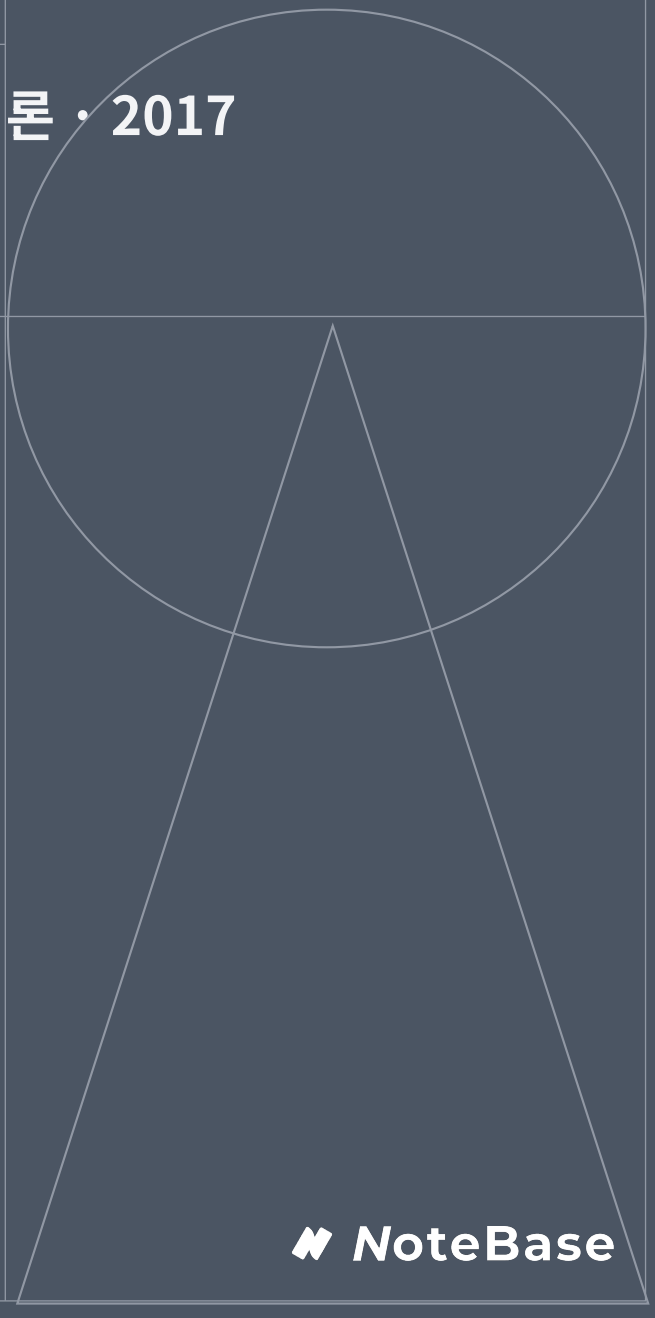
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 통신이론 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 통신이론 · 2017

공무원/국회직/9급 · 통신이론 · 2017

1. 아날로그 신호를 디지털 데이터로 변환하기 위해 먼저 초[sec]당 100개의 샘플을 취하고 각각의 샘플을 4비트의 이진수로 변환한다고 가정한다. 10초 분량의 아날로그 신호를 이러한 과정을 통해 변환한다면 그 결과로 발생되는 디지털 데이터는 총 몇 비트인가?

① 10
② 20
③ 400
④ 2,000
⑤ 4,000

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 샘플링률과 신호의 길이로 전체 샘플 수를 구한 뒤, 샘플당 비트 수를 곱하여 총 디지털 데이터의 비트 수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 샘플링률은 $100 samples/s$, 신호의 길이는 $10 s$, 한 샘플의 크기는 $4 bits/sample$이다.
구해야 할 값: 10초 동안 생성되는 전체 디지털 데이터의 비트 수이다.
주의할 조건: 초당 샘플 수에 시간을 먼저 곱해 전체 샘플 수를 구한 다음, 각 샘플의 4비트를 곱한다.

사용할 공식

총 비트 수=샘플링률×시간×샘플당 비트 수
샘플링률은 1초에 얻는 샘플 수이고 각 샘플이 4비트로 표현되므로, 전체 샘플 수에 샘플당 비트 수를 곱하는 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 샘플 수를 구한다.
$100 samples/s \times 10 s = 1{,}000 samples$
2. 전체 샘플 수에 샘플당 4비트를 곱한다.
$1{,}000 samples \times 4 bits/sample = 4{,}000 bits$
따라서 발생하는 디지털 데이터는 총 $4{,}000 bits$이다.

선지 판단

① X — 10비트는 $100 \times 10 \times 4 = 4{,}000$의 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 4,000비트이다.
② X — 20비트는 전체 1,000개 샘플에 각각 4비트를 배정한 결과가 아니다. 올바르게는 4,000비트이다.
③ X — 400비트는 100×4만 계산하여 10초라는 시간을 반영하지 않은 값이다. 올바르게는 4,000비트이다.
④ X — 2,000비트는 샘플당 비트 수를 4비트가 아닌 2비트로 잘못 적용한 값이다. 올바르게는 4,000비트이다.
⑤ O — $100 samples/s \times 10 s \times 4 bits/sample = 4{,}000 bits$이므로 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

③의 400은 초당 샘플 수와 샘플당 비트 수만 곱하고 신호의 길이 10초를 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 샘플링률 자체는 전체 샘플 수가 아니므로 반드시 시간과 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

디지털 데이터량 문제는 전체 샘플 수 = 샘플링률 × 시간, 총 비트 수 = 전체 샘플 수 × 샘플당 비트 수의 순서로 계산하고 단위가 최종적으로 *bits*만 남는지 확인한다.

암기 포인트

총 비트 수는 샘플링률 × 시간 × 샘플당 비트 수이다.

NoteBase

2. 단위 임펄스 응답이 $h(t)=2\delta(t-4)$인 선형 시불변 시스템에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① $h(t)$를 이용하여 주어진 입력신호에 대한 출력신호를 구할 수 있다.
② 출력신호는 입력신호가 증폭되고 지연된 형태로 나타난다.
③ 입력신호에 포함되지 않은 주파수 성분이 출력신호에 나타날 수 있다.
④ 이 시스템의 주파수 응답의 위상(Phase)은 주파수에 비례한다.
⑤ 시스템의 주파수 응답의 크기(Magnitude)는 모든 주파수에 대해 동일하다.

정답 3번

출제 포인트

단위 임펄스 응답이 $h(t) = 2\delta(t-4)$인 선형 시불변 시스템의 시간 영역 입출력 관계와 주파수 응답의 크기·위상을 묻는 문제이다.

핵심 개념

선형 시불변 시스템의 출력은 입력과 임펄스 응답의 컨벌루션으로 구한다. 이 문제에서는 $y(t) = x(t) * h(t) = 2x(t-4)$이므로 입력이 2배 증폭되고 4만큼 지연된다.
주파수 응답은 $H(f) = 2e^{-j2\pi f \cdot 4}$이다. 따라서 크기는 모든 주파수에서 2로 일정하고, 위상은 $-8\pi f$로 주파수에 비례한다. 또한 출력 스펙트럼은 $Y(f) = H(f)X(f)$이므로 입력에 없는 주파수 성분을 새로 만들지 않는다.

선지별 해설

① O — 임펄스 응답을 알면 $y(t) = x(t) * h(t)$를 이용하여 임의의 입력에 대한 출력을 구할 수 있다.
② O — $y(t) = 2x(t-4)$이므로 출력은 입력이 2배 증폭되고 4만큼 지연된 형태이다.
③ X — 틀린 표현은 '입력신호에 포함되지 않은 주파수 성분이 출력신호에 나타날 수 있다'이다. 실제로는 $Y(f) = H(f)X(f)$이므로 $X(f) = 0$인 주파수에서는 $Y(f) = 0$이며, 이 선형 시불변 시스템은 새로운 주파수 성분을 생성하지 않는다.
④ O — $H(f) = 2e^{-j8\pi f}$이므로 위상 $-8\pi f$는 주파수에 비례한다.
⑤ O — $|H(f)| = 2$이므로 주파수 응답의 크기는 모든 주파수에서 동일하다.

오답 포인트

시간 지연이 주파수별 위상을 다르게 만든다는 사실을 주파수 성분 자체가 새로 생성되는 것으로 오해하기 쉽다. 지연은 기존 주파수 성분의 위상만 바꾸며, 이 시스템의 2배 증폭은 모든 주파수 성분의 크기를 같은 비율로 바꾼다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

$a\delta(t-t_0)$ 형태의 임펄스 응답을 보면 곧바로 $y(t)=ax(t-t_0)$, $H(f)=ae^{-j2\pi ft_0}$로 바꾼다. 여기서 크기는 $|a|$로 일정하고 위상은 주파수의 일차식이며, $Y(f)=H(f)X(f)$이므로 입력에 없는 주파수 성분은 출력에도 나타나지 않는다.

암기 포인트

시간 지연은 선형 위상, 상수배는 일정한 크기, 선형 시불변 시스템은 새 주파수 성분을 만들지 않는다.

NoteBase

3. 메시지 신호 $m(t)=\cos(100\pi t)$에 대한 진폭변조파 $s(t)=(1+0.25m(t))\cos(2000\pi t)$의 최대 주파수 성분[Hz]은?

① 50
② 100
③ 550
④ 1,050
⑤ 2,100

정답 4번

출제 포인트

메시지 신호와 반송파의 각주파수를 주파수로 바꾼 뒤, 진폭변조파의 상측파대 주파수 $f_c + f_m$을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 메시지 신호는 $m(t) = \cos(100\pi t)$, 반송파는 $\cos(2000\pi t)$이다.
구해야 할 값: 진폭변조파에 포함된 최대 주파수 성분이다.
주의할 조건: 코사인 신호 $\cos(2\pi ft)$에서 주파수는 각주파수를 2π로 나눈 값이다. 변조지수 0.25는 각 주파수 성분의 크기에 영향을 주지만 주파수 위치에는 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

$f = \frac{\omega}{2\pi}$
$f_m = \frac{100\pi}{2\pi}, \qquad f_c = \frac{2000\pi}{2\pi}$
일반적인 진폭변조파 $s(t) = (1 + \mu m(t))\cos(2\pi f_c t)$는 반송파 f_c와 두 측파대 $f_c - f_m$, $f_c + f_m$를 포함하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 메시지 주파수는 $f_m = 100\pi/(2\pi) = 50Hz$이다.
2. 반송파 주파수는 $f_c = 2000\pi/(2\pi) = 1000Hz$이다.
3. 주파수 성분은 $950Hz$, $1000Hz$, $1050Hz$이므로 최대 주파수 성분은 $f_c + f_m = 1050Hz$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 50Hz는 메시지 신호의 주파수일 뿐 최대 주파수 성분이 아니다. 올바르게는 1050Hz이다.
② X — 100Hz는 각주파수 100π를 주파수로 바르게 환산한 값이 아니다. 메시지 주파수는 50Hz이고, 최대 주파수 성분은 1050Hz이다.
③ X — 550Hz는 반송파와 메시지 주파수로 만들어지는 성분이 아니다. 올바른 세 성분은 950Hz, 1000Hz, 1050Hz이며 최대값은 1050Hz이다.
④ O — 상측파대 주파수는 $f_c + f_m = 1000 + 50 = 1050Hz$이므로 최대 주파수 성분과 일치한다.
⑤ X — 2100Hz가 아니라, 합 각주파수 2100$\pi rad/s$를 2π로 나눈 1050Hz가 최대 주파수 성분이다.

오답 포인트

각주파수의 계수인 100과 2000을 그대로 Hz로 읽거나, 합 각주파수 2100$\pi rad/s$의 계수 2100을 주파수로 착각하기 쉽다. 반드시 $\omega = 2\pi f$로 환산한 뒤 상측파대 $f_c + f_m$을 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 코사인 신호를 $\cos(2\pi ft)$와 비교하여 f_m과 f_c를 구하고, 진폭변조파의 최대 주파수는 상측파대 $f_c + f_m$로 판단한다.

암기 포인트

AM의 주파수 성분은 $f_c - f_m$, f_c, $f_c + f_m$이며 최대값은 $f_c + f_m$이다.

NoteBase

4. 생성 다항식이 x^3+1인 CRC (Cyclic Redundancy Check) 기법 하에 비트열 11010을 전송할 때, 이에 해당하는 CRC 코드의 체크 비트 값은?

① 111
② 001
③ 011
④ 110
⑤ 101

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 생성다항식을 비트열로 바꾸고, 전송할 데이터 뒤에 생성다항식의 차수만큼 0을 붙인 뒤 모듈로-2 나눗셈을 하여 CRC 체크 비트를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 비트열: 11010
생성다항식: $G(x) = x^3 + 1$, 대응 비트열은 1001이다.
구해야 할 값: CRC 체크 비트
주의할 조건: $G(x)$의 차수가 3이므로 데이터 뒤에 0을 3개 붙이고, 뺄셈 대신 XOR을 사용하는 모듈로-2 나눗셈을 한다.

사용할 공식

R(x)=x^3M(x) G(x)
CRC 체크 비트는 데이터 다항식 $M(x)$에 x^3을 곱한 값을 생성다항식 $G(x)$로 나눈 나머지 $R(x)$이다.
생성다항식의 차수가 3이므로 나머지는 3비트가 된다.

계산 과정

1. 데이터 11010 뒤에 0을 3개 붙여 11010000을 만든다.
2. 생성다항식 $x^3 + 1$을 1001로 바꾸어 XOR 나눗셈을 한다.
11010000 ⊕ 10010000 = 01000000
01000000 ⊕ 01001000 = 00001000
00001000 ⊕ 00001001 = 00000001
3. 마지막 3비트인 001이 나머지이므로 CRC 체크 비트는 001이다. 이를 데이터 뒤에 붙인 전송 코드워드는 11010001이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 111은 계산된 나머지 001과 다르다. 틀린 값 111은 올바르게는 001이다.
② O — 모듈로-2 나눗셈의 나머지가 001이므로 CRC 체크 비트와 일치한다.
③ X — 011은 계산된 나머지 001과 다르다. 틀린 값 011은 올바르게는 001이다.
④ X — 110은 계산된 나머지 001과 다르다. 틀린 값 110은 올바르게는 001이다.
⑤ X — 101은 계산된 나머지 001과 다르다. 틀린 값 101은 올바르게는 001이다.
계산 결과가 001이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

생성다항식 $x^3 + 1$을 1001이 아니라 1011처럼 잘못 바꾸거나, 차수 3만큼 0을 붙이지 않으면 다른 나머지가 나온다. 또한 CRC 나눗셈은 일반 뺄셈이 아니라 자리올림과 빌림이 없는 XOR 연산이라는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

생성다항식을 계수 비트열로 바꾸고, 최고차항의 차수만큼 데이터 뒤에 0을 붙인 다음, 생성다항식 비트열로 XOR 나눗셈을 한다. 마지막에 남은 차수 개수의 비트가 CRC 체크 비트이다.

암기 포인트

CRC는 '차수만큼 0 추가 → 생성다항식 비트열로 XOR 나눗셈 → 마지막 차수만큼의 비트가 나머지'로 정리된다.

NoteBase

5. 메시지 신호가 코사인 형태이고, FM 신호가

$x_{FM}(t)=50\cos\left[2\pi(95.9\times10^{6})t+8\sin(2\pi\times10^{4}t)\right]$ 일 때,
다음 중 옳지 않은 것은?

① Carson의 법칙으로 구한 대역폭은 90 [kHz]이다.
② 변조 지수 β는 8이다.
③ 메시지 신호 주파수는 10 [kHz]이다.
④ 최대 주파수 편이는 80 [kHz]이다.
⑤ 방송 채널의 주파수는 95.9 [MHz]이다.

정답 1번

출제 포인트

표준 FM 신호식에서 반송파 주파수, 메시지 주파수, 변조지수, 최대 주파수 편이를 읽고 Carson의 법칙으로 대역폭을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 FM 신호를 표준형 $x_{FM}(t) = A_c\cos[2\pi f_c t + \beta\sin(2\pi f_m t)]$와 비교한다.
반송파 주파수: $f_c = 95.9 \times 10^6 Hz = 95.9MHz$
메시지 주파수: $f_m = 10^4 Hz = 10kHz$
변조지수: $\beta = 8$
구해야 할 값은 최대 주파수 편이 Δf와 Carson의 법칙에 따른 대역폭 B_T이다.

사용할 공식

FM 변조지수와 최대 주파수 편이의 관계는 $\beta = \Delta f/f_m$이므로 $\Delta f = \beta f_m$이다.
Carson의 법칙은 $B_T = 2(\Delta f + f_m)$이다.
주어진 신호가 단일 코사인 메시지로 주파수 변조된 표준 FM 신호이므로 이 두 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 사인항의 각주파수 $2\pi \times 10^4$에서 $f_m = 10kHz$를 얻는다.
2. 사인항의 계수에서 $\beta = 8$을 얻는다.
3. 최대 주파수 편이는 $\Delta f = \beta f_m = 8 \times 10kHz = 80kHz$이다.
4. Carson 대역폭은 $B_T = 2(80 + 10)kHz = 180kHz$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — Carson의 법칙으로 계산한 대역폭은 $90kHz$가 아니라 $180kHz$이다. $\Delta f + f_m = 90kHz$에 바깥의 계수 2를 곱해야 한다. 올바르게는 'Carson의 법칙으로 구한 대역폭은 $180kHz$이다.'이다.
② O — 사인항의 계수가 변조지수이므로 $\beta = 8$이다.
③ O — 사인항의 $2\pi \times 10^4 t$에서 메시지 주파수는 $10^4 Hz = 10kHz$이다.
④ O — $\Delta f = \beta f_m = 8 \times 10kHz = 80kHz$이므로 최대 주파수 편이는 $80kHz$이다.
⑤ O — 반송파 항의 $2\pi(95.9 \times 10^6)t$에서 반송파 주파수는 $95.9 \times 10^6 Hz = 95.9MHz$이다.
따라서 옳지 않은 것은 ①이다.

오답 포인트

①의 $90kHz$는 $\Delta f + f_m$까지만 더하고 Carson 공식의 계수 2를 누락한 값이다. 또한 신호식에서 사인항의 계수 8은 최대 주파수 편이가 아니라 변조지수라는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

FM 식을 표준형과 비교하여 f_c, f_m, β를 먼저 읽고, $\Delta f = \beta f_m$를 계산한 뒤 $B_T = 2(\Delta f + f_m)$에 대입한다.
마지막에는 Hz, kHz, MHz 단위를 맞춰 검산한다.

암기 포인트

FM은 $\beta = \Delta f / f_m$, Carson 대역폭은 $2(\Delta f + f_m)$이다.

NoteBase

6. 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 표본화(Sampling), 양자화(Quantization), 부호화 과정을 거친다.

② 아날로그 신호 $s(t)=32\cos(8000\pi t)$[V]를 5비트로 선형 양자화할 때 양자화 간격은 1 [V]이다.

③ W[Hz]로 대역 제한된 기저대역 아날로그 신호에 대해 에일리어싱(Aliasing)이 발생하지 않도록 하는 최소 표본화 주파수는 2W [Hz]이다.

④ 4 [kHz]로 대역 제한된 기저대역 아날로그 신호를 Nyquist rate로 표본화(Sampling)한 뒤, 각 표본을 8비트로 양자화하면 비트율은 64 [kbps]이다.

⑤ 아날로그 신호를 표본화(Sampling)하면 PAM 신호를 만들 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

아날로그 신호의 디지털 변환 과정과 양자화 간격, 나이퀴스트 표본화 주파수, 비트율의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

②: 신호의 진폭 범위는 $-32V$부터 $+32V$까지이고, 5비트 양자화의 준위 수는 $2^5=32$이다.

③: 기저대역 신호의 최고 주파수는 WHz이다.

④: 대역폭은 $4kHz$, 표본당 비트 수는 8비트이다.

사용할 공식

양자화 준위 수: $L=2^n$

균일 양자화 간격: $\Delta=\frac{V_{\max}-V_{\min}}{L}$

나이퀴스트 표본화 조건: $f_s \geq 2W$\nPCM 비트율: $R_b=nf_s$

양자화 간격은 전체 입력 진폭 범위를 양자화 준위 수로 나눈 값이고, 에일리어싱을 피하려면 대역폭의 2배 이상으로 표본화해야 하므로 이 공식들을 사용한다.

계산 과정

1. ②의 전체 진폭 범위는 $32-(-32)=64V$이다.
2. 5비트의 양자화 준위 수는 $2^5=32$이므로 $\Delta=\frac{64}{32}=2V$이다.
3. ④에서 나이퀴스트 표본화 주파수는 $f_s=2\times 4kHz=8kHz$이다.
4. 비트율은 $R_b=8bit/sample\times 8ksample/s=64kbps$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환할 때 표본화, 양자화, 부호화 과정을 거친다.

② X — $s(t) = 32\cos(8000\pi t)V$의 범위는 $-32V$부터 $+32V$까지이므로 전체 범위는 $64V$이다. 이를 5비트의 32개 준위로 나누면 양자화 간격은 $2V$이다. 틀린 표현 $1V$는 $2V$로 고쳐야 한다.

③ O — WHz로 대역 제한된 기저대역 신호는 f_s≥2W Hz로 표본화해야 에일리어싱을 피할 수 있다.

④ O — 대역폭이 $4kHz$이면 나이퀴스트 표본화 주파수는 $8kHz$이고, 표본당 8비트이므로 비트율은 $8 \times 8kHz = 64kbps$이다.

⑤ O — 아날로그 신호를 일정한 시간 간격으로 표본화하면 펄스의 진폭이 표본값에 따라 변하는 PAM 신호를 만들 수 있다.

오답 포인트

②에서 진폭 32를 전체 입력 범위로 착각하면 안 된다. 코사인 신호는 음의 최댓값부터 양의 최댓값까지 변하므로 전체 범위는 $2A = 64V$이다. 또한 5비트는 5개 준위가 아니라 $2^5 = 32$개 준위를 뜻한다.

다시 나오면 이렇게 판단

양자화 문제에서는 먼저 최솟값과 최댓값으로 전체 진폭 범위를 구한 뒤 2^n으로 나눈다. 표본화 문제에서는 f_s≥2W, 비트율 문제에서는 $R_b = nf_s$를 차례로 적용하고 단위를 검산한다.

암기 포인트

표본화는 시간의 이산화, 양자화는 진폭의 이산화, 부호화는 양자화 준위의 비트 표현이다. 핵심식은 $L = 2^n$, $\Delta = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{L}$, f_s≥2W, $R_b = nf_s$이다.

NoteBase

7. 다음 중 T1에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 시분할 다중화(TDM) 전송 기술이다.
② T1의 전송속도는 1.544 [Mbps]이다.
③ 한 프레임은 30개의 채널로 구성된다.
④ 한 프레임의 시간은 125 [μs]이다.
⑤ 한 채널당 64 [kbps]의 PCM 데이터를 전송한다.

정답 3번

출제 포인트

T1 전송 방식의 다중화 구조, 채널 수, 전송속도, 프레임 주기 및 채널당 전송률을 묻는 문제이다.

핵심 개념

T1은 24개의 음성급 채널을 시분할 다중화하여 전송하는 디지털 전송 방식이다. 각 채널에서 프레임마다 8비트씩 취하므로 정보 비트는 $24 \times 8 = 192$비트이고, 여기에 프레이밍 비트 1비트를 더해 한 프레임은 193비트가 된다. 표본화 주파수가 $8kHz$이므로 프레임 주기는 $1/8000 = 125\mu s$이고, 전체 전송속도는 $193 \times 8000 = 1.544Mbps$이다.

선지별 해설

① O — T1은 여러 채널의 표본을 시간 슬롯별로 번갈아 배치하는 시분할 다중화(TDM) 전송 기술이다.
② O — 한 프레임이 193비트이고 초당 8,000프레임을 전송하므로 전송속도는 $193 \times 8000 = 1{,}544{,}000bps = 1.544Mbps$이다.
③ X — 틀린 표현은 '30개의 채널'이다. T1의 한 프레임은 30개가 아니라 24개의 채널로 구성되며, 각 채널의 8비트 표본과 프레이밍 비트 1비트를 합쳐 총 193비트가 된다.
④ O — 초당 8,000개의 프레임을 보내므로 한 프레임의 시간은 $1/8000s = 125\mu s$이다.
⑤ O — 한 채널은 프레임마다 8비트를 초당 8,000회 전송하므로 전송률은 $8 \times 8000 = 64kbps$이다.

오답 포인트

③의 '30개 채널'은 E1의 음성·데이터 채널 수와 혼동하게 만드는 표현이다. T1의 핵심 채널 수는 24개이며, 프레임당 정보 비트 수는 $24 \times 8 = 192$비트이다.

다시 나오면 이렇게 판단

T1 문제에서는 '24채널, 채널당 8비트, 프레이밍 1비트, 초당 8,000프레임'을 먼저 연결한다. 이 네 값으로 193비트/프레임, $125\mu s$, $1.544Mbps$, 채널당 $64kbps$를 일관되게 판단할 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

T1은 24채널·193비트/프레임·125μs·1.544$Mbps$이다.

NoteBase

8. 다음 중 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 다중 반송파 변조 기술이다.
② 직교하는 부반송파를 사용한다.
③ 시간 보호구간을 사용한다.
④ 피크대평균전력비(PAPR)가 높은 구간이 발생하여 증폭기의 전력효율이 나쁘다.
⑤ 도플러 확산 조건 하에서 주파수 오차에 민감하여 성능이 좋아진다.

정답 5번

출제 포인트

OFDM의 다중 반송파 구조, 부반송파 직교성, 보호구간, PAPR, 주파수 오차 및 도플러 확산에 대한 특성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

OFDM은 고속 데이터를 여러 개의 저속 데이터열로 나누어 서로 직교하는 다수의 부반송파에 실어 전송하는 다중 반송파 변조 방식이다. 부반송파의 직교성으로 주파수 스펙트럼을 겹쳐 배치할 수 있지만, 주파수 오차나 도플러 확산으로 직교성이 깨지면 부반송파 간 간섭이 발생한다. 보호구간은 다중경로에 의한 심벌 간 간섭을 줄이지만, 여러 부반송파 신호가 합쳐질 때 순간 피크가 커져 PAPR이 높아질 수 있다.

선지별 해설

① O — OFDM은 하나의 데이터열을 여러 병렬 데이터열로 나누어 다수의 부반송파로 전송하는 다중 반송파 변조 기술이다.
② O — 부반송파 사이에 직교성을 유지하므로 각 부반송파의 스펙트럼이 겹쳐도 이상적인 동기 조건에서는 서로 간섭하지 않는다.
③ O — 일반적으로 순환 전치 형태의 시간 보호구간을 두어 다중경로로 인한 심벌 간 간섭을 줄이고 직교성을 유지한다.
④ O — 여러 부반송파의 위상이 겹치면 큰 순간 피크가 생겨 PAPR이 높아질 수 있다. 이 때문에 전력증폭기를 충분히 선형인 영역에서 운용해야 하므로 전력효율이 낮아진다.
⑤ X — 틀린 표현은 '주파수 오차에 민감하여 성능이 좋아진다'이다. 실제로는 주파수 오차나 도플러 확산에 민감하며, 이로 인해 부반송파의 직교성이 훼손되고 부반송파 간 간섭이 발생하여 성능이 저하된다.

오답 포인트

⑤는 '주파수 오차에 민감하다'는 앞부분은 맞지만 그 결과를 '성능이 좋아진다'로 뒤집었다. 민감하다는 것은 오차의 영향을 크게 받아 성능이 나빠진다는 의미이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

OFDM의 장점과 단점을 나누어 판단한다. 직교 부반송파와 보호구간은 주파수 이용 효율 및 다중경로 대응과 관련된 장점이고, 높은 PAPR과 주파수 오차·도플러에 대한 민감성은 성능을 저하시키는 단점이다.

암기 포인트

OFDM은 직교 부반송파와 보호구간에는 강점이 있지만, 높은 PAPR과 주파수 오차·도플러에는 약하다.

NoteBase

9. 서로 독립인 랜덤 변수 X와 Y가 각각 평균이 0 이고 분산이 1인 가우시안 분포를 가질 때, 다음 중 새로운 랜덤 변수 Z = X + Y 에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① Z와 Y의 분산은 같다.
② Z는 가우시안 분포를 가진다.
③ Z와 X의 평균은 같다.
④ Z의 확률밀도함수는 0 값을 중심으로 대칭인 형태를 가진다.
⑤ Z의 확률밀도함수를 전체 구간에 대해 적분한 결과값은 1이다.

정답 1번

출제 포인트

서로 독립인 가우시안 랜덤 변수의 합에 대한 평균, 분산, 분포 및 확률밀도함수의 성질을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: X와 Y는 서로 독립이고 각각 평균이 0, 분산이 1인 가우시안 랜덤 변수이다.
구해야 할 내용: $Z = X + Y$의 평균, 분산, 분포와 확률밀도함수의 성질이다.
주의할 조건: 문항은 옳지 않은 설명을 묻는다.

사용할 공식

기댓값의 선형성에 따라 $E[Z] = E[X] + E[Y]$이다.
분산은 $\mathrm{Var}(X + Y) = \mathrm{Var}(X) + \mathrm{Var}(Y) + 2\mathrm{Cov}(X, Y)$이다. 독립이면 $\mathrm{Cov}(X, Y) = 0$이므로 분산이 더해진다.
또한 서로 독립인 가우시안 랜덤 변수의 합은 가우시안 랜덤 변수이다.

계산 과정

1. $E[Z] = E[X] + E[Y] = 0 + 0 = 0$이다.
2. 독립이므로 $\mathrm{Var}(Z) = 1 + 1 = 2$이다.
3. 따라서 $Z \sim \mathcal{N}(0, 2)$이다. 평균이 0인 가우시안 분포이므로 확률밀도함수는 0을 중심으로 대칭이고, 확률밀도함수를 전체 실수 구간에서 적분한 값은 1이다.

NoteBase

선지 판단

① X — Z의 분산은 2이고 Y의 분산은 1이므로 서로 같지 않다. 틀린 표현 '분산은 같다'는 'Z의 분산은 Y의 분산의 2배이다'로 고쳐야 한다.
② O — 서로 독립인 가우시안 랜덤 변수의 합도 가우시안 랜덤 변수이므로 Z는 가우시안 분포를 가진다.
③ O — $E[Z] = 0$이고 $E[X] = 0$이므로 두 평균은 같다.
④ O — $Z \sim \mathcal{N}(0, 2)$이므로 Z의 확률밀도함수는 평균인 0을 중심으로 대칭이다.
⑤ O — 모든 확률밀도함수는 전체 정의 구간에서 적분하면 1이므로 Z의 확률밀도함수도 전체 실수 구간에서 적분한 값이 1이다.
옳지 않은 선지는 ①이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

①에서 평균이 그대로 0이라는 사실과 분산도 그대로 1이라는 주장을 혼동하기 쉽다. 독립인 랜덤 변수의 합에서는 평균과 분산이 각각 더해지므로 평균은 $0 + 0 = 0$이지만 분산은 $1 + 1 = 2$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

독립인 가우시안 랜덤 변수의 합이 나오면 먼저 평균과 분산을 각각 더하고, 그 결과로 합의 분포를 정한다. 이후 평균이 대칭 중심이라는 점과 확률밀도함수의 전체 적분값이 1이라는 기본 성질을 적용한다.

암기 포인트

독립 가우시안의 합은 가우시안이고, 평균과 분산은 각각 더해진다: $0 + 0 = 0$, $1 + 1 = 2$.

NoteBase

10. 다음 중 푸리에 변환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 사각파(구형파) 함수의 푸리에 변환은 sinc 함수 형태이다.
② 상수 함수의 푸리에 변환은 임펄스 함수이다.
③ 임펄스 함수의 푸리에 변환은 상수 함수이다.
④ 사인 함수의 푸리에 변환은 코사인 함수이다.
⑤ 주기 임펄스 함수의 푸리에 변환은 주기 임펄스 함수이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 기본 푸리에 변환쌍의 시간 영역 파형과 주파수 영역 형태를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

푸리에 변환은 시간 영역 신호를 그 신호에 포함된 주파수 성분으로 나타낸다. 유한 구간의 사각 펄스는 연속적인 sinc 형태가 되고, 상수와 임펄스는 서로 대응한다. 사인·코사인 같은 단일 주파수 신호는 주파수 영역에서 양·음의 해당 주파수에 놓인 두 임펄스로 나타난다. 사인은 두 임펄스의 부호가 반대이고 계수에 허수 단위가 포함되며, 코사인은 두 임펄스의 부호가 같다.

선지별 해설

① O — 유한 구간의 사각 펄스를 푸리에 변환하면 펄스 폭과 진폭에 따른 비례·스케일 조정을 제외하고 sinc 함수 형태가 된다.
② O — 시간 영역의 상수 함수는 직류 성분만 가지므로 주파수 $f = 0$에 놓인 임펄스 함수로 변환된다.
③ O — 시간 영역의 임펄스 함수 $\delta(t)$를 푸리에 변환하면 모든 주파수에서 같은 값을 갖는 상수 함수가 된다.
④ X — 틀린 표현은 '코사인 함수이다'이다. 사인 함수의 푸리에 변환은 코사인 함수가 아니라 양·음의 사인 주파수에 위치한 두 임펄스의 차 형태이다. 즉 $\sin(2\pi f_0 t)$는 $\frac{1}{2j}[\delta(f - f_0) - \delta(f + f_0)]$에 대응한다.
⑤ O — 시간 영역의 주기 임펄스열은 주파수 영역에서도 주기 임펄스열이 된다. 다만 주파수 영역의 간격은 시간 주기의 역수이고 크기에는 스케일 계수가 붙는다.

오답 포인트

④는 사인과 코사인이 서로 푸리에 변환쌍이라고 착각하게 만든다. 사인과 코사인은 변환 후에도 시간 함수인 서로로 바뀌는 것이 아니라 각각 주파수축의 두 임펄스로 나타나며, 두 임펄스의 부호와 위상 계수가 다르다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 신호가 비주기 펄스인지, 직류·단일 임펄스인지, 단일 주파수 정현파인지, 주기 임펄스열인지 구분한다. 비주기 사각 펄스는 sinc, 상수는 원점 임펄스, 임펄스는 상수, 정현파는 양·음 주파수의 두 임펄스, 주기 임펄스열은 역수 간격의 주기 임펄스열로 판단한다.

암기 포인트

사각 펄스↔sinc, 상수↔원점 임펄스, 임펄스↔상수, 정현파↔두 임펄스, 임펄스열↔임펄스열이다.

NoteBase

11. 디지털 변조 방식 중 하나인 64 QAM에서 심볼 당 할당되는 비트의 수는?

① 1
② 2
③ 4
④ 6
⑤ 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 M진 디지털 변조에서 심벌 하나가 표현하는 비트 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 변조 차수는 $M = 64$이다.
구해야 할 값: 심벌당 할당되는 비트 수이다.
주의할 조건: QAM의 변조 차수 M은 서로 다른 심벌의 개수이므로 비트 수 자체가 아니다.

사용할 공식

심벌당 비트 수 k는 다음과 같다.
$k = \log_2 M$
k비트로 만들 수 있는 서로 다른 조합의 수가 2^k개이므로, M개의 심벌을 구별하려면 $M = 2^k$가 되어야 한다.

계산 과정

$M = 64$를 공식에 대입한다.
$k = \log_2 64 = \log_2 2^6 = 6$
따라서 64 QAM은 한 심벌에 6비트를 할당한다.

선지 판단

① X — 1비트이면 표현 가능한 심벌은 $2^1 = 2$개뿐이다. '1'은 틀린 값이며 올바르게는 6비트이다.
② X — 2비트이면 표현 가능한 심벌은 $2^2 = 4$개뿐이다. '2'는 틀린 값이며 올바르게는 6비트이다.
③ X — 4비트이면 표현 가능한 심벌은 $2^4 = 16$개뿐이다. '4'는 틀린 값이며 올바르게는 6비트이다.
④ O — $2^6 = 64$이므로 64개의 심벌을 구별하는 데 필요한 심벌당 비트 수는 6비트이다.
⑤ X — 8비트이면 표현 가능한 심벌은 $2^8 = 256$개이다. '8'은 틀린 값이며 올바르게는 6비트이다.

NoteBase

오답 포인트

64라는 변조 차수를 비트 수로 그대로 보거나 64의 자릿수와 혼동하면 안 된다. 심벌당 비트 수는 항상 변조 차수에 밑이 2인 로그를 취해 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

M QAM이나 M PSK가 나오면 먼저 $M = 2^k$로 놓고, $k = \log_2 M$을 계산해 심벌당 비트 수를 판단한다.

암기 포인트

심벌당 비트 수는 $\log_2 M$이다. 64 QAM은 $64 = 2^6$이므로 심벌당 6비트이다.

NoteBase

12. 다음 중 디지털 변조 방식에 속하는 BPSK와 QPSK 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① QPSK는 4개의 서로 다른 심볼을 사용한다.
② BPSK에서는 심볼 당 1개의 비트가 할당된다.
③ QPSK에서 가장 가까운 심볼 간 위상각의 차이는 45도이다.
④ BPSK에서 심볼 간 위상각의 차이는 180도이다.
⑤ 1개의 심볼이 차지하는 시간구간의 길이가 동일한 경우 QPSK가 BPSK보다 초[sec]당 데이터 전송속도가 빠르다.

정답 3번

출제 포인트

BPSK와 QPSK의 심벌 수, 심벌당 비트 수, 인접 심벌 사이의 위상차, 같은 심벌 시간에서의 데이터 전송속도를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

BPSK는 반송파의 위상을 2가지로 구분해 정보를 보내는 방식으로, 심벌당 1비트를 표현하고 두 심벌의 위상차는 180도이다.
QPSK는 반송파의 위상을 4가지로 구분해 정보를 보내는 방식으로, 심벌당 2비트를 표현하고 인접한 심벌의 위상차는 90도이다.
일반적으로 M진 PSK의 심벌당 비트 수는 $\log_2 M$, 균등 배치된 인접 심벌의 위상차는 $360^\circ/M$이다.

선지별 해설

① O — QPSK는 2비트 조합 00, 01, 10, 11에 대응하는 4개의 서로 다른 심벌을 사용한다.
② O — BPSK는 2개의 심벌로 1비트를 구분하므로 심벌당 1비트가 할당된다.
③ X — 틀린 표현은 '가장 가까운 심벌 간 위상각의 차이는 45도'이다. QPSK의 4개 심벌을 한 주기 360도에 균등하게 배치하면 인접 심벌 사이의 위상차는 $360^\circ/4 = 90^\circ$이므로, 올바르게는 90도이다.
④ O — BPSK의 2개 심벌은 한 주기 360도에서 서로 반대 위상에 놓이므로 위상차는 180도이다.
⑤ O — 심벌 시간이 같으면 초당 심벌 수는 같지만, QPSK는 심벌당 2비트이고 BPSK는 심벌당 1비트이므로 QPSK의 초당 데이터 전송속도가 BPSK의 2배이다.

오답 포인트

③은 QPSK의 위상 상태가 4개라는 사실을 이용하면서도 인접 위상차를 45도로 착각하게 만든다. 위상차는 360도를 심벌 수 4로 나눈 90도이며, 45도가 아니다. 또한 ⑤에서는 심벌 전송속도와 비트 전송속도를 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

PSK 비교 문제에서는 먼저 심벌 수 M을 확인한 뒤 심벌당 비트 수는 $\log_2 M$, 균등 배치된 인접 위상차는 $360^\circ/M$로 판단한다. 심벌 시간이 같을 때 비트 전송속도는 심벌당 비트 수에 비례한다.

암기 포인트

BPSK는 2심벌·1비트·180도, QPSK는 4심벌·2비트·90도이다.

NoteBase

13. 연속 랜덤변수 X의 확률밀도함수 $f_X(x)$가

$$f_X(x)=\begin{cases}C & -2\leq x\leq 2\\ 0 & \text{이외}\end{cases}$$

일 때, 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

① X가 -3보다 작은 값을 가질 확률은 0이다.
② X가 0보다 큰 값을 가질 확률은 0.5이다.
③ C는 0.25 이다.
④ X의 평균은 0이다.
⑤ X의 분산은 1이다.

정답 5번

출제 포인트

확률밀도함수의 정규화 조건으로 상수 C를 구하고, 균등분포의 확률·평균·분산을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 확률밀도함수는 구간 $[-2, 2]$에서 높이가 일정하고 그 밖에서는 0이므로 X는 $[-2, 2]$의 균등분포를 따른다.
구해야 할 값은 C, 구간별 확률, 평균, 분산이다.
확률밀도함수 전체의 넓이는 1이어야 하며, 연속확률변수에서는 한 점의 확률이 0이므로 끝점 포함 여부는 구간확률에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

정규화 조건은
$\int_{-\infty}^{\infty} f_X(x)dx = 1$
이다. 균등분포 $U(a, b)$의 평균과 분산은
$E[X] = \frac{a+b}{2}$, $\quad \mathrm{Var}(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$
이다. 확률밀도가 구간에서 일정하므로 전체 직사각형의 넓이로 C를 구하고, 균등분포 공식으로 평균과 분산을 계산한다.

계산 과정

1. 전체 확률이 1이므로 $4C = 1$이고, 따라서 C=14=0.25이다.
2. 분포가 0을 중심으로 좌우 대칭이므로 P(X>0)=12=0.5이고 $E[X] = 0$이다.
3. $a = -2, b = 2$를 분산 공식에 대입하면
Var(X)=((2-(-2))^2)/(12)=(16)/(12)=43
이다.

NoteBase

선지 판단

① O — X가 가질 수 있는 값은 $[-2, 2]$에 있으므로 $P(X < -3) = 0$이다.
② O — 구간 $[-2, 2]$은 0을 기준으로 대칭이고 밀도가 일정하므로 $P(X > 0) = 0.5$이다.
③ O — 전체 넓이가 1이어야 하므로 $4C = 1$이고 $C = 0.25$이다.
④ O — 균등분포의 평균은 구간의 중점이므로 $E[X] = (-2 + 2)/2 = 0$이다.
⑤ X — '분산은 1이다'가 틀린 표현이다. 올바르게는 X의 분산은 43이다. 따라서 옳지 않은 것은 ⑤이다.

오답 포인트

⑤에서 구간이 0을 중심으로 대칭이라는 사실은 평균이 0임을 뜻할 뿐, 분산이 1임을 뜻하지 않는다. 또한 구간의 길이 4를 분산 공식에 넣을 때 제곱을 빠뜨리면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

상수형 확률밀도함수는 먼저 '구간 길이 × 높이 = 1'로 정규화한 뒤, 대칭성으로 확률과 평균을 판단하고 $\mathrm{Var}(X) = (b - a)^2/12$로 분산을 계산한다.

암기 포인트

균등분포 $U(a, b)$: 평균은 구간의 중점, 분산은 구간 길이의 제곱을 12로 나눈 값이다.

NoteBase

14. 4 kHz 대역의 기저대역 아날로그 신호를 Nyquist rate로 표본화(Sampling) 한 후, { -2, -1, 0, +1, +2 }의 5단계의 전압 level로 양자화(Quantization)한 결과, 각 level의 확률(상대적 빈도수)이 각각 { 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/16 } 이다. Huffman 부호로 코딩할 때, 필요한 평균 데이터 전송률 R은?

① R = 15.000 kbps
② R = 18.575 kbps
③ R = 20.000 kbps
④ R = 22.384 kbps
⑤ R = 24.000 kbps

정답 1번

출제 포인트

대역폭으로부터 Nyquist 표본화율을 구하고, Huffman 부호의 평균 부호 길이를 곱해 평균 데이터 전송률을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기저대역 신호의 대역폭은 $B = 4kHz$이고, 심벌 확률은 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/16이다.
구해야 할 값: Huffman 부호화 후 평균 데이터 전송률 R이다.
주의할 조건: 5개 레벨을 고정 길이로 부호화한 비트 수가 아니라, Huffman 부호의 평균 부호 길이를 사용한다.

사용할 공식

Nyquist 표본화율은 $f_s = 2B$이다. 평균 부호 길이는 $\bar{L} = \sum_i p_i l_i$이고, 평균 데이터 전송률은 $R = f_s \bar{L}$이다.
확률이 모두 2의 음의 정수 거듭제곱이므로 Huffman 부호 길이는 각각 1,2,3,4,4비트로 정해진다.

계산 과정

1. Nyquist 표본화율은 $f_s = 2 \times 4kHz = 8ksample/s$이다.
2. 평균 부호 길이는
L=12×1+14×2+18×3+116×4+116×4=1.875 bit/sample
이다.
3. 따라서 평균 데이터 전송률은
$R = 8ksample/s \times 1.875bit/sample = 15.000kbps$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과가 $15.000 kbps$이므로 옳다.
② X — $18.575 kbps$는 $8 ksample/s \times 1.875 bit/sample$의 결과가 아니다. 올바르게는 $R = 15.000 kbps$이다.
③ X — $20.000 kbps$는 계산된 평균 부호 길이 $1.875 bit/sample$을 적용한 값이 아니다. 올바르게는 $R = 15.000 kbps$이다.
④ X — $22.384 kbps$는 Nyquist 표본화율과 Huffman 평균 부호 길이를 곱한 값이 아니다. 올바르게는 $R = 15.000 kbps$이다.
⑤ X — $24.000 kbps$는 5개 레벨을 고정 길이 $3 bit/sample$로 표현할 때의 $8 ksample/s \times 3 bit/sample$에 해당한다. Huffman 부호화에서는 올바르게 $R = 15.000 kbps$이다.

오답 포인트

5개 양자화 레벨이므로 무조건 표본당 3비트라고 계산하면 ⑤를 고르게 된다. 이 문제는 고정 길이 부호가 아니라 Huffman 부호를 사용하므로 확률에 따라 달라지는 부호 길이의 평균 $1.875 bit/sample$을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

기저대역 대역폭에서 $f_s = 2B$를 먼저 구한 뒤, Huffman 트리 또는 확률에 대응하는 부호 길이로 $\bar{L} = \sum p_i l_i$를 계산하고 $R = f_s \bar{L}$를 적용한다. 마지막에는 표본 단위와 비트 단위가 소거되는지 검산한다.

암기 포인트

Huffman 평균 전송률은 ‘Nyquist 표본화율 $2B$ × 평균 부호 길이 L’이다.

NoteBase

15. 다음 중 디지털 전송에서 심볼간 간섭(ISI)과 이를 제거하기 위한 파형 성형(pulse shaping)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 어떤 펄스가 그 전후의 다른 펄스에 영향을 미치는 것이 ISI이다.
② ISI를 없애기 위해 sinc 펄스가 고려되나 구현이 용이하지 않다.
③ 구현의 수월성을 위해 상승 코사인 펄스를 사용할 수 있다.
④ 표본화(Sampling) 하고자 하는 값의 위치를 제외한 다른 표본화(Sampling) 위치의 값이 0이 되는 파형을 사용한다.
⑤ 파형 성형을 통한 부가적인 장점으로 대역폭이 감소한다.

정답 5번

출제 포인트

ISI의 의미와 나이퀴스트 무ISI 조건, sinc 펄스와 상승 코사인 펄스의 대역폭·구현성 관계를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

ISI(심볼 간 간섭)는 한 심볼의 펄스가 인접 심볼의 판정 시점까지 퍼져 다른 심볼의 판정에 영향을 주는 현상이다. 무ISI 펄스는 판정하려는 표본 시점에서는 원하는 값을 가지고, 그 밖의 심볼 표본 시점에서는 0이 되어야 한다. 이상적인 sinc 펄스는 최소 나이퀴스트 대역폭에서 무ISI 조건을 만족하지만 시간축으로 무한히 이어져 실제 구현이 어렵다. 상승 코사인 펄스는 롤오프율 α에 따라 필요한 대역폭이 $B = (1 + \alpha)R_s/2$가 되며, 대역폭을 더 사용하는 대신 시간영역 감쇠와 구현 용이성을 개선한다.

선지별 해설

① O — ISI는 어떤 심볼의 펄스 꼬리가 앞뒤의 다른 심볼 판정에 영향을 미치는 현상이므로 옳다.

② O — sinc 펄스는 이론적으로 다른 심볼의 표본 시점에서 0이 되어 ISI를 없앨 수 있지만, 시간축에서 무한히 지속되고 비인과적인 형태여서 그대로 구현하기 어렵다.

③ O — 상승 코사인 펄스는 sinc 펄스보다 시간영역 꼬리의 감쇠가 빠르고 롤오프 구간을 허용하므로 현실적인 필터로 구현하기 쉽다.

④ O — 무ISI 조건의 핵심은 목표 심볼의 표본 시점을 제외한 모든 정수 심볼 간격의 표본값이 0이 되는 것이다.

⑤ X — 틀린 표현은 '부가적인 장점으로 대역폭이 감소한다'이다. 실제로 상승 코사인 펄스는 롤오프율이 0보다 크면 이상적인 sinc 펄스보다 대역폭이 증가한다. 파형 성형은 대역 외 방사를 억제하고 사용 대역을 제어할 수 있지만, 그 효과를 언제나 대역폭 감소라고 할 수는 없다.

NoteBase

오답 포인트

⑤의 '대역폭이 감소한다'가 함정이다. 상승 코사인 성형은 구현성과 시간영역 특성을 개선하는 대신 롤오프만큼 추가 대역폭을 사용한다. 스펙트럼을 제한하거나 대역 외 방사를 줄인다는 말과 최소 필요 대역폭 자체가 감소한다는 말은 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 무ISI 조건인 '목표 표본은 유지, 다른 심볼 표본은 0'을 확인한다. 이어 sinc는 최소 대역폭이지만 구현이 어렵고, 상승 코사인은 구현이 쉬운 대신 롤오프율이 커질수록 필요한 대역폭도 커진다는 교환관계를 적용한다.

암기 포인트

sinc는 최소 대역폭·구현 곤란, 상승 코사인은 구현 용이·추가 대역폭이다.

NoteBase

16. Shannon의 채널용량을 달성할 수 있는 대역폭 6 MHz의 채널을 통해서 UHD TV 신호 36 Mbps의 전송률을 얻기 위해 필요한 대역폭 효율 [bps/Hz]과 SNR은?

① 6 bps/Hz, SNR = 64
② 6 bps/Hz, SNR = 63
③ 3 bps/Hz, SNR = 8
④ 3 bps/Hz, SNR = 7
⑤ 2 bps/Hz, SNR = 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전송률을 대역폭으로 나누어 대역폭 효율을 구하고, Shannon의 채널용량 공식으로 필요한 SNR을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 채널 대역폭 $B = 6MHz$, 목표 전송률 $C = 36Mbps$이다.
구해야 할 값: 대역폭 효율 C/B와 선형값 SNR이다.
주의할 조건: $Mbps/MHz = bps/Hz$이고, Shannon 공식의 SNR은 데시벨값이 아닌 선형 비이다.

사용할 공식

대역폭 효율은
$\eta = \frac{C}{B}$
이고, Shannon의 채널용량 공식은
$C = B\log_2(1 + \mathrm{SNR})$
이다. 따라서
$\eta = \log_2(1 + \mathrm{SNR})$
가 된다. 잡음이 있는 대역 제한 채널에서 달성 가능한 최대 전송률과 대역폭 및 SNR의 관계를 묻고 있으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 대역폭 효율을 계산한다.

$\eta = \frac{36Mbps}{6MHz} = 6bps/Hz$

2. 이를 Shannon 공식에 대입한다.

$6 = \log_2(1 + \mathrm{SNR})$

3. 양변을 밑이 2인 지수로 바꾸어 SNR을 구한다.

$1 + \mathrm{SNR} = 2^6 = 64$

$\mathrm{SNR} = 64 - 1 = 63$

따라서 필요한 대역폭 효율은 $6bps/Hz$, SNR은 63이다.

선지 판단

① X — $6bps/Hz$는 맞지만, 2^6은 $1 + \mathrm{SNR}$이므로 SNR은 64가 아니라 63이다. 올바르게는 '$6bps/Hz$, SNR = 63'이다.

② O — $36Mbps \div 6MHz = 6bps/Hz$이고, $2^6 - 1 = 63$이므로 두 값이 모두 맞다.

③ X — $3bps/Hz$는 목표 전송률을 만족하지 못하며 SNR 8도 이에 대응하지 않는다. 올바르게는 '$6bps/Hz$, SNR = 63'이다. 참고로 효율이 $3bps/Hz$라면 SNR은 $2^3 - 1 = 7$이다.

④ X — $3bps/Hz$와 SNR 7은 서로 대응하지만, 이 효율로 얻는 전송률은 $6MHz \times 3bps/Hz = 18Mbps$이므로 목표 36 Mbps에 미달한다. 올바르게는 '$6bps/Hz$, SNR = 63'이다.

⑤ X — 목표 대역폭 효율은 $2bps/Hz$가 아니라 $6bps/Hz$이다. 또한 효율이 $2bps/Hz$라면 SNR은 $2^2 - 1 = 3$이지 4가 아니다. 올바르게는 '$6bps/Hz$, SNR = 63'이다.

오답 포인트

①의 SNR 64는 $1 + \mathrm{SNR} = 64$에서 마지막의 1을 빼지 않을 때 나오는 값이다. 또한 ④처럼 대역폭 효율과 SNR이 서로 일관된 쌍이더라도, 먼저 목표 전송률로부터 요구되는 효율을 만족하는지 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $\eta = C/B$로 요구 대역폭 효율을 계산한 뒤, $\mathrm{SNR} = 2^{\eta} - 1$을 적용한다. 마지막에는 $Mbps/MHz = bps/Hz$의 단위와 '-1'의 반영 여부를 검산한다.

암기 포인트

Shannon 공식에서 $\eta = \log_2(1 + \mathrm{SNR})$, 따라서 $\mathrm{SNR} = 2^{\eta} - 1$이다.

NoteBase

17. 다음 중 채널부호화 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 자동재전송요청(ARQ) 방식은 수신측에서 오류가 검출되면 송신 측에 데이터 재전송을 요청한다.

② 자동재전송요청(ARQ) 방식은 양방향 통신시스템에서 사용한다.

③ 전방오류정정(FEC) 방식에는 블록코드, 터보코드, 그레이코드 방식 등이 있다.

④ 전방오류정정(FEC) 방식은 송신 측에서 오류 검출 및 정정을 위한 비트를 추가한다.

⑤ 전방오류정정(FEC) 방식은 단방향 통신시스템에서 사용한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 오류가 발생한 뒤 재전송을 요구하는 ARQ와 송신 단계에서 중복 비트를 넣어 수신 측이 오류를 정정하게 하는 FEC의 차이를 묻는 문제이다.

핵심 개념

ARQ(자동재전송요청): 수신 측이 오류를 검출하면 송신 측에 재전송을 요구하는 방식이다. 역방향 피드백 경로가 필요하다.
FEC(전방오류정정): 송신 측이 오류 검출·정정에 필요한 중복 비트를 미리 추가하고, 수신 측이 재전송 없이 오류를 정정하는 방식이다.
ARQ는 재전송과 피드백이 핵심이고, FEC는 중복 비트와 수신 측 정정이 핵심이다.

선지별 해설

① O — ARQ는 수신 측이 오류를 검출하면 송신 측에 해당 데이터의 재전송을 요청하는 방식이다.
② O — ARQ는 재전송 요청을 송신 측으로 보내야 하므로 역방향 피드백 경로가 있는 양방향 통신시스템에서 사용한다.
③ X — 틀린 표현은 '그레이코드'이다. 그레이코드는 인접한 부호어 사이에서 변하는 비트 수를 최소화하는 부호화로서 오류정정부호가 아니다. 올바르게는 FEC 방식의 대표적인 부호에 블록코드, 길쌈코드, 터보코드 등이 있다고 해야 한다.
④ O — FEC는 송신 측에서 원래 데이터에 오류 검출·정정을 위한 중복 비트를 추가하고, 수신 측이 이를 이용해 오류를 정정한다.
⑤ O — FEC는 수신 측의 재전송 요청 없이 오류를 정정하므로 역방향 피드백 경로가 필수적이지 않아 단방향 통신시스템에서도 사용할 수 있다.

NoteBase

오답 포인트

③은 블록코드와 터보코드 사이에 그레이코드를 섞어 모두 FEC 부호처럼 보이게 한 선지이다. 그레이코드는 비트 변화 수를 줄이는 표현 방식이지, 중복 비트를 이용해 오류를 정정하는 부호가 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

수신 측의 오류 검출 후 재전송 요청과 역방향 피드백이 나오면 ARQ로 판단한다. 송신 측의 중복 비트 추가와 수신 측의 자체 오류 정정이 나오면 FEC로 판단한다. FEC 부호의 예를 묻는 선지에서는 그레이코드처럼 오류 정정 기능이 없는 부호가 섞였는지 확인한다.

암기 포인트

ARQ는 오류 검출 후 재전송, FEC는 중복 비트로 수신 측 정정이다. 그레이코드는 FEC가 아니다.

NoteBase

18. 초 [sec]당 30 프레임씩 발생하며, 20만 개의 화소(pixel)를 갖는 컬러 디지털 화면의 R, G, B 명도를 각각 8 비트로 표현하여 압축 없이 16진 PAM (Pulse Amplitude Modulation)으로 전송하는 데 필요한 최소 대역폭은?

① B = 18 MHz
② B = 36 MHz
③ B = 54 MHz
④ B = 72 MHz
⑤ B = 90 MHz

정답 1번

출제 포인트

화면의 비트율을 구한 뒤 16진 PAM의 비트당 심벌 수와 나이퀴스트 최소 대역폭 관계를 적용하는 문제이다.

조건 정리

화면당 화소 수: 200,000개
초당 프레임 수: 30프레임
화소당 비트 수: RGB 각 8비트이므로 $3 \times 8 = 24bit$
변조 방식: 16진 PAM이므로 심벌당 정보량은 $\log_2 16 = 4bit/symbol$
구해야 할 값: 이상적인 나이퀴스트 조건에서의 최소 대역폭 B

사용할 공식

비트율은 R_b=(화소/프레임)×(비트/화소)×(프레임/초)이다.
M진 PAM의 심벌율은 $R_s = R_b/\log_2 M$이고, 영(0) 롤오프의 나이퀴스트 최소 대역폭은 $B = R_s/2$이다. 따라서 $B = R_b/(2\log_2 M)$이다.
16진 PAM의 한 심벌이 4비트를 전달하므로 비트율을 4로 나누어 심벌율을 구하고, 이상적인 PAM에서는 대역폭이 심벌율의 절반이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 한 프레임의 데이터량은 $200{,}000 \times 24 = 4.8 \times 10^6 bit$이다.
2. 비트율은 $R_b = 4.8 \times 10^6 \times 30 = 144 \times 10^6 bit/s = 144Mbit/s$이다.
3. 16진 PAM의 심벌율은 $R_s = 144/4 = 36Mbaud$이다.
4. 최소 대역폭은 $B = R_s/2 = 36/2 = 18MHz$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과 최소 대역폭이 $18MHz$이므로 맞다.
② X — $36MHz$는 심벌율 $36Mbaud$를 그대로 대역폭으로 본 값이다. ②의 $B = 36MHz$는 틀리고, 올바르게는 $B = 18MHz$이다.
③ X — 계산 결과 $18MHz$와 일치하지 않는다. ③의 $B = 54MHz$는 틀리고, 올바르게는 $B = 18MHz$이다.
④ X — $72MHz$는 비트율 $144Mbit/s$을 2로만 나누고 16진 PAM의 심벌당 4비트를 반영하지 않은 값이다. ④의 $B = 72MHz$는 틀리고, 올바르게는 $B = 18MHz$이다.
⑤ X — 계산 결과 $18MHz$와 일치하지 않는다. ⑤의 $B = 90MHz$는 틀리고, 올바르게는 $B = 18MHz$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 심벌율 $36Mbaud$를 최소 대역폭 $36MHz$로 바로 쓰는 것이다. 이상적인 PAM의 나이퀴스트 최소 대역폭은 심벌율의 절반이므로 한 번 더 2로 나누어야 한다. 또한 RGB 전체는 화소당 8비트가 아니라 세 성분 각각 8비트이므로 화소당 24비트이다.

다시 나오면 이렇게 판단

영상 데이터율 R_b 계산 → $\log_2 M$으로 나누어 심벌율 R_s 계산 → $B = R_s/2$ 적용 순서로 판단한다.

암기 포인트

이상적인 M진 PAM의 최소 대역폭은 $B = R_b/(2\log_2 M)$이다.

NoteBase

19. 다음 중 대역확산(Spread Spectrum) 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 대역확산에 의해 전파 방해에 강하다.
② 대역확산에 의해 잡음에 강해진다.
③ 대역확산에 의해 보안성이 좋아진다.
④ 직접 시퀀스 대역확산(DS-SS) 방식은 입력 데이터에 비해 비트율이 낮은 PN 코드를 사용한다.
⑤ 주파수도약 대역확산(FH-SS) 방식은 송신측과 수신측에서 동일한 주파수 도약 패턴을 사용한다.

정답 4번

출제 포인트

대역확산의 공통 장점과 DS-SS·FH-SS의 확산 원리를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

대역확산은 정보 신호를 넓은 주파수 대역으로 확산하여 전송하고, 수신기에서 송신기와 약속한 확산 코드나 도약 패턴으로 원래 신호를 복원하는 방식이다.
DS-SS는 입력 데이터에 고속 PN 코드를 곱해 대역을 직접 넓힌다. 이때 PN 코드의 칩률은 입력 데이터의 비트율보다 높아야 한다.
FH-SS는 반송 주파수를 정해진 패턴에 따라 바꾸며, 송신기와 수신기는 동기화된 동일 주파수 도약 패턴을 사용한다.

선지별 해설

① O — 신호 에너지가 넓은 대역에 분산되므로 특정 주파수에 가해지는 협대역 전파 방해의 영향을 줄일 수 있다.
② O — 수신 시 상관 복조와 역확산을 거치면 원하는 신호는 복원되는 반면 비상관 잡음이나 간섭은 넓게 퍼지므로 처리 이득을 얻는다.
③ O — 확산 코드나 도약 패턴을 모르면 신호의 탐지와 복원이 어려워져 일반적인 협대역 전송보다 은닉성과 보안성이 좋아진다.
④ X — 틀린 표현은 '비트율이 낮은 PN 코드'이다. DS-SS에서는 입력 데이터 비트율보다 높은 칩률의 PN 코드를 사용해야 신호 대역이 확산된다.
⑤ O — FH-SS 수신기는 송신 신호를 추적하고 복원하기 위해 송신기와 시간적으로 동기화된 동일 주파수 도약 패턴을 사용한다.

NoteBase

오답 포인트

④는 PN 코드의 한 칩이 짧고 빠르게 바뀐다는 점을 반대로 표현한 선지이다. DS-SS의 확산 효과는 데이터보다 빠른 PN 코드에서 생기므로 ‘낮은 비트율’이 아니라 ‘높은 칩률’이 맞다.

다시 나오면 이렇게 판단

DS-SS는 데이터와 고속 PN 코드의 곱, FH-SS는 송수신기의 동일·동기화된 주파수 도약 패턴으로 판단한다. 대역확산의 일반적 특징은 전파 방해·간섭에 대한 내성과 은닉성 향상이다.

암기 포인트

DS-SS는 데이터보다 빠른 PN 칩, FH-SS는 송수신 동일 도약 패턴이다.

NoteBase

20. 위성통신에서 30,000 km 상공에 위치한 위성을 향하여 업링크로 신호가 보내진 후에 다운링크로 신호가 되돌아오기까지의 최소 시간 지연은? (단, 빛의 속도는 3×10^8 m/sec로 계산할 것)

① 0.1 초
② 0.2 초
③ 0.5 초
④ 1.0 초
⑤ 2.0 초

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 위성까지의 왕복 전파 거리를 빛의 속도로 나누어 업링크와 다운링크를 합한 최소 전파 지연 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 위성 고도는 30,000km, 빛의 속도는 $3\times10^8 m/s$이다.
구해야 할 값: 지상에서 위성으로 신호를 보내고 다시 지상으로 돌아오기까지의 최소 시간 지연이다.
주의할 조건: 업링크와 다운링크가 모두 포함되므로 이동 거리는 위성 고도의 2배이며, 거리 단위를 km에서 m로 변환해야 한다.

사용할 공식

전파 지연 시간은 다음과 같다.
$t=\frac{d}{v}$
신호가 지상에서 위성까지 갔다가 다시 지상으로 돌아오므로 왕복 거리 d를 빛의 속도 v로 나눈다.

계산 과정

1. 편도 거리 30,000km를 미터로 바꾸면 $3\times10^{\prime}m$이다.
2. 왕복 거리는 $2\times3\times10^{\prime}=6\times10^{\prime}m$이다.
3. 따라서 최소 시간 지연은
$t=\frac{6\times10^7}{3\times10^8}=2\times10^{-1}s=0.2s$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $0.1s$는 위성까지의 편도 거리만 계산한 값이다. '0.1초'는 틀린 값이며, 왕복 시간을 반영하면 '0.2초'가 된다.
② O — 왕복 거리 $60{,}000km$를 빛의 속도로 나누면 $0.2s$이므로 옳다.
③ X — '0.5초'는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바른 최소 시간 지연은 '0.2초'이다.
④ X — '1.0초'는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바른 최소 시간 지연은 '0.2초'이다.
⑤ X — '2.0초'는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바른 최소 시간 지연은 '0.2초'이다.
계산 결과 $0.2s$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

①의 '0.1초'는 업링크만 계산하고 다운링크를 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 또한 $30{,}000km$를 그대로 m 단위의 빛의 속도에 나누면 단위가 맞지 않으므로, 반드시 왕복 거리와 단위 변환을 함께 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

위성 전파 지연 문제에서는 먼저 편도인지 왕복인지 확인하고, 전체 거리를 m로 변환한 뒤 전파 속도 $3 \times 10^8 m/s$로 나눈다.

암기 포인트

위성 왕복 지연 시간은 $t = 2h/c$이며, '왕복은 고도의 2배'가 핵심이다.

NoteBase