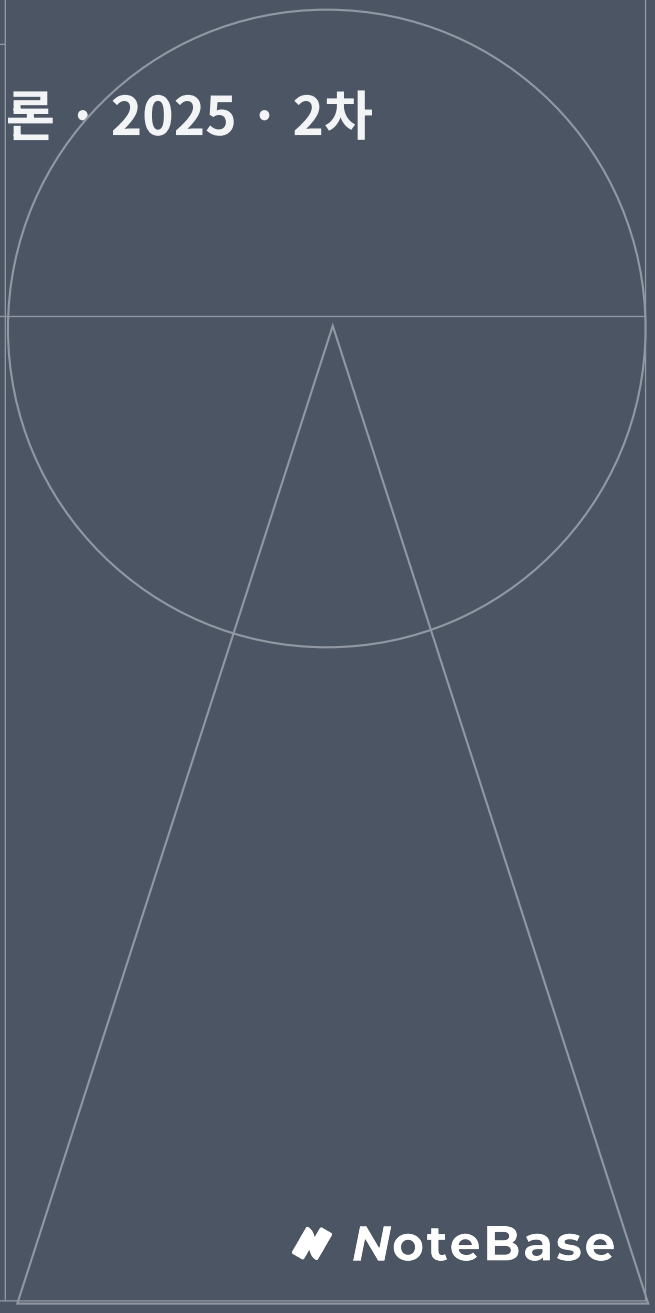
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2025 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2025 · 2차

문 1. 이산 랜덤변수 X는 표본 공간 $S_X = \{-2, -1, 1, 2\}$를 갖는다. 각 원소의 확률이 $\frac{1}{4}$로 동일할 때, 랜덤변수 $Z = X^2$의 기대값은?

① 0

② 1

③ 2.5

④ 4.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이산확률변수의 기대값 정의를 이용해 $Z = X^2$의 평균값을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: X의 표본공간은 $\{-2, -1, 1, 2\}$이고 각 값의 확률은 모두 1/4이다.
구해야 할 값: $Z = X^2$의 기대값 $E[Z]$이다.
주의할 조건: 기대값은 X가 아니라 X^2의 값을 먼저 구한 뒤 평균을 내야 한다.

사용할 공식

공식은 $E[Z] = \sum zP(Z = z)$ 또는 같은 뜻으로 $E[X^2] = \sum x^2 P(X = x)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 $Z = X^2$라는 새로운 확률변수를 정의했고, 모든 경우의 x^2값에 확률 1/4를 곱해 더하면 기대값이 되기 때문이다.

계산 과정

1. X의 각 값에 대해 $Z = X^2$를 구하면 $(-2)^2 = 4, (-1)^2 = 1, 1^2 = 1, 2^2 = 4$이다.
2. 따라서 Z의 값들은 4, 1, 1, 4이고 각 경우의 확률은 모두 1/4이다.
3. 기대값은 $E[Z] = 4 \cdot (1/4) + 1 \cdot (1/4) + 1 \cdot (1/4) + 4 \cdot (1/4) = (4 + 1 + 1 + 4)/4 = 10/4 = 2.5$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
①은 $E[Z] = 0$이라는 뜻인데, 제곱값 4와 1만 평균하므로 0이 될 수 없다. 틀린 표현은 "기대값이 0이다"이고, 올바르게는 "기대값은 2.5이다"이다.

② X
②는 $E[Z] = 1$이라는 뜻인데, 이는 제곱 후의 큰 값 4를 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현은 "기대값이 1이다"이고, 올바르게는 "4, 1, 1, 4의 평균이므로 2.5이다"이다.

③ O
③은 $E[Z] = 2.5$라는 뜻이고, 계산 결과 $(4 + 1 + 1 + 4)/4 = 2.5$와 일치하므로 옳다.

④ X
④는 $E[Z] = 4.5$라는 뜻인데, 합계 10을 4로 나누지 않거나 평균 계산을 잘못한 값이다. 틀린 표현은 "기대값이 4.5이다"이고, 올바르게는 "합계 10을 4로 나누어 2.5이다"이다.

오답 포인트

원래 변수 X의 평균과 X^2의 평균을 혼동하기 쉽다. 이 문항은 부호가 서로 상쇄된다는 이유로 0을 고르거나, 제곱 후 나온 값의 평균을 끝까지 계산하지 않고 1이나 4.5 같은 값을 고르는 실수를 노린다.

다시 나오면 이렇게 판단

확률변수에 함수가 붙으면 먼저 각 경우에서 새 변수값을 만든 뒤 그 값들의 확률평균을 계산한다. 대칭성은 $E[X]$에는 바로 쓸 수 있어도 $E[X^2]$에는 그대로 적용되지 않는다.

암기 포인트

$E[g(X)]$는 $g(x)$를 먼저 계산한 뒤 확률평균을 내는 값이며, X^2는 항상 음수가 사라진다.

NoteBase

문 2. 두 사건 A와 B에 대해 확률 $P(A) = 0.2$, $P(B) = 0.5$, $P(A \cap B) = 0.1$일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, A^C와 B^C는 각각 A와 B의 여사건이다)

① $P(A^C) < P(B^C)$

② $P(A \cup B) = 0.7$

③ $P(A \mid B) = P(B)$

④ A와 B는 독립이다.

정답 4번

출제 포인트

여사건 확률, 합집합 공식, 조건부확률, 독립의 정의를 같은 조건에서 정확히 연결하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $P(A) = 0.2$, $P(B) = 0.5$, $P(A \cap B) = 0.1$이다.
구해야 할 내용: 각 선지의 참거짓이다.
주의할 조건: 여사건은 $1 - P(\cdot)$로 계산하고, 합집합은 교집합을 한 번 빼야 하며, 독립은 $P(A \cap B) = P(A)P(B)$로 판단한다.

사용할 공식

여사건: $P(A^C) = 1 - P(A)$, $P(B^C) = 1 - P(B)$이다.
합집합: $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$이다.
조건부확률: $P(A \mid B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$이다.
독립: $P(A \cap B) = P(A)P(B)$이면 독립이다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 선지가 각각 여사건, 합집합, 조건부확률, 독립 여부를 직접 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

1. $P(A^C) = 1 - 0.2 = 0.8$, $P(B^C) = 1 - 0.5 = 0.5$이다.
2. $P(A \cup B) = 0.2 + 0.5 - 0.1 = 0.6$이다.
3. $P(A \mid B) = \frac{0.1}{0.5} = 0.2$이다.
4. $P(A)P(B) = 0.2 \times 0.5 = 0.1$이므로 $P(A \cap B) = P(A)P(B)$가 성립한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $P(A^c) = 0.8$, $P(B^c) = 0.5$이므로 $0.8 < 0.5$는 성립하지 않는다. 틀린 표현은 "$P(A^c) < P(B^c)$"이고, 올바르게는 "$P(A^c) > P(B^c)$"이다.
② X: 합집합 확률은 $0.2 + 0.5 - 0.1 = 0.6$이다. 틀린 표현은 "$P(A \cup B) = 0.7$"이고, 올바르게는 "$P(A \cup B) = 0.6$"이다. 0.7은 교집합 0.1을 빼지 않고 단순히 더했을 때 나오는 오답값이다.
③ X: 조건부확률은 $P(A \mid B) = \frac{0.1}{0.5} = 0.2$이다. 따라서 $P(B) = 0.5$와 같지 않다. 틀린 표현은 "$P(A \mid B) = P(B)$"이고, 올바르게는 "$P(A \mid B) = 0.2 = P(A)$"이다.
④ O: $P(A)P(B) = 0.2 \times 0.5 = 0.1$이고 이것이 $P(A \cap B) = 0.1$과 같으므로 A와 B는 독립이다.

오답 포인트

②에서 교집합을 빼지 않고 더해 0.7로 처리하거나, ③에서 조건부확률을 주변확률과 혼동하는 실수가 자주 나온다. ①에서는 여사건 확률이 원래 사건의 크기와 반대로 움직인다는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

확률 선지가 여러 개 섞여 나오면 먼저 여사건, 합집합, 조건부확률, 독립 공식을 각각 한 줄씩 계산한 뒤 선지와 대조하는 방식으로 판단한다. 특히 합집합은 교집합을 빼는지, 독립은 $P(A \cap B) = P(A)P(B)$인지부터 확인한다.

암기 포인트

여사건은 1에서 뺀다, 합집합은 교집합을 한 번 뺀다, 독립은 $P(A \cap B) = P(A)P(B)$로 판단한다.

NoteBase

문 3. 신호 $x(t)$의 푸리에 변환이 $X(f)$일 때, 시간 이동된 신호 $x(t-t_0)$의 푸리에 변환은? (단, $t_0 \neq 0$이다)

① $X(f)$

② $X(-f)$

③ $X(f)e^{j2\pi ft_0}$

④ $X(f)e^{-j2\pi ft_0}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 푸리에 변환의 시간 이동 성질을 이용해 시간 지연된 신호가 주파수 영역에서 어떤 위상 인자를 갖는지 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $x(t) \leftrightarrow X(f)$
구해야 할 값: $x(t-t_0)$의 푸리에 변환
주의할 조건: $t-t_0$는 시간축에서 t_0만큼 지연된 신호이므로 시간 반전이 아니라 시간 이동으로 판단해야 한다.

사용할 공식

시간 이동 성질은 $x(t-t_0) \leftrightarrow X(f)e^{-j2\pi ft_0}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 시간 영역에서의 지연은 주파수 영역에서 크기는 그대로 두고 위상만 $-2\pi ft_0$만큼 변하게 하기 때문이다.

계산 과정

1. 원신호 $x(t)$의 푸리에 변환은 $X(f)$이다.
2. 신호를 $x(t-t_0)$로 바꾸면 시간축에서 오른쪽으로 t_0만큼 이동한 지연 신호가 된다.
3. 시간 지연 성질을 적용하면 푸리에 변환은 $X(f)e^{-j2\pi ft_0}$가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X: $X(f)$는 시간 이동이 전혀 없을 때의 푸리에 변환이다. 틀린 표현은 시간 이동 효과를 반영하지 않은 점이며, 올바르게는 $X(f)e^{-j2\pi ft_0}$가 되어야 한다.
② X: $X(-f)$는 주파수축 반전 형태로 시간 이동의 결과가 아니다. 틀린 표현은 시간 이동을 주파수 반전으로 바꾼 점이며, 올바르게는 위상 인자 $e^{-j2\pi ft_0}$를 곱한 형태이다.
③ X: $X(f)e^{j2\pi ft_0}$는 $x(t+t_0)$처럼 시간 선행에 대응하는 형태이다. 틀린 표현은 지연 신호에 양의 부호를 붙인 점이며, 올바르게는 지연이므로 지수 부호가 음수여야 한다.
④ O: $x(t-t_0)$는 시간 지연 신호이므로 푸리에 변환은 $X(f)e^{-j2\pi ft_0}$가 된다. 시간 이동에 따른 표준 위상 인자를 정확히 쓴 선택지이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 $t-t_0$를 지연이 아니라 선행으로 잘못 읽어 지수 부호를 반대로 쓰는 점이다. 또 시간 이동과 시간 반전은 전혀 다른 성질인데, ②처럼 $X(-f)$를 시간 이동의 결과로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

시간 영역에서 $t-t_0$가 보이면 먼저 오른쪽 이동인 지연인지 확인한다. 지연이면 주파수 영역에서 원래 스펙트럼 $X(f)$에 음의 위상 인자 $e^{-j2\pi ft_0}$를 곱하는 방식으로 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

시간 지연 $t-t_0$는 주파수 영역에서 음의 위상 인자 $e^{-j2\pi ft_0}$를 곱하고, 시간 선행 $t+t_0$는 양의 위상 인자 $e^{j2\pi ft_0}$를 곱한다.

NoteBase

문 4. 두 이산 랜덤변수 X, Y에 대해 X의 엔트로피 $H(X) = 3$이고, 조건부 엔트로피가 각각 $H(X \mid Y) = 1$, $H(Y \mid X) = 2$일 때, 상호정보량 $I(X; Y)$는?

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 엔트로피와 조건부 엔트로피의 관계식으로 상호정보량 $I(X; Y)$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $H(X) = 3$, $H(X \mid Y) = 1$, $H(Y \mid X) = 2$
구해야 할 값: $I(X; Y)$
주의할 조건: 상호정보량은 한 변수를 알았을 때 줄어드는 불확실성의 크기이므로 $H(X) - H(X \mid Y)$ 또는 $H(Y) - H(Y \mid X)$로 계산한다.

사용할 공식

$I(X; Y) = H(X) - H(X \mid Y) = H(Y) - H(Y \mid X)$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 X의 엔트로피와 X의 조건부 엔트로피가 직접 주어졌으므로, 상호정보량의 정의식을 바로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. X의 원래 불확실성은 $H(X) = 3$이다.
2. Y를 알고 난 뒤에도 남는 X의 불확실성은 $H(X \mid Y) = 1$이다.
3. 따라서 줄어든 불확실성, 즉 상호정보량은 $I(X; Y) = 3 - 1 = 2$이다.
4. $H(Y \mid X) = 2$는 직접 계산에 꼭 필요하지 않지만, $I(X; Y) = 2$라면 $H(Y) = 4$가 되어 관계식과 모순이 없음을 확인할 수 있다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $I(X;Y)=1$이라면 $H(X)-H(X\mid Y)=1$이어야 하는데 실제 계산은 $3-1=2$이다.
- 틀린 표현은 상호정보량이 1이라는 점이며, 올바르게는 상호정보량이 2이다.

② O
- $I(X;Y)=H(X)-H(X\mid Y)=3-1=2$이므로 맞는 선택지이다.

③ X
- 3은 $H(X)$의 값일 뿐 상호정보량이 아니다. 상호정보량은 원래 엔트로피에서 조건부 엔트로피를 뺀 값이다.
- 틀린 표현은 상호정보량이 3이라는 점이며, 올바르게는 $3-1=2$이다.

④ X
- 4는 상호정보량이 아니라, $I(X;Y)=2$를 이용해 역산할 때의 $H(Y)=I(X;Y)+H(Y\mid X)=2+2$ 값이다.
- 틀린 표현은 상호정보량이 4라는 점이며, 올바르게는 4는 Y의 엔트로피가 될 수 있고 상호정보량은 2이다.

오답 포인트

주어진 세 수치 3,1,2를 모두 한 번씩 써야 한다고 생각해 $1+2=3$ 같은 불필요한 조합을 하거나, $H(Y\mid X)=2$를 그대로 답으로 착각하기 쉽다. 이 문항은 필요한 식에 바로 들어가는 값이 무엇인지 구분하는지가 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

상호정보량 문제는 먼저 $I(X;Y)=H(X)-H(X\mid Y)$ 또는 $I(X;Y)=H(Y)-H(Y\mid X)$ 중 바로 계산되는 식이 있는지 확인한다. 한 변수의 엔트로피와 그 변수의 조건부 엔트로피가 함께 주어지면 바로 뺄셈하면 된다.

암기 포인트

상호정보량은 원래 불확실성에서 상대 변수를 알았을 때 남는 불확실성을 뺀 값이다.

NoteBase

문 5. 메시지 신호 $m(t)$가 위상 변조(PM)된 신호 $A\cos[2\pi f_c t + km(t)]$의 전력이 1 [W]일 때, 동일한 변수 조건에서 $m(t)$의 전력이 절반이 되면, 위상 변조된 신호의 전력[W]은? (단, A는 반송파 진폭, f_c는 반송파 주파수, k는 위상 민감도이다)

① 0.25

② 0.5

③ 0.75

④ 1

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 PM 신호의 전력이 메시지 신호 전력과 무관하게 일정하다는 일정 포락선 성질을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 위상 변조된 신호 $A\cos[2\pi f_c t + km(t)]$의 전력은 1 W이다.
구해야 할 값: $m(t)$의 전력이 절반이 되었을 때 PM 신호의 전력이다.
주의할 조건: PM은 진폭 A가 변하지 않고 위상만 $m(t)$에 따라 바뀐다.

사용할 공식

PM 신호의 평균전력은 진폭만으로 결정되어 $P = \frac{A^2}{2}$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
PM은 각변조이므로 $m(t)$가 반송파의 위상만 바꾸고 포락선 크기 A는 바꾸지 않는다. 따라서 메시지 전력이 달라져도 송신 전력은 변하지 않는다.

계산 과정

1. PM 신호는 $s(t) = A\cos[2\pi f_c t + km(t)]$ 형태의 일정 포락선 신호이다.
2. 일정 포락선 신호의 평균전력은 위상항과 무관하게 $P = \frac{A^2}{2}$로 일정하다.
3. 이미 PM 신호 전력이 1 W라고 주어졌으므로 $m(t)$의 전력이 절반이 되어도 PM 신호 전력은 그대로 1 W이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 0.25 W는 메시지 전력이 절반이 되면 송신 전력이 제곱 비율로 줄어든다고 착각한 값이다. 틀린 표현은 "메시지 전력 감소가 PM 송신전력 감소로 바로 이어진다"는 점이며, 올바르게는 PM 송신전력은 진폭 A가 같으면 변하지 않는다.
② X: 0.5 W는 메시지 전력이 절반이 되면 PM 전력도 절반이 된다고 본 값이다. 틀린 표현은 "PM 전력이 $m(t)$ 전력에 비례한다"는 점이며, 올바르게는 PM은 위상만 변하므로 전력은 그대로 1 W이다.
③ X: 0.75 W는 전력이 일부만 감소한다고 막연히 중간값을 잡은 경우이다. 틀린 표현은 "메시지 전력 변화가 PM 전력에 부분적으로 반영된다"는 점이며, 올바르게는 PM 전력은 메시지 전력 변화와 무관하게 일정하다.
④ O: PM은 일정 포락선 변조이므로 평균전력이 $\frac{A^2}{2}$로 일정하다. 따라서 초기 전력이 1 W이면 메시지 전력이 절반이 되어도 PM 신호 전력은 1 W로 유지된다.

오답 포인트

AM처럼 메시지 세기가 변하면 송신 전력도 따라 변한다고 섞어 생각하면 ②에 끌리기 쉽다. 이 문항의 함정은 $m(t)$가 전력에 영향을 주는지, 아니면 위상에만 영향을 주는지를 구분하지 못하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

각변조 문제는 먼저 진폭이 바뀌는지부터 확인한다. 진폭이 일정하고 각도만 바뀌면 FM과 PM 모두 송신 전력은 일정하다고 판단할 수 있다.

암기 포인트

FM·PM은 일정 포락선이므로 메시지 전력이 아니라 반송파 진폭이 송신 전력을 정한다.

NoteBase

문 6. 스펙트럼이 $M(f)$인 메시지 신호를 반송파 $\cos(4\pi f_c t)$를 이용하여 양측파대 억압 반송파(DSB-SC) 진폭 변조했을 때, 변조된 신호의 스펙트럼은? (단, $f_c \gg 0$이다)

① $\frac{1}{2}M(f-f_c)+\frac{1}{2}M(f+f_c)$
② $\frac{1}{2}M(f-2f_c)+\frac{1}{2}M(f+2f_c)$
③ $\frac{1}{4}M(f-2f_c)+\frac{1}{4}M(f+2f_c)$
④ $\frac{1}{8}M(f-4f_c)+\frac{1}{8}M(f+4f_c)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 DSB-SC 변조에서 반송파의 실제 주파수를 읽고 메시지 스펙트럼이 어느 위치로 이동하는지 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 메시지 신호의 스펙트럼은 $M(f)$이다.
변조 신호: 반송파는 $\cos(4\pi f_c t)$이다.
구해야 할 값: 변조된 DSB-SC 신호의 스펙트럼이다.
주의할 조건: $\cos(4\pi f_c t)=\cos(2\pi(2f_c)t)$이므로 실제 반송파 주파수는 $2f_c$이다.

사용할 공식

DSB-SC 변조에서 $s(t)=m(t)\cos(2\pi f_0 t)$이면 스펙트럼은
$S(f)=\frac{1}{2}M(f-f_0)+\frac{1}{2}M(f+f_0)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 시간영역에서 코사인과 곱하면 주파수영역에서는 원래 스펙트럼이 $\pm f_0$만큼 이동한 두 복사본으로 나타나기 때문이다.

계산 과정

1. 주어진 반송파 $\cos(4\pi f_c t)$를 표준형 $\cos(2\pi f_0 t)$와 비교하면 $f_0=2f_c$이다.
2. DSB-SC 공식에 $f_0=2f_c$를 대입하면
$S(f)=\frac{1}{2}M(f-2f_c)+\frac{1}{2}M(f+2f_c)$
이다.
3. 따라서 메시지 스펙트럼은 $\pm 2f_c$로 이동하며 각 성분의 계수는 $\frac{1}{2}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$\frac{1}{2}M(f-f_c)+\frac{1}{2}M(f+f_c)$는 반송파가 $\cos(2\pi f_c t)$일 때의 결과이다. 이 문항의 반송파는 $\cos(4\pi f_c t)$이므로 이동량이 f_c가 아니라 $2f_c$이다. 틀린 표현은 `$f_c$만큼 이동`이고, 올바르게는 `$2f_c$만큼 이동`이다.

② O
$\cos(4\pi f_c t)=\cos(2\pi(2f_c)t)$이므로 DSB-SC 스펙트럼은 $\pm 2f_c$로 이동한 두 성분이 각각 $\frac{1}{2}$배로 나타난다. 따라서 $\frac{1}{2}M(f-2f_c)+\frac{1}{2}M(f+2f_c)$가 맞다.

③ X
이 선지는 이동량 $2f_c$는 맞지만 계수가 틀리다. DSB-SC에서 코사인 곱셈으로 생기는 두 복사본의 계수는 각각 $\frac{1}{2}$이다. 틀린 표현은 `$\frac{1}{4}$`이고, 올바르게는 `$\frac{1}{2}$`이다.

④ X
이 선지는 이동량과 계수를 모두 잘못 잡았다. $4f_c$만큼 이동하려면 반송파가 $\cos(8\pi f_c t)$ 형태여야 하고, DSB-SC의 계수도 $\frac{1}{8}$이 아니라 $\frac{1}{2}$이다. 틀린 표현은 `$4f_c$ 이동, $\frac{1}{8}$ 계수`이고, 올바르게는 `$2f_c$ 이동, $\frac{1}{2}$ 계수`이다.

오답 포인트

`4\pi f_c`를 그대로 주파수로 읽는 실수가 가장 흔하다. 코사인은 항상 $\cos(2\pi f_0 t)$ 꼴로 바꿔 실제 주파수 f_0를 읽어야 한다. 또한 이동량을 맞춘 뒤 계수 $\frac{1}{2}$를 놓치면 ③처럼 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

스펙트럼 이동 문제는 먼저 반송파를 $\cos(2\pi f_0 t)$ 꼴로 정리해 실제 주파수부터 읽고, 그다음 DSB-SC 공식 $\frac{1}{2}M(f-f_0)+\frac{1}{2}M(f+f_0)$를 그대로 대입해 판단한다.

암기 포인트

DSB-SC는 `주파수는 $\pm f_0$로 이동, 계수는 각각 $\frac{1}{2}$`이다.

NoteBase

문 7. 광의의 정상(wide sense stationary) 실수 랜덤 프로세스 $X(t)$의 자기상관 함수 $R_{XX}(\tau)$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, τ는 시간차이고 $E[\bullet]$는 랜덤 프로세스의 기댓값이다)

① $|R_{XX}(\tau)| \le R_{XX}(0)$

② $R_{XX}(\tau) \neq R_{XX}(-\tau)$

③ $R_{XX}(0) = E[X^2(t)]$

④ $R_{XX}(\tau)$의 푸리에 변환은 음수값을 가지지 않는다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 광의의 정상 실수 랜덤 프로세스의 자기상관 함수 $R_{XX}(\tau)$가 가지는 기본 성질, 특히 짝함수 성질과 $\tau = 0$에서의 의미를 묻는 문제이다.

핵심 개념

자기상관 함수 $R_{XX}(\tau)$는 시간차 τ만의 함수로 두 시점 신호의 상관 정도를 나타낸다.
실수 WSS 프로세스의 자기상관 함수는 짝함수이므로 $R_{XX}(\tau) = R_{XX}(-\tau)$이다.
또한 $R_{XX}(0) = E[X^2(t)]$이고, $|R_{XX}(\tau)|$의 최대값은 $\tau = 0$에서 나타난다.
자기상관 함수의 푸리에 변환은 전력스펙트럼밀도이므로 음수가 될 수 없다.

선지별 해설

① O
$|R_{XX}(\tau)| \le R_{XX}(0)$는 자기상관 함수의 기본 성질이다. $\tau = 0$에서 동일 시점끼리의 상관이므로 크기가 가장 크다.

② X
틀린 부분은 $R_{XX}(\tau) e R_{XX}(-\tau)$라는 표현이다. 실수 광의정상 랜덤 프로세스의 자기상관 함수는 짝함수이므로 실제로는 $R_{XX}(\tau) = R_{XX}(-\tau)$이다.

③ O
$R_{XX}(0) = E[X(t)X(t)]$이므로 $R_{XX}(0) = E[X^2(t)]$가 된다. 즉 0시차 자기상관은 신호의 평균제곱값이다.

④ O
$R_{XX}(\tau)$의 푸리에 변환은 전력스펙트럼밀도이다. 전력스펙트럼밀도는 물리적으로 전력 분포를 뜻하므로 음수값을 가지지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

②처럼 짝함수 성질을 반대로 써 놓으면 시간차의 부호에 따라 값이 달라진다고 착각하기 쉽다. 자기상관 함수는 같은 프로세스를 두 시점에서 비교하는 함수이므로 실수 WSS에서는 $\pm\tau$가 대칭이라는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

자기상관 함수 문제가 나오면 먼저 $R_{XX}(0) = E[X^2(t)]$, $|R_{XX}(\tau)| \le R_{XX}(0)$, 실수 WSS이면 짝함수, 푸리에 변환은 음이 아닌 전력스펙트럼밀도라는 네 가지 기본 성질을 먼저 대입하면 판단할 수 있다.

암기 포인트

자기상관은 0시차 최대, 실수 WSS에서는 짝함수, 푸리에 변환은 음이 아닌 PSD이다.

NoteBase

문 8. 입력 신호 $x(t)$에 대한 출력 $y(t) = e^{-x(t)}$인 시스템에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 선형, 시변

② 선형, 시불변

③ 비선형, 시변

④ 비선형, 시불변

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 시스템의 선형성 여부와 시불변성 여부를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

선형 시스템은 입력의 가법성과 동차성을 만족하는 시스템이고, 비선형 시스템은 이를 만족하지 않는 시스템이다.
시불변 시스템은 입력을 시간축으로 이동시키면 출력도 같은 양만큼 그대로 이동하는 시스템이다.
주어진 시스템 $y(t) = e^{-x(t)}$는 지수 연산 때문에 선형성이 깨지고, 식에 t가 직접 들어 있지 않아 시간 이동에 대해 형태가 바뀌지 않는다.

선지별 해설

① X: 지수 함수 $e^{-x(t)}$는 $ax_1(t) + bx_2(t)$에 대해 출력이 $ay_1(t) + by_2(t)$로 분해되지 않으므로 선형이 아니다. 또한 식에 t가 직접 곱해지거나 더해지지 않으므로 시변도 아니다. 틀린 표현은 '선형, 시변'이고, 올바르게는 '비선형, 시불변'이다.
② X: 시불변성 판단은 맞지만 선형성 판단이 틀리다. 틀린 표현은 '선형'이고, 올바르게는 '비선형'이다.
③ X: 지수 연산 때문에 비선형이라는 판단은 맞지만, 시간 이동 $x(t - t_0)$에 대한 출력은 $e^{-x(t-t_0)}$로 원래 출력 $y(t)$를 그대로 이동한 $y(t - t_0)$와 같으므로 시변이 아니다. 틀린 표현은 '시변'이고, 올바르게는 '시불변'이다.
④ O: 지수 함수는 선형성의 가법성과 동차성을 만족하지 않으므로 비선형이다. 또 시스템 식이 시간에 대해 명시적으로 변하지 않으므로 시불변이다.

오답 포인트

비선형성과 시변성을 함께 섞어 헷갈리기 쉽다. 비선형은 출력 식의 형태가 입력에 대해 비례·중첩되는지를 보는 것이고, 시변은 식 안에 시간이 직접 개입하여 시간 이동 성질이 깨지는지를 보는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 가법성과 동차성이 성립하는지로 선형성을 본다. 그다음 입력을 $x(t - t_0)$로 바꾸었을 때 출력이 원래 출력의 단순 이동 $y(t - t_0)$와 같은지로 시불변성을 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

지수·제곱·곱셈이 들어가면 비선형 가능성이 크고, 식에 시간이 직접 들어가지 않으면 시불변인 경우가 많다.

NoteBase

문 9. 주파수 변조(FM) 방식에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 변조 과정에는 중첩의 원리를 위배하는 비선형성이 있다.

② 변조된 신호의 평균 전송 전력은 메시지 신호에 따라 변한다.

③ 메시지 신호가 변하여도 변조된 신호의 영점 교차점은 시간축에서 규칙적으로 동일한 간격을 갖는다.

④ 동일한 메시지에 대하여 일반적으로 광대역 FM 변조된 신호의 대역폭이 진폭 변조(AM)된 신호의 대역폭보다 작다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 FM의 본질이 각도 변조이므로 비선형 변조라는 점, 그리고 FM의 전력·영점 간격·대역폭 특성을 AM과 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

FM은 반송파의 진폭은 일정하게 두고 순간주파수 또는 위상을 메시지 신호에 따라 바꾸는 각도 변조이다.
AM은 반송파의 진폭이 메시지 신호에 따라 변하는 선형 변조이다.
FM의 핵심 키워드는 비선형성, 일정한 포락선, 순간주파수 변화, 일반적으로 넓은 대역폭이다.

선지별 해설

① O: FM은 반송파의 각도를 메시지로 변화시키는 각도 변조이므로 출력이 입력에 대해 선형 중첩 관계를 그대로 따르지 않는다. 따라서 변조 과정에 중첩의 원리를 위배하는 비선형성이 있다는 설명이 옳다.
② X: 틀린 부분은 "평균 전송 전력은 메시지 신호에 따라 변한다"이다. FM은 진폭이 일정한 정포락선 신호이므로 평균 전송 전력은 이상적으로 메시지 신호에 따라 변하지 않는다.
③ X: 틀린 부분은 "영점 교차점은 시간축에서 규칙적으로 동일한 간격을 갖는다"이다. FM은 메시지에 따라 순간주파수가 변하므로 영점 교차 간격도 함께 변한다. 동일 간격의 영점 교차는 일정 주파수의 정현파일 때의 성질이다.
④ X: 틀린 부분은 "광대역 FM 변조된 신호의 대역폭이 AM된 신호의 대역폭보다 작다"이다. 일반적으로 광대역 FM의 대역폭은 카슨의 법칙에 따라 대략 $2(\Delta f + f_m)$로 잡으며, AM의 대역폭 $2f_m$보다 크다.

오답 포인트

②는 AM의 성질을 FM에 뒤집어 붙인 선택지이고, ③은 주파수가 바뀌면 시간 간격도 바뀐다는 직관을 놓치게 만드는 선택지이다. ④는 FM이 잡음에 강하다는 장점을 대역폭이 좁다는 뜻으로 오해하면 쉽게 틀리게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

FM 문제는 먼저 "진폭은 일정하고 각도만 변한다"를 기준으로 본다. 그다음 전력은 거의 일정, 영점 간격은 순간주파수에 따라 변화, 대역폭은 AM보다 일반적으로 크다는 세 가지를 연결하면 선지를 빠르게 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

FM은 진폭 일정, 전력 일정, 주파수 간격 가변, 대역폭은 AM보다 대체로 크다.

NoteBase

문 10. 이상적인 저역통과 필터의 주파수 진폭 응답 $|H(f)|$이 다음과 같을 때, 입력 $x(t) = \cos(4000\pi t)$에 대한 필터의 출력 $y(t)$는?

|H(f)| = cases 1, & |f| ≤ 1 [kHz] \ 0, & |f| > 1 [kHz] cases

① $y(t) = 0$

② $y(t) = \cos(4000\pi t)$

③ $y(t) = \frac{1}{2}\cos(4000\pi t)$

④ $y(t) = \frac{1}{4}\cos(8000\pi t)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 코사인 입력의 주파수를 읽어 이상적인 저역통과 필터의 통과대역 안팎을 판별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력은 $x(t) = \cos(4000\pi t)$이다.
구해야 할 값: 필터 출력 $y(t)$이다.
주의할 조건: $\cos(2\pi ft)$ 꼴로 바꾸어 입력 주파수를 먼저 확인해야 하며, 필터는 $|f| \le 1$kHz만 통과시킨다.

사용할 공식

$x(t) = \cos(2\pi f_0 t)$이면 입력 주파수는 f_0이다.
단일 주파수 성분이 필터를 통과할 때 출력 크기는 해당 주파수에서의 $|H(f_0)|$로 결정된다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 문제의 입력은 한 개의 코사인 성분만 가진 단일 주파수 신호이므로, 먼저 $4000\pi = 2\pi f_0$에서 f_0를 구한 뒤 그 주파수가 통과대역 안에 있는지만 판단하면 된다.

계산 과정

1. $x(t) = \cos(4000\pi t) = \cos(2\pi \cdot 2000t)$이므로 입력 주파수는 $f_0 = 2000\text{Hz} = 2\text{kHz}$이다.
2. 필터의 주파수 진폭 응답은 $|f| \le 1$kHz에서만 1이고, $|f| > 1$kHz에서는 0이다.
3. 입력 주파수 2kHz는 통과대역 밖이므로 $|H(2\text{kHz})| = 0$이다.
4. 따라서 출력은 해당 성분이 완전히 제거되어 $y(t) = 0$이다.

NoteBase

선지 판단

① O
- 계산 결과 입력 주파수는 2kHz이고 필터 차단 주파수는 1kHz이므로 성분이 통과하지 못한다. 따라서 $y(t) = 0$이 맞다.

② X
- 틀린 표현은 $y(t) = \cos(4000\pi t)$이다. 올바르게는 입력 주파수 2kHz가 통과대역 밖이므로 $y(t) = 0$이다.
- 이 선지는 필터가 모든 주파수를 그대로 통과시키는 것으로 착각할 때 고르기 쉽다.

③ X
- 틀린 표현은 출력 진폭이 $\frac{1}{2}$로 줄어든다는 부분이다. 올바르게는 이 필터의 진폭 응답은 통과대역에서 1, 차단대역에서 0뿐이므로 2kHz 성분은 반으로 줄지 않고 완전히 제거되어 $y(t) = 0$이다.
- 이 선지는 차단 주파수 밖의 감쇠를 임의의 비율로 오해할 때 나온다.

④ X
- 틀린 표현은 출력이 $\frac{1}{4}\cos(8000\pi t)$처럼 주파수까지 바뀐다는 부분이다. 올바르게는 선형 시불변 필터는 입력에 없던 새 주파수를 만들지 않으며, 이 경우 기존 2kHz 성분이 차단되어 $y(t) = 0$이다.
- 이 선지는 필터가 주파수 변환기처럼 동작한다고 오해할 때 나온다.

오답 포인트

발문의 핵심은 진폭 응답표를 보고 통과 여부만 판단하는 데 있다. 4000π를 그대로 주파수로 읽거나, 차단대역의 응답 0을 $\frac{1}{2}$ 같은 임의 감쇠로 착각하거나, 필터가 주파수를 바꾼다고 생각하면 ②, ③, ④로 흔들리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

코사인 입력이 보이면 먼저 $\cos(2\pi ft)$ 꼴로 바꾸어 실제 주파수를 구한다. 그다음 그 주파수가 통과대역 안인지 밖인지만 보고, 밖이면 출력은 0, 안이면 같은 주파수 성분이 통과한다고 판단한다.

암기 포인트

이상적 저역통과 필터는 차단 주파수 밖 성분을 줄이는 것이 아니라 0으로 없앤다.

NoteBase

문 11. 신호 $x(t) = 3 + 6\cos(2\pi f_0 t) + 12\sin(2\pi f_0 t)$에 대한 복소 지수 푸리에 계수는? (단, f_0는 기본 주파수이고 $f_0 > 0$이다)

① $1,\ j,\ -j$

② $3,\ 6j,\ 12j$

③ $1,\ 2-4j,\ 2+4j$

④ $3,\ 3-6j,\ 3+6j$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 삼각함수형 푸리에 급수를 복소 지수형 푸리에 급수로 바꾸어 c_0, c_1, c_{-1}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t) = 3 + 6\cos(2\pi f_0 t) + 12\sin(2\pi f_0 t)$이다.
구해야 할 값은 복소 지수 푸리에 계수 c_0, c_1, c_{-1}이다.
기본 각주파수는 $\omega_0 = 2\pi f_0$로 본다.

사용할 공식

$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{jk\omega_0 t}$
$A\cos(\omega_0 t) = \frac{A}{2}e^{j\omega_0 t} + \frac{A}{2}e^{-j\omega_0 t}$
$B\sin(\omega_0 t) = \frac{B}{2j}e^{j\omega_0 t} - \frac{B}{2j}e^{-j\omega_0 t}$
이 공식을 쓰는 이유는 문제의 신호가 상수항, 코사인항, 사인항으로 주어져 있고 복소 지수형 계수는 각 항을 $e^{j\omega_0 t}, e^{-j\omega_0 t}$ 성분으로 분해해야 바로 읽을 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 상수항 3은 그대로 $c_0 = 3$이다.
2. $6\cos(\omega_0 t) = 3e^{j\omega_0 t} + 3e^{-j\omega_0 t}$이므로 코사인항은 c_1과 c_{-1}에 각각 3씩 더해진다.
3. $12\sin(\omega_0 t) = \frac{12}{2j}e^{j\omega_0 t} - \frac{12}{2j}e^{-j\omega_0 t} = \frac{6}{j}e^{j\omega_0 t} - \frac{6}{j}e^{-j\omega_0 t} = -6je^{j\omega_0 t} + 6je^{-j\omega_0 t}$이므로 사인항은 c_1에 $-6j$, c_{-1}에 $+6j$를 더한다.
4. 따라서 $c_1 = 3 - 6j, c_{-1} = 3 + 6j$이고 비영 계수는 $c_0 = 3, c_1 = 3 - 6j, c_{-1} = 3 + 6j$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1, j, $-j$는 상수항 3과 코사인 진폭 6, 사인 진폭 12가 계수에 반영되지 않은 값이다. 틀린 표현은 상수계수를 1로 본 부분과 사인항 계수를 $\pm j$만 남긴 부분이다. 올바르게는 $c_0 = 3$, $c_1 = 3 - 6j$, $c_{-1} = 3 + 6j$이다.

② X: 3, $6j$, $12j$는 코사인항과 사인항의 진폭을 그대로 복소계수로 옮긴 오류이다. 틀린 표현은 코사인항을 절반으로 나누지 않은 점과 사인항의 $1/j$ 처리를 하지 않은 점이다. 올바르게는 코사인항이 양쪽에 3씩, 사인항이 $-6j$, $+6j$로 들어간다.

③ X: 1, $2 - 4j$, $2 + 4j$는 각 항을 임의로 3분의 1 수준으로 줄여 읽은 값이라 근거가 없다. 틀린 표현은 상수항을 1로 둔 부분과 코사인항 6을 2로 잘못 나눈 부분이다. 올바르게는 $c_0 = 3$, $c_1 = 3 - 6j$, $c_{-1} = 3 + 6j$이다.

④ O: 상수항에서 $c_0 = 3$, 코사인항에서 $+3,\ +3$, 사인항에서 $-6j,\ +6j$가 더해져 3, $3 - 6j$, $3 + 6j$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

복소 지수 푸리에 계수 문제에서는 코사인과 사인의 진폭을 계수로 직접 쓰는 실수가 가장 흔하다. 코사인은 양쪽 주파수에 절반씩 나뉘고, 사인은 $1/j = -j$ 처리가 들어가므로 부호가 서로 반대로 붙는다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 상수항에서 c_0를 바로 읽고, 다음에 코사인항은 양쪽에 절반씩 배분하고, 사인항은 $\frac{1}{2j}$ 형태로 바꾸어 c_1과 c_{-1}의 부호를 정리하면 된다. 마지막에는 $e^{j\omega_0 t}$ 쪽과 $e^{-j\omega_0 t}$ 쪽 계수를 각각 한 번씩 합산해 검산한다.

암기 포인트

복소 지수 계수에서는 코사인은 절반 분배, 사인은 $\mp j$ 부호 분배라는 규칙으로 정리된다.

문 12. AWGN 채널에서 통신시스템 A, B의 신호대잡음비(SNR)가 각각 20 [dB], 40 [dB]이고, 새넌(Shannon)의 채널용량이 각각 50 [Mbps]일 때, A, B의 채널 대역폭에 대한 설명으로 옳은 것은?

① A의 대역폭 > B의 대역폭

② A의 대역폭 < B의 대역폭

③ A의 대역폭 = B의 대역폭

④ 대역폭은 신호대잡음비와 상관이 없다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 섀넌 채널용량식 $C = B\log_2(1 + \text{SNR})$로 같은 채널용량일 때 SNR이 커지면 필요한 대역폭이 어떻게 변하는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: A의 SNR은 20 dB, B의 SNR은 40 dB, 두 시스템의 채널용량은 모두 50 Mbps이다.
구해야 할 값: A와 B의 채널 대역폭의 크기 관계이다.
주의할 조건: dB 값을 그대로 넣지 않고 선형 SNR로 바꾼 뒤 비교해야 한다.

사용할 공식

섀넌 채널용량식은 $C = B\log_2(1 + \text{SNR})$이다. 따라서 $B = \frac{C}{\log_2(1+\text{SNR})}$로 정리할 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유는 AWGN 채널의 용량, 대역폭, SNR 관계를 직접 연결하는 식이기 때문이다.

계산 과정

1. dB를 선형값으로 바꾸면 A는 $10^{20/10} = 100$, B는 $10^{40/10} = 10000$이다.
2. A의 대역폭은 $B_A = \frac{50}{\log_2(101)} \approx \frac{50}{6.66} \approx 7.5$ MHz이다.
3. B의 대역폭은 $B_B = \frac{50}{\log_2(10001)} \approx \frac{50}{13.29} \approx 3.8$ MHz이다.
4. 따라서 $B_A > B_B$이므로 A의 대역폭이 더 크다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 같은 채널용량에서 필요한 대역폭은 $\log_2(1+\text{SNR})$에 반비례한다. B는 SNR이 더 커서 더 좁은 대역폭으로도 50 Mbps를 만들 수 있으므로 A의 대역폭이 더 크다.
② X: "A의 대역폭 < B의 대역폭"이 틀렸다. 올바르게는 "A의 대역폭 > B의 대역폭"이다. SNR이 작은 A가 같은 용량을 내려면 더 넓은 대역폭이 필요하다.
③ X: "A의 대역폭 = B의 대역폭"이 틀렸다. 올바르게는 "채널용량이 같아도 SNR이 다르면 필요한 대역폭은 달라진다"이다. 두 시스템의 SNR이 20 dB와 40 dB로 다르므로 대역폭도 같지 않다.
④ X: "대역폭은 신호대잡음비와 상관이 없다"가 틀렸다. 올바르게는 "섀넌 식에서 채널용량이 정해지면 대역폭은 SNR과 직접적인 상관이 있다"이다. SNR이 커질수록 같은 용량을 내는 데 필요한 대역폭은 줄어든다.

오답 포인트

20 dB와 40 dB를 단순히 두 배 관계로 보거나, dB 값을 선형 SNR로 바꾸지 않으면 판단이 뒤집힌다. 또 채널용량이 같다는 조건만 보고 대역폭도 같다고 생각하면 ③에 걸리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

AWGN 채널에서 용량, 대역폭, SNR의 비교 문제는 먼저 dB를 선형값으로 바꾸고, 그다음 $B = C/\log_2(1+\text{SNR})$로 정리해 분모가 큰 쪽의 대역폭이 더 작다고 판단한다.

암기 포인트

같은 C에서는 SNR이 클수록 필요한 대역폭 B는 작아진다.

NoteBase

문 13. M진 PSK에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 심볼당 비트 수는 $\log_2 M$이다.

② 각 심볼은 M개의 서로 다른 위상값을 갖는다.

③ 비트 매핑에 그레이(Gray) 부호를 적용할 수 없다.

④ 각 심볼은 성상도에서 동일 반경의 원주상에 위치한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 M진 PSK의 심볼당 비트 수, 위상 상태 수, 그레이 부호 적용 가능성, 성상도 배치를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

M진 PSK는 반송파의 위상을 M개로 나누어 심볼을 구분하는 변조 방식이다.
심볼 수가 M개이면 한 심볼이 표현하는 정보량은 $\log_2 M$비트이다.
성상도에서는 각 심볼점이 같은 반경의 원 위에 놓이고, 인접 심볼 간 비트 오류를 줄이기 위해 그레이 부호 매핑을 적용할 수 있다.

선지별 해설

① O
심볼이 M개이면 한 심볼이 나타내는 정보량은 $\log_2 M$비트이다. M진 디지털 변조의 기본 관계를 그대로 쓴 문장이다.

② O
M진 PSK는 M개의 서로 다른 위상 상태를 사용하여 심볼을 구분하며, 각 심볼은 그 M개 위상값 중 정확히 하나에 대응한다. 따라서 한 심볼이 M개 위상을 동시에 갖는다는 뜻이 아니라, 사용 가능한 위상값이 M개라는 의미로 옳은 설명이다.

③ X
틀린 부분은 "그레이(Gray) 부호를 적용할 수 없다"는 표현이다. 실제로는 인접한 위상점끼리 1비트만 다르게 되도록 그레이 부호 매핑을 적용할 수 있다. 이렇게 하면 심볼 판정 오류가 날 때 비트 오류 수를 줄일 수 있다.

④ O
M진 PSK는 진폭이 일정하고 위상만 달라지는 방식이므로 성상도에서 심볼점들이 동일 반경의 원주상에 배치된다. 위상각만 다르고 원점으로부터의 거리는 같다.

NoteBase

오답 포인트

③은 PSK가 위상만 바꾸는 변조라는 점과 비트 매핑 방식은 별개라는 점을 헷갈리게 만든다. 위상 변조라고 해서 그레이 부호를 못 쓰는 것은 아니며, 오히려 인접 심볼 간 오류를 줄이기 위해 자주 함께 떠올리는 개념이다. ②는 '각 심볼이 M개의 위상값을 동시에 가진다'고 오독하면 흔들릴 수 있는데, 각 심볼은 M개 위상값 중 하나에 대응한다는 의미이므로 옳은 설명이다.

다시 나오면 이렇게 판단

M진 PSK가 나오면 먼저 심볼 수가 M개인지, 심볼당 비트 수가 $\log_2 M$인지, 성상도가 동일 반경 원 위의 점들인지 확인하면 된다. 그다음 그레이 부호는 '적용 가능 여부'가 아니라 '인접 심볼 비트 오류를 줄이기 위한 매핑 방법'으로 판단하면 된다.

암기 포인트

M-PSK는 M개 위상, $\log_2 M$비트, 원주상 배치, 그레이 부호 적용 가능으로 정리된다.

NoteBase

문 14. 주파수 분할 다중화(FDM) 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 송신 신호들을 각각 서로 다른 주파수를 가지는 반송파들로 변조한다.

② 채널 간 보호 대역을 두기 때문에 주파수 대역 사용 효율이 낮아진다.

③ 채널 간 보호 대역은 인접 채널 간의 신호 간섭을 완전히 제거한다.

④ 다중화 및 역다중화 시에 신호를 분리하기 위해 필터가 필요하다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 FDM의 기본 원리와 보호 대역의 실제 역할을 정확히 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

FDM은 여러 송신 신호를 서로 다른 반송파 주파수 대역에 실어 동시에 전송하는 방식이다.
보호 대역은 인접 채널의 스펙트럼 중첩과 간섭을 줄이기 위한 여유 대역이다.
필터는 다중화와 역다중화 과정에서 각 채널 대역을 합치고 분리하는 데 사용된다.

선지별 해설

1번 O: FDM은 각 송신 신호를 서로 다른 반송파 주파수로 변조하여 같은 전송로에서 동시에 보낸다. 선지의 설명은 FDM의 기본 원리를 그대로 말한 것이다.
2번 O: FDM은 채널 사이에 보호 대역을 두므로 그만큼 실제 정보 전송에 쓰지 못하는 주파수 구간이 생긴다. 따라서 주파수 대역 이용 효율이 낮아진다는 설명은 맞다.
3번 X: 틀린 부분은 "완전히 제거한다"이다. 보호 대역은 인접 채널 간섭을 줄이는 역할을 하지만 필터의 비이상성, 스펙트럼 확산, 시스템 특성 때문에 간섭을 완전히 없애지는 못한다. 올바르게는 "인접 채널 간의 신호 간섭을 줄여 준다"이다.
4번 O: FDM에서는 여러 채널을 합칠 때와 다시 분리할 때 각 주파수 대역을 선택해야 하므로 필터가 필요하다. 다중화기와 역다중화기의 핵심 구성 요소가 필터이다.

오답 포인트

③처럼 보호 대역의 기능을 과장하면 틀린다. 보호 대역은 간섭을 줄이는 수단이지, 어떤 조건에서도 간섭을 완전히 제거하는 절대적 장치가 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

FDM 문제는 먼저 서로 다른 반송파로 채널을 나눈다는 점을 확인하고, 보호 대역은 효율을 희생해 간섭을 줄이는 장치라는 점을 대입해 판단한다. 선지에 "완전히", "항상" 같은 절대 표현이 들어가면 특히 주의한다.

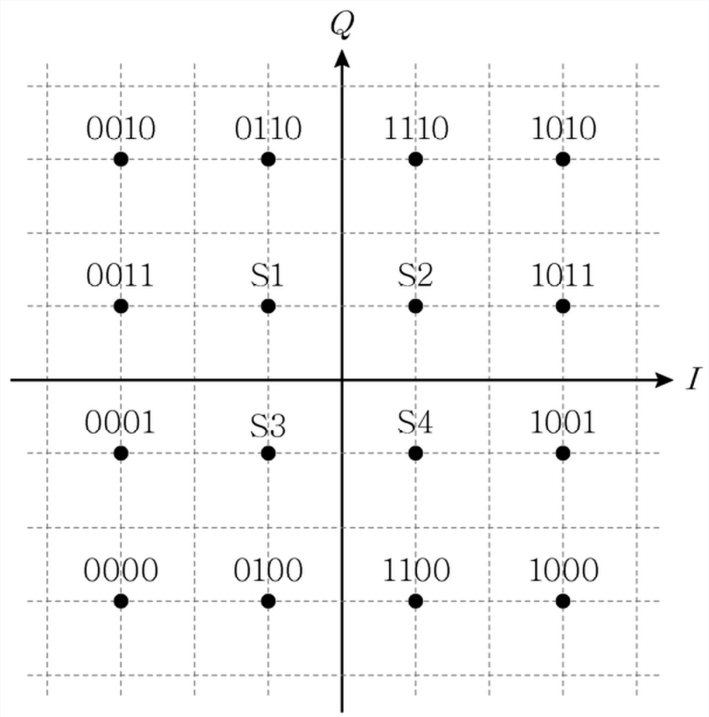
NoteBase

암기 포인트

FDM은 주파수로 나누고, 보호 대역은 간섭을 줄이지만 대역 효율은 떨어뜨린다.

NoteBase

문 15. 직교 함수 축 I와 Q상에 그레이 부호를 적용한 16-QAM의 성상도가 다음과 같을 때, 심볼 S1, S2, S3, S4에 할당된 비트열로 바르게 연결한 것은?



① S1: 1111, S2: 0101, S3: 1101, S4: 0111

② S1: 0101, S2: 1111, S3: 1101, S4: 0111

③ S1: 1101, S2: 0111, S3: 0101, S4: 1111

④ S1: 0111, S2: 1111, S3: 0101, S4: 1101

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 16-QAM 성상도에서 I축과 Q축의 그레이 코드 진행 순서를 읽고 각 심볼의 4비트 레이블을 결합하는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- S1은 두 번째 열, 세 번째 행이므로 I축 01과 Q축 11을 결합한 0111이어야 한다. 선지의 1111은 I축 비트를 잘못 읽은 것이다.
- S2에 적은 0101은 틀리다. S2는 세 번째 열, 세 번째 행이므로 실제로는 I축 11과 Q축 11을 결합한 1111이다.
- S3는 두 번째 열, 두 번째 행이므로 0101이어야 한다. 선지의 1101은 I축 11로 잘못 붙인 값이다.
- S4는 세 번째 열, 두 번째 행이므로 1101이어야 한다. 선지의 0111은 I축 비트를 한 칸 왼쪽 심볼과 혼동한 값이다.

② X
- S1은 0101이 아니라 0111이다. S1의 Q축 위치는 원점 위쪽 첫 줄이 아니라 그보다 한 칸 위라서 Q축 비트가 11이다.
- S2의 1111은 맞다. 세 번째 열과 세 번째 행의 교차점이므로 I축 11, Q축 11이다.
- S3는 1101이 아니라 0101이다. S3는 두 번째 열이므로 I축 앞 2비트가 01이다.
- S4는 0111이 아니라 1101이다. S4는 세 번째 열이므로 I축 앞 2비트가 11이다.

③ X
- S1은 1101이 아니라 0111이다. S1은 두 번째 열, 세 번째 행이므로 I축 01과 Q축 11의 조합이다.
- S2는 0111이 아니라 1111이다. S2는 세 번째 열, 세 번째 행이므로 I축 앞 2비트가 11이다.
- S3의 0101은 맞다. 두 번째 열, 두 번째 행이므로 I축 01과 Q축 01의 조합이다.
- S4는 1111이 아니라 1101이다. S4는 세 번째 열, 두 번째 행이므로 Q축 뒤 2비트가 01이다.

④ O
- S1=0111, S2=1111, S3=0101, S4=1101로 읽으면 각 축의 그레이 코드 순서와 정확히 일치한다.
- 두 번째 열은 모두 I축 01, 세 번째 열은 모두 I축 11이며, 두 번째 행은 Q축 01, 세 번째 행은 Q축 11이므로 네 심볼 값이 한 번에 정리된다.

오답 포인트

축별 그레이 코드를 한 축씩 따로 읽지 않고 점마다 감으로 비트열을 붙이면 S1과 S3, S2와 S4처럼 같은 열 또는 같은 행의 공통 비트를 놓치기 쉽다. 특히 가운데 네 점은 서로 인접해 있어 Q축 01과 11, I축 01과 11을 뒤바꾸는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 가로축의 2비트 순서와 세로축의 2비트 순서를 각각 확인한 뒤, 목표 심볼의 열에서 I축 2비트를 읽고 행에서 Q축 2비트를 읽어 결합하면 된다. 16-QAM 그레이 매핑은 인접 심볼끼리 1비트만 달라지는지로도 다시 검산할 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

16-QAM 그레이 매핑은 가로 00→01→11→10, 세로 00→01→11→10을 읽어 열 2비트와 행 2비트를 붙이는 구조이다.

NoteBase

문 16. 채널 부호화에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 허프만(Huffman) 부호화는 채널 부호화의 일종이다.

② (7, 4) 선형 블록 부호에서 메시지와 패리티 비트 수는 각각 4개와 3개다.

③ 선형 블록 부호의 오류정정 능력은 부호어 사이의 최소 해밍 거리와 관련이 있다.

④ ARQ 방식은 수신단에서 송신단으로 재전송 요청을 하기 위한 역방향 링크가 필요하다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 원천 부호화와 채널 부호화의 구분, (n, k) 선형 블록 부호의 비트 구성, 최소 해밍거리, ARQ의 피드백 구조를 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

원천 부호화는 정보의 중복을 줄여 압축 효율을 높이는 부호화이며 키워드는 압축, 평균 부호길이 감소이다.
채널 부호화는 전송 중 오류를 검출하거나 정정하도록 여분 비트를 추가하는 부호화이며 키워드는 오류 제어, 중복 비트 추가이다.
(n, k) 선형 블록 부호는 k개의 메시지 비트를 n개의 부호어 비트로 바꾸며 패리티 비트 수는 n-k이다.
최소 해밍거리 d_{min}는 서로 다른 부호어 사이의 최소 거리이며 오류 검출·정정 능력을 결정한다.
ARQ는 오류가 나면 수신단이 송신단에 재전송을 요구하는 방식이므로 피드백을 위한 역방향 링크가 필요하다.

NoteBase

선지별 해설

① X
허프만 부호화는 출현 확률이 큰 심벌에 짧은 부호를 배정해 평균 부호길이를 줄이는 대표적 원천 부호화이다.
틀린 표현은 "채널 부호화의 일종"이다.
올바르게는 "허프만 부호화는 원천 부호화의 일종이다."이다.

② O
(7, 4) 선형 블록 부호는 전체 부호어 길이 n이 7, 메시지 비트 수 k가 4이다.
따라서 패리티 비트 수는 n-k=3이므로 메시지 4개, 패리티 3개라는 설명은 옳다.

③ O
선형 블록 부호의 오류정정 능력은 최소 해밍거리와 직접 관련이 있다.
최소 해밍거리가 클수록 더 많은 오류를 검출·정정할 수 있으며, 정정 가능 비트 수는 $\left\lfloor \frac{d_{min}-1}{2} \right\rfloor$로 나타난다.

④ O
ARQ는 수신단이 오류를 검출하면 ACK 또는 NACK 같은 피드백 정보를 송신단으로 보내 재전송을 요청하는 방식이다.
따라서 수신단에서 송신단으로 가는 역방향 링크가 필요하다는 설명은 옳다.

오답 포인트

①은 "부호화"라는 공통 단어 때문에 허프만 부호화를 채널 부호화로 착각하게 만드는 선지이다. 압축을 위한 부호화인지, 오류 제어를 위한 부호화인지 목적을 먼저 구분하면 함정을 피할 수 있다. ②는 (n, k)에서 n과 k의 의미를 뒤바꾸면 쉽게 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

부호화 문제가 나오면 먼저 목적을 본다. 압축과 중복 제거를 말하면 원천 부호화, 오류 검출·정정과 여분 비트를 말하면 채널 부호화이다. (n, k) 표기는 메시지 k개를 길이 n의 부호어로 만든다는 뜻으로 읽고, 패리티 비트는 항상 n-k로 계산한다.

암기 포인트

허프만은 압축, 블록부호는 오류 제어, (n, k)의 패리티는 n-k, ARQ는 역방향 피드백이다.

NoteBase

문 17. 비동기(non-coherent) BFSK에서 비트 지속 시간이 1 $[\mu s]$일 때, 두 반송파가 직교하기 위해 필요한 최소 주파수 간격[MHz]은?

① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 비동기 BFSK에서 두 반송파가 직교하기 위한 최소 주파수 간격 공식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 비트 지속 시간 $T_b = 1\mu s = 10^{-6}s$이다.
- 구해야 할 값: 두 반송파가 직교하기 위한 최소 주파수 간격이다.
- 주의할 조건: 비동기(non-coherent) BFSK이므로 동기(coherent) BFSK와 다른 직교 조건을 써야 한다.

사용할 공식

비동기 BFSK의 최소 직교 주파수 간격은
$\Delta f_{\min} = \frac{1}{T_b}$
이다.

이 공식을 쓰는 이유:
문제에서 비동기 BFSK를 명시했으므로 동기 검파용 직교 조건 $\Delta f = \frac{1}{2T_b}$가 아니라 비동기 검파용 직교 조건을 적용해야 한다.

계산 과정

1. 비트 지속 시간을 초 단위로 쓰면 $T_b = 1\mu s = 10^{-6}s$이다.
2. 비동기 BFSK 직교 조건에 대입하면
$\Delta f_{\min} = \frac{1}{T_b} = \frac{1}{10^{-6}} = 10^6 Hz$
이다.
3. $10^6 Hz$는 $1MHz$이므로 필요한 최소 주파수 간격은 1 MHz이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
0.5 MHz는 $\frac{1}{2T_b}$를 적용했을 때 나오는 값이다. 이는 동기(coherent) BFSK의 최소 직교 간격에 해당하므로 이 문항의 비동기 BFSK 조건에는 맞지 않는다. 틀린 표현은 비동기 조건에서 0.5 MHz를 최소 간격으로 본 점이고, 올바르게는 1 MHz이다.

② O
비동기 BFSK에서는 $\Delta f_{\min} = \frac{1}{T_b}$이므로 $T_b = 1\mu s$일 때 최소 간격은 1 MHz이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X
2 MHz는 직교 조건을 만족할 수는 있지만 최소값은 아니다. 틀린 표현은 최소 주파수 간격을 2 MHz로 본 점이고, 올바르게는 최소 간격이 1 MHz이다.

④ X
4 MHz도 최소값보다 큰 간격이다. 직교 자체는 가능할 수 있으나 문제는 필요한 최소 주파수 간격을 묻는다. 틀린 표현은 최소값을 4 MHz로 본 점이고, 올바르게는 1 MHz이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 동기 BFSK와 비동기 BFSK의 직교 조건을 바꾸어 적용하는 점이다. ①의 0.5 MHz는 $\frac{1}{2T_b}$를 외운 상태에서 비동기 조건을 놓치면 바로 고르게 되는 대표 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

FSK 간격 문제는 먼저 동기인지 비동기인지부터 구분한 뒤, 동기이면 $\frac{1}{2T_b}$, 비동기이면 $\frac{1}{T_b}$를 적용해 최소 간격을 계산하면 된다.

암기 포인트

BFSK 최소 간격은 동기 $\frac{1}{2T_b}$, 비동기 $\frac{1}{T_b}$로 구분한다.

NoteBase

문 18. 디지털 변조 성상도에서 BPSK의 최소 유클리드 거리(신호점 간의 최소 거리)는 QPSK의 최소 유클리드 거리의 몇 배인가? (단, 두 변조 방식 간 심볼 에너지는 동일하다)

① $\frac{1}{2}$
② $\frac{1}{\sqrt{2}}$
③ $\sqrt{2}$
④ 2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 심볼 에너지 E_s 조건에서 BPSK와 QPSK 성상도의 최소 유클리드 거리를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 두 변조 방식의 심볼 에너지는 동일하다.
구해야 할 값: BPSK의 최소 유클리드 거리가 QPSK의 최소 유클리드 거리의 몇 배인지이다.
주의할 조건: QPSK에서는 서로 마주 보는 두 점이 아니라 가장 가까운 인접 신호점 사이 거리를 써야 한다.

사용할 공식

BPSK의 신호점은 1차원에서 $\pm\sqrt{E_s}$이므로 최소 거리는 $d_{\min,\,\mathrm{BPSK}} = 2\sqrt{E_s}$이다.
QPSK의 신호점은 $(\pm\sqrt{E_s/2}\,,\ \pm\sqrt{E_s/2}\,)$이므로 인접 점 사이 최소 거리는 $d_{\min,\,\mathrm{QPSK}} = 2\sqrt{E_s/2} = \sqrt{2E_s}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 성상도에서 신호점 간 최소 거리를 직접 비교하라고 했으므로 각 변조의 인접 신호점 사이 거리를 구해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. BPSK는 두 점 $+\sqrt{E_s}$, $-\sqrt{E_s}$ 사이 거리이므로 $d_{\min,\,\mathrm{BPSK}} = 2\sqrt{E_s}$이다.
2. QPSK는 인접한 두 점을 예로 들면 $(\sqrt{E_s/2}\,,\ \sqrt{E_s/2}\,)$와 $(-\sqrt{E_s/2}\,,\ \sqrt{E_s/2}\,)$이므로 거리는 $2\sqrt{E_s/2} = \sqrt{2E_s}$이다.
3. 따라서 비는 $\frac{d_{\min,\,\mathrm{BPSK}}}{d_{\min,\,\mathrm{QPSK}}} = \frac{2\sqrt{E_s}}{\sqrt{2E_s}} = \sqrt{2}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1/2는 계산 결과와 다르다. 실제 비는 $\sqrt{2}$이다. 틀린 표현은 'BPSK가 QPSK의 1/2배'라는 판단이며, 올바르게는 'BPSK가 QPSK의 $\sqrt{2}$배'이다.
② X: $1/\sqrt{2}$는 비를 거꾸로 구한 값이다. $\frac{d_{\min,\,\mathrm{QPSK}}}{d_{\min,\,\mathrm{BPSK}}}$를 계산하면 나오는 값이며, 문제는 그 반대인 $\frac{d_{\min,\,\mathrm{BPSK}}}{d_{\min,\,\mathrm{QPSK}}}$를 묻는다. 올바르게는 $\sqrt{2}$이다.
③ O: BPSK의 최소 거리는 $2\sqrt{E_s}$, QPSK의 최소 거리는 $\sqrt{2E_s}$이므로 그 비는 $\sqrt{2}$이다.
④ X: 2는 QPSK의 최소 거리를 $\sqrt{E_s}$처럼 잘못 잡을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 'QPSK의 최소 거리가 $\sqrt{E_s}$이다'라는 전제이며, 올바르게는 'QPSK의 최소 거리는 인접 신호점 기준 $\sqrt{2E_s}$이다'이다.

오답 포인트

QPSK에서 가장 먼 두 점 사이 거리를 보거나, BPSK 대 QPSK 비를 QPSK 대 BPSK 비로 뒤집어 계산하면 오답이 나온다. 이 문항의 핵심 함정은 '최소 거리'와 '몇 배'라는 표현을 동시에 정확히 읽지 않는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

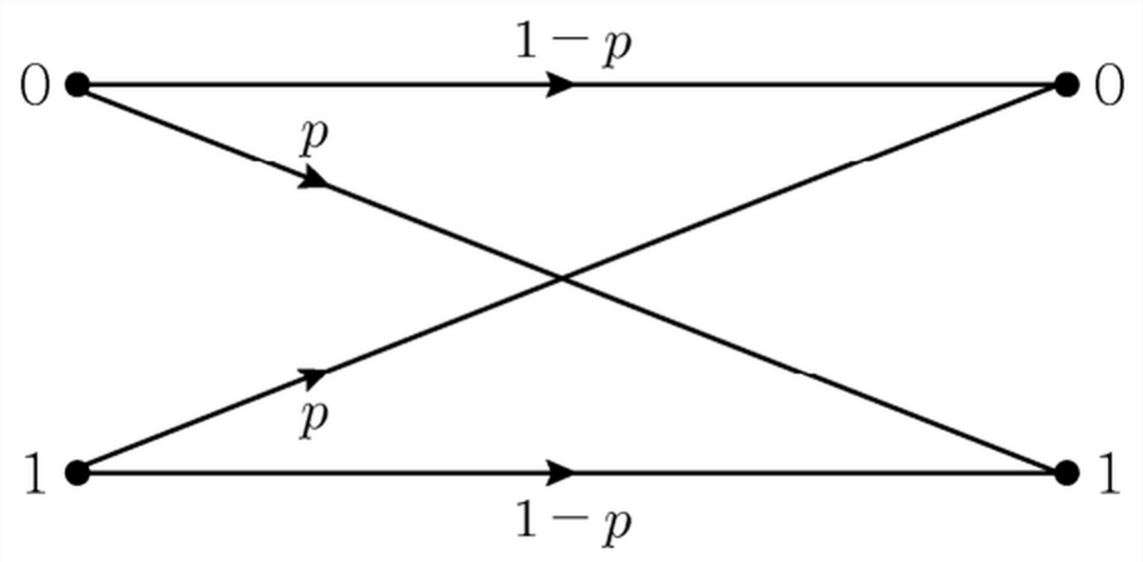
성상도 거리 비교 문제는 먼저 각 변조의 신호점 좌표를 잡고, 그다음 가장 가까운 두 점 사이 거리만 구한 뒤, 마지막에 문제에서 요구한 비의 방향까지 확인하면 된다.

암기 포인트

같은 E_s에서 $d_{\min,\,\mathrm{BPSK}} = 2\sqrt{E_s}$, $d_{\min,\,\mathrm{QPSK}} = \sqrt{2E_s}$, 따라서 BPSK 대 QPSK 최소거리 비는 $\sqrt{2}$이다.

NoteBase

문 19. 다음과 같은 이진 대칭 채널을 통해 이진 정보 비트를 동일하게 세 번 반복하여 전송하고, 수신된 세 개의 비트들에 대해 다수결 원칙 기반 복호를 한다고 할 때, 평균 정보 비트 오류 확률은? (단, 정보 비트 0과 1의 발생 확률은 같고, 교차 확률 p는 $0 < p < 1$이다)



① $2p^2 - 3p^3$

② $3p^2 - 2p^3$

③ $2p^2 - 2p^3$

④ $3p^2 - 3p^3$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이진 대칭 채널에서 같은 비트를 3회 반복 전송한 뒤 다수결 복호를 할 때 정보 비트 오류 확률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 각 전송 비트는 독립적으로 확률 p로 반전되고 확률 $1 - p$로 그대로 수신된다.
구해야 할 값: 3회 반복 전송 후 다수결 복호를 했을 때 최종 정보 비트가 틀릴 확률이다.
주의할 조건: 다수결 복호가 틀리려면 3개 중 적어도 2개가 오류가 나야 한다. 정보 비트 0과 1의 발생 확률이 같고 채널이 대칭이므로 평균 오류 확률은 한 비트 기준 오류 확률과 같다.

NoteBase

사용할 공식

P_e=P(오류 2개)+P(오류 3개) =32p^2(1-p)+33p^3
이 공식을 쓰는 이유는 다수결 복호에서 3개 중 0개 또는 1개만 오류이면 원래 비트가 유지되고, 2개 또는 3개가 오류일 때만 최종 판정이 뒤집히기 때문이다.

계산 과정

1. 정확히 2개가 오류일 확률은 $\binom{3}{2}p^2(1-p) = 3p^2(1-p)$이다.
2. 정확히 3개가 오류일 확률은 $\binom{3}{3}p^3 = p^3$이다.
3. 따라서 최종 정보 비트 오류 확률은
$P_e = 3p^2(1-p) + p^3 = 3p^2 - 3p^3 + p^3 = 3p^2 - 2p^3$
이다.

선지 판단

① X
$2p^2 - 3p^3$는 두 개 오류 경우의 조합 수 3개를 제대로 반영하지 못한 식이다. 다수결 오류는 정확히 2개 오류와 3개 오류를 모두 더해야 하므로 값은 $3p^2 - 2p^3$가 되어야 한다.
틀린 표현은 $2p^2 - 3p^3$이다. 올바르게는 $3p^2 - 2p^3$이다.

② O
계산 결과가 $3p^2 - 2p^3$이므로 옳다. $\binom{3}{2}p^2(1-p) + p^3$를 전개하면 정확히 이 식이 된다.

③ X
$2p^2 - 2p^3 = 2p^2(1-p)$는 정확히 2개 오류가 나는 경우를 셀 때 필요한 조합 수 3개 중 하나를 빠뜨린 값이다. 다수결 오류 확률은 $3p^2(1-p) + p^3$이어야 한다.
틀린 표현은 $2p^2 - 2p^3$이다. 올바르게는 $3p^2 - 2p^3$이다.

④ X
$3p^2 - 3p^3 = 3p^2(1-p)$는 정확히 2개 오류가 나는 경우만 반영하고, 3개 모두 오류인 경우 p^3를 누락한 값이다. 다수결은 3개 모두 뒤집혀도 오판정이므로 이 항을 더해야 한다.
틀린 표현은 $3p^2 - 3p^3$이다. 올바르게는 $3p^2 - 2p^3$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 다수결 오류 조건을 정확히 2개 오류로만 좁혀 보는 데 있다. 특히 ④처럼 $3p^2(1-p)$까지만 쓰고 p^3를 빼먹기 쉽고, ①·③처럼 조합 수 $\binom{3}{2} = 3$을 잘못 세면 계수가 2로 줄어든다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

반복 부호의 다수결 문제는 최종 판정이 뒤집히는 최소 오류 개수를 먼저 정한 뒤, 그 개수 이상이 발생하는 확률을 조합으로 합산하면 된다. 3회 반복이면 2개 이상 오류를 더하는 구조로 바로 들어가면 된다.

암기 포인트

3회 반복 다수결 복호 오류 확률은 $\binom{3}{2}p^2(1-p)+p^3=3p^2-2p^3$이다.

NoteBase

문 20. 발생 확률이 동일한 두 이진 데이터를 AWGN 채널을 통해 송신하고, 수신단에서 정합 필터를 통해 검출된 신호가 $\pm A + n$이라면, 평균 비트 오류 확률을 Q-함수로 나타낸 것은? (단, A는 양의 상수이고, n은 평균이 0이고 분산이 σ^2인 가우시안 랜덤 변수이며, Q-함수는 $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \exp\left[-\frac{s^2}{2}\right] ds$이다)

① $Q\left(\frac{A}{\sigma}\right)$
② $Q\left(\frac{A}{2\sigma}\right)$
③ $Q\left(\frac{2A}{\sigma}\right)$
④ $Q\left(\frac{\sqrt{A}}{2\sigma}\right)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 AWGN에서 이진 신호의 판정경계와 가우시안 잡음의 표준편차를 이용해 평균 비트 오류 확률을 Q 함수로 쓰는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 정합 필터 출력이 $y = \pm A + n$이고, $n \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$이다.
구해야 할 값: 평균 비트 오류 확률 P_b이다.
주의할 조건: 두 데이터의 발생 확률이 같고 판정경계는 0이다.

사용할 공식

사용할 식은 $P_b = P(n > A) = P(n < -A) = Q(A/\sigma)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 수신 신호가 $+A$ 또는 $-A$를 중심으로 잡음 n만큼 흔들리므로, 오류는 각 신호점에서 판정경계 0을 넘는 가우시안 꼬리확률로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. $+A$가 전송되었을 때 오류는 $+A + n < 0$인 경우이므로 $n < -A$이다.
2. $-A$가 전송되었을 때 오류는 $-A + n > 0$인 경우이므로 $n > A$이다.
3. 가우시안 분포의 대칭성에 의해 $P(n < -A) = P(n > A) = Q(A/\sigma)$이다.
4. 두 비트의 발생 확률이 같으므로 평균 비트 오류 확률은 $P_b = \frac{1}{2}Q(A/\sigma) + \frac{1}{2}Q(A/\sigma) = Q(A/\sigma)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
오류확률은 각 신호점에서 판정경계까지의 거리 A를 잡음 표준편차 σ로 나눈 꼬리확률이므로 $Q(A/\sigma)$가 맞다.

② X
틀린 표현은 $Q(A/2\sigma)$이다. 분산이 σ^2이므로 표준편차는 σ이지 2σ가 아니다. 올바르게는 $Q(A/\sigma)$이다.

③ X
틀린 표현은 $Q(2A/\sigma)$이다. $2A$는 두 신호점 사이의 전체 거리이고, 오류확률은 한 신호점에서 판정경계 0까지의 거리 A를 써야 한다. 올바르게는 $Q(A/\sigma)$이다.

④ X
틀린 표현은 $Q(\sqrt{A}/2\sigma)$이다. 이 문제에서 A는 이미 검출통계의 진폭이므로 제곱근을 취할 근거가 없고 차원도 맞지 않는다. 올바르게는 $Q(A/\sigma)$이다.

오답 포인트

③처럼 신호점 간 거리 $2A$를 그대로 넣거나 ②처럼 분산 σ^2와 표준편차 σ를 혼동하면 오답이 된다. 이 문제의 핵심은 전체 거리보다 판정경계까지의 단측 거리 A를 쓰는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이진 AWGN 검출 문제는 먼저 판정경계를 잡고, 각 신호점에서 그 경계까지의 거리를 구한 뒤, 그 거리를 잡음 표준편차로 나눈 값을 Q함수의 입력으로 넣으면 된다.

암기 포인트

이진 AWGN의 오류확률은 신호점 간 전체 거리보다 판정경계까지의 거리로 본다. 이 문제에서는 $P_b = Q(A/\sigma)$이다.

NoteBase

문 21. 크기가 200 [byte]인 프레임을 100 [μs]마다 6개씩 전송할 때, 전송 속도[Mbps]는?

① 12

② 24

③ 48

④ 96

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 프레임 크기와 전송 주기를 이용해 초당 비트 전송률을 구하는 계산 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 프레임 크기 200 byte, 100 μs마다 6개 전송
- 구해야 할 값: 전송 속도(Mbps)
- 주의할 조건: byte를 bit로 바꾸고, μs를 s로 환산해야 한다.

사용할 공식

R=전송한 총 비트 수걸린 시간=(6×200×8)/(100×10^-6) bps
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 한 구간 동안 보낸 데이터의 양과 그 구간의 시간이 함께 주어졌기 때문이다.

계산 과정

1. 프레임 1개의 크기를 비트로 바꾸면 $200 \times 8 = 1600$ bit이다.
2. 100 μs 동안 6개를 보내므로 총 전송 비트 수는 $1600 \times 6 = 9600$ bit이다.
3. $100\mu s = 100 \times 10^{-6} s = 10^{-4} s$이므로
$R = \frac{9600}{10^{-4}} = 96 \times 10^{6}\text{bps} = 96\text{Mbps}$
따라서 전송 속도는 96 Mbps이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 12가 아니라 96이다. ①의 12는 $6 \times 200 = 1200$ byte를 $100\mu s$로 나눈 뒤 byte/s 값을 그대로 Mbps처럼 본 오답이다. 올바르게는 12 MB/s는 $12 \times 8 = 96$ Mbps이다.
② X: 계산 결과 96 Mbps와 일치하지 않는다. 24 Mbps라는 수치는 byte를 bit로 바꾸는 환산을 충분히 반영하지 못한 값이다. 올바르게는 전송 속도는 24 Mbps가 아니라 96 Mbps이다.
③ X: 계산 결과 96 Mbps의 절반값에 불과하므로 틀리다. 프레임 수나 bit 환산을 일부만 반영하면 48 Mbps 같은 값이 나오지만 문제의 조건 전체를 적용하면 되지 않는다. 올바르게는 전송 속도는 48 Mbps가 아니라 96 Mbps이다.
④ O: $6 \times 200 \times 8 = 9600$ bit를 $100\mu s = 10^{-4} s$로 나누면 96×10^{6} bps가 되어 96 Mbps가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 byte와 bit를 바로 바꾸지 않거나, $100\mu s$를 초로 환산하지 않은 채 계산하는 데 있다. 특히 ①처럼 byte/s 값을 그대로 Mbps처럼 읽으면 단위만 바뀐 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

전송률 계산 문제는 데이터량을 먼저 bit로 통일하고, 시간을 s로 통일한 뒤 비트 수/시간으로 계산하면 된다. 마지막에는 bps를 Mbps로 읽는지까지 단위 검산을 하면 된다.

암기 포인트

전송 속도는 프레임 수×프레임 크기(bit)÷시간이며, 1 byte는 8 bit이다.

NoteBase

문 22. 선형 귀환 천이 레지스터를 이용하여 발생한 최장 부호열 PN 부호에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 주기성을 갖는다.

② CDMA 시스템에서 기지국 및 섹터를 구분하는 데 사용된다.

③ 모든 천이 레지스터의 값이 0인 경우에도 PN 부호열을 생성할 수 있다.

④ 부호의 길이가 길수록 한 칩 지연된 부호열과의 자기상관 값은 0에 가깝게 된다.

정답 3번

출제 포인트

최장 부호열 PN 부호인 m열의 주기성, 금지 초기상태, CDMA 활용, 비영시프트 자기상관 성질을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

최장 부호열 PN 부호는 선형 귀환 천이 레지스터로 만드는 m열로, 주기는 $N = 2^m - 1$이다.
이 부호열은 모든 레지스터 값이 0인 상태를 허용하지 않으며, 이 상태에 들어가면 출력이 계속 0으로 고정된다.
또한 m열의 자기상관은 0시프트에서 크고, 0이 아닌 시프트에서는 정규화하면 대체로 $-1/N$ 수준이어서 길이가 길수록 0에 가까워진다.

선지별 해설

① O
최장 부호열 PN 부호는 유한 길이의 시퀀스가 반복되는 구조이므로 주기성을 갖는다. m단 LFSR의 최대 주기는 $2^m - 1$이다.

② O
CDMA에서는 PN 부호의 위상 오프셋을 이용해 기지국이나 섹터를 구분한다. 같은 확산 방식 안에서 서로 다른 PN 오프셋이 식별자 역할을 한다.

③ X
틀린 부분은 "모든 천이 레지스터의 값이 0인 경우에도"이다.
모든 레지스터가 0이면 귀환값도 0이어서 상태가 영원히 0에 머문다. 따라서 PN 부호열, 특히 최장 부호열을 생성할 수 없다.

④ O
최장 부호열의 비영시프트 자기상관은 이상적으로 매우 작고, 정규화하면 $-1/N$에 해당한다. 따라서 부호 길이 N이 길어질수록 한 칩 지연된 부호열과의 자기상관 값은 0에 가까워진다.

NoteBase

오답 포인트

③은 LFSR이 어떤 초기값에서도 PN 부호를 만든다고 오해하면 틀리기 쉽다. 최장 부호열에서는 all-zero 상태가 금지상태라는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

LFSR 기반 PN 부호 문제에서는 먼저 all-zero 상태 허용 여부를 본다. 그다음 주기 $2^m - 1$, CDMA 식별 용도, 비영시프트 자기상관이 매우 작다는 성질을 차례로 대입하면 된다.

암기 포인트

최장 PN 부호는 $2^m - 1$ 주기, all-zero 금지, 비영시프트 자기상관은 거의 0이다.

NoteBase

문 23. 100개의 부반송파를 사용하는 OFDM 시스템이 8-QAM 변조 방식을 사용하고 있다. 보호 구간이 심볼 길이의 20 %이고 데이터율이 30 [Mbps]일 때, 시스템 대역폭[MHz]은?

① 10

② 12.5

③ 15

④ 17.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 OFDM의 총 심볼 시간, 보호 구간, 유효 심볼 시간을 구분한 뒤 부분반송파 간격과 시스템 대역폭을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 부분반송파 수 $N = 100$
- 변조 방식: 8-QAM이므로 부분반송파 1개당 $\log_2 8 = 3$비트 전송
- 데이터율 $R = 30$Mbps
- 보호 구간은 심볼 길이의 20%

구해야 할 값:
- 시스템 대역폭 B

주의할 조건:
- 문제의 심볼 길이는 총 심볼 시간 T_s로 보고, 유효 심볼 시간은 $T_u = T_s - T_g$로 계산한다.

사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.
$R = \frac{N\log_2 M}{T_s}, \quad T_g = 0.2T_s, \quad T_u = T_s - T_g, \quad \Delta f = \frac{1}{T_u}, \quad B = N\Delta f$
이 공식을 쓰는 이유는 OFDM 데이터율이 총 심볼 시간 기준으로 결정되고, 시스템 대역폭은 유효 심볼 시간으로 정해지는 부분반송파 간격 Δf의 합으로 근사하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 8-QAM이므로 부분반송파 1개가 실어 나르는 비트 수는 $\log_2 8 = 3$이다.
2. 한 OFDM 심볼이 보내는 총 비트 수는 $100 \times 3 = 300$비트이다.
3. 데이터율이 30Mbps이므로 총 심볼 시간은
$T_s = \frac{300}{30 \times 10^6} = 10\mu s$
이다.
4. 보호 구간은 심볼 길이의 20%이므로
$T_g = 0.2T_s = 2\mu s$
이다.
5. 유효 심볼 시간은
$T_u = T_s - T_g = 10 - 2 = 8\mu s$
이다.
6. 부분반송파 간격은
$\Delta f = \frac{1}{T_u} = \frac{1}{8 \times 10^{-6}} = 125\text{kHz}$
이다.
7. 시스템 대역폭은
$B = N\Delta f = 100 \times 125\text{kHz} = 12.5\text{MHz}$
이다.

선지별 해설

① X: 10MHz는 보호 구간 20%를 유효 심볼 시간 기준으로 잘못 해석해 $T_s = 1.2T_u$로 두었을 때 나오는 값이다. 이 문제는 보호 구간이 총 심볼 길이의 20%이므로 $T_u = 0.8T_s$가 되어야 하며, 올바른 값은 12.5MHz이다.
② O: 계산 결과 $B = 12.5\text{MHz}$이므로 맞는 선지이다. 총 심볼 시간 $10\mu s$에서 보호 구간 $2\mu s$를 제외한 유효 심볼 시간 $8\mu s$를 써서 부분반송파 간격을 구해야 한다.
③ X: 15MHz가 되려면 $\Delta f = 150\text{kHz}$, 즉 $T_u \approx 6.67\mu s$이어야 한다. 이는 데이터율 30Mbps와 보호 구간 20% 조건을 동시에 만족하지 않으므로 틀렸고, 올바른 값은 12.5MHz이다.
④ X: 17.5MHz가 되려면 $\Delta f = 175\text{kHz}$, 즉 $T_u \approx 5.71\mu s$이어야 한다. 이는 주어진 총 심볼 시간과 보호 구간 비율에서 나올 수 없는 값이므로 틀렸고, 올바른 값은 12.5MHz이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 보호 구간 20%의 기준 시간을 잘못 잡는 데 있다. 보호 구간을 유효 심볼 시간의 20%로 착각하면 ①처럼 10MHz가 나오고, 총 심볼 시간과 유효 심볼 시간을 섞어 쓰면 다른 오답이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

OFDM 계산형은 먼저 데이터율 식으로 총 심볼 시간 T_s를 구하고, 다음에 보호 구간을 반영해 유효 심볼 시간 T_u를 만든 뒤, 마지막에 $\Delta f = 1/T_u$, $B = N\Delta f$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

OFDM 대역폭은 총 심볼 시간이 아니라 유효 심볼 시간으로 정해지는 $\Delta f = 1/T_u$에서 나온다.

NoteBase

문 24. 통신 채널을 선형 시불변 시스템으로 모델링하는 경우, 무왜곡 전송에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 무왜곡 전송이 가능한 통신 채널의 주파수 진폭 응답은 상수이다.

② 무왜곡 전송이 가능한 통신 채널의 주파수 위상 응답은 주파수에 대해 선형적이다.

③ 수신 신호가 일정 시간만큼 지연되면 파형이 송신 신호와 동일한 모양을 가지더라도 무왜곡 전송으로 볼 수 없다.

④ 채널의 왜곡 효과를 보상하기 위해 사용되는 등화기의 주파수 응답은 채널의 주파수 응답의 역수이다.

정답 3번

출제 포인트

무왜곡 전송의 조건인 상수 진폭 응답, 선형 위상 응답, 그리고 일정 시간지연의 의미를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

무왜곡 전송은 수신 신호가 $y(t) = Kx(t - t_0)$ 꼴로 되는 전송이다.
즉 파형의 모양은 유지되고, 전체 이득 K와 일정 시간지연 t_0만 추가된다.
주파수 영역에서는 신호 대역 내에서 진폭 응답이 상수이고 위상 응답이 주파수에 대해 선형이어야 한다.

선지별 해설

① O. 무왜곡 전송이 되려면 신호가 차지하는 대역에서 채널의 진폭 응답 $|H(f)|$가 상수여야 한다. 주파수마다 이득이 달라지면 각 성분의 크기가 달라져 파형이 왜곡된다.
② O. 무왜곡 전송에서는 위상 응답이 f에 대해 선형이어야 한다. 그래야 모든 주파수 성분이 동일한 시간지연을 가져 파형 모양이 유지된다.
③ X. 틀린 표현은 "무왜곡 전송으로 볼 수 없다"이다. 수신 신호가 일정 시간만큼만 지연되고 송신 신호와 같은 모양을 유지하면 이는 무왜곡 전송이다. 올바르게는 "일정 시간지연만 있고 파형이 유지되면 무왜곡 전송으로 본다"이다.
④ O. 등화기는 채널이 만든 왜곡을 보상하도록 설계되며 이상적으로는 채널 응답의 역특성을 갖는다. 전체 응답이 상수 이득과 선형 위상이 되도록 맞추는 것이 목적이다.

오답 포인트

시간지연을 곧바로 왜곡으로 착각하면 ③에 걸리기 쉽다. 무왜곡 전송은 지연이 없는 전송이 아니라 파형이 보존되는 전송이므로 일정한 지연 자체는 허용된다.

다시 나오면 이렇게 판단

무왜곡 전송 문제는 먼저 $y(t) = Kx(t - t_0)$ 꼴을 떠올린다. 그다음 진폭 응답은 상수, 위상 응답은 선형, 일정 시간지연은 허용이라는 세 기준으로 선지를 판별한다.

NoteBase

암기 포인트

무왜곡 전송은 상수 진폭, 선형 위상, 일정 지연 허용이다.

NoteBase

문 25. 총 주파수 대역폭이 35 [MHz]인 FDMA 방식의 셀룰러시스템에서 한 사용자당 50 [kHz]의 전이중(full-duplex)대역폭을 사용하고 있다. 클러스터의 크기가 7일 때, 셀당 동시에 수용 가능한 최대 사용자 수는? (단, 사용자 대역 간 보호 대역은 없다고 가정한다)

① 100

② 150

③ 200

④ 250

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 FDMA 셀룰러 시스템에서 전체 대역폭, 사용자당 전이중 대역폭, 클러스터 크기를 이용해 셀당 동시 수용 가능 사용자 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 총 주파수 대역폭 35 MHz, 사용자당 전이중 대역폭 50 kHz, 클러스터 크기 7이다.
구해야 할 값: 셀당 동시에 수용 가능한 최대 사용자 수이다.
주의할 조건: 50 kHz는 이미 전이중 대역폭이므로 상향과 하향을 다시 나누지 않는다. 또한 전체 채널 수를 구한 뒤 클러스터 크기 7로 나누어 셀당 채널 수를 구해야 한다.

사용할 공식

전체 사용자 채널 수는 총 대역폭사용자당 대역폭이고, 셀당 사용자 수는 전체 사용자 채널 수클러스터 크기이다.
이 공식을 쓰는 이유: FDMA에서는 각 사용자가 일정한 주파수 대역을 전용으로 차지하므로 전체 대역폭을 사용자당 대역폭으로 나누면 전체 채널 수가 나오고, 주파수 재사용 때문에 한 셀은 그 채널을 클러스터 크기만큼 나누어 가진다.

계산 과정

1. 총 대역폭을 같은 단위로 맞추면 $35\text{MHz} = 35{,}000\text{kHz}$이다.
2. 전체 사용자 채널 수는 $\frac{35{,}000}{50} = 700$이다.
3. 셀당 동시 수용 가능 사용자 수는 $\frac{700}{7} = 100$이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과가 100명이므로 맞다.
② X: 150명이라는 수치가 틀렸다. 올바르게는 전체 700채널을 클러스터 크기 7로 나누어 100명으로 계산해야 한다.
③ X: 200명이라는 수치가 틀렸다. 올바르게는 사용자당 50 kHz가 이미 전이중 대역폭이므로 이를 25 kHz처럼 다시 나누지 않아야 하며, 결과는 100명이다.
④ X: 250명이라는 수치가 틀렸다. 올바르게는 주파수 재사용을 반영해 클러스터 크기 7을 나누어야 하므로 결과는 100명이다.

오답 포인트

사용자당 50 kHz가 이미 전이중 대역폭이라는 문구를 놓치면 상하향을 다시 분리해 200명으로 잘못 계산하기 쉽다. 또 전체 채널 수 700까지만 구하고 클러스터 크기 7을 나누지 않으면 셀당 용량이 과대평가된다.

다시 나오면 이렇게 판단

셀룰러 FDMA 용량 문제는 단위를 먼저 맞춘 뒤 전체 채널 수를 구하고, 마지막에 클러스터 크기로 나누어 셀당 채널 수를 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

FDMA 셀당 용량은 전체 대역폭 ÷ 사용자당 대역폭 ÷ 클러스터 크기이다.

NoteBase