

Chapter 6

대역폭 활용

- 다중화와 스펙트럼 확장

1) 링크의 제한된 대역폭의 **효율적 사용**을 위해

→ **다중화**(Multiplexing)

- 주파수 분할 다중화(FDM)
- 파장 분할 다중화(WDM)
- 시분할 다중화(TDM)

2) **프라이버시와 방해전파 방지**를 위해

→ **스펙트럼 확장** SS(Spectrum Spreading)

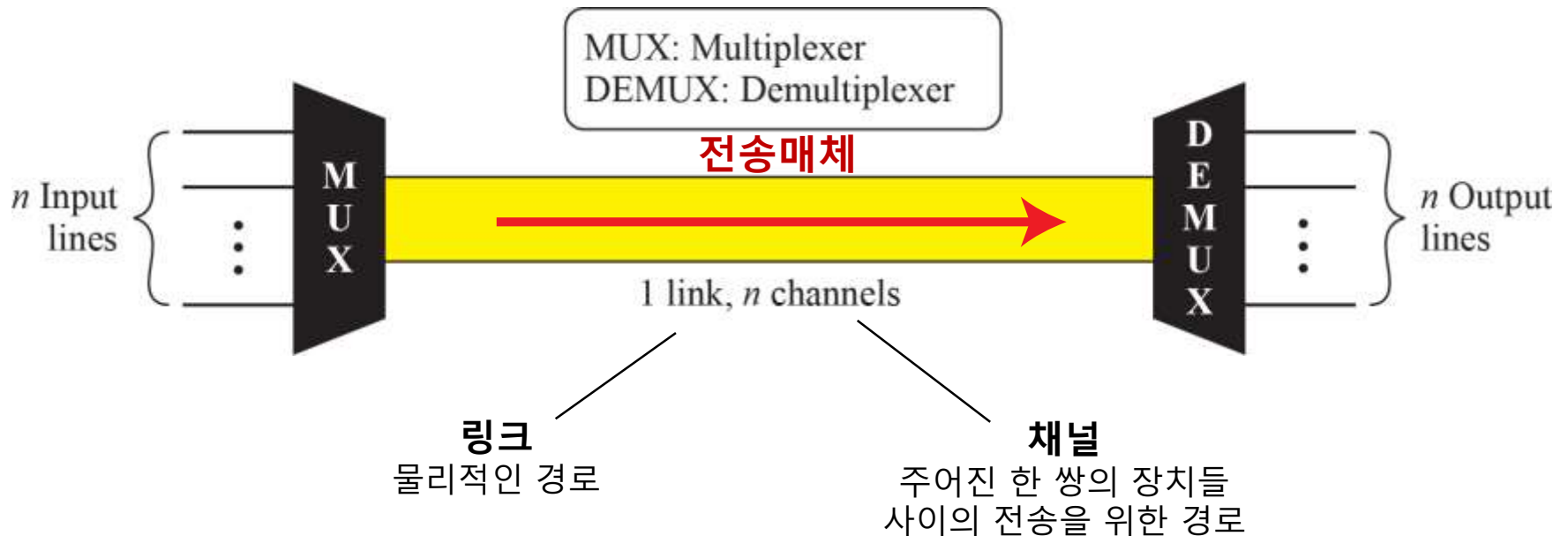
- 주파수 홉핑 스펙트럼 확산(FHSS)
- 직접 순서 확산(DSSS)

■ 전송 모드(Transfer Mode)

- ✓ 전송, 교환, 다중화 등 정보전송을 하기 위해 사용되는 방식의 집합
- ✓ 통신 대화 방식 : 단방향, 반이중, 전이중 통신
- ✓ 병렬형 전송 및 직렬형 전송
- ✓ 동기 방식 : 비동기식 , 동기식 전송
- ✓ **다중화** (6장에서 공부) : FDM, TDM, WDM, STDM, CDM 등
- ✓ **교환** (8장에서 공부)
 - 회선교환방식
 - 패킷교환방식 : 데이터그램방식, 가상회선 방식

§ 1. Multiplexing(다중화)

- 하나의 고속통신링크를 통해 여러 개의 단말기 등에서
서의 신호를 동시에 전송하기 위한 기술



Many to One / One to Many

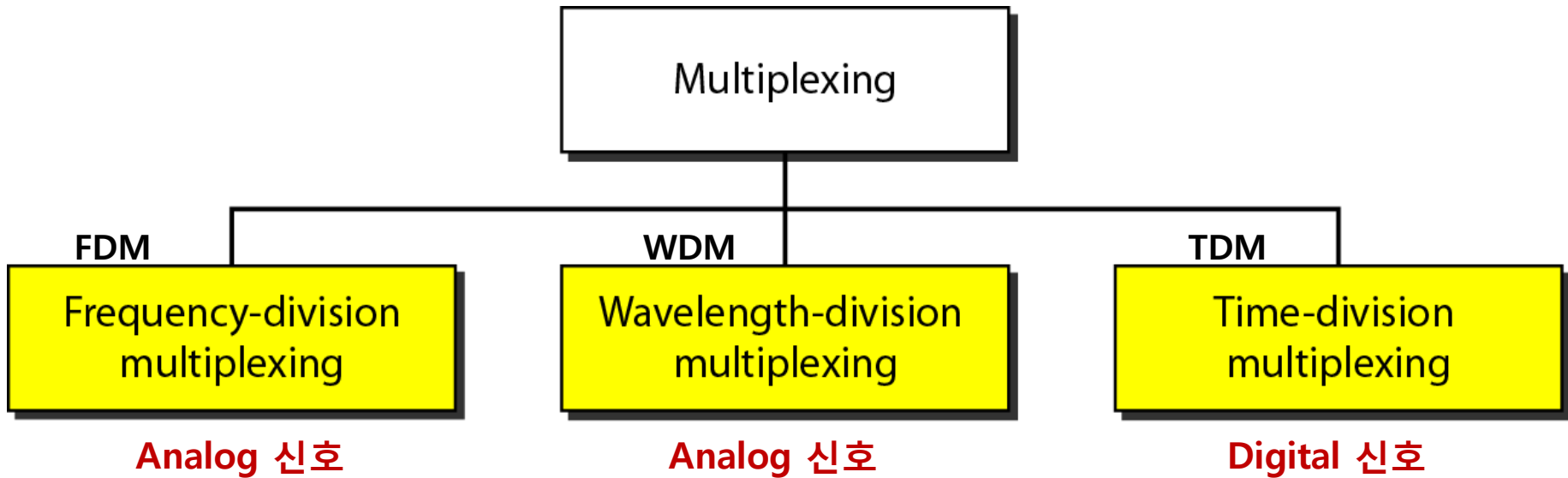
■ MUX: Multiplexer (다중화기)

- ✓ 전송 스트림을 단일 스트림으로 결합
 - many to one

■ DEMUX: Demultiplexer (복구기)

- ✓ 전송된 단일 스트림을 각각의 요소로 분리
 - one to many
- ✓ 전송 스트림을 해당 수신장치에 전달

다중화의 범주



1) 주파수 분할 다중화

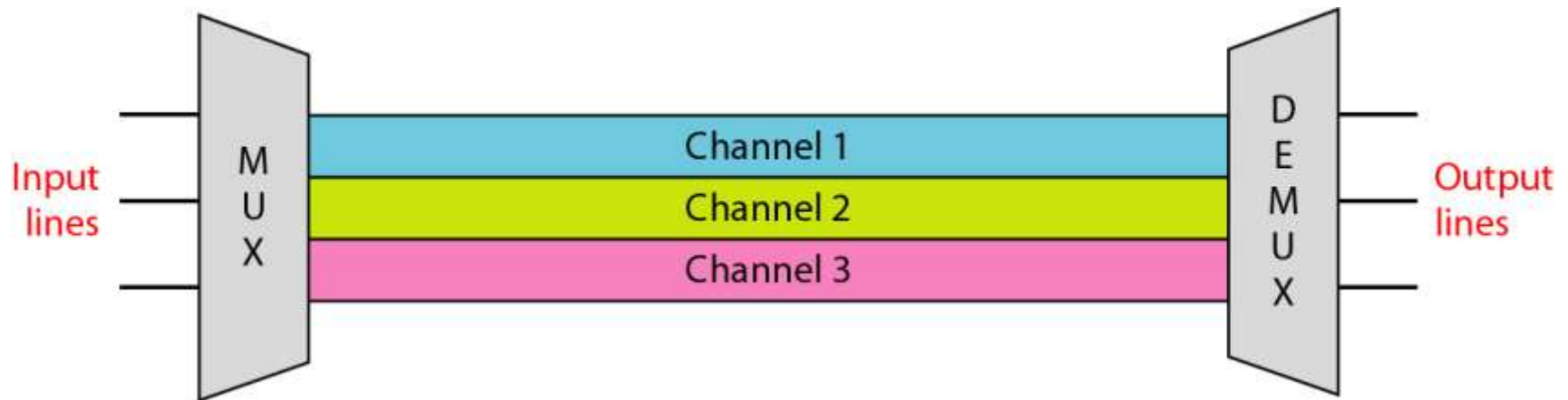
FDM: Frequency-Division Multiplexing

- 링크의 대역폭이 전송되는 신호들의 대역폭을 합한 것보다 클 때 적용 가능
 - ✓ 각 송신장치로부터 생성된 신호를 각기 다른 반송 주파수로 변조
 - ✓ 이 변조 신호를 하나의 복합신호로 합쳐 전송
 - 반송주파수들은 ..
 - ① 신호가 겹치지 않도록, 사용하지 않는 대역폭 즉, 보호 대역(guard band) 만큼 서로 떨어져 있어야 함
 - ② 원래 데이터의 주파수와 간섭을 일으키지 않아야 함
- 위 ①&②를 만족해야 원래 신호를 복구 가능함

**FDM은 신호들을 합성하는
아날로그 다중화 기술이다.**

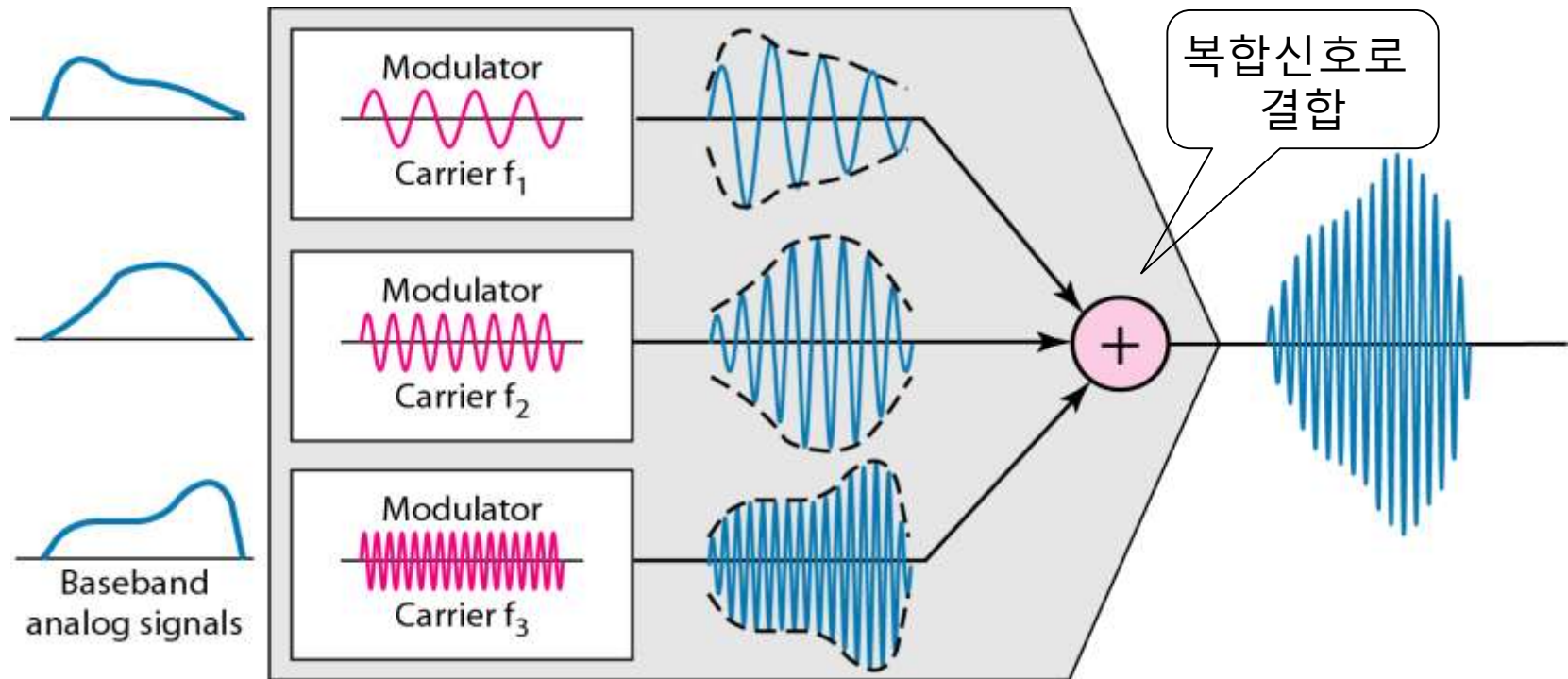
FDM의 예

- 채널 분리는 공간적인 것이 아니라 주파수를 나눠 사용함으로써 이뤄짐
 - ✓ 예: TV, radio
- 무선, 유선에서 사용
 - ✓ 현재 유선에서는 거의 사용 안함



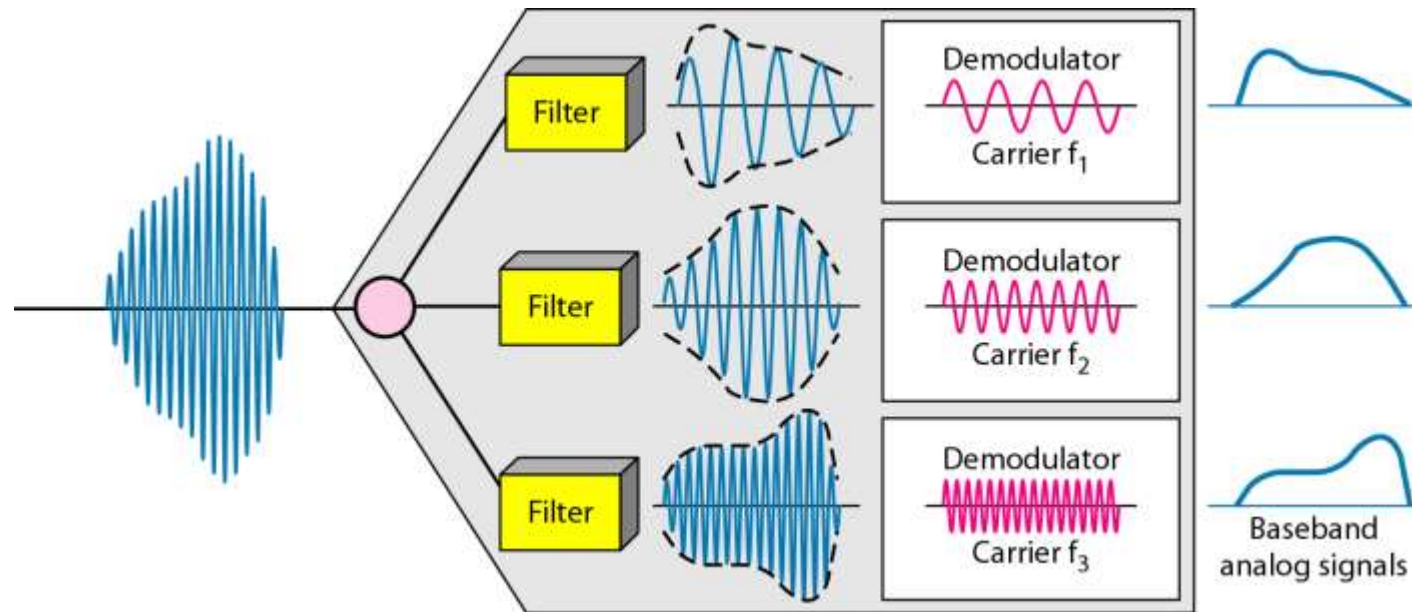
FDM 과정

- 서로 다른 반송 주파수(f_1, f_2, f_3)로 변조 → 하나의 복합 신호로 결합 → 이 신호 수용하기에 충분한 대역폭을 가진 매체 통해 전송



Demultiplexing(다중화 풀기)

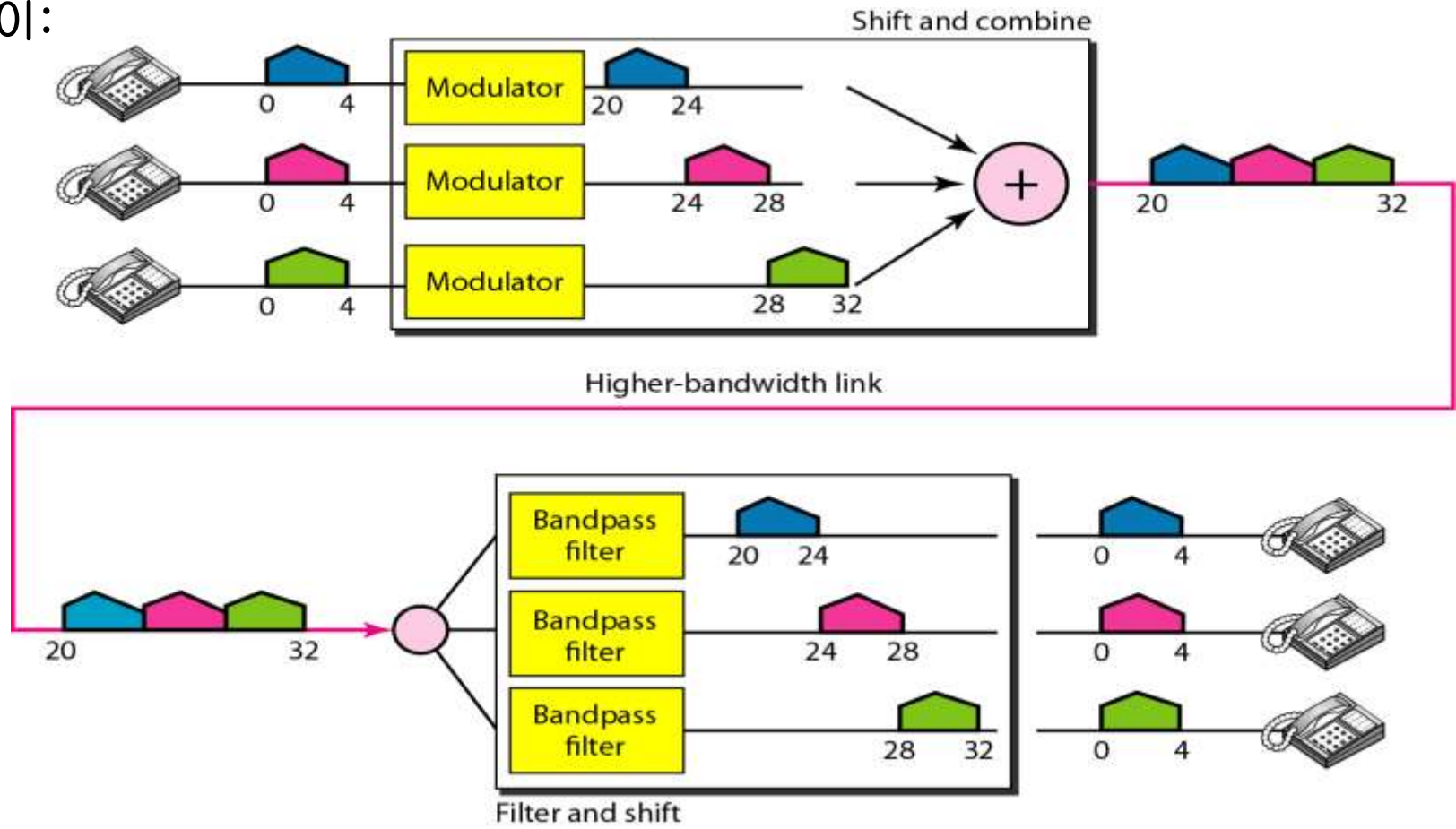
- 다중화된 신호를 필터를 사용하여 구성 요소의 신호들로 분리
 - ✓ 필터(filter)
 - 특정 반송 주파수 대역을 기준으로 원 신호의 대역폭 정도만 통과시키는 회로



예제 1

- 음성 채널이 4 kHz의 대역폭을 차지한다고 가정하자. 주파수 20~32 kHz에 걸친 대역폭을 사용하는 링크를 통해 세 개의 음성 채널을 합해서 보낸다고 하자. 주파수 영역을 이용하여 형상을 보여라. (보호 대역은 없는 것으로 간주함)

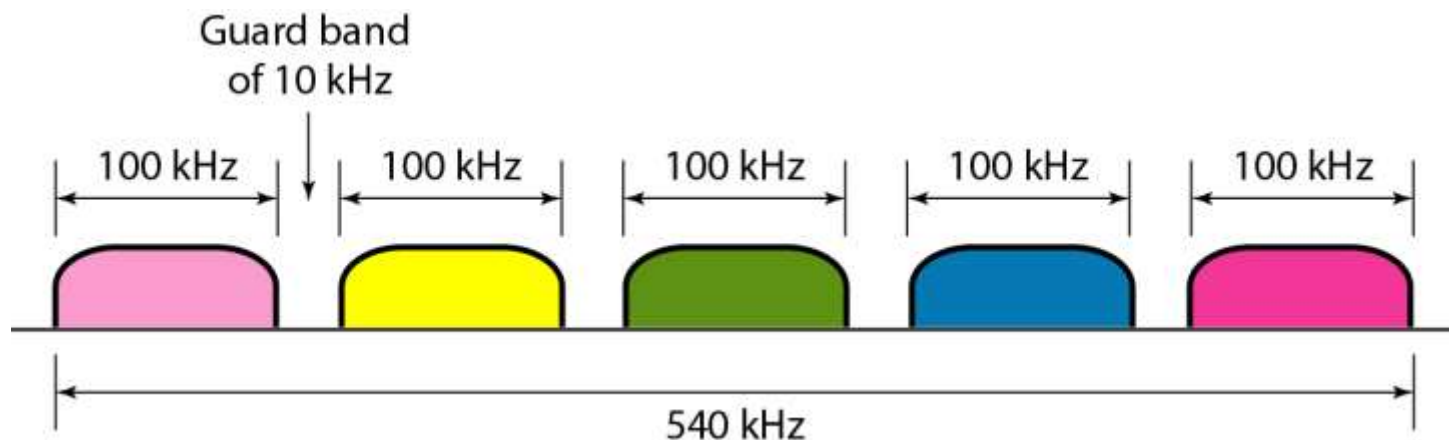
풀이:



예제 2

- 각각 100kHz의 대역폭을 갖는 5개 채널을 다중화하여 보낸다. 보호 대역이 10kHz 가정할 때 필요로 하는 전체 대역폭은?

풀이: $5 \times 100 + 4 \times 10 = 540 \text{ kHz}$

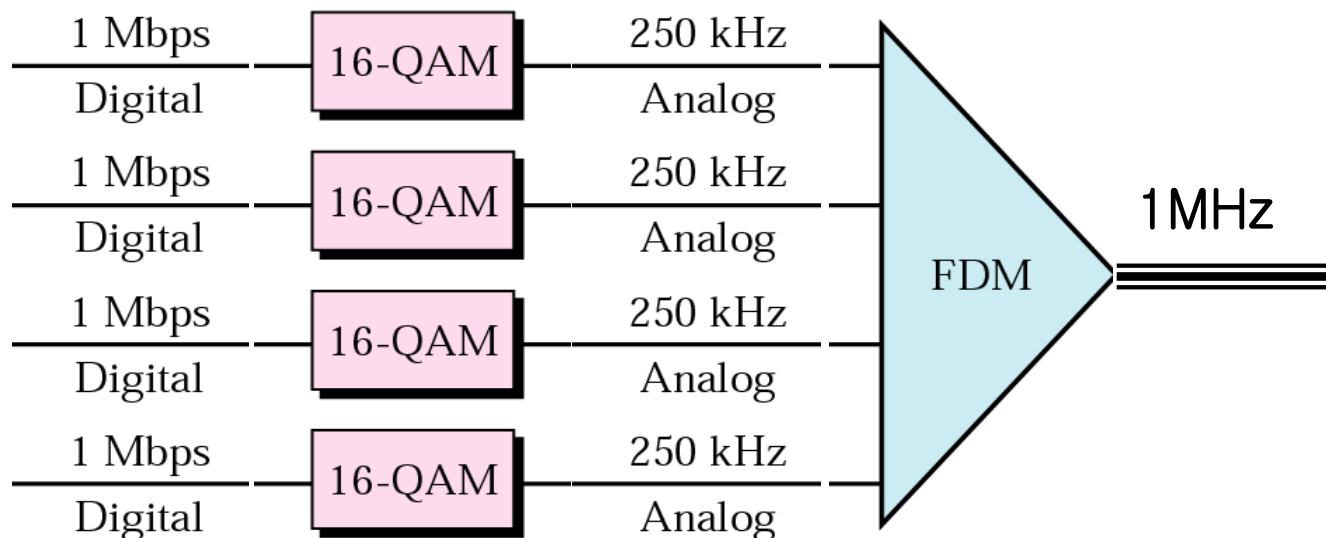


예제 3

전송속도가 1 Mbps인 4개의 디지털 채널이 다중화하여 1MHz의 위성을 사용하여 전송하려고 한다. FDM을 사용하여 적절한 구성을 설계하라.

풀이: 위성채널은 아날로그이므로 먼저, 1Mbps의 전송속도를 가진 4개의 디지털채널을 아날로그로 변조한 후, 다중화(FDM사용)하여 1MHz 위성으로 전송하는 구성

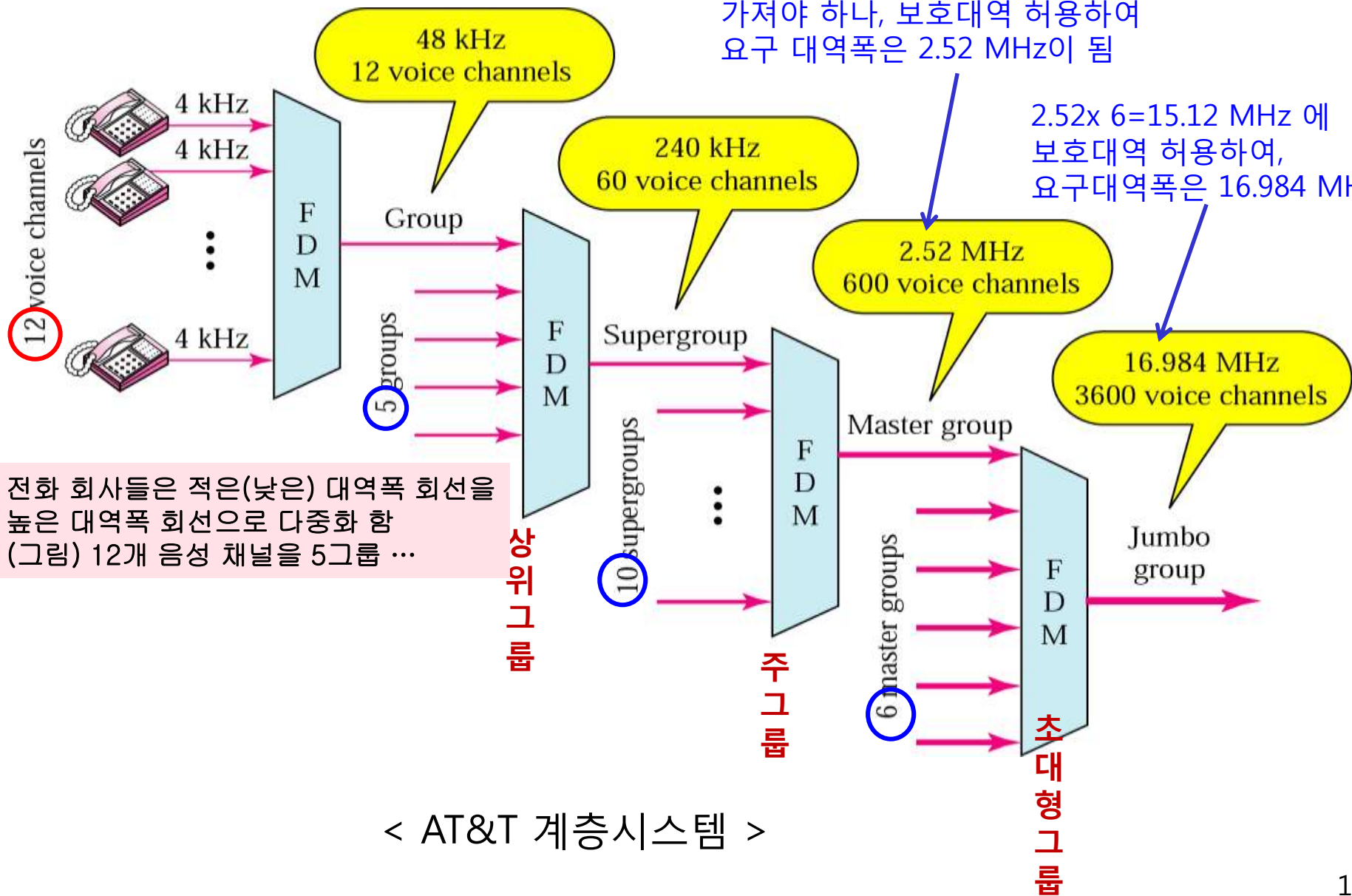
- 각 250kHz 채널로 1 Mbps 보내야 하므로 $1000 \text{ kbps} / 250 \text{ kHz} = 4 \text{ bit/Hz}$
→ 즉, 1Hz채널에 4 비트 보내야함
- 4비트가 1 Hz에 해당되도록 변조 → $2^4 = 16$ 위상 → 16-QAM 변조 가능



아날로그 계층구조

240x 10=2400=2.4 MHz 대역폭 —
가져야 하나, 보호대역 허용하여
요구 대역폭은 2.52 MHz이 됨

2.52x 6=15.12 MHz 에
보호대역 허용하여,
요구대역폭은 16.984 MHz

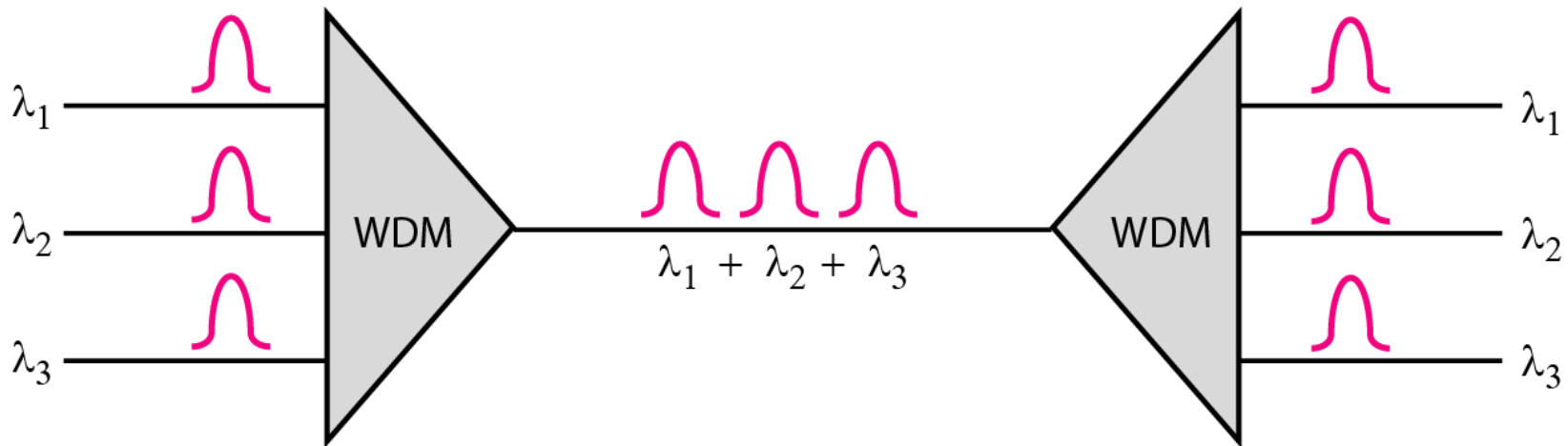


< AT&T 계층시스템 >

2) 파장 분할 다중화

WDM: Wavelength Division Multiplexing

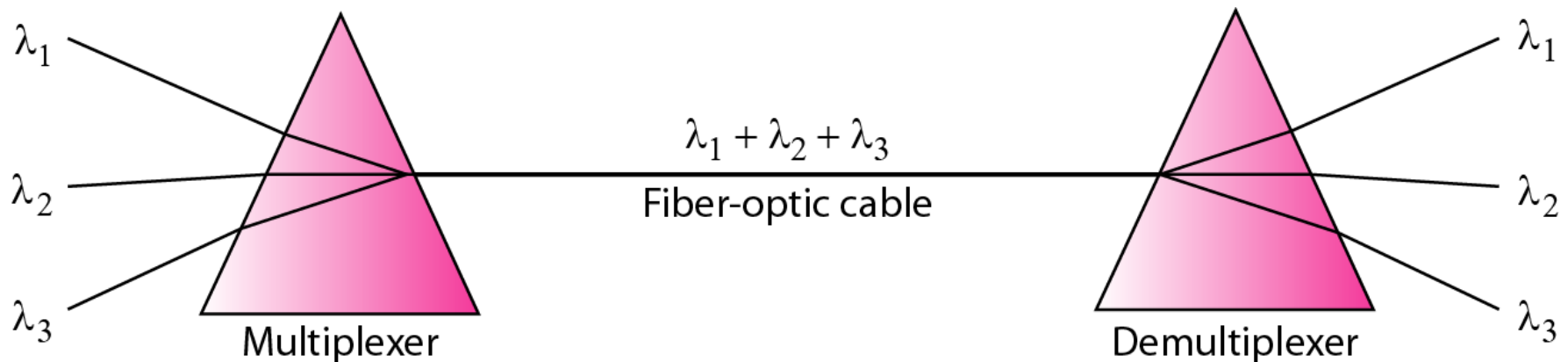
- 기본 개념은 FDM과 같으며, 광섬유 채널을 기반으로한 빛 신호 이용



WDM은 광섬유 신호를 조합하기 위한
아날로그 다중화 기법이다.

WDM Multiplexing과 Demultiplexing

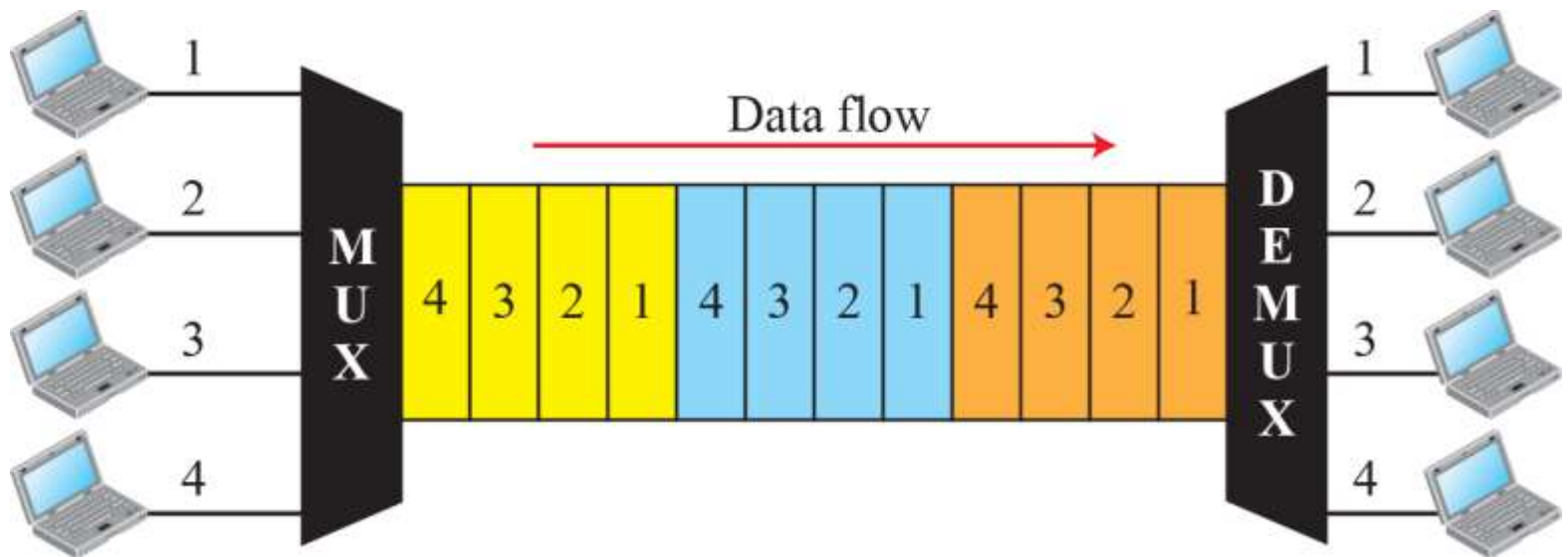
- 다중 빛 소스를 단일 빛으로 결합
- 단일 빛은 다중 빛 소스로 분리
- 프리즘 이용 : 임계각과 주파수 기반으로 광선을 휘게 함



3) 시분할 다중화

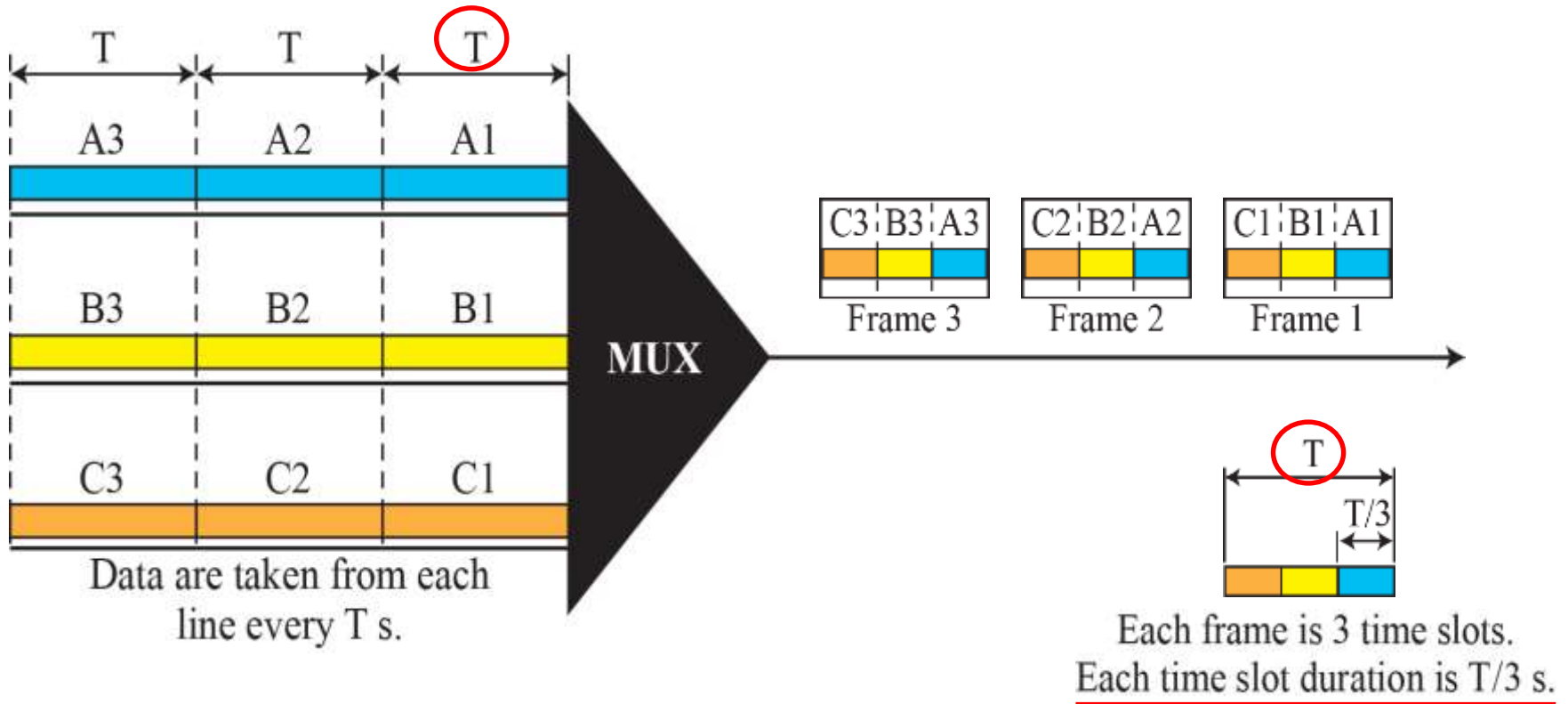
TDM: Time-Division Multiplexing

- 송수신 장치에 의해 요구되는 데이터 전송률 보다 전송 매체의 데이터 전송률이 클 때 적용 가능
 - ✓ 디지털 multiplexing 방법
 - ✓ 다수의 저속채널을 하나의 고속채널로 조합
 - ✓ 사용자마다 채널을 사용할 time slot을 할당해 다수의 사용자를 지원 (특정시간에 한 사용자만 slot 사용)



TDM은 여러 개의 저속 채널을 하나의 고속 채널로
조합하는 다중화 기술이다.

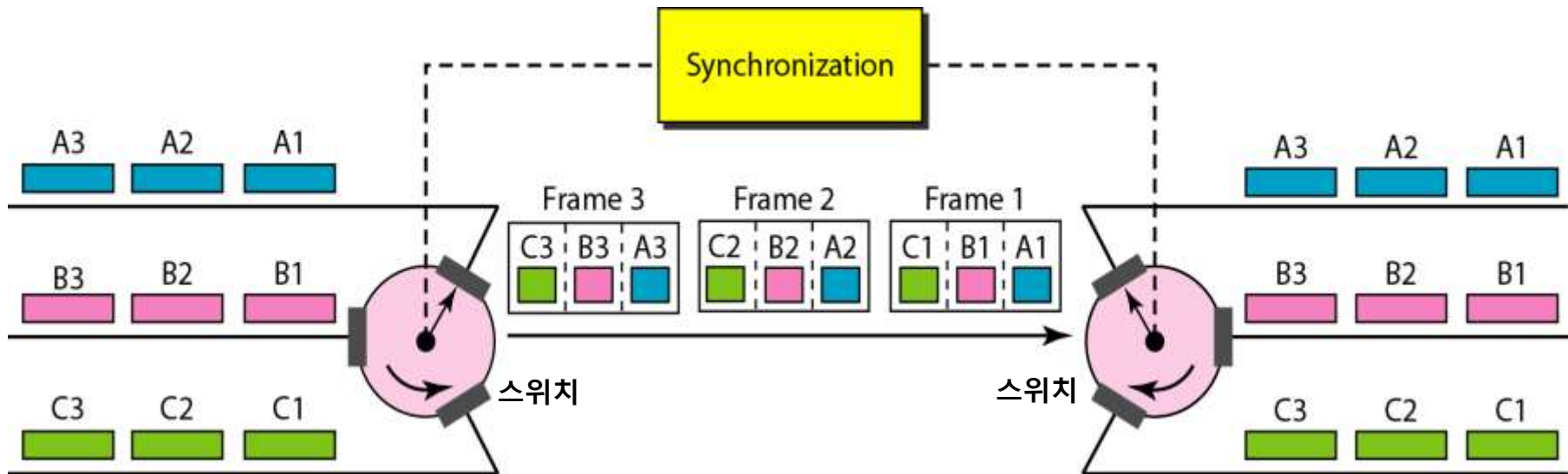
Time slot과 Frame



- ✓ 동기 TDM에서는 링크의 전송률은 n 배 빠르고, 단위 기간은 n 배 짧다.

Interleaving(끼워넣기)

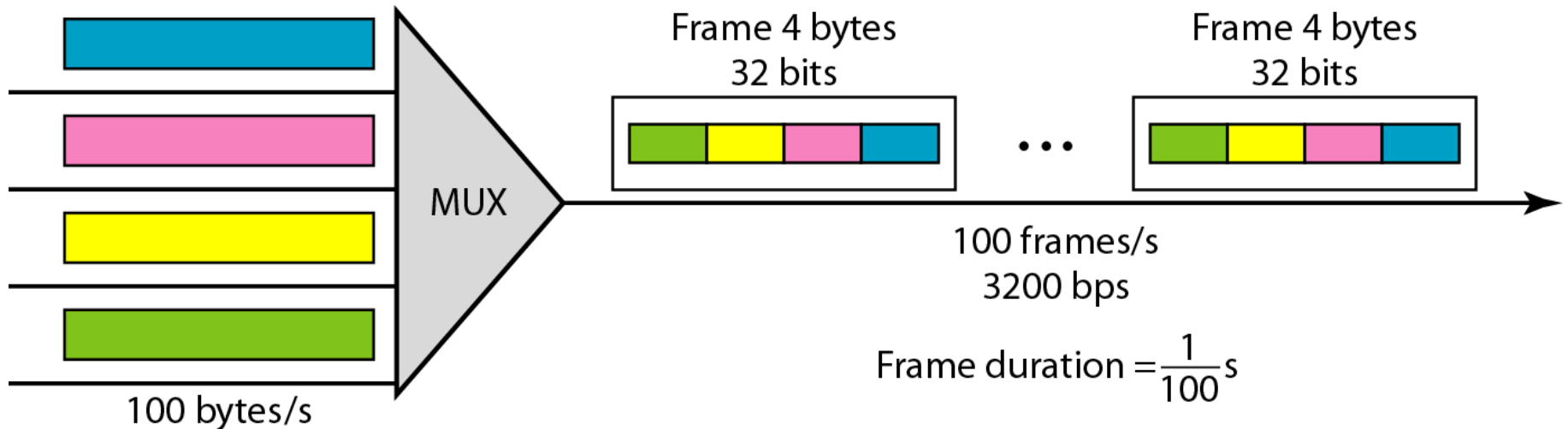
- Switch는 일정한 속도와 정해진 순서로 장치에서 장치로 이동



예제 8

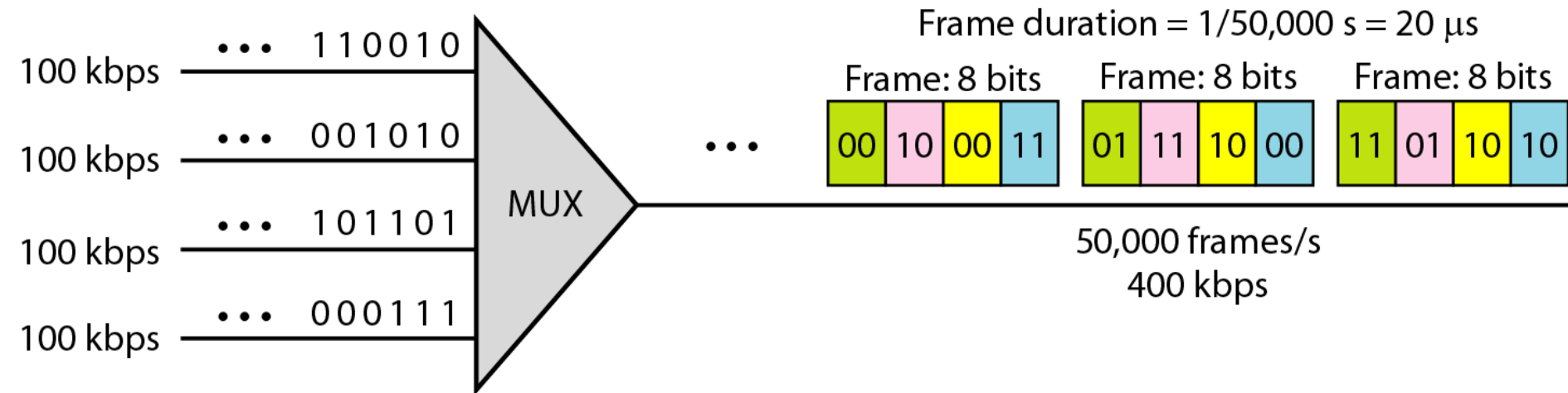
문제 : TDM을 사용하여 4개의 채널을 다중화 한다. 각 채널이 100 byte/s의 속도로 전송하고 각 채널마다 1 바이트씩 다중화하는 경우에 대해 링크 상에 움직이는 프레임, 프레임 크기, 프레임 기간, 프레임 속도, 링크의 비트 전송률을 보여라.

풀이:



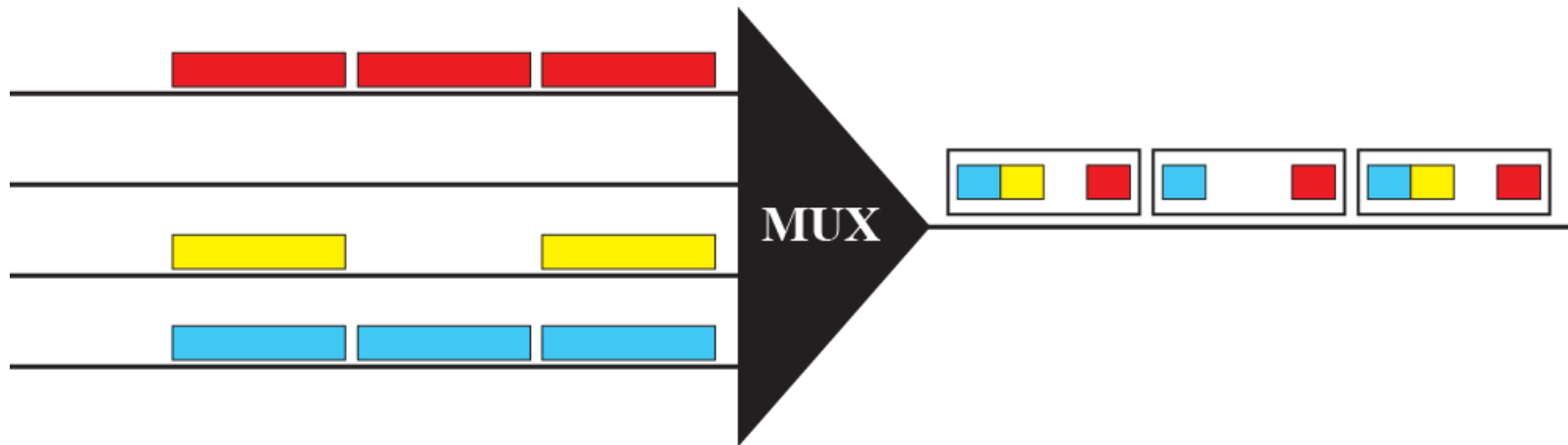
예제 9

문제: 어떤 다중화기가 시간틈새마다 2비트씩 실어서 4개의 100 kbps 채널을 다중화 한다. 임의의 4개의 입력에 대해 해당 출력을 보여라. 프레임 속도와 프레임 기간은 얼마인가? 비트율과 비트기간은 얼마인가?



빈 틈새(Empty Slots)

- 발신자가 전송할 데이터가 없다면 해당 틈새가 빈
 - ✓ 효율적이지 못함
 - 통계적 TDM으로 해결(슬라이드 p36 참고)

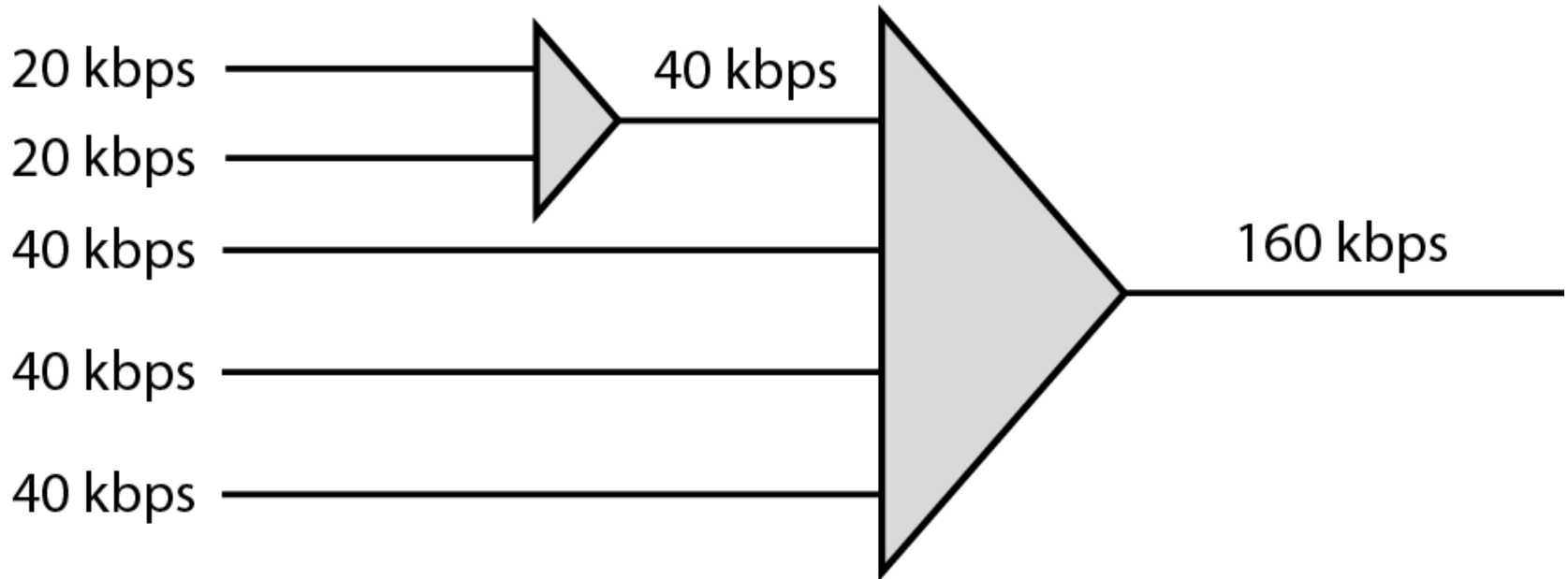


■ 입력측 데이터율이 다른 경우 해결 방법

- ① 다단계 다중화(Multilevel Multiplexing)
- ② 복수 틸새 할당(Multiple-Slot Allocation)
- ③ 펄스 채워 넣기(Pulse Stuffing)

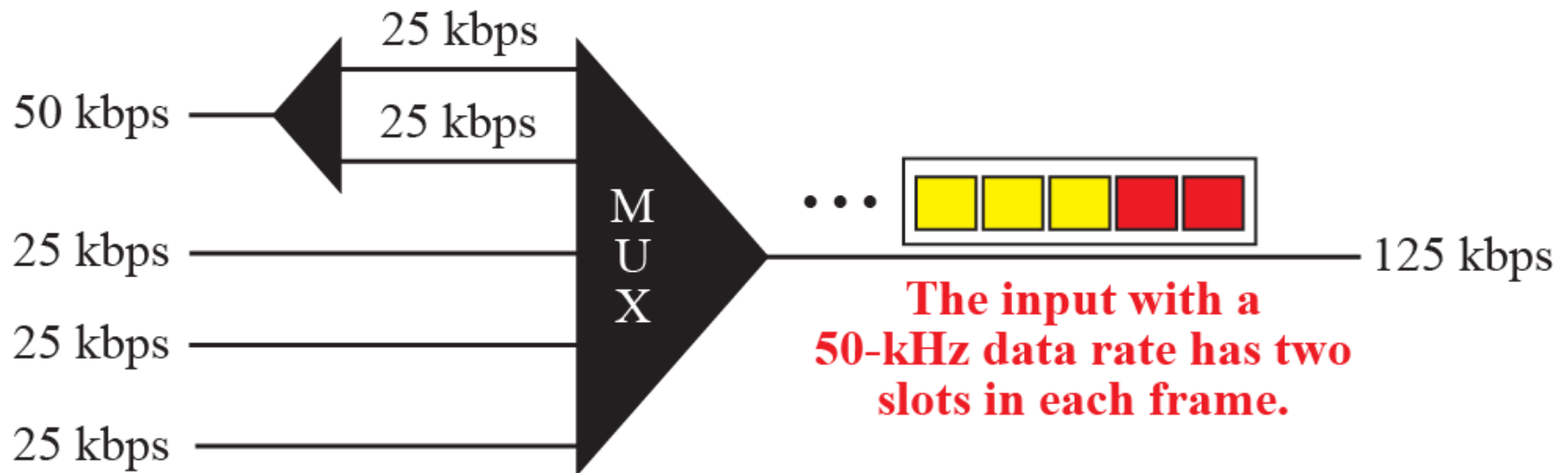
① 다단계 다중화(Multilevel Multiplexing)

- 어느 입력의 데이터율이 다른 것들의 정수배 만큼 빠를 때 사용



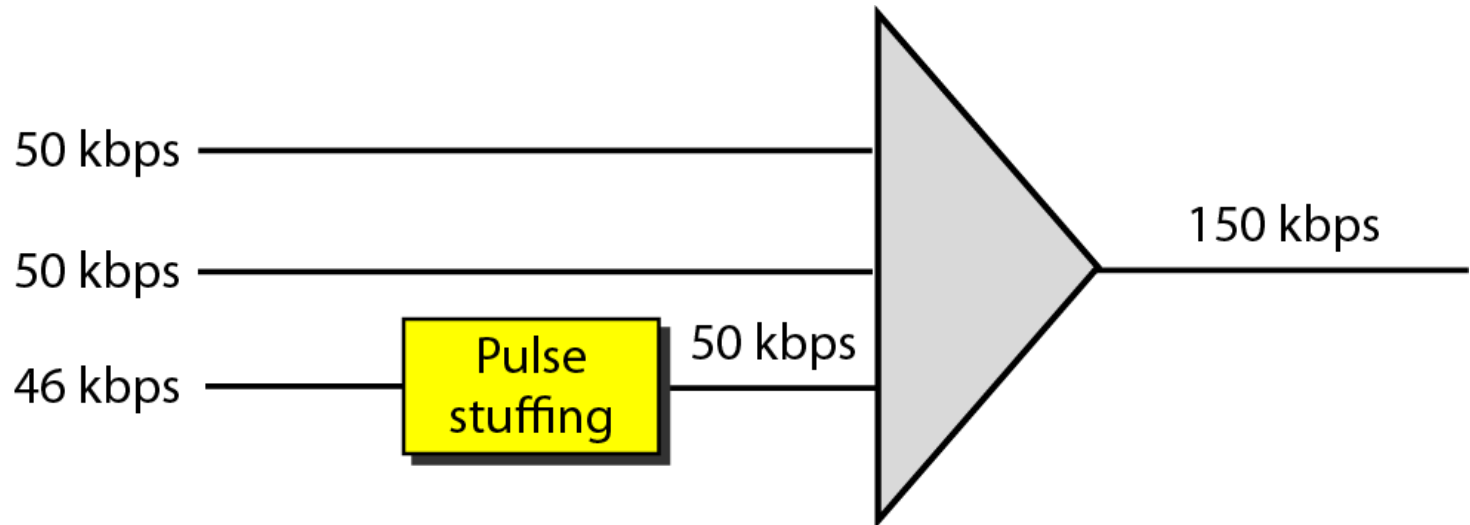
② 복수 틈새 할당(Multiple-Slot Allocation)

- 입력 회선에 한 개 보다 더 많은 time slot을 할당



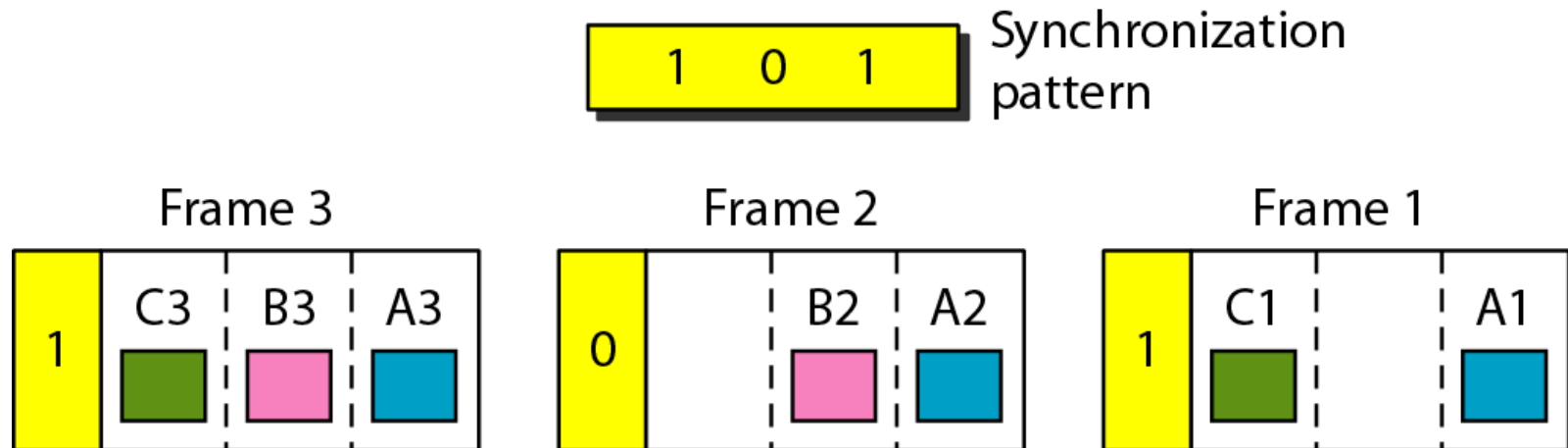
③ 펄스 채워 넣기(Pulse Stuffing)

- 비트율이 정수배가 되지 않을 경우
- 비트 채우기(Bit padding)
- 가장 높은 데이터율에 맞추기 위해 여분의 공 비트를 끼워 넣음



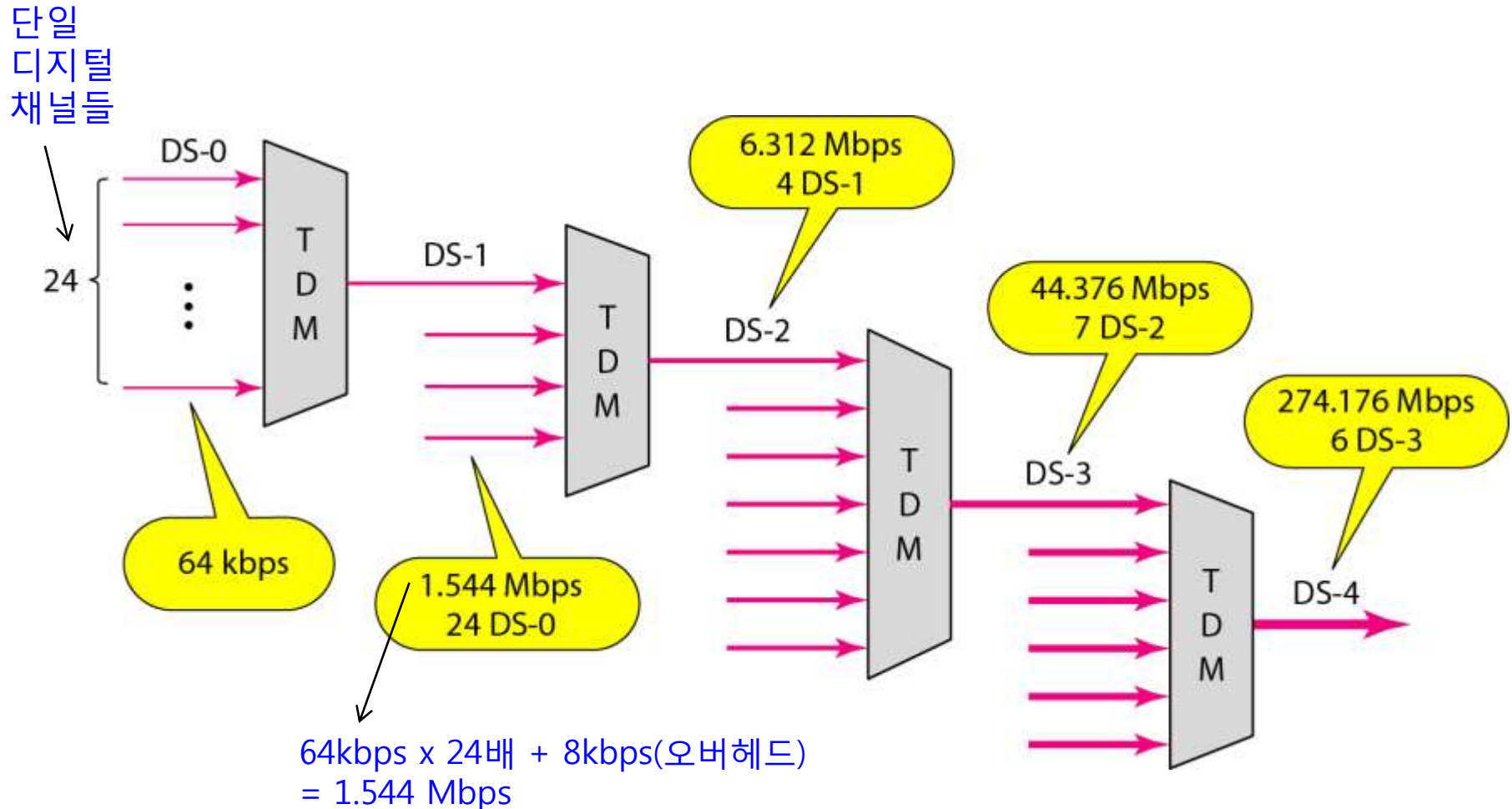
프레임 동기화

- time slot을 정확하게 분리할 수 있도록,
프레임 구성비트 (framing bit)를 1개(이상) 각 프레임 앞에 끼워넣음



DS(Digital Signal) 서비스의 계층구조

■ 디지털 신호의 계층 구조를 통해 TDM 구현



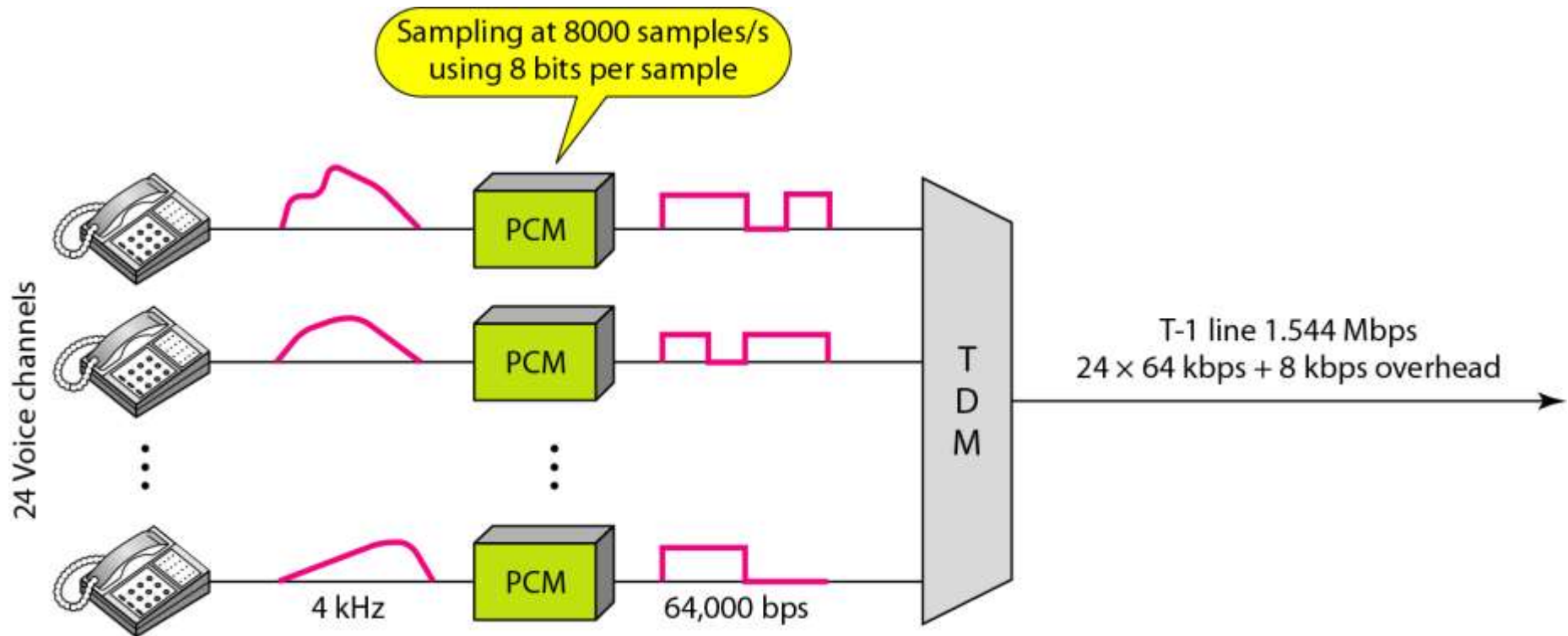
DS와 T 회선 용량

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

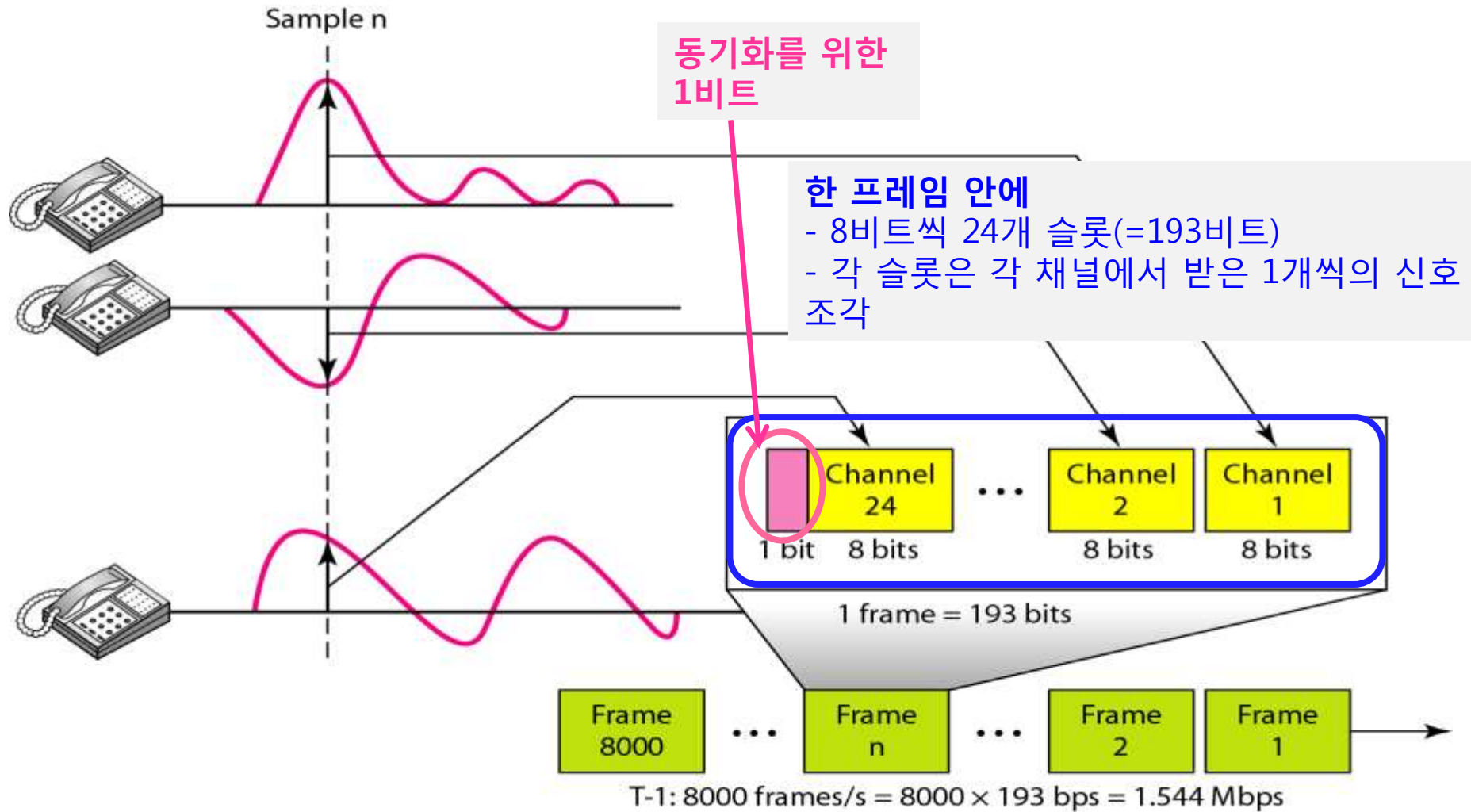
24개의 회선을
1개의 T-1 회선
으로 묶어 다중화

T회선

다중화 전화 회선을 위한 T-1 회선

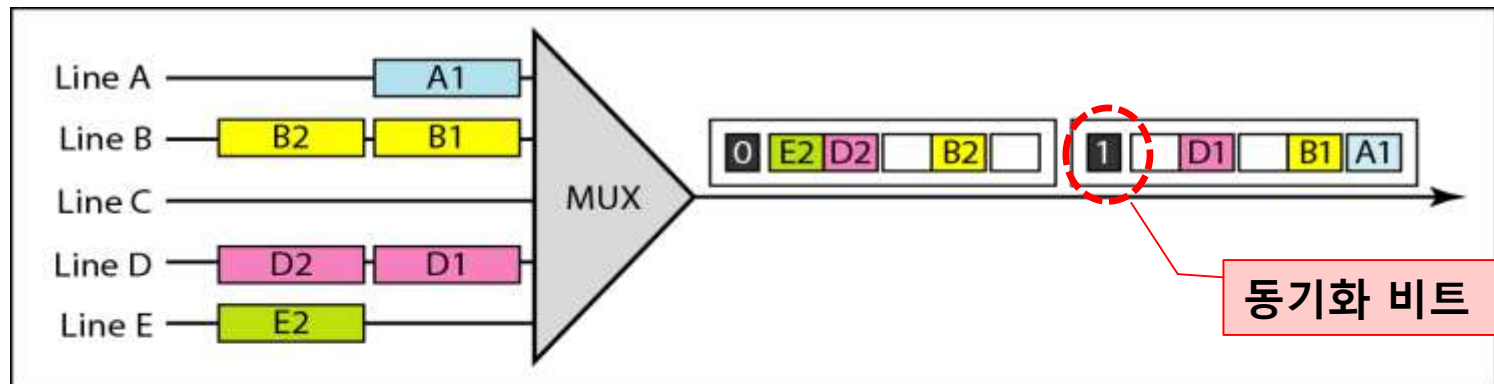


T-1 프레임 구조

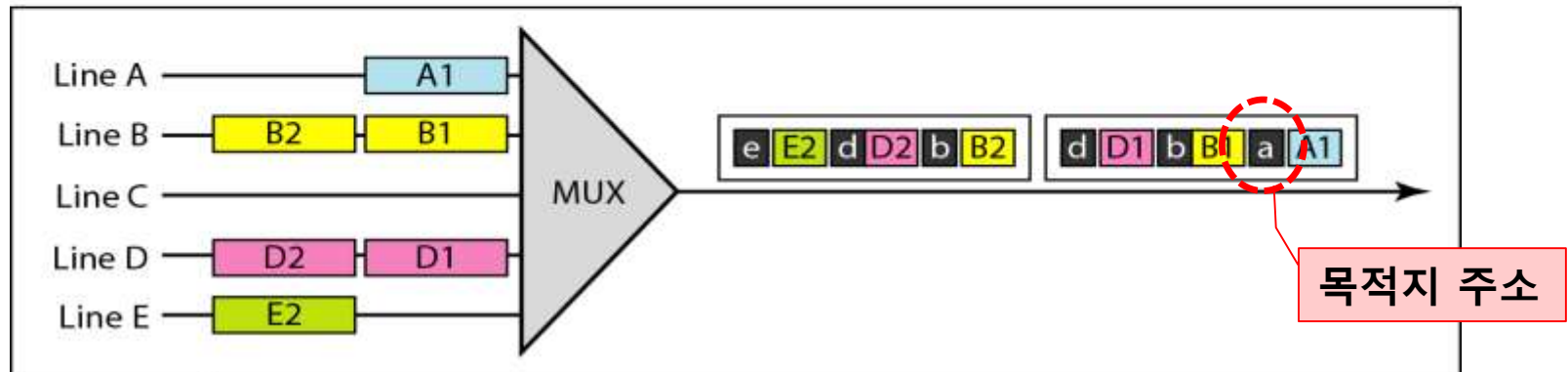


통계적 TDM (Statistical TDM)

- 대역폭 효율을 높이기 위해 time-slot을 동적으로 할당



a. Synchronous TDM



b. Statistical TDM

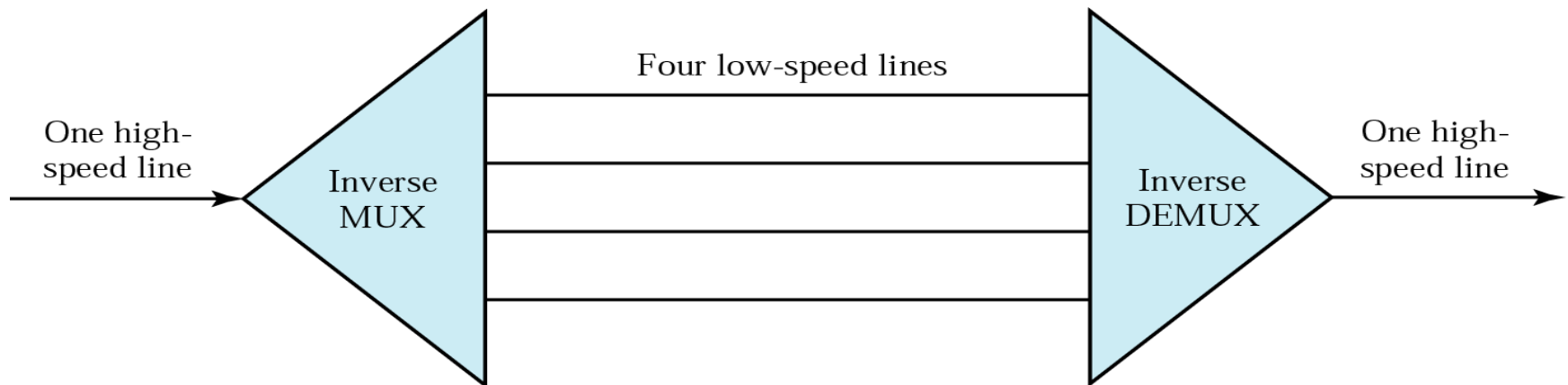
Inverse Multiplexing

역다중화

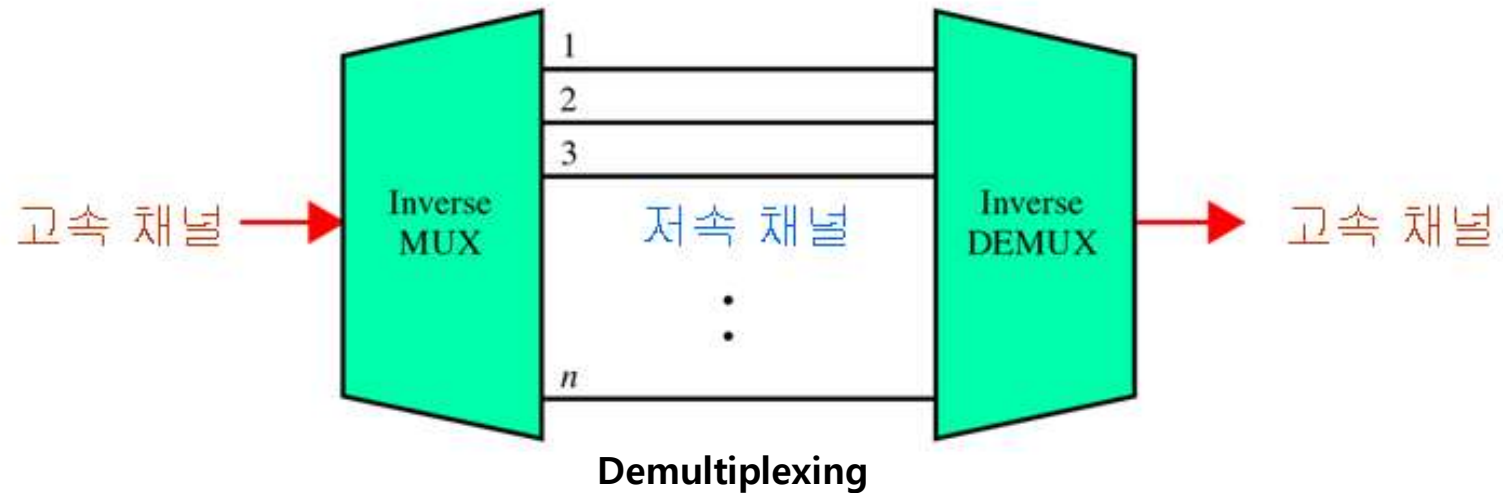
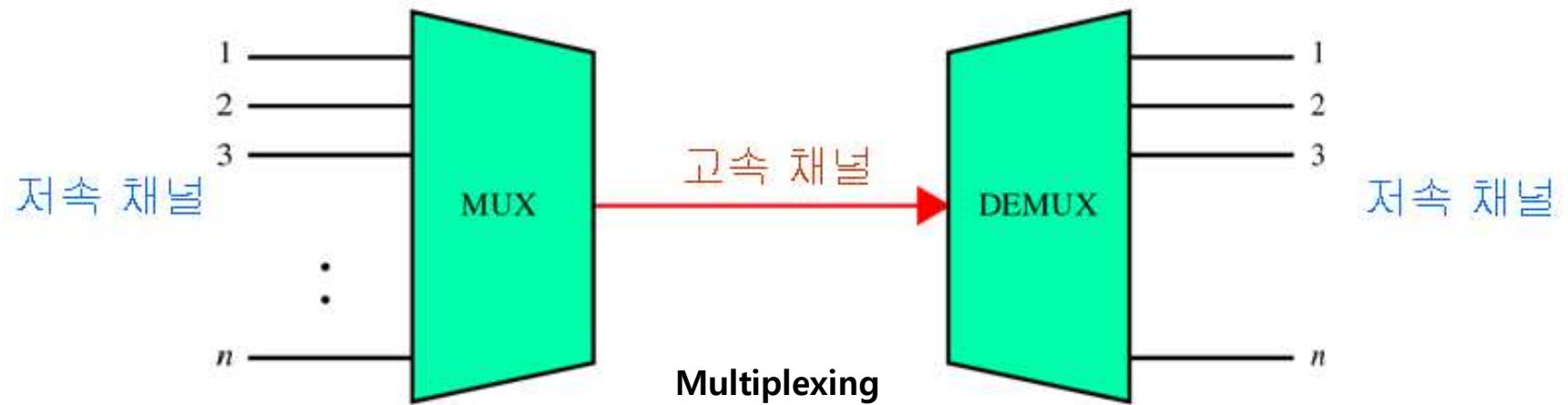
- 다중화의 반대 과정
- 하나의 고속 회선에서 데이터 흐름을 받아서 전체 데이터 속도의 손실 없이 동시에 여러 개의 저속 회선으로 전송될 수 있도록 분할하는 과정

[예] 서로 다른 데이터 전송 속도가 요구되는 데이터, 음성, 미디어를 보내고자 할 때 역다중화 필요함

- ✓ Voice : 64 Kbps link
- ✓ Data : 128 Kbps link
- ✓ Video : 1.544 Mbps link

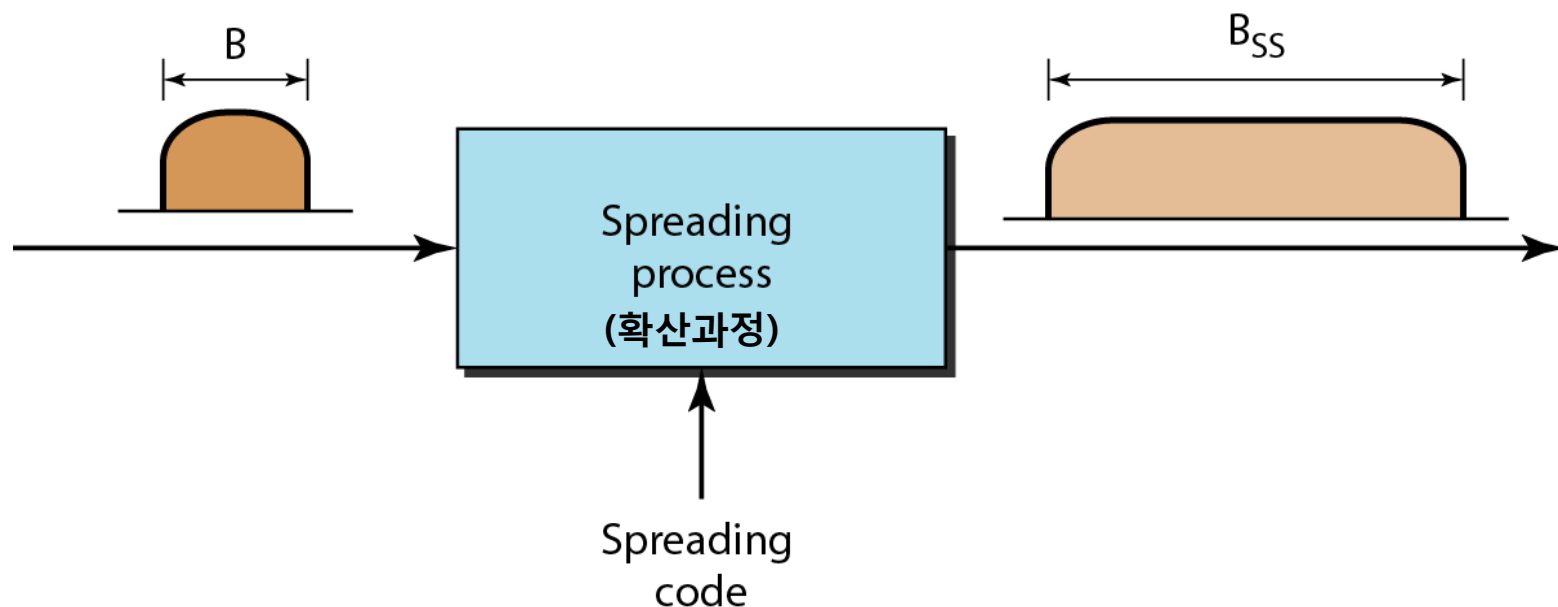


다중화와 역다중화



§ 2. 확산 대역 방식(Spread Spectrum)

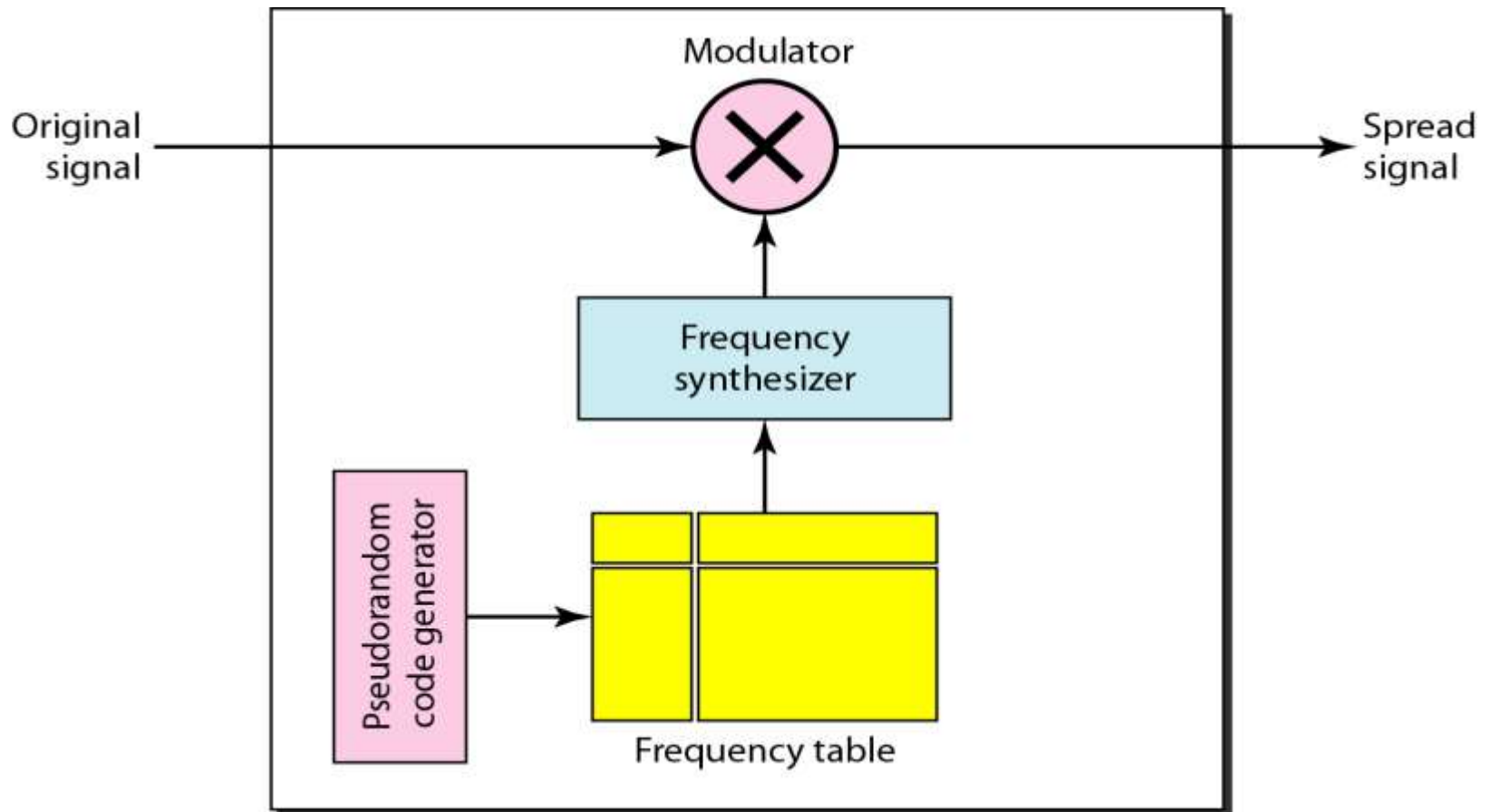
- 서로 다른 소스로부터 오는 신호를 합쳐 보다 더 큰 대역으로 조합
- 무선 통신에서 도청과 전파 교란 방지 목적
 - ✓ 여분의 정보 추가



1) 주파수 뛰기 대역 확산 방식 (FHSS)

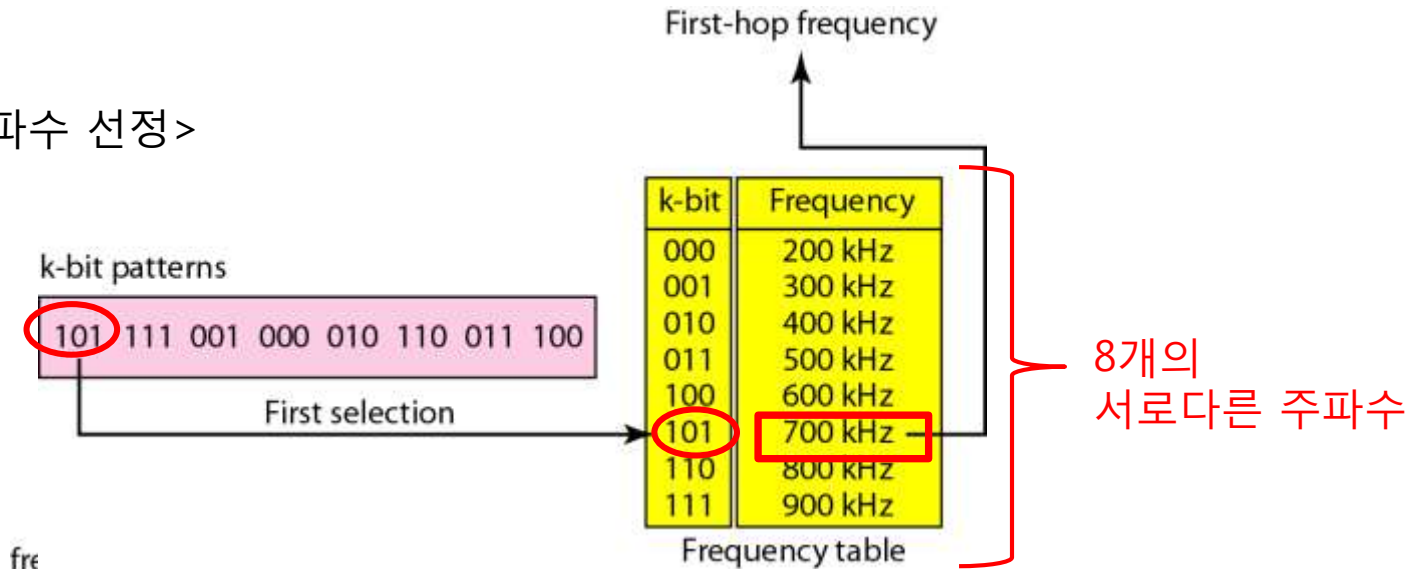
Frequency Hopping Spread Spectrum

- 발신지 M개 신호를 서로 다른 반송파를 사용하여 변조
 - ✓ 어느 한 순간, 신호는 어느 한 반송파를 이용하여 변조하다가 다른 순간에는 다른 반송파로 변조함

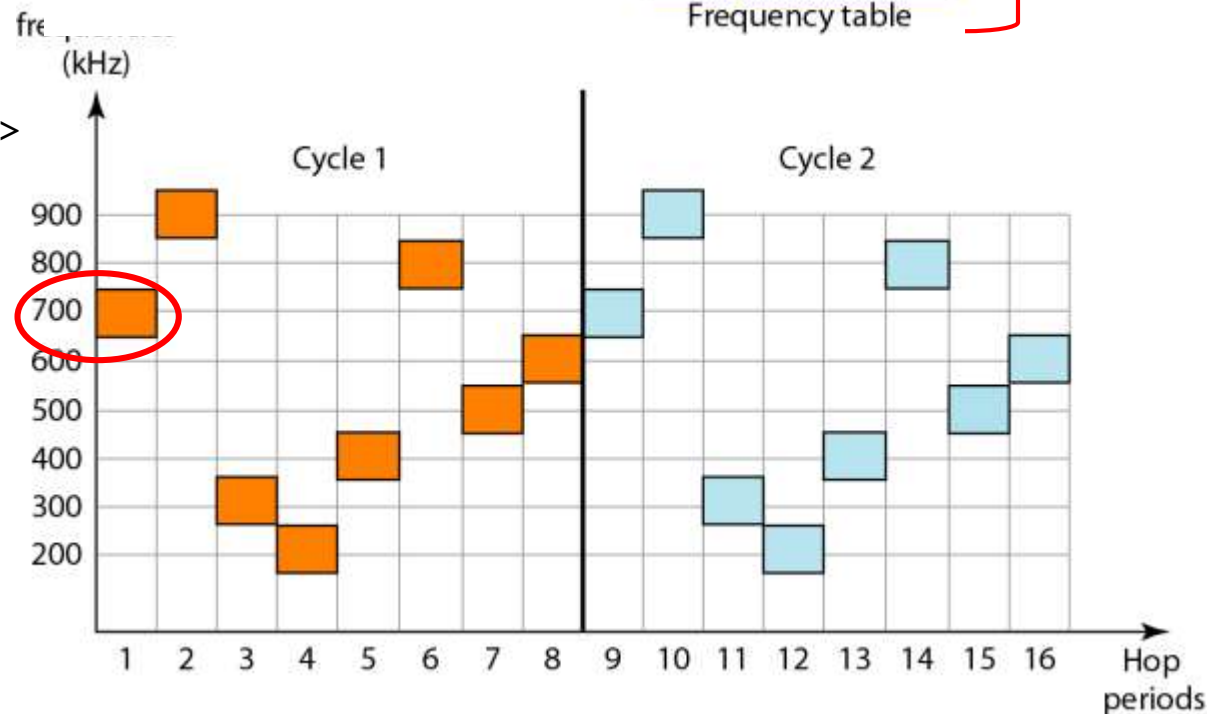


FHSS에서 주파수 선정

< FHSS에서 주파수 선정 >



< FHSS 싸이클 >



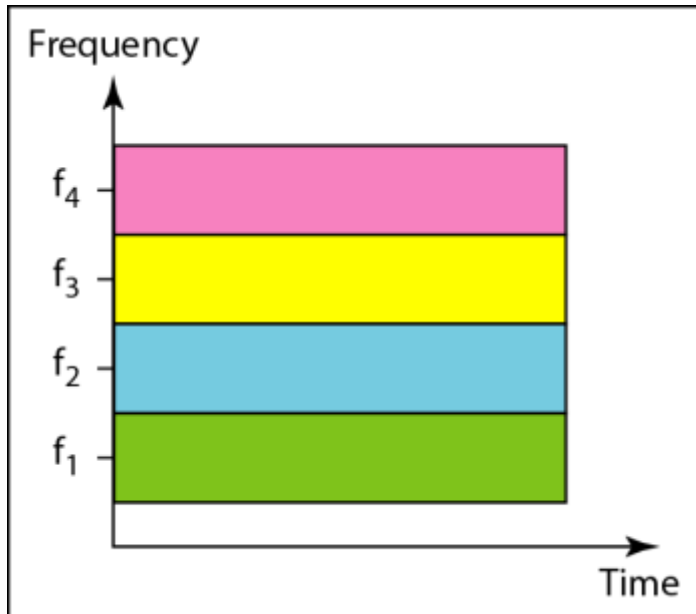
대역폭 공유

■ M개의 신호가 B_{SS} 대역폭을 공유하여 다중화

예) 채널이 4개인 경우로 비교해보자

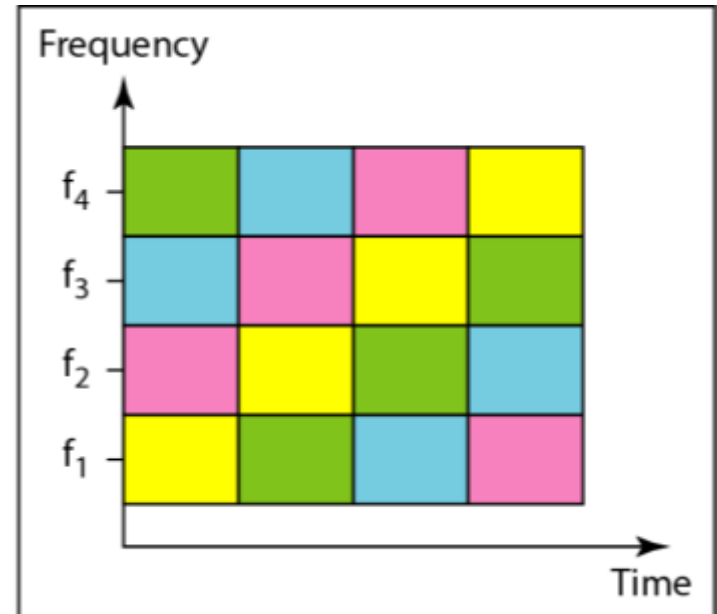
FDA

- 각 지국은 대역폭 $1/M$ 사용
- 고정된 대역할당 받음



FHSS

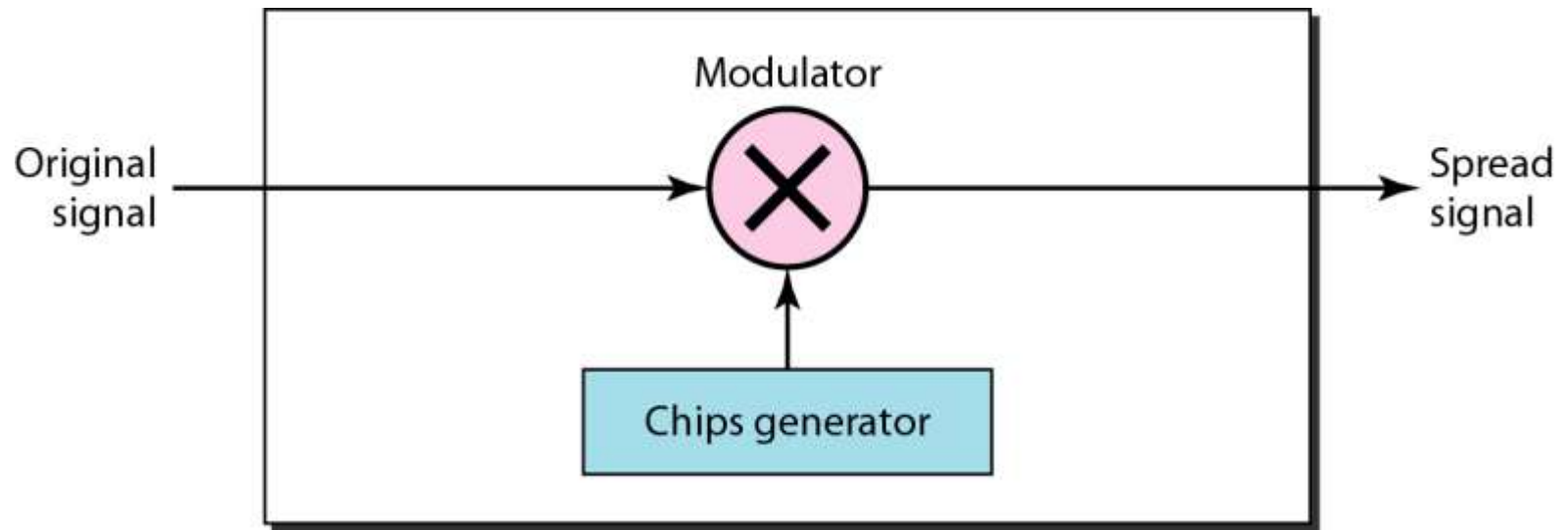
- 각 지국은 대역폭 $1/M$ 사용
- 매번 뒤흔때마다 다른 대역 할당



2) 직접 순열 확산 방식 (DSSS)

Direct Sequence Spread Spectrum

- 각 데이터 비트를 확산 코드를 사용하여 n 개의 bit로 대체. 즉, 각 비트에 chip이라 불리는 n 비트코드 지정
 - ✓ 원래 신호율의 n 배의 전송율로 처리
 - 대역폭이 n 배가 됨



DSSS의 예

