỉ MAC của khung tới, **chọn lựa** chuyển tiếp khung tới một-hoặc-nhiều liên kết ra khi khung được chuyển tiếp trên phân đoạn, dùng CSMA/CD để truy nhập phân đoạn
- **Trong suốt**
 - Các trạm không nhận ra sự có mặt của switches
- **plug-and-play, self-learning**
 - switches không cần phải cấu hình

5: DataLink Layer 5-51

Switch: cho phép truyền đồng thời

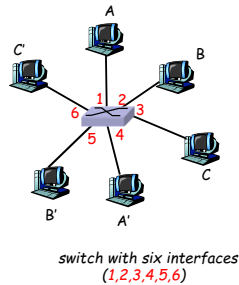
- ❑ Các trạm nối trực tiếp với switch bằng đường riêng
- ❑ switches có bộ đệm gói
- ❑ Giao thức Ethernet dùng trên mỗi liên kết tới, nhưng không xung đột; song công
 - Mỗi liên kết có vùng xung đột riêng
- ❑ **Chuyển mạch:** A-tới-A' và B-tới-B' đồng thời, mà không xung đột
 - Không thể với Hub câm



5: DataLink Layer 5-52

Bảng chuyển mạch

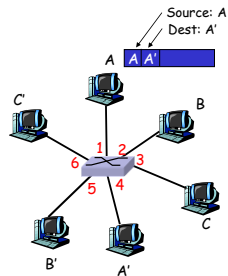
- ❑ **Q:** làm thế nào để switch biết rằng chuyển tới A' thông qua giao diện 4, B' thông qua giao diện 5?
- ❑ **A:** mỗi switch có một **switch table**, chứa đầu vào:
 - (địa chỉ MAC của host, giao diện tương ứng, nhãn thời gian)
- ❑ Tương tự bảng định tuyến!
- ❑ **Q:** đầu vào của bảng chuyển mạch được tạo lập và duy trì như thế nào?
 - Tương tự giao thức định tuyến?



5: DataLink Layer 5-53

Switch: tự học

- ❑ switch **học** trạm nào được gắn vào giao diện nào
 - Khi nhận được khung, switch "học" vị trí của người gửi: phân đoạn mạng LAN tới
 - Ghi lại cặp sender/location trong bảng chuyển



| MAC addr | interface | TTL |
|----------|-----------|-----|
| A | 1 | 60 |

Switch table (initially empty)

5: DataLink Layer 5-54

Switch: loc/chuyển tiếp khung

Khi nhận được khung:

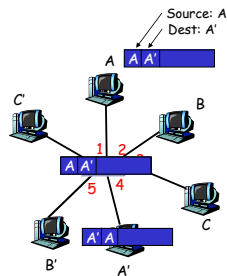
1. Ghi lại liên kết cùng với trạm gửi
2. chỉ mục bảng chuyển sử dụng địa chỉ MAC trạm đích
3. **if** entry found for destination
 - then** {
 - if** dest on segment from which frame arrived
 - then** drop the frame
 - else** forward the frame on interface indicated
 - }**
 - else** flood

forward on all but the interface on which the frame arrived

5: DataLink Layer 5-55

Tự học, chuyển tiếp: ví dụ

- Không biết địa chỉ đích: *flood*
- Đích A đã biết: *selective send*



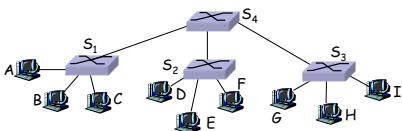
| MAC addr | interface | TTL |
|----------|-----------|-----|
| A | 1 | 60 |
| A' | 4 | 60 |

Switch table (initially empty)

5: DataLink Layer 5-56

Kết nối liên switches

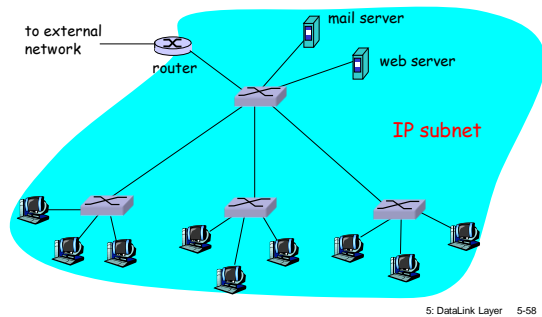
- Các switches có thể kết nối với nhau



- **Q:** Gửi từ A tới G - làm thế nào để S₁ biết cách chuyển tiếp khung tới G thông qua S₄ và S₃?
- **A:** Tự học! (thực hiện giống như trong một switch!)

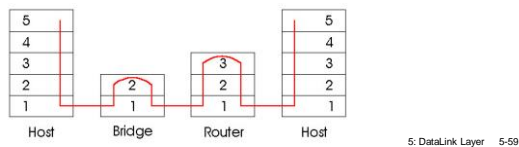
5: DataLink Layer 5-57

Mạng cơ quan



So sánh Switches và Routers

- Cả hai đều là thiết bị lưu trữ-và-chuyển tiếp
 - routers: thiết bị thuộc tầng mạng
 - Switches: thiết bị thuộc tầng liên kết dữ liệu
- routers duy trì bảng định tuyến, thực hiện giải thuật định tuyến
- switches duy trì bảng chuyển mạch, thực hiện tự học và lọc



Link Layer

- 5.1 Introduction and services
- 5.2 Error detection and correction
- 5.3 Multiple access protocols
- 5.4 Link-Layer Addressing
- 5.5 Ethernet
- 5.6 Hubs and switches
- 5.7 PPP
- 5.8 Link Virtualization: ATM

5: DataLink Layer 5-60

Điều khiển liên kết dữ liệu điểm tới điểm

- Một bên gửi, một bên nhận, một liên kết: đơn giản hơn liên kết quảng bá:
 - Không điều khiển truy nhập đường truyền
 - Không cần biết rõ địa chỉ MAC
 - Ví dụ: dialup link, ISDN line
- Giao thức điều khiển liên kết điểm-điểm phổ dụng:
 - PPP (point-to-point protocol)
 - HDLC: High level data link control

5: DataLink Layer 5-61

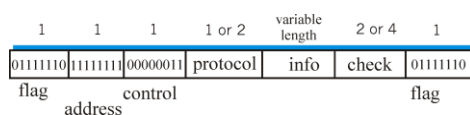
Các yêu cầu thiết kế PPP [RFC 1557]

- **Đóng khung các gói:** đóng khung các gói dữ liệu của tầng mạng
 - Mạng dữ liệu của tầng mạng (không chỉ mỗi IP) *tại cùng một thời điểm*
 - Có thể thực hiện phân kênh
- **Không phân biệt bit:** phải mang bất cứ mẫu bit nào trong trường dữ liệu
- **Phát hiện lỗi** (không sửa lỗi)
- **Kiểm soát kết nối:** phát hiện, báo liên kết hỏng cho tầng mạng
- **Thỏa thuận địa chỉ tầng mạng:** điểm cuối có thể học/cấu hình địa chỉ tầng mạng lẫn nhau

5: DataLink Layer 5-62

Khung dữ liệu PPP

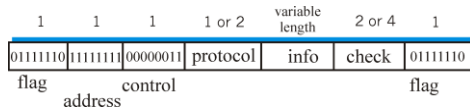
- **Flag:** dấu phân tách (khung)
- **Address:** địa chỉ
- **Control:** điều khiển
- **Protocol:** giao thức tầng trên (Vd: PPP-LCP, IP, IPCP, ...)



5: DataLink Layer 5-63

Khung dữ liệu PPP

- **info:** dữ liệu tầng trên được đóng ở đây
- **check:** thường dùng mã vòng phát hiện lỗi



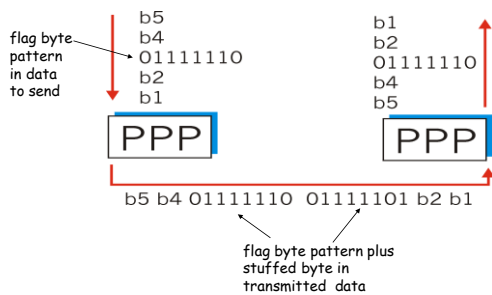
5: DataLink Layer 5-64

Nhồi Byte

- trường dữ liệu có thể chứa 1 byte giống như flag <01111110>
 - **Q:** làm thế nào để biết được <01111110> là dữ liệu hay flag?
- **Bên gửi:** nhồi thêm một byte <01111110> sau mỗi byte <01111110> *dữ liệu*
- **Bên nhận:**
 - Hai bytes 01111110 trong 1 hàng: loại bỏ byte đầu, tiếp tục nhận dữ liệu
 - Byte đơn 01111110: là flag byte

5: DataLink Layer 5-65

Nhồi Byte

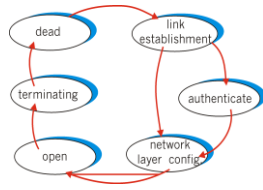


5: DataLink Layer 5-66

Giao thức điều khiển dữ liệu PPP

Trước khi trao đổi dữ liệu tầng mạng, liên kết dữ liệu ngang hàng phải

- **Cấu hình liên kết PPP** (độ dài tối đa của khung, xác thực)
- **Học/cấu hình mạng** thông tin tầng
 - Đối với IP: mạng IP Control Protocol (IPCP) msgs (protocol field: 8021) để cấu hình/học địa chỉ IP



5: DataLink Layer 5-67

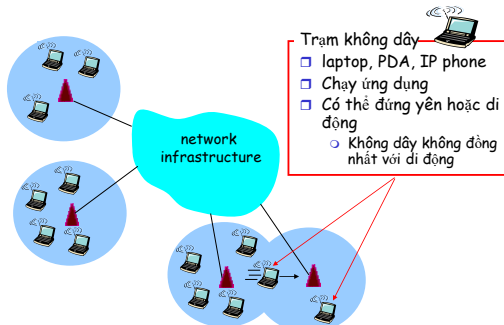
Chapter 5: Mạng không dây và di động

Background:

- Số lượng thuê bao di động không dây vượt xa số lượng thuê bao cố dây
- Mạng máy tính: laptops, palmtops, PDAs, Smart phone truy nhập không giới hạn vào mạng Internet
- Hai đặc trưng quan trọng:
 - **wireless**: truyền thông qua liên kết không dây
 - **mobility**: điều khiển điểm kết nối của thiết bị cuối di động

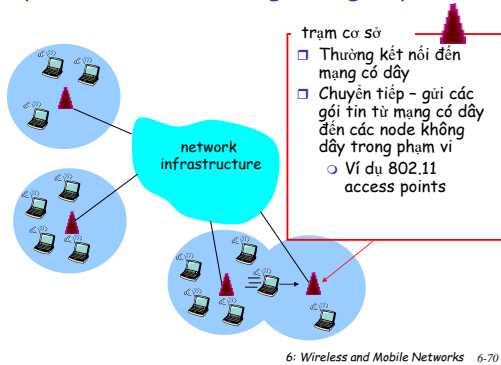
6: Wireless and Mobile Networks 6-68

Các phân tử của một mạng không dây

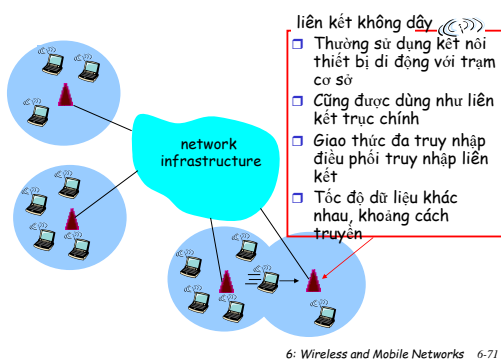


6: Wireless and Mobile Networks 6-69

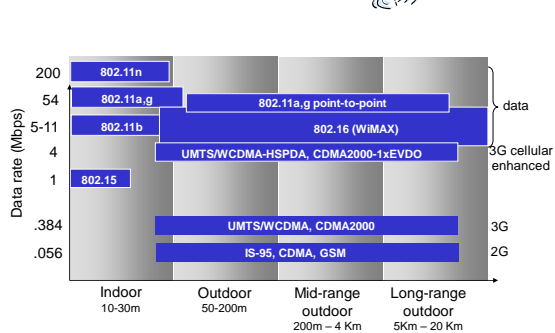
Các phần tử của một mạng không dây



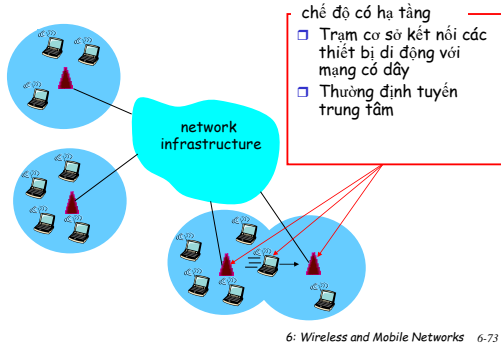
Các phần tử của một mạng không dây



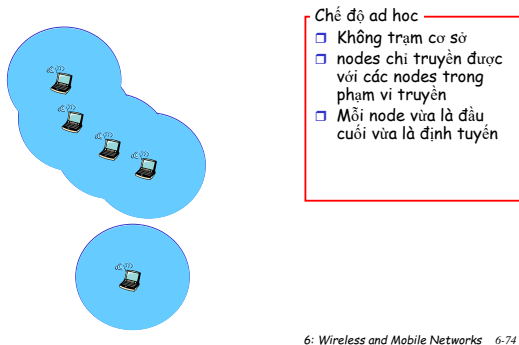
Các chuẩn liên kết không dây



Các phần tử của một mạng không dây



Các phần tử của một mạng không dây



Phân loại mạng không dây

| | Trạm đơn | Đa trạm |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Có cơ sở hạ tầng (e.g., APs) | Node kết nối với trạm cơ sở (WiFi, WiMAX, cellular) từ đó nối ra mạng lớn hơn | Node có thể được chuyển tiếp qua một số trạm không gây dễ nối ra mạng lớn hơn: mesh network |
| Không có cơ sở hạ tầng | Không có trạm cơ sở, không kết nối ra mạng lớn hơn (Bluetooth, ad hoc nets) | Không trạm cơ sở, không kết nối ra mạng lớn hơn. Có thể có chuyển tiếp để tới được một node cụ thể MANET, VANET |

6: Wireless and Mobile Networks 6-75

Đặc điểm của liên kết không dây

Khác với liên kết có dây...

- **Cường độ tín hiệu giảm:** tín hiệu radio suy giảm khi nó truyền qua môi trường truyền (path loss)
- **Nhiều từ các nguồn khác:** chuẩn về tần số cho mạng không dây (e.g., 2.4 GHz) chia sẻ bởi các thiết bị khác (e.g., phone,...)
- **Truyền đa đường:** tín hiệu radio phản xạ trên bề mặt các đối tượng và tới đích ở những thời gian khác nhau

.... Làm cho truyền thông không dây thêm phần "khó khăn"

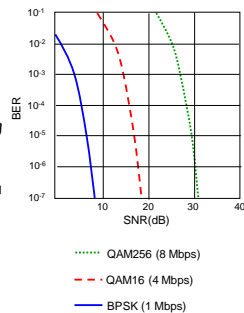
6: Wireless and Mobile Networks 6-76

Đặc điểm của liên kết không dây

- SNR: tỷ số tín hiệu-trên-nhiều
- SNR càng lớn- càng dễ tách tín hiệu khỏi nhiễu

□ SNR vs BER

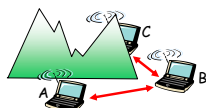
- Với một tăng vật lý cụ thể: tăng công suất nguồn → tăng SNR → giảm BER
- Với SNR xác định trước: chọn tăng vật lý đáp ứng yêu cầu về BER, đem đến thông lượng cao nhất
 - SNR có thể thay đổi đối với thiết bị di động: tăng vật lý tự thích nghi



6: Wireless and Mobile Networks 6-77

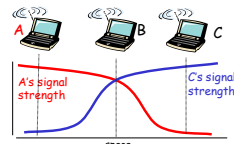
Đặc điểm của liên kết không dây

Nhiều người gửi/nhận tạo ra các vấn đề liên quan đến truyền/nhận:



node ẩn

- B, A nhận biết được nhau
- B, C nhận biết được nhau
- A, C không nhận biết được nhau và A, C không nhận ra sự xung đột của mình tại B



Suy hao tín hiệu:

- B, A hear each other
- B, C hear each other
- A, C can not hear each other interfering at B

6: Wireless and Mobile Networks 6-78

Chapter 5: let's take a breath

- journey down protocol stack *complete* (except PHY)
- solid understanding of networking principles, practice
- could stop here but *lots* of interesting topics!
 - wireless
 - multimedia
 - security
 - network management

5: DataLink Layer 5-79
