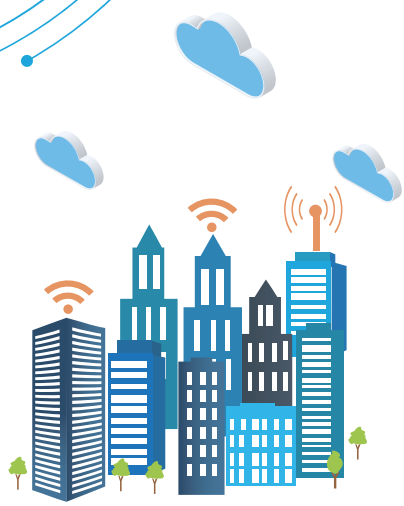
무선통신 전파자원의 안전이용 기반 제공



국립전파연구원
National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「무선통신 전자원의 안정적 이용체계 강화」과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2022. 12. 31.

연 구 책 임 자 : 김영길(기술기준과 전파기준담당)
연 구 원 : 한진욱(기술기준과 전파기준담당)
유충현(기술기준과 전파기준담당)
정근규(기술기준과 전파기준담당)
김미경(기술기준과 전파기준담당)

요 약 문

본 연구에서는 해상분야 인명안전 최소화를 위하여 유통 중인 구조장비에 대한 성능측정 및 해상·항공분야 안전한 주파수 이용 보장 및 혼·간섭 방지를 위하여 기술기준 개정 및 개정(안) 마련 연구를 수행하였다. 또한, 최근 수요가 증가하고 있는 드론탐지레이다의 기술적 조건을 마련하였다.

먼저 급격히 증가하고 있는 해상레저 및 낚시산업 그리고 어민의 안전보장을 위하여 조난 발생시 위치를 자동 발송하여 긴급 구조할 수 있는 장비들에 대한 성능측정 연구를 수행하였다. 또한 해상업무용 무선설비의 기술기준을 국제표준 및 국내 상황에 맞도록 디지털선택호출장치, 수색구조용 위치정보 송신장치, 위성선박지구국, 위성 비상위치 지시용 무선표지설비, 선상통신국, 선박국용 레이다, 자율해상무선기기 등에 대한 기술기준 개정(안) 연구를 수행하였다.

또한, 항공기 착륙에 필요한 계기착륙시설과 방위정보를 항공기에 제공하는 전방향표지시설 등 항공무선항행 관련 무선설비에 대한 기술기준 개선방안을 마련하였다.

마지막으로 무선탐지업무용 레이다 기술기준 연구반 운영을 통하여 드론탐지레이다의 이론적 기술적 조건을 국내외 제품에 적용 가능한지 확인시험 및 관련 연구를 수행하였다

본 연구결과는 제조산업 활성화 및 인명안전 환경조성에 이바지할 것이며 주파수 효율적 이용과 항공기 비행 안전에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 최근 급격히 증가하고 있는 드론과 이를 탐지하기 위한 레이다 도입에 있어 최소한의 성능기준을 확보하고 상호 혼·간섭이 발생하지 않는 환경을 조성할 것으로 기대된다.

2023년 후속 연구를 통하여 해상 인명안전장비의 기술개발 및 주파수를 검토할 예정이며 수색구조용 위치정보송신장치 및 자율해상무선기기 등 해상업무용 무선설비의 기술기준을 개정할 예정이다. 또한 항공기 계기착륙시설 및 전방향 무선표지설비에 대한 기술기준 개정(안) 등을 마련할 예정이다.

목 차

제1장 서론 ····· 1

제2장 해상 인명안전 무선설비 성능측정 및 기술기준 개선 연구응 ····· 5
제1절 연구의 배경 ····· 5
제2절 해상 인명안전 무선설비 성능측정 연구 ····· 6
제3절 해상업무용 무선설비 기술기준 개선 연구 ····· 22
제4절 소결 ····· 24

제3장 항공기의 안전한 무선항행을 위한 기술기준 개선방안 연구 ····· 29
제1절 연구의 배경 ····· 29
제2절 항공무선항행시설 개정안 ····· 30
제3절 전방향표지시설 개정안 ····· 35
제4절 소결 ····· 39

제4장 드론탐지레이다의 기술기준(안) 마련 연구 ····· 43
제1절 연구의 배경 ····· 43
제2절 드론탐지레이다 이론적 기술적 조건 ····· 43
제3절 이론적 기술적 조건에 대한 확인시험 결과 ····· 47
제4절 드론탐지레이다 기술기준 초안 ····· 61
제4절 소결 ····· 62

제5장 결론 ····· 65

참고문헌 ····· 66

[부록] 계기착륙시설 및 전방향표지시설 기준기준 개정안 ····· 67

National Radio Research Agency

표 목 차

[표 1] 해상 선박/인명 안전 관련 무선설비 기술기준 개정(2021년 11월) ····· 6
[표 2] 해상 조난사고 현황 ····· 7
[표 3] 개인 위치지시용 무선표시 장치 ····· 9
[표 4] 장치별 송신 데이터 내용 및 주기 ····· 10
[표 5] 어선원위치발신장치 송신기 이동전 인접거리 수신측정결과 ····· 14
[표 6] 어선원위치발신장치 송신기 이동 후 1차 수신측정결과 ····· 15
[표 7] 어선원위치발신장치 송신기 이동 후 2차 수신측정결과 ····· 15
[표 8] SOS워치 1㎞지점 수신측정결과 ····· 16
[표 9] SOS워치 1.5㎞지점 수신측정결과 ····· 17
[표 10] SOS워치 2㎞지점 수신측정결과 ····· 17
[표 11] 라이프자켓용 RFID 8㎞지점 수신측정결과 ····· 18
[표 12] 라이프자켓용 RFID 10㎞지점 수신측정결과 ····· 18
[표 13] 어선원위치발신장치 재측정 결과 ····· 20
[표 14] 디지털 선택호출장치 기능 ····· 23
[표 15] 수색구조용 위치정보수신장치(제8조) 개정(안) ····· 24
[표 16] 계기착륙시설 관련 국내 기술기준 ····· 31
[표 17] 계기착륙시설 관련 국제 표준 ····· 31
[표 18] VHF 방송신호의 3차 상호변조에 대한 내성성능 ····· 33
[표 19] 로컬라이저의 VHF 방송신호에 대한 내성 성능 ····· 33
[표 20] 마아커비콘 운용범위 ····· 34
[표 21] 계기착륙시설의 기술기준 개선방안 ····· 35
[표 22] 전방향향표지시설 관련 국내 기술기준 ····· 36

[표 23] 전방향표지시설의 주파수허용편차 및 전계강도 ····· 37
[표 24] 9,960㎐ 고조파 강도 ····· 37
[표 25] VHF 방송신호의 3차 상호변조에 대한 내성성능 ····· 37
[표 26] 전방향표지시설의 VHF 방송신호에 대한 내성 성능 ····· 38
[표 27] 전방향표지시설의 기술기준 개선방안 ····· 38
[표 28] 드론탐지레이다용 무선설비의 기술적 조건(안) ····· 44
[표 29] 드론탐지레이다 주파수 이용 가이드라인(2021.1.1. 시행) ····· 46
[표 30] 드론탐지레이다용 무선설비의 기술기준(초안) ····· 61

National Radio Research Agency

그 림 목 차

[그림 1] 해상선박 및 인명사고 현황 ····· 5
[그림 2] 2017년~2022년 선박사고 통계 ····· 7
[그림 3] 주요 해상업무용 무선설비 ····· 8
[그림 4] 성능측정 대상 위치발신 장치 ····· 10
[그림 5] 장치별 수신장치 ····· 10
[그림 6] 챔버에서 주파수 및 출력 측정 ····· 11
[그림 7] 주파수 및 출력 측정 결과 ····· 11
[그림 8] 개인위치지시용 무선표시장치(송신장치 설치, 0㎝, 10㎝, 20㎝) ····· 11
[그림 9] 어선원위치발신장치 및 SOS워치 수신장치 설치 ····· 12
[그림 10] 라이프자켓용 RFID성능측정을 위한 수신장치 ····· 12
[그림 11] 송신장치 위치 ····· 12
[그림 12] 해상 성능시험 ····· 13
[그림 13] 성능측정장소(좌), 성능측정 경로(우) ····· 13
[그림 14] 어선원위치발신장치 수신 이동경로(좌) 및 송신장치 설치(우) ····· 14
[그림 15] 어선원위치발신장치 높이별 수신율 결과(1차측정(좌) 2차측정(우)) ····· 15
[그림 16] SOS워치 송신장치위치(좌) 및 수신 이동경로(우) ····· 16
[그림 17] SOS워치 거리 및 높이별 데이터 수신율 결과 ····· 17
[그림 18] 라이프자켓용 RFID 송신장치위치(좌) 및 송신장치 이동경로(우) ····· 18
[그림 19] 라이프자켓용 RFID 거리 및 높이별 데이터 수신율 결과 ····· 19
[그림 20] 어선원위치발신장치 성능시험 재 측정(속초항 인근) ····· 19
[그림 21] 어선원위치발신장치 0㎝ 높이 거리별 데이터 수신율 재측정 결과 ····· 20
[그림 22] 어선원위치발신장치 10㎝ 높이 거리별 데이터 수신율 재측정 결과 ····· 21

[그림 23] 어선원위치발신장치 10㎝ 높이 거리별 데이터 수신율 재측정 결과 ····· 21
[그림 24] 로컬라이저 ····· 30
[그림 25] 글라이드패스 ····· 30
[그림 26] 마이커비콘 ····· 31
[그림 27] 로컬라이저 운용범위 ····· 32
[그림 28] 로컬라이저 및 글라이드패스 변조신호 위상특성 ····· 32
[그림 29] 글라이드패스 운용범위 ····· 33
[그림 30] 전방향표지시설 ····· 36

National Radio Research Agency

5G

국립전파연구원
National Radio Research Agency

제1장
서론

National
Radio
Research
Agency

제1장 서론

전 세계적으로 통신기술이 하루가 모르게 급격히 발달하고 있다. 최근에는 4차 산업혁명 시대라 하여 모든 기술이 융·복합되어 운용되고 있으며, 자율차량 등 지능형 교통시스템, 고속철도 제어 및 무선통신, 5G 이동통신 등이 현실화하고 있다.

해상분야에서도 최근 통신기술의 발전으로 전 세계적으로 해상업무에서 대용량의 정보를 빠르고 안전하게 전달할 수 있는 신기술이 개발되고 있고, 새로운 서비스의 제공이 활발하게 진행되고 있어 해상 및 사막에서도 인터넷 사용이 가능하게 되었다. 그러나 이러한 통신기술의 발달에도 불구하고 2020년 통계를 볼 때 해상 선박사고는 3,778건, 해상 인명사고는 21,507건 등 여전히 상당히 많은 사고가 발생하고 있다. 이러한 해상사고 방지를 위하여 본 연구에서는 개인 위치지시용 무선설비(PLB), 익수자 표시장치(MOB), 자율해상 무선기기(AMRD), 장거리 어업을 위한 송·수신장치 등 다양한 무선설비에 대한 기술기준 개정에 관한 연구를 수행하였다. 또한, 산·학·연·관으로 구성된 연구반 운영을 통하여 해상감시레이다 간 상호공존을 위한 가이드라인을 마련하였다.

세계적으로 항공 산업계는 미국, 프랑스 등 소수 선진국 주도의 산업 성장이 두드려졌으며 국내는 작전 수행을 위한 성능이 중요시되는 군용 항공기를 보급해 왔으며 최근 군용 항공기를 개량하여 산림, 소방, 경찰 등에 민간용 항공기를 공급한 바 있다.

이처럼, 국내 민간 항공 산업은 성장의 초기 단계에 진입하여 추후 점진적인 발전이 예상되어 미래 산업의 활성화를 대비한 항공업무용 무선설비의 기술기준 정비가 필요한 시점이다. 이에 본 연구에서는 항공기의 방향 정보를 제공하는 무지향표지시설과 무지향표지시설의 방향 정보를 습득하기 위해 항공기에 탑재되는 자동방향탐지기에 대한 기술기준 개선방안을 마련하였다.

드론의 보급 확대, 소형화 등 기술 발전에 따라 공항 등 주요 시설에 대한 드론 위협도 점차 증가하고 있으며, 이에 따라 세계 각국의 정부와 공공기관을 중심으로 드론탐지레이다를 비롯한 안티드론시스템의 도입 또한 늘어나고 있다. 따라서 본 연구에서는 무선탐지업무용 레이다 기술기준 연구반을 통해 조사한 국내외 드론탐지레이다 이용·개발·연구 동향과 연구반 운영 결과로 마련한 기술적 조건(안)에 관해 설명하고자 한다.

5G

국립전파연구원
National Radio Research Agency

제2장

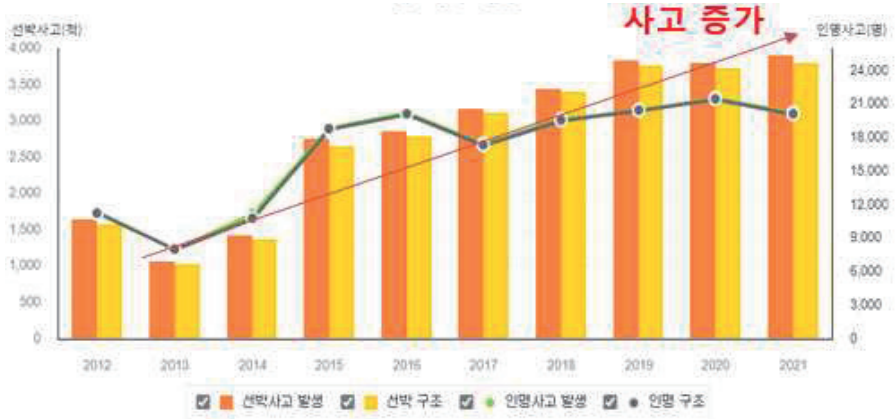
해상 인명안전 무선설비 성능측정 및 기술기준 개선 연구

National
Radio
Research
Agency

제2장 해상 인명안전 무선설비 성능측정 및 기술기준 개선 연구

제1절 연구의 배경

최근 통신기술의 발전으로 전 세계적으로 해상업무에서 대용량의 정보를 빠르고 안전하게 전달할 수 있는 신기술이 개발되고 있고, 새로운 서비스의 제공이 활발하게 진행되고 있다. 테슬라 창업자 일론 머스크가 세운 스페이스X사는 총 4,000여개의 위성을 발사한 상태이며 최종 3만 개의 위성을 기반으로 전 세계 광대역 통신을 제공하겠다는 계획으로 해상 및 사막에서도 인터넷 사용이 가능하게 되었다. 이는 우크라이나 침공에서 지상망 부재시 대안으로 입증되었으며 2020년 북미 시범서비스를 시작으로 2022년 수만개의 섬 필리핀에서 사업을 극대화하고 있다. 이러한 혜택에도 불구하고 2022년 4월 7일 교토1호 선박사고 및 구조헬기 추락으로 탑승자 사망 및 실종 등 다양한 선박 및 인명사고가 여전히 발생하고 있다.



[그림 1] 해상선박 및 인명사고 현황(출처 : 해양경찰청[해양조사사고통계])

또한, 해상분야 선진국은 자국의 선박 및 무선기기의 보호 및 수출 등을 위하여 국제표준을 주도하고 있으며, 매년 국제표준 및 기술기준을 바꾸어 후발국들이 국제시장에 접근하지 못하도록 하고 있다. 따라서 본 장에서는 해상 인명안전 최소화를 위하여 현재 개발 · 유통예정인 해상인명 구조장비에 대한 성능측정 및 분석결과를 보이고 국제표준을 바탕으로 해상업무용 무선설비의 기술기준 개선방안 연구결과를 설명하고자 한다.

제2절 해상 인명안전 무선설비 성능측정 연구

국립전파연구원에서는 2021년 11월 해상 선박 및 인명안전을 위하여 관련 무선설비에 대한 해상업무용 무선설비의 기술기준을 개정하였다. 어선 선박안전을 위하여 어획량 및 선박위치를 자동보고할 수 있는 제25조 단파대 디지털 송수신장치를 개정하였고 인명안전을 위하여 위성을 이용한 개인 위치를 알려줄 수 있는 개인위치지시용 무선표지설비 제11조 제3항 및 익수자 위치 및 어망 등의 위치정보를 자동으로 발신하는 자율해상 무선기기 제26조를 신설하였다.

[표 1] 해상 선박/인명 안전 관련 무선설비 기술기준 개정(2021년 11월)

무선설비명	개정내용	결과
위성비상위치지시용 무선표지설비	✓ 위성비상위치지시용 무선표지설비에서 개인위치지시용 무선표지설비 (PLB : Personal Location Beacon) 추가 ※ 개인조난발생시, 406㎒ 대역을 이용 위성으로 조난신호 발생 ✓ 3항 PLB에 대한 온도, 동작 및 조작 방법 등 공통 조건, 송신 장치 조건, 전원의 조건 개정 방안 검토 ✓ PLB 추가에 따른 프로토콜에 대해 [별표 36] 내용 추가	해상업무용 무선설비의 기술기준 제11조제3항 신설
무선설비명	**개정내용**	**결과**
단파대 디지털 송수신장치	✓ 전파법시행령 제115조(자격종목 및 종사범위)에 따라 소형선박(어선등, 50W이하) 안정적 통신을 위해 기존 OFDM(직교주파수분할다중방식) 외 FSK(주파수편이방식) 추가 운영 ✓ **ITU-R M.1798-1 국제규격을 참조**하여 검토 진행 ✓ 순환중복검사(CRC)→검사합(checksum) 등 용어 변경	해상업무용 무선설비의 기술기준 제25조 개정
무선설비명	**개정내용(국제표준)**	**결과**
자율해상무선기기 (AMRD)	✓ **익수자 위치, 이동형 항로표시장치, 어망 등의 위치정보를 자동으로 발신하는 자율해상 무선기기 기술기준 신설** ✓ **선박의 안전항해 증진할 수 있는 기기 : 종별 A (사용주파수 : 156.525 ㎒, 161.975 ㎒, 162.025 ㎒)** ✓ **선박의 안전항해 증진과 무관한 장치 : 종별 B (사용주파수 : 160.9 ㎒)**	해상업무용 무선설비의 기술기준 제26조 신설

그럼에도 불구하고 해상에서는 여전히 선박과 인명에 대한 사고가 발생하고 있다. 해양경찰청과 중앙해양안전 심판원의 통계에 따르면 2021년 선박의 사고 발생은 3,882척이었으며 이중 3,779척이 구조되었다. 103척이 구조되지 못한 것이다. 인명사고는 20,174명이 발생하였고 20,108명을 구조하고 66명을 구조하지 못하였다. 선박은 97.3%을 구조하였고 인명은 99.7%을 구조하였다. 언뜻 보면, 생각보다 많이 구조하였다는 느낌이 들 수도 있다. 그러나 2021년

도로 교통사고 사망률은 단지 0.006%에 불과하다. 도로교통사고와 비교하면 이는 엄청난 수치라는 것을 느낄 수 있을 것이다.

[표 2] 해상 조난사고 현황(출처 : 해양경찰청, 중앙해양안전심판원(해양사고통계현황))

[단위 : 척, 명]

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
선박	발생	1,052	1,418	2,740	2,839	3,160	3,434	3,820	3,778	3,882
	구조	1,014	1,351	2,639	2,775	3,102	3,385	3,758	3,710	3,779
	(구조율,%)	96.4	95.3	96.3	97.7	98.2	98.6	98.4	98.2	97.3
	구조불능	38	67	101	64	58	49	62	68	103
인명	발생	7,963	11,180	18,835	20,145	17,336	19,596	20,422	21,507	20,174
	구조	7,896	10,695	18,723	20,047	17,228	19,507	20,334	21,437	20,108
	(구조율,%)	99.2	95.7	99.4	99.5	99.4	99.5	99.6	99.7	99.7
	구조불능	67	485	112	98	108	89	88	70	66

사고의 대부분은 대형선박보다는 소형선박이 차지하였다. 어선 47.8%, 레저선박 25.8%, 낚시어선이 8%를 차지하였다. 2017년에서 2021년 사고 현황을 살펴보면 어선이 10,388척 비어선이 5,324척이었다. 아래 그림을 선박 사고현황을 보여주고 있다.

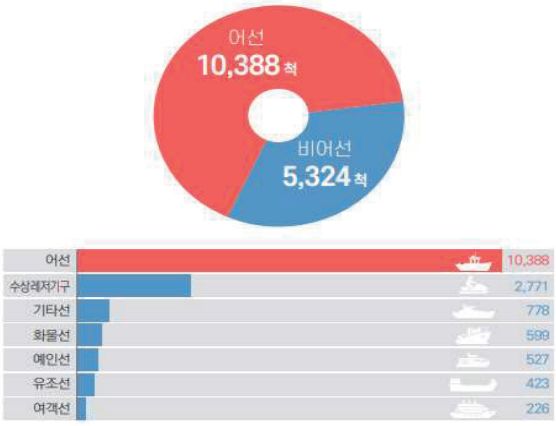


그림 2. 2017년~2022년 선박사고 통계(출처 : 해양경찰청, 중앙해양안전심판원)

그러면 선박안전 및 인명안전에 관한 무선기기는 충분한 지에 대한 의문이 들 수 있다. 국제해사기구(IMO)에서는 인명안전협약에 따라 무선통신 및 안전항해를 규정하고 있으며 세계해상조난안전서비스를 위하여 다양한 노력을 하고 있다. 국립전파연구원은 IMO와 해상관련 주파수 및 표준을 다루고 있는 ITU에 국가대표로 참여하여 다행한 표준활동을 수행하고 있다. 현재

통신용설비로는 초단파(VHF)무선전화 위성전화, 중단파(MF/HF)무선전화 등이 있으며 항해용 무선설비로는 자동식별장치, 레이다, 협대역인쇄장치, 네비텍스수신기 등이 있으며 선박 구명용 설비로는 EPIRB, 양방향무선전화, 수색구조용 위치정보 송수신장치 등이 있다.

그림 3. 주요 해상업무용 무선설비

그러나 이러한 무선설비만으로는 낚시, 레저 등 새롭게 등장하는 해상 종사자의 인명안전을 구조할 수 없는 상황이다. 본 연구에서는 해상 인명안전 최소화를 위하여 국내에서 개발 유통 중인 개인위치 지시용 무선표지 장치에

대하여 유효성 검증 연구를 수행하였다. 대상기기는 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 제8조 제4항과 제5항, 간이무선국 기술기준 제18조의 총 3개 기기에 대하여 시험하였다.

[표 3] 개인 위치지시용 무선표시 장치

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">SOS워치</th><th colspan="2">어선원
위치발신장치</th><th colspan="2">라이프자켓용RFID</th></tr>
<tr><td rowspan="2">기술기준</td><td colspan="4">신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용
무선설비의 기술기준</td><td colspan="2">간이무선국 기술기준</td></tr>
<tr><td colspan="2">제8조 제5항</td><td colspan="2">제8조 제4항, TTA 표준</td><td colspan="2">제18조</td></tr>
<tr><td>주파수</td><td colspan="2">940.1~946.3㎒</td><td colspan="2">920.9㎒~923.3㎒</td><td colspan="2">924.645㎒~924.655㎒
924.695㎒~924.705㎒</td></tr>
<tr><td>안테나 공급전력</td><td colspan="2">200㎽ 이하
(실효복사전력)</td><td colspan="2">10㎽ 이하
(안테나절대이득 포함)</td><td colspan="2">5W 이하
(안테나공급전력)</td></tr>
<tr><td>주파수 허용편차</td><td colspan="2">18.8㎑
($\pm 20 \times 10^{-6}$)</td><td colspan="2">36.8㎑
($\pm 40 \times 10^{-6}$)
9.2㎑(수동형 RFID)
($\pm 10 \times 10^{-6}$)</td><td colspan="2">924Hz
($\pm 1 \times 10^{-6}$)</td></tr>
<tr><td>점유주파수
대역폭</td><td colspan="2">940.1~946.3㎒ 이내</td><td colspan="2">917~923.5㎒ 이내</td><td colspan="2">10㎑ 이하</td></tr>
<tr><td rowspan="5">불요발사</td><td rowspan="2">1㎓ 미만
-36dBm</td><td rowspan="2">분해능
대역폭
100㎑</td><td rowspan="2">1㎓ 미만
-36dBm</td><td rowspan="2">분해능
대역폭
100㎑</td><td>53log10(Fd/2.5)dB
Fc±(2.5㎑ ~ 6.25㎑)</td><td rowspan="3">분해능
대역폭
300Hz</td></tr>
<tr><td>2. 103log10(Fd/3.9)dB
Fc±(6.25㎑~9.5㎑)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1㎓ 이상
-30dBm</td><td rowspan="2">분해능
대역폭
1㎒</td><td rowspan="2">1㎓ 이상
-30dBm</td><td rowspan="2">분해능
대역폭
1㎒</td><td>3. 157log10(Fd/5.3)dB
Fc±(9.5㎑~50㎑)</td></tr>
<tr><td>43+10log10(P)dB
Fc±(50㎑~1㎓)</td><td>분해능
대역폭
100㎑</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>43+10log10(P)dB
Fc±(1㎓~)</td><td>분해능
대역폭
1㎒</td></tr>
<tr><td>수신 선택도</td><td colspan="2">54dB-10logBW/16</td><td colspan="4">미규정(동작시험)
※ 무선설비규칙에서 선택도가 클 것으로 정의</td></tr>
<tr><td>부차적 전파발사</td><td colspan="6">-54dBmW</td></tr>
</table>

이를 위하여 2022년 국립전파연구원은 해수부, 해경, 국방부, 수협, KCA, RAPA 등 다부처가 참여하는 해상 인명안전 통신 협의체를 구성하였고 총 7회의 회의를 개최하였다. 성능검증은 실내, 챔버, 실재 해역 등에서 이루어졌다. 그림 4에서 좌측이 라이프자켓용 RFID장비, 중앙이 목걸이형 어선원 위치발신장치, 우측이 손목시계형 SOS워치이다.

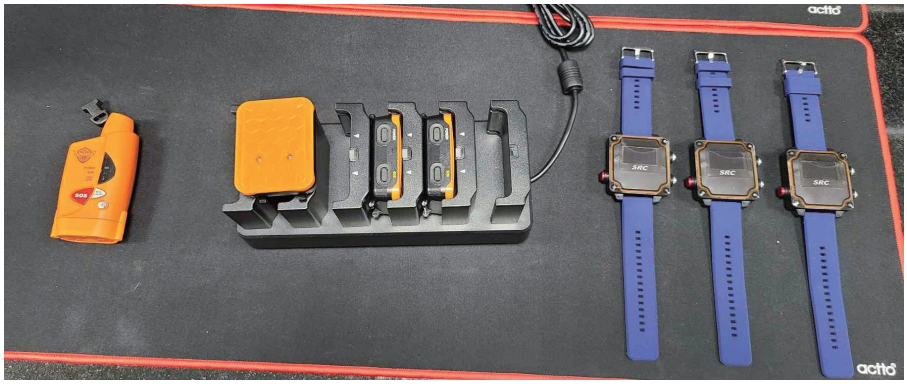


그림 4. 성능측정 대상 위치발신 장치

장치별 송신 데이터 내용 및 주기는 아래표와 같다.

[표 4] 장치별 송신 데이터 내용 및 주기

명칭(가칭)	사용 주파수	송신 데이터 내용	전송주기
SOS-MOB	940.1~946.3㎒	- Data Type(1 byte) - 위치 좌표(5 bytes) - 시간 (2 bytes) - 확장(4 bytes) : 위치 정밀도 향상	정상상태 15초 (시료는 5초)
LoRa-MOB	920.9~923.3㎒	수신기ID, 발신기ID, 발신기상태정보(평시/조난상황), 발신기 위경도, 발신기 배터리정보	정상상태 1분 (시료는 5초)
RFID-MOB	924.645~924.655㎒, 924.695~924.705㎒	DSC 조난경보 (MMSI, 위경도, UTC)	정상상태 30초

장치별 수신장치는 아래 그림과 같다.

SOS MOB	LoRa MOB	RFID MOB

그림 5. 장치별 수신장치

성능측정 시료는 크게 3종류를 대상으로 하였다. 챔버에서 점유주파수 대역폭, 안테나 공급전력, 주파수 허용편차, 불요발사 등에 대한 성능측정결과 주파수 대역에 맞지 않는 경우, 점유주파수 대역폭을 벗어나는 경우, 출력이 기준보다 초과하는 경우, 시료별 편차가 심하여 신뢰할 만한 수준은 아닌 것으로 판단된다. 최종 해상에서 시험할 때까지 기준을 모두 만족시키기는 하였으나 인명안전장비임을 고려할 때 우려할 상황으로 보인다.

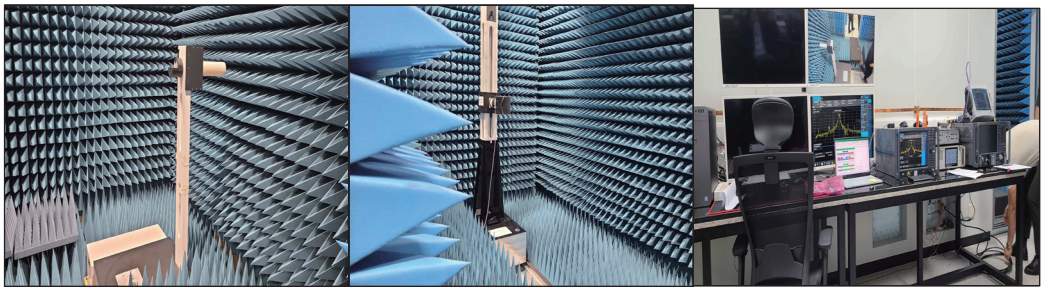


그림 6. 주파수 및 출력 측정 챔버

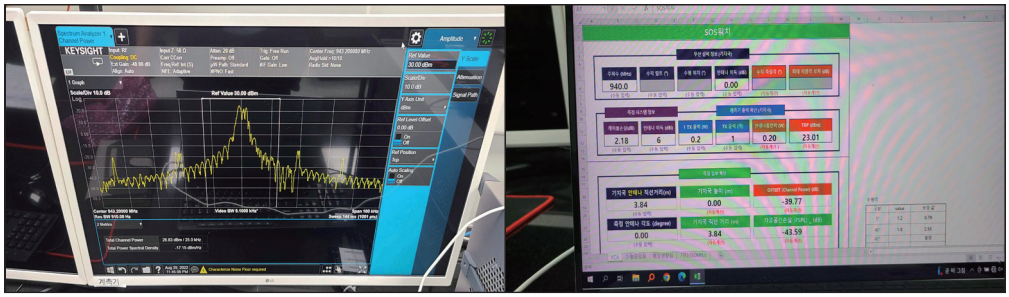


그림 7. 주파수 및 출력 측정 결과

실제 해변 성능측정은 부산 영도구 하리항 인근 아치해변에서 실시하였다. 해수면으로부터 0cm, 10cm, 20cm높이에서 송신하고 어선 및 해경함정에서 수신하였다. 해수면 높이는 익수자가 바다에 빠져 있을 경우 해수면의 높이, 손을 들었을 때의 높이 등을 감안하여 선정하였다. 아래 그림은 사람이 해상에 빠졌을 때를 고려하여 시료 3개를 구명환에 설치한 그림이다.

그림 8. 개인위치지시용 무선표시장치(송신장치 설치, 0cm, 10cm, 20cm)

그림 9는 어선원위치발신장치와 SOS위치의 수신을 위한 어선(4.42톤)으로 해상 2.5m 높이에 수신안테나를 설치한 그림이며, 그림 10은 라이프자켓용 RFID의 성능측정을 위한 해경 함정(3,200톤) 및 구조보트(7.5톤)이다.

그림 9. 어선원위치발신장치 및 SOS위치 수신장치 설치

그림 10. 라이프자켓용 RFID성능측정을 위한 수신장치

어선원위치발신장치와 SOS위치에 대한 시험은 송신장치를 아치해변 인접 수면상에 설치하고 어선이 항해하여 수신여부 등을 시험하였고 라이프자켓용 RFID의 성능측정은 정박해 있는 해경함정에서 수신하고 단정을 사용하여 송신장치를 측정지점으로 이동하며 측정하였다.

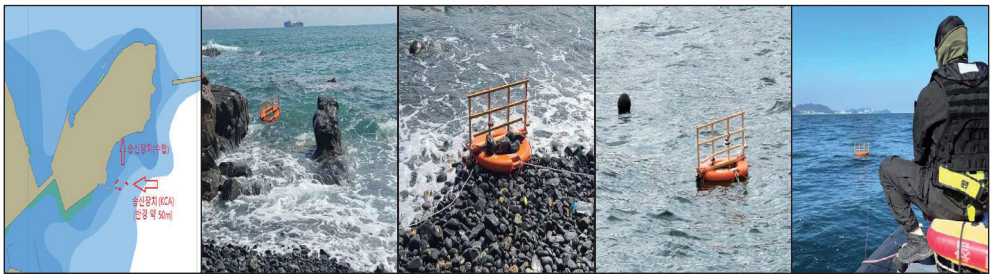


그림 11. 송신장치 위치

그림 12. 해상 성능시험

어선원위치발신장치(안테나 공급전력 10㎽)는 1km 이내, SOS워치(안테나 공급전력 200㎽)는 2km이내, 라이프자켓용 RFID(안테나 공급전력 5W)는 18km이내까지 구조신호에 대한 데이터 수신을 할 수 있도록 설계되었다. 따라서 본 연구에서는 이를 고려 2km이내, 1km이내에서 시험하였고 라이프자켓용 RFID는 해상상태를 고려 10km 내외까지 측정하였다.

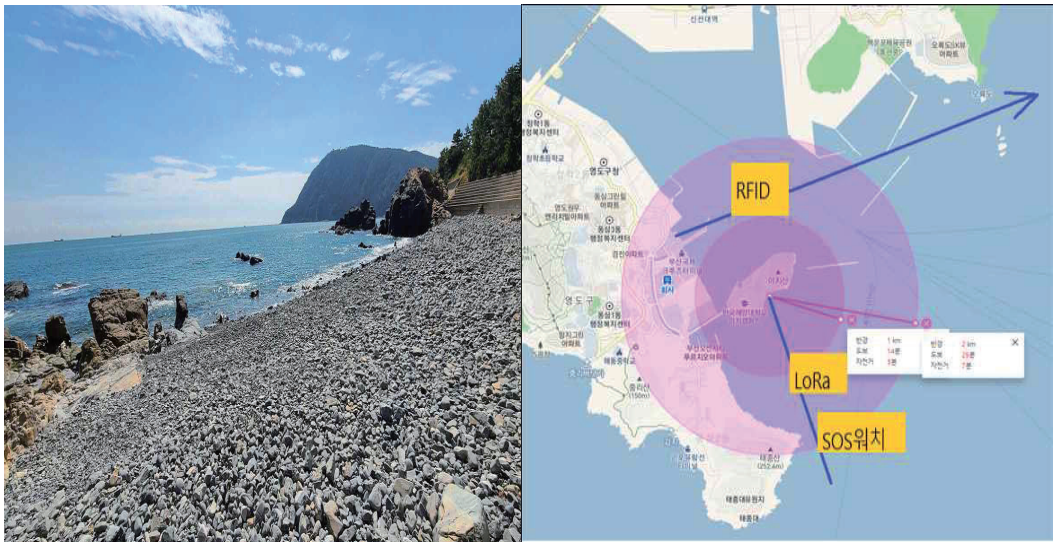


그림 13. 성능측정장소(좌), 성능측정 경로(우)

어선원위치발신장치(안테나 공급전력 10㎽)의 송신기 이동 전 인접거리에서 수신측정결과는 아래 표와 같다. 수신율이 모두 80% 이상임을 알 수 있다.

[표 5] 어선원위치발신장치 송신기 이동 전 인접거리 수신측정결과

- 유효데이터 수신 시작 시각 : 11:04:19.386
- 유효데이터 수신 종료 시각 : 11:18:34.304
- 총 수신 시간 : 14분 14.9초 (854초)
- 총 수신 데이터 수 : 425개
- 평균 수신율 : 83.33%

송신장치 ID	송신장치 높이 (수면 기준)	수신 데이터 수	수신율 (수신/송신)
10000001	0 cm	141	82.94%
21120087	10 cm	144	84.71%
21120118	20 cm	140	82.35%

어선원위치발신장치(안테나 공급전력 10㎽)의 성능측정을 위하여 그림 14과 같이 이동하여 측정하였다. 측정당시 파도의 영향으로 송신장치 2회 전복되어 1차 해상(송신기 이동 전)에서 2차(송신기 이동 후)는 파도가 없는 육상쪽으로 이동하여 시험하였다.

그림 14. 어선원위치발신장치 수신 이동경로(좌) 및 송신장치 설치(우)

송신기 이동 전 해상에서 성능측정결과는 표 6과 같다. 전체적으로 수신율이 15%도 되지 않고 있음을 알 수 있다. 특히 해면 높이에서는 2.35%만 수신하여 위치발신장치가 해수면 아래에 있거나 해수면에서는 정상작동이라고 말할 수 없는 상황이라 하겠다. 표 7은 송신장치를 육상으로 이동한 측정한 결과인데 0㎝, 10㎝의 송신장치는 휴면상태로 전환되어 측정할 수가 없었으며, 20㎝

높이의 송신장치 역시 41.76%만 수신되었음을 알 수 있다.

[표 6] 어선원위치발신장치 송신기 이동 후 1차 수신측정결과

- 유효데이터 수신 시작 시각 : 11:49:57.718 - 유효데이터 수신 종료 시각 : 11:53:55.266 - 총 수신 시간 : 3분 57.5초 (237초) - 총 수신 데이터 수 : 47개 - 평균 수신율 : 9.22%			
송신장치 ID	송신장치 높이 (수면 기준)	수신 데이터 수	수신율 (수신/송신)
10000001	0 cm	4	2.35%
21120087	10 cm	20	11.76%
21120118	20 cm	23	13.53%

[표 7] 어선원위치발신장치 송신기 이동 후 2차 수신측정결과

- 유효데이터 수신 시작 시각 : 12:21:15.881 - 유효데이터 수신 종료 시각 : 12:37:50.067 - 총 수신 시간 : 16분 34.2초 (994초) - 총 수신 데이터 수 : 71개 - 평균 수신율 : 41.76% (0cm 및 10cm 제외)			
송신장치 ID	송신장치 높이 (수면 기준)	수신 데이터 수	수신율 (수신/송신)
10000001	0 cm	0(휴면상태)	0.00%
21120087	10 cm	0(휴면상태)	0.00%
21120118	20 cm	71	41.76%

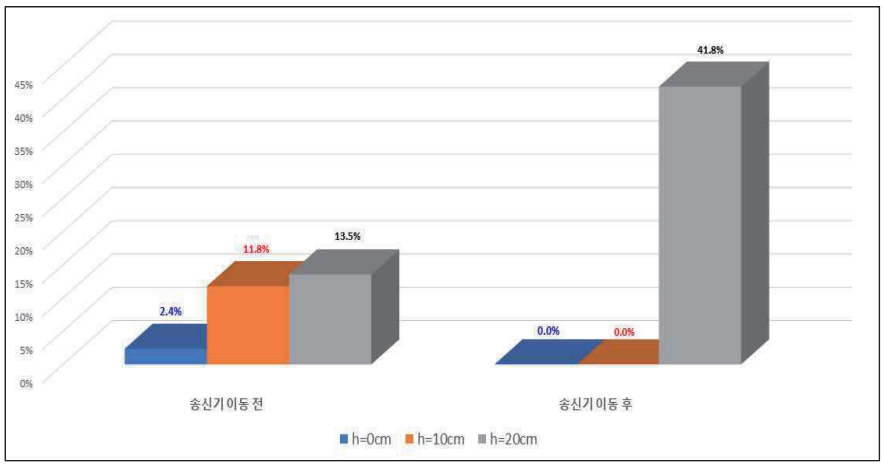


그림 15. 어선원위치발신장치 높이별 수신율 결과(1차측정(좌) 2차측정(우))

SOS워치(안테나 공급전력 200㎽)의 성능측정을 위하여 그림 16과 같이 이동하여 측정하였다.

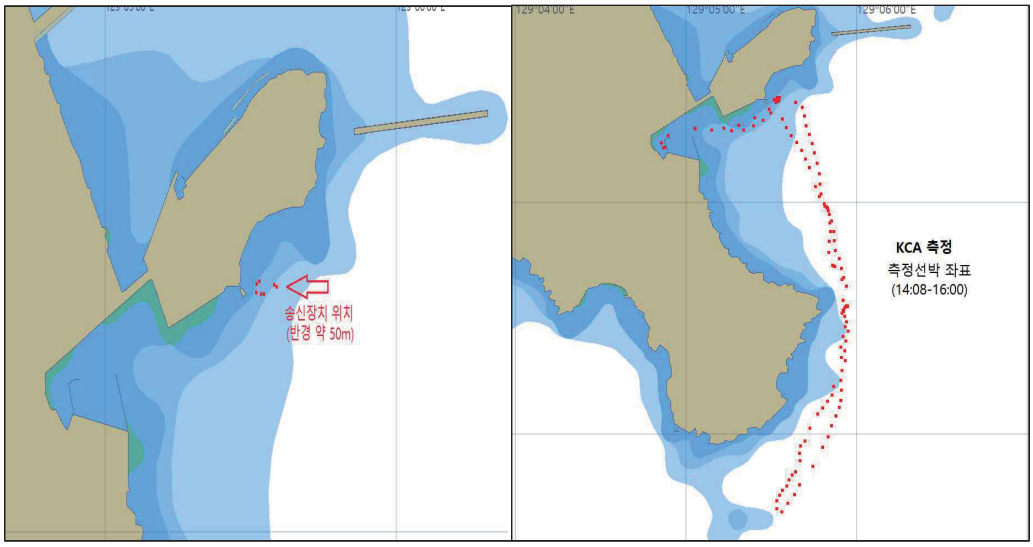


그림 16. SOS워치 송신장치위치(좌) 및 수신 이동경로(우)

성능측정결과 수신이 가능한 거리는 2.22㎞이었으며 그 이상의 거리에서는 수신이 되지 않았다. SOS워치의 경우는 1㎞, 1.5㎞, 2㎞지점에서 각각 측정하였다. 측정결과 해면높이 0㎝에서는 수신이 거의 되지 않았다고 판단할 수밖에 없는 상황이었으며, 10㎝와 20㎝높이에서도 61% 미만으로 수신되고 있다는 것을 알 수 있다.

[표 8] SOS워치 1㎞지점 수신측정결과

- 유효데이터 수신 시작 시각 : 15:39:17.299
- 유효데이터 수신 종료 시각 : 15:47:59.390
- 총 수신 시간 : 08분 42.09초 (522초)
- 총 수신 데이터 수 : 74개
- 평균 수신율 : 23.72%

송신장치 ID	송신장치 높이 (수면 기준)	수신 데이터 수	수신율 (수신/송신)
000F3	0 cm	1	0.96%
000F2	10 cm	22	21.15%
000F4	20 cm	51	49.04%

[표 9] SOS워치 1.5㎞지점 수신측정결과

- 유효데이터 수신 시작 시각 : 15:30:15.678 - 유효데이터 수신 종료 시각 : 15:35:35.339 - 총 수신 시간 : 05분 19.66초 (319초) - 총 수신 데이터 수 : 52개 - 평균 수신율 : 27.51%			
송신장치 ID	송신장치 높이 (수면 기준)	수신 데이터 수	수신율 (수신/송신)
000F3	0 cm	0	0.00%
000F2	10 cm	14	22.22%
000F4	20 cm	38	60.32%

[표 10] SOS워치 2㎞지점 수신측정결과

- 유효데이터 수신 시작 시각 : 14:50:32.595 - 유효데이터 수신 종료 시각 : 15:20:54.407 - 총 수신 시간 : 30분 21.81초 (1,821초) - 총 수신 데이터 수 : 199개 (무효 1개 제외) - 평균 수신율 : 18.13%			
송신장치 ID	송신장치 높이 (수면 기준)	수신 데이터 수	수신율 (수신/송신)
000F3	0 cm	0	0.00%
000F2	10 cm	46	12.64%
000F4	20 cm	152	41.76%

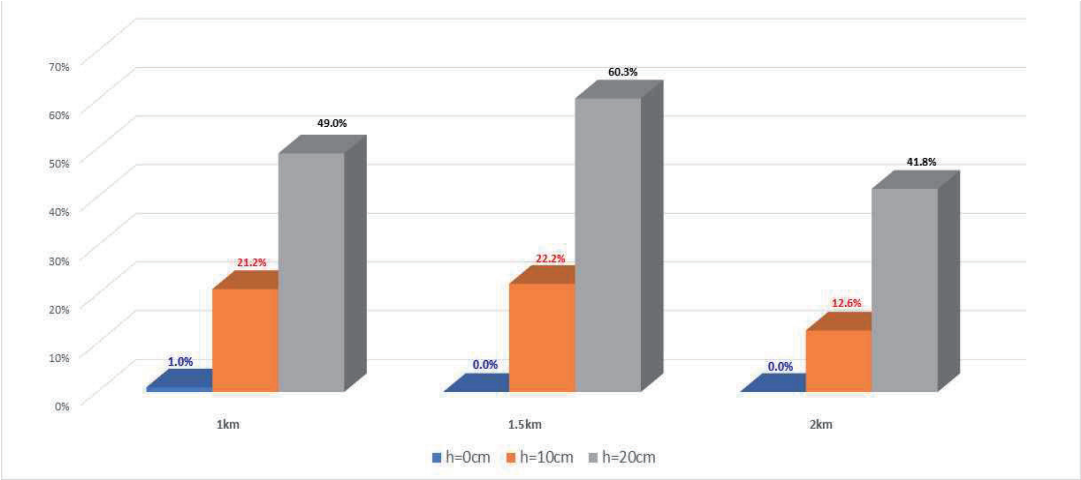


그림 17. SOS워치 거리 및 높이별 데이터 수신율 결과

라이프자켓용 RFID(안테나 공급전력 5W의 성능측정을 위하여 그림 18과 같이 이동하여 측정하였다.

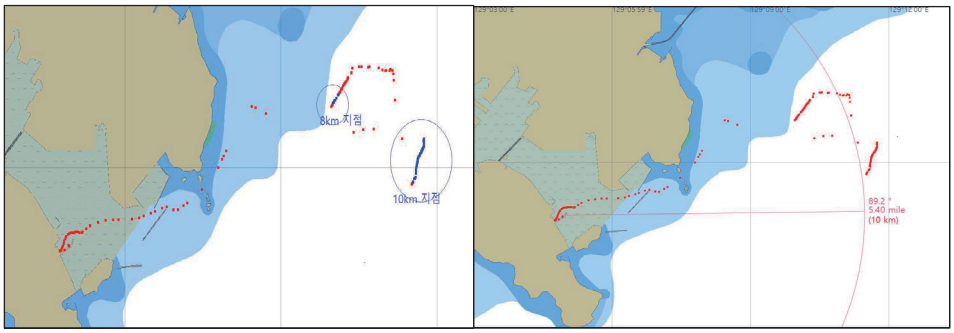


그림 18. 라이프자켓용 RFID 송신장치위치(좌) 및 송신장치 이동경로(우)

라이프자켓용 RFID의 경우는 8km, 10km에서 각각 측정하였다. 8km 측정 시 해수면 0cm에서는 송신장치가 휴면모드로 되어 수신율을 측정할 수 없었다. 그러나 10km에서도 수신율이 50%밖에 되지 않았다. 그래도 다행인 것은 해수면으로부터 20cm높이에서는 83.33%의 결과를 얻을 수 있었다.

[표 11] 라이프자켓용 RFID 8km지점 수신측정결과

- 유효데이터 수신 시작 시각 : 29일 15:13
- 유효데이터 수신 종료 시각 : 29일 15:15
- 총 수신 시간 : 3분 (180초)
- 총 수신 데이터 수 : 7개
- 평균 수신율 : 38.89%

송신장치 ID	송신장치 높이 (수면 기준)	수신 데이터 수	수신율 (수신/송신)
518020	0 cm	0(휴면상태)	00.00%
300107	10 cm	2	33.33%
518023	20 cm	5	83.33%

[표 12] 라이프자켓용 RFID 10km지점 수신측정결과

- 유효데이터 수신 시작 시각 : 29일 15:45
- 유효데이터 수신 종료 시각 : 29일 15:55
- 총 수신 시간 : 11분 (660초)
- 총 수신 데이터 수 : 41개
- 평균 수신율 : 62.12%

송신장치 ID	송신장치 높이 (수면 기준)	수신 데이터 수	수신율 (수신/송신)
518020	0 cm	11	50.00%
300107	10 cm	11	50.00%
518023	20 cm	19	86.36%

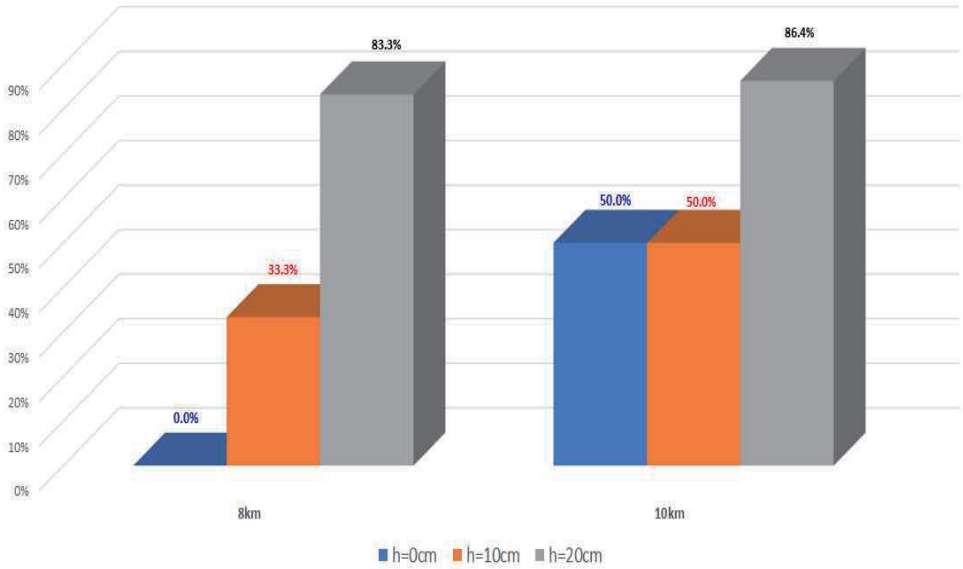


그림 19. 라이프자켓용 RFID 거리 및 높이별 데이터 수신율 결과

어선원위치발신장치(안테나 공급전력 10㎽)의 경우, 속초항 인근에서 성능을 다시 측정하였다. 그림 20와 같이 수신안테나의 높이를 2.5m와 5m 설치하였으며 200m, 400m, 600m, 800m, 1000m, 12000m에서 수신율을 측정하였다. 출력도 10㎽와 20㎽를 각각 측정하였다.

그림 20. 어선원위치발신장치 성능시험 재 측정(속초항 인근)

성능측정결과는 아래 표 및 그림과 같다. 50% 이상의 수신율은 600m 이내에서만 가능하였으며 1차 측정결과와 유사하게 해수면 높이 0㎝에서는 800m를 넘으면 수신이 되지 않았다.

[표 13] 어선원위치발신장치 재측정 결과

송신장치 높이	송신출력-안테나높이	200m	400m	600m	800m	1000m	1200m
0cm	10mW-2.5m	80.6%	38.5%	10.4%	0.0%	0.0%	0.0%
	10mW-5.0m	84.6%	19.1%	12.7%	0.0%	0.0%	0.0%
	20mW-2.5m	--	30.6%	14.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	20mW-5.0m	--	30.6%	7.3%	0.0%	0.0%	0.0%
10cm	10mW-2.5m	100.0%	60.4%	24.4%	14.0%	5.9%	0.0%
	10mW-5.0m	99.0%	61.7%	30.6%	6.8%	8.0%	0.0%
	20mW-2.5m	--	68.0%	41.4%	18.4%	10.3%	0.0%
	20mW-5.0m	--	68.0%	50.0%	23.9%	21.4%	2.5%
20cm	10mW-2.5m	100.0%	58.3%	24.4%	23.5%	12.2%	0.0%
	10mW-5.0m	96.1%	66.7%	36.1%	11.0%	16.0%	3.4%
	20mW-2.5m	--	66.0%	52.6%	24.0%	2.6%	2.4%
	20mW-5.0m	--	66.0%	59.6%	15.6%	9.5%	2.6%

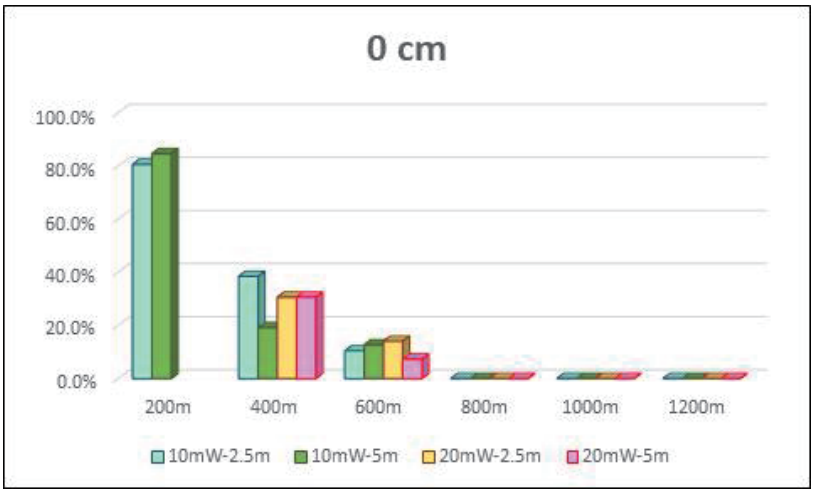


그림 21. 어선원위치발신장치 0㎝ 높이 거리별 데이터 수신율 재측정 결과

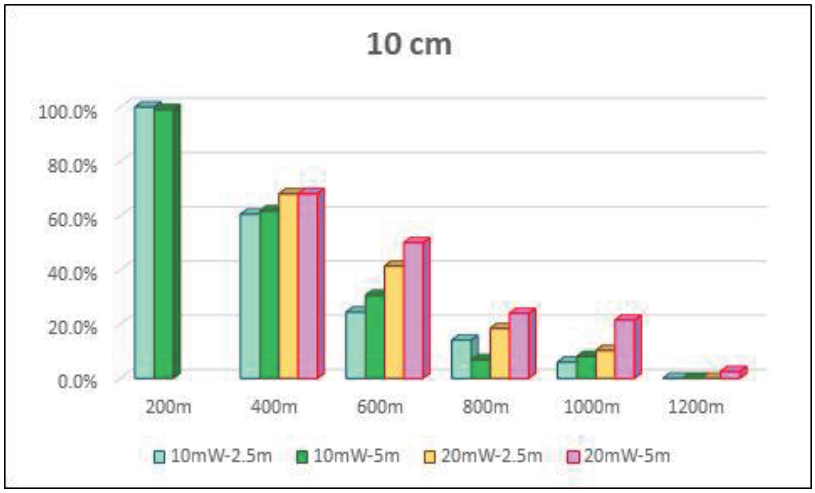


그림 22. 어선원위치발신장치 10㎝ 높이 거리별 데이터 수신율 재측정 결과

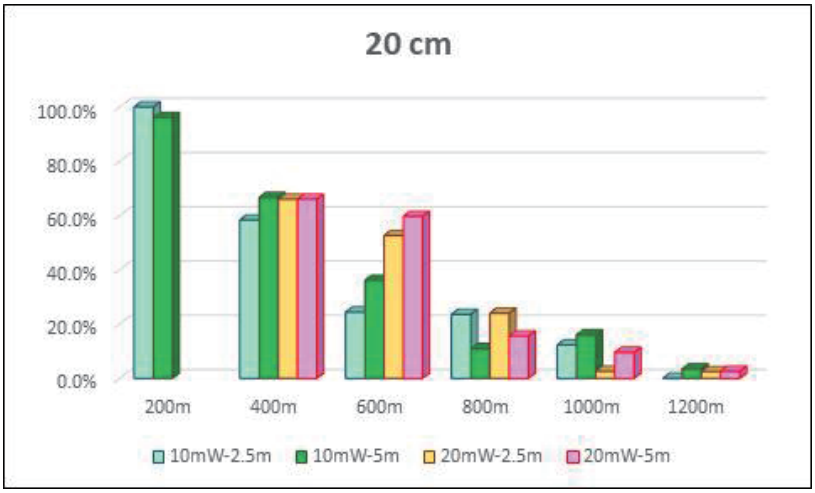


그림 23. 어선원위치발신장치 20㎝ 높이 거리별 데이터 수신율 재측정 결과

연구결과 전박적으로 실재 송신 안테나 높이와 거리별 수신율 측정결과 만족할만한 결과를 얻지 못하였다. 0㎝, 10㎝의 경우 수신율은 매우 낮았으며, 통신거리 목표치의 50%에도 미치지 못하였다. 선박이 이동하면서 수신하는 경우에는 수신율이 더 떨어졌으며, 파도가 높은 실제 조난상황의 경우에는 데이터 수신율이 더 떨어질 것으로 추정된다. 최종 검토결과 인명안전장비는 소출력으로는 현 시점에서 사용이 불가할 것으로 판단된다.

제3절 해상업무용 무선설비 기술기준 개선 연구

앞에서 언급하였듯이 해상분야 선진국은 자국의 선박 및 무선기기의 보호 및 수출 등을 위하여 국제표준을 주도하고 있으며, 매년 국제표준 및 기술기준을 바꾸어 후발국들이 국제시장에 접근할 수 없도록 하는 상황이다. 현재 국립전파연구원에서는 국제표준을 선도하려고 하고 있으나 국내 기술개발이 선진국수준보다는 부족한 상황으로 일부 무선국을 제외하고는 국제표준을 따르거나 우리나라 산업체가 국제표준에 못미쳐 있는 상황일 경우 국제표준 개정을 지연시키는 정도이다. 우리나라가 조선분야에 있어서는 선진국 수준이나 대형선박에 들어가는 무선국은 우리나라 제품이 설치되지 못하고 있는 현실을 감안할 때, 시급히 관련분야 육성을 할 필요가 있다고 하겠다.

본 연구에서는 현재까지 개정된 국제표준과 국내 민원기관을 반영하여 총 7건의 무선국에 대한 기술기준 개정(안)을 마련하였다. 여전히 제조사별 의견차이, 산업체의 역량부족, 국립전파연구원의 현실적 측정 불가 등의 문제로 일부 내용은 최종 결론은 도달하지 못한 상황이다. 각 개정(안)을 보 보고서에 담을 경우, 추후 논란의 여지가 있을 수 있으므로 최종 개정(안)이 마련되는 2023년 연구보고서에 개정내용을 모두 설명하도록 하고 올해는 주요 개정내용에 대하여 설명하도록 하겠다. 2022년 산·학·연·관 전문가로 구성된 연구반을 총 5회 운영하여 개정(안) 마련 연구를 수행하였다. 해상업무용 무선설비의 기술기준 제14조의2 선상통신국은 채널간격에 대한 점유주파수 대역폭이 정의되어 있지 않아 시험 등에 어려움이 있어 이에 대한 규정을 명확화하였다. 즉, 채널간격 25㎑를 사용하는 아날로그 송신장치는 점유주파수를 16㎑, 채널간격 12.5㎑를 사용하는 아날로그 송신장치는 점유주파수를 8.5 ㎑로 개정하려한다. 해외에서는 선상통신국을 UHF대역만 사용하고 있고 VHF주파수는 삭제하여야 한다는 의견이 있어 이를 논의 하였으나 현재 우리나라에서는 도선사 등이 사용하고 있어 관련 현황 파악 및 개선방안 마련될 때까지 재 검토하고 2023년 개정시에는 채널간격 부분만 개정하도록 하려고 한다. 고시 개정에는 행정예고부터 규제설명까지 해야하고 한 부분만 개정할 수 없어 우선 주파수 지정·관리지침을 개정하였다. 이를 위하여 선상통신국 전파형식이 점유주파수 대역폭의 허용치가 아닌 채널간격으로 표시 하였으며, 기존 F(G)3E, F1D에서 아날로그 및 디지털을 모두 송신할 수 있도록 F(G)3E, F(G)1D, F(G)1E으로 확장하였다. 이는 ITU

무선 전파규칙 5.287, ITU-R M.1174-4, 해상업무용 무선설비의 기술기준 별표 39, 무선설비규칙 제6조에 따라 수정한 것이다. 디지털 선택호출장치 관련하여서는 국제표준 문서인 ITU-R권고 M.493-15가 개정되어 이를 국내 기술기준에 반영하는 것이 주요 이슈였다. 개인 익수자 조난 시 위치발신(제5조) 및 신속한 조난 신호 송수신을 위하여 휴대용 장치 추가(제7조) 개정이 주를 이룬다.

[표 14] 디지털 선택호출장치 기능

구분		VHF-DSC				MF/HF-DSC				종별-H DSC		종별-M DSC		해안국용 DSC	
		종별-A		종별-D		종별-A		종별-E							
		송신	수신	송신	수신	송신	수신	송신	수신	송신	수신	송신	수신	송신	수신
조난경보		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○
조난응답		○	○	-	○	○	○		○	-	○	-	○	○	○
조난경보 취소		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○
개별 선박 대상 조난경보 중계		○	○	-	○	○	○	-	○	-	-	-	-	○	○
전체 선박 대상 조난경보 중계		○	○	-	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-	V
해역지정 조난경보 중계		-	○	-	○	○	○	-	○	-	-	-	-	M	○
개별 조난경보중계에 대한 응답		○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	-	○	○	○
긴급 및 안전 호출	전체선박 대상	○	○	○	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	V
	해역지정	-	-	-	-	○	○	○	○	-	-	-	-	M	M
	개별선박 호출응답	○	○	-	○	○	○	-	○	-	○	-	-	○	○
	위치정보 호출	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	-
	위치정보호출에 대한 응답	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○
일반 개별호출 및 응답		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○
일반 그룹호출		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○

V : VHF-DSC에 한정함

M : MF/HF-DSC에 한정함

해상업무용 무선설비규칙 제8조 수색구조용 위치정보 송신장치는 국제표준에 비하여 국내 기술기준이 다소 강화되어 있어 수입제품에 차별이 있다는 민원 있어 관련 산업체의 동의를 얻어 국제표준 수준으로 완화하도록 결정하였다. 개정내용은 아래와 같다.

[표 15] 수색구조용 위치정보수신장치(제8조) 개정(안)

제8조(수색구조용위치정보송신장치) ① 수색구조용레이다트랜스폰더의 기술기준은 다음 각 호와 같다. ② **(선박자동식별기능을 이용하는 수색구조용 송신기)** 선박자동식별기능을 이용하는 수색구조용 송신기의 기술기준은 다음 각 호와 같다. 1. 공통조건 2. 송신장치의 조건 바. **스퓨리어스 발사의 허용치**는 다음 조건을 만족할 것 (1) 9㎑ 이상 1㎓ 이하에서 평균전력은 -36dBm 이하일 것 --> 삭제 (2) 1㎓ 이상 4㎓ 이하에서 평균전력은 -30dBm 이하일 것 --> 삭제 (3) 아래 대역에서는 25㎲ 이하일 것 - 108㎒ 이상 137㎒ 이하 - 156㎒ 이상 161.5㎒ 이하 - 406.0㎒ 이상 406.1㎒ 이하 --> 유지 - 1525㎒ 이상 1610㎒ 이하

해상업무용 무선설비의 기술기준 제10조 인말새트선박지구국은 현실적인 시험이 불가능 항목 등이 있어 이를 “위성통신사에서 입증하는 형식승인 인증서 및 시험성적서를 갖출 것”으로 규제 완화하고 이리듐위성이 국제 조난서비스를 위한 의무장비인 위성 수신국으로 승인됨에 따라 제10조를 인말새트선박지구국에서 위성선박지구국으로 명칭을 개정하려고 한다. 상세 기술 개정(안)은 생략하도록 하겠다. 해상업무용 무선설비의 기술기준 제11조 위성 비상위치 지시용 무선표지설비는 GPS내장 및 선박자동식별장치기능을 의무적으로 갖추도록 국제표준이 개정됨에 따라 관련 내용 추가하도록 개정할 예정이며 제26조 자율해상무선기기는 국제표준이 메시지 내용 등 대폭 수정되고 무선국 허가와 관련 주파수 지정지침과 연계하여 개정에 어려움이 있으나 관련 산업체가 개발하고 판매할 수 없는 상황이어서 2023년 우선 개정하고 추후 수정된 내용은 다시 개정할 예정이다. 제18조 선박국용 레이다는 마그네트론과 SSPA레이다 간섭문제, 중심주파수 및 점유대역폭 등 검토하여야 할 내용이 많아 2023년 계속하여 연구를 수행할 예정이다.

제4절 소결

본 장에서는 해상 인명안전 최소화를 위한 인명 구조장비에 대한 성능측정 및 분석결과를 보였고 국제표준을 바탕으로 해상업무용 무선설비의 기술기준 개선방안 연구결과를 설명하였다. 인명구조장비 성능측정 분석결과 소출력으로는 사용이 불가하였으며, 향후 편의성 중심에서 성능 중심으로 전환이 필요하고 2023년

조난장비 관련 협의체를 구성하여 인명안전 가능 주파수 발굴 및 성능 개선 추진이 필요할 것으로 보이며 해상 미래 발전을 위한 대안 마련이 필요하다 하겠다.

5G

국립전파연구원
National Radio Research Agency

제3장

항공기의 안전한 무선항행을 위한 기술기준 개선방안 연구

National
Radio
Research
Agency

제3장 항공기의 안전한 무선항행을 위한 기술기준 개선방안 연구

제1절 연구의 배경

민간항공시장은 국제적으로 미국, 유럽 내 일부 선진국이 관련 산업을 주도하고 있고, 국내는 항공 산업은 초기 단계로 군용 항공기를 중심으로 발전되고 있으며 최근 군용 항공기를 개량하여 산림, 소방, 경찰 등에 민간용으로 항공기를 공급한 바 있다.

이에 따라 그동안 국내 항공 산업의 발전 속도가 더뎌 항공 무선설비 관련 규제의 적용이 활발하지 않음에 따라 항공업무용 무선설비의 기술기준에 대한 검토가 부족한 측면이 있어 이 부분에 대한 개선 필요성이 증대되었고, 국립전파연구원은 전파 혼신을 방지하고 주파수 효율성을 제고하기 위해 2020년부터 국제표준과 부합성 강화, 불필요한 항목 삭제 등 전파품질 항목을 중심으로 항공업무용 무선설비의 기술기준을 정비하여 왔다.

2020년 단파대 및 초단파 무선전화를 시작으로 2021년 비상위치지시용 무선표지설비, 자동방향탐지기, 무지향표지시설 등을 정비하였다.

본 연구에서는 2022년 수행한 항공기 착륙에 필요한 계기착륙시설과 방위정보를 항공기에 제공하는 전방향표지시설 등 항공무선항행 관련 무선설비에 대한 기술기준 개선방안을 마련하였다.

제2절 항공무선항행시설 개정안

1. 시스템 개요

계기착륙시설(ILS, Instrument Landing System)은 착륙하는 항공기에 수평, 수직 및 착륙지점까지의 거리를 알려주는 시설로 방위각(수평)을 제공하는 로칼라이저(Localizer), 활공각(수직) 정보를 제공하는 글라이드패스(Glide Path) 및 활주로 말단까지의 거리 정보를 제공하는 마아커비콘(Maker Beacon)으로 이루어져 있다.

로컬라이저는 108.1 ㎒ ~ 111.95 ㎒의 주파수를 사용하며 90 ㎐ 및 150 ㎐ 변조신호에 따라 진폭변조된 합성전계특성을 가지며, 활주로 좌측에는 90㎐에 의한 변조도가 150 ㎐에 의한 변조도보다 크며, 우측에서는 그 반대로 전파를 발사하여 이를 수신하는 항공기는 수평 방위각 정보를 알 수 있다.

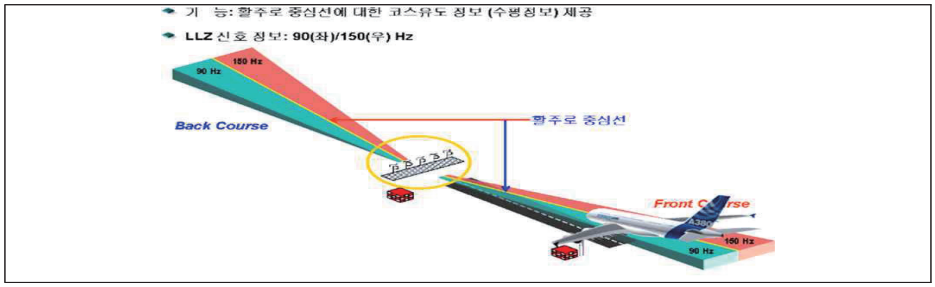


그림 24. 로컬라이저

글라이드패스는 328.6 ㎒ ~ 335.4 ㎒의 주파수를 사용하며 로컬라이저와 같이 90 ㎐ 및 150 ㎐ 변조신호에 따라 진폭변조된 합성전계특성을 가지며, 설계상의 글라이드패스와 수평면의 각도(통상 3°) 상측에는 90㎐에 의한 변조도가 150 ㎐에 의한 변조도보다 크며, 하측은 그와 반대의 전파를 발사하여 항공기에 수직 활공각 정보를 제공한다.

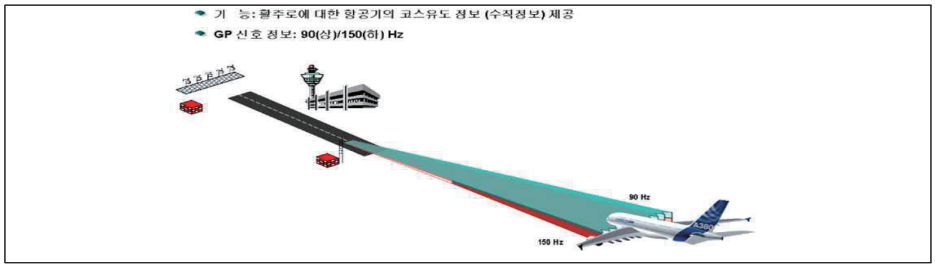


그림 25. 글라이드패스

마아커비콘은 75 ㎒의 주파수를 사용하여 내측, 중앙, 외측 3개 지점에서 각각 수직으로 400 ㎐, 1,300 ㎐, 3,000 ㎐으로 변조된 신호를 발사하여, 항공기에 거리 정보를 제공한다.

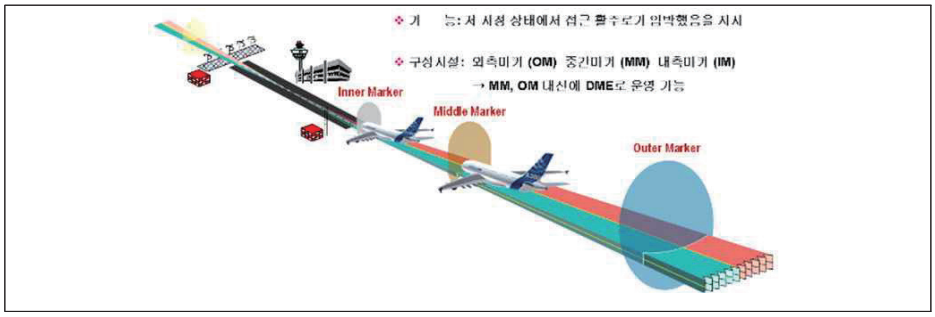


그림 26. 마아커비콘

2. 국내 기술기준 및 국제표준 현황

계기착륙시설에 대한 국내 기술기준은 과학기술정보통신부 국립전파연구원 고시 제2021-14호 「항공업무용 무선설비의 기술기준」제16조와 국토교통부 고시 제2022-786호 「항행안전무선시설의 설치 및 기술기준」제2장 항행안전무선시설 세부 기술기준 4.1 계기착륙시설(ILS)이 있다.

[표 16] 계기착륙시설 관련 국내 기술기준

구분	과기정통부	국토부
고시/조항	항공업무용 무선설비의 기술기준 16조 계기착륙시설	항행안전무선시설의 설치 및 기술기준 제2장(항행안전무선시설의 세부 기술기준) 4.1 계기착륙시설(ILS)

계기착륙시설에 대한 국제 표준은 국제민간항공기구(ICAO)의 부속서 10 (항공통신) Volume Ⅰ(무선항행) 3.1 계기착륙시설이 있다.

[표 17] 계기착륙시설 관련 국제 표준

구분	국제민간항공기구
표준명/조항	ICAO 부속서 10(Volume Ⅰ) 3.1(ILS)

전파품질 관련, ICAO 표준을 보면 계기착륙시설 로컬라이저의 경우 108 ㎒ ~ 111.95 ㎒ 대역의 주파수를 사용하며, 반송파가 1개인 경우와 2개인 경우 각각 주파수허용편차는 ±0.005%(지정주파수X50X10^{-6}), ±0.002%(지정주파수X20X10^{-6}) 이내이어야 하며, 반송파의 주파수 간격은 5 ㎑ 보다 작거나 14 ㎑ 보다 커서는 안되며, 로컬라이저 시설의 만족스러운 운용을 위해 운용범위 내 전계강도는 40μV/m^2 이상이어야 한다.

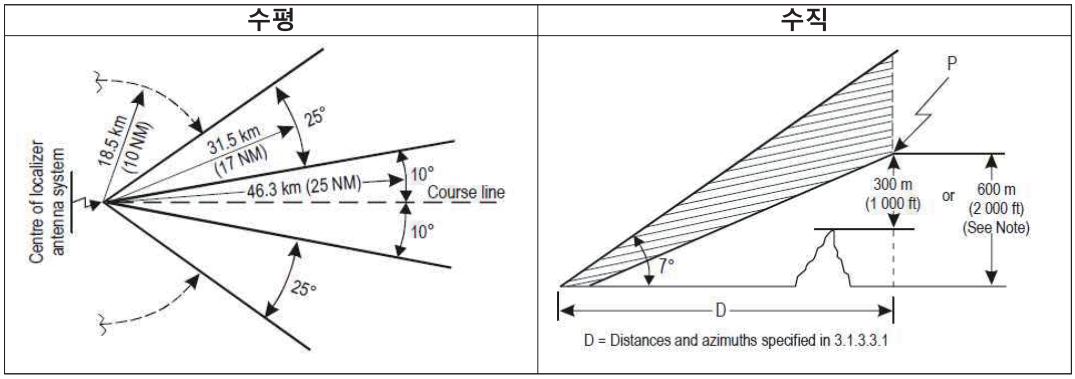


그림 27. 로컬라이저 운용범위(출처 : ICAO, Annex 10)

90 ㎐ 및 150 ㎐의 변조신호로 반송파를 변조하며 변조도는 18% ~ 22% 이내에 있어야 하고 주파수허용편차는 ±2.5% 이내, 고조파는 10 %를 초과할 수 없다. 변조신호의 위상 특성은 다음과 같다.

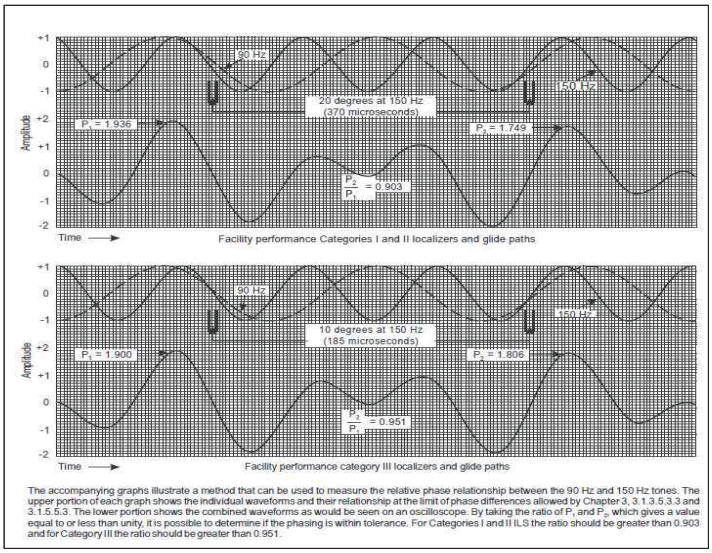


그림 28. 로컬라이저 및 글라이드패스 변조신호 위상특성(출처 : ICAO, Annex 10)

로컬라이저 식별신호의 변조신호는 1,020 ㎐(±50 ㎐)으로 A2A 변조방식을 사용하고 그 변조도는 5% ~ 15% 이어야 한다. 수신장비는 VHF 방송신호에 따라 야기되는 3차 상호변조로부터 발생된 신호에 대하여 다음의 내성성능을 제공해야 한다.

[표 18] VHF 방송신호의 3차 상호변조에 대한 내성성능

107.7 ~ 108㎒	$2N_1 + N_2 + 72 \le 0$
107.7㎒ 이하	$2N_1 + N_2 + 3(24 - 20\log\frac{\Delta f}{0.4}) \le 0$
* N1, N2 : 로컬라이저 수신기 입력단에서 2개의 VHF FM 음성 방송 신호(dBm) * $\triangle f = 108.1 - f_1$, f_1 : 108.1㎒에 가까운 VHF FM 음성 방송 신호(N_1)	

또한, 주파수 대역별 최대 레벨의 VHF FM 방송신호에 대하여 다음과 같이 내성 성능을 가져야 한다.

[표 19] 로컬라이저의 VHF 방송신호에 대한 내성 성능

Frequency(㎒)	Maximum level of unwanted signal at receiver input(dBm)
88 - 102	+15
104	+10
106	+5
107.9	-10

글라이드패스는 로컬라이저와 마찬가지로 반송파가 1개인 경우와 2개인 경우 각각의 주파수허용편차는 ±0.0005%(지정주파수X50X10^{-6}), ±0.0002%(지정주파수X20X10^{-6}) 이내이어야 하며, 글라이드패스의 만족스러운 운용을 위해 운용범위 내 전계강도는 400μV/m^2 이상이어야 한다.

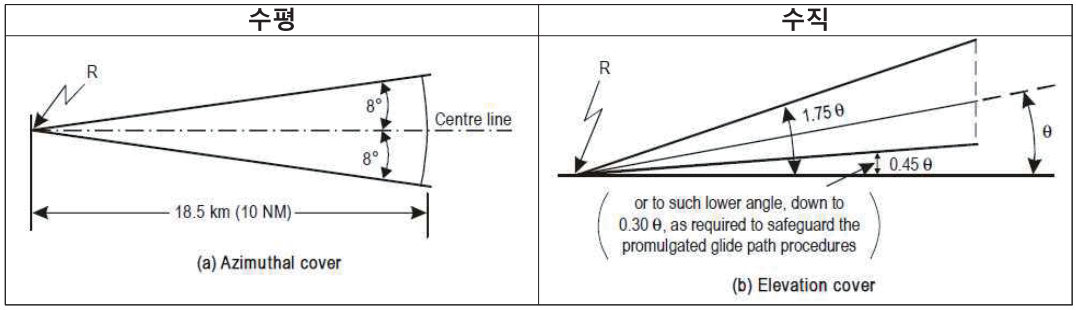


그림 29. 글라이드패스 운용범위

90 Hz 및 150 Hz의 변조신호로 반송파를 변조하며 변조도는 18% ~ 22% 이내에 있어야 하고 주파수허용편차는 ±2.5% 이내, 고조파는 10 %를 초과할 수 없다. 변조신호의 위상 특성은 그림 28과 같다.

마아커비콘의 주파수허용편차는 ±0.0005%(지정주파수X50X10^{-6}) 이내이어야 하며, 운용범위 내 전계강도는 3mV/m^2, 운용범위 양단의 전계강도는 1.5mV/m^2 이상 이어야 한다. 마아커비콘의 운용범위는 로컬라이저와 글라이드패스 코스라인 상에서 다음과 같다.

[표 20] 마아커비콘 운용범위

내측마아커	150m ± 50m
중앙마아커	300m ± 100m
외측마아커	600m ± 200m

변조신호는 내측마아커 3,000Hz, 중앙마아커 1,300Hz, 내측마아커 400Hz 이며, 주파수허용편차는 ±2.5%, 변조도는 95% ± 4%, 고조파 함유율은 15% 이하이다.

3. 기술기준 개선방안

전방향표지시설의 전파품질 항목에 관하여 국제표준(ICAO)과 부합화하는 방향으로 기술기준 정비안을 마련하였다. 검토결과「항공업무용 무선설비의 기술기준」과 ICAO 표준을 따르고 있으나, 주파수허용편차와 운용범위 내 전계강도가 일부 포함되어 있지 않거나 별표에 표시되어 있어 관계자들이 이를 잘 이해할 수 있도록 이를 다음과 같이 본문에 반영하였다.

[표 21] 계기착륙시설의 기술기준 개선방안

제16조(계기착륙시설)

1. 로컬라이저

마. 송신설비의 조건

구 별	조 건
주파수허용편차	1개의 반송파 주파수를 사용하는 경우 : ±(지정주파수×50×10^{-6}) 이내 2개의 반송파 주파수를 사용하는 경우 : ±(지정주파수×20×10^{-6}) 이내
전계강도	유효범위 내 40 μV/m 이상

2. 글라이드패스

라. 송신설비의 조건

구 별	조 건
주파수허용편차	1개의 반송파 주파수를 사용하는 경우 : ±(지정주파수×50×10^{-6}) 이내 2개의 반송파 주파수를 사용하는 경우 : ±(지정주파수×20×10^{-6}) 이내
전계강도	유효범위 내 400 μV/m 이상

3. 마아커비콘

나. 송신설비의 조건

구 별	조 건
주파수허용편차	1±(지정주파수×50×10^{-6}) 이내
전계강도	유효범위 내 : 3mV/m 이상 유효범위 양단 : 1.5mV/m 이상

제3절 전방향표지시설 개정안

1. 시스템 개요

전방향표지시설(VOR, VHF Omni-directional Range)은 계기착륙시설의 로컬라이저와 동일한 주파수를 사용하며, 기준신호와 가변신호의 위상차를 이용하여 항행 중인 항공기에 방위각 정보를 제공한다.

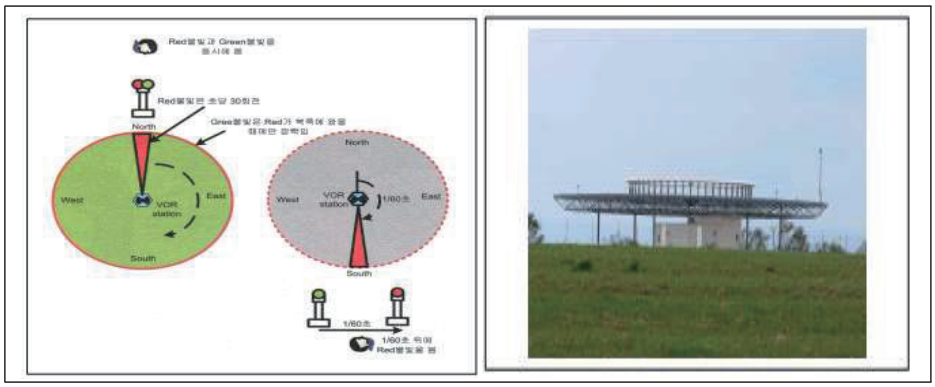


그림 30. 전방향표지시설

2. 국내 기술기준 및 국제 표준 현황

전방향표지시설에 대한 국내 기술기준은 과학기술정보통신부 국립전파연구원고시 제2021-14호 「항공업무용 무선설비의 기술기준」제17조와 국토교통부고시 제2022-786호 「항행안전무선시설의 설치 및 기술기준」제2장 항행안전무선시설 세부 기술기준 2. 전방향표지시설(VOR)이 있다.

[표 22] 전방향향표지시설 관련 국내 기술기준

구분	과기정통부	국토부
고시/조항	항공업무용 무선설비의 기술기준 17조 전방향표지시설	항행안전무선시설의 설치 및 기술기준 제2장(항행안전무선시설의 세부 기술기준) 2. 전방향표지시설(VOR)

전방향표지시설에 대한 국제표준은 국제민간항공기구(ICAO)의 부속서 10(항공통신) Volume Ⅰ(무선항행) 3.3 이 있다.

ICAO 표준에서 전방향표지시설의 주파수허용편차는 채널간격이 50㎑인 경우 ±0.005%, 채널간격이 100㎑ 또는 200㎑인 경우 ±0.002%이내 이어야 하며, 항공기 수신기가 만족스럽게 작동하기 위해 운용범위 내 전계강도는 90 μV/m 이상 되어야 한다. 전방향표지시설은 항공기 시설에서 운용상 이유로 요구되는 고도 및 거리, 수직 40도까지 만족스럽게 작용될 수 있도록 신호를 제공해야 한다.

[표 23] 전방향표지시설의 주파수허용편차 및 전계강도

구분	주파수허용편차	운용범위 내 전계강도
전방향표지시설	채널간격 50㎑ : ±0.005% 이내 채널간격 100㎑ 또는 200㎑ : ±0.002% 이내	90μV/m 이상

전방향표지시설의 반송파는 30㎐에 의해 주파수변조되고, 변조지수가 16±1인 일정진폭을 가진 9,960㎐의 부반송파와 30㎐ 진폭변조의 두가지 신호가 진폭변조 되어야 한다. 주파수변조된 부바송파의 30㎐ 성분은 Conventional VOR에서는 방위에 관계없이 고정된 기준위상신호이며, Doppler VOR에서의 위상은 방위에 따라 변하는 가변위상신호이다. 30㎐의 진폭변조 성분은 Conventional VOR에서는 방위에 따라 위상이 가변위상신호이며, Doppler VOR에서는 방위에 관계없이 위상이 일정한 기준위상신호가 된다.

가변위상 및 기준위상 변조주파수 30㎐와 부반송파주파수 9,960㎐의 주파수 허용편차는 ±1% 이내가 되어야 하고, 50㎑ 채널일 경우 9,960㎐의 고조파 강도는 다음 수준을 초과하지 않아야 한다.

[표 24] 9,960㎐ 고조파 강도

Subcarrier	Level
9,960Hz	0dB(reference)
2nd harmonic	-30dB
3rd harmonic	-50dB
4th harmonic and above	-60dB

전방향표지시설의 수신장비는 VHF 방송신호에 따라 야기되는 3차 상호변조로부터 발생된 신호에 대하여 다음의 내성성능을 제공해야 한다.

[표 25] VHF 방송신호의 3차 상호변조에 대한 내성성능

107.7 ~ 108㎒	$2N_1 + N_2 + 72 \le 0$
107.7㎒ 이하	$2N_1 + N_2 + 3(24 - 20\log\frac{\Delta f}{0.4}) \le 0$
* N1, N2 : 전방향표지시설 수신기 입력단에서 2개의 VHF FM 음성 방송 신호(dBm) * $\triangle f = 108.1 - f_1$, f_1 : 108.1㎒에 가까운 VHF FM 음성 방송 신호(N_1)	

또한, 주파수 대역별 최대 레벨의 VHF FM 방송신호에 대하여 다음과 같이 내성 성능을 가져야 한다.

[표 26] 전방향표지시설의 VHF 방송신호에 대한 내성 성능

Frequency(㎒)	Maximum level of unwanted signal at receiver input(dBm)
88 - 102	+15
104	+10
106	+5
107.9	-10

3. 기술기준 개선방안

전방향표지시설의 전파품질 항목에 관하여 국제표준(ICAO)과 부합화하는 방향으로 기술기준 정비안을 마련하였다. 검토결과「항공업무용 무선설비의 기술기준」과 ICAO 표준을 따르고 있으나, 주파수허용편차와 운용범위 내 전계강도가 포함되어 있지 않아 이를 다음과 같이 반영하였다.

[표 27] 전방향표지시설의 기술기준 개선방안

제17조(전방향표지시설)
2. 송신설비의 조건

구 분	조 건
가. 주파수허용편차	
(1) 채널간격 50㎑	±(지정주파수×20×10^{-6}) 이내
(2) 채널간격 100㎑	±(지정주파수×50×10^{-6}) 이내
(3) 채널간격 200㎑	
나. 전계강도	유효범위 내 90μV/m 이상

제4절 소결

항공업무용 무선설비는 전 세계 국가를 넘나드는 글로벌 운용 특성상 국제적으로 공통된 규제 체계로 관리되어야 하며, 특히 항공무선항행 무선설비는 항공기의 안전과 직결된 무선설비로 전파 혼신을 방지하여 항공 안전을 확보하여야 한다.

계기착륙시설 및 전방향표지시설 등 항공무선항행 무선설비에 대해 국제민간항공기구의 부속서 10을 검토한 결과 현 기술기준은 대체적으로 국제표준을 따르고 있는 것을 확인하였다. 다만, 전파품질 관련하여 주파수허용편차 및 운용범위 내 전계강도가 현 기술기준에 포함되어 있지 않아 이를 반영하여 국제표준과 부합성을 강화하는 방향으로 기술기준 개정안을 마련하였다.

본 연구를 통하여 계기착륙시설 및 전방향표지시설 등 항공무선항행 무선설비에 대해 국제표준 부합성을 강화한 기술기준 개정안을 마련함으로써, 항공무선설비의 안전한 주파수 이용을 보장하고 혼·간섭을 방지하여 항공무선항행의 안전성 강화에 기여할 것이다.

5G

국립전파연구원
National Radio Research Agency

제4장
드론탐지레이다의 기술기준(안) 마련 연구

National
Radio
Research
Agency

제4장 드론탐지레이다 기술기준(안) 마련 연구

제1절 연구의 배경

국내 드론 사용이 많아지면서 국가 주요시설 보호용 드론탐지레이다의 도입 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 이에 따라 과학기술정보통신부는 2021년 1월 드론탐지레이다 이용 가이드라인을 마련하였다. 가이드라인에는 다양한 레이다가 공동으로 사용하고 있는 주파수 대역 내에서 드론탐지레이다의 효율적인 이용을 위해 주파수 권고 대역과 이용 조건을 정하였다.

드론탐지레이다 이용 가이드라인이 마련됨에 따라 국내 공공기관들의 드론탐지레이다 도입·운용 절차가 일부 간소화되었다. 이에 따라 드론탐지레이다 도입이 증가할 것으로 예상되어, 국내 주파수의 효율적 활용을 위한 기술적 조건을 마련해야 할 필요성이 제기되었다. 또한 드론탐지레이다 이용을 위한 기술기준 및 시험인증 관련 민원이 지속적으로 제기되어 드론탐지레이다의 기술적 조건 마련과 기술기준 제정의 필요성이 제기되었다.

이에 따라 2021년 무선탐지업무용 레이다 기술기준 연구반을 운영하여 드론탐지레이다의 이론적 기술적 조건을 마련하였다. 2022년에는 마련된 드론탐지레이다의 이론적 기술적 조건을 국내외 제품에 적용 가능한지 확인 시험 및 관련 연구를 수행하였다. 본 장에서는 드론탐지레이다 기술기준 초안과 시험결과에 대하여 설명하고자 한다.

제2절 드론탐지레이다 이론적 기술적 조건

1. 드론탐지레이다 개요

드론탐지레이다는 공항 등 주요 지역에 설치하여 해당 지역에 접근하는 드론을 탐지하기 위한 무선설비이다. 드론을 탐지하는데 이용되는 기술로는 레이다 이외에도 전자광학·적외선 센서(EO/IR), RF스캐너, 음향센서 등의 다양한 기술이 있으나, 레이다 기술은 다른 센서에 비해 고비용지만 기상환경에 의한 성능 감소의 영향을 적게 받으며 더 넓은 탐지거리를 확보할

수 있다는 장점이 있다. 이에 따라 다수의 안티드론 시스템이 탐지 장비로 드론탐지레이다를 채택하고 있다.

드론탐지레이다는 탐지 드론의 거리 및 위치뿐만이 아니라 동시에 속도 정보도 탐지할 수 있도록 주파수 변조 연속파(FMCW) 또는 선형 주파수 변조 펄스파(Pulsed LFM) 형태를 채용하는 경우가 대부분이다. 이 중 선형 주파수 변조 펄스파 방식 레이다의 경우 근·원거리 모두에서 탐지 성능을 확보할 수 있도록 단일 펄스보다는 펄스 폭이 다른 다중 펄스를 발사하는 경우가 많다.

이에 따라 2021년부터 시행 중인 드론탐지레이다 주파수 이용 가이드 라인에는 주파수 변조 연속파(FMCW) 방식과 선형 주파수 변조 펄스파 방식에 대한 주파수와 안테나 공급전력이 규정되어 있다. 드론탐지레이다의 이론적 기술적 조건은 드론탐지레이다 주파수 이용 가이드라인에 근거하여 국내외 드론탐지레이다의 주요 제원을 조사하고 주요 국제 기술기준에 대해 연구한 결과이다.

2. 드론탐지레이다 이론적 기술적 조건

[표 28] 드론탐지레이다용 무선설비의 기술적 조건(안)

항목	주요 내용	근거
주파수 대역	ㅇ 8.5~8.6㎓ ㅇ 15.7~17.2㎓	ㅇ 드론탐지레이다 주파수 이용 가이드라인
스퓨리어스 영역 불요발사	ㅇ 지정주파수의 첨두포락선전력에 대해 43+10log(PX)[dB] 또는 60dB 중 덜 엄격한 값 이하일 것	ㅇ 무선설비규칙 ㅇ ITU 전파규칙
안테나공급전력 및 절대이득	ㅇ 8.5~8.6㎓, 펄스방식: 200W(첨두전력) 이하, 23dBi ㅇ 8.5~8.6㎓, 주파수 변조 연속파(FMCW) 방식: 40W(평균전력) 이하, 26dBi ㅇ 15.7~17.2㎓, FMCW 방식: 40W(평균전력) 이하, 29dBi ㅇ 등가등방복사전력(EIRP)*을 일정하게 유지할 시 안테나공급전력 또는 이득을 기준치 이상으로 할 수 있음 * 안테나공급전력과 절대이득의 곱	ㅇ 드론탐지레이다 주파수 이용 가이드라인 (탐지성능 고려)

항목	주요 내용	근거
발사전파의 최대 주파수 편이	ㅇ 8.5~8.6㎓: ±33㎒ ㅇ 15.7~17.2㎓: ±400㎒	ㅇ 8.5~8.6㎒ 대역에서 -20dB 대역폭이 권고대역폭을 초과하지 않도록 결정
점유주파수 대역폭 (-20dB 대역폭)	ㅇ 8.5~8.6㎓, 펄스방식 - 펄스 폭 4㎲ 이상: 최대 주파수 편이의 280% 이내 - 펄스 폭 4㎲ 미만: 최대 주파수 편이의 300% 이내 ㅇ 8.5~8.6㎓, 주파수 변조 연속파(FMCW) 방식: 최대 주파수 편이의 220% 이내 ㅇ 15.7~17.2㎓, FMCW 방식: 최대 주파수 편이의 220% 이내	ㅇ 각 기관 레이다 스펙트럼마스크 측정 결과 참고 ㅇ 8.5~8.6㎒ 대역에서 -20dB 대역폭이 권고대역폭을 초과하지 않도록 결정
-40dB 대역폭	ㅇ 8.5~8.6㎓, 펄스방식 - 펄스 폭 4㎲ 이상: 최대 주파수 편이의 450% 이내 - 펄스 폭 4㎲ 미만: 최대 주파수 편이의 500% 이내 ㅇ 8.5~8.6㎓, 주파수 변조 연속파(FMCW) 방식: 최대 주파수 편이의 240% 이내 ㅇ 15.7~17.2㎓, FMCW 방식: 최대 주파수 편이의 240% 이내	ㅇ 각 기관 레이다 스펙트럼마스크 측정 결과 참고
스퓨리어스 영역까지의 불요발사	40+(20, 30, 40)log(2ΔF/B_{-40})[dB] 이하 (ΔF는 중심주파수에 대한 주파수 이격, B_{-40}은 -40dB 대역폭)	ㅇ ITU-R 권고 SM.1541-6 ㅇ NTIA RSEC
스퓨리어스 영역 경계	중심주파수로부터의 주파수 이격이 -40dB 대역폭의 500%가 되는 지점 이내	ㅇ ITU-R 권고 SM.1541-6 ㅇ NTIA RSEC ※ 스퓨리어스 불요발사 한계 -60dB 기준이며, -20dB/decade roll-off 적용
주파수 허용편차	ㅇ 8.5~8.6㎓: 기준주파수의 1250×10^{-6} ㅇ 15.7~17.2㎓: 기준주파수의 2500×10^{-6}	ㅇ 무선설비규칙 ㅇ ITU 전파규칙

[표 29] 드론탐지레이다 주파수 이용 가이드라인(2021.1.1. 시행)

드론탐지레이다 주파수 이용 가이드라인

□ **목적**

- 본 가이드라인은 드론탐지레이다 주파수 이용 시의 기본 준수사항을 안내하여 드론탐지레이다 주파수의 효율적인 이용 지원을 목적으로 함

□ **용어의 정의**

- "드론탐지레이다"란 전자기파를 보내고 반사 신호를 받아 드론의 거리, 위치, 이동속도 등 표적정보를 확인하는 무선설비

□ **주파수 이용 준수사항**

- 주파수 대역, 무선국종별 안테나 공급전력 등은 다음과 같음

일련번호	주파수	무선국종별 안테나공급전력	안테나 절대이득	사용 지역	사용자
1	8.5~8.6㎓	무선탐지육상국 : 200W이하(Pulse방식)	23dBi이하	전국	국가기관 지방자치단체 공공기관
		무선탐지육상국 : 40W이하(FMCW방식)	26dBi이하		
2	15.7~17.2㎓	무선탐지육상국, 무선탐지이동국 : 40W이하(FMCW방식)	29dBi이하		국가기관 지방자치단체 공공기관 법인

- 8.5~8.6㎓ 대역은 국가기관, 지방자치단체, 공공기관이 고정형 드론탐지레이다에 한해 전국적으로 이용할 수 있음
- 15.7~17.2㎓ 대역은 국가기관, 지방자치단체, 공공기관, 법인이 고정형 드론탐지레이다를 이용할 수 있으며, 국가기관에 한해 이동형 드론탐지레이다를 이용할 수 있음
- 「군사기지 및 군사시설 보호법」에 따른 군사기지 및 군사시설 인근 5km 이내에서는 드론탐지레이다 운용을 금지함. 다만, 불가피하게 설치가 필요할 경우 인근 군사기지 및 군사시설과 혼·간섭 문제해결 등을 위한 사전 협의를 거쳐 그 결과를 제출해야 함
  ※ 인근 군사기지 및 군사시설 유무는 각 중앙전파관리소 지소에서 확인 및 통지
- 이 외에 타 대역을 이용하고자 하거나 더 높은 실효복사전력을 사용하고자 하는 경우에는 과학기술정보통신부와 사전 협의해야 함
- 국가기관, 지방자치단체, 공공기관이 드론탐지레이다를 설치하고자 하는 경우에는 전파법 제18조의6에 따라 공공용 주파수 이용계획을 제출하고 적정성 평가를 받아야 함
- 정부의 주파수 이용 정책의 변경이 있는 경우 또는 다른 무선국에 혼신을 야기하는 경우 과학기술정보통신부의 조치를 따라야 함

□ **시행일**

- **가이드라인 시행 : '21. 1. 1.**
- 재검토 기한 : 해당 가이드라인은 '21. 1. 1.을 기준으로 매 2년이 되는 시점(매 2년째의 12.31.까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 취함

제3절 이론적 기술적 조건에 대한 확인시험 결과

드론탐지레이다 기술기준 마련을 위해서는 국내외 제품들이 기술적 조건을 만족하도록 생산할 수 있는지 확인하고 절충점을 찾는 것이 필요할 뿐만 아니라 표준 시험방법도 함께 정할 필요가 있다. 이에 따라 개발 중인 드론탐지레이다를 선정하여 기술적 조건을 확인할 수 있는 시험 절차를 연구반에서 검토한 후 확인 시험을 실시하였다.

1. 기술적 조건 확인 시험 시나리오

<table>
<tr><th>항목</th><th>필요 시험 장비</th><th>시험 시나리오</th><th>검토 결과</th></tr>
<tr><td>주파수 대역</td><td>스펙트럼 분석기, ATT</td><td>o 개별 시험항목 시험을 통해 확인</td><td></td></tr>
<tr><td>스퓨리어스 발사</td><td>스펙트럼 분석기, ATT</td><td>시험대상 기기 — ATT — 스펙트럼분석기
o 시험 대상 기기를 무변조로 동작시키고 가변 용량을 조정하여 기본파 출력을 최대로 하여 전력을 측정한다.

o 스펙트럼 분석기 설정
<table>
<tr><td>중심 주파수</td><td>반송 주파수</td></tr>
<tr><td>스윕 주파수폭</td><td>할당 주파수의 3 저조파에서 3 고조파까지 조정될 수 있도록 설정한다.</td></tr>
<tr><td>분해능 대역폭</td><td>검사 주파수에 따른 기준 대역폭 이상으로 한다
(가) 30 MHz ~ 1 GHz: 100 kHz
(나) 1 GHz 초과: 1 MHz</td></tr>
<tr><td>비디오 대역폭</td><td>분해능 대역폭의 3배 이상(일반적으로 자동 모드)</td></tr>
<tr><td>검출 모드</td><td>첨두 검출(peak detect) 모드</td></tr>
<tr><td>표시 모드</td><td>최대값 유지(max hold) 모드</td></tr>
<tr><td>스윕 횟수</td><td>10회 이상</td></tr>
</table>
o 스펙트럼 분석기로 스퓨리어스 영역 불요 발사 전력을 측정한다.
• 스펙트럼 분석기의 측정 주파수 대역폭(SPAN)을 참고문헌의 [24] ITU-R SM.329에서 규정한 전체 범위로 설정하여 스퓨리어스 영역 불요 발사 최대값을 측정한다.
• 필요한 경우, 스펙트럼 분석기의 중심 주파수를 불요 발사 최대값 주파수로 설정하고, 측정 주파수 대역폭을 줄여서 정밀 측정할 수 있다.</td><td>국내 개발 및 수입 레이다에서 무변조 신호 송출 가능 여부 검토 필요
- 제조업체에서 확인

- 무변조 신호 송출이 가능하다면 무변조 신호와 변조신호 모두 측정하여 시험 조건을 결정

- 무변조 신호 송출 불가하면 변조 신호만 측정하여 시험 조건 결정</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>안테나 공급 전력 및 절대 이득</td>
<td>스펙트럼 분석기, ATT</td>
<td>
시험대상 기기 — ATT — 스펙트럼분석기
o 시험 대상 기기를 무변조로 동작시켰을 때 그 평균 전력을 측정한다. 단, 전원을 인가한 후 송신기가 안정될 때까지의 사이(통신 시간 제한 기능을 갖는 것은 제한 시간의 사이)에 측정한다.
o 첨두 전력을 측정하는 경우에는 시험 대상 기기를 변조 조건으로 하고 스펙트럼 분석기를 사용하여 치환 측정하거나 또는 평균 전력을 변조 파형에 따라 환산하여 구한다.
o 출력이 최대가 되는 조건을 설정하여 시험 대상 기기를 동작
o 스펙트럼 분석기 설정
<table>
<tr><td>중심 주파수</td><td>반송 주파수</td></tr>
<tr><td>스윕 주파수폭</td><td>필요 주파수 대폭의 2배 ~ 3배</td></tr>
<tr><td>분해능 대역폭</td><td>필요 주파수 대폭의 50분의 1 내외</td></tr>
<tr><td>비디오 대역폭</td><td>자동</td></tr>
<tr><td>검출 모드</td><td>첨두 검출(peak detect) 모드</td></tr>
<tr><td>표시 모드</td><td>최대값 유지(max hold) 모드</td></tr>
<tr><td>스윕 횟수</td><td>단일 스윕</td></tr>
<tr><td>채널 간격</td><td>시험 대상 기기의 출력 신호가 단일 주파수 채널인 경우에는 스윕폭과 같이 하고 복수 채널인 경우에는 규정의 대역폭(또는 채널 간격)을 설정한다.</td></tr>
</table>
</td>
<td>레이다의 test 단자 제공이 필수적이므로 국내 개발 제품과 수입 제품 모두 test 단자 제공이 가능한지 검토 필요
- 제품 개발 업체에서 검토</td>
</tr>
<tr>
<td>발사전파의 최대 주파수 편이</td>
<td>스펙트럼 분석기, ATT</td>
<td>
시험대상 기기 — ATT — 스펙트럼분석기
※ 주파수 변조 시 발생하는 주파수 편이값 시험방법에 대한 논의 필요
- 시험방법 관련 의견 : 기본적으로 스펙트럼 분석기의 MAX HOLD 기능을 이용하여 최대 주파수 변조 주파수를 측정함. 측정 위치의 기준은 MAX HOLD 시 Peak 크기의 1dB 떨어지는 지점의 주파수를 최대 주파수 편이로 측정할 수 있음. 주파수 허용편차 시험과 동일한 방법으로 측정하여 최대 주파수 편이 지점을 지정할 수 있을 것으로 판단됨
</td>
<td rowspan="2">일반적인 레이다에서는 최대 주파수 편이를 측정하지 않기 때문에 최대 주파수 편이 측정을 위한 계측 장비 필요
- 전파시험인증센터, KCA의 현재 보유 장비로는 측정 불가
- 제조업체에서 최대 주파수 편이 측정 관련 절차를 정리하여 시험방법 시나리오에 포함
※ 이론상 최대주파수 편이는 chirp 대역폭의 1/2이므로 전파규칙에서 규정하고 있지않은 chirp 대역폭 대신 최대 주파수 편이로 표기함</td>
</tr>
<tr>
<td>점유주파수 대역폭 (-20dB 대역폭)</td>
<td>스펙트럼 분석기, ATT</td>
<td>
시험대상 기기 — ATT — 스펙트럼분석기
o 스펙트럼 분석기 설정
<table>
<tr><td>중심 주파수</td><td>반송 주파수</td></tr>
<tr><td>스윕 주파수폭</td><td>필요 주파수 대폭의 2배 ~ 3배</td></tr>
<tr><td>분해능 대역폭</td><td>필요 주파수 대폭의 50분의 1 내외</td></tr>
<tr><td>비디오 대역폭</td><td>자동</td></tr>
<tr><td>검출 모드</td><td>첨두 검출(peak detect) 모드</td></tr>
<tr><td>표시 모드</td><td>최대값 유지(max hold) 모드</td></tr>
<tr><td>스윕 횟수</td><td>10회 이상</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td><td>o 스펙트럼 분석기의 점유 주파수 대역폭 측정 기능을 이용하여 측정한다. 스펙트럼 분석기에 점유 주파수 대역폭 측정 기능이 내장되어 있지 않은 경우에는 다음 단계의 절차를 수행하여야 한다(일반적으로 컴퓨터 인터페이스를 통한 프로그램에 의함).
o 각 샘플링 점 전력을 측정하여 이것을 스윕 횟수로 평균한다.
o 각 샘플링 점 전력의 합(이하 '전전력'이라 한다)을 구한다.
o 상한의 샘플링 점에서 순차로 전력을 가산하여 이 총합이 전전력의 0.5 %가 되는 샘플링 점의 주파수(이하 '상한 주파수'라 한다)를 구한다.
o 하한의 샘플링 점에서 순차로 전력을 가산하여 이 총합이 전전력의 0.5 %가 되는 샘플링 점의 주파수(이하 '하한 주파수'라 한다)를 구한다.
o 상한 주파수와 하한 주파수의 차를 구한다.</td><td>※ 레이다의 전파 특성을 나타내는 -20dB, -40dB 대역폭 기준은 최대주파수 편이에 따라 달라지도록 정하였기 때문에 최대 주파수 편이를 필수로 측정하여야 함</td></tr>
<tr><td>-40dB 대역폭</td><td></td><td>-20dB 대역폭과 동일</td><td>-</td></tr>
<tr><td>대역외 발사</td><td></td><td>시험대상기기 — ATT — 스펙트럼분석기
o 스펙트럼 분석기 설정
<table><tr><td>중심 주파수</td><td>반송 주파수</td></tr><tr><td>스윕 주파수폭</td><td>필요 주파수 대폭의 7배</td></tr><tr><td>분해능 대역폭</td><td>필요 주파수 대폭의 50분의 1 내외</td></tr><tr><td>비디오 대역폭</td><td>300 Hz 이하</td></tr><tr><td>검출 모드</td><td>첨두 검출(peak detect) 모드</td></tr><tr><td>표시 모드</td><td>최대값 유지(max hold) 모드</td></tr><tr><td>스윕 횟수</td><td>10회 이상</td></tr></table>
o 시험 대상 기기를 무변조으로 동작하고 이때의 스펙트럼 분석기의 측정치(기준 전력)를 P_0라 한다. 시험 대상 기기를 무변조으로 동작시킬 수 없는 경우에는 그 검사 채널의 평균 전력을 측정하여 기준 전력(P_0)으로 한다.

o 필요 주파수 대폭 양 끝으로부터 규정된 이격된 주파수까지의 각 주파수마다의 전력이 허용치 내에 있는지 확인한다.</td><td>기술기준을 명확하게 해석할 수 있도록 기준 수식에 대한 추가 설명 필요

- 개념도 등을 추가하여 기준에 대한 명확한 이해를 할 수 있도록 조치</td></tr>
<tr><td>스퓨리어스 영역 경계</td><td>-</td><td>-</td><td>주석으로 처리</td></tr>
<tr><td>주파수 허용편차</td><td>스펙트럼 분석기, ATT</td><td>시험대상기기 — ATT — 스펙트럼분석기

대상 기기가 무변조 상태를 지원할 경우:

a) 주파수 허용편차 측정시 대상 기기를 무변조 상태에서 동작시킨다.

b) 대상 기기를 주파수 카운터나 스펙트럼 분석기에 연결하고 무변조 상태로 동작시키고 그 결과값을 기록한다.</td><td>주파수 허용편차 기준 조정이 필요할 것으로 판단되어 제조업체에서 추가 검토하여 기준값 제시

확인시험 후 허용편차 기준값 확정</td></tr>
</table>

대상기기가 무변조 상태를 지원하지 않을 경우:

a) 대상 기기를 스펙트럼 분석기에 연결하고 변조 상태로 동작시킨다.

b) 주파수의 정확도를 최적으로 조정할 수 있도록 스펙트럼 분석기를 다음과 같이 설정한다

중심 주파수	반송주파수
스윕 주파수폭	필요 주파수대폭의 2배 ~ 3.5배
분해능 대역폭	필요 주파수대폭의 1 % ~ 3 %
비디오 대역폭	분해능 대역폭의 3배
검출 모드	첨두 검출(peak detect) 모드
표시 모드	최대값 유지(max hold) 모드
스윕 횟수	10회 이상

c) 대상 기기의 중심 주파수가 스펙트럼 분석기의 중심에 오도록 설정하고 최대값 유지(max hold)를 한다.

d) 스펙트럼 분석기에 표시된 신호의 첨두(peak) 값을 측정하고 기록한다.

e) 마커(marker)를 높은 주파수 쪽으로 옮겨 ⓓ에서 측정한 값보다 - X dB 값의 주파수를 측정하고 이를 Fmax로 기록한다.

f) 마커(marker)를 낮은 주파수 쪽으로 옮겨 ⓓ에서 측정한 값보다 - X dB 값의 주파수를 측정하고 이를 Fmin로 기록한다.

g) 변조 상태에 따라 X는 3, 6 10, 20 중 선택할 수 있다.

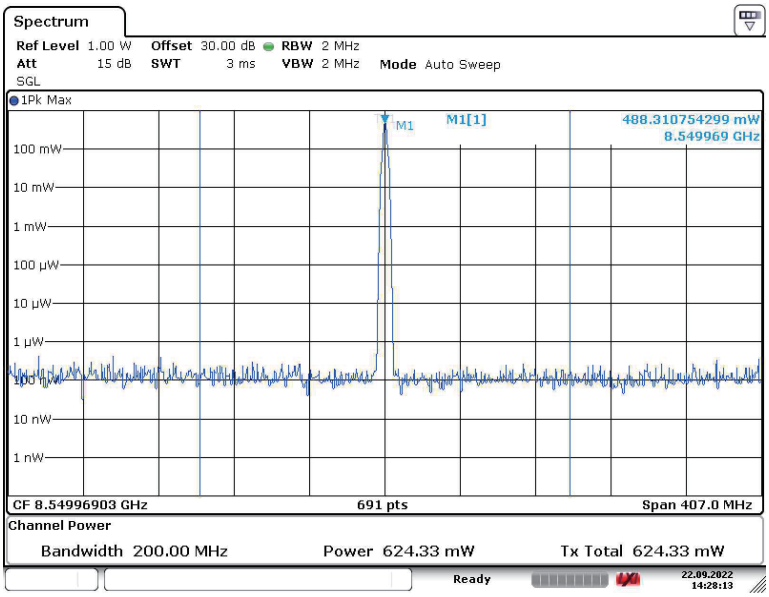
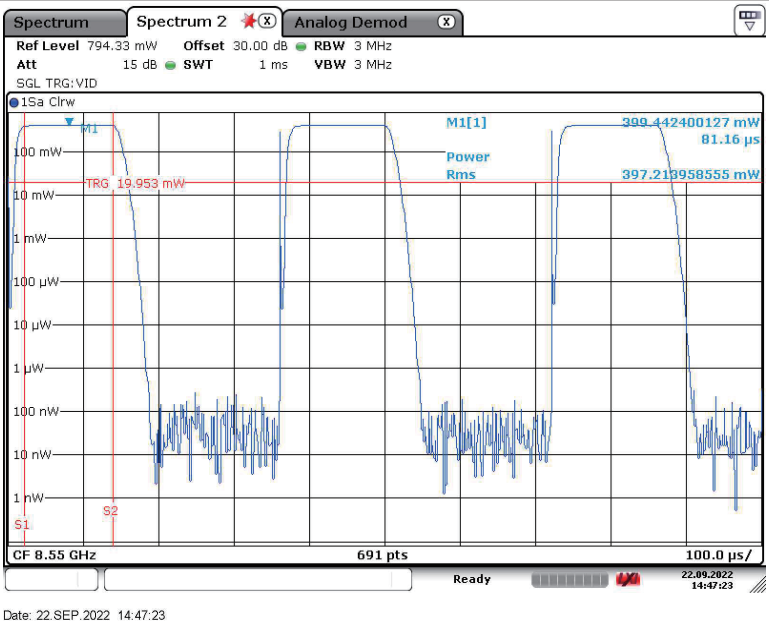
h) 측정된 중심 주파수 및 주파수 허용편차는 다음의 식으로 구한다.

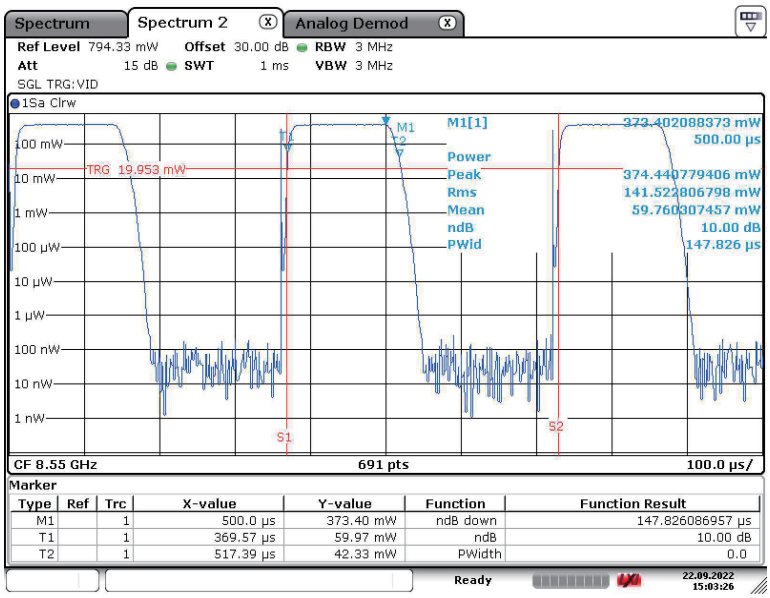
i) 측정된 중심 주파수 = (Fmax + Fmin)/2

j) 주파수 허용편차 = 측정된 중심 주파수 - 지정 주파수

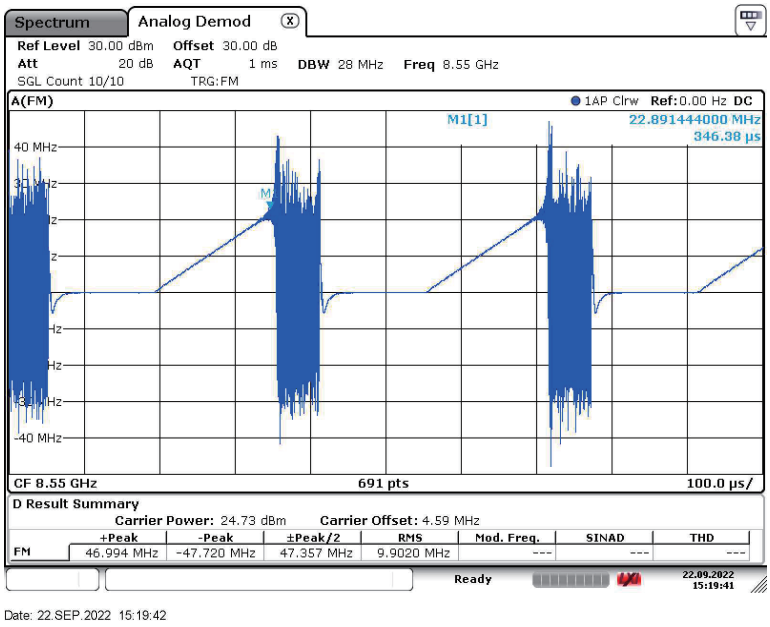
2. 기술적 조건 확인시험 결과

가. 안테나공급 전력 및 절대이득

기술적 조건	ㅇ 8.5~8.6㎓, 펄스방식: 200W(첨두전력) 이하, 23dBi **ㅇ 8.5~8.6㎓, FMCW 방식: 40W(평균전력) 이하, 26dBi** ㅇ 15.7~17.2㎓, FMCW 방식: 40W(평균전력) 이하, 29dBi	ㅇ 해당 레이다는 128개의 출력을 갖는 Array Ant. 형태 ㅇ 안테나공급전력=1port 출력×128
시험결과 1 무변조 채널전력 **0.488mW**		
시험결과 2 변조 펄스 구간만 측정 Rms : 397mW		

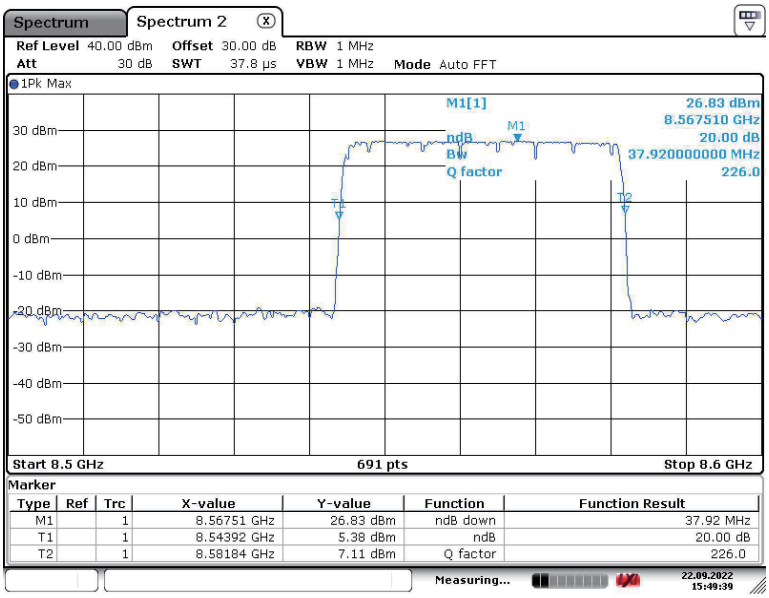
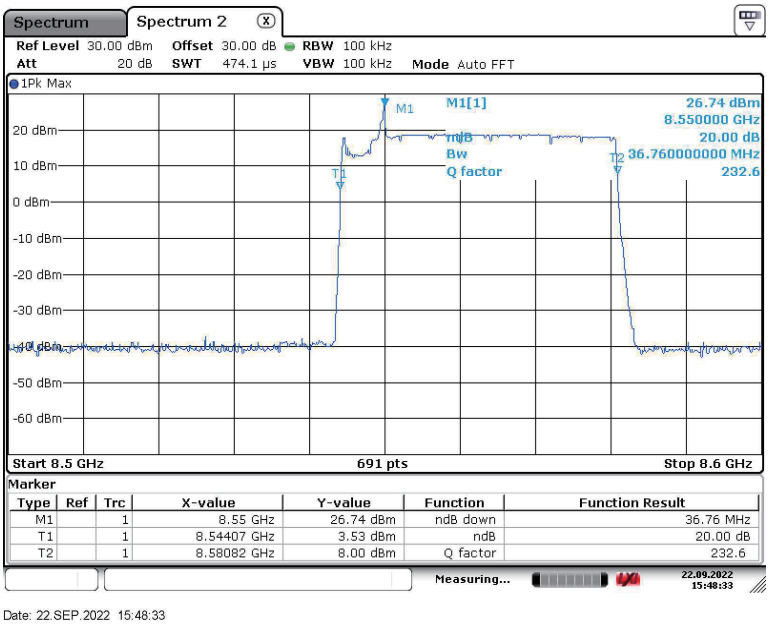
시험결과 2 변조 한 주기 측정 Peak : 374mW Rms : 141mW Mean : 60mW	

나. 발사전파의 최대 주파수 편이

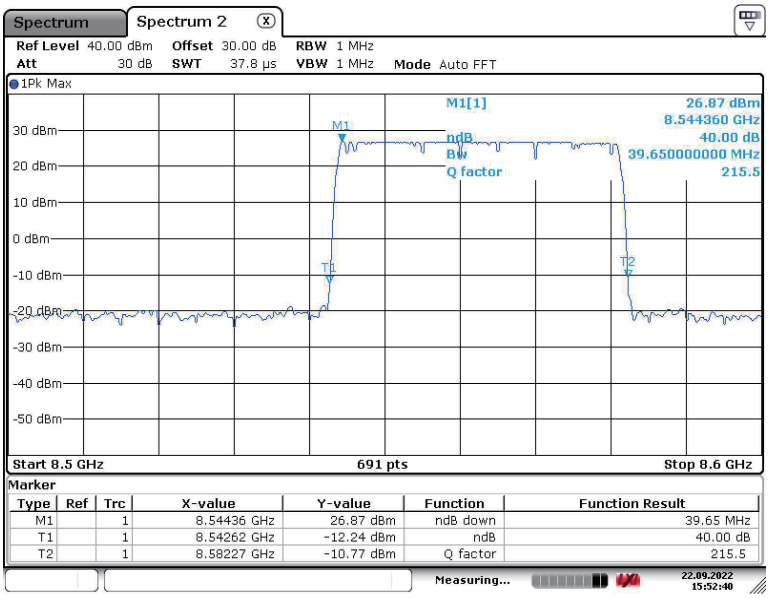
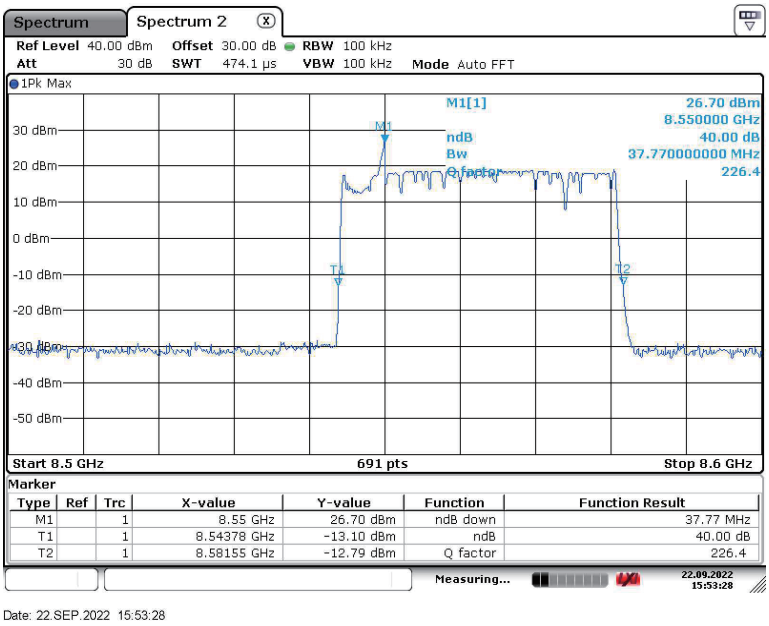
기술적 조건	ㅇ 8.5~8.6GHz: ± 33MHz / ㅇ 15.7~17.2GHz: ±400MHz	
시험결과 23 MHz		

시험에 사용된 스펙트럼 분석기는 일반적인 무선 기자재를 측정하는 범용 스펙트럼 분석기이다. 이러한 범용 스펙트럼 분석기로는 FMCW 방식 발사전파의 최대 주파수 편이를 정확하게 측정하는 것이 불가한 것으로 파악되어 이에 대한 대책이 필요한 것으로 판단된다. 기술적 조건에서 최대 주파수 편이는 혼란을 줄 수 있으므로 FMCW 방식의 Chirp 대역폭에 대한 정의 및 산정 규정이 필요하다는 의견이 있었다. 이론상 최대주파수 편이는 Chirp 대역폭의 1/2이므로 적절한 용어를 찾아 규정하는 것이 필요하다고 판단된다.

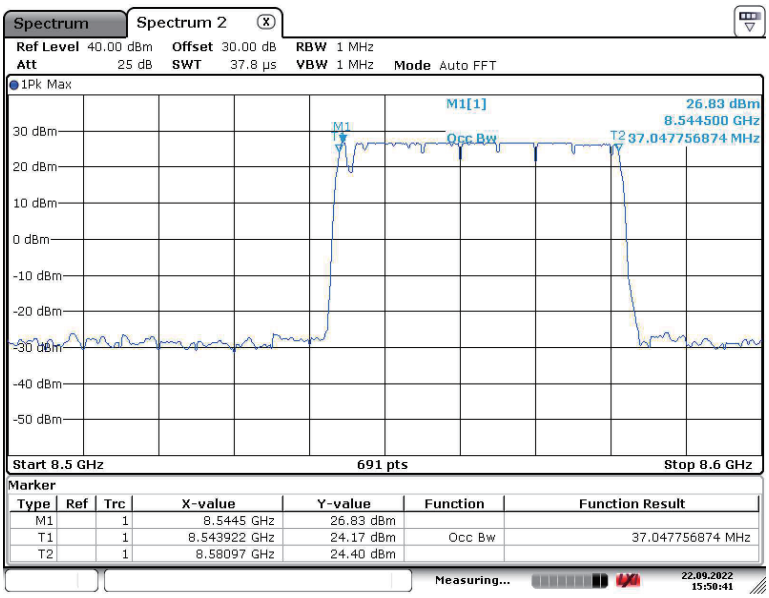
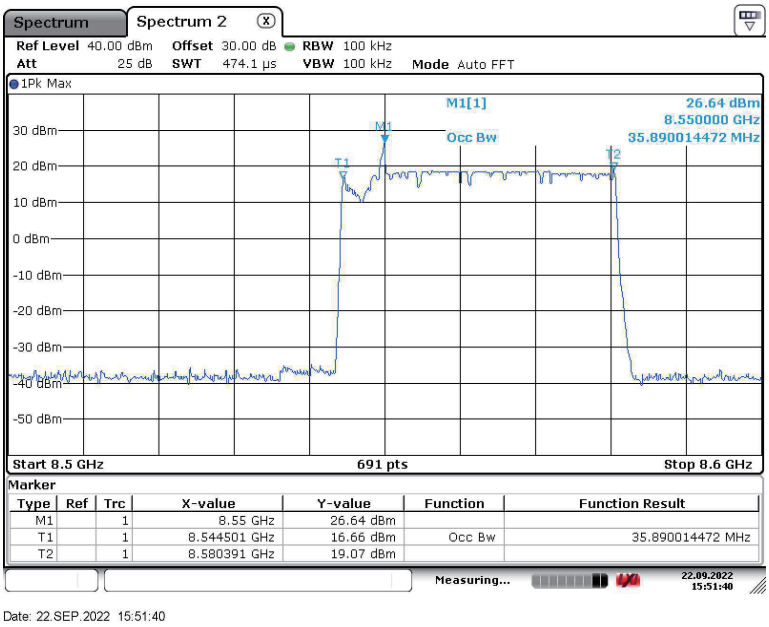
다. 점유주파수 대역폭(-20dB 대역폭)

기술적 조건	○ 8.5~8.6㎓, 펄스방식 - 펄스 폭 4㎲ 이상: 최대 주파수 편이의 280% 이내 / 펄스 폭 4㎲ 미만: 최대 주파수 편이의 300% 이내 ○ **8.5~8.6㎓, 주파수 변조 연속파(FMCW) 방식: 최대 주파수 편이의 220% 이내** ○ 15.7~17.2㎓, FMCW 방식: 최대 주파수 편이의 220% 이내
시험결과 1 **RBW 1㎒** **BW 37.9㎒**	
시험결과 2 **RBW 100㎑** **BW 36.7㎒**	

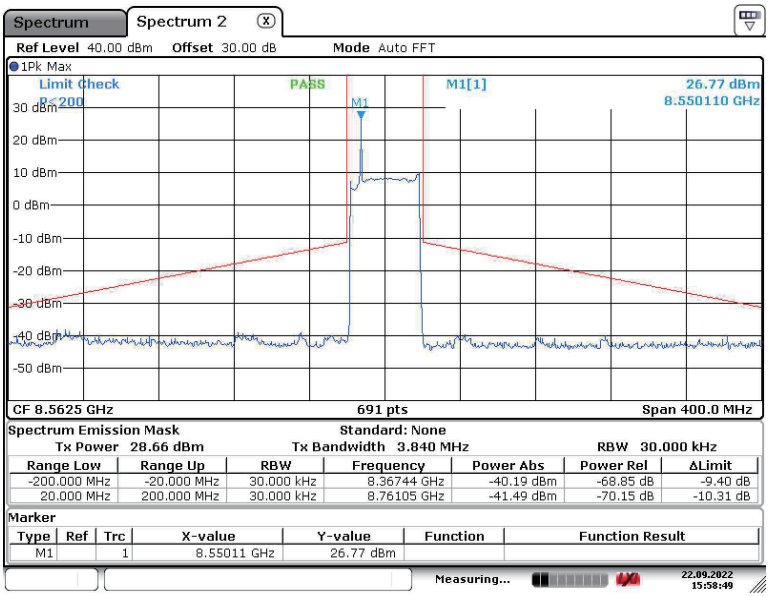
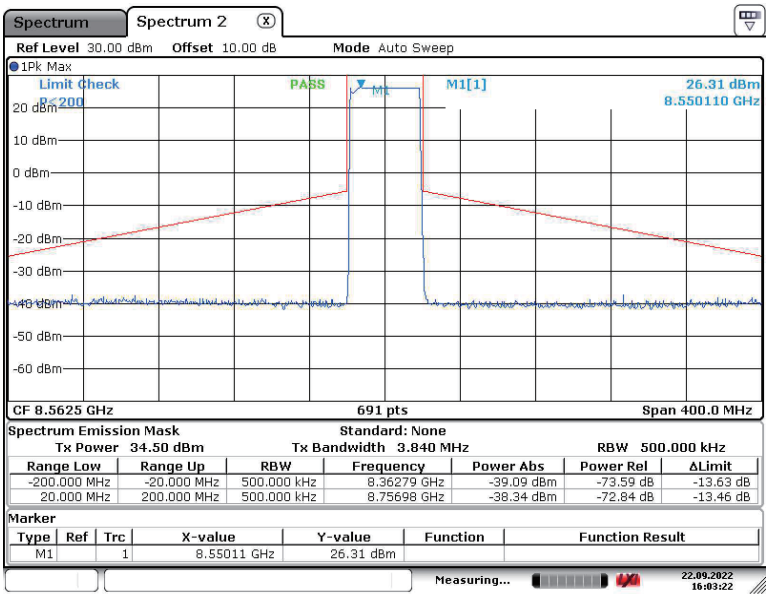
라. 점유주파수 대역폭(-40dB 대역폭)

기술적 조건	○ 8.5~8.6㎓, 펄스방식 : 펄스 폭 4㎲ 이상: 최대 주파수 편이의 450% 이내 / 펄스 폭 4 ㎲ 미만: 최대 주파수 편이의 500% 이내 ○ **8.5~8.6㎓, 주파수 변조 연속파(FMCW) 방식: 최대 주파수 편이의 240% 이내** ○ 15.7~17.2㎓, FMCW 방식: 최대 주파수 편이의 240% 이내
시험결과 1 RBW 1㎒ BW 39.6㎒	
시험결과 2 RBW 100㎑ BW 37.7㎒	

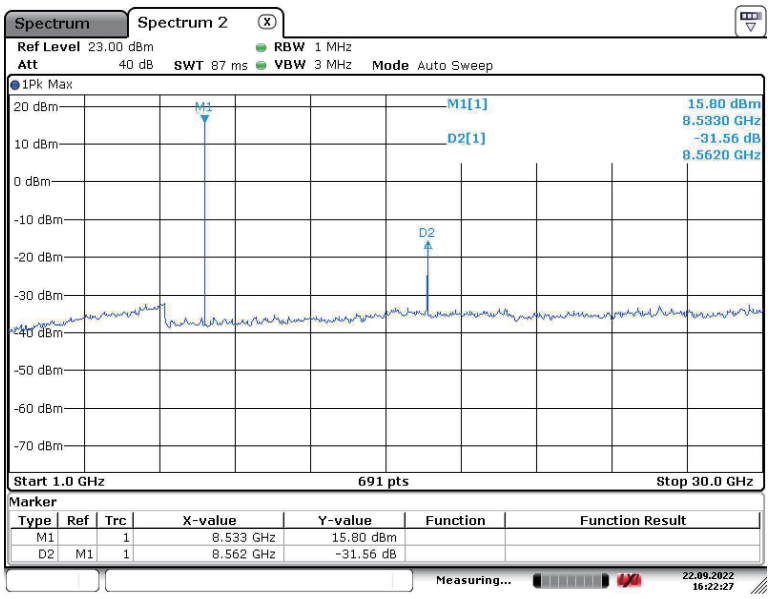
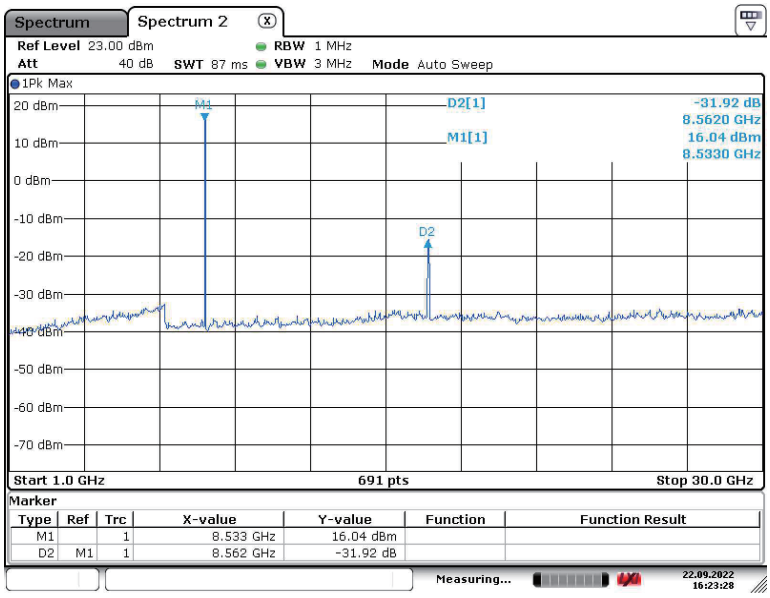
마. 99% 대역폭

기술적 조건	○ 8.5~8.6㎓, 펄스방식 : 펄스 폭 4㎲ 이상: 최대 주파수 편이의 450% 이내 / 펄스 폭 4 ㎲ 미만: 최대 주파수 편이의 500% 이내 ○ **8.5~8.6㎓, 주파수 변조 연속파(FMCW) 방식: 최대 주파수 편이의 240% 이내** ○ 15.7~17.2㎓, FMCW 방식: 최대 주파수 편이의 240% 이내
시험결과 1 RBW 1㎒ BW 37㎒	
시험결과 2 RBW 100㎑ BW 35.8㎒	

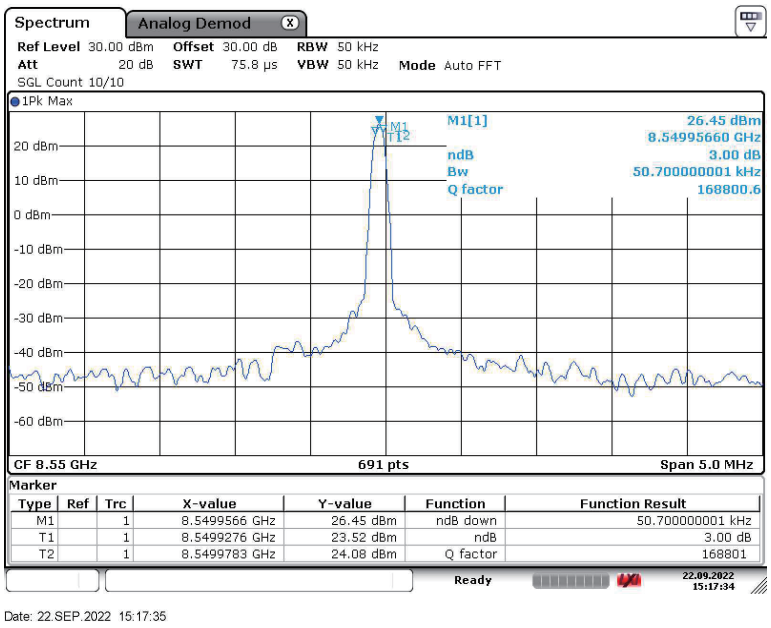
바. 대역외 발사

기술적 조건	o 40+20log(2ΔF/B-40)[dB] 이하 (ΔF는 중심주파수에 대한 주파수 이격, B-40은 –40dB 대역폭)
시험결과 1 RBW 30㎑	 Date: 22.SEP.2022 15:58:48
시험결과 2 RBW 500㎑	 Date: 22.SEP.2022 16:03:22

사. 스퓨리어스 발사

기술적 조건	o 지정주파수의 첨두포락선전력에 대해 43+10log(PX) [dB] 또는 60dB 중 덜 엄격한 값 이하일 것
시험결과 1 변조 47.3 dB	
시험결과 2 무변조 47.9 dB	

아. 주파수 허용편차

기술적 조건	ㅇ 8.5~8.6㎓: 기준주파수의 1250×10-6 ㅇ 15.7~17.2㎓:: 기준주파수의 2500×10-6
시험결과 1 무변조 6.7×10-6	

드론탐지레이다는 주파수대역 내에서 임의의 주파수를 발사하므로 일반적인 주파수 허용편차를 적용하기 어려워 시험결과에 대해 연구반에서 재논의 하였다. 그 결과 드론탐지레이다 기술적 조건에서 주파수 허용편차는 제외하고 주파수 대역내에서 전파를 발사하는지만 확인하는 것으로 결정하였다.

3. 시험결과 분석 및 시사점

드론탐지레이다 기술적 조건 확인시험 결과를 토대로 연구반에서 논의한 결과는 아래와 같다.

8 ㎓ 대역 FMCW 방식의 레이다만 측정하였으므로 8 ㎓ 대역 펄스 방식과 15~17 ㎓ 대역 FMCW 방식 레이다에 대한 추가 시험을 실시한 후 기술적 조건을 확정하기로 하였다.

국내 생산, 개발되는 제품은 제조사에서 전도시험을 위한 테스트 포트 등 각종 지원이 가능하지만 수입 제품에 대한 지원은 불투명한 실정이다. 따라서 드론탐지레이다 시험 시 전도시험 외 방사시험도 고려하는 것이 필요하다는 의견이 있었다. 하지만 방사 측정은 드론탐지레이다의 다양한 운용 특성을 고려하면 공통된 측정 조건을 도출하기 어려워 신중한 검토가 필요하므로 추후 다시 검토하기로 하였다.

드론탐지레이다의 대역폭은 일반적으로 측정하는 99% 대역폭과 차이가 있을 수 있으므로 ITU-R 권고 SM.853과 SM.1541에 따라 필요주파수 대역폭을 - 20 dB 대역폭으로 정하였으므로 드론탐지레이다 방식별 점유주파수 대역폭(=필요주파수 대역폭)은 –20 dB 대역폭을 측정하여 비교 검토한 후 기술적 조건을 확정하기로 하였다.

확인 시험 결과 드론탐지레이다의 기술적 조건은 필수 사항만 정의하여 간결하게 정하는 것으로 결정하였다. 드론탐지레이다의 기술적 조건은 안테나공급전력, 필요주파수 대역폭(-20 dB 대역폭), 대역외 발사, 스퓨리어스 발사 항목으로 정의하고 다음 확인 시험에서도 4가지 항목만 측정하여 방식별로 비교 검토하기로 하였다.

최대 주파수 편이 항목은 주파수 대역폭과 관련되므로 필요주파수 대역폭 측정으로 성능 확인이 가능하고, 일반적인 범용 계측 장비로 측정하기 어려우므로 최대 주파수 편이 항목은 기술적 조건에서 제외하기로 하였다. 또한 기준 주파수를 정할 수 없는 드론탐지레이다 특성을 반영하여 주파수 허용편차 항목은 제외하고 지정 주파수 대역 내에서 정상 동작하는지 확인하는 것으로 기술적 조건을 정하였다.

제4절 드론탐지레이다 기술기준 초안

연구반 운영결과에 따라 드론탐지레이다용 무선설비 기술기준 초안은 아래와 같다. 기술기준 초안의 내용은 공통조건으로 스퓨리어스 발사와 점유주파수 대역폭을 규정하고 주파수 및 변조방식별로 안테나 공급전력, 필요주파수 대역폭, 불요발사의 세기를 규정하였다.

[표 30] 드론탐지레이다용 무선설비의 기술기준(초안)

<간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 무선설비의 기술기준>

제3조(정의) ① 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

…

8. "드론탐지레이다"란 국가기관, 지방자치단체, 공공기관, 법인 등이 시설 등 일정 지역에 설치하여 전파를 발사하고 반사 신호를 받아 드론의 거리, 위치, 이동 속도 등 표적정보를 확인하는 무선설비를 말한다.

제OO조(드론탐지레이다용 무선설비) 8.5~8.6㎓, 15.7~17.2㎓ 주파수대역에서 운용하는 드론탐지레이다의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 공통조건
   가. 스퓨리어스발사: 지정주파수의 첨두포락선전력(PX)에 대해 43+10log(PX)[dB] 또는 60dB 중 덜 엄격한 값 이하일 것
   나. 하나의 송신장치에서 여러 주파수의 전파를 발사하여 탐지하는 레이다의 경우 개별 주파수 모두에 대해 조건을 만족할 것
   다. 점유주파수대역폭은 무선설비규칙 제6조제2항에서 정하는 바에 따라 필요주파수대역폭을 적용하며, 그 너비는 ITU-R 권고 SM.853과 SM.1541의 최신판에 따라 지정주파수에서의 전파 발사 세기보다 –20dB 감쇄된 지점 사이의 폭으로 한다.
2. 8.5~8.6㎓ 주파수 대역에서 주파수 변조 펄스파를 발사하는 무선설비
   가. 안테나공급전력은 첨두전력 200W(23dBW) 이하일 것. 다만, 안테나 절대이득이 23dBi를 초과한 경우에는 그 값만큼 저감시킨 것이어야 하며, 23dBi 미만인 경우에는 그 값만큼 증가시킬 수 있다.
   나. 필요주파수대역폭은 발사 전파의 펄스폭에 따라 아래 값 이내일 것
      (1) 펄스 폭 4㎲ 이상 : 최대 주파수 편이의 280%
      (2) 펄스 폭 4㎲ 미만 : 최대 주파수 편이의 300%

다. 불요발사의 세기는 지정주파수에서의 첨두포락선전력에 대해 40+20log(2ΔF/B_{-40})[dB] 이하일 것 (ΔF는 지정주파수에 대한 주파수 이격, B_{-40}은 –40dB 대역폭)

3. 8.5~8.6㎓ 주파수 대역에서 주파수 변조 연속파를 발사하는 무선설비

가. 안테나공급전력은 평균 40W(16dBW) 이하일 것. 다만, 안테나 절대이득이 26dBi를 초과한 경우에는 그 값만큼 저감시킨 것이어야 하며, 26dBi 미만인 경우에는 그 값만큼 증가시킬 수 있다.

나. 필요주파수대역폭은 최대 주파수 편이의 220% 이내일 것

다. 불요발사의 세기는 지정주파수에서의 첨두포락선전력에 대해 40+20log(2ΔF/B_{-40})[dB] 이하일 것 (ΔF는 지정주파수에 대한 주파수 이격, B_{-40}은 –40dB 대역폭)

4. 15.7~17.2㎓ 주파수 대역에서 주파수 변조 연속파를 발사하는 무선설비

가. 안테나공급전력은 평균 40W(16dBW) 이하일 것. 다만, 안테나 절대이득이 29dBi를 초과한 경우에는 그 값만큼 저감시킨 것이어야 하며, 29dBi 미만인 경우에는 그 값만큼 증가시킬 수 있다.

나. 필요주파수대역폭은 발사전파의 최대 주파수 편이의 220% 이내일 것

다. -40dB 대역폭 바깥에서 1㎒ 분해대역폭으로 측정한 불요발사의 세기는 중심주파수의 첨두포락선전력에 대해 40+20log(2ΔF/B_{-40})[dB] 이하일 것 (ΔF는 중심주파수에 대한 주파수 이격, B_{-40}은 –40dB 대역폭)

제5절 소결

이번 장에서는 무선탐지업무용 레이다 기술기준 연구반의 운영결과 및 이를 토대로 마련한 드론탐지레이다용 무선설비의 기술적 조건(안)에 대해 살펴보았다. 이번에 마련한 기술기준 초안을 토대로 2023년에 추가 확인 시험 및 후속 연구를 통해 기술기준(안)을 확정하고, 시험방법 등을 마련하여 기술기준 개정을 추진할 계획이다.

국립전파연구원
National Radio Research Agency

제5장
결론

National
Radio
Research
Agency

제5장 결론

본 연구에서는 해상·항공·드론분야에서 제조산업 활성화 및 국제표준 부합을 위하여 기술기준 개정 및 기술기준안을 마련하였다.

해상 인명안전 최소화를 위한 인명 구조장비에 대한 실내·챔버·실재 해상에서 성능측정 및 분석결과를 보였고 국제표준을 바탕으로 해상업무용 무선설비의 기술기준 개선방안 연구를 수행하였다. 주목할 점은 현재 유통되고 있는 인명안전 설비 중 소출력 장비는 성능이 좋지 않으므로 편의성 중심보다 성능 중심으로 전환하여야 하고 인명안전 가능 주파수 발굴 및 성능개선 추진연구가 필요한 상황이다.

항공업무용 무선설비에 대해서는 계기착륙시설 및 전방향표지시설 등 항공무선항행 무선설비에 대해 국제민간항공기구의 부속서 10을 검토한 결과 현 기술기준은 대체적으로 국제표준을 따르고 있는 것을 확인하였다. 다만, 전파품질 관련하여 주파수허용편차 및 운용범위 내 전계강도가 현 기술기준에 포함되어 있지 않아 이를 반영하여 국제표준과 부합성을 강화하는 방향으로 기술기준 개정안을 마련하였다.

또한, 드론탐레이다 기술기준 마련을 개발 중인 드론탐지레이다를 선정하여 기술적 조건을 확인할 수 있는 시험 절차를 연구반에서 검토한 후 확인 시험을 실시하였다. 이를 바탕으로 드론탐지레이다용 무선설비 기술기준 초안을 마련하였다.

향후, 본 연구에서 수행한 연구결과를 토대로 국립전파연구원은 새로운 무선통신 서비스 및 기기가 국내에서 제조·판매될 수 있도록 노력할 것이다. 또한 해상·항공 안전 및 국내 산업 보호를 위하여 지속적으로 국제동향을 모니터링하고 국제표준화 대응과 제도개선에도 최선을 다할 예정이다.

[참고문헌]

[1] 국립전파연구원 연구보고서, 무선통신 전파자원의 안정적 이용체계 강화, 2021.

[2] 국립전파연구원 연구보고서, 새로운 무선통신 서비스 제공을 위한 제도개선 연구, 2020.

[3] 국립전파연구원, 해상업무용 무선설비의 기술기준, 2019

[4] 방송통신표준심의회, 무선 설비 적합성 평가 시험방법(KS X 3123), 2019

[5] 무선설비 규칙, 과학기술정보통신부, 2017. 7. 26.

[6] 한국방송통신전파진흥원, 항공업무용 무선설비의 체계적 관리를 위한 제도개선, 2020

[7] 윤종호, 항공정보통신공학, 2008

[8] 서울지방공항청 홈페이지(www.molit.go.kr)

[9] ICAO, Annex 10 Volume I Aeronautical Telecommunications

[10] 국토교통부, 항행안전무선시설의 설치 및 기술기준, 2021

[11] 최진철・임승혁, 안티드론(KISTEP 기술동향브리프 2021-10호), 2021

[12] 최상혁, 채종석, 차지훈, 안재영(ETRI), 안티 드론 기술 동향, 2018

[13] RTCA, Terms of Reference Special Committee(SC) 238, 2020

[14] 과학기술정보통신부 드론탐지레이다 주파수 이용 가이드라인, 2021

[부록] 계기착륙시설 및 전방향표지시설 기술기준 개정안

<table>
<tr><th>현 행</th><th>개 정 안</th></tr>
<tr><td>

제16조(계기착륙시설) (생략)

1. (생략)

가. ~ 라. (생략)

마. (생략)

<table>
<tr><th colspan="2">구 별</th><th>조 건</th></tr>
<tr><td colspan="2">복 사 특 성</td><td>복사된 전파는 90 Hz 및 150 Hz 변조신호에 따라 진폭변조된 합성전계특성을 가져야 하고, 유효범위 이내의 코스라인에서 송신안테나를 향하여 코스라인 좌측에는 90 Hz에 의한 변조도가 150 Hz에 의한 변조도보다 크고, 우측에서는 그 반대일 것</td></tr>
<tr><td rowspan="4">변조신호</td><td>주파수허용편차</td><td>±2.5 %</td></tr>
<tr><td>변 조 도</td><td>코스라인상에서 18 % 이상 22 % 이하</td></tr>
<tr><td>고조파 함유율</td><td>10 % 이하</td></tr>
<tr><td>위 상 특 성</td><td>별표 9와 같을 것</td></tr>
<tr><td>식별</td><td>주 파 수</td><td>1,020 Hz(허용편차는 ±50 Hz로 한다)</td></tr>
</table>

</td><td>

제16조(계기착륙시설) (현행과 같음)

1. (현행과 같음)

가. ~ 라. (현행과 같음)

마. (현행과 같음)

<table>
<tr><th colspan="2">구 별</th><th>조 건</th></tr>
<tr><td colspan="2">주파수허용편차</td><td>1개의 반송파 주파수를 사용하는 경우 : ±(지정주파수×50×10^{-6}) 이내
2개의 반송파 주파수를 사용하는 경우 : ±(지정주파수×20×10^{-6}) 이내</td></tr>
<tr><td colspan="2">전계강도</td><td>유효범위 내 40 μV/m 이상</td></tr>
<tr><td colspan="2">복 사 특 성</td><td>복사된 전파는 90 Hz 및 150 Hz 변조신호에 따라 진폭변조된 합성전계특성을 가져야 하고, 유효범위 이내의 코스라인에서 송신안테나를 향하여 코스라인 좌측에는 90 Hz에 의한 변조도가 150 Hz에 의한 변조도보다 크고, 우측에서는 그 반대일 것</td></tr>
<tr><td rowspan="4">변조신호</td><td>주파수허용편차</td><td>±2.5 %</td></tr>
<tr><td>변 조 도</td><td>코스라인상에서 18 % 이상 22 % 이하</td></tr>
<tr><td>고조파 함유율</td><td>10 % 이하</td></tr>
<tr><td>위 상 특 성</td><td>별표 9와 같을 것</td></tr>
<tr><td>식별</td><td>주 파 수</td><td>1,020 Hz(허용편차는 ±50 Hz로 한다)</td></tr>
</table>

</td></tr>
</table>

신호	변조방식	진폭변조(A2A 변조)
	변조도	5 % 이상 15 % 이하
발사하는 전파의 편파면		수평(수집편파성분은 코스라인상에 있는 항공기가 옆으로 20 도 경사진 때 DDM의 변화가 0.016 이하일 것)

바. ~ 자. (생략)

2. (생략)

가. ~ 다. (생략)

라. (생략)

구 별		조 건
복사특성		복사된 전파는 90 Hz 및 150 Hz의 주파수의 변조신호에 따라 진폭변조된 합성전계특성을 가져야 하고 유효범위 내에서 ILS글라이드패스의 상측에서는 90 Hz에 의한 변조도가 150 Hz에 의한 변조도보다 크고, 하측에서는 그 반대일 것
변조신호	주파수허용편차	±2.5 %
	변조도	ILS 글라이드패스 상에서 37.5 % 이상 42.5 % 이하
	고조파 함유율	10 % 이하

신호	변조방식	진폭변조(A2A 변조)
	변조도	5 % 이상 15 % 이하
발사하는 전파의 편파면		수평(수직편파성분은 코스라인상에 있는 항공기가 옆으로 20 도 경사진 때 DDM의 변화가 0.016 이하일 것)

바. ~ 자. (현행과 같음)

2. (현행과 같음)

가. ~ 다. (현행과 같음)

라. (현행과 같음)

구 별		조 건
주파수 허용편차		1개의 반송파 주파수를 사용하는 경우 : ±(지정주파수×50×10^{-6}) 이내 2개의 반송파 주파수를 사용하는 경우 : ±(지정주파수×20×10^{-6}) 이내
전계강도		유효범위 내 400 μV/m 이상
복사특성		복사된 전파는 90 Hz 및 150 Hz의 주파수의 변조신호에 따라 진폭변조된 합성전계특성을 가져야 하고 유효범위 내에서 ILS글라이드패스의 상측에서는 90 Hz에 의한 변조도가 150 Hz에 의한 변조도보다 크고, 하측에서는 그 반대일 것
변조신호	주파수허용편차	±2.5 %
	변조도	ILS 글라이드패스 상에서 37.5 % 이상 42.5 % 이하
	고조파 함유율	10 % 이하

	위 상 특 성	별표 9와 같을 것
발사하는 전파의 편파면		수평

마. ~ 바. (생략)

3. (생략)

가. (생략)

나. (생략)

구 별			조 건
변조신호	주파수	외측마아커	400 Hz(허용편차는 ±2.5 %로 한다)
		중앙마아커	1,300 Hz(〃)
		내측마아커	3,000 Hz(〃)
	변 조 도		91 % 이상 99 % 이하
	고조파함유율		15 % 이하
	구성	외측마아커	장음의 반복
		중앙마아커	교차하는 단음과 장음의 반복
		내측마아커	단음의 반복
		송신속도	표준단음은 매초 6 회, 장음은 매초 2 회
안테나의 지향특성			상공으로 가능한 선형상
발사하는 전파의 편 파 면			수 평

	위 상 특 성	별표 9와 같을 것
발사하는 전파의 편파면		수평

마. ~ 바. (현행과 같음)

3. (현행과 같음)

가. (현행과 같음)

나. (현행과 같음)

구 별			조 건
주파수 허용편차			±(지정주파수×50×10^{-6}) 이내
전계강도			유효범위 내 : 3 mV/m 이상 유효범위 양단 :1.5 mV/m 이상
변조신호	주파수	외측마아커	400 Hz(허용편차는 ±2.5 %로 한다)
		중앙마아커	1,300 Hz(〃)
		내측마아커	3,000 Hz(〃)
	변 조 도		91 % 이상 99 % 이하
	고조파함유율		15 % 이하
	구성	외측마아커	장음의 반복
		중앙마아커	교차하는 단음과 장음의 반복
		내측마아커	단음의 반복
		송신속도	표준단음은 매초 6 회, 장음은 매초 2 회
안테나의 지향특성			상공으로 가능한 선형상
발사하는 전파의 편 파 면			수 평

다. (생략)

제17조(전방향표지시설)

(생략)

1. (생략)

가. ~ 다. (생략)

2. (생략)

구 분	조 건
가. 주반송파	
(1) 변조방식	변조신호에 따라 공간상의 어느 지점에서 관측하더라도 진폭 변조하는 것일 것
(2) 변조신호	1. 표준 VOR 가. 기준 위상신호에 따라 주파수 변조된 부반송파 나. 가변위상신호 2. 도플라 VOR 가. 기준 위상신호 나. 가변위상신호에 따라 주파수 변조된 부반송파
(3)변조신호의 주파수 배열	별표 10과 같다
(4) 변조도	다음 앙각의 구별에 따라 제(2)의 각 변조신호별 변조도는 다음과 같다 1. 앙각이 5 도까지 25 % 이상 35 % 이하
나. 부반송파	
(1) 주 파 수	9,960 Hz(허용편차는 1 %로 한다)

다. (현행과 같음)

제17조(전방향표지시설)

(현행과 같음)

1. (현행과 같음)

가. ~ 다. (현행과 같음)

2. (현행과 같음)

구 분	조 건
가. 주파수 허용편차	
(1)채널간격 50 ㎑	±(지정주파수×20×10^{-6}) 이내
(2)채널간격 100 ㎑	±(지정주파수×50×10^{-6}) 이내
(3)채널간격 200 ㎑	
나. 전계강도	유효범위 내 90 μV/m 이상
다. 주반송파	
(1) 변조방식	변조신호에 따라 공간상의 어느 지점에서 관측하더라도 진폭 변조하는 것일 것
(2) 변조신호	1. 표준 VOR 가. 기준 위상신호에 따라 주파수 변조된 부반송파 나. 가변위상신호 2. 도플라 VOR 가. 기준 위상신호 나. 가변위상신호에 따라 주파수 변조된 부반송파
(3)변조신호의 주파수 배열	별표 10과 같다
(4) 변조도	다음 앙각의 구별에 따라 제(2)의 각 변조신호별 변조도는 다음과 같다 1. 앙각이 5 도까지 25 % 이상 35 % 이하
라. 부반송파	
(1) 주 파 수	9,960 Hz(허용편차는 1 %로 한다)

(2) 변조방식	변조신호에 따라 공간상의 어느 지점에서 관측하더라도 주파수 변조하는 것일 것
(3) 변조신호	표준 VOR에서는 기준위상신호이며, 도플러 VOR에서는 가변위상신호일 것
(4) 변조지수	16(허용편차는 1로 한다)
(5) 잔류진폭 성분의 변조도	표준 VOR에서는 5 % 이하 도플라 VOR에서는 안테나에서 300 m 이상의 거리에서 40 % 이하
(6) 고조파의 강도	기본파의 강도를 0 dB로 하여 각각 다음과 같을 것 제2차 고조파 - 30 dB 이하 제3차 고조파 - 50 dB 이하 제4차 고조파 이상의 고조파 - 60 dB 이하
다.기준위상신호 및 가변위상신호	
(1) 주 파 수	30 Hz(허용편차는 1 %로 한다)
(2) 위상특성	별표 11과 같다
라. 식별신호	
(1) 변조주파수	1,020 Hz(허용편차는 ±50 Hz로 한다)
(2) 변조방식	진폭변조 10 % 이하(단, 통신채널이 없는 경우 20 %까지 허용할 수 있다)
마. 발사하는 전파의 편파면	수평

3. ~ 5. (생략)

(2) 변조방식	변조신호에 따라 공간상의 어느 지점에서 관측하더라도 주파수 변조하는 것일 것
(3) 변조신호	표준 VOR에서는 기준위상신호이며, 도플러 VOR에서는 가변위상신호일 것
(4) 변조지수	16(허용편차는 1로 한다)
(5) 잔류진폭 성분의 변조도	표준 VOR에서는 5 % 이하 도플라 VOR에서는 안테나에서 300 m 이상의 거리에서 40 % 이하
(6) 고조파의 강도	기본파의 강도를 0 dB로 하여 각각 다음과 같을 것 제2차 고조파 - 30 dB 이하 제3차 고조파 - 50 dB 이하 제4차 고조파 이상의 고조파 - 60 dB 이하
마.기준위상신호 및 가변위상신호	
(1) 주 파 수	30 Hz(허용편차는 1 %로 한다)
(2) 위상특성	별표 11과 같다
바. 식별신호	
(1) 변조주파수	1,020 Hz(허용편차는 ±50 Hz로 한다)
(2) 변조방식	진폭변조 10 % 이하(단, 통신채널이 없는 경우 20 %까지 허용할 수 있다)
사. 발사하는 전파의 편파면	수평

3. ~ 5. (현행과 같음)

무선통신 전파자원의 안전이용 기반 제공

국립전파연구원
National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767
발 행 일 2023. 3.
발 행 인 서 성 일
발 행 처 과학기술정보통신부 국립전파연구원
전　　화 061) 338-4414
인　　쇄 다우프린팅 Tel. 062) 952-2033

ISBN : 11-1721137-000139-01　　〈 비 매 품 〉

주　의

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