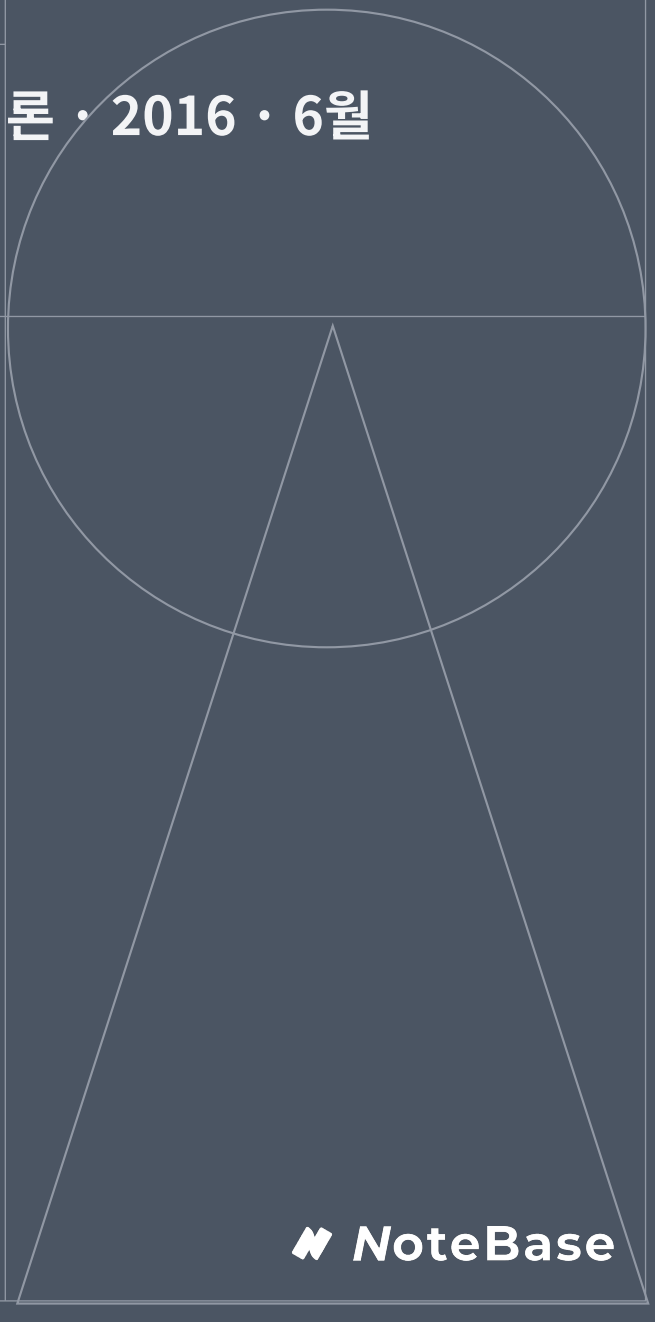
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2016 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2016 · 6월

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2016 · 6월

문 1. Butterworth 필터를 통해 다음과 같은 특성의 전달함수를 갖는 이상적인 저대역 통과 필터를 구현하였다. $n = 5$라고 할 때, 3[dB] 대역폭은?

$$|H_n(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_u)^{2n}}}$$

① $f_u/2$

② f_u

③ $3f_u$

④ $5f_u$

정답 2번

간단한 해설

3 dB 차단점에서는 **전력이 통과대역 최대값의 절반**이므로 전달함수의 크기는 $1/\sqrt{2}$이다. 주어진 식은 $f = f_u$에서 이 값을 가지므로 3 dB 대역폭은 f_u이다.

계산 과정

1. 3 dB 기준: 주어진 전달함수는 $f = 0$에서 $|H_5(0)| = 1$이므로 통과대역 최대 크기가 1이다. 3 dB 차단점은 전력비가 1/2이 되는 지점으로, 감쇠량은 약 3 dB이다. 전력비는 전달함수 크기의 제곱이므로 이때 **크기 비는 전력비의 제곱근**인 $1/\sqrt{2}$이다.

2. 차단 주파수 계산: $n = 5$를 대입하면 $|H_5(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_u)^{10}}}$이다. 차단점의 크기 조건을 적용하면 $\frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_u)^{10}}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$이므로 $1 + (f/f_u)^{10} = 2$, 즉 $(f/f_u)^{10} = 1$이다. 양의 주파수에서 이를 만족하는 값은 $f = f_u$이다.

3. 대역폭 연결: 저대역 통과 필터의 3 dB 대역폭은 **0에서 양의 차단 주파수까지의 폭**이다. 따라서 $B_{3\text{dB}} = f_u$이며, 이는 ②의 f_u에 해당한다.

NoteBase

문 2. 다음의 인터넷 프로토콜 계층 중에서 하나의 호스트(host)에서 다른 호스트(host)로 데이터를 전송할 때 데이터의 이동경로를 결정하는 라우팅 프로토콜(routing protocol)을 포함하는 것은 무엇인가?

① 애플리케이션 계층(Application Layer)

② 트랜스포트 계층(Transport Layer)

③ 네트워크 계층(Network Layer)

④ 링크 계층(Link Layer)

정답 3번

간단한 해설

호스트에서 다른 호스트까지 패킷이 이동할 경로를 결정하는 라우팅은 **네트워크 계층**의 기능이다.

공통 해설

서로 다른 네트워크에 있는 호스트 사이에서 데이터를 보낼 때는 패킷이 여러 라우터를 거쳐 목적지에 도달할 수 있다. 이때 **목적지까지 어떤 경로로 보낼지 결정하는 기능**이 라우팅이며, 인터넷 프로토콜 계층에서는 네트워크 계층이 담당한다. 라우팅 프로토콜은 라우터 사이에서 경로 정보를 교환하여 경로 선택에 필요한 정보를 제공한다. 라우터는 이렇게 얻은 경로 정보를 바탕으로 목적지 IP 주소에 따라 패킷을 다음 라우터로 전달한다. 따라서 발문의 '데이터의 이동경로를 결정하는 라우팅 프로토콜을 포함하는 계층'은 네트워크 계층이다.

NoteBase

문 3. 생성 행렬이 $1 + x^2 + x^{15} + x^{16}$인 CRC에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 오류 검출을 위해 사용하는 부호 중 하나이다.

② 최소 해밍 거리가 d_{min}일 때, d_{min}개의 오류는 언제나 검출할 수 없다.

③ 길이가 16보다 작은 모든 버스트 오류를 검출할 수 있다.

④ 홀수개의 모든 오류를 검출할 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '언제나 검출할 수 없다'는 표현이 잘못되었다. 최소 해밍 거리가 d_{min}이면 $d_{min} - 1$개 이하의 비트 오류는 모두 검출하지만, d_{min}개의 오류는 발생 위치에 따라 **검출될 수도, 검출되지 않을 수도 있다**.

선지별 해설

① O: CRC는 송신 데이터에 검사 비트를 붙이고, 수신 측에서 생성다항식으로 나눈 나머지를 확인하는 오류 검출 부호이다. 나머지가 0이 아니면 오류를 검출한다. 오류다항식을 $E(x)$, 생성다항식을 $g(x)$라 하면, **오류가 있어도 검출되지 않는 경우**는 $E(x)$가 $g(x)$로 나누어떨어질 때이다.

② X: 해밍 거리는 두 비트열에서 서로 다른 비트 위치의 수이고, 최소 해밍 거리는 서로 다른 유효 부호어 사이의 해밍 거리 중 최솟값이다. $d_{min} - 1$개 이하의 비트가 바뀌면 다른 유효 부호어가 될 수 없으므로 오류를 모두 검출한다. 반면 d_{min}개의 비트가 바뀌면 다른 유효 부호어가 되어 검출되지 않는 경우가 있지만, 유효 부호어가 되지 않아 검출되는 경우도 있다. 따라서 '언제나 검출할 수 없다'를 **'모든 경우의 검출을 보장할 수 없다'**로 고쳐야 한다.

③ O: 버스트 오류의 길이는 처음 오류가 난 비트부터 마지막 오류가 난 비트까지의 구간 길이로, 그 사이의 모든 비트가 틀릴 필요는 없다. 생성다항식의 차수가 16이고 상수항이 1이므로 **길이 16 이하의 모든 버스트 오류**를 검출한다. 오류 구간만 나타낸 다항식의 차수가 16보다 작아 생성다항식으로 나누어떨어질 수 없기 때문이다. 따라서 길이가 16보다 작은 버스트 오류도 모두 검출한다.

④ O: 이진 다항식 연산에서 생성다항식은 $g(x) = (x + 1)(x^{15} + x + 1)$로 인수분해되므로 **인수 $x + 1$을 포함한다**. 홀수 개의 비트 오류를 나타내는 $E(x)$에는 계수가 1인 항이 홀수 개 있어, 계수를 2로 나눈 나머지로 계산하면 $E(1) = 1$이다. 따라서 $E(x)$는 $x + 1$로 나누어떨어지지 않으며, 이를 인수로 갖는 $g(x)$로도 나누어떨어지지 않는다. 그러므로 모든 홀수 개 비트 오류를 검출한다.

NoteBase

문 4. <보기>와 같이 부호어(Codeword)를 갖는 길이가 4인 선형 부호가 있다. 이 선형 부호의 최소 해밍 거리는 얼마인가?

<보기>

$C = \{0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111\}$

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

선형 부호의 최소 해밍 거리는 **영벡터를 제외한 부호어의 최소 해밍 무게**와 같다. 주어진 부호어에서 0000을 제외하면 1의 개수가 가장 적은 경우가 2개이므로 최소 해밍 거리는 2이다.

계산 과정

해밍 거리는 두 부호어에서 서로 다른 비트 위치의 개수이고, 해밍 무게는 한 부호어에 포함된 1의 개수이다. 이진 부호어 두 개의 해밍 거리는 두 부호어를 비트별로 XOR한 결과의 해밍 무게와 같다. 선형 부호에서는 XOR 결과도 부호어이므로, 최소 해밍 거리는 **0000을 제외한 부호어의 최소 해밍 무게**로 구할 수 있다. 이를 식으로 쓰면 $d_{\min} = \min_{c \in C,\, c \neq 0000} w_H(c)$이다. 여기서 $w_H(c)$는 부호어 c의 해밍 무게이다.

0000의 해밍 무게는 0이지만, 최소 해밍 거리는 **서로 다른 두 부호어 사이의 거리**이므로 이 부호어의 무게는 최솟값 계산에서 제외한다. 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100은 각각 1이 2개이므로 해밍 무게가 2이고, 1111은 1이 4개이므로 해밍 무게가 4이다.

따라서 $d_{\min} = \min\{2, 4\} = 2$이다. 실제로 0000과 0011은 마지막 두 비트만 달라 해밍 거리가 2이다. 구한 값 2는 ②에 해당한다.

NoteBase

문 5. IPv6에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 128비트의 주소를 사용한다.

② 관리자의 사전 설정 없이 호스트가 자동으로 주소를 설정할 수 있다.

③ 헤더 옵션을 제외한 헤더 길이는 40바이트이다.

④ 조각화(Fragmentation)는 송신단과 라우터에서 모두 할 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '라우터에서도 조각화할 수 있다'는 설명이 잘못되었다. IPv6에서는 **송신단만 조각화**할 수 있으며, 중간 라우터는 패킷을 조각내지 않는다.

선지별 해설

① O: IPv6 주소의 길이는 **128비트**이다. 송신지 주소와 수신지 주소가 각각 128비트이며, 32비트 주소를 사용하는 IPv4보다 훨씬 넓은 주소 공간을 제공한다.

② O: IPv6는 **상태 비저장 주소 자동 설정(SLAAC)**을 지원한다. 호스트는 자체 정보로 링크 로컬 주소를 만들고, 라우터가 알리는 네트워크 접두사 정보를 이용하여 전역 주소도 구성할 수 있다. 따라서 관리자가 개별 호스트의 주소를 미리 수동으로 지정하지 않아도 된다.

③ O: IPv6의 **기본 헤더 길이는 40바이트로 고정**되어 있다. 선택적인 정보는 기본 헤더에 가변 길이 옵션으로 넣는 대신 별도의 확장 헤더에 담으므로, 확장 헤더를 제외한 기본 헤더 길이는 변하지 않는다.

④ X: IPv6의 조각화는 **송신단에서만 수행**하며, 전달 경로의 중간 라우터에서는 수행하지 않는다. 패킷이 다음 링크의 MTU, 즉 한 번에 전송할 수 있는 최대 패킷 크기를 넘으면 라우터는 해당 패킷을 폐기하고 송신단에 ICMPv6 'Packet Too Big' 메시지를 보낸다. 송신단은 이 정보를 이용해 패킷 크기를 줄이거나 필요한 경우 조각화한다.

NoteBase

문 6. 다음은 샤논(Shannon)의 채널용량(Channel capacity)에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 채널용량은 전송에 사용되는 채널의 주파수 대역폭에 비례한다.

② 샤논의 채널용량은 하나의 통신시스템의 최대 데이터 전송률에 대한 이론적인 상한선을 제시한다.

③ 채널용량 식에 따르면, 수신 신호의 신호대 잡음비(SNR : Signal to Noise Ratio)가 증가하는 경우, 채널용량도 수신 신호의 SNR에 선형적으로 비례하여 증가한다.

④ 샤논의 채널용량은 어떤 통신시스템의 실제 성능이 이론적으로 가능한 최대 성능과 얼마나 차이가 나는지를 알려주는 지표로 사용될 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

③의 'SNR에 선형적으로 비례'한다는 부분이 틀렸다. 대역폭이 일정할 때 채널용량은 SNR 자체가 아니라 $\log_2(1+\mathrm{SNR})$**에 비례**하여 증가한다.

선지별 해설

대역폭이 B Hz인 가산 백색 가우스 잡음 채널에서 샤논의 채널용량은 $C = B\log_2(1+\gamma)$이며, 단위는 bit/s이다. 여기서 γ는 수신 신호전력을 잡음전력으로 나눈 SNR의 선형값으로, dB 값을 그대로 대입하지 않는다.

① O: **SNR이 일정하면** 식의 로그 항이 일정하므로 채널용량은 대역폭 B에 비례한다. 이 조건에서 대역폭을 두 배로 하면 채널용량도 두 배가 된다. 대역폭 변화에 따라 잡음전력과 SNR까지 달라지는 경우에는 단순 비례로 볼 수 없다.

② O: 채널용량은 주어진 채널 조건에서 **오류확률을 임의로 작게 하며 전송할 수 있는 전송률의 이론적 상한**이다. 채널용량 미만의 전송률에서는 적절한 채널 부호화로 오류확률을 임의로 작게 할 수 있지만, 채널용량을 넘는 전송률에서는 이를 달성할 수 없다.

③ X: 대역폭이 일정할 때 채널용량은 SNR에 선형 비례하지 않고, $\log_2(1+\gamma)$**에 비례**한다. SNR이 커지면 채널용량도 커지지만, 같은 크기만큼 SNR을 높일 때 얻는 채널용량의 증가분은 점차 작아진다. 따라서 'SNR에 선형적으로 비례하여 증가한다'를 '1에 SNR을 더한 값의 로그에 비례하여 증가한다'로 고친다.

④ O: 채널용량은 시스템 성능을 평가할 때의 **이론적 기준**이다. 같은 대역폭과 SNR 조건에서 실제 시스템이 달성하는 신뢰성 있는 데이터 전송률을 채널용량과 비교하면, 이론적 한계에 얼마나 가까이 도달했는지 평가할 수 있다.

NoteBase

문 7. 디지털 변조(Digital modulation) 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① BASK(Binary Amplitude Shift Keying)는 1차원 (1-dimension)상의 서로 다른 신호들을 사용하여 정보를 전송한다.

② QPSK는 크기(amplitude)가 같고 위상(phase)이 다른 신호들을 사용하여 정보를 전송한다.

③ 16-QAM은 크기(amplitude)와 위상(phase)을 조합한 형태의 서로 다른 신호들을 사용하여 정보를 전송한다.

④ 변조된 하나의 신호의 대역폭이 동일한 경우, BFSK(Binary Frequency Shift Keying)는 BPSK(Binary Phase Shift Keying)에 비하여 주파수 효율(spectral efficiency)이 높다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '주파수 효율이 높다'는 설명이 반대이다. BFSK는 두 반송 주파수 사이의 간격까지 대역폭에 포함되므로, 개별 신호의 대역폭이 같을 때 BPSK보다 **전체 점유 대역폭이 넓고 주파수 효율이 낮다**.

선지별 해설

① O: BASK는 같은 주파수와 위상의 반송파에 서로 다른 두 진폭을 부여하여 비트 0과 1을 구별한다. 두 신호는 **하나의 기저 신호에 곱하는 진폭만 다르므로** 신호 공간의 한 축 위에 놓인다. 따라서 신호 공간은 1차원이다.

② O: QPSK는 **동일한 진폭과 서로 다른 네 위상**을 사용한다. 네 위상은 90° 간격으로 배치되며, 각 위상에 2비트 정보를 대응시킨다. 신호점은 원점에서 같은 거리에 있으므로 크기는 같고 위상만 다르다.

③ O: 16-QAM은 서로 직교하는 동상 성분 I와 직교 성분 Q의 진폭을 조합하여 16개의 신호점을 만든다. I와 Q의 조합에 따라 합성 신호의 **진폭과 위상이 함께 달라지며**, 각 신호점은 4비트 정보를 나타낸다.

④ X: 주파수 효율은 비트 전송률을 전체 점유 대역폭으로 나눈 값으로, $\eta = \frac{R_b}{B}$이며 단위는 bit/s/Hz이다. 여기서 R_b는 비트 전송률, B는 전체 점유 대역폭이다. BFSK는 두 반송 주파수로 비트를 구별하므로, 개별 신호의 대역폭이 같아도 **두 주파수 사이의 간격만큼 전체 점유 대역폭이 더 필요하다**. BPSK는 하나의 반송 주파수에서 위상을 180° 바꾸어 비트를 구별한다. 두 방식 모두 심벌당 1비트를 전송하므로, 같은 비트 전송률에서 더 넓은 대역폭을 사용하는 BFSK의 주파수 효율이 BPSK보다 낮다. 따라서 '주파수 효율이 높다'를 '주파수 효율이 낮다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 8. 다음 중 LTE 시스템이 단말에서 기지국으로 신호를 전송하는 상향링크(uplink)에 사용되는 다중접속 방식은 어떤 것인가?

① CDMA (Code Division Multiple Access)

② OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

③ TDMA (Time Division Multiple Access)

④ SC–FDMA (Single Carrier–Frequency Division Multiple Access)

정답 4번

간단한 해설

LTE의 상향링크에는 **SC-FDMA**를 사용한다. OFDMA보다 첨두 대 평균 전력비(PAPR)가 낮아 단말의 전력증폭기를 효율적으로 사용할 수 있기 때문이다.

공통 해설

LTE에서 단말이 기지국으로 데이터를 보내는 상향링크의 다중접속 방식은 **SC-FDMA**이다. SC-FDMA는 전송할 데이터 심벌에 이산 푸리에 변환(DFT)을 적용한 뒤 부반송파에 배치하여, 여러 부반송파를 이용하면서도 단일 반송파와 유사한 신호 특성을 갖게 하는 방식이다.

이 신호는 OFDMA보다 첨두 대 평균 전력비(PAPR)가 낮다. PAPR는 평균 전력에 비해 순간적인 최대 전력이 얼마나 큰지를 나타낸다. 이 값이 낮으면 신호의 첨두 부분이 왜곡되지 않도록 전력증폭기의 평균 출력을 낮추는 부담이 줄어들므로, **배터리로 동작하는 단말의 전력 효율**에 유리하다. 따라서 LTE는 상향링크에 SC-FDMA를 채택하며, 기지국에서 단말로 보내는 하향링크의 OFDMA와 구분한다.

NoteBase

문 9. 어떤 CDMA 시스템이 하향링크(downlink)에서 pilot channel에 길이가 8인 $(+1, +1, +1, +1, +1, +1, +1, +1)$ 코드를 곱하여 전송한다고 가정하자. 하향링크의 다른 채널들은 이 코드와 직교(orthogonal)하는 코드를 곱하여 전송한다고 할 때, 다음에 주어진 코드들 중에서 사용할 수 있는 코드는 어떤 것인가?

① $(+1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, +1)$

② $(+1, -1, +1, -1, +1, +1, +1, -1)$

③ $(-1, -1, -1, +1, -1, -1, -1, +1)$

④ $(+1, +1, -1, -1, -1, -1, +1, +1)$

정답 4번

간단한 해설

두 코드가 직교하려면 **같은 위치의 성분을 곱한 값의 합이 0**이어야 한다. 파일럿 코드가 모두 +1이므로, +1과 −1이 각각 4개인 코드는 합이 4 − 4 = 0이 되어 이 조건을 만족한다.

계산 과정

길이가 같은 두 실수 코드의 직교 조건은 내적이 0인 것이다. 파일럿 코드의 각 성분을 p_i, 다른 채널 코드의 각 성분을 c_i라 하면 $\sum_{i=1}^{8} p_i c_i = 0$이어야 한다. 여기서는 파일럿 코드가 모두 +1이므로 내적은 $\sum_{i=1}^{8} c_i$와 같다. 따라서 **+1의 개수에서 −1의 개수를 뺀 값**을 계산하면 된다.

① +1이 5개, −1이 3개이므로 내적은 5 − 3 = 2이다. 0이 아니므로 파일럿 코드와 직교하지 않는다.

② +1이 5개, −1이 3개이므로 내적은 5 − 3 = 2이다. 배열 순서는 ①과 다르지만, 파일럿 코드가 모두 +1이어서 내적은 같다.

③ +1이 2개, −1이 6개이므로 내적은 2 − 6 = −4이다. 음수이더라도 0이 아니므로 직교하지 않는다.

④ +1이 4개, −1이 4개이므로 내적은 4 − 4 = 0이다. 양수와 음수 성분의 기여가 상쇄되어 **파일럿 코드와 직교**한다.

따라서 파일럿 코드와 직교하는 다른 채널의 코드로 사용할 수 있는 것은 ④이다.

NoteBase

문 10. 이동통신 시스템을 설계할 때 신호가 전송되는 무선 채널을 확률적으로 모델링할 수 있다. 이러한 모델 중에서 수신되는 신호가 직접파나 특정하게 센 신호가 없이 반사파들로 구성되는 페이딩 채널을 모델링하는 데 사용되는 확률 분포(distribution)는 다음 중 무엇인가?

① 가우시안(Gaussian) 분포

② 라이시안(Rician) 분포

③ 레일레이(Rayleigh) 분포

④ 포아송(Poisson) 분포

정답 3번

간단한 해설

직접파나 유난히 강한 경로 없이 여러 반사파가 합성되는 환경에서는 수신 신호의 **포락선 진폭을 레일레이 분포**로 모델링한다. 포락선은 수신 신호의 진폭이 변하는 모습을 나타낸다.

공통 해설

여러 경로를 거친 반사파는 서로 다른 위상으로 수신된다. 이들이 합쳐질 때 서로 보강되거나 상쇄되어 수신 신호의 진폭이 변하는 현상이 다중경로 페이딩이다.

지배적인 경로가 없고 다수의 약한 반사파가 독립적인 임의의 위상으로 합쳐진다고 가정하면, 합성 신호의 동상 성분과 직교 성분은 평균이 0이고 분산이 같은 독립 가우시안 확률변수로 근사된다. 이 두 성분으로 이루어진 복소 신호의 크기, 즉 **포락선 진폭은 레일레이 분포**를 따른다. 문제의 '직접파나 특정하게 센 신호가 없이 반사파들로 구성'된다는 조건이 이 모형에 해당한다.

가우시안 분포는 여기서 동상·직교 성분 각각의 분포이며, 포락선 진폭의 분포와 구별해야 한다. 반사파에 더해 **직접파 등 지배적인 성분이 존재**하면 포락선을 라이시안 분포로 모델링한다.

NoteBase

문 11. 다음 중 확률 변수 X에 대한 기댓값 ($E[X]$)과 분산 (σ^2)의 관계를 올바르게 나타낸 것은 무엇인가?

① $\sigma^2 = E[X] - [E[X]]^2$

② $\sigma^2 = E[X^2] - [E[X]]$

③ $\sigma^2 = E[X] - [E[X]]$

④ $\sigma^2 = E[X^2] - [E[X]]^2$

정답 4번

간단한 해설

분산은 **제곱의 기댓값에서 기댓값의 제곱을 뺀 값**이다. 따라서 $\sigma^2 = E[X^2] - [E[X]]^2$이며, $E[X^2]$와 $[E[X]]^2$를 구별해야 한다.

공통 해설

실수 확률 변수 X의 이차 모멘트 $E[X^2]$가 유한할 때, 평균을 $\mu = E[X]$라고 하면 분산은 $\sigma^2 = E[(X-\mu)^2]$로 정의된다. 즉, 각 값이 평균에서 벗어난 정도를 제곱한 뒤 기댓값을 구한 것으로, 평균 주위에 값들이 얼마나 흩어져 있는지를 나타낸다.

제곱을 전개하면 $(X-\mu)^2 = X^2 - 2\mu X + \mu^2$이다. 여기서 μ는 상수이므로 기댓값 밖으로 꺼낼 수 있고, $E[X] = \mu$이므로 $\sigma^2 = E[X^2] - 2\mu^2 + \mu^2$가 된다. 이를 정리하면 $\sigma^2 = E[X^2] - [E[X]]^2$이다.

첫 항 $E[X^2]$는 **각 값을 먼저 제곱한 뒤 구한 기댓값**이고, 빼는 항 $[E[X]]^2$는 **기댓값을 먼저 구한 뒤 제곱한 값**이다. 따라서 첫 항을 $E[X]$로 쓰거나 빼는 항을 제곱하지 않은 $E[X]$로 쓰면 분산의 관계식이 되지 않는다.

NoteBase

문 12. 다음 중 아날로그 변조에 적합하지 않은 방식은?

① AM(Amplitude Modulation)

② PWM(Pulse Width Modulation)

③ PPM(Pulse Position Modulation)

④ DM(Delta Modulation)

정답 4번

간단한 해설

DM은 입력 신호와 복원값의 차이를 **1비트의 이진 부호**로 표현하는 디지털 변조 방식이다. 입력이 아날로그 신호라는 사실만으로 아날로그 변조가 되는 것은 아니다.

공통 해설

아날로그 변조와 디지털 변조는 **정보를 연속적인 매개변수로 나타내는지, 양자화된 부호로 나타내는지**로 구분한다. 펄스를 사용하더라도 정보를 담는 폭이나 위치가 연속적으로 달라지면 아날로그 펄스 변조에 해당한다.

AM은 정보 신호에 따라 반송파의 진폭을 연속적으로 변화시킨다. PWM은 펄스의 폭을, PPM은 기준 시점에 대한 펄스의 위치를 연속적으로 변화시켜 정보를 전달한다. 따라서 AM·PWM·PPM은 모두 이 구분 기준에서 아날로그 변조에 해당한다.

DM은 현재 입력값과 직전까지의 계단형 복원값을 비교하여, 복원값을 일정한 크기만큼 올릴지 내릴지를 1비트로 표현한다. 입력과 복원값의 차이를 두 방향으로 양자화하여 이진 부호로 전달하므로 **디지털 변조 방식**에 해당한다. 따라서 아날로그 변조에 적합하지 않은 방식은 DM이다.

NoteBase

문 13. 동일한 비트율(bit rate)을 가지는 BPSK(Binary Phase-Shift Keying)와 QPSK(Quadriphase-Shift Keying) 방식의 디지털 통신에서, 두 방식의 심벌 전송률(symbol rate) 관계는?

① BPSK 심벌 전송률이 QPSK 심벌 전송률의 2배

② BPSK 심벌 전송률이 QPSK 심벌 전송률의 1/2배

③ BPSK 심벌 전송률이 QPSK 심벌 전송률의 4배

④ BPSK 심벌 전송률이 QPSK 심벌 전송률의 1/4배

정답 1번

간단한 해설

BPSK는 한 심벌에 1비트, QPSK는 한 심벌에 2비트를 전송한다. **동일한 비트율**을 유지하려면 BPSK가 QPSK보다 초당 두 배의 심벌을 보내야 하므로, BPSK의 심벌 전송률은 QPSK의 2배이다.

계산 과정

비트율은 초당 전송하는 비트 수(bit/s), 심벌 전송률은 초당 전송하는 심벌 수(symbol/s 또는 baud)이다. 비트율을 R_b, 심벌 전송률을 R_s, 심벌당 비트 수를 k라 하면 $R_b = kR_s$이므로 $R_s = \frac{R_b}{k}$이다. 즉, **같은 비트율에서 심벌당 비트 수가 많을수록** 필요한 심벌 전송률은 낮아진다.

BPSK: 두 위상으로 비트 0과 1을 구별하므로 한 심벌이 1비트를 나타낸다. 따라서 BPSK의 심벌 전송률은 $R_{s,B} = R_b$이다.

QPSK: 네 위상으로 00, 01, 10, 11의 네 비트 조합을 구별하므로 한 심벌이 2비트를 나타낸다. 따라서 QPSK의 심벌 전송률은 $R_{s,Q} = \frac{R_b}{2}$이다. **위상 수가 4개라는 것은 심벌당 2비트**라는 뜻이다.

두 방식의 비트율이 같으므로 $R_{s,B} = 2R_{s,Q}$이다. BPSK의 심벌 전송률이 QPSK의 2배라는 관계는 ①과 일치한다.

NoteBase

문 14. 신호 $x(t) = 25\cos(10t^2 + \cos 5t)$에 대해 시각 $t = 0$에서의 순시 주파수는 얼마인가?

① 0 (Hz)

② 25/2π (Hz)

③ 200/2π (Hz)

④ 205/2π (Hz)

정답 1번

간단한 해설

순시 주파수는 **위상을 시간에 대해 미분한 값**을 2π로 나눈 것이다. 이 신호는 $t = 0$에서 위상의 변화율이 0이므로 순시 주파수도 0 Hz이다.

계산 과정

위상 확인: 코사인 신호의 위상은 코사인 안의 식이므로 $\phi(t) = 10t^2 + \cos 5t$이다. 앞의 계수 25는 진폭으로, 순시 주파수를 구할 때 위상에 포함하지 않는다.

공식 적용: 순시 각주파수는 위상의 시간 변화율인 $\omega_i(t) = \frac{d\phi(t)}{dt}$이며 단위는 rad/s이다. 한 주기는 2π rad이므로 **Hz 단위로 바꾸려면** 2π로 나누어 $f_i(t) = \frac{\omega_i(t)}{2\pi}$를 사용한다.

위상 미분: $10t^2$을 미분하면 $20t$이고, $\cos 5t$를 미분하면 합성함수 미분에 따라 $-5\sin 5t$이다. 따라서 $\omega_i(t) = 20t - 5\sin 5t$이다.

시각 대입: $t = 0$을 대입하면 $\omega_i(0) = 20 \cdot 0 - 5\sin 0 = 0$이다. 즉, 이 순간에는 위상의 변화율이 0이다. 따라서 $f_i(0) = \frac{0}{2\pi} = 0$ Hz이며, ①의 0 Hz에 해당한다.

NoteBase

문 15. 잡음이 없는 채널을 통하여 QPSK(Quadriphase-Shift Keying) 규격으로 비트열 '1100'을 전송한다. 만일, 수신 기가 잘못하여 BPSK(Binary Phase-Shift Keying) 규격에 따라 비트를 검출할 경우, 출력 비트열은? (단, QPSK와 BPSK의 심벌 전송률(symbol rate)은 동일하고, 동일한 반송파(carrier signal)를 사용하며, BPSK 수신기는 최적 동작을 수행한다.)

	심벌	비트열	위상
QPSK	a_1	'10'	$\pi/4$
	a_2	'11'	$3\pi/4$
	a_3	'01'	$5\pi/4$
	a_4	'00'	$7\pi/4$
BPSK	b_1	'1'	0
	b_2	'0'	π

① '10'

② '01'

③ '1100'

④ '0011'

정답 2번

간단한 해설

BPSK 수신기는 반송파와 같은 위상의 성분이 **양수이면 1, 음수이면 0**으로 검출한다. QPSK의 '11'과 '00'은 각각 음수와 양수 성분을 가지므로, 심벌마다 한 비트씩 검출한 출력은 '01'이다.

NoteBase

계산 과정

전송 심벌 구성: QPSK는 한 심벌에 2비트를 담으므로 '1100'을 '11'과 '00'으로 나누어 전송한다. 표에서 '11'은 a_2로 위상이 $\frac{3\pi}{4}$이고, '00'은 a_4로 위상이 $\frac{7\pi}{4}$이다.

BPSK 검출 기준: 표에서 BPSK의 위상 0은 비트 1, 위상 π는 비트 0에 대응한다. 동일한 반송파를 기준으로 최적 검출하는 수신기는 수신 신호를 반송파와 상관시켜 동상 성분을 구한다. 잡음이 없을 때 이 성분의 부호는 $\cos\theta$의 부호와 같으며, 여기서 θ는 수신 심벌의 위상이다. 따라서 **동상 성분이 양수이면 1, 음수이면 0**으로 판정한다.

첫 심벌 '11': $\cos\frac{3\pi}{4} = -\frac{\sqrt{2}}{2} < 0$이므로 BPSK 수신기는 0을 출력한다. 이 위상은 BPSK의 위상 0보다 위상 π에 가깝다.

둘째 심벌 '00': $\cos\frac{7\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2} > 0$이므로 BPSK 수신기는 1을 출력한다. 이 위상은 한 바퀴의 주기성을 고려하면 BPSK의 위상 π보다 위상 0에 가깝다.

출력 비트열: 두 방식의 **심벌 전송률이 같으므로** QPSK의 각 심벌 구간에서 BPSK 수신기는 한 비트씩 검출한다. 두 심벌에서 차례로 얻는 비트는 0과 1이므로 출력은 '01'이며, ②에 해당한다.

NoteBase

문 16. 다음의 어떤 신호의 시간 영역 신호 x(t)와 주파수 영역 신호 X(f)에 관한 설명 중 옳지 않은 것은?

① x(t-t_0)에 대한 주파수 영역의 신호는 X(f)e^{-j2πft$_0$}이다. (여기서, t_0는 임의의 실수)

② x(t)e^{j2πf$_0$t}에 대한 주파수 영역의 신호는 X(f+f_0)이다. (여기서, f_0는 임의의 실수)

③ x(at)에 대한 주파수 영역의 신호는 1/|a| X(f/a)이다. (여기서, a는 임의의 실수)

④ x(t)cos(2πf$_0$t)에 대한 주파수 영역의 신호는 1/2 [X(f+f_0)+X(f-f_0)]이다. (여기서, f_0는 임의의 실수)

정답 2번

간단한 해설

②의 복소지수 $e^{j2\pi f_0 t}$를 곱하면 스펙트럼은 $X(f+f_0)$가 아니라 **주파수 이동의 부호가 반대인** $X(f-f_0)$가 된다.

선지별 해설

연속시간 푸리에 변환은 $X(f)=\int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft}dt$로 정의한다. 이 정의에서 시간 이동, 주파수 이동, 시간척도 변환의 관계를 구분한다.

① O: 시간 이동 성질에 따라 $x(t-t_0)$의 푸리에 변환은 $X(f)e^{-j2\pi ft_0}$이다. 변환 적분에서 $u=t-t_0$로 치환하면 지수항에서 $e^{-j2\pi ft_0}$가 분리된다. 이 인자의 크기는 1이므로 **크기 스펙트럼은 유지되고 위상만 변한다**. 이 관계는 임의의 실수 t_0에 적용된다.

② X: $x(t)$에 $e^{j2\pi f_0 t}$를 곱하면 변환 적분의 지수항은 $e^{-j2\pi(f-f_0)t}$가 된다. 따라서 변환 결과는 $X(f-f_0)$이다. 선지의 $X(f+f_0)$는 $e^{-j2\pi f_0 t}$를 곱했을 때의 결과이다. 예를 들어 $f_0>0$이면 원래 주파수 f_c에 있던 성분이 f_c+f_0로 옮겨진다.

③ O(단, $a\neq 0$일 때): 시간척도 변환 성질에 따라 $x(at)$의 푸리에 변환은 $\frac{1}{|a|}X\left(\frac{f}{a}\right)$이다. 변환 적분에서 $u=at$로 치환하면 주파수 변수는 f/a가 되고, 적분변수의 변화와 음수일 때의 적분구간 반전을 반영하여 계수 $1/|a|$가 붙는다. 다만 **이 공식은 0이 아닌 실수에만 적용된다**. 원문의 'a는 임의의 실수'는 0까지 포함하므로 엄밀하지 않다. $a=0$에서는 $x(at)=x(0)$가 되고 우변의 나눗셈은 정의되지 않는다. 따라서 이 공식의 적용 조건은 $a\neq 0$이며, 원문에 그 조건이 명시된 것은 아니다.

④ O: 오일러 공식에 따라 $\cos(2\pi f_0 t)$는 $\frac{1}{2}e^{j2\pi f_0 t}+\frac{1}{2}e^{-j2\pi f_0 t}$로 나타낸다. 각 항에 주파수 이동 성질과 선형성을 적용하면 변환 결과는 $\frac{1}{2}[X(f-f_0)+X(f+f_0)]$이다. 따라서 코사인을 곱하면 **양방향으로 이동한 스펙트럼이 각각 절반의 크기로 더해진다**. 두 항의 순서는 결과에 영향을 주지 않으며, 임의의 실수 f_0에서 성립한다.

NoteBase

문 17. 신호를 전송할 때 신호를 구성하는 다양한 주파수 성분들이 서로 다른 전파 속도를 가짐에 따라 수신 신호 품질이 저하되는데 이 현상과 관련 있는 것은 다음 중 무엇인가?

① 감쇠(Attenuation)

② 지연왜곡(Delay distortion)

③ 간섭(Interference)

④ 심벌 간 간섭(Inter-symbol interference)

정답 2번

간단한 해설

신호를 이루는 주파수 성분들의 **전파 지연이 서로 달라** 합성된 파형이 변하는 현상을 지연왜곡이라고 한다. 성분들이 수신기에 도착하는 시간 차이가 신호 품질 저하의 원인이다.

공통 해설

지연왜곡은 하나의 신호를 구성하는 주파수 성분들이 전송 과정에서 서로 다른 시간만큼 지연되어 원래의 파형이 변하는 현상이다. 같은 거리를 전파할 때 속도가 다른 성분들은 수신기에 도착하는 시간도 달라진다. 이 때문에 성분들의 상대적인 시간 관계가 바뀌고, 이들을 합성한 수신 파형이 송신 파형과 달라진다. 문제의 '주파수 성분들이 서로 다른 전파 속도를 가진다'는 조건이 이 정의에 해당한다.

모든 성분이 같은 시간만큼 늦게 도착하면 신호 전체가 늦어질 뿐, 그 지연 자체로 파형이 변하지는 않는다. 지연왜곡을 결정하는 것은 **성분 사이의 지연 차이**이다. 디지털 전송에서는 이로 인해 펄스가 퍼져 이웃한 심벌의 판정에 영향을 줄 수 있는데, 그 결과로 생기는 현상이 심벌 간 간섭이다. 따라서 주어진 조건이 직접 설명하는 현상은 지연왜곡이다.

NoteBase

문 18. 연속 주기 신호 $x(t) = \left[2\cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right) + 3\sin\left(6\pi t + \frac{\pi}{4}\right)\right]$의 기본 주파수 (Fundamental frequency)는? (단, t의 단위는 초이다.)

① 1Hz

② 2Hz

③ 3Hz

④ 6Hz

정답 1번

간단한 해설

두 성분의 주파수는 각각 2 Hz와 3 Hz이므로, 두 성분이 함께 반복되는 **가장 짧은 시간은 1초**이다. 기본 주파수는 이 기본 주기의 역수인 1 Hz이다.

계산 과정

성분 주파수: 정현파에서 시간에 곱해진 계수는 각주파수 ω이며, 주파수와는 $f = \frac{\omega}{2\pi}$의 관계가 있다. 따라서 코사인 성분은 $f_1 = \frac{4\pi}{2\pi} = 2\text{Hz}$, 사인 성분은 $f_2 = \frac{6\pi}{2\pi} = 3\text{Hz}$이다. 진폭 2와 3, 고정된 위상 $\frac{\pi}{3}$과 $\frac{\pi}{4}$는 각 성분의 주기를 바꾸지 않는다.

기본 주기: 합성 신호가 반복되려면 **두 성분이 모두 정수 번 진동**해야 한다. 각 성분의 주기는 $T_1 = \frac{1}{2}\text{s}$, $T_2 = \frac{1}{3}\text{s}$이므로, 기본 주기는 이 두 주기의 가장 작은 양의 공통배수이다. 1초 동안 첫 성분은 2회, 둘째 성분은 3회 진동하며, 두 주기의 가장 작은 양의 공통배수는 1초이다. 따라서 $T_0 = 1\text{s}$이다.

기본 주파수: 기본 주기의 역수를 취하면 $f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{1\text{s}} = 1\text{Hz}$이다. 이는 ①의 1 Hz에 해당한다.

NoteBase

문 19. 확률변수 X의 확률밀도함수가 f_X(x)=cases(1)/(3),&0≤ x≤ 3\\0,&otherwisecases일 때 확률변수 X의 분산의 값으로 옳은 것은?

① 3/4

② 3/2

③ 9/4

④ 4

정답 1번

간단한 해설

분산은 **제곱의 평균에서 평균의 제곱을 뺀 값**이다. 주어진 분포에서 $E[X]=\frac{3}{2}$, $E[X^2]=3$이므로 분산은 $\frac{3}{4}$이다.

계산 과정

분포 확인: 확률밀도가 $0 \le x \le 3$에서 $\frac{1}{3}$으로 일정하고 그 밖에서는 0이므로, X는 구간 [0, 3]의 균등분포를 따른다. 연속확률변수의 기댓값은 각 값을 확률밀도로 가중하여 적분한 값이다.

평균 계산: $E[X]=\int_0^3 x\cdot\frac{1}{3}dx=\frac{3}{2}$이다. 이는 분포의 중심이며, 구간 양 끝 0과 3의 중간값과 같다.

제곱의 평균 계산: $E[X^2]=\int_0^3 x^2\cdot\frac{1}{3}dx=3$이다. 이는 X를 제곱한 뒤 평균한 값으로, **평균을 먼저 구한 뒤 제곱한 값과 다르다**.

분산 계산: 분산은 평균으로부터의 편차를 제곱하여 평균한 값이므로 $\mathrm{Var}(X)=E[X^2]-(E[X])^2$이다. 따라서 $\mathrm{Var}(X)=3-\left(\frac{3}{2}\right)^2=\frac{3}{4}$이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 어떤 DS(Direct Sequence) 기반의 확산대역(Spread Spectrum) 통신 시스템의 처리이득(Processing Gain)이 100이고, 확산되기 전 신호의 대역폭이 50kHz라면 확산된 후 신호의 대역폭은 얼마인가?

① 5MHz

② 2.5MHz

③ 500kHz

④ 50kHz

정답 1번

간단한 해설

처리이득 100은 확산 후 대역폭이 확산 전의 **100배**라는 뜻이다. 따라서 50 kHz를 100배로 넓히면 5 MHz가 된다.

계산 과정

DS 확산대역 시스템에서 처리이득 G는 **확산 전 대역폭에 대한 확산 후 대역폭의 비**이다. 확산 전 대역폭을 B_0, 확산 후 대역폭을 B_s라 하면 $G = \frac{B_s}{B_0}$이므로 $B_s = G \cdot B_0$이다. 문제의 처리이득 100은 dB 값이 아닌 배율이다.

주어진 $G = 100, B_0 = 50\text{kHz}$를 대입하면 $B_s = 100 \cdot 50\text{kHz} = 5000\text{kHz}$이다. 1 MHz = 1000 kHz이므로 확산 후 대역폭은 5 MHz이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase