

데이터 통신

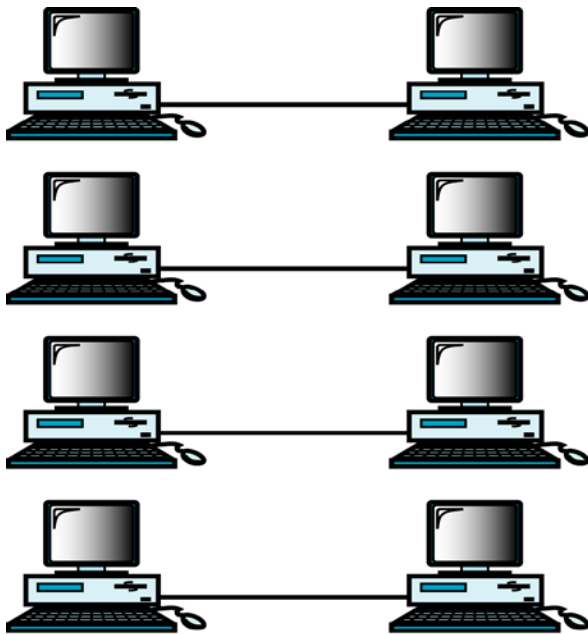
Part 2. 물리층 및 매체

Chapter 6. 대역폭 활용 : 다중화와 확장

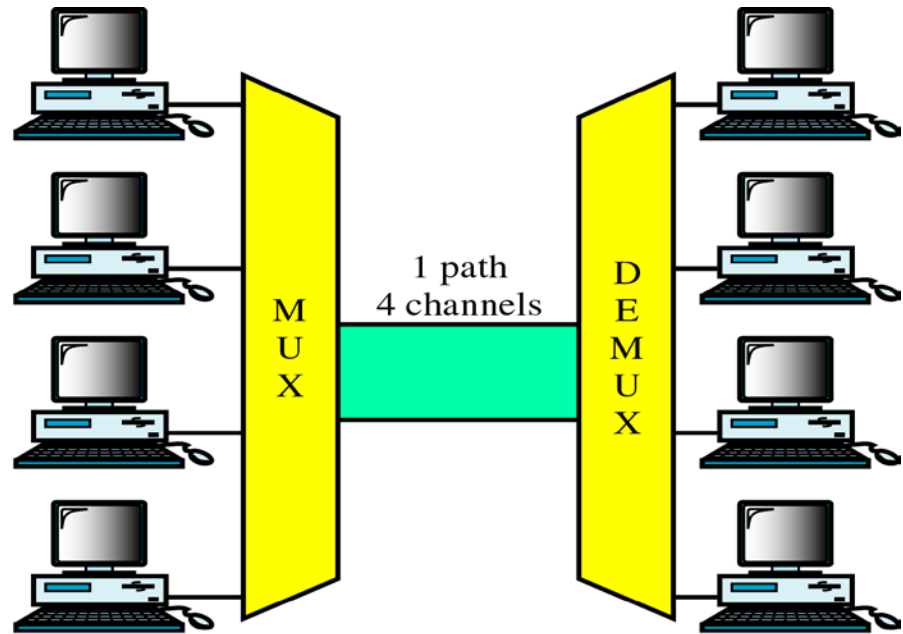
다중화(Multiplexing) (1)

◆ 다중화(Multiplexing)

- 단일 데이터 링크를 통해 여러 개의 신호를 동시에 전송하기 위한 기술



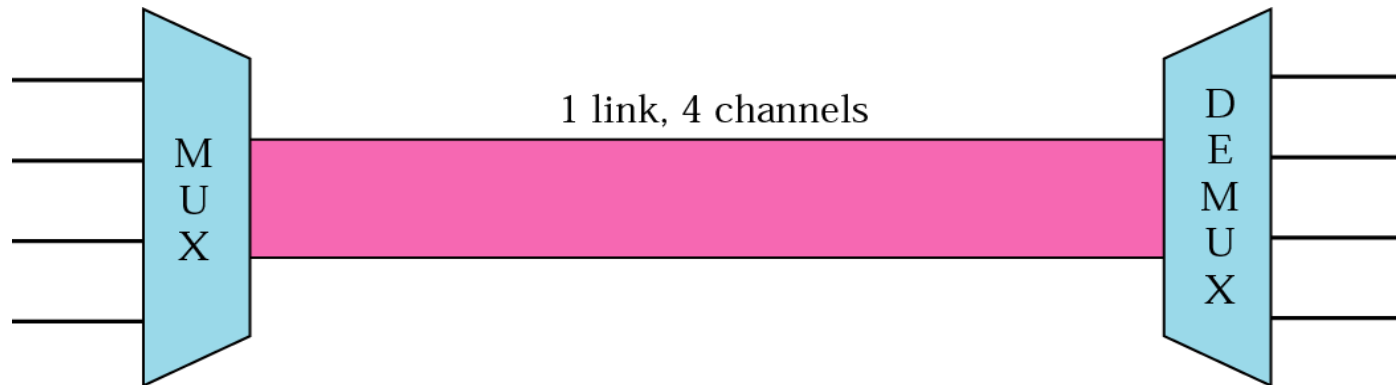
a. No multiplexing



b. Multiplexing

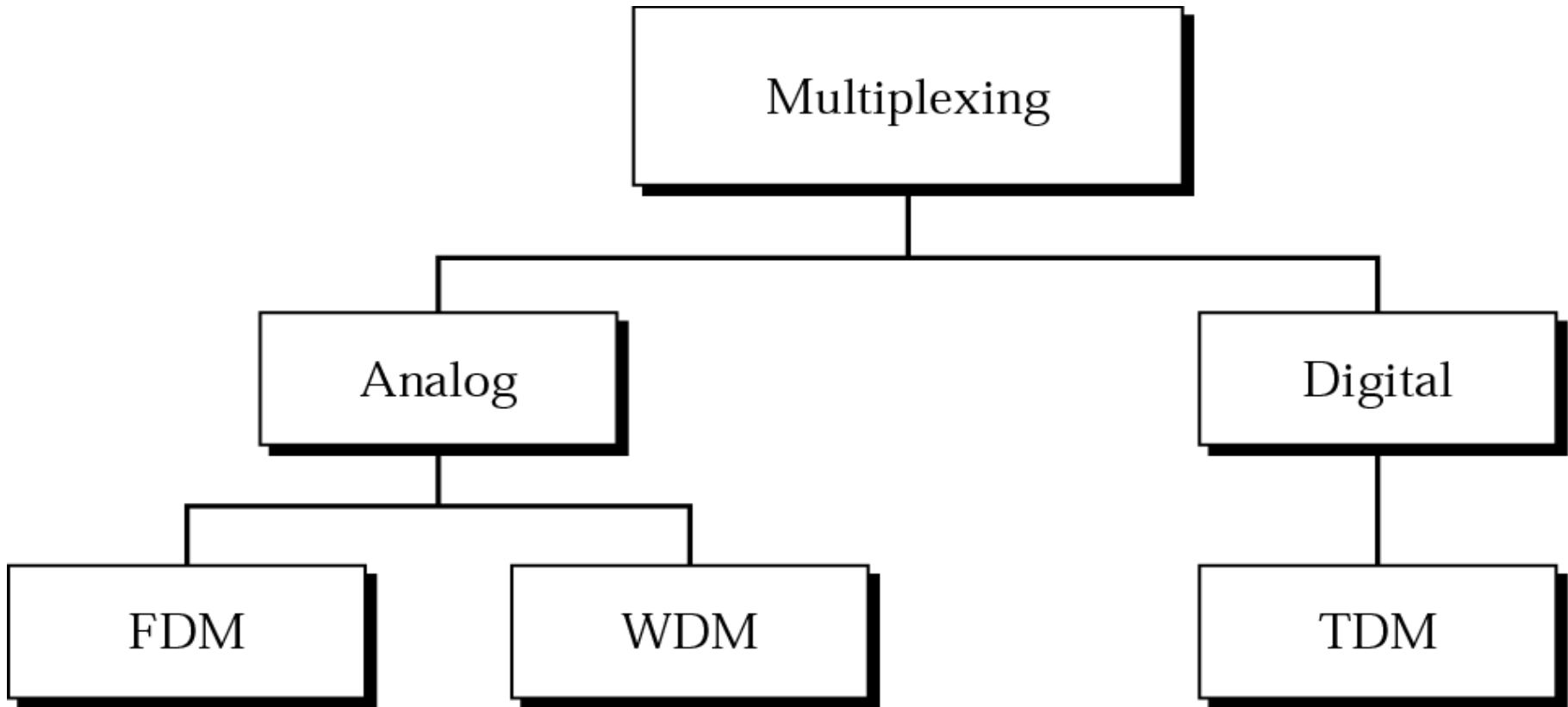
다중화(Multiplexing) (2)

- ◆ 다중화기(MUX, Multiplexer)
 - 전송 스트림을 단일 스트림으로 결합(many to one)
- ◆ 다중복구기(DEMUX, Demultiplexer)
 - 스트림을 각각의 요소로 분리(one to many)
 - 전송 스트림을 해당 수신장치에 전달
- ◆ 1개의 물리적 링크를 여러 개의 채널로 분할하여 사용
 - 비유) 서울-부산간 4차선(채널) 경부고속도로(링크)



다중화(Multiplexing) (3)

◆ 다중화 유형



FDM (1)

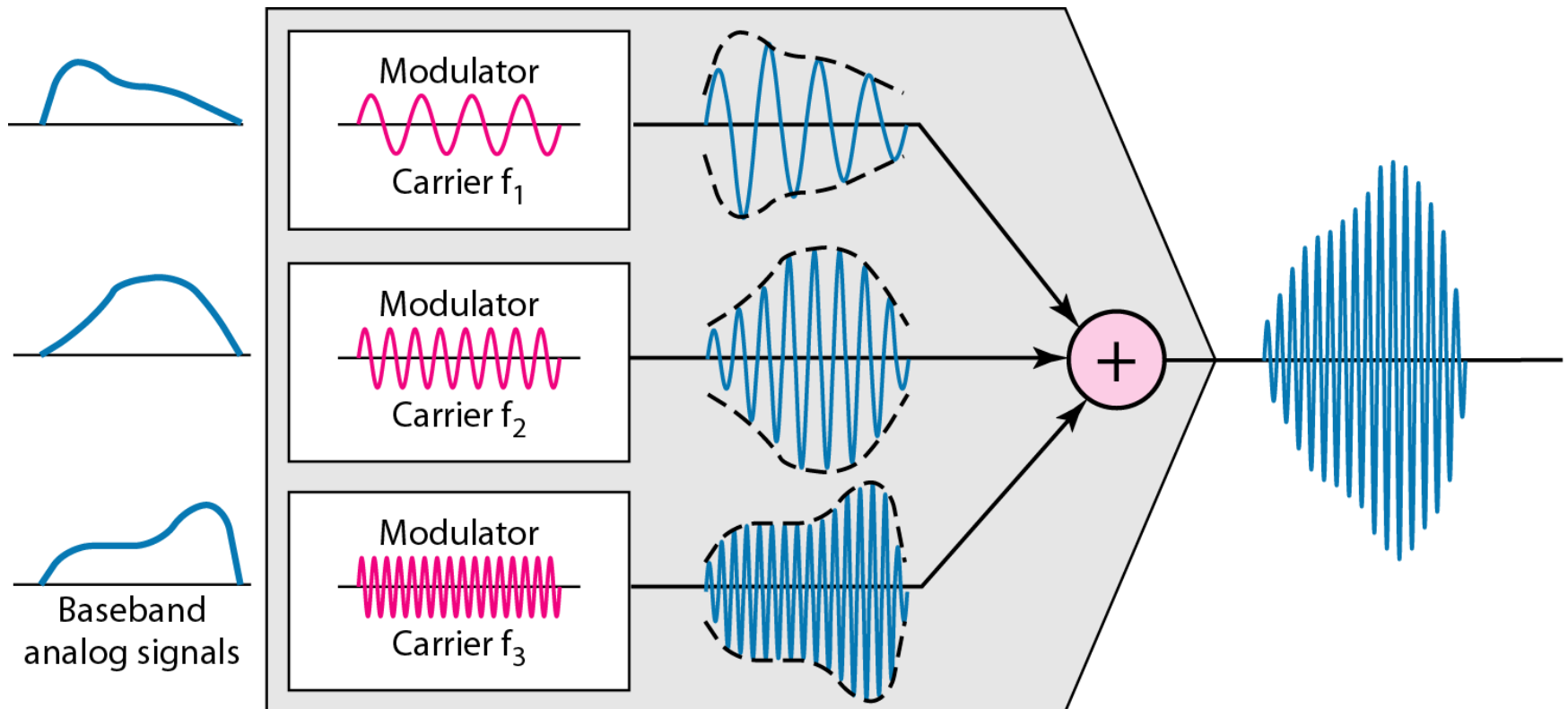
- ◆ 주파수분할 다중화(frequency division multiplexing)
- ◆ 링크의 대역폭이 전송되는 신호들의 합에 대한 대역폭 보다 클 때 적용할 수 있는 아날로그 기술
- ◆ 신호가 겹치지 않도록 보호대역(guard band)만큼 떨어져야 함



FDM (2)

◆ FDM 처리 과정

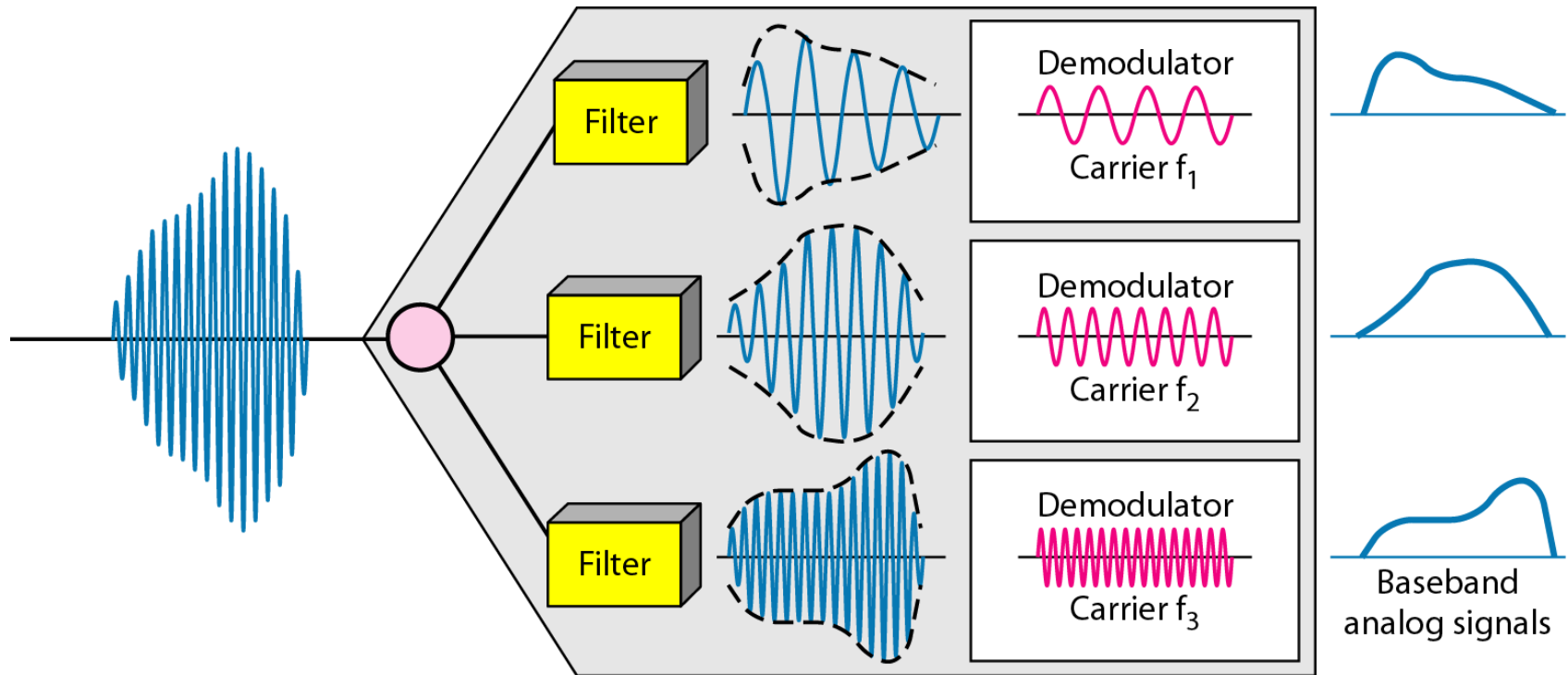
- 각 전화기는 비슷한 범위의 주파수 대역의 신호 발생
- 이 신호는 서로 다른 반송 주파수로 변조된다(f_1, f_2, f_3).
- 각 신호는 복합신호로 합성되어 링크를 통해 전송됨.



FDM (3)

◆ 다중화 풀기(다중화 복구, Demultiplexing)

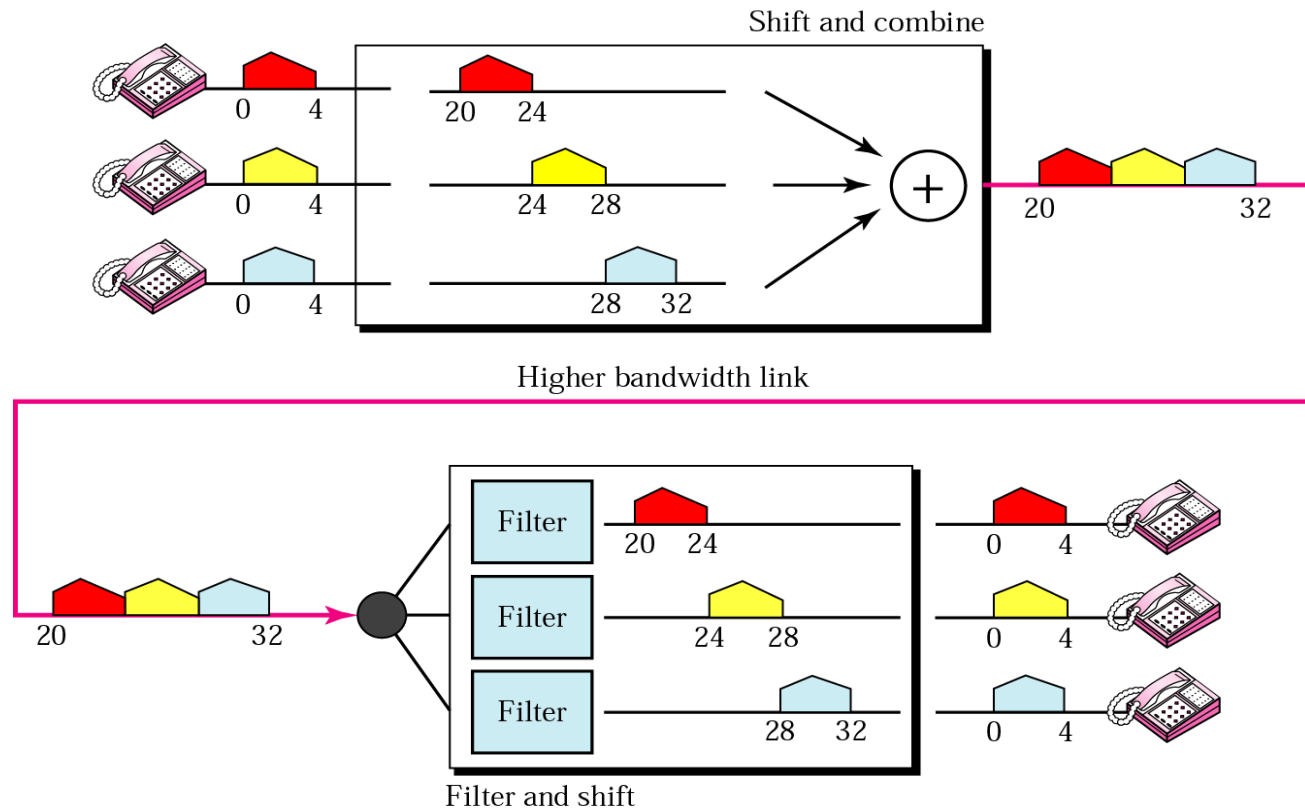
- 필터를 통해 개개의 신호를 분리
- 분리된 신호는 복조기를 통해 수신기에 전달



FDM (4)

◆ 예제 6.1

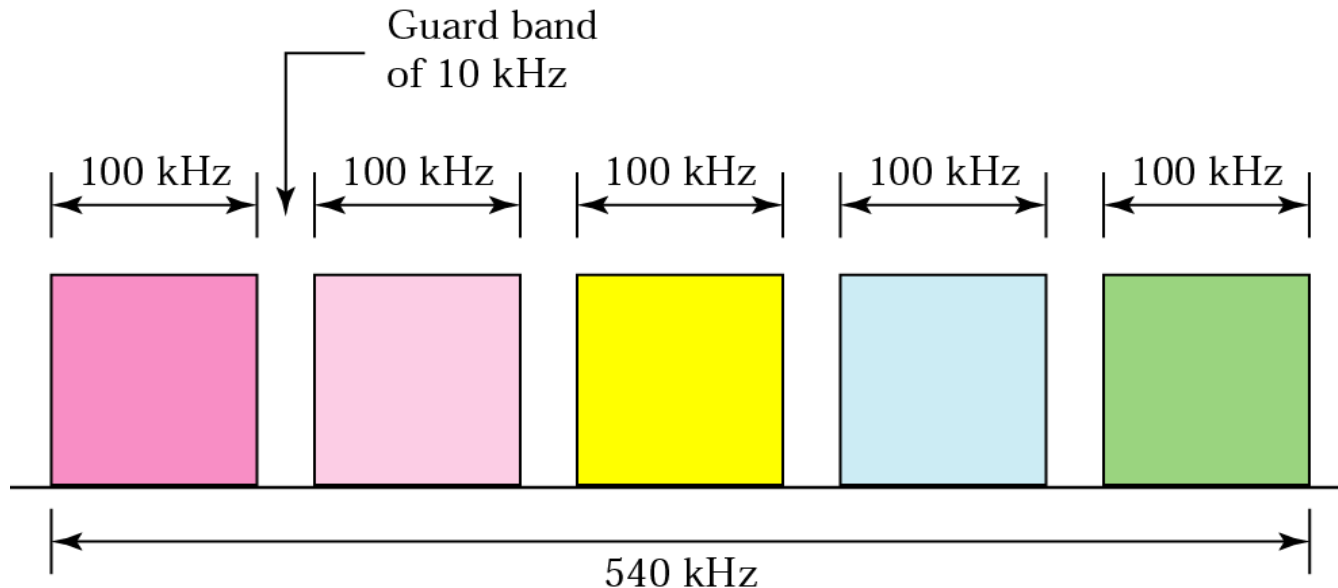
- 가정 : 음성 채널이 4KHz의 대역폭을 차지
- 20Hz ~ 32KHz에 걸친 대역폭을 사용하는 링크를 통해 세 개의 음성 채널을 합해서 보낸다고 하자. 보호대역 없이 주파수 영역에서의 형상을 보이시오.



FDM (5)

◆ 예제 6.2

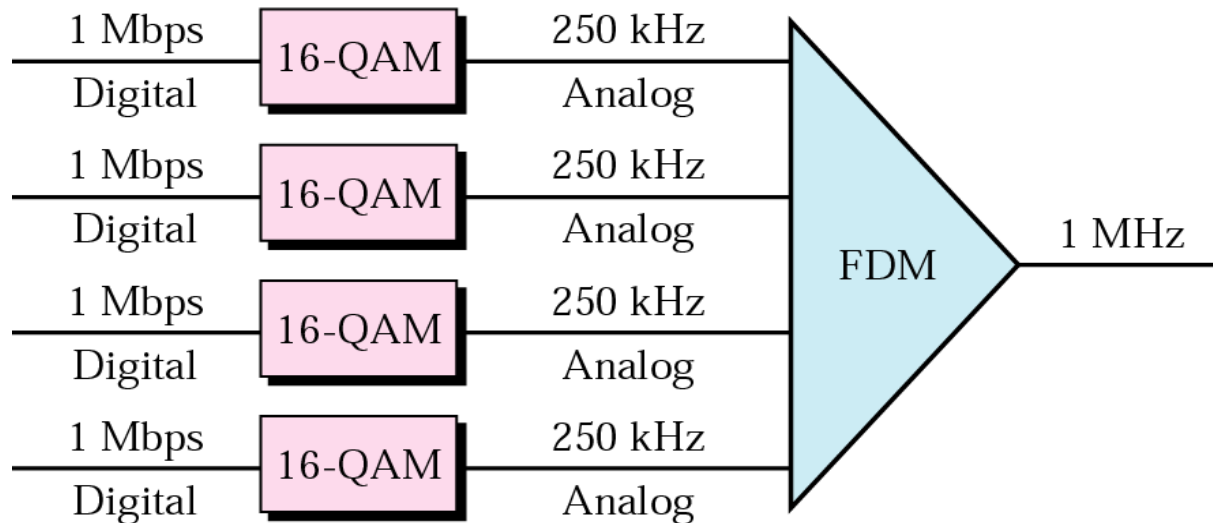
- 각각 100KHz의 대역폭을 갖는 다섯 개의 채널을 함께 다중화해서 보낸다. 만일 서로간의 간섭을 피하기 위해 채널 사이에 10KHz의 보호대역이 필요하다면 최소 얼마만큼의 대역폭이 필요한가?
- 풀이) 다섯 개의 채널을 띄워놓기 위해 최소 4개의 보호대역이 필요하다. 따라서 필요한 대역폭은 최소 $(5 \times 100) + (4 \times 10) = 540\text{KHz}$ 이다



FDM (6)

◆ 예제 6.3

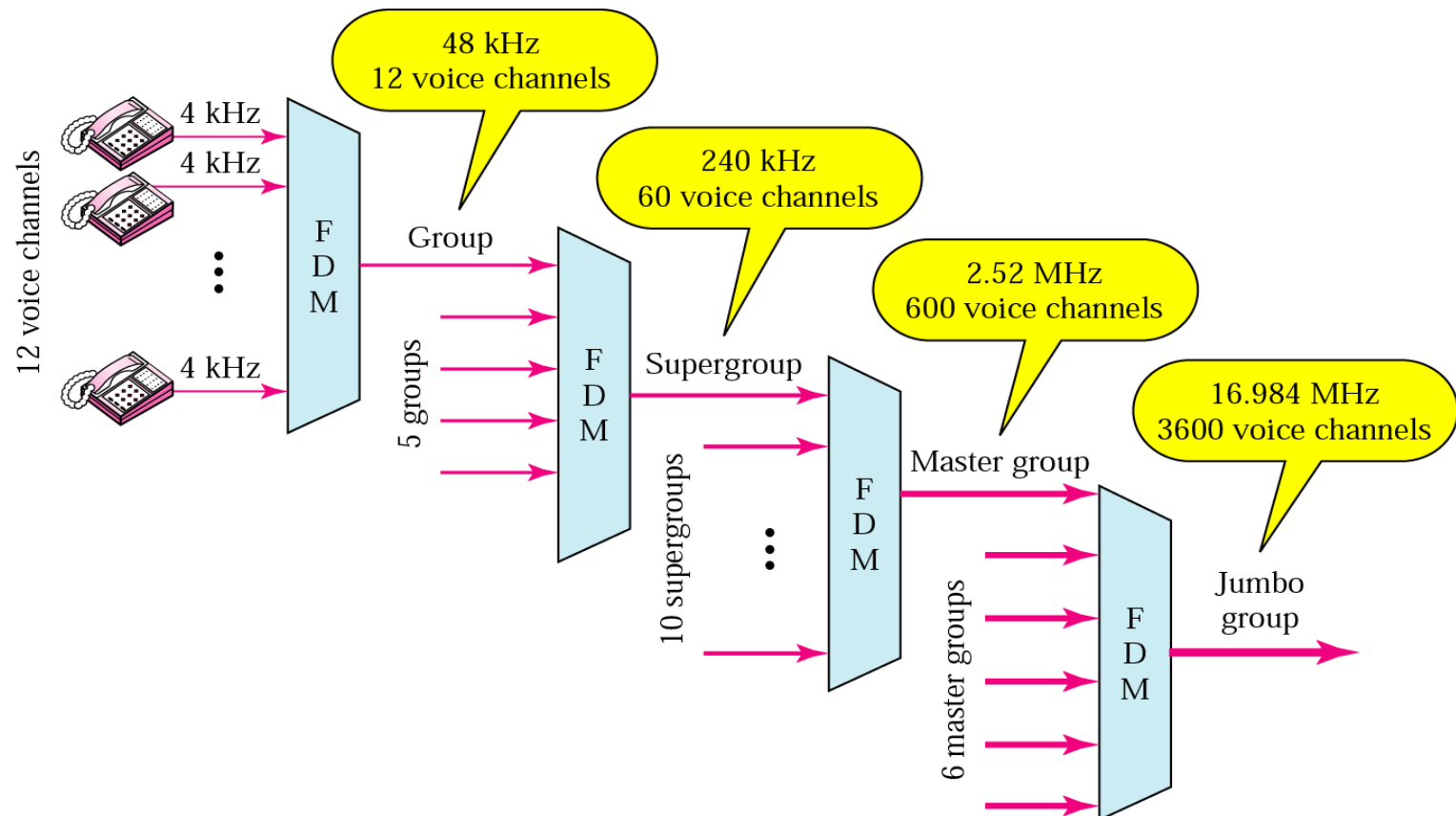
- 네 개의 디지털 데이터 채널이 1MHz의 채널을 사용하는 위성을 사용하여 각각 1Mbps의 전송속도로 전송한다. FDM을 사용하여 적절한 형상을 설계하라.
- 풀이) 위성 채널은 아날로그이다. 각각 250KHz 대역폭을 갖는 네 개의 채널들로 나눈다. 1Mbps의 디지털 채널을 4비트가 1Hz에 해당되도록 변조한다. 16-QAM변조가 한 가지 방법이다



FDM (7)

◆ 아날로그 계층구조

- 그룹, 상위 그룹, 주그룹 및 초대형 그룹으로 구성 (AT&T의 시스템)



FDM (8)

◆ FDM의 다른 응용

- AM과 FM 라디오 방송
 - AM은 530KHz~1700KHz의 대역에 대해 방송국마다 10KHz의 대역 할당
 - FM은 88MHz~108MHz의 대역에 대해 방송국마다 200KHz의 대역 할당
- TV 방송
 - TV의 각 채널은 6MHz의 대역을 사용
- 1세대 이동전화(아날로그 방식)
 - 3KHz (300~3,300Hz) 대역폭에 대해 FM 변조 사용
 - ❖ 30KHz의 대역이 각각 발신과 수신을 위해 할당 (총 60KHz)

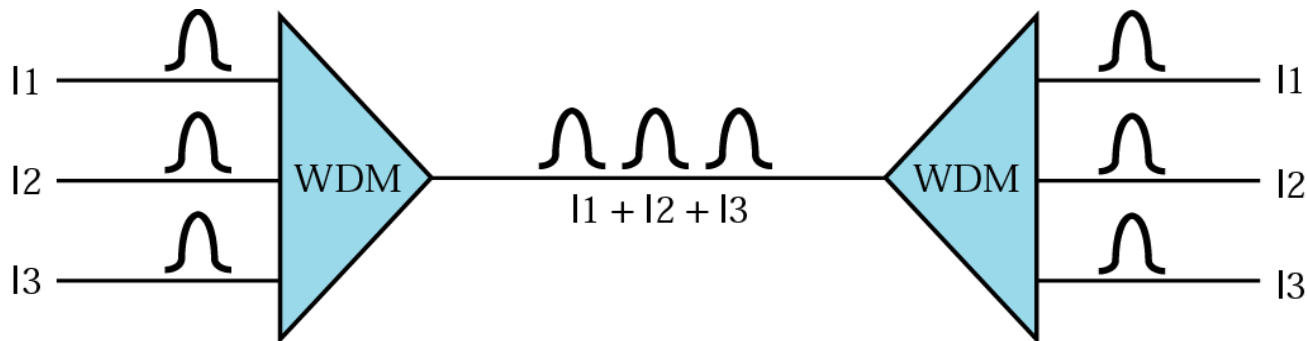
FDM (9)

◆ 구현

- FDM은 매우 손쉽게 구현
 - 라디오와 TV 방송같이 많은 경우 다중화시키거나 다중화를 푸는 장치가 필요 없다.
 - 각 방송국마다 다른 주파수의 반송파를 사용하는 것으로 다중화를 해결
- 이동전화 시스템 같은 경우에는 기지국에서 전화 사용자들에게 반송 주파수를 할당한다.
 - 통화자가 전화를 끊으면 그 대역을 다른 통화자에게 할당한다.

WDM (1)

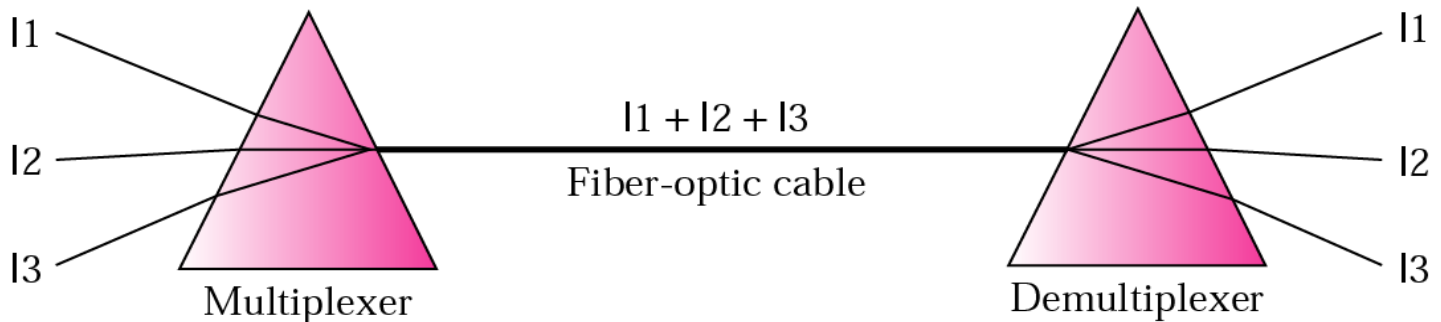
- ◆ 파형분할 다중화(wavelength division multiplexing)
 - 기본 개념은 FDM과 같으며, 광섬유 채널을 이용한 빛 신호와 연관
 - 테라 비트급(Tera-bit) 광대역 전송에 사용되는 기술
 - 프리즘의 원리 이용
- ◆ DWDM (dense wavelength division multiplexing)



WDM (2)

◆ WDM 원리

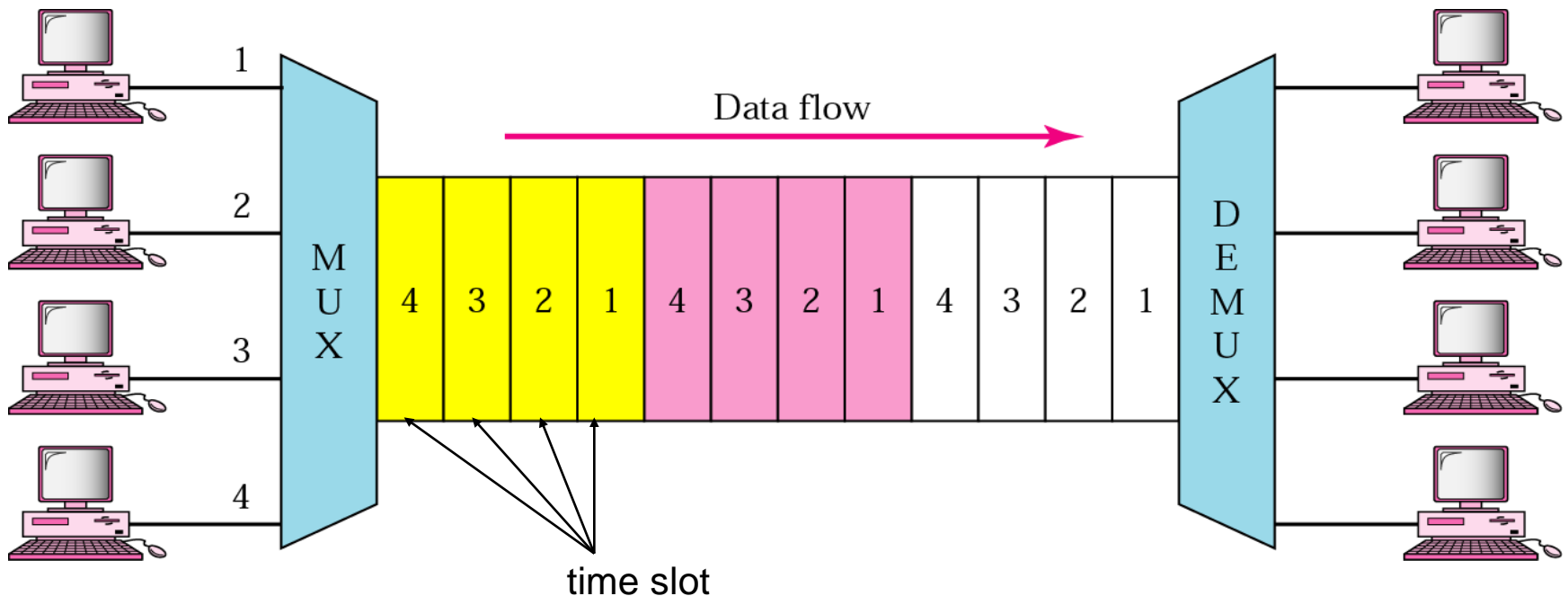
- 다중 빛 소스를 단일 빛으로 결합
- 단일 빛은 다중 빛 소스로 분리
- 프리즘 이용 : 임계각과 주파수 기반



TDM (1)

◆ 시분할 다중화(time division multiplexing)

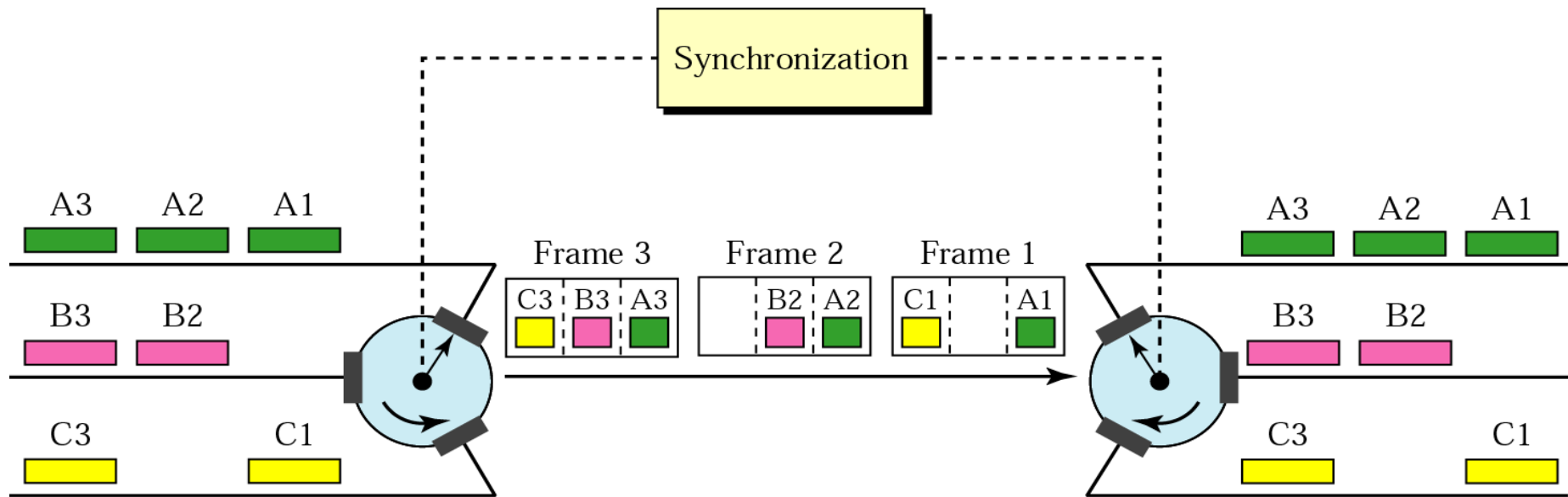
- time slot으로 분할하여 링크를 공유
- 데이터 전송을 위한 프레임은 n개의 time slot으로 구성
 - 링크의 전송율은 연결 개수에 맞춰 최소 n배가 되어야 함



TDM (2)

◆ 끼워넣기(interleaving)

- 스위치가 장치들을 일정한 비율로 정해진 순서대로 이동하면서 각 slot을 프레임에 넣는 과정



TDM (3)

◆ 예제 6.7

- 4개의 1Kbps 연결이 같이 다중화되고 있다. 각 단위는 1비트이다.
- (1) 다중화 전의 1비트의 기간
 - (풀이) 다중화 전의 1비트의 기간은 $1/1\text{Kbps}$ 또는 0.001초(1밀리 초)
- (2) 링크의 전송률(다중화 후)
 - (풀이) 링크의 전송률은 각 연결의 최소 4배(4Kbps)
- (3) time slot의 기간(duration)
 - (풀이) 다중화 후 시간틈새의 기간은 다중화 전의 각 비트 기간의 4분의 1 즉, $\frac{1}{4}$ 밀리 초 또는 250마이크로 초
- (4) 프레임의 기간
 - (풀이) 프레임의 기간은 다중화 전의 각 단위의 기간과 항상 같은 1밀리 초

TDM (4)

◆ 예제 6.8

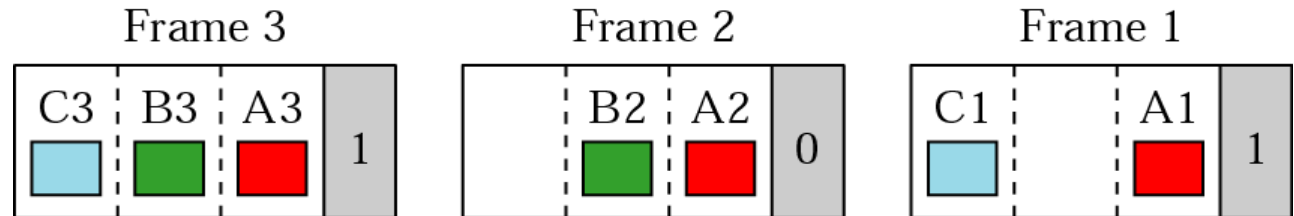
- TDM을 사용하여 네 개의 채널을 다중화한다. 각 채널이 100byte/s의 속도로 전송하고 각 채널마다 1바이트씩 다중화하는 경우, 링크상에 움직이는 프레임과 프레임의 크기, 기간, 프레임 속도, 링크의 비트 전송률을 보여라.
- 풀이)
 - 각 채널로부터 1바이트씩 전송하므로 프레임의 크기는 4바이트이다.
 - 각 채널이 매초 100바이트를 전송하며 프레임은 각 채널로부터 1바이트씩 나르므로 프레임 속도는 매초 100프레임 이어야 함. 즉, 프레임 기간은 1/100초이다.
 - 링크의 비트 전송률 : $100(\text{frame/s}) \times 32(\text{bit/frame}) = 3,200\text{bps}$
 - 이 속도는 실제 각 채널의 전송률의 네 배이다

TDM (5)

◆ 동기화

- 다중화기와 다중화 푸는 장치가 서로 보조를 맞추지 않으면 특정 채널의 비트를 잘못된 채널이 받을 수 있다.
- 이러한 이유로 보통 한 개 또는 그 이상의 프레임 구성 비트(framing bit)를 각 프레임의 앞에 끼워넣는다

Synchronization pattern



TDM (6)

◆ 예제 6.10

- 각각 매초 250개의 문자를 생산하는 네 개의 채널이 있다. 끼워넣는 단위가 문자이고 1비트의 동기화 비트가 각 프레임에 더해진다면
- (1) 각 채널의 데이터 전송률
 - (풀이) $250(\text{문자/초}) \times 8(\text{bit/문자}) = 2,000\text{bps} = 2\text{Kbps}$
- (2) 각 채널의 각 문자의 기간
 - (풀이) 각 채널은 매초 250개의 문자를 보내므로 $1/250\text{초}$
- (3) 프레임 속도
 - (풀이) 매초 250개의 프레임을 보내야 함
- (4) 각 프레임의 기간
 - (풀이) $1/250\text{초}$, 각 채널로부터 전송되는 문자의 기간과 같다.
- (5) 각 프레임의 비트 수
 - (풀이) 각 프레임은 4개의 문자 + 1비트 = 33비트
- (6) 링크의 전송률
 - (풀이) 매초 250개의 프레임 전송, 각 프레임은 33비트 포함. 링크의 전송률
 $= 250(\text{frame/s}) \times 33(\text{bit/frame}) = 8,250\text{bps}$
링크의 비트 전송률이 네 개의 채널을 합한 전송률보다 크다

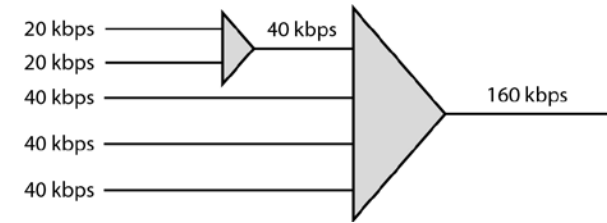
TDM (8)

◆ 데이터율 관리

- 서로 다른 데이터 전송률을 갖는 장치를 TDM에 연결 시 사용하는 기술

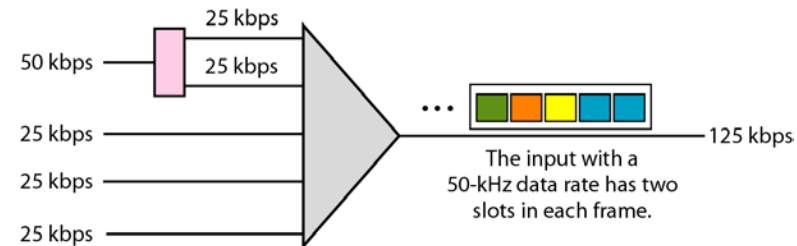
- 다단계 다중화

- 저속의 회선을 다중화하여 고속 회선의 속도와 맞춤



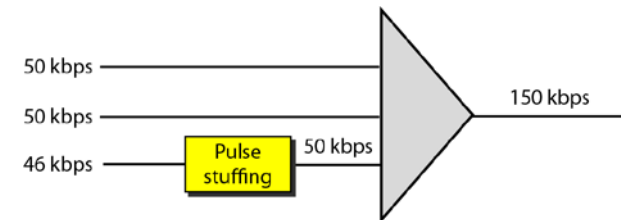
- 복수 틸새 할당

- 고속의 회선에 속도 비율 만큼 슬롯을 할당
- 예) 속도의 차이가 5:1이면 time slot의 개수도 5:1로 배정



- 비트 채우기(Bit padding) or 펄스 채우기(pulse stuffing)

- 서로 다른 데이터 전송률이 정수배가 되어야 함
- 정수배가 되지 않는 경우 비트 채우기 기법 사용
 - 여분의 비트를 추가하여 정수배로 맞춤
 - 추가된 여분의 비트는 demux에서 다시 추려짐.



TDM (9)

◆ 예제 6.11

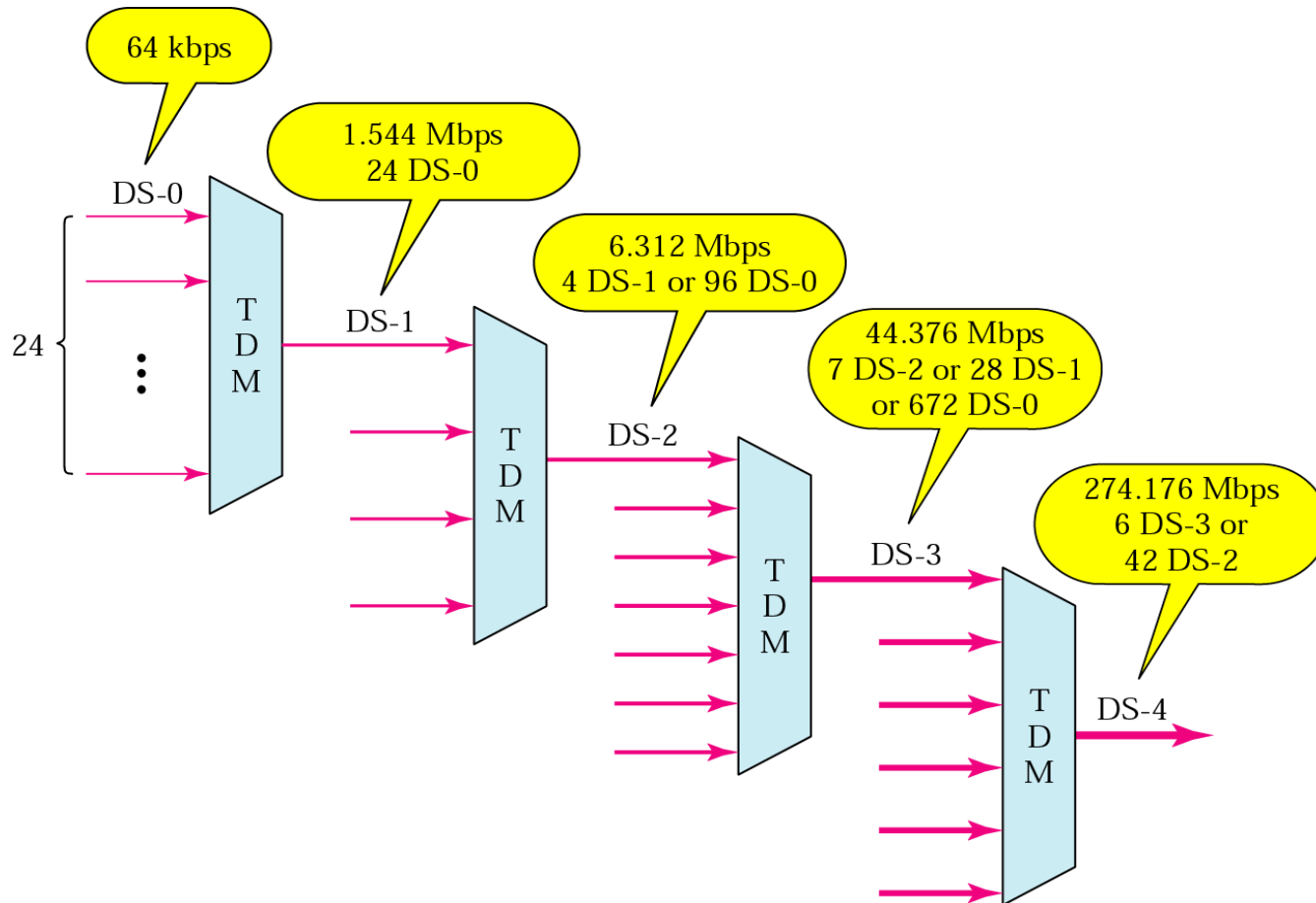
100Kbps의 전송률을 갖는 채널과 200Kbps의 전송률을 갖는 채널을 다중화해야 한다. 어떻게 가능하겠는가?

- 한 개의 slot을 첫 번째 채널에 할당하고 두 개의 slot을 두 번째 채널에 할당 하여 각 프레임이 3비트를 나르도록 함.
- 프레임 속도는?
 - 100Kbps의 속도에 맞추어 100,000 프레임/초
- 프레임 기간은?
 - $1/100000$ 초 (0.01 ms)
- 링크의 전송률은?
 - $100,000(\text{프레임/초}) * 3(\text{비트/프레임}) = 300,000 = 300\text{Kbps}$

디지털 신호 서비스

◆ DS 서비스

- 디지털 신호의 계층구조를 통하여 TDM을 구현



T 회선 (1)

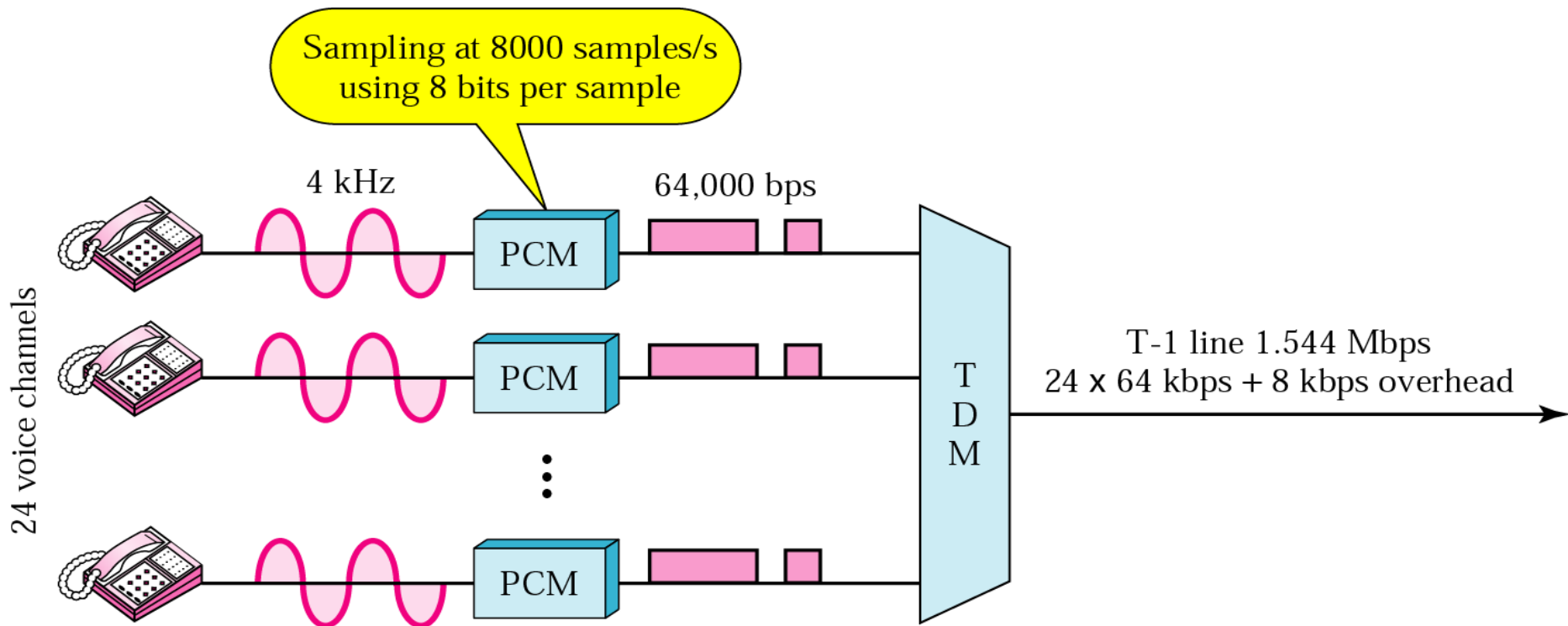
- ◆ 서비스(DS-1,DS-2..)를 구축하기 위한 전용 회선

Service	Line	Rate (Mbps)	Voice Channels
DS-1	T-1	1.544	24
DS-2	T-2	6.312	96
DS-3	T-3	44.736	672
DS-4	T-4	274.176	4032

T 회선 (2)

◆ 아날로그 전송용 T회선

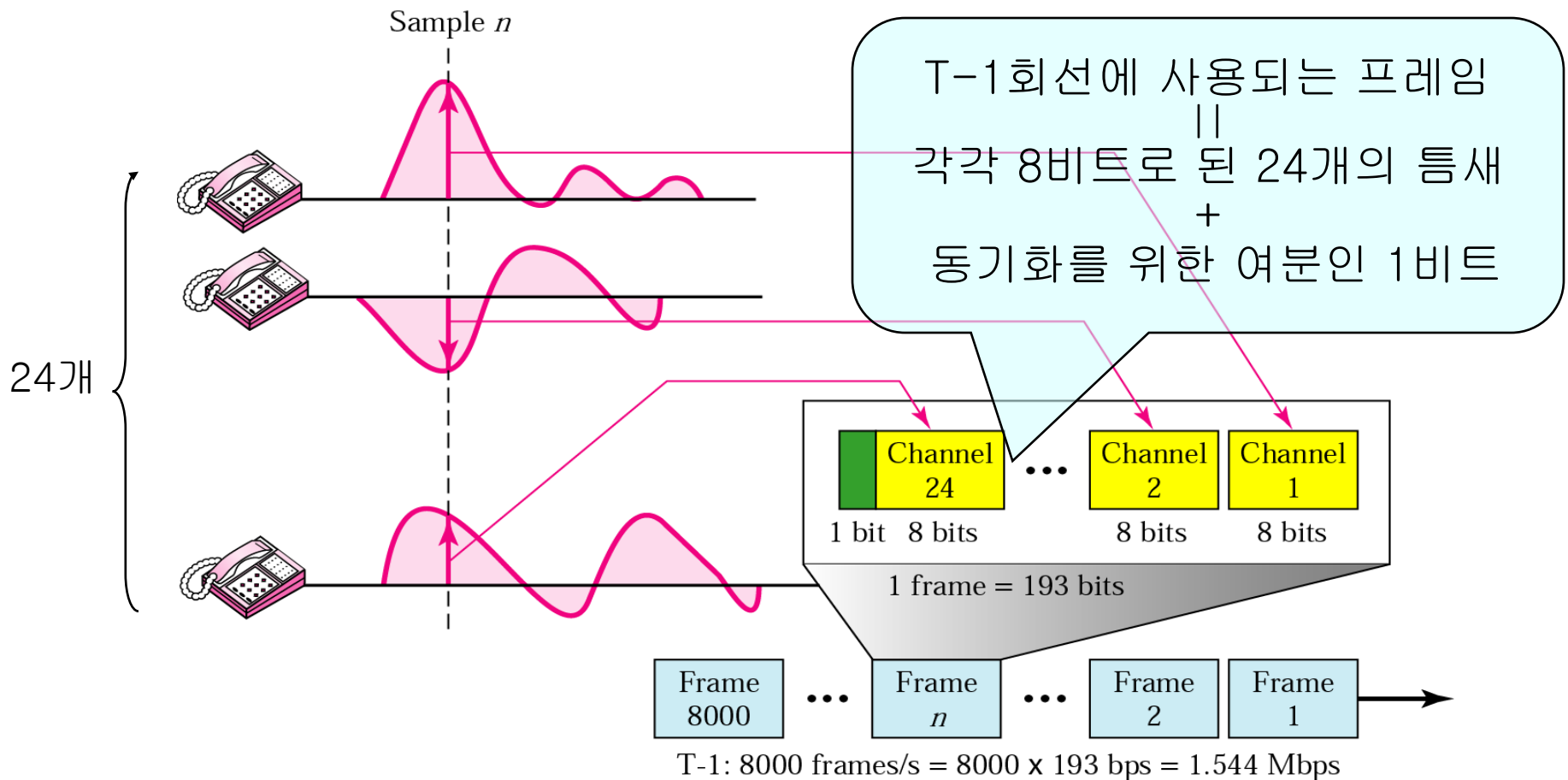
- T회선은 디지털 데이터, 음성, 음향 신호를 전송하기 위해 설계됨.
- 아날로그 신호가 표본채집된 후 시분할 다중화된다면 아날로그 전송(일반 전화)을 위해서도 사용될 수 있다.



T 회선 (3)

◆ T-1 프레임

- DS-1에서 8Kbps의 오버헤드가 소용된다.



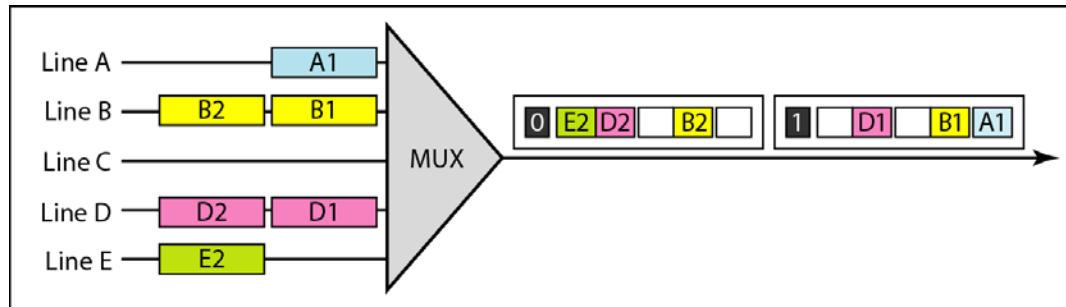
E 회선

- ◆ 유럽인은 E회선이라는 T회선의 변형을 사용
 - 두 시스템은 개념적으로는 같으나 용량이 다름

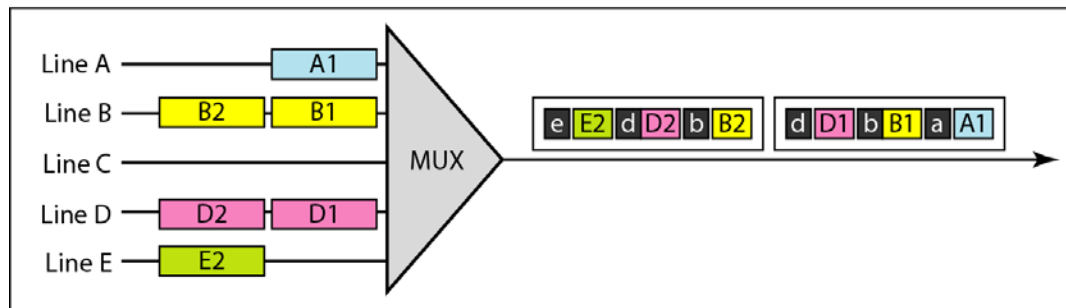
E Line	Rate (Mbps)	Voice Channels
E-1	2.048	30
E-2	8.448	120
E-3	34.368	480
E-4	139.264	1920

통계적 TDM

- ◆ 동기적 TDM은 슬롯을 미리 예약하여 사용
 - 전송 데이터가 없는 경우 빈 슬롯을 방치
- ◆ 통계적 TDM (Statistical TDM)
 - 대역폭의 효율성을 위해 슬롯을 동적으로 할당



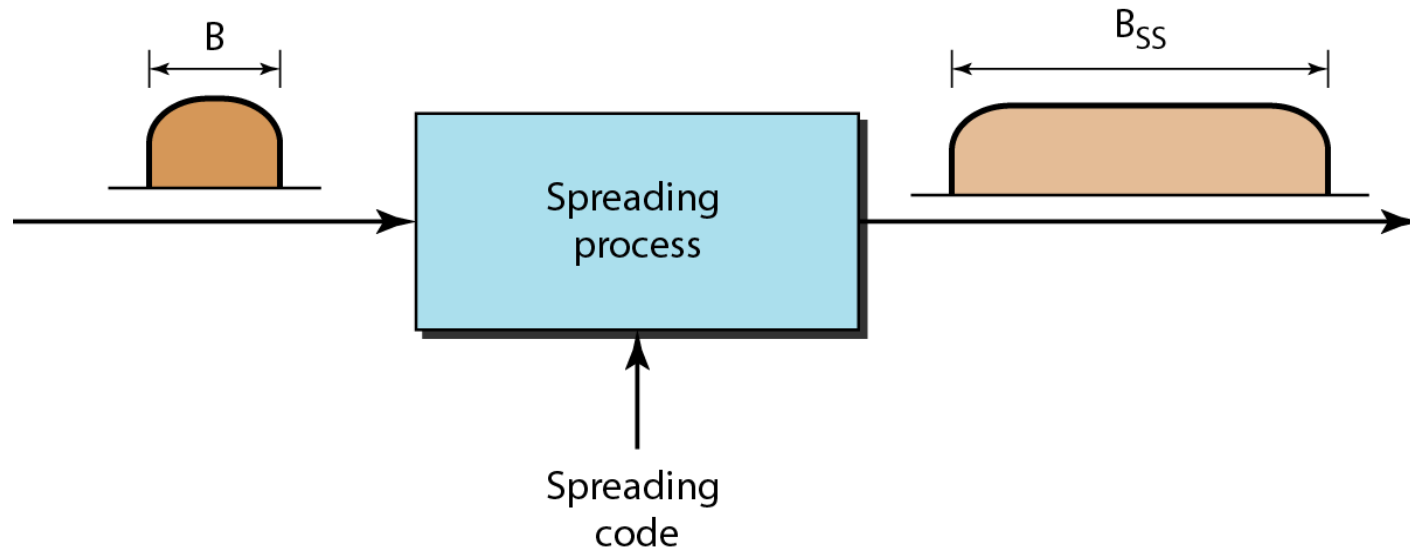
a. Synchronous TDM



b. Statistical TDM

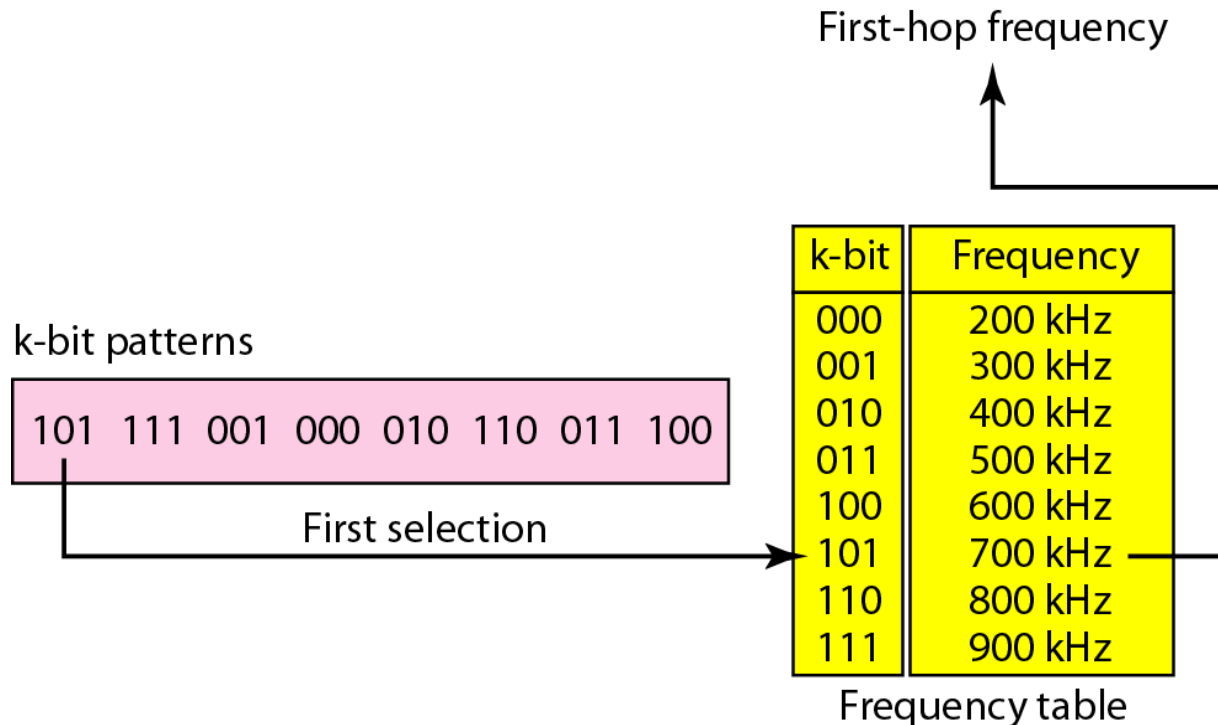
확산 대역(Spread Spectrum) 방식 (1)

- ◆ 무선 응용을 위한 목적으로 개발
- ◆ 기지국이 필요한 대역을 B 라 하면 이를 $B_{SS} \gg B$ 로 확장
- ◆ 통신의 기밀성을 보장



확산 대역 방식 (2)

- ◆ 주파수 뛰기(frequency hopping spread spectrum : FHSS)
 - 발신지 신호로 변조된 서로 다른 M개의 반송파를 이용
 - pseudorandom noise 생성기가 매 뛰기 주기 동안 k개의 패턴 생성
 - 해당 뛰기 주기의 주파수를 합성하여 반송파를 변조
 - 해당 주파수로의 도청을 위해서는 주파수 패턴을 파악해야 함



확산 대역 방식 (3)

◆ 직접 순열 방식 (direct sequence spread spectrum : DSSS)

- 확산 코드를 사용하여 각 데이터를 n 비트로 확장
 - 각 비트에 칩(chip)이라 불리는 n 비트 코드를 지정

