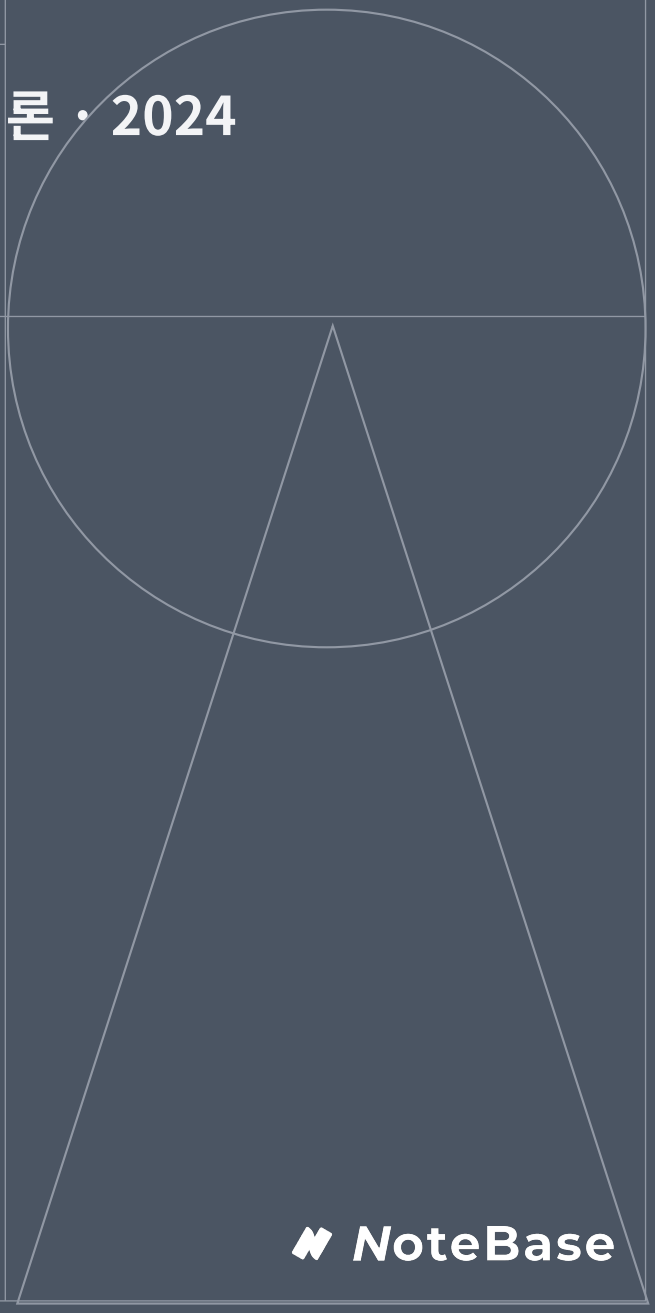
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 통신이론 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 통신이론 · 2024

공무원/지방직/9급 · 통신이론 · 2024

문 1. 연속 시간 신호 $x(t) = 2\cos(2t) + \sin(4t)$의 기본 주기는?

① π

② 2π

③ 3π

④ 4π

정답 1번

간단한 해설

두 성분의 주기는 각각 $\pi, \frac{\pi}{2}$이다. 합성 신호가 처음으로 되풀이되는 주기는 두 주기의 **최소공배수**인 π이다.

계산 과정

기본 주기는 모든 시간 t에 대해 $x(t+T) = x(t)$를 만족하는 **가장 작은 양수** T이다. 각주파수가 ω인 정현파의 주기는 위상이 한 바퀴 변하는 조건 $\omega T = 2\pi$에서 $T = \frac{2\pi}{|\omega|}$로 구한다.

코사인 성분: $2\cos(2t)$의 각주파수는 2이므로 주기는 $T_1 = \frac{2\pi}{2} = \pi$이다. 앞의 계수 2는 진폭을 바꾸며 주기에는 영향을 주지 않는다.

사인 성분: $\sin(4t)$의 각주파수는 4이므로 주기는 $T_2 = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$이다.

합성 신호: 서로 다른 각주파수를 갖는 두 성분이 함께 되풀이되려면 각 성분이 모두 원래 상태로 돌아와야 한다. 따라서 $T = m\pi = n\frac{\pi}{2}$를 만족하는 양의 정수 m, n을 찾는다. 가장 작은 경우는 $m = 1, n = 2$로, 코사인 성분이 한 번 반복되는 동안 사인 성분은 두 번 반복된다. 기본 주기는 $T = \pi$이며 ①에 해당한다. 나머지 선택지의 값도 반복 주기이지만 **가장 작은 양의 주기는 아니다**.

NoteBase

문 2. 주기가 T인 연속 시간 신호 $x(t) = \frac{e^{-j\frac{2\pi}{T}t} - e^{j\frac{2\pi}{T}t}}{j2}$와 동일한 신호는? (단, $j = \sqrt{-1}$이다)

① $\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$
② $-\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$
③ $\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$
④ $-\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$

정답 4번

간단한 해설

분자가 사인의 지수함수 표현과 **뺄셈 순서가 반대**이므로 음의 사인 신호가 된다. 따라서 주어진 신호는 $x(t) = -\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$이다.

계산 과정

주기 T에 대응하는 위상을 $\theta = \frac{2\pi}{T}t$로 두면 지수부를 간단히 쓸 수 있다. $j^2 = -1$일 때 오일러 공식은 $e^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$, $e^{-j\theta} = \cos\theta - j\sin\theta$이다.

분자에서는 **음의 지수 항에서 양의 지수 항을 뺀다**. 두 식의 코사인 항은 상쇄되고, 사인 항은 $-j\sin\theta - j\sin\theta$가 된다. 따라서 $e^{-j\theta} - e^{j\theta} = -2j\sin\theta$이다.

이를 분모 $j2 = 2j$로 나누면 $x(t) = \frac{-2j\sin\theta}{2j} = -\sin\theta$가 된다. 위상을 다시 대입하면 $x(t) = -\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$이며, 이는 ④의 신호와 같다.

NoteBase

문 3. OSI 7계층 모델에서 노드(node)의 데이터 링크 계층(layer) 간 통신을 위해 식별자(identifier)로 사용하는 주소(address)의 명칭은?

① MAC

② Port

③ IP

④ ISP

정답 1번

간단한 해설

데이터 링크 계층에서 프레임을 주고받는 네트워크 인터페이스를 식별하는 주소는 **MAC 주소**이다.

공통 해설

MAC(Media Access Control) 주소는 데이터 링크 계층에서 통신할 네트워크 인터페이스를 식별하는 주소이다. 이더넷에서는 프레임 헤더에 출발지와 목적지 MAC 주소를 넣어 송신 인터페이스와 수신 대상 인터페이스를 나타낸다. 따라서 문제에서 묻는 주소는 **데이터 링크 계층의 식별자인 MAC 주소**이다.

NoteBase

문 4. 연속 시간 신호 $x(t) = \cos(4\pi t) \cdot \cos(6\pi t)$를 푸리에 급수로 표현할 때 나타나는 모든 푸리에 계수의 총합은?

① $\frac{1}{4}$

② $\frac{1}{2}$

③ 1

④ 2

정답 3번

간단한 해설

푸리에 급수에서 시간을 0으로 두면 모든 복소 지수항이 1이 되므로, **계수의 총합은 신호의 0에서의 값**과 같다. 이 신호는 $x(0) = \cos 0 \cdot \cos 0 = 1$이다.

계산 과정

곱을 합으로 변환: 두 코사인의 곱을 합으로 바꾸면 $x(t) = \frac{1}{2}\cos(2\pi t) + \frac{1}{2}\cos(10\pi t)$이다. 두 성분의 각주파수가 기본 각주파수 $\omega_0 = 2\pi$의 1배와 5배이므로, 기본파와 제5고조파로 구성된다.

계수 확인: 복소 푸리에 급수에서 C_k는 $e^{jk\omega_0 t}$ 앞의 계수이다. 오일러 공식 $\cos\theta = \frac{e^{j\theta} + e^{-j\theta}}{2}$에 따라, **코사인 성분의 진폭은 양·음 주파수 계수로 절반씩 나뉜다**. 따라서 진폭이 각각 1/2인 두 코사인 성분에서 $C_1 = C_{-1} = \frac{1}{4}$, $C_5 = C_{-5} = \frac{1}{4}$을 얻고, 나머지 계수는 모두 0이다. 여기서 j는 허수단위이다.

총합: 0이 아닌 계수 네 개를 더하면 $\sum_{k=-\infty}^{\infty} C_k = 4 \cdot \frac{1}{4} = 1$이다. 이는 ③의 1에 해당한다.

NoteBase

문 5. 디지털 변조 방식에서 성상도(constellation)상의 심벌 신호점들은 원점에서의 거리가 모두 1이고, 인접한 두 신호점 간의 위상 차이가 모두 $\frac{\pi}{8}$일 때, 심벌당 비트의 수는?

① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

간단한 해설

위상 간격이 $\frac{\pi}{8}$이면 한 바퀴에 신호점 16개가 배치된다. 이 16개를 서로 구별하는 데 필요한 비트 수는 **심벌당 4비트**이다.

계산 과정

신호점 배치: 원점에서의 거리가 모두 1이므로 신호점은 반지름 1인 원 위에 놓인다. 인접 신호점의 위상 차이도 모두 같으므로 **원을 같은 각도로 나눈 배치**이다. 위상 간격을 $\Delta\phi$, 전체 신호점 수를 M이라 두면, 한 바퀴의 각도는 2π라디안이므로 $M\Delta\phi = 2\pi$이다.

심벌 수: 신호점 하나가 심벌 하나에 대응하므로, 심벌 수는 $M = \frac{2\pi}{\pi/8} = 16$이다. 여기서 16은 한 심벌로 표현할 수 있는 **서로 다른 신호의 수**이다.

심벌당 비트 수: k비트로 만들 수 있는 서로 다른 비트열은 2^k개이다. 따라서 16개 심벌에 비트열을 하나씩 대응시키면 $2^k = 16$, 즉 $k = \log_2 16 = 4$이다. 심벌당 비트 수는 4비트이며, 선택지 ②의 4에 해당한다.

NoteBase

문 6. 반송파 $A_c\cos(2\pi f_c t)$에 임의의 메시지 신호 $m(t)$를 양측파대 반송파억압(double-sideband, suppressed-carrier) 방식으로 AM 변조한 신호의 표현은?

① $A_c\cos(2\pi f_c t + m(t))$

② $A_c\cos(2\pi f_c m(t))$

③ $A_c m(t)\cos(2\pi f_c t) + A_c\sin(2\pi f_c t + m(t))$

④ $A_c m(t)\cos(2\pi f_c t)$

정답 4번

간단한 해설

DSB-SC 변조는 메시지 신호와 반송파를 **곱하는 방식**이므로, 변조 신호는 $A_c m(t)\cos(2\pi f_c t)$로 표현한다. 메시지와 무관한 반송파 항을 따로 더하지 않는 것이 **반송파억압**의 의미이다.

공통 해설

DSB-SC는 메시지 신호 $m(t)$를 반송파에 곱하여 진폭에 정보를 싣는 방식이다. 반송파를 $c(t) = A_c\cos(2\pi f_c t)$라 하면 변조 신호는 $s(t) = m(t)c(t)$이다. 따라서 주어진 반송파에 적용하면 $s(t) = A_c m(t)\cos(2\pi f_c t)$가 된다.

이때 $A_c m(t)$는 메시지에 따라 변하는 반송파의 계수이다. 메시지는 **코사인 함수 밖에서 반송파에 곱해지며**, 코사인의 인수에 들어가거나 별도의 사인 항으로 더해지지 않는다. 또한 **메시지와 무관한 반송파 항을 따로 더하지 않는다**. 반송파억압은 A_c를 없앤다는 뜻이 아니라, 반송파 자체를 독립적인 항으로 포함하지 않는다는 뜻이다.

NoteBase

문 7. 가산적 백색 가우시안 잡음 채널에서 섀넌의 용량 정리(Shannon capacity theorem, Hartley-Shannon theorem)로 계산한 채널용량이 20 [kbps]일 때의 채널 잡음전력이 3 [μW], 신호 전력이 9 [μW]라면, 최소 전송 채널 대역폭[kHz]은?

① 5

② 10

③ 20

④ 40

정답 2번

간단한 해설

신호 대 잡음비는 3이므로 섀넌 용량식의 로그 항은 $\log_2(1+3)=2$이다. 대역폭 1 Hz당 채널용량이 2 bps이므로, 20 kbps에 필요한 최소 대역폭은 **10 kHz**이다.

계산 과정

가산적 백색 가우시안 잡음 채널에는 섀넌 용량식 $C = B\log_2\left(1+\frac{S}{N}\right)$을 적용한다. 여기서 C는 채널용량(bit/s), B는 채널 대역폭(Hz), S는 신호 전력, N은 채널 대역 내 잡음전력이다. 이 식은 주어진 신호 대 잡음비와 대역폭에서 가능한 이론적 최대 전송률을 나타낸다.

신호 전력은 9 μW, 잡음전력은 3 μW이므로 $\frac{S}{N}=\frac{9}{3}=3$이다. 두 전력의 단위가 같아 그대로 나눌 수 있으며, 용량식에는 **dB 값이 아닌 전력비**를 넣는다. 따라서 $\log_2(1+3)=\log_2 4=2$이며, 이는 대역폭 1 Hz당 채널용량이 2 bps라는 뜻이다.

채널용량 20 kbps는 20,000 bit/s이다. 용량식을 대역폭에 대해 정리하면 $B=\frac{C}{\log_2(1+S/N)}$이므로, $B=\frac{20{,}000}{2}=10{,}000\text{Hz}$이다. 따라서 최소 전송 채널 대역폭은 10 kHz이며, 선지 ②의 10에 해당한다.

NoteBase

문 8. 자유공간에서 반송파 주파수가 150 [MHz]인 방송 신호를 이상적인 반파장 다이폴 안테나로 수신할 때, 이 안테나의 전체 길이[m]는? (단, 전파의 전파 속도 $c = 3 \times 10^8$ [m/s]이다)

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

간단한 해설

이상적인 반파장 다이폴 안테나의 **전체 길이는 파장의 절반**이다. 150 MHz인 전파의 파장은 2 m이므로 안테나의 전체 길이는 1 m이다.

계산 과정

주파수와 단위: 주어진 주파수는 $f = 150\ \text{MHz} = 150 \times 10^6\ \text{Hz}$이다. 전파 속도 $c = 3 \times 10^8\ \text{m/s}$와 함께 계산하려면 주파수 단위를 Hz로 맞춘다.

파장 계산: 전파가 한 주기 동안 진행한 거리가 파장 λ이므로 $c = f\lambda$가 성립한다. 따라서 $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{150 \times 10^6} = 2\ \text{m}$이다. 이는 수신 전파의 한 파장에 해당하는 길이이다.

안테나 길이 계산: 이상적인 반파장 다이폴 안테나는 **양쪽 도체를 합친 전체 길이**가 반파장이므로 $L = \frac{\lambda}{2} = \frac{2}{2} = 1\ \text{m}$이다. 따라서 전체 길이는 1 m이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. IPv6에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① Unicast, Multicast, Anycast 통신 방식을 모두 지원한다.

② 주소는 길이가 128비트이고 16진수 형식으로 표현된다.

③ 기본 헤더의 크기는 최소 40바이트이고 가변될 수 있다.

④ 기본 헤더에는 오류 검출이 가능한 Header Checksum Field가 없다.

정답 3번

간단한 해설

IPv6의 기본 헤더는 **40바이트로 고정**된다. 추가 정보는 기본 헤더를 늘리는 대신 **별도의 확장 헤더**에 담으므로, '기본 헤더의 크기가 가변될 수 있다'는 설명이 잘못되었다.

선지별 해설

① O: IPv6는 유니캐스트·멀티캐스트·애니캐스트를 모두 지원한다. 유니캐스트는 지정된 하나의 인터페이스에, 멀티캐스트는 지정된 그룹의 모든 인터페이스에 패킷을 전달한다. 애니캐스트는 같은 주소를 공유하는 여러 인터페이스 중 **라우팅 기준상 가장 가까운 하나**에 전달한다. 여기서 가까움은 물리적 거리가 아니라 라우팅 프로토콜의 거리 기준에 따른다.

② O: IPv6 주소의 길이는 **128비트**이다. 일반적인 표기에서는 이를 16비트씩 8개 그룹으로 나누고, 각 그룹을 16진수로 나타내어 콜론(:)으로 구분한다. 각 그룹은 생략 없이 쓰면 16진수 네 자리이다.

③ X: IPv6의 기본 헤더 크기는 '최소 40바이트로 가변'이 아니라 **항상 40바이트로 고정**된다. 옵션 등 추가 정보가 필요하면 기본 헤더 뒤에 확장 헤더를 붙인다. 따라서 확장 헤더를 포함한 전체 헤더 길이는 달라질 수 있어도 기본 헤더 자체의 길이는 변하지 않는다.

④ O: IPv6 기본 헤더에는 IPv4의 Header Checksum에 해당하는 **헤더 체크섬 필드가 없다**. 이는 IPv6 기본 헤더에서 체크섬을 계산·검사하지 않는다는 뜻이며, TCP 등 상위 계층의 체크섬까지 없어진다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 10. 연속 시간 신호 $x(t) = 2\sin(200\pi t) - 4\cos(400\pi t + \pi)$를 4초 동안 표본화 정리(sampling theorem)에 따른 최소 표본화 주파수로 표본화하고, 표본당 8비트가 되도록 양자화와 부호화 과정을 거쳐 그 결과를 저장하였을 때, 저장된 표본의 개수는?

① 3,200

② 1,600

③ 800

④ 400

정답 2번

간단한 해설

신호의 최고 주파수는 200 Hz이므로, 최소 표본화 주파수는 **그 두 배인 400 Hz**이다. 4초 동안 저장되는 표본은 400 × 4 = 1,600개이며, 표본당 8비트라는 조건은 **표본 개수를 바꾸지 않는다**.

계산 과정

1. 신호의 최고 주파수: 정현파의 각주파수 ω와 주파수 f는 $\omega = 2\pi f$의 관계이다. 따라서 두 성분의 주파수는 각각 $\frac{200\pi}{2\pi} = 100\text{Hz}$, $\frac{400\pi}{2\pi} = 200\text{Hz}$이다. 진폭과 위상은 각 성분의 주파수를 바꾸지 않으므로, **최고 주파수는 200 Hz**이다.

2. 최소 표본화 주파수: 표본화 정리는 대역 제한 신호를 복원하기 위한 표본화 주파수의 기준을 제시한다. 이 문항에서 최소 표본화 주파수는 **최고 주파수의 두 배인 나이퀴스트율**을 적용하므로 $f_s = 2f_{\max}$이고, 2 × 200 = 400 Hz이다. 이는 1초에 표본 400개를 얻는다는 뜻이다.

3. 표본 개수: 표본화 주파수를 f_s, 표본화 시간을 T라 하면 표본 개수는 $N = f_s T$이다. 4초 동안 표본화하므로 400 × 4 = 1,600개를 얻는다.

4. 부호화 조건과 결과: 표본당 8비트는 **각 표본을 표현하는 비트 수**이다. 양자화와 부호화를 거쳐도 표본 개수는 그대로이므로, 저장된 표본은 1,600개이며 ②에 해당한다.

NoteBase

문 11. 랜덤 변수 X와 Y 간의 상관계수(correlation coefficient) ρ에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, C_{XY}는 X와 Y의 공분산(covariance), σ_X^2은 X의 분산이다)

① $|\rho| \leq 1$이다.

② X와 Y가 서로 독립이면 $\rho = 0$이다.

③ $Y = aX$ $(a \neq 0)$일 때, ρ는 1 혹은 −1이다.

④ $\rho = \frac{C_{XY}}{\sigma_X^2 \sigma_Y^2}$이다.

정답 4번

간단한 해설

④는 공분산을 나누는 분모를 잘못 썼다. 상관계수는 공분산을 **두 표준편차의 곱**으로 나눈 값이므로, 올바른 식은 $\rho = \frac{C_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$이다.

선지별 해설

상관계수는 두 변수의 선형적 관계를 나타내며, 공분산을 표준편차로 정규화한 값이다. 두 변수의 분산이 유한하고 0보다 클 때 정의되며, σ_X와 σ_Y는 각각 표준편차이다.

① O: 코시·슈바르츠 부등식에 따라 공분산은 $|C_{XY}| \leq \sigma_X \sigma_Y$를 만족한다. 양변을 양수인 $\sigma_X \sigma_Y$로 나누면 $|\rho| \leq 1$이므로, 상관계수의 범위는 **−1 이상 1 이하**이다.

② O: 두 변수가 독립이면 $E[XY] = E[X]E[Y]$가 성립한다. 공분산은 $C_{XY} = E[XY] - E[X]E[Y]$이므로 0이 되고, 이를 표준편차의 곱으로 나눈 상관계수도 0이다.

③ O: $Y = aX$이고 $a \neq 0$이면 두 변수는 **완전한 선형 관계**에 있다. 이때 $C_{XY} = a\sigma_X^2$, $\sigma_Y = |a|\sigma_X$이므로 $\rho = \frac{a\sigma_X^2}{|a|\sigma_X^2} = \frac{a}{|a|}$이다. 따라서 $a > 0$이면 1, $a < 0$이면 −1이다.

④ X: 상관계수의 정의는 $\rho = \frac{C_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$이다. 분모에는 **분산의 곱이 아니라 표준편차의 곱**을 사용해야 한다. 공분산과 표준편차의 곱은 단위가 같으므로, 이렇게 나누어야 측정 단위에 영향을 받지 않는 무차원 값이 된다.

NoteBase

문 12. 저역통과 여파기(low pass filter)의 시스템 전달 함수가 $H(f)$이고 입력신호 $x(t)$와 출력신호 $y(t)$의 주파수 스펙트럼이 각각 $X(f)$와 $Y(f)$일 때, 이 여파기에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, '*'는 컨벌류션(convolution) 연산을 의미한다)

① $Y(f) = X(f) * H(f)$이다.

② $x(t)$가 단위 임펄스 신호일 때, $Y(f)$는 전달함수와 동일하다.

③ $\frac{|H(f_c)|^2}{|H(f)|^2_{\max}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$일 때, 이 여파기의 '3 dB 주파수 대역폭'은 f_c이다.

④ 이상적인 저역통과 여파기의 경우, 통과 대역 내의 위상 응답은 상수이다.

정답 2번

간단한 해설

단위 임펄스의 푸리에 변환은 모든 주파수에서 1이다. 따라서 **단위 임펄스를 입력하면** 출력 스펙트럼은 $Y(f) = 1 \cdot H(f) = H(f)$가 된다.

선지별 해설

① X: 선형 시불변 여파기의 임펄스 응답을 $h(t)$라 하면, 시간 영역에서는 $y(t) = x(t) * h(t)$이다. 이를 푸리에 변환하면 컨벌류션이 곱셈으로 바뀌므로 $Y(f) = X(f) \cdot H(f)$가 된다. 선지는 주파수 영역에서도 컨벌류션을 사용했으므로, 이를 **주파수별 곱셈**으로 고쳐야 한다.

② O: 단위 임펄스 입력 $x(t) = \delta(t)$의 푸리에 변환은 $X(f) = 1$이다. 이를 입출력 관계에 대입하면 $Y(f) = H(f)$이다. 시간 영역에서도 출력은 $y(t) = h(t)$가 되므로, **임펄스 응답의 푸리에 변환이 전달함수**라는 정의와 일치한다.

③ X: 3 dB 주파수는 전력 이득이 최대값의 약 절반으로 감소하는 주파수이다. 최대 진폭 이득을 $H_m = \max_f |H(f)|$라 하면, 그 기준은 $\frac{|H(f_c)|^2}{H_m^2} = \frac{1}{2}$이다. 진폭 이득의 비로 쓰면 $\frac{|H(f_c)|}{H_m} = \frac{1}{\sqrt{2}}$이다. 선지는 **전력비와 진폭비의 기준을 혼동**했으므로, 제곱한 이득의 비를 1/2로 고쳐야 한다. 이 기준을 만족하는 양의 차단 주파수가 f_c일 때 저역통과 여파기의 3 dB 대역폭은 f_c이다.

④ X: 왜곡 없는 통과를 위한 이상적인 저역통과 여파기는 통과 대역에서 진폭 이득이 일정하고, 위상 응답은 **주파수에 대해 선형**이다. 일정한 시간 지연을 t_d라 하면 통과 대역의 전달함수는 $H(f) = Ae^{-j2\pi f t_d}$로 쓸 수 있으며, 여기서 A는 양의 상수 이득이다. 위상은 $-2\pi f t_d$이므로, 일정한 것은 각 주파수 성분의 시간 지연이다. 지연을 0으로 둔 특수한 모형에서는 위상도 0으로 일정하지만, 위상 응답이 항상 상수라고 일반화할 수는 없다.

NoteBase

문 13. 확산대역(spread spectrum) 통신 시스템에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 정보 데이터의 전송에 요구되는 최소 대역폭보다 더 넓은 대역폭을 사용한다.

② 정보 데이터와 무관한 의사 랜덤 부호열에 의해 대역이 확산되는 시스템이다.

③ 송신기에서 대역 확산에 사용된 부호열과 동기가 일치하는 동일한 부호열을 사용하여 수신기에서 역확산을 수행하는 시스템이다.

④ 협대역 FM 변조된 신호를 대역이 확산되도록 광대역 FM 신호로 변환하는 시스템도 포함된다.

정답 4번

간단한 해설

④의 광대역 FM 변환은 **정보와 독립된 확산 부호에 의한 대역 확산이 아니다**. 확산대역 통신은 단순히 대역폭이 넓다는 것뿐 아니라, 정보와 독립된 부호로 대역을 넓히고 수신기에서 그 부호를 이용해 역확산한다는 조건을 갖는다.

선지별 해설

① O: 확산대역 통신은 정보를 전송하는 데 필요한 최소 대역폭보다 **의도적으로 넓은 대역폭**을 사용한다. 정보 신호 자체에 필요한 대역을 넘어 전송 신호의 스펙트럼을 넓히는 것이 대역 확산이다.

② O: 대역 확산을 제어하는 의사 랜덤 부호열은 **정보 데이터와 독립적으로 생성**된다. 의사 랜덤 부호열은 무작위처럼 보이지만 정해진 규칙에 따라 재현할 수 있는 부호열이므로, 송신기와 수신기에서 동일한 부호열을 만들 수 있다.

③ O: 수신기는 송신기에 사용된 것과 **동일하고 동기가 맞는 부호열**을 이용하여 역확산한다. 역확산은 넓은 대역에 퍼진 원하는 신호를 원래 정보 신호의 좁은 대역으로 되돌리는 과정이다. 부호열이 같아도 시간적 위치가 어긋나면 원하는 역확산이 제대로 이루어지지 않으므로 동기 일치가 필요하다.

④ X: 협대역 FM 신호를 광대역 FM 신호로 바꾸는 것만으로는 확산대역 통신이 되지 않는다. 일반적인 광대역 FM의 대역폭 확대는 정보 신호에 따른 주파수 편이와 정보 신호의 주파수 성분에 의해 결정되며, **정보와 독립된 부호에 의한 확산이 아니다**. 확산대역 통신에 해당하려면 정보와 독립된 확산 부호를 사용하고 수신기에서 그 부호로 역확산하는 조건을 충족해야 한다.

NoteBase

문 14. 인접한 두 비트열 간에 그레이 매핑(Gray mapping/labeling/coding)이 적용된 비트열 심벌 집합 {(001), (A), (100), (101)}에서, 각 심벌 원소가 이 배열 순서에 따라 일직선상에 같은 간격으로 모두 배치될 때, (A) 심벌에 사용 가능한 비트열은?

① 000

② 011

③ 010

④ 111

정답 1번

간단한 해설

그레이 매핑에서는 **인접한 심벌의 비트열이 정확히 한 비트만 달라야 한다**. 000은 왼쪽의 001과는 마지막 비트만, 오른쪽의 100과는 첫 번째 비트만 다르므로 두 인접 조건을 모두 만족한다.

빈칸별 해설

그레이 매핑은 서로 이웃한 심벌에 한 비트만 다른 비트열을 붙이는 방식이다. 주어진 배열에서 (A)는 001과 100 사이에 있으므로, **양쪽 비트열 각각과 한 비트만 달라야 한다**.

(A): 001에서 한 비트만 바꾸면 101, 011, 000이 된다. 이 중 011은 100과 세 비트가 모두 다르므로 제외한다. 101과 000은 모두 100과 한 비트만 다르지만, 101은 이미 다른 심벌에 사용되었다. 서로 다른 심벌을 구별하려면 비트열이 중복되어서는 안 되므로 (A)에는 000을 넣는다.

001 → 000 → 100 → 101에서 이웃한 비트열은 차례로 마지막 비트, 첫 번째 비트, 마지막 비트만 달라진다. 따라서 모든 인접 쌍이 그레이 매핑 조건을 만족하며, (A)의 비트열 000은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 15. QPSK 성상도에서 심벌 신호점 위치 좌표가 $\left\{\left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}\right), \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}\right), \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}\right), \left(\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right\}$일 때, 인접한 두 신호점 간의 최소 거리는? (단, 심벌 에너지 $E_s = 1$이다)

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

정답 3번

간단한 해설

네 신호점은 정사각형의 꼭짓점에 있으므로, 최소 거리는 **정사각형의 한 변 길이**이다. 인접한 두 점은 한 좌표만 부호가 바뀌므로 그 거리는 $\frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$이다.

계산 과정

심벌 에너지 $E_s = 1$일 때 주어진 좌표에서 $a = \frac{1}{\sqrt{2}}$로 두면, 네 점은 $(a, a), (-a, a), (-a, -a), (a, -a)$이다. 따라서 가로와 세로 길이가 모두 2a인 정사각형을 이룬다.

신호점 간 거리는 성상도 평면에서의 직선거리이다. 두 점의 가로·세로 좌표 차이를 각각 $\Delta x, \Delta y$라 하면, 피타고라스 정리에 따라 $d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$로 구한다.

인접한 두 점 (a, a)와 $(-a, a)$는 **세로 좌표가 같고 가로 좌표만 다르다**. 따라서 $\Delta y = 0$이며, 거리는 $d = 2a = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$이다. 다른 인접한 점 쌍도 같은 거리를 갖는다.

대각선으로 마주 보는 두 점은 가로·세로 좌표 차이의 크기가 모두 2a이므로, 거리는 한 변 길이의 $\sqrt{2}$배인 2이다. 이는 인접한 점 사이의 거리보다 크다. 따라서 최소 거리는 $\sqrt{2}$이며, ③에 해당한다.

NoteBase

문 16. 저궤도(LEO) 위성에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 위성 궤도는 적도 상공의 원형 궤도이다.

② 위성이 지구를 공전하는 속도는 지구의 자전속도와 같다.

③ 정지궤도 위성에 비해 신호 전파 지연(propagation delay) 시간이 더 길다.

④ 지구국에서 동일한 전력으로 신호를 송출하고 위성에서 수신할 때, 저궤도 위성의 수신신호세기는 정지궤도 위성보다 더 크다.

정답 4번

간단한 해설

다른 통신 조건이 같을 때 저궤도 위성은 정지궤도 위성보다 지구국과의 거리가 짧아 **자유공간 경로손실이 작다**. 따라서 같은 송신전력으로도 위성에서 수신하는 신호의 세기가 더 크다.

선지별 해설

① X: 저궤도는 궤도의 높이에 따른 구분이므로 **적도 상공의 원형 궤도에 한정되지 않는다**. 저궤도 위성에는 적도면에 대해 기울어진 궤도나 극궤도를 도는 위성도 있다. 적도 상공의 원형 궤도는 정지궤도의 조건이다.

② X: 저궤도 위성은 지구의 자전주기보다 짧은 주기로 공전하므로 **공전 각속도가 지구의 자전 각속도보다 크다**. 지구 자전과 같은 방향 및 각속도로 공전하여 지상에서 위치가 고정되어 보이는 것은 정지궤도 위성이다. 여기서 속도의 일치는 궤도상의 선속도가 아니라 각속도를 뜻한다.

③ X: 전파 지연은 신호가 이동하는 데 걸리는 시간이다. 전파 경로의 길이를 d, 전파 속도를 c라 하면 $t = \frac{d}{c}$이다. 저궤도 위성은 정지궤도 위성보다 지구국과의 전파 경로가 짧으므로 전파 지연 시간이 **더 짧다**.

④ O: 송신전력과 주파수, 송수신 안테나 이득 등 다른 조건이 같을 때 자유공간에서의 수신전력은 거리의 제곱에 반비례한다. 지구국과 위성 사이의 거리를 d, 수신전력을 P_r라 하면 $P_r \propto \frac{1}{d^2}$이다. 저궤도 위성은 정지궤도 위성보다 지구국과의 거리가 짧아 **경로손실이 작고 수신신호세기가 더 크다**.

NoteBase

문 17. 총 4개의 정보원 심벌로 구성된 집합에서 각 심벌의 발생확률이 모두 동일할 때, 엔트로피[bit/symbol]는?

① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 3번

간단한 해설

발생확률이 모두 같은 4개 심벌의 엔트로피는 **심벌 수의 밑이 2인 로그**이므로, $H = \log_2 4 = 2$ bit/symbol이다.

계산 과정

발생확률: 네 심벌의 발생확률이 같고 전체 확률의 합은 1이므로, 각 심벌의 확률은 $p_i = \frac{1}{4}$이다.

엔트로피 계산: 엔트로피는 **심벌 하나당 평균 정보량**이다. 발생확률이 p인 심벌의 정보량은 $I = -\log_2 p$이며, 로그의 밑이 2이므로 단위는 bit이다. 이 문제에서는 모든 심벌의 확률이 같아 각 심벌의 정보량도 같으므로, 그 평균인 엔트로피는 $H = -\log_2 \frac{1}{4} = \log_2 4 = 2$ bit/symbol이다.

결과 해석: 심벌 하나가 발생할 때 얻는 평균 정보량은 2 bit이며, 선택지 ③의 2에 해당한다.

NoteBase

문 18. 기저대역 전송을 위한 선 부호(line code)의 설명으로 옳은 것은?

① 맨체스터 부호는 타이밍 동기화 정보를 추출할 수 있지만, 단극성(unipolar) NRZ 부호보다 점유 주파수 대역폭이 넓다.

② 단극성 NRZ 부호는 극성(polar) RZ 부호보다 점유 주파수 대역폭이 2배 넓다.

③ NRZ 부호는 비트 펄스 지속 시간(bit pulse duration) 동안에 펄스 전압의 부호를 1회 이상 반전시킨다.

④ 단극성(unipolar)과 극성(polar)의 선 부호 모두 직류 성분을 포함하지 않는다.

정답 1번

간단한 해설

맨체스터 부호는 **매 비트 중앙에서 전압의 극성이 반전**되므로 이 전이로 비트 타이밍을 복원할 수 있다. 다만 같은 비트율의 단극성 NRZ 부호보다 짧은 시간에 전압이 바뀌어 **더 넓은 대역폭**이 필요하다.

선지별 해설

① O: 맨체스터 부호는 비트값과 관계없이 **각 비트 중앙에 반드시 전이**가 있다. 수신기는 이 규칙적인 전이를 이용해 비트 타이밍을 동기화할 수 있다. 반면 단극성 NRZ는 같은 비트가 연속되면 전압이 계속 일정하여 타이밍 정보가 부족해진다. 같은 비트율에서 표준 직사각형 파형의 첫 영점 기준 대역폭은 맨체스터가 단극성 NRZ의 2배이다.

② X: 대역폭의 크기 관계가 반대이다. 같은 비트율에서 단극성 NRZ의 펄스는 한 비트 구간 내내 유지되지만, 표준 극성 RZ의 펄스는 비트 구간의 절반 동안만 유지되고 나머지 절반에는 0 V로 돌아온다. **펄스 폭이 짧을수록 주파수 스펙트럼은 넓어진다.** 비트 주기를 T_b라 하면 첫 영점 기준 대역폭은 NRZ가 $1/T_b$, 절반 폭의 RZ가 $2/T_b$이므로, 극성 RZ가 단극성 NRZ보다 2배 넓다.

③ X: NRZ는 'non-return to zero'의 약자로, 한 비트 구간 안에서 **전압을 일정하게 유지**하며 중간에 0 V로 복귀하지 않는 부호이다. 비트 경계에서 전압이 바뀔 수는 있지만, 각 비트 내부에서 극성을 반드시 반전시키지는 않는다. 매 비트 중앙에서 극성을 반전시키는 것은 맨체스터 부호의 특성이다.

④ X: **단극성 NRZ에는 직류 성분이 있다.** 단극성 NRZ는 비트를 0 V와 양의 전압으로 나타내므로, 양의 전압을 나타내는 비트가 포함되면 시간 평균 전압이 0이 되지 않는다. 직류 성분은 이 평균 전압에 해당한다. 극성 NRZ는 크기가 같은 양·음 전압을 사용하므로 두 비트의 발생 확률이 같을 때 평균이 0이 되지만, 단극성 NRZ는 이 조건에서도 평균이 0이 아니다.

NoteBase

문 19. 부반송파들이 모두 16-QAM으로 변조된 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 시스템에서 IDFT(inverse discrete Fourier transform)를 통해 생성된 OFDM 심벌의 길이는 8 [μs]이고 전체 대역폭은 10 [MHz]이다. 통신 채널의 최대 경로 시간 지연은 2 [μs]이고 OFDM 심벌 앞에 이 지연만큼의 순환전치(cyclic prefix)를 붙여서 전송할 때, 최대 전송속도[Mbps]는?

① 26

② 32

③ 40

④ 48

정답 2번

간단한 해설

16-QAM은 부반송파 하나당 4비트를 전달하므로, 부반송파 80개로 구성된 OFDM 심벌에는 320비트가 실린다. **순환전치는 새 정보를 추가하지 않고 전송 시간만 늘리므로**, 320비트를 10 μs 동안 보내는 전송속도는 32 Mbps이다.

계산 과정

부반송파 수: IDFT로 생성된 유효 심벌의 길이를 T_u라 하면, 부반송파 간격은 직교 조건에 따라 $\Delta f = \frac{1}{T_u}$이다. 따라서 $\Delta f = \frac{1}{8\mu s} = 125\text{kHz}$이다. 전체 대역폭 10 MHz는 10,000 kHz이므로 부반송파 수는 $N = \frac{10{,}000}{125} = 80$개이다. 이 간격을 정할 때는 **순환전치를 제외한 유효 심벌 길이**를 사용한다.

심벌당 비트 수: 16-QAM은 16개의 신호점을 구별하므로 부반송파 하나가 한 번에 전달하는 비트 수는 $\log_2 16 = 4$비트이다. 80개 부반송파가 병렬로 전송하므로 OFDM 심벌 하나에 실리는 정보량은 $80 \times 4 = 320$비트이다.

실제 전송 시간: 최대 경로 시간 지연만큼 붙이는 순환전치의 길이는 2 μs이다. 순환전치는 유효 심벌의 끝부분을 복사한 것으로 **새로운 정보 비트를 추가하지 않는다**. 따라서 정보량은 320비트 그대로이고, 심벌 하나의 전송 시간은 8 + 2 = 10 μs가 된다.

전송속도: 심벌당 정보량을 순환전치를 포함한 전송 시간으로 나누면 $R = \frac{320\text{bit}}{10\mu s} = 32\text{Mbps}$이다. 따라서 최대 전송속도는 32 Mbps로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 메시지 신호 $m(t) = 20\cos(200 \times 10^3 \pi t)$에 의해 최대 주파수 편이 (deviation) $\Delta f = 500$ [kHz]가 되도록 광대역 FM(wideband frequency modulation) 변조된 신호의 근사 대역폭[MHz]은? (단, 반송파의 주파수는 $f_c = 100$ [MHz]이고, 카슨의 법칙(Carson's law)을 이용하여 계산한다)

① 0.6

② 1.2

③ 1.8

④ 2.4

정답 2번

간단한 해설

메시지 주파수는 100 kHz이므로 카슨의 법칙 $B \approx 2(\Delta f + f_m)$에 최대 주파수 편이 500 kHz를 대입한다. 두 주파수의 합을 두 배 하면 근사 대역폭은 **1.2 MHz**이다.

계산 과정

메시지 주파수: 정현파를 $m(t) = A\cos(2\pi f_m t)$로 나타내면 f_m은 메시지 주파수이다. 주어진 코사인 함수에서 t의 계수는 각주파수이므로 **2π로 나누어** 주파수로 바꾼다. 따라서 $f_m = \frac{200 \cdot 10^3 \pi}{2\pi} = 100\text{kHz}$이다.

카슨의 법칙 적용: FM의 근사 대역폭은 $B \approx 2(\Delta f + f_m)$이다. 여기서 Δf는 최대 주파수 편이이며, 단일 정현파 메시지의 최고 주파수는 f_m이다. 반송파를 중심으로 양쪽에 측파대가 분포하므로 편이와 메시지 주파수의 합을 두 배 한다. **최대 주파수 편이가 이미 500 kHz로 주어졌으므로** 메시지 진폭 20을 다시 곱하지 않는다. 반송파 주파수 100 MHz는 스펙트럼의 중심 위치를 정하며, 이 대역폭 공식에는 들어가지 않는다.

대역폭 계산: 주파수 단위를 kHz로 통일하여 대입하면 $B \approx 2(500 + 100) = 1200\text{kHz}$이다. 1000 kHz = 1 MHz이므로 근사 대역폭은 1.2 MHz이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase