

레벨측정레이더, RFID/USN 등
기술기준 및 전파응용설비 고주파
출력 산출방법 등의 개정 연구

2014. 12.

제 출 문

본 보고서를 「레벨측정레이더, RFID/USN 등 기술기준 및 전파응용설비 고주파 출력 산출방법 등의 개정 연구」과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2014. 12. 31.

연구책임자 : 함병은(기술기준과 소출력기준담당)

연구원 : 이일용(기술기준과 소출력기준담당)

유한상(기술기준과 소출력기준담당)

김일환(기술기준과 소출력기준담당)

요 약 문

본 보고서는 900MHz 대역 RFID/USN, 레벨측정 레이더 등 소출력 무선기기의 기술기준 개정, 무선전력전송용 전파응용설비 관련 고주파출력 산출방법 개정, 무선설비 적합성평가 처리방법 개정에 대한 연구를 수행한 결과를 기술하였다.

제1장에서는 전체 연구의 필요성 및 배경 등과 각 장별 수행했던 연구주제에 대해 간략하게 기술하였다. 제2장에서는 전기, 수도, 가스 등 에너지 관리 원격검침용 센서네트워크의 국제규격의 도입을 위해 900MHz 대역 RFID/USN 기술기준 개정에 대해 논하였고, 전파형식 추가 및 RFID/USN 무선기기 정의 수정 등에 대해 설명하였다. 제3장은 탱크 내 또는 용기 내부에 있는 물질의 높낮이를 측정하거나 수로·하천 등의 수위를 측정하는데 이용되는 레벨측정 레이더의 기술기준 신설에 대한 연구결과를 기술하였다. 레벨측정 레이더 기술기준 신설에 따라 주파수분배표, 무선설비규칙, “무선설비의 적합성평가 처리방법”등의 전반적인 기술기준 관련 주요개정안을 제시하였다. 제4장에서는 KTX 고속철도 등의 열차의 안전성 확보를 위해 도입된 자체유도식 열차신호제어시스템의 적합성 평가에 필요한 기술기준 마련 연구결과를 설명하였고, 연구결과를 통해 마련된 기본파 및 불요발사 등의 기술기준(안)을 제시하였다. 제5장에서는 ‘13년 무선전력전송용 전파응용설비 기술기준 개정의 후속작업의 일환으로, 허가가 필요한 무선전력전송기기의 국내 이용 활성화와 상용화 여건을 만들기 위해, 전파응용설비에 적용할 새로운 고주파출력 산출방법안을 마련하여 관련 고시를 개정하였다. 개정사항은 무선전력전송기기의 구조 및 기술특성을 고려하였다. 제6장에서는 저전력, 초소형 집적화 등의 소출력 무선기기 최신기술특성에 맞게 적합성평가 시험조건 완화 또는 시험방법 개선결과를 기술하였다. 또한 소출력 무선기기 출력관리와 관련하여 ERP/EIRP 출력기준의 복사성 측정방법에 대한 합리적인 개선사항을 도출하고자 하였다. 마지막 제7장에서는 각 연구주제에 따라 성과위주로 최종결과를 간단히 정리하였다.

목 차

제1장 서론	1
제2장 900MHz대역 RFID/USN 기술기준 개정 연구	2
제1절 개요	2
제2절 SUN 기술 표준동향	2
제3절 기술기준 개정	8
제3장 레벨측정레이더 이용을 위한 관련 제도 개선방안 연구	13
제1절 기술개요 및 산업동향	13
제2절 해외 기술기준 비교	19
제3절 국내 현황 및 주파수 이용 검토	24
제4절 관련제도 개선 방안	37
제4장 자계유도식 열차신호제어장치 기술기준 연구	53
제1절 배경	53
제2절 자계유도식 열차제어시스템 개요	53
제3절 열차제어장치 국내외 이용 현황	58
제4절 국내·외 열차신호제어장치 관련 규정	63
제5절 열차신호제어장치 전파간섭영향 실험	66
제6절 열차신호제어장치 기술기준(안) 마련	69
제7절 결론	72
제5장 무선전력전송기기 고주파출력 산출방법 연구	73
제1절 배경	73
제2절 무선전력전송기기의 기술 및 시장 현황	74
제3절 전파응용설비(ISM기기)의 국내 이용 현황	95
제4절 국내·외 전파응용설비 관련 규정	102

제5절 무선전력전송기기 고주파출력 산출방법 실험	107
제6절 무선전력전송기기 고주파출력 산출방법 마련	112
제7절 결론	115
제6장 무선설비의 적합성평가 처리방법 개정	116
제1절 개요	116
제2절 소출력 무선기기 시험방법 개정	116
제3절 소출력 무선기기 ERP/EIRP 측정방법 개선 연구	126
제7장 맺음말	141
참고문헌	143

표 목 차

[표 2-1] SUN 적용 국가별 주파수 후보 대역	5
[표 2-2] 제조국별 인증건수('05~'14.3월 현재 총 253건)	9
[표 2-3] 용도별 인증건수('05~'14.3월 현재 총 253건)	10
[표 2-4] 무선설비규칙 제30조 신구조문 대비표	11
[표 2-5] “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기” 제2조 신구조문 대비표	12
[표 3-1] 초음파 레벨계와 레이더 레벨계 비교	13
[표 3-2] Pulse 방식과 FMCW 방식 비교	15
[표 3-3] 주요업체의 세계 시장점유율	18
[표 3-4] 국내 레벨측정 레이더 주요 업체 현황	18
[표 3-5] 유럽과 미국의 레벨측정레이더 주파수 대역 비교	20
[표 3-6] 탱크 레벨측정 레이더(TLPR) 해외 규정 비교	21
[표 3-7] 레벨측정 레이더(LPR) 해외 규정 비교	21
[표 3-8] 24~27GHz 주파수 대역 국내 이용 현황	27
[표 3-9] 77.5~81GHz 주파수 대역 분배 현황	28
[표 3-10] 탱크 외부에서 측정한 신호 방사값	29
[표 3-11] 국내 전파망원경 현황	33
[표 3-12] 전파천문업무를 위한 보호 기준 (85 - 95 GHz 대역)	35
[표 3-13] 간섭 분석 (ECC 139, 파라미터와 방법론을 준수)	35
[표 3-14] 탱크 레벨측정 레이더(TLPR) 해외 기술기준과 국내 개정(안) 비교	37
[표 3-15] 레벨측정레이더(LPR) 해외 기술기준과 국내 개정(안) 비교	39
[표 4-1] 국내 철도 운영 기관	60
[표 4-2] 열차신호제어시스템 제조·수입업체 현황	60
[표 4-3] 국내 ATP시스템(지상설비) 운용 현황	61
[표 4-4] 국내 ATP시스템(차상설비) 운용 현황	62

[표 4-5] 국내 자계유도식 무선기기의 출력 기준	64
[표 4-6] 국내와 유럽의 열차신호제어장치 기준 비교	65
[표 5-1] 자기유도방식 표준화 단체 요약	76
[표 5-2] 자기공명(공진) 표준화 단체 요약	80
[표 5-3] 무선전력전송 기술방식별 국내외 업체 현황	83
[표 5-4] 인덕션 쿠키 예	85
[표 5-5] 응용분야별 세계 시장 전망	91
[표 5-6] 아시아 지역 시장 전망	92
[표 5-7] 국내 산업용 전파응용설비	95
[표 5-8] 국내 의료용 전파응용기기	97
[표 5-9] 전파 의료기기 생산액 상위품목	98
[표 5-10] 전파 의료기기 수출액 상위 품목	98
[표 5-11] 전파 의료기기 수입액 상위 품목	98
[표 5-12] 국내 의료용 전파응용설비 현황 및 용도	99
[표 5-13] 전파응용설비 관련 의료기기 목록	99
[표 5-14] 전파응용설비 이용사례	106
[표 5-15] 전류 측정방법 예시	111
[표 6-1] “무선설비의 적합성평가 처리방법”제11조 신구조문 대비표 ...	120
[표 6-2] “무선설비의 적합성평가 처리방법”별표2 신구조문 대비표 ...	122
[표 6-3] “무선설비의 적합성평가 처리방법”별표3 신구조문 대비표 ...	124
[표 6-4] 국내 소출력 무선기기 출력관리	128
[표 6-5] 미국 주파수 대역/무선서비스 극한 환경시험조건(온도/전압) 적용시험항목현황	132
[표 6-6] 유럽 소출력 무선기기 극한 환경시험조건(온도/전압) 적용시험항목 현황	135

그림 목 차

[그림 2-1] SUN(Smart Utility Network) 개념도	3
[그림 2-2] SUN 표준화 배경	4
[그림 2-3] 주파수 후보 대역에 따른 MR-FSK 채널 파라미터	6
[그림 2-4] 주파수 후보 대역에 따른 MR-OFDM 채널 파라미터	7
[그림 2-5] 주파수 후보 대역에 따른 MR-O-QPSK 채널 파라미터	7
[그림 2-6] SUN 기술 활용분야	8
[그림 2-7] 연도별 인증현황('05~'14.3월 현재 총 253건)	9
[그림 3-1] 레이더식 레벨계(레벨측정 레이더) 구분	14
[그림 3-2] 고·저주파 이용의 차이점	14
[그림 3-3] 레벨측정 레이더의 이용분야 (통계출처: Siemens, 2010/11기준) ..	16
[그림 3-4] 전체 레벨계 시장과 레벨측정 레이더 시장전망 (출처: ETSITR102601)	16
[그림 3-5] 레벨측정 레이더 지역별 이용률 (통계출처: Siemens, 2010/11기준)	17
[그림 3-6] 오픈형 레이더 설치 예	24
[그림 3-7] 사용 목적별 안테나 지향 사례	29
[그림 3-8] LPR 주파수별 안테나 지향성에 따른 간섭 모의 실험	30
[그림 3-9] 레벨측정 레이더와 차량레이더(BSD)간 간섭 시나리오	31
[그림 3-10] 레벨측정 레이더와 차량레이더간 간섭 실험	32
[그림 3-11] KVN 전파망원경 구축예	34
[그림 3-12] 간섭 분석 시나리오	34
[그림 3-13] 반구상 출력제한값 측정 개념도 (출처: ETSITR102601) ..	38
[그림 4-1] 자계유도식 무선기기 예	54
[그림 4-2] 열차신호시스템의 기본적인 구성도	55
[그림 4-3] ATP 열차제어시스템 구성	55
[그림 4-4] ATP 지상설비 설치 현장	56
[그림 4-5] 국내 철도제어시스템 발전 현황	59

[그림 4-6] 차상장치의 송신 스펙트럼 마스크	63
[그림 4-7] 지상장치(발리스)의 송신 스펙트럼 마스크	64
[그림 4-8] 차상장치의 간섭영향실험 구성도와 측정사진	66
[그림 4-9] 지상장치의 간섭영향실험 구성도와 측정사진	67
[그림 5-1] 무선전력전송 방식별 주요 특징	74
[그림 5-2] 자기유도방식 충전 개념 및 원리	75
[그림 5-3] 자기유도방식 무선전력전송 개념	75
[그림 5-4] WPC 표준 모델의 기본적인 무선전력시스템 구성도	76
[그림 5-5] 코일 자유도에 따른 충전 전송 세기 비교	78
[그림 5-6] 자기공진방식 무선전력전송 개념도	79
[그림 5-7] 자기공명방식의 응용 개념도	80
[그림 5-8] 전자기파 방식 개념도	81
[그림 5-9] 충전력 주방가전용 무선전력전송기기 응용 예시	83
[그림 5-10] 자기유도방식 충전력 주방가전용 무선전력전송 시스템 개념도	84
[그림 5-11] 충전력 자기유도방식 시스템 개념도	84
[그림 5-12] Haier의 무선전력전송 TV	86
[그림 5-13] 구미시 무선충전 전기버스 시범 사업 및 운행 원리	89
[그림 5-14] 고속철도 급전 방식 비교	89
[그림 5-15] 전기자동차 무선충전 포지셔닝 테스트 현장	90
[그림 5-16] 무선전력전송기기 공급 현황	91
[그림 5-17] IHS 예측 시장규모	92
[그림 5-18] 미래 무선전력전송 예상 방식	93
[그림 5-19] 전파응용설비의 운용 예시도	105
[그림 5-20] 무선전력전송기기의 일반적인 구조	107
[그림 5-21] 무선충전 전기버스의 운용 구성도 및 사진	108
[그림 5-22] 공급전원에 따른 무선전력전송 송신기의 고주파출력 산출방법 예	109
[그림 6-1] 온도 챔버내에서 복사성 측정방법 수행 예 (430~470 MHz 휴대용 산업무전기 샘플 이용)	140

제1장 서론

일상의 모든 사물이나 기기들이 인터넷과 연결되는 사물인터넷(Internet of Things)의 활성화를 위해 사물인터넷의 근간을 이루는 센서네트워크에 활용되는 소출력 무선기기의 이용이 증가할 것으로 예상된다. 하지만, 기존의 소출력 무선기기들은 데이터 통신을 비롯한 교통, 의료, 안전 등 실생활의 다양한 분야에도 이미 활용되고 있어, 한정된 소출력 무선기기용 주파수 대역의 원활한 사용을 위해 적절한 주파수 분배, 기술기준 제·개정 등 법적, 제도적인 조치를 사전에 강구하여야 한다.

아울러, 미래사회를 바꿀 유망기술로써 ICT와 에너지를 융합한 무선전력전송 기술이 전세계적으로 주목받고 있는 가운데, 일반 가정 또는 사무실에서 중 소형 전자기기들은 무선으로 충전할 수 있는 제품들이 출시 및 상용화될 예정인 바, 이러한 제품들이 타 통신기기에 전파간섭 영향없이 잘 활용될 수 있도록 기술기준이 필요하다.

이에 따라 위원회는 소출력 무선기기 기술기준 개정, 무선전력전송용 전파응용설비 관련 고주파출력 산출방법 개정, 무선설비 적합성평가 처리방법 개정에 대한 연구를 수행하였다. 제2장에서 전기, 수도, 가스 등 에너지 관리 원격검침용 센서네트워크의 국제규격 도입을 위해 900MHz 대역 RFID/USN 기술기준 개정에 대해 논하였다. 제3장은 물질의 높낮이를 측정하거나 수로·하천 등의 수위를 측정하는데 이용되는 레벨측정 레이더의 기술기준 신설에 대한 연구결과를 기술하였다. 제4장에서는 KTX 고속철도 등의 열차의 안전성 확보를 위해 도입된 자계유도식 열차신호제어시스템의 적합성 평가에 필요한 기술기준 마련 연구결과를 설명하였다. 제5장에서는 '13년 무선전력전송용 전파응용설비 기술기준 개정의 후속작업의 일환으로, 허가가 필요한 무선전력전송기기의 국내 이용 활성화와 상용화 여건을 마련하기 위해 전파응용설비에 적용할 새로운 고주파출력 산출방법안을 제시하였다. 제6장에서는 저전력, 초소형 집적화 등의 소출력 무선기기의 최신기술특성에 맞게 적합성평가 시험조건 완화 또는 시험방법 개선결과를 기술하였으며, 또한 소출력 무선기기 출력관리와 관련하여 ERP/EIRP 출력기준의 복사성 측정방법에 대한 합리적인 개선사항을 도출하고자 하였다.

제2장 900MHz대역 RFID/USN 기술기준 개정 연구

제1절 개요

무선설비규칙 제30조(RFID/USN 등의 무선설비)는 917~923.5, 433.67~434.17, 13.552~13.568MHz 대역을 이용하는 무선설비에 대한 기술기준을 정하고 있다. 433MHz 대역과 13.56MHz 대역은 주로 RFID용으로 적용하지만 917~923.5 MHz 대역은 RFID와 USN용으로 활용이 가능하다. 다만, 917~923.5 MHz 대역은 채널별 또는 수동형/능동형 RFID 시스템에 따라 복사출력이 다르고, 간섭회피기술이 필히 적용되어야 하는 것이 기술기준상의 중요한 특징이며, 기존에는 RFID용으로만 주로 적용되었으나 최근 사물인터넷 활성화에 따라 SUN(Smart Utility Network) 등의 무선센서네트워크 용도로 주파수 사용 확대가 점차 요구되고 있다.

유틸리티(Utility)는 사전적 의미로 수도·전기·가스·교통기관 등의 공익적인 설비 또는 시설을 말한다. SUN은 이러한 전기, 수도, 가스와 같은 유틸리티 공급자와 Home/Building 등에서 유틸리티 사용자가 무선 센서네트워크를 통해 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화시키는 기술을 말한다.

IEEE는 917~923.5MHz RFID/USN 대역을 이용할 수 있는 SUN 국제표준을 '12.4월에 제정하였고, 이에 국내에서도 SUN 국제표준을 우리나라 서비스 공급자·사용자의 운용상황에 맞춰 다양하게 적용할 수 있도록 특정표준기술을 917~923.5MHz RFID/USN 기술기준에 포함하는 것을 추진하게 되었다.

제2절 SUN 기술 표준동향

1. 표준화 추진배경 및 동향

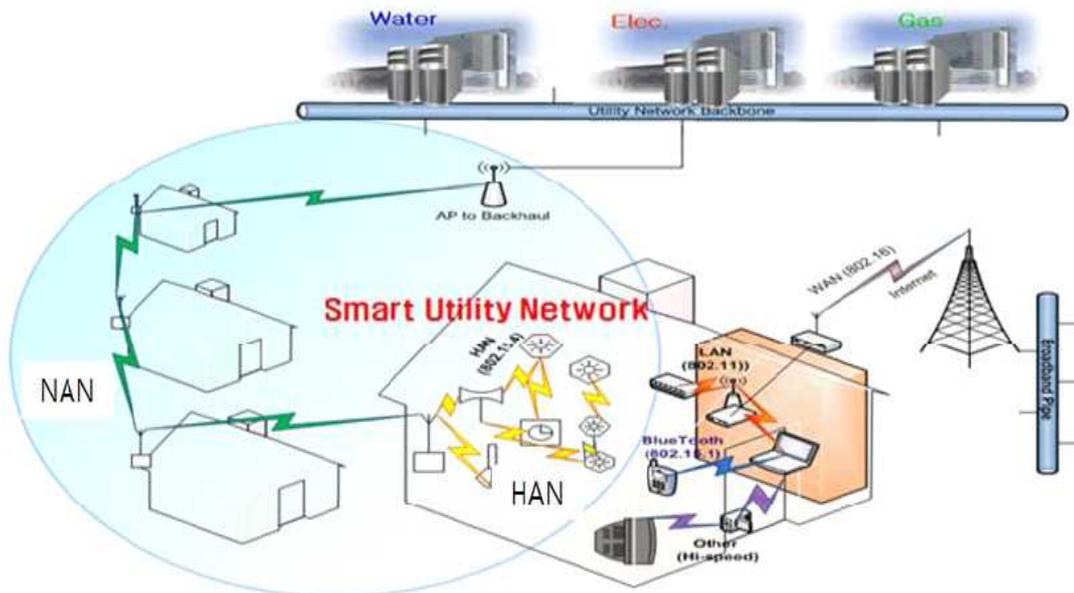
전기, 수도, 가스 등의 유틸리티 사용량을 원격으로 검침하고 관리하는 원격 검침 시스템은 전력선통신과 ZigBee 기술을 기반으로 활발한 연구가 진

행되어 미국, 유럽 등지에서 대규모 사업화가 진행되었다.

단, 2.4GHz 대역 ZigBee 무선기술은 열악한 유틸리티 네트워크 통신 환경에서 높은 링크 마진 특성을 얻기가 어렵고, 특히 원거리 실외 환경에서 Mesh routing 기술과 연계하는데 한계를 가지고 있어, 미국의 유틸리티 서비스 업체 중심으로 스마트 그리드(Smart Grid)와 연계한 새로운 국제 표준의 무선 전송기술 개발의 필요성이 제기되었다.

최근 이슈화되고 있는 사물인터넷 통신은 무선센서네트워크를 근간으로 운용되고 있으므로, 앞서 설명한 SUN과 같은 원격 검침 시스템 또한 무선센서네트워크의 일종으로 전체적인 맥락에서 사물인터넷 분야에 포함된 것으로 판단해 볼 수 있다.

그림2-1과 같이 데이터를 실제적으로 전송하는 SUN 물리계층(physical layer)은 기존 맥내의 홈네트워크(Home Area Network(HAN))와 각 홈네트워크가 연결된 Neighbor Area Network(NAN)로 구성된다.



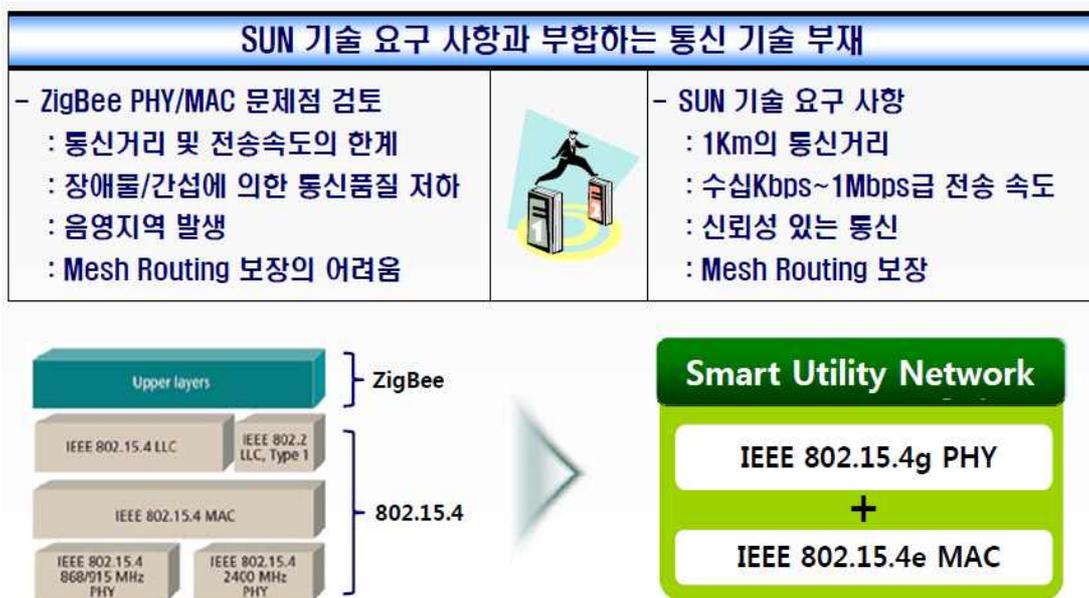
[그림 2-1] SUN(Smart Utility Network) 개념도

그림2-2에서와 같이 2.4GHz 대역을 이용하는 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 무선통신환경은 다양하고 많은 장애물이 있으므로 넓은 커버리지 및 우수한 회절성과 투과성을 요구하게 된다. 또한 기존의 무선랜(WiFi), 블루투스(Bluetooth), 지그비(ZigBee) 등의 다양한 주파수 간섭환경이 존재하

므로 이들 통신망간 상호간섭문제를 해결할 필요성이 있다.

이러한 2.4GHz ZigBee 등을 이용하는 원격검침시스템에서 기술적인 한계를 극복하기 위해 1km의 통신거리, 수십 kbps~1Mbps급 전송속도를 가진 Mesh Routing이 보장된 신뢰성 있는 원격검침 무선통신규격 등을 요구하게 되었다. IEEE은 기존 유틸리티 시스템에서 적용되었던 ZigBee와 같은 WPAN(Wireless Personal Area Network) 표준을 대체할 수 있고 좀더 원격검침에 최적화된 SUN 규격을 제정하게 되었다.

그림2-2에서와 같이 무선센서네트워크를 근간으로 하는 SUN 표준(IEEE 802.15.4g)은 물리계층과 매체접근제어계층(MAC, media access control layer)으로 나뉘어진다. IEEE에서 개최된 '09년 1월 첫 표준회의를 시작으로 '09년 5월에 표준 제안접수, '10년 3월 에 표준 draft가 완성되었고, '12년 3월에 Final draft가 완성되어 '12년 4월 표준이 최종 승인되었다.



[그림 2-2] SUN 표준화 배경

각 주요국가별로 SUN 표준을 적용할 수 있는 후보대역은 표2-1에 정리하였다. 유럽은 863~870MHz, 미국은 902~928MHz 대역과 같이 기존에 주로 RFID 시스템을 사용하던 대역을 같이 공동사용할 것으로 예상된다. 기존 WiFi 또는 블루투스에서 주로 활용되었던 2400~2483.5MHz 대역도 SUN 표준 적용이 가능하다.

[표 2-1] SUN 적용 국가별 주파수 후보 대역

주파수 대역 ID	주파수(MHz)	국가
0	169.400-169.475	유럽
1	450-470	미국(FCC Part 22/90)
2	470-510	중국
3	779-787	중국
4	863-870	유럽
5	896-901	미국(FCC Part 90)
6	901-902	미국(FCC Part 24)
7	902-928	미국
8	917-923.5	대한민국
9	920-928	일본
10	928-960	미국(non-contiguous)
11	950-958	일본
12	1427-1515	미국, 캐나다(non-contiguous)
13	2400-2483.5	-

(출처 : IEEE.802.15.4g)

2. 적용 표준기술

SUN 표준기술은 전송방식에 따라 MR-FSK, MR-OFDM, MR-O-QPSK 3개 그룹으로 통합이 되었다.

표준에서 사용하고 있는 MR은 다양한 데이터 전송율을 제공할 수 있다는 의미의 Multi-Rate와 다양한 지역에서 적합한 시스템 규격을 제공할 수 있다는 Multi-Region의 의미를 포함하고 있다.

MR-FSK(Frequency Shift Keying)는 전송신호가 일정하기 때문에 전송 전력 효율이 좋다는 장점이 있다. MR-OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) PHY는 열악한 무선 환경에서 신뢰성 있는 데이터 통신과 상대적으로 고속인 전송속도를 가질 수 있다는 장점을 가지고 있다. MR-O-QPSK(Offset-Quadrature Phase Shift Keying)는 현재 IEEE 802.15.4 -2006 O-QPSK PHY와 그 특징을 공유할 수 있어 설계가 수월하다는 장점이 있다.

o MR-FSK

- 저속·저전력 시스템에 특화된 방식으로 필수(Mandatory) 데이터 전송률/대역폭은 각 주파수 대역별 8kbps~50kbps/ 12.5kHz~200kHz
- 저전력화 구현을 위해 성능 향상 블록(Data whitening, Channel Code, Interleaver)을 선택사항으로 규정

Freq. band (MHz)	Parameters	Operating mode #1	Operating mode #2	Operating mode #3
450-470	Data rate (kb/s)	4.8	9.6	-
	Modulation	Filtered 2FSK	Filtered 4FSK	-
	Channel spacing(KHz)	12.5	12.5	-
470-510 (China)	Data rate (kb/s)	50	100	200
	Modulation	Filtered 2FSK	Filtered 2FSK	Filtered 4FSK
	Channel spacing(KHz)	200	400	400
863-870 (Europe)	Data rate (kb/s)	50	100	200
	Modulation	Filtered 2FSK	Filtered 2FSK	Filtered 4FSK
	Channel spacing(KHz)	200	400	400
902-928 (ISM) 2400-2483.5 (Worldwide)	Data rate (kb/s)	50	150	200
	Modulation	Filtered 2FSK	Filtered 2FSK	Filtered 2FSK
	Channel spacing(KHz)	200	400	400
896-901 901-902 928-960 1427-1518	Data rate (kb/s)	10	20	40
	Modulation	Filtered 2FSK	Filtered 2FSK	Filtered 2FSK
	Channel spacing(KHz)	25	25	25

[그림 2-3] 주파수 후보 대역에 따른 MR-FSK 채널 파라미터

o MR-OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

- 고속·고신뢰 시스템에 특화된 방식으로 데이터 전송률/대역폭은 50kbps~800kbps/200kHz~1.2MHz
- 세계 각국의 비면허 주파수 대역에 적합한 구조를 갖도록 subcarrier 간격은 10.417kHz로 고정하고 FFT Size를 8 ~ 128까지 확장하는 구조로 채널링 간격이 100kHz부터 1.2MHz까지 지원 가능하도록 옵션 1 ~ 4로 구성됨

Parameter	OFDM Option 1	OFDM Option 2	OFDM Option 3	OFDM Option 4
FFT size	128	64	32	16
Active tones	104	52	26	14
# Pilot tones	8	4	2	2
# Data tones	96	48	24	12
MCS0 (BPSK rate 1/2)	100 Kbps	50 Kbps		
MCS1 (BPSK rate 1/2)	200 Kbps	100 Kbps	50 Kbps	
MCS2 (QPSK rate 1/2)	400 Kbps	200 Kbps	100 Kbps	50 Kbps
MCS3 (QPSK rate 1/2)	800 Kbps	400 Kbps	200 Kbps	100 Kbps
MCS4 (QPSK rate 3/4)		600 Kbps	300 Kbps	150 Kbps
MCS5 (16QAM rate 1/2)		800 Kbps	400 Kbps	200 Kbps
MCS6 (16QAM rate 3/4)			600 Kbps	300 Kbps

[그림 2-4] 주파수 후보 대역에 따른 MR-OFDM 채널 파라미터

o O-QPSK(Offset Quadrature Phase Shift Keying)

- 다중 데이터 전송을 모드를 지원하기 위해 다양한 확산 모드를 사용하고(DSSS와 M-DSSS로 구분), 송신 구조도 확산 모드에 따라 다르게 구성됨

※ DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum), M-DSSS(Multiplexed-DSSS)

- 다중 경로 환경에서의 성능을 향상시키기 위해 FEC(Forward Error Correction)와 인터리빙을 적용

Frequency band (MHz)	Chip rate (Kchip/s)	Spreading Mode	Data rate(kb/s)
470-510	100	DSSS	6.25-50
		-	-
779-787	1000	DSSS	31.25-500
		MDSSS	62.5-500
868-870	100	DSSS	6.25-50
		-	-
902-928	1000	DSSS	31.25-500
		MDSSS	62.5-500
917-923.5	1000	DSSS	31.25-500
		MDSSS	62.5-500
920-928	100	DSSS	6.25-50
		-	-
950-958	100	DSSS	6.25-50
		-	-
2400-2483.5	2000	DSSS	31.25-500
		MDSSS	62.5-500

[그림 2-5] 주파수 후보 대역에 따른 MR-O-QPSK 채널 파라미터

3. 기술 확대적용 분야

SUN 기술표준은 스마트 그리드와 연계되어 개발되었으나, 향후 홈 게이 트웨이(Gateway)를 통한 가전기기 등 에너지 사용량 감시 및 조절 등의 홈 네트워크, 센서네트워크, 홈/공장 오토메이션(Automation) 분야 등에서 다양한 용도로 활용이 가능할 것으로 보인다. 이외에도 주택, 아파트, 교량, 터널 등 시설에 센서네트워크 구축을 통한 재난방지 감시시스템에 활용이 가능할 것이다.



[그림 2-6] SUN 기술 활용분야

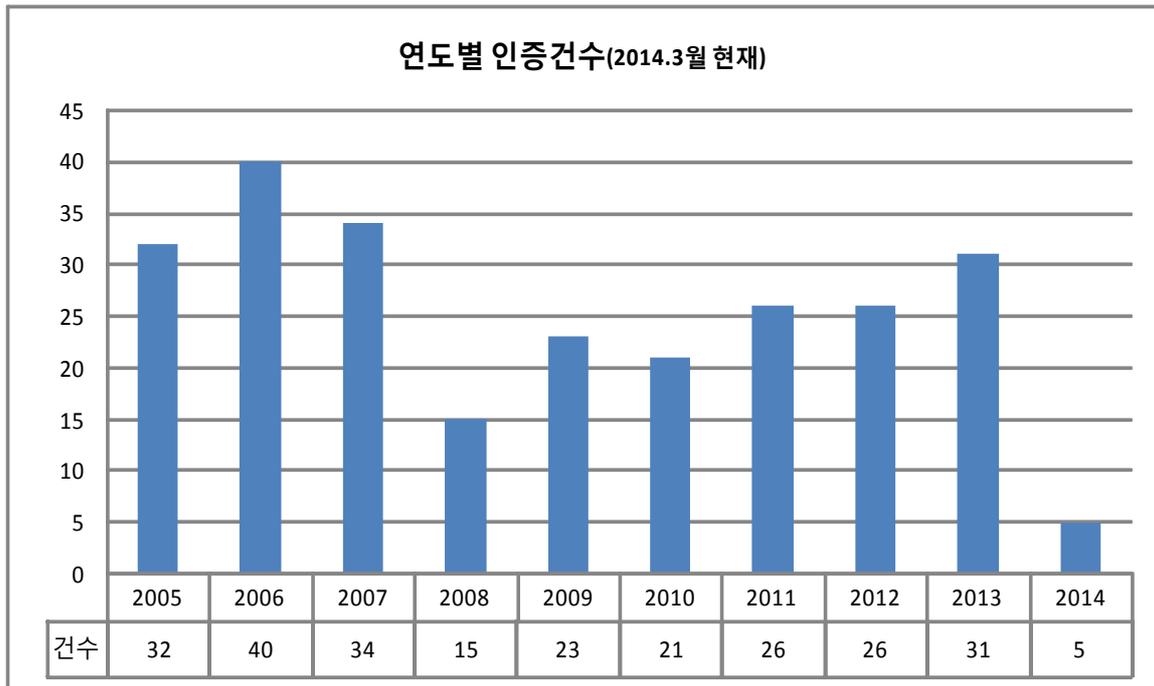
제3절 기술기준 개정

1. 900MHz RFID/USN 무선기기 인증현황

업체의 기술기준 수요제기에 따른 기술기준 개정에 앞서, 900MHz 주파수 대역의 현재 RFID/USN 무선기기 활용패턴을 확인해 보고자 해당 대역의 국내 인증현황을 조사 분석하였다.

그림2-7은 '05~'14년 3월까지의 연도별 900MHz RFID/USN 무선기기 인증현황을 나타낸 것이다. '05~'14년 3월까지 현재 인증건수 총253건으로 '06년에 가장 많은 인증건수를 나타내었다.

표2-2은 '05~'14년 3월까지의 제조국별 국내 인증건수 현황을 나타낸 것이다. 우리나라가 가장 많은 인증건수를 차지하고 있고, 그 다음이 미국인데 이는 우리나라와 유사한 900(902~928)MHz 대역을 사용하고 있어 우리나라에 적합한 시스템 변경개발이 용이하기 때문인 것으로 유추된다.



[그림 2-7] 연도별 인증현황('05~'14.3월 현재 총 253건)

[표 2-2] 제조국별 인증건수('05~'14.3월 현재 총 253건)

제조국	건수	제조국	건수
네덜란드	4	일본	3
대만	2	중국	4
독일	5	캐나다	4
말레이시아	1	핀란드	1
멕시코	3	한국	165
미국	54	기타	1
싱가포르	6		

표2-3는 '05~'14년 3월까지의 제품용도별 국내 인증건수 현황을 나타낸 것이다. 총253건에서 247건이 대부분 RFID용이며 원격검침용 5건, 홈네트워크용 1건으로 인증을 득하였다.

[표 2-3] 용도별 인증건수('05~'14.3월 현재 총 253건)

용도	능동형 태그	원격검침용 (센서네트워크)	홈네트워크용	RFID 리더
건수	4	5	1	243

사실상 기존 RFID용에 치중되었던 인증건수가 원격검침용 또는 홈네트워크용을 비롯한 센서네트워크용으로 인증사례가 늘어날 것으로 예상되므로, 무선설비규칙 등의 관련 고시 개정이 센서네트워크 등의 사물인터넷 구축 활성화에 기여할 것으로 보인다.

2. 그간의 추진경과

'13.12월에 일부 벤처중소기업이 SUN 관련 OFDM 방식의 기술을 개발함에 따라, 900MHz RFID/USN 기술기준에서 전파형식 추가에 대한 개정 수요를 국립전파연구원 등에 제기하였다. '14.3월에 900MHz RFID/USN 기술기준 개정 연구반 kick-off 회의를 개최하였고, '14.7월까지 6차의 기술기준 연구반을 운영하였다. '14.4~6월까지 SUN 관련 국제규격 분석 및 USN 용어 정의 등을 검토하였고 '14. 7월에 “무선설비규칙”, “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기” 등 총 2개 고시 개정(안)을 확정하였다.

미래창조과학부에서 2개 고시 개정(안)에 대해 행정예고를 '14.8.26일부터 '14.10.24일까지 60일간 실시하였고, '14.12.3일에 각각 미래창조과학부고시 제2014-92호 “무선설비규칙 일부개정”, 미래창조과학부고시 제2014-93호 “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기 일부 개정”으로 관보에 게재하였다.

3. 무선설비규칙 제30조 개정

SUN(IEEE 802.15.4g) 기술표준 중 OFDM 통신방식을 국내에 사용할 수 있도록 하기 위해, 전파형식(D2D)을 917~923.5MHz 대역 RFID/USN 기술기준의 전파형식 조항(무선설비규칙 제30조제1항제2호, 표2-4)에 추가하였다. 연구반에서 논의한 결과, OFDM 전파형식의 추가에 따라 기존에 사용 중인 RFID/USN용 무선기기 등과의 간섭문제는 없다고 판단되어 간섭영향 분석 및 실험을 수행하지 않았다.

[표 2-4] 무선설비규칙 제30조 신구조문 대비표

현행	개정
제30조(RFID/USN 등의 무선설비) ① 917~923.5 MHz 주파수대역의 전파를 사용하는 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다. 1. (생략) 2. 전파형식은 N0N, A1D, A7D, B1D, B7D, F1D, F7D, G1D, G7D 중 1 이상을 사용할 것 3~10. (생략)	제30조(RFID/USN 등의 무선설비) ① (현행과 같음) 1. (생략) 2. 전파형식은 N0N, A1D, A7D, B1D, B7D, <u>D2D</u> , F1D, F7D, G1D, G7D 중 1 이상을 사용할 것 3~10. (생략)
(비고) 전파형식 설명 - D(주반송파의 변조형식, 주반송파가 동시 또는 미리 정해진 순서에 따라 하나의 방식에 의하여 진폭과 각이 변조된 발사전파) - 2(주반송파를 변조시키는 신호의 특성, 변조용 부반송파를 사용한 쿼터이츠 또는 디지털정보를 포함한 단일채널) - D(송신할 정보형태, 데이터전송·텔레메트리·텔레코멘트)	

4. “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기” 제2조 개정

전파법 시행령 제25조제4호의 규정에 따라 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국에 해당하는 무선기기의 종류를 미래창조과학부 고시(신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기)로 정하고 있다. 이와 함께 해당 고시는 각 무선기기에 대한 정의를 제2조(정의)에 설명하고 있다.

표2-5와 같이 “RFID/USN용 무선기기”의 정의는 제2조제12호에 정하고

있으나 기존 정의는 태그(tag)의 정보를 식별하는 RFID용 무선기기의 정의에 편중되어 설명하고 있어 USN(Ubiquitous Sensor Network)의 정의가 미흡하였다. 기기의 명칭 자체는 센서네트워크 의미를 포함하고 있으나, 기기 정의에 설명 자체가 없는 문제점으로 인해 일반 국민이 기기 용도에 관한 기술기준을 해석하는데 오해의 소지가 있었다. 이러한 문제점을 해결하는 동시에 사물인터넷 신기술 개발을 위한 주파수 대역으로 900MHz 대역을 활용하기 위한 차원에서 “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기” 제2조제12호 “RFID/USN용 무선기기” 정의에 일반인이 이해하기 쉽도록 “USN” 기기 정의를 추가하고 개정하였다.

[표 2-5] “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기”
제2조 신구조문 대비표

현 행	개 정
<p>제2조(정의) 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.</p> <p>1.~11. (생략)</p> <p>12. “RFID/USN용 무선기기”라 함은 전파신호를 통해 사물에 부착된 태그의 정보를 식별하여 전송하는 통신망용 무선기기를 말한다.</p> <p>13.~17. (생략)</p>	<p>제2조(정의) (현행과 같음)</p> <p>1.~11. (생략)</p> <p>12. “RFID/USN용 무선기기”라 함은 전파신호를 통해 사물에 부착된 태그 또는 센서의 정보 전송을 위한 통신망용 무선기기를 말한다.</p> <p>13.~17. (생략)</p>

제3장 레벨측정레이더 이용을 위한 관련 제도 개선방안 연구

제1절 기술개요 및 산업동향

1. 기술개요

가. 레벨계 분류

레벨계(Level-Meter)는 주로 탱크 또는 용기 내부의 분체·액체·고체 등 물질의 높낮이를 측정하거나 수로·하천 등의 수위를 측정하는데 이용되며, 크게 접촉식 레벨계와 비접촉식 레벨계로 구분할 수 있다. 비접촉식 레벨계는 초음파 또는 전파를 이용하여 물체에 측정기가 직접 닿지 않아 측정 거리의 조정이 자유롭고 설치 및 유지관리가 용이한 장점이 있으며, 특히 전파를 이용하는 레이더식 레벨계는 초음파를 이용하는 것보다 온도·압력·증기·분진 등에 영향이 크지 않아 정밀측정 분야에서 선호되고 있다.

[표 3-1] 초음파 레벨계와 레이더 레벨계 비교

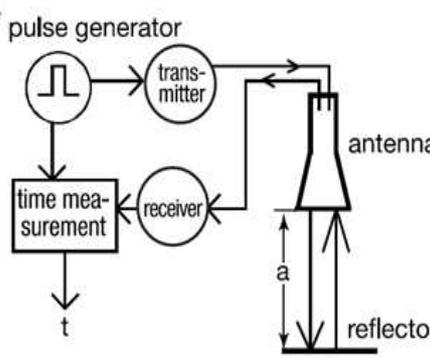
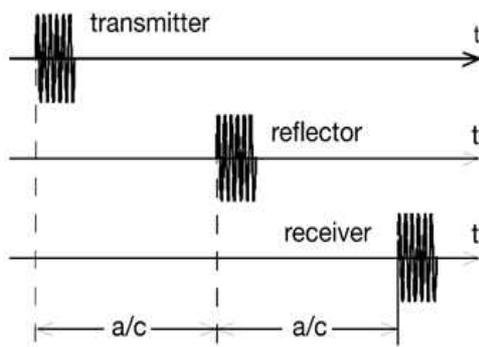
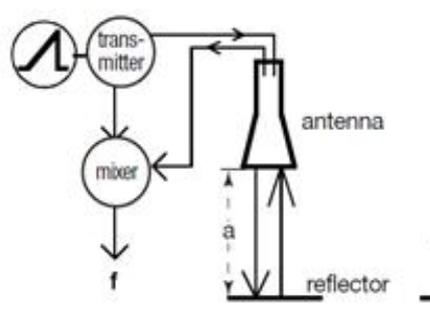
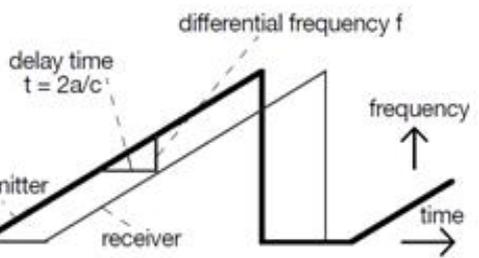
종류	측정 원리	특징
초음파식 (Ultrasonic)	○ 기계적으로 만들어진 음파가 측정물로 부터 반사되어 돌아오는 시간을 계산하여 레벨 측정	○ 거품이 존재하고 온도 변화가 큰 환경과 진공에서는 측정이 어려움
레이더식 (Radar)	○ 안테나로 전파 신호를 송신하여 측정물의 경계면에서 반사된 신호를 다시 수신하기까지의 시간을 측정 (기본원리는 초음파 방식과 유사)	○ 온도·압력·증기·분진 등에 영향이 크지 않아 정밀측정 및 인명·안전 분야에 선호

나. 레이더식 레벨계

유럽은 사용 환경에 따라 레이더식 레벨계(레벨측정레이더)를 탱크에

레벨측정 레이더의 동작 방식은 Pulse 방식과 FMCW 방식으로 구분할 수 있으며, 센서로부터 피측정물까지 거리는 전파의 왕복 시간 또는 송수신 주파수 차이를 이용하여 계산한다.

[표 3-2] Pulse 방식과 FMCW 방식 비교

구분	설명	
Pulse 방식	<p>원리</p> 	
	<p>o 짧은 펄스(일반적으로 1 ns)를 발사하여 발사된 신호가 반사체와 만나고 되돌아온 수신 신호와의 시간차(T)를 이용 - 반사체와의 거리(a)는 전파 속도(c)와 왕복 시간차(T)를 이용하여 계산($\therefore a = c \cdot T / 2$)</p> <p>특징</p> <ul style="list-style-type: none"> · 저전력으로 운용되고 가격이 저렴 · 정밀도를 위해 피코단위의 정밀시간 측정비용 증가 * 1mm를 위해서는 6ps 정밀도로 시간 측정이 필요(1km당 6μs) 	
FMCW 방식	<p>원리</p> 	
	<p>o 주파수변조 신호를 연속 발사하여 수신된 신호와의 주파수차이(Δf) 이용 - 전송주파수는 시간에 linear하게 증가하고 변조지속시간은 반사파가 되돌아 오는 시간이상 유지 되어야 함 - 송수신 신호의 주파수 차이는 전송 신호의 시간 지연 차이(T)에 비례 $\Delta f = (df/dt) \cdot T$ (df/dt is the swept frequency rate of change) $\therefore a = c \cdot T / 2$</p> <p>특징</p> <ul style="list-style-type: none"> · 송수신간 주파수 차이가 보통 수kHz 대역이므로 신호 처리 및 하드웨어 구조가 간단 · Frequency Sweep의 선형성 확보 필요 	

2. 산업동향

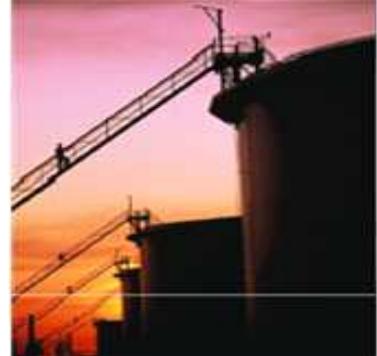
레벨측정 레이더는 전파를 이용하므로 고온, 고압, 높은 점성 등에 영향이 적어 까다로운 조건을 가진 특수 환경에서 주로 사용된다. 특히, 안전과 환경 문제의 중요성이 부각되는 석유·가스·정유·발전 분야에서 치명적 위험을 줄일 수 있어 레이더 수요의 약 70%를 차지하고 있다.



오일,가스 (27%)



화학,정유 (27%)



발전 (14%)

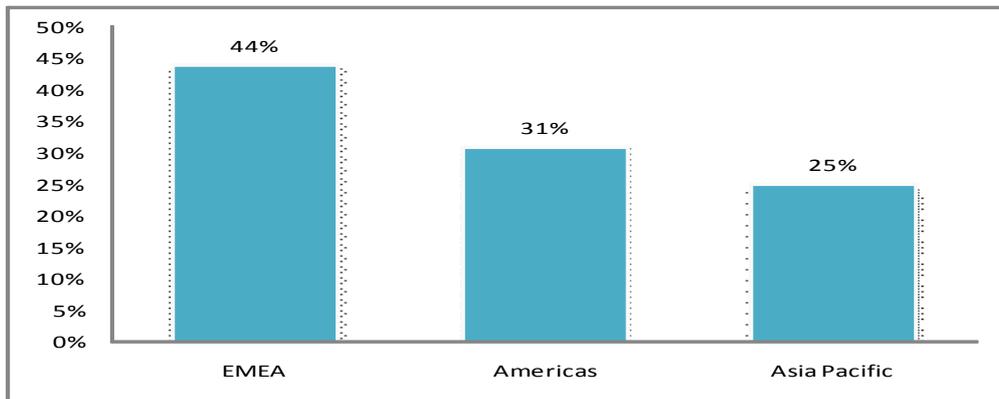
[그림 3-3] 레벨측정 레이더의 이용분야 (통계출처: Siemens, 2010/11기준)

레이더의 성능향상과 가격인하에 따른 효과로 초음파 센서에 대한 가격 경쟁력을 갖춰 나가고 있으며, 시장규모는 2005년에 약 2억 5천 유로가 판매되었으며 2015년까지 6억 6천 유로에 달할 것으로 예상된다.



[그림 3-4] 전체 레벨계 시장과 레벨측정 레이더 시장전망 (출처: ETSI TR 102 601)

지역별로는 유럽과 미국을 중심으로 주로 사용되고 있고, ETSI 보고서에 따르면 ‘15년까지 세계적으로 약 450,000개의 레벨측정용 레이더가 설치될 것으로 전망된다. 특히, 유럽 시장의 경우 전체시장의 약 40% 이상의 이용률을 보이고 있으며, ‘15년까지 옥외에 설치되어 오픈 공간에서 사용되는 경우는 약 36,000개 정도로 예상하고 있다.(ETSI TR 102 601)



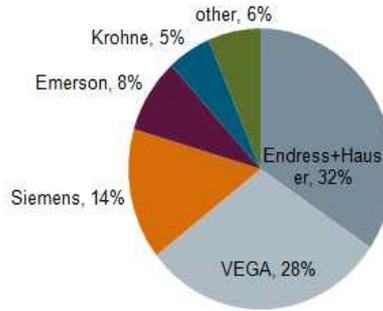
[그림 3-5] 레벨측정 레이더 지역별 이용률 (통계출처: Siemens, 2010/11기준)

국내에는 2005년 이후 화학공장, 시멘트 공장, 발전소 등 다양한 산업 현장에 도입이 되고 있으나, 관련 협회 등이 없어 정확한 통계는 알 수 없으나 현재까지 8천대 이상이 판매되고 시장규모는 연간 80억원, 연평균 성장률은 약 7%로 추정된다.

주요업체는 Endress&Hauser, VEGA, Emerson 등 원천기술을 가지고 있는 유럽과 미국에 기반을 둔 제조업체들이 시장을 선점하고 있는 상태이며, 제조사의 기술력 및 측정 정밀도를 좌우하는 기준은 Pulse Radar 방식에서는 Pico second 단위의 시간 측정 기술, FMCW 방식은 Frequency Sweep의 선형성 확보가 중요하다. 안전 등의 문제로 인해 매우 높은 정밀도를 요구함에 따라 현재 수 밀리미터(mm)의 정밀도를 갖는 High-End 제품도 출시되고 있다. 국내업체는 업무제휴, 기술이전 등을 통해 제품의 국산화를 진행하고 있으나, 핵심부품인 레이더 레벨센서는 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다.

[표 3-3] 주요업체의 세계 시장점유율

Endress+Hauser (32%)
 VEGA (28%)
 Siemens (14%)
 Emerson (8%)
 Krohne (5%)
 other (6%)



[표 3-4] 국내 레벨측정 레이더 주요 업체 현황

업체명	모델명	제조업체명/비고
한국엔드레스하우저	Micropilot(S,M) FMR 시리즈	Endress+Hauser / 스위스
한국에머슨(주)	Rosemount 3xxx, 5xxx 시리즈	EMERSON/미국
서진인스텍(주)	Sitrans Probe, LRxxx 시리즈	SIEMENS/독일
한독레벨(주), 한라IMS	VEGAPULS(WL, SR) 6x 시리즈	VEGA/독일
크로네코리아	BM 702A, OPTIWAVE 시리즈	KROHNE/독일
이글프로세스컨트롤	Pulsar/Radar Model Rxx 시리즈	Magnetrol/미국
신기시스템	SmartRadar FlexLine, 9xx 시리즈	Honeywell&Enraf/미국
에스엔엘코리아	RPL5x 시리즈	SGM-Lektra/이탈리아
아트록스시스템	COMPACT WAVE CW5x 시리즈	BM/이탈리아
두온시스템(주)	ALT-6x00 시리즈	두온시스템(주)/국산화
(주)하이트롤	HRM-100x, 200x, 500x 시리즈	Mastushima/일본 및 국산화
여명시스템	YMS-Axxx, IBM-LD(MLT) 시리즈	APM/이스라엘 및 국산화

제2절 해외 기술기준 비교

1. 주요국의 주파수 이용 현황

유럽과 미국 등 주요국은 레벨측정 레이더의 자국내 합법적 사용과 빠르게 성장하는 시장 상황을 감안하여 단계별로 법제화를 추진 중에 있다. EU는 관련표준을 마련하고(탱크내: '06년, 탱크외: '11년) 모든 회원국에 '14년 9월까지 도입을 의무화하였으며, 미국 역시 '14년 초 탱크외 사용을 위한 관련 기술기준(Part 15.256)을 마련하였다.

유럽은 레벨측정 레이더의 자국내 합법적 사용을 위해 레벨측정 레이더를 비면허 무선기기(Sort Range Devices)로 분류하고 탱크내 (TLPR, EN 302 372)와 탱크외 (LPR, EN 302 729)로 구분하여 사용환경(탱크 유무)에 따라 주파수 대역을 구분하고 4.5~85GHz 범위(TLPR: 4.5~7.0 GHz, 8.5~10.6GHz, 24.05~27.0GHz, 57~64GHz, 75~85GHz, LPR : 6.0~8.5GHz, 24.05~26.5GHz, 57~64GHz, 75~85GHz)의 넓은 주파수 대역을 분배하고 있다. 초기 레벨측정 레이더(TLPR)에 대한 기술 기준을 준비할 당시에 시장에 나와 있던 제품은 5GHz, 10GHz 및 25GHz 제품이었으며, 넓은 대역폭 확보를 통한 정밀도 향상, 소형화 등을 통한 다양한 응용 가능성을 위해 미래를 위한 대비로 60GHz, 78GHz 대역을 포함하였다. 60GHz대역을 이용한 제품은 현재까지 출시되지 않고 있으며, 최근에 78GHz대역을 이용한 제품이 시장에 나오고 있다.

미국의 경우 탱크 내에서 사용하면 별도의 주파수 구분 없이 사용 제한된 일부대역을 제외(Part 15.205)하고 탱크 외부로의 방사 출력이 일정 값 이하(Part 15.209)이면 쏠대역 사용을 허용하고 있으며, 차폐되지 않은 오픈공간에서의 사용(탱크내 포함)은 시장 규모의 소규모성에 따른 사용자의 이용 편의성 제고와 관련 시장 규모의 확대를 위해 유럽의 LPR 주파수 대역과 유사 대역(5.925~7.25GHz, 24.05~29GHz, 75~85GHz)을 사용하도록 관련기준을 마련하였다.(Part 15.256, '14. 4)

[표 3-5] 유럽과 미국의 레벨측정레이더 주파수 대역 비교

국가	기술기준	주파수 대역 (GHz)				
유럽 (ETSI)	TLPR (EN 302 372)	4.5~7	8.5~10.6	24.05~27	57~64	75~85
	LPR (EN 302 729)	6.0~8.5	-	24.05~26.5	57~64	75~85
미국 (FCC)	TLPR	금지된 대역을 제외한 쏘 대역 허용 (실질적으로 유럽제품과 동일한 주파수대역 사용)				
	LPR (Part 15.256)	5.925~7.25	-	24.05~29.00	-	75~85

근거리에서 사용하는 비면허 무선기기(Short Range Devices)의 특성상 해당 주파수는 ITU-R의 국제 주파수표에 분배 되어 있지 않으나 주요시장인 유럽과 미국에서 서로 동일 또는 유사대역을 사용함에 따라 국제 주파수 조화는 어느 정도 자연스럽게 이루어지고 있는 상황이다.

※ (ITU RR 4.4): 주관청은 주파수를 무선국에 할당함에 있어 국제 주파수 분배표 또는 본 전파규칙의 관련 규정을 위반하지 않아야 한다. 다만, 해당무선국이 전파규칙의 규정에 따라 개설하는 무선국에 유해간섭을 주지 않고 이 무선국의 유해간섭으로부터 보호를 요구하지 않겠다는 의사를 나타내는 경우에는 예외로 한다.

2. 해외 기술기준 비교

가. TLPR 기술기준 비교

탱크 레벨측정 레이더(Tank Level Probing Radar, TLPR)에 대해 유럽은 사용 주파수별 기기의 출력값, 탱크 외부로의 최대 방사출력값 등을 별도 규정(ETSI EN 302 372)하고 있으나, 미국은 FCC 47CFR Part 15의 Subpart C Intentional Radiators(의도성 복사장치)로 분류하고 별도의 주파수 지정 없이 탱크 밖에서 측정한 신호의 세기가 일반적 발사 제한값(의도된 송출기로부터 3m에서 측정한 전계 레벨값이 960MHz 초과인 경우 500 μ V/m 이하, part15.209)을 만족하면 사용을 승인하고 있다.

[표 3-6] 탱크 레벨측정 레이더(TLPR) 해외 규정 비교

구분	유럽					미국	
기술기준 (분류장치명)	EN 302 372 (Tank Level Probing Radar)					15.209 (Intentional Radiators)	Waiver 10-14 (FCC 10-14 Notice of Proposed Rule Making and Order)
주파수 대역 (GHz)	4.5 ~ 7	8.5 ~ 10.6	24.05 ~ 26.5	57 ~ 64	75 ~ 85	사용 제한된 대역을 제외하고 전대역 허용	77-81 GHz
대역폭 정의	최대전력보다 10dB 낮은 대역폭					없음	최대전력보다 20dB 낮은 대역폭
첨두 전력 (dBm)	+24	+30	+43	+43	+43	지정 없음	43 (Peak), 23 (Average)
탱크 외부로 최대 방사 출력	대역 내: -41.3 dBm/MHz 대역 외: -51.3 dBm/MHz					15.209의 일반 조건 (탱크 밖에서 3M 거리에서 측정된 전계강도가 500 μ V/m이하)	
설치 조건	차폐된 탱크내 고정 설치						

나. LPR 기술기준 비교

탱크 외부에서 사용하는 레벨측정 레이더(LPR)에 대해 유럽의 경우 탱크 레벨측정 레이더(TLPR)와 구분하여 별도 규정(EN 302 729)하고 있으며, 미국은 사용주파수, 방사출력, 반구상 방사출력 제한, 설치 조건 등 유럽 기준을 자국 상황에서 수용할 수 있는 범위에서 비슷하게 최대한 수용하여 LPR의 기준(part 15.256)을 마련하였다. (Report and Order and Order, FCC 14-2)

[표 3-7] 레벨측정 레이더(LPR) 해외 규정 비교

구분	유럽				미국		
기술기준	ETSI EN 302 729				FCC Part 15.256		
주파수 대역 (GHz)	6~8.5	24.05~26.5	57~64	75~85	5.925~7.250	24.05~29.00	75~85
대역폭 정의	최대전력보다 20dB 이하				최대전력보다 10dB 이하		
평균전력 (dBm/MHz)	-33	-14	-2	-3	-33	-14	-3
첨두전력 (dBm/50MHz)	7	26	35	34	7	26	34
안테나 빔 폭 (degree)	12	12	8	8	12	12	8

구분	유럽				미국		
반구상 최대 방사 출력 (dBm/MHz)	-55	-41.3	-41.3	-41.3	-55	-41.3	-41.3
불요파 기준	별표1 참조	기준전력 보다 20dB이하, 23.6-24GHz에서 기준전력보다 30dB이하			15.209의 일반 조건 (-41.3 dBm/MHz 이하)		
설치 조건	- 전용/일체형안테나를 사용하여 아랫방 향 고정 설치 - 적응 제어 전력 (Adaptive Power Control) - 전파 천문대와 보호 이격거리 필요				- 전용/일체형안테나를 사용하여 아랫방향 고정 설치		

※ 주) ETSI 및 FCC 모두에서 LPR은 제약 없이 탱크 내에 설치될 수 있음

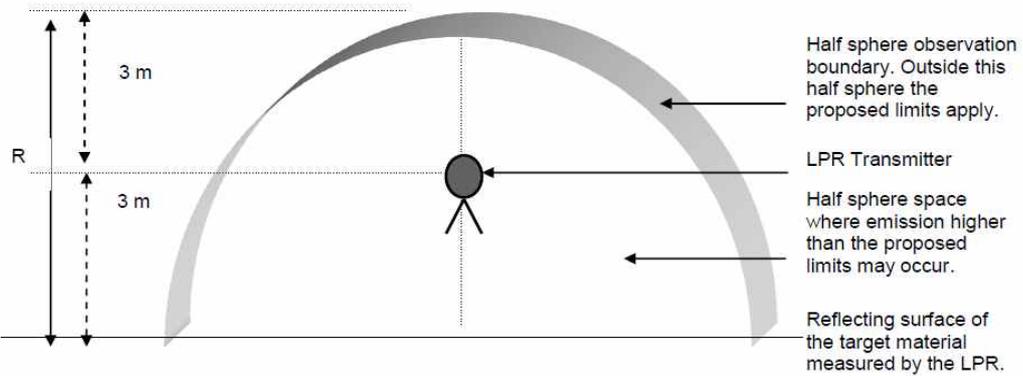
(별표1) 6.0-8.5GHz대역에서 작동하는 LPR의 불요파 기준 (유럽)

주파수 범위 (GHz)	공중선 절대이득을 포함한 평균 전력밀도(dBm/MHz)	반구상에서 공중선 절대이득을 포함한 평균 전력밀도(dBm/MHz)
1.73GHz 이하	-63	-85
1.73-2.7GHz	-58	-80
2.7-5GHz	-48	-70
5-6GHz	-43	-65
8.5-10.6GHz	-43	-65
10.6GHz 이상	-63	-85

< 참고 >

◆ 유럽, LPR 공간적 전파 방사 출력 제한 개념

- 탱크 외에서 사용하는 레벨측정 레이더(LPR)는 항상 아랫방향으로 고정설치 되어 운용되므로, 실제 설치형태를 고려하여 차폐된 탱크 대신 일정 공간적 범위 (6m반구) 밖으로 전파 방사를 제한하는 개념을 도입



< 일정 공간 범위(반구)밖으로 전파 방사를 제한하는 개념도, ETSI TR 102 601 >

- 최초 반경 6m 반구상에서의 출력 제한만으로 규정 제안
 - 일반적으로 이용되는 불요파 방사(spurious emissions) 출력 기준을 반구상에서의 방사 제한값 (-41.3 dBm/MHz)으로 제안

※ (참고) 일반적 불요파 방사 제한 값(FCC 15.209) : 960MHz이상에서 **500 μV/m at 3m**
 ① 500 μV/m → ② dB μV/m로 변환: 54 dB μV/m →
 ③ dBm/MHz로 변환: EN302729-1 v1.1.2 (Table 9의 각주)에서 인용한 계산식 [eirp (dBm/MHz) = (E dB μV/m) - 95.26 dB]을 이용 → ④ Eirp = 54 - 95.26 = **-41.26 dBm/MHz**

- 기기의 자체 출력값 설정
 - 반구상 제한치(-41.3 dBm/MHz)를 기준으로 반사파 및 안테나 부엽발사 등을 고려한 다양한 검토와 시뮬레이션 등을 통하여 기기 자체 출력값 도출 (ECC Report 139)

< 유럽 LPR 출력 기준, ECC/DEC/(11)02 >

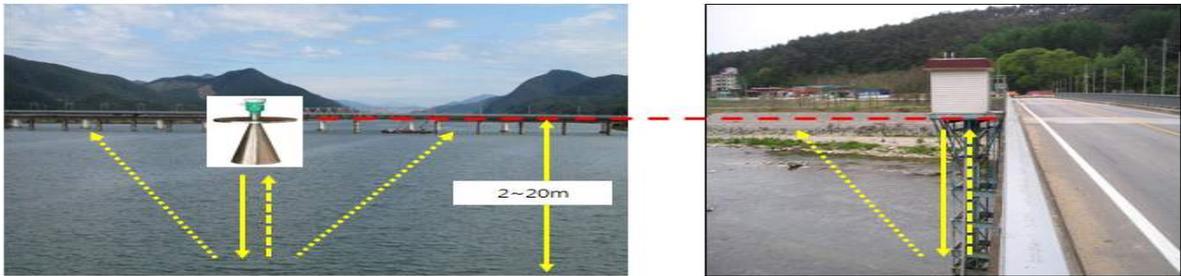
주파수	Maximum mean e.i.r.p. spectral density (dBm/MHz)	Maximum peak e.i.r.p. (dBm) measured in 50 MHz	Maximum antenna beamwidth (degree)	Maximum mean e.i.r.p. spectral density on half-sphere (dBm/MHz)
6.0-8.5 GHz	-33	+7	12	-55
24.05-26.5 GHz	-14	+26	12	-41.3
57-64 GHz	-2	+35	8	-41.3
75-85 GHz	-3	+34	8	-41.3

- 실제적용
 - 규정에는 반구상 출력 제한값과 기기자체의 출력값을 같이 규정하고 있으나, 실제 적용은 기기 자체의 직접 출력값에 대한 측정시험만 함 (EN 302 729)

제3절 국내 현황 및 주파수 이용 검토

1. 이용 현황 및 주파수 사용 제안

하천 수위 측정 등을 위해 차폐되지 않은 야외 공간에 사용하는 레벨측정 레이더의 국내 이용현황을 파악하기 위해 4대강 홍수통제소를 대상으로 전수조사('14년 초)를 실시하였다. 설치제품은 유럽에서 TLPR로 인증받은 제품으로 대부분 2~20m 높이에서 똑바로 아랫방향을 보게 구조물에 고정 설치되어 운용 중이며, 유럽 TLPR 규정(EN 302 729)에 따라 주파수 대역을 구분하면 4.5~7.0GHz/24.05~27.0GHz 주파수대역 범위의 제품군으로 조사되었다.

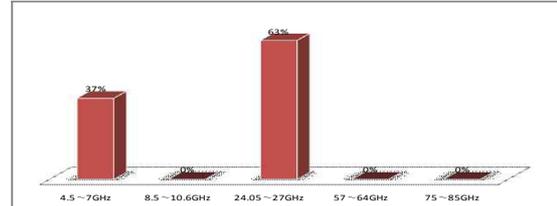
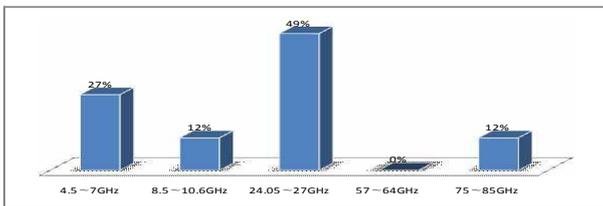


[그림 3-6] 오픈형 레이더 설치 예

4대강에 설치된 제품의 실제 사용 주파수는 4.5~7.0GHz범위의 제품군으로 5.725~5.875GHz대역의 단일 주파수 대역을 이용하고 있으며, 24.05~27.0GHz 범위의 제품군은 해당 대역 범위 내에서 일부(주로 1GHz대역폭 범위)를 이용하여 다양하게 사용하고 있다.

◆ 4대강'레이더식 수위계'설치현황 전수 조사 ('14년 상반기)

- (조사대상) : 4대강 (한강, 낙동강, 금강, 영산강) 홍수통제소
- (설치대수) : 5.8GHz(5.725~5.875)대역 제품(63대, 37%), 26GHz대역 제품(108대, 63%)
- (최근 경향) 4대강의 경우 5.8GHz대역과 26GHz대역 제품만 설치되어 있으며, 5.8GHz대역제품은 초기 설치모델로 저령하나 에러 발생이 많아 최근은 26GHz대역 제품이 선호되고 있음



탱크내 사용

오픈형 사용 (4대강)

<국내 레벨측정 레이더 주파수별 이용률>

- (4대강 레이더식 수위계 제품) 기술사양은 설명서에 명기된 값 임

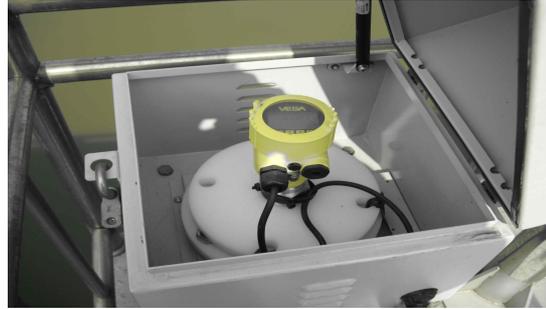
제품명: VEGA PULS61

주파수: 26GHz
 출력: 평균치(-14dBm/MHz), 피크치(2mW이하)
 안테나 빔폭: 3°, 8°, 10°, 15°, 20°
 설치대수: 34(한강), 23(영산강), 2(금강), 2(낙동강)



제품명: VEGA PULS62

주파수: 26GHz
 출력: 평균치(-14dBm/MHz), 피크치(2mW이하)
 안테나 빔폭: 3°, 8°, 10°, 15°, 20°
 설치대수: 24(낙동강)



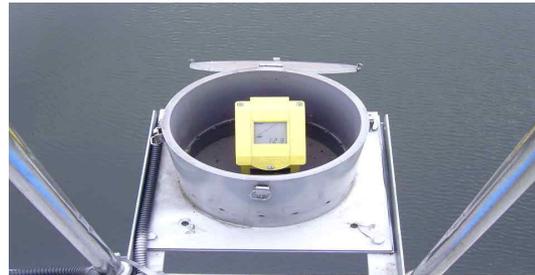
제품명: 엔드레스+하우저 FMR-245

주파수: 26GHz
 출력: 평균치(1μW이하), 피크치(1mW이하)
 안테나 빔폭: -
 설치대수: 23(영산강)



제품명: VEGA PULS52

주파수: 5.8GHz
 출력: 0.717μW
 안테나 빔폭: 14°, 16°, 20°, 30°
 설치대수: 12(금강)



제품명: SIEMENS LR200

주파수: 5.725~5.875GHz
 출력: -39.2dBm/100kHz
 안테나 빔폭: 28°
 설치대수: 45(금강), 2(영산강)



제품명: SIEMENS PROBE LR

주파수: 5.725~5.875GHz
 출력: -39.2dBm/100kHz
 안테나 빔폭: 28°
 설치대수: 4(금강)



2. 주파수 사용 제안

레벨측정을 위해 사용하는 레이더 기기를 차폐된 탱크에 설치하여 사용하는 경우, 사용하는 주파수에 무관하게 외부에서 측정되는 신호세기는 매우 미약하여 타 무선기기에 대한 간섭 영향이 매우 적어, 외부 타 무선국에 대한 전파간섭 영향이 예상되는 실외 즉, 오픈공간에 설치하여 사용되는 레벨측정레이더의 경우에 대해서만 검토하였다.

유럽과 미국의 오픈형 레벨측정 레이더(LPR)의 규정은 5.725~5.875GHz 대역을 포함하고 있지 않으며, 국내에서는 현재 이동 방송중계 등에 이용되고 다른 용도로의 활용도가 높아 탱크 내에서만 사용하도록 하고 옥외 사용을 위한 주파수 검토 대상에서 제외하고, 상대적으로 국내 주파수 활용도가 낮은 24.05~27GHz대역을 오픈형 레벨측정레이더의 국내 사용 주파수 대역으로 검토하였다. 또한, 현재 78GHz대역(77.5~81GHz주파수 범위)을 이용하는 레벨측정레이더는 탱크 내에서만 사용되고 있는 것으로 파악되었으나, 탱크내 사용의 경우에 탱크 외부에서 측정된 값에 미약전계강도 기준을 준용할 경우에 76~94GHz 주파수 대역이 '무선설비규칙 제27조제2호(별표 32)'에 따라 미약전계강도 무선기기 금지대역에 포함되어 78GHz대역의 레벨측정레이더(S社 주력제품)를 사용할 수 없어 별도 규정에 명시가 필요하다는 업체의 요구를 반영하여 오픈형 검토 대역에 포함하였다.

3. 제안 주파수별 전파간섭 영향 검토

가. 주파수 이용 및 분배 현황

1) 24 ~ 27GHz 주파수 대역 국내 이용 현황

23.6~24GHz 대역은 수동형 지구탐사와 전파천문으로 사용 중이며 국제 주파수 분배표 주석 5.340에 따라 모든 전파발사가 금지되어 있다. 24~24.05GHz 대역은 아마추어무선이 우선권을 갖으나, 전계강도 제한 기준을 적용 받지 않는 인접대역(24.05~24.25GHz) ISM 장치의 운용으로부터 유해한 혼신을 용인하도록 규정하고 있다. (국내주파수분배표 주석 K40)

한	국	K40 24 ~ 24.05 GHz의 주파수대역은 아마추어무선이 우선권을 갖는다. 다만, 24 ~ 24.25GHz(중심주파수 24.125GHz)는 전계강도 제한 기준을 적용을 받지 않는 산업·과학·의료설비(ISM)에도 사용하므로 ISM 장치에 의해 발생하는 유해혼신을 허용하여야 한다.
주파수대별 분배	용 도 등	
24.05-24.25 무선탐지 지구탐사위성(능동)	24.125GHz(ISM 설비) K40 물체감지센서용 K40A	
5.150		

24.05 ~ 24.25GHz(ISM) 대역은 물체감지센서용으로 차량레이더(BSD, Blind Spot Detection), 자동문개폐장치, 이동 차량 검지 등에 사용되고 있으며, 24.25 ~ 26.65GHz 대역은 차량충돌방지 레이더로 분배되어 있고, 24.25 ~ 26.65GHz 대역을 이용하는 제품은 '12년 이후 3건의 인증 사례(A社)가 있다. A社의 차량레이더는 물체감지센서 대역(24.05 ~ 24.25GHz)과 차량충돌방지 레이더 대역(24.25 ~ 26.65GHz)을 혼용 사용하여 넓은 대역폭을 이용한 분해능 향상으로 고해상도 차량레이더로 사용되고 있다. 27 ~ 29.1 GHz 대역은 고정, 이동 및 위성업무로 분배되어 무선 CATV 전송용으로 사용되나, 현재 가입자회선과 무선CATV 전송용 무선국은 폐지된 상태이다.

[표 3-8] 24 ~ 27GHz 주파수 대역 국내 이용 현황

	23.6	24	24.05	24.25	27	29.1
국내 이용	전파천문 (발사금지) 5.340	24.025GHz (아마추어국 지정주파수)	24.125GHz(ISM) K40 물체감지센서용 K40A (차량레이더)	차량충돌방지레이더용 K37G 가입자회선, CATV전송용 K176A		CATV전송용 K176A (M/W)
			국내 오픈형(뱅크외) 레벨측정레이더 제안 대역			

2) 77.5 ~ 81GHz 주파수 대역 분배 현황

국내에서는 76 ~ 77GHz 대역을 차량충돌방지 레이더용으로 분배하여 사용하고 있으나, 레벨측정 레이더용으로 제안 주파수 대역인 77.5 ~ 81GHz 범위내에서 현재 무선국 이용사례는 없다. 84GHz이상의 주파수 대역부터는 국내 전파천문에서 이용 중에 있으며, 한국천문연구원은 향후 82GHz까지 이용 범위를 확장할 계획이다. 한편, 76 ~ 81GHz 범위는 세계전파통신회의(WRC)에서 유럽을 중심으로 차량용 레이더로 사용하기 위한 연구를 진행 중에 있다.

[표 3-9] 77.5 ~ 81GHz 주파수 대역 분배 현황

	76.0	77.5	78.0	79.0	81.0	84.0
국제 분배	전파천문 무선탐지 우주연구(↓)	아마추어 아마위성 전파천문 우주연구	무선탐지 아마추어 아마위성 전파천문 우주연구(↓)	전파천문 무선탐지 아마추어 아마추어위성 우주연구(↓)	고정 고정위성 이동 이동위성 전파천문 우주연구	
국내 분배	국제분배와 동일					
국내 규정	K37G 특정소출력 (차량충돌방지레이더더용)	77.75GHz (아마추어국 지정주파수)	78.5GHz (아마추어국 지정주파수)	80.0GHz (아마추어국 지정주파수)	K204 (고정점대점 통신용)	
국내 오픈형 레벨측정레이더 제안 대역						

나. 전파 간섭분석

레벨측정 레이더의 일반적 전파 환경을 확인하기 위해 차폐된 탱크내에 설치될 경우 외부로 방사되는 신호세기를 확인('13년)하고, 오픈공간에서 지면방향으로 강한 지향성을 가지고 운용될 경우를 가정하여 주파수별 안테나 지향성에 따른 전파간섭영향에 모의실험을 실시하였다. 실제 간섭 분석 대상으로는 국내 주파수 이용현황과 오픈형 레벨측정 레이더가 주로 설치되어 사용되는 환경을 고려하여 도로에서 사용하는 차량레이더와 전파천문(24GHz, 85GHz대역)에 대한 전파간섭을 검토하였다.

1) 탱크 레벨측정 레이더(TLPR) 외부 방사 신호세기 확인

탱크 외부로의 방사되는 출력 수준을 알아보기 위해 4개 회사 6개 제품에 대해 4.5~7.0GHz, 8.5~10.6GHz, 24.05~27.0GHz, 75~85GHz 대역별로 탱크 외부의 방사값을 측정하였다. 측정결과 차폐된 탱크 내에서만 사용함에 따라 외부에서 측정된 신호세기는 매우 미약하여 국내 미약전계강도 기준값의 적용이 가능함을 확인하였다.

[표 3-10] 탱크 외부에서 측정한 신호 방사값

구 분	복사전력(EIRP) (dBm/MHz, 3m 거리)		전계강도 (dBuV/m, 3m 거리)		탱크장착 후 불요발사 (3m 거리)			비 고
	기기 자체	탱크 장착	기기 자체	탱크 장착	측정 대역 (MHz)	전계 강도 (uV/m)	복사 전력 (dBm)	
Sitrans LR200 5.725GHz~5.875GHz -39dBm/100kHz /-49dBm/MHz	-36.5	신호원 없음	65.98	신호원 없음	1~26	신호원 없음	신호원 없음	불요발사 근접(1m) 측정
ALT-6200 5.8GHz~6.3GHz 5mW / 7dBm/MHz미만	-39.2	신호원 없음	60.6	신호원 없음		신호원 없음	신호원 없음	
Rosemount 5402 6GHz, 1mW / 0dBm/MHz미만	-31	신호원 없음	68.76	신호원 없음		신호원 없음	신호원 없음	
HRM-200 9.5GHz ±500MHz, 10mW / 25dBm/MHz	24	신호원 없음	118.18	신호원 없음	1~40	신호원 없음	신호원 없음	
Sitrans LR260 24.2GHz~25.2GHz 2.4dBm/MHz	-34.3	신호원 없음	65.62	신호원 없음	1~75	신호원 없음	신호원 없음	
Sitrans LR560 78GHz~79GHz 30.2dBm/MHz	29.8	신호원 없음	113.12	신호원 없음	1~170	신호원 없음	신호원 없음	

2) LPR 안테나 지향성을 고려한 사용 주파수별 간섭영향 모의실험

레벨측정 레이더는 사용 목적상 아랫방향으로 강한 지향성을 갖게 설치 운용되어야 하며, 동일 대역을 이용하는 일반적 희생(victim) 무선국은 일반적으로 수평 또는 상향 방향을 지향하도록 운용되므로 사용 주파수별 안테나 지향성을 고려한 모의 간섭 영향 실험을 실시하였다.



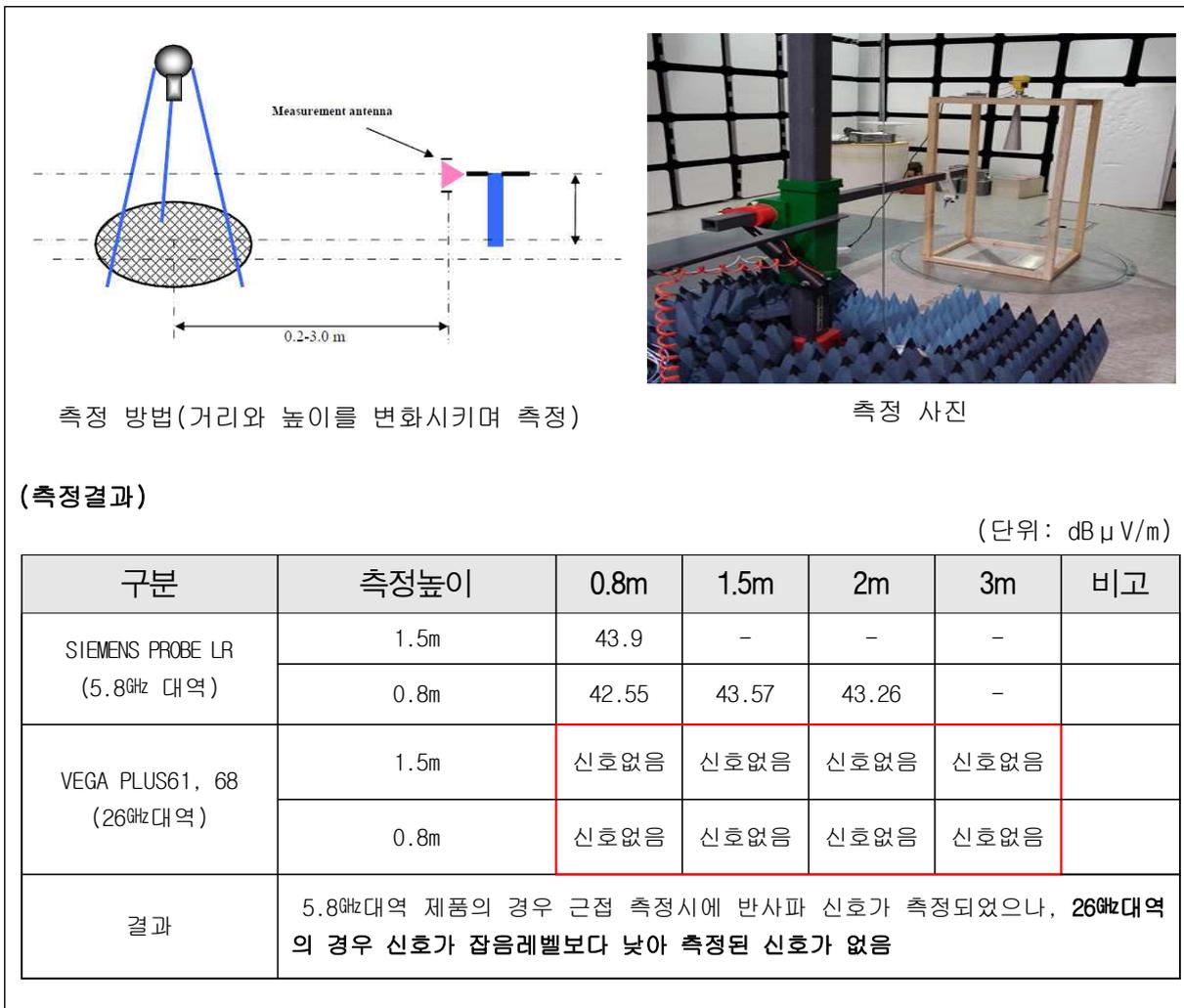
강우 관측 (ANT 연직 상황)



전자 방어 (ANT 수평 상황)

[그림 3-기 사용 목적별 안테나 지향 사례

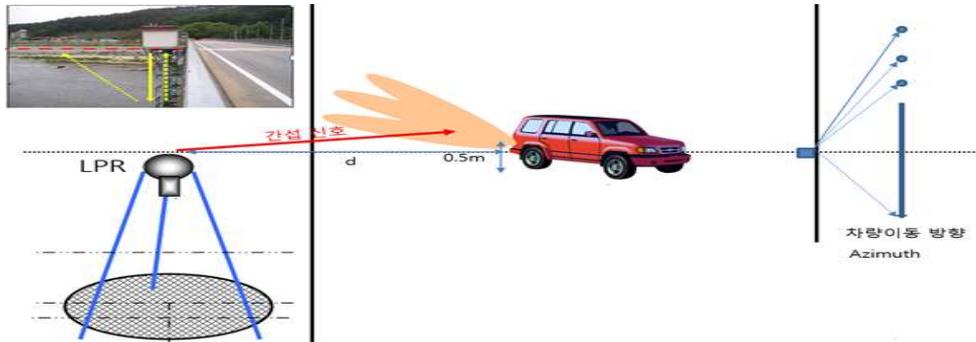
안테나 지향성에 따른 간섭영향을 살펴보기 위해 많이 사용되고 있는 5.8GHz와 26GHz 주파수 대역의 LPR을 1.5m 높이에 고정설치하고, 측정안테나(피간섭 무선국 가정)는 LPR을 바라보게 수평방향으로 지향시킨 후, 측정안테나를 각각 1.5m와 0.8m의 일정 높이에서 수평 거리를 0.2~3m 까지 이동하면서 바닥면에서부터 유입되는 신호를 측정하였다. 실험 결과 5.8GHz 대역을 사용하는 LPR은 지향성과 무관하게 타 기기에 영향이 일부 있으며, 26GHz 대역은 전파의 강한 직진성과 서로 다른 안테나의 지향성을 고려할 경우 간섭영향은 매우 작을 것으로 예상된다.



[그림 3-8] LPR 주파수별 안테나 지향성에 따른 간섭 모의 실험

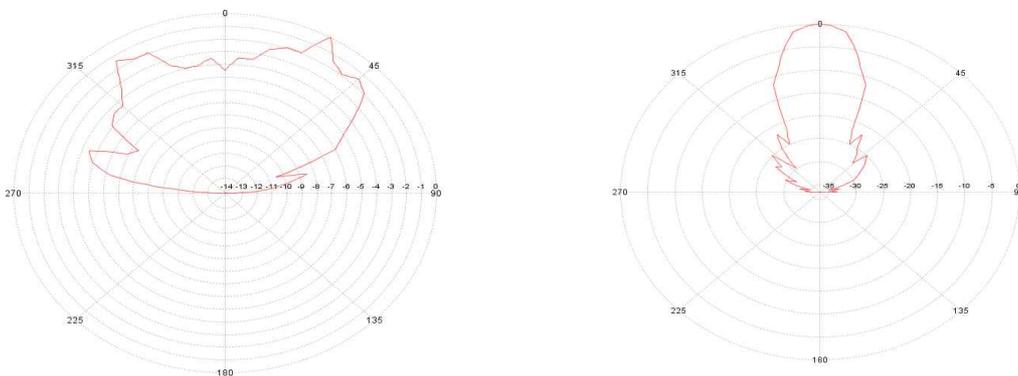
3) 차량용 레이더와의 간섭영향 검토

26GHz대역을 사용하는 레벨측정 레이더가 도로변에 바로 인접하여 설치될 때를 고려하여, 차량레이더(BSD)를 설치한 차량이 도로를 지나갈 때 레벨측정 레이더 신호가 차량레이더(BSD)에 주는 간섭 영향을 이격 거리(d)에 따라 평가하였다.



[그림 3-9] 레벨측정 레이더와 차량레이더(BSD)간 간섭 시나리오

- 레벨측정 레이더 높이: 0m
- 레벨측정 레이더 평균 EIRP
: -12dBm/MHz (메인빔), $-42\text{dBm/MHz}(>60^\circ)$
- BSD 수신 안테나 높이: 0.5m
- BSD 안테나 이득: 8dBi
- BSD 수신기 잡음 지수: 3dB
- BSD 수신기 허용간섭 레벨: -117dBm/MHz



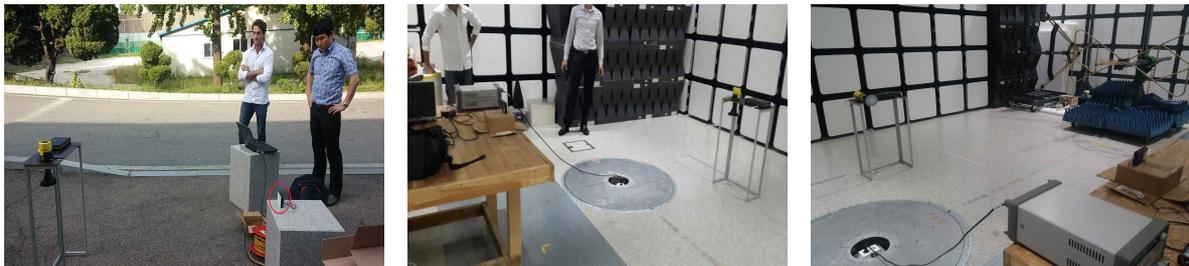
<BSD의 수평 방사 패턴과 수직 방사 패턴>

레벨측정 레이더(LPR)로부터 1m 이상 떨어진 거리에서 차량레이더(BSD)에 수신되는 레벨측정 레이더의 간섭신호 크기(-125dBm/MHz)는 차량레이더의 허용간섭레벨(-117dBm/MHz)을 만족하여 간섭영향이 없는 것으로 분석되었다.

이격거리(m)	BSD에 수신되는 간섭 신호 크기 (dBm/MHz)	필요 이격도(dB)
1	-125dBm/MHz	-
2	-135.3dBm/MHz	-
3	-136.7dBm/MHz	-

※ 수신된 간섭 신호 크기 = LPR EIRP - 경로손실 + 수신안테나이득
 = -42dBm/MHz - 61.03dB + (- 22dBi) = -125dBm/MHz

차량레이더에 대한 실제 전파간섭 영향에 대한 확인을 위해 레벨측정 레이더(pulse 방식)의 인접거리에서 A社의 차량레이더(24.05~24.25GHz + 24.25~26.65GHz, FMCW방식)를 작동시킨 후 A社의 자체 검사틀을 이용하여 차량레이더의 정상동작 상태를 확인하였다. 실험결과 전파간섭 분석 결과와 동일하게 차량레이더는 레벨측정레이더에 의한 전파간섭 영향 없이 정상 동작함을 확인하였다.



※ 실험기기 제원

구분	레벨측정레이더	차량용 레이더 (Autoliv社 제품)
기기명/모델명	VEGA PULS61	물체감지센서용 무선기기 (24.05-24.25GHz) 차량충돌방지용 무선기기 (24.25 - 26.65GHz) / 24 GHz MMR, SQ, 6208428
주파수	25.3 GHz (pulse 방식)	24.05 - 26.65 GHz (FMCW 방식)
안테나 지향성	아랫방향	수평방향

* 24.25~26.65GHz 대역을 이용하는 차량용 레이더는 국내에 A社에서 인증받은 3종의 제품이 있음

[그림 3-10] 레벨측정 레이더와 차량레이더간 간섭 실험

4) 전파천문과의 간섭영향

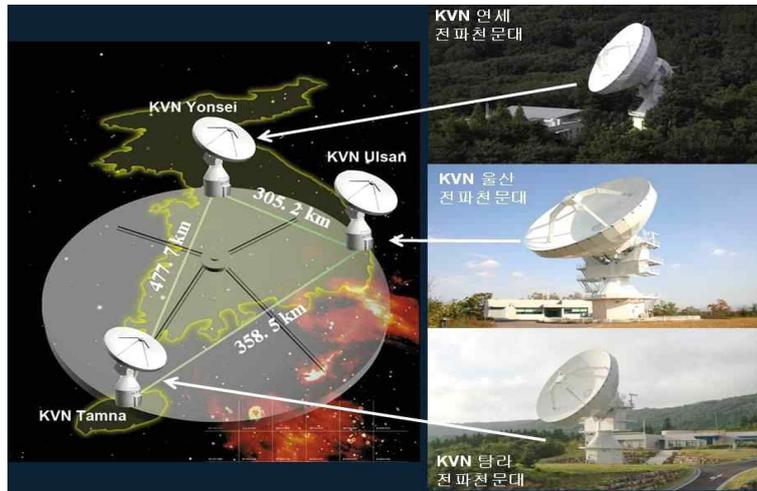
전파천문은 우주공간의 원자와 분자가 내는 전파를 전파망원경으로 수신하며, 우주에서 오는 전파는 각각의 고유 전파를 가지고 있기 때문에 일반 통신의 경우와는 달리 타 대역으로 주파수 이동이 불가능하며, 국내 전파망원경 현황은 다음과 같다.

[표 3-11] 국내 전파망원경 현황

국내 전파망원경	경도 (° ' ")	위도 (° ' ")	안테나 크기 (m)	운용 주파수 대역	사용 용도
TRAO (한국천문연구원)	127 22 18	36 23 54	13.7	85-116 GHz	S, C, VLBI
KVN (연세대 내) (한국천문연구원)	126 56 27	37 33 55	21	6.3-7 GHz, 8-8.8 GHz, 21.05-23.45 GHz, 41.0-44.3 GHz, 84.0-95.2 GHz, 124-142 GHz	S, C, VLBI
KVN (울산대 내) (한국천문연구원)	129 14 59	35 32 44	21		
KVN ((구) 탐라대 내) (한국천문연구원)	126 27 34	33 17 21	21		
K-SRBL(태양전파) (한국천문연구원)	127 22 18	36 23 54	2 x 2	45-870 MHz 0.25-18 GHz (연속파)	S, C
KSWC(태양전파) (국립전파연구원, 제주)	126 29 26	33 42 36	3	30-100 MHz, 100-500 MHz, 500-2800 MHz	C
SRAO (서울대)	126 57 19	37 27 15	6	85-115 GHz, 200-270 GHz	S
SRT (경기대학교)	127 00 07	37 18 48	2	1400-1427 MHz	S
SGOC (측지) (국토지리원, 세종시)	127 18 00	36 31 12	22	6.3-7 GHz, 8-8.8 GHz, 21.05-23.45 GHz, [41.0-44.3 GHz]	VLBI

(S : 스펙트럼선, C : 연속파, VLBI : 초장기선 전파간섭계)

한국우주전파관측망(KVN, 한국천문연구원 운영)의 경우 연세대, 울산대, 탐라대에 각각 21m의 전파망원경을 구축하고 국내 및 국제공동협력을 통해 전파천문 연구용으로 2008년부터 운용중이며, 3대의 전파망원경을 이용하여 약 480 km 크기의 전파망원경 효과를 구현하여, 22/43/86/129GHz의 우주전파를 동시에 관측할 수 있다.



[그림 3-11] KVN 전파망원경 구축예

레벨측정 레이더 신호가 전파천문 업무에 간섭을 주지 않고 설치할 수 있는 이격 거리를 ITU-R의 전파천문업무 보호비(ITU-R 권고 RA.769-2 Protection criteria used for radio astronomical measurements)와 ECC REPORT 139의 파라미터와 방법론을 참조하여 산출하였다. 전파천문에 간섭을 주지 않고 LPR을 이용하기 위해서는 24 GHz의 전파천문의 경우 1.25km, 85GHz의 전파천문의 경우 1.74km의 이격 거리가 필요한 것으로 도출되었다.



[그림 3-12] 간섭 분석 시나리오

- 레벨 측정 레이더 높이: 10m
- 레벨 측정 레이더 평균 EIRP
: -12dBm/MHz(메인빔), -42dBm/MHz(>60°)

- 전파천문 수신 안테나 높이: 10m
- 전파천문 수신 안테나 이득: 0dBi
- 전파천문 허용 간섭 레벨: -192.1dBm/MHz(24GHz 대역),
-179dBm/MHz(spectral line), -159dBm/8GHz(continuum)

[표 3-12] 전파천문업무를 위한 보호 기준 (85 - 95 GHz 대역)

구분	주파수 [GHz]	대역폭	한계 간섭 레벨(보호기준)		
			전력 [dBW]	pdf [dB(W/m ²)]	스펙트럼 pdf [dB(W/m ² ·Hz)]
continuum	89	8 GHz	-189	-129	-228
spectral line	88.6	1 MHz	-209	-148	-208
VLBI	86	1 MHz	-172	-112	-172

※ 전파천문업무 보호비는 ITU-R 권고 RA.769-2 Protection criteria used for radio astronomical measurements를 참조

[표 3-13] 간섭 분석 (ECC 139, 파라미터와 방법론을 준수)

	24GHz 전파천문	85GHz ~ 95GHz 전파천문	
		spectral line	continuum
필요 이격도 (dB)	121.95	119.75	136.22
필요 이격 거리(km) - 자유공간 모델	1.25	0.26	1.74

Victim:	전파천문		
Operating frequency, GHz	24	89	89
Bandwidth (IF), MHz:	1	1	8000
Ga (sidelobes), dBi	0	0	0
Feeder (insertion) loss, dB:	0	0	0
Interference threshold before antenna, dBm:	-192.10	-179.00	-159.00
LPR Interferer:			
Mean EIRP limit (ref. TR 102 601), dBm:	-10	17	17
Mean, dBm/MHz	-43.89	-23.00	-23.00
Peak, dBm/50 MHz	-3.90	13.99	13.99

Victim:	전파천문		
Antenna main-lobe gain, dBi	20	30	30
DeltaGa (first side-lobe, offset angle 20-30 deg), dB:	-22	-32	-32
Antenna side-lobe gain >60 deg, dBi:	-10	-10	-10
Reflection loss, dB	13	13	13
Pulse Repetition Frequency, MHz:	1.8	1.8	1.8
Reference bandwidth, MHz:	2450	10000	10000
Reflected EIRP in the direction of Victim, dBm:	-45	-28	-28
Side-lobe EIRP in the direction of Victim, dBm:	-40	-23	-23
Total interfering power towards Victim, dBm:	-38.81	-21.81	-21.81
Conditional BW Correction Factor, dB:	-31.34	-37.45	-0.97
-	-	-	-
Impact range calculation:			
Minimum Coupling Loss balance, dB:	121.95	119.75	136.22
Impact range with FSL model, km	1.246	0.261	1.737

제4절 관련제도 개선 방안

1. 기술기준 도입 방안 검토

차폐된 탱크 내에 장착하여 사용할 경우는 탱크 외부에서 측정되는 신호세기가 매우 미약하므로 유럽처럼 다양한 주파수를 분배하기보다 별도 주파수 분배 없이 탱크 장착 후에 탱크 외부에서 측정한 신호 세기를 기준으로 국내 미약전계강도 기준을 만족하도록 하는 기술기준을 마련하기로 하였다. 차폐되지 않은 오픈공간에서 사용하는 경우 국내 산업현장에서 사용되는 제품이 대부분 유럽과 미국의 제품으로 사용될 것으로 예상되고, 국내 시장의 다양한 수요와 소규모성에 의한 수요자의 불편을 국제적 기술조화를 통한 규모의 경제로 해소하기 위해 미국(FCC)의 경우와 유사하게 유럽(ETSI)의 규정을 국내 여건에 맞춰 최대한 수용하여 국내 기준을 마련하기로 하였다.

가. 탱크 레벨측정 레이더(TLPR)

차폐된 구조물에 설치하여 사용하는 경우에는 별도 주파수 분배를 하지 않고, 차폐구조물 외부에서 측정한 값에 국내 ‘미약전계강도 무선기기 기준’을 준용하여 적용(규칙 제35조 제1항)한다. 다만, 국내에서는 적합성 평가 시험시 무선기기 자체 출력만을 측정하고 있으므로 ‘무선설비의 적합성평가 처리방법’에 별도 시험방법을 명시한다.

[표 3-14] 탱크 레벨측정 레이더(TLPR) 해외 기술기준과 국내 개정(안) 비교

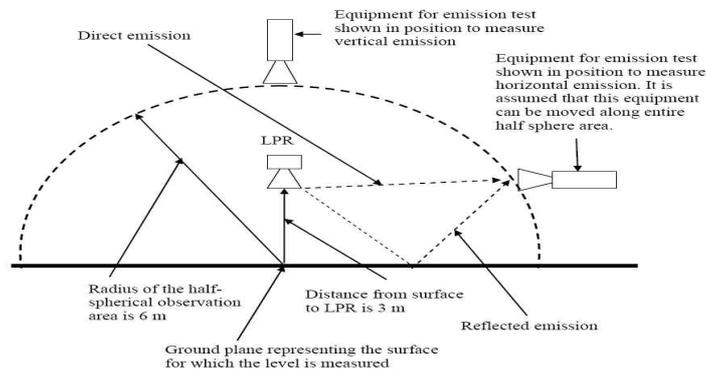
구분	유럽					미국		국내 개정(안)
기술 기준	EN 302 372					15.209 (Intentional Radiators)	Waiver 10-14 (FCC 10-14 Notice of Proposed Rule Making and Order)	제35조 ①항
주파수 대역 (GHz)	4.5 ~ 7	8.5 ~ 10.6	24.05 ~ 26.5	57 ~ 64	75 ~ 85	사용 제한된 대역을 제외하고 전대역 허용	77-81 GHz	‘미약전파무선국으로 운용할 수 없는 주파수대역’을 제외한 주파수
대역폭 정의	최대전력보다 10dB 낮은 대역폭					없음	최대전력보다 20dB 낮은 대역폭	없음

구분	유럽					미국		국내 개정(안)
첨두 전력 (dBm)	+24	+30	+43	+43	+43	지정 없음	43 (Peak), 23 (Average)	없음
탱크 외부로 최대 방사 출력	대역 내: -41.3 dBm/MHz 대역 외: -51.3 dBm/MHz					15.209의 일반 조건 (탱크 밖에서 3M 거리에서 측정된 전계강도가 500 μ V/m이하)		차폐구조물 외부에서 측정된 값에 무선설비규칙 제27조(미약전계강도) 준용
설치 조건	차폐된 탱크 내 고정 설치					차폐된 탱크내 고정 설치		차폐된 탱크내 고정 설치

나. 레벨측정 레이더(LPR)

주파수 활용도가 낮은 24.05~27GHz, 77.5~81GHz 대역에 대해 오픈공간에서 사용할 수 있도록 레벨측정 레이더용으로 주파수를 분배하고, 유럽과 미국의 출력 기준값을 참고하여 방사 출력 및 설치조건 등을 규정(규칙 제35조 제2항) 하였다.

LPR의 방사 출력 제한은 미국과 유럽의 기준 값을 동일하게 적용한다. 다만, 유럽과 미국은 LPR의 반구상에서 반사파와 불요파의 합으로 반구상에서의 출력 제한값을 규정하고 있으나 실제 반구상에서 신호 측정은 측정의 신뢰도 및 측정 방법 등에 문제가 있어 국내 기술기준은 기기의 직접 출력제한 값만으로 규정하고 반구상 출력제한은 명시하지 않도록 하였다.



[그림 3-13] 반구상 출력제한값 측정 개념도 (출처: ETSI TR 102 601)

LPR의 불요발사 제한은 유럽의 경우 불요발사 제한값을 기준 출력 제한값 보다 20dB 낮게 규정하고 있으며, 24.05 ~ 26.5GHz대역을 이용하는 기기는 23.6~24.0GHz 범위에서 기준 최대전력 보다 30dB 낮도록 규정하고 있다. 미국의 경우 part 15.209의 방사제한인 일반적 허용 기준 (960 MHz이상에서 500uV/m, -41.3dBm/MHz)을 따르도록 규정하고 있어 각각 자국의 상황에 맞게 서로 다른 기준 값을 이용하고 있다. 국내에서는 별도 고시가 없는 특정소출력용 무선기기에서 방사되는 스퓨리어스영역의 불요발사의 허용치는 “공중선전력에 대한 감쇠값이 56+10log[공중선의 평균전력(W)] 또는 40dBc 중 덜 엄격한 값”으로 규정(무선설비규칙 제5조 제1항, 별표4)하고 있으며, 이를 LPR의 불요발사 제한치로 설정할 경우 LPR로부터 방사되는 작은 평균전력을 고려할 시 엄격한 제한 조건이 될 것으로 사료된다.

반면, 다수의 소출력 무선기기(물체감지센서, 용도미지정 무선기기, RFID/USN, 코드없는 전화기, 체내이식무선기기 등)에 규정된 불요발사 제한 값은 ‘1 GHz 이상에서 1 MHz 분해 대역폭으로 측정된 전력밀도가 -30 dBm 이하일 것’으로 규정하고 있어, 유럽과 유사한 규정 형식을 인용하여 현행 국내 물체감지센서, 용도미지정 무선기기 등 비슷한 용도의 소출력 불요발사 기준 값 이하로 제한하기 위해 LPR의 국내 불요방사 기준을 ‘출력 기준 값보다 30dB 낮게’ 규정하기로 제안하였다.

설치조건인 경우, 레벨측정레이더의 원래 용도 목적을 위해서는 안테나의 아랫방향 지향 설치가 필수적이거나, 다른 용도로의 임의 사용을 금지하고 전파천문의 보호를 위해 ‘일체형 또는 본체 전용안테나를 사용하여 연직하향으로 고정 설치’하고, ‘전파천문대로부터 반경 2km이내 설치할 경우에 천문대와 사전합의’하라는 문구 삽입을 제안하였다.

[표 3-15] 레벨측정레이더(LPR) 해외 기술기준과 국내 개정(안) 비교

구분	유럽				미국			국내 개정(안)	
기술기준	EN 302 729				15.256			제35조 ②항	
주파수 대역 (GHz)	6~8.5	24.05~26.5	57~64	75~85	5.925~7.250	24.05~29.0 0	75~85	24.05~27	77.5~81
대역폭 정의	최대전력보다 20dB 이하				최대전력보다 10dB 이하			최대전력보다 10dB 이하	

구분	유럽				미국			국내 개정(안)	
평균전력 (dBm/MHz)	-33	-14	-2	-3	-33	-14	-3	-14	-3
첨두전력 (dBm/50MHz)	7	26	35	34	7	26	34	26	34
안테나 빙폭 (degree)	12	12	8	8	12	12	8	12	8
반구상 최대 방사 출력 (dBm/MHz)	-55	-41.3	-41.3	-41.3	-55	-41.3	-41.3	지정없음	
불요파 기준	별표2	기준전력 보다 20dB이하, 24.05 ~ 26.5GHz대역을 이용하는 기기는 23.6-24GHz에서 기준전력보다 30dB이하			15.209의 일반 조건 (-41.3 dBm/MHz)			기준평균전력보다 30dB이하	
설치 조건	<ul style="list-style-type: none"> - 전용/일체형안테나를 사용하여 아랫방향 고정 설치 - 적응 전력 제어 (Adaptive Power Control) - 전파 천문대와 보호 이격거리 필요 				<ul style="list-style-type: none"> - 전용/일체형안테나를 사용하여 아랫방향 고정 설치 			<ul style="list-style-type: none"> - 전용/일체형안테나를 사용하여 아랫방향 고정 설치 - 전파 천문대와 2km 이내 설치시 천문대와 사전합의 	

※ ETSI는 전파천문과의 보호 이격거리를 명시하고 간섭 확률을 줄이기 위해 자동전력조정 장치(APC) 장착을 의무화 하였으나, FCC는 ETSI의 규정을 인용하면서 전파천문 보호이격거리와 APC 장착 조건 제외에 별도 이견이 없어 삭제하였다. (제외이유: 운용장소 상이, ANT방향 상이, 천문대 내에서 사용하는 일반적 전자기기 방사 출력값(-41.3dBm/MHz) 이내)

(별표 2) 6.0-8.5GHz대역에서 작동하는 LPR의 불요파 기준 (유럽)

주파수 범위 (GHz)	공중선 절대이득을 포함한 평균 전력밀도(dBm/MHz)	반구상에서 공중선 절대이득을 포함한 평균 전력밀도(dBm/MHz)
1.73GHz 이하	-63	-85
1.73-2.7GHz	-58	-80
2.7-5GHz	-48	-70
5-6GHz	-43	-65
8.5-10.6GHz	-43	-65
10.6GHz 이상	-63	-85

2. 관련제도 개선안

가. 무선설비규칙 개정(안)

1) 개정이유

- 국내 산업 현장에서 안전과 환경 등의 목적으로 다양한 물질의 높낮이를 정밀 측정하기 위해 사용하는 레벨측정 레이더에 대한 국내 기술기준 도입 추진
 - 석유·가스·정유·발전 등 산업분야에서 전파를 이용하여 탱크 내부 물질의 높낮이 또는 하천·호수 등의 수위를 정밀측정하는 레벨측정 레이더에 대한 기본과 및 불요발사 등에 대한 허용기준을 마련

2) 추진경과

- 산·학·연 관련 전문가로 연구반 구성·운영 : '14. 4~10월
 - ※ 연구반 : 국민대(장병준교수, 반장) 등 11개 기관 15명
- 무선설비규칙 개정안 마련 : '14. 10월

3) 주요내용

- 사용환경(차폐 구조물 유무)에 따라 다른 통신에 혼간섭을 주지 않도록 필요한 최소한의 기술기준을 마련(무선설비규칙 제35조 신설)
 - 차폐된 구조물 내에서 사용하는 레벨측정 레이더의 기본과 및 불요발사 기준 마련(무선설비규칙 제35조제1항)
 - 차폐된 구조물 외에서 사용할 수 있는 레벨측정 레이더의 사용주파수별 공중선전력 및 공중선 빔폭, 점유주파수대폭, 주파수 허용편차, 불요 발사에 대한 기준 마련(무선설비규칙 제35조제2항)

◎ 미래창조과학부고시 제2014- 호

「전파법」 제45조(기술기준)에 따라 무선설비규칙(미래창조과학부 고시 제2014- 호, 2014. .)를 다음과 같이 개정 고시합니다.

2014년 월 일
미래창조과학부장관

무선설비규칙 일부개정안

무선설비규칙 제35조를 다음과 같이 신설한다.

제35조(레벨측정레이더용 무선기기) ① 전자기적으로 차폐된 구조물 내에 설치되어 전파를 이용하여 내부 물질의 높낮이를 측정하는 무선기기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 차폐된 구조물 외부에서 측정한 전계강도, 기본파의 주파수, 발효발사 전계강도는 제27조의 미약 전계강도 무선기기의 기술기준을 만족할 것
2. 해당기기 또는 사용자 설명서에 “전자기적으로 차폐된 금속 탱크, 철근 콘크리트 탱크 또는 이와 유사한 구조물 내에만 설치해야한다”는 문구를 명기할 것

② 제1항에도 불구하고 전파를 이용하여 물질의 높낮이를 측정하는 무선기기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 주파수대역, 전력밀도, 공중선 빔폭

주파수 (GHz)	공중선 절대이득을 포함한 전력밀도		공중선 빔폭의 반치각
	평균전력밀도	첨두전력밀도	
24.05~27	-14dBm/MHz 이하	26dBm/50MHz 이하	12°이내
77.5~81	-3dBm/MHz 이하	34dBm/50MHz 이하	8°이내

2. 점유주파수대폭(1 MHz 분해대역폭으로 측정한 최대 전력밀도보다 10 dB 낮은 대역폭)은 제1호의 주파수 범위 이내일 것

3. 주파수 허용편차는 제2호의 점유주파수대폭 이내일 것
4. 불요발사는 제1호의 주파수 대역 밖의 주파수에서 1 Mhz(측정하는 주파수가 1GHz 미만일 경우에는 100kHz) 분해대역폭으로 측정한 전력밀도가 제1호의 최대 평균전력밀도보다 30dB 이하일 것
5. 제조자 또는 판매자는 해당 기기 또는 사용자 설명서에 다음사항을 명시하고 운용자 및 사용자에게 충분히 알릴 것
“ 본 무선기기는 일체형 또는 본체 전용의 공중선을 사용하여 연직하향으로 고정 설치되어야 하며, 전파천문안테나로부터 반경 2km 범위이내에 설치하고자 하는 경우에는 천문대와 사전 합의하여야 함”

제35조를 제36조로 한다.

제36조를 제37조로 하고, 본문 중 “2015년 10월 31일”을 “2016년 10월 31일”로 한다.

부 칙

이 고시는 고시한 날로부터 시행한다.

나. 신고하지 아니하는 무선기기 개정(안)

◎ 미래창조과학부고시 제2014- 호

「전파법」 제45조(기술기준), 「전파법 시행령」 제25조(신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국)에 따라 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기(미래창조과학부 고시 제2014- 호, 2014. .) 일부를 다음과 같이 개정하여 고시합니다.

2014년 월 일
미래창조과학부장관

신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기 일부개정안

신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기 일부를 다음과 같이 개정한다.

제2조(정의) 제18호를 다음과 같이 신설한다.

18. “레벨측정레이더용 무선기기”라 함은 전파를 이용하여 액체, 고체 등 물질의 높낮이를 측정하기 위한 무선기기를 말한다.

제10조를 다음과 같이 신설한다.

제10조(레벨측정레이더용 무선기기) 레벨측정레이더용 무선기기는 다음의 각호와 같다.

1. 전자기적으로 차폐된 구조물 내에 설치되어 전파를 이용하여 내부 물질의 높낮이를 측정하는 무선기기

주파수	전계강도	비고
‘미약전파무선국으로 운용할수 없는 주파수대역’을 제외한 주파수 ※무선설비규칙 [별표32] 참조	무선설비규칙 제27조(미약전계강도 무선기기) 전계강도 기준에 적합할 것	전자기적으로 차폐된 구조물 내 사용에 한하며, 금속 탱크 등에 장착 후 외부에서 측정한 값

2. 제1호에도 불구하고 전파를 이용하여 물질의 높낮이를 측정하는 무선기기

주파수(GHz)	공중선 절대이득을 포함한 전력밀도		비고
	평균전력밀도	첨두전력밀도	
24.05~27	-14dBm/MHz 이하	26dBm/50MHz 이하	연직하향으로 고정 설치되는 경우에 한함
77.5~81	-3dBm/MHz 이하	34dBm/50MHz 이하	

제10조를 제11조로 하고, 본문 중 “2015년 10월 31일”을 “2016년 10월 31일”로 한다.

부 칙

이 고시는 고시한 날로부터 시행한다.

다. 주파수 분배표 개정(안)

- 24.05~27/77.5~81GHz 주파수 대역을 레벨측정레이더용으로 사용할 수 있도록 대한민국 주파수 분배표에 24.05~27/77.5~81GHz 대역의 한국 주파수대별 용도를 추가하고 국내 주파수 분배표 주석을 개정
- 주파수 분배표 일부개정

● 미래창조과학부고시 제2014- 호

전파법 제9조(주파수분배)에 따라 대한민국 주파수 분배표(미래창조과학부고시 제2014-호, 2014. . .)를 다음과 같이 개정 고시합니다.

2014년 월 일
미래창조과학부장관

대한민국 주파수 분배표 일부개정안

대한민국 주파수분배표 일부를 다음과 같이 개정한다.

한 국	
(4)	(5)
주파수대별 분배	용 도 등
24.05-24.25 무선탐지 지구탐사위성(능동) 5.150	24.125 GHz(ISM 설비) K40 물체감지센서용 K40A 레벨측정레이더용 K40C
24.25-24.45 고정 이동	가입자회선 K176A 특정소출력(차량충돌방지레이더용) K37G 레벨측정레이더용 K40C
24.45-24.65 고정 위성상호간 이동 5.533	가입자회선 K176A 특정소출력(차량충돌방지레이더용) K37G 레벨측정레이더용 K40C
24.65-24.75 고정 위성상호간 이동 고정위성(지구대우주) 5.532B 5.533	가입자회선 K176A 특정소출력(차량충돌방지레이더용) K37G 레벨측정레이더용 K40C
24.75-25.25 고정 고정위성(지구대우주) 5.535 이동	특정소출력(차량충돌방지레이더용) K37G 레벨측정레이더용 K40C

25.25-25.5 고정 위성상호간 5.536 이동 표준주파수 및 시보위성(지구대우주)	특정소출력(차량충돌방지레이더용) K37G 레벨측정레이더용 K40C
25.5-27 지구탐사위성(우주대지구) 5.536B 고정 이동 위성상호간 5.536 5.536A	가입자회선, CATV전송용 K176A 특정소출력(차량충돌방지레이더용) K37G 레벨측정레이더용 K40C
한 국	
(4)	(5)
주파수대별 분배	용 도 등
77.5-78 아마추어 아마추어위성 전파천문 우주연구(우주대지구) 5.149	77.75 GHz(아마추어국 지정주파수) 레벨측정레이더용 K40C
78-79 무선탐지 아마추어 아마추어위성 전파천문 우주연구(우주대지구) 5.149 5.560	78.5 GHz(아마추어국 지정주파수) 레벨측정레이더용 K40C
79-81 전파천문 무선탐지 아마추어 아마추어위성 우주연구(우주대지구) 5.149	80 GHz(아마추어국 지정주파수) 레벨측정레이더용 K40C

주파수 분배표 주석을 다음과 같이 개정한다.

K40C (신설)

24.05~27/77.5~81GHz 주파수대역은 레벨측정레이더용으로 사용할 수 있다. 단, 다른 무선국에 유해한 간섭을 주지 않고 운용되는 경우에 한하며, 다른 전파서비스로부터 보호를 주장할 수 없다.

부 칙

이 고시는 고시한 날로부터 시행한다.

라. 「무선설비의 적합성평가 처리방법」 개정(안)

- 「무선설비의 적합성평가 처리방법」 제10조 제1항과 관련하여 [별표 2]에 레벨측정 레이더용 무선기기의 적합성 평가 적용 구분
- ※ 기술기준 항목별 시험방법은 「무선설비의 적합성평가 처리방법」 제18조에 따라 **별표3**(기술기준 항목별 시험방법)과 **별표4**(복사시험 방법)를 준용
- 탱크 레벨측정 레이더는 차폐된 구조물에 장착하여 외부에서 출력값을 측정해야 하나, 국내에서는 기기 자체 출력만을 측정하고 있으므로 복사성 시험방법 [별표4]에 별도 시험방법 마련
- ※ 유럽의 탱크 레벨측정 레이더 시험방법(ETSI EN 302 372)을 준용하여 무선설비의 적합성평가 처리방법 [별표4]에 시험방법 추가
- 적합성평가 시험방법(안)
 - 레벨측정 레이더용 무선기기의 적합성 평가 적용 구분

[별표 2] 대상 기자재별 적합성 평가 적용 구분 (제10조제1항 관련)

기자재의 종류	환경적 조건	전기적 시험항목
..... 이상 생략		
레벨측정레이더용 무선설비의 기기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도㉔ 또는 ㉕ ○ 습도㉔ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인 ○ 전계강도 또는 공중선전력, 불요발사의 허용치(규칙 제35조) ○ 주파수허용편차, 점유주파수대폭의 허용치(규칙 제35조제2항) ○ 공중선전력의 허용편차(규칙 제6조제3항) ※ 공중선 빔폭의 허용치는 ‘무선설비의 적합성평가 처리방법 제6조(공중선특성 확인방법)’를 적용(규칙 제35조제2항)
..... 이하 생략		

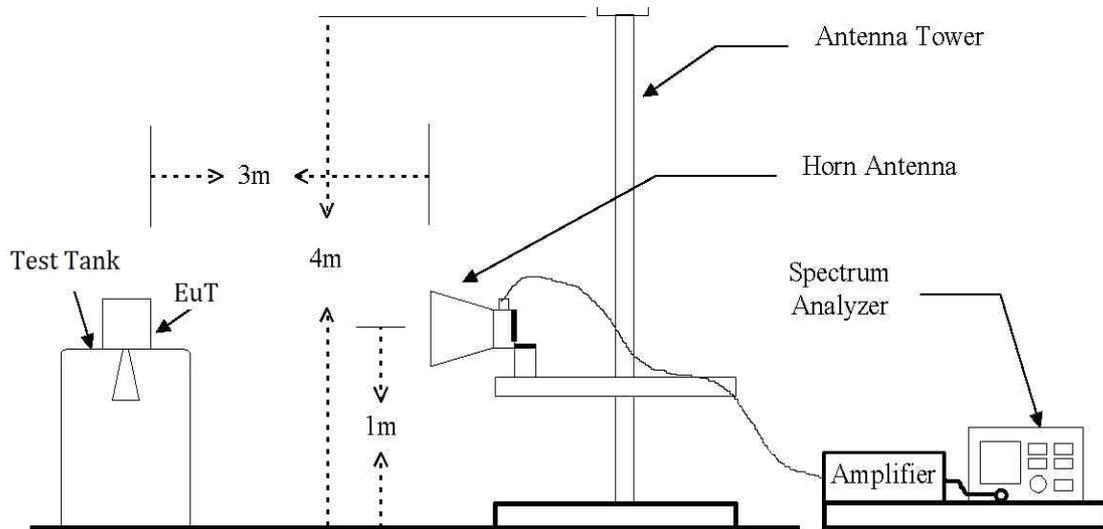
－ 탱크 레벨측정 레이더의 외부 복사 시험방법

[별표 4] 복사 시험방법

----- 이상 생략 -----

1.5 차폐된 구조물에 장착되어 이용하는 레벨측정 레이더 무선기기의 출력 및 불요발사 측정을 위한 시험 구성은 다음과 같으며, 시험용 탱크 내에 설치하여 측정한다.

1.5.1 시험 구성도



1.5.2 수검기기 설치 절차

- 1) 시험용 탱크에 장착하는 시험용 기기는 지면에서 1m이상 지상에 설치하여야 한다.
- 2) 측정용 공중선의 높이와 방향을 가변 조절하여 최대값을 지시하는 지점을 찾는다.
- 3) 시험기기와 측정용 공중선의 거리는 원칙적으로 3m로 이격하되 신호가 매우 미약할 경우 근접측정 해야 한다.
- 4) 측정용 공중선은 지향성이 있는 형태로 광대역 특성을 가지며 시험기기의 공중선과 동일 편파이어야 한다.

1.5.3 시험용 탱크 사양

1.5.2 시험용 탱크의 조건

- o 시험용 탱크의 재질은 금속이어야 한다.
- o 시험용 탱크는 레벨측정 레이더를 설치하기 위한 적어도 하나 이상의 기계적 결합방법을 가져야 한다.
- o 시험용 탱크는 입방체 또는 높이 대 직경의 비율이 3 대 2인 원통형으로 체적이 500리터를 초과하지 않아야 한다.

----- 이하 생략 -----

<첨부 1>

주파수 대역별 제품 이용현황

주파수대역	해당제품	제품합계	비고
4.5~7GHz	서진인스텍 : Sitrans Probe LR, LR200 (국내)두온시스템 : ALT-6100 한국에머슨 : Rosemount 5401 (국내)하이트룰 : HRM series(수위계) 한국엔드레스하우저 : FMR53, FMR54, FMR230-231 한독레벨 : VEGAPULS 65~66 이글프로세스컨트롤 : Pulsar Model R95 여명시스템 : YMS-A300(A400) 에스엔엘코리아 : RPL51~54 아트록스시스템 : COMPACT WAVE CW51~54	10개 업체 21종 제품	서진인스텍(2종) 두온시스템(1종) 한국에머슨(1종) 하이트룰(1종) 한국엔드레스하우저(4종) 한독레벨(2종) 이글프로세스컨트롤(1종) 여명시스템(1종) 에스엔엘코리아(4종) 아트록스시스템(4종)
8.5~10.6 GHz	한국에머슨 : Rosemount 5600 (국내)하이트룰 : HRM series(수위계), HRM series(유속계) 크로네코리아 : BM 702 A, OPTIWAVE 5200 C/F 신기시스템 : SmartRadar FlexLine, 970Ati, 971Lti, 973LT	4개 업체 9종 제품	한국에머슨(1종) 하이트룰(2종) 크로네코리아(2종) 신기시스템(4종)
24.05~27 GHz	서진인스텍 : Sitrans LR250, LR260, LR400, LR460 한국에머슨 : Rosemount 5402 (국내)하이트룰 : HRM series(수위계) 한국엔드레스하우저 : FMR50~52, FMR56~57, FMR240, FMR244~245, FMR250, FMR540 한독레벨 : VEGAPULS WL 61, VEGAPULS 61~63, VEGAPULS 67~68, VEGAPULS SR 68 크로네코리아 : OPTIWAVE 6300C, 7300C, 8300 Marine 이글프로세스컨트롤 : Radar Model R82 여명시스템 : YMS-A300(A400)-R2 에스엔엘코리아 : RPL55~59 아트록스시스템 : COMPACT WAVE CW55~59	10개 업체 38종 제품	서진인스텍(4종) 한국에머슨(1종) 하이트룰(1종) 한국엔드레스하우저(10종) 한독레벨(7종) 크로네코리아(3종) 이글프로세스컨트롤(1종) 여명시스템(1종) 에스엔엘코리아(5종) 아트록스시스템(5종)
57~64GHz	이용제품 없음	-	※ 국내는 용도미지정 대역으로 분배
75~85GHz	서진인스텍 : Sitrans LR560 (국내)하이트룰 : HRM series(거리계) 여명시스템 : (IBM-)LD-006-B, LD-015-B, LD-030-B, LD-070-B, MLT-010-A, MLT-020-A, MLT-030-A	3개 업체 9종 제품	서진인스텍(1종) 하이트룰(1종) 여명시스템(7종)

※ 조사대상 : 국내업체 2개사(두온시스템, 하이트룰) 6종 제품, 수입업체 10개사 71종 제품을 대상으로 조사 (주파수대역의 분류는 EU의 ETSI EN 302 372 규정에 의함)

<첨부 2>

**국내 미약전파 무선국으로
운용할 수 없는 주파수 대역**

(무선설비규칙 제27조 제2호 관련)

주파수 대역	주파수 분배표 주석 (Footnote)	비 고
kHz		
485 ~ 526.5	- 긴급통신(5.82)	
2089.5 ~ 2092.5	- 조난·긴급·안전(K16)	
2173.5 ~ 2190.5	- 조난·호출(5.108, 5.109, 5.110)	
4177.25 ~ 4177.75	- 국제조난(5.110)	
4207.25 ~ 4207.75	- 국제조난(5.109)	
6267.75 ~ 6268.25	- 국제조난(5.110)	
6311.75 ~ 6312.25	- 국제조난(5.109)	
8376.25 ~ 8386.75	- 국제조난(5.110)	
8414.25 ~ 8414.75	- 국제조난(5.109)	
12519.75 ~ 12520.25	- 국제조난(5.110)	
12576.75 ~ 12577.25	- 국제조난(5.109)	
13360 ~ 13410	- 전파천문(5.149)	
16694.75 ~ 16695.25	- 국제조난(5.110)	
16804.25 ~ 16804.75	- 국제조난(5.109)	
25550 ~ 25670	- 전파천문(5.149)	
27819 ~ 27823	- 조난·안전·긴급(K47)	
MHz		
37.5 ~ 38.25	- 전파천문(5.149)	
73.0 ~ 74.6	- 전파천문(5.149)	
74.8 ~ 75.2	- 항공 마카비콘(5.180)	
121.4875 ~ 121.5125	- 수색·구조(5.200)	
123.0875 ~ 123.1125	- 수색·구조(5.200)	
149.9 ~ 150.05	- 무선험행위성(5.223)	
156.4875 ~ 156.5625	- 국제조난·안전(5.226)	
156.7625 ~ 156.8625	- 국제조난·안전(5.226, K63)	
242.95 ~ 243.05	- 수색·구조(5.199, 5.256)	
322 ~ 335.4	- 전파천문(5.149)	
406 ~ 410	- 전파천문(5.149)	
608 ~ 614	- 전파천문(5.149)	
960 ~ 1215	- 항공무선험행(5.328)	
1300 ~ 1427	- 전파천문(5.337, 5.340)	
1610.6 ~ 1613.8	- 전파천문(5.149)	
1645.5 ~ 1646.5	- 조난·안전(5.375)	
1660 ~ 1670	- 전파천문(5.149)	
1718.8 ~ 1722.2	- 전파천문(5.149)	
2200 ~ 2300	- 우주(5.392, K116)	
2655 ~ 2900	- 전파천문, 항공무선험행(5.149, 5.337, 5.340)	

주파수 대역	주파수 분배표 주석 (Footnote)	비 고
3260 ~ 3267 3332 ~ 3339 3345.8 ~ 3352.5	- 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149)	
GHz		
4.5 ~ 5.15 4.825 ~ 4.835 4.95 ~ 5.0 5.35 ~ 5.46 6.65 ~ 6.675.2 9.0 ~ 9.2 10.6 ~ 10.7 13.25 ~ 13.4 14.47 ~ 14.5 15.35 ~ 15.4 22.01 ~ 22.5 22.81 ~ 22.86 23.07 ~ 23.12 23.6 ~ 24.0 31.2 ~ 31.8 36.43 ~ 36.5 31.5 ~ 31.8 36.43 ~ 36.5 42.5 ~ 43.5 42.77 ~ 42.87 43.07 ~ 43.17 43.37 ~ 43.47 48.94 ~ 49.09 50.2 ~ 50.4 52.6 ~ 54.25 76 ~ 94 94.1 ~ 116 128.33 ~ 128.59 129.23 ~ 129.49 130 ~ 134 136 ~ 158.5 164 ~ 167 168.59 ~ 168.93 171.11 ~ 171.45 172.31 ~ 172.65 173.52 ~ 173.85 190 ~ 191.8 195.75 ~ 196.15 200 ~ 231.5 241 ~ 275	- 고정위성(5.441,5.444A) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 항공무선항행(5.448B) - 전파천문(5.149) - 항공무선항행(5.337) - 전파천문, 지구탐사위성(5.149, 5.340) - 항공무선항행(5.497) - 전파천문(5.149) - 지구탐사위성(5.340) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 지구탐사위성(5.340) - 전파천문, 지구탐사위성(5.149, 5.340) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문, 지구탐사위성(5.149, 5.340) - 지구탐사위성(5.340) - 지구탐사위성(5.340) - 전파천문, 지구탐사위성(5.149, 5.340) - 전파천문, 지구탐사위성(5.149, 5.340) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문, 지구탐사위성(5.149, 5.340) - 지구탐사위성(5.340) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 전파천문(5.149) - 지구탐사위성(5.340) - 전파천문(5.149) - 전파천문, 지구탐사위성(5.149, 5.340) - 전파천문, 지구탐사위성(5.149, 5.340)	

제4장 자계유도식 열차신호제어장치 기술기준 연구

제1절 배경

고속철도 도입 이후 철도 차량 기술의 고도화로 차량 속도가 증가하고 있으며, 최근에는 이에 적합한 신호체계 기술 도입에 관한 관심이 증대하고 있다. 현재 국내 철도는 유선망으로 제어되는 철로변의 신호기를 통해 열차를 제어하는 방식을 사용하고 있다.

철도통신망은 대부분 유선으로 구축되어 열차 관리를 위해 무선으로 면허 대역과 비면허 대역을 활용하여 상황실과 기관사 간 음성통화에 의존하여 열차 운행이 통제되고, 열차충돌방지 신호 전송 및 승강장 영상전송용으로 일부 데이터 통신을 이용한다.

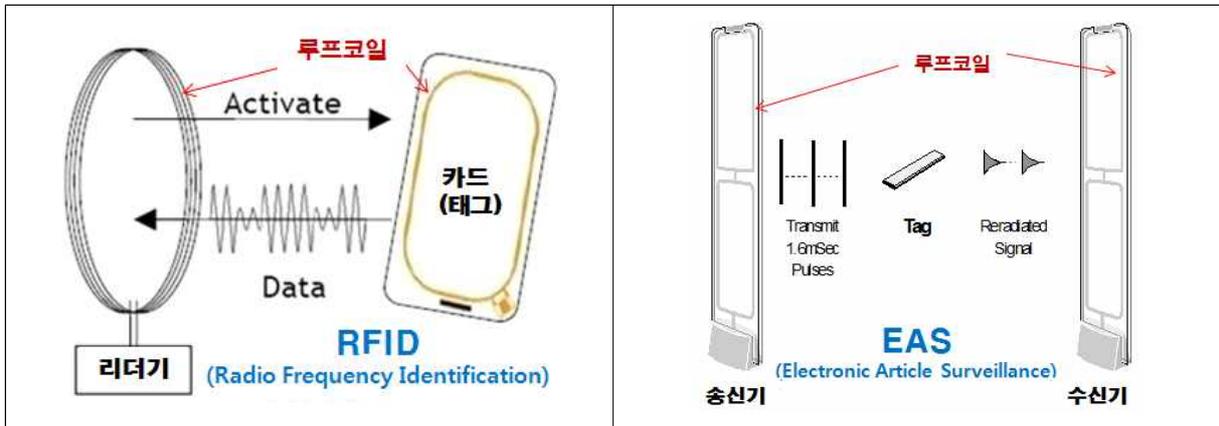
음성통화로 VHF무전기와 TRS가 혼용되며, 열차의 위치와 간격제어를 위해 자계유도식 철도신호제어장치를 이용한다.

한국철도공사(Korail)에서는 자계유도식 열차신호제어시스템인 열차자동방호장치(ATP, Automatic Train Protection)를 '10년부터 도입하여 운용 중이나, 전파분야 인증 없이 사용됨에 따라 열차의 안전성 확보를 위해 적합성 평가를 위한 기술기준 마련이 필요하여 본 연구를 추진하였다.

제2절 자계유도식 열차제어시스템 개요

1. 자계유도식 무선기기 개요

무선설비규칙에서는 30MHz 미만 주파수대역에서 루프코일의 자계 결합을 이용하여 통신하는 무선기기를 정의하고 있으며, 생활속에서 많이 접하고 있는 RFID, 상품도난방지시스템(EAS) 등이 사용되고 있다.



[그림 4-1] 자계유도식 무선기기 예

RFID 기술은 전파를 이용해 일정하게 떨어진 거리에서 정보를 읽어 들이는 일종의 통신기술이다. 일반적으로 정보를 저장하고 있는 태그(Tag)와 이 태그로부터 정보를 읽은 후 판독 및 해독 절차를 진행하는 판독기(Reader)로 구성되어 있다.

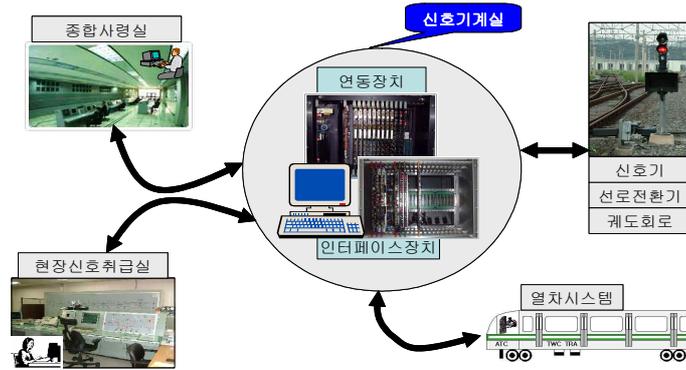
상품도난방지시스템(Electronic Article Surveillance)은 대형마트, 가게 등의 출입구나 통로에 전자기 감지영역(Surveillance)을 생성하여 상품/자산에 장착된 태그가 정상적인 출고 절차를 거치지 않고 감지영역을 무단 통과시 알람이 울려 상품, 자산의 도난을 보호하는 시스템이다.

2. 열차제어신호시스템 개요

열차제어시스템은 열차의 안전한 운행진로 구성 및 유지, 주행열차의 속도제어, 선·후행 열차간의 안전거리 확보, 스케줄에 따른 열차운행관리, 기타 레일절손, 운행선로의 장애물 침입, 기상이변 등 열차의 안전운행 저해요소로부터 열차의 안전을 확보하기 위한 시스템으로써, 국내 철도의 경우 철도통신시스템이 대부분 유선망으로 구축되어 있다.

또한, 열차제어시스템은 열차운행을 감시·통제하는 열차관제설비, 지상에서 열차의 운행에 필요한 제어정보를 생성하는 지상설비, 지상에서 전송된 정보를 통해 차량의 운행조건과 열차속도를 제어하는 차상설비 및 지상에서 차상으로 정보를 전송하는 유무선 열차제어통신망으로 구성되며, 철도

시스템을 구성하는 인프라설비, 서비스설비, 안전설비 및 차량 구성설비와 복합적인 인터페이스를 갖는다.



자료 : 코레일(Korail)

[그림 4-2] 열차신호시스템의 기본적인 구성도

ATP 열차신호제어장치는 철로 위 지상설비와 열차내 차상설비로 구성된다. 차상설비인 열차가 근접하면서 지상설비의 신호 활성화를 위해 자기장신호(Continuous Wave, 연속된 신호)를 지면방향으로 연속적으로 발사한다. 차상장치의 자기장이 근접하게 되면, 지상설비는 자계유도결합에 의해 차상설비로 고정정보(위치, 선로특성 등)와 가변정보(속도, 신호, 앞차와 거리 등)를 전송한다.



- ① 차상장치(열차) : 27MHz 주파수대역에서 자기장을 형성하여 지상장치를 활성화
- ② 지상장치(철로) : 4.2MHz 대역에서 고정정보(위치, 선로특성 등)와 가변정보(앞차와의 거리, 현재 교통신호 등)를 열차에 제공

※ 자료 : 코레일(Korail)

[그림 4-3] ATP 열차제어시스템 구성

유럽 각국 철도에서는 서로 상이한 열차 제어 시스템에 의해 인접국가들 간의 연계운행에 어려움이 많아 ETCS(European Train Control System) 즉, 유럽 열차 제어 시스템이라는 컨소시움을 구성하여 ATP 시스템의 지상설비를 Eurobalise로 통일하고 차상설비를 EuroATC로 통일하는 규격을 개발하였다.

ETCS/ERTMS는 3가지의 기능 단계가 있으며 각 단계의 주요 차이점은 정보를 어떻게 수신하느냐와(무선 장치와 발리스를 통해) 수신되는 데이터의 양이다.



자료 : 코레일(Korail)

[그림 4-4] ATP 지상설비 설치 현장

ETCS/ERTMS 1단계는 국내 적용 레벨로서 지상 장치로부터의 정보는 LEU에 의해 변환되고 발리스를 통해 열차로 전송된다. 열차를 운행하는 데 필요한 정보(즉, 열차의 속도정보 등)는 운전자 판넬의 화면에 현시된다.

ERTMS/ETCS 2단계는 열차의 안전 운행에 필요한 정보는 무선 장치를 통해 전송된다. 발리스는 설치되나, 지리적인 기준점으로만 사용된다. 열차와 지상 사이의 정보(이동 권한, 구배, 허용 속도, 열차의 상태, 위치 등)는 무선 장치를 통해 전송된다. 열차의 운전에 필요한 정보는 운전자 판넬에 보여진다.

ETCS/ERTMS 3단계는 완전한 무선 통신에 근거한 시스템이다. 열차의 위치, 열차의 무결성을 포함한 열차와 지상 사이의 모든 정보는 무선 장치를 통해서 전송된다. 따라서, 신호기, 궤도회로가 필요하지 않다.

ETCS/ERTMS 3단계에서 발리스는 지리적 기준점으로 사용된다. 열차에 필요한 정보는 운전자 판넬에 보여진다.

현재 국내에 적용되는 ETCS/ERTMS 1단계의 시스템 구성은 차상설비, 지상설비, 지상정보 전송(Up-link Transmission)으로 구분된다.

차상설비는 발리스 정보 전송모듈(BTM : Balise Transmission Module)과 안테나로 구성되어 있으며, 프로그램 작업과 고장추적 및 검지장비가 포함되어 있다. 단, 프로그램 작업이나 고장추적 및 검지는 열차가 정상적으로 운행될 때는 사용되지 않는다.

지상설비는 Eurobalise(CBC, CBF)와 LEU(Lineside Electronic Unit : 선로 변환장치)로 구성되어 있으며, Eurobalise는 ETCS의 열차제어시스템을 구현하는 기술방식의 하나로 차상의 wake-up 신호를 지상(발리스)에서 인지하면 가지고 있는 정보를 차상으로 전송해주는 방식이다. 이는 RFID 시스템 동작방식과 유사하다.

Eurobalise 정보전송 시스템의 지상정보 전송(Up-link Transmission) 기능은 현장 LEU로부터 차상 ATP 시스템으로 안전하게 정보를 전송하는 것으로서 고정데이터와 가변데이터를 전송한다. 고정데이터는 선로의 지역적인 정보와 관련된 것이고 CBF에 저장하고, 가변데이터는 열차운행이나 진로상태 등과 관련된 정보를 CBC에 저장한다.

제3절 열차제어장치 국내외 이용 현황

철도산업은 과거 노선 확장 중심에서 철도산업의 경쟁력 향상을 위하여 열차운행속도 향상, 건설·유지보수비용 절감, 수송용량 증대 등을 위하여 신호제어장치 등 시스템에 대한 투자를 진행 중이다.

1. 해외

유럽은 철도열차제어시스템 표준화로 유럽 전체가 통일된 신호제어장치를 구축, 시장의 확대와 철도산업 경쟁력을 확보하고 있다.

또한, 유럽의 철도열차제어시스템은 우리나라를 포함하여 중국, 러시아, 인도 등에서도 자국의 열차제어장치시스템 표준으로 채택하고 있다.

미국은 최근까지 장거리 장대화물열차 운용을 위하여 노후된 열차제어시스템을 유지하고 있으나, 캘리포니아 고속철도 신호제어에 유럽의 ETCS장치를 고려 중이다.

2. 국내

국내(코레일)에서는 '10년부터 열차신호제어장치를 1만7천여 개 설치·운용 중이며, 철로위 지상장치는 경부선, 호남선 등 간선철도와 고속철도 구간 18개 노선(1,031km)에 600m~1.5km 간격으로 설치되어 있다.

한편, 국내에서는 재난·안전에 대한 관심 확대와 철도산업 경쟁력 확보 등을 위하여 열차제어시스템에 대한 연구 및 개발, 투자가 진행 중이며, 일반철도에는 지상신호기, 궤도회로와 발리스를 이용한 Level 1 단계 기술이 적용되어 있고, 고속철도에는 무선통신기술, 궤도회로 및 발리스를 이용하는 Level 2단계 기술을 확대 적용하고, 무선통신기술 및 발리스만을 이용한 Level 3단계 기술은 현재 일부노선에 시험적으로 도입하고 있다.

[표 4-1] 국내 철도 운영 기관

구분	소속	구분	소속
광역철도 (경부선, 호남선, 경춘선, 수인선, 경의선, 중앙선, 분당선 등), 고속철도, 공항철도	한국철도공사	의정부경전철	의정부경전철 (주)
인천공항 자기부상열차	한국철도시설공단	용인경전철(에버라인)	용인경전철주식회사
서울1,2,3,4호선	서울메트로	인천지하철	인천교통공사
서울5,6,7,8호선	서울특별시 도시철도공사	부산지하철, 부산-김해경전철	부산교통공사
서울9호선(서울시메트로9호선	대구지하철	대구도시철도공사
신분당선	신분당선	대전지하철	대전광역시 도시철도공사
		광주지하철	광주도시철도공사

※ 자료 : RAPA

[표 4-2] 열차신호제어시스템 제조·수입업체 현황

국내			국외		
제조/수입사	제품수	도입수량	제조/수입사	제품수	도입수량
LS산전	2	1,525	US&S (1)	3	3151
신우이엔지	1	130	Alstom (2)	14	2712
유경제어	1	9539	Thales	2	
서우건설	2	15812	Siemens	7	991
샬롬 엔지니어링	1	2169	Bombardier	6	2188
포스코엔지니어링	4	77	일본신호	3	1152
혁신전공사	1	17	교산	4	1099
현대정보기술	1	194	히타치	1	26
기타	1	795	기타(독일)	3	1069
계	14	30,258	계	43	12,388

※ 자료 : RAPA

국내 도입된 유로발리스 지상장치는 3개社(서우건설산업, 유경제어, Alstom), 차상장치는 3개社(서우건설산업, 현대로템, Alstom, Bombardier)에서 제조 또는 납품하여 약 17천대가 상업운전 중에 있는 것으로 파악 된다.

[표 4-3] 국내 ATP시스템(지상설비) 운용 현황

노 선 명(km)	제작사	사용개시일	시 공 사	비 고
경부선(서울~부산, 441.7)	봄바르디어	'11.04.06.	서우건설/ LG CNS	
호남선(대전조~목포, 252.5)	봄바르디어	'10.04.21.	서우건설/ LG CNS	
전라선(익산~여수엑스포, 180.4)	봄바르디어, Thales	'12.05.01.	서우건설, 대아티아이	
경춘선(망우~춘천, 80.7)	Thales	'12.02.28.	대아티아이	itx-청춘
시흥연결선(1.5)	봄바르디어	'13.03.04.	서우건설/ LG CNS	
대전북연결선(5.8)	봄바르디어	'13.03.04.	서우건설/ LG CNS	
대전남연결선(4.2)	봄바르디어	'13.03.04.	서우건설/ LG CNS	
대구북연결선(3.5)	봄바르디어	'13.03.04.	서우건설/ LG CNS	
대구남연결선(4.0)	봄바르디어	'13.03.04.	서우건설/ LG CNS	
부산연결선(1.3)	봄바르디어	'13.03.04.	서우건설/ LG CNS	
광주선(광주선 분기~광주, 11.9)	봄바르디어	'10.04.21	서우건설/ LG CNS	
경전선(광주송정~광주선 분기, 2.1)	봄바르디어	'10.04.21	서우건설/ LG CNS	
북송정삼각선(호남선~경전선, 1.0)	봄바르디어	'10.04.21	서우건설/ LG CNS	
경의선(서울~화전, 11.5)	봄바르디어	'11.04.06	서우건설/ LG CNS	
대전선(대전~서대전, 5.7)	봄바르디어	'11.04.06	서우건설/ LG CNS	
부전선(가야~부전, 2.2)	봄바르디어	'11.04.06	서우건설/ LG CNS	
가야선(범일~사상, 8.3)	봄바르디어	'11.04.06	서우건설/ LG CNS	
동해남부선(부산진~범일, 2.1)	봄바르디어	'11.04.06	서우건설/ LG CNS	
기타(10.9)	봄바르디어	'11.04.06	서우건설/ LG CNS	
18개 노선(1,031.3)				

※ 자료 : 코레일(Korail)

[표 4-4] 국내 ATP시스템(차상설비) 운용 현황

차 종	량수	제작사	사용개시일	시공사
KTX(46편성)	92	봄바르디어	'12.05.10.	서우건설/LG CNS
KTX-산천(24편성)	48	Ansaldo	'12.05.01.	현대로템(주)
itx-청춘(8편성)	16	Ansaldo	'12.02.28.	현대로템(주)
디젤동차(무궁화)	45	봄바르디어	'12.02.20.	서우건설/LG CNS
디젤기관차	187	봄바르디어	'13.03.04.	서우건설/LG CNS
누리로(8편성)	16	봄바르디어	'13.11.01.	봄바르디어
전기기관차(8101~02, 8201~55)	57	봄바르디어	'13.03.04.	태정전척/유경제어
전기기관차(8256~83)	28	Ansaldo	'13.11.01.	현대로템(주)
전기기관차(8501~56)	56	Ansaldo	'13.11.26.	현대로템(주)
전기기관차(8557~83)	31	Ansaldo	'13.11.28.	현대로템(주)
계	576			

※ 자료 : 코레일(Korail)

제4절 국내·외 열차신호제어장치 관련 규정

자계유도식 무선기기 관련 기준은 국제적으로 유럽과 국내만 규정되어 있다.

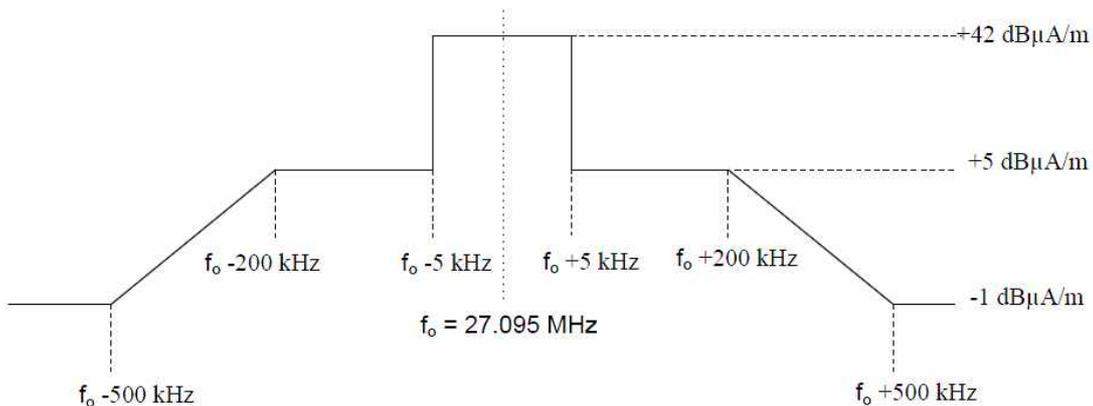
1. 해외

유럽은 철도응용서비스를 위한 주파수를 별도로 권고(ERC/REC 70-03)하고 있으며, 특히 유로발리스 용으로는 984~7484kHz와 27.090~27.100MHz 대역을 권고하고 있다.

	Frequency Band	Power / Magnetic Field	Spectrum access and mitigation requirements	Channel spacing	ECC/ERC Decision	Notes
a	27.090-27.100 MHz	42 dB μ A/m at 10 m	No requirement	No spacing		Tele-powering and Down-link signal for Balise / Eurobalise. May also be optionally used for the activation of the Loop / Euroloop. Note: Centre frequency is 27.095 MHz
b	984-7484 kHz	9 dB μ A/m at 10m	<1% duty cycle	No spacing		Transmitting only on receipt of a Balise / Eurobalise tele-powering signal from a train. Note: Centre frequency is 4234 kHz

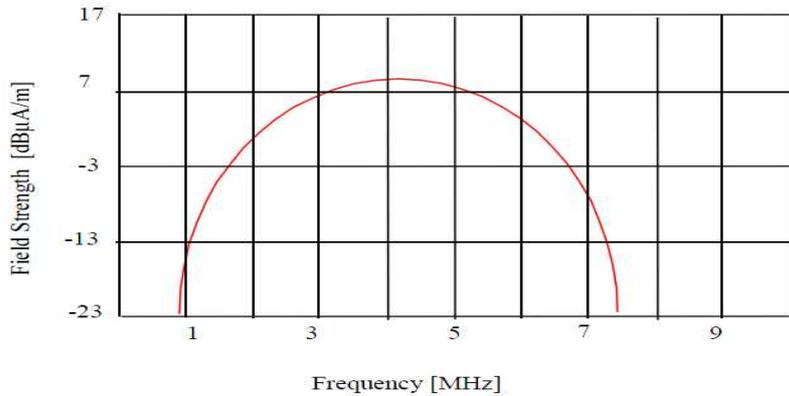
자료 : ERC/REC 70-03

유럽 발리스 표준인 'ERTMS/ETCS SUBSET-036'에서 무선분야는 ETSI(European Telecommunication Standards Institute)의 'EN 302 608'을 준용하고 있음을 명시하고 있다.



자료 : EN 302 608

[그림 4-6] 차상장치의 송신 스펙트럼 마스크



자료 : EN 302 608

[그림 4-7] 지상장치(발리스)의 송신 스펙트럼 마스크

2. 국내

국내는 9kHz~30MHz미만에서 루프안테나를 사용하는 자계유도식 무선기기는 무선설비규칙에서 10m에서의 자계강도 기준으로 규정하고 있으나 지정된 주파수(9~150kHz, 3.155~3.4MHz, 7.4~8.7MHz, 13.552~13.568MHz) 외 대역에서 사용하는 기기는 “미약전계강도 무선기기 기준”을 준용하도록 규정하고 있으며, 유럽의 경우처럼 철도응용기기 관련 규정은 별도로 없다.

[표 4-5] 국내 자계유도식 무선기기의 출력 기준

주파수	자계강도 기준값	적용기준
9 ~ 30kHz 미만	72dB μ A/m @10m	무선설비규칙 제28조(자계유도기준)
30 ~ 90kHz 미만	72-10log(f/30)dB μ A/m @10m	〃
90 ~ 110kHz 미만	42dB μ A/m @10m	〃
110 ~ 135kHz 미만	72-10log(f/30)dB μ A/m @10m	〃
135 ~ 140kHz 미만	42dB μ A/m @10m	〃
140 ~ 148kHz 미만	37.5dB μ A/m @10m	〃
148 ~ 150kHz 미만	14.8dB μ A/m @10m	〃
150kHz ~ 3.155MHz 미만	500 μ V/m @3m	규칙 제27조(미약전계기준)
3.155 ~ 3.4MHz 미만	13.5dB μ A/m @10m	규칙 제28조(자계유도기준)
3.4 ~ 7.4MHz 미만	500 μ V/m @3m	규칙 제27조(미약전계기준)
7.4 ~ 8.7MHz 미만	9dB μ A/m @10m	규칙 제28조(자계유도기준)
8.7 ~ 13.552MHz 미만	500 μ V/m @3m	규칙 제27조(미약전계기준)
13.552 ~ 13.568MHz 미만	42dB μ A/m @10m	규칙 제28조(자계유도기준)
13.568 ~ 30MHz 미만	500 μ V/m @3m	규칙 제27조(미약전계기준)

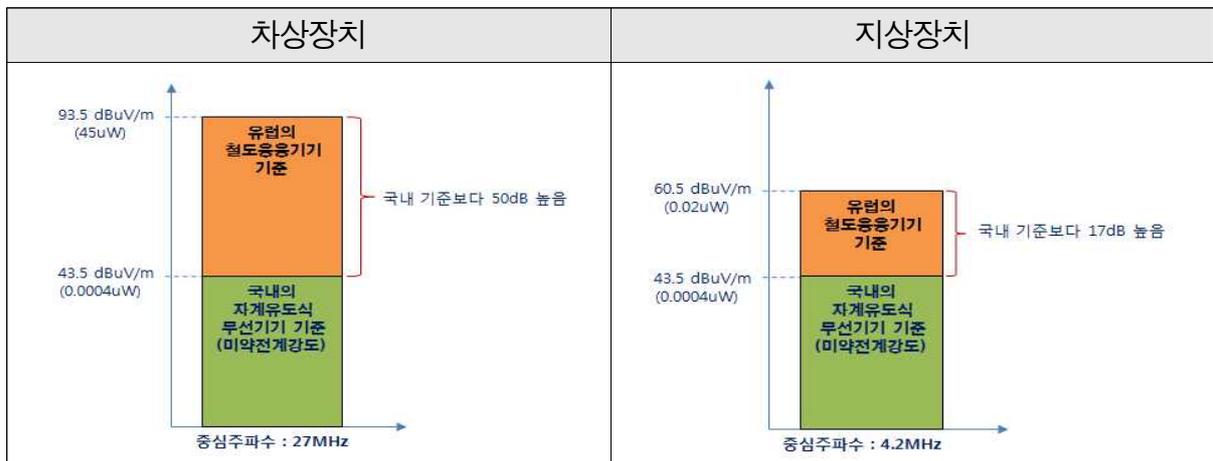
3. 국내외 자계유도식 무선기기 기준 비교

주파수대역	유럽 (자계강도)	미국 (전계강도)	한국 (자계/전계강도)
9-90kHz	72dB μ A/m @10m	2400/F(kHz) μ V/m @300m	72dB μ A/m @10m
90-119kHz	42dB μ A/m @10m		42dB μ A/m @10m
119-135kHz	66dB μ A/m @10m		72-10log(f/30)dB μ A/m @10m
135-140kHz	42dB μ A/m @10m		42dB μ A/m @10m
140-148.5kHz	37.7dB μ A/m @10m		37.7dB μ A/m @10m
148.5kHz-5MHz	-15dB μ A/m @10m	2400/F(kHz) μ V/m @30m	*500 μ V/m @3m
400-600kHz	-8dB μ A/m @10m		*500 μ V/m @3m
3.155-3.4MHz	13.5dB μ A/m @10m	30 μ V/m @30m	13.5dB μ A/m @10m
6.765-6.795MHz	42dB μ A/m @10m		*500 μ V/m @3m
7.4-8.8MHz	9dB μ A/m @10m		9dB μ A/m @10m
10.2-11MHz	9 dB μ A/m @10m		*500 μ V/m @3m
13.553-13.567MHz	42dB μ A/m @10m		42dB μ A/m @10m
26.957-27.283MHz	42dB μ A/m @10m		*500 μ V/m @3m
5-30MHz	-20dB μ A/m @10m		*500 μ V/m @3m

* 미약전계강도 무선기기 기준

※ 미약전계강도 무선기기 : 기술기준에서 정한 출력기준을 만족하면 이용 주파수 대역에 관계없이 이용할 수 있으며, 국내 무선기기의 출력기준 중 가장 낮은 기준

[표 4-6] 국내외 유럽의 열차신호제어장치 기준 비교



제5절 열차신호제어장치 전파간섭영향 실험

1. 차상장치 간섭실험

고속철도(KTX)의 차상장치와 동 대역(27MHz)에서 비신고 무선기기로 이용 중인 생활무전기 간 전파간섭영향 실험에서는 생활무전기를 지상장치에 20cm 이내까지 근접할 경우에도 상호 정상 동작이 이루어짐을 확인하였다.

이와 같은 실험결과는 열차신호제어장치와 생활무전기가 미약한 신호세기 와 구조적으로 차상장치의 안테나는 지면으로부터 30cm 이내의 이격거리에서 수평편파가 이루어지는 생활무전기와는 다르게 수직편파가 이루어지는 지향특성으로 상호 간 전파간섭영향은 없는 것으로 이해된다.

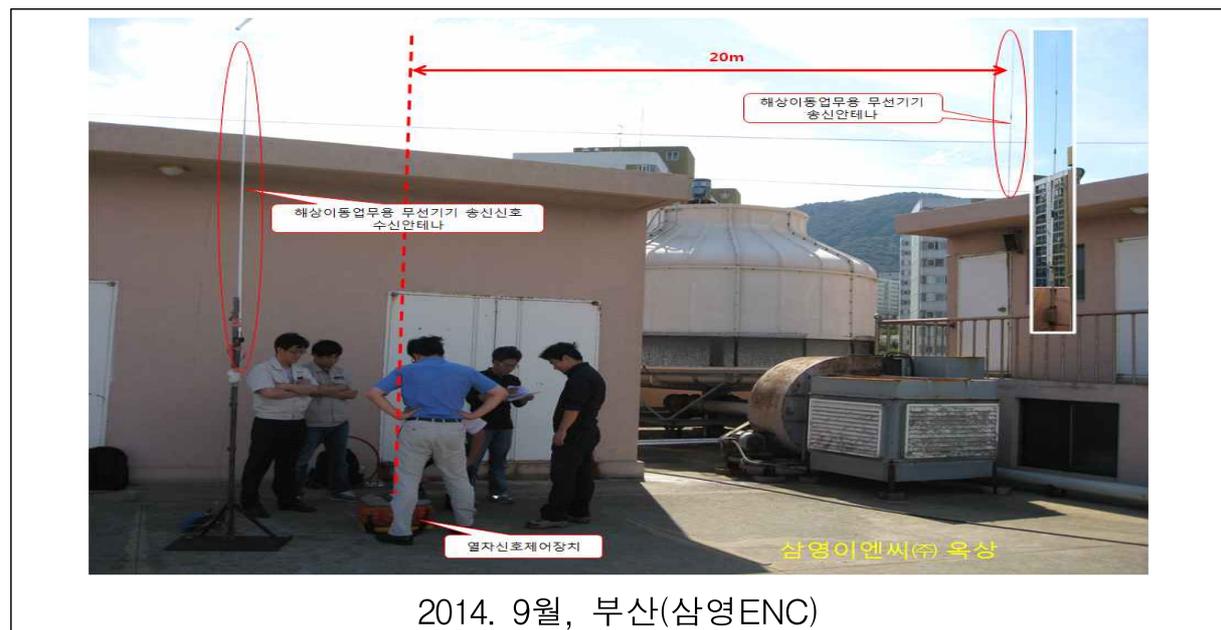


[그림 4-8] 차상장치의 간섭영향실험 구성도와 측정사진

2. 지상장치 간섭실험

철로 위에 설치되는 지상장치와 동 대역(4.2MHz)에서 허가무선국으로 이용 중인 해상이동업무(어업통신)용 무선기기 간 전파간섭영향 실험에서는 해상이동 업무용 무선기기를 20m 이내까지 근접할 경우에도 상호 정상 동작이 이루어짐을 확인하였다.

지상장치의 신호세기는 0.001uW(-59.5dBm)로 해상무선국의 300W (24.7dBm)에 비해 미약하나, 코드화된 정보를 전송하여 근접거리에서도 전파간섭영향이 없는 것으로 판단된다.



[그림 4-9] 지상장치의 간섭영향실험 구성도와 측정사진

2. 실험결과 검토

27MHz대역의 생활무전기에 의해 형성되는 자계는 발리스가 동작될 만큼 충분하지 않음을 확인하였다. 차상장치에서 송신되는 27MHz대역 신호는 선로에 설치된 발리스를 구동시키는 트리거(tele-powering) 신호로만 사용되지만, 만약 27MHz대역 신호에 의해 발리스가 구동되더라도 발리스 신호가 차상에 비정상적으로 전달되는 것은 아니므로 의미가 없다.

그리고, 발리스는 위험을 야기하는 외부의 간섭에 대비해 데이터를 코드화하여 보호하고, 규정된 범위까지 비트 오류를 탐지하도록 되어 있어, 발리스 신호를 정상 수신하지 못하는 경우 열차는 자동 정차되고, 기관사와 중앙센터간 통신으로 사후 대응이 가능하다.

일반적인 이용 특성상, 열차신호제어장치와 동 대역에서 이용 중인 무선 기기는 근접거리에서 공존하여 주파수 공유를 하는 것이 비현실적이다.

하지만, 시험결과 상호 전파간섭없이 이용 가능한 것으로 확인되어, 열차 신호제어장치의 기술기준 도입에 문제는 없을 것으로 판단된다.

제6절 열차신호제어장치 기술기준(안) 마련

자계유도식 열차신호제어장치 이용 주파수대역에 따라 기본파 및 불요발사의 최대 허용기준 마련하여 기술기준을 다음과 같이 마련하였다.

1. 「무선설비규칙」 개정(안)

현 행	개 정 (안)																							
<p>제28조(자계 유도식 무선기기) ① 및 ② (생략)</p> <p><신 설></p>	<p>제28조(현행 제28조 제1항 및 2항과 같음)</p> <p>③ 제1항 및 제2항에도 불구하고 철도용 기기에서 사용하는 자계유도식 무선기기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.</p> <p>1. 기본파의 자계강도는 다음 기준값 이하일 것</p> <table border="1" data-bbox="815 1025 1385 1626"> <thead> <tr> <th>장치명 (용도)</th> <th>중심 주파수</th> <th>주파수대역</th> <th>기준값</th> <th>비 고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>지상장치 <small>주1)</small></td> <td>4,234 MHz</td> <td>984 kHz 이상 7,484 MHz 미만</td> <td>9 dBμA/m @10m</td> <td>※ 차상장치의 신호를 수신한 경우에만 동작</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">차상장치 <small>주2)</small></td> <td rowspan="5">27,095 MHz</td> <td>26,595 MHz 미만</td> <td>-1 dBμA/m @10m</td> <td rowspan="5">※ 지상장치 활성화용으로 사용</td> </tr> <tr> <td>26,895 MHz 이상 27,090 MHz 미만</td> <td>5 dBμA/m @10m</td> </tr> <tr> <td>27,090 MHz 이상 27,100 MHz 미만</td> <td>42 dBμA/m @10m</td> </tr> <tr> <td>27,100 MHz 이상 27,295 MHz 미만</td> <td>5 dBμA/m @10m</td> </tr> <tr> <td>27,595 MHz 이상</td> <td>-1 dBμA/m @10m</td> </tr> </tbody> </table> <p>주1) 지상장치 : 궤도내에 설치되어 차상장치에 의해 감응하며 허용속도, 선행열차와의 거리 등 열차제어정보를 차상장치에 송신하는 설비</p> <p>주2) 차상장치 : 열차에 설치되어 지상장치를 활성화하고 지상장치에서 송신된 정보를 수신하는 설비</p>	장치명 (용도)	중심 주파수	주파수대역	기준값	비 고	지상장치 <small>주1)</small>	4,234 MHz	984 kHz 이상 7,484 MHz 미만	9 dB μ A/m @10m	※ 차상장치의 신호를 수신한 경우에만 동작	차상장치 <small>주2)</small>	27,095 MHz	26,595 MHz 미만	-1 dB μ A/m @10m	※ 지상장치 활성화용으로 사용	26,895 MHz 이상 27,090 MHz 미만	5 dB μ A/m @10m	27,090 MHz 이상 27,100 MHz 미만	42 dB μ A/m @10m	27,100 MHz 이상 27,295 MHz 미만	5 dB μ A/m @10m	27,595 MHz 이상	-1 dB μ A/m @10m
장치명 (용도)	중심 주파수	주파수대역	기준값	비 고																				
지상장치 <small>주1)</small>	4,234 MHz	984 kHz 이상 7,484 MHz 미만	9 dB μ A/m @10m	※ 차상장치의 신호를 수신한 경우에만 동작																				
차상장치 <small>주2)</small>	27,095 MHz	26,595 MHz 미만	-1 dB μ A/m @10m	※ 지상장치 활성화용으로 사용																				
		26,895 MHz 이상 27,090 MHz 미만	5 dB μ A/m @10m																					
		27,090 MHz 이상 27,100 MHz 미만	42 dB μ A/m @10m																					
		27,100 MHz 이상 27,295 MHz 미만	5 dB μ A/m @10m																					
		27,595 MHz 이상	-1 dB μ A/m @10m																					

현 행	개 정 (안)										
	<p><u>2. 불요발사는 다음의 기준값 이하일 것</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">주파수</th> <th style="text-align: center;">기준값</th> <th style="text-align: center;">비 고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">$9 \text{ kHz} \leq f < 150 \text{ kHz}$</td> <td style="text-align: center;">44 ~ 19 dBμA/m <small>주)</small></td> <td rowspan="3"> ※ 10m 거리를 기준으로 한다. ※ 분해대역폭은 주파수 9~150 kHz에서 200 Hz, 150 kHz~30 MHz에서 9 kHz, 30~1,000 MHz에서 120 kHz를 적용하고, 검출 모드는 준첨두치 모드를 이용한다. </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$150 \text{ kHz} \leq f < 30 \text{ MHz}$</td> <td style="text-align: center;">54 ~ 4 dBμA/m <small>주)</small></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$30 \text{ MHz} \leq f < 1 \text{ GHz}$</td> <td style="text-align: center;">79 ~ 54 dBμV/m <small>주)</small></td> </tr> </tbody> </table> <p>주) 주파수의 대수적인 증가에 따라 직선적으로 감소한다.</p> <p><u>3. 제1호를 제외한 해당 주파수는 제27조의 미약 전계강도 무선기기의 기준을 준용할 것</u></p>	주파수	기준값	비 고	$9 \text{ kHz} \leq f < 150 \text{ kHz}$	44 ~ 19 dB μ A/m <small>주)</small>	※ 10m 거리를 기준으로 한다. ※ 분해대역폭은 주파수 9~150 kHz에서 200 Hz, 150 kHz~30 MHz에서 9 kHz, 30~1,000 MHz에서 120 kHz를 적용하고, 검출 모드는 준첨두치 모드를 이용한다.	$150 \text{ kHz} \leq f < 30 \text{ MHz}$	54 ~ 4 dB μ A/m <small>주)</small>	$30 \text{ MHz} \leq f < 1 \text{ GHz}$	79 ~ 54 dB μ V/m <small>주)</small>
주파수	기준값	비 고									
$9 \text{ kHz} \leq f < 150 \text{ kHz}$	44 ~ 19 dB μ A/m <small>주)</small>	※ 10m 거리를 기준으로 한다. ※ 분해대역폭은 주파수 9~150 kHz에서 200 Hz, 150 kHz~30 MHz에서 9 kHz, 30~1,000 MHz에서 120 kHz를 적용하고, 검출 모드는 준첨두치 모드를 이용한다.									
$150 \text{ kHz} \leq f < 30 \text{ MHz}$	54 ~ 4 dB μ A/m <small>주)</small>										
$30 \text{ MHz} \leq f < 1 \text{ GHz}$	79 ~ 54 dB μ V/m <small>주)</small>										
<p>제36조(재검토기한) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제 248호)에 따라 이 고시 발령 후의 법령이나 현실여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 <u>2015년 10월 31일까지</u>로 한다.</p> <p><신 설></p>	<p>제36조(재검토기한) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제 248호)에 따라 이 고시 발령 후의 법령이나 현실여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 <u>2016년 10월 31일까지</u>로 한다.</p> <p style="text-align: center;">부칙</p> <p><u>제1조(시행일)</u> 이 고시는 고시한 날부터 시행한다.</p> <p><u>제2조(경과조치)</u> 이 고시 시행 당시 종전의 규정에 따라 적합성평가를 받았거나 무선국 개설 허가를 받아 운영 중인 무선설비는 이 고시에 의해 적합한 것으로 본다.</p>										

2. 「신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기」 개정(안)

현 행	개 정 (안)																								
<p>제3조의2(자계 유도식 무선기기) (생략) 1. 및 2. (생략) <신설></p>	<p>제3조의2 (현행 제3조의2와 같음) 1 및 2 (현행 제1호 및 제2호와 같음) 3. <u>철도응용기기로 사용하는 것</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">중심 주파수</th> <th style="text-align: center;">주파수 대역</th> <th style="text-align: center;">기준값</th> <th style="text-align: center;">비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">4.234 MHz</td> <td style="text-align: center;">984 kHz 이상 7.484 MHz 미만</td> <td style="text-align: center;">9 dBμA/m @10m</td> <td style="text-align: center;">※ 차상장치의 신호를 수신한 경우에만 동작</td> </tr> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center;">27.095 MHz</td> <td style="text-align: center;">26.595 MHz 미만</td> <td style="text-align: center;">-1 dBμA/m @10m</td> <td rowspan="5" style="text-align: center;">※ 지상장치 활성화용으로 사용</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">26.895 MHz 이상 27.090 MHz 미만</td> <td style="text-align: center;">5 dBμA/m @10m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">27.090 MHz 이상 27.100 MHz 미만</td> <td style="text-align: center;">42 dBμA/m @10m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">27.100 MHz 이상 27.295 MHz 미만</td> <td style="text-align: center;">5 dBμA/m @10m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">27.595 MHz 이상</td> <td style="text-align: center;">-1 dBμA/m @10m</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">이외 주파수</td> <td></td> <td style="text-align: center;">※ 제3조의 미약전계강도 기준 준용</td> </tr> </tbody> </table>	중심 주파수	주파수 대역	기준값	비고	4.234 MHz	984 kHz 이상 7.484 MHz 미만	9 dB μ A/m @10m	※ 차상장치의 신호를 수신한 경우에만 동작	27.095 MHz	26.595 MHz 미만	-1 dB μ A/m @10m	※ 지상장치 활성화용으로 사용	26.895 MHz 이상 27.090 MHz 미만	5 dB μ A/m @10m	27.090 MHz 이상 27.100 MHz 미만	42 dB μ A/m @10m	27.100 MHz 이상 27.295 MHz 미만	5 dB μ A/m @10m	27.595 MHz 이상	-1 dB μ A/m @10m	이외 주파수			※ 제3조의 미약전계강도 기준 준용
중심 주파수	주파수 대역	기준값	비고																						
4.234 MHz	984 kHz 이상 7.484 MHz 미만	9 dB μ A/m @10m	※ 차상장치의 신호를 수신한 경우에만 동작																						
27.095 MHz	26.595 MHz 미만	-1 dB μ A/m @10m	※ 지상장치 활성화용으로 사용																						
	26.895 MHz 이상 27.090 MHz 미만	5 dB μ A/m @10m																							
	27.090 MHz 이상 27.100 MHz 미만	42 dB μ A/m @10m																							
	27.100 MHz 이상 27.295 MHz 미만	5 dB μ A/m @10m																							
	27.595 MHz 이상	-1 dB μ A/m @10m																							
이외 주파수			※ 제3조의 미약전계강도 기준 준용																						
<p><신설></p>	<p style="text-align: center;">부칙</p> <p>이 고시는 고시한 날부터 시행한다.</p>																								

제7절 결론

열차제어시스템은 세계적으로 유럽의 표준을 준용하는 추세이며, 우리나라에서도 이미 유럽과 동 대역의 주파수를 이용하는 열차신호제어장치가 다수 도입·운용되고 있어, 국내 기업이 내수시장을 기반으로 글로벌 기업의 진입장벽이 존재하는 해외 시장을 개척할 수 있도록 제도 마련이 시급하다.

미래창조과학부는 본 연구결과를 바탕으로 하여 2015년에 열차신호제어장치의 기술기준을 고시할 예정이다.

제5장 무선전력전송기기 고주파출력 산출방법 연구

제1절 배경

IT와 에너지를 융합한 무선전력전송 기술은 미래사회를 바꿀 유망기술로서 전세계적으로 주목받고 있으며, 일상생활에서 사용되는 각종 전선으로부터 자유로움과 편리함을 가져올 수 있으리라 기대되고 있다.

가정에서 개인휴대 단말 무선충전 뿐만 아니라 청소기, 태블릿 PC 등의 중소형 전자기기들을 무선으로 충전할 수 있는 다양한 유형의 제품들이 국내외 시장에 출시될 예정이며 전기자동차 등 대전력 무선충전기술도 개발되어 상용화를 앞두고 있다.

경북 구미시는 무선충전 전기버스 시범사업 도시로 선정되어 '13년 12월부터 시내버스 정기노선인의 일반도로에서 시범 운영을 하고 있다.

무선충전 전기버스는 100kW의 대출력으로 무선전력을 전송하는 설비로서, 관련 법규정에 따라 허가 받아 사용하여야 하나, 미래창조과학부는 상용 및 실용 목적을 위해 시험적 이용이 가능토록 실용화시험국으로 지정하였다. 또한, 한국철도기술연구원은 '14년 5월 1MW급의 무선전력전송 기술을 고속열차에 적용하는 시험을 실시한 바 있다.

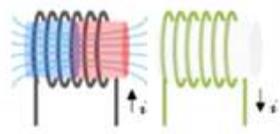
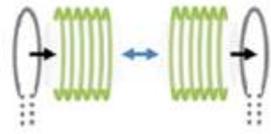
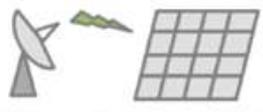
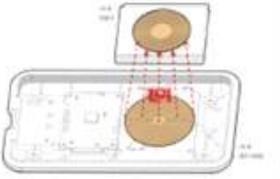
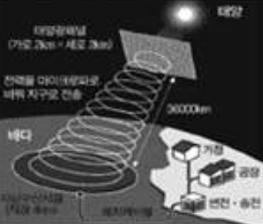
무선전력전송기기는 전파법에서 통신설비 외의 전파응용설비로 분류되어 전파법 제58조제1항(산업·과학·의료용 전파응용설비 등)에 따라 고주파출력이 50W를 초과할 경우에는 허가가 필요하다. 전파법 제76조(전파응용설비의 허가)에서는 허가검사 시 고주파출력을 확인토록 하고 있으며, 이는 허가 대상여부 판단의 근거가 된다. 법령에서의 고주파출력은 “전파응용설비의 고주파출력 산출방법(국립전파연구원 고시)”에서 규정한 방법에 따라 산출하고 있으나, 무선전력전송기기는 기존 전파응용설비와 구조 및 기술적으로 달라 현행 고주파출력 산출방법을 적용할 수 없다.

이에 따라 허가가 필요한 무선전력전송기기의 국내 이용 활성화와 상용화 여건을 마련하기 위해 새로운 고주파출력 산출방법을 마련하고자 하였다.

제2절 무선전력전송기기의 기술 및 시장 현황

1. 무선전력전송의 개요 및 방식

무선전력전송은 선을 사용하지 않고 전기에너지를 자기장 혹은 전자기파 형태로 변형하여 전력을 전달하는 기술을 의미하고 있다. 또한, 무선전력전송은 자기유도방식, 자기공명방식, 전자기파방식 등 크게 3가지로 구분할 수 있으나, 현재 무선충전 분야는 자기유도방식이 상용화되어 제품이 판매되고 있다.

	자기유도방식	자기공명방식	전자기파방식
전송거리	수 mm 내외	수 m 내외	수 Km 내외
동작원리	 <p>송·수신 코일 간의 자기 유도 현상을 이용함</p>	 <p>송·수신 공진기 간의 자기공진 특성을 이용함</p>	 <p>마이크로웨이브 대역에서 송·수신 안테나 간의 방사특성 이용함</p>
사용개념			
사용 주파수 범위	수십 ~ 수백 KHz	수 ~ 수십 MHz	수 GHz

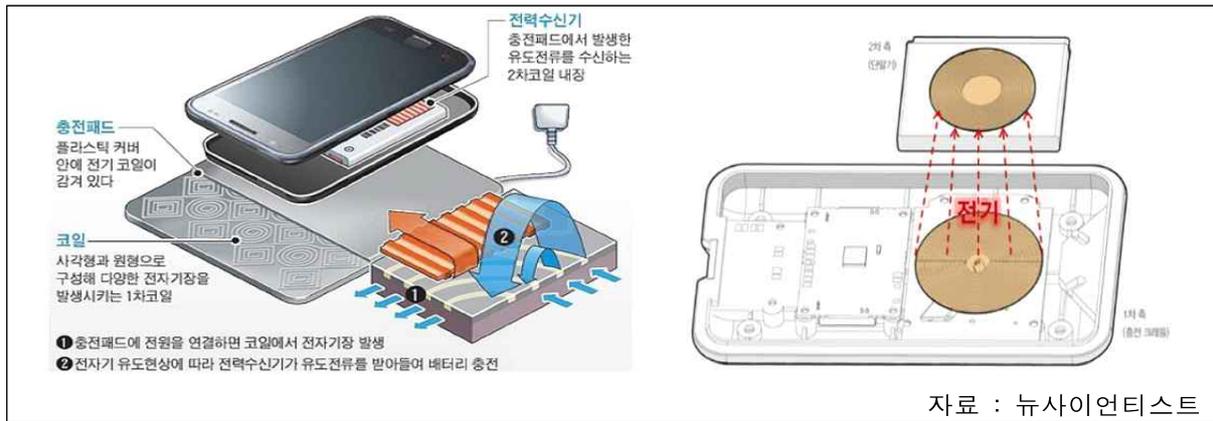
※ 자료 : RAPA(무선전력전송포럼)

[그림 5-1] 무선전력전송 방식별 주요 특징

가. 자기유도방식

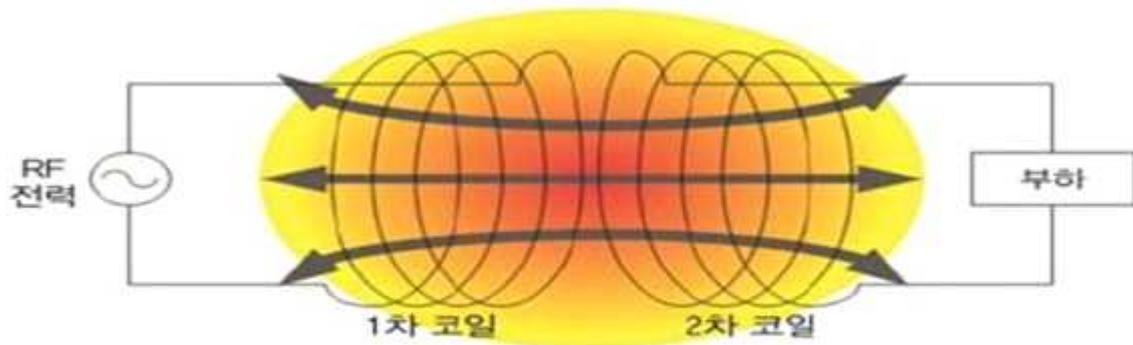
자기유도(Electromagnetic Induction Method)방식은 수mm 내 가까운 거리에서 두 개의 코일이 유도전류¹⁾를 일으켜서 배터리를 충전하는 방식으로 기술 표준화가 상당히 이루어져 현재 상용화된 제품이 출시되고 있다.

1) 두 코일 사이에서 한 코일(1차 코일)에 전류가 흐르게 되면 자기장이 발생하는데 그 자기장이 다른 코일(2차 코일)에 전류를 생성하여 결국 충전하고 싶은 제품에 충전이 가능하게 됨



[그림 5-2] 자기유도방식 충전 개념 및 원리

동 방식은 전자기 유도현상²⁾을 이용하여 무선전력전송을 가능하게 하는데 이를 위하여 송신기(충전패드 등)에 자기장을 유도하는 1차 코일과 유도된 자기장을 통해 전류를 만드는 수신단(단말기 등) 2차 코일 등으로 구성된다.



[그림 5-3] 자기유도방식 무선전력전송 개념

자기 유도방식으로 상용화된 제품은 스마트폰용으로 출시되고 있으며 대부분의 스마트폰에는 전력을 수신하는 2차 코일이 장착되어 있지 않아 2차 코일이 탑재되어 있는 무선충전 리시버(전력수신기)를 추가로 구입하여 장착한 후에 사용해야 하고 일부 스마트폰 모델에는 무선충전 리시버 없이 사용가능한 2차 코일이 탑재되어 있다.

2) 전류를 흘려서 자기장이 발생하고 발생한 자기장의 변화에 따라 전압이 유도되어 전류가 흐르는 현상을 의미함

1) 자기유도방식의 표준

표준화 단체인 WPC(Wireless Power Consortium), PMA(Power Matters Alliance)에 의해서 표준화가 이루어져 기술표준을 통한 기술성숙도가 높은 편이다.

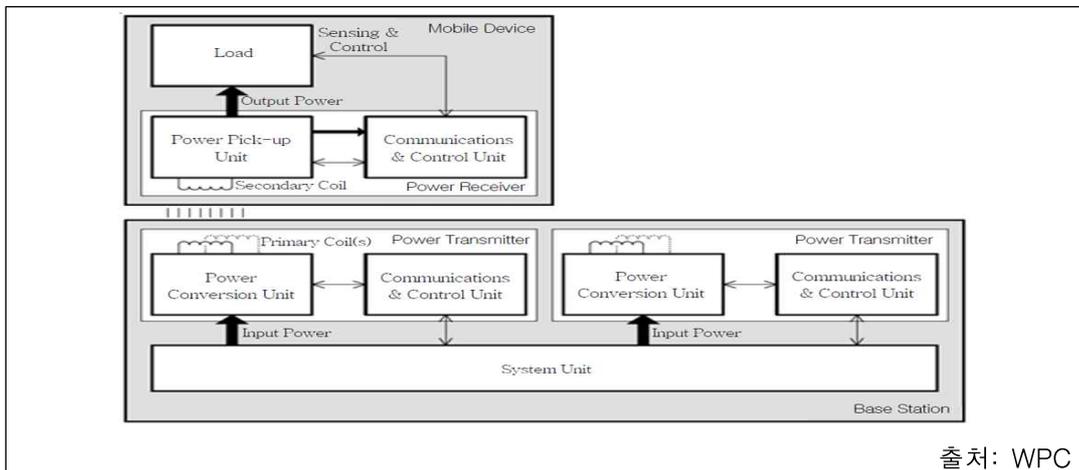
[표 5-1] 자기유도방식 표준화 단체 요약

표준화 기구	기술방식	인증로고	가입사
WPC(Wireless Power Consortium)	자기 유도방식		LG전자, 한림포스텍 Fulton Innovation社(미국) 등 약 210개社
 WIRELESS POWER CONSORTIUM			
PMA(Power Matters Alliance)	자기 유도방식		삼성전기, 삼성전자 Qualcomm社(미국) 등 총 71개社
			

※ 자료 : RAPA(무선전력전송포럼)

WPC에서는 무선전력전송 시스템의 표준 모델을 제시하였고, 업체들은 해당 표준 모델로 무선전력전송 시스템을 개발하고 있다.

해당 표준모델을 만족하면 WPC에서는 Qi(치)인증을 부여하고, 표준모델에서 제시하는 시스템은 전력을 전송하는 송신부인 베이스 스테이션과 전력을 수신하는 모바일 디바이스로 구분되며, 베이스 스테이션은 전력 변환부, 통신 및 제어부, 시스템 부로 구성되어 있으며, 수신하는 모바일 디바이스는 전력 픽업부, 부하, 통신 및 제어부로 구성된다.



출처: WPC

[그림 5-4] WPC 표준 모델의 기본적인 무선전력시스템 구성도

2) 자기유도방식의 요소 기술

무선 전력 송·수신 모듈을 제작하기 위해서는 송·수신 기초 회로 설계기술, 코일 구조 제작기술, 발열제어 기술 등의 기술이 필요하다.

송·수신 기초 회로 설계기술은 전력을 송신 및 수신하기 위한 회로설계 기술로서 전력을 무선으로 보내기 위한 통신 기술을 말한다.

코일 구조 제작기술은 코일을 통해 전력을 송·수신하는데 코일 간 발생할 수 있는 자기장 간섭현상이 일어나지 않도록 자기유도를 위한 코일 구조를 설계하는 기술이며 코일 구조에 따라 전력 전송효율이 좌우되므로 자기유도 방식에서는 중요한 기술이다.

발열제어기술은 전력 송신시 발생하는 열로 인해 전송 효율이 떨어지는 것을 방지하기 위한 기술이다.

또한, 동 방식의 품질계수(Quality Factor)³⁾를 높이기 위해서는 코일 간의 자기장 유도가 원활이 이루어질 수 있도록 코일 간의 송·수신 위치기술, 코일의 배치기술 등이 필요하다.

추가적으로 무선전력 전송 코일의 소형화기술, 다양한 기기의 공진조건 및 전력배분 기술, 기기전력 사용/충전량 조절기술, Shielding기술⁴⁾ 등이 필요하다.

3) 자기유도방식의 기술적 한계점

동 방식은 현재 자기공명방식, 전자기파방식보다 기술적 완성도가 높으나 전송전력이 수 W로 저출력 제품에 적합하고 전송가능거리가 수 mm 내이며 충전위치에 따라 충전 효율이 크게 달라지는 등의 기술적 한계점이 있는 상황이다.

전송가능거리가 짧아 일정 거리 이상 떨어지게 되면 충전 효율이 급격히 감소하는 단점이 있으며, 코일의 위치에 따라 충전 효율이 달라져 충전 자유도가 낮으나 코일의 구조를 변형하여 충전 자유도를 높이는 시도가 진행

3) 코일에서의 에너지저장에 대한 손실의 정도

4) 무선전력 송신의 자기장 누출에 의한 간섭이나 열 발생에 의한 부품의 도전성을 방지하기 위한 기술

중이고, 효율을 높이기 위한 연구도 진행 중이다.



[그림 5-5] 코일 자유도에 따른 충전 전송 세기 비교

4) 자기유도방식의 최근 기술

현재 개발된 자기유도방식의 응용 기술로는 무방향성 충전기술, 이물질 감지 기술 등이 있으며 해당 기술은 개발이 완료된 상태이다.

충전거리가 수mm 이내로 거의 무접점방식의 충전으로 사용되고 있어 수 mm 이상 떨어지면 충전을 할 수 없다.

이물질 감지 기술은 코일 사이에 이물질 감지 센서를 탑재시켜 이물질이 있으면 충전을 중지시켜 충전 시 이물질로 발생할 수 있는 문제를 사전에 차단하는 기술을 말한다.

무방향성 충전기술은 송신부와 수신부를 가지런히 맞추지 않아도 충전이 가능한 기술로, 이를 위해 타원형 코일이 아닌 직사각형 코일의 구조가 적용되었다.

현재 자기유도방식으로 무선충전기를 제조하고 있는 업체들은 충전효율과 충전 자유도를 높이기 위한 기술을 개발 중에 있다.

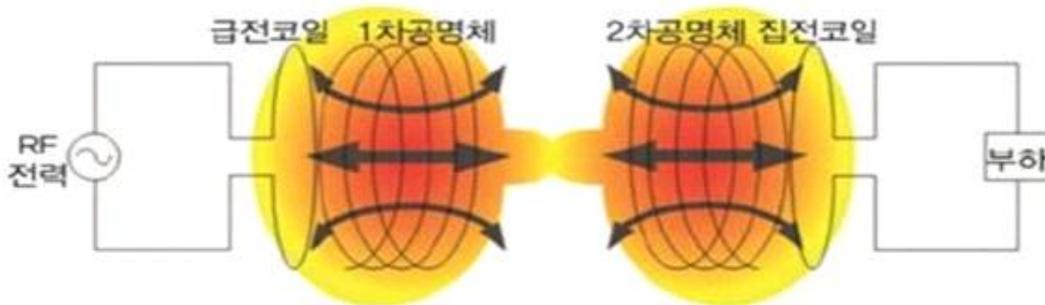
나. 자기공명(공진)방식

1) 자기공명(공진)방식의 개념

자기공명방식(Magnetic Resonance Method)은 인접한 두 매체가 공진주파수⁵⁾를 가질 경우 전자파가 근거리 자기장을 통해서 하나의 매체에서 다른 매체로 이동하는 자기공명현상을 이용하여 전자파를 통해 전력을 전송하는 기술을 말한다.

자기공명(공진)현상은 특정진동수를 가진 물체에 같은 진동수의 힘이 외부에서 가해질 때 진폭이 커지면서 에너지가 증가하는 현상이다.

1차 코일에 흐르는 전류에서 발생하는 자기장들이 2차 코일을 통과하여 유도전류가 발생하는 것은 자기유도 방식과 유사하지만, 1차 코일의 공진주파수와 2차 코일의 공진주파수가 모두 동일하게 제작되어 코일 간의 공진 모드 에너지 결합을 통해 1차 코일에서 발생한 에너지가 2차 코일로 전달되는 방식이다.



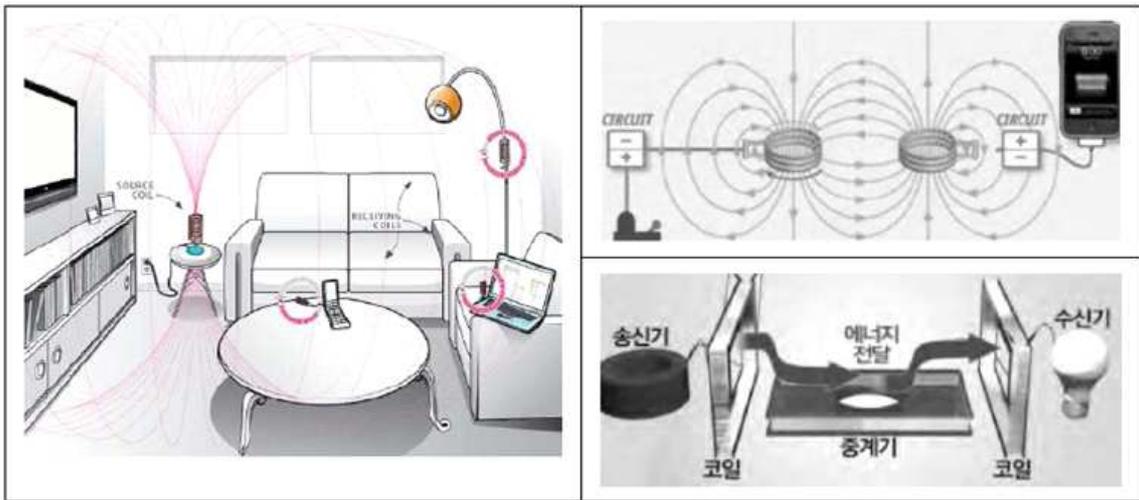
[그림 5-6] 자기공진방식 무선전력전송 개념도

자기공진방식은 각 코일의 공진주파수와 에너지 전송주파수가 동일하게 제작되어야 하며 높은 품질계수를 확보하기 위해 각 코일의 크기가 자기유도방식보다 크게 제작되어야 한다는 단점이 있으나, 공진기의 높은 품질계수를 이용하여 자기유도방식보다 전송거리 측면에서 유리하다. 이와 같은 자기공명방식은 자기유도방식에 비해 다양한 분야에 적용할 수 있다.

5) 회로에 포함되는 인덕턴스와 코일의 값에 의해서 정해지는 고유 주파수와 전원의 주파수가 일치하면 일어나는 현상을 공진 현상이라고 하며 이때의 주파수를 공진주파수라고 하고 이때의 전압과 전류의 값이 최대가 됨

2) 자기공명(공진)방식의 장점

자기공명방식은 자기유도방식에 비해 원거리 전력전송이 가능하고, 송수신 코일 방향성의 자유도가 높은 편이기 때문에 충전기기의 위치와 관계없이 전력수신이 가능하며, 자기유도방식보다 응용분야가 다양할 것으로 판단된다.



자료 : The Economist, WiTricity 의

[그림 5-7] 자기공명방식의 응용 개념도

3) 자기공명(공진)방식의 표준 현황

자기공명방식 표준화 단체인 A4WP(Alliance For Wireless Power)에 의해 기술표준화가 진행 중이지만 아직 표준화가 되지 않은 상태이다.

[표 5-2] 자기공명(공진) 표준화 단체 요약

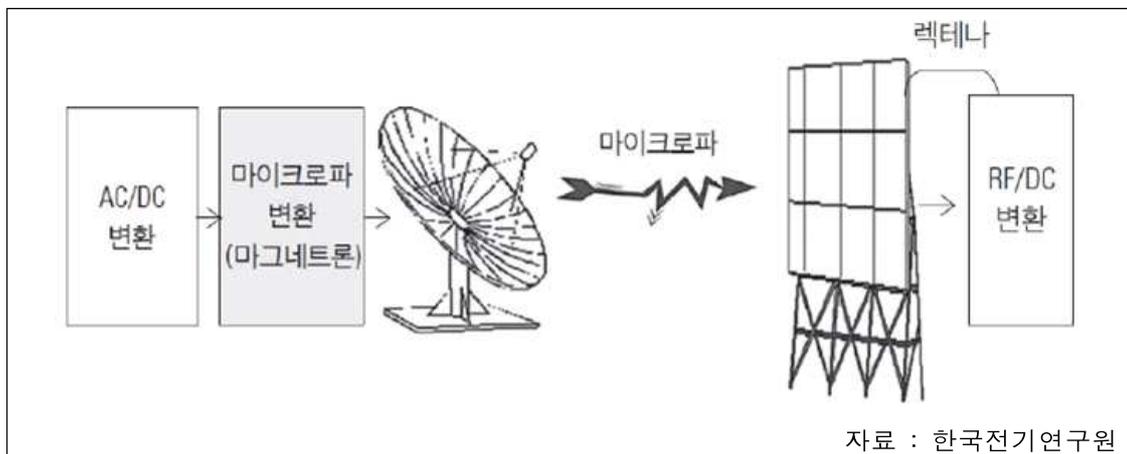
표준화 기구	기술방식	인증로고	가입사
A4WP(Alliance For Wireless Power)	자기 공명방식		삼성전자, SK텔레콤 Qualcomm社(미국) 등 총 약 80개社

※ 자료 : RAPA(무선전력전송 포럼)

다. 전자기파 방식

전자기파(Microwave)방식은 송신부에서 수백 MHz이상의 마이크로파를 공기 중에 방사시켜 수신부의 안테나를 통해 마이크로파 신호를 수신한 후 전력으로 변환하는 방식이다.

마이크로파는 적은 전력(1W 미만)을 수m 이상에 보내기 위해서 사용될 수 있고, 수십 kW 이상의 높은 전력을 수십 km까지 전송할 수 있으며, 우주태양광발전(Space Solar Power System) 등의 분야에서 개발이 진행되고 있다.



[그림 5-8] 전자기파 방식 개념도

동 방식은 원거리 충전이 가능하다는 장점이 있지만 일부 기술적인 한계점이 있어서 활발히 상용화가 이루어지지 않고 있다.

원거리 충전이 가능한 대신에 전송될 때 대기 중으로 에너지가 흡수되거나 대기 중에 있는 수분에 의해 전송 효율이 낮아질 수 있으며, 고주파를 이용하여 높은 에너지를 전송하기 때문에 인체에 유해할 수 있으므로 유해성 문제를 해결해야 한다.

2. 무선전력전송 관련 주요 업체 현황

무선전력전송 업체는 크게 부품 및 칩 제조업체, 무선충전기 모듈 및 패드업체, 휴대폰 및 가전제품 제조업체 등으로 구성된다.

부품 및 칩 제조업체들은 코일, 차폐재 등을 제조하고 무선충전기 모듈 및 패드 제조업체는 이들 부품을 이용하여 무선충전기 모듈 및 패드를 생산·조립하여 휴대폰 등의 기기 세트(Set)업체에 공급한다.

현재 자기유도방식은 상용화에 성공하여 제품이 판매중이나, 자기공명방식은 시제품이 개발되고 있으며, 전자기파 방식은 기술 개발 중에 있다.

국내 자기유도방식 무선충전제품(무선충전기 모듈 및 패드, 리시버)을 제조하는 업체는 대기업으로는 삼성전기, LG전선, LG이노텍 등이 있으며 중소기업으로는 와이즈파워, 한림포스텍 등이 있다.

현재 칩을 제조하는 회사로는 TI(Texas Instruments), National Semiconductor 등이 있고 국내 대기업 및 중소기업들은 TI의 칩을 주로 사용하고 있으며 코일, 차폐재 등은 주로 국내업체를 통해 구입하고 있다.

현재 자기유도방식 무선충전제품은 애프터마켓 형식으로 판매되거나 휴대폰 세트 업체에서 무상으로 제공하는 방식으로 공급되고 있으나, 현재는 가격이 유선충전방식 대비 상당히 고가여서 소비자가 납득할 수준으로 가격이 떨어지지 않는 한 시장이 성장하는데 한계가 있을 것으로 보인다.

휴대폰 세트업체들은 소수의 프리미엄 스마트폰 모델에 무선충전제품을 무상으로 공급하고 있으나, 프리미엄 스마트폰 시장이 둔화되고 있고, 가격을 낮춰 출시하는 추세로 향후 무선충전제품을 무상으로 공급하기는 쉽지 않을 것으로 보인다.

현재 상용화되어 판매되는 제품 대부분은 자기유도방식 무선충전방식이며, 자기공명방식은 업체에서 표준화 및 상용기술을 개발하는 단계이고, 전자기파방식은 연구소에서 미래 기술용으로 개발 중이다.

[표 5-3] 무선전력전송 기술방식별 국내외 업체 현황

구분	자기유도방식	자기공명방식	전자기파방식
해외 관련 주요 업체	Nokia, SONY, Verizon, TI, Duracell, Energizer, Powermat, Belkin, Delphi Automotive, Ever Win International, Fulton Innovation, Freescale, Hwawei, Hitachi, HTC, IDT, Motorola, NEC, Panasonic, TDK, Toshiba 등	Qualcomm, Broadcom, Intel, Gill Industries, Ever Win International, Integrated Device Technology, Peiker Acustic, Powermat, Renesas, WiTricity 등	NASA(National Aeronautics and Space Administration, 미국항공우주국)
국내 관련 주요 업체	삼성전자, LG전자, 삼성전기, 팬택, LS전선, 알에프텍, 한솔테크닉스, 크로바하이텍, 켐트로닉스, 와이즈파워, 한림포스텍, 파트론, K더파워 등	삼성전자, SK텔레콤, LS전선, 알에프텍, 한솔테크닉스, 켐트로닉스, 크로바하이텍, 전자부품연구원, 메타테크놀로지 등	한국전기연구원

자료 : KDB산업은행

3. 무선전력전송기기 기술 개발 현황

전기 에너지를 무선으로 전달하는 기술을 적용한 주방용 가전기기에 대한 표준은 자기유도 방식을 통하여 개발 중이다.



※ 자료 : RAPA(무선전력전송 포럼)

[그림 5-9] 중전력 주방가전용 무선전력전송기기 응용 예시

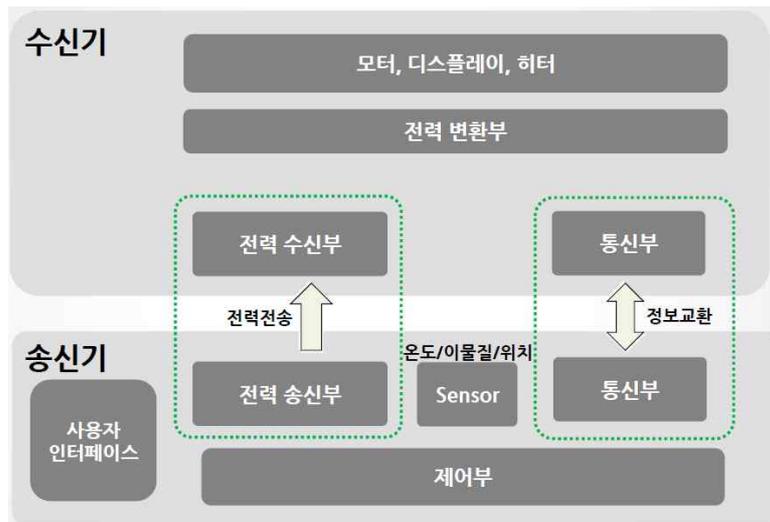
자기유도방식의 IH용 기기에서 사용하는 100 kHz 이하의 주파수를 이용하여 중전력(100W~2.4kW) 무선전력전송 및 In-band 또는 out-of-band 양방향 통신 수행이 가능하다.

현재 개발 중인 무선주전자, 무선 커피메이커 등 주방가전 제품은 무선설비규칙상 미약전계강도 무선기기 기준을 만족하고 있어 별도의 주파수 분배나 기술기준 개정 없이 이용가능하다.



※ 자료 : RAPA(무선전력전송 포럼)

[그림 5-10] 자기유도방식 중전력 주방가전용 무선전력전송 시스템 개념도



※ 자료 : RAPA(무선전력전송 포럼)

[그림 5-11] 중전력 자기유도방식 시스템 개념도

현재 주방가전기에 적용되는 중전력 무선전력전송의 경우, 몇몇 기업체 및 연구소에서 데모 시연을 보여준 바 있으며, 실제제품으로 적용할 수 있는 수준의 기술개발이 진행 중이다.

저전력 무선전력전송과 비교하여 높아진 전력레벨로 인해, 기존 시스템에서 사용한 In-band 통신 방식을 적용하기 어렵고, Out-of-band 통신방식을 채택하는 경우에도 기기간 혼선을 방지해야 하는 과제가 있다.

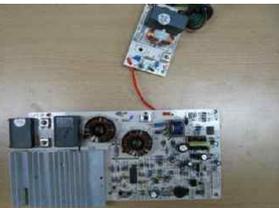
기존 저전력 무선전력전송 기술과 차별화되는 중전력 무선충전 기술 개발을 기본으로, 전자기 유도라는 동일 원리를 이용한 IH/무선충전기술을 융합하여 실제 제품 수준의 기술을 개발하고 있다.

중전력 무선전력전송의 경우, 국내외적으로 기술 개발 및 표준화 단체의 활동이 시작단계로 국내 업체의 적극적인 기술개발 및 표준활동 참여가 요구된다.

가. 해외 기술개발 현황

중전력 무선충전 기술의 경우, WPC내의 Kitchen Working Group 등 국내외적으로 기술개발 및 표준화 단체의 활동이 시작되었으며, LG전자, Phillips, Haier 등 다양한 국내외 업체가 참여하여 논의 중이며, 관련 IH(Induction Heater) 기술을 이용한 인덕션 쿠키 제품이 출시되고 있다.

[표 5-4] 인덕션 쿠키 예

인덕션 쿠키			
			필립스
			리훴쿠헤

※ 자료 : RAPA(무선전력전송 포럼)

Haier은 CES2012에서 콘텐츠 전달에 Wireless Home Digital Interface(WHDI) 기술을 이용하고 전력전송은 자기공진방식을 이용한 55인치 3D TV를 시연하였고, 수신코일은 TV아래쪽에, 송신코일은 스탠드 아래에 위치하고 전력 전달 거리는 약 8인치로 발표하였다.



※ 자료 : RAPA(무선전력전송 포럼)

[그림 5-12] Haier의 무선전력전송 TV

친환경자동차 시장에서 플러그인 하이브리드, 배터리 전기자동차의 영향력이 급속히 확대되고 있다. 이를 기반으로 3.3kW급 무선전력전송 기기가 활발히 개발 중이며, 현재 3.3kW급 무선충전 장치가 북미시장에 출시되었다.

Evatran은 전기자동차 충전을 위한 Plugless Power 기술을 개발하였으며, 2012년부터 Clemsom University, Google, Hertz Rent Car, State of Virginia, Duke Energy 등 여러 기관이 참여하는 전기자동차 무선충전기술의 실증 테스트인 Apollo Launch Program을 진행하였고, 2013년 하반기 보쉬 오토모티브 서비스를 통해 애프터마켓 대응 전기차용 무선충전시스템(3.3kW급)이 북미시장에 출시되었다.

Witricity는 MIT의 자기공명 기술을 기반으로 설립된 무선전력전송 업체로서 3.3kW급 표준모델과 소형화 모델을 개발하였고, 90% 효율로 15~20cm 전력 전달 기능을 가졌다.

Qualcomm Halo는 2012년부터 영국 런던에서 Wireless Electric Vehicle Charging(WEVC)기술을 실증 실험을 시작하였으며, 3kW, 7kW, 18kW 이상의 다양한 출력의 시스템을 개발 중이고 85% 이상의 효율(Grid to Battery)로 전력전달이 가능하다.

국내 LG전자와 국외로는 Phillips, Haier가 큰 관심을 보여 무선전력전송 주방가전기기를 개발 중에 있으며, WPC에서 위의 세 기업을 주축으로 Kitchen Working Group을 신설하여 무선전력전송 주방가전 제품 개발과 표준화를 추진 중에 있다.

나. 국내 무선전력전송 기술 개발 동향

국내에서는 휴대폰 제조사와 관련 부품 업체들이 소전력 무선전력전송 기술을 적용한 5W급 스마트폰 무선충전기기를 개발해 제품을 출시하고 있다.

LG전자는 기존 VU2, G-pro, G2와 같은 모델에 자기유도칩을 내장하여 출시 했듯이 최신 모델인 G3 모델에도 무선충전을 지원하는 자기유도칩을 내장하여 출시하고 있으며, 주방가전을 포함한 다양한 무선충전 제품 개발을 위해 그린파워, 코마테크, 한국전과진흥협회와 국책 R&D과제를 수행하고 하고 있다.

인덕션 쿠키는 디자인, 안전성, 손질 및 보관의 편리함 등의 이유로 수요가 매년 증가하고 있는 추세이다. 국내 밥솥 시장의 40%를 점유하고 있는 쿠첸은 인덕션 방식과 하이라이트 방식을 결합하여 사용자의 필요에 따라 열원을 선택할 수 있는 제품을 출시하였으며, 렌탈서비스를 적용하여 제품 보급에 노력하고 있다.

자기유도방식의 무선충전기는 대기업과 더불어 동양이엔피, 한솔 등 유선충전기 개발업체와 한림포스텍, 코마테크 등 다양한 업체들이 자기유도방식의 무선충전기 제품을 상용화 했으나 아직 시장의 반응은 그리 높지 않다.

자기유도방식의 무선충전기와 더불어 자기공명방식의 무선충전기 개발도 가속화되고 있다. 삼성전기는 2013년말 세계 최초로 A4WP 'Rezence' 인증을 획득하여 2014년 CES에서 제품을 시연하며 상용화를 준비하고 있다.

삼성전자는 자기유도 방식이 가능한 갤럭시 노트 시리즈, S시리즈를 공급하고 있으며, 자기공진 방식 출시는 미정이다.

50W 이상 2.4kW 이하의 중전력 분야는 가전, 서비스 로봇, 전기자전거, 보행보조로봇 등 일반인의 생활과 가장 밀접한 전자, 전기분야로 무선전력 전송 기술이 적용될 경우, 가장 큰 파급 효과와 관련 산업의 활성화를 얻을 수 있는 분야이다. 그러나 현재까지 무선전력전송 분야의 기술개발은 스마트폰 충전용 소전력 분야와 전기자동차 충전용 대전력 분야에 집중되어 있어 국내외 모두 중전력 분야 무선전력전송 기술개발은 미진한 편이다.

3.3kW 이상의 전력을 송신하는 대전력 무선전력전송 분야도 소전력 무선전력전송 분야와 같이 자기유도방식과 자기공명방식이 경쟁하고 있다.

국내 대전력 무선전력전송 분야는 2009년부터 KAIST에서 자기유도방식의 전기버스 무선충전 기술을 중심으로 개발되고 있다.

KAIST에서 개발된 무선충전 전기버스는 도로에 매설된 전선(급전코일)과 버스에 내장된 집전코일을 통해 20cm의 거리에서 최대 85%의 전송 효율로 100kW의 전력을 전달하여 전기버스의 배터리를 충전하는 기술로 도로에 세그먼트(segment)방식으로 매설된 전선에서 발생하는 ‘자기장’을 차량하부에 장착된 집전장치를 통해 ‘전기에너지’로 변환하여 차량을 운행하는 새로운 개념의 친환경 전기자동차다.

2010년에는 서울대공원(코끼리열차)에서 최초 상용 운전을 시작하였고, 2014년부터는 동원 OLEV와 협력해 2013년 8월 구미시에서 무선충전 전기 버스를 시범운행하기 시작했고, 2014년 구미역과 인동을 잇는 시내버스로 운영되고 있으며, 시범 사업 범위도 확대 중이다.





※ 자료 : KAIST

1. 급전인버터 : 고주파 전류 생성, 고효율 공진 제어,
2. 급전레일(세그먼트) : 도로 하부 매설, 3. 집전픽업 : 차량 하부 장착, 비접촉 유도
4. 레귤레이터 : 배터리 충전, 전기모터 구동

[그림 5-13] 구미시 무선충전 전기버스 시범 사업 및 운행 원리

철도기술연구원에서는 무선급전 전기열차를 개발하여 1,000kW 대전력 무선충전 기술을 세계 최초로 성공하고, 현재 시험단계에서 테스트 중이다.



자료 : 한국무선전력전송포럼(KWPF)

[그림 5-14] 고속철도 급전 방식 비교

현대·기아자동차는 현재 전기자동차 무선충전 관련 SAE(미국 자동차 기술 협회)의 표준화 활동을 활발히 진행하고 있다.



자료 : 한국무선전력전송포럼(KWPF)

[그림 5-15] 전기자동차 무선충전 포지셔닝 테스트 현장

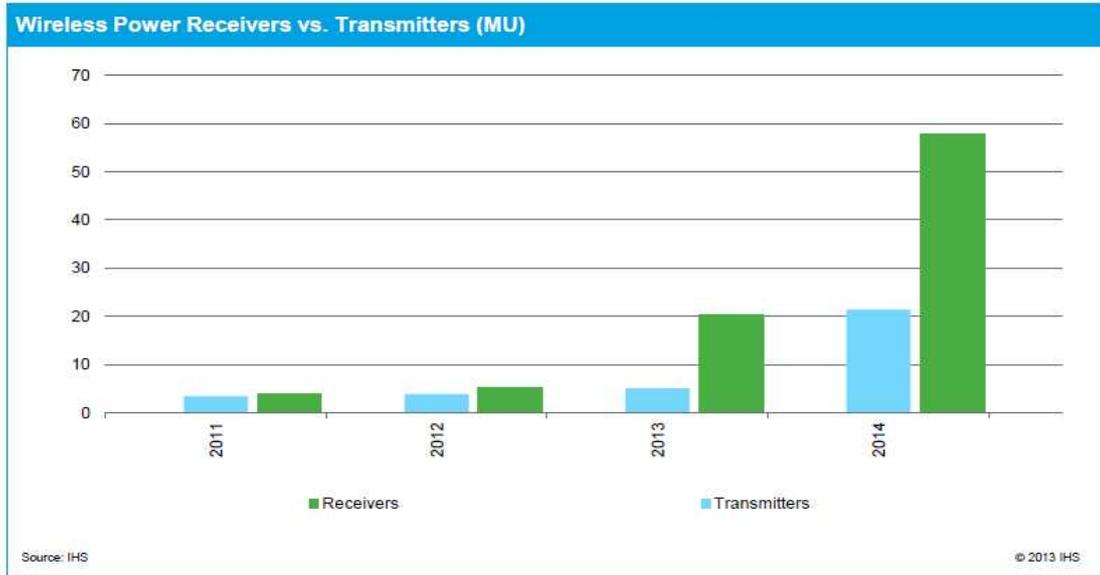
다. 무선전력전송 시장 전망

Pike Research의 2011년도 시장보고서에 따르면, 현재의 5W급 무선 전력 전송 기술이 2016년 이후에는 가전기기, 산업용 기기, 전기차 등의 고전력 응용분야로 확대될 것으로 전망하고 있다.

무선전력전송(무선충전)제품의 시장규모는 '13년도부터 본격적으로 확대되어 시장이 커질 것이라는 전망이 우세했으나 기존의 유선으로 충전하는 방식대비 상당히 고가인 가격으로 인해 시장확대가 다소 늦어지고 있다. 무선 충전제품의 시장 확대를 위해서는 소비자가 납득할 만한 수준으로 가격이 하락해야 할 것으로 보이며, 또한 현재 대부분의 무선충전제품이 스마트폰용으로 출시되고 있어 적용제품의 다변화가 필요하다.

시장조사업체 IHS가 예측하기로는 2013년 21백만대에서 2014년 80백만대 규모로 확대되나, 대부분 모바일기기가 차지할 것으로 보고 있다.

단위 : 백만대



※ 자료 : 2013 IHS 시장조사

[그림 5-16] 무선전력전송기기 공급 현황

Pike Research는 인프라를 포함하여 2015년 70억불에 달할 것으로 보고 있으며, 연 평균 15.1%의 성장세를 보일 것으로 예상된다.

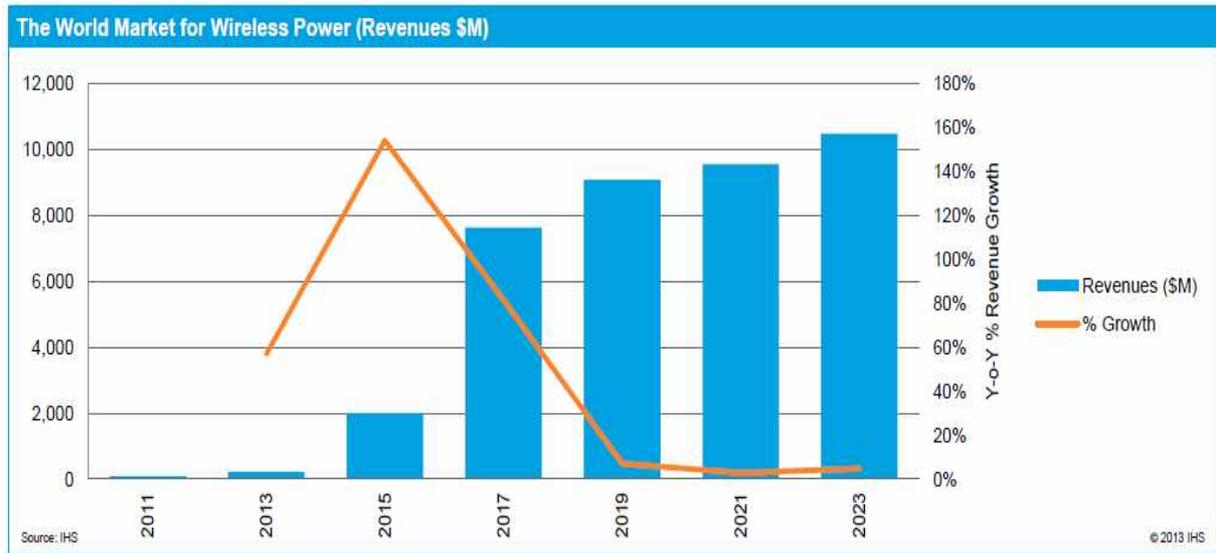
[표 5-5] 응용분야별 세계 시장 전망

단위 백만불

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
모바일	1,353	1,648	2,009	2,449	2,985	3,640	4,438	5,410	21.9%
정보가전	60	70	80	92	105	120	136	153	14.2%
산업용	647	837	1,081	1,394	1,794	2,301	2,938	3,727	28.5%
인프라	3,384	3,521	3,678	3,862	4,081	4,346	4,674	5,086	5.8%
자동차	26	62	108	177	266	391	532	685	50.5%
계	5,470	6,138	6,956	7,974	9,231	10,798	12,718	15,061	15.1%

자료 : 2012 Pike Research

모바일 분야는 2013년 2억불 규모에서 2018년 85억불로 증가하고, 2023년 100억불로 급격히 증가할 것으로 예상된다.



※ 자료 : 2013 IHS 시장조사

[그림 5-17] IHS 예측 시장규모

마켓앤마켓은 인프라를 제외하고 2017년 71억불의 세계시장이 형성될 것으로 보며, 아시아태평양 지역은 2017년 5,357백만불로 세계시장의 74%를 차지할 것으로 보고, 연 평균 성장률은 56.32%를 전망한다.

일본은 2011년 185백만불 시장에서 2017년 2,771백만불 시장으로 증가하는 증가율이 가장 큰 국가이다.

아시아태평양 지역에서 일본 다음으로 중국이 가장 매력 있는 시장이 될 것이며, 2011년 74.3백만불 시장에서 2017년 1,110백만불 시장으로 늘어날 것이며, 연 평균 성장률은 56.23%이다.

[표 5-6] 아시아 지역 시장 전망

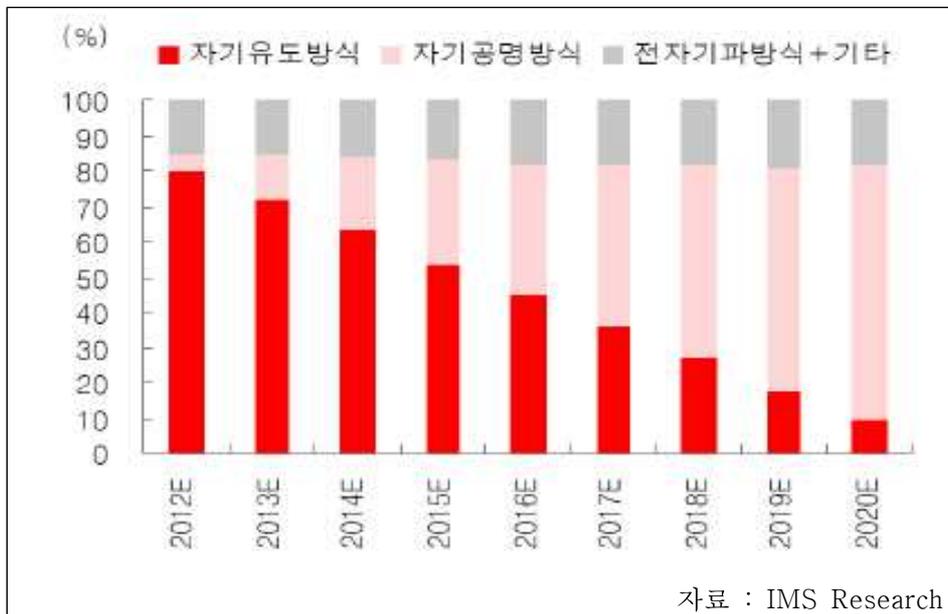
(단위 백만불)

지역	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR
일본	184.8	298.9	476.1	753.1	1,183.1	1,808.2	2,771.5	56.1%
중국	74.3	119.3	187.7	294.3	459.1	721.2	1,110.4	56.2%
한국	59.8	97.2	154.7	245.5	387.4	615.8	959.2	58.1%
대만	19.4	31.1	48.9	76.6	119.4	187.4	288.3	56.1%
기타	15.9	25.4	39.7	61.7	95.5	148.9	227.5	55.1%
계	354.2	571.9	907.1	1,431.2	2,244.5	3,481.5	5,356.9	56.32%

자료 : 2013 MarketsandMarkets

현재 시장은 자기유도방식이 상용화되어 판매되고 있어 무선전력전송방식 중에 가장 많은 점유율을 보이고 있다.

자기공명방식은 자기유도방식보다 비교적 원거리에서 무선전력전송이 가능하여 해당 기술이 가지는 문제점이 해결되어 상용화 된다면 다양한 응용기술이 가능하여 향후에 자기유도방식보다 점유율이 높아질 것으로 예상된다.



[그림 5-18] 미래 무선전력전송 예상 방식

현재 대부분의 무선충전제품은 애프터마켓에서 판매가 되고 있고 유선방식 대비 고가의 가격으로 소비자들이 구입할 요인이 크지 않아 시장 확대에 제한이 되고 있다.

일부 스마트폰에는 무선충전 리시버를 자체 탑재한 제품이 있지만 현재 대부분의 스마트폰은 무선충전 리시버를 달 수 있게 하는 단자가 있어 소비자가 선택적으로 무선충전제품을 사용할 수 있으므로 보급에는 한계가 있다.

향후 스마트폰 세트업체가 해당 무선충전제품을 스마트폰과 함께 판매할 경우에 시장이 확대될 수 있을 것으로 보이나, 프리미엄 스마트폰 시장의 성장이 둔화되고 출고가 낮아지고 있는 추세에 무상으로 무선충전제품을 제공하기에는 스마트폰 세트업체들의 부담이 클 가능성이 높다.

현재 대부분의 무선충전제품이 자기유도방식을 적용하고 있으나 적용되는 제품도 스마트폰 등에 국한되어 있고 자기유도방식 보다는 자기공명방식이 스마트폰뿐만 아니라 다양한 전자제품도 충전시킬 수 있어 활용도면에서 유리할 것으로 보이므로 고가의 자기유도방식 무선충전제품의 시장이 단기 안에 확대되기는 쉽지 않을 것으로 보인다.

제3절 전파응용설비(ISM기기)의 국내 이용 현황

1. 산업용 전파응용설비

산업용 전파응용설비는 고주파 에너지를 발생시켜 그 에너지를 목재와 합판의 건조, 금속의 용융 또는 가열, 진공관의 배기 등 산업생산에 사용하는 설비이며, 가구산업, 음료산업, 철강산업, 열처리 산업, 반도체 산업 등 다양한 산업에서 활용하고 있다. 출력도 수W부터 수십kW로 다양하며, 주파수용접기, 고주파인두기, 고주파밴딩 등 접합에 사용되는 유전식 전파응용설비와 플라즈마 RF, 코로나처리기 담금질 등 열처리에 사용되는 유도식 전파응용설비로 구분된다.

전파응용설비 중 주파수가 9kHz이상이고 출력이 50W를 초과하는 전파응용설비는 전파법 제58조에 따라 허가·검사를 받고 운용하도록 하고 있다.

[표 5-7] 국내 산업용 전파응용설비

장비	주파수	최대출력	용도
고주파유도가열기 (반도체식)	5~500Hz 3~1000KHz	15~700KW	열처리, 소입, 소려, 용접 및 납땜, 용착, 단조 및 빌렛가열 등
고주파유도가열기 (진공방식)	350KHz	55KW	소결 및 공구열처리, 표면강화, 국부경화, 반도체 결정성장, 응력제거용, 연구개발, 시험용 등
고주파용접기	350KHz	200KW	용접용
고주파용해로	0.5~20KHz	5~3000KW	주강, 주철, 합금강, 비철, 귀금속 및 주석 용해
단조가열히팅코일	0.5~10KHz	50~300KW	가열, 취출, 단조 등
유도가열전원시스템	1~30,300KHz	1~3000KW	국부가열
열처리장치	20,150,200KHz	60~300KW	자동차 부품 다목적 열처리 장치
고주파밴딩	1~10KHz	30~300KW	파이프의 밴딩 처리
고주파인두기	400~470KHz	30~140W	납땜용
고주파 모터 스피들	20~50KHz	2.2~3.6KW	기계 선반용
코로나 처리기	20~50KHz	10~40KW	인쇄, 코팅, 도장 등의 표면처리기
플라즈마 RF Generator	100, 200~500KHz, 1~2, 3.2, 27, 12, 60, 100MHz	0.6~30KW	Plasma를 위한 RF 발생기
플라즈마 Matcher	400KHz, 2, 4, 13.56, 27.12, 60, 100MHz	0.6~50KW	Plasma Ignition 장비
플라즈마 Asher	400KHz	10KW	플라즈마 식각장치
고주파 유전 가열기	13.56, 27.12, 40.68MHz	5~300KW	목재, 플라스틱, 셀룰로이드화이버, 고무, 종이, 세라믹, 코르크, 섬유소재, 멜리민 수지의 건조 및 합착, 사출예열 등

장비	주파수	최대출력	용도
대기압플라즈마전원장치	5~30KHz	2~12KW	플라즈마 장치의 전원
마이크로펄스하전방식전원	>0.6KHz	29KW	집진기용 전원
고주파용해	0.5~3KHz	50~1000KW	금속 용해
고주파원사건조기	27.12MHz	75KW	원사 건조
냉공조용동파이프 용접기	20KHz	3KW	동파이프 용접
전기전선용접기	20KHz	3KW	전기 전선 용접
SEAM 용접	20KHz	3KW	Seam 용접
고주파용착기(Play Header)	27, 12, 40, 46, 60MHz	1~10KW	필름, Seal, 가죽, 경질판 등의 용착 및 용단
고주파용착기(전자유도관리기)	400, 900KHz	2.5~10W	
고주파용착기(전자유도관식)	50, 350~500KHz	0.5~3KW	
고주파전자유도용착기	30KHz	3~15KW	금속의 용착 및 용단
금속 용착기	19.5, 39.5KHz	0.75~1.5KW	금속의 용착 및 용단
초음파 미싱	15~30KHz	1.2KW	Sewing machine
초음파 Horn Checker	13.5~45KHz	60W	금속의 용착 및 용단
초음파 핵산 전용 세척기	28~40KHz	1.2KW	핵산 세척
버티칼 용착기	20KHz	2KW	필름, Seal, 가죽, 경질판 등의 용착 및 용단
라벨 커팅기	20KHz	2KW	라벨 커팅용
초음파 세척기	20~60KHz	0.4~1.5KW	식기, 용기 등 세척
초음파 금속 용착기	20, 40KHz	0.8~3.3KW	금속표면 산화막 제거 및 금속 접합
초음파 플라스틱 용착기	15~60KHz	0.15~0.5KW	플라스틱 용해 접착
단조식 초음파 세척기	20~68KHz	1~3.6KW	식기, 용기 등 세척
렌즈용 초음파 세척기	28~50KHz	0.06~1.2KW	식기, 용기 등 세척
초음파 세정기	28, 40KHz	0.6~1.2KW	식기, 용기 등 세척
초음파 탈란기	15~20KHz	1.4~2.4KW	구슬 및 장신구 탈란
초음파 유화기	20KHz	0.2~0.6KW	화학 및 생화학 반응 촉진
초음파 분쇄기	20KHz	0.2~0.5KW	액체내 기포제거, 분리, 추출분산 및 파쇄, 혼합 등
초음파 용접기	15~40KHz	3~700KW	금속 등의 용접
전자레인지	2450MHz	500~1500W	요리용
전기스팀 오븐	2450MHz	700~1800W	요리용
고주파 조명기기	250KHz, 2.65, 13.56MHz	-	조명기기
단속식 Tempering	915MHz	30KW	해동용
마이크로파 해동장치	2450MHz	5KW	해동용
자동차 Door Seal용 스폰지 및 고무가류장치	2450MHz	9KW	고무의 탄성, 내열성 등을 증대하기 위한 장치
마이크로파 연속토	2450MHz	3~4.2KW	각종 산업용폐수장 빗질 소재 포장 완충재
무선전력전송기기	9KHz~1GHz	수mW~100KW	LED 점등, 3D안경, 휴대폰 충전, 차량 충전 등

자료 : KCA

2. 의료용 전파응용설비

의료용 자극기나 수술기부터 MRI(자기공명영상장치), 심전계·뇌파계 등 다양한 검사용 기기가 있으며, 고주파 발생 의료기기와 무선기술 의료기기로 구분하고 있다.

고주파 발생 의료기기는 고주파를 이용하여 열을 발생시켜 치료, 자극, 수술에 사용하는 고주파자극기, 전기수술기 등이 있으며, 무선기술 의료기기는 무선통신기술을 이용하여 환자의 생체신호 측정·기록 및 양방향 혹은 단방향으로 정보를 전송하는 캡슐내시경, 인공심장 박동기, 심장제세동기 등이 있다.

허가와 검사체계는 산업용 전파응용설비와 동일하게 적용되고 있으나, 50 W 이하의 의료용 기기는 적합성평가를 받아야 사용 가능하다.

[표 5-8] 국내 의료용 전파응용기기

장비	주파수	최대출력	용도
고주파 심혈 발생기(가정용)	4.1KHz	1.5W	혈액순환 촉진 및 신진대사 증진
고주파 심혈 발생기(병원용)	2.4, 4.8, 28, 500KHz	5~450W	셀룰라이트 분해 세포 활성화 림프 순환 등
전자기 발생기	1~120Hz	4W	류마티스클리닉, 신경과, 피부과 등의 치료
전기자극기	1~5KHz	>3W	통증 완화
극초단파 자극기	2450MHz	250W	통증 완화
고주파 자극기	250~300KHz	320W	통증 완화
저주파 자극기	0.001~1KHz	1~3W	통증 완화
의료용 조합 자극기	1.5~20KHz	1~35W	통증 완화
초음파 자극기	1000~3000KHz	5~6W	통증 완화
신경자극 탐색기	0.0001~0.05KHz	1~3W	전류자극을 통해 신경의 위치를 탐색
초음파 진단기	2000~9000KHz	-	초음파 영상진단
디지털 간섭 치료기	2~12KHz	20~30W	통증 완화
초음파 치료기	2048KHz	300W	체내 지방조직 분해
전기 수술기	400KHz	70~400W	순수절개, 혼성절개 등의 수술 용도
MRI	5~200MHz	100~1KW	환자의 병소 진단

자료 : KCA, 동향과 전망

50W를 초과하는 출력을 사용하는 의료용 기기와 의료기기법에 따라 허가를 받거나 신고한 의료용 기기는 적합등록 제외대상 기기로 정하고 있으나, 고주파전류를 이용하는 의료용 기기, 체내이식 무선의료기기 등은 적합인증 대상기자재로 분류하고 있다.

[표 5-9] 전파 의료기기 생산액 상위품목

단위 : 억원, %

구분	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	전년대비 증가율
초음파영상 진단장치	711	2,177	2,341	2,560	3,215	2,867	3,308	3,804	4,608	21.11%
개인용 온열기	524	444	394	680	1,016	1,314	811	949	1,062	11.95%
디지털엑스선촬영장치	155	218	339	285	537	689	1027	698	997	42.89%
의료용 프로브	222	230	337	427	360	704	946	823	906	10.05%
개인용조합자극기	856	838	857	800	760	688	823	932	871	-6.52%
계	2,468	3,907	4,268	4,752	5,888	6,262	6,915	7,206	8,444	17.18%

자료 : 2013 식품의약품 통계연보

[표 5-10] 전파 의료기기 수출액 상위 품목

단위 : 백만달러

구분	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
초음파영상진단장치	160	219	250	286	305	226	309	376	455
개인용 온열기	34	46	57	72	88	99	66	71	81
디지털엑스선촬영장치	0.15	2.7	4.7	14.2	29.7	32.0	45.1	38.6	53.6
의료용 프로브	1.0	9.5	20.8	35.9	30.6	50.2	68.0	74.1	74.7
개인용조합자극기	21.2	31.1	47.1	38.0	40.1	33.3	45.6	50.0	51.6
계	216.35	308.3	379.6	446.1	493.4	440.5	533.7	609.7	715.9

자료 : 2013 식품의약품 통계연보

[표 5-11] 전파 의료기기 수입액 상위 품목

단위 : 백만달러

구분	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
자기공명전산화단층촬영장치	48.7	39.3	62.8	77.2	73.6	44.6	87.4	81.8	92.3
전산화단층엑스선촬영장치	37.6	36.8	66.0	70.3	77.9	55.0	98.5	87.0	70.3
의료용프로브	16.6	19.0	20.9	27.6	35.0	25.4	36.0	43.6	53.6
초음파영상진단장치	33.6	32.0	38.0	40.0	33.9	31.1	40.0	40.2	43.1
계	136.5	127.1	187.7	215.1	220.4	156.1	261.9	252.6	259.3

자료 : 2013 식품의약품 통계연보

[표 5-12] 국내 의료용 전파응용설비 현황 및 용도

장비	주파수	최대출력	용도
고주파심혈발생기(가정용)	4.1KHz	1.5W	혈액순환 촉진 및 신진대사 증진
고주파심혈발생기(병원용)	2.4, 4.8, 28, 500KHz	5~450W	셀룰라이트 분해 세포 활성화 림프순환 등
전자기 발생기	1~120Hz	4W	류마티스클리닉, 신경과, 피부과 등의 치료
전기자극기	1~5KHz	>3W	통증 완화
극초단파 자극기	2450MHz	250W	통증 완화
고주파 자극기	250~300KHz	320W	통증 완화
저주파 자극기	0.001~1KHz	1~3W	통증 완화
의료용 조합 자극기	1.5~20KHz	1~35W	통증 완화
초음파 자극기	1000~3000KHz	5~6W	통증 완화
신경자극 탐색기	0.0001~0.05KHz	1~3W	전류자극을 통해 신경의 위치를 탐색
초음파 진단기	2000~9000KHz	-	초음파 영상진단
디지털 간섭 치료기	2~12KHz	20~30W	통증 완화
초음파 치료기	2048KHz	300W	체내 지방조직 분해
전기 수술기	400KHz	70~400W	순수절개, 혼성절개 등의 수술 용도
MRI	5~200MHz	100~1KW	환자의 병소 진단

자료 : KCA

[표 5-13] 전파응용설비 관련 의료기기 목록

품목번호	장치명
A12000	비전리 진단 장치 Non-ionization diagnostic device(MRI)
A12010.01	초전도자석식전신용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.02	초전도자석식부위 한정용자기공명전산화단층촬영
A12010.03	초전도자석식순환기용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.04	초전도자석식유방용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.05	상전도자석식부위 한정용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.06	상전도자석식순환기용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.07	상전도자석식유방용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.08	상전도자석식전신용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.09	영구자석식부위 한정용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.10	영구자석식순환기용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.11	영구자석식유방용자기공명전산화단층촬영장치
A12010.12	영구자석식전신용자기공명전산화단층촬영장치
A16000	이학 진료용 기구 Physical devices for medical use
A16010.01	저주파자극기

품목번호	장치명
A16010.02 A16010.03 A16070.01 A16080.01 A16085.01 A16090.01 A16250.01	간섭전류형저주파자극기 경피성통증완화전기자극장치 극초단파자극기 초단파자극기 고주파자극기 초음파자극기 의료용고주파온열기
A17000 A18020.06 A26220.01 A26370.01 A26380.01 A26380.02 A26380.03 A26380.04 A26380.05 A26380.06 A26380.07 A26380.08 A26390.01 A26400.01 A26410.01 A26420.01	심혈관용 기계 기구 Cardiovascular devices 초음파체내충격파쇄석기 태아초음파측정기 초음파골밀도측정장치 범용초음파영상진단장치 두부용초음파영상진단장치 이동형초음파영상진단장치 산부인과용초음파영상진단장치 체내형순환기용초음파영상진단장치 유방용초음파영상진단장치 안과용초음파영상진단장치 체외형순환기용초음파영상진단장치 초음파심장조영장치 초음파뇌조영장치 초음파도플러진단장치 초음파펄스진단장치
A30000	지각 및 신체 진단용 기구 Perception and organs diagnostic devices A30060.01 신경자극탐색기
A35000 A35010.01 A35010.02 A35010.03 A35010.04 A35020.01 A35030.01 A35040.01 A35100.01 A35100.02 A35110.01	전기 수술 장치 Electrosurgical device 범용전기수술기 내시경용전기수술기 안과용전기수술기 치과용전기수술기 의료용전기소작기 의료용열소작기 의료용고주파열상발생기 초음파수술기 고강도집속형초음파수술기 극초단파수술기
A83000 A83010.01 A83070.01 A83080.01 A83080.02	개인용 전기 자극기 Electric stimulator for medical use by personal 개인용저주파자극기 개인용초단파자극기 개인용조합자극기 개인용조합자극기

품목번호	장치명
A83090.01 A83100.01	개인용전기자극기 개인용초음파자극기
A85000 A85010.01 A85020.01	의료용 자기 발생기 Magnetic induction apparatus for medical use 의료용자기발생기 의료용전자기발생기

자료 : 식품의약품안전청

제4절 국내·외 전파응용설비 관련 규정

1. 미국

FCC의 연방통신법 제302조 전파수신 간섭장치 규정에 의거하여 CFR 47 (Telecommunication) Part18(Industrial, Scientific, and Medical Equipment) 에서 전파응용 기기를 소비자용과 비소비자용으로 분류하여 관리하고 있다.

전파응용 기기를 ISM 기기라고 규정하고, 설치장소에 대한 특별한 허가 없이 적합성평가제도 중심으로 운영하며, 소비자용은 검증(verification) 또는 증명(certification)으로, 비소비자용은 적합성 선언(declaration of conformity)으로 적합성평가를 적용하고 있다.

FCC에서는 ISM 기기에 대하여 적합성평가만 실시하고 사후조사를 통해 혼신을 야기한 경우 해당 ISM 기기의 운영을 중지토록 관리하고 있으며, 연방통신법은 ISM 대역에서 ISM 기기의 기본파에 대한 전계강도를 제한하지 않고, ISM 주파수 밖에서는 불요파 강도를 규제하고 있다.

2. 유럽

유럽연합소속 국가들은 CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization)에서 승인한 EN(European Norm) 55011 규격을 통해 ISM 설비의 적합성평가 업무를 수행하고 있다.

ISM 기기는 ITU-R에서 지정한 ISM 대역 내에서는 출력제한 없이 사용할 수 있으며, ISM 대역 밖에서는 일정한 전계강도 기준을 만족하는 경우에는 전 주파수 대역에서 사용 가능하다.

CISPR11에서 ISM 기기를 RF 에너지 생성원리와 가사용 저전압설비 이용 여부에 따라 4가지로 분류하고 이를 조합하여 적합성평가를 적용하고 있다.

항 목	분 류	정 의
RF 에너지 생성원리	Group 1	전도성 결합으로 전파에너지를 생성·이용하는 ISM 기기
	Group 2	전자파 복사로 전파에너지를 생성·이용하는 ISM 기기
가사용 저전압설비 이용여부	Class A	가정용 저전압 전원설비에 연결하는 기기를 제외한 모든 ISM 기기
	Class B	가정용 저전압 전원설비에 연결하여 사용하기 적합한 ISM 기기

3. 일반

ISM 설비를 전파법 제100조(고주파이용설비) 제2항에서 “무선설비 및 전호의 설비 이외의 설비로서 10kHz 이상의 전류를 이용하는 것 중 총무성령으로 정하는 것”으로 정의하고 있다.

※ 전호의 설비 : 전선로에 10kHz 이상의 고주파 전류가 통하는 전신 전화, 그밖의 통신설비

전파법 시행규칙 제45조 및 제46조에 따라 통신설비용 고주파 이용설비와 통신설비 이외의 고주파이용설비로 구분하고 통신설비 이외의 고주파이용설비를 의료용, 공업용 가열, 기타로 분류하고 있다.

고주파출력이 50W를 초과하는 ISM 기기에 대해 허가를 받아야 하나, 초음파 세정기 등 ISM 기기는 형식지정으로 전자레인지와 가열식 조리기구는 형식확인이라는 적합성평가 제도로 운영하고 있으며, 무선설비규칙 제65조에서 ISM 기기의 기본파 및 불요파를 규제하기 위한 전계강도 기준치를 규정하고 있다.

통신설비이외의 고주파이용설비의 전계강도 최대허용치의 특례(고시 257호)

무선설비규칙 제65조의 규정에 의하여 통신설비이외의 고주파이용설비에서 발사되는 기본파 또는 스퓨리어스 발사에 의한 전계강도 최대허용치의 특례를 다음과 같이 정하고, 소화 46년(1971년) 4월1일부터 적용한다.

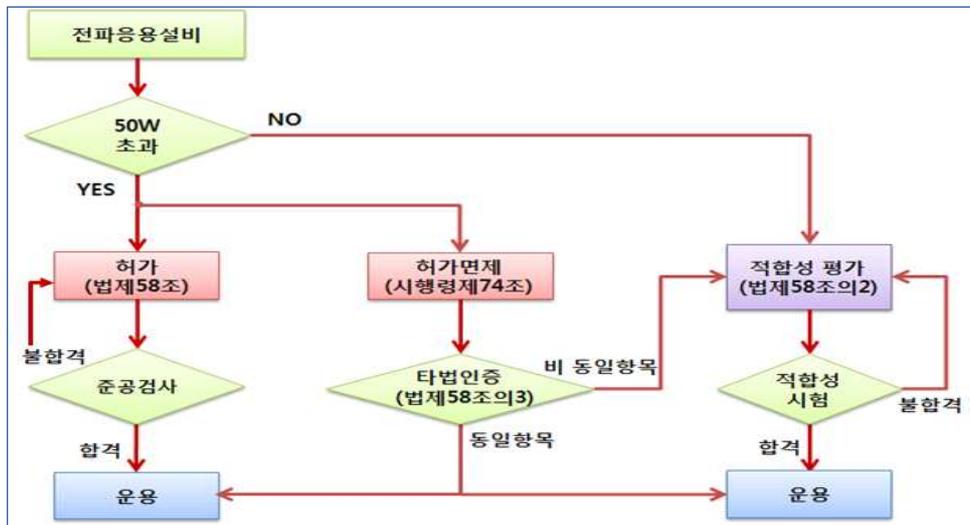
- ① 다음에 나열한 주파수대내에 있어서는 통신설비이외의 고주파이용설비로부터 발사되는 기본파 또는 스퓨리어스 발사에 의한 전계강도의 최대허용치를 정한다.

(1) 13.56MHz(±6.78kHz)

(2) 27.12MHz(±162.72kHz) (3) 40.68MHz(±20.34kHz) (4) 2,450MHz(±50MHz) (5) 5.6GHz(±75MHz) (6) 24.125GHz(±125MHz)		
② 통신설비이외의 고주파이용설비에 450kHz이하의 주파수를 사용하는 것으로부터 발사되는 기본파의 전계강도의 최대허용치는 별표와 같다.		
③ 통신설비이외의 고주파이용설비에 40.46MHz의 주파수를 사용하는 것으로부터 발사되는 기본파의 전계강도의 최대허용치는 40.46MHz(±240kHz)의 주파수대(제1항 3호의 것은 제외)내에 있어서 별표와 같다. 40.46MHz의 주파수의 사용이외의 통신에 방해가 발생하는 지역에 있어서는 그 주파수를 대신하여 41.14MHz의 주파수를 사용할 경우 41.14MHz(±240kHz)의 주파수 대역 내에 있는 그 최대허용치에 있는 것과 같다.		
분류	최대 허용치	
	제2항의 주파수	제3항의 주파수
의료용 설비	30m거리에서 매 m 1mV이하	30m거리에서 매 m 2.5mV이하
공업용 가열설비	100m거리에서 매 m 1mV이하	100m거리에서 매 m 2.5mV이하
각종 설비 - 500W 이하 - 500W 초과	- 제2항 및 제3항의 사용주파수의 구별에 따라 각각의 1의 값이 동일 - 제2항 및 제3항의 사용주파수의 구별에 따라 각각 2의 값을 넘지 않는 범위에 있어서 1의 값에 $\sqrt{P/500}$ (P는 고주파출력을 W로 표 한다)를 곱한 값 이하	

4. 한국

주파수가 9kHz 이상이고 고주파출력이 50W를 초과하는 전파이용설비는 고시로 지정한 일부 품목을 제외하고 허가·검사를 받고 운용하도록 하며 고주파출력이 50W 이내는 적합성평가를 받도록 하고 있다.



[그림 5-19] 전파응용설비의 운용 예시도

가. 전파응용설비의 정의

전파법 제58조에서는 전파에너지를 발생시켜 한정된 장소에서 산업·과학·의료·가사, 그 밖에 이와 비슷한 목적에 사용하도록 설계된 설비를 통신설비외의 전파응용설비라 하고, 전선로에 주파수가 9kHz 이상인 전류가 흐르는 통신설비 중 전계강도 등이 정하는 기준에 해당하는 설비를 통신설비인 전파응용설비로 정의하고 있다.

나. 전파응용설비의 구분

전파법 제74조에 따라 통신설비 외의 전파응용설비는 산업, 과학 및 의료에서 사용하는 전파응용설비로서 일반적으로 ISM기기를 말한다.

구분	내용
산업용 전파응용설비	고주파 에너지를 목재와 합판의 건조, 금속의 용융 또는 가열, 진공관의 배기 등 산업 생산을 위한 설비
의료용 전파응용설비	고주파 에너지를 CT, MRI, 수술용 접합기기 등 의료용 목적으로 사용하는 설비
그 밖의 전파응용설비	산업용·의료용이 아닌 설비로서 고주파의 에너지를 직접 부하에 주거나 가열·전리 등의 목적에 이용하는 설비

※ '00.4.11 시행 전파법시행령부터 ①산업용, ②의료용, ③기타전파응용설비로 구분 (이전에는 일본과 동일하게 1.의료용설비, 2.공업용가열설비, 3.각종설비로 구분)

[표 5-14] 전파응용설비 이용사례

산업용	의료용	가사용	과학용 및 기타
 <p><고주파 용접기></p>	 <p><MRI></p>	 <p><전자레인지></p>	 <p><스펙트럼 분석기></p>
 <p><고주파 열처리기></p>	 <p><심장 조영장치></p>	 <p><초음파 세척기></p>	 <p><고주파 조명기기></p>

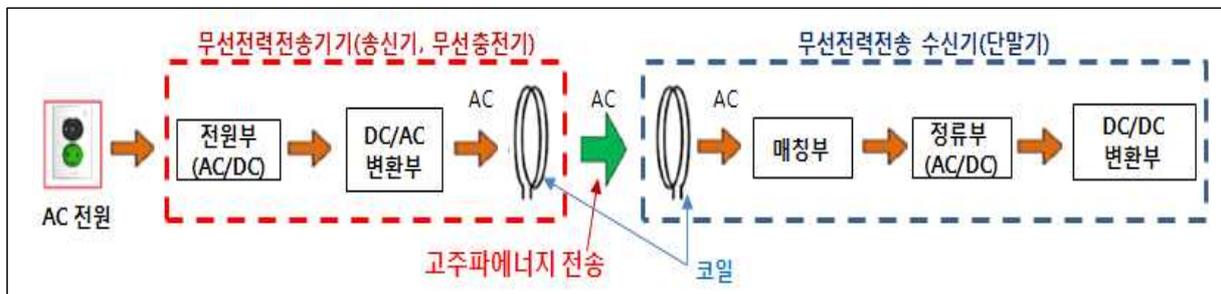
전파법시행령 제75조에 따라 통신설비인 전파응용설비는 전력선을 이용한 통신설비와 유도식 무선전신·무선전화 설비로 구분하고 있다.

구 분	내 용
전력선을 이용한 통신설비	대지귀로 방식 전력선 반송 전신 전화 설비 및 이와 유사한 통신 설비를 전력선 반송 설비라 함
유도식 무선전신·무선전화	해당 설비로부터 500미터 떨어지고 선로로부터 기본 주파수의 파장을 2π로 나눈 거리에서의 전계 강도가 미터마다 15 마이크로볼트를 초과하는 것을 유도식 통신 설비라 칭함

제5절 무선전력전송기기 고주파출력 산출방법 실험

실험국으로 운용중인 무선충전 전기버스와 태블릿, TV 등 생활가전용 무선전력전송기기(송신기)를 대상으로 실험을 실시하였다.

본 연구반에서는 무선전력전송 송신기에 직접 공급되는 AC 또는 DC 전력에 따라 수신기가 고주파 전력에너지를 최대로 받아들이는 상태(최대부하, Max Load)에서의 소비전력과 DC→AC 전력변환부 출력(코일 전단)에서 발생하는 전력을 고주파출력으로 간주하여 실험을 실시하였다.



[그림 5-20] 무선전력전송기기의 일반적인 구조

1. 무선충전 전기버스

대전 KAIST 교내 셔틀로 운행되고 있는 무선충전 전기버스의 설치·운용 형태를 확인하여 고주파출력 측정 및 산출 방안을 검토 하였다.

< 무선충전 전기버스 KAIST 교내셔틀버스 운행('12.10~, 실험국) >
- 전기버스 집전용량 60-70kW / 급전레일 공급 인버터 출력 240kW / 최대효율 80%

무선충전 전기버스 구성 및 원리는 다음과 같다.

첫째, 도로변의 인버터(무선전력전송 송신기)에서는 3상 380Vac를 공급받아 200A, 20kHz로 변환하여 도로 밑에 매설된 전선(급전 레일, 1차코일)에 전기를 공급한다.

둘째, 도로 밑의 전선에 전류가 흘러 발생하는 자기장은 전기버스 하부에 장착된 집전장치(Pick-up 2차코일, AC)에서 발생한 자기유도전류는 정류기(AC→DC)를 통해 ‘전기에너지’로 변환된다.

셋째, 전기에너지는 레귤레이터(DC, 전압을 일정하게 하여 안정화)로 전달되어 1차적으로 전기모터 구동에 필요한 전력을 공급하고, 2차적으로 배터리에 전력 공급하여 충전이 이루어진다.



[그림 5-21] 무선충전 전기버스의 운용 구성도 및 사진

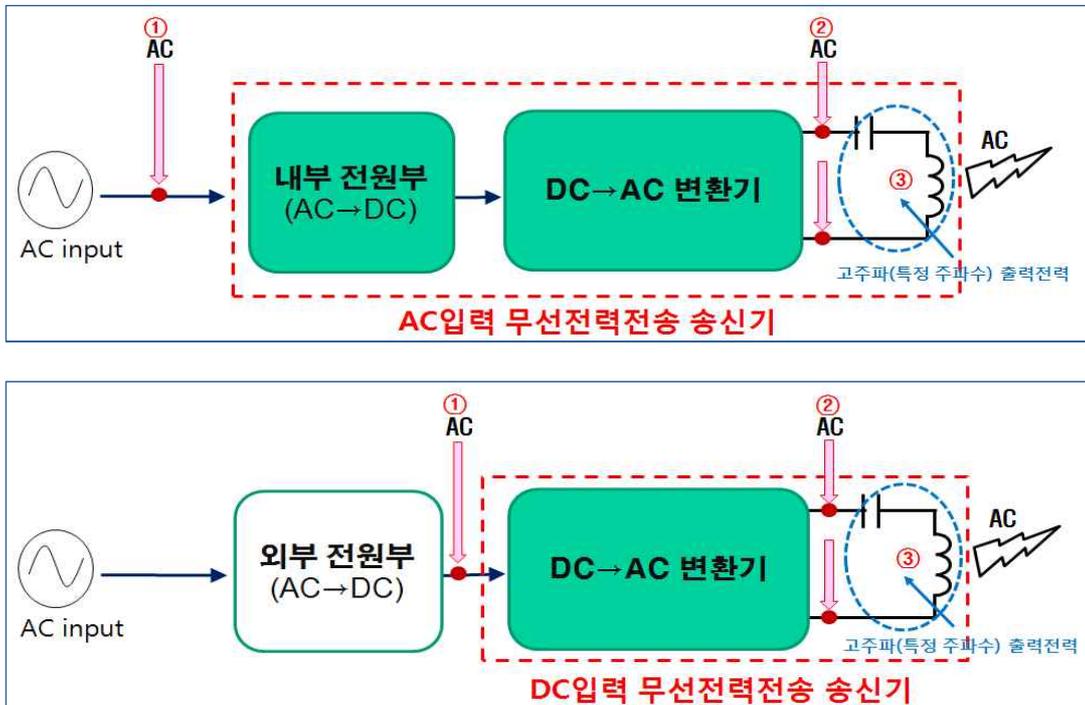
무선충전 전기버스의 운용을 위해 무선전력전송 송신기(인버터)는 도로에 매설된 1차코일로 전력을 공급하여 2차코일인 무선충전 전기버스에 전기에너지(고주파출력)를 전달하나, 인버터 내부소자에서 발생하는 열을 외부로 방출하기 위해 방열팬이 설치되어 인버터 출력단에서 고주파전력 측정은 구조적으로 용이하지 않았으나, 내장된 전력계측기를 통해 외부에서 출력확인이 가능하였다.



2. 가사용 무선전력전송기기

TV, 태블릿 등의 용도를 위한 무선전력전송 시제품에 대해 수신기의 최대 부하에서 송신기의 소비전력을 측정하고, DC-AC 변환부의 출력을 오실로스코프 등 계측장비로 측정하였다.

무선전력전송 송신기에서 DC-AC 변환부 출력은 특정주파수에서 발생하는 전기에너지가 코일을 통해 수신기로 전달되는 전력이며, 이는 고주파출력으로 간주할 수 있다.



[그림 5-22] 공급전원에 따른 무선전력전송 송신기의 고주파출력 산출방법 예

※ ① 송신기 입력 소비전력(소비전력), ② DC-AC 전력 변환부 출력, ③ 고주파(특정 주파수) 전력

※ 송신기의 고주파발생 전력 비율 또는 입출력 전력전달 비율(%) = $(\text{②}/\text{①}) \times 100\%$

또한, 무선전력전송 송신기 입력단의 소비전력과 출력단(DC-AC 변환부 출력)에서의 고주파출력을 측정하여 비교한 결과, 송신기 내부소자 및 전력 변환시 발생하는 손실로 입·출력 전력전달 비율은 85~90%로 확인되었다.

아래는 가정용 무선전력전송기기 시제품을 이용하여 전력전달 비율을 측정한 결과이다.

가. 태블릿용 무선전력전송기기

입력 (소비전력, DC Power)	AC→DC 변환부 출력 (AC Power)	효율 (송신기 입·출력 전력전달 비율 또는 고주파발생 전력비율)	측정장비
60.6W	55W	90.6%	전력분석기, 파워미터

나. TV용 무선전력전송기기

입력 (소비전력, AC Power)	AC→DC 변환부 출력(AC Power)	효율 (송신기 입·출력 전력전달 비율 또는 고주파발생 전력비율)	측정장비
162W	138W	85%	AC전력분석기, 오실로스코프

다. 주방가전용 무선전력전송기기

입력 (소비전력, DC Power)	AC→DC 변환부 출력(AC Power)	효율 (송신기 입·출력 전력전달 비율 또는 고주파발생 전력비율)	측정장비
800W	769W	96%	DC 파워공급기, 오실로스코프

3. 실험결과 검토

허가검사 업무에서 전파응용설비의 고주파출력 산출은 기본적으로 설치 현장에서 측정을 통해 확인되는 사항으로, 무선전력전송기기는 이용형태 및 기기의 특성 등을 고려하여 간편하고 일률적 방법이 도출될 수 있도록 현실적인 방안 마련이 필요하다.

현재 고주파출력이 50W 초과되어 허가가 필요한 무선전력전송 기기는 실험국으로 지정받아 운용 중인 대전시 KAIST 내 셔틀버스(80kW)와 구미시 시범사업의 무선충전 전기 시내버스가 있다. 고주파출력은 전류(기회로에 직렬로 접속)와 전압을 측정하고 곱하여 산출하나, 설치현장에서 전류계를 부하에 직렬로 연결하기 위해 송신기의 전기회로를 절단 후 접촉 방식으로 부하로 전달되는 전류 측정 방법보다는 클램프미터와 같은 비접촉 방식의 전류 측정기로 측정하는 방법이 현실적이며 효율적이라 판단된다.

[표 5-15] 전류 측정방법 예시

	
접촉식(직접측정)	비 접촉식(간접측정)

또한, 무선전력전송기기의 기술특성을 고려하여 측정지점을 명확히 하는 것이 고주파출력 산출의 신뢰성을 부여할 수 있으므로, 시제품의 무선충전기 출력측정은 실험실 내에서 DC→AC 전력변환부 출력 포인트에서 오실로스코프의 프로브를 이용하였으나, 현장에서 이루어지는 허가검사 상황을 고려하면 간이하고 효율적인 고주파출력 측정방법이 필요하다.

무선충전 전기버스를 비롯한 무선전력전송기기는 시스템 구조와 기술적인 이해가 많이 요구되므로 허가검사 시 행정의 효율성 제고를 위해 허가 검사자는 현장에서 측정한 송신기 입력단의 소비전력에 시설자가 자기선언으로 제시한 효율(송신기의 입출력 전력전달 비율)을 곱하여, 고주파출력을 산출하는 방안이 무선전력전송기기의 개별특성과 현실성을 고려한 방법으로 판단된다.

제6절 무선전력전송기기 고주파출력 산출방법 마련

기존의 허가가 필요한 전파응용설비에 추가로 무선전력전송기기에도 적용할 수 있는 고주파출력 산출방법을 마련하여 기술기준 고시를 개정하였다

기술기준 고시 개정의 주요내용은 다음과 같다.

1. 행정자치부령 「행정업무의 효율적 운영에 관한 규정 시행규칙」에서 정한 표시 방법으로 조문의 번호 체계 변경
2. 무선전력전송기기의 구조 및 기술특성 등을 고려하여 허가 시 적용할 수 있는 고주파출력 산출 방법 마련(안 제5조제2항다목 신설)
 - 가. 고주파출력은 최대 부하에서 무선전력전송기기 입력단의 전력에 효율(고주파 발생 전력 비율)을 곱하여 산출
 - 나. 효율은 설치·운용되는 무선전력전송기기의 개별 특성을 고려하여 시설자가 자체 산출한 자료를 적용함
 - 다. 전력 산출 시 전류 측정은 접촉 또는 비접촉 방법을 적용함

전파응용설비의 기술기준의 개정내용은 다음과 같다.

● 국립전파연구원고시 제2014-22호

「전파법」 제45조(기술기준), 제58조(산업·과학·의료용 전파응용설비 등) 및 「전파법 시행령」 제123조제1항제1의2호(권한의 위임·위탁)에 따라 무선설비의 공중선전력과 전파응용설비의 고주파출력 측정 및 산출방법(국립전파연구원고시 제2012-30호, 2012.12.21.) 일부를 다음과 같이 개정하여 고시합니다.

2014년 12월 일
국립전파연구원장

무선설비의 공중선전력과 전파응용설비의 고주파출력 측정 및 산출방법 일부개정

무선설비의 공중선전력과 전파응용설비의 고주파출력 측정 및 산출방법 일부를 다음과 같이 개정한다.

제2조를 다음과 같이 한다.

제2조(적용범위) 이 고시에서 정하는 측정 및 산출방법은 「전파법」 제2조 제1항제5호의 규정에 의한 무선설비와 제58조제1항의 규정에 의한 산업, 과학, 의료용 전파응용설비 등에 대하여 이를 적용한다.

제3조를 다음과 같이 한다.

제3조(정의) 이 고시에서 사용하는 용어의 뜻은 무선설비규칙, 전파응용설비의 기술기준 및 영 등 관련 법령이 정하는 바에 따른다.

제4조제5호다목(1)부터 (3)까지를 제4조제5호다목1)부터 3)으로 하고, 제4조제5호다목(2)(가)부터 (마)까지를 제4조제5호다목2)가)부터 마)로 하며, 제4조제5호다목(3)(가) 및 (나)를 제4조제5호다목3)가) 및 나)로 한다.

제5조 제목 중 “고주파이용설비”를 “전파응용설비”로 한다.

제5조 본문을 삭제하고, 제5조제1항을 다음과 같이 신설 한다.

① 통신설비인 전파응용설비의 고주파출력 측정 및 산출방법은 다음 각 호와 같다.

1. 및 2. (생략)

제5조제1호를 삭제한다.

제5조제1호가목 및 나목을 제5조제1항제1호 및 제2호로 하고, 제5조제1호나목 중 “가호”를 제5조제1항제2호 중 “제1호”로 하며, 제5조제1호나목 (1) 및 (2)를 제5조제1항제2호가목 및 나목으로 한다.

제5조제2항을 다음과 같이 신설한다.

② 통신설비 외의 전파응용설비의 고주파출력 측정 및 산출방법은 다음 각 호와 같다.

1.~3. (생략)

제5조제2호를 삭제한다.

제5조제2호가목부터 다목까지를 제5조제2항제1호부터 제3호로 하고, 제5조제2호나목 중 “가목”을 제5조제2항제2호 중 “제1호”로 하며, 제5조제2호나목(1) 및 (2)를 제5조제2항제2호가목 및 나목으로 하고, 제5조제2호다목 중 “가목 및 나목”을 제5조제2항제3호 중 “제1호 및 제2호”로 하며, 제5조제2호다목(1) 및 (2)를 제5조제2항제3호가목 및 나목으로 하고, 제5조제2호다목(1)(가) 및 (나)를 제5조제2항제3호가목1) 및 2)로 한다.

제5조제2항제3호다목을 다음과 같이 신설한다.

다. 무선전력전송 전파응용설비에 있어서는 다음 방법에 의하여 산출한다.

- 1) 교류전력이 직접 송신기에 입력되는 경우 수신기의 최대 부하상태에서 송신기 입력단의 실효치 교류전력에 고주파 발생 전력 비율(%)을 곱하여 산출한다.
- 2) 직류전력이 직접 송신기에 입력되는 경우 수신기의 최대 부하상태에서 송신기 입력단의 직류전력에 고주파 발생 전력 비율(%)을 곱하여 산출한다.
- 3) 1) 및 2)의 고주파 발생 전력 비율(%)은 수신기의 최대 부하상태에서 송신기 입력단의 실효치 교류전력 또는 직류전력 대비 고주파 교류전력으로 발생하는 전력비를 의미하며, 시설자가 제출한 산출자료를 적용한다.
- 4) 1)부터 3)까지의 전력은 전압과 전류를 곱하여 산출하며, 전류는 접촉 또는 비접촉 방법으로 측정한다.

제6조 중 “2015년 12월 31일”을 “2017년 12월 31일”로 한다.

부칙

제1조(시행일) 이 고시는 2015년 1월 1일부터 시행한다.

제2조(다른 기준에 의한 적용례) 이 고시에서 특별히 정한 사항외의 기술기준의 일반적 조건은 「무선설비규칙」에서 정한 사항을 준용한다.

제3조(경과조치) 이 고시 시행 당시 종전의 규정에 따라 적합성평가를 받았거나 무선국 개설 허가를 받아 운영 중인 무선설비 및 전파응용설비는 이 고시에 의해 적합한 것으로 본다.

제7절 결론

국내 기업에서 출시하는 무선전력전송 기기들이 증가하고 있으며, 세계시장에 진출하고 있다.

무선전력전송 기술은 다른 기술과 융합되어 새로운 시장을 열어나갈 것으로 기대되며, 또한, 무선전력공급 시장도 전파산업 뿐만 아니라 모바일, 생활가전, 태양광, 로봇 등 관련 산업으로 세계시장을 형성할 것으로 전망됨에 따라, 지속적으로 국내외 기술·표준·법제도 현황 등을 파악하고 국제표준화에 대응해야 할 것이다. 또한, 무선전력전송 기술이 방송, 통신, 자동차, 가전 등 다양한 분야로 보급·확산될 수 있도록 많은 노력이 필요할 것이다.

2015년도에는 저전력 스마트폰 무선충전기술이 노트북, 로봇청소기 등 생활가전용과 같은 다양한 분야로의 확산이 예상됨에 따라 선제적으로 대전력 이용 무선전력전송 전파응용설비의 기술기준 연구를 수행하여, 무선전력전송 산업 기반조성과 활성화를 위한 시장 친화적인 제도개선 마련에 최선을 다하고자 한다.

제6장 무선설비의 적합성평가 처리방법 개정

제1절 개요

국립전파연구원은 소출력 무선기기의 적합성평가 시험방법에 대해 국제기준에 적합하도록 관련 국내규정을 개선하고자 지속적으로 노력하여 왔다. '13년에는 소출력 무선기기에 대해 RF 성능과 관련이 적고, 기기의 신뢰성과 관련되어 있는 진동, 충격, 연속동작 등의 환경적 시험조건을 삭제하였으며, 이로 인해 인증시험시간을 단축함으로써 제조업체의 제품출시를 앞당기고 시험비용을 줄이는데 기여하였다. '14년도에는 최신 소출력 무선기기의 기술특성(저전력, 초소형 집적화 등)에 맞게 전원전압 시험조건 완화, 일부 기기의 시험항목 면제, 시험절차 신설 등을 통해 제조업체의 애로사항을 해결하고자 하였다.

아울러, 소출력 무선기기의 출력을 보다 합리적으로 관리하기 위해 ERP/EIRP 측정방법에 대해 검토하였다. 국내 소출력 무선기기의 출력은 대부분 전계/자계강도, ERP/EIRP 등으로 정의하고 있고, 인증시험시 상온상습 조건이외에도 저온/고온, 다습의 극한 환경조건에 따른 시험을 추가적으로 적용하여야 한다. 다만, 안테나를 이용하여 피시험기기의 실제 방사된 출력을 측정하는 복사성 시험절차를 적용할 경우에는, 야외시험장이나 전자파 무반사실의 특성상 온도·습도의 환경적 조건 적용이 곤란하므로, 이러한 환경적 조건의 영향을 고려할 수 있는 복사성 시험절차를 마련하고자 하였다.

제2절 소출력 무선기기 시험방법 개정

소출력 무선기기 시험조건 완화 등의 개선방안 마련을 위해 '14.7~11월, 학계, 제조사, 시험기관 등의 전문가로 연구반을 운영하였다. 업체 및 시험기관 등의 의견수렴을 거쳐 총 3개의 개정사항을 확정·검토하였으며, 노트북 또는 PC 등 장착 무선모듈의 전원전압 시험규정, 주파수 허용편차 시험시 변조시험 신호 적용, 13.56MHz RFID 기기의 부차적 전파발사 시험항목 면제 여부

등을 개정하였다.

또한, “무선설비의 적합성평가 처리방법” 중 소출력 무선기기 시험방법에 대한 개정(안)을 마련하여 전문가 및 이해관계자 의견수렴 후 '14.12월에 최종(안)을 확정하고 이를 공고하였다.

1. 전원전압 시험조건 개선

가. 국내외 현황 및 실태

국내의 경우 전원전압 시험조건은 다음과 같이 축전지(건전지)를 사용하는 경우가 아니면 모든 무선설비에 대해 정격전압과 정격전압의 $\pm 10\%$ 로 일률적으로 시험하도록 규정하고 있다.

◎ 무선설비의 적합성평가 처리방법(국립전파연구원공고 제2013-33호)

제3조(정의) 이 공고에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

3. “규정된 전원전압”이라 함은 무선설비규칙 제12조의 규정에 의한 범위의 전압을 말한다. 이 경우 정격전압이 임의의 범위를 갖는 경우에는 그 최저 정격전압의 -10% 의 전압과 최고 정격전압의 $+10\%$ 전압 사이의 전압을 말하며, 건전지를 사용하는 경우에는 신규 건전지의 최고 전압과 정격전압의 -10% 의 전압 사이의 전압을 말한다.

제11조(기술기준 적합성평가 절차) 시험절차는 다음과 같이 한다.

2. 정격 및 규정된 전원전압을 인가하여 상온, 상습의 환경에서 연속동작 시험 및 전기적 조건 시험을 실시한다.
3. 제9조에 따라 온도 및 습도의 환경 조건을 적용한 후 정격 및 규정된 전원전압을 인가하고 각각의 환경조건에서 전기적 조건 시험을 실시한다. 다만, 전파법시행령 제25조제4호에 따른 무선기기는 환경조건에서 전기적 조건 시험을 공중소출력과 주파수허용편차에 한하여 실시한다.

하지만, 국내의 전원전압 시험조건 하에서는 국제표준 등에서 전원동작조건이 $\pm 10\%$ 범위이내로 정해질 경우(예 : 노트북, PC 등의 일부 내장부품 규격(NGFF, PCI Express Mini card) $3.3V \pm 5\%$), 저전력을 이용하는 모듈형 소출력 무선기기는 전력증폭기 등의 능동 RF부품 동작이 불가능할 수도 있어 적합인 증시험을 진행하기 어렵다는 의견이 제기되었다.

유럽의 경우, AC 전압기기에 한해 정격전압 $\pm 10\%$ 에서 측정을 수행하나, 주(host) 장치 내장기기는 제조자가 선언한 최대·최소 전원전압조건 또는 제조자와 시험기관 사이에 협의된 최대·최소 전원전압조건에서 시험한다.

© EN 302 220-1(25MHz~1GHz 대역 소출력 무선기기 규격, 2012년 5월)

5.4.2 Extreme test source voltages

5.4.2.1 Mains voltage

The extreme test voltages for equipment to be connected to an ac mains source shall be the nominal mains voltage $\pm 10\%$. For equipment that operates over a range of mains voltages clause 5.4.2.4 applies.

5.4.2.2 Regulated lead-acid battery power sources

When the radio equipment is intended for operation from the usual type of regulated lead-acid battery power sources the extreme test voltages shall be 1,3 and 0,9 multiplied by the nominal voltage of the battery (6 V, 12 V, etc.).

For float charge applications using "gel-cell" type batteries the extreme voltage shall be 1,15 and 0,85 multiplied by the nominal voltage of the declared battery voltage.

5.4.2.3 Power sources using other types of batteries

The lower extreme test voltages for equipment with power sources using batteries shall be as follows:

- for equipment with a battery indicator, the end point voltage as indicated;
- for equipment without a battery indicator the following end point voltages shall be used:
 - for the Leclanché or the lithium type of battery:
 - 0.85 multiplied by the nominal voltage of the battery;
 - for the nickel-cadmium type of battery:
 - 0.9 multiplied the nominal voltage of the battery;
- for other types of battery or equipment, the lower extreme test voltage for the discharged condition shall be declared by the equipment provider.

The upper extreme voltage shall be declared by the equipment provider if different from the nominal voltage.

5.4.2.4 Other power sources

For equipment using other power sources, or capable of being operated from a variety of power sources, the extreme test voltages shall be those agreed between the equipment provider and the test laboratory. This shall be recorded in the test report.

◎ EN 300 328(2.4GHz 대역 광대역 무선통신기기 규격, 2012년 6월)

5.1.1.2.2 Extreme power source voltages

For tests at extreme voltages, measurements shall be made over the extremes of the power source voltage range as declared by the manufacturer.

When the equipment under test is designed for operation as part of and powered by another system or piece of equipment, than the limit values of the host equipment or combined equipment as stated by the manufacturer shall apply

미국의 경우, 일반시험조건은 정격전압 $\pm 15\%$ 이나, 해당 전압조건에서 제품이 손상을 받거나 정상동작을 하지 못할 경우에는 제조자가 선언한 최대·최소 전원전압조건(사용설명서 사양)에 따라 시험이 가능하다.

◎ 미국 ANSI C63.10-2013년

5.13 Variations in supply voltage

When required for unlicensed wireless devices, measurements of the variation of the input power or the radiated signal level of the fundamental frequency component of the emission, as appropriate, shall be performed with the supply voltage varied between 85% and 115% of the nominal rated supply voltage.

- a) Where the device is intended to be powered from an external power adapter, the voltage variations shall be applied to the input of the adapter provided with the device at the time of sale. If the device is not marketed or sold with a specific adapter, then a typical power adapter shall be used.
- b) For devices where operating at a supply voltage deviating $\pm 15\%$ from the nominal rated value may cause damages or loss of intended function, test to minimum and maximum allowable voltage per manufacturer's specification and document in the report.
- c) For devices with wide range of rated supply voltage, test at 15% below the lowest and 15% above the highest declared nominal rated supply voltage.
- d) For devices obtaining power from an input/output (I/O) port (USB, firewire, etc.), a test jig is necessary to apply voltage variation to the device from a support power supply, while maintaining the functionalities of the device.

For battery-operated equipment, the equipment tests shall be performed using a variable power supply.

나. 주요 개정내용

노트북, PC 등의 주장치에 내장되는 무선부품의 DC 전원전압에 대한 국제규격을 수용하여, 노트북, PC 등의 주장치에 내장되어 DC 전원을 이용하는 모듈형 소출력 무선기기의 전원전압 시험조건을 완화하고자 “무선설비의 적합성 평가 처리방법”의 제11조 제3호에 규정하고 있는 소출력 무선기기의 적합성평가 절차에 대한 전원전압 시험조건을 다음과 같이 추가하고 개정하였다.

[표 6-1] “무선설비의 적합성평가 처리방법” 제11조 신구조문 대비표

현행	개정
<p>제11조(기술기준 적합성평가 절차) 시험절차는 다음과 같이 한다.</p> <p>1.~2. (생략)</p> <p>3. 제9조에 따라 온도 및 습도의 환경 조건을 적용한 후 정격 및 규정된 전원전압을 인가하고 각각의 환경조건에서 전기적 조건 시험을 실시한다. 다만, 전파법시행령 제25조제4호에 따른 무선기기는 환경조건에서 전기적 조건 시험을 공중선출력과 주파수허용편차에 한하여 실시한다 <신설>.</p> <p>4. (생략)</p>	<p>제11조(기술기준 적합성평가 절차) 시험절차는 다음과 같이 한다.</p> <p>1.~2. (생략)</p> <p>3. 제9조에 따라 온도 및 습도의 환경 조건을 적용한 후 정격 및 규정된 전원전압을 인가하고 각각의 환경조건에서 전기적 조건 시험을 실시한다. 다만, 전파법시행령 제25조제4호에 따른 무선기기는 환경조건에서 전기적 조건 시험을 공중선출력과 주파수허용편차에 한하여 실시하며, <u>시스템에 하나의 부품으로 내장되거나 장착되어 정격 DC전압을 이용하는 기기의 경우 제3조제1항제3호의 “규정된 전원전압”에서 해당기기가 손상을 받거나 정상동작을 하지 못한다면 제조자가 선언한 전원전압 사양에 따라 정격 및 최대, 최소 전원전압을 인가하여 시험할 수 있다.</u></p> <p>4. (생략)</p>

특정 시스템에 하나의 부품으로 내장되거나 장착되어 정격 DC전압을 이용하는 소출력 무선기기는 “무선설비의 적합성평가 처리방법” 제3조제1항제3호의 “규정된 전원전압”에서 해당기기가 손상을 받거나 정상동작을 하지 못한다면 제조자가 선언한 전원전압 사양에 따라 정격 및 최대, 최소 전원전압을 인가하여 시험할 수 있도록 시험조건을 완화하였다.

2. 13.56 MHz 대역 RFID 부차적 전파발사 시험 면제

가. 국내의 현황 및 실태

국내의 경우, 무선설비의 적합성평가 처리방법 별표2 “대상 기자재별 적합성평가 적용 구분”에서 “RFID/USN용 무선설비의 기기”의 전기적 시험항목으로 “수신설비로부터 부차적으로 방사되는 전파의 세기”(이하 부차적 전파발사)가 포함되어 있어, 13.56MHz 대역 RFID 무선설비의 경우에는 부차적 전파발사 시험항목에 대해 무선설비규칙 제9조제1항에 따른 기술기준 적합 여부를 평가하여야 한다.

◎ 무선설비의 적합성평가 처리방법(국립전파연구원공고 제2013-33호) 별표2

기자재의 종류	환경적 조건	전기적 시험항목
RFID/USN용 무선설비의 기기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도㉠ 또는 ㉡ ○ 습도㉠ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인 ○ 주파수허용편차(규칙 제30조) ○ 점유주파수대폭의 허용치, 불요발사 허용치, 전계강도 또는 공중선전력(규칙 제30조) ○ 공중선전력의 허용편차(규칙 제6조제3항) ○ 수신설비로부터 부차적으로 방사되는 전파의 세기(규칙 제9조제1항)

연구반에서 논의한 결과, 13.56MHz 대역의 RFID 기기 동작원리상 연속송신상태를 지속적으로 유지하므로 수신대기상태에서 불요발사를 측정하는 “부차적 전파발사” 시험항목이 불필요하는 의견이 제시되었다.

유럽의 경우(EN 302 291 : 13.56MHz 대역 차계유도 무선기기 규격), 송신장치가 지속적으로 전파를 방사하고 송수신장치간 거리가 3m 이내일 경우에는, 수신장치의 부차적 전파발사 시험항목을 면제하고 있다.

◎ EN 302 291-1(2005년 7월)

8.2 Receiver spurious emissions

These requirements do not apply to receivers used in combination with permanently co-located transmitters continuously transmitting. Co-located is defined as less than 3 m. In these cases the receivers will be tested together with the transmitter in operating mode (see clause 7.2).

미국의 경우, 대부분 무선설비 수신장치의 부차적 전파발사 규제사항은 없으며 전자파 적합성(EMI) 측면에서 다루고 있으며, 실질적으로 13.56MHz 대역 비허가 무선기기와 관련한 FCC CFR 47 §15.225(Operation within the band 13.110-14.010 MHz) 규정에도 부차적 전파발사에 규제사항은 없다.

나. 주요 개정내용

RFID/USN 무선설비 중 13.56MHz 대역 RFID 무선설비에 한해 유럽의 사례를 참고하여 부차적 전파발사 시험항목을 면제하고, 해당 시험항목을 면제할 수 있는 피시험기기의 운용형태를 한정하여 명시하였다. 13.56MHz RFID의 송신장치가 지속적으로 전파를 발사하고 송수신기기 일체형을 포함하여 송수신장치간 이격 거리가 3m 이내일 경우 “수신설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기”를 적용하지 않는 것으로 하였다.

[표 6-2] “무선설비의 적합성평가 처리방법”별표2 신구조문 대비표

현 행			개 정		
RFID /USN 용 무선설비의 기기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도 ④ 또는 ⑤ 습도 ⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인 ○ 주파수허용편차(규칙 제30조) ○ 점유주파수대폭의 허용치, 불요발사 허용치, 전계강도 또는 공중선전력(규칙 제30조) ○ 공중선전력의 허용편차(규칙 제6조제3항) ○ 수신설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기(규칙 제9조제1항) <p style="text-align: center;"><u><신 설></u></p>	RFID /USN 용 무선설비의 기기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도 ④ 또는 ⑤ 습도 ⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인 ○ 주파수허용편차(규칙 제30조) ○ 점유주파수대폭의 허용치, 불요발사 허용치, 전계강도 또는 공중선전력(규칙 제30조) ○ 공중선전력의 허용편차(규칙 제6조제3항) ○ 수신설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기(규칙 제9조제1항) <p>※ 13.552~13.568 MHz 주파수대역의 전파를 사용하는 RFID용 무선설비에서 송신장치가 지속적으로 전파를 발사하고 송수신장치간 거리가 3m 이내일 경우, “수신설비로부터 부차적으로 발사되는 전파의 세기”를 적용하지 않음.</p>

3. 변조된 시험신호를 이용한 주파수 허용편차 절차 마련

가. 국내외 현황 및 실태

국내의 경우, 소출력 무선기기 인증시 주파수 허용편차 시험은 무변조신호를 인입하여 시험하도록 되어 있다. 그러나, 외산 부품/회로 등의 초소형 집적화로 무변조신호 인입이 불가능할 수 있고 사용하는 통신칩에서 무변조 설정이 지원되지 않는 사례가 많이 있어, 변조시험신호를 인입하여 주파수 허용편차시험을 수행할 수 있도록 시험절차 개정 수요가 제기되었다.

유럽의 소출력 기기 일부 규격(예: EN 301 893 : 5GHz WiFi 무선랜)의 경우 주파수 허용편차 시험시 무변조 또는 변조 시험신호 인입에 따라 각각 별도의 시험방법을 다음과 같이 정의하고 있다.

© EN 301 893-1(2005년 7월)

5.3.2.2 Test methods

5.3.2.2.1 Conducted measurement

5.3.2.2.1.1 Equipment operating without modulation

This test method requires that the UUT can be operated in an unmodulated test mode.

The UUT shall be connected to a frequency counter and operated in an unmodulated mode. The result shall be recorded.

5.3.2.2.1.2 Equipment operating with modulation

This method is an alternative to the above method in case the UUT cannot be operated in an un-modulated mode.

The UUT shall be connected to spectrum analyser.

The settings of the spectrum analyser shall be adjusted to optimize the instruments frequency accuracy.

Max Hold shall be selected and the centre frequency adjusted to that of the UUT.

The peak value of the power envelope shall be measured and noted. The span shall be reduced and the marker moved in a positive frequency increment until the upper, (relative to the centre frequency), -10 dBc point is reached. This value shall be noted as f1.

The marker shall then be moved in a negative frequency increment until the lower, (relative to the centre frequency), -10 dBc point is reached. This value shall be noted as f2.

The centre frequency is calculated as $(f1 + f2) / 2$.

미국은 13.11~14.01MHz 대역 등을 이용하는 일부기기에 한해 주파수 허용편차 시험을 실시하나 이 경우 모두 무변조 시험신호를 인입하도록 하고 있다.

나. 주요 개정내용

변조시험신호를 이용하는 주파수 허용편차 측정절차를 신설하기 위해 “무선설비의 적합성 평가 처리방법”의 [별표3] “2.주파수 허용편차 측정방법”의 시험절차를 다음과 같이 개정하였다. 개정된 시험절차는 소출력 무선 기기에 한하여 적용하도록 하였다. 다양한 광대역 변조신호특성에 맞출 수 있도록 최고레벨기준대비 최대·최소 주파수지점을 찾는 조건을 3/-6/-10/-20dB 으로 정하였다.

[표 6-3] “무선설비의 적합성평가 처리방법”별표3 신구조문 대비표

현 행	개 정						
<p>[별표3] 기술기준 항목별 시험방법(제18조관련)</p> <p>2. 주파수 허용편차 측정방법 2.1~2.2 (생략) 2.3 시험절차 a~e (생략)</p> <p style="text-align: center;"><u><신 설></u></p>	<p>[별표3] 기술기준 항목별 시험방법(제18조관련)</p> <p>2. 주파수 허용편차 측정방법 2.1~2.2 (생략) 2.3 시험절차 a~e (생략)</p> <p>① 전파법시행령제25조제4호에 따른 무선기기에 대해 다음과 같이 적용한다.</p> <p>o 대상기기가 무변조상태를 지원할 경우</p> <p>① 주파수 허용편차 측정시 대상기기를 무변조상태에서 동작시킨다.</p> <p>② 대상기기를 주파수 카운터나 스펙트럼분석기에 연결하고 무변조상태로 동작시키고 그 결과값을 기록한다.</p> <p>o 대상기기가 무변조 상태를 지원하지 않을 경우</p> <p>① 대상기기를 스펙트럼분석기에 연결하고 변조상태로 동작시킨다.</p> <p>② 주파수의 정확도를 최적으로 조정할 수 있도록 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">중심주파수</th> <th style="text-align: center;">반송주파수</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">소인주파수폭</td> <td style="text-align: center;">필요주파수대폭의 2~3.5배</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">분해능대역폭</td> <td style="text-align: center;">필요주파수대폭의 1~3%</td> </tr> </tbody> </table>	중심주파수	반송주파수	소인주파수폭	필요주파수대폭의 2~3.5배	분해능대역폭	필요주파수대폭의 1~3%
중심주파수	반송주파수						
소인주파수폭	필요주파수대폭의 2~3.5배						
분해능대역폭	필요주파수대폭의 1~3%						

현 행	개 정								
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"><u>비디오대역폭</u></td> <td>분해능 대역폭의 3배</td> </tr> <tr> <td><u>검출모드</u></td> <td>첨두검출(Peak Detect) 모드</td> </tr> <tr> <td><u>표시모드</u></td> <td>최대값유지(Max.Hold) 모드</td> </tr> <tr> <td><u>소인횟수</u></td> <td>10회 이상</td> </tr> </table> <p>③ 대상기기의 중심주파수가 스펙트럼분석기의 중심에 오도록 설정하고 Maxhold를 한다.</p> <p>④ 스펙트럼분석기에 표시된 신호의 Peak 값을 측정하고 기록한다.</p> <p>⑤ Marker를 높은 주파수쪽으로 옮겨 ④에서 측정한 값보다 -X dB 값의 주파수를 측정하고 이를 Fmax로 기록한다.</p> <p>⑥ Marker를 낮은 주파수쪽으로 옮겨 ④에서 측정한 값보다 -X dB 값의 주파수를 측정하고 이를 Fmin로 기록한다.</p> <p>⑦ 변조상태에 따라 X는 3, 6 10, 20 중 선택할 수 있다.</p> <p>⑧ 측정된 중심주파수 및 주파수허용편차는 다음의 식으로 구한다.</p> <p style="text-align: center;"><u>측정된 중심주파수 = (Fmax+Fmin) / 2</u> <u>주파수허용편차= 측정된 중심주파수-지정주파수</u></p>	<u>비디오대역폭</u>	분해능 대역폭의 3배	<u>검출모드</u>	첨두검출(Peak Detect) 모드	<u>표시모드</u>	최대값유지(Max.Hold) 모드	<u>소인횟수</u>	10회 이상
<u>비디오대역폭</u>	분해능 대역폭의 3배								
<u>검출모드</u>	첨두검출(Peak Detect) 모드								
<u>표시모드</u>	최대값유지(Max.Hold) 모드								
<u>소인횟수</u>	10회 이상								

제3절 소출력 무선기기 ERP/EIRP 측정방법 개선 연구

1. 출력관리 현황

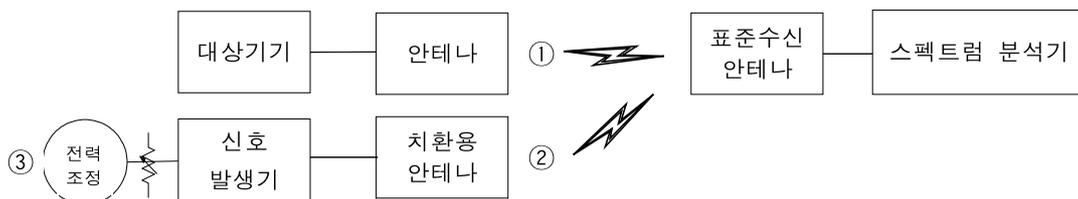
국내 무선설비에 대한 출력관리 방식은 공중선전력 방식과 복사전력(전계/자계강도, ERP/EIRP) 방식으로 구분할 수 있다. 공중선전력은 송신기로부터 공중선(안테나)의 급전선에 공급되는 전기신호의 전력으로 전파를 발사하기 전 단계의 출력이며, 전계/자계강도는 송신기로부터 일정거리 이격된 거리에서의 전파의 세기이다. ERP(Effective Radiated Power, 실효복사전력)/EIRP (Effective Isotropic Radiated Power, 실효등방성복사전력)은 안테나에서 실제로 방사되는 유효 송신출력으로 통상 공중선으로 공급되는 전력과 안테나 이득의 곱으로 계산한다.

현재 무선설비규칙상 소출력 무선기기의 출력기준은 표6-4에서와 같이 복사전력 또는 “공중선전력+안테나 이득”의 형태로 정하고 있다. “공중선전력+안테나이득” 형태의 출력기준도 실질적으로 ERP/EIRP 정의와 똑같은 개념이므로 모든 소출력 무선기기가 실질적으로 복사전력으로 관리되고 있다고 해도 무방하다. 다만, 유념해야 할 사항은 현재 “무선설비규칙”, “무선설비의 적합성평가 처리방법”등에서 복사전력이라 함은 ERP/EIRP만을 일컫는다.

복사전력 출력기준 중 ERP/EIRP 측정은 다음과 같이 피시험기기를 안테나를 치환하여 측정하는 안테나 치환법을 이용하거나(이하 복사성 측정방법으로 통칭) 공중선전력을 측정한 후 제조자가 선언한 안테나이득을 합산하는 방식(이하 전도성 측정방법으로 통칭)을 이용하기도 한다.

◎ 무선설비의 적합성평가 처리방법 별표4 : 복사 시험방법

- 안테나 치환법 : ①대상기기의 송신최대전력을 측정하고 ②대상기기를 치환용 안테나와 신호발생기로 교체한 후 ③신호발생기의 송신전력을 수검기기와 동일한 값이 나오도록 조정 했을 때의 신호발생기 출력과 치환용 안테나 이득을 합산하는 방법



또한, 70GHz 대역 차량충돌방지용레이더와 같이 밀리미터파를 이용하는 소출력 무선기기는 전계강도를 측정한 후 해당 측정결과를 자유공간손실식 등을 활용하여 EIRP로 환산하기도 한다. 그 이유는 기존 안테나 치환법 또는 전도성 측정방법을 적용할 경우 피시험기와 측정기기 연결 등에 따른 RF 삽입손실(insertion loss)이 심해 실제 측정값에 많은 영향을 줄 수 있기 때문이다. 이러한 전계강도 환산방법도 복사성 측정방법으로 볼 수 있다.

[표 6-4] 국내 소출력 무선기기 출력관리

구분		출력관리
미약전계강도 무선기기(제27조)		전계강도
자계유도식 무선기기(제28조)	150kHz미만	자계강도
	150kHz이상 30MHz이하	자계강도
특정소출력 무선국용 무선설 비(제29조)	무선조정용	전계강도
	데이터 전송용	복사전력
	안전시스템용	복사전력
	음성 및 음향신호 전송용	복사전력
	무선랜을 포함한 무선접속시스템용	공중선전력+안테나이득
	중계용	공중선전력+안테나이득 (소형기지국용 포함)
		전계강도(단향식 무선기기)
	무선데이터통신시스템용	공중선전력+안테나이득(호핑, 아날로그방식 등), 복사전력(스펙트럼 확산방식이 아닌 것)
	이동체식별용	공중선전력+안테나이득
	차량충돌방지레이더	복사전력
도로정보감지레이더	복사전력	
RFID/USN 등의 무선설비 (제30조)	917~923.5MHz	복사전력
	433.67~434.17MHz	공중선전력+안테나이득
	13.56MHz	전계강도
코드없는 전화기(제31조)	1786.75~1791.95GHz 디지털방식	복사전력
	2400~2483.5MHz 디지털방식	공중선전력+안테나이득
UWB 및 용도미지정 무선기기 (제32조)	UWB	복사전력
	57~64GHz	복사전력, 공중선전력+안테나이득
체내이식무선의료기기(제33조)		복사전력
물체감지센서용 무선기기 (제34조)	10GHz	복사전력
	24GHz	복사전력

2. ERP/EIRP 측정의 극한 환경시험조건 부여 관련 국내의 현황

전 세계적으로 ERP/EIRP 출력측정시 전도성 측정방법(공중선전력+안테나 이득)과 복사성 측정방법(안테나 치환법, 전계강도 환산 등)을 동격으로 인정하고 있는 추세이다. 사실상, 국내도 ERP/EIRP로 출력이 규정된 경우라도 안테나 치환법 등의 복사성 측정방법이 아닌 “공중선 전력+안테나이득” 개념의 전도성 측정방법에 의한 측정결과치를 인정하고 있다.

복사성 측정방법의 경우 시험재현성이 떨어질 수 있고, 시간과 비용이 추가적으로 많이 발생하며, 유럽은 전도성 측정방법 적용이 어려운 안테나 일체형 기기에 한정적으로 적용하고 있는 실정이다. 국내의 경우 복사성 측정방법이 강제사항이 아니며, 시험시설 미비 및 시험의 용이성을 이유로 전도성 측정방법을 선호하고 있는 실정이다. 또한, 국내 및 미국과 유럽 등은 상온상습 조건하에서 ERP/EIRP 측정 이외에도 극한 환경시험조건(Extreme test condition, 저온/고온, 다습, 최고/최저 운용전원전압)에서도 각 국가가 정한 ERP/EIRP 출력 및 주파수 허용편차 등의 제한치를 만족하는지를 확인하는 시험을 추가적으로 실시하고 있어, 전자파무반사실 등의 챔버 또는 야외시험장을 이용해야 하는 복사성 측정방법은 많은 제약이 따르고 있다.

본 절에서는 소출력 무선기기의 ERP/EIRP 측정시 극한 환경시험조건에 대한 국내외 현황을 조사하고, 국내 ERP/EIRP 출력의 복사성 측정방법에 대한 합리적인 개선사항을 도출하고자 하였다.

가. 국내현황

소출력 무선기기는 “무선설비의 적합성평가 처리방법” 제11조(기술기준의 적합성평가 절차)에서 규정한 대로 공중선 전력과 주파수 허용편차의 전기적 시험항목시험에 한해 전원전압을 포함한 온도·습도 조건을 추가 적용하여 시험하도록 하고 있다.

상온·상습은 온도 +15~+35°C범위와 상대습도 20 ~ 75 %를 말하며, 소출력 무선기기에 한해 적용되는 극한 환경시험조건은 온도㉠(-20~+50 °C) 조건과 온도㉡(-10~+50 °C)이 있고 습도㉠(+35°C, 95%(상대습도)) 조건이 있다.

제11조(기술기준 적합성평가 절차) 시험절차는 다음과 같이 한다.

2. 정격 및 규정된 전원전압을 인가하여 상온, 상습의 환경에서 연속동작 시험 및 전기적 조건 시험을 실시한다.
3. 제9조에 따라 온도 및 습도의 환경 조건을 적용한 후 정격 및 규정된 전원전압을 인가하고 각각의 환경조건에서 전기적 조건 시험을 실시한다. 다만, 전파법시행령 제25조제4호에 따른 무선기기는 환경조건에서 전기적 조건 시험을 공중선출력과 주파수허용편차에 한하여 실시한다.

다만, 무선설비의 적합성평가 처리방법 별표2에서 전계강도/자계강도 허용치 측정시 상온상습 조건에서만 수행하도록 규정하고 있다. 미약전계강도 무선기기, 자계유도 무선기기, 무선조정용 무선기기, 데이터전송용 무선기기 일부 대역이 해당된다.

<무선설비의 적합성평가 처리방법 별표2>

전파법 시행령 제25조제4호 규정에 의한 기기 중 전계강도, 자계강도, 복사전력 무선기기	○ 온도㉑ ○ 습도㉒	○ 시동 후 1분 경과 후 정상 동작함을 확인 ○ 전계강도허용치 또는 자계강도허용치(상온·상습 조건에 한함) (규칙 제27조부터 제34조까지) ○ 저주파 송신기의 불요발사(제15조제1항제3호)
---	----------------	--

앞서 열거한 소출력 무선기기를 제외하고, 출력제한치가 ERP/EIRP(별표 2에 “복사전력”로 표현)로 정의된 기기는 복사성 측정방법 또는 전도성 측정방법에 상관없이 온도/습도 등의 극한 환경시험조건에 따라 추가적인 측정을 수행하여야 한다.

나. 국외 현황

미국은 FCC CFR 47 Part 15의 Subpart C/D/E/F의 주파수 대역/무선서비스별로, 유럽은 소출력 무선기기 관련 EN 규격별로 온도/습도 조건 적용 여부를 확인하였으며, 미국의 경우 Part 15의 28개 조항을, 유럽의 경우 15개 소출력 무선기기 규격을 조사하였다.

표6-5와 같이 미국은 전계/자계강도, ERP/EIRP 등의 출력에 대해 온도 등의 극한 환경조건시험을 적용하지 않으며, 주파수 허용편차(frequency stability) 시험항목 측정에 한해 온도(-20~+50 °C)와 전원전압조건을 적

용하고 있고 습도조건은 적용하지 않는다. 온도(저온/고온) 적용 주파수 대역(서비스)은 10개 조항 관련 15개 대역으로 13.110~14.110MHz, 40.66~40.70MHz, 43.71~44.49/ 46.60~46.98/48.75~49.51/49.66~50.0MHz, 24.0~24.25GHz (고정점대 점통신), 46.7~46.9/76.0~77.0GHz, 57~64GHz, 92~95GHz, UPCS(1920~1930MHz, DCP), UNII(5.150~5.350, 5.470~5.725, 5.725~5.825GHz)이다.

유럽은 출력, 주파수 허용편차, 주파수 점유대폭 등에 대해 온도와 전압조건을 적용하고 있으며 미국과 유사하게 습도조건은 적용하지 않는다.

표6-6와 같이 온도/전압 환경시험조건이 적용되는 전기적 시험항목에는 출력, 주파수 허용편차, 주파수 점유대폭, 변조대역폭, 인접채널전력, 스펙트럼마스크, Transmit power control 등이 있다. 안테나 일체형 기기에 한해 EIRP 출력을 방사성(radiated)으로 측정할 경우, 상온상습 조건 적용을 명시한 조사된 규격은 총 15개중 3개이며, 25MHz~1GHz 대역 용도미지정 소출력무선기기, 865~868MHz 대역 RFID, 25MHz~3GHz 대역 무선마이크가 해당된다.

전체 전기적 시험항목에 상온상습 조건을 적용하는 경우는 2개이며 UWB 통신기기(3.1~4.8, 6~9GHz), 40~246GHz 대역 용도미지정 소출력무선기기가 해당된다. 이외에도 제조자가 선언한 온도/전원전압조건을 적용하는 경우 4개이며 2.4 GHz 광대역 무선통신기기, 60GHz 대역 Gigabit 무선랜, 24.05~24.25GHz 대역 물체감지센서, 5GHz 대역 무선랜이 해당된다. 전체적으로 유럽은 기기별로 극한 환경시험조건 적용 여부가 다르나, 우리나라와 같이 전도성 측정방법 또는 복사성 측정방법에 상관없이 저온/고온 등의 환경시험조건을 추가적으로 적용하는 것으로 볼 수 있다.

앞서 설명한 바와 같이, 유럽규격의 극한 환경시험조건은 상온상습 조건(Normal test condition)과 극한조건(Extreme test condition)은 분류된다. 상온상습조건은 +15~+35 °C, 상대습도 20~75 %이며 극한조건은 저온/고온/전압을 적용하고 있으며 습도조건이 미적용된다. 극한 환경시험조건은 일부기기에 한해 제조자 선언이 가능하며 제조자 선언이 없을 경우 온도의 경우 일반적으로 다음의 3개 조건 중 1개 조건이 선택 적용되어야 한다.

Category I (General)	-20 °C to +55 °C
Category II (Portable)	-10 °C to +55 °C
Category III (Equipment for normal indoor use)	0 °C to +35 °C

[표 6-5] 미국 주파수 대역/무선서비스 극한 환경시험조건(온도/전압)
적용시험항목현황

조항	주파수 또는 무선서비스	출력관리	온도 및 전압 적용 시험항목	비고
§15.217	Operation in the band 160-190 kHz	공중선 전력	없음	
§15.219	Operation in the band 510-1705 kHz	공중선전력	없음	
§15.221	Operation in the band 525-1705 kHz	전계강도	없음	
§15.223	Operation in the band 1.705-10 MHz	전계강도	없음	
§15.225	Operation within the band 13.110-14.010 MHz	전계강도	주파수허용편차	
§15.227	Operation within the band 26.96-27.28 MHz	전계강도	없음	
§15.229	Operation within the band 40.66-40.70 MHz	전계강도	주파수허용편차	
§15.231	Periodic operation in the band 40.66-40.70 MHz and above 70 MHz	전계강도	주파수허용편차 (40.66-40.70 MHz에 한함)	알람시스템, 출입문개폐, 원격스위칭 등의 제어신호용 (연속송신, 음성/영상, 장난감 무선조정 불가)
§15.233	Operation within the bands 43.71-44.49 MHz, 46.60-46.98 MHz, 48.75-49.51 MHz and 49.66-50.0 MHz	전계강도	주파수허용편차	코드없는 전화기
§15.235	Operation within the band 49.82-49.90 MHz	전계강도	없음	코드없는 전화기 불가
§15.237	Operation in the bands 72.0-73.0 MHz, 74.6-74.8 MHz and 75.2-76.0 MHz	전계강도	없음	보청기용
§15.239	Operation in the band 88-108 MHz	전계강도	없음	
§15.240	Operation in the band 433.5-434.5 MHz	전계강도	없음	상업용 컨테이너 인식

조항	주파수 또는 무선서비스	출력관리	온도 및 전압 적용 시험항목	비고
§15.241	Operation in the band 174-216 MHz	전계강도	없음	Biomedical telemetry 기기
§15.242	Operation in the bands 174-216 MHz and 470-668 MHz	전계강도	없음	병원 등의 구내용 Biomedical telemetry 기기
§15.243	Operation in the band 890-940 MHz	전계강도	없음	매질특성측정용
§15.245	Operation within the bands 902-928 MHz, 2435-2465 MHz, 5785-5815 MHz, 10500-10550 MHz, and 24075-24175 MHz	전계강도	없음	Field disturbance Sensor
§15.247	Operation within the bands 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, and 5725-5850 MHz	공중선전력 +안테나이득	없음	주파수 도약 및 디지털변조기기
§15.249	Operation within the bands 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, 5725-5875 MHz, and 24.0-24.25 GHz	전계강도	주파수허용편차 (24.0-24.25 GHz 고정 점대점통신에 한함)	
§15.250	Operation of wideband systems within the band 5925-7250 MHz	EIRP	없음	
§15.251	2.9-3.26 GHz, 3.267-3.332 GHz, 3.339-3.3458 GHz, and 3.358-3.6 GHz	전계강도	없음	차량자동 인식시스템
§15.252	wideband vehicular radar systems within the bands 16.2-17.7 GHz and 23.12-29.0 GHz	EIRP	없음	지상교통용 Field disturbance Sensor
§15.253	Operation within the bands 46.7-46.9 GHz and 76.0-77.0 GHz	전력속밀도 (EIRP)	주파수허용편차 (Fundamental Emission)	차량용 레이더
§15.255	Operation within the band 57-64 GHz	전력속밀도 (EIRP)	주파수허용편차 (Frequency Stability)	

조항	주파수 또는 무선서비스	출력관리	온도 및 전압 적용 시험항목	비고
§15.257	Operation within the band 92-95 GHz	전력속밀도 (EIRP)	주파수허용편차 (Fundamental Emission)	실내 사용
§15.319 (Subpart D)	Unlicensed PCS (1920~1930MHz)	EIRP	주파수허용편차	디지털 코드없는 전화기
§15.407 (Subpart E)	Unlicensed National Information Infrastructure (5.150~5.350, 5.470~5.725, 5.725~5.825GHz)	공중선전력 +안테나이득	주파수 허용편차 (환경조건 제조사 선언)	WiFi 무선랜
§15.509-521 (Subpart F)	UWB(3.1~10.6GHz)	EIRP	없음	-

[표 6-6] 유럽 소출력 무선기기 극한 환경시험조건(온도/전압) 적용시험항목 현황

규격	내용	출력 관리	온도/전압 적용시험항목	비고
EN 300 440 (2010년08월)	1~40GHz 대역 용도미지 정 소출력무선기기	EIRP	- 출력 - 주파수점유대폭	
EN 305 550	40~246GHz 대역 용도미 지정 소출력무선기기	EIRP	없음(상온상습)	※ 전압조건 적용
EN 300 330	9kHz~25MHz 무선기기 및 9kHz~30MHz 자계유 도무선기기	자 계 강 도	-자계강도 -변조대역폭 -RF carrier current	
EN 300 220 (2012년05월)	25MHz~1GHz 대역 용도 미지정 소출력무선기기	ERP	-주파수허용편차 -공중선 평균전력 (전도성 ERP) -변조대역폭 -인접 채널 전력	방사성 ERP 측정시 상온상습만 적용
EN 302 208	865~868 MHz 대역 RFID	ERP	-주파수허용편차 -출력(전도성 EIRP)	방사성 EIRP 측정 시 상온상습만 적용
EN 300 761	2.4GHz 대역 RFID	EIRP	- 출력 - 주파수허용편차 - 스펙트럼 마스크 - 변조도/Eye pattern	※ 온도조건이 다름
EN 300 422	25MHz~3GHz 대역 무선마이크	ERP /EIRP	-주파수허용편차 -출력(전도성 EIRP)	방사성 EIRP 측정 시 상온상습만 적용
EN 301 893 (2012.06월)	5GHz 대역 무선랜	EIRP	-Carrier Frequency (주파수허용편차) -RF output power -Transmit power control	온도/전압 조건은 제조사선언
EN 302 288	22~26GHz 대역 차량용 레이더	EIRP	-출력 -주파수 점유대폭	
EN 302 858 (2011.07월)	24.05~24.25GHz 대역 물체감지센서	EIRP	-주파수 점유대폭 -출력	온도/전압 조건은 제조사선언
EN 302 065	UWB(3.1~4.8, 6~9GHz)	EIRP	없음(상온상습)	DAA 기능검증에 한 해 전도성으로 측정
EN 302 567	60GHz 대역 Gigabit 무선랜	EIRP	- RF output power - 전력밀도 등	온도/전압 조건은 제조사 선언
EN 300 328 (2012.06월)	2.4 GHz 광대역 무선통 신기기	EIRP	-출력	온도/전압 조건은 제조사선언
EN 301 839	402~405MHz 체내이식 무선의료기기	ERP	-주파수 허용편차	※ 이식용 기기에 대 해서 25~45°C 적용
EN 302 264	77~81GHz 차량용 레이더	EIRP	-출력 및 점유대폭	

3. 환경적 조건을 적용한 복사성 측정방법 제안 및 검토

가. 제안

국내의 경우 “무선설비의 적합성평가 처리방법” 별표4에서 ERP/EIRP의 복사성 측정방법은 실제 상온상습 조건에서만 안테나 치환법을 활용하여 측정이 가능하도록 시험절차를 간략히 정하고 있다. 대부분의 소출력 무선기기 출력기준이 전계/자계강도, ERP/EIRP 등으로 정해졌고 안테나 출력 단자가 없는 안테나 일체형 무선기기가 꾸준히 늘어나는 추세에 따라 온도/습도의 극한 환경시험조건 적용을 고려하는 복사성 측정방법으로의 개선이 필요하다.

미국의 경우, 대부분의 소출력 무선기기는 전계/자계강도, ERP/EIRP 등의 출력에 대해 온도 등의 극한 환경조건을 적용하지 않으나, 유럽은 소출력 무선기기별로 극한 환경조건 적용 여부가 다르며 일부 무선기기는 안테나 일체형에 한정해 복사성 측정방법에서 극한 환경조건 적용을 따로 면제하고 있다. 따라서, 외국사례를 단순히 참고하여 국내에서도 복사성 측정방법 시에만 온도 등의 환경적 조건 적용을 면제하는 것은 많은 고민이 필요하다고 본다.

다수의 RF 무선통신기기가 온도/습도 등의 물리적 환경변화에 따라 출력의 영향을 받을 수 있음을 고려해 볼 때, 안테나 일체형 기기 등에 적용되는 복사성 측정방법에 대해서도 저온/고온과 같은 극한 환경시험조건이 적용되어야 한다고 사료된다.

이에 따라 복사성 측정방법시 온도 조건을 적용하는 유럽방식의 절차 도입을 검토하였고, 표6-6에 열거된 EN 300 328 규격과 EN 300 220-1 규격을 참고하여 환경적 조건을 적용한 ERP/EIRP 복사성 측정방법(안)을 다음과 같이 제안하고자 한다.

환경적 조건을 적용한 ERP/EIRP 시험방법

(참고자료 : EN 300 328 v1.8.1, EN 300 220-1 v2.4.1)

- 외장형 안테나 커넥터나 임시 안테나 커넥터를 갖춘 기기는 계측기와 직접 연결하여 측정할 수 있다.
- 임시 안테나 커넥터도 없는 내장형 안테나를 사용하는 기기는 다음의 방법을 이용해 측정할 수 있다.
- 측정정보조기구를 갖추거나 시료의 송신 주파수대를 측정할 수 있는 안테나를 이용할 수 있다.

1) 측정정보조기구(Test Fixture)의 경우 아래 구조로 이루어지며 하기의 조건을 갖춘다.



- ① 측정정보조기구의 외부 커넥터 임피던스는 시험품의 동작주파수에서 50 Ω 일 것.
- ② 측정정보조기구는 방사신호를 잡을 수 있는 안테나가 연결되어 있을 것.
- ② 측정정보조기구는 상온과 저온, 고온에서 다음과 같은 성능을 갖출 것.
 - 충분한 dynamic range가 확보되어야 한다.
 - 측정정보조기구를 이용한 측정 시 측정주파수에서의 손실의 변화가 2 dB 내로 유지되어야 한다.
 - 비선형 부품을 포함하지 않아야 한다.

2) 측정방법

- ① 상온에서의 방사측정은 Open Area Test Site, Semi Anechoic Room, Fully Anechoic Room 등에서 실시한다. 방송통신표준(KCS.KO-06.0159)에 따라 복사전력(ERP/EIRP)을 시험하고 이 값을 기록한다.
- ② 시험품을 측정정보조기구 또는 측정용 안테나와 함께 온도 챔버에 넣는다. 상온 상태에서 측정정보조기구 또는 측정용 안테나를 통해 측정한 값이 ①에서 구한 값과 동일한 값이 되도록 offset을 조정한다(정규화).
- ③ 현 상태가 변화하지 않도록 주의한다.
- ④ 규격에서 요구하는 온도시험 조건으로 온도와 습도를 변화시키며 측정을 반복한다. 이때 측정된 값은 ②단계에서 정규화 단계를 거쳤기 때문에 최종 값으로 사용할 수 있다.

제안된 안은 대부분의 주요절차는 ‘12.06월 개정된 유럽 EN 300 328 B.3.3에 설명된 측정방법(Relative Measurement)을 준용하였다. 해당 측정 방법은 ERP/EIRP 전도성 측정방법에서 주로 활용되는 온도 챔버를 그대로 활용한다. 상온에서 안테나 치환법으로 구한 피시험기기 출력값이 온도챔버 내에서도 같이 발사하도록 조정된 후(정규화), 저온 또는 고온 조건하에서 피시험기기의 출력변화 편차를 그대로 활용한다. 온도챔버 내에서 피시험기기가 발사하는 출력을 충분히 측정할 수 있도록 하기 위해 측정정보조기구인 Test Fixture를 필요로 할 수 있다. 측정정보조기구에 대한 관련사항은 EN 300 220-1 규격을 참고하였다.

전도성 측정방법도 간략하게 표현하여 전체적으로 “환경적 조건을 적용한 ERP/EIRP 시험방법”으로 통합된 안을 만들었다. 제안된 측정방법(안)은 향후 “무선설비의 적합성평가 처리방법” 별표4의 복사 시험방법과 연계되어 개선이 더 필요할 수 있다.

4. 문제점 및 향후 계획

연구반에 활동하는 지정시험기관이 온도챔버에서 데이터전송용 특정소출력 무선기기 주파수 대역과 유사한 430~470 MHz 대역을 사용하는 휴대용 산업무전기 샘플을 가지고 환경적 조건(저온/고온, 최고/최저 전원전압)을 적용한 복사성 측정절차를 수행한 결과를 토대로, 다음과 같은 측정상의 문제점을 연구반에서 논의하였다.

온도챔버의 크기는 다양하나, 대체적으로 소형이고 내부가 모두 금속만으로 차폐되어 있어, 수신 안테나와 차폐금속간 상호작용으로 측정치에 영향(data fluctuation)을 줄 것으로 예상된다. 온도챔버내에 들어갈 수 있는 피시험기기의 크기(size)도 고려되어야 한다. 또한, 내부에 피시험기기와 수신 안테나를 설치함으로써, 수신안테나가 내부 온도 변화로 인해 수분의 영향을 받을 수 있는 등의 문제점이 있다. 특히 급격한 환경조건변화에 영향받지 않는 수신안테나 제작이 필요하며, 이것이 어려울 경우 시험시 측정값이 잡음레벨 아래에서 잡히지 않도록 세부조정이 필요할 수 있다. 온도챔버 내에서 안정된 피시험기기 송신발사 및 수신측정을 위해 Test Fixture(온도 및 습도에 대한 영향을 받지 않는 것도 포함)가 대부분의 측정상황에서 필요할 것으로 예상되며, 실질적으로 제품을 개발한 제조업체가 제공해야 하

므로 제조업체에게 큰 부담이 될 수 있다는 의견을 피력하였다. 또한, 지정 시험기관도 각 업체가 제공한 Test Fixture에 대한 검증(측정에 활용가능 여부 등)을 하여야 하므로 이에 대한 시간·비용추가 및 측정기술력 부재에 대한 부담감을 나타내었다.



[그림 6-1] 온도 챔버내에서 복사성 측정방법 수행 예(430~470 MHz 휴대용 산업무전기 샘플 이용)

이렇게 제기된 문제점을 해결하고 환경적 조건을 적용한 내실있는 복사 시험방법(안) 마련을 위해 Round Robin Test 방식의 측정수행을 제안하고 구체적인 일정 등의 주요사항을 2015년 연구반에서 추후 논의할 예정이다.

추후 논의사항은 제도시행시 측정 오차를 줄이는 동시에, 복사성 측정에 대한 지정시험기관의 숙련도 향상을 기하고 기업체에게 test fixture 제작 등의 전반적인 컨설팅이 가능하도록 기술력을 축적하는 것이 그 목적이다.

추진내용으로 먼저 1GHz 이하 대역(예 : 400MHz 데이터전송용)과 1GHz 이상 대역(예 : 2.4GHz 무선데이터통신용)별로 주요 측정대역 선별, 그에 따른 시료선정 및 구매 계획을 정하고 시험측정에 범용적으로 적용할 수 있는 Test Fixture 제작 및 수신안테나를 선정할 것이다. 시료의 셋업 조건 등 시험절차 수행을 위한 객관적인 기본 측정조건을 확정하고자 한 후 온도 등의 극한 환경시험환경 조건을 적용한 전도성 및 복사성 시험방법에 의한 측정 결과를 비교 분석할 계획이다.

또한, 기기 출력과 밀접하게 연관되어 있는 불요발사 시험항목에 대해서도 전도성 및 복사성 측정방법을 공히 적용할 경우 나타날 수 있는 문제점을 조사하고 검토해 나갈 계획이다. WiFi 무선랜/AP 등의 다중입출력(MIMO, Mutiple Input, Mutiple Output) 기기에 대해 복사성 출력/불요발사 측정에 대한 시험방법이 부재하여 시험방법 마련 및 검증이 필요한 바, 이를 검토할 예정이다. 전체적으로 환경적 조건 적용에 따른 복사 시험방법 도입, 불요발사 측정방법의 재검토 등 기존 별표 4의 “복사 시험방법”을 종합적으로 재정리하여 “복사전력(전계강도, 자계강도, ERP/EIRP) 시험방법”으로 재편하는 것을 고려하기로 하였다.

제7장 맺음말

에너지 관리 원격검침 시스템 관련 SUN(IEEE 802.15.4g) 기술표준 중 OFDM 통신방식을 국내에 사용할 수 있도록 하기 위해, 전파형식(D2D)을 917~923.5MHz 대역 RFID/USN 기술기준의 전파형식 조항(무선설비규칙 제 30조제1항제2호, 표2-4)에 추가하는 개정안을 마련하였다. “RFID/USN용 무선기기”의 정의가 태그(tag)의 정보를 식별하는 RFID용 무선기기의 정의에 편중되어 설명하고 있어 USN(Ubiquitous Sensor Network)의 정의가 포함되도록 “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기” 제2조제 12호 “RFID/USN용 무선기기” 정의에 대한 개정안을 마련하였다.

주로 탱크 또는 용기 내부에 있는 물질의 높낮이를 측정하거나 수로·하천 등의 수위를 측정하는데 이용되는 레벨측정레이더에 대한 기술개요 및 국내외 산업동향 등을 조사하였다. 해외 기술기준 비교를 통해 국내 주파수 이용방안 등을 검토하였고, 무선설비규칙, 주파수분배표 및 비신고기기 고시 개정안, 적합성평가 처리방법 개정안 등 기술기준과 관련한 제도 전반에 걸쳐 개선 방안을 마련하였다.

KTX 등의 고속열차의 안전한 운영을 위해 도입된 자계유도식 열차신호제어 장치의 국내외 이용현황 및 관련 기술규정을 검토하였고, 기존 무선국간 전파 간섭영향에 대한 실험을 수행하였다. 이를 토대로 자계유도식 열차신호제어장치가 이용하는 주파수대역에 따라 기본파 및 불요발사의 최대 허용기준 등의 기술기준안을 마련하였다.

기존의 허가가 필요한 전파응용설비에 추가로 무선전력전송기기에도 적용할 수 있는 고주파출력 산출방법을 마련하여 기술기준 고시를 개정하였다. 주요 개정사항으로 무선전력전송기기의 구조 및 기술특성 등을 고려하여 고주파출력은 최대 부하에서 무선전력전송기기 입력단의 전력에 효율(고주파 발생 전력 비율)을 곱하여 산출하였고, 효율은 설치·운영되는 무선전력전송기기의 개별 특성을 고려하여 시설자가 자체 산출한 자료를 적용하고, 전력 산출 시 전류 측정은 접촉 또는 비접촉 방법을 적용한다.

최신 소출력 무선기기의 기술특성(저전력, 초소형 집적화 등)을 반영하여 노트북 또는 PC 등 장착 무선모듈의 전원전압 시험규정, 주파수 허용편차 시험시 변조시험신호 적용, 13.56MHz RFID 기기의 부차적 전파발사 시험항목 면제 여부 등을 개정하고자 하였고 이들 개정사항과 관련하여 “무선설비의 적합성평가 처리방법” 중 소출력 무선기기 시험방법에 대한 개정(안)을 마련하여 전문가 및 관계자 의견수렴을 마친 후 '14.12월에 최종(안)을 확정하고 이를 공고하였다.

복사성 측정방법시 온도 조건을 적용하는 유럽방식의 절차 도입을 검토하였고, 표6-6에 열거된 EN 300 328 규격과 EN 300 220-1 규격을 참고하여 온도 관련 환경적 조건을 적용한 ERP/EIRP 복사성 측정방법(안)을 제안하였다.

[참고문헌]

- [1] 무선설비규칙, 미래창조과학부 고시
- [2] IEEE 802.15.4g SUN 기술개요, 900MHz 대역 RFID/USN 기술기준 개정 연구반 발표자료, 2014년
- [3] 최상성, 신철호, 오미경, “스마트 유틸리티 네트워크를 위한 무선전송기술 표준화 동향”, TTA Journal Vol.133, pp. 122-131
- [4] 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기, 미래창조과학부 고시
- [5] 무선설비의 적합성평가 처리방법, 국립전파연구원 공고
- [6] ECC/DEC/(11)02, ECC Decision of 11 March 2011 on industrial Level Probing Radars (LPR) operating in frequency bands 6 - 8.5 GHz, 24.05 - 26.5 GHz, 57 - 64 GHz and 75 - 85 GHz
- [7] ECC REPORT 139, Impact Of Level Probing RADARS Using Ultra-Wideband Technology On Radiocommunications Services
- [8] FCC 14-2 FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULE MAKING In the Matter of Amendment of Part 15 of the Commission's Rules To Establish Regulations for Level Probing Radars and Tank Level Probing Radars in the Frequency Bands 5.925-7.250 GHz, 24.05-29.00 GHz and 75-85 GHz
- [9] ETSI TR 102 601, Level Probing Radar (LPR)-sensor equipment operating in the frequency bands 6 GHz to 8,5 GHz; 24,05 GHz to 26,5 GHz; 57 GHz to 64 GHz and 75 GHz to 85 GHz
- [10] ETSI EN 302 729, Level Probing Radar (LPR) equipment operating in the frequency ranges 6 GHz to 8,5 GHz, 24,05 GHz to 26,5 GHz, 57 GHz to 64 GHz, 75 GHz to 85 GHz
- [11] ERC Recommendation 70-03, Relating to the use of Short Range Devices(SRD)

- [12] EN 302 608, Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment for Eurobalise railway systems; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive
- [13] ERTMS/ETCS SUBSET-036, 유럽 발리스 표준
- [14] 전파응용설비의 기술기준, 국립전파연구원 고시
- [15] FCC 47 C.F.R Part 18, Industrial, Scientific, and Medical Equipment
- [16] EN 55011, Industrial, scientific and medical equipment-Radio-frequency disturbance characteristics Limits and methods of measurement
- [17] 무선설비의 공중선전력과 전파응용설비의 고주파출력 측정 및 산출방법, 국립전파연구원 고시
- [18] 2014년도 ICT표준화포럼 최종연구보고(무선전력전송포럼)
- [19] 윤재훈, “무선전력전송기술 국가산업 활성화 방안,” 한국전자과학 회지 제25권 제4호 2014. 07
- [20] ETRI, “무선전력전송 기술동향과 발전방향,” 2014
- [20] FCC, CFR47, Part18, “Industrial, Scientific and Medical(ISM) Equipment,” 2012
- [21] KDB산업은행, “무선전력전송 기술동향 및 시사점,” 2014
- [22] 2011 도시철도 신호체계 개선 및 운영 효율화 방안 연구
- [23] 국토부, 철도분야 신호시스템 상세기획연구 연구보고서, 2010

레벨측정레이더, RFID/USN 등 기술기준 및
전파응용설비 고주파 출력 산출방법 등의
개정 연구



520-350 전남 나주시 빛가람로 767

발행일 : 2014. 12.

발행인 : 최영진

발행처 : 미래창조과학부 국립전파연구원

전화 : 061) 338-4416

인쇄 : 리드릭

Tel. 02) 2269-1919

<비매품>

ISBN : 979-11-5820-003-9

주 의

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