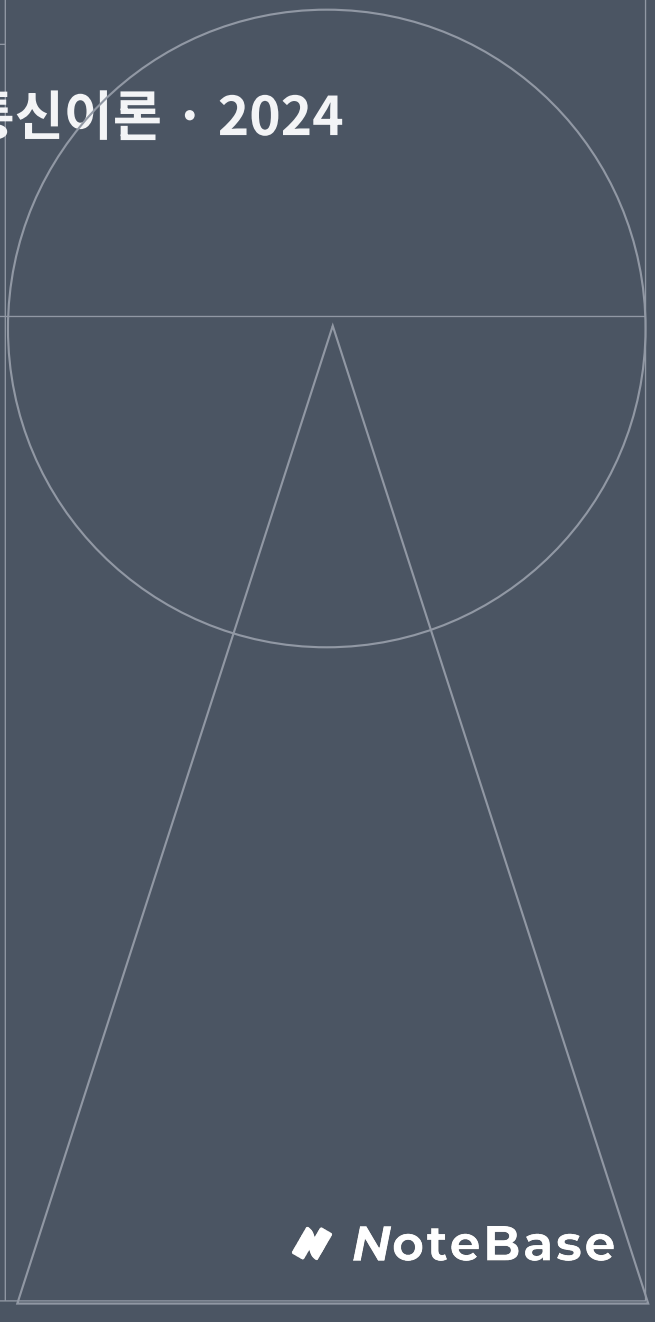
기출OX 해설집

공무원/경찰/공채(경위) · 통신이론 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/경찰/공채(경위) · 통신이론 · 2024

공무원/경찰/공채(경위) · 통신이론 · 2024

문 1. s(t)를 푸리에 변환 시스템 $F\{\cdot\}$에 인가할 때, $F\{as_1(t)+bs_2(t)\}$와 $aF\{s_1(t)\}+bF\{s_2(t)\}$의 계산 결과는 같다. 이 결과로 설명할 수 있는 푸리에 변환 시스템의 속성 유형으로 옳은 것은? (a와 b는 상수이다.)
$s(t)=as_1(t)+bs_2(t)$

① 선형성 (Linearity)

② 시불변성 (Time-invariant)

③ 인과성 (Causality)

④ 안정성 (Stability)

정답 1번

간단한 해설

정답은 ①이다. **입력의 선형결합을 변환한 결과가 각 변환의 선형결합과 같다**는 것은 가산성과 동차성, 즉 선형성을 나타낸다.

핵심 풀이

선형성은 **입력의 선형결합에 대한 출력이 각 출력의 같은 선형결합과 같아지는 성질**이다. 즉 $F\{as_1+bs_2\}=aF\{s_1\}+bF\{s_2\}$가 성립한다. 이는 입력을 더했을 때 출력도 더해지는 가산성과, 입력에 상수를 곱하면 출력에도 같은 상수가 곱해지는 동차성을 함께 나타낸다.

푸리에 변환은 적분의 선형성을 이용하므로, 각각의 변환을 $S_1(f), S_2(f)$라 하면 $as_1(t)+bs_2(t)$의 변환은 $aS_1(f)+bS_2(f)$이다. 따라서 문제의 등식이 직접 보여 주는 속성은 ① **선형성**이다.

시불변성은 입력의 시간 이동이 출력의 같은 시간 이동으로 나타나는지에 관한 성질이다. 인과성은 현재 출력이 미래 입력에 의존하지 않는 성질이고, 안정성은 보통 유계 입력에 대해 유계 출력이 나오는지를 뜻한다. 문제에는 시간 이동, 미래 입력 의존성, 유계성에 관한 조건이 없으므로 제시된 등식으로 이 세 성질을 판단하는 것은 적절하지 않다.

NoteBase

문 2. 랜덤 과정 (Random Process)에서 진폭이 일정한 신호 $X(t)$의 통계적 평균값은? (확률변수 θ는 $|\theta| \leq \pi$에서 균일한 분포를 갖고, E[X]= ∫ _-∞^∞x f_X(x)dx이다.)

$X(t) = A\cos(\omega t + \theta)$

① 0

② 1

③ A

④ $\frac{A^2}{2}$

정답 1번

간단한 해설

위상이 한 주기 전체에서 균일하므로 **코사인의 양·음 성분이 상쇄**된다. 따라서 모든 시각에서 통계적 평균 $E[X(t)]$는 0이다.

계산 과정

통계적 평균은 시간을 고정한 상태에서 가능한 랜덤 위상 전체에 대해 구하는 앙상블 평균이다. 여기서는 A와 ω가 주어져 있고 θ가 $[-\pi, \pi]$에서 균일하므로, 그 구간의 확률밀도는 $f_\theta(\theta) = \frac{1}{2\pi}$이다.

위상의 함수인 신호의 기대값은 위상밀도로 직접 적분할 수 있다. 따라서 $E[X(t)] = \frac{A}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\cos(\omega t + \theta)d\theta$이다. 신호값 X의 밀도를 별도로 구할 필요는 없다.

적분하면 $E[X(t)] = \frac{A}{2\pi}\{\sin(\omega t + \pi) - \sin(\omega t - \pi)\} = 0$이다. 두 사인값은 같으며, 위상 한 주기 전체에서 코사인의 양·음 성분이 상쇄된다. 따라서 이 결과는 t에 의존하지 않는다.

$\frac{A^2}{2}$는 같은 위상분포에서 $E[X^2(t)]$를 구했을 때의 값으로, 신호의 평균이 아니라 평균제곱값이다. A는 진폭이므로 진폭이 일정하다는 사실만으로 신호의 평균이 A가 되는 것은 아니다.

따라서 통계적 평균값 0에 해당하는 선택지는 ①이다.

NoteBase

문 3. 저역 통과 필터가 1 [$k\Omega$] 저항 1 개와 0.1 [μF] 커패시터 1 개로 구성되어 있다. 이 필터의 진폭 응답이 최대 이득의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$이 되는 차단 주파수 [Hz]는?

① $\frac{1}{2\pi \times 10^{-2}}$
② $\frac{1}{2\pi \times 10^{-4}}$
③ $\frac{1}{10^{-2}}$
④ $\frac{1}{10^{-4}}$

정답 2번

간단한 해설

정답은 ② $1/(2\pi \times 10^{-4})$이다. $RC = 10^3 \times 10^{-7} = 10^{-4}$초이며, RC 저역 통과 필터의 차단 주파수는 $f_c = 1/(2\pi RC)$이다.

계산 과정

저항과 커패시터로 이루어진 1차 RC 저역 통과 필터의 정규화된 진폭 응답은 $|H(j\omega)| = 1/\sqrt{1 + (\omega RC)^2}$이다. 최대 이득에 대한 비가 1/2가 되는 조건은 $\omega_c RC = 1$이다.

따라서 차단 각주파수는 $\omega_c = 1/(RC)$이고, 문제에서 요구하는 Hz 단위 주파수는 $f_c = \omega_c/(2\pi) = 1/(2\pi RC)$이다. 각주파수와 주파수 사이의 2π를 빠뜨리지 않아야 한다.

단위를 환산하면 $R = 1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$, C=0.1 μ F=10^-7 F이다. 그러므로 시정수는 RC=10^3×10^-7=10^-4 s이다.

이를 대입하면 f_c=12π×10^-4 Hz≈1591.5 Hz이므로 정답은 ②이다. ①은 RC의 지수를 잘못 계산했고, ④는 $1/(RC)$인 각주파수를 Hz 주파수로 혼동했으며, ③은 두 오류를 함께 포함한다.

NoteBase

문 4. 메시지 신호 $m(t)=\cos(2\pi f_m t)$와 반송파 $\cos(2\pi f_c t)$를 이용한 변조 신호 $s(t)=[1+m(t)]\cos(2\pi f_c t)$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 포함된 반송파 신호 성분의 전력은 $\frac{1}{2}$이다.

② 주파수 영역에서 이산 (Discrete) 스펙트럼으로 나타난다.

③ 반송파와 메시지 신호의 진폭 비율인 변조 지수는 $\frac{1}{2}$이다.

④ 전체 전력 중에서 메시지 신호의 전송에 사용되는 전력의 비율은 $\frac{1}{3}$이다.

정답 3번

간단한 해설

주어진 AM 식에서 메시지 코사인 앞의 계수는 1이므로 **변조지수는 1(100%)**이다. 측파대 진폭 $\frac{1}{2}$를 변조지수로 보아서는 안 된다.

선지별 해설

① O: 신호를 전개하면 반송파 성분은 $\cos(2\pi f_c t)$이며 진폭은 1이다. 단위 저항으로 정규화한 정현파 평균전력은 진폭 제곱의 절반이므로 $P_c=\frac{1^2}{2}=\frac{1}{2}$이다.

② O: 곱을 합으로 바꾸면 메시지와 반송파의 곱은 $\frac{1}{2}\cos(2\pi(f_c+f_m)t)+\frac{1}{2}\cos(2\pi(f_c-f_m)t)$이다. 따라서 반송파와 두 측파대의 **특정 주파수 성분만 존재**하며, 양·음 주파수의 충격함수로 표현되는 선 스펙트럼을 갖는다. 연속시간 신호라는 사실과 스펙트럼이 이산적이라는 사실은 모순되지 않는다.

③ X: 표준 단일정현파 AM 신호는 $A_c[1+\mu\cos(2\pi f_m t)]\cos(2\pi f_c t)$로 쓴다. 주어진 식에서는 $A_c=1, \mu=1$이므로 **변조지수는 1, 즉 100%**이다. 각 측파대의 진폭이 $\frac{1}{2}$인 것과 변조지수를 혼동하면 안 된다.

④ O: 메시지 정보는 두 측파대에 실린다. 각 측파대의 진폭이 $\frac{1}{2}$이므로 전력은 $\frac{(1/2)^2}{2}=\frac{1}{8}$이고, 두 측파대 전력의 합은 $\frac{1}{4}$이다. 전체 전력은 $\frac{1}{2}+\frac{1}{4}=\frac{3}{4}$이므로 전력 효율은 $\frac{P_{SB}}{P_T}=\frac{1/4}{3/4}=\frac{1}{3}$이다.

NoteBase

문 5. 반송파 주파수가 100 [kHz]이고 최대 주파수 편이가 20 [Hz]인 협대역 FM 신호를 주파수 체배기(Frequency Multiplier)에 인가한 후 출력된 신호의 주파수를 측정했을 때 12.8 [MHz]이다. 이때 출력 신호의 최대 주파수 편이 [Hz]는?

① 20

② 1,280

③ 2,000

④ 2,560

정답 4번

간단한 해설

정답은 ④이다. 체배율은 $12.8\text{MHz}/100\text{kHz} = 128$이므로, 최대 주파수 편이도 128배가 되어 $20 \times 128 = 2560\text{Hz}$이다.

계산 과정

주파수 체배기의 체배율을 N이라 하면 **반송파 주파수와 최대 주파수 편이가 모두 N배**가 된다. 따라서 $f_{c,\,\text{out}} = Nf_{c,\,\text{in}}$, $\Delta f_{\text{out}} = N\Delta f_{\text{in}}$이다.

입력 반송파 100 kHz를 MHz로 바꾸면 0.1 MHz이다. 출력 반송파가 12.8 MHz이므로 체배율은 $N = 12.8/0.1 = 128$이다. 주파수의 단위를 먼저 통일해야 한다.

입력 최대 주파수 편이는 20 Hz이므로 출력 편이는 $128 \times 20 = 2560\text{Hz}$이다. 따라서 정답은 ④ 2,560이다.

①의 20 Hz는 편이가 변하지 않는다고 본 값이고, ②의 1,280 Hz와 ③의 2,000 Hz는 체배율 128과 맞지 않는다. 단순한 주파수 변환기처럼 반송파 중심만 이동시키는 경우와 달리, **체배기는 편이도 함께 확대**한다.

NoteBase

문 6. FM 시스템과 구성 요소들의 동작에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① FM 복조기에서 전달함수의 경사도(slope)를 이용한 주파수 변별기(Discriminator)의 적분 기능으로 인하여 잡음의 전력 스펙트럼 크기는 주파수의 제곱에 비례하여 증가한다.

② FM 변조기에는 프리엠퍼시스(Pre-emphasis)를 사용하고, 복조기에서는 프리엠퍼시스의 역 전달함수인 디엠퍼시스(De-emphasis)를 사용함으로써 복조기의 최종 출력에서 고주파 잡음 전력의 성분이 커지는 것을 억제한다.

③ 대역통과 리미터(Bandpass Limiter)를 사용하면 진폭이 일정한 FM신호를 얻을 수 있다.

④ 주파수 변별기를 통과한 FM 수신 신호는 비동기 포락선 검파기를 이용하여 메시지 정보를 복구할 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

FM 주파수 변별기는 위상에 대한 **미분 작용**으로 순간 주파수 정보를 얻는다. 미분의 전력 이득이 주파수의 제곱에 비례하므로 출력 잡음의 고주파 성분이 커지며, 이를 적분 기능으로 설명한 부분이 잘못이다.

선지별 해설

① X: FM의 순간 주파수는 위상의 시간 미분에 비례하므로 주파수 변별기는 **적분이 아니라 미분 작용**을 이용한다. 미분의 주파수응답은 $j2\pi f$ 이고 전력에는 그 크기의 제곱이 곱해진다. 따라서 충분히 높은 수신 신호 대 잡음비에서 변별기 출력의 잡음 전력 스펙트럼은 기저대역 주파수의 제곱에 비례해 증가한다. 잡음의 고주파 성분이 커지는 현상을 적분 기능 때문이라고 한 부분이 잘못되어 ①이 정답이다.

② O: 송신 측 프리엠퍼시스는 메시지의 고주파 성분을 상대적으로 강조한다. 수신 측에서는 이에 대응하는 **역특성의 디엠퍼시스**로 원래 메시지의 주파수 특성을 복원하면서 고주파 잡음도 함께 감쇠한다. 신호는 송수신 필터의 결합으로 복원되지만 수신 과정에서 더해진 잡음은 디엠퍼시스의 고주파 감쇠를 받는다.

③ O: FM은 정보를 진폭이 아니라 순간 주파수의 변화에 싣는다. 리미터는 수신 신호의 진폭 변동을 제한하고 대역통과 필터와 결합하여 필요한 대역의 일정한 포락선을 갖는 FM 신호를 얻도록 한다. 이 과정은 진폭 잡음의 영향을 줄이지만 위상·주파수 잡음을 모두 없애는 것은 아니다.

④ O: 경사 특성을 이용한 주파수 변별 회로는 주파수 변화를 진폭 변화로 바꾼다. 그러면 메시지 정보가 출력의 포락선에 나타나므로 동기 반송파 없이 **포락선 검파**로 이를 복구할 수 있다. 일정 진폭의 FM 신호를 변환 없이 곧바로 포락선 검파하는 경우와 구별한다.

NoteBase

문 7. PCM (Pulse Code Modulation) 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동일 시간 간격으로 반복 동작하는 표본-유지 (Sample-hold) 회로를 사용하여 표본화한 결과는 PAM (Pulse Amplitude Modulation) 변조된 신호이다.

② 사용 가능한 균등양자화 구간 수가 180개일 때, 이진 부호화에는 최소 8 비트가 필요하다.

③ 균등양자화 잡음은 정규 분포 (Normal Distribution)를 갖는다.

④ 부호화 비트 수가 1개 증가할 때마다 출력 신호 대 잡음비 (SNR)는 약 6 [dB] 증가한다.

정답 3번

간단한 해설

균등양자화 오차는 통상적인 고해상도·비과부하 조건에서 **양자화 간격의 절반 범위에 걸친 균등분포**로 근사한다. 정규분포로 가정하는 것이 아니다.

선지별 해설

PCM은 아날로그 신호를 표본화한 뒤 진폭을 양자화하고 그 양자화 수준을 디지털 부호로 표현하는 방식이다. 양자화 잡음의 분포와 비트 증가에 따른 개선량은 통상적인 균등양자화 잡음 모형에서 판단한다.

① O: 일정한 간격으로 신호를 표본화하고 각 표본값을 유지하면 표본 진폭에 따라 높이가 달라지는 평탄한 펄스가 생긴다. 이를 평탄 표본화 PAM 신호로 볼 수 있다. 아직 양자화·이진 부호화를 마친 신호는 아니다.

② O: n비트 고정길이 이진 부호가 나타낼 수 있는 서로 다른 값은 2^n개이다. 2^7=128<180≤256=2^8이므로 180개 양자화 구간을 구별하려면 최소 8비트가 필요하다.

③ X: 양자화 간격을 Δ라고 할 때, 통상적인 비과부하·고해상도 근사에서 양자화 오차는 $-\frac{\Delta}{2}$부터 $\frac{\Delta}{2}$까지의 균등분포로 모델링한다. 정규분포가 아니며, 이 모형의 평균은 0, 분산은 $\frac{\Delta^2}{12}$이다. 실제 오차분포는 입력 특성에 의존하므로 모든 신호에서 정확히 균등하다는 뜻도 아니다.

④ O: 같은 입력 범위와 신호 전력을 유지하면서 균등양자화 비트 수를 하나 늘리면 수준 수는 두 배, 양자화 간격은 절반이 된다. 따라서 양자화 잡음 전력은 $\frac{1}{4}$로 줄고 신호 대 양자화 잡음비는 $10\log_{10} 4 \approx 6.02\text{dB}$ 증가한다. 이는 과부하가 없고 양자화 잡음이 지배적인 조건에서의 개선량이다.

NoteBase

문 8. 이동통신 기지국에서 동일 주파수 채널을 사용하는 사용자들로부터 수신한 신호 전력 크기가 서로 다른 경우에 원근 (Near-Far) 문제를 일으킬 수 있는 무선 다중 접속(Multiple Access) 방식은?

① WDMA

② FDMA

③ TDMA

④ CDMA

정답 4번

간단한 해설

정답은 ④ **CDMA**이다. 같은 시간·주파수 대역을 공유하므로 가까운 사용자의 강한 수신 신호가 먼 사용자의 약한 신호를 방해하는 **원근 문제**가 발생할 수 있다. 이를 완화하기 위해 전력 제어가 중요하다.

핵심 풀이

CDMA는 여러 사용자가 같은 시간과 주파수 대역을 공유하고 서로 다른 확산 부호로 구별되는 방식이다. 수신기에서는 원하는 사용자의 부호를 이용하여 신호를 분리하지만, 다른 사용자 신호의 영향이 완전히 사라지지는 않을 수 있다.

기지국 가까이에 있는 사용자의 신호가 매우 강하고 먼 사용자의 신호가 약하면, 강한 신호에서 생기는 다중접속 간섭이 약한 신호의 검출을 방해할 수 있다. 이처럼 **사용자 간 수신 전력 차이 때문에 약한 신호가 불리해지는 현상**이 원근 문제이며, 문항의 정답은 ④ CDMA이다.

대표적인 완화 방법은 송신 전력 제어이다. 기지국에 도착하는 각 사용자의 수신 전력이 적절한 수준을 유지하도록 조절하여, 특정 사용자 신호가 지나치게 큰 간섭을 만들지 않게 한다. 모든 단말이 같은 송신 전력으로 보내야 한다는 뜻은 아니다.

① WDMA는 서로 다른 파장, ② FDMA는 서로 다른 주파수 채널, ③ TDMA는 서로 다른 시간 구간을 이용하여 사용자를 구분한다. 따라서 동일 시간·주파수 자원을 부호로 나누는 CDMA의 전형적인 원근 문제를 묻는 이 문항의 답이 아니다. 이 구분이 다른 방식에서는 어떤 간섭도 발생하지 않는다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 9. 평균이 0이고 양측 전력 스펙트럼 밀도가 $\frac{N_0}{2}$인 가산적 백색 가우시안 잡음 채널을 통하여 비트 에너지가 E_b인 이진 FSK 변조 신호를 전송하는 시스템에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (두 신호 간의 상관 계수 _12=(1)/(√(E_1)√(E_2)) ∫ _-∞^∞s_1(t)s_2(t)dt, $\omega_c = \frac{2\pi n}{T_b}$, $\Delta\omega = \frac{2\pi m}{T_b}$, n 과 m은 $n \neq m$인 정수이고, T_b는 비트 주기이다.)

$s_1(t) = A\cos\omega_c t, \quad \text{for } 1,\ 0 \le t \le T_b$

$s_2(t) = A\cos(\omega_c + \Delta\omega)t, \quad \text{for } 0,\ 0 \le t \le T_b$

① $s_1(t)$와 $s_2(t)$는 서로 직교 (Orthogonal)이다.

② 상관 계수 $\rho_{12} = 1$이다.

③ 이진 FSK와 on-off 변조인 이진 ASK는 평균 신호 전력이 동일하고 위상 동기 복조를 하는 경우 수신 오류확률은 같다.

④ 포락선 검파기를 이용한 비동기 복조가 가능하다.

정답 2번

간단한 해설

정답은 ②이다. 두 FSK 신호는 비트 구간에서 직교하므로 내적이 0이고, **상관계수도 1이 아니라 0**이다.

선지별 해설

① (O) 서로 다른 두 반송 주파수를 사용하는 FSK 조건에서, 주어진 주파수 간격은 비트 구간에 정수 주기의 차이를 만든다. 곱을 합으로 바꾸면 $s_1 s_2 = \frac{A^2}{2}[\cos(\Delta\omega t) + \cos((2\omega_c + \Delta\omega)t)]$이며 각 항을 비트 구간에 적분한 값은 0이다. 따라서 **두 신호의 내적이 0이므로 직교**한다.

② (X) 상관계수는 두 신호의 내적을 에너지의 기하평균으로 나눈 값이다. 직교 신호는 내적이 0이므로 $\rho_{12} = 0$이다. 상관계수가 1인 경우는 같은 방향의 신호에 해당하므로 이 직교 FSK와 다르다.

③ (O) 등확률 비트를 같은 비트율로 전송하고 평균 비트 에너지를 E_b로 맞추면, 동기 검파 직교 이진 FSK의 두 신호 간 거리 제곱은 $2E_b$이다. on-off ASK에서도 켜진 신호의 에너지가 $2E_b$, 꺼진 신호의 에너지가 0이므로 거리 제곱이 같다. 따라서 **두 방식의 동기 검파 오류확률은 모두** $Q(\sqrt{E_b/N_0})$이다. 평균 에너지와 켜진 신호의 에너지를 혼동하면 안 된다.

④ (O) 각 FSK 주파수 성분을 분리한 뒤 두 분기의 포락선 또는 에너지를 비교하면 어느 주파수가 송신되었는지 판단할 수 있다. 따라서 **반송파 위상을 동기화하지 않는 비동기 복조**가 가능하다. 두 주파수 성분을 구별하지 않는 단일 포락선 검파만으로 주파수를 판정한다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 10. 정보원의 부호화에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전송 심볼 당 정보가 최대가 될 수 있도록 정보원의 출력으로부터 불필요한 잉여 정보를 제거하기 위해 사용한다.

② 모든 정보원이 동일 확률로 발생할 때 엔트로피 함수는 최댓값을 갖는다.

③ 연속-길이 (Run-Length) 부호화는 송신 정보량을 줄이기 위해 연속 반복 정도에 따라 중요도가 낮은 정보의 손실을 감수하는 압축 기법이다.

④ 블록 인터리버는 연속하여 발생하는 연집 오류 (Burst Error)의 상관도를 감소시키기 위하여 사용한다.

정답 3번

간단한 해설

연속-길이 부호화는 반복되는 기호와 반복 횟수를 기록하는 **무손실 압축**이다. 중요도가 낮은 내용을 버리는 손실 압축이 아니다.

선지별 해설

정보원 부호화는 정보의 중복성을 이용하여 표현에 필요한 부호 길이를 줄인다. 원래 정보를 정확히 복원할 수 있는 무손실 압축과 일부 정보를 버리는 손실 압축을 구별해야 한다.

① O: 정보원 출력의 중복을 줄여 같은 정보를 더 적은 부호로 표현하면 전송 자원의 이용 효율이 높아진다. 무손실 부호화에서는 원래 정보 자체를 버리는 것이 아니라 불필요하게 반복되는 표현을 줄이는 것이다.

② O: 가능한 출력 기호의 수가 일정할 때 각 기호의 발생확률이 같으면 무엇이 나올지 가장 불확실하므로 엔트로피가 최대이다. 기호가 M개라면 최대 엔트로피는 $H_{\max} = \log_2 M$비트이다. 여기서 동일 확률은 한 정보원의 가능한 출력 기호들에 관한 조건이다.

③ X: 연속-길이 부호화는 같은 기호가 이어지는 구간을 '기호와 반복 횟수'로 나타내는 무손실 방식이다. 예를 들어 같은 문자가 다섯 번 반복되면 그 문자와 횟수 5로 표현하고 원래 다섯 문자를 그대로 복원한다. 중요도에 따라 정보를 버리지 않으며, 반복이 적은 자료에서는 오히려 표현 길이가 늘 수도 있다.

④ O: 블록 인터리버는 부호화된 데이터의 순서를 재배열하여 전송하고 수신 측에서 역순열로 복원한다. 채널에서 연속한 위치에 생긴 오류가 복원 후 떨어진 위치에 분산되므로 오류정정부호가 처리하기 쉬워진다. 이는 오류의 군집성을 완화하는 채널 부호화 보조 기법이며, 정보원의 중복을 없애는 압축 자체는 아니다.

NoteBase

문 11. 전송되는 부호어가 “01101001”일 때, 이 부호어와 해밍 거리 (Hamming Distance)가 가장 작은 부호어는?

① 11111001

② 01110001

③ 01101110

④ 01111001

정답 4번

간단한 해설

해밍 거리는 **대응 위치에서 다른 비트의 개수**이다. 01101001과 01111001은 4번째 비트만 달라 거리가 1이며, 다른 후보들보다 작다.

계산 과정

해밍 거리는 길이가 같은 두 부호어를 같은 위치끼리 비교했을 때 **서로 다른 비트 위치의 개수**이다. 비트별 XOR 결과에서 1의 개수를 세어도 같다. 기준 부호어는 01101001이며 위치는 왼쪽부터 센다.

① 11111001: 기준과 다른 곳은 1번째와 4번째이다. XOR 결과는 10010000이므로 해밍 거리는 2이다.

② 01110001: 기준과 다른 곳은 4번째와 5번째이다. XOR 결과는 00011000이므로 해밍 거리는 2이다.

③ 01101110: 기준과 다른 곳은 6번째, 7번째, 8번째이다. XOR 결과는 00000111이므로 해밍 거리는 3이다.

④ 01111001: 기준과 다른 곳은 4번째 하나뿐이다. XOR 결과는 00010000이므로 해밍 거리는 1이다.

계산한 거리는 차례로 2, 2, 3, 1이다. 최솟값 1에 해당하는 부호어는 01111001이므로 ④이다.

NoteBase

문 12. 송신기에서 (7, 4) 순회 부호를 이용하여 부호기를 구성할 때 필요한 시프트 레지스터 (Shift Register)의 최소 개수는?

① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 1번

간단한 해설

순회부호 부호기의 시프트 레지스터 단 수는 **생성다항식의 차수 n − k**로 정해진다. (7, 4) 부호에서는 7 − 4 = 3개가 필요하다.

계산 과정

(n, k) 순회부호에서 n은 한 부호어의 전체 비트 수, k는 정보 비트 수이다. 따라서 (7, 4) 부호는 정보 4비트에 검사 비트 3비트를 붙여 7비트의 부호어를 만든다.

순회부호의 생성다항식 차수는 $\deg g(x) = n - k$이다. 직렬 피드백 시프트 레지스터 부호기는 이 생성다항식에 따른 나머지 연산을 수행한다. 차수가 n − k인 다항식으로 나눈 나머지는 최대 n − k개의 계수를 가지므로, 이를 저장하고 갱신하는 **n − k개의 1비트 레지스터 단**이 필요하다.

따라서 필요한 최소 레지스터 단 수는 7 − 4 = 3개이다. 정보 비트 수 4나 부호어 길이 7을 그대로 레지스터 개수로 쓰는 것이 아니며, 계산 결과는 ①과 일치한다.

NoteBase

문 13. 두 개의 랜덤 변수 X와 Y의 결합 확률 밀도 함수를 $f_{X,Y}(x,y)$라 할 때, A의 값은? ($\int_{-\infty}^{\infty} f_X(x)dx = 1$이다.)
f_X,Y(x,y)=casesAe^-(2x+y), & x,y≥ 0 \ 0, & otherwisecases

① $\frac{1}{2}$

② 1

③ 2

④ $\frac{5}{2}$

정답 3번

간단한 해설

정답은 ③ **2**이다. 전체 확률은 $A\left(\int_0^{\infty} e^{-2x}dx\right)\left(\int_0^{\infty} e^{-y}dy\right) = A/2$이므로, 이를 1로 두면 $A = 2$이다.

계산 과정

확률밀도함수는 전체 정의역에서 적분한 값이 1이어야 한다. 주어진 밀도는 x≥0, y≥0인 영역에서만 0이 아니므로 $\int_0^{\infty}\int_0^{\infty} Ae^{-(2x+y)}dydx = 1$이다.

먼저 y에 대해 적분하면 $f_X(x) = Ae^{-2x}\int_0^{\infty} e^{-y}dy = Ae^{-2x}$이며, 이는 x≥0에서의 주변밀도이다. y 적분의 값은 1이다.

이제 ∫ _0^∞ f_X(x) dx=A ∫ _0^∞ e^-2x dx=A·12=1이므로 $A = 2$이다. 지수의 x 계수가 2이므로 적분값이 1/2가 된다는 점이 중요하다.

따라서 정답은 ③이다. ① $A = 1/2$, ② $A = 1$, ④ $A = 5/2$를 넣으면 전체 적분이 각각 1/4, 1/2, 5/4가 되어 정규화 조건을 만족하지 않는다.

NoteBase

문 14. 최대 주파수가 4 [kHz]인 음성 신호를 8 [kHz]로 표본화하여 표본 당 8 비트로 이진 부호화한 PCM 데이터를 전송할 때, 변조 심볼 당 4 비트로 구성되는 16-QAM을 사용하고자 한다. 발생된 PCM 데이터를 지연 없이 실시간으로 전송하기 위해 초당 최소 몇 개의 16-QAM 변조 심볼을 전송해야 하는가? (전송 오류는 고려하지 않는다.)

① 8,000

② 16,000

③ 32,000

④ 64,000

정답 2번

간단한 해설

정답은 ②이다. PCM 비트율은 $8000 \times 8 = 64000$ bit/s이고, 16-QAM은 심볼당 4비트를 보내므로 **초당** $64000/4 = 16000$**심볼**이 필요하다.

계산 과정

표본화 주파수 8 kHz는 1초에 8,000개의 표본을 얻는다는 뜻이다. 표본당 8비트를 사용하므로 PCM 비트율은 $R_b = 8000 \times 8 = 64000$bit/s이다. 음성의 최대 주파수 4 kHz가 아니라 주어진 표본화율 8 kHz를 사용한다.

16-QAM은 한 심볼에 $\log_2 16 = 4$비트를 담는다. 따라서 비트율과 심볼율 사이에는 $R_b = 4R_s$의 관계가 있다.

초당 64,000비트의 발생량을 처리하기 위한 최소 심볼율은 $R_s = 64000/4 = 16000$symbol/s이다. 표본 하나의 8비트가 심볼 2개에 해당하므로 $8000 \times 2 = 16000$으로도 확인할 수 있다. 정답은 ②이다.

① 8,000은 표본율과 심볼율을 혼동한 값이고,

④ 64,000은 비트율을 그대로 심볼율로 본 값이다.

③ 32,000은 심볼당 2비트를 실을 때의 값으로, 심볼당 4비트인 16-QAM 조건과 맞지 않는다. 전송 오류나 별도의 부가 비트는 문제의 조건에 따라 고려하지 않는다.

NoteBase

문 15. 고정된 레이더에서 펄스 신호를 송출한 시점부터 이 신호가 물체에 반사되어 돌아와 검출될 때까지 10 [μs]가 걸렸다. 신호가 반사된 시점에서의 물체와 레이더 사이 거리 [km]는? (전파 속도는 $3 \times 10^8 [m/s]$ 이고, 송수신 신호 처리 시스템 지연 시간은 고려하지 않는다.)

① 1.5

② 3

③ 15

④ 30

정답 1번

간단한 해설

10 μs는 **왕복 전파 시간**이므로 거리는 $R = \frac{c\Delta t}{2}$로 구한다. 왕복 이동거리 3 km의 절반인 1.5 km이다.

계산 과정

측정된 10 μs는 레이더에서 물체까지 가는 시간과 반사된 신호가 돌아오는 시간을 합친 왕복 시간이다. 레이더가 고정되어 있으므로 반사 지점까지의 두 전파 경로 길이는 같으며, 반사 시점의 거리를 R이라 하면 총 경로 길이는 2R이다.

시스템 처리 지연을 무시하므로 측정 시간 전체를 전파 시간으로 사용한다.
$\Delta t = 10\mu s = 10 \times 10^{-6} s = 10^{-5} s$이다.

전파 속도 $c = 3 \times 10^8 m/s$를 적용하면 $2R = c\Delta t = 3 \times 10^8 \times 10^{-5} = 3000 m$이다. 따라서
$R = \frac{3000}{2} = 1500 m = 1.5 km$이다.

3 km는 신호의 왕복 이동거리이며 물체까지의 편도 거리가 아니다. 시간 단위의 마이크로를 10^{-6}으로 바꾸고 왕복이라는 이유로 2로 나누는 두 단계를 모두 적용해야 한다.

따라서 물체와 레이더 사이의 거리 1.5 km에 해당하는 선택지는 ①이다.

NoteBase

문 16. 푸리에 변환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (s(t)의 푸리에 변환은 $\mathcal{F}\{s(t)\} = S(f)$이다.)

① 우함수의 푸리에 변환은 우함수이고, 기함수의 푸리에 변환은 기함수이다.

② t_0 시간 만큼 천이된 s(t−t_0)의 푸리에 변환은 S(f)에 $e^{-j2\pi ft_0}$를 곱한 것과 같다.

③ s(t)를 적분하여 푸리에 변환하면 S(f)에 $j2\pi f$를 곱한 것과 같다.

④ a > 0인 실수일 때, $\mathcal{F}\{s(at)\} = \frac{1}{a}S\left(\frac{f}{a}\right)$이다.

정답 3번

간단한 해설

③이 옳지 않다. $j2\pi f$를 곱하는 것은 시간영역의 **미분**에 대응한다. 적분은 기본적으로 $j2\pi f$로 나누는 관계이므로 미분과 적분의 변환 성질을 구별해야 한다.

선지별 해설

① (O) 시간 반전 성질에 따라 $s(-t)$의 푸리에 변환은 $S(-f)$이다. 따라서 $s(-t) = s(t)$인 우함수이면 $S(-f) = S(f)$, $s(-t) = -s(t)$인 기함수이면 $S(-f) = -S(f)$가 되어 각각의 대칭성이 유지된다.

② (O) 시간영역에서 t_0만큼 지연시키면 주파수영역에서는 $S(f)e^{-j2\pi ft_0}$가 된다. 시간 이동은 주파수에 비례하는 위상 변화를 만들며, 이 위상 인자의 크기가 1이므로 진폭 스펙트럼은 바뀌지 않는다.

③ (X) 주파수영역에서 $j2\pi f$를 곱하는 것은 **시간영역의 미분**에 대응한다. 즉 F\ds(t)/dt\=j2π fS(f)이다. 시간영역의 적분은 원칙적으로 $j2\pi f$로 나누는 연산에 대응하며, 적분의 정의와 직류 성분에 따라 원점의 델타 항도 고려해야 한다. 따라서 적분하면 곱한다는 설명은 틀리다.

④ (O) 시간 축척 성질은 일반적으로 F\s(at)\=1|a|S(f/a)이다. 문제에서 a가 양수이므로 $|a| = a$가 되어 제시한 식과 일치한다. 시간축을 압축하면 주파수축은 반대로 확대된다.

NoteBase

문 17. FM 신호 $s(t)$의 대역폭 [kHz]은? (메시지의 주파수가 f_m, 변조 지수가 β일 때 대역폭 $B = 2(\beta + 1)f_m$ 이다.)

$s(t) = 10\cos[2\pi 10^5 t + 10\sin(2\pi 10^3 t)]$

① 20

② 22

③ 100

④ 200

정답 2번

간단한 해설

위상 내부의 사인 함수에서 **변조 지수 β = 10**, 메시지 주파수 $f_m = 1\text{kHz}$를 읽는다. 주어진 식 $B = 2(\beta + 1)f_m$에 대입하면 대역폭은 22 kHz이다.

계산 과정

단일 정현파로 변조한 FM 신호의 표준형은 $s(t) = A_c\cos[2\pi f_c t + \beta\sin(2\pi f_m t)]$이다. 주어진 식과 비교하면 바깥 진폭은 10이고, 반송파 주파수는 $f_c = 10^5\text{Hz} = 100\text{kHz}$이다. 이 값들은 메시지 주파수나 대역폭 자체가 아니다.

위상 안의 사인 함수 앞 계수로부터 **변조 지수 β = 10**을 얻는다. 사인 함수의 시간 계수는 $2\pi 10^3$이므로 메시지 주파수는 $f_m = 10^3\text{Hz} = 1\text{kHz}$이다. 최대 주파수 편이는 $\Delta f = \beta f_m = 10\text{kHz}$이다.

문제에서 준 카슨의 대역폭 공식을 적용하면
$B = 2(\beta + 1)f_m = 2(10 + 1) \times 1 = 22\text{kHz}$
즉 최대 주파수 편이와 메시지 주파수를 더한 값의 두 배이며, ②와 일치한다. 이 공식은 FM 신호의 주요 전력을 포함하는 대역폭 근사로 사용된다.

NoteBase

문 18. 부하 저항 R_L이 전원 내부 저항 R과 같을 때, 부하 저항에 전달되는 전원 열잡음에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (k는 볼츠만 상수, T는 절대 온도, B는 대역폭이다.)

① 잡음 전력은 $4kTB$이다.

② 잡음 전압은 $\sqrt{4kTBR}$이다.

③ 잡음 전류는 $\sqrt{\frac{4kTB}{R}}$이다.

④ 부하에 전달되는 최대 전력을 의미하는 가용 잡음 전력(Available Noise Power)은 $4kTBR$이다.

정답 4번

간단한 해설

가용 잡음 전력은 **정합 부하에 실제로 전달되는 최대 잡음 전력**으로, kTB이다. ④의 $4kTBR$은 전원 저항의 **개방회로 잡음 전압의 평균제곱값**이며, 전력이 아니다.

선지별 해설

①~③은 전원 저항의 열잡음을 등가 잡음원으로 나타낸 값으로 해석한다. 여기서 잡음 전압은 개방회로 전압의 실효값, 잡음 전류는 단락회로 전류의 실효값이다. 이 값들은 정합 부하에 실제로 걸리는 전압이나 흐르는 전류와 구별해야 한다.

① O: 전원 자체의 잡음 전력을 **개방회로 잡음 전압의 평균제곱값을 저항으로 나눈 값**으로 정의하면, $P_n = \frac{\overline{v_n^2}}{R} = \frac{4kTBR}{R} = 4kTB$이다. 이 정의의 값은 부하에 실제로 전달되는 가용 잡음 전력 kTB와 다르다.

② O: 저항 R의 열잡음을 테브난 등가회로로 나타내면, 잡음 전압원과 저항 R이 직렬로 연결된다. 이 전압원의 실효값, 즉 **개방회로 잡음 전압**은 $v_n = \sqrt{4kTBR}$이다. 부하 저항이 $R_L = R$이면 전압이 두 저항에 똑같이 나뉘므로, 실제 부하 잡음 전압은 $v_L = \frac{v_n}{2} = \sqrt{kTBR}$이다.

③ O: 같은 저항의 열잡음을 노턴 등가회로로 나타내면, 잡음 전류원과 저항 R이 병렬로 연결된다. 이 전류원의 실효값, 즉 **단락회로 잡음 전류**는 $i_n = \frac{v_n}{R} = \sqrt{\frac{4kTB}{R}}$이다. 정합 부하를 연결하면 전류가 같은 크기의 두 저항으로 나뉘므로, 실제 부하 잡음 전류는 $i_L = \frac{i_n}{2} = \sqrt{\frac{kTB}{R}}$이다.

④ X: 가용 잡음 전력은 전원 저항과 부하 저항이 같을 때 부하에 전달되는 최대 잡음 전력이다. 정합 상태에서는 부하 전압이 개방회로 전압의 절반이므로, $P_{av} = \frac{v_L^2}{R} = \frac{v_n^2}{4R} = \frac{4kTBR}{4R} = kTB$이다. 따라서 가용 잡음 전력은 **저항값에 무관한** kTB이며, 단위는 W이다. 선지의 $4kTBR$은 잡음 전압의 평균제곱값으로 단위가 V^2이므로 가용 잡음 전력으로 쓸 수 없다.

NoteBase

문 19. 디지털 데이터를 특정 채널로 전송하기 위한 전송 부호를 선택할 때 고려해야 할 사항으로 옳지 않은 것은?

① 충분한 타이밍 클럭 정보 포함 여부

② 해당 채널에 적합한 신호의 전력 스펙트럼과 점유 대역폭

③ 최대 진폭

④ 전송 오류 검출 가능 여부

정답 3번

간단한 해설

정답은 ③이다. 전송 부호는 **동기 복원 가능성, 채널에 맞는 스펙트럼·대역폭, 오류 검출 기능** 등을 기준으로 선택한다. 절대 최대 진폭은 부호의 고유한 구조적 기준과 구별한다.

선지별 해설

① (O) 수신기는 비트의 경계와 표본화 시점을 알아야 한다. 따라서 전송 부호에 적절한 신호 전이가 포함되어 **타이밍 클럭을 복원하기 쉬운지**를 고려한다. 동일한 비트가 길게 이어질 때 전이가 사라지는 부호는 동기 유지가 어려울 수 있다.

② (O) 부호의 전력 스펙트럼과 점유 대역폭은 채널의 주파수 응답에 맞아야 한다. 예를 들어 직류 성분을 통과시키지 못하는 채널에서는 직류 성분이 작거나 없는 부호가 유리하다. **주어진 대역폭에서 신호를 충분히 전달할 수 있는지**는 중요한 선택 기준이다.

③ (X) 이 문항에서 묻는 전송 부호의 대표적인 구조적 선택 기준에는 단순한 **절대 최대 진폭 자체**가 해당하지 않는다. 같은 부호 파형도 송신 회로의 이득이나 전압 설정에 따라 전체 진폭을 조절할 수 있기 때문이다. 다만 실제 시스템 설계에서는 채널·회로의 허용 진폭과 전력 제한도 당연히 확인해야 하므로, 진폭이 모든 상황에서 무관하다는 뜻으로 확대해서는 안 된다.

④ (O) 부호 규칙의 위반을 통해 **일부 전송 오류를 검출할 수 있는지**도 고려 대상이다. 예를 들어 AMI 부호에서는 0이 아닌 펄스의 극성이 번갈아 나타나는 규칙을 검사할 수 있다. 다만 이런 기능이 모든 오류를 검출하거나 자동으로 정정한다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 20. 정합 필터에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (T는 심볼 주기를 의미한다.)

① 크기가 A인 구형파가 입력될 때, 출력은 A^2T이다.

② 입력 신호가 여현파 $A\cos(2\pi ft)$일 때, 출력은 $\frac{A^2T}{2}$이다.

③ 신호 판별을 위한 최적 임계값은 입력 신호 에너지 E_s의 $\frac{1}{2}$이다.

④ 임펄스 응답은 필터 출력 신호의 파형에 정합된다.

정답 4번

간단한 해설

정합필터의 임펄스 응답은 출력 파형이 아니라 **검출하려는 입력 신호의 파형**을 기준으로 정한다. 입력 신호를 시간 반전하고 필요한 지연을 주며, 복소 신호라면 켤레도 취한다.

선지별 해설

①·②의 '출력'은 출력 파형 전체가 아니라 심볼 종료 시점의 신호 성분을 뜻한다. 정합필터 임펄스 응답의 비례상수를 1로 두고, 잡음 성분을 제외한 값을 설명한다.

① O: 크기 A인 구형 펄스가 심볼 주기 T 동안 유지되면 신호 에너지는 $E_s = \int_0^T A^2 dt = A^2T$이다. 이 신호에 정합된 필터의 **심볼 종료 시점 출력은 신호 에너지**와 같으므로 A^2T가 된다.

② O: 여현파 제곱의 심볼 구간 평균을 1/2로 두는 **통상적인 반송파 조건**에서 성립하는 식이다. 예를 들어 심볼 구간에 반송파가 정수 개 주기만큼 포함되면 $\int_0^T \cos^2(2\pi ft)dt = \frac{T}{2}$이므로, 신호 에너지이자 심볼 종료 시점 출력은 $\frac{A^2T}{2}$이다. 임의의 주파수와 심볼 주기에 항상 성립하는 등식으로 일반화해서는 안 된다.

③ O: **신호의 유무를 같은 확률로 전송하는 OOK의 표준 검출 조건**에서 성립한다. 가산 백색 가우스 잡음 환경에서 신호가 없을 때와 있을 때의 출력 평균은 각각 0과 E_s이고, 두 경우의 잡음 분산은 같다. 따라서 오류확률을 최소화하는 임계값은 두 평균의 중간인 $\frac{E_s}{2}$이다. 신호 방식이나 사전확률이 달라져도 항상 같은 임계값을 쓰는 것은 아니다.

④ X: 정합의 기준은 **필터 입력의 검출 대상 신호**이다. 백색잡음 환경에서 입력 신호가 $s(t)$이면 정합필터의 임펄스 응답은 $h(t) = ks^*(T-t)$로 나타낸다. 여기서 k는 비례상수이고 별표는 복소켤레를 뜻한다. 실수 신호에서는 켤레 연산 없이 입력 파형을 시간 반전하고 지연시킨 형태이다. 출력은 입력과 이 임펄스 응답을 컨볼루션한 결과이므로, 출력 파형에 임펄스 응답을 정합시킨다는 설명은 관계를 잘못 잡은 것이다.

NoteBase

문 21. QPSK에서 심볼 변조 속도가 1,200 [Baud]일 때, 이진 데이터 전송률 [bps]은?

① 1,200

② 2,400

③ 3,600

④ 4,800

정답 2번

간단한 해설

정답은 ② **2,400 bps**이다. QPSK는 한 심볼에 $\log_2 4 = 2$비트를 실으므로, 1200Baud × 2 = 2400bps이다.

계산 과정

Baud는 초당 전송되는 심볼 수를 나타낸다. QPSK는 서로 구별되는 네 가지 위상 상태를 이용하므로 심볼 하나가 표현하는 비트 수는 $\log_2 4 = 2$비트이다.

비트 전송률은 심볼 전송률에 심볼당 비트 수를 곱하여 구한다. 따라서
$R_b = R_s \log_2 M = 1200 \times 2 = 2400$bps이다.

정답은 ② **2,400 bps**이다. ①은 심볼 하나를 1비트로 잘못 보았고, ③은 3비트, ④는 4비트를 대응시킨 값이다. QPSK의 네 위상은 4비트가 아니라 네 개의 가능한 2비트 조합을 구별한다.

NoteBase

문 22. 셀룰러 시스템에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이동체가 이동하면 도플러 주파수 확산이 발생한다.

② 이동체가 현재 셀에서 인접 셀로 이동할 때 끊김없이 통신을 유지하도록 해 주는 기능을 핸드오버라 한다.

③ 도심지역의 직접파가 없는 채널 전파 특성은 라이시안 분포 (Rician distribution)를 따른다.

④ 지연 확산은 인접 심볼간 간섭을 발생시킨다.

정답 3번

간단한 해설

지배적인 직접파 없이 다수의 산란파가 합쳐지는 수신 포락선은 보통 **레일리 분포**로 모델링한다. 라이시안 분포는 산란 성분에 지배적인 직접파 성분이 더해지는 경우의 대표적 모형이다.

선지별 해설

셀룰러 이동통신에서는 이동에 따른 채널의 시간 변화, 다중경로의 도착 시간 차이, 셀 간 연결 전환을 함께 고려한다. 레일리·라이시안 분포는 통상 수신 신호 포락선의 통계적 모형을 구별하는 용어이다.

① O: 이동 중에는 경로별 도래 방향에 따라 도플러 주파수 이동이 달라진다. 여러 방향의 다중경로 성분이 겹치면 수신 스펙트럼에 도플러 확산이 생겨 채널이 시간에 따라 변한다. 한 경로의 주파수 이동과 여러 경로에 의한 확산을 구별해야 한다.

② O: 핸드오버는 이동 중인 단말의 통신 연결을 현재 셀에서 인접 셀 등 새로운 접속 지점으로 넘겨 통신의 연속성을 유지하도록 하는 기능이다. 이는 연결을 이어 주는 목적을 설명한 것으로, 모든 구현에서 전환 시간이 완전히 0이라는 뜻은 아니다.

③ X: 직접파 등 지배적인 성분 없이 많은 산란파가 합성되는 경우 포락선은 일반적으로 레일리 분포로 모델링한다. 라이시안 분포는 지배적인 성분과 산란 성분이 함께 존재하는 경우에 사용한다. 따라서 이 문항의 비가시선 도심 채널에 대응하는 대표 모형은 레일리 분포이다.

④ O: 여러 경로를 거친 신호는 서로 다른 시간에 도착하므로 한 심볼의 에너지가 시간적으로 퍼진다. 지연된 성분이 다음 심볼 구간까지 겹치면 심볼 간 간섭이 발생한다. 지연 확산이 심볼 기간에 비해 작거나 적절한 보호구간·등화가 적용되면 그 영향을 줄일 수 있다.

NoteBase

문 23. 표본화된 순시 진폭값과 예측값과의 차이 그 자체를 양자화하는 예측 양자화 방법을 이용함으로써 발생 데이터양을 줄이는 변조 방식은?

① PCM

② DPCM

③ ADPCM

④ ADM

정답 2번

간단한 해설

정답은 ②이다. **DPCM은 현재 표본값과 예측값의 차이인 예측오차를 양자화**한다. 표본 간 상관성을 이용하여 필요한 데이터양을 줄일 수 있다.

핵심 풀이

현재 표본을 $x[n]$, 과거의 복원 표본 등을 이용한 예측값을 x[n]이라 하면 예측오차는 e[n]=x[n]-x[n]이다. 이 **표본값과 예측값의 차이를 양자화·부호화하는 기본 방식이 DPCM**이다.

인접 표본 사이에 상관성이 있어 예측이 잘 되면 원래 표본값보다 예측오차의 변동 범위가 작아진다. 따라서 같은 정도의 재현 품질을 목표로 할 때 차이값을 더 적은 비트로 표현할 수 있다. 수신기는 복원된 차이값을 같은 방식으로 구한 예측값에 더하여 표본을 재구성한다.

일반 PCM은 표본 진폭 자체를 양자화한다. ADPCM은 DPCM에 **양자화 간격이나 예측기 등의 적응 기능**을 추가한 방식이다. 따라서 ADPCM도 예측오차를 다루지만, 문제에는 적응 동작에 관한 조건이 없으므로 기본 개념인 ② DPCM을 고른다.

ADM은 적응 델타 변조로, 델타 변조에서 신호 변화에 따라 계단의 크기를 조절하는 방식이다. 단순히 예측오차를 양자화한다는 설명과, 양자화 단계나 계단 크기를 적응적으로 바꾼다는 설명을 구별해야 한다.

NoteBase

문 24. 4개의 문자 중 하나를 보내는 정보원이 있다. 문자의 발생 확률이 각각 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8}$일 경우, 엔트로피 [bits/symbol]는?

① $\frac{14}{8}$
② $\frac{15}{8}$
③ $\frac{16}{8}$
④ $\frac{17}{8}$

정답 1번

간단한 해설

각 문자의 자기정보량은 1·2·3·3비트이고, 엔트로피는 이를 **발생 확률로 가중평균**한 값이다. 네 문자를 모두 합산하면 14/8 bits/symbol이다.

계산 과정

엔트로피는 문자 하나가 제공하는 정보량의 확률 가중평균이다. 단위가 bits/symbol이므로 **밑이 2인 로그**를 사용하여 $H = -\sum_{i=1}^{4} p_i \log_2 p_i$로 구한다. 주어진 네 확률의 합은 1이다.

발생 확률이 1/2인 문자의 자기정보량은 $-\log_2(1/2) = 1$비트, 1/4인 문자는 $-\log_2(1/4) = 2$비트이다. 확률 1/8인 두 문자는 각각 $-\log_2(1/8) = 3$비트의 자기정보량을 갖는다. 같은 확률을 가진 문자도 서로 다른 두 문자이므로 각각 포함한다.

각 정보량에 발생 확률을 곱해 더하면
$H = \frac{1}{2} \times 1 + \frac{1}{4} \times 2 + \frac{1}{8} \times 3 + \frac{1}{8} \times 3 = \frac{14}{8} = 1.75$
따라서 엔트로피는 1.75 bits/symbol이며, ①과 일치한다. 네 문자의 발생 확률이 같을 때의 최대값 2 bits/symbol보다 작다.

NoteBase

문 25. IPv4 주소 201.31.111.177이 속한 서브 네트워크 주소 (㉠)와 브로드 캐스트 주소 (㉡)는 무엇인가? (서브넷 마스크는 255.255.255.224이다.)

① ㉠: 201.31.111.159, ㉡: 201.31.111.190

② ㉠: 201.31.111.160, ㉡: 201.31.111.191

③ ㉠: 201.31.111.161, ㉡: 201.31.111.192

④ ㉠: 201.31.111.162, ㉡: 201.31.111.193

정답 2번

간단한 해설

마스크가 /27이므로 주소는 32개씩 묶이며, 마지막 옥텟 177은 160~191 구간에 속한다. **호스트 비트를 모두 0으로 한 160이 네트워크 주소, 모두 1로 한 191이 브로드캐스트 주소**이다.

계산 과정

서브넷 마스크 255.255.255.224의 마지막 옥텟 224는 이진수 11100000이다. 따라서 네트워크 접두사 길이는 27비트이고 **호스트 부분은 마지막 5비트**이다. 한 서브넷의 주소 개수는 $2^5 = 32$개이다.

㉠ 서브 네트워크 주소: 마지막 옥텟 177은 이진수 10110001이다. 이를 마스크 11100000과 비트별 AND 연산하면 10100000, 즉 160을 얻는다. 이는 호스트 비트를 모두 0으로 만드는 것이므로 네트워크 주소는 201.31.111.160이다.

㉡ 브로드캐스트 주소: 같은 네트워크 비트 101을 유지하고 **호스트 5비트를 모두 1**로 만들면 10111111, 즉 191이다. 따라서 브로드캐스트 주소는 201.31.111.191이다. 주소 블록 160~191 중 일반 호스트에 할당하는 범위 161~190과 구별한다.

따라서 ㉠은 201.31.111.160, ㉡은 201.31.111.191이며 ②에 해당한다.

NoteBase

문 26. 사용자 컴퓨터 A는 인터넷을 통하여 서버 컴퓨터 B로부터 SMTP와 FTP 서비스를 동시에 제공받고 있다. 컴퓨터 A에서 SMTP와 FTP 서비스 프로세서를 각각 구분하기 위해 사용하는 식별자는?

① 포트 번호

② 논리 주소

③ 물리 주소

④ MAC 주소

정답 1번

간단한 해설

정답은 ① **포트 번호**이다. IP 주소가 호스트를 찾아가는 데 쓰인다면, 포트 번호는 **같은 호스트 안의 서비스·통신 종단점**을 구별하는 데 쓰인다.

개념 구분

포트 번호는 TCP·UDP 등 전송 계층에서 같은 호스트 안의 통신 종단점을 구별하는 식별자이다. 수신 데이터가 어떤 응용 프로그램의 통신으로 전달되어야 하는지를 구분하는 데 사용되므로 정답은 ①이다.

컴퓨터 A가 SMTP와 FTP 통신을 동시에 수행해도 포트 정보를 이용하여 각 통신에 해당하는 소켓으로 데이터를 전달할 수 있다. TCP 연결은 일반적으로 양쪽 IP 주소와 양쪽 포트 번호의 조합으로 구별한다. 클라이언트 A가 서버의 잘 알려진 서비스 포트 번호와 같은 번호를 반드시 사용해야 하는 것은 아니다.

② 논리 주소는 대표적으로 IP 주소를 말하며 네트워크에서 호스트나 인터페이스를 식별하고 패킷을 목적지로 전달하는 데 사용한다. 같은 컴퓨터에서 수행되는 서로 다른 서비스의 통신을 구별하려면 IP 주소뿐 아니라 포트 정보가 필요하다.

③ 물리 주소와 ④ MAC 주소는 이더넷 등에서 링크 계층의 인터페이스를 식별하는 주소를 가리킨다. 같은 인터페이스를 사용하는 SMTP와 FTP를 MAC 주소로 각각 구분하지는 않는다.

NoteBase

문 27. TCP와 UDP에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① TCP는 패킷이 목적지에 정확히 도착했는지를 확인한다.

② TCP는 혼잡 제어를 수행한다.

③ UDP는 ARQ (Automatic Repeat Request)를 사용하지만 목적지에 도달되는 것을 보장하지 않는다.

④ UDP는 데이터 전송 순서 번호를 사용하지 않는다.

정답 3번

간단한 해설

UDP 자체에는 확인응답이나 재전송을 통한 **ARQ 기능이 없다**. 수신·순서·중복 방지를 보장하지 않는 데이터그램 전송을 제공한다.

선지별 해설

TCP는 연결을 바탕으로 신뢰성 있는 순서화된 바이트 스트림을 제공하고, UDP는 간단한 헤더를 가진 데이터그램을 전달한다. 여기서는 상위 응용프로그램이 추가한 기능이 아니라 두 전송계층 프로토콜 자체의 기능을 비교한다.

① O: TCP는 순서번호와 확인응답을 이용해 수신 측에 전달된 데이터 범위를 확인한다. 확인되지 않은 데이터는 타이머 등의 조건에 따라 재전송하고, 체크섬으로 전송 오류를 검출한다. 이는 전송계층의 수신 확인이며 응용프로그램이 내용을 처리했다는 확인은 아니다.

② O: TCP는 네트워크 혼잡을 고려하여 전송량을 조절한다. 혼잡윈도 등의 기법으로 네트워크에 지나치게 많은 데이터를 보내는 것을 줄인다. 수신 측 버퍼 용량에 맞추는 흐름제어와는 목적이 다르다.

③ X: UDP 자체는 ARQ를 사용하지 않는다. UDP에는 확인응답·손실 데이터의 자동 재전송 기능이 없고 목적지 도달도 보장하지 않는다. 상위 응용프로토콜이 별도로 확인응답과 재전송을 구현할 수는 있지만 이를 UDP 자체의 기능이라고 할 수 없다.

④ O: UDP 헤더에는 데이터 순서를 나타내는 순서번호 필드가 없다. 따라서 UDP 자체는 수신 순서를 복원하거나 중복을 제거하지 않는다. 필요한 경우 응용프로그램이 자체 순서번호를 데이터에 넣어 처리해야 한다.

NoteBase

문 28. TCP의 연결 설정 과정인 Three-way-handshaking에서 동기와 응답에 사용되는 제어 플래그는?

① ACK, PSH

② SYN, PSH

③ ACK, URG

④ SYN, ACK

정답 4번

간단한 해설

정답은 ④이다. **SYN은 순서번호 동기화, ACK는 확인응답**에 사용된다. 일반적인 연결 설정 순서는 SYN → SYN+ACK → ACK이다.

핵심 풀이

TCP 연결 설정에서 **SYN은 초기 순서번호의 동기화**를 위해 사용한다. ACK는 확인응답 번호 필드가 유효함을 나타내며, 상대방이 보낸 세그먼트를 확인하는 데 사용한다. 따라서 동기와 응답에 대응하는 조합은 ④ **SYN, ACK**이다.

일반적인 3단계 연결 설정은 클라이언트의 SYN, 서버의 SYN+ACK, 클라이언트의 ACK 순서이다. 클라이언트의 초기 순서번호를 x, 서버의 초기 순서번호를 y라 하면 서버는 $x+1$을 확인하고, 마지막 클라이언트 응답은 $y+1$을 확인한다. SYN이 순서번호 공간에서 한 자리를 차지하기 때문이다.

PSH는 수신 측에서 데이터를 애플리케이션에 전달하도록 하는 푸시 기능과 관련되고, URG는 긴급 포인터 필드가 유효함을 나타낸다. 두 플래그는 연결 설정의 순서번호 동기화와 확인응답을 담당하는 조합이 아니므로, 이를 포함한 ①·②·③은 정답이 아니다.

NoteBase

문 29. ARQ에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 송신 측은 재전송을 위한 버퍼가 필요하다.

② Selective ARQ의 경우 송신 측은 프레임 오류 발생 시에 다음 프레임의 전송 대신에 오류 프레임을 먼저 재전송한다.

③ Go-back-N ARQ는 HDLC 프로토콜에서 채택하고 있다.

④ Selective ARQ의 경우에 재전송과 관계없이 수신 측에서는 수신된 순서대로 처리한다.

정답 4번

간단한 해설

Selective ARQ에서는 재전송 때문에 프레임의 도착 순서가 바뀔 수 있다. 수신 측은 후속 정상 프레임을 버퍼에 보관한 뒤 **순서 번호에 따라 재정렬**하여 전달하므로, 재전송과 무관하게 도착한 순서대로 전달하는 방식이 아니다.

선지별 해설

① O: ARQ는 오류나 손실이 확인되면 해당 데이터를 다시 보내는 방식이다. 따라서 송신 측은 확인응답으로 정상 수신이 확정될 때까지 보낸 프레임의 사본을 **재전송 버퍼**에 보관해야 한다.

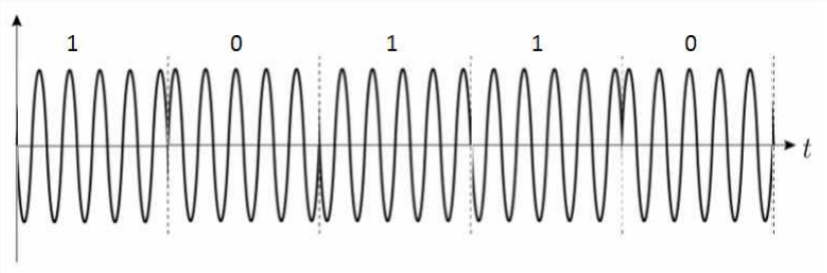
② O: Selective ARQ는 재전송이 필요한 프레임을 선택하여 다시 보낸다. 송신 측이 부정응답이나 타임아웃으로 오류·손실을 인지하면 해당 프레임의 재전송을 다음 새 프레임보다 우선 처리하고, 이미 정상 수신된 후속 프레임까지 일괄 재전송하지 않는다. 오류를 알기 전까지 후속 프레임이 전송될 수 있다는 점은 정지 대기 방식과 다르다.

③ O: HDLC의 REJ 제어는 지정된 프레임부터 후속 프레임을 다시 보내는 Go-back-N 방식에 사용된다. 이는 **오류 프레임만 선택하여 다시 보내는** SREJ 기반 선택 재전송과 구별된다. HDLC가 Go-back-N을 사용한다는 설명은 다른 오류 제어 방식이 존재하지 않는다는 뜻은 아니다.

④ X: Selective ARQ의 수신 측은 먼저 도착한 후속 정상 프레임을 버퍼에 보관하고, 빠진 프레임이 재전송되어 도착하면 순서 번호에 맞게 재정렬하여 전달한다. 예를 들어 2번이 빠진 채 3번을 받았다면 3번을 보관했다가 2번이 복구된 뒤 2번·3번 순으로 상위 계층에 넘긴다. 따라서 단순한 **도착 순서가 아니라 원래 프레임 순서**로 데이터를 처리·전달해야 하며, 옳지 않은 설명은 ④이다.

NoteBase

문 30. 디지털 이진 비트열 “10110”을 그림과 같이 심볼당 1 비트로 변조하여 전송할 때, 사용된 변조 방식은?



① 이진 PSK

② 이진 FSK

③ QPSK

④ OQPSK

정답 1번

간단한 해설

진폭과 주파수는 유지되면서 비트가 바뀔 때 **위상이 180° 반전**된다. 두 위상으로 심볼당 1비트를 나타내므로 이진 PSK이다.

도식 해설

그림은 다섯 심볼 구간에 1, 0, 1, 1, 0을 각각 표시한다. 각 구간의 진폭과 진동 간격은 같지만 비트가 바뀌는 경계에서는 반송파의 위상이 반전된다. 반면 세 번째와 네 번째의 1→1 경계에서는 위상이 유지된다.

이진 PSK는 두 비트를 서로 π라디안, 즉 180° 차이 나는 두 위상에 대응시킨다. 같은 주파수·진폭의 두 신호를 부호가 반대인 파형으로 나타낼 수 있으며, 하나의 심볼에 1비트를 담는다. 따라서 그림의 위상 반전과 심볼당 비트 수가 모두 일치한다.

이진 FSK도 심볼당 1비트를 전송하지만 두 비트에 서로 다른 주파수를 사용하므로 구간별 진동 간격이 달라져야 한다. 이 그림은 주파수의 변화가 아니라 위상의 반전을 보여 준다.

QPSK는 네 위상 상태로 한 심볼에 2비트를 표현한다. OQPSK도 두 직교 성분에 데이터를 나누되 한 성분의 전이를 지연시켜 두 성분이 동시에 바뀌지 않도록 하는 방식이다. 두 방식은 주어진 ‘심볼당 1비트’의 두 위상 표현과 구별된다.

따라서 그림에 사용된 변조 방식은 ① 이진 PSK이다.

NoteBase

문 31. FEC (Forward Error Correction) 용도로 사용할 수 없는 부호는?

① BCH 부호

② 단일 패리티 검사 부호

③ 터보 부호

④ RS 부호

정답 2번

간단한 해설

단일 패리티 검사 부호는 오류가 있음을 알아내더라도 **오류 위치를 특정하지 못해 일반적인 비트 오류를 정정할 수 없다**. 오류 검출과 수신 측의 오류 정정은 구별해야 한다.

선지별 해설

FEC는 송신 측이 부가한 중복 정보를 이용하여 수신 측이 재전송 없이 오류를 정정하는 방식이다. 아래의 O/X는 각 부호가 통상적인 비트·심볼 오류 정정용 FEC에 해당하는지를 나타낸다.

① O: BCH 부호는 설계된 최소거리와 대수적 구조를 이용하는 순환 오류정정부호이다. 부호 설계에 따라 여러 비트 오류를 정정할 수 있으므로 FEC에 사용된다.

② X: 단일 패리티 검사 부호는 패리티 비트 하나를 붙여 1의 개수를 짝수 또는 홀수로 맞춘다. 오류가 난 위치를 모르는 상황에서는 **오류를 검출해도 어느 비트를 고칠지 특정할 수 없다**. 최소 해밍 거리가 2여서 보장되는 비트 오류 정정 능력은 0이다. 다만 오류 위치가 알려진 소거 하나의 복원과는 구별해야 한다.

③ O: 터보 부호는 여러 구성 부호와 인터리버를 결합하고 수신 측에서 **연성 정보를 반복 교환하며 복호**한다. 이 반복 복호를 통해 오류를 정정하는 대표적인 FEC 부호이다.

④ O: RS 부호는 여러 비트를 묶은 심볼을 단위로 처리하는 대수적 오류정정부호이다. 주어진 정정 능력 안에서 오류 심볼을 복원하며, 여러 비트가 연속으로 손상되는 버스트 오류에도 유용하다.

NoteBase

문 32. 다음에서 설명하는 다중화 방식은?

여러 메시지 신호를 동시에 전송할 때, 사용자 메시지 신호들을 신호 스펙트럼이 겹치지 않도록 서로 다른 부반송파로 변조하고, 이들을 모두 더하여 한 개의 기저 대역 신호로 구성하여 전송한다.

① FDM

② TDM

③ SDM

④ CDM

정답 1번

간단한 해설

정답은 ①이다. **FDM(주파수 분할 다중화)**은 각 메시지를 서로 다른 부반송파로 변조해 겹치지 않는 주파수 대역에 배치하고, 이를 합쳐 동시에 전송한다.

대응 관계 해설

① **서로 다른 부반송파와 겹치지 않는 스펙트럼 → FDM**: 주파수 분할 다중화는 각 메시지를 서로 다른 주파수 대역에 배치한 뒤 합쳐서 하나의 전송 경로로 동시에 보낸다. 수신 측은 해당 대역을 선택하여 각 메시지를 분리한다. 따라서 정답은 ①이다.

제시문의 '한 개의 기저 대역 신호'는 여러 부반송파 신호를 합성한 다중화 신호를 뜻하는 맥락이다. 다중화 방식을 결정하는 핵심은 합성 신호의 명칭이 아니라 **사용자별 스펙트럼을 겹치지 않게 배치한다는 점**이다. 필요하면 대역 사이에 보호 대역을 두어 간섭을 줄인다.

② 시간 구간 분리 → TDM: 시분할 다중화는 사용자에게 서로 다른 시간 슬롯을 배정한다. 서로 다른 부반송파 대역을 동시에 사용하는 제시문의 방식과 다르다.

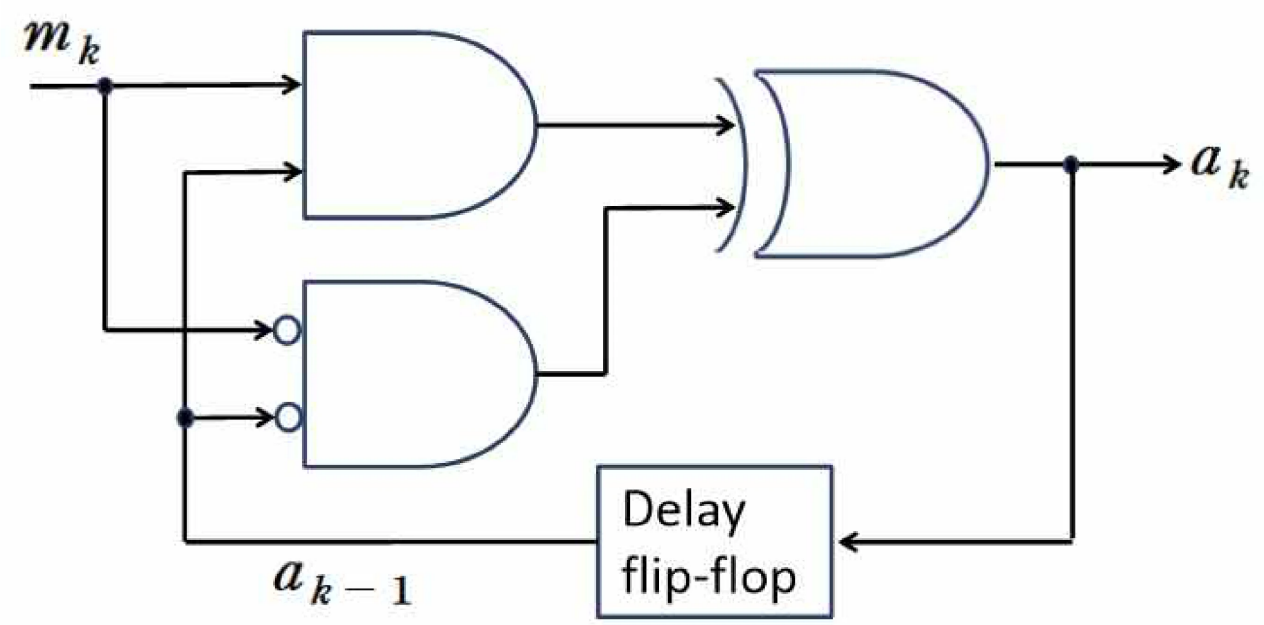
③ 공간 또는 경로 분리 → SDM: 공간 분할 다중화는 서로 다른 공간 경로나 전송 매체 등을 이용해 신호를 구분한다. 제시문에는 이러한 공간적 분리가 아니라 주파수 대역의 분리가 나타난다.

④ 코드 분리 → CDM: 부호 분할 다중화는 사용자별로 구별되는 코드를 사용한다. 여러 신호가 같은 시간·주파수 대역을 공유할 수 있으며, 수신 측은 코드의 상관 특성을 이용해 분리한다. 스펙트럼이 겹치지 않도록 대역을 나누는 FDM과 구별된다.

NoteBase

문 33. 차분 위상 천이 키잉(Differential Phase Shift Keying)에서 차분 부호기가 아래 그림과 같을 때, Delay Flip-Flop의 초깃값 (a_{-1})이 1이라면 이진 시퀀스 입력 메시지 m = "10110"을 부호화한 메시지 a_k는?

k :	0	1	2	3	4
m_k:	1	0	1	1	0



① a_{-1}: 1, a_0: 1, a_1: 0, a_2: 1, a_3: 0, a_4: 1

② a_{-1}: 1, a_0: 1, a_1: 0, a_2: 0, a_3: 0, a_4: 1

③ a_{-1}: 1, a_0: 0, a_1: 1, a_2: 1, a_3: 0, a_4: 1

④ a_{-1}: 1, a_0: 1, a_1: 0, a_2: 0, a_3: 1, a_4: 1

정답 2번

간단한 해설

이 회로는 **입력이 1이면 직전 출력을 유지하고, 0이면 반전**한다. 초기 출력 1에서 입력 10110을 순서대로 적용하면 부호화한 메시지는 **10001**이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 위쪽 AND 출력은 $m_k a_{k-1}$, 아래쪽 AND 출력은 $\overline{m_k a_{k-1}}$이다. 이 두 값은 동시에 1이 될 수 없으므로, 마지막 XOR의 결과는 $a_k = m_k a_{k-1} + \overline{m_k a_{k-1}}$로 쓸 수 있다. 따라서 **입력 1이면 직전 출력 유지, 입력 0이면 직전 출력 반전**이다.

초깃값은 $a_{-1} = 1$이다. 입력 비트를 왼쪽부터 처리하고, 매 단계에서 방금 구한 출력을 다음 단계의 지연 출력으로 사용한다.

$k = 0$: 입력 $m_0 = 1$이므로 초깃값 1을 유지하여 $a_0 = 1$이다.

$k = 1$: 입력 $m_1 = 0$이므로 직전 출력 1을 반전하여 $a_1 = 0$이다.

$k = 2$: 입력 $m_2 = 1$이므로 직전 출력 0을 유지하여 $a_2 = 0$이다.

$k = 3$: 입력 $m_3 = 1$이므로 직전 출력 0을 유지하여 $a_3 = 0$이다.

$k = 4$: 입력 $m_4 = 0$이므로 직전 출력 0을 반전하여 $a_4 = 1$이다.

부호화한 다섯 비트는 **10001**이다. 초기 기준값까지 쓰면 $(a_{-1}, a_0, a_1, a_2, a_3, a_4) = (1, 1, 0, 0, 0, 1)$이므로 ②와 일치한다.

NoteBase

문 35. $s(t)=\frac{1}{2}[s_1(t)+s_2(t)]$**일 때,** $s(t)$**의 푸리에 변환은?**

$s_1(t)=1, \quad -\infty<t<\infty$

s_2(t)=cases1,&t≥ 0\\-1,&t<0cases

① $2\delta(f)$

② $\frac{1}{1+j2\pi f}$

③ $\frac{1}{2+j2\pi f}$

④ $\frac{1}{2}\delta(f)+\frac{1}{j2\pi f}$

정답 4번

간단한 해설

상수 신호와 부호 신호를 더해 절반으로 하면 **단위계단 신호**가 된다. 그 푸리에 변환은 $\frac{1}{2}\delta(f)+\frac{1}{j2\pi f}$이며, 역수 항은 주값으로 해석한다.

계산 과정

주어진 두 신호를 시간 구간별로 더한다. t≥0에서는 $s(t)=\frac{1}{2}(1+1)=1$이고, t0에서는 $s(t)=\frac{1}{2}(1-1)=0$이다. 따라서 s(t)는 **단위계단 신호**이다.

주파수를 f로 쓰는 변환 정의 $S(f)=\int_{-\infty}^{\infty}s(t)e^{-j2\pi ft}dt$를 기준으로 한다. 상수 신호 1의 변환은 $\delta(f)$이고, 양수 시간에서 1·음수 시간에서 −1인 부호 신호의 변환은 $\frac{1}{j\pi f}$이다. 이들은 일반화 함수 의미의 푸리에 변환이며, 역수 항은 코시 주값으로 해석한다. 한 점인 t = 0에서의 값은 변환에 영향을 주지 않는다.

선형성에 따라 각 변환을 더한 뒤 1/2을 곱하면
$S(f)=\frac{1}{2}\left[\delta(f)+\frac{1}{j\pi f}\right]=\frac{1}{2}\delta(f)+\frac{1}{j2\pi f}$
상수 성분에서 생기는 **델타 항을 빠뜨리지 않아야** 하며, 결과는 ④와 일치한다.

NoteBase

문 36. 선형 시스템에서 시간 함수 $s(t)$와 $h(t)$의 푸리에 변환 $F\{\cdot\}$ 결과가 각각 $S(f)$, $H(f)$일 때, 연산의 결과가 다른 것은? ($F^{-1}\{\cdot\}$은 푸리에 역변환을 의미한다.)

① $h(t) * s(t)$

② $F^{-1}\{F^{-1}\{S(f) * H(f)\}\}$

③ $s(t) * [F^{-1}\{H(f)\}]$

④ $F^{-1}\{F\{s(t)\}H(f)\}$

정답 2번

간단한 해설

시간영역의 **컨벌루션은 주파수영역의 곱**에 대응한다. ①·③·④는 모두 $s(t) * h(t)$이지만, ②는 주파수영역 컨벌루션을 역변환한 뒤 다시 역변환하므로 같은 연산이 아니다.

선지별 해설

별표는 컨벌루션을 뜻한다. 푸리에 변환의 핵심 성질은 시간영역 컨벌루션이 주파수영역 곱에 대응한다는 것이다. 즉 $F\{s * h\} = S(f)H(f)$이고, 주파수영역 컨벌루션은 역변환하면 시간영역의 곱 $s(t)h(t)$가 된다.

① 컨벌루션의 교환법칙에 따라 $h(t) * s(t) = s(t) * h(t)$이다. 이를 공통 비교 기준으로 삼을 수 있다.

② 안쪽 역변환은 $F^{-1}\{S(f) * H(f)\} = s(t)h(t)$이다. 그런데 선지는 여기에 역변환을 한 번 더 적용한다. 따라서 원래 식은 시간영역 컨벌루션 $s * h$를 만드는 연산과 일반적으로 같지 않다. 주파수영역의 '곱'과 '컨벌루션'을 바꿔 읽거나 바깥 역변환을 생략하면 안 된다.

③ $F^{-1}\{H(f)\} = h(t)$이므로 전체 식은 $s(t) * h(t)$가 되어 ①과 같다.

④ $F\{s(t)\} = S(f)$이므로 식은 $F^{-1}\{S(f)H(f)\}$이다. 주파수영역의 곱을 역변환하면 $s(t) * h(t)$이므로 ①·③과 같다.

따라서 일반적인 변환 관계에서 ①·③·④는 같은 컨벌루션을 나타내며, 다른 연산을 나타내는 선택지는 ②이다.

NoteBase

문 37. 신호 $s(t)$를 양측 (two-sided) 주파수 영역에 표현할 때 나타나는 이산 진폭 스펙트럼 성분 중에서 가장 큰 진폭 성분의 값은?

$s(t) = \cos(2\pi 100t) + 4\sin(2\pi 200t) + 8\cos(2\pi 300t)$

① 1

② 2

③ 4

④ 8

정답 3번

간단한 해설

정답은 ③이다. 양측 진폭 스펙트럼에서는 각 사인·코사인 진폭이 양·음 주파수에 절반씩 나타난다. 각 크기는 1/2, 2, 4이므로 최댓값은 **4**이다.

계산 과정

양측 스펙트럼은 양의 주파수와 음의 주파수를 모두 표시한다. 오일러 공식에 의해 $A\cos(2\pi f_0 t) = \frac{A}{2}e^{j2\pi f_0 t} + \frac{A}{2}e^{-j2\pi f_0 t}$이므로, $f = \pm f_0$에서 각 선 스펙트럼의 크기는 **시간 영역 진폭의 절반**인 $|A|/2$이다.

사인도 $A\sin(2\pi f_0 t) = \frac{A}{2j}e^{j2\pi f_0 t} - \frac{A}{2j}e^{-j2\pi f_0 t}$로 전개된다. 양·음 주파수 계수의 위상은 다르지만 크기는 모두 $|A|/2$이다.

따라서 $\cos(2\pi 100t)$는 $f = \pm 100$Hz에서 각각 1/2, $4\sin(2\pi 200t)$는 $f = \pm 200$Hz에서 각각 2, $8\cos(2\pi 300t)$는 $f = \pm 300$Hz에서 각각 4의 크기를 갖는다. 주파수가 서로 다르므로 이 계수들을 한 성분으로 더하지 않는다.

가장 큰 크기는 $\max\{1/2, 2, 4\} = 4$이므로 **정답은 ③**이다. ①의 1은 첫 코사인의 시간 영역 진폭이고, ②의 2는 200 Hz 성분의 양측 스펙트럼 크기일 뿐 최댓값이 아니다. ④의 8은 300 Hz 코사인의 시간 영역 진폭으로, 양측 스펙트럼에서는 두 주파수 성분으로 나뉜다.

여기서 '진폭 성분의 값'은 주파수에 놓인 선 스펙트럼의 계수 크기를 뜻한다. 연속시간 푸리에 변환의 델타 함수를 보통 함수처럼 해석하여 그 높이를 비교하는 문제가 아니다.

NoteBase

문 38. 반송파 억압 진폭 변조 (AM-SC, Amplitude Modulation with Suppressed Carrier)와 반송파 전송 진폭 변조 (AM-TC, Amplitude Modulation with Transmitted Carrier)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (메시지는 $m(t)$, 반송파는 $\cos(2\pi f_c t)$, 변조파(modulated signal)는 $s(t)$이다.)

① AM-SC의 동기검파에서는 수신기의 국부발진기를 이용하여 $\cos(2\pi f_c t)$를 공급한다.

② AM-TC에서 $s(t)$의 주파수 스펙트럼에는 순수 반송파의 스펙트럼이 나타난다.

③ AM-SC와 AM-TC의 진폭 변화에 $m(t)$의 정보가 실려있다.

④ AM-SC는 양측파대와 함께 별도의 추가 반송파 신호도 전송하는 방식이다.

정답 4번

간단한 해설

AM-SC는 **별도의 순수 반송파를 억압**하는 방식이다. 양측파대와 추가 반송파를 함께 전송하는 것은 AM-TC이다.

선지별 해설

① O: AM-SC는 별도의 순수 반송파를 억압하므로 동기검파를 위해 수신기에서 반송파를 재생한다. 국부발진기는 송신 반송파와 **주파수와 위상이 맞는 기준 신호**를 공급해야 한다. 수신 신호에 이를 곱하고 저역통과시키면 메시지에 비례하는 성분을 얻는다.

② O: AM-TC는 메시지에 의한 측파대뿐 아니라 순수 반송파도 함께 전송한다. 따라서 주파수 스펙트럼에는 **반송파 주파수의 선 스펙트럼**이 나타난다. 실수 신호의 양측 스펙트럼에서는 양·음 반송파 주파수에 대응한다.

③ O: 두 방식 모두 메시지가 반송파에 곱해지는 진폭변조 방식이다. AM-SC는 $s(t) = m(t)\cos(2\pi f_c t)$, AM-TC는 적절한 상수 A를 더해 $s(t) = [A + m(t)]\cos(2\pi f_c t)$로 표현할 수 있다. 다만 AM-SC에서 메시지의 부호 변화는 반송파 위상 반전으로도 나타나므로, **단순 포락선만으로 일반적인 양·음 메시지를 복원할 수는 없다**.

④ X: 양측파대와 별도의 반송파를 함께 보내는 것은 **AM-TC**의 설명이다. 이 문항의 AM-SC는 정보가 실리는 양측파대를 보내되 추가 순수 반송파 성분을 억압하는 방식이다. 반송파 전력을 절약하는 대신 수신 측에서 동기 복조를 위한 반송파 재생이 필요하다.

NoteBase

문 39. 괄호 안에 들어갈 용어로 옳은 것은?

전송로나 공간을 통해 신호가 전파해 가도록 고주파(반송파) 속에 기저 대역 신호를 포함시키는 조작을 (㉠)라 하고, 이때 수신 측에서 원래의 정보가 실린 신호를 복원하기 위해 수신된 신호에 반송파를 곱하여 복원하는 방식을 (㉡)식 복조라 한다.

① ㉠: 변조, ㉡: 동기(coherent)

② ㉠: 변조, ㉡: 비동기(non-coherent)

③ ㉠: 검파, ㉡: 동기(coherent)

④ ㉠: 검파, ㉡: 비동기(non-coherent)

정답 1번

간단한 해설

기저대역 정보를 반송파에 싣는 것은 **변조**이다. 수신 신호에 주파수·위상이 맞는 반송파를 곱해 정보를 복원하는 것은 **동기식 복조**이다.

빈칸별 해설

㉠ 변조: 기저대역의 정보 신호에 따라 반송파의 진폭·주파수·위상 등의 특성을 바꾸어 전송에 적합한 대역으로 옮기는 과정이다. 지문은 원래 정보를 전송용 고주파 신호에 싣는 **송신 측의 조작**을 설명하므로 변조에 해당한다. 검파는 수신된 변조 신호에서 정보를 추출하는 과정으로 방향이 다르다.

㉡ 동기(coherent): 수신 신호에 송신 반송파와 주파수·위상이 맞는 국부 반송파를 곱한 뒤 저역통과 필터 등으로 원래 정보 성분을 추출한다. 핵심은 **반송파 동기 기준을 이용한 곱셈 검파**이다. 비동기 복조는 이러한 위상 동기 반송파를 요구하지 않으며, 대표적으로 진폭 변조 신호의 포락선을 검출하는 방식이 있다.

따라서 ㉠은 변조, ㉡은 동기이므로 두 빈칸을 올바르게 연결한 선택지는 ①이다.

NoteBase

문 40. 신호 $s(t)$가 저역통과 필터를 통과한 후 표본화 정리에 따라 표본화되었다. 이때 최대 표본 간격이 0.01[s]라면, 이 필터의 차단 주파수 [Hz]로 가장 적절한 것은? (필터는 이상적으로 동작한다.)

$s(t) = \cos(50\pi t) + 2\cos(100\pi t) + 3\cos(200\pi t) + 4\cos(300\pi t)$

① 25

② 75

③ 125

④ 150

정답 2번

간단한 해설

최대 표본 간격 0.01 s에 대응하는 출력 최고 주파수는 50 Hz이다. **50 Hz는 통과시키고 100 Hz부터 제거**하는 선택지의 차단 주파수는 75 Hz이다.

계산 과정

각 코사인을 $\cos(2\pi ft)$와 비교하면 입력 신호의 주파수 성분은 25, 50, 100, 150 Hz이다. 앞의 계수 1, 2, 3, 4는 진폭이며 주파수나 표본 간격을 결정하는 값이 아니다.

표본화 정리에서 최고 주파수가 $f_{\max}$인 신호의 나이퀴스트 한계 표본 간격은 $T_{s,\max} = \frac{1}{2f_{\max}}$이다. 따라서 주어진 최대 표본 간격 0.01 s는 필터 출력의 최고 주파수가 $f_{\max} = \frac{1}{2 \times 0.01} = 50\text{Hz}$임을 뜻한다. 이는 이론적 한계값이며, 일반적인 확실한 복원을 위해서는 한계보다 빠르게 표본화한다.

출력에 50 Hz 성분이 남고 100 Hz 이상의 성분은 제거되어야 한다. 선택지의 차단 주파수 75 Hz를 사용하면 이상적 저역통과 필터가 25·50 Hz 성분을 통과시키고 100·150 Hz 성분을 제거하므로 요구 조건을 만족한다.

차단 주파수와 실제 출력 신호의 최고 주파수는 반드시 같지 않다. 이 입력에는 50 Hz와 100 Hz 사이에 성분이 없으므로 차단 주파수가 75 Hz여도 출력 최고 주파수는 50 Hz이다. 125 Hz이면 100 Hz 성분까지 남아 최대 표본 간격이 0.005 s로 줄고, 25 Hz이면 50 Hz 성분이 남지 않는다. 150 Hz 역시 100 Hz 이상의 성분을 통과시키므로 조건에 맞지 않는다.

따라서 제시된 선택지 중 적절한 차단 주파수는 ② 75 Hz이다.

NoteBase