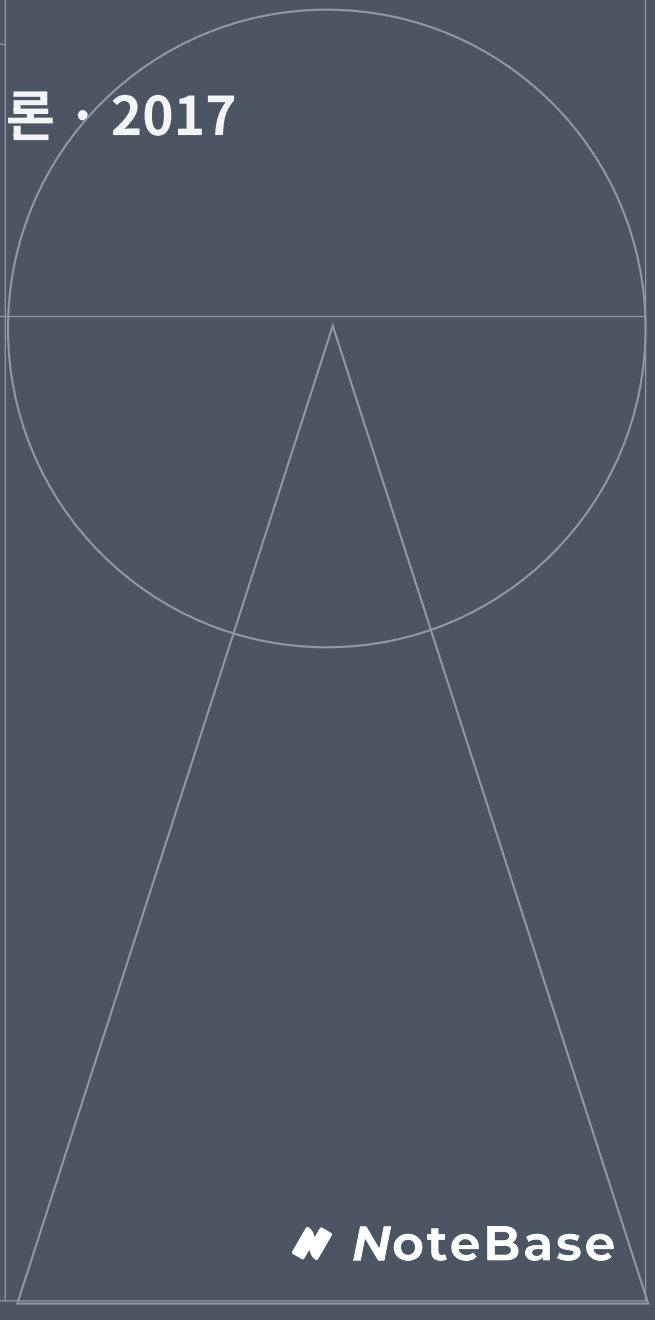
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2017

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2017

문 1. 신호의 스펙트럼 특성 분석을 위하여 사용되는 푸리에 급수(Fourier series)와 푸리에 변환(Fourier transform)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 주기성이 없는 신호의 스펙트럼 분석에는 푸리에 변환이 적합하다.

② 푸리에 급수는 주기성을 가지는 에너지신호의 스펙트럼 분석에 주로 사용된다.

③ 푸리에 변환은 연속스펙트럼을 제공한다.

④ 푸리에 급수는 주기성을 가지는 신호의 이산스펙트럼을 제공한다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '에너지신호'는 **전력신호**로 고쳐야 한다. 한 주기의 에너지가 유한하고 0이 아닌 주기 신호는 같은 파형이 끝없이 반복되어 전체 에너지가 무한대가 되므로 에너지신호가 아니다.

선지별 해설

① O: 푸리에 변환은 **비주기 신호**를 연속적인 주파수 성분으로 분해하여 스펙트럼을 구하는 데 적합하다. 주기신호를 기본주파수의 정수배 성분으로 분해하는 푸리에 급수와 구별된다.

② X: 에너지신호는 전체 시간에 걸친 신호 크기의 제곱을 적분한 에너지가 유한하고 0보다 큰 신호이다. 한 주기의 에너지가 유한하고 0이 아닌 주기 신호는 그 에너지가 매 주기 반복되므로 전체 에너지가 무한대이다. 반면 시간당 평균 에너지를 뜻하는 평균전력은 유한하고 0보다 크므로 **전력신호**에 해당한다. 따라서 '주기성을 가지는 에너지신호'는 '주기성을 가지는 전력신호'로 고쳐야 한다.

③ O: 이 문항에서 비교하는 비주기 신호의 푸리에 변환은 주파수를 연속 변수로 하여 각 주파수 성분의 크기와 위상을 나타내므로 **연속스펙트럼**을 제공한다. 다만 푸리에 변환을 주기 신호에도 일반화하면 임펄스로 이루어진 선스펙트럼으로 표현할 수 있으므로, 모든 푸리에 변환 결과가 연속스펙트럼이라는 뜻은 아니다.

④ O: 푸리에 급수는 주기 신호를 기본주파수와 그 정수배인 고조파 성분의 합으로 나타낸다. 주파수 성분이 연속적으로 분포하지 않고 **기본주파수의 정수배 위치**에만 나타나므로 이산스펙트럼, 즉 선스펙트럼을 제공한다.

NoteBase

문 2. AM송신기에서 전체 전력 150[W]를 안테나에 공급할 때 변조지수가 1이라고 하면, 한쪽 측파대(sideband)에 공급되는 전력[W]은?

① 10

② 25

③ 50

④ 75

정답 2번

간단한 해설

변조지수가 1인 통상적인 AM에서는 **반송파 · 상측파대 · 하측파대의 전력비가 4 : 1 : 1**이다. 따라서 한쪽 측파대의 전력은 전체 전력의 1/6인 25 W이다.

계산 과정

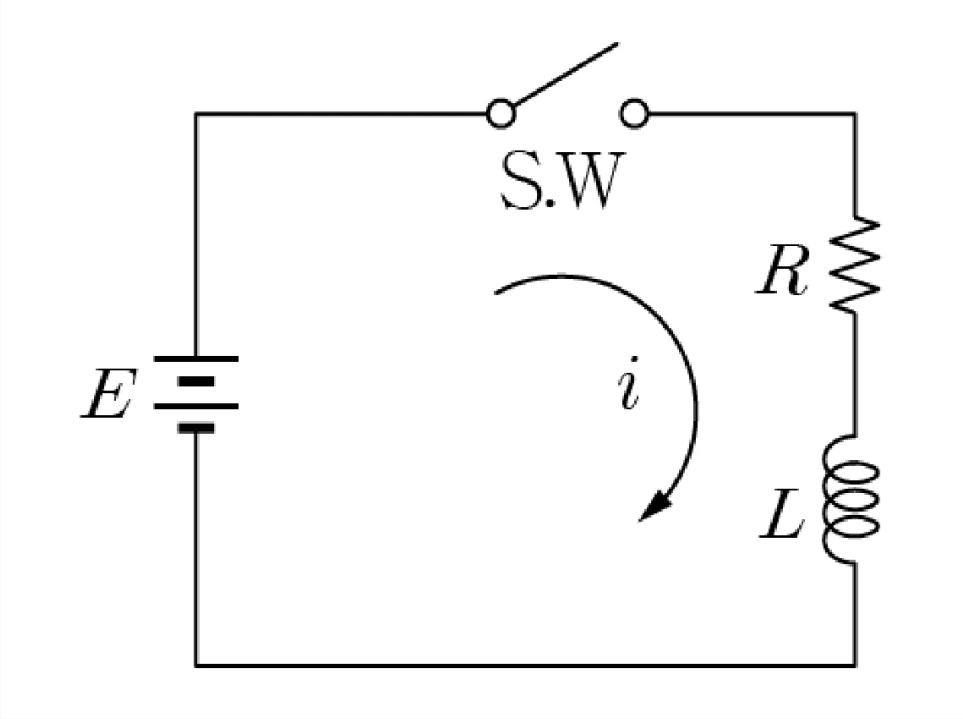
전력 관계: 단일 정현파로 변조하는 통상적인 반송파 포함 AM의 전력 관계를 적용한다. 변조지수를 m, 반송파 전력을 P_c, 한쪽 측파대 전력을 P_s, 전체 전력을 P_T라 하자. 각 측파대의 진폭은 반송파 진폭의 $\frac{m}{2}$배이고, 같은 부하에서 전력은 진폭의 제곱에 비례하므로 $P_s = \frac{m^2}{4}P_c$이다. 상측파대와 하측파대의 전력은 같으므로 **전체 전력에는 반송파와 양쪽 측파대가 모두 포함된다**. 따라서 $P_T = P_c + 2P_s = P_c\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$이다.

반송파 전력: 전체 전력이 150 W이고 m = 1이므로 $150 = P_c\left(1 + \frac{1^2}{2}\right)$이다. 이를 풀면 $P_c = \frac{150}{1+\frac{1}{2}} = 100\text{W}$이다. 이 100 W는 전체 전력 중 반송파에 배분된 전력이다.

한쪽 측파대 전력: $P_s = \frac{1^2}{4} \cdot 100 = 25\text{W}$이다. 양쪽 측파대의 합은 50 W이지만, 문제는 **한쪽 측파대**의 전력을 묻는다. 따라서 구한 25 W가 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같은 RL회로에서 스위치 S.W를 넣는 순간의 기전력 E에서 t초 후 회로에 흐르는 전류 i는 어떻게 표시되는가?



① $\frac{E}{R}e^{-\frac{R}{L}t}$

② $\frac{E}{R}(1-e^{-\frac{R}{L}t})$

③ $Ee^{-\frac{R}{L}t}$

④ $\frac{E}{R}(1-e^{\frac{R}{L}t})$

정답 2번

간단한 해설

인덕터는 전류의 급격한 변화를 막으므로, 스위치를 닫으면 전류는 **0에서 시작해 정상상태 전류** $\frac{E}{R}$로 증가한다. 이때 전류는 $i(t)=\frac{E}{R}(1-e^{-\frac{R}{L}t})$이다.

NoteBase

계산 과정

스위치를 닫는 순간을 t = 0으로 둔다. 그림은 직류 전원 E, 저항 R, 인덕턴스 L이 직렬로 연결된 회로이다. E의 단위는 V, R은 Ω, L은 H이며, t는 초, 전류 i는 A로 나타낸다. 스위치를 닫기 전에는 전류가 흐르지 않고, 인덕터의 전류는 유한한 전압에서 순간적으로 변할 수 없으므로 **초기 전류는 0**이다.

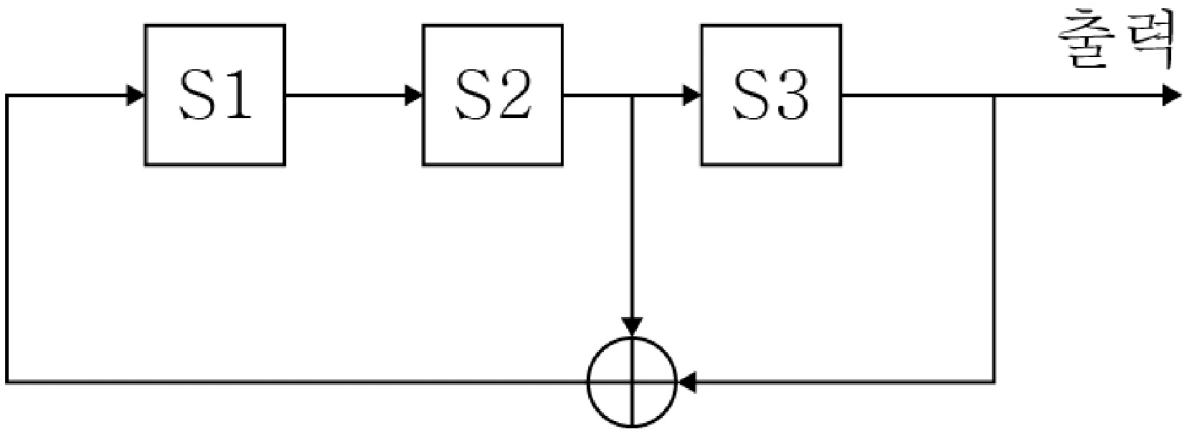
회로 방정식: 저항의 전압강하는 Ri이고 인덕터의 전압강하는 $L\frac{di}{dt}$이다. 키르히호프의 전압법칙을 적용하면 $L\frac{di}{dt} + Ri = E$이다. 시간이 충분히 지나 전류가 일정해지면 인덕터의 전압강하는 0이므로, 정상상태 전류는 $\frac{E}{R}$이다.

초기조건 적용: 이 미분방정식의 해는 정상상태 전류와 지수적으로 감소하는 과도 성분의 합인 $i(t) = \frac{E}{R} + Ce^{-\frac{R}{L}t}$로 나타난다. 여기서 C는 초기조건으로 정하는 상수이다. $i(0) = 0$을 대입하면 $0 = \frac{E}{R} + C$이므로 $C = -\frac{E}{R}$이다.

전류식: 따라서 $i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$이며, ②의 식과 일치한다. R과 L이 양수이므로 **지수항은 시간이 지날수록 0으로 감소**한다. 이에 따라 전류는 처음의 0에서 정상상태 값 $\frac{E}{R}$로 증가한다. 계수 $\frac{E}{R}$의 단위가 A이므로 식 전체도 전류의 단위를 갖는다.

NoteBase

문 4. CDMA 통신에서 사용자 부호를 발생시키기 위하여 선형 궤환 쉬프트 레지스터(LFSR)를 사용한다. 아래와 같은 레지스터(LFSR)에서 다음 중 다섯 번째 클럭에 의한 S1, S2, S3 쉬프트 레지스터(LFSR)의 상태로 적합한 것은? (단, S1, S2, S3의 초기상태는 111이다.)



① 0 0 1

② 1 0 0

③ 0 1 0

④ 1 0 1

정답 4번

간단한 해설

각 클럭에서 S2와 S3의 **배타적 논리합(XOR)**이 S1에 들어가고, 기존 S1과 S2는 각각 S2와 S3로 이동한다.
초기상태 111에서 이 동작을 다섯 번 반복하면 상태는 **101**이 된다.

NoteBase

계산 과정

갱신 규칙: 그림의 원 안에 십자가가 있는 기호는 XOR이며, S2와 S3에서 나온 두 비트를 입력으로 받는다. 두 비트가 같으면 0, 다르면 1을 S1로 되먹임한다. 한 클럭에서 세 레지스터는 **갱신 전의 값을 기준으로 동시에** 바뀐다. 따라서 다음 상태는 $S_1' = S_2 \oplus S_3$, $S_2' = S_1$, $S_3' = S_2$이다. 여기서 $\oplus$는 XOR를 뜻한다.

초기상태: 상태는 S1, S2, S3 순서로 읽는다. 클럭이 한 번도 들어오지 않은 상태가 111이며, 이를 0번째 상태로 두고 다섯 번 갱신한다.

1번째 클럭: 111에서 되먹임 비트는 $1 \oplus 1 = 0$이다. 기존 S1과 S2의 값 1, 1이 오른쪽으로 이동하므로 상태는 011이 된다.

2번째 클럭: 011에서 되먹임 비트는 $1 \oplus 1 = 0$이다. 기존 S1과 S2의 값 0, 1이 이동하므로 상태는 001이 된다.

3번째 클럭: 001에서 되먹임 비트는 $0 \oplus 1 = 1$이다. 기존 S1과 S2의 값 0, 0이 이동하므로 상태는 100이 된다.

4번째 클럭: 100에서 되먹임 비트는 $0 \oplus 0 = 0$이다. 기존 S1과 S2의 값 1, 0이 이동하므로 상태는 010이 된다.

5번째 클럭: 010에서 되먹임 비트는 $1 \oplus 0 = 1$이다. 기존 S1과 S2의 값 0, 1이 이동하므로 상태는 101이 된다.

다섯 번째 클럭 직후 S1, S2, S3의 값은 각각 1, 0, 1이므로 ④의 상태와 일치한다.

NoteBase

문 5. 확산스펙트럼 (spread spectrum) 통신방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 직접 시퀀스(Direct Sequence) 확산방식에서는 전송신호의 주파수 대역이 수시로 변경된다.

② 일반적으로 자기상관(autocorrelation) 특성이 우수한 의사잡음(Pseudo Noise) 시퀀스가 사용된다.

③ 부호분할다중접속(Code Division Multiple Access) 방식에 적용될 수 있다.

④ 주파수 도약(Frequency Hopping)과 직접 시퀀스 확산 방식 등이 있다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '주파수 대역이 수시로 변경된다'는 **주파수 도약 방식**의 특징이다. 직접 시퀀스 방식은 정보신호에 고속의 확산부호를 곱하여 **같은 중심주파수 주위의 대역폭을 넓힌다**.

선지별 해설

확산스펙트럼 통신은 정보 전송에 필요한 원래의 대역폭보다 넓은 주파수 대역에 신호 에너지를 분산시키는 방식이다.

① X: 직접 시퀀스 확산방식은 정보신호에 정보 비트율보다 빠른 PN 부호를 곱하여 신호의 대역폭을 넓힌다. 이때 부호를 구성하는 짧은 신호 단위를 칩이라고 한다. 반송파를 여러 주파수로 수시로 옮기는 방식이 아니라, **같은 중심주파수 주위에서 넓은 대역을 차지하는 방식**이다. 반송파 주파수가 부호에 따라 바뀌는 것은 주파수 도약 방식이다.

② O: PN 시퀀스는 무작위 잡음처럼 보이지만 정해진 규칙으로 생성하여 수신기에서도 재현할 수 있는 부호열이다. 자기상관은 부호열과 이를 시간적으로 이동시킨 부호열이 얼마나 비슷한지 나타낸다. 두 부호열의 타이밍이 맞으면 상관값이 크게 나타나고, 어긋나면 작은 값을 갖는 **뚜렷한 자기상관 첨두**가 있으면 부호 동기를 찾고 유지하기 쉽다. 따라서 이러한 특성이 우수한 PN 시퀀스를 사용한다.

③ O: CDMA는 여러 사용자가 같은 시간과 주파수 대역을 공유하면서 **서로 다른 부호로 사용자를 구분**하는 방식이다. 직접 시퀀스 확산을 적용하면 각 사용자의 신호를 해당 확산부호로 확산하고, 수신기는 원하는 사용자의 부호로 역확산하여 정보를 복원한다. 이때 서로 다른 사용자 부호 사이의 상호상관이 작을수록 다른 사용자 신호에 의한 간섭을 줄이는 데 유리하다.

④ O: 직접 시퀀스와 주파수 도약은 대표적인 확산스펙트럼 방식이다. 직접 시퀀스는 고속 부호를 곱하여 신호의 대역폭을 넓히고, 주파수 도약은 **정해진 도약 순서에 따라 반송파 주파수를 바꾸어** 시간에 걸쳐 넓은 주파수 범위를 사용한다. 두 방식은 스펙트럼을 확산하는 방법이 다르다.

NoteBase

문 6. 푸리에(Fourier) 변환의 여러 가지 성질을 설명한 것이다. 푸리에 변환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $F(f)$는 $f(t)$의 푸리에 변환이다.)

① 신호 $f(t)$를 시간 영역에서 α만큼 지연한 신호의 스펙트럼의 크기와 위상은 원래 스펙트럼의 크기보다 α배 확장되고 위상은 $e^{-j\omega\alpha}$만큼 늦어진다.

② 대역제한(band-limited)된 신호 $f(t)$에 반송파 $\cos(2\pi f_c t)$를 곱한 신호의 스펙트럼은 $F(f)$의 스펙트럼이 $\pm f_c$에서 나타난다.

③ $\frac{d}{dt}f(t)$의 푸리에 변환은 $(j\omega)F(f)$이다.

④ 주기함수의 푸리에 변환은 $\sum_{-\infty}^{\infty} c_n \delta(f - nf_0)$이다. ($f_0$: 기본 주파수, c_n: 푸리에 계수)

정답 1번

간단한 해설

시간 지연은 스펙트럼의 **크기를 바꾸지 않고 위상만 변화**시킨다. 신호를 α만큼 지연하면 위상은 주파수에 비례하여 $-2\pi f\alpha$만큼 변하므로, 크기가 α배 확장된다는 설명이 잘못되었다.

선지별 해설

① X: 시간 지연 신호 $f(t-\alpha)$의 푸리에 변환은 $e^{-j2\pi f\alpha}F(f)$이다. 여기서 $\omega = 2\pi f$이므로 지수항은 $e^{-j\omega\alpha}$와 같다. 이 지수항의 크기는 1이어서 **크기 스펙트럼은 그대로 유지**되고, 위상에는 $-\omega\alpha$가 더해진다. 따라서 '크기가 α배 확장된다'는 표현은 '크기는 변하지 않는다'로 고쳐야 한다. 지수항은 위상 변화를 나타내는 곱셈 인자이며, 위상 변화량 자체는 $-\omega\alpha$이다.

② O: 코사인 반송파는 양·음의 주파수 성분으로 나뉘므로, 이를 신호에 곱하면 원래 스펙트럼을 두 방향으로 이동시킨 성분이 생긴다. 변조 신호의 푸리에 변환은 $\frac{1}{2}[F(f-f_c)+F(f+f_c)]$이다. 즉 원래 스펙트럼이 **양·음의 반송파 주파수만큼 이동**하고 각 이동 성분에는 1/2의 계수가 붙는다. 이는 스펙트럼의 폭을 늘리는 시간 축척과 구별된다.

③ O: 시간 영역의 미분은 주파수 영역에서 **각주파수에 비례하는 인자를 곱하는 것**에 해당한다. 따라서 $\frac{d}{dt}f(t)$의 푸리에 변환은 $j2\pi fF(f)$이며, $\omega = 2\pi f$를 쓰면 선지의 $(j\omega)F(f)$와 같다. 각 주파수 성분을 나타내는 복소지수 함수를 미분할 때 $j2\pi f$가 곱해지기 때문이다.

④ O: 기본 주파수가 f_0인 주기함수는 푸리에 급수의 복소지수 성분들로 표현된다. 각 성분의 푸리에 변환은 해당 주파수에 놓인 임펄스이므로, 전체 변환은 $\sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \delta(f - nf_0)$이다. 따라서 **기본 주파수의 정수배 위치에 선 스펙트럼**이 나타나며, 각 임펄스의 가중치는 해당 푸리에 계수 c_n이다.

NoteBase

문 7. Zigbee통신은 반경 30[m] 이내의 거리에서 20~250[kbps]의 속도로 데이터를 전송하는 무선 센서네트워크를 구축할 수 있는 통신기술로 홈오토메이션, 산업용기기 자동화, 물류 및 환경 모니터링 등에 활용될 수 있다. 이와 같은 Zigbee통신기술을 정의한 국제 표준은 어떤 것인가?

① IEEE802.11n

② IEEE802.15.1

③ IEEE802.15.4

④ IEEE1901

정답 3번

간단한 해설

Zigbee는 **IEEE 802.15.4**가 규정한 물리 계층과 매체 접근 제어 계층을 기반으로 한다. 이 표준은 센서와 같은 기기의 저속·저전력 무선 통신에 적합하다.

공통 해설

IEEE 802.15.4는 저속·저전력 근거리 무선 통신의 **물리 계층(PHY)과 매체 접근 제어(MAC) 부계층**을 규정한다. 물리 계층은 무선 신호의 송수신 방식을, MAC 부계층은 여러 기기가 무선 매체에 접근하는 방식을 다룬다. Zigbee는 이 두 계층을 기반으로 하며, 네트워크 구성과 응용을 위한 상위 계층은 Zigbee 규격에서 정의한다. 따라서 문제의 홈오토메이션·산업용 기기 자동화·환경 모니터링용 Zigbee 통신에 대응하는 기반 국제 표준은 IEEE 802.15.4이다.

NoteBase

문 8. 서브네트워크 주소가 200.1.2.128인 LAN에 IP 주소가 200.1.2.141인 호스트가 연결되어 있고, 서브넷 마스크는 255.255.255.224이다. 이 호스트가 자신이 속한 서브네트워크에 패킷을 브로드캐스트(broadcast)하려고 한다. 브로드캐스트 IP 주소는 무엇인가?

① 200.1.2.255

② 200.1.2.249

③ 200.1.2.149

④ 200.1.2.159

정답 4번

간단한 해설

브로드캐스트 주소는 같은 서브네트워크에서 **호스트 부분의 비트를 모두 1**로 만든 주소이다. 마스크 255.255.255.224에서는 마지막 5비트가 호스트 부분이므로, 200.1.2.128에서 시작하는 서브네트워크의 마지막 주소는 200.1.2.159이다.

계산 과정

1. 호스트 비트 수: 서브넷 마스크에서 1인 비트는 네트워크 부분, 0인 비트는 호스트 부분을 나타낸다. 마지막 옥텟 224를 2진수로 쓰면 11100000이므로, 전체 마스크는 앞의 27비트가 1인 /27이다. 따라서 **마지막 5비트가 호스트 부분**이다.

2. 서브네트워크의 주소 범위: 호스트 비트가 5개이므로 한 서브네트워크의 전체 주소 수는 $2^5 = 32$개이다. 주어진 서브네트워크 주소가 200.1.2.128이므로 마지막 옥텟의 범위는 128부터 $128 + 32 - 1 = 159$까지이다. 호스트 주소 200.1.2.141도 이 범위에 속한다.

3. 브로드캐스트 주소: 네트워크 부분을 유지하면서 호스트 부분을 모두 1로 만들면 해당 서브네트워크의 마지막 주소가 된다. 마지막 옥텟의 비트는 네트워크 주소의 10000000에서 10011111로 바뀌며, 이를 10진수로 나타내면 159이다. 따라서 브로드캐스트 IP 주소는 200.1.2.159이며, ④와 일치한다.

NoteBase

문 9. 오류제어부호(Error Control Code)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 오류제어부호 기술은 전방오류정정(Forward Error Correction) 방식과 검출 후 재전송 방식으로 구분될 수 있다.

② 자동반복요구(Automatic Repeat Request, ARQ)는 검출 후 재전송 방식 가운데 하나이다.

③ 순회잉여검사부호(Cyclic Redundancy Check code, CRC)는 전방오류정정 부호의 한 종류이다.

④ 컨볼루션(Convolutional code) 부호와 해밍부호(Hamming code)는 전방오류정정 부호로 분류된다.

정답 3번

간단한 해설

CRC는 수신 데이터의 오류 유무를 확인하는 **오류검출 부호**이다. 수신측이 오류를 직접 고치는 전방오류정정 부호와 구별되며, 재전송 방식에서는 CRC로 오류를 검출한 뒤 데이터를 다시 요청한다.

선지별 해설

① O: 오류제어는 전송 중 생긴 오류를 처리하는 방법에 따라 구분할 수 있다. **전방오류정정(FEC)**은 송신측이 덧붙인 여분의 부호 정보를 이용하여 수신측이 정정 능력 범위 내의 오류를 재전송 없이 고친다. 검출 후 재전송 방식은 수신측이 오류를 검출하면 송신측에 해당 데이터를 다시 보내도록 요청한다.

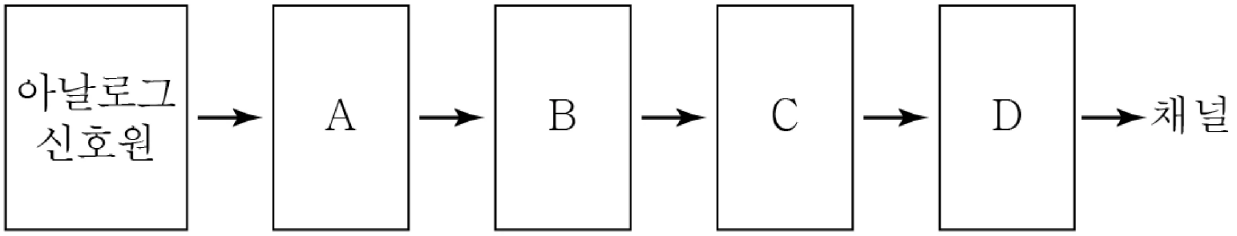
② O: ARQ는 오류검출 부호와 **재전송 요청을 위한 피드백**을 이용하는 방식이다. 수신측이 데이터의 오류를 검출하면 재전송을 요청하고, 송신측은 해당 데이터를 다시 보낸다. 따라서 검출 후 재전송 방식에 해당한다.

③ X: CRC는 **전방오류정정 부호가 아니라 오류검출 부호**로 분류한다. 송신측은 데이터에 생성다항식으로 계산한 나머지에 해당하는 검사 비트를 붙이고, 수신측은 같은 생성다항식으로 검사하여 오류 유무를 판단한다. 검사 결과 오류가 검출되었다고 해서 CRC 자체가 잘못된 비트의 위치와 원래 값을 찾아 고치는 것은 아니다. ARQ와 함께 사용하면 CRC가 오류검출을 담당하고, 재전송이 데이터 복구를 담당한다.

④ O: 컨볼루션 부호와 해밍부호는 부호의 여분 정보를 이용해 수신측에서 오류를 정정할 수 있으므로 전방오류정정 부호로 분류한다. 컨볼루션 부호는 현재 입력과 이전 입력의 영향을 함께 반영하여 부호화하고, 복호기는 그 관계를 이용해 보낸 비트열을 추정한다. 해밍부호는 패리티 검사 결과를 이용하여 **부호어 내 1비트 오류의 위치를 찾아 정정**할 수 있는 블록 부호이다.

NoteBase

문 10. PCM 시스템에서 송신 측의 각 단계별 구성요소(A에서 D까지)를 바르게 나열한 것은?



① LPF(Low Pass Filter) — sampler — quantizer — encoder

② sampler — LPF — encoder — quantizer

③ sampler — quantizer — LPF — encoder

④ LPF — sampler — encoder — quantizer

정답 1번

간단한 해설

표본화할 때 주파수 성분이 겹치는 에일리어싱을 막으려면 **표본화 전에 LPF로 대역을 제한**해야 한다. 또한 각 표본의 크기를 유한한 레벨로 정하는 **양자화가 부호화보다 먼저** 이루어져야 그 레벨을 이진 부호로 나타낼 수 있다.

NoteBase

올바른 순서

A: LPF → B: sampler → C: quantizer → D: encoder

A의 LPF(저역통과필터): 아날로그 신호에서 높은 주파수 성분을 억제하여 입력의 대역을 제한한다. 표본화 주파수에 비해 높은 주파수 성분이 남으면 표본화 후 낮은 주파수 성분과 겹칠 수 있으므로, **에일리어싱 방지 필터를 표본화기 앞에** 둔다.

B의 sampler(표본화기): 대역이 제한된 아날로그 신호의 값을 일정한 시간 간격으로 추출한다. 이 단계에서 **시간은 이산화되지만 표본의 크기는 아직 연속적인 값**을 가질 수 있으므로, 다음 단계에서 크기를 양자화해야 한다.

C의 quantizer(양자화기): 추출한 각 표본의 크기를 미리 정한 유한한 양자화 레벨 중 하나로 대응시킨다. 표본값과 대응된 레벨의 차이가 양자화 오차이다. **부호로 나타낼 레벨을 먼저 결정**해야 하므로 양자화기는 부호기 앞에 놓인다.

D의 encoder(부호기): 양자화된 레벨에 대응하는 이진 부호를 부여하여 비트열로 나타낸다. 양자화가 표본의 크기를 대표 레벨로 정하는 과정이라면, 부호화는 **그 레벨을 0과 1의 조합으로 표현**하는 과정이다.

NoteBase

문 11. 어떤 랜덤변수(random variable) X의 평균(mean)이 $E[X]=2$이고 분산(variance)이 $\sigma_X^2=1$이다. 새로운 랜덤변수 Y를 $Y=2X-1$로 정의할 때 Y의 분산은?

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

간단한 해설

상수 −1을 더하는 것은 분포의 위치만 옮기므로 분산에 영향을 주지 않는다. 반면 값을 2배 하면 평균에서의 편차도 2배가 되어, **분산은 2의 제곱인 4배**가 된다. 따라서 주어진 분산 1은 4가 된다.

계산 과정

분산은 평균에서 벗어난 편차를 제곱하여 평균한 값이다. 주어진 조건은 $E[X]=2$, $\sigma_X^2=1$이며, $Y=2X-1$의 분산을 구한다.

평균과 편차: 평균은 $E[Y]=2E[X]-1=3$이다. 따라서 $Y-E[Y]=2X-1-3=2(X-2)$가 된다. 즉, 상수 −1은 평균도 함께 이동시키므로 편차에 남지 않고, **평균에서의 편차는 2배**가 된다.

분산 계산: 편차를 제곱하면 배율 2도 제곱되므로 $\sigma_Y^2=2^2\sigma_X^2=4\cdot 1=4$이다. 구한 분산 4는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 통신 시스템의 입력 측에서 신호대 잡음의 전력을 측정한 결과 40[dB]이었다. 이 시스템에서 신호의 전력이 3[W]라면 잡음의 전력은 얼마인가?

① 30[mW]

② 3[mW]

③ 0.3[mW]

④ 0.03[mW]

정답 3번

간단한 해설

신호대잡음비 40 dB는 **신호 전력이 잡음 전력의 10,000배**라는 뜻이다. 따라서 신호 전력 3 W를 10,000으로 나누면 잡음 전력은 0.3 mW이다.

계산 과정

신호 전력을 P_s, 잡음 전력을 P_n이라 하면 신호대잡음비는 P_s/P_n이다. **전력비를 데시벨로 나타낼 때**는 $\mathrm{SNR}_{\mathrm{dB}} = 10\log_{10}\left(\frac{P_s}{P_n}\right)$을 사용한다. 주어진 신호 전력은 3 W이고 신호대잡음비는 40 dB이다.

데시벨 값을 전력비로 바꾸면 $\frac{P_s}{P_n} = 10^{40/10} = 10^4$이다. 즉, 신호 전력이 잡음 전력의 10,000배이므로 잡음 전력은 신호 전력을 10,000으로 나눈 값이다.

잡음 전력은 $P_n = \frac{3}{10^4}\mathrm{W} = 0.0003\mathrm{W}$이다. **W를 mW로 바꿀 때는 1,000을 곱하므로** 0.0003 W = 0.3 mW이다. 이는 ③의 0.3 mW에 해당한다.

NoteBase

문 13. 랜덤 프로세스(random process)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 어고딕(ergodic) 랜덤 프로세스는 앙상블(ensemble) 평균과 시간평균이 같다.

② 자기상관함수의 푸리에 변환은 해당 랜덤 프로세스의 전력 스펙트럼 밀도이다.

③ 모든 정상(stationary) 프로세스는 어고딕 랜덤 프로세스이다.

④ 정상 프로세스의 결합(joint) 확률밀도함수는 시간에 따라 변하지 않는다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '모든 정상 프로세스는 어고딕'이라는 설명은 성립하지 않는다. **정상성**은 시간 이동에도 통계적 성질이 유지된다는 뜻이며, 한 표본함수의 시간평균이 앙상블 평균과 같아지는 **어고딕성까지 보장하지는 않는다**.

선지별 해설

① O: 앙상블 평균은 같은 시각에서 여러 표본함수의 값을 확률에 따라 평균한 것이고, 시간평균은 하나의 표본함수를 시간에 걸쳐 평균한 것이다. 어고딕 프로세스에서는 관측 시간을 무한히 늘린 시간평균이 앙상블 평균과 일치하므로, **하나의 표본함수를 오래 관측하여** 해당 평균을 구할 수 있다.

② O: 광의 정상 프로세스에서 자기상관함수와 전력 스펙트럼 밀도는 **푸리에 변환 쌍**을 이룬다. 이를 위너–힌친 정리라고 한다. 자기상관함수는 시간 간격에 따른 신호값 사이의 상관관계를 나타내며, 이를 푸리에 변환하면 전력이 주파수별로 어떻게 분포하는지 알 수 있다.

③ X: 정상성은 통계적 성질의 시간 이동 불변성을 뜻할 뿐, 시간평균과 앙상블 평균의 일치를 보장하지 않는다. 예를 들어 +1과 −1을 각각 1/2의 확률로 한 번 선택한 뒤 그 값을 모든 시각에 유지하는 과정을 생각할 수 있다. 이 과정은 시간을 옮겨도 확률분포가 같으므로 정상이다. 그러나 앙상블 평균은 0인 반면, 각 표본함수의 시간평균은 +1 또는 −1이므로 어고딕이 아니다. 따라서 **정상 프로세스 중에는 어고딕이 아닌 것도 있다**로 고쳐야 한다.

④ O: 엄밀한 의미의 정상성은 임의의 여러 시각에서 정한 결합확률분포가 **모든 시각을 같은 양만큼 이동해도 변하지 않는** 성질이다. 결합확률밀도함수가 존재하면 그 함수도 이러한 시간 이동에 대해 불변이다. 이는 시각들 사이의 간격을 유지한 채 관측 시점 전체를 옮긴다는 뜻이며, 시간 간격에 따른 의존성까지 없다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 14. 다음 설명들 가운데 기저대역 전송(baseband transmission)을 위한 선로부호(line code)가 갖추어야 하는 조건에 가장 적합하지 않은 것은?

① 잡음 면역성(noise immunity)이 큰 것이 바람직하다.

② 부호어의 길이에 대한 메시지 비트의 비율을 나타내는 부호율(code rate)이 높아야 한다.

③ 자체 동기(self synchronization) 능력을 보유하는 것이 바람직하다.

④ 부호가 점유하는 주파수 대역폭이 작아야 한다.

정답 2번

간단한 해설

부호율이 높으면 중복 비트가 줄어 전송 효율은 좋아지지만, 선로부호는 **동기 확보와 신호 특성 개선에 필요한 중복성**도 고려해야 한다. 따라서 부호율이 무조건 높아야 한다는 것은 필수 조건이 아니다.

선지별 해설

① O: 잡음 면역성은 잡음이 섞여도 원래의 비트 값을 올바르게 판별할 수 있는 능력이다. 잡음 면역성이 클수록 **잡음에 의한 비트 판별 오류**를 줄이는 데 유리하므로 바람직한 조건이다.

② X: 메시지 비트 수를 k, 부호어 길이를 n이라 하면 부호율은 $R = \frac{k}{n}$이다. 부호율이 높으면 중복 비트의 비중이 작아 전송 효율은 좋아지지만, 필요한 신호 특성까지 보장되지는 않는다. 예를 들어 8B/10B는 8비트를 10비트로 변환하여 부호율이 $\frac{8}{10} = 0.8$이지만, 이러한 중복성을 이용해 수신기의 클록 복원에 필요한 신호 전이를 확보하고 직류 성분을 억제한다. 따라서 '부호율이 높아야 한다'는 **동기와 신호 특성을 확보하면서 전송 효율을 함께 고려해야 한다**로 고쳐야 한다. 부호율이 낮을수록 항상 좋다는 뜻도 아니다.

③ O: 자체 동기는 수신기가 수신 신호로부터 비트의 시간 기준을 알아내는 능력이다. 신호의 전이는 비트 경계를 추적하고 클록을 복원하는 단서가 된다. 이 능력이 있으면 **비트 판별 시점**을 유지할 수 있으므로 바람직하다.

④ O: 같은 정보 전송률에서 점유 대역폭이 작으면 **제한된 채널 대역폭**을 효율적으로 사용할 수 있다. 채널이 전달할 수 있는 대역 안에 신호를 수용하기에도 유리하므로, 다른 요구 조건을 만족하면서 점유 대역폭을 작게 하는 것이 바람직하다.

NoteBase

문 15. 에너지신호와 전력신호에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 에너지신호의 전력은 ∞이다.

② 전력신호의 에너지는 0이다.

③ 에너지신호도 아니고 전력신호도 아닌 신호는 존재하지 않는다.

④ 정현파는 전력신호이다.

정답 4번

간단한 해설

정현파는 같은 파형이 계속 반복되어 총에너지는 무한대이지만, **평균전력은 0보다 크고 유한**하다. 따라서 전력신호의 조건을 만족한다.

선지별 해설

신호의 에너지는 신호 크기의 제곱을 전체 시간에 걸쳐 적분한 값이다. 여기서 전력은 신호 크기의 제곱을 무한히 긴 시간에 걸쳐 평균한 '평균전력'을 뜻한다.

① X: 에너지신호는 총에너지 E가 $0 < E < \infty$인 신호이며, **평균전력은 0**이다. 누적 에너지가 유한한 값에 수렴하는 반면 평균을 구하는 시간 길이는 무한히 커지므로, 시간당 평균은 0으로 수렴한다. 따라서 '전력은 ∞'를 '평균전력은 0'으로 고쳐야 한다.

② X: 전력신호는 평균전력 P가 $0 < P < \infty$인 신호이다. 0보다 큰 평균전력을 유지하며 무한히 긴 시간 동안 에너지가 누적되므로, **총에너지는 0이 아니라 무한대**이다.

③ X: **두 분류에 모두 속하지 않는 신호도 존재**한다. 예를 들어 $x(t) = t$는 총에너지가 무한대이며, 구간 $[-T, T]$에서의 평균전력은 $\frac{T^2}{3}$이다. T가 무한히 커지면 이 값도 무한대로 발산하므로, 에너지가 유한해야 하는 에너지신호의 조건과 평균전력이 유한해야 하는 전력신호의 조건을 모두 만족하지 않는다.

④ O: 진폭 A가 0이 아니고 각주파수 ω_0가 0보다 큰 정현파 $x(t) = A\cos(\omega_0 t + \phi)$의 경우, 한 주기 동안 코사인 제곱의 평균은 1/2이므로 평균전력은 $P = \frac{A^2}{2}$이다. 이는 **0보다 크고 유한한 평균전력**이므로 정현파는 전력신호이다. 같은 파형이 무한히 반복되어 총에너지는 무한대이므로 에너지신호에는 해당하지 않는다.

NoteBase

문 16. 8-bit 데이터 01001101($d_7, d_6, \cdots, d_1, d_0$)에 대해 우수 패리티(even parity)를 사용하는 해밍 코드를 생성하려고 한다. 생성되는 해밍 코드는 무엇인가? (단, 가장 왼쪽의 비트가 최상위 비트이다.)

① 010011100101

② 110011100111

③ 010010100101

④ 110010100111

정답 1번

간단한 해설

패리티 비트를 오른쪽부터 1·2·4·8번 자리에 두고, 각 검사 묶음에서 **1의 개수가 짝수**가 되도록 정한다. 이 네 자리의 값은 각각 1·0·0·1이므로 생성되는 코드는 010011100101이다.

계산 과정

패리티 비트 수: 데이터가 8비트일 때 패리티 비트 수를 r이라 하면 $2^r \geq 8 + r + 1$을 만족해야 한다. 패리티 검사 결과로 전체 비트의 각 오류 위치와 오류가 없는 상태를 구분해야 하기 때문이다. 이를 만족하는 최소값은 $r = 4$이므로 총 12비트로 구성한다.

비트 배치: **오른쪽 끝을 1번**으로 세고, 1·2·4·8번 자리를 패리티 비트로 비워 둔다. 데이터 01001101을 최상위 비트부터 나머지 12·11·10·9·7·6·5·3번 자리에 차례로 넣는다. 왼쪽부터 배열하면 '0 1 0 0 □ 1 1 0 □ 1 □ □'이며, □가 패리티 비트 자리이다.

1번 패리티 p_1: 1·3·5·7·9·11번 비트를 검사한다. 패리티 비트를 제외한 데이터는 1·0·1·0·1로, 1이 3개이다. **1을 하나 더 넣어 짝수로** 만들어야 하므로 $p_1 = 1$이다.

2번 패리티 p_2: 2·3·6·7·10·11번 비트를 검사한다. 데이터는 1·1·1·0·1로, 1이 이미 4개이므로 $p_2 = 0$이다.

4번 패리티 p_4: 4·5·6·7·12번 비트를 검사한다. 데이터는 0·1·1·0으로, 1이 2개이므로 $p_4 = 0$이다.

8번 패리티 p_8: 8·9·10·11·12번 비트를 검사한다. 데이터는 0·0·1·0으로, 1이 1개이므로 $p_8 = 1$로 하여 1의 개수를 2개로 만든다.

코드 완성: 구한 패리티 비트를 빈자리에 넣고 12번부터 1번까지 읽으면 010011100101이다. 이는 ①의 비트열과 일치한다.

NoteBase

문 17. 정보이론과 관련한 아래의 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 어떤 사건의 발생 가능성이 없는 경우에, 만약 이 사건이 발생한 경우 정보량은 무한대이다.

② 서로 독립인 3개의 심볼 a, b, c 중 하나를 보내는 정보원이 있다. 각 심볼의 발생 확률이 각각 1/2, 1/4, 1/4인 경우 하나의 심볼에 대한 평균정보량(엔트로피)은 1.5[bits/symbol]이다.

③ 채널을 통해 보낼 수 있는 정보량과 채널 대역폭과의 관계는 비례 관계이다.

④ SNR(Signal to Noise Ratio)이 증가하는 경우 채널용량도 SNR에 선형적으로 비례하여 증가한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 'SNR에 선형적으로 비례'가 잘못된 표현이다. 대역폭이 일정할 때 채널용량은 SNR이 커질수록 증가하지만, 그 관계는 **로그 관계**이다.

선지별 해설

① O: 발생 확률이 p인 사건의 자기정보량은 $I = -\log_2 p$이며, 단위는 bit이다. 발생 확률이 작을수록 드문 사건이므로 그 발생을 알았을 때 얻는 정보량이 크다. 확률이 **0에 가까워지면 정보량은 무한대로 발산**한다. 확률이 0인 경우의 무한대 정보량은 이러한 극한으로 해석하며, 불가능한 사건이 실제로 발생한다는 뜻은 아니다.

② O: 엔트로피는 각 심볼의 정보량을 **발생 확률로 가중평균**한 값이다. 확률이 1/2인 a의 정보량은 1 bit이고, 확률이 각각 1/4인 b와 c의 정보량은 각각 2 bit이다. 따라서 $H = \frac{1}{2}\cdot 1 + \frac{1}{4}\cdot 2 + \frac{1}{4}\cdot 2 = 1.5$ bits/symbol이다. 이는 심볼 하나를 보낼 때의 평균정보량이다.

③ O: 대역폭이 B Hz인 가산 백색 가우스 잡음 채널의 채널용량은 $C = B\log_2(1 + \text{SNR})$ bit/s이다. 여기서 채널용량은 단위 시간당 신뢰성 있게 전송할 수 있는 최대 정보량이고, SNR은 신호 전력과 잡음 전력의 비이다. **SNR이 일정하면** 로그 항이 일정하므로 채널용량은 대역폭 B에 비례한다. 같은 시간 동안 보낼 수 있는 최대 정보량도 이 조건에서 대역폭에 비례한다.

④ X: 대역폭 B가 일정할 때 채널용량은 $C = B\log_2(1 + \text{SNR})$에 따라 증가한다. 따라서 'SNR에 선형적으로 비례'는 **'SNR에 대해 로그 관계로 증가'**로 고쳐야 한다. 예를 들어 전력비로 나타낸 SNR이 1이면 $C = B$이고, SNR이 3이면 $C = 2B$이다. SNR이 3배가 되어도 채널용량은 2배이므로 선형 비례가 아니다.

NoteBase

문 18. 이진 디지털 통신 시스템에서는 0 또는 1에 해당하는 신호를 송신하고 수신 측에서는 정보가 0인지 1인지 판단한다. 송신 측에서 데이터가 0일 확률과 1일 확률이 각각 $P(A_0) = p_0 = 0.8$과 $P(A_1) = p_1 = 1 - p_0 = 0.2$로 사전에 주어졌다고 가정하자. 또한, 잡음의 영향으로 0을 전송하였는데 수신기가 1로 오판할 확률이 $\alpha = 0.1$이며, 반대로 1을 전송하였는데 수신기가 0으로 오판할 확률도 동일하게 $\alpha = 0.1$라고 가정하자. 송신 측이 데이터를 한 비트 전송했을 때 수신 측이 0을 수신할 확률은 얼마인가?

① 0.5

② 0.64

③ 0.74

④ 0.98

정답 3번

간단한 해설

0을 수신하는 경우에는 **0을 보내 제대로 판단한 경우**와 **1을 보냈으나 0으로 오판한 경우**가 모두 포함된다. 두 경우의 확률을 더하면 0.8 × 0.9 + 0.2 × 0.1 = 0.74이다.

계산 과정

수신기가 0으로 판단하는 사건을 B_0라 하자. 송신 비트는 0 또는 1이므로, 이 사건은 0을 보내고 0으로 판단한 경우와 1을 보내고 0으로 판단한 경우로 나뉜다. 두 경우는 **서로 겹치지 않으므로 각각의 확률을 더한다**. 이는 송신 비트별로 나누어 전체확률법칙을 적용하는 것이다.

0을 보낸 경우: 송신 확률은 $p_0 = 0.8$이다. 0을 1로 오판할 조건부확률이 $\alpha = 0.1$이므로, 0을 제대로 판단할 조건부확률은 $1 - \alpha = 0.9$이다. 따라서 0을 보내고 0으로 판단할 확률은 0.8 × 0.9 = 0.72이다.

1을 보낸 경우: 송신 확률은 $p_1 = 0.2$이고, 이를 0으로 오판할 조건부확률은 $\alpha = 0.1$이다. 따라서 1을 보내고 0으로 판단할 확률은 0.2 × 0.1 = 0.02이다. **오판으로 발생한 0도 수신 결과가 0인 경우에 포함**된다.

두 경로를 합하면 $P(B_0) = p_0(1 - \alpha) + p_1\alpha$이다. 계산하면 0.72 + 0.02 = 0.74이므로, 수신 측이 0을 수신할 확률은 0.74(74%)이며 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 다음 FM신호의 변조지수 β와 대역폭 BW로 옳은 것은?

$x(t) = 100\cos[10^8\pi t + 5\sin(10^4\pi t)]$

① β=5, BW=30 [kHz]

② β=5, BW=60 [kHz]

③ β=10, BW=30 [kHz]

④ β=10, BW=60 [kHz]

정답 2번

간단한 해설

단일 정현파 FM에서는 위상 안의 사인항 계수가 **변조지수**이므로 β = 5이다. 변조 주파수는 5 kHz, 최대 주파수 편이는 25 kHz이며, **카슨의 법칙**으로 구한 대역폭은 약 60 kHz이다.

계산 과정

1. 변조지수와 변조 주파수 읽기: 단일 정현파 FM의 위상은 $2\pi f_c t + \beta\sin(2\pi f_m t)$로 쓴다. 여기서 f_c는 반송파 주파수, f_m은 변조 주파수이며, β는 최대 주파수 편이를 변조 주파수로 나눈 값이다. 주어진 식에서 **사인항 앞의 계수 5**가 β이므로 β = 5이다. 사인항 내부의 각주파수는 $10^4\pi$ rad/s이므로, $f_m = \frac{10^4\pi}{2\pi} = 5000\text{Hz}$, 즉 5 kHz이다.

2. 최대 주파수 편이 계산: $\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$에서 Δf는 순간 주파수가 반송파 주파수에서 벗어나는 최대 크기이다. 따라서 $\Delta f = \beta f_m$이며, $5 \times 5 = 25$ kHz이다.

3. 대역폭 계산: FM은 이론적으로 무한히 많은 측파대를 가지므로, 실용적인 전송 대역폭은 **카슨의 법칙으로 근사**한다. 단일 정현파 변조에서는 $BW \approx 2(\Delta f + f_m)$이므로, $BW \approx 2 \times (25 + 5) = 60$ kHz이다. 이는 반송파를 중심으로 양쪽에 약 30 kHz씩을 포함하는 전체 폭이다.

따라서 β = 5, BW = 60 kHz인 ②와 일치한다.

NoteBase

문 20. 선형 시불변 시스템이 무왜곡 전송을 하려면 입력 신호 $x(t)$에 대하여 출력 신호 $y(t)$가 $y(t) = Kx(t - t_0)$의 형태를 갖는다. K와 t_0를 임의의 상수라고 하면, 이 시스템의 전달함수 $H(f)$로 적합한 것은? (단, $X(f)$는 입력 신호 $x(t)$의 푸리에 변환 함수이다.)

① $H(f) = Ke^{-j2\pi ft_0}$

② $H(f) = KX(f)e^{j2\pi ft_0}$

③ $H(f) = KX(f - f_0)$

④ $H(f) = KX(f)e^{-j2\pi ft_0}$

정답 1번

간단한 해설

시간 이동 $x(t - t_0)$은 주파수 영역에서 **위상 인자** $e^{-j2\pi ft_0}$를 곱하는 것에 해당한다. 전달함수는 입력 스펙트럼에 곱해지는 계수이므로 $H(f) = Ke^{-j2\pi ft_0}$이다.

계산 과정

1. 출력 신호의 푸리에 변환: 푸리에 변환의 시간 이동 성질에 따라 $x(t - t_0)$의 변환은 $X(f)e^{-j2\pi ft_0}$이다. 상수배 K를 함께 반영하면 $Y(f) = KX(f)e^{-j2\pi ft_0}$를 얻는다. 지수의 음의 부호는 시간 영역의 $t - t_0$에 대응하며, $t_0 > 0$이면 시간 지연을 뜻한다.

2. 전달함수 도출: 선형 시불변 시스템에서는 $Y(f) = H(f)X(f)$이다. 앞에서 구한 출력 스펙트럼과 비교하면 입력 $X(f)$에 곱해지는 계수는 $H(f) = Ke^{-j2\pi ft_0}$이다. $X(f)$는 출력 스펙트럼을 구할 때 곱하는 입력 성분이므로 **전달함수 자체에 다시 포함하지 않는다**. 이 결과는 ①의 식과 일치한다.

3. 무왜곡 조건의 의미: $e^{-j2\pi ft_0}$의 크기는 1이므로 시스템의 진폭 이득은 주파수에 관계없이 $|K|$이다. 시간 이동에 따른 위상 변화는 $-2\pi ft_0$로 주파수에 비례한다. 따라서 주파수 성분마다 진폭 비율이나 지연 시간이 달라지지 않고, 출력은 입력에 **일정한 배율과 동일한 시간 이동**만 적용한 파형이 된다.

NoteBase