

해상·항공 기술기준 체계정비 및 전파품질 향상방안 연구

2017. 12.



국립전파연구원

National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「해상·항공 기술기준 체계정비 및 전파품질 향상
방안에 관한 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2017. 12. 31.

연구책임자 : 채성철(기술기준과 해상항공이동체담당)

연구원 : 공성식(기술기준과 해상항공이동체담당)

심용섭(기술기준과 해상항공이동체담당)

류제환(기술기준과 해상항공이동체담당)

요 약 문

본 연구에서는 해상 및 항공 분야에서 이슈가 되고 있는 디지털 무선통신의 도입, 해상·항공 무인이동체와 관련된 기술기준 및 제도연구를 진행하였으며, SSPA 등 새롭게 도입되고 있는 레이더 방식을 고려한 간섭영향 분석 등 무선설비의 기술기준 및 주파수 이용방안 연구를 추진하였다.

첫째, 레이더 간섭분석의 신뢰성 제고를 위해 마그네트론 방식 레이더와 근래 점차 이용이 늘고 있는 SSPA 방식의 레이더간 간섭영향 실측 값을 분석하여 향후 새로운 방식의 레이더 도입과 운용 시 주파수 공유가능성 검토 등에 활용할 수 있도록 하였다.

둘째, 해상무인이동체(자율운항선박, 무인선 등)에 대한 기술동향을 살펴보고, 우리나라에서 현재 추진 중인 무인선 관련 R&D를 고려하여 향후 무인선에서 제어용 및 통신용으로 이용 가능한 후보 주파수 대역을 발굴하여 제시하였다.

셋째, 디지털 선상통신국에 대한 채널배치 방안 및 기술기준을 마련하여 주파수 효율성을 증대할 수 있도록 하고, 육상에서 한정되어 사용하던 디지털 무전기 기술을 해상에서도 적용하도록 하였다.

마지막으로 무인항공기 지상제어용 무선설비 및 비상위치지시용 무선표지설비(ELT)에 대한 기술기준 개정안을 마련하였으며, VHF/HF 무선설비 등 항공무선설비의 기술기준이 국제적 기준에 보다 부합할 수 있도록 제도 개선 방안을 도출하였다.

본 연구결과는 해상·항공업무용 무선설비의 기술기준 정비를 위한 기본자료로서 활용되고, 우리나라의 해상, 항공 등 지상망 주파수 및 통신기술 정책 마련을 위한 유용한 자료가 될 수 있을 것이다. 아울러 ITU, IMO, ICAO 등 국제기구의 지상업무(해상, 항공 포함) 분야 표준화 활동을 위한 대응방안 마련에도 참고자료의 역할을 할 수 있기를 기대한다.

목 차

제1장 서론	1
제2장 동일 주파수 대역에서 운용되는 서로 다른 방식의 레이다간 간섭영향 연구	2
제1절 연구의 배경	2
제2절 레이다 기술동향	2
제3절 레이다간 간섭영향 및 분석	6
제4절 소결	26
제3장 무인선용 후보 주파수 대역 발굴	27
제1절 연구의 배경	27
제2절 무인선 기술동향	27
제3절 무인선 주파수 소요량 및 검토 주파수	39
제4절 무인선 검토 주파수 전파환경 측정	49
제5절 소결	56
제4장 디지털 선상통신국 채널배치 및 기술기준 마련	57
제1절 연구의 배경	57
제2절 선상통신국 무선국 현황 및 기술동향	57
제3절 선상통신국 채널배치 및 기술기준 개정안 마련	63
제4절 소결	65
제5장 항공 기술기준 및 주파수 연구	66
제1절 연구의 배경	66
제2절 무인항공기 제어용 무선링크	66
제3절 항공 기술기준 개선 방안	76
제4절 ICAO 항공 주파수 정책 및 전략	80

제5절 주파수 국제 등록 및 지정 검토	84
제6절 소결	90
제6장 결론	91
참고문헌	92
부록 1 선상통신국 기술기준 신·구 조문 대비표	96
부록 2 항공업무용 무선설비의 기술기준 개정안	104
부록 3 초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치 개선방안	107
부록 4 중단파대, 단파대 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치 개선방안 ...	117
부록 5 비상위치지시용 무선표지설비 개선방안	123
부록 6 ICAO 항공 주파수 정책	125

표 목 차

[표 1] 1순위 분배 무선탐지 주파수 현황	5
[표 2] 우리나라 레이더 전파지정기준 및 무선국 현황	5
[표 3] 세계 해군의 무인선 도입현황(2004년-2010년)	31
[표 4] 국내·외 무인선 프로젝트 현황	31
[표 5] MUNIN 프로젝트의 영상 데이터 요구사항	32
[표 6] 무인선 개발 산업체 현황	37
[표 7] 무인선 통신 시스템 요구사항	41
[표 8] 무인선 정보의 종류 및 전송 속도	41
[표 9] 400-1000MHz 대역 주파수 검토	42
[표 10] 2500-2690MHz 대역 주파수 검토	47
[표 11] 선상통신국 전파지정기준 현황	58
[표 12] WRC-15에서 논의된 Method 현황	59
[표 13] 선상통신국 주파수 분배 개정사항	60
[표 14] 우리나라의 선상통신국 주파수 분배 개정사항	63
[표 15] 아·태지역 국가의 선상통신국 주파수 현황	63
[표 16] 선상통신국 주파수 채널배치 방안(해상업무용 무선설비의 기술기준 중 별표 38)	64
[표 17] 국내·외 무인항공기 CNPC 주파수 현황	67
[표 18] 무인항공기 CNPC 주파수 관련 ITU-R 연구(보고서)	68
[표 19] 국내·외 무인항공기 위성 CNPC 주파수 현황	68
[표 20] 무인항공기 위성 CNPC 분배 당시 찬반 입장	69
[표 21] 결의 155 주요 내용	70
[표 22] 결의 155 이행을 위한 가이드라인 초안 주요내용	70
[표 23] 결의 155 관련 ITU-R 연구	71
[표 24] 무인항공기 CNPC 관련 ICAO 표준(부속서 제6권) 초안의 목록 ...	72
[표 25] 무인항공기 지상 CNPC 관련 RTCA 표준 목록	73

[표 26] 항공업무용 무선설비의 기술기준에 포함된 RTCA의 기술적 조건	74
[표 27] 117.975-137MHz대역의 세부 이용계획	77
[표 28] 위성 ELT 전파형식 관련 표준화 기구별 규정	80
[표 29] ICAO 항공 주파수 핸드북 주요 목차	81
[표 30] 항공 주파수 대역별 업무 및 용도	82
[표 31] ICAO 항공 주파수 주요 전략	83
[표 32] 항공 무선국의 코드 및 서식	84
[표 33] ITU 제출된 HF 항공국 정보	87
[표 34] 주요 세계 항행구역 할당 주파수	88
[표 35] 지역 및 자국항행구역 할당 주파수	88
[표 36] 전세계 영역 III 할당 주파수	89
[표 37] Rules of Procedure 27/18 할당 주파수	90
[표 38] '17년도 항공 주파수 지정 검토 현황	90

그 립 목 차

[그림 1] 전통적인 레이더 활용 분야	4
[그림 2] 실생활의 레이더 활용 분야	4
[그림 3] 레이더 방식별 동작원리	7
[그림 4] 레이더 방식별 신호 형태	8
[그림 5] 랜덤 펄스 신호특성에 의한 간섭 시나리오	9
[그림 6] 주파수자원분석시스템을 이용한 worst case 간섭분석	10
[그림 7] 선박국용 마그네트론 방식 레이더	11
[그림 8] 선박국용 마그네트론 방식 레이더의 안테나	12
[그림 9] 마그네트론 방식 레이더의 안테나 패턴	12
[그림 10] 마그네트론 방식 레이더의 점유 주파수 대역폭 및 편파 분리도 특성	13
[그림 11] 선박국용 SSPA 방식 레이더	14
[그림 12] 선박국용 SSPA 방식 레이더의 안테나	14
[그림 13] SSPA 방식 레이더의 안테나 패턴	15
[그림 14] SSPA 방식 레이더의 점유 주파수 대역폭 및 편파 분리도 특성	16
[그림 15] 수신 안테나(HF907)의 이득 특성	17
[그림 16] 마그네트론 방식 레이더 측정	18
[그림 17] 마그네트론 방식 레이더의 주파수자원분석시스템 시뮬레이션 결과	18
[그림 18] 마그네트론 방식 레이더의 거리별 수신레벨	18
[그림 19] SSPA 방식 레이더 측정	19
[그림 20] SSPA 방식 레이더의 주파수자원분석시스템 시뮬레이션 결과	19
[그림 21] SSPA 방식 레이더의 거리별 수신레벨	19
[그림 22] 마그네트론 방식 레이더 측정 구성도	20

[그림 23] 간섭 신호 레벨에 따른 마그네트론 방식 레이더의 간섭영향 분석	21
[그림 24] SSPA 방식 레이더 측정 구성도	21
[그림 25] 간섭 신호 레벨에 따른 SSPA 방식 레이더의 간섭영향 분석	21
[그림 26] 마그네트론 방식 레이더로 인한 SSPA 방식 레이더 간섭영향	22
[그림 27] SSPA 방식 레이더로 인한 마그네트론 방식 레이더 간섭영향	22
[그림 28] VTS 레이더 및 측정위치	24
[그림 29] VTS 레이더에 대한 주파수자원분석시스템 시뮬레이션 및 측정결과	24
[그림 30] VTS 레이더의 스펙트럼 측정결과	25
[그림 31] VTS 레이더로 인한 선박국용 마그네트론 레이더의 간섭영향	25
[그림 32] VTS 레이더로 인한 선박국용 SSPA 레이더의 간섭영향 ..	26
[그림 33] 해양무인시스템	28
[그림 34] 테슬라의 무선조정보트	29
[그림 35] 미 해군의 Minesweeping Drone	29
[그림 36] 미국의 Drone ship	33
[그림 37] 야라 인터내셔널의 무인자율운항선박	33
[그림 38] 자율운항선박 해론호	34
[그림 39] KRISO가 개발 중인 해양무인시스템	34
[그림 40] 무인선의 활용 분야	35
[그림 41] 무인선 세계 시장규모 예측(Visiongain 리서치사)	36
[그림 42] 해양무인이동체 시장 예측(Market Info Group)	36
[그림 43] 해상무인이동체 분류	39
[그림 44] 해상무인이동체 응용분야	39
[그림 45] 무인선 자율운항 및 원격 임무제어 시스템 구성도	40

[그림 46] 전파환경 측정 항만	49
[그림 47] 포항항 부근 전파환경 측정	50
[그림 48] 울산항 부근 전파환경 측정	51
[그림 49] 부산항 부근 전파환경 측정	52
[그림 50] 마산항 부근 전파환경 측정	53
[그림 51] 여수항 부근 전파환경 측정	54
[그림 52] 목포항 부근 전파환경 측정	55
[그림 53] 선상통신국 및 운영 개념	57
[그림 54] 위성 CNPC의 운용 개념	69
[그림 55] 지상(Phase1) 및 위성(Phase2) CNPC 구분	72
[그림 56] 저이득 불요발사의 평균전력(지상/탐재 공통)	74
[그림 57] 고이득 불요발사의 등가등방복사전력(지상)	75
[그림 58] 고이득 불요발사의 등가등방복사전력(탐재)	75
[그림 59] HF 무선전화의 불요 발사	78
[그림 60] 작성된 통고 서식의 예	85
[그림 61] TerRaNV 검증 화면	85
[그림 62] Online Validation 업로드 화면	86
[그림 63] WISFAT 통고 서식 제출 화면	86
[그림 64] 우리나라에 해당하는 주요 세계 항행구역	87
[그림 65] 우리나라에 해당하는 지역 및 자국항행구역	88
[그림 66] 우리나라에 해당하는 전세계 영역 III	89

제1장 서론

해상과 항공업무에서 전파를 이용하는 무선통신은 해당 분야 사업체 및 종사 인력의 업무 편의성을 높일 뿐만 아니라 인명안전과 직결되는 역할을 함으로서 다른 통신설비에 비해서 그 중요성이 매우 높다고 할 수 있다. 또한 분야의 특수성으로 인해 국제전기통신연합(ITU), 국제해사기구(IMO), 국제민간항공기구(ICAO) 등 복수의 유엔 산하 전문 국제기구가 상호 공조를 통해 변화하는 수요와 기술의 발전을 반영하여 다양한 무선통신설비 주파수 및 통신기술에 대한 표준화를 논의하고 있으며, 이 과정 중 국가별, 지역별 이해, 관련 산업계의 전략 등이 결합하여 각자에게 유리한 주파수, 통신기술을 표준화하기 위한 노력이 전개되고 있다.

본 연구에서는 해상 및 항공 분야에서 이슈가 되고 있는 디지털 무선통신의 도입, 해상·항공 무인이동체와 관련된 기술기준 및 제도연구를 진행하였으며, SSPA 등 새롭게 도입되고 있는 레이더 방식을 고려한 간섭영향 분석 등 무선설비의 기술기준 및 주파수 이용방안 연구를 추진하였다.

먼저, 새로운 방식의 레이더로 인한 간섭영향과 레이더 주파수의 이용 타당성 검토에 대한 신뢰성 제고를 위해 실측, 시뮬레이션 등 여러 가지 방법을 이용하여 레이더간 간섭분석을 수행하고자 하였다.

두 번째로 4차 산업혁명과 더불어 무인이동체에 대한 기술발전과 민간수요 증가와 함께 해상분야에서도 무인이동체의 활용도 확대가 전망됨에 따라 우리나라 전파환경을 고려한 무인선의 제어 및 데이터 전송용 주파수 확보방안을 마련하고자 하였다.

세 번째는 2015년 세계전파통신회의(WRC-15)에서 400MHz 대역 디지털 선상 통신용 무선설비 도입을 위해 전파규칙 등을 개정함에 따라, 국내에서도 이를 반영하여 선상통신국의 채널배치 방안과 디지털 선상통신국의 기술기준 등을 마련을 추진하였다.

마지막으로 무인항공기 제어통신 기술기준을 국제표준에 보다 부합하도록 정비하고, 국내 항공기 제조 산업의 활성화를 위해 국제기준에 부합하는 기술기준 개선방안을 마련하고자 하였다.

제2장 동일 주파수 대역에서 운용되는 서로 다른 방식의 레이다간 간섭영향 연구

제1절 연구의 배경

군용 및 공공용으로 이용되던 레이다가 4차 산업혁명과 더불어 자율주행 자동차의 충돌방지 레이다 등 실생활로 활용 범위가 확대되고 있으며, 레이다의 방식 또한, 높은 출력의 펄스 방식의 마그네트론 레이다에서 낮은 출력의 FMCW(Frequency Modulation Continuous Wave) 방식의 SSPA(Solid State Power Amplifier) 레이다 등 다양한 방식의 레이다가 출현하고 있다. 레이다 주파수의 공유 및 간섭영향 측면을 고려할 때, 동일 주파수 대역에서 서로 다른 방식의 레이다 이용과 다양한 레이다간의 간섭영향에 대한 검토의 필요성이 제기되고 있으며, 레이다 무선국 허가를 위한 주파수 이용 타당성 검토시 신뢰성 있는 레이다 분석방법이 고려되어야 한다.

동 연구에서는 국내·외 레이다 기술동향 및 활용 분야 조사하고, ITU의 레이다 주파수 분배 및 우리나라 레이다 무선국 현황 분석하고자 한다. 또한, SSPA, 마그네트론 등 서로 다른 방식의 레이다간 간섭영향을 분석하고, 해상교통관제시스템(VTS : Vessel Traffic System) 레이다 및 선박 레이다간 간섭영향을 분석하고자 하였다.

제2절 레이다 기술동향

1. 레이다 개요

레이다(RADAR)는 RADio Detection And Range의 약어로서, 특정 방향으로 전파를 전송 후 되돌아온 전파를 수신하여 표적의 거리, 속도, 각도 등에 대한 정보 파악하는 무선설비이다. 이러한 레이다는 전파법 시행령 제2조(정의)에서 “결정하려는 위치에서 반사 또는 재발사되는 무선신호와 기준신호와의 비교를 기초로 하는 무선측위 설비”로 정의되어 있다.

다음 수식에 나타난 바와 같이 레이다의 전파 세기는 목표물까지 거리 제공에

반비례하며, 목표물에 반사되어 수신기까지 거리 제곱에 반비례하므로 높은 수신감도가 요구된다. 또한, 레이더의 안테나는 일반적으로 펜슬 빔, 펜 빔 등 지향성이 높은 고이득 특성이 요구되고 있다.

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R_t^2 R_r^2}$$

여기서, P_t = 송신 전력
 G_t = 송신 안테나의 이득
 A_r = 수신 안테나의 유효 개구 면적
 σ = 레이더 직경 또는 목표물의 산란 계수
 F = 패턴 전파 인자
 R_t = 송신기에서 목표물까지의 거리
 R_r = 목표물에서 수신기까지 거리

2. 레이더 활용 및 응용 분야

전통적으로 레이더는 높은 출력을 사용하는 공방감시 레이더, 기상 레이더, 항공기 및 선박 레이더를 비롯하여 군용 및 공공용 대형 레이더 등에서 많이 이용되고 있다. 하지만 최근 RF 기술의 발달과 더불어 소형화되고 낮은 출력으로 이용되는 레이더가 출현하고 있다. 낮은 출력의 레이더는 차량 충돌방지 레이더, 드론 충돌방지 레이더, 해수면 레이더, 인체스캔 레이더, 지표투과 레이더, 자전거 레이더 등 다양한 분야에 활용 되고 있다.



[그림 1] 전통적인 레이다 활용 분야



[그림 2] 실생활의 레이다 활용 분야

3. 레이더 주파수 분배 및 우리나라 레이더 무선국 현황

무선탐지용 레이더 주파수는 ITU 전파규칙(Radio Regulations) 제5조(Article 5)에 따라 분배되어 있으며, 1순위로 분배된 무선탐지 주파수 전체 대역폭은 약 53GHz 이다. 레이더의 주파수는 과거에는 대부분 SHF(Super High Frequency) 대역에 한정되어 사용하였지만, RF 기술의 발전과 더불어 최근에는 수백 GHz 대역까지의 높은 주파수와 단파대역의 낮은 주파수 대역까지 사용이 확대되고 있다. 레이더 주파수는 고출력, 고이득 안테나 등의 시스템 특성으로 인하여 대부분 배타적으로 사용되고 있으며, 많은 이격거리가 요구되어 타 업무와의 공유에 어려움이 있다.

우리나라의 레이더 무선국은 선박, 항공기, VTS, 무선표지, 육상탐지 등 총 18,451국이 허가·운용되고 있으며('17년 11월, 현재), 이 중 대부분 선박에 설치되는 레이더가 차지하고 있다.

[표 1] 1 순위 분배 무선탐지 주파수 현황

대역	세부 주파수 범위	대역폭
MF	1606.5-1800kHz	193.5kHz
VHF	39.5-40MHz, 41-44MHz	3.5MHz
UHF	430-440MHz, 1215-1400MHz, 2400-2500MHz	295MHz
SHF	3.1-3.4GHz, 5.25-5.35GHz, 5.47-5.85GHz, 8.5-10.55GHz, 13.4-14GHz, 15.4-17.3GHz, 24.05-24.25GHz	5.63GHz
EHF	33.4-36GHz, 59-64GHz, 76-77.5GHz, 78-81GHz, 92-100GHz, 136-148.5GHz, 151.5-155.5GHz, 238-248GHz	46.6GHz

[표 2] 우리나라 레이더 전파지정기준 및 무선국 현황('17년 11월, 현재)

용도	주파수 대역	무선국 수
선박레이더 및 레이더 비이콘용	3050*/9375/9410/9415/9445MHz	17,416국
항공기용 기상레이더	9.3-9.5GHz	661국
무선표지 및 위치측정용	2.7-2.8GHz*, 9.0-9.1GHz	161국

VTS 및 지방관리연안항 관리용	9373/9465MHz	160국
기상원조업무용	437MHz, 1.2GHz, <u>2.7GHz*</u> , 5.3GHz, 9.3GHz	34국
선박 안전유도를 위한 해상감시업무용	9375MHz	11국
우주연구용	5480/5680/5580/5365.5MHz	8국
총 합계		18,451국

* 2순위 분배된 주파수

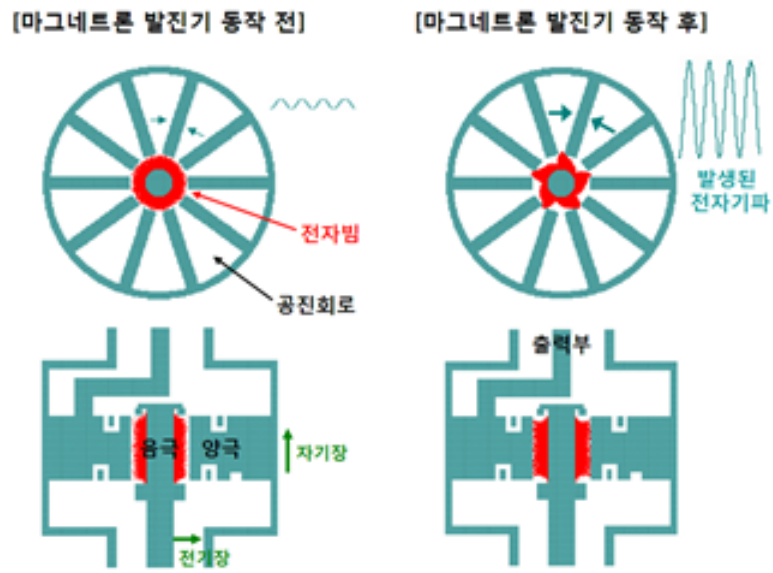
제3절 레이더간 간섭영향 및 분석

1. 마그네트론 방식 및 SSPA 방식 레이더의 원리

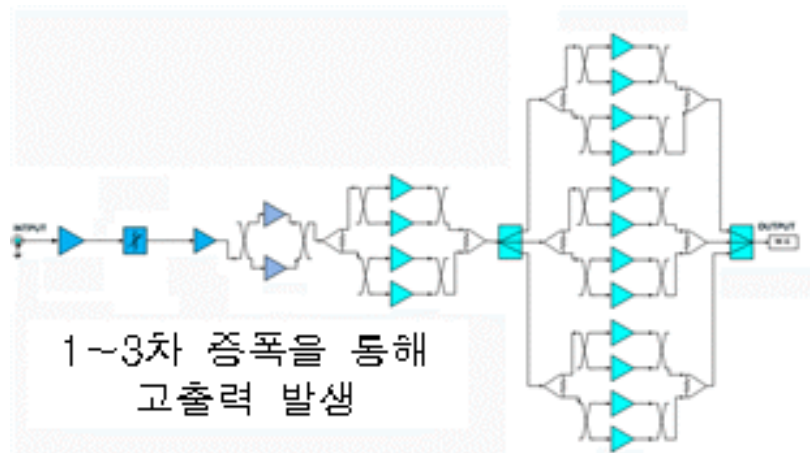
동 연구에서는 서로 다른 방식의 레이더간 간섭영향을 검토하기 위하여 선박국용 마그네트론 방식 레이더 및 SSPA 방식의 레이더를 실험에 이용하였으며, 본론으로 들어가기 전에 각 레이더의 동작 원리를 간략히 살펴보고자 한다.

그림 3은 레이더 방식별 동작원리를 나타내고 있다. 먼저, 마그네트론 방식의 레이더는 전자빔을 발생시키는 음극(cathode)과 일정한 동작 주파수를 갖는 공진회로(resonator), 그리고 공진회로에서 발생된 전자기파를 외부로 방사시키기 위한 안테나 구조를 갖는 출력부로 구성되어 있으며, SSPA 방식의 레이더는 반도체 증폭회로 수십 개를 배열 및 합성하여 전파를 발사한다. 또한, 마그네트론 방식 레이더는 수천 볼트의 고전압을 자전관을 통해 발전하며, SSPA 방식 레이더는 수십 볼트의 전압 사용한다.

그림 4에 나타난 바와 같이 레이더 방식별 신호는 형태는 펄스, CW, FMCW 등 다양하게 나타날 수 있다.

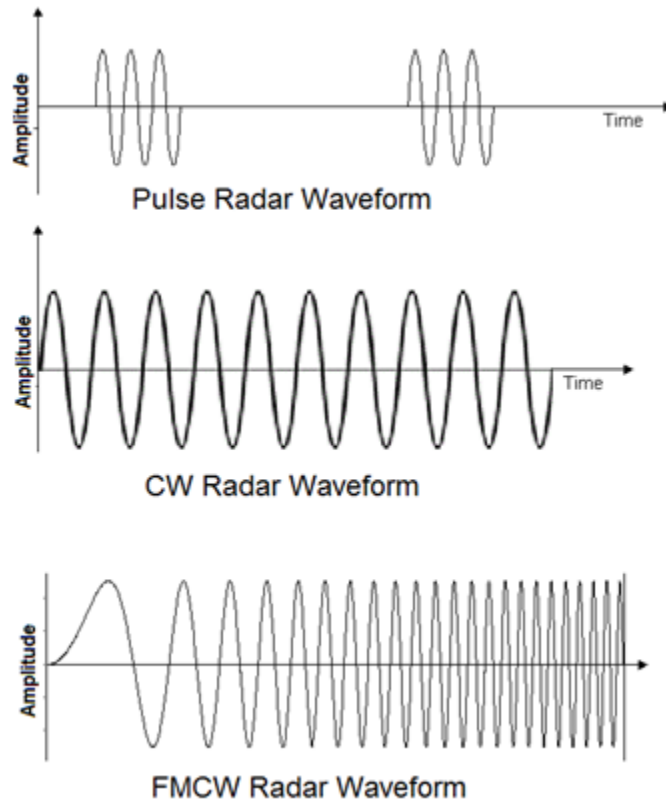


〈마그네트론 방식 레이다〉

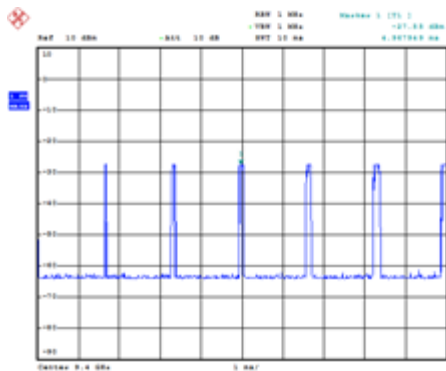


〈SSPA 방식 레이다〉

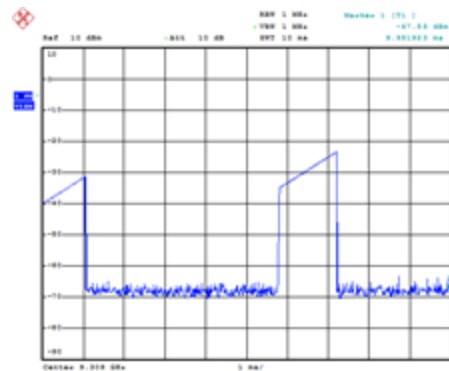
[그림 3] 레이다 방식별 동작원리



〈방식별 레이더 신호 파형〉



Date: 5.25.2009 05:58:57



Date: 5.25.2009 05:40:52

〈실측된 펄스방식 레이더 신호〉

〈실측된 FMCW방식 레이더 신호〉

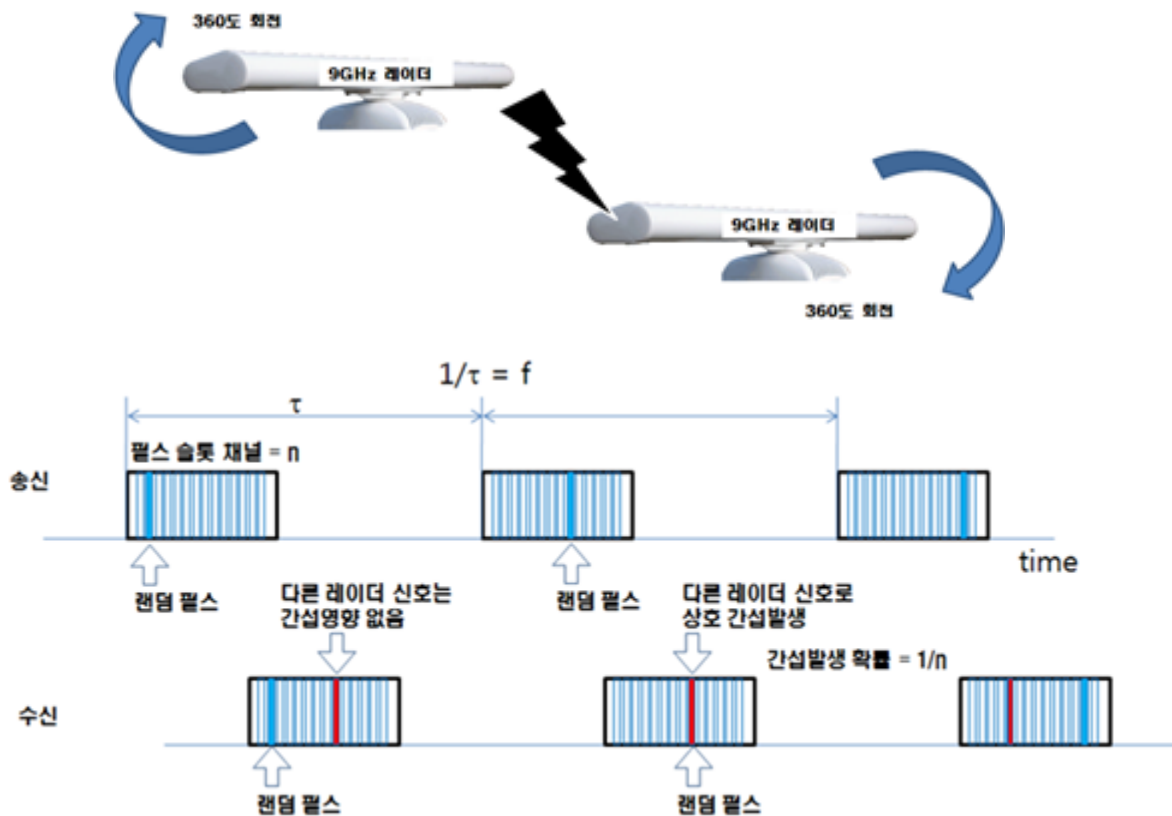
[그림 4] 레이더 방식별 신호 형태

2. 펄스방식 레이더간 간섭영향

레이더는 일반적으로 지향성 안테나를 360° 회전하며 펄스형태의 전파신호를 송신하고 물체에 반사되어 돌아오는 자기 전파신호를 수신 및 이미지 처리하여

주변의 지형지물 등을 파악한다. 이러한 레이더는 간섭원과 피간섭원 두 레이더의 지향성 안테나가 서로 지향각이 일치하여 송·수신할 경우 상호 간섭영향이 발생할 수 있다. 레이더는 펄스 신호를 반복하여 송신하는 신호 특성을 가지며, 그림 5에서와 같이 일정 주기 내에서 랜덤하게 펄스를 전송하여 간섭원과 피간섭원 간 두 레이더의 랜덤 펄스 신호가 일치해야 상호 간섭현상이 발생하게 된다.

일반적으로 레이더 간섭분석 방법은 레이더 상호간 또는 레이더와 타 무선국간 자유공간 손실을 적용하는 worst case 분석방법과 간섭 확률 분석방법을 고려하여 간섭여부를 판단할 수 있다.



[그림 5] 랜덤 펄스 신호특성에 의한 간섭 시나리오

가. Worst Case를 고려한 펄스방식 레이더간 간섭영향

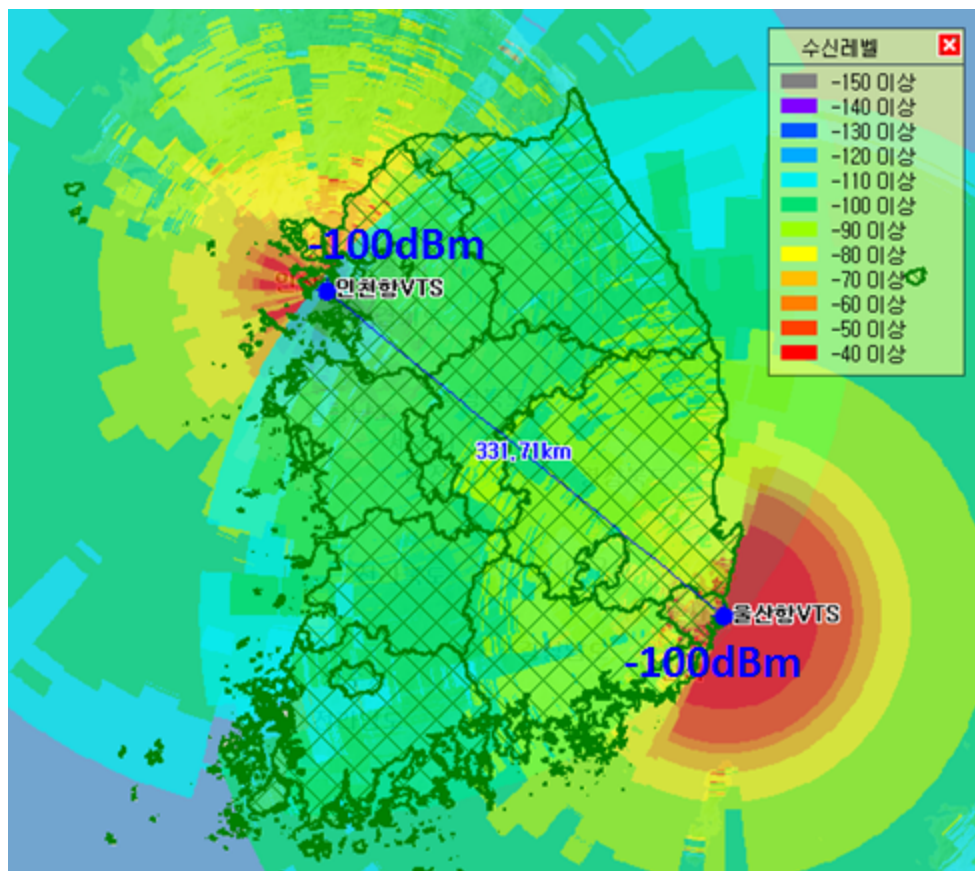
먼저, 우리 원에서 보유한 주파수자원분석시스템을 이용하여 worst case를 고려한 펄스방식의 레이더간 간섭분석을 살펴보고자 한다.

분석에 이용된 레이더는 실제 허가·운용 중인 인천항 VTS 및 울산항 VTS

레이다이며, 중심 주파수 9375MHz, 출력 25kW, 안테나 이득 37dBi를 사용하고 있다. 두 VTS 레이다간 이격거리는 약 330km이다.

간섭분석에 적용된 레이다의 간섭 허용레벨은 ITU-R 권고 M.1796-2 (8500-10680MHz 대역에서 무선탐지 업무용으로 운용되는 지상레이다의 특성과 보호기준)에 따라 수신감도(-107dBm)와 보호기준 (I/N=-6dB)을 고려하여 -113dBm으로 분석하였다.

두 레이다간 간섭분석 결과는 300km 이상의 상당한 이격거리가 있음에도 불구하고 worst case를 고려할 경우 간섭 허용레벨이 ITU 권고에 충족하지 못하는 것으로 나타났다.



[그림 6] 주파수자원분석시스템을 이용한 worst case 간섭분석

나. 간섭확률을 고려한 펄스방식 레이다간 간섭영향

간섭원과 피간섭원의 안테나 지향각이 서로 일치할 경우와 랜덤 펄스가 서로 일치할 경우를 고려한다면 실제 간섭 확률은 매우 낮다. 산술적으로 간략히 설명하자면, 두 안테나의 지향각이 일치할 확률은 1/360이며, 두 레이다의 랜덤

펄스가 일치할 확률은 $1/200$ (랜덤 펄스 수가 200개로 가정)이므로 간섭원과 피간섭원의 레이더가 간섭이 발생할 확률은 0.0014%로 나타날 수 있다. 또한, 랜덤 펄스를 적용하지 않은 레이더의 경우는 간섭확률이 0.28%에 불과한 것으로 계산될 수 있다.

일반적으로 선박 항해시 주로 사용되는 선박국용 레이더의 경우는 운용 반경내 동시 사용되는 레이더의 수가 제한적이며, 간섭 및 피간섭원 레이더의 안테나 방향이 일치하고 랜덤 펄스가 일치할 확률이 매우 낮아 선박국을 포함한 펄스 레이더 간에 상호 간섭영향이 미미하다고 할 수 있다.

2. 선박국용 레이더를 이용한 레이더간 간섭영향

가. 마그네트론 방식 레이더 특성

그림 7과 같이 선박국용 레이더는 표시기(조정장치)와 안테나(스캐너)로 구성된다. 동 실험에 이용된 마그네트론 방식 레이더의 스캐너는 도파관 슬롯 방식의 안테나 형태로 하나의 송·수신 안테나를 사용하고 있다. 레이더의 운용 주파수 범위는 9380-9440MHz이며, 출력은 4kW, 안테나 이득은 25dBi이다. 안테나의 수평 및 수직 3dB 빔폭은 각각 4° , 25° 이다. 동 마그네트론 방식 레이더의 최대 탐지거리는 36NM(1NM : 1.825km)이며, 분당 24회전하는 특성을 가지고 있다.



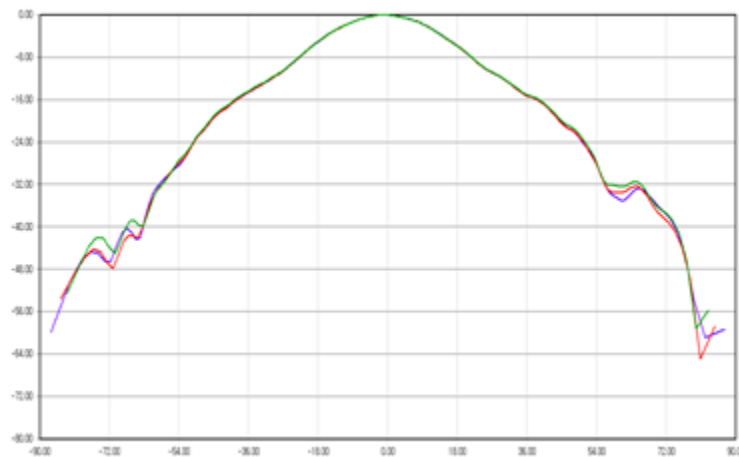
[그림 7] 선박국용 마그네트론 방식 레이더



[그림 8] 선박국용 마그네트론 방식 레이더의 안테나



<수평패턴>

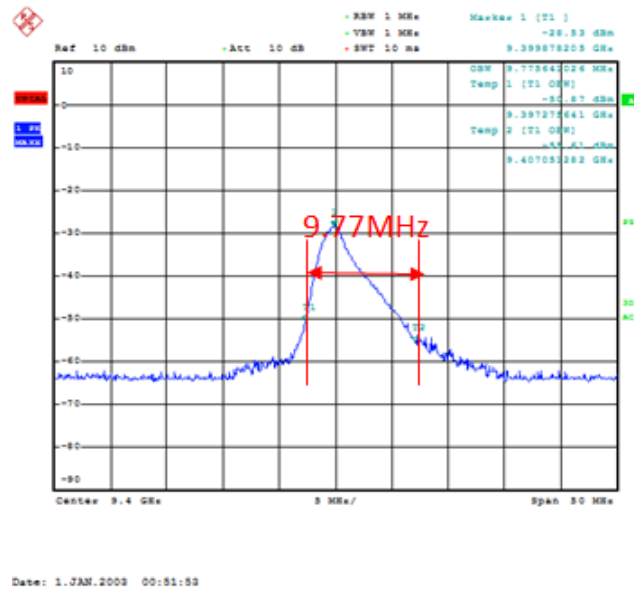


<수직패턴>

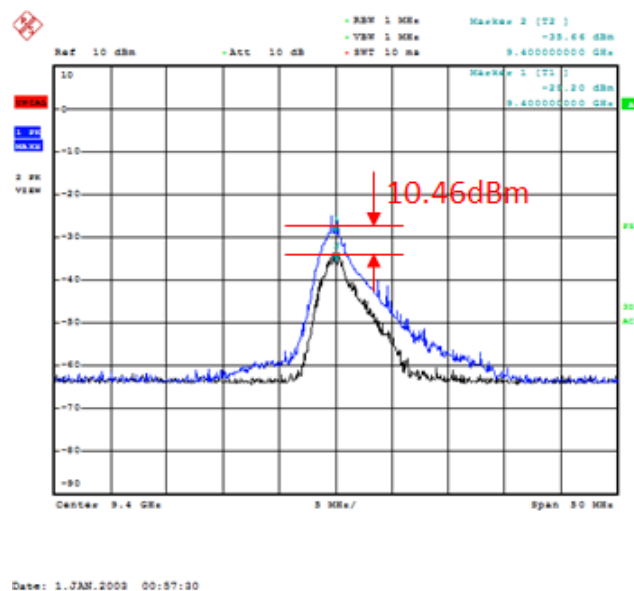
[그림 9] 마그네트론 방식 레이더의 안테나 패턴

마그네트론 방식의 레이더 스펙트럼 특성은 기기의 초기 탐지모드에서 그림 10과 같이 측정된 점유 주파수 대역폭은 9.77MHz로 나타났으며, 편파 분리도는

10.46dB 특성을 보였다. 점유 주파수 대역폭 측정시 측정기기 손상을 방지하기 위하여 60dB 감쇄기를 사용하여 측정하였다. 다만, 측정시 케이블 손실, 연결 어댑터 손실 등은 고려하지 않았다.



<점유 주파수 대역폭>



<편파 분리도>

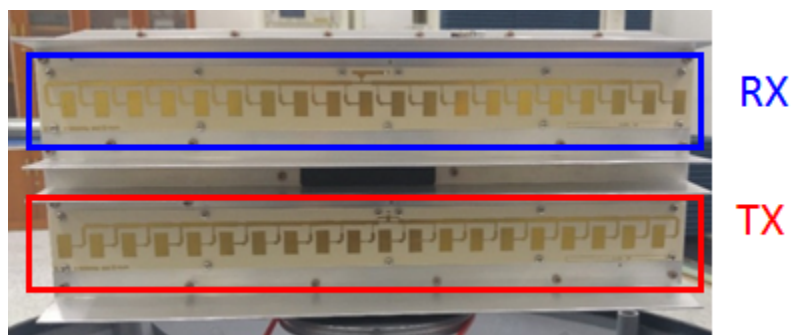
[그림 10] 마그네트론 방식 레이더의 점유 주파수 대역폭 및 편파 분리도 특성

나. SSPA 방식 레이더 특성

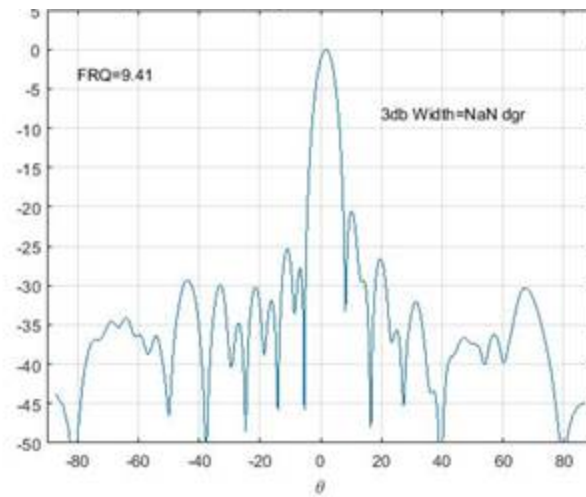
SSPA 방식 레이더는 마그네트론 방식 레이더와 마찬가지로 표시기(조정장치)와 안테나(스캐너)로 구성된다. 마그네트론 방식의 레이더와 큰 차이점은 SSPA 방식 레이더의 스캐너는 마이크로스트립 어레이(microstrip array) 형태의 안테나로 두 개의 송·수신 안테나를 사용하고 있다는 것이다. 이는 연속파를 발사하는 FMCW 레이더에서 신호를 분리하기 위한 특징이라고 볼 수 있다. SSPA 방식 레이더의 운용 주파수 범위는 9300-9400MHz이며, 출력은 165mW, 안테나 이득은 20dBi이다. 안테나의 수평 및 수직 3dB 빔폭은 각각 5.2°, 25° 이다. 실험에 이용된 SSPA 방식 레이더의 최대 탐지거리는 24NM이며, 분당 24회전하는 특성을 가지고 있다.



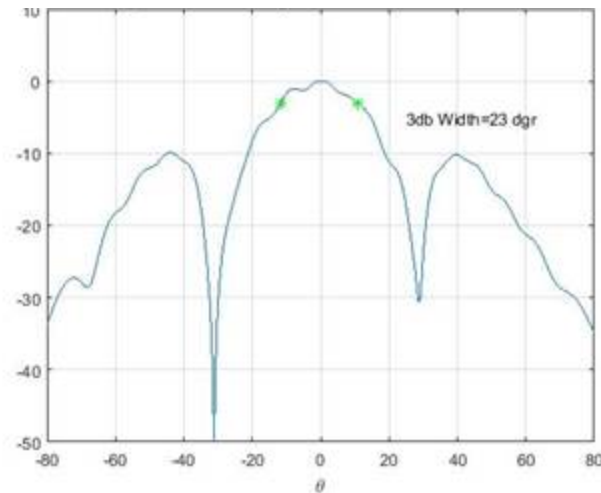
[그림 11] 선박국용 SSPA 방식 레이더



[그림 12] 선박국용 SSPA 방식 레이더의 안테나



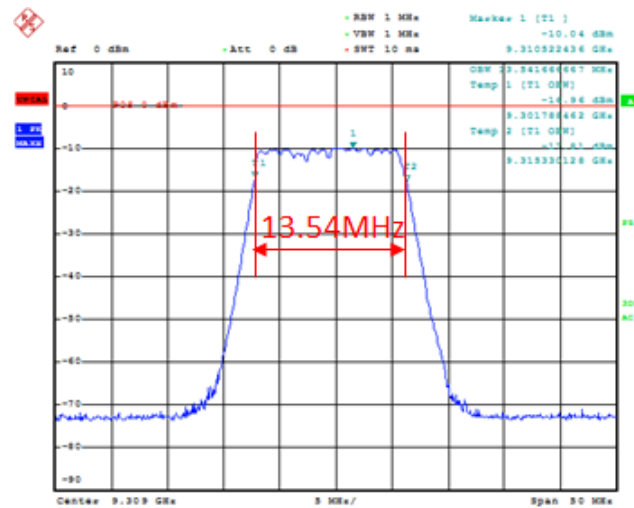
〈수평패턴〉



〈수직패턴〉

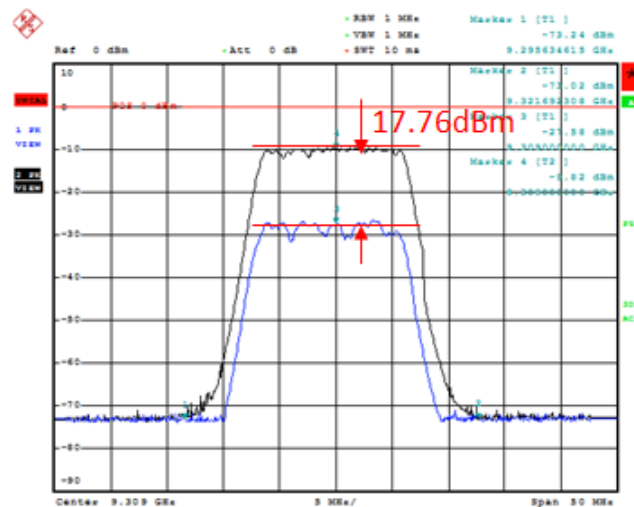
[그림 13] SSPA 방식 레이더의 안테나 패턴

SSPA 방식의 레이더 스펙트럼 특성은 기기의 초기 탐지모드에서 그림 14와 같이 측정된 점유 주파수 대역폭은 13.54MHz로 나타났으며, 편파 분리도는 17.76dB 특성을 보였다. SSPA 방식의 레이더는 마그네트론 방식의 레이더 보다 점유 주파수 대역폭의 주파수 평탄도(flatness)과 편파 분리도(isolation) 특성이 우수함을 확인할 수 있었다. 편파 분리도가 낮을 경우 송신된 신호가 수신단으로 유입될 수 있어 RF 기기의 성능과 관련된 중요한 성능 파라미터 라고 할 수 있다.



Date: 1.JAN.2003 01:26:38

〈점유 주파수 대역폭〉



Date: 1.JAN.2003 00:59:19

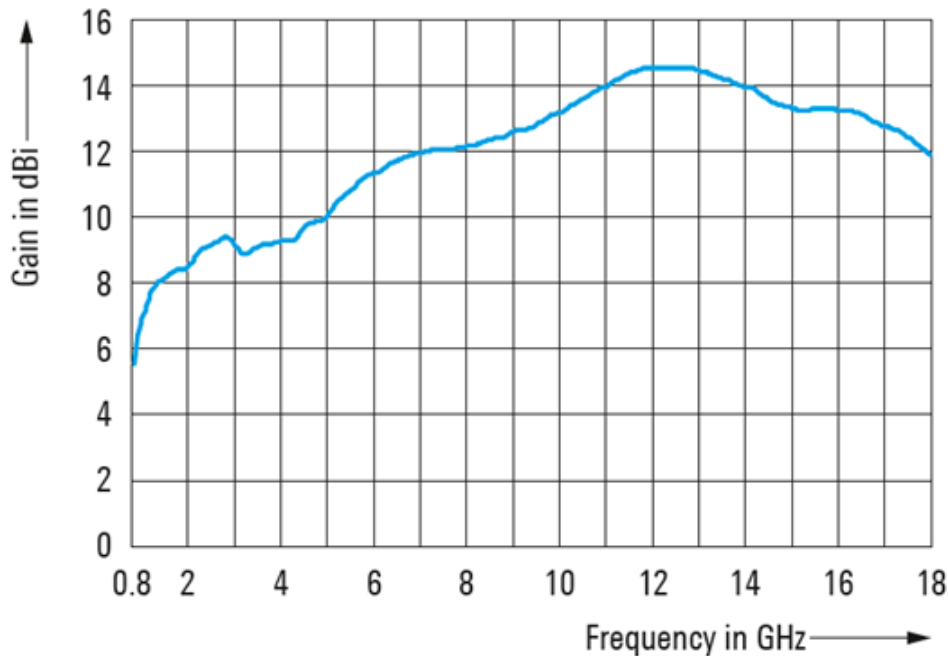
〈편파 분리도〉

[그림 14] SSPA 방식 레이더의 점유 주파수 대역폭 및 편파 분리도 특성

다. 레이더의 수신신호 특성

레이더 신호 분석을 위하여 주파수자원분석시스템을 이용한 시뮬레이션값과 측정값을 비교하였다. 측정은 전라남도 나주에 위치한 비상활주로에서 수행하였다. 먼저 송신측은 선박국용 마그네트론 방식 레이더 및 SSPA 방식

레이더를 이용하였으며, 송신 레이더는 지상고 1m에 위치하였다. 마그네트론 방식 및 SSPA 방식 레이더는 각각 출력 4kW 및 165mW, 안테나 이득 25dBi 및 20dBi 특성을 가진다. 수신측은 지상고 1m에 위치하였으며, 수신 안테나는 R&S의 HF907을 사용하였다. HF907 안테나는 9GHz 대역에서 약 13dBi의 이득을 가진다.

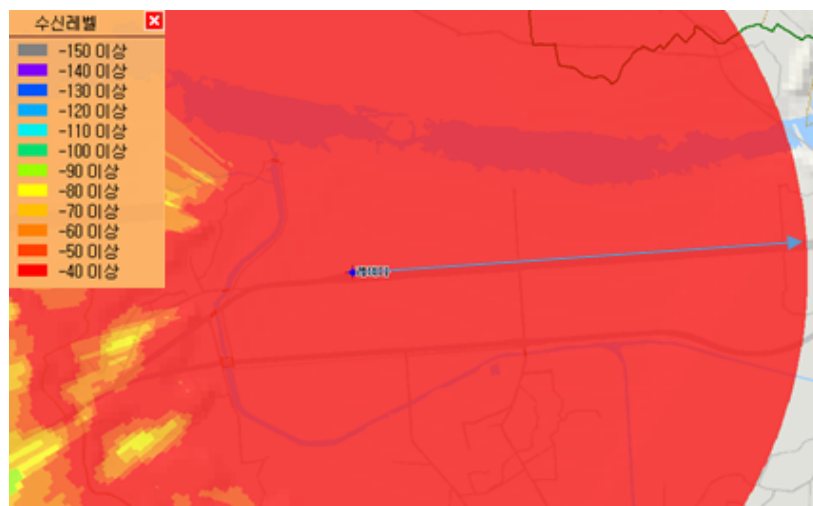


[그림 15] 수신 안테나(HF907)의 이득 특성

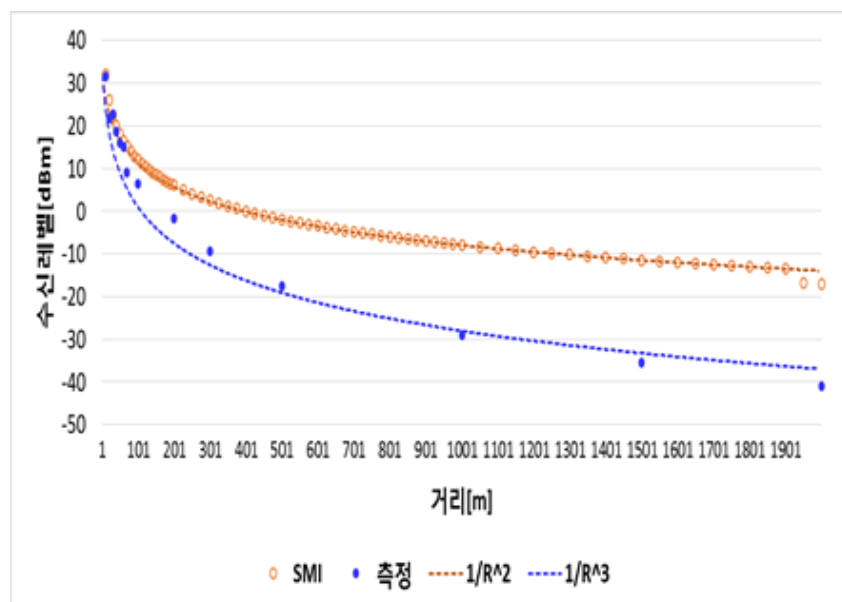
마그네트론 방식 레이더와 SSPA 방식 레이더의 거리별 수신 레벨을 분석한 결과, 레이더에서 일반적으로 적용되는 거리 제곱에 반비례하는 특성이 아닌 마그네트론 방식 레이더의 경우 거리 세제곱에 반비례하며, SSPA 방식의 레이더는 거리 2.6 제곱에 반비례하는 특성을 확인할 수 있었다. 주파수자원 분석시스템의 수신 레벨은 이론값과 거의 유사하게 거리 제곱에 반비례하였다. 이러한 시뮬레이션과 측정에 따른 수신레벨의 오차는 레이더 신호 분석시 시뮬레이션뿐만 아니라 측정이 병행되어야 정확한 분석이 됨을 확인할 수 있는 부분이다. 또한, 측정값과 시뮬레이션값에 대한 오차를 개선하기 위해 two-ray ground reflection model 적용 등 다양한 전파모델에 대한 검토가 필요하다.



[그림 16] 마그네트론 방식 레이더 측정



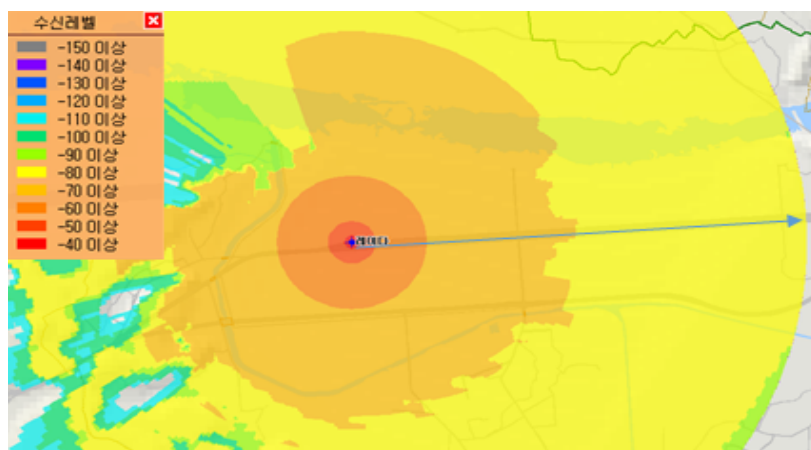
[그림 17] 마그네트론 방식 레이더의 주파수자원분석시스템 시뮬레이션 결과



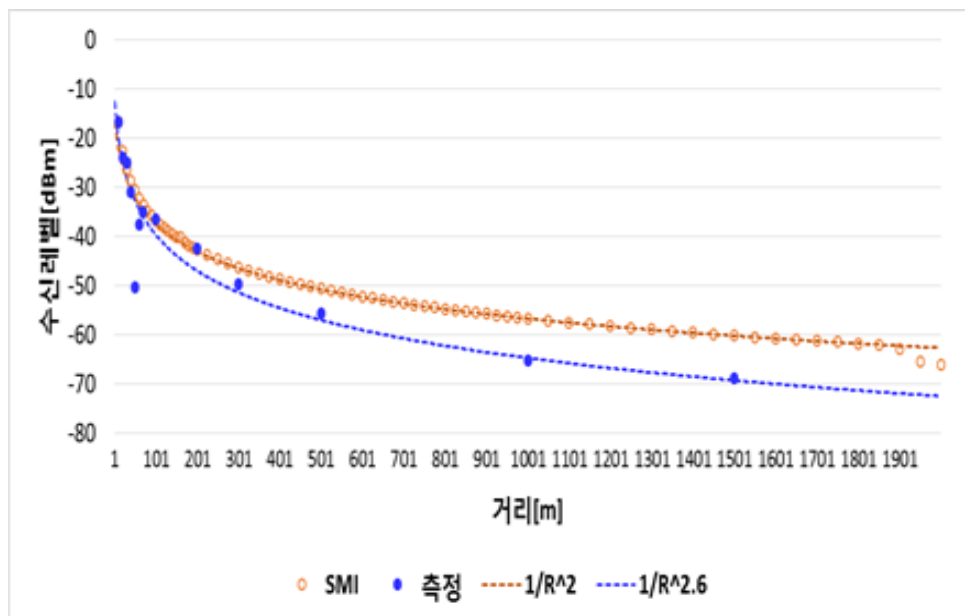
[그림 18] 마그네트론 방식 레이더의 거리별 수신레벨



[그림 19] SSPA 방식 레이더 측정



[그림 20] SSPA 방식 레이더의 주파수자원분석시스템 시뮬레이션 결과

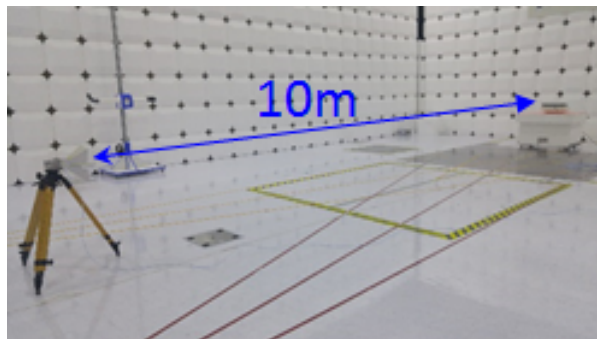


[그림 21] SSPA 방식 레이더의 거리별 수신레벨

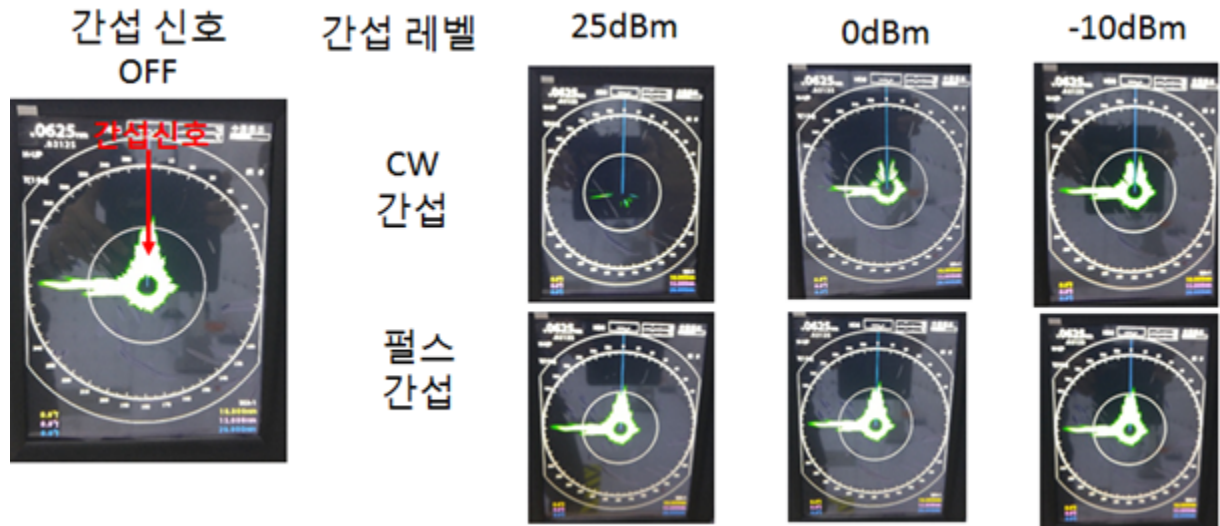
라. 신호발생기를 간섭원으로 하는 선박국용 레이더 간섭실험

신호발생기를 간섭원으로 마그네트론 방식 및 SSPA 방식 레이더에 간섭영향 실험을 수행하였다. 신호발생기의 신호는 CW 및 펄스 형태로 인가하였으며, 간섭이 없을 경우와 간섭 신호의 레벨이 25dBm부터 -20dBm까지 변화되는 경우를 시험하였다. 이 때, 펄스 신호는 주기 1.67ms, 폭 0.9 μ s로 일반적인 선박국용 레이더와 유사하게 적용하였다. 측정은 우리 원의 10m 챔버에서 수행하였다. 신호발생기의 간섭신호는 R&S의 HF907 안테나를 사용하여 송신하였으며, 송·수신 안테나의 거리는 10m로 하였다.

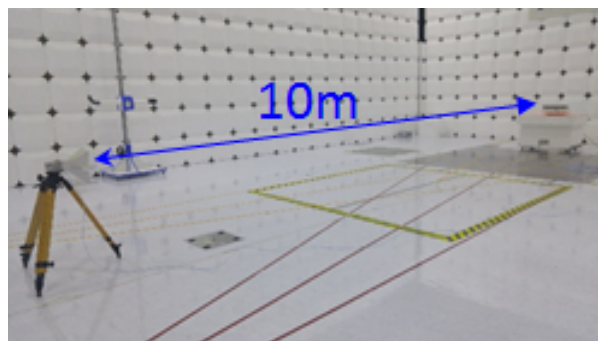
측정결과는 그림 23과 25에 나타난 바와 같이 마그네트론 방식 레이더 경우, 간섭신호가 레이더에 유입되었을 때 탐지범위가 줄어드는 현상을 보였으며, SSPA 방식의 레이더는 붉은 색 바(bar) 형태로 간섭현상을 보였다. 다만, 마그네트론 방식의 레이더는 CW 신호에 의해서만 간섭영향이 나타났으며, 펄스 신호에 의한 간섭영향은 없는 것으로 확인되었다. SSPA 방식 레이더는 CW 및 펄스 신호에 의해 모두 간섭영향이 있는 것으로 나타났다.



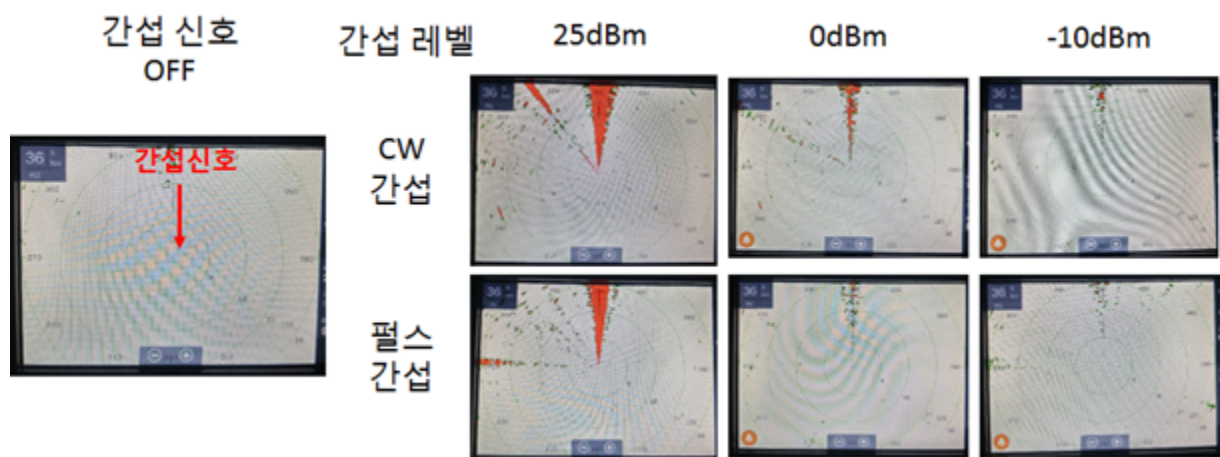
[그림 22] 마그네트론 방식 레이더 측정 구성도



[그림 23] 간섭 신호 레벨에 따른 마그네트론 방식 레이더의 간섭영향 분석



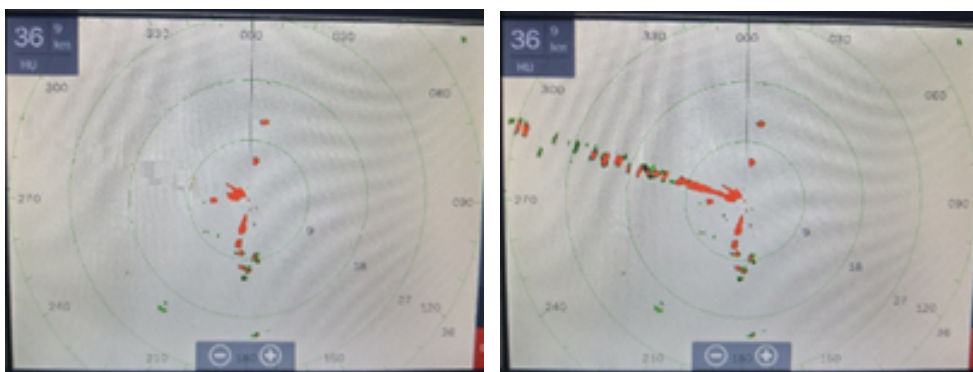
[그림 24] SSPA 방식 레이더 측정 구성도



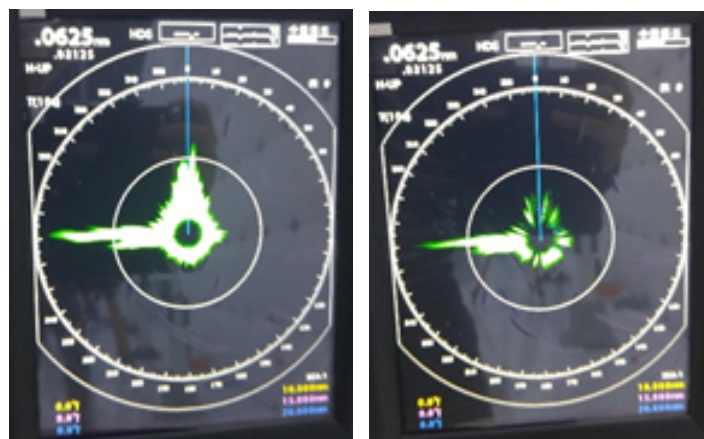
[그림 25] 간섭 신호 레벨에 따른 SSPA 방식 레이더의 간섭영향 분석

마. 선박국용 레이더간 간섭실험

그림 26 및 27은 각각 마그네트론 방식 레이더로 인한 SSPA 방식 레이더의 간섭영향과 SSPA 방식 레이더로 인한 마그네트론 방식 레이더의 간섭영향을 보여주고 있다. SSPA 방식 레이더는 붉은 색 바 형태의 간섭이 나타남으로 붉은 색 바와 물표가 겹치는 부분에서는 정확하게 물표를 확인할 수 없는 현상을 보였으며, 마그네트론 방식 레이더는 탐지 범위가 간섭신호로 인하여 줄어드는 특성이 나타났다.



[그림 26] 마그네트론 방식 레이더로 인한 SSPA 방식 레이더 간섭영향



[그림 27] SSPA 방식 레이더로 인한 마그네트론 방식 레이더 간섭영향

바. VTS 레이더를 간섭원으로 선박국용 레이더 간섭실험

다음은 VTS 마그네트론 방식 레이더로 인한 선박국용 마그네트론 방식 및 SSPA 방식 레이더에 대한 간섭영향을 실험한 결과이다.

VTS 레이더는 진도 VTS 어란진 사이트(전라남도 해남군 송지면 어란리,

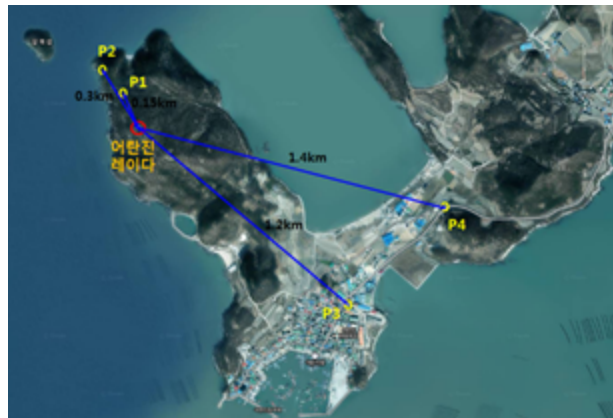
지상고 27m/해발고 77.6m)에 위치하고 있으며, 중심 주파수는 9375MHz, 출력은 25kW이며, 안테나 이득은 40dBi 특성을 가지고 있다.

측정지점 4개를 선정하여 주파수자원분석시스템의 수신레벨과 비교하였다. 이 중 측정지점 P4는 VTS 레이더와 LOS(line of sight)를 확보할 수 있는 약 1.4km 지점으로 지형지물에 의한 감쇄, 회절 등으로 인한 간섭을 최소화할 수 있는 지점이다. 측정지점 P1, P2, P3는 산 등 주변 지형지물로 인하여 VTS 레이더 신호 측정이 용이하지 않아 간섭실험 및 분석에서는 제외되었다. VTS 레이더의 신호는 주파수자원분석시스템의 시뮬레이션값과 측정값에 차이가 다소 발생함을 확인할 수 있다.

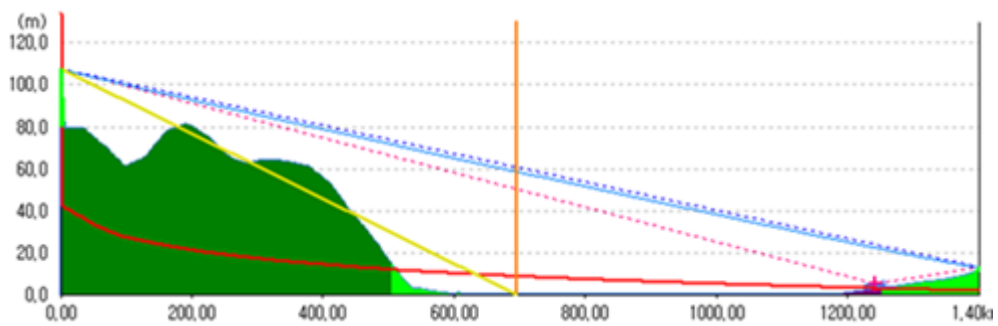
간섭영향 측정결과, 그림 31과 32에 나타난 바와 같이 VTS용 마그네트론 방식 레이더로 인해 선박국용 마그네트론 방식의 레이더에는 간섭현상이 없었으나, 선박국용 SSPA 방식 레이더에는 붉은 색 바 형태의 간섭현상이 나타남을 확인할 수 있었다.



<VTS 레이더>

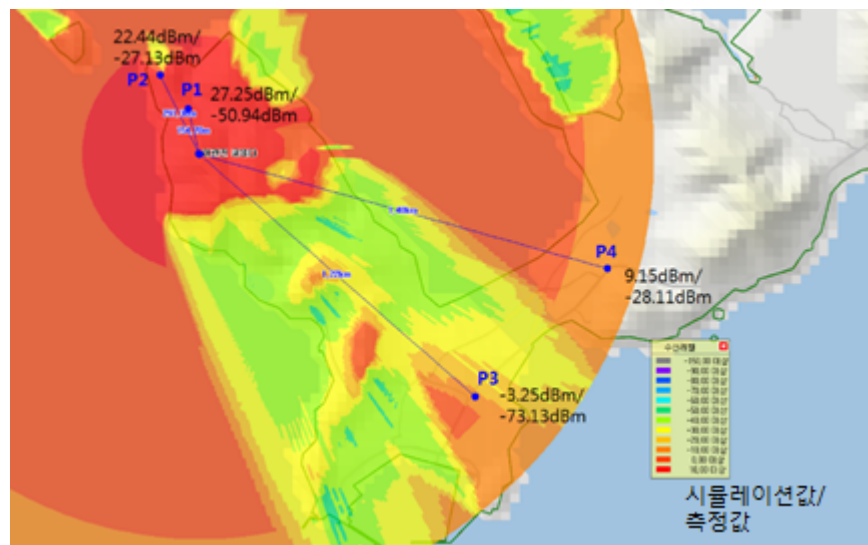


〈측정위치〉

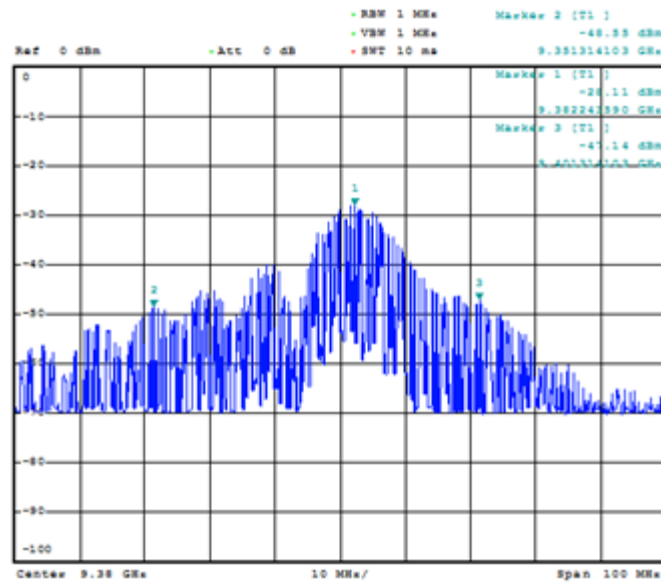


〈P4 측정위치의 경로〉

[그림 28] VTS 레이다 및 측정위치



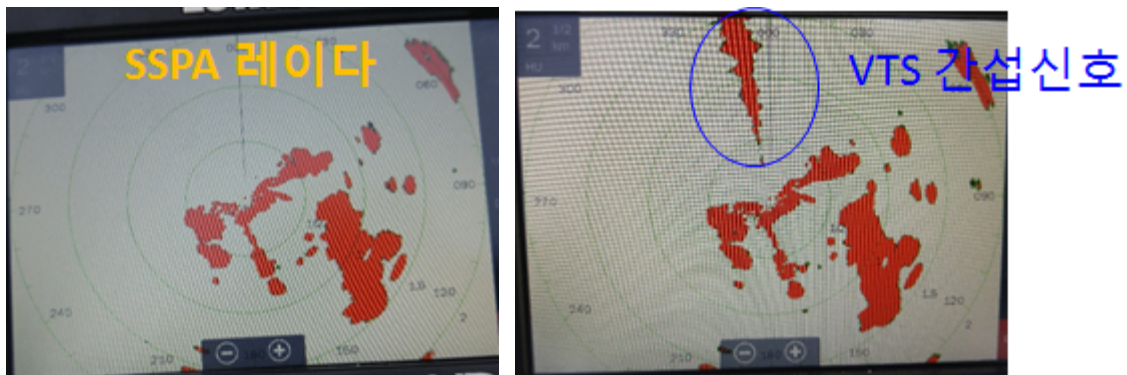
[그림 29] VTS 레이다에 대한 주파수자원분석시스템 시뮬레이션 및 측정결과



[그림 30] VTS 레이더의 스펙트럼 측정결과



[그림 31] VTS 레이더로 인한 선박국용 마그네트론 레이더의 간섭영향



[그림 32] VTS 레이더로 인한 선박국용 SSPA 레이더의 간섭영향

제4절 소결

동 연구에서는 다양한 분야에서 활용하고 있는 레이더 기술동향을 살펴보고, 레이더 주파수 및 우리나라 레이더 무선국 이용 현황을 분석하였다. 또한, 마그네트론 방식 및 SSPA 방식의 서로 다른 방식 레이더간 간섭영향에 대해 실측을 통하여 분석하였다.

단편적인 실험결과이지만, 동 연구에서는 동일 주파수 대역에서 사용되는 서로 다른 방식의 레이더간 간섭이 발생할 수 있음을 확인하였으며, SSPA 방식의 레이더 도입시 간섭영향에 대한 충분한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

향후, 이번 실험결과를 바탕으로 해상에서 레이더를 선박에 탑재하여 간섭영향을 분석하고, 차량용 충돌방지 레이더, 기상 레이더 등 다양한 레이더와 SSPA, AESA(Active Electrically Steered Array), 펄스 압축 등 서로 다른 방식간의 레이더에 대해 간섭영향을 추가 실험을 진행할 계획이다. 또한, 레이더 무선국 허가를 위한 주파수 이용 검토시 worst case 분석뿐만 아니라 간섭확률 분석 및 측정을 병행함으로써 간섭분석에 대한 신뢰성을 제고하고자 한다.

제3장 무인선용 후보 주파수 대역 발굴

제1절 연구의 배경

정부는 「무인이동체 발전 5개년 계획」(‘16년 6월, 舊)미래부 등 10개 부처 합동 수립)을 수립하여 통합적 관점으로 무인이동체 산업의 활성화를 위한 범정부정책 추진하고 있다. 해상분야에서도 유인선을 대체할 수 있는 무인선 관련 기술발전과 민간수요 급증으로 무인이동체의 해상 확대가 전망됨에 따라 무인이동체의 제어 및 데이터 전송을 위한 주파수의 필요성이 제기되고 있다.

이번 장에서는 국내·외 무인선의 기술동향을 살펴보고, 우리나라 무인선 기술 및 전파환경을 고려하여 무인선에서 활용할 수 있는 제어 및 데이터 전송용 후보 주파수를 발굴하고자 한다.

제2절 무인선 기술동향

1. 무인선의 개념

무인선(USV : Unmanned Surface Vehicle)은 차세대 무선통신 기술 및 통합 제어 시스템을 선박과 육상에 모두 설치하여 선박 운항자의 운항 및 조타행위 없이 선박 조정 제어시스템에 의존하여 운항되어지는 선박이다.

이러한 무인선은 유인선박이 수행하기 힘든 기뢰 탐색 및 제거, 적진 침투 등 고위험 임무와, 해양 감시, 해양조사 등과 같이 장시간의 작업이 필요한 임무 등을 위해 원격조정 되거나, 기존의 유인선박의 기능을 대체할 수 있어 수요가 증가하고 있는 추세이다. 무인기와 무인 잠수정에 비해 무인선이 갖는 가장 큰 장점은 탑재 가능한 중량이 매우 커서 무인이동체에 대형 장비 탑재가 가능하여 수행 가능한 임무가 다양해진다는 것이다.

해양무인시스템(UMS : Unmanned Maritime System)은 무인수상이동체(USV : Unmanned Surface Vehicle)와 무인수중이동체(UUV : Unmanned Underwater Vehicle)로 구분되며, 무인수중이동체는 ROV(Remotely Operated Vehicle)와 AUV(Autonomous Underwater Vehicle)로 나누어진다.



<ROV>



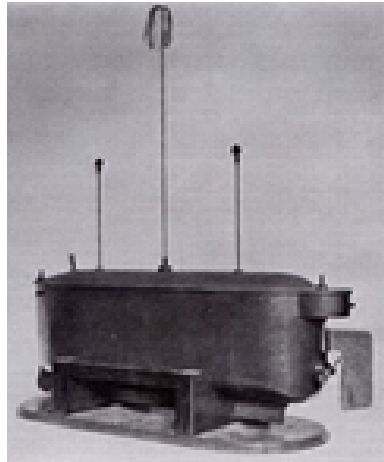
<AUV>

[그림 33] 해양무인시스템

국제해사기구(IMO)의 규정상 모든 선박은 반드시 선원을 두고, 선원에 의해 운항되어야 하나, 무인선은 선원이 승선하지 않으므로 협약을 충족하지 않으며, 또한, 무인선은 SOLAS(International Convention for the Safety of Life at Sea, 해상인명안전협약) 제2-1장 구조, 전기 및 기관설비, 제2-2장 소화설비, 제3장 구명설비규정의 적용이 어렵다. 제4장 제12조 당직 규정 및 제5장 제14조에 따른 선박의 최소인원배치 규정에 위배되고 있어 향후 무인선 도입을 위해 관련 규정에 대한 검토 및 개정이 필요하다.

2. 무인선의 역사 및 개발 현황

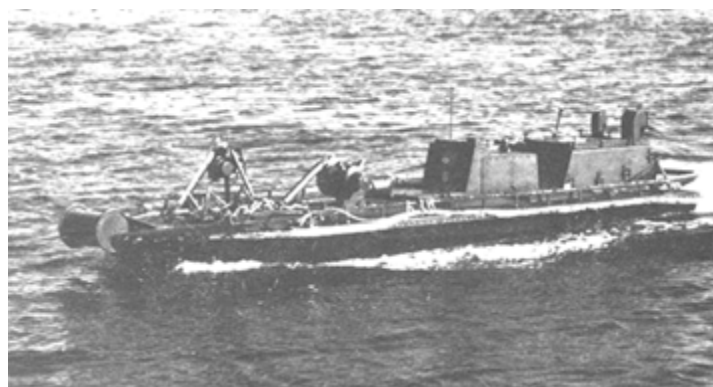
최초의 무인선이라고 할 수 있는 무선조정보트는 1898년, Nikola Tesla에 발명되었으며(미국 특허 “Method of and Apparatus for Controlling Mechanism of Moving Vessels or Vehicles”), 테슬라는 1898년, Madison Square Garden에서 개최된 전기산업전시회에서 무선조정보트를 시연하여 많은 사람들의 관심을 불러 일으켰다.



[그림 34] 테슬라의 무선조정보트

본격적인 무인선 기술은 전쟁과 더불어 발전하였으며, 1944년 캐나다는 2차 세계대전 중 노르망디 상륙작전에서 연막전술을 위하여 무인선 COMAX 개발하였다. 1954년 미 해군에서 원격 기뢰 소해(minesweeping)를 위한 무인선을 개발하여 최초 실전에 운용하였으며, 1960년대 베트남 전쟁에서 기뢰 소해용 무인선에 대한 효용성이 인정되어 이후 덴마크, 독일, 스웨덴 등 여러 나라에서 기뢰 소해용 무인선을 개발하여 보유하게 된다.

1990년대 들어서 무인선은 첩보·감시·정찰용 등 군용과 더불어 항만감시용, 해양조사 등 공공용으로 영역이 확대되었다. 미국은 2000년 구축함(Cole)에 대한 자살 폭탄테러와 2001년 911 테러를 계기로 새로운 해양 전략 “Sea Power 21” 수립하였으며, 또한, 2007년 미 해군은 Sea Power 21 구현을 위한 무인함정 기본계획(The Navy Unmanned Surface Vehicle Master Plan) 발표하여 무인선에 대한 기술을 선도하고 있다.



[그림 35] 미 해군의 Minesweeping Drone

2004년부터 2010년까지 미국을 비롯하여 다수 국가의 해군에서 무인선을 도입을 추진하였다. 미 해군은 General Dynamics사와 2006년에 약 1,270만달러를 투자하여 “Fleet” Class 무인선을 도입하였으며, Rafael사는 이스라엘, 싱가포르, 인도에 2007년부터 2009년까지 8대 규모의 Protector를 공급하였다. 또한, Zyvex Tech.(Piranha), EDO(LCS MCM), DCNS(Rodeur) 등에서 무인선을 개발하였다.

무인잠수정은 미국, 유럽 및 일본 등이 기술 선도국으로 평가되고 있으며, 미국은 근거리 기뢰탐색(Lockheed Martin, MRUUV) 및 해양과학 조사용(WHOI, Jason 시리즈) 무인선 개발에 집중하고 있으며, 유럽은 군사용(BAE System, Marlin) 및 과학·산업용, 일본은 무인자율잠수정(Flatfish)을 개발하고 있다.

무인선의 경우 미국, 유럽 등을 중심으로 기뢰제거, 잠수정 탐색 등 주로 군사적 목적에서 개발/운용되었으나, 최근 해양조사, 해양구난 등 민간 분야에서도 시장이 확산되고 있다. 미국은 무인선 개발을 위해 ‘90년대부터 2003년까지 4억달러(4800억원, 연간 약 370억원)의 예산을 투입하였고, 2006년에서 2007년까지 약 54백만달러(약 650억원/6년, 연간 약 108억원)이 소요된 Spartan 프로젝트를 수행하였다.

유럽연합에서 추진 중인 MUNIN(Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) 프로젝트는 브라질 Tubarao 항에서 독일 Hamburg 항까지 산적 화물선의 무인 운항을 목적으로 하고 있다. MUNIN 프로젝트 무인선의 통신 시스템은 데이터 전송, 제어, Recovery용 랑데부 통신 등 3단계로 구분하고 있다. 데이터 전송 채널은 고성능 Spot beam을 적용하는 VSAT을 사용하여 구성하고 있으며, 전송속도는 4Mbps를 기준으로 하고 있다. 제어 채널은 Inmarsat 위성통신을 사용하며, 전송속도는 Downlink 128kbps를 기준으로 하고 있다.

[표 3] 세계 해군의 무인선 도입현황(2004년-2010년)

국가	제작사	이름	도입년도
미국	General Dynamics	"Fleet" class ASW USV	2008
미국	General Dynamics	"Fleet" class	2006
독일	Rheinmetall Defense	M8 USV	2008
영국	QinetiQ	FIAC RT	2005
영국	Atlas-QED Consortium	Protector	2007
이스라엘	Rafael	Protector	2007
싱가포르	Rafael	Protector	2008
인도	Rafael	Protector	2009
나이지리아	Aeronautics	Seastar	2006

[표 4] 국내·외 무인선 개발 현황

수행기관/국가	프로젝트 명	주요 내용	연구기간
INESC TEC /포르투갈	ICARUS	무인선과 무인기를 통합 활용하여 해양사고 조난자 수색구조를 위한 시스템 개발	2012-2016
MARINTEK /노르웨이	MUNIN	대형 화물선을 자율운항 또는 육상에서 원격조종하여 운항하기 위한 기술 개발	2012-2015
KRISO /한국	다목적 지능형 무인선 국산화 개발	해양조사 및 해양감시 임무 수행용 무인선 개발	2011-2018
국방과학연구소 /한국	무인수상정의 수중음향표적 자율추적	무인선을 이용한 수중음향표적 자율추적 기술 개발	2013-2015

[표 5] MUNIN 프로젝트의 영상 데이터 요구사항

시스템	해상도	영상(kbyte)	업데이트 주기(Hz)	전송속도 (kbps)
레이다, AIS 플로터	1024×1024	375	0.4	100
AIS	Raw	-	-	1
적외선 카메라	640×512	330	1-10	300-1000
비디오	720×568	415	1-10	300-1000
HDTV	1920×1080	2600	2	800-1500
자동화	4000tags	12	0.1-1	1-10
통신	-	-	-	8

민간부분의 무인선 개발 현황을 보면, 2014년, 영국의 항공기·선박용 엔진 제조업체인 롤스로이스가 무인 화물선 개발을 추진 중이며, 10년 안에 무인 화물선을 운용할 예정임을 밝혔다. 롤스로이스는 무인선 기술로 선박 운영비를 최고 30%를 절약할 수 있을 것으로 예측하고 있다. 또한, 해양 사고의 대부분은 선원의 집중력 저하나 피곤 등 인간의 실수에서 유발된다고 분석하며, 원격·자동 조종을 통한 운행방식이 더 안전하고 평가하고 있다. 인마셋이 무인선 운용에 필요한 위성통신 링크와 플랫폼 기술을 제공하는 프로젝트 파트너로 참가하고 있다. 롤스로이스의 자율운항선박 프로젝트는 2035년 완전 자동화된 무인선박을 원양항해에 상용화 목표로 하고 있다.

미국은 2016년 Drone Ship 개발을 완료하였다고 발표하였다. Drone Ship의 정식 명칭은 ACTUV(Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel)이며, 미 방위고등연구계획국(DARPA)과 미 해군연구소(NRL)가 합동으로 개발하였다. Drone Ship은 길이 40m, 배수량 140t이며, 최대 시속 50km까지 낼 수 있다.



[그림 36] 미국의 Drone ship

노르웨이는 2017년 야라 인터내셔널(Yara International)에서 2020년 무인자율 운항선박 운영 계획을 발표하였다. 야라 인터내셔널의 자율운항선박은 전기동력을 사용하는 무인 화물선이며, 정식명칭은 야라 버클랜드(YARA Birkeland)이다. 이 프로젝트는 2018년부터 유럽에서 시범운항 시작하여 2019년까지 원격제어 방식으로 운영할 계획이다. 야라 인터내셔널은 2020년부터 완전 무인 기술로 전환을 추진하고 있다.



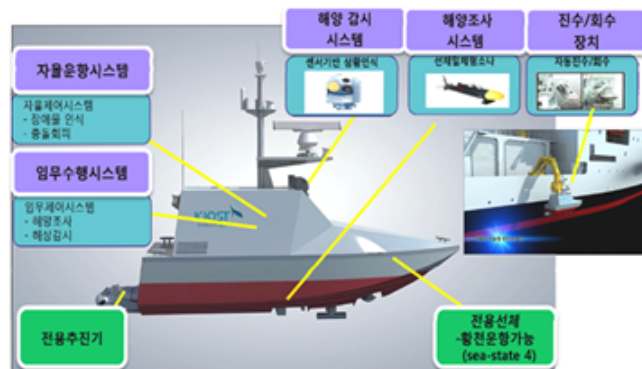
[그림 37] 야라 인터내셔널의 무인자율운항선박

2017년, 노르웨이(Kongsberg), 프랑스(Bourbon), 영국(ASL)이 합동으로 세계 최초로 완전 자율운항 선박 건조사업 추진하고 있다. 정식명칭은 헤른(Hronn)호이며, 37m 크기로 2018년 운항을 목표로 하고 있다. 주로 연안의 에너지 회사나 양식장에 가벼운 보급품 전달하고, 과학연구용이나 수로측정용으로 활용할 계획이다.



[그림 38] 자율운항선박 헤른호

우리나라는 선박해양플랜트연구소(KRISO)에서 무인선 프로젝트를 주도 하고 있다. 2011년부터 2018년까지 다목적 지능형 무인선 국산화 개발(총 200억원 규모)을 추진하였으며, 2015년부터 2020년까지 고신뢰성 다개체 무인이동체 통합운용체계 개발(총 42억원 규모)을 진행하고 있다.



<무인선 플랫폼>



<다개체 무인이동체 통합운용체계>

[그림 39] KRISO가 개발 중인 해양무인시스템

인접국인 일본 또한 2017년, 해운업계와 조선업계가 공동으로 2025년까지 신형 선박 250척에 선박용 자동운항 시스템 탑재 개발을 착수하고 있다.

3. 무인선의 활용분야

무인선은 유인선이 수행하는 임무 중 안전면에서 위험한 임무를 수행하는 용도로 주로 사용되고 있으며, 유인선이 안전 때문에 접근하기 어려운 해역 및 오염해역에서의 작업도 무인선을 필요로 하는 영역이다. 또한, 해양 감시, 해양 조사 등과 같이 장시간의 작업이 필요한 임무의 경우 선박의 운용 경비와 승무원들의 피로 누적이 문제가 되는 데 이러한 작업도 무인선으로 대체한다면 큰 효과를 얻을 수 있다.

과거, 무인선은 주로 군사용 목적으로 많이 사용되고 있으나 최근 공공 목적으로의 수요가 늘어나고 있다. 민수용으로는 아직 수요가 적은 편으로 주로 해양탐사 등 과학적 용도로 활용되고 있다.

군사용	국토안보/보안	해양안전/환경
<ul style="list-style-type: none"> 기뢰제거 보안 및 모니터링 포격훈련 대청/비대청위협 	<ul style="list-style-type: none"> 해적 불법이민 불법조업 단속 강 보안 항만 보안 	<ul style="list-style-type: none"> 화재 진압 오염방제 해양조사 수질 및 해양오염 모니터링

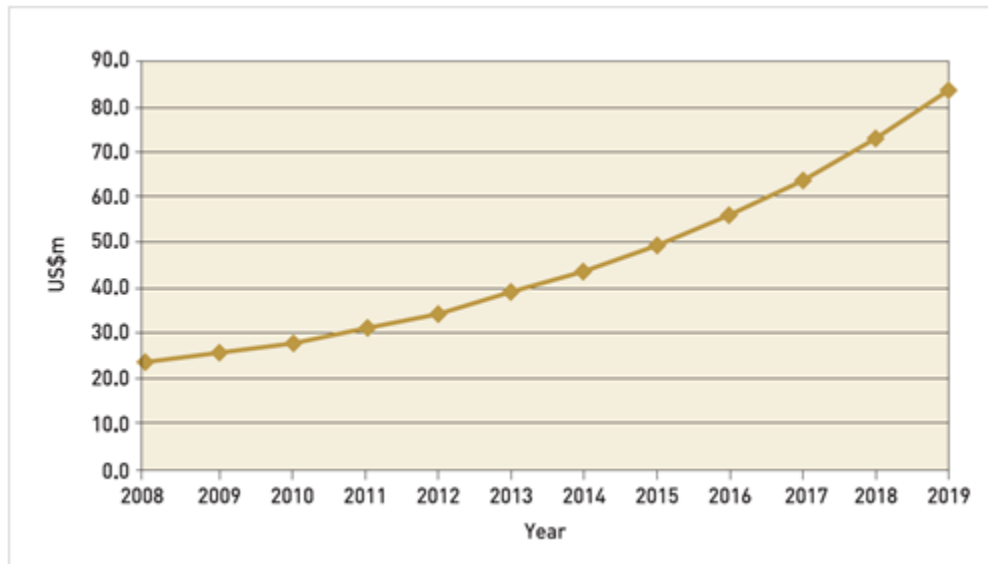
[그림 40] 무인선의 활용 분야

4. 무인선 시장전망 및 산업체 현황

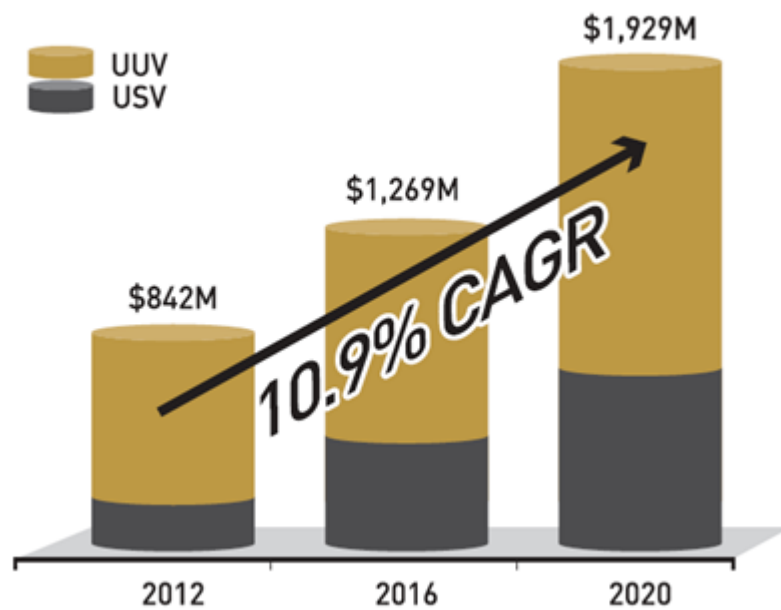
가. 시장전망

해양무인이동체 세계 시장은 향후 5년간 연평균 성장률이 18%(27억달러('15년) → 63억달러('20년)) 정도로 예측되고 있으며, Visiongain 리서치사는 공공 분야의 무인선 시장(정부지출 기준)이 2019년까지 약 8천3백만달러로 성장하고, 이중 미국 시장이 전 세계 시장의 약 51%를 차지할 것으로 전망하고 있다. 또한, Market Info Group은 무인선과 무인잠수정을 합한 해양무인이동체의

시장을 매년 10.9%씩 급속히 성장하여 2020년에는 19억2천9백만달러에 이를 것으로 예측하고 있다.



[그림 41] 무인선 세계 시장규모 예측(Visiongain 리서치사)



[그림 42] 해양무인이동체 시장 예측(Market Info Group)

나. 무인선 산업체 현황

무인해상선박은 미국(5G International), 영국(ASV), 이스라엘(Rafael)이 기술을 선도하고 있으며, 미국·이스라엘은 군용·대테러용 무인전투함정(Eclipse, Seaster 등)에 개발을 주력하고, 영국은 미래 해상수송시장 선점을 위한 적극적인 연구를 추진하고 있다.

[표 6] 무인선 개발 산업체 현황

국가	용도	명칭	제조사	크기[m]	속도[노트]
영국	소해용	C-Sweep	ASV Ltd	10.8	28
영국	표적선	C-Target	ASV Ltd	3-13	45+
싱가포르	다목적	Venus	Singapore Technologies Electronics	9-16	-
미국	무장선	Protector	Rafael	9-11	32
미국	순찰선	ASCTUV	SAIC	-	-
미국	소해용	CUSV	Textron	-	-
미국	정찰용	Blackfish	QinetiQ North America	2-3	40
미국	정찰용	Interceptor	5G International	6.5	47.8
미국	다목적	MUSCL	NSWC Carderock Division	1.8	-
미국	무장선	Sea Stalker	General Dynamics Robotic Systems	5	-
노르웨이	다목적	Mariner	Maritime Robotics	6.6	38
UAE	순찰선	Eclipse	5G International	11.3	50
프랑스	소해용	Espadon	Thales	17	-
프랑스	순찰선	Inspector MK2	ECA Robotics	-	35
터키	순찰선	Globida	Global Teknik	4	30
캐나다	표적선	Hammerhead USV-T	Meggitt Training Systems	-	40
중국	관측선	Tianxiang One	Shenyang Shin Kong Corporation	6.5	18
이스라엘	정찰용	Barracuda	Top I Vision	2	-
이스라엘	다목적	Seastar	Aeronautics Defense Systems	11	45
이스라엘	무장선	Silver Marlin	Elbit Systems	10.6	45
이스라엘	순찰선	Stingray	Elbit Systems	3.2	45

5. 무인선의 국제표준화 동향

가. 국제해사기구(IMO)

‘17년 2월에 개최된 제98차 IMO 해사안전위원회(MSC : Maritime Safety Committee) 회의에서 우리나라를 비롯하여 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 일본,

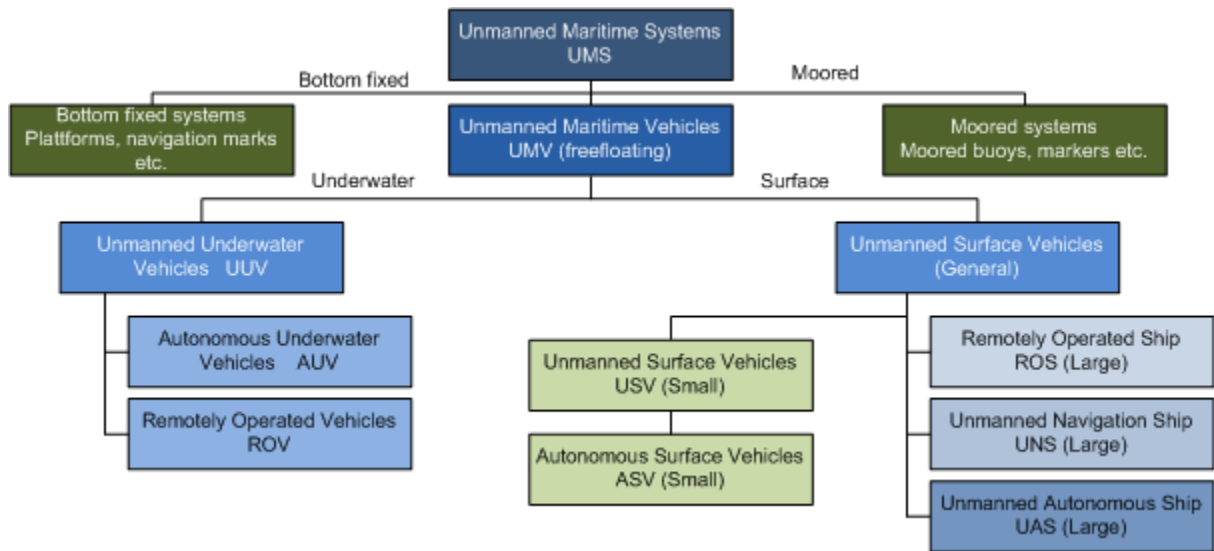
네덜란드, 영국, 미국의 제안으로 해상에서의 자율운항선박(MASS : Maritime Autonomous Surface Ships) 운용과 관련되는 IMO 협약 검토가 진행되었다.

논의결과 자율운항선박의 실 해역 운용은 가까운 장래에 우리가 직면할 수밖에 없는 이슈로 다수의 회원국은 자율운항선박에 대한 논의 필요성을 지지하였으며, 자율운항선박의 조화로운 인증/운항 규정 마련을 IMO가 선도적으로 수행하여야 한다는데 적극 동의하였다. 또한, 해사안전위원회는 동 제안을 작업과제로 승인하고, 자율운항선박의 운용에 관련한 법률적 범위에 대한 논의를 착수(2018년-2019년, MSC 4회기) 하였다.

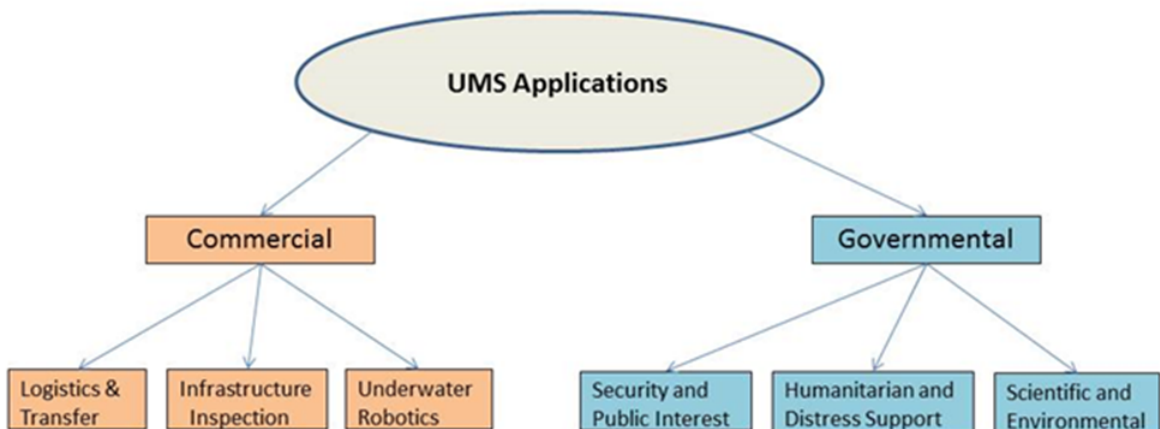
나. 국제전기통신연합(ITU)

ITU-R WP5B는 무인선 운용을 위한 무인선과 제어센터간 통신 명령·제어 및 안전항해 지원 관련 보고서(Working Document toward A Preliminary Draft New Report ITU-R M.[MAR-UMS] “Characteristics of unmanned maritime systems”)를 개발하고 있다. 동 보고서는 2012년 미국에서 제안하여, 2013년 및 2015년에 보고서에 대한 업데이트를 진행하였다. 하지만, IMO에서 무인선에 대한 개념 미정립 등으로 인하여 세부적인 사항은 논의가 되지 않았다. ‘17년 2월, IMO에서 무인선에 대한 정식 과제를 채택함에 따라 ITU에서도 무인선에 대한 보고서 개발 등 표준화가 활발해 질 것으로 기대된다.

M.[MAR-UMS] 보고서의 주요내용으로 CNPC(Control and Non-Payload Communication)를 제어센터에서 무인선으로 항해장비 제어를 위하여 송신하는 Telecommand message, 무인선에서 측정된 정보를 제어센터로 송신하는 Non-Payload telemetry data, Support for Navigation Aids, Vessel Traffic Control relay, Target Track Data, Meteorological Data, Non-Payload Video Uplink Data 등 총 7가지 기능에 대한 정보를 포함하고 있다. 또한, 해양무인이동체에 대한 분류 및 응용분야에 대한 정보를 제공하고 있다.



[그림 43] 해상무인이동체 분류



[그림 44] 해상무인이동체 응용분야

제3절 무인선 주파수 소요량 및 검토 주파수

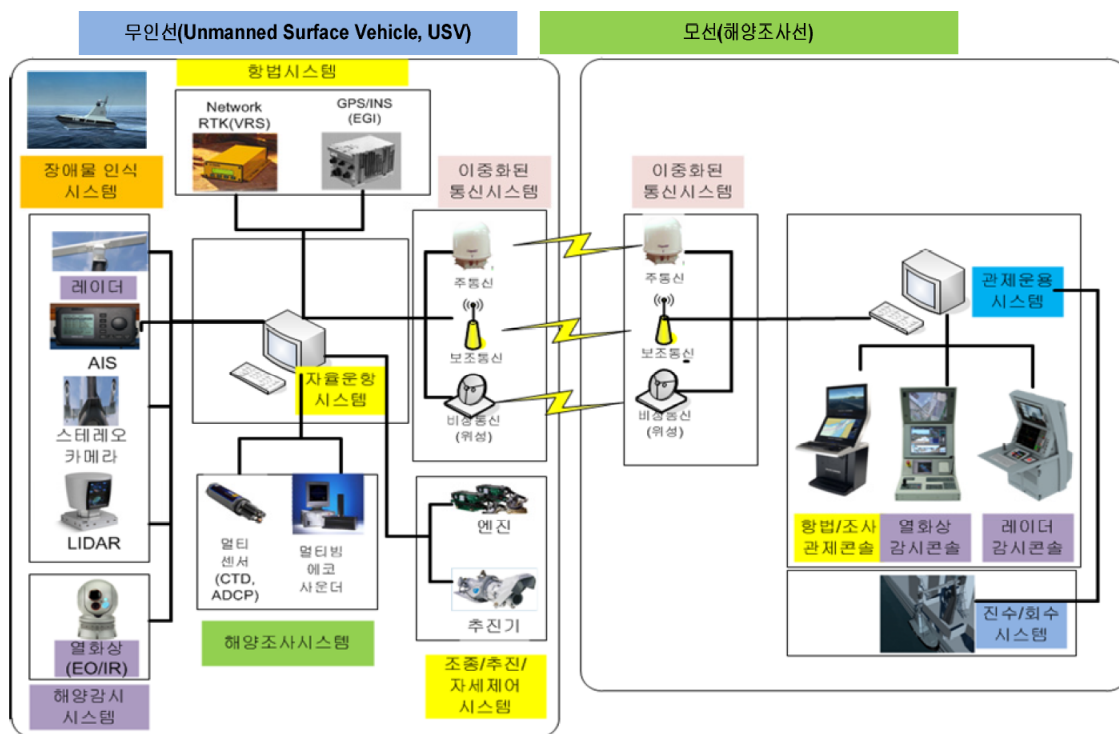
동 절에서는 우리나라의 무인선 개발 상황을 고려하여 무인선의 제어 및 데이터 전송용 주파수에 대한 소요량을 분석하고, 무인선에서 활용 가능한 검토 주파수 대역을 분석하였다.

1. 무인선 통신 시스템 개요

우리나라에서 개발 중인 무인선의 통신 시스템은 무인선과 관제시스템

사이에 정보를 교환하기 위한 시스템으로 무선통신 시스템과 데이터 고효율 전송을 위한 영상압축복원 시스템으로 구성된다. 무인선의 무선통신 시스템은 가시거리에서 광대역 대용량의 정보를 송·수신하기 위한 데이터 전송 시스템과 장거리(최대 40km)에서 최소한의 운항정보를 송·수신하기 위한 제어 통신 시스템으로 구성된다.

무인선 및 모선 간 통신/관제 이중화 시스템 사항으로 20km 이내는 임무용 데이터 전송 장비, 제어용 통신 장비, 위성장비 등으로 3중화되며, 40km 이내는 제어용 통신 장비 및 위성장비로 2중화되고, 40km 이상에서는 위성장비 사용이 검토되고 있다. 무인선 정보의 종류 및 전송속도는 5단계로 구분하고 있으며, 자선 정보, 제어명령, 타선 정보 등 무인선을 제어하기 위해 약 55kbps 속도가 요구되지만 AIS, 레이다, 카메라 등 영상정보 전송을 위해서는 500kbps 이상의 속도가 요구된다.



[그림 45] 무인선 자율운항 및 원격 임무제어 시스템 구성도

[표 7] 무인선 통신 시스템 요구사항

구 분	임무용 데이터 전송 시스템		제 어 용 통신 시스템
	(선박→관제)	(관제→선박)	
주 파 수	2-3GHz		400-990MHz
대 역 폭	8MHz		2MHz
속 도	16Mbps		1Mbps
거 리	10-12.0km		40km
인터페이스	Ethernet 아날로그영상 2CH (송·수신시 압축포함)		Ethernet

[표 8] 무인선 정보의 종류 및 전송 속도

단계	정보의 종류	전송 속도 (kbps)	비 고
1단계	무인선 자선 정보	17.85	55.98kbps
	무인선 제어 명령	6.88	
	타선정보 (통합)	31.25	
2단계	무인선 자선 정보	17.85	73.38kbps
	무인선 제어 명령	6.88	
	타선정보 (통합)	31.25	
	정지영상	17.40	
3단계	무인선 자선 정보	35.70	146.75kbps
	무인선 제어 명령	13.75	
	타선정보 (통합)	62.50	
	정지영상	34.80	
4단계	무인선 자선 정보	35.70	264.7kbps
	무인선 제어 명령	13.75	
	타선정보 (통합)	31.25	
	타선정보 (레이다)	31.25	
	타선정보 (AIS)	31.25	
	타선정보 (카메라)	31.25	
	타선정보 (라이다)	31.25	
	정지영상	59.00	
5단계	무인선 자선 정보	71.41	515.66kbps
	무인선 제어 명령	13.75	
	타선정보 (통합)	62.50	
	타선정보 (레이다)	62.50	
	타선정보 (AIS)	62.50	
	타선정보 (카메라)	62.50	
	타선정보 (라이다)	62.50	
	정지영상	118.00	

2. 무인선 후보대역 검토

무인선의 후보대역 발굴을 위해서는 무인선의 통신 용량, 통신 커버리지 등을 고려해야 한다. 동 연구에서는 무인선의 제어용으로 400-1000MHz 대역을 검토하였으며, 무인선의 데이터 전송속도, 사용량 등을 고려하여 데이터 전송용은 2.5-2.7GHz 주파수 대역의 분배 및 무선국 현황을 검토하였다.

가. 제어용 통신 주파수

[표 9] 400-1000MHz 대역 주파수 검토

주파수 대역	국제분배	국내분배	국내용도	무선국 현황	검토결과
400.15-401MHz	기상원조, 기상 위성(우주대지구), 우주연구(우주대지구), 이동 위성(우주대지구), <u>우주운용</u> (우주대지구)	기상원조, 기상 위성(우주대지구), 우주연구(우주대지구), <u>우주운용</u> (우주대지구)	F3E, G3E 전파를 사용하는 단일통신로 무선업무	우주국(1국)	이동업무로 미분배이므로 검토 제외
401-402MHz	기상원조, 우주운용(우주대지구), 지구탐사위성(지구대우주), 기상위성(지구대우주), <u>고정</u> , <u>이동</u> (항공이동 제외)	기상원조, 우주운용(우주대지구), 지구탐사위성(지구대우주), 기상위성(지구대우주)	선박위치발신용(401.65MHz)	기상원조국(14국), 우주국(2국), 일반지구국(2국)	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
402-403MHz	기상원조, 지구탐사위성(지구대우주), 기상위성(지구대우주), <u>고정</u> , <u>이동</u> (항공이동 제외)	기상원조, 지구탐사위성(지구대우주), 기상위성(지구대우주)	체내이식무선의료기기 기상원조	기상원조국(42국)	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
403-406MHz	기상원조, <u>고정</u> , <u>이동</u> (항공이동 제외)	기상원조	체내이식무선의료기기 기상원조	의무항공기국(4국), 기상원조국(39국)	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
406-406.1MHz	이동위성(지구대우주)	이동위성(지구대우주)	비상위치지시용	의무선박국, 의무항공기국 등(5732국)	이동업무로 미분배이므로 검토 제외

주파수 대역	국제분배	국내분배	국내용도	무선국 현황	검토결과
406.1~410MHz	고정, 이동(항공이동 제외), 전파천문	고정, 이동(항공이동 제외), 전파천문	예비대역 사용보류(406.1~409MHz)	선박국(1국), 의무선박국(4국)	선박국 사용으로 검토 제외
410~420MHz	고정, 이동(항공이동 제외), 우주연구(우주대우주)	고정, 이동(항공이동 제외), 우주연구(우주대우주)	예비대역 사용보류(416~419MHz)	육상이동국(3,376국)	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
420~430MHz	고정, 이동(항공이동 제외), <u>무선탐지</u>	고정, 이동(항공이동 제외)	생활무선국, 특정소출력(데이터전송용), 전기통신역무, 주파수공용방식의 간이무선국, 일반통신 예비대역 사용보류(427~428MHz)	육상이동국 등 다수의 무선국 사용	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
430~431MHz	무선탐지, <u>아마추어</u>	무선탐지, <u>아마추어</u> , <u>이동</u> (항공이동 제외)	RFID/USN용, 특정소출력(데이터전송용)	아마추어국(10국) 일부 공공무선국 사용	공공무선국 사용으로 검토 제외
431~431.5MHz	무선탐지, <u>아마추어</u>	무선탐지, <u>아마추어</u> , <u>이동</u> (항공이동 제외)	RFID/USN용, 특정소출력(데이터전송용)	사용 중인 무선국 없음	검토대역
431.5~432MHz	무선탐지, <u>아마추어</u>	무선탐지, <u>아마추어</u> , <u>이동</u> (항공이동 제외)	RFID/USN용, 특정소출력(데이터전송용)	사용 중인 무선국 없음 일부 공공무선국 사용	
432~438MHz	무선탐지, <u>아마추어</u> , <u>지구탐사</u> <u>위성</u> (능동)	무선탐지, <u>아마추어</u> , <u>이동</u> (항공이동 제외)	아마추어국(435MHz), RFID/USN용, 특정소출력(데이터전송용)	육상국 등 46,443국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
438~440MHz	무선탐지, <u>아마추어</u>	무선탐지, <u>아마추어</u> , <u>이동</u> (항공이동 제외)	RFID/USN용, 특정소출력(데이터전송용)	육상이동국(2국), 실험국(1국), 아마추어국(13국)	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
440~450MHz	고정, 이동(항공이동 제외), <u>무선탐지</u>	고정, 이동(항공이동 제외), <u>무선탐지</u>	금융업무, 특정소출력(데이터전송용), 안전시스템	육상이동국 등 다수의 무선국 사용	다수의 무선국 사용으로 검토 제외

주파수 대역	국제분배	국내분배	국내용도	무선국 현황	검토결과
			용), 간이무선, 생활무선국, 산업통신, 적십자사, 전기통신설치·유지보수업무, 응급의료·교통사고처리, 대한통운, 일반통신, 무선데이터(442.175MHz), 콜택시		
450~455MHz	고정, 이동	고정, 이동	실험국용, 상하수도사업, 전력업무, 응급의료·교통사고처리, 항공운항시설관리, 방송업무, 항공운송업무, 항공해상육상용, 일반통신, 무선데이터, 공중전화관리, 콜택시, 방송중계업무	고정국 등 8,490국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
455~456MHz	고정, 이동	고정, 이동	실험국용, 상하수도사업, 전력업무, 응급의료·교통사고처리, 항공운항시설관리, 방송업무, 항공운송업무, 항공해상육상용, 일반통신, 무선데이터, 공중전화관리, 콜택시, 방송중계업무	육상이동국(300국, 455.0125MHz)	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
456~459MHz	고정, 이동	고정, 이동	실험국용, 상하수도사업, 전력업무, 응급의료·교통사고처리, 항공운항시설관리, 방송업	고정국 등 10,122국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외

주파수 대역	국제분배	국내분배	국내용도	무선국 현황	검토결과
			무, 항공운송업무, 항공해상육상용, 일반통신, 무선데이터, 공중전화관리, 콜택시, 방송중계업무		
459-460MHz	고정, 이동	고정, 이동	실험국용, 상하수도사업, 전력업무, 응급의료·교통사고처리, 항공운항시설관리, 방송업무, 항공운송업무, 항공해상육상용, 일반통신, 무선데이터, 공중전화관리, 콜택시, 방송중계업무	육상이동국(10국)	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
460-470MHz	고정, 이동, <u>기상 위성</u> (우주대지구)	고정, 이동, <u>기상 위성</u> (우주대지구)	전기통신설치·유지보수업무, 전력업무, 응급의료·교통사고처리, 경비업무, 방송업무, 대형건물, 일반통신, 무선데이터(468.8MHz), 방송중계업무	육상이동국 등 53,539국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
470-585MHz	고정, 이동, 방송	방송, <u>고정, 이동</u>	TV방송용, 방송제작 및 공연지원용	지상파방송국 등 15,365국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
585-610MHz	고정, 이동, 방송, 무선항행	방송, <u>고정, 이동</u>	TV방송용, 방송제작 및 공연지원용	지상파방송국 등 3,554국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
610-890MHz	고정, 이동, 방송	(610-698MHz) 방송, <u>고정, 이동</u>	(610-698MHz) TV방송용, 방송제작 및 공연지원용	다수의 무선국 사용	다수의 무선국 사용으로 검토 제외

주파수 대역	국제분배	국내분배	국내용도	무선국 현황	검토결과
		(698-806MHz) 방송, 고정, 이동 (806-890MHz) 이동	(698-806MHz) TV방송용, 통합 공공망용, 이동통신 (806-890MHz) 주파수공용통신, 이동통신		
890-942MHz	고정, 이동, 방송, <u>무선탐지</u>	(890-894MHz) 이동 (894-942MHz) 고정, 이동, <u>무선탐지</u>	(890-894MHz) 주파수공용통신, 이동통신 (894-942MHz) 코드없는 전화기, 양방향무선호출, 무선데이터통신, 특정소출력(음성 및 음향신호전송용), RFID/USN 등, 비상통신보조용, 이동통신, 해양경비안전망용, 해상조난자위치발신용	다수의 무선국 사용	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
942-960MHz	고정, 이동, 방송	고정, 이동	특정소출력(음성 및 음향신호전송용), 코드없는 전화기, 방송중계, 이동통신	이동중계국 (237,091국)	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
960-1164MHz	항공무선항행, 항공이동(R)	항공무선항행, 항공이동(R)	실험국용, 항공용 DME, TACAN용 1030MHz(SSR용) 1090MHz(ATC트랜스폰다용)	의무항공기국 등 6956국	이동업무로 미분배이므로 검토 제외

나. 임무용 데이터 전송 주파수

표 10. 2500-2690MHz 대역 주파수 검토

주파수 대역	국제분배	국내분배	국내용도	무선국 현황	검토결과
2500-2520MHz	고정, 고정위성(우주대지구), 이동(항공이동제외), 이동위성(우주대지구)	고정, 이동(항공이동제외), 이동위성(우주대지구)	이동통신	기지국 등 139,009국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
2520-2535MHz	고정, 고정위성(우주대지구), 이동(항공이동제외), 방송위성	고정, 이동(항공이동제외), 이동위성(우주대지구)	이동통신	기지국 등 275,333국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
2535-2560MHz	고정, 이동(항공이동제외), 방송위성	방송위성, 고정, 이동(항공이동제외)	이동통신 휴대인터넷 또는 이동통신	기지국 등 154,999국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
2560-2570MHz	고정, 이동(항공이동제외), 방송위성	방송위성, 고정, 이동(항공이동제외)	이동통신 휴대인터넷 또는 이동통신	실험국 4국	검토대역
2570-2655MHz	고정, 이동(항공이동제외), 방송위성	방송위성, 고정, 이동(항공이동제외)	이동통신 휴대인터넷 또는 이동통신	기지국 등 463,688국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
2655-2670MHz	고정, 고정위성(지구대우주), 이동(항공이동제외), 방송위성, <u>지구탐사위성</u> (수동), <u>전파천문</u> , <u>우주연구</u> (수동)	고정, 이동(항공이동제외)	이동통신	기지국 등 107,646국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외
2670-2680MHz	고정, 고정위성(지구대우주), 이동(항공이동제외), 이동위성(지구대우주), <u>지구탐</u>	고정, 이동(항공이동제외), <u>지구탐사위성</u> (수동), <u>전파천문</u> , <u>우주연구</u> (수동)	이동통신	실험국 등 21국	다수의 무선국 사용으로 검토 제외

주파수 대역	국제분배	국내분배	국내용도	무선국 현황	검토결과
	사위성(수동), 전파천문, 우주 주연구(수동)				
2680-2690MHz	고정, 고정위 성(지구대우 주), 이동(항공 이동제외), 이 동위성(지구대 우주), 지구탐 사위성(수동), 전파천문, 우주 주연구(수동)	고정, 이동(항 공이동제외), 지구탐사위성 (수동), 전파천 문, 우주연구 (수동)	이동통신	실험국 2국	검토대역

※ 밑줄은 2순위 분배

다. 검토결과

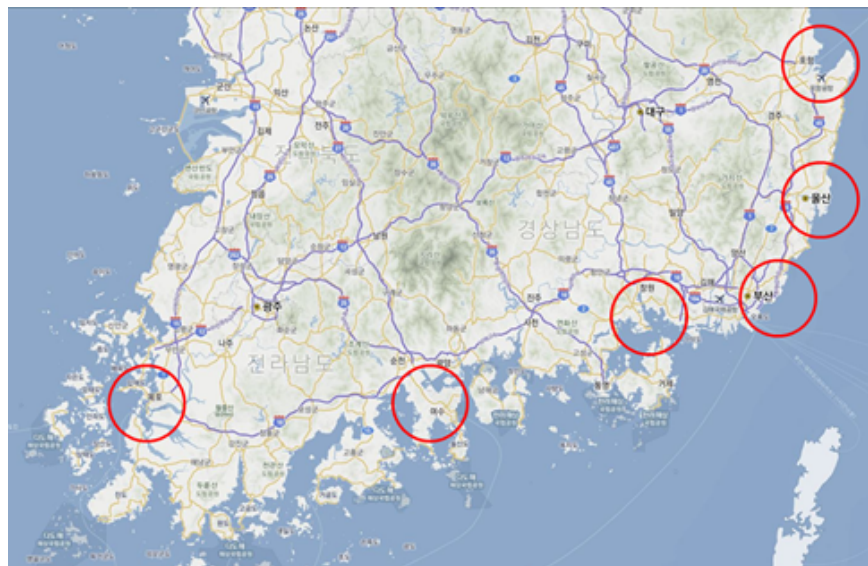
무인선 통신 시스템은 데이터 전송 시스템, 제어 시스템, 비상통신 시스템 등 다단계로 구성하여 운영을 검토하고 있다. 데이터 전송 시스템은 무인선의 임무에 따른 임무 데이터 전송이 주 목적이기 때문에 임무의 특성에 맞게 통신망을 구성해야 하고 제어 시스템 특히, 비상통신 시스템은 무인선의 안전운항 및 타 선박과의 안전 유지 등을 위하여 국제적인 표준 개발 및 주파수 확보가 필요하다.

무인선 제어용 통신 시스템은 전송 속도 보다는 안정적인 통신 가능 거리에 중점을 두고 구성할 필요가 있기 때문에 400MHz 주파수 대역이 타당할 것으로 판단된다. 또한, 무인선 데이터 전송용 주파수는 가용한 대역폭, 국내 무선국 및 주파수 분배 현황을 고려하여 2.5GHz/2.6GHz 대역(2560-2570MHz/2680-2690MHz)이 타당할 것으로 판단된다.

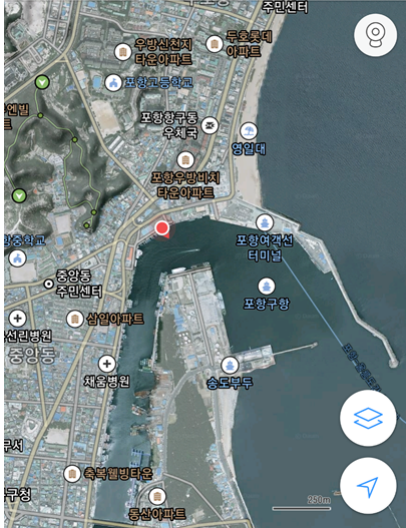
제4절 무인선 검토 주파수 전파환경 측정

동 절에서는 앞 절에서 검토된 제어용 400MHz(431-431.5MHz) 대역 및 데이터 전송용 2.5GHz/2.6GHz(2560-2570MHz/2680-2690MHz) 대역에 대한 전파환경을 측정하고 분석결과를 제시하고자 한다.

전파환경 측정장소는 포항항, 울산항, 부산항, 마산항, 여수항, 목포항 등 우리나라 남해안의 주요 항만 지역이며, 400MHz 대역은 HK307(20-1300MHz) 안테나, 2.6GHz 대역은 HF907M(0.8-26.5GHz) 안테나를 측정에 사용하였다.



[그림 46] 전파환경 측정 항만



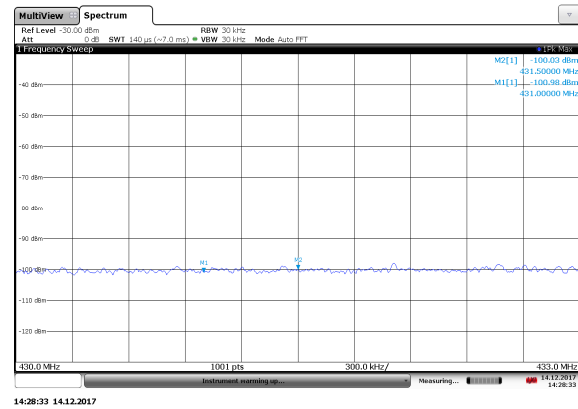
<측정위치>



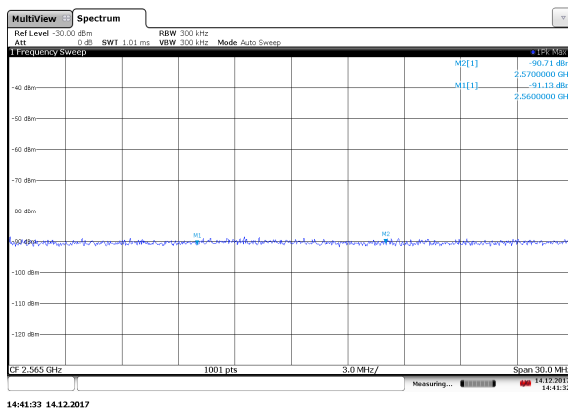
<측정사진>



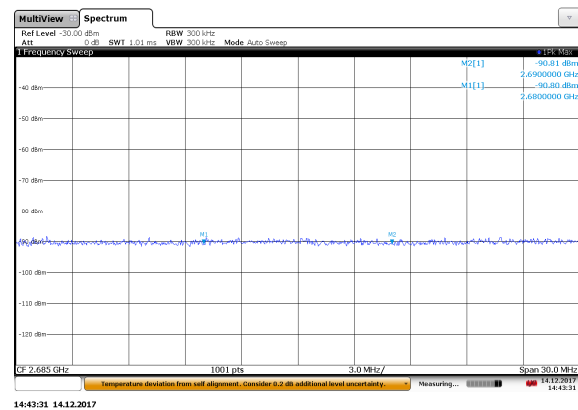
<주변환경>



<400MHz 대역>

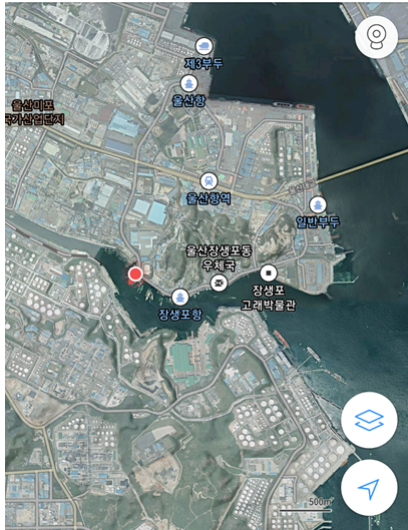


<2.5GHz 대역>



<2.6GHz 대역>

[그림 47] 포항항 부근 전파환경 측정



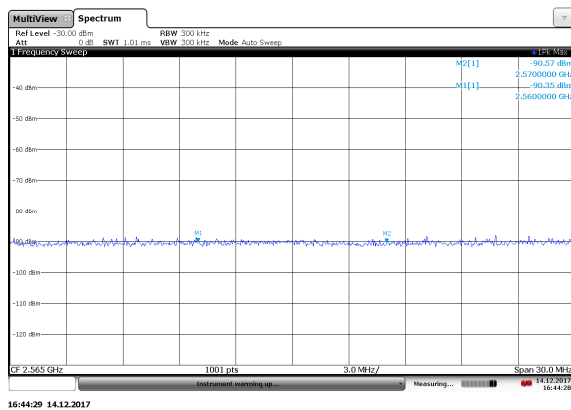
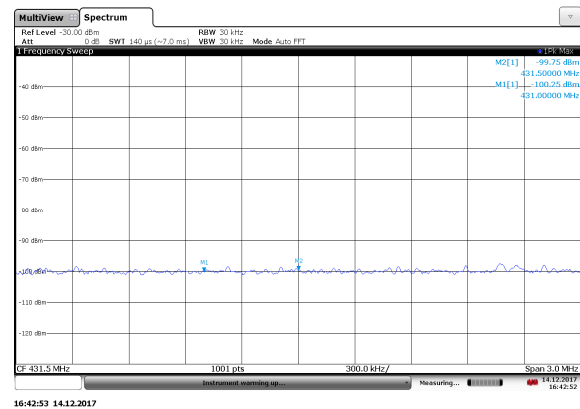
〈측정위치〉



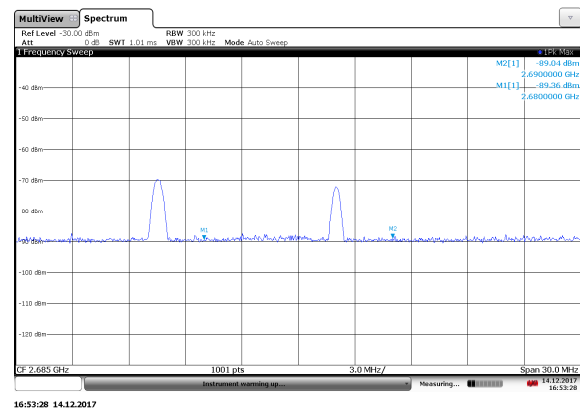
〈측정사진〉



〈주변환경〉



<2.5GHz 대역>



<2.6GHz 대역>

[그림 48] 울산항 부근 전파환경 측정



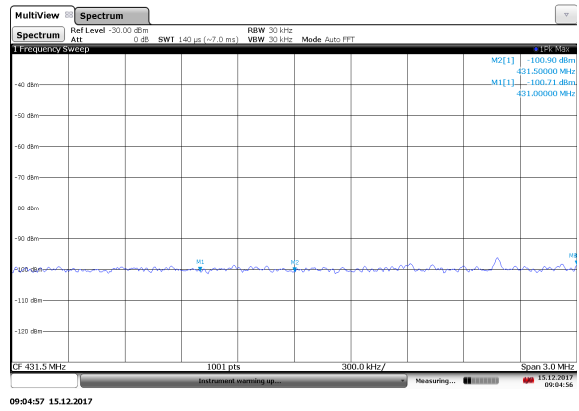
〈측정위치〉



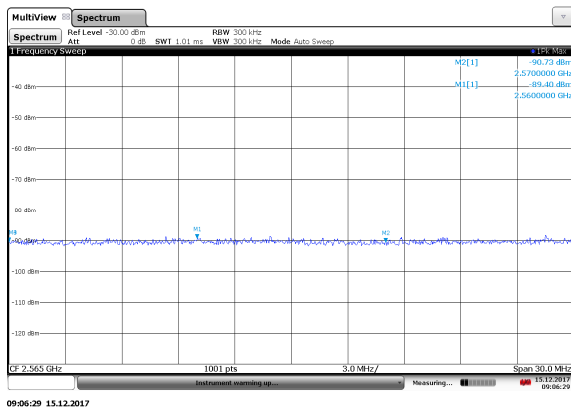
〈측정사진〉



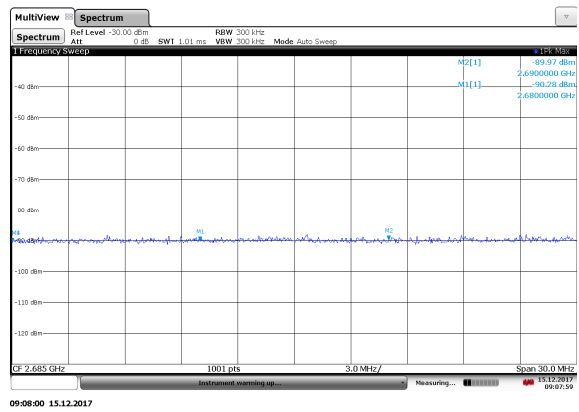
<주변환경>



<400MHz 대역>



<2.5GHz 대역>



<2.6GHz 대역>

[그림 49] 부산항 부근 전파환경 측정



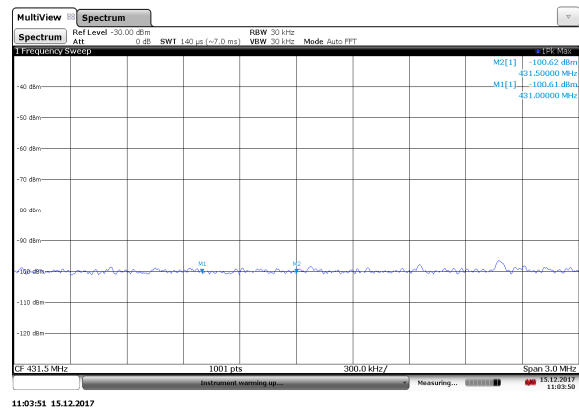
<측정위치>



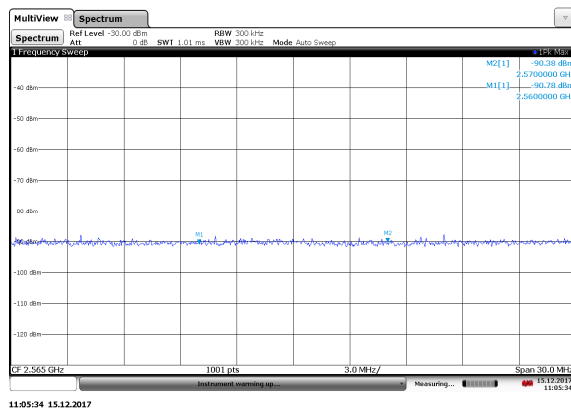
<측정사진>



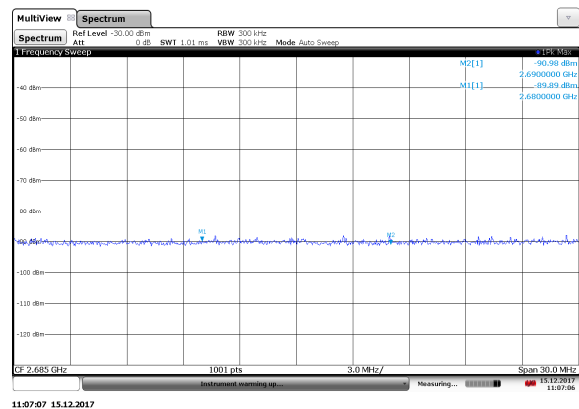
<주변 환경>



<400MHz 대역>



<2.5GHz 대역>



<2.6GHz 대역>

[그림 50] 마산항 부근 전파환경 측정



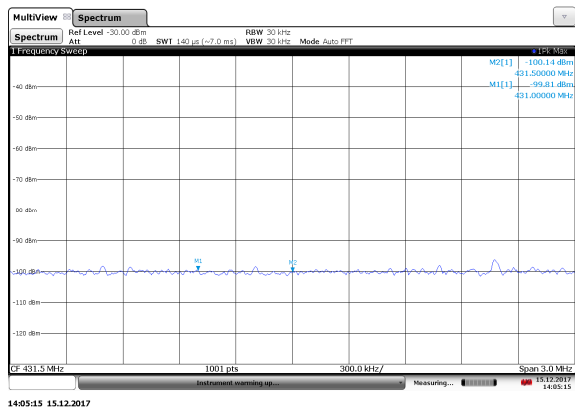
<측정위치>



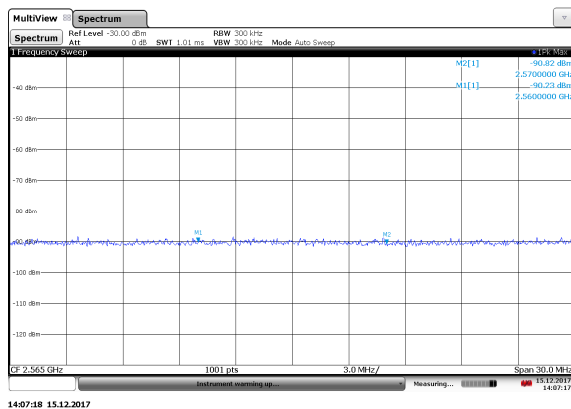
<측정사진>



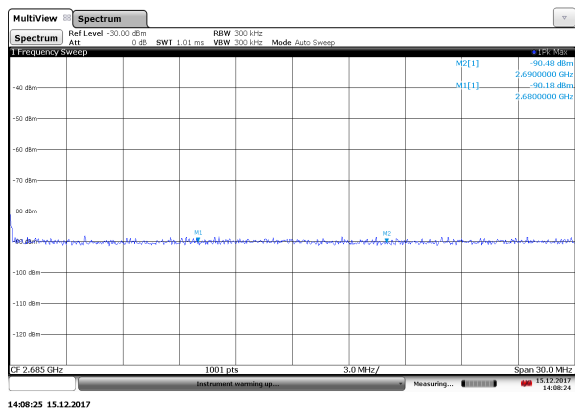
<주변환경>



<400MHz 대역>



<2.5GHz 대역>



<2.6GHz 대역>

[그림 51] 여수항 부근 전파환경 측정



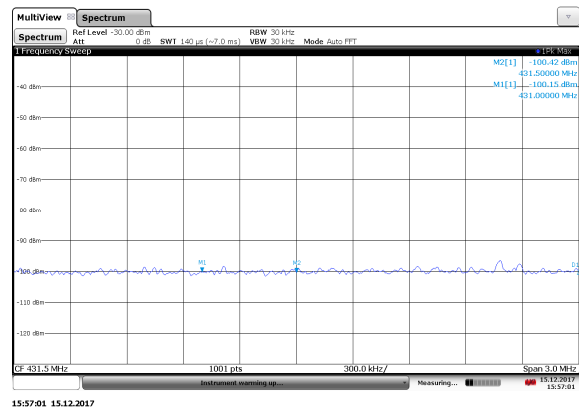
<측정위치>



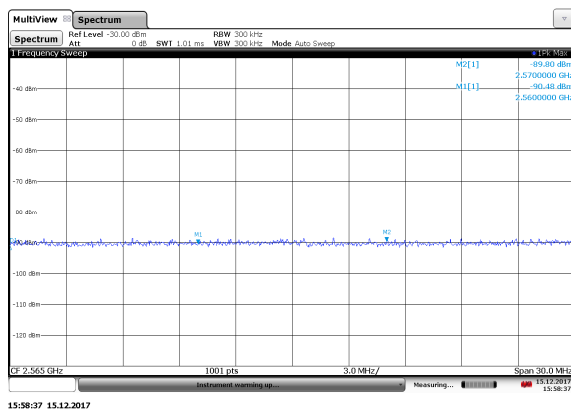
<측정사진>



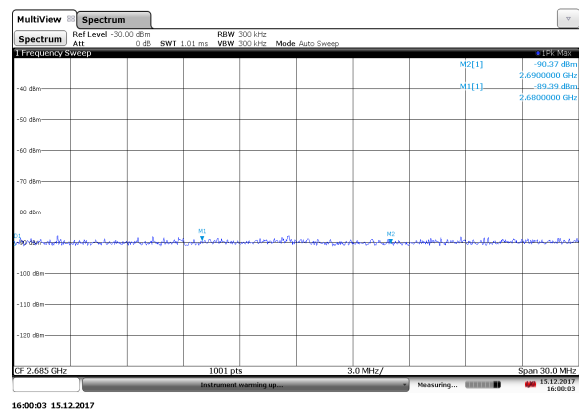
<주변환경>



<400MHz 대역>



<2.5GHz 대역>



<2.6GHz 대역>

[그림 52] 목포항 부근 전파환경 측정

400MHz 대역은 다른 무선국 신호 및 노이즈가 측정되지 않았으며, 배경잡음은 -100dBm 이하로 측정되었다. 2.5GHz/2.6GHz 대역은 울산항을 제외하고 다른 무선국 신호 및 노이즈가 측정되지 않았으며, 배경잡음은 -90dBm 이하로 측정되었다. 다만, 울산항 부근에서 타 무선국 신호(2.677GHz, 2.687GHz)가 측정되어 세부적인 신호 분석이 필요할 것으로 보인다.

주파수 분배 현황 및 전파환경 측정결과를 바탕으로 무인선의 제어용 및 데이터 전송용 후보 주파수로 400MHz(431-431.5MHz) 및 2.5GHz(2.560-2.570GHz) 대역이 활용 가능할 것으로 판단된다.

제5절 소결

이번 장에서는 4차 산업혁명과 더불어 핵심 이슈로 등장하고 있는 무인이동체 중 해상무인이동체에 대한 기술동향을 살펴보고 우리나라 무인선 개발 상황을 고려하여 제어용 및 데이터 전송용으로 이용 가능한 후보 주파수 대역을 발굴·제시 하였다.

향후 산업체, 연구기관 등 이해기관과의 협의를 통해 세부 주파수에 대한 추가 검토가 필요할 것으로 판단된다.

제4장 디지털 선상통신국 채널배치 및 기술기준 마련

제1절 연구의 배경

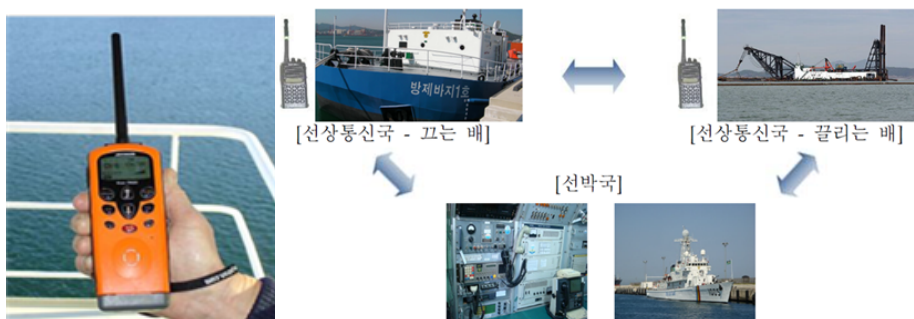
2015년 개최되었던 세계전파통신회의(WRC-15)에서 400MHz 대역 선상통신국의 주파수 혼잡 해소를 위해 디지털방식의 12.5kHz, 6.25kHz 협대역 주파수를 추가 지정하였다. 따라서 기존 25kHz 아날로그 방식의 선상통신국 채널과 디지털 방식의 협대역 채널간 주파수 공유를 위해 혼신을 최소화하는 채널 배치가 필요할 것으로 판단된다.

이번 장에서는 ITU 전파규칙의 선상통신용 무선설비의 디지털방식 주파수 추가 분배 및 우리나라 무선국 이용현황과 전파환경을 고려하여 선상통신국의 채널배치 방안과 디지털 선상통신국의 기술기준을 제안하고자 한다.

제2절 선상통신국 무선국 현황 및 기술동향

1. 선상통신국 개념

선상통신국은 선박 내에서 긴급연락, 항내 진입시 도선업무용, 구명정 훈련용, 예인선과 연락용 등 단거리에서 선박과 인명안전을 목적으로 구성하여 운용되고 있다. 선상통신국 상호간 또는 선박국과 통신을 위해 통신망이 구성된다.



[그림 53] 선상통신국 및 운영 개념

2. 선상통신국 국내 법·제도 현황

선상통신국의 정의는 전파법 시행령 제29조(무선국의 분류) 제1항제5호에 따라 선박의 선내통신, 구명정의 구조훈련 또는 구조작업이 이루어지는 때의 선박과 그 구명정이나 구명뗏목 간의 통신, 끄는 배와 끌리는 배 또는 미는 배와 밀리는 배로 구성되는 선단(船團) 내의 통신과 밧줄연결 및 계류지시를 목적으로 해상이동업무를 하는 저전력의 무선국으로 명시되어 있다. 선상통신국의 기술기준은 해상업무용 무선설비의 기술기준 제14조(G3E전파를 사용하는 무선설비의 조건)으로 규정하고 있다.

선상통신국의 전파지정기준은 표 11과 같다.

[표 11] 선상통신국 전파지정기준 현황

일련 번호	주파수 (MHz)	전파형식	무선국종별 안테나공급전력	사용 지역	사용자	비고
1	156.400	16K0F(G)3E	선상통신국 1W 이하	선박내	국가기관, 지방자치단체, 법인, 개인사업자	
2	156.475					
3	156.625					
4	156.650					
5	156.725					
6	156.750					
7	156.775					
8	156.825					
9	156.875					
10	156.850					
11	457.525		선상통신국 2W 이하			
12	457.550					
13	457.575					
14	467.525					
15	467.550					
16	467.575					

3. 우리나라 선상통신국 무선국 현황

우리나라의 선상통신국은 총 3700국('17년 3월, 현재)이 허가 및 운용 중이다. 이 중 156MHz 대역에서 3700국의 선상통신국이 운용되고 있으며, 457-467MHz 대역에서 선상통신국은 아직까지 허가 및 운용되지 않고 있다.

4. 선상통신국 국제표준화 동향

국제전기통신연합(ITU)에서 450-470MHz 대역에서 단지 6개(457.525MHz, 457.550MHz, 457.575MHz, 467.525MHz, 467.550MHz, 467.575MHz) 주파수만 해상이동업무 선상통신국으로 이용하고 있음에 따라 특히, 선박이 많이 있는 항만 내 통신이 혼잡하여 해상이동업무 분배 대역 내에서 추가 주파수 필요하다는 의견이 제안되어, WRC-15 의제 1.15를 선정하여 선상통신국 채널을 위한 스펙트럼 요구조건을 위한 연구를 진행하였다. ITU-R WP5B 12차('13년 11월) 회의에서 Method A(유럽, 러시아)에 이어 Method B(베트남)가 제안됨에 따라 두 개의 Method를 통합하여 단일 방안으로 개발하였다.

[표 12] WRC-15에서 논의된 Method 현황

방안	주요 내용
Method A	기존 25kHz 간격 6개 아날로그 채널을 12.5kHz 간격 10개 채널로 확장 25kHz 채널 : 457.525MHz, 457.550MHz, 457.575MHz, 467.525MHz, 467.550MHz, 467.575MHz 12.5kHz 채널 : 457.5375MHz, 457.5625MHz, 467.5375MHz, 467.5625MHz
Method B	디지털기술로서 TDMA, FDMA, CTCSS(continuous tone coded squelch systems), DCS(digital coded squelch) 기술을 도입하고 채널간격을 25kHz, 12.5kHz, 6.25kHz로 제안
단일 Method	선상통신국에 디지털기술을 도입하고 기존 25kHz 간격 6개 채널을 12.5kHz 간격 10개 아날로그 채널 및 6.25kHz 간격 24개 디지털 채널 협대역화하여 사용

‘15년 3월 ITU-R WP5B 회의에서 아날로그 채널 특성과 25kHz 대역폭만 포함하고 있는 선상통신국 권고(M.1174-2)에 디지털 채널 특성과 협대역 채널배치안을 추가하는 권고 개정안(M.1174-3)을 마련하였다.

WRC-15에서는 전파규칙 주석 5.287을 개정하여 457.5125-457.5875MHz 및 467.5125-467.5875MHz 대역을 선상통신용으로 사용할 수 있도록 하고, 장비의 특성과 세부 채널배치는 ITU-R 권고 M.1174-3을 준용하도록 하였다.

[표 13] 선상통신국 주파수 분배 개정사항

< 450 ~ 470MHz >

변 경 전			변 경 후		
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
제 1 지 역	제 2 지 역	제 3 지 역	제 1 지 역	제 2 지 역	제 3 지 역
456-459	고정 이동 5.286AA 5.271 5.287 5.288		456-459	고정 이동 5.286AA 5.271 개정 5.287 5.288	
5.287	해상이동업무에 있어서 457.525 MHz, 457.550 MHz, 457.575 MHz, 467.525 MHz, 467.550 MHz 및 467.575 MHz의 주파수는 선상통신국에서 사용할 수 있다. 또한 필요한 경우 12.5 kHz 채널간격으로 설계된 선상통신무선국용 설비를 457.5375 MHz, 457.5625 MHz, 467.5375 MHz 및 467.5625 MHz의 추가 주파수에서 도입할 수 있다. 영해 내에서 이들 주파수는 해당 주관청의 자국 규정에 따라 사용할 수 있다. 사용 설비의 특성은 ITU-R 권고 M.1174-2의 규정에 적합하여야 한다. (WRC-07)		개정 5.287	해상이동업무에 있어서 457.525 MHz, 457.550 MHz, 457.575 MHz, 467.525 MHz, 467.550 MHz 및 467.575 MHz 의 주파수는 선상통신국에서 사용할 수 있다. 또한 필요한 경우 12.5 kHz 채널간격으로 설계된 선상통신무선국용 설비를 457.5375 MHz, 457.5625 MHz, 467.5375 MHz 및 467.5625 MHz 의 추가 주파수에서 도입할 수 있다. 영해 내에서 이들 주파수는 해당 주관청의 자국 규정에 따라 사용할 수 있다. 사용 설비의 특성은 ITU-R 권고 M.1174-2의 규정에 적합하여야 한다. <u>457.5125- 457.5875 MHz 및 467.5125-467.5875 MHz 주파수 대역의 사용은 선상통신국에 한한다. 장비의 특성과 채널배치는 ITU-R 권고 M.1174-3의 규정에 적합하여야 한다. 영해 내에서 이들 주파수는 해당 주관청의 자국 규정에 따라 사용할 수 있다.</u> (WRC- 07 15)	

변 경 전			변 경 후		
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
제 1 지 역	제 2 지 역	제 3 지 역	제 1 지 역	제 2 지 역	제 3 지 역
460-470			460-470		
고정 이동 5.286AA 기상위성(우주대지구)			고정 이동 5.286AA 기상위성(우주대지구)		
5.287 5.288 5.289 5.290			개정 5.287 5.288 5.289 5.290		
5.287 해상이동업무에 있어서 457.525 MHz, 457.550 MHz, 457.575 MHz, 467.525 MHz, 467.550 MHz 및 467.575 MHz의 주파수는 선상통신국에서 사용할 수 있다. 또한 필요한 경우 12.5 kHz 채널간격으로 설계된 선상통신무선국용 설비를 457.5375 MHz, 457.5625 MHz, 467.5375 MHz 및 467.5625 MHz의 추가 주파수에서 도입할 수 있다. 영해 내에서 이들 주파수는 해당 주관청의 자국 규정에 따라 사용할 수 있다. 사용 설비의 특성은 ITU-R 권고 M.1174-2의 규정에 적합하여야 한다. (WRC-07)			개정 5.287 해상이동업무에 있어서 457.525 MHz, 457.550 MHz, 457.575 MHz, 467.525 MHz, 467.550 MHz 및 467.575 MHz의 주파수는 선상통신국에서 사용할 수 있다. 또한 필요한 경우 12.5 kHz 채널간격으로 설계된 선상통신무선국용 설비를 457.5375 MHz, 457.5625 MHz, 467.5375 MHz 및 467.5625 MHz의 추가 주파수에서 도입할 수 있다. 영해 내에서 이들 주파수는 해당 주관청의 자국 규정에 따라 사용할 수 있다. 사용 설비의 특성은 ITU-R 권고 M.1174-2의 규정에 적합하여야 한다. <u>457.5125- 457.5875 MHz 및 467.5125-467.5875 MHz 주파수 대역의 사용은 선상통신국에 한한다. 장비의 특성과 채널배치는 ITU-R 권고 M.1174-3의 규정에 적합하여야 한다. 영해 내에서 이들 주파수는 해당 주관청의 자국 규정에 따라 사용할 수 있다.</u> (WRC- 07 15)		

우리나라는 450-460MHz 및 460-470MHz 대역에서 개정된 주석 5.287을 적용하여 주파수 분배표를 개정하였다.

[표 14] 우리나라의 선상통신국 주파수 분배 개정사항

< 450 ~ 470 MHz >

변 경 전		한 국	
주파수대별 분배	용 도 등	주파수대별 분배	용 도 등
450-460		450-460	
고정 이동	실험국용 K30 선상하수도사업 K60C 전력업무 K60I 응급의료·교통사고처리 K64C 항상항우항 시설관리 K64E 방송업무 K64I 항상항우항 송업무 K67B 항상항우항·해상·육상용 DGPS K69A 일반통신 K77 무선데이터 K77A 무선전화관리 K77B 팩스 K77F 방송중계업무 K77G	고정 이동	실험국용 K30 선상하수도사업 K60C 전력업무 K60I 응급의료·교통사고처리 K64C 항상항우항 시설관리 K64E 방송업무 K64I 항상항우항 송업무 K67B 항상항우항·해상·육상용 DGPS K69A 일반통신 K77 무선데이터 K77A 무선전화관리 K77B 팩스 K77F 방송중계업무 K77G
5.286 5.287	K71	5.286 개정5.287	K71
460-470		460-470	
고정 이동 기상위성(우주대지구)	전기통신설치·유지보수업무 K60H 전력업무 K60I 응급의료·교통사고처리 K64C 경비업무 K64D 방송업무 K64I 대형건물 K66A 일반통신 K77 468.8 MHz(무선데이터) K77A 방송중계업무 K77G	고정 이동 기상위성(우주대지구)	전기통신설치·유지보수업무 K60H 전력업무 K60I 응급의료·교통사고처리 K64C 경비업무 K64D 방송업무 K64I 대형건물 K66A 일반통신 K77 468.8 MHz(무선데이터) K77A 방송중계업무 K77G
5.286 5.287	K71	5.286 개정5.287	K71

5. 아·태지역 선상통신국 주파수 도입 현황

WRC-15에서 457.5125-457.5875MHz 및 467.5125-467.5875MHz 대역을 선상통신국용으로 추가 지정함에 따라, 제19차 AWG(APT Wireless Group) 회의('16년 2월)에서 아·태지역의 주파수 이용의 효율성을 도모하기 위하여 동대역 선상통신국 주파수 사용현황, 주파수 사용계획 등에 대해 설문조사 계획을 마련하여 각 주관청에 회람하였다. 중국, 인도네시아, 이란, 일본, 뉴질랜드, 태국, 베트남 등 7개국에서 선상통신국 주파수 사용 현황을 제출하였으며, 제출된 자료를 토대로 작성된 보고서를 제22차 AWG 회의('17년 9월)에서 승인하였다. 제출된 아·태지역 국가의 선상통신국 사용현황은 다음과 같다.

[표 15] 아·태지역 국가의 선상통신국 주파수 현황

국가	선상통신국 주파수 사용여부	현재 적용 기술	향후계획
중국	사용	아날로그 25kHz	12.5kHz 및 6.25kHz 도입계획 있음
인도네시아	없음	없음	없음
이란	없음	없음	없음
일본	사용	아날로그 25kHz	2018년 1월 1일부터 12.5kHz 및 6.25kHz 도입
뉴질랜드	사용	아날로그 25kHz, 디지털 12.5kHz 및 6.25kHz	-
태국	사용	아날로그 25kHz	-
베트남	사용	아날로그 25kHz	-

제3절 선상통신국 채널배치 및 기술기준 개정안 마련

ITU에서 디지털 선상통신국 도입을 위해 전파규칙 등을 개정함에 따라 이를 반영하기 위해 우리 원 소관 고시인 해상업무용 무선설비의 기술기준의 조문 정비 등 개정을 추진하였다.

12.5kHz/6.25kHz 대역폭의 디지털 선상통신국용 주파수 추가 및 선상통신국 무선설비 기술특성 권고 개정 사항을 기술기준에 반영하였다. 세부사항으로 25kHz/12.5kHz 대역폭의 아날로그 통신방식의 선상통신국 및 12.5kHz/ 6.25kHz 대역폭의 디지털 통신방식의 선상통신국 기술기준(안테나 공급전력, 주파수 편이 등)과 450-470MHz 대역 아날로그 및 디지털 통신방식의 선상통신국 무선설비의 채널배치(별표 39) 방안을 마련하였다.

또한, 채널배치방안은 현재 우리나라에서 400MHz 대역의 선상통신국 사용이 없어 별도의 간섭분석 없이 ITU-R 권고 M.1174-3의 채널배치를 적용하였다.

[표 16] 선상통신국 주파수 채널배치 방안(해상업무용 무선설비의 기술기준 중 별표 38)

25 kHz 채널		12.5 kHz 채널		6.25 kHz 채널	
번호	MHz	번호	MHz	번호	MHz
1	457.525			102	457.515625
		11	457.5250	111	457.521875
				112	457.528125
		12	457.5375	121	457.534375
122	457.540625				
2	457.550	13	457.5500	131	457.546875
				132	457.553125
		14	457.5625	141	457.559375
				142	457.565625
3	457.575	15	457.5750	151	457.571875
				152	457.578125
				161	457.584375

25 kHz 채널		12.5 kHz 채널		6.25 kHz 채널	
번호	MHz	번호	MHz	번호	MHz
4	467.525			202	467.515625
		21	467.5250	211	467.521875
				212	467.528125
		22	467.5375	221	467.534375
222	467.540625				
5	467.550	23	467.5500	231	467.546875
				232	467.553125
		24	467.5625	241	467.559375
				242	467.565625
6	467.575	25	467.5750	251	467.571875
				252	467.578125
				261	467.584375

제4절 소결

디지털 선상통신국 도입으로 기존 6개의 선상통신국 주파수를 40개로 확대하여 주파수 이용 효율성의 증대를 도모하고, 육상에서 한정되어 사용하던 디지털 무전기 기술을 해상에 확대 적용함으로써 관련 산업 활성화를 기대한다. 또한, 구명정, 구조 훈련 등에 디지털 선상통신국 주파수를 사용함으로써 해상에서 선박사고시 인명구조에 많은 도움이 될 것으로 기대한다.

제5장 항공 기술기준 및 주파수 연구

제1절 연구의 배경

항공 무선설비는 국민의 생명과 안전에 직접적으로 관련된 기기로 국가간 국경을 넘나드는 항공기의 글로벌 운용을 고려할 때, 관련 기술기준 및 주파수 규제 마련에 있어 국제 표준과의 부합성을 확보하고 규제의 철저한 시행이 요구된다. 항공 분야의 국제 표준은 주파수 용도 분배 및 전파 품질과 관련된 ITU 전파규칙과 함께, 세부 주파수 채널 및 장비의 성능 기준에 대한 ICAO 부속서 10이 있다.

현재, 국내 항공 산업은 제작 초기 단계로 무선설비 관련 제도 정비가 요구되고 있으며 최근 4차 산업혁명의 신산업으로 무인항공기가 주목받고 있어 관련 기술기준 및 주파수 이용 기반 마련이 시급히 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 무인항공기 제어용 무선링크에 대한 주파수 및 무선설비 국제 규정을 분석하여 국내 제도의 개선을 추진하였고, 항공업무용 기술기준에 대해 전파 품질 항목 위주로 정비한 개선 방안을 마련하였다. 또한, ICAO의 항공 주파수 정책 및 전략 그리고, ITU 국제 등록에 대한 지침을 제공함으로써 국내 항공 주파수의 효율적인 관리 및 이용을 도모하였다.

제2절 무인항공기 제어용 무선링크

1. 개요

무인항공기 제어용 무선링크(CNPC : Control and Non-Payload Communication)는 촬영 영상 전송 등의 임무용을 제외한 무인항공기의 비행 제어를 위한 것으로 무인항공기 안전 비행과 관련하여 중요한 역할을 수행한다. CNPC의 용어 정의를 보면 임무용(Payload)과 구분하여 무인항공기 제어를 안전하게 보호하고자 하는 의미를 담고 있으며 ITU-R 및 ICAO에서 관련 표준으로서 세부 내용을 규정하고 있다.

이에 본 연구에서는 무인항공기 CNPC 관련 주파수 및 무선설비에 대한 국제 표준 동향을 조사하고 국내 규정을 분석 및 개선 사항을 도출하였다.

2. 주파수 분배 동향

무인항공기 CNPC 주파수는 WRC-12를 통해 5030-5091MHz 대역이 분배 되었으며 국내도 이를 반영하여 대한민국 주파수 분배표에 무인항공기 지상 제어용으로 분배하였다. 다만, 전파규칙에서는 항공이동(R) 및 항공 이동위성(R) 업무로 분배하였으나 국내는 항공이동(R)으로만 분배 하였는데, 이는 분배 당시 동 대역 항공이동위성(R)에 대한 국내 수요가 없었던 현황을 고려한 것으로 현재도 항공이동위성(R)에 대한 수요는 없는 실정이다.

[표 17] 국내·외 무인항공기 CNPC 주파수 현황

국제	국내	
제3지역	주파수대별 분배	용도 등
5030-5091MHz 항공이동(R) 5.443C 항공이동위성(R) 5.443D 항공무선항행 5.444	5030-5091MHz 항공이동(R) 5.443C 항공무선항행 5.444	무인항공기 지상제어용

5030-5091MHz 대역의 주파수 분배를 위해 요구되는 주파수 소요량 산출, 공유 및 양립성 분석 등의 연구가 ITU-R에서 수행되었으며 도출된 연구 결과는 아래와 같다.

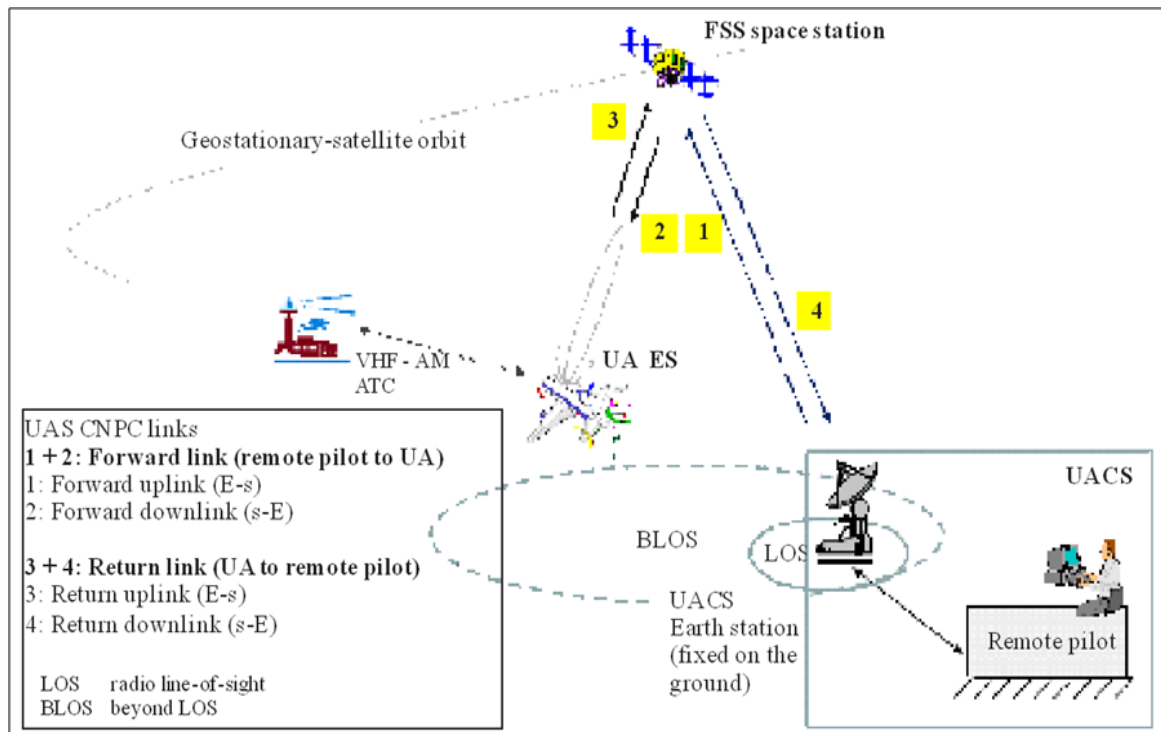
[표 18] 무인항공기 CNPC 주파수 관련 ITU-R 연구(보고서)

구분	제목	내용
M.2233	Examples of technical characteristics for unmanned aircraft control and non-payload communications links	무인항공기 CNPC 링크의 기술적 파라미터
M.2171	Characteristics of unmanned aircraft systems and spectrum requirements to support their safe operation in non-segregated airspace	비분리 공역에서 운용하는 무인항공기 시스템 특성 및 주파수 소요량
M.2236	Compatibility study to support the line of sight control and non-payload communication links for unmanned aircraft systems proposed in the frequency bands 5 000-5 010 and 5 010-5 030 MHz	5010-5030MHz 대역에서 무인항공기 CNPC와 기존 업무와의 양립성 연구
M.2237	Compatibility study to support the line-of sight control and non-payload communications link(s) for unmanned aircraft systems proposed in the frequency band 5 030-5 091 MHz	5030-5091MHz 대역에서 무인항공기 CNPC와 기존 업무와의 양립성 연구
M.2238	Compatibility study to support the line-of sight control and non-payload communications links for unmanned aircraft systems proposed in the frequency band 5 091-5 150 MHz	5091-5150MHz 대역에서 무인항공기 CNPC와 기존 업무와의 양립성 연구

또한, WRC-15에서 ITU는 고정위성업무 대역(10.95-14.47GHz, 19.7- 20.2GHz 및 29.5-30.0GHz)을 무인항공기 위성 CNPC로 분배하였고 국내도 이를 반영하여 주파수 분배표를 개정하였다.

[표 19] 국내·외 무인항공기 위성 CNPC 주파수 현황

구분	제1지역	제2지역	제3지역
하향링크	10.95-11.2GHz, 11.45-11.7GHz, 12.5-12.75GHz, 19.7-20.2GHz	10.95-11.2GHz, 11.45-11.7GHz, 11.7-12.2GHz, 19.7-20.2GHz	10.95-11.2GHz, 11.45-11.7GHz, 12.2-12.75GHz, 19.7-20.2GHz
상향링크	14-14.47GHz, 29.5-30GHz		



[그림 54] 위성 CNPC의 운용 개념

상기 고정위성업무 대역 분배 당시, 고정위성을 이용하여 무인항공기를 제어하기 위한 다수의 기술, 운영 및 규정 측면의 연구 내용이 기고문으로 제출되었으나 찬반 입장이 극명하게 대립하여 연구 결과들에 대해 합의하지 못해 최종 보고서로 승인되지 못하였다.

찬성하는 진영에서는 고정위성업무대역에서 무인항공기와 기존 업무 간 공유가 기술적인 조치 및 운영적인 조정을 통해 가능하며 이를 뒷받침하는 연구 결과를 제시하였다. 한편, 반대하는 진영에서는 공유 연구에 적용된 파라미터 및 전파모델의 기술적 문제와 더불어 현행 규정상 절차적인 문제 또한 지적하였으며 적절한 ITU 연구 결과가 도출되지 않음을 주장하였다.

[표 20] 무인항공기 위성 CNPC 분배 당시 찬반 입장

구분	지역 기구 및 주요국
찬성	CITEL, CEPT, 독일, 호주, 프랑스, 룩셈부르크, 일부 아프리카 국가 등
반대	APT, 이란, 러시아, RCC, 영국, 네덜란드, 벨로루스, 쿠바 등

고정위성업무 대역의 무인항공기 주파수 분배에 이어 WRC-15에서 신규 제정된 결의 155(고정위성업무 대역에서 무인항공기 제어)와 관련하여, 동 결의의 이행을 위한 가이드라인, 관련 보고서 및 권고 개발이 WRC-15 이후에도 ITU-R WP5B에서 지속적으로 논의되고 있다.

[표 21] 결의 155 주요 내용

(결의 155) 동일공역에서 무인항공기시스템 제어 및 비페이로드 통신을 위하여 부록 30, 30A 및 30B 계획에 해당되지 않는 특정 주파수 대역에서 고정위성업무 정지궤도 위성망을 이용하여 운용되는 무인항공기 탑재 지구국 관련 규제 조항
▷ 무인항공기 비가시 영역의 제어용 통신은 항공관제 및 비행제어의 신뢰성 확보를 위해 기술적, 운용적 및 규제적 요구사항 준수가 필요
▷ 고정위성업무대역의 타 업무와 공유하기 위해 결의 155를 준수해야 하며 관련 제어용 링크는 ICAO 국제 표준 및 권고를 만족해야 함
▷ 무인항공기를 운용하고자 하는 주관청의 탑재 지구국은 ITU에 통고되고 등재된 위성망의 기술적 조건 내에서만 운용되어야 함
▷ 고정위성업무를 이용하는 무인항공기 제어 링크의 운용 개념, 고정업무 보호를 위한 탑재 지구국의 전력속밀도 제한치를 제시

[표 22] 결의 155 관련 가이드라인 초안 주요내용

▷ UAS CNPC 링크용 지구국 운용 희망 주관청은 이 용도로 활용될 위성망 리스트를 BR에 제출하고, 전용 웹페이지에 게시
▷ RR 제9조에 따른 조정, 제11조에 따른 통고 및 MIFR 등재가 “적합”으로 완료된 모든 위성망을 확인하고, BR에 이 위성망들이 결의 155에 부합 여부 확인 요청
▷ 위성망의 envelope 특성을 결정하기 위해 중요한 위성망 파라미터 등을 확인하고, 검증된 위성망 리스트로부터 이 특성들을 추출하기 위한 방법을 개발
▷ WP5B에 제출된 UAS CNPC 링크용 지구국 특성 및 파라미터 값을 종합
▷ 희망 주관청으로부터 제출된 위성망 정보와 envelope 특성을 비교하고, 해당 UAS CNPC 링크용 지구국이 결의 155에 부합하는지 확인
▷ UAS CNPC 지구국 특성을 WP4A로 보내 최종 특성을 검증한 후 필요할 경우 이를 수정

[표 23] 결의 155 관련 ITU-R 연구

구분	제목	내용
M.2204-0	Characteristics and spectrum considerations for sense and avoid systems use on unmanned aircraft systems	무인항공기용 탐지 및 회피 시스템의 특성 및 주파수 고려사항
M.[UAS CNPC_CHAR]	Characteristics of Unmanned Aircraft System Control and Non-Payload Earth Stations for use with Space Stations operating in the Fixed Satellite Service	고정위성업무대역의 우주국 사용을 위한 무인항공기 제어용 지구국의 특성
S.[UA_PFD]	Power flux-density limits to protect terrestrial services from Earth stations on board Unmanned Aircraft in the frequency band 14.0-14.47 GHz	14-14.47GHz 대역의 무인항공기 탑재 지구국으로부터 지상업무를 보호하기 위한 전력속밀도 제한치

3. 무선설비 표준 동향

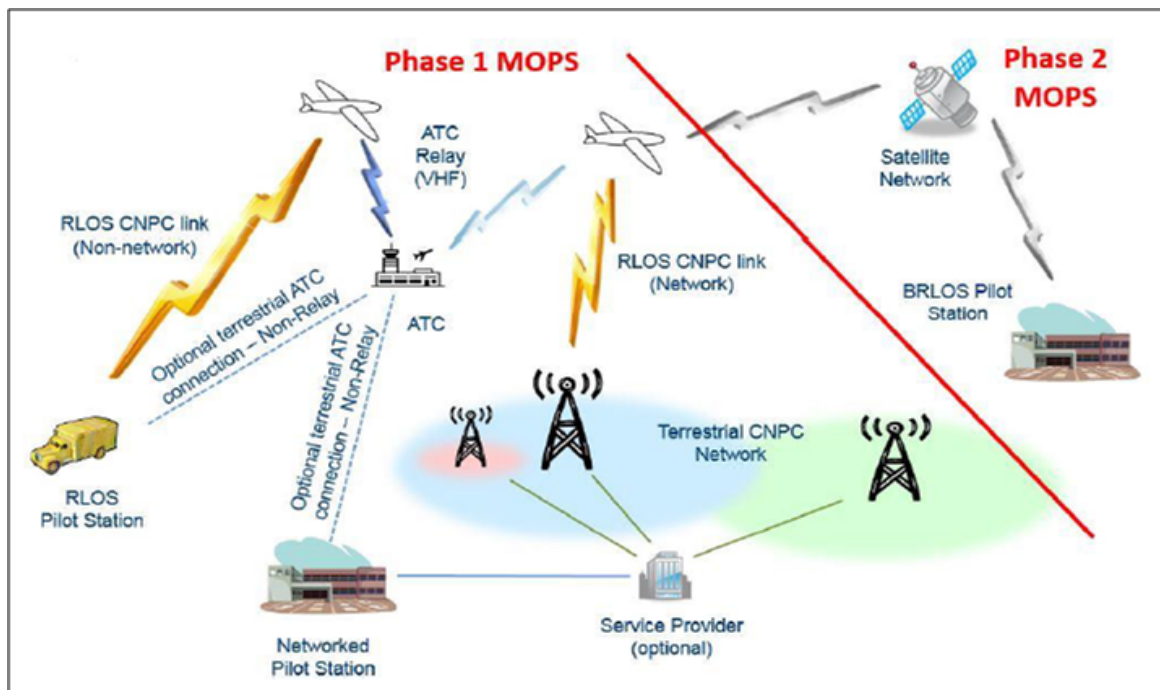
항공 무선설비에 대한 기술기준은 국제표준으로, ICAO(International Civil Aviation Organization) 부속서 10에 마련되어 있으며, 운용 성능에 대한 세부사항은 RTCA(Radio Telecommunication Commission for Aeronautics) 및 EUROCAE(European Organization for Civil Aviation Equipment) 표준을 준수하도록 하고 있다. 무인항공기 CNPC에 대한 1차(First Package) ICAO 표준(SARPS : Standards And Recommendation Practices)은 '18년 완료 및 '19년 적용을 목표로 현재 RPAS(Remotely Pilotless Aircraft Systems) 패널을 통해 표준화 작업이 진행 중에 있다.

RPAS 패널은 ICAO 부속서 10의 2권(통신절차), 3권(항공통신) 및 5권(주파수 활용)의 일부를 개정하고, CNPC 통신만을 다루는 6권을 신규 제정하는 방향으로 추진되고 있으며, 6권은 절차를 다루는 Part I 과 시스템을 다루는 Part II로 구성하여 구체적인 기술기준 사항은 Part II에 포함될 예정이다.

[표 24] 무인항공기 CNPC 관련 ICAO 표준(부속서 제6권) 초안의 목록

구 분	목 록
Part I 절차(Procedures)	Chapter 1. General provision
	Chapter 2. Specifications
	Chapter 3. Procedures
Part II 시스템(Systems)	Chapter 1. Definitions
	Chapter 2. General
	Chapter 3. FSS systems
	Chapter 4. C Band Satcom systems
	Chapter 5. C Band Terrestrial systems
	Chapter 6. Self organized airborne systems

RTCA는 ‘16년 무인항공기 지상(Phase1) CNPC에 대한 표준 「Command and Control(C2) Data Link Minimum Operational Performance Standards(MOPS) (Terrestrial)」 개발을 완료하였으며 이후 고정위성업무대역을 사용하는 위성(Phase2) CNPC 표준 작업을 ‘20년 완료 목표로 진행하고 있다.



[그림 55] 지상(Phase1) 및 위성(Phase2) CNPC 구분

RTCA 표준에서는 무인항공기의 효율적이고 안전한 주파수 공유를 목적으로 CNPC 무선설비에 대해 요구되는 성능 조건 및 성능 확인을 위한 시험 절차, 무선설비 설치에 대한 고려사항 및 검증 시험, 그리고 비행·운용 측면의 고려사항에 대한 기술적 조건을 제공하고 있다.

[표 25] 무인항공기 지상 CNPC 관련 RTCA 표준 목록

구 성	제 목	내 용
제1장	목적 및 범위	주파수 공유를 위한 CNPC의 기술적 표준 제공
제2장	성능 요구조건/시험절차	공통, MOPS Baseline, 제조자 Specific CNPC
제3장	설치 성능조건	무인기 탑재 및 지상 장비의 설치시 성능 조건
제4장	운용 성능특성	비행전 점검사항, 비행시험 절차 등 운용 요건
제5장	회원 목록	RTCA SC-228 구성원 소개

제2장에서는 CNPC 무선설비에 대한 설계·제조단계의 감항성, CNPC 지원 기능(항공관제, 탐지·회피, 데이터통신 등), 물리계층의 보안성 및 링크 관리에 대해 언급하고 있으며, CNPC 링크에 대해 모든 링크에 적용할 수 있는 공통 모드, 유사 CNPC로 확장이 가능한 MOPS 모드, 그리고 특수 요구사항이 반영된 제조사 모드에 대한 요구조건을 제시하고 있다. 또한, 실제 운용 상황이 반영된 환경 조건에서 CNPC 시스템의 성능을 확인하기 위해 필요한 온도, 습도, 진동, 압력 등의 환경적 시험항목을 포함하고 있다.

제3장은 무선설비의 무인항공기 탑재 및 지상 설치에 관한 것으로 안테나는 무인항공기의 고도 등의 비행 조건에 영향을 받지 않아야 하며 특히, 케이블에서 누설되는 불요발사를 제거하고 이득, 패턴 및 편파 특성이 잘 유지되어야 한다. 또한, 전원은 안정적인 전력을 공급해야 하며 장비 설치 과정에서 시스템의 성능 저하를 유발하는 고장 가능성을 차단해야 한다.

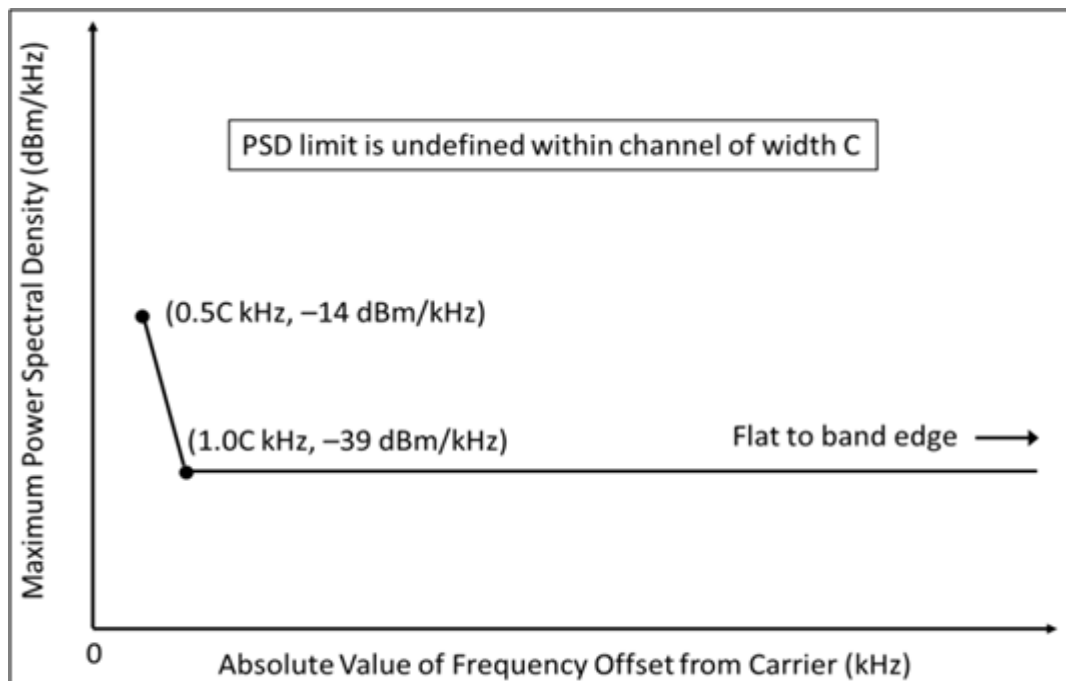
제4장은 무인항공기 특성 및 조종사 환경을 고려한 안전 운용에 관한 사항으로 안정된 전원의 공급, 통신 및 제어 상황의 표시 등 세부 기능에 대한 이상 유무를 비행전과 비행중인 경우로 구분하여 점검하도록 하고 있다.

동 RTCA 표준에서, 무선설비의 기술기준에 포함되어야 하는 부분은 전파의 품질과 관련된 부분으로 제2장의 성능 조건이 해당하며 최소한으로 필요한 부분만 범용적으로 규제하기 위해 모든 CNPC 링크에 적용할 수 있는 공통

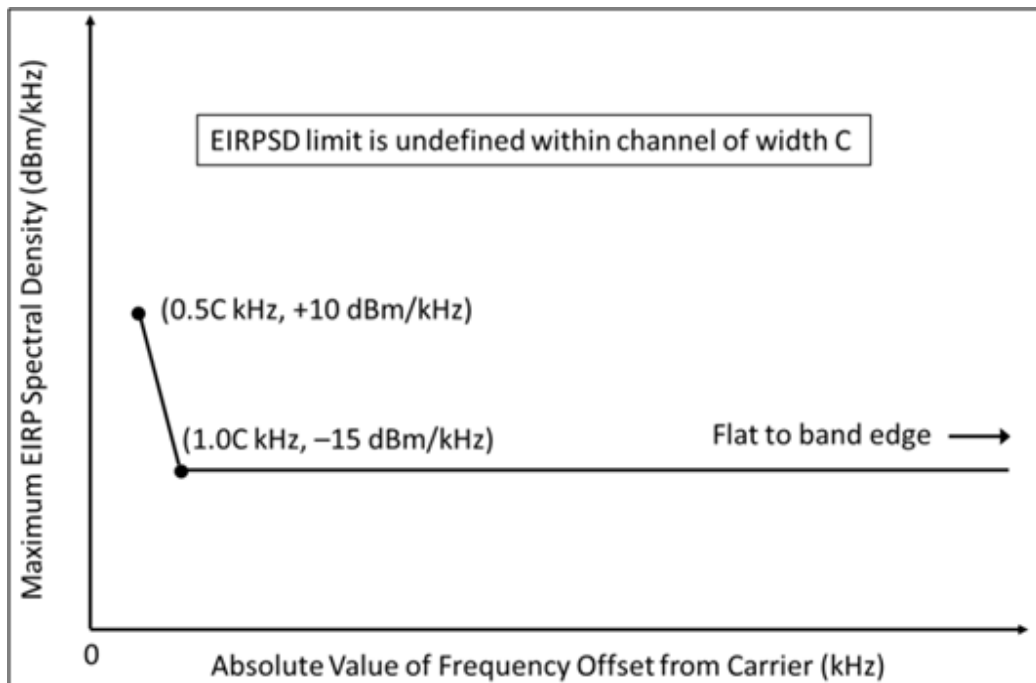
모드에 대한 기술적 조건을 항공업무용 무선설비의 기술기준(제22조)에 반영하였다.(부록 2)

[표 26] 항공업무용 무선설비의 기술기준에 포함된 RTCA의 기술적 조건

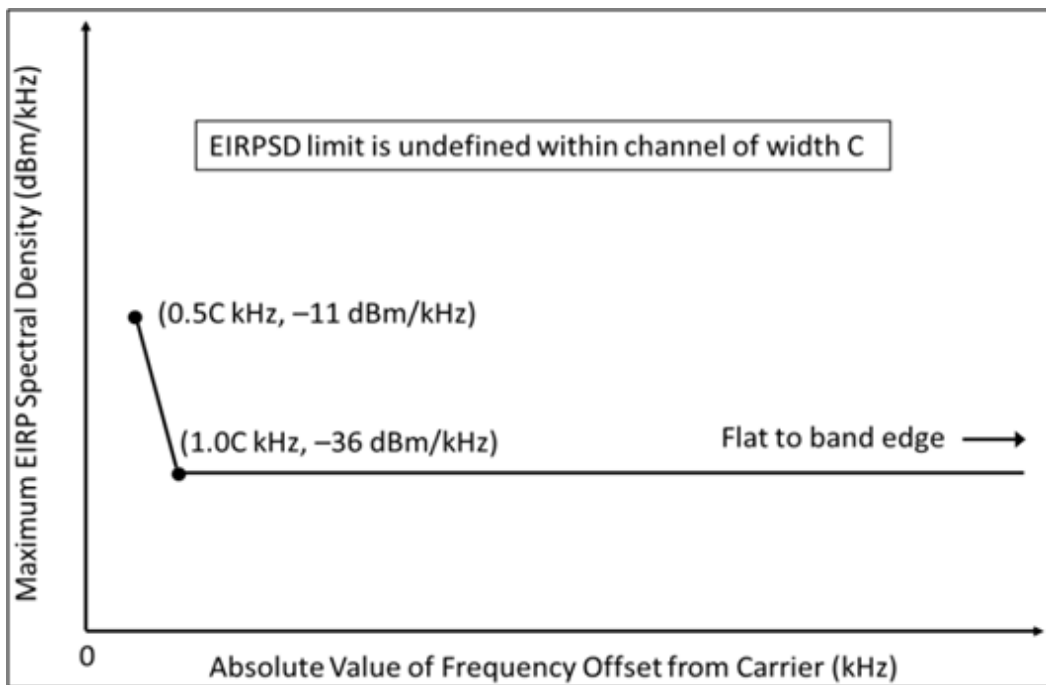
항목	값 또는 해당사항
통신방식	시분할복신방식
주파수 허용편차	0.2PPM(Part per million)
채널대역폭	단일 링크 250kHz, 다수(N) 링크 (250×N)kHz
안테나 공급전력	단일 링크 10W, 다수(N) 링크 (10×N)W
불요발사	저이득(탐재 3dBi 이하/지상 24dBi 이하) 평균전력 마스크(그림 56 참고)
	고이득(탐재 3dBi 초과/지상 24dBi 초과) 등가등방복사전력 마스크(그림 57-58 참고)
부차적 전파발사	9kHz 이상 26.5GHz 대역에서 -83dBm 이하



[그림 56] 저이득 불요발사의 평균전력(지상/탐재 공통)



[그림 57] 고이득 불요발사의 등가등방복사전력(지상)



[그림 58] 고이득 불요발사의 등가등방복사전력(탑재)

제3절 항공 기술기준 개선 방안

1. 개요

국내 민간용 항공 산업은 수리온 헬기의 경우와 같이 군용 항공기를 기반으로 개조·제작되는 초기단계로 볼 수 있으며, 이에 따라 관련 항공기용 무선설비에 대한 적합성평가 수요가 점차 제기되고 있다. 현재 항공업무용 무선설비의 기술기준의 국제표준과 부합성이 떨어지거나 전파와 직접적 관련성이 적은 항목을 일부 포함하고 있어 해당 기술기준의 개선이 필요하다.

기술기준의 개선 방향으로는 ITU 전파규칙 및 ICAO 부속서 10과의 부합성을 강화하고, 전파와 불필요한 항목을 삭제하는 등 전파품질 위주로 간소화를 추진할 필요가 있다. 또한, 적합성평가 수행기관 및 무선국 검사기관의 인프라 현황을 측면의 의견 수렴이 필요하며 개별 수요처마다 특수한 요구사항이 반영되는 항공 제조 산업의 특성을 고려하여 국내 산업체의 의견수렴도 요구된다.

우선, 기술기준 개선 방안으로 국제표준과 비교하여 전파의 품질과 관련된 항목을 중심으로 누락되거나 상이한 부분을 정비하였고 불필요하거나 이해하기 어려운 문구를 삭제·수정하였으며 초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치(제9조), 중단파대, 단파대 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치(제8조), 비상위치지시용 무선표지설비(제10조)에 대한 개선 방안을 마련하였다. 추후, 적합성평가 및 무선국검사 인프라 측면과 함께 산업체 개발 현황을 고려한 지속적인 논의 및 검토가 필요할 것이다.

2. 초단파 무선전화 및 데이터링크 장치

초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치는 VHF(Very High Frequency) 무선전화로 통용되고 있으며 주로 관제탑과 항공기 사이에 이착륙 허가 및 비행 중의 항공기 항행에 필요한 정보를 제공하는 무선설비로 대략 400-600km의 도달 거리를 갖는다.

VHF 무선전화의 사용 주파수는 ITU 전파규칙 제5조(주파수 분배)에 따라 항공이동(R)업무용 117.975-137MHz 대역이며 세부 이용계획은 ICAO 부속서 10 Volume V(항공주파수 운용)을 통해 아래와 같이 규정하고 있다.

아울러 117.975-137MHz 대역에서 우리나라에서 사용하도록 아·태지역(APAC)에 할당된 항공교통업무용 세부 채널 목록은 ICAO 핸드북 Volume II 주파수할당플랜 기준(부록 C)에 규정하고 있으며 국내는 국토교통부 고시 「항공주파수 운용계획」 별표1에서 준용하고 있다.

[표 27] 117.975-137MHz대역의 세부 이용계획

주파수 대역(MHz)	사용 목적
118.000-121.450	국제 및 국내 항공이동업무
121.500	비상 주파수
121.550-121.9917	국제 및 국내 항공이동지역 통신
122.000-123.050	국내 항공이동업무
123.100	수색 및 구조 보조주파수
123.150-123.6917	국내 항공이동업무
123.450	공대공 통신
123.700-129.6917	국제 및 국내 항공이동업무
129.700-130.8917	국내 항공이동업무
130.900-136.875	국제 및 국내 항공이동업무
136.900-136.975	국제 및 국내 항공이동업무(공대지 VHF 데이터링크)

VHF 무선전화의 기술기준에 대한 국제표준은 ICAO 부속서 10 Volume III(통신 시스템)의 Part I(디지털 데이터통신)과 Part II(음성통신)에 마련되어 각각 마련되어 있다.

Part I에서는 디지털 데이터 통신시스템(VDL : VHF Digital Link)에 대한 사용 주파수 및 모드별 성능, 지상 및 탑재설비에 대한 전파 품질 항목(주파수허용편차, 전력, 불요발사, 인접채널누선전력, 수신 성능 등)에 대해 기술적 조건을 제시하고 있으며 Part II에서는 음성통신 시스템용 지상 및 탑재설비의 전파형식 등 전파 관련 품질 항목 포함하고 있다.

이와 같이, ITU 전파규칙 및 ICAO 부속서 10을 기반으로 무선설비의 전파 품질과 관련된 항목을 위주로 VHF 무선전화에 대한 기술기준 개선 방안(부록 3)을 마련하였다.

3. 중단파대, 단파대 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치

중단파대, 단파대 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치는 HF(High Frequency) 무선전화로 통용되고 있으며 전리층 반사를 이용하여 약 3000-4000km의 도달거리의 전송이 가능함에 따라 VHF 무선전화의 통신이 불가능한 장거리 통신에 사용된다.

HF 무선전화의 사용 주파수는 ITU 전파규칙 제5조(주파수 분배) 및 부록 27(항공이동(R)업무용 주파수 할당 계획과 관련 정보)에 따라 2850-22000kHz 대역으로 정의되고 있으며 부록 27에서는 주파수 이격, 전파형식, 변조방식, 출력 등의 전파 품질 항목을 규정하고 있으며 지역별 사용 가능한 채널 목록도 제공하고 있다.

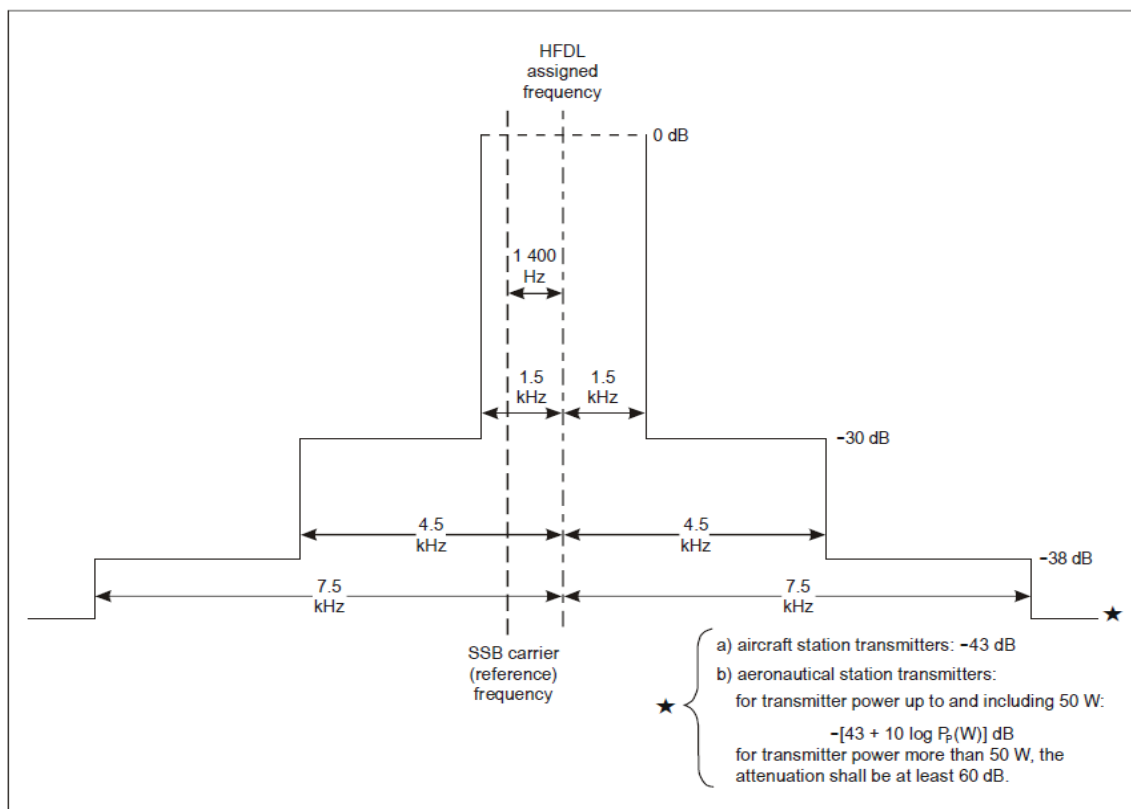


그림 59. HF 무선전화의 불요 발사

HF 무선전화에 대한 ICAO 규정은 VHF와 마찬가지로 ICAO 부속서 10 Volume III(통신 시스템) Part I의 디지털 데이터통신과 Part II의 음성통신으로 구분하여 마련되어 있다.

Part I에서는 디지털데이터 통신시스템(HFDL : High frequency data link)에 대해, Part II는 음성 통신시스템에 대한 지상 및 탑재설비의 불요발사 등 전파 품질을 각각 규정하고 있으며 ITU 부록 27의 채널 목록을 준용하고 있다.

이와 같이, ITU 전파규칙 및 ICAO 부속서 10을 기반으로 무선설비의 전파 품질과 관련된 항목을 위주로 HF 무선전화에 대한 기술기준 개선 방안(부록 4)을 마련하였다.

4. 비상위치지시용 무선표지설비

비상위치지시용 무선표지설비(ELT : Emergency Locator Transmitter)는 항공기 조난 발생시 항공기의 위치·식별 정보를 지상 및 위성으로 발사하는 구명장비로 항공기 설치용과 휴대용으로 구분된다.

ELT의 사용주파수는 ITU 전파규칙에 따라 지상(121.5MHz) 및 위성(406-406.1MHz) 전송을 위한 수색 및 구조 용도로 분배되었으며 ELT에 대한 기술기준은 ICAO 부속서 10 Volume III에 지상 및 위성에 대한 전파 품질 항목이 각각 마련되어 있다.

또한, ICAO 부속서는 세부 기술기준에 대해 지상용의 경우 ITU-R 권고 690-1, RTCA 표준 DO-183 및 EUROCAE 표준 ED-62를, 위성용의 경우 ITU-R 권고 M.633, RTCA 표준 DO-204 및 EUROCAE 표준 ED-62을 언급하고 있다.

이와 같이, ITU 전파규칙 및 ICAO 부속서 10을 기반으로 무선설비의 전파 품질과 관련된 항목을 위주로 ELT에 대한 기술기준 개선 방안(부록 5)을 마련하였다.

아울러, 항공 기술기준에서는 위성용 ELT에 대해 전파형식 G1B만을 언급하고 있으나 ICAO 등의 국제 표준에서는 G1B 및 G1D의 복수 전파형식을 적용하고 있어 이를 반영하는 기술기준 개정을 추진하였다.(부록 2)

[표 28] 위성 ELT 전파형식 관련 표준화 기구별 규정

표준화 기구	표준명	관련 규정 또는 전파 형식
ICAO	ICAO 부속서 10 Vol. III	ITU-R 권고 M.633(EPIRB) 및 RTCA DO-204 등
ITU	권고 M.633	IMO SOLAS 협약
IMO	결의 A.810(19)	G1B
RTCA	DO-204	G1D
FCC	Title 47 PART 87.195	G1D

제4절 ICAO 항공 주파수 정책 및 전략

1. 개요

ITU-R은 전파규칙을 통해 항공이동업무, 항공무선항행업무 등 항공 주파수를 국제적으로 분배하고 주석을 통해 세부 사항을 규정하고 있으며, ICAO는 ITU에서 분배된 대역에 대해 지역별로 세부 채널 플랜을 마련하여 효율적이고 안전하기 주파수를 이용하도록 표준으로 규정하고 있다.

ICAO는 항공 주파수 관련 이슈에 대해 ITU-R의 SG5 작업반, WRC에 참여하여 무선설비의 기술 표준, 최대 간섭 허용 레벨, 간섭 해결 방안, 주파수 플랜 기준 관련 전파규칙 및 권고 등의 개발에 기여하고 있다.

또한, 주파수관리패널(FSMP : Frequency Spectrum Management Panel)을 구성하여 WRC 의제에 대한 ICAO 입장을 마련하고 이를 기고하여 ITU-R에 인지시키고 있으며 ICAO 지역 사무소(Regional Offices)를 통해 해당 지역 내 주관청에 대한 주파수 할당 계획 수립 및 조정 역할을 수행하고 있다.

ICAO는 FSMP 패널을 통해 항공 주파수 핸드북(Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation)을 마련하여 WRC에 대한 ICAO 입장을 포함한 항공 주파수 정책과 함께 향후 ‘35년까지의 글로벌 항공항행 플랜(Global Air Navigation Plan)의 이행을 위한 전략을 수립하고 있다.

[표 29] ICAO 항공 주파수 핸드북 주요 목차

목차	내용	목차	내용
제1장	항공 주파수의 개요	제6장	주파수 관리 절차의 개요
제2장	핸드북의 목적	제7장	항공 주파수 정책
제3장	ITU의 역할 및 구성	제8장	항공 주파수 전략 및 비전
제4장	ITU의 항공 주파수 관리	제9장	간섭 보호 고려사항
제5장	ICAO의 항공 주파수 플랜	참고 A ~ H	

특히, 주파수 핸드북 제7장과 제8장의 항공 주파수 정책 및 전략은 향후 국내 항공 주파수 관리 및 국제 표준화 활동에 중요한 자료로 활용될 것이다.

2. 주파수 정책

ITU는 전파규칙을 통해 주파수 대역별로 용도를 분배하고 국가별 추가 분배, 세부 이용 조건 및 제한 사항 등을 주석으로 마련하고 있다. 전파규칙의 개정은 3-4년 마다 개최되는 WRC에서 이루어지며 분야별 의제를 채택하여 의제별로 공유 연구 등을 수행한다.

ICAO는 항공뿐만 아니라 모바일 및 위성 등 전 분야에 걸쳐 주파수 수요 증가에 따른 항공 주파수 확보의 중요성에 주목하고 있으며, 전파규칙 개정과 관련하여 주파수 이용현황 및 미래의 여건 변화를 예측하여 기존 항공 주파수 분배 및 관련 주석에 대한 ICAO 입장을 마련하고 있다.

또한, 수립된 ICAO 의견이 해당 WRC의 전파규칙 관련 작업에 적절히 반영되어 효율적이고 안전하게 항공 주파수를 이용하고 관리하도록 노력하고 있다.

항공 주파수 정책(제7장)은 분배된 항공 주파수대역별 세부 용도 내역과 함께 해당 대역에서 사용되는 무선설비의 운용 동향을 제공하고 있으며 항공 주파수와 관련된 주석 정보 제공 및 해당 주석의 유지 혹은 개정 등에 대한 ICAO의 입장을 제시하고 있다.

[표 30] 항공 주파수 대역별 업무 및 용도

대역	업무	용도
130-535kHz	항공무선항행	무지향표지시설
2850-22000kHz	항공이동(R)	공대지 통신(HF 음성 및 데이터)
3023kHz, 5680kHz	항공이동(R)	수색 및 구조
74.8-75.2MHz	항공무선항행	마커비콘
108-117.975MHz	항공무선항행, 항공이동(R)	전방향표지시설, 계기착륙시설(방위각제공시설), 위성항법시설(GBAS), 초단파대디지털이동통신시설(Mode 4)
117.975-137MHz	항공이동(R)	공대지 및 공대공 통신(VHF 음성 및 데이터)
121.5MHz, 123.1MHz, 243MHz	항공이동(R)	긴급 주파수
328.6-335.4MHz	항공무선항행	계기착륙시설(활공각제공시설)
406-406.1MHz	이동위성	수색 및 구조
960-1215MHz	항공무선항행, 무선항행위성, 항공이동(R)	공대지 통신, 거리측정시설, 2차감시레이다, 공중충돌경고장치, 범용접속데이터통신시설
1030MHz, 1090MHz	항공무선항행	이차감시레이다, 공중충돌경고장치, 자동종속감시용방송시설(ADS-B)
1164-1215MHz	항공무선항행, 무선항행위성	거리측정시설, 위성항법시설(GNSS)
1215-1400MHz	무선탐지, 무선항행위성, 항공무선항행	위성항법시설(GNSS), 1차감시레이다
1525-1559MHz	이동위성	위성통신
1610-1626.5MHz	항공이동위성(R)	위성통신
1626.5-1660.5MHz	이동위성	위성통신
1559-1626.5MHz	항공무선항행, 무선항행위성, 이동위성	위성항법시설(GNSS)
2700-3300MHz	항공무선항행, 무선항행, 무선탐지	1차감시레이다
4200-4400MHz	항공무선항행, 항공이동(R)	전파고도계, 항공기내무선통신(WAIC)
5000-5250MHz	항공무선항행, 항공이동(R), 항공이동위성(R)	마이크로파착륙시설
5350-5470MHz	항공무선항행	기상레이다
8750-8850MHz	항공무선항행, 무선탐지	도플러레이다
9000-9500MHz	항공무선항행, 무선항행	정밀접근레이다, 기상레이다, 공항지상감시레이다
13.25-13.4GHz	항공무선항행	도플러레이다
15.4-15.7GHz	항공무선항행, 무선탐지	공항지상감시레이다, 기타
24.25-24.65GHz	무선항행	공항지상감시레이다
31.8-33.4GHz	무선항행	공항지상감시레이다, 항공기레이다, 비행시각강화시스템(EFVS)

아울러, 항공 주파수 대역의 세부 이용 현황, 주요 이슈 사항 및 향후 전망에 대한 최신의 정보를 제공하고 있어 국내 항공 주파수 및 무선설비 관련 제도의 정비에 참고자료로 활용될 수 있다.(부록 6)

3. 주파수 전략

ICAO는 자체 수립한 글로벌 항공항행 플랜을 기반으로 중장기적인 항공 주파수 전략을 마련하고 있으며 항공항행 플랜에서는 무선항행에 있어 안전성, 효율성, 보완성, 경제성, 환경 친화성을 주요 목표 전략으로 제시하고 있다. 이러한 전략은 제7장을 포함한 전반적인 항공 주파수 정책에 반영되어 효율적인 주파수 이용 및 관리를 도모하고 ICAO 부속서를 통한 항공 무선설비의 성능 개선을 목적으로 하고 있다.

[표 31] ICAO 항공 주파수 주요 전략

▷ 국제 및 지역의 항공항행 계획 마련시, 현재 및 미래의 항공 통신/항행/감시 시스템 요구 사항이 적절히 구현될 수 있도록 주파수 이용의 지속성을 보장한다.
▷ 주파수 이용 효율성 증대뿐만 아니라 국제 수송시스템의 안전성 향상 및 유지를 위해 기술적 혁신을 통한 진보를 유도한다.
▷ 항공 주파수 대역의 신규 분배 및 변경은 항공 시스템에 미치는 기술적·운영적·경제적 측면의 영향을 모두 포함하는 공유 연구를 통해 제안되어야 한다.
▷ ICAO 표준 시스템과 기존 및 미래의 ICAO 표준 시스템과의 양립성에 대한 ICAO 연구를 수행한다.
▷ ICAO 표준 시스템과 ICAO 비표준 시스템과의 양립성에 대한 ITU 연구를 지원한다.
▷ 현 항공 통신/항행/감시 시스템을 제한하거나 비행안전에 영향을 주는 주파수의 신규 분배 또는 변경에 대한 제안을 반대한다.
▷ ICAO 글로벌 항공항행 플랜 기반의 국제 공통의 주파수 할당 플랜 및 할당 기준에 따른 항공주파수의 효율적인 사용을 지지 한다.
▷ 항공 주파수 대역의 인명안전 관련 통신/항행/감시 시스템은 항공 안전 업무의 목적에 부합하고 타 시스템에 의해 유발되는 유해 간섭으로부터 적절히 보호되어야 한다.

항공 분야에 있어 주요 이슈 사항 및 미래 변화에 대한 예측은 항공항행 플랜으로 적시에 마련되어야 하며 이러한 플랜이 나아가 주파수 분배 과정에 반영되어야 할 것이다.

제5절 주파수 국제 등록 및 지정 검토

1. 주파수 국제 등록

ITU 회원국은 자국 무선국의 국제적 권익확보를 위해 전파규칙에 근거하여 주파수 국제 등록을 추진하고 있으며 국제적인 주파수 사용 증가에 따라 국제 등록의 중요성이 더욱 강조되고 있다.

관련 ITU 규정으로는 전파규칙 제8조 「국제주파수등록원부에 등록된 주파수 할당의 법적 지위」에 관한 규정에 근거하여 국제등록원부에 등재된 모든 주파수 할당은 국제적으로 인정받을 권리를 가지며 타 주관청은 그 권리를 고려하여 유해간섭을 피하도록 할당하여야 한다. 또한, 전파규칙 제11조의 「주파수 할당의 통고 및 등록」의 규정을 적용하여 등록을 진행해야 한다.

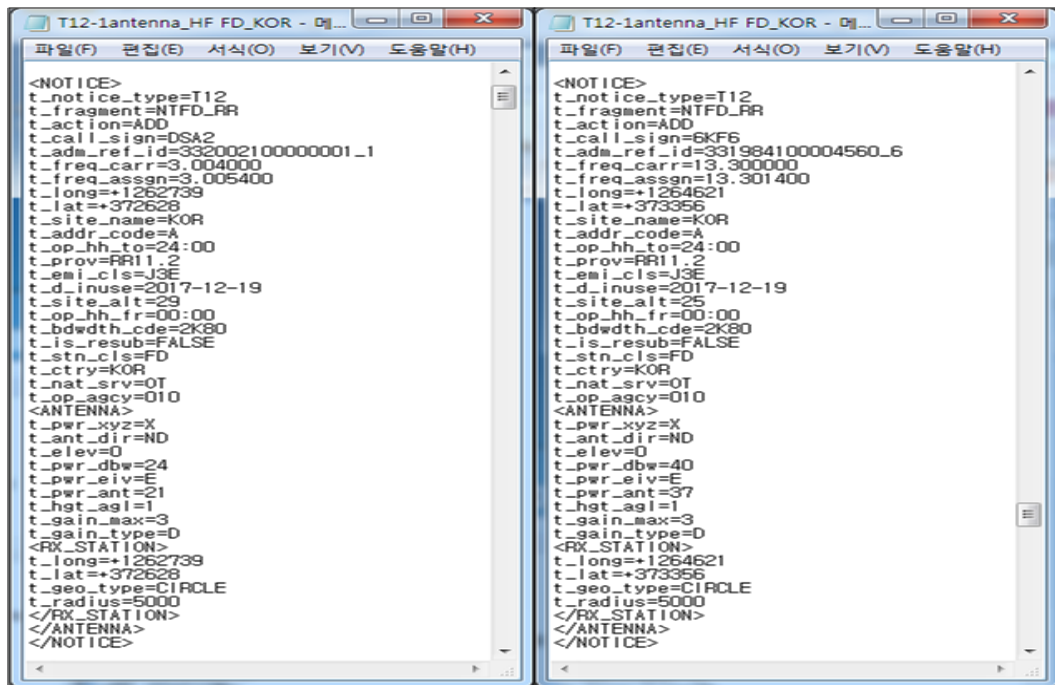
국제 등록 절차는 등록 대상 무선국을 결정하고 해당 무선국에 적용되는 서식을 작성한 후, ITU 홈페이지에 제출하게 되는데 제출 서식에 대한 적합성 검토에 문제가 없다면 제출 후, 2개월 이내 주파수등록원부에 등재된다.

항공 무선국은 업무별 주파수대역에 따라 표 32와 같은 코드로 구분되며 각 코드에 해당하는 서식을 선택하여 작성해야 한다.

[표 32] 항공 무선국의 코드 및 서식

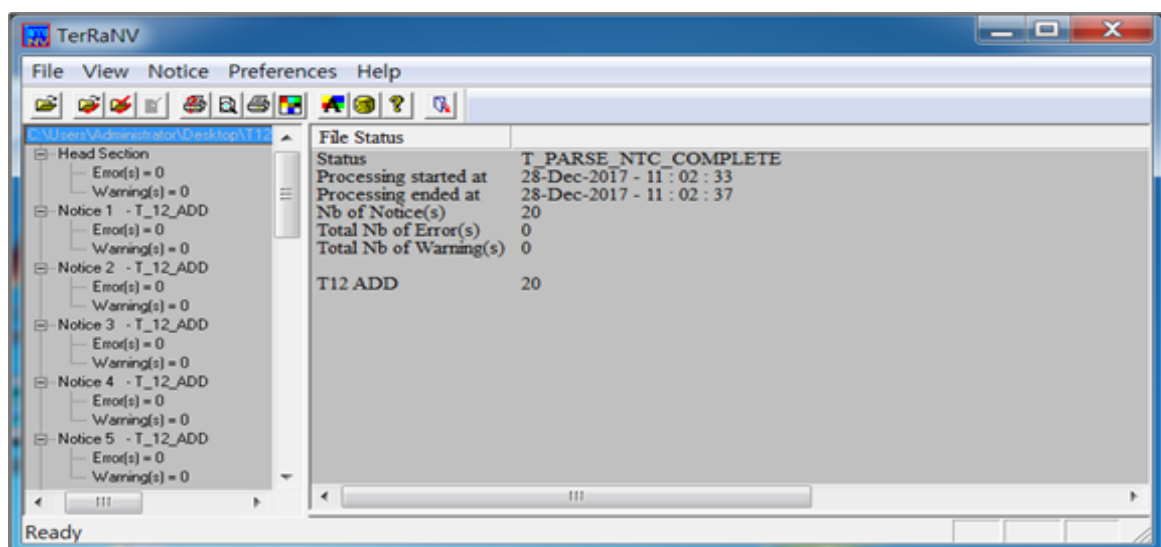
코드	무선국	업무	서식
AL	항공 무선항행육상국	항공무선항행(송신)	T12
AM	항공 무선항행이동국	항공무선항행(수신)	T13
FA	항공국	항공이동(송신)	T12
FD	항공국	항공이동(R)	T12
FG	항공국	항공이동(OR)	T12
MA	항공기국	항공이동(수신/R/OR)	T13

통고 서식은 무선국의 세부 제원을 나타내는 Item Key로 구성되며 각 Item Key에 대한 설명은 ITU에서 제공하는 국제주파수정보회람 관련 자료(Preface to BR International Frequency Information Circular)를 참고하여 작성한다.



[그림 60] 작성된 통고 서식의 예

통고 서식이 작성된 후에는 작성 과정에서 에러나 경고가 있는지 검토하는 절차가 필요하며 이를 위해 S/W Tool 수행 및 ITU 온라인 접속을 통해 검증한다. S/W Tool은 BR 국제주파수정보회람 CD에서 제공하는 TerRaNV를 통해 검증하고 이후에는 ITU-R 홈페이지 Access to Online Validation에 접속하여 서식을 업로드하여 검증한다.



[그림 61] TerRaNV 검증 화면

OnlineValidation User email address: _____

The processing system is currently **ONLINE**
 Contact: brtar_dp@itu.int

[Back to Validation history](#) [Logout](#)

[New Validation](#)

The following package has been uploaded. You will receive an E-mail notification at jwlim@mic.go.kr when the VALIDATION completes

Job summary [Cancel job](#)

job id	job name	job status
44543	t12-1antenna_hf fd_kor	Pending

Job Input

Adm	E-notice file	Number of Notices
KOR	T12-1antenna_HF_FD_KOR.txt	20

[그림 62] Online Validation 업로드 화면

TerRaNV 및 Online Validation 검증 결과 예러나 경고가 없는 것이 확인 될 경우 최종적으로 ITU 웹사이트의 WISFAT(Web Interface for Submission of Frequency Assignments for Terrestrial services)에 접속하여 작성한 서식을 제출한다.

ITU-R Web Interface for Submission of Notifications of Frequency Assignments/Allotments to Terrestrial Services (WISFAT)

Notifier's name _____

Administration _____

Telephone _____

Email address _____

Department/Service _____

Email address for receipt of acknowledgement _____

Note: TIES email service will be discontinued as of 17 November 2017. Therefore, you are kindly invited to use an email address other than TIES email for the acknowledgment of receipt of your submission.

Submission under [Article 11 \(Update of the Master Register\)](#)

Title of document * _____

Total number of notices * _____

Check this box if the file is submitted in reply to a request for clarification from the BR ☐

Indicate the BR Reference if the above is checked _____

Remarks _____

Attach the file * _____ [찾아보기...](#)

Note: Input is required for fields marked with *

Please check your entries and press Submit to confirm [Submit](#) [Cancel](#)

[그림 63] WISFAT 통고 서식 제출 화면

이번 국제 등록은 HF 항공국을 대상으로, 해당 시설자들과 협의를 통해 무선국 제원을 검토하고 통고 서식을 작성하여 ITU 제출을 완료하였다. ITU에 제출된 HF 항공국 정보는 다음과 같다.

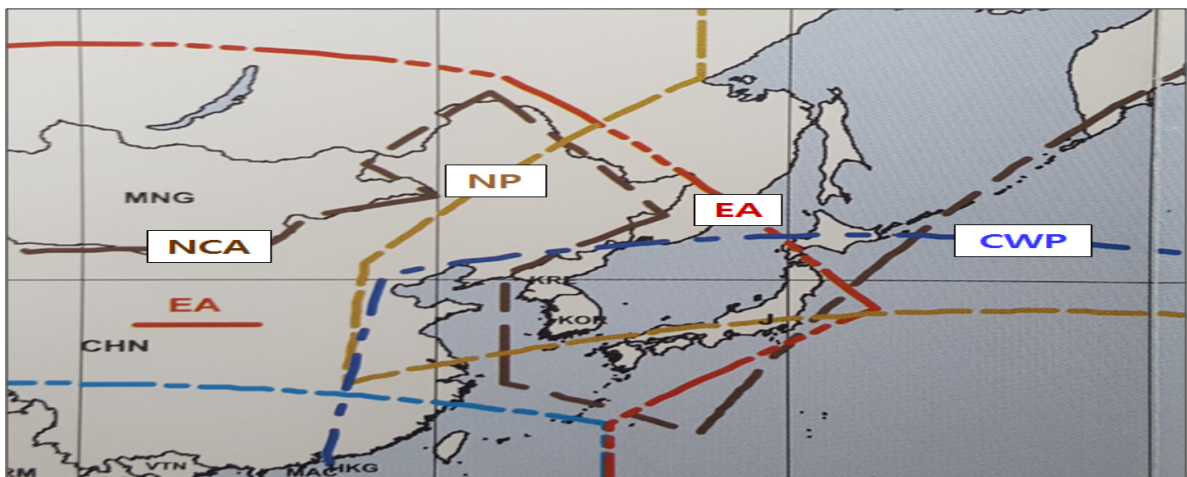
[표 33] ITU 제출된 HF 항공국 정보

주파수	국종	용도	전파 형식	설치 장소
3004kHz, 13300kHz 4687kHz, 13303kHz 6532kHz, 13333kHz	항공국	HF 음성통신	2K80J3EJN	인천 중구
8903kHz 17904kHz 10073kHz, 17916kHz	항공국	HF 음성통신	2K80J3EJN	인천 계양구

HF 항공주파수의 경우, 전파규칙 부록 27에 따라 각 주관청이 사용 가능한 주파수를 세부 규정에 따라 구분하고 있으며 우리나라가 사용 및 국제 등록이 가능한 HF 주파수는 다음과 같다.

가. 부록 27-제Ⅱ부 제1절 제1조 주요 세계 항행구역

우리나라는 그림 64와 같이 북중아시아(NCA), 북태평양(NP), 동아시아(EA), 서태평양중부(CWP) 구역에 해당되어 가용 주파수는 표 34와 같다.



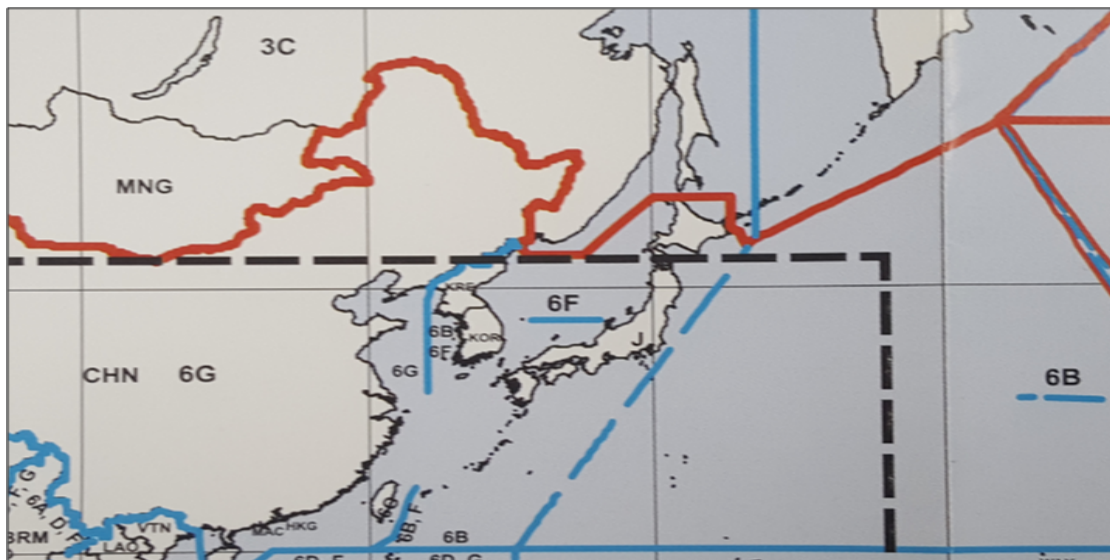
[그림 64] 우리나라에 해당하는 주요 세계 항행구역

[표 34] 주요 세계 항행구역 할당 주파수

구분	지역	할당 주파수(kHz)
주요 세계 항행구역 (MWARAs)	NCA (27/92)	3004, 3019, 4678, 5646, 5664, 6592, 10096, 13303, 13315, 17958
	NP (27/93)	2932, 5628, 6655, 6661, 10048, 11330, 13300, 17904
	EA (27/99)	3016, 3485, 3491, 5655, 5670, 6571, 8897, 10042, 11396, 13297, 13303, 13309, 17907
	CWP (27/87)	2998, 3455, 4666, 5652, 5661, 6532, 6562, 8903, 10081, 11384, 13300, 17904

나. 부록 27-제 II 부 제1절 제2조 지역 및 자국항행구역

우리나라는 그림 65와 같이 소지역 6B 및 6F에 해당되어 가용 주파수는 표 35와 같다.



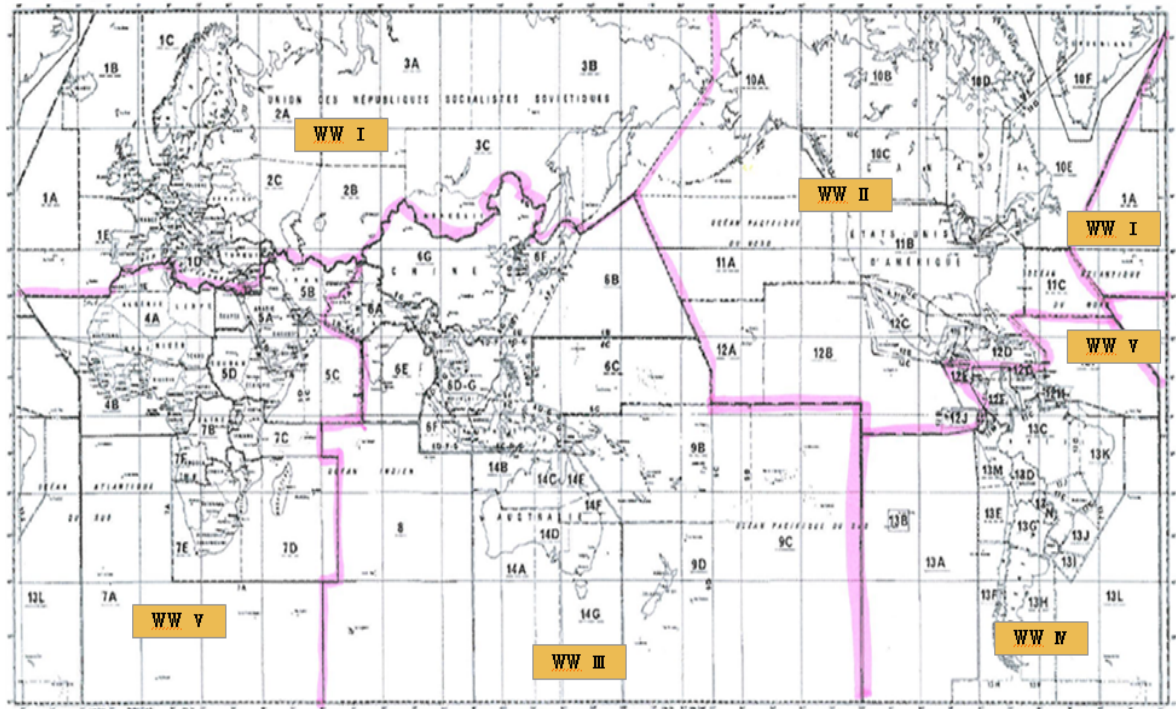
[그림 65] 우리나라에 해당하는 지역 및 자국항행구역

[표 35] 지역 및 자국항행구역 할당 주파수

구분	지역	할당 주파수(kHz)
지역 및 국내의 항행구들 (RDARA)	6B (27/124)	2857, 2920, 3479, 3488, 5502, 5595, 5625, 6607, 6613, 6619, 8864, 8885, 10021, 10093, 11339, 11366, 17955
	6F (27/128)	2926, 2941, 3434, 3440, 5496, 5508, 6526, 6667, 8864, 8939, 10060, 11279, 11366

다. 부록 27-제Ⅱ부 제1절 제4조 전세계 영역 Ⅲ

우리나라는 지역 및 자국항행구역 6으로 구분되고 그림 66과 같이 전세계 영역 Ⅲ에 해당되어 가용 주파수는 표 36과 같다.



[그림 66] 우리나라에 해당하는 전세계 영역 Ⅲ

[표 36] 전세계 영역 Ⅲ 할당 주파수

구분	할당 주파수(kHz)
전세계 영역 Ⅲ (W Ⅲ)	3007, 4687, 6637, 8921, 8930, 10072, 10078, 11342, 11351, 13324, 13333, 13342, 13351, 17916, 17922, 17928, 17934, 17940, 21949, 21970

라. Rules of Procedure 27/18

우리나라를 포함한 모든 주관청은 Rules of Procedure 27/18에 따라 아래의 주파수 사용이 가능하다.

[표 37] Rules of Procedure 27/18 할당 주파수

구분	할당 주파수(kHz)
Rules of Procedure 27/18	21925, 21928, 21931, 21934, 21937

2. 주파수 지정 검토

국내 주파수 수요 기관으로는 지방항공청, 민간항공사, 공항공사, 소방청 등으로 항공 분야의 성장과 더불어 주파수에 대한 수요가 증가하고 있다. 이에 상호 기관들과 주파수 협의 채널을 구성하여 각 기관들의 주파수 정보 및 향후 이용 계획의 공유를 통해 잠재적 간섭 요인을 제거하고 주파수 지정 신청 시, 소요 기간 단축을 위해 사전협의 강화를 추진하였다. '17년도 주파수 지정 검토 현황은 표 38과 같다.

[표 38] '17년도 항공 주파수 지정 검토 현황

국종	항공국	무선항행 육상국	이동국	실험국	항공기국	총합
건 수	30	2	1	5	2	40

제6절 소결

본 연구에서는 무인항공기 제어용 무선링크에 대한 주파수 및 무선설비 국제 규정을 분석하여 국내 제도의 개선을 추진하였고 전파 품질 항목 위주로 항공업무용 무선설비의 기술기준 개선 방안을 마련하였다. 또한, ICAO의 항공 주파수 정책·전략 및 ITU 국제 등록에 대한 지침 및 가이드라인을 제공함으로써 국내 항공 주파수의 효율적인 관리 및 이용을 도모하였다.

제6장 결론

본 연구에서는 해상, 항공 등 지상통신 분야에서 이슈가 되고 있는 몇 가지 주제를 선정하여 표준화 및 기술 동향, 기술기준, 주파수 발굴 등의 연구를 진행하였으며, 레이더의 주파수 이용 관련 업무의 신뢰성 제고를 위해 이론적 간섭분석 값과 실측 값 간 비교 연구를 추진하였다.

첫째, 레이더 간섭분석의 신뢰성 제고를 위해 레이더 기술 및 이용에 관한 일반현황과 함께 우리나라의 레이더 무선국 이용 현황을 분석하였다. 또한, 마그네트론 방식 레이더와 근래 점차 이용이 늘고 있는 SSPA 방식의 레이더간 간섭영향 실측 값을 분석하여 향후 새로운 방식의 레이더 도입과 운용 시 주파수 공유가능성 검토 등 전파관리의 효율성 제고할 수 있는 기반을 마련하였다.

둘째, 4차 산업혁명의 핵심 응용의 하나로 주목받고 있는 무인이동체 중 해상무인이동체(자율운항선박, 무인선 등)에 대한 기술동향을 살펴보고, 우리나라에서 현재 추진 중인 무인선 관련 R&D를 고려하여 향후 무인선에서 제어용 및 통신용으로 이용 가능한 후보 주파수 대역을 발굴하여 제시하였다.

셋째, 디지털 선상통신국에 대한 채널배치 방안 및 기술기준을 마련하여 해상에서 우수한 전파특성을 갖는 UHF 통신을 확대 이용할 수 있는 여건을 마련함과 동시에, 주파수 효율성을 증대할 수 있도록 하고, 육상에서 한정되어 사용하던 디지털 무전기 기술을 해상에서도 적용하도록 하였다.

마지막으로 무인항공기 지상제어용 무선설비 및 비상위치지시용 무선 표지설비(ELT)에 대한 기술기준 개정안을 마련하였으며 VHF 및 HF 무선설비 등 항공무선설비의 기술기준이 국제적 기준에 보다 부합할 수 있도록 제도의 개선 방안을 도출하였다.

동 연구결과는 해상·항공업무용 무선설비의 기술기준 정비를 위한 기본자료로서 활용되고, 우리나라의 해상, 항공 등 지상망 주파수 및 통신기술 정책 마련을 위한 유용한 자료가 될 수 있을 것이다. 아울러 ITU, IMO, ICAO 등 국제기구의 지상업무(해상, 항공 포함) 분야 표준화 활동을 위한 대응방안 마련에도 참고자료의 역할을 할 수 있기를 기대한다.

[참고문헌]

- [1] 이상철, 강정수, 레이더 공학, 보성문화사, 2005년
- [2] 고영철, 박성환, 문준철, 박성원, 레이더 스펙트럼 및 전파간섭 영향 연구, 국립전파연구원, 2007년.
- [3] ITU, Radio Regulations, 2016.
- [4] Recommendation ITU-R M.1796-2, Characteristics of and protection criteria for terrestrial radars operating in the radiodetermination service in the frequency band 8 500-10 680 MHz, 2014.
- [5] <http://www.radartutorial.eu>
- [6] 김정일, 마그네트론 발진기, <http://www.keri.re.kr>(기술해설/용어해설)
- [7] 김종현, 김선영, “무인선 기술 개발 동향 및 산업 현황”, KEIT PD Issue Report, Vol.15-3, 2015년 3월.
- [8] 김선영, “무인선 연구 동향”, 대한조선학회지, 제51권 제2호, 2014년 6월.
- [9] 최중락, “군사용 무인선 개발동향”, 대한조선학회지, 제51권 제2호, 2014년 6월.
- [10] 김선영, “무인선 글로벌 경쟁력 확보를 위한 핵심기술 개발”, 한국해양과학기술진흥원, Ocean Insight, 2015년 7월.
- [11] 국가과학기술심의회, 무인이동체 산업 활성화 및 일자리 창출을 위한 무인이동체 발전 5개년 계획안, 2016년.
- [12] IMO, SOLAS, Consolidated Edition, 2014.
- [13] ITU-R WP 5B, Working Document Toward a Preliminary Draft New Report ITU-R M.[MAR-UMS], “Characteristics of unmanned maritime system”, 2015. 7.
- [14] IMO MSC 98/20/2, “Maritime Autonomous Surface Ships – Proposal for a regulatory scope exercise”, 2017. 2.
- [15] 해양수산부, 제98차 IMO MSC(해사안전위원회) 회의 결과, 2017년 6월.
- [16] 친환경·스마트 선박으로 조선산업 위기 극복, EBN, 2017년 2월.

- [17] 롤스로이스, 무인선 10년 내 띄운다, 헤럴드POP, 2014년 6월.
- [18] 인마샷, 무인 드룩 선박 프로젝트 참여, 로봇신문, 2015년 9월.
- [19] 미 해군 대양횡단 무인수송선 시험 운항... 수개월씩 자동항해 가능, 뉴시스, 2016년 5월.
- [20] “자율주행차? 우린 ‘무인선’ 이야” ... IT로 진화하는 선박기술, news1, 2016년 7월.
- [21] 중국 해군, 스텔스 무인선 개발 성공 - ‘분쟁해역 투합’, 뉴시스, 2016년 9월.
- [22] 일본, 무인선으로 ‘독도’ 주변 동해 24시간 감시... 동중국해도, 뉴시스, 2016년 12월.
- [23] 무인차·무인비행 이어 ‘무인선박’ 시대도 온다, 2017년 6월.
- [24] 연내 자율운항 선박 민관협의회 만든다, 디지털타임즈, 2017년 7월.
- [25] 노르웨이·佛·英 3국 회사, 세계 최초 자율운항 선박 프로젝트, 연합뉴스, 2017년 8월.
- [26] Recommendation ITU-R M.1174-3, “Technical characteristics of equipment used for on-board vessel communications in the bands between 450 and 470 MHz”, 2015.
- [27] ITU, Radio Regulations, 2016.
- [28] No. APT/AWG/REP-77, SURVEY ON the USAGE OF THE BANDS 457.5125-457.5875 MHZ AND 467.5125-467.5875 MHZ BY THE MARITIME MOBILE SERVICE IN ASIA-PACIFIC REGION, 2017.
- [29] 서지영, 박종실, 황순주, 송종호, “UHF 대역 해상이동업무용 선상통신국 주파수 연구 동향(WRC-15 AI 1.15)”, 한국통신학회 2015년 하계종합학술발표회, pp.656-657, 2015년.
- [30] 방송통신위원회, 무선국 국종별 실태파악 및 분류기준 재정비 연구, 2009년.
- [31] 미래창조과학부, 기술기준이 포함된 대한민국 주파수 분배표, 2017년 1월.
- [32] RTCA, Command and Control(C2) Data Link Minimum Operational Performance Standards(MOPS) (Terrestrial), 2016. 9.
- [33] ITU-R, Examples of technical characteristics for unmanned aircraft

- p>control and non-payload communications links, 2011. 1.
- [34] ITU-R, Characteristics of unmanned aircraft systems and spectrum requirements to support their safe operation in non-segregated airspace, 2009. 12.
 - [35] ITU-R, Compatibility study to support the line of sight control and non-payload communication links for unmanned aircraft systems proposed in the frequency bands 5 000–5 010 and 5 010–5 030 MHz, 2011. 11.
 - [36] ITU-R, Compatibility study to support the line-of sight control and non-payload communications link(s) for unmanned aircraft systems proposed in the frequency band 5 030–5 091 MHz, 2011. 11.
 - [37] ITU-R, Compatibility study to support the line-of sight control and non-payload communications links for unmanned aircraft systems proposed in the frequency band 5 091–5 150 MHz, 2011. 11.
 - [38] ITU-R, Characteristics and spectrum considerations for sense and avoid systems use on unmanned aircraft systems, 2010.
 - [39] ICAO, Aeronautical Telecommunications Volume III Communication Systems, 2007.
 - [40] ICAO, Aeronautical Telecommunications Volume V Aeronautical Radio Frequency Spectrum Utilization, 2007.
 - [41] 국토교통부, 항공주파수 운용계획, 2017년 4월.
 - [42] Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation Volume I ICAO spectrum strategy, policy statements and related information, 2017.
 - [43] Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation Volume II Frequency assignment planning criteria for aeronautical radio communication and navigation systems, 2013.
 - [44] ICAO, Global Air Navigation Plan, 2016.

- [45] ITU-R, Transmission characteristics of a satellite emergency position-indicating radio beacon(satellite EPIRB) system operating through a satellite system in the 406 MHz band, 2010. 12.
- [46] RTCA, Minimum Operational Performance Standards(MOPS) for 406 MHz Emergency Locator Transmitters(ELT), 2007. 12.
- [47] ITU, Preface to the BR international Frequency Information Circular(Terrestrial Services), 2017.
- [48] ITU, Radio Regulations Maps to be used in relation to Appendix 27, 2012.
- [49] ITU, Rules of Procedure, 2017.

부록 1. 선상통신국 기술기준 신·구 조문 대비표

현행	개정안
제14조(<u>G3E전파를 사용하는 무선설비의 조건</u>) ① <u>별표 1의 초단파대 해상이동업무용 주파수의 주파수 또는 450MHz 이상 470MHz이하의 주파수 범위의 전파를 사용하는 국제해상이동업무의 무선국의 무선설비·양방향무선전화장치 및 선상 통신설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.</u>	제14조(<u>초단파대 해상이동업무용 무선설비</u>) ① ----- <u>주파수를 사용하는 초단파대 해상이동업무용 무선설비의</u> ----- ----- -----.
1. 송신장치는 위상변조(6dB/octave의 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 특성을 가지는 주파수변조)의 것일 것	1. -----(6 dB/octave)----- ----- -----
2. (생략)	2. (현행과 같음)
3. <u>송신기의 반송파전력은 25W (450MHz 이상 470MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 선상통신설비의 반송파전력은 2W)를 초과하지 아니할 것</u>	3. <u>안테나공급전력은 25 W</u> ----- -----
4. 변조주파수는 <u>3,000Hz</u> 를 초과하지 아니할 것	4. ----- <u>3,000 Hz</u> ----- -----
5. 주파수편이는 채널간격 <u>25kHz</u>	5. ----- <u>25 kHz</u>

현행	개정안
를 사용하는 송신장치는 무변조시의 반송파의 주파수보다 $\pm 5\text{kHz}$ 를 초과하지 아니하고, 채널간격 <u>12.5kHz</u> 미만을 사용하는 송신장치는 무변조시의 반송파의 주파수보다 $\pm 2.5\text{kHz}$ 를 초과하지 아니할 것	----- ----- $\pm 5\text{ kHz}$ ----- ----- <u>12.5 kHz</u> 를 ----- ----- ----- $\pm 2.5\text{ kHz}$ ----- -----
6. 제5호의 송신장치에는 주파수편이가 규정된 값을 초과하는 것을 방지하는 자동제어회로를 갖출 것. 다만, <u>안테나공급전력 2W 이하의 송신장치(138MHz 이상 174MHz 이하, 335.4MHz 이상 470MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 것에 대하여는 해상 이동업무를 행하는 무선국 및 450MHz 이상 467.58MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 선상통신국에 한한다)에 대하여는 예외로 한다.</u>	6. ----- ----- ----- ----- <u><단서삭제></u>
7. 제6호의 자동제어회로와 변조기 사이에는 <u>3kHz 이상 15kHz 이하의 각 주파수(F)에 대한 감쇠량이 1kHz에 의한 감쇠량보다 4</u>	7. ----- ----- <u>3 kHz</u> --- <u>15 kHz</u> --- ----- --- <u>1 kHz</u> ----- <u>40</u>

현행	개정안
<p><u>$0\log_{10}(F/3)\text{dB}$ 이상인 저역여파기를 가지고 있을 것. 다만, 138MHz 이상 174MHz 이하 또는 335.4MHz 이상 470MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 송신장치(해상이동업무를 행하는 무선국 및 450MHz 이상 467.58MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 선상통신국의 것을 제외한다)에 있어서는 $60\log_{10}(F/3)\text{dB}$ 이상인 저역여파기를 가지고 있어야 한다.</u></p> <p>8. 인접채널 누설전력은 <u>1,250Hz</u>의 주파수로써 최대 주파수편이의 <u>60%</u>를 변조하기 위하여 필요한 입력전압 보다 <u>10dB</u> 높은 전압을 가한 경우, 채널간격 <u>25kHz</u>를 사용하는 송신장치는 <u>인접채널중심주파수의 $\pm 8\text{kHz}$</u>, 채널간격 <u>12.5kHz</u>를 사용하는 송신장치는 <u>인접채널중심주파수의 $\pm 4.25\text{kHz}$</u> 내에 누설되는 전력 이 반송파전력 보다 <u>-60dB</u> 이하일 것</p>	<p><u>$\log_{10}(F/3)$ dB</u> ----- ----- <u><단서삭제></u></p> <p>8. ----- <u>1,250 Hz</u> ----- --- <u>60 %</u>----- ----- <u>10 dB</u> --- ----- <u>25 kHz</u>----- <u>인접채널 중심주파수의 $\pm 8 \text{ kHz}$</u>, ----- <u>12.5 kHz</u>----- ----- <u>인접채널 중심주파수의 $\pm 4.25 \text{ kHz}$</u> ----- ----- <u>60 dB</u> 이 상 낮은 값일 것</p>

현행	개정안				
<p>9. 450MHz 이상 470MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 선상통신설비(선박에 고정 설치하는 것에 한한다)의 송신안테나는 그 높이가 항해선교보다 3.5m를 초과하지 아니하여야 한다.</p> <p>10. 450MHz 이상 470MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 선상통신설비는 그 안테나공급전력을 10%까지 쉽게 저하할 수 있을 것. 다만 안테나공급전력이 0.2W 이하의 것은 그러하지 아니하다.</p> <p>② G3E전파의 150MHz 이상 163MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 단일통신로의 해상이동업무를 하는 무선국의 수신장치는 다음 표의 값에 적합하여야 한다. 다만, 안테나공급전력이 2W 이하인 무선국과 제1항에 의한 무선국의 수신장치에 있어서는 그러하지 아니한다.</p>	<p><삭 제></p> <p><삭 제></p> <p><삭 제></p>				
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="215 1832 395 1870">구분</th><th data-bbox="395 1832 788 1870">조건</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="215 1870 395 1993">감도</td><td data-bbox="395 1870 788 1993">신호대 잡음비가 20dB인 때의 정격출력의 2분의1의 출력을 얻기 위하여 필요한 수신기 입력전압이 3μV 이하(제7조)</td></tr> </tbody> </table>	구분	조건	감도	신호대 잡음비가 20dB인 때의 정격출력의 2분의1의 출력을 얻기 위하여 필요한 수신기 입력전압이 3μV 이하(제7조)	
구분	조건				
감도	신호대 잡음비가 20dB인 때의 정격출력의 2분의1의 출력을 얻기 위하여 필요한 수신기 입력전압이 3μV 이하(제7조)				

현행			개정안	
선택도	효과	한 수신기 입력전압보다 6dB 높은 회망과 입력전압을 가한 상태 하에서 회망과로부터 25kHz 이상의 떨어진 방해파를 가한 경우에 잡음억압이 20dB로 될 때에 그 방해파 입력전압이 10mV 이상	156.8 MHz 전파의 수신	이의 70 %까지 변조된 10 μV의 수신기 입력전압을 가한 때에 장치의 전출력과 그 중에 포함되는 불요성분의 비가 20 dB 이상
	상호변조특성	회망파가 없는 상태에서 상호변조가 생기는 관계에 있는 각 방해파를 입력전압 1.78mV 가한 때에 잡음억압이 20dB 이하		1. G3E전파 156.8 MHz를 확정기에 따라 수신할 수 있을 것 2. 무선전화 경보신호에 따라 최대주파수편이의 70 %까지 변조를 시킨 156.8 MHz주파수의 전파를 2 μV 수신기입력 전압으로 수신한 경우에 그 출력이 확정기 입력단자에서 50 mW 이상 3. 선박국에 있어서는 연안 무선전화통신을 하는 해안국의 전파를 수신하거나 해당 선박국이 있는 선박국 내에서 운용하는 이동국이 연안 무선전화통신을 하는 육상국의 전파를 수신하는 것으로서 G3E전파 156.8 MHz를 수신할 수 있을 것
국부발진기의 주파수변동		0.001% 이내		
디엠파시스(de-emphasis) 특성		송신장치의 프리엠퍼시스(pre-emphasis) 특성에 대응하는 것일 것		
종합왜와 및 잡음		1,000Hz의 주파수로 최대 주파수편이의 70%까지 변조된 10μV의 수신기입력전압을 가한 때에 장치의 전 출력과 그 중에 포함되는 불요성분의 비가 20dB 이상		
156.8MHz 전파의 수신		1. G3E전파 156.8MHz를 확정기에 따라 수신할 수 있을 것 2. 무선전화 경보신호에 따라 최대주파수편이의 70%까지 변조를 시킨 156.8MHz주파수의 전파를 2μV 수신기입력 전압으로 수신한 경우에 그 출력이 확정기 입력단자에서 50mW 이상 3. 선박국에 있어서는 연안 무선전화통신을 하는 해안국의 전파를 수신하거나 해당 선박국이 있는 선박국 내에서 운용하는 이동국이 연안 무선전화통신을 하는 육상국의 전파를 수신하는 것으로서 G3E전파 156.8MHz를 수신할 수 있을 것		
④ 450MHz 이상 467.58MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 선상통신국의 수신장치의 조건은 다음과 같다.			<삭 제>	
<신 설>			제14조의2(선상통신국의 무선설비) 별표 1의 초단파대 해상이 동업무용 주파수 또는 별표 39의 450 MHz 이상 470 MHz 이하의 주파수를 사용하는 선상통신국의 무선설비의 기술기준은 다음	

현	행	개	정	안
				<p><u>각 호와 같다.</u></p> <p><u>1. 채널간격 25 kHz 및 12.5 kHz를</u> <u>사용하는 아날로그 송신장치는</u> <u>위상변조(6 dB/octave의 프리</u> <u>엠퍼시스(pre-emphasis) 특성</u> <u>을 가지는 주파수변조) 또는 주</u> <u>파수변조의 것이고, 채널간격 1</u> <u>2.5 kHz 및 6.25 kHz를 사용하는</u> <u>디지털 송신장치는 4FSK(4-Le</u> <u>vel Frequency Shift Keying)</u> <u>변조의 것일 것</u></p> <p><u>2. 발사되는 전파는 수직편파일 것(선</u> <u>박에 고정 설치하는 것만 해당)</u></p> <p><u>3. 안테나공급전력은 2 W를 초</u> <u>과하지 아니할 것</u></p> <p><u>4. 변조주파수는 3,000 Hz를 초과</u> <u>하지 아니할 것</u></p> <p><u>5. 주파수편이는 다음 조건에 적</u> <u>합할 것</u></p> <p><u>가. 채널간격 25 kHz를 사용하는</u> <u>아날로그 송신장치는 무변조</u> <u>시의 반송파의 주파수보다 ±</u> <u>5 kHz를 초과하지 아니할 것</u></p> <p><u>나. 채널간격 12.5 kHz를 사용하는</u></p>

현	행	개	정	안
				<p><u>아날로그 송신장치는 무변조</u> <u>시의 반송파의 주파수보다 \pm</u> <u>2.5 kHz를 초과하지 아니할 것</u> <u>다. 채널간격 12.5 kHz를 사용하는</u> <u>디지털 송신장치는 무변조시</u> <u>의 반송파의 주파수보다 ± 3.0</u> <u>24 kHz를 초과하지 아니할 것</u> <u>라. 채널간격 6.25 kHz를 사용하는</u> <u>디지털 송신장치는 무변조시</u> <u>의 반송파의 주파수보다 ± 1.3</u> <u>24 kHz를 초과하지 아니할 것</u></p> <p><u>6. 450 MHz 이상 470 MHz 이하의 주</u> <u>파수를 사용하는 선상통신국의</u> <u>설비 송신안테나(선박에 고정</u> <u>설치하는 것만 해당)는 그 높이</u> <u>가 최상층부 갑판보다 3.5 m를</u> <u>초과하지 아니할 것</u></p> <p><u>7. 450 MHz 이상 470 MHz 이하의 주</u> <u>파수를 사용하는 선상통신국의</u> <u>무선설비는 그 안테나공급전력</u> <u>을 10 %까지 쉽게 저하할 수</u> <u>있을 것</u></p> <p><u>8. 별표 39에 명시된 주파수는 1</u> <u>주파 또는 2주파 단신 방식일 것</u></p>

부록 2. 항공업무용 무선설비의 기술기준 개정안

현 행	개 정 안						
제2조(적용범위) 이 고시에서 정하는 기술기준은 「 <u>항공법</u> 」제40조에 따라 항공기에 설치하여야 하는 무선설비, 그 통신상대 무선국의 무선설비 및 기타 항공업무용 무선설비에 대하여 이를 적용한다.	제2조(적용범위) ----- ----- 「 <u>항공안전법</u> 」제51조에 --- ----- ----- ----- -----.						
제10조(비상위치지시용 무선표지설비) 항공기용 비상위치지시용 무선표지설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다. 1. (생 략) 2. 송신설비의 조건 가. (생 략) 나. 406~406.1 MHz의 주파수의 전파를 사용하는 것 (1) 사용하는 전파의 형식은 <u>G1B일 것</u>	제10조(비상위치지시용 무선표지설비) ----- ----- -----. 1. (현행과 같음) 2. 송신설비의 조건 가. (현행과 같음) 나. 406~406.1 MHz의 주파수의 전파를 사용하는 것 (1) ----- <u>G1B 또는 G1D일 것</u>						
제22조(무인항공기 지상제어용 무선설비) 5,030 MHz~5,091 MHz 주파수 대역을 사용하는 무인항공기의 <u>항공국 및 항공기국</u> 지상제어용 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다. 1. 공통조건 가. (생 략) 나. (생 략) 다. 주파수대역폭은 5 kHz 단위이고 점유 주파수대역폭은 1,100 kHz 이내일 것	제22조(무인항공기 지상제어용 무선설비) ----- ----- <u>무선조정국, 무선조정이동국 및 무선조정중계국</u> ----- -----. 1. 공통조건 가. (현행과 같음) 나. (현행과 같음) 다. 채널대역폭은 다음 조건을 만족할 것 1) 지상설비 <table border="1"> <tr> <th>구분</th><th>채널대역폭</th></tr> <tr> <td>단일 제어링크의 경우</td><td><u>250 kHz</u> <u>이내</u></td></tr> <tr> <td>다수(N) 제어링크 경우</td><td><u>250×N kHz</u> <u>이내</u></td></tr> </table>	구분	채널대역폭	단일 제어링크의 경우	<u>250 kHz</u> <u>이내</u>	다수(N) 제어링크 경우	<u>250×N kHz</u> <u>이내</u>
구분	채널대역폭						
단일 제어링크의 경우	<u>250 kHz</u> <u>이내</u>						
다수(N) 제어링크 경우	<u>250×N kHz</u> <u>이내</u>						

현행	개정안																														
<p>라. (생략)</p> <p>마. 링크 손실 검증 기능을 갖출 것</p> <p>2. 송신장치의 조건</p> <p>가. (생략)</p> <p>나. 안테나공급전력은 20 dBm/kHz이고 최대 10 W 이하일 것</p> <p>다. 불요 발사는 다음 조건을 만족할 것</p> <p>* 주 : 기본주파수의 평균전력 대비 감소값</p> <table><tr><th>지정주파수로부터 이격 주파수</th><th>불요발사의 평균전력</th><th>분해대역폭</th></tr><tr><td>$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 0.5)$ 미만</td><td>20 dBm/kHz 이하</td><td>1 kHz</td></tr><tr><td>$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 0.5)$ 이상 $\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 1.5)$ 미만</td><td>40 dB 이상(주)</td><td>1 kHz</td></tr><tr><td>$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 1.5)$ 이상 $\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 2.5)$ 미만</td><td>65 dB 이상(주)</td><td>1 kHz</td></tr><tr><td>$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 2.5)$ 이상</td><td>80 dB 이상(주)</td><td>1 kHz</td></tr></table> <p>5,010~5,030 MHz 대역으로의 등가등방복사전력밀도는 -75 dBW/MHz 이하일 것</p>	지정주파수로부터 이격 주파수	불요발사의 평균전력	분해대역폭	$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 0.5)$ 미만	20 dBm/kHz 이하	1 kHz	$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 0.5)$ 이상 $\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 1.5)$ 미만	40 dB 이상(주)	1 kHz	$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 1.5)$ 이상 $\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 2.5)$ 미만	65 dB 이상(주)	1 kHz	$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 2.5)$ 이상	80 dB 이상(주)	1 kHz	<p>2) 탑재설비 : 250 kHz 이내</p> <p>라. (현행과 같음)</p> <p>마. 링크 손실 검증에 대한 모니터링 및 손실 알림 등 비상안전대책 지원 기능을 갖출 것</p> <p>2. 송신장치의 조건</p> <p>가. (현행과 같음)</p> <p>나. 안테나공급전력은 다음 조건을 만족할 것</p> <p>1) 지상설비</p> <table><tr><th>구분</th><th>안테나공급 전력</th></tr><tr><td>단일 제어링크의 경우</td><td>10 W 이하</td></tr><tr><td>다수(N) 제어링크의 경우</td><td>10×N W 이하</td></tr></table> <p>2) 탑재설비 : 10 W 이하</p> <p>다. 불요 발사는 다음 조건을 만족할 것</p> <p>1) 설치손실을 포함한 안테나 이득이 지상설비의 경우 24 dBi 이하, 탑재설비의 경우 3 dBi 이하인 경우</p> <table><tr><th>지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)</th><th>불요발사의 평균전력</th><th>분해대역폭</th></tr><tr><td>$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$</td><td>$[-25 / (0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f + 11]$ dBm</td><td>1 kHz</td></tr><tr><td>$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$</td><td>-39 dBm</td><td>1 kHz</td></tr></table> <p>5,010~5,030 MHz 대역으로의 등가등방복사전력밀도는 -75 dBW/MHz 이하일 것</p> <p>5,091~5,150 MHz 대역으로의 등가등방복사전력밀도는 -60 dBW/MHz 이하일 것</p> <p>2) 설치손실을 포함한 안테나 이득이 지상설비의 경우 24 dBi 초과, 탑재</p>	구분	안테나공급 전력	단일 제어링크의 경우	10 W 이하	다수(N) 제어링크의 경우	10×N W 이하	지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	불요발사의 평균전력	분해대역폭	$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$	$[-25 / (0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f + 11]$ dBm	1 kHz	$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$	-39 dBm	1 kHz
지정주파수로부터 이격 주파수	불요발사의 평균전력	분해대역폭																													
$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 0.5)$ 미만	20 dBm/kHz 이하	1 kHz																													
$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 0.5)$ 이상 $\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 1.5)$ 미만	40 dB 이상(주)	1 kHz																													
$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 1.5)$ 이상 $\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 2.5)$ 미만	65 dB 이상(주)	1 kHz																													
$\pm(\text{점유주파수대역폭} \times 2.5)$ 이상	80 dB 이상(주)	1 kHz																													
구분	안테나공급 전력																														
단일 제어링크의 경우	10 W 이하																														
다수(N) 제어링크의 경우	10×N W 이하																														
지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	불요발사의 평균전력	분해대역폭																													
$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$	$[-25 / (0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f + 11]$ dBm	1 kHz																													
$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$	-39 dBm	1 kHz																													

현행	개정안																		
5,091~5,150 MHz 대역으로의 등가등방복 사전력밀도는 -60 dBW/MHz 이하일 것	설비의 경우 3 dBi 초과인 경우 가) 지상설비 <table><tr><th>지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)</th><th>불요발사의 등가등방복 사전력</th><th>분해 대역 폭</th></tr><tr><td>$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$</td><td>$[{-25/(0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f} + 35]$ dBm</td><td>1 kHz</td></tr><tr><td>$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$</td><td>-15 dBm</td><td>1 kHz</td></tr></table> 5,010~5,030 MHz 대역으로의 등가등 방복사전력밀도는 -75 dBW/MHz 이 하일 것 5,091~5,150 MHz 대역으로의 등가등 방복사전력밀도는 -60 dBW/MHz 이 하일 것 나) 탑재설비 <table><tr><th>지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)</th><th>불요발사의 등가등방복 사전력</th><th>분해 대역 폭</th></tr><tr><td>$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$</td><td>$[{-25/(0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f} + 14]$ dBm</td><td>1 kHz</td></tr><tr><td>$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$</td><td>-36 dBm</td><td>1 kHz</td></tr></table> 5,010~5,030 MHz 대역으로의 등가등 방복사전력밀도는 -75 dBW/MHz 이 하일 것 5,091~5,150 MHz 대역으로의 등가등 방복사전력밀도는 -60 dBW/MHz 이 하일 것	지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	불요발사의 등가등방복 사전력	분해 대역 폭	$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$	$[{-25/(0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f} + 35]$ dBm	1 kHz	$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$	-15 dBm	1 kHz	지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	불요발사의 등가등방복 사전력	분해 대역 폭	$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$	$[{-25/(0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f} + 14]$ dBm	1 kHz	$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$	-36 dBm	1 kHz
지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	불요발사의 등가등방복 사전력	분해 대역 폭																	
$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$	$[{-25/(0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f} + 35]$ dBm	1 kHz																	
$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$	-15 dBm	1 kHz																	
지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	불요발사의 등가등방복 사전력	분해 대역 폭																	
$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 0.5) \text{ 이상} \sim (\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 미만}\}$	$[{-25/(0.5 \times \text{채널대역폭}) \times \Delta f} + 14]$ dBm	1 kHz																	
$\pm\{(\text{채널대역폭} \times 1) \text{ 이상}\}$	-36 dBm	1 kHz																	
3. 수신장치의 조건 가. 수신 또는 송신 대기 상태의 부차 적 전파발사는 9 kHz 이상 40 GHz 미만의 주파수에서 1 MHz 분해대역폭으로 측정 한 평균 전력이 -83 dBm 이하일 것	3. 수신장치의 조건 가. ----- ----- 26.5 GHz ----- ----- -----																		

부록 3. 초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치 개선 방안

현행	개선안																										
제9조(초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치) ① 항공기국의 무선설비로서 A3E전파 118 MHz부터 136.975 MHz까지의 주파수대의 전파를 사용하는 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다. 1. 송신장치의 조건	제9조(초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치) ① ----- ----- 117.975 MHz부터 137 MHz까지의 ----- ----- 1. 송신장치의 조건																										
<table border="1"> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td>변조방식</td><td>진폭변조방식</td></tr> <tr> <td>신호대잡음비</td><td>1,000 Hz의 주파수로서 85 %를 변조시킨 경우에 35 dB 이상</td></tr> <tr> <td>종합주파수특성</td><td>변조주파수 350 Hz~2,500 Hz에서 6 dB 이하</td></tr> <tr> <td>종합왜율과 잡음</td><td>1,000 Hz의 주파수로서 적어도 85%의 변조가 생기는 입력레벨과 같은 레벨로서 400 Hz, 1,000 Hz 또는 2,500 Hz의 각 주파수에 따라 변조한 경우에 송신장치의 전 복조 출력과 그중에 포함되는 불요성분의 비가 12 dB 이상</td></tr> <tr> <td>주파수안정도</td><td>채널간격이 25 kHz 일 때 할당주파수의 ± 0.003 % 이하이고, 채널간격이 8.33 kHz 일 때 할당주파수의 ± 0.0005 % 이하일 것</td></tr> <tr> <td>전계강도</td><td>항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 전파를 기준으로 최소 20 $\mu\text{V/m}$(-120 dBW/m²) 일 것</td></tr> </table>	구분	조건	변조방식	진폭변조방식	신호대잡음비	1,000 Hz의 주파수로서 85 %를 변조시킨 경우에 35 dB 이상	종합주파수특성	변조주파수 350 Hz~2,500 Hz에서 6 dB 이하	종합왜율과 잡음	1,000 Hz의 주파수로서 적어도 85%의 변조가 생기는 입력레벨과 같은 레벨로서 400 Hz, 1,000 Hz 또는 2,500 Hz의 각 주파수에 따라 변조한 경우에 송신장치의 전 복조 출력과 그중에 포함되는 불요성분의 비가 12 dB 이상	주파수안정도	채널간격이 25 kHz 일 때 할당주파수의 ± 0.003 % 이하이고, 채널간격이 8.33 kHz 일 때 할당주파수의 ± 0.0005 % 이하일 것	전계강도	항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 전파를 기준으로 최소 20 $\mu\text{V/m}$ (-120 dBW/m ²) 일 것	<table border="1"> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td>주파수 허용 편차</td><td>채널이격이 25 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 30 \times 10^{-6})$ 이내일 것 채널이격이 8.33 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 5 \times 10^{-6})$ 이내일 것</td></tr> <tr> <td>전계 강도</td><td>항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 손실을 적용하여 최소 20 $\mu\text{V/m}$(-120 dBW/m²) 일 것</td></tr> <tr> <td>인접채널누설 전력</td><td>8.33 kHz 채널이격의 첫 번째 인접채널 중심에서 7 kHz 분해대역폭으로 측정할 경우 원하는 신호의 전력보다 -45 dB 이하일 것</td></tr> <tr> <td>불요 발사</td><td>$43+10\log(P)$ 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값</td></tr> <tr> <td>변조도</td><td>85 % 이상일 것</td></tr> </table>	구분	조건	주파수 허용 편차	채널이격이 25 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 30 \times 10^{-6})$ 이내일 것 채널이격이 8.33 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 5 \times 10^{-6})$ 이내일 것	전계 강도	항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 손실을 적용하여 최소 20 $\mu\text{V/m}$ (-120 dBW/m ²) 일 것	인접채널누설 전력	8.33 kHz 채널이격의 첫 번째 인접채널 중심에서 7 kHz 분해대역폭으로 측정할 경우 원하는 신호의 전력보다 -45 dB 이하일 것	불요 발사	$43+10\log(P)$ 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값	변조도	85 % 이상일 것
구분	조건																										
변조방식	진폭변조방식																										
신호대잡음비	1,000 Hz의 주파수로서 85 %를 변조시킨 경우에 35 dB 이상																										
종합주파수특성	변조주파수 350 Hz~2,500 Hz에서 6 dB 이하																										
종합왜율과 잡음	1,000 Hz의 주파수로서 적어도 85%의 변조가 생기는 입력레벨과 같은 레벨로서 400 Hz, 1,000 Hz 또는 2,500 Hz의 각 주파수에 따라 변조한 경우에 송신장치의 전 복조 출력과 그중에 포함되는 불요성분의 비가 12 dB 이상																										
주파수안정도	채널간격이 25 kHz 일 때 할당주파수의 ± 0.003 % 이하이고, 채널간격이 8.33 kHz 일 때 할당주파수의 ± 0.0005 % 이하일 것																										
전계강도	항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 전파를 기준으로 최소 20 $\mu\text{V/m}$ (-120 dBW/m ²) 일 것																										
구분	조건																										
주파수 허용 편차	채널이격이 25 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 30 \times 10^{-6})$ 이내일 것 채널이격이 8.33 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 5 \times 10^{-6})$ 이내일 것																										
전계 강도	항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 손실을 적용하여 최소 20 $\mu\text{V/m}$ (-120 dBW/m ²) 일 것																										
인접채널누설 전력	8.33 kHz 채널이격의 첫 번째 인접채널 중심에서 7 kHz 분해대역폭으로 측정할 경우 원하는 신호의 전력보다 -45 dB 이하일 것																										
불요 발사	$43+10\log(P)$ 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값																										
변조도	85 % 이상일 것																										

현행		개선안	
<p>인접채널 누설전력</p> <p>8.33 kHz 채널간격의 첫번째 인접채널 중심에서 7 kHz 대역폭으로 측정할 경우 -45 dBc 이하일 것</p>		<p>2. 수신장치의 조건</p>	
<p>2. 수신장치의 조건</p>		<p>2. 수신장치의 조건</p>	
구분	조건	구분	조건
감도	전계강도 75 $\mu\text{V}/\text{m}$ (-109 dBW/m ²), 50 % 진폭변조된 무선신호에 대해서 음성출력 신호의 신호대 잡음비가 15 dB 이상일 것	주파수 허용편차	채널이격이 8.33 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 5 \times 10^{-6})$ 이내일 것
하나의 신호선택도	통과대역폭	수신감도	전계강도 75 $\mu\text{V}/\text{m}$ (-109 dBW/m ²), 50 % 진폭 변조(A3E)된 무선신호에 대해서 음성출력 신호의 신호대잡음비가 15 dB 이상일 것
	감쇠량	수신선택도	채널이격 8.33 kHz일 때 지정주파수로부터 ± 6.5 kHz 이상 떨어진 대역에 대해 40 dB, ± 8.33 kHz 이상 떨어진 대역에 대해 60 dB 이상일 것
	스퓨리어스 응답		채널이격 25 kHz일 때 지정주파수로부터 ± 17 kHz 이상 떨어진 대역에 대해 40 dB, ± 25 kHz 이상 떨어진 대역에 대해 50 dB 이상일 것
실효선택도	혼변조특성		채널이격 50 kHz일 때 지정주파수로부터 ± 35 kHz 이상 떨어진 대역에 대해 40 dB, ± 50 kHz 이상 떨어진 대역에 대해 50 dB 이상일 것
			채널이격 100 kHz일 때 지정주파수로부터 ± 100 kHz 이상 떨어진 대역에 대해 50 dB 이상일 것
	20 μV 이상 500 μV 이하의 희망파입력전압을 가한 상태하에서 희망파에서 50 kHz 이상 떨어지고 또한 1,000 Hz의 주파수로서 30 % 변조시킨 10 mV의 방해파(주파수는 100 MHz 이상	VDL에 대한	DSB-AM 및 VDL 기술을 독립적으로 운영할 할 때,

현행		개선안	
감도 억압	156 MHz 이하로 한다)를 가한 경우 혼변조에 의한 수신기 출력이 정격출력에 비하여 -10 dB 이하일 것	DSB-AM M 내성 조건	DSB-AM 기기의 수신 성능은 $150 \mu\text{V/m}(-102 \text{ dBW/m}^2)$ 이하의 원하는 신호강도가 수신되는 경우에 정상 동작하며, 지정된 채널로부터 100 kHz 이상 떨어진 가용 DSB-AM 채널 신호보다 최소 50 dB 이상인 VDL 신호가 수신되는 경우에서도 적절하고 명료한 음성 출력을 제공할 것
	1,000 Hz의 주파수로서 30 % 변조시킨 $20 \mu\text{V}$ 의 희망파 입력전압을 가한 상태에서 다음의 방해파를 가한 경우에 수신기 출력의 신호대 잡음비가 6 dB 이상일 것 1. 스퓨리어스 응답 주파수 및 100 MHz 이상 156 MHz 이하의 주파수(희망파에서 25 kHz 이내의 것을 제외한다)에서 수신기 입력전압이 10 mV의 것 2. 25 kHz 이상 1,215 MHz 이하의 주파수(스푼리어스 응답 주파수 및 100 MHz 이상 156 MHz 이하의 것을 제외한다)에서 수신기 입력전압이 100 mV의 것		1. VHF 수신기는 입력단에서 유입되는 -5 dBm의 VHF FM 방송신호에 의한 3차 상호변조 신호를 발생시키는 두 개의 입력 신호에 대하여 만족스런 성능을 제공할 것 2. VHF 수신기는 입력단에서 -5 dBm의 레벨을 갖는 VHF FM 방송신호에 의한 감도 저하가 발생하지 않을 것
종합주파수 특성	1. 변조주파수 350 Hz부터 2,500 Hz에서 6 dB 이내일 것 2. 옴셋 캐리어를 수신하는 경우에는 변조주파수가 2,500 Hz 초과하는 경우에 변조주파수 마다 감쇠할 것(변조주파수 5,000 Hz에서는 1,000 Hz 때의 출력에 비하여 -18 dB 이하로 감쇠할 것)		
주파수 안정도	채널간격이 8.33 kHz 일때 할당주파수의 $\pm 0.0005 \%$ 이하일 것 채널간격이 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz 일때 할당주파수의 $\pm 0.005 \%$ 이하일 것		
자동음	1. 1,000 Hz의 주파수로서 30		

현행	개선안
<p><u>량</u> <u>조절장</u> <u>치</u></p> <p>% 변조시킨 수신기 입력전압을 10 μV부터 10 mW로 변화시킨 경우에 가청 주파수의 출력변화가 10 dB 이하일 것</p> <p>2. 1,000 Hz의 주파수로서 30 % 변조시킨 수신기 입력전압을 200 mV부터 10 μV로 변화시킨 경우에 가청 주파수의 출력비가 정상상태의 출력에 비해서 ± 3 dB의 값으로 될 때까지의 시간이 0.25 초 이내일 것</p> <p>3. 송신에서 수신(수신기 입력전압을 1,000 Hz의 주파수로서 30 %로 변조시킨 10 μV의 것으로 한다)으로 절체할 때 가청주파수 출력이 정상상태의 출력에 비하여 ± 3 dB의 값으로 될 때까지의 시간이 0.25 초 이내일 것</p>	
<p><u>이</u> <u>특</u></p> <p>1,000 Hz의 주파수로서 30 % 변조시킨 20 μV의 전압을 수신기입력에 가한 경우에 정격출력에 비하여 -10 dB 이상의 출력이 생길 것</p>	
<p><u>출력제</u> <u>어</u></p> <p>출력을 40 dB 이상 감쇠할 것(출력레벨의 제어기를 갖는 것에 한한다)</p>	
<p><u>종합왜</u> <u>율과</u> <u>잡음</u></p> <p>1. 350 Hz부터 2,500 Hz의 주파수로서 85 % 변조시킨 10 mV의 전압을 수신기 입력에 가한 경우에 정격출력과 그중에 포함되는 불요성분의 비가 12 dB 이상일 것</p> <p>2. 350 Hz부터 2,500 Hz의 주파수로서 30 % 변조시킨 10 mV의 수신기 입력전압을</p>	

현행		개선안
	<u>가한 경우에 출력이 정격출력에 비하여 ±10 dB 이내일 때 해당 출력과 그중에 포함되는 불요성분의 비가 16.5 dB 이상일 것</u>	
잡음레벨	<u>1,000 Hz의 주파수로서 30 % 변조시킨 200 μV 이상 10 mV 이하의 전압을 수신기입력에 가하여 정격출력을 얻을 수 있도록 이득을 조정한 경우에 무변조시의 출력이 정격출력의 25 dB 이하</u>	
VDL에 대한 DSB-AM 내성 조건	<u>DSB-AM 및 VDL 기술을 적용한 서비스를 독립적으로 운영할 때, DSB-AM기기의 수신기능은 150 μV/m(-102 dBW/m²) 이하의 신호강도와 할당된 채널로부터 100 kHz 이상 떨어진 가용 할 수 있는 채널 상의 DSB-AM 신호보다 최소 50 dB 이상인 VDL 신호강도에 대하여 적절하고 명료한 음성출력을 제공할 것</u>	
VHF FM 방송에 대한 VHF 통신수신기 내성 조건	<u>1. VHF 통신 수신시스템은 입력단에서 -5 dBm의 레벨을 갖는 VHF FM 방송신호에 의해 야기되는 3차 상호변조로부터 발생된 두 신호에 대하여 만족스런 성능을 제공할 것</u> <u>2. VHF 통신 수신 시스템은 입력단에서 -5 dBm의 레벨을 갖는 VHF FM 방송신호에 대해 감도가 저하되지 않을 것</u>	
3. 송신안테나의 조건		
구분	조건	3. <삭제>
수평면에서 지향특성 편파면	만족한 무지향성 수직	

현행	개선안																																								
<p>4. 의무항공기국의 무선설비로서 A3E 전파 118 MHz부터 136.975 MHz 까지의 주파수대의 전파를 사용하는 송신설비의 안테나공급전력은 2 W 이상이고, 그 유효통달거리는 다음 표와 같을 것</p> <table> <tr> <th>비행고도</th><th>유효통달거리</th></tr> <tr> <td>300 m</td><td>70 km 이상</td></tr> <tr> <td>500 m</td><td>90 km 이상</td></tr> <tr> <td>700 m</td><td>105 km 이상</td></tr> <tr> <td>1000 m</td><td>125 km 이상</td></tr> <tr> <td>1500 m</td><td>150 km 이상</td></tr> <tr> <td>3000 m</td><td>210 km 이상</td></tr> <tr> <td>5000 m</td><td>275 km 이상</td></tr> <tr> <td>7000 m</td><td>315 km 이상</td></tr> </table> <p>② 항공국의 무선설비로서 A3E 전파 118 MHz부터 136.975 MHz까지의 주파수의 전파를 사용하는 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.</p> <p>1. 송신장치의 조건</p> <table> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td>변조방식</td><td>진폭변조 방식일 것</td></tr> <tr> <td>중합왜율</td><td>1,000 Hz의 주파수로서 적어도 80 % 변조시킨 경우에 10 % 이하일 것</td></tr> <tr> <td>중합주파수특성</td><td>변조주파수 300 Hz~3,000 Hz에서 6 dB 이내일 것. 다만, 이것에 따라 얻은 효과와 동등 이상의 효과를 올리는 성능을 갖는다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.</td></tr> <tr> <td>신호대잡음비</td><td>1,000 Hz의 주파수로서 80 % 변조시킨 경우에 30 dB 이상일 것</td></tr> <tr> <td>방사전력</td><td>실효방사전력(ERP)은 시설의 통달범위 내에서 자유</td></tr> </table>	비행고도	유효통달거리	300 m	70 km 이상	500 m	90 km 이상	700 m	105 km 이상	1000 m	125 km 이상	1500 m	150 km 이상	3000 m	210 km 이상	5000 m	275 km 이상	7000 m	315 km 이상	구분	조건	변조방식	진폭변조 방식일 것	중합왜율	1,000 Hz의 주파수로서 적어도 80 % 변조시킨 경우에 10 % 이하일 것	중합주파수특성	변조주파수 300 Hz~3,000 Hz에서 6 dB 이내일 것. 다만, 이것에 따라 얻은 효과와 동등 이상의 효과를 올리는 성능을 갖는다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.	신호대잡음비	1,000 Hz의 주파수로서 80 % 변조시킨 경우에 30 dB 이상일 것	방사전력	실효방사전력(ERP)은 시설의 통달범위 내에서 자유	<p>4. <삭제></p> <p>② ----- 117.975 MHz부터 137 MHz까지의 ----- -----.</p> <p>1. 송신장치의 조건</p> <table> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td>주파수 허용편차</td><td>채널이격이 25 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 20 \times 10^{-6})$ 이내일 것 채널이격이 8.33 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 1 \times 10^{-6})$ 이내일 것</td></tr> <tr> <td>전계강도</td><td>항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 손실을 적용하여 최소 $75 \mu\text{V/m}(-109 \text{ dBW/m}^2)$ 일 것</td></tr> <tr> <td>변조도</td><td>85 % 이상일 것</td></tr> <tr> <td>불요발사</td><td>$43+10\log(P)$ 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값</td></tr> </table>	구분	조건	주파수 허용편차	채널이격이 25 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 20 \times 10^{-6})$ 이내일 것 채널이격이 8.33 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 1 \times 10^{-6})$ 이내일 것	전계강도	항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 손실을 적용하여 최소 $75 \mu\text{V/m}(-109 \text{ dBW/m}^2)$ 일 것	변조도	85 % 이상일 것	불요발사	$43+10\log(P)$ 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값
비행고도	유효통달거리																																								
300 m	70 km 이상																																								
500 m	90 km 이상																																								
700 m	105 km 이상																																								
1000 m	125 km 이상																																								
1500 m	150 km 이상																																								
3000 m	210 km 이상																																								
5000 m	275 km 이상																																								
7000 m	315 km 이상																																								
구분	조건																																								
변조방식	진폭변조 방식일 것																																								
중합왜율	1,000 Hz의 주파수로서 적어도 80 % 변조시킨 경우에 10 % 이하일 것																																								
중합주파수특성	변조주파수 300 Hz~3,000 Hz에서 6 dB 이내일 것. 다만, 이것에 따라 얻은 효과와 동등 이상의 효과를 올리는 성능을 갖는다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.																																								
신호대잡음비	1,000 Hz의 주파수로서 80 % 변조시킨 경우에 30 dB 이상일 것																																								
방사전력	실효방사전력(ERP)은 시설의 통달범위 내에서 자유																																								
구분	조건																																								
주파수 허용편차	채널이격이 25 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 20 \times 10^{-6})$ 이내일 것 채널이격이 8.33 kHz일 때 $\pm(\text{지정주파수} \times 1 \times 10^{-6})$ 이내일 것																																								
전계강도	항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 손실을 적용하여 최소 $75 \mu\text{V/m}(-109 \text{ dBW/m}^2)$ 일 것																																								
변조도	85 % 이상일 것																																								
불요발사	$43+10\log(P)$ 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값																																								

현행		개선안	
	공간 전파를 기준으로 최소 75 $\mu\text{V}/\text{m}$ (-109 dBW/m ²) 이상의 전계 강도를 제공할 수 있는 값이어야 한다.		
주파수안정도	채널 간격이 8.33 kHz 일 때 할당 주파수의 ± 0.0001 %, 채널 간격이 25 kHz 일 때 할당 주파수의 ± 0.002 % 이하일 것 채널간격이 50 kHz, 100 kHz 일 때 할당 주파수의 ± 0.005 % 이하일 것		
2. 수신장치의 조건		2. 수신장치의 조건	
제1항제2호에 의한 조건에 적합할 것. 다만, 감도, 주파수안정도, 유효수신 대역폭 및 종합주파수특성은 다음 표의 조건에 적합할 것			
구분	조건	구분	조건
감도	20 $\mu\text{V}/\text{m}$ (-120 dBW/m ²)이상의 전계강도, 50 % 진폭변조(A3E) 무선신호로 오디오 신호를 제공하였을 경우 신호대 잡음비가 15 dB 이상일 것	주파수 허용편차	채널이격이 8.33 kHz일 때 \pm (지정주파수 $\times 1\times 10^{-6}$) 이내일 것
주파수안정도	채널간격이 8.33 kHz 일 때 할당주파수의 ± 0.0001 % 이하일 것	수신감도	전계강도 20 $\mu\text{V}/\text{m}$ (-120 dBW/m ²), 50 % 진폭 변조(A3E)된 무선신호에 대해서 음성출력 신호의 신호대잡음비가 15 dB 이상일 것
유효수신대역폭	채널 폭이 8.33 kHz인 수신기의 유효 수신 대역폭은 할당 주파수의 ± 0.0005 % 내의 반송파 주파수일 경우 충분하고 명료한 오디오 출력을 제공하여야 한다. 채널 폭이 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz인 수신기의 유효 수신 대역폭은 할당 주파수의 ± 0.005 % 내의 반송파 주파수일 경우 충분하고 명	수신선택도	인접 지정주파수에서 60 dB 이상일 것

현행		개선안	
	료한 오디오 출력을 제공하여야 한다.		
종합주파수 특성	변조주파수 350 Hz~2,500 Hz에서 6 dB 이내일 것		
3. 안테나의 조건		3. <삭제>	
구분	조건		
편파면	항공교통관제에 관한 통신에 사용하는 것에 있어서는 수직편파이고 가능한 한 수평편파를 포함하는 것일 것		
③ 항공기국의 무선설비로서 G1D 전파 118 MHz 부터 136.975 MHz 까지의 주파수의 전파를 사용하는 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.		③ ----- --- 117.975 MHz 부터 137 MHz ----- -----.	
1. 송신장치의 조건		1. 송신장치의 조건	
구분	조건	구분	조건
변조방식	DSB-AM, D8PSK, GFSK	주파수 허용편차	$\pm(\text{지정주파수} \times 5 \times 10^{-6})$ 이내 일 것
주파수 허용편차	할당된 주파수로부터 $\pm 0.0005\%$ 이하일 것	전계강도	항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유공간 전파를 기준으로 최소 $20 \mu\text{V/m}(-120 \text{ dBW/m}^2)$ 일 것
방사전력	실효복사전력은 항공기 운항지역의 운항조건에 적절한 거리와 고도에서 자유공간 손실에 기반하여 최소 $20 \mu\text{V/m}(-120 \text{ dBW/m}^2)$ 의 전계강도를 제공하기 위한 값일 것	인접채널누설전력	첫 번째 인접채널누설전력은 모든 운항조건에서 25 kHz 분해대역폭으로 측정 시 2 dBm 이하일 것 두 번째 인접채널누설전력은 모든 운항조건에서 25 kHz 분해대역폭으로 측정 시 -28 dBm 이하일 것 네 번째 인접채널누설전력은 모든 운항조건에서 25 kHz 분해대역폭으로 측정 시 -38 dBm 이하일 것
스퓨리어스 방사	$43+10\log(P)$ 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값		
인접채널누설전력	첫 번째 인접채널누설전력은 모든 운항조건에서 25 kHz 채널 대역폭으로 측정 시 2 dBm 이하일 것 두 번째 인접채널누설전력은 모든 운항조건에서 25 kHz 채널 대역폭으로 측정 시 -28 dBm 이하일 것		

현행	개선안														
<p>2. 수신장치의 조건</p> <p>가. 수신기능은 40 $\mu\text{V/m}$ 이하의 목적 신호와 수신기 입력단에서 VHF FM 방송 신호를 제외하고 -33 dBm의 레벨을 갖는 하나 이상의 대역외 신호에 대하여 규정된 에러율을 충족하여야 한다.</p> <p>나. 수신 기능은 40 $\mu\text{V/m}$ 이하의 목적 신호와 수신기 입력단에서 -5 dBm의 레벨을 가지는 하나 이상의 VHF FM 방송 신호에 대하여 규정된 에러율을 충족하여야 하며, 모드별 허용 에러율은 다음과 같다.</p> <p>(1) 모드-2용 에러율은 최대 보정된 BER이 1/104 이어야 한다.</p> <p>(2) 모드-3용 에러율은 최대 미보정된 BER이 1/103 이어야 한다.</p> <p>(3) 모드-4용 에러율은 최대 미보정된 BER이 1/104 이어야 한다.</p> <p>3. 방사의 편파특성은 수직이 되도록 할 것</p> <p>④ 항공국의 무선설비로서 G1D 전파 118 MHz 부터 136.975 MHz 까지의 주파수의 전파를 사용하는 무선설비의 기술 기준은 제3항에서 정하는 조건에 적합해야 한다. 다만, 주파수 허용편차 및</p>	<table border="1"> <tr> <td>불요발사</td><td>43+10log(P) 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값</td></tr> </table> <p>2. 수신장치의 조건</p> <table border="1"> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td rowspan="3">에러율</td><td>Mode 2일 때 $1/10^4$</td></tr> <tr> <td>Mode 3일 때 $1/10^3$</td></tr> <tr> <td>Mode 4일 때 $1/10^4$</td></tr> <tr> <td>수신감도</td><td>전계강도 20 $\mu\text{V/m}$(-120 dBW/m²)의 신호 강도에서 요구되는 에러율을 충족할 것</td></tr> <tr> <td>내성조건</td><td>수신 성능은 40 $\mu\text{V/m}$(-114 dBW/m²) 이하의 원하는 신호 강도가 수신되는 경우에 요구 에러율을 만족하며, 지정된 채널로부터 100 kHz 이상 떨어진 가용 DSB-AM D8PSK 또는 GFSK 신호보다 최소 60 dB 이상인 신호가 수신되는 경우에서도 요구되는 에러율을 만족할 것</td></tr> <tr> <td>VHF FM에 대한 내성조건</td><td>수신 성능은 40 $\mu\text{V/m}$ 이하의 원하는 신호강도가 수신되는 경우에 요구되는 에러율을 만족하며 VHF FM 신호를 제외하고 -33 dBm의 레벨을 갖는 하나 이상의 대역외 신호에 대하여 요구되는 에러율을 만족할 것</td></tr> </table> <p>3. <삭제></p> <p>④ ----- 117.975 MHz 부터 137 MHz ----- ----- - 다음 각 호와 같다.</p> <p>1. 송신장치의 조건</p>	불요발사	43+10log(P) 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값	구분	조건	에러율	Mode 2일 때 $1/10^4$	Mode 3일 때 $1/10^3$	Mode 4일 때 $1/10^4$	수신감도	전계강도 20 $\mu\text{V/m}$ (-120 dBW/m ²)의 신호 강도에서 요구되는 에러율을 충족할 것	내성조건	수신 성능은 40 $\mu\text{V/m}$ (-114 dBW/m ²) 이하의 원하는 신호 강도가 수신되는 경우에 요구 에러율을 만족하며, 지정된 채널로부터 100 kHz 이상 떨어진 가용 DSB-AM D8PSK 또는 GFSK 신호보다 최소 60 dB 이상인 신호가 수신되는 경우에서도 요구되는 에러율을 만족할 것	VHF FM에 대한 내성조건	수신 성능은 40 $\mu\text{V/m}$ 이하의 원하는 신호강도가 수신되는 경우에 요구되는 에러율을 만족하며 VHF FM 신호를 제외하고 -33 dBm의 레벨을 갖는 하나 이상의 대역외 신호에 대하여 요구되는 에러율을 만족할 것
불요발사	43+10log(P) 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값														
구분	조건														
에러율	Mode 2일 때 $1/10^4$														
	Mode 3일 때 $1/10^3$														
	Mode 4일 때 $1/10^4$														
수신감도	전계강도 20 $\mu\text{V/m}$ (-120 dBW/m ²)의 신호 강도에서 요구되는 에러율을 충족할 것														
내성조건	수신 성능은 40 $\mu\text{V/m}$ (-114 dBW/m ²) 이하의 원하는 신호 강도가 수신되는 경우에 요구 에러율을 만족하며, 지정된 채널로부터 100 kHz 이상 떨어진 가용 DSB-AM D8PSK 또는 GFSK 신호보다 최소 60 dB 이상인 신호가 수신되는 경우에서도 요구되는 에러율을 만족할 것														
VHF FM에 대한 내성조건	수신 성능은 40 $\mu\text{V/m}$ 이하의 원하는 신호강도가 수신되는 경우에 요구되는 에러율을 만족하며 VHF FM 신호를 제외하고 -33 dBm의 레벨을 갖는 하나 이상의 대역외 신호에 대하여 요구되는 에러율을 만족할 것														

현 행		개 선 안	
방사전력은 다음 표의 조건에 적합해야 한다.			
구 분	조 건	구 분	조 건
주 파 수 허 용 편 차	할당된 주파수로부터 $\pm 0.0002\%$ 이하일 것	주파수 허용편 차	$\pm(\text{지정주파수} \times 2 \times 10^{-6})$ 이내 일 것
방 사 전 력	실효복사전력은 시설물의 정 의된 운항 범위 내에서 자 유공간 손실에 기반하여 최 소 $75 \mu\text{V/m}(-109 \text{ dBW/m}^2)$ 의 전계강도를 제공하기 위한 값일 것	전계강 도	항공기가 운항되는 지역에서 운항조건에 적합한 범위와 고도에서 측정할 경우, 자유 공간 전파를 기준으로 최소 $75 \mu\text{V/m}(-109 \text{ dBW/m}^2)$ 일 것
		인접채 널누설 전력	첫 번째 인접채널누설전력은 모든 운항조건에서 25 kHz 분 해대역폭으로 측정 시 2 dB m 이하일 것 두 번째 인접채널누설전력은 모든 운항조건에서 25 kHz 분 해대역폭으로 측정 시 -28 dBm 이하일 것 네 번째 인접채널누설전력은 모든 운항조건에서 25 kHz 분 해대역폭으로 측정 시 -38 dBm 이하일 것
		불 요 발 사	$43+10\log(P)$ 혹은 70 dBc 중 덜 엄격한 값

부록 4. 중단파대, 단파대 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치 개선 방안

현행		개선안				
제8조(중단파대, 단파대 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치) ① J3E전파 1606.5 kHz 부터 28,000 kHz 까지의 주파수대의 전파를 사용하는 항공기국 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다. 1. 송신장치의 조건		제8조(중단파대, 단파대 무선전화 및 데이터링크 장치) ① J3E전파 2850 kHz 부터 22,000 kHz 까지의 주파수대의 전파를 사용하는 항공기국 및 항공국 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다. 1. 송신장치의 조건				
구분	조건	구분	조건			
안테나공급전력	반송파전력이 첨두포락선전력보다 26 dB 이상 낮은 값일 것	반송파 전력	항공기국	첨두포락선전력 보다 26 dB 이상 낮은 값일 것		
측파대	상측파대일 것		항공국	첨두포락선전력 보다 40 dB 이상 낮은 값일 것		
출력임피 던스	가능한 한 50 Ω일 것	측파대	상측파대일 것			
종합주파 수특성	350 Hz 부터 2,500 Hz 까지의 변조주파수를 입력하는 경우 6 dB 이내일 것	주파수허 용편차	항공기국	20 Hz		
			항공국	10 Hz		
종합왜와 잡음	1,000 Hz의 주파수로 변조된 기준입력 레벨을 가해 입력하는 경우에 장치의 전 출력과 그중에 포함되는 불요성분의 비가 20 dB 이상일 것	불요발사(첨두포락 선전력)	지정주파수와 의 간격		감 소 량	
			1.5 kHz 이상 4.5 kHz 미만		30 dB 이상	
			4.5 kHz 이상 7.5 kHz 미만		38 dB 이상	
불요발사	급전선에 공급하는 첨두포락선 전력에 대한 불요발사 전파의 감쇠는 해당 주파수와 지정주파수와의 간격에 따라 각각 다음과 같은 값일 것		7.5 kHz 이상	항공 국	항공 기국	43 dB 이상
					50 W 이하 : [43+ 10log (첨두 포락 선전 력(W)]dB	
					50 W	
	지정주파수와 의 간격					
	1.5 kHz 이상	30 dB 이상				
	4.5 kHz 미만	38 dB 이상				
	4.5 kHz 이상	43 dB 이상				

현행			개선안		
	7.5 kHz 미만 7.5 kHz 이상				초과 : 60 dB 이상
<p>2. 제1호의 송신장치는 H3E전파에 의한 송신을 위하여 반송파를 송출할 수 있는 것일 것</p> <p>3. 수신장치의 조건</p>			<p>안테나공급전력(첨두포락선 전력)</p> <p>항공기국 400 W 이하 항공국 6 kW 이하 기타 규정하지 아니한 것에 대하여는 ITU 전파규칙 부록 27/60, 27/68을 적용한다.</p>		
<p>2. 제1호의 송신장치는 H3E전파에 의한 송신을 위하여 반송파를 송출할 수 있는 것일 것</p> <p>3. 수신장치의 조건</p>			<p>2. 수색구조용 주파수 3,023 kHz 5,680 kHz의 경우 A3E 및 H3E전파를 사용할 것</p> <p>3. <삭제></p>		
구분	조건				
감도	1,000 Hz의 변조주파수에서 수신장치의 전 출력과 그중에 포함되는 불요성분의 비를 20 dB로 하기 위하여 필요한 수신기의 입력전압이 3 μ V 이하일 것				
하나의 신호 선택도	통과대역 폭	6 dB 저하의 폭이 ± 1.1 kHz 이상일 것			
	감쇠량	60 dB 저하의 폭이 ± 2 kHz 이상일 것			
	스퓨리어스 응답	1. 중간주파수의 스퓨리어스 응답 및 영상주파수 스퓨리어스 응답은 각각 수신주파수가 22 MHz 이하의 수신장치에 있어서는 60 dB 이상, 22 MHz 이상 28 MHz 이하의 수신장치에 있어서는 50 dB 이상일 것 2. 그밖의 주파수의 스퓨리어스 응답은 40 dB 이상일 것			

현 행		개 선 안
실효선택도	감도억압효과는 변조된 10 μ V의 희망파입력 전압을 가한 상태에서 희망파에서 4 kHz 이상 떨어진 방해파를 가한 경우에 희망파를 3 dB 억압하는 방해입력전압이 20 mV 이상일 것	
국부발진부 주파수 편차	송신장치의 주파수 허용편차와 같은 값일 것	
자동이득 조정 장치의 특성	1,000 Hz의 주파수로 변조된 수신기 입력전압이 5 μ V에서 100 μ V까지 변화된 경우에 출력의 변화가 10 dB 이하일 것	
정격출력	정격출력을 얻기 위한 수신시 입력전압이 1,000 Hz의 변조주파수에서 5 μ V 이하일 것	
종합왜율과 잡음	1,000 Hz의 주파수로 변조한 30 μ V의 전압을 수신기 입력에 가한 경우 수신장치의 전출력과 그중에 포함되는 불요성분과의 비가 20 dB 이상일 것	
<p>4. 제3호에 의한 수신장치로서 선택호 출장치를 부가하는 것은 선택호출 신호를 수신하는 경우에 반송파를 첨가하지 아니하고 해당 신호를 수신할 수 있어야 한다.</p> <p>② J3E전파 1606.5 kHz 부터 28,000 kHz 까지의 주파수대의 전파를 사용하는 항공국 무선설비의 기술기준은 제1항제1호부터 제4호까지의 조건을 만족할 것. 다만, 송신장치의 반송파전력 및 불요 발사전파의 감쇠량은 다음 표의 조건에</p>		<p>4. <삭제></p> <p>② <삭제></p>

현행		개선안	
적합하여야 한다.			
구분	조건		
반송파전력	첨두포락선전력보다 40 dB 낮은 값일 것		
불요발사	급전선에 공급하는 첨두포락선전력에 대한 불요발사 전파의 감쇠는 해당 주파수와 지정주파수와의 간격에 따라 각각 다음과 같은 값일 것		
	지정주파수와의 간격	감쇠량	
	1.5 kHz 이상 4.5 kHz 미만	30 dB 이상	
	4.5 kHz 이상 7.5 kHz 미만	38 dB 이상	
	7.5 kHz 이상	첨두포락선전력이 50 W를 초과하는 경우 : 60 dB 이상 첨두포락선전력이 50 W 이하인 경우 : $43+10\log PX$ 이상(PX는 송신기의 첨두포락선 전력(단위:W))	
③ J2D전파 2,800 kHz 부터 22,000 kHz까지의 주파수를 사용하는 항공이동업무용 무선설비의 기술기준은 다음 표의 조건에 적합하여야 한다.		③ J2D전파 2,800 kHz 부터 22,000 kHz까지의 주파수대의 전파를 사용하는 항공기국 및 항공국 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.	
구별	조건	1. 송신장치의 조건	
구분	조건		

현행		개선안			
안테나 공급전 력	1) 항공국 : 6 kW 이하 2) 항공기국 : 400 W 이하(ITU 전파규칙 부록27/62의 경우는 제외한다)				
사용주 파수	ITU 전파규칙 부록 27에서 정하는 반송파(기준) 주파수표에 적합할 것				
측파대	상측파대				
편파	수직편파				
주파수 허용편 차	1) 항공국 : ±10 Hz 2) 항공기국 : ±20 Hz				
점유대 역폭	2.8 kHz 이하				
불요발 사	급전선에 공급하는 첨두포락선전력에 대한 불요발사 전파의 감쇠는 해당 주파수와 지정주파수와의 간격에 따라 각각 다음과 같은 값일 것				
	지정주파 수와의 간격	감쇠량			
	1.5 kHz 이상 4.5 kHz 미만	30 dB 이상			
	4.5 kHz 이상 7.5 kHz 미만	38 dB 이상			
	7.5 kHz 이상	항공기국 : 43 dB 이상 항공국 : 첨두포락선전력이 50 W를 초과하는 경우 : 60 dB 이상 첨두포락선전력이 50 W 이하인 경우 : 43+10logPX			
측파대	상측파대일 것				
주파수허용편차	항공기국	20 Hz			
측파대	항공국	10 Hz			
불요발사(첨두포락 선전력)	지정주파수와 의 간격		감쇠량		
	1.5 kHz 이상 4.5 kHz 미만		30 dB 이상		
	4.5 kHz 이상 7.5 kHz 미만		38 dB 이상		
	7.5 kHz 이상		항공 기국	43 dB 이상 50 W 이하 : [43+ 10log (첨두 포락 선전 력(W))]dB 50 W 초과 : 60 dB 이상	
	7.5 kHz 이상		항공 국		
안테나공 급전력(첨 두포락선 전력)	항공기국		400 W 이하		
	항공국		6 kW 이하		
	기타 규정하지 아니한 것에 대하여는 ITU 전파규칙 부록 27/62을 적용한다.				
2. 수신장치의 조건					
구분		조건			
동일 채널 보호비		원하는 신호의 원치 않는 신호의 세기보다 15 dB			

현행			개선안		
		<u>이상 (PX는 송신기의 첨두포락선전력(단위 : W))</u>		<u>이상 큰 값을 것</u>	
<u>신호변조방식</u>	<u>송신속도별 신호변조방식은 각각 다음과 같을 것</u> <u>1) 송신속도가 매초 300 비트 또는 매초 600 비트인 경우 :</u> <u>2상 위상변조(2PSK)</u> <u>2) 송신속도가 매초 1200 비트인 경우 : 4상 위상변조(4PSK)</u> <u>3) 송신속도가 매초 1800 비트인 경우 : 8상 위상변조(8PSK)</u>		<u>원하지 않는 신호에 대한 억압</u>	<u>반송파주파수(f_c)와 (f_c-300 Hz)주파수 사이의 대역 또는 (f_c+2900 Hz)와 (f_c+3300 Hz)주파수 사이의 대역</u>	<u>원하는 신호의 첨두포락선 전력 보다 35 dB 이상 낮은 값일 것</u>
	<u>(f_c-300 Hz) 이하 주파수 대역 또는 (f_c+3300 Hz) 이상의 주파수 대역</u>			<u>원하는 신호의 첨두포락선 전력 보다 60 dB 이상 낮은 값을 것</u>	

부록 5. 비상위치지시용 무선표지설비 개선방안

현행	개선안										
<p>제10조(비상위치지시용 무선표지설비) 항공기용 비상위치지시용 무선표지설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.</p> <p>1. 공통조건</p> <p>가. 소형, 경량으로서 <u>1인이</u> 휴대하기가 용이할 것</p> <p>나.~사. (생략)</p> <p>2. 송신설비의 조건</p> <p>가. 121.5 MHz 및 243 MHz의 주파수의 전파를 사용하는 것. 단, 이 경우 해당 송신설비는 각각의 주파수마다 별개의 유니트에 수용할 수 있다.</p> <p>(1) 사용하는 전파의 형식은 A2B일 것. 다만, A3E, A3X 및 AXN전파를 함께 구비할 수 있다.</p> <p>(2) 안테나는 전용의 단일형인 것으로서 그 지향특성이 수평면 무지향성으로 하고 발사하는 전파의 편파면이 수직으로 되는 것일 것</p> <p>(3) 안테나공급전력은 해당 송신설비를 연속으로 동작시켜 48 시간을 경과했을 때 등가등방복사 첨두포락선 전력이 -20 °C에서 75 mW 이상일 것</p> <p>(4) A2B 전파를 사용하는 경우의 변조주파수는 300 Hz에서 1,600 Hz까지의 사이에서 임의의 700 Hz 이상의 범위를 매초 2부터 4회 비율로 낮은 방향으로 주사할 수 있을 것</p> <p>(5) 변조도는 85 % 이상일 것</p> <p>(6) 주파수 허용편차는 0.005 % 이내일 것</p> <p>나. 406~406.1 MHz의 주파수의 전파를</p>	<p>제10조(비상위치지시용 무선표지설비) 항공기용 비상위치지시용 무선표지설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.</p> <p>1. 공통조건</p> <p>가. 소형, 경량으로서 <u>개인이</u> 휴대하기가 용이할 것</p> <p>나.~사 (현행과 같음)</p> <p>2. 송신설비의 조건</p> <p>가. 121.5 MHz 및 243 MHz의 주파수의 전파를 사용하는 것.</p> <table border="1"> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td>전파형식</td><td>A3X, A3E</td></tr> <tr> <td>주파수 허용편차</td><td>$\pm(\text{지정주파수} \times 50 \times 10^{-6})$ 이내</td></tr> <tr> <td>첨두등가 복사전력(ERP)</td><td>50 mW</td></tr> <tr> <td>변조도</td><td>0.85 이상</td></tr> </table> <p>나. 406~406.1 MHz의 주파수의 전파를 사용하는 것</p>	구분	조건	전파형식	A3X, A3E	주파수 허용편차	$\pm(\text{지정주파수} \times 50 \times 10^{-6})$ 이내	첨두등가 복사전력(ERP)	50 mW	변조도	0.85 이상
구분	조건										
전파형식	A3X, A3E										
주파수 허용편차	$\pm(\text{지정주파수} \times 50 \times 10^{-6})$ 이내										
첨두등가 복사전력(ERP)	50 mW										
변조도	0.85 이상										

현행	개선안																																
<p>사용하는 것</p> <p>(1) 사용하는 전파의 형식은 G1B일 것</p> <p>(2) 주파수 안정도 등</p> <table> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td>주파수 안정도</td><td>100 ms 사이에 10억분의 2를 초과하여 변동하지 아니할 것</td></tr> <tr> <td>송신시작시간</td><td>송신개시 후 송신출력이 안테나공급전력의 90 %까지 상승하는데 요하는 시간이 5 ms 이하일 것</td></tr> <tr> <td>변조파형의 시작 및 끝나는 시간</td><td>50 μs 이상 250 μs 이하일 것</td></tr> <tr> <td>부호형식</td><td>바이패스 L부호일 것</td></tr> <tr> <td>송신반복주기</td><td>50 초 \pm5 % 일 것</td></tr> </table> <p>(3) ~ (7) (생략)</p> <p>(8) 안테나의 조건</p> <table> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td>수직면에서의 이득</td><td>앙각 5 도에서 60 도까지의 90 % 이상의 영역에서 -3 dBi 이상 4 dBi 이하일 것</td></tr> <tr> <td>수평면에서의 이득 및 지향특성</td><td>전 방향에서 이득변동이 -3 dBi 이상 4 dBi 이하의 무지향성일 것</td></tr> <tr> <td>편파</td><td>우선회 원형편파 또는 직선편파일 것</td></tr> </table> <p>(9) (생략)</p> <p>3. (생략)</p>	구분	조건	주파수 안정도	100 ms 사이에 10억분의 2를 초과하여 변동하지 아니할 것	송신시작시간	송신개시 후 송신출력이 안테나공급전력의 90 %까지 상승하는데 요하는 시간이 5 ms 이하일 것	변조파형의 시작 및 끝나는 시간	50 μ s 이상 250 μ s 이하일 것	부호형식	바이패스 L부호일 것	송신반복주기	50 초 \pm 5 % 일 것	구분	조건	수직면에서의 이득	앙각 5 도에서 60 도까지의 90 % 이상의 영역에서 -3 dBi 이상 4 dBi 이하일 것	수평면에서의 이득 및 지향특성	전 방향에서 이득변동이 -3 dBi 이상 4 dBi 이하의 무지향성일 것	편파	우선회 원형편파 또는 직선편파일 것	<table> <tr> <th>구분</th><th>조건</th></tr> <tr> <td>전파형식</td><td>G1B 또는 G1D</td></tr> <tr> <td>주파수 허용편차</td><td>100 ms 사이에서 $\pm(\text{지정주파수} \times 2 \times 10^{-9})$ 이내</td></tr> <tr> <td>안테나공급전력</td><td>5 W 이하(허용편차는 ± 2 dB)</td></tr> <tr> <td>안테나 이득</td><td>-3 dBi 이상 4 dBi 이하</td></tr> <tr> <td>스푸리어스 발사</td><td>별표 1</td></tr> </table> <p>(3) ~ (7) (현행과 같음)</p> <p>(8) <삭제></p> <p>(9) (현행과 같음)</p> <p>3. (현행과 같음)</p>	구분	조건	전파형식	G1B 또는 G1D	주파수 허용편차	100 ms 사이에서 $\pm(\text{지정주파수} \times 2 \times 10^{-9})$ 이내	안테나공급전력	5 W 이하(허용편차는 ± 2 dB)	안테나 이득	-3 dBi 이상 4 dBi 이하	스푸리어스 발사	별표 1
구분	조건																																
주파수 안정도	100 ms 사이에 10억분의 2를 초과하여 변동하지 아니할 것																																
송신시작시간	송신개시 후 송신출력이 안테나공급전력의 90 %까지 상승하는데 요하는 시간이 5 ms 이하일 것																																
변조파형의 시작 및 끝나는 시간	50 μ s 이상 250 μ s 이하일 것																																
부호형식	바이패스 L부호일 것																																
송신반복주기	50 초 \pm 5 % 일 것																																
구분	조건																																
수직면에서의 이득	앙각 5 도에서 60 도까지의 90 % 이상의 영역에서 -3 dBi 이상 4 dBi 이하일 것																																
수평면에서의 이득 및 지향특성	전 방향에서 이득변동이 -3 dBi 이상 4 dBi 이하의 무지향성일 것																																
편파	우선회 원형편파 또는 직선편파일 것																																
구분	조건																																
전파형식	G1B 또는 G1D																																
주파수 허용편차	100 ms 사이에서 $\pm(\text{지정주파수} \times 2 \times 10^{-9})$ 이내																																
안테나공급전력	5 W 이하(허용편차는 ± 2 dB)																																
안테나 이득	-3 dBi 이상 4 dBi 이하																																
스푸리어스 발사	별표 1																																

부록 6. ICAO 항공 주파수 정책

□ 개요

- ICAO는 ITU 전파규칙 주파수분배표상의 항공 주파수대역에 대해 항공업계의 여건 및 이용현황 등을 고려하여 항공주파수 정책을 마련
 - ICAO는 항공주파수에 대한 주파수 정책, 전략 및 지정 기준을 포함한 ICAO 주파수 핸드북을 마련하고 지속적인 개정을 추진

※ ICAO 「Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation」Volume I Chapter 7 참조

< ICAO 주파수 핸드북 구성 >

구분	주요 내용	비고
1권	ICAO 주파수 전략, 정책 및 관련 정보	'14년 1판 발간 (현재 개정 중)
2권	항공무선통신 및 항행 시스템 주파수 지정 기준	미발간(작성 중)

□ 항공 주파수대역

< 주파수분배표상의 항공 주파수대역 >

대역	업무	용도
130-535kHz	항공무선항행	무지향표지시설
2850-22000kHz	항공이동(R)	공대지 통신(HF 음성 및 데이터)
3023kHz, 5680kHz	항공이동(R)	수색 및 구조
74.8-75.2MHz	항공무선항행	마커비콘
108-117.975MHz	항공무선항행, 항공이동(R)	전방향표지시설, 계기착륙시설(방위각 제공시설), 위성항법시설(GBAS), 초단파대디지털이동통신시설(Mode 4)
117.975-137MHz	항공이동(R)	공대지 및 공대공 통신(VHF 음성 및 데이터)
121.5MHz, 123.1MHz, 243MHz	항공이동(R)	긴급 주파수
328.6-335.4MHz	항공무선항행	계기착륙시설(활공각제공시설)
406-406.1MHz	이동위성	수색 및 구조
960-1215MHz	항공무선항행, 무선항행위성, 항공이동(R)	공대지 통신, 거리측정시설, 2차감시레이다, 공중충돌경고장치, 범용접속데이터통신시설
1030MHz, 1090MHz	항공무선항행	이차감시레이다, 공중충돌경고장치, 자동종속감시용방송시설(ADS-B)
1164-1215MHz	항공무선항행, 무선항행위성	거리측정시설, 위성항법시설(GNSS)

1215-1400MHz	무선탐지, 무선 항행위성, 항공 무선항행	위성항법시설(GNSS), 1차감시레이다
1525-1559MHz	이동위성	위성통신
1610-1626.5MHz	항공이동위성(R)	위성통신
1626.5-1660.5MHz	이동위성	위성통신
1559-1626.5MHz	항공무선항행, 무선항행위성, 이동위성	위성항법시설(GNSS)
2700-3300MHz	항공무선항행, 무선항행, 무선 탐지	1차감시레이다
4200-4400MHz	항공무선항행, 항공이동(R)	전파고도계, 항공기내무선통신(WAIC)
5000-5250MHz	항공무선항행, 항공이동(R), 항 공이동위성(R)	마이크로파착륙시설
5350-5470MHz	항공무선항행	기상레이다
8750-8850MHz	항공무선항행, 무선탐지	도플러레이다
9000-9500MHz	항공무선항행, 무선항행	정밀접근레이다, 기상레이다, 공항지상감 시레이다
13.25-13.4GHz	항공무선항행	도플러레이다
15.4-15.7GHz	항공무선항행, 무선탐지	공항지상감시레이다, 기타
24.25-24.65GHz	무선항행	공항지상감시레이다
31.8-33.4GHz	무선항행	공항지상감시레이다, 항공기레이다, 비 행시각강화시스템(EFVS)

□ 130-535kHz(항공무선항행)

- (NDB) 190-535kHz를 사용하여 항공기에 방향정보를 제공하는 지상시설로
주로 위성항법시스템(GNSS)의 백업용으로 사용(전파등대 역할)
- (ADF) 항공기에 탑재되어 NDB 신호를 수신(190-1750kHz)하며 일부 대역
을 아마추어, 방송, 해상무선항행 및 해상이동업무와 공유
- ※ 항공 및 해상용 NDB는 해안에 위치하여 항공 및 해상업무간 상호 공유
- * NDB(Non-Direction Beacon) : 무지향표지시설, ADF(Automatic Direction
Finder) : 자동방향탐지기, GNSS(Global Navigation Satellite System)

○ (ICAO 정책)

- ◆ 주석 5.70, 5.80 및 5.86의 현행 유지
- ◆ GNSS 시스템이 도입되고 국내외적으로 NDB 주파수 사용이 폐기된 지역에서는 동 대역의 주파수 수요가 감소될 것으로 전망
- ◆ NDB 시스템이 폐기될 때까지 동대역의 항공무선항행업무용 주파수 분배는 보호되어야 함

< 관련주석 >

번호	내용
5.70	대체분배 : 앙골라, 보츠와나, 부룬디, 중앙아프리카공화국, 콩고, 에티오피아, 케냐, 레소토, 마다가스카르, 말라위, 모잠비크, 나미비아, 나이지리아, 오만, 콩고민주공화국, 남아프리카공화국, 스와질란드, 탄자니아, 차드, 잠비아 및 짐바브웨에서는 200-283.5 kHz의 주파수 대역을 1 순위 업무로 항공무선항행업무에도 분배한다.
5.76	410kHz의 주파수는 해상무선항행업무의 전파방향탐지에 지정한다. 405-415kHz의 주파수대역에 분배된 다른 무선항행업무는 406.5-413.5 kHz 주파수대역의 전파방향탐지에 유해간섭을 일으켜서는 안된다.
5.80	제2지역에서, 항공무선항행업무로 435-495kHz의 주파수대역을 사용하는 것은 음성송신이 아닌 무지향성비콘에 한한다.
5.84	해상이동업무용으로 518kHz 주파수를 사용하는 조건은 전파규칙 제31조 및 제51조에 규정한다.
5.86	제2지역에서는 525-535kHz의 주파수대역에서 방송국의 반송파전력이 주간 1kW, 야간 250W를 초과해서는 안된다.

□ 2850-22000kHz(항공이동)

- (HF) 장거리 공대지 음성 및 데이터 통신용으로 사용되며 위성통신의 도입에도 불구하고 여전히 매우 중요한 시스템으로 널리 사용
 - 위성통신이 HF 통신을 대체하기 위해서는 추가 연구가 필요하며 현재 구축된 HF 시스템은 '30년 이후에도 지속적으로 사용될 것
- ※ (기술기준 제8조) 중단파대, 단파대 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치
- * HF(High Frequency) : 단파

o (ICAO 정책)

- ◆ 전파규칙 부록 27에 따라 HF 대역의 항공이동(R) 업무용 주파수 분배를 유지
- ◆ 부록 27에 따라 항공 HF 대역의 사용은 보호되어야 함
- ◆ 주석 5.111, 5.115의 현행 유지
- ◆ 결의 207에 따라 동 대역의 간섭 및 비인가 사용 우려와 관련한 기술적 연구 참여 및 해결 방안을 지지
- ◆ 항공업무의 방해 또는 항공기 장비의 변경 없이 효율적으로 실행될 수 있는 기술적 해결방안을 고려해야 함

< 관련주석 >

번호	내용
5.111	반송 주파수 2182 kHz, 3023 kHz, 5680 kHz 및 8364 kHz와 주파수 121.5 MHz, 156.525 MHz, 156.8 MHz 및 243 MHz는 또한 지상 전파통신 업무에 적용하는 절차에 따라 유인 우주비행선에 관한 수색 및 구조 활동을 위해서 사용될 수 있다. 이들 주파수의 사용조건은 전파규칙 제31조에 규정되어 있다.
5.115	반송(기준) 주파수 3023 kHz 및 5680 kHz는 또한 전파규칙 제31조의 규정에 따라 공동 수색 및 구조 활동으로 해상이동국에 사용할 수 있다.

□ 74.8-75.2MHz(항공무선헤행)

- o (마커비콘) 활주로 진입로의 연장선상에 설치되어 통과 위치(활주로와의 거리) 정보를 제공하는 계기착륙시설로 75MHz의 주파수를 사용
 - 활주로부터의 거리에 따라 Outer(~7.5km), Middle(~1050m) 및 Inner(직전) 마커가 설치되며 거리측정시설로 대체 가능
- ※ (기술기준 제16조) 계기착륙시설
- * Marker beacon : 마커비콘

o (ICAO 정책)

- ◆ 현재 주파수 분배를 유지
- ◆ 주석 5.180의 현행 유지
- ◆ 주석 5.181의 삭제

< 관련주석 >

주석	내용
5.180	75 MHz의 주파수는 마커 비콘(Marker beacon)용으로 할당한다. 타 업무의 무선국이 전력 또는 지리적 위치로 인해 마커 비콘에 유해간

주석	내용
	섭을 일으키거나 제약을 줄 우려가 있기 때문에 주관청은 그들의 보호 대역의 경계에 근접한 주파수를 할당하는 것을 억제하여야 한다.
5.181	추가 분배: 전파규칙 제9.21호의 규정에 따라 동의를 얻는 조건으로 이집트, 이스라엘 및 시리아에서는 74.8-75.2 MHz의 주파수대역을 이동업무에도 2순위 업무로 분배한다. 항공무선항행업무 무선국에 유해간섭을 발생시키지 않도록 보장하기 위해서, 전파규칙 제9.21호에 따른 절차를 적용받는 것으로 확인된 주관청이 더 이상 항공무선항행업무용으로 동 주파수대역을 요구하지 않을 때까지 이동업무 무선국이 도입되어서는 안된다.

□ 108-117.975MHz(항공이동/항공무선항행)

- (VOR) 전파를 전 방향에 발사하여 방위정보를 제공하는 전방향표지시설로 GNSS의 도입 및 구현 현황을 고려하여 백업용 활용 가능
 - 108-111.975MHz 대역은 방위각제공시설과 공유하여 사용하고 112-117.975 MHz 대역은 50kHz 또는 100kHz 주파수 이격을 통해 사용
- ※ (기술기준 제17조) 전방향표지시설
- * VOR(VHF Omni-directional Range)
- (LLZ) 108-111.975MHz 대역을 이용하여 활주로의 중심선정보를 제공하는 방위각제공시설로 50kHz 채널 이격으로 40개 채널을 사용
 - 국제표준을 준수하여 FM 방송의 간섭으로부터 내성을 갖추도록 하고 있으며 MLS 및 GNSS로의 전환이 현재 지연되고 있음
- ※ (기술기준 제16조) 계기착륙시설
- * LLZ(Localizer) 방위각제공시설
- (GBAS) 108-117.975MHz 대역을 사용하는 위성항법시설로 지상에 설치된 송신기로부터 직접 보정 정보를 수신하는 보정시스템
 - 현재 ILS/GBAS/VHF 통신 시스템간 채널 기준을 개발 중이며 기준 개발 전까지는 112.050-117.900MHz 대역을 사용함(25kHz이격)
- ※ (기술기준 제20조) 위성항행시스템
- * GBAS(Ground Based Augmentation System) 지상기반보정시스템
- (VDL Mode 4) VHF 대역을 이용하여 공대지 음성 및 데이터 통신, ADS-B 지원뿐만 아니라 무선항행 및 감시용으로 활용
 - 25kHz 채널 이격으로 112-117.975MHz의 사용이 가능하나 소수의 채널만이 이용될 것으로 예상
- ※ (기술기준 제9조) 초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치
- * VDL(VHF Data Link) 초단파대디지털이동통신시설

o (ICAO 정책)

- ◆ 항공무선항행 및 항공이동(R)업무의 현재 분배를 유지
- ◆ 주석 5.197의 삭제
- ◆ ITU-R 권고 SM.1009(FM 방송) 및 권고 M.1841(GBAS)의 준수를 보장해야함

< 관련주석 >

주석	내용
5.197	추가분배 : 시리아에서는 전파규칙 제9.21호에 의거 동의를 조건으로 108-111.975 MHz의 주파수대역을 2순위 업무로 이동업무에도 분배한다. 항공무선항행업무 무선국에 유해간섭을 발생하지 않는 것을 보장하도록, 전파규칙 제9.21호의 절차에 따라 해당 주관청에서 그 대역이 항공무선항행업무에 더 이상 필요치 않다고 확인될 때까지 이동업무 무선국을 도입해서는 안된다.

□ 117.975-137MHz(항공이동)

- o (VHF) 117.975-137MHz 대역을 이용하여 공대지 및 공대공 음성통신(ATC, AOC), 공대지 데이터통신을 제공하는 단거리 통신시설
 - 주파수 이격으로 25kHz 및 8.33kHz의 운용이 가능하며 유럽은 주파수 부족에 따라 8.33kHz의 점진적 도입을 추진(20년 이후에 완료예상)
- ※ (기술기준 제9조) 초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치
- * VHF(Very High Frequency) : 초단파, ATC(Air Traffic Control), AOC(Aeronautical Operational Control)

o (ICAO 정책)

- ◆ 항공이동(R)업무의 현재 분배를 유지
- ◆ 주석 5.200의 현행 유지
- ◆ 121.5MHz 및 123.1MHz의 긴급 주파수 사용 관련 규정의 유지
- ◆ 주석 5.201, 5.202 삭제를 위한 조치 방안 마련

< 관련주석 >

주석	내용
5.201	추가분배 : 앙골라, 아르메니아, 아제르바이잔, 벨로루시, 불가리아, 에스토니아, 러시아, 그루지야, 헝가리, 이란, 이라크, 일본, 카자흐스탄, 라트비아, 몰도바, 몽골, 모잠비크, 우즈베키스탄, 파푸아뉴기니, 폴란드, 키르기스스탄, 루마니아, 타지키스탄, 투르크메니스탄 및 우크라이나에서는 132-136 MHz의 주파수대역을 1순위 업무로 항공이동(OR)업무에도 분배한다. 항공이동(OR)업무 무선국의 주파수 할당에 있어서, 주관청은 항공이동(R)업무 무선국에 할당된 주파수를 고려하여야 한다.

주석	내용
5.202	추가분배 : 사우디아라비아, 아르메니아, 아제르바이잔, 벨로루시, 불가리아, 아랍에미리트, 러시아, 그루지야, 이란, 요르단, 라트비아, 오만, 우즈베키스탄, 폴란드, 시리아, 키르기스스탄, 루마니아, 타지키스탄, 투르크메니스탄 및 우크라이나에서는 136-137 MHz의 주파수대역을 1순위 업무로 항공이동(OR)업무에도 분배한다. 항공이동(OR)업무 무선국의 주파수 할당에 있어서, 주관청은 항공이동(R)업무의 무선국에 할당된 주파수를 고려하여야 한다.

□ 121.5MHz, 123.1MHz 및 243MHz(항공이동)

- (ELT) 긴급주파수로서 121.5MHz는 ELT 용도로, 123.1MHz는 수색통신용으로 사용하며 구명부기국의 경우 121.5MHz 및 243MHz를 모두 사용
 - 121.5MHz 및 406MHz를 사용하는 ELT는 ICAO 부속서 10 Volume III의 표준을 만족해야 함
- ※ (기술기준 제10조) 비상위치지시용 무선표지설비
- * ELT(Emergency Locator Transmitter) : 비상위치지시용 무선표지설비
- (ICAO 정책)

◆ 121.5MHz, 123.1MHz 및 243MHz의 사용 관련 규정(Chapter VII)의 현행 유지

< 관련주석 >

주석	내용
5.526	243 MHz 주파수는 구명을 목적으로 하는 구명부기국 및 설비용으로 사용하는 주파수이다.

□ 328.6-335.4MHz(항공무선헤행)

- (GP) 활주로와 활공각(3° 기준) 정보를 제공하는 계기착륙시설로 LLZ와 함께 사용되며 150kHz 주파수 이격으로 40개 채널 설정
 - 332.8~335.4MHz 주파수를 사용하고 있으며 ILS를 대체하여 GBAS를 구축한 지역에서는 활공각제공시설(GP)용 주파수 수요 감소 예상
- ※ (기술기준 제16조) 계기착륙시설
- * GP(Glide Path) : 활공각제공시설
- (ICAO 정책)

◆ 항공무선헤행업무의 현재 분배를 유지

◆ 주석 5.258의 현행 유지

◆ 주석 5.259의 삭제

< 관련주석 >

주석	내용
5.258	항공무선항행업무에 의한 328.6-335.4 MHz의 주파수대역 사용은 계기착륙시스템(ILS-glide path)에 한한다.
5.259	추가분배 : 이집트 및 시리아에서는 328.6-335.4 MHz의 주파수대역을 전파규칙 제9.21호에 따라 동의를 얻는 조건으로 2순위 업무로 이동업무에도 분배한다. 항공무선항행업무 무선국에 유해간섭을 주지 않기 위하여, 전파규칙 제9.21호의 절차에 따라 주관청에서 항공무선항행업무가 더 이상 필요치 않을 때까지 이 주파수대역에서 이동업무 무선국을 도입하여서는 안된다.

□ 406-406.1MHz(이동위성)

- (ELT) 항공기 조난시 위치정보, 식별부호 등 구조에 필요한 정보를 자동으로 인공위성(Cospas-Sarsat)으로 발사하는 구명장비
 - 동 주파수는 해상의 EPIRPs와의 연동 등 글로벌 수색 및 구조를 위해 IMO 등의 국제 기구와의 협업이 필요
 - WRC-15에서는 COSPAS/SARSAT의 간섭 발생을 우려하여 406-406.1kHz의 이동위성업무 보호 방안 마련 결정(결의 205, 권고 M.633-4)

※ (기술기준 제10조) 비상위치지시용 무선표지설비

* EPIRPs(Emergency Position Indicating Radio beacons) : 비상용위치표시무선장치

○ (ICAO 정책)

◆ 주석 5.266, 5.267 현행 유지 및 항공무선항행업무의 현재 분배를 유지

◆ 동 대역의 항공용 ELT의 보호를 보장해야 함

< 관련주석 >

주석	내용
5.266	이동위성업무에 의한 406-406.1 MHz의 주파수대역 사용은 저전력 위성 비상위치지시용 무선비콘에 한한다(전파규칙 제31조 참조).
5.267	406-406.1 MHz의 주파수대역에서 허가받아 사용하는 것에 유해간섭을 발생할 수 있는 어떠한 발사도 금지한다.

□ 960-1215MHz(항공이동/항공무선항행/무선항행위성)

- DME, SSR, ACAS, GNSS, 1090ES, UAT 등 다수의 항공이동 및 항공무선항행 업무용 시스템이 민간 및 군에서 사용 중
 - DME는 중요한 항공무선항행 시스템으로 960-1215MHz에 대한 주파수 사용이 지속적으로 유지 및 증가할 것으로 예상

- 2차감시레이다, ACAS, ADS-B의 보호를 위해 1030MHz 및 1090MHz의 주파수에서의 약 $\pm 10\text{MHz}$ 대역폭이 유지되어야 함
- 1164-1215MHz의 위성항법시스템(GPS/Galileo/BeiDou/Glonass/SBAS)은 DME에 간섭을 주지 않아야 하며 DME 간섭을 용인해야 함
- 기존 DME와의 공유를 전제로 985.5-1007.5MHz(상향) 및 1048.5-1071.5MHz(하향)을 공대지 및 공대공 데이터통신(LDACS)으로 우선 고려하고 있으며 978MHz은 ADS-B 제공을 위한 UAT로 사용

※ (기술기준 제12조) 2차감시레이더 등, (제13조) 거리측정시설

- * DME(Distance Measuring Equipment) : 거리측정시설
- * SSR(Secondary Surveillance Radar) : 2차감시레이다
- * ACAS(Airborne Collision Avoidance system) : 공중 충돌 회피 시스템
- * GNSS(Global Navigation Satellite System) : 위성항법시스템
- * 1090ES(Extended Squitter) : 1090MHz를 이용한 ADS-B 데이터링크 기술
- * UAT(Universal Access Transceiver) : 범용접속데이터통신시설
- * ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) : 자동접속감시용방송시설
- * LDACS(L-band Digital Aeronautical Communication System) : L-대역 디지털 항공 통신시스템

o (ICAO 정책)

- ◆ 960-1215MHz 대역의 주석 5.328 및 항공무선항행업무의 현재 분배를 유지
- ◆ 주석 5.328A의 현행 유지
- ◆ 주석 5.317A 및 항공이동(R)업무의 현재 분배를 유지(동 대역의 Non-ICAO 시스템 사용 제한(결의 417) 완화를 반대)
- ◆ 주석 5.328AA의 현행 유지
- ◆ 결의 425 관련 ITU-R 추가 연구를 지지

< 관련주석 >

주석	내용
5.328	항공무선항행위성업무로 960-1215 MHz의 주파수대역을 사용하는 것은 항공기의 항행보조전자장치 및 이와 직접 관계되는 지상 시설의 운용 및 개발을 위하여 전세계적으로 보류한다.
5.328A	1164-1215 MHz 주파수대역의 무선항행위성업무 무선국은 결의 609(WRC-07 개정) 규정에 따라 운용하여야 하며, 960-1215 MHz 대역에서 운용되고 있는 항공무선항행업무로부터 보호를 요구해서는 안된다. 제5.43A호는 적용되지 않으며 제21.18호의 규정을 적용한다.
5.327A	960-1164 MHz의 주파수대역 사용은 인정된 국제 항공표준에 따

주석	내용
	라 운용하는 항공이동(R)업무에 한한다. 그 사용은 결의 417(WRC-12 개정)에 부합하여야 한다.
5.328AA	1087.7-1092.3 MHz 주파수대역은 항공이동위성(지구대우주)업무로도 1순위 업무로 분배하며, 국제항공표준에 따라 운용하는 항공기로부터 ADS-B 신호를 수신하는 우주국에 한한다. 이러한 항공이동위성업무로 운용하는 무선국은 항공무선항행업무로 운용하는 무선국으로부터 보호를 요구하지 못한다. 결의425(WRC-15)를 적용한다.

□ 1215-1400MHz(무선항행/항공무선항행/무선탐지/무선항행위성)

- 독립적인 장거리 공역(공항 및 항공로) 감시를 위한 1215-1350MHz 대역의 1차감시레이다(PSR) 및 위성항법시스템이 운용되고 있음
 - 신 기술을 적용한 다중고정 1차감시레이다(MSPSR)의 개발이 예상되며 1215-1300MHz는 GLONASS가, 1227.6MHz는 GPS가 사용 중
 - 민간에서는 특정 RNSS 신호(GPS L2, GLONASS L2, Galileo E6, BeiDou B6)를 사용하고 있지 않음

* PSR(Primary Surveillance Radar) : 1차감시레이다

* MSPSR(Multi Static Primary Surveillance Radar) : 다중고정 1차감시레이다

* RNSS(Radionavigation Satellite Service) : 무선항행위성업무

○ (ICAO 정책)

- ◆ 주석 5.331 및 5.334 관련 무선항행업무의 현재 분배를 유지
- ◆ 주석 5.332의 현행 유지
- ◆ 무선항행위성업무로부터 레이다 보호 관련 주석 5.329 및 5.337A의 현행 유지
- ◆ 결의 608 관련 ITU-R 추가 연구를 지지

< 관련주석 >

주석	내용
5.331	추가분배 : 대한민국을 포함한 70여국에서는 1215-1300 MHz의 주파수대역을 1순위 업무로 무선항행업무에도 분배한다. 캐나다와 미국에서 1240-1300 MHz의 주파수 대역을 무선항행업무로도 분배하며, 이 무선항행업무의 사용은 항공무선항행업무에 한한다.
5.334	추가 분배: 캐나다와 미국에서는 1350-1370 MHz 대역을 항공무선항행업무에도 1순위 업무로 분배한다.
5.332	1215-1260 MHz의 주파수대역에서 지구탐사위성 및 우주연구업

주석	내용
	무의 우주탐재 능동센서는 무선탐지업무, 무선헌행위성업무 및 1순위 업무로 분배된 다른 업무의 운용 또는 개발에 제약을 가하거나 이들에 유해간섭을 주어서는 안되며 보호를 요구할 수도 없다.
5.329	1215-1300 MHz 대역에서 무선헌행위성업무를 운용할 경우 제 5.331호에 따라 허가받은 무선헌행업무에 유해간섭을 주거나 보호를 요구할 수 없다는 조건을 따라야 한다. 또한 1215-1300 MHz 대역에서 무선헌행위성업무를 운용할 경우 무선탐지업무에도 유해간섭을 발생해서는 안된다는 조건을 따라야 한다. 무선탐지업무에 대해서는 전파규칙 제5.43호는 적용되지 않는다. 결의 608(WRC-03)이 적용된다.
5.337A	무선헌행위성업무의 지구국 및 무선탐지업무의 무선국으로 1300-1350 MHz 의 주파수대역을 사용하는 것은 항공무선헌행업무에 유해간섭을 주어서는 안되며, 이들의 운용 및 개발에 제약을 주어서는 안된다.

□ 1525-1559MHz(항공이동위성)

- HF 및 VHF 통신을 대체하는 장거리 주 통신으로 위성통신을 이용하여 관제용 음성 및 데이터 통신 또는 ADS-C를 제공
 - 1545-1555MHz 및 1646.5-1656.5MHz 대역(미국은 1555-1559MHz 및 1656.5-1660.5MHz)은 전파규칙에 따라 주파수 조정 과정에서 항공이동위성(R)업무에 우선권이 주어짐
 - WRC-12에서는 요구되는 이동위성통신의 접속 수요를 명시하지 않음을 인지하여 모든 경우의 접속을 보장하도록 결의 222를 수정
 - 지상 공역에서의 위성통신은 지상 VHF 통신을 보완하여 관제용 또는 ADS-C 용도로 활용하도록 ICAO 표준을 제정함
 - 또한, 1544-1545MHz 및 1645.5-1646.5MHz 대역의 이동위성업무용 주파수는 재난 안전 통신용 이동업무로 사용됨
 - 항공이동위성업무의 운용을 위해서는 우주 및 지상 무선설비와 관련된 서비스제공자가 요구되며 지상의 지구국과 관제센터는 일반적으로 지상의 통신선로를 이용하여 연결됨

* ADS-C(ADS-Contract)

o (ICAO 정책)

- ◆ 필요하다면 항공이동(R)업무로 사용이 용이하도록 주석 5.357A 및 5.362A를 수정
- ◆ 주석 5.357 및 5.376의 현행 유지
- ◆ 주석 5.355 및 5.359의 삭제를 지지
- ◆ 결의 222, 주석 5.357A 실행을 위한 절차 지원을 제공
- ◆ 권고 M.2091 관련 항공이동(R)업무 주파수 소요량 산출을 지지

< 관련주석 >

주석	내용
5.357A	항공이동(R)업무에 있어서 지상 항공국에서 직접적으로 항공기국까지, 또는 항공기국 상호간에 1545-1555 MHz 주파수 대역으로 송신하는 것은 위성 대 항공기 링크의 연장 또는 보완으로 사용하는 경우에도 허가된다.
5.362A	미국에서는 필요하다면 선점에 의하여, 1555-1559 MHz 및 1656.5-1660.5 MHz 주파수 대역에서 항공이동위성(R)업무가 하나의 통신망으로 운영되는 다른 모든 이동위성통신에 대해 우선접속과 즉각적인 사용권을 갖는다. 이동위성시스템은 제44조에서 규정하는 우선순위 1에서 6까지의 우선순위를 갖는 항공이동위성(R)업무 통신에 허용할 수 없는 간섭을 주어서도 안되며, 또한 보호를 요구할 수도 없다. 다른 이동업무의 안전 관련 통신의 우선권을 고려하여야 한다.
5.357	항공이동(R)업무에 있어서 지상 항공국에서 직접적으로 항공기국까지, 또는 항공기국 상호간에 1545-1555 MHz 주파수 대역으로 송신하는 것은 위성 대 항공기 링크의 연장 또는 보완으로 사용하는 경우에도 허가된다.
5.376	1646.5-1656.5 MHz 주파수 대역에서 항공이동(R)업무의 항공기국에서 직접적으로 지상의 항공국 또는 항공기국 상호간 송신하는 것은 항공기 대 위성 링크의 연장 또는 보완을 위하여 사용되는 경우에도 허가된다.
5.355	추가분배: 일부 국가에서 1540-1559 MHz, 1610-1645.5 MHz 및 1646.5-1660 MHz 주파수 대역은 2순위 업무로 고정업무에도 분배한다.
5.359	추가분배: 일부 국가에서는 1550-1559 MHz, 1610-1645.5 MHz 및 1646.5-1660 MHz 주파수 대역을 1순위 업무로 고정업무에도 분배한다. 주관청은 이들 주파수 대역에서 새로운 고정업무 무선국을 도입하는 것을 피하도록 실질적인 모든 노력을 취할 것을 촉구한다.

주석	내용
5.357A	제9조 제II절의 절차를 1545-1555 MHz 및 1646.5-1656.5 MHz 주파수 대역의 이동위성업무에 적용하는 경우에 제44조에 규정된 우선순위 1부터 6에 해당하는 메시지를 전송하는 항공이동위성(R)업무의 스펙트럼 요구조건을 우선적으로 수용하여야 한다. 제44조에 규정된 우선순위 1부터 6을 갖는 항공이동 위성(R)업무 통신은 하나의 통신망 내에서 운용되는 타 모든 이동위성통신에 대해 필요할 경우 선점(pre-emption)에 의한 우선접속 및 즉각적인 사용권을 가진다. 이동위성시스템은 제44조 6에 규정된 우선순위 1부터 6을 갖는 항공이동위성(R)업무 통신에 허용할 수 없는 간섭을 주지 않아야 하고, 또한 보호를 요구하지 못한다. 타 이동위성업무의 안전 관련 통신의 우선권을 고려하여야 한다(결의 222(WRC-12 개정) *의 규정을 적용하여야 한다).

- 1559-1626.5MHz(항공무선항행/무선항행위성/항공이동위성)
- 1559-1610MHz 대역은 GNSS(GPS, GLONASS, Beidou, Galileo, SBAS) 시스템 항공무선항행시스템(ADS-B, GBAS Landing)으로 사용
 - 1559-1610MHz 대역은 의도적인 위성항법신호 간섭 및 위성장비의 부적합한 운용 등에 의해 발생하는 비의도적인 간섭이 존재
 - 또한, 인접대역(1545-1559MHz)에서 지상 셀룰러 이동시스템의 사용을 요구하는 등 잠재적 간섭 요인이 존재함
 - 다양한 항공무선항행 및 감시에 활용되는 GNSS 신호는 이러한 간섭으로부터 엄격히 보호되어야 함
 - IRIDIUM은 1610-1626.5MHz 대역에서 표준화된 항공이동위성업무 시스템 운용 중
 - 1559-1626.5MHz 대역은 항공무선항행업무로, 1559-1610MHz 대역은 무선항행 위성업무로 분배됨
 - WRC-92에서 1610-1626.5MHz 대역이 이동위성업무(지구대우주)로 분배되었으며 현재 Globalstar와 IRIDIUM이 서비스를 제공
 - 무선항행업무로 1559-1610MHz 대역은 GPS, GLONASS, Beidou 및 Galileo 이 사용하고 있어 항공분야에 관심이 높음

o (ICAO 정책)

- ◆ 1559-1610MHz 대역의 무선허행위성업무의 현재 분배를 유지
- ◆ 1559-1610MHz 대역에서 보호가 필요한 GLONASS 및 GPS를 포함한 향후 GNSS의 사용을 유지
- ◆ 1559-1610MHz 대역에서 신규 분배를 반대
- ◆ 주석 5.364, 5.365, 5.366, 5.367 및 5.368의 현행 유지
- ◆ 주석 5.371의 삭제

< 관련주석 >

주석	내용
5.364	1610-1626.5 MHz 주파수 대역을 이동위성업무(지구대우주)와 무선측위 위성업무(지구대우주)로 사용하는 것은 제9.11A호에 따라 조정을 전제로 한다. 이 주파수 대역의 어떤 업무이든 운용 중인 이동지구국의 침투 등가등방성 복사전력밀도가 이 영향을 받는 주관청의 별도 동의 없이는 제5.366호 규정(제4.10호에 적용)에 따른 시스템이 사용하는 일부 주파수 대역에서 -15 dB(W/4 kHz)를 초과해서는 안 된다. 그러한 시스템이 운용되지 않는 일부 주파수 대역에서는 이동업무 지구국의 평균 등가등방성 복사전력밀도가 -3 dB(W/4 kHz)를 초과해서는 안 된다. 이동위성업무 무선국은 항공무선허행업무 무선국, 제5.366호에 따라 운용되는 무선국, 그리고 제5.359호에 따라 운용되는 고정업무 무선국 등으로부터 보호를 요구해서는 안 된다. 이동위성망 조정에 관할 주관청은 제5.366호 규정에 따라 운용중인 무선국의 보호를 보장하기 위한 모든 실질적 노력을 기울여야 한다.
5.365	이동위성업무(우주대지구)로 1613.8-1626.5 MHz 주파수 대역의 사용은 제9.11A호에 따라 조정을 전제로 한다.
5.367	추가분배: 1610-1626.5 MHz 주파수 대역은 제9.21호에 따라서 동의를 얻는 조건으로 하여 1순위 업무로 항공이동위성(R)업무에도 분배한다.
5.368	항공무선허행 위성업무를 제외하고 무선측위 위성업무 및 이동위성업무는 1610-1626.5 MHz 주파수 대역에서 제4.10호의 규정을 적용하지 않는다.
5.371	추가 분배: 제1지역에서 1610-1626.5 MHz(지구대우주) 주파수 대역은 제9.21호에 따른 동의를 전제로 2순위 업무로 무선측위위성업무에 분배한다.

□ 2700-3300MHz(항공무선항행/무선항행/무선탐지)

- 중거리(60NM) 1차감시레이다로 공항, 항공로 접근 관제용으로 사용되며 2700-2900MHz는 기상레이다로도 사용되며 지속적인 확산 예상
 - 인접 대역의 셀룰러 이동시스템(WiMAX)과 디지털카메라(Cordless)의 간섭은 수신 선택도 개선 및 관련 규정(권고 M.1464) 준수하여 해결 필요
 - WRC-15 의제 1.1를 통해 IMT 후보 대역으로 고려된바 있으며 기존 항공 업무는 동 후보대역의 스펙트럼 가격 결정에 영향을 미침
 - 해상 및 무선탐지용으로 사용되고 있으며 관련 주석 5.337 및 5.426에 따라 항공기에는 설치될 수 없음
- (ICAO 정책)

- ◆ 무선항행업무의 현재 분배를 유지
- ◆ 주석 5.423, 5.424A, 5.426 및 5.427의 현행 유지
- ◆ 레이다업무 운용을 위협하는 동대역 및 인접대역 분배를 반대
- ◆ 동 대역에서 비항공 용도 사용을 억제하고 ICAO의 정책에 대한 지원이 필요

< 관련주석 >

주석	내용
5.423	2700-2900 MHz 주파수 대역에서 기상용도로 지상에 설치한 레이다는 항공무선항행업무 무선국과 동등한 지위의 업무로 운용하도록 허가한다.
5.424A	2900-3100 MHz 주파수 대역의 무선탐지업무 무선국은 무선항행업무의 레이다 시스템에 대하여 유해간섭을 주거나 보호를 요구할 수 없다.
5.426	항공무선항행업무로 2900-3100 MHz 주파수 대역을 사용하는 것은 지상에 설치한 레이다에 한한다.
5.427	2900-3100 MHz 및 9300-9500 MHz 주파수 대역에서 레이다 트랜스폰더로부터의 응답은 레이다 비콘(레이콘)으로부터의 응답과 혼동되지 않도록 하여야 하며, 무선항행업무를 행하는 선박과 항공 레이다에 간섭을 주어서는 안 된다. 다만, 제4.9호에 유의하여야 한다.

□ 4200-4400MHz(항공이동/항공무선항행)

- (RA) 지상에 전파를 발사하고 반사되어 돌아오는 지연시간을 측정하여 지표면까지의 거리를 측정하는 전파고도계를 운용
 - 전파고도계는 항공기 비행전반에 걸쳐 인명안전에 필수장비이며 WRC-15에서 항공기기내무선통신(WAIC)용 항공이동업무로 분배
 - 동 대역을 타업무의 후보주파수로 고려할 경우 기존 항공업무의 사용이

스펙트럼 가격 결정에 영향을 미침

※ (기술기준 제19조) 항공기용 전파고도계

* RA(Radio Altimeter) : 전파고도계, WAIC(Wireless Avionic Intra Communication)
o (ICAO 정책)

- ◆ 전파고도계 운용에 필요한 200MHz 대역폭을 유지하는 무선허행업무의 현재 분배를 유지
- ◆ 전파고도계를 독점 운용하도록 하는 주석 5.438의 현행 유지
- ◆ 항공이동 및 항공무선허행업무에 위험을 초래하는 동대역 및 인접대역 분배를 반대
- ◆ 주석 5.439의 삭제

< 관련주석 >

주석	내용
5.438	4200-4400 MHz 주파수 대역의 항공무선허행업무는 항공기상에 설치된 전파고도계용 및 이와 관련되는 지상의 트랜스폰더에 배타적으로 사용한다.
5.439	추가분배: 이란에서는 4200-4400 MHz 주파수 대역을 2순위 업무로 고정업무에도 분배한다.

□ 5000-5250MHz(항공이동/항공무선허행/항공이동위성)

- o 5030-5091MHz 대역은 계기착륙시설을 대체하는 마이크로파착륙장치(MLS)에 우선권을 부여하였으며 무인항공기(UAS) 지상제어용으로 사용
 - 5000-5150MHz대역은 항공이동위성업무로 분배되었으며 항공이동업무는 ICAO 표준에 따라 공항지상통신용도(AeroMACS)로 한정
 - 기존 업무와 공존을 위해 AeroMACS의 주파수 튜닝범위를 ICAO 표준에 규정하였으며 5000-5030MHz대역은 무선허행위성업무로 사용 계획
- * MLS(Microwave Landing System) : 마이크로파착륙장치
- * UAS(Unmanned Aircraft System) : 무인항공기
- * AeroMACS(Aeronautical Mobile Airport Communication System)
- o (ICAO 정책)

- ◆ 주석 5.444, 5.444A 및 5.444B의 현행 유지
- ◆ 고정위성업무와 MLS 조정을 위한 권고 S.1342의 방법을 적용
- ◆ 고정위성업무의 사용으로부터 기존 및 잠재적 항공시스템이 악영향을 받지 않도록 보장

< 관련주석 >

주석	내용
5.444	5030-5150 MHz 주파수 대역은 정밀진입 및 착륙을 위한 국제표준시스템(마이크로파 착륙시스템) 운용에 이용된다. 5030-5091 MHz 주파수 대역에서 이 시스템의 요구는 이 주파수 대역의 타 용도보다 우선한다. 5091-5150 MHz 주파수 대역을 이용하는 경우 제5.444A호 및 결의 114(WRC-15 개정)를 적용한다.
5.444A	5091-5150 MHz 주파수 대역의 고정위성업무(지구대우주) 분배의 이용은 이동위성업무의 비정지 위성시스템의 피더링크에 한하며, 제9.11A호에 따른 조정을 전제로 한다. 5091-5150 MHz 주파수 대역을 이동위성업무의 비정지 위성시스템 피더링크로 사용하는 것은 결의 114(WRC-15 개정)를 적용한다. 또한 유해 간섭으로부터 항공무선항행업무 보호를 보장하기 위해, 항공무선항행업무 지상국을 운용하는 주관청의 영토로부터 450 km 미만으로 이격되어 있는 이동위성업무의 비정지위성 시스템 피더링크 지구국과 조정이 요구된다.
5.444B	항공이동업무에 의한 5091-5150 MHz 주파수 대역의 이용은 다음과 같은 용도에 한한다: - 항공이동(R)업무용 지상시스템으로 운용되고 국제항공표준을 따르는 시스템이며, 공항 내 지상 응용으로 한함. 이러한 이용은 결의 748(WRC-15 개정)을 따라야 함; - 결의 418(WRC-15 개정)에 따른 항공기국(제1.83호 참조)으로부터의 항공원격측정송신.

□ 5350-5470MHz(항공무선항행)

- (WR) 악기상 조건에서의 항공기 안전을 위한 기상레이다가 운용
 - 주석 5.449에 따라 기상레이다 및 지면탐색레이다 사용 가능
 - 무선항행업무에 간섭을 주지 않고 무선항행업무의 간섭을 허용하는 조건으로 지구탐사, 지구탐사위성, 무선탐지업무의 이용이 가능

※ (기술기준 제18조) 기상레이다

* WR(Weather Radar) : 기상레이다

○ (ICAO 정책)

- ◆ 주석 5.448B, 5.448C 및 5.448D의 현행 유지
- ◆ 항공기 기상레이다로 사용되고 있으며 잠재적 항공시스템 사용을 제한하는 개정 반대

< 관련주석 >

주석	내용
5.448B	5350-5570 MHz 주파수 대역에서 운용되는 지구탐사위성(능동)업무와 5460-5570 MHz 주파수 대역에서 운용되는 우주연구(능동)업무는 5350-5460 MHz 주파수 대역의 항공무선항행업무, 5460-5470 MHz 주파수 대역의 무선허행업무 및 5470-5570 MHz 주파수 대역의 해상무선항행업무에 유해간섭을 주어서는 안된다.
5.448C	5350-5460 MHz 주파수 대역에서 운용되는 우주연구(능동)업무는 이 대역에 분배된 타 업무에 유해간섭을 주거나, 이들 업무로부터의 보호를 요구해서는 안된다.
5.448D	5350-5470 MHz 주파수 대역에서, 무선탐지업무의 무선국은 제 5.449호에 따라 운용되는 항공무선 항행업무의 레이더 시스템에 유해간섭을 주거나, 이들 업무로부터의 보호를 요구해서는 안된다.

□ 8750-8850MHz(항공무선항행/무선탐지)

- 항공기 도플러레이다 및 지면탐색레이다가 운용 중
 - 비행속도 및 거리, 지면탐색 등을 위해 지속적인 사용이 예상되며 무선탐지 및 해상무선항행업무도 공유하여 사용
 - * 도플러레이다 : 이동 중에 발생하는 주파수 변화(도플러효과)를 이용하여 속도 및 거리 정보를 획득하는 레이더
 - * 지면탐색레이다 : 항법비행, 표적공격, 지형회피 등 항공기의 탐지에 사용
- (ICAO 정책)

◆ 지속적인 수요 발생에 따라 현행 유지

◆ 주석 5.470의 현행 유지

< 관련주석 >

주석	내용
5.470	항공무선항행 업무로 8750-8850 MHz 주파수 대역의 이용은 중심 주파수 8800 MHz의 항공탐재 도플러 항행원조 장치에 한한다.

□ 9000-9500MHz(항공무선항행/무선항행)

- 정밀접근레이다, 기상레이다 및 지면탐색레이다가 운용 중
 - 9000-9200MHz 대역은 정밀접근레이다를 포함한 1차감시레이다, 공항지상 감시레이다가 사용 중이며 해상무선항행 및 무선탐지 업무와 공유
 - 9300-9500MHz은 기상레이다 및 공항지상감시레이다가 사용하고 있으며 지구탐사위성업무 및 우주연구업무와 공유
 - * 정밀접근레이다 : 착륙을 위한 최종 접근단계에서의 유도 정보를 제공

o (ICAO 정책)

- ◆ 항공업무 사용에 악영향을 미치는 분배를 반대
- ◆ 주석 5.337, 5.427, 5.473A, 5.474, 5.475, 5.475A, 5.475B 및 5.476A의 현행 유지

< 관련주석 >

주석	내용
5.337	항공무선항행업무로 1300-1350 MHz, 2700-2900 MHz 및 9000-9200 MHz 주파수 대역을 사용하는 것은 지상에 설치한 레이 다 및 이와 관련하여 이들 주파수 대역의 주파수만을 송신하는 항 공탑재의 트랜스폰다로서 동일 주파수 대역을 운용하는 레이다에 의해서만 작동하는 것에 한한다.
5.427	2900-3100 MHz 및 9300-9500 MHz 주파수 대역에서 레이다 트랜 스폰더로부터의 응답은 레이다 비콘(레이콘)으로부터의 응답과 혼동 되지 않도록 하여야 하며, 무선항행업무를 행하는 선박과 항공 레이 다에 간섭을 주어서는 안 된다. 다만, 제4.9호에 유의하여야 한다.
5.473A	9000-9200 MHz 주파수 대역에서 무선탐지업무용 무선국은 제5.337 호에 지정된 항공무선항행 업무 시스템 또는 제5.471호에 열거된 국 가에서 1순위 업무로 운용중인 해상무선항행업무 레이다 시스템에 유해간섭을 주거나 이들로부터의 보호를 요구해서는 안된다.
5.474	9200-9500 MHz 주파수 대역에서 적절한 ITU-R 권고를 고려하여 수색 및 구조 트랜스폰더 (SART)를 이용할 수 있다(제31조 참조).
5.475	항공무선항행업무로 9300-9500 MHz 주파수 대역의 이용은 항공탑 재 기상 레이다 및 지상기반 레이다에 한한다. 또한, 항공무선항행업 무의 지상기반 레이다 비콘은 해상무선항행업무에 유해간섭을 주지 않는 조건으로 9300-9320 MHz 주파수 대역의 이용이 허용된다.
5.475A	9300-9500 MHz 주파수 대역을 이용하는 지구탐사위성(능동)업무 와 우주연구(능동)업무는 9500-9800 MHz 주파수 대역 내의 300 MHz를 초과하는 대역폭을 요구하는 시스템에 한한다.
5.475B	9300-9500 MHz 주파수 대역에서 무선탐지업무용 무선국은 전파규 칙에 따라 운용되는 무선항행업무 레이다에 유해간섭을 주거나 이 들로부터의 보호를 요구해서는 안된다. 기상 목적으로 사용되는 지 상기반 레이다는 타 무선탐지 사용보다 우선권을 갖는다.
5.476A	9300-9800 MHz 주파수 대역에서 지구탐사위성(능동)업무 및 우주 연구(능동)업무 무선국은 무선 항행업무 및 무선탐지업무 무선국에 유해간섭을 주거나, 이들로부터의 보호를 요구해서는 안된다.

□ 10.95-12.75GHz(고정위성)

- WRC-15 결의 155에 따라 무인항공기 제어용(CNPC)으로 주파수 분배
 - * CNPC : Control Non-Payload Communication
- (ICAO 정책)

- ◆ 동 대역에서의 제어용 운용이 무인항공기 요구조건에 만족 여부를 검토하는 ICAO 내 연구를 수행
- ◆ 결의 155의 실현을 위한 기술, 운용 및 규정적 측면에 대한 ITU 연구를 지지

< 관련주석 >

주석	내용
5.484B	결의 155(WRC-15)를 적용한다.

□ 13.25-13.4GHz(항공무선항행)

- 동 대역은 도플러레이다 및 지면탐색레이다 운용되며 지구탐사위성 및 우주연구업무와 주파수를 공유함
- (ICAO 정책)

- ◆ 동 대역에 대한 항공 수요가 지속적으로 제기됨에 따라 현재 분배를 유지
- ◆ 주석 5.497의 현행 유지

< 관련주석 >

주석	내용
5.497	항공무선항행업무로 13.25-13.4 GHz 주파수 대역의 이용은 도플러 항행원조에 한한다.

□ 14.4-14.47GHz(고정위성)

- WRC-15 결의 155에 따라 무인항공기 제어용(CNPC)으로 주파수 분배
- (ICAO 정책)

- ◆ 동 대역에서의 제어용 운용이 무인항공기 요구조건에 만족 여부를 검토하는 ICAO 내 연구를 수행
- ◆ 결의 155의 실현을 위한 기술, 운용 및 규정적 측면에 대한 ITU 연구를 지지

< 관련주석 >

주석	내용
5.484B	결의 155(WRC-15)를 적용한다.

□ 15.4-15.7GHz(항공무선헤행)

- 정밀접근레이다를 포함한 지상기반 감시레이더와 공항지상감시레이다가 운용 중이며 고정위성업무 및 무선탐지업무와 주파수를 공유하며 ITU에 등록된 고정위성업무의 사용은 없음
 - 주로 15.6-16.6GHz에서 공항지상감시레이다가 사용되고 15.5-15.7GHz에서 기상레이다 및 지면탐색레이다가 사용됨
- (ICAO 정책)

◆ 항공무선헤행업무의 현재 분배를 유지

◆ 항공업무 사용을 제한하지 않도록 주석 5.511A 및 5.511C의 현행 유지

< 관련주석 >

주석	내용
5.511A	고정위성업무(지구대우주)로 15.43-15.63 GHz 주파수 대역의 이용은 이동위성업무의 비정지 위성시스템 피더링크에 한하며, 제9.11A호에 따른 조정을 전제로 한다.
5.511C	항공무선헤행업무에서 운용되는 무선국은 ITU-R 권고 S.1340-0에 따라 실효 등가등방성 복사 전력을 제한하여야 한다. 피더링크 지구국의 유해간섭으로부터 항공무선헤행업무의 무선국을(제4.10호 적용) 보호하기 위해 요구되는 최소 조정거리와 피더링크 지구국이 지역 수평면을 향하여 송신하는 최대 등가등방성 복사전력은 ITU-R 권고 S.1340-0에 따라야 한다.

□ 19.7-20.2GHz(고정위성)

- WRC-15 결의 155에 따라 무인항공기 제어용(CNPC)으로 주파수 분배
- (ICAO 정책)

◆ 동 대역에서의 제어용 운용이 무인항공기 요구조건에 만족 여부를 검토하는 ICAO 내 연구를 수행

◆ 결의 155의 실현을 위한 기술, 운용 및 규정적 측면에 대한 ITU 연구를 지지

< 관련주석 >

주석	내용
5.484B	결의 155(WRC-15)를 적용한다.

□ 24.25-24.65GHz(항공무선헤행)

- 공항지상감시레이다 사용 중이며 더 높은 주파수는 더 높은 해상도를 제공함

○ (ICAO 정책)

◆ 제2지역 및 제3지역에 대한 항공무선항행업무의 현재 분배를 유지

< 관련주석 >

주석	내용
5.533	위성간업무는 무선항행업무의 공항 표면탐지장치 무선국의 유해간섭으로부터 보호를 요구해서는 안된다.

□ 29.5-30GHz(고정위성)

- WRC-15 결의 155에 따라 무인항공기 제어용(CNPC)으로 주파수 분배
- (ICAO 정책)

- ◆ 동 대역에서의 제어용 운용이 무인항공기 요구조건에 만족 여부를 검토하는 ICAO 내 연구를 수행
- ◆ 결의 155의 실현을 위한 기술, 운용 및 규정적 측면에 대한 ITU 연구를 지지

< 관련주석 >

주석	내용
5.484B	결의 155(WRC-15)를 적용한다.

□ 31.8-33.4GHz(항공무선항행)

- 공항지상감시레이다, 비행시각강화장비(EFVS) 사용 중이며 이동, 고정 및 우주연구업무와 주파수를 공유
 - EFVS는 항행정보 및 외부 영상정보를 제공하여 동 대역은 악 기상조건에서 적절한 대기투과 및 해상도를 제공함
- * EFVS : Enhanced Flight Vision System
- (ICAO 정책)

◆ 무선항행업무의 현재 분배를 유지

< 관련주석 >

주석	내용
5.533	위성간업무는 무선항행업무의 공항 표면탐지장치 무선국의 유해간섭으로부터 보호를 요구해서는 안된다.

해상·항공 기술기준 체계정비 및 전파품질 향상방안 연구



국립전파연구원

National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767

발 행 일 : 2018. 3.

발 행 인 : 유 대 선

발 행 처 : 과학기술정보통신부 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-4414

인 쇄 : (사)한국척수장애인협회 광주·전남인쇄사업소
062) 222-2788

ISBN : 979-11-5820-097-8 < 비 매 품 >

주 의

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시
국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.