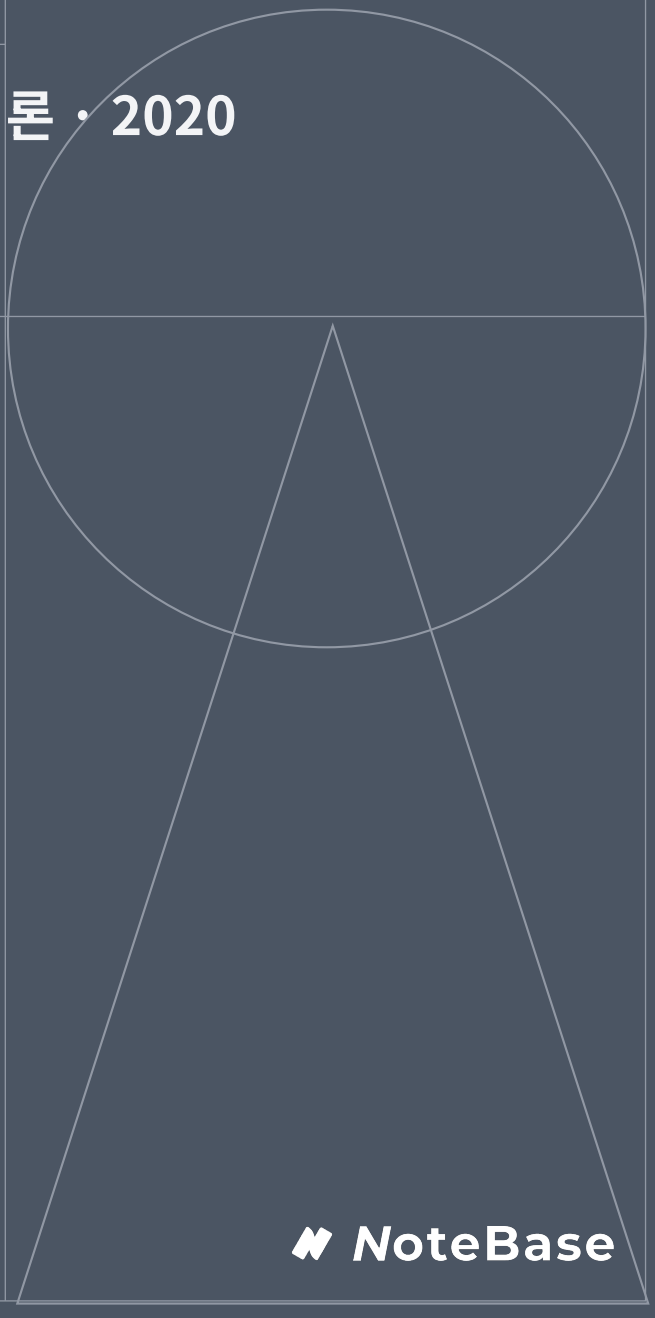
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2020

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2020

문 1. 균일 확률 분포를 갖는 확률 변수(random variable) X의 확률 밀도 함수(probability density function)가 f_X(x)=cases a, & 0 ≤ x ≤ 6 \ 0, & otherwise cases일 때, 상수 a값과 X의 분산값은?

① a: $\frac{1}{3}$, X의 분산: 12

② a: $\frac{1}{3}$, X의 분산: 3

③ a: $\frac{1}{6}$, X의 분산: 12

④ a: $\frac{1}{6}$, X의 분산: 3

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 확률밀도함수의 정규화 조건으로 상수 a를 구하고, 균일분포의 분산 공식을 적용해 X의 분산을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $f_X(x) = a$ for $0 \le x \le 6$, 0 otherwise
- X는 구간 [0, 6]에서 균일분포를 따른다.

구해야 할 값:
- 상수 a
- X의 분산

주의할 조건:
- 확률밀도함수는 전체 적분값이 1이어야 한다.

사용할 공식

정규화 조건은 $\int_0^6 a dx = 1$이다.
균일분포 $U(0, 6)$의 분산은 $\mathrm{Var}(X) = \frac{(6-0)^2}{12}$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
주어진 밀도함수는 $0 \le x \le 6$에서 높이가 일정한 상수이므로 구간 [0, 6]의 균일분포이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 확률밀도함수의 전체 적분값이 1이어야 하므로 $\int_0^6 a dx = 6a = 1$이다.
2. 따라서 $a = \frac{1}{6}$이다.
3. X는 균일분포 $U(0, 6)$이므로 분산은 $\mathrm{Var}(X) = \frac{(6-0)^2}{12} = \frac{36}{12} = 3$이다.
4. 따라서 올바른 짝은 $a = \frac{1}{6}$, 분산 3이다.

선지별 해설

① X: $a = \frac{1}{3}$이면 $\int_0^6 \frac{1}{3} dx = 2$가 되어 확률밀도함수가 될 수 없다. 분산 12도 $\frac{(6-0)^2}{12} = 3$과 맞지 않는다. 틀린 표현은 "a=(1)/(3), X의 분산=12"이고, 올바르게는 "a=(1)/(6), X의 분산=3"이다.

② X: 분산 3은 맞지만 $a = \frac{1}{3}$이 틀리다. 틀린 표현은 "a=(1)/(3)"이고, 올바르게는 "a=(1)/(6)"이다.

③ X: $a = \frac{1}{6}$은 맞지만 분산 12가 틀리다. 12는 분산 공식의 분모 12를 빠뜨리거나 다른 공식을 혼동할 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 "X의 분산=12"이고, 올바르게는 "X의 분산=3"이다.

④ O: 정규화 조건으로 $a = \frac{1}{6}$이 되고, 균일분포 $U(0, 6)$의 분산은 3이므로 두 값이 모두 맞다.

오답 포인트

상수 a를 먼저 정규화하지 않고 감으로 고르거나, 균일분포의 분산 공식을 $\frac{(b-a)^2}{12}$가 아니라 다른 식으로 착각하면 ①이나 ③으로 흔들리기 쉽다. 특히 12는 구간 길이 제곱 36만 보고 분모 12 처리를 놓칠 때 잘 나오는 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

구간에서 밀도함수가 상수이면 먼저 적분값을 1로 맞춰 높이를 구하고, 그다음 $U(a, b)$로 보고 평균이나 분산 공식을 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

균일분포 $U(\alpha, \beta)$는 높이가 $\frac{1}{\beta - \alpha}$, 분산이 $\frac{(\beta-\alpha)^2}{12}$이다.

NoteBase

문 2. 주기 신호 $x(t) = 2\sin \omega_0 t$일 때, 복소 푸리에 급수의 계수 X_{-1}과 X_1의 값은?

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_n e^{jn\omega_0 t}$$

① X_{-1}: +1, X_1: -1

② X_{-1}: -2, X_1: +2

③ X_{-1}: +j, X_1: -j

④ X_{-1}: -j, X_1: +j

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 $2\sin \omega_0 t$를 복소 지수형으로 바꾸어 복소 푸리에 급수 계수 X_{-1}, X_1를 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t) = 2\sin \omega_0 t$이다.
복소 푸리에 급수는 $x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_n e^{jn\omega_0 t}$ 형태이다.
구해야 할 값은 $e^{-j\omega_0 t}$의 계수 X_{-1}와 $e^{j\omega_0 t}$의 계수 X_1이다.

사용할 공식

사인 함수의 복소 지수 표현은 $\sin\theta = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2j}$이다.
따라서 $2\sin \omega_0 t = \frac{e^{j\omega_0 t} - e^{-j\omega_0 t}}{j}$로 바꿀 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유는 복소 푸리에 급수의 각 항이 $e^{jn\omega_0 t}$ 꼴이므로, 사인 신호를 같은 꼴의 지수함수 합으로 바꾸면 계수를 바로 읽을 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $2\sin \omega_0 t = \frac{e^{j\omega_0 t} - e^{-j\omega_0 t}}{j}$이다.
2. $\frac{1}{j} = -j$이므로 $2\sin \omega_0 t = -je^{j\omega_0 t} + je^{-j\omega_0 t}$이다.
3. 따라서 $e^{-j\omega_0 t}$의 계수는 $X_{-1} = +j$, $e^{j\omega_0 t}$의 계수는 $X_1 = -j$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X이다. $X_{-1}=+1, X_1=-1$로 실수 계수로 본 점이 틀리다. 사인 함수의 복소 푸리에 계수에는 $\frac{1}{j}=-j$가 반영되어 허수 단위가 반드시 남는다. 올바르게는 $X_{-1}=+j, X_1=-j$이다.
2번: X이다. $X_{-1}=-2, X_1=+2$는 부호와 크기를 모두 잘못 읽은 값이다. 진폭 2를 계수에 그대로 넣으면 안 되고, 복소 지수 전개 후 $\frac{1}{j}$를 곱한 결과를 읽어야 한다. 올바르게는 $X_{-1}=+j, X_1=-j$이다.
3번: O이다. $2\sin\omega_0 t=-je^{j\omega_0 t}+je^{-j\omega_0 t}$이므로 $n=-1$항의 계수는 $+j$, $n=1$항의 계수는 $-j$가 된다.
4번: X이다. $X_{-1}=-j, X_1=+j$는 $e^{j\omega_0 t}$와 $e^{-j\omega_0 t}$의 계수 부호를 서로 바꾼 경우이다. 사인 함수는 양의 주파수 쪽 계수가 $-j$, 음의 주파수 쪽 계수가 $+j$이다. 올바르게는 $X_{-1}=+j, X_1=-j$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 세 가지이다. 첫째, $\sin\theta$를 지수형으로 바꿀 때 $2j$를 잊고 실수 계수로 처리하기 쉽다. 둘째, $\frac{1}{j}=-j$를 놓치면 허수 부호가 뒤집힌다. 셋째, X_{-1}는 $e^{-j\omega_0 t}$, X_1은 $e^{j\omega_0 t}$의 계수라는 대응을 바꾸면 4번처럼 거꾸로 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼각함수의 복소 푸리에 계수 문제는 먼저 사인·코사인을 $e^{\pm j\omega_0 t}$ 꼴로 바꾸고, 그다음 $e^{-j\omega_0 t}$와 $e^{j\omega_0 t}$ 앞의 계수를 각각 X_{-1}, X_1로 읽으면 된다. 마지막에 $\frac{1}{j}=-j$와 부호 방향을 다시 확인하면 된다.

암기 포인트

"$2\sin\omega_0 t=-je^{j\omega_0 t}+je^{-j\omega_0 t}$, 따라서 $X_{-1}=+j, X_1=-j$"로 정리된다.

NoteBase

문 3. 디지털 복조 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비동기식 포락선 검파 방식을 이용하여 PSK 신호를 복조할 수 있다.

② 비동기식 복조는 수신 신호의 반송파 위상정보를 이용하지 않고 복조하는 방식이다.

③ 동기식 복조 방식은 비동기식 복조 방식과 비교해 수신 오류 확률 성능이 우수하다.

④ 정합 필터(matched filter)를 이용한 복조 방식은 동기식 복조 방식의 일종이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 동기식 복조와 비동기식 복조의 차이, 그리고 PSK 복조에 필요한 위상 기준의 유무를 묻는 문제이다.

핵심 개념

비동기식 복조는 수신 반송파의 정확한 위상 기준을 복원하지 않고 에너지, 포락선, 주파수 차이 등으로 판별하는 방식이다.
동기식 복조는 송신 반송파와 위상과 주파수를 맞춘 기준파를 사용하여 상관기나 정합 필터로 판별하는 방식이다.
PSK는 정보가 위상에 실리므로 포락선만 보는 검파로는 구별할 수 없고, 일반적으로 동기식 복조가 기본이 된다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '비동기식 포락선 검파 방식을 이용하여 PSK 신호를 복조할 수 있다'는 표현이다. PSK는 진폭이 아니라 위상 변화에 정보가 실리므로 포락선 검파만으로는 심볼을 구별할 수 없다. 올바르게는 'PSK는 위상 기준을 이용하는 동기식 복조가 기본이며, 차동 부호화된 경우에는 비동기식 차동 검파를 사용할 수 있다'이다.
② O: 비동기식 복조는 반송파의 절대 위상 정보를 직접 맞추지 않고 복조하는 방식이라는 설명이 맞다. 구현은 단순하지만 같은 조건에서 동기식보다 성능이 불리한 경우가 많다.
③ O: 동기식 복조는 기준 반송파의 위상을 맞춘 뒤 판별하므로 같은 신호대잡음비에서 비동기식보다 오류 확률 성능이 일반적으로 우수하다. PSK 계열에서는 이 차이가 특히 중요하다.
④ O: 정합 필터를 이용한 수신기는 기준 신호와의 상관을 최대화하여 판별하므로 대표적인 동기식 복조 구조에 해당한다. 기준파 동기가 맞아야 최적 검파 성능을 낸다.

오답 포인트

①의 '포락선 검파'와 ②의 '비동기식'을 묶어 모든 디지털 변조에 그대로 적용하는 착각이 함정이다. 포락선 검파는 ASK류에는 맞지만, 위상 자체가 정보인 PSK에는 맞지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

변조 방식에서 무엇이 정보를 싣는지 먼저 본다. 진폭이면 포락선 검파 가능성을, 주파수나 위상이면 기준파 필요 여부를 먼저 따져 동기식과 비동기식의 가능 범위를 판단한다.

암기 포인트

ASK는 포락선, PSK는 위상 기준, 정합 필터는 동기식 복조이다.

NoteBase

문 4. PM(Phase Modulation) 변조된 신호 $s(t) = 10\cos\{2000\pi t + 10^{-3}\cos(100\pi t)\}$의 최대 위상 편이는?

① 1

② 0.1

③ 0.01

④ 0.001

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 PM 신호의 각도항에서 최대 위상 편이 $\Delta\phi_{\max}$를 바로 읽어내는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $s(t) = 10\cos\{2000\pi t + 10^{-3}\cos(100\pi t)\}$이다.
반송파 각주파수는 2000π이고, 위상을 실제로 흔드는 항은 $10^{-3}\cos(100\pi t)$이다.
구해야 할 값은 최대 위상 편이이다.

사용할 공식

PM 신호는 일반적으로 $s(t) = A_c\cos\{\omega_c t + \phi(t)\}$로 쓸 수 있고, 최대 위상 편이는 $\Delta\phi_{\max} = \max|\phi(t)|$이다.
이 문제에서는 $\phi(t) = 10^{-3}\cos(100\pi t)$이므로 각도항 안의 변조 성분의 최대 절댓값을 구하면 된다.

계산 과정

1. 위상 편이 항은 $\phi(t) = 10^{-3}\cos(100\pi t)$이다.
2. $|\cos(100\pi t)| \le 1$이므로 $|\phi(t)|$의 최댓값은 $10^{-3} \times 1$이다.
3. 따라서 최대 위상 편이는 $\Delta\phi_{\max} = 10^{-3}$ rad이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
값 1은 위상 편이 계수를 1로 잘못 읽은 경우이다. 실제 각도항의 진폭은 10^{-3}이므로 틀린 표현은 1이고, 올바르게는 0.001이다.

② X
값 0.1은 10^{-3}을 10^{-1}처럼 잘못 본 경우에 해당한다. 실제 최대 위상 편이는 10^{-3}이므로 틀린 표현은 0.1이고, 올바르게는 0.001이다.

③ X
값 0.01은 10^{-3}을 10^{-2}로 착각한 오답이다. $|\cos(100\pi t)|$의 최댓값이 1이므로 최대 위상 편이는 더 커지지 않고 틀린 표현은 0.01이며, 올바르게는 0.001이다.

④ O
위상 편이 항의 최대 절댓값이 그대로 10^{-3}이므로 최대 위상 편이는 0.001 rad이다. 선택지 ④가 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

반송파 주파수 항 $2000\pi t$와 위상 편이 항을 섞어서 보면 오답이 나온다. PM에서는 코사인 안에 더해진 변조항의 진폭만 최대 위상 편이에 해당하고, cos의 최댓값은 1이라는 점을 놓치면 0.1이나 0.01 같은 자릿수 오독이 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

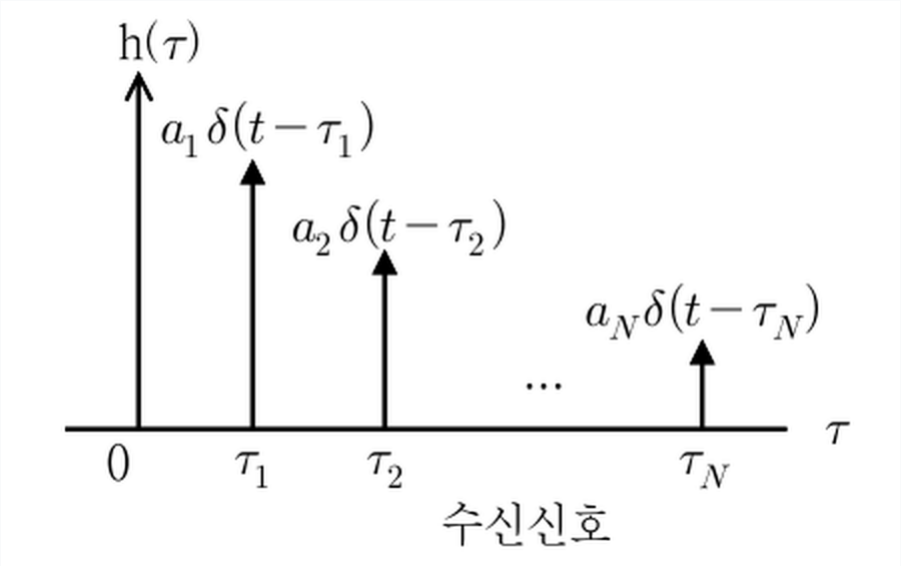
PM 식이 나오면 먼저 $\omega_c t$와 변조 위상항을 분리한다. 그다음 각도 안에서 시간에 따라 변하는 항의 최대 절댓값만 취하면 최대 위상 편이를 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

PM의 최대 위상 편이는 코사인 각도 안에 들어 있는 변조항의 최대 진폭이다.

NoteBase

문 5. 송신된 임펄스 신호 $\delta(t)$가 특정 무선 전송 채널을 통과하여 그림과 같이 N개의 임펄스 신호로 수신되었다. 이 채널을 이용하는 무선 전송 시스템의 특성으로 옳지 않은 것은? (단, $0 < \sum_{n=1}^{N} |a_n|^2 \le 1, |a_n| \neq 0$)



① 지연확산(delay spread)이 심볼 구간(symbol duration)에 비해 커질수록 심볼 간 간섭(ISI: Inter-Symbol Interference)이 더 발생하여 수신 오류 확률이 커지는 현상이 발생한다.

② 지연확산이 심볼 구간에 비해 크면 시간 선택적 페이딩(time selective fading) 채널이 되어, 채널의 특성이 시간에 따라 변화한다.

③ OFDM 방식을 사용하여 부반송파(sub-carrier)의 개수를 증가시킬수록 지연확산에 의한 영향을 줄일 수 있고, 수신기 구조도 간단해진다.

④ OFDM 방식을 사용하는 경우, 지연확산에 의한 영향을 줄이기 위해 순환확장(CP: cyclic prefix)을 사용하며, 지연확산의 크기를 고려하여 CP의 길이를 설계해야 한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 도식에 나타난 여러 지연 경로의 임펄스 응답을 보고 다중경로 채널의 지연확산이 ISI, 주파수 선택성, OFDM의 CP 설계와 어떤 관계를 갖는지 구분하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
지연확산이 심볼 구간에 비해 커질수록 이전 심볼 성분이 다음 심볼 구간에 겹쳐 심볼 간 간섭이 증가한다. 따라서 검파 성능이 나빠져 수신 오류 확률이 커질 수 있다.
② X
시간 선택적 페이딩은 지연확산이 아니라 도플러 확산과 채널의 시간적 변화 속도에 의해 결정된다. 지연확산이 심볼 구간에 비해 크면 채널은 시간 선택적이 아니라 주파수 선택적 페이딩 특성을 보인다.
틀린 표현은 "시간 선택적 페이딩"과 "채널의 특성이 시간에 따라 변화한다"이다. 올바르게는 "주파수 선택적 페이딩 채널이 되며 주파수 성분마다 채널 응답이 다르게 나타난다"이다.
③ O
OFDM에서 부반송파 수를 늘리면 각 부반송파의 심볼 시간이 길어져 같은 지연확산에 대해 ISI와 주파수 선택성의 영향을 상대적으로 줄일 수 있다. 또한 각 부반송파가 거의 평탄 페이딩으로 보이므로 복잡한 시간영역 등화기 대신 FFT 기반의 단순한 등화를 적용할 수 있다.
④ O
OFDM은 순환확장 CP를 붙여 다중경로에 의한 선형 컨벌루션을 심볼 구간 안에서 원형 컨벌루션처럼 처리한다. CP 길이는 최대 지연확산보다 충분히 길게 잡아야 ISI와 부반송파 간 간섭을 줄일 수 있다.

오답 포인트

지연확산과 도플러 확산을 서로 바꾸어 외우면 ②처럼 틀리기 쉽다. 지연확산은 주파수축 문제를 만들고, 도플러 확산은 시간축 문제를 만든다는 구분이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

여러 지연 경로가 보이면 먼저 지연확산이 큰 다중경로 채널이라고 판단한다. 그다음 지연확산이 크면 ISI 증가와 주파수 선택적 페이딩을, 시간 변화는 도플러 확산을 떠올리면 선지를 빠르게 가를 수 있다.

암기 포인트

지연확산이 크면 주파수 선택적 페이딩이 되고, 도플러 확산이 크면 시간 선택적 페이딩이 되며, OFDM은 CP로 지연확산에 대응하는 구조이다.

NoteBase

문 6. N개의 서로 다른 심볼 종류를 갖는 메시지 정보원(information source) 집합의 정보량과 엔트로피에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, i번째 심볼 x_i의 발생 확률을 p_i로 표현하고, 발생하는 심볼들은 서로 통계적으로 독립이다)

① 엔트로피는 정보원의 심볼 출력당 평균 정보의 양으로 정의된다.

② 정보량을 비트로 표현할 때, 자기 정보(self information) $I(x_i) = -\log_2(p_i)$이다.

③ 집합에 속하는 심볼들의 발생 확률이 모두 같을 때, 엔트로피는 최대가 된다.

④ 서로 다른 발생 확률을 갖는 이진 정보원($N = 2$)의 집합을 X라 할 때, 엔트로피 $H(X)$는 $0 \le H(X) \le 2$이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 자기정보와 엔트로피의 정의, 그리고 이진 정보원의 엔트로피 범위를 구별하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

엔트로피는 정보원이 한 심볼을 낼 때 평균적으로 전달하는 정보량이며 $H(X) = -\sum_{i=1}^{N} p_i \log_2 p_i$이다.
자기정보는 특정 심볼 하나가 발생했을 때의 정보량이며 $I(x_i) = -\log_2 p_i$이다.
심볼이 모두 등확률이면 엔트로피는 최대가 되고, 그 최댓값은 $\log_2 N$이다. 따라서 이진 정보원에서는 최댓값이 $\log_2 2 = 1$ bit이다.

선지별 해설

① O
엔트로피는 정보원의 심볼 출력당 평균 정보량으로 정의되므로 옳다.

② O
정보량을 비트 단위로 나타내면 자기정보는 $I(x_i) = -\log_2 p_i$가 되므로 옳다.

③ O
주어진 심볼 집합에서 발생 확률이 모두 같을 때 불확실성이 가장 커지므로 엔트로피가 최대가 된다.

④ X
틀린 부분은 "엔트로피 $H(X)$는 $0 \le H(X) \le 2$이다"라는 범위 표현이다.
이진 정보원은 $N = 2$이므로 엔트로피의 최댓값은 $\log_2 2 = 1$ bit이지 2가 아니다.
또한 서로 다른 발생 확률을 가진다면 등확률이 아니므로 최대값 1에도 도달하지 못한다.
올바르게는 "서로 다른 발생 확률을 갖는 이진 정보원의 엔트로피는 $0 < H(X) < 1$이다"이다.

NoteBase

오답 포인트

④는 일반식의 최대 엔트로피를 N으로 착각하면 바로 틀리기 쉽다. 최대 엔트로피는 N이 아니라 $\log_2 N$이며, 이진 정보원에서는 항상 상한이 1 bit라는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

엔트로피 범위를 묻는 선지는 먼저 $H_{\max} = \log_2 N$을 적용해 상한부터 확인하면 된다. 그다음 등확률이면 최대값, 비등확률이면 그 최대값보다 작다고 판단하면 된다.

암기 포인트

이진 정보원의 엔트로피 최대는 2가 아니라 1 bit이며, 일반식은 $H_{\max} = \log_2 N$이다.

NoteBase

문 7. 통과대역(bandpass) 디지털 통신 시스템을 다음과 같은 조건으로 설계한다고 할 때, 주어진 조건에서 왜곡 없이 송신 가능한 1초당 최대 데이터 비트의 수[Mbps]는?

채널 대역폭: 10[MHz] (보호 대역은 고려하지 않는다)
변조 방식: 64-QAM
컨볼루션 부호(convolution code)의 부호화율(code rate): $\frac{1}{2}$
R_s의 심볼 전송률[sps]로 변조 심볼을 전송하기 위해 $2R_s$의 대역폭[Hz]을 차지하는 펄스 성형을 사용한다.

① 60
② 30
③ 15
④ $\frac{5}{3}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 통과대역 채널의 대역폭과 심볼 전송률의 관계, 64-QAM의 심볼당 비트 수, 컨볼루션 부호의 부호화율을 함께 적용해 실제 정보 데이터 비트율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 채널 대역폭은 $10MHz$이다. 변조 방식은 64-QAM이므로 심볼당 $\log_2 64 = 6$비트를 실어 보낸다. 컨볼루션 부호의 부호화율은 1/2이다.
구해야 할 값: 왜곡 없이 송신 가능한 최대 정보 데이터 비트율이다.
주의할 조건: 문제에서 심볼 전송률 R_s를 전송하려면 $2R_s$의 대역폭이 필요하다고 주어졌으므로, 먼저 채널 대역폭으로부터 가능한 최대 R_s를 구해야 한다.

사용할 공식

사용할 관계식은 $B = 2R_s$, $k = \log_2 M$, $R_b = R_s \times k \times r$이다. 여기서 B는 채널 대역폭, k는 심볼당 비트 수, r은 부호화율이다.
이 공식을 쓰는 이유: 채널이 허용하는 최대 심볼 전송률은 대역폭 조건으로 정해지고, 64-QAM은 한 심볼에 6비트를 싣지만 부호화율이 1/2이므로 그중 절반만 실제 정보 비트가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 대역폭 조건에서 $10MHz = 2R_s$이므로 $R_s = 5 \times 10^6 sps$이다.
2. 64-QAM의 심볼당 비트 수는 $\log_2 64 = 6$이므로 부호화된 전송 비트율은 $5 \times 10^6 \times 6 = 30 \times 10^6 bps$이다.
3. 부호화율이 1/2이므로 실제 정보 데이터 비트율은 $30 \times 10^6 \times \frac{1}{2} = 15 \times 10^6 bps$이다.
4. 따라서 최대 데이터 비트율은 $15Mbps$이다.

선지별 해설

① X

60 Mbps는 채널 대역폭 $10MHz$를 곧바로 $10 \times 10^6 sps$처럼 보고 심볼당 6비트만 곱한 값이라서, $2R_s$ 대역폭 조건과 부호화율 1/2를 모두 빠뜨린 값이다. 틀린 표현은 최대 데이터 비트율을 60 Mbps로 본 부분이며, 올바르게는 $R_s = 5Msps$를 먼저 구한 뒤 부호화율까지 반영해야 한다.

② X

30 Mbps는 $R_s = 5Msps$와 64-QAM의 6비트/심볼까지는 반영했지만, 부호화율 1/2를 누락해 부호화된 전송 비트율을 실제 정보 데이터 비트율로 착각한 값이다. 틀린 표현은 최대 데이터 비트율을 30 Mbps로 본 부분이며, 올바르게는 실제 데이터 비트율은 그 절반인 15 Mbps이다.

③ O

$R_s = 5Msps$, 심볼당 6비트, 부호화율 1/2를 모두 반영하면 $5 \times 6 \times \frac{1}{2} = 15$이므로 15 Mbps가 맞다.

④ X

$\frac{5}{3}Mbps$는 심볼당 비트 수 6이나 부호화율 1/2를 분모에 잘못 넣는 분모·분자 혼동에서 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현은 심볼당 비트 수를 나누는 값처럼 처리한 부분이며, 올바르게는 64-QAM의 6비트/심볼은 정보량을 늘리는 곱셈 항으로 들어가고, 마지막에 부호화율 1/2를 곱해 15 Mbps를 얻는다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 세 가지이다. 첫째, 통과대역 대역폭 B를 그대로 심볼 전송률 R_s로 두는 실수이다. 이 문제는 명시적으로 $B = 2R_s$ 조건을 주었다. 둘째, 64-QAM의 6비트/심볼로 구한 값을 바로 정보 데이터 비트율로 착각하는 실수이다. 셋째, 부호화율 1/2를 나누기와 곱하기 중 어디에 적용하는지 헷갈리는 실수이다. 이 문항은 ②처럼 부호화율을 빼먹는 오답을 가장 강하게 유도한다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 통신 문제는 먼저 대역폭 조건으로 R_s를 제한하고, 다음에 $\log_2 M$으로 심볼당 비트 수를 구한 뒤, 마지막에 부호화율을 곱해 실제 정보 비트율로 바꾸는 순서로 판단한다. 순서를 대역폭 → 심볼률 → 변조 비트 수 → 부호화율로 고정하면 실수가 줄어든다.

암기 포인트

최대 정보 비트율은 $R_b = \frac{B}{2} \times \log_2 M \times r$ 형태로 정리된다. 이 문제에서는 $\frac{10MHz}{2} \times 6 \times \frac{1}{2} = 15Mbps$이다.

문 8. 대역 제한(bandwidth-limited)된 기저대역(baseband) 디지털 전송 시스템에서 16-PAM(Pulse Amplitude Modulation) 방식을 사용하여 10 [Mbps] 데이터 전송률을 얻고자 할 때, 심볼 간 간섭(ISI)이 발생하지 않도록 전송하는 데 필요한 나이퀴스트(Nyquist) 최소 대역폭[MHz]은?

① 10

② 5

③ 2.5

④ 1.25

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 M진 PAM에서 심볼당 비트 수와 나이퀴스트 최소 대역폭 $B = R_s/2$의 관계를 적용해 필요한 기저대역 대역폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 데이터 전송률 $R_b = 10Mbps$, 변조 방식 16-PAM
- 구해야 할 값: ISI가 없도록 하는 나이퀴스트 최소 대역폭 B
- 주의할 조건: 16-PAM은 심볼당 $\log_2 16 = 4$비트를 실어 보내므로 먼저 심볼율 R_s를 구해야 한다.

사용할 공식

$R_s = \frac{R_b}{\log_2 M}, \qquad B_{Nyquist} = \frac{R_s}{2}$

이 공식을 쓰는 이유: 16-PAM은 여러 비트를 한 심볼에 실어 보내므로 비트율을 바로 대역폭에 대입하면 안 된다. 기저대역 Nyquist 전송에서 ISI가 없으려면 최소 대역폭은 심볼율의 절반이다.

계산 과정

1. 16-PAM의 심볼당 비트 수는 $\log_2 16 = 4$이다.
2. 심볼율은 $R_s = \frac{10Mbps}{4} = 2.5Mbaud$이다.
3. Nyquist 최소 대역폭은 $B = \frac{R_s}{2} = \frac{2.5}{2} = 1.25MHz$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 10MHz는 비트율 10$Mbps$를 그대로 대역폭으로 본 값이다.
- 틀린 표현은 "비트율 = 최소 대역폭"이다. 올바르게는 16-PAM에서는 먼저 심볼율로 바꾼 뒤 $B = R_s/2$를 적용해야 한다.

② X
- 5MHz는 이진 기저대역 전송처럼 $B = R_b/2$만 적용한 값이다.
- 틀린 표현은 "16-PAM에서도 비트율을 바로 절반으로 나눈다"이다. 올바르게는 16-PAM에서는 $R_s = R_b/4$이므로 다시 $B = R_s/2$를 써야 한다.

③ X
- 2.5MHz는 계산된 심볼율 수치와 같은 값으로, 최소 대역폭이 아니라 심볼율을 그대로 적은 오답이다.
- 틀린 표현은 "최소 대역폭 = 심볼율"이다. 올바르게는 기저대역 Nyquist 최소 대역폭은 심볼율의 절반이므로 1.25MHz이다.

④ O
- 16-PAM의 심볼율은 2.5$Mbaud$이고 Nyquist 최소 대역폭은 그 절반인 1.25MHz이므로 옳다.

오답 포인트

16-PAM에서 심볼당 4비트를 보낸다는 점을 빼먹으면 5MHz나 10MHz로 잘못 간다. 심볼율까지는 맞게 구해 놓고 baseband Nyquist 조건 $B = R_s/2$ 대신 $B = R_s$로 두면 2.5MHz를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

M진 baseband 문제는 먼저 심볼당 비트 수 $\log_2 M$를 구해 $R_s = R_b/\log_2 M$로 바꾸고, 그다음 Nyquist 최소 대역폭 $B = R_s/2$를 적용하면 된다.

암기 포인트

M진 PAM의 핵심은 "비트율 → 심볼율 → 대역폭" 순서이며, baseband Nyquist 최소 대역폭은 $B = R_b/(2\log_2 M)$이다.

NoteBase

문 9. 임펄스 응답 함수 $h(t) = 2\text{rect}(t+1)$를 갖는 선형 시불변 시스템(linear time invariant system)에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, rect(t)=cases1, & -1/2 ≤ t ≤ 1/2 \ 0, & otherwisecases이다.)

① BIBO(Bounded Input Bounded Output) 특성을 갖는 안정적인 시스템이다.

② 인과성(causal)이 있는 시스템이다.

③ 한정된 대역폭을 가지며 입력 신호의 크기를 주파수별로 일정하게 증폭시키는 시스템이다.

④ 주파수축 위상 응답 특성이 상수인 시스템이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 임펄스 응답 $h(t) = 2\text{rect}(t+1)$의 시간영역 모양만 보고 BIBO 안정성, 인과성, 대역폭, 위상 특성을 연결하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

BIBO 안정: LTI 시스템은 $\int_{-\infty}^{\infty}|h(t)|dt < \infty$이면 안정적이다.
인과성: LTI 시스템은 $t < 0$에서 $h(t) = 0$이어야 인과적이다.
주파수 응답: 시간영역의 폭이 유한한 사각파는 주파수영역에서 sinc 꼴이 되어 대역이 무한하고 크기도 주파수에 따라 변한다.
위상 특성: 시간 이동은 상수 위상이 아니라 주파수에 비례하는 선형 위상을 만든다.

선지별 해설

① O: $\text{rect}(t+1)$는 $-\frac{3}{2} \le t \le -\frac{1}{2}$에서만 1이므로 $h(t)$는 유한 구간에서만 2이고, $\int|h(t)|dt = 2 \times 1 = 2 < \infty$이다. 따라서 BIBO 안정이다.
② X: 틀린 부분은 "인과성(causal)이 있는"이다. 이 시스템은 $t < 0$ 구간인 $-\frac{3}{2} \le t \le -\frac{1}{2}$에서 이미 $h(t) \neq 0$이므로 비인과 시스템이다. 올바르게는 "인과성이 없는 시스템이다"이다.
③ X: 틀린 부분은 "한정된 대역폭"과 "주파수별로 일정하게 증폭"이다. $h(t)$의 푸리에 변환은 사각파의 변환이므로 sinc 형태가 되어 주파수축 전체로 퍼지며, 크기 응답도 평탄하지 않다. 올바르게는 "대역이 무한하고 주파수에 따라 크기 응답이 달라지는 시스템이다"이다.
④ X: 틀린 부분은 "위상 응답 특성이 상수"이다. 시간축에서 1만큼 이동한 사각파는 주파수영역에서 선형 위상항을 만든다. 올바르게는 "주파수축에 따라 선형적으로 변하는 위상 응답을 갖는 시스템이다"이다.

오답 포인트

유한한 시간 구간에만 존재하는 $h(t)$를 보고 곧바로 유한 대역통과 시스템으로 오해하기 쉽다. 시간영역의 유한 지지와 주파수영역의 유한 대역은 서로 다른 개념이다. 또 $t < 0$에서 응답이 존재한다는 사실을 놓치면 ②를 맞는 선지로 착각하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $h(t)$가 어느 시간 구간에서 0이 아닌지 본다. 그다음 $\int |h(t)|dt$가 유한하면 안정, $t<0$에서 0이 아니면 비인과로 판단한다. 마지막으로 시간영역 사각파는 주파수영역 sinc, 시간 이동은 선형 위상이라는 대응만 확인하면 ③과 ④를 바로 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

시간영역 rect는 주파수영역 sinc이고, 유한시간은 유한대역을 뜻하지 않는다. $t<0$에서 $h(t)\neq 0$이면 비인과, $\int |h(t)|dt<\infty$이면 BIBO 안정이다.

NoteBase

문 10. BPSK, QPSK, BFSK의 성능에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 동기식 복조 방식을 사용하여 동일한 비트 오류 확률 성능을 얻고자 할 때, BFSK 방식은 BPSK 방식에 비해 비트당 에너지가 더 많이 필요하다.

② QPSK와 BPSK의 신호 대역폭이 동일할 때, QPSK 방식은 BPSK 방식과 동일한 비트 전송률을 갖는다.

③ 동기식 복조 방식을 사용하여 동일한 비트 오류 확률 성능을 얻고자 할 때, QPSK 방식은 BPSK 방식에 비해 비트당 에너지가 약 2배 더 필요하다.

④ 같은 비트당 에너지로 전송할 때 BPSK, QPSK, BFSK 방식은 모두 동일한 대역폭 효율(bandwidth efficiency)을 갖는다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 BPSK, QPSK, BFSK의 비트 오류 확률 성능과 대역폭 효율 차이를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

BPSK는 두 개의 위상으로 1비트씩 전송하는 방식이며, 동기식 복조에서 비트 오류 확률 성능의 기준이 되는 방식이다.
QPSK는 네 개의 위상으로 심벌당 2비트를 전송하는 방식이며, 동기식 복조에서 BPSK와 같은 비트 오류 확률 성능을 가지면서 같은 대역폭에서 더 높은 비트 전송률을 낸다.
BFSK는 두 개의 서로 다른 주파수로 1비트를 전송하는 방식이며, 동기식 직교 복조 기준으로 BPSK보다 같은 비트 오류 확률을 얻기 위해 더 큰 E_b/N_0가 필요하고 대역폭 효율도 낮다.

NoteBase

선지별 해설

① O
동기식 복조에서 BPSK의 비트 오류 확률은 $P_b = Q(\sqrt{2E_b/N_0})$, 직교 BFSK의 비트 오류 확률은 $P_b = Q(\sqrt{E_b/N_0})$이다.
같은 비트 오류 확률을 얻으려면 BFSK가 BPSK보다 더 큰 E_b/N_0가 필요하므로 비트당 에너지가 더 많이 필요하다는 설명은 옳다.

② X
틀린 부분은 "동일한 비트 전송률"이다.
실제로는 같은 신호 대역폭이면 QPSK는 한 심벌에 2비트를 실을 수 있으므로 BPSK보다 더 높은 비트 전송률을 가지며, 일반적으로 약 2배의 비트 전송률을 갖는다.

③ X
틀린 부분은 "비트당 에너지가 약 2배 더 필요하다"이다.
실제로는 동기식 복조에서 QPSK와 BPSK의 비트 오류 확률 성능은 같으므로 같은 비트 오류 확률을 위한 비트당 에너지도 같다.

④ X
틀린 부분은 "모두 동일한 대역폭 효율"이다.
실제로는 QPSK가 심벌당 2비트를 보내므로 대역폭 효율이 가장 높고, BPSK가 그 다음이며, BFSK는 서로 다른 주파수를 분리해야 하므로 더 넓은 대역폭을 써서 대역폭 효율이 가장 낮다.

오답 포인트

②와 ③은 QPSK가 위상 수가 많으니 더 많은 에너지가 필요하다고 착각하게 만드는 선지이다. 그러나 비트 오류 확률 성능은 비트당 에너지 기준으로 비교해야 하며, QPSK는 같은 대역폭에서 전송률을 높이는 방식이지 BPSK보다 비트 오류 성능이 나빠지는 방식이 아니다. ④는 비트 오류 성능과 대역폭 효율을 같은 개념으로 혼동하면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

비트 오류 확률을 묻는 선지는 먼저 필요한 E_b/N_0를 비교한다. 동기식 복조 기준으로 BPSK와 QPSK는 같고, BFSK는 더 큰 E_b/N_0가 필요하다. 대역폭이나 전송률을 묻는 선지는 심벌당 비트 수를 본다. QPSK는 2비트, BPSK와 BFSK는 1비트이므로 같은 대역폭이면 QPSK가 유리하다.

암기 포인트

오류 성능은 BPSK = QPSK > BFSK이고, 대역폭 효율은 QPSK > BPSK > BFSK이다.

NoteBase

문 11. AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널 환경에서 평균 수신 신호 전력이 15[μW], 평균 잡음 전력이 5[μW]이고, 오류 없이 전송할 수 있는 최대 전송률이 10[Mbps]이라고 할 때, 요구되는 최소 전송 채널 대역폭[MHz]은?

① 1

② 2.5

③ 5

④ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 AWGN 채널의 샤논 용량 공식으로 주어진 신호대잡음비에서 필요한 최소 대역폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수신 신호 전력은 $15\mu W$, 잡음 전력은 $5\mu W$, 최대 전송률은 $10Mbps$이다.
구해야 할 값: 오류 없이 $10Mbps$를 전송하기 위한 최소 채널 대역폭이다.
주의할 조건: AWGN 채널이므로 샤논 용량 공식 $C = B\log_2(1 + S/N)$를 사용한다.

사용할 공식

샤논 용량 공식은 $C = B\log_2(1 + S/N)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 AWGN 채널, 신호 전력, 잡음 전력, 오류 없는 최대 전송률이 함께 주어졌으므로 채널 용량과 대역폭의 관계를 직접 적용하는 상황이다.

계산 과정

1. 신호대잡음비는 $S/N = 15/5 = 3$이다.
2. 따라서 $1 + S/N = 4$이고, $\log_2 4 = 2$이다.
3. 샤논 공식에 대입하면 $10 = B \times 2$가 된다.
4. 따라서 $B = 10/2 = 5$이므로 필요한 최소 대역폭은 $5MHz$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $1MHz$이면 채널 용량은 $1 \times \log_2 4 = 2Mbps$에 불과하므로 $10Mbps$를 전송할 수 없다. 올바르게는 $5MHz$이어야 한다.
2번 X: $2.5MHz$이면 채널 용량이 $2.5 \times 2 = 5Mbps$이므로 필요한 전송률의 절반밖에 되지 않는다.
$1 + S/N = 4$를 그대로 나누는 식으로 계산하면 나올 수 있는 오답이며, 올바르게는 $\log_2 4 = 2$를 써서 $5MHz$를 구해야 한다.
3번 O: $B = 5MHz$이면 채널 용량이 $5 \times 2 = 10Mbps$가 되어 주어진 최대 전송률을 정확히 만족한다.
4번 X: $10MHz$이면 채널 용량이 $10 \times 2 = 20Mbps$가 되므로 전송은 가능하지만 최소 대역폭이 아니다.
올바른 최소값은 $5MHz$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 S/N를 구한 뒤 $1 + S/N$와 $\log_2(1 + S/N)$를 구분하지 않는 데 있다. 특히 4를 바로 분모로 넣으면 2.5 MHz가 나오고, 로그 항을 빼먹으면 10 MHz를 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

AWGN 용량 문제는 먼저 S/N를 계산하고, 다음에 $\log_2(1 + S/N)$ 값을 구한 뒤, 마지막에
$B = C/\log_2(1 + S/N)$로 정리해 최소 대역폭을 판단한다.

암기 포인트

샤논 용량은 $C = B\log_2(1 + S/N)$이며, 대역폭은 전송률을 $\log_2(1 + S/N)$로 나눈 값이다.

NoteBase

문 12. 메시지 신호 $m(t) = A_m\cos(2\pi f_m t)$를 이용하여 반송파 $c(t) = A_c\cos(2\pi f_c t)$를 변조한 후 전송되는 신호 $s(t) = m(t)c(t)$에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $f_m \ll f_c$, A_m과 A_c는 상수로 양(+)의 값을 갖는다)

① $s(t)$는 포락선 검파가 가능하다.

② $m(t)$가 0을 지날 때, $s(t)$는 위상 반전(phase reversal)이 일어난다.

③ $s(t)$의 양측(two-side) 진폭 스펙트럼에서 주파수 $(f_c + f_m)$의 크기는 $\frac{A_m A_c}{2}$이다.

④ $s(t)$의 양측 진폭 스펙트럼에서 주파수 f_c의 크기는 $\frac{A_c}{2}$이고, 메시지 신호의 전력과 함께 반송파의 전력도 전송된다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $s(t) = m(t)c(t)$인 DSB-SC 신호를 전개하여 위상 반전과 양측 진폭 스펙트럼의 크기를 판단하는 문제이다.

조건 정리

메시지 신호는 $m(t) = A_m\cos(2\pi f_m t)$이고 반송파는 $c(t) = A_c\cos(2\pi f_c t)$이다.
전송 신호는 $s(t) = m(t)c(t)$이다.
조건은 $f_m \ll f_c$, $A_m > 0$, $A_c > 0$이다.

사용할 공식

곱-합 공식은 $\cos\alpha\cos\beta = \frac{1}{2}\{\cos(\alpha+\beta) + \cos(\alpha-\beta)\}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 전송 신호가 메시지와 반송파의 곱으로 주어졌으므로, 이를 상측파와 하측파 성분으로 분해해야 스펙트럼과 반송파 존재 여부를 바로 판단할 수 있기 때문이다.

계산 과정

$s(t) = A_m\cos(2\pi f_m t)\cdot A_c\cos(2\pi f_c t)$
$= \frac{A_m A_c}{2}\cos\{2\pi(f_c + f_m)t\} + \frac{A_m A_c}{2}\cos\{2\pi(f_c - f_m)t\}$
따라서 $s(t)$는 반송파 성분 f_c가 없는 DSB-SC 신호이다.
또한 시간영역에서 각 측파대 코사인 성분의 진폭은 $\frac{A_m A_c}{2}$이지만, 양측 진폭 스펙트럼에서 +주파수 한 줄의 크기는 그 절반인 $\frac{A_m A_c}{4}$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $s(t)$는 반송파가 억압된 DSB-SC 신호이므로 포락선 검파로는 원 신호의 부호를 복원할 수 없다. 틀린 표현은 '포락선 검파가 가능하다'이며, 올바르게는 '동기 검파가 필요하다'이다.
2번 O: $m(t)$가 0을 지나며 부호가 바뀌면 $s(t) = m(t)c(t)$도 부호가 바뀐다. 이는 반송파에 π만큼의 위상 반전이 생기는 것과 같은 의미이므로 옳다.
3번 X: 시간영역 식에서 $(f_c + f_m)$ 성분의 코사인 진폭은 $\frac{A_m A_c}{2}$이지만, 양측 진폭 스펙트럼에서 +주파수 $(f_c + f_m)$ 한 줄의 크기는 $\frac{A_m A_c}{4}$이다. 틀린 표현은 '크기는 $\frac{A_m A_c}{2}$이다'이며, 올바르게는 '양측 진폭 스펙트럼의 +주파수 한 줄 크기는 $\frac{A_m A_c}{4}$이다'이다.
4번 X: DSB-SC에서는 f_c에서의 반송파 선 스펙트럼이 존재하지 않으므로 그 크기는 0이다. 따라서 반송파 전력도 전송되지 않고 측파대 전력만 전송된다. 틀린 표현은 '주파수 f_c의 크기는 $\frac{A_c}{2}$이고, 반송파의 전력도 전송된다'이며, 올바르게는 '주파수 f_c 성분은 없고 반송파 전력은 전송되지 않는다'이다.

오답 포인트

일반 AM과 DSB-SC를 구분하지 않으면 1번과 4번을 틀리기 쉽다. 또한 시간영역 코사인 진폭 $\frac{A_m A_c}{2}$를 그대로 양측 진폭 스펙트럼 한 줄의 크기로 착각하면 3번을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

곱 형태의 변조 신호가 나오면 먼저 곱-합 공식으로 전개하여 f_c 성분이 남는지 확인한다. 그다음 시간영역 계수와 양측 진폭 스펙트럼 한 줄의 크기를 구분하여 각 선지를 판단한다.

암기 포인트

DSB-SC는 반송파 선이 없어서 포락선 검파가 불가능하고, 메시지 부호가 바뀌면 위상이 π만큼 반전된다.

NoteBase

문 13. 백색 잡음(white noise)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전력 스펙트럼 밀도는 주파수에 따라 크기가 서로 다르게 나타난다.

② 자기 상관 함수(autocorrelation function) $R(\tau) = \frac{N_0}{2}\delta(\tau)$이다.

③ 백색 잡음이 이상적인(ideal) 저역 통과 필터를 통과한 경우, 그 신호의 자기 상관 함수는 시간 영역에서 sinc 함수로 표현된다.

④ 전력 스펙트럼 밀도는 절대온도에 비례한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문항은 백색 잡음의 핵심 성질인 평탄한 전력 스펙트럼 밀도와 그에 대응하는 자기상관 특성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

백색 잡음은 모든 주파수 대역에서 전력 스펙트럼 밀도가 일정한 잡음이다.
전력 스펙트럼 밀도와 자기상관 함수는 푸리에 변환 쌍이므로, 평탄한 스펙트럼은 시간 영역에서 델타 함수형 자기상관으로 대응된다.
이상적인 저역 통과 필터를 거치면 스펙트럼은 직사각형 모양으로 제한되고, 시간 영역 자기상관 함수는 sinc 함수 형태가 된다.

선지별 해설

① X
백색 잡음의 전력 스펙트럼 밀도는 주파수에 따라 달라지지 않고 일정하다. 틀린 표현은 "주파수에 따라 크기가 서로 다르게"이다. 올바르게는 "전 주파수 대역에서 일정하게 나타난다"이다.

② O
백색 가우시안 잡음의 양측 전력 스펙트럼 밀도를 $N_0/2$로 두면 자기상관 함수는 $R(\tau) = \frac{N_0}{2}\delta(\tau)$가 된다. 평탄한 스펙트럼과 델타형 자기상관의 대응을 묻는 기본 성질이다.

③ O
백색 잡음이 이상적인 저역 통과 필터를 통과하면 출력 스펙트럼은 대역 제한된 직사각형이 된다. 직사각형 스펙트럼의 역푸리에 변환은 sinc 함수이므로 자기상관 함수가 시간 영역에서 sinc 형태로 표현된다.

④ O
열잡음과 같은 대표적 백색 잡음의 전력 스펙트럼 밀도는 절대온도에 비례한다. 따라서 온도가 높아질수록 잡음 전력밀도도 커진다.

NoteBase

오답 포인트

백색 잡음을 "잡음이므로 주파수별 세기가 들쭉날쭉하다"고 직관적으로 받아들이면 ①에 속기 쉽다. 이 문항의 함정은 실제 순간 파형의 불규칙성과 전력 스펙트럼 밀도의 평균적 성질을 혼동하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

백색 잡음이 나오면 먼저 "전력 스펙트럼 밀도는 평탄하다"를 떠올리면 된다. 그다음 평탄한 스펙트럼이면 자기상관은 델타 함수, 대역 제한된 직사각형 스펙트럼이면 자기상관은 sinc 함수로 연결해서 판단하면 된다.

암기 포인트

백색 잡음은 PSD 평탄, 자기상관은 델타, 이상적 저역 통과 후 자기상관은 sinc이다.

NoteBase

문 14. 4G LTE(Long-Term Evolution) 및 5G 이동통신 시스템의 다중접속 기술로 사용되는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① CDMA 방식에 비해 인접 셀 간의 간섭 영향이 적어 셀 간 간섭조정(inter-cell interference coordination) 절차가 필요 없다.

② CDMA 방식에 비해 상대적으로 낮은 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)를 가지므로 작은 백오프(back-off)를 갖는 전력 증폭기를 사용할 수 있다.

③ OFDMA 시스템에서는 각 사용자의 채널 품질을 고려하여 주파수 자원을 적응적으로 각 사용자에게 할당함으로써 전체 시스템의 처리율(throughput)을 증대할 수 있다.

④ OFDMA에서는 다수의 사용자가 주파수 자원을 나누어 데이터를 송수신하기 때문에 각 사용자 신호의 구분을 위해 직교 부호(orthogonal code)를 할당하여 사용한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 OFDMA와 CDMA의 자원 분할 방식, PAPR 특성, 그리고 채널 적응적 자원 할당 효과를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

OFDMA는 여러 사용자가 시간-주파수 자원을 직교 부반송파 단위로 나누어 쓰는 다중접속 방식이다. 결정 차이축은 사용자를 무엇으로 분리하는가이다. 키워드는 부반송파, 자원 블록, 주파수 선택적 스케줄링이다.
CDMA는 여러 사용자가 같은 시간과 주파수를 공유하되 서로 다른 확산부호로 구분하는 방식이다. 결정 차이축은 사용자를 무엇으로 분리하는가이다. 키워드는 확산부호, 코드 분할이다.
OFDMA는 OFDM 기반이라 PAPR가 큰 편이고, 대신 사용자별 채널 품질에 따라 서브캐리어나 자원 블록을 다르게 배정하여 다중사용자 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

선지별 해설

① X
OFDMA는 주파수 재사용도가 높아 인접 셀 간 간섭이 작다고 볼 수 없다. 특히 셀 경계에서는 inter-cell interference가 문제되므로 ICIC, eICIC 같은 간섭 조정이 필요하다. 틀린 표현은 "간섭 영향이 적어 ... 필요 없다"이다. 올바르게는 "셀 간 간섭이 발생하므로 간섭 조정 기법이 중요하다"이다.

② X
OFDMA는 여러 부반송파가 합성되므로 일반적으로 PAPR가 높다. 따라서 전력증폭기는 더 큰 백오프와 선형성이 요구된다. 틀린 표현은 "상대적으로 낮은 PAPR"이다. 올바르게는 "상대적으로 높은 PAPR를 가져 큰 백오프가 필요하다"이다.

③ O
OFDMA에서는 사용자별 채널 상태 정보를 바탕으로 주파수 자원을 적응적으로 배정할 수 있다. 채널이 좋은 사용자에게 해당 순간의 자원을 우선 할당하면 전체 처리율이 증가할 수 있으므로 설명이 옳다.

④ X
OFDMA에서 사용자 구분 기준은 직교 부호가 아니라 직교하는 부반송파와 시간-주파수 자원 블록이다. 직교 부호를 할당하는 방식은 CDMA의 설명에 가깝다. 틀린 표현은 "직교 부호를 할당하여 사용한다"이다.
올바르게는 "직교한 부반송파 또는 자원 블록을 할당하여 사용한다"이다.

오답 포인트

④처럼 OFDMA와 CDMA의 사용자 분리 기준을 뒤바꾸는 함정이 대표적이다. 또 ②에서는 OFDM 계열의 높은 PAPR 특성을 반대로 바꾸어 놓았고, ①에서는 셀 간 간섭이 작아서 ICIC가 불필요하다고 과장하여 틀리게 만들었다.

다시 나오면 이렇게 판단

다중접속 문제에서는 먼저 사용자를 구분하는 축이 코드인지, 시간-주파수 자원인지부터 본다. 그다음 OFDM 계열이면 높은 PAPR와 채널 적응적 자원 할당 가능성을 함께 떠올리면 정답을 빠르게 고를 수 있다.

암기 포인트

CDMA는 코드로 구분하고, OFDMA는 부반송파와 자원 블록으로 구분한다. OFDMA는 높은 PAPR, 적응 스케줄링, ICIC 필요 가능성이 핵심이다.

NoteBase

문 15. 채널 부호(channel coding) 기법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, E_b와 N_0는 각각 비트당 에너지와 단측(one-side) 잡음 전력 스펙트럼 밀도이다)

① 채널 부호 기법을 적용함으로써, 동일한 비트 오류 확률을 얻기 위해 필요한 E_b/N_0가 줄어든 정도를 부호화 이득(coding gain)이라고 한다.

② 동일한 변조 방식을 사용하는 경우, 채널 부호 기법을 적용한 시스템은 이 기법을 적용하지 않은 시스템에 비해 모든 E_b/N_0에 대해 수신 비트 오류 확률 성능이 좋다.

③ 터보 부호(turbo code)와 LDPC(Low Density Parity Check) 부호는 반복 복호 과정을 통해 수신 성능을 개선할 수 있다.

④ 컨볼루션 부호(convolution code)에서 구속장 길이(constraint length) K가 커질수록 수신 비트 오류 확률 성능은 개선되지만, 구현 복잡도가 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 채널 부호의 부호화 이득, 반복 복호, 컨벌루션 부호의 구속장 길이 특성을 알고, 특히 부호 성능이 모든 E_b/N_0 구간에서 항상 좋아지는 것은 아니라는 점을 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

부호화 이득은 같은 비트 오류 확률을 얻기 위해 필요한 E_b/N_0를 얼마나 줄였는지를 나타내는 성능 이득이다.
반복 복호는 복호 과정에서 정보를 여러 번 주고받아 추정 성능을 높이는 방식이며 터보 부호와 LDPC 부호의 대표적 특징이다.
구속장 길이 K는 컨벌루션 부호가 현재 출력을 만들 때 참조하는 기억 길이이며, 일반적으로 K가 커질수록 성능은 좋아지지만 복잡도도 함께 증가한다.
채널 부호는 충분한 E_b/N_0 구간에서 큰 이득을 주지만, 모든 E_b/N_0에서 무조건 비부호 시스템보다 우수하다고 단정할 수는 없다.

NoteBase

선지별 해설

① O
같은 비트 오류 확률을 달성하기 위해 필요한 E_b/N_0가 감소한 정도를 부호화 이득이라고 하므로 옳은 설명이다.

② X
틀린 부분은 "모든 E_b/N_0에 대해"이다.
채널 부호를 적용했다고 해서 전 구간에서 항상 비부호 방식보다 비트 오류 확률이 더 좋은 것은 아니다.
일반적으로는 일정 수준 이상의 E_b/N_0 구간에서 부호화 이득이 뚜렷하게 나타난다.
올바르게는 "동일한 변조 방식에서도 채널 부호 시스템은 특정 E_b/N_0 이상에서 비부호 시스템보다 더 나은 비트 오류 확률 성능을 보일 수 있다"이다.

③ O
터보 부호와 LDPC 부호는 소프트 정보를 반복적으로 교환하는 반복 복호를 통해 성능을 개선하므로 옳다.

④ O
컨벌루션 부호에서 구속장 길이 K가 커지면 일반적으로 부호의 거리 특성이 좋아져 오류 성능이 개선되지만, 상태 수와 복호 복잡도도 증가하므로 옳다.

오답 포인트

②는 "채널 부호를 쓰면 당연히 항상 더 좋다"라는 직관을 노린 선지이다. 통신이론에서는 "모든", "항상", "반드시"처럼 전 구간 절대 우세를 뜻하는 표현이 들어가면 예외 구간이 있는지를 먼저 의심해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

채널 부호 관련 선지는 먼저 발문이 옳은지 옳지 않은지 확인하고, 그다음 성능 비교 문장에 절대 표현이 있는지 본다. 성능 향상은 대개 특정 E_b/N_0 이상에서 나타나는 이득인지, 전 구간에서 무조건 성립하는 명제인지를 구분하면 판단이 빨라진다.

암기 포인트

부호화 이득은 같은 BER에 필요한 E_b/N_0 감소량이고, 터보·LDPC는 반복 복호를 쓴다. "모든 E_b/N_0에서 항상 우수" 같은 절대 표현은 오답 가능성이 크다.

NoteBase

문 16. 다음과 같이 정의된 선형 블록부호(linear block code)의 부호화(encoding) 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

정보어 심볼	00	01	10	11
부호어 심볼	00000	01101	10110	11011

① 부호율은 $\frac{2}{5}$이다.

② 최소 해밍 거리는 4이다.

③ 오류 정정 능력은 1이다.

④ 오류 검출 능력은 2이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 선형 블록부호의 부호율 $R = k/n$, 최소 해밍거리 d_{min}, 오류 정정 능력 t, 오류 검출 능력을 코드워드 표에서 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 정보어는 2비트이고 대응 부호어는 5비트이다.
선형부호이므로 최소 해밍거리는 서로 다른 부호어 사이 거리의 최솟값과 같고, 0이 아닌 부호어의 최소 해밍중량으로도 구할 수 있다.
부호어는 00000, 01101, 10110, 11011이다.

사용할 공식

부호율은 $R = k/n$이다.
최소 해밍거리는 $d_{min} = \min d(c_i, c_j)$이며, 선형부호에서는 d_{min}이 0이 아닌 부호어의 최소 해밍중량과 같다.
오류 정정 능력은 $t = \left\lfloor \frac{d_{min} - 1}{2} \right\rfloor$이다.
오류 검출 능력은 $d_{min} - 1$비트이다.
이 공식을 쓰는 이유는 보기들이 모두 부호의 기본 성능 파라미터를 묻고 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 정보어 길이는 $k = 2$, 부호어 길이는 $n = 5$이므로 부호율은 $R = 2/5$이다.
2. 0이 아닌 부호어의 해밍중량은 $w(01101) = 3$, $w(10110) = 3$, $w(11011) = 4$이다.
3. 따라서 최소 해밍거리는 $d_{min} = 3$이다.
4. 오류 정정 능력은 $t = \left\lfloor \frac{3-1}{2} \right\rfloor = 1$이다.
5. 오류 검출 능력은 $3 - 1 = 2$비트이다.

선지별 해설

① O: 정보어는 2비트, 부호어는 5비트이므로 부호율은 $R = k/n = 2/5$이다.
② X: 최소 해밍거리는 4가 아니라 3이다. 01101과 00000의 거리가 3이고, 10110과 00000의 거리도 3이므로 최솟값은 3이다. 틀린 표현은 "최소 해밍 거리는 4"이고, 올바르게는 "최소 해밍 거리는 3이다"이다.
③ O: $d_{min} = 3$이면 오류 정정 능력은 $t = \left\lfloor \frac{3-1}{2} \right\rfloor = 1$이다.
④ O: $d_{min} = 3$이면 최대 2비트 오류까지 검출할 수 있다. 따라서 오류 검출 능력은 2이다.

오답 포인트

11011의 해밍중량이 4라는 이유만으로 최소 해밍거리도 4라고 착각하기 쉽다. 최소값을 봐야 하므로 0이 아닌 모든 부호어의 해밍중량을 비교해야 한다. 또한 오류 정정 능력과 오류 검출 능력을 같은 값으로 혼동하기 쉽지만, 정정은 $\lfloor (d_{min} - 1)/2 \rfloor$, 검출은 $d_{min} - 1$로 구분된다.

다시 나오면 이렇게 판단

선형 블록부호 문제는 먼저 k와 n으로 부호율을 구하고, 다음으로 0이 아닌 부호어의 최소 해밍중량에서 d_{min}을 찾은 뒤, 마지막에 정정 능력과 검출 능력을 공식에 대입해 판단한다.

암기 포인트

선형부호는 $d_{min} = 0$이 아닌 최소 해밍중량, 정정은 $\lfloor (d_{min} - 1)/2 \rfloor$, 검출은 $d_{min} - 1$이다.

NoteBase

문 17. 메시지 신호 $m(t) = 2\cos(2000\pi t)$를 반송파 주파수 $f_c = 1$[MHz], 최대 주파수 편이 4[kHz]로 주파수 변조(frequency modulation)를 할 때, 변조된 신호의 편이율(deviation ratio) β와 주파수 변조 대역폭 B_{FM} [kHz]은?

① β: 1, B_{FM}: 4

② β: 2, B_{FM}: 6

③ β: 4, B_{FM}: 8

④ β: 4, B_{FM}: 10

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $m(t) = 2\cos(2000\pi t)$에서 메시지 주파수 $f_m = 1kHz$를 읽고, 최대 주파수 편이 $\Delta f = 4kHz$로부터 편이율 β와 카슨의 법칙 대역폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $m(t) = 2\cos(2000\pi t)$, 반송파 주파수 $f_c = 1MHz$, 최대 주파수 편이 $\Delta f = 4kHz$
구해야 할 값: 편이율 β, 주파수 변조 대역폭 B_{FM}
주의할 조건: $2000\pi = 2\pi \cdot 1000$이므로 메시지 주파수는 $f_m = 1kHz$이다.

사용할 공식

편이율은 $\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$이다.
카슨의 법칙은 $B_{FM} \approx 2(\Delta f + f_m)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 최대 주파수 편이와 최고 변조 주파수가 주어졌으므로 FM 기본 관계식과 카슨의 법칙으로 바로 계산할 수 있다.

계산 과정

1. $m(t) = 2\cos(2000\pi t) = 2\cos(2\pi \cdot 1000t)$이므로 $f_m = 1kHz$이다.
2. 편이율은 $\beta = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{4}{1} = 4$이다.
3. 대역폭은 $B_{FM} \approx 2(\Delta f + f_m) = 2(4 + 1) = 10kHz$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. $\beta = 1$, $B_{FM} = 4kHz$로 본 값인데, 메시지 주파수를 잘못 읽은 오답이다. 올바르게는 $\beta = 4$, $B_{FM} = 10kHz$이다.
2번: X. $\beta = 2$, $B_{FM} = 6kHz$는 편이율 계산의 분모를 잘못 잡고 카슨의 법칙도 축소 적용한 값이다. 올바르게는 $\beta = 4$, $B_{FM} = 10kHz$이다.
3번: X. $\beta = 4$까지는 맞지만 $B_{FM} = 8kHz$는 $2\Delta f$만 쓰고 $2f_m$를 빠뜨린 오답이다. 올바르게는 $B_{FM} = 10kHz$이다.
4번: O. $f_m = 1kHz$, $\Delta f = 4kHz$이므로 $\beta = 4$, $B_{FM} = 10kHz$가 되어 정답이다.

오답 포인트

메시지 신호의 각주파수 2000π를 주파수 $2000Hz$나 $2kHz$로 잘못 읽으면 처음부터 틀린다. 또한 FM 대역폭을 $2\Delta f$만으로 처리하면 $2f_m$ 항이 빠져 $8kHz$ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

FM 계산형은 먼저 $m(t)$를 $2\pi f_m t$ 꼴로 바꾸어 f_m를 읽고, 다음에 $\beta = \Delta f / f_m$, 마지막에 $B_{FM} \approx 2(\Delta f + f_m)$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

FM은 $m(t)$에서 f_m를 읽고, 편이율은 $\beta = \Delta f / f_m$, 대역폭은 카슨의 법칙 $2(\Delta f + f_m)$로 정리된다.

NoteBase

문 18. 시간 축의 신호 $x(t) = \text{sinc}(100t)$를 샘플링 할 때, 앨리어싱 효과(aliasing effect)가 발생하지 않도록 하는 샘플링 주기[초]의 최댓값은? (단, $\text{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$이다)

① 0.005

② 0.01

③ 0.05

④ 0.1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 정규화 sinc 함수의 대역폭을 구한 뒤 나이퀴스트 샘플링 조건으로 에일리어싱이 생기지 않는 최대 샘플링 주기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t) = \text{sinc}(100t)$이다.
$\text{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$이므로 정규화 sinc 함수이다.
구해야 할 값은 에일리어싱이 발생하지 않는 최대 샘플링 주기 T_s이다.
주의할 점은 sinc의 시간축이 100배 압축되면 주파수축 대역은 100배 넓어지고, 대역의 끝은 $\pm 50Hz$가 된다는 점이다.

사용할 공식

정규화 sinc 함수 $\text{sinc}(t)$의 스펙트럼은 직사각형 대역이며, $\text{sinc}(100t)$는 $|f| \le 50$에서만 성분을 가진다.
에일리어싱이 없으려면 나이퀴스트 조건 $f_s \ge 2f_{\max}$를 만족해야 한다.
또한 샘플링 주기는 $T_s = \frac{1}{f_s}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 묻는 값이 신호의 최고 주파수 성분에 의해 결정되는 최대 샘플링 주기이기 때문이다.

계산 과정

1. $\text{sinc}(100t)$의 최고 주파수는 $f_{\max} = \frac{100}{2} = 50Hz$이다.
2. 나이퀴스트 조건을 적용하면 $f_s \ge 2f_{\max} = 100Hz$이다.
3. 따라서 최대 샘플링 주기는 $T_s \le \frac{1}{100} = 0.01s$이고, 최댓값은 $0.01s$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
0.005초이면 $f_s = 200Hz$라서 에일리어싱은 없지만, 문제는 최대 샘플링 주기를 묻고 있으므로 최댓값은 아니다. 틀린 표현은 '최댓값'에 해당한다. 올바르게는 '0.005초도 가능하지만 최대값은 아니다'이다.

② O
0.01초이면 $f_s = 100Hz$가 되어 나이퀴스트 최소 조건을 정확히 만족한다. 따라서 에일리어싱이 발생하지 않는 최대 샘플링 주기이다.

③ X
0.05초이면 $f_s = 20Hz$이므로 필요한 $100Hz$보다 훨씬 작아 에일리어싱이 발생한다. 틀린 표현은 샘플링 주기를 과도하게 크게 잡은 점이다. 올바르게는 '0.05초는 불가능하고 0.01초 이하여야 한다'이다.

④ X
0.1초이면 $f_s = 10Hz$이므로 나이퀴스트 조건을 전혀 만족하지 못한다. 틀린 표현은 에일리어싱 없이 샘플링할 수 있다는 전제이다. 올바르게는 '0.1초에서는 에일리어싱이 반드시 발생한다'이다.

오답 포인트

정규화 sinc의 대역 끝이 $100Hz$라고 착각하면 샘플링 주기를 0.005초로 잘못 고르기 쉽다. 반대로 나이퀴스트 조건을 잊고 보기의 큰 값만 고르면 0.05초나 0.1초를 고르게 된다. 이 문제의 함정은 '가능한 값'과 '최댓값'을 구분하지 못하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

sinc 계열 샘플링 문제는 먼저 시간 스케일에서 최고 주파수 $f_{\max}$를 찾고, 그다음 $f_s \geq 2f_{\max}$를 적용한 뒤 마지막에 $T_s = 1/f_s$로 바꾸어 최댓값인지 여부까지 확인하면 된다.

암기 포인트

정규화 $\mathrm{sinc}(Bt)$의 대역폭 끝은 $\pm B/2$이고, 최대 샘플링 주기는 $1/B$이다.

NoteBase

문 19. 통과대역(bandpass) 대역폭이 1 [MHz]인 채널을 통해 신호를 전송할 때, 롤오프 인수(roll-off factor)가 0.25인 상승 코사인 필터(raised cosine filter)를 이용한다. 신호 왜곡이 발생하지 않는 최대 심볼 전송률[sps]은?

① 400,000

② 800,000

③ 1,000,000

④ 1,600,000

정답 2번

출제 포인트

상승 코사인 필터를 사용할 때 대역폭과 심볼 전송률의 관계 $B = (1 + \alpha)R_s$를 적용해 최대 심볼 전송률을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 채널 통과대역폭 $B = 1MHz$, 롤오프 인수 $\alpha = 0.25$
- 구해야 할 값: 신호 왜곡이 발생하지 않는 최대 심볼 전송률 R_s
- 주의할 조건: 통과대역 채널의 대역폭은 상승 코사인 필터 사용 시 $(1 + \alpha)R_s$가 된다.

사용할 공식

$B = (1 + \alpha)R_s$

따라서

$R_s = \frac{B}{1+\alpha}$

이 공식을 쓰는 이유는 상승 코사인 필터를 거친 디지털 신호의 통과대역 점유 대역폭이 롤오프 인수만큼 넓어지기 때문이다.

계산 과정

1. 주어진 값을 공식에 대입한다.

$R_s = \frac{1 \times 10^6}{1 + 0.25}$

2. 분모를 정리한다.

$R_s = \frac{1 \times 10^6}{1.25}$

3. 계산하면

$R_s = 0.8 \times 10^6 = 8.0 \times 10^5 sps$

따라서 최대 심볼 전송률은 800,000 sps이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 400,000은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 값 400,000이며, 올바르게는 800,000 sps이다.
- 이 값은 채널 대역폭을 불필요하게 한 번 더 줄여 과소평가할 때 나오는 오답이다.

② O
- $R_s = 1MHz/1.25 = 0.8MHz$이므로 800,000이 맞다.
- 상승 코사인 필터의 롤오프 때문에 심볼율이 채널 대역폭보다 그대로 같아질 수는 없다.

③ X
- 1,000,000은 롤오프 인수 $\alpha = 0.25$를 무시한 값이다. 틀린 표현은 값 1,000,000이며, 올바르게는 800,000 sps이다.
- $\alpha = 0$일 때만 $B = R_s$가 된다.

④ X
- 1,600,000은 대역폭 공식을 잘못 뒤집거나 통과대역폭과 저역통과 등가대역폭을 혼동해 과대평가한 값이다. 틀린 표현은 값 1,600,000이며, 올바르게는 800,000 sps이다.
- 채널 대역폭이 $1MHz$인데 심볼율이 그보다 크게 1.6 MHz가 되면 롤오프까지 포함한 점유 대역폭을 만족할 수 없다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 $B = R_s$로 단순화해 롤오프 인수를 빼먹는 점이다. 또 저역통과 등가대역폭의 $(1 + \alpha)R_s/2$와 실제 통과대역 채널 대역폭 $(1 + \alpha)R_s$를 섞으면 ④ 같은 과대값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

상승 코사인 필터 문제는 먼저 주어진 대역폭이 저역통과인지 통과대역인지 구분한 뒤, 통과대역이면 $B = (1 + \alpha)R_s$, 저역통과 등가대역폭이면 $B = (1 + \alpha)R_s/2$를 적용해 계산한다.

암기 포인트

상승 코사인 필터의 통과대역 점유 대역폭은 $(1 + \alpha)R_s$이고, 롤오프가 있으면 심볼율은 채널 대역폭보다 작아진다.

NoteBase

문 20. 확률 변수(random variable) X, Y, Z에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $E[X]$는 X의 기댓값을 의미한다)

① X의 분산 σ_X^2는 X의 2차 중심 모멘트(central moment)이다.

② X와 Y가 서로 독립(independent)이면, $E[XY] = E[X]E[Y]$이다.

③ X와 Y가 모두 평균이 0이고 분산이 σ^2인 독립가우시안 분포를 가지면, 새로운 확률 변수 $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$은 레일레이(Rayleigh) 확률 분포를 따른다.

④ X와 Y의 상관 계수(correlation coefficient) 값이 0이면, X와 Y는 서로 독립이다.

정답 4번

출제 포인트

분산과 중심모멘트의 정의, 독립일 때 기댓값의 곱 성질, 독립 가우시안의 크기 분포, 무상관과 독립의 차이를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

분산은 평균으로부터의 제곱편차의 기댓값으로 $E[(X - E[X])^2]$인 2차 중심모멘트이다.
독립이면 결합분포가 분리되므로 $E[XY] = E[X]E[Y]$가 성립하고, 공분산과 상관계수도 0이 된다.
레일리 분포는 서로 독립인 두 영평균 동일분산 가우시안 변수에 대해 $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$의 크기가 따르는 분포이다.
무상관은 선형관계가 없다는 뜻일 뿐이고, 독립은 모든 형태의 의존관계가 없다는 더 강한 조건이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
분산 σ_X^2는 $E[(X - E[X])^2]$로 정의되므로 X의 2차 중심모멘트라는 설명이 맞다.

② O
X와 Y가 독립이면 결합기댓값이 분리되어 $E[XY] = E[X]E[Y]$가 된다. 이는 독립의 기본 성질이다.

③ O
X와 Y가 서로 독립이고 각각 평균 0, 분산 σ^2인 가우시안이면 직교성분의 크기 $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$는 레일리 분포를 따른다.

④ X
틀린 부분은 '상관 계수 값이 0이면, X와 Y는 서로 독립이다'라는 표현이다.
상관계수 0은 선형 상관이 없다는 뜻일 뿐이며 비선형 의존은 남아 있을 수 있다. 예를 들어 대칭분포인 X에 대해 $Y = X^2$로 두면 상관계수는 0일 수 있어도 두 변수는 독립이 아니다.
올바르게는 '서로 독립이면 상관계수는 0이지만, 상관계수 0만으로는 독립이라 할 수 없다'이다.

오답 포인트

④는 독립과 무상관의 포함관계를 거꾸로 뒤집은 함정이다. 수험생은 '독립이면 상관계수 0'이라는 사실을 알고 있어도 그 역이 항상 성립한다고 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

확률변수 관계 문제에서는 먼저 함의 방향을 본다. 독립이면 무상관이지만, 무상관에서 독립으로 가는 역은 일반적으로 성립하지 않으며 공동가우시안 같은 특수한 경우에만 가능하다.

암기 포인트

독립은 강한 조건이고 무상관은 약한 조건이다. 기본 방향은 '독립 ⇒ 무상관'이다.

NoteBase