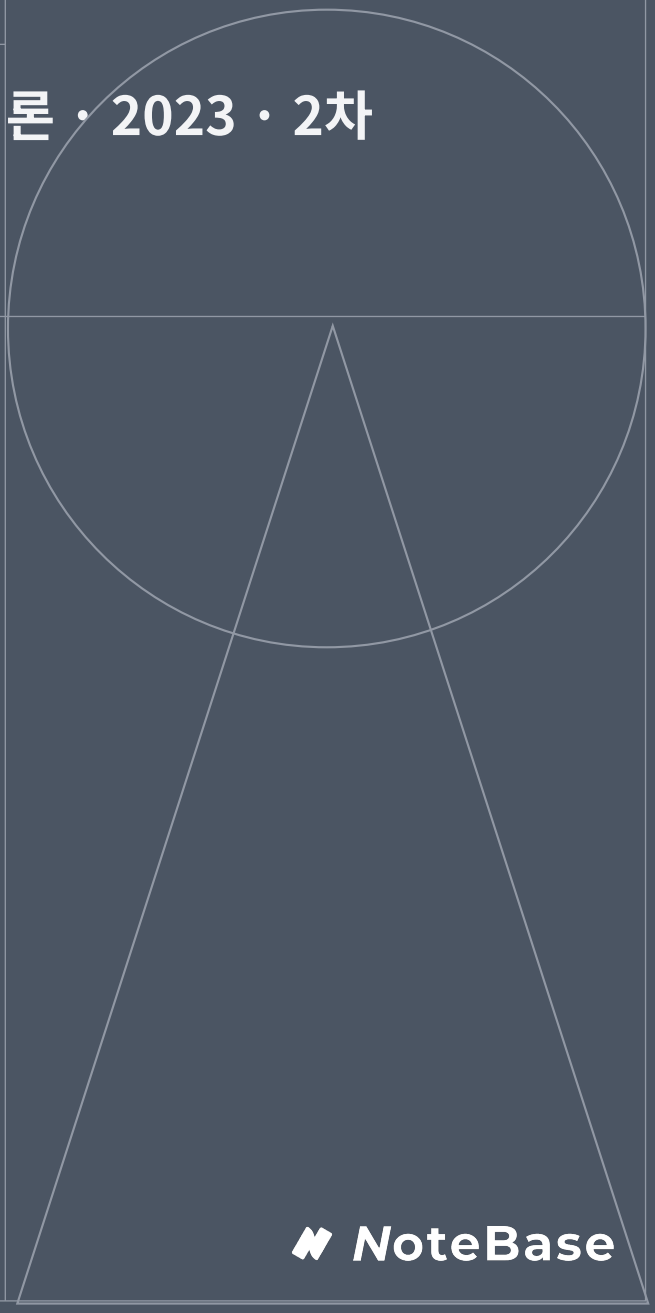
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2023 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2023 · 2차

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2023 · 2차

문 1. 선형 시불변 시스템에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $h(t)$는 시스템의 임펄스 응답을 나타낸다)

① $t < 0$일 때, $h(t) = 0$이면 시스템은 인과성을 갖는다.

② 임펄스 응답을 알면 임의의 입력에 대해 출력을 구할 수 있다.

③ 입력 신호 $x(t)$에 대한 출력 신호가 $y(t)$일 때, 입력 신호 $x(t - t_0)$에 대한 출력 신호도 $y(t)$이다. (단, $t_0 \neq 0$이다)

④ 입력 신호 $x_1(t)$에 대한 출력 신호가 $y_1(t)$이고 입력 신호 $x_2(t)$에 대한 출력 신호가 $y_2(t)$일 때, 입력 신호 $ax_1(t) + bx_2(t)$에 대한 출력 신호는 $ay_1(t) + by_2(t)$이다. (단, a와 b는 상수이다)

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 선형 시불변 시스템의 기본 성질인 인과성, 임펄스 응답에 의한 표현, 시간불변성, 선형성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

인과성은 현재 출력이 미래 입력에 의존하지 않는 성질이며, 연속시간 LTI 시스템에서는 $t < 0$에서 $h(t) = 0$이면 인과적이다.
시간불변성은 입력이 t_0만큼 지연되면 출력도 같은 만큼 지연되는 성질이며, $x(t) \to y(t)$이면
$x(t - t_0) \to y(t - t_0)$가 된다.
선형성은 입력의 선형결합에 대해 출력도 같은 선형결합으로 나타나는 성질이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: O. 연속시간 LTI 시스템에서 $t < 0$ 구간의 임펄스 응답이 0이면 미래 입력이 현재 출력에 영향을 주지 않으므로 인과성을 가진다.
2번: O. LTI 시스템은 임펄스 응답 $h(t)$와 입력 $x(t)$의 컨벌루션으로 출력이 정해지므로 임펄스 응답을 알면 임의의 입력에 대한 출력을 구할 수 있다.
3번: X. 틀린 표현은 "입력 신호 $x(t - t_0)$에 대한 출력 신호도 $y(t)$이다"이다. 시간불변 시스템에서는 입력을 t_0 만큼 이동시키면 출력도 같은 만큼 이동해야 하므로 올바르게는 $x(t - t_0)$에 대한 출력은 $y(t - t_0)$이다.
4번: O. $x_1(t) \to y_1(t), x_2(t) \to y_2(t)$일 때 $ax_1(t) + bx_2(t) \to ay_1(t) + by_2(t)$가 되는 것이 선형성의 정의이다.

오답 포인트

시간불변성을 "입력을 옮겨도 출력 파형이 그대로 같다"로 잘못 외우면 3번에 속는다. 핵심은 출력이 같아지는 것이 아니라 입력과 같은 시간만큼 함께 이동한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지를 보면 먼저 어떤 성질을 묻는지 분류한다. 인과성은 $h(t)$의 음의 시간 구간, 시간불변성은 입력 이동에 대한 출력의 동일한 이동, 선형성은 선형결합 보존으로 바로 대응시키면 판단할 수 있다.

암기 포인트

인과성은 $h(t) = 0$ for $t < 0$, 시간불변성은 입력 지연이면 출력도 같은 지연, 선형성은 입력 결합이면 출력도 같은 결합이다.

NoteBase

문 2. 기댓값이 m_X인 랜덤 변수 X의 분산은? (단, $E[\cdot]$는 랜덤 변수의 기댓값이고 $m_X \neq 0$이다)

① $E[(X+m_X)^2]$
② $E[X^2]+(m_X)^2$
③ $E[X^2-(m_X)^2]$
④ $E[(X-m_X)^2]+(m_X)^2$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 확률변수의 분산 정의와 $E[X]=m_X$를 이용하여 분산식을 $E[X^2]-(m_X)^2$ 꼴로 정리할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: $E[X]=m_X$, $m_X \neq 0$
- 구해야 할 값: 랜덤변수 X의 분산
- 주의할 조건: m_X는 상수이므로 기댓값 바깥으로 뺄 수 있고, 분산은 평균제곱이 아니라 평균을 뺀 제곱의 기댓값이다.

사용할 공식

$\mathrm{Var}(X)=E[(X-m_X)^2]=E[X^2]-\{E[X]\}^2=E[X^2]-(m_X)^2$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 평균 $E[X]$가 직접 m_X로 주어졌으므로 분산의 정의식을 그대로 전개하면 바로 선지와 비교할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 분산의 정의를 쓰면 $\mathrm{Var}(X)=E[(X-m_X)^2]$이다.
2. 이를 전개하면 $E[X^2-2m_XX+(m_X)^2]$이다.
3. 기댓값의 선형성과 $E[X]=m_X$를 적용하면 $E[X^2]-2m_XE[X]+(m_X)^2=E[X^2]-2(m_X)^2+(m_X)^2$이다.
4. 따라서 $\mathrm{Var}(X)=E[X^2]-(m_X)^2$가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $E[(X+m_X)^2]$는 분산 정의의 부호가 반대로 들어간 식이다. 전개하면 $E[X^2]+2m_XE[X]+(m_X)^2=E[X^2]+3(m_X)^2$가 되어 분산과 다르다. 틀린 표현은 $X+m_X$이고, 올바르게는 $X-m_X$이다.

② X: $E[X^2]+(m_X)^2$는 분산식에서 평균 제곱을 더한 식이다. 분산은 $E[X^2]$에서 $(m_X)^2$를 빼야 하므로 부호가 틀렸다. 틀린 표현은 $+(m_X)^2$이고, 올바르게는 $-(m_X)^2$이다.

③ O: $E[X^2-(m_X)^2]$는 m_X가 상수이므로 $E[X^2]-E[(m_X)^2]=E[X^2]-(m_X)^2$와 같다. 이는 분산의 전개식과 정확히 일치한다.

④ X: $E[(X-m_X)^2]+(m_X)^2$에서 앞부분 $E[(X-m_X)^2]$ 자체는 분산이 맞지만, 뒤에 $(m_X)^2$를 다시 더해 버려 전체 값은 $E[X^2]$가 된다. 틀린 표현은 $+(m_X)^2$이고, 올바르게는 그 항을 더하지 않고 $E[(X-m_X)^2]$만 두는 것이다.

오답 포인트

분산을 $E[X^2]$와 혼동하거나, $(E[X])^2$의 부호를 잘못 처리하면 ②와 ④ 같은 식을 고르기 쉽다. 또한 평균을 더한 제곱과 평균을 뺀 제곱을 혼동하면 ①로 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

분산 문제는 먼저 $\mathrm{Var}(X)=E[(X-\mu)^2]=E[X^2]-\mu^2$를 적고, 선지의 부호가 $-\mu^2$인지 확인하면 빠르게 판단할 수 있다. 식 안에 평균을 더했는지, 평균 제곱을 더했는지를 우선 걸러내면 된다.

암기 포인트

분산은 평균에서 떨어진 정도이므로 +가 아니라 −가 들어가며, $\mathrm{Var}(X)=E[X^2]-\{E[X]\}^2$이다.

NoteBase

문 3. 랜덤 변수 X의 확률밀도함수(probability density function) $f_X(x)$가 다음과 같을 때, X의 확률분포함수(probability distribution function) $F_X(x)$는? (단, a는 상수이다)

f_X(x)=casesa(x+1), & -1 ≤ x ≤ 2\\0, & otherwisecases

① F_X(x)=cases0, & x<-1\\(1)/(9)(x^2+2x+1), & -1 ≤ x<2\\1, & x ≥ 2cases

② F_X(x)=cases0, & x<-1\\(1)/(3)(-x^2+2x+3), & -1 ≤ x<2\\1, & x ≥ 2cases

③ F_X(x)=cases0, & x<-1\\(1)/(6)(-x^2+3x+4), & -1 ≤ x<2\\1, & x ≥ 2cases

④ F_X(x)=cases0, & x<-1\\(1)/(12)(x^2+3x+2), & -1 ≤ x<2\\1, & x ≥ 2cases

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 확률밀도함수를 먼저 정규화해 상수 a를 구한 뒤, 적분으로 누적분포함수 $F_X(x)$를 만드는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $f_X(x) = a(x+1)$ for $-1 \le x \le 2$, 그 밖에서는 0이다.
구해야 할 값: 확률분포함수 $F_X(x)$이다.
주의할 조건: 확률밀도함수이므로 전체 적분값이 1이어야 하고, $-1 \le x < 2$에서는 $F_X(x) = \int_{-1}^{x} f_X(t)dt$로 구한다.

사용할 공식

정규화 조건은 $\int_{-1}^{2} a(x+1)dx = 1$ 이다.
누적분포함수 공식은 $F_X(x) = \int_{-\infty}^{x} f_X(t)dt$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 밀도함수가 구간별로 주어졌고, 누적분포함수는 해당 밀도를 왼쪽 끝부터 x까지 적분한 값으로 정의되기 때문이다.

계산 과정

1. 먼저 a를 구하면 $\int_{-1}^{2} a(x+1)dx = a\left[\frac{x^2}{2} + x\right]_{-1}^{2} = a\left(4 - \left(-\frac{1}{2}\right)\right) = a \cdot \frac{9}{2} = 1$ 이므로 $a = \frac{2}{9}$이다.
2. 따라서 $-1 \le x < 2$에서 $F_X(x) = \int_{-1}^{x} \frac{2}{9}(t+1)dt = \frac{2}{9}\left[\frac{t^2}{2} + t\right]_{-1}^{x}$ 이다.
3. 이를 정리하면 $F_X(x) = \frac{2}{9}\left(\frac{x^2}{2} + x + \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{9}(x^2 + 2x + 1)$ 이다. 따라서 $x < -1$에서는 $F_X(x) = 0$, $-1 \le x < 2$에서는 $F_X(x) = \frac{1}{9}(x^2 + 2x + 1)$, $x \ge 2$에서는 $F_X(x) = 1$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- $-1 \le x < 2$에서 식이 $\frac{1}{9}(x^2 + 2x + 1)$로 계산 결과와 정확히 일치한다.
- 또한 $x < -1$에서 0, $x \ge 2$에서 1로 이어져 누적분포함수의 경계조건도 맞는다.

② X
- $-1 \le x < 2$에서 제시한 식 $\frac{1}{3}(-x^2 + 2x + 3)$의 이차항 부호와 계수가 잘못되었다.
- 누적분포함수는 내부 구간에서 $F'_X(x) = f_X(x) = \frac{2}{9}(x + 1)$를 만족해야 하는데, 이 식의 도함수는 $\frac{2 - 2x}{3}$이어서 주어진 밀도함수와 다르다.
- 틀린 표현은 $\frac{1}{3}(-x^2 + 2x + 3)$이고, 올바르게는 $\frac{1}{9}(x^2 + 2x + 1)$이다.

③ X
- $-1 \le x < 2$에서 제시한 식 $\frac{1}{6}(-x^2 + 3x + 4)$도 적분 결과가 아니다.
- 이 식의 도함수는 $\frac{3 - 2x}{6}$이므로 $\frac{2}{9}(x + 1)$와 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 $\frac{1}{6}(-x^2 + 3x + 4)$이고, 올바르게는 $\frac{1}{9}(x^2 + 2x + 1)$이다.

④ X
- $-1 \le x < 2$에서 제시한 식 $\frac{1}{12}(x^2 + 3x + 2)$는 형태가 비슷해 보여도 계수와 일차항이 맞지 않는다.
- 이 식의 도함수는 $\frac{2x + 3}{12}$이므로 주어진 밀도함수 $\frac{2}{9}(x + 1)$와 다르다.
- 틀린 표현은 $\frac{1}{12}(x^2 + 3x + 2)$이고, 올바르게는 $\frac{1}{9}(x^2 + 2x + 1)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 보기 식들이 모두 $x = -1$에서 0, $x = 2$에서 1이 되도록 꾸며져 있어 끝점만 확인하면 속기 쉽다는 점이다. 누적분포함수는 끝점뿐 아니라 내부 구간에서 도함수가 원래 밀도함수와 같아야 한다는 조건까지 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

밀도함수에서 분포함수로 바꾸는 문제는 먼저 전체 적분으로 상수를 정규화하고, 다음에 왼쪽 경계부터 적분해 후보식을 만든 뒤, 마지막으로 $F'_X(x) = f_X(x)$, 경계값 $F(-1) = 0$, $F(2) = 1$을 함께 대조하면 된다.

암기 포인트

연속형 확률변수는 pdf 적분 = cdf, 그리고 cdf 미분 = pdf 관계로 점검한다.

NoteBase

문 4. 스펙트럼이 갖는 주파수 f의 범위[Hz]가 $-W \le f \le W$인 메시지 신호를 반송파 $\cos(2\pi f_c t)$를 이용하여 양측파대 억압 반송파(DSB-SC) 진폭 변조했을 때, 변조된 신호의 전송 대역폭[Hz]은? (단, $f_c \gg W > 0$이다)

① $\frac{1}{2}W$

② W

③ $2W$

④ $4W$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 DSB-SC 진폭 변조에서 메시지의 최고 주파수가 W일 때 전송 대역폭이 얼마가 되는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 메시지 스펙트럼 범위는 $-W \le f \le W$이다.
구해야 할 값: DSB-SC로 변조된 신호의 전송 대역폭이다.
주의할 조건: 전송 대역폭은 양의 주파수축에서 점유하는 범위의 폭으로 본다.

사용할 공식

DSB-SC에서 메시지 대역의 최고 주파수가 W이면 변조 신호의 상측파대와 하측파대는 $f_c - W$부터 $f_c + W$까지 퍼진다. 따라서 전송 대역폭은
$B = (f_c + W) - (f_c - W) = 2W$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: $\cos(2\pi f_c t)$로 곱하면 원래의 기저대역 스펙트럼이 $\pm f_c$ 부근으로 이동하고, 양의 주파수축에서는 $f_c - W$부터 $f_c + W$까지를 차지하기 때문이다.

계산 과정

1. 원 메시지의 최고 주파수 성분은 W이다.
2. DSB-SC 변조 후 양의 주파수축에서 신호는 $f_c - W$부터 $f_c + W$까지 존재한다.
3. 따라서 전송 대역폭은 $(f_c + W) - (f_c - W) = 2W$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $2W$이므로 $\frac{1}{2}W$는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "$\frac{1}{2}W$"이다. 올바르게는 "전송 대역폭은 $2W$이다"이다.

② X
- 계산 결과는 $2W$이므로 W는 한쪽 끝 주파수만 본 값에 가깝고 전체 전송 대역폭은 아니다.
- 틀린 표현은 "W"이다. 올바르게는 "전송 대역폭은 $f_c - W$부터 $f_c + W$까지의 폭인 $2W$이다"이다.

③ O
- DSB-SC의 점유 범위는 양의 주파수축에서 $f_c - W$부터 $f_c + W$까지이므로 전송 대역폭은 $2W$가 된다.

④ X
- 계산 결과는 $2W$이므로 $4W$는 양측파대를 중복해서 잘못 센 값이다.
- 틀린 표현은 "$4W$"이다. 올바르게는 "상측파대와 하측파대가 만들어져도 양의 주파수축 기준 전송 대역폭은 $2W$이다"이다.

계산 결과 $2W$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

기저대역 스펙트럼이 $-W$부터 W까지라는 사실만 보고 폭을 바로 $2W$로 세지 못하거나, 상측파대와 하측파대를 각각 한 번 더 더해 $4W$로 착각하기 쉽다. 전송 대역폭은 양의 주파수축에서 차지하는 구간의 폭으로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

반송파로 곱하는 진폭 변조 문제가 나오면 먼저 원 신호의 최고 주파수를 확인하고, 변조 후 양의 주파수축에서 구간이 $f_c - W$부터 $f_c + W$까지로 이동한다고 본 뒤 양 끝의 차로 대역폭을 계산한다.

암기 포인트

DSB-SC의 전송 대역폭은 메시지 대역폭의 두 배이므로 $B = 2W$이다.

NoteBase

문 5. 각 변조된 신호 $s(t) = 10\cos(2\pi f_c t + 20\pi\sin(5t))$의 순시 주파수 [Hz]는? (단, f_c는 반송파 주파수이다)

① $2\pi f_c + 100\pi\cos(5t)$

② $\pi f_c + 50\pi\cos(5t)$

③ $2f_c + 100\cos(5t)$

④ $f_c + 50\cos(5t)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 위상 $\theta(t)$를 시간 미분해 각주파수를 구한 뒤, 이를 2π로 나누어 Hz 단위의 순시 주파수로 바꾸는 원리를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $s(t) = 10\cos(2\pi f_c t + 20\pi\sin(5t))$이다.
위상은 $\theta(t) = 2\pi f_c t + 20\pi\sin(5t)$이다.
구해야 할 값은 순시 주파수 $f_i(t)$ [Hz]이다.
주의할 조건은 미분 결과가 바로 Hz가 아니라 먼저 rad/s의 각주파수라는 점이다.

사용할 공식

$f_i(t) = \frac{1}{2\pi}\frac{d\theta(t)}{dt}$
이 공식을 쓰는 이유는 코사인 함수 내부가 위상이고, 순시 주파수는 위상의 시간 변화율을 Hz로 환산한 값이기 때문이다.

계산 과정

1. 위상을 $\theta(t) = 2\pi f_c t + 20\pi\sin(5t)$로 둔다.
2. 미분하면 $\frac{d\theta(t)}{dt} = 2\pi f_c + 20\pi \cdot 5\cos(5t) = 2\pi f_c + 100\pi\cos(5t)$이다.
3. 이를 2π로 나누면 $f_i(t) = \frac{1}{2\pi}(2\pi f_c + 100\pi\cos(5t)) = f_c + 50\cos(5t)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$2\pi f_c + 100\pi\cos(5t)$는 위상을 미분해 얻은 각주파수 $\omega_i(t)$이다. 발문은 Hz 단위의 순시 주파수를 묻기 때문에 2π로 한 번 더 나누어야 한다.
틀린 표현은 전체 식이 Hz가 아니라 rad/s라는 점이다. 올바르게는 $f_c + 50\cos(5t)$이다.

② X
$\pi f_c + 50\pi\cos(5t)$는 계수에 여전히 π가 남아 있어 Hz 변환이 끝난 식이 아니다. 순시 주파수로 바꾸면 첫 항은 f_c, 둘째 항은 $50\cos(5t)$가 되어야 한다.
틀린 표현은 πf_c와 $50\pi\cos(5t)$이다. 올바르게는 $f_c + 50\cos(5t)$이다.

③ X
$2f_c + 100\cos(5t)$는 $\frac{1}{2\pi}$ 환산을 정확히 적용하지 않아 계수가 모두 잘못된 식이다. Hz 단위로 정리하면 반송파 성분은 f_c, 변조에 따른 변화 성분은 $50\cos(5t)$가 된다.
틀린 표현은 $2f_c$와 $100\cos(5t)$이다. 올바르게는 $f_c + 50\cos(5t)$이다.

④ O
$\frac{1}{2\pi}(2\pi f_c + 100\pi\cos(5t)) = f_c + 50\cos(5t)$이므로 Hz 단위의 순시 주파수 식과 정확히 일치한다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 위상을 미분한 값을 그대로 정답으로 보고 rad/s와 Hz를 구분하지 않는 점이다. 또 $\sin(5t)$를 미분할 때 연쇄법칙을 빠뜨려 $5\cos(5t)$를 놓치면 계수 50이 나오지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

순시 주파수 문제는 먼저 코사인 내부 전체를 위상 $\theta(t)$로 잡고, $\frac{d\theta}{dt}$로 각주파수를 구한 뒤, 발문 단위가 Hz이면 마지막에 2π로 나눈다. 발문이 각주파수이면 나누지 않고 그 단계에서 멈추면 된다.

암기 포인트

위상을 미분하면 각주파수이고, Hz로 묻는 순간 2π로 나눈다는 순서를 기억하면 된다.

NoteBase

문 6. 송신 심볼과 수신 심볼이 각각 $x \in \{0, 1\}$와 $y \in \{0, 1\}$이고 조건부확률이 다음과 같은 이진 대칭 채널의 채널용량[bits/symbol]에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, x의 0과 1의 발생 확률은 각각 $\frac{1}{2}$이다)

$P(y = 1 \mid x = 0) = P(y = 0 \mid x = 1) = p$
$P(y = 0 \mid x = 0) = P(y = 1 \mid x = 1) = 1 - p$

① $p = 1$이면 채널용량은 1이다.

② $p = 0.5$이면 채널용량은 0.5이다.

③ $p = 0$이면 채널용량은 0이다.

④ $0 < p < 0.5$이면 채널용량은 $1 + p\log_2 p$이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이진 대칭 채널의 채널용량 공식을 이용해 p 값에 따른 용량을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 입력 $x \in \{0, 1\}$가 각각 확률 $\frac{1}{2}$로 발생하고, 오류확률이 p인 이진 대칭 채널이라는 점이다.
구해야 할 값은 채널용량이며, 이 경우 출력도 대칭이어서 $H(Y) = 1$이 된다.

사용할 공식

이진 대칭 채널의 채널용량은
$C = 1 - H_2(p) = 1 + p\log_2 p + (1 - p)\log_2 (1 - p)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 입력이 균등분포일 때 BSC의 상호정보량이 최대가 되고, 조건부 엔트로피가
$H(Y|X) = H_2(p)$로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 입력이 균등분포이면 출력 Y도 0과 1이 각각 확률 $\frac{1}{2}$가 되어 $H(Y) = 1$이다.
2. 채널 오류확률이 p이므로 조건부 엔트로피는 $H(Y|X) = H_2(p) = -p\log_2 p - (1 - p)\log_2 (1 - p)$이다.
3. 따라서 채널용량은 $C = H(Y) - H(Y|X) = 1 - H_2(p) = 1 + p\log_2 p + (1 - p)\log_2 (1 - p)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
$p = 1$이면 항상 비트가 반전되어 $y = 1 - x$가 된다. 출력이 입력의 보수로 결정되므로 정보 손실이 없어서 채널용량은 1이다.

② X
$p = 0.5$이면 출력이 입력과 독립이 되어 받은 심벌로 보낸 심벌을 전혀 구별할 수 없다. 따라서 채널용량은 0이다. 틀린 표현은 "채널용량은 0.5이다"이고, 올바르게는 "채널용량은 0이다"이다.

③ X
$p = 0$이면 오류가 전혀 없는 무잡음 채널이므로 $y = x$가 된다. 이때 정보가 완전히 전달되어 채널용량은 1이다. 틀린 표현은 "채널용량은 0이다"이고, 올바르게는 "채널용량은 1이다"이다.

④ X
$0 < p < 0.5$에서 채널용량은 $1 + p\log_2 p$만으로 끝나지 않고 $(1-p)\log_2(1-p)$ 항이 반드시 함께 들어간다. 틀린 표현은 "채널용량은 $1 + p\log_2 p$이다"이고, 올바르게는 "채널용량은 $1 + p\log_2 p + (1-p)\log_2(1-p)$이다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $p = 0$, $p = 0.5$, $p = 1$에서의 극한적 의미를 직관으로 뒤집어 생각하는 데 있다. $p = 1$은 항상 틀리므로 못 쓰는 채널처럼 보이지만 실제로는 완전 반전 규칙이 고정되어 있어 복원이 가능하다. 또한 식을 외울 때 $(1-p)\log_2(1-p)$ 항을 빠뜨리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

BSC 문제는 먼저 $C = 1 - H_2(p)$를 세운 뒤 $p = 0$, 0.5, 1의 의미를 각각 무잡음, 완전 무작위, 완전 반전으로 해석하면 빠르게 판단할 수 있다. 식을 쓸 때는 두 항 $p\log_2 p$와 $(1-p)\log_2(1-p)$가 모두 있는지 확인해야 한다.

암기 포인트

이진 대칭 채널은 $C = 1 - H_2(p)$이고, $p = 0$과 $p = 1$에서는 1, $p = 0.5$에서는 0이다.

NoteBase

문 7. 통계적으로 서로 독립인 네 개의 메시지 x_1, x_2, x_3, x_4의 발생 확률이 각각 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8}$일 때, 이 중에서 메시지 세 개로 이루어진 합성 메시지 $X = x_1x_3x_4$의 정보량[bits]은?

① 1

② 3

③ 5

④ 7

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 서로 독립인 메시지들의 결합확률을 곱한 뒤 정보량 공식 $I(X) = -\log_2 P(X)$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $P(x_1) = \frac{1}{2}, P(x_2) = \frac{1}{4}, P(x_3) = \frac{1}{8}, P(x_4) = \frac{1}{8}$이다.
구해야 할 값: 합성 메시지 $X = x_1x_3x_4$의 정보량이다.
주의할 조건: 메시지들이 서로 독립이므로 합성 메시지의 발생확률은 각 확률의 곱이다.

사용할 공식

$P(X) = P(x_1)P(x_3)P(x_4)$, $I(X) = -\log_2 P(X)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 독립인 메시지를 이어 만든 합성 메시지는 동시에 발생하는 사건으로 보므로 확률을 곱하고, 정보량은 그 결합확률에 대한 이진 로그로 구한다.

계산 과정

1. $P(X) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{8} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{128}$이다.
2. $I(X) = -\log_2 \left(\frac{1}{128}\right) = \log_2 128$이다.
3. $128 = 2^7$이므로 정보량은 $7bits$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 1은 x_1 하나의 정보량 $-\log_2 \frac{1}{2} = 1$에만 해당한다. 합성 메시지 $x_1x_3x_4$ 전체를 반영하지 못한 값이므로 틀리다.
- 올바르게는 세 메시지의 결합확률을 사용해 정보량을 $7bits$로 계산한다.

② X

- 3은 $\frac{1}{8}$에 대한 정보량이어서 x_3 또는 x_4 하나만 본 값이다. 합성 메시지 전체 정보량과 다르므로 틀리다.
- 올바르게는 $P(X) = \frac{1}{128}$이므로 정보량은 $7bits$이다.

③ X

- 5는 실제 결합확률 $\frac{1}{128}$에 대응하지 않는 값이다. 합성 메시지의 정보량은 일부 메시지를 누락하지 않고 모두 반영해야 하므로 틀리다.
- 올바르게는 $-\log_2 \frac{1}{128} = 7$이므로 정보량은 $7bits$이다.

④ O

- 독립성이 있으므로 $P(X) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{8} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{128}$이다. 따라서 정보량은 $-\log_2 \frac{1}{128} = 7$이므로 $7bits$가 맞다.

오답 포인트

합성 메시지의 정보량을 구할 때 각 메시지의 확률을 더하거나, 일부 메시지의 정보량만 보고 멈추는 실수가 자주 나온다. 이 문항은 독립이면 확률은 곱하고 정보량은 더해진다는 대응을 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

독립인 메시지의 합성 문제는 먼저 결합확률을 곱하거나, 각 정보량 $-\log_2 P$를 각각 구해 합산하는 방식으로 판단한다. 두 방법이 같은 값으로 모이면 계산이 맞다.

암기 포인트

독립 사건은 확률을 곱하고 정보량은 더한다. $I(x_1x_3x_4) = I(x_1) + I(x_3) + I(x_4)$이다.

NoteBase

문 8. 메시지 신호 $m(t)$를 변조한 신호가 $s(t) = A_c[1 + k_a m(t)]\cos(2\pi f_c t)$일 때, 이 변조 기법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, A_c는 반송파 진폭, f_c는 반송파 주파수, k_a는 0이 아닌 상수이다)

① 동기 복조가 가능하다.

② $s(t)$의 대역폭은 $m(t)$의 대역폭과 같다.

③ f_c가 메시지 대역폭보다 클 경우, 양측파대가 겹치지 않는 것이 보장된다.

④ $|k_a m(t)| > 1$일 경우, 반송파의 위상이 반전되는 포락선 왜곡이 발생한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $s(t) = A_c[1 + k_a m(t)]\cos(2\pi f_c t)$로 표현되는 통상 AM의 대역폭, 복조 가능성, 과변조 조건을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

메시지 신호 $m(t)$의 대역폭이 W이면 통상 AM 신호는 반송파를 중심으로 상측파대와 하측파대가 함께 생겨 전체 대역폭이 $2W$가 된다.
통상 AM은 포락선 검파가 대표적이지만, 반송파와 동기를 맞추는 동기 복조도 가능하다.
$|k_a m(t)| > 1$이면 포락선이 0을 지나 과변조가 발생하고, 이때 포락선 왜곡과 위상 반전 구간이 나타난다.

선지별 해설

① O
동기 복조는 AM 신호에도 적용할 수 있다. 수신기에서 반송파와 동기를 맞춘 국부 반송파를 곱한 뒤 저역통과필터를 거치면 $m(t)$를 복원할 수 있다.

② X
틀린 부분은 "$s(t)$의 대역폭은 $m(t)$의 대역폭과 같다"는 표현이다. 통상 AM은 상측파대와 하측파대를 모두 포함하므로, $m(t)$의 대역폭이 W이면 $s(t)$의 대역폭은 $2W$이다.

③ O
메시지 신호 대역폭이 W일 때 측파대는 $f_c - W \sim f_c + W$ 구간에 형성된다. 따라서 $f_c > W$이면 상측파대와 하측파대가 반송파 주변에서 서로 겹치지 않는다.

④ O
$|k_a m(t)| > 1$이면 과변조가 발생한다. 이때 포락선이 뒤집혀 포락선 검파 시 왜곡이 생기고, 파형상으로는 반송파 위상이 반전된 구간이 나타난다.

NoteBase

오답 포인트

②는 메시지 대역폭 W와 변조 후 전송 대역폭을 혼동하도록 만든 선지이다. 메시지 대역폭과 전송 대역폭이 같아지는 경우는 단측파대처럼 한쪽 측파대만 보내는 방식이고, 통상 AM은 양측파대를 모두 보내므로 대역폭이 두 배가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

식이 $[1 + k_a m(t)]\cos(2\pi f_c t)$ 형태이면 먼저 통상 AM인지 확인한다. 그다음 대역폭은 "기저대역 W가 반송파 양쪽으로 복제되어 $2W$"로 판단하고, $|k_a m(t)| > 1$이면 과변조로 정리한다.

암기 포인트

통상 AM은 "양측파대라 대역폭은 $2W$, 과변조 조건은 $|k_a m(t)| > 1$"로 정리된다.

NoteBase

문 9. PM 변조 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 반송파의 진폭은 상수이다)

① 변조 과정에서 비선형적인 특성을 갖는다.

② 변조된 신호의 평균 송신 전력은 메시지 신호와 무관하다.

③ 메시지 신호에 따라 반송파의 위상을 변화시킨다.

④ 메시지 신호가 구형파인 경우 PM 변조된 신호는 파형만으로는 FM 변조된 신호와 구별할 수 없다. (단, FM 변조의 주파수 편이 상수는 0이 아니다)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 PM의 기본 성질과 FM과의 파형상 차이를 구형파 메시지 조건에서 구별하는 문제이다.

핵심 개념

PM은 메시지 신호 크기에 비례해 반송파의 위상을 직접 변화시키는 각변조 방식이다. 핵심 키워드는 위상 변화와 일정 진폭이다.
FM은 메시지 신호 크기에 비례해 순간주파수를 변화시키는 각변조 방식이다. 핵심 키워드는 주파수 변화와 일정 진폭이다.
각변조는 반송파 진폭을 바꾸지 않으므로 평균 송신 전력은 메시지 신호의 크기와 무관하게 일정하다.

NoteBase

선지별 해설

① O
PM은 출력 위상이 메시지 신호에 의해 결정되는 각변조이므로 변조 과정이 선형적인 진폭 합성 형태가 아니다. 각변조는 일반적으로 비선형 변조로 본다.

② O
PM은 반송파의 진폭이 일정한 정포락선 변조이다. 따라서 평균 송신 전력은 진폭이 일정한 반송파 전력으로 정해지며 메시지 신호와 무관하다.

③ O
PM의 정의 자체가 메시지 신호에 따라 반송파의 위상을 변화시키는 방식이다. 이 선지는 PM의 본질을 그대로 설명한 것이다.

④ X
틀린 부분은 "메시지 신호가 구형파인 경우 PM 변조된 신호는 파형만으로는 FM 변조된 신호와 구별할 수 없다"는 표현이다. 구형파를 PM에 가하면 주로 위상이 불연속적으로 도약하는 형태가 나타나고, FM에 가하면 두 주파수 사이를 오가는 형태가 나타난다. 따라서 파형만으로도 구별할 수 있다. 올바르게는 "구형파 메시지에서는 PM과 FM의 파형 특성이 서로 달라 구별할 수 있다"이다.

오답 포인트

④는 사인파 메시지에서 PM과 FM이 비슷하게 보일 수 있다는 기억을 구형파 조건에 잘못 옮기면 틀리기 쉽다. 구형파에서는 PM은 위상 도약, FM은 주파수 천이로 나타난다는 차이가 분명하다.

다시 나오면 이렇게 판단

각변조 문제에서는 먼저 무엇이 직접 변하는지부터 본다. 위상이 직접 변하면 PM, 순간주파수가 직접 변하면 FM이다. 그다음 메시지 파형이 구형파이면 PM은 경계에서 위상 점프가 생기고 FM은 구간별 주파수 변화가 생긴다고 판단하면 된다.

암기 포인트

PM은 위상, FM은 주파수, 두 방식 모두 진폭과 평균전력은 일정하다.

NoteBase

문 10. 흑백 동영상을 다음 조건으로 변환하여 전송 시 필요한 최소 전송 속도[Mbps]는?

프레임 생성 속도: 30 프레임/초
프레임당 화소 수: 2 × 10^6 화소/프레임
화소당 명암 단계 수: 16 단계/화소
각 화소는 통계적으로 서로 독립이며, 각 명암 단계의 발생 확률은 동일함

① 120
② 240
③ 480
④ 960

정답 2번

출제 포인트

흑백 영상의 최소 전송률을 구할 때 프레임 수, 프레임당 화소 수, 화소당 최소 비트 수를 곱하는 원리를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 초당 30프레임, 프레임당 2×10^6화소, 화소당 16단계 명암이다.
구해야 할 값은 최소 전송 속도이다.
각 화소가 서로 독립이고 각 명암 단계의 발생 확률이 같으므로 화소당 최소 비트 수는 엔트로피 $H = \log_2 16$으로 계산된다.

사용할 공식

화소당 최소 정보량은 $H = \log_2 L$비트이고, 전체 전송률은 R=(프레임/초) × (화소/프레임) × H이다.
이 문제는 각 명암 단계가 등확률이므로 고정 길이 부호의 최소 비트 수와 엔트로피가 같아지는 경우에 해당한다.

계산 과정

1. 명암 단계가 16단계이므로 화소당 최소 비트 수는 $H = \log_2 16 = 4$비트이다.
2. 초당 생성되는 화소 수는 $30 \times 2 \times 10^6 = 60 \times 10^6$화소/초이다.
3. 따라서 최소 전송률은 $60 \times 10^6 \times 4 = 240 \times 10^6$비트/초이다.
4. 240×10^6비트/초는 240 Mbps이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 120 Mbps는 계산 결과의 절반이므로 틀리다. 16단계를 2비트로 잘못 환산하면 $30 \times 2 \times 10^6 \times 2 = 120$Mbps가 나오는데, 올바르게는 16단계는 $\log_2 16 = 4$비트이다.
② O: 화소당 4비트, 초당 60×10^6화소이므로 $60 \times 10^6 \times 4 = 240$Mbps가 되어 맞다.
③ X: 480 Mbps는 16단계를 8비트로 잘못 본 값이라서 틀리다. 올바르게는 16단계는 4비트이므로 전송률은 240 Mbps이다.
④ X: 960 Mbps는 16단계를 16비트로 잘못 곱한 값이라서 틀리다. 올바르게는 단계 수 자체를 곱하는 것이 아니라 필요한 비트 수인 $\log_2 16 = 4$를 곱한다.

오답 포인트

명암 단계 수 16을 그대로 비트 수 16으로 착각하거나, 16단계를 8비트 또는 2비트로 잘못 바꾸는 실수가 가장 흔하다. 이 문제의 핵심은 단계 수를 그대로 곱하지 않고 반드시 $\log_2$로 비트 수를 바꾼 뒤 전송률을 계산하는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

영상 전송률 문제는 먼저 초당 총 화소 수를 구하고, 다음에 단계 수를 $\log_2$로 비트 수로 바꾼 뒤 두 값을 곱해 판단한다. 등확률 조건이 보이면 최소 전송률은 엔트로피 기준으로 계산된다고 보면 된다.

암기 포인트

최소 전송률은 초당 화소 수 × 화소당 엔트로피이며, 16단계는 4비트라는 점을 함께 기억하면 된다.

NoteBase

문 11. 다음 AM 변조 중 전송 대역폭이 가장 좁은 것은? (단, 메시지 신호는 동일하며 직류 성분이 없다)

① 단측파대(SSB) 변조

② 잔류측파대(VSB) 변조

③ 양측파대 억압 반송파(DSB-SC) 진폭 변조

④ 양측파대 전송 반송파(DSB-TC) 진폭 변조

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 AM 변조 방식별 전송 대역폭을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

SSB는 반송파와 한쪽 측파대만 보내는 방식이어서 대역폭이 메시지 대역폭 W만 필요하다.
VSB는 한쪽 측파대를 거의 전부 보내고 다른 쪽은 일부 잔류시키는 방식이어서 대역폭이 W보다 크고 $2W$보다 작다.
DSB-SC는 반송파를 억압하고 양측파대를 모두 보내는 방식이어서 대역폭이 $2W$이다.
DSB-TC는 반송파를 함께 보내지만 양측파대를 모두 쓰므로 전송 대역폭 자체는 $2W$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
단측파대 SSB는 상측파대나 하측파대 중 하나만 전송하므로 필요한 대역폭이 가장 좁다. 메시지 신호의 최대 주파수를 W라 하면 대역폭은 W이다.

② X
틀린 부분은 잔류측파대 VSB가 가장 좁다고 본 점이다.
실제로는 VSB는 한쪽 측파대의 일부를 남겨 두므로 SSB보다 대역폭이 넓다. 올바르게는 "VSB의 대역폭은 SSB보다 크고 DSB보다 작다"이다.

③ X
틀린 부분은 DSB-SC가 가장 좁다고 본 점이다.
실제로는 DSB-SC는 반송파는 억압하지만 양측파대를 모두 전송하므로 대역폭은 $2W$이다. 올바르게는 "DSB-SC의 대역폭은 DSB-TC와 같고 SSB보다 넓다"이다.

④ X
틀린 부분은 DSB-TC가 가장 좁다고 본 점이다.
실제로는 DSB-TC도 양측파대를 모두 전송하므로 대역폭은 $2W$이다. 직류 성분이 없다는 조건은 반송파 성분의 세기나 복조 특성과 관련될 수 있으나, 양측파대 전송에 따른 대역폭 비교에서는 SSB보다 좁아지지 않는다.
올바르게는 "DSB-TC의 전송 대역폭은 DSB-SC와 같이 $2W$이다"이다.

오답 포인트

반송파를 보내는지 여부와 전송 대역폭을 같은 개념으로 섞으면 오답이 된다. ③은 반송파를 억압하므로 대역폭도 줄어든다고 착각하기 쉽고, ②는 잔류측파대라는 이름 때문에 거의 SSB처럼 느껴지기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

대역폭 문제는 반송파 유무보다 몇 개의 측파대를 보내는지를 먼저 본다. 한쪽 측파대만 보내면 SSB로 W, 양측파대를 모두 보내면 DSB 계열로 $2W$, 그 중간이 VSB라고 판단하면 된다.

암기 포인트

대역폭은 SSB $<$ VSB $<$ DSB이고, DSB-SC와 DSB-TC의 대역폭은 둘 다 $2W$이다.

NoteBase

문 12. 랜덤 변수 X가 선형시스템을 통과하여 $Y = 0.2X - 0.1$로 변환되었을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $E[\cdot]$와 $Var[\cdot]$는 각각 랜덤 변수의 기댓값과 분산이고 $Var[X] \neq 0$이다)

① $E[Y] = 0.2E[X]$

② $E[X + Y] = 1.2E[X] - 0.1$

③ $Var[Y] = 0.04Var[X] - 0.1$

④ $Var[X + Y] = 1.2Var[X]$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 선형변환 $Y = aX + b$에서 기대값과 분산이 어떻게 변하는지를 묻는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $Y = 0.2X - 0.1$이다.
구해야 할 내용은 $E[Y]$, $E[X + Y]$, $Var[Y]$, $Var[X + Y]$의 관계이다.
주의할 점은 기대값에는 상수항이 그대로 반영되지만, 분산에는 상수항이 반영되지 않고 계수는 제곱되어 반영된다는 점이다.

사용할 공식

$E[aX + b] = aE[X] + b$
$Var[aX + b] = a^2Var[X]$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 Y와 $X + Y$가 모두 확률변수 X의 선형변환 꼴로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. $Y = 0.2X - 0.1$이므로 $E[Y] = 0.2E[X] - 0.1$이다.
2. $X + Y = X + (0.2X - 0.1) = 1.2X - 0.1$이므로 $E[X + Y] = 1.2E[X] - 0.1$이다.
3. $Var[Y] = Var[0.2X - 0.1] = (0.2)^2Var[X] = 0.04Var[X]$이다.
4. $Var[X + Y] = Var[1.2X - 0.1] = (1.2)^2Var[X] = 1.44Var[X]$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
기대값에서는 상수항이 그대로 더해지므로 $E[Y] = 0.2E[X] - 0.1$이다. 틀린 표현은 -0.1이 빠진 부분이며, 올바르게는 $E[Y] = 0.2E[X] - 0.1$이다.

② O
$X + Y = 1.2X - 0.1$이므로 기대값을 취하면 $E[X + Y] = 1.2E[X] - 0.1$이다. 기대값의 선형성을 정확히 적용한 식이므로 옳다.

③ X
분산은 상수항의 영향을 받지 않으므로 -0.1을 빼지 않는다. 틀린 표현은 분산식 뒤에 -0.1이 붙은 부분이며, 올바르게는 $Var[Y] = 0.04Var[X]$이다.

④ X
$X + Y = 1.2X - 0.1$이므로 분산은 계수 1.2를 제곱한 1.44가 곱해져야 한다. 틀린 표현은 계수를 제곱하지 않고 $1.2Var[X]$로 쓴 부분이며, 올바르게는 $Var[X + Y] = 1.44Var[X]$이다.

오답 포인트

기대값과 분산에 상수항이 미치는 영향을 뒤섞으면 ①과 ③을 잘못 고르기 쉽다. 또한 분산에서는 계수를 그대로 곱하는 것이 아니라 제곱해서 곱한다는 점을 놓치면 ④처럼 오답이 된다. 제시된 $Var[X] \neq 0$ 조건은 $1.2Var[X]$와 $1.44Var[X]$를 같은 것으로 넘기지 못하게 하는 장치이다.

다시 나오면 이렇게 판단

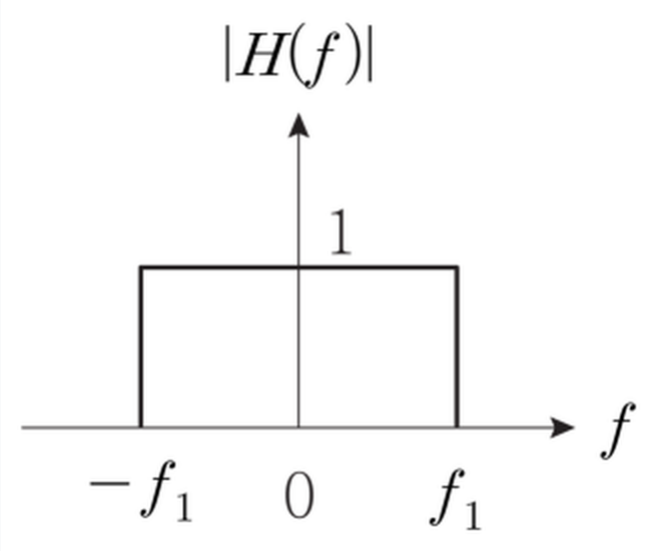
선형변환 문제는 먼저 식을 $aX + b$ 꼴로 정리한 뒤 기대값은 $aE[X] + b$, 분산은 $a^2Var[X]$로 바로 바꿔서 판단한다. 상수항이 보이면 기대값에는 남고 분산에서는 사라진다고 정리하면 된다.

암기 포인트

기대값은 상수항까지 따라가고, 분산은 상수항을 버리며 계수는 제곱해서 따라간다.

NoteBase

문 13. 전달함수 $H(f)$의 진폭 특성이 다음과 같은 선형 시불변 필터에 전력 스펙트럼 밀도가 $\frac{N_0}{2}$인 백색 잡음(white noise)이 입력될 때, 출력 신호의 자기상관함수 $R(\tau)$는? (단, $\mathrm{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$이다)



① $N_0 f_1 \mathrm{sinc}(2f_1\tau)$

② $N_0 f_1 \mathrm{sinc}(f_1\tau)$

③ $\frac{1}{2}N_0 f_1 \mathrm{sinc}(f_1\tau)$

④ $\frac{1}{2}N_0 f_1 \mathrm{sinc}(\frac{1}{2}f_1\tau)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 백색잡음의 출력 전력 스펙트럼 밀도 $S_y(f) = |H(f)|^2 S_x(f)$를 구한 뒤, 이를 자기상관함수 $R(\tau)$로 푸리에 역변환하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 입력 백색잡음의 양측 전력 스펙트럼 밀도 $S_x(f) = N_0/2$와 $|f| \le f_1$에서만 $|H(f)| = 1$인 저역통과형 직사각 필터이다.
구해야 할 값은 출력 신호의 자기상관함수 $R(\tau)$이다.
주의할 조건은 필터의 통과대역 폭이 f_1가 아니라 $-f_1 \sim f_1$이므로 전체 폭이 $2f_1$라는 점과, 입력 PSD가 이미 $N_0/2$인 양측 PSD라는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

출력 PSD는 $S_y(f) = |H(f)|^2 S_x(f)$이고, 자기상관함수는 $R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_y(f) e^{j2\pi f\tau} df$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 백색잡음이 LTI 필터를 통과하면 출력의 2차 통계량이 출력 PSD로 바로 정해지고, 자기상관함수는 그 PSD의 푸리에 역변환이기 때문이다.

계산 과정

1. $|H(f)| = 1$인 구간이 $-f_1 \le f \le f_1$이므로 출력 PSD는 $S_y(f) = N_0/2$ ($|f| \le f_1$), 그 밖에서는 0이다.
2. 따라서
$R(\tau) = \int_{-f_1}^{f_1} \frac{N_0}{2} e^{j2\pi f\tau} df$
이다.
3. 적분하면
$R(\tau) = \frac{N_0}{2} \cdot \frac{\sin(2\pi f_1 \tau)}{\pi\tau} = N_0 f_1 \frac{\sin(2\pi f_1 \tau)}{2\pi f_1 \tau} = N_0 f_1 \mathrm{sinc}(2 f_1 \tau)$
이다. 여기서 $\mathrm{sinc}(t) = \sin(\pi t)/(\pi t)$를 사용했다.

선지별 해설

① O. 계산 결과가 그대로 $R(\tau) = N_0 f_1 \mathrm{sinc}(2 f_1 \tau)$이므로 옳다.
② X. $\mathrm{sinc}(f_1\tau)$는 인수가 절반으로 잘못 들어간 식이다. 틀린 표현은 $f_1\tau$이고, 올바르게는 통과대역이 $-f_1 \sim f_1$이므로 $2f_1\tau$가 들어가야 한다.
③ X. 계수 12 N_0f_1는 양측 PSD $N_0/2$를 다시 한 번 절반으로 오해한 값이다. 틀린 표현은 앞의 12이고, 올바르게는 대칭구간 적분으로 2가 곱해져 최종 계수는 $N_0 f_1$이 된다.
④ X. 계수도 12로 잘못되었고 sinc의 인수도 12 f_1τ로 잘못되었다. 틀린 표현은 12 N_0f_1sinc(12 f_1τ)이고, 올바르게는 $N_0 f_1 \mathrm{sinc}(2 f_1 \tau)$이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 $N_0/2$를 보고 최종 계수에도 1/2가 남는다고 착각하는 점과, 통과대역 경계가 $\pm f_1$라는 사실을 놓쳐 sinc의 인수를 $f_1\tau$로 줄여 쓰는 점이다. 이 문항은 양측 PSD와 직사각 스펙트럼의 전체 폭을 정확히 읽는지가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

백색잡음-필터 문제는 먼저 $S_y(f) = |H(f)|^2 S_x(f)$로 출력 PSD를 그리고, 그다음 직사각 스펙트럼의 폭이 얼마인지 확인한 뒤 sinc 형태로 역변환하면 된다. 양끝이 $\pm B$이면 결과는 보통 $\mathrm{sinc}(2B\tau)$ 꼴이 된다.

암기 포인트

양측 직사각 PSD가 $-B \sim B$에 걸리면 자기상관함수는 계수 $\times$ $\mathrm{sinc}(2B\tau)$ 꼴이 된다.

NoteBase

문 14. OFDM에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 다중화 기술이면서 동시에 변조 기술이다.

② 다수의 부반송파 스펙트럼을 중첩시켜 사용할 수 있다.

③ 송신 신호에서 높은 피크대평균전력비(PAPR)가 발생할 수 있다.

④ 송신 시 심볼에 순환전치(cyclic prefix)를 삽입한 후 이산푸리에 역변환(IDFT)을 수행한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 OFDM의 핵심 특성과 송신기 처리 순서를 정확히 구별하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

OFDM은 서로 직교하는 다수의 부반송파를 이용해 데이터를 병렬 전송하는 다중반송파 전송 방식이자 변조 방식이다.
직교성을 이용하므로 각 부반송파의 스펙트럼은 서로 겹칠 수 있지만, 중심 주파수 간격을 적절히 두면 상호 간섭 없이 분리할 수 있다.
송신기에서는 먼저 각 부반송파 심볼에 대해 IDFT 또는 IFFT를 수행해 시간영역 OFDM 심볼을 만든 뒤, 마지막에 cyclic prefix를 앞부분에 붙인다.

선지별 해설

① O
OFDM은 이름 그대로 주파수분할다중화 개념을 쓰면서, 실제 구현에서는 다수의 직교 부반송파에 데이터를 실어 보내는 다중반송파 변조 방식으로도 설명된다. 다중화와 변조의 성격을 함께 가진다는 점에서 옳다.

② O
OFDM은 부반송파들이 서로 직교하므로 스펙트럼이 중첩되어도 복조 시 분리할 수 있다. 그래서 주파수 이용 효율을 높일 수 있다는 설명이 맞다.

③ O
여러 부반송파가 같은 시각에 합성되면 순간 피크 전력이 커질 수 있으므로 PAPR이 높아질 수 있다. 이는 OFDM의 대표적 단점이므로 옳다.

④ X
틀린 부분은 "cyclic prefix를 삽입한 후 IDFT를 수행한다"는 처리 순서이다. 실제로는 주파수영역 심볼들에 먼저 IDFT 또는 IFFT를 수행해 시간영역 OFDM 심볼을 만든 다음, 그 앞에 cyclic prefix를 삽입한다.

NoteBase

오답 포인트

④는 OFDM의 블록도 순서를 거꾸로 바꿔 놓은 함정이다. OFDM의 특징만 외우고 송신기 처리 순서를 정확히 기억하지 않으면 cyclic prefix를 언제 붙이는지에서 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

OFDM 문제에서는 먼저 직교 부반송파, 스펙트럼 중첩 가능, 높은 PAPR 여부를 확인한다. 그다음 송신기 순서는 "주파수영역 심볼 배치 → IDFT/IFFT → cyclic prefix 삽입"인지로 판단하면 된다.

암기 포인트

OFDM은 중첩 가능, PAPR 큼, 송신 순서는 IFFT 후 CP이다.

NoteBase

문 15. 연속 신호 $g(t)$를 다음과 같이 T_s[sec] 간격으로 샘플링한 $g_\delta(t)$의 푸리에 변환은? (단, $G(f)$는 $g(t)$의 푸리에 변환이고 $f_s = \frac{1}{T_s}$이며 $T_s \neq 1$이다)

$$g_\delta(t) = g(t) \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)$$

① $T_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f - nT_s)$
② $\sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f - nT_s)$
③ $f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f - nf_s)$
④ $\sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f - nf_s)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 연속시간 신호를 임펄스열로 샘플링했을 때 주파수영역에서 원 스펙트럼이 f_s 간격으로 복제되고 크기가 f_s배가 되는 공식을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $g_\delta(t) = g(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)$이다.
구해야 할 값은 $g_\delta(t)$의 푸리에 변환이다.
주의할 조건은 $f_s = \frac{1}{T_s}$이므로 주파수축의 복제 간격은 T_s가 아니라 f_s라는 점이다.

사용할 공식

샘플링 임펄스열의 푸리에 변환은 Σ_n=-∞^∞δ(t-nT_s) F f_s Σ_n=-∞^∞δ(f-nf_s)이다.
또한 시간영역의 곱셈은 주파수영역의 컨벌루션이므로 $G_\delta(f) = G(f) * \left(f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - nf_s) \right)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제의 정의 자체가 원신호 $g(t)$에 샘플링 임펄스열을 곱한 형태이기 때문이다.

계산 과정

1. 샘플링 임펄스열 $p(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)$의 푸리에 변환을 쓰면 $P(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - nf_s)$이다.
2. 따라서 $g_\delta(t) = g(t)p(t)$이므로 $G_\delta(f) = G(f) * P(f)$이다.
3. 델타함수와의 컨벌루션 성질을 쓰면 $G_\delta(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f - nf_s)$가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 앞의 계수와 복제 간격이 모두 틀렸다. 주파수영역의 복제 간격은 T_s가 아니라 f_s이며, 계수도 T_s가 아니라 f_s이다. 틀린 표현은 "T_s Σ G(f-nT_s)"이고, 올바르게는 $f_s\sum G(f-nf_s)$이다.
② X: 계수 f_s가 빠졌고 복제 간격도 T_s로 잘못 적었다. 틀린 표현은 "Σ G(f-nT_s)"이고, 올바르게는 $f_s\sum G(f-nf_s)$이다.
③ O: 샘플링 임펄스열의 변환이 $f_s\sum\delta(f-nf_s)$이므로 컨벌루션 결과는 $f_s\sum G(f-nf_s)$가 된다. 복제 간격과 계수가 모두 맞다.
④ X: 복제 간격 f_s는 맞지만 계수 f_s가 빠졌다. 틀린 표현은 "Σ G(f-nf_s)"이고, 올바르게는 $f_s\sum G(f-nf_s)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 시간축 샘플 간격 T_s와 주파수축 복제 간격 $f_s = 1/T_s$를 뒤바꾸는 데 있다. 또 임펄스열의 푸리에 변환 앞에 붙는 계수 f_s를 빠뜨리면 ④처럼 보이기 쉬운 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

샘플링 문제는 먼저 $g(t)$에 무엇이 곱해졌는지 확인하고, 그 임펄스열의 푸리에 변환을 $f_s\sum\delta(f-nf_s)$로 바꾼 뒤, 시간영역 곱셈을 주파수영역 컨벌루션으로 옮겨 판단한다. 마지막에는 복제 간격이 f_s인지와 앞의 계수 f_s가 살아 있는지를 함께 점검한다.

암기 포인트

연속시간 샘플링은 주파수영역에서 f_s 간격 복제, 전체 계수도 f_s이다.

NoteBase

문 16. 푸리에 급수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 주파수 영역에서 이산 스펙트럼을 보여 준다.

② 파스발의 정리(Parseval's theorem)를 만족한다.

③ 급수 계수는 신호의 주파수 성질을 반영한다.

④ 급수 전개가 가능한 신호는 모두 디리클레(Dirichlet) 조건을 만족한다.

정답 4번

출제 포인트

푸리에 급수의 주파수영역 표현, 파스발 정리, 급수 계수의 의미, 디리클레 조건의 성격을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

푸리에 급수는 주기신호를 정현파 또는 복소지수의 합으로 나타내는 표현이며, 주파수영역에서는 기본주파수와 그 고조파 위치에만 성분이 있는 이산 스펙트럼으로 해석된다.
디리클레 조건은 푸리에 급수 전개와 수렴을 판단할 때 널리 쓰는 충분조건이지, 전개 가능성의 절대적 필요조건은 아니다.

선지별 해설

① O: 푸리에 급수는 주기신호를 고조파 성분들의 합으로 나타내므로 주파수영역에서는 선 스펙트럼 형태의 이산 스펙트럼을 보인다.
② O: 파스발 정리는 시간영역의 평균전력과 푸리에 급수 계수의 제곱합이 대응된다는 성질이므로 푸리에 급수에 성립한다.
③ O: 급수 계수는 각 고조파 성분의 크기와 위상을 담고 있으므로 신호의 주파수 성질을 반영한다.
④ X: 틀린 표현은 "모두 디리클레 조건을 만족한다"이다. 디리클레 조건은 푸리에 급수 전개를 보장하는 대표적 충분조건일 뿐이며, 급수 전개가 가능한 신호가 그 조건을 반드시 모두 만족하는 것은 아니다.

오답 포인트

④는 디리클레 조건을 필요조건으로 착각하면 넘어가기 쉽다. 교재에서 디리클레 조건을 자주 먼저 배우기 때문에 '푸리에 급수가 되려면 반드시 이 조건을 다 만족한다'로 외우면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

푸리에 급수 문제에서 '주기신호인가', '주파수영역이 이산인가', '계수가 고조파 성분을 나타내는가', '조건이 필요조건인지 충분조건인지'를 순서대로 확인하면 빠르게 판단된다. 특히 선지에 '모두', '반드시'가 들어가면 디리클레 조건의 필요·충분 관계를 먼저 점검하게 된다.

NoteBase

암기 포인트

푸리에 급수는 주기신호의 이산 스펙트럼 표현이며, 디리클레 조건은 충분조건이라는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 17. M진 변조 방식의 성상도에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 모든 변조 방식은 동일한 평균 전력을 사용하여 전송한다)

① M이 커질수록 스펙트럼 효율이 낮아진다.

② 각 신호점은 M개 중 한 심볼의 진폭과 주파수에 대한 정보를 나타낸다.

③ 신호점들의 최소 거리 간격이 멀어질수록 신호대잡음비(SNR)가 높아진다.

④ M이 4일 경우, PSK는 QAM보다 신호점들의 최소 거리 간격이 가깝다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 M진 변조의 성상도에서 스펙트럼 효율, 신호점의 표현 방식, 최소거리와 잡음 내성의 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

- 스펙트럼 효율: 같은 대역폭에서 얼마나 많은 비트를 보내는지를 뜻하며, 일반적으로 M이 커져 한 심볼당 비트 수가 늘면 좋아진다.
- 신호점: 디지털 변조 심볼을 복소평면의 한 점으로 나타낸 것으로, 보통 진폭과 위상 또는 I/Q 좌표로 구분한다.
- 최소거리: 성상도에서 두 신호점 사이의 최소 유클리드 거리로, 이 값이 클수록 잡음에 덜 혼동된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
M이 커지면 한 심볼이 나타내는 비트 수가 $\log_2 M$으로 늘어나므로 보통 스펙트럼 효율은 높아진다.
틀린 표현은 "스펙트럼 효율이 낮아진다"이다.
올바르게는 "M이 커질수록 스펙트럼 효율은 대체로 높아지지만, 같은 평균 전력에서는 오류 성능이 불리해질 수 있다"이다.

② X
일반적인 성상도 신호점은 진폭과 위상으로 구분하며, QAM은 I/Q 좌표로, PSK는 위상 차이로 표현된다.
틀린 표현은 "진폭과 주파수에 대한 정보를 나타낸다"이다.
올바르게는 "각 신호점은 한 심볼의 진폭과 위상 또는 I/Q 좌표 정보를 나타낸다"이다.

③ O
같은 평균 전력과 잡음 조건에서 신호점들의 최소거리가 멀수록 잡음이 있어도 다른 점으로 잘못 판정될 가능성이 줄어든다.
따라서 성상도의 잡음 내성이 좋아지고 SNR 성능이 유리해진다.

④ X
$M = 4$이면 4-PSK와 4-QAM은 회전만 다른 같은 성상도로 볼 수 있어 최소거리 성능이 동일하다.
틀린 표현은 "PSK는 QAM보다 최소 거리 간격이 가깝다"이다.
올바르게는 "$M = 4$에서는 PSK와 QAM의 최소 거리 간격이 동일하다"이다.

오답 포인트

①은 스펙트럼 효율과 전력 효율을 뒤섞으면 틀리기 쉽고, ②는 성상도의 축을 위상 대신 주파수로 바꾸어 놓은 함정이다. ④는 QPSK와 4-QAM이 사실상 같은 성상도라는 점을 잊으면 속기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

M진 변조 문제는 먼저 한 심볼당 비트 수가 어떻게 바뀌는지, 신호점을 어떤 축으로 구분하는지, 최소거리 변화가 오류 확률에 어떤 영향을 주는지를 순서대로 본다. 스펙트럼 효율은 비트 수 증가와 연결하고, 잡음 내성은 최소거리로 판단하며, $M = 4$에서는 PSK와 QAM을 동등한 성상도로 본다.

암기 포인트

M 증가 → 비트/심볼 증가, 최소거리 증가 → 잡음 내성 증가, 4-PSK = 4-QAM이다.

NoteBase

문 18. 메시지 신호 $m(t)$의 스펙트럼이 갖는 주파수 f의 범위[Hz]가 $-1{,}000 \le f \le 1{,}000$일 때, $m^2(t)$를 나이퀴스트율(Nyquist rate)로 샘플링하기 위해 필요한 최대 샘플링 간격[msec]은?

① 0.125

② 0.25

③ 0.5

④ 1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 시간영역에서 제곱한 신호의 스펙트럼이 주파수영역에서 자기 컨벌루션이 되어 대역이 2배로 늘어나는 점과, 그 결과에 나이퀴스트율을 적용할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $m(t)$의 스펙트럼은 $-1000 \le f \le 1000$이다.
구해야 할 값: $m^2(t)$를 나이퀴스트율로 샘플링할 때의 최대 샘플링 간격이다.
주의할 조건: 시간영역의 곱셈은 주파수영역의 컨벌루션이므로 $m^2(t)$의 최대 주파수는 원래보다 2배가 된다.

사용할 공식

시간영역에서 $m^2(t) = m(t) \cdot m(t)$이면 주파수영역에서는 $M(f) * M(f)$가 된다.
따라서 스펙트럼 지지구간은 $[-1000, 1000]$와 $[-1000, 1000]$의 합구간인 $[-2000, 2000]$가 된다.
나이퀴스트율은 최고 주파수를 $f_{\max}$라 할 때 $f_s = 2f_{\max}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 $m(t)$가 아니라 $m^2(t)$의 샘플링 조건을 묻고 있으므로, 먼저 제곱에 따른 대역 확장을 구한 뒤 그 결과에 나이퀴스트 조건을 적용해야 한다.

계산 과정

1. $m(t)$의 최대 주파수는 $1000Hz$이다.
2. $m^2(t)$의 스펙트럼 범위는 컨벌루션으로 인해 $-2000 \le f \le 2000$이므로 최대 주파수는 $2000Hz$이다.
3. 따라서 필요한 최소 샘플링 주파수는 $f_s = 2 \times 2000 = 4000Hz$이다.
4. 최대 샘플링 간격은 $T_s = 1/f_s = 1/4000s = 0.00025s = 0.25msec$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $0.125msec$는 샘플링 주파수 $8000Hz$에 해당한다. 이는 제곱으로 늘어난 최대 주파수 $2000Hz$에 나이퀴스트 조건을 한 번 더 과도하게 적용한 값이다. 틀린 표현은 필요한 샘플링 간격을 지나치게 작게 본 점이며, 올바르게는 $0.25msec$이다.
2번 O: $m^2(t)$의 최대 주파수는 $2000Hz$, 나이퀴스트율은 $4000Hz$이므로 최대 샘플링 간격은 $1/4000s = 0.25msec$이다.
3번 X: $0.5msec$는 샘플링 주파수 $2000Hz$에 해당한다. 이는 $m^2(t)$의 최대 주파수 $2000Hz$까지만 보고 나이퀴스트의 2배 조건을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현은 샘플링 주파수를 최고 주파수와 같게 둔 점이며, 올바르게는 $4000Hz$로 샘플링해야 한다.
4번 X: $1msec$는 샘플링 주파수 $1000Hz$에 해당한다. 이는 원래 신호의 대역만 보거나, 제곱에 따른 대역 확장과 나이퀴스트 2배 조건을 모두 놓친 값이다. 틀린 표현은 필요한 샘플링 속도를 지나치게 낮게 본 점이며, 올바르게는 최대 간격이 $0.25msec$이다.

오답 포인트

이 문제에서는 대역폭과 최고 주파수를 혼동하거나, $m^2(t)$에서 스펙트럼 범위가 2배로 늘어나는 점을 놓치기 쉽다. 또한 대역이 2배가 된 뒤 다시 나이퀴스트 2배 조건을 적용해야 하는데, 3번처럼 그 한 단계를 빠뜨리면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

비선형 연산이 붙은 샘플링 문제는 원신호의 대역을 먼저 변환한 뒤, 변환된 신호의 최고 주파수를 구하고, 마지막에 $f_s = 2f_{\max}$와 $T_s = 1/f_s$를 순서대로 적용하면 된다.

암기 포인트

$m(t)$를 제곱하면 스펙트럼 끝점은 2배가 되고, 최대 샘플링 간격은 그 두 배 주파수의 역수로 정해진다.

NoteBase

문 19. 직교 8-FSK에서 비트에러확률 P_b와 심볼에러확률 P_s의 비 $\frac{P_b}{P_s}$는?

① 1
② $\frac{4}{7}$
③ $\frac{8}{15}$
④ $\frac{16}{31}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직교 8-FSK에서 심볼오류가 났을 때 평균적으로 몇 개의 비트가 함께 틀리는지를 이용해 P_b/P_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

직교 8-FSK이므로 한 심볼이 표현하는 비트 수는 $\log_2 8 = 3$이다.
심볼오류확률 P_s는 심볼 단위의 오류확률이고, 비트오류확률 P_b는 심볼오류 시 평균 비트오류 개수를 3으로 나눈 값과 연결된다.
8개 심볼은 3비트 이진어로 대응시킬 수 있고, 한 심볼에서 나머지 7개 심볼까지의 해밍거리를 평균내면 된다.

사용할 공식

심볼오류가 나면 잘못 판정된 다른 7개 심볼 중 하나로 간다고 보면
P_b = P_s × 심볼오류 1회당 평균 비트오류 개수심볼당 비트 수
가 된다.
이 문제는 각 심볼이 3비트로 표현되는 직교 8-FSK이므로, 오판정된 심볼들과의 평균 해밍거리를 구하면 바로 비율을 계산할 수 있다.

계산 과정

3비트 한 개를 기준으로 다른 7개 코드어까지의 해밍거리는
거리 1인 경우 3개, 거리 2인 경우 3개, 거리 3인 경우 1개이다.
따라서 심볼오류 1회당 평균 비트오류 개수는
$\frac{3\times1+3\times2+1\times3}{7}=\frac{12}{7}$
이다.
한 심볼은 3비트이므로
$\frac{P_b}{P_s}=\frac{\frac{12}{7}}{3}=\frac{12}{21}=\frac{4}{7}$
가 된다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 비율을 1로 보면 심볼오류가 날 때마다 항상 3비트 전체가 틀린다고 본 셈이다. 실제 평균 비트오류 개수는 12/7비트이므로 틀린 값 1 → 올바르게는 4/7이다.
2번 O: 평균 비트오류 개수 12/7을 심볼당 3비트로 나누면 $P_b/P_s = 4/7$이므로 맞다.
3번 X: 8/15는 평균 해밍거리 계산이나 3비트 나눗셈을 잘못 처리한 값이다. 틀린 값 8/15 → 올바르게는 4/7이다.
4번 X: 16/31은 M진 직교 신호의 비트오류 환산을 잘못 일반화한 값이다. 이 문항에서는 3비트 코드 간 평균 해밍거리로 계산해야 하므로 틀린 값 16/31 → 올바르게는 4/7이다.

오답 포인트

심볼오류확률을 비트오류확률과 같게 보거나, 3비트 중 평균 몇 비트가 틀리는지를 빼먹으면 오답이 된다. 특히 모든 오심볼이 동일하게 1비트만 틀린다고 보거나 반대로 항상 3비트가 전부 틀린다고 보면 잘못된다.

다시 나오면 이렇게 판단

M-ary 직교 FSK의 P_b/P_s를 묻으면 먼저 한 심볼의 비트 수 $k = \log_2 M$을 확인하고, 그다음 오판정 가능한 나머지 심볼들과의 평균 해밍거리를 구해 평균 해밍거리/k로 판단한다.

암기 포인트

직교 8-FSK는 3비트 심볼이며, 나머지 7개 코드어까지의 평균 해밍거리는 12/7이므로 $P_b/P_s = (12/7)/3 = 4/7$이다.

NoteBase

문 20. 체계적 부호 형태로 된 (7, 4) 해밍 부호의 패리티 검사 행렬이 다음과 같을 때, 메시지 (1001)에 대한 부호어는?

H = pmatrix 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 pmatrix

① (0011010)

② (0010111)

③ (0111001)

④ (0110101)

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 체계적 7,4 해밍 부호에서 패리티 검사 행렬 H를 이용해 메시지 1001의 패리티 비트와 부호어를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 패리티 검사 행렬 H와 메시지 1001이다. H의 각 행은 순서대로 (1, 0, 0, 1, 0, 1, 1), (0, 1, 0, 1, 1, 1, 0), (0, 0, 1, 0, 1, 1, 1)이다.
행렬의 앞 3열이 단위행렬이므로 체계적 부호어를 $c = (p_1\ p_2\ p_3\ m_1\ m_2\ m_3\ m_4)$로 둘 수 있다.
따라서 메시지 1001을 대입하면 $c = (p_1\ p_2\ p_3\ 1\ 0\ 0\ 1)$이 된다.

사용할 공식

유효한 해밍 부호어는 $Hc^T = 0$을 만족한다.
이 공식을 쓰는 이유는 패리티 검사 행렬이 각 패리티 비트와 정보 비트 사이의 짝수 패리티 조건을 직접 주기 때문이다.

계산 과정

부호어 $c = (p_1\ p_2\ p_3\ 1\ 0\ 0\ 1)$에 대해 $Hc^T = 0$을 적용하면 다음과 같다.
$p_1 + 1 + 0 + 1 = 0 \Rightarrow p_1 = 0$
$p_2 + 1 + 0 + 0 = 0 \Rightarrow p_2 = 1$
$p_3 + 0 + 0 + 1 = 0 \Rightarrow p_3 = 1$
따라서 패리티 비트는 011이고 최종 부호어는 0111001이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 0011010은 메시지 1001에 대해 구한 패리티 비트 011과 맞지 않는다. 틀린 부분은 부호어가 0011010이라는 점이며, 올바르게는 $Hc^T = 0$을 만족하는 부호어 0111001이 되어야 한다.
2번 X: 0010111도 패리티 비트가 001로 계산된 형태이므로 1행과 2행의 패리티 조건을 만족하지 못한다. 틀린 부분은 앞 3비트가 001이라는 점이며, 올바르게는 앞 3비트가 011이어야 하므로 부호어는 0111001이다.
3번 O: 0111001은 계산된 패리티 비트 $p_1p_2p_3 = 011$을 메시지 1001 앞에 붙인 형태이고, 실제로 $Hc^T = 0$을 만족한다.
4번 X: 0110101은 앞 3비트만 보면 패리티 비트 011처럼 보이지만 뒤 4비트가 메시지 1001이 아니라 0101이어서 주어진 메시지의 부호어가 될 수 없다. 틀린 부분은 정보 비트 배열이 0101이라는 점이며, 올바르게는 정보 비트가 1001인 0111001이 되어야 한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 체계적 부호에서 비트 배열 순서를 혼동하거나, 패리티 비트를 뒤에 붙이는 형태로 착각하는 데 있다. 이 문제의 H는 앞 3열이 단위행렬이므로 부호어를 $p_1p_2p_3m_1m_2m_3m_4$ 순서로 두어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

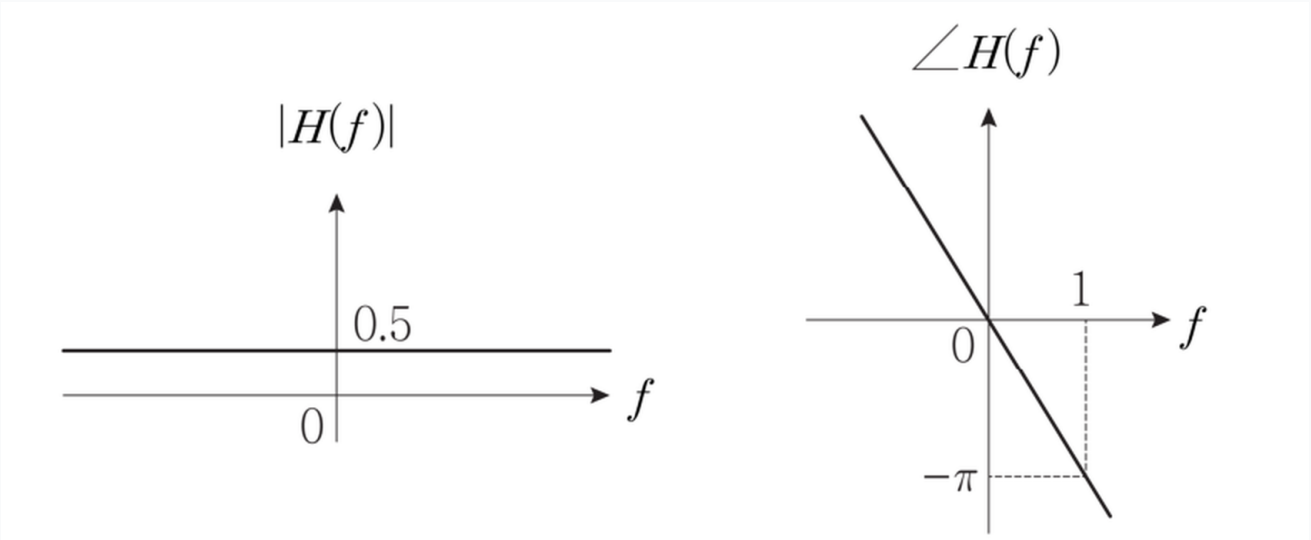
체계적 해밍 부호 문제는 먼저 H에서 단위행렬 위치를 찾아 패리티 비트 자리와 정보 비트 자리를 정한 뒤, $Hc^T = 0$으로 패리티 비트를 구하고 마지막에 선택지의 비트 배열이 같은지 비교하면 된다.

암기 포인트

체계적 부호는 단위행렬 위치가 패리티 자리이고, 유효한 부호어는 항상 $Hc^T = 0$을 만족한다.

NoteBase

문 21. 전달함수 $H(f)$의 진폭과 위상 특성이 다음과 같은 선형 시불변 시스템에 신호 $x(t)$가 입력될 때 출력은?



① $x(t-1)$
② $\frac{1}{2}x\left(t-\frac{1}{2}\right)$
③ $x(t+1)$
④ $\frac{1}{2}x\left(t+\frac{1}{2}\right)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 도식에서 $|H(f)| = 0.5$, $\angle H(f) = -\pi f$를 읽어 상수 감쇠와 시간지연을 시간영역 출력으로 바꿀 수 있는지를 묻는다.

선지별 해설

1번 X: $x(t-1)$이면 주파수영역에서 $H(f) = e^{-j2\pi f}$가 되어야 한다. 이 그림은 크기가 1이 아니라 0.5이고, 위상도 $-2\pi f$가 아니라 $-\pi f$이므로 지연시간이 1이 아니라 0.5이다. 틀린 표현은 지연시간 1과 이득 1이며, 올바르게는 $\frac{1}{2}x\left(t-\frac{1}{2}\right)$이다.
2번 O: 선형 시불변 시스템에서 $y(t) = ax(t-t_0)$이면 $H(f) = ae^{-j2\pi ft_0}$이다. 여기서 $|H(f)| = 0.5$이므로 $a = 0.5$, $\angle H(f) = -\pi f$이므로 $-2\pi ft_0 = -\pi f$, 따라서 $t_0 = \frac{1}{2}$이다. 따라서 출력은 $\frac{1}{2}x\left(t-\frac{1}{2}\right)$이다.
3번 X: $x(t+1)$은 1만큼 시간선행된 신호이므로 $H(f) = e^{+j2\pi f}$가 되어야 한다. 그런데 그림의 위상은 음의 기울기이므로 시간지연을 뜻하며, 크기도 0.5 감쇠가 있다. 틀린 표현은 시간선행과 이득 1이며, 올바르게는 $\frac{1}{2}x\left(t-\frac{1}{2}\right)$이다.
4번 X: $\frac{1}{2}x\left(t+\frac{1}{2}\right)$은 감쇠 0.5는 맞지만 시간선행이므로 위상이 $+\pi f$가 되어야 한다. 그림은 $-\pi f$이므로 $\frac{1}{2}$만큼 지연된 경우이다. 틀린 표현은 $t+\frac{1}{2}$이며, 올바르게는 $t-\frac{1}{2}$이다.

NoteBase

오답 포인트

위상직선의 기울기 부호를 놓치면 지연과 선행을 뒤집어 틀리기 쉽다. 또 $|H(f)| = 0.5$를 읽지 않으면 시간이동만 보고 1번이나 3번처럼 이득 1인 선지를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $|H(f)|$에서 상수 이득을 읽고, 다음으로 위상을 $e^{-j2\pi ft_0}$ 꼴과 비교해 기울기에서 t_0를 구하면 된다. 위상 기울기가 음수이면 지연, 양수이면 선행이다.

암기 포인트

$H(f) = ae^{-j2\pi ft_0}$이면 시간영역 출력은 $ax(t - t_0)$이며, 음의 선형 위상은 시간지연을 뜻한다.

NoteBase

문 22. QPSK에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동일한 심볼에너지를 갖는 BPSK와 비트에러확률이 같다.

② 동일한 대역폭을 사용하는 BPSK보다 전송 속도가 두 배 빠르다.

③ 서로 직교하는 반송파를 사용하는 두 개의 BPSK 신호의 합으로 구성된다.

④ 변조 신호의 진폭은 항상 일정하고 입력 데이터에 따라 네 종류의 위상을 가진다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 QPSK의 대역효율, 구현 방식, 포락선 특성과 함께 BPSK와의 오류확률 비교 기준이 심볼에너지인지 비트에너지인지 구별하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

BPSK는 한 심볼이 1비트를 나타내는 2위상 변조 방식이다.
QPSK는 한 심볼이 2비트를 나타내는 4위상 변조 방식이며, 서로 직교하는 두 반송파의 성분으로 구현할 수 있다.
오류확률 비교의 핵심 축은 심볼에너지 E_s가 아니라 비트에너지 E_b이다. QPSK는 같은 E_b/N_0에서 BPSK와 같은 비트오류확률을 갖지만, 같은 E_s를 기준으로 비교하면 비트당 에너지가 더 작아져 비트오류확률이 같지 않다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 부분은 "동일한 심볼에너지를 갖는 BPSK와 비트에러확률이 같다"는 표현이다.
QPSK와 BPSK의 비트오류확률이 같다고 말할 수 있는 기준은 동일한 심볼에너지 E_s가 아니라 동일한 비트에너지 E_b이다. QPSK는 한 심볼에 2비트가 실리므로 같은 E_s라면 비트당 에너지는 더 작아진다.
올바르게는 "동일한 비트에너지에서 BPSK와 비트에러확률이 같다"이다.

② O
QPSK는 한 심볼로 2비트를 전송하므로 동일한 대역폭 조건에서 BPSK보다 비트 전송속도를 2배로 높일 수 있다. 즉 대역효율이 BPSK보다 높다.

③ O
QPSK는 서로 직교하는 두 반송파에 각각 BPSK 성분을 실어 합성한 형태로 볼 수 있다. I축과 Q축의 두 BPSK가 동시에 실리는 구조라는 설명이다.

④ O
이상적인 QPSK는 진폭이 일정하고 위상만 4가지 상태로 변한다. 입력 2비트 조합에 따라 네 종류의 위상 중 하나를 선택하는 변조 방식이라는 설명이 맞다.

오답 포인트

①은 오류확률 비교 기준을 심볼에너지로 바꿔 놓은 함정이다. QPSK는 1심볼에 2비트를 싣기 때문에 E_s와 E_b를 혼동하면 BPSK와 동일한 성능이라고 잘못 판단하기 쉽다. ②, ③, ④는 QPSK의 대표적 특징이라서 익숙한 문장인데, ①만 비교 기준이 미세하게 바뀌어 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

디지털 변조 비교 문제에서는 먼저 한 심볼당 비트 수를 확인하고, 그다음 성능 비교 기준이 대역폭인지 E_b인지 E_s인지 구분하면 된다. QPSK의 오류확률 설명에서 "BPSK와 같다"는 문장이 나오면 같은 기준이 비트에너지인지부터 확인하면 판단이 빨라진다.

암기 포인트

QPSK는 2비트/심볼, 직교한 두 BPSK의 합, 일정 진폭 4위상이며, BER 동일 비교 기준은 심볼에너지보다 비트에너지이다.

NoteBase

문 23. CDMA 방식에서 사용되는 의사잡음(pseudo noise) 코드에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 코드는 -1과 1로 구성되어 있다)

① m개의 선형 궤환 시프트 레지스터로 생성할 수 있는 코드의 최대 길이는 2^m이다.

② 칩 지연이 0일 때 코드의 자기상관 값이 최소가 된다.

③ 코드 한 주기 내에서 -1과 1의 개수 차이는 한 개 이하여야 한다.

④ -1 혹은 1이 연속적으로 나타날 수 없다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 CDMA에서 쓰는 PN 코드, 특히 m-sequence의 주기, 자기상관, balance property, run property를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

PN 코드는 난수처럼 보이지만 결정적인 규칙으로 생성되는 확산 부호이다.
m단 선형 궤환 시프트 레지스터로 만드는 최대길이 m-sequence의 한 주기는 $2^m - 1$이다.
한 주기에서 1과 -1의 개수는 거의 같아 차이가 1 이하이며, 자기상관은 칩 지연이 0일 때 최대가 된다.
또한 같은 값이 연속해서 나타나는 run도 존재한다.

선지별 해설

① X
- 틀린 부분은 '최대 길이는 2^m'이다.
- m개의 선형 궤환 시프트 레지스터로 생성되는 최대길이 PN 코드의 주기는 $2^m - 1$이다.

② X
- 틀린 부분은 '칩 지연이 0일 때 코드의 자기상관 값이 최소'이다.
- 자기상관은 칩 지연이 0일 때 최대가 되고, 0이 아닌 지연에서는 매우 작은 값으로 떨어진다.

③ O
- m-sequence는 balance property를 가져 한 주기 내 -1과 1의 개수 차이가 1 이하이다.

④ X
- 틀린 부분은 '연속적으로 나타날 수 없다'이다.
- PN 코드는 run property를 가져 -1이나 1이 연속해서 나타날 수 있으며, 그 연속 길이 분포에 규칙성이 있다.

NoteBase

오답 포인트

PN 코드가 난수처럼 보인다는 이유로 완전히 불규칙하다고 생각하면 ②와 ④를 틀리기 쉽다. 또한 최대길이를 2^m로 외우면 ①에 걸리기 쉽고, 실제 최대길이는 항상 $2^m - 1$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

PN 코드 문제는 네 가지를 순서대로 보면 정리된다. 최대길이는 $2^m - 1$, 칩 지연 0의 자기상관은 최대, 한 주기 내 두 값의 개수 차이는 1 이하, 같은 값의 연속 출현은 가능하다고 판단하면 된다.

암기 포인트

m-sequence는 $2^m - 1$, 0지연 자기상관 최대, 1과 -1은 거의 반반, run은 존재한다.

NoteBase

문 24. 주기가 0.2[sec]인 연속 신호 $x(t)$가 복소 지수 푸리에 급수 $x(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty} X_n e^{j2\pi n f_0 t}$로 표현되고 계수 X_n이 다음과 같을 때, 신호 $x(t)$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

X_n=cases-(3j)/(nπ), & n이 홀수일 때 \ 0, & n이 짝수일 때cases

① 실수 신호이다.

② 기본주파수는 5[Hz]이다.

③ 주파수가 15[Hz]일 때 $x(t)$의 진폭 스펙트럼 성분은 $\frac{1}{\pi}$이다.

④ 주파수가 25[Hz]일 때 $x(t)$의 위상 스펙트럼 성분은 $\frac{\pi}{2}$[rad]이다.

정답 4번

출제 포인트

복소 지수 푸리에 급수 계수 X_n로부터 실수 신호 조건 $X_{-n}=X_n^*$, 기본주파수, 각 고조파의 진폭 $|X_n|$과 위상 $\angle X_n$을 판별하는 문제이다.

조건 정리

주기는 $T=0.2s$이므로 기본주파수는 $f_0=1/T=5Hz$이다.
계수는 홀수 n에서만 $X_n=-\frac{3j}{n\pi}$, 짝수 n에서는 0이다.
양의 홀수 n에 대해 $|X_n|=\frac{3}{n\pi}$, $\angle X_n=-\frac{\pi}{2}$이다.

사용할 공식

$f_n=nf_0, \quad |X_n|=\sqrt{\Re(X_n)^2+\Im(X_n)^2}, \quad \angle X_n=\arg(X_n)$
실수 연속신호의 복소 지수 푸리에 급수는 $X_{-n}=X_n^*$를 만족한다. 이 문제는 주기에서 기본주파수를 구한 뒤, 해당 n의 계수 크기와 위상을 직접 읽으면 된다.

계산 과정

1. $T=0.2s$이므로 $f_0=1/T=5Hz$이다.
2. $X_{-n}=-\frac{3j}{(-n)\pi}=\frac{3j}{n\pi}=X_n^*$이므로 $x(t)$는 실수 신호이다.
3. $f=15Hz$는 $n=3$에 해당하므로 $X_3=-\frac{j}{\pi}$, 따라서 진폭은 $|X_3|=\frac{1}{\pi}$이다.
4. $f=25Hz$는 $n=5$에 해당하므로 $X_5=-\frac{3j}{5\pi}$, 따라서 위상은 $-\frac{\pi}{2}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

$X_{-n} = X_n^*$가 성립하므로 복소 지수 푸리에 급수의 원신호 $x(t)$는 실수 신호이다.

② O

주기가 $0.2s$이므로 기본주파수는 $f_0 = 1/T = 5Hz$이다.

③ O

$15Hz = 3f_0$이므로 $n = 3$ 성분을 본다. $X_3 = -\frac{j}{\pi}$이어서 진폭 스펙트럼 성분은 $|X_3| = \frac{1}{\pi}$이다.

④ X

$25Hz = 5f_0$이므로 $n = 5$ 성분은 $X_5 = -\frac{3j}{5\pi}$이다. 이 값은 음의 허수축 위의 점이므로 위상은 $-\frac{\pi}{2}$이다. 틀린 표현은 "위상 스펙트럼 성분은 $\frac{\pi}{2}rad$이다"이고, 올바르게는 "위상 스펙트럼 성분은 $-\frac{\pi}{2}rad$이다"이다.

오답 포인트

주파수 번호 n는 맞게 찾고도 위상 부호를 놓치기 쉽다. $-j$는 위상이 $-\frac{\pi}{2}$인데, 이를 $+\frac{\pi}{2}$로 바꾸어 읽으면 ④를 옳다고 착각한다.

다시 나오면 이렇게 판단

복소 지수 푸리에 급수 문제는 먼저 $f_0 = 1/T$를 구하고, 묻는 주파수를 nf_0 꼴로 바꾼 뒤 해당 X_n의 크기와 편각을 직접 읽으면 된다. 실수 신호 여부는 $X_{-n} = X_n^*$인지로 판단한다.

암기 포인트

$-j$의 위상은 $-\frac{\pi}{2}$, $+j$의 위상은 $+\frac{\pi}{2}$이다. 실수 신호 조건은 $X_{-n} = X_n^*$이다.

NoteBase

문 25. 비트에러확률이 0.2인 디지털통신 시스템에서 각 비트를 동일하게 세 번 반복해서 전송하고 수신단에서 세 개의 수신 비트들에 대해 다수결 원칙 기반 복호를 한다고 할 때, 복호에러확률은? (단, 정보원 0과 1의 발생확률은 각각 $\frac{1}{2}$이고, 전송 비트 간 에러는 독립적으로 발생한다)

① $\frac{13}{125}$
② $\frac{12}{125}$
③ $\frac{4}{125}$
④ $\frac{1}{125}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 비트오류확률이 $p = 0.2$일 때 3회 반복전송 후 다수결 복호를 적용하면 복호오류가 언제 발생하는지를 확률로 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 각 전송 비트의 오류확률은 $p = 0.2$이다.
구해야 할 값: 3개의 수신 비트에 대해 다수결 복호를 했을 때의 복호에러확률이다.
주의할 조건: 복호오류는 3개 중 2개 이상이 잘못 수신될 때 발생하며, 비트 간 오류는 서로 독립이다.

사용할 공식

복호오류확률은
$P_e = \binom{3}{2}p^2(1-p) + \binom{3}{3}p^3$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 3회 반복전송의 다수결 복호에서는 3개 중 2개 또는 3개가 뒤집혀야 최종 판정이 원래 비트와 달라지기 때문이다.

계산 과정

1. 정확히 2개가 오류일 확률은 $\binom{3}{2}p^2(1-p) = 3 \cdot 0.2^2 \cdot 0.8 = 0.096$이다.
2. 3개 모두 오류일 확률은 $p^3 = 0.2^3 = 0.008$이다.
3. 따라서 복호오류확률은 $0.096 + 0.008 = 0.104 = \frac{13}{125}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- 다수결 복호의 오류는 2개 이상 오류일 때 발생한다. 계산 결과가 $\frac{13}{125}$이므로 맞는 선지이다.

② X

- $\frac{12}{125}$는 정확히 2개만 오류인 경우 $3p^2(1-p)$만 반영한 값이다. 3개 모두 오류인 경우 $p^3 = \frac{1}{125}$를 빠뜨렸다. 틀린 표현은 '$\frac{12}{125}$'이고, 올바르게는 '$\frac{13}{125}$'이다.

③ X

- $\frac{4}{125}$는 $p^2(1-p)$만 계산해 조합수 $\binom{3}{2} = 3$을 누락한 값이다. 2개 오류가 나는 경우는 3가지이므로 틀린 표현은 '$\frac{4}{125}$'이고, 올바르게는 '$\frac{13}{125}$'이다.

④ X

- $\frac{1}{125}$는 3개 모두 오류인 경우 p^3만 센 값이다. 다수결 복호오류에는 정확히 2개 오류인 경우도 포함되므로 틀린 표현은 '$\frac{1}{125}$'이고, 올바르게는 '$\frac{13}{125}$'이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 다수결 복호오류를 '3개 모두 오류'로만 좁히거나, '정확히 2개 오류'만 세고 나머지 경우를 빼먹는 데 있다. 특히 ③처럼 조합수 3을 누락하면 값이 바로 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

반복부호 다수결 문제는 먼저 '최종 판정이 뒤집히는 최소 오류 개수'를 찾고, 그 개수 이상이 발생하는 경우를 조합으로 모두 더해 판단한다.

암기 포인트

3회 반복 다수결 복호오류는 '2개 이상 오류'이며, 식은 $3p^2(1-p) + p^3$이다.

NoteBase