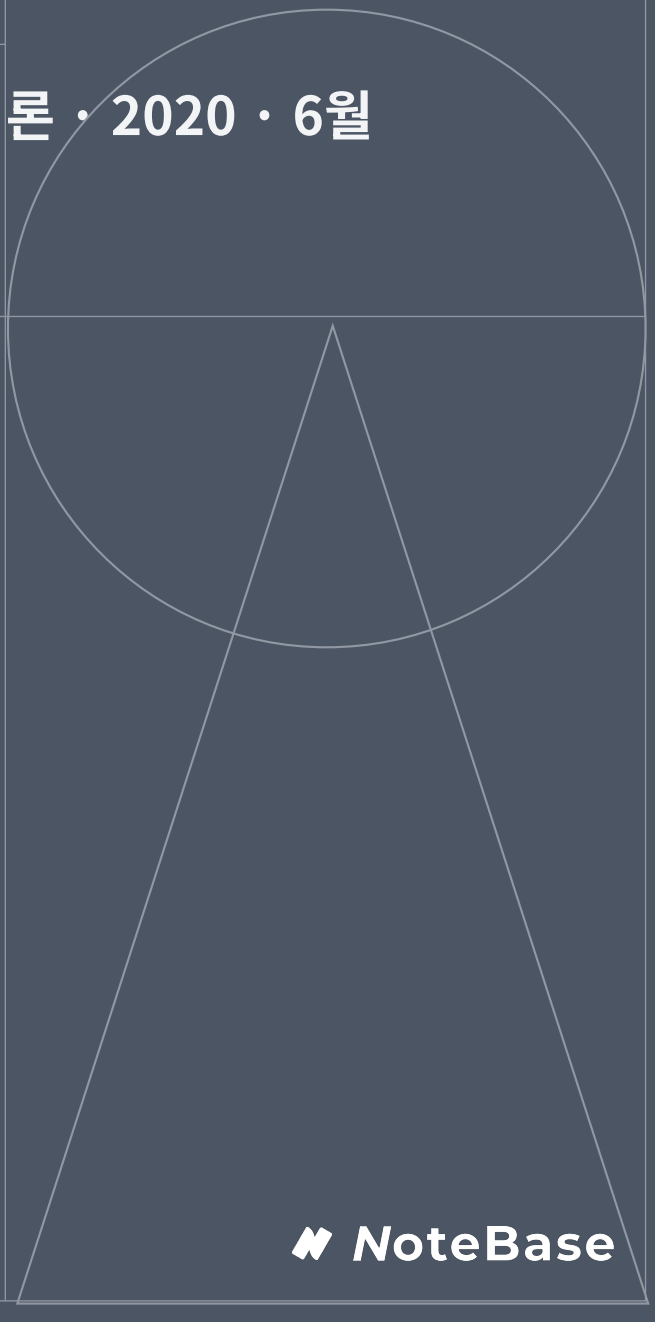
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2020 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2020 · 6월

공무원/서울시/9급 · 통신이론 · 2020 · 6월

문 1. 각 변조 방식(angle-modulation methods)인 주파수 변조(FM)와 위상 변조(PM)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 주파수 변조는 비선형 변조 방식이고 위상 변조는 선형 변조 방식이다.

② 주파수 변조 시스템에서는 반송파의 주파수가 메시지 신호에 따라 변한다.

③ 위상 변조에서는 반송파의 위상이 메시지 신호의 변화에 따라 바뀐다.

④ 좋은 잡음 특성을 얻기 위해 넓은 대역폭이 필요하다.

정답 1번

간단한 해설

FM과 PM은 모두 **비선형 변조**이다. PM에서 메시지 신호와 위상 편이가 비례하더라도, 메시지 신호와 변조된 파형 사이에 선형 관계가 성립하는 것은 아니다.

선지별 해설

① X: 주파수 변조(FM)뿐 아니라 **위상 변조(PM)도 비선형 변조**이다. 두 방식 모두 메시지 신호가 반송파의 코사인 함수 내부에 있는 각도를 바꾸므로, 두 메시지를 더한 뒤 변조한 파형은 각각을 변조하여 더한 파형과 일반적으로 같지 않다. 이처럼 중첩 원리가 성립하지 않는다. PM에서 위상 편이가 메시지 신호에 비례한다는 사실을 변조된 파형 자체의 선형성과 혼동하면 안 된다.

② O: FM에서는 변조 전 반송파의 주파수를 기준으로 한 **순간 주파수의 편이**가 그 순간의 메시지 신호값에 비례한다. 따라서 메시지 신호값에 따라 반송파의 진동 간격이 달라지며 정보가 전달된다.

③ O: PM에서는 변조 전 반송파의 위상을 기준으로 한 **위상 편이**가 그 순간의 메시지 신호값에 비례한다. 즉 메시지 신호가 바뀌면 반송파의 위상이 앞서거나 뒤지는 정도가 달라진다.

④ O: 각 변조는 **넓은 대역폭을 사용하는 대가로 잡음 성능을 개선**할 수 있다. 같은 메시지 대역폭에서 주파수 편이나 위상 편이를 크게 하면 복조 후 신호 대 잡음비를 높일 수 있지만, 변조파의 점유 대역폭도 증가한다. 이 관계는 수신 신호가 잡음보다 충분히 강하여 정상적으로 복조되는 조건에서 성립하며, 수신 필터의 대역폭만 넓히면 잡음 성능이 좋아진다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 2. 메시지 신호 $m(t)$를 DSB-SC 진폭변조한 후 푸리에 변환한 것으로 가장 옳은 것은? (단, 반송파 중심주파수는 f_c, 반송파 진폭은 A_c, $m(t)$의 푸리에 변환은 $M(f)$이다.)

① $\frac{A_c}{2}[M(f-f_c)+M(f+f_c)]$

② $A_c[M(f-f_c)+M(f+f_c)]$

③ $A_cM(f-f_c)$

④ $A_cM(f+f_c)$

정답 1번

간단한 해설

코사인 반송파를 곱하면 메시지 스펙트럼이 **양·음의 반송파 주파수로 각각 이동**하고, 각 이동 성분에는 $\frac{A_c}{2}$가 곱해진다.

공통 해설

DSB-SC는 메시지 신호에 반송파를 곱하는 억압반송파 양측파대 변조이다. 반송파가 $A_c\cos(2\pi f_c t)$이므로 변조 신호는 $s(t)=A_cm(t)\cos(2\pi f_c t)$이다.

코사인을 복소지수로 나타내면 $\cos(2\pi f_c t)=\frac{1}{2}(e^{j2\pi f_c t}+e^{-j2\pi f_c t})$이다. 푸리에 변환의 주파수 이동 성질에 따라 $m(t)e^{j2\pi f_c t}$는 $M(f-f_c)$로, $m(t)e^{-j2\pi f_c t}$는 $M(f+f_c)$로 변환된다. 즉 원래 스펙트럼을 각각 양·음의 반송파 주파수만큼 옮긴 두 성분이 생긴다.

따라서 변조 신호의 푸리에 변환은 $S(f)=\frac{A_c}{2}[M(f-f_c)+M(f+f_c)]$이다. **두 이동 성분을 모두 더해야 하며**, 코사인의 복소지수 전개에서 생기는 1/2 때문에 각 성분의 계수는 A_c가 아니라 $\frac{A_c}{2}$이다.

NoteBase

문 3. 연속 시간 신호 $h(t)$는 $|t| < 1$일 때 값 1을 가지고 다른 t의 범위에서는 값 0을 가진다. $x(t)$는 $0 < t < 2$일 때 값 1을 가지고 다른 t의 범위에서는 값 0을 가진다. $y(t)$를 $h(t)$와 $x(t)$의 컨벌루션(convolution) 적분 $h(t) * x(t)$으로 정의할 때, $y(1)$의 값은?

① 0

② 1

③ 2

④ 4

정답 3번

간단한 해설

$t = 1$에서 $h(\tau)$와 $x(1 - \tau)$는 모두 $-1 < \tau < 1$에서 1이다. 따라서 컨벌루션 적분은 **높이 1, 폭 2인 영역의 넓이**이므로 $y(1) = 2$이다.

계산 과정

컨벌루션은 한 신호를 시간 반전·이동한 뒤 다른 신호와 곱하여 적분하는 연산이다. 적분 변수를 τ라 하면 $y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau)x(t - \tau)d\tau$이므로, $t = 1$에서는 $h(\tau)$와 $x(1 - \tau)$가 동시에 1인 구간을 구한다.

$h(\tau) = 1$인 조건은 $-1 < \tau < 1$이다. $x(1 - \tau) = 1$이 되려면 $0 < 1 - \tau < 2$이어야 하며, 이를 풀면 역시 $-1 < \tau < 1$이다. 따라서 **두 신호가 겹치는 구간 전체**에서 곱은 1이고, 그 밖에서는 0이다.

적분값은 겹치는 구간의 넓이이므로 $y(1) = \int_{-1}^{1} 1 d\tau = 2$이다. 구간의 폭은 $1 - (-1) = 2$이고 곱의 높이는 1이다. 따라서 구한 값 2는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 두 확률 변수 X, Y의 기댓값에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① $E[X+Y]=E[X]+E[Y]$

② $E[XY]=E[X]E[Y]$

③ X가 항상 양의 값을 가질 때, $E[X] \geq 0$

④ $E[(X-E[X])(Y-E[Y])]=E[XY]-E[X]E[Y]$

정답 2번

간단한 해설

곱의 기댓값은 일반적으로 각 기댓값의 곱과 같지 않다. $E[XY]=E[X]E[Y]$는 **공분산이 0일 때** 성립하며, 두 변수가 독립인 경우가 그 예이다.

선지별 해설

이하에서는 식에 나타난 기댓값이 유한하게 존재한다고 본다.

① O: 기댓값은 확률을 가중치로 한 평균이며, **합의 기댓값은 기댓값의 합**과 같다. 따라서 $E[X+Y]=E[X]+E[Y]$가 성립한다. 이를 기댓값의 선형성이라 하며, 두 변수가 독립일 필요는 없다.

② X: **곱의 기댓값에는 일반적으로 곱셈 분리가 성립하지 않는다**. 두 변수가 독립이면 $E[XY]=E[X]E[Y]$가 성립하지만, 문제에는 독립이라는 조건이 없다. 예를 들어 X가 1과 −1을 각각 1/2의 확률로 갖고 Y가 X와 같은 변수라면, $E[X]=E[Y]=0$이다. 그러나 XY는 항상 1이므로 $E[XY]=1$이고, $E[X]E[Y]=0$과 다르다. 일반적으로는 $E[XY]=E[X]E[Y]+\mathrm{Cov}(X,Y)$이며, 공분산이 0일 때 두 값이 같아진다.

③ O: X가 항상 양의 값을 가지면 그 값들을 확률로 가중평균한 **기댓값도 음수가 될 수 없다**. 기댓값이 유한하게 존재하면 실제로 $E[X]>0$이므로, 이보다 약한 표현인 $E[X]\geq 0$도 성립한다.

④ O: 각 변수에서 그 변수의 평균을 뺀 값들의 곱을 평균한 것이 **공분산**이다. 왼쪽 괄호를 전개하고 기댓값의 선형성을 적용하면, $E[XY]$에서 $E[X]E[Y]$를 두 번 빼고 한 번 더하게 된다. 따라서 결과는 $E[XY]-E[X]E[Y]$이며, 이는 독립 여부와 관계없이 성립하는 공분산의 전개식이다.

NoteBase

문 5. 아날로그 통신 시스템과 디지털 통신 시스템에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 디지털 통신 시스템은 메시지를 채널에 실어서 전송할 때 오직 디지털 파형만을 사용한다.

② 디지털 메시지는 유한한 개수의 심볼로 구성된다.

③ 아날로그 메시지는 연속적인 범위에서 값을 가질 수 있는 데이터로 구성된다.

④ 디지털 통신 시스템은 재생 중계기(regenerative repeater)를 사용하여 통신의 신뢰도를 높일 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

디지털 통신에서도 비트 정보를 **연속적인 반송파에 실어 전송**할 수 있다. 따라서 메시지가 디지털이라는 이유로 전송에 오직 디지털 파형만 사용한다고 볼 수 없다.

선지별 해설

① X: 디지털 통신은 정보를 이산적인 심볼로 표현하지만, 채널에 보내는 파형까지 디지털 파형으로 한정하지는 않는다. 예를 들어 위상 편이 변조(PSK)는 비트 정보에 따라 정현파 반송파의 위상을 달리하여 전송한다. 따라서 '오직 디지털 파형만을 사용한다'는 표현은 **아날로그 파형에 디지털 정보를 실어 전송할 수도 있다**로 고쳐야 한다.

② O: 디지털 메시지는 **유한한 종류의 심볼**을 조합한 열로 표현된다. 이진 메시지는 두 심볼 0과 1을 사용한다. 여기서 유한하다는 것은 사용할 수 있는 심볼의 종류 수를 뜻하며, 메시지 길이가 항상 일정하다는 뜻은 아니다.

③ O: 아날로그 메시지를 이루는 데이터의 값은 **연속적인 범위**에서 변할 수 있다. 예를 들어 음성의 세기를 나타내는 아날로그 신호의 진폭은 미리 정해진 몇 개의 값에만 제한되지 않고 그 사이의 값도 가질 수 있다.

④ O: 재생 중계기는 수신 신호의 심볼을 판정하고 파형과 타이밍을 재생하여 다시 전송한다. 잡음까지 함께 키우는 단순 증폭과 달리, **심볼을 올바르게 판정할 수 있는 범위**에서는 잡음과 왜곡의 누적을 줄여 통신의 신뢰도를 높일 수 있다. 다만 심볼을 잘못 판정하면 그 오류까지 바로잡는 것은 아니다.

NoteBase

문 6. 무선 통신 환경에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① Coherence time과 Doppler spread는 반비례 관계이다.

② Delay spread는 가장 짧은 지연 시간과 가장 긴 지연 시간 간의 차이로 정의된다.

③ 통신 대역이 Coherence bandwidth에 비해 작을 때 주파수 선택적 채널이라고 한다.

④ Coherence bandwidth와 Delay spread는 반비례 관계이다.

정답 3번

간단한 해설

통신 대역이 결맞음 대역폭(Coherence bandwidth)보다 작으면 대역 안의 주파수 성분들이 거의 같은 채널 영향을 받으므로 **평탄 채널**로 본다. 주파수 선택적 채널은 신호 대역 안에서 주파수에 따라 채널 응답이 달라지는 경우이다.

선지별 해설

① O: 결맞음 시간(Coherence time)은 채널 특성이 거의 일정하게 유지되는 시간 범위이고, 도플러 확산(Doppler spread)은 경로별 도플러 주파수 편이의 퍼짐 정도이다. 도플러 확산이 커지면 경로 성분들의 상대적 위상이 더 빨리 변하므로 채널도 빠르게 변한다. 따라서 **도플러 확산이 클수록 결맞음 시간은 짧아진다**.

② O: 다중경로 환경에서는 같은 송신 신호가 서로 다른 길이의 경로를 거쳐 도착하므로 수신 시각에 차이가 생긴다. 선지의 지연 확산(Delay spread)은 유의미한 에너지를 갖는 경로 중 **가장 늦은 도착 시각과 가장 이른 도착 시각의 차이**, 즉 최대 지연 확산을 설명한 것이다. 예를 들어 두 경로의 전파 지연이 각각 2 μs와 5 μs이면 그 차이인 3 μs가 지연 확산이다.

③ X: 결맞음 대역폭은 채널의 주파수 응답이 서로 비슷하게 유지되는 주파수 범위이다. 통신 대역이 이 범위보다 작으면 신호 대역 전체에서 채널의 이득과 위상 응답이 거의 같으므로 **평탄 채널 또는 주파수 비선택적 채널**로 근사한다. 반대로 신호 대역폭이 결맞음 대역폭보다 충분히 크면 대역 안의 주파수 성분들이 서로 다른 감쇠와 위상 변화를 겪으므로 주파수 선택적 채널로 본다.

④ O: 경로 간 지연 차이가 커질수록 주파수가 조금만 달라져도 경로 성분들의 상대적 위상이 크게 달라져 합성된 채널 응답이 달라진다. 따라서 비슷한 주파수 응답을 유지할 수 있는 범위가 좁아져 **지연 확산이 클수록 결맞음 대역폭은 작아진다**. 두 양은 대략적인 반비례 관계이며, 구체적인 비례상수는 채널 특성과 결맞음을 정하는 기준에 따라 달라진다.

NoteBase

문 7. $\Pi(t)$는 $|t| < \frac{1}{2}$일 때는 1의 값을 가지고 다른 t의 범위에서는 0의 값을 가지는 신호이다. 이 신호의 푸리에 변환을 $H(f)$라고 할 때, $H(f) = 0$이 되는 최소 주파수 f는?

① π

② 1

③ 2

④ $\frac{1}{2}$

정답 2번

간단한 해설

폭 1인 직사각 펄스의 푸리에 변환은 $H(f) = \frac{\sin(\pi f)}{\pi f}$이며, **0이 아닌 정수 주파수에서 영점**을 갖는다. 첫 양의 영점은 $f = 1$이다.

계산 과정

주어진 신호는 $-\frac{1}{2} < t < \frac{1}{2}$에서만 값이 1인, 폭 1의 직사각 펄스이다. 일반 주파수 f를 사용하는 푸리에 변환에서는 신호에 $e^{-j2\pi ft}$를 곱해 적분한다. 신호가 0인 구간은 적분에 기여하지 않으므로 $H(f) = \int_{-1/2}^{1/2} e^{-j2\pi ft} dt$이다.

$f \neq 0$에서 적분하면 $H(f) = \frac{e^{j\pi f} - e^{-j\pi f}}{j2\pi f}$이다. 오일러 공식으로 분자를 정리하면 $H(f) = \frac{\sin(\pi f)}{\pi f}$를 얻는다.

$f = 0$에서는 원래 적분이 **펄스의 면적**이 되므로 $H(0) = 1$이다. 따라서 분자의 사인값이 0이더라도 $f = 0$은 영점이 아니다.

$f \neq 0$에서 $H(f) = 0$이 되려면 $\sin(\pi f) = 0$이어야 한다. 따라서 $f = n$이고, n은 0이 아닌 정수이다. 양의 주파수 중 가장 작은 값은 $f = 1$로, ②의 1과 일치한다. 시간 t의 단위가 초이면 이 주파수는 1 Hz이다.

NoteBase

문 8. 디지털 변조 방식 중 대역폭 효율(bandwidth efficiency)이 가장 높은 방식은?

① 16－QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 직교 진폭 변조

② QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 직교 위상 편이 변조

③ OOK(On－Off Keying) 온-오프 변조

④ BPSK(Binary Phase Shift Keying) 이진 위상 천이 변조

정답 1번

간단한 해설

16-QAM은 하나의 심벌에 **4비트**를 담는다. 같은 펄스 성형 조건에서는 심벌당 비트 수가 많을수록 같은 대역폭으로 더 많은 비트를 전송할 수 있으므로 대역폭 효율이 높다.

선지별 해설

대역폭 효율은 사용 대역폭 1 Hz당 전송하는 비트율로, $\eta = \frac{R_b}{B}$이며 단위는 bit/s/Hz이다. 여기서 R_b는 비트율, B는 대역폭이다. M개의 신호 상태를 사용하는 변조는 심벌당 $\log_2 M$비트를 전송한다. 각 방식을 같은 펄스 성형 조건에서 비교하면 대역폭은 심벌률에 비례하므로, **심벌당 비트 수**가 많을수록 대역폭 효율이 높다.

① 16-QAM: 두 직교 반송파의 진폭을 조합하여 16개의 신호 상태를 만든다. 심벌당 **4비트**를 전송하므로, 같은 심벌률과 대역폭에서 QPSK의 2배에 해당하는 비트율을 얻는다.

② QPSK: 네 가지 위상으로 신호를 구별하여 심벌당 **2비트**를 전송한다. 같은 대역폭에서 BPSK나 OOK보다 많은 비트를 전송하지만, 16-QAM보다는 적다.

③ OOK: 반송파의 **있음과 없음**이라는 두 상태로 0과 1을 구별한다. 심벌당 1비트를 전송하므로, 같은 펄스 성형 조건에서 대역폭 효율은 BPSK와 같고 QPSK나 16-QAM보다 낮다.

④ BPSK: **위상이 180° 다른 두 상태**로 신호를 구별하여 심벌당 1비트를 전송한다. 같은 대역폭에서 전송하는 비트 수는 QPSK의 절반, 16-QAM의 1/4이다.

따라서 같은 펄스 성형 조건에서 대역폭 효율은 16-QAM > QPSK > OOK = BPSK 순이며, ①의 16-QAM이 가장 높다.

NoteBase

문 9. 확률변수 X와 $Y = aX + b (a \neq 0)$에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은? (단, a와 b는 상수이고, 모든 변수와 상수는 실수라고 가정한다.)

① $|a| = 1$이면 X와 Y의 분산은 같다.

② $a < -1$이면 Y의 분산이 X의 분산보다 작다.

③ X와 Y의 상관계수(correlation coefficient)는 1 또는 −1이다.

④ $a > 1$일 때 Y의 평균이 X의 평균보다 작을 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

분산은 a의 부호가 아니라 **계수의 제곱**에 따라 변하여 $\mathrm{Var}(Y) = a^2\mathrm{Var}(X)$가 된다. $a < -1$이면 $a^2 > 1$이므로, X의 분산이 양수일 때 Y의 분산은 더 커진다.

선지별 해설

평균과 분산이 유한할 때, $\mu = E[X]$, $\sigma^2 = \mathrm{Var}(X)$라 놓으면 $E[Y] = a\mu + b$이다. 평균에서 벗어난 정도는 $Y - E[Y] = a(X - \mu)$이므로, 이를 제곱하여 평균한 분산은 $\mathrm{Var}(Y) = a^2\sigma^2$가 된다. 상수 b는 분포의 위치만 옮기므로 분산에 영향을 주지 않는다.

① O: $|a| = 1$이면 $a^2 = 1$이므로 $\mathrm{Var}(Y) = \mathrm{Var}(X)$이다. 특히 $a = -1$이어도 평균을 기준으로 값의 방향만 뒤집힐 뿐, **평균에서 떨어진 거리의 제곱**은 변하지 않는다.

② X: $a < -1$이면 $|a| > 1$이고 $a^2 > 1$이다. 따라서 분산이 양수일 때 $\mathrm{Var}(Y) > \mathrm{Var}(X)$이므로, '작다'를 **'크다'**로 고쳐야 한다. 음의 계수는 값의 방향을 뒤집지만, 분산은 계수의 제곱에 비례한다. X의 분산이 0인 경우에도 두 분산은 모두 0이므로 작아지지는 않는다.

③ O: 상관계수가 정의되려면 분산이 유한한 양수여야 한다. 이 조건에서 X와 Y는 **완전한 선형관계**에 있다. 공분산은 $\mathrm{Cov}(X, Y) = a\sigma^2$이고, Y의 표준편차는 $|a|\sigma$이므로 $\rho_{XY} = \frac{a\sigma^2}{\sigma \cdot |a|\sigma} = \frac{a}{|a|}$이다. 따라서 $a > 0$이면 1, $a < 0$이면 −1이다.

④ O: 평균의 차이는 $E[Y] - E[X] = (a - 1)\mu + b$이다. $a > 1$이어도 **상수 b와 원래 평균의 값**에 따라 이 차이가 음수가 될 수 있다. 예를 들어 $a = 2$, $b = -3$, $E[X] = 1$이면 $E[Y] = 2 \cdot 1 - 3 = -1$이므로 Y의 평균이 X의 평균보다 작다.

NoteBase

문 10. 슈퍼헤테로다인(superheterodyne) 수신기에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① TRF(Tuned Radio Frequency) 수신기는 슈퍼헤테로다인 수신기의 영상 주파수(image frequency)에 대한 간섭문제를 해결하기 위해 개발되었다.

② 슈퍼헤테로다인 수신기는 AM(Amplitude Modulation) 수신에서만 사용된다.

③ 슈퍼헤테로다인 수신기는 중심 주파수가 가변인 대역 통과 필터를 통하여 원하는 채널의 신호를 선택한다.

④ 주파수 변환 과정에서 원하지 않는 채널의 스펙트럼이 IF(Intermediate Frequency) 대역에 들어오게 되어 간섭을 유발할 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

혼합기에서는 원하는 신호뿐 아니라 **영상 주파수의 신호도 같은 중간주파수(IF)로 변환**될 수 있다. 두 신호가 IF 대역에서 겹치면 IF 필터만으로 분리할 수 없어 간섭이 발생한다.

선지별 해설

① X: TRF 수신기는 주파수 변환 없이 수신 주파수에서 직접 동조·증폭한 뒤 복조하는 방식으로, **슈퍼헤테로다인 수신기보다 먼저 사용**되었다. 오히려 슈퍼헤테로다인 방식이 TRF 방식의 동조와 선택도 확보의 어려움을 개선했다. TRF에 혼합에 따른 영상 주파수 문제가 없다는 특성과, 그 문제를 해결하려고 TRF가 개발되었다는 주장은 구별해야 한다.

② X: 슈퍼헤테로다인은 수신 신호를 중간주파수로 옮겨 처리하는 수신 구조이므로 **AM뿐 아니라 FM 수신에도 사용**된다. 변조 방식에 맞는 복조기를 사용하면 되며, 주파수 변환 원리 자체가 AM에만 한정되는 것은 아니다.

③ X: 원하는 채널의 정밀한 선택은 **중심 주파수가 고정된 IF 대역 통과 필터**에서 이루어진다. 채널을 바꿀 때는 국부 발진 주파수를 조절하여 원하는 채널을 같은 IF 대역으로 옮긴다. 입력 RF단에 가변 동조 필터를 둘 수는 있지만, 이는 영상 주파수나 대역 밖 신호를 미리 억제하는 역할이며 IF 필터의 중심 주파수를 채널마다 바꾸는 것과는 다르다.

④ O: 차주파수를 이용하는 혼합기에서 IF는 $f_{IF} = |f_{RF} - f_{LO}|$로 정해진다. 여기서 RF는 입력 신호, LO는 국부 발진 신호를 뜻한다. 국부 발진 주파수의 양쪽에서 같은 거리만큼 떨어진 두 입력 신호가 같은 IF로 변환될 수 있으며, 원하지 않는 쪽의 신호가 영상 주파수 간섭을 일으킨다. 가령 국부 발진 주파수가 100 MHz이면 원하는 90 MHz 신호와 원하지 않는 110 MHz 신호가 모두 10 MHz로 변환된다. 이 경우 IF 필터만으로 두 신호를 구별할 수 없으므로 **주파수 변환 전에 영상 주파수 신호를 억제**해야 한다.

NoteBase

문 11. 시스템을 분류하는 특성에는 시불변성, 선형성, 인과성, 안정성 등이 있다. 이 4가지 특성에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 안정 시스템(stable system)에서는 유한한 크기의 입력에 대하여 출력이 발산하는 경우가 있다.

② 시스템이 동작하는 시점에 상관없이 항상 같은 출력을 발생시키는 시스템을 시불변(time-invariant) 시스템이라고 한다.

③ 비인과 시스템(noncausal system)은 실시간으로 동작하는 시스템에서 구현이 불가능하다.

④ 시스템의 입력과 출력 사이에 중첩의 성질(superposition property)이 성립하면 선형 시스템(linear system)이라고 한다.

정답 1번

간단한 해설

안정 시스템은 **유계 입력에 대해 항상 유계 출력**을 내는 시스템이다. 따라서 입력의 크기가 일정한 유한 범위 안에 있는데 출력이 무한히 커지는 경우가 있다면 안정 시스템이 아니다.

선지별 해설

① X: 여기서 안정성은 유계입력·유계출력(BIBO) 안정성을 뜻한다. 유계 입력은 모든 시점에서 신호의 크기가 어떤 유한한 상한을 넘지 않는 입력이다. 안정 시스템에서는 이러한 모든 입력에 대해 **출력의 크기도 유한한 범위 안에 머물러야 한다**. 따라서 선지의 '출력이 발산하는 경우가 있다'는 '출력이 항상 유계이다'로 고쳐야 한다.

② O: 시불변성은 **입력의 시간 이동만큼 출력도 동일하게 시간 이동**하는 성질이다. 같은 입력 파형을 나중에 가해도 출력 파형의 모양은 같고 발생 시점만 그만큼 늦어진다. 선지의 '항상 같은 출력'은 같은 입력에 대한 응답 특성이 동작 시점에 따라 달라지지 않는다는 뜻이며, 출력값이 시간 내내 일정하다는 뜻은 아니다.

③ O: 비인과 시스템은 현재 출력을 결정할 때 **미래의 입력값이 필요**한 시스템이다. 실시간으로 들어오는 입력의 미래 값은 현재 알 수 없으므로, 그 입력·출력 관계를 그대로 실시간에 구현할 수 없다. 다만 전체 입력을 미리 확보한 뒤 처리하는 경우에는 비인과 연산도 가능하다.

④ O: 중첩의 성질은 **가산성과 동차성**이 함께 성립한다는 뜻이다. 두 입력을 더해 가했을 때의 출력은 각 입력에 대한 출력을 더한 것과 같고, 입력을 상수배하면 출력도 같은 상수배가 된다. 이처럼 입력의 선형 결합이 출력의 동일한 선형 결합으로 이어지는 시스템이 선형 시스템이다.

NoteBase

문 12. Wide-Sense Stationary (WSS) 신호 $x(t)$의 전력 스펙트럼 밀도 $S_{xx}(f)$에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① $S_{xx}(f)$는 $x(t)$의 자기상관(autocorrelation) 함수의 푸리에 변환이다.

② $S_{xx}(f)$는 항상 실수이다.

③ $S_{xx}(f)$는 우함수(even function), 즉 $S_{xx}(-f) = S_{xx}(f)$이다.

④ $S_{xx}(f)$가 0보다 작은 f가 존재한다.

정답 4번

간단한 해설

전력 스펙트럼 밀도는 주파수별 평균 전력의 분포를 나타내므로 **음수가 될 수 없다**. 모든 주파수에서 $S_{xx}(f) \geq 0$이며, 전력이 없는 주파수에서는 0이 될 수 있다.

선지별 해설

① O: WSS 신호의 자기상관 함수 $R_{xx}(\tau)$와 전력 스펙트럼 밀도는 **푸리에 변환 쌍**이다. 즉, $S_{xx}(f) = \mathcal{F}\{R_{xx}(\tau)\}$이다. 시간 간격에 따른 상관관계를 주파수 영역으로 바꾸면 주파수별 전력 분포를 얻으며, 이를 위너–힌친 정리라고 한다.

② O: 자기상관 함수는 $R_{xx}(-\tau) = R_{xx}^{*}(\tau)$라는 켤레대칭성을 가진다. 여기서 별표는 복소켤레를 뜻한다. 켤레대칭 함수의 푸리에 변환은 실수이므로, 전력 스펙트럼 밀도도 **항상 실수**이다.

③ O: **실수값 WSS 신호를 전제로 하면** 자기상관 함수가 실수인 우함수이므로 그 푸리에 변환도 우함수이다. 따라서 $S_{xx}(-f) = S_{xx}(f)$이며, 양의 주파수와 음의 주파수에서 전력 분포가 대칭이다. 다만 복소값 WSS 신호의 전력 스펙트럼 밀도는 실수이고 음수가 아니지만, 반드시 우함수인 것은 아니다.

④ X: 전력 스펙트럼 밀도는 주파수 성분의 **크기 제곱을 바탕으로 정의되는 비음수량**이다. 따라서 모든 주파수에서 $S_{xx}(f) \geq 0$이며, 0보다 작은 값을 갖는 주파수는 존재하지 않는다. 선지의 설명은 전력 스펙트럼 밀도가 0이거나 양수라는 내용으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 13. 송신 안테나가 3개, 수신 안테나가 2개인 다중 안테나 시스템에서 얻을 수 있는 최대 다이버시티 이득은?

① 2

② 3

③ 5

④ 6

정답 4번

간단한 해설

독립적으로 페이딩하는 송수신 안테나 쌍을 모두 활용하면 최대 다이버시티 이득은 **송신 안테나 수와 수신 안테나 수의 곱**이다. 따라서 3 × 2 = 6의 다이버시티 차수를 얻는다.

계산 과정

다이버시티는 같은 정보를 서로 다른 채널로 전달하여 일부 채널의 신호가 약해져도 통신의 신뢰성을 높이는 방식이다. 최대 다이버시티 이득은 **송수신 안테나 쌍의 채널이 독립적으로 페이딩하고 이를 모두 활용하는 경우**를 기준으로 한다.

송신 안테나 수를 N_t, 수신 안테나 수를 N_r라 하면, 각 송신 안테나에서 수신 안테나 각각으로 채널이 형성되므로 최대 다이버시티 이득은 $d_{\max} = N_t \cdot N_r$이다. 이 문제에서는 $N_t = 3, N_r = 2$이므로 $3 \times 2 = 6$개의 독립 채널을 활용할 수 있다.

따라서 최대 다이버시티 이득은 6이며, ④의 값과 일치한다. 여기서 6은 단위가 없는 다이버시티 차수이다.

NoteBase

문 14. M-PSK(Phase Shift Keying)에서 두 심볼 간 최소 거리로 가장 옳은 것은? (단, 각 심볼은 복소평면에서 반지름 A인 원에 등간격으로 놓인다고 가정하고, A > 0이다.)

① $A\sqrt{1-\cos\frac{2\pi}{M}}$
② $\sqrt{2}A\sqrt{1-\cos\frac{2\pi}{M}}$
③ $\sqrt{2}A\sqrt{1-\sin\frac{2\pi}{M}}$
④ $A\sqrt{1-\sin\frac{2\pi}{M}}$

정답 2번

간단한 해설

최소 거리는 원 위에서 **서로 이웃한 두 심볼을 잇는 현의 길이**이다. 두 반지름 사이의 각이 $2\pi/M$이므로 코사인 법칙을 적용하면 $d_{\min}=\sqrt{2}A\sqrt{1-\cos\frac{2\pi}{M}}$ 이다.

공통 해설

M-PSK의 M개 심볼은 반지름 A인 원에 등간격으로 놓이므로, 이웃한 심볼 사이의 위상차는 $\Delta\theta=\frac{2\pi}{M}$이다. 심볼 간 거리는 복소평면에서 두 점을 잇는 직선거리이며, **서로 이웃한 두 점 사이에서 최소**가 된다.

원의 중심과 이웃한 두 심볼을 연결하면 두 변의 길이가 A이고 끼인각이 $2\pi/M$인 이등변삼각형이 된다. 두 심볼을 잇는 변에 코사인 법칙을 적용하면 $d_{\min}^2=A^2+A^2-2A^2\cos\frac{2\pi}{M}$이다. 이를 묶으면 $d_{\min}^2=2A^2\left(1-\cos\frac{2\pi}{M}\right)$ 이다.

A > 0이고 거리는 음수가 아니므로 양의 제곱근을 취해 $d_{\min}=\sqrt{2}A\sqrt{1-\cos\frac{2\pi}{M}}$를 얻는다. 따라서 두 반지름으로 이루어진 삼각형의 거리식에는 **끼인각의 코사인**이 들어가며, 제곱근 밖의 계수에는 $\sqrt{2}$가 필요하다.

NoteBase

문 15. 3개의 동전을 던지는 실험에서 사건 A는 3개의 동전 중 최소한 1개가 앞면이 나오는 경우라고 하고, 사건 B는 3개가 모두 같은 면이 나오는 경우라고 할 때, 아래 <보기>에서 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>

ㄱ. $P(A) = \frac{7}{8}$

ㄴ. $P(B) = \frac{1}{8}$

ㄷ. $P(A)$와 $P(B)$는 서로 독립이다.

ㄹ. $P(A \mid B) = \frac{1}{2}$

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄹ

④ ㄱ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

간단한 해설

세 동전이 모두 같은 면인 경우는 모두 앞면과 모두 뒷면의 두 가지이다. 이 중 앞면이 하나 이상인 것은 **모두 앞면인 경우뿐**이므로 $P(A \mid B) = \frac{1}{2}$이다.

NoteBase

보기별 해설

통상적인 동전 던지기 모형에 따라 각 동전의 앞면과 뒷면 확률은 같고, 동전들의 결과는 서로 독립이라고 가정한다. 세 동전을 구별하면 가능한 결과는 $2^3 = 8$가지이고, 각 결과의 확률은 $\frac{1}{8}$이다.

ㄱ. O: '최소한 1개가 앞면'의 **여사건은 세 동전이 모두 뒷면인 경우**이다. 모두 뒷면인 결과는 1가지이므로 $P(A) = 1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$이다.

ㄴ. X: 세 동전이 모두 같은 면이려면 **모두 앞면이거나 모두 뒷면**이어야 한다. 해당 결과는 2가지이므로 $P(B) = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$이다. 따라서 보기의 $\frac{1}{8}$은 $\frac{1}{4}$로 고쳐야 한다.

ㄷ. X: 두 사건이 독립이려면 $P(A \cap B) = P(A)P(B)$가 성립해야 한다. A와 B가 동시에 일어나는 것은 세 동전이 모두 앞면인 경우이므로 $P(A \cap B) = \frac{1}{8}$이다. 반면 $P(A)P(B) = \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{4} = \frac{7}{32}$이므로 두 값이 다르다. 따라서 **사건 A와 B는 서로 독립이 아니다**.

ㄹ. O: 조건부확률은 **B가 일어난 경우로 범위를 제한**하여 그중 A도 일어나는 비율을 구한다. B에 해당하는 모두 앞면과 모두 뒷면은 같은 확률로 발생하고, 이 중 A에도 해당하는 것은 모두 앞면뿐이다. 따라서 $P(A \mid B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$에 대입하면 $\frac{1/8}{1/4} = \frac{1}{2}$이다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄹ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 16. 어떤 (5, 2) 부호가 부호 워드 $C = \{00000, 10100, 01111, 11011\}$를 가진다고 할 때, 이 부호의 최소 해밍 거리(Hamming distance)는?

① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 3번

간단한 해설

해밍 거리는 두 부호어에서 **같은 위치의 비트가 서로 다른 개수**이다. 00000과 10100은 두 위치에서 다르고, 나머지 부호어 쌍에도 이보다 작은 거리가 없으므로 최소 해밍 거리는 2이다.

계산 과정

해밍 거리는 길이가 같은 두 부호어를 자리별로 비교하여 **비트가 다른 위치의 개수**를 센 값이다. 최소 해밍 거리는 서로 다른 부호어 쌍의 해밍 거리 중 가장 작은 값이다. 주어진 네 부호어는 모두 5비트이므로 각 쌍의 다섯 자리를 비교한다.

00000과 나머지 부호어의 거리: 00000과 비교하면 상대 부호어에서 1인 위치만 다르다. 따라서 10100과의 거리는 2, 01111과의 거리는 4, 11011과의 거리는 4이다. 예를 들어 10100은 왼쪽에서 첫째와 셋째 비트가 00000과 다르다.

나머지 부호어끼리의 거리: 10100과 01111은 첫째·둘째·넷째·다섯째 위치가 달라 거리가 4이다. 10100과 11011은 둘째·셋째·넷째·다섯째 위치가 달라 거리가 4이다. 01111과 11011은 첫째·셋째 위치가 달라 거리가 2이다.

네 부호어에서 중복 없이 고른 여섯 쌍의 거리는 2, 4, 4, 4, 4, 2이다. 따라서 최소 해밍 거리는 $d_{\min} = \min\{2, 4, 4, 4, 4, 2\} = 2$이며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. CDMA에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 간섭 신호가 가우시안 잡음과 유사한 성질을 갖도록 설계한다.

② 망 가장자리에 위치한 사용자가 다수의 기지국으로부터 신호를 전달받는 소프트 핸드오프가 가능하다.

③ 각 사용자가 서로 겹치는 시간 영역을 사용한다.

④ 각 사용자가 서로 겹치지 않는 주파수 영역을 사용한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '서로 겹치지 않는 주파수 영역'은 **FDMA**의 특성이다. CDMA는 여러 사용자가 **같은 시간과 주파수 대역을 공유**하면서 서로 다른 확산 코드로 신호를 구분한다.

선지별 해설

① O: CDMA는 사용자 간 상호상관이 작도록 확산 코드를 설계하여 다른 사용자의 신호가 잡음처럼 작용하게 한다. 다수 사용자의 간섭 성분이 합쳐지면 **가우시안 잡음으로 근사**할 수 있다. 이는 간섭을 완전히 제거한다는 뜻은 아니다.

② O: 인접 기지국이 같은 주파수 대역을 사용할 수 있으므로, 셀 경계의 단말은 여러 기지국과 동시에 연결되어 신호를 받을 수 있다. 기존 기지국과의 연결을 끊기 전에 **새 기지국과의 연결을 먼저 설정**하는 방식이 소프트 핸드오프이다.

③ O: CDMA에서는 여러 사용자가 **같은 시간에 전송**할 수 있다. 수신기는 원하는 사용자의 확산 코드와 수신 신호의 상관관계를 이용해 해당 사용자의 신호를 분리하므로, 사용자마다 전송 시간을 겹치지 않게 나눌 필요가 없다.

④ X: 사용자마다 서로 겹치지 않는 주파수 대역을 할당하는 것은 **주파수 분할 다중 접속(FDMA)**이다. CDMA는 사용자들이 같은 주파수 대역을 공유하고, 주파수 대역 대신 서로 다른 확산 코드로 사용자를 구분한다.

NoteBase

문 18. 무선통신 대역의 전파 특성에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① VLF : 안테나끼리 직접전파 되거나, 지구표면으로 반사되어 오게끔 대류권 상층을 향해 전송되는 방식을 사용

② HF : 지표의 굴곡을 따라 퍼지며 전파거리는 신호의 전력량에 비례

③ SHF : 대기의 굴절을 이용하지 않고 위성에 의한 중계를 이용

④ EHF : 대류권과 전리층의 밀도차를 이용하여 낮은 출력으로 원거리 전파와 무선파의 속도를 높이는 방식을 사용

정답 3번

간단한 해설

SHF 대역은 **위성과 지상국 사이의 가시선 경로**를 이용하는 위성통신에 쓰인다. 위성이 신호를 받아 다시 보내므로 대기의 굴절을 장거리 전달 수단으로 삼지 않고도 먼 지역을 연결할 수 있다.

선지별 해설

① X: VLF는 3–30 kHz의 초장파 대역이다. 대표적인 장거리 전파 방식은 **지표면과 전리층 하부 사이의 도파관 전파**이며, 지표를 따라 진행하는 지표파도 이용된다. 안테나 사이의 직접파나 지표 반사파, 대류권 상층을 향한 전송을 VLF의 대표적인 전파 방식으로 설명한 것은 적절하지 않다.

② X: HF는 3–30 MHz의 단파 대역으로, 장거리 통신에는 주로 **전리층에서 굴절되어 지상으로 돌아오는 공간파**를 이용한다. 지표의 굴곡을 따라 퍼지는 것은 지표파의 설명이며, HF의 대표적인 장거리 전파 특성과 구별해야 한다. 또한 통신거리는 송신전력뿐 아니라 주파수, 전리층 상태, 안테나와 수신 조건 등에 좌우되므로 신호의 전력량에 단순 비례한다고 할 수 없다.

③ O: SHF는 3–30 GHz의 마이크로파 대역으로, 전리층 반사에 의존하지 않는 **위성 중계 통신**에 이용된다. 지상국이 위성으로 신호를 보내면 위성이 이를 수신하여 다른 지상국으로 다시 보내므로, 지상에서 직접 보이지 않는 먼 지역도 연결할 수 있다. 선지의 '대기의 굴절을 이용하지 않고'는 대기의 굴절을 장거리 전달 수단으로 삼지 않는다는 의미이다. 실제 SHF 신호도 대기를 지날 때 굴절이나 감쇠의 영향을 받을 수 있다.

④ X: EHF는 30–300 GHz의 밀리미터파 대역으로, 주로 가시선 경로를 이용하며 대기 기체의 흡수와 강우에 의한 감쇠를 고려해야 한다. 대류권과 전리층의 밀도차를 이용하여 낮은 출력으로 원거리 전파를 실현하는 방식이 아니다. 또한 **주파수가 높다고 전파 속도가 빨라지는 것은 아니다**. 진공에서 전파는 주파수에 관계없이 빛의 속도로 진행한다.

NoteBase

문 19. IPv6에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① IPv4만을 지원하는 라우터와 IPv6를 지원하는 라우터는 공존할 수 없다.

② IPv4에 비해 주소 공간이 넓다.

③ IPv4에 비해 헤더가 간단하다. 즉, 필드의 종류가 적다.

④ 플로우 라벨(flow label)을 이용한 서비스 품질 차별화를 가능하게 한다.

정답 1번

간단한 해설

IPv4 전용 라우터와 IPv6 지원 라우터는 **듀얼 스택이나 터널링을 이용해 공존할 수 있다**. IPv4 전용 구간도 IPv6 패킷을 IPv4 패킷 안에 넣어 전달하는 터널링으로 통과할 수 있다.

선지별 해설

① X: IPv4 전용 라우터와 IPv6 지원 라우터는 **전환 기술을 이용해 공존할 수 있다**. 듀얼 스택 라우터는 IPv4와 IPv6를 모두 구현하여 상대 장비가 지원하는 방식으로 패킷을 주고받는다. 터널링은 IPv6 패킷을 IPv4 패킷 안에 넣어 IPv4 전용 라우터가 있는 구간을 통과시킨 뒤, 터널 끝에서 원래 IPv6 패킷을 꺼내는 방식이다. IPv4 전용 라우터가 IPv6 패킷을 직접 처리하지 못한다는 것이 두 종류의 라우터가 공존할 수 없다는 뜻은 아니다.

② O: IPv4 주소는 32비트이고 IPv6 주소는 **128비트**이다. 주소를 표현하는 비트 수가 늘어나므로 IPv6는 IPv4보다 훨씬 많은 주소를 표현할 수 있다.

③ O: IPv6는 IPv4의 헤더 체크섬 등 일부 필드를 없애고, 단편화 정보 등은 필요한 경우 확장 헤더에 두어 **기본 헤더의 필드 구성을 단순화**하였다. 여기서 간단하다는 것은 길이가 짧다는 뜻이 아니다. IPv6 기본 헤더는 40바이트로 고정되어 있으며, IPv4의 최소 헤더 길이인 20바이트보다 길다.

④ O: 플로우 라벨은 출발지·목적지 주소와 함께 사용하여 **같은 흐름에 속하는 패킷을 식별**하는 데 쓰인다. 라우터는 이를 흐름별 처리 정책과 결합하여 서비스 품질을 차별화하는 데 활용할 수 있다. 다만 라벨을 붙이는 것만으로 대역폭이나 지연이 자동으로 보장되는 것은 아니며, 실제 품질 차별화에는 네트워크의 처리 정책과 자원 관리가 필요하다.

NoteBase

문 20. 미국 통계분석사이트인 '파이브서티에이트'에서는 2018년 러시아 월드컵의 경기분석에서 한국의 멕시코전 승리 가능성은 19%, 패배 가능성은 55%, 무승부 가능성은 26%로 예측했다. 이 모든 결과에 대한 정보량의 평균값으로 가장 옳은 것은? (단, $\log_2 0.19 = -2.39,\ \log_2 0.55 = -0.86,\ \log_2 0.26 = -1.94$**이다.)**

① $H = 0.4541$ bits/source output

② $H = -0.766$ bits/source output

③ $H = 3.176$ bits/source output

④ $H = 1.432$ bits/source output

정답 4번

간단한 해설

각 결과의 정보량을 **발생 확률로 가중평균**한 값이 엔트로피이다. 주어진 로그값으로 계산하면 경기 결과 한 번당 평균 정보량은 약 1.432 bits/source output이다.

계산 과정

승리·패배·무승부의 확률은 각각 0.19, 0.55, 0.26이며, 합은 1이다. 이 세 결과를 정보원의 가능한 출력으로 보고, 결과 한 번당 정보량의 평균을 구한다.

발생 확률이 p_i인 결과의 정보량은 $I_i = -\log_2 p_i$이다. 밑이 2이므로 단위는 bit이며, **확률이 작을수록 정보량이 크다**. 주어진 로그값에 음의 부호를 붙이면 승리의 정보량은 2.39 bit, 패배는 0.86 bit, 무승부는 1.94 bit이다.

평균 정보량인 엔트로피는 $H = \sum_{i=1}^{3} p_i I_i$로 구한다. 세 정보량을 똑같이 평균하는 것이 아니라 **각 정보량에 해당 결과의 확률을 곱해 합한다**. 승리의 기여분은 $0.19 \times 2.39 = 0.4541$, 패배는 $0.55 \times 0.86 = 0.4730$, 무승부는 $0.26 \times 1.94 = 0.5044$이다.

이를 더하면 $H = 0.4541 + 0.4730 + 0.5044 = 1.4315$ bits/source output이다. 소수 셋째 자리까지 반올림하면 1.432 bits/source output으로, ④의 값과 일치한다. 이는 경기 결과 한 번이 제공하는 평균 정보량을 뜻한다.

NoteBase