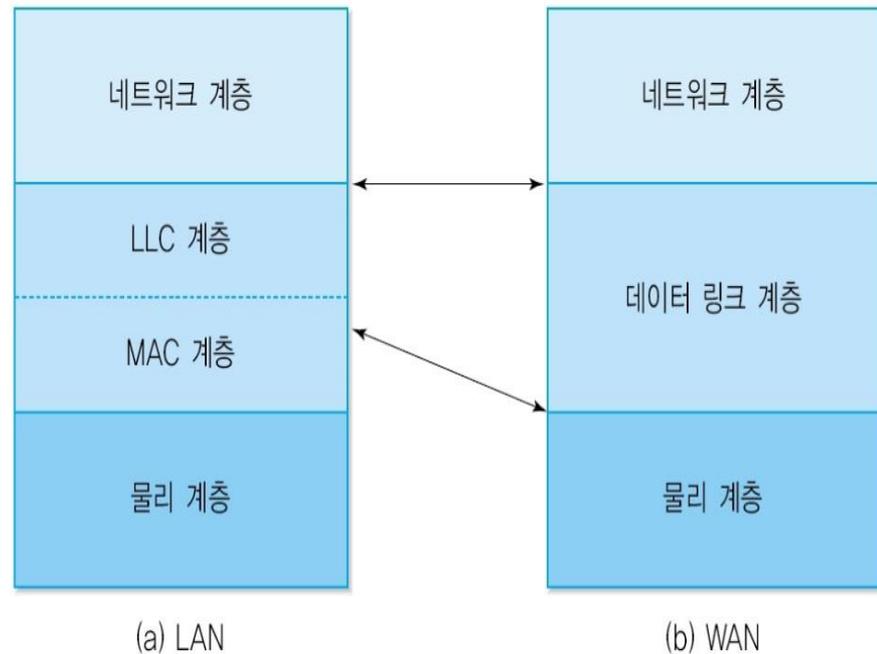


# 5장. MAC 계층

컴퓨터 네트워크

# LLC 계층과 MAC 계층

- LAN 환경에서 데이터링크 계층을 LLC 계층과 MAC 계층으로 나누어 처리
- LLC(Logical Link Control)
  - 데이터링크 계층의 기본 기능
  - WAN의 데이터링크 계층과 거의 유사
  - LAN 특성에 따라 부분적인 차이가 있을 수 있음
- MAC(Medium Access Control)
  - 물리적 선로의 특징과 매체 간의 연결방식에 따른 제어
  - 이더넷, 토큰 링, 토큰 버스



[그림 5-1] MAC과 LLC 계층의 관계

# 1. IEEE 802 시리즈

컴퓨터 네트워크

# IEEE 802 시리즈

- IEEE([www.ieee.org](http://www.ieee.org))에서 LAN 표준안 연구결과를 802 시리즈로 발표
  - 802.1
    - 관련 표준안 전체 소개
    - 인터페이스 프리미티브 정의
  - 802.2
    - LLC 프로토콜 정의
  - 802.3 ~
    - 물리계층과 MAC 계층



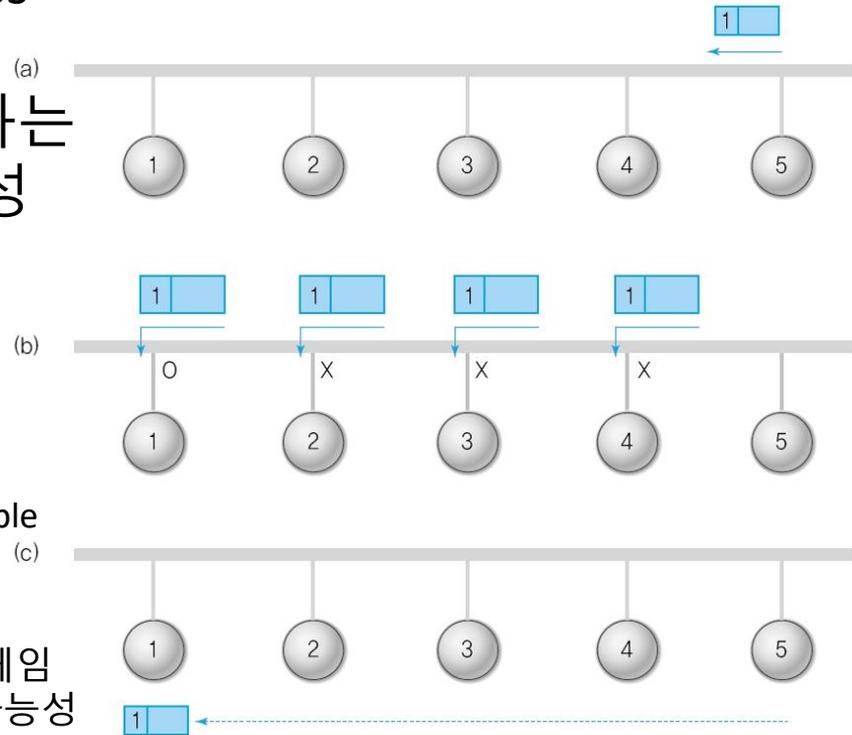
[그림 5-2] IEEE 802 시리즈의 계층 구조

# MAC 소개 (1)

- 다중접근채널(Multiple Access Channel) 방식을 이용하여 공유매체에 프레임을 전송하는 방식에서는 충돌 발생 가능성 존재

- 해결 방안

- 충돌 허용 후 후속 조치
  - 이더넷
    - CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)
    - 충돌 감지 후 재전송
    - 매체 길이가 길어질수록 프레임 전송 지연 증가, 충돌 발생 가능성 증가
- 충돌을 원천적으로 차단
  - 타임 슬롯(time slot) 배정

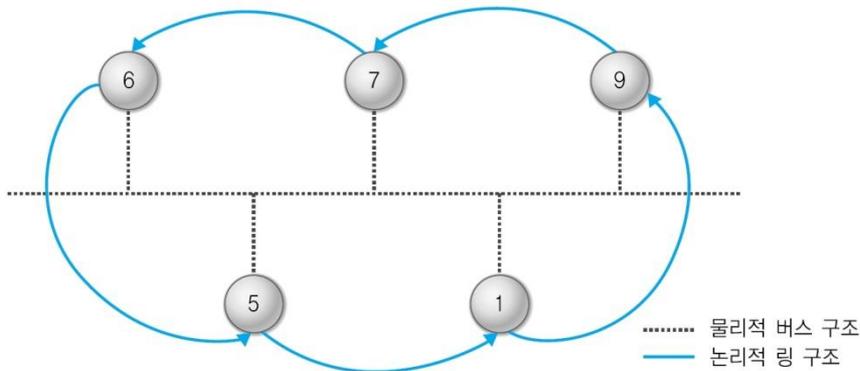


[그림 5-3] 공유 버스에서의 데이터 전송

# MAC 소개 (2)

- 토큰 버스

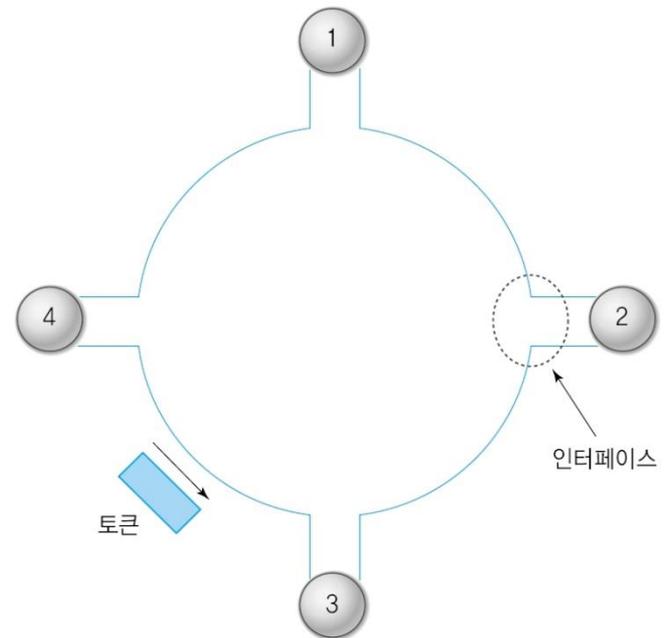
- 물리적으로는 버스 구조이나 논리적으로는 링 구조
- 토큰(token)이라고 부르는 제어 프레임 사용



[그림 5-4] 토큰 버스

- 토큰 링

- 순환 구조의 전송매체
- 대기 모드와 전송 모드로 동작



[그림 5-5] 토큰 링

# IEEE 802 워킹그룹 개요 (1)

- IEEE 802.1
  - 담당 업무
    - 802 LAN/MAN 아키텍처
    - 802 LAN, MAN, WAN 사이의 네트워킹
    - 802 연결 보안
    - 802 전체 네트워크 관리
    - MAC & LLC 계층 위의 프로토콜 계층
  - 802.1D (신장트리 프로토콜)
  - 802.1Q (VLAN: 가상 근거리 통신망)
  - 802.1aq (최단경로 브리징)
- IEEE 802.2 (활동 안함)
  - 논리링크제어 정의
- IEEE 802.3
  - 이더넷
- IEEE 802.4 (해산)
  - 토큰 버스
- IEEE 802.5 (활동 안함)
  - 토큰 링
- IEEE 802.6 (해산)
  - MAN 표준
  - 기존의 FDDI 표준 개선
- IEEE 802.7 (해산)
- IEEE 802.8 (해산)
  - 광섬유 기술 권고 그룹(Fiber Optic Technical Advisory Group)
- IEEE 802.9 (해산)
  - 카테고리 3의 TP(Twisted Pair) 상에서 음성, 데이터 전송
  - 이소이더넷(isoEthernet)
- IEEE 802.10 (해산)
  - LAN, MAN에서 사용할 수 있는 보안 기능 (2004년 철회)

# IEEE 802 워킹그룹 개요 (2)

- IEEE 802.11
  - Wireless LAN(WLAN) & Mesh(Wi-Fi certification)
- IEEE 802.12 (해산)
  - 100BaseVG
    - category 3 UTP wires (known as Voice Grade)에서 100Mbps/s 구현
    - 100VG-AnyLAN (Ethernet, Token ring)
- IEEE 802.13 (미사용)
  - Fast Ethernet 개발 용도로 예약
- IEEE 802.14 (해산)
  - Cable modems
- IEEE 802.15
  - Wireless PAN
- IEEE 802.15.1
  - Bluetooth certification
- IEEE 802.15.2
  - IEEE 802.15 and IEEE 802.11 coexistence
- IEEE 802.15.3
  - High-Rate wireless PAN (e.g., UWB, etc.)
- IEEE 802.15.4
  - Low-Rate wireless PAN (e.g., ZigBee, WirelessHART, MiWi, etc.)
- IEEE 802.15.5
  - Mesh networking for WPAN
- IEEE 802.15.6
  - Body area network

# IEEE 802 워킹그룹 개요 (3)

- IEEE 802.16
  - Broadband Wireless Access (WiMAX certification)
- IEEE 802.16.1
  - Local Multipoint Distribution Service
- IEEE 802.17
  - Resilient packet ring
- IEEE 802.18
  - Radio Regulatory TAG
- IEEE 802.19
  - Coexistence TAG
- IEEE 802.20
  - Mobile Broadband Wireless Access
- IEEE 802.21
  - Media Independent Handoff
- IEEE 802.22
  - Wireless Regional Area Network
- IEEE 802.23
  - Emergency Services Working Group
- IEEE 802.24
  - Smart Grid TAG
- IEEE 802.25 (비준 전)
  - Omni-Range Area Network

## TAG(Technical Advisory Group)

### 과제

- 현재 활동 중인 IEEE 802.x 중 하나 선정하여 조사하여 요약 발표
- 802.3, 802.11, 802.15, 802.15.x, 802.16, 802.16.1, 802.17 ~ 802.25

# 2. 이더넷

컴퓨터 네트워크

# IEEE 802.3

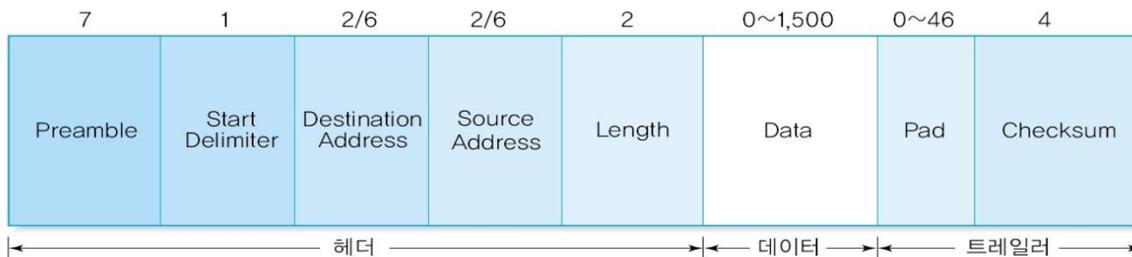
- 1-persistent CSMA/CD 방식의 LAN 환경을 규정
  - 1-persistent CSMA
    - 프레임을 전송하기 전에 채널(공유 버스) 사용 여부를 확인 – Carrier Sense
    - 채널이 사용 중이면 유휴 상태가 될 때까지 대기
    - 이후, 채널이 유휴 상태가 되면 확률 1의 조건으로 프레임을 전송
    - 둘 이상의 호스트에서 동시에 유휴 상태로 판단하면 충돌 발생 – Multiple Access
    - 충돌이 발생하면 임의의 시간 동안 대기한 후 처음부터 다시 시작
  - CD(Collision Detection)
    - 둘 이상의 호스트에서 채널이 유휴 상태라고 판단할 수 있음
    - 이런 경우 프레임 전송 과정에서 충돌이 발생
    - 따라서 충돌 감지 기능이 필수적으로 요구됨
    - 충돌이 감지되면 진행중인 프레임의 전송을 중지

# 다른 CSMA 방식

- Non-persistent CSMA
  - 프레임을 전송하기 전에 채널 사용 여부를 확인
  - 채널이 사용 중이면 더 이상 유휴 상태를 확인하지 않음
  - 대신 임의의 시간 동안 대기 후 다시 채널 감지를 시작
  - 1-persistent 방식보다 충돌 확률을 줄일 수 있음
- P-persistent CSMA
  - 슬롯 채널 방식에서 주로 사용
  - 프레임을 전송하기 전에 채널 사용 여부를 확인
  - 채널이 사용 중이면 다음 슬롯까지 대기 후 다시 채널 감지를 시작
  - 채널이 유휴 상태면  $p$ 의 확률로 프레임을 전송

# 프레임 (1)

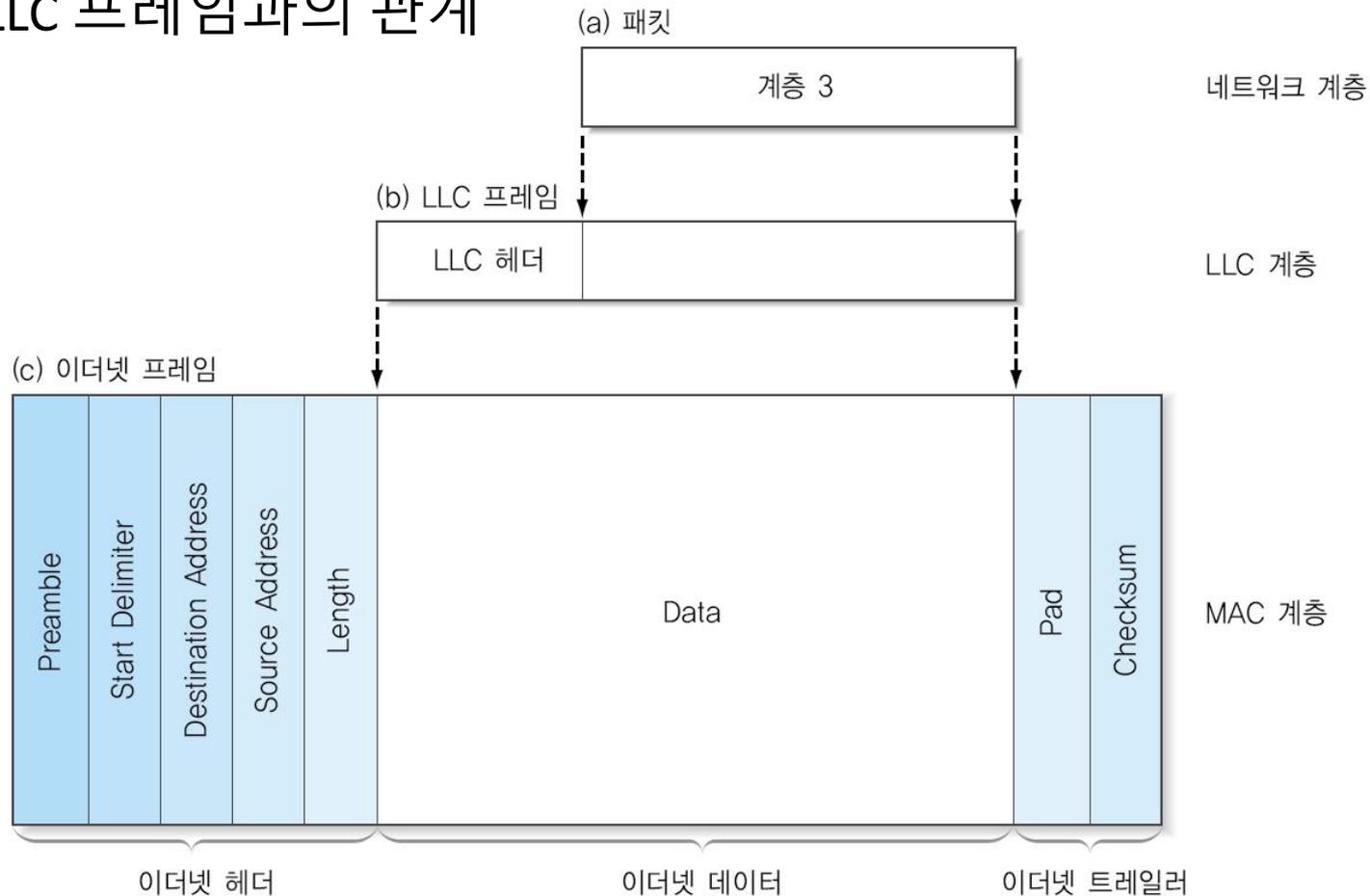
- MAC 프레임 = MAC 헤더(header) + LLC 프레임 + MAC 트레일러(trailer)
  - LLC 프레임: LLC 계층이 MAC 계층에게 전송하도록 요청한 데이터
- 이더넷 프레임 구조
  - MAC 헤더:
    - Preamble
      - 수신 호스트가 송신 호스트의 클럭 동기를 맞추는 용도
    - Start Delimiter
      - 프레임의 시작 위치 구분
  - Destination Address
    - 수신 호스트의 MAC 주소
  - Source Address
    - 송신 호스트의 MAC 주소
  - Length
    - Data 필드에 포함된 가변 길이의 전송 데이터 크기
  - LLC 프레임
    - DATA
  - LLC 트레일러
    - Pad
    - Checksum
      - 데이터 변형 오류를 감지



[그림 5-7] 이더넷 프레임

# 프레임 (2)

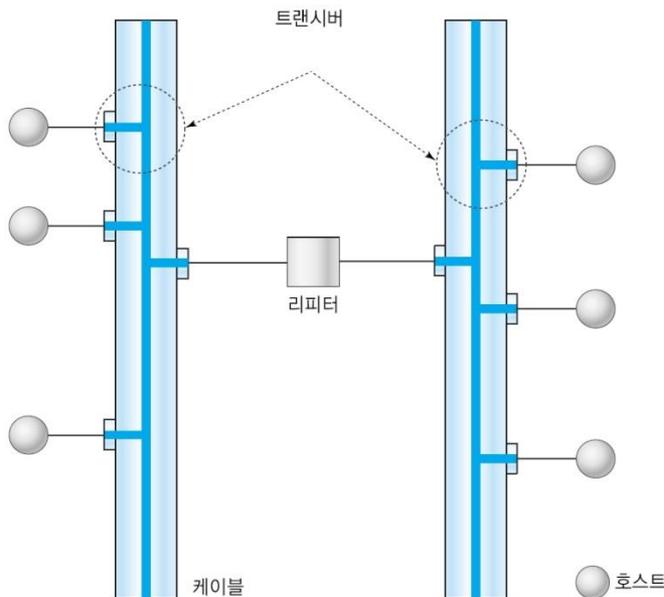
- LLC 프레임과의 관계



[그림 5-8] Data 필드(이더넷)

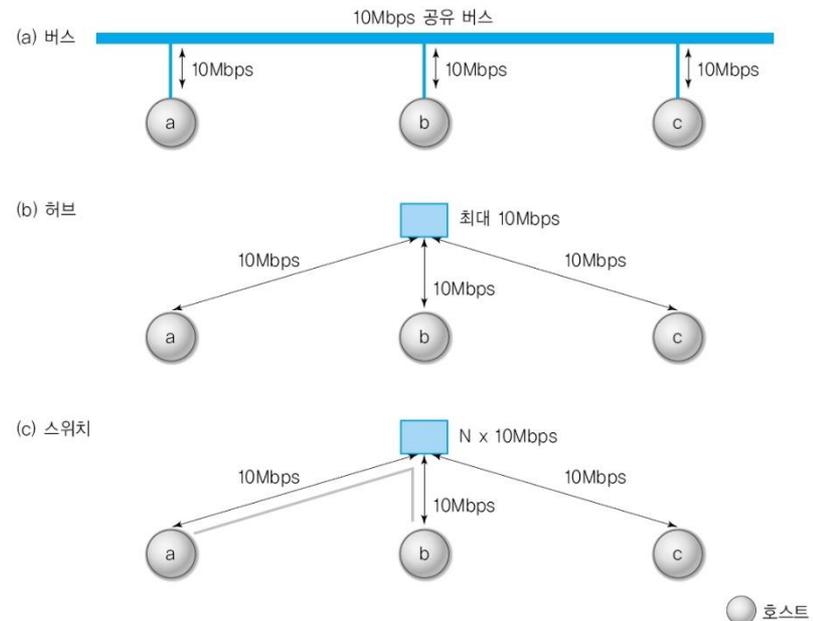
# 연결방식

- 고전적인 연결 방식
  - 트랜시버(Transceiver)
  - 리피터(Repeater)
- 개선 방향



[그림 5-6] 이더넷의 연결

- 허브와 스위치
  - 허브(hub, dummy hub)
  - 스위칭 허브(switching hub)



[그림 5-9] 허브와 스위치

# 허브와 스위치

- 허브
  - 각 호스트는 외형상 스타형 구조로 허브에 연결.
  - 내부적인 동작 원리는 공유 버스 방식을 사용.
- 스위치 허브
  - 스위치 기능
    - 모든 호스트에게 프레임을 전송하지 않음
    - 목적지로 지정된 호스트에게만 프레임 전송
    - 따라서 동시에 여러 호스트가 데이터를 전송할 수 있음
  - 장점
    - 스위치 허브의 용량이 허용되면 각각의 호스트는 할당된 LAN 용량을 모두 사용함
    - 일반 허브를 스위치 허브로 교체하는 과정이 간단함

# 3. 토큰 버스

컴퓨터 네트워크

# 토큰 버스의 프레임 구조 (1)

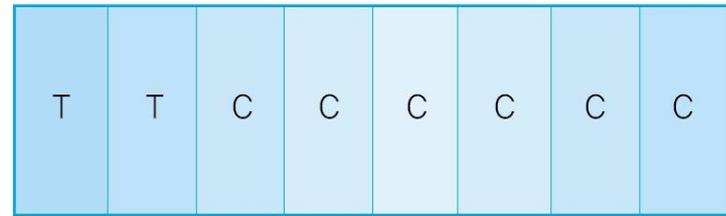
- MAC 헤더
  - Preamble
    - 수신 호스트가 송신 호스트의 클럭 동기를 맞추는 용도
  - Start Delimiter
    - 프레임의 시작 위치 구분
  - Frame Control
    - 데이터 프레임과 제어 프레임을 구분
  - Destination Address
    - 수신 호스트의 MAC 주소
  - Source Address
    - 송신 호스트의 MAC 주소
- LLC 프레임
  - DATA
- LLC 트레일러
  - Checksum
    - 데이터 변형 오류를 감지
  - End Delimiter
    - 프레임의 끝 위치 구분



[그림 5-10] 토큰 버스 프레임

# 토큰 버스의 프레임 구조 (2)

- Frame Control
  - 토큰 프레임
    - TT = 00
    - CCCCCC = 001000
  - 데이터 프레임
    - TT = 01
- Control Frames

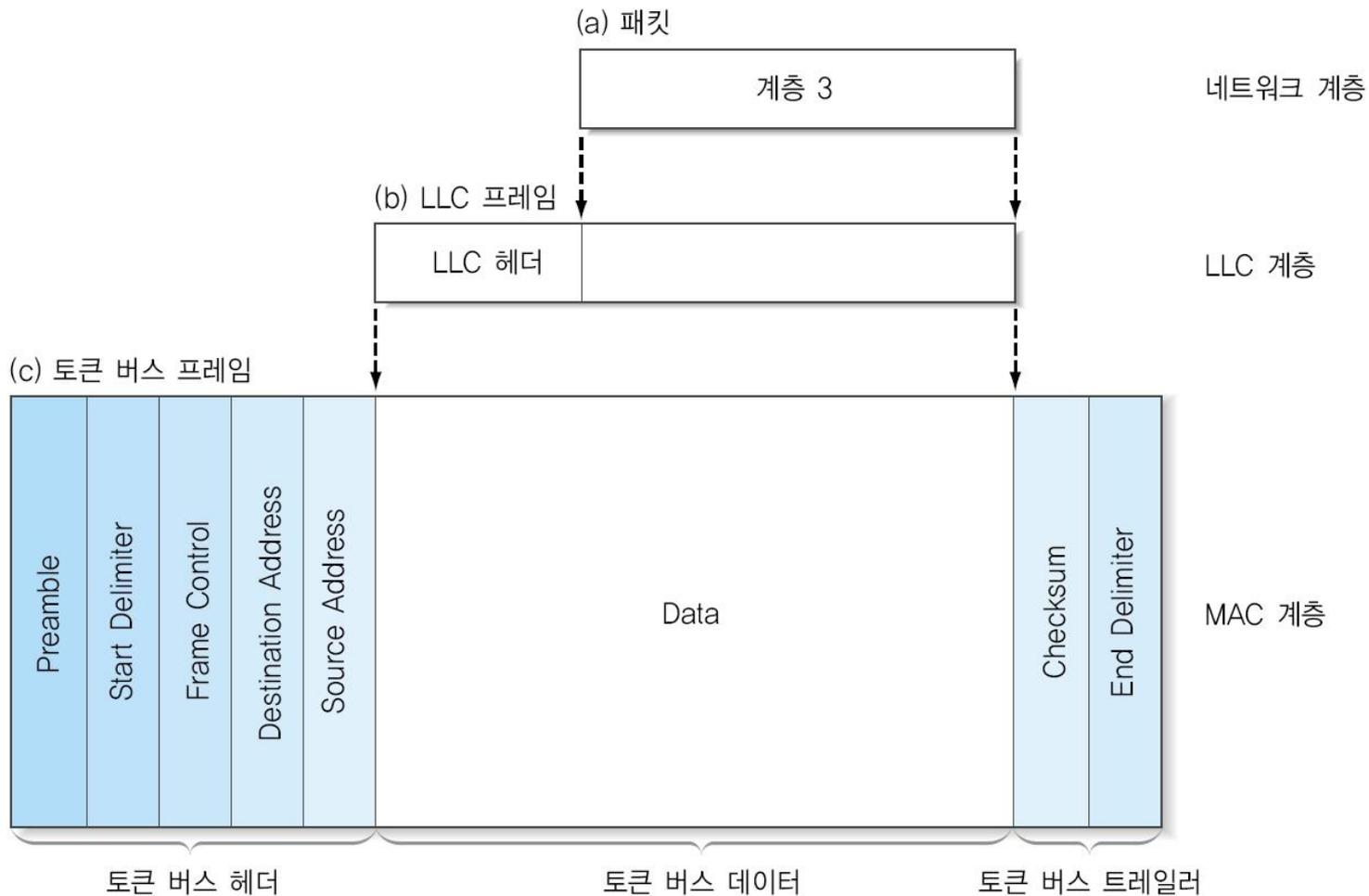


0 0 : 제어용 MAC 프레임  
 0 1 : LLC 프레임  
 1 0 : 네트워크 관리용 데이터 프레임  
 1 1 : 예약

[그림 5-11] Frame Control 필드

Frame control field	Name	Meaning
00000000	Claim_token	Claim token during ring initialization
00000001	Solicit_successor_1	Allow stations to enter the ring
00000010	Solicit_successor_2	Allow stations to enter the ring
00000011	Who_follows	Recover from lost token
00000100	Resolve_contention	Used when multiple stations want to enter the ring
00001000	Token	Pass the token
00001100	Set_successor	Allow stations to leave the ring

# 토큰 버스의 프레임 캡슐화



[그림 5-12] Data 필드(토큰 버스)

# 4. 토큰 링

컴퓨터 네트워크

# 토큰 링의 프레임 구조 (1)

- 토큰 프레임
  - SD, AC, ED의 세 필드로 구성
- 데이터 프레임

(a) 토큰



SD(Start Delimiter) : 시작 구분자  
AC(Access Control) : 접근 제어  
FC(Frame Control) : 프레임 제어  
ED(End Delimiter) : 끝 구분자  
FS(Frame Status) : 프레임 상태

(b) 데이터



[그림 5-13] 토큰 링 프레임



# 토큰 링의 프레임 구조 (3)

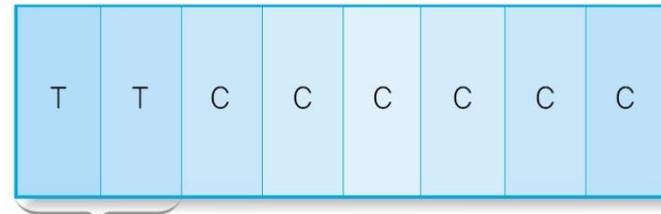
- 필드의 의미 (계속)

- Frame Control

- 제어용 MAC 프레임: TT = 00
- LLC 프레임: TT = 01

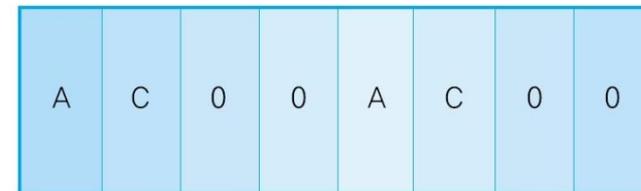
- Frame Status

- 프레임의 수신 호스트가 송신 호스트에게 응답하는 기능을 제공
- A 비트: 수신 호스트가 접근(Access)했다는 표시로 1 지정
- C 비트: 수신 호스트가 자신의 내부 버퍼에 보관했다는 표시로 1 지정
- A, C 모두 한 쌍으로 이루어져 신뢰성을 담보



0 0 : 제어용 MAC 프레임  
0 1 : LLC 프레임  
1 x : 예약

[그림 5-16] Frame Control 필드

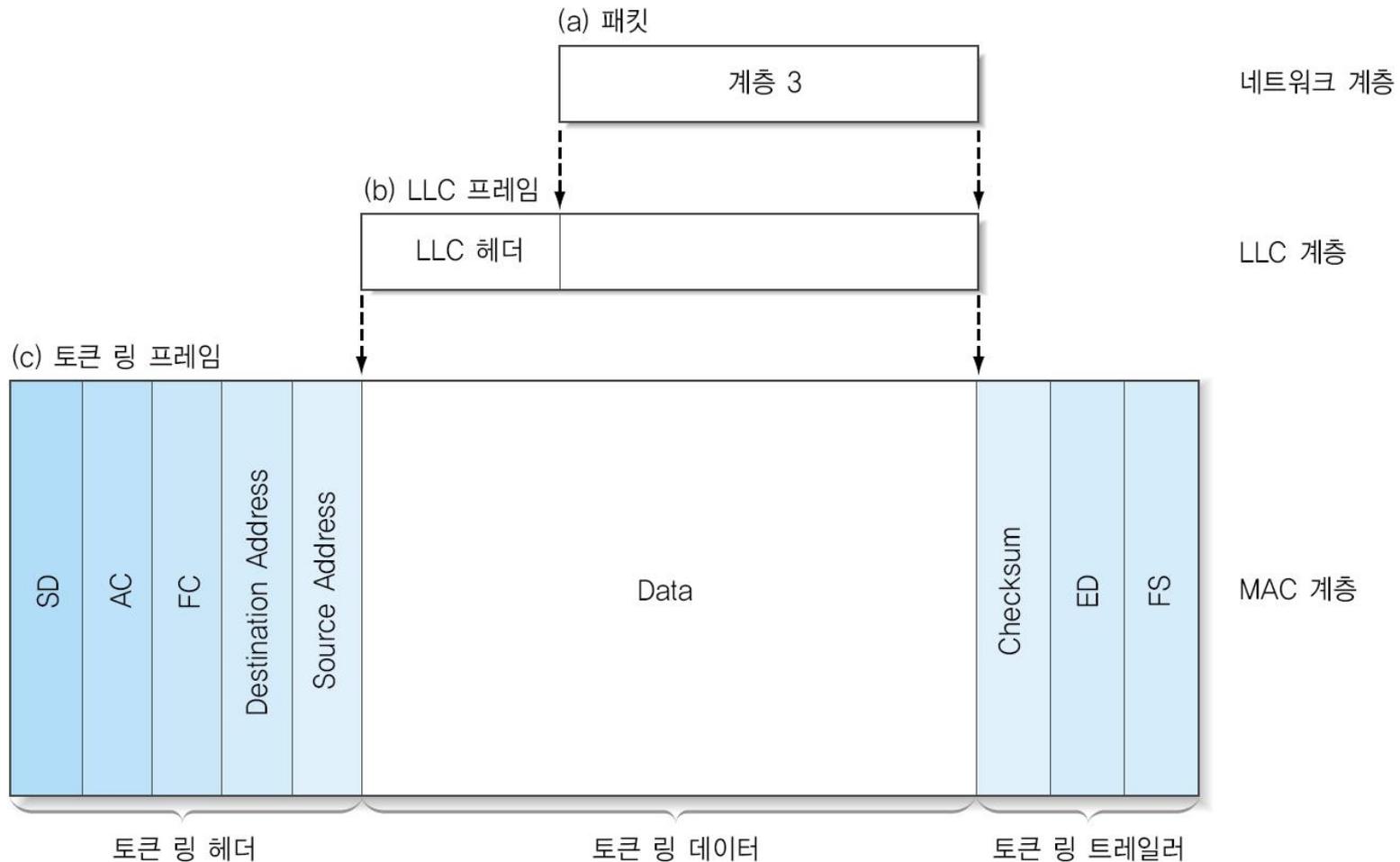


[그림 5-17] Frame Status 필드

# 토큰 링의 모니터 기능

- 모니터 호스트
  - 링에 연결된 호스트 중에서 특별 임무를 부여 받은 관리 호스트
    - 토큰 생성 기능
      - 토큰을 보유한 호스트의 고장 등의 원인에 의한 토큰 분실
      - 모니터 호스트가 이를 감지하여 토큰을 재생성
    - 데이터의 무한 순환 방지
      - 송신 호스트가 전송 데이터를 회수하지 않는 오류
      - 전송 데이터를 회수한 후 토큰을 만들어 줌

# 토큰 링의 프레임 캡슐화



[그림 5-14] Data 필드(토큰 링)