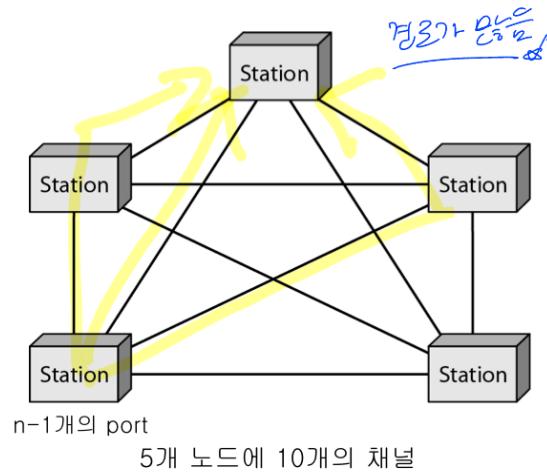


100

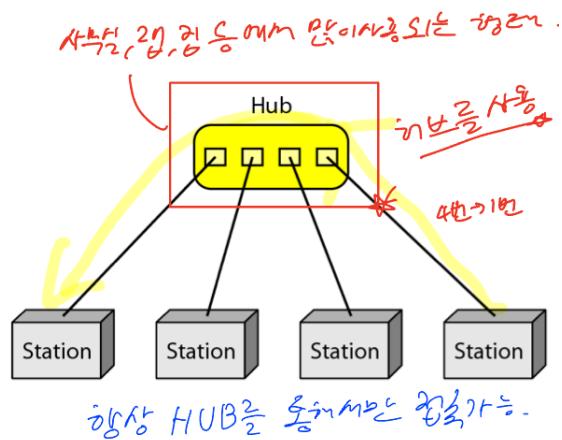
중간고사

물리적 구조 : 접속 형태 (topology)

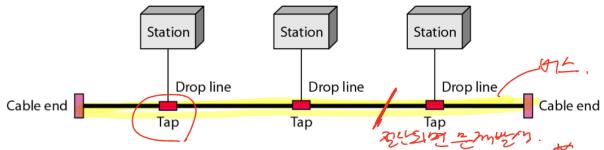
- 그물형(Mesh) 접속 형태 / WAN
- 장점 : 안정성이 높음
- 단점 : 설치공간과 비용이 많이듬



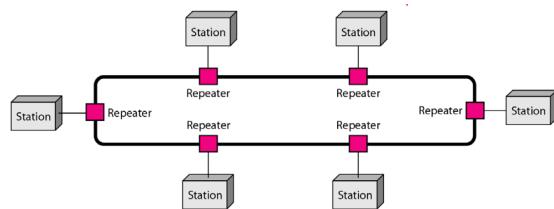
- 스타형(Start) 접속 형태 / LAN
- 장점 : 설치와 재구성이 쉬움
- 단점 : 중앙 제어 장치(Hub)의 고장은 전체에 영향



- 버스형(bus) 접속 형태 / LAN
- 장점 : 설치하기 쉬움
- 단점 : 재구성이나 결함 분리가 어려움



- 링형(ring) 접속 형태 / MAN
- 장점 : 결합 분리가 쉬움
- 단점 : 단방향 전송, 링 결함시 전체 사용 불가



네트워크 유형

- LAN / Local-area network / 근거리 통신망
- MAN / Metropolitan-area network / 메트로폴리탄 통신망
- WAN / Wide-area network / 광역 통신망

각 계층에 대한 설명

물리층

- 프레임의 각 비트를 다음 링크로 전달 책임
- 전송 매체를 이용
- 전기 또는 광학 신호를 전송

데이터 링크층

- 유/무선 링크를 통하여 프레임(frame) 전달 책임
- 상위층으로부터 데이터그램(datagram)을 받아 프레임으로 캡슐화
- 다양한 링크 프로토콜에 따라 서로 다른 서비스 제공

정현파(sine wave)의 특성

1. 최대 진폭
2. 주파수
3. 위상

주기와 주파수

- 주기(T) : 하나의 사이클을 완성하는데 필요한 시간(초 단위)
- 주파수(f) : 주기의 역수 $1/T$, 1초 동안 생성되는 신호 주기 사이클의 수, Hz(헤르츠)로 표시

!

주기와 주파수는 서로 역

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{and} \quad T = \frac{1}{f}$$

주기: $\frac{1}{3}$ / 1초에 3번 \rightarrow 주기 $\cancel{\text{주기}}$
주파수: 3Hz

단위

단위로 장단주기
운전 주파수 단위

Table 3.1 Units of period and frequency

Unit	Equivalent	Unit	Equivalent
Seconds (s)	1 s	Hertz (Hz)	1 Hz
Milliseconds (ms)	10^{-3} s	Kilohertz (kHz)	10^3 Hz
Microseconds (μ s)	10^{-6} s	Megahertz (MHz)	10^6 Hz
Nanoseconds (ns)	10^{-9} s	Gigahertz (GHz)	10^9 Hz
Picoseconds (ps)	10^{-12} s	Terahertz (THz)	10^{12} Hz

Example 3.4

100 ms의 주기를 마이크로 초(μ s)로 나타내어라.

Solution

표 3.1에서 1 ms (1 ms 는 10^{-3} s) 와 1s (1s 는 10^6 μ s)와 대응되는 값을 찾는다. 다음과 같이 대입식을 만든다.

$$100 \text{ ms} = 100 \times 10^{-3} \text{ s} = 100 \times 10^{-3} \times 10^6 \mu\text{s} = 10^2 \times 10^{-3} \times 10^6 \mu\text{s} = 10^5 \mu\text{s}$$

Example 3.5

신호의 주기가 100ms이다. 이의 주파수를 kilohertz로 나타내면?

Solution

먼저, 100 ms를 초(seconds)로 바꾼다. 그런 다음 주기로부터 주파수를 계산한다 ($1 \text{ Hz} = 10^{-3} \text{ kHz}$)

$$100 \text{ ms} = 100 \times 10^{-3} \text{ s} = 10^{-1} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-1}} \text{ Hz} = 10 \text{ Hz} = 10 \times 10^{-3} \text{ kHz} = 10^{-2} \text{ kHz}$$

대역폭 / bandwidth

- 최고 주파수와 최저 주파수의 차이

비트율 / bit rate

- 디지털 신호를 표현하는데 사용
- 1초 동안 전송된 비트의 수 / bps (bit per sec)

■ Example 3.18

- ◆ 텍스트 자료를 매 초당 100 페이지를 다운 받는다고 하자.
요구되는 채널의 비트율은 얼마인가?

Solution

각 페이지는 줄 당 80개의 문자로 된 24개의 줄로 되어 있다.

한 문자 당 8 비트를 필요로 한다면 비트율은 :

$$1 \text{ byte} = 8 \text{ bit}$$

$$100 \times 24 \times 80 \times 8 = 1,536,000 \text{ bps} = 1.536 \text{ Mbps}$$

10^6

Example 3.19

- 4장에서 보게 되겠지만, 디지털화된 음성 채널은 4kHz의 아날로그
음성 신호를 디지털화한 것이다. 최대 주파수의 두 배로 신호를
채집해야 한다(hertz당 2번의 채집). 각 표본은 8 비트를 필요로 한다.
요구되는 비트율은?

Solution

다음과 같이 비트율을 계산할 수 있다

$$2 \times 4000 \times 8 = 64,000 \text{ bps} = 64 \text{ kbps}$$

전송 장애의 종류

1. 감쇠 : 에너지 손실을 의미
2. 일그러짐 : 신호의 모양이나 형태가 변하는 것을 의미
3. 잡음 : 여러 형태의 잡음

신호 대 잡음 비 : SNR

$$SNR = \frac{\text{신호}}{\text{잡음}}$$

0SNR : 잡음을 못 잡음 / 20SNR : 잡음을 잘 잡음

새년 용량

- 잡음이 있는 채널에서의 최대 전송률을 결정하는 수식

$$Capacity = bandwidth \times \log_2(1 + SNR)$$

▣ 예제 3.37

◆ 신호 대 잡음의 비율 값이 거의 0인, 거의 잡음에 가까운 채널을 생각해보자. 다시 말해, 잡음이 너무 강해서 신호가 약해진다. 이 채널에 대한 용량을 계산하면 다음과 같다.

$$SNR \approx 0$$

$$C = B \log_2 (1 + SNR) = B \log_2(1 + 0) = B \log_2 1 = B \times 0 = 0$$

◆ 예제 3.41

- 1 MHz의 대역폭을 갖는 채널이 있다. 이 채널의 SNR은 63이다. 적절한 전송률과 신호 준위는 무엇인가?

- **Solution:** 우선 상한을 구하기 위해 섀넌 수식을 사용한다.

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}) = 10^6 \log_2(1 + 63) = 10^6 \log_2 64 = 6 \text{ Mbps}$$

- 비록 섀넌 수식으로부터 6 Mbps의 전송률을 구했으나 이는 상한일 뿐이다. 더 나은 성능을 위해 조금 낮은 값, 예를 들어 4 Mbps를 택한다. 그 후에 신호의 준위를 구하기 위해 나이퀴스트 식을 사용한다.

$$4 \text{ Mbps} = 2 \times 1 \text{ MHz} \times \log_2 L \longrightarrow L = 4$$

처리율

Example 3.44

- 10 Mbps의 대역폭을 갖는 네트워크가 매분 평균 10,000 비트로 되어 있는 12,000개의 프레임만을 통과시킨다. 이 네트워크의 처리율은 얼마인가?

Solution

다음과 같이 처리율을 구할 수 있다.

$$\text{Throughput} = \frac{12,000 \times 10,000}{60} = 2 \text{ Mbps}$$

이 경우에 처리율은 대역폭(10Mbps)의 거의 5분의 1 정도이다.

성장률은 1/5 이다.

지연(delay)

전파시간(propagation time)

$$\text{전파시간} = \text{거리} / \text{전파속도}$$

전송시간 (transmission time)

$$\text{전송시간} = \text{메시지 크기} / \text{대역폭}$$

Example 3.45

- 두 지점 간의 거리가 12,000 km 이라면 전파 시간은 얼마인가? 전파 속도는 케이블 속에서 $2.4 \times 10^8 \text{ m/s}$ 라고 가정한다.

Solution

다음과 같이 전파시간을 계산할 수 있다.

$$\frac{12 \times 10^6}{2.4 \times 10^8}$$

$$\text{Propagation time} = \frac{12,000 \times 1000}{2.4 \times 10^8} = 50 \text{ ms}$$

이 예는 발신지로부터 목적지까지 케이블이 있다면 한 비트가 대서양을 50 밀리 초 만에 건널 수 있다는 것을 보여준다.

Example 3.46

- 네트워크의 대역폭이 1 Gbps이면 2.5 킬로바이트 메시지(전자메일)의 전파 시간과 전송 시간은 얼마인가? 송신자와 수신자의 거리는 12,000 km이고 전파 속도는 2.4×10^8 m/s이다.

Solution

다음과 같이 전파 시간과 전송 시간을 계산할 수 있다:

$$\text{Propagation time} = \frac{12,000 \times 1000}{2.4 \times 10^8} = 50 \text{ ms}$$

$$\text{Transmission time} = \frac{2500 \times 8}{10^9} = 0.020 \text{ ms}$$

Example 3.47

- 네트워크 대역폭이 1 Mbps라면 5Mbyte 메시지(영상)의 전파 시간과 전송 시간은 얼마인가? 송신자와 수신자의 거리는 12,000 km이고 전파 속도는 2.4×10^8 m/s이다.

Solution

우리는 다음과 같이 전파 시간과 전송 시간을 계산할 수 있다.

$$\text{Propagation time} = \frac{12,000 \times 1000}{2.4 \times 10^8} = 50 \text{ ms} \quad \text{X.}$$

$$\text{Transmission time} = \frac{5,000,000 \times 8}{10^6} = 40 \text{ s} \quad \text{V}$$

파형 난조 / jitter

- 자연과 관련된 다른 성능으로, 경험적으로 통계에 의해서 계산됨

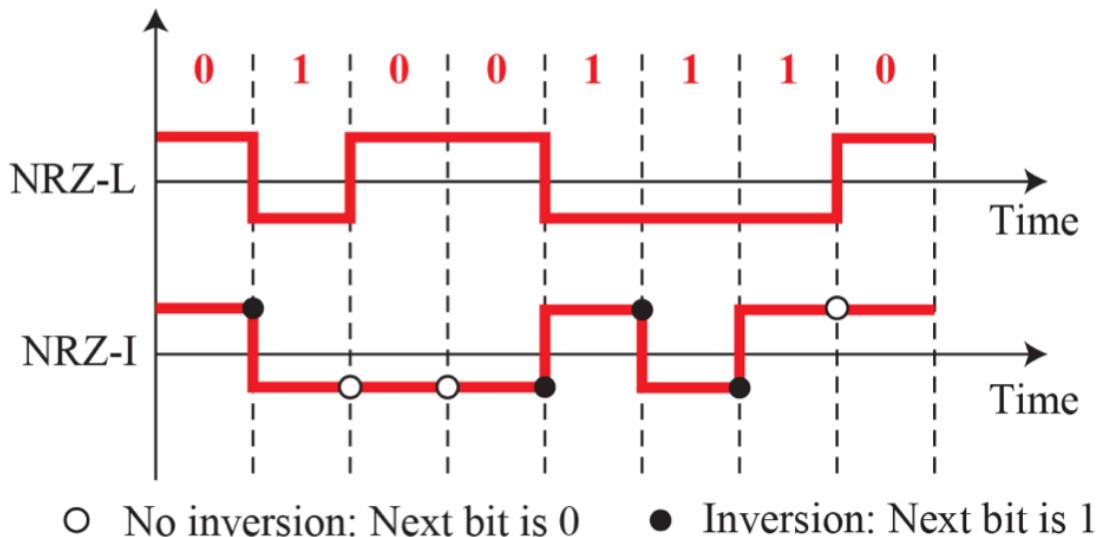
회선 부호화 방식

단극형 (Unipolar)

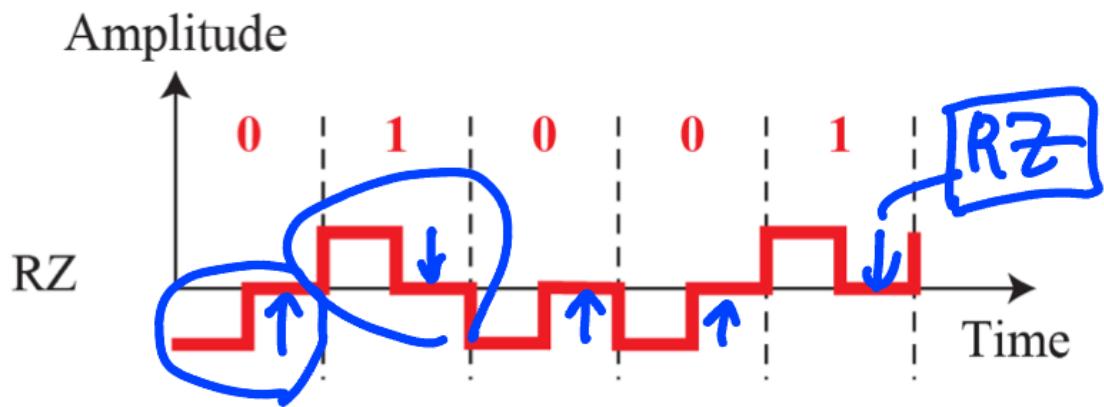
- 시간축을 기준으로 전부 위 또는 아래 신호 준위 값을 사용

극형 (Polar)

- NRZ-L : 양전압은 0, 음전압은 1을 의미
- NRZ-I : 전압 준위의 반전이 비트 1을 의미 / 1 = Change, 0 = NoChange



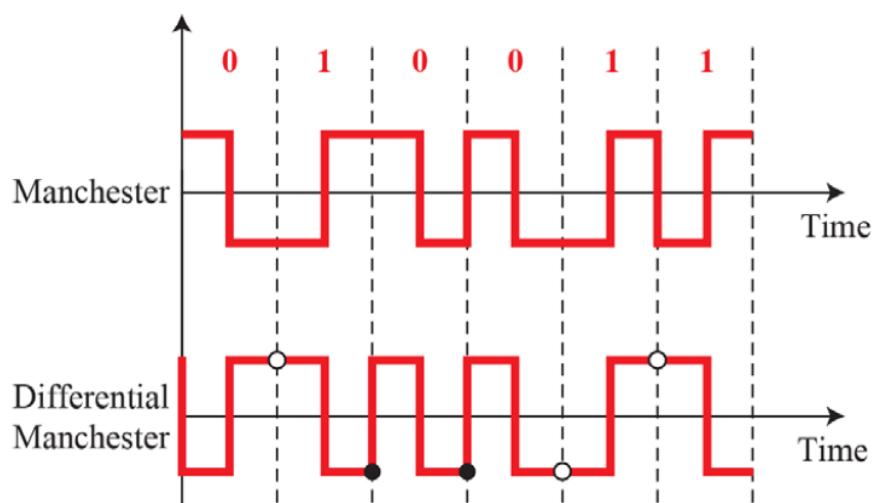
- RZ : 양, 음, 0 세가지를 사용하여, 신호는 매 비트 구간에 바뀜



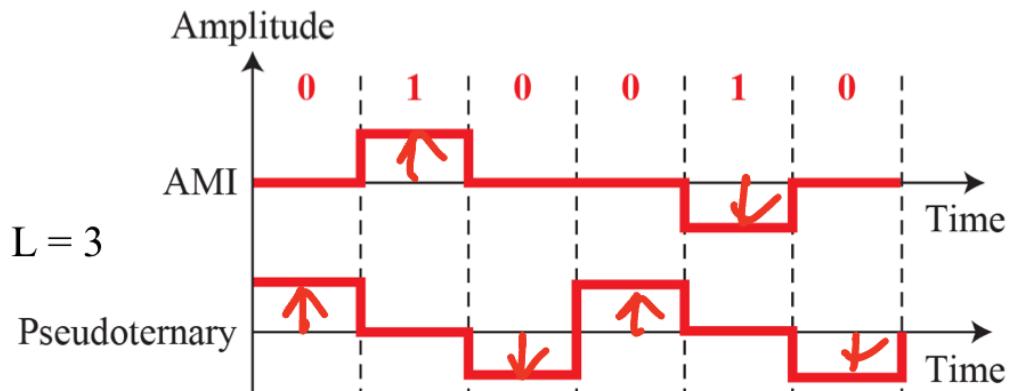
- 맨체스터 : 동기화를 달성하는 동시에 비트를 표현하기 위해 비트 간격 중간에서 신호를 반전

- 차분 맨체스터 : 동기화 + NRZ-I / 비트 간격 시작점에서 전이 여부로 비트를 식별

→ 둘다 대역폭은 NRZ의 두 배



양극형(Bipolar)



- AMI (Alternate mark inversion) : 교대로 나타나는 반전되는 1
 - 비트 0 : 중립의 0 전압, 비트 1 : 교대되는 양과 음의 전압
- 가삼진수 : 비트 1 : 중립의 0 전압, 비트 0 : 교대되는 양과 음의 전압

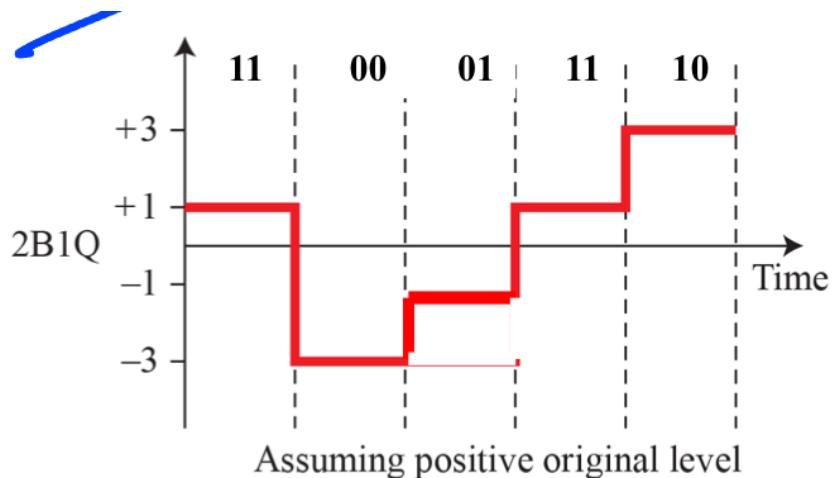
다준위 방식(Multilevel Schemes)

- n개의 신호 요소 패턴을 사용하여 m개 데이터 요소 패턴을 표현

mBnI 부호화

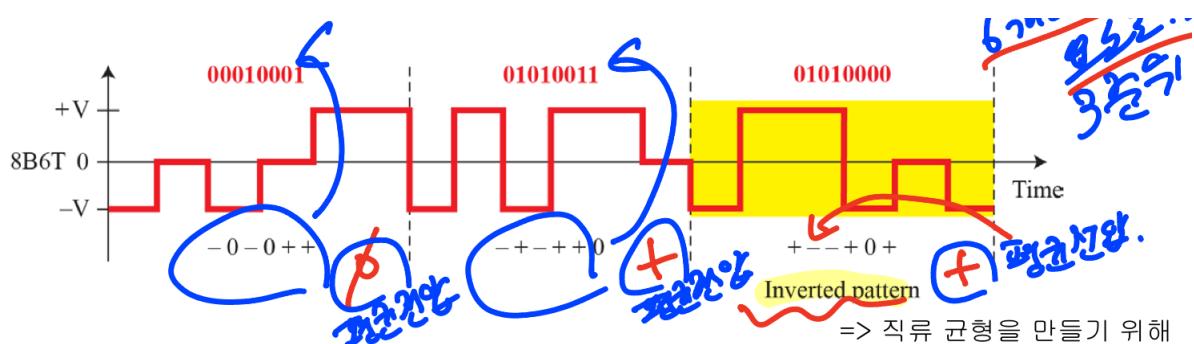
- m : 2진수 패턴(데이터)의 길이
- B : 2진수
- n : 신호 패턴의 길이
- L : 신호 준위의 수, 숫자 대신 문자 사용 / 2진 : B, 3진 : T, 4진 : Q

다준위 방식 : 2B1Q



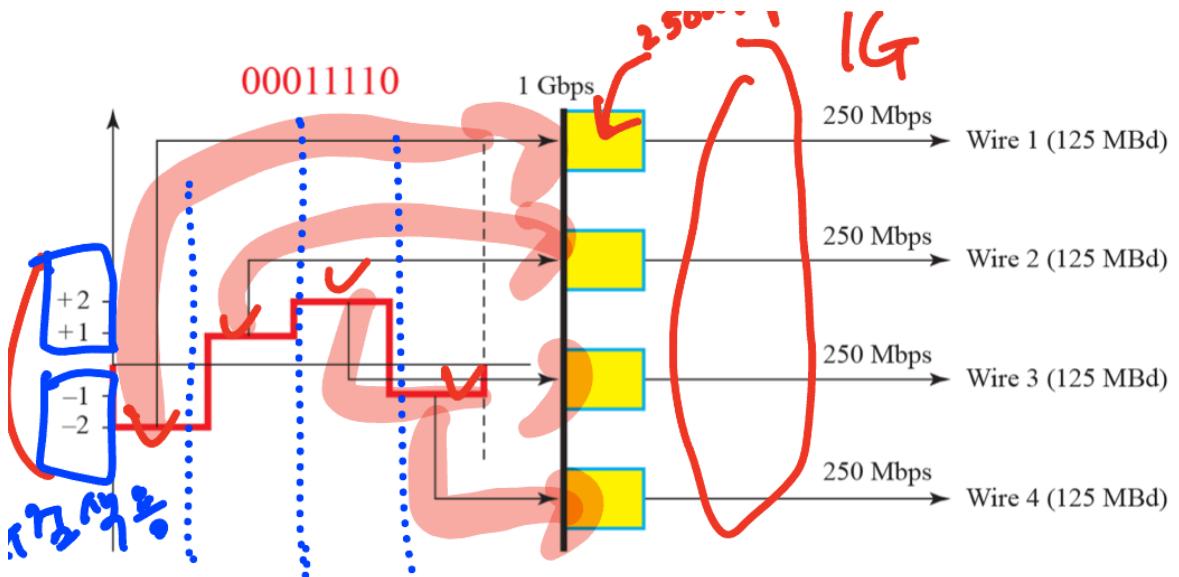
- 2비트 패턴에 1개의 신호요소, 준위는 4개

다준위 방식 : 8B6T



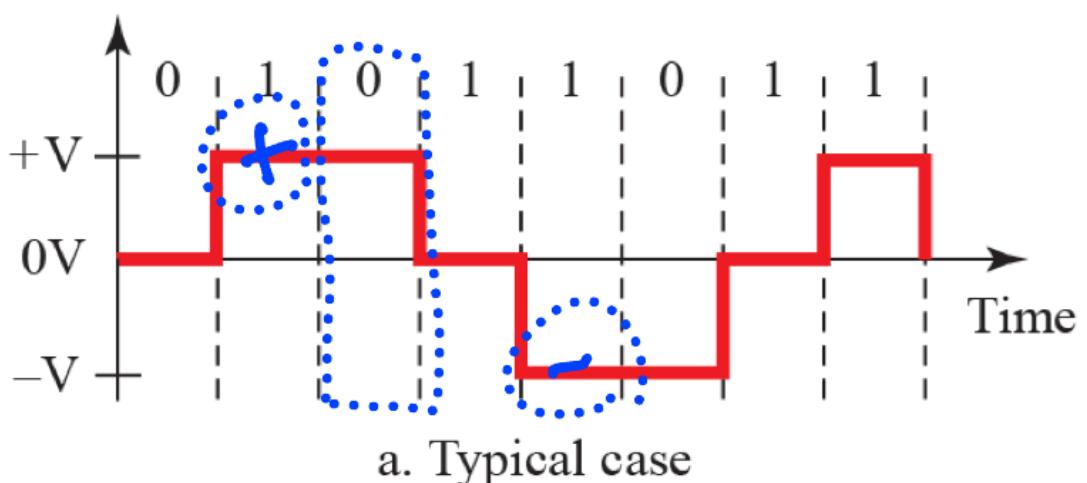
- 8비트 패턴에 6개의 신호요소, 준위는 3개

다준위 방식 : 4D-PAM5



- 데이터 4개의 5준위

다중 회선 : MLT-3



MLT-3 준위 규칙

1. 다음 비트가 0이면 준위 변화 없음
2. 다음 비트가 1이고 현재 준위가 0이 아니면 다음 준위는 0
3. 다음 비트가 1이고 현재 준위가 0이면 마지막으로 0이 아니었던 준위의 역

- 다음 비트가 1일때 준위가 0이 아니면, 다음 다음 준위는 0
- 다음 비트가 0이면 준위 변화 없음
- 다음 비트가 1일때 준위가 0이면, 마지막으로 0이 아니었던 준위의 역

블록 부호화

- 동기화를 확보하기 위해서 여분의 비트가 필요
- 추가 bit를 이용
- 에러 검출 및 데이터 전송에 목적을 가짐

아날로그-대-디지털 변환

펄스 코드 변조 (Pulse Code Modulation) / PCM

1. 채집
 - 아날로그 신호를 채집
2. 계수화
 - 채집된 신호를 정수값으로 계수화
3. 부호화
 - 계수화된 값을 비트 스트림으로 부호화

PCM의 복잡도를 낮추기위해 개발된 기술 → 델타 변조 / DM

아날로그-대-디지털 전송 방식

1. 병렬 전송
2. 직렬 전송
3. 비동기식 전송
4. 동기식 전송
5. 등시식 전송

디지털-대-아날로그 변환 유형

진폭 편이 변조 (Amplitude Shift Keying) / ASK

- 반송파의 진폭이 디지털 데이터에 따라 변화하는 것

주파수 편이 변조 (Frequency Shift Keying) / FSK

- 반송파의 주파수가 데이터(0과 1)에 따라 변화

위상 편이 변조 (Phase Shift Keying) / PSK

- 신호의 위상이 바뀜
- BPSK / 이진 위상 편이 변조 : 180도
- QPSK / 직교 위상 편이 변조 : 90도

구상 진폭 편이 변조 (Quadrature Amplitude Modulation) / QAM

- ASK와, PSK를 결합한 것으로, 진폭과 위상을 변화시키는 것

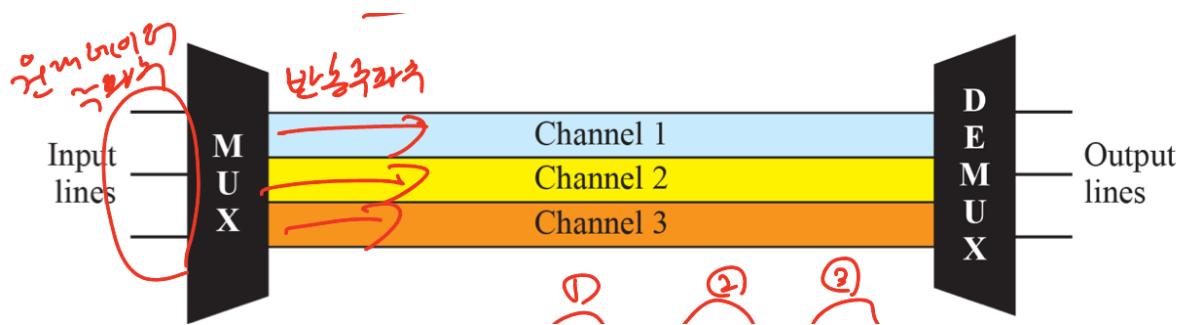
아날로그-대-아날로그 변환 유형

- AM, FM, PM

다중화 / Multiplexing

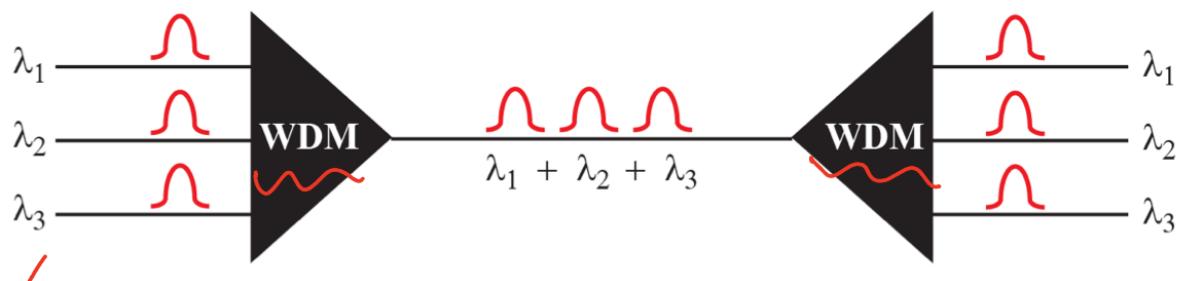
주파수 분할 다중화 (Frequency-Division Multiplexing) / FDM

- 링크의 대역폭이 전송되는 조합 신호의 대역보다 클 때 적용할 수 있는 아날로그 기술



파장 분할 다중화 (Wave-Division Multiplexing)

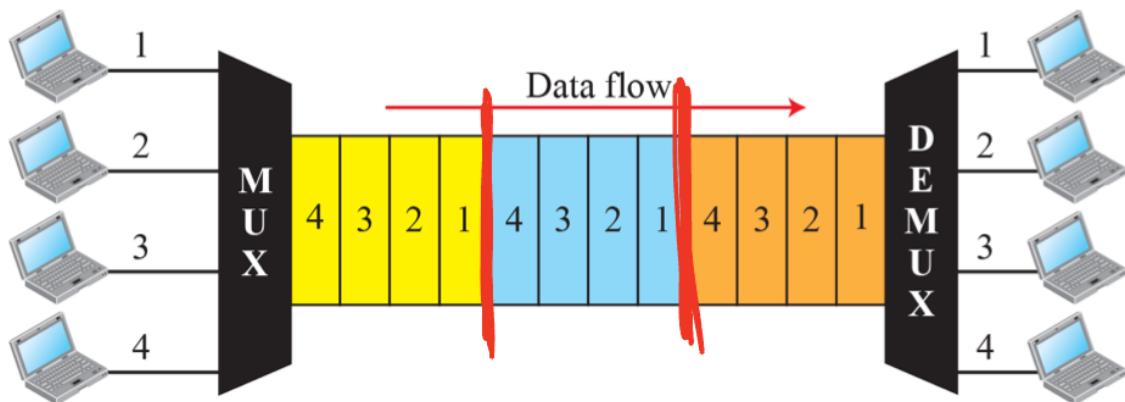
- FDM과 기본 개념은 같으며, 광섬유의 고속 전송률을 이용하여 설계



- WDM은 광섬유 신호를 조합하기 위한 아날로그 다중화 기법

시분할 다중화 (Time-Division Multiplexing)

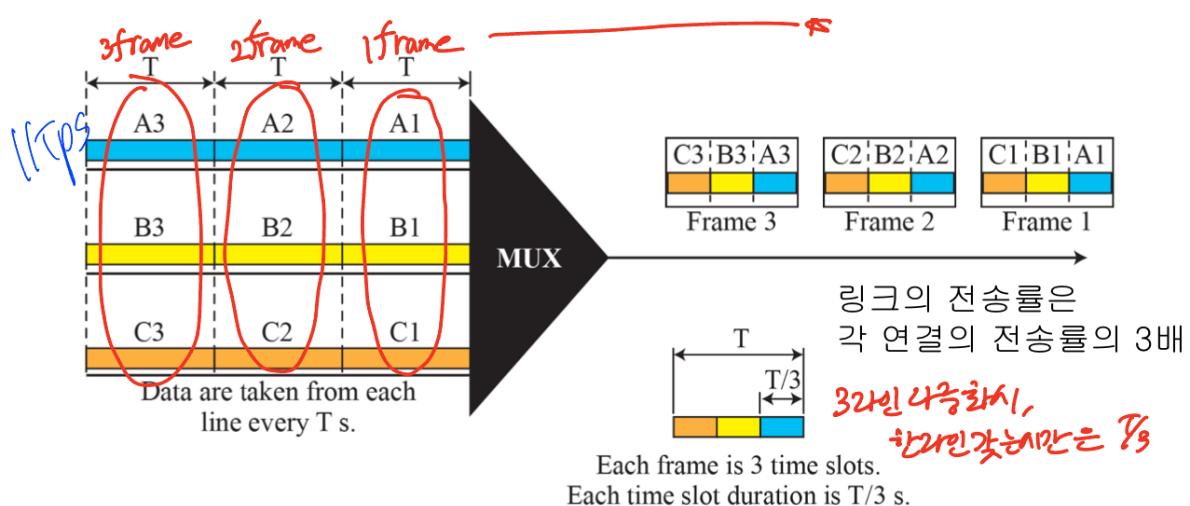
- 송신과 수신 장치에 의해 요구되는 데이터 전송률보다,
전송 매체의 데이터 전송률이 클 때 적용되는 데이터 처리 기술



TDM은 여러 개의 저속 채널을 하나의 고속 채널로 조합한 다중화 기술

동기식 (Synchronous) TDM

- n개의 연결로부터 데이터를 전송하는 링크의 전송률은 데이터 흐름을 보장하기 위해 각 연결의 전송률의 최소 n배가 되어야 함



Example 6.5

그림 6.13에 있는 각 입력 연결의 데이터율은 1 kbps이다. 한 번에 한 비트씩 다중화된다고 하면(단위는 비트이다),

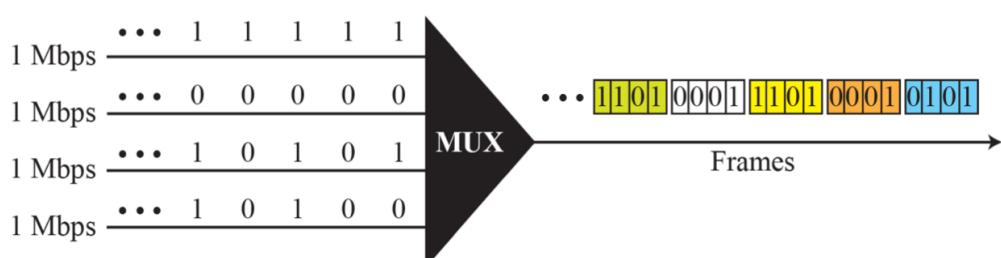
- (a) 각 입력 슬럿 (Input slot),
- (b) 각 출력 슬럿 (Output slot),
- (c) 각 프레임의 지속기간(duration)은 얼마인가?

Solution

- a. 다중화기 전의 1비트의 기간(T)은 0.001초 또는 1 ms $\frac{1}{1000} = 10^{-3}$
- b. 각 출력 타임 슬럿의 기간은 입력 타임 슬럿의 $1/3$ 이다. 즉 출력 타임 슬럿은 $1/3$ ms.
- c. 각 프레임은 3개의 출력 타임 슬럿을 운반한다. 그러므로 프레임 기간은 $3 \times 1/3$ ms 또는 1ms이다. 프레임 기간은 입력 단위 기간과 동일하다.

Example 6.6

그림 6.14는 각 입력에서 오는 데이터와 출력 데이터 스트림을 갖는 동기 TDM을 보여준다. 데이터 단위는 1 비트이다. (a) 입력 비트 지속시간, (b) 출력 비트 지속시간, (c) 출력 비트율, (d) 출력 프레임률을 구하라.



Example 6.6 (continued)

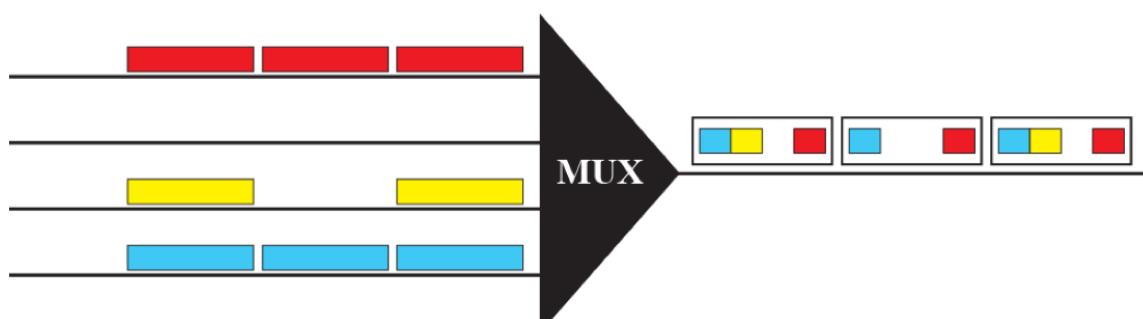
Solution

- a. 입력 비트 기간은 비트율의 역이므로 $1 / 1 \text{ Mbps} = 1 \mu\text{s}$.
- b. 출력 비트 지속시간은 입력 비트 지속시간의 $1/4$ 이므로 $1/4 \mu\text{s}$.
- c. 출력 비트율은 출력 비트 시간의 역이므로 4 Mbps . 이는 출력 비트율이 입력 비트율의 4배라는 점에서부터도 알아낼 수 있다.
- d. 프레임율은 항상 입력 비트율과 같다. 그러므로 프레임율은 매 초 $1,000,000$ 프레임이다. 각 프레임에 4 비트를 보내므로 앞의 질문의 답을 프레임율에 프레임당 비트 수를 곱하여 확인할 수 있다.

! 프레임율은 항상 입력 비트율과 같다 !

동기식 TDM 단점 : 빈 슬롯

- 발신자가 전송할 데이터가 없으면 해당 틈새가 비게됨 → 비효율적

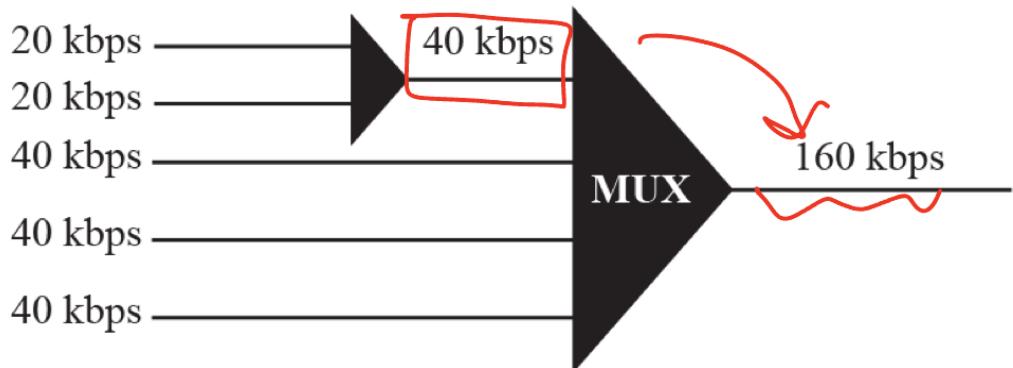


데이터 전송률 관리

- 다중 레벨 다중화
- 복수 슬롯 할당
- 펄스 채워 넣기
- 프레임 동기화

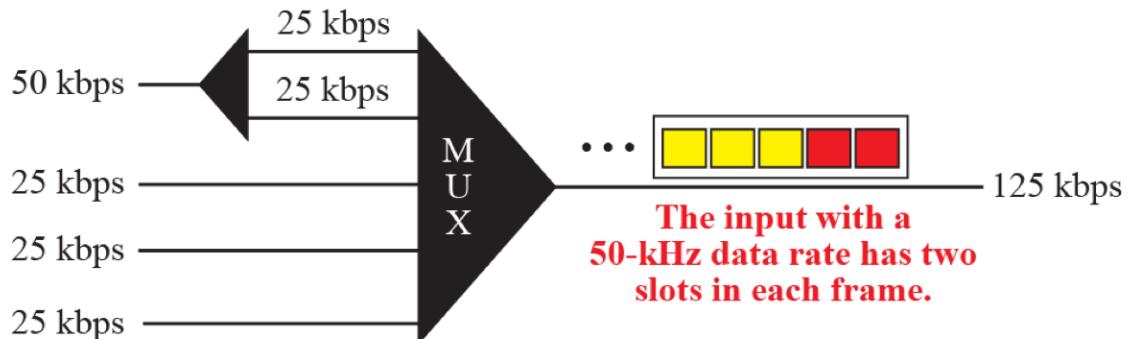
다중레벨 다중화

- 어느 입력의 데이터율이 다른 것들에 비해 정수 배만큼 느릴 때 다중화 추가



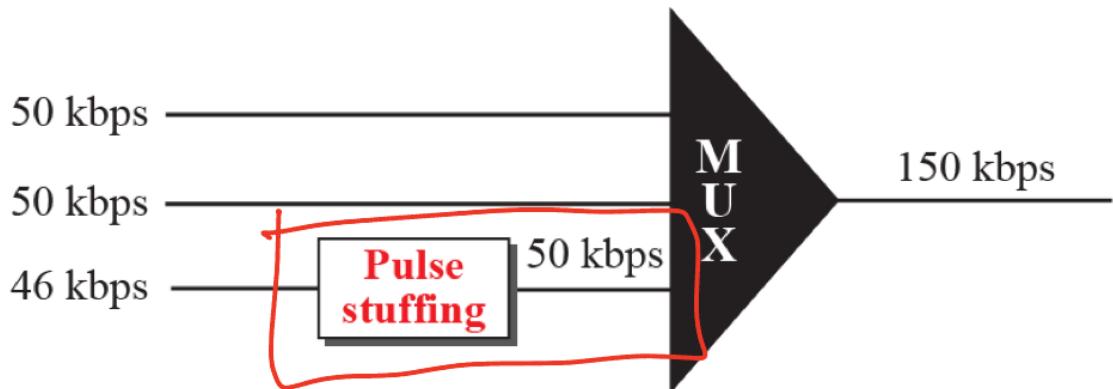
복수 슬롯 할당

- 어느 입력의 데이터율이 다른 것들에 비해 정수 배만큼 빠를 때 복수 개의 슬롯을 추가(역 다중화 이용)



펄스 채워 넣기

- 어느 입력의 데이터율이 다른 것들에 비해 정수배가 되지 않을 경우 높은 입력 회선을 기준으로 dummy bit을 채워 넣는 것

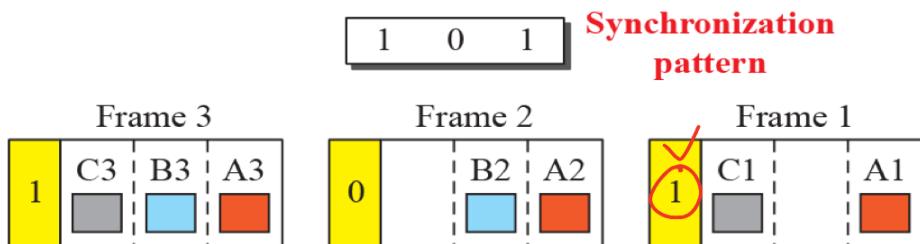


프레임 동기화

- 프레임 구성 비트를 사용하여 동기화 진행

프레임 구성 비트

- 다중화기와 역다중화기 사이에 동기를 맞추기 위해 사용하는 비트(프레임당 1 비트, 0과 1을 반복 사용)



디지털 신호 서비스

- 디지털 신호의 계층 구조 : 전화 회사들은 디지털 신호의 계층 구조를 이용하여 TDM 구현

통계적 TDM (Statistical TDM)

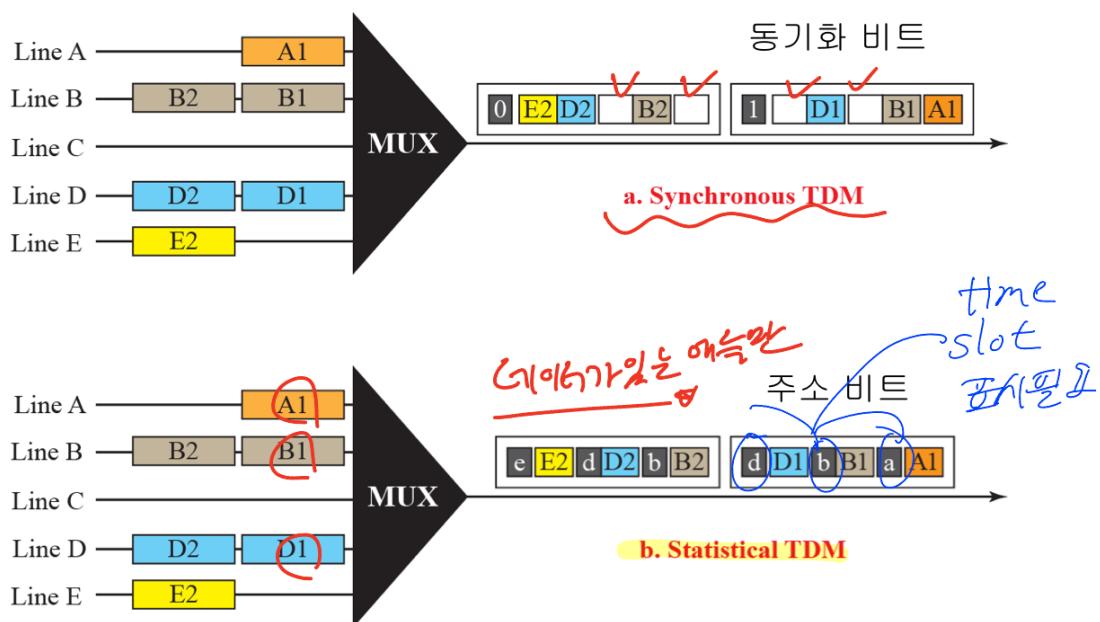
동기 TDM은 각 입력 회선이 출력 프레임에 예약된 슬롯을 가짐

- 입력 회선에 데이터가 없을 경우 효율이 떨어짐

통계적 TDM

- 대역폭 효율을 높이기 위해 슬롯이 동적으로 할당됨
- 입력 회선에 전송할 데이터가 있을 경우에만 출력 프레임이 슬롯을 할당
- 다중화기는 각 입력 회선을 순서대로 확인 후 회선에 데이터가 있을 경우에 슬롯을 할당
- 없으면 할당하지 않고 다음 회선으로 이동

▣ TDM 슬럿 비교



끼워넣기 (interleaving)

- 스위치가 장치들을 일정한 비율로 정해진 순서대로 이동시킴

전송 매체의 종류

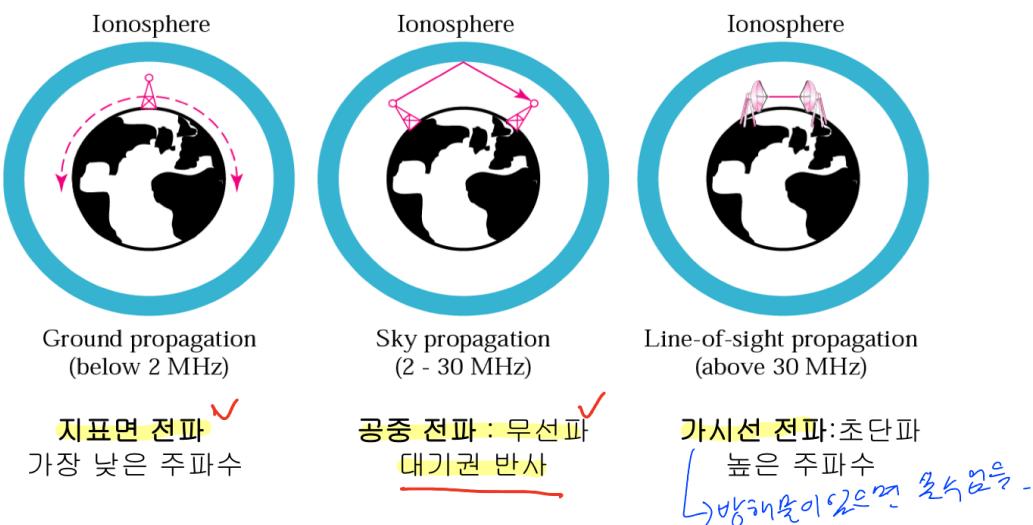
유도 매체 / 유선

1. 꼬임 쌍선
2. 동축 케이블
3. 광 케이블
 - a. 다중 모드 / 주황색 / 단거리
 - b. 단일 모드 / 노란색 / 장거리

비유도 매체 / 무선

전파 방법

1. 지표면 전파
2. 공중 전파
3. 가시선 전파



무선 전송파

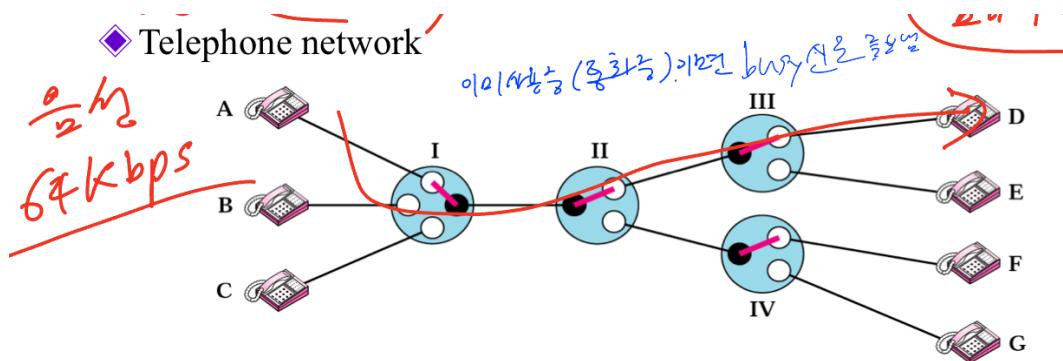
1. 라디오파 / 라디오, 텔레비전 / 벽을 통과
2. 마이크로파 / 휴대전화, 위성통신 / 벽을 통과 못함, 단방향 전파
3. 적외선파 / 리모컨, 무선 키보드 / 벽을 통과 못함, 단거리 통신용

교환

회선 교환 (Circuit Switch)

- 한번 연결되면 통화가 완료될 때 까지 전송할 데이터의 유무에 관계 없이

회선을 점유 → 점유 시간



세 단계로 구성

1. 연결 설정 단계

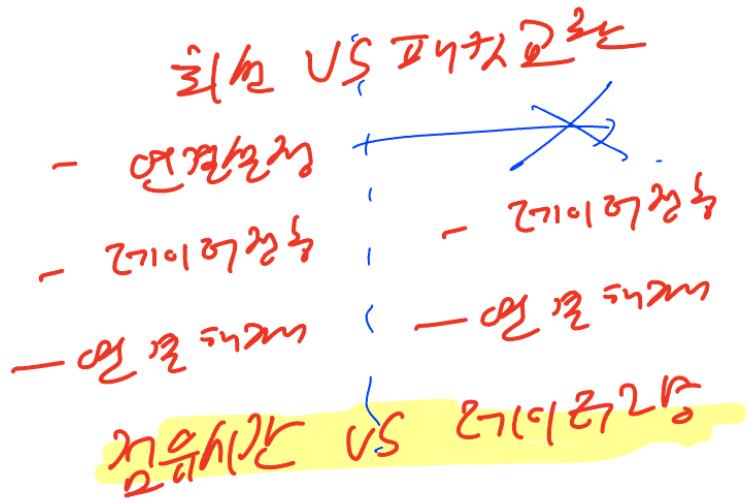
- 교환기 사이에 전용 회선을 만드는 것
- 자원 할당

2. 데이터 전송 단계

- 음성 데이터 전송

3. 연결 해제 단계

- 사용한 자원 해지



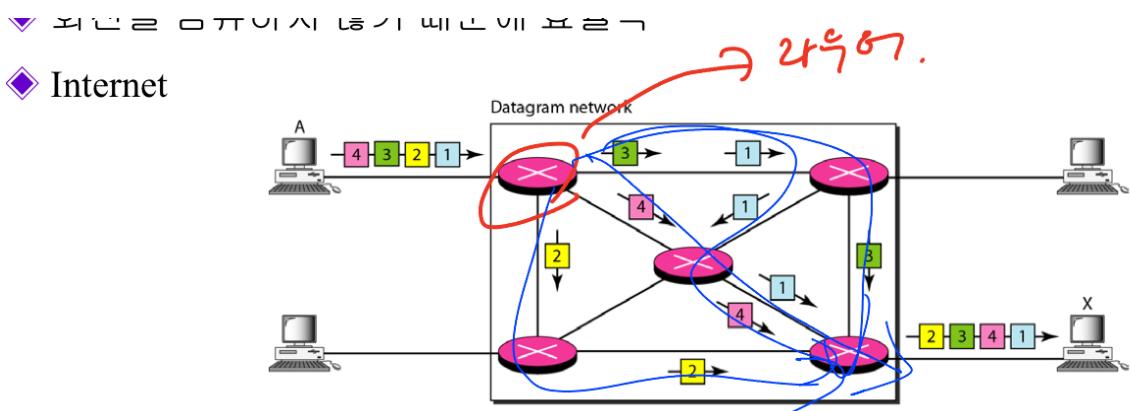
전화 VS 이메일로 생각하면 쉬움

패킷 교환 망

- 메시지가 패킷 교환 망을 통과한다면 메시지는 일정 크기 또는 가변 크기의 패킷으로 나뉘어야함

데이터그램 망

- 통신망에서 데이터를 전송할 때 사전에 회선의 결정이 이루어지지 않음
- 각각의 패킷별로 주소를 갖고 목적지를 찾아감
- 회선을 점유하지 않기 때문에 효율적 / 경로를 점유



패킷 교환망에서 자원 예약은 없으며, 자원은 필요에 따라 할당

가상회선 망(virtual-circuit network)

- 회선교환 망과 데이터그램 망을 섞은 것과 같이 양쪽의 특성을 모두 가지고 있음
- 주소 ~ 경로 / Path(경로)를 점유함

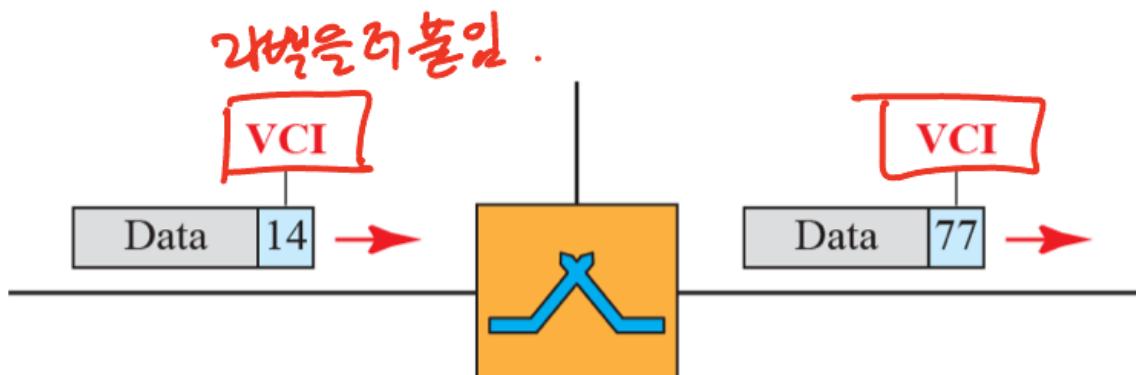
가상회선 망의 특성

- 회선 교환처럼 연결 설정 및 연결 해제 단계가 존재
- 회선 교환처럼 자원이 연결 설정 단계에서 할당될 수도 있고, 필요에 따라 할당될 수 있음
- 데이터그램 망처럼 데이터는 패킷으로 전송되며, 각 패킷은 헤더에 주소가 들어있음
- 회선 교환처럼 연결이 설정되고 나면 패킷은 같은 경로를 따라 전송됨
- 가상회선 망은 보통 데이터 링크층에서 구현

가상회선 망 → 성능과 속도 보장!!

가상회선 주소 지정

- 가상회선 식별자(VCI, Virtual Circuit Identifier)
 - 교환기에서 사용되는 주소로서 프레임에서 사용



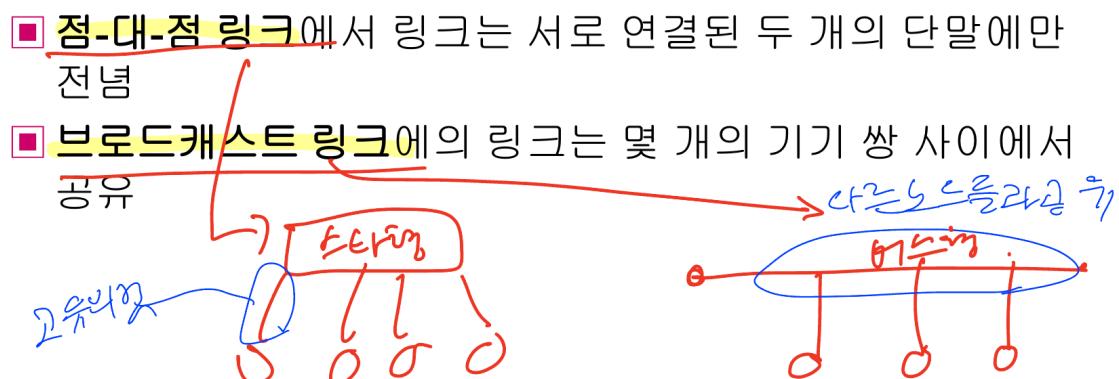
데이터 링크층

서비스

- 데이터링크 계층은 물리 계층과 네트워크 계층 사이에 위치
- 데이터링크 계층은 물리 계층이나 네트워크 계층으로부터 전달받은 서비스를 제공
- 기능
 1. 프레임 짜기 : 네트워크 계층으로부터 받은 비트 스트림을 프레임 단위로 나눔
→ 패킷을 데이터 영역에 넣고, 앞에는 헤더, 뒤에는 트레일러를 붙여서 프레임을 완성
 2. **흐름 제어** : 수신자의 수신 데이터 전송률을 고려하여 데이터 전송하도록 제어
→ 수신부 노드에 따라 처리 용량 차이 발생 ~ 데이터 전송이 고려되어야 함
 3. **오류 제어** : 손상 또는 손실된 프레임을 발견 / 재전송

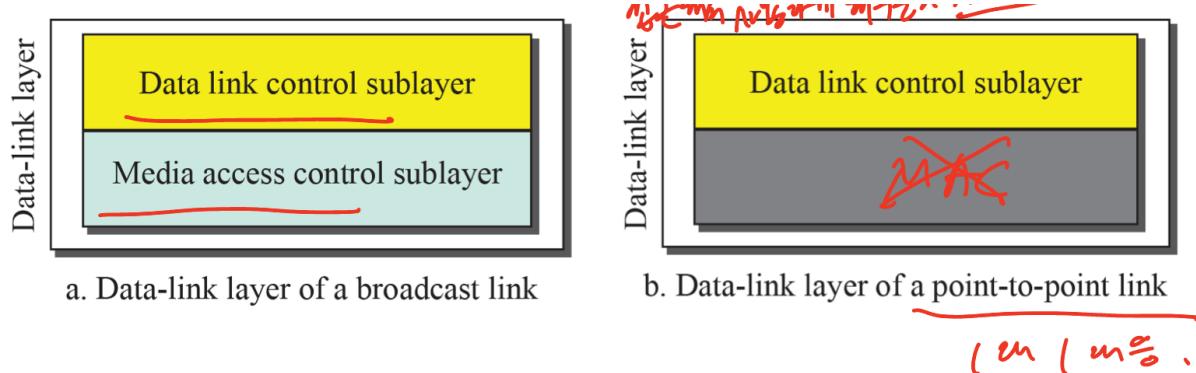
링크의 두 범주

- 점-대-점 링크에서 링크는 서로 연결된 두 개의 단말에만 전념
- 브로드캐스트 링크의 링크는 몇 개의 기기 쌍 사이에서 공유



두 개의 부계층

- 데이터 링크 제어 (Data Link Control : DLC)
 - : 점-대-점과 브로드캐스트 링크와 연관된 모든 사항을 다룸
- 매체 접근 제어 (Media Access Control : MAC)
 - : 브로드캐스트와 관련된 특별한 사항을 다룸
 - : 동시에 접속하지 못하게 해야함 / 한 사람만 매체에 접근해서 사용하게 해두는 것 → **MAC**



링크 계층 주소 지정

- 발신지와 목적지 IP주소는 두 종단을 정의하지만, 패킷이 경유하는 경로에 대해서는 **정의하지 못함**
- 데이터 그램이 네트워크층에서 데이터링크층으로 전달될 때, 데이터 그램은 프레임에 캡슐화되고 **두 데이터 링크 주소는 프레임 헤더에 추가됨**
 - 두 데이터 링크 ? : **두 노드 사이의 MAC 주소 / 물리 주소**
- 데이터 링크의 주소는 링크 주소, 물리 주소, MAC 주소라고도 불림

세 가지 유형의 주소

- 유니 캐스트 주소

: 일-대-일 통신을 의미하며 유니캐스트 주소 목적지를 갖는 프레임은 링크에서 하나의 장치와 연결

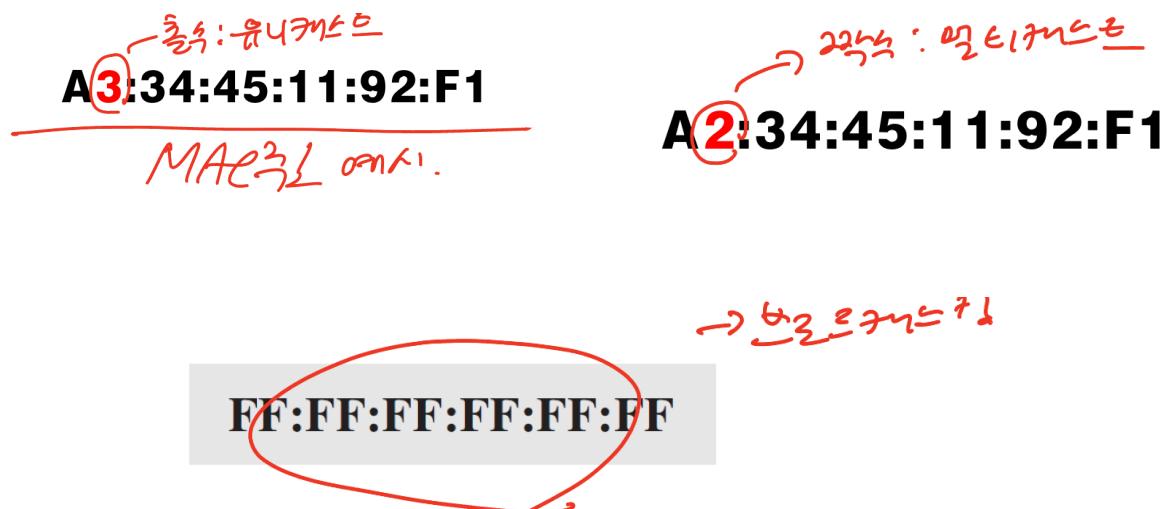
- 멀티 캐스트 주소

: 일-대-다 통신을 의미하며 범위는 로컬 링크로 제한됨 / 수신자가 요청해야됨 / ZOOM 등

- 브로드 캐스트 주소

: 일-대-전체 통신을 의미하며 목적지로 브로드 캐스트 주소를 가지는 프레임은 링크내의 모든 장치로 전달됨

→ 발신자에게 무조건적으로 뿌림



주소 변환 프로토콜(ARP)

IP주소로 MAC 주소를 알아내는 프로토콜

- 링크내 다른 노드로 전송하기 위해, 한 노드가 가지고 있는 IP 데이터그램은 수신 노드의 IP 주소를 가지지만, 다음 노드의 링크계층 주소를 알아야함

- 주소 변환 프로토콜 ARP(Address Resolution Protocol) : 주소를 지정된 링크 계층 주소에 매핑시키고, 데이터 링크 층으로 전달