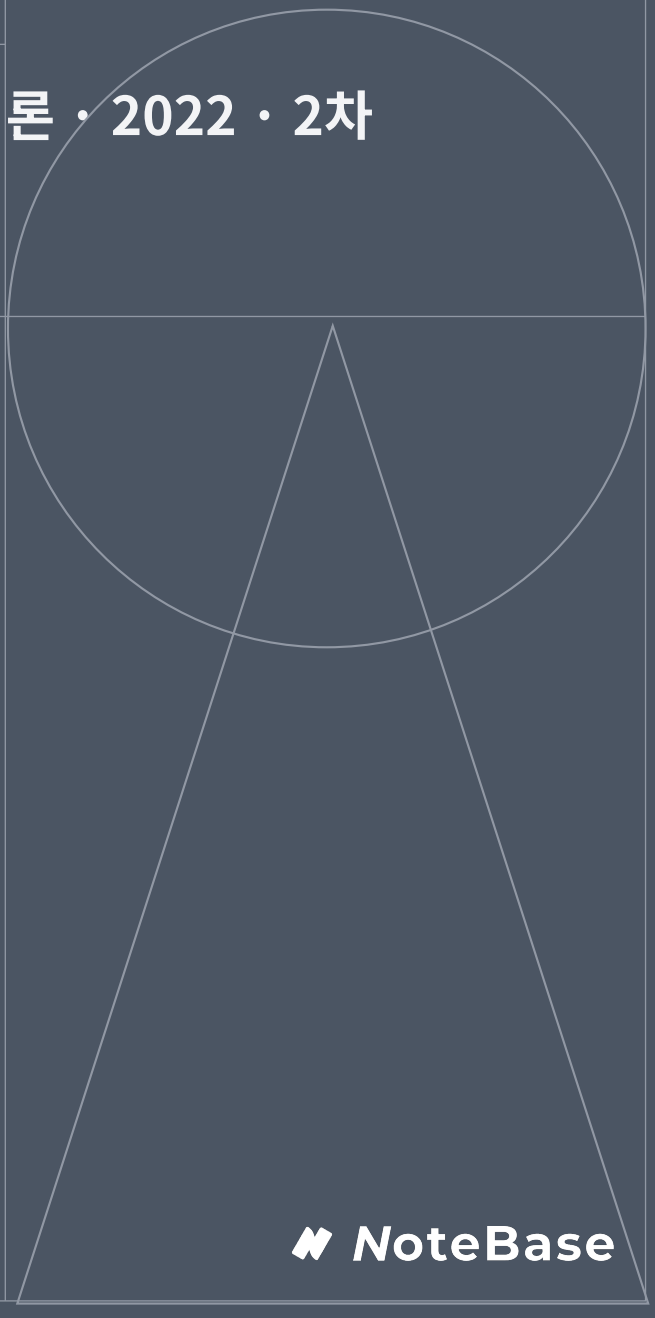
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2022 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2022 · 2차

공무원/국가직/7급 · 통신이론 · 2022 · 2차

문 1. 터보코드 부호화기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 선형블록코드에 속한다.

② 이론적인 채널용량에 근접하는 고성능 ARQ 방식의 일종이다.

③ 인터리버를 사용하여 두 개의 콘볼루셔널 부호화기를 결합한다.

④ 인터리버는 한 부분에 오류가 집중되는 것을 막는 역할도 수행한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 터보코드의 구조와 기능을 ARQ와 같은 재전송 방식과 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

터보코드: 인터리버를 사이에 두고 두 개의 콘볼루셔널 부호기를 결합한 고성능 채널부호이다.
ARQ: 수신 오류가 검출되면 재전송을 요구하는 오류제어 방식이다.
결정 차이축: 터보코드는 중복 부호를 미리 실어 보내는 전진 오류정정 방식이고, ARQ는 오류 후 재전송으로 복구하는 방식이라는 점이 핵심 차이이다.

선지별 해설

① O. 터보코드는 입력 비트를 블록 단위로 받아 인터리버와 병렬 결합된 부호기로 선형적으로 부호화하는 고성능 채널부호이므로 이 문항의 분류에서는 맞는 설명이다.
② X. 틀린 부분은 "ARQ 방식"이라는 표현이다. 터보코드는 재전송을 요구하는 ARQ가 아니라, 송신 시 여분의 부호를 함께 보내고 반복 복호로 오류를 줄이는 FEC 방식이다. 올바르게는 "이론적인 채널용량에 근접하는 고성능 FEC 방식의 일종이다"라고 고쳐야 한다.
③ O. 터보코드의 대표적 구조는 인터리버를 사용하여 두 개의 콘볼루셔널 부호기를 병렬로 결합하는 방식이다.
④ O. 인터리버는 입력 비트의 순서를 섞어 연속적으로 몰린 오류가 한 부분에 집중되지 않게 분산시키므로 버스트 오류 완화에 도움이 된다.

NoteBase

오답 포인트

②는 "채널용량에 근접한다"는 맞는 특징을 앞세워 놓고 뒤에 "ARQ"라는 다른 계열 용어를 붙여 혼동을 유도한다. 성능이 좋다는 말만 보고 넘어가면 틀리기 쉽고, 복구 방식이 재전송인지 부호화 기반 정정인지를 끝까지 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

오류제어 문항에서는 먼저 재전송을 요구하는지, 아니면 중복 부호와 복호 알고리즘으로 스스로 정정하는지를 구분한다. 재전송이면 ARQ이고, 인터리버·콘볼루셔널 부호기·반복 복호가 나오면 터보코드 계열의 FEC로 판단한다.

암기 포인트

터보코드 = 인터리버 + 두 콘볼루셔널 부호기 + 반복 복호, ARQ가 아니라 FEC이다.

NoteBase

문 2. 시간 영역 신호 $x(t)$와 이 신호의 푸리에 변환 $X(f)$에 대한 설명으로 옳은 것은?

① $x(t)$가 연속 신호이면 $X(f)$는 주기 신호이다.

② $x(t)$가 비주기 신호이면 $X(f)$는 이산 신호이다.

③ $x(t)$가 실수이고 기함수이면 $X(f)$는 허수이고 우함수이다.

④ $x(t)$가 실수이고 우함수이면 $X(f)$는 실수이고 우함수이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 시간영역 신호 $x(t)$의 주기성, 실수성, 짝홀성에 따라 푸리에 변환 $X(f)$의 연속·이산, 실수·허수, 우함수·기함수 성질이 어떻게 결정되는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

연속시간 신호라는 사실만으로 $X(f)$가 주기 신호가 되지는 않는다. 시간영역에서 주기이면 주파수영역에서 이산 스펙트럼이 되고, 비주기이면 일반적으로 연속 스펙트럼이 된다.
실수 신호이면 $X(f)$는 켤레대칭을 가진다. 여기에 $x(t)$가 우함수이면 $X(f)$는 실수이고 우함수가 되며, $x(t)$가 기함수이면 $X(f)$는 허수이고 기함수가 된다.

선지별 해설

① X
연속시간 신호라는 사실과 $X(f)$의 주기성은 직접 대응하지 않는다. 틀린 표현은 '연속 신호이면 $X(f)$는 주기 신호이다'이다. 올바르게는 시간영역에서 주기 신호이면 $X(f)$가 이산선 스펙트럼이 된다.

② X
비주기 신호의 푸리에 변환은 일반적으로 연속 스펙트럼이다. 틀린 표현은 '비주기 신호이면 $X(f)$는 이산 신호이다'이다. 올바르게는 시간영역에서 주기 신호일 때 $X(f)$가 이산 스펙트럼이 된다.

③ X
실수 기함수의 푸리에 변환이 허수라는 부분은 맞지만 대칭성 판단이 틀렸다. 틀린 표현은 '우함수이다'이다. 올바르게는 실수이고 기함수인 $x(t)$의 $X(f)$는 허수이고 기함수이다.

④ O
실수 우함수 $x(t)$는 푸리에 변환 후에도 짝대칭이 유지되고 허수부가 사라진다. 따라서 $X(f)$는 실수이고 우함수라는 설명이 옳다.

NoteBase

오답 포인트

연속/이산과 우/기, 실수/허수는 서로 다른 판단축인데 이를 한 번에 섞어 보면 ①, ②, ③에서 흔들리기 쉽다. 특히 '실수 기함수이면 허수'까지만 기억하고 '기함수' 대칭을 놓치면 ③을 옳다고 보기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 시간영역의 주기 여부로 $X(f)$의 연속 스펙트럼인지 이산 스펙트럼인지부터 판단한다. 그다음 실수성·짝홀성으로 실수/허수와 우/기를 따로 붙이면 된다. 정리하면 주기 신호는 이산 스펙트럼, 실수 우함수는 실수 우함수 변환, 실수 기함수는 허수 기함수 변환이 된다.

암기 포인트

주기면 이산 스펙트럼, 비주기면 연속 스펙트럼이다. 실수 우함수는 실수 우함수로, 실수 기함수는 허수 기함수로 변환된다.

NoteBase

문 3. FM 변조된 신호 $x(t) = \cos(200\pi t + 5\sin(20\pi t))$에서 카슨의 법칙(Carson's rule)을 이용하여 구한 유효 대역폭[Hz]는?

① 120

② 150

③ 200

④ 240

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 FM 표준형에서 최대 주파수 편이와 변조 주파수를 읽어 카슨의 법칙으로 유효 대역폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t) = \cos(200\pi t + 5\sin(20\pi t))$이다.
표준형 $\cos(2\pi f_c t + \beta \sin 2\pi f_m t)$와 비교하면 $f_c = 100Hz$, $f_m = 10Hz$, $\beta = 5$이다.
구해야 할 값은 카슨의 법칙에 따른 유효 대역폭이다.

사용할 공식

카슨의 법칙은 $B_T \approx 2(\Delta f + f_m)$이다.
이 문제는 FM 신호의 유효 대역폭을 묻고 있으므로 먼저 $\Delta f = \beta f_m$를 구한 뒤 이 공식을 적용한다.

계산 과정

최대 주파수 편이는 $\Delta f = \beta f_m = 5 \times 10 = 50Hz$이다.
따라서 유효 대역폭은 $B_T = 2(\Delta f + f_m) = 2(50 + 10) = 120Hz$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
유효 대역폭은 $120Hz$이므로 맞는 선지이다.

② X
유효 대역폭을 150 Hz로 본 부분이 틀렸고, 올바르게는 $120Hz$이다.

③ X
유효 대역폭을 200 Hz로 본 부분이 틀렸고, 올바르게는 $120Hz$이다. $200\pi t$에서 200을 그대로 주파수로 읽으면 안 되고, $2\pi f_c = 200\pi$이므로 반송파 주파수는 $100Hz$이다. 또한 반송파 주파수 자체는 카슨의 법칙 계산에 직접 들어가지 않는다.

④ X
유효 대역폭을 240 Hz로 본 부분이 틀렸고, 올바르게는 $120Hz$이다. 카슨의 법칙의 계수 2를 중복 적용하면 이런 오답이 나온다.

오답 포인트

$200\pi t$에서 200을 그대로 주파수로 읽거나, $\beta = 5$를 최대 주파수 편이와 혼동하면 오답이 된다. FM 대역폭 문제는 표준형에서 f_m와 β를 먼저 분리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

FM 대역폭 문제는 신호를 $\cos(2\pi f_c t + \beta \sin 2\pi f_m t)$ 꼴로 맞춘 뒤 f_m와 β를 읽고, $\Delta f = \beta f_m$를 계산한 다음 $B_T = 2(\Delta f + f_m)$를 적용하면 된다.

암기 포인트

카슨의 법칙은 $B_T \approx 2(\Delta f + f_m)$이고, FM에서는 $\Delta f = \beta f_m$이다.

NoteBase

문 4. 에일리어싱(aliasing) 현상이 발생하는 원인으로 옳은 것은?

① 나이퀴스트(Nyquist) 주파수보다 2배 높게 샘플링할 경우 발생한다.

② 나이퀴스트 주파수보다 낮게 샘플링할 경우 발생한다.

③ 나이퀴스트 주기보다 짧게 샘플링할 경우 발생한다.

④ 나이퀴스트 주파수로 샘플링할 경우 발생한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 aliasing이 발생하는 조건을 나이퀴스트 주파수와 샘플링 주기의 관계로 판단할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

aliasing은 샘플링 주파수가 신호의 나이퀴스트 주파수보다 낮을 때 고주파 성분이 낮은 주파수 대역으로 겹쳐 보이는 현상이다.
나이퀴스트 주파수는 원 신호를 왜곡 없이 복원하기 위해 필요한 최소 샘플링 기준이다.
샘플링 주파수가 낮아지면 샘플링 주기는 길어지고, 샘플링 주파수가 높아지면 샘플링 주기는 짧아진다.

선지별 해설

① X
틀린 표현은 "나이퀴스트 주파수보다 2배 높게 샘플링할 경우 발생한다"이다. 샘플링 주파수가 나이퀴스트 기준보다 충분히 높으면 중첩 왜곡이 줄어들므로 aliasing 원인이 아니다. 올바르게는 "나이퀴스트 주파수보다 낮게 샘플링할 경우 발생한다"이다.
② O
aliasing은 샘플링 주파수가 나이퀴스트 주파수보다 낮을 때 발생한다. 이때 스펙트럼이 겹치면서 서로 다른 주파수 성분이 같은 성분처럼 보인다.
③ X
틀린 표현은 "나이퀴스트 주기보다 짧게 샘플링할 경우 발생한다"이다. 샘플링 주기가 짧다는 것은 더 자주 샘플링한다는 뜻이므로 aliasing과 반대 방향이다. 올바르게는 "나이퀴스트 주기보다 길게 샘플링할 경우 발생한다"이다.
④ X
틀린 표현은 "나이퀴스트 주파수로 샘플링할 경우 발생한다"이다. 나이퀴스트 주파수는 이상적으로는 복원이 가능한 한계 조건이므로 aliasing이 발생하는 조건으로 보지 않는다. 올바르게는 "나이퀴스트 주파수보다 낮게 샘플링할 경우 발생한다"이다.

NoteBase

오답 포인트

샘플링 주파수와 샘플링 주기를 반대로 떠올리면 ③에 쉽게 흔들린다. 또한 "나이퀴스트 주파수"를 위험 구간으로 착각하면 ④를 고르기 쉽지만, 실제 위험 구간은 그보다 낮은 샘플링이다.

다시 나오면 이렇게 판단

aliasing 문제는 먼저 "샘플링 주파수가 기준보다 낮은가"를 본다. 주파수 기준으로 낮으면 발생하고, 같은 뜻을 주기 기준으로 바꾸면 주기가 더 길어진 경우에 발생한다고 판단한다.

암기 포인트

aliasing은 저속 샘플링에서 생기고, 주기로 바꾸면 긴 주기에서 생긴다.

NoteBase

문 5. 양측파대 억압 반송파(DSB-SC) 변조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 정보 신호의 스펙트럼을 주파수 영역에서 반송파의 주파수만큼 이동시키는 변조 방식이다.

② 반송파의 주파수와 위상은 고정시키고, 정보 신호에 따라 진폭을 변화시키는 변조 방식이다.

③ 변조된 신호의 스펙트럼은 반송파 주파수 위치에서 임펄스 형태가 나타난다.

④ 변조된 신호의 스펙트럼은 반송파 주파수를 중심으로 상측파대와 하측파대를 가진다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 DSB-SC의 핵심 성질이 반송파 억압과 상하측파대 형성이라는 점을 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

DSB-SC는 정보 신호 $m(t)$를 반송파 $\cos(2\pi f_c t)$에 곱해 스펙트럼을 $\pm f_c$ 부근으로 이동시키는 진폭변조 방식이다.
핵심은 반송파 자체는 억압되어 f_c에서 별도의 선 스펙트럼이 나타나지 않고, f_c를 중심으로 상측파대와 하측파대만 형성된다는 점이다.

선지별 해설

① O
정보 신호의 저주파 스펙트럼이 반송파에 의해 주파수축의 $\pm f_c$ 부근으로 이동하므로 맞는 설명이다.

② O
DSB-SC는 곱셈형 진폭변조이므로 반송파의 주파수와 기준 위상은 정해져 있고, 출력은 정보 신호에 따라 진폭이 달라진다. 다만 반송파 성분 자체는 전송되지 않는다는 점이 함께 이해되어야 한다.

③ X
틀린 부분은 '반송파 주파수 위치에서 임펄스 형태가 나타난다'는 표현이다. DSB-SC는 억압반송파 방식이므로 반송파 성분이 제거되어 f_c에서 별도의 임펄스 선 스펙트럼이 나타나지 않는다. 올바르게는 '변조된 신호의 스펙트럼은 반송파 주파수를 중심으로 상측파대와 하측파대로 나타난다'이다.

④ O
DSB-SC의 스펙트럼은 반송파 주파수를 중심으로 대칭인 상측파대와 하측파대를 가지므로 맞는 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

③은 일반 AM과 DSB-SC를 혼동하게 만드는 선지이다. 일반 AM은 반송파 성분이 남아 f_c에서 선 스펙트럼이 보이지만, DSB-SC는 이름 그대로 반송파가 억압되어 그 선이 사라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

억압반송파라는 말이 보이면 먼저 '반송파 선 스펙트럼이 남는가'를 확인하면 된다. 남으면 일반 AM 쪽 설명이고, 남지 않고 상하측파대만 있으면 DSB-SC 설명이다.

암기 포인트

DSB-SC는 반송파는 없고 측파대만 있는 진폭변조이다.

NoteBase

문 6. 랜덤 변수 X의 확률밀도함수(probability density function)가 다음과 같을 때, X의 특성함수(characteristic function) $\Phi_X(w)$는?

f_X(x)=cases(1)/(2), & 0 ≤ x ≤ 2 \ 0, & otherwisecases

① $\frac{1}{jw}(e^{j2w}-1)$
② $\frac{1}{jw}(1-e^{jw})$
③ $\frac{1}{j2w}(e^{j2w}-1)$
④ $\frac{1}{j2w}(1-e^{jw})$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 연속확률변수의 특성함수 정의 $\phi_X(w)=E[e^{jwX}]$를 이용해 균등분포 [0, 2]의 특성함수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $f_X(x)=\frac{1}{2}$ for $0 \le x \le 2$, 그 밖의 구간은 0이다.
구해야 할 값: $\phi_X(w)=E[e^{jwX}]$이다.
주의할 조건: 밀도 $\frac{1}{2}$를 반드시 곱해야 하고, 적분구간의 상한은 1이 아니라 2이다.

사용할 공식

$\phi_X(w)=E[e^{jwX}]=\int_{-\infty}^{\infty} e^{jwx}f_X(x)dx$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 특성함수는 정의 자체가 e^{jwX}의 기댓값이므로, 주어진 확률밀도함수를 적분에 대입해 직접 계산하면 된다.

계산 과정

1. 밀도함수가 0이 아닌 구간만 적분하면 $\phi_X(w)=\int_0^2 e^{jwx}\cdot\frac{1}{2}dx$이다.
2. 상수를 밖으로 빼면 $\phi_X(w)=\frac{1}{2}\int_0^2 e^{jwx}dx$이다.
3. 적분하면 $\int e^{jwx}dx=\frac{1}{jw}e^{jwx}$이므로 $\phi_X(w)=\frac{1}{2}\left[\frac{e^{jwx}}{jw}\right]_0^2$이다.
4. 경계값을 대입하면 $\phi_X(w)=\frac{1}{2}\cdot\frac{e^{j2w}-1}{jw}=\frac{e^{j2w}-1}{j2w}$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: $\frac{1}{jw}(e^{j2w}-1)$는 적분구간 0부터 2까지는 반영했지만 밀도 $\frac{1}{2}$를 빠뜨린 식이다. 틀린 표현은 분모에 2가 없는 점이고, 올바르게는 $\frac{1}{j2w}(e^{j2w}-1)$이다.
2번 X: $\frac{1}{jw}(1-e^{jw})$는 지수의 상한이 $2w$가 아니라 w로 잘못 들어갔고 부호도 뒤집혀 있다. 틀린 표현은 $1-e^{jw}$이고, 올바르게는 적분구간 $[0,2]$를 반영한 $\frac{1}{j2w}(e^{j2w}-1)$이다.
3번 O: $\frac{1}{j2w}(e^{j2w}-1)$는 $\phi_X(w)=\frac{1}{2}\int_0^2 e^{jwx}dx$를 정확히 계산한 결과와 일치한다.
4번 X: $\frac{1}{j2w}(1-e^{jw})$는 밀도 $\frac{1}{2}$는 반영했지만 적분 상한 2가 빠져 e^{j2w}가 아니라 e^{jw}가 되었고, 부호도 반대로 적혀 있다. 틀린 표현은 $1-e^{jw}$이고, 올바르게는 $e^{j2w}-1$이므로 전체 식은 $\frac{1}{j2w}(e^{j2w}-1)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 균등분포 $[0,2]$의 밀도 $\frac{1}{2}$를 빼먹으면 1번처럼 된다. 둘째, 적분구간의 상한 2를 놓치면 e^{jw}가 나타나 2번이나 4번처럼 된다. 특성함수에서는 적분구간과 밀도를 동시에 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

연속형 확률변수의 특성함수 문제는 먼저 $\phi_X(w)=\int e^{jwx}f_X(x)dx$를 적고, 그다음 밀도가 0이 아닌 구간만 남긴 뒤, 마지막에 밀도 상수와 적분 상한이 정확히 반영되었는지 검산하면 된다.

암기 포인트

균등분포 $[0,a]$의 특성함수는 $\phi_X(w)=\frac{e^{jwa}-1}{jwa}$ 형태가 된다.

NoteBase

문 7. $(7, 4)$ **해밍 코드(Hamming code)로 인코딩된 부호어(codeword)를 교차확률(crossover probability)이** p**인 이진대칭채널(binary symmetric channel)을 통해 전송할 때, 부호어 오류확률은?**

① $1-(1-p)^4$

② $1-(1-p)^4-4p(1-p)^3$

③ $1-(1-p)^7$

④ $1-(1-p)^7-7p(1-p)^6$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $(7, 4)$ 해밍 코드가 1비트 오류를 정정할 수 있다는 성질을 이용해 복호 후 부호어 오류확률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 부호어 길이는 7비트이고, 각 비트는 교차확률 p인 이진대칭채널을 통과한다.
구해야 할 값: 복호 후 부호어가 잘못될 확률이다.
주의할 조건: $(7, 4)$ 해밍 코드는 1비트 오류까지는 정정할 수 있으므로 오류로 보는 경우는 2비트 이상 오류가 난 경우이다.

사용할 공식

부호어 오류확률은 전체 확률 1에서 0비트 오류와 1비트 오류의 확률을 뺀 값이다.
$P_e = 1 - P(0 \text{ errors}) - P(1 \text{ error}) = 1-(1-p)^7-\binom{7}{1}p(1-p)^6 = 1-(1-p)^7-7p(1-p)^6$
이 공식을 쓰는 이유는 해밍 코드가 정확히 1비트 오류까지는 정정하므로, 복호 실패는 2비트 이상 오류가 생길 때만 발생하기 때문이다.

계산 과정

1. 7비트 모두 오류가 없을 확률은 $(1-p)^7$이다.
2. 7비트 중 정확히 1비트만 오류일 확률은 $\binom{7}{1}p(1-p)^6 = 7p(1-p)^6$이다.
3. 따라서 정정 가능한 경우의 확률은 $(1-p)^7 + 7p(1-p)^6$이고, 그 여사건인 부호어 오류확률은 $1-(1-p)^7-7p(1-p)^6$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $1-(1-p)^4$는 정보비트 4개 중 하나라도 오류가 날 확률처럼 본 식이다. 이 문제는 7비트 부호어 전체와 정정능력을 함께 봐야 하므로 틀리다. 올바르게는 $1-(1-p)^7-7p(1-p)^6$이다.
② X: $1-(1-p)^4-4p(1-p)^3$는 4비트만 놓고 0개 또는 1개 오류를 제외한 식이다. 해밍 코드의 부호어 길이 7을 반영하지 못한 점이 틀리다. 올바르게는 7비트 기준으로 $1-(1-p)^7-7p(1-p)^6$이다.
③ X: $1-(1-p)^7$는 7비트 중 한 비트라도 뒤집히면 바로 오류라고 본 식이다. 이는 오류정정 능력을 전혀 반영하지 않은 채널상의 원시 오류확률이다. 올바르게는 1비트 오류는 정정 가능하므로 $1-(1-p)^7-7p(1-p)^6$이다.
④ O: $1-(1-p)^7-7p(1-p)^6$는 0비트 오류와 1비트 오류를 제외한 확률이다. 해밍 코드는 1비트 오류까지 정정하므로 2비트 이상 오류가 생길 확률이 곧 부호어 오류확률이 된다.

오답 포인트

③처럼 한 비트라도 오류가 나면 곧바로 부호어 오류라고 보는 실수가 가장 흔하다. 이 문항은 채널 오류확률이 아니라 오류정정부호를 거친 뒤의 복호 오류확률을 묻기 때문에, 해밍 코드의 1비트 정정 능력을 반드시 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

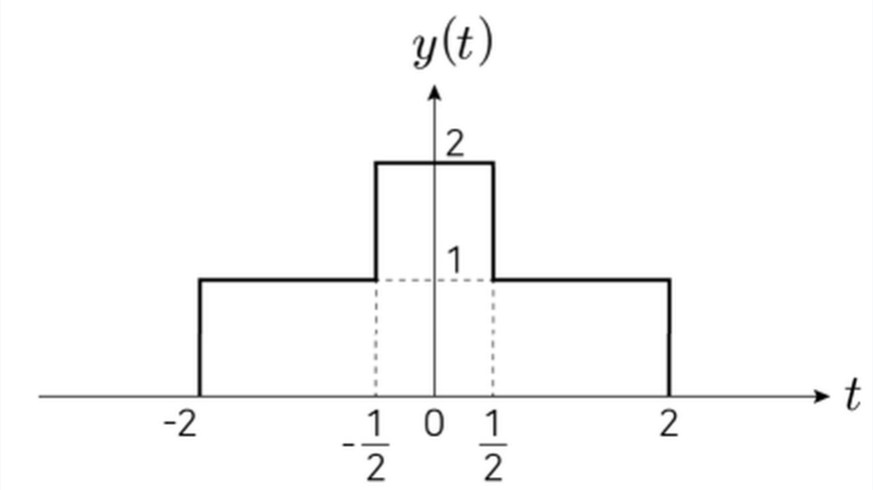
오류정정부호 문제는 먼저 몇 비트까지 정정 가능한지를 확인한 뒤, 정정 가능한 오류 개수까지의 확률을 모두 더하고 1에서 빼는 방식으로 판단한다. 즉 해밍 $(7,4)$ 코드는 1비트 정정이므로 $P_e = 1-[P(0)+P(1)]$ 구조로 바로 정리된다.

암기 포인트

1비트 정정 코드의 복호 오류확률은 2비트 이상 오류확률이다.

NoteBase

문 8. 신호 $x(t) = u(t+1) - u(t-1)$의 푸리에 변환이 $X(f) = 2\text{sinc}(2f)$일 때, 신호 $y(t)$의 푸리에 변환 $Y(f)$는? (단, $u(t)$는 단위 계단 함수이다)



① $\text{sinc}(f) + 4\text{sinc}(4f)$

② $2\text{sinc}(f) + 2\text{sinc}(2f+2) + 2\text{sinc}(2f-2)$

③ $\text{sinc}(f) + 2\text{sinc}(2f+1) + 2\text{sinc}(2f-1)$

④ $2\text{sinc}(f) + \text{sinc}(4f)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 시간축 확대·축소에 따른 푸리에 변환 성질을 이용해 도식으로 주어진 $y(t)$의 스펙트럼 $Y(f)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $x(t) = u(t+1) - u(t-1)$, $X(f) = 2\text{sinc}(2f)$이다.
구해야 할 값: 도식으로 주어진 $y(t)$의 푸리에 변환 $Y(f)$이다.
주의할 조건: 그림의 $y(t)$는 높이 1, 구간 $-2 \le t \le 2$의 직사각형과 높이 1, 구간 $-\frac{1}{2} \le t \le \frac{1}{2}$의 직사각형이 더해진 형태이다.

사용할 공식

시간축 스케일링 성질은 x(at) F (1)/(|a|)X≤ft((f)/(a))이다.
또한 푸리에 변환의 선형성에 따라 시간영역에서 더한 신호는 주파수영역에서도 그대로 더해진다.
이 공식을 쓰는 이유: 그림의 $y(t)$는 기준 신호 $x(t)$를 시간축으로 늘인 신호와 줄인 신호의 합으로 바로 표현되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 바깥 직사각형은 폭이 4이므로 $x(t/2) = u(t/2+1) - u(t/2-1) = u(t+2) - u(t-2)$와 같다.
2. 가운데 추가된 직사각형은 폭이 1이므로 $x(2t) = u(2t+1) - u(2t-1) = u\left(t+\frac{1}{2}\right) - u\left(t-\frac{1}{2}\right)$와 같다.
3. 따라서 $y(t) = x(t/2) + x(2t)$이다.
4. $x(t/2)$의 푸리에 변환은 $2X(2f) = 2 \cdot 2\mathrm{sinc}(4f) = 4\mathrm{sinc}(4f)$이다.
5. $x(2t)$의 푸리에 변환은 $\frac{1}{2}X(f/2) = \frac{1}{2} \cdot 2\mathrm{sinc}(f) = \mathrm{sinc}(f)$이다.
6. 선형성을 적용하면 $Y(f) = 4\mathrm{sinc}(4f) + \mathrm{sinc}(f)$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과가 $Y(f) = \mathrm{sinc}(f) + 4\mathrm{sinc}(4f)$이므로 옳다.
② X: $2\mathrm{sinc}(2f \pm 2)$ 형태는 시간 이동이나 주파수 이동을 잘못 섞어 만든 식이다. 이 문제의 신호는 이동이 아니라 시간축 확대·축소만 있으므로 이런 이동 항은 나오지 않는다. 틀린 표현은 $2\mathrm{sinc}(2f+2) + 2\mathrm{sinc}(2f-2)$이고, 올바르게는 $4\mathrm{sinc}(4f) + \mathrm{sinc}(f)$이다.
③ X: $2\mathrm{sinc}(2f \pm 1)$ 역시 폭이 다른 두 직사각형을 주파수 이동된 성분으로 오해한 식이다. 가운데 직사각형은 이동된 신호가 아니라 원점 대칭 직사각형이므로 이동항이 생기지 않는다. 틀린 표현은 $2\mathrm{sinc}(2f+1) + 2\mathrm{sinc}(2f-1)$이고, 올바르게는 $4\mathrm{sinc}(4f) + \mathrm{sinc}(f)$이다.
④ X: 넓은 직사각형과 좁은 직사각형의 계수를 서로 바꾸어 쓴 식이다. 시간축을 2배로 늘린 $x(t/2)$는 계수가 2배가 되어 $4\mathrm{sinc}(4f)$가 되고, 시간축을 2배로 줄인 $x(2t)$는 계수가 절반이 되어 $\mathrm{sinc}(f)$가 된다. 틀린 표현은 $2\mathrm{sinc}(f) + \mathrm{sinc}(4f)$이고, 올바르게는 $\mathrm{sinc}(f) + 4\mathrm{sinc}(4f)$이다.

오답 포인트

도식에서 두 직사각형이 모두 원점 대칭이라는 점을 놓치면 주파수 이동항이 붙는다고 오해하기 쉽다. 또한 시간축 확대·축소 공식의 계수 $\frac{1}{|a|}$를 반대로 적용하면 ④처럼 sinc 항의 계수가 뒤바뀐다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 파형이 겹쳐 있으면 먼저 기준 파형의 확대형과 축소형의 합으로 분해한 뒤, $x(at)$의 푸리에 변환이 $\frac{1}{|a|}X(f/a)$라는 성질을 각각 적용해 더하면 된다. 이동이 없는 원점 대칭 파형이면 $f \pm f_0$ 같은 주파수 이동항은 나오지 않는다.

암기 포인트

시간축 확대는 주파수축 압축과 계수 증가로, 시간축 축소는 주파수축 확대와 계수 감소로 대응된다.

NoteBase

문 9. 총 5개의 상품 중에 불량품이 2개 포함되어 있다. 5개의 상품 중에서 동시에 3개를 한꺼번에 임의로 선택하였을 때, 불량품이 적어도 하나 이상 포함될 확률은?

① $\frac{3}{4}$
② $\frac{5}{6}$
③ $\frac{7}{8}$
④ $\frac{9}{10}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 여사건을 이용해 불량품이 적어도 하나 이상 포함될 확률을 조합으로 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 전체 상품은 5개이고 그중 불량품은 2개, 정상품은 3개이다.
구해야 할 값: 3개를 동시에 뽑을 때 불량품이 적어도 하나 이상 포함될 확률이다.
주의할 조건: 적어도 하나 이상은 여사건인 불량품이 하나도 포함되지 않는 경우를 먼저 구하면 빠르다.

사용할 공식

전체 경우의 수는 $\binom{5}{3}$, 여사건인 정상품만 3개 뽑는 경우의 수는 $\binom{3}{3}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 동시에 3개를 뽑는 비복원 추출이므로 순서가 아니라 조합으로 계산해야 하고, 적어도 하나 이상이라는 조건은 여사건으로 바꾸면 한 번에 계산된다.

계산 과정

1. 전체 경우의 수는 $\binom{5}{3} = 10$이다.
2. 불량품이 하나도 포함되지 않는 경우는 정상품 3개를 모두 뽑는 경우뿐이므로 $\binom{3}{3} = 1$이다.
3. 따라서 구하는 확률은 $1 - \frac{1}{10} = \frac{9}{10}$이다.

선지 판단

1번 X: $\frac{3}{4}$는 전체 경우의 수 10을 기준으로 한 정확한 계산 결과가 아니다. 올바르게는 불량품이 적어도 하나 이상 포함될 확률이 $\frac{9}{10}$이다.
2번 X: $\frac{5}{6}$은 여사건 확률 $\frac{1}{10}$을 정확히 빼지 못한 값이다. 올바르게는 $1 - \frac{1}{10} = \frac{9}{10}$이다.
3번 X: $\frac{7}{8}$도 조합 계산과 맞지 않는 값이다. 올바르게는 전체 10가지 경우 중 9가지에서 불량품이 적어도 하나 포함되므로 $\frac{9}{10}$이다.
4번 O: 전체 경우의 수가 10, 정상품만 뽑는 경우가 1이므로 구하는 확률은 $\frac{9}{10}$이다.

NoteBase

오답 포인트

적어도 하나 이상을 직접 세다가 경우를 빠뜨리면 오답이 나온다. 이 문항은 불량품 1개 포함 경우와 2개 포함 경우를 따로 세려다 누락하는 실수를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

확률 문항에서 적어도 하나 이상이 보이면 먼저 여사건인 하나도 일어나지 않는 경우를 찾고, 전체 경우의 수와 비교해 1-여사건 확률로 정리한다.

암기 포인트

적어도 하나 이상은 여사건으로 바꾸면 가장 빠르고, 비복원 동시추출은 순서가 아니라 조합으로 계산한다.

NoteBase

문 10. 아날로그 변복조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① FM은 중첩의 원리가 적용되지만 PM은 적용되지 않는다.

② 이론상 FM 파형은 무한개의 측파대 주파수를 포함한다.

③ PM과 FM은 반송파의 진폭에 변화를 주지 않는다.

④ AM보다 넓은 대역폭을 필요로 하는 광대역 PM과 광대역 FM은 AM보다 잡음에 강하다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 AM과 각변조(FM, PM)의 차이와 FM·PM의 기본 성질을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

AM은 반송파의 진폭을 바꾸는 변조이고, FM과 PM은 반송파의 각도를 바꾸는 각변조이다.
FM은 입력 신호에 따라 순시주파수가 변하고, PM은 입력 신호에 따라 순시위상이 변한다.
FM과 PM은 모두 각변이량을 기준으로 보면 입력 신호의 효과를 합성해서 해석할 수 있다.

선지별 해설

① X. 틀린 부분은 'PM은 적용되지 않는다'이다. PM도 입력 신호에 따른 위상편이가 더해지는 각변조이므로 FM과 마찬가지로 각변이량 관점에서 중첩해서 해석할 수 있다. 올바르게는 'FM과 PM 모두 중첩의 원리를 적용할 수 있다'이다.
② O. 이론상 FM 파형의 스펙트럼은 베셀 함수 전개로 표현되며 측파대가 무한히 생긴다. 실제로는 고차 측파대의 세기가 매우 작아서 유효 대역폭만 사용한다.
③ O. PM과 FM은 모두 각변조이므로 정보는 위상 또는 주파수 변화에 실리고 반송파의 포락선 진폭은 일정하다. 따라서 진폭 변화는 주된 정보 성분이 아니다.
④ O. 광대역 PM과 광대역 FM은 AM보다 더 넓은 대역폭을 사용하지만, 그 대가로 잡음에 대한 내성이 더 좋다. 올바른 비교는 '대역폭은 더 크고 잡음 성능은 더 좋다'이다.

오답 포인트

①에서 FM과 PM의 차이를 과장해서 외우면 틀리기 쉽다. FM은 주파수 변화, PM은 위상 변화라는 차이는 맞지만 둘 다 각변조라는 공통 성질을 가져 중첩 해석, 일정한 진폭, 잡음 강인성 같은 특징을 함께 가진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 AM인지 각변조인지부터 구분한다. 각변조이면 진폭은 일정한지, 넓은 대역폭과 잡음 강인성이 함께 따라오는지, FM은 주파수 편이이고 PM은 위상 편이라는 점을 차례로 대입하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

AM은 진폭, FM은 주파수, PM은 위상이다. FM·PM은 각변조라서 진폭은 일정하고 잡음에는 더 강하다.

NoteBase

문 11. AM 신호의 변조지수(modulation index)는 반송파의 진폭이 정보 신호에 의해 얼마나 많이 변조되었나를 표시한다. 정현파 정보 신호를 AM 변조한 신호의 최대 크기가 2.8 [V]이고, 변조되기 전 반송파의 진폭이 1.6 [V]일 때, 변조지수는?

① 0.7

② 0.75

③ 0.8

④ 0.85

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 정현파 AM에서 최대 포락선과 반송파 진폭의 관계 $A_{\max} = A_c(1 + m)$를 이용해 변조지수 m를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 최대 크기 $A_{\max} = 2.8V$, 변조 전 반송파 진폭 $A_c = 1.6V$이다.
구해야 할 값은 변조지수 m이다.
정현파 AM에서는 최대 포락선이 반송파 진폭에 $(1 + m)$이 곱해진 값이 된다.

사용할 공식

사용 공식은 $A_{\max} = A_c(1 + m)$ 이다.
따라서 $m = \frac{A_{\max}}{A_c} - 1$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 최대 포락선의 크기와 변조 전 반송파 진폭을 함께 주었기 때문이다.

계산 과정

1. 식에 값을 대입하면 $2.8 = 1.6(1 + m)$ 이다.
2. 양변을 1.6으로 나누면 $1 + m = \frac{2.8}{1.6} = 1.75$ 이다.
3. 따라서 $m = 1.75 - 1 = 0.75$ 이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 틀린 부분은 변조지수를 0.7로 본 점이다. $A_{\max} = 2.8V$, $A_c = 1.6V$를 대입하면 올바르게는 0.75이다.
2번 O: $m = 0.75$로 계산되므로 맞다.
3번 X: 틀린 부분은 변조지수를 0.8로 본 점이다. 최대 포락선과 반송파 진폭의 관계식을 적용하면 올바르게는 0.75이다.
4번 X: 틀린 부분은 변조지수를 0.85로 본 점이다. $A_{\max} = A_c(1 + m)$를 만족하도록 계산하면 올바르게는 0.75이다.

오답 포인트

최대 포락선 크기 자체를 변조지수로 착각하거나, $\frac{A_{\max}}{A_c}$를 구한 뒤 마지막으로 1을 빼는 단계를 놓치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

AM 변조지수 문제는 먼저 주어진 값이 포락선 최대값인지 반송파 진폭인지 구분한 뒤, $A_{\max} = A_c(1 + m)$ 또는 $m = \frac{A_{\max} - A_c}{A_c}$로 바로 정리해서 계산하면 된다.

암기 포인트

정현파 AM의 최대 포락선은 $A_c(1 + m)$이고, 변조지수는 증가한 진폭을 반송파 진폭으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 12. 8-PSK 변조 방식을 사용하여 10 [kbps]의 비트율로 데이터를 전송할 때, 심볼 지속시간(symbol duration)[msec]은?

① 0.05

② 0.1

③ 0.3

④ 0.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 M-진 PSK에서 심볼당 비트 수를 구한 뒤 비트율을 심볼율로 바꾸고, 다시 심볼 지속시간을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 8-PSK, 비트율 $10kbps$
구해야 할 값: 심볼 지속시간 T_s $[msec]$
주의할 조건: 8-PSK는 한 심볼이 $\log_2 8 = 3$비트를 실어 나른다.

사용할 공식

심볼당 비트 수는 $\log_2 M$이고, 심볼율 R_s는 $R_s = R_b/\log_2 M$이다. 심볼 지속시간은 $T_s = 1/R_s$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 변조 차수 $M = 8$과 비트율 R_b를 주고 한 심볼이 유지되는 시간을 묻고 있으므로, 먼저 비트율을 심볼율로 변환해야 한다.

계산 과정

1. 8-PSK의 심볼당 비트 수는 $\log_2 8 = 3$이다.
2. 심볼율은 $R_s = 10{,}000/3 baud$이다.
3. 심볼 지속시간은 $T_s = 1/R_s = 3/10{,}000s = 0.0003s$이다.
4. 이를 $msec$로 바꾸면 $0.0003s = 0.3ms$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 0.05는 계산 결과인 $0.3ms$와 다르다.
- 틀린 표현은 "심볼 지속시간이 0.05 $msec$이다"이고, 올바르게는 "심볼 지속시간은 0.3 $msec$이다"이다.

② X
- 0.1은 $10kbps$에서 1비트가 차지하는 시간 $1/10{,}000s = 0.1ms$에 해당한다.
- 8-PSK는 1심볼이 3비트를 담으므로 심볼 지속시간은 비트 지속시간과 같지 않다.
- 틀린 표현은 "심볼 지속시간이 0.1 $msec$이다"이고, 올바르게는 "심볼 지속시간은 0.3 $msec$이다"이다.

③ O
- 8-PSK에서는 1심볼당 3비트를 전송하므로 심볼율은 $10{,}000/3baud$이다.
- 따라서 심볼 지속시간은 $3/10{,}000s = 0.3ms$가 되어 옳다.

④ X
- 0.5는 계산 결과인 $0.3ms$보다 길어 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "심볼 지속시간이 0.5 $msec$이다"이고, 올바르게는 "심볼 지속시간은 0.3 $msec$이다"이다.
- 이 값은 비트율과 심볼율의 역수를 뒤섞거나 단위를 잘못 바꿀 때 나오는 오답이다.

계산 결과 $T_s = 0.3ms$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 비트율과 심볼율을 같은 것으로 보는 실수이다. ②처럼 비트 지속시간 $0.1ms$를 그대로 심볼 지속시간으로 착각하면 오답이 된다. 또 역수를 취한 뒤 s를 ms로 바꾸는 과정에서 소수점 자리를 잘못 옮기면 ①이나 ④ 같은 값에 끌릴 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

M-진 디지털 변조 문제는 먼저 한 심볼당 비트 수를 $\log_2 M$으로 구하고, 그다음 $R_s = R_b/\log_2 M$, $T_s = 1/R_s$ 순서로 정리하면 된다. 마지막에는 초를 ms로 바꾸면서 $1s = 1000ms$를 다시 확인한다.

암기 포인트

8-PSK는 3비트/심볼이므로 심볼 지속시간은 비트 지속시간의 3배가 된다.

NoteBase

문 13. 직접시퀀스 대역확산(DSSS)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 다른 사용자에 의한 간섭 신호를 넓은 주파수 대역으로 확산시켜 그 간섭을 감소시킨다.

② DS-CDMA에서 근원(near-far) 문제가 발생할 수 있다.

③ 수신기 간 직교성을 가진 확산 부호 또는 의사잡음(PN) 부호를 사용한다.

④ 정해진 패턴에 따라 불연속적으로 반송파 주파수가 천이한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직접시퀀스 대역확산(DSSS)의 동작 원리와 주파수 도약 확산(FHSS)의 특징을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

DSSS는 데이터에 고속 확산부호를 곱해 신호 대역을 넓히는 방식이다. 핵심 키워드는 확산부호, 처리이득, 역확산이다.
FHSS는 반송파 주파수를 정해진 패턴에 따라 바꾸어 가며 송신하는 방식이다. 핵심 키워드는 주파수 도약, 채널 천이이다.
DS-CDMA는 DSSS를 코드분할다중접속에 적용한 형태로, 사용자별 코드와 수신전력 불균형에 따른 near-far 문제가 중요하다.

선지별 해설

1번: O. DSSS 수신기에서 원하는 신호를 역확산하면 원하는 신호는 원래 대역으로 복원되고, 상관성이 낮은 간섭은 넓은 대역으로 퍼져 전력밀도가 낮아진다. 따라서 다른 사용자나 협대역 간섭의 영향을 줄이는 설명으로 볼 수 있다.
2번: O. DS-CDMA에서는 가까운 송신기의 강한 신호가 먼 송신기의 약한 신호를 덮어버릴 수 있어 near-far 문제가 발생할 수 있다. 그래서 전력제어가 중요하다.
3번: O. DSSS와 DS-CDMA는 사용자 구분과 확산을 위해 직교성 또는 낮은 상관성을 갖는 확산부호, PN 부호를 사용한다. 선택도를 만드는 핵심 수단이 코드라는 점이 맞다.
4번: X. 틀린 부분은 "정해진 패턴에 따라 불연속적으로 반송파 주파수가 천이한다"이다. 이것은 DSSS가 아니라 FHSS의 설명이다. DSSS는 반송파 주파수를 도약시키는 방식이 아니라 데이터에 확산부호를 곱해 넓은 주파수 대역으로 확산하는 방식이다.

오답 포인트

대역확산이라는 큰 범주만 보고 DSSS와 FHSS를 같은 방식처럼 기억하면 4번에 속기 쉽다. 이 문항의 함정은 둘 다 간섭에 강하다는 공통점 때문에 확산 방법 자체가 다르다는 점을 놓치게 만드는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 코드, PN 부호, 역확산, 처리이득이 나오면 DSSS를 먼저 떠올리면 된다. 반대로 주파수 도약, 채널 천이, hop 패턴이 나오면 FHSS로 판단하면 된다.

암기 포인트

DSSS는 코드를 곱해 넓히고, FHSS는 주파수를 바꾸며 뛴다.

NoteBase

문 14. 랜덤 변수 X의 확률밀도함수가 다음과 같을 때, X가 1과 3 사이의 값을 가질 확률은?

$f_X(x) = \frac{\beta}{2}e^{-\beta|x|},\ \beta > 0$

① $\frac{1}{2}(e^{3\beta} - e^{\beta})$
② $\frac{1}{2}(e^{\beta} - e^{3\beta})$
③ $\frac{1}{2}(e^{-3\beta} - e^{-\beta})$
④ $\frac{1}{2}(e^{-\beta} - e^{-3\beta})$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $f_X(x) = \frac{\beta}{2}e^{-\beta|x|}$에서 $1 < X < 3$ 구간의 확률을 적분으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 확률밀도함수는 $f_X(x) = \frac{\beta}{2}e^{-\beta|x|}, \beta > 0$이다.
구해야 할 값은 $P(1 < X < 3)$이다.
구간 $1 < x < 3$에서는 $x > 0$이므로 $|x| = x$가 된다.

사용할 공식

확률밀도함수에서 구간확률은 적분으로 구한다.
$P(1 < X < 3) = \int_1^3 f_X(x)dx = \int_1^3 \frac{\beta}{2}e^{-\beta x}dx$
이 공식을 쓰는 이유는 연속확률변수의 특정 구간 확률이 해당 구간에서의 확률밀도함수 적분값이기 때문이다.

계산 과정

1. $1 < x < 3$에서는 $|x| = x$이므로 $f_X(x) = \frac{\beta}{2}e^{-\beta x}$로 바꾼다.
2. 이를 적분하면
$\int \frac{\beta}{2}e^{-\beta x}dx = -\frac{1}{2}e^{-\beta x}$
가 된다.
3. 경계값 1,3을 대입하면
$P(1 < X < 3) = \left[-\frac{1}{2}e^{-\beta x}\right]_1^3 = \frac{1}{2}(e^{-\beta} - e^{-3\beta})$
가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$\frac{1}{2}(e^{3\beta}-e^{\beta})$는 지수의 부호를 잘못 쓴 값이다. $x>0$ 구간에서는 $e^{-\beta x}$를 적분해야 하므로 양의 지수 $e^{3\beta}$, e^{β}가 나오지 않는다. 올바르게는 $\frac{1}{2}(e^{-\beta}-e^{-3\beta})$이다.

② X
$\frac{1}{2}(e^{\beta}-e^{3\beta})$도 지수 부호를 잘못 쓴 데다 값이 음수가 되어 확률이 될 수 없다. 확률은 0 이상이어야 하므로 식 형태부터 맞지 않는다. 올바르게는 $\frac{1}{2}(e^{-\beta}-e^{-3\beta})$이다.

③ X
$\frac{1}{2}(e^{-3\beta}-e^{-\beta})$는 적분값의 순서를 거꾸로 쓴 값이다. $e^{-\beta}>e^{-3\beta}$이므로 이 식은 음수가 되어 확률이 될 수 없다. 올바르게는 $\frac{1}{2}(e^{-\beta}-e^{-3\beta})$이다.

④ O
$P(1<X<3)=\frac{1}{2}(e^{-\beta}-e^{-3\beta})$로 계산되므로 맞는 식이다. $x>0$에서 $|x|=x$로 바꾸고 정적분을 정확히 계산한 결과와 일치한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, $x>0$ 구간인데도 $|x|$ 처리를 잘못해 지수 부호를 뒤집는 실수이다. 둘째, 정적분 결과 $F(3)-F(1)$의 순서를 거꾸로 써서 음수 확률을 만드는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

절댓값이 있는 밀도함수는 먼저 구간의 부호를 보고 $|x|$를 없앤 뒤 적분한다. 계산이 끝나면 확률값이 0과 1 사이인지 확인하면 부호와 순서 오류를 바로 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

라플라스형 밀도에서 $x>0$ 구간은 $|x|=x$, 구간확률은 정적분, 결과는 반드시 0 이상이다.

NoteBase

문 15. 두 개의 사건 A와 B가 서로 독립일 때, 조건부 확률 $P(A \mid B)$와 다른 것은? (단, A^c는 A의 여사건이며, $P(A) \neq 0$, $P(A^c) \neq 0$, $P(B) \neq 0$, $P(A) \neq P(B)$이다)

① $P(A)$

② $\frac{P(A \cap B)}{P(B)}$

③ $\frac{P(A)P(A \mid B)}{P(B)}$

④ $\frac{P(A)P(B \mid A)}{P(A)P(B \mid A) + P(A^c)P(B \mid A^c)}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 독립사건의 조건부확률과 베이즈 정리를 이용해 여러 식이 $P(A \mid B)$와 같은지 판별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 A와 B가 독립이라는 점이다.
따라서 $P(A \mid B) = P(A)$, $P(B \mid A) = P(B)$이다.
또한 A^c와 B도 독립이므로 $P(B \mid A^c) = P(B)$이다.
문제에서 $P(A) \neq 0$, $P(B) \neq 0$, $P(A) \neq P(B)$가 함께 주어져 있다.

사용할 공식

$P(A \mid B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$
P(A B)=P(A)P(B)(독립)
$P(B) = P(A)P(B \mid A) + P(A^c)P(B \mid A^c)$
선지들이 모두 조건부확률을 다른 형태로 쓴 식이므로, 정의식과 독립조건, 전확률 공식을 함께 써서 같은 식인지 비교한다.

계산 과정

1. 독립이므로 $P(A \mid B) = P(A)$이다.
2. ②는 정의에 따라 $\frac{P(A \cap B)}{P(B)} = P(A \mid B)$이다.
3. ④의 분자는 $P(A)P(B \mid A) = P(A \cap B)$이고, 분모는 전확률 공식에 따라 $P(B)$이므로 전체가 $\frac{P(A \cap B)}{P(B)} = P(A \mid B)$이다.
4. ③은 $\frac{P(A)P(A \mid B)}{P(B)} = \frac{P(A)^2}{P(B)}$이다. 이것이 $P(A \mid B) = P(A)$와 같으려면 $\frac{P(A)^2}{P(B)} = P(A)$여야 하므로 $P(A) \neq 0$에서 $P(A) = P(B)$가 되어야 한다. 그런데 문제에서 $P(A) \neq P(B)$라고 했으므로 ③만 다르다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. 독립사건에서는 $P(A \mid B) = P(A)$이므로 ①은 기준식과 같다.
2번: O. $P(A \mid B)$의 정의식이 바로 $\frac{P(A \cap B)}{P(B)}$이므로 ②는 기준식과 같다.
3번: X. $\frac{P(A)P(A \mid B)}{P(B)} = \frac{P(A)^2}{P(B)}$는 일반적으로 $P(A)$와 같지 않다. 틀린 표현은 $\frac{P(A)P(A \mid B)}{P(B)}$이고, 올바르게는 $P(A \mid B) = P(A)$ 또는 $P(A \mid B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$이다.
4번: O. 베이즈 정리 형태이며, 분모 $P(A)P(B \mid A) + P(A^c)P(B \mid A^c)$는 전확률에 의해 $P(B)$가 된다. 따라서 ④는 $\frac{P(A \cap B)}{P(B)} = P(A \mid B)$와 같다.

오답 포인트

③에서 $P(A \mid B) = P(A)$라는 사실만 보고 아무 식에나 $P(A)$를 한 번 더 곱해도 같다고 착각하기 쉽다. 이 문제의 함정은 독립조건을 이용한 뒤에도 분모 $P(B)$가 남아 있는지까지 끝까지 확인해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

독립사건 식 변형 문제는 먼저 $P(A \mid B) = P(A)$, $P(B \mid A) = P(B)$로 바꾼 뒤, 각 선지를 정의식이나 전확률 공식으로 끝까지 정리해 같은 식인지 비교하면 된다.

암기 포인트

독립이면 $P(A \mid B) = P(A)$이고, 베이즈 분모는 전확률로 $P(B)$가 된다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 16. 광의의 정상(wide sense stationary) 랜덤 프로세스의 자기상관(auto-correlation) 함수가 시간차 τ만의 함수 $R(\tau) = 10e^{-|\tau|}$이다. 이 프로세스가 전력 신호일 때, 평균 전력은?

① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 2번

출제 포인트

광의정상 랜덤 프로세스의 평균 전력은 자기상관함수의 원점값 $R(0)$와 같다는 성질을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $R(\tau) = 10e^{-|\tau|}$이다.
구해야 할 값은 이 프로세스가 전력 신호일 때의 평균 전력이다.
광의정상 과정에서는 평균 전력이 자기상관함수의 $\tau = 0$ 값과 같다.

사용할 공식

평균 전력 $P = R(0)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 광의정상 전력 신호의 평균 전력이 자기상관함수의 원점값으로 정의되기 때문이다.

계산 과정

1. 자기상관함수에 $\tau = 0$을 대입한다.
2. $R(0) = 10e^{-|0|} = 10e^{0} = 10$이다.
3. 따라서 평균 전력 $P = 10$이다.

선지별 해설

① X: 평균 전력은 $R(0)$로 구하므로 $10e^{0} = 10$이다. 5는 계산 결과와 맞지 않으며, 올바르게는 평균 전력은 5가 아니라 10이다.
② O: 광의정상 전력 신호의 평균 전력은 $R(0)$이고, $R(0) = 10$이므로 맞는 선지이다.
③ X: 평균 전력은 $\tau = 0$에서의 자기상관값 하나만 보면 되므로 15가 될 근거가 없다. 올바르게는 평균 전력은 15가 아니라 10이다.
④ X: $R(0) = 10$이므로 20은 자기상관함수의 원점값과 일치하지 않는다. 올바르게는 평균 전력은 20이 아니라 10이다.

NoteBase

오답 포인트

자기상관함수 전체 식이 주어지면 임의의 τ를 다루는 문제로 착각하기 쉽다. 이 문항은 평균 전력을 묻기 때문에 $\tau = 0$만 대입하면 끝난다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

광의정상 과정과 평균 전력이 함께 나오면 먼저 $P = R(0)$를 떠올린다. 그다음 자기상관함수에 $\tau = 0$을 대입해 원점값만 계산하면 된다.

암기 포인트

광의정상 전력 신호의 평균 전력은 항상 자기상관함수의 원점값 $R(0)$이다.

NoteBase

문 17. 주파수 응답함수가 $H(f)=\Pi\left(\frac{f}{5}\right)$인 시스템에 다음과 같은 신호 $x(t)$가 입력될 때, 출력 신호의 평균 전력은? (단, ≤ft((x)/(a))=cases1,&-(a)/(2)≤ x≤ (a)/(2)\\0,&otherwisecases이다.)

$x(t)=2+\frac{1}{2}\cos(4\pi t)+\frac{1}{2}\sin(8\pi t)$

① $\frac{9}{2}$
② $\frac{17}{4}$
③ $\frac{33}{8}$
④ $\frac{65}{16}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상 저역통과계의 통과대역을 먼저 판별한 뒤, 통과된 출력 신호의 평균 전력을 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

전달함수 $H(f)=\Pi\left(\frac{f}{5}\right)$ 이므로 통과대역은 $-\frac{5}{2}\le f\le\frac{5}{2}$이다.
입력 신호는 $x(t)=2+\frac{1}{2}\cos(4\pi t)+\frac{1}{2}\sin(8\pi t)$이다.
$\cos(4\pi t)=\cos(2\pi\cdot 2t)$ 이므로 주파수는 2 Hz이고, $\sin(8\pi t)=\sin(2\pi\cdot 4t)$ 이므로 주파수는 4 Hz이다.
따라서 직류 성분과 2 Hz 성분은 통과하고, 4 Hz 성분은 차단된다.

사용할 공식

출력 신호는 $y(t)=2+\frac{1}{2}\cos(4\pi t)$ 이다.
평균 전력은 직교하는 성분의 전력 합으로 계산하므로
$P_y=2^2+\frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2}{2}$
가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 직류 성분의 평균 전력이 A^2, 진폭이 B인 정현파의 평균 전력이 $\frac{B^2}{2}$이기 때문이다.

계산 과정

1. 필터를 지난 뒤 남는 성분은 2와 $\frac{1}{2}\cos(4\pi t)$ 이다.
2. 직류 성분의 평균 전력은 $2^2=4$ 이다.
3. $\frac{1}{2}\cos(4\pi t)$의 평균 전력은 $\frac{(1/2)^2}{2}=\frac{1}{8}$ 이다.
4. 따라서 출력 평균 전력은 $4+\frac{1}{8}=\frac{33}{8}$ 이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $\frac{9}{2}$는 통과된 코사인 성분의 평균 전력을 $\frac{1}{4}$로 잘못 계산한 값에 해당한다. 정현파의 평균 전력은 진폭제곱이 아니라 그 절반이므로 올바른 출력 평균 전력은 $\frac{33}{8}$이다.
2번 X: $\frac{17}{4}$는 입력의 4 Hz 사인 성분까지 그대로 더한 값이다. 그러나 4 Hz는 차단대역에 있으므로 출력에는 포함되지 않으며, 올바르게는 $\frac{33}{8}$이다.
3번 O: 필터 통과 후 출력은 $2+\frac{1}{2}\cos(4\pi t)$ 이고 평균 전력은 $4+\frac{1}{8}=\frac{33}{8}$ 이므로 옳다.
4번 X: $\frac{65}{16}$는 $\frac{1}{2}\cos(4\pi t)$의 평균 전력을 $\frac{1}{16}$로 축소해 계산한 값이다. $\cos^2$의 평균은 $\frac{1}{2}$이므로 해당 성분의 전력은 $\frac{1}{8}$이어야 하고, 올바른 값은 $\frac{33}{8}$이다.

오답 포인트

저역통과계 문제에서 가장 흔한 실수는 주파수 성분을 먼저 걸러내지 않고 입력 전력을 바로 계산하는 점과, 진폭이 $\frac{1}{2}$인 정현파의 평균 전력을 $\frac{1}{4}$나 $\frac{1}{16}$으로 잘못 두는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

주파수 응답 문제가 나오면 먼저 각 항을 $2\pi f$ 꼴로 바꿔 통과 여부를 판별하고, 그다음 남은 직류와 정현파 성분의 평균 전력을 각각 계산해 더하면 된다.

암기 포인트

이상 저역통과계는 통과대역 성분만 남기고, 직류 전력은 A^2, 진폭 B인 정현파 전력은 $\frac{B^2}{2}$로 계산한다.

NoteBase

문 18. 직교 주파수 분할 다중화(OFDM) 전송 기술에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 순환 전치(cyclic prefix)는 열잡음의 크기를 줄이기 위해 사용된다.

② 단일 반송파 신호에 비해 주파수 편차나 위상 잡음에 취약하다.

③ 직교하는 부반송파들을 사용하여 주파수 스펙트럼 효율을 높인다.

④ 주파수 선택적 페이딩 환경에서도 등화기를 간단한 구조로 구현할 수 있다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 OFDM의 핵심 구성요소와 장단점을 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

OFDM은 서로 직교하는 다수의 부반송파에 데이터를 나누어 실어 보내는 다중반송파 전송 방식이다. 순환 전치(cyclic prefix)는 다중경로 지연확산에 따른 심볼 간 간섭을 줄이고 부반송파의 직교성을 유지하기 위한 보호구간이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "열잡음의 크기를 줄이기 위해"이다. 순환 전치는 열잡음 전력을 줄이는 장치가 아니라 다중경로로 인한 심볼 간 간섭과 부반송파 간 간섭을 완화하기 위한 보호구간이다.
2번: O. OFDM은 많은 부반송파의 직교성을 유지해야 하므로 주파수 편차나 위상 잡음이 생기면 직교성이 깨지기 쉬워 단일 반송파 방식보다 더 민감하다.
3번: O. 직교하는 부반송파의 스펙트럼을 서로 겹치게 배치할 수 있으므로 같은 대역폭에서 더 높은 주파수 스펙트럼 효율을 얻을 수 있다.
4번: O. 주파수 선택적 페이딩 채널에서도 각 부반송파가 거의 평탄 페이딩을 겪는 형태가 되어 등화기를 비교적 간단한 구조로 구현할 수 있다.

오답 포인트

순환 전치를 잡음 억제 기능으로 외우면 1번처럼 틀리기 쉽다. 순환 전치의 목적은 열잡음 감소가 아니라 다중경로 대응과 직교성 유지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

OFDM 관련 선지는 먼저 순환 전치의 목적, 직교 부반송파가 주는 스펙트럼 효율, 주파수 편차와 위상 잡음에 대한 민감도를 나누어 확인하면 판단이 정리된다.

NoteBase

암기 포인트

순환 전치는 잡음을 줄이지 않고 간섭을 줄이며, OFDM은 스펙트럼 효율은 높고 주파수 편차에는 민감하다.

NoteBase

문 19. AWGN 채널에서 비트오류확률이 가장 높은 것은? (단, 모든 변조 방식의 평균 비트에너지는 동일하다)

① 동기 BPSK

② 동기 QPSK

③ 동기 MSK

④ 동기 BFSK

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 AWGN 채널에서 같은 평균 비트에너지 E_b를 쓸 때 대표적인 동기식 디지털 변조 방식들의 비트오류확률 P_b 순서를 비교할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

동기 BPSK는 반대 위상의 두 신호를 구별하는 antipodal signaling이라서 $P_b = Q(\sqrt{2E_b/N_0})$가 된다.
동기 QPSK는 비트 단위로 보면 BPSK와 같은 거리 특성을 가져서 비트오류확률이 BPSK와 같다.
동기 MSK는 AWGN에서 동기 검파 시 BPSK와 동등한 오차 성능을 가져 $P_b = Q(\sqrt{2E_b/N_0})$로 본다.
동기 BFSK는 직교 신호를 구별하는 방식이라서 $P_b = Q(\sqrt{E_b/N_0})$가 되어 위 세 방식보다 BER이 더 크다.

선지별 해설

1번 X: 동기 BPSK는 가장 높은 BER이 아니다. antipodal signaling이어서 $P_b = Q(\sqrt{2E_b/N_0})$이고, 같은 E_b에서 동기 BFSK보다 오차확률이 낮다. 틀린 표현은 숨은 조건인 '가장 높다'이며, 올바르게는 '동기 BPSK의 BER은 동기 QPSK, 동기 MSK와 같고 동기 BFSK보다 낮다'이다.
2번 X: 동기 QPSK도 가장 높은 BER이 아니다. 비트 단위 성능은 BPSK와 같아서 $P_b = Q(\sqrt{2E_b/N_0})$이다. 틀린 표현은 '가장 높다'이며, 올바르게는 '동기 QPSK의 BER은 동기 BPSK와 같고 동기 BFSK보다 낮다'이다.
3번 X: 동기 MSK 역시 가장 높은 BER이 아니다. 동기 검파한 MSK는 BPSK와 동등한 거리 특성을 가져 BER이 $Q(\sqrt{2E_b/N_0})$ 수준이다. 틀린 표현은 '가장 높다'이며, 올바르게는 '동기 MSK의 BER은 동기 BPSK와 동등하고 동기 BFSK보다 낮다'이다.
4번 O: 동기 BFSK가 정답이다. 직교 이진 신호의 동기 검파 BER은 $P_b = Q(\sqrt{E_b/N_0})$이므로, $Q(\sqrt{2E_b/N_0})$인 동기 BPSK·QPSK·MSK보다 비트오류확률이 가장 높다.

오답 포인트

BFSK가 주파수를 쓰는 방식이라는 이유만으로 막연히 더 안정적이라고 착각하면 틀린다. 이 문제의 함정은 '같은 평균 비트에너지'와 '동기 검파' 조건을 주고, antipodal 신호와 직교 신호의 거리 차이를 묻는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

AWGN에서 같은 E_b 조건이 보이면 먼저 antipodal 계열인지, 직교 계열인지 구분한다. 동기 BPSK·QPSK·MSK는 $Q\left(\sqrt{2E_b/N_0}\right)$ 묶음이고, 동기 BFSK는 $Q\left(\sqrt{E_b/N_0}\right)$ 묶음이므로 BER은 BFSK가 더 크다고 판단한다.

암기 포인트

동기 BPSK = 동기 QPSK = 동기 MSK, 동기 BFSK는 이들보다 $3dB$ 불리한 BER 성능을 보인다.

NoteBase

문 20. 비트율이 28 [kbps]인 이진 데이터를 롤오프 계수(roll-off factor)가 0.5인 상승 코사인 필터로 펄스 정형(pulse shaping)하여 전송할 때, ISI 없이 전송할 수 있는 최소 전송 대역폭[kHz]은?

① 14

② 21

③ 28

④ 35

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이진 데이터의 심볼율과 상승 코사인 필터의 롤오프 계수로 ISI 없이 필요한 최소 전송 대역폭을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 비트율은 $28kbps$이고 롤오프 계수는 $\alpha = 0.5$이다.
구해야 할 값: ISI 없이 전송할 수 있는 최소 전송 대역폭이다.
주의할 조건: 이진 데이터이므로 1심볼당 1비트를 전송하여 심볼율은 $R_s = R_b = 28kbaud$이다.

사용할 공식

공식: $B = \frac{(1+\alpha)R_s}{2}$
이 공식을 쓰는 이유: 상승 코사인 필터는 나이퀴스트 조건을 만족하면서 롤오프 계수 α만큼 대역이 늘어나므로 최소 전송 대역폭은 $(1+\alpha)R_s/2$로 계산된다.

계산 과정

1. 이진 데이터이므로 심볼율은 비트율과 같아 $R_s = 28kbaud$이다.
2. 롤오프 계수는 $\alpha = 0.5$이다.
3. 공식에 대입하면 $B = \frac{(1+0.5)\times 28}{2} = \frac{1.5\times 28}{2} = 21kHz$
4. 최소 전송 대역폭은 $21kHz$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $14kHz$는 롤오프 계수 $\alpha = 0$인 이상적 나이퀴스트 대역폭 $R_s/2$만 적용한 값이다. 이 문제는 $\alpha = 0.5$이므로 최소 대역폭은 $21kHz$로 보아야 한다.
② O: 계산 결과가 $21kHz$이므로 옳은 선지이다.
③ X: $28kHz$는 심볼율 R_s 자체를 대역폭으로 잘못 본 값이다. 상승 코사인 필터의 최소 대역폭은 심볼율 그대로가 아니라 $(1+\alpha)R_s/2$로 계산하여 $21kHz$가 된다.
④ X: $35kHz$는 롤오프 대역을 잘못 더해 과대 계산한 값이다. 이 문제의 최소 대역폭은 $(1+0.5)\times 28/2$이므로 $35kHz$가 아니라 $21kHz$가 맞다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 이진 데이터라서 $R_s = R_b$라는 점과, 최소 대역폭 공식에 반드시 /2가 들어간다는 점을 동시에 묻는 데 있다. ①은 롤오프를 빼먹은 값이고, ③은 심볼율과 대역폭을 같은 값으로 본 오답이며, ④는 롤오프 대역을 과대 계산한 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

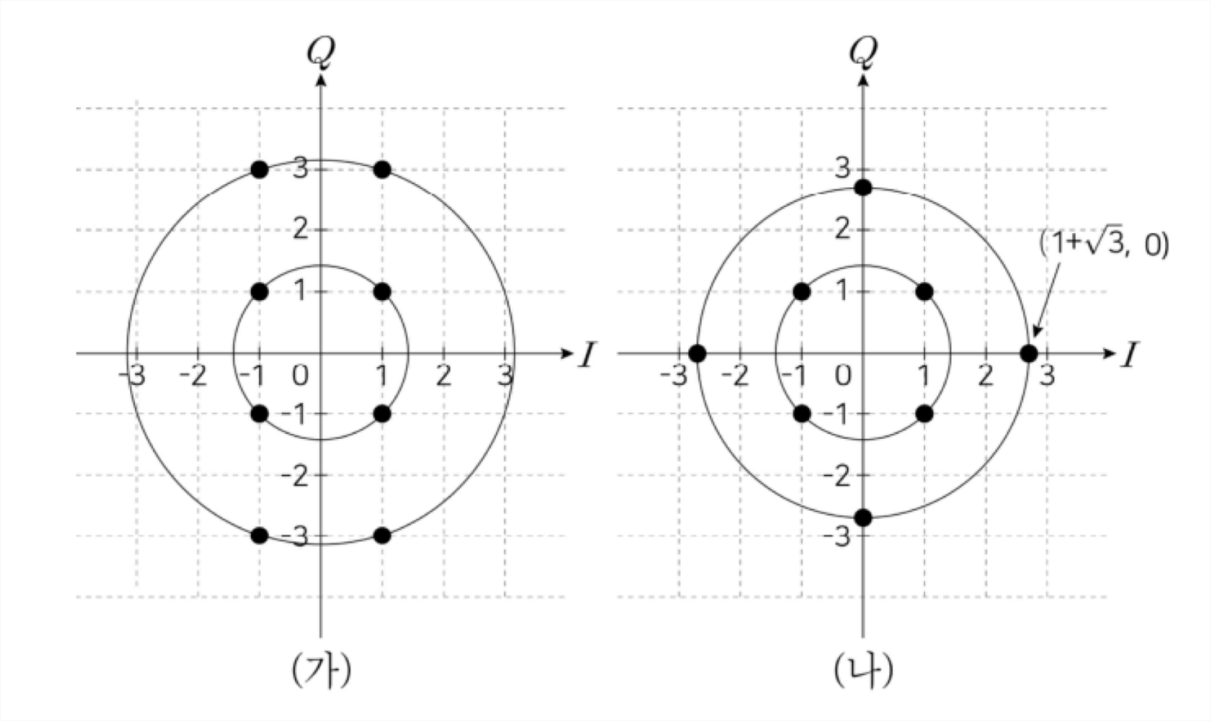
비트율이 주어지면 먼저 1심볼당 비트 수를 확인해 심볼율 R_s를 정리하고, 상승 코사인 필터이면 $B = (1+\alpha)R_s/2$를 적용한 뒤 마지막에 /2 누락 여부를 검산한다.

암기 포인트

이진 데이터에서는 $R_s = R_b$이고, 상승 코사인 필터의 최소 전송 대역폭은 $B = (1+\alpha)R_s/2$이다.

NoteBase

문 21. 다음은 단위 직교 함수 축 I와 Q상에 표현한 서로 다른 두 개의 8-QAM 성상도이다. AWGN 채널에서 두 변조 기법에 대한 성능 비교로 옳은 것은? (단, 신호 성상은 Gray코드를 사용하여 생성되었으며, 각 신호점들은 발생 확률이 동일하고 이웃한 점들 사이에만 오류가 발생한다고 가정한다)



① (가)와 (나)의 비트오류확률은 같지만 (나)의 평균 전송 에너지가 더 크다.

② (가)와 (나)의 비트오류확률은 같지만 (가)의 평균 전송 에너지가 더 크다.

③ (가)의 평균 전송 에너지가 크므로 (가)의 비트오류확률이 더 낮다.

④ (나)의 평균 전송 에너지가 크므로 (나)의 비트오류확률이 더 낮다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 두 8-QAM 성상도의 최근접점 거리와 평균 심볼 에너지를 비교하여 비트오류확률과 에너지 효율을 구분하는 문제이다.

조건 정리

(가)의 내부 점은 $(\pm 1, \pm 1)$, 외부 점은 $(\pm 1, \pm 3)$이다.
(나)의 내부 점은 $(\pm 1, \pm 1)$, 외부 점은 $(0, \pm(1+\sqrt{3}))$, $(\pm(1+\sqrt{3}), 0)$이다.
문항의 가정은 Gray 코드와 최근접 이웃 사이의 오류만 고려하는 경우이다.

NoteBase

사용할 공식

평균 심볼 에너지는 $E_s = \frac{1}{M}\sum_{k=1}^{M} |s_k|^2$이다.
이 문항의 비트오류확률 비교는 최근접점 거리 $d_{\min}$가 같은지로 판단한다.

계산 과정

(가)는 내부 4점의 에너지가 각각 $1^2 + 1^2 = 2$, 외부 4점의 에너지가 각각 $1^2 + 3^2 = 10$이므로 평균 심볼 에너지는 E_s,(가)=(4·2+4·10)/(8)=6이다.
(나)는 내부 4점의 에너지가 각각 2이고, 외부 4점의 에너지가 각각 $(1+\sqrt{3})^2 = 4 + 2\sqrt{3}$이므로 평균 심볼 에너지는 E_s,(나)=(4·2+4·(4+2√(3)))/(8)=3+√(3)≈4.73이다.
두 성상도 모두 최근접점 거리는 2이므로 문항의 가정에서는 비트오류확률이 같고, 평균 에너지는 $6 > 3 + \sqrt{3}$이므로 (가)가 더 크다.

선지별 해설

1번 X: 두 성상도의 비트오류확률이 같다는 판단은 맞지만 평균 전송 에너지가 더 큰 쪽은 (나)가 아니라 (가)이다. 틀린 표현은 ' (나)의 평균 전송 에너지가 더 크다'이고, 올바르게는 '(가)의 평균 전송 에너지가 더 크다'이다.
2번 O: 두 성상도는 최근접점 거리 $d_{\min} = 2$가 같으므로 문항의 가정에서는 비트오류확률이 같다. 평균 전송 에너지는 E_s,(가)=6, E_s,(나)=3+√(3)이므로 (가)가 더 크다.
3번 X: (가)의 평균 전송 에너지가 더 큰 것은 맞지만, 이 문항에서는 비트오류확률을 최근접점 거리로 비교하므로 (가)의 비트오류확률이 더 낮아지지 않는다. 틀린 표현은 '(가)의 비트오류확률이 더 낮다'이고, 올바르게는 '두 성상도의 비트오류확률은 같다'이다.
4번 X: (나)의 평균 전송 에너지가 더 크다는 전제가 틀렸고, 따라서 (나)의 비트오류확률이 더 낮다는 결론도 성립하지 않는다. 올바르게는 '(나)의 평균 전송 에너지는 더 작고, 비트오류확률은 두 성상도가 같다'이다.

오답 포인트

평균 전송 에너지와 비트오류확률을 같은 기준으로 섞으면 틀린다. 이 문항은 비트오류확률은 최근접점 거리로, 에너지 효율은 각 점의 에너지 평균으로 따로 비교하는 문항이다.

다시 나오면 이렇게 판단

성상도 비교 문항은 먼저 최근접점 거리 $d_{\min}$를 확인해 오류 성능을 판단하고, 그 다음 각 신호점의 원점까지 거리 제곱의 평균으로 에너지 효율을 비교하면 된다.

암기 포인트

같은 $d_{\min}$이면 비트오류확률은 같고, 평균 심볼 에너지가 작은 성상도가 더 에너지 효율적이다.

NoteBase

문 22. 서로 독립인 두 랜덤 변수 X와 Y의 확률분포가 다음과 같을 때, 엔트로피에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $H(X)$와 $H(Y)$는 각각 X와 Y의 엔트로피, $H(X, Y)$는 결합 엔트로피, $H(X \mid Y)$는 조건부 엔트로피이다)

[X=k]=[Y=k]=cases2^-k,&k=1,2,3,4,5\\2^-5,&k=6\\0,&otherwisecases

① 이 확률분포는 $H(X)$와 $H(Y)$ 모두를 최대로 한다.

② $H(X)$와 $H(Y)$는 $\frac{31}{16}$[bits/symbol]로 서로 같다.

③ $H(X, Y) > H(X) + H(Y)$가 성립한다.

④ $H(X \mid Y) < H(X)$가 성립한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 주어진 확률분포로 $H(X)$를 계산하고, 독립인 두 확률변수의 결합 엔트로피와 조건부 엔트로피 관계를 함께 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $P[X=k]=P[Y=k]=2^{-k}$ $(k=1, 2, 3, 4, 5)$, $P[X=6]=P[Y=6]=2^{-5}$이다.
구해야 할 값: $H(X)$, $H(Y)$, $H(X, Y)$, $H(X|Y)$이다.
주의할 조건: X와 Y는 서로 독립이므로 $H(X, Y)=H(X)+H(Y)$, $H(X|Y)=H(X)$가 성립한다.

사용할 공식

엔트로피는 $H(X)=-\sum p(x)\log_2 p(x)$이다.
독립이면 $H(X, Y)=H(X)+H(Y)$, $H(X|Y)=H(X)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 각 선지가 엔트로피의 수치 자체와 독립일 때의 기본 성질을 동시에 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

$p=2^{-k}$이면 $-p\log_2 p=2^{-k}\cdot k$가 된다.
따라서
$H(X)=\sum_{k=1}^{5} k2^{-k}+5\cdot 2^{-5}=\frac{1}{2}+\frac{2}{4}+\frac{3}{8}+\frac{4}{16}+\frac{5}{32}+\frac{5}{32}=\frac{31}{16}$
이다.
X와 Y의 분포가 같으므로 $H(Y)=\frac{31}{16}$이다.
또한 서로 독립이므로 $H(X, Y)=H(X)+H(Y)=\frac{31}{8}$, $H(X|Y)=H(X)=\frac{31}{16}$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 이 분포는 6개 값에 대해 균등분포가 아니므로 엔트로피를 최대로 하지 않는다. 같은 지지집합에서 최대 엔트로피는 $P[X=k]=\frac{1}{6}$인 균등분포일 때이며, 올바르게는 "이 확률분포는 $H(X)$와 $H(Y)$를 최대로 하지 않는다"가 된다.
2번: O. 위 계산에서 $H(X)=H(Y)=\frac{31}{16}$이므로 진술이 맞다.
3번: X. 서로 독립이면 결합 엔트로피는 합보다 커지는 것이 아니라 정확히 같아진다. 올바르게는 "$H(X,Y)=H(X)+H(Y)$가 성립한다"가 된다.
4번: X. 조건부 엔트로피는 일반적으로 $H(X|Y)\le H(X)$이지만, 독립이면 정보가 줄지 않으므로 같아진다. 올바르게는 "$H(X|Y)=H(X)$가 성립한다"가 된다.

오답 포인트

①은 "최대 엔트로피"를 곧바로 큰 확률질량이 앞에 몰린 분포와 혼동하면 틀린다. ③, ④는 X와 Y가 서로 독립이라는 조건을 놓치면 부등호 방향만 외워서 오답에 빠지기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $H(X)$를 직접 계산한 뒤, 발문에 독립 조건이 있으면 $H(X,Y)=H(X)+H(Y)$, $H(X|Y)=H(X)$를 바로 대입해 선지를 정리한다.

암기 포인트

독립이면 결합 엔트로피는 합, 조건부 엔트로피는 그대로이고, 최대 엔트로피는 같은 지지집합에서 균등분포가 만든다.

NoteBase

문 23. 다음 확산코드를 사용하는 CDMA 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

코드1: [+1 +1 +1 +1]
코드2: [+1 -1 +1 -1]
코드3: [+1 +1 -1 -1]
코드4: [+1 -1 -1 +1]

① 주어진 코드만으로는 서로 다른 네 개의 송신기가 동시에 데이터를 전송할 수 없다.
② 데이터를 복호하기 위해서는 송신 시 사용한 코드를 수신 시에도 사용해야 한다.
③ 서로 다른 코드의 내적은 항상 0이고, 같은 코드의 내적은 항상 4가 된다.
④ 복수의 사용자가 주파수와 시간을 공유할 수 있다.

정답 1번

출제 포인트

직교 확산코드의 내적 성질과 CDMA의 동시접속·복호 원리를 묻는 문제이다.

핵심 개념

CDMA는 사용자마다 다른 확산코드를 곱해 같은 주파수와 같은 시간 자원을 함께 쓰는 다중접속 방식이다.
키워드는 코드 분리와 동시 접속이다.
직교코드는 서로 다른 코드끼리 내적이 0이 되도록 만든 코드 집합이다. 키워드는 상호간섭 억제이다.
복호(역확산)는 수신 신호에 송신 때 사용한 같은 코드를 곱해 상관을 취함으로써 원하는 사용자의 데이터를 꺼내는 과정이다. 키워드는 동일 코드 사용이다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '동시에 데이터를 전송할 수 없다'이다. 주어진 네 코드는 서로 직교하므로 네 송신기가 같은 주파수와 시간 자원을 공유하면서 동시에 데이터를 전송할 수 있다. 올바르게는 '주어진 코드만으로도 서로 다른 네 개의 송신기가 동시에 데이터를 전송할 수 있다'이다.
② O: CDMA 수신기는 원하는 사용자의 신호를 꺼내기 위해 송신 때 사용한 확산코드와 상관을 취해 역확산한다. 다른 코드를 쓰면 원하는 데이터가 분리되지 않는다.
③ O: 주어진 네 코드는 길이 4의 직교 코드이므로 서로 다른 코드 사이의 내적은 0이고, 같은 코드의 자기 내적은 4가 된다.
④ O: CDMA는 사용자 구분을 주파수나 시간만이 아니라 코드로도 하므로 여러 사용자가 같은 주파수와 같은 시간 구간을 공유할 수 있다.

NoteBase

오답 포인트

CDMA를 FDMA나 TDMA처럼 주파수 또는 시간으로만 나누는 방식으로 오해하면 ①을 맞는 설명처럼 보기 쉽다. 또한 ③의 '항상'을 임의의 모든 코드에 대한 말로 확대 해석하면 흔들리기 쉬우나, 이 문항은 주어진 직교코드 집합을 전제로 판단하는 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

CDMA 문항은 먼저 코드들이 서로 직교하는지 확인한다. 직교하면 서로 다른 코드의 내적은 0, 자기 내적은 코드 길이가 되므로 같은 시간·주파수 공유 가능성과 동일 코드 복호를 한 번에 연결해 판단할 수 있다.

암기 포인트

CDMA는 시간과 주파수를 공유하고, 직교코드는 서로 내적이 0이며, 복호는 송신 때 쓴 같은 코드로 한다.

NoteBase

문 24. 심볼 지속시간이 T[sec]인 이진 동기 FSK 시스템에서 두 개의 반송파가 서로 간섭하지 않도록 하기 위한 최소 주파수 간격[Hz]은?

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

정답 4번

출제 포인트

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

조건 정리

주어진 값: 심벌 지속시간은 T이다.
구해야 할 값: 두 반송파가 서로 간섭하지 않기 위한 최소 주파수 간격 Δf이다.
주의할 조건: 발문은 동기 FSK이므로 비동기 FSK의 간격 $1/T$와 구분해야 한다.

사용할 공식

동기 BFSK의 직교 조건은 $\Delta f = \frac{n}{2T}$이고, 최소 간격은 $n = 1$일 때 $\Delta f_{\min} = \frac{1}{2T}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 동기 FSK는 한 심벌 구간 T 동안 두 반송파가 직교해야 상호 간섭이 생기지 않기 때문이다.

계산 과정

1. 두 반송파가 한 심벌 구간에서 직교하려면 주파수 차가 직교 조건을 만족해야 한다.
2. 동기 BFSK의 최소 직교 주파수 간격은 $\Delta f_{\min} = \frac{1}{2T}$이다.
3. 보기와 비교하면 $\frac{1}{2T}$에 해당하는 것은 4번이다.

선지 판단

1번: X. $\frac{\pi}{T}$는 주파수 간격이 아니라 각주파수 차 $\Delta\omega$를 잘못 옮긴 값에 가깝다. 주파수로 쓰려면 $\Delta f = \frac{\Delta\omega}{2\pi}$로 바꾸어야 하므로 올바르게는 $\frac{1}{2T}$이다.
2번: X. $\frac{\pi}{2T}$도 π가 남아 있어 각주파수와 주파수를 혼동한 표현이다. 최소 주파수 간격은 올바르게는 $\frac{1}{2T}$이다.
3번: X. $\frac{1}{T}$는 비동기 FSK나 다른 직교 조건과 혼동할 때 나오는 값이다. 발문은 동기 FSK이므로 올바르게는 $\frac{1}{2T}$이다.
4번: O. 동기 BFSK에서 두 반송파가 직교하기 위한 최소 주파수 간격은 $\frac{1}{2T}$이므로 정답이다.

NoteBase

오답 포인트

동기 FSK와 비동기 FSK의 최소 주파수 간격을 섞어 쓰면 3번으로 틀리기 쉽다. 또 직교 조건을 각주파수 ω로 외운 뒤 이를 그대로 주파수 f에 대입하면 1번이나 2번처럼 π가 남는 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

FSK 간격 문제는 먼저 동기 검파인지 비동기 검파인지를 확인한 뒤 직교 조건을 적용한다. 동기 BFSK이면 최소 간격을 $\frac{1}{2T}$, 비동기 BFSK이면 $\frac{1}{T}$로 구분해서 판단한다.

암기 포인트

동기 BFSK 최소 간격은 $\frac{1}{2T}$, 비동기 BFSK 최소 간격은 $\frac{1}{T}$이다.

NoteBase

문 25. 심볼 A, B, C, D의 발생 확률이 각각 $\frac{2}{25}, \frac{3}{10}, \frac{1}{50}, \frac{3}{5}$인 정보원(information source)을 허프만 코딩(Huffman coding)할 때, 각 심볼에 할당된 디지털 코드의 평균 길이[bit]는?

① 1.5

② 1.6

③ 1.7

④ 1.8

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 허프만 부호화에서 확률이 작은 심볼부터 순차적으로 묶어 각 심볼의 코드 길이를 구하고 평균 코드 길이 $\bar{L}$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $P(A) = \frac{2}{25} = 0.08$
- $P(B) = \frac{3}{10} = 0.30$
- $P(C) = \frac{1}{50} = 0.02$
- $P(D) = \frac{3}{5} = 0.60$

구해야 할 값:
- 각 심볼에 할당된 허프만 코드의 평균 길이

주의할 조건:
- 허프만 코딩은 확률이 가장 작은 두 심볼부터 차례로 결합한다.

사용할 공식

평균 코드 길이는 $\bar{L} = \sum P_i l_i$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
허프만 코딩에서는 트리에서 각 심볼의 깊이가 코드 길이 l_i가 되므로, 각 심볼 확률과 코드 길이의 가중평균을 구하면 평균 코드 길이가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 확률이 가장 작은 두 심볼 $C(0.02)$와 $A(0.08)$를 먼저 묶으면 0.10이 된다.
2. 다음으로 0.10과 $B(0.30)$를 묶으면 0.40이 된다.
3. 마지막으로 0.40과 $D(0.60)$를 묶어 루트가 된다.
4. 따라서 코드 길이는 가장 늦게 분리되는 D가 1비트, B가 2비트, A와 C가 각각 3비트가 된다.
5. 평균 코드 길이는

$\bar{L} = 0.08 \times 3 + 0.30 \times 2 + 0.02 \times 3 + 0.60 \times 1 = 0.24 + 0.60 + 0.06 + 0.60 = 1.50$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 평균 코드 길이는 1.5비트이므로 옳다.
② X: 1.6비트는 계산값과 다르다. 틀린 표현은 평균 길이를 1.6으로 본 부분이며, 올바르게는 1.5비트이다.
③ X: 1.7비트는 계산값과 다르다. 틀린 표현은 평균 길이를 1.7으로 본 부분이며, 올바르게는 1.5비트이다.
④ X: 1.8비트는 계산값과 다르다. 틀린 표현은 평균 길이를 1.8으로 본 부분이며, 올바르게는 1.5비트이다.

오답 포인트

허프만 트리를 만들지 않고 확률이 큰 심볼부터 길이를 임의로 배정하면 오답이 된다. 특히 A와 C를 가장 짧은 코드로 두거나, 코드 길이를 구한 뒤 가중평균 대신 단순평균을 내면 1.5가 아닌 값으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

허프만 평균 길이 문제는 확률이 작은 두 값부터 결합해 트리를 만든 뒤, 각 심볼의 깊이를 코드 길이로 읽고 마지막에 $\sum P_i l_i$로 가중평균을 계산하면 된다.

암기 포인트

허프만 코딩은 작은 확률부터 묶고, 평균 코드 길이는 확률과 코드 길이의 가중평균으로 계산한다.

NoteBase