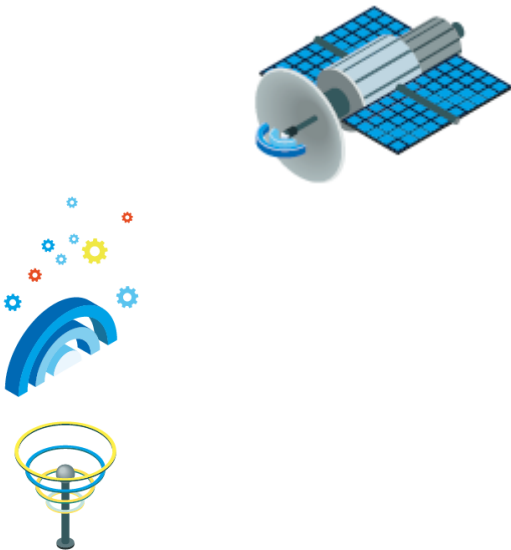


강의교안 이용 안내

- 본 강의교안의 저작권은 김영길과 한빛아카데미(주)에 있습니다.
- 이 자료를 무단으로 전제하거나 배포할 경우 저작권법 136조에 의거하여 벌금에 처할 수 있고 이를 병과(併科)할 수도 있습니다.





CHAPTER 07

디지털통신의 기초

기초 통신이론

디지털 통신 중심으로

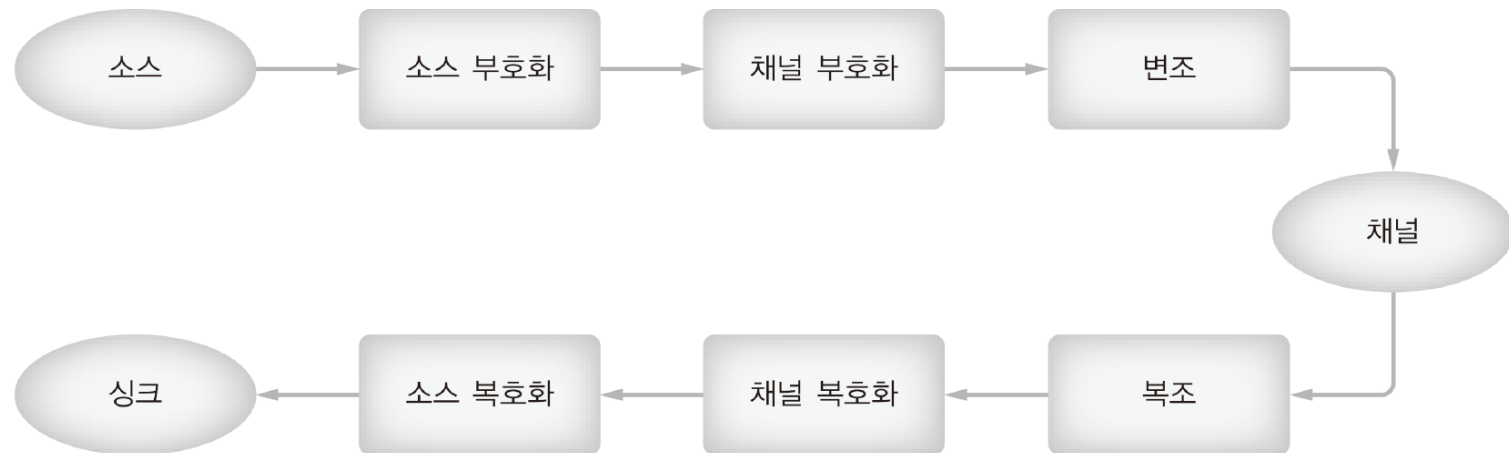
Contents

- 7.1 디지털 통신의 블록도
- 7.2 DPCM과 DM
- 7.3 비균일 양자화
- 7.4 디지털 통신의 성능 척도와 장점
- 7.5 로우패스 등가신호
- 7.6 이진 베이스밴드 디지털 변조



7.1 디지털 통신의 블록도

7.1 디지털 통신의 블록도



- 소스 : 아날로그 신호 또는 디지털 신호
- 소스 부호화 : A/D 변환 및 데이터 압축
- 채널 부호화 : 오류 정정 부호화
- 변조 : 디지털 심볼을 입력으로 받아 파형으로 변환
- 채널 복호화 : 오류정정 복호화
- 소스 복호화 : 압축 해제 및 D/A 변환

7.1 디지털 통신의 블록도

예제 7-1

다음 중 채널 부호화가 된 디지털 신호를 받아 출력으로 아날로그 신호를 채널로 보내는 블록은 무엇인가?

- ㉠ 복조
- ㉡ 소스 부호화
- ㉢ 소스 복호화
- ㉣ 변조

풀이

채널 부호화가 된 디지털 신호를 받아 출력으로 아날로그 신호를 채널로 보내는 블록은 ㉣ 변조 블록이다.

7.1 디지털 통신의 블록도

예제 7-2

다음 중 데이터를 보다 정확히 전송하기 위해 오류 정정 부호를 사용하여 부호화를 수행하는 블록은 무엇인가?

- ㉠ 복조
- ㉡ 채널 부호화
- ㉢ 소스 부호화
- ㉣ 변조

풀이

데이터를 보다 정확히 전송하기 위해 오류 정정 부호를 사용하여 부호화를 수행하는 블록은 ㉡ 채널 부호화 블록이다.

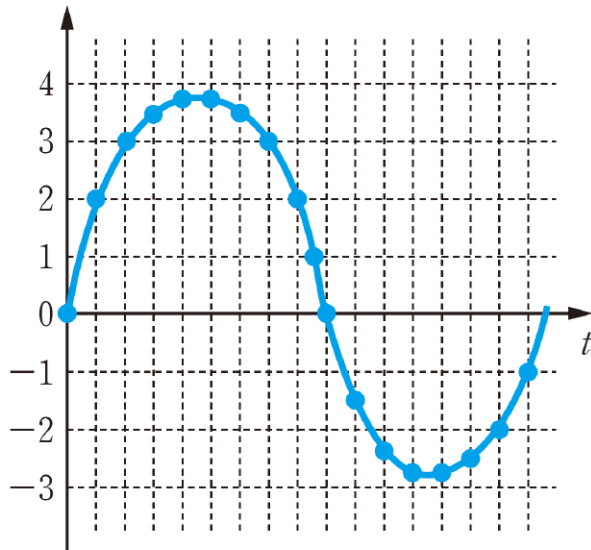


7.2 DPCM과 DM

7.2 DPCM과 DM

- Differential Pulse Code Modulation**

DPCM은 PCM과 같이 신호 $m[n]$ 을 양자화하는 것이 아니라 현재 신호와 바로 이전 신호의 차이 $m[n] - m[n - 1]$ 을 양자화한다.



[그림 7-2] 아날로그 신호 $m(t)$ 와 샘플링한 신호 $m[n]$ 의 예

7.2 DPCM과 DM

- DPCM에서 $m[0]$ 를 기준으로 알고 있다고 가정
- 수신 신호

$$r[1] = m[1] - m[0]$$

$$r[2] = m[2] - m[1]$$

$$r[3] = m[3] - m[2]$$

- 수신단에서는 $m[n]$ 을 다음과 같이 복원할 수 있다.

$$m[0] + r[1] = m[0] + (m[1] - m[0]) = m[1]$$

$$m[1] + r[2] = m[1] + (m[2] - m[1]) = m[2]$$

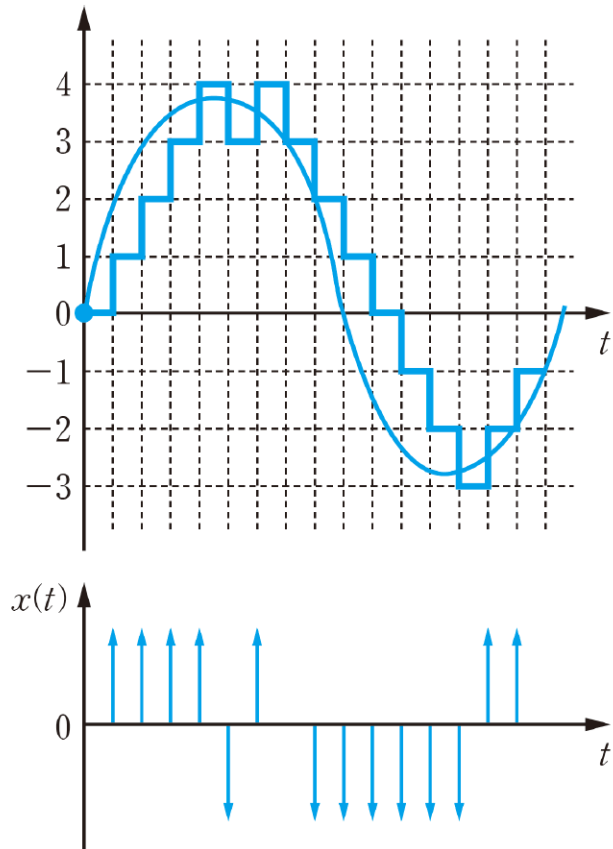
$$m[2] + r[3] = m[2] + (m[3] - m[2]) = m[3]$$

7.2 DPCM과 DM

- 오류 전파

DPCM 신호를 받는 수신단에서는 받은 증분을 계속 더해나감으로써 원래 아날로그 신호를 복원하게 되는데 한 번 오류가 발생하면 그것은 그 이후의 신호 복원에 계속 영향을 주게 된다.

Delta Modulation



[그림 7-3] 수신단에서 복원한 계단 모양의 신호 $m_s(t)$ 와 델타 변조기의 전송 신호 $x(t)$

Delta Modulation

- $m(t)$ 를 전송하고 싶을 때 기준 신호 $m_s(t)$ 를 만들고 $m(t)$ 가 $m_s(t)$ 보다 크면 $\delta(t)$, $m(t)$ 가 $m_s(t)$ 보다 작으면 $-\delta(t)$ 를 전송
- 수신단에서는 양수 또는 음수 계수의 임펄스들을 받게 되고 계단 모양의 신호 $m_s(t)$ 를 복원
- $m_s(t)$ 를 로우패스 필터링하면 원래 전송하기 원했던 $m(t)$ 복원

7.2 DPCM과 DM

예제 7-3

DPCM을 사용하는 시스템에서 기준점 $m[0]$ 을 0이라고 하고, 수신단에서 다음 수식으로 $m[n]$ 을 복원하고 있다.

$$m[n] = m[0] + \sum_{i=1}^n r[i]$$

수신 신호가 $r[1] = 1, r[2] = 2, r[3] = 3$ 일 때, 수신단에서 복원된 신호 $m[1], m[2], m[3]$ 을 구하시오.

풀이

DPCM에서는 송신단에서는 보내려고 하는 신호 $m[n]$ 의 증가분 $m[n] - m[n-1]$ 을 보내고, 수신단에서는 증가분을 기준점 $m[0]$ 에 계속 더하는 것으로 원래 보내려고 하는 신호 $m[n]$ 을 복원한다.

$$m[1] = m[0] + r[1] = 0 + 1 = 1$$

$$m[2] = m[1] + r[2] = 1 + 2 = 3$$

$$m[3] = m[2] + r[3] = 3 + 3 = 6$$



7.3 비균일 양자화

7.3 비균일 양자화

- **균일 양자화기의 문제점**

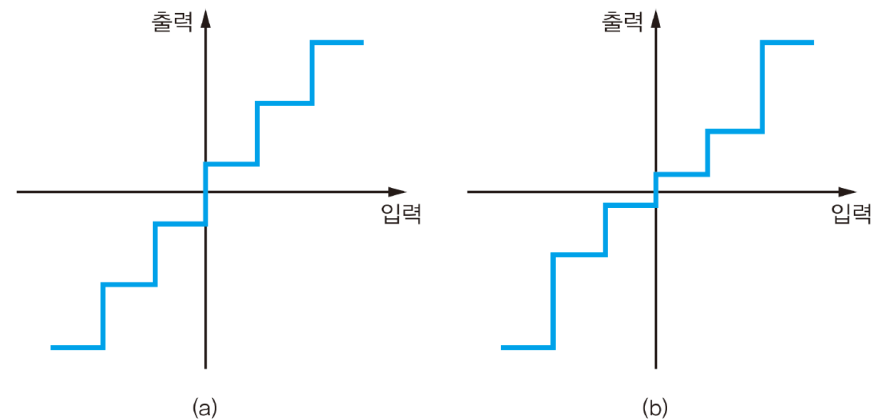
입력 신호가 작을 때는 양자화기의 출력의 SNR이 매우 작다.

- **비균일 양자화기**

입력신호가 작을 때 양자화 레벨 사이의 간격을 작게 조정하여 양자화 오류 잡음의 크기를 작게 조정

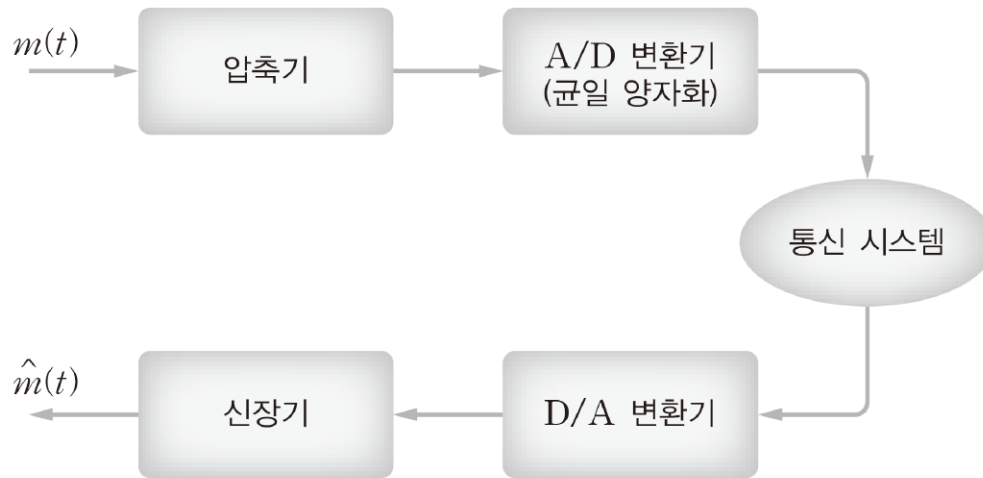
- **비균일 양자화기의 구현**

압축기와 신장기를 이용하여
균일 양자화기를 이용하면서 구현

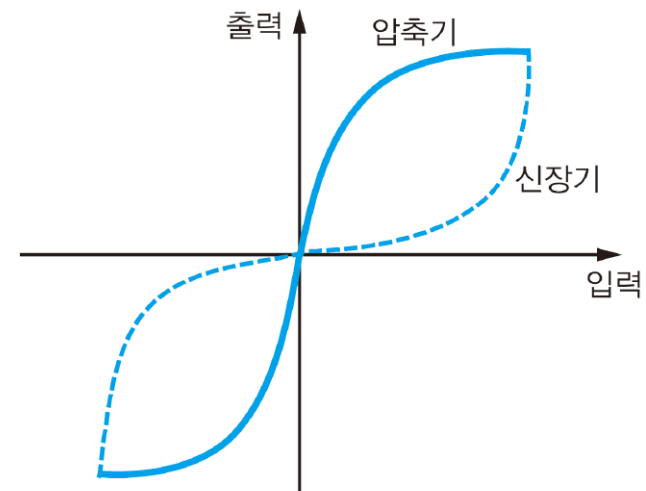


[그림 7-4] (a) 균일 양자화기의 입출력 특성, (b) 비균일 양자화기의 입출력 특성

압축기와 신장기의 입출력 특성 곡선



[그림 7-5] 압축기와 신장기를 이용한 비균일 양자화 시스템



[그림 7-6] 압축기와 신장기의 입출력 특성 곡선

7.3 비균일 양자화

예제 7-4

비균일 양자화를 이용하는 통신 시스템을 설계하려고 한다. 다음 중에서 전송단에 있는 블록들을 모두 고르시오.

㉠ 균일 양자화하는 A/D 변환기

㉡ D/A 변환기

㉢ 압축기

㉣ 신장기

풀이

전송단에는 압축기와 균일 양자화하는 A/D 변환기가 있다. 수신단에는 D/A 변환기와 신장기가 있다. 따라서 정답은 ㉠, ㉢이다.



7.4 디지털 통신의 성능 척도와 장점

7.4 디지털 통신의 성능 척도와 장점

- 디지털 통신의 성능 척도

데이터 전송 속도, 비트 오류율(BER)

- 디지털 통신이 아날로그 통신에 비하여 갖는 장점

1) 수신단에서 완벽한 복원 perfect recovery이 가능

2) TV 방송, 라디오 방송, 전화 등 각종 신호를 동일한 비트의 수열로 취급할 수 있기 때문에 통신 설비의 공용이 가능

3) 디지털 신호가 아날로그 신호보다 컴퓨터의 입출력 신호로 사용되기에 적합



7.5 로우패스 등가신호

7.5 로우패스 등가신호

$$s(t) = \text{Re}\{s_l(t)e^{j2\pi f_c t}\} \quad (7.2)$$

- $s(t)$: 실제로 안테나를 통해서 나가는 신호이므로 항상 실수 신호
- $s_l(t)$: $s(t)$ 의 로우패스 등가신호는 보통 복소수 신호

$$s_l(t) = s_I(t) + js_Q(t) = r_s(t)e^{j\theta_s(t)}$$

- $s_l(t)$ 의 실수부인 $s_I(t)$ 를 인페이즈 신호 inphase signal, $s_l(t)$ 의 허수부인 $s_Q(t)$ 를 쿼드러처 신호라고 한다. $r_s(t)$, $\theta_s(t)$ 는 복소수 $s_l(t)$ 을 극좌표로 나타낸 것이다.

$$r_s(t) = \sqrt{s_I^2(t) + s_Q^2(t)}$$

$$\theta_s(t) = \tan^{-1} \frac{s_Q(t)}{s_I(t)}$$

7.5 로우패스 등가신호

예제 7-5

다음 신호의 로우패스 등가신호를 구하시오.

$$(a) \ 3 \cos \left(2\pi f_c t + \frac{\pi}{6} \right)$$

$$(b) \ \cos 2\pi f_c t - \sin 2\pi f_c t$$

풀이

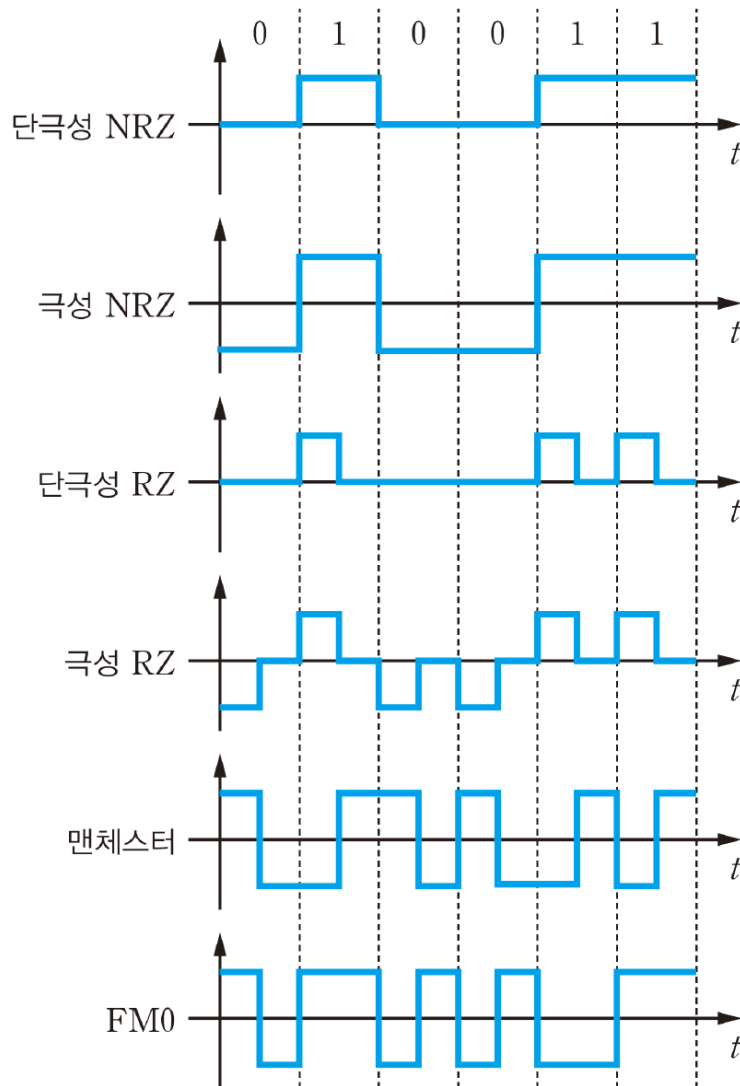
$$(a) \ 3 \cos \left(2\pi f_c t + \frac{\pi}{6} \right) = \operatorname{Re} \left\{ 3e^{j \left(2\pi f_c t + \frac{\pi}{6} \right)} \right\} \text{이므로 로우패스 등가신호는 } 3e^{j\frac{\pi}{6}} \text{이다.}$$

$$(b) \ \cos 2\pi f_c t - \sin 2\pi f_c t = \sqrt{2} \cos \left(2\pi f_c t + \frac{\pi}{4} \right) = \operatorname{Re} \left\{ \sqrt{2} e^{j\frac{\pi}{4}} e^{j2\pi f_c t} \right\} \text{이므로 로우패스 등가신호는 } \sqrt{2} e^{j\frac{\pi}{4}} \text{이다.}$$



7.6 이진 베이스밴드 디지털 변조

7.6 이진 베이스밴드 디지털 변조



1) 단극성 nonreturn-to-zero (unipolar NRZ)

비트 0을 보낼 때는 0을 채널로 전송하고, 비트 1을 보낼 때는 양수 A 를 채널로 전송하는 라인 코드

가장 짧은 펄스의 폭이 필요한 T_b 이므로 필요한 대역폭은 대략 $1/T_b$

2) 극성 nonreturn-to-zero (polar RZ)

비트 0을 보낼 때는 $-A$ 를 채널로 전송하고 비트 1을 보낼 때는 양수 A 를 채널로 전송하는 라인 코드

가장 짧은 펄스의 폭이 필요한 T_b 이므로 필요한 대역폭은 대략 $1/T_b$

7.6 이진 베이스밴드 디지털 변조

3) 단극성 return-to-zero (unipolar RZ)

비트 0을 보낼 때는 T_b 시간동안 0을 채널로 전송하고, 비트 1을 보낼 때는 $T_b/2$ 시간 동안 양수 A 를, $T_b/2$ 시간동안 0을 채널로 전송하는 라인 코드
가장 짧은 펄스의 폭이 필요한 $T_b/2$ 이므로 필요한 대역폭은 대략 $2/T_b$

4) 극성 return-to-zero (polar RZ)

비트 0을 보낼 때는 $T_b/2$ 시간동안 $-A$ 를, $T_b/2$ 시간동안 0을 채널로 보내는, 비트 1을 보낼 때는 $T_b/2$ 시간동안 양수 A 를, $T_b/2$ 시간동안 0을 채널로 보내는 라인 코드
가장 짧은 펄스의 폭이 필요한 $T_b/2$ 이므로 필요한 대역폭은 대략 $2/T_b$

7.6 이진 베이스밴드 디지털 변조

5) 맨체스터 코드 (Manchester code)

비트 0을 보낼 때는 $T_b/2$ 시간동안 A 를, $T_b/2$ 시간동안 $-A$ 를 채널로 보내는, 비트 1을 보낼 때는 $T_b/2$ 시간동안 $-A$ 를, $T_b/2$ 시간동안 A 를 채널로 보내는 라인 코드
가장 짧은 펄스의 폭이 필요한 $T_b/2$ 이므로 필요한 대역폭은 대략 $2/T_b$

6) FMo 코드

비트 0을 보낼 때는 중간 순간에 변화^{transition}, 비트 1을 보낼 때는 중간 순간에 변화하지 않는 라인 코드

새로운 비트를 보낼 때마다 반드시 변화^{transition}를 동반하는 코드

7.6 이진 베이스밴드 디지털 변조

예제 7-6

다음 중 비트 시간 T_b 가 같을 때 대역폭을 가장 작게 사용하는 라인 코드는 무엇인가?

- | | |
|-----------|---------|
| ㉠ 단극성 NRZ | ㉡ 극성 RZ |
| ㉢ 단극성 RZ | ㉣ 맨체스터 |

풀이

정답은 ㉠ 단극성 NRZ이다. 대역폭은 펄스폭에 반비례하므로 펄스폭이 길수록 대역폭을 작게 사용한다. 보기에서 펄스폭이 가장 긴 라인 코드는 단극성 NRZ이다.

7.6 이진 베이스밴드 디지털 변조

예제 7-7

다음 중 DC가 포함되어 있어서 DC를 통과시키지 않는 채널에는 적합하지 않은 라인 코드는 무엇인가?

- 가 극성 NRZ 나 극성 RZ
다 단극성 RZ 라 맨체스터

놀이

정답은 ㉔ 단극성 RZ이다. 보기에서 DC가 포함되어 있는 라인 코드는 단극성 RZ밖에 없다. 일반적으로 극성 코드의 경우에는 부호가 양수 또는 음수가 되므로 DC 성분이 없고, 단극성 코드는 부호가 양수만 되므로 DC가 포함된다.



Q & A

수고하셨습니다.