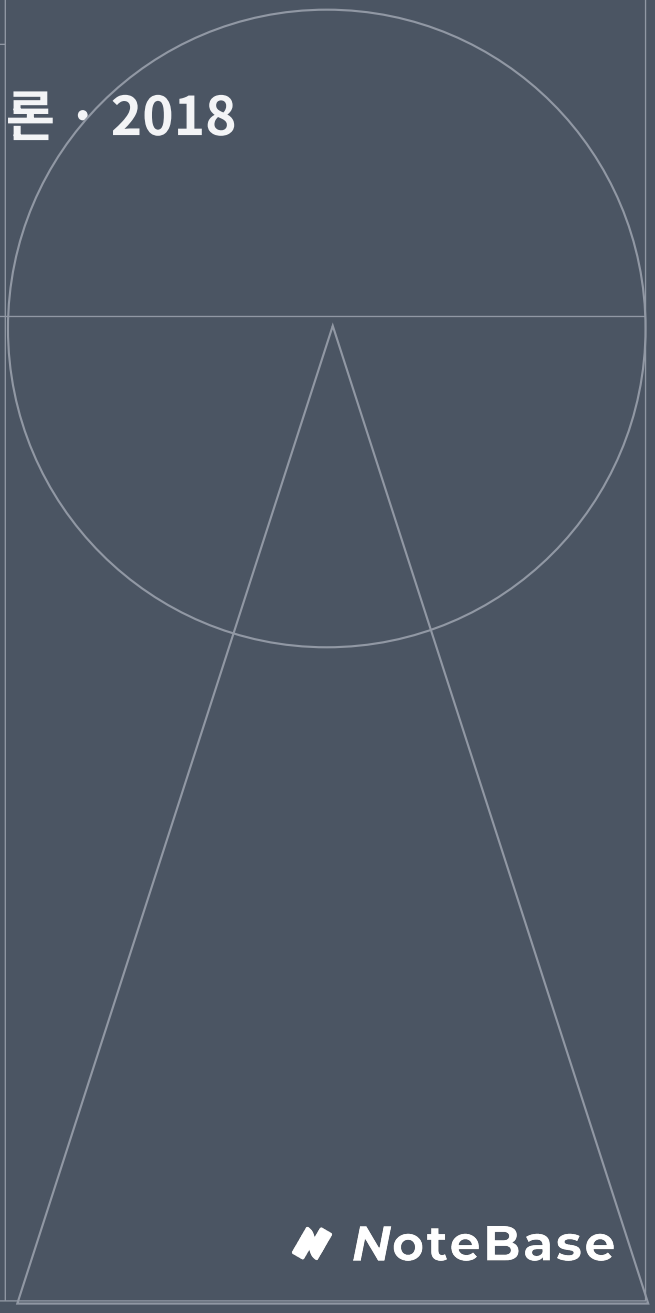
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2018

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2018

문 1. 한 개의 정현파 메시지 신호를 FM 변조하여 송신할 때, 복조 신호의 S/N(signal-to-noise ratio)에 영향을 주지 않는 것은?

① 변조 지수

② 메시지 신호의 진폭

③ 메시지 신호의 초기 위상

④ 메시지 신호의 주파수

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 단일 정현파로 FM 변조할 때 복조 신호의 S/N를 바꾸는 요소와, 전혀 영향을 주지 않는 요소를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

변조 지수는 $\beta = \Delta f / f_m$로 나타내며 FM의 잡음 개선도를 좌우하는 핵심 값이다.
메시지 신호의 진폭은 최대 주파수 편이 Δf를 바꾸므로 복조 신호의 S/N에 영향을 준다.
메시지 신호의 주파수는 β에 직접 들어가므로 복조 신호의 S/N에 영향을 준다.
메시지 신호의 초기 위상은 파형의 시작 위치만 바꾸며 최대 주파수 편이나 잡음 개선도는 바꾸지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 부분은 '변조 지수는 S/N에 영향을 주지 않는다'는 판단이다. 실제로는 변조 지수 β가 커질수록 FM의 잡음 개선 효과가 커지므로 복조 신호의 S/N가 달라진다.

② X
틀린 부분은 '메시지 신호의 진폭은 S/N에 영향을 주지 않는다'는 판단이다. 실제로는 메시지 진폭이 커지면 최대 주파수 편이 Δf가 커지고, 그 결과 변조 지수도 바뀌어 복조 신호의 S/N가 변한다.

③ O
메시지 신호의 초기 위상은 시간축에서 정현파의 시작 각도만 바꾸는 값이다. FM에서 잡음 개선도는 편이 크기, 변조 지수, 메시지 주파수와 관련되며 초기 위상 자체는 복조 신호의 S/N에 영향을 주지 않는다.

④ X
틀린 부분은 '메시지 신호의 주파수는 S/N에 영향을 주지 않는다'는 판단이다. 실제로는 메시지 주파수 f_m가 변하면 $\beta = \Delta f / f_m$가 바뀌므로 FM 개선도와 복조 신호의 S/N도 달라진다.

오답 포인트

FM에서는 반송파 진폭이 일정하므로 '위상'과 '주파수'를 모두 무관한 값처럼 묶어 오해하기 쉽다. 그러나 초기 위상은 시작점만 바꾸는 값이고, 메시지 주파수는 변조 지수 식에 직접 들어가므로 두 항목은 성격이 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

FM의 S/N를 묻는 문항에서는 먼저 최대 주파수 편이와 변조 지수를 바꾸는 요소인지 본다. 편이 크기나 β를 바꾸면 영향을 주고, 시작 위상처럼 파형의 위치만 바꾸는 값이면 영향을 주지 않는다.

암기 포인트

FM S/N는 편이와 변조 지수에는 민감하고, 초기 위상에는 무감하다.

NoteBase

문 2. 랜덤 변수 X의 확률 밀도 함수(probability density function) $f_X(x)$가 다음과 같을 때, 상수 c의 값은?

f_X(x)=casesc(1-x^2), & -1 ≤ x ≤ 1 \ 0, & 그 외 구간cases

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

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 확률밀도함수의 전체 면적이 1이 되어야 한다는 정규화 조건을 이용해 상수 c를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $f_X(x) = c(1 - x^2)$ for $-1 \le x \le 1$, 그 외 구간에서는 0이다.
구해야 할 값: 상수 c이다.
주의할 조건: 확률밀도함수이므로 전체 적분값이 반드시 1이어야 한다.

사용할 공식

$\int_{-1}^{1} f_X(x)dx = 1$
이 공식을 쓰는 이유는 확률밀도함수는 정의역 전체에서 적분한 면적이 1이어야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 정규화 조건을 적용하면 $\int_{1-1}^{1} c(1 - x^2)dx = 1$ 이다.
2. 상수 c를 밖으로 빼면 $c\int_{-1}^{1}(1 - x^2)dx = 1$ 이다.
3. 적분하면 $\int_{-1}^{1}(1 - x^2)dx = \left[x - \frac{x^3}{3}\right]_{-1}^{1} = \left(1 - \frac{1}{3}\right) - \left(-1 + \frac{1}{3}\right) = \frac{4}{3}$ 이다.
4. 따라서 $c \cdot \frac{4}{3} = 1$ 이고, $c = \frac{3}{4}$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
값이 $\frac{3}{4}$이면 $\int_{-1}^{1}\frac{3}{4}(1-x^2)dx=\frac{3}{4}\cdot\frac{4}{3}=1$ 이므로 확률밀도함수 조건을 만족한다.

② X
틀린 값은 $\frac{4}{3}$이다. 이 값을 대입하면 전체 적분값이 $\frac{4}{3}\cdot\frac{4}{3}=\frac{16}{9}$ 가 되어 1이 아니다.
올바르게는 $c=\frac{3}{4}$이다.

③ X
틀린 값은 $\frac{1}{3}$이다. 이 값을 대입하면 전체 적분값이 $\frac{1}{3}\cdot\frac{4}{3}=\frac{4}{9}$ 가 되어 1보다 작다.
올바르게는 $c=\frac{3}{4}$이다.

④ X
틀린 값은 1이다. 이 값을 대입하면 전체 적분값이 $1\cdot\frac{4}{3}=\frac{4}{3}$ 이 되어 정규화 조건을 만족하지 않는다.
올바르게는 $c=\frac{3}{4}$이다.

오답 포인트

적분값 $\frac{4}{3}$를 구한 뒤 마지막에 역수를 취해야 한다는 점을 놓치기 쉽다. c 자체가 적분값이라고 착각하거나, $c\cdot\frac{4}{3}=1$에서 양변을 $\frac{4}{3}$로 나누지 않으면 ②, ③, ④ 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

확률밀도함수에서 미정 상수가 나오면 먼저 정의역 전체 적분을 1로 놓는다. 그다음 함수 부분의 적분값을 구하고, 마지막에 상수 c를 분리해서 푼다.

암기 포인트

확률밀도함수의 기본 조건은 전체 면적 1이며, 미정 상수는 $\int f(x)dx=1$로 정한다.

NoteBase

문 3. 소스 심벌(source symbol) s_1, s_2, s_3, s_4의 발생 확률이 각각 p_1, p_2, p_3, p_4일 때, 소스 심벌 엔트로피(entropy)의 최댓값[*bits/symbol*]은? (단, $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$이다)

① 0

② 1

③ 2

④ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 소스 심벌 엔트로피의 최대값 조건을 이용해 최대 엔트로피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 소스 심벌은 s_1, s_2, s_3, s_4의 4개이고, 발생 확률은 p_1, p_2, p_3, p_4이며 $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$이다.
구해야 할 값: 엔트로피의 최대값이다.
주의할 조건: 엔트로피는 확률이 균등할 때 최대가 된다.

사용할 공식

엔트로피는 $H = -\sum_{i=1}^{4} p_i \log_2 p_i$ 이다.
심벌 수가 M개일 때 최대 엔트로피는 모든 확률이 같을 때의 $H_{\max} = \log_2 M$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 개별 확률값이 아니라 4개 심벌을 가진 소스의 최대 엔트로피를 묻고 있으므로, 균등분포 조건의 최대 엔트로피 공식을 바로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 최대 엔트로피 조건은 $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = \frac{1}{4}$이다.
2. 따라서 최대 엔트로피는 $H_{\max} = \log_2 4$ 이다.
3. $\log_2 4 = 2$ 이므로 최대 엔트로피는 2 bits/symbol이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 0 bits/symbol은 한 심벌만 확률 1이고 나머지가 0인 경우의 엔트로피이다. 이는 불확실성이 없는 최소값에 해당하므로 최대값이 아니다. 틀린 표현은 '최대값이 0'이라는 부분이며, 올바르게는 '최대값은 2 bits/symbol'이다.
② X: 1 bit/symbol은 보통 두 개의 심벌이 동일확률일 때의 최대 엔트로피이다. 4개의 심벌이 있는 이 문제의 최대 엔트로피와는 맞지 않는다. 틀린 표현은 '최대값이 1'이라는 부분이며, 올바르게는 '4개 심벌의 최대 엔트로피는 2 bits/symbol'이다.
③ O: 4개의 심벌이 균등확률일 때 최대 엔트로피는 $\log_2 4 = 2$이므로 옳다.
④ X: 4 bits/symbol이 되려면 $\log_2 M = 4$, 즉 $M = 16$개의 동일확률 심벌이 필요하다. 4개 심벌에서 4 bits/symbol은 나올 수 없다. 틀린 표현은 '최대값이 4'라는 부분이며, 올바르게는 '4개 심벌의 최대 엔트로피는 2 bits/symbol'이다.

오답 포인트

심벌 개수와 엔트로피 값을 같은 숫자로 착각하면 ④로 흐르기 쉽다. 또 엔트로피의 최대조건이 균등분포라는 점을 놓치면 ①이나 ②처럼 심벌 수보다 작은 값으로 오판하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

소스 엔트로피 최대값 문제는 먼저 심벌 개수 M를 확인하고, 최대조건이 균등분포임을 떠올린 뒤 $H_{\max} = \log_2 M$을 바로 적용해 판단한다.

암기 포인트

심벌이 M개이면 최대 엔트로피는 균등분포에서 $\log_2 M$이다.

NoteBase

문 4. 신호 $4\sin\omega_o t + 8\cos\omega_o t$의 푸리에(Fourier) 계수는?

① $3-j6,\ 3+j6$

② $4-j2,\ 4+j2$

③ $-j,\ j$

④ $1-j,\ 1+j$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $4\sin\omega_0 t + 8\cos\omega_0 t$를 복소지수형 푸리에 급수로 바꾸어 $k=\pm1$의 계수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t) = 4\sin\omega_0 t + 8\cos\omega_0 t$이다.
구해야 할 값은 복소 푸리에 계수 C_1, C_{-1}이다.
이 신호는 기본조파만 있으므로 $k=\pm1$ 항만 남는다.

사용할 공식

$\sin\omega_0 t = \frac{e^{j\omega_0 t} - e^{-j\omega_0 t}}{2j}, \qquad \cos\omega_0 t = \frac{e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t}}{2}$
따라서
$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k e^{jk\omega_0 t}$
형태로 정리해서 $e^{j\omega_0 t}$와 $e^{-j\omega_0 t}$의 계수를 읽으면 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 발문이 푸리에 계수를 묻고 있으므로 삼각함수를 복소지수형으로 바꾸는 것이 가장 직접적인 방법이기 때문이다.

계산 과정

1. $4\sin\omega_0 t = 4\cdot\frac{e^{j\omega_0 t} - e^{-j\omega_0 t}}{2j} = \frac{2}{j}(e^{j\omega_0 t} - e^{-j\omega_0 t}) = -2je^{j\omega_0 t} + 2je^{-j\omega_0 t}$이다.
2. $8\cos\omega_0 t = 8\cdot\frac{e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t}}{2} = 4e^{j\omega_0 t} + 4e^{-j\omega_0 t}$이다.
3. 두 식을 더하면
$x(t) = (4-2j)e^{j\omega_0 t} + (4+2j)e^{-j\omega_0 t}$
이므로 $C_1 = 4-2j,\ C_{-1} = 4+2j$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 제시값은 $3-j6,\ 3+j6$이다. 실제 계수는 $C_1=4-2j,\ C_{-1}=4+2j$이므로 실수부와 허수부 크기가 모두 맞지 않는다. 틀린 표현은 $3-j6,\ 3+j6$이고, 올바르게는 $4-j2,\ 4+j2$이다.
② O: 복소지수형으로 전개하면 $e^{j\omega_0 t}$의 계수는 $4-2j$, $e^{-j\omega_0 t}$의 계수는 $4+2j$가 된다. 따라서 ②가 정답이다.
③ X: 제시값은 $-j,\ j$이다. 이는 sin 항의 계수 처리도 맞지 않고 cos 항의 실수부 4가 완전히 빠진 값이다. 틀린 표현은 $-j,\ j$이고, 올바르게는 $4-j2,\ 4+j2$이다.
④ X: 제시값은 $1-j,\ 1+j$이다. 이는 sin과 cos를 복소지수형으로 바꾼 뒤 앞의 계수 4, 8을 충분히 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현은 $1-j,\ 1+j$이고, 올바르게는 $4-j2,\ 4+j2$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 sin 전개에서 $\frac{1}{j}=-j$를 놓치거나, cos 전개에서 나오는 실수부 4를 빼먹는 데 있다. 특히 ③처럼 sin 항만 보고 답을 고르거나 ④처럼 원래 진폭을 절반만 반영하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼각함수 신호의 푸리에 계수를 묻는 문제는 먼저 sin , cos를 $e^{\pm j\omega_0 t}$로 바꾼다. 그다음 $e^{j\omega_0 t}$와 $e^{-j\omega_0 t}$ 앞의 계수를 각각 C_1, C_{-1}로 읽으면 된다.

암기 포인트

cos는 실수 대칭, sin은 허수 부호 반대로 들어가므로 $A\cos\omega_0 t + B\sin\omega_0 t$의 계수는 $C_1=\frac{A}{2}-j\frac{B}{2},\ C_{-1}=\frac{A}{2}+j\frac{B}{2}$ 형태가 된다.

NoteBase

문 5. 한 심벌 시간이 T_s인 비동기 2진 FSK 시스템에서 주파수가 f_1과 f_2인 두 개의 정현파를 이용하여 변조를 수행한다. 이때, 두 정현파가 직교하기 위한 $(f_1 - f_2)$의 최솟값[Hz]은? (단, $f_1 > f_2$이다)

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

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 비동기 2진 FSK에서 두 정현파가 직교하기 위한 최소 주파수 간격을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 한 심벌 시간은 T_s이다.
구해야 할 값: 두 반송파의 최소 간격 $f_1 - f_2$이다.
주의할 조건: 비동기 방식이므로 수신기에서 반송파 위상이 동기되지 않아 직교 조건이 동기식보다 더 엄격하다.

사용할 공식

비동기 2진 FSK의 최소 직교 주파수 간격은 $\Delta f = \frac{1}{T_s}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 비동기 검파에서는 반송파 위상이 맞지 않는 경우까지 구분되어야 하므로 최소 간격이 동기식의 $\frac{1}{2T_s}$보다 크게 잡힌다.

계산 과정

1. 문제는 비동기 2진 FSK의 직교 조건을 직접 묻고 있다.
2. 비동기 2진 FSK에서 두 신호가 직교하기 위한 최소 주파수 간격은 $\Delta f = \frac{1}{T_s}$이다.
3. 따라서 $f_1 - f_2$의 최소값은 $\frac{1}{T_s}$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{1}{2T_s}$는 동기 2진 FSK에서의 최소 직교 간격이다. 비동기 방식에 그대로 적용한 것이 틀린 표현이다. 올바르게는 비동기 2진 FSK의 최소 간격은 $\frac{1}{T_s}$이다.
② X: $\frac{2}{T_s}$는 직교 조건을 만족할 수는 있으나 최소값이 아니다. 최소 주파수 간격보다 두 배 크게 잡은 값이라는 점이 틀린 표현이다. 올바르게는 최소값은 $\frac{1}{T_s}$이다.
③ O: 비동기 2진 FSK에서 두 정현파가 직교하기 위한 최소 간격은 $\frac{1}{T_s}$이므로 옳다.
④ X: $\frac{3}{2T_s}$도 $\frac{1}{T_s}$보다 큰 값이라 직교는 가능할 수 있으나 최소값이 아니다. 틀린 표현은 최소값으로 제시한 부분이다. 올바르게는 최소값은 $\frac{1}{T_s}$이다.

NoteBase

오답 포인트

동기 2진 FSK의 최소 간격 $\frac{1}{2T_s}$와 비동기 2진 FSK의 최소 간격 $\frac{1}{T_s}$를 혼동하기 쉽다. 이 문항은 비동기라는 조건을 놓치면 ①로 잘못 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

FSK 직교 간격 문제는 먼저 동기식인지 비동기식인지부터 구분한다. 동기식이면 $\frac{1}{2T_s}$, 비동기식이면 $\frac{1}{T_s}$를 적용하면 된다.

암기 포인트

2진 FSK 직교 간격은 동기 $\frac{1}{2T_s}$, 비동기 $\frac{1}{T_s}$이다.

NoteBase

문 6. 랜덤 변수(random variable) X와 Y에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 기댓값 $E[X]$와 $E[Y]$는 0이 아니고, $Cov[X, Y]$는 X와 Y의 공분산이다)

① $E[XY] = 0$일 때, $Cov[X, Y] = 0$이다.

② X와 Y가 서로 독립일 때, $Cov[X, Y] = 0$이다.

③ $X = Y$일 때, $Cov[X, Y]$는 X의 분산과 같다.

④ 랜덤 변수 $Z = X + Y$일 때, $E[Z] = E[X] + E[Y]$이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 기대값의 선형성, 공분산의 정의, 분산과 공분산의 관계를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

공분산은 두 확률변수가 함께 변하는 정도를 나타내며 $Cov[X, Y] = E[XY] - E[X]E[Y]$이다.
독립이면 $E[XY] = E[X]E[Y]$가 성립하므로 공분산은 0이다.
분산은 자기 자신과의 공분산이므로 $Var[X] = Cov[X, X]$이다.

선지별 해설

① X
$E[XY] = 0$이어도 공분산은 $Cov[X, Y] = E[XY] - E[X]E[Y] = -E[X]E[Y]$이다. 문제에서 $E[X]$와 $E[Y]$가 모두 0이 아니라고 했으므로 일반적으로 0이 아니다. 틀린 표현은 "$Cov[X, Y] = 0$이다"이고, 올바르게는 "$E[XY] = 0$이면 $Cov[X, Y] = -E[X]E[Y]$이다"이다.
② O
X와 Y가 서로 독립이면 $E[XY] = E[X]E[Y]$가 성립한다. 따라서 $Cov[X, Y] = E[XY] - E[X]E[Y] = 0$이므로 옳다.
③ O
$X = Y$이면 $Cov[X, Y] = Cov[X, X]$가 된다. 자기 자신과의 공분산은 분산이므로 $Cov[X, Y] = Var[X]$가 성립하여 옳다.
④ O
기대값은 선형성이 있으므로 $Z = X + Y$일 때 $E[Z] = E[X + Y] = E[X] + E[Y]$이다. 독립 여부와 무관하게 항상 성립하는 기본 성질이므로 옳다.

오답 포인트

①은 $E[XY]$와 $Cov[X, Y]$를 같은 것으로 착각하면 바로 넘어가기 쉽다. 공분산에는 항상 $-E[X]E[Y]$ 항이 함께 들어가므로, 기대값이 0이 아닌 조건이 붙으면 두 식을 더 분명히 구별해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

공분산이 나오면 먼저 $Cov[X, Y] = E[XY] - E[X]E[Y]$ 정의식을 바로 쓴다. 그다음 독립이면 $E[XY] = E[X]E[Y]$, $X = Y$이면 $Cov[X, X] = Var[X]$, 합의 기대값이면 선형성 $E[X + Y] = E[X] + E[Y]$를 적용하면 된다.

암기 포인트

$Cov[X, Y]$는 $E[XY]$ 자체가 아니라 $E[XY] - E[X]E[Y]$이고, $Cov[X, X] = Var[X]$이다.

NoteBase

문 7. 평균과 분산이 각각 0과 1인 L개의 가우시안(Gaussian) 랜덤 변수 $X_i (i = 1, 2, \cdots, L)$가 서로 통계적으로 독립일 때, 옳지 않은 것은?

① $Z = \sum_{i=1}^{L} X_i$는 가우시안 랜덤 변수이다.
② $Z = \sqrt{X_1^2 + X_2^2}$는 레일리(Rayleigh) 확률 밀도 함수를 갖는다.
③ X_1, X_2의 결합 확률 밀도 함수는 $f_{X_1X_2}(x_1, x_2) = \frac{1}{2\pi}\exp\left\{-\frac{x_1^2 + x_2^2}{2}\right\}$이다.
④ $\sum_{i=1}^{L} X_i$의 평균은 0이고 분산은 1이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 독립 표준정규변수의 선형결합, 결합확률밀도함수, 레일리 분포, 합의 평균과 분산 성질을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

가우시안 랜덤 변수의 선형결합은 다시 가우시안이다.
독립인 표준정규 X_1, X_2의 결합확률밀도함수는 각 주변밀도의 곱이므로 $f_{X_1X_2}(x_1, x_2) = \frac{1}{2\pi}\exp\left(-\frac{x_1^2 + x_2^2}{2}\right)$이다.
$Z = \sqrt{X_1^2 + X_2^2}$는 2차원 표준정규 벡터의 크기이므로 레일리 분포를 따른다.
독립 변수의 합에 대해서는 평균은 더해지고 분산도 더해지므로 $\sum_{i=1}^{L} X_i$의 평균은 0, 분산은 L이다.

선지별 해설

① O
$Z = \sum_{i=1}^{L} X_i$는 가우시안 변수들의 선형결합이므로 다시 가우시안 랜덤 변수이다.

② O
X_1, X_2가 서로 독립인 표준정규이면 $\sqrt{X_1^2 + X_2^2}$는 2차원 정규벡터의 반지름이어서 레일리 분포를 따른다.

③ O
서로 독립이고 각각 평균 0, 분산 1인 정규분포이므로 결합확률밀도함수는 $f_{X_1}(x_1)f_{X_2}(x_2)$이고, 따라서 $\frac{1}{2\pi}\exp\left(-\frac{x_1^2 + x_2^2}{2}\right)$가 맞다.

④ X
틀린 표현은 `분산은 1이다`이다.
독립 변수의 합에서는 분산이 합산되므로 $\mathrm{Var}\left(\sum_{i=1}^{L} X_i\right) = \sum_{i=1}^{L} \mathrm{Var}(X_i) = L$이다.
올바르게는 `$\sum_{i=1}^{L} X_i$의 평균은 0이고 분산은 $L$이다.`이다.

NoteBase

오답 포인트

합의 평균과 분산을 함께 묻는 문항에서 평균 0이라는 사실만 보고 분산도 그대로 1이라고 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 `각각 분산이 1`이라는 개별 변수의 성질을 `합의 분산`에 그대로 옮겨 적게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

정규변수의 합은 먼저 선형결합 여부를 본다. 독립인 표준정규 두 개의 제곱합의 제곱근이면 레일리, 결합밀도는 주변밀도의 곱, 합의 평균과 분산은 각각 더해진다고 판단하면 된다.

암기 포인트

독립 $N(0,1)$의 합은 평균 0, 분산 L이고, $\sqrt{X_1^2+X_2^2}$는 레일리이다.

문 8. 신호 $x(t)$와 $y(t) = x(t)\cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$를 지수형 푸리에 급수 (exponential Fourier series)로 전개하였을 때, k번째 고조파 푸리에 계수가 각각 X_k와 Y_k이다. X_k와 Y_k의 관계로 옳은 것은? (단, $x(t)$의 주기는 T이다)

① $Y_k = \frac{1}{4}(X_k + X_{k+1})$
② $Y_k = \frac{1}{2}(X_{k-1} + X_{k+1})$
③ $Y_k = \frac{1}{4}(X_{k-1} + X_{k+1})$
④ $Y_k = \frac{1}{2}(X_k + X_{k+1})$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $y(t) = x(t)\cos(2\pi t/T)$일 때 지수형 푸리에 급수 계수 Y_k가 원래 계수 X_k에서 어떻게 이동하는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $x(t)$의 주기는 T이고, $x(t)$의 지수형 푸리에 계수는 X_k이다.
구해야 할 값: $y(t) = x(t)\cos(2\pi t/T)$의 지수형 푸리에 계수 Y_k이다.
주의할 조건: $\cos(2\pi t/T)$는 기본각주파수 $\omega_0 = 2\pi/T$ 성분 하나를 가지므로, 곱셈 후 계수는 좌우 한 칸 이동한 항들의 합으로 바뀐다.

사용할 공식

$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k e^{jk\omega_0 t}$, $\omega_0 = 2\pi/T$이다.
또한 $\cos(\omega_0 t) = \frac{1}{2}(e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t})$이다.
따라서
$y(t) = x(t)\cos(\omega_0 t) = \frac{1}{2}x(t)e^{j\omega_0 t} + \frac{1}{2}x(t)e^{-j\omega_0 t}$
이 공식을 쓰는 이유는 시간영역에서 $e^{\pm j\omega_0 t}$를 곱하면 주파수영역 계수가 각각 한 칸씩 이동하기 때문이다.

계산 과정

1. $x(t)e^{j\omega_0 t} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k e^{j(k+1)\omega_0 t}$이므로 k번째 계수는 X_{k-1}가 된다.
2. $x(t)e^{-j\omega_0 t} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k e^{j(k-1)\omega_0 t}$이므로 k번째 계수는 X_{k+1}가 된다.
3. 두 항에 공통으로 $\frac{1}{2}$가 곱해지므로
$Y_k = \frac{1}{2}(X_{k-1} + X_{k+1})$
가 된다.

선지별 해설

① X

틀린 이유는 계수 앞의 $\frac{1}{4}$와 항 X_k이다. $\cos(\omega_0 t)$를 지수형으로 바꾸면 앞계수는 $\frac{1}{2}$가 한 번만 생기고, k번째 계수는 X_k가 아니라 이동된 X_{k-1}, X_{k+1}의 합이 된다. 틀린 표현은 $\frac{1}{4}(X_k + X_{k+1})$이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}(X_{k-1} + X_{k+1})$이다.

② O

$\cos(\omega_0 t) = \frac{1}{2}(e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t})$로 분해하면 계수는 각각 한 칸씩 이동한다. 따라서 k번째 계수는 $\frac{1}{2}X_{k-1} + \frac{1}{2}X_{k+1}$가 되어 $Y_k = \frac{1}{2}(X_{k-1} + X_{k+1})$가 맞다.

③ X

틀린 이유는 이동 방향은 맞지만 앞계수 $\frac{1}{4}$가 잘못되었다는 점이다. 코사인 분해에서 생기는 계수는 $\frac{1}{2}$뿐이므로 추가로 $\frac{1}{2}$가 더 붙지 않는다. 틀린 표현은 $\frac{1}{4}(X_{k-1} + X_{k+1})$이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}(X_{k-1} + X_{k+1})$이다.

④ X

틀린 이유는 이동이 반영되지 않고 X_k가 그대로 들어간다는 점이다. $e^{\pm j\omega_0 t}$를 곱하면 주파수 계수 인덱스가 ± 1만큼 이동하므로 X_k가 아니라 X_{k-1}와 X_{k+1}가 나와야 한다. 틀린 표현은 $\frac{1}{2}(X_k + X_{k+1})$이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}(X_{k-1} + X_{k+1})$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 하나는 $\cos(\omega_0 t)$를 $\frac{1}{2}(e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t})$로 바꿀 때 $\frac{1}{2}$를 $\frac{1}{4}$로 잘못 줄이는 실수이고, 다른 하나는 $e^{\pm j\omega_0 t}$를 곱해도 X_k가 그대로 남는다고 착각하는 실수이다.

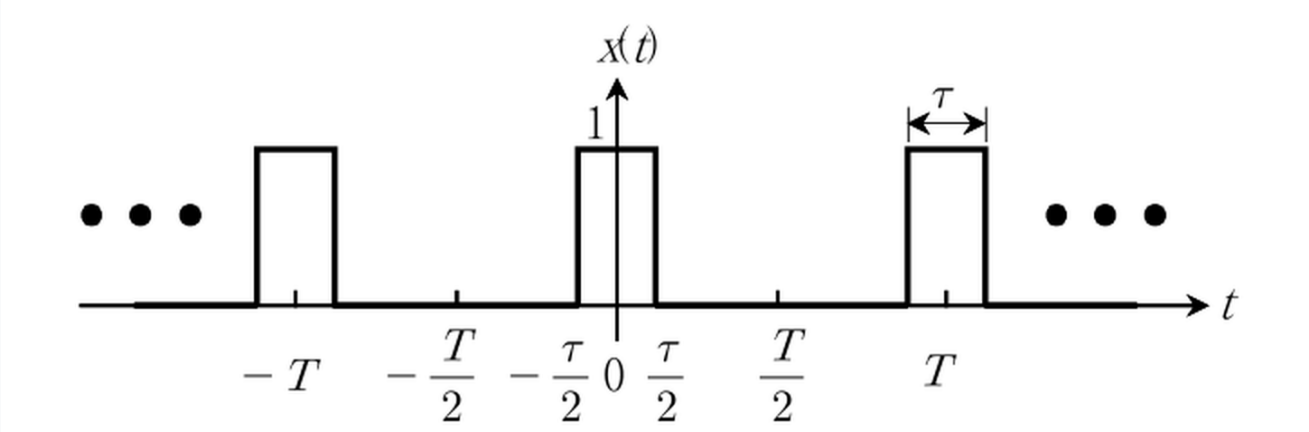
다시 나오면 이렇게 판단

삼각함수가 곱해진 푸리에 급수 문제는 먼저 삼각함수를 지수형으로 바꾼 뒤, $e^{j\omega_0 t}$는 계수를 왼쪽으로 한 칸, $e^{-j\omega_0 t}$는 오른쪽으로 한 칸 이동시킨다고 판단하면 된다. 마지막에 앞계수 $\frac{1}{2}$가 한 번만 곱해지는지도 함께 확인하면 된다.

암기 포인트

$\cos(\omega_0 t)$를 곱하면 푸리에 계수는 좌우 한 칸 이동한 항이 $\frac{1}{2}$씩 더해져 $Y_k = \frac{1}{2}(X_{k-1} + X_{k+1})$가 된다.

문 9. 다음 그림은 주기가 T인 연속 신호 $x(t)$를 시간 영역에서 표현한 것이다. 신호 $x(t)$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① $x(t)$는 주파수 영역에서 이산(discrete) 스펙트럼으로 나타난다.

② τ가 일정할 때, T가 커질수록 스펙트럼 포락선의 주엽(main lobe) 폭은 좁아진다.

③ τ가 작을수록 스펙트럼 포락선의 주엽 폭은 넓어진다.

④ $x(t)$를 지수형 푸리에 급수로 전개하면 푸리에 계수는 실수가 된다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 그림으로 주어진 주기 직사각 펄스열 $x(t)$의 푸리에 급수 스펙트럼에서 스펙트럼선 간격은 $1/T$, 포락선의 주엽 폭은 τ가 정한다는 점을 구별하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
주기 신호 $x(t)$는 푸리에 급수로 표현되므로 주파수 영역에서는 기본주파수 $1/T$의 정수배 위치에 선 스펙트럼이 생긴다. 따라서 이산 스펙트럼으로 나타난다는 설명은 옳다.

② X
τ가 일정할 때 포락선의 모양은 한 펄스의 폭 τ로 결정되므로 주엽 폭은 T가 아니라 τ에 의해 정해진다. T가 커지면 바뀌는 것은 스펙트럼선 간격 $\Delta f = 1/T$이며, 간격이 더 좁아질 뿐 주엽 폭이 좁아지지는 않는다. 틀린 표현은 'T가 커질수록 스펙트럼 포락선의 주엽 폭은 좁아진다'이고, 올바르게는 'T가 커질수록 스펙트럼선 간격은 좁아지지만 포락선의 주엽 폭은 변하지 않는다'이다.

③ O
펄스폭 τ가 작아질수록 시간영역 파형은 더 짧아지고, 그에 따라 주파수영역 포락선은 더 넓게 퍼진다. 즉 첫 영점 위치가 멀어져 주엽 폭이 넓어진다는 설명은 옳다.

④ O
그림의 $x(t)$는 원점 대칭의 짝함수이면서 실수값 신호이다. 따라서 지수형 푸리에 급수 계수는 허수 성분이 사라져 실수가 된다.

오답 포인트

주기 T와 펄스폭 τ의 역할을 뒤바꾸면 틀리기 쉽다. 이 문항은 '포락선의 폭'과 '스펙트럼선 간격'을 같은 것으로 착각하는지를 묻는다. T는 선 간격 $1/T$를 정하고, τ는 sinc형 포락선의 퍼짐을 정한다.

다시 나오면 이렇게 판단

주기 펄스열 스펙트럼 문제는 먼저 '반복 간격 T는 선 간격, 한 펄스 폭 τ는 포락선 폭'으로 분리해서 본다. 그다음 짝함수인지 확인하여 푸리에 계수의 실수 여부를 판단하면 된다.

암기 포인트

T는 줄 간격, τ는 포락선 폭을 정한다는 관계를 기억하면 된다.

NoteBase

문 10. 부호율이 4/7인 조직적(systematic) 순환(cyclic) 부호기의 생성다항식(generator polynomial)이 $g(x) = 1 + x + x^3$일 때, 입력 정보 비트 '1010'에 대한 출력 부호어는? (단, 정보 비트 '1010'을 다항식으로 표현하면 $1 + x^2$이다)

① 1011001

② 0011001

③ 1111001

④ 0011010

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 조직적 순환부호에서 정보다항식 $m(x)$에 x^{n-k}를 곱한 뒤 생성다항식 $g(x)$로 나눈 나머지를 붙여 출력 부호를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 부호율은 4/7이므로 $k = 4, n = 7, n - k = 3$이다.
- 정보 비트 1010은 문제 조건대로 정보다항식 $m(x) = 1 + x^2$이다.
- 생성다항식은 $g(x) = 1 + x + x^3$이다.
- 조직적 부호이므로 먼저 $x^3m(x)$를 만들고, 이를 $g(x)$로 나눈 나머지를 붙인다.

사용할 공식

조직적 순환부호의 부호다항식은 $c(x) = x^{n-k}m(x) + r(x)$이다. 여기서 $r(x)$는 $x^{n-k}m(x)$를 $g(x)$로 나눈 나머지이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 생성다항식이 주어진 조직적 순환부호의 출력 부호를 직접 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

1. $x^3m(x) = x^3(1 + x^2) = x^3 + x^5$이다.
2. 이를 $g(x) = 1 + x + x^3$로 나누면 최고차항을 맞추기 위해 $x^2g(x) = x^2 + x^3 + x^5$를 뺀다.
3. $(x^5 + x^3) + (x^5 + x^3 + x^2) = x^2$이므로 나머지는 $r(x) = x^2$이다.
4. 따라서 $c(x) = x^3m(x) + r(x) = x^5 + x^3 + x^2$이다.
5. 계수를 낮은 차수항부터 쓰면 $c(x) = 0011010$이므로 정답은 4번이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1011001은 비트열을 높은 차수항부터 적거나 정보 비트 1010을 $x^3 + x$로 잘못 해석한 값이다. 올바르게는 문제에서 1010을 $1 + x^2$로 준 상태에서 낮은 차수항부터 계수를 적어 0011010이 된다.
② X: 0011001은 $x^3 m(x)$의 x^5 항이나 나머지 x^2를 잘못 처리한 값이다. 올바르게는 $x^3 m(x) = x^3 + x^5$, 나머지는 x^2이므로 $c(x) = x^5 + x^3 + x^2$가 되어 0011010이 된다.
③ X: 1111001은 생성다항식으로 나누는 과정에서 나머지를 잘못 남긴 값이다. 올바르게는 $x^5 + x^3$에서 $x^2 g(x)$를 빼면 x^2만 남으므로 추가 항들이 남지 않는다.
④ O: $c(x) = x^5 + x^3 + x^2$의 계수를 낮은 차수항부터 쓰면 0011010이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 비트열을 어느 차수 방향으로 읽는지와 조직적 부호의 생성 절차를 동시에 헷갈리게 만든 점이다. 특히 문제에서 정보 비트 1010을 이미 $1 + x^2$로 제시했는데 이를 다시 $x^3 + x$로 바꾸어 해석하면 ① 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

순환부호 계산 문제는 먼저 비트열의 다항식 대응 방향을 확인하고, 다음으로 $x^{n-k} m(x)$를 만든 뒤 생성다항식으로 나눈 나머지 $r(x)$를 구해 $c(x) = x^{n-k} m(x) + r(x)$로 정리하면 안정적으로 판단된다.

암기 포인트

조직적 순환부호는 $x^{n-k} m(x)$를 $g(x)$로 나눈 나머지 $r(x)$를 붙여 $c(x) = x^{n-k} m(x) + r(x)$로 만든다.

NoteBase

문 11. 양측파대 억압 반송파(DSB-SC) 변조에서 메시지 신호가 $m(t) = \cos(2000\pi t) + 2\cos(4000\pi t)$이고 반송파 신호가 $c(t) = 50\cos(2\pi f_c t)$일 때, 변조된 신호의 상측파대(upper sideband) 스펙트럼 신호 성분으로 옳은 것은? (단, $f_c = 1\text{MHz}$이다.)

① $25\cos[2\pi(f_c + 1000)t] + 50\cos[2\pi(f_c + 2000)t]$

② $25\cos[2\pi(f_c - 1000)t] + 50\cos[2\pi(f_c - 2000)t]$

③ $50\cos[2\pi(f_c + 1000)t] + 100\cos[2\pi(f_c - 1000)t]$

④ $50\cos[2\pi(f_c - 1000)t] + 100\cos[2\pi(f_c - 2000)t]$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 DSB-SC 변조식에서 메시지 각 주파수 성분이 반송파와 곱해질 때 생기는 상측파대 성분만 골라낼 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 메시지 신호는 $m(t) = \cos(2000\pi t) + 2\cos(4000\pi t)$이다.
따라서 메시지 주파수는 각각 $1000Hz$, $2000Hz$이다.
반송파는 $c(t) = 50\cos(2\pi f_c t)$이므로 DSB-SC 신호는 $s(t) = 50m(t)\cos(2\pi f_c t)$가 된다.
구해야 할 값은 전체 DSB-SC 성분이 아니라 상측파대만의 성분이다.

사용할 공식

곱셈 공식은 $\cos A \cos B = \frac{1}{2}[\cos(A + B) + \cos(A - B)]$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 DSB-SC가 메시지 신호와 반송파의 곱으로 표현되므로, 각 메시지 주파수 f_m가 반송파와 만나 $f_c + f_m$, $f_c - f_m$ 두 측파대를 만들기 때문이다.

계산 과정

1. $\cos(2000\pi t) = \cos(2\pi \cdot 1000t)$, $\cos(4000\pi t) = \cos(2\pi \cdot 2000t)$로 본다.
2. 첫째 항은 $50\cos(2\pi f_c t)\cos(2\pi \cdot 1000t) = 25\cos[2\pi(f_c + 1000)t] + 25\cos[2\pi(f_c - 1000)t]$가 된다.
3. 둘째 항은 $100\cos(2\pi f_c t)\cos(2\pi \cdot 2000t) = 50\cos[2\pi(f_c + 2000)t] + 50\cos[2\pi(f_c - 2000)t]$가 된다.
4. 따라서 전체 DSB-SC 성분은 상측파대와 하측파대를 모두 포함하지만, 상측파대만 고르면 $25\cos[2\pi(f_c + 1000)t] + 50\cos[2\pi(f_c + 2000)t]$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. 상측파대는 각각 $f_c + 1000$, $f_c + 2000$에 생기고 계수도 반으로 나뉘어 25, 50이 되므로 식이 정확하다.
2번: X. 이 식은 $f_c - 1000$, $f_c - 2000$만 모아 놓은 하측파대 성분이다. 틀린 표현은 상측파대를 묻는데 마이너스 주파수 이동 성분을 쓴 점이며, 올바르게는 $25\cos[2\pi(f_c + 1000)t] + 50\cos[2\pi(f_c + 2000)t]$이다.
3번: X. 첫 번째 항의 계수 50과 두 번째 항의 계수 100은 곱셈 공식을 적용하기 전 값이라서 그대로 상측파대 계수가 될 수 없다. 또 두 번째 항은 $f_c - 1000$로 주파수도 잘못 섞였다. 올바르게는 각 항이 절반으로 나뉘어 $25\cos[2\pi(f_c + 1000)t] + 50\cos[2\pi(f_c + 2000)t]$가 된다.
4번: X. 이 식은 하측파대 방향 $f_c - 1000$, $f_c - 2000$를 쓰면서 계수도 절반으로 나누지 않아 두 가지 오류가 함께 있다. 올바르게는 상측파대 방향과 절반 계수를 반영한 $25\cos[2\pi(f_c + 1000)t] + 50\cos[2\pi(f_c + 2000)t]$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 상측파대와 하측파대를 뒤바꾸는 실수와 $\cos A\cos B$ 전개에서 계수를 $\frac{1}{2}$로 나누지 않는 실수이다. 3번과 4번은 계수 절반 처리를 놓친 경우이고, 2번과 4번은 상측파대가 아니라 하측파대를 적은 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

DSB-SC 문제는 먼저 메시지 주파수 f_m를 읽고, 다음에 각 성분을 $f_c \pm f_m$로 벌린 뒤, 마지막에 발문이 상측파대인지 하측파대인지 확인하면 된다. 계수는 곱셈 공식 때문에 원래 진폭의 절반으로 나뉜다는 점까지 함께 확인하면 된다.

암기 포인트

DSB-SC는 각 메시지 성분마다 $f_c + f_m$, $f_c - f_m$가 생기고, 각 측파대의 계수는 곱해진 진폭의 절반이다.

NoteBase

문 12. 동시에 32개의 PCM 부호화된 전화 음성 채널을 TDM(time division multiplexing)하여 전송할 때, 모든 채널의 음성을 끊어지지 않고 재생할 수 있는 최소 전송률[Mbps]은? (단, 각 아날로그 음성 신호는 4kHz로 대역 제한되고, 나이퀴스트 주파수로 샘플링 후 샘플당 8비트로 양자화 및 부호화된다)

① 2.048

② 1.544

③ 1.024

④ 0.772

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 PCM 전화 1채널의 비트율을 구한 뒤 32개 채널을 TDM으로 묶었을 때의 총 전송률을 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 채널 수 32개, 음성 대역폭 4kHz, 나이퀴스트 주파수로 샘플링, 샘플당 8비트 부호화이다.
- 구해야 할 값: 모든 채널을 끊김 없이 재생할 수 있는 최소 전송률이다.
- 주의할 조건: 나이퀴스트 샘플링이므로 샘플링 주파수는 대역폭의 2배이고, 문제에서 프레임 오버헤드는 주어지지 않았다.

사용할 공식

PCM 1채널 비트율은 $R_c = f_s \times b = 2B \times b$이다.
전체 TDM 전송률은 $R = N \times R_c = N \times 2B \times b$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 아날로그 음성 신호가 $4kHz$로 대역 제한되어 있으므로 나이퀴스트 조건에서 $8kHz$로 샘플링해야 하고, 각 샘플을 8비트로 부호화한 뒤 이를 32개 채널에 대해 합산해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 샘플링 주파수는 $f_s = 2B = 2 \times 4kHz = 8kHz$이다.
2. 1채널 PCM 비트율은 $R_c = 8,000 \times 8 = 64,000bps = 64kbps$이다.
3. 32채널 전체 전송률은 $R = 32 \times 64kbps = 2,048kbps = 2.048Mbps$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $2.048Mbps$이므로 맞다.
- 32개 PCM 음성 채널을 동시에 보내려면 채널당 $64kbps$씩 필요하므로 총합이 $2.048Mbps$가 된다.

② X
- $1.544Mbps$는 계산 결과 $2.048Mbps$와 다르므로 틀리다.
- 이 값은 24채널 T1 계열 전송률과 연결해 착각하기 쉬우나, 문제 조건은 32채널 TDM이다.
- 틀린 표현은 "최소 전송률이 1.544 Mbps이다"이고, 올바르게는 "최소 전송률은 2.048 Mbps이다"이다.

③ X
- $1.024Mbps$는 채널당 비트율을 $4kHz \times 8 = 32kbps$로 잡은 값과 같아 나이퀴스트의 2배 샘플링 조건을 빠뜨린 오답이다.
- 틀린 표현은 "최소 전송률이 1.024 Mbps이다"이고, 올바르게는 "나이퀴스트 샘플링을 적용하면 최소 전송률은 2.048 Mbps이다"이다.

④ X
- $0.772Mbps$는 32개 채널 전체에 필요한 총 비트율 $2.048Mbps$보다 훨씬 작으므로 틀리다.
- 채널 수, 샘플링 조건, 양자화 비트 수 가운데 일부를 누락하면 이런 과소 계산이 나온다.
- 틀린 표현은 "최소 전송률이 0.772 Mbps이다"이고, 올바르게는 "32개 채널 전체를 동시에 보내려면 최소 2.048 Mbps가 필요하다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 "4kHz 대역 제한"을 곧바로 샘플링 주파수로 착각하는 데 있다. PCM 비트율은 먼저 $2B$로 샘플링 주파수를 잡고, 여기에 샘플당 비트 수를 곱한 뒤 마지막에 채널 수를 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전화 PCM TDM 문제는 "채널당 비트율 $= 2B \times b$ 계산 → 전체 전송률 $= N \times 2B \times b$ 합산" 순서로 판단하면 된다. 선택지에 익숙한 표준 전송률이 보여도 채널 수가 다르면 그대로 정답이 되지 않는다.

암기 포인트

전화 PCM 1채널은 $4kHz \rightarrow 8kHz$ 샘플링 후 $64kbps$가 되고, 32채널이면 $2.048Mbps$가 된다.

NoteBase

문 13. 대역 제한 AWGN(additive white Gaussian noise) 무기억 채널에서 수신 S/N은 31이다. 샤논의 채널 용량(Shannon's channel capacity)이 40 kbps로 계산될 때, 필요한 최소 전송 채널 대역폭[kHz]은?

① 64

② 32

③ 16

④ 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 샤논 채널 용량 공식 $C = B\log_2(1 + S/N)$으로 필요한 최소 대역폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 채널 용량 $C = 40kbps$, 수신 $S/N = 31$이다.
구해야 할 값은 최소 전송 채널 대역폭 B이다.
주의할 조건은 $S/N = 31$이 dB값이 아니라 선형비라는 점이다.

사용할 공식

$C = B\log_2(1 + S/N)$
대역 제한 AWGN 무기억 채널의 샤논 용량을 묻는 문제이므로 이 공식을 그대로 적용한다.

계산 과정

1. $1 + S/N = 1 + 31 = 32$이다.
2. $\log_2 32 = 5$이므로 $C = 5B$이다.
3. 따라서 $40kbps = 5B$이므로 $B = 8kHz$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $8kHz$이므로 $64kHz$는 틀리다. 틀린 값은 64이고, 올바른 값은 $8kHz$이다.
② X: 계산 결과는 $8kHz$이므로 $32kHz$는 틀리다. 틀린 값은 32이고, 올바른 값은 $8kHz$이다.
③ X: 계산 결과는 $8kHz$이므로 $16kHz$는 틀리다. 틀린 값은 16이고, 올바른 값은 $8kHz$이다.
④ O: $C = B\log_2(1 + S/N) = 5B$이므로 $B = 40/5 = 8kHz$가 되어 맞다.

NoteBase

오답 포인트

수험생이 가장 많이 틀리는 지점은 $S/N = 31$을 dB처럼 해석하거나 $\log_2(32) = 5$를 바로 떠올리지 못하는 부분이다. 이 문항은 공식 자체보다 로그값과 선형비 해석을 정확히 하는지가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

샤논 용량 문제는 먼저 S/N이 선형비인지 dB인지 구분하고, 다음에 $1 + S/N$을 계산한 뒤 $\log_2$값을 구해서 $B = C/\log_2(1 + S/N)$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

샤논 용량은 $C = B\log_2(1 + S/N)$이고, $1 + 31 = 32$, $\log_2 32 = 5$이므로 $40/5 = 8$만 잡히면 된다.

NoteBase

문 14. 송신 심벌 X와 수신 심벌 Y의 평균 상호 정보량 $I(X;Y)$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $H(X)$와 $H(Y)$는 엔트로피, $H(X,Y)$는 결합 엔트로피, $H(Y \mid X)$는 조건부 엔트로피이다)

① $I(X;Y) = H(X) + H(Y) - H(X,Y)$

② $I(X;Y) = H(X) - H(Y \mid X)$

③ $I(X;Y) \geq 0$

④ 채널 용량은 평균 상호 정보량의 최댓값으로 정의된다.

정답 2번

출제 포인트

상호정보량의 기본 항등식과 비음수성, 채널 용량의 정의를 정확히 구별하는 문제이다.

핵심 개념

상호정보량 $I(X;Y)$는 한 변수를 알 때 다른 변수의 불확실성이 얼마나 줄어드는지를 나타내는 양이다. 따라서 $I(X;Y) = H(X) + H(Y) - H(X,Y) = H(X) - H(X|Y) = H(Y) - H(Y|X)$이다. 채널 용량은 입력분포 $p(x)$에 대해 상호정보량을 최대로 한 값이므로 $C = \max_{p(x)} I(X;Y)$로 쓴다.

선지별 해설

① O: $I(X;Y) = H(X) + H(Y) - H(X,Y)$는 상호정보량의 대표적인 기본식이다.
② X: 틀린 부분은 $H(Y|X)$이다. $H(X)$에서 빼야 하는 것은 X의 조건부 엔트로피이므로 올바르게는 $I(X;Y) = H(X) - H(X|Y)$이다. $H(Y|X)$를 쓰려면 앞항도 $H(Y)$가 되어 $I(X;Y) = H(Y) - H(Y|X)$가 된다.
③ O: 상호정보량은 항상 $I(X;Y) \geq 0$을 만족한다. 두 변수가 서로 독립일 때만 0이 된다.
④ O: 채널 용량은 가능한 입력분포들에 대해 평균 상호정보량을 최대로 했을 때의 값으로 정의된다.

오답 포인트

②는 상호정보량의 대칭성을 기계적으로 외우다가 조건부 엔트로피의 대상 변수를 바꾸어 적기 쉬운 함정을 노린 선지이다. $H(X)$와 짝이 되는 것은 $H(X|Y)$, $H(Y)$와 짝이 되는 것은 $H(Y|X)$라는 대응을 놓치면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

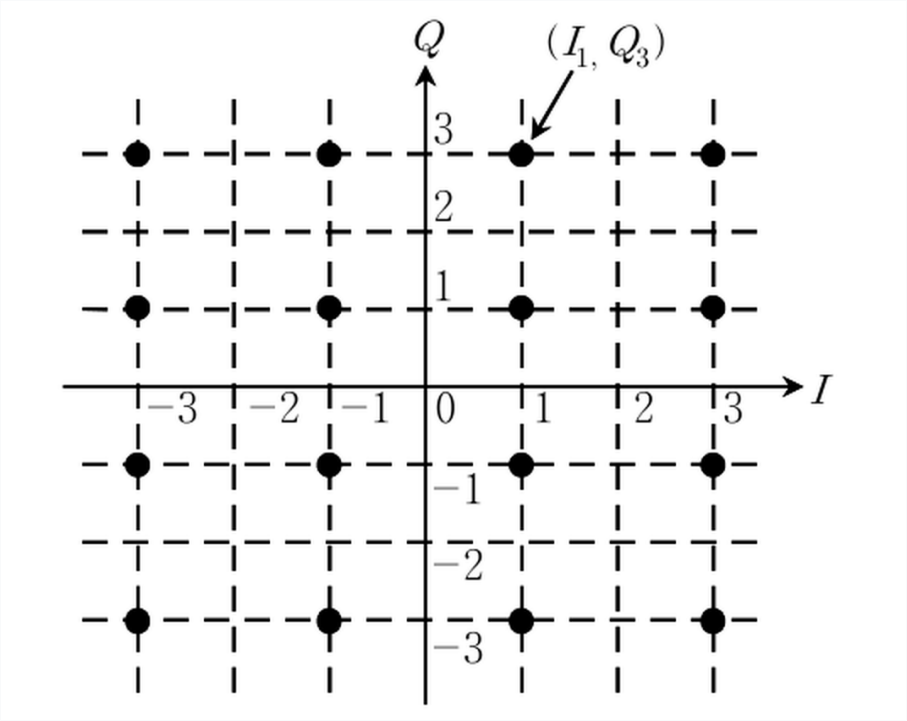
상호정보량 식은 앞에 있는 엔트로피와 뒤의 조건부 엔트로피가 반드시 같은 변수를 기준으로 묶인다는 점부터 확인하면 된다. 그다음 비음수성 $I(X;Y) \geq 0$과 채널 용량 $C = \max I(X;Y)$를 함께 점검하면 정답을 빠르게 고를 수 있다.

암기 포인트

$H(X)$와는 $H(X|Y)$, $H(Y)$와는 $H(Y|X)$가 짝을 이룬다. 채널 용량은 상호정보량의 최댓값이다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 단위 직교 함수 축 I와 Q상에 표현한 16-QAM 변조 방식의 성상도에서 첨두 대 평균 전력비(peak-to-average power ratio)는? (단, 신호점 $(I_1, Q_3) = (1, 3) = (\sqrt{E_I}, 3\sqrt{E_Q})$를 의미하고, 단위 직교 함수의 에너지는 $E_I = E_Q = 1$이다)



① 1.8

② 1.2

③ 0.9

④ 9

정답 1번

출제 포인트

16-QAM 성상도에서 첨두 전력은 가장 바깥 신호점의 심볼 에너지로, 평균 전력은 전체 16개 심볼 에너지의 평균으로 구하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 좌표 레벨은 $I, Q = \pm 1, \pm 3$이다.
단위 직교 함수의 에너지가 $E_I = E_Q = 1$이므로 각 신호점의 심볼 에너지는 $E_s = I^2 + Q^2$로 계산된다.
구해야 할 값은 첨두 대 평균 전력비이므로 $PAPR = E_{s,\max}/\overline{E_s}$이다.

NoteBase

사용할 공식

$E_s = I^2 E_I + Q^2 E_Q = I^2 + Q^2$
$PAPR = \frac{E_{s,\max}}{\overline{E_s}}$
이 공식을 쓰는 이유는 모든 심볼의 지속시간이 같아서 전력비를 심볼 에너지의 최대값과 평균값의 비로 바로 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 가장 바깥 모서리 점은 $(\pm 3,\ \pm 3)$이므로 첨두 심볼 에너지는 $E_{s,\max} = 3^2 + 3^2 = 18$이다.
2. 한 축의 평균 제곱값은 $(1^2 + 1^2 + 3^2 + 3^2)/4 = 5$이다.
3. 따라서 평균 심볼 에너지는 $\overline{E_s} = 5 + 5 = 10$이다.
4. 그러므로 $PAPR = 18/10 = 1.8$이다.

선지별 해설

① O
계산 결과 $PAPR = 1.8$이므로 옳다.
첨두 에너지는 모서리 점 $(\pm 3,\ \pm 3)$에서의 18이고, 평균 에너지는 전체 성상도의 평균인 10이다.

② X
틀린 표현은 "첨두 대 평균 전력비가 1.2"라는 수치이다.
올바르게는 $PAPR = 1.8$이다.
이 값은 모서리의 첨두점을 제대로 잡지 못하고 더 작은 신호점 에너지로 잘못 계산할 때 나오는 오답이다.

③ X
틀린 표현은 "첨두 대 평균 전력비가 0.9"라는 수치이다.
올바르게는 $PAPR = 1.8$이다.
이 값은 평균을 구한 뒤 I축과 Q축을 다시 나누는 식으로 평균 처리를 중복해서 할 때 생기는 오답이다.

④ X
틀린 표현은 "첨두 대 평균 전력비가 9"라는 수치이다.
올바르게는 $PAPR = 1.8$이다.
9는 한 축의 최대 제곱값 3^2만 본 값에 가깝고, 실제 첨두 에너지는 I축과 Q축을 함께 더한 18이어야 한다.

NoteBase

오답 포인트

첨두값을 모서리 점이 아니라 한 축의 최대값으로 착각하거나, 평균을 전체 16개 심볼이 아니라 축 하나 기준으로만 계산하면 오답이 된다.
이 문제의 함정은 진폭 레벨 3을 그대로 쓰는 것이 아니라 전력이므로 반드시 제곱해서 두 축을 더해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

정사각형 QAM의 전력비 문제는 먼저 가장 바깥 모서리 점을 찾아 첨두 에너지를 구하고, 그다음 각 축의 평균 제곱값을 구해 평균 심볼 에너지로 합친 뒤 최대값을 평균값으로 나누면 된다.

암기 포인트

16-QAM ($\pm 1,\ \pm 3$)의 평균 심볼 에너지는 10, 첨두 심볼 에너지는 18이므로 $PAPR = 1.8$이다.

NoteBase

문 16. 300 Hz와 10 kHz인 정현파 신호를 각각 변조 지수 β_1과 β_2로 FM 변조하였을 때, 변조된 신호의 최대 주파수 편이는 60 kHz로 모두 같았다. 이때, $(\beta_1 - \beta_2)$의 절댓값은?

① 200

② 198

③ 196

④ 194

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 FM 변조지수와 최대 주파수 편이의 관계 $\beta = \Delta f / f_m$를 이용해 두 변조지수의 차를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 첫째 신호의 변조 주파수는 $f_{m1} = 300Hz$, 둘째 신호의 변조 주파수는 $f_{m2} = 10kHz$이다.
주어진 값: 두 경우 모두 최대 주파수 편이는 $\Delta f = 60kHz$이다.
구해야 할 값: $|\beta_1 - \beta_2|$이다.
주의할 조건: FM 변조지수는 반송파 주파수가 아니라 변조 주파수 f_m로 나눈 값이다.

사용할 공식

FM 변조지수는 $\beta = \Delta f / f_m$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 두 경우의 최대 주파수 편이 Δf가 같다고 주어졌으므로 각 변조 주파수에 대해 변조지수를 직접 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 첫째 신호의 변조지수는 다음과 같다.
$\beta_1 = \frac{60kHz}{300Hz} = \frac{60000}{300} = 200$
2. 둘째 신호의 변조지수는 다음과 같다.
$\beta_2 = \frac{60kHz}{10kHz} = \frac{60000}{10000} = 6$
3. 두 변조지수의 차의 절댓값은 다음과 같다.
$|\beta_1 - \beta_2| = |200 - 6| = 194$

NoteBase

선지별 해설

① X: 200은 첫째 신호의 변조지수 β_1 자체의 값이다. 문제는 $|\beta_1 - \beta_2|$를 묻고 있으므로 올바르게는 194이다.
② X: 198은 계산 결과와 맞지 않는 값이다. 둘째 신호의 변조지수는 6이므로 올바르게는 $|200 - 6| = 194$이다.
③ X: 196도 계산 결과와 맞지 않는 값이다. 두 변조지수를 정확히 구하면 200과 6이므로 올바르게는 194이다.
④ O: $\beta_1 = 200$, $\beta_2 = 6$이므로 $|\beta_1 - \beta_2| = 194$가 된다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 $\beta_1 = 200$을 구한 뒤 그것을 그대로 정답으로 착각하는 경우이다. 또 $10kHz$를 $10000Hz$로 보지 않거나, 문제의 마지막 요구값이 변조지수 자체가 아니라 두 변조지수의 차의 절댓값이라는 점을 놓치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

FM 계산형 문제는 먼저 공통으로 주어진 Δf와 각 변조 주파수 f_m를 확인한 뒤 $\beta = \Delta f / f_m$로 각 변조지수를 따로 계산한다. 그다음 마지막에 묻는 값이 지수 자체인지, 차인지, 절댓값인지까지 확인하면 된다.

암기 포인트

FM 변조지수는 주파수 편이를 변조 주파수로 나눈 값이므로 같은 Δf에서는 f_m가 작을수록 β가 커진다.

NoteBase

문 17. 디지털 변복조 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 그레이(Gray) 부호를 적용하여 16-QAM 성상도의 각 심벌에 4비트로 구성된 서로 다른 비트열을 할당할 때, 인접한 두 심벌 비트열 간의 해밍 거리는 항상 1이다.

② OQPSK 변조된 신호의 스펙트럼 주엽은 MSK 변조된 신호의 스펙트럼 주엽에 비해 좁다.

③ 2진 신호 전송에서 송신 신호 간의 상관 계수(correlation coefficient) 값은 정합 필터를 이용한 수신기의 수신 오류율에 영향을 주지 않는다.

④ 상승 코사인(raised cosine) 스펙트럼의 롤 오프 율(roll-off factor)이 커질수록 스펙트럼 주엽이 넓어진다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 디지털 변복조의 핵심 성질을 비교하여 그레이 부호, OQPSK와 MSK의 스펙트럼 특성, 2진 신호의 상관계수, 상승 코사인 롤오프율의 의미를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

그레이 부호는 성상도에서 인접 심벌의 비트열이 1비트만 다르게 되도록 배치하여 심벌 오차가 비트 오차로 번질 때 피해를 줄이는 매핑이다. 키워드는 인접 심벌, 해밍 거리 1이다.
OQPSK는 직교 성분을 반 심벌만큼 어긋나게 보낸 QPSK이고, MSK는 연속위상 특성을 갖는 최소 주파수편이 방식이다. 키워드는 OQPSK 주엽이 더 좁고 MSK는 측파대 억제가 더 좋다는 점이다.
2진 신호 검파 성능은 두 신호의 유클리드 거리에 의해 정해지며, 그 거리는 상관계수에 따라 달라진다.
동에너지이면 $d^2 = 2E(1-\rho)$이다.
상승 코사인 스펙트럼은 롤오프율 α로 여유 대역폭을 조절하며, 대역폭은 $B = \frac{1+\alpha}{2T}$로 증가한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
16-QAM에 그레이 부호를 적용하면 가로나 세로로 인접한 성상점의 비트열이 1비트만 다르게 배치된다. 따라서 인접 심벌 사이 해밍 거리를 1로 만드는 설명으로 맞다.

② O
OQPSK는 직사각 펄스 기반 QPSK 계열이라 주엽이 비교적 좁고, MSK는 연속위상과 반정현파형에 가까운 펄스 특성 때문에 측파대는 더 잘 억제되지만 주엽은 더 넓게 나타난다. 따라서 OQPSK의 스펙트럼 주엽이 MSK보다 좁다는 설명은 맞다.

③ X
틀린 부분은 "상관 계수 값은 정합 필터를 이용한 수신기의 수신 오류율에 영향을 주지 않는다"이다.
실제로는 두 송신 신호의 상관계수 ρ가 커질수록 두 신호 간 거리가 줄어들어 검파가 어려워지고 오류확률도 달라진다. 동에너지 2진 신호에서는 $d^2 = 2E(1-\rho)$이므로 ρ는 수신 오류율에 직접 영향을 준다.

④ O
상승 코사인 스펙트럼의 롤오프율 α가 커지면 여유 대역이 늘어나므로 점유 대역폭과 주엽 폭이 함께 넓어진다. 따라서 롤오프율이 커질수록 스펙트럼 주엽이 넓어진다는 설명은 맞다.

오답 포인트

③의 함정은 상관계수를 단순한 파형 유사도 정도로만 보고 오류율과 무관하다고 착각하는 데 있다. 정합필터 수신 성능은 결국 두 신호를 얼마나 멀리 떨어뜨릴 수 있는지에 달려 있으므로, 상관계수가 커져 거리가 줄면 오류확률이 나빠진다는 연결을 놓치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

디지털 변조 선지는 인접 심벌의 비트 차이, 주엽과 측파대의 상대 비교, 신호 간 거리식, 롤오프율에 따른 대역폭 변화를 각각 따로 확인하면 된다. 특히 오류율 관련 선지는 항상 신호 간 거리나 상관계수 식으로 연결해 보면 판단이 빨라진다.

암기 포인트

그레이 부호는 인접 비트 1차이, OQPSK는 주엽이 더 좁음, 상관계수 증가는 거리 감소, 롤오프율 증가는 대역폭 증가이다.

NoteBase

문 18. 다음의 FM 변조된 신호 $s(t)$의 대역폭[Hz]은? (단, 카슨의 법칙(Carson's rule)을 이용한다)

$s(t) = 10\cos[4000\pi t + 3\sin(200\pi t) - 4\cos(200\pi t)]$

① 600
② 1,000
③ 1,200
④ 2,200

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 변조 주파수 성분을 하나의 FM 변조지수로 합성한 뒤 카슨의 법칙으로 대역폭을 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $s(t) = 10\cos[4000\pi t + 3\sin(200\pi t) - 4\cos(200\pi t)]$이다.
반송파 각주파수는 $4000\pi = 2\pi f_c$이므로 $f_c = 2000Hz$이다.
변조 성분의 각주파수는 $200\pi = 2\pi f_m$이므로 $f_m = 100Hz$이다.
$3\sin(200\pi t) - 4\cos(200\pi t)$는 같은 주파수 성분이므로 하나의 사인파로 합성할 수 있다.

사용할 공식

카슨의 법칙은 $B \approx 2(\Delta f + f_m)$이다.
또한 FM에서 최대 주파수 편이는 $\Delta f = \beta f_m$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 괄호 안의 변조항이 모두 같은 f_m를 가지므로 합성한 뒤 단일 정현파 FM과 같은 형태로 볼 수 있기 때문이다.

계산 과정

먼저 변조항을 합성하면 진폭은 $\beta = \sqrt{3^2 + (-4)^2} = 5$이다.
따라서 최대 주파수 편이는 $\Delta f = \beta f_m = 5 \times 100 = 500Hz$이다.
카슨의 법칙을 적용하면 $B \approx 2(\Delta f + f_m) = 2(500 + 100) = 1200Hz$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $600Hz$는 이 신호의 합성 변조지수 5를 반영하지 못한 값이다. 틀린 값은 $600Hz$이고, 올바르게는 $1200Hz$이다.
2번 X: $1000Hz$는 $2\Delta f$만 계산하고 카슨의 법칙의 $+2f_m$를 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 틀린 값은 $1000Hz$이고, 올바르게는 $2(\Delta f + f_m) = 1200Hz$이다.
3번 O: 같은 $100Hz$ 변조 성분 두 개를 합성하면 $\beta = 5$가 되고, $\Delta f = 500Hz$이므로 대역폭은 $1200Hz$가 된다.
4번 X: $2200Hz$는 반송파 주파수 $2000Hz$를 대역폭 계산에 잘못 섞은 값이다. 틀린 값은 $2200Hz$이고, 올바르게는 반송파와 무관하게 $B \approx 2(\Delta f + f_m) = 1200Hz$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 3sin과 -4cos를 서로 다른 변조 주파수로 보거나, 카슨의 법칙에서 $+f_m$ 항을 빼먹는 데 있다. 두 항은 주파수가 같으므로 먼저 벡터합으로 합성해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

FM 대역폭 문제는 먼저 반송파 주파수와 변조 주파수를 분리하고, 같은 변조 주파수 성분은 합성해 β를 구한 뒤, 마지막에 $B \approx 2(\Delta f + f_m)$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

같은 f_m의 $a$sin $+ b$cos는 $\sqrt{a^2 + b^2}$로 합성하고, FM 대역폭은 카슨의 법칙 $2(\Delta f + f_m)$로 정리된다.

NoteBase

문 19. 컨볼루션 부호(convolutional code)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 부호기의 출력은 이전에 입력된 정보 비트의 영향을 받는다.

② 부호기의 출력은 입력 정보 비트와 잉여 비트로 구분된다.

③ 부호기의 동작을 상태 천이도로 표현할 수 있다.

④ 복호 방식으로 비터비(Viterbi) 알고리즘을 사용할 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 컨벌루션 부호의 기억성, 출력 형성 방식, 상태도 표현, 비터비 복호의 연결 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

컨벌루션 부호는 현재 입력 비트와 이전 입력 비트들이 시프트 레지스터에 남긴 상태를 함께 반영하여 연속적으로 출력 비트를 만드는 부호이다.
블록 부호는 한 블록의 정보 비트에 검사 비트를 덧붙여 코드워드를 만들고, 컨벌루션 부호는 상태와 생성다항식에 따라 부호 비트열을 계속 출력한다.
비터비 알고리즘은 상태 전이도를 기준으로 가장 가능성 큰 경로를 찾는 대표적인 컨벌루션 부호 복호 방식이다.

선지별 해설

① O
부호기의 출력은 현재 입력뿐 아니라 이전에 입력된 비트가 남긴 상태의 영향도 받는다. 컨벌루션 부호의 핵심이 기억성이라는 점을 묻는 선지이다.

② X
틀린 부분은 "출력은 입력 정보 비트와 잉여 비트로 구분된다"는 표현이다. 이는 블록 부호나 systematic 부호의 설명에 가까우며, 일반적인 컨벌루션 부호의 출력은 현재 및 과거 입력의 조합으로 생성되는 부호 비트열이다.

③ O
컨벌루션 부호기는 시프트 레지스터의 내용에 따라 상태가 정해지므로, 상태 전이도(state transition diagram)로 동작을 표현할 수 있다.

④ O
컨벌루션 부호의 대표적 최대우도 복호 방법으로 비터비 알고리즘을 사용할 수 있다. 상태 전이 경로 중 가장 가능성 큰 경로를 선택하는 방식이다.

NoteBase

오답 포인트

②는 "정보 비트와 잉여 비트"라는 익숙한 표현으로 블록 부호 개념을 끌어와 혼동하게 만든다. 컨벌루션 부호는 블록 단위로 정보부와 검사부를 나누어 생각하기보다, 기억을 가진 상태기계가 연속적으로 출력 비트를 만든다고 이해해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

부호기의 출력이 과거 입력의 영향을 받는지, 상태도로 표현되는지, 비터비 복호와 연결되는지를 먼저 보면 컨벌루션 부호이다. 반대로 정보 비트와 검사 비트를 한 블록으로 붙여 코드워드를 만든다는 설명이면 블록 부호 쪽 설명일 가능성이 크다.

암기 포인트

컨벌루션 부호는 기억을 가진 연속 부호, 블록 부호는 정보부와 검사부를 묶는 블록 부호이다.

NoteBase

문 20. 이동통신에서 사용하는 다양한 다중 안테나 기술에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수신 안테나 다이버시티(diversity) 기법은 채널 페이딩으로 인한 수신 성능 저하를 완화할 수 있다.

② 기지국에서 빔포밍(beamforming) 기법을 적용하면 특정한 단말기의 수신 신호 세기를 증가시킬 수 있다.

③ 기지국에서 송신 안테나 다이버시티 기법을 적용할 때, 다이버시티 이득은 이웃 안테나 간의 거리에 따른 상호 상관도의 영향을 받는다.

④ 기지국에서 4개의 송신 안테나, 단말기에서 1개의 수신 안테나를 사용하여 공간 다중화(spatial multiplexing) 기법을 적용하면, 다중 안테나 기술을 적용하지 않는 경우에 비해 최대 전송률(peak data rate)을 4배까지 증가시킬 수 있다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 다이버시티, 빔포밍, 공간 다중화의 목적과 성능 한계를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

다이버시티는 서로 상관이 낮은 신호들을 선택하거나 결합하여 페이딩 영향을 줄이는 기법이다. 결정 차이축은 수신 신뢰도 향상이고, 키워드는 페이딩 완화이다.
빔포밍은 여러 안테나의 위상과 크기를 조절해 특정 사용자 방향으로 에너지를 집중하는 기법이다. 결정 차이축은 배열 이득과 지향성이고, 키워드는 신호 세기 증가이다.
공간 다중화는 독립 데이터 스트림을 동시에 전송해 전송률을 높이는 기법이며, 가능한 스트림 수는 $\min(N_t, N_r)$로 제한된다. 결정 차이축은 병렬 스트림 수이고, 키워드는 전송률 증가이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
수신 안테나 다이버시티는 서로 다른 페이딩을 겪는 신호 중 더 좋은 신호를 선택하거나 결합하여 깊은 페이딩의 영향을 줄인다. 채널 페이딩으로 인한 수신 성능 저하를 완화할 수 있다는 설명은 맞다.

② O
빔포밍은 기지국의 여러 송신 안테나 신호를 특정 단말기 방향으로 정렬해 배열 이득을 만든다. 따라서 해당 단말기의 수신 신호 세기를 높일 수 있다는 설명은 맞다.

③ O
송신 다이버시티의 효과는 안테나 간 채널이 얼마나 서로 다르게 보이는지에 달려 있다. 안테나 간 거리가 너무 가까워 상호 상관도가 커지면 다이버시티 이득이 줄어드므로 설명이 맞다.

④ X
틀린 부분은 "4개의 송신 안테나와 1개의 수신 안테나로 공간 다중화를 적용하면 최대 전송률을 4배까지 증가시킬 수 있다"는 표현이다.
공간 다중화에서 동시에 보낼 수 있는 독립 스트림 수는 $\min(N_t, N_r)$개이므로 $N_t = 4, N_r = 1$이면 최대 1개 스트림만 전송할 수 있다.
올바르게는 "기지국 4송신, 단말기 1수신 구성에서는 공간 다중화로 4배 전송률 증가를 얻을 수 없고, 전송률 증가는 수신 안테나 수까지로 제한된다"이다.

오답 포인트

빔포밍과 공간 다중화는 모두 다중 안테나를 쓰지만 목적이 다르다. 빔포밍은 한 사용자 방향으로 에너지를 모아 품질을 높이고, 공간 다중화는 독립 스트림 수를 늘려 전송률을 높인다. ④는 송신 안테나가 4개라는 사실만 보고 스트림 수도 4개라고 오해하게 만드는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

다중 안테나 문제가 나오면 먼저 목적이 페이딩 완화인지, 신호 집중인지, 전송률 증가인지 구분한다. 전송률을 묻는 공간 다중화는 가능한 독립 스트림 수를 $\min(N_t, N_r)$로 바로 확인하면 된다.

암기 포인트

다이버시티는 안정성, 빔포밍은 신호 집중, 공간 다중화는 전송률 증가이다. 공간 다중화의 스트림 수 한계는 $\min(N_t, N_r)$이다.

NoteBase