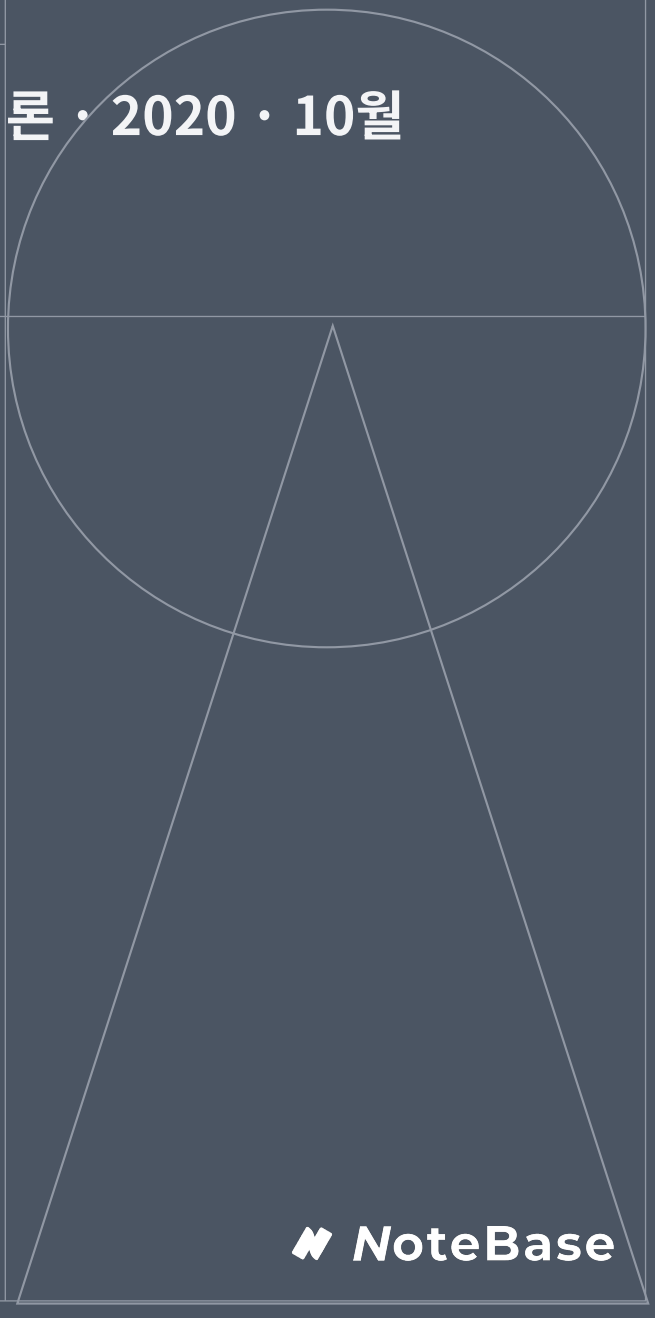
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2020 · 10월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2020 · 10월

공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2020 · 10월

문 1. 선형 시불변 연속 시스템에 해당하지 않는 것은? (단, 보기에서 a는 0보다 큰 상수, $x(t)$는 시스템 입력, $y(t)$는 시스템 출력을 나타냄)

① $y(t) = a \cdot x(t)$

② $y(t) = a^t \cdot x(t)$

③ $y(t) = \frac{d}{dt}x(t)$

④ $y(t) = x(t) + x(t+1)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 연속시간 시스템의 선형성과 시불변성을 구분하여 어떤 연산이 시간의존 계수를 만들어 시변 시스템이 되는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

선형성은 입력의 가감과 상수배가 출력에도 그대로 보존되는 성질이다.
시불변성은 입력을 t_0만큼 이동시키면 출력도 정확히 t_0만큼만 이동하는 성질이다.
판단의 핵심은 식에 시간 t가 계수로 직접 들어가느냐이다. 상수배, 미분, 시간이동의 합은 LTI가 될 수 있지만 시간가변 계수 a^t가 곱해지면 시불변성이 깨진다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $y(t) = ax(t)$는 상수 a를 곱한 형태이므로 선형성을 만족하고, 입력을 지연시키면 출력도 같은 만큼 지연되어 시불변성도 유지된다. 틀린 판단은 이 시스템이 선형 시불변 연속 시스템에 해당하지 않는다고 보는 것이다. 올바르게는 상수배 시스템이므로 LTI 시스템이다.
② O: $y(t) = a^t x(t)$는 입력에 시간의 함수 a^t가 직접 곱해진다. 입력을 $x(t - t_0)$로 바꾸면 출력은 $a^t x(t - t_0)$가 되지만, 원래 출력을 지연한 값은 $a^{t-t_0} x(t - t_0)$이므로 일반적으로 서로 다르다. 따라서 선형성은 있어도 시불변성이 없어서 LTI 시스템이 아니다.
③ X: $y(t) = \frac{d}{dt} x(t)$는 미분 연산자이다. 미분은 가감과 상수배에 대해 선형이고, 입력을 지연시킨 뒤 미분한 결과와 먼저 미분한 뒤 지연시킨 결과가 같으므로 시불변성도 성립한다. 틀린 판단은 미분 시스템이 LTI가 아니라고 보는 것이다. 올바르게는 미분 시스템은 대표적인 LTI 시스템이다.
④ X: $y(t) = x(t) + x(t + 1)$는 현재 입력과 1만큼 앞선 입력의 합이다. 시간선행이 들어가 비인과적일 수는 있지만, 선형성과 시불변성 자체는 유지된다. 틀린 판단은 시간선행이 있으므로 LTI가 아니라고 보는 것이다. 올바르게는 비인과적일 뿐 LTI 시스템에는 해당한다.

오답 포인트

④의 $x(t + 1)$을 보고 시간이동이 들어갔으니 시변이라고 오해하기 쉽다. 그러나 시간이동 자체는 시불변성을 깨지 않으며, 시간 t가 계수로 직접 나타나는지 여부가 더 중요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 선형성은 상수배와 가감이 보존되는지로 본다. 그다음 식의 계수나 구조에 t가 직접 들어가는지 확인한다. t가 계수로 직접 붙으면 시변일 가능성이 크고, 상수배·미분·고정된 시간이동의 합이면 LTI로 판단할 수 있다.

암기 포인트

상수배·미분·고정 시간이동 합은 LTI, 시간가변 계수 t나 a^t가 직접 곱해지면 시변이다.

문 2. 확률 p로 값 1을 가지고 확률 $1-p$로 값 0을 가지는 이진 확률 변수의 정보량(binary entropy function)에 대한 다음 설명 중 가장 옳지 않은 것은? (단, p는 0보다 크거나 같고, 1보다 작거나 같은 실수)

① 해당 정보량은 p에 대한 오목 함수(concave function)이다.

② 해당 정보량은 $p = 0.5$일 때 최댓값을 가진다.

③ 해당 정보량은 $p = 0$일 때 최솟값을 가진다.

④ 해당 정보량은 확률 $1-p$로 값 0, 확률 $p/2$로 값 1, 확률 $p/2$로 값 2를 가지는 삼진 확률 변수의 정보량보다 항상 크거나 같다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이진 엔트로피 함수의 기본 성질과, 확률 질량을 둘로 분할했을 때 엔트로피가 어떻게 변하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

이진 엔트로피 $H_b(p)$: 확률 p와 $1-p$로 두 값을 가지는 확률변수의 정보량 평균으로,
$H_b(p) = -p\log_2 p - (1-p)\log_2(1-p)$이다.
삼진 분할 엔트로피: 확률 p를 $p/2$, $p/2$로 둘로 나누면 엔트로피는 $-(1-p)\log_2(1-p) - \frac{p}{2}\log_2\frac{p}{2} - \frac{p}{2}\log_2\frac{p}{2}$가 되고, 정리하면 $H_b(p) + p$이다.
핵심 비교축은 확률 질량을 더 잘게 나누면 불확실성이 증가한다는 점이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 O
해당 정보량은 p에 대한 오목 함수이다. 이진 엔트로피의 2차 미분은 음수가 되어 가운데에서 봉우리가 있고 양 끝에서 작아지는 형태를 가진다.

2번 O
이진 엔트로피는 $p = 0.5$에서 최대값을 가진다. 두 값이 가장 균등할 때 불확실성이 가장 커지기 때문이다.

3번 O
이진 엔트로피는 $p = 0$일 때 최솟값을 가진다. 이때 값은 0이고, $p = 1$에서도 동일하게 0이므로 양 끝점에서 최소가 된다.

4번 X
틀린 부분은 "삼진 확률 변수의 정보량보다 항상 크거나 같다"는 표현이다. 확률이 $(1 - p, p/2, p/2)$인 삼진 변수의 엔트로피는 $H_b(p) + p$가 되므로, $0 \le p \le 1$에서 항상 $H_b(p) \le H_b(p) + p$이다. 올바르게는 "해당 정보량은 그 삼진 확률 변수의 정보량보다 항상 작거나 같다"이다.

오답 포인트

4번은 확률 p를 두 조각으로 나누면 항이 하나 더 생긴다는 점을 놓치면 속기 쉽다. $p/2$와 $p/2$가 생기면 불확실성이 줄어드는 것이 아니라 오히려 p비트만큼 증가한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

엔트로피 비교 문제에서는 먼저 분포가 더 균등해지는지, 상태 수가 늘어나는지를 본다. 기존 확률 질량을 여러 상태로 분할한 경우에는 엔트로피가 감소하지 않는다는 기준으로 선지를 판단할 수 있다.

암기 포인트

이진 엔트로피는 $p = 0.5$에서 최대, $p = 0$과 $p = 1$에서 최소이며, 확률 질량 분할은 엔트로피를 증가시킨다.

NoteBase

문 3. 송신파워 P[W], 주파수 대역 W[Hz], 잡음 전력 스펙트럼 밀도 $\frac{N_0}{2}$[W/Hz]인 가우시안 채널을 시간 T[s] 동안 사용하여 보낼 수 있는 정보량[bits]에 해당하는 것은?

① $\frac{1}{2}\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$
② $\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$
③ $W\log_2\left(1+\frac{P}{N_0}\right)$
④ $WT\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 가우시안 채널의 채널용량 공식을 이용해 시간 T 동안 전송 가능한 총 정보량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 송신파워 P, 주파수 대역 $W[Hz]$, 잡음 전력 스펙트럼 밀도 $\frac{N_0}{2}[W/Hz]$, 전송 시간 $T[s]$이다.
구해야 할 값은 시간 T 동안 보낼 수 있는 정보량 $[bits]$이다.
주의할 조건은 $\frac{N_0}{2}$가 양측 잡음 전력 스펙트럼 밀도이므로 대역폭 W에서의 총 잡음전력은 N_0W가 된다는 점이다.

사용할 공식

가우시안 채널의 채널용량은
$C = W\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$
이다.
따라서 시간 T 동안의 총 정보량은
$I = CT = WT\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 송신파워, 대역폭, 잡음 스펙트럼 밀도가 모두 주어졌고, 가우시안 채널에서 보낼 수 있는 최대 정보량을 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

1. 양측 잡음 전력 스펙트럼 밀도가 $\frac{N_0}{2}$이면 대역폭 W에서의 총 잡음전력은 $N = N_0W$이다.
2. 따라서 수신 SNR은 $\frac{P}{N_0W}$이다.
3. 채널용량은 $C = W\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$이고, 시간 T 동안의 정보량은 여기에 T를 곱한 $WT\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $\frac{1}{2}\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$는 대역폭 W와 시간 T가 빠져 있어 정보량 [$bits$]가 될 수 없다. 또한 앞의 $\frac{1}{2}$는 $\frac{N_0}{2}$를 총 잡음전력으로 잘못 옮긴 혼동에서 나온 형태이다. 올바르게는 $WT\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$이다.

② X
- $\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$는 SNR에 대한 로그항만 남긴 형태로, 시간 T 동안의 총 정보량이 아니라 대역당 효율에 해당하는 부분만 적은 것이다. 대역폭 W와 시간 T를 곱해야 한다. 올바르게는 $WT\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$이다.

③ X
- $W\log_2\left(1+\frac{P}{N_0}\right)$는 잡음전력을 N_0로 잘못 둔 식이다. N_0는 스펙트럼 밀도 계수이지 대역 W에서의 총 잡음전력이 아니다. 총 잡음전력은 N_0W이므로 SNR은 $\frac{P}{N_0W}$이어야 하고, 총 정보량을 위해 시간 T도 필요하다. 올바르게는 $WT\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$이다.

④ O
- 채널용량 $C=W\log_2\left(1+\frac{P}{N_0W}\right)$에 전송 시간 T를 곱한 식이므로 시간 T 동안 보낼 수 있는 정보량과 정확히 일치한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $\frac{N_0}{2}$를 그대로 총 잡음전력으로 착각하는 점과, 채널용량 [$bits/s$]과 총 정보량 [$bits$]을 구분하지 않는 점이다. ②는 W와 T를 빠뜨린 함정이고, ③은 N_0W 대신 N_0를 넣은 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

가우시안 채널 문제는 먼저 잡음전력 스펙트럼 밀도에서 총 잡음전력 N을 구하고, 다음에 $C=W\log_2(1+S/N)$로 용량을 구한 뒤, 시간이 주어지면 마지막에 T를 곱해 총 정보량으로 바꾸는 순서로 판단한다.

암기 포인트

양측 PSD가 $\frac{N_0}{2}$이면 대역 W의 잡음전력은 N_0W이고, 정보량은 $C\times T$이다.

NoteBase

문 4. 통신 채널을 통해 심볼 0을 전송하였을 때 0을 수신할 확률이 $1-p$이고, 1을 수신할 확률이 p이다. 심볼 2를 전송하였을 때 2를 수신할 확률이 $1-q$이고, 1을 수신할 확률이 q이다. 심볼 0과 심볼 2를 각각 0.5의 확률로 전송하였을 때, 심볼 1을 수신할 확률은?

① $0.5(2-p-q)$

② $0.5(p+q)$

③ $p+q$

④ $2-p-q$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전체확률법칙을 이용해 두 송신 심볼이 각각 0.5의 사전확률로 주어질 때 심볼 1의 수신확률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 심볼 0 전송 시 심볼 1 수신확률은 p이다.
- 심볼 2 전송 시 심볼 1 수신확률은 q이다.
- 심볼 0과 심볼 2의 전송확률은 각각 0.5이다.

구해야 할 값:
- 전체적으로 심볼 1을 수신할 확률

주의할 조건:
- 조건부확률 $P(1|0)=p$, $P(1|2)=q$에 사전확률 0.5를 각각 곱한 뒤 더해야 한다.

사용할 공식

전체확률법칙은 $P(1)=P(1|0)P(0)+P(1|2)P(2)$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
심볼 1은 심볼 0을 보냈을 때도 나올 수 있고 심볼 2를 보냈을 때도 나올 수 있으므로, 각 경우의 조건부확률에 해당 송신확률을 곱해 합산해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 심볼 0을 보냈을 때 심볼 1을 받을 확률 contribution은 $0.5 \times p$이다.
2. 심볼 2를 보냈을 때 심볼 1을 받을 확률 contribution은 $0.5 \times q$이다.
3. 두 경우를 더하면

$P(1) = 0.5p + 0.5q = 0.5(p + q)$

이므로 전체 수신확률은 $0.5(p + q)$이다.

선지별 해설

① X

- $0.5(2 - p - q) = 1 - 0.5(p + q)$는 심볼 1을 수신할 확률이 아니라 그 여사건에 해당하는 형태이다.
- 틀린 표현은 "심볼 1을 수신할 확률"을 $0.5(2 - p - q)$로 둔 점이다. 올바르게는 $P(1) = 0.5(p + q)$이다.

② O

- 전체확률법칙으로 계산하면 $P(1) = 0.5p + 0.5q = 0.5(p + q)$이므로 맞는 선지이다.
- 심볼 0과 심볼 2의 전송확률이 각각 0.5라는 조건이 정확히 반영되어 있다.

③ X

- $p + q$는 각 조건부확률을 단순 합산한 값으로, 송신확률 0.5와 0.5를 반영하지 않았다.
- 틀린 표현은 "전체 확률"을 $p + q$로 본 점이다. 올바르게는 각 항에 사전확률을 곱한 $0.5p + 0.5q$이다.

④ X

- $2 - p - q$는 ①의 값에서 0.5마저 빠진 형태로 확률식으로도 부적절하다. $p + q < 1$이면 1을 넘을 수 있어 확률이 될 수 없다.
- 틀린 표현은 "수신확률"을 $2 - p - q$로 둔 점이다. 올바르게는 $0.5(p + q)$이며, 보수확률을 쓰더라도 가중치가 먼저 반영되어야 한다.

오답 포인트

조건부확률 p, q만 보고 바로 더하면 ③처럼 된다. 또한 보수확률 형태를 잘못 끌어오면 ①, ④처럼 된다. 이 문항의 함정은 "각각 0.5의 확률로 전송"이라는 사전확률 조건을 빼먹게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

여러 송신 심볼이 각기 다른 조건부확률로 같은 결과를 만들면 먼저 "어떤 경우들이 그 결과를 만드는가"를 나누고, 각 경우에 조건부확률과 사전확률을 곱한 뒤 합산하면 된다. 즉 전체확률법칙으로 판단하면 된다.

암기 포인트

조건부확률의 단순합이 아니라 사전확률 × 조건부확률의 합이 전체확률이다.

NoteBase

문 5. CDMA에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 협대역 시스템에 비하여 SINR 성능이 우수하다.

② 망 가장자리에 위치한 사용자가 다수의 기지국으로부터 신호를 전달받는 소프트 핸드오프가 가능하다.

③ 각 사용자가 겹치는 시간 영역을 사용한다.

④ 각 사용자가 겹치는 주파수 대역을 사용한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 CDMA가 시간·주파수 자원을 어떻게 공유하는지와 소프트 핸드오프, 간섭 특성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

CDMA: 각 사용자가 같은 시간과 같은 주파수 대역을 함께 쓰되 서로 다른 확산코드로 구분하는 다중접속 방식이다. 결정 차이축: 사용자 구분 기준은 시간이나 주파수 분할이 아니라 코드 분할이다. 키워드: 확산대역, 동일 시간, 동일 주파수, 코드 분리.
협대역 시스템: 비교적 좁은 대역폭을 쓰며 사용자 분리는 주파수 분할이나 시간 분할에 의존하는 경우가 많다. 결정 차이축: 대역을 나눠 간섭을 줄인다. 키워드: 좁은 대역, 자원 분할.
소프트 핸드오프: 단말이 둘 이상의 기지국과 동시에 연결된 상태에서 신호를 넘겨받는 방식이다. 키워드: 망 가장자리, 다중 기지국, 동시 연결.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '협대역 시스템에 비하여 SINR 성능이 우수하다'는 표현이다. CDMA는 확산이득으로 협대역 간섭에 강할 수는 있지만, 같은 대역을 여러 사용자가 함께 써서 다중접속간섭이 생기므로 협대역 시스템보다 SINR이 본질적으로 우수하다고 일반화할 수는 없다. 올바르게는 'CDMA는 확산코드를 이용해 동일 시간·동일 주파수 대역을 여러 사용자가 공유하며, 성능 확보는 전력제어와 간섭 관리에 크게 의존한다'이다.
② O: CDMA는 인접 기지국도 같은 주파수 대역을 재사용하므로 셀 경계의 사용자가 둘 이상의 기지국 신호를 동시에 받아 소프트 핸드오프를 수행할 수 있다.
③ O: CDMA에서는 사용자들이 시간을 따로 나누지 않고 같은 시간 구간에 겹쳐 전송한다. 구분 기준은 시간 슬롯이 아니라 코드이다.
④ O: CDMA에서는 사용자들이 같은 주파수 대역을 함께 사용한다. 구분 기준은 주파수 분할이 아니라 서로 다른 확산코드이다.

오답 포인트

TDMA·FDMA와 CDMA를 섞어 보면 '시간도 겹치고 주파수도 겹친다'는 문장이 낯설어 ③, ④를 틀리기 쉽다. 이 문항의 함정은 CDMA의 장점을 막연히 '성능이 더 좋다'로 받아들여 ①을 옳다고 착각하는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

다중접속 방식을 보면 먼저 사용자를 무엇으로 구분하는지부터 본다. 시간이면 TDMA, 주파수면 FDMA, 코드면 CDMA이다. 같은 시간과 같은 주파수를 쓰면서도 코드로 분리한다면 CDMA이고, 소프트 핸드오프 가능성도 함께 떠올릴 수 있다.

암기 포인트

CDMA는 시간과 주파수를 함께 쓰고 코드를 나눠 쓴다. TDMA는 시간을 나누고, FDMA는 주파수를 나눈다.

NoteBase

문 6. 송신 안테나가 12개, 수신 안테나가 2개인 다중 안테나 시스템에서 얻을 수 있는 최대 공간다중화 이득은?

① 2

② 12

③ 14

④ 24

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 다중 안테나 시스템의 최대 공간다중화 이득을 $\min(N_t, N_r)$로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 송신 안테나 수 $N_t = 12$, 수신 안테나 수 $N_r = 2$이다.
구해야 할 값: 최대 공간다중화 이득이다.
주의할 조건: 공간다중화 이득은 송신 안테나 수와 수신 안테나 수 중 작은 값으로 결정된다.

사용할 공식

최대 공간다중화 이득은 $r = \min(N_t, N_r)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 동시에 독립적으로 보낼 수 있는 데이터 스트림 수는 송신단과 수신단이 모두 감당할 수 있는 개수까지만 가능하므로 두 안테나 수 중 작은 값이 한계가 된다.

계산 과정

1. 송신 안테나 수와 수신 안테나 수를 확인하면 각각 12와 2이다.
2. 공간다중화 이득 공식에 대입하면 $r = \min(12, 2)$이다.
3. 작은 값은 2이므로 최대 공간다중화 이득은 2이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 2이므로 맞는 선지이다.
최대 공간다중화 이득은 $\min(12, 2) = 2$이다.

② X: 12는 송신 안테나 수일 뿐 최대 공간다중화 이득이 아니다.
틀린 표현은 정답값을 12로 본 점이다. 올바르게는 수신 안테나가 2개이므로 최대 공간다중화 이득은 2이다.

③ X: 14는 12 + 2처럼 안테나 수를 단순 합산한 값으로 보이지만 공간다중화 이득은 합으로 구하지 않는다.
틀린 표현은 정답값을 14로 본 점이다. 올바르게는 두 안테나 수 중 작은 값인 2가 최대 공간다중화 이득이다.

④ X: 24는 12 × 2처럼 곱셈으로 나온 값으로 보이지만 공간다중화 이득은 안테나 조합 수가 아니라 독립 스트림의 최대 개수이다.
틀린 표현은 정답값을 24로 본 점이다. 올바르게는 $\min(12, 2) = 2$이다.

오답 포인트

송신 안테나가 많으면 이득도 그대로 커진다고 오해하기 쉽다. 이 문항의 함정은 12, 14, 24처럼 눈에 띄는 수를 고르게 만드는 데 있고, 실제 기준은 곱이나 합이 아니라 작은 안테나 수라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

MIMO에서 최대 공간다중화 이득을 묻는 문항은 먼저 송신 안테나 수와 수신 안테나 수를 적고, 그다음 $\min(N_t, N_r)$를 적용해 작은 값을 바로 고르면 된다.

암기 포인트

공간다중화 이득은 많다고 되는 값이 아니라 (송신, 수신)이다.

NoteBase

문 7. FSK에서 <보기>와 같은 직교 신호파형(즉, $s_m(t)$들이 서로 다른 m에 대해 직교)을 만들고자 할 때, 주파수간격 Δf의 최소값으로 가장 옳은 것은? (E는 신호에너지, f_c는 반송주파수, $\mathrm{Re}[x]$는 복소수 x의 실수부분)

<보기>

- $s_m(t) = \mathrm{Re}\left[s_{ml}(t)e^{j2\pi f_c t}\right],\ 1 \le m \le M,\ 0 \le t \le T$
- $s_{ml}(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}}e^{j2\pi m\Delta f t},\ 1 \le m \le M,\ 0 \le t \le T$

① $\frac{1}{2T}$

② $\frac{1}{T}$

③ $\frac{2}{T}$

④ $\frac{4}{T}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 실수 통과대역 FSK 신호의 직교조건을 이용해 최소 주파수 간격 Δf를 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 복소포락선은 $s_{ml}(t) = \sqrt{2E/T}e^{j2\pi m\Delta f t}$이다.
실제 전송 신호는 $s_m(t) = \mathrm{Re}[s_{ml}(t)e^{j2\pi f_c t}]$이므로, 직교조건은 복소포락선이 아니라 실수 통과대역 신호 $s_m(t)$들 사이에서 확인해야 한다.
구해야 할 값은 서로 다른 m에 대해 $s_m(t)$가 직교하도록 만드는 최소 Δf이다.

사용할 공식

서로 다른 $m \neq n$에 대해 직교조건은 $\int_0^T s_m(t)s_n(t)dt = 0$이다.
코사인 곱 적분을 쓰면
$\int_0^T s_m(t)s_n(t)dt = \frac{E}{T}\int_0^T \{\cos[2\pi(m-n)\Delta f t] + \cos[2\pi(2f_c + (m+n)\Delta f)t]\}dt$
가 된다.
이 식에서 최소 간격을 결정하는 핵심은 차주파수 항 $\cos[2\pi(m-n)\Delta f t]$가 0이 되도록 만드는 조건이다.

NoteBase

계산 과정

직교가 되려면 차주파수 항의 적분이 0이어야 하므로 $\sin[2\pi(m-n)\Delta fT]=0$이어야 한다.
따라서 $(m-n)\Delta fT=k/2$이고, 여기서 k는 0이 아닌 정수이다.
최소 간격은 인접한 두 톤을 기준으로 $|m-n|=1$일 때의 첫 번째 해이므로 $k=1$을 대입한다.
결국 $\Delta f=1/(2T)$가 되고, 이것이 직교를 만드는 최소 주파수 간격이다.

선지 판단

1번: O. $\Delta f=1/(2T)$이면 인접 톤에 대해 $(m-n)\Delta fT=1/2$가 되어 직교조건을 만족하면서 간격이 가장 작다.
2번: X. $\Delta f=1/T$도 직교조건을 만족할 수는 있지만 최소값은 아니다. 틀린 표현은 최소값이라는 판단이고, 올바르게는 최소 간격이 $1/(2T)$이다.
3번: X. $\Delta f=2/T$는 $1/(2T)$의 4배이므로 불필요하게 큰 간격이다. 올바르게는 직교를 만드는 최소 간격이 $1/(2T)$이다.
4번: X. $\Delta f=4/T$도 직교는 가능하지만 최소 조건과는 더 멀다. 올바르게는 최소 간격이 $1/(2T)$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 $\mathrm{Re}[\cdot]$를 무시하고 복소포락선 $e^{j2\pi m\Delta ft}$끼리만 직교시켜 $\Delta f=1/T$를 고르는 것이다. 이 문제는 실수 통과대역 신호 $s_m(t)$의 직교를 묻기 때문에 최소 간격이 한 단계 더 작은 $1/(2T)$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

FSK 간격 문제는 먼저 직교 대상이 실수 통과대역 신호인지 복소 저역통과 신호인지 구분한다. 실수 통과대역 직교이면 인접 톤에 대해 $(m-n)\Delta fT=1/2$의 첫 해를 쓰고, 복소포락선 직교이면 $(m-n)\Delta fT=1$의 첫 해를 쓴다.

암기 포인트

실수 통과대역 직교 FSK의 최소 간격은 $1/(2T)$이고, 복소포락선 직교를 그대로 쓰면 $1/T$가 되어 한 단계 크게 잡히게 된다.

NoteBase

문 8. 아날로그 변조 방식에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① FM은 AM과 비교하여 잡음에 대해 더 강인한 특성을 지닌다.

② SSB-SC는 전송대역폭과 신호대역폭이 동일하여 대역폭을 효율적으로 사용하게 된다.

③ DSB-SC/SSB-SC보다 DSB-TC 수신기가 간단하다.

④ DSB-SC/SSB-SC보다 DSB-TC가 전력 효율성이 좋은 편이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 FM, SSB-SC, DSB-SC, DSB-TC의 잡음 내성, 대역폭 효율, 수신기 복잡도, 전력 효율을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

FM: 반송파의 주파수를 정보 신호에 따라 변화시키는 방식으로, 진폭성 잡음의 영향을 줄일 수 있어 AM보다 잡음에 강하다.
SSB-SC: 한쪽 측파대만 보내고 반송파는 보내지 않는 방식으로, 전송대역폭이 신호대역폭과 같고 전력 효율도 높다.
DSB-SC: 양쪽 측파대를 보내고 반송파는 보내지 않는 방식으로, DSB-TC보다 전력 효율은 좋지만 동기 검파가 필요하다.
DSB-TC: 반송파와 양쪽 측파대를 함께 보내는 일반 AM 방식으로, 포락선 검파가 가능해 수신기는 간단하지만 반송파 전력 때문에 전력 효율은 낮다.

NoteBase

선지별 해설

① O
FM은 정보가 주파수 편이에 실리므로 진폭성 잡음의 영향을 제한기와 판별기에서 크게 줄일 수 있다. 따라서 AM보다 잡음에 강하다는 설명은 옳다.
② O
SSB-SC는 한쪽 측파대만 전송하므로 전송대역폭이 원 신호대역폭과 동일하다. 따라서 대역폭 효율이 높다는 설명은 옳다.
③ O
DSB-TC는 큰 반송파를 함께 보내므로 포락선 검파가 가능하다. 반송파가 없는 DSB-SC와 SSB-SC는 동기 검파가 필요하므로 DSB-TC 수신기가 더 간단하다는 설명은 옳다.
④ X
틀린 부분은 'DSB-SC/SSB-SC보다 DSB-TC가 전력 효율성이 좋은 편이다'라는 표현이다. 실제로는 반송파에 전력을 따로 쓰는 DSB-TC가 전력 효율이 낮고, 반송파를 억압하는 DSB-SC와 SSB-SC가 더 효율적이다. 특히 SSB-SC가 가장 유리하다.

오답 포인트

DSB-TC는 수신기가 간단하다는 장점 때문에 성능 전반이 더 좋다고 착각하기 쉽다. 그러나 수신기 단순성과 전력 효율은 다른 기준이며, 반송파를 함께 보내는 순간 전력 효율은 오히려 나빠진다.

다시 나오면 이렇게 판단

변조 방식 비교 문제에서는 먼저 반송파를 보내는지와 측파대를 몇 개 보내는지를 본다. 반송파를 보내면 수신은 쉬워지고 전력 효율은 나빠지며, 한쪽 측파대만 보내면 대역폭 효율이 가장 좋아진다. FM은 진폭 잡음에 강하다는 점으로 AM과 구분한다.

암기 포인트

반송파를 보내면 수신은 쉽고 전력은 손해이며, 한쪽 측파대만 보내면 대역폭과 전력이 유리하다.

NoteBase

문 9. 신호 s_1 또는 s_2가 AWGN 채널을 거쳐 수신 신호 $y = s_m + n$, $m = 1, 2$가 된다. $s_1 = -s_2 (s_1 > 0)$이라 가정할 때, 수신단에서는 $y > \alpha (\alpha \geq 0)$이면, s_1이 송신되었다고 판단하고, $y \leq \alpha$면 s_2가 송신되었다고 판단한다. 이때 <보기>의 에러확률을 최소화하기 위해 α가 만족해야하는 식으로 가장 옳은 것은? (단, n은 평균 0, 분산은 σ^2인 가우시안 확률 변수, $P(s_m)$은 신호 s_m이 송신될 확률, $f(y \mid s_m)$은 신호 s_m이 송신되었을 때 조건부 확률밀도함수)

$$P(s_1)\int_{-\infty}^{\alpha} f(y \mid s_1)dy + P(s_2)\int_{\alpha}^{\infty} f(y \mid s_2)dy$$

① $P(s_2)f(\alpha \mid s_1) - P(s_1)f(\alpha \mid s_2) = 0$

② $P(s_1)f(\alpha \mid s_1) - P(s_2)f(\alpha \mid s_2) = 0$

③ $P(s_1)f(\alpha \mid s_1) - P(s_2)f(\alpha \mid s_2) > 0$

④ $P(s_2)f(\alpha \mid s_1) - P(s_1)f(\alpha \mid s_2) > 0$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 평균 오류확률 $P_e(\alpha)$를 임계값 α에 대해 미분하여 최적 판정 경계가 만족해야 하는 조건을 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수신 신호는 $y = s_m + n$이고, n은 평균 0, 분산 σ^2인 가우시안 잡음이다.
구해야 할 값: 오류확률을 최소화하는 α의 필요조건이다.
주의할 조건: 보기의 식 자체가 오류확률 $P_e(\alpha)$이므로, 최솟값 조건은 이 식을 α로 미분해 0으로 두어야 한다.

사용할 공식

사용할 원리는 가변 상한·하한을 가진 적분의 미분이다.
$\frac{d}{d\alpha}\int_{-\infty}^{\alpha} f(y \mid s_1)dy = f(\alpha \mid s_1), \qquad \frac{d}{d\alpha}\int_{\alpha}^{\infty} f(y \mid s_2)dy = -f(\alpha \mid s_2)$
이 공식을 쓰는 이유: 오류확률이 α를 적분 한계로 갖는 두 확률의 합으로 주어졌기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 보기의 오류확률을
$P_e(\alpha) = P(s_1)\int_{-\infty}^{\alpha} f(y \mid s_1)dy + P(s_2)\int_{\alpha}^{\infty} f(y \mid s_2)dy$
로 둔다.
2. 이를 α로 미분하면
$\frac{dP_e}{d\alpha} = P(s_1)f(\alpha \mid s_1) - P(s_2)f(\alpha \mid s_2)$
가 된다.
3. 오류확률이 최소가 되는 내부 최적점에서는 1차 미분값이 0이어야 하므로
$P(s_1)f(\alpha \mid s_1) - P(s_2)f(\alpha \mid s_2) = 0$
를 만족해야 한다.

선지 판단

1번: X. $P(s_2)f(\alpha \mid s_1) - P(s_1)f(\alpha \mid s_2) = 0$은 미분 결과에서 사전확률 계수가 서로 뒤바뀌었다. 첫 번째 적분은 $P(s_1)$, 두 번째 적분은 $P(s_2)$가 그대로 곱해진 채 미분되어야 한다. 틀린 표현은 사전확률의 위치 바꿈이고, 올바르게는 $P(s_1)f(\alpha \mid s_1) - P(s_2)f(\alpha \mid s_2) = 0$이다.
2번: O. 오류확률 식을 α로 미분하면 정확히 $P(s_1)f(\alpha \mid s_1) - P(s_2)f(\alpha \mid s_2)$가 나오고, 최솟값 조건은 이를 0으로 두는 것이다.
3번: X. $P(s_1)f(\alpha \mid s_1) - P(s_2)f(\alpha \mid s_2) > 0$이면 그 지점에서 오류확률이 α에 대해 증가하는 방향이라는 뜻일 뿐 최솟값 조건이 아니다. 틀린 표현은 부등호이고, 올바르게는 최적점에서 등호 0이 되어야 한다.
4번: X. 사전확률 위치도 뒤바뀌었고 부등호도 잘못되었다. 틀린 표현은 $P(s_2)$와 $P(s_1)$의 배치 및 > 0 조건이고, 올바르게는 $P(s_1)f(\alpha \mid s_1) - P(s_2)f(\alpha \mid s_2) = 0$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 적분을 미분할 때 상한 적분은 $+f(\alpha)$, 하한 적분은 $-f(\alpha)$가 된다는 점과, 각 항 앞의 사전확률 $P(s_1)$, $P(s_2)$를 바꾸지 않아야 한다는 점이다. 부호와 계수를 한 번에 섞으면 1번이나 4번으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

판정 임계값 최적화 문제는 먼저 오류확률을 α의 함수로 쓴 뒤, 적분 한계가 α인 항을 미분하여 $\frac{dP_e}{d\alpha} = 0$ 형태를 만든다. 적분 앞의 사전확률은 그대로 두고, 상한 적분은 플러스, 하한 적분은 마이너스로 처리하면 된다.

암기 포인트

최적 임계값은 오류확률을 α로 미분해 0이 되는 지점이며, 형태는 $P(s_1)f(\alpha \mid s_1) = P(s_2)f(\alpha \mid s_2)$이다.

NoteBase

문 10. 신호의 세기가 1[km]당 3[dB]씩 일정하게 줄어든다. 1[W]의 전력으로 송신했을 때, 수신 신호의 세기가 1[mW]였다면, 송신기와 수신기 사이의 거리[km]는?

① 9

② 10

③ 30

④ 90

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전력비를 dB로 바꾼 뒤 1km당 3 dB 감쇠 조건으로 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 송신전력 1 W, 수신전력 1 mW, 감쇠율 1km당 3 dB이다.
구해야 할 값은 송신기와 수신기 사이의 거리이다.
주의할 조건은 전력비를 dB로 환산할 때 $10\log_{10}$을 써야 한다는 점이다.

사용할 공식

전력 감쇠량은 $L = 10\log_{10}(P_t/P_r)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 송신전력과 수신전력의 비가 주어졌고, 감쇠가 dB/km로 제시되어 있어 전체 감쇠량을 먼저 dB로 바꿔야 거리로 연결할 수 있기 때문이다.

계산 과정

송신전력은 1 W이고 수신전력은 1 mW이므로 $P_t/P_r = 1/0.001 = 1000$이다.
따라서 전체 감쇠량은 $10\log_{10}(1000) = 10 \times 3 = 30dB$이다.
감쇠가 1km당 3 dB이므로 거리는 $30/3 = 10km$이다.

선지 판단

1번 X: 9km이면 총 감쇠량이 27 dB에 불과하므로 수신전력이 1 mW가 되지 않는다. 틀린 표현은 거리값 9이고, 올바르게는 10km이다.
2번 O: 전체 감쇠량 30 dB를 1km당 3 dB로 나누면 10km가 되므로 정답이다.
3번 X: 30km는 30 dB를 거리로 오인하고 그대로 km로 적은 값이다. 틀린 표현은 30km이고, 올바르게는 30 dB를 3 dB/km로 나눈 10km이다.
4번 X: 90km는 30 dB와 3 dB를 나누지 않고 곱한 값에 해당한다. 틀린 표현은 90km이고, 올바르게는 감쇠량을 감쇠율로 나누어 10km로 계산한다.

NoteBase

오답 포인트

전력비를 dB로 바꿀 때 $10\log_{10}$ 대신 단순 비율 1000을 그대로 쓰거나, 구한 30 dB를 거리와 같은 단위로 착각하면 틀린다. 30 dB는 전체 손실량이고, 거리는 이를 3 dB/km로 나눈 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

감쇠율이 dB/km로 주어지면 먼저 송수신 전력비를 전체 감쇠량 dB로 바꾸고, 그다음 전체 감쇠량을 km당 감쇠량으로 나누어 거리를 판단한다.

암기 포인트

전력비는 $10\log_{10}$, 거리는 총감쇠량을 km당 감쇠량으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 11. 최소 거리 $d_{\min}$을 갖는 선형 블록 부호에서 "오류 정정" 해밍 구(Hamming Sphere) 반경 e_c와 "오류 검출" 해밍 구(Hamming Sphere) 반경 e_d에 대한 설명 중 가장 옳은 것은? (단, "오류 정정" 해밍 구는 해밍거리 상에 정의되는 임의의 부호어를 중심으로 한 구로, 그 구 안에서 발생한 오류는 모두 정정 가능함. "오류 검출" 해밍 구도 유사하게 정의됨)

① 두 값 e_c, e_d는 같다.

② e_d는 $\frac{d_{\min}-1}{2}$보다 클 수 없다.

③ e_c는 $\frac{d_{\min}-1}{2}$보다 작거나 같다.

④ e_c는 e_d보다 항상 크거나 같다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 최소 해밍거리 $d_{\min}$를 갖는 선형 블록 부호에서 오류 정정 가능 반경 e_c와 오류 검출 가능 반경 e_d의 정의와 크기 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

오류 정정 반경 e_c는 수신 벡터가 어떤 부호어에서 해밍거리 e_c 이내에 있을 때 그 부호어로 유일하게 복원할 수 있는 최대 반경이다. 따라서 $e_c = \left\lfloor \frac{d_{\min}-1}{2} \right\rfloor$이다.
오류 검출 반경 e_d는 전송된 부호어에서 e_d개 이하의 오류가 나면 다른 유효 부호어로 바뀌지 않아 오류 존재를 검출할 수 있는 최대 반경이다. 따라서 $e_d = d_{\min} - 1$이다.
즉 정정은 구들이 겹치지 않아야 하므로 반경이 더 작고, 검출은 다른 부호어로만 바뀌지 않으면 되므로 반경이 더 크다.

선지별 해설

① X: 두 값 e_c, e_d는 일반적으로 같지 않다. 오류 정정은 $e_c = \left\lfloor \frac{d_{\min}-1}{2} \right\rfloor$, 오류 검출은 $e_d = d_{\min} - 1$이므로 보통 e_d가 더 크다. 틀린 표현은 "같다"이고, 올바르게는 "일반적으로 $e_c \le e_d$이다"이다.
② X: 오류 검출 반경은 $\frac{d_{\min}-1}{2}$보다 클 수 있다. 실제 최대값은 $e_d = d_{\min} - 1$이다. 틀린 표현은 "클 수 없다"이고, 올바르게는 "e_d의 최대값은 $d_{\min} - 1$이다"이다.
③ O: 오류 정정 반경은 $e_c = \left\lfloor \frac{d_{\min}-1}{2} \right\rfloor$이므로 항상 $\frac{d_{\min}-1}{2}$보다 작거나 같다. $d_{\min}$이 홀수이면 같고, 짝수이면 0.5만큼 작다.
④ X: 오류 정정 반경이 오류 검출 반경보다 항상 크거나 같은 것이 아니다. 오히려 $e_c \le e_d$이다. 틀린 표현은 "항상 크거나 같다"이고, 올바르게는 "항상 작거나 같으며 보통 더 작다"이다.

NoteBase

오답 포인트

정정과 검출을 모두 해밍구 반경으로 정의하므로 같은 식으로 외우기 쉽다는 점이 함정이다. 하지만 정정은 가장 가까운 부호어로 유일하게 복원되어야 하고, 검출은 다른 유효 부호어로만 바뀌지 않으면 되므로 허용 반경이 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

최소거리 문제가 나오면 먼저 정정인지 검출인지를 구분한다. 정정이면 부호어 사이 중간까지만 허용되므로 $\left\lfloor \frac{d_{\min}-1}{2} \right\rfloor$를 쓰고, 검출이면 다른 부호어로 바뀌지 않는 한계까지이므로 $d_{\min}-1$을 쓴다.

암기 포인트

정정은 중간까지만, 검출은 직전까지이므로 $e_c = \left\lfloor \frac{d_{\min}-1}{2} \right\rfloor$, $e_d = d_{\min}-1$이다.

NoteBase

문 12. <보기>와 같은 DMS(Discrete Memoryless Source)에 대해 허프만 부호화를 사용할 때 d에 해당하는 부호로 가장 옳은 것은?

<보기>

문자	a	b	c	d
확률	0.6	0.3	0.06	0.04
부호	0	10	110	

① 101

② 010

③ 100

④ 111

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 허프만 부호화에서 가장 작은 두 확률을 먼저 묶고, 주어진 접두부호를 따라 남은 부호어를 결정할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $P(a) = 0.6, P(b) = 0.3, P(c) = 0.06, P(d) = 0.04$이다.
이미 주어진 부호: $a = 0, b = 10, c = 110$이다.
구해야 할 값: 문자 d의 허프만 부호이다.
주의할 조건: 허프만 부호는 접두부호이므로 이미 배정된 0, 10, 110과 겹치면 안 된다.

사용할 공식

허프만 부호화는 확률이 가장 작은 두 문자를 먼저 결합해 이진 트리를 만들고, 각 가지에 0과 1을 붙여 부호어를 정하는 방식이다.
이 원리를 쓰는 이유: c와 d가 가장 작은 확률이므로 먼저 한 묶음이 되고, 그 묶음이 b와 다시 결합된 뒤 마지막으로 a와 결합되어야 주어진 부호 길이 1, 2, 3, 3이 그대로 설명된다.

NoteBase

계산 과정

1. 가장 작은 두 확률은 0.06과 0.04이므로 먼저 c와 d를 묶어 0.10을 만든다.
2. 다음으로 0.10 묶음과 0.3인 b를 결합해 0.40을 만든다.
3. 마지막으로 0.40 묶음과 0.6인 a를 결합한다. 이미 $a = 0$이므로 나머지 묶음의 시작 비트는 1이다.
4. 이미 $b = 10$이므로 시작 비트 1 아래에서 b는 0쪽 가지를 차지하고, c, d 묶음은 11로 내려간다.
5. 또 $c = 110$이므로 c, d 묶음 안에서 c가 0쪽 가지를 차지한다. 따라서 남는 d는 1쪽 가지가 되어 $d = 111$이다.

선지 판단

1번 X: 101은 앞의 두 비트가 10이어서 이미 b의 부호와 접두 관계가 된다. 틀린 표현은 $d = 101$이라는 점이고, 올바르게는 $d = 111$이다.
2번 X: 010은 첫 비트가 0이어서 이미 $a = 0$과 접두 관계가 된다. 틀린 표현은 $d = 010$이라는 점이고, 올바르게는 $d = 111$이다.
3번 X: 100도 앞의 두 비트가 10이어서 b의 부호를 확장한 꼴이 된다. 틀린 표현은 $d = 100$이라는 점이고, 올바르게는 $d = 111$이다.
4번 O: c, d 묶음은 11 아래에 있고, $c = 110$이 이미 0쪽 가지를 차지하므로 남는 d는 111이 된다.

오답 포인트

주어진 부호를 무시하고 확률 순서만 보고 마지막 비트를 임의로 붙이면 틀린다. 특히 10이 이미 b의 완성 부호라는 점을 놓치면 100, 101 같은 접두부호 위반 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

허프만 부호 문제는 가장 작은 두 확률 결합 여부를 먼저 확인하고, 이미 주어진 부호가 있으면 그 부호가 차지한 가지를 트리에서 먼저 고정한 뒤 남은 리프의 부호를 채우는 순서로 판단한다.

암기 포인트

허프만 부호는 작은 확률부터 묶고, 이미 완성된 부호의 접두어를 다시 다른 문자에 쓰지 않는다.

NoteBase

문 13. 수신신호 $S_1(t) = A\cos\omega_0 t,\ S_2(t) = -A\cos\omega_0 t$가 정합필터(matched filter)를 통해 동기(coherent)적으로 검출되며 비트전송률이 $1[\text{Mbits/s}]$인 BPSK 시스템에서의 비트오류율(bit error probability)은? (단, $A = 10[\text{mV}]$이고 single-sided noise power spectral density $N_0 = 10^{-11}[\text{W/Hz}]$이며, 비트당 신호 전력 및 에너지는 1-ohm 부하에 대해 정규화되었다고 가정함.)

① $Q(\sqrt{20})$

② $Q(\sqrt{15})$

③ $Q(\sqrt{10})$

④ $Q(\sqrt{5})$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 BPSK 동기검파의 비트오류율 식 $P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$에 필요한 비트에너지 E_b를 진폭과 비트시간으로 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $A = 10mV = 0.01V$, 비트전송률 $R_b = 1Mbit/s$, single-sided 잡음 전력 스펙트럼 밀도 $N_0 = 10^{-11}W/Hz$, 부하 $R = 1\Omega$이다.
비트시간은 $T_b = 1/R_b = 10^{-6}s$이다.
구해야 할 값은 BPSK의 비트오류율 P_b이다.
주의할 조건은 $A\cos\omega_0 t$의 평균전력이 피크전력 A^2가 아니라 $A^2/2$라는 점이다.

사용할 공식

동기 BPSK의 비트오류율은 $P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$ 이다.
또한 1-Ω 부하에서 $s(t) = A\cos\omega_0 t$의 평균전력은 $P = \frac{A^2}{2}$ 이므로 비트에너지는 $E_b = PT_b = \frac{A^2 T_b}{2}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 주어진 두 신호가 부호만 반대인 antipodal BPSK 신호이고, 문제에서 matched filter를 통한 coherent 검출을 명시했기 때문이다.

계산 과정

1. 비트시간은 $T_b = 1/10^6 = 10^{-6}s$이다.
2. 평균전력은 $P = A^2/2 = (10^{-2})^2/2 = 5 \times 10^{-5}W$이다.
3. 비트에너지는 $E_b = PT_b = 5 \times 10^{-5} \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-11}J$이다.
4. 따라서 $\frac{2E_b}{N_0} = \frac{2 \times 5 \times 10^{-11}}{10^{-11}} = 10$이다.
5. 비트오류율은 $P_b = Q(\sqrt{10})$이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

선지별 해설

① X. $Q(\sqrt{20})$는 cos파의 평균전력에서 1/2를 빠뜨려 $E_b = A^2 T_b$로 계산할 때 나오는 값이다. 이 문항에서는 평균전력이 $A^2/2$이므로 옳게는 $Q(\sqrt{10})$이다.
② X. 주어진 조건으로 계산한 값은 반드시 $2E_b/N_0 = 10$이다. 따라서 $Q(\sqrt{15})$는 표준 BPSK 계산과 맞지 않으며, 옳게는 $Q(\sqrt{10})$이다.
③ O. 평균전력 $A^2/2$로부터 $E_b = 5 \times 10^{-11} J$를 구하고 $P_b = Q\left(\sqrt{2E_b/N_0}\right)$를 적용하면 $Q(\sqrt{10})$이 된다.
④ X. $Q(\sqrt{5})$는 동기 BPSK 식에서 계수 2를 빼고 $Q(\sqrt{E_b/N_0})$로 잘못 적용할 때 나오는 값이다. 이 문항의 옳은 식은 $Q(\sqrt{2E_b/N_0})$이므로 옳게는 $Q(\sqrt{10})$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, $A\cos\omega_0 t$의 전력을 A^2로 착각하면 평균전력의 1/2를 놓쳐 ①로 간다. 둘째, BPSK 동기검파의 비트오류율 식에서 $2E_b/N_0$의 2를 빼면 ④로 간다. 보기 ②는 계산값과 전혀 맞지 않는 distractor이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반송파가 있는 디지털 변조 계산형은 먼저 비트시간 T_b를 구하고, 그다음 파형의 평균전력인지 피크전력인지를 구분한 뒤 E_b를 계산한다. 마지막에 검파 방식에 맞는 오류율 식을 대입해 계수 2의 유무를 검산하면 된다.

암기 포인트

Acos형 BPSK는 평균전력 $A^2/2$, 비트오류율은 $Q(\sqrt{2E_b/N_0})$라는 조합으로 정리된다.

문 14. <보기>는 (6, 3) 선형블록부호의 생성행렬이다. 송신기에서 부호어 $U = [101110]$을 전송하였으나 전송 중에 가장 왼쪽의 비트에 오류가 발생하여 $r = [001110]$을 수신 받았다. 신드롬(syndrome)은?

<보기>

G=bmatrix110100 \ 011010 \ 101001bmatrix

① $S = [001110]$

② $S = [110001]$

③ $S = [100]$

④ $S = [001]$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 생성행렬이 systematic form인 $G = [P \mid I_3]$일 때 패리티검사행렬 $H = [I_3 \mid P^T]$를 만들고 $S = rH^T$로 신드롬을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 생성행렬은 첫 3열을 P, 마지막 3열을 I_3로 보는 $G = [P \mid I_3]$ 형태이다. P의 행은 차례로 $[1, 1, 0]$, $[0, 1, 1]$, $[1, 0, 1]$이다.
전송 부호어는 $U = [101110]$, 수신 벡터는 $r = [001110]$이다. 가장 왼쪽 비트 1개만 오류이므로 오류벡터는 $e = [100000]$이다.

사용할 공식

systematic 생성행렬이 $G = [P \mid I]$이면 패리티검사행렬은 $H = [I \mid P^T]$이다.
신드롬은 $S = rH^T$이고, $r = U + e$, $UH^T = 0$이므로 $S = eH^T$로 바로 계산할 수 있다.

계산 과정

P의 행이 $[1, 1, 0]$, $[0, 1, 1]$, $[1, 0, 1]$이므로 P^T의 행은 $[1, 0, 1]$, $[1, 1, 0]$, $[0, 1, 1]$이다.
따라서 $H = [I_3 \mid P^T]$의 행은 차례로 $[1, 0, 0, 1, 0, 1]$, $[0, 1, 0, 1, 1, 0]$, $[0, 0, 1, 0, 1, 1]$이다.
가장 왼쪽 비트 오류이므로 $S = eH^T = [100000]H^T = [100]$이다. 같은 결과를 rH^T로 계산해도 $S = [100]$이 나온다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: [001110]은 수신벡터 r 자체이다. 신드롬은 $n-k=3$비트여야 하므로 길이 6인 이 벡터는 신드롬이 아니다. 틀린 표현 [001110] → 올바르게는 수신벡터 $r=[001110]$이다.
2번 X: [110001]도 길이 6인 벡터라 신드롬 형식이 아니다. 틀린 표현 [110001] → 올바르게는 신드롬은 3비트 벡터 $S=[100]$이다.
3번 O: 가장 왼쪽 한 비트 오류는 $e=[100000]$이고, $S=eH^T=[100]$이므로 옳다.
4번 X: [001]은 이 문제의 오류 위치와 맞지 않는다. 이 값은 H의 세 번째 열에 해당하는 경우의 신드롬인데, 문제에서는 첫 번째 비트 오류이므로 $S=[100]$이어야 한다. 틀린 표현 [001] → 올바르게는 [100]이다.

오답 포인트

수신벡터 r와 신드롬 S를 같은 것으로 착각하면 1번이나 2번처럼 길이부터 맞지 않는 선택지를 고르게 된다. 또 $G=[P\mid I]$인데 H를 잘못 만들어 열 위치 대응을 틀리면 4번 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

선형블록부호 계산형은 먼저 생성행렬이 systematic form인지 확인하고, $G=[P\mid I]$이면 $H=[I\mid P^T]$를 만든다. 그다음 단일 비트 오류이면 오류벡터 e를 바로 써서 $S=eH^T$를 계산하면 가장 빠르다.

암기 포인트

systematic형 $G=[P\mid I]$이면 $H=[I\mid P^T]$이고, 단일 오류의 신드롬은 해당 오류 위치에 대응하는 H의 열벡터이다.

NoteBase

문 15. 16진 PSK에서 반송파 간의 위상차는?

① $\pi/8$

② $\pi/6$

③ $\pi/4$

④ $\pi/2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 M진 PSK의 인접 위상 간격이 $2\pi/M$라는 기본식을 적용해 16진 PSK의 위상차를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 16진 PSK
구해야 할 값: 인접한 반송파의 위상차
주의할 조건: PSK의 위상은 원주 전체 2π를 동일 간격으로 나눈다.

사용할 공식

사용 공식은 $\Delta\phi = 2\pi/M$이다.
이 공식을 쓰는 이유: M진 PSK는 한 주기 2π를 M개의 위상 상태로 균등 분할하는 방식이므로 인접 위상 간격은 전체 위상을 M으로 나눈 값이 된다.

계산 과정

16진 PSK에서는 $M = 16$이다.
따라서 위상차는 $\Delta\phi = \frac{2\pi}{16} = \frac{\pi}{8}$ 이다.
계산 결과는 $\pi/8$이므로 정답은 1번이다.

선지 판단

1번 O: 16진 PSK의 위상 간격은 $2\pi/16 = \pi/8$이므로 맞다.
2번 X: $\pi/6$는 $2\pi/12$에 해당하는 간격이다. 16진 PSK의 위상차가 아니므로 틀리다. 올바르게는 $\pi/8$이다.
3번 X: $\pi/4$는 $2\pi/8$이므로 8진 PSK의 위상차에 해당한다. 16진 PSK에는 적용되지 않는다. 올바르게는 $\pi/8$이다.
4번 X: $\pi/2$는 $2\pi/4$이므로 4진 PSK의 위상차에 해당한다. 16진 PSK의 인접 위상 간격으로는 너무 크다.
올바르게는 $\pi/8$이다.

NoteBase

오답 포인트

PSK에서 M이 커질수록 위상 간격은 작아진다는 점을 놓치면 큰 각도를 고르기 쉽다. 특히 $\pi/4$와 $\pi/2$는 각각 8진, 4진 PSK 값인데 이를 16진에 그대로 대입하면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

M진 PSK가 보이면 먼저 전체 위상 2π를 M등분한다. 그런 다음 계산한 간격 $2\pi/M$을 보기와 바로 대조하면 된다.

암기 포인트

M진 PSK의 인접 위상차는 항상 $2\pi/M$이며, M이 커질수록 위상 간격은 작아진다.

NoteBase

문 16. OSI 7계층에서 기계적, 전기적, 기능적, 절차적인 특성을 규정하는 계층은?

① 데이터링크 계층(Data link Layer)

② 물리 계층(Physical Layer)

③ 네트워크 계층(Network Layer)

④ 전송 계층(Transport Layer)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 OSI 7계층에서 물리 계층이 담당하는 인터페이스 규정 기능과 다른 계층의 역할을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

물리 계층은 비트를 전송 매체로 보내기 위해 필요한 기계적, 전기적, 기능적, 절차적 특성을 규정하는 계층이다. 데이터링크 계층은 프레임 단위의 전송 제어와 오류 검출을 담당하고, 네트워크 계층은 경로 선택과 논리 주소를 담당하며, 전송 계층은 종단 간 신뢰성과 흐름 제어를 담당한다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 통신이론 · 2020 · 10월

선지별 해설

① X
데이터링크 계층은 인접한 두 장치 사이의 프레임 전송, 오류 검출, 흐름 제어 등을 담당한다.
틀린 부분은 "기계적, 전기적, 기능적, 절차적 특성"이다.
올바르게는 데이터링크 계층이 아니라 물리 계층의 기능이다.

② O
물리 계층은 커넥터 형태, 전압 수준, 신호 방식, 전송 절차처럼 실제 물리적 접속과 비트 전달에 필요한 기준을 정한다.
문제의 "기계적, 전기적, 기능적, 절차적 특성"이라는 표현은 물리 계층의 정의와 정확히 일치한다.

③ X
네트워크 계층은 패킷 전달을 위한 경로 선택과 논리 주소 체계를 담당한다.
틀린 부분은 "기계적, 전기적, 기능적, 절차적 특성"이다.
올바르게는 네트워크 계층은 라우팅과 주소 지정 기능을 수행한다.

④ X
전송 계층은 종단 간 연결, 오류 복구, 흐름 제어, 다중화처럼 통신 품질 보장을 담당한다.
틀린 부분은 "기계적, 전기적, 기능적, 절차적 특성"이다.
올바르게는 전송 계층이 아니라 물리 계층이 해당 특성을 규정한다.

오답 포인트

데이터링크 계층과 물리 계층을 함께 하위 계층으로 묶어 외우면 ①과 ②를 혼동하기 쉽다. 이 문항은 "프레임 처리"가 아니라 "전기적·기계적 인터페이스 규정"이라는 표현을 보고 물리 계층을 골라야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 전압, 커넥터, 신호 방식, 물리적 접속 절차처럼 비트를 실제 매체에 싣는 기준이 나오면 물리 계층으로 판단한다. 반대로 프레임, 라우팅, 종단 간 신뢰성이라는 단어가 나오면 각각 데이터링크, 네트워크, 전송 계층으로 구분한다.

암기 포인트

물리 계층은 비트와 신호, 데이터링크 계층은 프레임, 네트워크 계층은 경로, 전송 계층은 종단 간 전달이다.

NoteBase

문 17. 위상변조(PM) 신호 $x(t) = A\cos(2\pi f_c t + \theta(t))$에서 주파수 변별기(frequency discriminator)를 이용하여 메시지 신호 $\theta(t)$를 복조하는 데 필요한 요소가 아닌 것은?

① 미분기(differentiator)

② 적분기(integrator)

③ 포락선검파기(envelope detector)

④ 위상이동기(phase shifter)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 PM 신호를 주파수 변별기로 복조할 때 필요한 블록의 역할을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

PM 신호 $x(t) = A\cos(2\pi f_c t + \theta(t))$는 위상에 메시지가 실려 있으므로, 이를 미분하면 포락선이 $2\pi f_c + d\theta(t)/dt$에 비례하는 형태가 된다.
주파수 변별기는 이런 주파수 변화 성분을 전압으로 바꾸는 역할을 하므로, PM 복조에서는 먼저 미분기로 $d\theta(t)/dt$ 성분을 드러내고 변별 후 적분기로 다시 $\theta(t)$를 복원한다.
따라서 기본 필요 요소는 미분기, 포락선검파기, 적분기이며 위상이동기는 필수 요소가 아니다.

선지별 해설

① X: 미분기는 PM 신호를 미분하여 메시지의 변화율 $d\theta(t)/dt$가 드러나게 하는 데 필요하다. 틀린 판단은 '미분기가 불필요하다'는 점이며, 올바르게는 '미분기는 필요한 요소이다'이다.
② X: 주파수 변별기 출력은 최종적으로 $d\theta(t)/dt$에 비례하므로 원래 메시지 $\theta(t)$를 얻으려면 적분기가 필요하다. 틀린 판단은 '적분기가 불필요하다'는 점이며, 올바르게는 '적분기는 필요한 요소이다'이다.
③ X: 고전적 주파수 변별 동작은 미분된 신호의 진폭 변화를 꺼내는 과정이므로 포락선검파기가 필요하다. 틀린 판단은 '포락선검파기가 불필요하다'는 점이며, 올바르게는 '포락선검파기는 필요한 요소이다'이다.
④ O: 위상이동기는 PM 신호를 주파수 변별기로 복조하는 기본 구성에서 요구되지 않는다. 이 문항의 기본 복조 경로는 미분기-포락선검파기-적분기로 정리된다.

오답 포인트

PM이라는 말 때문에 위상검파기나 위상이동기를 바로 떠올리면 오답이 된다. 이 문항은 위상을 직접 비교하는 방식이 아니라 주파수 변별기를 이용하는 경로를 묻기 때문에, 먼저 미분하여 주파수 변화 형태로 바꾼 뒤 검파하고 다시 적분한다는 흐름을 잡아야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

입력이 PM인데 복조기가 주파수 변별기라면 '미분으로 변화율 추출 → 변별 또는 포락선검파 → 적분으로 원신호 복원' 순서를 먼저 떠올리면 된다. 이 순서에 들어가지 않는 블록이 불필요한 요소이다.

암기 포인트

PM을 변별기로 복조하면 미분 후 검파, 마지막은 적분이다.

NoteBase

문 18. 대역폭이 W인 메시지 신호를 q 단계로 양자화 하는 PCM 변복조 신호의 대역폭 B에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① B는 q에 정비례한다.

② B는 W에 정비례한다.

③ B는 $\log_2 q$에 정비례한다.

④ B는 $\log_{10} q$에 정비례한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 PCM의 표본화율과 양자화 비트 수의 관계로부터 전송 대역폭의 비례식을 판단하는 문제이다.

조건 정리

메시지 신호의 대역폭은 W이다.
양자화 단계 수가 q이면 표본당 비트 수는 $n = \log_2 q$이다.
PCM의 비트율은 표본화율과 표본당 비트 수의 곱으로 정해진다.

사용할 공식

$f_s = 2W, \quad n = \log_2 q, \quad R_b = f_s n = 2W\log_2 q$
전송 대역폭 B는 비트율 R_b에 비례하므로 $B \propto W\log_2 q$로 본다.
이 공식을 쓰는 이유는 PCM 대역폭이 표본화 속도와 표본당 비트 수에 의해 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 대역폭이 W인 아날로그 신호의 최소 표본화율은 나이퀴스트 조건에 따라 $f_s = 2W$이다.
2. 양자화 단계가 q개이면 한 표본을 표현하는 비트 수는 $n = \log_2 q$이다.
3. 따라서 PCM 비트율은 $R_b = f_s n = 2W\log_2 q$이다.
4. 전송 대역폭 B는 비트율에 비례하므로 상수배를 제외하면 $B \propto W\log_2 q$이다.

선지 판단

1번: X. B는 q 자체에 정비례하지 않고 $\log_2 q$에 비례한다. 틀린 표현은 "q에 정비례"이고, 올바르게는 "$\log_2 q$에 정비례"이다.
2번: O. $f_s = 2W$이므로 비트율 R_b와 대역폭 B는 W에 선형적으로 비례한다.
3번: O. 양자화 단계 수 q는 표본당 비트 수 $\log_2 q$로 반영되므로 B는 $\log_2 q$에 정비례한다.
4번: O. $\log_2 q = \frac{\log_{10} q}{\log_{10} 2}$이므로 밑만 바뀐 로그는 상수배 차이만 난다. 따라서 B는 $\log_{10} q$에도 정비례한다.

NoteBase

오답 포인트

양자화 단계 수가 커지면 대역폭이 커진다는 사실만 기억하고 q와 $\log q$를 구분하지 않으면 1번에 끌린다. 이 문항은 정확한 비례식이 $B \propto W \log q$라는 점과 로그의 밑 변화가 상수배에 불과하다는 점을 함께 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

PCM 대역폭 문제는 먼저 표본화율을 $2W$로 잡고, 다음에 표본당 비트 수를 $\log_2 q$로 둔 뒤, 비트율 $2W \log_2 q$에서 대역폭의 비례관계를 읽으면 된다.

암기 포인트

PCM에서는 양자화 단계 수 q 자체가 아니라 표본당 비트 수 $\log_2 q$가 대역폭 증가를 결정한다.

NoteBase

문 19. 최대 주파수 $f_m = 2[kHz]$인 아날로그 파형을 디지털화하여 펄스 레벨의 수 $M = 32$인 M-ary PAM 시스템을 통해 전송하며, 양자화 왜곡을 피크 대 피크 아날로그 신호의 ±2%를 초과하지 않도록 지정하였다. 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은? (단, 이상적인 나이퀴스트 표준화 기준을 가정한다.)

① 이 파형을 디지털화하기 위해서는 최소 5[*bits*/*sample*]이 필요하다.

② 이 파형을 디지털화하기 위한 최소 표준화 주파수 $f_s = 2 \cdot f_m = 4,000[sample/s]$이며, 최종 비트 전송률(bit transmission rate) R은 20,000[*bits*/s]이다.

③ 이 시스템의 전송 대역폭(필터링 포함)이 12[kHz]인 경우, 대역폭 효율(bandwidth efficiency)은 1.5[*bits*/s/Hz]이다.

④ 이 시스템의 심볼 전송률(symbol transmission rate)은 4,000[symbol/s]이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 나이퀴스트 표본화, 허용 양자화 오차로부터 필요한 비트 수, 그리고 M진 PAM의 비트율·심볼율·대역폭 효율을 순서대로 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 최대 주파수 $f_m = 2kHz$, PAM 레벨 수 $M = 32$이다.
최소 표본화 주파수는 나이퀴스트 조건으로 $f_s = 2f_m = 4,000sample/s$이다.
양자화 오차 최대값은 $\Delta/2$이고, 이를 피크 대 피크 신호의 2% 이하로 제한한다.

사용할 공식

양자화 단계수 L에 대해 $\Delta = V_{pp}/L$, 최대 양자화 오차는 $\Delta/2$이다.
따라서 $\Delta/2 \le 0.02V_{pp}$이면 $V_{pp}/(2L) \le 0.02V_{pp}$이므로 $L \ge 25$이다.
비트율은 $R_b = nf_s$, 심볼율은 $R_s = R_b/\log_2 M$, 대역폭 효율은 $\eta = R_b/B$를 쓴다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 양자화 조건, 표본화 조건, M진 PAM 전송 조건을 모두 함께 주었기 때문이다.

계산 과정

1. $L \ge 25$이므로 필요한 비트 수는 $n = \lceil \log_2 25 \rceil = 5$ bits/sample이다.
2. 최소 표본화 주파수는 $f_s = 2f_m = 4,000sample/s$이다.
3. 비트율은 $R_b = nf_s = 5 \times 4,000 = 20,000bit/s$이다.
4. $M = 32$이므로 심볼당 비트 수는 $\log_2 32 = 5$이고, 심볼율은 $R_s = 20,000/5 = 4,000symbol/s$이다.
5. 대역폭이 12 kHz이면 대역폭 효율은 $\eta = 20,000/12,000 \approx 1.67bits/s/Hz$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 O: 허용 양자화 오차 조건에서 최소 양자화 단계수는 25단계이다. $2^4 = 16$으로는 부족하고 $2^5 = 32$이면 충족하므로 최소 5 bits/sample이 맞다.
2번 O: 나이퀴스트 최소 표본화 주파수는 4,000 sample/s이다. 여기에 샘플당 5비트를 곱하면 최종 비트 전송률은 20,000 bit/s가 되어 맞다.
3번 X: 틀린 표현은 "대역폭 효율은 1.5[*bits*/s/Hz]이다"이다. 대역폭 효율은 $\eta = R_b/B$이므로 $20,000/12,000 \approx 1.67 bits/s/Hz$가 맞다. 올바르게는 "대역폭 효율은 약 1.67[*bits*/s/Hz]이다"가 된다.
4번 O: 32진 PAM은 한 심볼에 5비트를 실으므로 심볼 전송률은 $20,000/5 = 4,000 symbol/s$이다. 따라서 4,000 symbol/s라는 설명은 맞다.

오답 포인트

3번에서는 대역폭 효율 계산에 심볼율과 비트율을 섞거나, 문제에서 이미 12 kHz를 주었는데도 이상적 최소 대역폭을 다시 끼워 넣으면 틀리기 쉽다. 또한 양자화 오차 제한에서 바로 비트 수를 못 구하고 $M = 32$만 보고 기계적으로 답을 고르면 근거를 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 디지털 통신 문제는 양자화 단계수 → 샘플당 비트 수 → 표본화 주파수 → 비트율 → 심볼율 → 대역폭 효율 순서로 연결해서 판단하면 된다.

암기 포인트

양자화는 L, 전송은 M으로 나누어 본다. $n = \lceil \log_2 L \rceil$, $R_b = nf_s$, $R_s = R_b/\log_2 M$, $\eta = R_b/B$이다.

NoteBase

문 20. 주사위를 던져 나오는 눈을 관측하는 확률 시험을 생각할 때, 서로 독립인 사건으로 짝지어진 것이 아닌 것은? (단, 사건 {2, 3, 4}는 주사위를 던졌을 때 2 또는 3 또는 4의 눈이 나오는 사건을 의미하며, ϕ는 공집합을 의미한다.)

① 사건 {1, 3, 5}와 사건 {2, 4, 6}

② 사건 ϕ와 사건 {1, 2, 3, 4, 5}

③ 사건 {2, 5}와 사건 {1, 2, 3}

④ 사건 {1, 2, 3, 4}와 사건 {1, 2, 3, 4, 5, 6}

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 두 사건이 서로 독립인지 판단할 때 $P(A \cap B) = P(A)P(B)$가 성립하는지를 확인하는 문제이다.

핵심 개념

독립사건은 한 사건의 발생이 다른 사건의 발생확률에 영향을 주지 않는 사건이다.
배반사건은 두 사건이 동시에 일어날 수 없어 교집합이 공집합인 사건이다.
배반사건이라고 해서 항상 독립인 것은 아니며, 둘 다 확률이 0이 아닌데 교집합만 0이면 독립이 아니다.

선지별 해설

① O: 사건 $A = \{1, 3, 5\}, B = \{2, 4, 6\}$이면 $A \cap B = \emptyset$이므로 $P(A \cap B) = 0$이다. 그런데 $P(A)P(B) = \frac{3}{6} \cdot \frac{3}{6} = \frac{1}{4}$이므로 두 값이 같지 않아 서로 독립이 아니다.
② X: 사건 $A = \emptyset, B = \{1, 2, 3, 4, 5\}$이면 $P(A) = 0$이고 $P(A \cap B) = 0$이므로 $P(A \cap B) = P(A)P(B)$가 성립한다. 틀린 표현은 이 짝을 독립이 아니라고 보는 점이다. 올바르게는 공집합 사건은 여기서 B와 독립으로 볼 수 있다.
③ X: 사건 $A = \{2, 5\}, B = \{1, 2, 3\}$이면 $A \cap B = \{2\}$이므로 $P(A \cap B) = \frac{1}{6}$이다. 또 $P(A)P(B) = \frac{2}{6} \cdot \frac{3}{6} = \frac{1}{6}$이므로 서로 독립이다. 틀린 표현은 이 짝을 독립이 아니라고 보는 점이다. 올바르게는 두 사건은 독립이다.
④ X: 사건 $A = \{1, 2, 3, 4\}, B = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$이면 B는 전체집합이어서 $P(B) = 1$이다. 따라서 $P(A \cap B) = P(A) = \frac{4}{6}$, $P(A)P(B) = \frac{4}{6} \cdot 1 = \frac{4}{6}$으로 서로 독립이다. 틀린 표현은 이 짝을 독립이 아니라고 보는 점이다. 올바르게는 전체집합과의 짝은 독립이다.

오답 포인트

①은 교집합이 공집합이라는 이유만으로 독립처럼 보이기 쉽다. 그러나 배반사건은 보통 동시에 일어날 수 없다는 뜻일 뿐이고, $P(A)P(B)$와 $P(A \cap B)$를 직접 비교해야 한다. 이 문항은 배반과 독립을 혼동하는지를 노린 문제이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

두 사건의 독립 여부는 먼저 교집합을 구하고, 다음으로 $P(A \cap B)$와 $P(A)P(B)$를 바로 비교하면 된다. 교집합이 공집합이라는 사실만으로 독립이라고 결론내리면 안 된다.

암기 포인트

배반은 동시에 발생 불가이고, 독립은 확률 곱 성립이다.

NoteBase