

## CHƯƠNG 5. TẦNG LIÊN KẾT DỮ LIỆU

---

1

### Nội dung

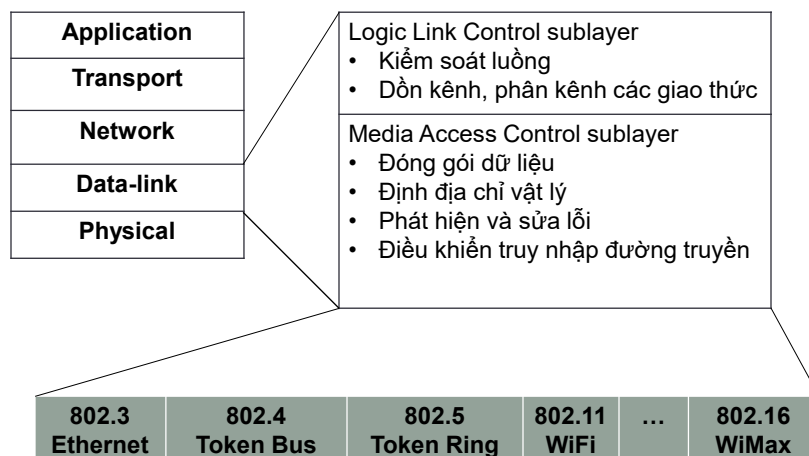
1. Tổng quát về tầng liên kết dữ liệu
2. Điều khiển truy nhập đường truyền
3. Chuyển tiếp dữ liệu
4. Mạng cục bộ (LAN)
5. Mạng diện rộng (WAN)

2

# 1. TỔNG QUAN

3

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



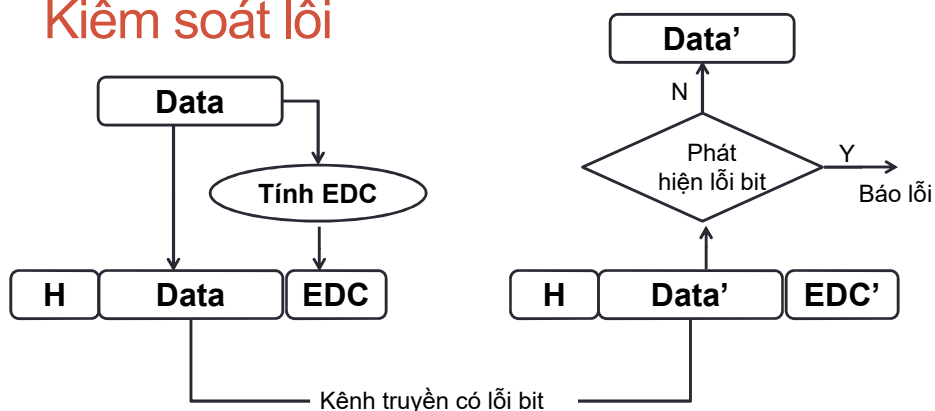
4

## Các chức năng chính

- Đóng gói:
  - Đơn vị dữ liệu: khung tin (frame)
  - Bên gửi: thêm header, trailer cho gói tin nhận được từ tầng mạng
  - Bên nhận: bỏ header và trailer, đẩy 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

5

## Kiểm soát 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)

6

## Mã phát hiện lỗi

### 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
  - Ghép phần dư vào chuỗi dữ liệu được FR
- Phía nhận : lấy FR chia cho P
  - Nếu chia hết → truyền đúng
  - Nếu chia có dư, căn cứ vào số dư (syndrom) để phát hiện và sửa lỗi (nếu được)

7

## Mã CRC – Ví dụ

Frame : 1101011011

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

Dividend : Fk = 11010110110000

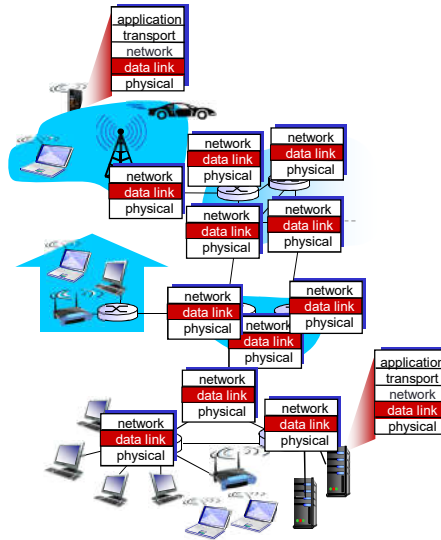
R = Fk mod P = 1110

Send : 11010110111110

8

## Triển khai trên hệ thống mạng

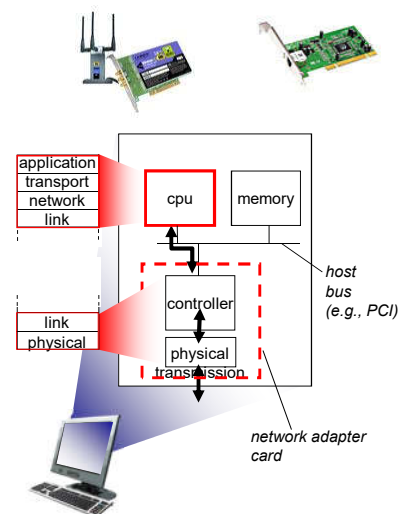
- Điều khiển truyền dữ liệu trên liên kết vật lý giữa 2 nút mạng kế tiếp
- Triển khai trên mọi nút mạng
- Các thức triển khai và cung cấp dịch vụ phụ thuộc vào đường truyền (WiFi, Wimax, 3G, cáp quang, cáp đồng...)
- Truyền thông tin cậy (cơ chế giống TCP nhưng đơn giản hơn) hoặc không
- Đơn vị truyền: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



9

## 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
- 



10

## 2. ĐIỀU KHIỂN TRUY NHẬP ĐƯỜNG TRUYỀN

---

11

## 2. Điều khiển truy nhập đường truyền

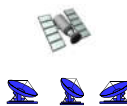
- Các dạng liên kết
  - Điểm-điểm(point-to-point): ADSL, Telephone modem, Leased line...
  - Điểm-đa điểm (point-to-multipoint):
    - Mạng LAN có dạng bus, mạng LAN hình sao dùng hub
    - Mạng không dây
    - Cần giao thức điều khiển truy nhập để tránh xung đột



shared wire (e.g.,  
cabled Ethernet)



shared RF  
(e.g., 802.11 WiFi)



shared RF  
(satellite)



humans at a  
cocktail party  
(shared air, acoustical)

12

## 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...
- Luân lượt:
  - Theo hình thức quay vòng
  - Token Ring, Token Bus....

13

## 2.1. Các phương pháp chia kênh

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

14

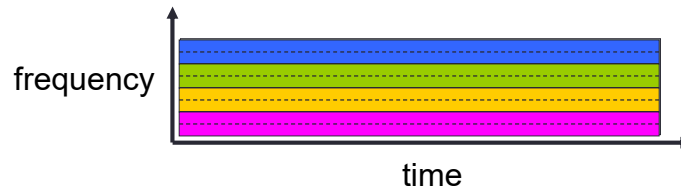
## TDMA và FDMA

Ví dụ:

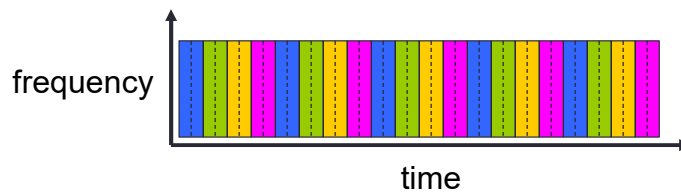
4 máy



FDMA



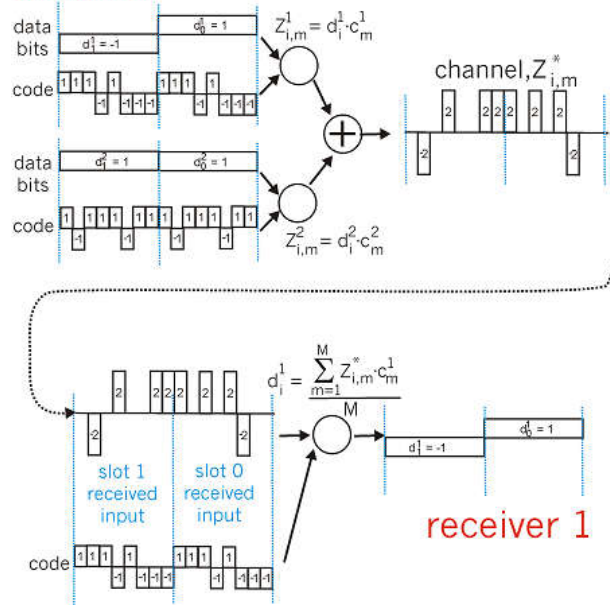
TDMA:



15

## CDMA

senders



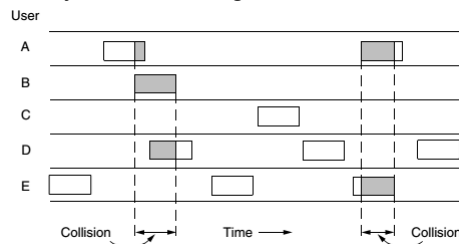
16



## 2.2. Các phương pháp điều khiển truy nhập ngẫu nhiên

- Aloha

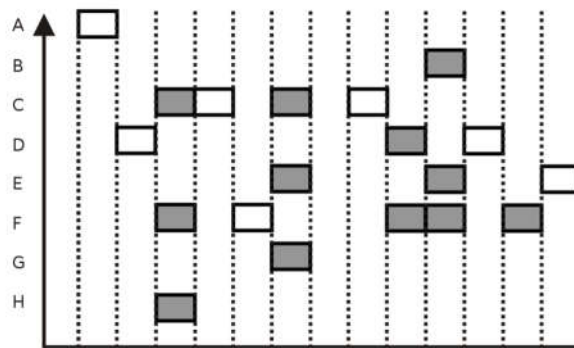
- Frame-time: thời gian để truyền hết một frame có kích thước lớn nhất
- Khi một nút mạng cần truyền dữ liệu:
  - Frame đầu tiên: truyền ngay. Nếu có đụng độ thì truyền lại với xác suất  $p$
  - Các frame sau: truyền với xác suất là  $p$
  - Trong 1 frame-time chỉ được truyền 1 frame
- Xác suất truyền thành công là  $\sim 18.4\%$



17

## 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
  - Xác suất truyền thành công:  $36.8\%$



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

18

## Điều khiển truy nhập đường truyền cảm nhận sóng mang

- CSMA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

- 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



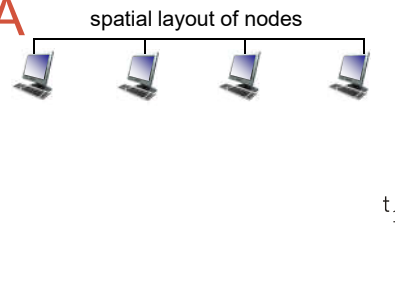
- CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

- Phát hiện đụng độ : nghe trong khi nói
- Giải quyết đụng độ với backoff

19

## Đụng độ trong CSMA

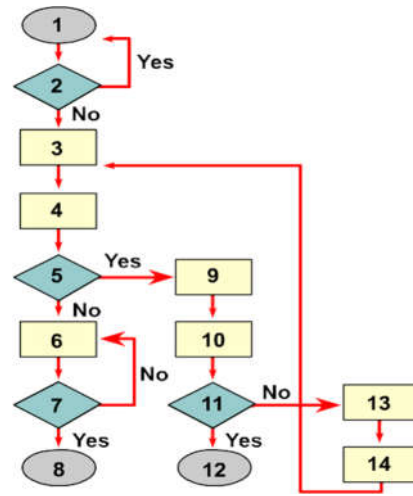
- Giả sử kênh truyền có 4 nút
- Tín hiệu điện từ lan truyền từ nút này đến nút kia mất một thời gian nhất định (trễ lan truyền)
- Ví dụ:



20

## CSMA/CD

- 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)



21

## So sánh chia kênh và truy nhập ngẫu nhiên

- Phân hoạch tài nguyên
  - 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

22

## 2.3. 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

23

## Khuôn dạng thẻ bài và gói tin

- Thẻ bài trống

SD	AC	ED
----	----	----

  - Starting Delimiter (8bit): bắt đầu frame
  - Access Control (8bit): điều khiển
    - Mức ưu tiên (3 bit): xác lập quyền ưu tiên sử dụng thẻ bài
    - Trạng thái thẻ bài (1 bit)
    - Giám sát (1bit)
  - ED (8 bit): kết thúc frame
- Frame dữ liệu:

SD	AC	FC	Địa chỉ đích	Địa chỉ nguồn	Dữ liệu	CRC	ED	FS
----	----	----	--------------	---------------	---------	-----	----	----

- FC(8 bit): kiểu frame dữ liệu mang theo trong thẻ bài
- FS (8bit): báo nhận

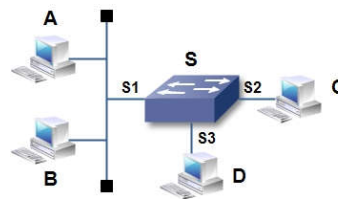
24

### 3. CHUYỂN TIẾP DỮ LIỆU

25

#### Chuyển tiếp dữ liệu trong mạng

- Bảng MAC Table
  - 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

26

## Switch: Cơ chế tự học

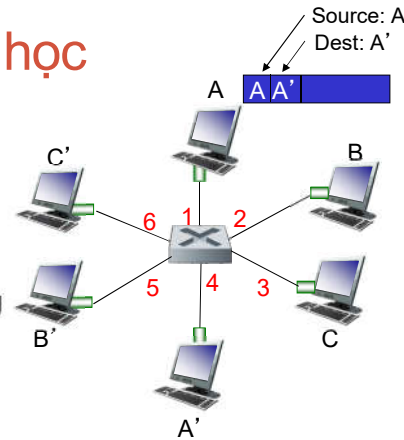
- Cập nhật địa chỉ MAC nguồn và cổng nhận gói tin nếu vào bảng MAC Table:

Table:

- 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)



27

## Switch: Cơ chế chuyển tiếp

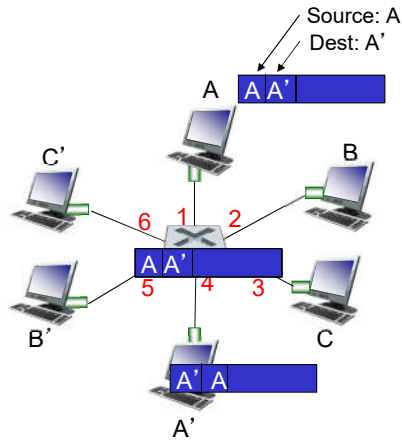
### Khi nhận được 1 frame

- Tìm đ/c cổng vào (tự học)
- Tìm địa chỉ cổng ra dùng bảng chuyển tiếp
- 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

28

## Ví dụ

- Không có cổng ra:  
*Quảng bá*
- Đã biết địa chỉ A:  
*Chuyển trực tiếp*



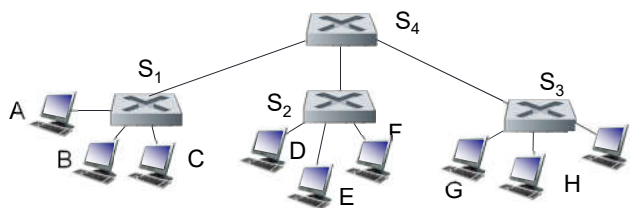
MAC addr	interface	TTL
A	1	60
A'	4	60

MAC Table  
(ban đầu rỗng)

29

## Nối các switch với nhau

- Các switch có thể được nối với nhau



- Cũng dùng cơ chế tự học

30

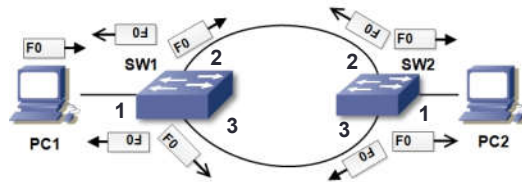
## Các chế độ chuyển mạch

- Store and forward: nhận đầy đủ frame, kiểm tra lỗi và chuyển mạch theo địa chỉ MAC đích
- Cut and through: chuyển frame ngay lập tức sau khi đã xác định được cổng.
- Fragment free: kiểm tra 64 byte đầu tiên
  - Frame tin bị lỗi do độ dài có kích thước < 64 byte
- Adaptive: tự động lựa chọn 1 trong 3 chế độ trên

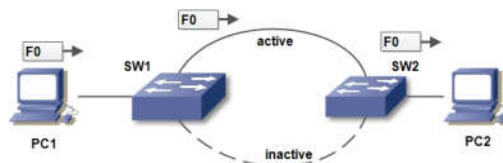
31

## Spanning tree

- Hiện tượng loop khi kết nối giữa các bridge và switch tạo thành vòng kín



- Spanning Tree Protocol
  - Tìm cây khung và chỉ chuyển gói tin lên các liên kết thuộc cây khung
  - Các liên kết khác ở trạng thái inactive



32



## 4. MẠNG CỤC BỘ (LAN)

---

33

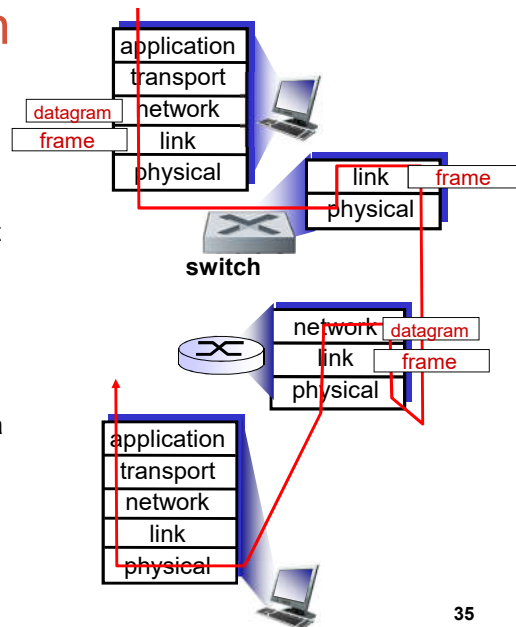
### 4.1. Các thiết bị kết nối trong mạng LAN

- Repeater (bộ lặp), Hub(bộ chia)
  - Đảm nhiệm chức năng tầng 1
  - Tăng cường tín hiệu → mở rộng phạm vi kết nối
  - $\leq 4$  repeater / 1 đoạn 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)

34

## Router vs Switch

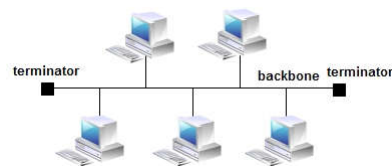
- Xử lý gói tin: lưu và chuyển tiếp (store-and-forward)
  - Router: thiết bị tầng mạng
  - Switch: thiết bị tầng liên kết dữ liệu
- Chuyển tiếp gói tin:
  - Router: sử dụng thuật toán định tuyến tính toán bằng chuyển tiếp (Forwarding Table), chuyển tiếp theo địa chỉ IP đích
  - Switch: sử dụng cơ chế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



35

## 4.2. Các hình trạng cơ bản của LAN

- Tất cả các nút mạng sử dụng chung đường truyền – trục (backbone)
- Mỗi nút mạng kết nối vào trục bằng đầu nối chữ T
- 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
- Terminator
- Ưu điểm
- Nhược điểm



36

## 3.2. Các hình trạng cơ bản của LAN

### 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

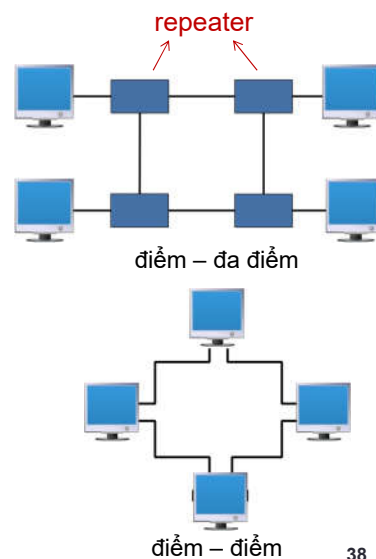


37

## 3.2. Các hình trạng cơ bản của LAN

### Hình vòng

- Các nút mạng chung đường truyền khép kín
- Phương thức truyền : điểm – điểm (point-to-point) hoặc điểm-đa điểm
- Dự phòng
- Ưu điểm
- Nhược điểm



38

### 4.3. Định địa chỉ trong mạng LAN

- 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 IP không có tính di động
- Địa chỉ quảng bá trong mạng LAN:  
FF-FF-FF-FF-FF-FF

39

### Địa chỉ MAC và ARP

- Address Resolution Protocol
- Tìm địa chỉ MAC (định danh tầng liên kết dữ liệu) của một nút mạng khi đã biết địa chỉ IP
- Tại sao cần ARP?
  - Truyền tin trên tầng mạng dùng địa chỉ IP
  - Truyền tin trên tầng liên kết dữ liệu dùng địa chỉ MAC
  - Khi gửi: dữ liệu chuyển từ tầng mạng xuống tầng liên kết dữ liệu.
    - Dữ liệu trong mạng LAN: Máy nguồn cần phải biết địa chỉ MAC của máy đích
    - Dữ liệu gửi ra ngoài mạng LAN: Máy nguồn phải biết địa chỉ MAC của bộ định tuyến mặc định

40

## Hoạt động của ARP

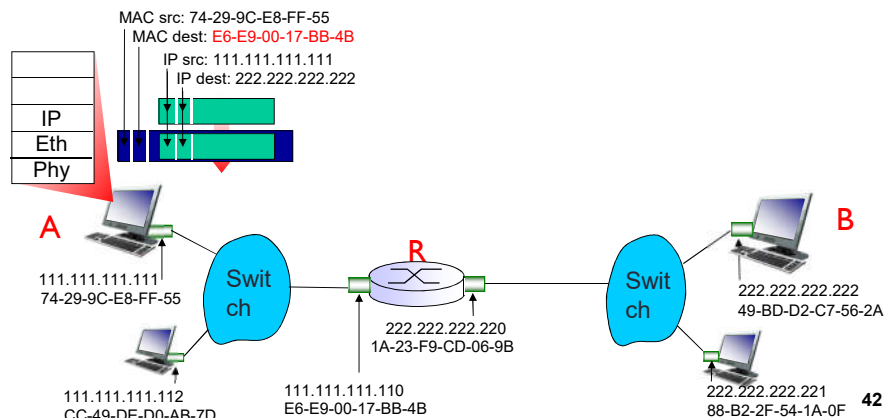
- Mỗi nút trong mạng LAN sử dụng bảng ARP Table:
  - Ánh xạ <Địa chỉ IP, Địa chỉ MAC, TTL>
  - TTL: Thời gian giữ ánh xạ trong bảng
- Khi cần biết địa chỉ MAC tương ứng với địa chỉ IP không có trong ARP Table, nút mạng gửi quảng bá gói tin ARP Request lên trên mạng để hỏi.
- Nút mạng mang địa chỉ IP được hỏi sẽ gửi ARP Reply trả lời

41

## Chuyển tiếp dữ liệu tới LAN khác

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

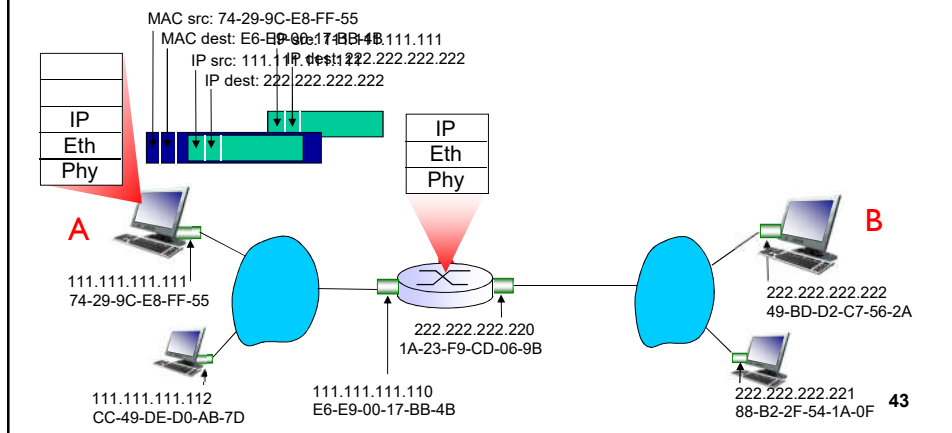
- A soạn một gói tin IP với địa chỉ nguồn là A, địa chỉ đích là B
- Gói tin chuyển xuống tầng liên kết dữ liệu: đóng gói thành khung tin tầng 2 với địa chỉ MAC nguồn là A, địa chỉ MAC đích là R



42

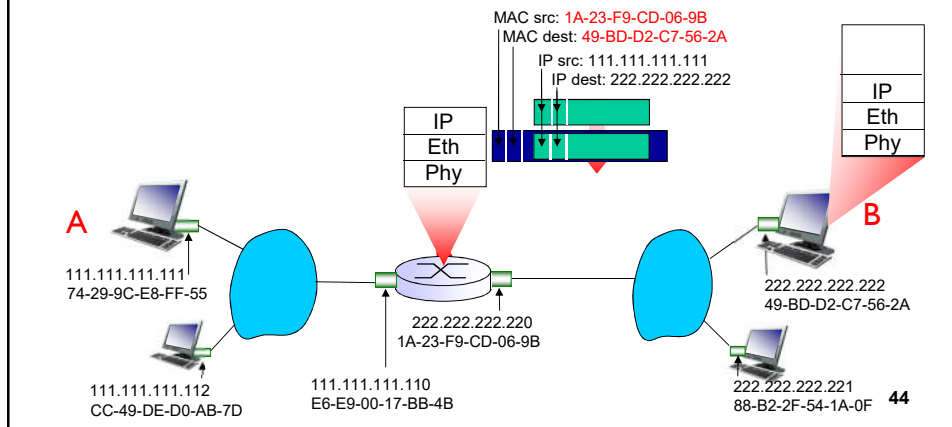
## Chuyển tiếp dữ liệu tới LAN khác

- ❖ 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



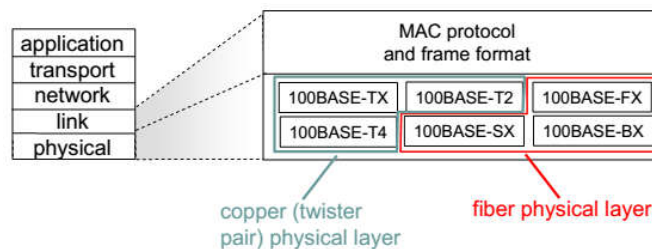
## Chuyển tiếp dữ liệu tới LAN khác

- ❖ 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



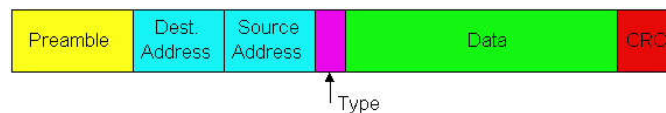
## 4.4. Chuẩn Ethernet IEEE802.3

- Data-link & Physical Layers
- Điều khiển truy nhập: CSMA/CD
- Có nhiều chuẩn Ethernet khác nhau
  - Cùng giao thức điều khiển truy nhập và cấu trúc Frame
  - Hướng không liên kết, không báo nhận-phát lại
  - Tốc độ khác nhau: 2 Mbps, 10 Mbps, 100 Mbps, 1Gbps, 10G bps
  - Phương tiện truyền khác nhau: Cáp quang, cáp đồng trục, cáp xoắn đôi.



45

## Cấu trúc đơn vị dữ liệu



- **Preamble (8 byte):** Bắt đầu một khung tin
- **Address:** Địa chỉ vật lý của trạm nguồn, trạm đích
  - Dest. Address: 6 bytes
  - Source Address: 6 bytes
- **Type (2 byte):** Giao thức tầng trên (IP, Novell IPX, AppleTalk, ...)
- **CRC(4 byte):** Mã kiểm soát lỗi

46

## Một số chuẩn Ethernet IEEE802.3

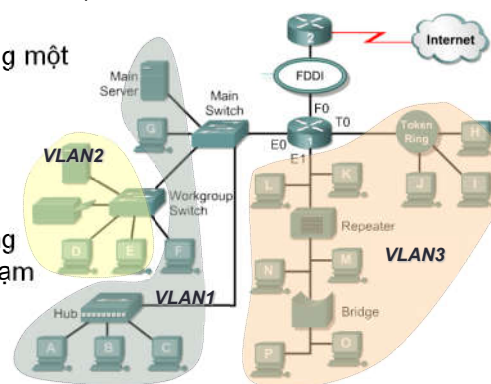
- Ethernet
- Fast Ethernet
- Giga Ethernet

Chuẩn LAN	Môi trường	Tốc độ truyền	Mô hình truyền	Chiều dài lớn nhất	Phương thức điều khiển	Chú ý
10BASE2	Cáp gậy	10Mbps	Bus	185m	CSMA/CD	LAN cỡ nhỏ
10BASE5	Cáp chuẩn			500m		Mạng trục
10BASE-T	Cáp xoắn đôi		Star <sup>34</sup>	100m		Tối đa 4 tầng
10BASE-F	Cáp quang			2km		Tối đa 22 tầng
100BASE-T	Cáp xoắn đôi			100m		T2, T4, TX
100BASE-FX	Cáp quang	Tối đa 20km		Chất lượng cao		
1000BASE-X	Cáp đồng trục	1000Mbps (1Gbps)		25m		1000BASE-CX
	Cáp quang			Tối đa 5km		LX, SX
1000BASE-T	Cáp xoắn đôi					100m
FDDI	Cáp quang		100Mbps	Ring	200km	Token passing

47

## 4.5. Mạng LAN ảo - VLAN

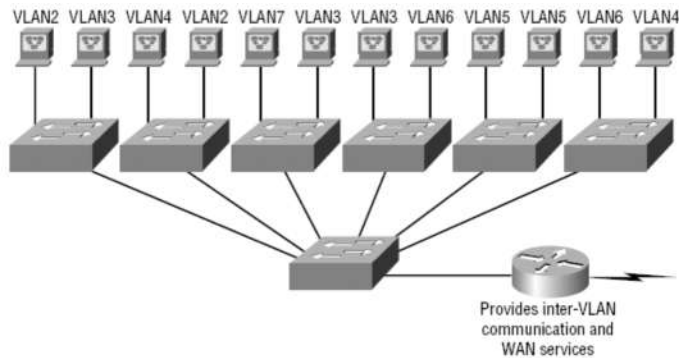
- Yêu cầu thực tế
  - Chia sẻ tài nguyên (file, máy in, v.v..) giữa các trạm "xa nhau"
  - Bảo mật thông tin nội bộ trong một phòng ban
- Giải pháp mạng LAN ảo
  - Nhóm các trạm thành một mạng LAN logic
  - Mạng LAN logic không bị ràng buộc về mặt địa lý của các trạm
  - Mạng LAN logic độc lập với các ứng dụng mạng



48



## VLAN



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

- Một VLAN là một broadcast domain được tạo ra trên một hoặc nhiều switch
- Một switch có thể chứa một hoặc nhiều VLAN

49

## Các phương pháp chia VLAN

- Chia theo cổng trên switch – VLAN tĩnh (Static VLAN): tất cả các thiết bị gắn với cổng đó phải cùng VLAN
- Chia theo địa chỉ MAC của thiết bị - VLAN động (Dynamic VLAN): linh hoạt
- Chia theo giao thức tầng 3 (địa chỉ IP): phụ thuộc vào giao thức tầng trên

50

## VLAN (tiếp)

- Các loại liên kết trong mạng chuyển mạch chứa 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 với 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

51

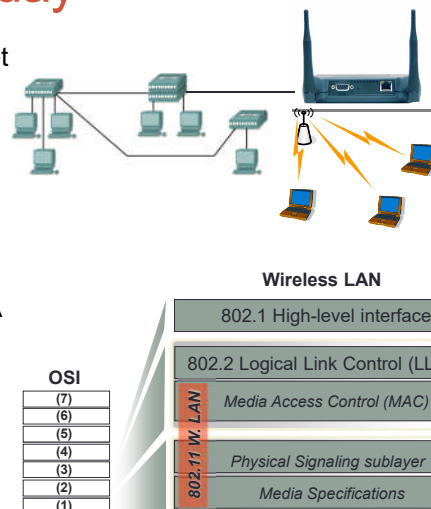
## 4.6. Wireless LAN (WLAN)

- LAN sử dụng môi trường truyền dẫn vô tuyến
- 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

52

## Mạng LAN không dây

- Kết nối Wireless LAN với Ethernet
  - Acces Point
  - Mobile Station
- Wireless LAN layers
  - Physic & Signaling:
    - Sóng radio
    - Tia hồng ngoại
  - MAC:
    - Phân kênh: FDM hoặc CDM
    - Truy nhập đường truyền: CSMA/CA
- Wireless LAN standards
  - 802.11 Infrared: 1 - 4 Mbps
  - 802.11a: 5 GHz (54 Mbps)
  - 802.11b: 2.4 GHz (11 Mbps)
  - 802.11g: 2.4 GHz (54 Mbps)



53

## Chuẩn WLAN

- IEEE 802.11 b
  - 6/1999
  - 11 Mbps
  - 2.4 GHz
  - Giá thành thấp, phạm vi phủ sóng rộng
  - Dễ bị nhiễu
- IEEE 802.11a
  - 54 Mbps
  - 5 GHz
  - Tốc độ nhanh, khó bị xuyên nhiễu
  - Giá thành cao, phạm vi phủ sóng hẹp

54

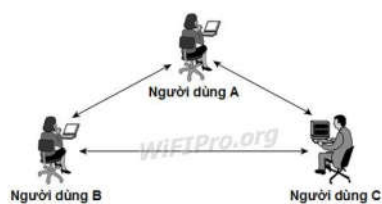
## Chuẩn WLAN (tiếp)

- IEEE 802.11g
  - 2002-2003
  - 54 Mbps
  - 2.4 GHz, 5GHz
- IEEE 802.11n
  - 10/2009
  - >100Mbps
  - 2.4 GHz

55

## Các mô hình triển khai WLAN

- Mô hình mạng Ad-hoc
  - Các nút di động tập trung lại trong một không gian nhỏ để hình thành nên kết nối ngang cấp (peer-to-peer) giữa chúng.
  - Các nút di động có thể trao đổi thông tin trực tiếp với nhau , không cần phải quản trị mạng.

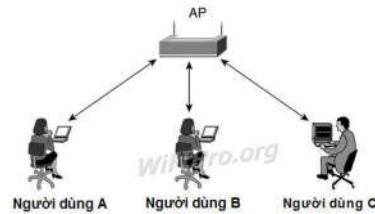


Hình 1-1  
Mô hình mạng Ad-hoc

56

## Mô hình Base Service Set (BSS)

- Bao gồm các **điểm truy nhập AP** (Access Point) gắn với mạng hữu tuyến → vùng phủ sóng -**cell**
- AP đóng vai trò điều khiển **cell**
- Các thiết bị di động không giao tiếp trực tiếp với nhau mà giao tiếp với các AP.
- Các cell có thể chồng lấn lên nhau **khoảng 10-15 %**
- Các trạm di động sẽ chọn AP tốt nhất để kết nối.

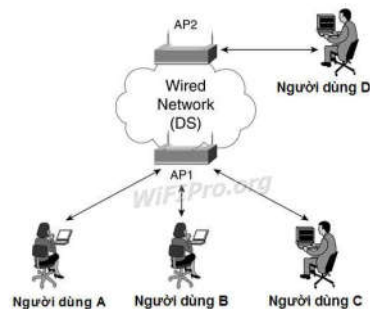


Hình 1-2  
Mô hình mạng cơ sở

57

## Mô hình mở rộng ESS

- *Tập hợp các BSSs*



Hình 1-3

58