

Mutiple Access 3: Channelization

- 1) FDMA(Frequency-Division Multiple Access)
- 2) TDMA(Time-Division Multiple Access)
- 3) CDMA(Code-Division Multiple Access)
 - 직교성(orthogonal)
 - chip코드
 - Walsh Table

9강 임의접근 (3)

Mutiple Access 3: Channelization

Channelization은 Mutiple Access(다중 접근) 세번째 방법이다. Mutiple Access는 "shared media의 common link에서 mutiple system들이 어떻게 데이터를 보내기 위해서 access할거냐" 를 해결하기 위한 방법이다. 첫번째방법은 contention, 두번째방법은 reservation, **세번째 방법은 chanelization, 즉 채널로 나눠서 쓴다는 뜻이다.** 이 때 **논리적인 길을 채널이라고 부른다.**

예를들면 도로에서 노란차선으로 가는차선 오는차선을 나누 듯, 길은 하나인데 송신채널 수신채널을 나눌 수 있다. 또 점선으로 차선이 두개로 만들면 가는차선이 2개라고 하듯. 송신채널을 2개로 나눌 수 있다. 이처럼 길은 하나이지만 논리적인 길을 나누어서 사용하는 방법이 chanelization 이다.

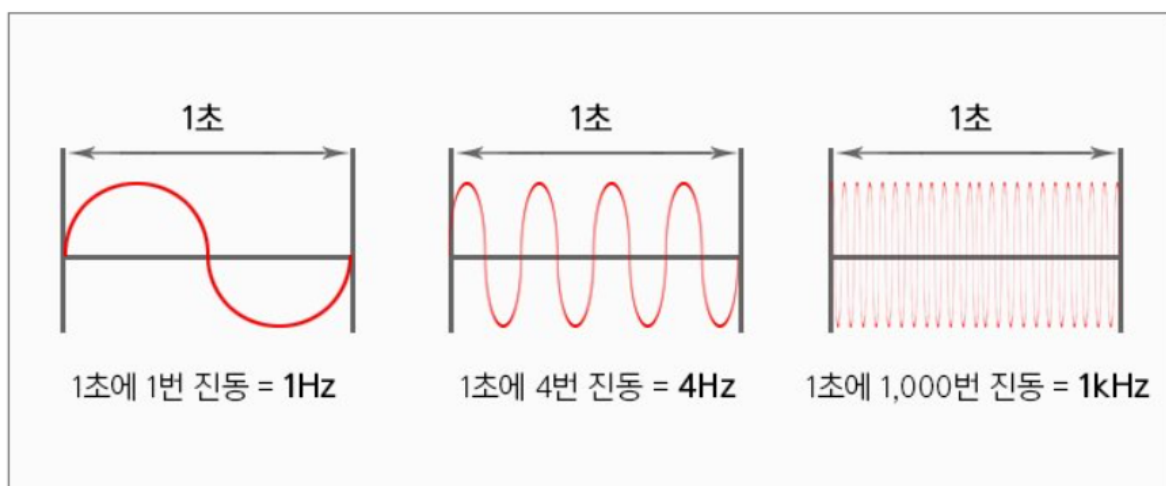
이 방법은 3가지로 나누어진다.

1. Frequency-Division Multiple Access (FDMA) : 주파수를 나누어서 다중접근.
2. Time-Division Multiple Access (TDMA) : 시간을 나누어서 다중 접근.
3. Code-Division Multiple Access (CDMA) : 코드를 나누어서 다중접근

현재 세가지가 다 사용된다.

1) FDMA(Frequency-Division Multiple Access)

주파수(frequency)의 단위는 Hz(헤르츠)다. 주파수는 단위시간당 진동수이다. 주파수는 높으면 높을수록 촘촘해진다.

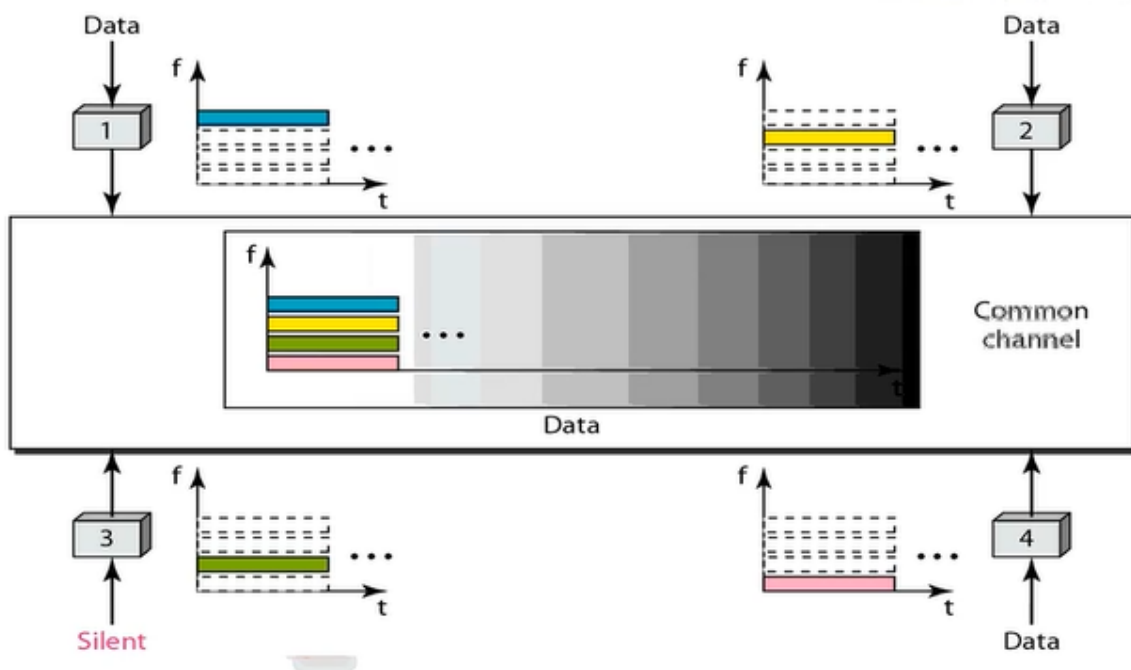


이런 주파수를 나누어서 사용하는 방법이 **FDMA**이다.

한 주파수는 A컴퓨터가 사용하고, 다른 주파수는 B컴퓨터가 사용하는 방식으로 컴퓨터마다 사용하는 주파수가 다르다. 즉, 공기(shared media)라고 하는 하나의 매체에 각 시스템(컴퓨터)마다 사용하는 주파수를 다르게하여 mutiple access하는 방법이 FDMA다. FDMA는 데이터를 보내기 위해 각 시스템이 사

용하는 주파수를 별도로 사용한다.

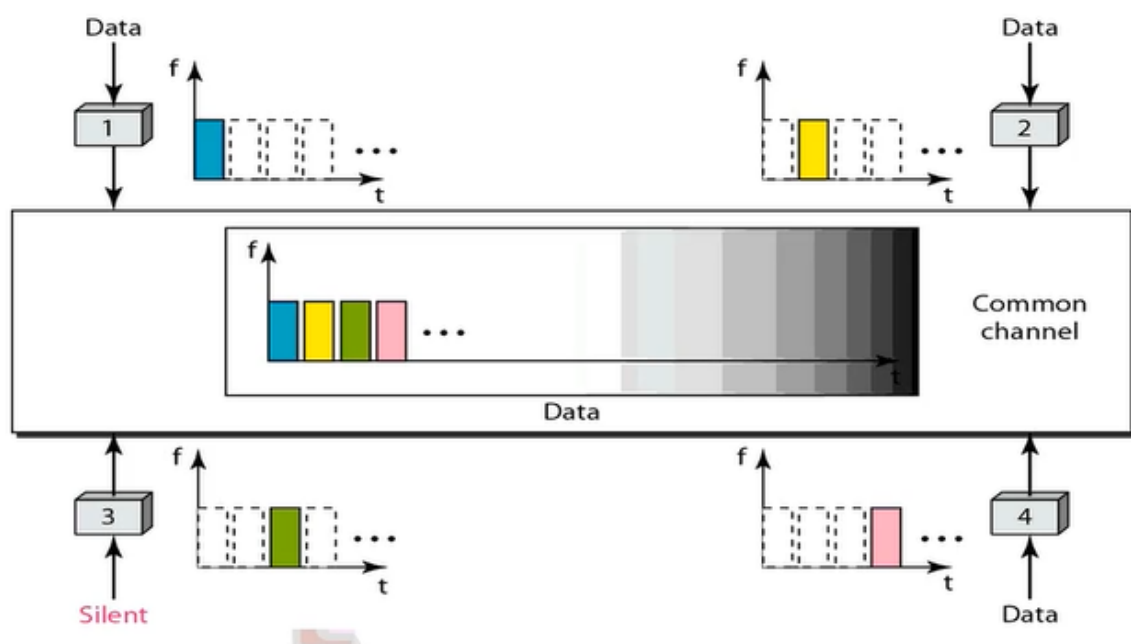
우리가 FDMA를 사용하는 예시에는 라디오가 있다. kbs라디오를 듣고 싶으면 89.1Mhz(메가헤르츠), mbc라디오를 듣고 싶으면 91.9Mhz를 맞춰야 한다.



위의 그림은, 1,2,3,4를 각 컴퓨터라고 봤을 때이다. 그래프를 보았을 때, t는 시간축을 뜻한다. 3번 컴퓨터를 봤을 때 3번이 사용하는 주파수는 정해져 있다. 시간이 변화해도 주파수는 그대로이다. 그 채널이 아무런 데이터를 보내지 않아도 사용중이게 된다.

2) TDMA(Time-Division Multiple Access)

TDMA는 시간을 나눠서 쓰는 방법이다. 4명이 대화를 할 때를 생각하면 이해하기 쉽다. 동시에 말하지 않고 한번씩 나눠서 말한다. 즉 각자 시간을 할당해서 말한다. 이처럼 time을 division해서 특정 컴퓨터에게 할당해주는 방식이 TDMA이다.



위의 그림으로 주파수는 다 똑같고 시간만 분배하여 사용함을 알 수 있다.

3) CDMA(Code-Division Multiple Access)

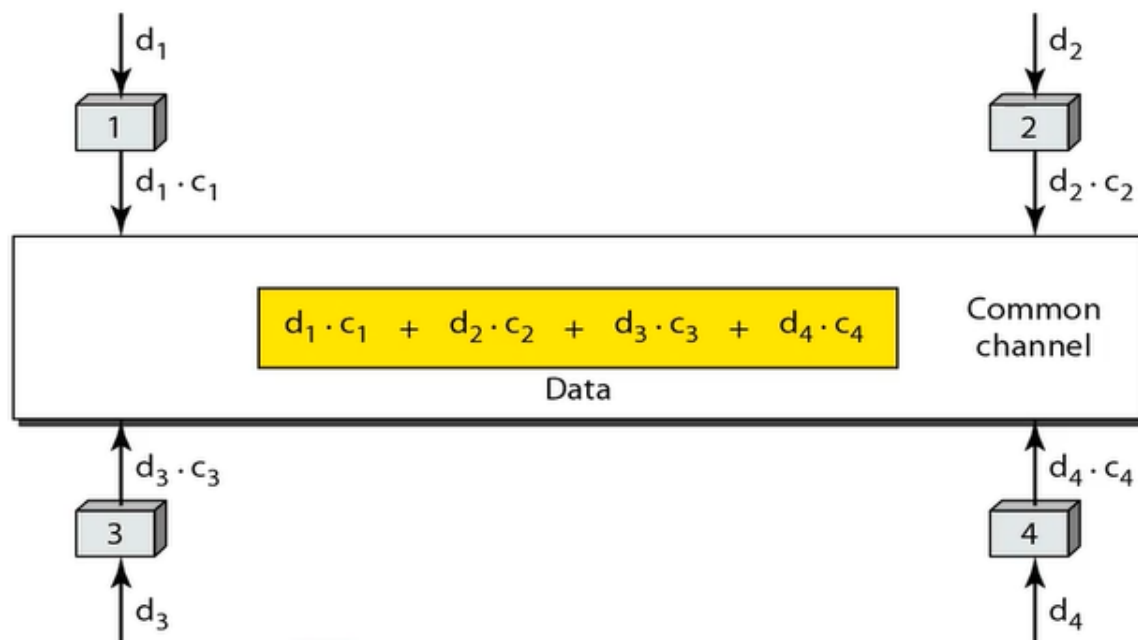
옛날 휴대전화에 CDMA 써져 있었다. 즉, 휴대전화는 CDMA를 썼다. 010으로 바꾸면서 CDMA를 없애고 GSM을 사용하고 있다.

CDMA는 하나의 채널에 모든 컴퓨터가 동시에 데이터를 보내는 방식이다. 그래서 FDMA에서는 사용하는 주파수를 정해주는데 CDMA는 전 주파수를 다 쓴다는 차이점이 있고, TDMA는 동시에 데이터를 보낼 수 없는데 CDMA는 동시에 데이터를 보낼 수 있는 차이점이 있다.

| | FDMA | TDMA | CDMA |
|-----|-------------------|------------------|---------------|
| 주파수 | 각 컴퓨터마다 한 주파수만 사용 | 전 주파수 다 사용 | 전 주파수 사용 |
| 시간 | 동시에 데이터를 보낸다 | 동시에 데이터를 보낼 수 없다 | 동시에 데이터를 보낸다. |

예를들어 한 방 안에 한국말 하는 사람만 가득 있다면 서로 말을 알아듣기 힘들다. 하지만 한 사람은 한국말 옆사람 중국말, 그 옆사람 일본말 처럼 모두 다른 언어를 사용하면 한국말이 더 잘들려서 상관이 없어진다. CDMA도 이것과 같은 원리로 **어떤 컴퓨터와 다른 컴퓨터가 사용하는 코드가 다르면 동시에 데이터를 보내도 상관 없어진다.** 그래서 각 컴퓨터가 사용하는 코드를 다르게 하기 위해 각 컴퓨터에 코드를 할당한다.

하지만 다른 나라 말을 해도 같은 언어를 사용하는 것보다 나을 뿐이지 통신에 영향을 미치긴 한다. 그때 수학적 특성을 고려하면 완전히 다른 나라말을 배재할 수 있다. 4개의 스테이션(컴퓨터)이 동일한 채널에 연결되어 있다. 스테이션 1에서 보내는 데이터가 d_1 이고 스테이션 2에서는 d_2 일 때, 각 컴퓨터마다 코드를 할당하는데 이를 c_1, c_2 로 하자. **만약 한 코드가 다른 코드와 곱해지면 0이 나온다.** 즉 내가 사용하는 코드가 다른 사람이 사용하는 코드와 곱해지면 0이 나온다. **내가 사용하는 코드가 내 코드로 곱해지면 스테이션의 수가 나온다.** (스테이션에 4개 있으면 4) 각 컴퓨터에 코드를 할당하는데 이 코드가 갖는 특성을 알아보자.



모든 스테이션에서 보내고자 하는 데이터를 자신의 코드를 곱해 (모든 스테이션에서) 동시에 보낸다. 그러면 공기중엔 모든 스테이션에서 보낸 것들이 합쳐지게 된다.

스테이션2가 스테이션1이 보낸 데이터를 받고싶으면 c_1 을 곱해본다.

$$\begin{aligned}
 \text{data} &= (d_1 \cdot c_1 + d_2 \cdot c_2 + d_3 \cdot c_3 + d_4 \cdot c_4) \cdot c_1 \\
 &= d_1 \cdot c_1 \cdot c_1 + d_2 \cdot c_2 \cdot c_1 + d_3 \cdot c_3 \cdot c_1 + d_4 \cdot c_4 \cdot c_1 \\
 &= 4 \cdot d_1
 \end{aligned}$$

c1에 다른 코드(c2, c3, c4 등)를 곱하면 0이 되고, c1을 곱하면 스테이션 수가 나오므로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다. 이렇게 스테이션2가 스테이션 1이 보낸 코드를 곱해주면 스테이션 1이 보낸 데이터를 꺼낼 수 있다.

이런 코드의 특성을 직교성이라고 한다.

직교성(orthogonal)

동시에 데이터를 공기중에 쏘더라도 누가보내는 데이터를 꺼내는데 문제가 없게 하기 위해, 스테이션마다 코드를 할당할 때 그 할당해야할 코드를 잘 만들어서 이 코드와 똑같은 코드를 곱하면 스테이션 수가 나오게 하고 다른 코드와 곱하면 0이 나오게 하는 코드를 만들었다. 코드가 이러한 특성을 가지려면 **직교성(orthogonal)**을 가져야한다.

직교성에는 여러 조건이 필요하다.

1. N은 스테이션 수이다
2. 어떤 시퀀스(코드)에 숫자를 곱하면 항목별로 곱해진다.
3. 같은 것을 곱하면 스테이션 수N이 나온다. 다른걸 곱하면 0이 나온다.
두개의 코드를 곱하게 되면 한 항씩 곱하고 그 결과를 더한다. 여러항이 되면 코드는 벡터가 되는데 이것들을 곱하면 스칼라값(방향성 x)이 나온다. 이걸 **내적(inner product)**이라고 한다. 즉, 두개의 시퀀스를 곱하고 항목별로 더하면 스칼라값이 나온다.
4. 두 코드를 추가한다는 것은 상응하는 요소를 추가한다는 뜻이다.

조건 3을 더 보면 코드가 숫자 123이렇게 할당되는게 아니라 여러개의 숫자를 할당한다. 그래서 c라는 코드가 [+1,+1,-1,-1]이고 c*c를 하게되면 첫번째 값끼리, 두번째 값끼리를 모두 곱한것이 결과(스칼라)가 된다.

$$(+1)*(+1)+(+1)*(+1)+(-1)*(-1)+(-1)*(-1) = 4$$

만약 b라는 코드가 [+1,-1,+1,-1]이면 c와 곱하면 0이 나온다.

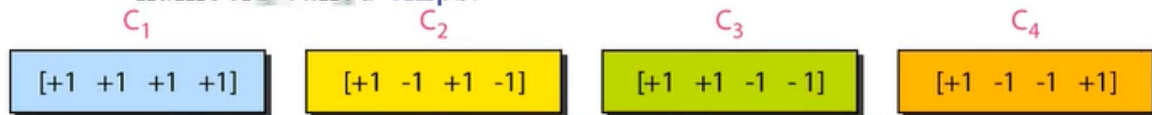
$$(+1)*(+1)+(-1)*(-1)+(+1)*(+1)+(-1)*(-1) = 0$$

코드A를 보낼 때 논리적으로 1을 보낼땐 A, 논리적으로 0을 보낼땐 -A를 보낸다고 하자. 이 때, 스테이션 1은 -A를 보내고 스테이션 2는 -B를 보내고 스테이션3은 C는 아무것도 안 보내고 (아무것도 안 보낼수도 있다), 스테이션 4는 D를 보낸다.

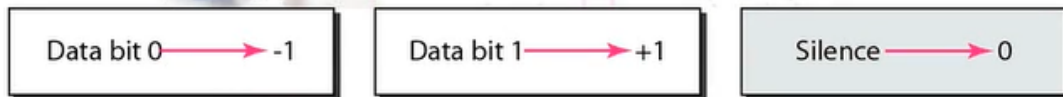
$$S=-A-B+D$$

이 때 코드A를 곱하면, 스테이션 수가 4개니까 결과는 -4가 되고 스테이션 1이 0을 보냈다는 것을 알 수 있다. 4였으면 스테이션 1이 1을 보낸 것이다.

- Each station is assigned a code, which is a sequence of numbers called **chips**.



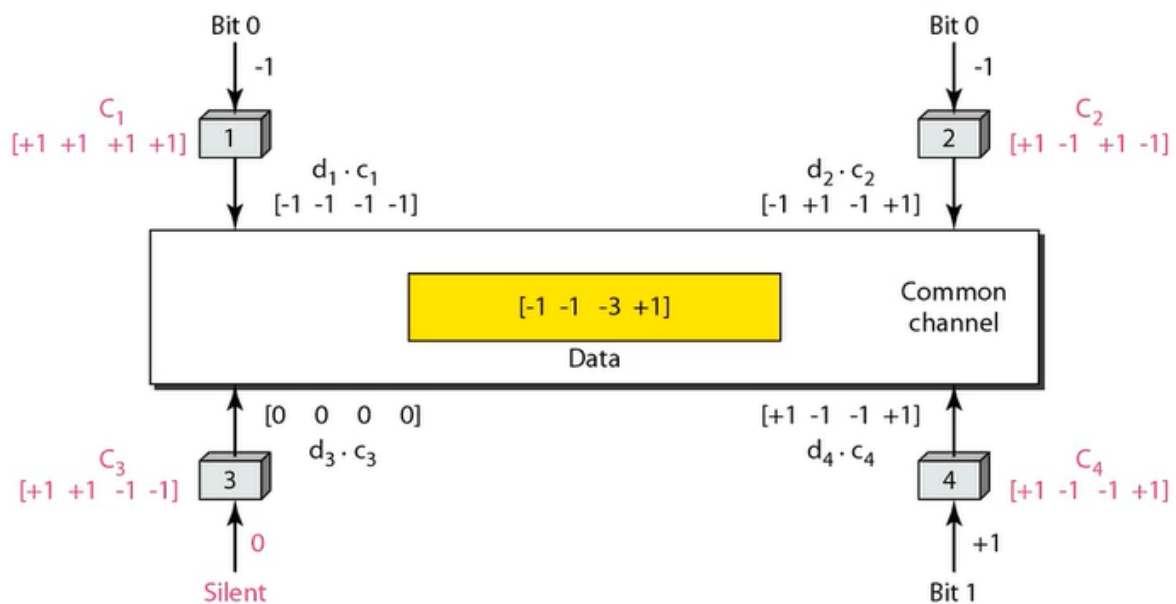
- If a station needs to send a 0 bit, it sends a -1; if it needs to send a 1 bit, it sends a +1. when a station is idle, it sends no signal, which is represented by a 0.



chip코드

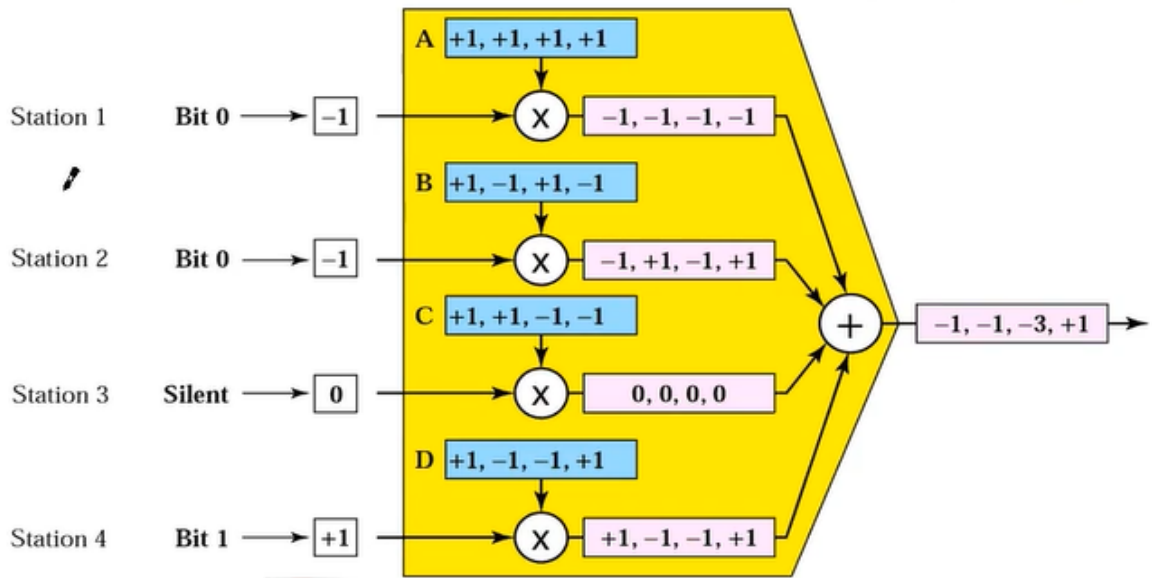
위에서 본 이러한 코드를 chip코드라고 부른다.

각 스테이션에 chip코드를 할당하게 되면 이것들은 스스로를 곱하면 4가 나오고 다른 어떤 것을 곱해도 0이 나오는 특성을 가지게 된다. 예전에 휴대폰 통신에 CDMA를 사용할 때 코드를 알면 도청이 될 수 있다. 도청을 막기 위해 구분해 줄 필요가 있다. 따라서 0비트를 보낼 땐 -1, 1비트를 보낼 땐 +1을, 가만히 있으면 0을 보낸다. 가만히 있는 것과 구분짓기 위해 논리적으로 0비트는 -1을 보내는 것이 맞다.



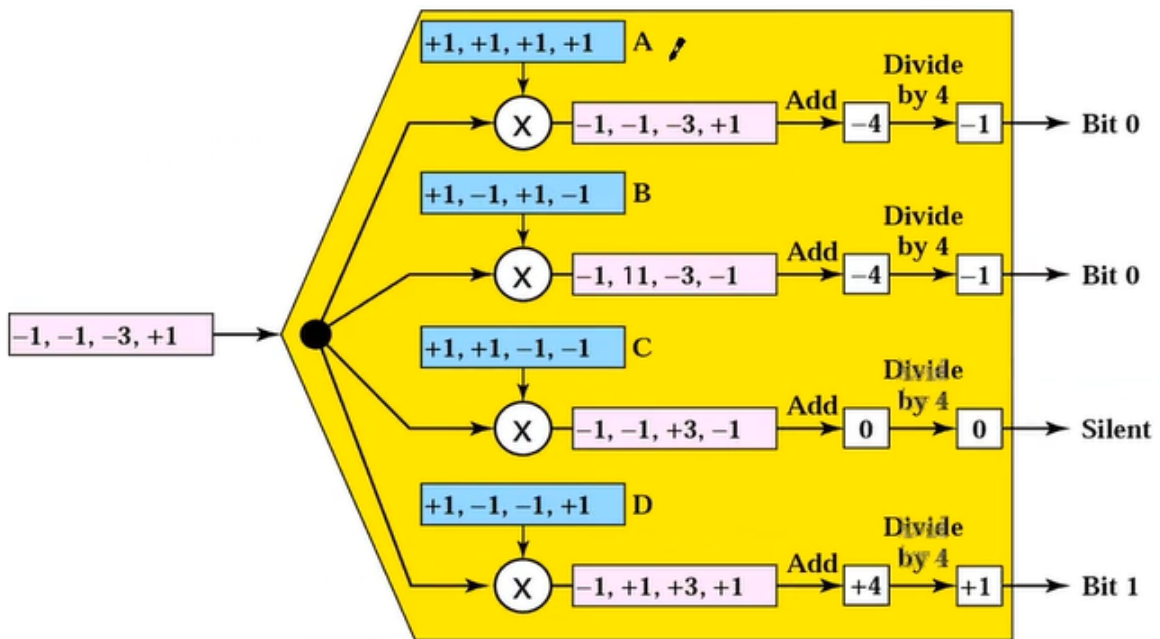
그림을 보게되면 스테이션 1, 2는 bit 0으로 -1을 보내고 스테이션 4는 bit1으로 1을 보낸다. -1을 보낸 코드는 반전되어서 더해지게 되어 데이터는 -1, 1, -3, +1이란 값을 가지게 된다.

Encoding



위의 내용을 풀어서 보면 이렇다. 그러면 수신 측에서 이것을 어떻게 떼어낼까?

Decoding



위의 그림처럼 코드를 다시 곱해서 나오는 스칼라 값을 통해 어떤 코드를 보냈는지 알 수 있다. 이 때 station 4의 코드 D를 계산했을 때 양수 4가 나오므로 bit 1을 보냈음을 알 수 있다.

Walsh Table

그러면 이런 코드는 어떻게 만들까? CDMA의 핵심은 코드를 어떻게 만드느냐이다. chip코드를 설계할 때는 **walsh table(왈시 테이블)**을 사용한다. 이것을 사용하게 되면 chip코드를 만들 수 있다.

왈시 테이블은 다음과 같다.

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix} \quad W_{2N} = \begin{bmatrix} W'_N & W_N \\ W_N & \overline{W_N} \end{bmatrix}$$

w2를 만들기 위해 w1을 넣어주면 된다.

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix} \quad W_2 = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} \quad W_4 = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \end{bmatrix}$$

w4 즉 스테이션이 4개 있을 때 각 스테이션의 코드는 스테이션 1 = [+1, +1, +1, +1], 스테이션 2 = [+1, -1, +1, -1], 스테이션 3 = [+1, +1, -1, -1], 스테이션 4 = [+1, -1, -1, +1]가 된다. 즉 **할당하는 코드 값은 행 값을 가지게 된다.** 이러면 직교성의 특성을 가질 수 있다. **N은 3일수 없고 2의 배수로만 가능하다.**