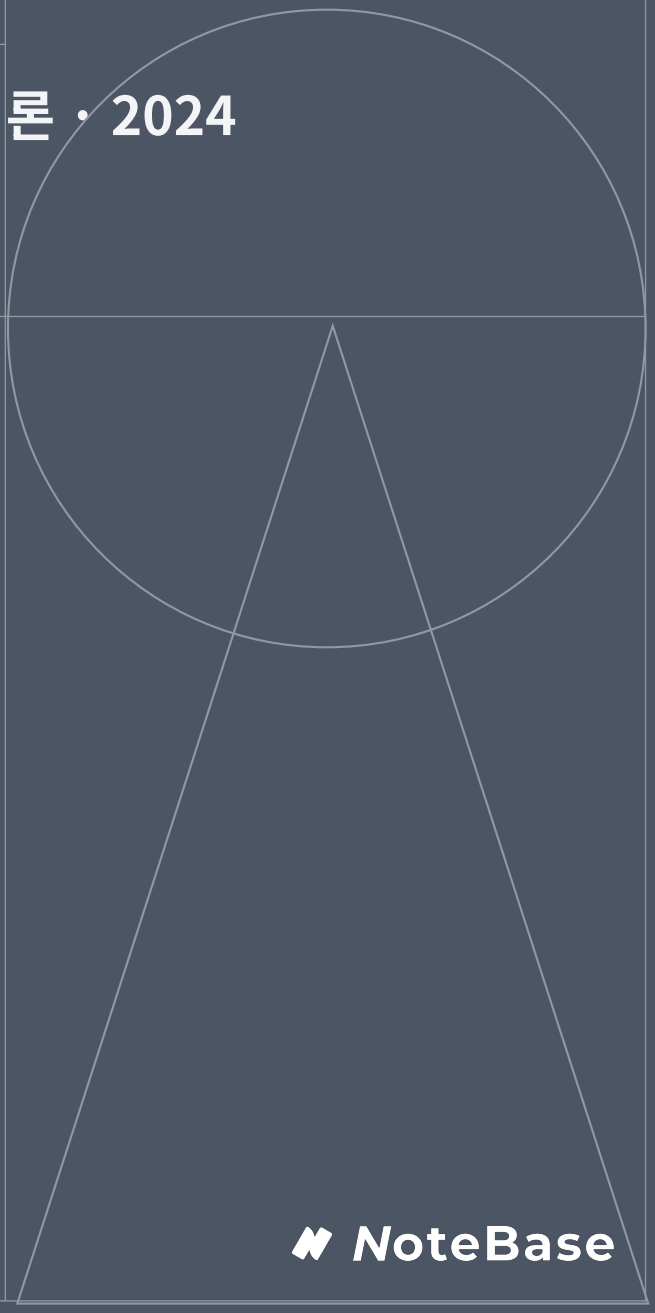
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2024

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2024

문 1. IPv4에서 2,048개의 주소로 구성된 서브네트워크를 만들 때, 접두어(prefix)의 길이[bits]는?

① 19

② 20

③ 21

④ 22

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 서브네트워크의 전체 주소 수가 $2^{32-\text{prefix}}$라는 관계를 이용해 접두어 길이를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 서브네트워크의 주소 수는 2048개이다.
구해야 할 값: IPv4 접두어 길이이다.
주의할 조건: 문제는 사용 가능한 호스트 수가 아니라 전체 주소 수를 묻고 있으므로 2048을 그대로 2의 거듭제곱과 대응시킨다.

사용할 공식

IPv4에서 접두어 길이를 p라고 하면 한 서브네트워크의 전체 주소 수는 2^{32-p}이다.
이 공식을 쓰는 이유: 접두어가 네트워크 비트 수를 뜻하므로, 남는 호스트 비트 수 $32-p$가 만들 수 있는 모든 주소 개수가 바로 서브네트워크의 전체 주소 수가 되기 때문이다.

계산 과정

2048은 2^{11}이다.
따라서 $2^{32-p}=2^{11}$이므로 $32-p=11$이다.
정리하면 $p=32-11=21$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 19비트이면 호스트 비트는 13비트이므로 전체 주소 수는 $2^{13} = 8192$개이다. 틀린 표현은 접두어를 19비트로 본 점이며, 올바르게는 21비트이다.
2번 X: 20비트이면 호스트 비트는 12비트이므로 전체 주소 수는 $2^{12} = 4096$개이다. 틀린 표현은 접두어를 20비트로 본 점이며, 올바르게는 21비트이다.
3번 O: 21비트이면 호스트 비트는 11비트이므로 전체 주소 수는 $2^{11} = 2048$개가 된다. 문제 조건과 정확히 일치한다.
4번 X: 22비트이면 호스트 비트는 10비트이므로 전체 주소 수는 $2^{10} = 1024$개이다. 틀린 표현은 접두어를 22비트로 본 점이며, 올바르게는 21비트이다.

오답 포인트

2048개의 주소를 2046개의 사용 가능 호스트 수와 혼동하면 틀리기 쉽다. 이 문제는 네트워크 주소와 브로드캐스트 주소를 포함한 전체 주소 수를 묻기 때문에 2048을 그대로 2^{11}로 본다.

다시 나오면 이렇게 판단

IPv4 서브넷 문제는 먼저 묻는 값이 전체 주소 수인지 사용 가능 호스트 수인지 구분한 뒤, 전체 주소 수이면 $2^{32-\text{prefix}}$, 사용 가능 호스트 수이면 $2^{32-\text{prefix}} - 2$를 적용해 접두어를 역산한다.

암기 포인트

2048은 2^{11}이므로 호스트 비트 11, 접두어는 $32 - 11 = 21$이다.

NoteBase

문 2. <보기>의 수식과 가장 관련이 높은 것은? (단, $x(t)$는 시간 영역의 신호이며, $X(f)$는 $x(t)$를 푸리에 변환한 주파수 영역의 신호이다.)

<보기>

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2(t)dt = \int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df$$

① 중심 극한 정리(Central limit theorem)

② 새넌의 용량 정리(Shannon’s capacity theorem)

③ 나이퀴스트 샘플링 이론(Nyquist’s sampling theorem)

④ 파스발의 에너지 정리(Parseval’s energy theorem)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 시간영역 에너지와 주파수영역 에너지가 같다는 파스발의 에너지 정리를 수식으로 식별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 정리

파스발의 에너지 정리는 시간영역 신호 $x(t)$의 에너지와 주파수영역 신호 $X(f)$의 에너지가 같다는 관계를 말한다.
즉 $\int_{-\infty}^{\infty} x^2(t)dt = \int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df$ 형태의 등식이 핵심이다.
중심극한정리는 확률변수 합의 분포 수렴에 관한 정리이고, 채널 용량 정리는 전송 가능한 최대 정보율에 관한 정리이며, 나이퀴스트 샘플링 이론은 샘플링 주파수 조건에 관한 이론이다.

선지별 해설

1번 X: 중심극한정리는 많은 확률변수의 합이 정규분포에 가까워진다는 내용이다. 틀린 표현은 이 에너지 적분식을 중심극한정리와 연결한 점이며, 올바르게는 확률분포 수렴과 관련된 정리이다.
2번 X: 채널의 용량 정리는 잡음이 있는 채널에서 최대 전송률을 $C = B\log_2(1 + S/N)$처럼 나타내는 내용이다. 틀린 표현은 시간영역과 주파수영역의 에너지 보존식을 채널 용량 정리와 연결한 점이며, 올바르게는 최대 정보 전송률과 관련된 정리이다.
3번 X: 나이퀴스트 샘플링 이론은 대역제한 신호를 복원하려면 샘플링 주파수가 최소 두 배 대역폭 이상이어야 한다는 내용이다. 틀린 표현은 에너지 적분 등식을 샘플링 조건과 연결한 점이며, 올바르게는 $f_s \geq 2W$와 같은 샘플링 조건으로 표현된다.
4번 O: 제시된 수식은 시간영역의 전체 에너지와 주파수영역의 전체 에너지가 같다는 의미이므로 파스발의 에너지 정리에 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

수식에 적분과 푸리에 변환이 보이면 샘플링이나 채널 용량과 혼동하기 쉽다. 그러나 이 문항은 전송률이나 샘플링 주파수가 아니라 양변이 모두 에너지 적분 형태라는 점이 핵심 단서이다.

다시 나오면 이렇게 판단

시간영역 적분과 주파수영역 적분이 등호로 연결되어 있으면 먼저 에너지 보존 관계를 떠올린다. 반대로 $C = B\log_2(1 + S/N)$ 형태이면 채널 용량, $f_s \geq 2W$ 형태이면 나이퀴스트 샘플링으로 판단한다.

암기 포인트

시간 적분 에너지 = 주파수 적분 에너지이면 파스발 정리이다.

NoteBase

문 3. 연속랜덤변수 X가 <보기>의 확률밀도함수(probability density function)를 가질 때 X에 대한 성질로 가장 옳지 않은 것은? (단, σ는 유한한 양수이다.)

<보기>

f_X(x)=cases(x)/(σ^2)e^-(x^2)/(2σ^2), & x≥ 0\\0, & x<0cases

① X의 기댓값은 σ가 증가함에 따라 증가한다.

② X의 분산은 σ가 증가함에 따라 감소한다.

③ X의 누적분포함수는 F_X(x)=cases1-e^-(x^2)/(2σ^2), & x≥ 0\\0, & x<0cases이다.

④ X^2은 지수분포(exponential distribution)를 따른다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 레일리 분포의 평균, 분산, 누적분포함수, 변수변환 결과를 함께 판별하는 문제이다.

조건 정리

확률밀도함수는 $f_X(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-x^2/(2\sigma^2)}$ $(x \geq 0)$, $f_X(x) = 0$ $(x < 0)$이고, σ는 유한한 양수이다.

사용할 공식

이 분포는 레일리 분포이다. 레일리 분포에서는 $E[X] = \sigma\sqrt{\pi/2}$, $\mathrm{Var}(X) = \frac{4-\pi}{2}\sigma^2$, $F_X(x) = 1 - e^{-x^2/(2\sigma^2)}$ $(x \geq 0)$이다. 또 $Y = X^2$로 두면 $F_Y(y) = P(X \leq \sqrt{y}) = 1 - e^{-y/(2\sigma^2)}$ $(y \geq 0)$이므로 Y는 비율모수 $1/(2\sigma^2)$인 지수분포를 따른다.

계산 과정

1. 주어진 확률밀도함수 $f_X(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-x^2/(2\sigma^2)}$를 보고 X가 레일리 분포임을 식별한다.
2. 평균과 분산 공식을 적용하면 $E[X] = \sigma\sqrt{\pi/2}$, $\mathrm{Var}(X) = \frac{4-\pi}{2}\sigma^2$가 된다.
3. 누적분포함수는 적분하거나 표준식으로부터 $F_X(x) = 1 - e^{-x^2/(2\sigma^2)}$ $(x \geq 0)$를 얻는다.
4. $Y = X^2$에 대해 $P(Y \leq y) = P(X \leq \sqrt{y})$를 쓰면 $F_Y(y) = 1 - e^{-y/(2\sigma^2)}$이므로 Y는 지수분포이다.

선지 판단

1번: O. $E[X] = \sigma\sqrt{\pi/2}$이므로 기대값은 σ에 비례하여 증가한다.
2번: X. 분산은 $\mathrm{Var}(X) = \frac{4-\pi}{2}\sigma^2$이므로 σ가 증가하면 감소하지 않고 증가한다. 틀린 표현은 '감소한다'이고, 올바르게는 '증가한다'이다.
3번: O. $x \geq 0$에서 누적분포함수는 $F_X(x) = 1 - e^{-x^2/(2\sigma^2)}$, $x < 0$에서는 0이므로 제시된 식이 맞다.
4번: O. $Y = X^2$로 두면 $F_Y(y) = 1 - e^{-y/(2\sigma^2)}$ $(y \geq 0)$이므로 X^2는 지수분포를 따른다.

NoteBase

오답 포인트

평균은 σ에 비례하고 분산은 σ^2에 비례한다는 차이를 섞으면 2번에 걸린다. 또 3번과 4번은 식 모양만 보고 넘기기 쉽지만, $x < 0$ 구간 처리와 X^2의 누적분포함수 변환을 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이런 분포 문제는 먼저 분포 이름을 식별한 뒤 평균, 분산, 누적분포함수, 단순 변수변환 결과를 순서대로 대입해 판단하면 된다.

암기 포인트

레일리 분포는 평균은 σ에 비례하고 분산은 σ^2에 비례하며, X^2는 지수분포가 된다.

NoteBase

문 4. 신호 $s(t) = 2\text{sinc}(t)$의 나이퀴스트율[samples/s]은? (단, sinc(x)=cases((π x))/(π x), & x ≠ 0 \ 1, & x=0cases이다.)

① 1

② 2

③ 4

④ 8

정답 1번

출제 포인트

정규화 sinc(t)의 주파수 대역폭을 읽고 나이퀴스트율 $f_s = 2W$를 적용할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $s(t) = 2\text{sinc}(t)$이다.
$\text{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$이므로 정규화 sinc 정의를 사용한다.
구해야 할 값은 나이퀴스트율이다.
앞의 계수 2는 진폭만 바꾸고 대역폭은 바꾸지 않는다.

사용할 공식

$\text{sinc}(t) \leftrightarrow \text{rect}(f)$이므로 sinc($t$)의 스펙트럼은 $|f| \le 1/2$에서만 존재한다. 따라서 대역폭은 $W = 1/2$Hz이고, 나이퀴스트율은 $f_s = 2W$이다. 이 공식을 쓰는 이유는 저역통과 신호의 최소 표본화율이 최고 주파수의 2배이기 때문이다.

계산 과정

1. $\text{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$의 푸리에 변환은 rect($f$)이다.
2. 따라서 스펙트럼은 $|f| \le 1/2$에서만 존재하므로 대역폭은 $W = 1/2$Hz이다.
3. $s(t) = 2\text{sinc}(t)$에서 2는 진폭만 2배로 하고 대역폭은 그대로이다.
4. 나이퀴스트율은 $f_s = 2W = 2 \times \frac{1}{2} = 1$samples/s이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 나이퀴스트율은 1 samples/s이므로 맞다.
2번 X: 값 2는 틀리다. 올바르게는 1 samples/s이다. 이는 $\mathrm{sinc}(t)$의 대역폭 $W = 1/2$를 1 Hz로 잘못 읽거나, 이미 구한 나이퀴스트율을 다시 한 번 2배로 착각할 때 나오는 값이다.
3번 X: 값 4는 틀리다. 올바르게는 1 samples/s이다. 이는 $\sin(\pi t)$의 π를 보고 Hz 축과 각주파수 축을 혼동하여 대역폭을 과대평가할 때 나오는 값이다.
4번 X: 값 8은 틀리다. 올바르게는 1 samples/s이다. 이는 앞의 진폭 계수 2가 대역폭까지 여러 번 키운다고 오해할 때 나오는 값이다.

오답 포인트

함정은 정규화 sinc의 정의를 놓치는 데 있다. $\mathrm{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t}$는 대역폭이 1/2Hz인 기본 sinc이고, 앞의 계수 2는 진폭만 바꾼다. π를 보고 각주파수 문제로 오해하거나 진폭 계수까지 대역폭에 반영하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

정규화 $\mathrm{sinc}(t)$가 보이면 먼저 $\mathrm{sinc}(t) \leftrightarrow \mathrm{rect}(f)$를 떠올려 대역폭 W를 Hz 기준으로 읽고, 마지막에만 나이퀴스트율 $f_s = 2W$를 적용하면 된다.

암기 포인트

정규화 $\mathrm{sinc}(t)$의 대역폭은 1/2Hz, 나이퀴스트율은 1 samples/s이다. 진폭 계수는 대역폭을 바꾸지 않는다.

NoteBase

문 5. 랜덤변수 X의 확률밀도함수(probability density function) $f_X(x)$가 구간 $1 \le x \le 5$에서 균일하고 그 외의 구간에서는 0의 값을 가진다. 랜덤변수 X의 분산은?

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

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 연속균등분포 $U(1, 5)$의 분산 공식을 적용해 값을 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 확률밀도함수 $f_X(x)$는 $1 \le x \le 5$에서 균일하다.
구해야 할 값: 랜덤변수 X의 분산 $\mathrm{Var}(X)$이다.
주의할 조건: 구간 길이는 5-1=4이고, 분산과 평균을 구분해야 한다.

사용할 공식

연속균등분포 $U(a, b)$의 분산은 $\mathrm{Var}(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 밀도함수가 $1 \le x \le 5$ 구간에서 일정하다고 했으므로 X는 연속균등분포에 해당한다.

계산 과정

1. 구간의 양 끝값은 $a = 1, b = 5$이다.
2. 구간 길이는 $b - a = 4$이다.
3. 분산 공식에 대입하면 $\mathrm{Var}(X) = \frac{(5-1)^2}{12} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$ 이다.

선지 판단

1번 X: $\frac{1}{12}$는 구간 길이가 1인 연속균등분포의 분산값에 해당한다. 이 문제의 구간 길이는 4이므로 틀리다. 틀린 표현은 분산을 $\frac{1}{12}$로 본 부분이고, 올바르게는 분산이 $\frac{4}{3}$이다.
2번 X: $\frac{1}{3}$은 $(b-a)^2 = 4$로 잘못 두었을 때 나오는 값이다. 실제로는 $b - a = 4$이므로 $(b-a)^2 = 16$이 되어야 한다. 틀린 표현은 구간 길이 제곱을 4로 본 부분이고, 올바르게는 $\frac{16}{12} = \frac{4}{3}$이다.
3번 O: 계산 결과가 $\frac{4}{3}$이므로 맞는 선지이다.
4번 X: 3은 분산이 아니라 평균 $E[X] = \frac{1+5}{2} = 3$이다. 틀린 표현은 평균값 3을 분산으로 본 부분이고, 올바르게는 평균은 3이고 분산은 $\frac{4}{3}$이다.

NoteBase

오답 포인트

균등분포의 분산 공식에서 $b-a$를 먼저 구하지 않고 바로 숫자를 섞어 쓰면 $\frac{1}{3}$처럼 잘못 계산하기 쉽다. 또한 3은 이 문제에서 평균이므로 평균과 분산을 혼동하면 4번에 끌리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

균등분포 계산형 문제는 분포 구간의 양 끝값을 먼저 잡고, 구간 길이 $b-a$를 확인한 뒤, 평균인지 분산인지 요구값을 구분해서 공식에 대입하면 된다.

암기 포인트

연속균등분포 $U(a, b)$는 평균이 $\frac{a+b}{2}$, 분산이 $\frac{(b-a)^2}{12}$이다.

NoteBase

문 6. n개의 독립적인 랜덤변수 $X_1, \cdots, X_n$이 각각 평균 μ와 분산 σ^2을 가질 때, $M_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i$에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은? (단, μ와 $\sigma(>0)$는 유한한 상수이다.)

① M_n의 분산은 $\frac{\sigma^2}{n}$이다.

② n이 증가함에 따라 $\frac{M_n-\mu}{\sigma^2/n}$의 누적분포함수는 표준 정규 누적분포함수로 수렴한다.

③ n이 증가함에 따라 M_n의 분산은 0으로 수렴한다.

④ M_n의 기댓값은 μ이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 표본평균 M_n의 기댓값·분산과 대수의 법칙, 중심극한정리에서의 표준화 방식을 구별하는지를 묻는다.

핵심 개념

표본평균 M_n은 n개의 독립 동일분포 확률변수의 평균이므로 기댓값은 μ, 분산은 σ^2/n이다. 중심극한정리는 $M_n-\mu$를 분산이 아니라 표준편차 $\sigma/\sqrt{n}$로 나눈 값이 표준정규분포에 가까워진다는 내용이다. 대수의 법칙에 따라 n이 커질수록 M_n은 μ 주변에 더 집중된다.

선지별 해설

1번: O. 독립이므로 $\mathrm{Var}(\sum_{i=1}^{n} X_i) = n\sigma^2$이고, 따라서 $\mathrm{Var}(M_n) = \mathrm{Var}((1/n)\sum X_i) = \sigma^2/n$이다.
2번: X. 틀린 부분은 분모를 σ^2/n로 둔 표현이다. 중심극한정리의 표준화는 분산이 아니라 표준편차로 나누어야 하므로 $(M_n-\mu)/(\sigma/\sqrt{n}) = \sqrt{n}(M_n-\mu)/\sigma$의 누적분포함수가 표준정규 누적분포함수로 수렴한다.
3번: O. 1번에서 $\mathrm{Var}(M_n) = \sigma^2/n$이므로 $n\to\infty$이면 0으로 수렴한다.
4번: O. 기댓값의 선형성에 따라 $E[M_n] = (1/n)\sum_{i=1}^{n} E[X_i] = (1/n)\cdot n\mu = \mu$이다.

오답 포인트

표본평균의 분산이 σ^2/n이라는 사실과 중심극한정리의 표준화 분모를 혼동하면 2번을 맞는 진술처럼 보기 쉽다. 정규근사에서는 분산값 자체가 아니라 그 제곱근인 표준편차 $\sigma/\sqrt{n}$를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

표본평균 문제가 나오면 먼저 $E[M_n]=\mu$, $\mathrm{Var}(M_n)=\sigma^2/n$을 확인한다. 그다음 정규수렴 문장이 나오면 중심화된 분자 $M_n-\mu$와 분모가 표준편차 $\sigma/\sqrt{n}$인지 확인하면 된다.

암기 포인트

표본평균은 평균은 그대로 μ, 분산은 σ^2/n으로 감소하고, 중심극한정리의 표준화 분모는 $\sigma/\sqrt{n}$이다.

NoteBase

문 7. 동기(coherent) BFSK를 통해서 디지털 정보를 전송하려고 한다. 이때 주파수가 각각 f_1과 f_2인 직교 조건을 만족하는 두 개의 코사인 캐리어를 사용한다. $f_1 = 10{,}000$[Hz]이고, 하나의 정보 심볼의 길이가 0.00125초일 때, f_2로 사용되기에 가장 옳지 않은 주파수[Hz]는?

① 8,200

② 8,400

③ 9,600

④ 11,200

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 동기 BFSK의 직교 조건에서 주파수 간격이 심볼 시간 T에 대해 어떤 값이어야 하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $f_1 = 10{,}000\text{Hz}$, 심볼 길이 $T = 0.00125\text{s}$이다.
구해야 할 값은 f_2가 직교 조건을 만족하는지 여부이다.
주의할 조건은 동기 직교 BFSK에서는 두 반송파의 주파수 차가 $\frac{n}{2T}$ 꼴이어야 한다는 점이다.

사용할 공식

직교 BFSK의 주파수 간격 조건은
$|f_2 - f_1| = \frac{n}{2T} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 심볼 구간 T 동안 두 코사인 반송파의 상호상관값이 0이 되어야 직교 조건을 만족하기 때문이다.

계산 과정

먼저
$\frac{1}{2T} = \frac{1}{2 \times 0.00125} = 400\text{Hz}$
를 구한다.
따라서 가능한 주파수 차는 $400, 800, 1200, 1600, \dots$ Hz이다.
각 선지에 대해 $f_1 = 10{,}000\text{Hz}$와의 차를 계산하면 ①은 1800 Hz, ②는 1600 Hz, ③은 400 Hz, ④는 1200 Hz이다.
이 중 1800 Hz만 400의 정수배가 아니므로 직교 조건을 만족하지 않는다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. $|8200 - 10000| = 1800\text{Hz}$이고 이는 400Hz의 정수배가 아니므로 직교 조건을 만족하지 않는다. 따라서 f_2로 사용되기에 가장 옳지 않다.
2번: X. $|8400 - 10000| = 1600\text{Hz} = 4 \times 400\text{Hz}$이므로 직교 조건을 만족한다. 틀린 표현은 '사용되기에 옳지 않다'이고, 올바르게는 '8400 Hz는 f_2로 사용할 수 있다'이다.
3번: X. $|9600 - 10000| = 400\text{Hz} = 1 \times 400\text{Hz}$이므로 최소 주파수 간격 조건도 만족한다. 틀린 표현은 '사용되기에 옳지 않다'이고, 올바르게는 '9600 Hz는 f_2로 사용할 수 있다'이다.
4번: X. $|11200 - 10000| = 1200\text{Hz} = 3 \times 400\text{Hz}$이므로 직교 조건을 만족한다. 틀린 표현은 '사용되기에 옳지 않다'이고, 올바르게는 '11200 Hz는 f_2로 사용할 수 있다'이다.

오답 포인트

주파수 자체의 크기만 보고 판단하면 틀리기 쉽다. 이 문제는 f_2 값이 아니라 f_1과의 차이가 $\frac{1}{2T} = 400\text{Hz}$의 정수배인지가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

동기 BFSK 계산형 문제는 먼저 심볼 시간으로 $\frac{1}{2T}$를 구한 뒤, 각 보기의 $|f_2 - f_1|$가 그 값의 정수배인지 순서대로 확인하면 된다.

암기 포인트

동기 직교 BFSK는 주파수 차가 $\frac{n}{2T}$이면 된다.

NoteBase

문 8. [7, 4] 해밍 부호는 한 개의 오류를 항상 고칠 수 있는 오류 정정 부호이다. 이 부호의 패리티 검사 행렬이 <보기>와 같이 주어져 있다. 신드롬(syndrome) 벡터가 $s^T = [110]^T$일 때, 이에 대응하는 오류 벡터 e는? (단, 해밍 부호를 통해 오류가 정확히 정정되었다고 가정한다.)

<보기>

$$H = \begin{bmatrix} 1010101 \\ 0110011 \\ 0001111 \end{bmatrix}$$

① [1000000]

② [0010000]

③ [0001000]

④ [0000010]

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단일 오류 정정 해밍 부호에서 신드롬이 패리티 검사 행렬 H의 해당 열벡터와 일치한다는 성질로 오류 위치를 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 H=bmatrix1&0&1&0&1&0&1; 0&1&1&0&0&1&1; 0&0&0&1&1&1&1bmatrix, s^T=bmatrix1; 1; 0bmatrix 이다.
구해야 할 값은 신드롬 $s^T = [110]^T$에 대응하는 오류 벡터 e이다.
주의할 조건은 이 부호가 1비트 오류를 정정하므로 오류 벡터는 한 자리만 1인 길이 7의 벡터라는 점이다.

사용할 공식

단일 오류가 i번째 비트에서 발생하면 오류 벡터는 e_i이고, 신드롬은 $s = He_i^T$가 된다. 따라서 s는 H의 i번째 열벡터와 같다.
이 공식을 쓰는 이유는 해밍 [7, 4] 부호의 단일 오류 정정에서 신드롬이 곧 오류 위치를 가리키는 열 인덱스가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. H의 각 열을 읽으면 $c_1=[100]^T$, $c_2=[010]^T$, $c_3=[110]^T$, $c_4=[001]^T$, $c_5=[101]^T$, $c_6=[011]^T$, $c_7=[111]^T$이다.
2. 주어진 신드롬은 $s^T=[110]^T$이므로 H의 열들 중 c_3와 일치한다.
3. 따라서 3번째 비트에 단일 오류가 있었고 오류 벡터는 $e=[0010000]$이다.

선지별 해설

① X: [1000000]은 1번째 비트 오류를 뜻하므로 대응 신드롬은 $c_1=[100]^T$이다. 주어진 $s^T=[110]^T$와 다르다. 틀린 표현은 오류 위치를 1번째로 본 점이며, 올바르게는 3번째 비트 오류이므로 $e=[0010000]$이어야 한다.
② O: [0010000]은 3번째 비트 오류를 뜻한다. 3번째 열이 $c_3=[110]^T$이므로 주어진 신드롬과 정확히 일치한다.
③ X: [0001000]은 4번째 비트 오류를 뜻하므로 대응 신드롬은 $c_4=[001]^T$이다. 주어진 신드롬과 다르다. 틀린 표현은 오류 위치를 4번째로 본 점이며, 올바르게는 3번째 비트 오류이다.
④ X: [0000010]은 6번째 비트 오류를 뜻하므로 대응 신드롬은 $c_6=[011]^T$이다. 주어진 신드롬과 다르다. 틀린 표현은 오류 위치를 6번째로 본 점이며, 올바르게는 3번째 비트 오류이다.

오답 포인트

행벡터와 열벡터를 뒤집어 읽거나, 신드롬 $[110]^T$를 숫자 6처럼 보고 6번째 비트 오류로 연결하는 실수가 자주 나온다. 이 문항은 신드롬을 이진수 값으로 해석하는 것이 아니라 H의 열과 그대로 대조하는지가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

해밍 부호의 단일 오류 정정 문제는 먼저 신드롬을 적고, 다음으로 H의 각 열을 왼쪽부터 비교한 뒤, 일치하는 열 번호를 오류 위치로 바꾸어 단위벡터 형태의 오류 벡터를 쓰면 된다.

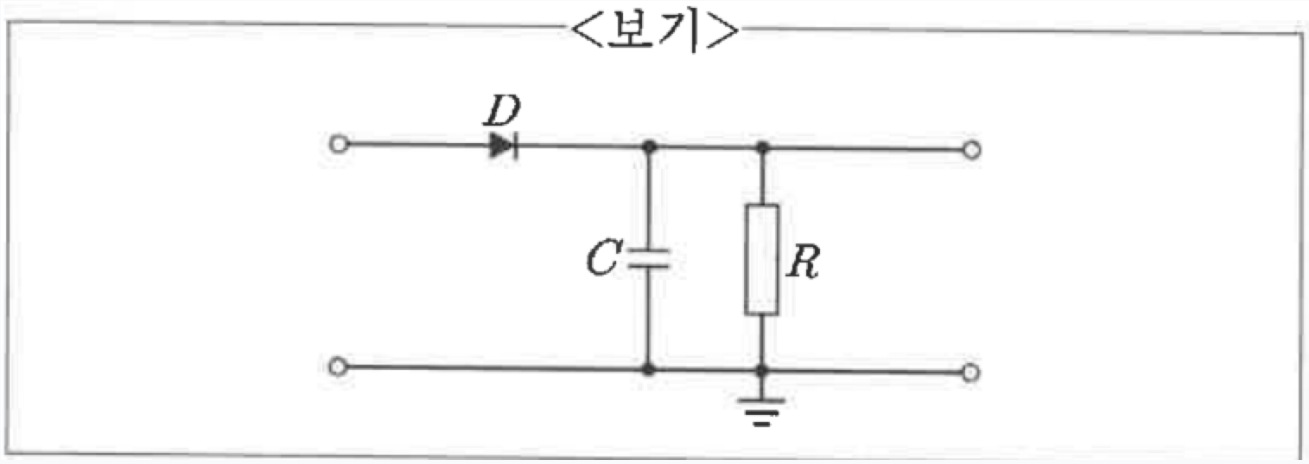
암기 포인트

단일 오류 해밍 부호에서는 신드롬 = 패리티 검사 행렬의 해당 열 = 오류 위치이다.

NoteBase

문 9. <보기>의 회로는 진폭 변조(AM)된 신호를 복조하기 위한 포락선 검파기(Envelope Detector)를 나타낸다. 음성 신호의 대역폭은 2[kHz]이고, 반송파 주파수가 1[MHz]일 때, 포락선 검파기의 시상수(time constant)[s]로 가장 옳은 것은? (단, D는 다이오드, R은 저항, C는 커패시터를 나타낸다.)

<보기>



① 10^{-7}

② 10^{-5}

③ 10^{-3}

④ 10^{-1}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 포락선 검파기에서 시상수 RC가 반송파 주기보다 충분히 크고, 음성 신호 포락의 변화 속도는 따라갈 수 있을 만큼 충분히 작아야 한다는 조건을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 음성 신호 대역폭 $f_m = 2kHz$, 반송파 주파수 $f_c = 1MHz$
구해야 할 값: 포락선 검파기의 적절한 시상수 RC
주의할 조건: RC는 반송파 성분은 걸러야 하므로 $1/f_c$보다 커야 하고, 포락선은 따라가야 하므로 $1/f_m$보다 작아야 한다.

사용할 공식

포락선 검파기의 시상수는 대략 $\frac{1}{f_c} \ll RC \ll \frac{1}{f_m}$를 만족해야 한다.
이 공식을 쓰는 이유: RC가 너무 작으면 커패시터가 반송파 주기마다 너무 빨리 방전되어 고주파 리플이 남고, 너무 크면 포락선의 하강 구간을 따라가지 못해 왜곡이 생기기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 반송파 쪽 조건을 계산하면 $\frac{1}{f_c} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}s$이다.
2. 음성 신호 쪽 조건을 계산하면 $\frac{1}{f_m} = \frac{1}{2 \times 10^3} = 5 \times 10^{-4}s$이다.
3. 따라서 적절한 시상수는 $10^{-6}s$보다 충분히 크고 $5 \times 10^{-4}s$보다 충분히 작은 값이어야 한다.
4. 보기 중 이 범위에 드는 값은 $10^{-5}s$뿐이므로 정답은 2번이다.

선지 판단

1번 X: $10^{-7}s$는 $10^{-6}s$보다도 작아서 반송파 주기보다 너무 짧다. 이 값은 커패시터가 너무 빨리 방전되어 포락선 검파가 아니라 반송파 성분까지 그대로 흔들릴 수 있는 값이다. 올바르게는 $10^{-6}s$보다 큰 값이어야 한다.
2번 O: $10^{-5}s$는 $10^{-6}s$보다 크고 $5 \times 10^{-4}s$보다 작다. 반송파는 충분히 평활하면서도 음성 포락은 따라갈 수 있는 범위이므로 적절하다.
3번 X: $10^{-3}s$는 $5 \times 10^{-4}s$보다 커서 포락선 변화를 따라가기에는 너무 크다. 이 값은 방전이 너무 느려 대각 왜곡이 생기기 쉽다. 올바르게는 $5 \times 10^{-4}s$보다 작은 값이어야 한다.
4번 X: $10^{-1}s$는 $5 \times 10^{-4}s$보다 훨씬 큰 값이므로 포락선 검파기의 시상수로는 지나치게 크다. 음성 신호의 진폭 변화를 거의 따라가지 못해 심한 왜곡이 생긴다. 올바르게는 반송파 제거와 포락 추종을 동시에 만족하는 중간 범위의 값이어야 한다.

오답 포인트

시상수는 작을수록 좋거나 클수록 좋다고 한쪽만 생각하면 틀린다. 이 문제의 함정은 RC가 반드시 두 조건 $1/f_c$보다 큼, $1/f_m$보다 작음을 동시에 만족해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

포락선 검파기 문제는 먼저 반송파 주파수와 변조 신호 최고 주파수를 확인한 뒤, $1/f_c$와 $1/f_m$의 사이 범위를 잡아서 보기를 대입해 판단한다.

암기 포인트

포락선 검파기의 시상수는 반송파에는 느리고 포락선에는 빨라야 하므로 $\frac{1}{f_c} \ll RC \ll \frac{1}{f_m}$이다.

NoteBase

문 10. 3개의 비트 정보로 구성된 메시지 벡터가 있을 때, <보기>와 같은 생성 행렬(generator matrix) G를 이용하여 6개의 비트로 구성된 코드워드 벡터를 만든다. 생성 행렬 G를 이용하여 코드워드의 왼쪽에서 네 번째 비트에 오류가 발생했을 때, 3비트로 구성된 신드롬(syndrome)으로 옳은 것은?

<보기>

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

① [0 1 1]

② [1 0 1]

③ [1 1 0]

④ [1 1 1]

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 생성행렬이 $G = [P\ I_3]$ 꼴일 때 패리티검사행렬 $H = [I_3\ P^T]$를 만들고, 1비트 오류의 신드롬이 해당 위치의 H 열벡터와 같다는 점을 묻는다.

조건 정리

주어진 생성행렬은 G=bmatrix1&1&0&1&0&0; 0&1&1&0&1&0; 1&0&1&0&0&1bmatrix이다.
오류는 코드워드의 왼쪽에서 네 번째 비트에 1비트 발생한다.
구해야 할 값은 3비트 신드롬이다.

사용할 공식

생성행렬이 $G = [P\ I_3]$이면 패리티검사행렬은 $H = [I_3\ P^T]$이다.
수신벡터를 $r = c + e$라 하면 신드롬은 $s = rH^T = eH^T$이다.
단일 비트 오류이면 신드롬은 H의 그 비트 위치 열벡터와 같다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 특정 위치의 1비트 오류에 대한 신드롬만 묻기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

먼저 P=bmatrix1&1&0; 0&1&1; 1&0&1bmatrix이므로 H=[I_3 P^T]=bmatrix1&0&0&1&0&1; 0&1&0&1&1&0; 0&0&1&0&1&1bmatrix이다.
왼쪽에서 네 번째 비트 오류는 $e = [0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0]$이다.
따라서 신드롬은 $s = eH^T = [1\ 1\ 0]$이므로 [110]이다.

선지 판단

1번 [011]: X. 계산된 신드롬은 [110]이다. [011]은 다섯 번째 열벡터에 해당하는 값이다. 틀린 표현은 '네 번째 비트 오류의 신드롬이 [011]이다'이고, 올바르게는 '네 번째 비트 오류의 신드롬은 [110]이다'이다.
2번 [101]: X. 계산된 신드롬은 [110]이다. [101]은 여섯 번째 열벡터에 해당하는 값이다. 틀린 표현은 '네 번째 비트 오류의 신드롬이 [101]이다'이고, 올바르게는 '네 번째 비트 오류의 신드롬은 [110]이다'이다.
3번 [110]: O. 패리티검사행렬 H의 네 번째 열이 바로 [110]이므로 네 번째 비트 오류의 신드롬과 일치한다.
4번 [111]: X. 계산된 신드롬은 [110]이다. [111]은 H의 어떤 열벡터와도 일치하지 않는다. 틀린 표현은 '네 번째 비트 오류의 신드롬이 [111]이다'이고, 올바르게는 '네 번째 비트 오류의 신드롬은 [110]이다'이다.

오답 포인트

생성행렬이 $[P\ I]$ 꼴인데 $[I\ P]$ 꼴로 착각하면 패리티검사행렬 구성이 뒤집혀 오답이 된다. 또 '왼쪽에서 네 번째 비트'를 행렬의 네 번째 열벡터로 읽지 못하고 다른 열벡터를 대입하면 1번이나 2번 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

선형 블록부호 문제는 먼저 생성행렬이 $[I\ P]$인지 $[P\ I]$인지 확인한 뒤 패리티검사행렬을 만든다. 그다음 1비트 오류이면 오류 위치에 해당하는 H의 열벡터를 바로 신드롬으로 읽으면 된다.

암기 포인트

$G = [P\ I]$이면 $H = [I\ P^T]$이고, 1비트 오류의 신드롬은 H의 해당 열벡터이다.

NoteBase

문 11. 차단주파수가 150[Hz]이고 통과대역 이득(passband gain)이 2인 이상적인 저역통과(low-pass) 필터가 있다. 이 필터에 신호 $x(t) = [\sin(200\pi t) + 2\sin(400\pi t)]\sin^2(400\pi t)$를 통과시켰을 때 나오는 출력 신호로 가장 옳은 것은?

① $\sin(200\pi t)$

② $2\sin(200\pi t)$

③ $\sin(200\pi t) + 2\sin(300\pi t)$

④ $2\sin(200\pi t) + 4\sin(300\pi t)$

정답 1번

출제 포인트

삼각함수 곱을 합으로 바꿔 주파수 성분을 분해한 뒤, 차단주파수 150 Hz인 이상적 저역통과 필터가 통과시키는 성분과 통과대역 이득 2를 함께 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t) = [\sin(200\pi t) + 2\sin(400\pi t)]\sin^2(400\pi t)$이다.
$\sin(200\pi t) = \sin(2\pi \cdot 100t)$이므로 100 Hz 성분이고, $\sin(400\pi t) = \sin(2\pi \cdot 200t)$이므로 200 Hz 성분이다.
차단주파수 150 Hz인 저역통과 필터는 150 Hz 이하만 통과시키고, 통과된 성분의 진폭에는 통과대역 이득 2가 곱해진다.

사용할 공식

$\sin^2\theta = \frac{1-\cos 2\theta}{2}$, $\sin A\cos B = \frac{1}{2}[\sin(A+B) + \sin(A-B)]$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 $\sin^2(400\pi t)$를 전개해야 원래 신호가 몇 Hz 성분들의 합으로 이루어졌는지 확인할 수 있고, 그래야 150 Hz 이하 성분만 남길 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

먼저 $\sin^2(400\pi t) = \frac{1-\cos(800\pi t)}{2}$이므로
$x(t) = \frac{1}{2}\sin(200\pi t) + \sin(400\pi t) - \frac{1}{2}\sin(200\pi t)\cos(800\pi t) - \sin(400\pi t)\cos(800\pi t)$
이다.
또한
$\sin(200\pi t)\cos(800\pi t) = \frac{1}{2}[\sin(1000\pi t) - \sin(600\pi t)]$
$\sin(400\pi t)\cos(800\pi t) = \frac{1}{2}[\sin(1200\pi t) - \sin(400\pi t)]$
이므로
$x(t) = \frac{1}{2}\sin(200\pi t) + \frac{3}{2}\sin(400\pi t) + \frac{1}{4}\sin(600\pi t) - \frac{1}{4}\sin(1000\pi t) - \frac{1}{2}\sin(1200\pi t)$
가 된다.
여기서 각 성분의 주파수는 각각 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 500 Hz, 600 Hz이다. 차단주파수 150 Hz 이하인 100 Hz 성분만 통과하므로 필터 통과 직후 성분은 $\frac{1}{2}\sin(200\pi t)$이다. 여기에 통과대역 이득 2를 곱하면 출력은 $y(t) = \sin(200\pi t)$가 된다.

선지별 해설

1번 O: 필터를 통과하는 성분은 100 Hz인 $\frac{1}{2}\sin(200\pi t)$뿐이고, 통과대역 이득 2를 곱하면 정확히 $\sin(200\pi t)$가 된다.
2번 X: 2번의 "2(200π t)"가 틀렸고, 올바르게는 "(200π t)"이다. $\frac{1}{2}\sin(200\pi t)$가 필터를 통과한 뒤 이득 2가 한 번만 곱해지므로 최종 진폭은 1이다.
3번 X: 3번의 "+2(300π t)"가 틀렸고, 올바르게는 300 Hz 성분이 출력에 남지 않는다. $\sin(300\pi t)$는 150 Hz가 아니라 $150/\pi$Hz 정도의 성분이어서 발문의 주파수 단위와도 맞지 않고, 실제 전개 결과에서 나오는 300 Hz 성분은 $\sin(600\pi t)$이며 차단주파수 150 Hz보다 커서 제거된다.
4번 X: 4번의 "2(200π t)+4(300π t)"가 틀렸고, 올바르게는 "(200π t)"이다. 100 Hz 성분의 진폭도 과대평가했고, 300 Hz 성분도 저역통과 필터에서 통과할 수 없다.

오답 포인트

차단주파수 150 Hz를 보고 각 삼각함수의 각주파수 ω와 일반 주파수 f를 혼동하기 쉽다. 또한 곱셈 전개 뒤에 생기는 300 Hz 성분을 남겨 두거나, 필터 통과 전의 $\frac{1}{2}$ 계수와 통과대역 이득 2를 함께 처리하지 못하면 2번이나 4번으로 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼각함수 필터 문제는 먼저 $\sin(2\pi ft)$ 꼴로 바꾸어 주파수를 읽고, 곱을 합으로 전개해 성분별 주파수를 정리한 뒤, 차단주파수 이하 성분만 남기고 마지막에 필터 이득을 곱하는 순서로 판단하면 된다.

NoteBase

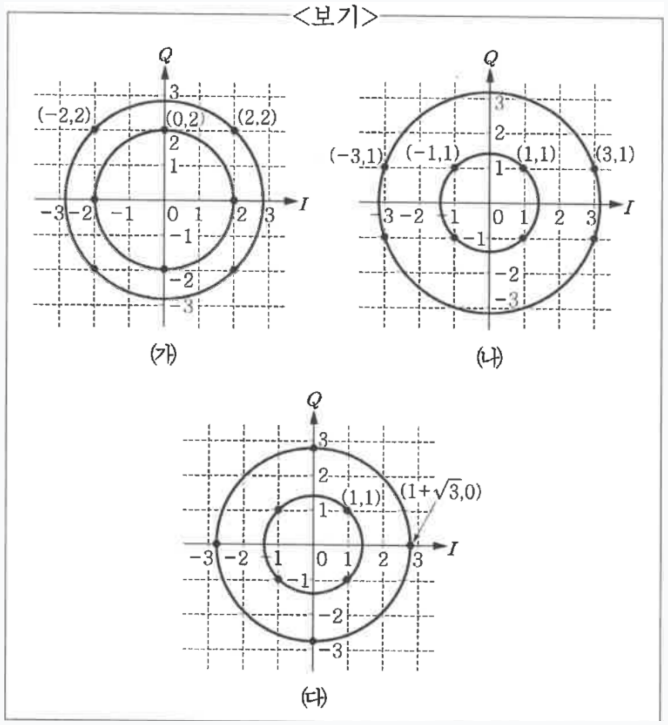
암기 포인트

$\sin^2\theta = \frac{1-\cos 2\theta}{2}$, $\sin(2\pi ft)$의 주파수는 f이다. 저역통과 필터는 통과 성분만 남긴 뒤 통과대역 이득을 마지막에 적용한다.

NoteBase

문 12. <보기>는 단위 직교 함수 축 /와 Q상에 표현된 8-QAM 성상도(constellation)이다. AWGN채널에서 동일한 비트 오류 확률(bit error probability)을 달성하기 위하여 가장 적은 평균 에너지를 사용하는 성상도는? (단, 신호 성상은 Gray코드를 사용하여 생성되었으며, 각 신호점들은 발생 확률이 동일하고, 가장 가까운 점들 사이에만 오류가 발생한다고 가정한다.)

<보기>



① (가)

② (나)

③ (다)

④ (가), (나), (다) 모두 같다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 최소거리 조건에서 8-QAM 성상도의 평균 심볼 에너지 E_s를 비교할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 각 성상도는 8개 점으로 이루어지고 각 점의 발생확률은 동일하다.
구해야 할 값: 같은 비트 오류 확률을 만족하는 성상도 중 평균 에너지가 가장 작은 경우이다.
주의할 조건: 문제의 가정에서는 가장 가까운 점 사이의 오류만 고려하므로 세 성상도의 최소거리 $d_{\min}$를 먼저 확인한 뒤 평균 에너지 $E_s = \frac{1}{8}\sum|s_i|^2$를 비교한다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2024

사용할 공식

평균 심볼 에너지는 $E_s = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} |s_i|^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: AWGN과 Gray 코드, 최근접점 오류 가정이 주어졌으므로 같은 P_b 비교의 핵심은 최근접거리 $d_{\min}$이고, 세 성상도 모두 $d_{\min} = 2$이어서 평균 에너지만 비교하면 된다.

계산 과정

1. (가)는 내부 4점이 $(\pm 2, 0), (0, \pm 2)$이어서 에너지가 각각 4이고, 외부 4점이 $(\pm 2, \pm 2)$이어서 에너지가 각각 8이다. 최근접거리는 내부점과 인접 외부점 사이 거리 2이다.
2. (나)는 내부 4점이 $(\pm 1, \pm 1)$이어서 에너지가 각각 2이고, 외부 4점이 $(\pm 3, \pm 1)$이어서 에너지가 각각 10이다. 최근접거리는 내부점끼리 또는 내부점과 인접 외부점 사이 거리 2이다.
3. (다)는 내부 4점이 $(\pm 1, \pm 1)$이어서 에너지가 각각 2이고, 그림의 대칭성으로 외부 4점이 $(\pm(1+\sqrt{3}), 0), (0, \pm(1+\sqrt{3}))$이어서 에너지가 각각 $(1+\sqrt{3})^2 = 4 + 2\sqrt{3}$이다. 최근접거리는 내부점끼리 또는 내부점과 인접 외부점 사이 거리 2이다.
4. 따라서
E_s^(가)=(4·4+4·8)/(8)=6, E_s^(나)=(4·2+4·10)/(8)=6,
E_s^(다)=(4·2+4·(4+2√(3)))/(8)=3+√(3)≈4.73
이므로 E_s^(다)<E_s^(가)=E_s^(나)이다.

선지 판단

1번 O/X: X이다. (가)의 평균 에너지는 6이다. 틀린 표현은 '(가)가 가장 작다'이고, 올바르게는 '(다)가 가장 작다'이다.
2번 O/X: X이다. (나)의 평균 에너지도 6이다. 틀린 표현은 '(나)가 가장 작다'이고, 올바르게는 '(다)가 가장 작다'이다.
3번 O/X: O이다. (다)의 평균 에너지는 $3 + \sqrt{3} \approx 4.73$으로 6보다 작다. 세 성상도 모두 최근접거리가 2이므로 같은 오류 확률 조건에서 (다)가 가장 적은 평균 에너지를 사용한다.
4번 O/X: X이다. 세 성상도의 평균 에너지가 모두 같지 않다. 틀린 표현은 '(가), (나), (다) 모두 같다'이고, 올바르게는 '(가)와 (나)는 같고, (다)가 더 작다'이다.

오답 포인트

(다)에서 바깥 점의 반지름을 3으로 읽어 E_s를 크게 계산하면 오답이 된다. 그림에 표시된 핵심 값은 오른쪽 점의 좌표 $(1+\sqrt{3}, 0)$이며, 이를 대칭적으로 적용해야 한다. 또 같은 BER 조건을 보고 곧바로 에너지가 같다고 판단하면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

성상도 비교 문제는 먼저 최근접거리 $d_{\min}$가 같은지 확인하고, 같으면 각 점의 좌표 제곱합으로 평균 심볼 에너지 E_s를 계산해 비교한다.

NoteBase

암기 포인트

같은 최근접거리이면 8-QAM은 평균 에너지 $E_s = \frac{1}{8}\sum|s_i|^2$가 작은 배치가 유리하며, 이 그림에서는 (다)가 가장 효율적이다.

문 13. 대역확산(spread spectrum)의 특징으로 가장 옳지 않은 것은?

① 코드 분할 다중화 또는 코드 분할 다원접속과 같은 기법을 사용하는 셀룰러 방식의 이동전화에 응용될 수 있다.

② 신호의 은폐와 암호화를 위해서 사용 가능하다.

③ 거의 간섭이 없는 상황에서 더 높은 주파수대역의 동일 대역폭을 서로 독립적으로 사용할 수 있다.

④ 다양한 종류의 잡음으로부터 정보를 효과적으로 보호할 수 있으나, 다중 경로왜곡에는 취약하다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 대역확산의 핵심 효과인 코드 분리, 보안성, 간섭 억제, 다중경로 내성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

대역확산은 원래의 좁은 대역 신호를 의사잡음 코드 등으로 넓은 대역에 퍼뜨려 전송하는 방식이다. 키워드는 저전력 스펙트럼 밀도, 코드 분리, 간섭 억제, 보안성, 다중경로 내성이다.

선지별 해설

1번 O: 코드 분할 다중화와 코드 분할 다원접속은 대표적인 대역확산 응용이다. 셀룰러 이동전화의 CDMA 방식이 이에 해당하므로 옳다.
2번 O: 대역확산 신호는 의사잡음 코드로 확산되어 외부에서 바로 식별하기 어렵고, 승인된 코드가 있어야 역확산이 가능하므로 신호 은폐와 보안성 향상에 활용될 수 있다.
3번 O: 대역확산은 넓은 대역을 사용하면서도 서로 다른 확산코드로 사용자를 구분하므로 동일한 대역을 여러 사용자가 비교적 독립적으로 공유하는 데 유리하다. 이 선지의 핵심은 코드 분리에 의한 공존 가능성이라는 점이다.
4번 X: 틀린 부분은 '다중 경로왜곡에는 취약하다'는 표현이다. 대역확산은 잡음과 간섭에 강할 뿐 아니라 다중경로 환경에서도 상대적으로 유리하다. 올바르게는 '다양한 종류의 잡음과 간섭으로부터 정보를 효과적으로 보호할 수 있고, 다중경로 왜곡에도 비교적 강하다'이다.

오답 포인트

잡음에 강하다는 특징만 기억하고 다중경로 특성을 반대로 외우면 4번에 흔들린다. 대역확산은 협대역 간섭과 재밍뿐 아니라 다중경로 영향도 줄이는 방향의 기술이라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

대역확산 선지가 나오면 먼저 코드로 사용자를 구분하는지, 다음으로 저전력 스펙트럼 밀도로 간섭과 도청을 줄이는지, 마지막으로 다중경로에 강한지의 순서로 판단하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

대역확산은 넓게 퍼뜨려 숨기고, 코드로 나누고, 간섭과 다중경로에 강한 방식이다.

문 14. 구속장(constraint length) $K=3$, 부호화율(code rate)이 0.5인 길쌈 부호화기(convolutional encoder)의 첫 번째 코드 심볼에 대한 생성 다항식이 $g_1(X)=1+X+X^2$이고, 두 번째 코드 심볼에 대한 생성 다항식이 $g_2(X)=1+X^2$이다. 현재 상태(state)가 이진수 11이고 부호화기로 0이 입력되었을 때, 부호화기의 출력과 다음 상태를 가장 옳게 짝지은 것은?

① 부호화기 출력: 0 1, 다음 상태: 0 1

② 부호화기 출력: 0 1, 다음 상태: 1 0

③ 부호화기 출력: 1 0, 다음 상태: 1 0

④ 부호화기 출력: 1 0, 다음 상태: 1 1

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 생성다항식으로 현재 상태와 입력 비트를 modulo-2 합산하여 부호화기 출력과 다음 상태를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

구속장 $K=3$이므로 메모리 원소는 2개이다.
현재 상태 11은 $u_{k-1}=1, u_{k-2}=1$로 본다.
입력 비트는 $u_k=0$이다.
생성다항식은 $g_1(X)=1+X+X^2$, $g_2(X)=1+X^2$이다.

사용할 공식

첫 번째 출력은 $v_1=u_k\oplus u_{k-1}\oplus u_{k-2}$, 두 번째 출력은 $v_2=u_k\oplus u_{k-2}$이다.
다음 상태는 새 입력이 왼쪽으로 들어가므로 (u_k, u_{k-1})이다.
이 공식을 쓰는 이유는 생성다항식의 각 항이 연결된 시프트 레지스터 탭을 뜻하고, 출력은 해당 탭들의 modulo-2 합으로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. g_1에 따라 $v_1=0\oplus 1\oplus 1=0$이다.
2. g_2에 따라 $v_2=0\oplus 1=1$이다.
3. 따라서 부호화기 출력은 01이다.
4. 입력 0이 시프트되면 다음 상태는 $(u_k, u_{k-1})=(0,1)$이므로 01이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. 부호화기 출력이 01이고 다음 상태도 01이므로 계산 결과와 정확히 일치한다.
2번: X. 출력 01은 맞지만 다음 상태 10은 틀리다. 틀린 표현은 "다음 상태 10"이고, 올바르게는 입력 0이 들어간 뒤 상태가 01이 된다.
3번: X. 출력 10도 틀리고 다음 상태 10도 틀리다. 틀린 표현은 "부호화기 출력 10, 다음 상태 10"이고, 올바르게는 출력 01, 다음 상태 01이다.
4번: X. 출력 10은 $g_2(X) = 1 + X^2$의 modulo-2 합을 잘못 계산한 경우이고, 다음 상태 11은 시프트가 일어나지 않은 것으로 본 오류이다. 틀린 표현은 "부호화기 출력 10, 다음 상태 11"이고, 올바르게는 출력 01, 다음 상태 01이다.

오답 포인트

현재 상태 11을 본 뒤 입력 0이 들어오면 맨 앞 비트가 0으로 바뀐다는 점을 놓치기 쉽다. 또 $1 \oplus 1 = 0$인 modulo-2 덧셈을 일반 덧셈처럼 처리하면 출력 10으로 잘못 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

길쌈부호 문제는 현재 상태를 u_{k-1}, u_{k-2}로 풀어 쓴 뒤, 생성다항식 탭별로 modulo-2 합을 계산하고, 마지막에 다음 상태를 (u_k, u_{k-1})로 한 번 더 확인하면 된다.

암기 포인트

생성다항식은 연결 탭, 출력은 modulo-2 합, 다음 상태는 새 입력 포함 최근 2비트이다.

NoteBase

문 15. 연속랜덤변수 X와 Y가 <보기>의 결합확률밀도함수를 가질 때, X와 Y에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은? (단, ρ는 실수이고 $|\rho| < 1$을 만족하며, R은 모든 실수의 집합을 나타낸다.)

<보기>

$$f_{X,Y}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} e^{-\frac{x^2 - 2\rho xy + y^2}{2(1-\rho^2)}}, \quad \forall x, y \in R$$

① ρ가 0이면 X와 Y는 독립이다.

② X와 Y의 상관계수(correlation coefficient)는 ρ이다.

③ X는 평균이 0, 분산이 ρ^2인 정규랜덤변수이다.

④ $Y = y$로 주어졌을 때, X는 평균 ρy, 분산 $1 - \rho^2$인 정규랜덤변수이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 표준 이변량 정규분포의 주변분포, 상관계수, 독립 조건, 조건부분포를 정확히 구별하는지를 묻는다.

핵심 개념

주어진 결합확률밀도함수는 평균벡터가 $(0, 0)$, 각 분산이 1, 상관계수가 ρ인 표준 이변량 정규분포이다. 따라서 주변분포는 $X \sim N(0, 1)$, $Y \sim N(0, 1)$이고, $X \mid Y = y \sim N(\rho y, 1 - \rho^2)$이다.

선지별 해설

1번: O. $\rho = 0$이면 지수부가 $-(x^2 + y^2)/2$로 분리되어 결합밀도함수가 $f_X(x) f_Y(y)$ 꼴로 인수분해된다. 따라서 X와 Y는 독립이다.

2번: O. 이 결합정규분포에서 교차항의 계수 ρ가 바로 두 변수의 상관계수를 나타낸다. 따라서 상관계수는 ρ이다.

3번: X. 틀린 표현은 '분산이 ρ^2'이다. 이 분포에서 X의 주변분포는 $N(0, 1)$이므로 평균은 0이고 분산은 1이다. 올바르게는 'X는 평균이 0, 분산이 1인 정규랜덤변수이다'가 된다.

4번: O. 이변량 정규분포의 조건부분포 성질에 따라 $Y = y$가 주어지면 X는 평균 ρy, 분산 $1 - \rho^2$인 정규분포를 따른다.

오답 포인트

3번처럼 상관계수 ρ를 주변분포의 분산과 혼동하면 틀린다. ρ는 두 변수의 함께 움직이는 정도를 나타내는 값이고, 각 변수 자체의 분산은 결합밀도식의 x^2, y^2 계수에서 읽어야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

이변량 정규분포가 보이면 먼저 각 변수의 제곱항 계수로 주변분산을 확인하고, 교차항 ρxy로 상관구조를 확인한다. 그다음 $\rho = 0$이면 독립, $X \mid Y = y$의 평균은 ρy, 분산은 $1 - \rho^2$라는 표준 성질로 선지를 판별한다.

암기 포인트

표준 이변량 정규분포는 주변분산 1, 상관계수 ρ, 조건분포는 평균 ρy와 분산 $1 - \rho^2$이다.

NoteBase

문 16. 2개의 비트로 구성된 메시지에 패리티 비트(parity bit) 1개를 추가하여 3개의 비트로 구성된 코드워드를 만들어 통신 채널을 통하여 전송한다. 이때 패리티 비트는 메시지 중 1의 개수가 홀수면 1이 되고, 1의 개수가 0이거나 짝수면 0이 된다. 코드워드를 구성하는 3개의 비트들에 오류는 독립적으로 발생될 수 있으며, 각 비트정보의 오류 확률은 0.1이다. 코드워드를 수신하였을 때 코드워드에 오류가 발생하였음을 발견하지 못할 확률에 가장 근사한 값은?

① 0.001

② 0.01

③ 0.027

④ 0.081

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 짝수 패리티 코드에서 검출되지 않는 오류 조건을 이용해 미검출 오류 확률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 2비트 메시지에 패리티 비트 1개를 추가하여 총 3비트 코드워드를 만든다. 패리티 비트는 전체 코드워드의 1의 개수가 짝수가 되도록 붙는다.
구해야 할 값: 오류가 실제로 발생했지만 수신 측이 오류를 발견하지 못할 확률이다.
주의할 조건: 패리티 검사는 전체 1의 개수의 짝수 여부만 보므로, 3비트 중 짝수 개의 비트가 뒤집히면 검출되지 않는다. 이때 오류가 전혀 없는 경우는 제외한다.

사용할 공식

미검출 오류 확률은 3비트 중 정확히 2비트에 오류가 나는 확률이다.
P(미검출)=32(0.1)^2(0.9)
이 공식을 쓰는 이유: 이 코드는 짝수 패리티 코드이므로 비트가 홀수 개 뒤집히면 전체 패리티가 바뀌어 검출되고, 짝수 개 뒤집히면 패리티가 유지되어 검출되지 않는다. 3비트에서는 2비트 오류만 미검출 오류가 된다.

계산 과정

1. 3비트 중 2비트가 오류가 나는 위치의 수는 $\binom{3}{2} = 3$이다.
2. 특정한 2비트가 오류이고 나머지 1비트가 정상일 확률은 $(0.1)^2(0.9) = 0.009$이다.
3. 따라서 미검출 오류 확률은 $3 \times 0.009 = 0.027$이다.
4. 3비트 모두 오류가 나는 경우는 $(0.1)^3 = 0.001$이지만, 오류 비트 수가 홀수이므로 패리티가 바뀌어 검출된다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 0.001은 $(0.1)^3$로 3비트 모두 오류가 나는 확률이다. 3비트 오류는 홀수 개 오류이므로 패리티 검사가 이를 검출한다. 틀린 표현은 미검출 오류로 본 점이며, 올바르게는 3비트 전부 오류인 경우는 검출되는 오류이다.
2번 X: 0.01은 $(0.1)^2$만 본 값으로, 2비트가 오류일 위치 3가지를 반영하지 않았고 나머지 1비트가 정상일 확률 0.9도 빠졌다. 올바르게는 $\binom{3}{2}(0.1)^2(0.9) = 0.027$이다.
3번 O: 정확히 2비트가 오류이면 패리티가 그대로 유지되어 오류를 발견하지 못한다. 그 확률은 $\binom{3}{2}(0.1)^2(0.9) = 3 \times 0.01 \times 0.9 = 0.027$이므로 맞다.
4번 X: 0.081은 특정한 1비트만 오류이고 나머지 2비트가 정상일 확률 0.1×0.9^2이다. 1비트 오류는 홀수 개 오류라서 패리티 검사가 바로 검출한다. 올바르게는 0.081은 미검출 오류가 아니라 특정 1비트 단일 오류 확률이다.

오답 포인트

패리티 검사는 오류 비트 수의 짝홀만 본다는 점을 놓치면 틀린다. 2비트 오류는 검출되지 않고, 1비트나 3비트 오류는 검출된다는 구분이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

패리티 문제는 먼저 전체 코드가 짝수 패리티인지 홀수 패리티인지 확인하고, 그다음 검출되지 않는 오류가 몇 개 비트 오류인지 정한 뒤 이항확률로 계산한다.

암기 포인트

패리티 비트는 오류 개수의 짝홀만 잡는다. 짝수 개 오류는 놓치고 홀수 개 오류는 잡는다.

NoteBase

문 17. 서울시의 평일 기온은 평균이 $20\,^\circ\mathrm{C}$이고 분산은 36인 가우시안 모델을 따르는 랜덤변수라고 가정한다. 이때, 서울시의 평일 기온이 영하일 확률은? (단, $Q(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_x^\infty e^{-u^2/2}du$이다.)

① $Q\left(\frac{10}{3}\right)$
② $Q\left(\frac{5}{9}\right)$
③ $1-Q\left(\frac{5}{9}\right)$
④ $1-Q\left(\frac{10}{3}\right)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 평균과 분산이 주어진 가우시안 확률변수를 표준정규분포로 표준화하여 $P(X<0)$를 Q함수 형태로 바꾸는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 평균은 20°C, 분산은 36이다.
구해야 할 값: 서울시의 평일 기온이 0°C 미만일 확률이다.
주의할 조건: 분산이 36이므로 표준편차는 $\sqrt{36}=6$이다. 표준화에는 분산이 아니라 표준편차를 사용한다.

사용할 공식

표준화 공식은 $Z=\frac{X-\mu}{\sigma}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 가우시안 확률변수를 표준정규분포로 바꾸면 문제에서 준 $Q(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_x^\infty e^{-u^2/2}du$를 바로 적용할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $X\sim N(20,36)$이므로 $\mu=20$, $\sigma=6$이다.
2. 구하려는 확률은 $P(X<0)$이다.
3. 표준화하면 $P\left(\frac{X-20}{6}<\frac{0-20}{6}\right)=P\left(Z<-\frac{10}{3}\right)$이다.
4. 표준정규분포의 대칭성에 의해 $P(Z<-a)=P(Z>a)=Q(a)$이므로 $P\left(Z<-\frac{10}{3}\right)=Q\left(\frac{10}{3}\right)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 바로 $Q\left(\frac{10}{3}\right)$이므로 옳다.
② X: $Q\left(\frac{5}{9}\right)$는 $\frac{20}{36}$처럼 분산 36을 그대로 나눈 형태에 해당한다. 틀린 표현은 표준화에 분산을 쓴 점이며, 올바르게는 표준편차 6으로 나누어 $Q\left(\frac{10}{3}\right)$가 되어야 한다.
③ X: $1-Q\left(\frac{5}{9}\right)$는 ②의 잘못된 표준화에 더해 여사건까지 잘못 취한 값이다. 틀린 표현은 분산 사용과 여사건 처리이며, 올바르게는 $P(X<0)=Q\left(\frac{10}{3}\right)$이다.
④ X: $1-Q\left(\frac{10}{3}\right)$는 표준화 값은 맞지만 사건 방향을 반대로 본 값이다. $1-Q(a)$는 $P(Z<a)$이고, 여기서는 $a=-\frac{10}{3}$인 좌측 꼬리이므로 대칭성을 써서 $Q\left(\frac{10}{3}\right)$가 된다. 틀린 표현은 여사건 처리이며, 올바르게는 $1-Q\left(\frac{10}{3}\right)$가 아니라 $Q\left(\frac{10}{3}\right)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 분산 36을 표준편차 6으로 바꾸지 않고 그대로 나누는 실수와, $Q(x)$가 우측 꼬리확률이라는 점을 놓쳐 좌측 꼬리확률을 무조건 $1-Q(x)$로 처리하는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

정규분포 계산형 문항은 먼저 분산을 표준편차로 바꾼 뒤, 표준화하고, 마지막에 구하는 사건이 좌측 꼬리인지 우측 꼬리인지 확인하여 Q함수와 대칭성을 적용하면 된다.

암기 포인트

정규분포 표준화는 σ=분산를 쓴다. 또한 $P(Z<-a)=Q(a)$이다.

NoteBase

문 18. 한 펄스 부호 변조(Pulse Code Modulation) 시스템은 입력되는 아날로그 신호를 초당 2,500번 샘플링하고 각 샘플을 128개 수준(level)으로 균일 양자화한다. 이 시스템의 출력 비트율[bps]은?

① 5,000

② 17,500

③ 20,000

④ 320,000

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 PCM의 출력 비트율을 구할 때 표본화 주파수와 양자화 비트 수의 관계를 적용할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초당 샘플링 횟수는 2,500회이고, 양자화 수준은 128레벨이다.
구해야 할 값: PCM 시스템의 출력 비트율이다.
주의할 조건: 128레벨 자체를 곱하는 것이 아니라, 128레벨을 표현하는 데 필요한 비트 수를 먼저 구해야 한다.

사용할 공식

PCM 출력 비트율은 $R_b = f_s \times n$ 이고, 양자화 비트 수는 $n = \log_2 L$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: PCM은 샘플 하나마다 일정한 비트 수로 부호화하므로, 초당 샘플 수에 샘플당 비트 수를 곱하면 전체 비트율이 된다.

계산 과정

1. 양자화 수준이 128레벨이므로 샘플당 비트 수는 $n = \log_2 128 = 7$ 이다.
2. 샘플링 주파수는 초당 2,500회이므로 $f_s = 2500$ 이다.
3. 따라서 출력 비트율은 $R_b = 2500 \times 7 = 17500$ bps이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 5,000 bps는 1샘플당 비트 수를 2비트로 잘못 둔 값에 해당한다. 틀린 표현은 128레벨을 2비트 수준으로 본 점이고, 올바르게는 128레벨은 7비트로 표현된다.
2번: O. 128레벨은 7비트로 표현되고, $2500 \times 7 = 17500$ 이므로 옳다.
3번: X. 20,000 bps는 128레벨을 8비트로 착각했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 샘플당 8비트라는 점이고, 올바르게는 샘플당 7비트이다.
4번: X. 320,000 bps는 2,500에 128레벨을 그대로 곱한 값이다. 틀린 표현은 레벨 수를 비트 수와 동일하게 본 점이고, 올바르게는 비트 수는 $\log_2 128 = 7$ 이다.

오답 포인트

양자화 수준 128을 그대로 곱하거나 128레벨을 8비트로 착각하면 틀린다. PCM 비트율 문제는 레벨 수를 먼저 비트 수로 바꾸는 단계가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

PCM 비트율 문제는 레벨 수에서 먼저 $\log_2 L$로 샘플당 비트 수를 구한 뒤, 그 값을 샘플링 주파수와 곱하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

PCM 비트율은 샘플링 주파수 × 샘플당 비트 수이고, 샘플당 비트 수는 $\log_2$(양자화 레벨 수)이다.

NoteBase

문 19. 3비트로 구성된 5가지 종류의 신호 s_0, s_1, s_2, s_3, s_4를 랜덤하게 생성하는 신호원이 있을 때, 각 신호의 발생 확률과 각 신호를 다시 인코드한 코드워드는 <보기>와 같다. 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>

	$s_0(000)$	$s_1(001)$	$s_2(010)$	$s_3(011)$	$s_4(100)$
확률	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.0625
코드워드	1	01	001	0000	0001

① 코드워드의 평균 길이는 1.875bits이다.

② 001000010110101을 디코딩하면 순서대로 $s_2s_3s_0s_1s_0s_1s_1$이 된다.

③ 코드워드로부터 원래 신호를 손실 없이 복구할 수 있다.

④ 원래 신호는 3비트만으로 표현할 수 있었는데, 코드워드는 4비트까지 사용하므로 평균 전송량이 더 늘어난다.

정답 4번

출제 포인트

주어진 발생확률과 코드워드 길이로 평균 코드 길이 $\bar{L} = \sum p_i l_i$를 구하고, prefix code의 유일 복호 가능성과 평균 전송량의 증감을 함께 판단하는 문제이다.

조건 정리

원래 신호는 3비트 고정 길이 표현이다. 재인코드된 코드워드는 $s_0 \to 1$, $s_1 \to 01$, $s_2 \to 001$, $s_3 \to 0000$, $s_4 \to 0001$이다. 각 길이는 순서대로 1, 2, 3, 4, 4비트이고, 발생확률은 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625, 0.0625이다.

사용할 공식

평균 코드 길이는 $\bar{L} = \sum p_i l_i$로 구한다. 이 공식을 쓰는 이유는 각 신호가 서로 다른 확률로 발생하므로, 단순 최장 길이가 아니라 확률가중 평균 길이가 실제 평균 전송량을 결정하기 때문이다. 또한 코드워드 집합에 prefix 관계가 없으면 순간복호가 가능하고 유일하게 복호된다.

계산 과정

평균 코드 길이는 $0.5 \times 1 + 0.25 \times 2 + 0.125 \times 3 + 0.0625 \times 4 + 0.0625 \times 4 = 1.875$비트이다. 비트열 001000010110101은 prefix 기준으로 001 | 0000 | 1 | 01 | 1 | 01 | 01로 끊기므로 $s_2, s_3, s_0, s_1, s_0, s_1, s_1$로 복호된다. 따라서 평균 전송량은 원래의 3비트 고정 길이보다 1.125비트 줄어든다.

NoteBase

선지별 해설

① O. 평균 길이는 계산 결과 1.875비트이다. 확률가중 평균을 정확히 적용한 진술이다.
② O. 코드가 prefix code이므로 앞에서부터 유일하게 끊을 수 있다. 001 | 0000 | 1 | 01 | 1 | 01 | 01로 해석되어 순서대로 $s_2, s_3, s_0, s_1, s_0, s_1, s_1$이 된다.
③ O. 코드워드 1, 01, 001, 0000, 0001은 어느 것도 다른 코드워드의 접두어가 아니므로 유일 복호가 가능하다. 따라서 원래 신호를 손실 없이 복구할 수 있다.
④ X. 가장 긴 코드워드가 4비트라는 사실만으로 평균 전송량이 늘어나는 것은 아니다. 평균 길이는 1.875비트이므로 원래의 3비트 고정 길이보다 오히려 작다. 틀린 표현은 '평균 전송량이 더 늘어난다'이고, 올바르게는 '평균 전송량이 3비트에서 1.875비트로 줄어든다'이다.

오답 포인트

최대 코드 길이 4비트만 보고 평균 전송량도 증가한다고 착각하기 쉽다. 이 문항은 최장 길이가 아니라 확률가중 평균 길이를 묻는다. 또한 복호 문제에서 prefix 여부를 보지 않고 임의로 비트를 끊으면 ②와 ③ 판단을 함께 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

가변 길이 부호 문제는 먼저 각 코드워드의 길이와 확률로 평균 길이를 계산하고, 다음으로 prefix 여부를 확인해 유일 복호 가능성을 판단하면 된다. 마지막에는 평균 길이를 원래의 고정 길이와 직접 비교해 전송량 증감을 결론내리면 된다.

암기 포인트

가변 길이 부호의 효율은 최장 길이가 아니라 평균 길이로 판단하며, prefix code이면 즉시복호와 유일복호가 가능하다.

NoteBase

문 20. 한 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 시스템에서 주기적 전치 부호(cyclic prefix)를 포함하는 OFDM 심볼의 길이가 0.000125초이며, 주기적 전치 부호의 길이는 OFDM 심볼 길이의 20%이다. 이 OFDM 시스템은 8개의 부반송파를 사용한다고 할 때, 부반송파 한 개의 대역폭[kHz]은?

① 1

② 1.25

③ 8

④ 10

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 CP가 포함된 전체 OFDM 심볼 길이에서 유효 심볼 길이 T_u를 구한 뒤, 부반송파 간격 $\Delta f = 1/T_u$로 부반송파 1개의 대역폭을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전체 OFDM 심볼 길이 0.000125초, CP 길이 비율 20%, 부반송파 수 8개이다. 구해야 할 값은 부반송파 1개의 대역폭이다. 문제 문장대로 CP는 전체 심볼 길이의 20%이므로 유효 심볼 길이는 전체의 80%로 본다.

사용할 공식

유효 심볼 길이를 T_u라 하면 부반송파 간격은 $\Delta f = 1/T_u$이다. 직교 OFDM에서는 부반송파 1개의 대역폭을 이 간격과 같게 본다. 전체 대역폭은 $B \approx N\Delta f$이고, 부반송파 1개의 대역폭은 $B/N = \Delta f$이다.

계산 과정

1. 전체 심볼 길이는 0.000125초 = 125마이크로초이다.
2. CP 길이는 전체의 20%이므로 $T_{CP} = 0.2 \times 125 = 25$마이크로초이다.
3. 유효 심볼 길이는 $T_u = 125 - 25 = 100$마이크로초이다.
4. 부반송파 간격은 $\Delta f = 1/T_u = 1/100$마이크로초 = 10 kHz이다.
5. 부반송파가 8개이면 전체 대역폭은 $8 \times 10 = 80$ kHz이고, 부반송파 1개의 대역폭은 $80/8 = 10$ kHz이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1 kHz는 전체 심볼 길이 125마이크로초를 그대로 써서 1/125 = 8 kHz를 만든 뒤, 다시 8개 부반송파로 나누는 이중 오해에서 나온 값이다. 틀린 표현은 부반송파 1개의 대역폭을 다시 8로 나눈다는 점이며, 올바르게는 유효 심볼 길이로 구한 $\Delta f = 10$ kHz가 곧 부반송파 1개의 대역폭이다.
② X: 1.25 kHz는 유효 심볼 길이로 10 kHz를 구해 놓고도 그것을 다시 8개 부반송파로 나눈 값이다. 틀린 표현은 부반송파 1개의 대역폭을 총 부반송파 수로 한 번 더 나눈다는 점이며, 올바르게는 부반송파 1개의 대역폭 자체가 10 kHz이다.
③ X: 8 kHz는 CP를 제외하지 않고 전체 심볼 길이 125마이크로초에 대해 1/125를 계산한 값이다. 틀린 표현은 직교성을 결정하는 기준 시간을 CP 포함 전체 길이로 본다는 점이며, 올바르게는 유효 심볼 길이 100마이크로초를 써서 10 kHz를 구해야 한다.
④ O: CP를 뺀 유효 심볼 길이가 100마이크로초이므로 부반송파 간격은 1/100마이크로초 = 10 kHz이다. 직교 OFDM에서 부반송파 1개의 대역폭은 이 간격과 같으므로 10 kHz가 맞다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 CP 포함 전체 길이 125마이크로초를 그대로 분모에 넣어 8 kHz를 만드는 실수와, 이미 구한 부반송파 간격을 부반송파 수 8로 다시 나누는 실수이다. 이 문제의 ③은 CP를 빼지 않은 실수, ②는 한 번 더 나눈 실수를 노린 선택지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

OFDM 계산형은 먼저 주어진 시간이 CP 포함 전체인지 유효 심볼인지 구분하고, 다음에 T_u를 확정한 뒤 $\Delta f = 1/T_u$를 적용한다. 마지막에는 구한 값이 전체 대역폭인지 부반송파 1개의 간격인지 단위를 다시 확인한다.

암기 포인트

OFDM은 CP를 뺀 유효 심볼 길이로 $\Delta f = 1/T_u$를 구하고, 부반송파 1개의 대역폭은 그 간격과 같다고 정리한다.

NoteBase