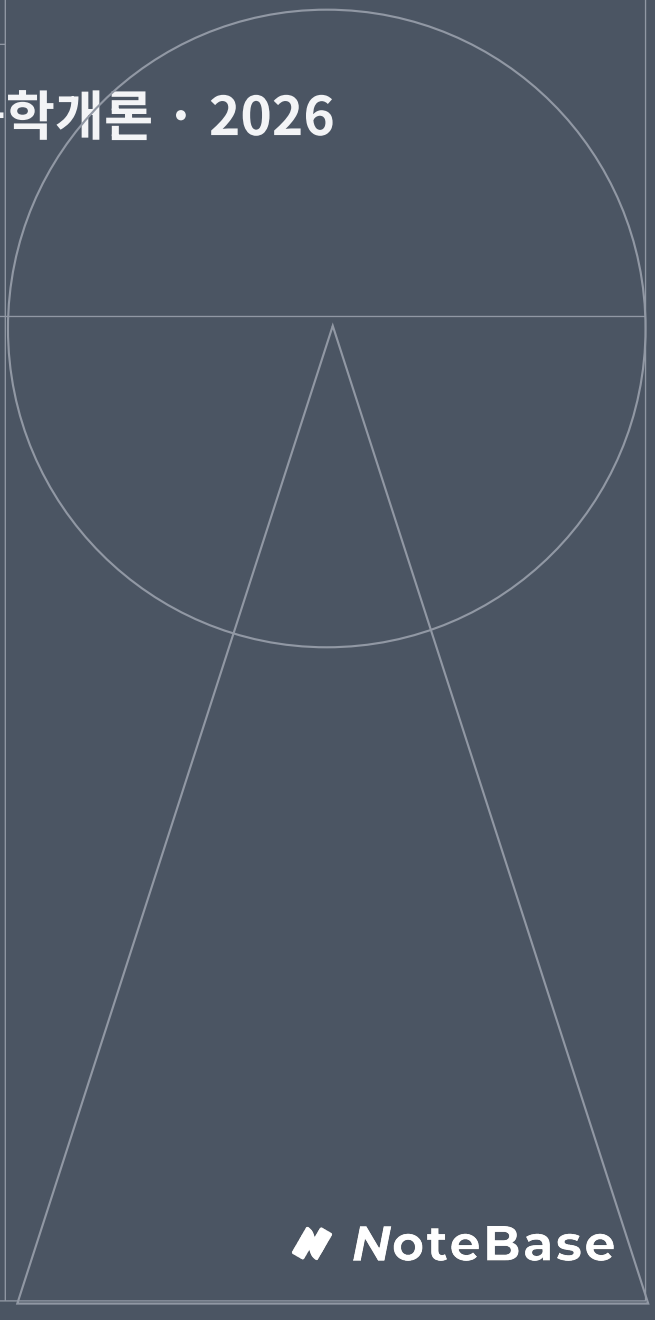
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 무선공학개론 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 무선공학개론 · 2026

공무원/국가직/9급 · 무선공학개론 · 2026

문 1. 푸리에 변환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① sinc 함수의 푸리에 변환은 사각파 함수 모양을 갖는다.

② 임펄스 함수 δ(t)의 푸리에 변환은 1이다.

③ 코사인 함수의 푸리에 변환은 사인 함수 모양을 갖는다.

④ 주기 임펄스 함수의 푸리에 변환은 주기 임펄스 함수 모양을 갖는다.

정답 3번

간단한 해설

코사인 함수의 푸리에 변환은 사인파가 아니라, **양·음의 두 주파수에 놓인 임펄스**이다. 하나의 코사인파는 서로 반대 방향의 두 복소지수 성분으로 분해된다.

선지별 해설

① O: sinc 함수의 푸리에 변환은 **직사각형 모양의 스펙트럼**이다. 특정 주파수 대역 안에서는 값이 일정하고 대역 밖에서는 0이 된다. sinc 함수의 정의와 시간축 배율에 따라 직사각형의 폭과 높이는 달라진다.

② O: 임펄스 함수 $\delta(t)$의 푸리에 변환은 모든 주파수에서 1이다. 임펄스의 추출 성질에 따라 푸리에 변환 적분에서는 시간 0에서의 복소지수 값만 남으며, 그 값이 1이기 때문이다. 시간 영역의 순간적인 임펄스는 **모든 주파수에 걸쳐 일정한 스펙트럼**을 갖는다.

③ X: 코사인 함수의 푸리에 변환은 사인 함수 모양이 아니라 **서로 대칭인 두 임펄스**이다. 주파수가 $f_0 > 0$이고 진폭이 1인 코사인파 $\cos(2\pi f_0 t)$는 양·음의 주파수를 갖는 두 복소지수 성분으로 분해된다. 따라서 주파수 $f = f_0$와 $f = -f_0$에 각각 가중치 1/2인 임펄스가 나타난다.

④ O: 동일한 크기의 임펄스가 일정한 시간 간격으로 반복되는 주기 임펄스열은 푸리에 변환 후에도 주기 임펄스열이 된다. 시간 영역의 반복 주기가 T이면 주파수 영역의 임펄스 간격은 **주기의 역수**인 $1/T$이다. 시간 영역에서 주기적으로 반복되는 성질이 주파수 영역에서 일정한 간격의 선 스펙트럼으로 나타난다.

NoteBase

문 2. 동일한 기저대역 정보신호를 아날로그 변조할 때 변조된 신호의 대역폭이 가장 좁은 방식은?

① DSB-SC(double sideband-suppressed carrier)

② DSB-TC(double sideband-transmitted carrier)

③ SSB(single sideband)

④ 협대역 FM(narrow band frequency modulation)

정답 3번

간단한 해설

SSB는 같은 정보를 담은 두 측파대 중 **한쪽 측파대만 전송**하므로, 필요한 대역폭이 기저대역 정보신호의 대역폭과 같다.

선지별 해설

기저대역 정보신호의 최고 주파수를 W, 반송파 주파수를 f_c라 하자. 변조로 반송파보다 높은 쪽에 생기는 주파수 성분을 상측파대, 낮은 쪽에 생기는 성분을 하측파대라고 한다. 동일한 정보신호를 사용하므로 각 방식에서 W는 같다.

① DSB-SC: 반송파를 억압하지만 **상측파대와 하측파대를 모두 전송**한다. 신호가 차지하는 범위는 $f_c - W$부터 $f_c + W$까지이므로 대역폭은 $B = 2W$이다. 반송파를 없애도 양쪽 측파대의 바깥 경계는 그대로이므로 대역폭은 줄지 않는다.

② DSB-TC: 양쪽 측파대와 함께 반송파도 전송한다. 반송파는 두 측파대 사이의 f_c에 있으므로, 반송파를 추가해도 주파수 범위가 바깥으로 넓어지지는 않는다. 따라서 대역폭은 DSB-SC와 같은 $B = 2W$이다.

③ SSB: 상측파대와 하측파대 중 **한쪽만 전송**한다. 두 측파대는 동일한 정보신호를 담고 있으므로 한쪽만으로도 정보를 전달할 수 있다. 상측파대를 보내면 주파수 범위는 f_c부터 $f_c + W$까지이고, 하측파대를 보내면 $f_c - W$부터 f_c까지이므로 어느 쪽이든 대역폭은 $B = W$이다.

④ 협대역 FM: 위상 편이가 충분히 작아 고차 성분을 무시할 수 있는 근사에서는 반송파와 양쪽 측파대가 주요 성분으로 남는다. 따라서 대역폭은 **약 2W**이다. 여기서 협대역이라는 말은 광대역 FM보다 좁다는 뜻이며, 한쪽 측파대만 전송하는 SSB보다 좁다는 뜻은 아니다.

따라서 같은 기저대역 정보신호를 변조할 때 SSB의 대역폭 W가 나머지 방식의 2W 또는 약 2W보다 좁다.

NoteBase

문 3. 마이크로파에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비, 눈, 안개 등 기상조건에 따라 감쇠될 수 있다.

② 단파에 비하여 고지향성을 갖는 안테나의 소형화에 유리하다.

③ 마이크로파 응용 분야로는 위성통신, 레이더 등이 있다.

④ 자유공간 경로 손실은 주파수가 낮을수록 증가하는 경향이 있다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '주파수가 낮을수록 증가'는 반대로 서술한 것이다. 송수신 거리가 같을 때 자유공간 경로 손실은 **주파수가 높을수록 증가**한다.

선지별 해설

① O: 비·눈·안개를 이루는 물방울이나 얼음 입자는 마이크로파를 **흡수하거나 산란**시켜 수신 신호를 약하게 할 수 있다. 감쇠의 정도는 주파수와 강수량, 입자의 수분 함량 등에 따라 달라지므로 모든 기상조건에서 같은 크기로 감쇠하는 것은 아니다.

② O: 마이크로파는 단파보다 파장이 짧다. 파라볼라 안테나처럼 개구면을 이용하는 안테나는 파장에 비해 개구면이 클수록 전파를 좁은 방향으로 모으기 쉽다. 따라서 **같은 지향성을 얻는 데 필요한 안테나 크기를 줄이기**에 유리하다.

③ O: 마이크로파는 좁은 빔을 형성하기 쉬워 위성과 지상국 사이의 통신에 이용된다. 레이더에서는 마이크로파를 목표물에 보내고 **반사되어 돌아온 신호**를 분석하여 목표물의 거리나 방향 등을 알아낸다.

④ X: 자유공간 경로 손실은 등방성 안테나 사이에서 전파가 공간으로 퍼짐에 따라 생기는 전달 손실이다. 그 값은 $L = 20\log_{10}\left(\frac{4\pi df}{c}\right)$ dB로 나타낸다. 여기서 d는 송수신 거리(m), f는 주파수(Hz), c는 빛의 속도(m/s)이다. **거리가 일정하면 주파수가 높을수록 손실이 커지므로**, 선지의 '주파수가 낮을수록'은 '주파수가 높을수록'으로 고쳐야 한다. 이 손실은 비나 안개에 의한 추가 감쇠와 구별된다.

NoteBase

문 4. 신호의 전력이 10 [dB] 증가한다는 의미는?

① 신호의 전력이 변함없다.

② 신호의 전력이 2배가 된다.

③ 신호의 전력이 5배가 된다.

④ 신호의 전력이 10배가 된다.

정답 4번

간단한 해설

전력의 dB 변화량은 전력비의 상용로그에 10을 곱한 값이다. 따라서 10 dB 증가는 **전력이 기존의 10배가 됨**을 뜻한다.

계산 과정

증가 전 전력을 P_1, 증가 후 전력을 P_2라 하자. 두 전력을 같은 단위로 나타내면 전력비는 단위가 없는 값이며, 전력의 dB 변화량은 $10\log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$이다. 여기서는 **전력의 비**를 다루므로 상용로그에 10을 곱한다.

변화량이 +10 dB이므로 $10\log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10$이다. 양변을 10으로 나누면 $\log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 1$이고, 로그를 풀면 $\frac{P_2}{P_1} = 10^1 = 10$이다.

전력비 10은 증가 후 전력이 증가 전 전력의 10배라는 뜻이다. 이는 ④의 '신호의 전력이 10배가 된다'와 일치한다.

NoteBase

문 5. 다음 중 전리층에서 반사되는 특성을 이용하는 통신에 가장 적합한 주파수 대역은?

① HF(high frequency)

② VHF(very high frequency)

③ UHF(ultra high frequency)

④ SHF(super high frequency)

정답 1번

간단한 해설

HF(3~30 MHz)는 전리층에서 전파가 굴절되어 지상으로 되돌아오는 성질을 이용해 먼 거리까지 통신할 수 있다. VHF 이상의 대역은 보통 전리층을 통과하므로, 전리층 반사를 이용하는 통신에는 HF가 가장 적합하다.

선지별 해설

비교 기준은 '전리층에서 전파가 지상으로 되돌아와 장거리 통신에 이용되는가'이다. 전리층 반사는 금속판에서의 반사와 달리, 전리층의 전자밀도 변화에 따라 전파의 진행 방향이 굽어 지상으로 돌아오는 현상을 가리킨다.

① HF(3~30 MHz): 단파 대역으로, **전리층을 거쳐 지상으로 되돌아오는 공간파**를 이용한 장거리 통신에 적합하다. 지구 곡률 때문에 직접 보이지 않는 먼 지점에도 전파를 전달할 수 있다. 다만 모든 HF 전파가 항상 되돌아오는 것은 아니며, 전리층의 상태와 입사각에 맞는 주파수를 선택해야 한다.

② VHF(30~300 MHz): 초단파 대역으로, 일반적인 전리층 상태에서는 전파가 지상으로 되돌아오기보다 **전리층을 통과**하며 주로 가시거리 통신에 쓰인다. 특수한 전리층 조건에서 원거리 전파가 일어날 수 있지만, 전리층 반사를 이용하는 대표적인 대역은 HF이다.

③ UHF(300 MHz~3 GHz): 극초단파 대역으로, 보통 전리층을 통과하므로 전리층 반사를 이용한 장거리 통신에 적합하지 않다. 지상에서는 주로 **직접파를 이용하는 가시거리 통신**에 쓰이며, 전리층을 통과하는 성질은 위성통신에도 이용된다.

④ SHF(3~30 GHz): 센티미터파 대역으로, 전리층에서 지상으로 되돌아오기보다 통과하는 성질이 강하다. 따라서 전리층 반사 통신보다 **가시거리 마이크로파 통신과 위성통신**에 적합하다.

네 대역 중 전리층을 거쳐 지상으로 되돌아오는 전파를 장거리 통신에 대표적으로 이용하는 것은 ① HF이다.

NoteBase

문 6. 잔류대역폭이 메시지 대역폭의 25%인 VSB(vestigial sideband) 변조 방식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 측파대 성형필터(VSB-shaping filter)를 사용한다.

② 직류성분이 없을 때만 사용이 가능하다.

③ DSB 방식보다 더 좁은 대역폭이 사용된다.

④ 텔레비전 신호를 전송하기에 알맞다.

정답 2번

간단한 해설

VSB는 메시지에 **직류성분이 있어도 사용할 수 있다**. 반송파 부근에 잔류 측파대를 남겨 직류 및 저주파 성분을 보존하면서 전송 대역폭을 줄일 수 있다.

선지별 해설

① O: VSB는 한쪽 측파대를 주로 전송하면서 다른 쪽 측파대의 일부를 남기는 방식이다. 이를 위해 **측파대 성형필터**로 불필요한 측파대 부분을 억제하고, 반송파 부근에는 잔류 측파대가 남도록 주파수 특성을 조절한다.

② X: 메시지의 직류성분은 변조하면 반송파 주파수의 성분으로 옮겨진다. VSB는 이 부근을 완전히 제거하지 않으므로, 적절한 성형필터와 복조를 통해 **직류성분이 있는 메시지도 전송**할 수 있다. 따라서 직류성분이 없을 때만 사용할 수 있다는 제한은 성립하지 않는다.

③ O: 메시지 대역폭을 W라 하면 DSB는 양쪽 측파대를 모두 전송하므로 대역폭이 $2W$이다. VSB는 한쪽 측파대에 다른 쪽의 잔류 부분을 더해 전송한다. 주어진 잔류대역폭은 메시지 대역폭의 25%이므로 VSB 대역폭은 $W + 0.25W = 1.25W$이다. 따라서 **DSB의 대역폭보다 좁다**.

④ O: 아날로그 텔레비전의 영상 신호는 대역폭이 넓고 저주파 성분도 중요하다. 한쪽 측파대를 완전히 제거하는 SSB는 반송파 가까이의 측파대를 날카롭게 분리하기 어렵다. VSB는 잔류 측파대를 남겨 이러한 필터 구현의 부담을 줄이고 **저주파 성분의 전달과 대역폭 절약**을 함께 도모하므로 영상 신호 전송에 알맞다.

NoteBase

문 7. 정보신호 $m(t)$를 반송파 신호 $\cos(2\pi f_c t)$를 이용하여 DSB-SC 변조한 신호의 푸리에 변환을 바르게 나타낸 것은? (단, $m(t)$의 푸리에 변환이 $M(f)$이다)

① $\frac{1}{2}[M(f-f_c)+M(f+f_c)]$

② $\frac{1}{2}M(f)$

③ $M(f)$

④ $\frac{1}{2}[M(f-f_c)+M(f+f_c)]+\frac{1}{2}M(f)$

정답 1번

간단한 해설

반송파 코사인을 곱하면 정보신호의 스펙트럼이 **양·음의 반송파 주파수로 각각 이동**하며, 두 성분에는 각각 1/2의 계수가 붙는다. 따라서 변조 신호의 스펙트럼은 $\frac{1}{2}[M(f-f_c)+M(f+f_c)]$이다.

핵심 풀이

DSB-SC는 반송파를 억압한 양측파대 변조이며, 주어진 단위 진폭 반송파를 사용한 변조 신호는 $s(t)=m(t)\cos(2\pi f_c t)$이다. 즉, 정보신호에 반송파 코사인을 곱하는 연산의 푸리에 변환을 구한다.

코사인은 $\cos(2\pi f_c t)=\frac{1}{2}(e^{j2\pi f_c t}+e^{-j2\pi f_c t})$로 나타낼 수 있다. 푸리에 변환의 주파수 이동 성질에 따라, $m(t)$에 $e^{j2\pi f_c t}$를 곱하면 $M(f-f_c)$가 되고, $e^{-j2\pi f_c t}$를 곱하면 $M(f+f_c)$가 된다. 따라서 **두 이동 성분을 각각 1/2씩 더한 것**이 변조 신호의 스펙트럼이다.

선형성을 적용하면 $S(f)=\frac{1}{2}[M(f-f_c)+M(f+f_c)]$이며, 이는 ①의 식과 일치한다.

②와 ③은 $M(f)$의 크기만 조정하거나 그대로 두어 **반송파에 의한 주파수 이동을 반영하지 못한다**. ④의 추가 항 $\frac{1}{2}M(f)$는 시간 영역에서 $\frac{1}{2}m(t)$를 별도로 더해야 생기는 항이므로, 주어진 DSB-SC 신호에는 포함되지 않는다.

NoteBase

문 8. 펄스파 레이더의 거리 분해능에 영향을 주는 핵심 요소는?

① 송신 파형의 펄스폭

② 송신 신호의 전력

③ 송신 안테나 이득

④ 송신 펄스 반복 주파수

정답 1번

간단한 해설

펄스 압축을 하지 않는 기본 펄스 레이더에서는 **송신 펄스폭이 짧을수록** 가까운 두 표적의 반사파가 덜 겹쳐 거리 방향으로 구별하기 쉽다.

핵심 풀이

거리 분해능은 같은 방향에 있는 두 표적을 서로 다른 표적으로 구별할 수 있는 최소 거리 간격이다. 펄스 압축을 하지 않는 기본 펄스 레이더에서 송신 펄스폭을 τ, 전파 속도를 c라 하면 거리 분해능은 $\Delta R = \frac{c\tau}{2}$이다. 두 반사파의 도착 시간 차이가 펄스폭보다 작으면 서로 겹쳐 구별하기 어렵다. 전파가 표적까지 갔다가 돌아오는 왕복 시간을 거리로 바꾸므로 2로 나눈다. 따라서 **펄스폭을 줄이면 구별 가능한 최소 거리 간격이 작아져** 거리 분해능이 좋아진다.

송신 신호의 전력과 송신 안테나 이득은 표적에서 돌아오는 신호의 세기와 검출 가능 거리에 영향을 준다. 그러나 신호를 강하게 만드는 것만으로 **겹친 반사파의 시간 간격을 분리하는 능력이 좋아지는 것은 아니다**.

송신 펄스 반복 주파수는 단위 시간에 펄스를 보내는 횟수이다. 이는 반사파가 어느 송신 펄스에서 비롯되었는지 혼동하지 않고 측정할 수 있는 **최대 비모호 거리**와 관련된다. 한 펄스의 폭으로 가까운 두 표적을 구별하는 거리 분해능과 구분해야 한다.

NoteBase

문 9. 안테나 성능을 나타내는 지표로 적합하지 않은 것은?

① 이득

② 효율

③ 지향성

④ 선형성

정답 4번

간단한 해설

선형성은 입력과 출력의 비례 관계가 유지되는 정도로, 증폭기 등에서 신호 왜곡을 평가할 때 쓰인다. 안테나의 전파 방사 성능을 나타내는 대표적인 지표와는 구별된다.

개념 구분

안테나의 방사 성능: 지향성은 전파를 특정 방향으로 얼마나 집중하여 방사하는지를 나타내며, 방사효율은 안테나가 받아들인 전력 중 실제로 전파로 방사되는 전력의 비율이다. 이득은 같은 입력 전력을 받는 등방성 안테나에 비해 특정 방향으로 얼마나 강하게 방사하는지를 나타내며, **방향에 따른 집중 효과와 안테나의 손실을 함께 반영**한다. 따라서 이득·효율·지향성은 모두 안테나 성능을 나타내는 지표이다.

선형성: 입력 신호의 크기가 달라져도 출력이 일정한 비율로 따라가는 특성이다. 증폭기의 선형성이 나빠지면 입력 파형과 다른 왜곡이 생길 수 있다. 이는 **입출력 관계의 왜곡 특성**을 평가하는 개념으로, 이 문항에서 묻는 일반적인 안테나 방사 성능 지표에는 해당하지 않는다.

NoteBase

문 10. 신호 $\cos(16{,}000\pi t) + \sin(4{,}000\pi t + \pi)$를 Nyquist 표본화율로 $t = 0[s]$에서 시작하여 표본화한다. 초당 16,000 [byte]로 신호를 PCM(pulse coded modulation) 전송할 때, 표본당 비트(bit) 수는?

① 1

② 2

③ 8

④ 16

정답 3번

간단한 해설

신호의 최고 주파수가 8,000 Hz이므로 **Nyquist 표본화율은 초당 16,000표본**이다. 전송률 16,000 byte/s를 128,000 bit/s로 바꾸어 표본화율로 나누면 표본당 8 bit가 된다.

계산 과정

1. 신호의 주파수: 정현파의 시간에 곱해진 각주파수는 $2\pi f$이므로, 코사인 성분의 주파수는 $f_1 = \frac{16{,}000\pi}{2\pi} = 8{,}000\text{Hz}$이고 사인 성분의 주파수는 $f_2 = \frac{4{,}000\pi}{2\pi} = 2{,}000\text{Hz}$이다. 따라서 **최고 주파수는 8,000 Hz**이다. 사인 성분의 위상 π와 표본화 시작 시각 $t = 0\text{s}$는 표본값에 영향을 주지만, 이 주파수들은 바꾸지 않는다.

2. 표본화율: 문제에서 지정한 Nyquist 표본화율은 최고 주파수의 2배이므로 f_s=2f_=2·8,000=16,000 표본/s이다. 이는 **1초에 16,000개의 표본을 부호화한다**는 뜻이다.

3. 전송률의 단위 변환: 표본당 비트 수를 구하려면 전송률도 bit/s로 맞춰야 한다. 1 byte = 8 bit이므로 16,000 byte/s × 8 bit/byte = 128,000 bit/s이다.

4. 표본당 비트 수: 각 표본을 n bit로 부호화하면 PCM 전송률 R은 **표본화율과 표본당 비트 수의 곱**인 $R = nf_s$이다. 따라서 n=(R)/(f_s)=128,00016,000=8 bit/표본이다. 표본당 비트 수는 8이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 다음 설명 중 옳지 않은 것은? (단, 전파의 속도는 3×10^8 [m/s]이다)

① 파장이 1 ~ 10 [μm]인 신호는 마이크로파이다.

② 파장이 1 ~ 10 [mm]인 신호는 밀리미터파이다.

③ 동작 주파수가 높을수록 안테나의 크기를 줄일 수 있다.

④ 자유공간에서 주파수가 300 [MHz]인 신호에 대한 $\frac{1}{4}$파장 모노폴 안테나의 길이는 25 [cm]이다.

정답 1번

간단한 해설

파장이 1~10 μm인 신호는 마이크로파가 아니라 **적외선**이다. μm는 mm의 1/1000이므로 두 파장 범위를 구별해야 한다.

선지별 해설

① X: 파장이 1~10 μm인 전자기파는 **적외선 영역**에 속한다. 마이크로파보다 파장이 훨씬 짧으므로, 선지의 '마이크로파'를 '적외선'으로 고쳐야 한다.

② O: 밀리미터파는 파장이 대략 **1~10 mm**인 전파이다. 자유공간에서 파장과 주파수는 $f = \frac{c}{\lambda}$의 관계이므로, 이 파장 범위는 주파수 약 30~300 GHz에 해당한다.

③ O: 자유공간에서 파장은 $\lambda = \frac{c}{f}$이므로 주파수가 높을수록 짧아진다. 같은 형태와 공진 조건의 안테나는 길이를 파장의 일정 비율로 정하므로, **파장이 짧아지면 안테나의 크기도 줄일 수 있다**. 예를 들어 1/4파장 모노폴은 동작 주파수를 2배로 하면 필요한 길이가 절반이 된다.

④ O: 자유공간 파장부터 구하면 $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{300 \times 10^6} = 1\text{m}$이다. 1/4파장 모노폴의 길이는 **파장의 1/4**이므로 $L = \frac{\lambda}{4} = 0.25\text{m}$, 즉 25 cm이다.

NoteBase

문 12. 아날로그 FM 변조기법의 특성으로 옳은 것은?

① 변조된 신호의 진폭이 일정하므로 비선형 왜곡에 강하다.

② 정보신호의 진폭에 상관없이 변조된 신호의 대역폭이 일정하다.

③ Carson의 법칙으로 근사화할 경우 변조된 신호의 대역폭은 기저대역 정보신호의 대역폭과 상관없다.

④ 변조지수에 상관없이 기저대역 정보신호와 변조된 신호가 선형 관계를 갖는다.

정답 1번

간단한 해설

FM은 정보를 반송파의 주파수 변화에 싣고 **진폭은 일정하게 유지**한다. 따라서 진폭에 작용하는 비선형 증폭의 영향을 적게 받아 비선형 전력증폭기를 사용할 수 있다.

선지별 해설

① O: FM은 정보신호에 따라 반송파의 순간주파수를 바꾸되, 진폭의 외곽선인 포락선은 일정하게 유지한다. 정보가 진폭 변화에 실려 있지 않으므로 **진폭에 작용하는 비선형 왜곡에 강하다**. 이에 따라 FM 송신에서는 비선형 전력증폭기를 사용할 수 있다.

② X: 변조기의 주파수 감도가 일정할 때 정보신호의 진폭이 커지면 반송파의 순간주파수가 중심주파수에서 벗어나는 최대 폭, 즉 최대 주파수 편이가 커진다. 이에 따라 유효 대역폭도 일반적으로 넓어진다. 따라서 FM 대역폭은 **정보신호의 진폭에 따라 달라진다**.

③ X: Carson의 법칙에 따른 FM의 근사 대역폭은 $B \approx 2(\Delta f + W)$이다. 여기서 Δf는 최대 주파수 편이, W는 기저대역 정보신호의 대역폭으로, 정보신호의 최고 주파수에 해당한다. 이 식에는 두 값이 모두 포함되므로 FM 대역폭은 **주파수 편이와 기저대역 대역폭 모두에 의존**한다.

④ X: FM에서는 정보신호가 반송파의 위상 안에 반영되므로, 정보신호를 더하거나 배수로 키운 결과가 변조된 파형의 단순한 합이나 배수로 나타나지 않는다. 따라서 FM은 일반적으로 **비선형 변조**이다. 정보신호와 순간주파수 편이가 비례한다는 사실을 정보신호와 변조된 파형 자체가 선형 관계라는 뜻으로 해석해서는 안 된다. 변조지수가 매우 작은 협대역 FM에서는 선형 근사를 쓸 수 있지만, 이를 모든 변조지수에 적용할 수는 없다.

NoteBase

문 13. 주파수가 10 [kHz]인 정현파 신호 $m(t)$를 아날로그 FM 변조할 때, 순시주파수 $f_i(t) = 10^8 + 10^5 m(t)$라면 변조된 신호의 대역폭[kHz]은? (단, $|m(t)|$의 최댓값은 1이고, Carson의 법칙에 의한 근사 대역폭을 가정한다)

① 200

② 220

③ 240

④ 260

정답 2번

간단한 해설

최대 주파수 편이는 100 kHz이고 변조 신호의 주파수는 10 kHz이다. **Carson의 법칙**에 따라 두 값을 더한 뒤 2배하면 근사 대역폭은 220 kHz이다.

계산 과정

주파수 편이는 순시주파수가 반송파 주파수에서 벗어나는 정도이다. $f_i(t) = 10^8 + 10^5 m(t)$에서 일정한 항 10^8 Hz가 반송파 주파수이고, $10^5 m(t)$ Hz가 주파수 편이를 나타낸다. $|m(t)|$의 최댓값이 1이므로 **최대 주파수 편이**는 $\Delta f = 10^5 \times 1 = 10^5$Hz, 즉 100 kHz이다.

변조 신호가 주파수 10 kHz인 정현파이므로, 변조 신호의 최고 주파수는 $f_m = 10$kHz이다. 반송파 주파수는 FM 신호의 중심 주파수이고, 대역폭 계산에 사용하는 값은 최대 주파수 편이와 변조 신호의 최고 주파수이다.

문제에서 Carson의 법칙에 의한 근사를 가정하므로, FM 신호의 대역폭은 $B \approx 2(\Delta f + f_m)$으로 계산한다. 이는 중심 주파수를 기준으로 양쪽에 걸친 **전체 대역폭**이다. 두 주파수를 kHz로 통일하여 대입하면 B ≈ 2 × (100 + 10) = 220 kHz이므로, 선지 ②의 220에 해당한다.

NoteBase

문 14. 자유공간에서 무지향성의 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 거리를 3 [km]에서 9 [km]로 증가시킬 때, 수신전력을 동일하게 유지하기 위하여 필요한 송신전력은 멀어지기 이전에 비해 몇 배인가?

① $\frac{1}{2}$배

② 2배

③ 3배

④ 9배

정답 4번

간단한 해설

자유공간에서 수신전력은 **거리의 제곱에 반비례**한다. 거리가 3배가 되므로 같은 수신전력을 유지하려면 송신전력을 9배로 높여야 한다.

계산 과정

송신전력을 P_t, 수신전력을 P_r, 안테나 사이의 거리를 r라 하자. 자유공간에서 무지향성 송신 안테나가 방사한 전력은 구면으로 퍼지며, 구면의 면적은 $4\pi r^2$이다. 따라서 주파수와 수신 안테나의 특성이 같으면 $P_r \propto \frac{P_t}{r^2}$가 성립한다.

거리의 증가 비율은 $\frac{9\text{km}}{3\text{km}} = 3$이다. 거리의 비율을 구하므로 단위 km는 약분된다. 송신전력을 그대로 두면 수신전력은 기존의 $\frac{1}{3^2} = \frac{1}{9}$로 줄어든다.

수신전력을 동일하게 유지하려면 송신전력을 **거리 증가 비율의 제곱만큼** 늘려야 한다. 변경 전후의 송신전력을 각각 P_{t1}, P_{t2}라 하면 $\frac{P_{t2}}{P_{t1}} = \left(\frac{9}{3}\right)^2 = 9$이다. 필요한 송신전력은 이전의 9배이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 무선항법시스템에서 3차원 위치정보와 수신기 시간오차를 구하기 위하여 필요한 최소 위성 수는? (단, 위성들은 서로 동기화되었고, 수신기는 위성과 동기화되지 않았다)

① 3개

② 4개

③ 5개

④ 6개

정답 2번

간단한 해설

3차원 위치의 좌표 3개에 **수신기 시간오차 1개**를 더해 총 4개의 미지수를 구해야 한다. 위성 하나에서 거리 관계식 하나를 얻으므로 최소 4개의 위성이 필요하다.

핵심 풀이

구해야 할 미지수는 수신기의 위치 좌표 x, y, z와 수신기 시간오차로 총 4개이다. 위성끼리는 동기화되어 있어도 **수신기는 위성과 동기화되지 않았으므로**, 수신기 시간오차를 별도로 구해야 한다.

수신기는 위성 신호의 송신 시각과 수신 시각의 차이로 신호 이동시간을 측정하고, 여기에 빛의 속도를 곱해 거리를 추정한다. 이 값에는 수신기 시간오차에 따른 거리 오차가 포함되므로 의사거리라고 한다. 위성 하나는 의사거리에 관한 관계식 하나를 제공한다. 따라서 네 미지수를 함께 구하려면 **서로 독립적인 관계식 4개**가 필요하며, 이를 제공하는 최소 위성 수는 4개이다.

위성 3개로 충분하다는 생각은 수신기 시간오차를 이미 알고 있어 위치 좌표 3개만 구하는 경우와 혼동한 것이다. 이 문제에서는 시간오차도 미지수이므로 3개는 부족하고, 5개나 6개는 필요한 최소 수를 넘는다.

NoteBase

문 16. 총 가용 채널 수가 정해진 셀룰러 이동통신시스템에서 주파수 재사용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 셀 크기는 일정하다)

① 클러스터 크기가 증가할수록 동일채널 간섭이 감소한다.

② 클러스터 크기가 작아질수록 각 셀에 할당되는 채널 수는 감소한다.

③ 한정된 주파수 자원으로 가입자 수를 증가시키기 위한 방법이다.

④ 동일채널 간섭을 줄이기 위하여 인접한 셀들은 서로 다른 주파수 대역을 사용한다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '채널 수는 감소한다'는 증가한다로 고쳐야 한다. 총 가용 채널 수가 일정하면 클러스터를 이루는 셀 수가 줄어들수록 각 셀에 나누어 할당할 수 있는 **채널 수는 증가한다**.

선지별 해설

① O: 클러스터는 전체 가용 채널을 나누어 사용하는 셀들의 묶음이다. 셀 크기가 일정할 때 클러스터 크기가 커지면 같은 채널을 재사용하는 셀 사이의 **재사용 거리가 증가**한다. 멀리 있는 셀에서 오는 간섭 신호는 전파 경로에서 더 감쇠하므로 동일채널 간섭이 감소한다.

② X: 총 가용 채널 수를 S, 클러스터를 구성하는 셀 수를 N이라 하면, 채널을 균등하게 분배할 때 셀당 채널 수는 S/N이다. S가 일정한 상태에서 N이 작아지면 나누어 갖는 셀 수가 줄어들므로 **각 셀에 할당되는 채널 수는 증가한다**. 따라서 '감소한다'를 '증가한다'로 고쳐야 한다.

③ O: 주파수 재사용은 충분히 떨어진 셀에서 **같은 주파수 채널을 동시에 사용**하는 방식이다. 새로운 주파수 대역을 추가하지 않고도 서로 다른 지역에서 통신을 제공할 수 있으므로, 한정된 주파수 자원으로 수용 가능한 가입자 수를 늘린다.

④ O: 인접한 셀에서 같은 주파수 채널을 사용하면 가까운 기지국이나 단말기의 신호가 강한 간섭을 일으킬 수 있다. 따라서 인접한 셀에는 **서로 다른 주파수 대역을 할당**하고, 같은 대역은 충분히 떨어진 셀에서 재사용하여 동일채널 간섭을 줄인다.

NoteBase

문 17. 지구국과 위성 간 통신시스템의 특성으로 옳지 않은 것은?

① 저궤도 위성은 정지궤도 위성보다 도플러 편이가 크다.

② 정지궤도 위성은 저궤도 위성보다 전송 지연이 길다.

③ 태양, 지구, 위성의 정렬 상태에 따라 통신품질이 변할 수 있다.

④ 일정한 통신품질 제공을 위하여 정지궤도 위성은 하루에 2회 지구를 공전한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '하루에 2회'는 정지궤도 위성의 공전주기를 잘못 설명한 것이다. 정지궤도 위성은 **지구의 자전주기와 같은 약 24시간에 한 번** 공전하므로 지상에서 같은 위치에 있는 것처럼 보인다.

선지별 해설

① O: 도플러 편이는 송신기와 수신기 사이의 거리가 변할 때 수신 주파수가 달라지는 현상이다. 저궤도 위성은 지구국에 대해 빠르게 이동하여 거리가 계속 변하지만, 정지궤도 위성은 지표면에 대해 거의 고정된 위치를 유지한다. 따라서 같은 반송파 주파수에서 비교하면 저궤도 위성의 **시선 방향 상대속도에 따른 도플러 편이**가 일반적으로 더 크다.

② O: 전파가 이동하는 데 걸리는 시간은 **전파 경로가 길수록 증가**한다. 정지궤도 위성은 저궤도 위성보다 고도가 높아 지구국과 위성 사이의 전파 이동거리가 길므로 전파 지연이 더 크다.

③ O: 지구국에서 볼 때 태양이 위성과 같은 방향에 놓이면, 위성을 향한 수신 안테나에 태양의 전파 잡음도 함께 들어올 수 있다. 이때 **수신 잡음이 증가하여 신호 대 잡음비가 낮아지므로** 통신품질이 떨어지거나 통신이 일시적으로 중단될 수 있다. 이를 태양 간섭에 의한 통신 장애라고 한다.

④ X: 정지궤도 위성은 적도면의 원궤도에서 지구의 자전 방향과 같은 방향으로 공전하며, 공전주기는 **지구의 자전주기와 같은 약 23시간 56분 4초**이다. 이 조건으로 지표면에 대한 상대 위치를 일정하게 유지하므로, '하루에 2회'가 아니라 '약 하루에 1회' 공전한다고 고쳐야 한다.

NoteBase

문 18. 펄스파 레이더에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 안테나의 이득이 클수록 최대 탐지거리가 증가한다.

② 최대 탐지거리는 송신 펄스의 주기에 반비례한다.

③ 목표물의 유효 반사면적이 클수록 최대 탐지거리가 증가한다.

④ 표적으로부터 반사된 신호를 이용하여 표적과의 거리를 계산한다.

정답 2번

간단한 해설

송신 펄스의 반복주기가 길어지면 다음 펄스를 보내기 전에 반사파를 기다릴 시간이 늘어난다. 따라서 최대 비모호 거리는 **반복주기에 비례**하며, 반비례하는 것은 **펄스 반복주파수**이다.

선지별 해설

① O: 다른 조건이 같을 때 안테나 이득이 커지면 표적 방향으로 송신 전력을 더 집중시키고 반사파를 더 효과적으로 수신할 수 있다. 이에 따라 같은 거리의 표적에서 받는 신호가 강해지므로, 수신기의 **최소 탐지 신호 수준을 만족하는 거리**가 늘어난다.

② X: 송신 펄스의 반복주기 T는 한 펄스의 송신 시작부터 다음 펄스의 송신 시작까지의 시간이다. 반사파가 어느 송신 펄스에서 비롯되었는지 혼동하지 않으려면 다음 펄스가 나가기 전에 돌아와야 한다. 펄스 폭을 무시하면 최대 비모호 거리는 $R_u = \frac{cT}{2} = \frac{c}{2f_r}$이다. 여기서 c는 전파의 전파속도이고, $f_r = \frac{1}{T}$는 펄스 반복주파수이다. 따라서 주기로 정해지는 거리 한계는 **반복주기에 비례하고 반복주파수에 반비례**한다. 이 한계는 수신 신호의 세기로 정해지는 최대 탐지거리와 구별해야 하며, 최대 탐지거리가 반복주기에 반비례한다는 설명은 성립하지 않는다.

③ O: 유효 반사면적은 표적이 입사한 전파를 레이더 쪽으로 얼마나 강하게 되돌려 보내는지를 면적으로 나타낸 값이다. 다른 조건이 같으면 유효 반사면적이 클수록 **레이더로 돌아오는 신호가 강해지므로** 더 먼 거리에서도 탐지할 수 있다.

④ O: 펄스파 레이더는 펄스를 송신한 뒤 표적에서 반사된 신호가 돌아오기까지의 시간 차를 측정한다. 왕복시간을 Δt, 전파속도를 c라고 하면 표적까지의 거리는 $R = \frac{c\Delta t}{2}$이다. 측정한 시간은 전파가 표적까지 갔다가 돌아오는 시간이므로 **왕복 이동거리의 절반**을 취한다.

NoteBase

문 19. 이동통신시스템에 적용되는 기술에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 다중 안테나를 이용한 공간다중화기법으로 전송률을 높일 수 있다.

② 다중 안테나를 이용하여 송신 다이버시티 이득을 얻기 위해서는 송신 안테나 간 상관도가 클수록 효과적이다.

③ OFDMA(orthogonal frequency division multiple access) 신호는 PAPR(peak-to-average-power ratio)이 큰 특성을 갖는다.

④ SC-FDMA(single carrier-frequency division multiple access)는 OFDMA에 비해 PAPR이 작기 때문에 상향링크에 적합한 방식이다.

정답 2번

간단한 해설

송신 다이버시티는 안테나별 전송 경로의 **상관도가 작을수록** 효과적이다. 한 경로의 신호가 페이딩으로 약해져도 다른 경로의 신호로 보완할 수 있기 때문이다.

선지별 해설

① O: 공간다중화는 여러 송신 안테나로 **서로 다른 데이터 스트림을 동시에 전송**하는 기법이다. 수신측에서 각 스트림을 분리할 수 있는 채널 조건이 갖추어지면, 같은 시간과 주파수 자원으로 더 많은 데이터를 보내 전송률을 높일 수 있다.

② X: 송신 다이버시티는 같은 정보가 여러 송신 안테나의 경로를 통해 전달되도록 하여 페이딩에 대한 신뢰성을 높이는 기법이다. 안테나별 채널의 **상관도가 작을수록** 한 경로가 심한 페이딩을 겪을 때 다른 경로가 이를 보완하기 쉽다. 반대로 상관도가 크면 여러 경로의 신호가 함께 약해질 가능성이 커지므로, '상관도가 클수록 효과적이다'를 '상관도가 작을수록 효과적이다'로 고쳐야 한다.

③ O: PAPR은 평균 전력에 대한 첨두 전력의 비이다. OFDMA 신호는 여러 부반송파가 합쳐져 만들어지므로, 순간적으로 부반송파들의 위상이 비슷하게 맞으면 큰 첨두 전력이 발생할 수 있다. 이 때문에 **평균 전력에 비해 순간 첨두 전력이 큰** 특성을 갖는다.

④ O: SC-FDMA는 데이터를 DFT로 확산한 뒤 부반송파에 매핑하여 단일 반송파와 유사한 신호 특성을 얻는 방식이다. OFDMA보다 PAPR이 작아 전력 증폭기를 선형 영역에서 동작시키기 위해 평균 출력 전력을 낮추는 정도를 줄일 수 있다. 따라서 **단말기의 전력 증폭 효율**에 유리하여, 배터리와 송신 전력이 제한된 단말기의 상향링크에 적합하다.

NoteBase

문 20. WPAN 통신 규격에 대한 설명으로 옳은 것은?

① IEEE 802.15.1은 UWB(ultra wideband) 표준이며, 스펙트럼 밀도가 낮다.

② IEEE 802.15.1은 UWB 표준이며, 스펙트럼밀도가 높다.

③ IEEE 802.15.3a는 UWB 표준이며, 스펙트럼밀도가 낮다.

④ IEEE 802.15.3a는 UWB 표준이며, 스펙트럼밀도가 높다.

정답 3번

간단한 해설

IEEE 802.15.3a는 **UWB 기반 고속 WPAN의 표준화**를 추진한 프로젝트이다. UWB는 낮은 송신 전력을 매우 넓은 주파수 대역에 분산하므로 **전력 스펙트럼 밀도가 낮다**.

선지별 해설

전력 스펙트럼 밀도는 단위 주파수 대역폭당 전력을 뜻한다. UWB는 매우 넓은 대역에 낮은 송신 전력을 분산하여 단위 대역폭에 들어가는 전력이 작으며, 다른 무선 시스템에 주는 간섭을 줄인다.

① X: IEEE 802.15.1은 UWB가 아니라 **블루투스 기반 WPAN 표준**이다. 스펙트럼 밀도가 낮다는 것은 UWB의 특성에 부합하지만, 이를 IEEE 802.15.1과 연결한 부분이 잘못되었다.

② X: IEEE 802.15.1은 블루투스 기반 표준이므로 UWB 표준이라는 설명이 잘못되었다. 또한 UWB의 전력 스펙트럼 밀도는 높은 것이 아니라 **낮다**. UWB와 관련된 표준화 프로젝트는 IEEE 802.15.3a이다.

③ O: IEEE 802.15.3a는 **UWB 기반 고속 WPAN의 표준화 프로젝트**였으며, UWB는 넓은 대역에 낮은 전력을 분산하므로 전력 스펙트럼 밀도가 낮다. 이 문항의 'UWB 표준'은 이러한 표준화 대상과의 대응을 뜻한다. 다만 IEEE 802.15.3a 프로젝트는 철회되어 최종 IEEE 표준으로 제정되지는 않았다.

④ X: IEEE 802.15.3a와 UWB의 표준화 관계는 출제 취지에 부합하지만, 스펙트럼 밀도가 높다는 설명이 잘못되었다. UWB의 특성은 **넓은 대역폭과 낮은 전력 스펙트럼 밀도**이며, 넓은 대역폭이 단위 대역폭당 전력이 높다는 뜻은 아니다.

NoteBase