

해상·항공 및 지상망의 안전한 무선통신 환경 마련을 위한 기술기준 연구

2016. 12.



국립전파연구원

National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「해상·항공 및 지상망의 안전한 무선통신 환경 마련을 위한 기술기준에 관한 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2016. 12. 31.

연구책임자 : 채 성 철(기술기준과 전파기준담당)

연구원 : 공 성 식(기술기준과 전파기준담당)

심 용 섭(기술기준과 전파기준담당)

정 근 규(기술기준과 전파기준담당)

요 약 문

본 연구에서는 해상, 항공 등 지상통신 분야에서 이슈가 되고 있는 선박 자동식별시스템(AIS), 무인항공기 등 몇 가지 주제를 선정하여 표준화 동향 분석, 기술기준 및 제도연구를 진행하였으며, 또한, 차세대지능형교통시스템(C-ITS) 등 새로운 무선통신설비에 대한 국내 도입을 위해 기술기준을 마련하는 등 제도 정비를 추진하였다.

먼저, 해상의 선박안전 강화를 위한 AIS 확대 적용과 다양한 AIS 응용기기의 출현으로 채널 포화, 간섭 등에 대한 우려가 제기되고 있으며, ITU 등 국제기구에서는 AIS 채널 과부하 문제 해결과 AIS 응용 기기 도입을 위한 논의를 진행하고 있다. 이에, 우리나라의 AIS 무선국 현황 및 채널 트래픽을 분석하여 제도 개선 및 국제표준화 대응방안을 마련하였다.

두 번째 이슈는 최근 급속히 보급되어 다양한 분야에서 활용도가 높아지고 있는 무인항공기와 안전한 항공기 운항을 위한 항행무선설비이다. 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 무인항공기 시장의 성장과 활용의 확대에 따른 주파수 수요가 증가하고 있으며, 효율적이고 안전한 무인항공기 운용을 위한 주파수 이용 방안이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 무인항공기 제어용 주파수의 채널배치 및 지상기반 소형항공기용 감시시스템 도입을 위한 제도 및 기술기준 정비방안을 검토하였다.

세 번째는 700MHz 대역 재난안전통신망 등 통합공공망의 안정적 도입을 위한 무선통신방식의 국제표준화 대응 및 통합공공망용 무선설비의 적합성평가 처리방법 개선 등 국내 관련 제도에 대한 개선을 추진하였다.

마지막으로 최근 ICT 분야의 또 하나의 화두인 자율주행자동차 도입을 위한 제도 개선 및 기술기준 마련을 추진하였다. 본 연구에서는 ITS 관련 ITU, 미국, 유럽 등 주요 국가의 기술동향을 분석하고, 우리나라에서 자율주행자동차의 도입을 위한 C-ITS 무선설비의 기술기준을 마련하였다.

목 차

제1장 서론	1
제2장 우리나라 선박자동식별시스템(AIS) 무선국 현황 및 트래픽 분석	3
제1절 연구배경	3
제2절 AIS 개요 및 무선국 현황	4
제3절 AIS 국제표준 및 제도 현황	11
제4절 AIS 무선국 트래픽 분석	18
제5절 소결	33
제3장 항공 주파수 및 무선설비 기술기준 연구	35
제1절 연구배경	35
제2절 무인항공기 주파수 채널배치 방안	35
제3절 국내·외 항공용 무선설비 기술규정 분석	49
제4절 항공업무용 무선설비 기술기준 개선방안	62
제5절 신규 항공항행시스템 기술기준(안)	65
제6절 소결	73
제4장 통합공공망용 무선설비 기술기준 연구	74
제1절 연구배경	74
제2절 무선설비 적합성평가 처리방법	75
제3절 국제표준을 반영한 기술기준 개선방안	78
제4절 소결	81

제5장 C-ITS 무선설비의 기술기준 마련	82
제1절 연구배경	82
제2절 C-ITS의 국내·외 기술 현황	82
제3절 우리나라 기술기준 주요내용	91
제4절 소결	92
 제6장 결론	 93
 참고문헌	 94
 [부록 1] 지능형교통시스템용 무선설비의 기술기준	 96

표 목 차

[표 1] 우리나라 AIS 무선국 현황	5
[표 2] 선박국 AIS 종류	6
[표 3] AIS 기지국 시스템	7
[표 4] AIS 운영 시스템	7
[표 5] Class별 AIS 선박국 현황	11
[표 6] IMO의 AIS 결의 현황	13
[표 7] ITU의 AIS 권고 및 보고서 현황	13
[표 8] IEC의 AIS 표준 현황	14
[표 9] IALA의 AIS 권고 및 지침 현황	14
[표 10] AIS 세부 기술기준(기술기준 제22조)	16
[표 11] Class A AIS의 데이터 전송 주기	17
[표 12] Class B AIS의 데이터 전송 주기	17
[표 13] 무선국별 데이터 전송 주기	17
[표 14] AIS 채널용량의 산술적 계산	19
[표 15] 기지국별 커버리지 현황	22
[표 16] 부산의 선박 입·출항 현황	26
[표 17] 염광산 AIS 안테나 기지국 제원	26
[표 18] AIS 측정방법 및 수신 트래픽	28
[표 19] 무인항공기 위성제어용 주파수	36
[표 20] 국내 무인항공기 주파수 분배 현황	37
[표 21] 무인항공기 제어용주파수 링크의 운용 조건	39
[표 22] 분석에 적용된 무인항공기 특성	45
[표 23] 무인항공기 채널 주파수대역폭	46
[표 24] 주파수 수용량(무인항공기 수) 시뮬레이션 결과	47
[표 25] 시카고조약 부속서 목록	50
[표 26] FCC 47 CRF Part 87 규정 내용	51

[표 27] FCC 47 CRF Part 2의 시험방법 관련 규정	52
[표 28] 항공법 제40조에 따른 항공용 무선설비	54
[표 29] 전파인증 면제 대상	54
[표 30] 항공업무용 무선설비의 기술기준 포함 설비	55
[표 31] 민간항공기 감항증명 관련 주요 규제	56
[표 32] 기술표준품 표준 및 관련 RTCA DO 표준	57
[표 33] 전파법과 항공법에 따른 기술기준	58
[표 34] 국내 기술기준 비교	58
[표 35] 거리측정시설의 기술기준 및 준용 표준	59
[표 36] 초단파대 무선전화의 기술기준 및 준용 표준	59
[표 37] 거리측정시설의 기술기준 항목별 세부 비교	60
[표 38] 초단파대 무선전화의 기술기준 항목별 세부 비교	61
[표 39] 국내 제작 항공기 탑재 무선설비	63
[표 40] 초단파대 무선전화 기술기준 개선방안	64
[표 41] 국내 위성 ADS-B 주파수 분배 관련 규정	66
[표 42] GADSS 관련 ITU-R SG5 논의 사항	66
[표 43] ADS-B의 장점과 단점 비교	69
[표 44] ADS-B용 데이터링크 기술	70
[표 45] 범용접속데이터통신용 무선설비 기술기준(안)	72
[표 46] 수신 선택도 관련 3GPP와 국내 규격 비교	76
[표 47] 기지국 수신 선택도 측정방법	77
[표 48] 3GPP 700MHz 대역의 단말기 송신 전력	79
[표 49] 3GPP의 단말기 인접채널누설전력	80
[표 50] 인접채널 누설전력 개선방안	81
[표 51] IEEE 802.11p 표준	84
[표 52] 미국 C-ITS 채널 및 등가등방복사전력	89
[표 53] 미국 C-ITS 송신출력	89
[표 54] 유럽 C-ITS 채널 주파수 및 대역폭	90
[표 55] 유럽 C-ITS 대역별 용도	91

[표 56] 유럽 C-ITS 불요발사 기준	91
[표 57] 우리나라 C-ITS 채널	92
[표 58] 스푸리어스 영역에서의 불요발사 기준	92

그 립 목 차

[그림 1] AIS 응용장비의 불법사용 사례 관련 언론 보도자료	4
[그림 2] 선박에 장착되는 AIS 구성도	5
[그림 3] 선박자동식별시스템 구성 및 운영	6
[그림 4] AIS 응용기기	8
[그림 5] AIS-SART 동작 원리	9
[그림 6] 우리나라 AtoN AIS 무선국 설치 현황	10
[그림 7] 해상통신분야 국제기구 협력사항	12
[그림 8] SOTDMA 슬롯 점유방법	18
[그림 9] 선박(새유달호) 항적	20
[그림 10] SOTDMA 메시지 패킷 구조	21
[그림 11] AIS 기지국의 최대 커버리지	23
[그림 12] AIS 기지국의 유효 커버리지	23
[그림 13] 우리나라 해역 구분	24
[그림 14] 엄광산 주변 지형 조건	25
[그림 15] 안테나 형태에 따른 AIS 데이터 수신	26
[그림 16] 엄광산 AIS 기지국의 커버리지 분석	27
[그림 17] AIS 트래픽 측정 모노폴 안테나	28
[그림 18] 모노폴 안테나를 이용한 AIS 트래픽 수신 슬롯 맵	29
[그림 19] 모노폴 안테나를 이용한 AIS 트래픽 수신 현황	29
[그림 20] AIS 트래픽 측정 야기 안테나	30
[그림 21] 야기 안테나를 이용한 AIS 트래픽 수신 슬롯 맵	30
[그림 22] 야기 안테나를 이용한 AIS 트래픽 수신 현황	31
[그림 23] 모노폴 및 야기 안테나를 사용한 수신율 비교	31
[그림 24] 거리에 따른 수신율 비교	32
[그림 25] 안테나 종류에 따른 수신 특성	32
[그림 26] 지상 및 위성제어를 위한 주파수 공유 방안	37

[그림 27] 셀룰러 주파수 플랜의 예(K=12)	41
[그림 28] 셀 내 저고도 커버리지의 제공	42
[그림 29] 공역에서 운용되는 무인항공기	48
[그림 30] 유럽항공안전청의 인증규정 체계	53
[그림 31] GADSS의 개요 및 주요 기능	67
[그림 32] ADS-B를 이용한 항공기 감시시스템	69
[그림 33] ADS-B용 데이터링크 기술별 구성	71
[그림 34] 700MHz 대역의 주파수 분배 현황	75
[그림 35] 수신 선택도 실험 구성도	76
[그림 36] C-ITS 기본 개념	83
[그림 37] C-ITS 시스템 구성도	83
[그림 38] WAVE 프로토콜 구조	85
[그림 39] 국내 C-ITS 사업 추진 로드맵	86
[그림 40] 국내 C-ITS 시범운용 구간	86
[그림 41] WRC-19 의제 1.12 및 ITU-R 보고서 M.[ITS.USAGE] 범위	87

제1장 서론

‘16년 1월 다보스 세계경제포럼(WEF : World Economic Forum)에서 화두가 되었던 “4차 산업혁명¹⁾”의 용어는 IT 분야뿐만 아니라 우리사회 거의 모든 분야의 이슈가 되고 있다. 4차 산업혁명의 핵심은 사람과 사물이 시공간의 제약을 받지 않고 실시간 연결될 수 있는 초연결사회가 되는 것이라고 할 수 있다. 전파는 이러한 초연결사회의 매개이며 초연결사회 구현을 위한 핵심 요소이다. 특히, 해상과 항공분야에서 전파를 이용한 무선통신은 편의성과 더불어 안전과 직결되는 수단으로 다른 설비에 비해서 중요성의 비중이 높다. 국제전기통신연합(ITU), 국제해사기구(IMO), 국제민간항공기구(ICAO) 등 유엔 산하 전문 국제기구에서는 새롭게 등장하는 다양한 무선통신장비에 대한 주파수, 통신기술에 대한 표준화를 논의하고 있으며, 각 국에서는 자국에 유리한 주파수, 통신기술을 표준화하기 위한 소리없는 전쟁을 하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 해상, 항공 등 지상통신 분야에서 이슈가 되고 있는 선박 자동식별시스템(AIS), 무인항공기 등 몇 가지 주제를 선정하여 표준화 동향 분석, 기술기준 및 제도연구를 진행하였으며, 또한, 차세대지능형교통시스템(C-ITS) 등 새로운 무선통신설비에 대한 국내 도입을 위해 기술기준을 마련하는 등 제도 정비를 추진하였다.

먼저, 해상분야에서 최근 빈번하게 발생하고 있는 해상 선박사고로 인하여 범 국민적 관심이 증가하고 있다. 특히, 해상의 선박안전 강화를 위하여 소형 어선의 AIS 확대 적용과 다양한 AIS 응용기기의 출현으로 채널 포화, 간섭 등에 대한 우려가 제기되고 있으며, ITU 등 국제기구에서는 AIS 채널 과부하 문제 해결과 AIS 응용 기기 도입을 위한 논의를 진행하고 있다. 이에, 우리나라의 AIS 무선국 현황 및 채널 트래픽을 분석하여 제도 개선 및 ITU, IMO 등 국제기구의 AIS 기술 및 주파수 표준화에 대한 대응방안을 모색하고자 하였다.

1) 제4차 산업혁명이라는 용어는 본래 2010년에 발표된 독일의 「High-tech Strategy 2020」의 10대 프로젝트 중 하나인 「Industry 4.0」에서 제조업과 정보통신이 융합되는 단계를 의미하였으나, WEF에서 제4차 산업혁명을 언급하면서 전 세계적으로 주요 화두로 등장함 [김진하, “제4차 산업혁명시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색”, KISTEP(한국과학기술기획평가원) Inside and Insight(15호), 2016년 8월.]

두 번째 이슈는 최근 급속히 보급되어 재난구호, 농약방제 등 다양한 영역으로 활용도가 높아지고 있는 무인항공기와 안전한 항공기 운항을 위한 항행무선설비이다. 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 무인항공기 시장의 성장과 활용의 확대에 따른 주파수 수요가 증가하고 있으며, 효율적이고 안전한 무인항공기 운용을 위한 주파수 이용 방안이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 무인항공기의 안정적 운용을 위한 제어용 주파수의 채널배치 방안을 마련하고 및 지상기반 소형항공기용 감시시스템 도입을 위한 제도 및 기술기준 정비방안을 검토하고자 하였다.

세 번째는 700MHz 대역 재난안전통신망 등 통합공공망의 안정적 도입을 위한 무선통신방식의 국제표준화 대응 및 통합공공망용 무선설비의 적합성평가 처리방법 개선 등 국내 관련 제도에 대한 개선을 추진하였다.

마지막으로 최근 ICT 분야의 또 하나의 화두인 자율주행자동차 도입을 위한 제도 개선 및 기술기준 마련을 추진하였다. 본 연구에서는 ITS 관련 ITU, 미국, 유럽 등 주요 국가의 기술동향을 분석하고, 우리나라에서 자율주행자동차의 도입을 위한 C-ITS 무선설비의 기술기준을 마련하고자 하였다.

제2장 우리나라 선박자동식별시스템(AIS) 무선국 현황 및 트래픽 분석

제1절 연구배경

최근 빈번하게 발생하는 해상 선박사고로 인하여 선박안전에 대한 범국민적 관심이 증가하고 있다. 해상에서 선박 사고시, 선박에 설치되는 무선통신장비는 신속한 수색 구조뿐만 아니라 사고 예방에 적극적으로 활용되고 있어 선박의 필수 장비라고 할 수 있다.

선박의 무선통신장비 중 선박자동식별시스템(AIS : Automatic Identification System)는 선박의 운항 상황을 실시간 모니터링하고 항해 중인 선박들이 항해정보를 자동으로 교환하게 함으로써, 선박의 충돌을 사전에 회피하여 안전 운항을 기하는 시스템이다[1]. 이러한 AIS 장비는 최근 AIS를 장착한 선박의 증가, 다양한 AIS 응용기기의 출현, AIS 채널의 과부하, 불법 AIS 무선국의 증가(그림 1) 등의 문제가 발생하고 있어 대책마련이 필요한 실정이다. 또한, 해양수산부에서는 소형 어선의 안전강화를 위하여 어선설비기준을 개정하여 2017년 1월 1일부터 10톤 이상의 모든 어선에 AIS 설치 의무화를 추진[2]하고 있어 AIS 채널의 과부하 문제는 앞으로 더욱 심각해 질 전망이다.

한편, 2015년에 개최되었던 국제전기통신연합(ITU) 세계전파통신회의(WRC-15)에서 AIS 채널의 과부하 문제를 해결하기 위하여 VDES²⁾, ASM³⁾ 채널을 분배 한바 있으며[3], WRC-19에서는 AIS 응용 기기에 대한 주파수 분배방안을 논의하기 위해 자율해상무선기기(AMRD : Autonomous Maritime Radio Device)용 주파수에 대한 연구[4]를 수행하고 있다.

본 장에서는 우리나라의 AIS 무선국 현황, 트래픽, 커버리지 등을 분석하고, 향후 ITU, IMO 등 국제기구의 AIS 통신기술 및 주파수 표준화에 대한 대응 방안을 모색하고자 한다.

2) VDES(VHF Data Exchange System) : 초단파대 데이터 교환 시스템으로 해상 VHF 주파수를 이용하여 선박의 위치 식별 및 AIS의 과부하 문제를 해결하기 위한 기술('17년 1월 1일부터 주파수 사용)

3) ASM(Application Specific Message) : 기존 AIS 기능(선박간 위치나 침로, 속도) 뿐만 아니라 날씨, 해류, 파고 등 다양한 항해정보 제공 및 AIS 과부하 문제를 해결하기 위한 차세대 항해통신 기술('19년 1월 1일부터 주파수 사용)



그림 2. 선박에 장착되는 AIS 구성도

2. AIS 무선국 현황

우리나라에서 허가를 받아 운용 중인 AIS 무선국은 선박국, 항공기국, 무선표지국, 고정국(해안국) 등이며, '16년 12월 현재기준으로 총 9,671국이 등록되어 있다. AIS 무선국 중 선박국이 91%로 대부분을 차지하고 있으며, 고정국(해안국), 무선표지국, 항공기국 순으로 이용되고 있다.

표 1. 우리나라 AIS 무선국 현황('16.12월 현재)

구분	운용 수
선박국	8,794국 (91.0%) Class A : 4,735국, Class B : 4,059국
항공기국	14국 (0.1%)
무선표지국	308국 (3.2%)
고정국(해안국)	555국 (5.7%)

전체 AIS 시스템은 그림 3에 나타난 바와 같이 선박, 기지국 및 운영국(관제센터)의 데이터 송·수신으로 운영되고 있다. 선박과 기지국, 기지국과 운영국 등 각 무선국은 유·무선 통신망을 통하여 구성되어 있다.



그림 3. 선박자동식별시스템 구성 및 운영

선박 AIS 기기는 선박, 수색·구조용 항공기 등에 탑재하여 사용되는 단말기로써, 주변의 타 선박 및 연안의 기지국 장치간 선박의 동적, 항해, 정적 정보를 교환하기 위한 장치이며, 선박 AIS 기기 종류에는 Class A-AIS, Class B-AIS, 해상수색·구조 항공기용(SAR : Search And Rescue) AIS 등이 있다.

표 2. 선박국 AIS 종류

구분	Class A	Class B	SAR
용도	상선 및 여객선	소형어선	해상수색구조용 항공기
데이터 발신주기	운항중 : 2초-10초 정박중 : 3분	운항중 : 5초-3분 정박중 : 3분	10초

AIS 기지국 시스템은 연안에 설치하는 기지국의 장비로써, 해안국용 송·수신 장치, 기지국 제어장치가 있으며, 주변 선박국으로 위치정보를 교환하고 부가적으로 DGPS(Differential Global Positioning System) 보정 정보방송, 슬롯 할당, 채널 관리를 수행하고 있다.

표 3. AIS 기지국 시스템

구분	송·수신장치	기지국 제어장치
역할	선박간 AIS 무선통신	송·수신 제어/관리
사진		

AIS 운영국 시스템은 각각의 해안 기지국별 AIS 데이터를 수집하여 해상 교통관제시스템(VTS : Vessel Traffic Service)⁴⁾ 및 해양안전종합정보시스템(GICOMS : General Information Center on Maritime Safety and Security)⁵⁾으로 정보를 제공하는 메시지 분배장치와 AIS 기지국 시스템을 관리하는 AIS 운영 프로그램과 AIS 정보를 저장하는 통합·운영서버로 구성된다.

표 4. AIS 운영 시스템

구분	메시지 분배장치	통합/운영서버
역할	기지국데이터 수집/분석 AIS 데이터 VTS 시스템 연계	AIS 기지국 시스템 제어관리 AIS 데이터 로그 저장
사진		

AIS 응용 장비는 수색구조용위치정보송신장치(AIS-SART), 항로표지용

4) 해상교통관제(VTS) : 레이더, CCTV, AIS 등 선박탐지 장비를 이용하여 선박교통의 안전과 효율성을 확보하고 해양환경을 보호하기 위하여 통항선박의 동정을 관찰하고 항행안전 정보를 제공하는 시스템[12]

5) 해양안전종합정보시스템(GICOMS) : 우리나라 연안과 원양해역 국적선박의 선박위치정보를 기반으로 선박 검사정보 등의 해사안전정보를 취합·구성하여 전자해도상에 표출하여 모니터링 함으로써 소말리아 해역 등 해적, 해상 테러 취약지역을 통항하는 국적선 피해예방을 위한 위기 대응체계를 구축하고, 대형 해양사고 예방과 해상구난체계에 활용하는 시스템[12]

AIS(AtoN(Aid to Navigation) AIS), 조난자위치발시장치(AIS-MOB(Man Over Board)), AIS-Buoy 등 다양한 용도의 기술이 개발되고 있다. 우리나라는 현재 AIS-SART와 AtoN AIS를 허용하고 있으며, AIS-MOB, AIS-Buoy 등의 도입을 위해 이해관계 기관과 논의를 진행하고 있다.



그림 4. AIS 응용기기

AIS-SART는 구조자가 조난자를 최종적으로 수색할 때 이용되는 해상조난안전시스템(GMDSS : Global Maritime Distress and Safety System) 설비이며, 평시에는 사용하지 않고 조난시에만 사용된다. AIS-SART는 휴대가 용이하고 작동이 간편하여 조난선에서 멀리 떨어져 있는 경우에도 AIS-SART를 작동시키면 조난자의 위치 발견이 용이하다.

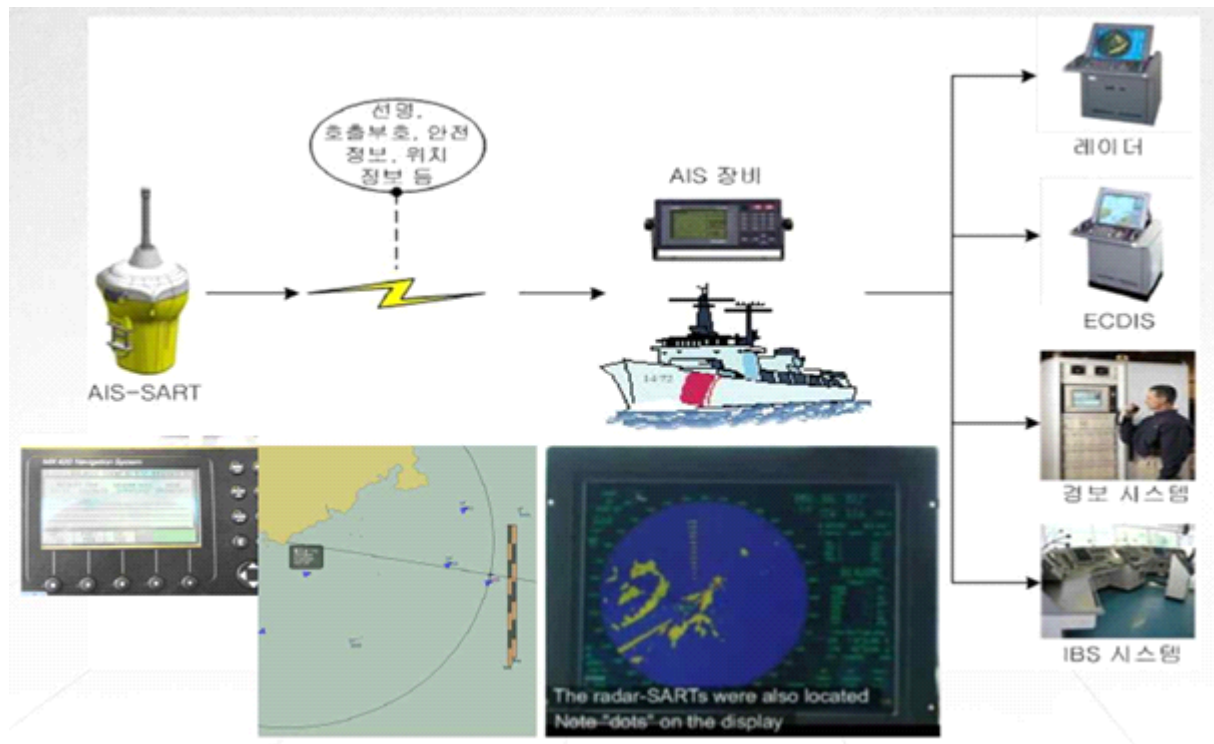


그림 5. AIS-SART 동작 원리

항로표지용 AIS(AtoN AIS)는 기존 항로표지의 단순한 표지 자체의 역할만이 아닌 표지 상태, 기상상황, 가상표지, 위험경보 등의 정보를 관제하는 기능 뿐만 아니라 인근 선박들에도 정보를 함께 제공함으로써 해상 항해에 안전을 도모하고 있다. 우리나라는 그림 6에 나타난 바와 같이 주요 항만 입구 및 항로상에 총 308국의 AtoN AIS를 설치하여 운영하고 있다.

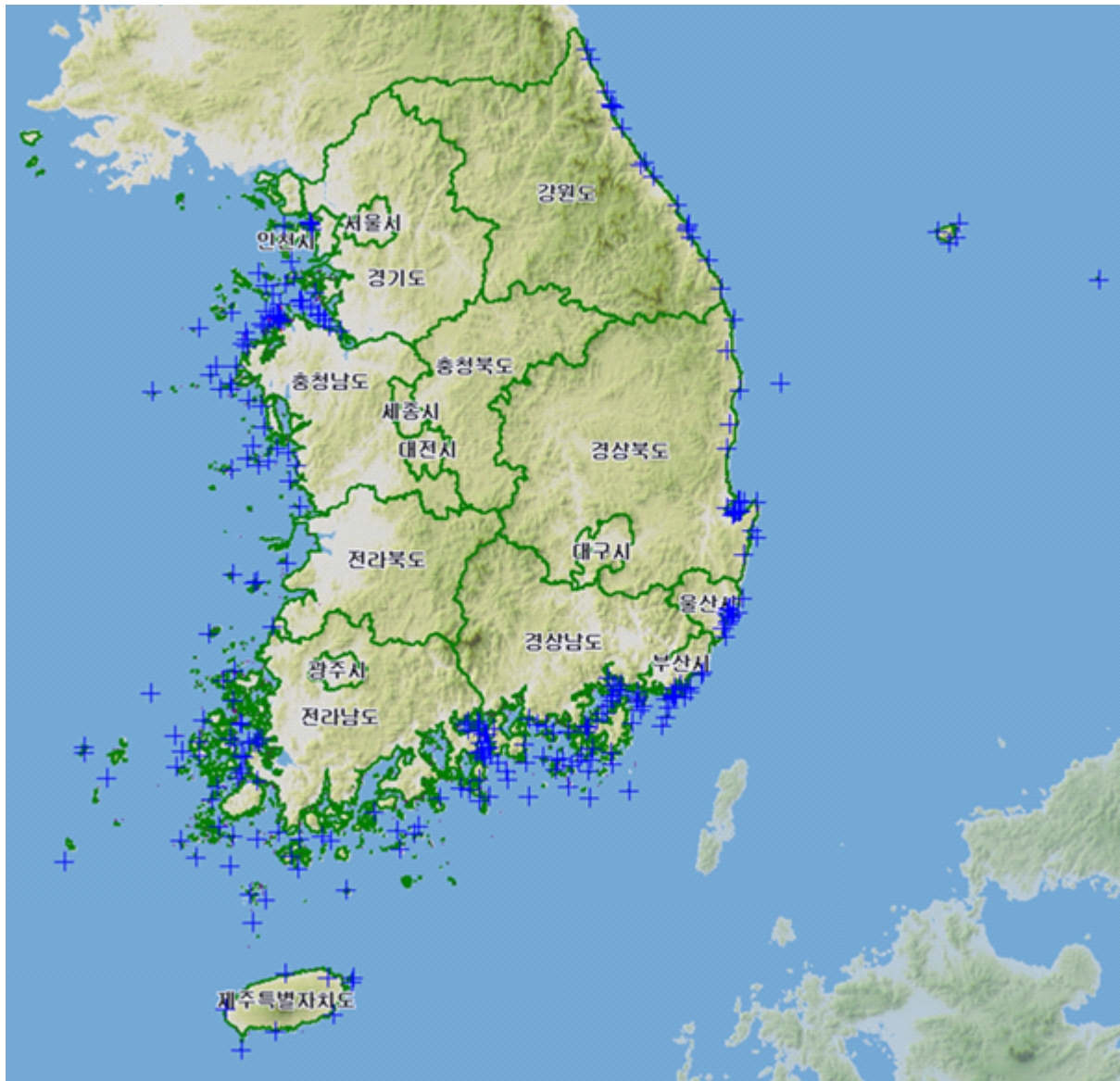


그림 6. 우리나라 AtoN AIS 무선국 설치 현황

우리나라의 AIS 탑재 선박국은 총 8,794국('16.12.15. 현재)으로, Class A-AIS와 Class B-AIS의 사용률은 각각 54%(4,735국) 및 46%(4,059국)를 차지하고 있다. 이러한 선박국의 수는 '16.5월에 비해 787국 증가하였으며, 이는 해양수산부의 소형어선 등에 대한 AIS 의무 탑재 선박의 확대에 따른 증가로 판단된다.

표 5. Class별 AIS 선박국 현황('16.12.15. 현재. 괄호안의 수는 '16.5.31. 현황)

톤 수	Class		총 수	비 고
	A	B		
10톤 이하	459(397)	2,729(2,496)	3,188(2,893)	+295
11-50톤	1,096(977)	875(791)	1,971(1,768)	+203
51-100톤	778(685)	323(228)	1,101(913)	+188
101-200톤	676(645)	99(51)	775(696)	+79
201-300톤	315(301)	14(14)	329(315)	+14
301-500톤	385(381)	6(6)	391(387)	+4
501-1,000톤	176(180)	1(1)	177(181)	-4
1,001-2,000톤	198(194)	3(3)	201(197)	+4
2,001-5,000톤	291(287)	9(9)	300(296)	+4
5,001-10,000톤	202(191)	(0)	202(191)	+11
10,001톤 이상	159(170)	(0)	159(170)	-11
합계	4,735(4,408)	4,059(3,599)	8,794(8,007)	787

제3절 AIS 국제표준 및 제도 현황

1. AIS 설치 법적근거 및 설치대상 선박

AIS 도입에 대한 논의는 국제해사기구(IMO)에서 1992년부터 시작하였으며, 1998년 AIS에 대한 성능표준을 개발 완료하였다. 또한, IMO는 해상인명안전협약(SOLAS : International Convention for the Safety of Life at Sea) 제5장 제19규칙을 개정하여 2002년 7월 1일부터 모든 여객선, 국제항해 300톤 이상 모든 선박, 국제항해에 종사하지 아니하는 500톤 이상 화물선에

AIS 탑재를 의무화하였다[5]. 국제전기통신연합(ITU)은 1997년 세계전파통신 회의(WRC-97)에서 AIS용으로 2개의 주파수를 분배(AIS1 : 161.975MHz, AIS2 : 162.025MHz) 하였다[6].

우리나라는 선박안전법 제30조(선박위치발신장치) 및 어선법 제5조의2(어선위치발신장치)에서 AIS 탑재에 대한 규정을 마련하였으며, 세부 기준은 선박설비기준 제108조의5(자동식별장치) 및 어선설비기준 제188조(자동식별장치)에서 규정하고 있다. AIS 기기의 성능 및 기준은 우리 원의 해상 업무용 무선설비의 기술기준 제22조(자동식별장치)에서 규정하고 있으며, AIS 장비에 대한 인증 및 허가·검사시 적용하고 있다.

2. AIS 국제표준 현황 및 표준화 동향

가. 국제표준 현황

해상통신기기는 IMO에서 도입 및 성능표준을 담당하고 있으며, ITU는 해상통신기기의 주파수 및 기술표준을 담당하고 있다. 또한, IEC에서는 성능시험 기술표준을 담당하여 각 국제기구간 유기적인 협력체계를 구축하고 있다. 특히, AIS 관련하여, IALA(국제항로표지협회)에서는 AIS 운용에 관한 권고 및 지침을 발간하고 있다. 표 6부터 9는 이들 국제기구에서 발간하고 있는 AIS 표준, 결의, 권고 등 관련 문서현황을 보여주고 있다.

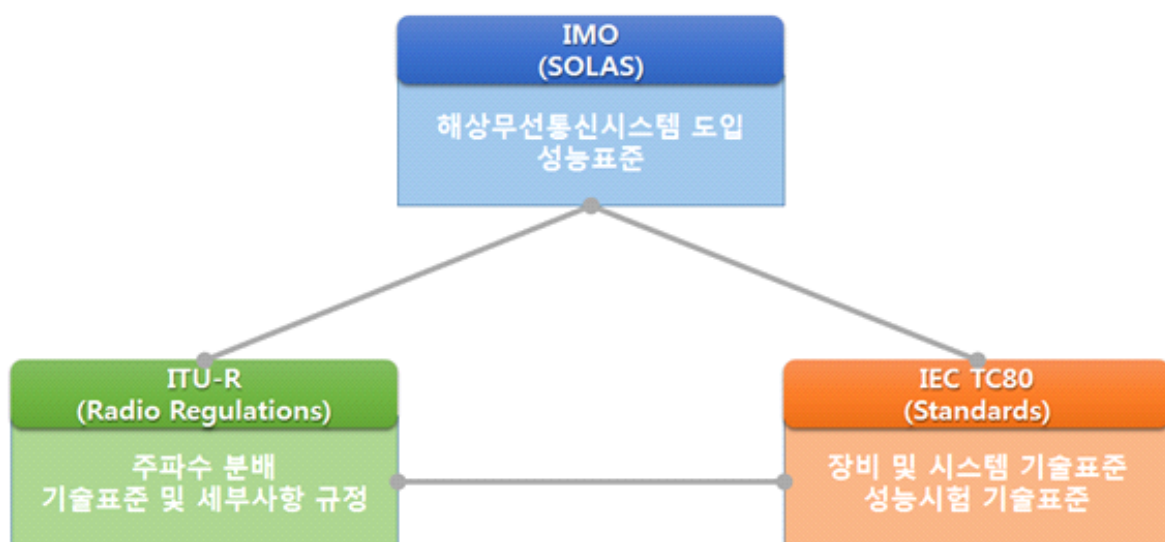


그림 7. 해상통신분야 국제기구 협력사항

표 6. IMO의 AIS 결의 현황

번호	주요내용	일자
A.956(23) A.917(22)	선박 AIS의 선상 운용에 대한 지침	2004년 2002년
MSC.347(91) MSC.140(76)	AIS VHF 데이터 링크의 보호 권고	2012년 2002년
MSC.246(83)	수색 및 구조 운용을 위한 생존정 AIS-SART의 성능 기준	2007년

표 7. ITU의 AIS 권고 및 보고서 현황

번호	주요내용	일자
ITU-R 권고 M.1371-5	TDMA를 이용하는 선박 AIS 기술적 특성	2014년
ITU-R 보고서 M.1159	해상이동업무용 VHF 및 UHF 무선국 AIS 특성	1990년
ITU-R 보고서 M.2084	위성에서 AIS 메시지 수신	2006년
ITU-R 보고서 M.2123	다양한 대기권 전파 조건하에서 장거리 AIS 메시지 수신	2007년
ITU-R 보고서 M.2287	AIS VHF 데이터 링크 로딩	2013년
ITU-R 보고서 M.2372	전파규칙 부록 18의 기술적 평가 - AIS 기술 응용을 지원하기 위해 할당 가능한 추가 채널과 AIS 채널 보호를 위한 채널 사용	2015년

표 8. IEC의 AIS 표준 현황

번호	주요내용	일자
IEC 62287-1	Class B AIS CSTDMA 기술	2006년
IEC 62320-1	AIS 기지국에 대한 운용 및 성능	2007년
IEC 62320-2	AIS AtoN 무선국에 대한 운용 및 성능	2008년
IEC 62287-2	Class B AIS SOTDMA 기술	2016년
IEC 61097-14	AIS SART에 대한 운용 및 성능	2010년
IEC 61993-2	Class A AIS에 대한 운용 및 성능	2001년

표 9. IALA의 AIS 권고 및 지침 현황

번호	주요내용	일자
IALA 권고 A.124	AIS 서비스, 채널 관리, 인터페이스, 위성 AIS, VDL 부하 관리 등	2004년
IALA 권고 A.126	항로표지용 AIS 기능, 메시지 종류, 보고 주기 규정	2004년
IALA 지침 1082	AIS 개요	2011년
IALA 지침 1098	부이용 AIS AtoN	2013년
IALA 지침 1062	AtoN AIS 설치	2008년
IALA 지침 1050	AIS 정보 모니터링 및 관리	2005년
IALA 지침 1084	AtoN AIS 허가 절차	2011년
IALA 지침 1028	보편적 AIS - 운용	2002년
IALA 지침 1029	보편적 AIS - 기술	2002년
IALA 지침 1081	가상 AtoN	2012년

나. 국제표준화 동향

ITU-R SG5(지상통신분야) 산하 WP5B(해상, 항공, 무선측위 업무담당)에서는 선박의 안전항해 및 관제를 위한 AIS의 통신기술 및 주파수를 사용하는 다양한 AIS 응용기기(어업용 부이, 해양관측용 부이, 유류유출용 표류부이, 빙산 표지장치 등)의 출현에 따라 이에 대한 규정을 검토하기 위한 의제(WRC-19 의제 1.9.1) 연구를 수행하고 있다. WP5B는 GMDSS와 AIS가 제약을 받지 않도록 156-162.05MHz 주파수 대역에서 동작하는 자율해상무선기기의 분류, 소요 주파수, 공유 및 호환성 등을 검토하고 있다.

‘16년 5월 및 11월 ITU-R WP5B 회의에서는 AIS 응용기기를 포함한 자율해상무선기기(AMRD)에 대한 공식명칭 검토와 독일, 중국 기고문을 토대로 전파규칙 부록 18 주파수를 사용하는 응용기기의 분류작업을 위한 현황 조사표 초안 작성하였다. 또한, 독일 기고를 기반으로 AMRD에 대한 보고서(M.[AMRD]) 초안 작업문서 작성하였으며, 각 주관청의 자율해상무선기기의 사용 및 허가 현황 파악을 위한 설문서를 작성하여 각 국에 회람하였다. M.[AMRD] 보고서에는 AMRD가 안전항해에 영향을 미치는 장애물 등의 위치를 표시할 수 있기 때문에 AMRD의 응용 가능성 및 표식 기호에 대한 IMO의 지침 필요성에 대한 내용을 포함하고 있다.

IMO에서도 WRC-19 의제로 논의 중인 AIS 응용기기에 대한 검토를 위하여 ITU와 협력체계를 구축하고 있으며, ‘16년 3월에 개최되었던 제3차 IMO NCSR(Navigation, Communication and Search and Rescue : 항해통신수색 구조전문위원회) 회의에서는 AIS 응용기기와 기 운영 중인 AIS에 대한 영향 검토에 대한 논의를 진행하였다. 금번 회의에서는 AIS 통신기술을 적용하고 있는 비표준 AIS 응용장치가 식별부호도 없이 무분별하게 사용되고 있는 기기에 대한 검토를 하였으며, 특히, 미국, 호주 등은 AIS 주파수를 사용하는 응용기기에 대한 우려를 표명하고 혼신 등 부정적인 영향에 대한 모니터링 필요성을 제시하였다. 또한, IMO/ITU 전문가 그룹회의에서는 AIS 응용기기를 포함한 자율해상무선기기(AMRD)에 대한 정의⁶⁾, 분류기준⁷⁾ 등에 대한 의견을 ITU에 제공하였다.

6) An autonomous maritime radio device(AMRD) is a mobile station; operating at sea and transmitting independently of a ship station or a coast station

7) IMO/ITU 전문가 회의에서는 AMRD를 2개의 그룹(Group-1 : 안전항해에 영향을 미치는 AMRD, Group-2 : 안전항해에 영향을 미치지 않는 AMRD)으로 구분

3. 우리나라 AIS 성능 및 기준에 대한 기술기준

우리나라는 2002년 5월, 해상이동업무 및 해상무선항행업무용 무선설비의 기술기준(정보통신부고시, 2002년 5월 28일)을 개정하여 AIS 기술기준(제27조(자동식별장치))을 마련하였으며, 항로표지용 장치는 무선설비규칙(방송통신위원회고시, 2010년 1월 12일) 제27조제2항(항로표지용 자동식별장치)을 개정하여 최초 적용되었다. 현재 AIS 기술기준은 해상업무용 무선설비의 기술기준(국립전파연구원고시) 제22조(자동식별장치)에 명시되어 있다. 표 10은 해상업무용 무선설비의 기술기준에서 명시하고 있는 AIS 주파수, Class A 및 Class B의 통신방식, 출력특성 등을 보여주고 있으며, 표 11부터 13은 선박국, 항공기국, 기지국, AtoN AIS 무선국별 데이터 전송 주기를 나타내고 있다[7].

표 10. AIS 세부 기술기준(기술기준 제22조)

	Class A	Class B
사용 주파수	161.975MHz, 162.025MHz	
통신방식	자동시분할다중접속(SOTDMA) 방식	자동시분할다중접속(SOTDMA) 방식 또는 반송파감지시분할다중접속(CS TDMA)방식
출력	12.5W	2W
국제규정	IMO AIS 모든 탑재요건	IMO AIS 일부 탑재요건

표 11. Class A AIS의 데이터 전송 주기

선박의 동적상태	송신주기
3knot 미만의 상태에서 계류 중인 경우	3분
3knot 이상의 상태에서 닻을 내리거나 계류 중인 경우	10초
14knot 미만의 속력으로 항해 중인 경우	10초
14knot 미만의 속력으로 항해중에 침로를 변경하는 경우	3 $\frac{1}{3}$ 초
14knot 이상 23knot 이하의 속력으로 항해 중인 경우	6초
14knot 이상 23knot 이하의 속력으로 항해중에 침로를 변경하는 경우	2초
23knot 이상의 속력으로 항해 중인 경우	2초
23knot 이상의 속력으로 항해중에 침로를 변경하는 경우	2초

표 12. Class B AIS의 데이터 전송 주기

선박의 동적상태	송신주기
2knot 미만의 속력으로 항해 중인 경우	3분
2-14knot 속력으로 항해 중인 경우	30초
14-23knot 속력으로 항해 중인 경우	15초
23knot 이상의 속력으로 항해 중인 경우	5초

표 13. 무선국별 데이터 전송 주기

무선국	송신주기
AIS-SART (조난시 동작)	10초
AtoN AIS	3분
AIS 기지국	10초
조난 구조용 항공기	10초

제4절 AIS 무선국 트래픽 분석

1. 개요

AIS는 데이터의 간섭을 사전에 방지하고 간섭이 발생할 경우에도 자체적으로 해결할 수 있도록 SOTDMA(Self Organized TDMA, 자동시분할다중접속) 프로토콜을 적용하고 있다. 이러한 SOTDMA 프로토콜은 1분 동안 주어진 데이터 프레임을 2,250개의 작은 슬롯으로 나누고 각각의 슬롯을 사용하여 AIS 정보를 송·수신 하도록 구성되어 있다[8-9].

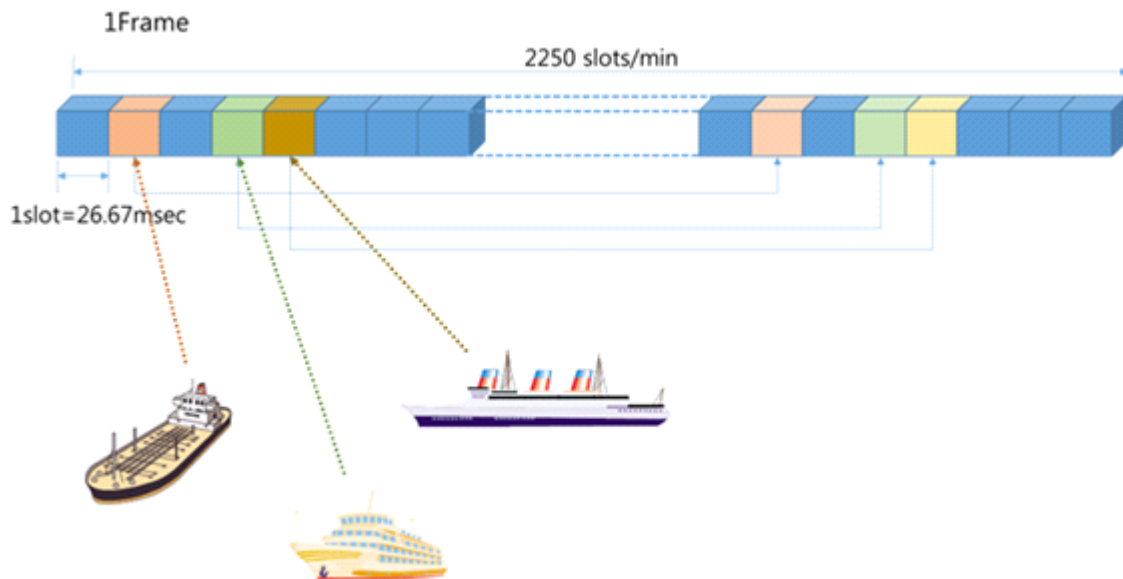


그림 8. SOTDMA 슬롯 점유방법

AIS는 현재 2개의 송신 주파수(161.975MHz, 162.025MHz)를 사용하고 있기 때문에 1분에 최대 4,500개의 슬롯을 사용하고 있다. Class A의 경우 AIS 정보의 평균 전송 주기를 6초라고 가정하면 AIS마다 1분에 10회의 전송이 이루어지고, 1회의 전송에 1개의 슬롯이 필요하기 때문에 1분에 10개의 슬롯이 필요하다. SOTDMA에서 총 사용 가능한 슬롯이 4,500개인 점을 고려할 때, 하나의 AIS 통신권 내에서 수용할 수 있는 선박은 최대 450척이 된다. 이 경우 만일 하나의 AIS 통신권 내에서 450척 이상의 선박이 AIS 정보를 전송하고자 할 경우에는 사용할 슬롯의 부족으로 인하여 일부 AIS 데이터가 드롭되는 현상이 발생하거나 새롭게 AIS 정보를 전송하고자 하는

선박의 AIS 정보 전송이 지연되는 현상이 발생하게 된다. 또한, Class B-AIS의 경우 평균 전송 주기를 30초라고 가정할 경우 1분에 2회 전송이 이루어지며, 1분에 2개의 슬롯이 필요하며, 이에 따라, Class B-AIS만을 고려할 경우 수용할 수 있는 선박은 최대 2,250척이 된다.

표 14. AIS 채널용량의 산술적 계산

	Class A	Class B
평균전송주기	6초	30초
슬롯점유/분	10개	2개
수용가능선박	450척	2,250척

IALA에서는 AIS의 트래픽 점유율이 50%를 초과할 경우 AIS 통신에 문제(데이터 지연, 드롭 등)가 발생할 수 있다고 지적하고 있으며[10], AIS 부하의 위험성 및 경감 필요성은 IMO, IALA 등 관련 국제기구에서 주요 의제로 다루어지고 있다.

AIS 채널의 과부하가 발생할 경우, 빈 슬롯을 찾을 수 없으므로 AIS의 데이터 전송 능력이 감소되며, IMO에서 요구하는 선박용 AIS 정보를 교환하는 AIS 해안국 인프라 능력의 감소 등에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 AIS 과부하 등으로 인하여 데이터 수신이 지연되거나 드롭될 경우 항적이 끊어지는 현상이 발생할 수 있다. AIS 항적이 끊어지는 현상은 AIS 부하 뿐만 아니라 지형조건, 페이딩(fading) 등에 의해서도 발생할 수 있다. 그림 9는 선박의 AIS 데이터를 제공하는 웹사이트(www.marinetraffic.com[11])에서 얻은 선박(새유달호)의 AIS 데이터('16. 7. 25.[11])이며, 일부 구간에서 AIS 데이터가 수신되지 않음을 확인할 수 있다.

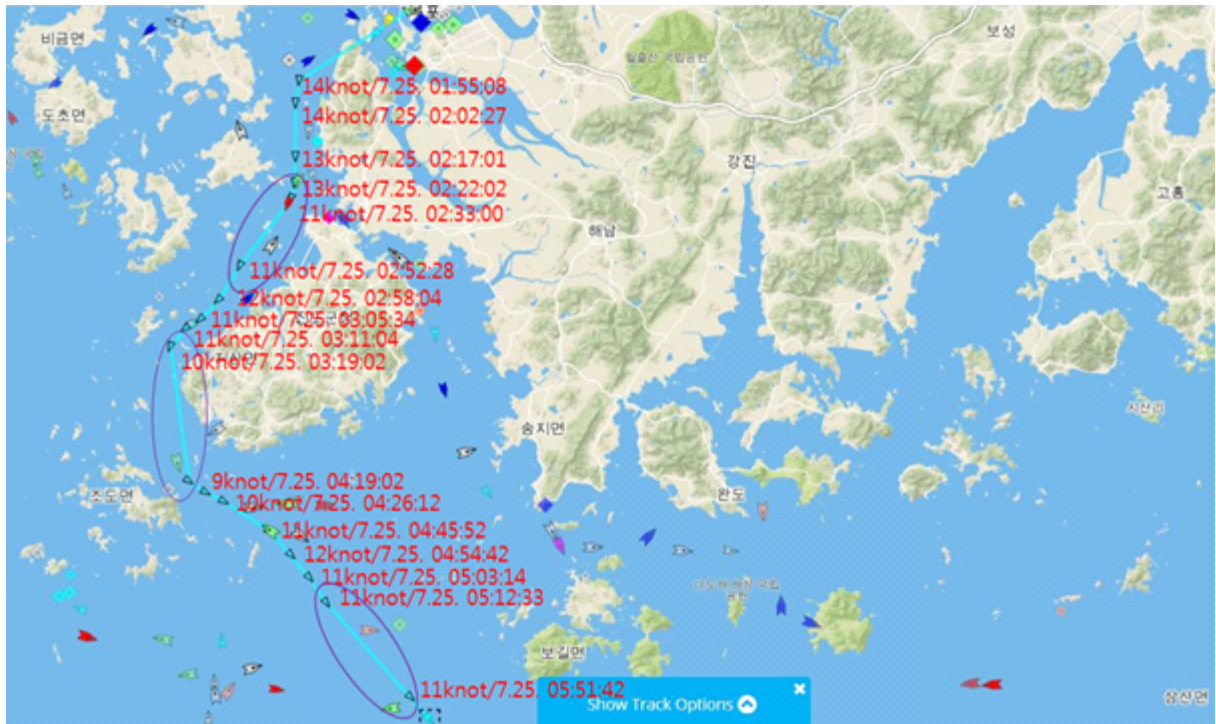


그림 9. 선박(새유달호) 항적

AIS는 초단파(VHF)를 사용하기 때문에 전파의 특성을 고려한 AIS의 통신 거리는 해상에서의 초단파 전파의 통달거리와 같은 약 20-30마일(36-54km)이며, AIS에서 사용하고 있는 프로토콜은 슬롯의 충돌 및 동기의 불일치 등을 회피하기 위하여 또 다른 여러 가지 요소를 규정하고 있다. 이 중 하나가 전파의 지연 시간을 완충할 수 있는 최대 거리이며, 전파의 속도는 빛의 속도와 같으나 데이터 통신에서는 전파 거리가 길 경우에는 전파의 지연 시간으로 인하여 슬롯이 충돌하는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결할 수 있도록 AIS에서는 메시지 포맷에 버퍼 기능을 두고 있으며, 이 버퍼의 크기에 따라서 최대 전파 거리가 제한되고 있다. AIS 데이터는 HDLC(High-level Data Link Control) 패킷 프로토콜을 사용하여 9,600bps의 전송 속도로 전송하고 있으며, 하나의 슬롯에는 총 256비트로 구성되는 하나의 데이터 패킷만이 전송 가능하다. SOTDMA 프로토콜에서 사용하는 AIS 메시지 패킷의 구조는 그림 10과 같다[8].

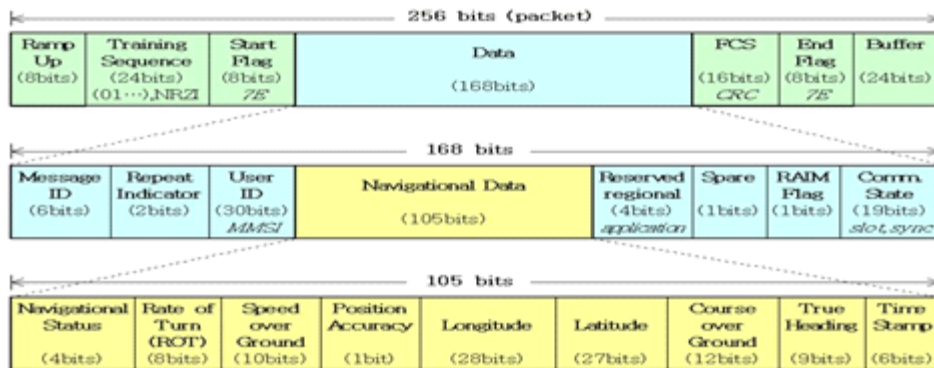


그림 10. SOTDMA 메시지 패킷 구조

이러한 AIS 메시지 패킷의 구조에서 마지막 부분을 차지하고 있는 것이 버퍼이며, 24비트로 구성된 버퍼는 HDLC 프로토콜 특성상 필요로 하는 비트 삽입 및 전파의 지연 등에 따른 완충역할을 할 수 있도록 구성하고 있다. 이 중 12비트가 전파의 지연에 따른 채널 충돌의 문제점을 극복하는데 사용하도록 규정하고 있다. 따라서 데이터 채널 간에 충돌이 일어나지 않도록 완충 조정이 가능한 최대 전파 거리는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{Maximum buffering range} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \times \frac{12 \text{ bits}}{9600 \text{ bps}} = 375 \text{ km} \quad (202 \text{ nm})$$

2. 우리나라 AIS 기지국 현황 및 커버리지 분석

우리나라는 14개의 AIS 운영국(인천, 부산, 울산, 마산, 여수, 군산, 대산, 목포, 포항, 제주, 동해, 완도, 평택)과 42개의 AIS 기지국을 운영하고 있다. 기지국별 유효 및 최대 커버리지는 표 15에 나타난 바와 같으며, 기지국 설치 높이에 따른 커버리지 차이가 발생한다. 표 15에 정리된 바와 같이 기지국이 250m 이상 높이로 설치될 경우 100km 이상의 유효 커버리지를 확보하는 것으로 분석되며, 최대 커버리지는 150km 이상 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 우리나라에서 150km 이상의 최대 커버리지를 확보할 수 있는 기지국은 부산의 엄광산 기지국, 울산의 무룡산 기지국, 마산의 용화산 기지국, 대산의 옥마산 기지국, 목도의 흑산도 기지국, 포항의 현종산 기지국, 제주의 세오름 기지국 등 총 7개이다. 또한, 이들 7개 기지국은 100km 이상의 유효 커버리지를 확보할 수 있는 것으로 분석 되었다.

그림 11 및 12는 우리나라 AIS 기지국의 최대 및 유효 커버리지를 보여

주고 있다. 그림 13에 나타난 우리나라 해역은 평수구역, 연해구역, 근해 구역, 원양구역으로 구분되며, 최대 커버리지는 평수구역과 연해구역 선박의 AIS 데이터를 수신하는데 문제가 없을 것으로 보이나, 유효 커버리지로 분석할 경우, 인천 일부지역, 제주도 서쪽 지역, 여수 남쪽 지역, 동해 일부 지역은 음역지역이 나타날 수 있는 것으로 분석 되었다.

표 15. 기지국별 커버리지 현황

운영국	기지국 (해발고/지상고)	커버리지		운영국	기지국 (해발고/지상고)	커버리지	
		유효범위 (-80dBm)	최대범위 (-107dBm)			유효범위 (-80dBm)	최대범위 (-107dBm)
인천	월미도 (5m/13m)	35km	100km	목포	금정산 (136m/12m)	55km	125km
	덕적도 (5m/16m)	30km	110km		임자도 (105m/35m)	70km	140km
	대청도 (5m/2m)	20km	95km		흑산도 (260m/40m)	100km	150km
	연평도 (5m/6m)	20km	95km		가거도 (5m/13m)	35km	130km
부산	엄광산 (494m/25m)	130km	175km	포항	홍해 (10m/15m)	40km	130km
	부산진항 (16m/24m)	40km	95km		성동산 (69m/31m)	60km	135km
울산	무룡산 (434m/25m)	125km	170km		현종산 (322m/20m)	105km	160km
마산	실리도 (5m/15m)	35km	85km		울릉저동 (121m/20m)	65km	140km
	용화산 (276m/15m)	100km	155km		울릉도동 (149m/20m)	75km	145km
여수	낙포 (5m/23m)	40km	95km		독도 (5m/7m)	35km	130km
	녹동 (220m/25m)	90km	110km	제주	세오름 (701m/25m)	150km	190km
	외나로도 (53m/13m)	50km	120km		서귀포 (136m/5m)	70km	140km
	오동도 (20m/13m)	35km	110km		우도 (5m/16m)	35km	130km
군산	오식도 (5m/2m)	35km	125km		이어도 (5m/13m)	35km	130km
	의장봉 (27m/25m)	40km	130km	동해	사문산 (61m/13m)	50km	120km
	어청도 (160m/13m)	75km	145km		거진등대 (5m/13m)	35km	130km
대산	후망산 (80m/25m)	60km	130km	완도	청산도 (70m/12m)	50km	90km
	옥마산 (476m/25m)	130km	170km		흑일도 (140m/12m)	70km	120km
	신진도 (112m/40m)	70km	140km	평택	살고지 (30m/16m)	45km	100km

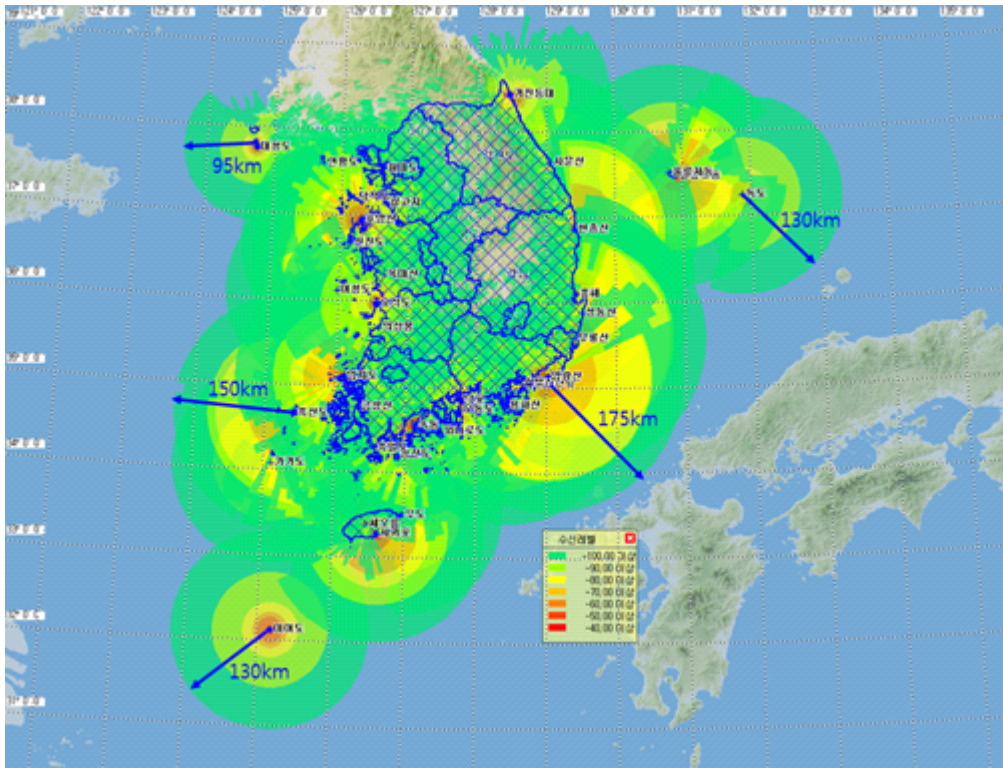


그림 11. AIS 기지국의 최대 커버리지

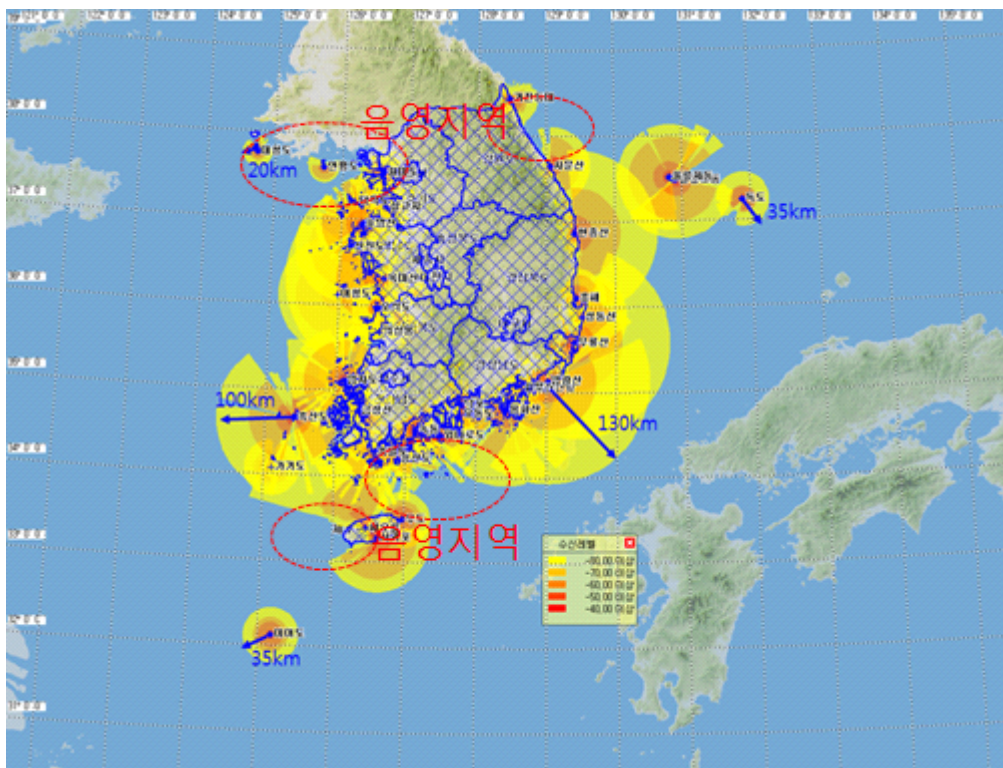


그림 12. AIS 기지국의 유효 커버리지

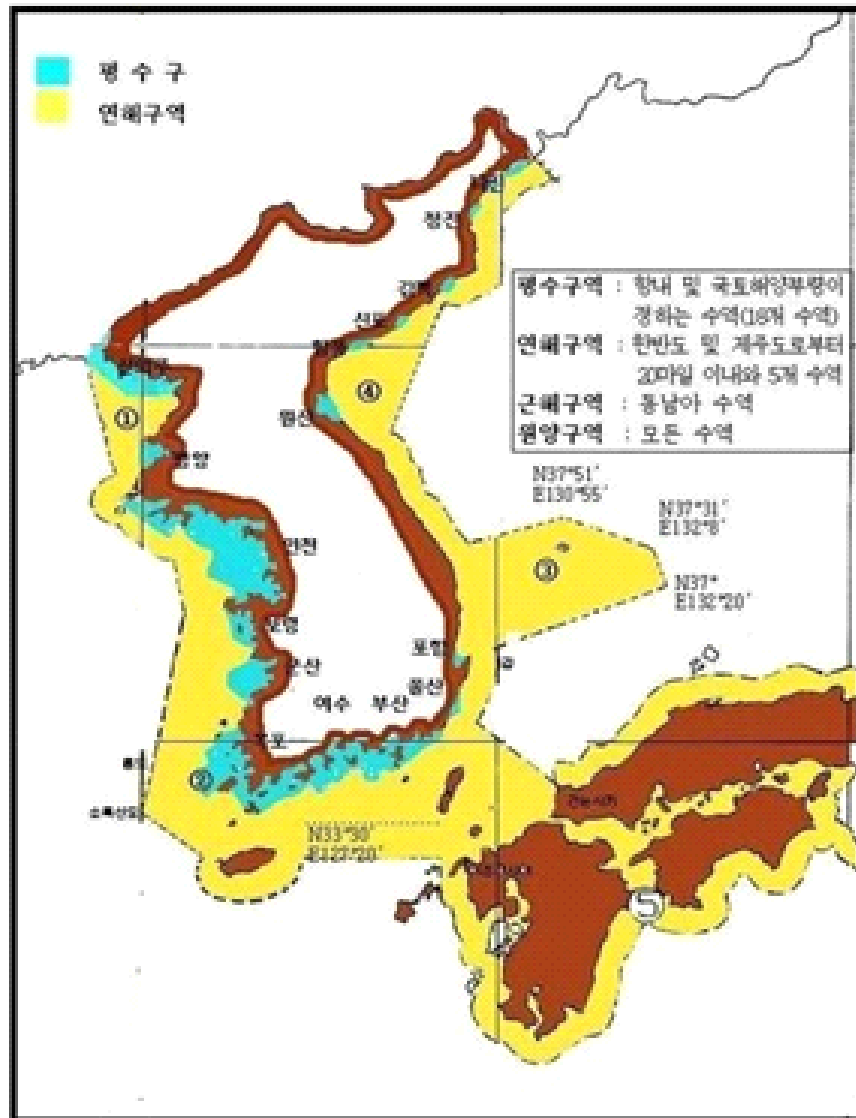


그림 13. 우리나라 해역 구분

3. AIS 트래픽 측정결과

해양수산부에서 제공하는 통계정보[12]를 바탕으로 우리나라에서 선박의 입·출항이 가장 많은 지역인 부산(표 16) 업무항 AIS 기지국의 트래픽을 측정하였다. 부산 업무항은 해발 494m이며, 주변 10km 이내에는 부산항, 부산남항, 감천항, 다대포항 등 4개의 대형 항구가 분포하고 있다. 업무항 AIS 기지국은 161.975MHz, 162.025MHz 2개의 주파수를 사용하고 있으며, 12.5W의 출력과 6dBi 이득 특성을 가지는 안테나로 시스템이 구성되어 있다. 그림 16에서와 같이 업무항의 최대 커버리지는 175km이며, 유효 커버리지는

135km로 분석되었으며, 주요 항만 내에서는 -50dBm 수신값을 가지는 것으로 분석되었다.

AIS 트래픽 측정은 '16년 6월에 수행되었으며, 측정시간은 선박의 입·출항이 가장 빈번할 것으로 예정되는 오전시간(09:00-13:00)으로 선택하였다. 또한, AIS 트래픽 측정은 안테나 형태에 따른 영향을 분석하기 위해 전방향성(모노폴) 안테나와 지향성(야기) 안테나를 사용하였다. 안테나의 이득은 각각 전방향성 안테나가 3dBi, 지향성 안테나는 8dBi이다.

안테나별 트래픽 측정결과는 표 18에 정리하였으며, 전방향성 안테나를 이용하여 측정된 AIS 트래픽 점유율은 45.14% 이며, 지향성 안테나를 이용하여 측정된 AIS 트래픽 점유율은 45.16%로 나타났다.

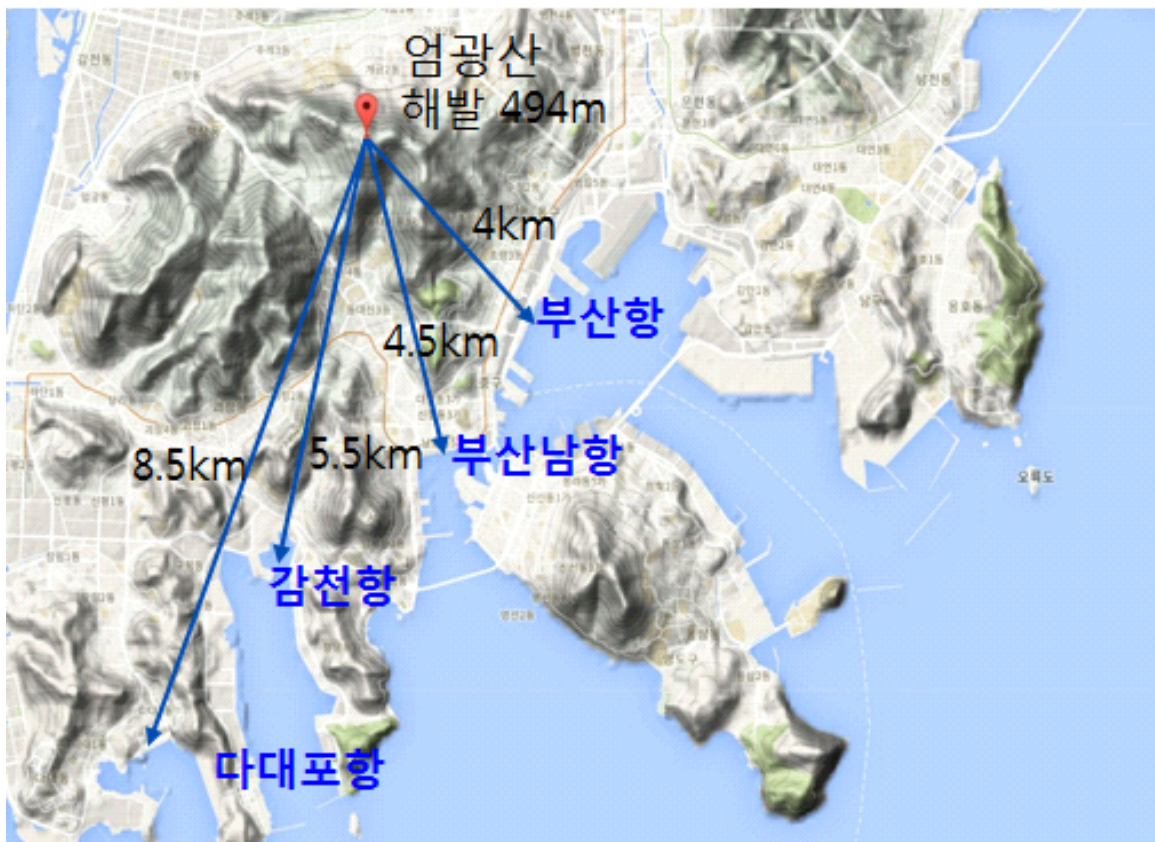


그림 14. 엄광산 주변 지형 조건

표 16. 부산의 선박 입 · 출항 현황[12]

구분	선박 수			
년 별	‘15년	‘14년	‘13년	‘12년
	입 항 : 49,047척 출 항 : 49,040척	입 항 : 47,718척 출 항 : 47,660척	입 항 : 49,588척 출 항 : 49,661척	입 항 : 50,437척 출 항 : 50,408척
월 별	‘16.11월	‘16.10월	‘16.9월	‘16.8월
	입 항 : 3,870척 출 항 : 3,890척	입 항 : 3,814척 출 항 : 3,867척	입 항 : 3,704척 출 항 : 3,759척	입 항 : 3,825척 출 항 : 3,897척

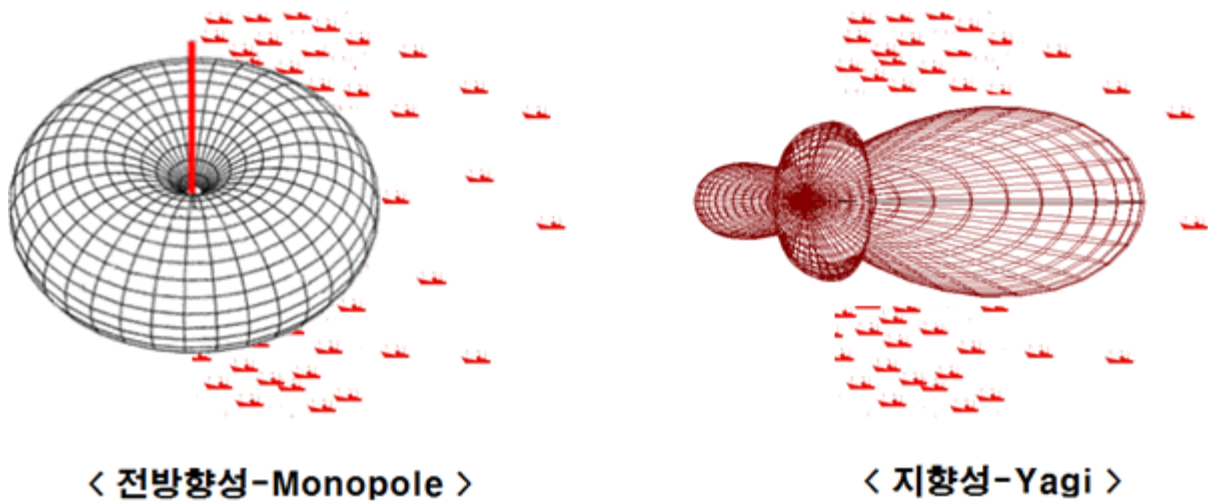
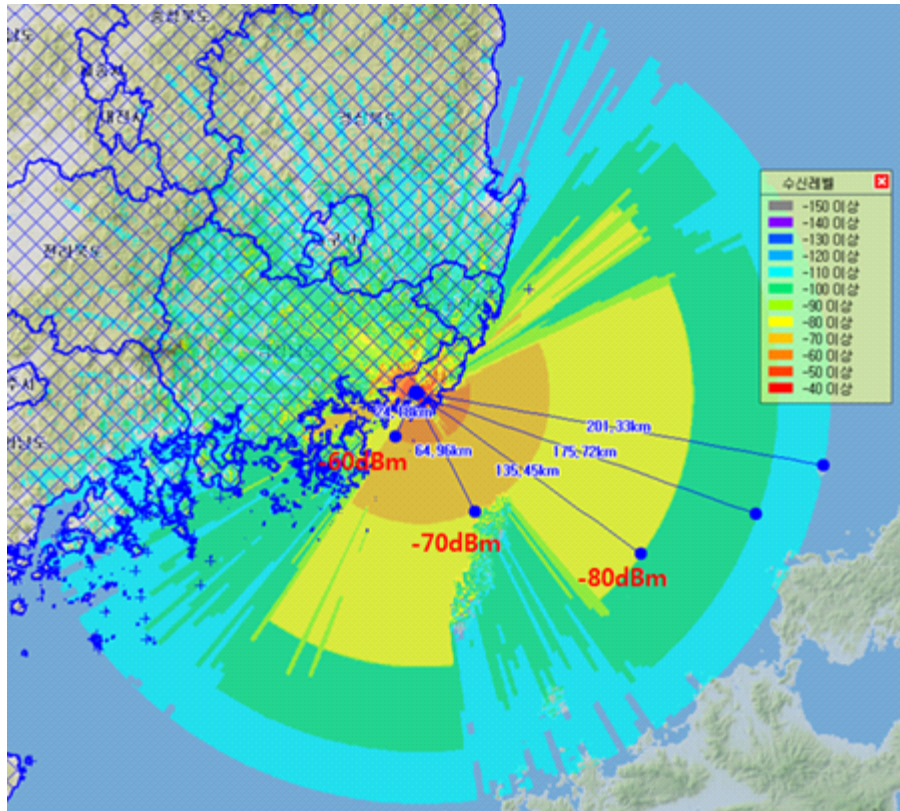


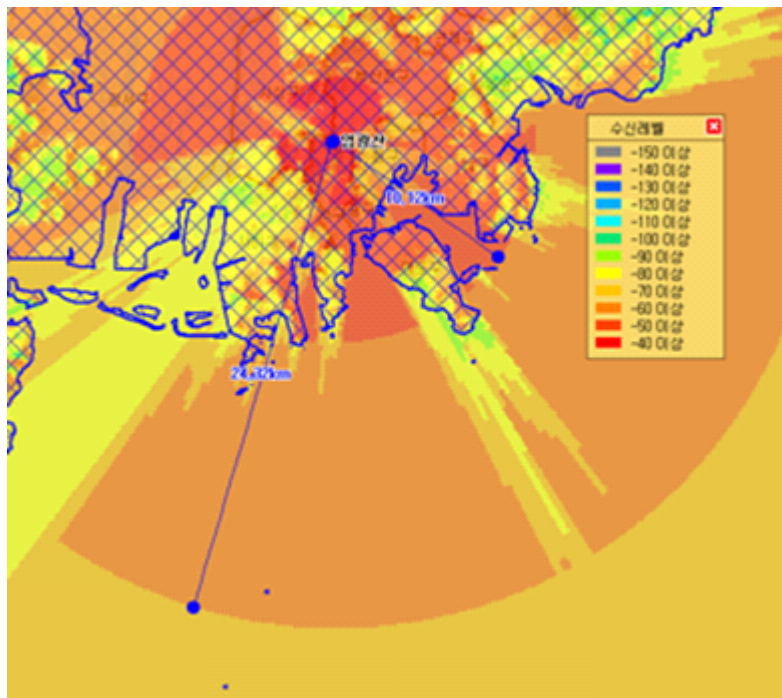
그림 15. 안테나 형태에 따른 AIS 데이터 수신

표 17. 업광산 AIS 안테나 기지국 제원

	제 원
주파수	161.975MHz, 162.025MHz
안테나공급전력	12.5W
안테나 이득	6dBi



< 최대 커버리지 >



< 유효 커버리지 >

그림 16. 엄광산 AIS 기지국의 커버리지 분석

표 18. AIS 측정방법 및 수신 트래픽

측정 안테나	전방향성(모노폴) 안테나	지향성(야기) 안테나
안테나 이득	3dBi	8dBi
측정 시간	1시간(09:40-10:40)	1시간(11:40-12:40)
트래픽 평균 수신건수	2,031	2,032
점유율	45.14%	45.16%

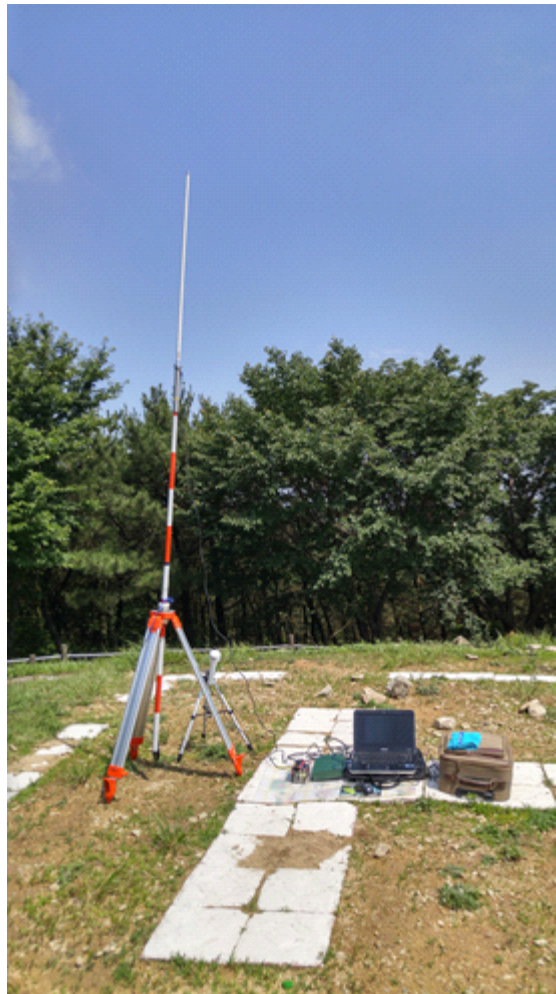
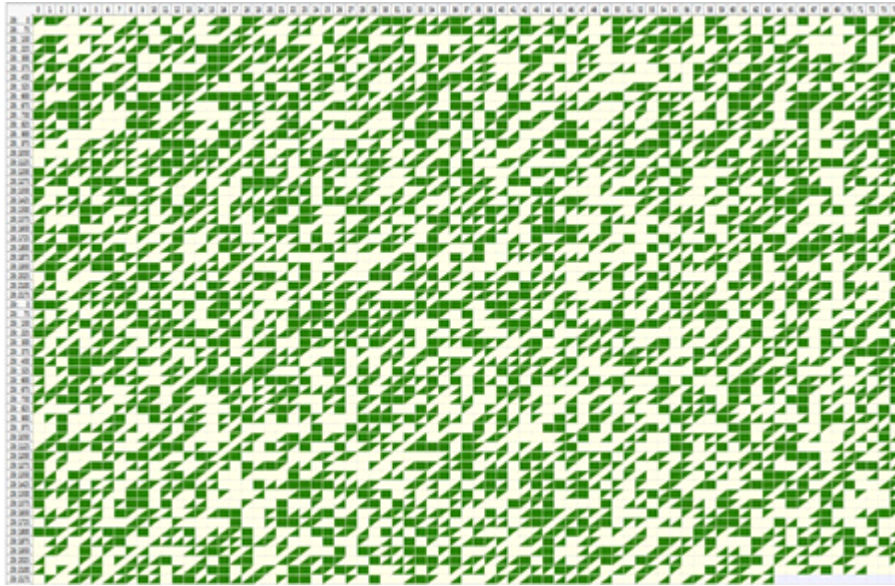


그림 17. AIS 트래픽 측정 모노폴 안테나



■ : 채널 A 할당표시, ■ : 채널 B 할당표시, ■ : 채널 A + 채널 B 할당표시

그림 18. 모노폴 안테나를 이용한 AIS 트래픽 수신 슬롯 맵

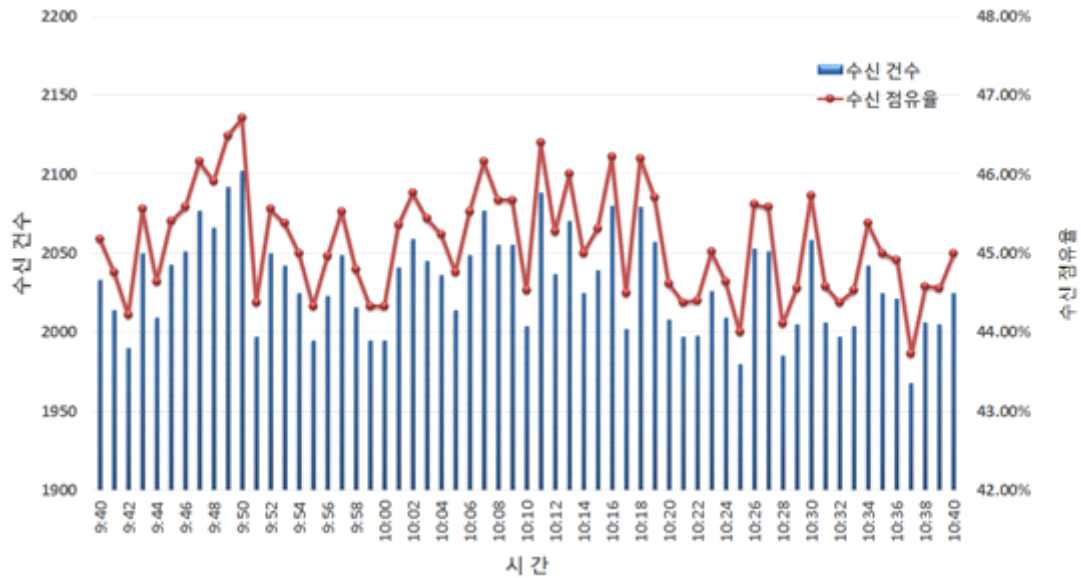


그림 19. 모노폴 안테나를 이용한 AIS 트래픽 수신 현황

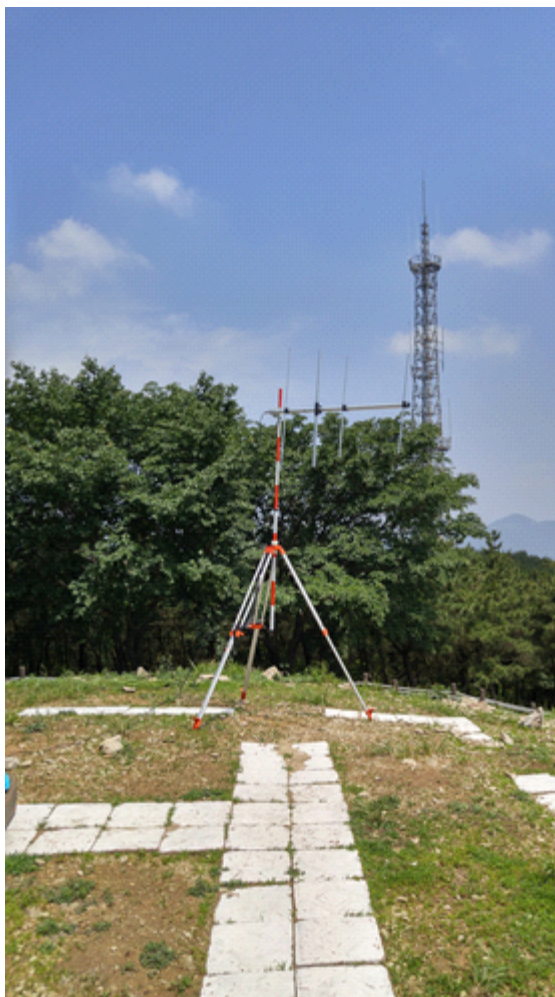
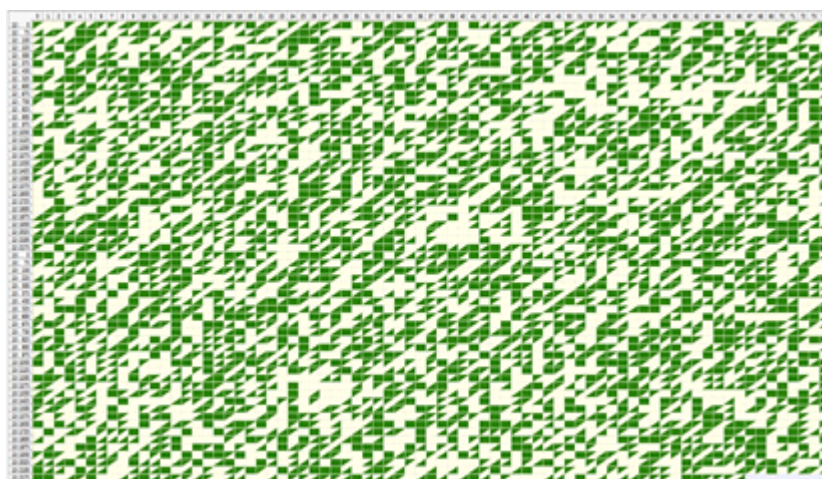


그림 20. AIS 트래픽 측정 야기 안테나



■ : 채널 A 할당표시, ■ : 채널 B 할당표시, ■ : 채널 A + 채널 B 할당표시

그림 21. 야기 안테나를 이용한 AIS 트래픽 수신 슬롯 맵

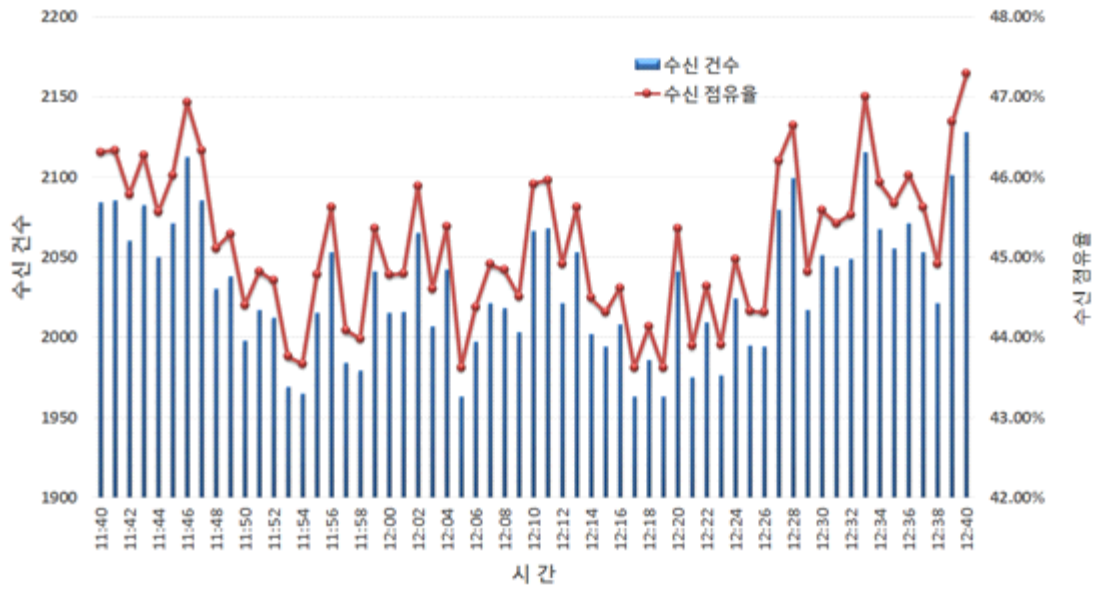


그림 22. 야기 안테나를 이용한 AIS 트래픽 수신 현황

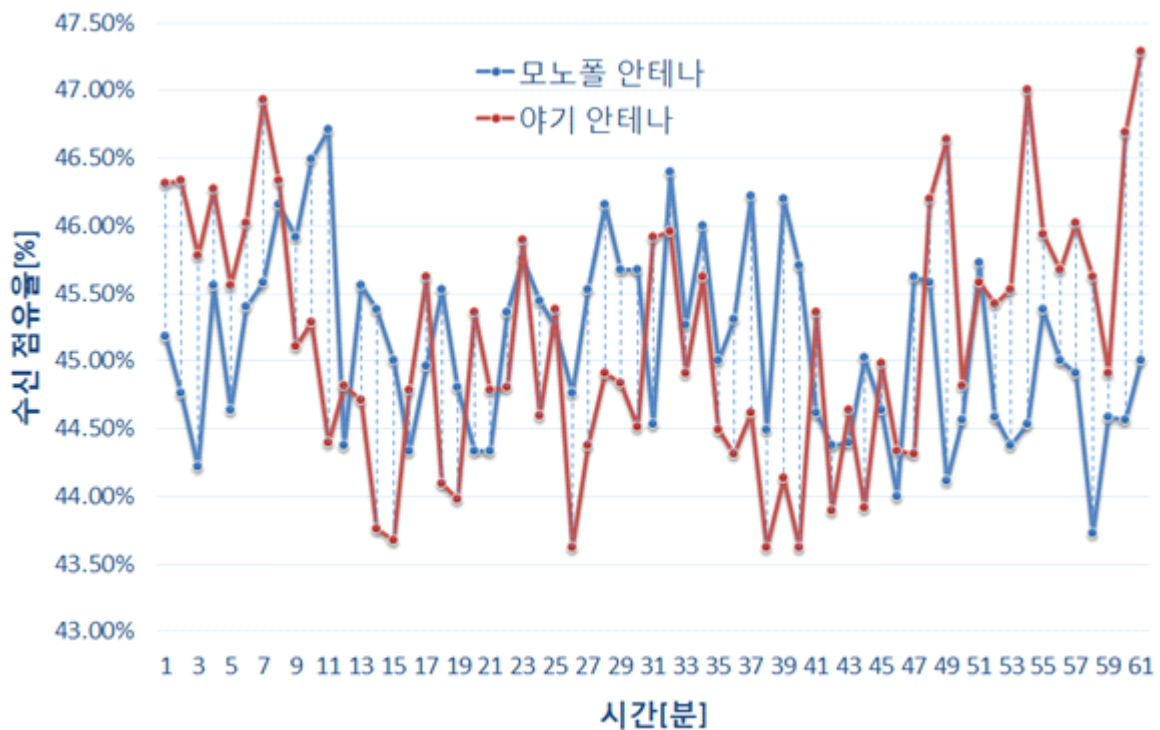


그림 23. 모노폴 및 야기 안테나를 사용한 수신을 비교

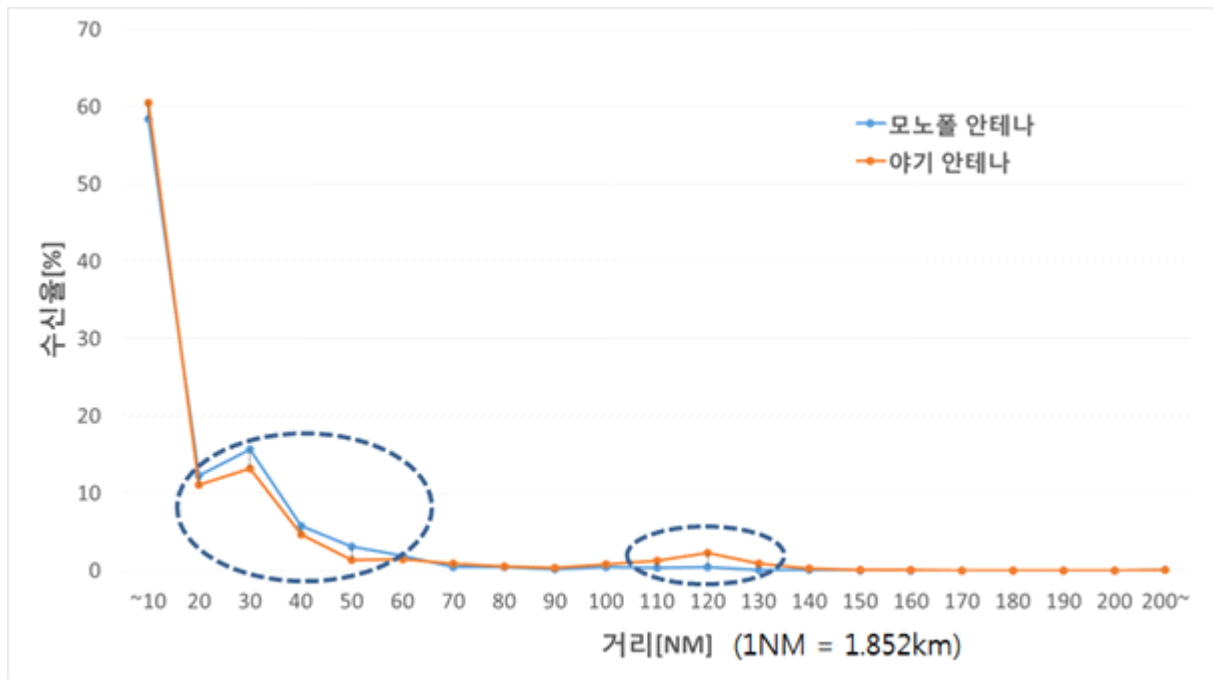


그림 24. 거리에 따른 수신율 비교

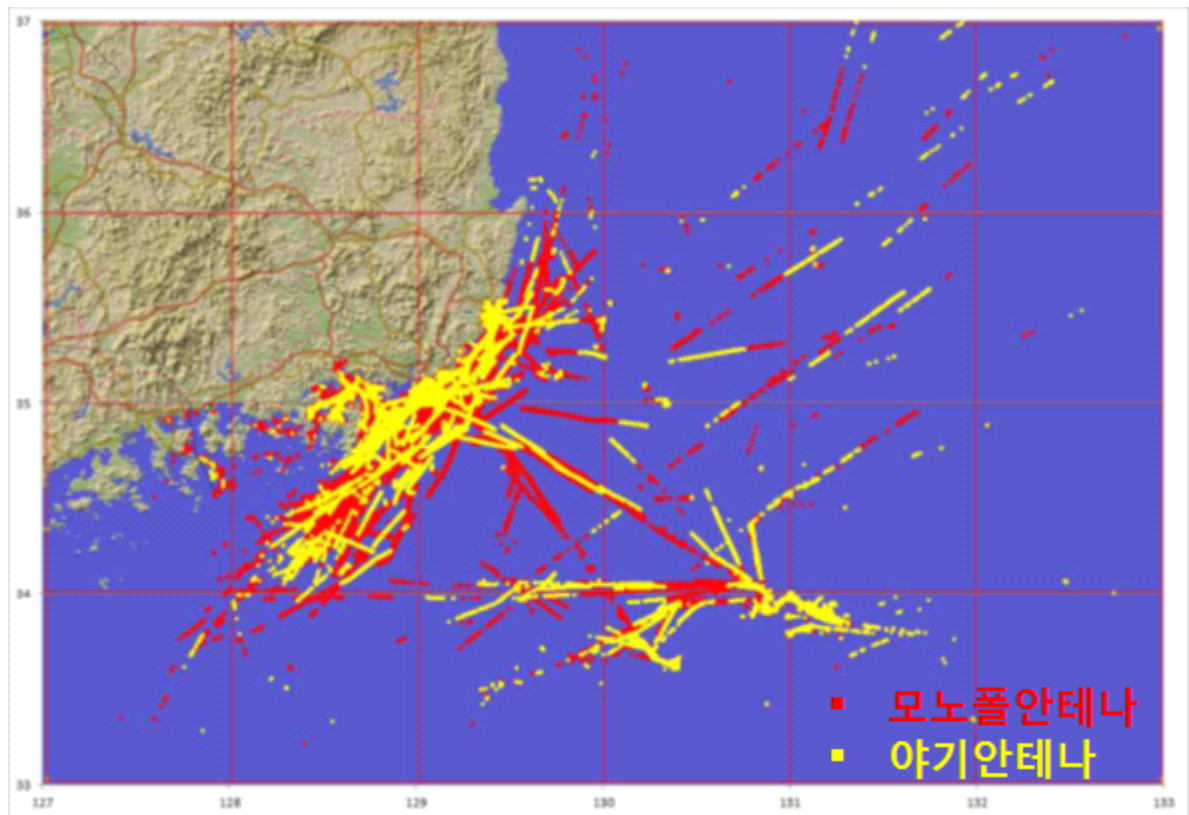


그림 25. 안테나 종류에 따른 수신 특성

그림 23에서 분석된 바와 같이 안테나 형태에 따른 AIS 트래픽의 차이는 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 이는 측정시간, 근거리 지역에 선박 밀집으로 인한 것으로 판단될 수 있으며, 또한, 지향성 안테나가 더 높은 이득을 가지거나 좁은 빔폭 특성을 가질 경우 개선될 수 있을 것으로 판단된다. 그림 24와 25의 분석결과를 살펴보면, 지향성 안테나를 사용한 AIS 데이터 수신 특성을 확인할 수 있다. 먼저, 그림 24에서 근거리 지역에서는 전방향성 안테나가 수신율이 다소 높은 것으로 분석되며, 120NM의 원거리 지역에서는 지향성 안테나가 수신율이 높은 것으로 나타났다. 또한, 그림 25에서는 AIS 기지국을 중심으로 양 옆쪽의 AIS 데이터 수신 가능성이 있었으나, 지향성 안테나의 경우는 거의 수신이 되지 않았다. 원거리의 경우에도 전방향성 안테나보다 이득이 높은 지향성 안테나가 더 많은 데이터를 수신할 수 있는 것으로 분석되었다.

제5절 소결

300톤 이하의 선박은 Class B-AIS를 설치할 수 있음에도 불구하고 Class A-AIS를 설치 및 운용하고 있다. Class A-AIS 등록 선박국 중 Class B-AIS를 탑재할 수 있는 선박은 3,709국으로 전체 42%를 차지하고 있으며, Class B-AIS를 설치할 경우 정보갱신 시간이 평균 6초에서 30초로 늘어남으로 트래픽 경감의 효과가 있을 것으로 판단된다. 선박설비기준과 어선설비기준에서 소형선박 및 소형어선은 Class B-AIS를 탑재하도록 제도 마련이 필요할 것으로 판단된다.

안테나 지향성에 따른 트래픽 경감 효과는 거의 없었으며, 전방향성 안테나는 1시간 평균 45.14%, 지향성 안테나는 1시간 평균 45.16%의 트래픽을 점유하는 것으로 측정되었다. 이러한 결과는 선박이 밀집된 항만은 지향성에 상관없이 모든 AIS 데이터를 수신할 가능성이 있었으며, 또한, 지향성이 높은 안테나를 사용할 경우 전방향성 안테나보다 원거리에 있는 선박의 AIS 데이터를 더 많이 수신할 수 있을 것으로 판단된다.

향후, AIS 기지국 트래픽 추가 측정(목포 등 주요 항만 AIS 기지국)이 필요하며, 안테나 설치 고도를 낮추는 방법, 빔 폭이 좁은 지향성 안테나를 이용하는

방법, 지향성 안테나를 틸팅(tilting)하는 방법 등 트래픽 수신을 경감 방안을 검토가 필요할 것으로 생각된다. 또한, WRC-19 의제 1.9.1과 관련하여 MOB 등 AIS 응용기기에 대한 트래픽 분석 등 자율해상무선기기(AMRD)용 주파수를 검토할 계획이다.

제3장 항공 주파수 및 무선설비 기술기준 연구

제1절 연구배경

항공 분야에서 무인항공기는 재난구호, 농약방제 등 다양한 영역으로 응용이 확장되어 미래 산업을 견인할 신산업으로 부상하고 있으며 관련 국내외 시장이 급격히 성장하고 있다. 또한, 국내·외적으로 여객기 추락 등 크고 작은 항공기 사고가 지속적으로 발생함에 따라 항공기의 안전운항을 확보하기 위한 항공항행설비에 대한 관심이 높아지고 있다.

무인항공기 주파수는 지상제어용으로 5GHz 대역이 분배되었으며 동 대역을 세부 채널로 구분하여 효율적이고 안전하게 사용하기 위한 주파수 채널배치 방안이 요구되고 있다. 아울러, 국내 항공 산업계는 항공기 제조의 초기 단계로 신규 인증 수요가 제기되고 있으며 향후 산업 활성화를 위한 관련 제도 및 기술기준에 대한 정비가 필요한 시점이다.

제2절 무인항공기 주파수 채널배치 방안

1. 배경

전 세계적으로 무인항공기는 군 분야의 성공적인 활용을 바탕으로 다양한 민간 분야로 그 이용이 확대되고 있으며 관련 산업은 미래를 이끌 신산업으로 부상하고 있다. 응용분야로는 원격탐사, 통신중계, 기상관측, 산불감시, 재난구호 및 지원 등이 있으며 최근에는 레저용 및 영상촬영용 소형 무인항공기(드론)가 대중들에게 널리 이용되고 있다.

무인항공기를 구성하는 장비 중에서 제어를 위한 무선설비는 무인항공기 운용에 있어 중요한 장비로써, 현재는 제작 및 구매가 용이한 2.4GHz 대역 장비를 널리 이용하고 있다. 이러한 2.4GHz의 주파수는 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 대역으로, 다양한 분야의 무선설비들이 허가 없이 사용되고 있어 무인항공기용 무선설비와의 혼신 발생의 가능성이 제기됨에 따라 무인항공기 제어용 주파수 대역인 5,030-5,091MHz(C-대역)의 활용도를

높일 필요가 있다.

무인항공기 관련 국제 동향으로 ITU에서는 ‘15년 11월 WRC-15를 통해 무인항공기 위성제어용 주파수를 신규 분배(전과규칙 주석 5.484B 신설) 하였으며, 고정위성대역에서 무인항공기 사용을 위한 결의 155를 제정 하였다. WRC-15에서 무인항공기 위성제어용 주파수가 분배됨에 따라 국내도 동 대역을 무인항공기 위성제어용으로 ‘16년 10월 분배 고시하였다.

표 19. 무인항공기 위성제어용 주파수

구분	제1지역	제2지역	제3지역
하향	10.95-11.2GHz 11.45-11.7GHz 12.5-12.75 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 12.2-12.5GHz 12.5-12.75 19.7-20.2GHz
상향	14-14.47GHz 29.5-30.0GHz	14-14.47GHz 29.5-30.0GHz	14-14.47GHz 29.5-30.0GHz

국제민간항공기구(ICAO : International Civil Aviation Organization)에서는 항공주파수의 중요성에 주목하여 ‘14년 기존 주파수 작업반을 FSMP (Frequency Spectrum Management Panel)로 승격하였으며, 주파수 관련 핸드북을 발간하고 ITU에 ICAO 입장을 제시하는 등의 주파수 대응활동을 강화하고 있다.

‘16년 9월 FSMP에서는 유럽을 중심으로 무인항공기 지상 및 위성 시스템 간 연구 결과를 바탕으로 주파수 공유가 가능하다고 판단하여 C-대역을 위성 및 지상제어용 링크로 함께 사용하는 방안이 제시되었으며, 차기 회의에서 이에 대한 ICAO 입장을 정하기로 하였다.

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; text-align: center;">SAT C2 Link RTN</div> <div style="background-color: #6a5acd; color: white; padding: 5px; text-align: center;">LOS C2 Link</div> <div style="background-color: #ff0000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">SAT C2 Link FWD</div> </div>	
공유 조건	위성 제어용(SAT C2) 리턴링크(RTN)와 포워드링크(FWD) 간 20MHz 이상 이격시킬 것

그림 26. 지상 및 위성제어를 위한 주파수 공유 방안

또한, 최근 300m 이하에서 비행하는 소형 무인항공기에 대한 관심이 커지면서 이에 대한 ICAO의 검토가 필요하다는 입장이 제기되었으며, Ka/Ku 대역의 위성시스템을 이용한 무인항공기 ICAO 표준 개발에 필요한 정보를 ITU-R에 요청하는 연락서한을 마련하기로 하였다.

국내는 WRC-12에서 C-대역을 항공이동업무로 국제 분배함에 따라 대역을 무인항공기 지상제어용으로 주파수 분배고시('12년) 하였으며, '15년 12월 무인항공기 지상제어용 무선설비에 대한 기술기준을 마련한바 있다.

표 20. 국내 무인항공기 주파수 분배 현황

주파수대별 분배	용도 등
5,030-5,091MHz 항공이동(R) 5.443C 항공무선항행 5.444	무인항공기 지상제어용
5,091-5,150MHz 항공무선항행 항공이동 5.444B 5.444 5.444A	무인항공기 임무용

무인항공기 지상제어용으로 분배된 주파수 대역을 효율적으로 사용하기 위한 주파수 채널배치 방안이 요구되고 있으며, 이와 관련된 미국 표준화 기구 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics)의 제어용 주파수 채널플랜 연구를 분석하였다[13].

2. RTCA 연구 동향

가. 개요

무인항공기 제어용(CNPC : Control and Non-Payload Communication) 링크의 주파수 관리는 특정 공역에서 운용될 수 있는 무인항공기 수량을 결정하는 가장 중요한 요인으로 최대 가용 주파수의 범위 내에서 운용되어야 한다.

국제적으로 무인항공기 제어용 주파수 관리에 대한 연구는 미국 표준화 기구인 RTCA에서 수행되고 있으며, 제어용 주파수 채널할당 관련 연구를 포함한 무인항공기 제어용 데이터 링크에 대한 최소운용성능기준(MOPS : Minimum Operational Performance Standards)이 '16년 9월 마련되었다.

MOPS 표준에서 무인항공기 제어용 주파수에 대한 부분은 「부록 H. 주파수 재사용 계획(Frequency Reuse Planning)」이며 기존 이동통신의 셀룰러 방식 기반의 세부 채널배치 방안 및 미국 공역 내 무인항공기가 운용되는 가상의 시뮬레이션 분석에 대한 연구를 수행하였다.

무인항공기 제어용 주파수로 고려하고 있는 대역은 크게 960-1,164MHz(L-대역)과 5,030-5,091MHz(C-대역)으로 구분되어 각각 연구를 수행하였는데 이 중 C-대역 관련 연구 결과는 C-대역을 무인항공기 지상제어용으로 분배한 국내 현황을 고려하여 주의 깊게 살펴볼 필요가 있다.

L-대역에서 무인항공기를 운용하기 위해서는 L-대역에서 사용되고 있는 기존 거리측정시설(DME : Distance Measurement Equipment) 및 전술항법 시설(TACAN : TACTical Air Navigation) 등의 항행무선설비와의 면밀한 공유 검토 및 조정이 필요하다.

미국은 L-대역에서 무인항공기 제어용 사용 가능성이 높은 세부 대역으로 1,040-1,080MHz 및 1,104-1,150MHz를 제시하고 있다. 이러한 후보 주파수는 아래 표 21과 같은 조건하에서 산출되었다.

표 21. 무인항공기 제어용주파수 링크의 운용 조건

항목	값	비고
송신 전력	32mW 이하	15dBm
운용 고도	3,000feet 이하(AGL 기준)	1feet = 30.48cm AGL = Above Ground Level
운용 반경	15NM(GRS 기준)	1NM = 1.852km GRS : Ground Radio System

현재까지, L-대역에서 무인항공기의 운용 가능성이 충분히 입증되지 않았고 기 사용 중인 시스템인 DME, TACAN, ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), ATC트랜스폰다, 공중충돌경고장치(TCAS : Traffic Collision Avoidance System)와의 지리적 공유 측면의 추가 연구가 수행되어야 한다.

C-대역은 L-대역과 비교하여 기존 무선국의 사용이 적어 주파수 혼잡도가 낮은 대역으로 무인항공기 지상제어용 운용의 가능성을 상당히 높게 판단하고 있으며 지상제어뿐만 아니라 향후 위성을 이용한 위성제어(SATCOM CNPC)로의 확장을 예상하고 있다.

나. 기술적 운용을 위한 고려사항

FCC는 적정성 검토를 통해 무인항공기 지상시스템을 시작으로 무인항공기 세부 채널할당 등의 주파수 사용을 허가할 것이고, 이를 위해 무인항공기의 무선 네트워크 구조를 고려해야 하는 동시에 아래와 같은 기술 및 운용 측면을 고려해야 한다.

1. 모든 지상시스템의 상향 및 하향 링크는 MOPS 표준을 준수하여 시분할복신(TDD : Time Division Duplex) 방식을 사용하여 모든 사용자와 동기화 되어야 한다. 동기화된 TDD 방식은 지상시스템 간 간섭을 방지할 수 있으며 높은 고도에서 큰 회절 및 덕팅(대기에 의해 큰 감쇄 없이 신호가 장거리까지 전송) 현상이 발생하는 경우를 제외한 무인항공기 간 간섭을 방지할 수 있다.

2. 점유주파수대역폭은 MOPS 표준에 따라 상향 및 하향 링크에서 5kHz 단위의 연속적인 대역폭으로 할당하고 송신기의 방사마스크를 준수해야 한다. 다만, 주파수 관리 측면에서 채널대역폭 및 주파수 이격에 대한 범용적인 요구조건이 없는 상황이므로 다양한 채널 할당 방식을 염두에 두어야 할 것이다.
3. 상향 및 하향 주파수는 주파수 중첩에 의한 간섭을 회피하기 위해 각각 독립적으로 구분하여 선택되어야 한다.
4. MOPS 표준을 준수하는 무인항공기는 다수가 사용할 수 있는 공통 주파수에 의존하지 않아야 한다.
5. 주파수 할당 플랜은 무인항공기의 링크 신뢰성을 보장하는 신호대잡음비(SINR)를 유지하여 주파수 재사용이 최대로 제공하도록 수립되어야 한다.
6. 무인항공기 주파수 링크는 지표면의 장애물을 관통할 수 없음을 고려하여야 한다. 특히 열대 및 습기 기후에서는 덕팅 및 불규칙적인 전파 전달이 심화되므로 이러한 지역에서는 보다 높은 신뢰성이 확보되어야 한다.
7. 무인항공기 제어용 링크는 하나의 무인항공기가 지상시스템과 직접 연결된 단독(Standalone) 방식과 2대 혹은 그 이상의 무인항공기를 동시에 운용할 수 있는 네트워크 방식을 이용할 수 있다.

다. 셀룰러 주파수 플랜

무인항공기가 1대 또는 그 이상의 다수가 네트워크 방식을 통해 운용될 경우 개별 무인항공기는 공역을 특정 용적(Volumes)으로 세분화하여 각각의 주파수를 할당하는 셀룰러 방식의 주파수 플랜이 유용하다.

그림 27과 같이 각 육각형의 셀 내 숫자는 단일 주파수만을 의미하지 않고 다수의 주파수 설정이 가능하며 셀 내 무인항공기 운용을 위해 할당이 가능한 주파수 목록을 나타낸다. 네트워크 방식에 의해 제공되는 무인항공기 주파수는 전체 운용 지역에서 반복되는 주파수 목록을 가지는 셀 Cluster 들로 구성된다. 예를 들어, 셀 Cluster 크기(K)가 12인 경우 동일 채널을 갖는 셀은 지리적 이격을 통해 채널 간섭을 회피할 수 있다. 즉, 지상과 무인항공기 간의 동일 채널 간섭은 하나의 셀 반경의 4배 거리 내에서는 발생하지 않는다.

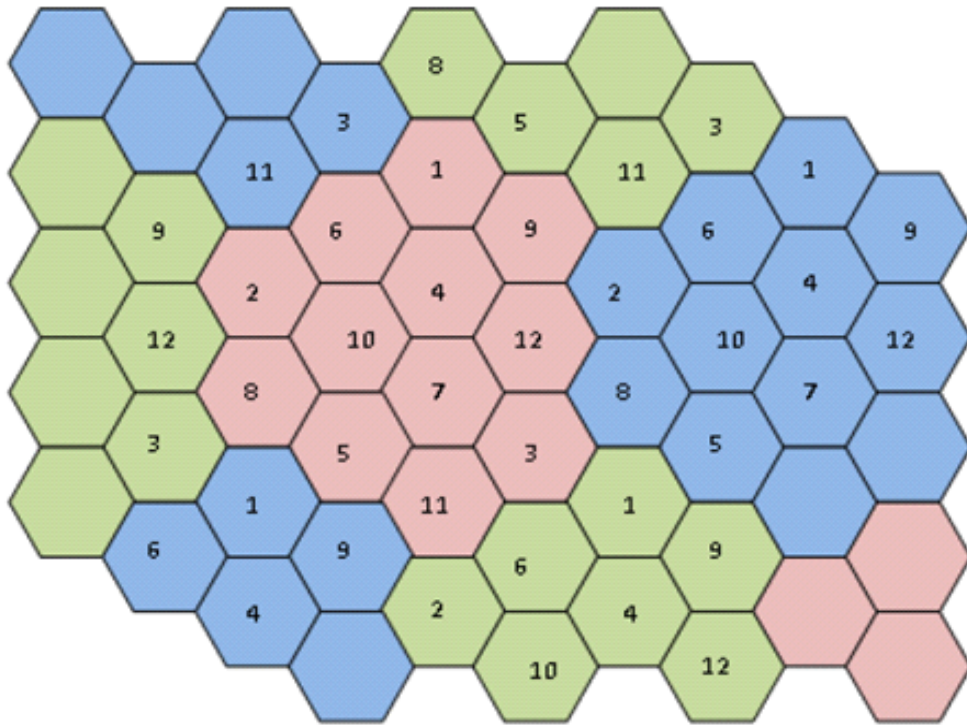
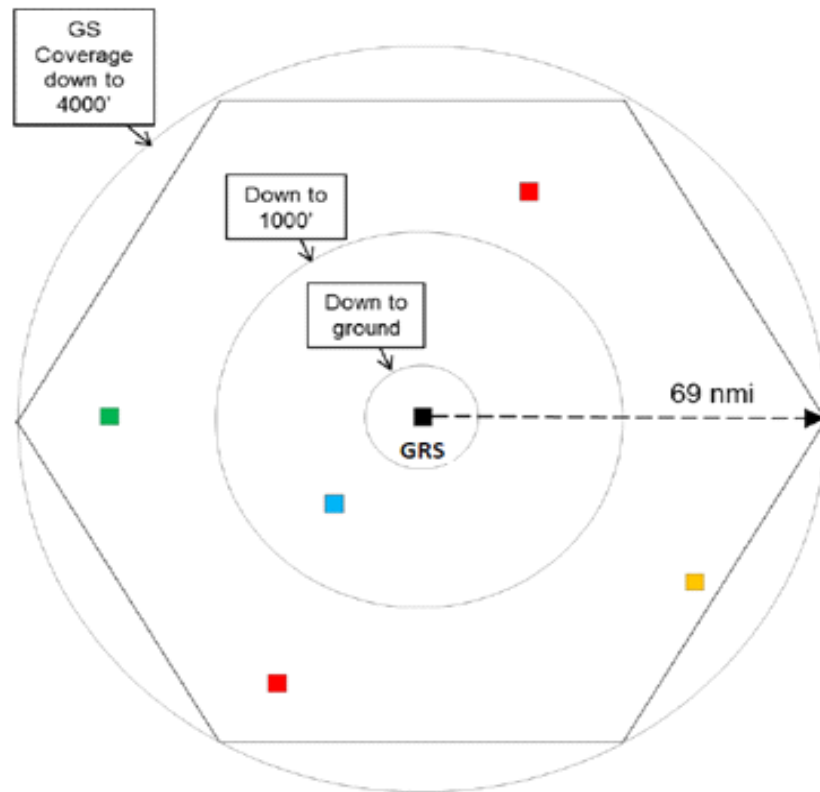


그림 27. 셀룰러 주파수 플랜의 예(K=12)

K 값이 증가하면 하나의 셀에서 사용 가능한 주파수 목록이 감소한다. 다시 말해, 사용자가 이용할 수 있는 주파수는 전체 주파수 자원의 일부분 ($1/K$)인 것이다. 전체 주파수 자원을 너무 많은 수의 셀로 구분하면 인접할 셀에서 여전히 가용 주파수들이 남아 있음에도 현재 셀에서는 가용 주파수가 부족한 경우가 발생한다.

라. 저고도를 갖는 커버리지

고도를 고려하는 3차원의 주파수 플랜은 셀룰러 주파수 플랜의 K 값을 적용함으로써 마련될 수 있다. 일반적인 지상 무선설비의 경우 고도가 적용되지 않는 수평의 셀 커버리지에서 구현될 수 있지만, 무인항공기는 비행하는 고도를 갖는 3차원의 공역에서 운영됨에 따라 고도를 반영하여 커버리지를 결정해야 한다.



GRS = Central ground station with 100' tower
Other squares = "gapfillers" for local low-altitude coverage

그림 28. 셀 내 저고도 커버리지의 제공

그림 28은 69NM의 셀 반경을 가정하고 수평거리는 고도(H)에 따른 $1.23\sqrt{H}$ 로 설정하였다. 셀 중앙의 지상시스템이 지상으로부터 100feet 높이에 위치할 경우 커버리지는 특정 지역에 한정되며 지상시스템의 고도가 높아 질수록 이에 비례하여 커버리지가 증가한다. 또한, 운용 지역의 지형적 특성을 고려한 중계기의 활용이 필요할 수 있으며, 특히, 셀 외각 지역의 무인항공기의 안전한 운용을 위해 인접 셀 및 주파수 재사용에 대한 간섭 우려를 제거해야 한다.

마. 셀룰러 주파수 플랜의 고려사항

셀 사이의 경계는 하나의 셀에서 다른 셀로 무인항공기가 안전하게 이동할 수 있도록 비행경로에 포함되는 셀 간 이동에 따른 주파수 변화를 최소화 하도록 설정되어야 한다. 이를 위해 셀 크기 증가시킬 경우 인접한 무인 항공기의 주파수 사용을 제한할 수 있어 셀 구성은 제어용링크의 신뢰성과

주파수 효율성이 적절히 조화되도록 설계되어야 한다.

셀룰러 방식에서 미리 지정된 채널을 할당할 경우 재난 상황의 긴급한 주파수 수요에 신속히 대처하기 어렵고 협대역 및 엄격한 필터 성능을 제공하는 무선 모듈 없이는 적용되기 어렵다. 따라서 무인항공기 운용에 있어 단독 및 네트워크 방식을 고려한 유연한 주파수 관리 플랜이 수립되어야 된다.

바. 셀룰러 주파수 플랜의 취약점

셀룰러 주파수 플랜이 대규모 무인항공기 제어용 네트워크의 설계에 필수적이지만, 무인항공기와 중계기용 지상시스템 간의 링크 또는 단독 방식의 무인항공기 제어용 주파수 할당에는 아래의 측면에서는 적합하지 않을 수 있다.

1. 주어진 무인항공기의 요구 전송량에 적합한 채널대역폭에 대한 설계 유연성 확보
2. 셀경계에 인접하여 운용되는 중계용 지상시스템 또는 단독방식으로 운용되는 무인항공기로부터 발생하는 간섭으로부터 인접 셀 보호
3. 셀경계를 통과하는 단독형 무인항공기는 해당 셀의 모든 주파수를 소모하지만 비셀룰러 방식은 단일 주파수 이용이 가능
4. 지역적으로 긴급한 임시 주파수 확보 및 특정 지역 환경을 고려한 주파수 변경에 있어 유연성 확보

사. 간섭 방지를 위한 보호 기준

주파수 이격 거리에 대한 규정은 하나의 무인항공기 링크와 가장 인접한 다른 무인항공기 링크 간 각각의 물리적인 이격을 통해 조정될 수 있는 제한치로 설정되며, 이러한 보호 기준은 아래와 같은 무선설비 고유의 파라미터를 고려하여 설정해야 한다.

1. 송신 출력, 주파수대역폭, 등가등방복사전력밀도 마스크
2. 수신기 주파수대역폭, 인접채널선택도
3. 안테나 이득, 수평 및 수직 빔폭, 편파

아. C-대역 내 무인항공기 지상제어와 위성제어 링크의 공존

‘07년 C-대역에서 항공이동위성(R)업무가 국제 분배됨에 따라 동 대역의 무인항공기 위성제어의 출현이 예상되어 왔다. 국내는 C-대역을 항공이동업무(R)로만 분배하여 위성제어를 사용할 수 없으나, 유럽은 ‘08년 공역 주파수 플랜을 통해 일부 C-대역의 우주대지구 링크에서 사용이 가능할 것으로 예측된바 있으나 구체적인 계획은 수립되지 않았다.

C-대역은 WRC-12에서 항공이동업무로 분배되어 지상제어용 무인항공기 주파수로 관심이 높아짐에 따라 동 대역에서 지상제어용과 위성제어용 링크의 공존을 위한 면밀한 검토 및 절차의 마련이 필요하다.

무인항공기 위성제어용 시스템이 개발될 경우 아래의 장점을 이유로 C-대역의 양 끝에 위성제어용 주파수 할당을 우선 고려해 볼 수 있다.

1. 위성제어용시스템의 주파수다중화방식 적용을 고려하여 상향링크와 하향 링크 간 최대의 주파수 이격이 확보 가능
2. 인접한 5,010-5,030MHz 대역의 무선헌행위성업무 보호를 위한 C-대역 항공이동업무를 제한치 -75dBW/MHz와 관련하여 항공이동업무와 무선헌행업무 간 주파수 이격 확보에 유리

무인항공기 위성제어 주파수는 위성제어가 가능한 지역에 한정되어야 하며 지상제어와 위성제어 간 주파수 이격을 결정하는데 있어 유연한 접근도 필요하다.

지상제어와 위성제어 링크의 주파수 이격 플랜에 대해 고정 할당 방식을 적용할 경우 국제적 조화의 가능성이 높고 무선 모듈의 설계 개발이 용이해지는 장점이 있다. 반면에 유연한 할당 방식의 경우 지상제어 및 위성제어용 주파수 플랜의 수정 요구시 이를 신속히 보완할 수 있고 지상제어와 위성제어 구현이 모두 가능한 광대역 모듈개발에 용이하다.

결론적으로 C-대역에 지상제어와 위성제어 주파수를 구분한다면 지상제어 주파수는 C-대역의 중앙에 할당되어야 하며 지상제어와 위성제어의 주파수 이격은 운용 지역별 차이를 극복하고 운용 경험을 통해 플랜 변경이 용이한 유연한 접근방식을 고려해야 할 것이다.

자. C-대역의 주파수 수용량

미국 공역의 지상제어용 링크에 대한 주파수 수용량은 주파수 간섭 분석 시뮬레이션을 통해 평가되었다. 시뮬레이션에서 미국 공역은 중앙에 지상 시스템이 위치한 20,000개의 육각형 셀이 북쪽에서 남쪽으로 1,140NM, 동쪽에서 서쪽으로 1,995NM인 사각형의 면적에 랜덤하게 분포한다. 이 면적의 넓이는 미국 공역과 유사한 2,274,000NM²에 해당한다.

각 무인항공기는 연결된 해당 지상시스템의 운용 용적(Service Volume) 내에서 비행하며 각 셀 내 위치하는 지상 시스템은 전체 면적에 동일한 확률로 랜덤하게 위치한다.

표 22. 분석에 적용된 무인항공기 특성

무인항공기 등급	운용 용적 반경(NM)	운용 용적 높이(feet)	최대 속도	데이터율 (kbps)	지상시스템 EIRP(dBW)	무인항공기 EIRP(dBW)
소형 *	37	6,000	60knot	34.5	28	10
중형	70	18,000	120knot	103.5	25	13
대형	100	60,000	Mach 1	138.0	29	13

* 소형무인항공기 등급의 분류기준은 무게이며 가시선 확보, 비행속도, 고도, 기타 제약 조건은 FAA의 소형 무인항공기 규정에 정의되지 않았음

시뮬레이션에서 무인항공기는 표 22와 같이 3가지로 등급으로 구분하였고, 각 무인항공기의 비율은 소형이 77.1%, 중형이 18.7%, 대형이 4.2%이며 지상 시스템의 안테나 높이는 10feet로 설정하였다.

분석에 사용된 주파수 할당은 간섭이 발생하지 않는 낮은 주파수부터 순차적으로 할당하는 방식을 적용하였고, 셀룰러 방식의 주파수 할당은 적용하지 않았다. 분석에 적용된 간섭으로는 주파수 관리의 측면보다는 모듈의 RF 필터링과 안테나 설치에 의해 제거될 수 있는 동일 장소 및 상호 변조 간섭을 제외하고 동일 및 인접 채널 간섭을 고려하였다.

이 시뮬레이션의 주된 목적은 주파수가 증가하여 혼잡한 상황에 이르기 전까지 얼마나 많은 무인항공기가 운용될 수 있는지 확인하는 것으로 최대 주파수 할당 되었을 때에 운용되는 무인항공기의 수를 주파수 수용량으로 나타낼 수 있다.

차. 채널 주파수대역폭

무게별로 구분되는 무인항공기 등급은 해당 무인항공기의 데이터율, 최대 속도에 기반하여 상이한 주파수대역폭을 가지며 아래의 4가지 요소가 고려된다.

1. 원하는 신호의 40dB 대역폭이 필요(Rockwell Collins가 제공하는 측정 데이터에 따르면 소형은 52.9kHz, 중형은 158.7kHz, 대형은 211.6kHz의 대역폭이 산출됨)
2. 허용가능한 주파수 허용편차(0.2ppm)가 송신 및 수신 방향에 각각 발생함을 고려하여 2.0364kHz의 대역폭이 필요
3. 도플러 효과가 송신 및 수신 방향에서 발생함을 고려하여 0.03396 kHz의 대역폭이 필요
4. MOPS 표준에 따라 최소단위 5kHz의 배수로 결정

무인항공기 등급에 따라 시뮬레이션에 사용된 채널 주파수 대역폭은 표 23과 같다.

표 23. 무인항공기 채널 주파수대역폭

등급	데이터율 (kbps)	비행 속도 (m/s) *	산출된 채널 주파수대역폭 (kHz)	적용된 채널 주파수대역폭 (kHz)
소형 *	34.5	30.9	55.98	60
중형	103.5	61.7	162.83	180 * *
대형	138.0	437.3	228.48	240 * *

* 소형 및 중형 무인항공기에는 바람은 고려되지 않았으며 대형 무인항공기의 경우 바람과 air speed를 결합하여 850knot를 가정하였다.

** 중형 및 대형 무인항공기의 채널폭은 소형 무인항공기의 채널폭의 배수로 설정하기 위해 필요대역폭보다 다소 크게 설정하였다.

C-대역에서 양 끝의 0.5MHz 대역폭은 비디오 채널 또는 보호대역으로 간주하여 총 가능한 대역폭을 60MHz(5,030.5~5,090.5MHz)로 설정하였고, 각각의 링크에서 간섭을 방지하기 위한 보호기준을 적용하여 시뮬레이션 분석을 수행하였다.

카. 분석 결과

총 가용 주파수대역 60MHz 폭에서 GMSK(Gaussian Minimum Shift Keying) 변조 방식을 사용하는 무인항공기는 미국 공역에서 총 9,814대가 간섭없이 운용이 가능한 것으로 분석되었다.

표 24. 주파수 수용량(무인항공기 수) 시뮬레이션 결과

등급	주파수 사용이 거절된 무인기 수			
	1	10	100	4,788
소형	7,501	7,703	8,236	12,341
중형	1,862	1,904	2,007	2,385
대형	451	457	465	486
총합	9,814	10,064	10,708	15,212
요청 횟수	9,815	10,074	10,808	20,000

무인항공기 등급별로 소형은 7,501대, 중형은 1,862대, 대형은 451대로 구성되며 이 상태에서 무인항공기의 수를 계속 증가시켜 주파수 사용이 거절되는 횟수 및 이에 따라 운용되는 무인항공기 총 수용량은 표 23과 같다.

표 23에서 총 20,000번의 주파수 요청에 대해 15,212대가 허가 되었고 나머지 4,788대는 거절되었으며, 주파수 사용이 거절되는 비율은 광대역을 갖는 대형 무인항공기에서 그 경향이 두드러졌다.

그림 29는 시뮬레이션에서 설정된 공역 내 무인항공기의 운용을 나타낸다.

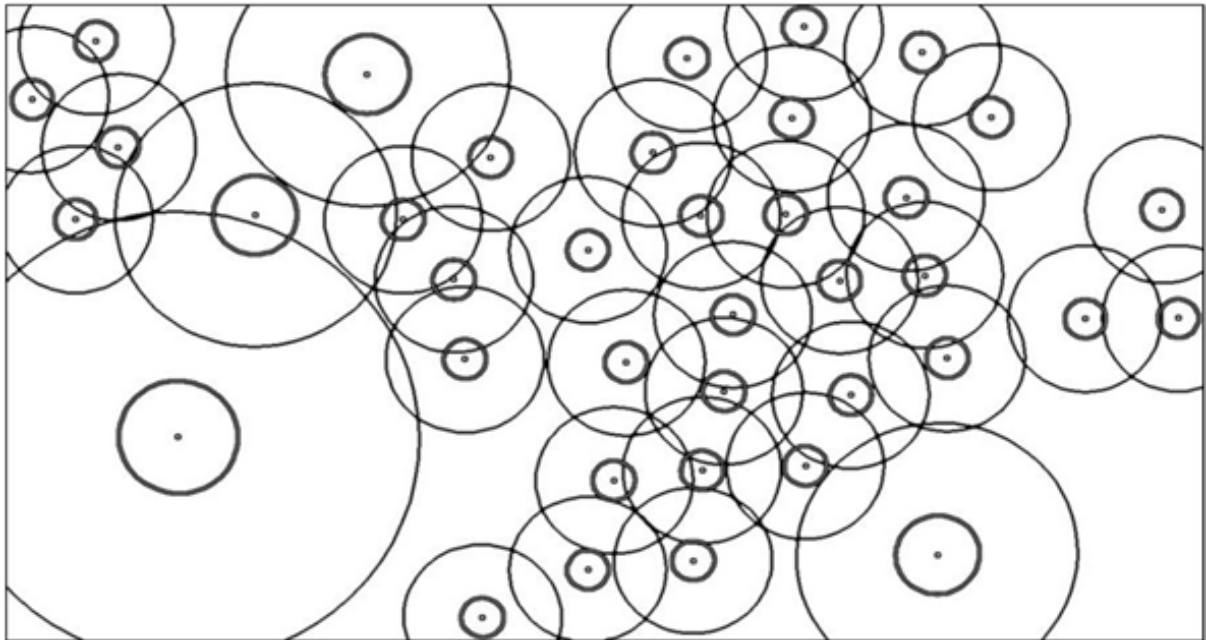


그림 29. 공역에서 운용되는 무인항공기

시뮬레이션 분석의 설정 값이 아래와 같이 변화하면 그 결과도 달라진다.

1. 무인항공기 운용 용적 형태를 육각형으로 설정한 경우
2. 무인항공기의 분포가 균일하지 않고 가중치를 갖는 경우
3. 대형 무인항공기의 비율을 높일 경우
4. 무인항공기의 운용 용적을 변경할 경우
5. 무인항공기의 점유대역폭을 변경할 경우
6. 변조방식을 변경할 경우

이와 같이, 시뮬레이션 결과에 영향을 주는 파라미터들은 향후 미국 내 무인항공기 제어용 링크 설계 및 공역 내 배치 계획에 따라 적절히 설정되어야 할 것이다.

3. 시사점

지금까지 미국 RTCA에서 수행된 무인항공기 제어용 주파수 채널 플랜 연구를 살펴보았다. 시뮬레이션 분석은 무인항공기를 무게에 따라 등급을 유사한 공역을 설정하여 무인항공기분하고, 각 등급에서 요구되는 주파수 대역폭을 입력하였으며 실제 환경과공기가 랜덤하게 운영하는 조건으로 수행되었다. 이는 무인항공기 세부 채널 방안 마련을 위해 필요한 간섭 분석

방법 및 방향을 제시해주는데 그 의의가 있다.

하지만, 현재 무인항공기의 RF 파라미터에 대한 국제적 표준이 완성되지 않은 상황임에 따라 분석에 사용된 파라미터의 변경이 요구될 수 있으며, 이를 국내 무인항공기 세부 채널 플랜에 활용하기 위해서는 국내 산업계 현황 및 지형적 요인에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

제3절 국내·외 항공용 무선설비 기술규정 분석

1. 배경

세계 항공기 제조 산업은 보잉, 에어버스, 록히드 마틴 등 일부 제조사가 시장을 주도해 왔으며, 국내 제조사는 군용 항공기의 개발 경험을 바탕으로 소방 및 산림 등의 민간분야로 확대·보급을 추진하고 있다.

현재 국내 항공기 관련 인증 제도는 전파법상의 적합성평가와 항공법상의 감항증명이 각각 존재하며 상호 제도 체계 및 적용되는 기술기준 간 중복성 문제가 제기되었다.

이에 초기 단계인 국내 항공 산업계의 적합성평가 수요에 적절히 대응하고 나아가 국내 항공 산업 활성화를 위해 국내 관련 제도 및 기술기준에 대한 전반적인 분석이 필요한 시점이다.

2. 국외 현황

가. 국제민간항공기구

ICAO는 국제적인 항공기 운항과 관련한 규정과 협력을 구축하기 위한 UN 산하 기구로 각 국가들이 서명한 시카고조약을 마련하였다.

표 25. 시카고조약 부속서 목록

Annex	제 목	비 고
1	Personal Licensing	항공종사자 면허
2	Rules of the Air	항공규칙
3	Meteorological Service for International Air Navigation	항공기상
4	Aeronautical Charts	항공지도
5	Units of Measurement to be Used in Air and Ground Operations	측정 단위
6	Operation of Aircraft	항공운항
7	Aircraft Nationality and Registration Marks	국적/등록기호
8	Airworthiness of Aircraft	항공기 감항성
9	Facilitation	출입국 간소화
10	Aeronautical Telecommunications	항공통신
11	Air Traffic Services	항공교통업무
12	Search and Rescue	수색 구조업무
13	Aircraft Accident and Incident Investigation	항공기 사고조사
14	Aerodromes	비행장
15	Aeronautical Information Services	항공정보업무
16	Environment Protection	환경보호
17	Security	항공보안
18	The Safe Transport of Dangerous Goods by Air	위험물 수송

표 25와 같이, 시카고조약 부속서 8은 항공기의 감항성에 대해 기술하고 있으며 총 4개의 Part로 구분된다. Part I은 용어정의를, Part II는 항공기 감항성을 확보하기 위한 인증 및 감항성 유지 절차를, Part III는 대형 항공기의 기술적 요구사항을, Part IV는 헬기에 대한 기술적 요구사항을 담고 있다. 또한, 감항조직 체계 및 국가 책임, 항공기 등록국가 책임사항, 항공기 운용국가 책임사항, 항공기 설계 및 제작국가 책임사항에 대해 기술하고 있다.

나. 미국

미국은 항공 무선설비에 대한 적합성평가를 수행하는 FCC와 항공기에 대한 감항증명을 수행하는 FAA(Federal Aviation Administration)로 구분되어 각각 항공 분야의 인증을 수행하고 있다.

1) FCC

FCC는 47 CRF Part 87에 명시된 기술기준을 적용하여 적합성평가를 수행하고 있으며, 관련 시험방법은 Part 2를 적용하고 있다.

표 26. FCC 47 CRF Part 87 규정 내용

Subpart	규정 내용
A	일반 정보(General Information)
B	신청 및 면허(Applications and Licenses)
C	운용 요건 및 절차(Operating Requirements and Procedures)
D	기술적 요건(Technical Requirements)
E	주파수(Frequencies)
F	항공기국(Aircraft Stations)
G	항공조언국(Aeronautical Advisory Stations)
H	멀티컴 항공국(Aeronautical Multicom Stations)
I	항공항로국 및 항공고정국(Aeronautical Enroute and Aeronautical Fixed Stations)
J	비행실험국(Flight Test Stations)
K	비행지원국(Aviation Support Stations)
L	항공시설이동국(Aeronautical Utility Mobile Stations)
M	항공탐사 및 구조국(Aeronautical Search and Rescue Stations)
N	비상통신(Emergency Communications)
O	공항관제탑국(Airport Control Tower Stations)
P	운용고정국(Operational Fixed Stations)
Q	무선측위업무국(Station in the Radiodetermination Service)
R	예비조항(Reserved)
S	자동기상국(Automatic Weather Stations)

Part 87은 항공 업무의 기술적 조건(Subpart D)을 통해 출력 및 방사, 주파수 안정도, 방사 대역폭, 전파형식, 방사 제한 등을 기술하고 있으며 국내 기술 기준과 달리 무선설비 별로 구분되어 있지 않고 국종, 사용 주파수, 전파 형식 등에 따라 기술적 항목을 구분하고 있다.

인증 시험에 적용되는 Part 2의 시험방법의 항목별 관련 규정 및 내용은 표 27과 같다.

표 27. FCC 47 CRF Part 2의 시험방법 관련 규정

규정	내용
2.1046	송신 출력 (RF power output)
2.1047	변조 특성 (Modulation characteristics)
2.1049	점유주파수대역폭 (Occupied bandwidth)
2.1051	스퓨리어스 방사 (Spurious emissions at antenna terminals)
2.1053	스퓨리어스 전계강도 (Field strength of spurious radiation)
2.1055	주파수 안정도 (Frequency stability)

FCC는 주파수 주관청으로 미국 내 항공 무선설비에 대한 적합성평가 제도는 국내 전파법에 따른 적합성평가와 유사성을 갖는다.

2) FAA

FAA는 14 CRF Part 21을 통해 항공기 감항성에 관련된 내용을 법제화 하고 있으며 Part 21은 형식증명, 제작증명, 감항증명, 부가형식증명, 부품 등제작자증명 등의 인증절차를 규정하고 있다. Part 23, 25, 27, 29, 33, 34, 35 및 36은 항공기, 엔진, 프로펠러, 환경에 대한 기술기준을, Part 91, 119, 121, 125, 135 등에서는 항공기 운항과 관련된 기준을 규정하고 있다.

FAA는 항공무선설비에 대해 TSO(Technical Standard Order)를 적용하고 있으며 세부 기술기준 및 시험방법을 RTCA DO 표준을 따르도록 하고 있다.

미국 정부는 항공기 감항성 확보를 위해 항공기 수입을 엄격히 통제하고 있는데 타 제작용체의 소속 국가가 미국과 상호항공안전협정(BASA : Bilateral Aviation Safety Agreement)을 체결하지 않을 경우 미국 시장으로 진입을 제한하고 있다. 따라서 세계 각국은 미국과 상호항공안전협정을 체결하고 있거나 체결하기 위해 노력을 기울이고 있다.

다. 유럽

유럽은 유럽항공안전청(EASA : European Aviation Safety Agency)을 통해 기본 규정인 EC(European Commission) No. 1592/2002를 준수하여 항공기 등의 설계 및 제작을 책임지고 있다.

또한, 개정된 EC No.216/2008를 적용하여 유럽항공안전청의 역할을 항공 운송, 조종사 자격, 제3국 항공기에까지 확대하여 유럽연합 내 항공기 등에 대한 감항성 및 감항당국 역할을 수행하고 있다. EC 규정을 이행하는 규정으로 No. 748/2012이 있고 이것의 첨부로 인정 절차를 규정하는 Part 21과 항공기, 장비품 등의 인증기준(CS : Certification Specifications)이 있으며 또 다른 이행규정으로 No. 2942/2003이 있다.

그림 30은 유럽항공안전청의 인증규정 체계를 나타낸다.



그림 30. 유럽항공안전청의 인증규정 체계

3. 국내 현황

가. 전파법에 따른 적합성평가

미래부는 항공기에 설치되는 무선설비에 대해 전파법 제58조의2(방송통신기자재등의 적합성평가)에 따라 적합성평가(적합인증, 적합등록, 잠정인증)을 수행하고 있으며, 대상 무선설비는 항공법 제40조에 따라 항공기에 설치하여야 하는 무선설비로 적용범위를 정하고 있다.

표 28. 항공법 제40조에 따른 항공용 무선설비

1. 초단파(VHF) 또는 극초단파(UHF) 무선전화 송수신기	2. 2차감시 항공교통관제 레이더용 트랜스폰더
3. 자동방향탐지기(ADF)	4. 계기착륙시설(ILS) 수신기
5. 전방향표지시설(VOR) 수신기	6. 거리측정시설(DME) 수신기
7. 기상레이다 또는 악기상 탐지장비	8. 비상위치지시용 무선표지설비(ELT)
VHF : Very High Frequency, UHF : Ultra High Frequency, ADF : Automatic Direction Finder, ILS : Instrument Landing System, VOR : VHF Omnidirectional Radio Range, DME : Distance Measurement Equipment, ELT : Emergency Locator Transmitter	

군항공기 및 수입항공기에 설치되는 무선설비는 전파법 제58조3 및 「방송통신기자재등의 적합성평가 고시」에 따라 전파인증을 면제하고 있으며, 이를 제외한 소방 산림 등 관용 항공기는 전파인증 대상이다.

표 29. 전파인증 면제 대상

구분	전파인증 면제 사유	근거 법령
군 항공기	군용 무기체계는 주파수, 출력 등 보안으로 관리	적합성평가 고시 제18조 마항
수입 항공기	수입 시 이미 장착된 무선설비를 분해하여 인증 시험 후 재설치 하는 것은 항공안전에 저해	적합성평가 고시 제18조 사항

적합성평가를 위해서는 전파법 제45조(기술기준)에 따라 국립전파연구원 고시 「항공업무용 무선설비의 기술기준」을 적용하고 시험방법은 KS 표준 「무선설비 적합성 평가 시험방법」을 적용하고 있다.

표 30. 항공업무용 무선설비의 기술기준 포함 설비

조항	무선설비 명
제8조	중단파, 단파대 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치
제9조	초단파 무선전화 및 단파대 데이터링크 장치
제10조	비상위치지시용 무선표지설비
제11조	항공기용 휴대무선설비
제12조	2차감시레이더 등
제13조	거리측정시설
제14조	VHF 해상이동업무대역을 이용하는 무선설비
제15조	무선표지국의 변조도 및 종합왜율
제16조	계기착륙시설
제17조	전방향표지시설
제18조	기상 레이더
제19조	항공기용 전파고도계
제20조	위성항행시스템
제21조	공항정보자동제공시설
제22조	무인항공기용 지상제어 무선설비

나. 항공법에 따른 감항증명

국토부는 항공법에 따라 감항증명을 수행하고 있으며 앞서 살펴본 미국 FAA의 규제를 기반하여 관련 규제를 마련하였다. 감항증명은 군용, 경찰용, 세관용 항공기를 제외한 모든 항공기를 대상으로 하고 있으며 항공기 설계 단계에서의 형식증명, 생산단계에서의 제작증명과 운용단계의 감항증명 및 감항성 유지업무 인증 제도를 수행하고 있다[14]. 감항증명 관련 주요 규제는 표 31과 같다.

표 31. 민간항공기 감항증명 관련 주요 규제

대상	종류	승인내용
항공기 엔진 프로펠러 (항공기 등)	형식증명 (TC, 항공법 제17조)	항공기등의 설계에 관하여 항공기기술기준(감항요건)에 적합한지를 확인하여 교부
	부가형식증명 (STC, 항공법 제17조)	형식승인을 받은 항공기등의 주요 설계를 변경하는 경우 감항요건을 확인하여 교부
	제작증명 (PC, 항공법 제17조의3)	형식증명을 받은 항공기등을 기술기준에 적합하게 제작할 수 있는 능력(인력, 설비 등)을 확인하여 교부
항공기	감항증명 (AC, 항공법 제15조)	해당 항공기가 기술기준을 충족하고 안전하게 운용할 수 있는 상태를 확인하여 교부
기술 표준품	기술표준품 형식승인 (TSOA, 항공법 제20조)	기술표준품(항공기 안전과 관련 고시된 재료, 부품, 장비품 등)이 형식승인기준에 적합한지 확인하여 교부
부품	부품등 제작자증명 (PMA, 항공법 제20조의2)	항공기등의 장비품 또는 부품을 적합하게 제작할 수 있는 능력(인력, 설비 등)을 확인하여 교부

무선설비를 포함한 각종 장비품 중에는 국토부가 마련한 규격에 의해 인증을 받아야 하는 기술표준품(KTSO) 형식승인이 필요하며 적용되는 기술 기준은 RTCA DO 표준을 적용하도록 하고 있다.

표 32. 기술표준품 표준 및 관련 RTCA DO 표준

기술 표준명	RTCA DO 표준	내용
공통적용	DO-160	항공기 장비에 대한 환경적 조건 및 시험 절차
C-34	DO-192	328.6-335.4MHz 무선주파수 영역에서 작동하는 항공용 계기착륙 장치(ILS) 활공각 수신 장비
C-35	DO-143	항공기용 무선표시기 수신장비
C-36	DO-195	108-112MHz 무선주파수 영역에서 작동하는 항공기용 ILS 로컬라이저 수신 장비
C-40	DO-196	108-117.95MHz 무선주파수 영역에서 작동하는 항공용 VOR 수신 장비
C-66	DO-189	960-1,215MHz 무선주파수 영역에서 작동하는 거리측정장치(DME)
C-87	부록 1	항공용 근거리 전파고도계
C-91	DO-183	비상위치 송신기
C-112	DO-181	항공교통관제 레이더 비콘 시스템/모드 S (ATCRBS/Mode S) 탑재용 장비
C-126	DO-204	406MHz 비상위치 송신기
C-129	DO-208	GPS를 이용한 탑재용 보조항법장치
C-169	DO-186	117.975-137.000MHz 무선주파수 영역에서 작동하는 VHF 무선 통신 송수신 장비
C-170	DO-163	1.5-30MHz 무선주파수 영역에서 작동하는 고주파 무선 통신장비

4. 국내 기술기준 비교 분석

항공용 무선설비에 대한 적합성평가와 감항증명에 적용되는 기술기준은 전파법과 항공법에서 표 33과 같이 각각 마련하고 있다.

표 33. 전파법과 항공법에 따른 기술기준

전파법	항공법
항공업무용 무선설비의 기술기준	항공정보통신시설의 설치 및 기술기준
	항행안전무선시설의 설치 및 기술기준
	항공기 기술기준

적합성평가는 항공기 탑재무선설비에 대해, 감항증명은 지상설비, 항공기 및 항공기 탑재무선설비에 대해 각각의 기술기준을 적용하고 있다[15-21].

표 34. 국내 기술기준 비교

전파법			항공법		
기술기준	준용 표준	적용 분야	기술기준	준용 표준	적용분야
항공업무용 무선설비의 기술기준	ITU 전파규칙	탑재 무선설비	항공정보통신시설의 설치 및 기술기준	ICAO 부속서10	지상시설
	ICAO 부속서 10		항행안전무선시설의 설치 및 기술기준	ICAO 부속서10	
	일본무선설비 규칙		항공기 기술기준	미연방항공 규정 (Title 14)	항공기
무선설비규칙	ITU 등 국제 표준		기술표준품 (환경적조건)	RTCA 표준	탑재 무선설비
무선설비 적합성 평가 시험방법 (환경적 조건)	일본 규정 추정				

표 35부터 36은 항공기에 탑재되는 무선설비 중 거리측정시설과 초단파대 무선전화에 대해 적합성평과와 감항증명(기술표준품)에 각각 적용하는 기술 기준 및 시험방법을 비교한 자료이다[22-24].

표 35. 거리측정시설의 기술기준 및 준용 표준

전 파 법	항 공 법	
항공업무용 무선설비의 기술기준 제13조 (거리측정시설)	항공기 기술표준품 표준서 KTSO-C66c	TSO-C66b (RTCA DO-189)
무선설비규칙 제2장 무선설비 기술기준의 일반적 조건	960-1,215MHz 무선주파수 영역 에서 작동하는 거리측정장치	
무선 설비 적합성 평가 시험방법 부속서 A 환경적 조건의 구분	RTCA DO-160	

표 36. 초단파대 무선전화의 기술기준 및 준용 표준

전 파 법	항 공 법	
항공업무용 무선설비의 기술기준 제9조 (초단파대 무선전화 및 데이터링크 장치)	항공기 기술표준품 표준서 KTSO-C169a 117.975-137MHz 무선주파수 영역에서 작동하는 VHF 무선 통신 송수신 장비	TSO-C169 (RTCA DO-186)
무선설비규칙 제2장 무선설비 기술기준의 일반적 조건		
무선 설비 적합성 평가 시험방법 부속서 A 환경적 조건의 구분	RTCA DO-160	

거리측정시설과 초단파대 무선전화에 대한 기술기준의 항목별 세부 비교 결과는 표 37 및 표 38과 같다.

표 37. 거리측정시설의 기술기준 항목별 세부 비교

항목	전파법		항공법		비교 (엄격)
	값	비고	값	DO-189	
정상 동작	1분 이내	-			
주파수 허용 편차	500ppm (500kHz @ 1GHz)	무선설비규칙 제3조 (무선측위국)	±100kHz	2.2.6 Interrogator frequency stability	국토부
스퓨리어스 발사의 허용치	43 + 10log(PY) 또는 60dBc 중 덜 엄격한 값	무선설비규칙 제5조 (무선측위업무)	960~1,215MHz : -47dBm 1,030/1,090MHz : -57dBm	2.2.16 Emission of spurious CW RF energy	비교 불가
공중선 전력의 허용 편차	상한 : 20% 하한 : 50%	무선설비규칙 제6조 제3항 (그 밖의 송신설비)			
질문 신호의 고주파 에너지 분포	전 고주파에너지의 90% 이상 @ +250kHz	제13조 제1항 라목			
질문 신호의 발사 간격	불규칙	제13조 제1항 제1호 마목	불규칙	Appendix C I. Squitter	동일
질문 신호의 특성	펄스쌍[별표4]	제13조 제1항 제1호 가목	상승 : 3.0us 하강 : 3.5us 폭 : 3.5±0.05us	2.2.3 Interrogator pulse characteristics	동일
질문 신호의 발사 수	추적 : 매초 30쌍 이내 수색 : 매초 150쌍 이내	제13조 제1항 제1호 바목	평균 : 매초 16쌍~30쌍 이내 수색 : 매초 150쌍 이내	2.2.5 Interrogator pulse repetition frequency	동일
거리측정 정확도	거리의 3%와 0.9km 중 높은 값 이내	제13조 제1항 제1호 다목	거리의 ±0.25%와 300m 중 높은 값	2.2.1 Accuracy	국토부
수신 장치의 감도	-79dBm 이하	제13조 제1항 2호	-83dBm 이하 (피터손실 3dB, 이득 2dB)	2.2.8 Receiver sensitivity	국토부
한 신호에서의 감쇠량	30dB 이상				
실효 선택도	-30dBm의 방해파 인가시 정상동작 20dBm@MHz의 방해파 인가시 정상동작		-40dBm의 CW간섭 인가시 정상동작 -99dBm의 CW간섭 인가시 정상동작	2.2.11 Receiver susceptibility to CW Interference	비교 불가
디코더의 특성	펄스간격이 허용치(0.5us, 6us)를 만족할 경우 내 추적 유지		펄스간격이 허용치 0.5us, 2us, 5us를 만족할 경우 경고 신호 제거	2.2.9 Receiver decoder selectivity and rejection	비교 불가
신호강도 선택특성	최저 록온 레벨 이상~ -48dBm 이하		-80 ~ -48dBm	2.2.10.4 co-channel signal rejection	유사
거리기억기능	15초 이내에 적정거리를 표시할 것		15초 이내에 적정거리를 표시할 것	2.2.13 Memory	동일
시험 종료 후 안테나의 조건 확인	무지향성, 수직 편파	제13조 제1항 아목	이득의 최소와 최대 차이 6dB 이하, 수직 편파	2.2.17 Antenna	유사
부차적 발사	-54dBm 이하	무선설비규칙 제9조 제1항			
동작범위			-10 ~ -83dBm	2.2.1 Accuracy	
송신 전력			18,000feet 이상 : 250W 이상 18,000feet 이하 : 50W 이상	2.2.7 Interrogator peak power	

표 38. 초단파대 무선전화의 기술기준 항목별 세부 비교

항목	전파법		항공법		비교 (엄격)
	값	비고	값	DO-186	
정상 동작	1분 이내	-			
주파수 허용 편차	채널 간격 25kHz : ±0.003%	제9조	Class 3/4 : 0.003%	2.3.11 Frequency tolerance	동일
	채널 간격 8.33kHz : ±0.0005%		Class 5/6 : 0.0005%		
스퓨리어스 발 사의 허용치	43 + 10log(PY) 또는 70dBc 중 덜 엄격한 값	무선설비규칙 제5조 (그 밖의 업무 및 무선설비)	Spectrum Mask	Figure 2-1	비교 불가
공중선 전력의 허용 편차	상한 : 20%	무선설비규칙 제6조 제3항 (그 밖의 송신 설비)			
	하한 : 50%				
점유 주파수 대역폭의 허용치	6kHz	무선설비규칙 제4조 제3항 (A3E)			
안테나공급 전 력의 비율	50% 이상	제5조 제1항			
변조도	85% 이상	제7조 제2항	70% 이상	2.3.4 Audio Frequency Response	미래부
신호대잡음비	35dB 이상@85%, 1kHz	제9조	35dB 이상@70%, 1kHz		미래부
종합주파수 특성	6dB 이하		왜곡 25% 이하	2.2.5 Distortion	동일
종합왜와 잡음	12dB 이상		10dB 이내		유사
인접채널누설 전력	-45dBc		Spectrum Mask	Figure 2-1	유사
수신 장치의 감도	75uV/m, 15dB		10uV, 10dB		비교 불가
통과대역폭	지정주파수의 ±0.005%				
감도억압	6dB 이상		6dB 이상	2.2.11 Desensitization	유사
스퓨리어스 응답	60dB 이상		45dB 이상	2.2.16 Adjacent channel rejection	미래부
부차적 발사	-54dBm 이하	무선설비규칙 제9조 제1항			
송신 전력	2W 이상		Class 3/5 : 16W 이상	2.3.10 Out power	국토부
			Class 4/6 : 4W 이상		
혼변조 열화			6dB 이하	2.2.10 Intermodulation	
출력 제어			40dB 이상	2.2.4 Output level control	

분석 결과, 시험항목의 경우 각 기술기준이 규정한 항목들이 일치하지 않으며, 동일항목에 대해서도 규정하고 있는 범위 및 세부 조건이 상이하다. 또한, 항목 및 규격이 동일하더라도 온도 및 습도 등의 다른 환경조건이 적용되어 측정값에 영향을 줄 수 있으므로 기술기준의 항목 간 시험 난이도 측면의 비교 분석은 불가능한 것으로 판단된다.

5. 시사점

전파법의 적합성평가는 항공기에 탑재되는 방송통신기자재에 대해 전파 혼·간섭 방지 등을 통해 전파관리와 효율적 이용을 목적으로 하는 검증 체계이고 항공법의 감항증명은 항공기 전체에 대한 비행안전성 확보를 위해 항공기 구성품부터 완성체까지, 또한 설계부터 제작, 운용단계까지 모두를 아우르는 항공기의 종합적 안정성 검증 체계이다.

앞서 언급한 적합성평가와 감항증명과의 중복성 문제의 해소와 관련하여, 두 인증 체계가 상이한 상황에서 각각의 기술기준의 항목 및 규격을 일치화 하는 것은 바람직하지 않으며 각 체계 목적에 맞게 더욱더 차별할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것이다.

제4절 항공업무용 무선설비 기술기준 개선방안

1. 배경

국내 항공기 제조사는 군용 항공기 개발 경험 기반으로 민간분야의 항공기 제작을 준비하고 있으며 항공기에 탑재되는 무선설비에 대해 적합성평가를 수행을 요청하였다. 항공기에 탑재되는 주요 무선설비는 표 38과 같다.

제기된 적합성평가 수요와 관련하여 그 동안 해당 무선설비에 대해 인증 사례가 없었던 상황에서 국제 표준에 부합하고 인증 시험 인프라를 고려하여 전파 관련 항목을 위주로 간소화하는 등 무선설비 기술기준의 개선을 추진하였다.

표 39. 국내 제작 항공기 탑재 무선설비

설비명	기능
ATC 트랜스폰다	항공기에 대한 식별기능을 갖는 2차 레이더 관제
거리측정시설(DME)	항공기로부터 선택된 지상 무선국까지의 거리정보 제공
VHF 무선전화(AM/FM)	항공기와 지상 무선국 간의 음성통신 제공
VHF 무선전화(AM)	항공기와 지상 무선국 간의 음성통신 제공
비상위치지시용 무선설비표지(ELT)	항공기 비상상황 시 위치정보 등 비상신호 발신
자동방향탐지기(ADF)	항공기로부터 지상 무선국까지의 방위정보 제공(NDB(Non-Directional Beacon)과 통신)
전방향표지시설(VOR) 수신기 /계기착륙시설(ILS) 수신기	항공기로부터 지상 무선국까지의 방위정보 제공/항공기가 활주로에 정밀 착륙할 수 있도록 각도, 거리 정보 제공

2. 개선방안의 주요 내용

주요 내용으로는 중요하지 않은 항목 및 전파와 관련성이 적은내용을 삭제하고, 국제 표준에서 다루는 전파 관련 항목 위주로 전기적 시험항목을 선별하여 주파수 허용편차, 점유주파수대역폭 허용치, 스퓨리어스 발사 허용치, 안테나공급전력 허용치, 수신설비의 부차적 전파의 세기로 구성하였다.

시험방법은 전파시험인증센터에서 구비한 측정 장비 등 시험 시설을 기반으로 타 인증 사례를 고려하여 환경적 조건(온도, 습도 등)을 결정하였다. 이를 반영한 기술기준 개선방안은 표 40과 같다.

표 40. 초단파대 무선전화 기술기준 개선방안

환경적 조건	전기적 시험 항목 (값)
1. 정격 전압을 인가하여 시험하는 경우 <ul style="list-style-type: none"> 온도 ⑥ 습도 ⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> 시동 후 1분 이내에 정상 동작함을 확인 주파수 허용편차 ($\pm 0.003\%$) <ul style="list-style-type: none"> ※ 무선설비규칙 제3조(주파수허용편차), 항공업무용 무선설비의 기술기준 제9조 점유주파수대역폭의 허용치 (6kHz) <ul style="list-style-type: none"> ※ 무선설비규칙 제4조(주파수대역폭의 허용치)
2. 정격 전압의 $\pm 10\%$ 의 전압을 인가하여 시험하는 경우 <ul style="list-style-type: none"> 온도 ⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> 스플리어스발사의 허용치 ($43+10\log(PY)$ 또는 70dBc중 덜 엄격한 값) <ul style="list-style-type: none"> ※ 무선설비규칙 제5조(스플리어스영역 불요발사의 허용치) 공중선 전력의 허용 편차 (상한 50%, 하한 20%) <ul style="list-style-type: none"> ※ 무선설비규칙 제6조(전력) 부차적인 전파발사 (-54dBm 이하) <ul style="list-style-type: none"> ※ 무선설비규칙 제9조(수신설비)
온도 ⑥	-10℃와 +50℃의 온도에서 각각 1시간 방치한 후 그 온도에서 규정한 전원 전압을 가하여 동작시켰을 때
습도 ⑤	+35℃에 대한 상대습도 95%의 습도에 4시간 방치 후 상온, 상습에 복귀시켜 규정된 전원 전압을 가하여 동작시켰을 때

3. 시사점

그 동안 국내 항공기 제조 시장은 수입 항공기에 전적으로 의존하였으나, 최근 소방 및 산림용 항공기를 시작으로 국내 제작이 시작되는 초기 시장이 형성되고 있어 신규 인증 수요에 적절히 대응할 수 있는 기술기준의 개선이 요구되고 있다.

개선 방안 마련 시, 적합성평가와 관련된 FCC 및 ICAO의 국제표준에 부합하고 개별 사용자 요구에 맞게 제작되는 국내 제조 특성을 반영해야 하며 인증을 위한 시험 인프라 현황을 종합적으로 고려해야 할 것이다.

제5절 신규 항공항행시스템 기술기준(안)

1. 배경

항공기가 비행경로를 따라 안전하게 비행하기 위한 항공항행시스템은 감시시스템과 지대공 통신설비로 구성된다. 이 중 감시시스템은 공항 인근에서 사용되는 1차 및 2차 감시레이다와 비행경로 중에 사용되는 자동종속 감시용방송시설(ADS-B : Automatic Dependent Surveillance -Broadcast)이 있다. 방송 형태로 운용되는 ADS-B의 데이터 링크 기술방식은 1,090 ES(Extended Squitter), VDL-Mode 4와 함께 978MHz를 사용하는 범용접속 데이터통신시설(UAT : Universal Access Transceiver)로 구분된다. 1,090MHz를 사용하는 ADS-B에 대한 기술기준은 「항공업무용 무선설비의 기술기준」 제12조(2차감시레이다 등)에 마련되어 있으나 978MHz를 사용하는 UAT 방식의 ADS-B에 대한 기술기준이 마련되지 않았다.

또한, 국토부는 소형 항공기의 안전 관리 강화 방안으로 UAT 방식을 이용한 ADS-B 개발 사업을 추진한바 있으며 이후, 제주도 인근에서 동 장비의 설치를 위한 항공국 주파수(978MHz)를 미래부로부터 주파수 지정('15년 9월) 받아 사용 중이다. 따라서 UAT 방식의 ADS-B용 무선설비 기술기준 마련의 필요성 검토가 필요한 시점이다.

2. 국제 동향

가. ITU

'14년 ITU 전권회의에서는 말레이시아 항공기 실종 사건을 계기로 위성을 이용한 항공기 위치 추적용 주파수를 분배하기 위한 결의 185를 채택하였다. 그 내용으로는 현재 지상의 시스템으로 이용되고 있는 ADS-B를 위성을 이용하여 글로벌 커버리지를 확장하기 위함이다.

그 동안 ITU-R WP5B에서 수행해온 위성기반 ADS-B에 대한 연구(보고서 M.[ADS-B], M.[FLIGHT TRACKING])가 완료되지 않았으나 위성 기반 ADS-B 도입이 시급이 필요하다는데 각국이 공감하여 '15년 11월 WRC-15에서 1,090MHz 대역이 ADS-B 신호의 우주국 수신용(지구대우주)으로 분배되었다.

이에 따라 국내도 동 대역을 위성 ADS-B용으로 주파수 분배('16년 10월) 하였다.

표 41. 국내 위성 ADS-B 주파수 분배 관련 규정

주석	내용
5.328AA	1,087.7~1,092.3 MHz의 주파수대역은 항공이동위성(지구대 우주)업무로도 1순위 분배하되, 국제항공표준에 따라 운용하는 항공기로부터 ADS-B 신호를 수신하는 우주국에 한한다. 이러한 항공이동위성업무로 운용하는 무선국은 항공무선항행업무로 운용하는 무선국으로부터 보호를 요청하지 못한다. 결의 425(WRC-15)를 적용한다. (WRC-15)

아울러, WRC-15에서는 차기 WRC-19 의제로 항공조난안전시스템(GADSS : Global Aeronautical Distress Safety System)을 채택하여 ICAO에서 논의 중인 GADSS의 도입 및 이용을 위해서 필요한 스펙트럼 요구사항 및 관련된 전파규칙 개정 등을 검토하기로 하였다.

이후 ITU-R SG5에서는 GADSS에 대한 연구 및 논의가 진행 중이다.

표 42. GADSS 관련 ITU-R SG5 논의 사항

작업반	주요 논의 사항('16년 11월)
WP 5B	<ul style="list-style-type: none"> o 미국의 기고로 ICAO ConOps* 와 ITU-T의 비행데이터 모니터링을 위한 클라우드 컴퓨팅의 항공 응용 FG의 자료를 기반에 기반한 GADSS 관련 연구 개시를 위한 초기 보고서 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 비행추적 및 비행데이터 다운로드에 주파수가 필요할 것으로 예상 * ICAO 내 GADSS 자문그룹을 통해 개발 중인 운용개념(Concept of Operations) o WRC-19 의제 1.10 연구에 필요한 정보 부족한 상황임에 따라 ICAO에 GADSS 관련 일반정보 제출을 요청하는 연락서한 마련 <ul style="list-style-type: none"> - GADSS ConOps 구현을 위한 신규 시스템 도입 여부, 추가 주파수 필요성, 시스템의 운용적 특성 및 성능 요구조건 등

현재 ICAO에서 GADSS의 개념 및 시스템 요구사항에 대한 논의가 진행

중임에 ITU는 이러한 ICAO의 논의가 완료된 후에야 GADSS 관련 주파수 연구의 수행이 가능할 것이다. 이에 연구초기 단계인 GADSS에 대한 ICAO 연구 동향이 중요하고 국내는 이를 지속적으로 파악하여 ITU에 대응해야 할 것이다.

나. ICAO

WRC-19 의제 GADSS에 대해 ICAO는 GADSS 구현에 필요한 규제조항의 변경에 대한 연구의 수행과 그 연구 결과를 WRC-19를 통해 전파규칙에 통합하는 것을 지지하고 있다.

ICAO는 '14년 5월 항공기 글로벌 추적에 대한 특별회의를 통해 글로벌 커버리지를 갖는 항공기 추적이 단기간 내 우선적으로 필요한 사항이라 공감하고 있으며, ICAO 내 자문그룹으로 AHWG(Ad hoc Working Group)과 ATTF(Aircraft Tracking Task Force)를 구성하였다. 또한, 자문그룹을 통해 GADSS의 운용 개념을 개발하고 있으며, 작업의 결과에 따라 추가적인 주파수 요구사항 및 현행규정 강화를 예상할 수 있다.

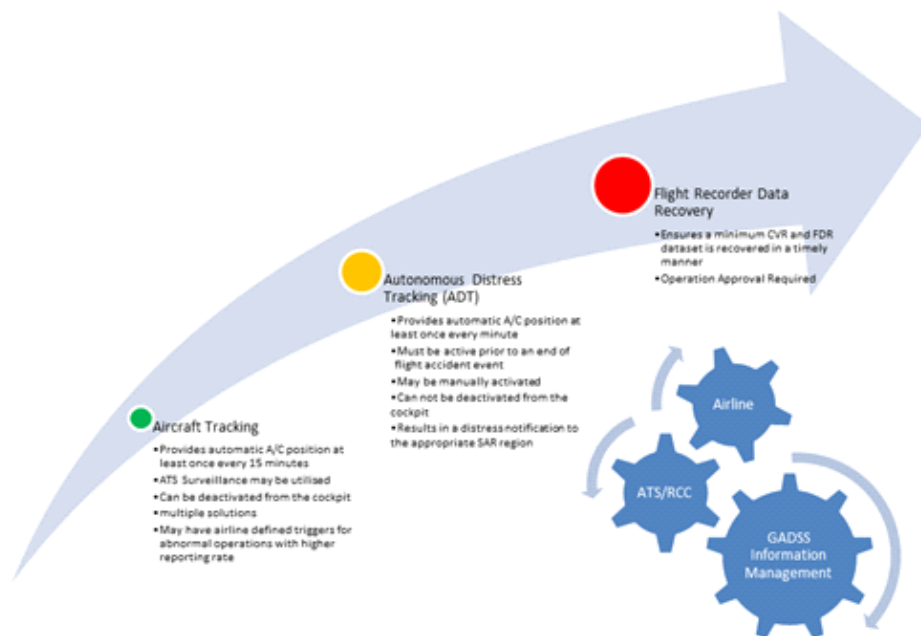


그림 31. GADSS의 개요 및 주요 기능

GADSS의 주요 기능은 항공기 추적, 자율조난추적, 비행기록자료 복구로

구성되며 항공기 추적은 항상 실시간으로 항공기의 위치를 파악할 수 있어야 한다. 또한, 자율조난추적은 항공기에 탑재된 시스템을 활용하여 조난발생시 위치정보를 신속히 전송해야 하며 비행기록자료 복구는 사고원인 분석 등 사고조사에 유용한 비행기록을 복구하고 적시에 활용할 수 있다.

다. 시사점

전 세계적으로 위성을 이용한 ADS-B 및 이를 포함한 항공조난안전시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 아직은 관련 시스템 및 표준 개발이 완료되지 않아 이러한 시스템에 필요한 주파수에 대한 논의는 활발하지 않은 상황으로 파악된다. 다만, 항공항행시스템은 항공기 안전과 관련된 중요한 시스템이므로 신속한 국내 도입 및 이용을 위해 관련 국제 동향을 지속적으로 파악해야 할 것이다.

3. 자동종속감시용방송시설

가. 개요

국제적으로 정보기술과 교통수단의 급속한 발달로 각 국가 및 지역간 접근성이 용이해져 글로벌 시장이 구축되고 있으며, 항공 교통의 발달은 수출입 물량뿐만 아니라 관광 수요의 급증으로 이어지고 있다.

항공 교통의 급격한 증가는 항공기 밀집에 따른 충돌 사고의 위험성을 증가시키고 있으며 ICAO는 이를 해결하기 위해 항공기 안전 비행을 위한 신규 항공항행시스템에 대한 연구를 추진하였다.

항공항행시스템은 항공기 이착륙 및 관제를 위해 사용하는 통신, 항법, 감시 시스템을 위성 및 데이터링크 기술을 기반으로 자동화하여 이용효율 개선 및 항행안전 확보를 목표로 하고 있다.

항공항행시스템의 구성요소 중 ADS-B는 항공기가 자체 확보한 각종 정보를 데이터링크를 통해 주위로 송신하면 주변에 위치한 다른 항공기 및 지상 수신 장치에서 이러한 정보를 수신하여 활용하는 시스템으로 항공기로부터 자동 송신된 ADS-B 신호에 의존하는 감시시스템이다.

ADS-B 신호는 항공기 ID, 위치 및 항공기 탑재 장비로부터 획득한 정보들을 포함하고 있으며 이러한 정보를 주기적으로 송신하여 향상된 공역의 사용,

지상 감시와 충돌 관리에 있어 안정성을 강화한다.

ADS-B를 이용한 항공기 감시시스템의 개념은 그림 32와 같다.

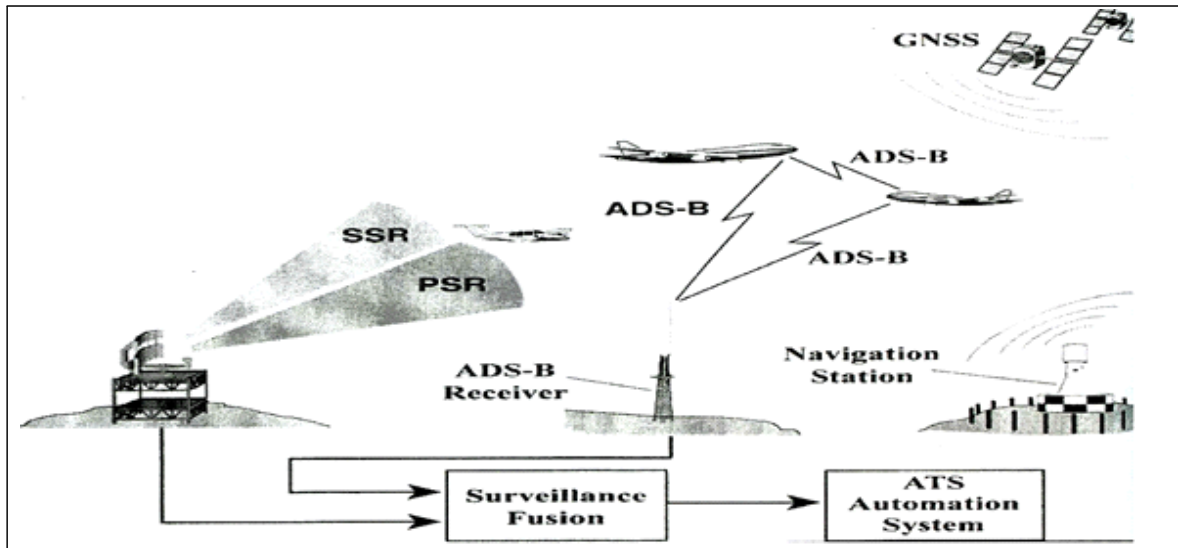


그림 32. ADS-B를 이용한 항공기 감시시스템

ADS-B의 장점과 단점은 아래 표 43과 같이 비교할 수 있다.

표 43. ADS-B의 장점과 단점 비교

구 분	세 부 내 용
장 점	<ul style="list-style-type: none"> - 공대공 감시 능력 강화, 설치 및 확정의 유연성 - 항공기 4차원 위치정보 뿐만 아니라 항공기의 비행정보 확보 가능 - 지상 관제시스템에 항법 정보 제공 능력 - 레이더시설에 비해 저렴한 설치 비용 - 음영지역 완전제거 가능
단 점	<ul style="list-style-type: none"> - 항공기 시스템의 높은 신뢰성이 요구됨

ADS-B의 데이터 링크로 현재 고려되고 있는 기술 방식은 아래 표 44와 같이 3가지로 구분된다.

표 44. ADS-B용 데이터링크 기술

1090 ES (1,090 Extended Squitter)	VDL-M4 (VHF Data Link Mode 4)	UAT (Universal Access Transceiver)
<ul style="list-style-type: none"> - 기존 SSR 모드 S 확장 - ICAO 표준(Annex 10) - 아태지역 표준으로 추진 중 	<ul style="list-style-type: none"> - 새로운 시스템 - ICAO 표준(Annex 10) - VHF 특성상 간섭에 민감 	<ul style="list-style-type: none"> - 새로운 시스템 - ICAO 표준(Annex 10) - 미국에서 사용 중
<ul style="list-style-type: none"> - 1,090MHz(단일채널) - Random Access 	<ul style="list-style-type: none"> - 108-137MHz(멀티채널) - Timeslot Access - 19.2kbps 	<ul style="list-style-type: none"> - 978MHz(단일채널) - Timeslot Access - 1Mbps

나. 1,090 Extended Squitter(ES)

1,090 Extended Squitter(ES) 데이터링크 기술은 항공기 이차감시레이다와 함께 널리 사용 중인 Mode-S 기술을 확장시켜 개발됐다. 따라서 1,090 ES 관련기술은 Mode-S 기술과 유사성이 많다. 다시 말해, 1,090MHz 주파수를 이용하여 송출되는 ADS-B 메시지가 Mode-S ES 포맷으로 구성되며 ES 메시지 길이는 112비트이다.

이전의 Mode-S Squitter는 56비트 메시지를 사용했기 때문에 여기에 Extended 란 의미가 붙여지게 된 것이다. 따라서 기존 운영 중인 항공기의 MODE-S 탑재장비에 ADS-B 기능을 추가시켜 ADS-B로 사용할 수 있기 때문에 대형 항공사들은 장착비용의 최소화하기 위해 1,090 ES를 선호하고 있다.

다. VHF Data Link(VDL) Mode 4

VDL Mode 4 기술은 ‘80년대 말부터 스웨덴에서 개발되기 시작했으며, 단일 채널을 사용하는 다른 ADS-B 데이터 링크들과 달리 다채널을 사용한다. 두 개의 분리된 25kHz의 공용채널을 사용하며 항공교통량이 복잡한 지역에서는 채널을 더 추가해 운영할 수 있도록 유연성을 제공한다. VDL Mode 4 접속은 시분할 다중접속방식을 이용하고 데이터 전송률은 19.2kbit/sec 이나 VHF 운영주파수 특성상 타 항공기 시스템으로부터 간섭에 민감하다는 문제점이 있다.

라. 범용접속데이터통신시설

ADS-B 데이터링크 기술 중 가장 최근에 개발된 UAT는 미국에서 처음 연구 및 개발이 진행되었으며, 감시 및 주변 상황인식 기능을 공중과 지상 기반의 방송 애플리케이션을 통해 최적화하도록 설계되었다. UAT는 광대역 다목적 데이터링크로 전 세계적으로 단일 채널 상에서 운용되도록 고안됐으며 데이터 전송률은 대략 1Mbit/sec 정도다.

앞에서 살펴 본 데이터링크 기술들의 구성을 그림으로 표시하면 그림 33과 같다.

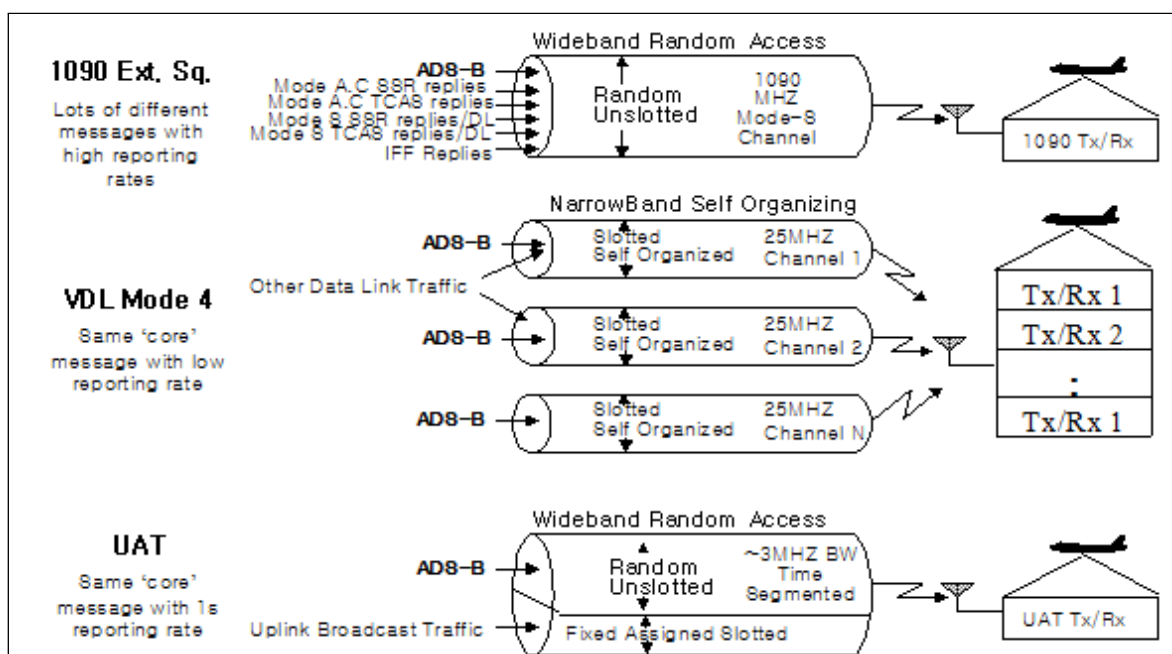


그림 33. ADS-B용 데이터링크 기술별 구성

3. 범용접속데이터통신시설 무선설비 기술기준(안)

UAT에 대한 국제표준은 ICAO의 부속서 10 Vol. III Chapter 12. Universal Access Transceiver(UAT)에 규정되어 있으며, 이를 참고하여 전파 품질 관련 항목으로 구성된 UAT용 무선설비 기술기준(안)은 표 45와 같다.

향후, UAT에 대한 해외 전파주관청(FCC 등)의 적합성평가 제도 및 기술 기준에 대한 비교 분석 및 관련 국내 산업체 현황을 파악하여 기술기준(안)에 대한 추가 검토가 필요할 것이다.

표 45. 범용접속데이터통신용 무선설비 기술기준(안)

제00조(범용접속데이터통신용 무선설비) 978 MHz 주파수를 사용하는 범용 접속데이터통신용 무선설비의 기술기준은 다음 각 항과 같다.

1. 공통조건

- 가. 주파수 허용편차는 $\pm(\text{지정주파수} \times 20 \times 10^{-6})$ 이내일 것
- 나. 안테나공급전력은 최대 250 W 이하일 것
- 다. 송신 마스크는 다음 조건을 만족할 것

지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	최대 전력으로부터 요구되는 감쇠값	분해대역폭
± 0.5 MHz 미만	0 dB	100 kHz
± 0.5 MHz 이상 ± 1 MHz 미만	$(\Delta f - 0.5) \times 36$ dB	100 kHz
± 1 MHz 이상 ± 2.25 MHz 미만	$((\Delta f - 1) \times 25.6) + 18$ dB	100 kHz
± 2.25 MHz 이상 ± 3.25 MHz 미만	$((\Delta f - 2.25) \times 10) + 50$ dB	100 kHz
± 3.25 MHz 이상	60 dB	100 kHz

- 라. 스퓨리어스영역의 불요 발사는 $43 + 10(PY)$ 또는 70 dBC중 덜 엄격한 값일 것
- 마. 편파는 수직편파일 것

2. 송신장치의 조건

- 가. 최소전계강도

구 분	전계강도
지상 장비	280 $\mu\text{V/m}$ 이상
항공기 장비	225 $\mu\text{V/m}$ 이상

3. 수신장치의 조건

- 가. 항공기 장비의 수신감도는 -94 dBm 이상일 것
- 나. 항공기 장비의 선택도는 다음 조건을 만족할 것

지정주파수로부터 이격 주파수(Δf)	감쇠값
-1.0 MHz	10 dB 이상
+1.0 MHz	15 dB 이상
± 2.0 MHz	50 dB 이상
± 10.0 MHz	60 dB 이상

제6절 소결

지금까지 미국 표준화 연구 동향을 분석하여 국내 무인항공기 세부 채널 배치 방안 마련을 위한 시사점을 도출하였고, 국내 항공용 무선설비에 대한 국내 인증제도 및 기술기준을 분석하였다. 또한, 국내 산업계가 제기한 인증 수요에 적절히 대응하기 위한 항공업무용 무선설비 개선방안을 마련하였으며, 신규 항행무선설비로 범용접속데이터통신시설에 대한 기술기준안을 마련하였다.

본 연구 결과는 항공 분야의 신규 산업 및 무선설비에 대한 신속한 도입 및 활성화에 기여하고 안전과 관련된 국내 주파수 정책 및 무선설비 적합성 평가 제도 마련에 활용될 것으로 전망된다.

제4장 통합공공망용 무선설비 기술기준 연구

제1절 연구배경

‘15년 2월 우리 원은 재난안전통신망(이하 재난망), 철도통합무선통신망(이하 철도망) 및 해상초고속무선통신망(이하 해상망)에 구축되는 통합공공망 무선설비에 대한 기술기준을 제정한바 있다. 이는 ‘14년 11월 통합공공망용 주파수가 718-728MHz 및 773-783MHz 대역으로 확정됨에 따라 재난통신, 철도, 해상분야의 구축사업의 원활한 추진을 위해 마련되었다.

‘15년 11월에는 700MHz 대역에서 통신 및 방송용 주파수가 용도 확정되었고 방송용 주파수가 통합공공망 주파수와 인접함에 따라 상호간 원활한 운영을 위해 통합공공망 무선설비의 기술기준이 개정되었다.

개정된 주요 내용으로 기지국은 방송 보호를 위해 송신기 불요발사 규정 및 방송으로부터 수신기 보호를 위한 수신 선택도 규정이 신설되었으며 단말기는 방송으로부터 수신기 보호를 위한 수신 선택도 규정이 신설되었다.

개정 내용 중 수신 선택도는 기존 무선설비에 없는 신설된 항목으로 해당 무선설비의 인증을 위한 시험방법 마련이 필요하다. 이에 기지국에 대한 수신 선택도 측정방법을 마련하여 관련 표준 「LTE 이동통신 무선 설비 특성 시험방법」에 반영할 예정이다. 아울러, 단말기에 대한 수신 선택도 측정방법은 제품 개발이 완료되는 ‘17년 2월 이후에 해당 제품에 대한 측정 실험을 통해 마련할 계획이다.

또한, 국민안전처는 ‘16년 7월 시범사업을 완료하고 재난망을 시험 운용한 결과 기지국의 커버리지가 당초 예상보다 못 미치는 결과를 도출하였고, 이를 해결하기 위해 단말기의 송신출력을 1W로 상향하는 방안을 미래부와 함께 검토한바 있다.

그 동안 재난망에서 송신출력 0.2W의 단말기가 사용되어왔으며, 1W의 송신전력을 갖는 단말기의 사용을 대비한 기술기준 개선방안에 대한 검토가 필요하다.

제2절 무선설비 적합성평가 처리방법

1. 배경

700MHz 대역의 UHD 방송주파수 분배에 대한 후속조치로 ‘15년 11월 통합 공공망용 무선설비 기술기준이 개정되었으며 개정된 내용으로는 송신기의 불요발사 강화 및 수신기의 수신 선택도 항목의 신설이었다.

이 중 수신 선택도 항목은 국제 표준인 3GPP 규격 보다 강화된 규격임에 따라 이를 반영하기 위해 간섭 신호의 세기를 수신 선택도의 강화된 수치 만큼 증가시키는 시험방법이 제안되었다.

그림 34는 우리나라의 700MHz 대역 주파수 분배 현황을 나타낸다.

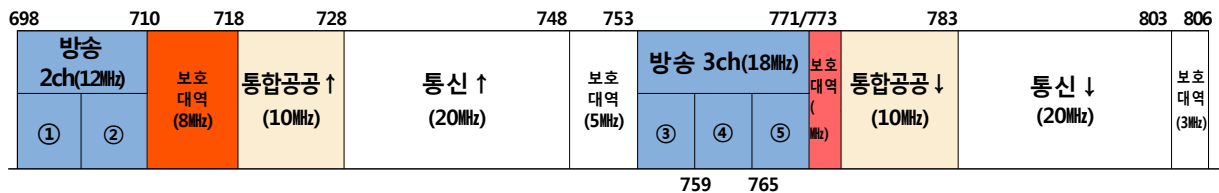


그림 34. 700MHz 대역의 주파수 분배 현황

기지국의 수신 선택도를 강화하는 것은 기술적으로 쉽게 구현이 가능한 것으로 판단되나 단말기의 경우 소형으로 제작해야하기 때문에 수신 선택도를 강화하기 위한 기술적 난이도가 높은 상황이다.

단말기의 수신 선택도와 관련하여 제안된 시험방법을 적용하기 전에 3GPP 표준을 적용하여 제작된 이동통신용 LTE 단말기에 대한 수신 선택도 특성 분석을 수행하였다.

2. 수신 선택도 성능 측정 실험

기존 이동통신용 상용 단말기의 수신 선택도 성능을 측정하기 위해 관련 국제 표준인 3GPP TS 36.521-1의 7.5 Adjacent Channel Selectivity(ACS)을 시험방법에 따라 그림 35와 같은 구성한다.

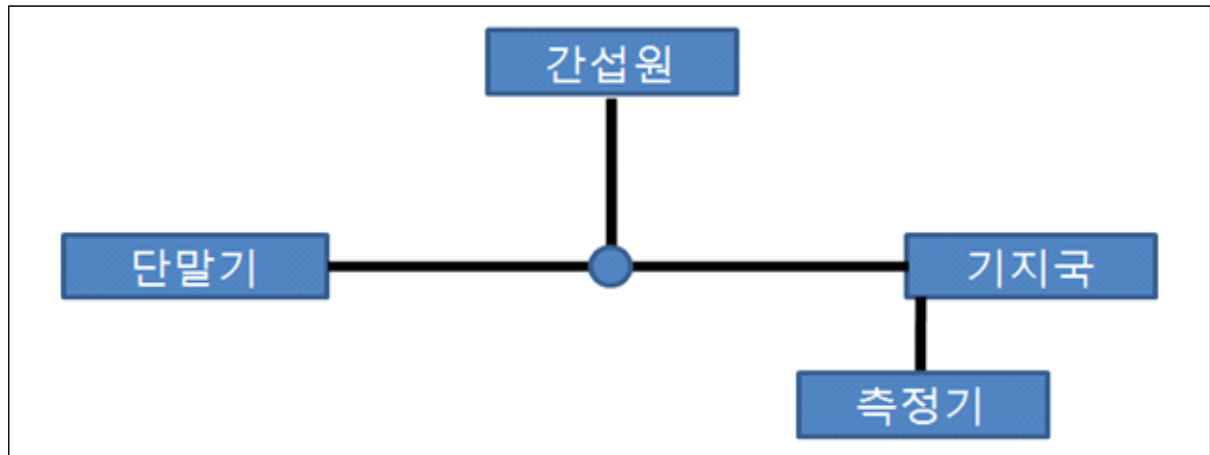


그림 35. 수신 선택도 실험 구성도

표 46은 3GPP의 수신 선택도 규격과 국내 기술기준 규격을 비교한 것이다.

표 46. 수신 선택도 관련 3GPP와 국내 규격 비교

항목	3GPP		국내 기술기준	
	기지국	단말기	기지국	단말기
수신선택도	45dB	33dB	76dB	53dB
간섭 원	LTE	LTE	방송	방송
주파수 이격	25kHz	25kHz	8MHz	2MHz

위 표에서 3GPP의 단말기 대비 강화된 수신 선택도를 적용하기 위해 간섭 신호원의 세기를 증가 시키고, 간섭원의 종류를 LTE 신호에서 방송신호로 대체하였을 때 단말기의 수신 선택도 성능 차이를 확인하기 위한 실험이다.

실험 결과, LTE 상용 단말기는 3GPP 시험 기준보다 높은 간섭 신호가 인가하여도 수신 선택도 기준을 만족하였으며, LTE 신호를 방송신호로 대체하였을 때 수신 선택도에 미치는 영향은 미미하였다.

이에 따라, 3GPP의 시험 조건으로부터 간섭원을 방송신호로 대체가 가능하고 국내 방송과 통합공공망의 주파수 이격을 고려하여 수신 선택도 시험 방법을 마련하였다.

다만, 통합공공망용 단말기에 적용되는 수신 선택도 기술이 아직 개발되지 않았음에 따라 추후 기술이 적용된 제품이 완성되면 해당 제품에 대한 측정을 통해 수신 선택도 시험방법이 가능할 것이다. 재난망 구축 사업의 진행

상황에 따라 통합공공망용 단말기 개발 시점은 '17년 2월로 예상됨에 따라 이후에 단말기에 대한 수신 선택도 측정 방법이 마련될 것으로 예상된다.

3. 기지국 수신 선택도 시험방법

700MHz 대역의 방송 보호를 위해 개정된 기지국의 수신 선택도 항목에 대한 시험방법으로 3GPP 대비 강화된 수치만큼 증가된 간섭 신호의 세기를 인가하는 측정방법을 아래와 같이 마련하였다.

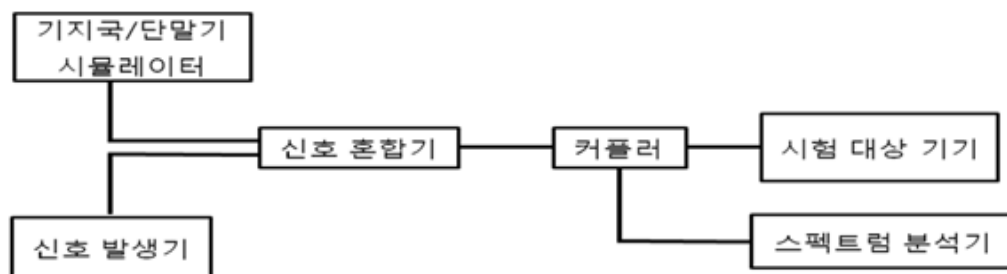
표 47. 기지국 수신 선택도 측정방법

1. 수신 선택도 측정방법

가. 시험 목적

시험 대상 기기가 수신 조건에서 특정 대역에 발생하는 방해파에 대한 신호 감쇄 성능을 측정하기 위한 것이다.

나. 시험 구성



다. 측정기의 조건

기지국 시뮬레이터, 스펙트럼 분석기 등 측정장치는 3GPP TS 36.141과 TS 36.521-1의 인접채널 수신 선택도 측정방법의 측정기와 같이 전송 속도를 측정할 수 있는 것이라야 한다.

라. 시험 절차

- 3GPP TS 36.141과 TS 36.521-1에 사용된 인접채널 수신 선택도 측정방법 및 in-band blocking을 참고하여 기지국 신호장치 및 단말기 신호장치를 설정한다.
- 단, 간섭 신호의 주파수 이격과 신호 세기는 아래의 조건을 따른다.
- 시험대상기기의 용도에 따라 아래와 같이 측정기 조건을 설정하여 전송 속도를 측정한다.

- 1) 통합공공망용 무선설비 기지국의 경우, 간섭 신호를 주파수별로 설정하고 기지국 종류에 따라 각각 간섭 신호 크기를 점진적으로 증가시켜 인가한다.

항목	단위	값		
기준 채널 설정 ^{주1}	-	A1-3(QPSK)		
기지국 점유대역폭	MHz	10		
기지국 수신 신호 세기	dBm	기본주파수의 평균전력		
		24 dBm 초과	20 dBm 초과 24 dBm 이하	20 dBm 이하
		-95.5	-87.5	-71.5
간섭 신호 세기 ^{주2}	dBm	-21	-13	+3
간섭 신호 중심주파수	MHz	701.5, 707.5		
간섭 신호 점유대역폭	MHz	5		
전송율 ^{주3}	%	95		

주1 : 3GPP TS36.104 에 정의된 Fixed Reference Channel A1-3 을 사용한다.

주2 : 3GPP TS36.141, E-UTRA Test Mode 1.1(E-TM1.1)을 사용하며, 기지국 수신 안테나 각각에 동일한 간섭 신호 세기를 사용한다.

주3: 간섭이 없을 때의 전송율(100 %)을 기준으로 비교한다.

2. 기타 사항

가. 환경 시험

이동 통신용 무선 설비의 환경시험은 무선 설비의 적합성 평가 처리방법을 준용한다. 단, 주파수 집성 다중 공중선의 공중선 전력 및 스퓨리어스 영역 불요 발사, 수신 선택도는 정격전압으로 상온에서 측정한다.

제3절 국제표준을 반영한 기술기준 개선방안

1. 배경

국민안전처는 '16년 7월 재난안전통신망 시범사업을 완료하고 그간 추진된 사업 결과에 대한 검증 및 사업비 등에 대한 검토를 추진하였다. 검토 내용 중에 기지국의 커버리지 및 전파도달거리가 당초 계획과의 차이가 발생하였으며, 이를 극복하기 위해 단말기 송신전력을 현행 0.2W에서 1W로 상향하는 방안 등에 대해 미래부에 검토 요청하였다.

단말기의 송신전력을 1W로 상향시킬 경우 기존 0.2W(23dBm) 대비 전파 도달 거리가 증가하여 커버리지를 확대할 수 있으며 결국 기지국 수량의 감소가 가능하다.

현행 통합공공망용 무선설비의 기술기준 상, 단말기의 송신전력은 2W 이하임에 따라 단말기 1W로의 출력 상향은 가능하고 3GPP에서 700MHz 대역의 단말기 출력 상향 이슈가 의제로 승인('16년 9월)되어 논의 중임에 따라 추후 해당 단말기의 출현을 예상할 수 있다.

이에 재난안전통신망 구축사업에서 단말기의 출력 상향이 검토되고 있고 국제표준화가 논의 중임에 따라 이를 대비하기 위한 기술기준 개선방안을 마련하였다.

2. 기술기준 검토 사항

가. 송신 전력

현행 기술기준은 3GPP의 TS 36.521-1의 단말기 기술기준을 준용하여 마련하였으나, 송신 전력은 3GPP의 0.2W가 아닌 2W로 마련되었다. 이는 재난 통신 분야에서 필요한 차량용 등의 특수 무선설비의 도입을 전망하여 3GPP 기준보다 높게 설정하였으나, 통상 3GPP 기준에 만족하는 단말기가 보급됨에 따라 실제에서는 0.2W의 단말기만 사용되었다.

표 48. 3GPP 700MHz 대역의 단말기 송신 전력

주파수대역(MHz)			송신 전력(dBm)	허용편차(dB)
번호	상향	하향		
Band 13	777-787	748-756	23	±2
Band 14	788-798	758-768	23	±2
Band 17	704-716	734-746	23	±2
Band 28	703-748	758-803	23	+2/-2.5

나. 인접채널누설전력

현행 인접채널누설전력 규격은 단말기 송신 전력과 동일한 3GPP TS 36.521-1을 준용하였다. 인접채널누설전력은 송신 전력과 밀접히 연관되어 있으며 현 규격은 단말기 송신 전력이 200mW인 경우에 해당하는 규격이다. 따라서 단말기 송신 전력을 증가시킨다면 증가한 부분에 대해 인접채널누설전력 규격에도 반영시켜야 한다.

표 49. 3GPP의 단말기 인접채널누설전력

점유주파수 대역폭(MHz)	1.4	3.0	5	10	15	20
인접채널 누설전력(MHz)	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2
측정대역폭 (MHz)	1.08	2.7	4.5	9.0	13.5	18
점유주파수 대역폭(MHz)	+1.4/-1.4	+3/-3	+5/-5	+10/-10	+15/-15	+20/-20

3. 3GPP PS-LTE 현황

‘16년 9월 RAN 총회에서 이동통신 대역(Band3/20/28)에서 단말기의 송신 전력 상향 사용에 대한 의제가 승인되었으며, 이후 ‘16년 11월 재난통신(PS-LTE) 표준화 회의에서도 재난망 단말기의 송신 전력 상향에 대한 논의가 있었다.

주요 논의 내용으로 삼성전자는 단말기 송신 전력 상향은 차량용에 한정해야 한다고 주장하였고, 소프트뱅크는 로밍 시 단말기 송신 전력 상향이 불가하다고 주장하였다. 또한, 모토로라는 단말기 송신 전력 상향에 따른 인접대역누설전력비 요구사항을 추가 정의하지 않고 Band 14의 주파수 대역의 요구사항과 동일한 값을 적용할 것을 제안하였으나, 회의에서 기지국 측면의 연구가 추가적으로 필요하다는 의견에 따라 향후 지속적으로 논의하기로 하였다.

또한, 한국산업기술원은 국내 재난안전통신용 단말기에 대한 방사 마스크 요구사항을 3GPP 기술규격에 별도 테이블로 추가하고자 제안하였으나 퀄컴, 노키아, NTTDoCoMo 등으로부터 기존 Band 28 요구사항과 차이 및 신규 대역 정의 필요성 등에 대한 의견이 제시됨에 따라 차기 회의에서 재논의하기로 하였다.

4. 기술기준 개선방안

인접채널누설전력 항목은 중심주파수로부터 이격된 주파수에서의 누설 전력 레벨로 명시하고 있어, 아래 표 50과 같이 증가된 송신전력의 크기 만큼 인접채널누설전력 규격에 증가시켜야 한다.

표 50. 인접채널 누설전력 개선방안

인접채널누설전력 (dB)	단말기 송신 출력		
	200mW(현행)	1W	2W
	29.2	36.2	39.2

다만, 국내 재난통신망 구축 사업의 진행 및 3GPP PS-LTE 표준화가 진행 중임에 따라 추후 현황을 고려하여 기술기준 개정 여부에 대해 판단할 필요가 있다.

제4절 소결

본 연구를 통해 통합공공망용 무선설비 기술기준에 신설된 항목인 기지국 수신 선택도에 대한 측정방법을 마련하였다. 아울러, 단말기에 대한 수신 선택도 측정방법은 제품 개발이 완료되는 '17년 2월 이후에 해당 제품에 대한 성능 실험을 통해 마련할 계획이다.

또한, 단말기의 송신출력 상향을 대비한 인접채널누설전력에 대한 기술 기준 개선방안을 마련하였다. 도출된 결과는 국가가 국책사업으로 추진하는 재난망, 철도망, 해상망 사업의 성공적인 구축과 운용에 기여할 것으로 기대 된다.

제5장 C-ITS 무선설비의 기술기준

제1절 연구배경

‘13년도 정부는 차세대지능형교통시스템(C-ITS, Cooperative-Intelligent Transport System)을 국정과제로 선정하였고, 국토교통부는 C-ITS 구축 사업에 필요한 5,855-5,925MHz 대역 주파수를 미래창조과학부에 수요제기를 하였다.

미래창조과학부는 국토교통부, 학계, 연구기관, 산업계 등 참여하에 연구반을 구성하여 이를 검토하였고, 국제 주파수 분배 조화를 고려하여 5,855-5,925MHz대역으로 결정하였다[34]. 또한, ‘15년 8월에는 해당대역에서 사용하고 있는 방송중계용 주파수를 회수·재배치 공고를 하였으며(‘16년 12월 완료), ‘16년 9월 주파수 분배를 진행하였다.

이에 따라 우리 원은 주파수 분배시기와 맞추어 C-ITS에 대한 기술기준 마련을 추진하게 되었다.

제2절 C-ITS의 국내·외 기술 현황

1. C-ITS 개요

C-ITS는 차량이 주행 중 다른 차량(V2V : Vehicle to Vehicle) 또는 도로에 설치된 인프라(V2I : Vehicle to Infra)와 통신하면서 주변 교통상황과 급정거, 낙하물 등 위험정보를 실시간으로 확인·경고하여 교통사고를 예방하는 시스템을 말한다.

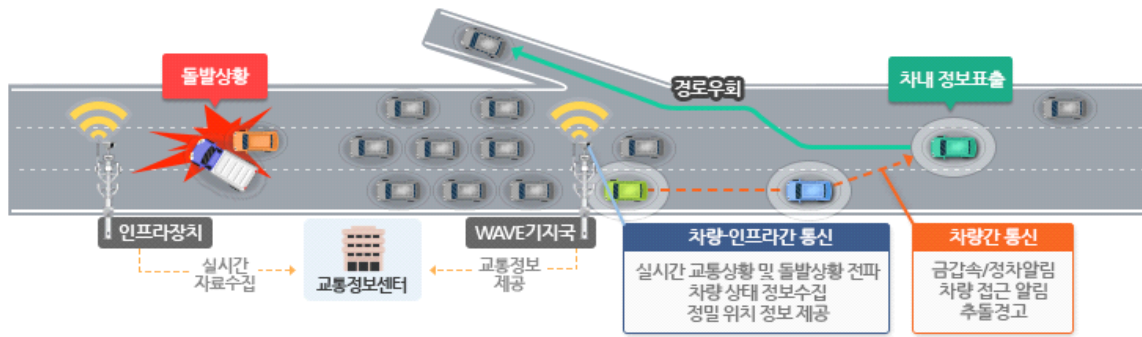


그림 36. C-ITS 기본 개념

C-ITS는 차량단말기와 노변기지국, 지원시스템(돌발상황감지기, 보행자검지기, 통행료징수시스템, 도로기상정보장치 등), C-ITS 센터 등으로 구성된다. 차량단말기는 다른 차량 단말기와의 통신(V2V)으로 속도와 위치에 대한 정보를 전송하여 위험정보를 제공하거나 제공받고, 노변기지국과 통신(V2I)하여 속도와 위치에 대한 정보를 전송하고, 실시간 교통상황 및 돌발상황 등 정보를 제공받는다. C-ITS 센터는 노변기지국 및 지원시스템으로부터 수신된 정보를 가공하여 다른 노변기지국을 통해 운전자에게 필요한 정보를 제공한다[26].



그림 37. C-ITS 시스템 구성도

국내 C-ITS는 미국, 유럽 등에서 사용하는 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment) 통신방식을 사용한다. WAVE는 IEEE 802.11p 및

IEEE 1609 표준을 따르고 있으며, 이는 국제전기전자기술자협회(IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers)가 미국 민간 표준화 단체인 ASTM(American Society for Testing and Materials)의 DSRC(Dedicated Short Range Communication)를 기반으로 표준화 하였다.

IEEE 802.11p는 무선랜(IEEE 802.11a)을 기반으로 만들어 졌으며, 이동 중 통신이 가능한 차량 네트워크 무선전송 표준으로 PHY/MAC 계층에서 동작한다.

표 51. IEEE 802.11p 표준

변조방식 및 전송속도	Modulation	BPSK		QPSK		16-QAM		64-QAM	
	Coding rate	1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4	2/3	3/4
	Data rate (Mbps)	3	4.5	6	9	12	18	24	27
OFDM Parameter	Number of data subcarriers		Number of pilot subcarriers		subcarrier frequency spacing				
	48		4		0.15625MHz				

IEEE 1609는 IEEE 802.11p보다 상위 계층 동작하며, 어플리케이션 동작 및 관리(IEEE 1609.1), 보안(IEEE 1609.2), 네트워크 및 전송 계층(IEEE 1609.3), 복수채널전환(IEEE 1609.4) 등을 정의하고 있다[28, 31, 32].

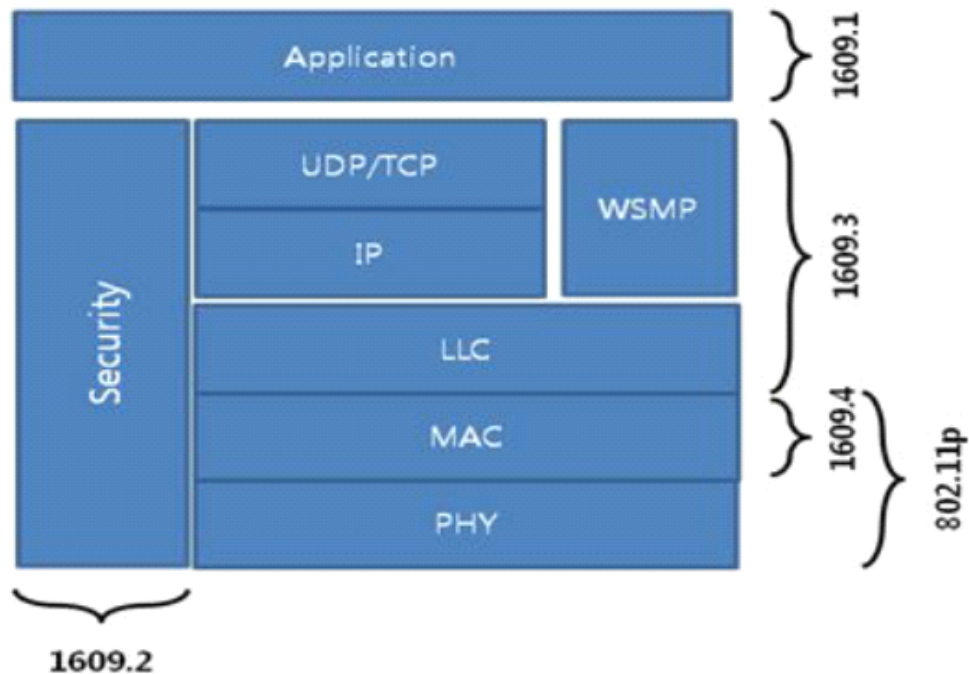


그림 38. WAVE 프로토콜 구조

2. 국내 현황

국토교통부는 하이패스기반 교통정보시스템으로 요금징수, 교통정보 수집 제공, 버스정보안내 등을 하고 있으나, 운전자 및 보행자 안전이나 사망사고 감소 등交通安全 측면에서의 역할에는 한계가 있는 것으로 알려져 있다.

이에 따라 교통관리는 물론 교통사고의 감소를 획기적으로 감소시키기 위해서 '13년 현 정부는 미국 및 유럽 등에서 추진 중인 차세대지능형교통시스템의 도입(C-ITS)을 국정과제로 추진하게 되었다.

'13년 12월 국토교통부는 '차세대 ITS(C-ITS) 기본계획'을 수립하고 '14년부터 시범사업('14~'17)을 시작하였고, '16.7월 실용화시험국용으로 5,855-5,925 MHz대역 7채널의 주파수를 지정받아 C-ITS를 시범운용 중에 있다[27, 34].

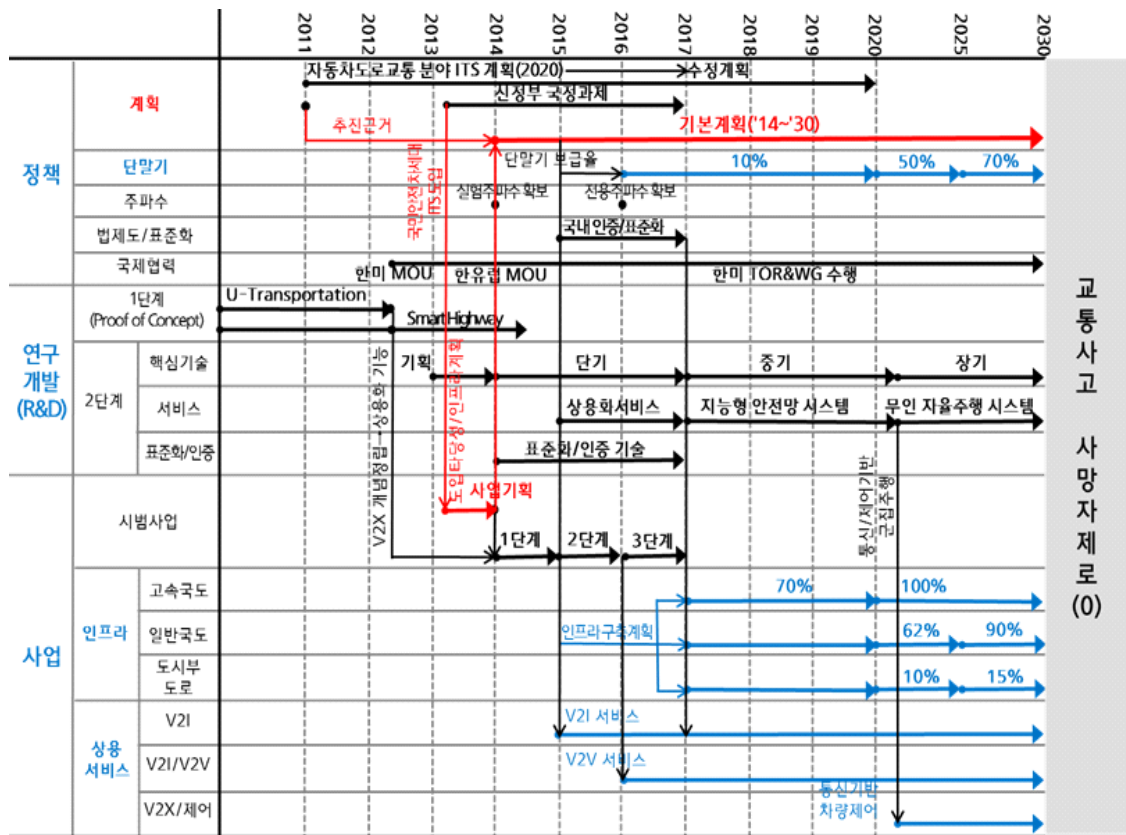


그림 39. 국내 C-ITS 사업 추진 로드맵

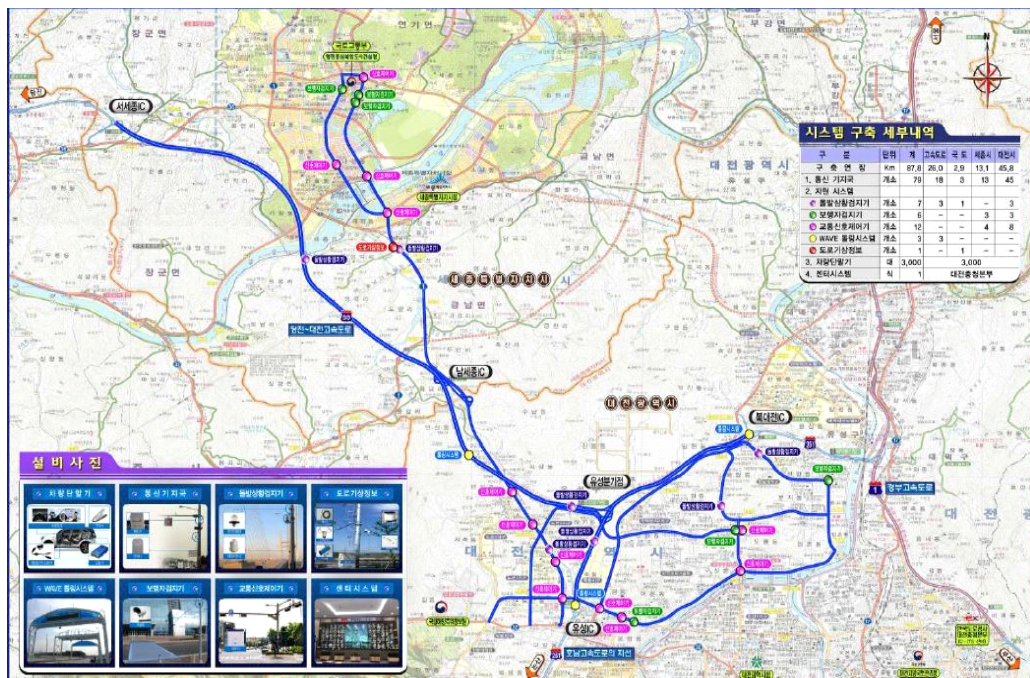


그림 40. 국내 C-ITS 시범운용 구간

3. 국외 현황

가. ITU

ITU는 WRC-15에서 이동업무 대역 내에서 ITS 무선통신을 지원하기 위해 국제적/지역적 조화 주파수 대역 발굴을 관한 조치사항을 검토하는 WRC-19의제 1.12를 채택하였다. 이에 대해 '16년 5월 ITU-R WP5A 회의에서는 CPM 텍스트 작업 시 참고하기 위한 문서로 ITU 참여 국가들의 ITS 사용 현황을 정리한 M.[ITS.USAGE] 보고서 개발을 계속 진행하고, 보고서 M.[ITS.USAGE]는 통신과 센서를, 의제 1.12는 통신만 포함하는 것으로 정리하였다. 또한, '16년 11월 ITU-R WP5A 회의에서는 보고서 M.[ITS.USAGE]에 미국, 독일, 일본, 싱가포르, 중국 및 APT 기고문을 바탕으로 각국의 ITS 통신 이용 현황에 대한 업데이트를 수행하였다. 의제 1.12를 위한 CPM 텍스트 내 배경부분(의제 1.12는 ITS 무선통신 주파수의 배치를 용이하게 하기 위해 채택되었고, ITS의 국제적/지역적 조화 가능성을 연구하는 목적)을 수정하였다. 또한, 차기 회의에서 CPM 텍스트의 나머지 부분을 추가 논의하고, 보고서 M.[ITS.USAGE]에 ITS 관련기술 내용이 정리되면 이를 ITS 핸드북에 포함하기로 하였다.

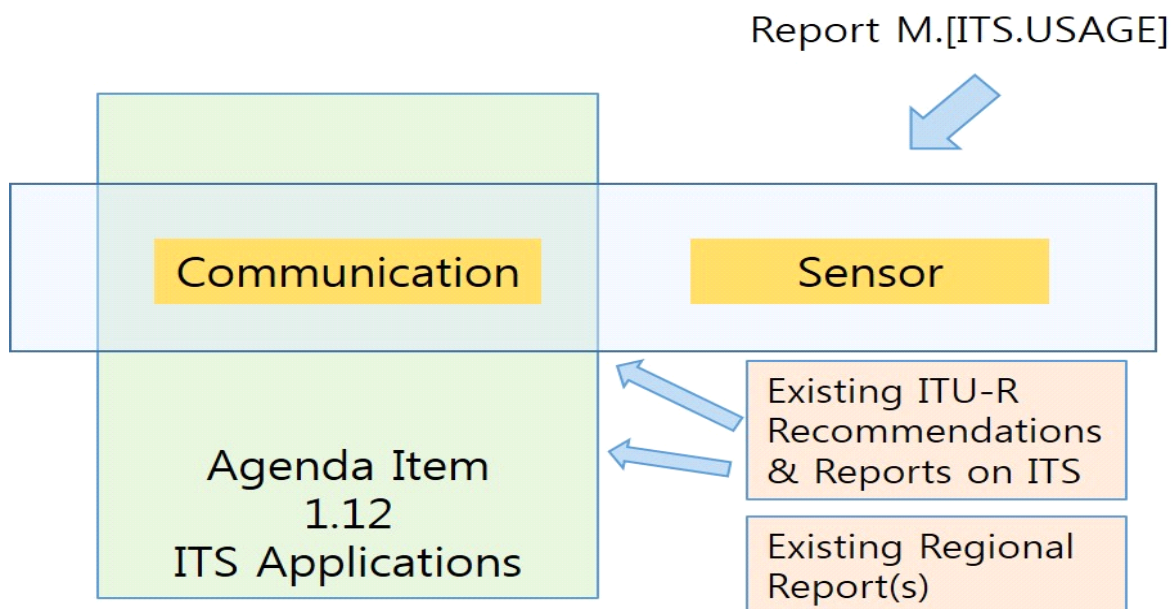


그림 41. WRC-19 의제 1.12 및 ITU-R 보고서 M.[ITS.USAGE] 범위

나. 미국

미국은 '03년부터 R&D 사업을 통해 '14년 C-ITS 요소기술의 개발을 완료한 상태이며, '12.8월부터 1년간 미시건주에서 1년 동안 2,800여대의 차량과 노변장치 29개소를 설치하여 교통안전 개선 효과에 대한 검증을 실시하였다.

제도적인 측면에서 '99년 연방통신위원회(FCC, Federal Communications Commission)는 C-ITS 도입을 위해 5,850-5,925MHz 대역 주파수를 분배하였다. '14년 미국 교통부는 '16년도까지 V2V 차량안전장치 의무 장착하는 규제도입 공고를 하기 위한 의견수렴을 진행하였고, '16년 12월 도입안을 발표하였다. 미국 교통부는 최종 규제 발표까지 1년이 걸린다고 보고 있고, 최종 규제 발표 이후 2년 안에 신차의 50%가 V2V기능을 장착해야 하며, 4년 내에 모든 신차에 같은 기능이 적용될 것으로 예상하고 있다.

미국의 기술기준을 보면 점유주파수대역폭은 10MHz 및 20MHz(174 및 176, 180 및 182 번 채널을 합하여 20MHz 대역폭으로 사용이 가능)이며, 채널 사용에 있어서 175번 채널은 제어로, 172, 184번 채널은 공공안전 서비스로 사용한다. 송신출력은 Class A~D 4개로 나누어 최대 28.8dBm이고, 등가등방복사 전력은 최대 44.8dBm, 주파수허용편차는 $\pm 10\text{ppm}$ 이하, 불요발사는 -25dBm이하로 규정하고 있다.

표 52. 미국 C-ITS 채널 및 등가등방복사전력

채널번호	주파수 범위(MHz)	최대 EIRP(dBm)	용도
170	5,850 - 5,855	-	유보
172	5,855 - 5,865	33	서비스 채널
174	5,865 - 5,875	33	서비스 채널
175	5,865 - 5,885	23	서비스 채널
176	5,875 - 5,885	33	서비스 채널
178	5,885 - 5,895	33/44.8	제어 채널
180	5,895 - 5,905	23	서비스 채널
181	5,895 - 5,915	23	서비스 채널
182	5,905 - 5,915	23	서비스 채널
184	5,915 - 5,925	33/40	서비스 채널

표 53. 미국 C-ITS 송신출력

RSU Class	최대 출력전력(dBm)	통신영역(m)
A	0	15
B	10	100
C	20	400
D	28.8	1,000

인프라 구축에 있어서도 뉴욕, 템파, 와이오밍 등 3개 도시를 선정하여 시범사업을 추진 중으로 '20년 까지 완료하고 시범사업 도시를 확대하고 본격적으로 사업을 실용화하는 방안을 준비 중에 있다[29, 33].

다. 유럽

유럽은 '06년 도로의 안정성 향상 및 경제적 비용 절감을 위해 C-ITS 도입을 추진하였고, 유럽위원회는 범유럽 차원의 C-ITS 이용을 본격적으로 추진하기 위한 '08년 '유럽 C-ITS 전개를 위한 행동계획'을 발표하였다. 이에 따라, C-ITS 단말기, 기지국, 도로작업 안내 등 총 20개 서비스를 개발하고, '11년부터 스페인, 포르투갈, 독일, 그리스 지역에서 시범사업을 진행 중이다. 또한, 유럽 전 지역 확대보급을 목표로 하는 로드맵과 구체적인 전략을 개발하기 위하여, 유럽위원회는 '14년 'C-ITS 플랫폼'을 설립하였다.

제도적인 측면에서 유럽통신위원회는 '08년 국제 C-ITS 조화를 위해 5,855-5,925MHz 대역을 분배하였고 '09년 유럽위원회 Mandate 453(C-ITS 시스템 적용에 필요한 표준화 업무에 대한 설명과 업무실행을 위한 준비사항)을 발의하여 표준화를 시작하고 조화 활동을 지속적으로 시행하고 있다.

유럽의 기술기준에서는 채널 당 점유주파수 대역폭은 10MHz이하이며, 5,875-5,905MHz 대역은 안전 서비스로, 5,905-5,925MHz 대역은 미래 ITS 서비스를 위한 대역으로 남겨 놓았다. 전력밀도는 최대 23dBm, 등가등방 복사전력은 최대 33dBm, 주파수 허용편차는 $\pm 20\text{ppm}$ 이하, 불요발사는 -30dBm 이하로 규정하고 있다[30, 33].

표 54. 유럽 C-ITS 채널 주파수 및 대역폭

반송파 중심 주파수 $f_c(\text{MHz})$	최대 채널 대역폭(MHz)
5,860	10
5,870	10
5,880	10
5,890	10
5,900	10
5,910	10
5,920	10

표 55. 유럽 C-ITS 대역별 용도

주파수 범위(MHz)	용도
5,855-5,875	ITS non-safety applications
5,875-5,905	ITS road safety
5,905-5,925	Future ITS applications

표 56. 유럽 C-ITS 불요발사 기준

주파수 범위(MHz)	최대 출력(e.i.r.p)(dBm)	기준 대역폭(MHz)
5,835-5,855	-30	1
5,925-5,945	-30	1

라. 일본

일본은 '07년 기존 요금징수시스템을 활용하여 교통정보와 차량 안전 서비스를 지원하는 ITS-Safety 도입을 추진하였고, 기존에 사용 중인 DSRC를 이용하여 교통정보 제공, 차량충돌 경고 등 신규 부가 서비스 연구를 진행하였다. 또한, '08년 도쿄 등 5개 지역에서 현장테스트, 교통정보 및 안전정보 제공 시스템을 개발하였다.

일본은 기존 DSRC로 분배된 5.755-5.850GHz 대역을 ITS-Safety와 통합사용하고, 차량 간 상호통신을 위해 755.5-764.5MHz를 분배하였다. 또한, 총리실 산하 ITS 전략본부에서 교통정체 해소와 교통사고 사망자 2,500명 이하를 목표로 하는 교통안전 로드맵을 제시함에 따라 '15년부터 ITS-Safety 실용화와 전국 확대를 추진하고 있다[34].

제3절 우리나라 기술기준 주요내용

C-ITS의 기술기준은 WAVE 통신의 표준인 IEEE 802.11p에 기반하여 '간이무선국·우주국·지구국 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준'의 제19조(지능형교통시스템용 무선설비)에 신설하였다.

기술기준에서는 C-ITS의 대역폭을 10MHz 이하 7개 채널을 사용하고, 5번 채널(5,900MHz)은 차량 안전을 위해 제어용으로만 사용하도록 하였다.

표 57. 우리나라 C-ITS 채널

채널	1	2	3	4	5	6	7
주파수 (MHz)	5,860	5,870	5,880	5,890	5,900	5,910	5,920

안테나 공급전력은 100mW이하, 등가등방복사전력은 2W이하, 주파수 허용 편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이내로 사용하도록 하고, 스퓨리어스 영역에서의 불요 발사는 표 58과 같이 하였다.

표 58. 스퓨리어스 영역에서의 불요발사 기준

주파수 범위	기준값	분해대역폭
1GHz 미만	-36dBm	100kHz
1GHz 이상	-30dBm	1MHz

제4절 소결

레이다, 라이다 등 기술과 같이 V2X 차량통신 기술은 자율주행자동차의 주요기술 중 하나이고, WAVE(C-ITS) 통신은 3GPP에서 추진하고 있는 LTE기반 표준과 같이 대표적인 V2X 차량통신 표준 중 하나이다.

향후 C-ITS는 자율주행자동차의 차량통신 기술에 사용할 계획으로, 본 기술기준은 현 국정과제중 하나로 선정된 C-ITS의 성공적인 구축 및 운용과 향후 C-ITS를 사용하는 자율주행자동차 개발 등에 기여할 것으로 기대된다.

제6장 결론

본 연구에서는 해상, 항공 등 지상통신 분야에서 이슈가 되고 있는 몇 가지 주제를 선정하여 표준화 동향, 기술기준 연구를 진행하였으며, 또한, C-ITS 등 새로운 통신설비에 대한 국내 도입을 위해 기술기준을 마련하는 등 제도 정비를 추진하였다.

먼저, 해상에서 사용되는 선박자동식별시스템(AIS)에 대한 ITU 등 국제기구의 논의사항 및 현황을 분석하고, 우리나라의 AIS 무선국 현황 및 채널트래픽을 분석하여 제도 개선 및 국제표준화 대응방안을 마련하였다.

두 번째, 무인항공기 이슈 관련하여, 미국 표준화 연구 동향을 분석하여 국내 무인항공기 세부 채널할당 방안 마련을 위한 시사점을 도출하였고 국내 항공용 무선설비에 대한 국내 인증제도 및 기술기준을 분석하였다. 또한, 국내 산업계가 제기한 인증 수요에 적절히 대응하기 위한 항공업무용 무선설비 개선방안을 마련하였으며 신규항행무선설비로 범용접속데이터 통신시설에 대한 기술기준안을 마련하였다.

세 번째, 700MHz 대역 방송주파수 분배에 대한 후속 조치로 개정된 통합 공공망용 무선설비의 기술기준에 있어 신설 항목인 수신 선택도에 대한 시험방법을 마련하였다. 또한, 단말기 출력 상향에 대한 국민안전처의 협조 요청 및 관련 3GPP 표준 현황을 고려한 인접채널누선전력 항목의 규격에 대한 개정사항을 마련하였다.

마지막으로 ITS의 ITU, 미국, 유럽 등 주요 국가의 기술동향을 분석하고, 우리나라에서 자율주행자동차의 도입을 위한 C-ITS 무선설비의 기술기준을 마련하였다.

[참고문헌]

- [1] IALA, Guideline 1082, An overview of AIS, June 2016.
- [2] 해양수산부 보도자료, “해양안전의 사각지대, 소형어선 안전기준 크게 강화”, 2015. 3. 5.
- [3] ITU, Resolution 360(WRC-12), Consideration of regulatory provisions and spectrum technology applications for enhanced Automatic Identification System technology applications and for enhanced maritime radiocommunication, 2012.
- [4] ITU, Resolution 363(WRC-15), Autonomous maritime radio devices operating in the frequency band 156-162.05 MHz.
- [5] IMO, International Convention for the Safety of Life at Sea, 2014.
- [6] ITU, Radio Regulations, 2012.
- [7] 해상업무용 무선설비의 기술기준, 국립전파연구원고시, 2016. 5. 31.
- [8] ITU, Recommendation ITU-R M.1371-5, Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band, 2014.
- [9] IALA, Recommendation A-124 Appendix 1, Basic AIS Service, AIS Data Model and AIS Service specific MDEF sentences, December 2011.
- [10] IALA, Recommendation A-124 Appendix 18, VDL Load Management, December 2011.
- [11] <http://www.marinetraffic.com>
- [12] <http://www.mof.go.kr>
- [13] Command and Control (C2) Data Link Minimum Operational Performance Standards (MOPS) (Terrestrial), RTCA-DO-362, September 22, 2016.
- [14] 윤희권 등, 항공기 개발 경험으로 쓴 감항인증 실무, 2014. 12. 31.
- [15] 무선설비 규칙, 미래창조과학부령, 2016. 8. 12.

- [16] 항공업무용 무선설비의 기술기준, 국립전파연구원고시, 2015. 12. 31.
- [17] 무선설비 적합성 평가 시험방법, 방송통신표준, 2016.
- [18] 항공정보통신시설의 설치 및 기술기준, 국토교통부고시, 2016. 11. 30.
- [19] 항행안전무선시설의 설치 및 기술기준, 국토교통부고시, 2015. 5. 12.
- [20] 항공기 기술기준, 국토교통부고시, 2015. 5. 12.
- [21] 항공기 기술표준품 형식승인 기준, 국토교통부고시, 2016. 2. 11.
- [22] Minimum Operational Performance Standards for Airborne Radio Communications Equipment Operating Within The Radio Frequency Range 117.975~137.000 MHz, RTCA-DO-186A, November 8, 2005.
- [23] Minimum Operational Performance Standards for airborne Distance Measuring Equipment (DME) Operating within the Radio Frequency Range of 960~1215 MHz, RTCA-DO-189, September 20, 1985.
- [24] Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, RTCA-DO-160G, December 8, 2010.
- [25] 윤종호, 항공정보통신공학, 2009. 1. 5.
- [26] <http://www.c-its.kr>
- [27] <http://www.molit.go.kr>
- [28] IEEE Std 802.11TM-2012
- [29] FCC CFR 47 Part 90
- [30] ETSI EN 302 571, 2016. 3.
- [31] 한대광, “이동속도 및 시공간 상황정보 적응형 멀티 알에프 무선엑세스 시스템”, 세종대학교 대학원 석사학위논문, 2012년.
- [32] 임진영, “WAVE 통신을 위한 보안 SoC System on Chip 설계”, 한양대학교 석사학위논문, 2014년.
- [33] 국토교통부, 국민행복시대, 창조경제를 선도할 지능형 교통 ITS 구축 방안 연구, 2016년.
- [34] 미래창조과학부, 차세대 ITS 주파수 공급 기본계획(안), 2014년.

[부록 1] 지능형교통시스템용 무선설비의 기술기준

● 국립전파연구원고시 제2016-21호

「전파법」 제45조 및 같은 법 시행령 제123조제1항제1의6호에 따라 「간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준」(국립전파연구원고시 제2015-30호, 2015. 12. 31.) 일부를 다음과 같이 개정하여 고시합니다.

2016년 09월 30일
국립전파연구원장

「간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준」 일부개정안

간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준 일부를 다음과 같이 개정한다.

제3조제1항제7호를 다음과 같이 신설한다.

7. "지능형교통시스템용 무선설비"란 국가기관, 공공기관 등이 도로 주변에 통신시스템을 설치하여 차량이용자에게 제공하는 차량안전 및 교통정보 서비스(긴급 상황 지원, 교차로 안전 서비스 등)에 이용되는 무선설비를 말한다.

제19조를 제20조로 하고, 제19조를 다음과 같이 신설한다.

제19조(지능형교통시스템용 무선설비) 5855~5925 MHz 주파수 대역의 전파를 사용하는 지능형교통시스템용 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 점유주파수대역폭은 10 MHz 이하일 것
2. 변조방식은 디지털변조일 것
3. 발사하는 전파의 중심주파수는 다음 표를 따를 것. 다만, 차량 안전을 위해 5번 채널은 제어용으로만 사용할 것

채널	1	2	3	4	5	6	7
주파수(MHz)	5860	5870	5880	5890	5900	5910	5920

4. 안테나공급전력은 100 mW 이하, 등가등방복사전력은 2 W 이하일 것
5. 주파수허용편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이내일 것
6. 스푸리어스 영역에서의 불요발사는 다음의 기준값 이하일 것

주파수 범위	기준값	분해대역폭
1 GHz 미만	-36 dBm	100 kHz
1 GHz 이상	-30 dBm	1 MHz

부 칙

제1조(시행일) 이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

제2조(다른 고시의 개정) ① 「방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시」 일부를 다음과 같이 개정한다.

별표 1에 53. 지능형교통시스템용 무선설비를 다음과 같이 신설한다.

대상 기자재		적합성평가기준 적용분야			
		전자파 적합성	무선	유선	SAR
53. 지능형교통시스템용 무선설비	가. 기지국의 송수신장치	○	○		
	나. 육상이동국의 송수신장치				

별표 7 제1호에 53. 지능형교통시스템용 무선설비를 다음과 같이 신설한다.

대상 기자재		기기부호
53. 지능형교통시스템용 무선설비	가. 기지국의 송수신장치	ITS1
	나. 육상이동국의 송수신장치	ITS2

② 「방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리에 관한 고시」 일부를 다음과 같이 개정한다.

별표 1 나호 2. 무선에 262를 다음과 같이 신설한다.

262 지능형교통시스템용 무선설비

해상·항공 및 지상망의 안전한 무선통신 환경 마련을 위한 기술기준 연구



국립전파연구원

National Radio Research Agency

(58217) 전남 나주시 빛가람로 767

발 행 일 : 2016. 12.

발 행 인 : 유 대 선

발 행 처 : 미래창조과학부 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-4414

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

ISBN : 979-11-5820-065-7 < 비 매 품 >

주 의

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