

<별책 1>

최종 연구개발 결과보고서

900MHz대역 주파수 재배치 연구

2008. 12. 31.

주관연구기관 한국전파진흥협회
방 송 통 신 위 원 회

제 출 문

방송통신위원장 귀하

본 보고서를 전파방송정책연구의 최종 연구개발결과보고서로 제출합니다.

2008년 12월 31일

주관연구기관 : 한국전파진흥협회

연구 책임자 : 정찬형('08.4-12)

참여 연구원 : 신현욱('08.1-12)

정신교('08.1-12)

구재일('08.1-12)

김민수('08.9-12)

서지영('08.1-12)

성호석('08.1-12)

강현정('08.1-12)

김현진('08.1-12)

김형준('08.1-12)

윤재중('08.1-12)

안준오('08.1-12)

곽기훈('08.1-3)

윤재중('08.1-12)

박미선('08.7-12)

요 약 문

1. 제 목

- 900MHz대역 주파수 재배치 연구

2. 연구개발의 목적 및 필요성

해외 주요국은 정보통신 기술발전, 글로벌 표준화 추세에 따라 주파수 특성이 뛰어난 저주파수 대역(700~900MHz)을 확보하여 선 공정분배 후 용도 규제완화를 적용하는 한편 기존 이동통신 주파수의 전면적 재편을 추진하고 있는 상황이다.

최근 900MHz 대역이 갖는 셀 반경과 커버리지 면적 확산에 대한 연구결과를 통해서 더욱 이동통신 주파수 분배 가능성에 검토 되었다. 국내에서도 이러한 저주파수 대역(700~900MHz)의 이동통신용 주파수 이용 가능성을 검토하던 중 특히 900MHz가 경제적 망 구축이 용이한 우량 주파수 대역임에도 비상업용으로 분배되어 주파수 활용가치가 저하되어 있음을 확인하고, 증가하는 3세대 이동통신의 주파수 포화 문제를 해결할 수 있도록 주파수 채널 배치를 통한 글로벌 로밍 및 부족한 이동통신 주파수 확보를 위한 방안 연구가 추진되었다.

첫째, 이동통신 주파수 분배방안 연구 관련해서, 글로벌 로밍과 부족한 이동통신 주파수 추가 확보를 위해 적정 주파수 대역 선정 및 주파수 채널 재배치에 따른 인접 서비스 간의 간섭시험 등을 통해 유럽방식을 고려한 FDD 40MHz대역폭 이동통신 주파수 확보를 목표로 한다.

둘째, FM 중계 채널 재배치 연구 관련해서, 900MHz 채널 재배치 기본 계획에 따라 예상되는 신규 이동통신 주파수 대역내 FM중계 주파수(942-959MHz)에 대해 현재 동일 서비스가 가능한 1.7GHz대역으로 이전 배치하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 시뮬레이션을 통한 주파수 이전 재배치 가능성 확인 및 필드 테스트를 통한 사이트 운용 가능성 확인토록 한다.

셋째, RFID/USN·무선마이크 채널 재배치 연구 관련해서, 900MHz 채널 재배치 기본 계획에 따라 예상되는 신규 이동통신 주파수 대역내 RFID/USN과 무선마이크 주파수의 이전 배치를 목표로 한다. 또한 최근 RFID/USN과 무선마이크의 주파수 자원의 수요증가를 예상하여 추가 대역 확보 방안도 함께 마련토록 한다. 이를 위해 인접 서비스 간에 예상되는 간섭상황을 시뮬레이션을 통해 확인하고, 글로벌 경쟁력 확보를 위한 국내 주파수 분배를 목표로 한다.

본 연구는 주파수 이용의 효율성 제고를 위해 산학연 전문가로 구성된 900MHz 주파수 재배치 연구반 (FM 중계 재배치 연구반과 RFID·무선마이크 재배치 연구반)을 구성 운영하여, 미래 이동통신 주파수를 확보하고, 국내 RFID 및 무선마이크 전자산업 활성화를 위한 900MHz대역 주파수 재배치 계획을 수립하였다.

3. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서는 다음의 주요 내용으로 연구를 추진하였다.

o. 이동통신 주파수 분배방안 연구

- 900MHz 주파수 분배 현황
- 채널 재배치 계획
- 신규 이동통신과 무선전화기 영향 분석
- 이동통신 주파수 분배 검토결과

o FM중계 채널 재배치 연구

- FM 중계 주파수 이용현황
- FM 중계 재배치 방안
- FM 중계 재배치를 위한 실뢰도 검증 측정
- FM 중계 재배치 검토결과

o RFID/USN·무선마이크 채널 재배치 연구

- 최신 기술 및 동향 분석
- 주요국 주파수 분배 및 이용현황 분석
- 주요국 기술기준 분석
- 주파수 간섭 시뮬레이션

o 주파수 분배 및 기술기준 개정 결과

- 국내 주파수 분배 및 기술기준 분석
- 주파수 재배치 안
- 기술기준 개정 안

4. 연구개발결과

본 900MHz대역 주파수 재배치 연구를 통해 마련 된 주요 결과는 다음과 같다.

o 900MHz대역 주파수 재배치 정책방안 수립

- 신규 이동통신 주파수 40MHz 확보를 핵심사항으로 하고, 국내 주파수 수요 증가를 예상한 RFID/USN · 무선마이크 주파수 확대 재배치
- 주파수 분배 개정 고시 및 관련 무선설비규칙 개정안 마련
- 주요국 주파수 이용현황 분석을 통한 주파수 정책지원

o 주파수 정책 수립을 위한 효율적 연구반 운용 성과

- 900MHz 대역 내 관련 대학, 산업체 및 연구소 전문가들의 참여를 통한 정책수립의 시의성 제공
- 주파수 재배치 계획 수립에 따른 년차별 홍보방안 및 시기별 정책 요구사항 마련
- 증가하는 산업체 수요주파수를 고려한 주파수 추가 확보 마련

5. 활용에 대한 건의

본 연구 결과는 900MHz 주파수 재배치 방안 수립을 위한 신규 이동통신 주파수 확

보, RFID/USN·무선마이크 주파수 재배치, FM중계 주파수 재배치 방안을 도출했다. 이러한 결과를 토대로 기존 주파수 대역내 장비에 대한 사용시한 만료 및 산업계 혼선을 최소화하기 위한 홍보방안 수립, 산업계 의견 수렴 그리고 최종 이용자가인 국민들에게 충분한 주파수 재배치 결과 및 생활에 미치는 영향 등을 다양한 홍보방안을 마련하여 추진하는데 활용될 것을 제안한다.

6. 기대효과

본 900MHz대역 주파수 재배치 연구 결과를 통해 1GHz이하 대역에 대한 정책 수립에 및 관련 전파산업 활성화에 기여가 예상된다. 900MHz 대역은 잠재적 가능성이 우수한 대역으로 향후 신규 이동통신 주파수 분배에 따른 사업자의 기지국 설치 및 망 설계 시 상대적으로 높은 대역보다 경제적 우위성을 보일 것이 확실하다. 특히 유럽 방식을 고려한 FDD 40MHz 대역폭 확보를 통해 보다 편리한 글로벌 로밍이 가능하게 되었으며, 국제 이용 주파수 대역 분배를 통해 국내 단말 및 시스템 제조사의 국외 진출에 기반을 마련했다. 그리고 국내 RFID 및 무선마이크의 주파수 수요 증가를 예상한 추가 확보된 주파수를 통해 관련 전파산업 활성화에 기여가 예상된다.

목 차

■ 제출문

■ 요약문	i
제1장 서 론	1
제2장 이동통신 주파수 분배방안 연구	3
제1절 900MHz 주파수 분배 현황	3
제2절 채널 재배치 계획	5
제3절 신규 이동통신과 무선전화기 영향 분석	6
제3장 FM중계 채널 재배치 연구	9
제1절 FM 중계 주파수 이용현황	9
제2절 FM 중계 재배치 방안	11
제3절 FM 중계 재배치를 위한 실뢰도 검증 측정	12
제4장 RFID/USN · 무선마이크 채널 재배치 연구	25
제1절 최신 기술 및 동향 분석	25
1. 기술 개요	25
2. 최신 기술개발동향	30
3. 시장 및 산업동향	47
제2절 주요국 주파수 분배 및 이용현황 분석	55
1. 현 황	55

2. 미 국	57
3. 유 럽	59
4. 일 본	60
제3절 주요국 기술기준 분석	63
1. 미국	63
2. 유럽	65
3. 일본	68
제4절 주파수 간섭 시뮬레이션	73
1. 이동통신 보호대역 분석	73
2. WCDMA와 RFID간 보호대역 산출	79
3. WCDMA와 RFID/MIC간 보호대역	82
4. 양방향 무선표출과 RFID/무선마이크 보호대역 분석	85
제5장 주파수 분배 및 기술기준 개정 결과	89
제1절 국내 주파수 분배 및 기술기준 분석	89
1. 주파수 분배 및 이용현황	89
2. 기술기준 분석	92
3. 주파수 재배치 및 기술기준개정 필요성	103
4. 주파수 재배치 및 기술개정 파급효과	103
제2절 주파수 분배 및 기술기준 개정(안)	105
1. RFID/USN 기술기준 개정(안)	105
2. 무선마이크 기술기준 개정(안)	106
3. 주파수 분배 및 기술기준 개정 결과	107
제6장 결론 및 향후계획	110
[부록] FM중계 주파수 재배치 연구반 명단	112
RFID·무선마이크 주파수 재배치 연구반 명단	113

제1장 서론

해외 주요국은 정보통신 기술발전, 글로벌 표준화 추세에 따라 주파수 특성이 뛰어난 저주파수 대역(700~900MHz)을 확보하여 선 공정분배 후 용도 규제완화를 적용하는 한편 기존 이동통신 주파수의 전면적 재편을 추진하고 있는 상황이다.

최근 퀄컴의 분석¹⁾에 따르면, 교외지역에서 900MHz 대역의 셀 반경이 2.1GHz에 비해 약 30%, 커버리지 면적으로 환산하면 70% 정도 더 큰 것으로 나타났다[1]. 이로써 동일 이동통신 서비스에 대한 상대적으로 1GHz 이상 대역보다 1GHz 이하 대역에서의 경제성이 높음을 검증하였다. 그러나 국내에서는 저주파수 대역(700~900MHz)의 주파수 이용 형태가 경제적 망 구축이 용이한 우량 주파수 대역임에도 비상업용으로 분배되어 주파수 활용가치가 저하되어 있는 실정이다. 이로인한 증가하는 3세대 이동통신의 주파수 포화 문제가 함께 제기되었다.

900MHz 대역 주파수 이용과 관련해서 물류 유통분야에 사용되는 900MHz RFID를 '08년 정부 각부처의 각종 시범사업(17개 분야, 약 600억원)에 따른 RFID 확산에 따른 주파수 부족이 예상되어 추가 주파수 확보가 제기되었다.

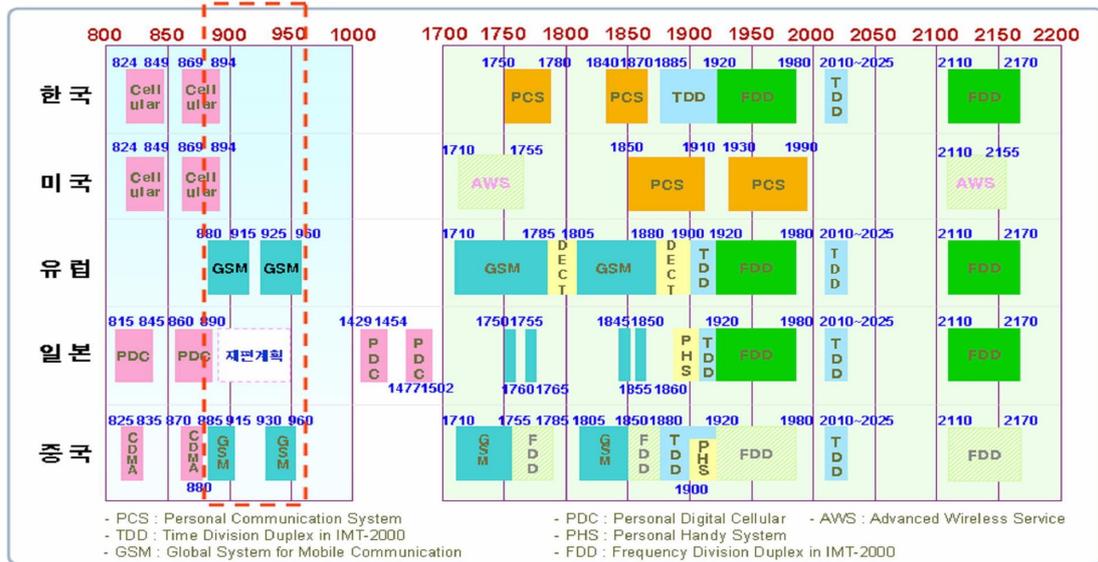
이상의 주파수 이용의 효율성 제고를 위해 방송통신위원회는 산학연 전문가로 구성된 900MHz 주파수 재배치 연구반 (FM 중계 재배치 연구반과 RFID·무선마이크 재배치 연구반)을 구성 운영하여, 미래 이동통신 주파수를 확보하고, 국내 RFID 및 무선마이크 전파산업 활성화를 위한 900MHz대역 주파수 재배치 계획을 수립하였다.

WRC-07²⁾ 회의결과를 통해서 확인된 것처럼 각국은 점점 증가하는 이동전화용 주파수 자원 재개발이 시급히 요구되고 있으며, 국내에도 현재 분배되지 않은 GSM 서비스 도입을 통한 국제로밍 등 이용자 편익을 제고하기 위하여, 현재 미분배된 900MHz 대역의 신규 이동통신 주파수 분배 필요성이 제기되었다(아래 그림 1-1).

1) Qualcomm Incorporated(Nasdaq: QCOM)와 Telefónica España, Huawei Technologies 등은 스페인 Extremadura 지역에 위치한 Talarrubias에서 900MHz 스펙트럼을 이용하여 3G UMTS 및 HSDPA 현장 테스트를 완료했다고 발표(2008. 5.11, 스페인 마드리드)

2) World Radiocommunication Conferencer 2007 (2007.10.22~11.16 세계전파통신회의, 스위스 제너버)

900MHz대를 이동통신용으로 사용하는 국가는 181개 국가로 GSM을 사용 중이며, 영국·프랑스·독일·호주 등 주요 선진국은 공정 배분 후 3G 서비스로 전환을 추진하고 있다.



<그림 1-1> 세계 이동통신 주파수 분배도

제2장 이동통신 주파수 분배방안 연구

제1절 900MHz 주파수 분배 현황

국내 900MHz대역은 아래 그림 2-1와 같이 공공, RFID, 코드리스 폰, 무선호출, 무선 데이터, 방송중계, 무선마이크 등으로 다양한 비상업적 서비스가 분배되어 있다. 최근 RFID 국내 산업 활성화를 다양한 노력이 취해지고 있으며, 수요증가를 예상한 무선설비 규칙 개정과 함께 추가 주파수 확보 필요성이 제기됐다. 그리고 아날로그 코드리스폰은 DCP(Digital Cordless Phone)의 출현으로 통화품질이 우수한 2.4GHz대역으로 사용자 이용 형태가 전환될 것이 예상되고 있다. 또한 국내외적으로 무대 및 공연 활성화에 따라 무선전화기 수요가 증가하고 있어 추가 주파수 확보 필요성이 제기되었다.



<그림 2-1> 국내외의 800-900MHz 대역 주파수분배 현황

주요국에서는 FDD 방식을 기본으로 한 이동통신 주파수를 분배 이용이며, 2011년 일본은 차세대 이동통신 분배 계획을 발표한 상태이다. 또한 미국 CDMA 주파수는 824-849MHz대역(25MHz)과 869-894(25MHz), 유럽과 영국 GSM 주파수는 880-915MHz(35MHz), 925-960MHz(35MHz), 중국 GSM 885-910MHz(25MHz)과 930-955MHz(25MHz) 등으로 대체로 GSM 방식으로 50-70MHz 대역폭으로 분배하고 있다.

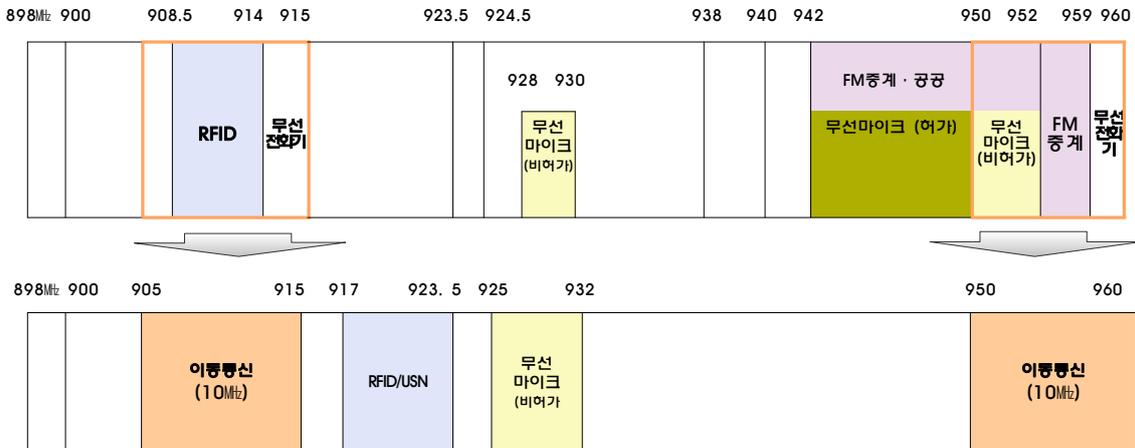
이러한 국제적인 주파수 분배상황을 고려하여 글로벌 로밍을 지원하고 4세대 이동통신 시장의 선점을 위한 신규 이동통신 주파수 분배가 필요함을 확인 할 수 있다.

이러한 국제적 주파수 분배 및 이용현황을 통해 국내 부족한 신규 이동통신 주파수 확보 필요성을 확인하였다.

제2절 채널 재배치 계획

채널 재배치는 독립적인 무선통신 서비스를 제공하기 위한 주파수 대역의 서비스 허용범위를 주파수 자원 측면서 일정한 주파수 정책에 따라 재배침 함을 의미한다.

900MHz 채널 재배치 기본 계획(아래 그림 2-2)의 주요 사항은 국제적으로 로밍이 유리한 이동통신주파수 20MHz(상향 905~915MHz, 하향 950~960MHz)를 '11년말까지 확보로 목표로 한다. GSM 도입을 고려하여 주파수대역 내에서 상·하향 35MHz의 주파수 이격거리 설정하고, 확보예정 대역내에 위치한 군통신, RFID, 무선마이크 주파수는 900MHz내에서 재배치하고, FM중계는 타대역(1.7GHz)으로 이전, 무선전화기는 '13년에 회수기로 한다. 무선데이터 및 무선통신서비스용 주파수는 가입자를 고려하여 현상태를 유지기로 한다.



<그림 2-2> 900MHz 채널 재배치 기본계획

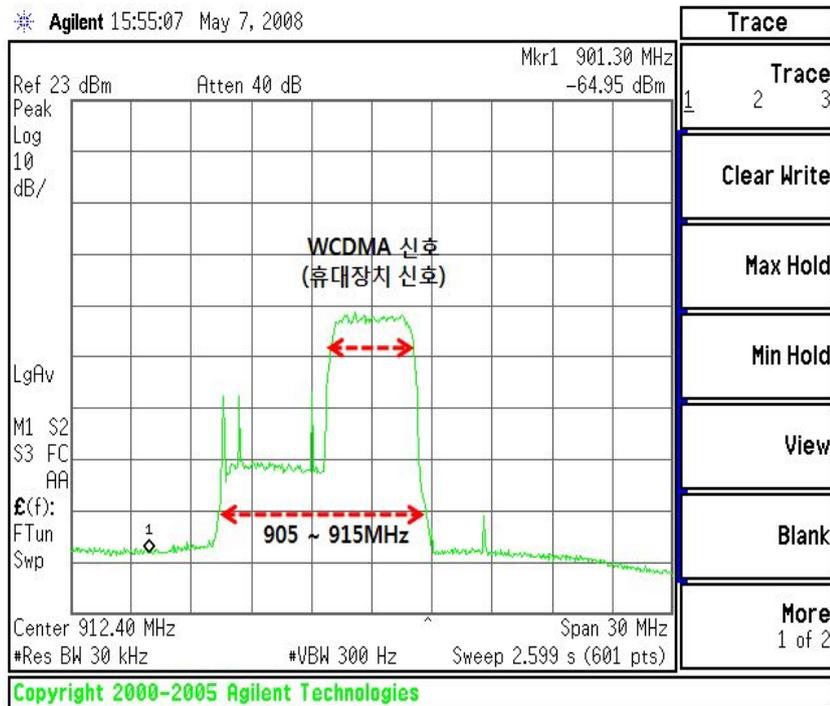
이러한 채널 재배치 계획에 따라 기존 주파수 대역내 장비에 대한 사용시한 만료 및 산업계 혼선을 최소화하기 위한 홍보방안 수립, 산업계 의견 수렴 그리고 최종 이용자가인 국민들에게 충분한 주파수 재배치 결과 및 생활에 미치는 영향 등을 다양한 홍보방안을 마련하여 추진하는데 활용될 것을 함께 고려해야 한다.

제3절 신규 이동통신과 무선전화기 영향 분석

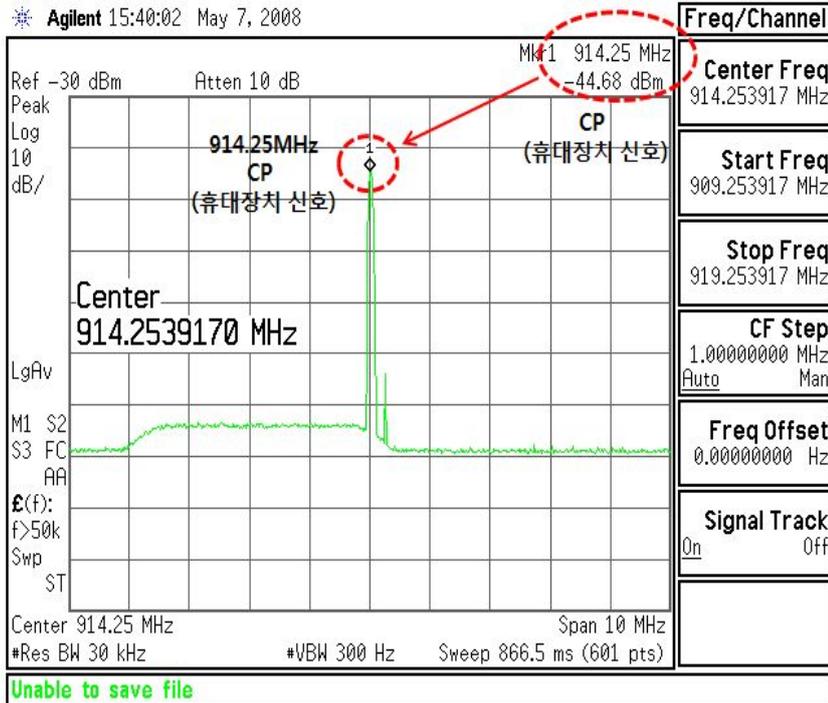
무선전화기는 아날로그 방식으로 46MHz대 15채널, 900MHz대 40채널이 분배되어 현재 46MHz대는 유통 중단상태이고, 900MHz대 914~915MHz, 959~960MHz(2MHz) 대역에서 28여개 제조업체가 약 600만대 이상을 판매한 것으로 추정되고 있다. 또는 주파수 회수 관련해서 46MHz는 '12년말(형식등록 시한 '07.12), 900MHz는 '13년말(형식등록 시한 '08.12)까지만 사용이 가능토록 고시('06년 10월)되었다. 이는 1.7GHz과 2.4GHz 디지털무선전화기 주파수 수요전환에 따라 시장의 자연스런 수용이 예상되었다.

이런 기존의 주파수 계획에 900MHz 채널 재배치 계획이 마련되면서 현재 형식등록 시한이 남아있는 무선마이크와 신규 이동통신 주파수(905-915MHz, 950-960MHz)와 상호 운용이 가능한지에 대한 연구가 제기 되었습니다.

실제 이용환경을 고려해 실내에 이동통신(FDD 방식)용 소출력 중계기(10mW)를 자체 제작하여 CP(휴대장치)와의 거리 및 중계기 증폭률을 조정하면서 전파특성을 아래 그림 2-3와 같이 측정하였다.



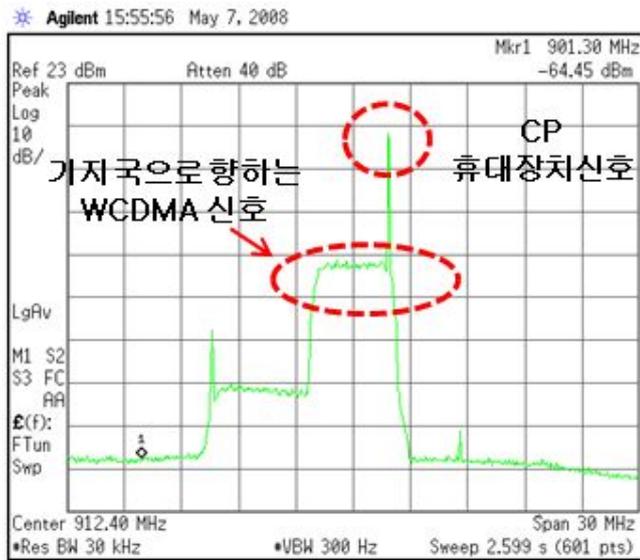
a. 중계기의 출력단에서의 이동통신 출력특성



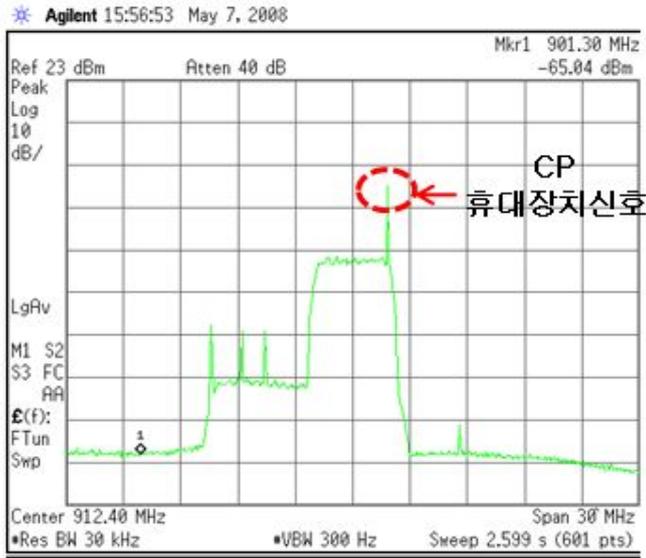
b. CP 휴대장치의 출력특성

<그림 2-3> 신규 이동통신과 CP 휴대장치 출력특성

이동통신 신호의 에러율 측정 결과, 증폭률 증가 및 이격거리가 가까울수록 에러율이 증가하며, 특히 이격거리 1m 이내시 중계기 증폭률에 무관하게 에러율이 현저히 증가함을 아래 그림 2-4와 같이 확인했다.



a. 두 시스템간 이격거리 2m 설정시 출력파형



b. 두 시스템간 이격거리 13m 설정시 출력파형

<그림 2-4> 이격거리에 출력특성

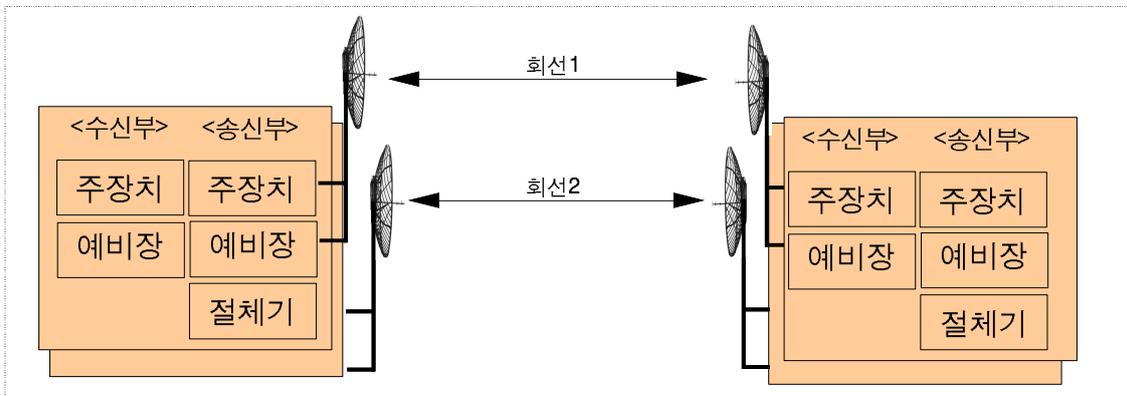
이상의 연구결과를 통해 이동통신(FDD 방식)의 주파수 905-915MHz, 950-960MHz 분배에 따라 무선전화기 주파수 회수 시점인 '13년까지 사용함에 있어 실내 소출력 중계기와 휴대장치의 거리를 1m 이상 유지하는 현재의 이용상황을 고려할 때 상호 운용이 가능함을 확인할 수 있다. 또한 마련될 주파수 재배치 계획에 따라 900MHz대 무선전화기 제조업체를 상대로 '08년부터 판매중단 협조를 요청하고, 1.7GHz 및 2.4GHz대 디지털무선전화기를 사용토록 대국민 홍보를 추진하여 안전한 전파환경 마련을 위한 방안 연구가 필요할 것으로 예상된다.

제3장 FM중계 채널 재배치 연구

주요국의 900MHz 대역정비 계획발표는 부족한 이동통신 주파수 확보를 위한 세계적인 주파수 이용계획의 변화를 의미한다. 따라서 국내 942~959MHz대 FM중계용 주파수에 대해서 현재 동일용도로 사용하고 있는 1.7GHz(1700~1710MHz)대역으로 통합 배치하는 방안을 마련키로 한다. 이를 위해 본 연구에서는 국내 FM중계 관련 주파수 이용현황을 분석하고, 1.7GHz 이전을 위한 검증으로 필드테스트를 통한 실측결과를 토대로 재배치 가능성을 확인하였다.

제1절 FM 중계 주파수 이용현황

FM 방송중계는 라디오방송 프로그램을 연주소에서 송신소까지 전송하거나, 공개방송·스포츠게임 현장의 실황을 중계차량을 통해 방송국(연주소)으로 전송하는데 사용되고 있다. 아래 그림 3-1와 같은 중계 구성으로 주장치와 보조장치, 송수신부, 장치수별 안테나부로 크게 구성된다.



<그림 3-1> FM 방송 중계 개념도

942~959MHz(17MHz폭)대역을 전국 35개 방송사와 국군방송에서 고정 및 이동중계용으로 표 2-3과 같이 176개 무선국(307회선)이 운용 중에 있다. 채널간격 125kHz 및 250kHz, 출력 10W 이하로 고정중계 46채널(275회선), 이동중계 11채널(32회선)이 지정되어 있고, 지역간 동일 주파수를 재사용하여 사용 중에 있다.

<표 3-1> FM 방송 중계 회선 현황(942~959MHz)

(단위 : 회선)

구 분	서울	부산	충청	전남	경북	전북	강원	제주	군	계
고정업무	31	58	33	29	34	14	47	9	20	275
이동업무	21	4	2	2	2	1	-	-	-	32
합 계	52	62	35	31	36	15	47	9	20	307

※ 회선은 동일 주파수에 대해 송신기 2식와 수신기 2식, 절체기 1식으로 구성

또한 1700~1705MHz(5MHz폭)대역을 전국 17개 방송사에서 고정중계용으로 28개 무선국 (65 회선)이 운용 중이다.

<표 3-2> FM 방송 중계 회선 현황(1700~1705MHz)

(단위 : 회선)

구 분	서울	부산	충청	전남	경북	전북	강원	제주	계
고정업무	24	13	5	4	12	4	2	1	65

제2절 FM 중계 재배치 방안

942~959MHz대 FM중계용 주파수는 동일 용도로 사용하고 있는 1.7GHz(1700~1710MHz) 대역으로 통합 배치를 기본계획으로 한다. 1.7GHz대역으로 인천시 900MHz대 FM중계를 수용하기 위해 주파수 확장(5MHz→10MHz) 필요하다. 이와 함께 고려할 사항으로 기존 900MHz FM중계설비는 대부분 허가유효기간이 '10.6월에 만료되나, 1.7GHz대로 인천시 주파수 분배 변경에 따른 손실보상이 필요하다.

1.7GHz대역으로의 재배치에 따른 기술적 문제는 없을 것으로 시뮬레이션 결과 확인 되었으며, 900MHz 대역 시설 수요를 고려하여, 현재 사용 중인 5MHz폭에 추가로 상위 5MHz폭(1705~1710MHz)을 지정할 필요가 있다. 이런 추가 주파수 분배에 따라 효율적 재배치를 위하여 1.7GHz(1700~1710MHz)대역의 채널간격에 대한 전파지정 기준의 개정이 필요하다. 고정중계용 채널은 현재의 전파지정기준에 맞게 125kHz 간격으로 유지하고, 이동중계용 채널의 경우, 전용 지정이 필요하며 이동 채널 상호간에는 최소 250kHz 이상 간격의 지정이 요구된다.



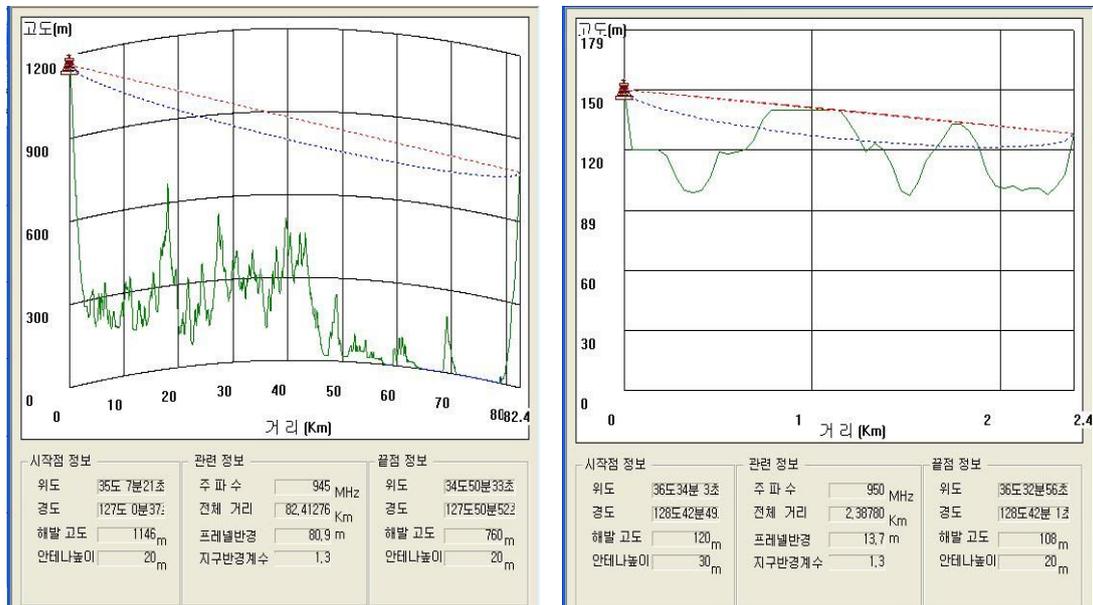
<그림 3-2> FM중계 재배치 방안

이상에서 확인된 종합적인 내용을 정리한 FM중계 재배치 방안(위 그림 3-2)은 분배 예정인 이동통신 하향 주파수대역(950~960MHz)내에서 사용중인 FM 방송중계 101국(예비장치 포함)은 2010년말까지 1.7GHz대역으로 우선 이전하고, 942~950MHz에서 사용중인 방송중계 413국은 년도별 이전 계획을 수립하여 '13년 말까지 1.7GHz대역으로 이전토록 추진토록 한다.

제3절 FM 중계 재배치를 위한 실외도 검증 측정

900MHz 방송중계 시설의 1.7GHz 재배치 타당성을 검증하고, 1.7GHz 이상 대역으로의 재배치 가능성 검토 재배치시 발생할 수 있는 운용상의 문제점을 능동적으로 해결하기 위한 목적으로 ETRI·중관소·방송사·RAPA에서 공동 검증측정³⁾을 진행했다.

무등산 중계소-망운산 중계소 (약 82.4km) 구간은 아래 그림 3-3과 같이 Line-of-sight 확보가 가능한 구간이었으나, 안동 KBS-안동 FM송신소 구간은 약간 비사거리의 특징을 보였다.



a. 무등산 - 망운산

b. 안동 KBS - 안동 FM송신소

<그림 3-3> 측정대상 구간

(1) 가시거리 장거리 구간(무등산-망운산)의 신뢰도 측정

KT 사옥에서 송신하고 망운산 KBS 중계탑 아래에서 수신하는 경로 구간을 선정하기 위해 아래 그림 3-4과 같이 각각 송/수신 시스템 구축하고 940 ~ 2750MHz 범위의 선택 주파수에 대한 수신 레벨 검토하였다.

3) 광주 무등산 중계구간과 해남 망운 구간('08년 10월 15-16일)



<그림 3-4> 주파수 재배치 신뢰도 검증측정 시스템

본 검증측정을 위한 송/수신부 제원은 다음 표3-3, 표3-4과 같다.

<표 3-3> 송신부 제원

품 명	모델명	제조사	주요 규격	비 고
신호발생기	SMQ-06B	Rohde&Schwarz	주파수: 300kHz ~ 6.4GHz	
신호증폭기1	5124	OPHIR RF	주파수: 20 ~ 1000MHz 출력: 20W	900MHz대
신호증폭기2	5055	OPHIR RF	주파수: 1 ~ 3GHz 출력: 25W	1.7GHz대
안테나	HF906	Rohde&Schwarz	주파수: 1 ~ 18GHz 이득: 7 ~ 14 dBi	

<표 3-4> 수신부 제원

품 명	모델명	제조사	주요 규격	비 고
전계강도측정기	ESVN-40	Rohde&Schwarz	주파수: 9kHz ~ 2.05GHz	
안테나	HL-040	Rohde&Schwarz	주파수: 400MHz ~ 3.0GHz 이득: 5 ~ 7 dBi	

수신 전계강도 예측 방법으로 일반적인 송수신 환경에서 수신단의 신호세기는 아래와 같이 표현된다.

$$P_r [dBm] = P_t [dBm] + G_{amp} [dB] - L_t [dB] + G_t [dB] - P_l [dB] + G_r [dB] - L_r [dB]$$

- P_t : 신호발생기 출력, G_{amp} : 신호증폭기 이득, L_t : 송신부 케이블 손실, G_t : 송신안테나 이득
- P_l : 경로 손실, G_r : 수신안테나 이득, L_r : 수신부 케이블 손실

그리고 자유공간 손실과 대기흡수 손실(L_{gas})을 고려하여 경로손실 P_l 은 아래 식으로 표현된다.

$$P_l [dB] = 32.4 + 20\log(f [MHz]) + 20\log(d [km]) + L_{gas} [dB]$$

- f : 주파수, d : 송수신 안테나간 거리

상기 식으로 추정된 무등산(광주)-망운산(남해) 구간에서의 수신 레벨 예측값은 아래의 표와 같다.

※ dBm과 dBuV의 관계는 [dBm = dBuV - 107]로 주어짐

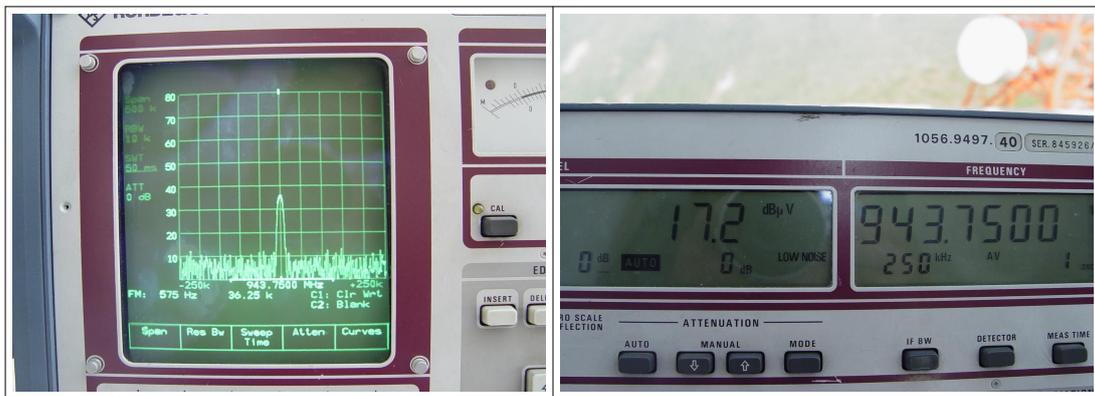
<표 3-5> 실측구간 링크 분석표

		900MHz대		1700MHz대	2500MHz대	2700MHz대
송신전력, P_t [dBm]		38.45	-10.00	-10.0	-10.00	-10.00
송신단 증폭이득, G_{amp} [dB]			48.10	45.65	45.65	45.65
송신단 피더손실, L_t [dB]		4.21	1.00	1.40	1.46	1.50
안테나 송신이득, G_t [dBi]		24.60	6.00	9.10	10.20	10.20
중심 주파수 [MHz]		945.75	943.75	1707.00	2500.00	2700.00
경로 길이 [km]		82.49	82.49	82.49	82.49	82.49
경로 손실, P_l [dB]		130.24	130.23	135.37	138.69	139.36
안테나 수신이득, G_r [dBi]		5.01	5.09	5.80	5.60	5.02
수신단 피더손실, L_r [dB]		0.70	0.70	0.97	1.23	1.25
추정 수신레벨, P_r	dBm	-65.09	-83.13	-87.69	-90.46	-91.78
	dB μ V	41.91	23.87	19.31	16.54	15.22
관측된 수신레벨, P_r	dB μ V	30.10	17.20	14.40	14.00	16.40
수신레벨 오차 [추정-관측]	dB	11.81	6.67	4.91	2.54	-1.18



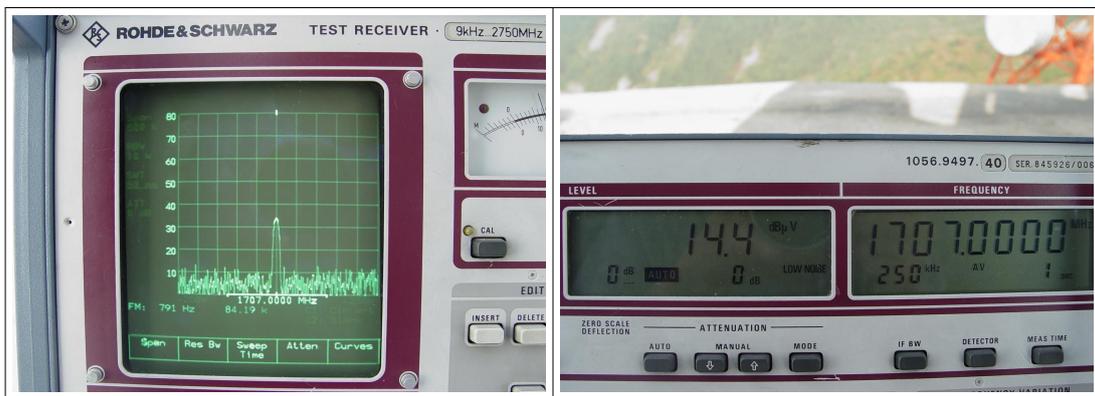
<그림 3-5> KBS 방송신호의 수신 전계강도

※ 측정 주파수 945.75MHz에 대한 수신 전계강도 : 30.1dBuV



<그림 3-6> 900MHz 대역 시험신호의 수신 전계강도

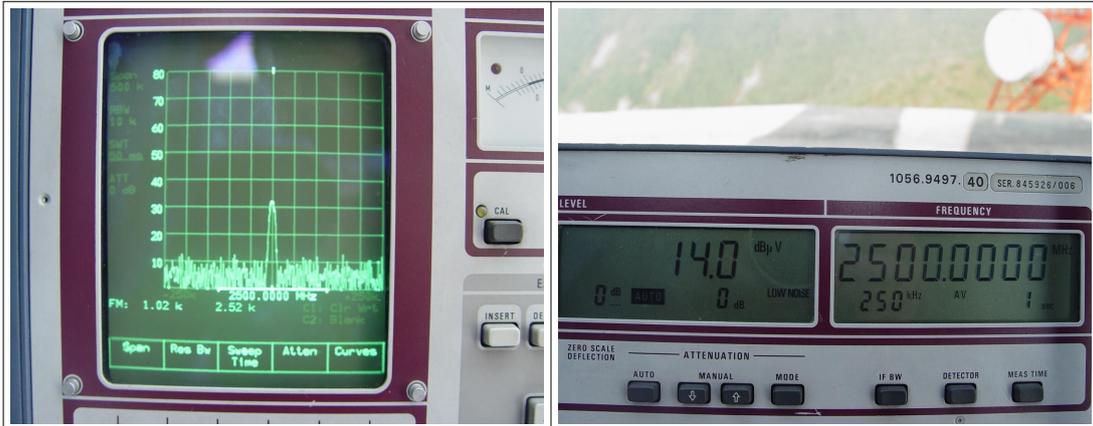
※ 측정 주파수 943.75MHz에 대한 수신 전계강도 : 17.2 dBuV



※ 900MHz 대비 상대 수신 레벨 = - 2.8 dB(관측치) / - 4.6 dB(계산치)

<그림 3-7> 1700MHz 대역의 수신 전계강도

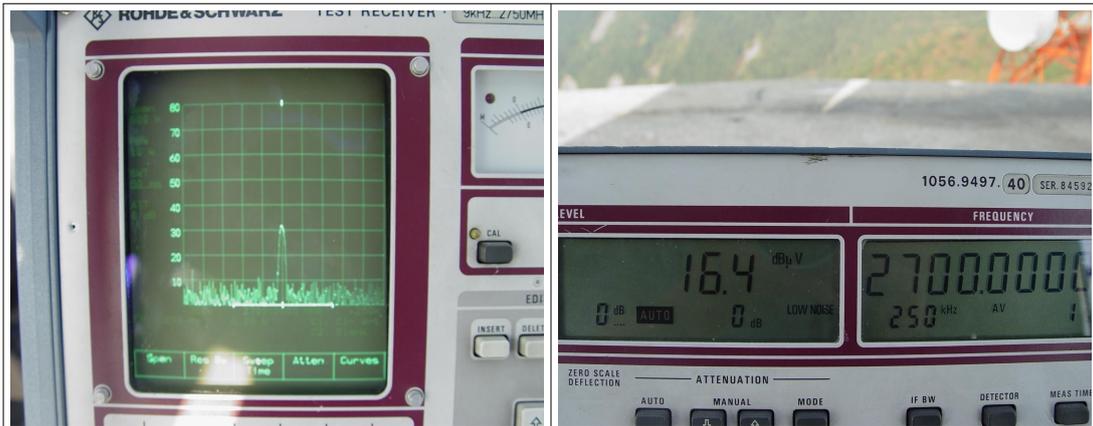
※ 측정 주파수 1707MHz에 대한 수신 전계강도는 14.4 dBuV



※ 900MHz 대비 상대 수신 레벨 = - 3.2 dB(관측치) / - 7.3 dB(계산치)
 1700MHz 대비 상대 수신 레벨 = - 0.4 dB(관측치) / - 2.8 dB(계산치)

<그림 3-8> 2500MHz 대역의 수신 전계강도

※ 측정 주파수 2500MHz에 대한 수신 전계강도 : 14.0 dBuV



※ 900MHz 대비 상대 수신 레벨 = - 0.8 dB(관측치) / - 8.6 dB(계산치)
 1700MHz 대비 상대 수신 레벨 = + 2.0 dB(관측치) / - 4.1 dB(계산치)
 2500MHz 대비 상대 수신 레벨 = + 2.4 dB(관측치) / - 1.3 dB(계산치)

<그림 3-9> 2700MHz 대역의 수신 전계강도

※ 측정 주파수 2700MHz에 대한 수신 전계강도는 16.4 dBuV

이상의 측정 결과를 분석하면 다음과 같다.

o 900MHz 채널 특성 대비 상위 대역 수신 특성

<표 3-6> 이론적 분석에 의한 수신 레벨

주파수	추정 레벨 [dB μ V]	상대 레벨[dB]
943.75 MHz	23.9	0.0
1700 MHz	19.3	-4.6
2500 MHz	16.5	-7.3
2700 MHz	15.2	-8.7

<표 3-7> 시험 관측에 의한 수신 레벨

주파수	관측 레벨 [dB μ V]	상대 레벨[dB]
943.75 MHz	17.2	0.0
1700 MHz	14.4	-2.8
2500 MHz	14.0	-3.2
2700 MHz	16.4	-0.8

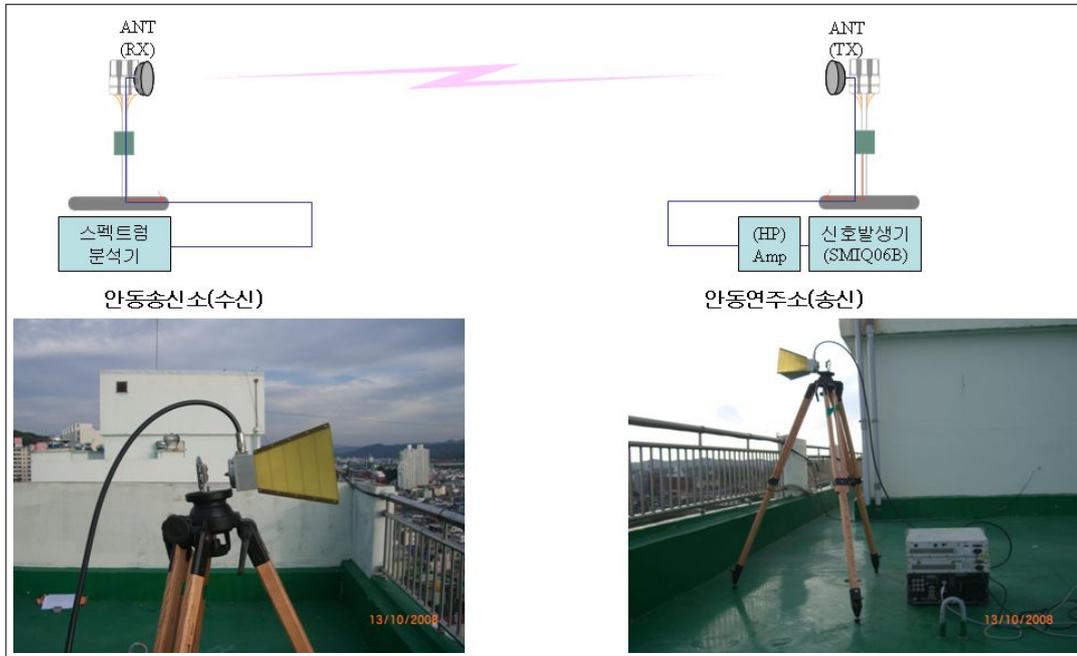
- 주파수의 증가에 따른 상대레벨의 증감은 관측값이 계산(추정)값보다 더 낮은 편차를 가짐

<표 3-8> 900MHz 대비 상위 대역의 안테나 이득 증가 특성

모델명	안테나 크기	이득(dBi)			
		23.2@960MHz	28.3@1.7GHz	31.6@2.5GHz	32.3@2.7GHz
KP6F-XXX	6.0 ft (1.8 m)	0.0	+5.1	+8.4	+9.1

- o 상향 재배치시 주파수 증가에 따른 손실량이 증가하여, 수신 레벨이 손실 증가분에 비례하여 감소하며, 수신레벨의 감소는 예측되는 이론적인 감소값 범위 내로 확인됨
- 따라서, 주파수 증가에 따른 안테나 이득 증분을 수신 레벨에 합산하는 경우, 상위 주파수 채널의 수신 성능이 더 개선됨

이상의 내용을 종합하면 상향 재배치에 따른 성능 저하는 일어나지 않음이 확인할 수 있다. 또한 900MHz 채널을 1.7GHz 이상의 대역으로 재배치 하더라도 성능 저하는 일어나지 않을 것으로 예상되는 결과를 얻었다.



<그림 3-10> 비가시거리 신뢰도 측정 시스템 구성도

(2) 비가시거리 단거리 구간(안동KBS-안동FM송신소)의 신뢰도 측정

비가시거리 구간 측정은 900MHz대역과 1.7GHz대역에 대한 수신 레벨 비교 판정을 위해 신호파형발생기(Signal Generator)와 범용안테나를 이용하여 위 그림 2-9와 같이 송·수신국으로 구성하여 신뢰성 검증 측정을 실시했다.

o 소요 장비

<표 3-9> 송신부 제원

품명	모델명	제조사	주요 규격	비고
신호발생기	SMIQ-06B	Rohde&Schwarz	주파수: 300kHz ~ 6.4GHz	
신호증폭기1	5124	OPHIR RF	주파수: 20 ~ 1000MHz 출력: 20W	900MHz대
신호증폭기2	5055	OPHIR RF	주파수: 1 ~ 3GHz 출력: 25W	1.7GHz대
안테나	HF906	Rohde&Schwarz	주파수: 1 ~ 18GHz 이득: 7 ~ 14 dBi	

<표 3-10> 수신부 제원

품 명	모델명	제조사	주요 규격	비 고
Portable SA	ESVN-40	Rohde&Schwarz	주파수: 9kHz~2.05GHz	
안테나	HL-040	Rohde&Schwarz	주파수: 400MHz~3.0GHz 이득: 5~7 dBi	

o 기타

- 1차 Site 선정

- KBS 인근(약 50m 이격)의 정육점 옥상을 지목하고, 경로 측정을 시도하였으나, 약 1.6km 전방의 야산과 삼성아파트로 인한 경로 차단

- 2차 Site 선정

- 가시거리 확보를 위하여 KBS 뒤편(약 300m 이격)에 위치한 평성 한마음타운 (15층 건물) 아파트 옥상으로 이전
- 약한 비가시거리가 확인되었으나, 주변의 더 높은 건물이 없는 관계로 측정을 수행하기로 함
- 우선 아파트 옥상의 평면을 이용하여 1차 측정을 시도하였고, 가시거리 확보를 위하여 물탱크 위치로 이동하여 2차 측정을 시도함



<그림 3-11> 2차 Site 선정 및 측정

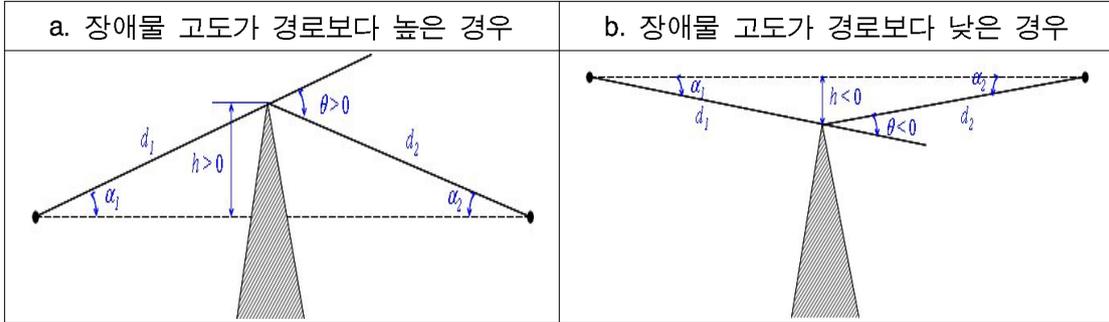
링크 분석은 아래와 같다.

- 앞에서 확인한 수신단의 신호세기와 경로손실식을 활용한다.

- 비가시거리 경로인 경우 경로손실 P_l 은 장애물 손실이 합쳐진 형태

$$P_l [dB] = 32.4 + 20\log(f[MHz]) + 20\log(d[km]) + L_{diff} [dB]$$

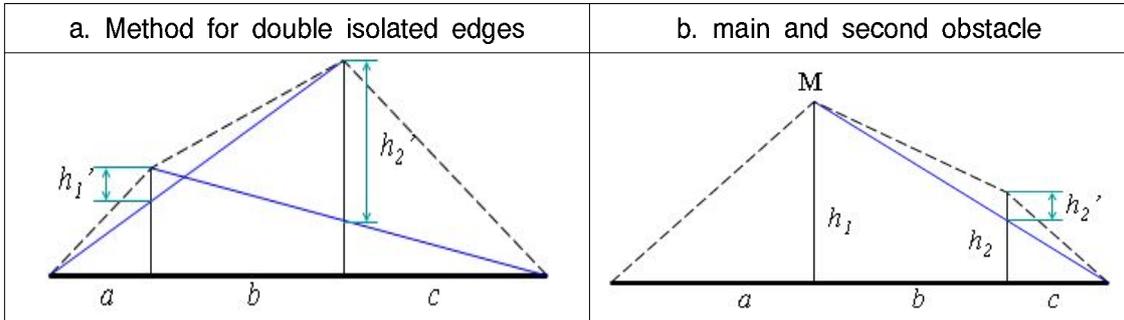
· L_{diff} : 경로장애물에 의한 회절손실로써, ITU-R 권고 P.526-8을 참조하여 다음과 같이 추정



<그림 3-12> Single knife-edge case

$$\nu = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} = \sqrt{\frac{2d}{\lambda} \cdot \alpha_1 \alpha_2} \quad (\nu \text{는 } \alpha_1 \text{ 및 } \alpha_2 \text{의 부호와 같음})$$

$$L_{diff} = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1 \right) [dB]$$



<그림 3-13> Double isolated edges

$$L_{diff} = L_{diff-1} + L_{diff-2} + L_{correction} [dB]$$

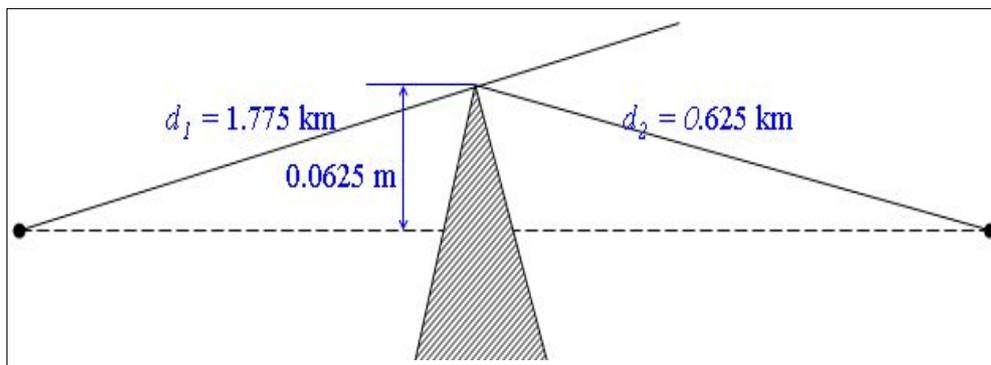
이 때, L_{diff-1} 은 h_1' 장애물에 의해 발생하는 회절손실로써, 위의 단일 장애물 경우와 같이 추정되며 L_{diff-2} 는 h_2' 장애물에 의해 발생하는 회절손실이다.

또한, 보정항($L_{correction}$, correction term)은 두 장애물간의 이격 (b)를 고려한 것이며 다음과 같이 계산된다.

$$L_{correction} = 10 \log \left[\frac{(a+b)(b+c)}{b(a+b+c)} \right]$$

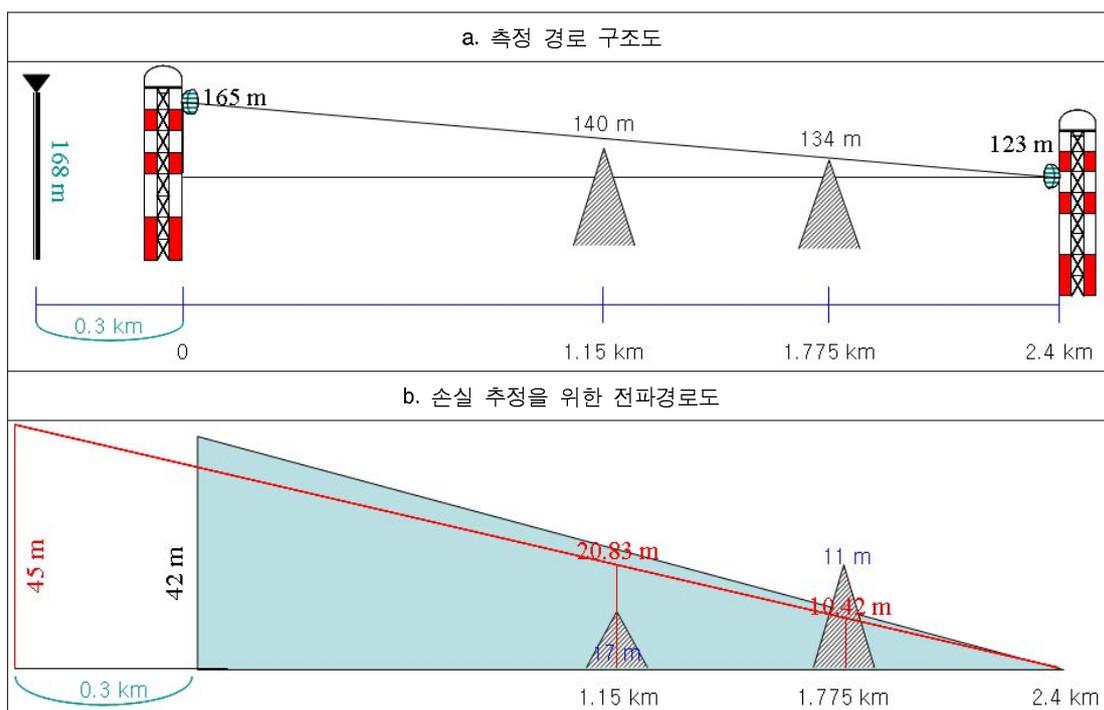
o 장애물에 의한 추가 경로손실 추정

<그림 3-14> KBS 중계신호의 장애물 손실량



$$\nu = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} = 0.23125 \text{ @ } f = 949.25 \text{ MHz}$$

$$L_{diff} = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1 \right) = 8.04 \text{ dB}$$



<그림 3-15> 측정 경로의 장애물 손실량

$$\nu = 2.11736 \Rightarrow L_{diff} = 19.51 \text{ dB @ } f = 943.75 \text{ MHz}$$

$$\nu = 2.83936 \Rightarrow L_{diff} = 21.95 \text{ dB @ } f = 1707 \text{ MHz}$$

o 총 경로손실 추정

- KBS 중계신호의 장애물 손실량 ($f = 949.25 \text{ MHz}$)

$$\cdot P_l = L_{free} + L_{diff} = 99.55 + 8.04 = 107.59 \text{ [dB]}$$

- 측정경로의 장애물 손실량 (f = 943.75 MHz & 1707 MHz)

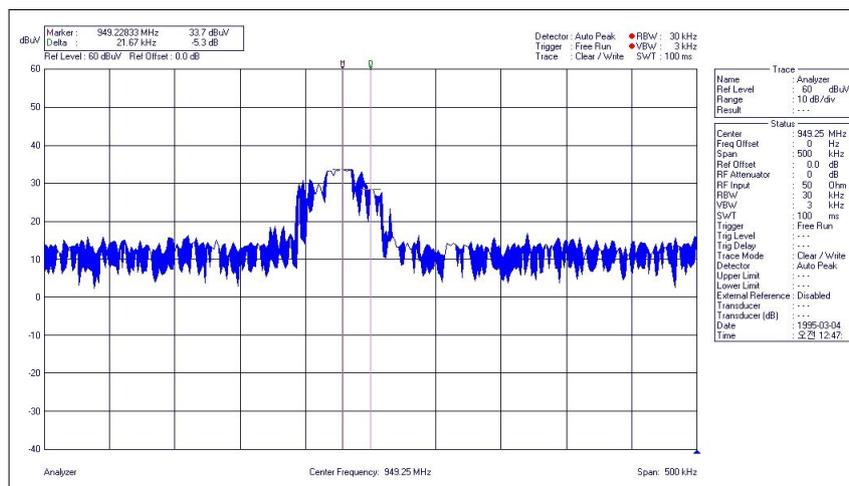
$$\cdot P_l = L_{free} + L_{diff} = 100.52 + 19.51 = 120.03 \text{ [dB] @ f = 943.75MHz}$$

$$\cdot P_l = L_{free} + L_{diff} = 105.67 + 21.95 = 127.62 \text{ [dB] @ f = 1707MHz}$$

<표 3-11> 링크 분석표

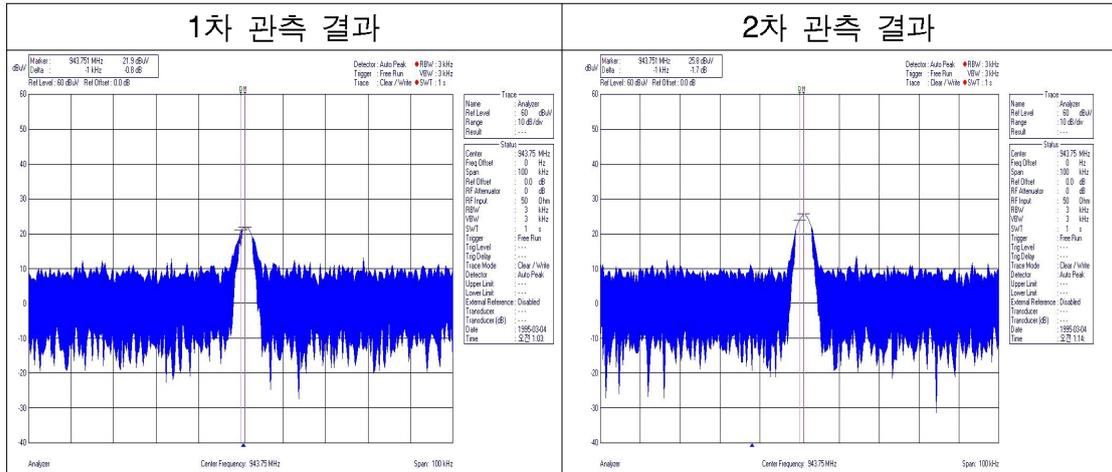
구분	900MHz대	1700MHz대	비고
송신전력, P_t [dBm]	-10.0	-10.0	
송신단 증폭이득, G_{amp} [dB]	48.1	45.65	
송신단 피더손실, L_t [dB]	1.0	1.4	
안테나 송신이득, G_t [dBi]	6.0	9.0	
중심 주파수 [MHz]	943.75	1707.0	
경로 길이 [km]	2.7	2.7	
경로 손실, P_l [dB]	120.03	127.62	
안테나 수신이득, G_r [dBi]	6.0	6.0	검토 필요
수신단 피더손실, L_r [dB]	0.5	0.7	검토 필요
수신레벨, P_r	dBm	-81.8	-87.0
	dB μ V	25.2	20.0

이상의 실측을 통한 측정 결과는 다음과 같다.



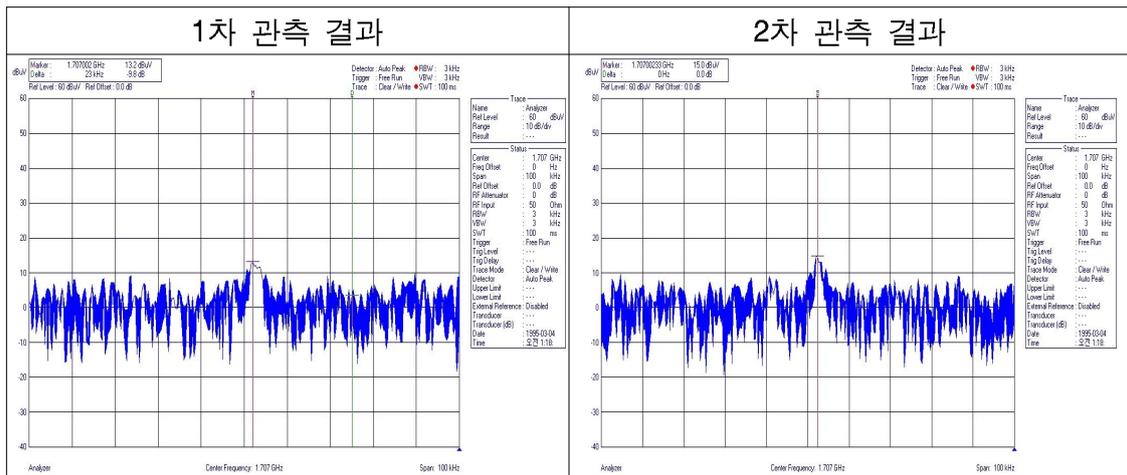
<그림 3-16> AM중계신호의 수신 레벨

※ 송신 주파수 949.25MHz에 대한 수신 전계강도 : 33.7 dBuV



<그림 3-17> 900MHz 대역 수신 전계강도

※ 시험 주파수 943.75MHz에 대한 수신 전계강도 : 21.9~25.8 dBuV



<그림 3-18> 1.7GHz 대역 수신 전계강도

※ 시험 주파수 1.707GHz에 대한 수신 전계강도 : 13.2~15.0 dBuV

900MHz 대역과 1.7GHz 대역의 수신전력 차는 분석적 차이값인 5.2 dB와는 다르게 0.9 dB가 실측되었다. 값은 측정에 사용된 안테나의 정확한 제원(±2dB), 측정시 지향 변동에 따른 안테나 지향 이득 차(±3dB) 등이 예상되므로 기술적인 검토와 실측간의 차이는 없는 것으로 판단된다.

942~952MHz대 FM중계용 주파수의 동일 용도로 사용하고 있는 1700~1710MHz대역으로 통합 재배치하는 기본방안에 따라 국내외 주파수 이용현황 분석 및 장거리/단거리 사이트 필드 테스트를 통한 실뢰도 증명을 통해 FM중계 재배치 가능성을 확인하고 900MHz대역 주파수 재배치 계획에 이를 반영하였다.

주파수 재배치에 따른 손실보상 및 적용시기, 재배치 홍보 등 상세한 이후 추진사항은 차기년도 연구를 통해 도출토록 하였다.

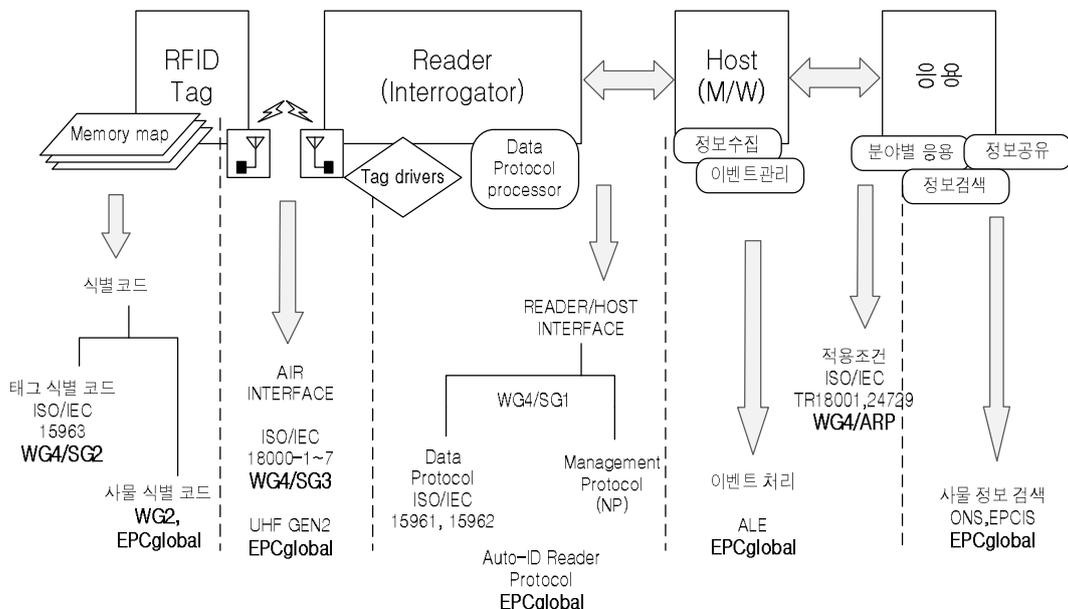
제4장 RFID/USN · 무선마이크 채널 재배치 연구

제1절 최신 RFID 기술 및 동향 분석

1. 기술 개요

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

RFID 시스템은 칩과 태그, 리더, 미들웨어 및 응용 서비스 등으로 구성되며, RFID 시스템을 이용해 수집된 정보들은 유무선 통신 네트워크와 연동된다. 최근에는 RFID 시스템과 이동통신 시스템이 결합된 모바일 RFID 시스템을 구축하기 위해 단말 기술부터 네트워크 연동 기술 및 정보보호 기술까지 광범위한 IT 기술 분야 간의 협력이 필요하게 되었고, RF 기술 및 무선 인터페이스 기술이 주요 기술적인 관심 사항이 되고 있다 RFID 기술의 구성 요소는 RFID 시스템을 구성하는 각각의 기능 단위로 구분할 수 있으며, 일반적으로 RFID 태그, 리더, 미들웨어, 응용 서비스 시스템으로 구분된다. <그림 4-1>은 RFID 기술의 구성 요소 및 각 기술의 표준화 현황을 간략히 표현하고 있다.



<그림 4-1> RFID 기술 구성 요소 및 표준화 현황

나. 무선마이크(Wireless Microphone)

무선마이크는 50Hz~15kHz의 주파수 응답을 가지며, 100dB 이상 (아날로그 companding)의 다이내믹 레인지를 갖는다.

거의 대부분의 무선마이크는 광대역 FM 변조를 사용하며, 요구 음질에 상응하는 음성대역폭의 대략 10배에 해당하는 주파수 대역폭이 필요하다. 무선마이크에서 요구하는 음질에 상응하는 음성대역폭은 약 15kHz이므로 FM 변조시 대역폭은 150kHz정도가 되며, 인접 채널 간 간섭을 회피하기 위한 보호대역을 고려하면 200kHz의 대역폭을 1개의 채널이 갖게 된다.

무선마이크 송신기는 스푸리어스 성분(spurious spectrum)을 발생하며, 그 중 헤테로다인 수신기는 국부발진주파수(local frequency)와 영상주파수(image frequency) 등의 상호 간섭으로 인하여 다른 채널 대역에 영향을 줄 수 있다. 이론적으로는 무선마이크의 채널 배분이 200kHz 간격으로 이루어질 수 있지만 송·수신기의 RF 비선형 특성으로 인해 실제 실시간으로 무잡음/무간섭의 음질을 구현하기 위해서는 동시 가동 무선마이크 및 채널 수에 따라 채널 배분 간격이 보다 넓어질 수 있다.

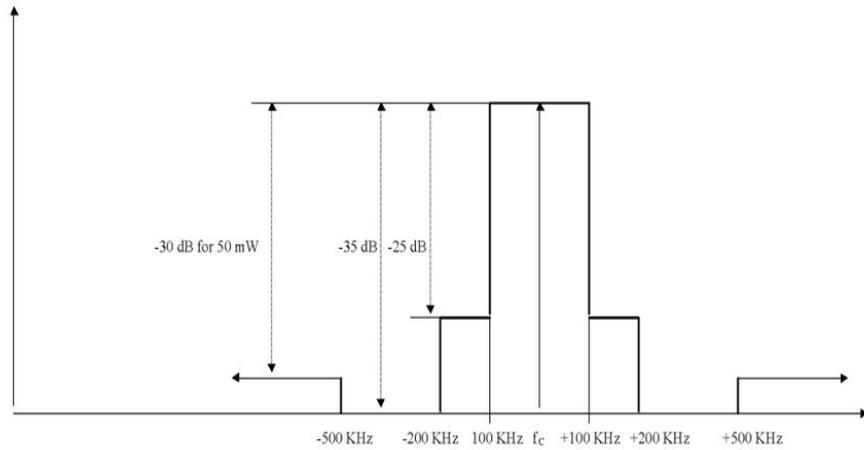
한 장소에서 여러 개의 무선마이크 시스템 또는 다채널을 동시에 사용하고자 할 경우 주로 야기되는 문제는 상호변조 왜곡(Intermodulation)이다.

상호변조는 발진기(oscillator)나 믹서(mixer)와 같은 비선형 회로에서 주파수가 다른 두 개 이상의 RF 신호가 혼합될 때 발생하며, 이럴 경우 이 주파수들의 결합으로 인한 새로운 주파수 성분들이 발생하여 혼신을 야기할 수 있다. 예를 들어 f_1 , f_2 , f_3 세 개의 다른 주파수를 갖는 무선마이크 신호가 있다고 할 때, 이 신호들이 동시에 송신기나 수신기의 믹서단에서 결합되면 $2f_1-f_2$, $2f_2-f_1$, $f_1+f_2-f_3$ 와 같은 IM3(3rd-order Intermodulation) 성분 및 여러 가지 원하지 않는 새로운 주파수 성분들을 발생시키게 된다.

무선마이크 시스템에서 송신기 및 수신기에서 다채널이 동시에 구현되거나, 여러 개의 시스템이 동시에 사용될 경우, 원하는 주파수 성분 외에 여러 가지 기생 주파수 성분들이 발생하여 원하는 신호의 수신을 방해하게 된다. 결국 다채널 또는 여러 개의 시스템을 동시에 운용하고자 할 경우, 상호 변조 등에 의한 혼신을 회피하기 위하여 단일 채널을 운용할 때보다 넓은 채널 간격을 유지할 필요가 있으며, 통상적으로 동시 운용 채널 및 시스템 개수가 많을수록 채널간격은 넓어져야 할 것이다. 따라서 동시 운용 채널 및 시스템 개수가 많이 요구되는 서비스를 충족하기 위해서는 넓은 가용 주파수 대역폭을 확보할 필요가 있다. 산업 현장의 의견으로는

동시 운용 채널 개수가 40개가 요구되는 문화 행사의 경우 좋은 음질을 유지하기 위해서는 1MHz 정도의 채널 간격이 요구된다고 한다.

미국 FCC와 유럽 ETSI의 송신 마스크 특성은 아래 각각 그림에서 확인할 수 있다.

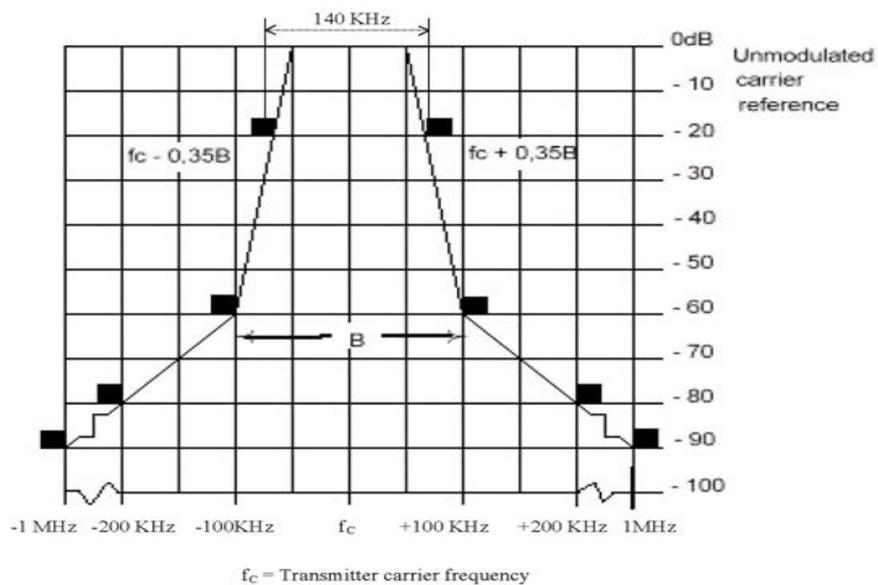


f_c = Transmitter carrier frequency

Beyond ± 500 KHz from carrier, spurious levels must be at least: $43 + 10 \cdot \log_{10}(\text{power output in watts})$ dB below the carrier level.

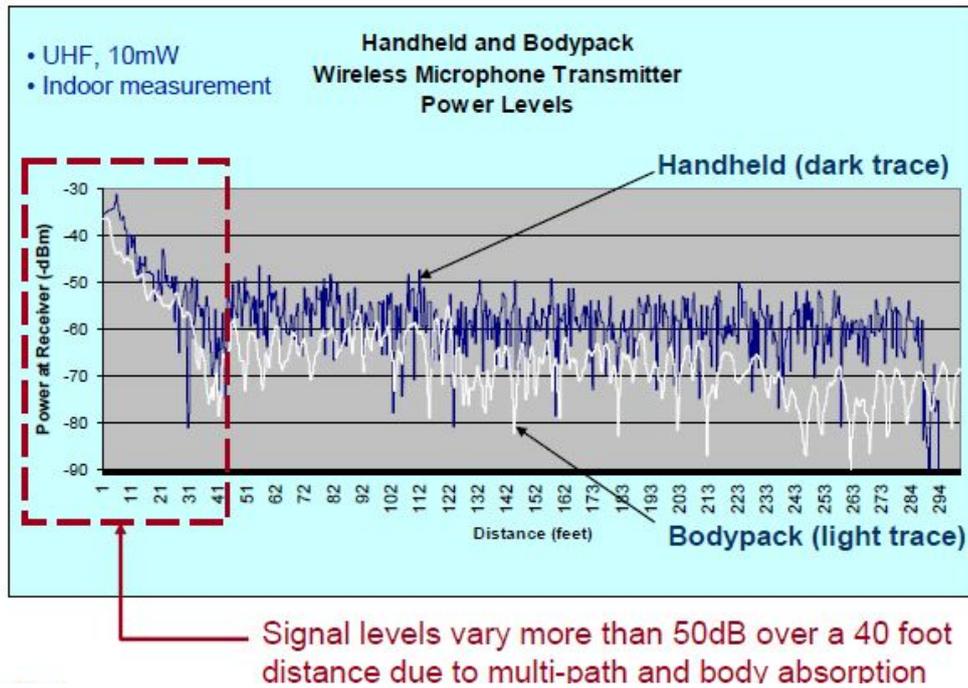
Example: For 50 mW; $43 + 10 \cdot \log_{10}(0.05 \text{ W}) = 30$ dB

<그림 4-2> 미국 FCC 통신 마스크 특성



f_c = Transmitter carrier frequency

<그림 4-3> 유럽 ETSI 송신 마스크 특성



<그림 4-4> 전파특성(propagation characteristics)

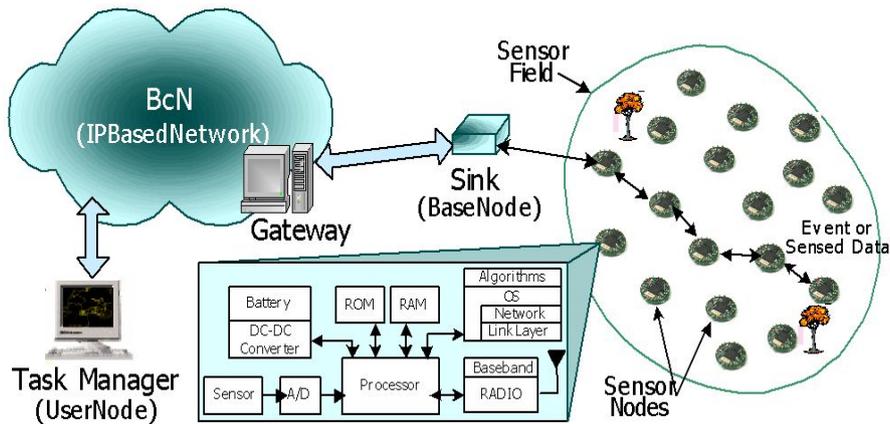
그림 4-4에서 보듯이 Hand-held와 Body-pack 타입을 비교하여 보면 50m 이내의 범위에서 작게는 4-5dB, 많게는 10dB이상의 전파 손실 차이가 있음을 볼 수 있다.

다. USN(Universal Sensor Network)

USN은 향후 국가 경쟁력을 좌우할 가장 유망한 차세대 성장 동력이자 사회전반의 일대 혁신을 가져올 수 있는 중요한 미래 기술이다. 또한 USN의 특성 상 공공 부문 및 민간 부문의 IT산업은 물론 비 IT산업 전반에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 중요한 산업이며, 무한한 성장 잠재력을 내포하고 있어 향후 산업 전반에 커다란 변혁을 가져올 수 있는 분야로 대두되고 있다. USN의 적용 분야는 국방, 제조, 건설, 교통, 의료, 환경, 교육, 물류, 유통, 농/축산업 등에 걸쳐 다양하다. 따라서 국내외적으로 관련 산업에 대한 관심이 크게 고조되고 있으며, 이미 미국, 유럽, 일본 등 일부 선진국에서는 USN 기반기술을 상당부분 확보하고 응용기술에서 우위를 차지하기 위한 치열한 경쟁이 전개되고 있다.

USN의 정의는 다음과 같으며 그 개념은 [그림 4-5]에 나타나 있다.

◇ USN (Ubiquitous Sensor Network)은 어느 곳이나 부착된 태그와 센서노드로부터 사물 및 환경 정보를 감지·저장·가공·통합하고 상황인식 정보 및 지식 콘텐츠 생성을 통하여 언제, 어디서, 누구나 원하는 맞춤형 지식 서비스를 자유로이 이용할 수 있는 첨단 지능형사회의 기반 인프라4)



<그림 4-5> USN의 구성 및 개념

이러한 USN을 기술적인 측면에서 분석하면 다음과 같다. 먼저 유비쿼터스(ubiquitous)란 라틴어에서 유래한 것으로 언제(anytime), 어디서나(anywhere), 동시에 존재한다는 의미를 나타내며, 미래 사회가 물이나 공기처럼 주변 환경에 내재되어 있는 모든 사물 및 사람이 보이지 않는 네트워크로 연결이 되어 시간과 공간의 제약을 받지 않으며 정보를 얻을 수 있게 된다는 의미로 사용된다.

다음으로 센서네트워크란 주변 환경 및 물리계에서 감지된 정보가 인간생활에 활용되도록 센서노드 간에 형성되는 유무선 통신기술 기반의 네트워크를 말한다.

USN의 기본 동작 원리는 다음과 같다. 센서노드는 센서 네트워크로부터 전달된 서비스 요구 또는 이미 설정한 조건에 따라 생성된 정보를 싱크노드로 전달한다. 이때 해당 정보는 감지된 초기데이터 또는 주변 센서 노드간의 커뮤니케이션에 의해 가공된 형태로서 저전력을 소모하는 경로를 찾고, 싱크노드로 전달된 정보는 사용자의 서비스에 대한 응답으로 사용되거나 통계적 자료로 활용된다. 여기서 센서노드란 환경 물리계에서 감지된 정보를 통합적으로 처리한 결과 또는 초기 데이터를 유무선 통신기술로 전달하는 시스템으로 데이터처리, 통신경로설정, 미들웨어처리 등

4) 정보통신부, u-Korea 구현을 위한 USN 구축 마스터플랜(안), 2005.12.

을 수행하는 프로세서와 통신모듈을 포함한다. 싱크노드란 IP주소를 갖지 않는 센서노드가 외부 네트워크와 통신하기 위해 접속하는 중계노드이며 베이스노드로 불리기도 한다. 센서 게이트웨이는 센서 네트워크와 백본을 연결하기 위한 것으로 센서 네트워크 및 백본(backbone) 접속을 위한 네트워크 인터페이스를 모두 갖는다. 백본 인터페이스로 사용될 수 있는 것은 매우 다양하여, Ethernet, CDMA 및 GSM 이동통신 네트워크, 위성망 등이 있다.

USN 망은 수많은 센서노드, 싱크노드 및 게이트웨이로 구성되어 각종 환경정보를 수집하는 무선 센서네트워크, 무선 센서네트워크와 IP기반 네트워크와의 연결을 담당하는 게이트웨이 노드, 그리고 USN 서비스를 활용하는 주체인 사용자와 관련된 응용서비스 모두를 포함한 종합 개념이다.

2. 최신 기술개발 동향

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

1) 태그 기술

RFID 태그의 구성은 반도체 칩과 안테나로 구성되고, 칩에는 사물의 코드나 정보를 저장하며 리더의 요청에 의해 자신의 정보를 전송하게 된다. RFID 태그로는 내부에 전원을 가지고 있는지 그렇지 않는지에 따라 크게 능동형과 수동형, SAW(Surface Acoustic Wave) 타입으로 구분할 수 있다. 능동형 태그는 자체에 내부 전원을 가지고 있어서 먼 거리까지 송신이 가능하다. 그러나 내부의 전원 사용으로 인하여 전원을 교체해야하고, 소형 태그로 구성하기에는 부적합하다. 수동형 태그는 자체에 전원을 가지고 있지 않으며, 태그를 동작할 수 있는 에너지를 리더로부터 공급 받는다. SAW 태그는 자체에 전원을 가지고 있지는 않지만 압전(Piezo Electric) 효과를 이용하여 태그를 동작하게 된다. 종래에는 인식거리가 짧은 135 kHz, 13.56 MHz용 저주파 태그가 주류를 이루었으나, 최근에는 인식거리가 수 미터에 달하는 900 MHz, 2.45 GHz 대역 등 고주파 대역의 다양한 태그들이 출현하고 있다.

5센트 이하의 저가격, 초소형, 고기능의 전자태그 구현을 위해 칩, 안테나 및 패키징 등의 기술이 중요하며 1센트 이하의 단순 기능, 초저가 Chipless형 기술과 센서 융합형 태그로 발전하고 있다. 현재는 Flip Chip 기술이 사용되고 있으나 칩 크기가 1 mm보다 작아짐에 따라 칩의 소형화와 동시에 적합한 패키징 기술이 개발

되어야 한다.

RFID 태그용 안테나는 전기적 요구 성능뿐만 아니라 칩 및 패키지와 결합이 용이하고 태그가 부착되는 물질 및 사용되는 환경에 영향을 받지 않아야 한다. 13.56 MHz 대역에서는 부하 변조 기능을 할 수 있도록 칩의 제어에 따라 임피던스를 변경할 수 있는 구조와 900 MHz 대역의 수동형에서는 전력 변환 효율을 높일 수 있도록 칩의 입력 임피던스와 정합 기술이 필요하다. 태그의 글로벌 사용을 위해 860 ~ 960 MHz 대역에서 동작하는 소형의 광대역 안테나가 요구되며 제작 비용을 줄이기 위한 단일층 구조와 소형으로 100 MHz 대역폭을 만족시키는 새로운 안테나 기술 개발이 필요하며 현재 다이폴 안테나가 주로 사용되고 있으나 소형화를 위해 Fractal 및 Meander Line 안테나 기술이 개발되고 있다. 안테나 제작은 현재의 subtractive 에칭을 사용하지 않고 직접 프린팅하는 additive 공정을 사용하는 기술이 필요하다.

2) 리더 기술

RFID 리더는 태그의 정보를 읽어 내기 위해 태그와 송수신하는 기기이며 태그에서 수집된 정보를 미들웨어로 전송하는 기능을 수행하며 안테나 및 RF 회로, 변복조기, 실시간 신호처리 모듈 및 프로토콜 프로세서 등으로 구성된다.

현재 RFID 리더는 안테나 성능 및 주변 환경에 의해 인식거리, 검출 정확도에 영향을 받아 적용 범위가 제한되는 특성이 있으며 빔을 제어할 수 있는 빔형성 안테나 기술이 개발되고 있으며 향후에는 13.56 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz 대역이 혼합하여 사용될 가능성이 있으므로 다중 대역 RF/안테나가 요구된다. 현재는 안테나와 RF 모듈이 분리되어 있으나 정보기기와 RFID 리더기와의 통합되는 방향으로 발전할 것이므로 안테나의 소형화를 위해 태그에서와 같이 Fractal 및 Meander Line 안테나 기술이 필요할 것이다. 특히, 유통, 물류에 사용되는 900 MHz 대역의 RFID 프로토콜은 EPCglobal의 C1G2(class 1 generation 2) 규격이 ISO/IEC 18000-6 Type A, B에 이어 900MHz 대역의 국제 단일 표준인 18000-6 Type C로 확정되었다[2]. C1G2 규격은 기존 EPC C0(class 0), C1(class 1) 및 ISO 18000-6 Type A, B에 비해 높은 인식속도와 동시에 태그를 액세스할 수 있는 다중 리더 기능, 유연한 태그 식별 프로토콜, 보안 기능의 강화, 밀집리더 모드 지원 등 다양한 측면에서 기술적 우위를 갖는다. UHF대역 국제 단일 표준이 확정됨에 따라 다양한 응용 분야에서 RFID 시스템 도입을 위한 기술적 검토 및 요구 사항의 도출이 활발해 지고 있으며, 이에 따른 RFID 기술의 고도화 및 다양한 시스템 통합기술이 개발되고 있다.

수동형 리더는 식별 성능 개선을 위한 태그 식별 알고리즘의 연구 및 밀집리더 환경에서의 다중 리더 운용 기술에 대한 연구가 이루어지고 있다. RFID 리더는 하나의 리더가 동시에 많은 태그를 인식해야하기 때문에 다중 태그를 충돌 없이 인식할 수 있는 충돌 방지 알고리즘이 필요하다. 다중 태그에 대한 충돌 방지 알고리즘은 리더가 태그를 빠르고 정확하게 인식하도록 하는 기술이기 때문에 리더의 성능을 좌우하는 매우 중요한 기술이다. 현재 다양한 충돌 방지 알고리즘들이 개발되고 있다. 또한 밀집리더 환경에서 다수개의 태그를 효율적으로 식별하기 위해서는 우선 리더간의 간섭, 리더-태그 간섭, 또한 다수 개의 리더가 동시에 동작할 수 있는 통신프로토콜 등에 대한 기술 개발이 필요하며, 이를 바탕으로 효율적인 다중태그 식별 알고리즘의 개발이 필요하다. 현재 LBT(Listen Before Talk)나 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)방식을 이용하여 리더 충돌 문제를 일부 해결하고 있으나, 밀집 리더 환경에서는 다수의 리더들 상호간의 충돌을 최소화할 수 있는 보다 효율적인 채널 운용 알고리즘 및 프로토콜의 개발이 필요하다. 또한 밀집 리더 환경에서 다량의 태그를 효율적으로 식별하기 위해서는 태그 그룹핑(grouping) 기법의 개발이 필요하고 각 그룹별로 태그를 식별할 수 있는 기법들이 연구되어야 한다.

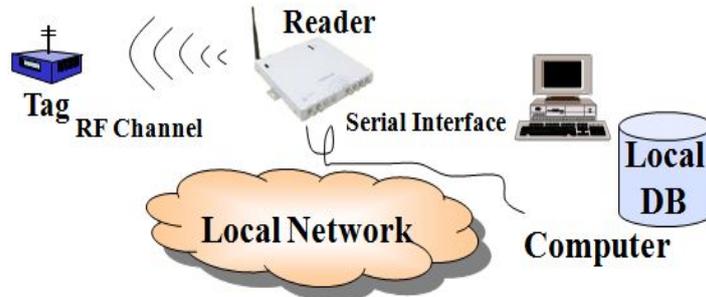
최근에는 팔레트, 케이스 단위가 아닌 물품 단위에 태그 부착을 위한 ILT(Item Level Tagging)기술도 속속 선보이고 있으며 기존의 성숙된 기술과 신호 간섭의 영향이 적다는 장점을 갖는 HF대역 기술과 Gen2 프로토콜과의 호환성을 내세우는 Near-field UHF 대역 기술에 대하여 기술적인 논쟁이 오가고 있으며 일부에서는 HF 대역과 UHF 대역의 Hybrid형태의 RFID 기술도 제안하고 있다.

3) RFID 미들웨어 및 망 연동 기술

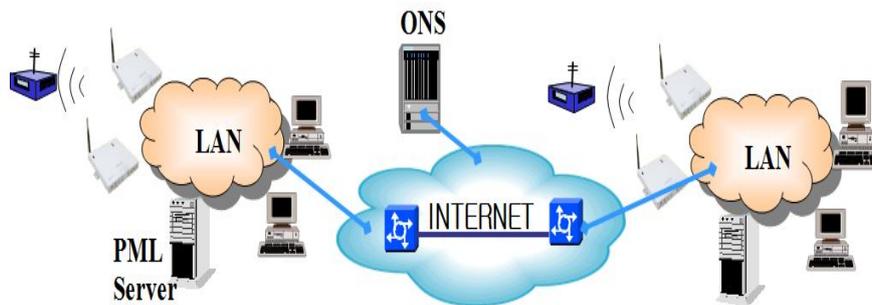
과거의 사용자 인식 기능 위주의 RFID와 현재 고려되고 있는 사물의 정보화를 위한 RFID를 구분하는 가장 큰 특징이 미들웨어와 망 연동 기능이 있는가의 차이이다. 망 연동 기능이 있는 RFID 시스템은 사물의 정보를 담고 있는 RFID 코드가 전세계 어디서나 통용될 수 있는 통합 코드가 부여되며, 각 코드는 인터넷을 통하여 다양한 응용분야에서 활용될 수 있도록 구성된다. <그림 2-2>는 기존의 RFID 시스템과 망 연동 RFID 시스템을 비교해서 보여주고 있다.

이러한 기능을 위하여 미들웨어 기술 및 망 연동 기술이 필요하다. RFID 미들웨어란 기기종 RFID 환경에서 발생하는 대량의 태그 데이터를 수집, 필터링하여 의미 있는 정보로 요약하여 응용 시스템에 전달하는 시스템 소프트웨어로 정의될 수 있

다. RFID 미들웨어는 Savant, ONS(Object Naming Server), PML(Physical Markup Language) 등의 개념을 도입하였다. 현재 RFID 리더가 태그로부터 읽어 들인 정보를 인터넷 망과 연결하여 다양한 정보를 얻을 수 있는 솔루션이 개발되고 있다.



(a) 기존의 RFID 망



(b) 새로운 RFID 망

<그림 4-6> RFID 망의 진화

4) 모바일 RFID 기술

모바일 RFID는 RFID 리더에 이동성을 부여하여 언제 어디서든 사용자와 사물과의 정보교환을 가능하게 한 것이다. 따라서 off-line 사물을 on-line에서 가능하도록 하여 유비쿼터스 시대를 주도할 핵심기술 중 하나이다. 현재 모바일 RFID 기술은 개념 단계의 기술로 유사한 기술로는 13.56MHz의 NFC(Near Field Communication) 방식을 채택한 휴대폰이 최근 노키아에서 출시된 상태이며, 900MHz 대역의 RFID 기술을 채택한 휴대폰은 현재 제품화된 사례가 없다. 하지만, 900MHz 대역의 RFID 기술의 경우 2005년 EPC Class 1 Gen2 기술의 국제 표준화가 완성되고, 관련 태그

및 리더 등 제품이 활발히 출시될 것으로 예측되고 있으므로, 현 시점에 휴대폰에 900MHz 대역의 RFID리더를 내장함으로써 사물에 내장된 RFID 정보를 개인이 활용할 수 있도록 하는 것은 기술적인 측면이나 정책적인 측면에서 적절한 시도라고 할 수 있다. 이에 모바일 RFID 시스템의 개념을 구체화하고 표준화를 추진함으로써, 관련 서비스 및 제품의 출시를 촉진하기 위해 2005년 2월 모바일 RFID 포럼이 결성되었다. 모바일 RFID 포럼은 관련 기술의 동향을 파악하고, 이를 표준화에 적절히 반영하기 위한 조직으로서 5개의 세부 분과를 두고 있으며, 각 분과에서 만들어진 표준안은 TTA를 거쳐 국가표준으로 상정하려고 하고 있다. 현재 2005년 말까지 관련 기술개발 및 표준화 완료를 목표로 진행 중에 있다. 모바일 RFID 시스템을 구축하기 위해 필요한 요소 기술은 휴대폰 단말과 RFID 리더를 결합하기 위한 단말 기술, 수집된 RFID 정보로부터 이동통신사의 네트워크를 통해 관련 정보를 입수하는 네트워크 기술로 크게 분류할 수 있으며, 관련 주요 기술로는 정보보호 기술, 시험인증 기술, 서비스 발굴 등이 추가될 수 있다.

모바일 RFID 리더 환경은 여러 개의 다수 리더기가 고정되어 있는 소수의 태그에 동시에 접속하는 경우에 발생하는 동일 태그에 대한 리더 간의 간섭과 인접한 리더끼리의 주파수 스펙트럼의 중첩에 의해 발생하는 채널간섭(동일 채널 간섭과 인접 채널 간섭)이 주요 기술적 이슈가 된다. 리더 간섭은 근접한 위치에 존재하는 리더가 동시에 동일 주파수 혹은 인접하는 주파수를 사용하여 발생하는 주파수 간섭으로 동일 채널 간섭(co-channel interference), 인접 채널 간섭(adjacent channel interference)으로 나눌 수 있다. 리더 간 간섭의 경우는 리더 간에 발생하는 간섭으로 리더가 동작하는 주파수에 따라 주파수 의존적이며, 따라서 동일 채널의 경우 특히 심각하게 된다. 인접 채널의 경우는 주파수가 이격됨으로 리더 간 간섭은 급격히 감소하나, RFID 리더기의 스펙트럼 마스크를 엄격히 규제하지 않으면 인접 채널에 의한 간섭의 영향도 심각해질 수 있다. 현재 RFID 규격에서는 유통물류 환경을 고려하므로 리더 간 간섭에 대한 적절한 방안을 제시하고 있지 못하고 있으며, 따라서 모바일 RFID환경에서는 이에 대한 고려가 필수적이다

RFID 리더기를 휴대폰에 집적하는 것 자체가 매우 어려운 기술이며, 실제 제작 및 현장 시험을 통해 최적의 규격을 정하고 특화된 소자를 개발하는 것이 필요하다. 현재 이에 대한 휴대폰 생산업체 및 RFID 리더기 생산업체의 공감대가 필요하며, 전지소모를 최소화하고 간섭을 줄이면서도 인식거리를 늘일 수 있도록 전력증폭기, 안테나 등 RF 핵심소자를 설계해야 하며, 기기내 CDMA 통신부와의 간섭을 최소화하도록 소자의 배치 등도 고려되어야 한다

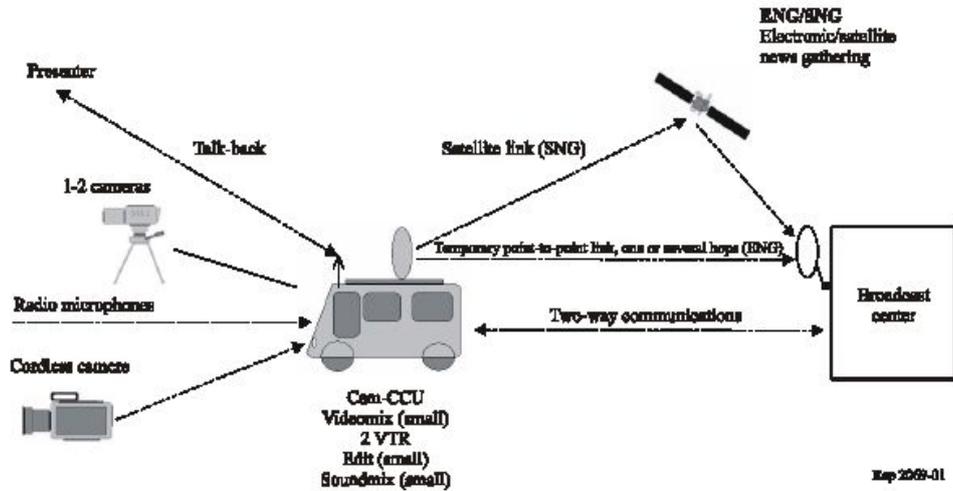
모바일 RFID의 보급으로 인하여 사물에 대한 손쉬운 접근이 가능하고, 다양한 적

용 매체 개발과 기능의 고도화를 통하여 우리 삶의 질이 향상될 것이며 RFID 응용 서비스가 활성화됨에 따라 새로운 시장 형성이 예상되므로, 세계 최고 수준의 IT 인프라를 기반으로 상용화를 통한 시장 선점 효과가 기대된다.

나. 무선마이크(Wireless Microphone)

최근 개발되고 있는 무선마이크는 대개 디지털 하이브리드 방식이거나 완전 디지털 방식이다. 디지털 하이브리드 방식은 잡음과 기타 불요 성분들을 억제하고 오디오 스펙트럼에 대한 평탄한 응답특성을 용이하게 얻기 위하여 디지털 신호처리 기술을 적용하였으며, 시스템의 오디오 성능을 개선하기 위하여 200-500kHz 점유 대역폭에서 디지털 신호처리 프로세서(DSP)와 결합한 아날로그 FM 변조 방식을 사용한다. 하지만 디지털 전송 방식을 사용하지 않으므로 실질적인 디지털 방식이라고 보기는 어렵다. 완전 디지털 무선 마이크는 디지털 전송 방식을 사용하며 다양한 형태를 가질 수 있으나 다수의 시스템들이 주파수 호핑 대역 확산(frequency hopping spread spectrum) 전송 기술을 사용한다. 이 방식은 FM 변조신호보다 넓은 대역폭을 요구하기 때문에 주로 900MHz대역이나 2.4GHz 대역에서 사용되고 있으나, 이러한 대역에서의 디지털 전송 방식 사용은 현재 무선 컴퓨터 네트워크, 블루투스 응용기기, 코드리스 폰, 아마추어 무선 햄, 기타 소출력 기기 등과 서로 간섭을 주고 받음으로써 사용에 제약을 받을 수 있다. 일반적으로 완전 디지털 방식을 무선마이크에 접목한다면 스펙트럼 이용 효율이 무조건 제고될 것으로 생각하지만 반드시 그렇지는 않다. 완전 디지털 방식에서 스펙트럼 효율성을 제고하기 위해서는 데이터 압축율을 높여야 하는데 이것은 수신하여 재생 시에 지연(delay)이 발생하게 되고, 지연을 거의 없도록 하기 위하여 압축을 하지 않으면 아날로그 FM 변조와 같은 음질을 보장하기 위해서 보다 넓은 대역폭이 요구된다.

T-ENG(Terrestrial-Electronic News Gathering System) 시스템은 필름이나 테이프 레코더를 직접 사용하지 않고 무선 링크를 이용하여 뉴스 룸이나 포터블 또는 기타 레코더로 연결하는 비디오 또는 사운드 제작 시스템을 말한다.



<그림 4-6> T-ENG 시스템 구성

이 중 T-ENG에서 사용되는 사운드관련 무선 장비는 무선마이크(radio microphone)와 In-Ear Monitor이며, 구별되는 특성은 다음 표와 같다.

<표 4-1> 무선마이크, In-Ear Monitor 특성 비교

Characteristics	Radio microphones	IEM (in-ear monitors)
Application	Voice (speech, song), music instruments	Voice or mixed feedback to stage
Transmitter		
Placement of a transmitter	Body worn or handheld	Fixed base
Power source	Battery	AC mains
Transmitter RF-output power	< 30 mW	50 mW
Transmitter audio input	Microphone level	Line level
Receiver		
Placement of a receiver	Fixed/camera mounted	Body worn
Power source	AC mains/battery	Battery
Receiver audio output	Line level	Earphone
Receiver type	Single or diversity	Single
General		
Battery/power pack operation time	> 4-8 h	
Audio frequency response	≤ 80 to ≥ 15.000 Hz	
Audio mode	Mono	MPX-stereo
RF frequency ranges	TV Bands III/IV/V, 1.8 GHz	TV Bands III/IV/V, 1.8 GHz (See Note 1)
Signal to noise ratio (optimal/possible)	> 100/119 dB	> 60/110 dB
Modulation	FM wideband	
RF peak deviation (AF = 1 kHz)	±50 kHz	
RF bandwidth	≤ 200 kHz	≤ 300 kHz
Useable equipment/channel (ΔRF = 8 MHz)	> 12	6...8

NOTE 1 – IEM may be also used in 863-865 MHz if complying with EN 301 357.

※ TV band III : 174-216MHz, TV band IV&V : 470-862MHz

표 4-1에 따르면, 아날로그 무선 마이크 채널 대역폭은 200kHz인데 반해, 디지털 무선마이크는 384kbps/FEC(=1/2)/25% root-raised cosine QPSK의 경우 약 500kHz의 채널 대역폭이 요구되며, 채널대역폭은 디지털 무선마이크가 더 넓지만, 동시에 여러 채널을 사용할 경우 nonlinear amplification과 reverse intermodulation의 효과에 따른 채널 간격을 고려할 때, 디지털 무선마이크가 스펙트럼 효율성이 더 나을 것으로 전망된다. 다음 표는 이론적인 시뮬레이션을 통해 아날로그와 디지털 방식의 스펙트럼 효율성을 비교한 것이다.

<그림 4-7> 아날로그, 디지털 방식의 스펙트럼 효율성 비교

Type of radio microphones	Number of microphones used simultaneously at one location within a			
	Single 8 MHz block in Bands IV and V	Contiguous 2 × 8 MHz block	2 × 8 MHz blocks, separated by 8 MHz	Band 1 785.7-1 799.4 MHz
Typical analog today (200 kHz)	8...10	11	16	10 (estimate)
High performance analog today (200 kHz)	10...12	-	-	-
Theoretically simulated digital (500 kHz)	16	32	32	27
Currently envisioned by manufacturers digital	7...15	(1)	(1)	8...25

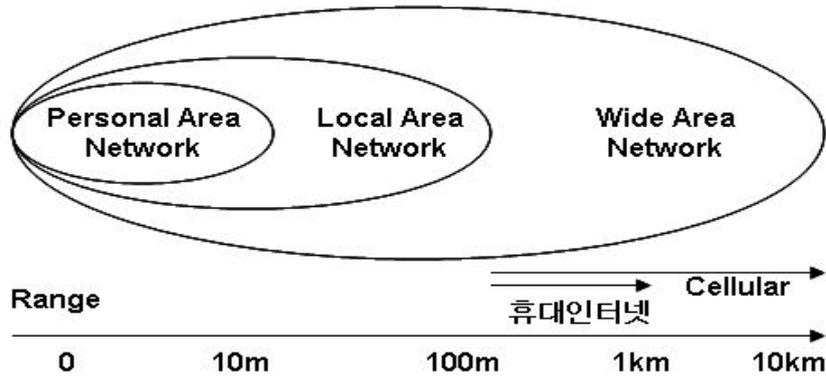
(1) Although manufacturers in their reply to the questionnaire did not specify the numbers, majority expressed preference for contiguously allocated channels for future digital radio microphones, as opposed to non-contiguous spectrum.

다. USN(Universal Sensor Network)

원래 무선통신기술은 음성에서 출발하여 데이터 및 영상 등의 고속 정보를 효율적으로 전송함으로써 사용자에게 여러 가지 서비스를 동시에 제공할 수 있는 시스템의 개발을 목표로 발전하여 왔다. 따라서 현재까지의 무선통신 기술의 연구 방향은 주로 데이터의 전송 효율을 높이기 위한 방법에 집중되었다. 그러나 환경감시, health care, 원격 검침, 빌딩 관리 등 USN의 적용 분야는 많은 양의 데이터 전송을 필요로 하지 않기 때문에 저속의 데이터 통신 시스템으로도 구현할 수 있으며, 오히려 장기간 사용을 위해서는 시스템이 단순해야 하므로 저가, 저전력 그리고 비교적 낮은 성능을 갖는 무선통신 시스템으로 구현하여야 한다.

현재까지 연구된 무선통신 방식 중 USN 서비스에 가장 알맞은 통신 방식으로는 WPAN이 있다. WPAN은 원래 WLAN보다 작은 거리에서 초고속 또는 저속의 데이터 통신을 위해 개발된 규격으로 Bluetooth (IEEE 802.15.1), 고속 WPAN (IEEE

802.15.3), 고속 UWB (IEEE 802.15.3a), 저속 UWB (IEEE 802.15.4a), 저속 센서 네트워크 (IEEE 802.15.4)를 포함한다. 다양한 WPAN 규격 중에서도 USN과 가장 유사한 통신방식은 저속 센서 네트워크로 표준화 단체로 IEEE 802.15.4가 이에 해당한다.



<그림 4-7> 통달거리에 따른 무선 통신방식별 분류

따라서, 본 보고서에서는 IEEE 802.15.4 PHY/MAC 규격을 기반으로 USN 최신 기술의 동향을 살펴보고자 한다. USN의 기반기술인 PHY/MAC에 대한 해외 연구 동향은 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)와 IETF(Internet Engineering Task Force) 등의 연구단체, 그리고 ZigBee Alliance와 같은 기업 단체를 통해 센서네트워크의 각 요소들에 대한 표준화가 이루어지고 있다. 또한 USN PHY/MAC은 UWB, Binary CDMA 등 다양한 기술이 가능하지만 본 장에서는 IEEE 802.15.4, 802.15.4b, 802.15.4c 및 80.15.4d에서 제시한 규격을 기준으로 한다.

1) IEEE 802.15 WPAN 기술

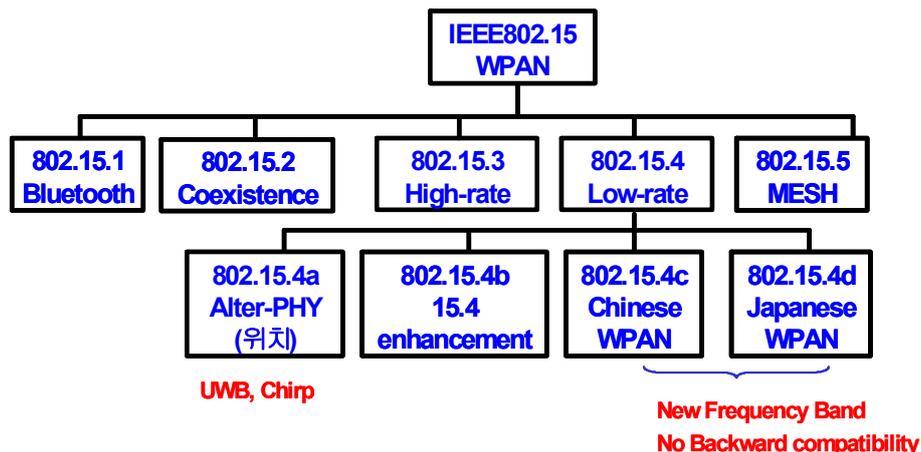
IEEE 802.15 WPAN 워킹 그룹은 무선개인영역 네트워크 (WPAN: Wireless Personal Area Network)를 위한 표준을 제정하는 것을 목표로 한다. IEEE 802.15는 개인 중심의 휴대기기들 간의 상호 연결 편의성을 제공하기 위한 근거리 네트워크이자, 10m 내외의 비교적 단거리에서 저전력, 소형, 저가의 개인 무선 네트워크 기술로서 USN의 주요 기술이 될 전망이다. 주요 기술로는 고속의 WiMedia, 차세대 Bluetooth, 저가, 저전력의 Zigbee 등이 있다.

IEEE 802.15는 [그림 4-3]과 같이 총 5개의 Task Group이 구성되어 있으며 이 중

IEEE 802.15.1 Task Group에서는 유럽의 Bluetooth 기술을 IEEE 802 위원회에서 어떻게 포함시킬 것인지를 논의하여 이미 표준이 완료된 상태이다. IEEE 802.15.2 Task Group은 2.4GHz 대역폭을 사용하는 기기 사이에 상호 간섭을 어떻게 해소할 수 있을 것인지에 대한 표준을 만들고 있다. 대표적인 방법으로는 IEEE 802.11b 기기와 Bluetooth 기기가 사전에 서로의 정보를 미리 나누어 각각의 기능과 사용 중인 채널에 대해 파악한 후 최적의 통신 방식을 사용하는 Collaborative 방식이 있으며, 어느 한 쪽이 통신을 시작한 이후 다른 기기가 이를 사용하려면 서로에 대한 정보의 교류 없이 같은 주파수 대역을 피하여 사용하는 Non-Collaborative 방식이 있다.

IEEE 802.15.3 표준은 최대 55Mbps의 데이터 전송속도를 지원함으로써 이동용 무선 영상 시스템과 멀티미디어 시스템에의 적용을 고려하고 있다. IEEE 802.15.4 기술은 초저가의 무선PAN 기술로 상위계층은 Zigbee 기술을 사용하여 센서네트워크를 구축할 수 있도록 되어 있다.

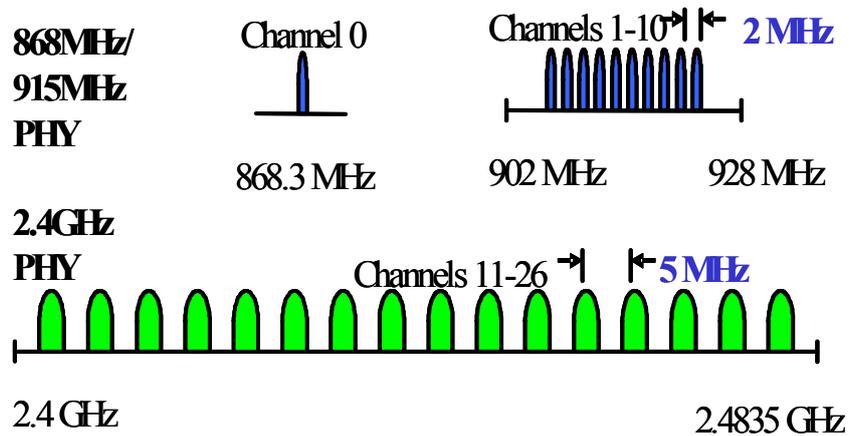
IEEE 802.15.4는 USN의 주요 기술로 대두되고 있으며, 802.15.4a에서는 저속 UWB 및 Chirp 기술 등을 이용하여 위치 인식 기능을 갖는 별도의 PHY 계층을 연구하고 있다. 802.15.4b는 802.15.4의 모호성을 해결하며, Sub-GHz 대역에서 데이터 속도를 높이기 위한 enhancement 규격을 연구하여 2006년도에 문서가 출시되었다. 또한 중국 및 일본에서는 802.15.4c 및 802.15.4d 위원회에서 자국의 주파수 환경에 맞는 별도의 PHY/MAC을 연구 중에 있다.



<그림 4-8> IEEE WPAN 표준화 위원회 구성

먼저 IEEE 802.15.4와 802.15.4b의 주파수 대역을 살펴보면 다음 [그림 4-4]와 같다. 유럽의 경우 868MHz 대역에서 600kHz의 하나의 채널을, 미국의 경우

902~928MHz 대역을 2MHz의 채널로 10개의 채널로 구성하며, 채널 앞과 뒤에 보호 대역을 두고 있다. 2.4GHz 대역에서는 전 세계 공통이며 5MHz 간격으로 16개의 채널을 사용하고 있다.



<그림 4-9> IEEE 802.15.4, 802.15.4b의 주파수 대역

또한 최근에 IEEE 802.15.4a에서는 저속 UWB 기술 등을 이용하여 통신에 위치 인식 기능을 추가하려는 연구가 진행 중에 있으며, 1m 이내의 고정밀도의 거리/위치 인식 기능을 가지고 있다.

2) IEEE 802.15.4 PHY 기술

본 절에서는 IEEE 802.15.4에서 제시하고 있는 PHY 계층의 기술을 분석하여, 규격이 포함하고 있는 주요 특성을 살펴보고자 한다. 먼저 IEEE 802.15.4에서 제시하고 있는 모뎀 방식은 다음 [표 4-2]과 같다.

IEEE 802.15.4 초기 버전을 살펴보면, 868/915MHz 대역에서는 BPSK를 2.45GHz 대역에서는 O-QPSK를 사용하도록 되어 있었으나, 802.15.4b의 규격 논의과정에서 868/915MHz 대역에서도 250kbps의 고속을 지원하기 위하여 O-QPSK와 PSSS(Parallel Sequence Spread Spectrum) 방식을 Option 규격으로 새롭게 추가하였다.

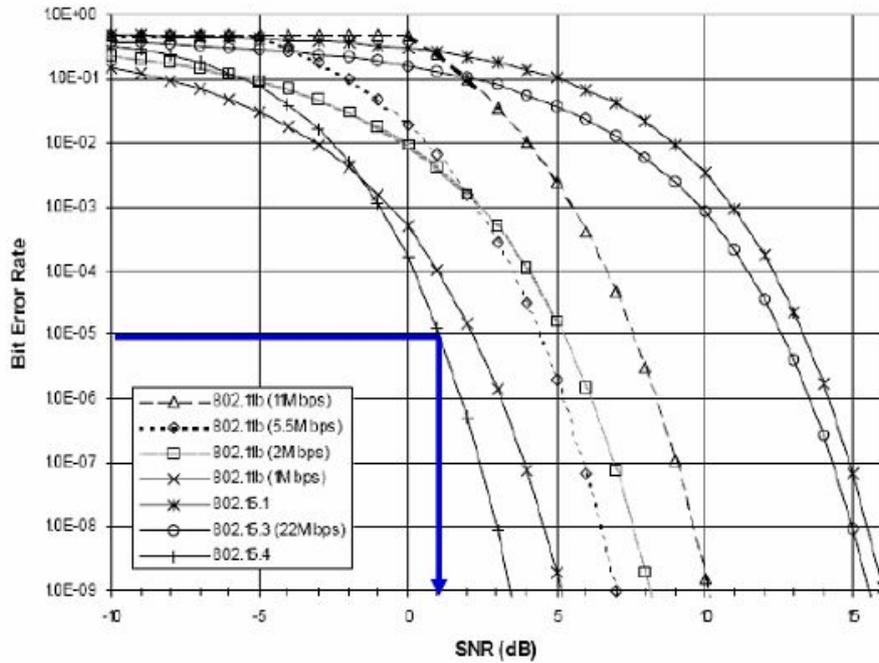
<표 4-2> IEEE 802.15.4, 802.15.4b의 주파수 대역 및 데이터 전송률

PHY (MHz)	Frequency Band(MHz)	Spreading Parameters		Data Parameters		
		Chip rate (kchip/s)	Modulation	Bit rate (kb/s)	Symbol rate (ksymbol/s)	Symbols
868/915	868 ~ 868.6	300	BPSK	20	20	Binary
	902 ~ 928	600	BPSK	40	40	Binary
868/915 alternate	868 ~ 868.6	440	PSSS	206.25	13.75	15-ary
	902 ~ 928	1600	PSSS	250	50	5-ary
868/915 alternate	868 ~ 868.6	400	O-QPSK	100	25	16-ary
	902 ~ 928	1000	O-QPSK	250	62.5	16-ary
2450	2400 ~2483.5	2000	O-QPSK	250	62.5	16-ary

먼저, Mandatory 규격의 특성을 살펴보면 [표 4-3]와 같다. [표 4-3]에서 알 수 있듯이 802.15.4 PHY 규격은 모뎀, 특히 RF 회로를 저가격으로 One-chip화 하기 위한 PHY 구조를 가짐을 알 수 있다. 저속데이터를 스펙트럼 확산시킴으로써 수신감도에 여분을 두었을 뿐만 아니라 수신감도 규격이 까다롭지 않아 링크 마진이 높고 인접 채널 간섭 요구조건이 낮아 칩 내부에 Embedded된 저가형 필터로 RF필터가 구현 가능한 구조이다.

<표 4-3> 주파수별 802.15.4 PHY 규격

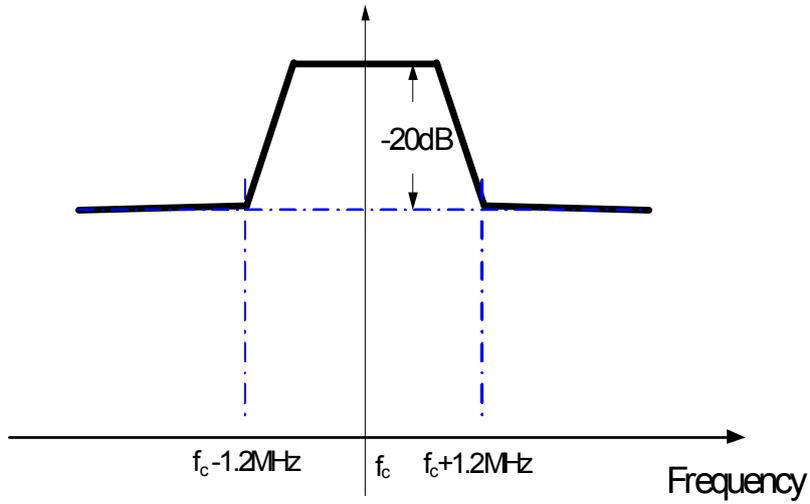
Parameter	2.4GHz PHY	868/915MHz PHY
Sensitivity@ 1% PER	-85dBm	-92dBm
Receiver maximum Input level	-20dBm	
Adjacent Channel Rejection	0dB	
Alternate Channel Rejection	30dB	
Output Power (Lowest Max)	-3dBm	
Transmit Modulation Accuracy	EVM<35% for 1000 chips	
Number of Channels	16	1/10
Channel Spacing	5MHz	600kHz single channel /2MHz
Data Rate	250kb/s	20/40kb/s
Symbol Rate	62.5ksymbol/s	20/40ksymbol/s
Chip Rate	2Mchip/s	300/600kchip/s
Chip Modulation	O-QPSK with half-sine pulse shaping(MSK)	BPSK with raised cosine pulse shaping



<그림 4-10> IEEE 802.15.4 수신기 성능 비교

3) IEEE 802.15.4c PHY 기술

먼저 중국에 Sub-GHz 대역의 USN 주파수 대역을 살펴보면 314~316MHz, 430~434MHz, 및 779~787MHz대가 USN용으로 사용될 수 있다. 이 중에서 779~787MHz 대역의 경우 2MHz 채널 간격으로 4개의 채널이 할당되어 있으며, 315MHz와 430MHz는 400kHz의 대역폭을 가지도록 규정되어 있다. 그 중에서 대역폭이 넓고 전파특성이 우수하여 가장 관심이 많은 대역이 779~787MHz 대역으로 중국 내 기술 기준을 살펴보면 다음 [그림 4-6] 및 [표 4-3]과 같다. 특이한 점은 국내와 동일하게 불요방사파 규격이 -36dBm/100kHz로 엄격하게 규정되어 있다는 점이다.



<그림 4-11> 중국의 779~787MHz 대역 내 PSD

<표 4-4> 중국의 779~787MHz 대역 외 방사 규격

Frequency Range	Limit during operation	Limit in standby
30MHz ~ 1GHz	-36dBm/100kHz	-47dBm/100kHz

IEEE 802.15.4c에서 중국의 USN 주파수 상황을 고려하여 최대 비트속도를 250kbps까지 제공하는 규격이 제안 중에 있다. 현재 MPSK와 O-QPSK의 두가지 규격이 제안되어 있는 상태로, 자세한 규격은 [표 4-5]와 [표 4-6]에 나타나 있다.

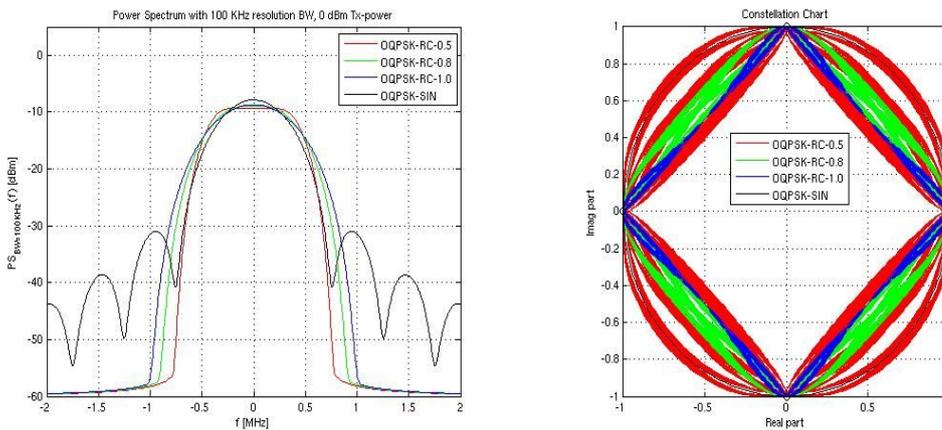
<표 4-5> IEEE 802.15.4c Chinese WPAN 제안 규격

PHY (MHz)	Frequency Band (MHz)	Spreading Parameters		Data Parameters	
		Chip rate (kchip/s)	Modulation	Bit rate (kb/s)	Symbol rate (ksymbol/s)
315	314~316	200	MPSK or O-QPSK	50	12.5
430	430~434	200	MPSK or O-QPSK	50	12.5
780	779~787	1000	MPSK or O-QPSK	250	62.5

<표 4-6> IEEE 802.15.4c Chinese WPAN 제안 규격 특성 비교

Parameter	MPSK	O-QPSK
Modulation	MPSK(16pt)	O-QPSK
Data Rate	250kb/s	250kb/s
Chip Rate	1Mc/s	1Mc/s
PN Code Length	16	16
PN Codes	Non-Integer	Non-Integer
Sys2System Cyc. Shift	1Chip	2Chips
PER(AWGN)	Same	Same
Crest Factor	~2.87dB	~1dB
Meets -36dBm (Out-of-band Rejection)	Yes	Yes
Flat Fading Perf.	Same	Same
Provides common sync, modulation % chipping Seq. Across 700, 800&900MHz	No	Yes

O-QPSK의 경우 기존의 IEEE 802.15.4의 O-QPSK와 비슷하나 채널 대역폭이 좁고, -36dBm 이하의 불요방사 규격을 맞추기 위하여 half-sine 필터를 사용하지 못하고 raised cosine 필터를 사용한다는 것이다. 이렇게 필터링을 엄격하게 하는 것이 요구됨에 따라 진폭의 변화(1dB정도의 변화)가 생기는 것을 감수해야 한다. 또한 802.15.4와 다르게 PN 코드를 정수가 아닌 실수 타입으로 하려고 하고 있다. 다음 [그림 4-7]은 펄스 형성 필터의 roll-off factor를 조정함에 따라 정진폭 특성에서 진폭의 변화가 발생함을 알 수 있고, 대신 PSD에서 sidelobe 레벨이 작아짐을 알 수 있다.



(a) PSD 변화

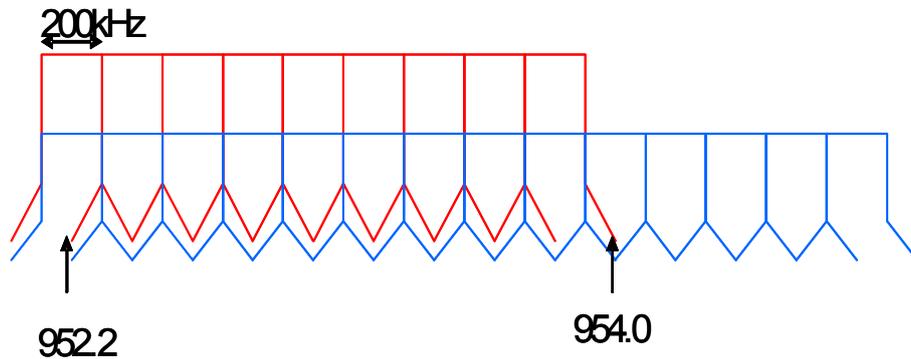
(b) 성상도의 변화

<그림 4-12> 펄스형성 필터 형태에 따른 PSD 변화와 성상도 변화

중국의 USN 표준화를 통해서 우리의 USN 기술기준 시 참고해야 할 내용은 2MHz의 대역폭과 -36dBm의 대역 외 불요방사파 규격을 위해서는 IEEE 802.15.4 규격 중 하드웨어의 제작을 저렴하게 하기 위해 만든 half-sine 펄스를 사용할 수 없으며, 필터링 특성을 엄격하게 해야 한다는 것이다.

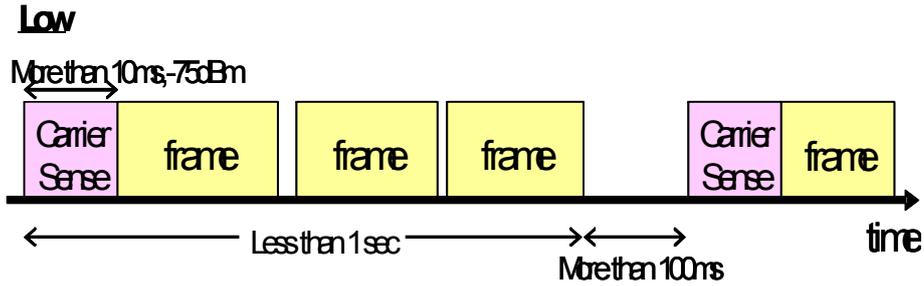
4) IEEE 802.15.4d 기술

IEEE 802.15.4d는 Japanese PAN 규격을 논의하는 표준으로 현재 2개의 PHY 규격이 제안되고 있다. 일본의 WPAN 규격에서 논의하고 있는 주파수 대역은 우리나라와 유사하게 RFID 사용 대역과 일부 겹치는 대역이다. 일본의 RFID 주파수 상황을 살펴보면 다음 [그림 4-8]과 같이 950MHz 대역을 사용하며, 1W를 전송하는 고출력 주파수와 10mW를 전송하는 저출력 모드의 두 가지가 있다. 고출력 모드는 허가를 필요로 하며 952.0~954.0MHz까지 9개의 채널이 할당되어 있으며, 저출력 모드의 경우는 952.0~955.0MHz로 14개 채널이 할당되어 있다.



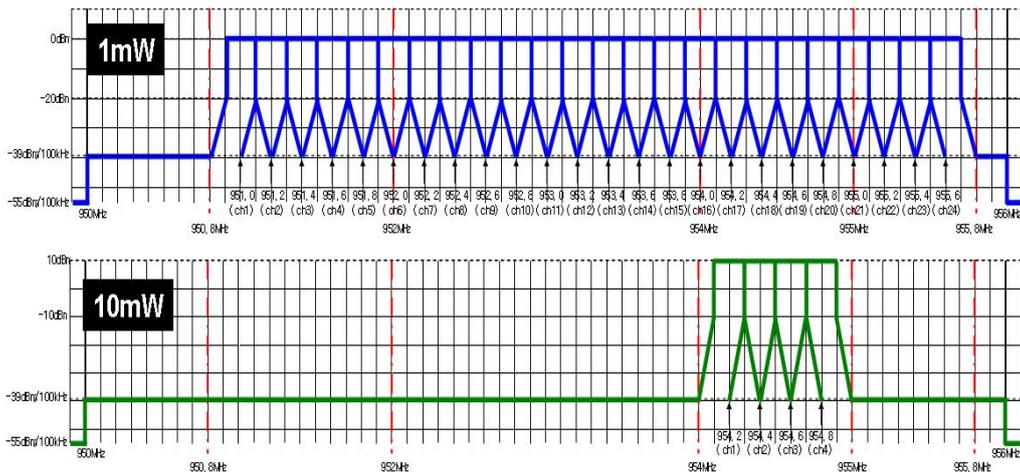
<그림 4-13> 일본의 RFID 주파수 분배

신호 대역폭은 200 kHz를 기준으로 하여 저출력 모드는 200kHz로 한정되어 있고, 고출력 모드는 $(200 \times N)$ kHz ($N=1,2,3,4,5,6,7,8,9$)를 사용할 수 있다. 고출력과 저출력에 상관없이 송신하려는 대역폭을 타 시스템이 점유하고 있으면 사용할 수 없도록 규정하고 있다. 고출력 모드의 경우 5msec 이상 캐리어 센싱하여야 하며, 캐리어 센싱 기준 레벨은 -74dBm이다. 기준 레벨 이상의 신호가 없어, 즉 채널을 점유하는 시스템이 없으면 전송이 시작되는데 4초 이하로 전송한 후 50msec이상 멈추도록 되어 있다. 저출력 모드의 경우 캐리어 센싱 레벨이 -64dBm으로 10 msec 이상 센싱하여야 하며 신호 전송은 1초 이하로 전송한 후 100msec이상 멈추도록 되어 있다. 다음 [그림 4-14]는 일본의 RFID 타이밍 다이어그램을 보여주고 있다.



<그림 4-14> 일본의 RFID Timing Diagram

센서네트워크를 위한 주파수로는 [그림 4-15]과 같이 0dBm 출력 기준으로 950.8~955.8MHz 대역을, 10mW까지 고출력이 허용되는 주파수로는 954.0~955.0MHz가 된다. 채널 대역폭은 200kHz로 고출력은 상측 및 하측 보호대역을 제외하면 4개 채널, 1mW 저출력 모드는 24개의 채널을 허용하고 있다.



<그림 4-15> 일본의 LR-WPAN 주파수 대역

[그림 4-8]의 RFID 주파수와 비교해 보면 전체 주파수 대역은 5MHz이며, 5MHz 전체를 0dBm USN 주파수로 하고 그 중의 일부를 RFID로 할당하였음을 알 수 있다. USN 채널 역시 캐리어 센싱을 하도록 규정되어 있는데 기준레벨은 -75dBm으로 10msec동안 센싱하도록 되어 있다. 전송시간 역시 1초 이하로 전송하고 타 시스템의 공정한 참여를 허용하기 위하여 100msec 이상 멈추도록 되어 있다. 이는 RFID 저출력 모드와 유사함을 알 수 있는데, 이는 RFID와의 간섭을 피하기 위하여 기준 레벨을 약간 더 낮은 값으로 정한 것으로 보인다. 현재 일본 기술기준에서는

10msec의 캐리어 센싱 타임이 저전력 센서노드에 부담을 줄 수 있으므로 이를 줄이려는 논의와 밀집 모드의 도입에 따라 리더 송신 채널과 태그 응답 채널이 분리되는데 태그 응답채널에서는 USN 기기에 엄격한 기준을 적용하는 논의가 진행 중에 있다.

현재 IEEE 802.15.4d에서는 두 개의 표준안이 제안되어 있는 상태로 유럽과 유사하게 600kHz 대역폭에 대하여 BPSK를 쓰는 안과 OKI사에서 새롭게 제시한 400kHz 대역폭에서 GFSK 모뎀을 사용하는 안 두 가지가 있다. 물론 표준화가 진행됨에 따라 다양한 제안이 가능할 테지만 보고서를 제출하는 기간에 한하여 제안된 두 가지 안에 대해 살펴보고, 이를 통해 국내에서 참고할 사항을 논의하고자 한다. 국내의 경우에도 RFID와 USN 주파수를 동시에 사용해야 하며, 주파수 간섭 등의 이슈가 동일하므로 참고가 될 수 있다.

5) Proposal

첫 번째 Oki사에서 제안한 방식은 기존의 USN 기술이 Spread Spectrum을 사용하는데 반하여 데이터율을 100kbit/s를 그대로 전송하는 방법을 사용하였다. 모뎀 방식은 BT=0.5인 Gaussian 필터를 사용하고 변조지수가 1인 GFSK 변조를 사용하여 채널 대역폭은 400kHz로 한정하였다.

두 번째 Yokogawa사 제안은 600kHz를 사용하는 DSSS-BPSK 방식으로 Bit rate는 20kbps이고 Chip rate는 300kchip/s로 유럽의 BPSK와 유사하다. 600kHz는 기존의 200kHz 채널 3개를 묶어서 사용하도록 하였다.

일본의 USN 표준화를 통해서 우리의 USN 표준화 시 참고해야 할 내용은 주파수대역이 좁기 때문에 250kbps의 고속은 포기하는 대신 600kHz 대역폭에서 20kbps를 그대로 사용하거나, 400kHz에서 spreading없이 100kbps를 GFSK로 그대로 전송하는 안을 제안하고 있는 점이다. MAC 측면에서는 RFID와의 간섭을 피하기 위하여 기존의 LBT의 타이밍내에서 USN이 그대로 사용될 수 있는지 여부를 고민하고 있다.

3. 시장 및 산업동향

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

1) 900MHz 수동형 리더 산업 동향

900MHz 수동형 시스템은 리더와 태그 안테나 성능 및 주변 환경에 의해 인식 거리와 인식률 등이 영향을 크게 받는다. 따라서 인식 성능을 개선하기 위하여 하나의 리더에 2-4개의 리더 안테나를 연결하여 인식 영역을 넓히려는 시도가 이루어지고 있으며 향후 저변 환경에 적응하여 빔을 제어할 수 있는 빔형성 안테나 기술이 개발될 전망이다. 또한 앞으로 개별 상품 인식을 위하여 13.56MHz나 2.45GHz 대역이 혼합되어 사용될 가능성이 있으므로 다중 대역 안테나의 개발이 필요할 것으로 예상된다. 현재는 안테나와 RF 모듈 및 디지털 제어부가 분리되어 있으나 궁극적으로는 SoC(System on Chip) 기술로 소형화되어 모든 정보기기에 내장되어 다양한 정보를 수집하는 수단이 되고 여러 가지 통신 서비스에 연계되어 부가적인 서비스를 창출 할 것이다.

현재 다양한 주파수 대역 및 이중 프로토콜을 지원하는 멀티밴드/멀티프로토콜 리더기가 개발되고 있으며, 적용 분야에 따라 고정형, 휴대형, 내장 모듈형 등 다양한 크기와 용도의 리더기 개발이 이루어지고 있다. 해외 업체들의 리더기 개발 현황을 보면 고정형 리더가 주류를 이루지만, 휴대용 리더도 산업용 PDA에 적용한 제품, PCMCIA 타입, 모듈 형태 등이 제작되고 있다. 하지만 사용자의 요구 사항을 만족할 만큼의 연속 동작 시간을 맞추지는 못하고 있다. 최근 Wal-Mart의 영향으로 902~928MHz, FHSS 방식의 북미 규격의 리더들이 물류/유통 분야 적용에 방향을 맞추어 개발되고 있고, RFID를 모바일 비즈니스와 융합하고자 휴대폰이나 스마트폰에 장착할 리더기의 개발도 준비하고 있다

2) 900MHz 수동형 태그 산업 동향

수동형 RFID 태그는 칩과 안테나로 구성된다. 태그 칩에는 사물의 유일 식별 코드나 정보를 저장하며 리더의 요청에 의해 또는 상황에 따라 스스로 외부에 자신의 정보를 전송한다.

5센트 이하의 저가격, 초소형, 고기능의 전자 태그를 구현하기 위해서는 칩, 안테나, 패키징 등의 기술이 중요하다. 현재 칩의 가격은 태그 가격의 40% 정도를 차지하고 있으므로 칩을 소형화하고 수율을 높여서 생산 단가를 낮추는 것이 중요하다. 칩의 소형화는 반도체 기술의 지속적인 발전에 따라 실현되고 있다. Hitach는 $0.3 \times 0.3\text{mm}^2$ 크기의 뮤 칩, Alien은 $0.35 \times 0.35\text{mm}^2$ 크기의 나노블럭 칩을 개발하였다. 그 외에 Impinj, Philips, TI 등에서 EPCglobal의 C1G2 규격을 따르는 태그 칩을 개발하였다.

UHF 대역의 국제 단일 표준으로 ISO 18000-6 Type C가 제정됨으로써 Impinj와

Philips를 비롯한 여러 메이저 업체들에서 상호 호환성이 검증된 대량의 칩 생산이 이루어지고 있다. 따라서 업체 간 가격 경쟁이 치열해질 것으로 전망되며, 칩의 가격이 상당히 낮아질 것으로 예상된다.

칩의 크기가 소형화 될수록 칩과 안테나의 인레이(inlay) 작업이 어려워지므로 적합한 인레이 기술의 개발이 중요하다. 현재는 플립칩(flip chip) 기술이 주로 사용되고 있으나, 칩의 크기가 작아질수록 인레이 비용이 상당히 증가하게 된다. Alien은 유체를 이용하여 나노블럭 칩을 기판 위에 정렬시킨 후 strap 형태로 만드는 FSA(Fluidic Self Assembly) 기술을 개발하였으며, Philips는 FSA와 유사한 vibratory assembly 기술을 개발하고 있다. Symbol은 한 번에 여러 개의 칩을 동시에 인레이 할 수 있는 PICA(Parallel Integrated Chip Assembly) 기술을 개발하였다.

한편, 수동형 RFID 태그의 경우 태그 안테나의 최적 설계가 상당히 중요하다. 수동형 태그의 안테나는 가능한 최대의 전력을 손실 없이 태그 칩으로 전달하여야 하며, 이를 위하여 우수한 방사 특성과 함께 태그 칩과의 완벽한 정합이 이루어져야 한다. 또한, RFID 태그는 용도의 특성상 항상 특정 사물에 부착되어 사용되므로 태그의 부착 물체의 특성 및 동작 환경에 따른 최적화가 필요하다. 특히, 금속 물체의 경우 흔히 쓰이는 라벨형 태그와는 다른 구조의 안테나 개발이 필요하다. 지폐나 고가품의 위조 방지 등에 사용되는 초소형 태그를 실현하기 위해서는 안테나를 웨이퍼 상에서 직접 구현하는 AoC(Antenna on Chip) 기술이 요구된다. .

RFID 태그 산업은 물류에서 상자나 팔렛 등에 붙이기 위한 스마트 라벨(smart label)의 생산이 주류를 이루고 있다. 일반적인 스마트 라벨 가격은 0.2~0.5\$ 수준이며, 양적 성장에 따른 가격 하락이 이루어지고 있다. 국내 태그 업체는 해외 업체에 비해 영세성을 면치 못하고 있는 관계로 양(volume)의 경제를 따라가는데 어려움이 있다

이외에도 저가형 개별 물품 단위 태그 식별을 위한 칩리스(chipless) 태그, organic 태그, printed 태그 등에 대한 연구도 이루어지고 있지만 유기소자의 고주파 특성이 좋지 않고, 다양한 종류의 유기소자가 개발되어 있지 않으며, 유기소자를 이용한 기술의 수준이 낮아서 복잡한 태그의 기능 구현이 어렵다. 이러한 문제점에도 불구하고 1센트대의 초저가 태그 구현이 가능한 기술로서 IPR확보 차원에서 다양한 연구가 이루어지고 있다.

3) 모바일 RFID 산업 동향

모바일 RFID는 RFID 리더에 이동성을 부여하여 언제 어디서든 사용자와 사물과의 정보교환을 가능하게 한 것이다. 따라서 off-line 사물을 on-line이 가능하도록 하여 유비쿼터스 시대를 주도할 핵심기술 중 하나이다. <표 4-7>은 모바일 RFID 서비스를 위한 국내외의 개발 사례이다. Nokia와 NFC(Near Field Communication), 그리고 일본의 KDDI와 달리 우리나라는 900MHz 주파수를 채택하였으며, 1m에 가까운 장거리 인식 능력으로 인해 종합적인 서비스 및 사업적 특성이 뛰어나다. 국내에서는 2006년에 단말 내장용 리더 칩을 개발 완료하여 2006년 10월에 모바일 RFID 시범사업을 실시하였으며 상용 서비스를 계획중이다.

<표 4-7> 국내외 모바일 RFID 기술

	Nokia	KDDI	KDDI	NFC	Korea
주파수	13.56MHz	2.4GHz	315MHz	13.56MHz	908.5~914MHz
인식거리	2~3cm	~ 5cm	~10cm	~10cm	~1m
표준	ISO14443A			ISO/IEC18092	ISO/IEC18000-6C
기타		수동	능동	리더/태그	모바일 RFID 포럼

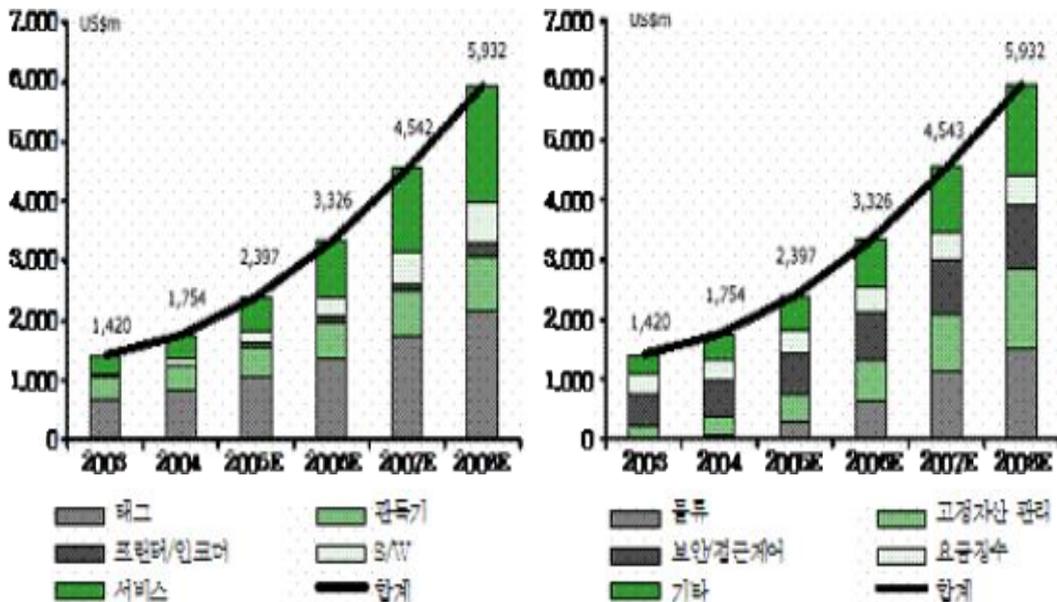
4) RFID 시장 현황 및 전망

RFID 기술은 아직 초기단계로, 향후 시장의 변동성이 매우 크다고 볼 수 있다. 하지만, 무궁무진한 적용가능성과 IT에서 가장 유망한 시장기회를 제공할 것이라는 기대로 상당수 기업들이 도입을 추진하거나 계획하고 있으며, 관련 시장도 빠르게 성장하고 있다. 시장 조사기관에 따라 많은 차이를 보이고 있지만, 보편적으로 세계 RFID 시장규모는 2004년에 15억 달러 이상, 그리고 2008년에는 51억 달러에서 71억 달러 규모에 이를 것으로 전망되고 있다.



<그림 4-16> 세계 RFID 시장규모 추이

또한, <그림 4-17>는 프린터와 인코더를 포함한 제품별 및 응용 분야별 RFID 시장규모를 보여주고 있다. ABN AMRO사에 의하면, 프린터와 인코더를 포함한 경우 2004년 시장규모는 17억 달러 정도이며, 2008년경엔 59억 달러를 넘어설 것으로 전망된다. 2005년 월마트의 RFID 부착을 시작으로 물류 및 유통관리 분야에서의 응용이 본격화되면서 이 분야가 2008년경에는 RFID의 가장 큰 응용 분야로 자리 잡을 것으로 예측되고 있다.



<그림 4-17> 제품별 및 응용 분야별 RFID 시장규모 추이

RFID/USN의 세계시장은 2006년 47.18억 달러 규모에서 수동형 RFID의 본격적인 이용확산, 능동형 및 USN 기술의 발전과 도입 확산에 따라 2012년에 총 409억 달러에 이를 전망이다.

<표 4-8> RFID/USN 세계 시장 전망

(단위: 억 US달러)

구분		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
서비스		11.68	18.74	28.26	47.74	67.97	87.77	111.64
SW		4.09	6.70	10.03	16.85	23.99	30.98	39.40
HW	수동형RFID	22.2	33.2	51.2	71.1	90.8	107.1	128.5
	능동형RFID	5.48	8.88	14.81	21.03	31.53	42.43	47.77
	USN	3.72	7.45	13.97	26.07	41.90	58.66	82.12
	소계	31.40	49.52	79.98	118.20	164.23	208.19	258.39
전체(합계)		47.18	74.97	118.27	182.79	256.19	326.93	409.43

나. USN(Universal Sensor Network)

미국의 국방성, 일본의 총무성, 유럽의 프레임워크 프로그램에서 보듯이 세계 각국에서는 USN에 대한 국가적 관심과 활성화 정책을 추진하고 있다. 미국·일본에 비해 인권침해 등의 문제로 도입이 더디던 유럽마저 유럽위원회 주도로 관련 법제가 정비되면서 본격적으로 도입이 됐다. 그 결과 물류, 유통을 비롯한 군수 분야, 의료 분야 등 다양한 분야에서 USN 기술의 응용 서비스가 출현하고 있다. 현재 USN 시장은 세계적으로 기술도입 단계에 있으며, 적용범위에 대한 명확한 규정이 내려지지 않았지만 무궁무진한 적용가능성으로 상당수 기업들이 도입을 추진하거나 계획하고 있으며 관련 시장도 빠르게 성장하고 있다. 국내의 경우에도 USN 시장의 조기 정착과 산업 활성화를 위해 산학연관 차원에서 USN 분야의 다양하고 적극적인 관련 사업을 추진하고 있다. 하지만 국내 USN 산업실태 측면에서 보면 아직 소규모의 시장이 형성되고 있으나 급속한 성장을 보이는 것으로 나타났다. 향후 USN

세계 시장은 2007년 10.7억불에서 연평균 66%의 성장을 통해 2012년에는 127.8억불에 이를 것으로 전망된다.

2007년 수출입 현황을 보면 수입은 222억원, 수출은 405억원으로 흑자 기조를 유지하고 있고, USN 센서노드(180억원), RFID 관련 리더, 태그 등 하드웨어 부문(121억원) 순으로 많이 수출되었다. 2008년에는 수출입이 각각 800억원, 520억원에 달해 흑자 폭을 확대할 것으로 추산되고 있다.

<표 4-9> 세계 USN 시장 전망 (단위 : 억불)

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
기기	4.0	8.0	15.0	28.0	45.0	63.0	109.3
서비스	2.1	2.7	3.7	5.3	7.7	9.9	18.5
합계	6.1	10.7	18.7	33.3	52.7	72.9	127.8

<표 4-10> 국내 USN 시장 전망 (단위 : 억불)

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
기기	0.84	1.63	2.90	5.26	8.48	12.25	20.24
서비스	0.06	0.21	0.34	0.54	0.86	1.36	2.21
합계	0.90	1.84	3.24	5.80	9.34	13.62	22.46

미국에서는 국방성의 Smart Dust, CENS의 오염물질 전파 모니터링 등 국방, 과학, 환경 분야의 실시간 센싱이 필요한 영역에서 USN을 적용하기 위한 다양한 연구가 진행 중이다. Archrock은 TinyOS 기반 센서노드 상용제품 출시했고, Chipcon, Crossbow 등에서 ZigBee 기반 센서 노드 및 센서네트워킹 솔루션 상용화하였다. 또한 유통 및 물류, 도로교통, 공정관리, 산업건설, 국방/환경 등의 분야에 USN 적용을 추진 중이며 그 예로 인텔은 반도체 장비상태 감시에 USN 적용(Vibration Monitoring)을 추진하고 있다.

일본에서는 u-Japan 전략의 일환으로 USN 기술 개발 착수(2004~2007년)하였다. UID 센터는 T-엔진 포럼을 구성하여 산업계 중심의 다단계 임베디드시스템 체계 개발/확산 추진 중이다. NTT, KDDI 등 통신사업자, 사프, 소니, 도시바, 히타치 등 제조업체를 중심으로 USN 관련 어플리케이션 및 단말 상용화를 추진 중이나 가시

적인 상용화 성과는 미진한 상태다. 청과 및 어패류 유통관리를 위해 온도센서를 이용한 USN 적용하는 등 일본도 유통 및 물류, 도로교통, 공정관리, 산업건설, 국방/환경 등의 분야에 USN 적용 추진하고 있다.

유럽은 ‘사라지는 컴퓨팅(Disappearing Computing Initiative)’사업을 중심으로 2000년 초반부터 16개 연구 프로젝트를 진행하여 RFID/USN 기술개발 및 보급에 박차를 가하고 있다. USN을 적용한 지구관측(GMES) 사업을 추진하여 통신시스템 등 관련 산업 활성화 진행하였고, 센서 재료에 대한 상용화 및 원격탐지나 환자 모니터링 장치, 유아의 야간 질식사 방지 센싱시스템 등의 상용화가 활발히 이루어지고 있다.

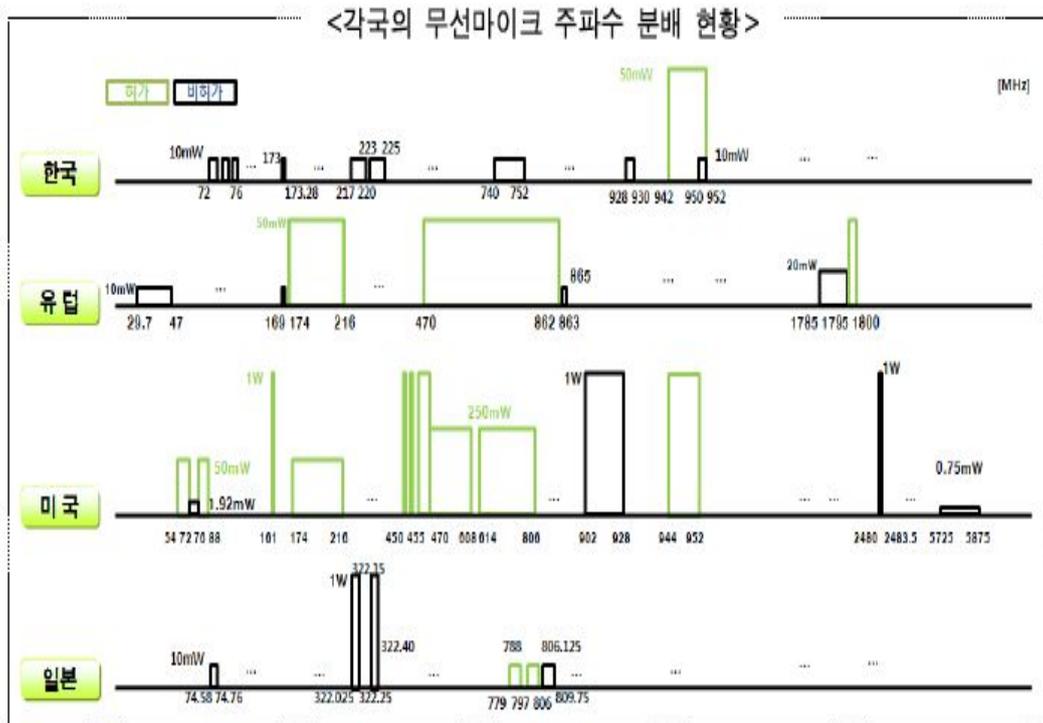
제2절 주요국 주파수 분배 및 이용현황 분석

1. 현황

현재, 국내외 각국의 900MHz RFID 주파수 현황과 무선마이크 주파수 분배 현황은 각각 표4-11과 그림 4-18와 같다.

<표 4-11> 국내외의 900MHz RFID 주파수 현황

구분	국제표준	미국	유럽	일본	한국
태그 주파수	860 ~ 960MHz				
리더 주파수 (대역폭)	860~960MHz 내에서 각국 제정	902~928MHz (ISM대역 26MHz)	865~868MHz (3MHz)	950~956MHz (6MHz)	908.5~914MHz (5.5MHz)



<그림 4-18> 각국의 무선마이크 주파수 분배 현황

700MHz 대역에서 무선 마이크 사용 가능성을 고려할 때, 표 4-11에서 보듯 700MHz 대역은 지역별로 결정하여 사용할 수 있는데, 그림 4-18에서 보는 바와 같이 사실상 한국에서는 700MHz 대역을 향후 IMT 서비스를 구현하기 위한 대역으로 예비하고 있음을 알 수 있다.

<표 4-12> WRC-07의 IMT 주파수

주파수	이용조건
450-470MHz	Global
2.3-2.4GHz	Global
698-806/790-806MHz	Region
3.4-3.6GHz	country basis

Allocation to services		
Region 1	Region 2	Region 3
470-790 BROADCASTING	470-512 BROADCASTING Fixed Mobile 5.292 MOD 5.293	470-585 FIXED MOBILE BROADCASTING 5.291 5.298
	512-608 BROADCASTING 5.297	585-610 FIXED MOBILE BROADCASTING RADIO NAVIGATION 5.149 5.305 5.306 5.307
	608-614 RADIO ASTRONOMY Mobile-satellite except aeronautical mobile-satellite (Earth-to-space)	610-890 FIXED MOBILE MOD 5.317A ADD 5.YYY BROADCASTING
	614-690 BROADCASTING Fixed Mobile	

MOD (R9/425/7)

5.317A Those parts of the band 698-960 MHz in Region 2 and the band 790-960 MHz in Regions 1 and 3 which are allocated to the mobile service on a primary basis are identified for use by administrations wishing to implement International Mobile Telecommunications (IMT) See Resolution 224 (Rev.WRC-07) and Resolution [COM4/13] (WRC-07). This identification does not preclude the use of these bands by any application of the services to which they are allocated and does not establish priority in the Radio Regulations. (WRC-07)

ADD (R9/425/5)

5.YYY The band, or position of the band, in Bangladesh, China, Korea (Rep. of), India, Japan, New Zealand, Papua New Guinea, Philippines and Singapore is identified for use by these administrations wishing to implement IMT. This identification does not preclude the use of these bands by any application of the services to which they are allocated and does not establish priority in the Radio Regulations. (WRC-07)

<그림 4-19> 한국 700MHz 주파수 대역 활용 계획

우리나라의 입장에서 고려할 때 주요 저대역 주파수(700-900MHz)는 글로벌 동조화에 적합하도록 운용되어야 하며, 이러한 관점에서 볼 때, 국내에서 비신고 무선마이크용으로 현재 사용되고 있는 740-752MHz(12MHz) 대역은 국외에서 사례를 찾아보기 힘들고, 대부분 이동통신용으로 전환하고 있는 실정이다. 따라서 현재 740-752MHz 대역의 비신고 무선마이크대역은 향후 결국 다른 대역으로 이전하여야 할 것이며, 900MHz 대역의 비신고 대역을 확장시켜줌으로써 이에 대한 부분적인 대비를 할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 미 국

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

<표 4-13> 미국의 RFID 동향

기술	<ul style="list-style-type: none"> o EPC Class 1 Gen.2 리더 개발 및 Gen. 2 규격 태그 칩 개발 o 캔사스 대학 등에서 금속과 액체에 적용할 수 있는 태그 연구 중 o UHF 대역 모바일 RFID 리더 칩 개발 진행
산업	<ul style="list-style-type: none"> o 인핀지를 주축으로 Gen 2 기반 수동형 RFID 태그, 리더 및 미들웨어 제품 공급 o SAVI, Hi-G_Tek 등에서 433MHz 능동형 태그/리더 상용제품 판매
서비스	<ul style="list-style-type: none"> o 물류/운송/소매업, 건강관리/식품, 금융업 그리고 군사부문에 RFID 적용 예) 월마트 : 납품 상위 300대 기업에 RFID 적용 의무화('06.1)→600대 기업 확대 예정('07)

1998년 MIT를 중심으로 미 국방성과 업체 등의 협력으로 Auto ID 센터(現 EPCglobal)를 설립하여 기술개발과 표준화를 담당하고 있으며 RFID 표준화 코드로 EPC 전자상품 코드를 개발하였다. 2004년부터는 베리사인이 EPC 글로벌로부터 코드 운영을 위임 받아 전세계 13곳에 EPC 네트워크용 '루트서버'를 설치, 시험 운영 중이다. 미국 연방통신위원회(FCC)는 테러리스트들이 미국 항만이나 철로를 통해 폭발물이나 화학무기를 밀반입하는 것을 막기 위해 미국으로 반입되는 컨테이너에 RFID 태그 부착을 사실상 강제하는 규정을 만들어 2005년 초부터 전면 시행한다고 밝히고 현재 신고 양식과 절차에 대한 세부규정을 마련하고 있다. 미 국방부(DoD)

는 RFID의 도입을 적극적으로 추진하고 있는 바, 2003년 9월 'RFID Policy'에서 RFID 도입검토, 2004년 2월 'RFID Policy Update'에서 능동형 RFID 칩 도입 검토 이후 2004년 8월 'Final RFID Policy' 발표하였다. 특히 Final policy guideline을 통해 미 국방부는 2005년 1월 이후 납품물품에 수동형(passive) RFID 태그의 부착을 의무화하였으며 860~960MHz에서 운용되는 수동형 UHF 태그를 사용, 최소 감지거리는 3m(약 9피트)로 규정할 계획으로 있다.

미국의 RFID 시장은 월마트가 RFID의 적극 도입을 위해 자사 100대 납품업체에 2005년 1월부터 RFID 부착 의무화를 요구하면서 관심이 집중되고 있다.

나. 무선마이크(Wireless Microphone)

미국은 1.92mW부터 1W까지 다양한 출력 레벨을 허용하며 적절한 허가제도를 운영하고 있으며, BAS(Broadcast Auxiliary Service)용으로 빈 TV 채널을 사용하여 무선마이크를 이용하고자 할 때도 허가를 얻어야 한다.

다음 표에서 보는 바와 같이 700MHz 대역은 대부분 통신용으로 경매로 할당되었거나 할당될 계획에 있다.

대역	주파수 블록	대역폭	대역 (MHz)	지리적 권역 형태	대상 변허수	최종 낙찰금	최종 할당 변허	주요 취득 사업자 및 취득 변허수
Lower 700 MHz	A	12 MHz	698~704 728~734	EA	176	\$3,961,174,000	174	Verizon :25개 US Cellular: 25개 등
	B	12 MHz	704~710 734~740	CMA	734	\$9,143,993,000	728	AT&T: 227개 US Cellular: 127개 Verizon: 77개 등
	E	6 MHz	722~728	EA	176	\$1,266,892,000	176	EchoStar: 168개 Qualcomm: 5개
Upper 700 MHz	C	22 MHz	746~757 776~787	REAG	12	\$4,748,319,000	12	Verizon: 7개 등
	D	10 MHz	758~763 788~793	Nationwide	1	\$0	0	
합 계	-	62 MHz	-	-	1,099	\$19,120,378,000	1,090	

주: EA: Economic Area, CMA: Cellular Market Area, REAG: Regional Economic Area Grouping
 자료: FCC (2007, 2008), RCRWireless News (2008)

<그림 4-20> 미국 700MHz 주파수 대역 활용 계획

3. 유럽

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

기술	<ul style="list-style-type: none"> o ISO TC104에서 433MHz 능동형 eSeal 태그에 대한 표준화 진행 중 o 노키아 등에서 13.56MHz와 UHF대 모바일 RFID 기술 기반 휴대 단말기 개발중
산업	<ul style="list-style-type: none"> o RFID 시험센터 설립 →RFID 인증 및 상용화 촉진(영국), RFID 칩 부착 여권발행(독일) o BMW는 차 키에 RFID 태그 탑재한 차량 판매, RFID 태그 탑재 보트 판매 (절도 방지) o Tesco, Metro 등 대형유통업체 RFID 태그 부착 추진 → 미국에 비해 파급 효과 미미
서비스	<ul style="list-style-type: none"> o 물류/운송/소매업, 신원조회/보안, SI 및 금융업 등에 RFID 적용 o 의류, CD, DVD 등 상품에 부착식 RFID 적용 시범 서비스

<표 4-14> 유럽의 RFID 동향

사라지는 컴퓨팅 계획'을 중심으로 총 16개의 독립 프로젝트를 수행하면서 유비쿼터스 관련 대응 전략을 모색하고 있다. 광우병 및 동물 구제역의 확산에 따라 가축사육과 육류 유통에 대한 철저한 관리와 원산지 추적이 중요한 이슈로 떠오르면서, EU는 RFID를 이용하여 가축을 식별하고 신속하게 정보를 교환함으로써 소비자의 안전을 도모하고자 하는 노력의 일환으로 2003년 하반기에 우선적으로 양과 염소에 RFID 태그 부착을 의무화 하는 법안을 발표하였으며, 그 외 가축에 대해서도 태그 사용을 권장하여 2008년부터는 의무적으로 시행할 예정이다.

유럽중앙은행(ECB)은 위조방지를 위해 비접촉식 RFID 칩을 지폐에 내장하는 방안을 추진 중에 있고, 독일 뮌헨시가 교통문제 해결과 관련하여 혼잡 통행료 부과를 위해 차량 등록 때 RFID를 사용하는 방안을 검토하는 등 RFID 적용 확산을 위한 정책을 펴고 있다. 영국에서는 시범사업의 일환으로 TRI-MAX International, Nokia, DHL 등이 협력하여 능동형 및 수동형 RFID 태그와 RFID 기반시설을 통하여 공급 사슬과 전자거래 운영의 효율성 증진 및 범죄 예방 차원에서 휴대폰 추적

시스템을 시행하였다. 유럽의 경우 향후 예상되는 가장 주요한 분야는 RFID가 생산업자에서부터 소매업체에 이르기까지 능력을 향상시킬 것으로 전망되는 공급 사슬과 로지스틱스 분야가 될 것으로 예상되었다

나. 무선마이크(Wireless Microphone)

유럽에서는 핸드형(10mW)과 몸에 부착하여 사용하는 벨트팩형(30W)으로 구분하고 출력을 달리하여 제품이 출시되고 있으며, 소비자용과 전문가용 그리고 장애인용으로 구분하여 주파수를 할당하고 있다.

아래 그림에서 보는 바와 같이 대부분의 700MHz 대역이 속하는 41~60번 채널은 6개의 DTT multiplexes에 할당되는 스펙트럼으로서 interleaved spectrum이다.

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
470~478	478~486	486~494	494~502	502~510	510~518	518~526	526~534	534~542	542~550	550~558	558~566	566~574
34	35	36(Radar)	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
574~582	582~590	590~598	598~606	606~614	614~622	622~630	630~638	638~646	646~654	654~662	662~670	670~678
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
678~686	686~694	694~702	702~710	710~718	718~726	726~734	734~742	742~750	750~758	758~766	766~774	774~782
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	채널No. (MHz)		
782~790	790~798	798~806	806~814	814~822	822~830	830~838	838~846	846~854	854~862			

여유주파수 DTV 천문 PMSE

주 : 채널 36은 기존에 항공용이었으나, '2009년 3월에 사용이 중단될 예정
주 : 채널 61과 62는 interleaved 채널

자료: Ofcom (2006)

PMSE(Programme-Making and Special Events): 음악 공연 및 행사 진행용 무선 마이크로폰, 스튜디오와 조정실 사이에서 이용하는 지사용당 통합 시스템 등

영국의 Digital Dividend 후보 대역은 470~862 MHz 대역으로서 8 MHz씩 49채널로 나뉘어져 있다. 현재 예상되는 Digital Dividend 대역 가운데 31~37번 채널(550~606 MHz), 39~40번 채널(614~630 MHz), 61~68번 채널(790~854 MHz)은 완전히 비워지는 대역이다. 채널 69번은 PMSE를 위해 전국 면허 기반으로 운영할 방침이며, 채널 70번도 지역 사용자의 요구에 따라 비면허 PMSE 용도로 고려할 예정이다. 나머지 21~30번 채널, 41~60번 채널은 6개의 DTT multiplexes에 할당되는 스펙트럼으로서 interleaved spectrum이다. 이 가운데 PMSE를 반드시 제공해야 되는 대역도 생길 전망이다(Ofcom, 2007).

<자료출처>

Digital Dividend 주파수 이용기술 및 정책동향, 김용규/홍헌진, 한국전자파학회지, vol.19, no.2, 2008

<그림 4-21> 한국 700MHz 주파수 대역 활용 계획

4. 일본

가. RFID(Radio Frequency Identification)

<표 4-15> 일본의 RFID 동향

기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 5엔 태그 목표 900MHz 수동형 태그 칩 개발 진행(히타치 중심으로 기업 공동개발) ○ NEC와 BEA 공동으로 RFID 미들웨어 개발 및 상용화 추진
산업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뮤-칩이라는 상품명으로 RFID 태그 제품 시판 ○ 히타치, NTT도코모 등에서 출입관리/정보유출예방용 RFID시스템 공동 제작 및 판매 추진
서비스	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물류/운송/소매업, 출입관리/보안, 건강관리/식품관리 부문에 RFID 적용 예) 도쿄공항의 수화물 처리시설에 RFID 적용

일본은 e-Japan II 전략에 따라 차세대 IT기반 네트워크 기반 확보의 하나로 센서와 소자 기술을 활용한 유비쿼터스 컴퓨팅 기술개발 전략을 추진하고 있다. 특히 2008년까지 범아시아권의 IPv6 등 유비쿼터스 네트워크 환경 구축을 추진할 것으로 예상되고 있다. 일본 총무성은 일본에서 RFID의 각 분야별 실용화를 위한 산·학·관 추진 조직인 ‘전자태그 고도 이용회’를 운영하고 있으며, RFID 관련 200여 개 업체가 참가하고 있다. 이 조직은 950MHz 대역을 활용한 무선 통신 기술의 상용화 실험을 맡아 추진할 목적으로 2005년에는 기술개발을 마친다는 계획과 함께 차세대 인터넷 표준인 IPv6와 RFID의 연결 기술도 연구하고 있다. 또한, RFID 태그 상품 코드체계의 통일화안을 책정하고, RFID 제조업체 회의를 주관하여 표준 기술을 만들고 있으며, RFID 시장의 확산을 위해서는 값싼 태그가 필수적이라고 인식하여 HIBIKI 프로젝트를 구성해 ISO 국제 표준 및 EPCglobal의 표준을 수용할 수 있는 5엔 가격대의 태그 개발을 추진중이다. 900MHz RFID 태그 개발 프로젝트인 ‘히비키 프로젝트’는 경제 산업성 주도로 IC 태그 벤더 및 반도체 메이커 등 기술개발 업체 이외에 의류/도서/물류 등 잠재 사용자 기업 등 약 100여개 기업이 참가한 컨소시엄 프로젝트로 저가의 태그(개당 5엔(50원) 정도)의 보급을 목표로 추진하고 있다. 또한 일본 유비쿼터스 ID 센터(u-ID 센터)는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 내 식별체제로 u코드(128비트 유비쿼터스 ID)를 일본의 독자 표준으로 제안하면서 국제 표준화를 시도하고 있다

나. 무선마이크(Wireless Microphone)

그림 4-22의 일본 총무성의 계획에서 700MHz 대역은 이동통신용으로 사용될 것

임을 알 수 있다.

주파수 대역(MHz)	채널 번호	여유 주파수(MHz)	이용 계획	
VHF	90~108	1~3	18	TV 방송을 제외한 방송 시스템용
	170~222	4~12	17	휴대 단말 전용 방송, 디지털 라디오 등 방송 시스템용
			35	방재무선, 센서 네트워크 등 자영 통신 시스템용
UHF	710~770	53~62	50	휴대 전화용
			10	ITS 관련 시스템용
합계			130	-



710~770 MHz의 주파수 배치는 ITS와 전기통신을 염두에 두고 배치안을 마련하였다. 우선 715~725 MHz 대역의 10 MHz에는 ITS를 분배하며, 730~770 MHz 대역의 40 MHz 대역은 휴대 전화 등의 전기 통신 서비스를 배치하는 안을 제시하였다. 이때, 상하향 서비스와의 간섭 방지를 위해 710~715 MHz와 725~730 MHz 대역은 가드 밴드로 설정하였다.

자료 : 총무성(2007)

<그림 4-22> 일본 700MHz 주파수 대역 활용 계획

제3절 주요국 기술기준 분석

<표 4-16> 국내외 900MHz RFID 주파수 및 기술기준 현황

구분 (송신 장치)	유 럽	미 국	일 본		한 국
기술 기준	<ul style="list-style-type: none"> ERC/REC 70-03 EN 302 208-1 	<ul style="list-style-type: none"> FCC(연방통신위원회) FCC 15.247 	<ul style="list-style-type: none"> 고출력형 950MHz대 및 저출력형 950MHz대 패시브 태그 시스템의 기술적 조건(안)(2005.8.8)에 따라 관련 규정의 개정이 진행 		<ul style="list-style-type: none"> 방송통신위 고시 제 2008-6호 『무선설비의 기술기준』
송신 주파수 및 공중선 전력	<ul style="list-style-type: none"> 865.0~868.0MHz :100mW 865.6~868.0MHz :500mW 865.6~867.6 MHz 2W 단 상기 전력은 e.r.p 값 <p><<총 3MHz >></p>	<ul style="list-style-type: none"> 902MHz~928MHz(FHSS) <ul style="list-style-type: none"> 채널수 50 이상: 1W 채널수 50 미만 : 0.25W +공중선이득 6dBi 협대역 통신방식 : 50mV/m(측정거리 3m) <p><< 26MHz >></p>	<p>고출력 (면허)</p> <p>952MHz~954MHz (1W 이상)</p> <p><<2MHz>></p>	<p>저출력 (비면허)</p> <p>952MHz~955MHz (20mW 이하)</p> <p><<3MHz>></p>	<ul style="list-style-type: none"> 908.5MHz~914 MHz: 1W 이하+공중선이득 6dBi 단, FHSS의 경우, 910MHz~914MHz <p><<총 5.5MHz >></p>
채널수	(가용채널 수: 15 개)	50개 이상	9채널 이상	14채널	호핑 채널수: 6채널 이상
전송 방식	LBT	FHSS 또는 협대역통신	-		LBT, FHSS, FHSS+LBT
점유 주파수 대폭 허용치	200kHz	최대 500kHz	200kHz		200kHz
송신 시간	<ul style="list-style-type: none"> 송신 온 : 최대 4s 송신오프 : 최저 100ms 	(규정 없음)	<ul style="list-style-type: none"> 송신 후 4초 이내 정지 송신 휴지 시간: 50ms 	<ul style="list-style-type: none"> 송신 후 4초 이내 정지 송신 휴지 시간: 100ms 	<ul style="list-style-type: none"> FHSS만의 경우 규정 무 FHSS+LBT <ul style="list-style-type: none"> 송신on : (채널수*0.4s) 이하 송신off : 최저 100ms LBT만의 경우 <ul style="list-style-type: none"> 송신on : 최대 4s 송신off : 최저 100ms

1. 미국

가. RFID(Radio Frequency Identification)

미국은 902~928MHz 대역이 ISM 대역으로 RFID 기기와 소출력 기기가 공유되어

있다. RFID의 경우 국내와 같은 FHSS방식을 사용하고 RFID채널수가 50개이상으로 많으며 각 채널의 점유 대역폭도 500kHz로 국내에 비하여 넓다. 출력은 호핑채널수가 50개 이상인 경우 4W EIRP, 50개 미만인 경우 250mW EIRP로 규정되어 있다. 즉 고출력이 필요한 응용분야에서는 호핑 채널수를 늘리고 고출력을 사용하고 고출력이 필요없는 응용분야는 호핑 채널수를 줄이고 저출력으로 사용하도록 되어 있다. 따라서 주파수 호핑 방식을 사용하여 리더간의 간섭, 타기기와의 간섭에 대한 영향도 매우 작아 밀집리더모드의 구현이나 타기기와의 공유에 있어서도 매우 유리한 형편이다.

나. USN(Universal Sensor Network)

미국의 USN 주파수로는 902~928MHz 및 2.4~2.4835GHz의 ISM 대역이 이용되고 있다. 연방통신위원회(FCC)의 관련 법규인 CFR47에 따라서 인증만으로 무선국을 개설할 수 있는 비허가 무선국에 관한 규정인 FCC CFR47 part15.247을 적용하며, 이 규정에 따르면 우리나라의 용도별 형식 인증과 달리, 전파법의 규정을 준수하면 용도별 형식 인증 없이 자유로이 사용할 수 있다. 광대역 동작을 하는 시스템에 대해서 기술하고 있는 Part 15.247에 기술된 규정에 따르면 송신 출력은 최대 1W, 6dB 대역폭은 500kHz 이상으로 규정하고 있다. 불요방사는 FCC part 15.209에 규정되어 있으며, 216~960MHz에서는 -49.2dBm EIRP/100kHz, 1~12.5GHz에서는 -41.2dBm EIRP/1MHz로 규정되어 있다. 이는 국내 기술기준과 비교해 볼 때 대역폭 측면에서 여유가 많은 규격임을 알 수 있다. 15.247 중 902-928MHz 대역의 기술 기준은 [표 4-8]과 같다.

[표 4-17] 미국의 915MHz 대역의 기술기준

- ◇ Section 15.247 Operation within the bands 902-928MHz, 2400-2483.5MHz, and 5725-5850MHz
- (a) Operation under the provisions of this Section is limited to frequency hopping and digitally modulated intentional radiators that comply with the following provisions:
- (1) 주파수별로 FH을 사용하는 기기의 동작방식 결정
 - (i) 902-928MHz 대역의 경우
 - hopping 채널의 20dB 대역폭이 <250kHz인 경우
 - : 50개 이상의 hopping 주파수 사용
 - : 주파수당 평균 점유 시간은 20초 동안 0.4초
 - : Max duty cycle 2%
 - hopping 채널의 20dB 대역폭이 >250kHz인 경우(최대 500kHz)
 - : 25개 이상의 hopping 주파수 사용
 - : 주파수당 평균 점유 시간은 10초동안 0.4초
 - : Max duty cycle 4%
 - (2) 디지털 변조방식을 사용하는 기기의 동작방식 결정
 - 902-928MHz using DSSS, OFDM 방식 : 채널의 6dB 대역폭>500kHz
 - (b) The maximum peak conducted output power of the intentional radiator shall not exceed the following:
 - (2) 902-928MHz 대역의 경 주파수별로 FH을 사용하는 기기의 출력 규정
 - 25개 이상 50개 미만 호핑 주파수 사용 : 0.25W
 - 50개 이상 호핑 주파수 사용 : 1W
 - (3) For systems using digital modulation in the 902-928MHz, 2400-2483.5MHz, and 5725-5850MHz : 1Watt

2. 유럽

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

유럽의 RFID 주파수는 근거리 무선통신인 SRD(Short Range Device)장비와 공유하도록 되어 있다. 유럽에서는 ETSI(European Telecommunications Standards Institute, 유럽전기통신표준협회)와 CEPT(Conference of European Postal and Telecommunications Administrations)의 표준작업에 의해 865~868MHz의 주파수 대역을 사용하도록 규정되어 있으며 표 2-8과 같은 밀집모드 채널 운용방식을 채택하고 있었으나 최근 LBT 방식을 배제하고 새롭게 표 2-9와 같은 밀집모드 채널 운용방식을 제안하였다.

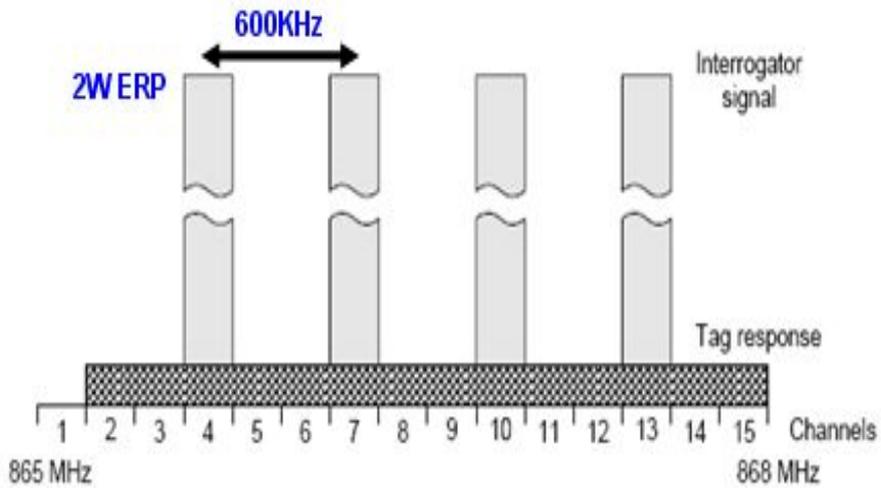
<표 4-18> 기존의 유럽의 밀집모드 방안

Parameter	Goal	Status
Amount of spectrum	>6MHz	2MHz
Channel width	~250kHz	200kHz
Specify channelization?	Yes	Yes
Frequency accuracy	±10 ppm	±20 ppm
Listen-before talk?	No	Yes
Frequency hopping?	No	No
Transmission power	4W EIRP	3.15W EIRP
Transmission mask?	Tight	Yes
Measurement antenna (during reader test)	Linear polarization	Linear polarization (TBD)
Regulate tag backscatter?	No	Yes, at -36dBm

<표 4-19> 제안된 유럽의 밀집모드 방안

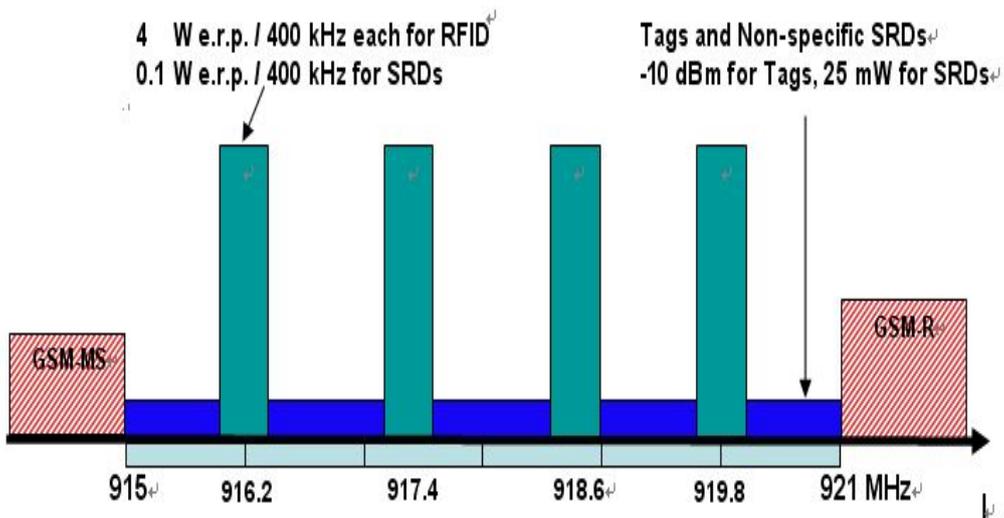
Parameter	Goal	Status
Amount of spectrum	>6MHz	2MHz
Channel width	~250kHz	200kHz
Specify channelization?	Yes	Yes
Frequency accuracy	±10 ppm	±20 ppm
Listen-before talk?	No	No
Frequency hopping?	No	No
Transmission power	4W EIRP	3.15W EIRP
Transmission mask?	Tight	Yes
Measurement antenna (during reader test)	Linear polarization	Linear polarization (TBD)
Regulate tag backscatter?	No	Yes, but at -20dBm

제안된 밀집모드 운용방안을 보면 변조방식은 PR-ASK 또는 SSB-ASK를 사용하고 $T_{\text{ari}}=20\mu\text{s}$ 를 사용했으며 송신 채널은 4,7,10,13 채널의 4개 채널을 고정하여 사용하고 타 채널을 태그의 응답 채널로 사용하는 것이다. 이에 대한 실증 시험을 수행하였으며 36개의 dock door에 36개의 pallet를 설치하였고 각 pallet당 62개의 item에 태그를 부착하였고 36개의 리더를 동시에 사용하여 98.2%의 인식률을 기록하였다



<그림 4-23> 제안된 유럽의 채널운용안

800MHz 대역 이외에 900MHz 대역에 대한 추가 주파수 배정과 기술기준에 대한 논의가 최근 유럽에서 이루어지고 있다. 그림 2-6은 915~921MHz 대역의 최근 제안된 주파수 대역에서의 채널 운용안과 출력기준을 나타내고 있다. 고속의 데이터 처리를 위하여 리더의 점유주파수 대역폭을 400kHz로 확대하였으며 리더 송신신호간의 간격을 1.2MHz로 두배 확대하여 리더와 태그간의 link frequency를 600kHz 까지 사용 가능하도록 하였다. 또한 송신신호의 출력을 4W ERP(6.56EIRP)로 규정하고 송신채널에서 사용하는 SRD 기기들의 출력은 100mw로 규정하였고 태그 응답 대역에서 사용하는 SRD 기기들의 출력은 25mW로 규정하였다.



<그림 4-24> 신규로 제안된 유럽의 주파수 및 채널운용안

나. USN(Universal Sensor Network)

유럽은 1998년 설립된 ETSI (European Telecommunication Standard Institute)의 표준을 따르고 있으며, ETSI에서는 유럽 내의 네트워크 및 서비스, 장비의 공통사용을 위한 유럽의 공통표준을 제정하고 있다. 2.4GHz ISM 대역에서 협대역 동작을 하는 시스템에 대해서는 CEPT ERC Recommendation 70-03E를 따르도록 권고하고 있고, 이 대역에서 스펙트럼 확산 방식으로 동작하는 시스템에 대해서는 ETS 300 328 규정을 따르도록 되어 있다. 868MHz 대역의 경우도 ERC Recommendation 70-03E를 따르며, non-specific SRD의 경우, 송신출력은 25mW 이하, duty cycle은 1% 이하로 규정하고 있다. 불요방사파는 868MHz 대역에서는 -30dBm EIRP/100kHz, 2.4GHz 대역에서는 -30dBm EIRP/1MHz로 규정되어 있다.

3. 일본

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

일본의 경우는 952~955MHz 대역의 3MHz 를 RFID 용으로 할당하여 사용중이며 공중선 전력 1W 이상을 사용할 경우 952~954MHz 대역에서 허가를 받아 사용할 수 있으며 공중선 전력 20mW 이하를 사용할 경우 952~955MHz 대역에서 비허가로 사용이 가능하다. 그러나 일본의 경우 900MHz 대역 RFID 서비스를 도입한지가 얼마되지 않으며 제한된 범위에서 서비스를 실시하고 있는 실정이다.

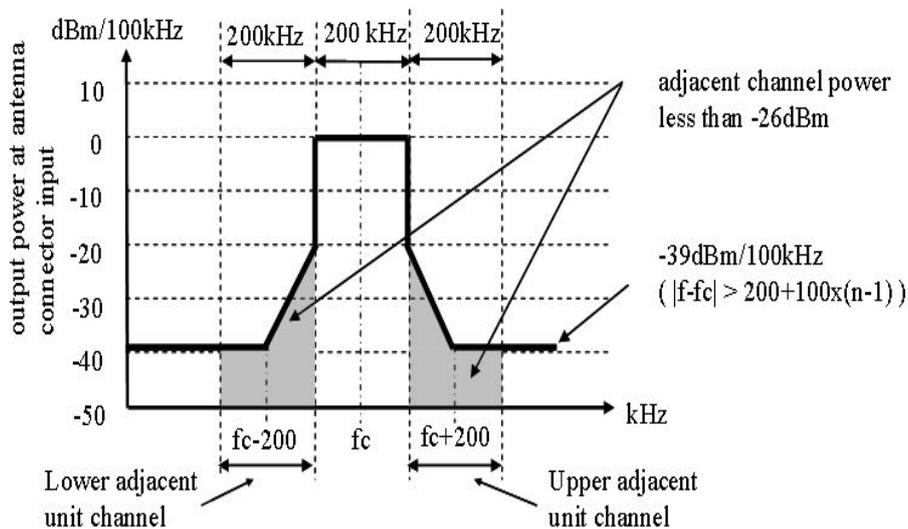
다. USN(Universal Sensor Network)

일본은 우리나라와 마찬가지로 ISM대역의 제3지역에 속하기 때문에 868MHz 및 915MHz 대역은 비허가 무선국으로 할당되어 있지 않다. 하지만 [그림 4-10]에서와 같이 최근에 USN을 위한 주파수로 900MHz 대역을 할당하였는데, 0dBm 출력 기준으로 950.8~955.8MHz 의 5MHz 대역을, 10mW까지 고출력이 허용되는 주파수는 954.2~954.8MHz가 된다. 채널 대역폭은 200kHz로 고출력은 상측 및 하측 보호 대역을 제외하면 4개 채널, 1mW 저출력 모드는 24개의 채널을 허용하고 있다. 이 대역에는 RFID 주파수 대역 역시 공존하도록 되어 있다.

2.4GHz 대역의 경우는 우리나라와 마찬가지로 특정 소출력 무선기기로 형식 인증을 받아야 사용할 수 있으며, ARIB STD-T66(Second Generation Low Power Data Communication System/ Wireless LAN System)에 의한 규정을 따르게 되어있다.

이 규정에 따르면 출력은 10mW/1MHz로 규정되어 있고, 불요 방사는 대역폭이 기술되어 있지 않으나 -16.02dBm이하(2387~240MHz, 2483~2496.5MHz), -26.02dBm ($f < 2387\text{MHz}, f > 2496.5\text{MHz}$)이하로 규정되어 있다.

900MHz 대역의 기술기준에서 특이할 점은 대역폭을 3개의 연속된 채널까지 허용하고 있어 최대 600kHz까지 사용할 수 있도록 한 점이다. 채널 마스크의 경우 인접 채널 가장자리에서 20dBc를 만족하도록 하였으며, 인접 채널의 전력은 1mW의 경우 -26dBm보다 작도록, 10mW의 경우는 -18dBm보다 작도록 규정하고 있다. 다음 <그림 4-25>은 일본의 900MHz WPAN 채널 마스크를 보여준다.



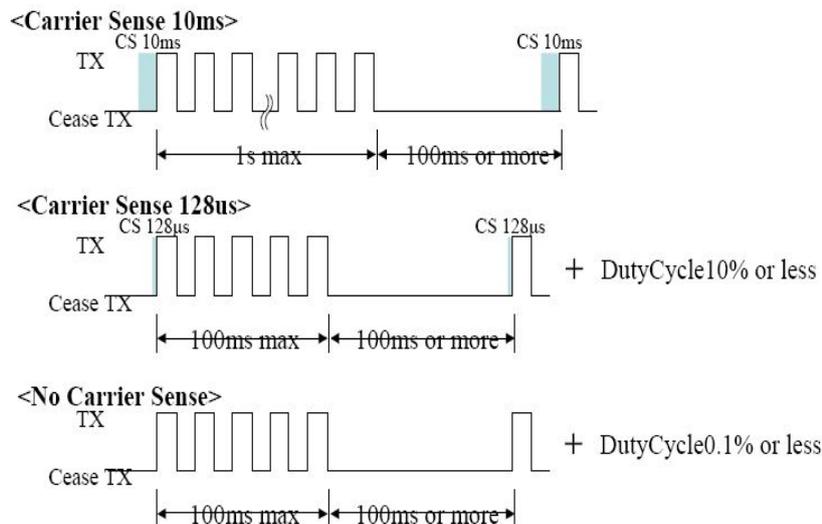
<그림 4-25> 일본의 951~956MHz WPAN Channel Mask(1mW case)

주파수 허용오차는 우리나라와 동일하게 20ppm을 기준으로 하고 있으며 송신기의 스퓨리어스는 다음과 같이 정하고 있다.

<표 4-20> 일본의 951~956MHz WPAN Spurious

Frequency	Spurious limit
$f \leq 1000\text{MHz}$ (except $710\text{MHz} < f \leq 960\text{MHz}$)	-36dBm/100kHz
$710\text{MHz} < f \leq 945\text{MHz}$	-55dBm/100kHz
$945\text{MHz} < f \leq 950\text{MHz}$	-55dBm/100kHz
$950\text{MHz} < f \leq 956\text{MHz}$	-39dBm/100kHz
$956\text{MHz} < f \leq 958\text{MHz}$	-55dBm/100kHz
$958\text{MHz} < f \leq 960\text{MHz}$	-58dBm/100kHz
$1\text{GHz} < f$ (except $1885.5\text{MHz} < f \leq 1919.6\text{MHz}$)	-30dBm/100kHz
$1885.5\text{MHz} < f \leq 1919.6\text{MHz}$	-55dBm/100kHz

기술기준에서는 송신하려는 대역폭을 타 시스템이 점유하고 있으면 사용할 수 없도록 규정하고 있다. 10msec 이상 캐리어 센싱하여야 하며, 캐리어 센싱 기준 레벨은 -75dBm이다. 기준 레벨 이상의 신호가 없어, 즉 채널을 점유하는 시스템이 없으면 전송이 시작되는데 1초 이하로 전송한 후 100msec 이상 멈추도록 되어 있다. 한편 Duty Cycle이 10% 이하인 장비들은 충돌확률이 적으므로 128usec 동안만 캐리어 센싱을 하고 이 경우 100msec 이하로 데이터를 전송한 후 100msec 이상 멈추도록 되어 있다. Duty Cycle이 0.1% 이하인 장비들은 충돌확률이 거의 없으므로 캐리어 센싱을 하지 않아도 되도록 규정하고 있다. 자세한 내용은 [그림 4-26]에 나타나 있다.



<그림 4-26> 일본의 Carrier Sense 기준

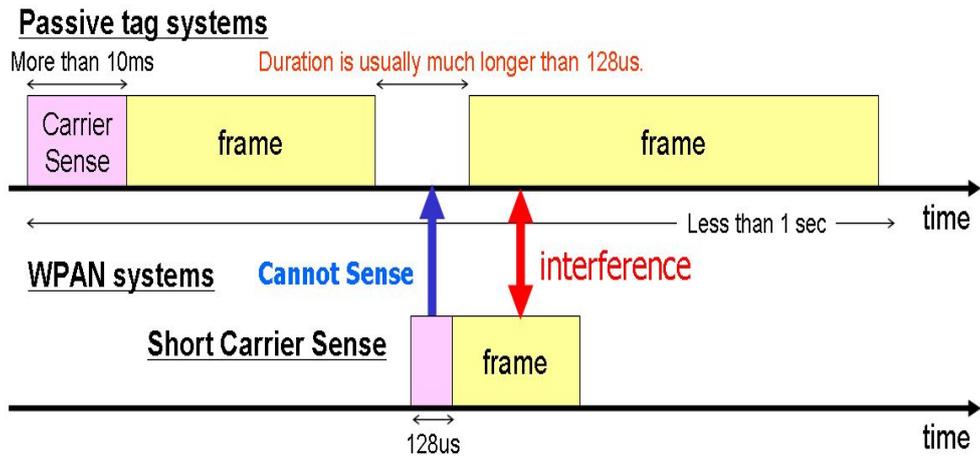
일본의 WPAN 기술기준과 RFID 주파수와의 기술기준을 비교한 것이 [그림 4-27]에 나타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이 다양한 장비들을 공존하도록 하면서도, 간섭을 최소화하기 위한 규격임을 알 수 있다. 이렇게 일본은 RFID 주파수와 WPAN 간의 Co-existence를 위해 세부적인 기술기준까지 제정하고 있으므로 이는 우리나라에서 900MHz 대역을 RFID와 USN으로 사용할 경우 유용하게 참조할 수 있다.

현재 일본에서는 RFID와 WPAN이 동시에 사용될 경우에 발생할 수 있는 문제를 고려하고 있는데 그 중 대표적인 것이 RFID에의 간섭이다. 다음 [그림 4-28]에서처럼 RFID 시스템이 프레임 전송하는 중간 단계에서 WPAN 시스템이 128usec 동안 캐리어 센싱할 경우 RFID 시스템을 캐리어 센싱할 수 없는 경우가 발생하며 이 경우 WPAN 패킷은 RFID에 간섭을 줄 수 있다.

Freq. MHz	Ch#	RFID Licensed 4W EIRP	RFID Light-Licensed 4W EIRP	RFID License-exempt 10mW	WPAN ¹⁾ License Exempt	WPAN ²⁾ License Exempt
861.0	1					A, B, C
861.2	2					A, B, C
861.4	3					A, B, C
861.6	4					A, B, C
861.8	5					A, B, C
862.0	6					A, B, C
862.2	7	A	A	A		A, B, C
862.4	8	A, B	A	A		A, B, C
862.6	9	A	A	A		A, B, C
862.8	10	A	A	A		A, B, C
863.0	11	A	A	A		A, B, C
863.2	12	A	A	A		A, B, C
863.4	13	A	A	A		A, B, C
863.6	14	A, B	A	A		A, B, C
863.8	15	A	A	A		A, B, C
864.0	16			A		A, B, C
864.2	17			A	A	A, B, C
864.4	18			A	A	A, B, C
864.6	19			A	A	A, B, C
864.8	20			A	A	A, B, C
865.0	21					A, B, C
865.2	22					A, B, C
865.4	23					A, B, C
865.6	24					A, B, C

A: Carrier Sense 5ms @ -74dBm Tx duration 4 s max w/t Cease-TX 50ms B: No Carrier Sense No TX duration Control	A: Carrier Sense 5ms @ -74dBm Tx duration 4 s max w/t Cease-TX 50ms	A: CarrierSense 10ms@-64dBm Tx duration 1 s max w/t Cease-TX 100ms	A: Carrier Sense10ms@-75dBm Tx duration 1 s max w/t Cease-TX 100ms	A: CarrierSense 10ms @ -75dBm Tx duration 1 s max w/t Cease-TX 100ms B: CarrierSense 128us @ -75dBm Duty Ratio Control 10% Tx duration 100ms max w/t Cease-TX 100ms C: No Carrier Sense Duty Ratio Control 0.1% TX duration 100ms max w/t Cease-TX 100ms
--	---	--	--	---

<그림 4-27> 일본의 RFID와 PAN 기술기준 비교

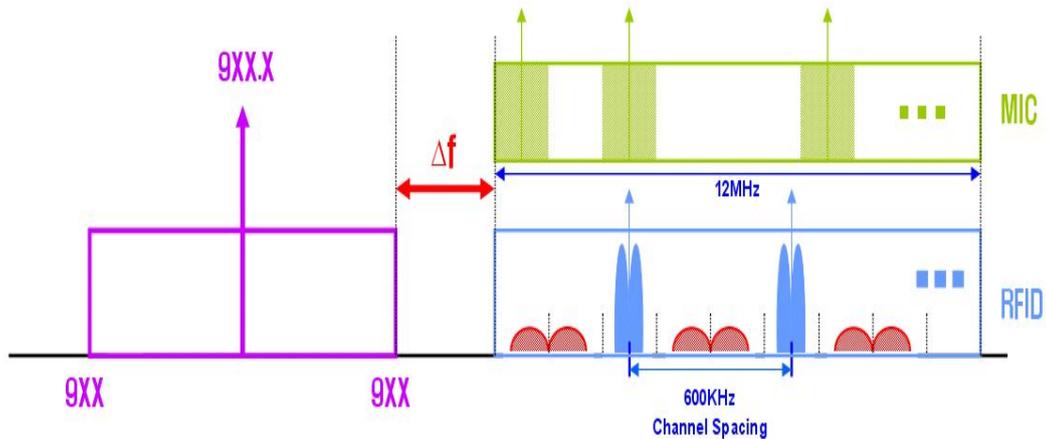


<그림 4-28> 일본의 Carrier sense problem

RFID 시스템의 경우 리더의 전송 신호는 고출력인데 반하여 태그의 역산란 신호는 신호의 세기가 매우 미약하다. 따라서 리더의 역방향 수신 시 인접 WPAN 시스템이 태그의 응답보다 큰 경우 태그를 인식하지 못하는 경우도 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 다양한 전파간섭 분석 연구가 선행되어야 한다.

제4절 주파수 간섭 시뮬레이션

1. 이동통신 보호대역 분석



<그림 4-29> WCDMA와 RFID/무선마이크 주파수 현황

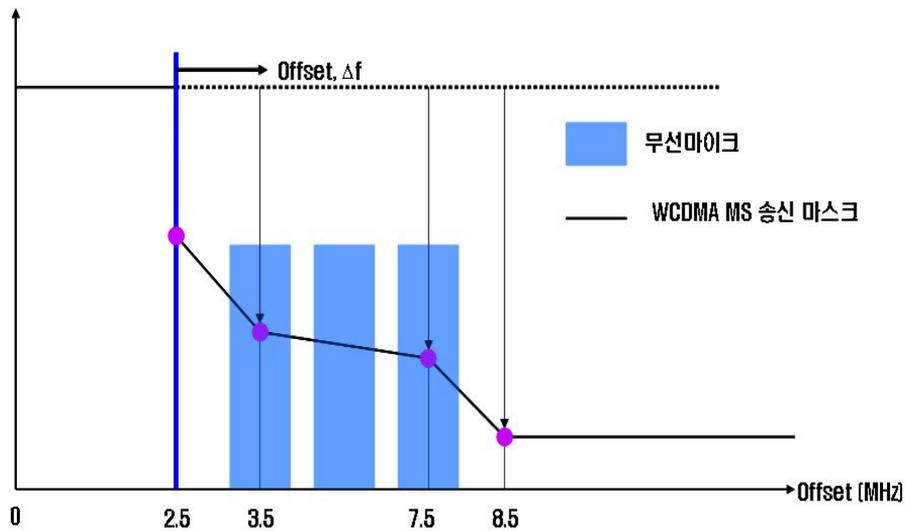
900MHz대역 WCDMA 추가 대역 확보에 따른 재배치안을 마련하기 위한 일환으로 그림1과 같은 주파수 배치 현황을 예상하여 WCDMA와 RFID시스템 그리고 WCDMA와 무선마이크의 보호대역을 산출하였다. 무선 마이크와 WCDMA 시스템과의 보호대역 산출을 위하여 WCDMA 단말기가 무선마이크 수신에 미치는 간섭 영향, 무선마이크가 WCDMA 기지국에 미치는 간섭 영향을 분석하였다. 마찬가지로 RFID 시스템과 WCDMA와의 보호대역 산출을 위하여 RFID 리더가 WCDMA 기지국에 미치는 간섭 영향을 분석하고, WCDMA 단말기가 RFID 리더기 수신(태그 송신)에 미치는 간섭 영향을 분석하였다. RFID시스템 및 무선 마이크 시스템은 1절에 소개된 파라미터를 그대로 사용하였으며, WCDMA 관련 파라미터는 국내 기술 기준과 3GPP 규격을 참고하여 도출하였다.

1. WCDMA와 무선마이크간 보호대역 산출

가. WCDMA(단말)가 무선마이크에 미치는 간섭 영향 분석

<표 4-21> WCDMA 단말기 불요발사 조건(국내 기술기준)

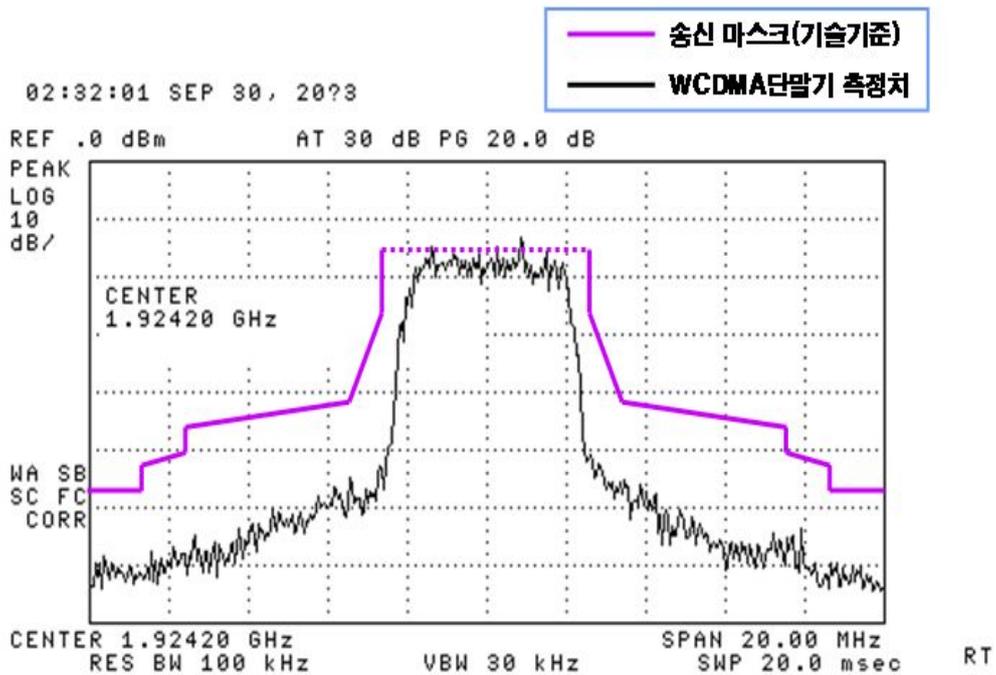
주파수 오프셋	Minimum Requirement	RBW
2.5 - 3.5MHz	-33.5-15*(OF-2.5)dBc	30k
3.5 - 7.5MHz	-33.5-1*(OF-3.5)dBc	1MHz
7.5 - 8.5MHz	-37.5-10*(OF-7.5)dBc	1MHz
8.5 - 12.5MHz	-47.5dBc	1MHz



<그림 4-30> WCDMA_MS 송신 마스크

표 4-30는 국내 기술 기준 제 4절 91조 이동통신 무선 설비 규칙의 이동국 송신 장치의 불요발사 조건을 나타내고 있다. 이 기준은 3GPP WCDMA 단말기 불요발사 기준과 거의 유사하다. 그림 X.X는 표 X.X의 WCDMA 단말기 불요발사 조건을 바탕으로 하여 송신마스크 패턴을 나타내었다. 여기서 기술 기준에 있는 주파수 오프셋과 다른 보호대역 개념의 주파수 오프셋(Δf)을 도입하였다. 앞으로 언급되는 주파수 오프셋은 보호대역 개념으로 간주될 수 있다. 그림 X.X에 표현된 것처럼 주파수 오프셋(Δf)을 증가 시키면서, 무선 마이크 수신 대역폭(200kHz)에 수신되는 간섭 신호의 크기를 계산하여 무선 마이크의 허용 간섭 레벨을 만족시키기 위하여 추가적으로 얼마만큼의 이격이 필요한지 산출 하였고, 그 결과는 표X.X에 나타나 있다. 이때 WCDMA 단말기의 송신 전력은 0dBm으로 간주하였다. 기술 기준상에는 최대 23dBm으로 명시되어 있지만, 이 값은 셀 경계에서 단말을 사용하여 전체 송신 전력으로 송신할 때의 값이며, 평균

적인 WCDMA 단말기의 송신 전력은 통상적으로 0dBm으로 볼 수 있다[REF, CDMA Mobile Radio Design, John B. Groe, Lawrence E. Larson]. 아래는 1MHz의 오프셋에서의 이격도를 구하는 예를 나타내고 있다. 방법은 지금까지 소개된 1절의 MCL기법과 동일하다.



<그림 4-31>WCDMA 단말기 측정치와 기술기준 비교

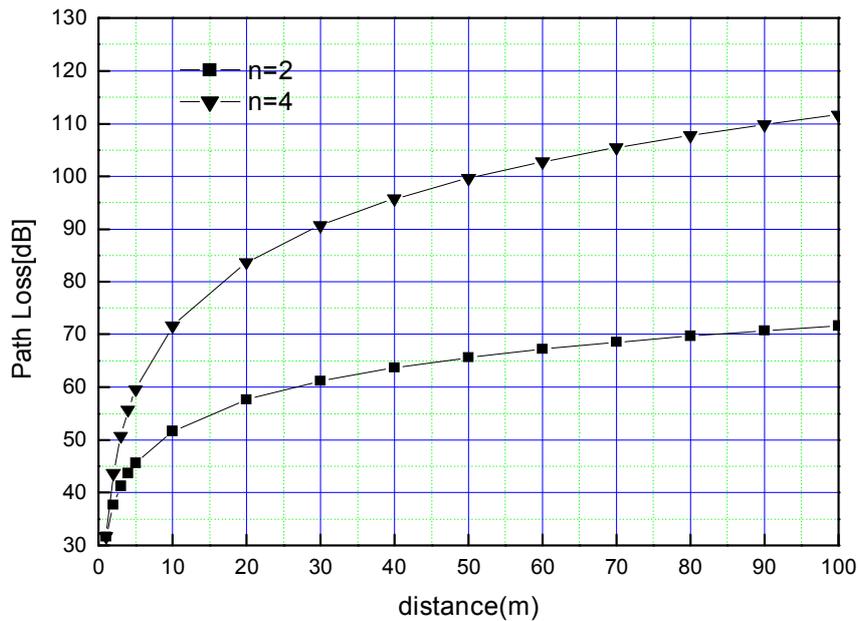
※ 이격도 = 간섭송신 전력(dBm) + 간섭송신 안테나 이득(dBi) + 희생수신기 안테나 이득(dBi) - (최소수신한계레벨(dBm) - 보호비(dB))

$$= -40.5\text{dBm} + 0\text{dBi} + 2.14\text{dBi} - (-66 - 27) = 54.65\text{dB}$$

<표 4-22> 주파수 오프셋에 따른 필요 이격도 <WCDMA_MS = 0dBm>

offset(MHz), Δf	dBc/1MHz	dBm/200kHz	이격도(dB)
1	-33.5	-40.5	54.65
3	-35.5	-42.48	52.65
5	-37.5	-44.48	50.65
6	-47.5	-54.48	40.65

위의 표의 의미를 해석하면 만약 주파수 오프셋, 즉 보호대역을 3MHz로 가정한 경우 무선 마이크가 간섭을 전혀 받지 않고 사용하기 위해서 필요한 이격도는 52.65dB이다. 이 이격도 값에 해당되는 물리적인 양만큼 거리를 이격시키거나 안테나 패턴을 조정하여 사용할 수 있다. 그림 4-31은 915MHz 주파수 대역에서 경로 손실을 나타내고 있으며, 만약 감쇄지수가 2인 전파 환경에서 사용한다고 가정할 때, 보호거리 10m를 떨어뜨리면 3MHz의 보호대역으로 문제 없이 사용할 수 있다는 의미이다. 그리고 감쇄지수가 4인 전파환경에서 사용한다고 가정하는 경우에는, 보호거리 3m으로 사용할 수 있다는 의미가 된다. 사용하는 전파 모델에 따라서 보호거리 값도 달라지게 된다. 또한 이격도를 산출할 때 사용되었던 파라미터 값에 따라서 이격도가 달라질 수 있다. 여기서 사용한 값은 연구반에서 합의된 값으로, 실제 환경에서 달라 질 수도 있다. 그림 X.X는 WCDMA 단말기의 송신 파형을 측정할 결과를 국내 기술 기준규격과 비교하였다. 실제 송신 파형의 주파수 오프셋에 대한 송신 전력 레벨이 기술 기준값에 비하면 훨씬 낮은 값을 가지는 것을 알 수 있다. 기술 기준값과 실제 파형과의 차이 값을 dB로 환산하여 이격도의 마진으로 적용할 수 있지만, 위 그림에 제시된 파형은 제조된지 얼마되지 않는 것에 해당되며, 실제 단말기를 사용하게 되면 소자들의 특성에 의해서 파형이 달라지기 때문에 본 분석에서는 최악의 조건의 기술 기준을 적용시켰다. 따라서 정확한 보호대역은 정확한 파라미터 값과 실제 보호거리와 전파 모델을 결정하면 앞에서 기술한 방법과 결과를 방법으로 도출할 수 있다.

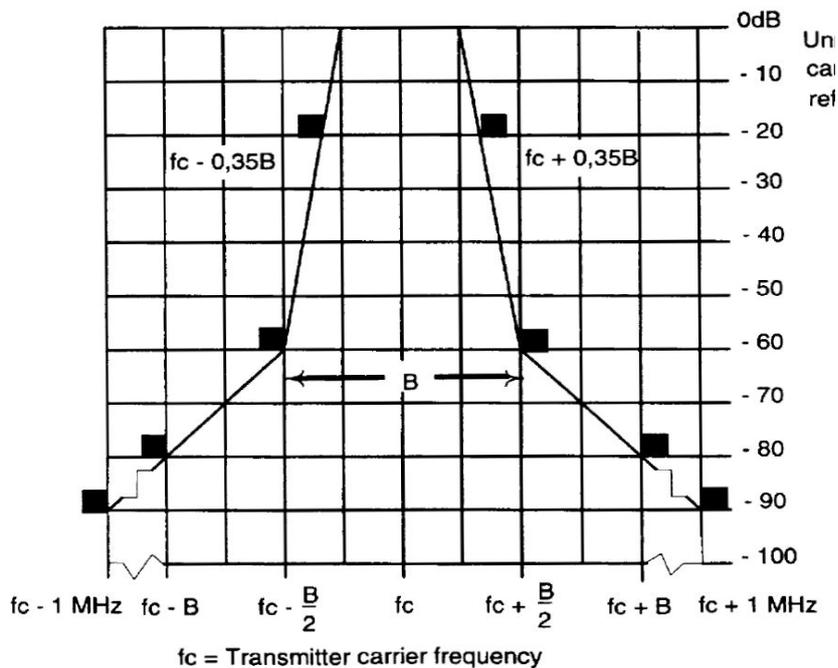


<그림 4-32> 전파 모델, f = 915MHz

나. 무선마이크가 WCDMA 기지국에 미치는 간섭 영향 분석

무선마이크가 WCDMA 기지국에 미치는 간섭 영향 분석도 가에서 설명한 방법과 동일하게 적용되었다. WCDMA 기지국의 허용 간섭 레벨을 -109dBm으로 정하였고, 이 값은 ITU-R Rep. M.2039(Characteristics of terrestrial IMT-2000 systems for frequency sharing/interference analyse) 보고서에 명시되어 있다. 또한 여기서 고려한 WCDMA 기지국은 실내에 설치되는 Pico셀용으로 가정하였다. 무선 마이크의 송신 마스크는 국내 기술 기준으로 바탕으로 적용시켜 보았고, 수입품이 많이 사용되고 있는 현실 상황을 반영하기 위하여, 유럽의 송신 마스크 기준도 적용시켰다. 그림 4-33는 유럽 마이크의 송신 마스크에 해당된다. 우선 국내 기술 기준에 의한 결과 값은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{※ 이격도} &= \text{간섭송신 전력(dBm)} + \text{간섭송신 안테나 이득(dBi)} \\
 &+ \text{희생수신기 안테나 이득(dBi)} - (\text{허용간섭레벨(dBm)}) \\
 &= -13\text{dBm} + 15.8(\text{대역환산}) + 2.14\text{dBi} + 0\text{dBi} - \\
 &(-109\text{dBm}) = 113.94\text{dB}
 \end{aligned}$$



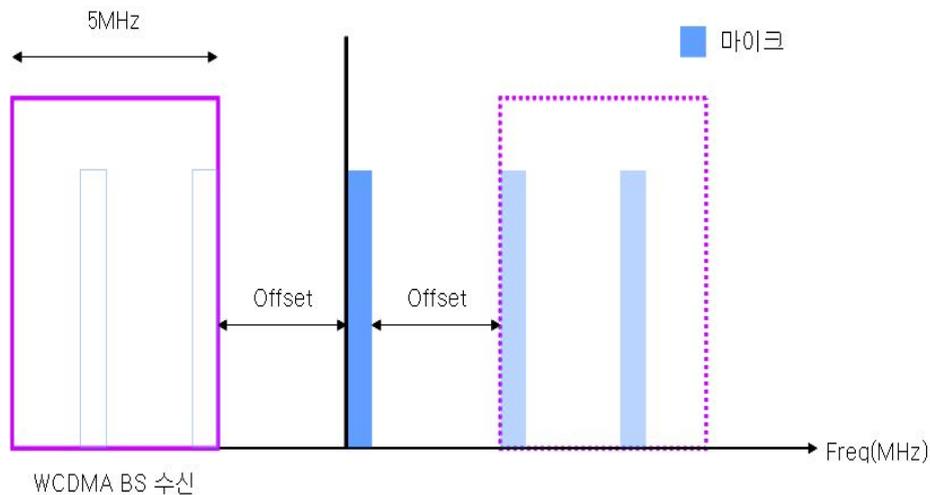
<그림 4-33> 무선 마이크 송신 마스크, ETSI **

실제 국내 업체에서 개발되고 있는 무선 마이크의 실제 불요방사 레벨은 -40dBm/200kHz ~ -50dBm/200kHz이므로, 실제 필요 이격도는 73.94dB 정도의 값을 가지게 된다. 국내 기술 기준상에서는 500kHz이상에는 파형이 일정하게 되기 때문에, 주파수 옵셋을 이 값 이상 이격시키는 것은 의미가 없으며, 필요 이격도만큼 보호거리나 다른 공유를 위한 조건으로 사용하여야 한다.

유럽 마이크의 송신 마스크를 살펴보면, 중심 주파수로부터 1MHz이상 떨어진 지점에서 잡음 레벨에 도달하게 된다. 1MHz 지점에서 계산된 이격도는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{※ 이격도} &= \text{간접송신 전력(dBm)} + \text{간접송신 안테나 이득(dBi)} \\
 &+ \text{회생수신기 안테나 이득(dBi)} - (\text{허용간섭레벨(dBm)}) \\
 &= -80\text{dBm} + 12.8(\text{대역환산}) + 2.14\text{dBi} + 0\text{dBi} - (-109\text{dBm}) \\
 &= 43.94\text{dB}
 \end{aligned}$$

1MHz이상의 주파수 이격은 의미가 없으며, 43.94dB의 추가적인 이격만 확보한다면 1MHz 보호대역으로 무선마이크가 WCDMA 기지국에 영향을 주지 않고 사용할 수 있다는 의미가 된다.



<그림 4-34> 예상되는 상호변조 간섭 예

무선 마이크와 WCDMA 기지국의 동일한 장소에서 사용하는 경우 예상되는 무선 마이크에 의한 상호변조 간섭이 그림 4-34에 나타나 있다. 상호변조는 증폭기의 비선형 특성에 의해 발생하는 현상으로, 일정한 주파수 간격으로 떨어진 주파수 f1, f2의 2개의 신호를 증폭기에 입력하면 그 출력에는 증폭된 두 신호 이외에, 상호변

조에 의해 발생하는 $m \cdot f_1 \pm n \cdot f_2$ 의 부차적인 신호가 발생한다. 여기서 $m+n$ 을 상호변조(Intermodulation : IM)의 차수라고 부르며, f_1-2f_2 나 $2f_2-f_1$ 의 신호가 간섭을 받는 희생 수신기의 수신 대역폭 안에 수신되면 상호변조에 의한 간섭이 발생하게 된다. 만약 보호대역을 2MHz로 이격시켜 바로 첫 번째 채널을 무선 마이크가 사용하는 경우 추가적으로 WCDMA 기지국으로부터 4MHz ~ 9MHz 사이에 다른 무선 마이크 채널을 사용하게 되는 경우 두 신호에 의한 상호 변조 신호가 WCDMA 기지국에 수신될 수도 있다. 물론 WCDMA 기지국과 사용되는 여러 개의 무선 마이크가 아주 가까이에서 사용되는 경우에만 해당된다.

2. WCDMA와 RFID간 보호대역 산출

가. WCDMA(단말)가 RFID에 미치는 간섭 영향 분석

주파수 오프셋(Δf)을 증가 시키면서, RFID 리더기 수신 대역폭(200kHz)에 수신되는 WCDMA 단말기의 간섭 신호의 크기를 계산하여 RFID 시스템의 허용 간섭 레벨을 만족시키기 위하여 추가적으로 얼마만큼의 이격이 필요한지 산출 하여 표 4-23에 나타내었다. 이때 WCDMA 단말기의 송신 전력은 0dBm으로 간주하였다. 산출 방법은 아래와 서술되어 있다.

<표 4-23> 주파수 오프셋에 따른 필요 이격도<WCDMA_MS = 0dBm>

offset(MHz), Δf	dBc/1MHz	dBm/200kHz	이격도(dB)
1	-33.5	-40.5	44.5
3	-35.5	-42.5	42.5
5	-37.5	-44.5	40.5
6	-47.5	-54.5	30.5

※ 이격도 = 간섭송신 전력(dBm) + 간섭송신 안테나 이득(dBi)
 + 희생수신기 안테나 이득(dBi) -(허용간섭레벨(dB))
 = -40.5dBm + 0dBi + 6dBi - (-70 - 9) = 44.5dB

나. RFID가 WCDMA 기지국에 미치는 간섭 영향 분석

RFID시스템에 의한 WCDMA 기지국에 받는 간섭 영향은 기술 기준상의 RFID 불요발사 레벨과 실제 발사 레벨값을 바탕으로 WCDMA 기지국에 간섭을 주지 않고 사용할 수 있는 이격도를 구하였다. RFID 시스템은 중심 주파수로부터 약 500kHz이상 이격되면 잡음 레벨에 도달하게 된다. 즉 WCDMA 기지국에서 RFID로부터 받는 간섭 신호 크기는 500kHz이상이 되면 일정하다고 볼 수 있다. 500kHz 주파수 오프셋, 보호대역에서의 필요한 이격도를 구하였고, 아래와 같다.

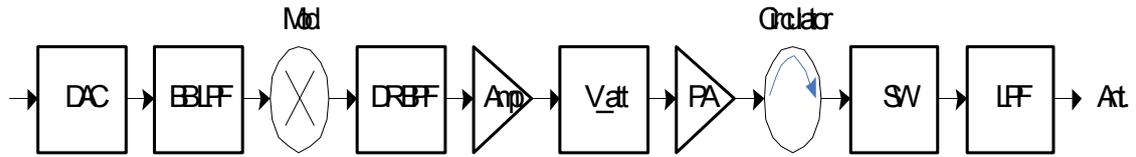
Case1) 기술기준상 레벨

$$\begin{aligned} \text{※ 이격도} &= \text{간섭송신 전력(dBm)} + \text{간섭송신 안테나 이득(dBi)} \\ &\quad + \text{희생수신기 안테나 이득(dBi)} - (\text{허용간섭레벨(dBm)}) \\ &= -36\text{dBm} + 15.8(\text{대역환산}) + 6\text{dBi} + 0\text{dBi} - \\ &\quad (-109\text{dBm}) = 94.8\text{dB} \end{aligned}$$

Case2) 실제 레벨

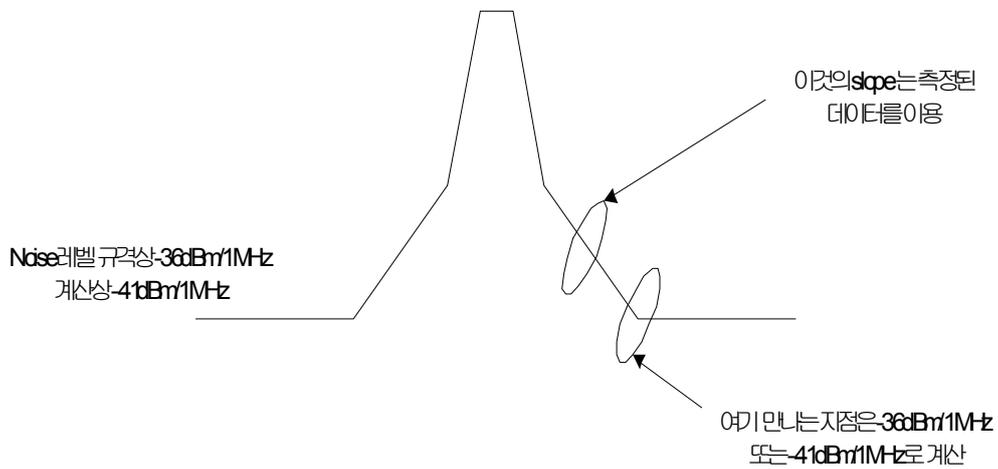
$$\begin{aligned} \text{※ 이격도} &= \text{간섭송신 전력(dBm)} + \text{간섭송신 안테나 이득(dBi)} \\ &\quad + \text{희생수신기 안테나 이득(dBi)} - (\text{허용간섭레벨(dBm)}) \\ &= -41\text{dBm/MHz} + 5.8(\text{대역환산}) + 6\text{dBi} + 0\text{dBi} - \\ &\quad (-109\text{dBm}) = 70.8\text{dB} \end{aligned}$$

RFID 리더기의 잡음 레벨을 정확하게 측정하려면, RFID 신호를 필터를 사용해서 제거하고 리더로부터 출력되는 레벨을 측정해야 하나 필터의 제작등을 고려하면, 단 시일내에 측정하는데 어려움이 따른다. 따라서 다른 방법으로 RFID 리더의 출력 잡음 지수를 계산해서 잡음 레벨을 계산하고 스펙트럼과 비교하는 방법을 택하였다. RFID 리더기의 송신기 구성은 그림 4-35와 같다.



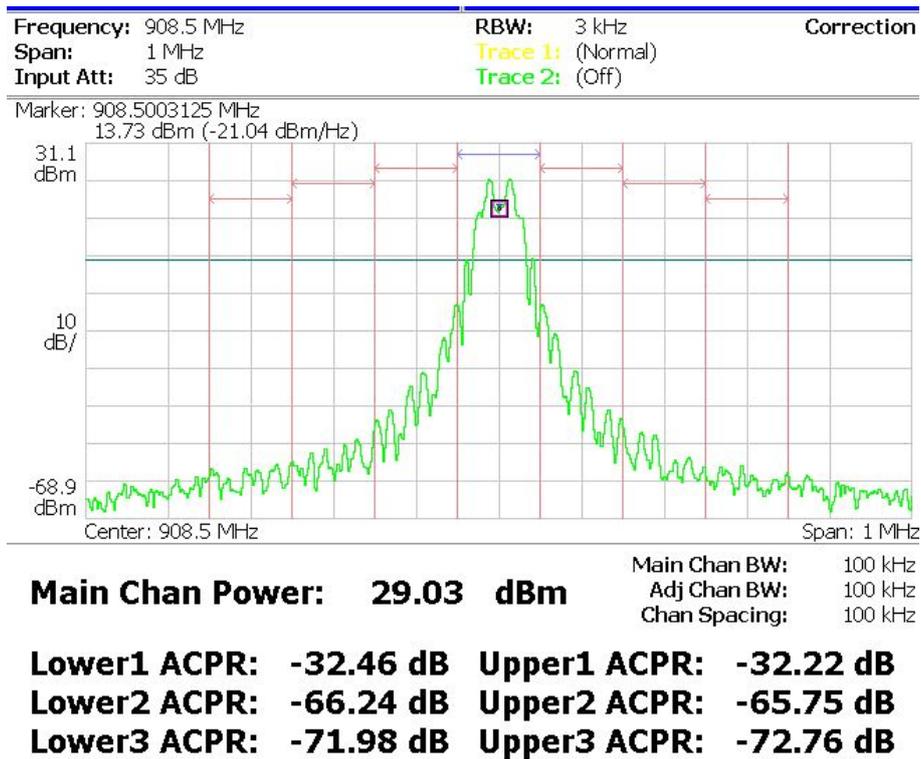
<그림 4-35> RFID 리더 송신기의 구성도

각각의 소자에 대한 잡음지수와 이득으로부터 계산된 송신기의 잡음지수는 38dB 이고, 송신기의 이득은 35dB, 송신기의 출력 잡음 레벨은 -101dBm/Hz가 된다. 따라서 1MHz의 RBW로 측정하는 경우 잡음 레벨은 -41dBm/1MHz이며, 또는 -66.23dBm/3kHz이다.



<그림 4-36> 스펙트럼 마스크 상에서 slope 교차점

그림 4-36는 RFID 시스템 스펙트럼 마스크 상에서 slope 교차점으로 나타낸다. 잡음레벨과 교차되는 지점은 500kHz로 계산되었다. 그리고 그림 4-37은 실제 RFID 리더리의 송신 파형을 나타내며, 잡음 레벨이 계산된 값과 거의 유사함을 알 수 있다.



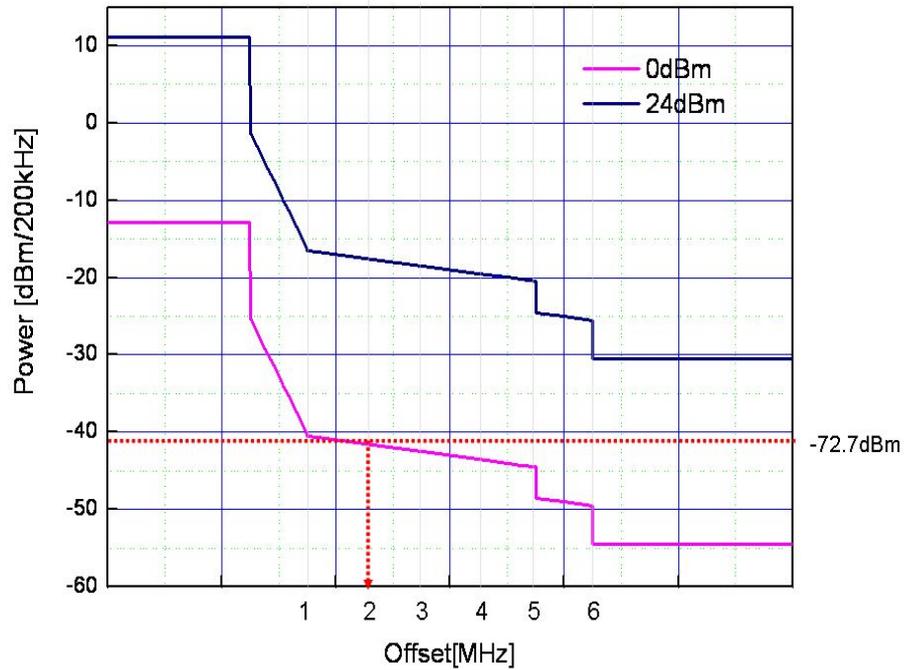
<그림 4-37> RFID 리더의 출력 스펙트럼

3. WCDMA와 RFID/MIC간 보호대역

간섭 분석 시나리오	보호대역(MHz)
WCDMA 단말 ⇒ RFID/MIC	2MHz
RFID ⇒ WCDMA 기지국	500kHz, 70.8dB 추가 이격
MIC ⇒ WCDMA 기지국	1MHz, 43.9dB 추가 이격

<표 4-24> 간섭 시나리오별 산출된 예상 보호대역

지금까지 WCDMA 시스템과 RFID시스템 그리고 WCDMA와 MIC시스템간 보호대역 설정을 위하여 시나리오별로 서로간의 간섭영향을 살펴 보았다. 표 X.X는 지금까지 살펴본 간섭 분석 시나리오와 내용을 바탕으로 산출된 예상 보호대역을 나타낸다. 먼저 WCDMA 단말이 RFID에 주는 간섭 영향에서는 허용 간섭 레벨은 앞에서 제시된 값이 아닌 아래에 제시된 논문에 발표된 내용을 바탕으로 산출하였다.

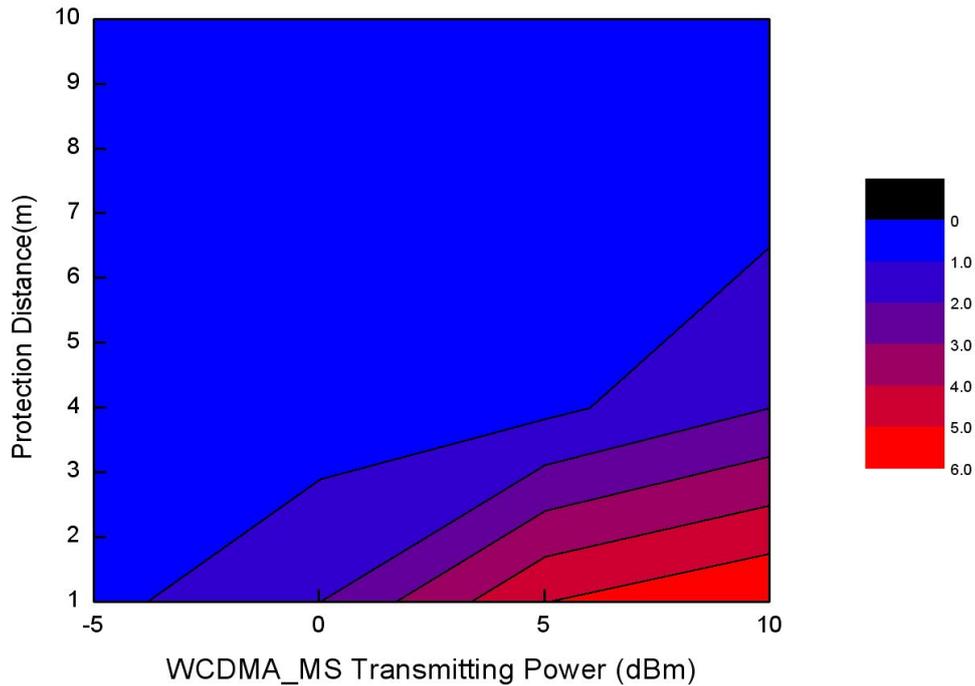


<그림 4-38> WCDMA와 RFID시스템간 보호대역I

<표 4-25> 고풍력 RFID 시스템의 최대 허용 간섭 레벨 계산

RFID reader Tx power : 4 W EIRP
Reader-to-tag distance(nominal operating range) : 8 m
Pathloss@8 m : $31.53+20*\log_{10}(8)=49.6$ dB
(IEEE802.15.4 - 2006)
RequiredSNR@readerreceiver : 11.5 dB(BER= 10^{-3})
Backscattered signal power : 36 dBm(4 W EIRP)
+2 dBi - $2*49.6$ dB = -61.2 dBm
Maximal permissible interference level(MPIL) :
-72.7 dBm(= -61.2dBm - 11.5 dB).

논문 값에 의하면 RFID시스템의 최대 간섭 허용 레벨은 -72.7dBm이다. 그림 X.X는 WCDMA 단말기 송신 전력을 0dBm으로 가정하였을 때 200kHz로 환산한 송신 전력에 해당되며, WCDMA 단말기와 RFID 리더기가 1m까지 접근한다고 가정하였을 때, 1m에 해당되는 자유공간 손실이 31.6dB 가된다. 최대 허용 간섭 레벨이 -72.7dBm이며 보호거리가 1m이면 WCDMA단말 가능 송신 전력은 -41.1dBm이 된다. 이 송신 전력 값에 해당되는 주파수 오프셋이 약 2MHz됨을 알 수 있다.



<그림 4-39> WCDMA와 RFID시스템간 보호대역II

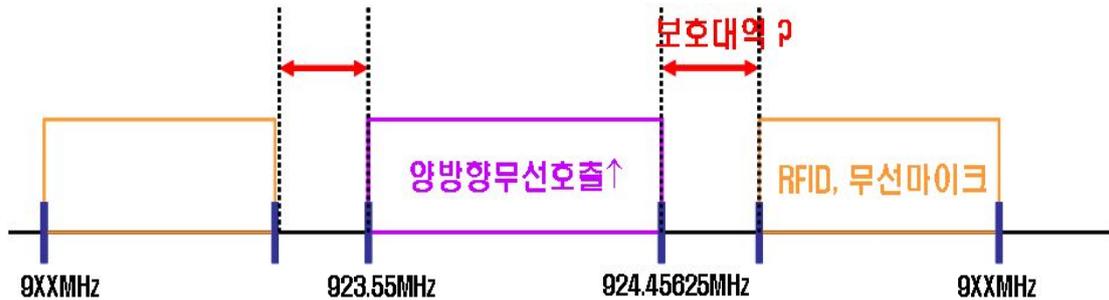
그림 4-39는 WCDMA 단말의 송신 전력을 -5dBm에서 10dBm으로 증가시키고, WCDMA 단말과 RFID 리더간의 보호거리를 변화시키면서, 서로간의 보호대역을 산출한 결과이다. 만약 보호대역을 2MHz로 한 경우, WCDMA 단말기 송신 출력이 10dBm인 경우 보호거리는 약 4m정도가 된다. 즉 실제 적용 가능한 보호거리와 WCDMA 단말기 송신 출력으로 보호대역을 산출할 수 있다. 보호거리가 크게 정할 수록, WCDMA 단말기 송신 출력이 작을수록 보호대역이 줄어든다는 사실을 그림의 시뮬레이션 결과를 통해서 확인할 수 있다.

RFID 시스템이 WCDMA 기지국에 주는 간섭 영향은 앞 절에서 설명하였듯이 보호대역 500kHz와 70.8dB의 추가 이격을 만족시키면 WCDMA 기지국에 간섭 영향을 주지 않고 사용할 수 있다. MIC가 WCDMA 기지국에 주는 간섭 영향은 1MHz의 주파수 이격과 43.7dB의 추가 이격이 있으면 간섭 없이 사용할 수 있다. 43.7dB 값은 이격 거리로 환산한 경우 약 4m에 해당된다. 다시 말해서 무선마이크를 WCDMA 기지국으로부터 4m만 이격시키고 1MHz 보호대역이 주어지면, WCDMA 기지국에 간섭을 주지 않고 사용할 수 있다는 이야기가 된다.

지금까지 WCDMA와 RFID/MIC간의 보호대역을 시나리오별로 살펴보았다. RFID 및 MIC가 WCDMA 기지국에 주는 간섭 영향으로 인한 보호대역은 각각 500kHz, 1MHz이며 추가 이격을 필요로 함을 알 수 있었고, WCDMA 단말이 주

는 영향으로 인한 보호대역은 2MHz였다. 상기 대역은 향후 소출력 시스템의 활성화가 예상되므로, WCDMA 시스템으로부터 소출력 기기의 보호를 위해 최종적으로 2MHz 보호대역이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

4. 양방향 무선폭출과 RFID/무선마이크 보호대역 분석



<그림 4-40> 양방향 무선폭출과 RFID/무선마이크 주파수 현황

900MHz 주파수 재배치와 관련하여 양방향무선폭출과 RFID간 보호대역, 양방향 무선폭출과 무선마이크간 보호대역 도출이 필요함에 따라 본 연구에서 검토가 진행되었다. 923.55MHz ~ 924.45625MHz대역의 양방향 무선 호출은 상향 링크에 해당되며, 현재 무선폭출 및 가입자간 데이터 송수신이 가능하며, 원격 검색 및 다양한 서비스를 준비 중에 있다.

2. 보호대역 설정을 위한 파라미터 검토

o (간섭분석 시나리오)

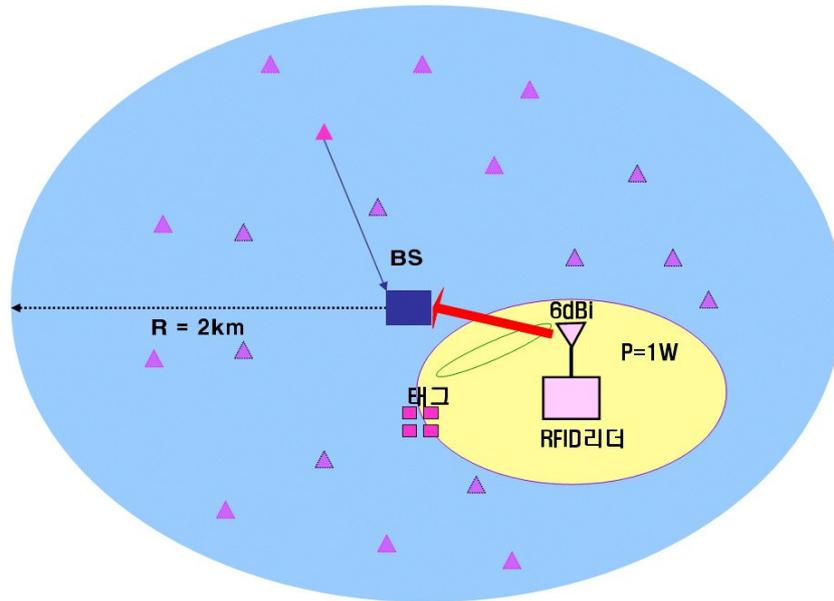
- 시나리오 1 : RFID 리더가 양방향 무선 호출 기지국에 미치는 간섭 영향
- 시나리오 2 : 양방향 무선 호출 단말기가 RFID 리더기 수신(태그 송신)에 미치는 간섭 영향
- 시나리오 3 : 무선 마이크가 양방향 무선 호출 기지국에 미치는 간섭 영향
- 시나리오 4 : 양방향 무선 호출 단말기가 무선마이크 수신에 미치는 간섭 영향

o (간섭분석을 위한 파라미터)

<표 4-26> 양방향 무선 호출 시스템 관련 파라미터

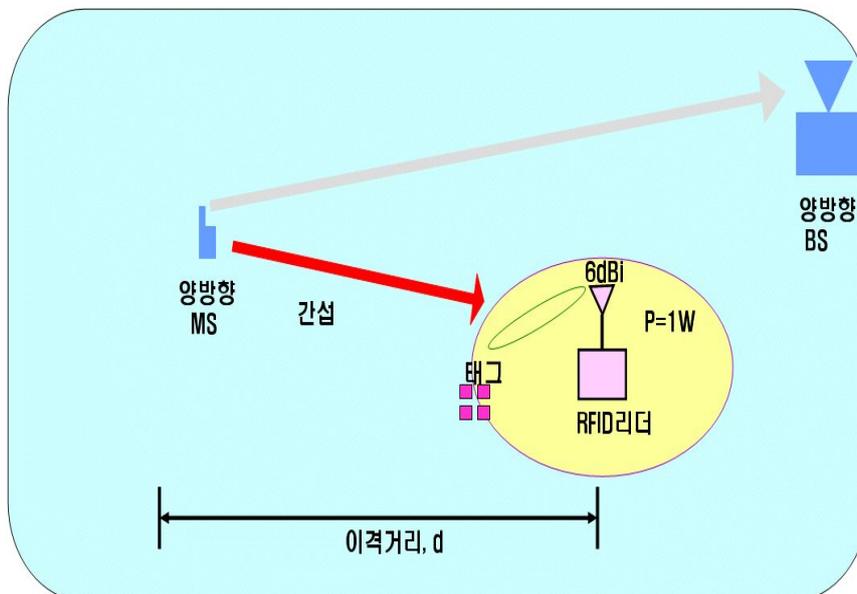
Parameters	기지국(적용중) /펨토셀(적용중)	단말기	비고
다중접속방식	TDMA		동시 접속자 1명
변조방식	4-FSK		
대역폭	16 kHz	10 kHz	국내 기술기준
공중선 전력	~150W(60W)/ ~ 50W(2W)	~1W(0.8W)	국내 기술기준
셀반경	~ 2Km(1.5Km)/ 500m(350m)	-	
안테나 높이	3m/18cm	-	
안테나 이득	3 dBi/0dBi	0 dBi	국내 기술기준
밀도	고출력(2)/ 펨토셀 (100설치진행중)	14,000	기지국 개수, 셀반경 으로 추정가능
Sensitivity	/-102 dBm	-105 dBm	
Receiver protection ratio (C/I)	dB	dB	보호비제공이 힘든 경우, 잡음지수라도 명시
Receiver blocking		-	
송신 마스크 특성	불요방사 기준		개정된 국내 기술 기준

o 시나리오 1 : RFID 리더가 양방향 무선 호출 기지국에 미치는 간섭 영향



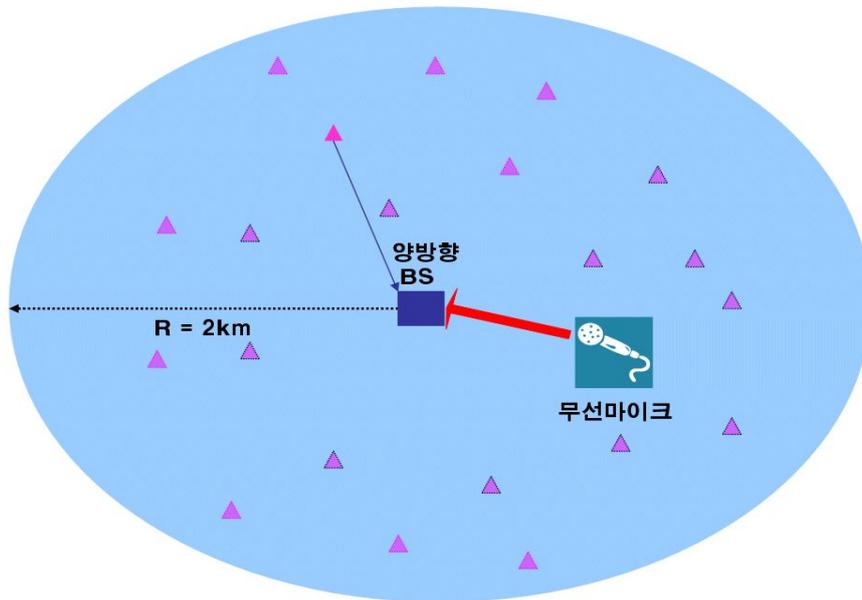
<그림 441> 간섭 분석 시나리오

o 시나리오2: 양방향 무선 호출 단말기가 RFID 리더기 수신(태그 송신)에 미치는 간섭 영향



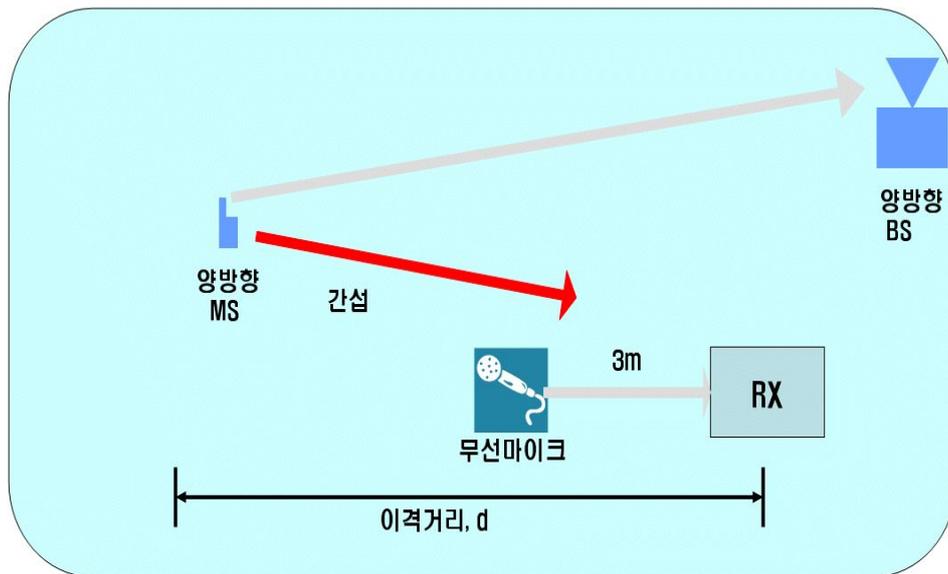
<그림 442> 간섭 분석 시나리오

o 시나리오3: 무선 마이크가 양방향 무선 호출 기지국에 미치는 간섭 영향



<그림 443> 간섭 분석 시나리오

o 시나리오4: 양방향 무선 호출 단말기가 무선마이크 수신에 미치는 간섭 영향



<그림 444> 간섭 분석 시나리오

제5장 주파수 분배 및 기술기준 개정

제1절 국내 주파수 분배 및 기술기준 분석

1. 주파수 분배 및 이용현황

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

국내 RFID/USN 주파수는 908.5~914MHz의 5.5MHz 대역으로 정해져 있다. 이중 주파수 호핑 방식을 이용하여 사용할 수 있는 대역은 910~914MHz 대역의 4MHz이며 국내에서 개발, 생산하고 있는 대다수의 RFID 리더는 주파수 호핑 방식을 채택하고 있다.

RFID이용현황은 공공 및 민간기업에서 RFID 도입이 활발하게 이루어져 국방, 조달, 환경, 해양 등 공공분야 시범사업, 본사업을 추진하며 민간부문 도입 촉진을 유도하고 있다. 민간부문에서는 자동차, 철가으 출판유통, 자재관리, 항만물류, 항공화물, 농축산물관리 등 여러분야에서 RFID/USN 도입에 이루어지고 있으며 이같은 추세는 08년도 이후 보다 본격화 될것으로 전망된다. 특히, '06년부터는 이동통신 인프라를 기반으로 택시안심서비스, 의약품 진품 조회서비스 등 모바일RFID 시범서비스제공중이며 민간부문도 출입관리, 자산관리, 공정관리 등에 RFID/USN 도입기업이 계속 늘고 있다. 정부는 RFID/USN 보급, 확산을 위한 기술개발 사업에 '04년 70억 원, '05년 170억 원 '06년 이후부터는 매년 200억 원 이상 총 1,240억 원을 투입해 국내 RFID/USN산업을 육성할 예정이다.

국내 RFID/USN 기업 크게 증가하여 한국RFID/USN협회 회원을 기준으로 국내 RFID/USN 기업은 '04년도 48개에 불과하던 것이 '06년말 현재 250개사로 5배 이상 증가하였고 한국RFID/USN협회 비회원사를 포함하여 국내 RFID기업은 221개사며, USN기업은 83개사로 나타났다. 이중 21개사는 RFID와 USN 모두 사업을 영위하고 있다.

그러나 주요 SI기업 및 일부 제조기업을 제외한 기업 대부분이 영세성을 면치 못하고 있으며, 특히 쉽게 사업영위가 가능한 S/W기업의 영세성이 두드러지고 있다.

<표 5-1> 분야별 RFID기업 현황

(단위 : 개, %)

사업분야	기업수	비율
태그	22	10.0
리더	45	20.4
칩	12	5.4
안테나	13	5.9
유통	24	10.9
S/W개발 및 생산	32	14.5
SI	52	23.5
기타	21	9.5
계	221	100.0

<표 5-2> 분야별 USN기업 현황

(단위 : 개, %)

사업분야	기업수	비율
센서	14	16.9
통신칩(Zigbee,UWB,블루투스)	11	13.3
시스템(안테나,펌웨어,노드 네트워크 포함)	12	14.5
배터리	1	1.2
게이트웨이(센서존 관리 포함)	7	8.4
네트워크 연동	7	8.4
미들웨어	13	15.7
임베디드 OS	5	6.0
보안(S/W)	2	2.4
콘텐츠 개발	8	9.6
콘텐츠 관리	1	1.2
기타	2	2.4
계	83	100.0

나. USN(Universal Sensor Network)

국내의 USN 주파수 할당 현황은 다음과 같다. 2005년 RFID/USN 주파수 대역이 할당되었으며, 주파수 대역은 [그림 5-1]에서와 같이 908.5~914MHz의 5.5MHz 대역폭이 할당되었다. 국내 UHF대역 RFID/USN에 대한 기술기준의 제정 경과를 살펴보면 2004년 6월에 RFID/USN 주파수 추가 분배방안에 대한 공청회를 열고, 산·학·연 등 각계의 의견을 수렴하여 908.5 ~ 914MHz의 5.5MHz 대역을 RFID/USN용 주파수로 분배키로 2004년 7월에 확정 고시하였고, 관련 기술기준은 2005년에 확정하였다. 우리나라의 경우 미국과 달리 900 MHz 대역에는 ISM 밴드가 없기 때문에 902 ~ 928 MHz를 RFID/USN의 주파수로 할당할 수 없고, 902 ~ 928 MHz 대역의 일부인 908.5 ~ 914 MHz 대역은 RFID/USN에 할당하였음을 알 수 있다.

900	908.5	914	915	923.55	924.45	938	940	959	960
-	RFID	CT1	-	양방향 Pager	-	무선 데이터	방송 중계	CT1	
8.5MHz	5.5MHz	1MHz ↑	8.55MHz	0.9 MHz	12.5MHz	2MHz	19MHz	1MHz	
공공	신규	-	공공	사업 추진	공공	에어미 디어 등	방송사	-	

<그림 5-1> 900 MHz 대역 국내 주파수 이용현황

이 주파수 대역은 RFID/USN에 할당된 주파수이므로 USN 장비가 RFID에 간섭을 주지 않는다면, 즉 USN 시스템이 RFID 시스템에 미치는 간섭 영향이 작다면 두 시스템은 이 주파수 대역에서 서로 공존할 수 있을 것으로 판단된다. UHF 대역의 주파수 특성을 주요 국가별로 살펴보면, 미국은 902~928MHz의 ISM(Industrial, Scientific, and Medical) 대역으로 분배하여 비허가 무선기기인 RFID 및 센서네트워크 주파수 대역으로 사용하고 있다. 우리나라는 CT-2(Cordless Telephone-2) 반납대역인 910~914MHz에 1.5MHz를 더한 908.5~914MHz의 5.5MHz의 주파수 대역에서 한 채널 당 200kHz의 채널 대역폭을 할당하고 있다. 이러한 주파수 할당은 우리나라만 한정된 것이 아니며, 미국을 제외한 대부분의 아시아권 국가에서 볼 수 있는 동일한 상황이다.

2. 기술기준 분석

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

정해진 대역을 가장 효율적으로 사용하고 인접대역의 기존업무 및 향후 등장할 수 있는 기기와 공존하기 위해서 다양한 간섭시험 및 국제 표준, 미국 등의 기술기준, 산업체의 요구를 고려하여 다양한 기술기준 항목에 대한 연구를 통하여 2004년 10월 수동형 RFID 기술기준안을 마련하였고, 의견수렴을 통하여 2005년 RFID 기술기준을 제정하였으며 2008년 6월 기술기준을 일부 개정하였다. 현재 <표 2-12>에 요약한 900MHz 대역 RFID 의 기술기준은 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식, LBT(Listen Before Talking) 방식을 포함하고 있으며, 이는 기존의 유럽표준(LBT), 미국방식(FH)의 무선설비와의 호환성을 고려하고 밀집모드 운용이 가능하도록 한 기술기준이다. 무선설비의 기술기준 항목별 기준은 무선설비규칙에서 기본적으로 정하고 있으나, 이와 같은 일반적인 기준 외에도 각각의 무선설비가 갖는 특성을 반영하여 반드시 필요한 사항에 대해서는 공중선전력, 주파수허용편차 등 일반적으로 무선설비규칙에서 정하고 있는 항목 외에도 별도 항목(RFID의 경우 호핑채널, 체류시간 등)로 정하여 세부기술기준에 규정하고 있다.

기존의 900MHz RFID 기술기준에서 정의된 <표 5-3>에 요약하여 나타낸 각 기술기준항목의 정의와 제정 배경 및 상세 의미를 검토한다.

<표 5-3> 900 MHz RFID 기술기준 요약

	FHSS 방식		LBT 방식
	FHSS 방식 만	송신전 감지기능 추가	
전 파 형 식	NON, A1D, B1D/B7D, G1D/G7D		
주파수허용편차	±20x10 ⁶ 이하		
주 파 수 대역	910 ~ 914 MHz	908.5 ~ 914 MHz	
공중선 전력	1W (4W EIRP) 이하		
점유주파수대역폭	200 kHz 이하		
불요발사기준	사용주파수 대역 바깥쪽의 주파수에서 측정, 다만, 그 주파수 대역의 양끝으로부터 500kHz 범위는 RBW 3kHz로 측정 1GHz 미만 : -36dBm / 100 kHz (RBW) 1GHz 이상 : -30dBm / 1 MHz(RBW)		
호핑채널수	중첩되지 않은 6개 이상		-

체류시간	한 채널당 0.4초 이내		-
감지레벨	-	-96dBm이하	50mW 미만 : -83dBm 50mW ~250mW : -90dBm 250Mw ~ 1W : -96 dBm
감지 요구 시간	-	-	최소 5ms이상의 시간동안
전 채널 송신 최대 시간	-	호핑채널수x0.4초 이내	4초 이내
기타사항	다른 기기가 채널을 사용 이미 사용하고 있는 것과는 상관 없이 채널 이용	기존 FHSS방식에 송신 전 감지기능을 추가하여 이미 사용 중인 채널은 보호. LBT에 대한 기술 기준과는 별도 사항.	송신 전 감지기능으로 이미 사용중인 채널은 보호하며 현재 탐지하고 있는 채널 뿐만 아니라 다른 채널 로도 전환할 수 있는 기능 (AFA 기능도 포함)

1) 전파형식(Class of Emission)

o 기술기준 : N0N, A1D, B1D/B7D, G1D/G7D

o 기준 배경 : 무선설비에서 방사되는 전파는 주반송파를 변조하는 변조형식 (AM, FM, PM 등), 주반송파를 변조시키는 신호의 특성(음성, 데이터 등), 송신할 정보의 형태(음성정보, 데이터정보 등)에 따라 일정한 형식을 갖게 된다. 본 규정은 900MHz 대역에서 정해진 ISO/IEC 국제표준 및 FCC 등 선진국의 RFID 규정을 분석 반영하고, 국내 업체의 요구사항을 반영하여 정한 것이다. 900MHz RFID 기술기준 제정에서 규정하고 있는 전파형식에 대해 각각의 의미를 살펴보면 다음과 같다.

- N0N (무변조반송파+무변조신호+정보송출없음) : RFID 리더가 태그의 전파
발사(Back scattering)에 필요한 전력을 공급해주기 위해 무변조반송파
만을 송신하는 경우에 적용
- A1D (양측과대 진폭변조+변조용 부반송파를 사용하지 아니하고 켄타이즈
또는 디지털정보를 포함하는 단일채널+데이터전송·텔레메트리·텔레코
멘트) : DSB-ASK 변조방식
- B1D (독립측과대 진폭변조+변조용 부반송파를 사용하지 아니하고 켄타이즈
또는 디지털정보를 포함하는 단일채널+데이터전송·텔레메트리·텔레코
멘트) : SSB-ASK 변조방식

- G1D (위상변조+변조용 부반송파를 사용하지 아니하고 쿼타이즈 또는 디지털 정보를 포함하는 단일채널+데이터전송·텔레메트리·텔레코멘트) : PR-ASK 변조방식

RFID는 위와 같은 전파형식 중 1개 또는 그 이상을 적절하게 사용할 수 있다. 세계적으로 미국(FCC CFR 47 Part15.247) 및 유럽표준 EN 300 208-1 에서는 전파형식에 관해서는 규정하고 있지 않다.

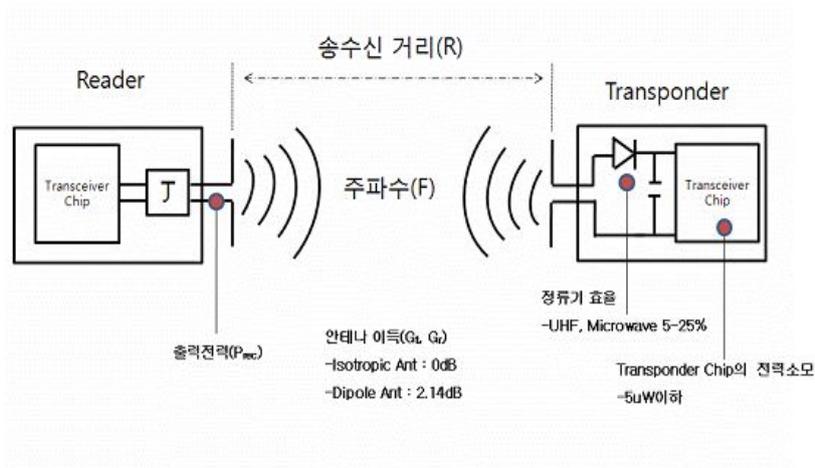
2) 주파수허용편차(Frequency Tolerance)

- o 기술기준 : $\pm 20 \times 10^6$
- o 기준 배경: 주파수허용편차란 국제적으로는 Frequency Tolerance (ITU, 미국 등) 또는 Frequency error 등의 개념으로 규정하고 있으며, 임의의 시스템이 지정된 주파수에서 일정한 시간 동안 안정된 주파수 특성을 유지해야하는 주파수 안정도 (Frequency stability)의 개념과는 구별된다. RR에서는 주파수 허용편차에 대한 정의 및 주파수 대역 별 무선국종별로 주파수 허용 편차를 규정하고 있다.

3) 공중선전력 및 공중선 이득(Conducted Power & Antenna Gain)

- o 기술기준 : 1W 이하 및 6dBi 이하, EIRP 환산하면 4W
- o 기준배경 : 현행 무선 설비 규칙(제 6조)에서는 세부기기별 공중선 전력의 허용편차만을 정하고 있으므로 공중선 전력 및 공중선 이득은 무선설비별 세부 기술 기준에서 정하고 있다.

RFID에 대한 공중선 전력 규정은 RFID 시스템에서 필요로 하는 최소 수신 전력 (50uW) 조건 및 최대 인식거리를 약 9.5m를 예상할 때, 필요로 하는 송신전력을 추정하였다. 아울러, 공중선전력에 대한 국제 표준 및 각 국의 규제 동향을 분석하여 반영하였다. 이는 이론적인 수치이며 단일태그의 인식이 아닌 멀티태그의 인식의 경우 태그간의 전파 간섭현상으로 인하여 인식거리가 더 줄어들게 된다. 또한 주변 환경의 영향으로 인하여 인식거리의 감소가 나타나게 되어 다수의 태그를 3-4m 내에서 안정적으로 읽기 위하여 4W EIRP는 필수조건이다.



<그림 5-2> RFID 전력 및 유효거리 계산 예

<그림 5-2>은 RFID 송수신기의 유효 서비스 거리 및 공중선 전력 산출을 위한 개념도이다.

$$P_{rec} = P_t \times G_t \times G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 = EIRP \times G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \quad \text{-----①}$$

P_t : 송신전력, G_t : 송신공중선이득, G_r : 수신공중선이득, r : 송신기로부터거리, λ : 파장

$$G_t = 6dBi, P_{rec} = 60uW, f = 912MHz, EIRP = 4W \quad \text{-----②}$$

②의 조건을 ①식에 반영하여 계산하면 50uW의 수신 전력을 얻기 위해 RFID 리더의 송신 전력은 4W(EIRP) 전력이 얻어진다. 유럽의 경우 ERP 2 W(EIRP 3.28W)를 규정하고 있는데, 이것은 위 ①식에 $P_{cc} = 50uW$, $EIRP = 3.28W$ 로 하고 거리(r)을 구하면 태그 인식거리가 8.5m로 감소함을 나타낸다.

※ 참고 : 출력에 대한 국제 규제 동향

- o 미국 CFR 47 Part 15.247 : 1W, 4W (EIRP)
- o EN 302 208 : 2 W(ERP) = 3.28 W(EIRP)
- o 일본, 싱가포르 : 4W (EIRP)

4) 점유주파수 대역폭(Occupied Bandwidth)

- o 기술기준 : 200kHz
- o 기준배경 : 일반적으로 주파수대역폭(bandwidth)에 관하여 각 국에서는 규정

하는 바가 다르다. 미국 및 유럽에서는 x-dB 법 즉 중심주파수 평균전력에 비해 x-dB 만큼 감쇠되는 대역폭을 규정하고 있으며, 일본 및 우리나라는 전 전력의 99% 대역폭을 규정하고 있다. RFID 의 소요대역폭을 계산해보면 다음과 같이 채널대역폭을 계산할 수 있다.

$$\text{채널대역폭} = \text{전송속도} \times \text{인코딩율}(2/\text{비트}) \times \text{측파대필터}(SSB=1, DSB=2) \times 1.25$$

예) 전송속도 40kbps, DSB일 경우, 채널대역폭 200kHz = $40 \times 2 \times 2 \times 1.25$

5) 주파수 호핑 스펙트럼 확산 (Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식

FHSS방식은 블루투스가 나오면서 세상에 크게 알려졌으며, 우리나라 기술기준에도 등장하게 되었다. 특히, FHSS 방식에 대한 기술기준은 미국 CFR 47 Part 15.247에서 근거를 찾을 수 있으며, 미국은 블루투스과 RFID가 동일한 기술기준을 적용 받고 있다.

특히 RFID의 경우 물류가 다층으로 누적되어 있거나 밀집해 있는 환경에서 여러 주파수로 호핑함으로써 주파수에 따라 전파특성이 조금씩 다른 특성을 이용하여 물류에 대한 인식률을 높일 수 있다는 장점을 기대하였다.

가) 사용주파수 대역

- 기술기준 910~914MHz

- 기준배경 : 908.5MHz부터 914MHz까지 RFID용으로 사용할 수 있으나 공공통신과의 간섭문제를 고려하여 FHSS방식의 설비에 대해서는 910MHz부터 사용하는 것으로 한정하였다.

나) 호핑채널

- 기술기준 : 중첩되지 않은 6개 이상일 것

- 기준배경 : 2005년 기술기준 제정시 15개 이상의 호핑채널로 규정되어 있던 것이 2008년 6개 이상으로 개정되었다. 그 배경으로는 밀집리더 모드 환경에서 200kHz 대역폭으로 EPCglobal의 채널 가이드를 따르면 리더 송신채널과 수신 채널을 분리해야하므로 호핑 채널수가 15개가 나올수가 없게 된다. 따라서 밀집리더 모드 구현이 가능하게 하기 위하여 호핑 채널수를 6개 이상으로 조정하였다.

다) 호핑순서

- 기술기준 : 의사랜덤이고 전체호핑채널에 대해 균등하게 호핑

- 기준배경 : 간섭을 회피하고 기기간의 스펙트럼에 대한 공유가능성 및 각 채널별 균등한 통신용량을 분배하기 위해 정해진 순서 없이 각 채널을 균등하게 사용하게 하였다. 다만, 감지방식에 의해 다른 기기 등에 의해 점유된 것으로 인식한 경우, 선점된 채널은 호핑 채널리스트에서 제외됨으로 균등하게 호핑하는 기준에서 제외하였다.

라) 호핑채널에서 체류시간

- 기술기준 : 채널당 0.4초 이내

- 기준배경 : 정해진 주파수대역내에서 호핑 채널이 겹쳐지지 않고 호핑할 수 있는 최소 시간을 정하였다. 만약, 채널 대역폭이 커질 경우 각 호핑 채널이 겹치지 않고 호핑하기 위해서는 체류시간이 더 짧아져야 함을 명시하였다.

6) 사용주파수 대역의 불요발사

- 기술기준 :

주파수	1GHz미만	1GHz이상
기준치	-36dBm	-30dBm
분해대역폭	100kHz	1MHz

다만, 지정주파수대역에 인접한 500kHz에 대해서 RBW = 3kHz

7) FHSS방식을 사용하는 설비 중 송신 전 감지방식을 갖춘 설비

동대역은 RFID/USN용으로 분배된바 향후 동대역에서 타 기기와 공유가능성, 인접대역의 공공통신 및 코드 없는 전화기에 대한 간섭보호를 위해 필요한 기술 방식이다.

가) 사용주파수대역

- 기술기준 : 908.5~914MHz

- 기준배경 : 송신전 감지방식을 갖춘 FHSS방식의 무선설비의 경우 공공통신과의 공유가 가능하므로 FHSS만을 갖춘 설비에 비해 더 넓은 주파수 대역을 사용할 수 있게 하였다.

나) 송신전 감시기능에 대한 감지기준

- 기술기준 : -96dBm

o 기준배경 : 유럽에서는 현재 LBT 방식을 제외하고 channelization 만으로 밀집리더 모드 운용이 가능하도록 하고 있어 LBT 감지 기준을 -35dBm으로 대폭 완화하고 option으로 규정하였다. 국내의 감지기준에 대해 엄격하다는 견해가 있으며 국제 추세에 맞추어서 개정할 필요가 있는 것으로 판단 된다.

다) 송신중단 및 중지시간 : 호핑채널수 x 0.4초, 100msec

FHSS장식에 송신전 감지기능을 추가한 설비는 기존의 블루투스방식(아래 참조)에 감지기능을 추가한 설비와 LBT방식을 추가한 설비로 구분할 수 있다. 호핑채널수x0.4초는 전체 채널의 주기로 이해할 수 있다. 따라서, 전체 채널을 호핑하고 나면 더 이상 호핑을 중단하고 다시 전 채널에 대해 감지하는 시간(100msec)을 가진 다음 다시 호핑할 수 있게 한 것이다. FHSS에 LBT방식을 추가한 설비의 경우 한 채널에서 4초이내에 송신을 중단하고 100msec 정도의 송신중단 시간을 가져야 하므로 위의 기준에 포함됨을 알 수 있다.

나. USN(Universal Sensor Network)

RFID/USN 주파수 대역의 기술기준은 전파법을 따르게 되어 있는데 전파법 제45조(기술기준)에서는 무선설비의 기술기준은 정보통신부령이 정하는 바에 따라야 한다고 정하고 있다. 이와 같은 근거에 따라 정보통신부 장관은 무선설비에 대한 주파수 허용편차, 점유 주파수대역폭, 스푸리어스(spurious) 방사 등 무선설비에 관한 기술기준을 정하여 고시하고 있다. 따라서 정보통신부 장관이 고시한 무선설비 규칙은 앞서 열거한 사항들을 업무별 등으로 포괄 규정한 무선설비 기술기준이라 할 수 있으며, 무선설비 규칙에서 규정한 사항들은 무선설비들이 갖춰야 할 기본적인 규정인 것이다. 국내 RFID/USN의 기술기준은 [표 4-9]에 기록되어 있다.

이러한 RFID/USN 기술기준은 국내 RFID시스템의 도입을 활성화시켰으나, RFID의 보급이 확대됨에 따라 리더 간 주파수 간섭 (reader interference)이 문제가 되었고, 국내의 경우 모바일 RFID 서비스가 시작되어 모바일 RFID와 고정형 RFID의 주파수 간섭 등이 이슈가 되었다. 또한 Gen. 2 기술 규격이 새롭게 ISO 18000-6 Type C 규격으로 제정되고, 이 규격에 밀집모드 규격이 포함됨에 따라 이를 기술기준에 반영할 필요성이 대두되었다. 이에 2007년도에 RFID/USN 기술기준 개정반이 조직되어 기술기준 개정이 완료되었다. 자세한 내용은 [표 5-4]에 기록되어 있다.

<표 5-4> 국내 RFID 기술기준(초기)

제8조(RFID/USN용 무선설비) 908.5 ~ 914 MHz 주파수의 전파를 사용하는 수동형 RFID용 무선설비의 기술기준은 다음 각호와 같다.

1. 전파형식은 NON, A1D, A7D 중 1 이상을 사용할 것
2. 주파수허용편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이하일 것
3. 공중선전력은 1 W 이하일 것
4. 송신 공중선의 절대이득은 6 dBi 이하일 것. 다만, 공중선이득이 6 dBi를 초과하는 경우에는 그 초과하는 값만큼 공중선전력을 감소시킬 것
5. 점유주파수대폭의 허용치는 200 kHz 이하일 것
6. 주파수호핑 스펙트럼확산 방식(FHSS)을 사용하는 무선설비의 경우에는 제1호 내지 제5호의 규정과 다음 각호의 조건을 만족할 것

- 가. 910 ~ 914MHz 주파수의 전파를 사용할 것
- 나. 호핑 채널은 중첩되지 않는 15개 이상일 것
- 다. 호핑 순서는 의사랜덤이고 전체 호핑 채널에 대하여 균등하게 호핑할 것
- 라. 하나의 호핑 채널에서 체류시간(Dwell Time)은 0.4 sec 이내일 것
- 마. 910 ~ 914 MHz 대역 바깥의 불요발사는 다음 기준치 이하일 것. 다만, 그 대역의 양 끝으로부터 500 kHz까지는 3 kHz 분해대역폭으로 측정한다.

주파수	1 GHz 미만	1 GHz 이상
기준치	-36 dBm	-30 dBm
분해대역폭(RBW)	100 kHz	1 MHz

7. 주파수호핑스펙트럼확산(FHSS)방식에 송신전감지(LBT) 방식이 추가된 무선설비는 제1호 내지 제5호 및 제6호의 나목, 라목의 규정과 다음 각호의 조건을 만족할 것

- 가. 908.5 ~ 914 MHz 주파수의 전파를 사용할 것
- 나. 호핑 채널의 수신 전력이 -96 dBm 을 초과하지 않은 경우에 한하여 전파를 발사할 것
- 다. 전파발사를 시작한 후 호핑채널수×0.4 sec 이내에 송신을 중단하여야 하고, 중단 후 100 msec 이상의 송신 중지시간을 가질 것
- 라. 908.5 ~ 914 MHz 주파수대역 바깥의 불요발사는 다음 기준치 이하일 것. 다만, 그 대역의 양 끝으로부터 500 kHz 까지는 3kHz 분해대역폭으로 측정한다.

주파수	1 GHz 미만	1 GHz 이상
기준치	-36 dBm	-30 dBm
분해대역폭(RBW)	100 kHz	1 MHz

8. 송신전감지(LBT)방식을 사용하는 무선설비의 경우에는 제1호 내지 제5호의 규정과 다음 각 호의 조건을 만족할 것

- 가. 908.5 ~ 914 MHz 주파수의 전파를 사용할 것
- 나. 송신하기 전에 최소 5 msec 이상의 시간동안 수신 전력을 감지하고, 그 값이 다음 기준치를 초과하지 않는 경우에 한하여 송신할 수 있을 것

공중선전력	기준치
50 mW 미만	-83 dBm
50 mW 이상 250 mW 미만	-90 dBm
250 mW 이상 1 W 이하	-96 dBm

- 다. 송신 시작 후 4 초 이내에 송신을 중단하여야 하고, 중단 후 100 msec 이상의 송신 중지시간을 가질 것
- 라. 908.5 ~ 914 MHz 주파수대역 바깥의 불요발사는 다음 기준치 이하 일 것. 다만, 그 대역의 양 끝으로부터 500 kHz 까지는 3 kHz 분해대역폭으로 측정한다.

주파수	1 GHz 미만	1 GHz 이상
기준치	-36 dBm	-30 dBm
분해대역폭(RBW)	100 kHz	1 MHz

9. 수동형 RFID용 무선설비는 1호 내지 5호의 규정을 만족해야 하며 제6호 내지 제8호의 규정 중 1 이상의 규정을 만족하는 것일 것

<표 5-5> 국내 RFID 기술기준(개정, 2007년)

제8조(RFID/USN용 무선설비) 908.5 ~ 914 MHz 주파수의 전파를 사용하는 수동형 RFID용 무선설비의 기술기준은 다음 각호와 같다.

1. 공통조건

- 가. 전파형식은 N0N, A1D, B1D/B7D, G1D/G7D 중 1 이상을 사용할 것
- 나. 주파수허용편차는 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이하일 것
- 다. 공중선전력은 1 W 이하일 것
- 라. 송신 공중선의 절대이득은 6 dBi 이하일 것. 다만, 공중선이득이 6 dBi를 초과하는 경우에는 그 초과하는 값만큼 공중선전력을 감소시킬 것
- 마. 점유주파수대폭의 허용치는 200 kHz 이하일 것

2. 주파수호핑 스펙트럼확산 방식(FHSS)을 사용하는 무선설비의 경우에는 제1호 내지 제5호의 규정과 다음 각호의 조건을 만족할 것

- 가. 910 ~ 914MHz 주파수의 전파를 사용할 것
- 나. 호핑 채널은 중첩되지 않는 6개 이상일 것
- 다. 호핑 순서는 의사랜덤이고 전체 호핑 채널에 대하여 균등하게 호핑할 것
- 라. 하나의 호핑 채널에서 체류시간(Dwell Time)은 0.4 sec 이내일 것
- 마. 불요발사는 910 ~ 914 MHz 주파수 대역 밖의 주파수에서 다음 기준치 이하일 것. 다만, 그 주파수 대역의 양 끝으로부터 500 kHz까지는 3 kHz 분해대역폭으로 측정한다.

주파수	1 GHz 미만	1 GHz 이상
기준치	-36 dBm	-30 dBm
분해대역폭(RBW)	100 kHz	1 MHz

3. 주파수호핑 스펙트럼확산(FHSS)방식에 송신전감지(LBT) 방식이 추가된 무선설비는 제1호 내지 제2호의 나목, 나목, 라목의 규정과 다음 각호의 조건을 만족할 것

- 가. 908.5 ~ 914 MHz 주파수의 전파를 사용할 것
- 나. 호핑 채널의 수신 전력이 -96 dBm 을 초과하지 않은 경우에 한하여 전파를 발사할 것
- 다. 전파발사를 시작한 후 호핑채널수 \times 0.4 sec 이내에 송신을 중단하여야 하고, 중단 후 100 msec 이상의 송신 중지시간을 가질 것
- 라. 불요발사는 910 ~ 914 MHz 주파수 대역 밖의 주파수에서 다음 기준치 이하일 것. 다만, 그 주파수 대역의 양 끝으로부터 500 kHz 까지는 3kHz 분해대역폭으로 측정한다.

주파수	1 GHz 미만	1 GHz 이상
기준치	-36 dBm	-30 dBm
분해대역폭(RBW)	100 kHz	1 MHz

4. 송신전감지(LBT) 방식을 사용하는 무선설비의 경우에는 제1호 내지 제3호의 라목의 규정과 다음 각 목의 조건을 만족할 것

- 가. 908.5 ~ 914 MHz 주파수의 전파를 사용할 것
- 나. 송신하기 전에 최소 5 msec 이상의 시간동안 수신 전력을 감지하고, 그 값이 다음 기준치를 초과하지 않는 경우에 한하여 송신할 수 있을 것

공중선전력	기준치
50 mW 미만	-83 dBm
50 mW 이상 250 mW 미만	-90 dBm
250 mW 이상 1 W 이하	-96 dBm

다. 송신 시작 후 4 초 이내에 송신을 중단하여야 하고, 중단 후 100 msec 이상의 송신 중지시간을 가질 것

<표 5-4>와 <표 5-5>에서 제시한 기술기준의 주요 내용을 분석하면 다음과 같다.

▷ 전파형식 (Class of Emission)

- 기술기준 : N0N, A1D, B1D/B7D, G1D/G7D 중 1 이상을 사용할 것

o NON (무변조반송파+무변조신호+정보송출없음) : RFID 리더가 태그의 역산란(back-scattering)에 필요한 전력을 공급하기 위해 무변조반송파만을 송신하는 경우에 적용

o A1D (양측과대 진폭변조+변조용 부반송파를 사용하지 아니하고 쿼타이즈 또는 디지털 정보를 포함하는 단일채널+데이터전송·텔레메트리·텔레코맨드) : 필요한 정보를 태그에 기록(Write)하거나 태그를 인식할 때 상호 통신에 필요한 프로토콜을 포함하여 전송할 때 필요한 경우에 적용

o B1D/B7D (SSB-ASK) : ISO 18000-6의 리더에서 Dense Reader 모드의 구현을 위하여 SSB-ASK 적용

o G1D/G7D (PR-ASK) : ISO 18000-6의 리더에서 Dense Reader 모드의 구현을 위하여 PR-ASK 적용

▷ 주파수 허용 편차 (Frequency Tolerance)

o 기술기준 : $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이하일 것

o 중심 주파수(Center Frequency)가 명시되고, 그 주파수를 기준으로 한 최대 주파수 허용편차로서, 이를 정의하기 위해서는 중심주파수나 채널을 정의한 후 채널의 중심주파수 정의를 전제로 주파수 허용편차를 정하여야 하나 900MHz 대역의 경우 중심주파수가 정의되어 있지 않아, 리더 시스템의 주파수 허용 편차를 가능하는데 혼동이 되고 있음

▷ 공중선전력 및 공중선 이득 (Conducted Power & Antenna Gain)

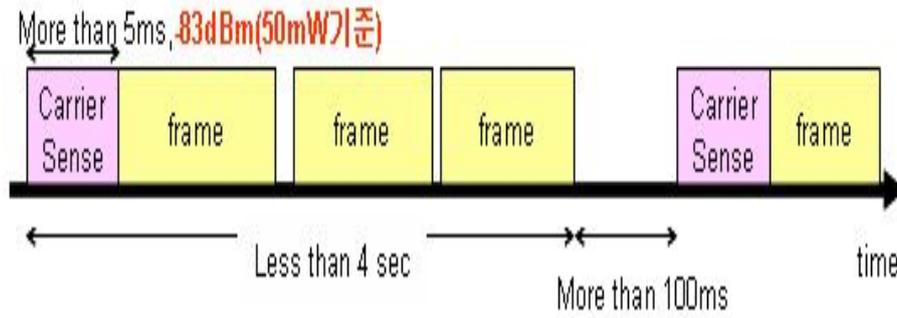
o 기술기준 : 1W이하 및 6dBi이하, EIRP 환산하면 4W

▷ 점유주파수대역폭 (Occupied Bandwidth)

o 기술기준 : 200kHz 이하일 것

▷ 다중접속방식

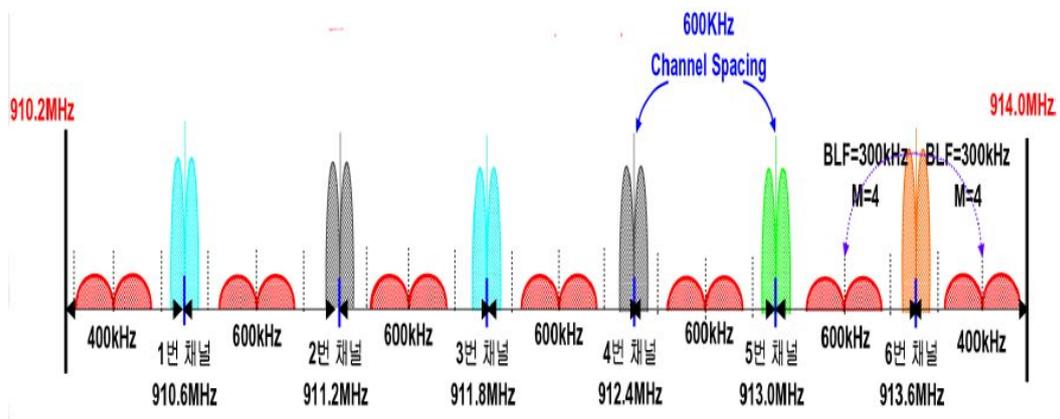
o 기술기준 : 주파수 호핑 방식과 LBT 방식을 모두 사용할 수 있도록 되어 있으며, 각각의 기준은 [표 5-3]에 나타나 있다.



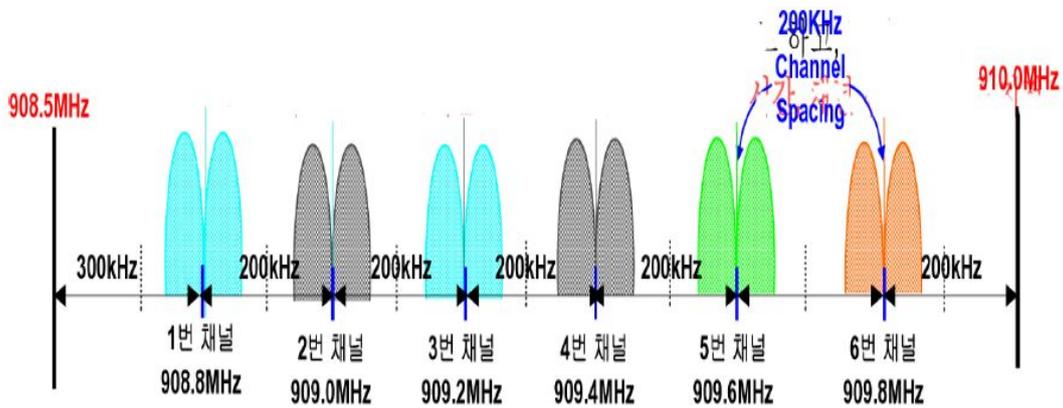
<그림 5-3> 국내의 RFID/USN 주파수 대역의 LBT 기준

▷ Dense Reader 모드 지원

먼저 점유 주파수 대역폭이 200kHz인 대역-1 (908.5~910MHz를 200kHz 간격의 6개 채널)에 대하여 고정형 RFID 리더는 채널 액세스를 허용하지 않으며, 이동형(모바일/휴대형) RFID 리더는 FH(Frequency Hopping)을 한다. 그리고 채널 액세스를 위해 송신 전 대역감지(band LBT) 기능을 필수로 하며 USN 센서노드/싱크 노드는 채널 LBT를 필수로 하고 FH이 가능하도록 하였다. 채널 감지를 위한 감지 레벨, 모니터링 시간, 채널 점유 시간 등은 규격에서 별도로 지정하도록 하였다. 점유 주파수 대역폭이 200kHz인 대역-2 (910.2~914MHz를 600kHz 간격의 6개 채널)에 대해서는 고정형 RFID 리더기는 동기화를 위한 고정 채널 할당 및 FH이 가능하며 이동형(모바일/휴대형) RFID리더는 FH을 하며 채널 액세스를 위해 송신 전 대역감지(band LBT) 기능을 필수로 하고 있다. USN 센서노드/싱크 노드는 채널 LBT를 필수로 하고 FH이 가능하도록 하였다. 채널 감지를 위한 감지 레벨, 모니터링 시간, 채널 점유 시간 등은 별도 규격에서 지정하도록 하였다.



<그림 5-4> 개정된 RFID/USN 주파수 계획(대역-2)



<그림 5-5> 개정된 RFID/USN 주파수 계획(대역-1)

3. 주파수 재배치 및 기술기준개정 필요성

현행 국내 900MHz RFID 기술기준 상에서는 채널의 중심주파수가 지정되어 있지 않기 때문에 기기들간의 간섭현상이 심화되고 있으며 또한 현행 기술기준 상의 점유주파수 대역폭은 마스터 역할을 하는 RFID 리더관점에서의 점유 주파수 대역만을 고려한 기술기준이고, 태그의 응답까지 포함한 주파수 대역폭을 정의한 기술로서는 다소 부족하다. 밀집리더 환경과 같은 다수의 900MHz RFID 리더의 상호 운용성을 확보하기 위해서는 다수의 채널 수 확보만이 최선은 아니며, 채널 액세스 기법, 리더전송대역 및 태그 응답대역 사이의 보호 대역 설정, 채널 스펙트럼 마스크, 채널 운용방법 등에 대한 고려가 요구된다. 그러나 이러한 사항들은 기술기준상에서 정의하기에는 너무 상세 기술수준에 해당되며, 표준에서 이러한 부분들을 고려하여 정의할 수 있도록 최소한의 기준을 제시하는 것이 요구된다. 즉, 밀집리더 환경의 올바른 운용과 타기기와의 공유를 위해서 채널 중심주파수 지정, 점유주파수 대역폭 등의 개정이 필요하다.

4. 주파수 재배치 및 기술개정 파급효과

가. RFID(Radio Frequency IDentification)

주파수 재배치로 인하여 RFID 주파수 대역이 넓어지게 되면 호핑 채널수가 증가

하게 되어 RFID 리더간의 간섭이 줄어들어 인식율이 향상될 가능성이 있으며 다른 기기와의 간섭에도 영향을 덜 받을 가능성이 있다.

RFID는 미국이 제일 큰 시장으로 미국과 주파수 밴드를 공유하는 것이 RFID 리더 개발비용 절감 뿐만 아니라 부품 수급에도 도움이 되어 RFID 산업 발전에 도움이 될 것이다. 또한 태그의 경우 860~960MHz 전 대역을 포함하도록 설계어야 하기 때문에 중간 영역인 910~920MHz 의 주파수에서 태그가 최상의 성능을 나타낸다. 금속태그를 비롯한 특수태그의 경우 국내 RFID 주파수가 재배치되면 다시 개발해야하는 상황이 발생하여 비용이 증가될수 있으며 기존 국내 주파수 대역에 맞추어 최소 크기로 설계,제작된 특수태그의 경우 대역폭이 넓어지는 관계로 태그의 크기

나. USN(Universal Sensor Network)

현행 국내 900MHz RFID/USN 기술기준 상에서는 RFID 상의 기술기준 만이 제시되어 있고, USN에 대한 구체적인 고려는 이루어지지 않고 있다. 특히, USN과 같은 저가의 시스템은 주파수 호핑을 사용할 수 없고 채널 대역폭도 200kHz만으로는 데이터율이 작아 넓은 대역폭의 사용이 필요하다. 또한 LBT를 하더라도 현행 LBT Threshold값은 50mW 미만인 경우 -83dBm으로만 되어 있는데 기본적으로 USN은 1mW 이하의 출력이므로 이를 고려한 Threshold값의 제정이 필요하다. 또한 USN 시스템은 Duty Cycle이 매우 작으므로 이 경우는 타 시스템에 간섭을 미칠 확률이 매우 작으므로 Duty Cycle에 따라 수신전력감지시간을 합리적으로 조절하는 것이 필요하다. 이러한 요구 조건이 만족되어 진다면 현재 UHF 주파수 대역에서 USN 서비스의 활용이 가능해질 것으로 향 후 u-City 등에서 활발하게 사용될 것으로 전망된다.

제2절 주파수 분배 및 기술기준 개정(안)

1. RFID/USN 기술기준 개정(안)

이상의 연구결과를 토대로 RFID/USN 주파수 및 기술기준 개정안이 마련되었는데 기존의 주파수 분배와 다른 점은 RFID/USN 전용주파수 대역이 아닌 기술중립성을 고려하여 RFID/USN 뿐만이 아니라 마련된 기술기준을 충족하는 새로운 기술은 분배 대역 사용이 가능토록 주파수 이용 효율을 높였다. 그리고 RFID 시장활성화를 고려하여 주파수 수요 증가를 고려하여 개정된 6개 채널의 4W 기준에서 채널수를 증가시키는 방안도 함께 검토되었다.

RFID 주파수 이전대역은 전체 917~923.5MHz대역으로 하고, 이중 917~920.6MHz대역을 우선토록 한다. 그리고 917.3MHz를 기준으로 600kHz 간격으로 6개 채널은 현 4W이하(e.i.r.p.) 출력을 유지하고, 이후 대역은 200mW이하로 설정 되었다. 추가적으로 전송 방식을 디지털 방식으로 폭넓은 수용이 가능토록 하였으며, 공유조건으로 FHSS(연속 04초 채널점유/6개 호핑 채널), LBT(송신전 5ms이상 -64dBm, 송신4초 이내 휴지 0.1초 이상), 채널 듀티사이클(2%)이 가능토록 설정되었다.

그리고 처음으로 USN에 대한 기술기준 안이 마련되었는데 주요 내용은 917~ 923.5MHz 대역 중 920.6~923.5MHz대역을 우선하고, 전대역에서 10mW 이하(e.i.r.p.) 출력 기준과 채널링 미부여로 결정되었다. 추가적으로 전파형식, 전송방식, 듀티사이클 사항은 RFID 기술기준과 동일하고, 공유조건으로 FHSS(연속04초 채널점유/25개 호핑 채널), LBT(송신전 5ms이상 -75dBm, 송신4초 이내 휴지 0.1초 이상), 채널 듀티사이클(2%)이 가능토록 설정 되었다.

이상의 내용을 정리하면 다음 표 5-6와 같다.

<표 5-6> RFID/USN 등 무선설비 기술기준(안)

구 분	수동RFID 리더	USN	현행
주파수대역	917~923.5MHz		908.5~914MHz
	917~920.6MHz우선	920.6~923.5MHz 우선	
최대점유 주파수대폭	200kHz	917~923.5MHz 이내	200kHz
주파수 허용편차	10 (-20~50도 또는 -10~50도)		20
출력 (e.i.r.p.)	채널 2,5,8,11,14,17: 4W(e.i.r.p.)이하	917~920.6MHz: 10mW 920.6~923.5MHz:10mW	4W e.i.r.p.

		채널 19~30: 200mW(e.i.r.p.)이하		
출력 허용편차		상한 20%, 하한 없음		상한 20% 하한 -
채널링		200 kHz (920.6 MHz 이하에서는 600 kHz)	없음	없음
전파(변조) 형식		NON 및 디지털변조	좌동	NON, A1D, B1D, B7D, G1D, G7D
전송방식		디지털 방식	좌동	FHSS, AFHSS, LBT
공유 조건	FHSS	채널 점유	연속 0.4초 이내	연속 0.4초 이내
		호핑 채널	6	25
	또는 LBT	출력 1mW 초과인 경우 송신전 5ms이상 -64dBm 송신 4초 이내 휴지 0.1초 이상	송신전 5ms이상 -75dBm 송신 4초 이내 휴지 0.1초 이상	송신전 5ms이상 50mW 미만 -83 dBm 50~250mW -90 dBm 250mW 이상 -96 dBm 송신 4초 휴지 0.1초
		또는 듀티 사이클	채널 듀티사이클 2% (20초 이내에 송신 0.4초 이하)	좌동

2. 무선마이크 기술기준 개정(안)

앞 절에서 확인한 RFID/USN 등 무선설비 주파수 분배 및 기술기준 마련과 관련하여 무선마이크의 주파수 분배 및 기술기준안이 마련되었다.

현재 비허가용 무선마이크 928~930MHz과 950~952MHz (4MHz 공공과 공유, 8개 동시 채널)과 관련하여 주파수 자원의 효율성과 무선마이크 업계의 주파수 수요 의견을 고려하여 925~932MHz(7MHz 공공과 공유, 8개 동시채널)로 결정되었다. 924.5~925MHz 대역은 보호대역 및 공공대역으로 설정하였다. 그리고 기술기준안과 관련하여 현재 무선마이크 기술기준 중 스퓨리어스 불요발사 세분화하고, 디지털무선마이크 및 인터컴 진입 등을 고려한 전파형식 추가 개정하였다. 이상의 내용을 정리하면 아래 표 5-7과 같다.

<표 5-7> 무선마이크 기술기준 개정안

구 분		개정안	현행
주파수대역		925~932 MHz (7MHz)	928~930/950~952 MHz (4MHz)
최대점유 주파수대폭		200kHz	200kHz
주파수허용편차		7 ppm	7 ppm
주파수편이		±75 kHz	±75 kHz
출력 (e.r.p.)		10 mW	10 mW
불요 발사	대역외	-25dB/300Hz@채널경계	-
		-35dB/300Hz@인접채널	35dB/300Hz@채널경계 -35dB/300Hz@인접채널

스퓨리어스	주파수	기준값	기준대역폭	-13dBm/100kHz
	30~924.5 MHz 이하	-36 dBm	100 kHz	
	924.5~925 MHz	-36 dBm	3 kHz	
	932~932.5 MHz	-36 dBm	3 kHz	
	932.5~1000 MHz	-36 dBm	100 kHz	
1000 MHz 이상	-30 dBm	1 MHz		
외부급전선	없음			없음
출력 허용편차	상한 20% 하한 없음			상한 20% 하한 -
전파(변조)형식	F(G)3(7,8,9)E(W)			F(G)3(8,9)E(W)

3. 주파수 분배 및 기술기준 개정 결과

신규 이동통신 주파수 확보(905-915MHz, 950-960MHz) 및 RFID 주파수 확대 확보(917~923.5MHz)를 담은 주파수 분배표 개정은 다음 아래 그림 5-6과 같다[4].

894 - 960 MHz

국			한	
(1) 제 1 지 역	(2) 제 2 지 역	(3) 제 3 지 역	(4) 주파수대별 분배	(5) 용 도 등
890-942 고정 이동(항공이동 제외) 5.317A 방송 5.322 무선표경	890-902 고정 이동(항공이동 제외) 5.317A 무선표경 5.318 5.325 902-926 고정 이동(항공이동 제외) 5.325A 무선표경 5.350 5.325 5.326 926-942 고정 이동(항공이동 제외) 5.317A 무선표경 5.325	890-942 고정 이동 5.317A 방송 무선표경	894-942 고정 이동 5.317A 무선표경	코드없는 전화기 K54 양방향무선호출 K70 무선데이터통신 K28A 특정소용량(소형 및 소형 신호전송용) K37D RFID/USN 등 K90B K90D 이동통신 K38B K91
5.323 942-960 고정 이동(항공이동 제외) 5.317A 방송 5.322 5.323	942-960 고정 이동 5.317A 방송	942-960 고정 이동 5.317A 방송 5.320	942-960 고정 이동 5.317A	특정소용량(소형 및 소형 신호전송용) K37D 코드없는 전화기 K54 방송중계 K64 이동통신 K88B K91

K90B
13552~13568 MHz, 908.5~914 MHz의 주파수대역은 RFID/USN (Radio Frequency Identification/Ubiquitous Sensor Network)용으로 사용할 수 있다. 다만, 908.5~914 MHz 대역의 RFID/USN용 무선설비는 2009년 6월 30일까지 형식등록을 허용하고, 2011년 6월 30일까지 사용을 허용한다.

K90D
915~923.5 MHz의 주파수대역은 RFID/USN 등의 무선설비용으로 사용할 수 있다. 다만, 인접대역으로부터의 유해 간섭을 허용하고 동일 대역내에서의 유해 간섭을 상호 허용하는 조건으로 사용하여야 한다.

K88B
905~915 MHz(이동국 송신) 및 950~960 MHz(기지국 송신)의 주파수대역은 이동통신용으로 사용한다.

<그림 5-6> 900MHz 주파수 재배치 분배 고시5)

FM중계 대역은 분배 예정인 이동통신 하향 주파수대역(950~960MHz)내에서 사용중인 FM 방송중계 101국(예비장치 포함)은 2010년말까지 1.7GHz대역으로 우선 이전하고, 942~950MHz에서 사용중인 방송중계 413국은 년도별 이전 계획을 수립하여 '13년

5) 대한민국 주파수 분배표 전부 개정(방송통신위원회고시 제2008-136호, 2008년 12월 31일)

말까지 1.7GHz대역으로 이전토록 추진토록 한다.

이동통신 주파수 대역 확보를 위해 기존 RFID 주파수 대역(908.5-914MHz) 제품의 형식등록은 '09년 6월 30일로 규정하여 제조사의 신규모델 개발 유도 및 시장의 빠른 적응을 통한 국내 산업활성화 진작을 위해 6개월의 짧은 유효기간을 설정하였다. 또한 기존 생산제품의 시장 소화능력과 일반 사용자의 혼선을 최소화기 위하여 '11년 6월까지 주파수 사용시한을 설정하여 고시안이 마련되었다. 또한, 기존의 RFID무선기기를 2010년 6월 30일까지 개정된 기술기준에 적합토록 변경할 경우 형식검정·형식등록 및 전자파적합등록에 관한 고시(방송통신위원회 고시 제2008-118호, 2008. 8. 7.) 제8조의 구비서류에도 불구하고 인증사항변경 신고서만 전파연구소장에게 제출토록 하였다.

이번 주파수 분배안 중 특이한 점중에 하나는 RFID 주파수를 전용 주파수로 부여하지 않고, 기술중립성을 고려한 모든 무선기기 사용이 가능한 점이다. RFID기술뿐만 아니라 기술기준에 제시된 조건을 충족한 다양한 기술의 진입이 가능토록 열어두었다. 향후 이러한 기술중립성을 고려한 주파수 분배 및 기술기준 마련은 점차 확대될 것으로 예상된다.

또한 RFID 주파수 대역과 인접하여 USN용으로 917~ 923.5MHz 대역 중 920.6~923.5MHz대역로 정하고 기술기준이 마련된 점이다. 개정 전에는 USN에 관한 기술적 정의가 부재했는데 이를 명확히 규정하므로써 다양한 어플리케이션 출현이 예상된다.

아래 그림 5-7은 주파수 분배표와 함께 개정된 무선설비 규칙 고시문이다. 무선설비 규칙 개정안 중 900MHz 주파수 재배치와 관련해서는 FM중계 재배치를 제외한 2건에 대한 개정 사항이 반영되었다.

제99조(RFID/USN 등의 무선설비) ① 917~923.5 MHz 주파수대역의 전파를 사용하는 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 발사하는 전파의 중심주파수는 다음 표에 따른 것.

채널	주파수(MHz)	채널	주파수(MHz)	채널	주파수(MHz)	채널	주파수(MHz)
1	917.1	9	918.7	17	920.3	25	921.9
2	917.3	10	918.9	18	920.5	26	922.1
3	917.5	11	919.1	19	920.7	27	922.3
4	917.7	12	919.3	20	920.9	28	922.5
5	917.9	13	919.5	21	921.1	29	922.7
6	918.1	14	919.7	22	921.3	30	922.9
7	918.3	15	919.9	23	921.5	31	923.1
8	918.5	16	920.1	24	921.7	32	923.3

2. 전파형식은 NON, A1D, B1D, B7D, G1D, G7D 중 1 이상을 사용할 것.

3. 주파수허용편차는 중심주파수로부터 $\pm 40 \times 10^{-6}$ 이하일 것. 다만, 수동형 RFID (고주파신호의 반사파를 태그가 통신에 이용하는 것)의 경우 $\pm 10 \times 10^{-6}$ 이하일 것.

4. 공중선결대이득을 포함한 복사전력은 10 mW 이하 (채널 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18번에서는 3 mW 이하)일 것. 다만 수동형 RFID 판독기와 기록기의 경우 채널 2, 5, 8, 11, 13, 17에서 4W이하, 채널 20 부터 32까지는 200 mW 이하일 것.

5. 점유주파수대폭은 917~923.5 MHz 이내일 것. 다만 수동형 RFID의 판독기와 기록기의 경우에는 200 MHz 이하일 것.

6. 주파수호핑 방식을 이용하는 경우 16개 (수동형 RFID 판독기와 기록기의 경우 6개) 이상의 중첩되지 않는 채널을 사용하고, 채널당 연속 점유 시간이 0.4초 이내일 것.

7. 송신전 신호감지 (Listen Before Transmission) 방식을 이용하는 경우 송신전 5 ms 이상 수신하여 그 수신신호의 세기가 -65 dBm 이하인 경우에 한하여 전파를 발사하고, 4초 이내에 송신을 중단하여 50ms 이상 휴지할 것.

8. 6호와 7호 이외의 방식을 이용하는 경우에는 특정 채널의 점유시간이

임의의 20 초 주기 동안에 2%이내일 것

9. 송신중의 불요발사는 공중선 결대이득을 포함하여 다음의 기준값 이내 일 것

주파수	기준값	비고
1MHz 미만	- 36 dBm	* 단 지정주파수대역의 끝으로부터 50MHz 이내의 주파수에서는 기준대역폭 3MHz를 적용한다.
1MHz 이상	- 30 dBm	

10. 수신 또는 송신 대기 상태의 부차적 전파발사는 공중선 결대이득을 포함하여 다음의 기준값 이하일 것

주파수	기준값	기준 대역폭
1 MHz 미만	- 54 dBm	100 MHz
1 MHz 이상	- 47 dBm	1 MHz

a. 개정된 RFID/USN 등 무선설비 규칙

제98조(특정소출력무선국용 무선설비) 중

④ 음성 및 음향신호 전송용 특정소출력무선기기의 기술기준은 다음 각 호와 같다.

1. 용도, 주파수, 실효복사전력, 점유주파수대폭

용도구분	주파수(MHz)	전파형식	실효복사전력	점유주파수대폭
무선호출	219.150-219.175	F3E	10W 이하	16kHz 이하
	219.200-219.225	G3E		
무선마이크 및 음향신호전송용	72.610-73.910	F3E	10W 이하	(1) 주파수가 100kHz 이하의 경우 : 60kHz 이하 (2) 주파수가 100kHz 초과시 경우 : 200kHz 이하
	74.000-74.800	G3E		
	75.620-75.790	F2E		
	179.020-179.280	G2E		
	217.250-220.110	F7W		
	223.000-225.000	F8W		
	740.000-752.000	G8W		
	925.000-932.000	F9W		
		G9W		

2. 무선호출용 무선기기는 다음의 조건에 적합할 것

가. 주파수허용편차는 $\pm 7 \times 10^{-6}$ 이하일 것

나. 하나의 캐비닛 안에 수용되어 있고 쉽게 개봉할 수 없을 것. 다만 전원설비 및 제어장치는 예외로 한다.

다. 외부급전선을 가지지 아니할 것

라. 송신장치의 인접채널 누설전력은 반송파 주파수로부터 ± 25 kHz 떨어진 주파수의 ± 8 kHz의 대역내에 복사된 전력이 반송파전력보다 40dB 이상 낮을 것

마. 다른 기기의 오동작을 방지하고 다른 기기의 신호에 의한 오동작을 일으키지 않도록 기기별 코드식별기억장치를 갖출 것

바. 스피리어스영역에서의 불요발사는 제5조의 기준에 적합할 것

3. 무선마이크 및 음향신호전송용 무선기기는 다음의 조건에 적합할 것

가. 주파수 변조용 무선기기의 최대주파수편차는 다음의 지정주파수별로 제시된 허용치 이하일 것

(1) 100MHz 이하 : ± 22 kHz

(2) 100MHz 초과 : ± 75 kHz

나. 주파수허용편차는 반송파주파수의 $\pm 20 \times 10^{-6}$ 이내일 것

다. 불요발사는 다음과 같을 것

(1) 반송파의 주파수로부터 점유주파수대폭의 1/2 이상 떨어진 주파수에서 300Hz 분해대역폭으로 측정된 경우 반송파의 평균전력에 비하여 25 dB 이상 낮을 것

(2) 반송파의 주파수로부터 점유주파수대폭 이상 떨어진 주파수에서 300Hz 분해대역폭으로 측정된 경우 반송파의 평균전력에 비하여 35 dB 이상 낮을 것

(3) 반송파의 주파수로부터 점유주파수대폭의 2.5 배 이상 떨어진 주파수에서 100kHz 분해대역폭으로 측정된 평균전력 값이 -13dBm 이하일 것

(4) 사용 주파수대역 밖에서는 다음 표와 같을 것

주파수	기준값	비고
1GHz 미만	- 36 dBm	* 단 지정주파수대역의 끝으로부터 50MHz 이내의 주파수에서는 기준대역폭 3MHz를 적용한다.
1GHz 이상	- 30 dBm	

b. 개정된 무선마이크 무선설비 규칙

<그림 5-7> 900MHz 채널 재배치에 따른 무선설비 규칙 고시

6) 방송통신위원회고시 제2008-137호(2008년 12월 31일) 무선설비규칙

제6장 결론 및 향후계획

본 연구는 900MHz 대역을 회수·재배치하여 주파수의 효율적 이용을 실현하고, 글로벌 로밍이 가능한 이동통신 주파수(20MHz)의 확보 및 현재 사용중인 FM중계, RFID/USN, 무선마이크 등의 원활한 재배치 방안을 마련하는 것을 연구목적으로 추진되었다.

주요 연구성과로

첫째, 신규 이동통신 대역(905-915MHz, 950-960MHz)확보를 위한 기본 계획 수립 및 무선전화기와 '13년까지 대역내 사용 가능 확인

둘째, FM중계(942-960MHz)의 이동통신 하향 주파수대역(950~960MHz)내에서 FM방송 중계 101국(예비장치 포함)은 2010년말까지, 나머지 방송중계 413국은 '13년 말까지 1.7GHz대역으로 이전

셋째, RFID/USN 주파수(908.5-923MHz)와 무선마이크(928-930MHz, 950-952MHz)은 기술 중립성을 고려하여 RFID/USN 등 무선기기가 이용 가능토록 용도범위를 확대했으면, 주파수 대역은 각각 917-923.5MHz와 925-932MHz로 이전

이다.

이상의 추진 성과를 주파수 분배 및 기술기준 개정안을 통해 고시되는 연구성과를 도출했다. 향후 이번 900MHz 재배치 계획을 통해 기존 이동통신에 할당된 주파수의 재할당('11.6월) 정책과 연계하여 이동통신 사업자 간 경쟁촉진을 위한 정책 자료로 활용이 예상된다.

본 연구 결과는 900MHz 주파수 재배치 방안 수립을 위한 신규 이동통신 주파수 확보, RFID/USN·무선마이크 주파수 재배치, FM중계 주파수 재배치 방안을 도출했다. 이러한 결과를 토대로 기존 주파수 대역내 장비에 대한 사용시한 만료 및 산업계 혼선을 최소화하기 위한 홍보방안 수립, 산업계 의견 수렴 그리고 최종 이용자가인 국민들에게 충분한 주파수 재배치 결과 및 생활에 미치는 영향 등을 다양한 홍보방안을 마련하여 추진하는데 활용될 것을 제안한다.

또한 900MHz대역 주파수 재배치 연구 결과를 통해 1GHz이하 대역에 대한 정책 수립에 및 관련 전파산업 활성화에 기여가 예상된다. 900MHz 대역은 잠재적 가능성이 우

수한 대역으로 향후 신규 이동통신 주파수 분배에 따른 사업자의 기지국 설치 및 망 설계 시 상대적으로 높은 대역보다 경제적 우위성을 보일 것이 확실하다. 특히 유럽 방식을 고려한 FDD 40MHz 대역폭 확보를 통해 보다 편리한 글로벌 로밍이 가능하게 되었으며, 국제 이용 주파수 대역 분배를 통해 국내 단말 및 시스템 제조사의 국외 진출에 기반을 마련했다. 그리고 국내 RFID 및 무선마이크의 주파수 수요 증가를 예상한 추가 확보된 주파수를 통해 관련 전자산업 활성화에 기여가 예상된다.

<붙임>

FM중계 주파수 재배치 연구반 명단

구분	소속	부서	직위	성명
연구반장	경희대학교	전파공학과	교수	송주빈
정부	방송통신위원회	주파수정책과	사무관	김신겸
	서울전파관리소	방송통신서비스과	주무관	김철묵
	중앙전파관리소	전파환경계	주무관	박경구
	RRA	전파자원연구과	연구사	임재우
방송사	KBS	기술전략기획팀	차장	이완식
			차장	박기영
	MBC	기술기획부	연구원	유인한
	SBS	기술팀	부장	정윤철
	교통방송	DMB기술팀	팀장	손재달
	도로교통공단	방송기술팀	과장	안만홍
연구소	ETRI	스펙트럼공학연구팀	책임	이주환
산하기관	KORPA	전파자원연구팀	팀장	이민호
	RAPA	기술지원팀	팀장	정찬형
	RAPA	기술지원팀	과장	구재일
소계			15명	

RFID • 무선마이크 주파수 재배치 연구반 명단

구분	기관	소속	직위	성명
연구반장	충북대	전기전자공학부	교수	김 남
정 부	KCC	주파수정책과	주무관	하수용
	RRA	전파자원연구과	연구관	류충상
	RRA	전파자원연구과	연구사	장영호
RFID 분과	순천향대	정보통신공학과	교수	강병권
	국민대	전자정보통신공학부	교수	장병준
	명지대	컴퓨터전자과	부교수	윤현구
	자코시스템	-	전무	김재민
	농심데이터시스템	RFID센터	센터장	김지태
	세연테크놀로지	연구소	이사	이상원
	삼성전자	응용기술팀	선임연구원	김용욱
	LS산전	RFID연구팀	팀장	박경철
	ETRI	RFID시스템연구팀	선임연구원	김정석
	RFID/USN협회	사업관리본부	부장	임성우
무선마이크 분과	공주대	정보통신공학과	교수	박성균
	대경바스컴	기술연구소	이사	김준호
	인터엠	기술연구소	선임연구원	이기원
	서울음향	기술부	실장	김도석
	시스콤	기술부	차장	이종보
	세종문화회관	기술팀	차장	박임서
	ETRI	스펙트럼공학연구팀	책임연구원	박승근
	ETRI	스펙트럼공학연구팀	선임연구원	손호경
산학기관	RAPA	기술지원팀	팀장	정찬형
	RAPA	기술지원팀	과장	구재일
	RAPA	기술지원팀	과장	김현진
소계			이상 25 명	

1. 본 연구보고서는 방송통신위원회의 출연금 등으로 수행한 정보통신연구개발사업의 연구결과입니다.
2. 본 연구보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 방송통신위원회 정보통신연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.