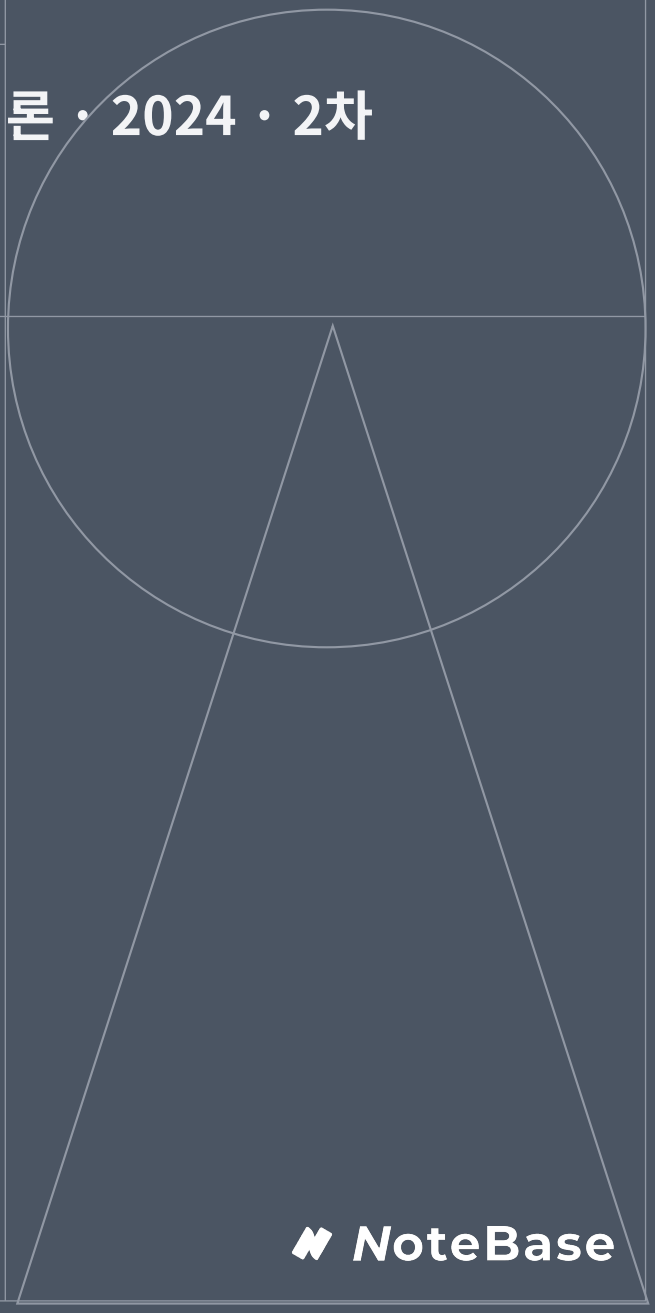
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2024 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2024 · 2차

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2024 · 2차

문 1. 발생 확률이 동일한 심벌 0과 1을 이진 통신 시스템의 채널을 통하여 전송한다. 심벌 0이 송신되었을 때 수신기에서 심벌 0과 1로 판정할 확률은 각각 0.7과 0.3이고, 심벌 1이 송신되었을 때 심벌 0과 1로 판정할 확률은 각각 0.4와 0.6이다. 수신기에서 수신된 신호가 심벌 1로 판정되었을 때, 송신기에서 심벌 1을 송신했을 확률은?

① $\frac{1}{3}$
② $\frac{1}{2}$
③ $\frac{2}{3}$
④ $\frac{7}{9}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 사전확률과 조건부확률이 주어졌을 때 베이즈 정리를 이용해 후험확률 P(심벌 1 송신심벌 1 판정)을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 심벌 0과 1의 발생 확률은 동일하므로 $P(S=0)=P(S=1)=1/2$이다.
- $P(R=1 \mid S=0)=0.3$이다.
- $P(R=1 \mid S=1)=0.6$이다.

구해야 할 값:
- $P(S=1 \mid R=1)$이다.

주의할 조건:
- 문제는 수신기 판정이 심벌 1일 때 실제 송신 심벌이 1일 확률을 묻는다.

NoteBase

사용할 공식

베이즈 정리는 $P(S=1 \mid R=1)=\frac{P(R=1 \mid S=1)P(S=1)}{P(R=1)}$이다.
또한 $P(R=1)=P(R=1 \mid S=0)P(S=0)+P(R=1 \mid S=1)P(S=1)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 발문이 '심벌 1로 판정되었을 때 실제로 심벌 1을 송신했을 확률'이라는 조건부확률의 역방향을 묻기 때문이다.

계산 과정

1. 전체적으로 심벌 1로 판정될 확률을 구하면 $P(R=1)=0.3\times 1/2+0.6\times 1/2=0.45$이다.
2. 심벌 1을 보내고 심벌 1로 판정될 결합확률은 $P(R=1 \mid S=1)P(S=1)=0.6\times 1/2=0.3$이다.
3. 따라서 $P(S=1 \mid R=1)=\frac{0.3}{0.45}=\frac{2}{3}$이다.

선지 판단

1번 X: 1/3은 구하려는 값이 아니다. 이는 $P(S=0 \mid R=1)=\frac{0.3\times 1/2}{0.45}=1/3$에 해당한다. 틀린 표현은 정답값을 1/3으로 본 점이고, 올바르게는 심벌 1의 후험확률이므로 2/3이다.
2번 X: 1/2는 사전확률 $P(S=1)$일 뿐 수신 결과를 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현은 판정 결과 이후에도 확률이 그대로라고 본 점이고, 올바르게는 심벌 1로 판정되었다는 정보를 반영해 2/3으로 갱신해야 한다.
3번 O: $P(S=1 \mid R=1)=\frac{0.6\times 1/2}{0.3\times 1/2+0.6\times 1/2}=\frac{2}{3}$이므로 옳다.
4번 X: 7/9는 문제의 조건을 잘못 섞은 값이다. 특히 0.7은 심벌 0을 0으로 판정할 확률 $P(R=0 \mid S=0)$로서 발문에 필요한 $P(R=1 \mid S=1)$이 아니다. 틀린 표현은 발문과 무관한 0.7을 사용한 점이고, 올바르게는 0.6과 0.3을 이용해 2/3을 구해야 한다.

오답 포인트

심벌 1로 판정되었을 때의 확률과 심벌 1을 송신했을 때의 판정확률을 뒤집어 읽으면 틀린다. 1번은 보완사건 $P(S=0 \mid R=1)$을 고른 경우이고, 2번은 사전확률을 그대로 둔 경우이며, 4번은 발문과 무관한 0.7을 끌어온 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

통신 확률 문제에서 'A로 판정되었을 때 실제로 B였을 확률'을 물으면 베이즈 정리를 먼저 떠올린다. 그다음 분자는 해당 결합확률, 분모는 그 판정이 나올 전체확률로 두고 계산하면 된다.

암기 포인트

후험확률은 '판정 이후의 확률'이므로 베이즈 정리로 사전확률을 조건부확률로 갱신한 값이다.

NoteBase

문 2. 잡음이 발생하지 않는 이상적인 저항 R과 커패시터 C로 구성된 1차 저역통과필터에 평균이 0인 백색 가우시안 잡음(white Gaussian noise)을 입력했을 때, 이 필터의 출력에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 저역통과필터의 통과 대역폭은 입력 신호의 대역폭보다 좁다)

① 통계적 특성은 가우시안이다.

② 스펙트럼 특성은 백색 잡음과 같다.

③ 자기상관 함수는 임펄스 함수이다.

④ 신호의 주파수가 $\frac{1}{RC}[Hz]$일 때, 필터의 최대 이득 대비 3 [dB]의 전력이 감소한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 백색 가우시안 잡음이 선형 저역통과필터를 통과한 뒤 어떤 성질은 유지되고 어떤 성질은 바뀌는지를 묻는다.

핵심 개념

가우시안 잡음: 각 시각의 확률분포가 정규분포를 따르는 잡음이다. 선형 시불변 필터를 거쳐도 가우시안성은 유지된다.
백색 잡음: 전력스펙트럼밀도가 전 주파수에서 일정한 잡음이다. 저역통과필터를 통과하면 스펙트럼이 $|H(f)|^2$ 만큼 변형되어 더 이상 백색이 아니다.
자기상관 함수: 이상적 백색 잡음의 자기상관은 임펄스 함수이지만, 대역제한된 출력 잡음은 시간상관이 생겨 임펄스 함수가 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① O

저항과 커패시터만으로 이루어진 이상적 RC 저역통과필터는 선형 필터이므로 입력이 평균 0인 가우시안 잡음이면 출력도 평균 0의 가우시안 잡음이다. 가우시안성은 유지된다.

② X

틀린 부분은 "스펙트럼 특성은 백색 잡음과 같다"이다. 백색 잡음은 전력스펙트럼밀도가 평탄하지만 출력 잡음의 전력스펙트럼밀도는 $S_y(f) = |H(f)|^2 S_x(f)$가 되어 저주파 쪽이 통과되고 고주파 쪽이 감쇠된다. 올바르게는 "스펙트럼 특성은 저역통과필터에 의해 대역제한된 유색잡음 형태가 된다"이다.

③ X

틀린 부분은 "자기상관 함수는 임펄스 함수이다"이다. 임펄스 자기상관은 이상적 백색 잡음의 성질이며, 필터 출력은 대역제한 때문에 인접 시각끼리 상관이 생긴다. 올바르게는 "자기상관 함수는 임펄스 함수가 아니라 폭을 가진 함수가 된다"이다.

④ X

틀린 부분은 "주파수가 $\frac{1}{RC}[Hz]$일 때"이다. 1차 RC 저역통과필터의 차단주파수는 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}[Hz]$이고, $\omega_c = \frac{1}{RC}[rad/s]$일 때 전력 이득이 최대값보다 $3dB$ 낮아진다. 올바르게는 "주파수가 $\frac{1}{2\pi RC}[Hz]$일 때 전력 이득이 최대값보다 $3dB$ 감소한다"이다.

오답 포인트

가우시안성과 백색성은 다른 성질인데 이를 한 묶음으로 외우면 ②를 틀리기 쉽다. 또한 $\frac{1}{RC}$는 각주파수 기준 값인데 이를 주파수 $[Hz]$와 혼동하면 ④를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

무작위 과정이 필터를 통과하는 문항은 먼저 선형 변환 뒤에도 분포 형태가 유지되는지와 스펙트럼이 필터에 의해 변형되는지를 분리해서 본다. 그다음 $\frac{1}{RC}$가 주파수인지 각주파수인지 단위를 확인한다.

암기 포인트

가우시안성은 선형 필터 뒤에도 유지되고, 백색성은 필터를 지나면 깨진다. RC 필터의 $-3dB$ 지점은 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}[Hz]$이다.

NoteBase

문 3. 연속 시간 신호 $x(t)$를 주파수 영역 신호 $X(f)$로 변환할 때, 이 신호의 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① $X(f)$를 신호 $x(t)$의 주파수 스펙트럼이라 하며, 일반적으로 위상 스펙트럼과 크기 스펙트럼으로 구분할 수 있다.

② $x(t)$가 주기 신호이면 $X(f)$는 이산 스펙트럼 형태로 나타난다.

③ $\int_{-\infty}^{\infty}|x(t)|^2dt=\int_{-\infty}^{\infty}|X(f)|^2df$이다.

④ $x(t)$를 일정 시간 지연하면 주파수 영역에서는 주파수 천이로 나타난다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 연속시간 푸리에 변환의 기본 성질인 스펙트럼 표현, 주기신호의 이산 스펙트럼, Parseval 정리, 시간 지연의 효과를 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

푸리에 변환 $X(f)$는 신호 $x(t)$를 주파수별 성분으로 나타낸 표현이다. 주기신호는 조화성분만 가지므로 이산 스펙트럼으로 나타난다. 시간 지연 $x(t-t_0)$은 주파수축 이동이 아니라 $X(f)e^{-j2\pi ft_0}$ 형태의 위상 변화로 나타난다.

선지별 해설

1번: O. $X(f)$는 $x(t)$의 주파수 스펙트럼이며, 일반적으로 크기 스펙트럼 $|X(f)|$과 위상 스펙트럼 $\angle X(f)$으로 나누어 본다.

2번: O. $x(t)$가 주기 신호이면 기본주파수와 그 고조파 성분들만 존재하므로 $X(f)$는 연속 분포가 아니라 선 스펙트럼 형태의 이산 스펙트럼으로 나타난다.

3번: O. 보기의 표기는 주파수 변수로 f를 쓰는 푸리에 변환이므로 Parseval 정리에 따라 $\int_{-\infty}^{\infty}|x(t)|^2dt=\int_{-\infty}^{\infty}|X(f)|^2df$가 성립한다.

4번: X. 틀린 표현은 '주파수 천이'이다. $x(t)$를 일정 시간 지연한 $x(t-t_0)$의 푸리에 변환은 $X(f)e^{-j2\pi ft_0}$이므로 크기 스펙트럼은 그대로이고 위상만 선형으로 변한다. 올바르게는 '시간 지연은 주파수 영역에서 위상 천이로 나타난다'이다.

오답 포인트

시간축에서의 이동과 주파수축에서의 이동을 서로 바꾸어 기억하면 4번에 걸린다. 시간 지연은 위상 변화이고, 주파수 천이는 시간영역에서 복소지수 $e^{j2\pi f_0t}$를 곱했을 때 생긴다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

연산이 시간영역에서 일어났는지 먼저 본다. 시간영역의 지연과 확대는 주파수영역의 위상 변화나 축 스케일 변화로 연결되고, 주파수 천이는 시간영역의 변조와 연결된다고 판단하면 된다.

암기 포인트

시간 지연은 위상 변화, 시간 변조는 주파수 이동이다.

NoteBase

문 4. 가산적(additive) 백색 가우시안 잡음 채널에서 새넌(Shannon)의 채널용량 공식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 채널용량이 커질수록 동일한 오류 확률 성능을 제공하기 위한 채널의 최대 전송 속도는 작아진다.

② 사용 대역폭이 증가하더라도 채널용량은 선형적으로 증가하지 않는다.

③ 신호의 전력 크기가 증가하면 채널용량도 커진다.

④ 동일한 신호 전력에서 사용 대역폭을 증가시키면 신호대 잡음 전력비는 감소한다.

정답 1번

출제 포인트

가산적 백색 가우시안 잡음 채널의 섀넌 채널용량식 $C = B\log_2(1 + S/N)$, $C = B\log_2(1 + P/(N_0B))$를 바탕으로 대역폭, 신호전력, 신호대잡음비가 채널용량에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 상황: 가산적 백색 가우시안 잡음 채널이다.
구해야 할 내용: 섀넌 채널용량 공식에 대한 설명 중 옳지 않은 선지이다.
주의할 조건: 대역폭을 늘릴 때 신호전력을 고정하면 잡음전력은 $N = N_0B$로 증가하므로 신호대잡음비가 함께 변한다.

사용할 공식

섀넌 채널용량은 $C = B\log_2(1 + S/N)$이다.
백색잡음의 전력스펙트럼밀도를 N_0, 신호전력을 P로 두면 $N = N_0B$이므로 $C = B\log_2(1 + P/(N_0B))$로도 쓸 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 선지가 채널용량이 대역폭 B, 신호전력 P, 신호대잡음비 S/N에 따라 어떻게 바뀌는지를 직접 묻고 있기 때문이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 "채널의 최대 전송 속도는 작아진다"이다. 채널용량은 오류 없이 보낼 수 있는 최대 전송속도의 상한이므로 채널용량이 커질수록 동일한 오류 확률 성능에서 허용 가능한 최대 전송속도도 커진다. 올바르게는 "채널용량이 커질수록 최대 전송속도는 커진다"이다.
② O: 신호전력을 고정한 AWGN 채널에서는 $C = B\log_2(1 + P/(N_0B))$를 본다. 이때 B가 커지면 앞의 B는 증가하지만 $P/(N_0B)$는 감소하므로 채널용량은 증가하더라도 단순한 선형 증가가 아니다.
③ O: B가 일정하면 $C = B\log_2(1 + S/N)$에서 신호전력이 커져 S/N가 증가하므로 로그항이 커지고 채널용량도 커진다.
④ O: 신호전력을 일정하게 두고 대역폭을 늘리면 잡음전력은 $N = N_0B$로 증가한다. 따라서 $S/N = P/(N_0B)$는 감소하므로 선지의 설명은 옳다.

오답 포인트

①은 채널용량과 최대 전송속도의 관계를 반대로 뒤집은 선지이다. 또 $C = B\log_2(1 + S/N)$만 기계적으로 보면 대역폭이 늘 때 항상 선형 증가한다고 오해하기 쉬운데, AWGN에서 신호전력을 고정하면 S/N가 함께 감소한다는 점을 놓치면 ②와 ④를 잘못 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

섀넌 용량 문제는 먼저 무엇을 고정하는지부터 본다. B가 변할 때 신호전력 P가 고정이면 $N = N_0B$, $S/N = P/(N_0B)$를 함께 써서 판단하고, P가 커질 때는 로그항이 증가하므로 채널용량도 증가한다고 정리하면 된다.

암기 포인트

AWGN에서 B ↑이면 $N = N_0B$ ↑, S/N ↓이므로 채널용량은 증가하되 선형 증가는 아니다.

NoteBase

문 5. 디지털 변조된 신호가 다중경로 페이딩 채널을 통해 전송될 때, 이 신호가 겪는 현상으로 옳지 않은 것은?

① 지연확산(delay spread)이 심벌 주기보다 크면 심벌 간 간섭이 발생한다.

② 코히런스 시간(coherence time)은 통신 채널의 응답이 거의 변화하지 않는 시간을 말한다.

③ 짧은 코히런스 시간은 작은 도플러 확산(Doppler spread)을 의미한다.

④ 지연확산이 심벌 주기보다 크면 통신 채널은 주파수 선택적(frequency selective)이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 다중경로 페이딩 채널에서 지연확산, 코히런스 시간, 도플러 확산, 주파수 선택성의 대응관계를 정확히 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

지연확산은 다중경로로 인해 수신 신호가 시간축으로 퍼지는 정도이다.
코히런스 시간은 채널 응답이 거의 변하지 않는 시간 범위이다.
도플러 확산은 이동성 때문에 주파수축으로 퍼지는 정도이며 코히런스 시간과 반대 방향으로 움직인다.
주파수 선택적 페이딩은 신호 대역폭이 채널의 코히런스 대역폭보다 커서 주파수 성분마다 다른 감쇠를 겪는 경우이다.

선지별 해설

1번: O. 지연확산이 심벌 주기보다 크면 이전 심벌의 에너지가 다음 심벌 구간까지 번져 들어오므로 심벌 간 간섭이 발생한다.
2번: O. 코히런스 시간은 채널의 시간적 변화가 거의 없다고 볼 수 있는 구간을 뜻하므로 서술이 맞다.
3번: X. 틀린 표현은 "짧은 코히런스 시간은 작은 도플러 확산"이다. 실제로는 코히런스 시간이 짧을수록 채널이 빠르게 변하므로 도플러 확산은 크다.
4번: O. 지연확산이 심벌 주기보다 크면 채널이 주파수 성분별로 다르게 작용하므로 주파수 선택적 페이딩으로 본다.

오답 포인트

코히런스 시간과 도플러 확산을 같은 방향으로 외우면 3번에 걸린다. 시간적으로 빨리 변하는 채널일수록 코히런스 시간은 짧고, 그만큼 도플러 확산은 크다.

다시 나오면 이렇게 판단

시간축 현상과 주파수축 현상을 분리해서 본다. 지연확산이 크면 ISI와 주파수 선택성을 떠올리고, 코히런스 시간이 짧으면 빠른 시간 변화와 큰 도플러 확산을 연결하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

지연확산 증가 → ISI 증가, 코히런스 시간 감소 → 도플러 확산 증가이다.

NoteBase

문 6. 각 변조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전압제어발진기(VCO)를 이용하여 직접 변조가 가능하다.

② 음성 신호로 변조된 신호는 비주기적으로 불규칙하게 영점을 교차한다.

③ 주파수 변조(FM)된 신호는 최대 주파수 편이가 클수록 대역폭이 넓어진다.

④ 위상 변조(PM) 신호는 중첩의 원리를 만족시키지만, FM 신호는 중첩의 원리를 만족시키지 않는다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 각변조인 FM과 PM의 기본 성질, 직접 변조 방식, 대역폭 변화, 중첩 가능성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

FM은 반송파의 순간 주파수를 정보 신호에 따라 바꾸는 변조이고, PM은 반송파의 순간 위상을 정보 신호에 따라 바꾸는 변조이다.
VCO는 입력 전압에 따라 발진 주파수가 변하므로 직접 FM에 쓰기 쉽고, FM 대역폭은 최대 주파수 편이와 변조 신호 최고 주파수에 의해 커진다.
PM은 위상편이가 입력 신호에 비례하고, FM은 위상편이가 입력 신호의 적분에 비례하므로 둘 다 입력 신호의 합에 대해 선형적으로 취급할 수 있다.

선지별 해설

1번 O: VCO는 입력 전압 변화가 곧 발진 주파수 변화로 이어지므로 직접 FM 변조기에 사용될 수 있다. 직접 변조가 가능하다는 설명은 맞다.
2번 O: 음성 신호는 주기성이 강하지 않은 복합 신호이므로, 그것으로 각변조된 신호의 순간 주파수 변화도 불규칙해져 영점 교차 간격이 일정하지 않다. 비주기적으로 영점을 교차한다는 설명은 맞다.
3번 O: FM의 대역폭은 보통 카슨의 법칙 $B \approx 2(\Delta f + f_m)$로 본다. 따라서 최대 주파수 편이 Δf가 커질수록 필요한 대역폭도 넓어진다.
4번 X: 틀린 부분은 "FM 신호는 중첩의 원리를 만족시키지 않는다"는 표현이다. PM은 위상편이가 $\phi_{PM}(t) = k_p m(t)$로 입력 신호에 비례하고, FM도 $\phi_{FM}(t) = k_f \int m(t)dt$로 입력 신호의 적분에 비례하므로 여러 변조 신호가 합쳐지면 그 효과도 선형적으로 더해진다. 올바르게는 "PM과 FM 모두 변조 신호의 합에 대해 중첩적으로 해석할 수 있다"이다.

오답 포인트

4번은 PM만 선형적이고 FM은 비선형적이라고 잘못 대비시키는 함정이다. FM은 순간 주파수를 다루기 때문에 직관적으로는 복잡해 보이지만, 위상항으로 보면 적분 형태일 뿐이라 중첩 성질을 부정할 이유가 없다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

각변조 문제는 먼저 무엇이 변하는지부터 나눈다. FM은 주파수, PM은 위상이다. 그다음 직접 변조 가능 여부는 VCO 사용 여부로, 대역폭은 카슨의 법칙으로, 선형성은 위상항이 입력 신호 또는 그 적분에 비례하는지로 판단한다.

암기 포인트

VCO는 직접 FM, FM 대역폭은 Δf가 키우고, PM과 FM은 모두 위상항 기준으로 중첩 해석이 가능하다.

NoteBase

문 7. 신호 $x(t)$의 대역폭이 $B[Hz]$로 제한되어 있을 때 $x^2(t)$를 에일리어싱(aliasing) 없이 표본화하기 위한 최소 표본화 주파수 $[Hz]$는?

① $2\pi B$

② $2B$

③ $4B$

④ $4\pi B$

정답 3번

출제 포인트

시간영역의 제곱 연산이 주파수영역에서 대역폭을 어떻게 바꾸는지와, 바뀐 대역폭에 나이퀴스트 표본화 정리를 적용하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 신호 $x(t)$의 대역폭은 B이다.
- 구해야 할 값: $x^2(t)$를 에일리어싱 없이 표본화하기 위한 최소 표본화 주파수이다.
- 주의할 조건: 원신호 $x(t)$의 대역폭이 아니라 제곱한 신호 $x^2(t)$의 대역폭을 먼저 구해야 한다.

사용할 공식

$x^2(t) = x(t) \cdot x(t)$

$x(t) \cdot y(t) \longleftrightarrow X(f) * Y(f)$

$f_s^{\min} = 2W$

여기서 W는 표본화하려는 신호의 최고 주파수 성분이다. 시간영역의 곱셈은 주파수영역의 컨볼루션이므로, $|f| \le B$에 있던 스펙트럼은 자기 자신과 합쳐져 $|f| \le 2B$까지 넓어진다.

계산 과정

1. 원신호 $x(t)$가 대역제한 신호이므로 스펙트럼은 $|f| \le B$에서만 존재한다.
2. $x^2(t) = x(t) \cdot x(t)$이므로 주파수영역에서는 $X(f) * X(f)$가 된다.
3. 컨볼루션 결과의 지지 구간은 $[-2B, 2B]$가 되어 $x^2(t)$의 대역폭은 $2B$가 된다.
4. 에일리어싱이 없으려면 표본화 주파수는 그 대역폭의 2배 이상이어야 하므로 $f_s^{\min} = 2 \times 2B = 4B$가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $2\pi B$는 Hz 단위의 표본화 주파수 식이 아니라 각주파수 $\omega = 2\pi f$와 혼동한 값이다.
- 틀린 표현은 "최소 표본화 주파수는 $2\pi B$이다"이다. 올바르게는 "최소 표본화 주파수는 $4B$이다"이다.

② X
- $2B$는 원신호 $x(t)$ 자체를 직접 표본화할 때의 최소 주파수이다. 문제는 $x^2(t)$를 표본화하는 경우이므로 먼저 대역폭이 $2B$로 늘어난다.
- 틀린 표현은 "제곱한 뒤에도 최소 표본화 주파수가 $2B$이다"이다. 올바르게는 "제곱한 신호의 최소 표본화 주파수는 $4B$이다"이다.

③ O
- $x^2(t)$의 스펙트럼은 $X(f) * X(f)$이므로 원래 대역폭 B가 두 배인 $2B$로 넓어진다.
- 따라서 나이퀴스트 조건에 의해 최소 표본화 주파수는 $2 \times 2B = 4B$가 되므로 옳다.

④ X
- $4\pi B$도 2π를 잘못 끌어들인 선택지이다. Hz 기준의 최소 표본화 주파수는 $4B$이며 π는 들어가지 않는다.
- 틀린 표현은 "최소 표본화 주파수는 $4\pi B$이다"이다. 올바르게는 "최소 표본화 주파수는 $4B$이다"이다.

오답 포인트

원신호의 나이퀴스트 주파수 $2B$를 그대로 답으로 고르는 실수가 가장 흔하다. 이 문제는 제곱 연산 때문에 대역폭이 먼저 두 배로 늘어난다는 점이 핵심이며, 2π를 붙여 각주파수와 Hz를 섞는 실수도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

비선형 연산이나 시간영역 곱셈이 나오면 먼저 변환된 신호의 대역폭이 어떻게 바뀌는지 본다. 그다음 바뀐 대역폭에 나이퀴스트 조건 $f_s \geq 2W$를 적용하면 된다.

암기 포인트

시간영역 곱셈은 주파수영역 컨볼루션이므로 대역폭이 합산되고, 표본화 주파수는 그 결과 대역폭의 2배이다.

NoteBase

문 8. 임펄스 응답 $h(t) = 100\text{sinc}(100t)$인 이상적인 저역통과필터를 사용하여 신호를 여파할 때, 이 신호가 가질 수 있는 최대 주파수 대역폭[Hz]은? (단, sinc(x)=cases((π x))/(π x), & x≠ 0 \ 1, & x=0cases이다)

① 50

② 100

③ 150

④ 200

정답 1번

출제 포인트

이 문항은 이상적인 저역통과필터의 임펄스 응답 $h(t) = 2B\text{sinc}(2Bt)$ 형태에서 차단주파수 B를 읽어 최대 주파수 대역폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $h(t) = 100\text{sinc}(100t)$이다.
구해야 할 값: 이 필터를 통과할 수 있는 신호의 최대 주파수 대역폭이다.
주의할 조건: 문제에서 $\text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$로 정의했으므로 정규화 sinc 기준을 그대로 써야 한다.

사용할 공식

이상적인 저역통과필터의 임펄스 응답은 $h(t) = 2B\text{sinc}(2Bt)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 주어진 $h(t)$의 계수와 sinc 내부 계수가 모두 $2B$에 해당하므로, 식의 형태를 직접 비교하면 차단주파수 B를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

주어진 식 $h(t) = 100\text{sinc}(100t)$를 표준형 $h(t) = 2B\text{sinc}(2Bt)$와 비교한다.
그러면 $2B = 100$이다.
따라서 $B = 50$이다.
이상적인 저역통과필터가 통과시키는 최대 주파수는 $|f| \le B$이므로 신호가 가질 수 있는 최대 주파수 대역폭은 50 Hz이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
계산 결과 $B = 50$이므로 맞는 선택지이다.

② X
100 Hz는 $2B$를 그대로 대역폭으로 오해한 값이다. 이 문항에서 최대 주파수 대역폭은 $2B$가 아니라 차단주파수 B이므로 틀리다.
틀린 표현은 "최대 주파수 대역폭이 100 Hz이다"이고, 올바르게는 "최대 주파수 대역폭은 50 Hz이다"이다.

③ X
150 Hz는 $2B = 100$조차 맞추지 못한 값이며, 표준형 비교 결과와 일치하지 않는다.
틀린 표현은 "최대 주파수 대역폭이 150 Hz이다"이고, 올바르게는 "최대 주파수 대역폭은 50 Hz이다"이다.

④ X
200 Hz는 계수 100을 다시 두 배로 잘못 확장한 값이다. 이상적인 저역통과필터의 임펄스 응답에서 바깥 계수 100은 이미 $2B$이므로 200 Hz가 될 수 없다.
틀린 표현은 "최대 주파수 대역폭이 200 Hz이다"이고, 올바르게는 "최대 주파수 대역폭은 50 Hz이다"이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 $100\text{sinc}(100t)$에서 100을 그대로 대역폭으로 보는 실수이다. 정규화 sinc를 쓰는 이상적인 저역통과필터는 항상 $2B\text{sinc}(2Bt)$ 꼴이므로, 바깥 계수와 sinc 내부 계수는 모두 $2B$로 읽어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

임펄스 응답이 sinc 꼴로 주어지면 먼저 $h(t) = 2B\text{sinc}(2Bt)$ 표준형과 계수를 비교한다. 그다음 구한 값이 B인지 $2B$인지 구분한 뒤, 저역통과필터의 최대 통과 주파수는 B라고 판단한다.

암기 포인트

이상적인 저역통과필터는 $h(t) = 2B\text{sinc}(2Bt)$이고, 계수와 sinc 내부 숫자는 둘 다 $2B$이다.

NoteBase

문 9. $h[0]=1,\ h[1]=-2,\ h[2]=1$**의 임펄스 응답을 갖는 이산 선형 시불변 시스템에 신호** $x[0]=x[1]=1$**을 입력할 때, 출력** $y[n]$**의 값으로 옳지 않은 것은?**

① $y[0]=1$

② $y[1]=-2$

③ $y[2]=-1$

④ $y[3]=1$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 입력 $x[n]$와 임펄스 응답 $h[n]$의 선형 컨벌루션을 계산해 각 시점의 출력 $y[n]$을 판별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $h[0]=1, h[1]=-2, h[2]=1, x[0]=1, x[1]=1$이다.
구해야 할 값은 각 선지의 $y[0], y[1], y[2], y[3]$이다.
주의할 조건은 $x[n]$와 $h[n]$가 0이 아닌 구간만 합산하고, 부호를 그대로 반영해야 한다는 점이다.

사용할 공식

선형 시불변 시스템의 출력은 $y[n]=\sum_{k} x[k]h[n-k]$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 입력 신호와 임펄스 응답이 주어졌고, 각 시점의 출력값을 합성곱으로 직접 구하는 상황이기 때문이다.

계산 과정

$y[0]=x[0]h[0]=1\times 1=1$이다.
$y[1]=x[0]h[1]+x[1]h[0]=1\times(-2)+1\times 1=-1$이다.
$y[2]=x[0]h[2]+x[1]h[1]=1\times 1+1\times(-2)=-1$이다.
$y[3]=x[1]h[2]=1\times 1=1$이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과 $y[0]=1$이므로 옳다.
2번 X: 계산 결과 $y[1]=-1$이므로 틀리다. 틀린 표현은 $y[1]=-2$이고, 올바르게는 $y[1]=-1$이다.
3번 O: 계산 결과 $y[2]=-1$이므로 옳다.
4번 O: 계산 결과 $y[3]=1$이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

②는 $h[1] = -2$ 항만 보고 $x[1]h[0] = 1$을 빠뜨리면 고르기 쉬운 오답이다. 합성곱은 같은 시점의 항 하나만 보는 것이 아니라 겹치는 항을 모두 더해야 하므로 부호와 합산 범위를 함께 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

합성곱 문제는 먼저 0이 아닌 $x[k]$와 $h[n-k]$의 겹침 구간을 잡고, 각 n마다 곱한 뒤 모두 더하는 순서로 판단한다. 특히 중간 시점은 항이 두 개 이상 겹치기 쉬우므로 누락 항이 없는지 다시 본다.

암기 포인트

합성곱의 핵심은 각 시점에서 겹치는 항의 곱을 전부 더하는 것이며, 중간 구간에서는 항 누락과 부호 실수가 가장 흔하다.

NoteBase

문 10. 3개의 정보원 A, B, C의 발생 확률이 각각 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$이고 정보원 심벌 발생률이 1000[symbols/s]일 때, 정보율 [bps]은?

① 1000

② 1500

③ 2000

④ 2500

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 정보원의 평균 정보량과 정보율의 관계를 이용해 정보율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 정보원 A, B, C의 발생 확률은 각각 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$이다.
- 심벌 발생률은 1000 *symbols/s*이다.

구해야 할 값:
- 정보율 *bps*이다.

주의할 조건:
- 먼저 평균 정보량 $H = -\sum p_i \log_2 p_i$를 구한 뒤 심벌 발생률을 곱해야 한다.

사용할 공식

평균 정보량은 $H = -\sum p_i \log_2 p_i$이다.
정보율은 $R = H \times r_s$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
- 정보율은 1초당 발생하는 심벌 수에 심벌당 평균 비트 수를 곱한 값이기 때문이다.

계산 과정

1. 각 심벌의 정보량은 $-\log_2 p$로 구한다.
2. 평균 정보량은 다음과 같다.

$H = -\left(\frac{1}{2}\log_2\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\log_2\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\log_2\frac{1}{4}\right) = \frac{1}{2}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 2 + \frac{1}{4}\cdot 2 = 1.5 bits/symbol$

3. 정보율은 평균 정보량에 심벌 발생률을 곱해 구한다.

$R = H \times r_s = 1.5 \times 1000 = 1500 bps$

NoteBase

선지별 해설

① X: 1000은 심벌 발생률만 본 값이라서 틀리다. 평균 정보량 $1.5 bits/symbol$을 곱해야 한다. 틀린 값 1000 bps → 올바르게는 1500 bps이다.
② O: 평균 정보량이 $1.5 bits/symbol$이고 심벌 발생률이 1000 $symbols/s$이므로 정보율은 1500 bps이다.
③ X: 2000은 각 심벌이 모두 2비트라고 본 계산에 가깝다. 실제 평균 정보량은 2가 아니라 $1.5 bits/symbol$이다. 틀린 값 2000 bps → 올바르게는 1500 bps이다.
④ X: 2500은 확률가중 평균 없이 정보량을 과대계산한 값이라서 틀리다. 정보율 계산에는 평균 정보량 $1.5 bits/symbol$을 사용한다. 틀린 값 2500 bps → 올바르게는 1500 bps이다.

오답 포인트

심벌 발생률 1000 $symbols/s$를 곧바로 정보율로 착각하거나, 각 심벌의 최대 정보량만 보고 평균 정보량을 2 $bits/symbol$로 잡으면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 심벌률과 비트율을 구분하지 않는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

확률이 주어지면 먼저 $-\log_2 p$로 각 심벌 정보량을 구하고, 확률가중 평균으로 H를 계산한 뒤, 마지막에 심벌 발생률을 곱해 정보율을 판단한다.

암기 포인트

정보율은 평균 정보량 H와 심벌 발생률 r_s의 곱인 $R = H \times r_s$이다.

NoteBase

문 12. 메시지 신호 $m(t)$로 주파수 변조된 신호 $s(t)$의 최대 주파수 편이 $[GHz]$는? (단, $f_c = 1[GHz]$, $k_f = 10^7$, $-1 \le m(t) \le 1$, $s(t) = 10\cos\left[2\pi\left(f_c t + k_f \int_0^t m(\tau)d\tau\right)\right]$이다)

① 0.01

② 0.1

③ 1

④ 10

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 FM 신호의 순간주파수 $f_i(t) = f_c + k_f m(t)$에서 최대 주파수 편이 $\Delta f_{\max} = k_f \max|m(t)|$를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $f_c = 1GHz$, $k_f = 10^7$, $-1 \le m(t) \le 1$이다.
구해야 할 값: 최대 주파수 편이이다.
주의할 조건: 편이는 반송주파수 자체가 아니라 $k_f m(t)$가 만드는 주파수 변화량이다.

사용할 공식

$s(t) = 10\cos\left[2\pi\left(f_c t + k_f \int_0^t m(\tau)d\tau\right)\right]$ 이므로 순간주파수는 $f_i(t) = f_c + k_f m(t)$이다.
따라서 최대 주파수 편이는 $\Delta f_{\max} = k_f \max|m(t)|$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 적분형 FM 표현에서 적분항을 시간 미분하면 변조에 의한 주파수 변화량이 바로 $k_f m(t)$로 나오기 때문이다.

계산 과정

1. $-1 \le m(t) \le 1$ 이므로 $\max|m(t)| = 1$이다.
2. 따라서 $\Delta f_{\max} = k_f \max|m(t)| = 10^7 \times 1 = 10^7 Hz$이다.
3. $1GHz = 10^9 Hz$이므로 $10^7 Hz = 10^{-2} GHz = 0.01GHz$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 최대 주파수 편이는 $0.01GHz$이므로 맞다.
2번 X: $0.1GHz$는 10^8Hz에 해당하므로 한 자리 크게 환산한 값이다. 틀린 표현은 '최대 주파수 편이가 0.1 GHz이다'이고, 올바르게는 '최대 주파수 편이가 0.01 GHz이다'이다.
3번 X: $1GHz$는 10^9Hz이므로 편이값을 반송주파수와 같은 크기로 본 값이다. 틀린 표현은 '최대 주파수 편이가 1 GHz이다'이고, 올바르게는 '최대 주파수 편이가 0.01 GHz이다'이다.
4번 X: $10GHz$는 $10^{10}Hz$에 해당하여 10^7Hz를 세 단계 크게 환산한 값이다. 틀린 표현은 '최대 주파수 편이가 10 GHz이다'이고, 올바르게는 '최대 주파수 편이가 0.01 GHz이다'이다.

오답 포인트

FM에서 f_c는 중심주파수이고, 주파수 편이는 $k_f m(t)$의 최댓값만 본다. 여기에 $f_c = 1GHz$를 다시 섞거나 $Hz \to GHz$ 환산에서 10^9를 놓치면 2번부터 4번 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

적분형 FM 식이 나오면 먼저 $f_i(t) = f_c + k_f m(t)$를 적고, 다음에 $\max|m(t)|$를 곱해 편이를 구한 뒤 마지막에 단위를 Hz에서 GHz로 환산하면 된다.

암기 포인트

FM 최대 주파수 편이는 반송주파수가 아니라 $\Delta f_{\max} = k_f \max|m(t)|$로 결정된다.

NoteBase

문 13. 반송파가 $10\cos(2000\pi t)$인 FM 변조기의 주파수 편이 상수가 8이고 메시지 정보 신호 $m(t) = 2\cos(16\pi t)$일 때, FM 변조된 신호의 평균 전송 전력은?

① 5

② 10

③ 20

④ 50

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 FM 신호의 평균 전송 전력이 변조지수나 주파수 편이 상수와 무관하게 반송파 진폭으로만 결정된다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 반송파 $10\cos(2000\pi t)$, 주파수 편이 상수 8, 메시지 신호 $m(t) = 2\cos(16\pi t)$이다.
구해야 할 값은 FM 변조 신호의 평균 전송 전력이다.
FM은 각도변조이므로 포락선 진폭이 항상 10으로 일정하다는 조건이 핵심이다.

사용할 공식

평균 전송 전력은 $P = \frac{A_c^2}{2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 FM 신호가 진폭이 일정한 상수포락선 신호이므로 평균 전력은 반송파의 진폭 A_c만으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

반송파 진폭은 $A_c = 10$이다.
FM에서는 변조를 해도 진폭이 변하지 않으므로 평균 전력은 반송파와 같다.
따라서
$P = \frac{A_c^2}{2} = \frac{10^2}{2} = \frac{100}{2} = 50$
이므로 평균 전송 전력은 50이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 5는 평균 전력을 지나치게 작게 본 값이다. FM의 평균 전력은 5가 아니라 $\frac{10^2}{2} = 50$이다. 틀린 표현은 전력을 진폭에 비례한다고 본 점이고, 올바르게는 전력은 진폭의 제곱에 비례한다.
② X: 10은 반송파 진폭 10을 그대로 전력으로 착각한 값이다. 평균 전력은 10이 아니라 50이다. 틀린 표현은 진폭과 전력을 동일시한 점이고, 올바르게는 전력은 $A_c^2/2$로 계산한다.
③ X: 20은 메시지 신호의 진폭 2 또는 주파수 편이 상수 8을 섞어 잘못 계산한 값으로 볼 수 있다. 평균 전력은 변조지수와 무관하므로 20이 아니라 50이다. 틀린 표현은 FM에서 메시지 크기가 평균 전력을 바꾼다고 본 점이고, 올바르게는 FM의 평균 전력은 일정하다.
④ O: FM은 상수포락선 신호이므로 평균 전력은 반송파 진폭만으로 결정된다. $A_c = 10$이므로 평균 전력은 50이고, 따라서 4번이 옳다.

오답 포인트

주파수 편이 상수 8과 메시지 신호 $2\cos(16\pi t)$가 제시되어 있어 이를 전력 계산에 넣고 싶어지는 함정이 있다. 그러나 FM은 진폭이 변하지 않으므로 평균 전력은 각주파수, 편이상수, 메시지 진폭과 무관하다.

다시 나오면 이렇게 판단

각도변조 문제에서 먼저 AM인지 FM/PM인지 구분하고, FM이나 PM이면 진폭이 일정한지부터 확인한다. 진폭이 일정하면 평균 전력은 반송파 전력과 같다고 판단하면 된다.

암기 포인트

FM과 PM은 상수포락선이므로 평균 전력은 반송파 진폭 A_c만 보면 $A_c^2/2$이다.

NoteBase

문 14. 반송파 주파수 $f_c = 711$[kHz]를 이용하여 AM 변조된 신호를 수신하고, 이 신호를 복조하기 위해 국부발진주파수 $f_L = 1166$[kHz]를 사용하여 중간 주파수 $f_{IF} = 455$[kHz]로 주파수 하향 변환할 때, 동일 채널 간섭을 일으키는 이미지 주파수[kHz]는?

① 455

② 910

③ 1621

④ 2076

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 슈퍼헤테로다인 AM 수신기에서 하향 변환 시 이미지 주파수를 $f_{image} = f_c + 2f_{IF}$로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 반송파 주파수는 $f_c = 711kHz$이다.
- 국부발진주파수는 $f_L = 1166kHz$이다.
- 중간주파수는 $f_{IF} = 455kHz$이다.

구해야 할 값:
- 동일한 f_{IF}를 만드는 이미지 주파수이다.

주의할 조건:
- $f_L > f_c$이므로 상측 주입 방식이다.

사용할 공식

$f_{IF} = |f_L - f_s|$이다.
상측 주입에서는 $f_L = f_c + f_{IF}$이고, 이미지 주파수는 $f_{image} = f_L + f_{IF} = f_c + 2f_{IF}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 원하는 수신 주파수와 이미지 주파수가 모두 국부발진주파수와의 차가 같은 f_{IF}가 되어 동일한 중간주파수로 내려오기 때문이다.

계산 과정

1. 원하는 수신 주파수에 대해 $1166 - 711 = 455kHz$이므로 주어진 조건이 상측 주입과 일치한다.
2. 이미지 주파수는 국부발진주파수의 반대편에서 같은 간격만큼 떨어진 주파수이므로 $f_{image} = 1166 + 455$이다.
3. 따라서 $f_{image} = 1621kHz$이다.
4. 같은 식을 반송파 기준으로 쓰면 $f_{image} = 711 + 2 \times 455 = 1621kHz$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 455kHz는 중간주파수 자체이다. 이미지 주파수는 입력 신호 주파수여야 하므로 중간주파수와 같은 개념이 아니다. 틀린 표현은 '이미지 주파수=중간주파수'이다. 올바르게는 '이미지 주파수는 동일한 f_{IF}를 만드는 다른 입력 주파수'이다.

② X

- 910kHz는 $2f_{IF} = 910kHz$만 계산하고 원래 반송파 주파수 711kHz를 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현은 '이미지 주파수는 $2f_{IF}$ 자체이다'이다. 올바르게는 '이미지 주파수는 $f_c + 2f_{IF}$ 또는 $f_L + f_{IF}$로 구한다'이다.

③ O

- $f_{image} = 711 + 2 \times 455 = 1621kHz$이므로 옳다. 이 주파수도 국부발진주파수 1166kHz와의 차가 455kHz가 되어 같은 중간주파수로 변환된다.

④ X

- 2076kHz는 이미지가 국부발진주파수에서 $2f_{IF}$만큼 더 떨어진다고 잘못 계산한 값이다. 실제 이미지는 국부발진주파수에서 한 번의 f_{IF}만큼 떨어진 위치이다. 틀린 표현은 '이미지 주파수는 $f_L + 2f_{IF}$이다'이다. 올바르게는 '$f_{image} = f_L + f_{IF}$'이다.

오답 포인트

이미지 주파수와 중간주파수를 같은 값으로 보는 실수가 가장 흔하다. 또 상측 주입인지 하측 주입인지 먼저 보지 않고 $2f_{IF}$만 기계적으로 더하면 ② 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 f_L가 f_c보다 큰지 작은지로 주입 방식을 정한다. 그다음 이미지 주파수는 국부발진주파수를 기준으로 반대편에 같은 f_{IF} 간격을 두는 값이라는 점을 써서 상측 주입이면 $f_c + 2f_{IF}$, 하측 주입이면 $f_c - 2f_{IF}$로 판단한다.

암기 포인트

상측 주입이면 이미지 주파수는 $f_c + 2f_{IF}$, 하측 주입이면 $f_c - 2f_{IF}$이다.

NoteBase

문 15. 주파수 f_1, f_2 ($f_2 > f_1$)를 사용하는 이진 주파수 편이 변조(BFSK)에서 $f_1 = 1$[MHz]이고, 심벌률은 2×10^5[symbols/s]이다. 동기 검출 방식을 사용할 때, 직교 조건을 만족하는 최소 f_2[MHz]는?

① 1.1

② 1.2

③ 1.3

④ 1.4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 동기 검출 BFSK의 직교 조건을 이용해 두 반송파의 최소 주파수 간격을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 $f_1 = 1MHz$, 심벌률 $R_s = 2 \times 10^5 symbols/s$이다.
BFSK이므로 1심벌이 1비트에 대응하므로 심벌시간은 $T = 1/R_s = 5\mu s$이다.
구해야 할 값은 직교 조건을 만족하는 최소 f_2이다.

사용할 공식

동기 검출 BFSK의 최소 직교 조건은 $(f_2 - f_1)T = 1/2$이므로 $f_2 - f_1 = 1/(2T)$이다.
동기 검출은 두 신호의 상관값이 0이 되도록 반송파 간격을 $1/(2T)$의 최소값으로 둘 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 심벌시간은 $T = 1/(2 \times 10^5) = 5 \times 10^{-6}s$이다.
2. 최소 주파수 간격은 $f_2 - f_1 = 1/(2T) = 1/(10 \times 10^{-6}) = 10^5 Hz = 0.1MHz$이다.
3. 따라서 $f_2 = 1.0 + 0.1 = 1.1MHz$이다.

선지 판단

1번: O. 계산 결과 최소 f_2는 $1.1MHz$이므로 옳다.
2번: X. $1.2MHz$는 주파수 간격이 $0.2MHz$여서 최소 직교 간격보다 크다. 틀린 표현은 최소값으로 본 점이며, 올바르게는 최소 f_2가 $1.1MHz$이다.
3번: X. $1.3MHz$는 주파수 간격을 $0.3MHz$로 잡은 값이라 최소 직교 조건과 맞지 않는다. 틀린 표현은 필요한 최소 간격을 과대하게 본 점이며, 올바르게는 $f_2 - f_1 = 0.1MHz$이다.
4번: X. $1.4MHz$도 최소 직교 간격보다 지나치게 큰 값이다. 틀린 표현은 동기 검출의 최소 간격을 모르고 큰 값을 고른 점이며, 올바르게는 $1.1MHz$가 최소값이다.

NoteBase

오답 포인트

동기 검출과 비동기 검출의 주파수 간격 조건을 혼동하면 틀린다. 이 문제는 동기 검출이므로 $1/T$가 아니라 $1/(2T)$를 써야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

BFSK 계산형 문제는 먼저 검출 방식이 동기인지 비동기인지 확인하고, 그다음 심벌시간 T를 구한 뒤 직교 조건에 대입해 주파수 간격을 계산하면 된다.

암기 포인트

동기 검출 BFSK 최소 직교 간격은 $1/(2T)$, 비동기 검출 BFSK 최소 직교 간격은 $1/T$이다.

NoteBase

문 16. 비트 지속 시간이 T_b일 때, 가산적 백색 가우시안 잡음 채널에서 사용되는 디지털 변조 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① MPSK 변조 방식에서 M이 증가할수록 대역폭 효율은 감소한다.

② DPSK(differential PSK) 변조된 신호는 반송파의 복구 없이 복조가 가능하다.

③ 1개의 전압제어발진기(VCO)를 사용하여 FSK 신호를 발생시키면 심벌이 변화하는 시점에서도 위상은 연속이다.

④ 이진 디지털 변조된 신호를 동기 복조할 때 사용되는 정합필터 수신기와 상관 수신기는 $t = T_b$ 시점에서의 출력 표본화 값이 동일하다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 MPSK의 대역폭 효율, DPSK의 복조 방식, VCO 기반 FSK의 위상 연속성, 정합필터와 상관 수신기의 등가성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

MPSK는 한 심볼에 여러 비트를 실어 보내는 위상 변조이므로 심볼당 비트 수가 늘수록 같은 비트율에서 필요한 심볼율이 낮아져 대역폭 효율이 좋아진다.
DPSK는 절대 위상 대신 인접 심볼 사이의 위상차로 정보를 실어 보내므로 반송파의 절대 위상 복구 없이 복조할 수 있다.
하나의 VCO로 만드는 FSK는 주파수만 바뀌고 발진기의 위상은 끊기지 않아 연속 위상 FSK가 된다.
정합필터 수신기와 상관 수신기는 AWGN 채널의 이진 동기 복조에서 심볼 종료 시각의 판정 통계량이 서로 등가이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 'M이 증가할수록 대역폭 효율은 감소한다'는 표현이다. MPSK는 심볼 하나가 더 많은 비트를 실어 나르므로 같은 비트 전송률 기준에서 필요한 심볼율이 줄어 대역폭 효율은 증가한다. 올바른 표현은 'M이 증가할수록 대역폭 효율은 증가한다'이다.
2번: O. DPSK는 이전 심볼과의 위상차를 비교하여 검파하므로 반송파의 절대 위상을 맞추는 동기 복조가 필수는 아니다. 그래서 반송파 복구 없이 비동기식으로 복조할 수 있다.
3번: O. 하나의 VCO 출력 주파수를 데이터에 따라 바꾸는 방식은 같은 발진기의 위상이 계속 이어지므로 심벌 경계에서 위상이 갑자기 끊어지지 않는다. 따라서 연속 위상 특성을 가진 FSK가 된다.
4번: O. 이진 디지털 신호의 동기 복조에서 정합필터와 상관 수신기는 표현 방식만 다를 뿐 최종 판정에 쓰는 표본값은 같다. 그래서 심볼 종료 시각의 출력 표본화 값이 동일하다.

NoteBase

오답 포인트

1번은 MPSK에서 성상점 수가 커지면 오류 성능이 나빠질 수 있다는 사실을 대역폭 효율과 섞어 놓은 함정이다. 오류 성능과 대역폭 효율은 같은 축이 아니므로, '성상점 수 증가'가 무엇을 바꾸는지부터 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

다치 변조 선지가 나오면 먼저 '한 심볼이 몇 비트를 싣는가'를 본다. 위상차를 쓰면 DPSK, 같은 발진기를 계속 쓰면 연속 위상 FSK, 정합필터와 상관기는 판정 통계량이 같다는 기준으로 정리하면 빠르게 판단된다.

암기 포인트

MPSK는 다치화될수록 대역폭 효율이 좋아지고, DPSK는 위상차 검파, VCO-FSK는 연속 위상, 정합필터와 상관기는 등가 수신기이다.

NoteBase

문 17. 대역폭이 12 [kHz]인 기저 대역 전송로를 통하여 4진 PAM 디지털 데이터를 롤 오프(roll-off) 인자 $r = 1$인 상승 코사인 필터로 펄스 성형한 후 전송할 때, 심벌 간 간섭 없이 수신 가능한 최대 전송 비트율[kbps]은?

① 12

② 18

③ 24

④ 48

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 상승 코사인 필터의 대역폭 관계 $B = \frac{(1+r)R_s}{2}$와 M진 PAM의 비트율 $R_b = R_s \log_2 M$를 연결해 최대 비트율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기저대역 전송로 대역폭 $B = 12kHz$, 롤오프 인자 $r = 1$, 4진 PAM이므로 $M = 4$이다.
구해야 할 값: 심벌 간 간섭 없이 가능한 최대 비트율 R_b이다.
주의할 조건: 4진 PAM은 1심벌당 $\log_2 4 = 2$비트를 전송하며, 기저대역 상승 코사인 필터의 대역폭 공식은 $B = \frac{(1+r)R_s}{2}$이다.

사용할 공식

$B = \frac{(1+r)R_s}{2}$, $R_b = R_s \log_2 M$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 상승 코사인 필터로 나이퀴스트 조건을 만족할 때 기저대역 필요 대역폭이 심벌율과 롤오프 인자로 결정되고, 4진 PAM의 비트율은 심벌율에 심벌당 비트 수를 곱해 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $B = \frac{(1+r)R_s}{2}$에 $B = 12kHz$, $r = 1$을 대입하면 $12 = \frac{(1+1)R_s}{2} = R_s$이므로 $R_s = 12kbaud$이다.
2. 4진 PAM은 $\log_2 4 = 2$비트/심벌이므로 $R_b = R_s \log_2 4 = 12 \times 2 = 24kbps$이다.
3. 최대 전송 비트율은 $24kbps$이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

선지 판단

1번 12: X. $12kbps$는 심벌율 $12kbaud$를 그대로 비트율로 본 값이다. 4진 PAM은 심벌당 2비트를 전송하므로 올바르게는 $24kbps$이다.
2번 18: X. $18kbps$는 주어진 $B = 12kHz$, $r = 1$, 4진 PAM 조건에서 계산되지 않는 값이다. 올바르게는 심벌율 $12kbaud$에 2비트/심벌을 곱한 $24kbps$이다.
3번 24: O. $R_s = 12kbaud$, 4진 PAM의 심벌당 비트 수가 2이므로 $R_b = 24kbps$가 된다.
4번 48: X. $48kbps$는 심벌당 4비트를 보낸 것으로 착각하거나 대역폭을 중복 반영한 값이다. 4진 PAM은 1심벌당 2비트이므로 올바르게는 $24kbps$이다.

오답 포인트

기저대역 대역폭에서 먼저 심벌율을 구한 뒤 그다음에 $\log_2 M$을 곱해야 한다는 순서를 놓치기 쉽다. 4진이라는 말을 4비트/심벌로 오해하면 $48kbps$ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

상승 코사인 필터 문제가 나오면 먼저 $B = \frac{(1+r)R_s}{2}$로 심벌율을 구하고, 변조 레벨이 M진이면 마지막에 $\log_2 M$을 곱해 비트율로 바꾼다.

암기 포인트

기저대역 상승 코사인 대역폭은 $B = \frac{(1+r)R_s}{2}$, M진 PAM 비트율은 $R_b = R_s \log_2 M$이다.

NoteBase

문 18. 주파수 분할 다중접속(FDMA) 시스템에 할당된 전체 대역폭은 1.45 [MHz]이고, 사용자 주파수 채널 대역폭과 인접 채널 간 보호 대역폭은 각각 250 [kHz], 50 [kHz]일 때, 할당 가능한 최대 주파수 채널의 수는? (단, 보호 대역은 할당된 전체 대역폭 내의 주파수 채널 간에서만 고려한다)

① 4

② 5

③ 6

④ 7

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 FDMA에서 채널 대역폭과 인접 채널 간 보호 대역폭을 함께 반영하여 할당 가능한 최대 채널 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전체 대역폭 $1.45MHz = 1450kHz$, 사용자 주파수 채널 대역폭 $250kHz$, 인접 채널 간 보호 대역폭 $50kHz$이다.
구해야 할 값은 할당 가능한 최대 주파수 채널 수이다.
주의할 조건은 보호 대역폭이 채널마다 붙는 것이 아니라 인접한 채널 사이에만 $(N-1)$개 들어간다는 점이다.

사용할 공식

전체 사용 대역폭은 $N \times 250 + (N-1) \times 50 \leq 1450$으로 둔다.
이 공식을 쓰는 이유는 채널이 N개이면 실제 채널 대역폭은 N번 더해지고, 보호 대역폭은 인접한 구간 수만큼인 $(N-1)$번만 더해지기 때문이다.

계산 과정

1. 식에 값을 대입하면 $250N + 50(N-1) \leq 1450$이다.
2. 정리하면 $250N + 50N - 50 \leq 1450$이므로 $300N \leq 1500$이다.
3. 따라서 $N \leq 5$이므로 가능한 최대 채널 수는 5이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 계산 결과 최대 채널 수는 4가 아니라 5이다. 틀린 표현은 최대 채널 수를 4로 본 점이며, 올바르게는 보호 대역폭을 $(N-1)$개만 반영하면 5개까지 가능하다. 4는 보호 대역폭을 채널 수와 같은 횟수로 잘못 넣거나 $1450 \div 300$을 지나치게 보수적으로 해석할 때 나오는 값이다.
2번: O. $250 \times 5 + 50 \times 4 = 1250 + 200 = 1450$이므로 전체 대역폭 안에 정확히 들어간다. 따라서 5가 최대 채널 수이다.
3번: X. 6개 채널이면 $250 \times 6 + 50 \times 5 = 1500 + 250 = 1750$이 되어 전체 대역폭 $1450kHz$를 초과한다. 틀린 표현은 6개까지 가능하다고 본 점이며, 올바르게는 6개는 불가능하고 최대는 5개이다.
4번: X. 7개 채널이면 $250 \times 7 + 50 \times 6 = 1750 + 300 = 2050$이 되어 더 크게 초과한다. 틀린 표현은 7개까지 가능하다고 본 점이며, 올바르게는 최대 채널 수는 5개이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 보호 대역폭 $50kHz$를 채널마다 하나씩 붙여 N개로 계산하는 실수와, 채널 대역폭만 보고 보호 대역폭을 누락하는 실수이다. 이 문제는 보호 대역폭이 채널의 양 끝이 아니라 인접 채널 사이에만 들어간다는 조건을 정확히 읽어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

FDMA 채널 수 문제는 전체 대역폭을 채널 대역폭 합과 보호 대역폭 합으로 나누어 본다. 채널이 N개이면 보호 대역폭은 항상 $(N-1)$개라는 구조를 먼저 세우면 계산이 바로 정리된다.

암기 포인트

FDMA 총대역폭 계산은 채널 N개, 보호대역 $(N-1)$개라는 구조로 기억한다.

NoteBase

문 19. PN 부호의 발생에 길이가 m인 선형 귀환 천이 레지스터를 이용하는 m 계열 최장 부호열(maximum length code sequence)의 특성으로 옳지 않은 것은?

① 칩(chip) 동기된 부호열 간 자기상관 함수는 두 개의 값만 갖는다.

② 한 주기 부호에는 2^{m-1}개의 0이 존재한다.

③ 한 주기 부호에서 모든 런(run, 길이가 1 이상인 연속된 1 또는 연속된 0)의 개수가 8일 때, 길이가 2인 런은 2개이다.

④ 부호의 반복 주기는 $2^m - 1$이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 m계열 최장 부호열의 기본 성질인 주기, 자기상관, 0과 1의 개수, 런 분포를 정확히 구별하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

m계열 최장 부호열은 길이 m인 선형 귀환 천이 레지스터로 만드는 주기 $2^m - 1$의 PN 부호열이다.
한 주기에서 1의 개수는 2^{m-1}개, 0의 개수는 $2^{m-1} - 1$개이므로 1이 0보다 1개 더 많다.
칩 동기 자기상관 함수는 두 개의 값만 가지며, 전체 런의 수는 2^{m-1}개이고 런 길이가 1 증가할 때 개수는 대체로 절반씩 줄어든다.

NoteBase

선지별 해설

① O
칩 동기된 m계열 부호열의 자기상관 함수는 두 값만 갖는 것이 대표 성질이다. 동기점에서는 큰 상관값을, 그 외 지연에서는 일정한 작은 값을 가져 동기 검출에 유리하다.

② X
틀린 부분은 "한 주기 부호에는 $2^m - 1$개의 0이 존재한다"는 표현이다.
실제로는 한 주기 길이가 $2^m - 1$이고, 0의 개수는 $2^{m-1} - 1$개이다. 올바르게는 "한 주기 부호에는 0이 $2^{m-1} - 1$개 존재한다"가 된다.

③ O
m계열의 전체 런 수는 2^{m-1}개이다. 모든 런의 개수가 8개이면 $2^{m-1} = 8$이므로 $m = 4$이고, 길이가 2인 런의 개수는 $2^{m-3} = 2$개가 되어 선지 내용과 맞다.

④ O
m계열 최장 부호열의 반복 주기는 레지스터의 모든 비영 상태를 한 번씩 순환하므로 $2^m - 1$이다.

오답 포인트

한 주기 길이 $2^m - 1$을 그대로 0의 개수로 착각하면 ②에 걸린다. m계열은 0과 1의 개수가 거의 같지만 완전히 같지는 않고, 항상 1이 1개 더 많다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

m계열 문제가 나오면 먼저 주기 $2^m - 1$, 1의 개수 2^{m-1}, 0의 개수 $2^{m-1} - 1$, 자기상관 2값 특성을 순서대로 대입해 판단한다. 런 문제는 전체 런 수가 2^{m-1}라는 점에서 m을 먼저 정한 뒤 길이별 개수를 확인하면 된다.

암기 포인트

m계열은 주기 $2^m - 1$, 1은 2^{m-1}개, 0은 $2^{m-1} - 1$개인 부호열이다.

NoteBase

문 20. (7, 4) 체계적 순환 부호(systematic cyclic code)의 벡터 표현이 [1011]인 생성 다항식이 $g(X) = X^3 + X + 1$이고, 메시지 벡터가 [1010]일 때 생성되는 부호어는? (단, 부호어는 [메시지|패리티]로 표현한다)

① [1010011]

② [1010101]

③ [1010010]

④ [1010001]

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 체계적 순환부호에서 $c(X) = X^{n-k}m(X) + r(X)$를 이용해 패리티 비트를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: (7, 4) 체계적 순환부호, 생성다항식 $g(X) = X^3 + X + 1$, 메시지 벡터 [1010]이다.
구해야 할 값: 부호어 [메시지|패리티]이다.
주의할 조건: 체계적 부호이므로 앞 4비트는 메시지 [1010]가 그대로 오고, 뒤 3비트만 나머지 다항식으로 정해진다.

사용할 공식

체계적 순환부호의 부호어는 $c(X) = X^{n-k}m(X) + r(X)$이다. 여기서 $r(X)$는 $X^{n-k}m(X)$를 $g(X)$로 나눈 나머지이다.
이 공식을 쓰는 이유: (7, 4) 부호는 패리티 비트가 3개이므로 메시지 다항식에 X^3를 곱해 자리를 만든 뒤, 생성다항식으로 나눈 나머지를 붙이면 체계적 형태 [메시지|패리티]가 되기 때문이다.

계산 과정

메시지 [1010]는 $m(X) = X^3 + X$이다.
$X^{n-k}m(X) = X^3(X^3 + X) = X^6 + X^4$이다.
이를 $g(X) = X^3 + X + 1$로 나누면
$X^6 + X^4 = (X^3)(X^3 + X + 1) + X^3$
$X^3 = (1)(X^3 + X + 1) + (X + 1)$
이므로 나머지는 $r(X) = X + 1$이다.
패리티 3비트는 $r(X) = 0 \cdot X^2 + 1 \cdot X + 1$이므로 [011]이다.
따라서 부호어는 [1010|011] = [1010011]이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산한 부호어가 [1010011]이므로 맞다.
2번 X: 뒤 3비트를 [101]로 둔 부분이 틀렸다. 올바른 패리티는 나머지 $r(X) = X + 1$에 해당하는 [011]이므로 올바르게는 [1010011]이다.
3번 X: 뒤 3비트를 [010]로 둔 부분이 틀렸다. 이는 나머지의 상수항 1을 빠뜨린 값이며, 올바르게는 [1010011]이다.
4번 X: 뒤 3비트를 [001]로 둔 부분이 틀렸다. 이는 나머지의 X항을 빠뜨린 값이며, 올바르게는 [1010011]이다.

오답 포인트

체계적 부호에서 메시지 비트와 패리티 비트의 위치를 섞거나, 다항식 나눗셈 뒤 나머지 $X + 1$을 3비트 [011]로 배열하지 못하면 오답이 된다. 특히 X^2의 계수부터 순서대로 적어야 하는데 이를 놓치면 2번처럼 잘못 적기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

순환부호 계산 문제는 메시지 다항식 변환 -> X^{n-k} 곱셈 -> 생성다항식으로 나눈 나머지 계산 -> 나머지를 정해진 비트 길이로 배열하는 순서로 판단한다. 마지막에 체계적 형식 [메시지|패리티]가 맞는지도 함께 확인한다.

암기 포인트

체계적 순환부호는 메시지를 앞에 두고, $X^{n-k}m(X)$를 $g(X)$로 나눈 나머지를 뒤 패리티로 붙인다.

NoteBase

문 21. 메시지 블록 {00, 01, 10, 11}에 대하여 순서대로 각각 선형블록부호어 {00000000, 11110001, 00111110, 11001111}를 사용하는 채널 부호화의 오류 정정 능력은?

① 1

② 2

③ 4

④ 5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 선형블록부호의 최소 해밍거리 d_{min}를 구한 뒤 오류 정정 능력 $t = \left\lfloor \frac{d_{min} - 1}{2} \right\rfloor$를 적용할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 부호어는 00000000, 11110001, 00111110, 11001111이다.
구해야 할 값은 채널 부호화의 오류 정정 능력이다.
선형블록부호의 오류 정정 능력은 부호어들 사이의 최소 해밍거리로 결정된다.

사용할 공식

오류 정정 능력은 $t = \left\lfloor \frac{d_{min} - 1}{2} \right\rfloor$이다.
여기서 d_{min}은 서로 다른 두 부호어 사이 해밍거리의 최솟값이다.
이 공식을 쓰는 이유는 블록부호가 최대 몇 비트 오류까지 확실하게 정정할 수 있는지가 최소 해밍거리로 정해지기 때문이다.

계산 과정

00000000과 11110001의 해밍거리는 5이다.
00000000과 00111110의 해밍거리는 5이다.
00000000과 11001111의 해밍거리는 6이다.
11110001과 00111110의 해밍거리는 6이다.
11110001과 11001111의 해밍거리는 5이다.
00111110과 11001111의 해밍거리는 5이다.
따라서 최소 해밍거리는 $d_{min} = 5$이다.
오류 정정 능력은 $t = \left\lfloor \frac{5 - 1}{2} \right\rfloor = \lfloor 2 \rfloor = 2$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 오류 정정 능력은 1이 아니라 2이다. 최소 해밍거리를 3으로 잘못 보거나, $\frac{d_{min}-1}{2}$ 계산을 누락하면 이런 값이 나온다. 틀린 표현은 '1'이고, 올바르게는 '2'이다.
2번: O. 최소 해밍거리 $d_{min}=5$이므로 오류 정정 능력은 $t=2$이다.
3번: X. 4는 오류 정정 능력이 아니다. 최소 해밍거리 5를 그대로 정정 능력으로 착각한 값도 아니고, 공식 적용 결과와도 맞지 않는다. 틀린 표현은 '4'이고, 올바르게는 '2'이다.
4번: X. 5는 최소 해밍거리와도 다르고 오류 정정 능력과도 다르다. 정정 능력은 최소 해밍거리에서 바로 읽는 값이 아니라 공식을 적용해 구한 2이다. 틀린 표현은 '5'이고, 올바르게는 '2'이다.

오답 포인트

최소 해밍거리 d_{min}와 오류 정정 능력 t를 같은 값으로 혼동하면 틀린다. 이 문항은 부호어 사이 거리를 먼저 구한 뒤 공식을 한 번 더 적용해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

블록부호의 정정 능력을 묻는 문항은 먼저 모든 부호어 쌍의 해밍거리 중 최솟값을 찾고, 그다음 $t=\left\lfloor\frac{d_{min}-1}{2}\right\rfloor$를 적용해 답을 판단한다.

암기 포인트

최소 해밍거리 5이면 검출은 4비트까지, 정정은 2비트까지 가능하다.

NoteBase

문 22. 메시지 신호 $m(t) = \cos\left(2\pi f_m t + \frac{\pi}{2}\right)$로 AM 변조된 신호 $s(t) = 4\left[1 + \frac{1}{2}m(t)\right]\cos(2\pi f_c t)$일 때, 신호 $s(t)$의 전력은? (단, $f_c \gg f_m$이다)

① 3

② 4

③ 8

④ 9

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단일 정현파로 변조된 AM 신호의 전체 전력을 반송파 전력과 측파대 전력의 합으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $m(t) = \cos(2\pi f_m t + \pi/2)$, $s(t) = 4\left[1 + \frac{1}{2}m(t)\right]\cos(2\pi f_c t)$이다.
구해야 할 값: 신호 $s(t)$의 평균 전력이다.
주의할 조건: $f_c \gg f_m$이므로 반송파와 상하측파대를 서로 다른 주파수 성분으로 분리해 전력을 더할 수 있다.

사용할 공식

AM 신호 $A_c[1 + \mu m(t)]\cos(2\pi f_c t)$에서 전체 전력은 반송파 전력과 측파대 전력의 합으로 구한다.
$P_s = P_c + P_{USB} + P_{LSB}$
여기서 $P_c = \frac{A_c^2}{2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 문제의 신호는 반송파 진폭이 4, 변조지수가 $\mu = \frac{1}{2}$인 표준 AM 형태이며, 메시지 신호가 단일 정현파이므로 측파대가 두 개만 생긴다.

계산 과정

1. 신호를 전개하면
$s(t) = 4\cos(2\pi f_c t) + 2m(t)\cos(2\pi f_c t)$
이다.
2. $m(t) = \cos(2\pi f_m t + \pi/2)$를 대입하고 곱-합 공식을 쓰면
$2\cos(2\pi f_m t + \pi/2)\cos(2\pi f_c t) = \cos(2\pi(f_c + f_m)t + \pi/2) + \cos(2\pi(f_c - f_m)t - \pi/2)$
이므로 측파대 두 개의 진폭은 각각 1이다.
3. 반송파 전력은 $P_c = \frac{4^2}{2} = 8$이다.
4. 진폭이 1인 코사인파 하나의 전력은 $\frac{1^2}{2} = \frac{1}{2}$이므로 두 측파대 전력의 합은 $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$이다.
5. 따라서 전체 전력은 $P_s = 8 + 1 = 9$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과 전체 전력은 9이므로 3은 맞지 않는다. 틀린 표현은 전력을 3으로 본 부분이며, 올바르게는 반송파 전력 8에 측파대 전력 1을 더한 9이다.
② X: 계산 결과 전체 전력은 9이므로 4는 맞지 않는다. 틀린 표현은 전체 전력을 4로 본 부분이며, 올바르게는 반송파 진폭 4와 전력 4를 혼동하지 않아야 한다.
③ X: 계산 결과 전체 전력은 9이므로 8은 맞지 않는다. 틀린 표현은 전력을 8로 본 부분이며, 올바르게는 8은 반송파 전력만 계산한 값이고 측파대 전력 1을 추가해야 한다.
④ O: 반송파 전력 8과 두 측파대 전력의 합 1을 더하면 전체 전력은 9가 되므로 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 8을 전체 전력으로 보는 경우이다. 이는 반송파 전력만 계산하고 AM 변조로 생기는 두 측파대 전력을 빠뜨린 경우이다. 또한 진폭 4를 전력 4로 오해하면 ②처럼 잘못 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

AM 전력 문제는 먼저 반송파 진폭에서 $P_c = \frac{A_c^2}{2}$를 구하고, 그다음 측파대가 몇 개 생기는지 확인해 각 측파대 전력을 더하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

단일 정현파 AM의 전체 전력은 반송파 전력 + 상측파대 전력 + 하측파대 전력이다.

NoteBase

문 23. 16 QAM 변조된 신호 $x_i(t) = I_i\phi_1(t) + Q_i\phi_2(t),\ i = 1, 2, \ldots, 16$에 해당하는 각 심벌들이 신호 공간 성상도상의 좌표 (I_i, Q_i)에 배치될 때, 심벌 평균 에너지는? (단, I_i와 Q_i는 각각 동일한 확률로 $\{\pm 1,\ \pm 3\}$ 중 1개의 값을 가지며, $\phi_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T}}\cos(2\pi f_c t)$, $\phi_2(t) = \sqrt{\frac{2}{T}}\sin(2\pi f_c t)$이고, T는 심벌 주기, f_c는 반송파 주파수를 의미한다)

① $\sqrt{2}$

② 2

③ $\sqrt{10}$

④ 10

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 16-QAM 성상도의 좌표값으로부터 심벌 평균 에너지 E_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $I, Q \in \{\pm 1,\ \pm 3\}$이고 각각 같은 확률로 선택된다.
구해야 할 값: 심벌 평균 에너지.
주의할 조건: $\phi_1(t), \phi_2(t)$는 직교 정규 기저이므로 한 심벌 에너지는 좌표 제곱합 $I^2 + Q^2$로 계산된다.

사용할 공식

$E_s = E[I^2 + Q^2] = E[I^2] + E[Q^2]$
이 공식을 쓰는 이유: 16-QAM 심벌은 신호공간의 좌표 (I, Q)로 표현되고, 직교 정규 기저에서는 심벌 에너지가 각 축 성분의 제곱합으로 바로 대응되기 때문이다.

계산 과정

1. 한 축의 제곱평균을 구하면 $E[I^2] = \frac{1^2 + 1^2 + 3^2 + 3^2}{4} = \frac{20}{4} = 5$이다.
2. Q도 같은 분포이므로 $E[Q^2] = 5$이다.
3. 따라서 $E_s = E[I^2] + E[Q^2] = 5 + 5 = 10$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$\sqrt{2}$는 평균 에너지가 아니라 기저함수의 정규화 계수와 혼동한 값이다. 문제에서 묻는 값은 성상도 좌표의 제곱평균 합이므로 $\sqrt{2}$가 아니라 10이다.

② X
2는 I, Q가 각각 ± 1만 가진다고 착각하거나 ± 3 레벨을 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 실제로는 한 축의 제곱평균만 해도 5이므로 심벌 평균 에너지는 2가 아니라 10이다.

③ X
$\sqrt{10}$은 평균 에너지 10에 제곱근을 한 값으로, 평균 에너지가 아니라 RMS 크기와 비슷한 양을 잘못 쓴 경우이다. 문제는 평균 에너지를 묻기 때문에 올바른 값은 $\sqrt{10}$이 아니라 10이다.

④ O
한 축의 평균 제곱값이 5이고 두 축이 대칭이므로 평균 심벌 에너지는 $5 + 5 = 10$이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

QAM 평균 에너지 문제에서 가장 흔한 실수는 좌표값 자체를 평균내거나, ± 3 레벨을 빠뜨리거나, 마지막에 불필요하게 제곱근을 취하는 것이다. 이 문항의 ③은 평균 에너지와 RMS 크기를 혼동하게 만드는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직교기저 QAM 문제는 먼저 한 심벌 에너지가 $I^2 + Q^2$인지 확인하고, 다음으로 각 축의 제곱평균 $E[I^2]$를 구한 뒤 대칭이면 두 배를 한다. 평균 에너지를 묻는지, 크기의 제곱근을 묻는지까지 마지막에 다시 구분한다.

암기 포인트

정사각형 QAM의 평균 심벌 에너지는 각 축 제곱평균의 합이다. 16-QAM $\pm 1,\ \pm 3$은 $E[I^2] = 5$이므로 $E_s = 10$이다.

문 24. PCM 과정에서 입력신호 x의 표본 범위를 $[-x_{max}, +x_{max}]$로 하여 표본화하고, 256레벨로 균일 양자화를 수행하여 8 [bits] 이진수로 표현하였다. 동일한 표본 범위에 대하여 균일 양자화 레벨을 1024로 세분화하고 10 [bits]로 표현할 때, 신호대 양자화 잡음 전력비(SQNR)의 증가량[dB]은?

① 6

② 9

③ 12

④ 18

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 균일 양자화에서 비트 수가 증가할 때 신호대 양자화 잡음 전력비가 얼마나 증가하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 기존 양자화는 256레벨, 8비트이다.
- 변경 값: 같은 표본 범위에서 1024레벨, 10비트이다.
- 구해야 할 값: 신호대 양자화 잡음 전력비의 증가량이다.
- 주의할 조건: 표본 범위가 같으므로 절대값이 아니라 증가량만 비교하면 되고, 비트 수는 8 → 10으로 2비트 증가한다.

사용할 공식

$\Delta SQNR \approx 6.02 \times \Delta n dB$
또는 같은 표본 범위의 균일 양자화에서는 레벨 수가 4배가 되면 양자화 간격이 1/4가 되고, 양자화 잡음 전력은 그 제곱에 비례하므로 1/16로 줄어든다.

이 공식을 쓰는 이유:
균일 양자화에서 비트 수가 1비트 증가할 때마다 양자화 간격이 절반이 되고, 그 결과 SQNR은 약 6.02dB씩 증가하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 양자화 레벨이 256 → 1024로 4배가 되므로 비트 수는 8 → 10으로 2비트 증가한다.
2. 균일 양자화에서 SQNR 증가는 비트 1개당 약 6.02dB이다.
3. 따라서 증가량은
$\Delta SQNR = 6.02 \times (10 - 8) \approx 12.04dB$
이다.
4. 보기에서는 이를 12dB로 고르면 된다.

선지별 해설

① X
- 증가량은 6dB가 아니라 약 12dB이다.
- 6dB는 비트가 1개 증가할 때의 값이므로, 이 문제의 2비트 증가 조건과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 `6`이고, 올바르게는 `약 12 dB`이다.

② X
- 증가량은 약 12.04dB이므로 9dB는 계산 결과와 맞지 않는다.
- 9dB는 비트 증가량을 2비트로 정확히 보지 않거나 로그 관계를 잘못 적용할 때 나올 수 있는 값이다.
- 틀린 표현은 `9`이고, 올바르게는 `약 12 dB`이다.

③ O
- 비트 수가 8비트에서 10비트로 2비트 증가하므로 SQNR은 약 $6.02 \times 2 \approx 12.04dB$ 증가한다.
- 따라서 보기의 `12`가 계산값과 가장 일치한다.

④ X
- 증가량은 18dB가 아니라 약 12dB이다.
- 18dB는 비트가 3개 증가한 경우에 가까운 값이므로, 이 문제의 8 → 10비트 조건과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 `18`이고, 올바르게는 `약 12 dB`이다.

오답 포인트

양자화 레벨이 256 → 1024로 4배 증가했다는 표현을 선형 차이로 받아들이면 오답이 된다. 같은 입력 범위의 균일 양자화에서는 레벨 수 4배 증가가 2비트 증가와 같고, SQNR은 그에 따라 약 12dB 증가한다고 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

양자화 문제는 먼저 레벨 수 변화를 비트 수 변화로 바꾸고, 그다음 `1비트당 약 6 dB 증가` 규칙으로 SQNR 증가량을 계산하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

`양자화 1비트 증가 -> SQNR 약 6 dB 증가`, `레벨 4배 증가 -> 2비트 증가 -> 약 12 dB 증가`이다.

문 25. 전달함수 $H(\omega) = 0.5e^{-j0.2\omega}$인 시스템의 입력신호 $s(t) = m(t)\cos(\omega_c t)$일 때, 이 시스템의 출력신호 표현으로 옳은 것은?

① $m(t-0.2)\cos(0.2\omega_c t)$

② $m(t)\cos(\omega_c t - 0.2)$

③ $0.5m(t-0.2)\cos(\omega_c t)$

④ $0.5m(t-0.2)\cos[\omega_c(t-0.2)]$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 전달함수 $H(\omega) = 0.5e^{-j0.2\omega}$가 뜻하는 감쇠와 시간지연을 시간영역 출력신호로 바꾸는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력신호는 $s(t) = m(t)\cos(\omega_c t)$이고, 시스템의 전달함수는 $H(\omega) = 0.5e^{-j0.2\omega}$이다.
구해야 할 값: 시스템의 출력신호 $y(t)$의 형태이다.
주의할 조건: 크기 0.5는 전체 신호의 진폭을 절반으로 만들고, 위상항 $e^{-j0.2\omega}$는 시간영역에서 전체 신호를 0.2만큼 지연시킨다.

사용할 공식

시간지연 성질은 $X(\omega)e^{-j\omega t_0} \leftrightarrow x(t-t_0)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 전달함수의 $e^{-j0.2\omega}$는 주파수별 위상변이가 아니라 시간영역에서 입력 전체를 0.2초 지연시키는 형태이기 때문이다. 따라서 출력은 $y(t) = 0.5s(t-0.2) = 0.5m(t-0.2)\cos[\omega_c(t-0.2)]$가 된다.

계산 과정

1. 전달함수의 크기 0.5로부터 출력 진폭은 입력의 0.5배가 된다.
2. 전달함수의 위상항 $e^{-j0.2\omega}$로부터 출력은 입력 전체가 0.2만큼 지연된 $s(t-0.2)$가 된다.
3. 입력 $s(t) = m(t)\cos(\omega_c t)$에 지연을 적용하면 $s(t-0.2) = m(t-0.2)\cos[\omega_c(t-0.2)]$이다.
4. 따라서 출력은 $y(t) = 0.5m(t-0.2)\cos[\omega_c(t-0.2)]$이므로 4번이 맞다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $m(t-0.2)\cos(0.2\omega_c t)$는 지연을 주파수 축 스케일 변화처럼 잘못 바꾼 식이다. 시간지연은 t를 $t-0.2$로 치환하는 것이지 반송파 각주파수를 $0.2\omega_c$로 바꾸는 것이 아니다. 또한 크기 0.5도 빠져 있다. 올바르게는 $0.5m(t-0.2)\cos[\omega_c(t-0.2)]$이다.

② X: $m(t)\cos(\omega_c t-0.2)$는 반송파 위상만 0.2만큼 이동시킨 식이다. 이 시스템은 입력 전체를 지연시키므로 포락선 $m(t)$도 함께 $m(t-0.2)$로 바뀌어야 하고, 진폭도 0.5배가 되어야 한다. 올바르게는 $0.5m(t-0.2)\cos[\omega_c(t-0.2)]$이다.

③ X: $0.5m(t-0.2)\cos(\omega_c t)$는 감쇠와 포락선 지연만 반영하고 반송파의 시간지연을 빠뜨린 식이다. 입력 전체가 지연되므로 코사인 항도 $\cos[\omega_c(t-0.2)]$로 바뀌어야 한다. 올바르게는 $0.5m(t-0.2)\cos[\omega_c(t-0.2)]$이다.

④ O: 크기 0.5는 진폭 감쇠를, $e^{-j0.2\omega}$는 전체 신호의 0.2초 지연을 뜻한다. 따라서 출력은 $0.5m(t-0.2)\cos[\omega_c(t-0.2)]$가 되어 정확하다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $e^{-j\omega t_0}$를 반송파의 위상만 바꾸는 항으로 오해하는 데 있다. 이 항은 신호 전체의 시간지연을 뜻하므로 $m(t)$와 $\cos(\omega_c t)$가 모두 함께 $t-0.2$로 바뀌어야 한다. 또한 크기 0.5를 놓치면 ①, ②처럼 진폭 조건이 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

전달함수에 상수배와 $e^{-j\omega t_0}$가 함께 보이면 먼저 상수배로 진폭을 조정하고, 그다음 입력 전체에 $t \to t-t_0$를 적용해 본다. 포락선만 지연시키거나 반송파 위상만 따로 바꾸면 오답이 된다.

암기 포인트

$e^{-j\omega t_0}$는 위상만의 변화가 아니라 $x(t-t_0)$ 형태의 전체 시간지연이고, 앞의 상수는 진폭 감쇠이다.

NoteBase