

# 데이터 통신

컴퓨터공학과 이병문

2025.9 4주차

01 강의/일정 소개, 평가 소개

02 개요 및 물리계층

03 데이터링크 계층 1

04 데이터링크 계층 2 **Quiz 1**

05 무선통신

06 네트워크 계층 1

07 네트워크 계층 2

08 중간고사

## 데이터링크 계층

- WAN : HDLC Protocol
- LAN : LLC/MAC Protocol

|   | OSI          | TCP/IP      |
|---|--------------|-------------|
| 7 | Application  | Application |
| 6 | Presentation |             |
| 5 | Session      |             |
| 4 | Transport    | Transport   |
| 3 | Network      | Internet    |
| 2 | Data link    | Link        |
| 1 | Physical     |             |

**(9.25(목) Quiz 1 시험) - 4,5반**

**(10.3(목) 개천절, 웹엑스보강) - 5반**

**(10.6(월) 추석, 웹엑스보강) - 4반**

**(10.9(목) 한글날, 웹엑스보강) - 4, 5반**

## ■ WAN에서의 데이터링크 계층 (HDLC)

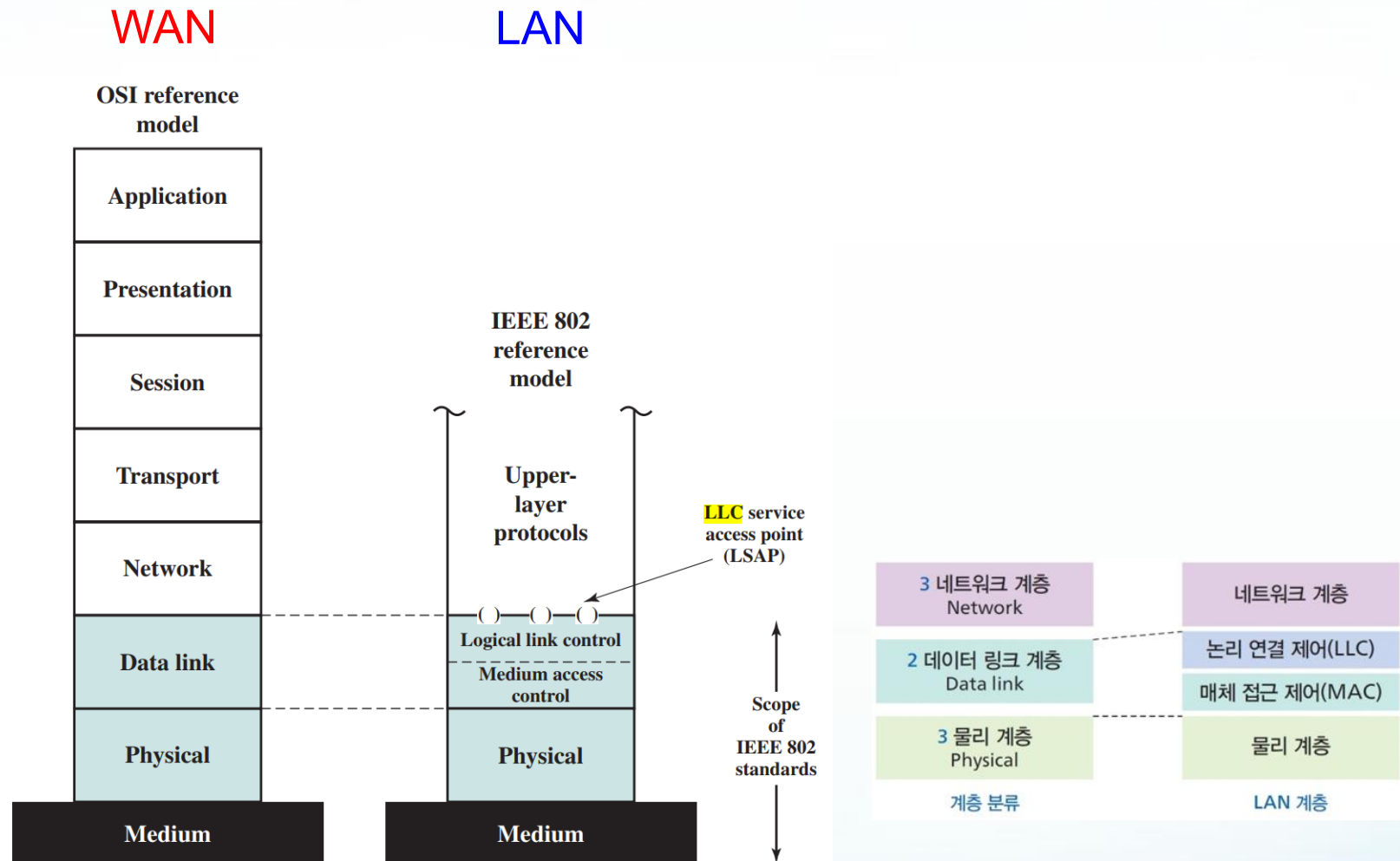
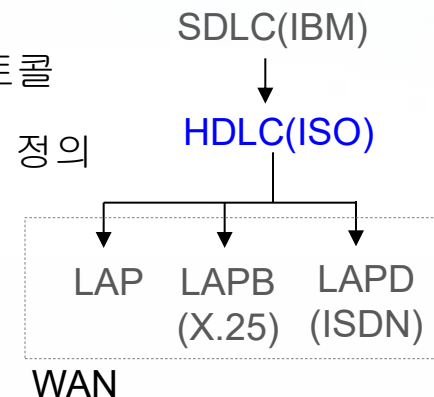


Figure 11.3 IEEE 802 Protocol Layers Compared to OSI Model

## ■ HDLC(High-level Data Link Control) 프로토콜

### ☑ HDLC의 개요 (WAN)

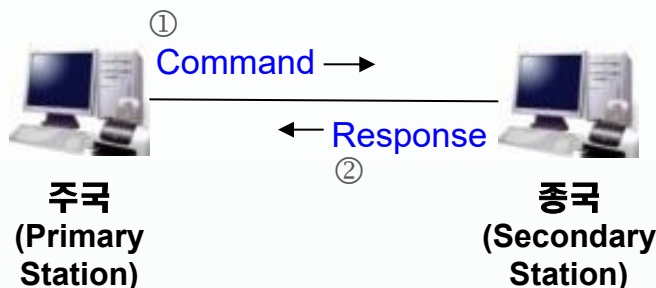
- ISO표준(ISO/IEC 13239:2002)으로 정한 대표적인 데이터링크 프로토콜
- Point-to-Point 또는 Multipoint 구성에서 오류없는 데이터의 전송기능을 정의 (=Multidrop)



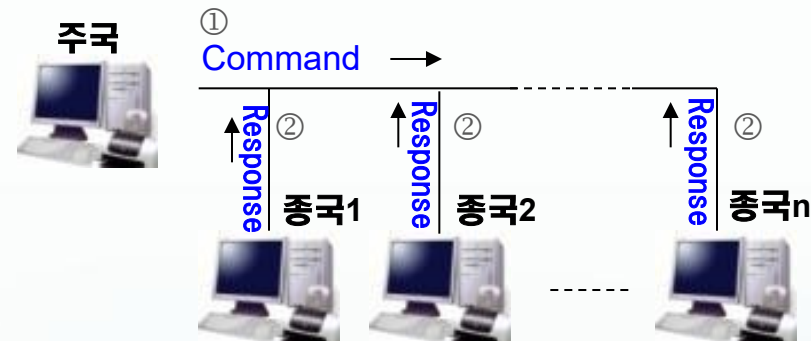
### ☑ 링크구성

- 정규 응답모드(=NRM, Normal Response Mode )

주국이 세션을 열고, 종국은 단지 응답만 하는 모드(방식)



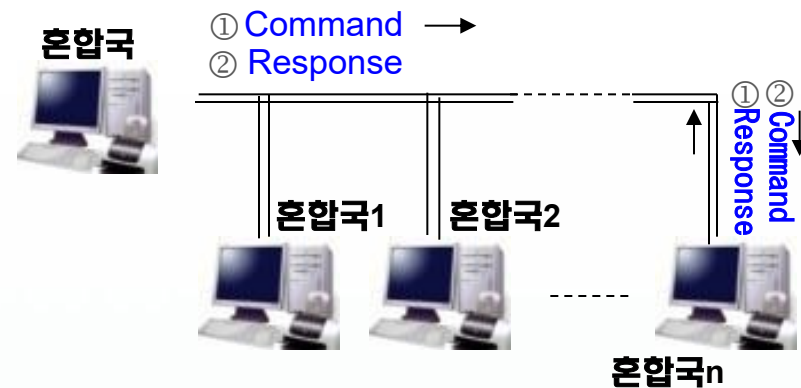
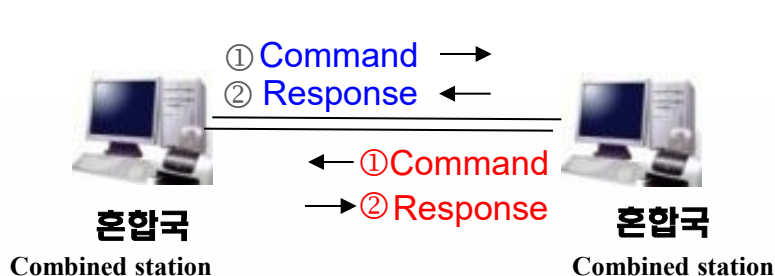
▲ Point to Point 구성



▲ Multipoint 구성

## - 비동기 균형모드 (=ABM, Asynchronous Balanced Mode)

- 균형적 링크(혼합국 = 주국과 종국이 동등한 위치)로 서로 각자 명령과 응답을 하여 동작함
- 따라서, 상대방의 승인없이 전송을 개시할 수 있음
- 전이중(Full duplex) 전송방식에서 가장 효과적임



## - 비동기 응답모드 (=ARM, Asynchronous Response Mode)

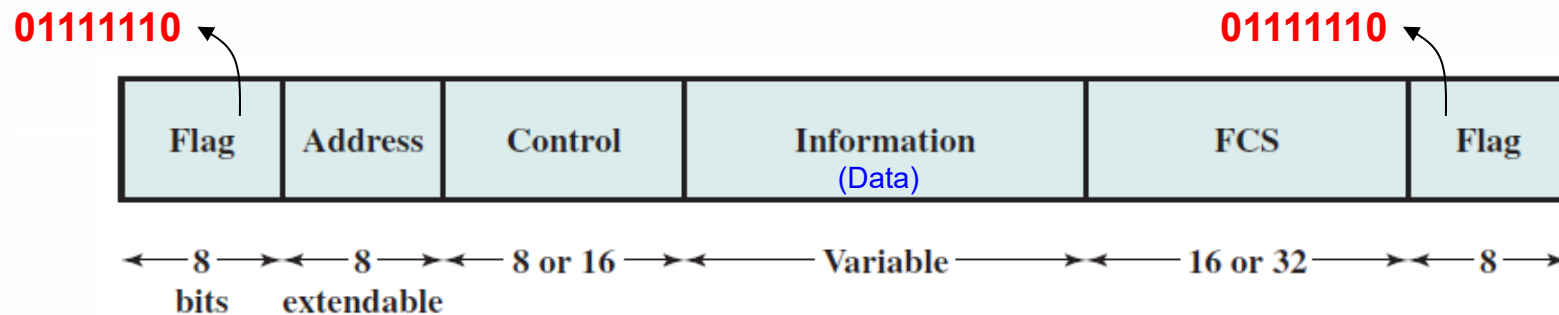
- 주국만이 전체적인 전송개시(연결설정/해제)를 담당
- 연결설정후에는 주국의 폴링명령(승인) 없이도 종국이 데이터를 보낼 수 있음
- 즉, 전송개시(연결관리)는 (NRM처럼 주/종관계) 이지만, 데이터와 응답전송은 (ABM과 같이) 자유로움

## ☑ HDLC 의 프레임

- I Frame (정보프레임)
- U Frame (비번호프레임)
- S Frame (감독프레임)

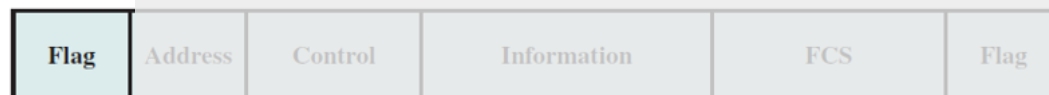
### ☑ 프레임

- HDLC 전송에 사용되는 단일한 프레임 포맷 (비트프레임)
- Header ..... Flag + Address + Control
- Data ..... Information
- Trailer ..... FCS + Flag



### ☑ Flag

- 특정 비트패턴(01111110)으로 프레임을 구분하며, 송신스테이션이 추가
- 수신스테이션이 지속적으로 Flag 를 검출, 프레임 동기화를 실현



# 데이터링크 계층 (사례연구)

bmlee made

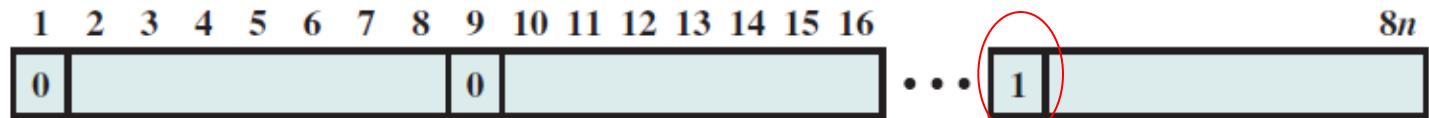
| Flag | Address | Control | Information | FCS | Flag |
|------|---------|---------|-------------|-----|------|
|------|---------|---------|-------------|-----|------|

## ☑ HDLC 의 프레임

- I Frame (정보프레임)
- U Frame (비번호프레임)
- S Frame (감독프레임)

## ☑ Address

- 가변크기, secondary station 수가 많을 경우 주소영역이 확장됨,
- (Point-to-Point 구성) 11111111 .... 주소가 필요없어, 의미없는 1로 패딩됨
- (Multi-point 구성) 주소 마지막byte의 맨앞 '1', **11111111** -> Broadcast address

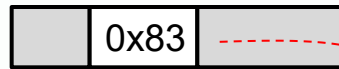


(b) Extended address field

command 10000011



0x01

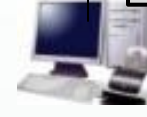


0x02



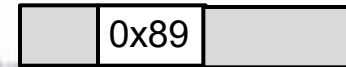
0x03

.....



0x09

response



10001001

10000000  
10000001  
10000010  
⋮  
11111110  
11111111

0???????? 1????????  
0???????? 0???????? 1????????  
0???????? 0???????? 0???????? 1????????

# 데이터링크 계층 (사례연구)

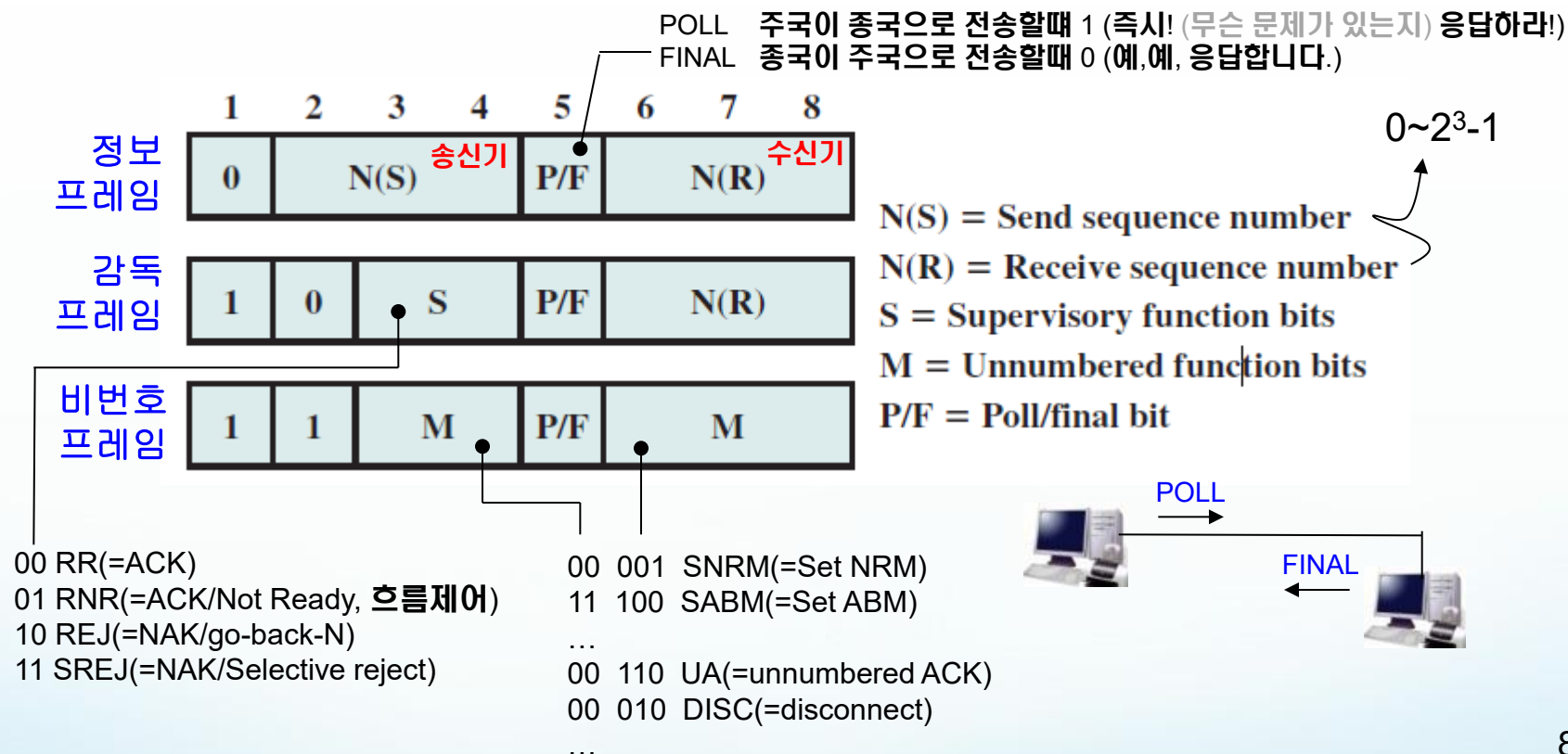
bmlee made

| Flag | Address | Control | Information | FCS | Flag |
|------|---------|---------|-------------|-----|------|
|------|---------|---------|-------------|-----|------|

## ☑ HDLC 의 프레임

### ☑ Control

- 3가지 유형(종류)의 프레임 ( 제어필드: 8bit 또는 16bit )
- Information Frame ..... 데이터를 전송할때 사용하는 프레임 (Piggybacking 응답 포함)
- Unnumbered Frame .... 링크설정, 링크해제, 모드셋팅 등 제어용 프레임 (Seq.번호가 없음)
- Supervisory Frame ..... 흐름제어와 오류제어용 사용하는 프레임



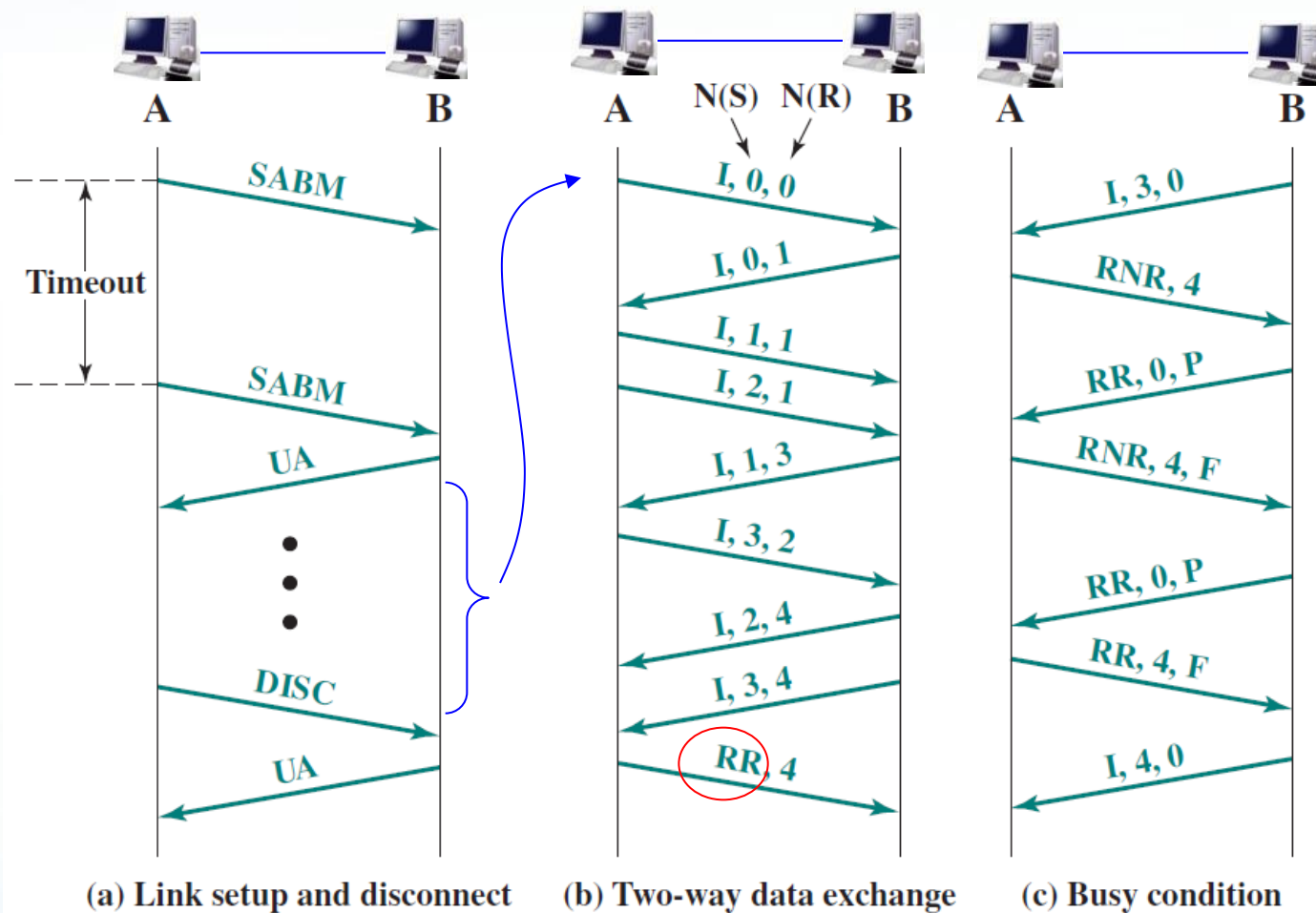


# 데이터링크 계층 (사례연구)

bmlee made

| Flag | Address | Control | Information | FCS | Flag |
|------|---------|---------|-------------|-----|------|
|------|---------|---------|-------------|-----|------|

## ☑ HDLC 의 Protocol



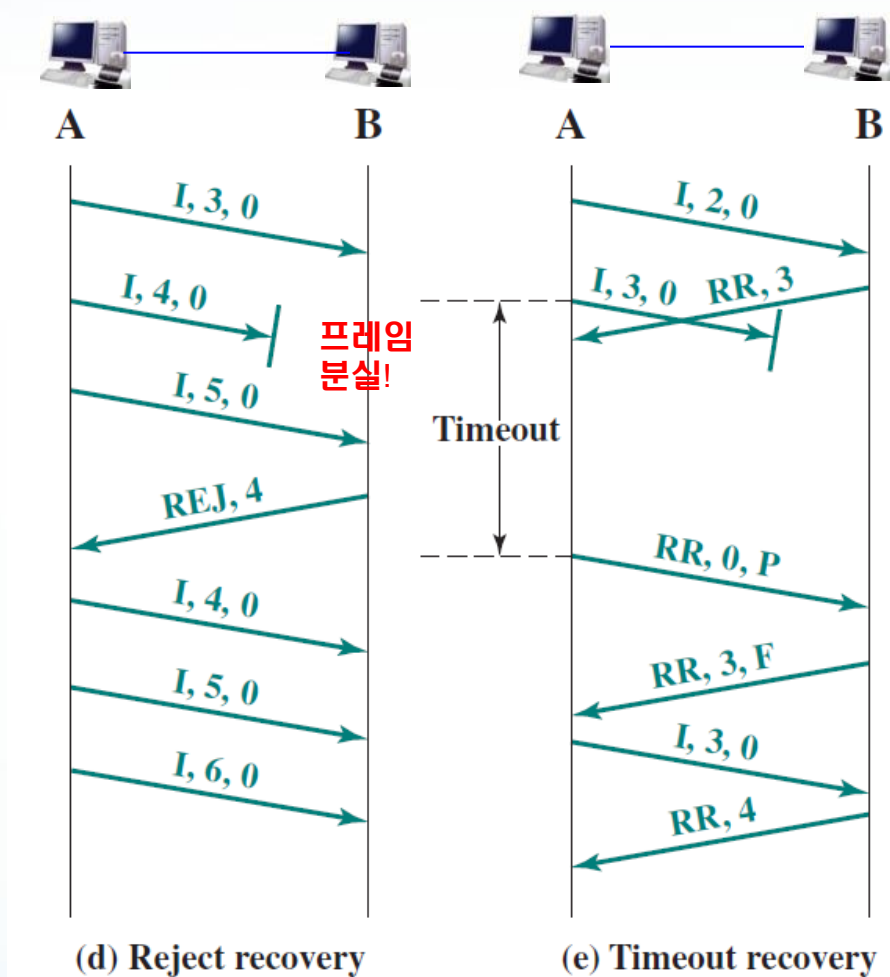
SABM Set Asynchronous Balanced Mode  
 UA Unnumbered Acknowledgment  
 DISC Disconnect

P Poll  
 F Final

RNR Receive Not Ready (= ACK, 흐름제어)  
 RR Receive Ready (= ACK)

| Flag | Address | Control | Information | FCS | Flag |
|------|---------|---------|-------------|-----|------|
|------|---------|---------|-------------|-----|------|

## ☑ HDLC 의 Protocol



REJ Reject(=NAK)  
 RR Receive ready (= ACK)  
 P Poll  
 F Final

# 데이터링크 계층 (사례연구)

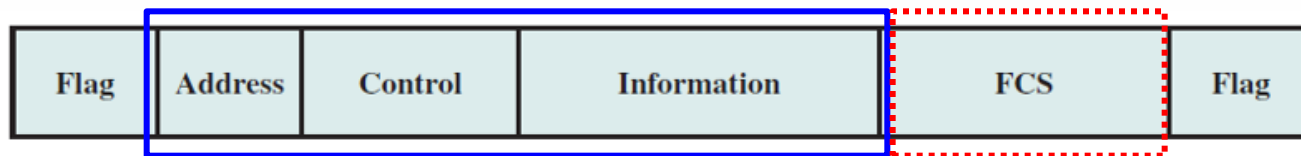
bmlee made

## ☑ HDLC 의 프레임

### ☑ FCS (Frame Check Sequence)

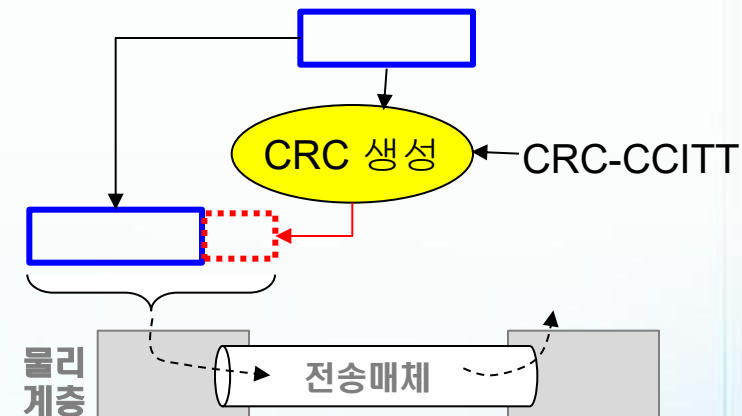
- 오류 검출을 위한 필드(2 bytes or 4 bytes)
- 기본다항식 ..... 16-bit **CRC-CCITT** 다항식( $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ ) or 32-bit **CRC-32**  
(또는 CRC-32 로도 사용가능)

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$



- CRC-16과 **CRC-32**의 성능분석
  - > Single and double errors, Odd number of bit errors,
  - > Bursts of length 16 or less
  - > 99.997% of 17-bit bursts error
- > Bursts of length 32 or less
- > 99.999999977% of 33-bit burst errors

- > Single and double errors, Odd number of bit errors,
- > Bursts of length 16 or less
- > 99.997% of 17-bit error bursts,
- > 99.998% of 18-bit and longer error bursts



## ■ LAN에서의 데이터링크 계층

(IEEE 802.3 Ethernet, 유선),

(IEEE 802.11 WLAN, 무선)

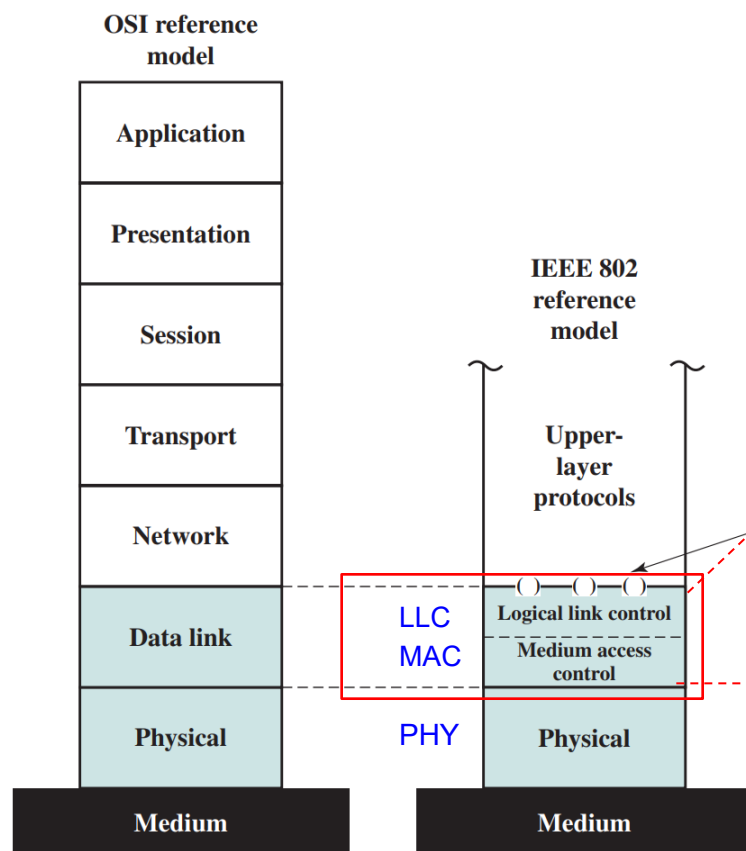


Figure 11.3 IEEE 802 Protocol Layers Compared to OSI Model

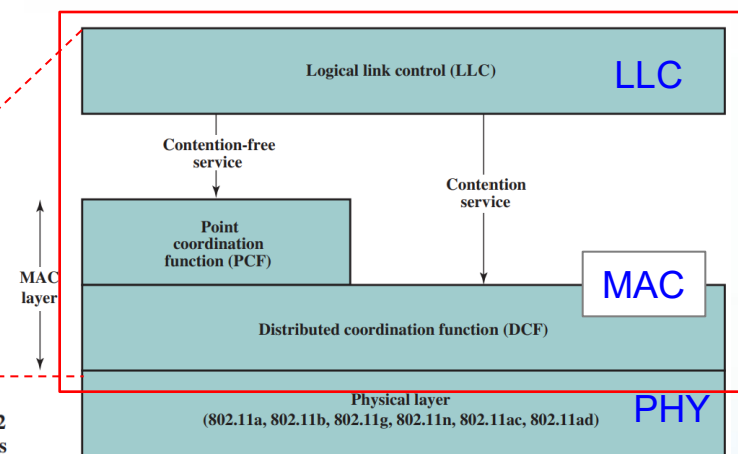
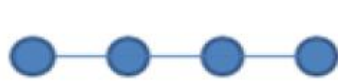


Figure 13.5 IEEE 802.11 Protocol Architecture

## ■ LAN의 위상(Topology)

### ☑ 네트워크 토폴로지

- 노드 간에 구성할 수 있는 네트워크의 여러가지 형태 (6가지)



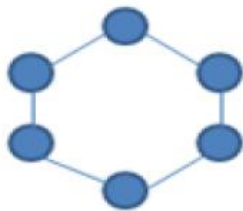
Line



Tree



Bus



Ring



Star



Mesh

○ 노드(컴퓨터,송수신기,라우터 등)

— 링크(물리적접속, 전송매체)

Line 설치간단, 비용▼  
노드장애시 불통

Tree 확장성▲  
노드 많아지면, 성능저하

Bus 설치간단, 비용▼  
규모가 커지면 성능저하

Ring 균등한 성능  
한방향으로 전송하면,  
충돌발생이 없음

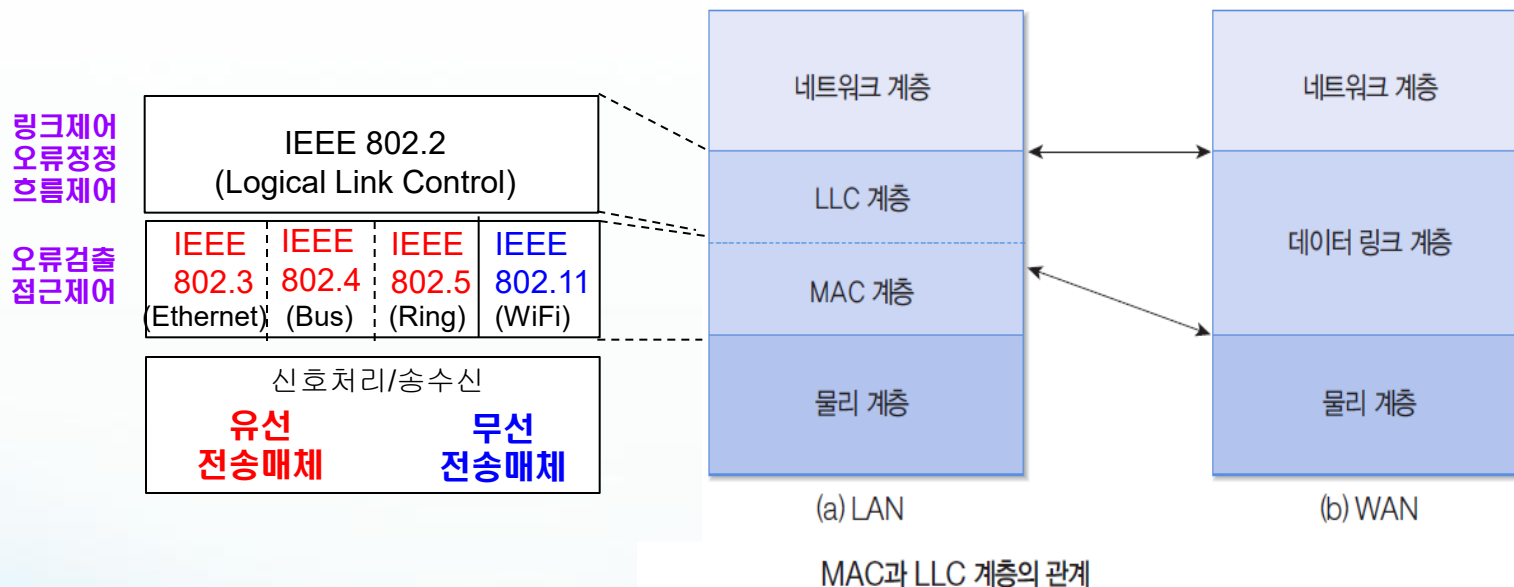
Star 중앙집중형태  
노드추가/제거 간단  
중앙노드장애시 전체불통

Mesh 분산연결형태  
노드설치/추가/제거 어려움, 비용▲  
노드장애시에도 고가용성/신뢰성 확보

## ■ LAN의 프로토콜 계층

### ☑ 개요

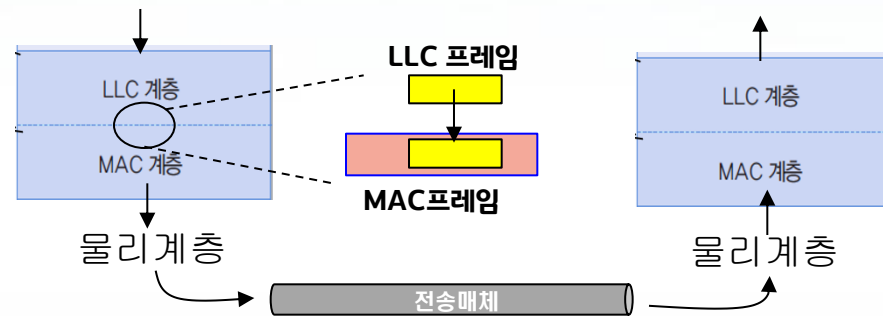
- IEEE 표준 LAN 에서 사용하는 데이터링크 프로토콜
- LAN에서는 데이터링크계층이 **MAC계층**과 **LLC계층**으로 분리되어 있음
  - > MAC(Medium Access Control)계층 ... 접근제어(Access Control)에 집중된 기능을 제공
  - > LLC(Logical Link Control)계층 ... 링크를 생성/관리, 흐름제어등 전송에 집중된 기능을 제공



## ■ LLC 계층 (IEEE 802.2)

### ☑ LLC 계층의 특징

- HDLC 프로토콜과 유사한 기능을 제공
- 링크제어, 오류정정, 흐름제어 제공
- LLC프레임 생성/관리
- MAC계층은 다르더라도 LLC계층은 같음



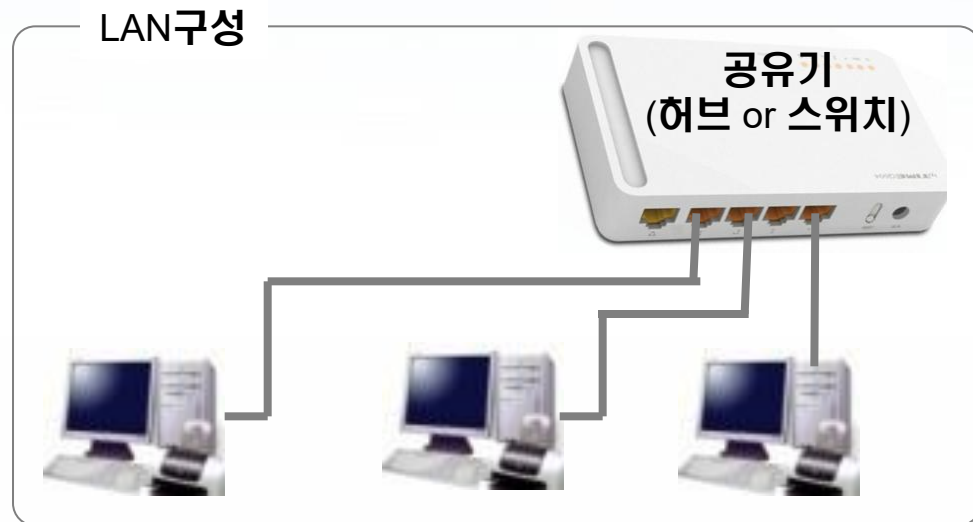
### ☑ 비교 / 분석

| 항목        | HDLC   | IEEE 802.2 LLC   |
|-----------|--|--|
| 링크제어      | NRM, ABM, ARM  | 연결지향, 비연결지향  |
| LLC프레임    | Information 프레임<br>Supervisory 프레임<br>Unnumbered 프레임 | Information 프레임<br>Supervisory 프레임<br>Unnumbered 프레임     |
| 오류정정      | ACK + 순서번호(NS/NR)                                    | I프레임 ( 순서번호(NS/NR) )<br>S프레임 ( REJ/SREJ )                |
| 흐름제어      | RR<br>RNR  | RR (수신노드 -- 계속보내! -> 송신노드)<br>RNR (수신노드 -- 기다려! -> 송신노드) |
| MAC계층과 분리 | 분리하지 않음  | 분리함<br>(하위MAC: 802.3, 802.4, 802.5)                      |

## ■ MAC 계층

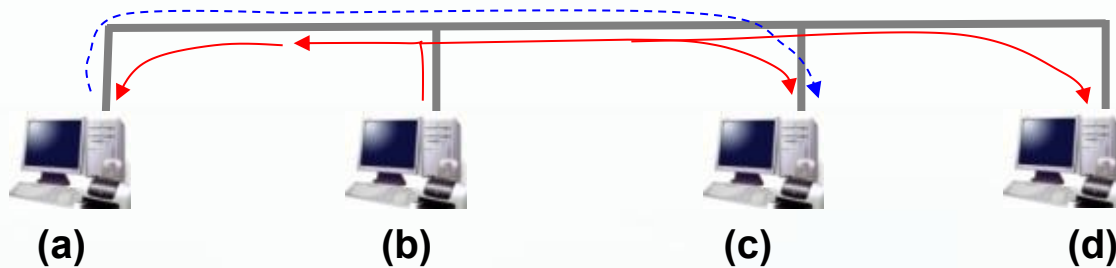
### ☑ Ethernet (IEEE 802.3)

- **Bus형**(더미허브), Star형(스위치)



- **Bus형**에서의 데이터 전송

> (b)에서 (d)로 데이터(프레임)을 송신할 경우 ... 전송신호는 전송매체 전체로 전파됨



> 만약에 (a)가 (c)에게 (동시에) 데이터를 송신할 경우, 전송매체에서는 **신호의 충돌이 발생 !!!**

> 따라서, **MAC**계층에서는 충돌방지를 위해 적절한 통제가 필요 함!

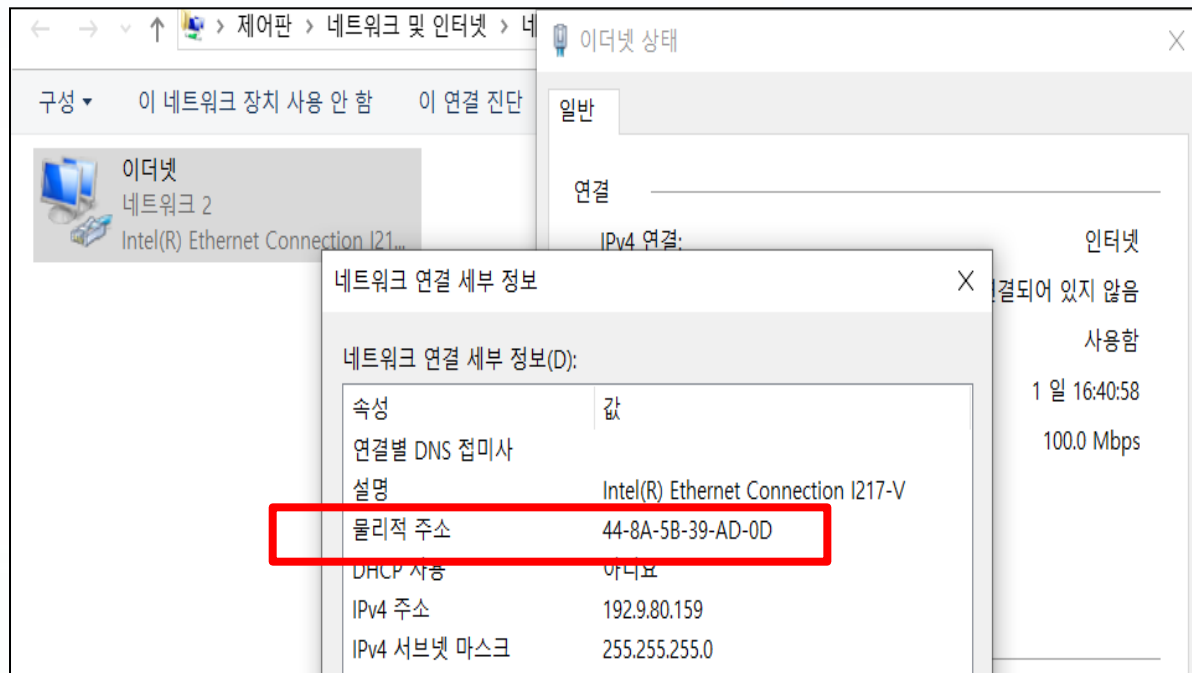
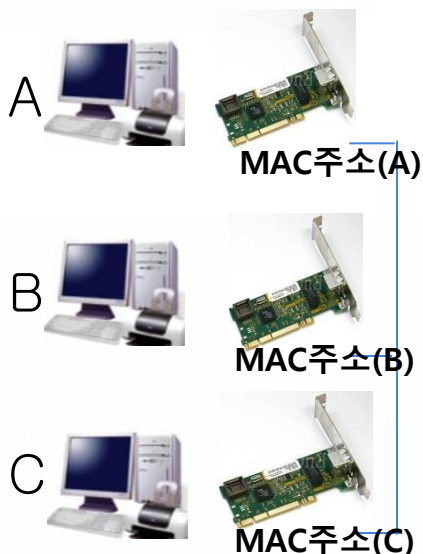


# 데이터링크 계층 (사례연구)

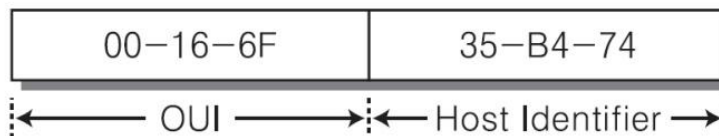
bmlee made

## ■ MAC 계층

### ☑ Firmware 형태



### ☑ MAC주소 형태 (IEEE 802.3 기준)



- 48bit
- Unique address, in each LANcard
- OUI(Organizational Unit Identifier)

00:50:56:3e:3c:fe

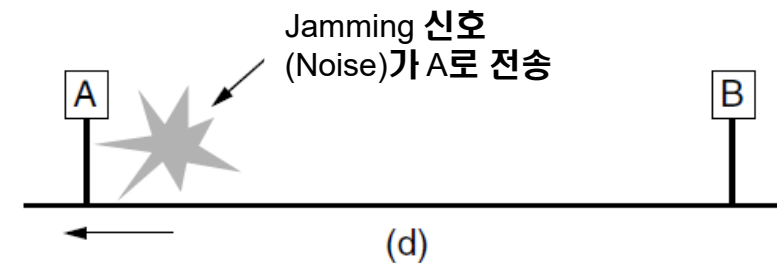
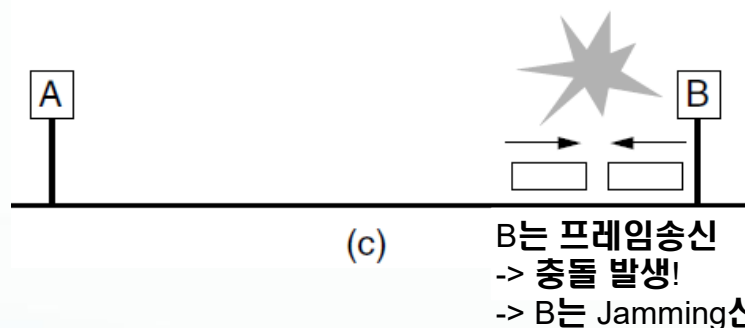
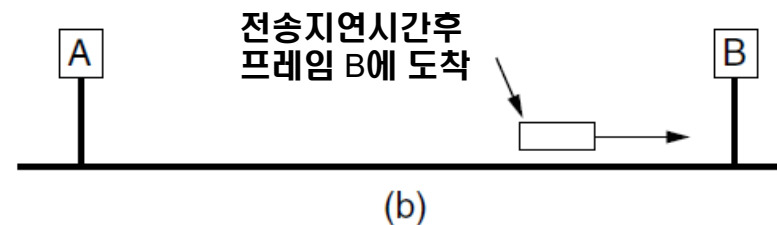
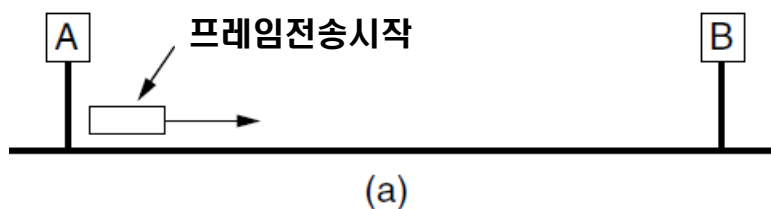
제조사 번호    일련번호  
(IEEE에서 지정)    (제조사에서 지정)

[그림 11-3] MAC 주소의 예

## ■ MAC 계층

☑ **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, IEEE 802.3 = Ethernet)

- 데이터를 송신할 때 전송충돌을 허용하되, 충돌이 발생하면 이를 피하여 재전송으로 해결
- 전송매체의 길이가 길수록, 전송지연이 증가하여 충돌가능성이 높아짐



- 재전송시 재충돌 가능성을 줄이기 위해, 시간대를 달리하는 방식으로 진행
- 대표적인 경쟁기반프로토콜 (Contention based Protocol)

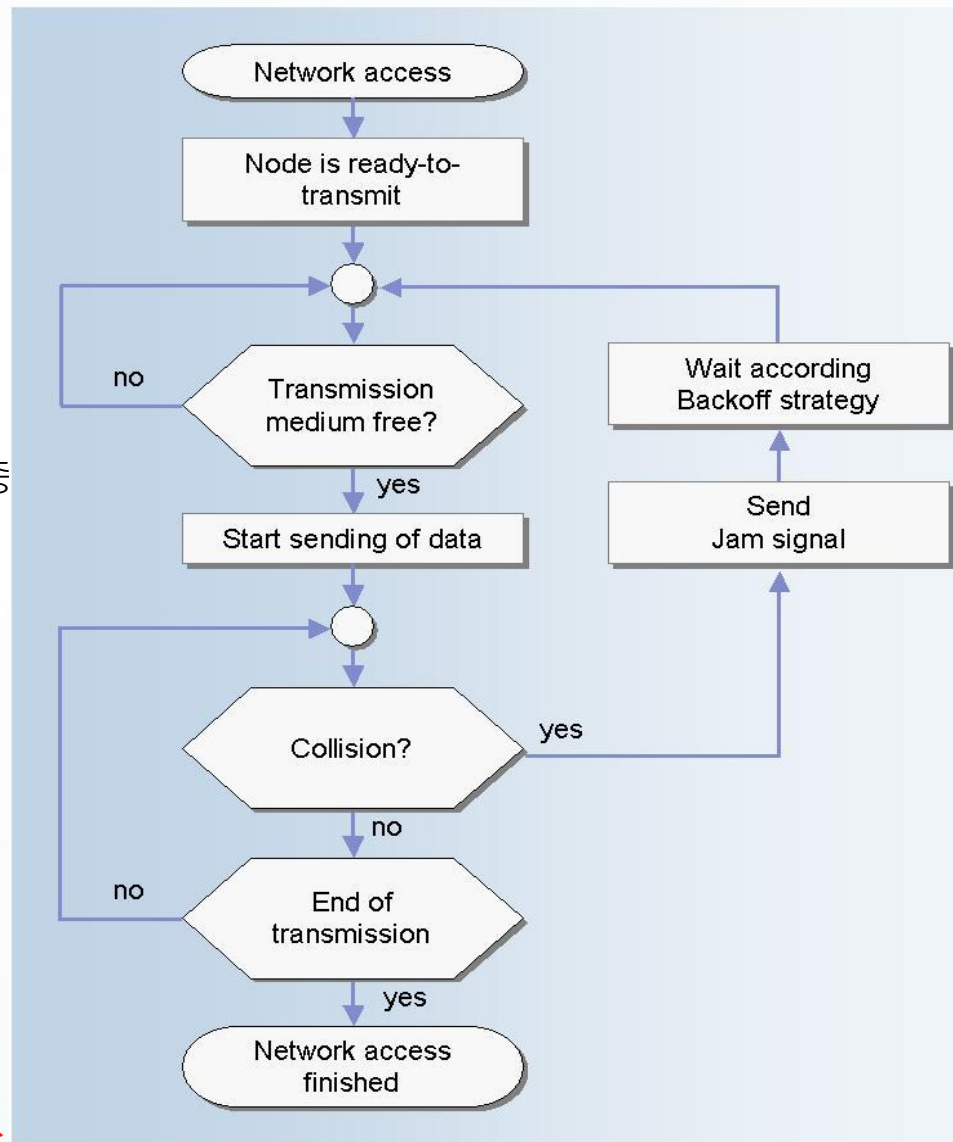
## ■ MAC 계층

### ☑ CSMA/CD 알고리즘( IEEE 802.3 )

- 충돌하면, 랜덤시간만큼 대기한후(Backoff) 재전송 진행
- 재전송시 충돌가능성을 줄이기 위해 **backoff 전략**(binary exponential)  $2^n$  개중

- 첫번째 충돌 :  $\{0,1\}$ 에서 k를 선택
- 두번째 충돌 :  $\{0,1,2,3\}$ 에서 k 선택
- ...
- 열번째 충돌 :  $\{0,1,2,3,4,\dots,1023\}$ 에서 k 선택
- 대기시간 =  $k \times 512\text{bit전송시간}$

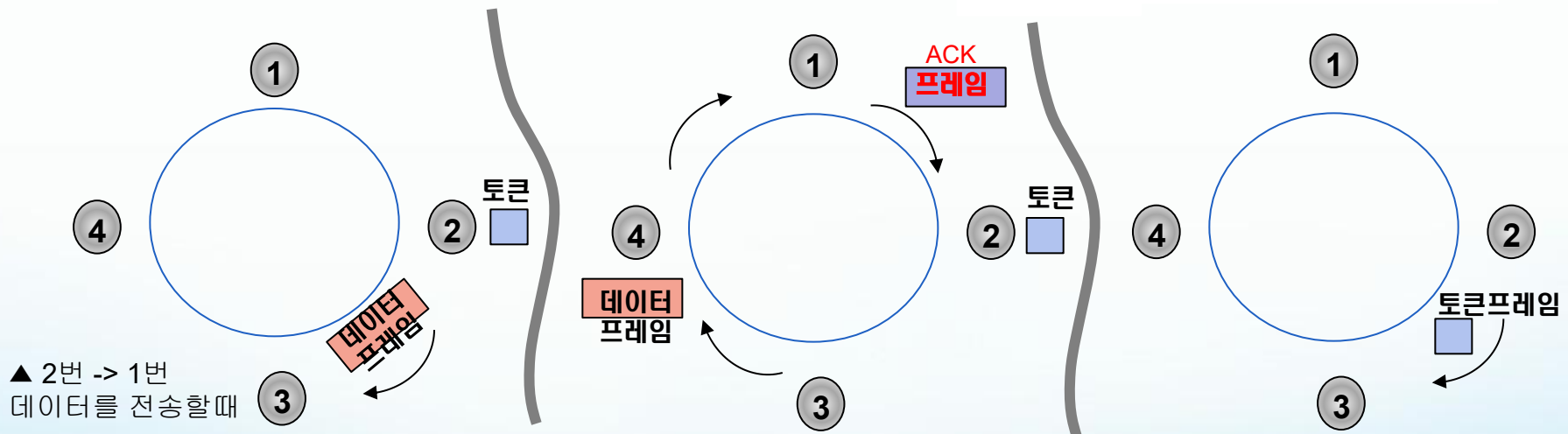
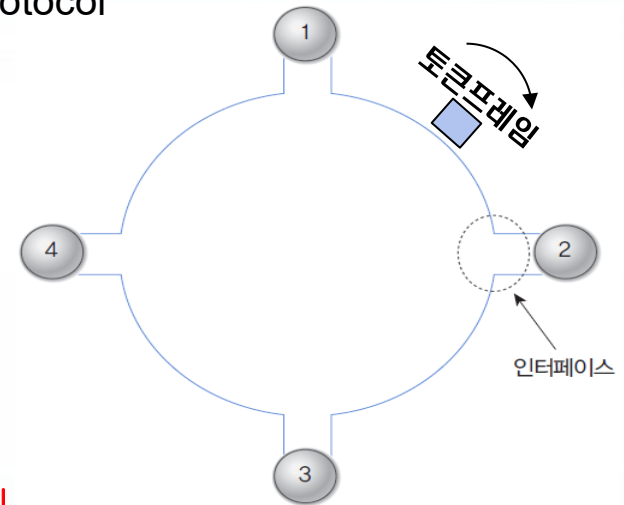
CSMA/CD 알고리즘 ►



## ■ MAC 계층

☑ 토큰 링(Token Ring, IEEE 802.5) .... Contention free protocol

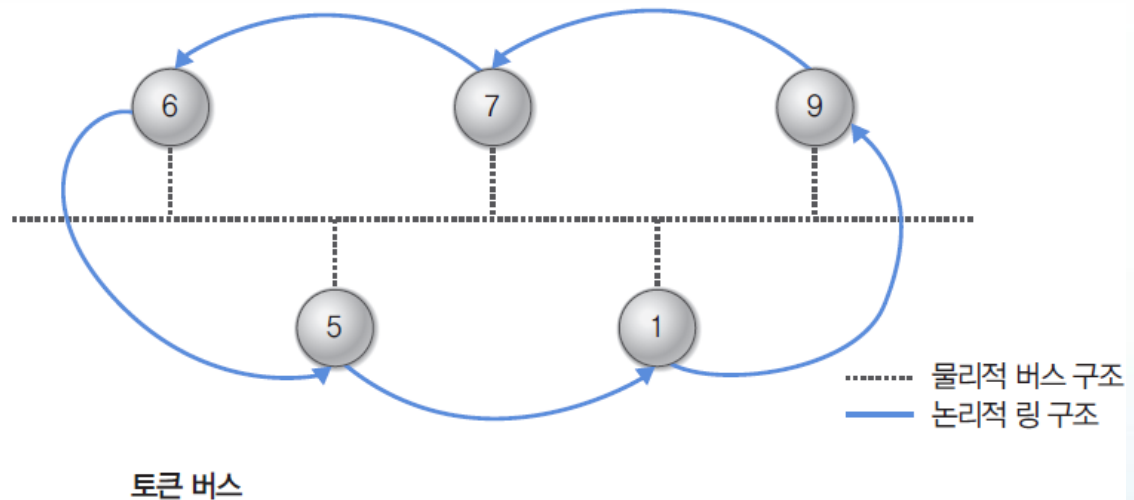
- 물리적으로 링형태로 네트워크를 구성
- **매체접근제어 기준**
  - > 토큰을 보유한 노드만이 전송권을 가짐
  - > 네트워크가 활성화되면, 특정노드가 토큰을 생성후 한방향으로만 전송함 (Round robin 방식 : 공평함)
  - > 토큰이 되돌아 오면 다시 새 토큰을 생성하여 전송
- (경쟁을 하지 않고) 토큰프레임으로 **충돌을 회피하는 방식**



## ■ MAC 계층

### ☑ 토큰버스(Token Bus, IEEE 802.4) .... Contention free protocol

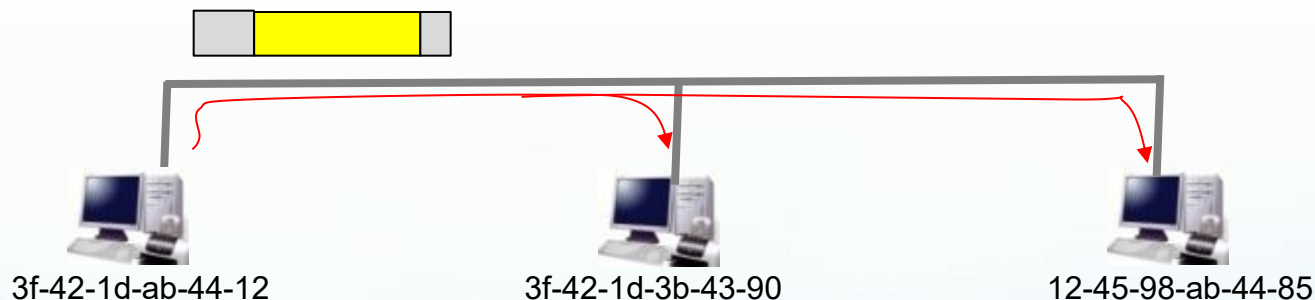
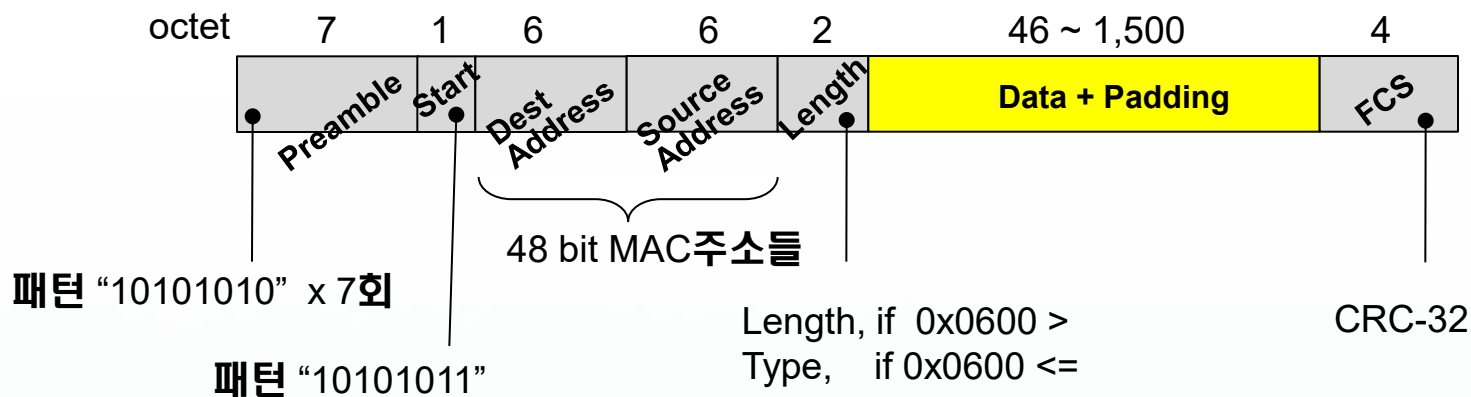
- 물리적 구성은 **Bus** 형태이나, 논리적 구성은 (토큰을 사용하는) **Ring** 형태임
- (Bus 구조에서는 충돌이 발생되기 때문에) 토큰(Token, 매체사용권)으로 순서를 결정함
- 매체접근 제어기준
  - > 토큰을 가진 노드만이 전송할 수 있음
  - > 최초 노드가 토큰을 생성한 후, 한방향으로만(예, 시계방향 또는 반시계방향)으로 전송하고,
  - > 되돌아오면 다시 토큰을 생성하여 전송
- Round robin 방식 (공평함)



## ■ MAC 계층

### ☑ 프레임생성/관리 (IEEE 802.3 = Ethernet = 유선LAN)

- MAC프레임의 구조 (비트프레임)

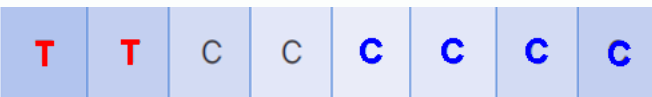
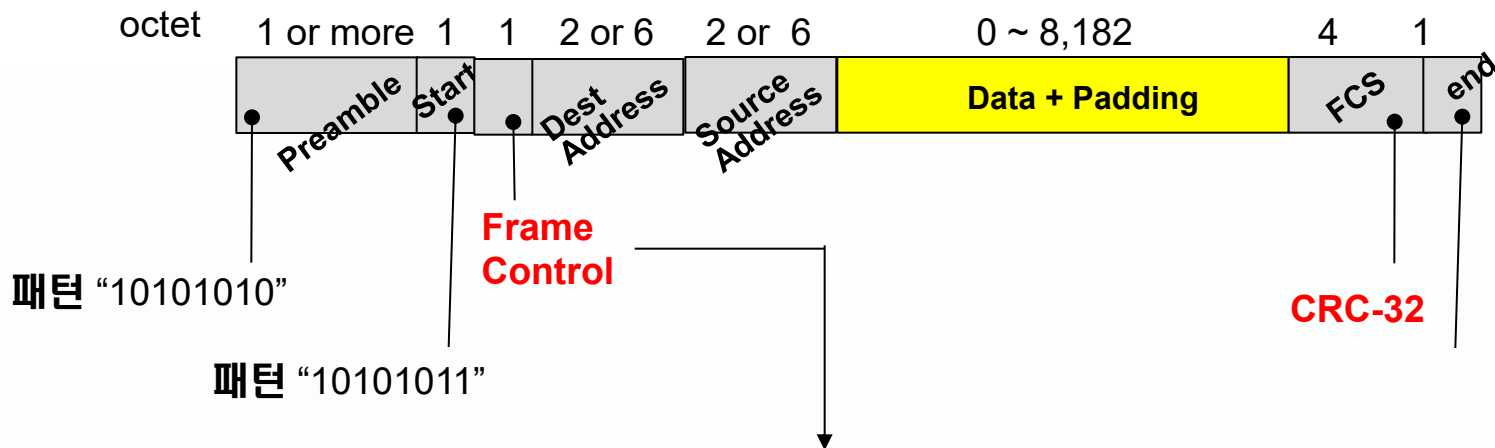




## ■ MAC 계층

### ☑ 프레임생성 및 관리 (Token Bus, IEEE 802.4)

- MAC프레임의 구조



0 0 제어용 MAC 프레임(데이터프레임)  
 0 1 LLC 프레임 (제어프레임)  
 1 0 네트워크관리용 데이터프레임  
 1 1 Reserved

예) 데이터프레임의 전송할 경우  
 00 00 0000

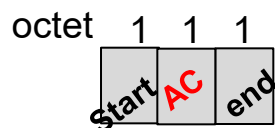
예) 토큰프레임을 전송할 경우  
 01 00 0001



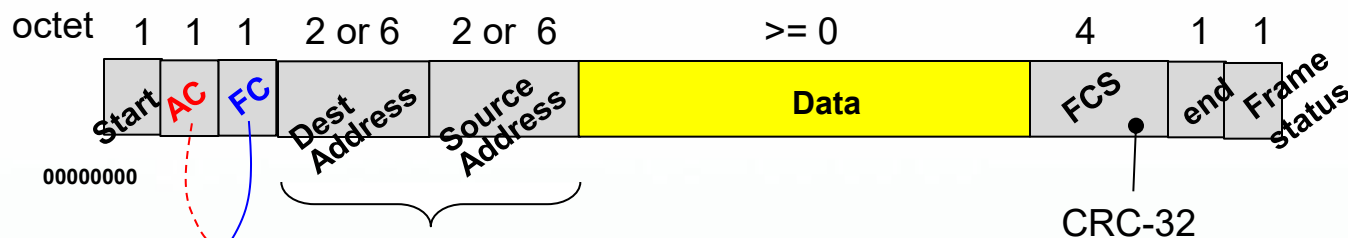
## ■ MAC 계층

### ☑ 프레임생성 및 관리(Token Ring, IEEE 802.5)

- MAC프레임의 구조

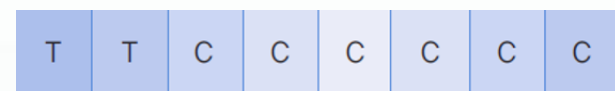


(빈 토큰) 프레임



(데이터)프레임

Frame Control



00 제어프레임 구분용(MAC프레임)  
01 데이터프레임 구분용(LLC프레임)  
1 x 예약

예) 제어프레임(토큰)

00 000000

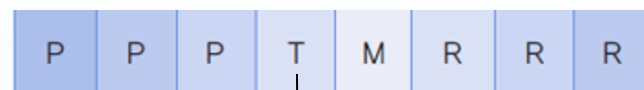
예) 데이터프레임

01 000001

예) 제어프레임(ACK)

00 000010

Access Control



우선순위(PPP)  
- 000(낮음)  
- 111(높음)

링 무한순환  
방지용

1: 토큰프레임  
0: 데이터프레임

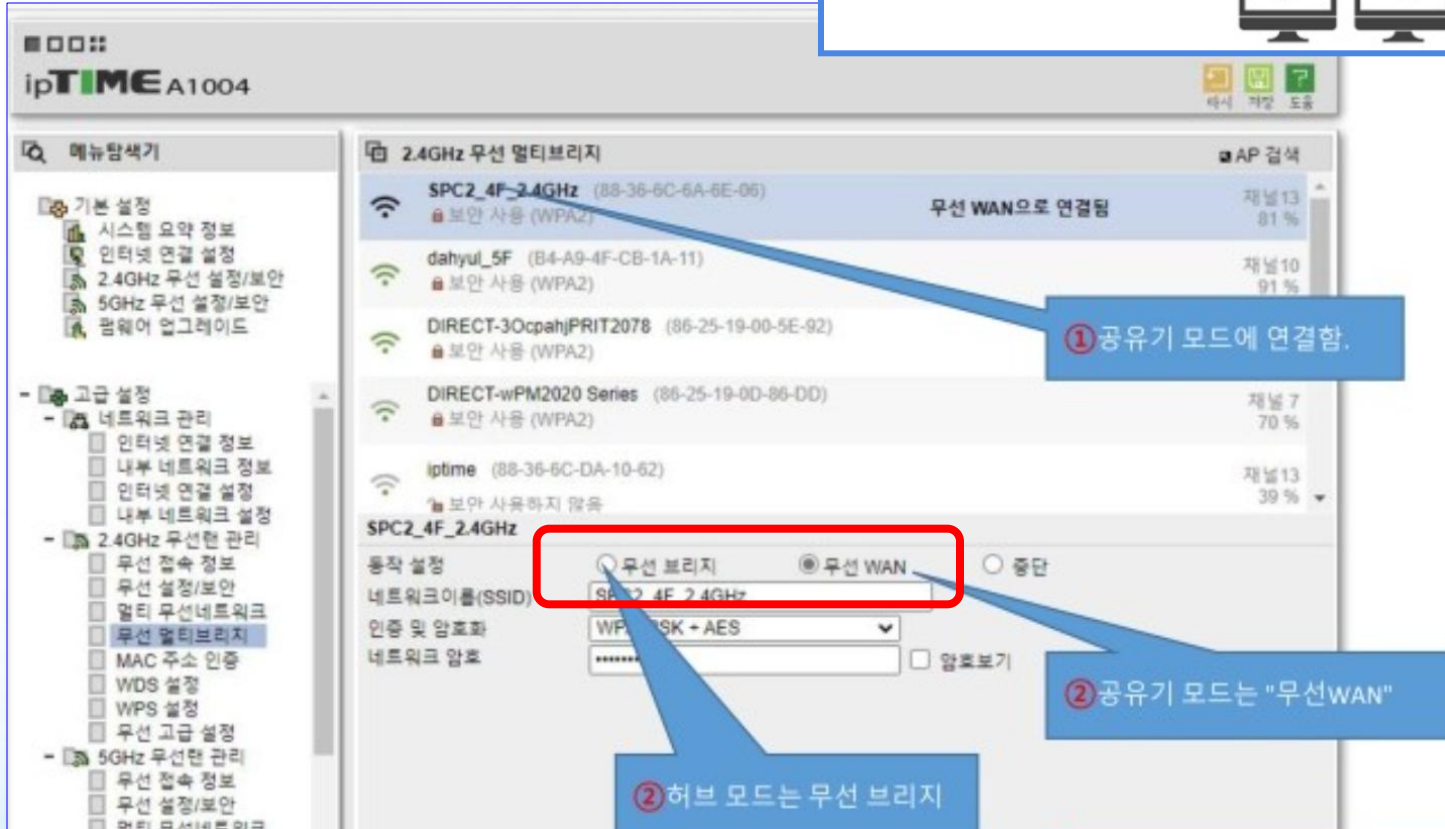
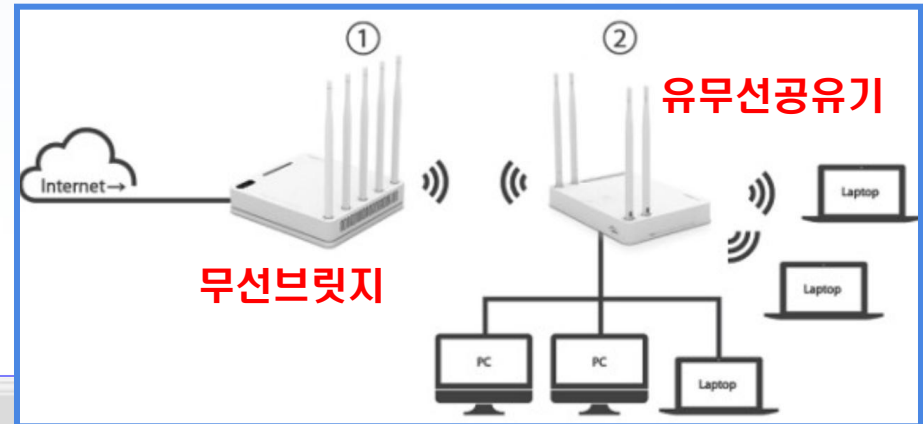
# 데이터링크 계층

bmlee made

## ■ 데이터링크 계층의 대표장비

### ☑ 브릿지 (Bridge)

- 수신한 신호를 다시 인코딩(재생)하여 송신하는 장치 (리피터기능 내장)



ipTIME  
Extender-A6T



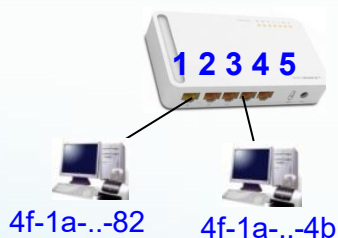
## ■ 데이터링크 계층의 대표장비

### ☑ 스위치 (Switch) - Star 형

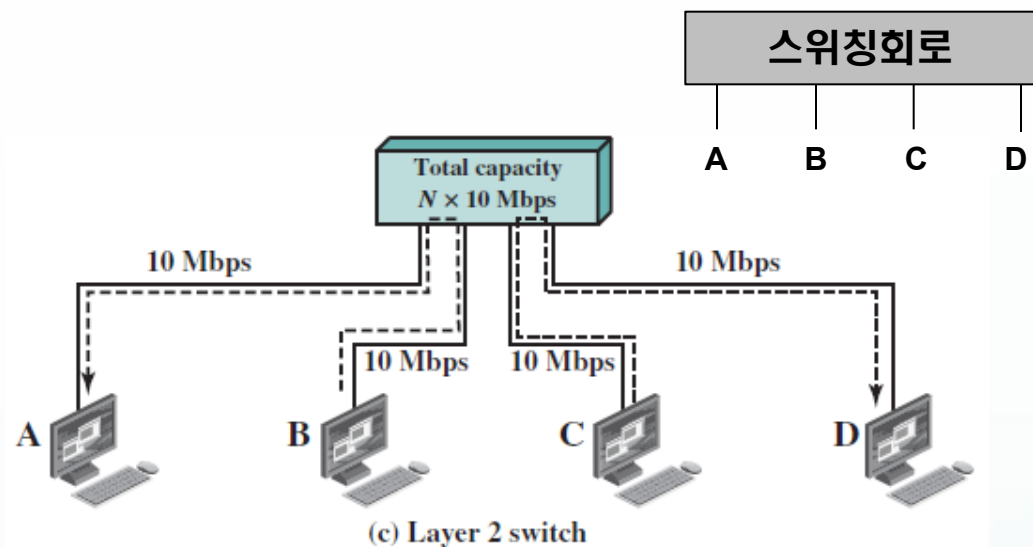
- MAC주소를 기반으로 프레임을 목적지 포트로 전단하여, 충돌이 발생하지 않도록 해주는 네트워크 장비 (= L2 스위치 = Switching HUB)
- 포트별로 충돌 도메인 분리 가능, MAC 주소 학습 및 필터링, 포워딩 기능 수행, Full-duplex 방식

### ■ Switch HUB (= L2 Switch)

- Star 구조
- 전송을 증가 (동시전송가능)
- 충돌가능성 낮음
- Mac Table + 스위칭 회로



| MAC주소        | 포트번호 |
|--------------|------|
| 4f-1a-...-82 | 1    |
| 4f-1a-...-4b | 4    |



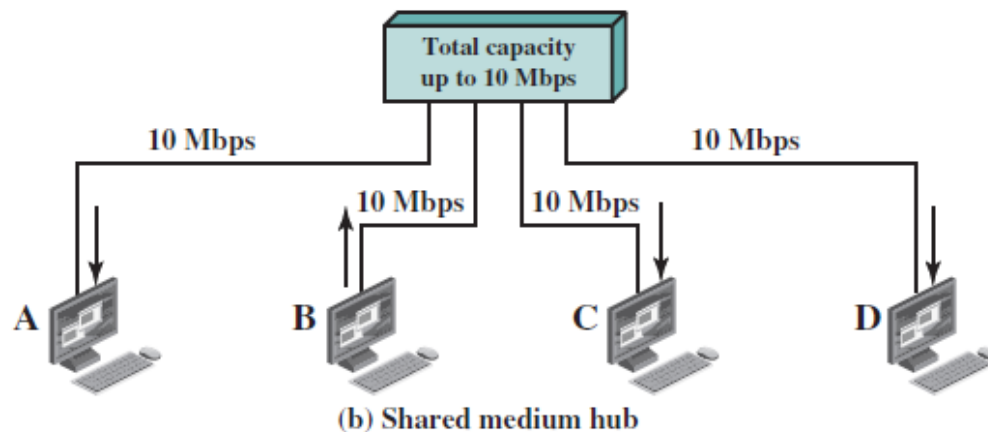
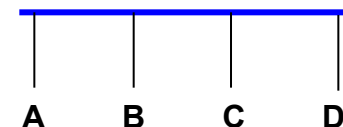
CISCO 스위치(16 포트)

성능  
스위칭속도: 3.2Gbps  
포트속도: 10/100Mbps

## ■ 참고용

### ■ Dummy HUB (=shared hub)

- Star 구조(물리적), Bus 구조 (논리적),
- 전송율 고정(예, 10Mbps)
- 충돌가능성 높음(CSMA/CD 활용됨)
- 사용되지 않음



# 강의 Q&A

## 아주 중요한 유튜브 동영상 (필수시청)

---



<https://www.youtube.com/watch?v=TIiQiw7fpsU&t=274s>



<https://www.youtube.com/watch?v=iKn0GzF5-IU>

데이터링크계층



[https://www.youtube.com/watch?v=\\_NX99ad2FUA](https://www.youtube.com/watch?v=_NX99ad2FUA)

물리계층



<https://www.youtube.com/watch?v=qQYiwmamq38>