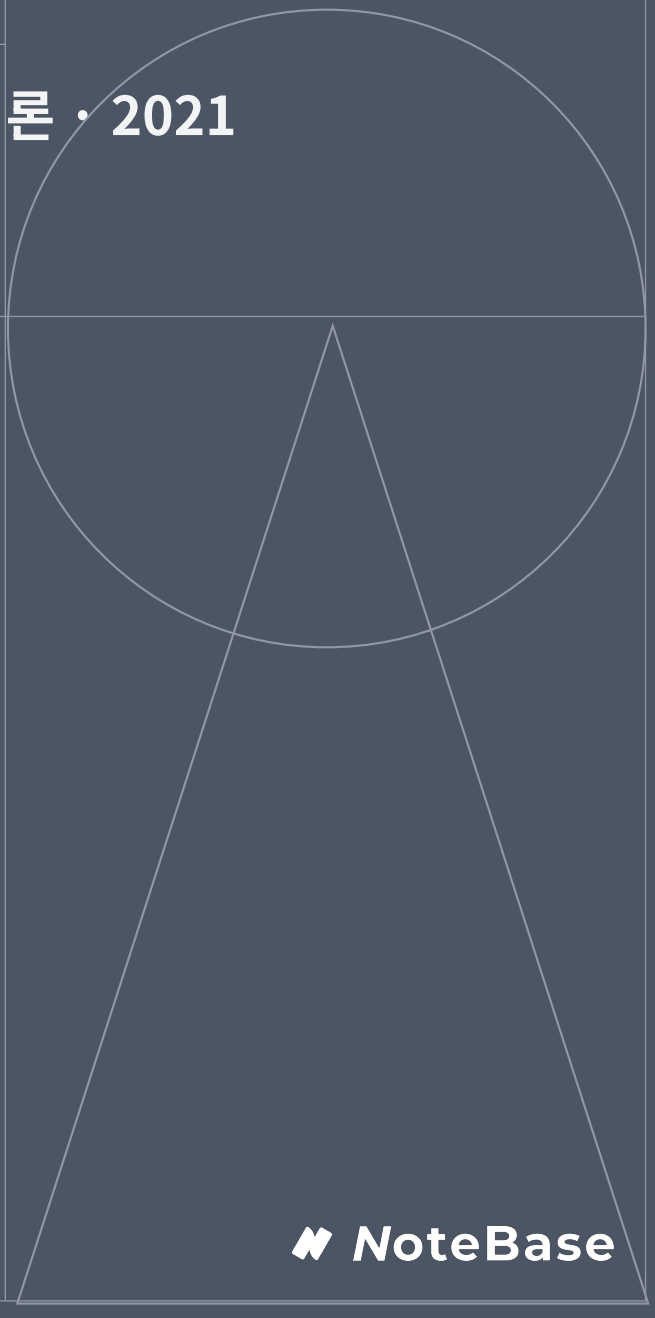
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2021

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2021

문 1. 디지털 변조 방식에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① QPSK 방식은 일반적으로 진폭(amplitude)이 동일한 4개의 심볼(symbol)을 사용하며, 심볼당 2비트(bit)를 전송한다.

② BFSK 방식은 주파수가 다른 2개의 심볼(symbol)을 사용하며, 심볼당 1비트(bit)를 전송한다.

③ 16-QAM 방식은 심볼(symbol) 당 4비트(bit)를 전송한다.

④ 64-QAM 방식은 진폭과 주파수를 변경하여 생성한 64개의 심볼(symbol)을 사용한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 디지털 변조 방식별로 심볼 수, 심볼당 비트 수, 그리고 변조에 사용하는 반송파 파라미터가 무엇인지 구분하는 문제이다.

핵심 개념

QPSK는 위상을 4가지 상태로 나누어 4개의 심볼을 만들고 심볼당 2비트를 전송하는 방식이다.
BFSK는 두 개의 서로 다른 주파수 상태로 2개의 심볼을 만들고 심볼당 1비트를 전송하는 방식이다.
QAM은 진폭과 위상을 함께 바꾸어 심볼을 늘리는 방식이며, M-QAM의 심볼당 비트 수는 $\log_2 M$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
QPSK는 4개의 위상 상태를 사용하므로 4개의 심볼을 갖고, $\log_2 4 = 2$이므로 심볼당 2비트를 전송한다. 일반적인 QPSK는 포락선이 일정한 등진폭 특성으로 이해해도 무방하다.

② O
BFSK는 두 개의 서로 다른 주파수를 각각 하나의 심볼로 사용하므로 총 2심볼이다. 따라서 $\log_2 2 = 1$이어서 심볼당 1비트를 전송한다.

③ O
16-QAM은 16개의 심볼점을 사용하므로 심볼당 비트 수는 $\log_2 16 = 4$이다. 따라서 심볼당 4비트를 전송한다는 설명은 맞다.

④ X
틀린 부분은 '진폭과 주파수를 변경하여'라는 표현이다. 64-QAM은 진폭과 위상을 조합하여 64개의 심볼을 만드는 방식이지, 주파수를 바꾸는 방식이 아니다. 올바르게는 '64-QAM 방식은 진폭과 위상을 변경하여 생성한 64개의 심볼을 사용한다'가 된다.

오답 포인트

발문이 '가장 옳지 않은 것'이므로 맞는 설명 셋을 먼저 지우고 남는 하나를 찾아야 한다. 4번은 '64개의 심볼'이라는 앞부분은 맞아서 넘어가기 쉬우나, QAM의 핵심 파라미터를 주파수로 바꿔 적은 것이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

디지털 변조 문제는 먼저 어떤 파라미터를 바꾸는 방식인지 본다. PSK는 위상, FSK는 주파수, QAM은 진폭과 위상을 함께 사용한다. 그다음 심볼 수가 보이면 심볼당 비트 수는 $\log_2 M$으로 바로 판단한다.

암기 포인트

PSK는 위상, FSK는 주파수, QAM은 진폭+위상이다. 16-QAM은 4비트, 64-QAM은 6비트이다.

NoteBase

문 2. 랜덤변수 X와 Y가 있다고 가정하자. 이때, $f_{XY}(x,y)$는 결합 확률밀도함수(joint probability density function), $f_X(x)$와 $f_Y(y)$는 X와 Y 각각의 확률밀도함수(probability density function), $f_{X|Y}(x|y)$는 조건부 확률밀도함수(conditional probability density function), $F_{XY}(x,y)$는 결합 누적분포함수(joint cumulative distribution function)이고, $F_X(x)$와 $F_Y(y)$는 X와 Y 각각의 누적분포함수(cumulative distribution function)라고 할 때, 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 일반적인 경우, $F_X(x) = F_{XY}(x,\infty)$이다.

② 일반적인 경우, $f_{XY}(x,y) = f_X(x)f_Y(y)$이다.

③ X와 Y가 서로 독립(independent)이면, $f_{X|Y}(x|y) = f_X(x)$이다.

④ X와 Y가 서로 독립(independent)이면, $F_{XY}(x,y) = F_X(x)F_Y(y)$이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 결합확률밀도함수와 주변누적분포함수의 관계, 그리고 독립일 때만 성립하는 분해식을 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

결합확률밀도함수 $f_{XY}(x,y)$는 X와 Y를 함께 보는 밀도함수이다.
주변누적분포함수 $F_X(x)$는 다른 변수 Y의 범위를 전체로 열어 얻는 분포이므로 $F_X(x) = F_{XY}(x,\infty)$의 관계가 성립한다.
독립일 때만 $f_{XY}(x,y) = f_X(x)f_Y(y)$, $F_{XY}(x,y) = F_X(x)F_Y(y)$, $f_{X|Y}(x|y) = f_X(x)$가 성립한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
일반적인 경우에도 $F_X(x) = P(X \le x) = P(X \le x, Y \le \infty)$이므로 $F_X(x) = F_{XY}(x, \infty)$로 본다.
결합누적분포함수에서 Y의 범위를 전체로 보내면 X의 주변누적분포함수가 된다.

② X
틀린 부분은 "일반적인 경우"이다.
$f_{XY}(x, y) = f_X(x)f_Y(y)$는 항상 성립하는 일반식이 아니라 X와 Y가 독립일 때만 성립한다.
올바른 표현은 "X와 Y가 서로 독립이면 $f_{XY}(x, y) = f_X(x)f_Y(y)$이다."이다.

③ O
X와 Y가 독립이면 Y의 값이 주어져도 X의 분포가 바뀌지 않으므로 $f_{X|Y}(x|y) = f_X(x)$가 성립한다.
조건부밀도가 주변밀도와 같아지는 것은 독립의 대표적인 표현이다.

④ O
독립이면 결합누적분포함수도 곱으로 분해되어 $F_{XY}(x, y) = F_X(x)F_Y(y)$가 된다. 이는 결합확률이 각 변수의 확률로 분리된다는 독립의 누적분포함수 형태이다.

오답 포인트

②는 결합밀도함수의 일반식과 독립일 때의 특수식을 일부러 섞어 놓은 선지이다. 주변분포를 얻는 식은 일반적으로 성립하지만, 곱으로 분해되는 식은 반드시 독립이라는 추가 조건이 붙는다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 식이 항상 성립하는 기본 관계인지, 독립일 때만 성립하는 특수 관계인지를 구분한다. 다른 변수를 전체 범위로 보내거나 적분해서 없애는 식은 주변분포 관계이고, 결합분포가 각 변수의 곱으로 분해되면 독립 조건을 바로 확인하면 된다.

암기 포인트

주변분포는 다른 변수를 없애서 얻고, 곱분해는 독립에서만 성립한다.

NoteBase

문 3. 신호 $x(t) = \mathrm{sinc}^2(3t)$의 에너지 값은?

(단, sinc(t)=cases((π t))/(π t), & t ≠ 0 \ 1, & t = 0cases)

① $\frac{1}{3}$
② $\frac{2}{3}$
③ $\frac{2}{9}$
④ $\frac{4}{9}$

정답 3번

출제 포인트

정규화 sinc 함수의 시간 스케일링과 Parseval 정리를 이용해 신호의 에너지를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t) = \mathrm{sinc}^2(3t)$이다.
구해야 할 값은 에너지 $E = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt$이다.
주의할 조건은 $x(t)$ 자체가 이미 제곱된 형태이므로 에너지를 구할 때는 $\mathrm{sinc}^4(3t)$를 적분해야 한다는 점이다.

사용할 공식

$\mathrm{sinc}(t) \leftrightarrow \mathrm{rect}(f)$, $\mathrm{sinc}(3t) \leftrightarrow \frac{1}{3}\mathrm{rect}(f/3)$이다.
따라서 $x(t) = \mathrm{sinc}^2(3t) \leftrightarrow X(f) = \frac{1}{3}\mathrm{tri}(f/3)$이다.
에너지는 Parseval 정리에 따라 $E = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유는 시간영역의 sinc^4 적분보다 주파수영역의 삼각함수 제곱 적분이 더 직접적이기 때문이다.

계산 과정

1. $\mathrm{sinc}(3t)$의 푸리에변환은 $\frac{1}{3}\mathrm{rect}(f/3)$이다.
2. 시간영역의 제곱은 주파수영역의 컨벌루션이므로 $X(f) = \frac{1}{3}\mathrm{tri}(f/3)$가 된다.
3. 따라서
$E = \int_{-\infty}^{\infty} \left|\frac{1}{3}\mathrm{tri}(f/3)\right|^2 df = \frac{1}{9}\int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{tri}^2(f/3) df$
4. $u = f/3$로 두면 $df = 3du$이므로
$E = \frac{1}{3}\int_{-1}^{1}(1 - |u|)^2 du = \frac{1}{3} \cdot 2\int_{0}^{1}(1-u)^2 du = \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} = \frac{2}{9}$

NoteBase

선지별 해설

① X

- $\frac{1}{3}$은 $\int \text{sinc}^2(3t)dt$를 계산했을 때의 값에 해당하는 오답이다. 이 문항은 신호 $x(t)$의 에너지이므로 $\int |x(t)|^2 dt = \int \text{sinc}^4(3t)dt$를 구해야 한다. 틀린 값 $\frac{1}{3}$ → 올바르게는 $\frac{2}{9}$이다.

② X

- $\frac{2}{3}$은 $\int \text{sinc}^4(t)dt = \frac{2}{3}$만 기억하고 시간 스케일링 $3t$에 따른 $\frac{1}{3}$ 배를 빠뜨린 값이다. 틀린 값 $\frac{2}{3}$ → 올바르게는 스케일링을 반영한 $\frac{2}{9}$이다.

③ O

- 계산 결과가 $E = \frac{2}{9}$이므로 맞는 선택지이다.

④ X

- $\frac{4}{9}$는 $\int_{-1}^{1}(1-|u|)^2 du$를 과대적분하거나 중간값 $\frac{2}{3}$을 잘못 조합할 때 나오는 오답이다. 틀린 값 $\frac{4}{9}$ → 올바르게는 $\frac{2}{9}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $x(t) = \text{sinc}^2(3t)$에서 이미 한 번 제곱된 신호라는 점을 놓치게 만드는 데 있다. 에너지는 항상 $|x(t)|^2$를 적분하므로 결과적으로 sinc^4가 되며, 여기에 시간 스케일링 $3t$에 따른 $\frac{1}{3}$ 계수까지 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

제곱된 파형의 에너지를 묻는 문제는 먼저 $E = \int |x(t)|^2 dt$인지 확인해 적분 차수를 정한다. 그다음 at 꼴이 보이면 마지막 단계에서 반드시 $\frac{1}{|a|}$ 스케일링을 반영해 값을 검산한다.

암기 포인트

$\int_{-\infty}^{\infty} \text{sinc}^4(t)dt = \frac{2}{3}$, 시간축이 at로 압축되면 에너지는 $\frac{1}{|a|}$배가 된다.

NoteBase

문 4. 두 확률변수 A와 B의 결합 확률질량함수(joint probability mass function)가 <보기>의 표와 같이 주어질 때, 확률이 다른 것은?

<보기>

구분	$B=0$	$B=1$	$B=2$	$B=3$
$A=0$	1/16	3/32	3/16	5/32
$A=1$	3/32	1/4	1/8	1/32

① $P(A=0)$

② $P(B \le 1)$

③ $P(B=1 \mid A=1)$

④ $P(B=2 \mid A=0)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 결합확률질량함수 표에서 주변확률과 조건부확률을 계산해 각 값이 같은지 다른지를 판별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 결합확률 $P(A=a, B=b)$ 표이다.
구해야 할 값은 ① $P(A=0)$, ② $P(B \le 1)$, ③ $P(B=1 \mid A=1)$, ④ $P(B=2 \mid A=0)$이다.
주의할 조건은 주변확률은 해당 행이나 열을 더하고, 조건부확률은 해당 사건의 주변확률로 나눈다는 점이다.

사용할 공식

주변확률은 $P(A=a)=\sum_{b} P(A=a, B=b)$, $P(B=b)=\sum_{a} P(A=a, B=b)$로 구한다.
조건부확률은 $P(B=b \mid A=a)=\frac{P(A=a, B=b)}{P(A=a)}$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유는 표에 주어진 값이 모두 결합확률이므로, 먼저 합으로 주변확률을 만들고 그 뒤 조건부확률의 분모로 써야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $P(A=0)=\frac{1}{16}+\frac{3}{32}+\frac{3}{16}+\frac{5}{32}=\frac{2+3+6+5}{32}=\frac{16}{32}=\frac{1}{2}$이다.
2. $P(B\le 1)=P(B=0)+P(B=1)=(\frac{1}{16}+\frac{3}{32})+(\frac{3}{32}+\frac{1}{4})=\frac{2+3+3+8}{32}=\frac{16}{32}=\frac{1}{2}$이다.
3. $P(B=1\mid A=1)=\frac{P(A=1,B=1)}{P(A=1)}=\frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{32}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{32}}=\frac{\frac{1}{4}}{\frac{16}{32}}=\frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}}=\frac{1}{2}$이다.
4. $P(B=2\mid A=0)=\frac{P(A=0,B=2)}{P(A=0)}=\frac{\frac{3}{16}}{\frac{1}{2}}=\frac{3}{8}$이다.

따라서 ①, ②, ③은 모두 $\frac{1}{2}$이고 ④만 $\frac{3}{8}$이므로 다른 것은 ④이다.

선지별 해설

① X

$P(A=0)=\frac{1}{2}$이므로 다른 값이 아니다. 틀린 판단은 ①이 정답 후보라는 점이다. 올바르게는 ①의 값은 $\frac{1}{2}$로 ②, ③과 같다.

② X

$P(B\le 1)=P(B=0)+P(B=1)=\frac{1}{2}$이므로 다른 값이 아니다. 틀린 판단은 $B\le 1$을 한 칸만 읽는 것이다. 올바르게는 $B=0$ 열과 $B=1$ 열을 모두 합해 $\frac{1}{2}$로 본다.

③ X

$P(B=1\mid A=1)=\frac{1}{2}$이므로 다른 값이 아니다. 틀린 판단은 분모를 전체확률 1로 두는 것이다. 올바르게는 $A=1$인 행의 합 $P(A=1)=\frac{1}{2}$를 분모로 써서 $\frac{1}{2}$가 된다.

④ O

$P(B=2\mid A=0)=\frac{3}{8}$이므로 ①, ②, ③의 $\frac{1}{2}$와 다르다. 따라서 발문에 맞는 선택지는 ④이다.

오답 포인트

주변확률과 조건부확률의 분모를 섞으면 오답이 된다. 특히 ③, ④에서 결합확률 값을 그대로 답으로 보거나 분모를 1로 두면 $\frac{1}{2}$와 $\frac{3}{8}$의 차이를 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

결합확률 표 문제는 먼저 행합과 열합으로 주변확률을 만든 뒤, 조건부확률은 해당 행 또는 열의 주변확률로 한 번 더 나눈다. 마지막에는 각 선택지의 값을 같은 분수꼴로 맞춰 비교하면 된다.

암기 포인트

결합확률은 더해서 주변확률을 만들고, 조건부확률은 그 주변확률로 나누는 구조이다.

NoteBase

문 5. 임펄스(impulse) 응답이 h(t)=casese^-t, & t≥ 0 \ 0, & t<0cases인 선형 시불변(Linear Time Invariant) 필터에 전력스펙트럼밀도가 $S_X(f) = \frac{N_0}{2}$, $-\infty < f < \infty$인 랜덤프로세스가 입력되었을 때, 이 필터의 출력 랜덤프로세스의 평균전력은?

① $\frac{N_0}{4}$
② $\frac{N_0}{2}$
③ N_0
④ ∞

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 백색잡음이 LTI 필터를 통과할 때 출력 전력이 입력 전력스펙트럼밀도와 필터의 에너지 응답으로 결정된다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $S_X(f) = \frac{N_0}{2}$, $h(t) = e^{-t}u(t)$이다.
구해야 할 값: 출력 랜덤프로세스의 평균 전력 P_Y이다.
주의할 조건: 입력은 전 주파수 대역에 걸친 백색잡음이고, 출력 전력은 필터 통과 후의 전력스펙트럼밀도를 전 주파수에서 적분해서 구한다.

사용할 공식

출력 전력스펙트럼밀도는 $S_Y(f) = |H(f)|^2 S_X(f)$이고, 평균 전력은 $P_Y = \int_{-\infty}^{\infty} S_Y(f)df$이다.
또는 파르세발 관계로 $\int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 df = \int_0^{\infty} |h(t)|^2 dt$를 쓸 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유는 입력이 백색잡음이므로 필터가 각 주파수 성분을 $|H(f)|^2$만큼 가중하고, 그 전체 합이 출력 전력이 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 임펄스 응답으로부터 필터 에너지를 구하면
$\int_0^\infty |h(t)|^2 dt = \int_0^\infty e^{-2t} dt = \frac{1}{2}$
이다.

2. 따라서
$\int_{-\infty}^\infty |H(f)|^2 df = \frac{1}{2}$
이다.

3. 출력 평균 전력은
$P_Y = \int_{-\infty}^\infty S_Y(f) df = \int_{-\infty}^\infty \frac{N_0}{2} |H(f)|^2 df = \frac{N_0}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{N_0}{4}$
이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 출력 평균 전력은 $\frac{N_0}{4}$이므로 옳다.
② X: $\frac{N_0}{2}$는 입력 백색잡음의 전력스펙트럼밀도 값일 뿐 출력 전력이 아니다. 필터 에너지 $\frac{1}{2}$를 반영해야 하므로 올바른 값은 $\frac{N_0}{4}$이다.
③ X: N_0는 필터 통과 효과를 완전히 무시한 값이다. 출력 전력은 입력 PSD에 필터 에너지를 곱한 $\frac{N_0}{4}$로 줄어든다.
④ X: 출력 전력이 무한대가 되려면 필터 에너지 적분이 발산해야 하는데, $h(t) = e^{-t}u(t)$는 안정하고 에너지가 $\frac{1}{2}$로 유한하다. 따라서 올바른 값은 $\frac{N_0}{4}$이다.

오답 포인트

입력 PSD $\frac{N_0}{2}$와 출력 평균 전력을 같은 것으로 착각하면 ②로 흐르기 쉽다. 또 백색잡음이 전 대역에 존재한다는 이유만으로 무한대라고 보면 ④를 고르게 되는데, 실제로는 필터의 $|H(f)|^2$ 적분이 유한하면 출력 전력도 유한하다.

다시 나오면 이렇게 판단

백색잡음이 LTI 필터를 통과하는 문제는 먼저 $S_Y(f) = |H(f)|^2 S_X(f)$를 세우고, 그다음 $\int |H(f)|^2 df$ 또는 $\int |h(t)|^2 dt$로 필터 에너지를 구해 출력 전력을 판단한다.

암기 포인트

백색잡음 출력 전력은 입력 PSD에 필터 에너지를 곱한 값이며, $e^{-t}u(t)$의 에너지는 $\frac{1}{2}$이다.

NoteBase

문 6. 메시지 신호 $m(t)=\frac{\sin(2\pi t)}{\pi t}$를 주파수가 100[Hz]인 반송파를 사용하여 DSB-SC 변조를 했을 때, 메시지 신호와 변조된 신호의 대역폭의 값[Hz]를 옳게 짝지은 것은?

① 메시지 신호의 대역폭[Hz]: 1, 변조된 신호의 대역폭[Hz]: 1

② 메시지 신호의 대역폭[Hz]: 1, 변조된 신호의 대역폭[Hz]: 2

③ 메시지 신호의 대역폭[Hz]: 2, 변조된 신호의 대역폭[Hz]: 2

④ 메시지 신호의 대역폭[Hz]: 2, 변조된 신호의 대역폭[Hz]: 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $m(t)=\frac{\sin(2\pi t)}{\pi t}$의 메시지 대역폭과 DSB-SC 변조 후 점유대역폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 메시지 신호는 $m(t)=\frac{\sin(2\pi t)}{\pi t}$이다.
- 반송파 주파수는 100 Hz이다.

구해야 할 값:
- 메시지 신호의 대역폭
- 변조된 신호의 대역폭

주의할 조건:
- 반송파 주파수는 스펙트럼의 중심 위치만 바꾸고, DSB-SC의 점유대역폭 자체는 $2B_m$이다.

사용할 공식

$\frac{\sin(2\pi Wt)}{\pi t} \leftrightarrow \text{rect}\left(\frac{f}{2W}\right)$

따라서 메시지 대역폭은 $B_m = W$이다.

또한 DSB-SC의 점유대역폭은 $B_{DSB-SC} = 2B_m$이다.

이 공식을 쓰는 이유는 주어진 신호가 표준 sinc형이어서 스펙트럼이 $|f| < W$ 범위에만 존재하고, DSB-SC는 이 스펙트럼을 $\pm f_c$로 이동시켜 상측파대와 하측파대를 모두 만들기 때문이다.

계산 과정

1. $m(t)=\frac{\sin(2\pi t)}{\pi t}$를 $\frac{\sin(2\pi Wt)}{\pi t}$와 비교하면 $W=1$이다.
2. 따라서 메시지 신호의 스펙트럼은 $|f|<1$ 범위에 존재하므로 메시지 대역폭은 1 Hz이다.
3. DSB-SC 변조를 하면 스펙트럼이 반송파 100 Hz를 중심으로 좌우에 생기므로 점유대역폭은 $2B_m = 2$가 되어 2 Hz이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
메시지 신호 대역폭 1 Hz는 맞지만, 변조된 신호 대역폭을 1 Hz로 본 점이 틀리다. DSB-SC는 상측파대와 하측파대를 모두 가지므로 점유대역폭은 2 Hz이다. 틀린 표현은 "변조된 신호의 대역폭 1"이고, 올바르게는 "변조된 신호의 대역폭 2"이다.

② O
$m(t)$는 sinc형이므로 메시지 대역폭이 1 Hz이다. DSB-SC는 메시지 대역폭의 두 배를 차지하므로 변조된 신호 대역폭은 2 Hz이다.

③ X
변조된 신호 대역폭 2 Hz는 맞지만, 메시지 신호 대역폭을 2 Hz로 본 점이 틀리다. $\sin(2\pi t)/(\pi t)$에서 $W = 1$이므로 메시지 대역폭은 1 Hz이다. 틀린 표현은 "메시지 신호의 대역폭 2"이고, 올바르게는 "메시지 신호의 대역폭 1"이다.

④ X
메시지 대역폭을 2 Hz로 잘못 본 뒤 DSB-SC 대역폭을 다시 두 배로 잡아 4 Hz로 확대한 값이다. 틀린 표현은 "메시지 2, 변조 4"이고, 올바르게는 "메시지 1, 변조 2"이다.

오답 포인트

$\sin(2\pi Wt)/(\pi t)$ 꼴에서 W 자체가 메시지 대역폭이라는 점을 놓치면 메시지 대역폭을 2 Hz로 오해하기 쉽다. DSB-SC의 대역폭과 반송파 주파수 100 Hz를 혼동하면 중심 주파수와 점유대역폭을 섞어 판단하게 된다. 100 Hz는 위치이고 2 Hz는 폭이다.
양측파대가 생기는데도 한쪽만 생각하면 ①처럼 변조 대역폭을 1 Hz로 잘못 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

$\sin(2\pi Wt)/(\pi t)$ 꼴이면 먼저 W를 읽어 메시지 대역폭으로 둔다.
DSB-SC가 나오면 변조 후 대역폭은 항상 $2B_m$로 계산한다.
반송파 주파수는 스펙트럼의 중심 위치만 결정하고, 폭 계산에는 직접 들어가지 않는다.

암기 포인트

sinc형 $\sin(2\pi Wt)/(\pi t)$의 메시지 대역폭은 W이고, DSB-SC의 대역폭은 $2W$이다.

NoteBase

문 7. 대표적인 디지털 변조방식인 ASK, FSK 및 PSK의 성능비교로 가장 옳지 않은 것은? (단, $Q(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_x^\infty e^{-\frac{\lambda^2}{2}}d\lambda$, E_b는 비트의 평균에너지, 잡음의 양측 전력스펙트럼 밀도 $S'_n(f)=\frac{N_0}{2}$[W/Hz]이다.)

① 비트오율 성능이 가장 우수한 방식은 동기식 BPSK이며 비트오율 $P_b=Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$이다.

② ASK와 FSK는 비동기 검파가 가능한 장점을 가지며, 이 경우 비트오율 $P_b=\frac{1}{2}\exp\left(-\frac{E_b}{2N_0}\right)$이다.

③ 동기식 ASK와 FSK의 비트오율은 $P_b=Q\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$로 동일하며 동기식 BPSK에 비해 성능이 약 2dB 정도 우수하다.

④ PSK 신호는 근본적으로 비동기 검파가 불가능하지만 송신단에서 차동 부호화하여 전송하는 DPSK 방식을 사용하면 수신기에서 반송파를 복구하지 않고도 복조가 가능하다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 동기식·비동기식 검파에 따른 비트오율 식과 BPSK, ASK, FSK, DPSK의 상대 성능을 비교할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

BPSK는 반대 위상의 두 상태를 동기 검파하는 방식이어서 같은 E_b/N_0에서 비트오율 성능이 가장 우수하다.
ASK와 FSK는 비동기 검파 구성이 가능하지만 일반적으로 동기식 BPSK보다 성능 손실이 있다.
DPSK는 절대 위상이 아니라 연속 심볼의 위상차에 정보를 실어 반송파 위상 복구 없이 복조할 수 있다.

선지별 해설

1번 O: 동기식 BPSK의 비트오율은 $P_b=Q(\sqrt{2E_b/N_0})$이다. 같은 E_b/N_0에서 Q 함수의 입력이 가장 커 대표적인 2진 변조 방식 중 비트오율 성능이 가장 좋다.
2번 O: ASK와 FSK는 반송파의 정확한 위상 동기를 맞추지 않고도 검파할 수 있는 비동기 검파 구성이 가능하다. 문항의 비교식대로 보면 이 경우 비트오율은 $P_b=\frac{1}{2}\exp(-E_b/(2N_0))$로 정리된다.
3번 X: 동기식 ASK와 FSK의 비트오율을 $P_b=Q(\sqrt{E_b/N_0})$로 비교하는 틀은 맞지만, 이를 동기식 BPSK보다 우수하다고 한 부분이 틀렸다. 동기식 BPSK는 $P_b=Q(\sqrt{2E_b/N_0})$이므로 같은 비트오율을 얻는 데 필요한 E_b/N_0가 더 작아 약 3 dB 유리하다. 틀린 표현은 '동기식 BPSK에 비해 성능이 약 2dB 정도 우수하다'이고, 올바르게는 '동기식 BPSK보다 약 3dB 정도 열세이다'이다.
4번 O: 일반 PSK는 절대 반송파 위상 기준이 필요하므로 비동기 검파가 곤란하다. 그러나 DPSK는 송신단에서 위상차로 정보를 부호화하므로 수신기에서 반송파를 직접 복구하지 않고도 인접 심볼 비교로 복조할 수 있다.

오답 포인트

3번은 비트오율 식을 제시해 놓고 우열 방향을 뒤집어 놓은 선지이다. $Q(\sqrt{2E_b/N_0})$와 $Q(\sqrt{E_b/N_0})$를 비교하면 BPSK 쪽 입력이 더 커서 오류확률이 더 작다는 점을 놓치면 쉽게 속는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

성능 비교 문제에서는 비트오율 식의 Q 함수 안이나 지수항의 E_b/N_0 계수를 먼저 비교한다. 같은 조건에서 루트 안의 계수가 크고 지수 감소가 큰 방식이 더 유리하며, 동기식 BPSK는 이 기준에서 ASK·FSK보다 앞선다.

암기 포인트

BPSK가 비트오율 성능 최상이고, 동기 ASK·FSK는 그보다 약 3 dB 열세이며, 반송파 위상 복구 없이 PSK를 쓰면 DPSK이다.

NoteBase

문 8. OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 상용 OFDM의 복조기는 일반적으로 FFT(Fast Fourier Transform) 블록을 사용하여 구현한다.

② 상용 OFDM의 변조기는 일반적으로 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 블록을 사용하여 구현한다.

③ OFDM에서 CP(Cyclic Prefix)는 심볼간간섭(Inter-Symbol Interference)을 제거하기 위하여 사용한다.

④ OFDM에서는 부반송파 간의 직교성(orthogonality) 때문에 심볼간간섭(Inter-Symbol Interference)이 발생하지 않는다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 OFDM에서 FFT/IFFT의 송수신 역할, CP의 기능, 직교성이 막는 간섭 종류를 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

OFDM은 많은 직교 부반송파에 데이터를 나누어 실어 보내는 다중반송파 방식이다.
송신부는 주파수영역 심볼을 시간영역 OFDM 심볼로 바꾸기 위해 IFFT를 쓰고, 수신부는 시간영역 신호를 부반송파별 심볼로 복원하기 위해 FFT를 쓴다.
CP는 OFDM 심볼 앞에 끝부분을 복사해 붙인 구간으로, 다중경로 지연확산이 CP 길이 안에 들어오면 ISI를 줄이고 부반송파 직교성도 유지하는 데 도움이 된다.
직교성은 부반송파 사이의 간섭인 ICI와 직접 관련되고, 심볼 간 시간축 겹침에 따른 ISI와는 구분된다.

선지별 해설

① O : 상용 OFDM 수신기는 각 부반송파 성분을 한꺼번에 분리해야 하므로 일반적으로 FFT 블록으로 복조를 구현한다. 시간영역 수신 신호를 FFT에 넣어 부반송파별 심볼을 얻는 구조이므로 옳다.
② O : 상용 OFDM 송신기는 각 부반송파에 실릴 주파수영역 심볼을 시간영역 파형으로 합성해야 하므로 일반적으로 IFFT 블록으로 변조를 구현한다. 여러 부반송파를 효율적으로 만드는 핵심 연산이 IFFT이므로 옳다.
③ O : CP는 다중경로로 이전 심볼의 꼬리가 다음 심볼에 겹치는 ISI를 줄이기 위해 넣는다. 정확히는 채널 지연확산이 CP 길이보다 짧을 때 ISI를 방지하고 순환합성 조건을 만들어 직교성 유지에도 기여하므로 옳다.
④ X : 틀린 부분은 '부반송파 간의 직교성 때문에 심볼간간섭(ISI)이 발생하지 않는다'는 표현이다. 직교성은 부반송파 사이 간섭인 ICI를 억제하는 성질과 관련되고, ISI는 다중경로 지연 때문에 생기므로 CP가 완화하는 대상이다. 올바르게는 'OFDM에서는 부반송파 간 직교성으로 ICI를 줄일 수 있고, ISI는 CP로 완화한다'가 된다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 ISI와 ICI를 섞어 놓은 점이다. ④는 '직교성'이라는 맞는 단어를 앞에 두고 뒤에서 ISI를 붙여 틀리게 만들었다. OFDM에서는 직교성이면 ICI, CP면 ISI라는 대응을 분리해서 봐야 헷갈리지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

OFDM 선지는 먼저 송신과 수신 블록을 나눈다. 송신이면 IFFT, 수신이면 FFT로 본다. 그다음 간섭 종류를 구분한다. 부반송파 사이 간섭이면 직교성 또는 ICI 문제이고, 이전 심볼이 다음 심볼에 겹치면 ISI이므로 CP 관련 진술인지 확인하면 된다.

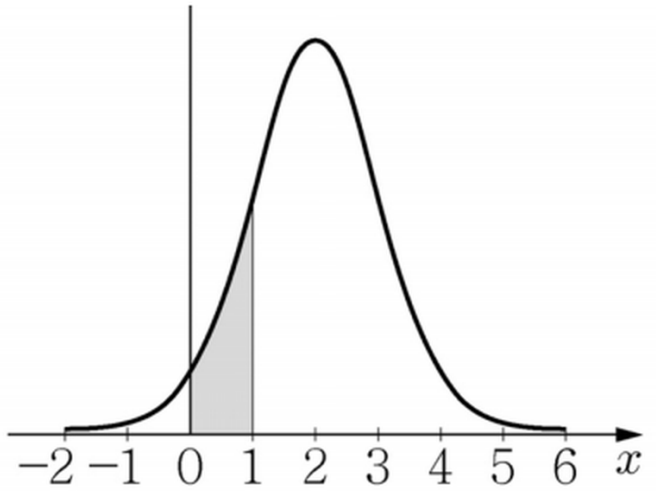
암기 포인트

IFFT는 송신, FFT는 수신, CP는 ISI 대응, 직교성은 ICI 억제라는 구분이 핵심이다.

NoteBase

문 9. <보기>의 그래프는 평균이 2이고 분산이 1인 정규분포의 확률밀도함수를 나타낸 것이다. 색칠한 영역의 면적을 $Q(x)$함수를 이용하여 바르게 나타낸 것은? (단, $Q(x) = \int_x^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$이다.)

<보기>



① $Q(1)$

② $Q(0) - Q(1)$

③ $Q(1) - Q(0)$

④ $Q(1) - Q(2)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 평균과 분산이 주어진 정규분포를 표준정규분포로 바꾼 뒤, 음영 구간의 확률을 $Q(x)$의 차로 표현할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 분포는 평균이 2, 분산이 1인 정규분포이므로 $X \sim N(2, 1)$이다.
분산이 1이므로 표준편차는 $\sigma = 1$이다.
그래프의 색칠한 영역은 $x = 0$부터 $x = 1$까지의 면적이므로 구해야 할 값은 $P(0 < X < 1)$이다.

NoteBase

사용할 공식

표준화 공식은 $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$이다.
또한 $Q(x) = P(Z > x)$이므로 오른쪽 꼬리확률의 차 $Q(a) - Q(b)$는 $P(a < Z < b)$를 뜻한다.
이 공식을 쓰는 이유는 주어진 $Q(x)$가 표준정규분포 Z에 대해 정의되어 있으므로, 먼저 X의 구간을 Z의 구간으로 바꿔야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 음영 구간은 $P(0 < X < 1)$이다.
2. 표준화하면 $P\left(\frac{0-2}{1} < Z < \frac{1-2}{1}\right) = P(-2 < Z < -1)$이다.
3. 표준정규분포의 대칭성을 쓰면 $P(-2 < Z < -1) = P(1 < Z < 2)$이다.
4. 따라서 $P(1 < Z < 2) = P(Z > 1) - P(Z > 2) = Q(1) - Q(2)$이다.

선지 판단

1번 X: $Q(1)$은 $P(Z > 1)$만 뜻하므로 한쪽 꼬리확률 하나이다. 틀린 표현은 음영 구간 전체를 $Q(1)$ 하나로 본 점이며, 올바르게는 구간확률이므로 $Q(1) - Q(2)$로 나타내야 한다.
2번 X: $Q(0) - Q(1) = P(0 < Z < 1)$이므로 원래 변수로는 $P(2 < X < 3)$에 해당한다. 틀린 표현은 표준화된 구간을 $(0, 1)$로 잘못 잡은 점이며, 올바르게는 $(-2, -1)$ 또는 대칭인 $(1, 2)$를 써야 한다.
3번 X: $Q(1) - Q(0)$은 2번 식의 순서를 뒤집은 값이라 음수가 된다. 틀린 표현은 꼬리확률의 차를 큰 값에서 작은 값 순서로 쓰지 않은 점이며, 올바르게는 $Q(1) - Q(2)$이다.
4번 O: 음영 구간은 $P(0 < X < 1) = P(-2 < Z < -1)$이고, 대칭성으로 $P(1 < Z < 2)$와 같다. 따라서 $P(1 < Z < 2) = Q(1) - Q(2)$이므로 4번이 맞다.

오답 포인트

평균이 2인데 이를 무시하고 경계값 0과 1을 그대로 표준정규분포의 구간으로 읽으면 2번처럼 잘못 잡게 된다. 또 $Q(x)$가 오른쪽 꼬리확률이라는 점을 놓치면 1번처럼 구간 전체를 하나의 꼬리확률로 착각하거나, 3번처럼 차의 순서를 거꾸로 써서 면적이 음수가 되는 실수를 하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

정규분포 면적 문제는 먼저 음영 구간을 $P(a < X < b)$로 읽고, 평균과 표준편차로 양 끝점을 각각 표준화한 뒤, 마지막에 Q 함수 정의에 맞게 오른쪽 꼬리확률의 차로 바꾸면 된다.

암기 포인트

$Q(x)$는 오른쪽 꼬리확률이고, 구간면적은 꼬리확률 하나가 아니라 두 꼬리확률의 차이다.

NoteBase

문 10. <보기>와 같은 결합 확률밀도함수(joint probability density function)의 상수 A의 값은?

<보기>

f(x,y)=casesAe^-(2x+2y), & x ≥ 0, y ≥ 0 \ 0, & 그 외 구간cases

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 결합 확률밀도함수의 전체 적분값이 1이 된다는 정규화 조건을 이용해 상수 A를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $f(x, y) = Ae^{-(2x + 2y)}, x \geq 0, y \geq 0$

구해야 할 값: 상수 A

주의할 조건: 확률밀도함수이므로 정의역 전체에서의 이중적분값이 반드시 1이어야 한다.

사용할 공식

$\int_0^\infty \int_0^\infty Ae^{-(2x + 2y)} dydx = 1$

이 공식을 쓰는 이유: 결합 확률밀도함수는 전체 확률이 1이어야 하므로 상수 A는 정규화 조건으로 결정된다.

계산 과정

1. 지수를 분리하면 $e^{-(2x + 2y)} = e^{-2x}e^{-2y}$이다.
2. 따라서
$\int_0^\infty \int_0^\infty Ae^{-(2x + 2y)} dydx = A\left(\int_0^\infty e^{-2x} dx\right)\left(\int_0^\infty e^{-2y} dy\right)$
3. 각 적분값은 $\int_0^\infty e^{-2x} dx = \frac{1}{2}$, $\int_0^\infty e^{-2y} dy = \frac{1}{2}$이다.
4. 따라서 전체 적분값은 $A \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{A}{4}$이다.
5. 확률밀도함수이므로 $\frac{A}{4} = 1$이고, 따라서 $A = 4$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $A=1$이면 전체 적분값이 $\frac{1}{4}$에 그쳐 확률밀도함수 조건을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 상수를 1로 둔 점이며, 올바르게는 $A=4$이다.
② X: $A=2$이면 전체 적분값이 $\frac{1}{2}$가 된다. 각 적분값 $\frac{1}{2}$를 하나만 반영한 오답에 가깝고, 올바르게는 두 적분을 모두 곱해 $A=4$로 맞춰야 한다.
③ X: $A=3$이면 전체 적분값이 $\frac{3}{4}$가 되어 여전히 1이 아니다. 틀린 표현은 정규화가 완료되었다고 본 점이며, 올바르게는 $\frac{A}{4}=1$을 만족하는 $A=4$이다.
④ O: $A=4$이면 전체 적분값이 $\frac{4}{4}=1$이 되어 결합 확률밀도함수의 조건을 정확히 만족한다.

오답 포인트

지수항을 분리한 뒤 적분값이 각각 $\frac{1}{2}$라는 점은 보면서도, 이를 서로 곱해 $\frac{1}{4}$가 된다는 마지막 정규화 단계를 놓치기 쉽다. ②는 적분 하나만 반영한 값이고, ③은 계산은 거의 맞았지만 확률 총합 1 조건을 끝까지 대입하지 않은 경우에 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

확률밀도함수에서 미지 상수가 나오면 먼저 정의역 전체 적분을 1로 둔다. 그다음 지수항이 곱으로 분리되는지 확인하고, 각 적분값을 모두 곱한 뒤 마지막에 정규화 식으로 상수를 결정한다.

암기 포인트

결합밀도함수의 상수는 전체 이중적분값이 1이 되도록 맞춘다. 이 문제에서는 $\int_0^\infty e^{-2x}dx=\frac{1}{2}$가 두 번 곱해져 $A/4=1$이 된다.

NoteBase

문 11. 선형 시불변 시스템(LTI)의 입력 $x(t)$가 $x(t) = u(t) - u(t-2)$이고, 임펄스 응답 $h(t)$가 $h(t) = \delta(t-1) + \delta(t-2) - \delta(t-3)$일 때, 출력 $y(t)$가 시간 구간 $1 \le t \le 5$에서 갖는 평균값은? (단, $\delta(t)$는 디랙 델타(단위 임펄스) 함수이며, $u(t)$는 단위 계단 함수이다.)

① 0

② 0.5

③ 1

④ 2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 디랙 델타와의 컨벌루션으로 $y(t)$를 시간 이동된 입력들의 합으로 바꾼 뒤, 구간 평균값 $\frac{1}{5-1}\int_1^5 y(t)dt$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $x(t) = u(t) - u(t-2)$이므로 입력은 $0 \le t < 2$에서만 1인 폭 2의 직사각파이다.
- $h(t) = \delta(t-1) + \delta(t-2) - \delta(t-3)$이다.

구해야 할 값:
- $1 \le t \le 5$에서 출력 $y(t)$의 평균값이다.

주의할 조건:
- 평균값은 적분값이 아니라 구간 적분을 구간 길이 4로 나눈 값이다.

사용할 공식

$y(t) = x(t) * h(t) = x(t-1) + x(t-2) - x(t-3)$

평균값=(1)/(5-1) ∫ _1^5 y(t)dt

이 공식을 쓰는 이유는 디랙 델타와의 컨벌루션이 신호의 시간 이동으로 바뀌기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $x(t-1)$은 $1 \le t < 3$에서 1이고, $x(t-2)$는 $2 \le t < 4$에서 1이며, $-x(t-3)$는 $3 \le t < 5$에서 -1이다.
2. 따라서 $y(t)$는 구간별로 다음과 같다.

$1 \le t < 2$: 1

$2 \le t < 3$: 2

$3 \le t < 4$: 0

$4 \le t < 5$: -1

3. 구간 적분은 $1 \times 1 + 2 \times 1 + 0 \times 1 + (-1) \times 1 = 2$이다.
4. 평균값은 $\frac{2}{5-1} = \frac{2}{4} = 0.5$이다.

선지별 해설

① X

- 0은 $3 \le t < 4$ 구간의 출력값일 뿐 전체 평균값이 아니다.
- 틀린 표현은 특정 구간의 순간값을 전체 평균으로 보는 점이며, 올바르게는 평균값은 0.5이다.

② O

- 구간 적분값이 2이고 구간 길이가 4이므로 평균값은 $2/4 = 0.5$이다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X

- 1은 적분값 2를 구간 길이 2로 잘못 나누거나, 양의 구간만 보고 음의 구간 $4 \le t < 5$를 빠뜨릴 때 나오는 값이다.
- 틀린 표현은 음의 기여를 무시한 점이며, 올바르게는 -1 구간까지 포함해 평균값은 0.5이다.

④ X

- 2는 $\int_1^5 y(t)dt$인 면적값이지 평균값이 아니다.
- 틀린 표현은 적분값을 평균값으로 둔 점이며, 올바르게는 적분값 2를 구간 길이 4로 나눈 0.5가 평균값이다.

오답 포인트

평균값과 적분값을 구분하지 않으면 ④로 흐르기 쉽다. 또 $-\delta(t-3)$ 항 때문에 $4 \le t < 5$에서 음의 구간이 생기는데 이를 빠뜨리면 ③ 같은 오답으로 이어진다. $3 \le t < 4$에서 $x(t-2)$와 $-x(t-3)$가 상쇄되어 0이 된다는 점도 자주 놓친다.

다시 나오면 이렇게 판단

디랙 델타가 들어간 LTI 문제는 먼저 각 항을 시간 이동된 입력으로 바꾸고, 겹치는 구간을 나누어 $y(t)$를 구한 뒤, 평균을 묻는 경우 마지막에 적분값을 구간 길이로 나누어 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

$x(t) * \delta(t-a) = x(t-a)$, 평균값은 면적이 아니라 $\frac{1}{T}\int y(t)dt$이다.

문 12. 정현파 $f(t) = \sin \omega_0 t$의 자기 상관 함수 $R_x(\tau)$는?

① $\frac{1}{2}\cos \omega_0 \tau$
② $\frac{1}{2\pi}\cos \omega_0 \tau$
③ $\frac{1}{2}\sin \omega_0 \tau$
④ $\frac{1}{2\pi}\sin \omega_0 \tau$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정현파의 시간평균 자기상관함수 $R_x(\tau)$를 정의식과 곱-합 공식을 이용해 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t) = \sin \omega_0 t$이다.
구해야 할 값은 $R_x(\tau)$이다.
주기 신호의 자기상관은 시간에 대한 평균으로 구하며, t에 따라 진동하는 항의 장시간 평균은 0이 된다.

사용할 공식

$R_x(\tau) = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} x(t)x(t+\tau)dt$
$\sin A \sin B = \frac{1}{2}\{\cos(A-B) - \cos(A+B)\}$
이 문제는 $x(t)x(t+\tau)$를 평균하는 형태이므로 자기상관의 정의식을 써야 하고, 두 사인의 곱은 곱-합 공식으로 바꾸면 τ만 남는 항과 t에 따라 진동하는 항으로 분리된다.

계산 과정

1. $x(t)x(t+\tau) = \sin \omega_0 t \sin \omega_0 (t+\tau)$이다.
2. 곱-합 공식을 적용하면
$\sin \omega_0 t \sin \omega_0 (t+\tau) = \frac{1}{2}\{\cos \omega_0 \tau - \cos(2\omega_0 t + \omega_0 \tau)\}$
3. 이 식을 시간평균하면 $\cos \omega_0 \tau$는 t와 무관하므로 그대로 남고, $\cos(2\omega_0 t + \omega_0 \tau)$의 장시간 평균은 0이 된다.
4. 따라서
$R_x(\tau) = \frac{1}{2}\cos \omega_0 \tau$

NoteBase

선지 판단

1번: O. 계산 결과가 그대로 $\frac{1}{2}\cos\omega_0\tau$이므로 맞다.
2번: X. $\frac{1}{2\pi}$가 틀린 표현이다. 올바르게는 자기상관의 계수는 $\frac{1}{2}$이다. 2π는 각주파수나 주기 변환에서 나타날 수는 있어도 이 평균계수로 들어가지 않는다.
3번: X. $\sin\omega_0\tau$가 틀린 표현이다. 올바르게는 차각 항에서 남는 것은 $\cos\omega_0\tau$이다. 사인과 사인의 곱을 평균하면 사인형이 아니라 코사인형 자기상관이 된다.
4번: X. $\frac{1}{2\pi}\sin\omega_0\tau$는 계수와 함수형이 모두 틀린 표현이다. 올바르게는 $\frac{1}{2}\cos\omega_0\tau$이다.

오답 포인트

사인파가 주어졌다고 해서 자기상관도 사인형이라고 착각하면 3번이나 4번으로 흐르기 쉽다. 또 주기 신호라는 이유로 2π를 계수에 끌어오면 2번이나 4번처럼 틀린다. 이 문항의 핵심은 곱-합 공식 뒤에 시간평균을 취하면 t가 들어간 진동항은 사라지고 τ만 남는 항만 유지된다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

정현파 자기상관 문제는 먼저 $x(t)x(t+\tau)$를 만든 뒤 곱-합 공식으로 바꾼다. 그 다음 t에 따라 진동하는 항의 평균은 0, τ만 포함한 항은 유지된다고 판단하면 정답을 빠르게 고를 수 있다.

암기 포인트

정현파의 자기상관은 같은 각주파수의 코사인형이고, 계수는 평균전력에 해당하는 $\frac{1}{2}$이다.

NoteBase

문 13. 신호 $f(t)=W\frac{\sin(Wt)}{Wt}$일 때 $f(t)\cos\omega_0 t$의 푸리에 변환으로 가장 옳은 것은?

① $\text{rect}\left[\frac{\omega-\omega_0}{2W}\right]+\text{rect}\left[\frac{\omega+\omega_0}{2W}\right]$
② $\text{rect}\left[\frac{\omega-\omega_0}{2W}\right]-\text{rect}\left[\frac{\omega+\omega_0}{2W}\right]$
③ $\frac{\pi}{2}\text{rect}\left[\frac{\omega-\omega_0}{2W}\right]+\frac{\pi}{2}\text{rect}\left[\frac{\omega+\omega_0}{2W}\right]$
④ $\frac{\pi}{2}\text{rect}\left[\frac{\omega-\omega_0}{2W}\right]-\frac{\pi}{2}\text{rect}\left[\frac{\omega+\omega_0}{2W}\right]$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 $f(t)=\frac{\sin(Wt)}{t}$의 푸리에 변환과 시간영역에서 $\cos\omega_0 t$를 곱할 때 생기는 주파수 이동 성질을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호: $f(t)=W\frac{\sin(Wt)}{Wt}=\frac{\sin(Wt)}{t}$
구해야 할 값: $f(t)\cos\omega_0 t$의 푸리에 변환
주의할 조건: $\cos\omega_0 t$를 곱하면 주파수축에서 원래 스펙트럼이 좌우로 이동한 두 항이 $\frac{1}{2}$씩 더해진다.

사용할 공식

기본 변환쌍: $\frac{\sin(Wt)}{t}\leftrightarrow\pi\text{rect}\left(\frac{\omega}{2W}\right)$
변조 성질: $x(t)\cos\omega_0 t\leftrightarrow\frac{1}{2}\{X(\omega-\omega_0)+X(\omega+\omega_0)\}$
이 공식을 쓰는 이유: 주어진 $f(t)$는 sinc형 저역통과 스펙트럼을 가지며, 여기에 코사인을 곱한 형태이므로 주파수영역에서는 원래 스펙트럼이 $\pm\omega_0$만큼 이동한 두 성분의 합으로 바뀐다.

계산 과정

1. 먼저 $f(t)=W\frac{\sin(Wt)}{Wt}=\frac{\sin(Wt)}{t}$로 정리한다.
2. 따라서 $F(\omega)=\pi\text{rect}\left(\frac{\omega}{2W}\right)$이다.
3. 시간영역에서 $\cos\omega_0 t$를 곱하면
$f(t)\cos\omega_0 t\leftrightarrow\frac{1}{2}F(\omega-\omega_0)+\frac{1}{2}F(\omega+\omega_0)$
가 된다.
4. $F(\omega)$를 대입하면
$\frac{\pi}{2}\text{rect}\left(\frac{\omega-\omega_0}{2W}\right)+\frac{\pi}{2}\text{rect}\left(\frac{\omega+\omega_0}{2W}\right)$
이므로 3번과 일치한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 중심이 $\pm\omega_0$로 이동한 형태는 맞지만 계수 $\frac{\pi}{2}$가 빠졌다. 올바르게는 $\frac{\pi}{2}\text{rect}\left(\frac{\omega-\omega_0}{2W}\right)+\frac{\pi}{2}\text{rect}\left(\frac{\omega+\omega_0}{2W}\right)$이다.
② X: 두 이동 스펙트럼 사이의 부호가 틀렸고 계수도 빠졌다. $\cos\omega_0 t$를 곱한 경우에는 좌우 이동 성분이 더해진다. 올바르게는 두 항의 합에 각각 $\frac{\pi}{2}$가 붙는다.
③ O: $\frac{\sin(Wt)}{t}$의 변환이 $\pi\text{rect}\left(\frac{\omega}{2W}\right)$이고, $\cos\omega_0 t$ 곱셈으로 두 개의 이동된 직사각 스펙트럼이 $\frac{1}{2}$씩 더해지므로 식이 정확히 맞다.
④ X: 계수 $\frac{\pi}{2}$는 맞지만 가운데 부호가 틀렸다. 이 식은 cos 변조가 아니라 부호를 잘못 적용한 경우이다. 올바르게는 두 항이 차가 아니라 합이 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, $W\frac{\sin(Wt)}{Wt}$를 그대로 두고 상수를 놓치면 π 계수를 빼먹기 쉽다. 둘째, $\cos\omega_0 t$ 곱셈은 주파수축에서 좌우 이동 성분의 합인데 이를 차로 착각하면 ②나 ④처럼 부호를 틀리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

이런 문제는 먼저 시간함수를 표준 푸리에 변환쌍 모양으로 정리한 뒤 원래 스펙트럼을 구한다. 그다음 시간영역의 곱셈이 주파수영역에서 어떤 이동과 계수로 바뀌는지 적용하고, 마지막에 코사인이므로 두 항이 합인지와 $\frac{1}{2}$ 계수가 붙는지를 점검하면 된다.

암기 포인트

$\frac{\sin(Wt)}{t}\leftrightarrow\pi\text{rect}\left(\frac{\omega}{2W}\right)$, $x(t)\cos\omega_0 t\leftrightarrow\frac{1}{2}\{X(\omega-\omega_0)+X(\omega+\omega_0)\}$이다.

NoteBase

문 14. 컷 오프 주파수가 300[Hz]인 이상적인 (ideal) 저역통과필터(LPF)에 <보기>의 신호를 입력해 주었을 때, 이 필터의 출력 신호 $y(t)$의 평균 전력은? (단, 이상적인 저역통과필터의 주파수 응답 $H(f)$는 주파수 f가 컷 오프 주파수보다 낮을 때는 1이며, 높거나 같을 때는 0의 값을 갖는다고 가정한다.)

<보기>

$x(t) = 2\sqrt{2}\cos(200\pi t) + \sqrt{2}\sin(400\pi t) + \sqrt{2}\cos(800\pi t)$

① 0

② 4

③ 5

④ 6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적 저역통과필터가 통과시키는 주파수 성분만 남긴 뒤 각 정현파의 평균 전력을 합산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 컷오프 주파수는 300 Hz이다. 입력 신호는 $2\sqrt{2}\cos(200\pi t)$, $\sqrt{2}\sin(400\pi t)$, $\sqrt{2}\cos(800\pi t)$의 합이다.
구해야 할 값: 출력 신호 $y(t)$의 평균 전력이다.
주의할 조건: $\omega = 2\pi f$이므로 각 항의 각주파수를 Hz로 바꿔 판단해야 한다. 이상적 LPF는 $f < 300$ Hz 성분만 통과시킨다.

사용할 공식

정현파 $A\cos(2\pi ft)$ 또는 $A\sin(2\pi ft)$의 평균 전력은 $A^2/2$이다. 서로 다른 주파수 성분의 평균 전력은 합산할 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유: 출력 신호는 필터를 지난 뒤 남은 정현파들의 합이며, 서로 다른 주파수 성분의 교차항 평균은 0이 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 각 항의 주파수를 구하면 $200\pi = 2\pi f$에서 $f = 100$ Hz, $400\pi = 2\pi f$에서 $f = 200$ Hz, $800\pi = 2\pi f$에서 $f = 400$ Hz이다.
2. 컷오프가 300 Hz이므로 100 Hz와 200 Hz 성분은 통과하고 400 Hz 성분은 차단된다. 따라서 출력은 $y(t) = 2\sqrt{2}\cos(200\pi t) + \sqrt{2}\sin(400\pi t)$이다.
3. 평균 전력은 $((2\sqrt{2})^2/2) + ((\sqrt{2})^2/2) = 8/2 + 2/2 = 4 + 1 = 5$이다.

선지 판단

1번 X: 출력에 100 Hz와 200 Hz 성분이 남으므로 평균 전력이 0일 수 없다. 0이 아니라 5이다.
2번 X: 4는 100 Hz 성분 $2\sqrt{2}\cos(200\pi t)$의 전력만 계산한 값이다. 200 Hz 성분의 전력 1도 더해야 하므로 4가 아니라 5이다.
3번 O: 통과한 두 성분의 전력이 각각 4와 1이므로 합은 5가 된다.
4번 X: 6은 세 성분이 모두 통과한다고 잘못 본 값이다. 400 Hz 성분은 컷오프 300 Hz보다 높아 차단되므로 6이 아니라 5이다.

오답 포인트

각주파수 ω를 바로 Hz로 착각하면 통과 여부를 잘못 판단한다. 또 차단되는 400 Hz 성분을 포함하면 6이 나오고, 통과한 200 Hz 성분의 전력 1을 빠뜨리면 4가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

LPF 전력 문제는 각 항을 먼저 $\omega = 2\pi f$로 Hz로 바꾸고, 컷오프와 비교해 남는 성분만 고른 뒤, 각 정현파의 평균 전력 $A^2/2$를 합산하면 된다.

암기 포인트

이상적 LPF는 컷오프보다 낮은 주파수만 통과시키며, 정현파 평균 전력은 $A^2/2$이다.

NoteBase

문 15. 소스 부호화 이론에 입각한 압축 부호로 가장 옳지 않은 것은?

① 허프만(Huffman) 부호

② Reed–Solomon 부호

③ 렘펠–지브(Lempel–Ziv) 부호

④ RLE(Run–Length Encoding) 부호

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 소스 부호화에 의한 압축 부호와 채널 부호화에 의한 오류정정부호를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

허프만 부호는 심벌 발생확률에 따라 가변 길이 코드를 배정하는 대표적 무손실 소스 압축 부호이다.
렘펠-지브 부호는 반복 문자열 사전을 이용해 데이터를 압축하는 대표적 무손실 소스 압축 부호이다.
RLE 부호는 같은 값이 연속되는 구간의 길이를 함께 표현해 압축하는 단순 무손실 소스 압축 부호이다.
Reed-Solomon 부호는 심벌 오류를 정정하기 위한 블록 채널 부호로서 목적이 압축이 아니라 오류 정정이다.

선지별 해설

1번 O: 허프만 부호는 소스 부호화 이론의 대표적 압축 부호이다. 심벌 확률이 큰 항목에 짧은 코드를 주어 평균 부호 길이를 줄인다.
2번 X: Reed-Solomon 부호는 압축 부호가 아니라 오류 정정을 위한 채널 부호이다. 틀린 표현은 "압축 부호"이고, 올바르게는 "Reed-Solomon 부호는 블록 오류정정부호이다."이다.
3번 O: 렘펠-지브 부호는 반복 패턴을 사전화하여 압축하는 소스 부호이다. ZIP 계열 무손실 압축의 기본 개념으로 이어진다.
4번 O: RLE는 같은 심벌이 길게 반복될 때 run 길이를 함께 기록하여 압축하는 소스 부호이다. 반복 구간이 많은 데이터에서 효과가 크다.

오답 포인트

부호라는 공통 표현만 보고 모두 압축 부호로 묶으면 틀린다. 이 문항의 함정은 부호의 목적이 압축인지, 전송 중 오류 정정인지 구분하지 못하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

보기 이름이 낯설어도 먼저 목적을 구분하면 된다. 평균 비트 수 감소나 데이터 축소가 목적이면 소스 압축 부호이고, 잡음에 의한 오류 검출·정정이 목적이면 채널 부호로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

허프만·LZ·RLE는 압축, Reed-Solomon은 오류 정정이다.

NoteBase

문 16. 데이터 전송률에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 데이터 전송률은 가용 대역폭, 사용 가능한 신호 준위, 채널의 품질에 의해 결정된다.

② 잡음이 있는 채널에서는 새넌 용량(Shannon capacity)으로 최대 전송률을 구할 수 있다.

③ 잡음이 없는 채널의 경우에는 나이퀴스트 비트율(Nyquist bit rate)이 이론적인 최대 전송률을 정의한다.

④ 나이퀴스트 비트율은 전송률의 상한 값을 알려주고, 새넌 용량은 주어진 전송률을 위해 몇 개의 신호 준위가 필요한지를 알려준다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 잡음이 없는 채널의 나이퀴스트 비트율과 잡음이 있는 채널의 섀넌 용량이 각각 무엇을 제한하는지 구별하는 문제이다.

핵심 개념

나이퀴스트 비트율은 잡음이 없는 채널에서 대역폭과 신호 준위 수로 정해지는 이론적 최대 전송률이며, 식은 $R = 2B\log_2 M$이다.
섀넌 용량은 잡음이 있는 채널에서 대역폭과 신호대잡음비로 정해지는 최대 전송률이며, 식은 $C = B\log_2(1 + S/N)$이다.
즉 나이퀴스트는 신호 준위 수 M가 핵심이고, 섀넌은 신호대잡음비 S/N가 핵심이다.

선지별 해설

1번: O. 데이터 전송률은 사용 가능한 대역폭, 구분 가능한 신호 준위 수, 채널 품질의 영향을 받는다. 잡음이 없으면 나이퀴스트 식이, 잡음이 있으면 섀넌 식이 상한을 정한다.
2번: O. 잡음이 있는 채널에서는 섀넌 용량이 최대 전송률의 이론적 한계를 준다. 이때 한계는 대역폭과 신호대잡음비로 결정된다.
3번: O. 잡음이 없는 채널에서는 나이퀴스트 비트율이 이론적 최대 전송률을 정한다. 대역폭이 같아도 신호 준위 수가 늘면 최대 전송률이 증가한다.
4번: X. 틀린 부분은 "채널 용량은 주어진 전송률을 위해 몇 개의 신호 준위가 필요한지"라는 표현이다. 실제로 주어진 전송률에 필요한 신호 준위 수는 나이퀴스트 식 $R = 2B\log_2 M$를 이용해 판단하며, 채널 용량은 잡음이 있는 채널에서 달성 가능한 최대 전송률을 알려준다.

오답 포인트

나이퀴스트와 섀넌이 모두 전송률의 한계를 다루므로 역할이 비슷해 보이지만, 나이퀴스트는 신호 준위 수를 포함한 무잡음 채널 식이고 섀넌은 신호대잡음비를 포함한 유잡음 채널 식이라는 차이를 놓치면 4번에 흔들린다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 잡음, 신호대잡음비, 채널 용량이 나오면 섀넌을 먼저 떠올리고, 신호 준위 수 M나 무잡음 채널이 나오면 나이퀴스트를 대응시키면 된다. 이후 각 식이 묻는 값이 최대 전송률인지 필요한 신호 준위 수인지 확인하면 정답을 고를 수 있다.

암기 포인트

나이퀴스트는 무잡음·신호준위, 섀넌은 유잡음·신호대잡음비이다.

NoteBase

문 17. 고속 이더넷(ethernet) 100Base-TX는 회선부호(line coding)로 4B/5B 부호기와 MLT-3(다중회선 전송 3준위) 부호기를 직렬로 연결하여 사용한다. 100Base-TX가 100Mbps로 전송하기 위한 UTP 전송선의 최소 대역폭에 가장 가까운 값[MHz]은?

① 42

② 84

③ 100

④ 125

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 100Base-TX에서 4B/5B 부호화로 증가한 전송률을 먼저 구한 뒤, MLT-3(3준위 선로부호)의 최소 대역폭을 Nyquist 기준으로 추정하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 사용자 데이터 전송률: 100 Mbps
- 블록 부호화: 4B/5B
- 선로부호: MLT-3, 즉 3준위 전송

구해야 할 값:
- UTP 전송선의 최소 대역폭

주의할 조건:
- 4B/5B를 거치면 비트율이 $100 \times \frac{5}{4} = 125$ Mbps로 증가한다.
- 최소 대역폭은 Nyquist 이론 하한으로 추정하며, 3준위 선로부호의 특성을 반영한다.

NoteBase

사용할 공식

먼저 선로부호기에 입력되는 비트율은
$R_b = 100 \times \frac{5}{4} = 125\text{Mbps}$
이다.
최소 대역폭은 Nyquist 기준으로 구한다. Nyquist 최소 대역폭은 이상적인 무왜곡(사각) 스펙트럼을 가정한 이론적 하한으로, 심볼율 R_s에 대해 $B_{\min} = R_s/2$이다. 여기에 다중준위 전송에서 1심볼이 $\log_2 L$비트를 싣는다는 관계 $R_s = R_b/\log_2 L$을 대입하면 $L = 3$준위에 대해
$B_{\min} = \frac{R_s}{2} = \frac{R_b}{2\log_2 3}$
이 된다. 이는 3준위를 심볼당 $\log_2 3$비트를 싣는 다중준위 신호로 본 시험용 계산식이다.
다만 MLT-3는 엄밀히는 1심볼에 $\log_2 3$비트를 싣는 진정한 다중준위 변조가 아니라, 1비트를 1심볼로 보내되(심볼율=비트율) +V, 0, -V 세 준위를 순환하는 선로부호이다. 이 관점에서는 연속된 1이 입력될 때 +, 0, -, 0 네 심볼마다 한 주기를 이루므로 기본 주파수가 $R_s/4 = 125/4 \approx 31.25$ MHz에 위치한다. 두 관점 어느 쪽으로 추정해도 보기 중 42 MHz에 가장 가깝다.

계산 과정

1. 4B/5B 부호화 후 비트율을 구하면 125 Mbps이다.
2. 3준위 다중준위로 보아 심볼율을 구하면
$R_s = \frac{125}{\log_2 3} \approx \frac{125}{1.585} \approx 78.9\text{Mbaud}$
이다.
3. Nyquist 최소 대역폭은 심볼율의 절반이므로
$B_{\min} = \frac{R_s}{2} = \frac{125}{2\log_2 3} \approx 39.4\text{MHz}$
이다.
4. 참고로 MLT-3의 실제 스펙트럼 관점에서는 연속된 1 입력 시 네 심볼마다 한 주기가 되어 기본 주파수가 $125/4 \approx 31.25$ MHz에 위치한다.
5. 두 추정값(약 39.4 MHz, 약 31.25 MHz)은 모두 보기 42, 84, 100, 125 중 42 MHz에 가장 가깝다. 42 MHz와의 차이(약 6.4%)가 남는 것은 이론적 최소 대역폭을 이산적인 보기값 하나로 근사하기 때문이며, 나머지 보기는 계산 취지와 크게 어긋나므로 42 MHz가 정답이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- 이론적 최소 대역폭이 약 39.4 MHz(또는 MLT-3 기본 주파수 관점 약 31.25 MHz)이므로 보기 중 가장 가까운 값인 42 MHz가 정답이다.
- Nyquist 최소 대역폭은 이상적인 사각 스펙트럼을 가정한 이론 하한이라, 실제 UTP 규격(Cat5e의 사용 대역 100 MHz 등)과는 다르며, 문제는 이론적 최소 대역폭을 묻는다.

② X

- 84 MHz는 최소 대역폭이 아니라 심볼율 $\frac{125}{\log_2 3} \approx 78.9$ Mbaud를 대역폭과 혼동했을 때 가까워지는 값이다.
- 틀린 표현은 대역폭을 심볼율과 같게 보는 점이다. 올바르게는 최소 대역폭은 심볼율의 절반으로 본다.

③ X

- 100 MHz는 실제 케이블 규격이나 사용 대역과 혼동한 값으로 볼 수 있으나, 문제는 최소 이론 대역폭을 묻고 있다.
- 틀린 표현은 100 Mbps 데이터율을 그대로 대역폭으로 대응시키는 점이다. 올바르게는 4B/5B와 3준위 전송을 반영해 다시 계산해야 한다.

④ X

- 125 MHz는 4B/5B 적용 후의 비트율일 뿐 최소 대역폭이 아니다.
- 틀린 표현은 비트율과 대역폭을 동일시하는 점이다. 올바르게는 125 Mbps를 다시 3준위 전송의 대역폭 공식에 넣어 계산해야 한다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 4B/5B로 증가한 125 Mbps를 바로 대역폭으로 두거나, 3준위 전송의 심볼율까지만 구하고 다시 2로 나누지 않는 점이다. 이 문항은 비트율, 심볼율, 최소 대역폭을 구분하는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

이런 문제는 데이터율을 먼저 블록부호화 비율로 보정한 뒤, 선로부호의 준위 수로 심볼율을 구하고, 마지막에 Nyquist 최소 대역폭 $B_{\min} = R_s/2$를 적용하는 순서로 판단한다. MLT-3처럼 기본 주파수가 $R_s/4$로 낮아지는 선로부호는 값이 다소 달라져도 보기 중 가장 가까운 값을 고르면 된다.

암기 포인트

4B/5B는 비트율을 $\frac{5}{4}$배로 늘리고, 3준위 전송의 시험용 최소 대역폭은 $B_{\min} = \frac{R_b}{2\log_2 3}$으로 정리된다. MLT-3의 기본 주파수는 $R_s/4$이다.

NoteBase

문 18. 이진 디지털 전송 시스템에서 '1'을 송신했을 때 '1'을 수신할 확률이 $\frac{4}{5}$이며, '0'을 송신했을 때 '0'을 수신할 확률이 $\frac{9}{10}$이다. 또한 '1'과 '0'을 송신할 확률은 각각 $\frac{2}{5}$와 $\frac{3}{5}$이다. 그렇다면 '1'이 수신될 때, '1'이 송신되었을 확률은? (단, 수신되는 값은 0 또는 1이다.)

① $\frac{16}{19}$
② $\frac{4}{5}$
③ $\frac{8}{9}$
④ $\frac{15}{16}$

정답 1번

출제 포인트

베이즈 정리를 이용해 P(송신=1 수신=1)를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 P(수신=1 송신=1)=(4)/(5), P(수신=0 송신=0)=(9)/(10), P(송신=1)=(2)/(5),
P(송신=0)=(3)/(5)이다.
구해야 할 값은 P(송신=1 수신=1)이다.
주의할 조건은 P(수신=1 송신=0)=1-(9)/(10)=(1)/(10)으로 바꾸어 써야 한다는 점이다.

사용할 공식

P(송신=1 수신=1)=(P(수신=1 송신=1)P(송신=1))/(P(수신=1))
또한
P(수신=1)=P(수신=1 송신=1)P(송신=1)+P(수신=1 송신=0)P(송신=0)
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 수신 결과가 1로 관측되었을 때 실제 송신이 1이었을 확률을 묻는 역조건부확률 문제이기 때문이다.

계산 과정

1. P(수신=1 송신=0)=1-(9)/(10)=(1)/(10)이다.
2. 전체적으로 1을 수신할 확률은
P(수신=1)=(4)/(5)·(2)/(5)+(1)/(10)·(3)/(5)=(8)/(25)+(3)/(50)=(19)/(50)
이다.
3. 따라서
P(송신=1 수신=1)=((4)/(5)·(2)/(5))/((19)/(50))=((8)/(25))/((19)/(50))=(16)/(19)
이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과 P(송신=1 수신=1)=(16)/(19)이므로 옳다.
② X: $\frac{4}{5}$는 P(수신=1 송신=1)이다. 문제에서 묻는 값은 방향이 반대인 P(송신=1 수신=1)이므로 다르다. 틀린 표현은 수신확률과 송신확률을 같은 조건부확률로 본 점이고, 올바르게는 P(송신=1 수신=1)=(16)/(19)이다.
③ X: $\frac{8}{9}$는 사전확률 P(송신=1), P(송신=0)를 반영하지 않고 $\frac{4}{5}$와 $\frac{1}{10}$만 비교할 때 나오는 값이다. 베이즈 정리에서는 송신 1과 송신 0의 발생확률 $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$까지 함께 곱해야 한다. 올바르게는 $\frac{16}{19}$이다.
④ X: $\frac{15}{16}$는 '0을 송신했을 때 0을 수신할 확률' $\frac{9}{10}$ 같은 보완 사건을 현재 식에 잘못 섞은 값이다. 이 문항에서 필요한 값은 P(수신=1 송신=0)=(1)/(10)이며, 이를 포함해 계산하면 $\frac{16}{19}$가 된다. 올바르게는 $\frac{16}{19}$이다.

오답 포인트

베이즈 정리 문제에서 가장 흔한 실수는 조건부확률의 방향을 바꾸지 않는 점과, 보완확률 P(수신=1 송신=0)=(1)/(10)을 놓치는 점이다. ②는 방향 혼동, ③은 사전확률 누락, ④는 보완 사건 확률 혼동을 노린 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

역조건부확률을 묻는 문항은 먼저 무엇이 조건이고 무엇이 결과인지를 기호로 적은 뒤, 분모의 전체확률을 전확률정리로 구해 베이즈 정리에 대입하면 된다. 특히 반대 경우의 수신확률을 보완확률로 바꾸는 단계가 빠지지 않아야 한다.

암기 포인트

베이즈 정리는 관측된 결과의 전체확률을 분모에 두고, 원하는 원인의 결합확률을 분자에 두는 구조이다.

NoteBase

문 19. 이진 디지털 전송 시스템에서 전송 심볼 X가 2와 -2일 확률이 각각 $\frac{2}{3}$와 $\frac{1}{3}$이다. 수신 심볼은 $Y = X + N$ 인데, N은 평균이 0이고 분산이 σ^2인 가우시안(Gaussian) 랜덤변수이다. 관찰된 Y로부터 X의 추정값을 X=cases2, & Y ≥ -1 \ -2, & Y < -1cases와 같이 정하면, $X \neq \hat{X}$일 확률 $\Pr[X \neq \hat{X}]$는? (단, $Q(x) = \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$이다.)

① $\frac{1}{3}Q\left(\frac{3}{\sigma}\right) + \frac{2}{3}Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$
② $\frac{2}{3}Q\left(\frac{3}{\sigma}\right) + \frac{1}{3}Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$
③ $\frac{1}{3}Q\left(\frac{9}{\sigma^2}\right) + \frac{2}{3}Q\left(\frac{1}{\sigma^2}\right)$
④ $\frac{2}{3}Q\left(\frac{9}{\sigma^2}\right) + \frac{1}{3}Q\left(\frac{1}{\sigma^2}\right)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 가우시안 잡음 채널에서 임계값 판정기의 조건부 오류확률을 구한 뒤, 사전확률로 가중평균하여 전체 오류확률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $P(X = 2) = \frac{2}{3}$, $P(X = -2) = \frac{1}{3}$이다.
- $Y = X + N$, $N \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$이다.
- 판정 규칙은 $Y \geq -1$이면 $\hat{X} = 2$, $Y < -1$이면 $\hat{X} = -2$이다.

구해야 할 값:
- 전체 오류확률 P_e이다.

주의할 조건:
- $Q(\cdot)$의 입력은 분산 σ^2가 아니라 표준편차 σ로 나눈 정규화 거리이다.

사용할 공식

P_e=P(X=2)P(오판정 X=2)+P(X=-2)P(오판정 X=-2)
이 공식을 쓰는 이유:
전체 오류확률은 각 송신 심볼에서 생기는 조건부 오류확률을 해당 심볼의 발생확률로 가중평균한 값이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $X=2$이면 $Y=2+N$이다. 이때 오판정은 $Y<-1$일 때이므로 $2+N<-1$, 즉 $N<-3$이다. 따라서
P(오판정 X=2)=P(N<-3)=Q≤ft((3)/(σ))
이다.
2. $X=-2$이면 $Y=-2+N$이다. 이때 오판정은 $Y\geq -1$일 때이므로 $-2+N\geq -1$, 즉 $N\geq 1$이다. 따라서
P(오판정 X=-2)=P(N≥ 1)=Q≤ft((1)/(σ))
이다.
3. 전체 오류확률은
$P_e=\frac{2}{3}Q\left(\frac{3}{\sigma}\right)+\frac{1}{3}Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$
이다.

선지별 해설

① X
- $Q\left(\frac{3}{\sigma}\right)$는 $X=2$일 때의 오류확률이므로 발생확률 $\frac{2}{3}$가 곱해져야 한다.
- $Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$는 $X=-2$일 때의 오류확률이므로 발생확률 $\frac{1}{3}$가 곱해져야 한다.
- 틀린 표현은 가중치 배치이다. 올바르게는 $\frac{2}{3}Q\left(\frac{3}{\sigma}\right)+\frac{1}{3}Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$이다.

② O
- $X=2$일 때는 경계값 -1까지 거리가 3이므로 오류확률이 $Q\left(\frac{3}{\sigma}\right)$이다.
- $X=-2$일 때는 경계값 -1까지 거리가 1이므로 오류확률이 $Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$이다.
- 각 오류확률에 발생확률 $\frac{2}{3}, \frac{1}{3}$을 곱하면 제시식과 일치한다.

③ X
- Q함수의 입력을 $\frac{9}{\sigma^2}, \frac{1}{\sigma^2}$로 둔 것이 틀렸다.
- 정규분포를 표준화할 때는 거리 3과 1을 표준편차 σ로 나누므로 입력은 각각 $\frac{3}{\sigma}, \frac{1}{\sigma}$가 된다.
- 틀린 표현은 분산을 직접 넣은 부분이다. 올바르게는 $\frac{2}{3}Q\left(\frac{3}{\sigma}\right)+\frac{1}{3}Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$이다.

④ X
- ④는 가중치도 뒤바뀌었고 Q함수의 입력도 σ^2로 잘못 처리했다.
- $Q\left(\frac{3}{\sigma}\right)$ 앞에는 $X=2$의 발생확률 $\frac{2}{3}$가 붙어야 하고, $Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$ 앞에는 $X=-2$의 발생확률 $\frac{1}{3}$가 붙어야 한다.
- 올바르게는 $\frac{2}{3}Q\left(\frac{3}{\sigma}\right)+\frac{1}{3}Q\left(\frac{1}{\sigma}\right)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 각 조건부 오류확률에 곱해지는 사전확률 $\frac{2}{3}, \frac{1}{3}$을 서로 바꾸기 쉽다. 둘째, Q 함수의 입력을 거리의 제곱이나 분산 σ^2로 착각하기 쉽다. 이 문제에서는 경계값까지의 거리 3, 1을 표준편차 σ로 나눈 값이 바로 입력이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

가우시안 판정 문제는 먼저 판정 경계값을 찾고, 각 송신 심볼에서 그 경계까지의 거리를 구한 뒤, 그 거리를 σ로 나누어 Q함수로 바꾼다. 마지막에 조건부 오류확률을 사전확률로 가중평균하면 전체 오류확률이 된다.

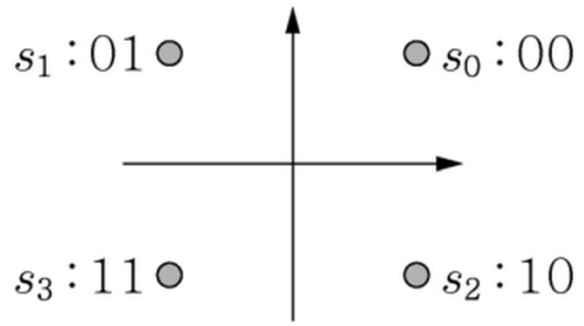
암기 포인트

오류확률은 경계까지의 거리로 구하고, 전체 확률은 조건부 오류확률의 사전확률 가중합으로 정리된다.

NoteBase

문 20. <보기>와 같은 그레이 코딩을 적용한 QPSK 디지털 통신 시스템에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>



① AWGN 채널에서 비트 오율이 p라면 심볼 오율은 $2p + p^2$이다.

② 1초에 200개의 비트를 전송하기 위해서는 1초에 QPSK 심볼 100개를 전송하여야 한다.

③ 한 블록이 100개의 비트로 구성될 때, AWGN 채널에서 비트 오율이 p라면 블록 오율(BLER)는 $1 - (1 - p)^{100}$이다.

④ AWGN 채널에서 동일한 수신 E_b/N_0에 대하여 BPSK와 그레이 코딩을 적용한 QPSK 기법의 비트 오율은 동일하다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 그레이 코딩된 QPSK 성상도에서 1심볼당 비트 수와 E_b/N_0 기준 BER, 그리고 BER·SER·BLER의 관계를 정확히 연결하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
그레이 코딩된 QPSK는 I축과 Q축의 두 BPSK 판정으로 볼 수 있다. 비트 오율이 p이면 한 심볼이 올바를 확률은 $(1-p)^2$이므로 심볼 오율은 $1-(1-p)^2 = 2p - p^2$이다. 틀린 표현은 "$2p + p^2$"이고, 올바르게는 "$2p - p^2$"이다.

② O
QPSK는 한 심볼이 2비트를 실어 나른다. 보기의 성상도도 각 점이 00, 01, 11, 10으로 매핑되어 있으므로 200비트/초를 보내려면 100심볼/초가 필요하다.

③ O
100비트 블록에서 블록 오율은 블록 안에 비트 오류가 하나라도 생길 확률이다. 각 비트가 맞을 확률이 $1-p$이면 100비트가 모두 맞을 확률은 $(1-p)^{100}$이므로 BLER은 $1-(1-p)^{100}$이다.

④ O
AWGN 채널에서 동일한 수신 E_b/N_0를 기준으로 보면 그레이 코딩된 QPSK의 비트 오율은 BPSK와 동일하다. QPSK의 각 축 판정이 BPSK와 같은 형태이고, 그레이 코딩 때문에 인접 심볼 오류가 대체로 1비트 오류로 대응되기 때문이다.

오답 포인트

①은 심볼 오율 식의 부호를 바꿔 놓은 함정이다. 심볼 오율은 "적어도 한 비트가 틀릴 확률"이므로 더하기가 아니라 여사건으로 계산하여 $2p - p^2$가 된다. ②에서는 비트율과 심볼율을 혼동하기 쉽고, ④에서는 QPSK가 4진 변조라는 이유만으로 BPSK보다 BER이 나쁘다고 오해하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

QPSK 문제가 나오면 먼저 성상도에서 1심볼당 2비트인지 확인하고, 그다음 BER에서 SER로 갈 때는 "적어도 한 축이 틀릴 확률"로 바꾸어 $1-(1-p)^2$ 형태를 먼저 세운다. 블록 오율은 "모두 성공"의 여사건으로 판단한다.

암기 포인트

그레이 코딩 QPSK는 1심볼 2비트, 동일 E_b/N_0에서 BER은 BPSK와 같고, SER은 $2p - p^2$이다.

NoteBase