

개정3판

Computer Networks



# 컴퓨터 네트워크

정진욱 · 안성진 · 김현철 · 조강홍 · 유수현 공저



Chapter  
3

## Metro Ethernet

# 이 장을 시작하며...

이 장을 시작하며...

## Key Sentence...

- ▶ MAN이란 무엇이며, 어떠한 토폴로지로 구성되는가?
- ▶ MAN의 특징 및 구성기술과 그 문제점
- ▶ 메트로 이더넷의 개념과 등장배경
- ▶ 메트로 이더넷이 갖고 있는 특징 및 구성
- ▶ 메트로 이더넷을 구축하는데 있어 필요한 기능

# Contents



# 1. MAN의 개요

## 1) 개요

### MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

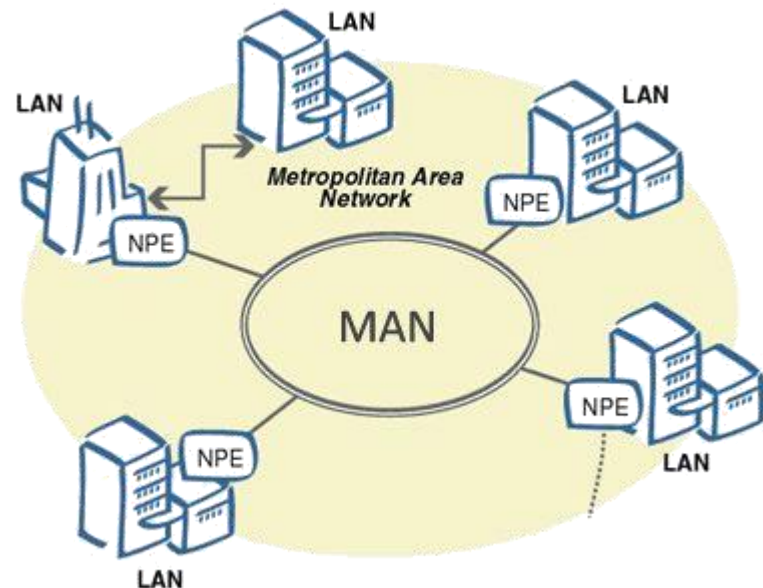
#### ① MAN의 정의

##### ➤ MAN: Metropolitan Area Network

- 대도시에서 산재해 있는 가입자(기업, 가정)망 연결
- 백본망과 가입자 망 접속 제공

##### ➤ 정의

- LAN과 LAN을 연결
- 백본 네트워크로 가는 길목 역할



# 1. MAN의 개요

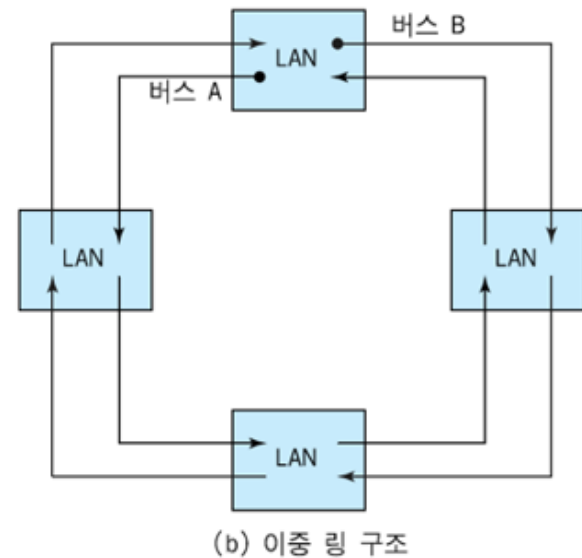
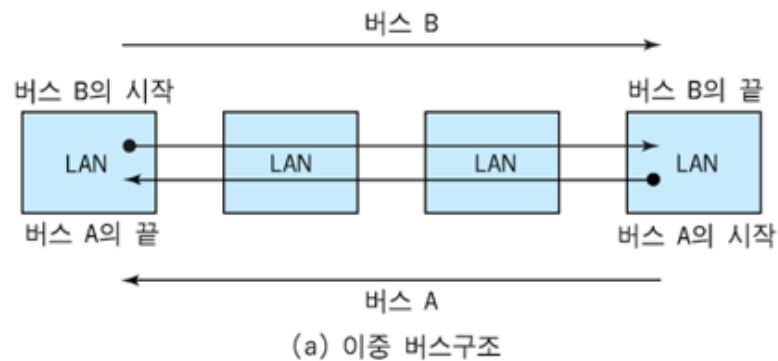
## 1) 개요

MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

### ② MAN 토폴로지 (Topology)

#### ➤ DQDB(Distributed Queue Dual Bus)

- 다수의 LAN간의 통신을 원활히 하기 위한 기술
- 2중 버스 구조
- 링 구조



# 1. MAN의 개요

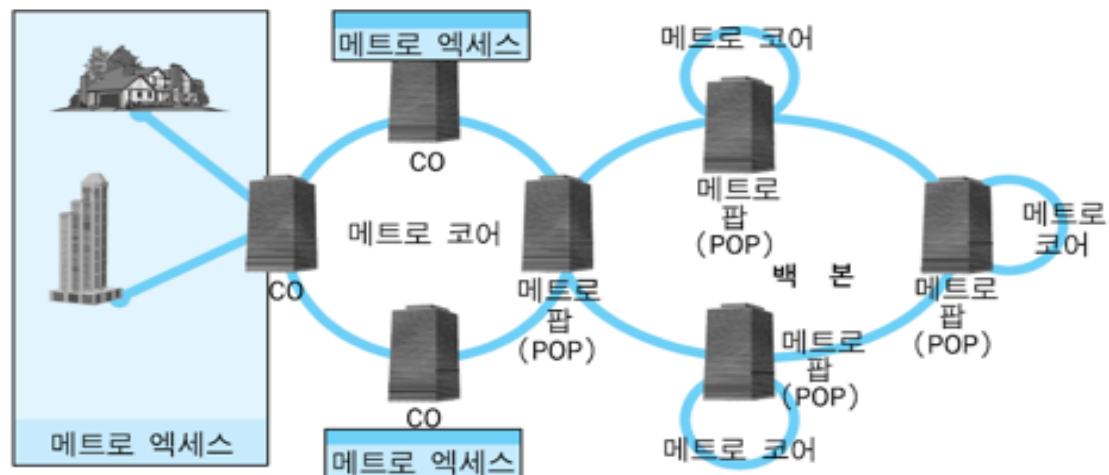
## 1) 개요

### MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

#### ② MAN 토폴로지 (Topology)

##### ➤ 국내 MAN 구간은 링형 구조로 구성

- 실제 구축되어 있는 MAN 은 두 개의 망으로 구성
  - Metro Access: 가입자
  - Metro Core: 망 제공자



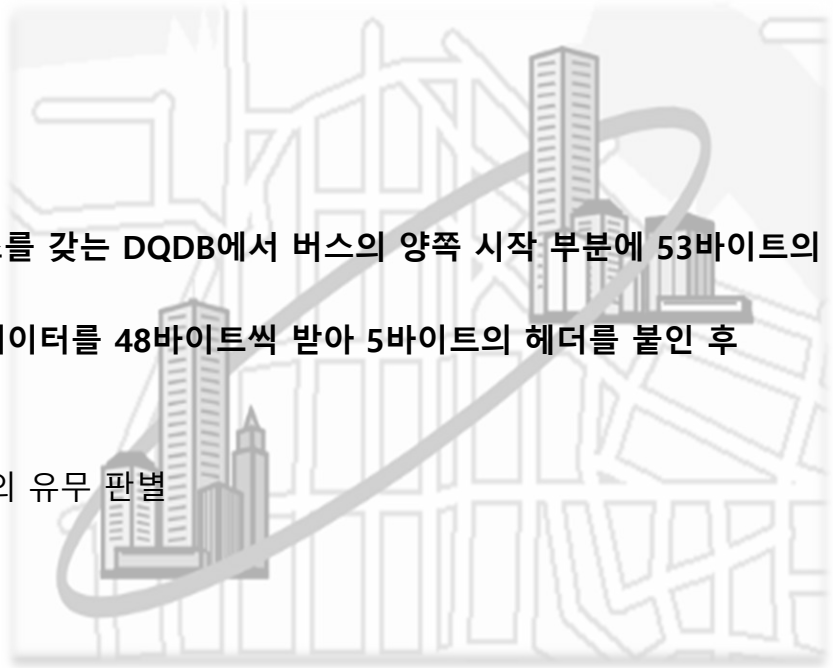
# 1. MAN의 개요

## 1) 개요

### MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

#### ③ DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

- 보통 반경 25km 이내에 있는 LAN의 상호 연결
- IEEE 802.6 표준에 정의된 전송방식
- 광케이블이나 동축케이블을 이용
- 2.048Mbps에서 155Mbps까지의 전송속도
- 회선 교환 및 패킷 교환 서비스 모두 제공
- 슬롯 생성기(Slot Generator): 이중 버스 구조를 갖는 DQDB에서 버스의 양쪽 시작 부분에 53바이트의 슬롯을 주기적으로 생성
- 각 노드는 데이터 링크 계층내의 MAC계층 데이터를 48바이트씩 받아 5바이트의 헤더를 붙인 후 53바이트를 만들어 가용한 슬롯에 실어 전송
- B(Busy)
  - 각 슬롯 헤더에 있으며, 슬롯 내 데이터의 유무 판별
- R(Request)
  - 반대편 버스의 슬롯 예약



# 1. MAN의 개요

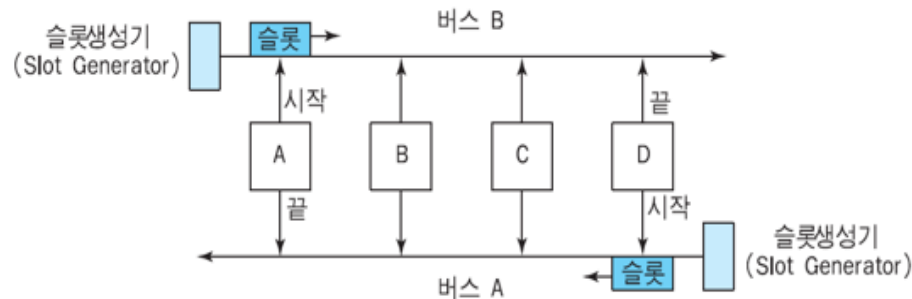
## 1) 개요

### MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

#### ③ DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

##### ➤ 버스 구조

- 스트림
  - BUS A에서 노드 A는 노드 B의 하향 스트림
  - BUS B에서 노드 A는 노드 B의 상향 스트림
- 정해진 스트림 방향으로만 데이터 전송
- 각 버스의 시작 노드(슬롯 생성기)에서 빈 프레임 슬롯 생성
- 각 노드는 빈 프레임을 받았을 때만 전송가능
- 기아(Starvation) 현상 발생





# 1. MAN의 개요

## 1) 개요

### MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

#### ③ DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

##### ➤ 분산 큐 구조

- 기아 현상 방지
- 각 노드는 자신이 연결된 각 버스당 하나씩의 큐를 생성
- 해당 버스를 지나는 슬롯 내에 예약정보가 오면 큐에 삽입
- 자신이 데이터를 전송하고자 할 때 큐에 삽입
- 지나가는 슬롯에 예약정보를 삽입
- 자신의 슬롯을 전송하기 전에 다른 노드를 위한 슬롯이 몇 개인지 파악 가능
- 예약은 반대편 버스를 통해 수행
- 노드 A는 버스 A에서 버스 B에 대한 전송 예약을 첫 번째로 수행
  - 자신의 큐에 다른 노드에 대한 예약정보가 없다면 자신이 첫 번째임
- 노드 A는 버스 B에서 최초 슬롯을 받으면 데이터 전송
- B, C, D 역시 버스 A를 이용하여 버스 B에 대한 예약 수행
- D의 경우 4번째로 예약이 된 것을 인지하고 4번째 슬롯이 도달하면 데이터 전송

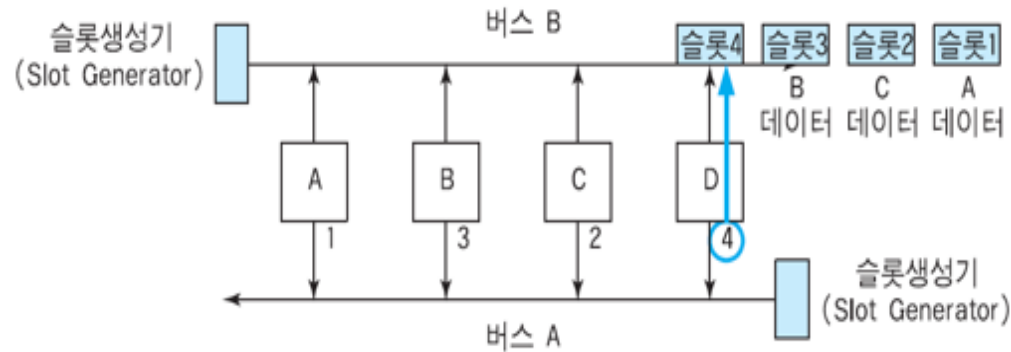
# 1. MAN의 개요

## 1) 개요

MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

### ③ DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

#### ➤ 분산 큐 구조



# 1. MAN의 개요

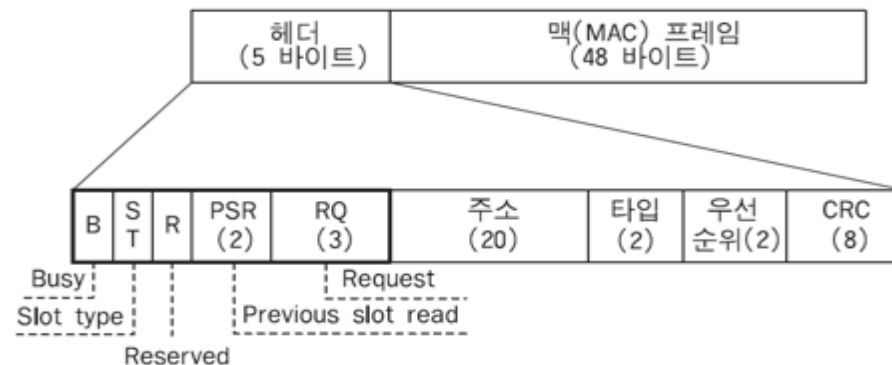
## 1) 개요

### MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

#### ③ DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

##### ➤ DQDB의 프레임 (1)

- B(Busy): 슬롯 내부에 데이터의 유무를 나타냄
- ST(Slot Type): 전송 슬롯의 두 가지 유형을 나타냄
- R(Reservation): 슬롯을 예약하기 위해 사용하는 비트
- PSR(Previous Slot Read): 슬롯을 읽은 노드에 의해 0 으로 변경 (슬롯을 이전 노드가 읽었는지의 여부)
- RQ(ReQuest): 3개의 비트를 이용하여 전송 우선권을 구분하는 것으로 각 노드에서 예약을 할 때 설정



# 1. MAN의 개요

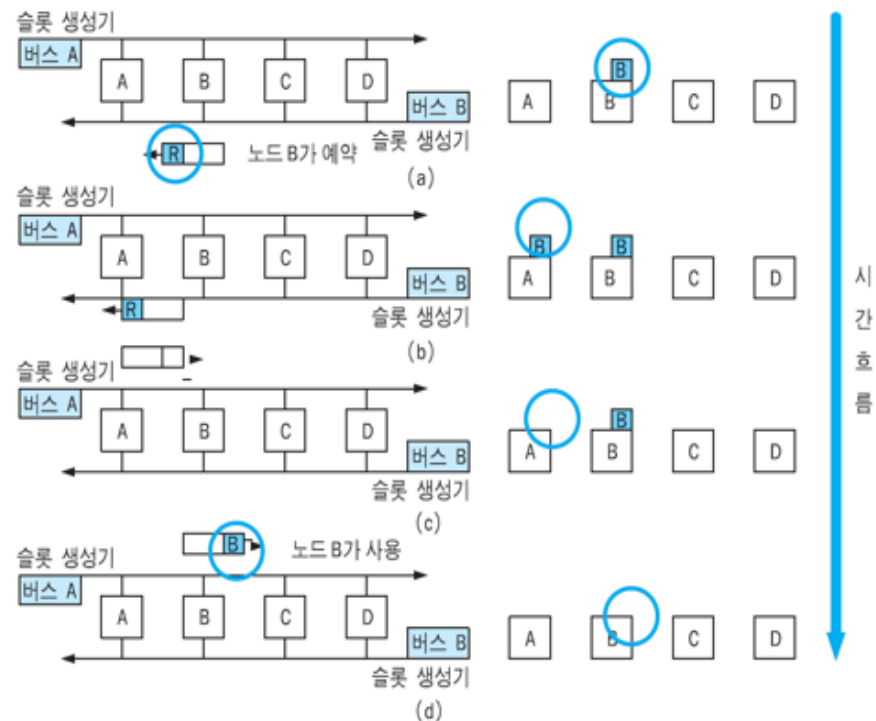
## 1) 개요

## MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

### ③ DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

#### ➤ DQDB의 프레임 (2)

- Address: MAN과 WAN에 사용되는 가상 채널 식별자(VCI: Virtual channel identifier)
- Type: 일반 데이터와, 제어용 데이터 등의 MAC Frame 데이터에 대한 유형을 구분
- Priority: 전송 우선순위를 명시
- CRC(Cyclic Redundancy Check): 에러검출용( $x^8+x^2+x+1$ )



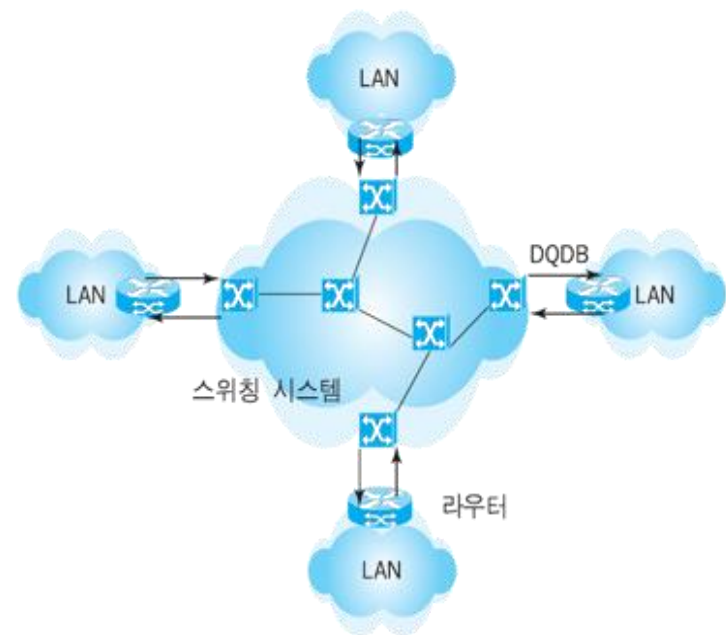
# 1. MAN의 개요

## 1) 개요

### MAN (Metropolitan Area Network)의 개요

#### ④ SMDS (Switched Multimegabit Data Services)

- MAN과 WAN에서 고속 통신을 지원하기 위해 고안
- 비연결(Connectionless) 지향형 고속 통신서비스 제공
- 1.5Mbps ~ 45Mbps
- 스위칭 시스템을 통해 효율적인 망간 연결 제공
- TDM 방식이 아닌 스위칭 방식이므로 망 효율 증가
- 가입자는 CPE(Customer Premises Equipment) 보유
  - 가입자 소유의 네트워크 장비로 일반적인 라우터를 의미



# 2. 현대의 MAN

## 2) MAN

### 현대의 MAN (Metropolitan Area Network)

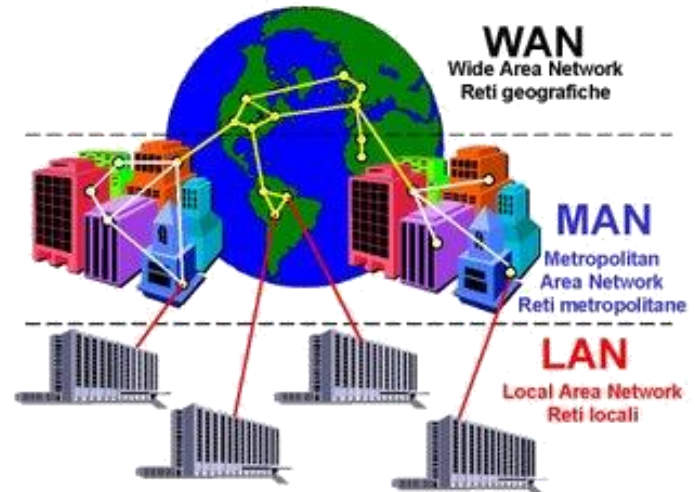
#### ① MAN의 역할

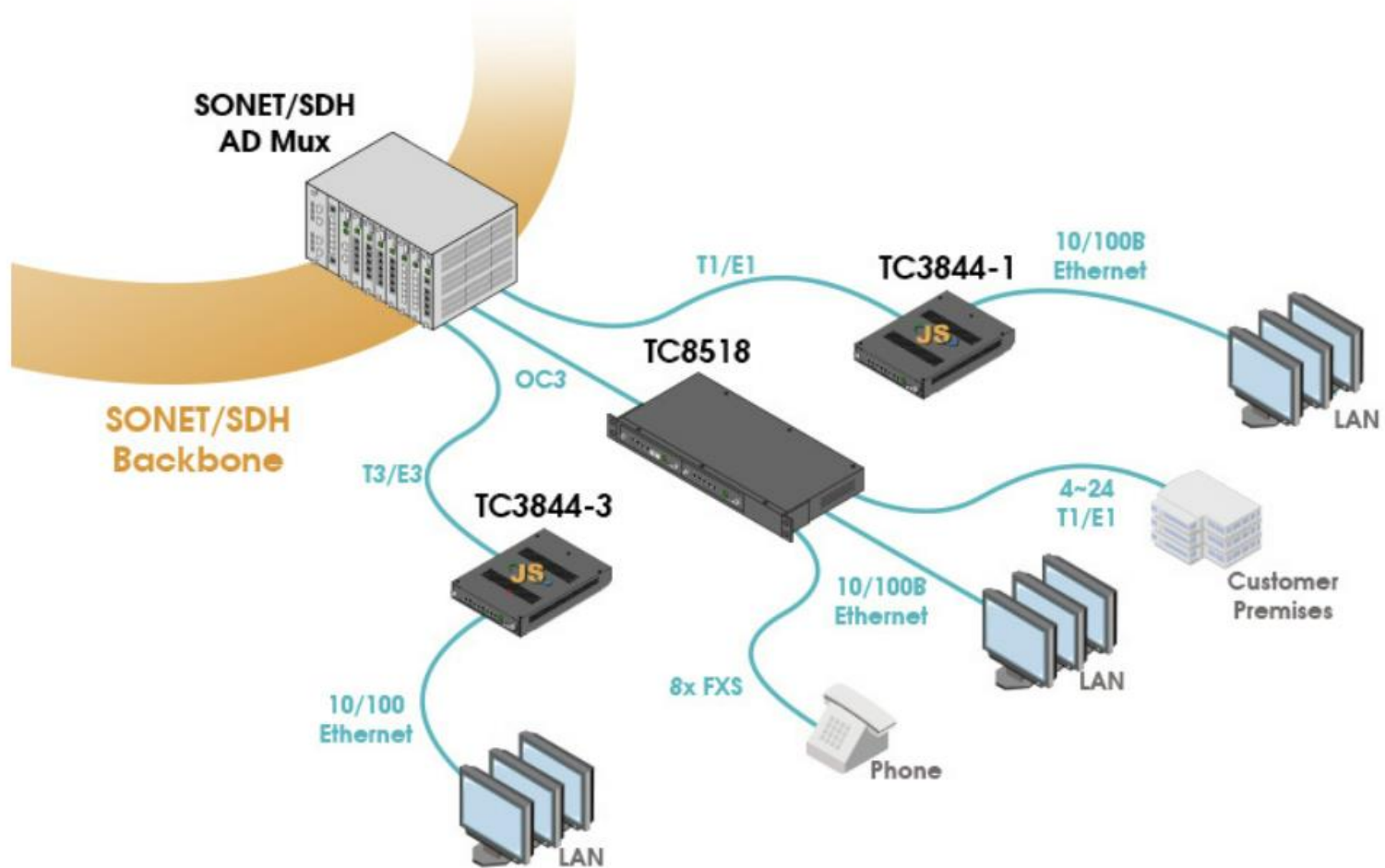
##### ➤ 대부분 링 형태

- ATM (Asynchronous Transfer Mode)
- SONET/SDH (Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy)

##### ➤ MAN의 역할

- 가입자 망을 백본망으로 연결해줌
- Metro Core 구간의 트래픽은
  - 가입자에서 가입자로,
  - 가입자에서 백본으로 구분되어 짐
- Metro Core 가 존재함으로써  
모든 트래픽이 백본을 거치는 것을 방지  
→ 백본망 활용도 상승





# 2. 현대의 MAN

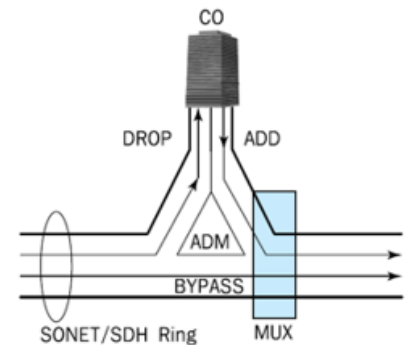
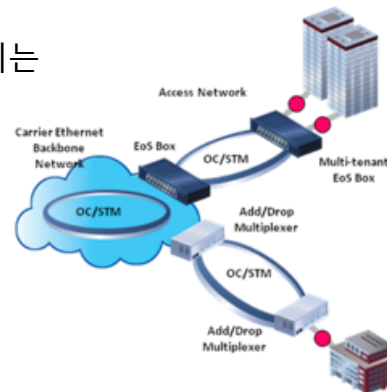
## 2) MAN

### 현대의 MAN (Metropolitan Area Network)

#### ② MAN의 구성

##### ➤ 주로 SONET/SDH 링으로 구성

- SONET/SDH는 광 선로를 기반으로 하는 고속 통신 지원
- CO에서 유입되는 대용량 데이터 전송에는 SONET/SDH와 같은 광 대역 통신망 필요
- 음성 전화망에 기반(TDM으로 운용)
- ADM을 이용하여 효과적인 링 관리 수행
  - Add: CO에서 링으로 데이터 전송
  - Drop: 링에서 CO로 데이터 흘림
  - Mux: Add되는 데이터와 Bypass되는 데이터를 다중화함
- CO는 ADM을 통해 링 구간을 지나는 모든 트래픽을 검사하는 오버헤드가 감소





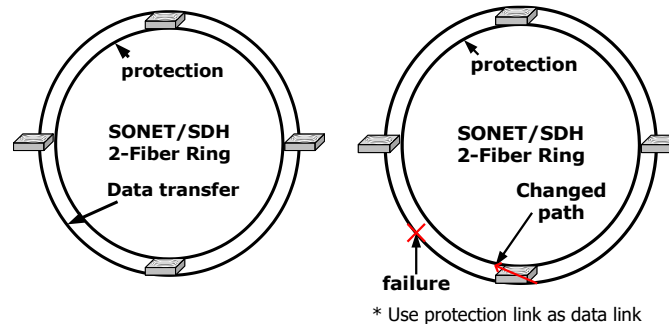
# 2. 현대의 MAN

## 2) MAN

### 현대의 MAN (Metropolitan Area Network)

#### ② MAN의 구성

- 빠른 장애 복구 능력
  - 대역폭이 크고 고속인 만큼 짧은 순간의 장애에도 많은 데이터를 잃어버릴 수 있기 때문에 신속한 복구 능력 필수
  - ADM이 장애를 감지하고 신속하게 데이터 전송경로를 변경
  - 50ms 이내에 장애 복구 수행
- SONET의 이중 링 구조
  - SONET은 두 개의 링 중 하나를 데이터 전송용으로 사용
  - 다른 하나는 데이터 예비 데이터 전송을 위해서 사용



# 2. 현대의 MAN

## 2) MAN

### 현대의 MAN (Metropolitan Area Network)

#### ③ MAN의 문제점

1. TDM 기반의 SONET/SDH 회선 교환망
2. 가입자 망의 접속 형태가 차츰 고속화 됨
3. 인터넷 서비스 사업의 형태 변화로 인해 트래픽이 대도시로 집중
4. 멀티미디어의 발달로 인한 트래픽 폭증

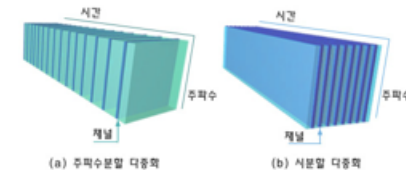


미니 강의

#### TDM (시분할 다중화, Time Division Multiplexing)

회선교환 방식 중 TDM 방식을 이용한 다중화는 접속한 사용자가 생성한 데이터를 전송하고자 하는 경우, 슬롯에 데이터를 채워서 전송하지만 접속한 이후에 더 이상 전송할 데이터가 없다면, 빈 슬롯만이

전송되어 대역폭을 낭비하고, 다른 사용자가 접속할 수 있는 기회를 제한시킨다. 예를 들어 전화 접속이 순간적으로 폭주하여 일부 사용자가 블록(Block)되는 현상이 발생하는 것이다.



## 2. 현대의 MAN

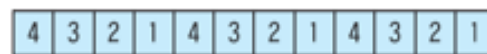
### 2) MAN

#### 현대의 MAN (Metropolitan Area Network)

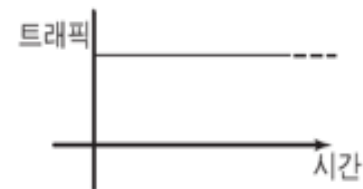
#### ③ MAN의 문제점

##### ➤ TDM 기반의 SONET/SDH 회선 교환망

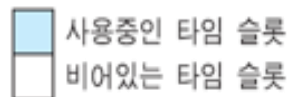
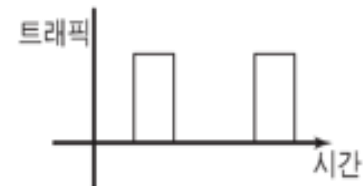
- 지속적인 음성트래픽에는 효과적
- 데이터는 항상 지속적이 될 수 없음
- 접속 후 망 내의 일정 대역폭을 항상 유지하고 있음



음성 트래픽의 형태



데이터 트래픽의 형태



## 2. 현대의 MAN

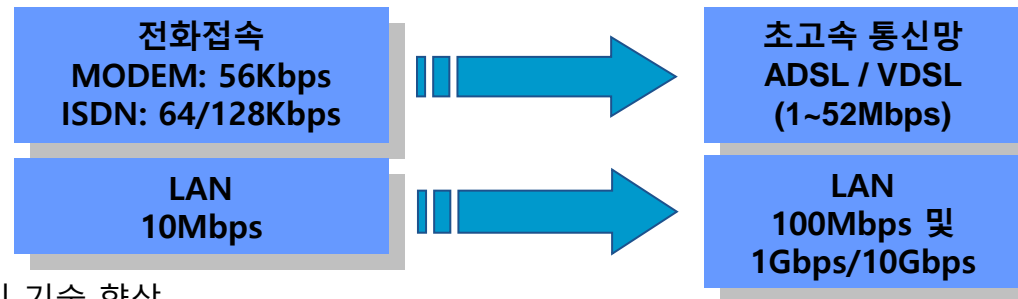
### 2) MAN

현대의 MAN (Metropolitan Area Network)

#### ③ MAN의 문제점

##### ➤ 가입자 망의 접속 형태 변화

- 가입자



- 백본: Terabit 까지 기술 향상
- MAN 은 폭발적으로 증가하는 가입자 망의 트래픽과 백본망에서 유입되는 대량의 트래픽 사이에서 병목현상을 유발시켜 전체적인 망의 효율을 저하시키고 있다.



# 2. 현대의 MAN

## 2) MAN

### 현대의 MAN (Metropolitan Area Network)

#### ③ MAN의 문제점

##### ➤ 인터넷 서비스 사업의 형태 변화

- 집중화된 서버 모델에서 분산 모델로 전환
  - 각종 IT 업체들은 도시 별로 분산서버를 두어 백본의 부담을 감소시킴
  - 그러나 MAN의 부담은 점점 증가
- 백본망에서 대도시로  
기업들의 네트워크가 대도시 위주로 집중되고, 데이터 트래픽 양이 날로 증가

##### ➤ 멀티미디어의 발달

- VoIP(Voice over IP) 발달로 음성 트래픽의 증가 추세
  - 음성 및 영상, 데이터 등의 트래픽 증가
- VOD(Video On Demand) 서비스 활성화



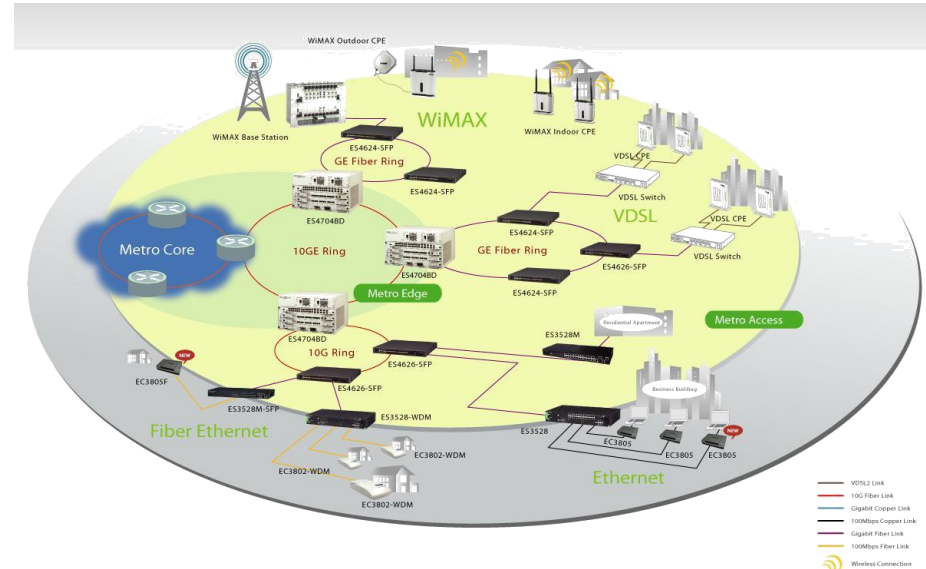
# 3. 메트로 이더넷

## 3) 메트로 이더넷

## 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

### 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

- ISP(Internet Service Provider)가 데이터 링크 계층 프로토콜로 이더넷 프로토콜을 사용하는 네트워크
- ISP의 망과 가입자 망을 이더넷으로 연결
- 기존 MAN의 문제점 해결
- 다크 파이버(Dark Fiber)사용
  - 다크 파이버: 광 선로 매설 시 나중을 염두 해서 필요 이상의 광 선로를 매설, 그 중 현재까지 사용하지 않는 광 선로



# 3. 메트로 이더넷

## 3) 메트로 이더넷

## 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

### ① 메트로 이더넷(Metro Ethernet)의 특징

#### ➤ 이더넷(Ethernet)

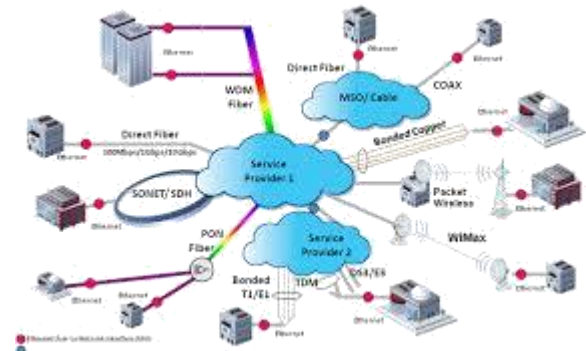
- 1980년대 초부터 꾸준한 발전
- 1Gbps 및 10Gbps까지 지원
- 오랜 기간에 걸친 기술의 신뢰성 확보
- 풍부한 관리 인력
- 다수의 개발 회사 및 장비
- 이더넷의 발전에 따라 메트로 이더넷의 발전 역시 가속화 될 전망

#### ➤ 패킷 교환 방식

- 일정량의 대역폭을 점유(dedicate)하지 않는 패킷 교환방식
- TDM에 비해 더 많은 가입자 수용가능
- 가입자 별로 다양한 대역폭 지원가능

#### ➤ 프로토콜 변환

- 90% 이상의 LAN이 이더넷 사용
- ATM과 SONET으로 변환되는 과정 사라짐
- VLAN과 같은 이더넷 기술을 적용할 수 있음



# 3. 메트로 이더넷

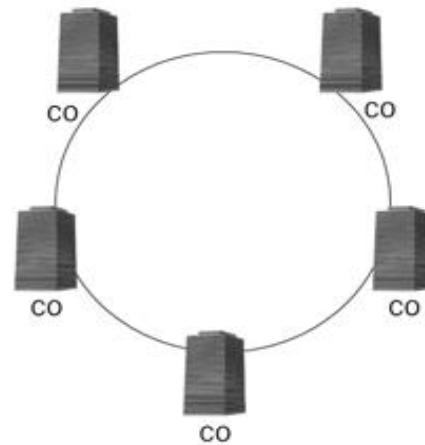
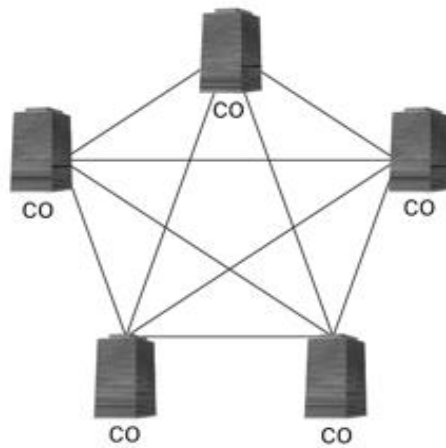
## 3) 메트로 이더넷

## 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

### ② 메트로 이더넷(Metro Ethernet)의 구성

#### ➤ 그물형 또는 링형

- 2계층 또는 3계층 스위치를 이용하여 각 CO들 연결
- 메트로 코어 구간에서 이더넷을 이용한 스위칭으로 경로 설정





# 3. 메트로 이더넷

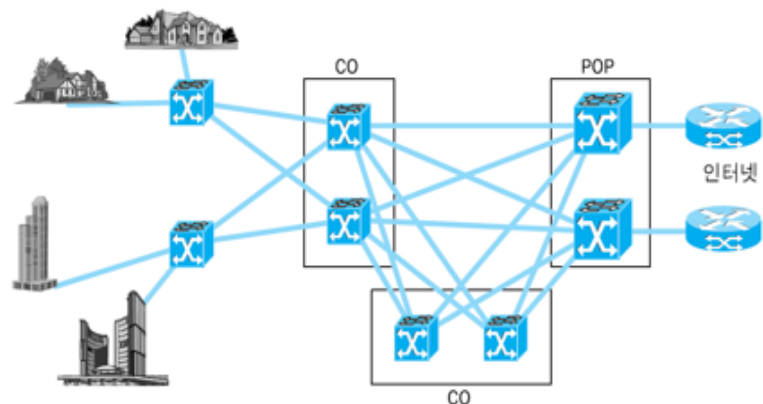
## 3) 메트로 이더넷

### 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

#### ② 메트로 이더넷(Metro Ethernet)의 구성

##### ➤ 완전 그물형 구조

- 가입자들은 CPE 등의 장비에서 CO의 스위치로 데이터를 전송
- 각 스위치는 2계층 주소를 검사
- 해당 목적지로 전송
  - 인터넷으로 보내야 할 프레임들은 POP으로 전송되고,
  - 그렇지 않은 프레임들은 해당 CO에게 전달된다.



# 3. 메트로 이더넷

## 3) 메트로 이더넷

## 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

### ③ 메트로 이더넷(Metro Ethernet)의 기능

#### ➤ 패킷 분류화(Packet Classification)

- 모든 패킷에 대해 서비스 등급을 부여
- 등급별 서비스 품질 차별화
- QoS 기반의 네트워크로 발전
- 이더넷은 기본적으로 기능 제공 못함
- 이더넷 헤더 및 IP 헤더, 전송계층 헤더를 검사  
→ 오버헤드 큼
- Diff-Serv(Differentiated Service)나 MPLS(Multi Protocol Label Switching) 사용
- 포트 유입율 제어나 QoS등 기술의 기반 기술

UP (User Priority)	WiFi Alliance	IEEE	
	AC (Access Priority)	802.1D/802.1p	802.1Q
1	AC_BK (Background)	BK (Background)	BK (Background)
2		-	EE (Excellent Effort)
0	AC_BE (Best Effort)	BE (Best Effort)	BE (Best Effort)
3		EE (Excellent Effort)	CA (Critical Application)
4	AC_VI (Video)	CL (Controlled Load)	VI (Video) < 100ms latency and jitter
5		VI (Video)	VO (Voice) < 10 ms latency and jitter
6	AC_VO (Voice)	VO (Voice)	IS (Internetwork Control)
7		NC (Network Control)	NC (Network Control)

lowest priority  
↑  
↓  
highest priority

각 MSDU 마다  
부여되는  
User Priority

Traffic Category

# 3. 메트로 이더넷

## 3) 메트로 이더넷

## 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

### ③ 메트로 이더넷(Metro Ethernet)의 기능

#### ➤ 포트 유입을 제어

- 가입자와 서비스 제공자간의 계약에 따른 전송 최대 대역폭 제한 서비스
  - 가입자가 제한된 대역폭 이상의 트래픽을 전송하려고 하면 서비스 제공업자는 이를 제한함
- 서비스 수준에 따른 차별화된 대역폭 보장 서비스
  - 패킷 분류화에 의한 차별화
- 네트워크 내의 전반적인 트래픽이 증가하여 규정된 대역폭 할당이 어렵게 되더라도 높은 수준의 서비스는 본래의 대역폭을 최대한 보장받음(QoS와 밀접한 관계)



# 3. 메트로 이더넷

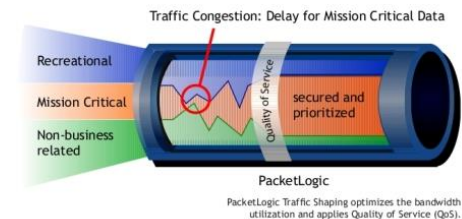
## 3) 메트로 이더넷

## 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

### ③ 메트로 이더넷(Metro Ethernet)의 기능

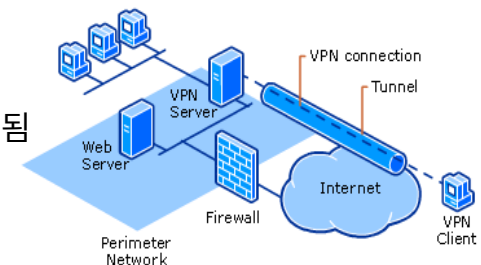
#### ➤ QoS(Quality of Service)

- 각 트래픽에 대하여 우선순위를 책정
  - 우선 순위 책정은 패킷 분류화를 통해 수행 가능
- 우선순위에 따라 대역폭 보장 등의 서비스 제공
  - 포트 유입을 제어를 이용한 대역폭 조정 포함



#### ➤ VPN(Virtual Private Network)

- 실제 사설망이 아닌 공중망을 이용한 가상 사설망
- 이더넷이 보안성이 없으므로 각종 부가 프로토콜 필요
  - IEEE 802.1p/q의 VLAN Tag: 동일 VLAN 상의 장비로만 스위칭 됨
  - MPLS: Label에 따라 정해진 경로로만 스위칭 됨
- VLAN을 통한 VPN 구축
  - 몇몇 기업에서 시도하고 있으나 기존 프로토콜의 변경이 요구됨
    - VLAN Tag(12bit)가 제한적임
- MPLS를 이용한 VPN 구축
  - Label을 이용하여 VLAN Tag의 한계를 극복함
  - Label Stacking 기술은 더 많은 VPN 그룹 형성 가능



# 3. 메트로 이더넷

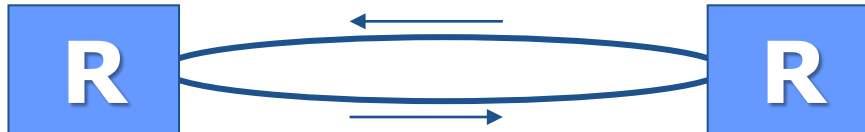
## 3) 메트로 이더넷

## 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

### ③ 메트로 이더넷(Metro Ethernet)의 기능

#### ➤ 네트워크 복구 능력

- SONET 망을 대체하기 위해서는 SONET이 보장하는 망 복구 능력과 동일하거나 더 우수한 복구 능력을 갖추어야 함
- IEEE에서 802.17 워킹 그룹 발족
  - RPR(Resilient Packet Ring) 기술 연구 및 표준화
  - WAN과 MAN에서의 패킷 스위칭 향상 시키기 위해 유동성, 효율성, 신뢰성을 이더넷에 접목시키려 함
  - RPR은 이더넷 망을 코어라우터(Core Router)를 통하여 링 형태로 운용할 수 있도록 함
  - 코어 라우터 간에는 마치 소규모의 링처럼 데이터를 주고 받을 수 있음



# 3. 메트로 이더넷

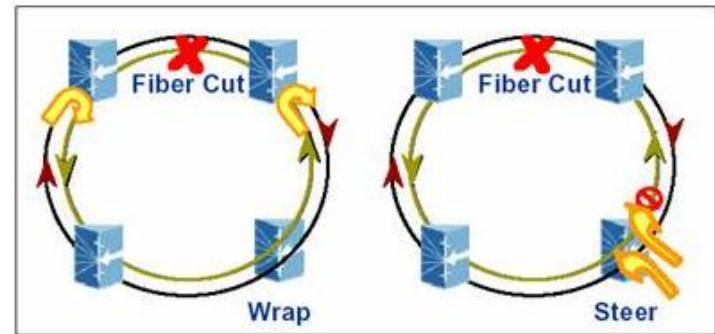
## 3) 메트로 이더넷

## 메트로 이더넷 (Metro Ethernet)

### ③ 메트로 이더넷(Metro Ethernet)의 기능

#### ➤ RPR (Resilient Packet Ring, IEEE 802.17)에서의 망 복구

- 스티어링(Steering)
  - 의무적으로 구현
  - 절단 사실을 인지하고 다른 코어 라우터에게 토폴로지 변경을 요청
  - 토폴로지 기반으로 데이터 전송
  - 전체 망의 토폴로지 변경 이전까지 전송된 데이터에 대해서는 복구 가능성 보장 못함
- 랩백(Wrap Back)
  - 선택적으로 구현
  - 절단 사실을 인지하자마자 해당 라우터는 자발적으로 또 다른 링을 통해 경로를 변경
  - 전송 중단 없이 데이터 전송 가능



개정3판

Computer Networks



Thank You !

# 컴퓨터 네트워크

정진욱 · 안성진 · 김현철 · 조강홍 · 유수현 공저