

데이터통신과 네트워킹

Data Communication
& Networking Ch. 4



CHAPTER

04

유선 및 무선 데이터 전송

Section

- 01 통신선
- 02 무선 전송의 특징
- 03 다중접속
- 04 변조

1. 통신선에 대한 이해

- 전송매체^{transmission media}란 신호를 한쪽에서 다른 쪽으로 전달하는데 사용되는 물질.
- 유선 전송매체가 **통신선**^{communication line}
- 외부의 힘에 의해 통신선에 흐르는 신호는 간섭을 받게 됨.
- 통신선의 역할은 외부의 영향을 덜 받으면서도 최대한 멀리까지 신호를 전송하는 것.



그림 4-1 통신선의 문제

2. 주요 통신선의 특징

- **꼬임선** twisted pair
 - 두 개의 선을 꼬아서 사용하는 선이 꼬임선.
 - 이더넷에서 사용하는 선이 꼬임선.
 - 이더넷 선의 연결단자는 RJ-45 단자.
 - 10 ~ 100Mbps의 속도로 100 ~ 1km까지 연결.

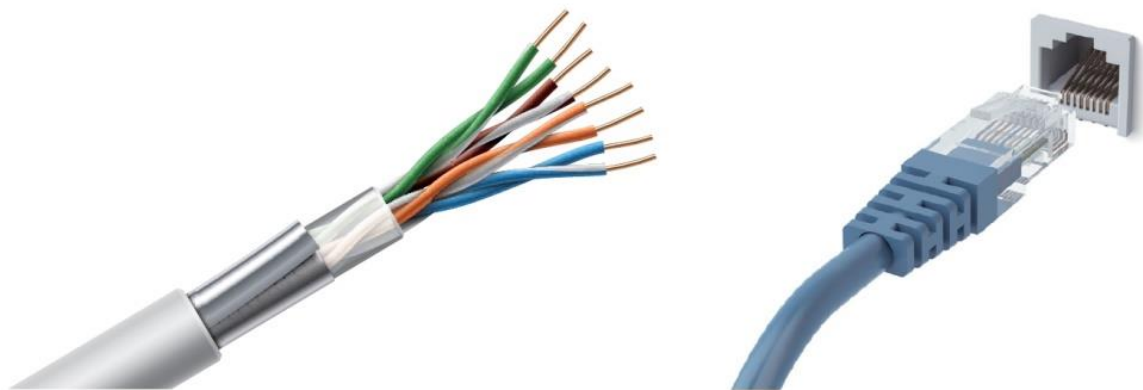


그림 4-2 꼬임선(twisted pair)과 RJ-45 단자

- 동축선coaxial cable

- 동축선은 그림과 같이 중앙에 구리선이 지나가고 이를 피복으로 감싼다. 다른 한쪽 선은 피복 주변에 그물망 형태로 감싸져 있음. 맨 바깥쪽에 외부피복으로 감싼다.
- 동축선의 연결 단자를 BNC 단자.
- 10Mbps ~ 1Gbps의 속도로 1 ~ 10km까지 데이터를 전송.



그림 4-3 동축선(coaxial cable)과 BNC 단자

- 광섬유 fiber optics

- 광섬유는 머리카락보다 가느다란 선에 빛^{light}을 이용하여 데이터를 전송하는 매체.
- 선 하나가 수 기가의 데이터를 수백km까지 전송할 수 있음 .
- 빛을 이용하기 때문에 도청이 어려움.
- 모든 선이 매끈하게 이어져야 하기 때문에 생산단가도 비싸고, 선을 연결하는 비용이 많이 듦.

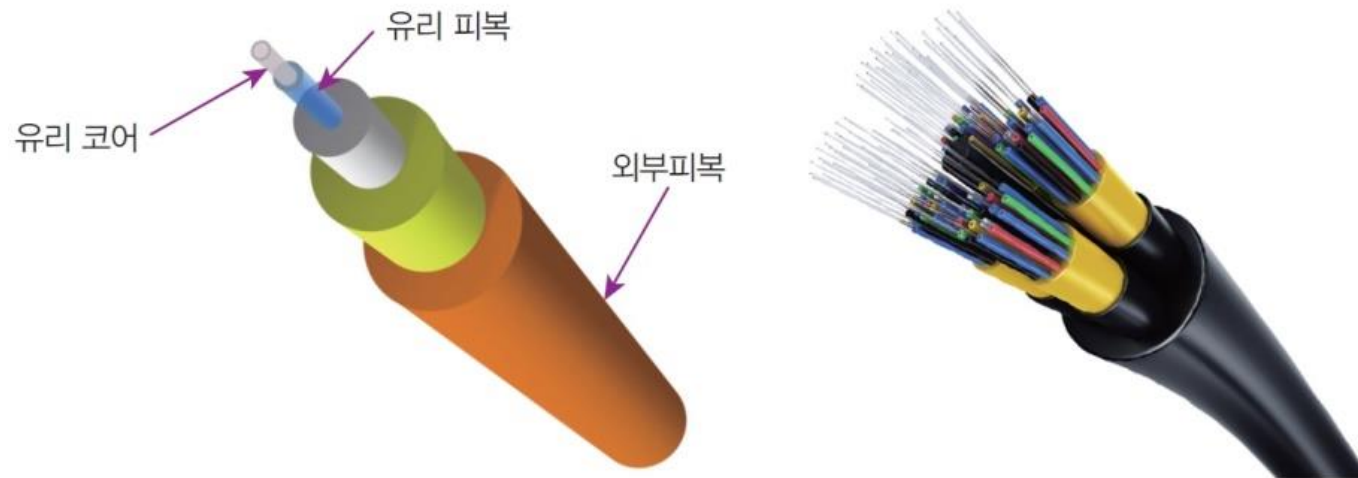


그림 4-4 광섬유(fiber optics)

- 주요 통신선 비교

표 4-1 주요 통신선 비교

선	대역폭*	전송거리*	특징
꼬임선	10 ~ 100Mbps	100m ~ 1km	외부 간섭에 약함, 도청 가능
동축선	10Mbps ~ 1Gbps	1 ~ 10km	외부 간섭에 중간, 도청 가능
광섬유	2 ~ 200Gbps	10 ~ 100km	외부 간섭에 강함, 도청 불가능

*표의 대역폭과 전송거리는 절댓값이 아닌 일반적인 비교임

4. 전력선 통신

- 전력선 통신(PLC)
 - 통신선을 설치하기 어렵거나 가입자가 적을 것으로 예상되는 곳에 사용하기 위해 만든 기술
이 전력선 통신(PLC; Power Line Communication)
 - 전력선에 고주파를 전송하여 통신하는 방식.
 - 가장 큰 문제는 변압기를 통과 할 때 발생.

무선 전송의 특징

1. 주파수 특성

- 문을 닫고 문 밖에서 소리를 들을 때 고음보다는 저음이 많이 들림.
- 고음은 직진하는 성향이 강하며, 물체를 만나면 반사되는 특징.
 - 고음은 저음에 비하여 정보량이 많다.
- 저음은 퍼져나가는 성질(확산)이 강하며 투과성이 좋음.
 - 벽과 같은 물체를 만나면 뚫고 나가는 성질이 우수.



그림 4-5 문 닫힌 클럽 밖에서 들리는 소리

무선 전송의 특징

- 무선통신 시스템은 낮은 주파수를 사용하는 것부터 높은 주파수를 사용하는 것까지 다양 함.
- 같은 조건에서 낮은 주파수를 사용하는 통신 시스템이 높은 주파수보다 신호를 더 멀리까지 보낼 수 있음.
- 높은 주파수는 투과성이 나쁜 대신에 많은 양의 정보를 전달할 수 있는 장점이 있음.

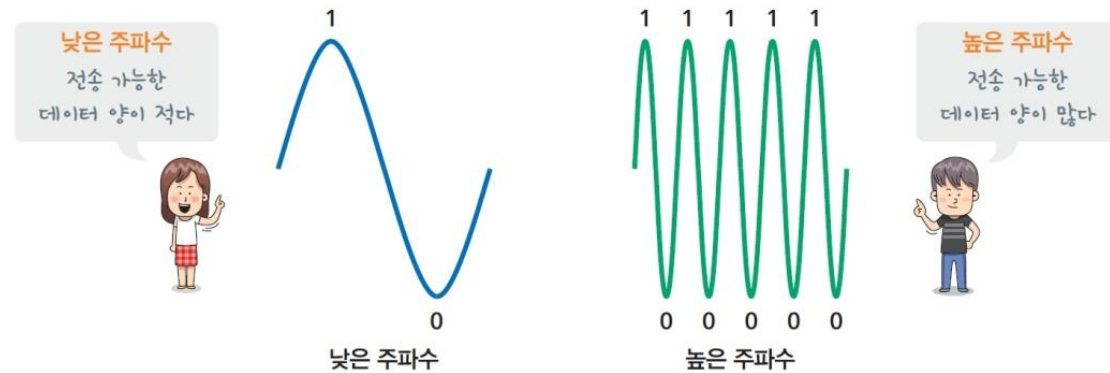


그림 4-6 낮은 주파수와 높은 주파수의 데이터 전송량 비교

표 4-2 주파수의 특성

구분	낮은 주파수	높은 주파수
방향성	방향성 없이 퍼져 나간다.	한 방향으로 직진한다.
장애물	투과성이 좋아 뚫고 확산한다.	장애물을 만나면 반사된다.
정보량	전송할 수 있는 정보량이 적다.	전송할 수 있는 정보량이 많다.

무선 전송의 특징

2. 주파수 스펙트럼

- 주파수 스펙트럼에는 일정영역마다 이름이 붙어 있음.
- 가장 낮은 주파수 대역은 음파^{acoustic}. 음파 위로 라디오^{radio}, 마이크로웨이브^{microwave}, 적외선^{infrared}, 가시광선^{visible light}, 자외선^{Ultra Violet}, X-레이 영역.

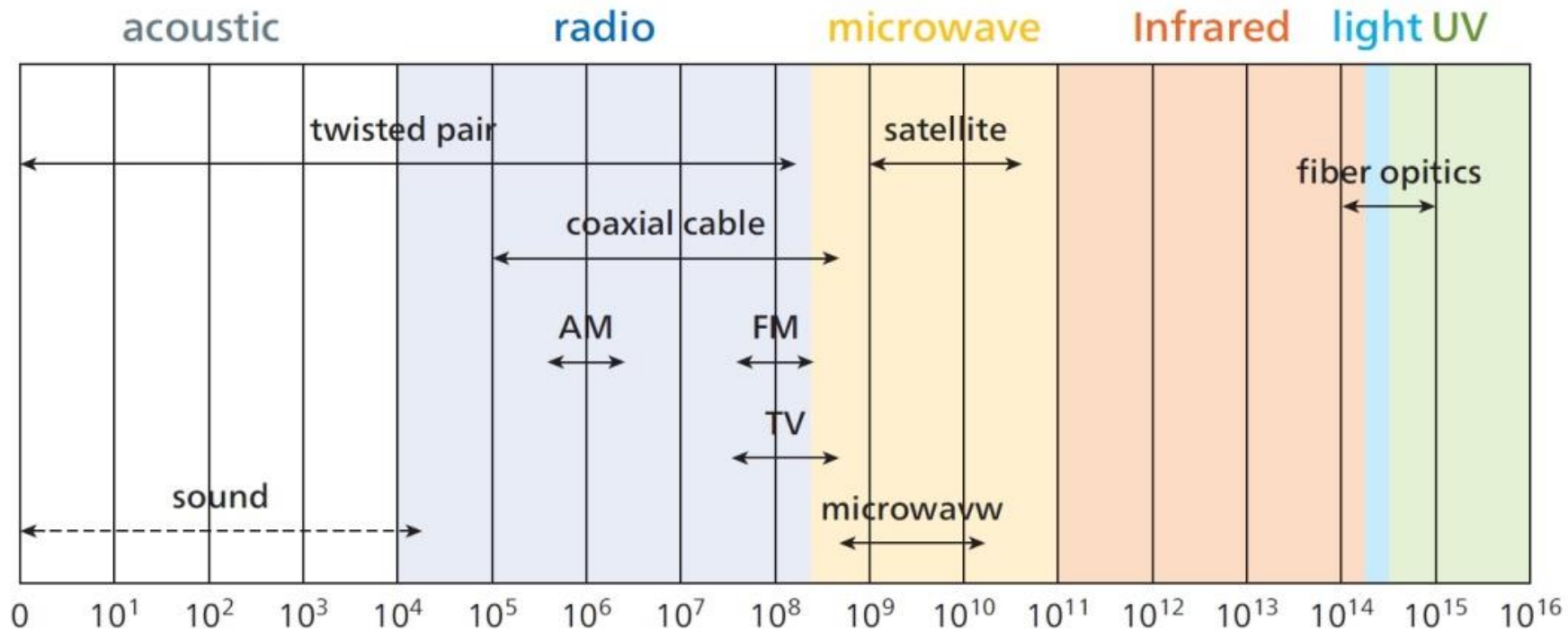


그림 4-8 주파수 스펙트럼

무선 전송의 특징

- 라디오는 라디오 주파수 대역을 사용하는 통신 장비.
- 마이크로웨이브 오븐^{microwave oven}은 마이크로웨이브 주파수를 사용하여 음식물을 가열하는 가전기 기란 뜻.
- 만약 X-레이 영역의 주파수 사용하는 통신장비가 있다면 매우 빠른 속도로 데이터를 전송할 수 있음 -> 그러나 인체에 해롭기 때문에 자외선 이상에는 무선통신 장치는 없음.

3. 주파수 영역별 특징 - 라디오

- 음파영역이란 가청 주파수 대역이며 인간이 들을 수 있는 소리신호가 위치한 영역이기 때문에 시끄러워서 무선통신 시스템은 없음.
- 라디오 Radio frequency; RF 영역은 많은 통신 기기가 위치하는 대역으로 10KHz ~ 300MHz 대역 -> 대표적으로 AM과 FM 라디오가 있음.
- RFID는 라디오 주파수(RF)를 사용하여 사물을 식별(ID)하는 장치.
- 자동차의 스마트키도 라디오 영역 주파수를 사용하고, 무선 조정기로 움직이는 자동차나 로봇과 같은 장난감도 라디오 주파수를 사용.



그림 4-9 라디오 주파수를 사용하는 RFID, 스마트키, RC 자동차

3. 주파수 영역별 특징 - 마이크로웨이브

- 마이크로microwave 영역은 통상적으로 300MHz에서 30GHz사이의 주파수.
- 국가는 자유롭게 통신기기를 제작할 수 있는 영역을 만들어 주었음. 대표적인 대역이 2.4GHz와 5GHz.
- 마이크로웨이브 영역에 있는 유명한 무선통신 장비로 와이파이, 위성통신satellite communication이 있음.
 - GPS는 Global Positioning System의 약자로 GPS 인공위성이 쏘는 전파를 수신하여 자신의 위치를 찾는 서비스.



그림 4-11 GPS을 이용한 내비게이션(좌)과 GPS를 이용한 주변 검색(우)

3. 주파수 영역별 특징 - 적외선

- 적외선을 사용하는 통신 장비가 리모컨.



그림 4-12 적외선을 이용하는 통신 장비-리모컨

- 유선 전송매체 광섬유는 자외선, 가시광선, 적외선의 주파수 영역을 모두 사용.

다중접속

1. 다중접속의 필요성

- 귀중한 전파 자원을 한 사람만 사용하는 것은 낭비 -> 동일한 주파수 대역에서 다수의 사용자가 서비스에 접속할 수 있도록 하는 기술이 다중접속Multiple Access 임.
- 다중접속 방식에는 주파수를 나누는 주파수 분할 다중접속(FDMA; Frequency Division Multiple Access), 시간을 나누어 사용하는 시분할 다중접속(TDMA; Time Division Multiple Access), 코드를 나누어 사용하는 코드분할 다중접속(CDMA; Code Division Multiple Access)이 있음.
- 특히 코드분할 다중접속(CDMA) 기술은 전 세계에서 처음으로 한국이 상용화했음. 한국은 CDMA 종주국이며 다른 나라에 CDMA 운용기술을 수출하여 많은 외화를 벌어들였음.

2. 주파수 분할 다중접속(FDMA)

- 주파수 분할 다중접속(FDMA)는 사용 가능한 전체 대역폭을 잘게 쪼개어 사용자에게 나누어 주는 것.
- 마치 고속도로에 여러 개의 차선을 만들어 차들이 동시에 지나다니게 하는 것과 같음.
- 주파수 분할 방식을 사용하는 대표적인 통신기기가 라디오와 TV.
- 1세대 무선통신망(1G)이 주파수 분할 다중 접속을 사용했음.

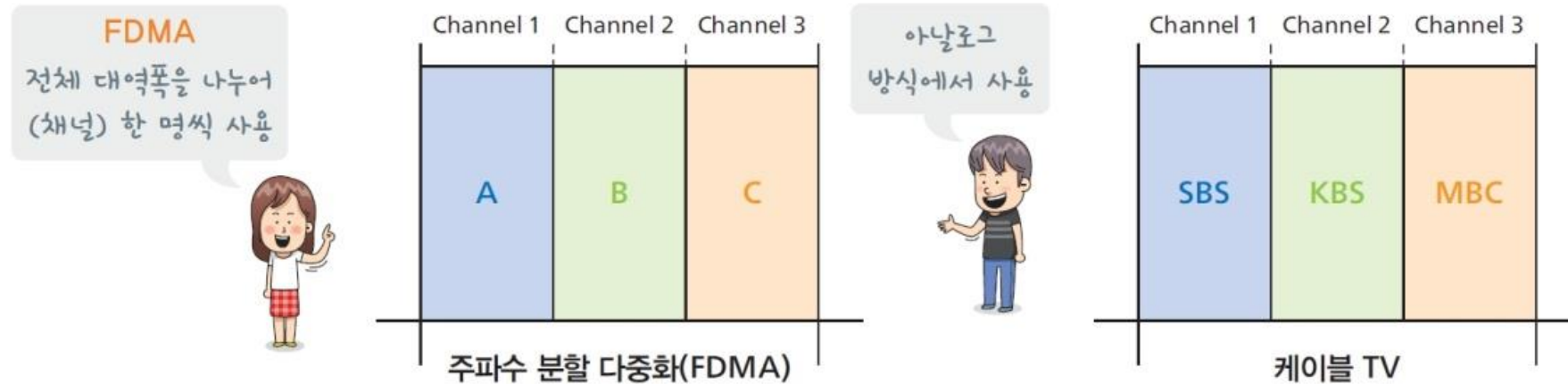


그림 4-13 주파수 분할 다중접속 방식

3. 시간 분할 다중접속(TDMA)

- 시간분할 다중접속(TDMA)은 하나의 채널을 여러 사람이 나누어 쓰는 방식으로 디지털 신호에만 적용이 가능.
- A, B, C 3명이 번갈아 가면서 짧은 시간 동안 데이터를 전송하는 방식.
- 마치 운영체제의 시분할 시스템과 같은 원리.
- 유럽의 디지털 이동통신 서비스 방식인 GSM(Global System for Mobile Communications)에서 사용.

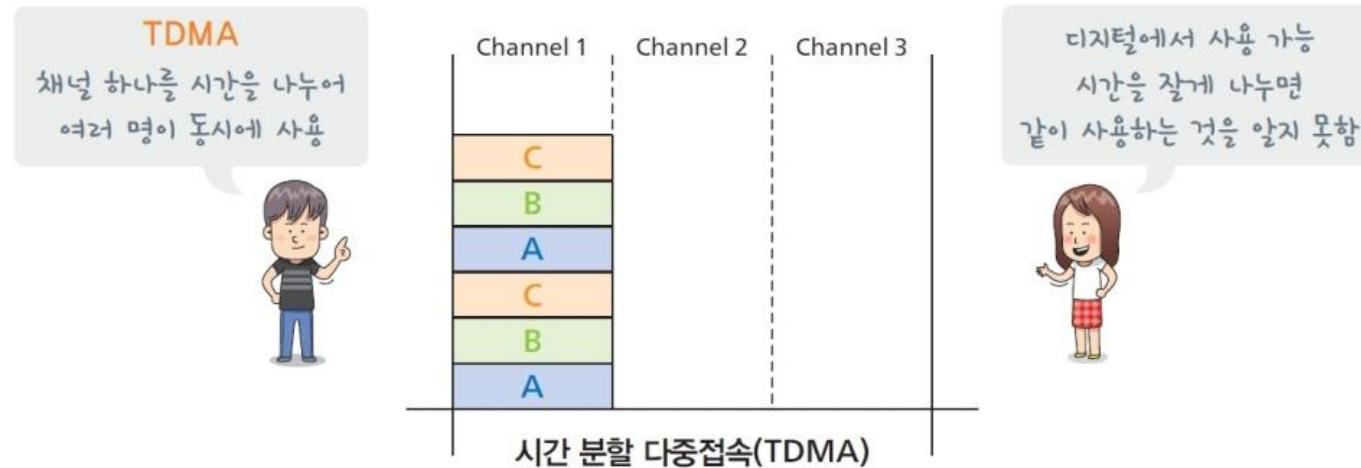


그림 4-14 시간 분할 다중접속 방식

4. 코드 분할 다중접속(CDMA)

- 코드 분할 다중 접속(CDMA)는 지금까지의 방식보다 독특한 구조.
- 많은 수학적 수식들이 나오기 때문에 일반인들이 이해하기 어렵다.
- 이 책에서는 '칩 모형'을 만들어 CDMA를 설명.

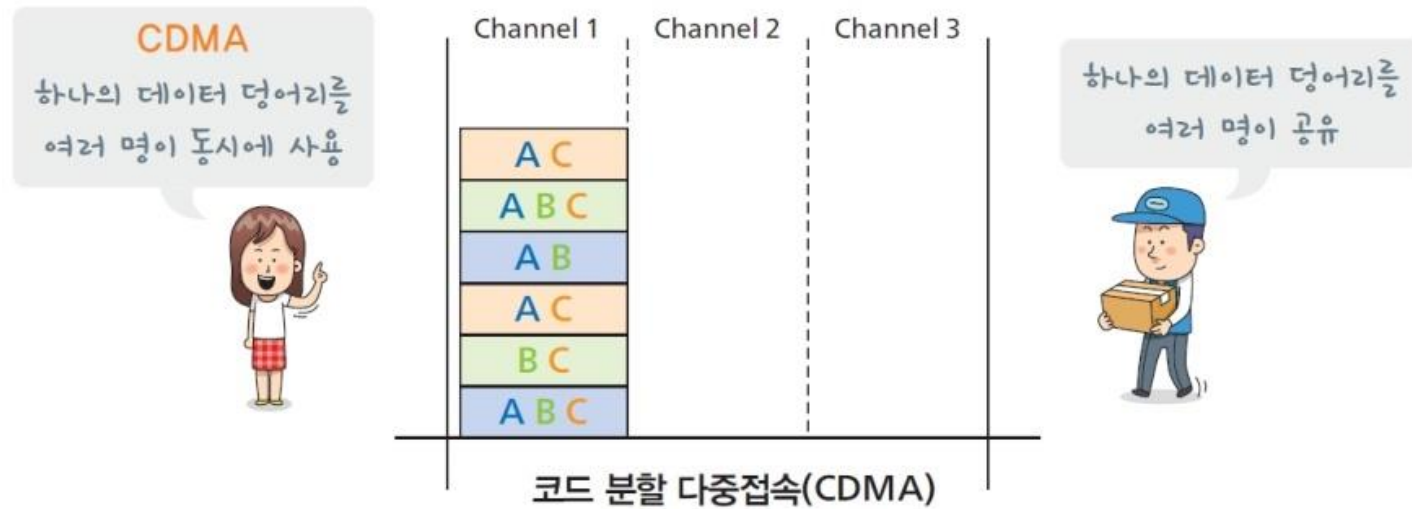


그림 4-15 코드 분할 다중접속 방식

CDMA : 칩 모형

- 칩 모형(데이터 발신)
 - A, B, C 세 사람은 '칩^{chip}'이라 불리는 같은 크기의 판을 가지고 있음.
 - 칩에 있는 어떤 구멍도 다른 칩과 겹치지 않음.
 - 데이터를 보내려 할 때, A, B, C는 각자의 칩에 뚫린 구멍에 보내려는 데이터를 씬. 겹치는 구멍이 없기 때문에 같이 데이터를 작성해도 데이터가 겹치는 일은 없음.

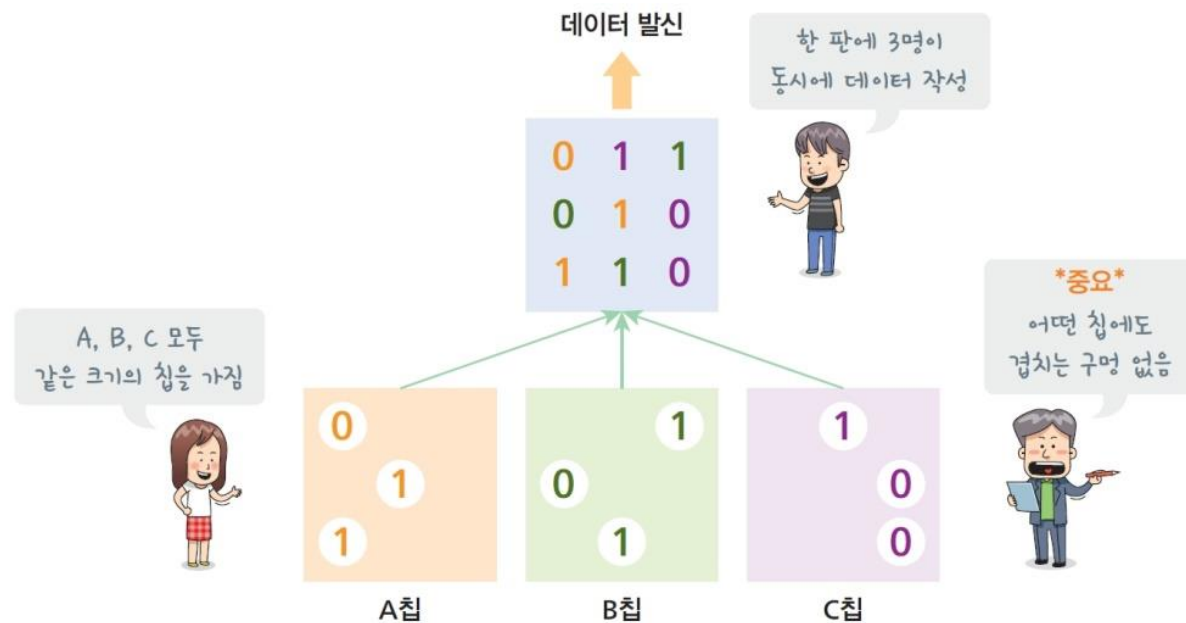


그림 4-16 CDMA 방식에서 데이터의 발신

CDMA : 칩 모형

- 같은 공간에 같은 통신사를 사용하는 스마트폰이 있다면, 모두에게 같은 데이터 전달.
- 전달된 데이터에 칩을 겹쳐서 구멍으로 보이는 것이 자신의 데이터.
- 모든 사람에게 같은 데이터가 전달되지만 칩의 구멍 위치를 모를 경우 자신의 데이터를 알 수 없음 -> 도청에 강함.

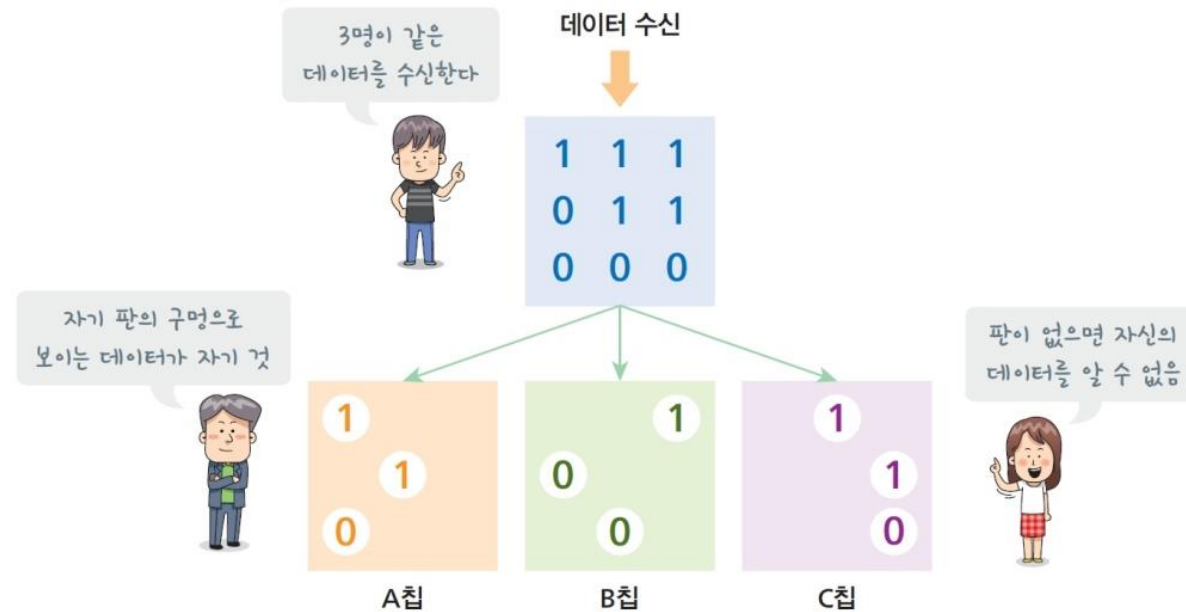


그림 4-17 CDMA 방식에서 데이터의 수신

다중접속

- 칩의 구멍 위치만 노출되지 않는다면 도청이 불가능.
- 코드 분할 다중 접속에서 칩의 구멍의 역할을 담당하는 코드를 **칩 시퀀스** chip sequence라 부름.
- 유심 칩 안에는 칩 시퀀스 저장.



그림 4-18 유심 칩과 칩 시퀀스

5. CDMA의 수학적 접근

- 칩 시퀀스는 64개나 128개.
- A의 칩 시퀀스를 00010101이라 가정. 칩 시퀀스를 사용하여 통신을 할 때는 0은 -1로 만들어 보냄 -> A의 칩 시퀀스 00010101은 실제 통신에서 (-1 -1 -1 +1 -1 +1 -1 +1)이 됨.
- 0을 보내야 하는 경우에는 칩 시퀀스를 역으로 바꾸어 보냄. +1은 -1로 -1은 +1로 바꿔 보냄.
- 결론적으로 A가 1을 보낼 경우 (-1 -1 -1 +1 -1 +1 -1 +1) 보내고, A가 0을 보낼 때에는 -1의 값인 (+1 +1 +1 -1 +1 -1 +1 -1)을 보냄.

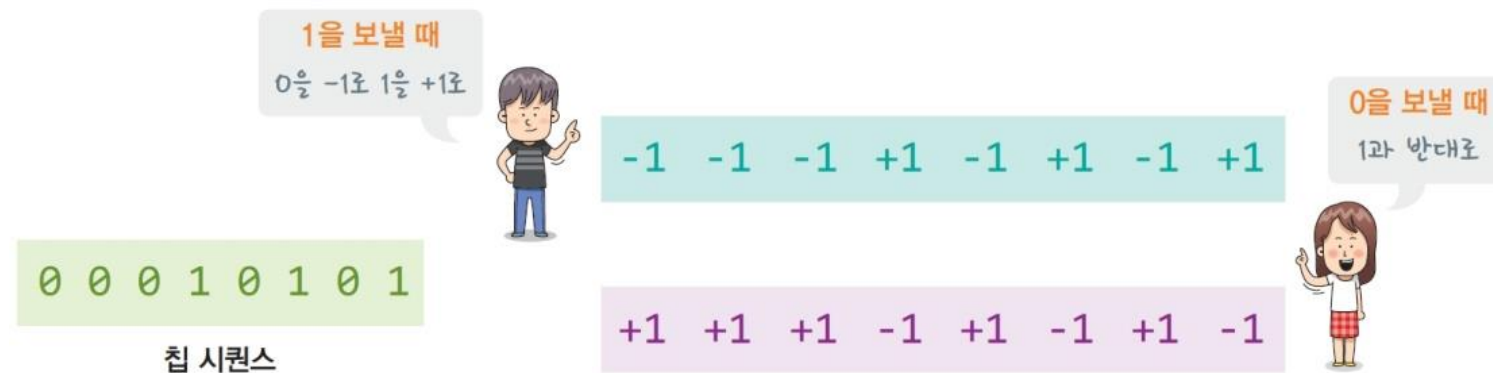


그림 4-19 칩 시퀀스를 사용하여 0과 1을 보내는 방법

- 모든 칩 시퀀스는 직교(orthogonal) -> 특징은 다음과 같음.
 - 칩 시퀀스를 자기 자신과 • 연산을 하면 언제나 1이 나옴.
 - 자기 자신과 다른 칩 시퀀스를 • 연산을 하면 언제나 0이 나옴.
 - 자신의 칩 시퀀스와 -1(0을 보낸 경우)을 • 연산하면 -1이 됨.

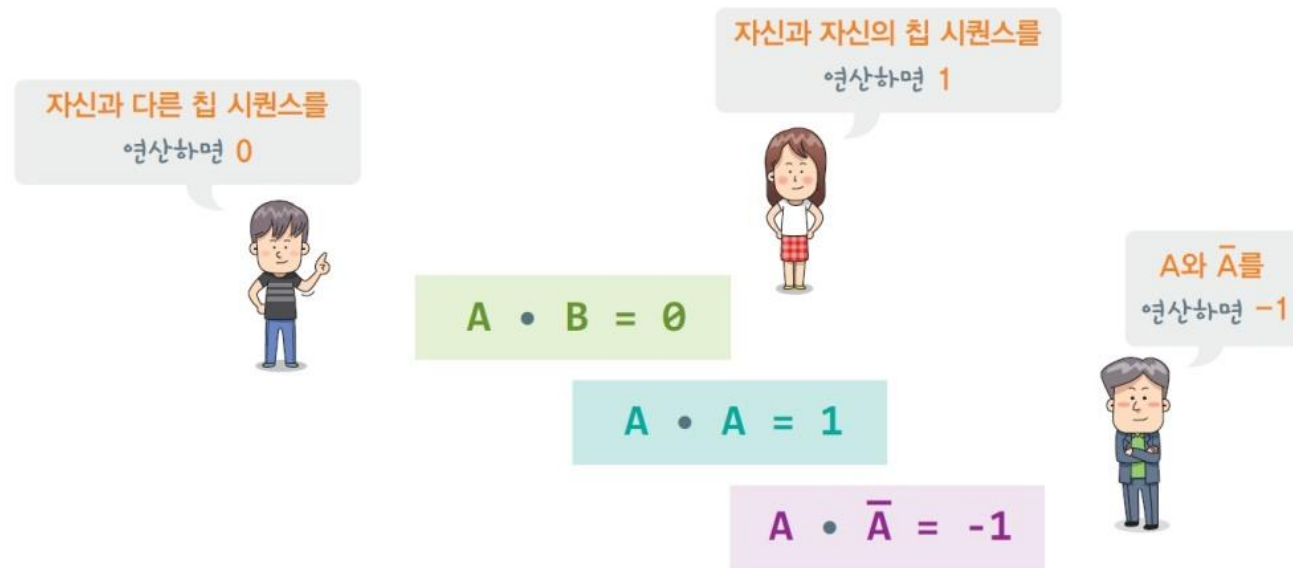


그림 4-20 칩 시퀀스의 특징

다중접속

- A의 칩 시퀀스를 00010101이라 하고, B는 10001001, C는 11110001이라 가정
- 1을 보내는 경우 자신의 칩 시퀀스의 안의 0을 -1로 변환
- 0을 보낼 때에는 1의 칩 시퀀스의 역수로 보냄.
- M1은 A, B, C 중 A만 1을 보내는 경우, M2는 B와 C가 각각 1을 보내는 경우, M3는 A는 0을 보내고, B와 C는 1을 보내는 경우

$$A = (-1 \ -1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1)$$

$$B = (+1 \ -1 \ -1 \ -1 \ +1 \ -1 \ -1 \ +1)$$

$$C = (+1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1 \ -1 \ -1 \ +1)$$

$$\bar{A} = (+1 \ +1 \ +1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1 \ -1)$$

$$\bar{B} = (-1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1 \ -1)$$

$$\bar{C} = (-1 \ -1 \ -1 \ -1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1)$$

$$M1 = A$$

$$M2 = B + C$$

$$M3 = \bar{A} + B + C$$

$$M1 = (-1 \ -1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1)$$

$$M2 = (+2 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -2 \ -2 \ +2)$$

$$M3 = (+3 \ +1 \ +1 \ -1 \ +1 \ -3 \ -1 \ +1)$$

다중접속

- M1에는 A의 칩 시퀀스가 들어 있기 때문에 M1 ● A의 결과는 1.
- M2 ● A 는 0.
- M3 ● A는 \bar{A} ● A가 되고, 결과는 -1.

$M1 = (-1 \ -1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1)$	$M1 \bullet A = 1$
$M2 = (+2 \ \ 0 \ \ 0 \ \ 0 \ \ 0 \ -2 \ -2 \ +2)$	$M2 \bullet A = 0$
$M3 = (+3 \ +1 \ +1 \ -1 \ +1 \ -3 \ -1 \ +1)$	$M3 \bullet A = -1$

그림 4-22 전체 데이터에서 A가 보낸 데이터 확인하기

- 분배 법칙을 이용하여 M3 ● A의 결과는 아래와 같음.

$$M3 \bullet A = (\bar{A} + B + C) \bullet A = \bar{A} \bullet A + B \bullet A + C \bullet A = -1 + 0 + 0 = -1$$

1. 아날로그-아날로그 변조

- 변조(modulation)란 신호를 다른 종류의 신호로 변화시키는 것.
- 아날로그-아날로그 변조에는 전송파(carrier signal) 혹은 반송파를 사용.
- **진폭 변조**(Amplitude Modulation) 방식과 **주파수 변조**(Frequency Modulation) 방식이 있음.
- 진폭 변조 방식을 AM이라 부르고, 주파수 변조 방식을 FM이라 부름.

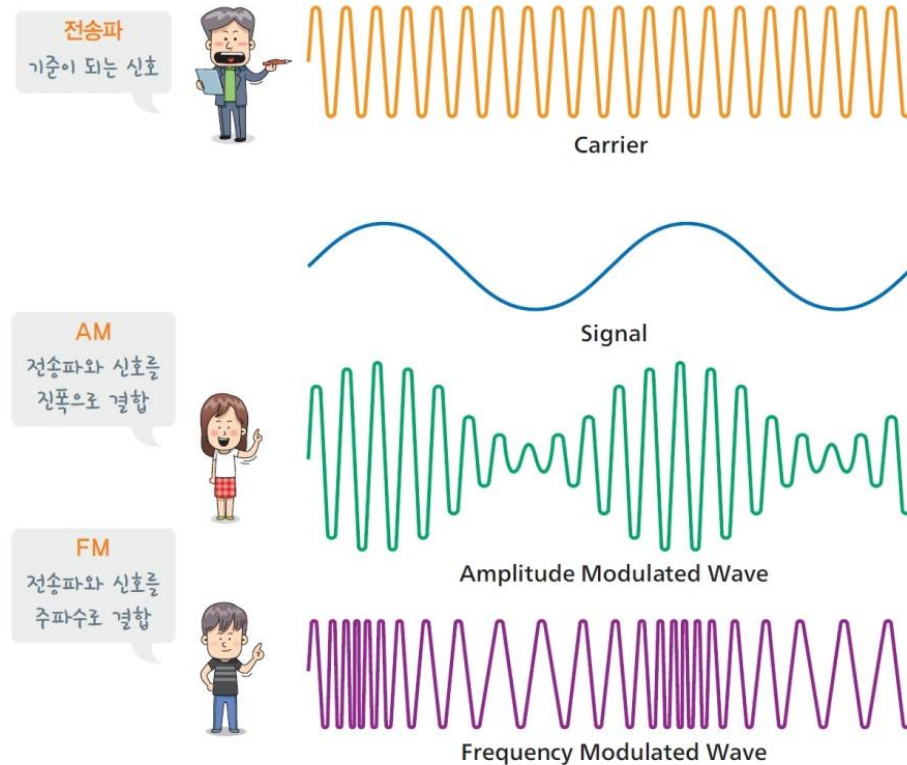


그림 4-23 진폭 변조(AM)와 주파수 변조(FM)

2. 디지털-아날로그 변조

- 디지털-아날로그 변조는 디지털 신호를 아날로그 신호로 바꾸어 보내는 것.
- **진폭편이 변조(ASK)**는 디지털 신호가 0일 때는 신호가 없고, 1일 때 특정 신호를 보내는 방식.
- **주파수편이 변조(FSK)**는 서로 다른 주파수를 사용하여 0과 1을 전송.
- **위상편이 변조(PSK)**는 위상이 서로 다른 주파수를 이용.

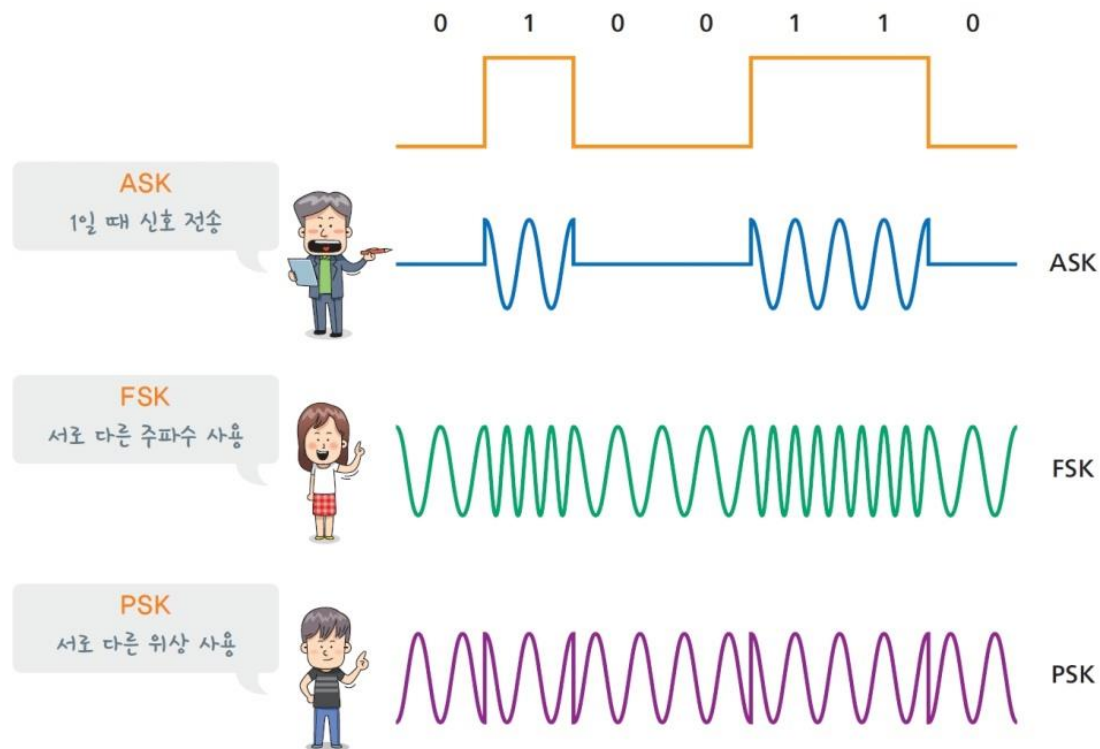


그림 4-24 진폭 편이 변조(ASK), 주파수 편이 변조(FSK), 위상 편이 변조(PSK)

3. 직교 진폭 변조(QAM)

- 대역폭이 일정할 경우, 신호로 구분할 수 있는 숫자(L)를 늘려야만 전송률을 높일 수 있음.
- **직교진폭 변조** Quadrature Amplitude Modulation; QAM 는 진폭 변조와 위상 변조를 사용하여 하나의 신호로 구분할 수 있는 숫자를 늘리는 방식.
- 8 QAM에서는 4개의 서로 다른 위상을 가진 신호가 사용.

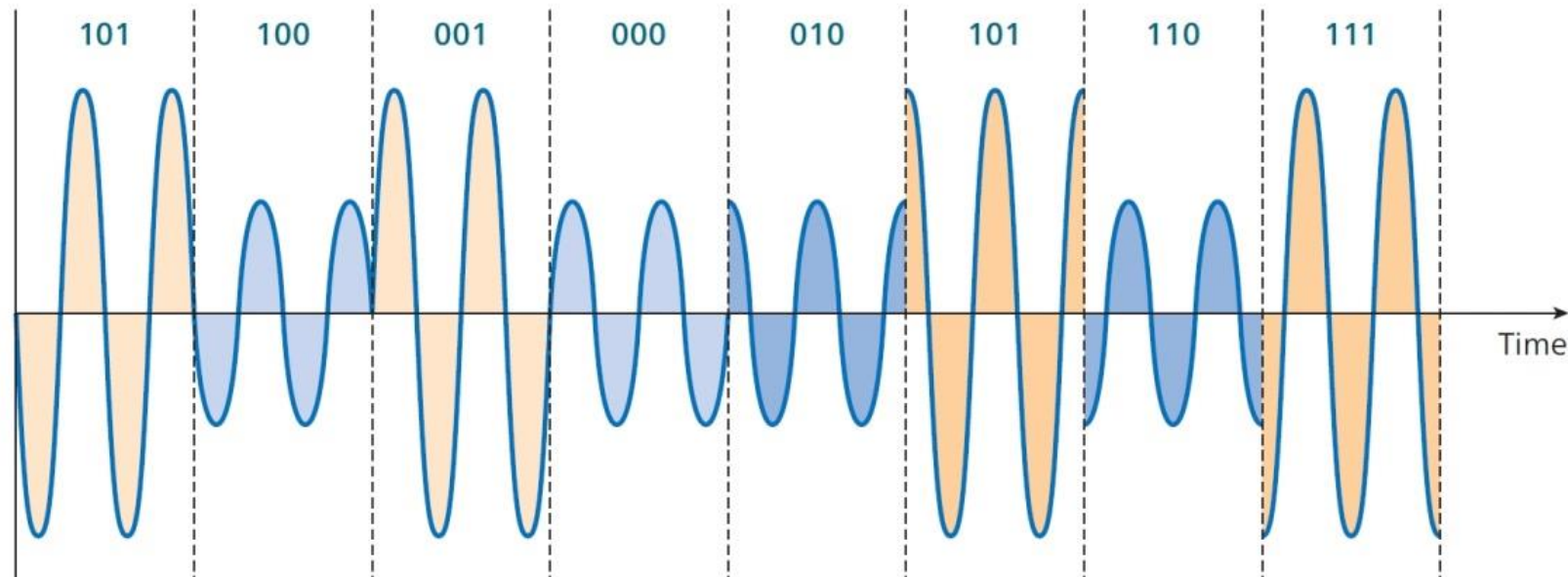


그림 4-25 8 QAM

- 서로 다른 진폭의 개수와 위상을 사용하면 다양한 종류의 QAM을 만들 수 있음.
- 4개의 진폭과 4개의 위상을 사용하면 16 QAM.
- 4개의 진폭과 8개의 위상을 사용하면 32 QAM.

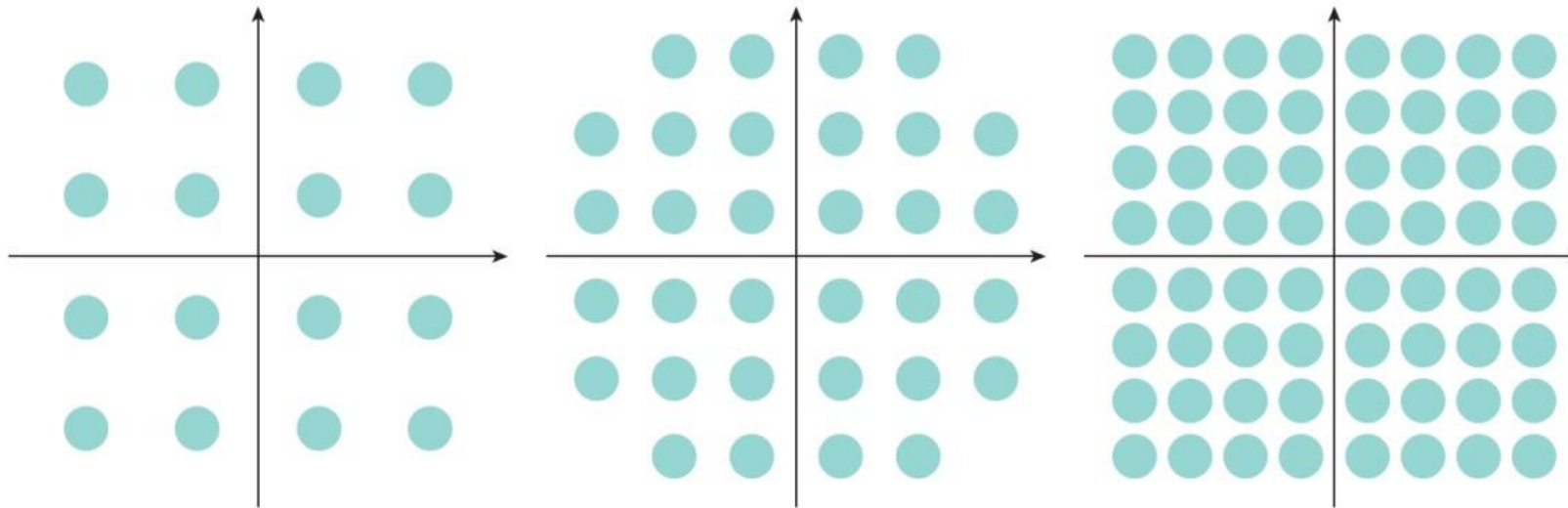


그림 4-26 16, 32, 64 QAM