

## 제 출 문

본 보고서를 「복사성 전력 최적 측정법 및 측정 환경에 대한 연구」 과제의 결과보고서로 제출합니다.

2007. 11. 20.

연구책임자 : 추 호 성 ( 홍익대학교 )

연구보조원 : 안 승 범 ( 홍익대학교 )

조 치 현 ( 홍익대학교 )

박 슬 기 ( 홍익대학교 )

이 주 용 ( 홍익대학교 )

## 요 약 문

1. 과제명 : 복사성 전력 최적 측정법 및 측정 환경에 대한 연구
2. 연구 기간 : 2007. 04. 01 ~ 2007. 11. 20
3. 연구책임자 : 추 호 성
4. 계획 대 진도
  - 가. 월별 추진내용

세부연구내용	연구자	월별 추진일정												비 고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
국내 전파환경과 공중선 전력 규제 문제점 확인	조치현													
국외의 전파환경 및 복사성 전력 규제 조사 확인	안승범													
복사성 전력 측정 위한 최적의 측정 환경에 대한 연구	안승범 박슬기													
복사성 전력 측정을 위한 최적의 측정 방법에 대한 연구	안승범 박슬기													



## 2) 외국의 EIRP/ERP 측정법과 측정 환경 확인

- o 국외의 전파환경 규제 확인
- o 무선기기에 대한 미국의 FCC 기준과 유럽의 ETS 표준 조사
- o 미국과 유럽의 EIRP/ERP 측정 환경과 측정 방법을 비교 분석

## 3) 국내 무선설비 기술기준과 실제 복사성 전력 측정값의 비교 분석

- o 공중선 전력으로 규제되는 무선기기를 주파수 대역별로 선정하여 복사성 전력 측정
- o 무선기기에 대한 공중선 전력 규제값과 복사성 전력 측정값 비교
- o 공중선 전력으로 규제되는 무선기기의 복사성 전력 규제값 제안

## 3) 복사성 전력 측정 환경 제안

- o Chamber와 기준 안테나에 대한 조사 및 연구
- o 국외의 측정 환경을 비교 분석하여 국내 여건에 맞는 최적의 측정 환경 제안

## 4) 복사성 전력 측정 방법 제안

- o 국내 공중선 전력 측정 방법과 안테나 측정법 확인
- o 국외의 측정법을 바탕으로 국내 여건에 맞는 최적의 측정법 제안

# 6. 기대효과

본 연구를 통해 국내의 현행 출력 전력 측정 방법에 대한 고찰과 미국과 유럽의 복사성 전력 측정 방법 확인을 통해 국내의 출력 전력에 대한 관심과 복사성 전력 측정 도입의 필요성을 확인하여 체계적이고 지속적인 전파 환경 보호를 위한 토대를 마련할 것이다. 또한 다양한 측정 환경에서 복사성 전력을 측정하고 비교·분석한 결과를 바탕으로 국내의 측정 환경에 대한 조건과 측정법에 대한 예시를 제공할 것으로 사료된다.

## 7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
네트워크 분석기	45 MHz~ 50 GHz	1	복사성 전력 측정	홍익 대학교		HP 8510
네트워크 분석기	45 MHz~ 6 GHz	1	복사성 전력 측정	홍익 대학교		HP 8753
S-parameter 테스트기	45 MHz~ 50 GHz	1	복사성 전력 측정	홍익 대학교		HP 8517B
전원공급기		1	복사성 전력 측정	홍익 대학교		HP 85101C
신호발생기	250 kHz~ 4.0 GHz	1	복사성 전력 측정	홍익 대학교		Agilent E4433B
신호발생기	10 kHz~ 2.7 GHz	1	복사성 전력 측정	홍익 대학교		MI 2031
스펙트럼 분석기	9 kHz~ 26.5 GHz	1	복사성 전력 측정	홍익 대학교		LG SA-990
스펙트럼 분석기	100 Hz~ 26.5 GHz	1	복사성 전력 측정	홍익 대학교		Agilent E4407B

## 8. 기타사항 : 해당사항 없음.

# SUMMARY

Up until recently, the domestic regulation concerning output power of wireless systems was based mainly on the conducted power without much consideration of the antenna gain. As such, difficulties have existed regarding practical and systematical regulation of the output power that is emitted from different types of wireless systems. In this research we study the methodology of the radiation power measurement which is probably the most crucial element in adopting a radiation power regulation. Specifically, we propose a measurement procedure and the required test environment for a suitable radiation power measurement by taking into account various circumstances such as the measurement facilities and available technologies. The following summarizes our investigative efforts.

First, we have surveyed the radiation power regulation and the radiation power measurement procedures currently in place in various countries. The domestic regulation of the output power is basically constructed by limiting the conducted power or the radiation field strength. In case of the conducted power regulation, it is nearly impossible to limit the actual radiated power since it does not consider the antenna gain. In the case of the field strength regulation on the other hand, it is difficult to maintain strict requirements of the test site.

Most of the other countries carry out the regulation of the output power based on the radiation power instead of the conducted power. For example, FCC restricts the radiation power from most wireless systems, and the EIRP/ERP is typically used to estimate the radiation power. The standard procedure and the required test site are proposed in ANSI standards. In Europe, ETS also regulates the radiated power of many radio devices as measured by EIRP/ERP, and their standard procedures for measuring radiation power are addressed in ETSI EN

Based on the survey of radiation power measurement in other countries we recommend using EIRP/ERP as the regulation of the radiation power. To accurately measure the EIRP/ERP of a given wireless system, we also

propose the appropriate measurement procedures and the test sites by taking into account the various prevailing circumstances such as the measurement facilities and technologies.

To verify the proposed measurement procedures and test sites, we measured EIRP/ERP of various wireless systems at three different test sites, namely a typical room environment, a semi-anechoic chamber, and a fully-anechoic chamber. The results of the measured EIRP/ERP in the various measurement sites agree well with one another, and their deviations are less than about 2 dB. These results confirm that the proposed measurement procedures and test sites are appropriate for the radiation power measurement for various wireless systems.

# 목 차

표 목 차 .....	10
그림목차 .....	12
제 1 장 서론 .....	16
제 1 절 복사성 전력 측정의 필요성 .....	16
제 2 절 복사성 전력의 정의와 국내·외 동향 .....	17
1. 복사성 전력 .....	17
2. 출력 전력 국내 동향 .....	19
3. 출력 전력 세계적 동향 .....	20
제 2 장 국내·외 전파관리 현황 및 출력 전력규제 .....	21
제 1 절 국내 전파관리 현황 .....	21
제 2 절 국외 전파관리 현황 .....	23
제 3 절 국내 출력 전력 기술 기준 .....	25
제 4 절 국외 복사성 전력 측정동향 분석 .....	28
1. 미국의 복사성 전력 측정 방법 .....	28
2. 유럽의 복사성 전력 측정 방법 .....	34
제 3 장 복사성 전력 측정 제안 및 복사성 전력 계산법 .....	43
제 1 절 복사성 전력 측정장과 측정법 제안 .....	43
1. 복사성 전력 측정장 제안 .....	43
2. 복사성 전력 측정법 제안 .....	45
제 2 절 복사성 전력 계산법 .....	46
제 4 장 무선기기 복사성 전력 측정 .....	51
제 1 절 국내 무선설비규칙 .....	51



제 2 절 무선기기의 복사성 전력 측정 .....	54
1. 측정장 환경 및 측정법 .....	55
2. 무선 마이크 복사성 전력 측정 .....	60
3. ZigBee 복사성 전력 측정 .....	66
4. 무선 랜 AP 복사성 전력 측정 .....	78
5. RFID 복사성 전력 측정 .....	85
6. 코드 없는 전화기 복사성 전력 측정 .....	97
 제 5 장 결론 .....	 119
 참고문헌 .....	 121

## 표 목 차

표 2-1 국내 인증제도 현황 .....	23
표 2-2 무선설비의 공중선 전력과 전파응용설비의 고주파 출력측정 및 산출방법 (정보통신부고시 제2001-15호) .....	26
표 2-3 공중선 전력 허용편차 (무선설비규칙 별표 5) .....	26
표 2-4 공중선 전력 측정표 (전파법시행규칙 별지 제 18호 서식) .....	27
표 2-5 ANSI/TIA-603-C 복사성 전력 측정 내용 .....	28
표 2-6 5 m × 5 m × 10 m 크기의 anechoic chamber 특성 .....	30
표 2-7 ANSI C63.4 복사성 전력 내용 .....	32
표 2-8 주파수에 따른 기준 안테나 .....	32
표 2-9 ETSI EN 300 220 복사성 전력 내용 .....	34
표 2-10 ETSI EN 300 330 복사성 전력 내용 .....	37
표 3-1 미국과 유럽의 측정 환경 비교 .....	42
표 3-2 수신 안테나의 높이 변화가 없는 측정장에서의 상호 결합 및 부정합 손실 보정 .....	47
표 3-3 수신 안테나의 높이 변화가 있는 측정장에서의 상호 결합 및 부정합 손실 보정 .....	48
표 3-4 수신 안테나의 높이 변화가 있는 측정장에서의 수신 안테나의 높이에 따른 오프 보어 사이트 신호 손실 .....	49
표 3-5 수신 안테나의 높이 변화가 있는 측정장에서의 수신 안테나의 높이에 따른 측정거리 신호 손실 .....	50
표 4-1 출력 전력 관련 무선설비규칙 .....	51
표 4-2 무선설비 세부 기술기준 (무선설비규칙 제5장 제24조 제2항) ...	52
표 4-3 기타업무용 무선설비의 기술기준 (전파연구소고지 제2006-84호) .....	53

표 4-4 음성 및 음향신호 전송용 특정 소출력 무선기기 (주파수와 공중선 전력 기준) .....	59
표 4-5 무선 마이크의 복사성 전력 계산값 및 측정값 .....	66
표 4-6 무선 데이터 통신시스템용 특정 소출력 무선기기 (DSSS) .....	67
표 4-7 XBee의 복사성 전력 계산값 및 측정값 .....	73
표 4-8 XBee PRO 의 복사성 전력 계산값 및 측정값 .....	78
표 4-9 무선 데이터 통신시스템용 특정 소출력 무선기기 (FHSS) .....	79
표 4-10 무선 랜 송신 AP의 복사성 전력 계산값 및 측정값 .....	85
표 4-11 RFID/USN용 무선설비 기준 .....	85
표 4-12 RFID 시스템의 복사성 전력 계산값 및 측정 기준 .....	96
표 4-13 z형 코드없는 전화기의 고정장치 복사성 전력 계산값 및 측정값 .....	107
표 4-14 z형 코드없는 전화기의 휴대장치 복사성 전력 계산값 및 측정값 .....	108
표 4-15 1.7GHz 대역 코드없는 전화기의 고정장치 복사성 전력 계산값 및 측정값 .....	117
표 4-16 측정 대상기기의 무선설비 기술기준 정리 .....	117
표 4-17 측정 대상기기의 EIRP값과 제안 기준치 .....	118

# 그 립 목 차

그림 1-1 EIRP와 ERP의 실효지역 .....	18
그림 1-2 복사성 전력 측정 방법 .....	19
그림 2-1 국내 주파수관리 조직 .....	22
그림 2-2 ERP측정 환경 .....	30
그림 2-3 ANSI/TIA-603-C 규정의 ERP 측정 순서도 .....	31
그림 2-4 전자기 출력 증정 방법 .....	33
그림 2-5 Anechoic chamber 측정장 .....	35
그림 2-6 Ground가 있는 anechoic chamber 측정장 .....	35
그림 2-7 일반적인 야외 시험장 .....	36
그림 2-8 ERP 측정 방법 .....	37
그림 2-9 30MHz 미만의 전계강도 측정 순서 .....	38
그림 2-10 ETS EN 300 328 제안된 야외 시험장 .....	39
그림 2-11 Anechoic chamber의 일반적인 규격 .....	39
그림 2-12 EIRP spectral density 측정 방법 .....	40
그림 2-13 실내 시험장 규격 .....	41
그림 3-1 제안된 복사성 전력 측정 환경 .....	44
그림 3-2 제안된 복사성 전력 측정방법 순서도 .....	45
그림 4-1 복사성 전력 측정장 .....	55
그림 4-2 복사성 전력 측정시 사용된 안테나 .....	56
그림 4-3 네트워크 분석기 (HP 8510C)와 S-parameter 테스트기 (HP 8517B) .....	57
그림 4-4 스펙트럼 분석기 .....	58
그림 4-5 신호 발생기 (Agilent E4433B) .....	59
그림 4-6 S사의 750 MHz 대역 무선 마이크 .....	60
그림 4-7 실내 환경 측정시 무선 마이크의 수직편파 최대 출력 .....	61

그림 4-8 실내 환경 측정시 무선 마이크의 수평편파 최대 출력 .....	62
그림 4-9 Semi-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수직편파 최대 출력 .....	63
그림 4-10 Semi-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수평편파 최대 출력 .....	64
그림 4-11 Fully-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수직편파 최대 출력 .....	65
그림 4-12 Fully-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수평편파 최대 출력 .....	66
그림 4-13 M사의 상용 ZigBee kit인 XBee PRO .....	67
그림 4-14 실내 환경 측정시 XBee의 수직편파 최대 출력 .....	68
그림 4-15 실내 환경 측정시 XBee의 수평편파 최대 출력 .....	69
그림 4-16 Semi-anechoic chamber 측정시 XBee의 수직편파 최대 출력 .....	70
그림 4-17 Semi-anechoic chamber 측정시 XBee의 수평편파 최대 출력 .....	71
그림 4-18 Fully-anechoic chamber 측정시 XBee의 수직편파 최대 출력 .....	72
그림 4-19 Fully-anechoic chamber 측정시 XBee의 수평편파 최대 출력 .....	72
그림 4-20 실내 환경 측정시 XBee Pro의 수직편파 최대 출력 .....	74
그림 4-21 실내 환경 측정시 XBee Pro의 수평편파 최대 출력 .....	75
그림 4-22 Semi-anechoic chamber 측정시 XBee Pro의 수직편파 최대 출력 .....	76
그림 4-23 Semi-anechoic chamber 측정시 XBee Pro의 수평편파 최대 출력 .....	76
그림 4-24 Fully-anechoic chamber 측정시 XBee Pro의 수직편파 최대 출력 .....	77
그림 4-25 Fully-anechoic chamber 측정시 XBee Pro의 수평편파 최대 출력 .....	78

그림 4-26 KT의 무선 랜 송신 AP 장비 (MW-3000 AP) .....	79
그림 4-27 실내 환경 측정시 무선 랜 AP의 수직편파 최대 출력 .....	80
그림 4-28 실내 환경 측정시 무선 랜 AP의 수평편파 최대 출력 .....	81
그림 4-29 Semi-anechoic chamber 측정시 무선 AP의 수직편파 최대 출력 .....	82
그림 4-30 Semi-anechoic chamber 측정시 무선 AP의 수평편파 최대 출력 .....	83
그림 4-31 Fully-anechoic chamber 측정시 무선 AP의 수직편파 최대 출력 .....	84
그림 4-32 Fully-anechoic chamber 측정시 무선 AP의 수평편파 최대 출력 .....	84
그림 4-33 A사의 리더 시스템과 리더 안테나 .....	86
그림 4-34 혼 안테나와 A사의 시스템 안테나 이득 .....	87
그림 4-35 실내 환경 측정시 RFID 리더 안테나의 수직편파 최대 출력 .....	89
그림 4-36 실내 환경 측정시 RFID 리더 안테나의 수평편파 최대 출력 .....	90
그림 4-37 Semi-anechoic chamber 측정시 RFID 리더 안테나의 수직편파 최대 출력 .....	91
그림 4-38 Semi-anechoic chamber 측정시 RFID 리더 안테나의 수평편파 최대 출력 .....	93
그림 4-39 Fully-anechoic chamber 측정시 RFID 리더 안테나의 수직편파 최대 출력 .....	94
그림 4-40 Fully-anechoic chamber 측정시 RFID 리더 안테나의 수평편파 최대 출력 .....	96
그림 4-41 코드 없는 무선 전화기 .....	98
그림 4-42 실내 환경 측정시 2형 코드없는 전화기의 수직편파 최대 출력 .....	99
그림 4-43 실내 환경 측정시 2형 코드없는 전화기의 수평편파 최대 출력 .....	99

그림 4-44 Semi-anechoic chamber 측정시 2형 전화기의 수직편파 최대 출력 .....	102
그림 4-45 Semi-anechoic chamber 측정시 2형 전화기의 수평편파 최대 출력 .....	103
그림 4-46 Fully-anechoic chamber 측정시 2형 전화기의 수직편파 최대 출력 .....	105
그림 4-47 Fully-anechoic chamber 측정시 2형 전화기의 수평편파 최대 출력 .....	106
그림 4-48 실내 환경 측정시 1.7GHz 대역 전화기의 수직편파 최대 출력 .....	109
그림 4-49 실내 환경 측정시 1.7GHz 대역 전화기의 수평편파 최대 출력 .....	110
그림 4-50 Semi-anechoic chamber 측정시 1.7GHz 대역 전화기의 수직편파 최대 출력 .....	112
그림 4-51 Semi-anechoic chamber 측정시 1.7GHz 대역 전화기의 수평편파 최대 출력 .....	113
그림 4-52 Fully-anechoic chamber 측정시 1.7GHz 대역 전화기의 수직편파 최대 출력 .....	115
그림 4-53 Fully-anechoic chamber 측정시 1.7GHz 대역 전화기의 수평편파 최대 출력 .....	116

# 제 1장 서론

## 제 1 절 복사성 전력 측정의 필요성

최근 전파분야의 지속적인 발전과 새로운 전파이용기술이 상용화됨에 따라 다양한 무선기기들이 개발되고 있으며 무선기기의 출력 전력에 따른 주파수 혼신과 상호 간섭, 전자파 인체 흡수 등의 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제점들을 해결하고 무선설비의 보호와 전파이용 통신서비스의 질적 수준을 유지하기 위해 실질적이고 체계적인 전파환경에 대한 관리가 필요하다.

국내의 전파환경에 대한 관리는 출력 전력과 EMC, 스푸리어스 등으로 이루어지고 있으며 정부의 주도하에 전파관리가 이루어지고 있다. 그 중 출력 전력 관리는 주로 공중선 전력을 통해 이루어지며, 특정 무선기기에 대해서는 전계강도를 통해 출력 전력에 대한 관리를 하고 있어 체계적이고 일괄적인 관리가 필요한 실정이다. 공중선 전력은 복사되는 출력 전력이 아닌 전도성 전력에 대한 규제이므로 안테나 이득 및 안테나 끝단에서 발생하는 임피던스 부정합을 고려한 실제 복사 전력과는 상이할 수 있다. 따라서 무선기기에 대한 안테나 이득에 대한 언급이 명확하지 않는 국내 여건상, 안테나 이득을 높였을 경우에 발생하는 무선기기 간의 간섭 및 혼신에 의한 시스템 전송률 저하나 오류 발생 가능성 증가 등의 문제점이 발생할 수 있다. 또한 공중선 전력을 기준으로 할 경우는 출력 전력과 안테나 이득에 대한 트레이드오프(trade off)가 불가피하여 산업적인 측면에서 무선기기 개발에 유연성 확보가 어렵고, 국외의 복사성 전력 기술 기준과 상이하여 수출·입시 무선기기의 재설계와 재측정 등이 필요하며 산업비용의 증대와 해당 기업체의 경쟁력 약화를 가져온다.

미국과 유럽의 경우는 출력 전력 측정을 복사성 전력 측정으로 시행하고 있으며 세계적인 동향도 미국과 유럽의 기준을 따라가고 있는 추세이다. 복사성 전력은 EIRP(equivalent isotropic radiated power)와 ERP(effective radiated power) 등을 사용하여 전도성전력과 안테나의 이득 뿐 아니라 임피던스 부정합까지 고려한 무선기기의 실제 복사되는 전력을 의미한다. 미국의 경우 국가기관인 FCC의 CFR 47을 통해 복사성 전력에 대한 정의와 측정 방법 등에 대해 기술하고 있으며 불요 전자파와 전자파의 인체 노출에 대해서도 세부적으로 언급하고 있으며, 유럽의 경우는 전기통신 표준협회인 ETSI에서 ETS EN의 무선국을 통해 복사성 전력 관련 기술기준과 무선기기에 대한 세부적인 출력 전력을 기술하고 있다. 또한 우리와 같이 공중선 전력 측정 방법을 출력 전력 측정 방법으로 사용하는 일본도 복사성 전력 측정으로의 전환 및 도입을 시도하고 있으며, 무선기기의 새로운 거대 시장으로 떠오른 중국의 경우에도 복사성 전력 측정을 사용하고 있다.

복사성 전력의 측정은 정확한 전파전달거리 예측으로 전파의 보다 안정된 관리가 가능하며, 소형 및 일체형 무선기기의 출력 전력 관리가 용이해 도입 필요성이 증가되고



있다. 최근 전파통신의 발달과 더불어 국제적으로 1 GHz 이상의 주파수를 사용하는 무선기기의 사용이 증가하고 있으며, 안테나가 소형화되고 무선기기와 일체화 되고 있다. 일체형 안테나가 장착된 무선기기를 측정할 경우 국내 공중선 전력 측정 방법을 이용하면 안테나를 강제 분리시켜 측정해야 함에 따라 측정 신뢰도가 저하되지만, 복사성 전력 측정을 이용할 경우 송신기에 안테나가 부착되어 있는 상태로 측정함으로써 측정 신뢰도를 확보할 수 있다. 또한 공중선 전력을 이용한 전파관리는 고이득 안테나 사용에 의한 전파전달거리 확대로 무선국간 상호간섭, 혼신이 야기되어 주파수 관리가 어렵지만 복사성 전력을 이용한 전파관리는 주파수에 관계없이 통일된 규격을 적용하기 때문에 안정적인 주파수 관리가 가능하다. 복사성 전력 측정의 도입으로 국내의 무선기기 수출업체와 시험기관은 국제적으로 통일된 출력 전력 측정 방법을 사용함으로써 측정법 차이에 의한 혼동 방지로 측정신뢰성을 확보할 수 있으며 재측정으로 인한 산업비용의 증대를 줄일 수 있다.

본 연구에서는 국내·외의 복사성 전력 측정 방법에 대한 현황을 살펴봄으로써 전파 환경에 대한 중요성을 인지하였다. 국내의 공중선 전력 측정 방법과 미국과 유럽의 복사성 전력 측정 방법을 살펴봄으로써 복사성 전력 측정 도입의 필요성을 확인하였다. 또한 국내의 측정 여건을 고려하여 최적의 측정법과 측정 환경을 제시하며 이에 대한 검증을 위해 소출력 무선기기를 선정하여 복사성 전력을 측정하고 현 출력 전력 규제인 공중선 전력 규제값과 비교함으로써 복사성 전력 전환시의 적절한 기준치를 제시하였다.

## 제 2 절 복사성 전력의 정의와 국내·외 동향

본 절에서는 복사성 전력에 대한 기본적인 이해와 실제 측정 방법에 대하여 간단히 살펴보고 국내·외의 출력 전력 측정에 대한 일반적인 동향을 살펴보았다.

### 1. 복사성 전력

복사성 전력이란 안테나의 지향성이 최대가 되는 안테나 이득값과 송신기로부터 안테나에 전달되는 실질적인 전력을 곱한 값을 의미한다. 기존의 공중선 전력 측정은 시스템과 안테나를 분리시켜 먼저 시스템의 출력 전력을 측정하고, 안테나의 이득을 따로 측정한다. 하지만 복사성 전력 측정을 사용하면 시스템과 안테나를 분리시키지 않고 실제 복사되는 출력 전력을 구할 수 있다. 복사성 전력 측정시 주파수대 대역별로 1 GHz 이하인 경우에는 기준 안테나로서 반파장 다이폴을 주로 사용하여 ERP를 측정하며, 1 GHz 이상인 경우에는 혼 안테나를 기준 안테나로서 사용하여 EIRP를 측정한다. 그림 1-1에서 보는 바와 같이 EIRP의 실효지역은  $1.64\lambda^2/4\pi$ 이고, ERP의 실효지역은  $\lambda^2/4\pi$ 가 되어 두 실효지역의 차이는 1.64배가 된다. 따라서 EIRP와 ERP의 관계는

식 (1-1)로 표현될 수 있다.

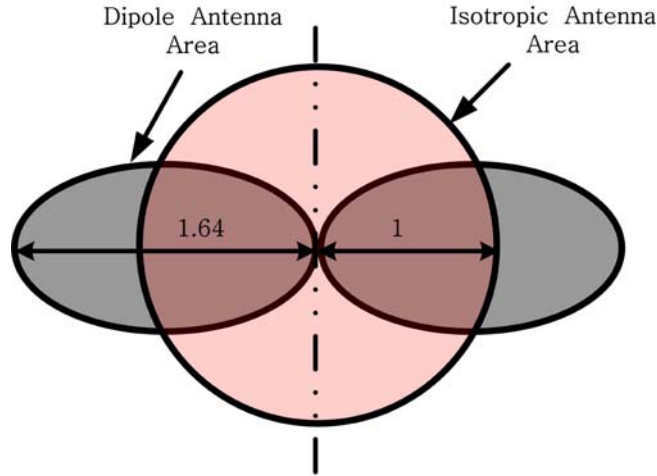


그림 1-1. EIRP와 ERP의 실효지역

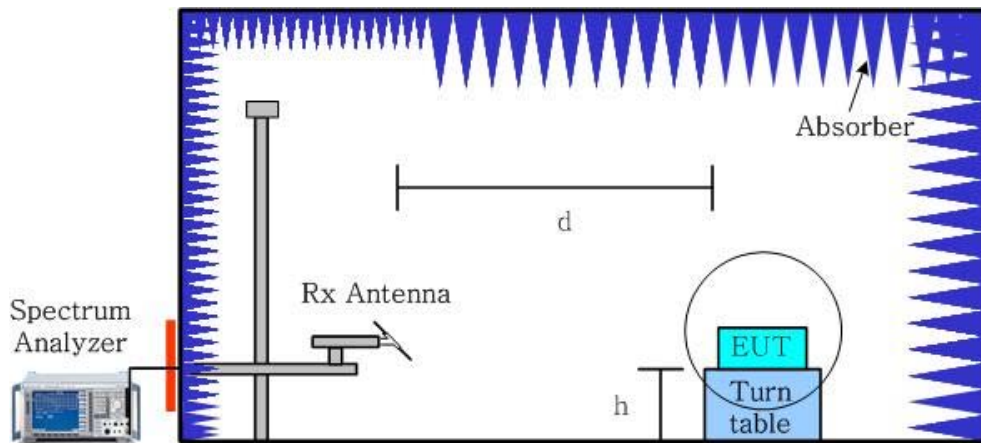
$$EIRP = ERP + 2.15 \text{ dB} \quad (1-1)$$

또한 EIRP는 자유공간에서 전압의 유기정도를 나타내는 전계강도로도 아래의 식과 같이 유도될 수 있다. 식 (1-2)는 propagation equation과 전계강도에 대한 관계식을 보여주고 있으며, 이를 통해 식 (1-3)과 같이 자유공간에서 EIRP를 전계강도로 바꿀 수 있다.

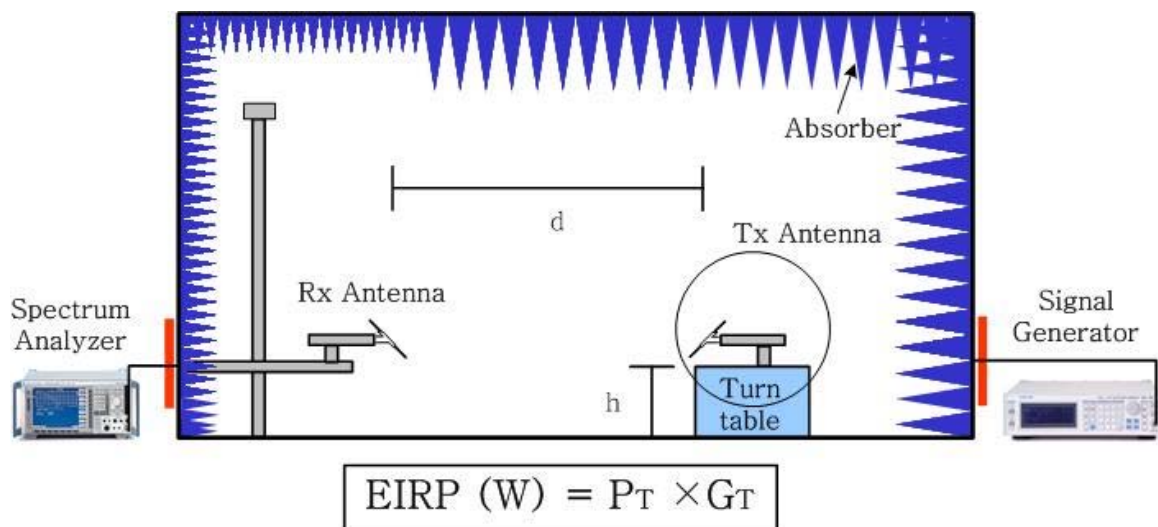
$$P = \frac{P_t}{4\pi R^2} = \frac{V^2}{Z_o} = \frac{r^2 E^2}{120\pi} \quad (1-2)$$

$$E = \frac{\sqrt{30 P_t G_t}}{R} = \frac{\sqrt{30 EIRP}}{R} \quad (1-3)$$

EIRP와 ERP 측정은 먼저 측정하고자 하는 무선기기(EUT: equipment under test)를 chamber 안의 turn-table 위에 설치하고 시스템을 동작시킨 다음 일정 거리가 떨어진 지점에서 수신 안테나의 출력이 최대가 되도록 한 후 스펙트럼 분석기로 출력 전력을 측정한다. EUT를 대치 안테나로 교체한 후 신호 발생기를 연결하고 전력을 인가하여 스펙트럼 분석기에서 측정된 최대 출력과 동일한 출력이 나올 때까지 인가전력을 높여 준다. 인가전력을 기록하고 대치 안테나의 이득을 고려하면 EIRP와 ERP를 계산할 수 있다. 그림 1-2는 EIRP 측정 환경 및 방법을 보여주고 있다.



(a) 무선기기의 최대 출력 측정



(b) 동일 출력을 위한 기준 안테나의 인가전력 측정

그림 1-2. 복사성 전력 측정 방법

## 2. 출력 전력의 국내 동향

국내의 경우 공중선 전력 측정을 기준으로 출력 전력을 측정 및 제한을 하고 있으며 무선설비규칙을 통하여 공중선 전력의 규제값과 측정 방법을 제시하고 있다. 국내의 전파 관련 기술기준은 법률과 대통령령, 정보통신부령으로 나누어지며, 대통령령인 전파법 시행령에 공중선 전력 및 실효복사전력에 대하여 정의되어 있고 정보통신부령인 무선설비규칙에도 복사전력과 공중선 이득에 대한 정의가 되어있다. 하지만, 송·수신 설비 및 무선기기는 무선설비규칙에 의해 공중선 전력 측정을 기준으로 제시하고 있다.

국내 무선기기 출력 전력의 기술 기준을 제시하고 있는 무선설비규칙에 대하여 자세히 살펴보면 사용 목적에 따라 무선기기를 분류하고 있다. 그 중 기타 업무용 무선설

비는 주파수 대역과 무선기기의 용도에 따라 생활무선국용 무선설비, 미약 전계강도 무선기기, 특정 소출력 무선국용 무선설비, RFID/USN용 무선설비, 코드 없는 전화기의 5가지로 분류하여 출력 전력에 대한 기준치를 제시하고 있다. 5가지의 세부 분류 중 생활무선국용, 특정 소출력 무선국용, RFID/USN용 무선기기와 코드 없는 전화기는 주로 공중선 전력에 의해 출력 전력을 제시하며, 미약 전계강도 무선기기는 전계 강도를 기준으로 출력 전력의 기준을 정의하고 있다. 출력 전력 규제시 공중선 전력과 함께 필요한 공중선 이득의 규제도 세부적인 무선기기의 종류에 따라 공중선 이득의 규제 여부가 달라 무선기기의 간섭/혼신 등의 문제점을 일으킬 수 있으며 출력 전력에 대한 일괄적인 관리가 힘든 실정이다.

### 3. 출력 전력 세계적 동향

출력 전력에 대한 세계적인 동향을 살펴보면 일본은 공중선 전력 측정 방법을 미국과 유럽, 중국 등은 복사성 전력 측정 방법을 사용하고 있다. 전파 산업의 발달과 전파 환경에 대한 관심의 증대가 출력 전력 뿐 아니라 스퓨리어스, 불요 전자파, 전자파의 인체 노출 등에 관한 규제로 이어지고 있으며 출력 전력의 경우는 여러 가지 문제점을 발생시킬 수 있으므로 중요성이 더욱 커지고 있는 실정이다. 현재 전파 산업은 미국과 유럽이 중심적인 역할을 수행하며 이에 미국과 유럽의 출력 전력 규제인 복사성 전력 측정 기준이 세계적으로 널리 쓰이고 있다. 미국은 FCC와 ANSI에서 제시하고 있는 복사성 전력 측정 기준으로 규제를 하며, 유럽은 ETSI에서 제시하는 ETS 표준으로 규제하고 있다. 또한 중국은 세계적인 추세에 발 맞춰 복사성 전력을 도입하였고 일본도 출력 전력 규제를 공중선 전력에서 복사성 전력으로 전환할 계획이다.

## 제 2 장 국내·외 전파관리 현황 및 출력 전력 규제

전파자원은 다수의 이용자가 별도의 규제 없이 사용하게 되면 간섭 및 혼신 발생과 전자파 인체에 의한 영향 등 여러 가지 문제점이 발생하고 궁극적으로는 통신 그 자체가 불가능 하게 된다. 이에 전파자원에 대한 효율적이고 지속적인 관리가 필요하며, 전파의 기술적 규제와 주파수의 배분, 할당으로 나누어 전파를 관리하고 있다.

국내의 경우 전파자원에 대한 수요가 크지 않았던 시기에는 정부에 의해 전파관리가 주도적으로 이루어졌으나, 최근에는 IT와 유비쿼터스 기반산업 발달과 더불어 전파자원의 수요가 급증하고 서비스간의 경계가 모호해짐에 따라 시장 조직을 통한 효율적이고 체계적인 관리의 중요성이 증대되고 있다.

효율적인 전파관리를 위해 출력 전력과 EMC, EMI, 스퓨리어스 등을 통하여 각 무선 기기에 대한 기준치 측정 방법의 표준을 제시하고 있으며 특히 출력 전력의 경우는 전자파 인체 흡수 및 주파수 혼신 등의 직접적인 원인이 되어 그 중요성이 더욱 강조되고 있다. 이에 출력 전력 규제 및 출력 전력 측정에 대한 동향 분석을 통해 복사성 전력 측정의 필요성을 살펴볼 것이다. 출력 전력 동향 분석으로 국내의 전력 규제 방법인 공중선 전력 측정 방법과 미국과 유럽의 복사성 전력 측정 방법을 조사할 것이다.

국내의 경우는 무선설비규칙에 의해 공중선 전력을 기준으로 출력 전력을 규제하고 있으며 무선설비규칙의 경우, 관련 서비스별, 무선기기별, 무선국별로 공중선 전력의 기준을 정하고 있다. 미국은 FCC에서 규제하고 있는 무선기기에 대한 기술기준이 있으며, 유럽은 유럽 표준기관인 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서 규제하고 있는 EN(European Norms: Telecommunications)의 무선국에 대한 기술기준이 적용되고 있다. 또한, 이러한 기술기준은 공공적인 성격이 강하여 해당 국가 내에서 반드시 지켜져야 하는 강제적인 성격을 띠고 있으며, 주로 정부 주도하에 실시된다.

본 절에서는 국내·외의 전파관리 현황과 출력 전력 규제 및 측정 방법 등을 살펴봄으로써 국내의 전파관리 및 공중선 전력 측정의 문제점을 확인하고 국외의 전파관리 방법과 복사성 전력 측정의 필요성을 확인할 것이다.

### 제 1절 국내 전파관리 현황

국내의 전파관리는 정부가 중심이 되어 전파의 기술적 규제와 주파수의 배분, 할당을 결정하고 있으며 주파수 관리의 경우는 정보통신부의 전파방송관리국에서 국제기구와의 주파수이용 협력, 주파수 이용계획수립, 주파수분배 및 할당, 사후 감시 업무 등을 주관하고 있다.

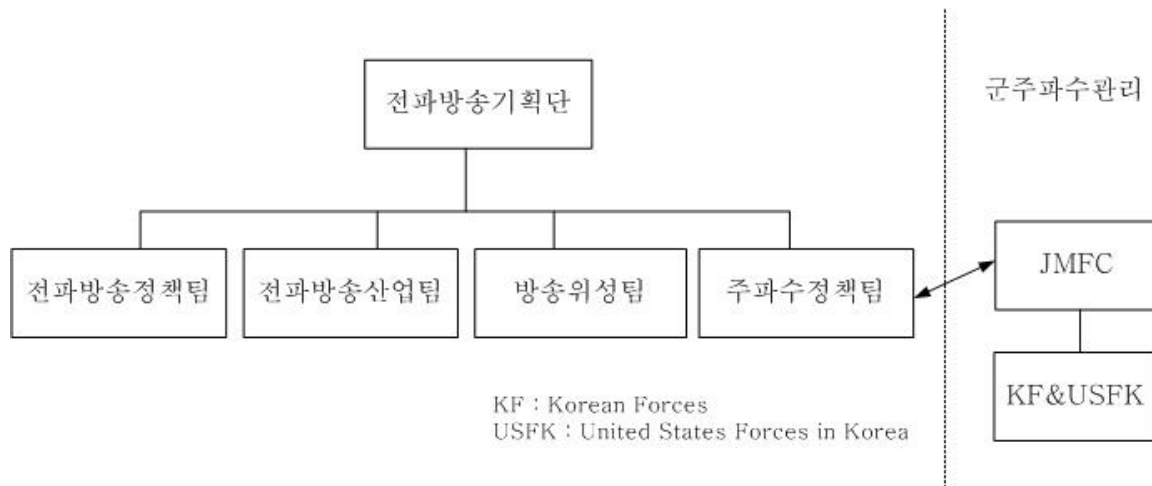


그림 2-1. 국내 주파수관리 조직

그림 2-1은 국내 주파수관리 조직에 대한 그림으로 여러 부서 중 주파수자원의 관리는 주파수과에서 주로 하고 있으며 특수용도 주파수에 해당하는 군 주파수는 미군과 한국군으로 이루어진 JMFC라는 조정기구에서 결정된다. 각 지방의 주파수할당업무의 경우는 효율적인 관리를 위해 각 지방 체신청에서 주파수업무를 지원하고 있으며, 전파관련 연구기관인 전파연구소에서는 주파수 관리 분야의 전파측정, 간섭 등의 연구를 수행하고 있다. 또한, 한정된 전파자원을 효율적으로 사용하고, 서비스 보급촉진을 위해 한국전자통신연구소와 전파진흥협회가 중심이 되어 전파자원이용자문위원회를 구성하여 장기적인 주파수이용계획과 정책수립 및 신규 서비스 분야에 대하여 연구를 진행하고 있다.

국내의 유·무선기기 관련 인증제도는 크게 4가지로 나눌 수 있으며 전파연구소를 통하여 인증 및 사후관리를 하고 있다. 시험기관의 경우는 전파연구소나 지정시험기관을 통해 실시할 수 있으며 인증절차는 제조자나 수입자가 인증을 신청하면 시험기관을 통해 인증 시험을 하고 시험 성적표의 결과에 따라 전파연구소에서 인증서를 발급하는 과정이다. 4가지의 인증제도는 형식검정, 형식등록, 전자파 적합 등록, 형식승인이 있으며 형식검정과 형식등록은 전파자원의 효율적 이용이라는 관점과 전파를 이용하는 무선기기의 성능과 품질을 보장하여 인명안전과 관련된 무선기기의 신뢰성을 확보하기 위한 제도이며, 전파를 송신할 수 있는 모든 종류의 무선기기를 대상으로 한다. 전자파 적합 등록은 전기전자 기기의 사용 급증으로 인하여 발생하는 불요 전자파 및 다른 기기나 외부의 전파에 의한 통신 장애 및 기기 오동작으로 인한 인명 및 재산 피해를 최소화하고 국내 전파환경을 보호하기 위한 제도로써 컴퓨터 및 주변기기, 네트워크 제품, 컴퓨터에 연결될 수 있는 기기, 통신 단말기기 등을 대상으로 한다. 형식승인의 경우는 기간 통신망을 외부의 전기 및 기계적 위해로부터 보호하고 사용자의 안전 및 권익을 보장하기 위한 제도이며 공중망에 접속할 수 있는 전기통신기자재, 기간통신망에

접속할 수 있는 통신기자재 등을 대상으로 한다. 인증제도의 현황을 정리하면 표 2-1과 같다.

표 2-1. 국내 인증제도 현황

구분	형식검정	형식등록	전자파 적합 등록	형식승인
근거법	전파법 제 46조		전파법 제 57조	전기통신기본법 제 33조
대상기기	-인명안전과 관련된 항공·해상용 무선기기	-형식검정 대상 외의 일반적으로 사용되는 무선기기	-전자파 발생기 및 전자파로부터 영향을 받는 기기	-기간통신망 또는 전송망에 직접 접속되는 전기통신 기자재
인증절차	-신청 (제조사, 수입자) → 시험 (전파연구소, 지정시험기관) → 인증서 발급 (전파연구소)			
인증기관	-전파연구소			
시험기관	-전파연구소 -33개 지정시험기관 ('05년 6월 기준)			
사후관리 기관	-전파연구소 유통·판매되는 기기를 수거하여 기술기준의 적합성 여부 등을 시험			

## 제 2절 국외 전파관리 현황

국외의 전파관리제도는 기술과 시장의 급격한 변화에 적절하게 대응하기 위해 시장 원리를 기반으로 한다. 주파수 이용에 대한 재산권의 개념을 도입하여 주파수 이용자의 재량을 확대함으로써 시장 환경 변화에 주파수 이용자가 능동적으로 대응할 수 있도록 하고 있으며, 전파자원이 보다 높은 가치를 창출할 수 있는 용도로 배분을 하고 있다. 또한, 주파수 부족 현상이 심화됨에 따라 신기술 개발과 효율적인 전파자원의 관리에 더 큰 힘을 쏟고 있다. 본 내용에서는 미국과 독일, 호주, 일본 그리고 중국 등의 각국의 전파관리 현황을 살펴보았다.

미국의 전파관리는 1943년 통신법의 근거에 의해 연방통신위원회(federal communications commission)인 FCC에서 민간이 사용하는 전파에 대한 관리업무를 담당하고 있으며, 정부가 사용하는 전파의 경우는 미국 상무성 산하의 국가정보 통신청(national telecommunications and information administration)인 NTIA에서 관리하며 상호간의 원활한 협력관계를 구축하고 있다. 거대한 영토를 형성하고 있는 지리적·경제적 여건 등을 고려하여 상호 보완적인 관계로 정책적 균형 발전을 이루고 있으며 부처

간 무선자문위원회(interdepartment radio advisory committee)를 두고 전파관련 전반에 관한 정보의 공유와 의견 조정을 도출하고 있다.

NTIA는 미국 상무성 소속의 기관으로 1970년 창설된 백악관의 통신정책청과 상무성의 통신청이 1978년에 통합·설립되었으며 주요 하부 집행기관들과 더불어 연방정부와 국제간의 통신과 정보기술에 관한 사항을 통괄한다. 국가주파수 기본계획 수립, 연방정부의 주파수 할당·관리, 국가 주파수 이용 및 통신정책에 관한 연구개발 지원 그리고 국가 정보화 확산 정보격차 해소 지원 등의 주요업무를 맡고 있다.

FCC는 정보통신 분야의 독립 규제기관으로 1934년 통신법에 의거하여 설립된 미국 정부의 행정 위원회이며 독립적으로 직원을 행사하고 있으나 활동에 대해서는 의회에 연차 보고서를 제출해야 한다. 이 위원회의 설치 목적은 보다 신속하고 효율적인 통신을 미국의 모든 국민이 적당한 시설과 합리적인 요금으로 이용할 수 있도록, 국내 통신 및 대외 통신을 규제하는 것이다. 임기 5년의 위원 5명으로 구성되며, 위원은 상원의 조언과 승인을 얻어 대통령이 임명한다. 또한 위원 중 동일 정당에 속하는 자는 2명을 초과하지 못하며, 위원은 매년 1명씩 임기가 만료된다. 중요업무는 공중 통신 사업자의 감독, 방송 사업자의 감독, 각종 무선국의 면허, 무선 종사자의 면허, 케이블 텔레비전 시스템의 등록, 통신 위성 시스템의 규율 등이 있다. 세부 조직을 살펴보면 7개의 사무국(bureau)과 10개의 사무소(offices)로 구성되어 있으며 이중 전파관련 담당 사무국 및 사무소로는 무선통신국(WTB)과 집행국(EB), 공학기술실(OET)이 있다. 무선통신국에서는 주파수 허가에 관한 일반적인 사항을 관장하고 집행국에서는 검사 및 감시 업무를 총괄한다. 또한 무선기기의 인증 및 전자파 관련 업무는 공학기술실에서 관장한다.

독일의 전파관리 업무는 연방 경제부 산하의 통신규제 기관인 RegTP에서 담당하며 RegTP 조직 내에서 주로 Department 5에서 주로 담당하고 있다. RegTP는 Mainz에 본부를 두고 있으며 전국에 약 50여 개의 지방 사무소를 갖고 있다. 전파감시 조직은 RegTP의 부서 5에 소속되어 있으며, 전파감시 업무는 전파감시와 조사 및 적발활동, EMC 규정에 관한 업무, 무선국 허가업무를 수행하고 있다. 전파감시 시스템은 지방사무소 44개, 감시 업무국 7개, 원격국 69개로 구성되어 있으며 권역별로 전파 감시업무를 시행하고 있으며 다른 권역의 전파를 원격으로 제어할 수 있다.

호주의 전파관리는 1992년 제정된 무선 통신법을 기초로 교통·통신국 산하기관인 ACA(australian communication authority) 내의 직할기관인 스펙트럼 관리기관(spectrum management agency)에서 구성한 무선통신 협의회(radiocommunications consultive council)를 통해 무선통신과 주파수 관리 및 개발 등의 정책과 과정을 수립하는데 중점을 두고 있다. SMA 내의 4개의 group과 14개의 지역사무소, 3개의 지역 전파 감시국 및 4개의 무인감시국을 두고 종합적이며 체계적인 전파관리를 시행하고 있으며, SMA는 주파수 기획, 주파수사용허가, 기술적인 규정, 표준 제정, 혼신 조사, 주파수감시 등의 업무를 수행하고 있다.

일본의 전파관리는 전파법을 기준으로 총무성 중심으로 이루어지고 있으며 중앙조직



과 지방조직의 긴밀한 협조체제로 체계적인 전파관리를 하고 있다. 전파관리 조직은 총무성 산하의 2국(정보통신 정책국, 종합통신 기반국)으로 운용되고 있으며 정보통신국은 14개과로 종합통신기반국은 3부 14개로 이루어져 있으며 통신종합 연구소 (communication research laboratory)에서 정보통신 기초 및 응용연구를 추진하고 있다. 전파관리 업무는 종합통신 기반국의 전파부내의 전파환경과의 감시 관리실에서 업무를 수행하고 있으며, 감시관리실은 전파관리 업무를 총괄하고 전파감시 시스템을 연구하며 전파감시 설비의 유지 및 설치를 담당하고 있다.

중국의 전파관리는 신식사업부의 무선전 관리국에 의해 이루어지고 있으며, 무선전 관리국은 5개 처로 구성되어 있다. 무선전 관리국 내의 국가무선전 감측센터와 국가무선전 스펙트럼 관리센터가 합병되어 두 개의 기관이 하나의 임원체계를 갖고 있으나 대외적으로는 국가무선전 감측센터로 지칭하고 있다. 무선전 관리국의 주요 임무는 주파수 스펙트럼 계획 및 주파수 스펙트럼 자원의 합리적 활용, 스펙트럼 자원의 분배 및 규제, 전파감시, 전파혼신 조정 등이다.

### 제 3절 국내 출력 전력 기술기준

국내의 무선국 형식검정을 위한 기술기준을 세부적으로 살펴보면 무선기기에 대한 출력 전력 규제 방식이 공중선 전력에 의한 규제와 전계강도에 의한 규제로 나누어 이루어짐을 알 수 있다. 국내의 기술기준은 법률과 대통령령, 정보통신부령으로 나누어지며 전파관련 기술기준으로는 법률에 해당하는 전파법, 대통령령인 전파법 시행령 그리고 전파법 시행규칙, 전파 측정에 의한 규칙, 무선설비규칙 등의 정보통신부령이 있다. 이러한 기술기준 중 출력 전력과 관련된 용어로 공중선 전력과 실효복사전력 그리고 등가등방성 복사전력에 대하여 언급하고 있다. 그리고 출력 전력과 관련된 규제로 전계강도와 공중선 이득, 송·수신 공중선 전력 등을 규정하고 있어 일괄적이고 체계적인 출력 전력 규제가 힘든 실정이다.

국내 공중선 전력 측정 방법은 공중선 전력을 안테나 급전선에 입력되는 전력에 대해서만 측정을 한다. 측정 방법은 EUT의 출력이 최대가 되는 조건을 설정하여 측정할 기기를 동작시킨 다음, 충분히 안정된 상태에서 RF cable을 안테나의 급전선에 직접 연결하여 스펙트럼 분석기를 이용하여 공중선 전력을 측정한다. 무선설비의 공중선 전력 측정과 산출방법에 관한 사항은 정보통신부고시 제2001-15호에 나타나 있으며 세부 내용은 표 2-2와 같다.

무선설비의 공중선 전력 측정 방법은 위의 표와 같이 5가지 방법이 있으며 각 무선기기에 따라 해당하는 방법을 선택하여 공중선 전력을 측정하면 된다. 측정된 공중선 전력은 무선설비 및 무선기기의 준공 신고시 무선국에 정보통신부령인 전파법시행규칙 별지 제 18호 서식에 해당하는 공중선 전력 측정표를 제출해야 하며 각각의 무선설비규칙에서 규정하고 있는 각각의 무선기기 공중선 전력 기준과 별표 5에 표시한

공중선 전력 허용편차에 따라 준공 허가 여부를 결정한다. 아래의 표 2-3은 공중선 전력 허용편차를 표 2-4는 공중선 전력 측정표를 보여주고 있다.

표 2-2. 무선설비의 공중선 전력과 전파이용설비의 고주파 출력측정 및 산출방법  
(정보통신부고시 제2001-15호)

1. 진행파의 전력 - 반사파의 전력 측정 (방향성 결합기 삽입)
2. 측정된 공중선 저항 $\times$ 공중선 전류값 <sup>2</sup> (저항변화법, 치환법, 임피던스·브릿지법 사용 공중선 저항 측정)
3. 의사회로 사용 전력을 치환하여 측정 (공중선회로에 전력 공급이 어려울 경우)
4. 보로메타법 의해 측정
5. 위의 항에 의해 측정 어려울 경우
가. 진공관 사용 : 양극 손실을 측정하여 산출
나. 비동조형 케전선을 가진 공중선 사용 : 특성 임피던스 산출 후 고조파 전류의 최대치와 최소치의 곱으로 산출
다. 3 MHz ~ 23 MHz 주파수 사용 : 종단 양극 입력의 값에 능률 곱하여 산출

표 2-3. 공중선 전력 허용편차 (무선설비규칙 별표 5)

송신설비	허용편차	
	상한 퍼센트	하한 퍼센트
1. 방송국(초단파방송 또는 텔레비전방송을 행하는 것을 제외한다)의 송신설비	5	10
2. 초단파방송 또는 텔레비전방송을 행하는 방송국의 송신설비	10	20
3. 디지털텔레비전방송국의 송신설비	5	5
4. 해안국, 항공국 또는 선박을 위한 무선표지국의 송신설비로서 25.11MHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 것	10	20
5. 선박국의 송신설비로서 다음 각목에 해당하는 것 가. 의무선박국의 무선설비로서 405kHz 내지 535kHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 것 나. 의무선박국의 무선설비로서 1,605kHz 내지 3,900kHz하의 주파수의 전파를 사용하는 것	10	20



이와 같이 공중선 전력인 전도성 전력으로 측정을 하게 되면, 급전선 내부 부하와 안테나 끝단에 있는  $\pi$ -network에서 발생하는 임피던스 부정합을 고려하지 않기 때문에 정확한 출력 전력이라고 할 수가 없으며, 실질적인 출력 전력에 대한 규제가 아니므로 무선기기간의 간섭 및 전자파의 인체 노출 등이 발생할 수 있다. 국내 무선설비규칙의 경우 실질적인 안테나 이득에 대한 규제가 어려워 실제 복사되는 전력에 대한 규제가 불가능하며 안테나의 지향성에 의해 복사되는 최대 전력은 전도성 전력과 큰 차이를 보이게 된다. 현재의 공중선 전력의 규제로는 안테나 이득을 높였을 때 특정 방향 출력 전력 증가 효과로 동작 주파수와 스푸리어스 간의 간섭이 생기고 시스템의 전송률 저하로 인한 오류 발생 가능성이 높아지는 등의 문제점들을 해결할 수 없다. 또한 출력 전력과 안테나 이득 사이의 조절을 통한 서비스의 향상과 다양한 무선기기들의 개발이 어렵고 무선기기 수출시 국내·외의 다른 규제를 통과하기 위한 산업비용의 증가와 이로 인한 기업체의 경쟁력 약화는 국내 전자 산업의 걸림돌이 될 수 있다.

## 제 4절 국외 복사성 전력 측정동향 분석

본 절에서는 미국과 유럽의 복사성 전력 측정 방법에 대해서 좀 더 자세히 살펴봄으로써 국내의 공중선 전력 측정 방법과의 차이점을 확인할 것이다.

### 1. 미국의 복사성 전력 측정 방법

미국은 복사성 전력 측정으로 안테나 이득까지 고려한 실제 출력 전력인 EIRP를 사용하고, 미국표준협회인 ANSI(american national standards institute)를 통해 각 주파수별 무선기기에 대한 복사성 전력 측정 방법과 측정 환경에 대한 고시를 하고 있다. 1 GHz 이하의 육상 이동 FM과 PM의 통신기기 측정에 대해 기술하고 있는 ANSI/TIA-603-C, 9 kHz에서 40 GHz 대역의 무선기기에 대한 RF 신호와 노이즈 측정 방법에 대해 기술하고 있는 ANSI C63.4, 그리고 비허가 무선기기의 측정 방법에 관하여 기술하고 있는 ANSI C63.17 등을 통해 복사성 전력 측정에 대한 기준을 제시하고 있다.

#### (1) ANSI/TIA-603-C

ANSI/TIA-603-C는 1 GHz 이하의 육상 이동 FM과 PM의 통신기기 측정 표준에 대하여 살펴보면 통신기기 측정에서 필요한 기본적인 측정 장비와 측정 조건, 측정 방법 등에 대한 표준을 정하는 것을 목적으로 하며, 복사성 전력 측정과 관련된 내용을 정리하면 아래의 표 2-5와 같다.

표 2-5. ANSI/TIA-603-C 복사성 전력 측정 내용

항목	세부 내용
표준 측정 조건	EUT 조건, 전력 공급 조건, 대기 조건
측정 장비 특성	신호 발생기 조건, 스펙트럼 분석기 조건, 감쇄기 조건
측정장 특성	표준 야외 측정장, anechoic chamber 측정장
복사성 전력 측정	ERP 정의 및 측정 방법
ERP 기준	FCC 27.50, FCC 90.545 해당 주파수 무선기기 ERP 기준

표준 측정 조건을 세부적으로 살펴보면 EUT는 제작자의 허락에 의해 필요에 따라 조립이 가능하며, EUT의 전력은 측정 시간 동안 초기치의  $\pm 2\%$  내의 전력을 공급해야 한다. 그리고 표준 대기 온도는  $20 \sim 35^{\circ}\text{C}$ , 상대습도는  $45 \sim 75\%$ , 대기압은  $860 \sim 1060\text{ hPa}$ 을 기준으로 한다.

측정 장비 중 대치 안테나의 RF 신호를 인가시켜 주는 신호 발생기는  $50\ \Omega$  출력 임피던스에 VSWR이 1.2:1 보다 작아야 하며, 출력 정확도가  $\pm 2\text{ dB}$  이내 여야 한다. 그리고, 주파수 편차가 5% 이내 여야 한다. 다음으로 EUT 및 대치 안테나의 RF 신호를 측정하는 측정기기인 스펙트럼 분석기의 경우는 resolution 대역폭이 1 MHz 당 100 Hz 이하, video 대역폭은 3 MHz 당 100 Hz 이하, 스퓨리어스 동작 영역은 80 dB 이상, 로그 fidelity 오차는 2 dB 이하로 규정하고 있다. RF 출력 측정 범위가 벗어났을 경우에 사용하는 감쇄기의 범위는  $\pm 1\text{ dB}$  내로 일정해야 하며, 해당 범위에서의 VSWR은 1.2:1 보다 작아야 한다.

다음으로 측정장에 해당하는 표준 야외 측정장과 anechoic chamber에 대하여 살펴보자. 표준 야외 측정장의 조건은 아래와 같다.

- ① 모든 공간에서 일정한 전기적 특성을 가져야 한다.
- ② 측정장은 금속 물체나 지상선 등의 영향을 받으면 안 된다.
- ③ 측정기와 수신 안테나 사이의 거리는 3 m 이상으로 한다.
- ④ 수신기나 송신기, EUT의 높이는 turn-table에서 80 cm 이상으로 한다.
- ⑤ 모든 구조물은 나무, 플라스틱, 비금속성 물체를 사용해야 한다.
- ⑥ 측정에 필요한 다른 모든 장비와 선 등은 ground 아래에 위치해야 한다.
- ⑦ 수신 안테나의 높이를 1 ~ 6 m 까지 변화시킬 수 있어야 한다.

ANSI/TIA-603-C에서 언급하고 있는 chamber의 특성은 다음과 같으며, anechoic chamber는 fully-anechoic chamber를 의미한다.

- ① 모든 내부 공간은 전자기 흡수체로 구성되어야 한다.
- ② 모든 측정 장비와 안테나는 chamber 내부에 위치해야 한다.

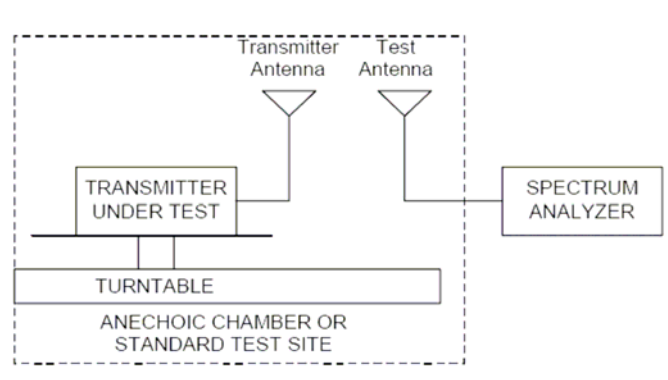
③ 가장 낮은 주파수에서 원거리장 측정 조건을 만족할 정도의 크기는 되어야 한다.

RF anechoic chamber의 예로 크기가 5 m × 5 m × 10 m 인 경우의 chamber 특성을 언급하고 있으며 표 2-6과 같다.

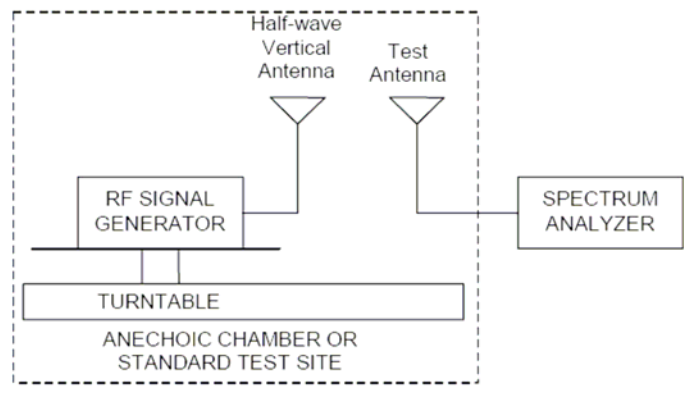
표 2-6. 5 m × 5 m × 10 m 크기의 anechoic chamber 특성

특 성	성 능
사용 주파수 영역	100 MHz ~ 1 GHz
측정 거리	3 m ~ 5 m
측정장 감쇠	26 dB (5 m 거리 마디 @ 100 MHz)
측정장 감쇠	46 dB (5 m 거리 마디 @ 1 GHz)
차폐 감쇠 최소값	60 dB
흡수체 반사손실 최소값	10 dB
측정기기 크기의 최대값	1 m

ERP를 측정하는 방법은 그림 2-2 (a)와 같은 측정 환경에서 turn-table을 360도 회전시켜 스펙트럼 분석기에서 최대 출력이 나오는 각도와 출력값을 기록한 후 표준 야외 측정장일 경우는 수신 안테나의 높이를 1 ~ 6 m 까지 변화시켜 최대 출력이 나오는 높이와 출력값을 기록한다. 이때, 측정 대상기기의 안테나가 내장되어 있는 일체형이 아닐 경우에는 송신 안테나를 측정 대상기기와 연결하여 측정을 한다. 최대 출력 측정 후 그림 2-2 (b)와 같이 측정 대상기기와 송신 안테나를 제거하고 신호 발생기와 대치 안테나인 반파장 다이폴 안테나로 안테나 지향성을 고려하여 최대 출력이 나오도록 안테나를 위치시킨다. 측정 대상기기의 최대 출력값과 동일한 출력값이 스펙트럼 분석기에서 나오도록 신호 발생기의 출력을 증가시키며 신호 발생기의 출력이 더 이상 증가하지 않을 경우 아래의 식 2-2를 이용하여 ERP를 결정하면 된다.



(a) 측정기기 측정



(b) 반파장 다이폴 대치 측정

그림 2-2. ERP 측정 환경

손실 (dB) = 신호 발생기 출력 (dBm) - 스펙트럼 출력 (dBm)

ERP = 측정 대상기기의 스펙트럼 출력 (dBm) + 손실 (dB) (2-1)

ERP 측정 방법을 정리하면 그림 2-3과 같다.

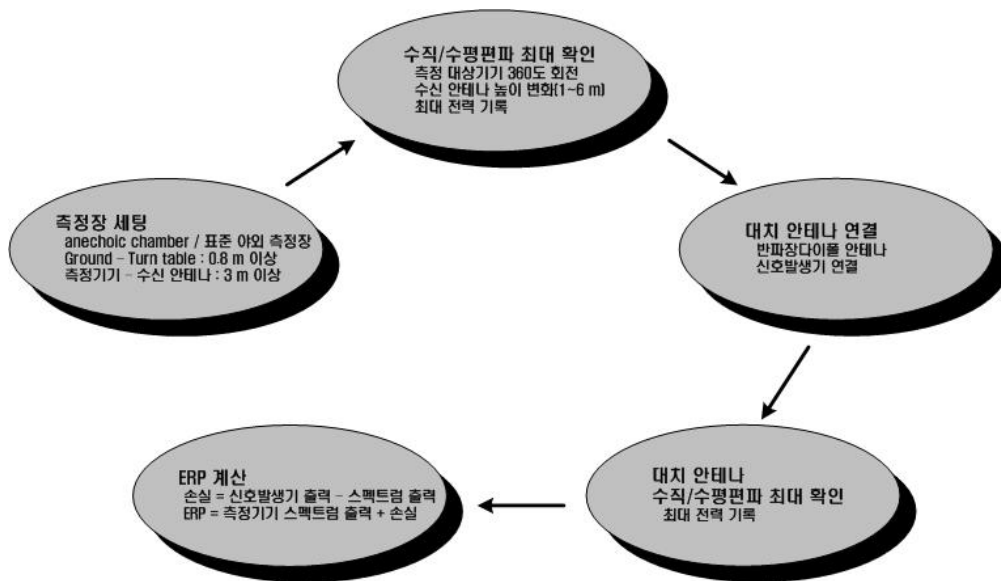


그림 2-3. ANSI/TIA-603-C 규정의 ERP 측정 순서도

ANSI/TIA-603-C는 ERP 기준에 대해서 언급하고 있으며 FCC 기준 중 part 27.50과 90.545에 해당하는 주파수 대역에서 최대 ERP 규제가 휴대용 무선기기는 3 W 이고 저전력 휴대용 무선기기는 2 W 이다.

## (2) ANSI C63.4

ANSI C63.4는 9 kHz에서 40 GHz 대역의 무선기기 RF 신호와 노이즈 측정에 필요한 측정 환경과 측정 방법에 대한 표준을 제시하고 있으며 복사성 전력에 관한 내용은 표 2-7과 같다.

표 2-7. ANSI C63.4 복사성 전력 내용

항목	세부 내용
측정 장비	스펙트럼 분석기, 안테나, 측정 장비의 캘리브레이션(calibration)
측정장 특성	표준 측정장, 대안 측정장, ground, 안테나 높이/위치
복사성 전력 측정	안테나 직접법

측정 장비 기준에 대하여 살펴보면 스펙트럼 분석기의 경우는 1 GHz 이하의 주파수에서 준피크값(quasi-peak value) 측정이 가능해야 하며 주파수에 따라 resolution 대역폭을 100 Hz에서 1 MHz 변화시킬 수 있어야 한다. 안테나의 경우도 측정기기의 동작 주파수에 따라 기준 안테나가 다르며 세부적인 내용은 표 2-8과 같다.

표 2-8. 주파수에 따른 기준 안테나

주파수	측정값	기준 안테나
9 kHz ~ 30 MHz	전계측정	루프 안테나 (ANSI C63.2)
9 kHz ~ 30 MHz	자계측정	모노폴 안테나 (ANSI C63.2/C63.5)
30 MHz ~ 1 GHz	전계측정	크기 조절 가능한 다이폴 안테나 (ANSI C63.2)
1 GHz ~ 40 GHz	전계측정	사각 도파관/파라미달/최적 이득/표준 혼 안테나

ANSI C63.4에서 제안하는 측정장 또한 주파수에 따라 차이를 보이며 30 MHz 이하의 무선기기는 전계와 자계측정을 기준으로 제시하고 있다. EUT는 turn-table 위에 놓여 있어야 하며 EUT와 안테나 사이의 거리 R은 3 m, 10 m, 30 m의 3가지 경우가 있고 거리 R에 따라 전체 측정장은 가로 2R, 세로 1.7R의 크기를 가져야 한다. 수신 안테나는 전계측정일 경우 루프 안테나를 사용하며 ground에서 1 m 이상의 높이에 위치해야 한다. 자계 측정시에는 모노폴 안테나를 수신 안테나로 사용하며 ground는 필요치 않는다.

동작 주파수가 30 MHz 이상 1 GHz 이하인 무선기기는 ground가 전도성 금속으로 덮여 있고 측정에 제약을 받지 않는 크기의 열린 공간, 즉 semi-anechoic chamber을 표준 측정장으로 하며 사무실이나 공장 또는 야외 시험장 등이 대안 측정장으로 쓰일 수 있다. Ground는 높은 전도성과 표면이 평탄해야 하며 수신 안테나로 쓰이는 조절이



가능한 반파장 다이폴 안테나는 ground에서 25 cm 이상의 높이에 있어야 한다. 또한 최대 출력이 나오는 지점을 확인하기 위해 수신 안테나는 1 ~ 4 m 까지 이동할 수 있어야 한다. EUT와 수신 안테나의 거리는 30 MHz 이하일 경우와 동일하게 3 m, 10 m, 30 m 세가지 경우가 가능하며 EUT에 따라 거리를 결정하면 된다. 동작 주파수가 1 GHz 이상인 무선기기의 경우는 규정되어 있는 측정장이 없으며 30 MHz에서 1 GHz의 전계 측정장을 사용하면 된다.

ANSI C63.4의 측정 방법은 ANSI/TIA-603-C과 다르게 안테나 대치법의 사용하지 않으며 측정순서는 EUT를 turn-table 위에 수평편파로 설치하고 turn-table을 360도 회전시키고 수신 안테나의 위치를 1 ~ 4 m 까지 변화시켜 최대 출력이 나오는 각도와 지점을 기록하고 그 때의 최대 출력을 기록하면 된다. 수평편파의 경우도 수직편파와 동일한 방법으로 최대 출력을 기록하면 된다. EUT의 출력값 측정 방법을 정리하면 그림 3-4와 같다.

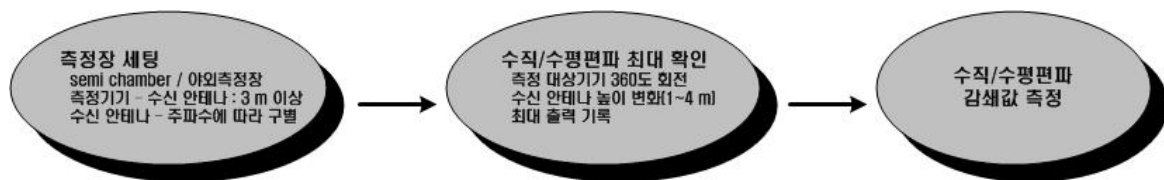


그림 2-4. 전자기 출력 측정 방법

### (3) ANSI C63.17

ANSI C63.17은 UPCS(unlicensed personal communications services) 기기에 대한 전자기 측정 방법을 기술을 목적으로 하고 있으며 복사성 출력에 대한 측정장과 측정 기기의 조건, 복사성 전력 출력 방법 등을 언급하고 있다.

복사성 전력 측정을 위한 시험장으로 semi-anechoic chamber, 야외 시험장, GTEM 셀 등 여러 시험장에서 측정이 가능하며 전도성 전력 측정의 경우는 차폐가 가능한 공간으로 제안하고 있다. 측정 후 출력 전력을 도출하는데 있어 안테나 이득과 EIRP 계산은 안테나의 측정 표준 절차인 IEEE Std 149-1979를 참조하도록 지시하고 있다.

복사성 전력 측정 방법은 EUT를 turn-table 위에 설치하고 EUT의 안테나가 전방을 향하도록 한다. 다음으로 기준 안테나를  $2D^2/\lambda$  이상의 거리에 설치하며 D는 EUT의 가장 큰 직경을 의미한다. 이후 turn-table을 360도 회전시켜 EUT의 최대 출력을 기록하고 식 2-2를 이용하여 EIRP를 계산한다. 여기서  $E_{EUT_{max}}$  는 EUT의 복사전력 밀도를 의미하며,  $G_A$  는 EUT 안테나의 최대 이득을  $r$  은 EUT와 송신 안테나 사이의 거리를  $P_{EUT}$  는 EUT의 복사전력을 나타낸다.

$$E_{EUT_{\max}} = P_{EUT} + G_A - 20 \log r + 104.8 \text{ dB}\mu V/m \quad (2-2)$$

$$EIRP_{EUT} = P_{EUT} + G_A$$

$$\therefore EIRP_{EUT} = E_{EUT_{\max}} + 20 \log r - 104.8$$

## 2. 유럽의 복사성 전력 측정 방법

유럽의 ETS 표준 역시 미국의 FCC 기준과 유사하게 복사성 전력을 안테나 이득까지 고려한 EIRP를 측정하고 있으며, 무선기기의 동작 주파수 대역과 활용 범위에 따라 측정 환경과 측정 방법에 대하여 세부적으로 기준을 제시하고 있다. 25 MHz에서 1 GHz까지의 0.5 W 이상의 출력 크기를 가지는 근거리 통신용 무선기기에 대한 전자기 측정 방법을 제시하고 있는 ETSI EN 300 220, 9 kHz에서 25 MHz까지의 무선기기와 9 kHz에서 30 MHz까지의 전도성 루프 시스템의 근거리 전자기 측정 방법을 제시하고 있는 ETSI EN 300 330, 2.4 GHz ISM 대역의 데이터 전송기기의 전자기 측정 방법을 제시하고 있는 ETSI EN 300 328, 1 GHz에서 40 GHz까지의 근거리 통신용 무선기기에 대한 전자기 측정 방법을 제시하고 있는 ETSI EN 300 440 등으로 나눌 수 있다.

### (1) ETSI EN 300 220

ETSI EN 300 220은 25 MHz에서 1 GHz 이하의 근거리 통신 무선기기에 대한 전자기 및 전파 스펙트럼에 대한 기술적인 특징과 측정 방법에 대하여 제시하고 있다. 기본적인 측정 조건과 ERP에 대한 정의 및 측정 방법, 측정장에 대하여 세부적으로 기술하고 있으며 복사성 전력과 관련된 내용을 정리하면 아래의 표 2-9와 같다.

표 2-9. ETSI EN 300 220 복사성 전력 내용

항 목	세 부 내 용
표준 측정 조건	전력 공급 조건, 대기 조건
측정 환경	측정장, 안테나, 측정 거리
ERP 측정	ERP 정의 및 측정 방법

표준 측정 조건을 보면 전원 공급이 일체형인 경우는 초기치의  $\pm 5\%$  내의 전력을 공급해야 하며 일체형이 아닌 경우는 초기치의  $\pm 1\%$  내의 전력을 공급해야 한다. 표준 대기 온도는  $15 \sim 35^\circ\text{C}$ , 상대습도는  $20 \sim 75\%$ 를 기준으로 한다.

복사성 전력을 위한 측정장으로 anechoic chamber, ground를 가진 anechoic chamber, 야외 측정장을 모두 인정하고 있다. ETSI EN 300 220에서 제안하는

anechoic chamber를 그림 2-5를 통해 확인할 수 있다. 전면이 흡수체로 덮여 있는 chamber에 EUT를 설치하는 곳에는 turn-table이 있으며 3 m 또는 10 m 거리에 수신 안테나를 설치할 수 있게 되어 있다.

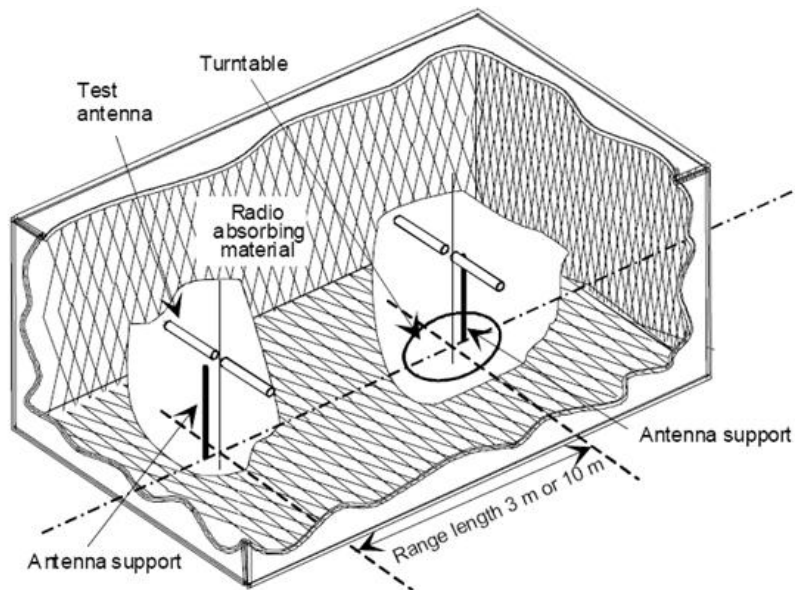


그림 2-5. Anechoic chamber 측정장

다음으로 ground를 가진 anechoic chamber를 살펴보면 그림 2-6과 같으며 ground를 제외한 다섯면은 흡수체로 덮여 있다. EUT는 1.5 m의 높이에 설치하며 3 m 또는 10 m 거리에 수신 안테나를 설치할 수 있으며 수신 안테나의 높이를 1 m에서 4 m까지 변화할 수 있는 마스터가 설치되어 있다.

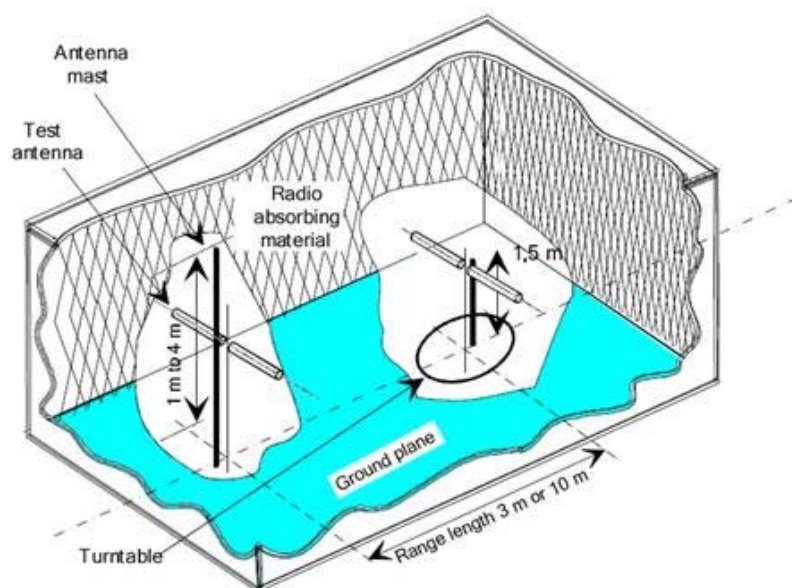


그림 2-6. Ground가 있는 anechoic chamber 측정장

야외 측정장의 경우는 평평한 ground를 가진 공간위에 turn-table을 설치할 수 있어야 하며 EUT와 수신 안테나를 고정시킬 수 있는 구조물이 있으면 된다. 그림 2-7은 일반적인 야외 시험장을 보여주고 있다.

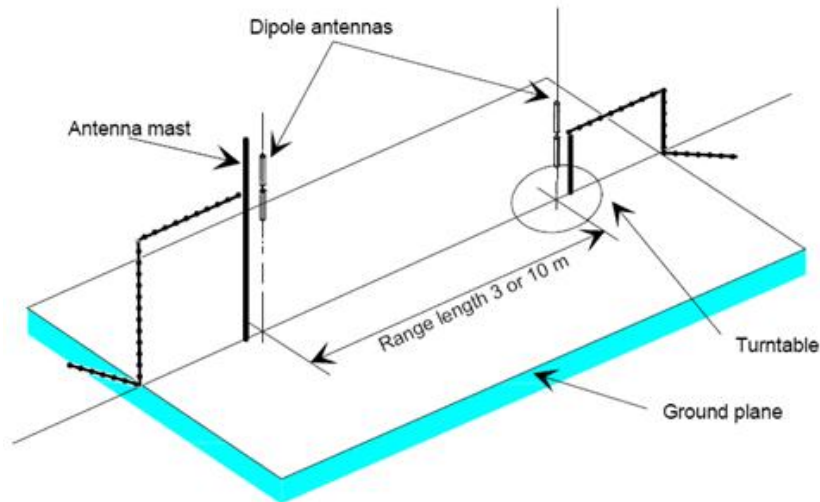


그림 2-7. 일반적인 야외 시험장

측정시 사용하는 안테나를 살펴보면 수신 안테나와 EUT를 대치하는 대치 안테나로 나눌 수 있으며 두 종류 안테나 모두 주파수가 80 MHz에서 1 GHz인 경우는 반파장 다이폴 안테나를 사용하며 80 MHz 이하인 경우는 반파장 다이폴을 사용하면 안테나의 크기가 너무 커서 ground와 닿을 수 있으므로 짧은 길이의 다이폴 안테나를 사용한다. 복사성 전력 측정시 EUT와 수신 안테나 사이의 거리는 식 2-3을 이용하며 일반적으로 3 m 또는 10 m 거리를 두고 측정을 한다. 식 2-3에서  $d_1$ 은 EUT나 대치 안테나의 최대 직경을 나타내며,  $d_2$ 는 수신 안테나의 최대 직경을 의미한다.

$$EUT \text{와 수신안테나사이거리} = \frac{2(d_1 + d_2)^2}{\lambda} \quad (2-3)$$

ERP를 측정하는 방법은 그림 2-8과 같은 anechoic chamber에서는 EUT와 수신 안테나를 같은 높이에 위치시키고 3 m 또는 10 m 떨어진 거리에서 turn-table을 360도 회전시켜 스펙트럼 분석기에서 최대 출력이 나오는 각도와 출력값을 기록하고 대치 안테나인 다이폴 안테나로 EUT를 대치시킨 후 수신 안테나에서 EUT의 출력값과 같은 값이 나올 때까지 신호 발생기의 신호를 증가시켜 ERP를 계산하면 된다. 또한 ground가 있는 anechoic chamber나 야외 시험장에서는 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 까지 변화시켜 최대 출력이 나오는 높이와 출력값을 기록한 후 EUT가 설치 되어있는 turn-table을 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 출력값을 기록한다. EUT를 다이폴 안테나로 대치시킨 후 동일한 방법으로 최대 출력이 나오는 높이와 각도를

확인하고 EUT와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기의 출력을 증가시켜 ERP를 계산한다. ETSI EN 300 220에서 제안하는 ERP 측정 방법을 정리하면 그림 2-8과 같다.

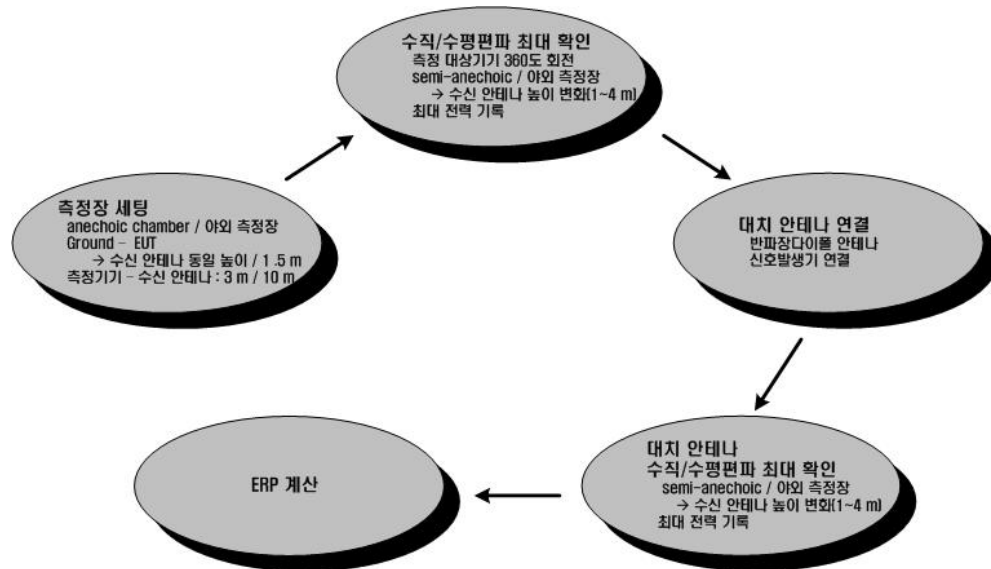


그림 2-8. ERP 측정 방법

## (2) ETSI EN 300 330

ETSI EN 300 220은 9 kHz에서 25 MHz 이하의 근거리 통신 무선기기와 9 kHz에서 30 MHz 대역의 인덕티브 루프 시스템에 대한 전자기 및 전파 스펙트럼에 대한 기술적인 특징과 측정 방법에 대하여 제시하고 있으며 복사성 전력과 관련된 내용은 아래의 표 2-10과 같다.

표 2-10. ETSI EN 300 330 복사성 전력 내용

항 목	세 부 내 용
표준 측정 조건	전력 공급 조건, 대기 조건
측정 환경	측정장, 안테나 (수신 / 대치 안테나), 측정거리
전계강도	30 MHz 미만의 전계강도 측정 방법
ERP	30 MHz 이상의 ERP 측정 방법

표준 측정 조건은 ETSI EN 300 220과 동일한 값으로 전원 공급이 일체형인 경우는 초기치의  $\pm 5\%$  내의 전력을 공급해야 하며 일체형이 아닌 경우는 초기치의  $\pm 1\%$  내의 전력을 공급해야 한다. 표준 대기 온도는  $15 \sim 35^{\circ}\text{C}$ , 상대습도는  $20 \sim 75\%$ 를 기준으로 한다.

복사성 전력을 위한 측정장으로 anechoic chamber, ground를 가진 anechoic

chamber, 야외 측정장을 모두 인정하고 있으며 앞에서 언급한 ETSI EN 300 220의 측정장과 동일하다. 복사성 전력 측정에 사용되는 수신 및 대치 안테나는 주파수 범위가 30 MHz 미만인 경우는 루프 안테나를 30 MHz 이상 1 GHz 이하는 반파장 다이폴 안테나를 1 GHz 이상일 경우는 혼 안테나를 기준으로 하고 있으며 특히, 30 MHz 미만인 무선기기의 경우는 ERP 측정이 아닌 전계강도를 측정한다. 전계강도 측정시 측정기기와 수신 안테나 사이의 최소 거리는 식 2-4와 같으며  $D$ 는 유도성 차폐 루프 안테나의 최대 직경을 의미하고 측정기기와 수신 안테나 사이의 거리는 일반적으로 10 m를 기준으로 한다.

$$EUT \text{와 수신 안테나 사이 최소거리} \geq 3D \quad (2-4)$$

측정기기의 동작 주파수가 30 MHz 미만 무선기기의 전계강도 측정 순서는 측정기기와 수신 안테나의 거리를 10 m로 하고 차폐 자계 값을 알고 있는 수신 안테나를 설치한다. 측정기기를 동작시키고 수신 안테나의 높이와 측정기기의 각도를 변화시켜 측정기기의 최대 자계 강도를 찾은 후 자계강도에서 전계강도를 변환하면 된다. 측정 순서를 간단히 표현하면 그림 2-9와 같으며 안테나 대치법을 사용하지 않는 것이 특징이다.

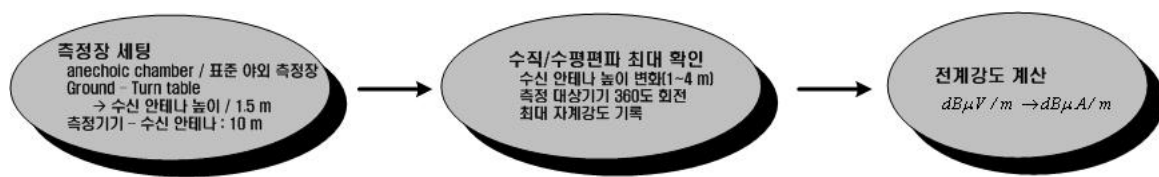


그림 2-9. 30 MHz 미만의 전계강도 측정순서

### (3) ETSI EN 300 328

ETSI EN 300 328은 동작 주파수가 2.4 GHz인 ISM band에서 동작하는 무선기기나 광대역 변조 기술을 사용하는 데이터 전송 무선기기의 전자기 및 전파 스펙트럼의 측정 방법과 기술적인 특징을 기술하고 있다. 2.4 GHz 대역의 무선기기는 통신 변조 방식에 따라 직접확산방식과 주파수도약방식으로 나누어지며 EIRP가 아닌 EIRP spectral density를 측정해야 한다. 최대 EIRP spectral density는 헤르츠 (Hz) 당 최대 EIRP로 정의되며, 광대역 변조 무선기기의 경우는 10 mW/MHz의 기준을 만족해야 한다. 표준 대기 온도는 15 ~ 35°C, 상대습도는 20 ~ 75 %를 기준으로 한다.

ETSI EN 300 328에서 제안하는 측정장은 야외 시험장과 anechoic chamber이며, 야외 시험장은 그림 2-10과 같이 ground 위에 1.5 m의 높이에 EUT를 설치하고 수신 안테나는 1 ~ 4 m 까지 변할 수 있어야 한다. 또한, 수신 안테나와 연결된 케이블은 가

능한 짧아야 하며 ground 아래를 통해 스펙트럼 분석기와 연결되어야 한다.

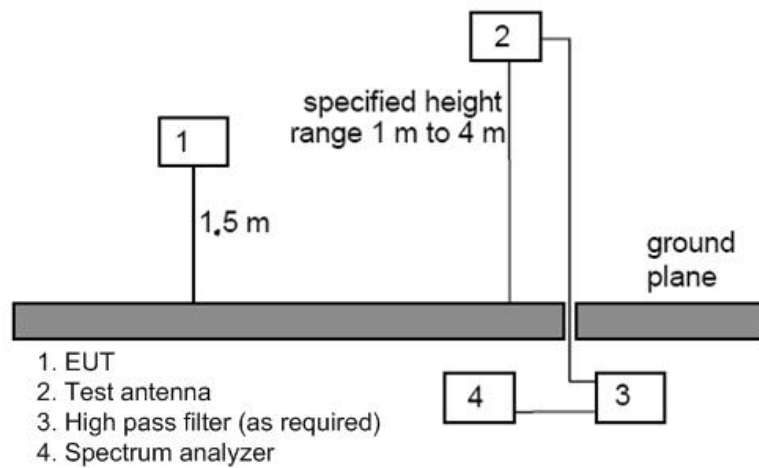


그림 2-10. ETSI EN 300 328 제안된 야외 시험장

Anechoic chamber는 모든 면을 둘러싸고 있는 흡수체의 높이가 1 m가 되어야 하며 모든 측정장비는 바닥 위의 동일한 높이에 위치하고 있거나 chamber 밖에 설치되어 있어야 한다. 그림 2-11은 일반적인 anechoic chamber를 보여주고 있으며 크기는  $5\text{ m} \times 10\text{ m} \times 5\text{ m}$  이며 chamber 내부의 크기는  $3\text{ m} \times 8\text{ m} \times 3\text{ m}$  이다.

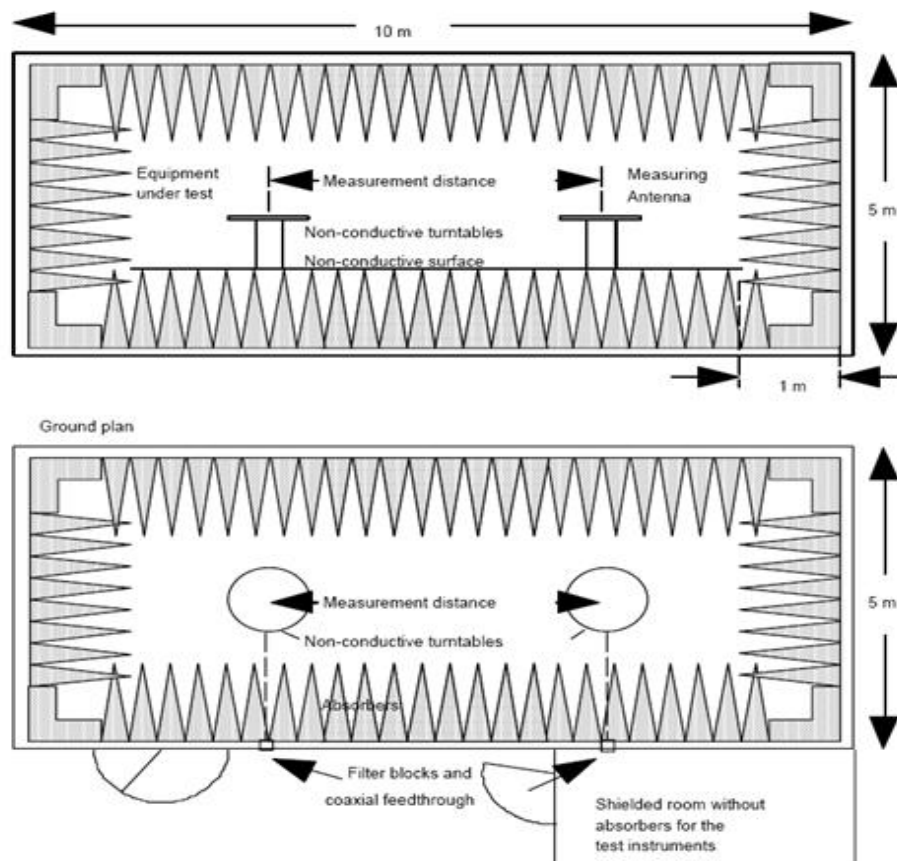


그림 2-11. Anechoic chamber의 일반적인 규격

수신 및 대치 안테나는 1 GHz 이하인 경우 반파장 다이폴 안테나나 짧은 반파장 다이폴 안테나를 사용하고 1 GHz에서 4 GHz 경우는 반파장 다이폴과 혼 안테나를 선택하여 사용하며 4 GHz 이상일 경우에는 혼 안테나를 사용한다. 수신 안테나와 EUT 사이의 거리는 1 GHz 이하인 경우는 3 m 이상을 기준으로 하며 1 GHz 초과일 경우에는 적정거리를 유지하면 된다.

EIRP spectral density를 측정하는 방법은 EUT를 설치하고 최대 출력을 구한 후 EUT를 안테나로 대치하고 동일한 최대 출력이 나올 때까지 신호 발생기의 출력을 키워 EIRP spectral density를 구하면 된다. EUT의 최대 출력을 구하는 방법은 야외 시험장인 경우 EUT의 높이는 1.5 m로 하고 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 변화시키고 EUT가 설치된 turn-table를 360도 회전시켜 EUT의 최대 출력을 구하고, anechoic chamber인 경우는 EUT와 수신 안테나를 동일 높이에 설치하고 turn-table를 360도 회전시켜 EUT의 최대 출력을 구하면 된다. 전력을 측정하는 스펙트럼 분석기의 경우 resolution 대역폭을 MHz로 설정하여 EUT의 출력을 측정한다. 대치 안테나의 지향성을 고려하여 EUT를 대치 안테나로 대치시킨 후 anechoic chamber의 경우는 EUT의 최대 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기의 신호를 증가시키면 되며 야외 시험장에서는 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 변화시켜 최대 출력이 나오는 높이를 확인한 후 EUT의 최대 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기의 신호를 증가시키면 된다. 측정순서를 정리하면 그림 2-12와 같다.

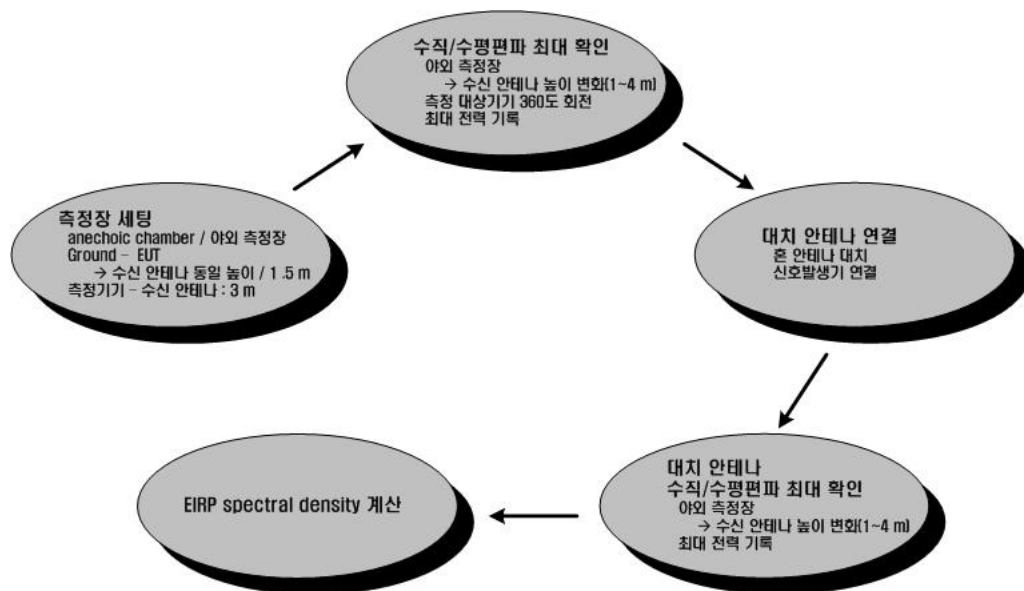


그림 2-12. EIRP spectral density 측정 방법



#### (4) ETSI EN 300 440

ETSI EN 300 440은 1 GHz에서 40 GHz까지의 무선기기에 대한 전자기 및 전파 스펙트럼의 측정 방법과 기술적인 특징을 기술하고 있으며, 표준 측정 조건은 ETSI EN 300 220과 동일하다. 본 규정에서 제안하는 측정장은 모든 면이 흡수체로 덮여 있는 anechoic chamber와 야외 시험장이며, ETSI EN 300 328과 동일한 측정장으로 anechoic chamber는 그림 2-10과 동일하며 야외 시험장은 3-11과 동일하다. 두 측정장 이외에 추가로 실내 시험장에 대하여 언급을 하고 있으며 시험장 크기는 최소  $6m \times 7m \times 2.7m$  는 되어야 한다. 실내 측정장의 규격과 배열을 그림 2-13을 통해 확인할 수 있다.

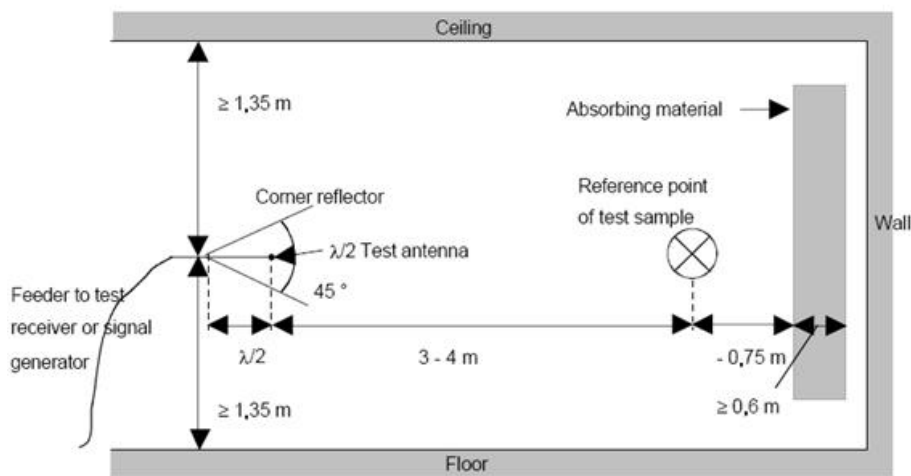


그림 2-13. 실내 시험장 규격

수신 및 대치 안테나의 규격은 ETSI EN 300 328과 동일하게 1 GHz 이하인 경우는 반파장 다이폴 내지 짧은 다이폴 안테나를 사용하고 1 GHz에서 4 GHz 경우는 반파장 다이폴과 혼 안테나를 4 GHz 이상일 경우에는 혼 안테나를 사용하며 수신 안테나와 EUT 사이의 거리는 3 m 또는  $\lambda/2$  이상을 기준으로 한다.

복사성 전력 측정 방법 또한 ETSI EN 300 328과 동일한 안테나 대치법을 사용하고 있으며 anechoic chamber에서는 EUT를 360도 회전 시키고, 야외 시험장일 경우는 수신 안테나 높이 변화와 함께 EUT를 360도 회전시켜 최대 출력을 구하고 안테나 대치 후 동일한 방법을 이용하여 EIRP를 구한다.

## 제 3 장 복사성 전력 측정 제안 및 복사성 전력 계산법

국내 표준 측정 방법으로 사용되고 있는 공중선 전력 측정 방법은 앞에서 언급한 바와 같이 적지 않은 문제점을 안고 있다. 또한 세계적인 추세와 앞으로의 전파분야의 지속적인 발전과 환경에 관한 사항 등을 종합해볼 때 공중선 전력 측정 방법을 복사성 전력 측정 방법으로 전환할 필요성이 제기 되었다. 이에 국내 환경 및 기업체 등의 기반사항을 고려하여 복사성 전력 측정에 적합한 측정 환경과 측정 방법을 제안을 하고자 한다. 또한 측정된 출력 전력으로부터 복사성 전력을 계산하는 방법에 대하여 살펴 볼 것이다.

### 제 1절 복사성 전력 측정장과 측정법 제안

국내 여건에 맞는 최적의 복사성 전력 측정장과 측정법 제안을 위해 2 장에서 살펴보았던 미국과 유럽의 측정장과 측정법을 비교하였다. 미국의 ANSI/TIA-603-C과 유럽의 ETSI EN 300 표준을 비교하여 측정장의 조건을 확인하고 단계별 측정법에 대해서 분석하였다. 분석된 복사성 전력 측정장과 측정법을 바탕으로 일괄적이며 보다 쉽게 복사성 전력을 측정할 수 있는 측정장과 측정법을 제안하였다.

#### 1. 복사성 전력 측정장 제안

미국의 FCC / ANSI 기준과 유럽의 ETSI 표준 측정 환경을 비교 분석하여 보았다. 그리고 이를 통해 각 측정 환경의 장·단점 등을 확인하여 복사성 전력 측정장을 제안하였다.

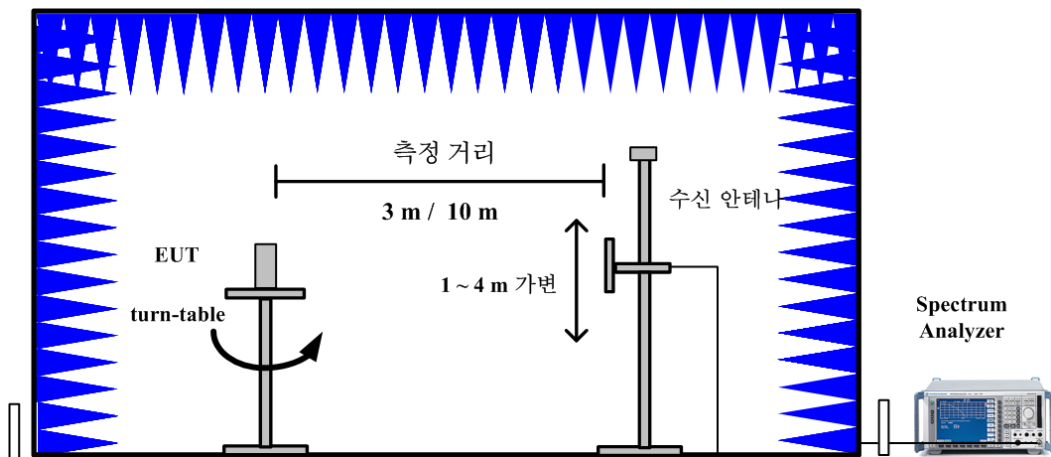
표 3-1. 미국과 유럽의 측정 환경 비교

구 분		ANSI/TIA-603-C	ETSI EN 300
Chamber의 종류		야외 시험장 Fully/Semi-anechoic chamber	야외 시험장 Fully/Semi-anechoic chamber
측정 방법		안테나 대치법	안테나 대치법
Ground 와 turn-table 간의 거리		0.8 m	1.5 m
EUT와 수신안테나의 거리		3 m 이상	3 m 이상
안테나	반파장 다이폴 안테나	1 GHz 이하	4 GHz 이하
	혼 안테나	1 GHz 초과	1 GHz 초과

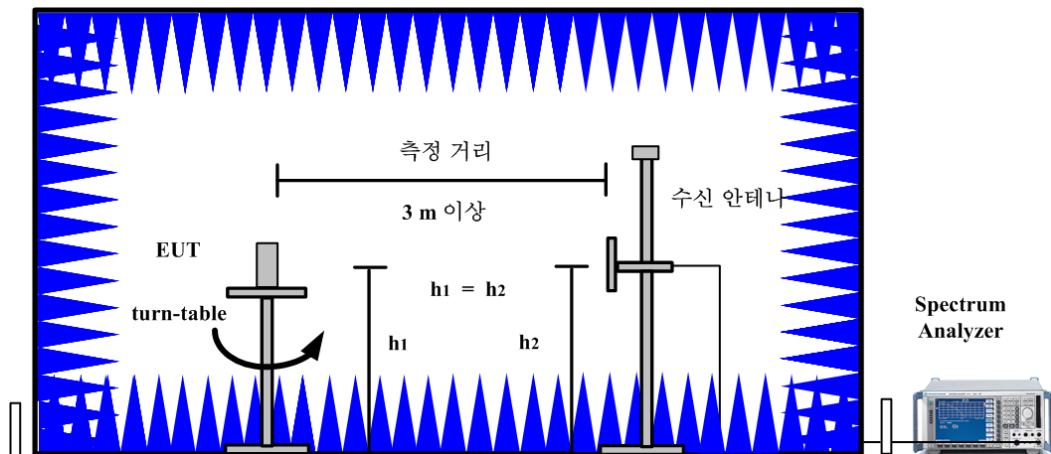
표 3-1은 미국과 유럽의 측정 환경을 비교한 것으로 미국은 ANSI/TIA-603-C에서 제안하고 있는 안테나 대치법을 이용한 복사성 전력 측정 방법으로 무선기기의 EIRP/ERP를 측정하는 환경과 방법을 제시하고 있으며 유럽은 ETSI EN 300 부분의 표준을 종합 정리한 내용으로 안테나 대치법을 이용한 EIRP/ERP 측정 환경과 측정법을 권고하고 있다.

미국과 유럽의 측정 환경을 고려하여 국내 여건에 맞는 측정 환경을 제시하면 측정장의 경우는 기존의 시설을 모두 이용할 수 있도록 하기 위해 야외 시험장과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 ERP/EIRP 측정이 가능하도록 하였으며 이 때 야외 시험장과 ground에 흡수체가 없는 semi-anechoic chamber의 경우는 정규화 시험장 감쇄인 NSA(normalized site attenuation)의 변화가  $\pm 4$  dB 이내를 만족하여야 한다. 복사성 전력 측정법은 여러 측정법이 있으며 그 중 가장 널리 쓰이고 있는 것이 직접법과 안테나 대치법이다. 직접법의 경우는 EUT를 설치하고 수신 안테나로 EUT의 전계강도를 측정하는 방법이며 안테나 대치법은 EUT의 출력을 측정하고 EUT를 기준 안테나로 대치하여 EUT의 EIRP/ERP를 측정하는 방법이다. 직접법을 이용하여 EUT의 복사성 전력을 측정할 경우 측정장의 신뢰성 확보가 어렵고 야외 시험장에서는 측정이 힘들다. 이에 비해 안테나 대치법을 이용하여 EUT의 EIRP/ERP를 측정하는 경우는 측정이 용이하며 측정장에 대한 제한이 적어 어느 곳에서도 손쉽게 복사성 전력을 측정할 수 있을 것으로 사료된다. EUT와 ground 사이의 거리는 미국의 경우 0.8 m를 유럽의 경우는 1.5 m를 기준으로 하고 있으며 ground에 의한 반사의 영향을 적게 하기 위해 1.5 m를 기준으로 정하였고 fully-anechoic의 경우는 ground에 의한 반사가 없어 1.5 m 또는 동일높이를 기준으로 하였다. EUT와 수신 안테나의 거리는 미국과 유럽 모두 3 m 이상을 기준으로 하고 있으며 저주파대역 및 대형 무선기기를 제외한 일반적인 소출력 무선기기의 경우 측정거리가 약 3 m 이상이면 충분히 far-field 조건을 만족시킬 수 있어 측정거리를 3 m 이상으로 정하였다. 단 ground에 흡수체가 없는 semi-anechoic chamber와 야외 시험장일 경우는 복사성 전력 도출에 필요한 보정값 계산을 위해 3 m와 10 m로 제한하였다. 대치 안테나의 경우 미국은 1 GHz 이하에서는 반파장 다이폴 안테나를 사용하며 1 GHz 초과인 경우는 혼 안테나를 기준으로 하고 있으며 유럽은 1 GHz 이하에서는 반파장 다이폴 안테나를 1 GHz에서 4 GHz는 반파장 다이폴 안테나와 혼 안테나를 4 GHz 초과에서는 혼 안테나를 기준으로 하고 있다. 최근 개발되고 있는 광대역 다이폴의 성능향상으로 1 GHz 이상에서 다이폴 안테나를 사용할 수 있을 것으로 사료되어 제안된 대치 안테나는 1 GHz 이하에서는 반파장 다이폴 안테나와 광대역 다이폴 안테나를 1 GHz 초과 4 GHz 이하인 경우는 반파장 다이폴 안테나와 혼 안테나를 4 GHz 초과인 경우는 혼 안테나를 기준으로 하였다. ground에 흡수체가 없는 semi-anechoic chamber와 야외 시험장은 ground 영향을 알기 위해 수신 안테나가 1 ~ 4 m 움직일 수 있도록 하였다. 그림 18은 제안된 복사

성 전력 측정장의 모습으로 (a)는 ground에 흡수체가 없는 semi-anechoic chamber와 야외 시험장 측정장 그림이며 (b)는 ground에 흡수체가 있는 semi-anechoic chamber와 fully-anechoic chamber의 측정장 그림이다.



(a)야외 측정장 및 semi-anechoic chamber 환경



(b) Fully-anechoic chamber 환경

그림 3-1. 제안된 복사성 전력 측정 환경

## 2. 복사성 전력 측정법 제안

복사성 전력 측정법은 지금까지 언급했던 FCC / ANSI 기준 측정 방법이나 ETS 표준 측정 방법과 동일한 방법으로 실시한다. 그림 3-2는 제안된 복사성 전력 측정 방법을 순서적으로 나타낸 것이다.

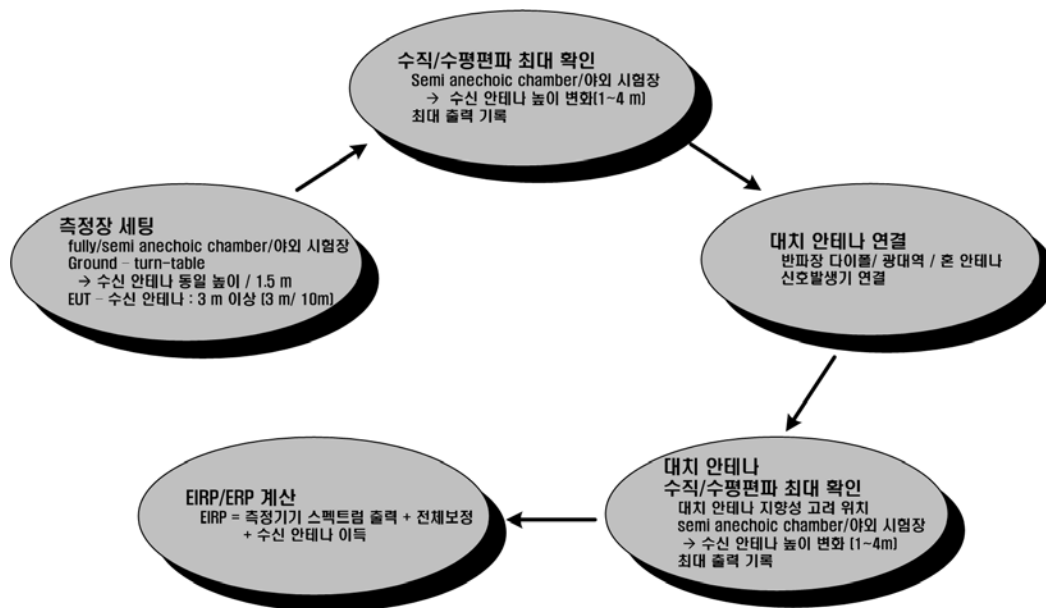


그림 3-2. 제안된 복사성 전력 측정 방법 순서도

제안된 복사성 전력 측정 방법에 대하여 살펴보면 먼저 측정장의 세팅은 앞에서 제안한 측정 환경이 기준이 되며, chamber의 경우는 semi-anechoic chamber나 fully-anechoic chamber를 제반 여건에 맞게 선택하고, chamber가 존재하지 않을 경우 야외 시험장에서 측정을 한다. Ground와 turn table 사이의 거리는 반사파가 생기지 않는 거리인 1.5 m를 기준으로 하되 ground에 흡수체가 있는 semi-anechoic chamber와 fully-anechoic chamber의 경우는 수신 안테나와 동일높이도 가능하며 EUT와 수신 안테나의 거리는 3 m 이상으로 한다. EUT의 경우는 완전히 충전시킨 상태로 측정시간 동안 최대 출력 상태에서 측정이 가능해야 하며, 탑재 구조물인 turn table은 수직축에 대해 회전이 가능하며, 측정 주파수에서 EUT와 불요산란이 없도록 하는 것이 좋다. 측정하고자 하는 EUT를 동작시킨 후 EUT가 최대 전력이 되는 지점을 찾기 위해 ground에 흡수체가 있는 semi-anechoic chamber와 full-anechoic chamber에서는 EUT를 360도 회전시키면서 최대 출력을 스펙트럼 분석기를 통해 측정 기록한다. 야외 시험장과 ground에 흡수체가 없는 semi-anechoic chamber의 경우는 수신 안테나를 1 m에서 4 m까지 변화시킨 후 EUT를 회전 시켜 최대 출력이 나오는 지점을 확인하고 최대 출력 전력을 기록한다. 다음으로 EUT를 대지 안테나로 교체하는데 1 GHz 이하인 경우는 반파장 다이

폴 안테나와 광대역 다이폴 안테나를 대치 안테나로 사용하며 1 GHz 초과 4 GHz 이하의 경우는 반파장 다이폴 안테나와 혼 안테나를 4 GHz 초과인 경우는 혼 안테나를 사용한다. 이때 대치 안테나의 중심이 피시험기기의 좌표계 중심과 일치하도록 하고 안테나의 지향성을 고려하여 대치 안테나를 위치시키며 편파는 수신 안테나 편파와 일치 시킨다. 기록해 놓은 최대 수신값과 같은 값이 스펙트럼 분석기에 나올 때까지 대치 안테나와 연결된 신호발생기의 출력을 조절하고 그 값을 기록한다. 이때 ground에 흡수체가 없는 semi-anechoic chamber나 야외 측정장에서 측정할 경우는 수신 안테나를 1 m에서부터 4 m까지 변화시켜 최대 출력이 나오는 높이를 확인 기록하고 EUT와 동일한 출력이 나올 때 까지 신호 발생기의 출력을 조절하여 인가 전력을 기록하면 된다. 조절된 신호발생기의 출력 전력에서 대치 안테나와 신호 발생기 사이에 연결된 케이블 손실과 대치 안테나의 이득 및 기타 보정값을 고려하여 EUT의 복사성 전력인 EIRP/ERP를 계산하면 된다.

## 제 2절 복사성 전력 계산법

복사성 전력을 측정하기 위한 과정을 통해 EUT가 동작하기 위한 출력을 대치 안테나를 통해 인가된 신호 발생기의 출력으로부터 계산할 수 있다. 신호 발생기의 인가 전력으로부터 대치 안테나의 이득과 필요에 따라 설치된 수신기 입력 감쇄량, 대치 안테나 케이블 손실 등의 전체 보정을 고려하여 EIRP/ERP를 계산할 수 있다. 복사성 전력인 EIRP/ERP를 계산하는 방법에 대하여 좀 더 자세히 살펴보면 복사성 전력 측정시 수신 안테나의 높이 변화를 유무에 따라 나뉘질 수 있다.

먼저 수신 안테나의 높이 변화를 하지 않아도 되는 경우에 대하여 살펴보자. 바닥면에 흡수체가 깔려있는 semi-anechoic chamber와 fully-anechoic chamber에서 측정한 신호 발생기의 출력 전력으로부터 EIRP/ERP를 식 (3-1)과 식 (3-2)를 이용하여 계산하면 된다.

$$\begin{aligned} \text{EIRP} = & \text{신호 발생기 출력 전력} - \text{수신기 입력 감쇄량} \\ & + \text{대치 안테나 이득(dBi)} + \text{전체 보정} \end{aligned} \quad (3-1)$$

$$\begin{aligned} \text{전체 보정} = & - \text{대치 안테나 케이블 손실} - \text{대치 안테나 발룬 손실} \\ & - \text{상호결합 및 불일치 손실} \end{aligned} \quad (3-2)$$

대치 안테나를 통해 EUT와 동일한 출력이 나올 때의 신호 발생기 출력에서 EUT의 출력 전력을 측정할 때 수신기에 연결한 감쇄기의 입력 감쇄량을 계산해 주고 EUT를 대치하였던 대치 안테나의 이득과 전체 보정값을 고려하여 EIRP를 계산하면 된다. 이때 대치 안테나의 이득은 EIRP가 등가등방성 복사전력이므로 등방성 안테나에 대한 대치 안테나의 상대적인 이득인 dBi 값을 계산해야 한다. 전체 보정의 경우는 복사성

전력 측정시 발생할 수 있는 각 요소에 의한 손실에 대한 보정으로 수신 안테나의 높이 변화를 하지 않는 측정장에서는 3 가지 손실을 보정해야 한다. 3 가지 보정을 세부적으로 확인하면 가장 먼저 EUT를 대치 안테나로 대치시킬 때 연결했던 대치 안테나의 케이블 손실과 4 GHz 이하에서 쓰이는 다이폴 안테나의 발룬에서 발생하는 손실, 수신 안테나와 치환 안테나 사이의 상호결합 및 부정합에 의해 발생하는 손실로 구분된다.

대치 안테나의 케이블 손실 측정은 대치 안테나를 연결한 케이블의 양 끝단을 신호 발생기와 스펙트럼 분석기에 연결하고 EUT의 해당 주파수에서 신호 발생기의 출력을 0 dBm으로 인가시켰을 경우의 스펙트럼 분석기의 값을 말하며 일반적으로 음수의 값을 갖으며 전체 보정의 수식에서 음의 대치 안테나 케이블 손실에 해당한다. 다음으로 대치 안테나 발룬 손실은 4 GHz 이하에서 대치 안테나로 사용되는 반파장 다이폴 안테나와 광대역 다이폴 안테나에서 불평형 신호를 평형 신호로 바꿔 주는 발룬에 의해 발생하는 손실을 의미하며 측정시 사용된 안테나의 data sheet를 이용하여 계산하면 된다. 마지막으로 상호결합 및 부정합 손실은 저주파에서 동작하는 EUT에서 수신 안테나와 대치 안테나 사이의 상호결합 및 부정합에 의한 값으로 동작 주파수가 30 ~ 180 MHz인 다이폴 안테나의 경우는 표 3-2를 참조하며 180 MHz 이상일 경우는 상호결합 및 부정합 손실 보정을 0 dB로 한다. EUT와 수신 안테나 사이의 거리가 3 m 또는 10 m가 아닌 경우에는 보간법을 이용하여 상호결합 및 부정합 손실을 보정하면 된다.

표 3-2. 수신 안테나의 높이 변화가 없는 측정장에서의  
상호결합 및 부정합 손실 보정

주파수(MHz)	3 m (dB)	10 m (dB)	주파수(MHz)	3 m (dB)	10 m (dB)
30	27.1	25.8	80	0.7	0.2
35	24.3	23.3	90	0.6	0.1
40	21.7	20.8	100	0.6	0.1
45	19.0	18.2	120	0.3	0.1
50	16.1	15.4	140	0.4	0.1
60	9.7	9.1	160	0.3	0.2
70	2.2	1.7	180	0.2	0.1

다음으로 수신 안테나의 높이를 변화시키는 측정에서의 EIRP 계산 방법을 살펴보자. 바닥면에 흡수체가 깔려 있지 않는 semi-anechoic chamber와 야외 시험장에서 측정한 신호 발생기의 출력 전력으로부터 EIRP/ERP를 식 (3-3)과 식 (3-4)를 이용하여 계산하면 되며 전체 보정에서 EUT 측정시와 대치 안테나 측정시의 수신 안테나 높이가

달라 발생하는 오프 보어사이트와 측정거리 차이에 의한 보정만 첨가해 주면 된다.

$$\begin{aligned} \text{EIRP} = & \text{신호 발생기 출력 전력} - \text{수신기 입력 감쇄량} \\ & + \text{대치 안테나 이득(dBi)} + \text{전체 보정} \end{aligned} \quad (3-3)$$

$$\begin{aligned} \text{전체 보정} = & - \text{대치 안테나 케이블 손실} - \text{대치 안테나 발룬 손실} \\ & - \text{상호결합 및 불일치 손실} - \text{오프 보어사이트 보정} \\ & - \text{측정거리 보정} \end{aligned} \quad (3-4)$$

전체 보정의 경우 대치 안테나 케이블 손실 측정과 대치 안테나 발룬 손실 계산은 수신 안테나의 높이변화를 하지 않는 경우와 동일하며 상호결합 및 불일치 손실은 표 3-3을 이용하여 계산한다. 상호결합 및 부정합 손실은 수신 안테나가 수평편파일 경우와 수직편파일 경우의 값이 다르며 180 MHz 이상일 경우는 0 dB로 계산한다. 수신 안테나 높이 변화가 있는 측정장에서는 EUT와 수신 안테나의 거리를 3 m 와 10 m로 제안하였기 때문에 표의 값을 이용하여 상호결합 및 부정합 손실 보정을 한다.

표 3-3. 수신 안테나의 높이 변화가 있는 측정장에서의  
상호결합 및 부정합 손실 보정

	수평편파 (dB)			수직편파 (dB)	
주파수(MHz)	3 m	10 m	주파수(MHz)	3 m	10 m
30	27.6	26.0	30	25.2	25.4
35	24.6	23.3	35	22.4	22.9
40	21.8	20.7	40	19.8	20.4
45	19.0	18.1	45	17.2	17.9
50	16.0	15.1	50	14.4	15.1
60	9.5	8.9	60	8.5	9.2
70	2.4	2.8	70	1.6	2.5
80	0.6	0.8	80	0.0	0.4
90	0.2	0.4	90	-0.2	0.1
100	-0.3	0.0	100	-0.6	0.0
120	-2.3	-1.2	120	-0.6	0.0
140	-1.0	-0.7	140	1.1	-0.1
160	-0.3	0.3	160	0.7	0.0
180	-0.3	0.3	180	0.3	0.0



보어사이트는 안테나의 복사패턴에서 지향성이 가장 좋은 방향을 의미하고 오프 보어 사이트는 지향성이 가장 좋은 방향 이외의 다른 방향을 의미하는 용어로 EUT와 대치 안테나 측정시 수신 안테나의 높이가 EUT 및 대치 안테나의 높이와 달라 발생하는 오프 보어사이트를 EIRP 계산시 보정해야 하며 반파장 다이폴의 경우는 수신 안테나의 높이에 따른 표 3-4 값을 이용하여 식 (3-5)을 통해 계산하며 광대역 다이폴 안테나나 혼 안테나는 안테나의 복사패턴을 이용하여 오프 보어사이트를 보정하면 되며 보정값이 0.5 dB를 넘지 않는 경우는 광대역 안테나와 혼 안테나의 불확정성 때문에 0 dB로 오프 보어사이트를 계산한다.

표 3-4. 수신 안테나의 높이 변화가 있는 측정장에서의  
수신 안테나의 높이에 따른 오프 보어사이트 신호 손실

수신 안테나 높이 (m)	3 m (dB)	10 m (dB)	수신 안테나 높이 (m)	3 m (dB)	10 m (dB)
1	1.35	0.19	2.6	2.41	0.50
1.2	1.38	0.21	2.8	2.70	0.55
1.4	1.41	0.23	3.0	3.00	0.60
1.6	1.50	0.26	3.2	3.33	0.66
1.8	1.60	0.30	3.4	3.67	0.73
2.0	1.85	0.35	3.6	4.00	0.80
2.2	1.95	0.40	3.8	4.35	0.88
2.4	2.17	0.45	4.0	4.70	0.96

$$\begin{aligned} \text{오프 보어사이트 보정} &= \text{EUT 측정시 표 3-4의 값} & (3-5) \\ &- \text{대치 안테나 측정시 표 3-4의 값} \end{aligned}$$

마지막으로 측정거리 보정의 경우는 복사성 전력 측정시 측정거리를 3 m 또는 10 m로 설정하여도 EUT와 대치 안테나 측정시 수신 안테나의 높이를 변화시켜 실제 측정거리는 3 m 또는 10 m 이상으로 멀어지며 각각의 경우에 수신 안테나의 높이가 달라 측정거리가 달라지며 이에 따라 발생하는 차이를 의미한다. 측정거리 차이는 EUT의 주파수와 무관하게 측정거리 차만큼의 손실 변화가 생기며 이에 EUT의 동작 주파수와 상관없이 표 3-5값을 이용 식 (3-6)을 통해 측정거리 보정을 계산하면 된다.

표 3-5. 수신 안테나의 높이 변화가 있는 측정장에서의  
수신 안테나의 높이에 따른 측정거리 신호 손실

수신 안테나 높이 (m)	3 m (dB)	10 m (dB)	수신 안테나 높이 (m)	3 m (dB)	10 m (dB)
1	0.16	0.04	2.6	1.35	0.25
1.2	0.24	0.06	2.8	1.59	0.29
1.4	0.35	0.08	3.0	1.83	0.34
1.6	0.47	0.10	3.2	2.08	0.38
1.8	0.61	0.12	3.4	2.33	0.43
2.0	0.77	0.15	3.6	2.60	0.48
2.2	0.95	0.18	3.8	2.88	0.54
2.4	1.14	0.21	4.0	3.13	0.60

$$\begin{aligned} \text{측정거리 보정} &= \text{EUT 측정시 표 3-5의 값} & (3-6) \\ &- \text{대치 안테나 측정시 표 3-5의 값} \end{aligned}$$

## 제 4 장 무선기기 복사성 전력 측정

국내 표준 측정 방법으로 사용되고 있는 공중선 전력 측정 방법은 앞에서 언급한 바와 같이 적지 않은 문제점을 안고 있다. 또한 세계적인 추세와 앞으로의 전파분야의 지속적인 발전과 환경에 관한 사항 등을 종합해볼 때 공중선 전력 측정 방법을 복사성 전력 측정 방법으로 전환할 필요성이 제기 되었다. 복사성 전력 측정에 적합한 측정 환경과 측정 방법에 대한 제안에 앞서 실제 무선기기에 대한 국내 무선설비규칙의 세부적인 내용을 확인하고 실내 측정장에서 복사성 전력을 측정함으로써 공중선 전력의 규제치와 비교·분석하여 보았다. 이러한 시도를 통해 복사성 전력 측정이 실내 측정장에서도 비교적 간단히 수행될 수 있음을 확인하였고 chamber 등의 최적의 측정장에서는 보다 정확한 측정이 가능함을 확인하였다. 또한 국내의 무선설비 규칙의 공중선 전력 규제 기준치가 복사성 전력으로 전환되었을 때 얼마 정도의 규제값을 가져야 하는지를 살펴보았다.

### 제 1절 국내 무선설비규칙

현재 국내의 출력 전력 규제의 기준이 되고 있는 무선설비규칙에 대하여 세부적으로 살펴보고 공중선 전력 기준을 가지고 있는 무선기기를 선별하여 각 무선기기의 공중선 전력 기준값을 확인하였다. 우선 무선설비규칙의 전체적인 내용 중에 출력 전력과 관련된 사항을 정리하면 표 4-1과 같다. 제 1장 총칙의 제 2조 정의에 해당하는 부분에는 등가등방복사전력과 공중선 이득에 대한 정의가 되어 있고 제 2장 무선설비 기술기준의 전력 내용에 해당하는 6조에는 전파형식별 공중선 전력의 표시와 환산비, 송신설비의 공중선 전력 허용편차와 공중선 전력 측정과 산출방법 등의 출력 전력관련 내용이 포함되어 있다. 또한 무선설비규칙 제 3장 제 14조에는 전파용용설비 용도별 거리에 따른 전계강도의 기준을 제시하고 있다. 무선설비규칙은 지금까지 언급한 바와 같이 무선기기의 사용 용도와 세부 내용에 따라 공중선 전력과 전계강도 모두를 기준으로 사용하고 있어 출력 전력의 혼선을 빚고 있는 상황이다.

표 4-1. 출력 전력 관련 무선설비규칙

항 목	내용	세 부 내 용
제 1장 총칙 제 2조 정의	등가등방복사전력 (EIRP)	공중선에 공급되는 전력 × 등방성 공중선에 대한 공중선이득
	공중선이득	동일한 거리에서 동일한 전계 또는 전력밀도를 발생시키기 위하여 주어진 공중선과 손실이 없는 기준공중선의 입력단에서 각각 필요로 하는 전력의 비 (dB)

제 2장 무선설비의 기술기준	공중선 전력 표시		전파형식별 공중선 전력의 표시와 환산비
	송신설비 전력		송신설비의 공중선 전력 허용편차
제 6조 전력	공중선 전력 측정과 산출방법		정보통신부고시 제 2001-15호
제 2장 제 9조 수신설비	수신설비 전력		수신설비에서 발사되는 전파의 세기 -54 dBmW 이하 [의사공중선회로(擬似空中線回路)기준]
제 3장 전파응용설비의 기술기준	산업용 전파응용설비		100 m 거리에서 100 $\mu$ V/m 이하
	의료용 전파응용설비		30 m 거리에서 100 $\mu$ V/m 이하
	기타 전파응용설비	고주파 출력 500 W 이하	30 m 거리에서 100 $\mu$ V/m 이하
		고주파 출력 500 W 초과	100 m 거리에서 100 $\mu$ V/m 이하 30 m 거리에서 $100 \times \sqrt{P/500}$ [P: 고주파 출력 (W)]
제 14조 전계강도의 허용치			

무선설비규칙에서는 제 5장 보칙 제 24조를 통해 무선설비규칙 제 2장과 제 4장에서 규정한 무선설비 및 전파응용설비의 기준에 대하여 용도에 따라 무선기기를 5가지로 분류하고 있으며 세부시행 기준은 전파연구소고지를 통해 정의하고 있다. 특정 소출력 무선기기에 대한 출력 전력을 확인하는 본 연구에서는 방송과 전기통신사업용 이외의 기타 업무용 무선설비에 대한 세부기준으로 전파연구소고시 제2006-84를 통해 확인할 수 있다.

표 4-2. 무선설비 세부 기술기준 (무선설비규칙 제5장 제24조 제2항)

무선기기	세부시행 기준
1. 방송업무용 무선설비	전파연구소고시 제 2004-21호
2. 해상이동업무 및 해상무선항행업무용 무선설비	전파연구소고시 제 2006-68호
3. 항공이동업무 및 항공무선항행업무용 무선설비	전파연구소고시 제 2004-23호
4. 전기통신사업용 무선설비	전파연구소고시 제 2004-105호
5. 제1호 내지 제4호 외의 기타 업무용 무선설비	전파연구소고시 제 2006-84호

표 4-3은 기타업무용 무선설비의 기술기준인 전파연구소고시 제 2006-84로서 세부적인 내용을 살펴보면 허가받지 않고 개설했을 수 있는 무선국의 무선설비는 활용 용도에 따라 생활무선국용, 미약 전계강도, 특정 소출력 무선국용, RFID/USN용 그리고 코드

없는 전화기의 총 5가지로 다시 세분화 되며 이중 미약 전계강도를 제외한 나머지 4가지 항목은 공중선 전력을 출력 전력으로 규제하고 있다. 이와 같은 무선기기 중 본 연구에서는 특정 소출력 무선국용 무선기기로 음성 및 음향신호 전송용인 무선 마이크와 무선 데이터 통신시스템에 해당하는 ZigBee와 무선 랜(wireless local area network), RFID/USN용에 해당하는 900 MHz 대역의 RFID 시스템과 코드없는 전화기에 해당하는 900 MHz 대역과 1.7 GHz의 무선전화기를 측정 대상기기로 선정하였다.

표 4-3. 기타업무용 무선설비의 기술기준 (전파연구소고지 제2006-84호)

세부내용	무선기기용도 및 주파수			출력 전력 규제
제 5조 생활무선국용	27 MHz대 송신장치			공중선 전력 반송파전력 또는 첨두포락선 전력 3 W 이하
	400 MHz대 송신장치			공중선 전력 0.5 W 이하
제 6조 미약 전계강도	~ 322 MHz			전계강도 500 $\mu$ V/m 이하
	322 MHz ~ 10 GHz			전계강도 35 $\mu$ V/m 이하
	10 GHz ~ 150 GHz			전계강도 3.5f $\mu$ V/m 이하
	150 GHz ~			전계강도 500 $\mu$ V/m 이하
제 7조 특정 소출력 무선국용	무선조정용			전계강도 10 mV/m 이하 @ 10 m
	데이터전송용			공중선 전력 5 mW 또는 10 mW 이하
	안전시스템용			공중선 전력 10 mW 이하
	음성 및 음향신호 전송용			공중선 전력 10 mW 이하
	무선접속시스템용			전력(전력밀도)과 송신공중선 이득 으로 규제
	중계용			공중선 전력밀도 10 mW/MHz 이하 전계강도 10 mV/m 이하 @ 10 m
	무선 데이터통신시스템			공중선 전력 10 mW 또는 전력/호핑대역 3 mW 이하
	이동체식별용			공중선 전력 300 mW 이하
	차량 충돌방지용 레이더			공중선 전력 10 mW 이하
제 8조 RFID/USN용	908.5 ~ 914 MHz			공중선 전력 1 W 이하
	433.67 ~ 434.17 MHz			공중선 전력 첨두전력 5.6 dBm 이하
제 9조 코드없는 전화기	아날로그 방식	기본형	1형	공중선 전력 3 mW 이하
			2형	공중선 전력 10 mW 이하
	디지털 방식	다기능형		1형 또는 2형 기준과 동일
		1.7 GHz		평균전력 100 mW 이하
		2.4 GHz		공중선 전력 10 mW 이하

## 제 2절 무선기기의 복사성 전력 측정

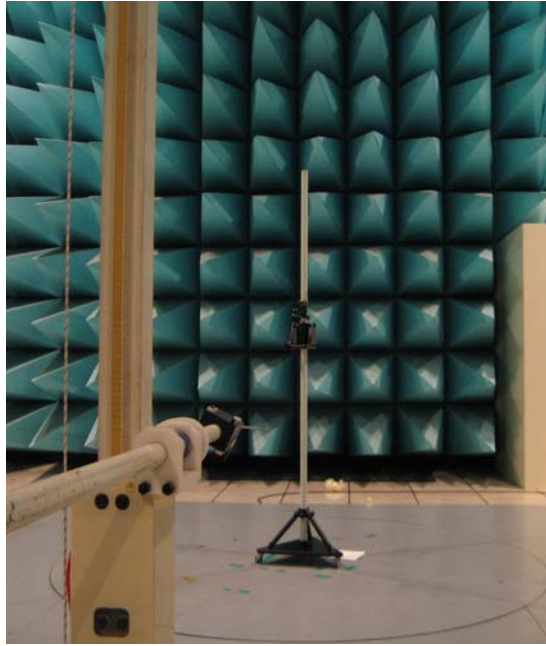
기타업무용 무선설비 기술기준 중에서 공중선 전력으로 규제하고 있는 특정 소출력 무선국용에 해당하는 무선 마이크와 ZigBee, 무선 랜과 RFID/USN용 무선기기에 해당하는 RFID 시스템 그리고 코드없는 전화기 중 아날로그 방식의 2형 무선전화기와 디지털 방식의 1.7 GHz 대역 무선 전화기를 대상기기로 선정하여 실내 환경과 semi-anechoic chamber 그리고 fully-anechoic chamber에서 측정하여 각 측정장에서의 복사성 전력을 비교 분석하고 공중선 전력 규제값 만족 여부와 복사성 전력으로 환산된 기준값이 얼마인지를 확인해 보았다.

### 1. 측정장 환경 및 측정법

무선기기의 복사성 전력을 측정한 측정장에 대하여 살펴보면 실내 환경은 국가 및 사설 연구원이나 지정 시험 기관과 같이 완벽하게 구축되어 있지는 않지만, 전면과 측면의 전파 산란과 간섭을 최소화하기 위해 간이 흡수체 벽을 사용하였고 EUT의 최대 출력이 나오는 방향을 확인하고자 turn-table을 사용하였다. EUT와 ground 간의 거리는 turn-table의 높이와 천장에 의한 전파 산란과 흡수 등을 고려하여 1.2 m로 하였으며, 수신 안테나의 높이는 EUT의 높이와 동일한 1.2 m로 설정하였다. 그림 4-1 (a)는 실내 환경에 대한 측정장을 보여주고 있다. 다음으로 semi-anechoic chamber의 경우는 바닥이 ground 면이고 다섯면이 흡수체로 둘러싸여 있는 chamber를 사용하였으며 측정장은 그림 4-1 (b)와 같으며 fully-anechoic chamber의 경우는 바닥에 페라이트 비트를 깔고 그 위에 흡수체로 쌓은 EMC chamber에서 측정하였으며 그림 4-1 (c)와 같다.



(a) 실내 환경 측정장



(b) Semi-anechoic chamber 측정장



(c) Fully-anechoic chamber 측정장

그림 4-1. 복사성 전력 측정장

측정에 사용한 안테나로 1 GHz 이하의 무선기기인 무선 마이크, RFID system, 무선 전화기 등을 측정하고자 수신 안테나와 대치 안테나를 ETS Lindgren 사의 다이폴 세트인 3121C 중 동작 대역이 400 MHz에서 1 GHz에 해당하는 다이폴인 DB4를 사용하였다. 그리고 1.7 GHz 대역의 무선 전화기와 2.4 GHz 대역의 ZigBee와 무선 랜을 측정하기 위하여 교내에서 외부에 제작 의뢰한 혼 안테나를 사용하였다. 그림 4-2 (a)는 다이폴 안테나인 DB4를 보여주고 있으며 (b)는 혼 안테나를 보여주고 있다.





(a) ETS Lindgren사의 3121C DB4



(b) 1.7 ~ 2.5 GHz 대역의 혼 안테나

그림 4-2. 복사성 전력 측정시 사용된 안테나

반파장 다이폴 안테나는 주파수에 따라 안테나의 길이를 조정해야 하기 때문에 측정 때마다의 미세한 이득의 차이를 보였으며 이에 따라 반파장 다이폴 안테나의 일반적인 이득인 2.15 dBi로 계산하였고 혼 안테나와 분리형 안테나를 사용하는 RFID 시스템의 리더 안테나의 경우는 실내 환경에서 그림 4-3의 네트워크 분석기 HP 8510C와 S-parameter 테스트기 HP 8517B를 이용하여 측정하였다. 일체형 안테나를 사용하는 무선기기인 무선 마이크와 ZigBee, 무선 랜의 경우는 안테나의 모양을 확인하여 모노 폴 안테나와 다이폴 안테나의 이득을 근사치로 사용하였으며, 일체형 안테나의 형태로

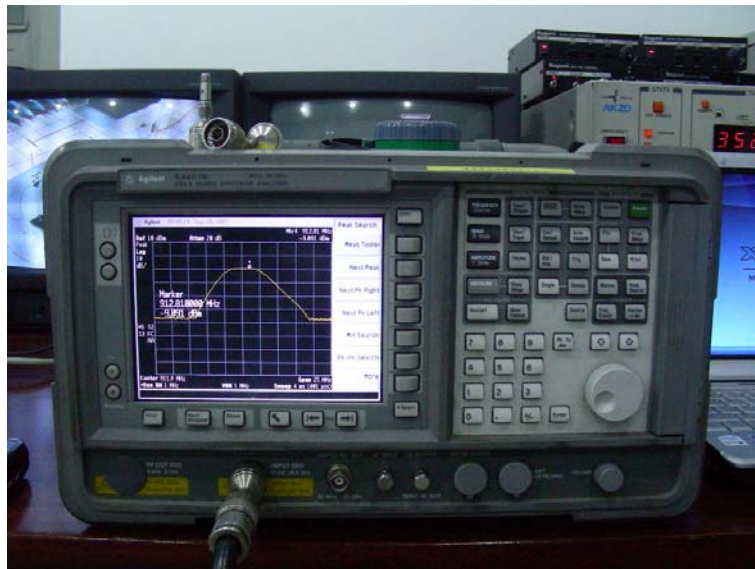


안테나의 형태를 알 수 없는 무선 전화기의 경우는 각 편파에 따른 측정값으로 안테나의 이득을 짐작할 수 있었다.

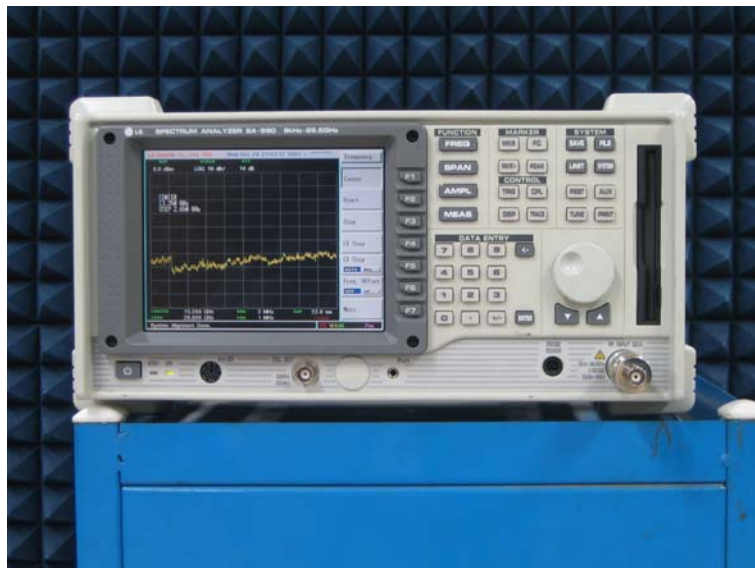


그림 4-3. 네트워크 분석기 (HP 8510C)와 S-parameter 테스트기 (HP 8517B)

복사성 전력은 앞장에서 제안한 측정 방법을 이용하여 측정하였으며 실내 환경 측정 시 EUT와 수신 안테나, 대치 안테나는 동일한 높이 1.5 m로 고정하였고 turn-table을 이용하여 EUT를 360도 회전시키고 대치 안테나인 반파장 다이폴과 혼 안테나의 지향성을 고려하여 복사성 전력을 측정하였다. Semi-anechoic chamber의 경우는 EUT와 대치 안테나 측정 시 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 까지 변화시키고 EUT 측정 시 turn-table을 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 지점과 각도를 기록하고 그 때의 복사성 전력을 계산하였다. 마지막으로 fully-anechoic chamber의 경우는 EUT와 수신 안테나, 대치 안테나의 높이를 1.5 m로 동일하게 하였고 turn-table을 이용하여 EUT의 최대 출력이 나오는 각도를 확인하고 복사성 전력을 측정하였다. 복사성 전력 측정에 사용된 스펙트럼 분석기는 그림 4-4와 같이 Agilent사의 E4407B와 LG Innotek사의 SA-990이고, 대치 안테나로 교체한 이후에 대치 안테나에 전력을 인가시켜주는 신호 발생기인 Agilent 사의 E4433B는 그림 4-5에 보여주고 있다. 신호 발생기는 RF 최대 인가 레벨이 19 dBm으로 그 이상의 RF 인가 전력이 필요한 경우에는 신호발생기에서의 인가전력과 스펙트럼 분석기에서의 수신전력 사이에 선형적인 증가 형태를 확인하고 RF 인가 전력을 증대시켰다.



(a) Agilent사의 E4407B



(b) LG Innotek사의 SA-990

그림 4-4. 스펙트럼 분석기



그림 4-5. 신호 발생기 (Agilent E4433B)

## 2. 무선 마이크 복사성 전력 측정

가장 먼저 음성 및 음향 신호 전송용 특정 소출력 무선기기에 해당하는 무선 마이크 부터 살펴보았다. 표 4-4에서와 같이 무선 마이크의 출력 전력 기준은 주파수에 상관 없이 공중선 전력 10 mW 이하이다.

표 4-4. 음성 및 음향신호 전송용 특정 소출력 무선기기  
(주파수와 공중선 전력 기준)

장치명(용도)	주파수( MHz)	전파형식	공중선 전력	점유주파수대폭
무선호출 (음성에 한함)	219.150 219.175 219.200 219.225	F(G)3E	10 mW 이하	16 kHz 이하
무선 마이크	72.610-73.910 74.000-74.800 75.620-75.790 173.020-173.280 217.250-220.110 223.000-225.000 740.000-752.000 928.000-930.000 950.000-952.000	F(G)3E F(G)8(9)W		(1) 100 MHz이하의 경우 : 60 kHz 이하 (2) 100 MHz초과의 경우 : 200 kHz 이하

무선 마이크의 대상기기로 S사의 ew300 G2를 선정하였으며 동작 주파수는 750 MHz 이다. 무선기기의 매뉴얼을 확인하면 RF 최대 출력이 10 mW이하로 무선설비 기술기준인 공중선 전력 10 mW 이하를 만족하였다. 무선 마이크의 안테나는 일반적인

다이폴 안테나로 최대 2 dBi의 이득을 갖으며 공중선 전력과 안테나 이득을 통해 복사성 전력을 계산하면 15.85 mW 정도의 EIRP를 가질 것으로 예측되었다.



그림 4-6. S사의 750 MHz 대역 무선 마이크

$$\text{무선설비 기술기준 : 공중선 전력} = \text{RF 최대 출력} = 10 \text{ mW} \leq 10 \text{ mW} \quad (4-1)$$

$$\begin{aligned} \text{계산된 } EIRP &= \text{공중선 전력} \times \text{안테나 이득} \\ &= 10 \text{ dBm} + 2 \text{ dBi} = 12 \text{ dBm} (15.85 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-2)$$

#### 가. 실내 환경 측정

무선 마이크의 복사성 전력 측정을 위해 수신 안테나를 수직편파로 향하게 하고 선형 편파를 가지는 무선 마이크의 안테나도 동일한 수직편파를 갖도록 위치시킨 뒤 3 m 떨어진 거리에서 무선 마이크를 회전시켜 출력이 최대가 될 때의 값을 스펙트럼 분석기를 통해 측정하였다. 그림 4-7과 같이 회전대의 각도가 0도일 때 -55.25 dBm의 최대 출력이 나왔다.

무선 마이크를 반파장 다이폴로 대체하고 신호 발생기를 연결한 후 무선 마이크의 출력과 동일한 값을 갖도록 조절하여 신호 발생기를 통해 인가된 전력이 15.16 dBm임을 확인하였다.

신호발생기 인가 전력 15.16 dBm에서 대체 안테나의 이득과 보정값에 해당하는 대체 안테나의 cable 손실과 반파장 다이폴의 발룬손실을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-3)과 같이 12.81 dBm이 나온다.



그림 4-7. 실내 환경 측정시 무선 마이크의 수직편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} \\
 &= -3.80 - 0.70 = -4.50 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 15.16 + 2.15 - 4.50 = 12.81 \text{ dBm} (19.10 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-3}$$

수신 안테나인 반파장 다이폴을 수평편파로 향하게 하고 무선 마이크의 안테나도 수평방향으로 향하게 한 다음 동일한 방법으로 EIRP를 측정하면 그림 4-8과 같이 무선 마이크가 5도 회전된 상태에서 -60.55 dBm의 최대 출력이 나왔다. 무선 마이크를 반파장 다이폴로 대체하고 반파장 다이폴을 수평편파를 향하게 하여 무선 마이크와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하고 계산한 결과 신호 발생기에 인가된 전력은 15.67 dBm이 되었다.

신호발생기 인가 전력 15.67 dBm에서 보정값인 대체 안테나의 cable 손실, 반파장 다이폴의 발룬손실과 반파장 다이폴 안테나의 이득을 고려하면 EIRP는 식 (4-4)과 같이 13.32 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} \\
 &= -3.80 - 0.70 = -4.50 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 15.67 + 2.15 - 4.50 = 13.32 \text{ dBm} (21.48 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-4}$$



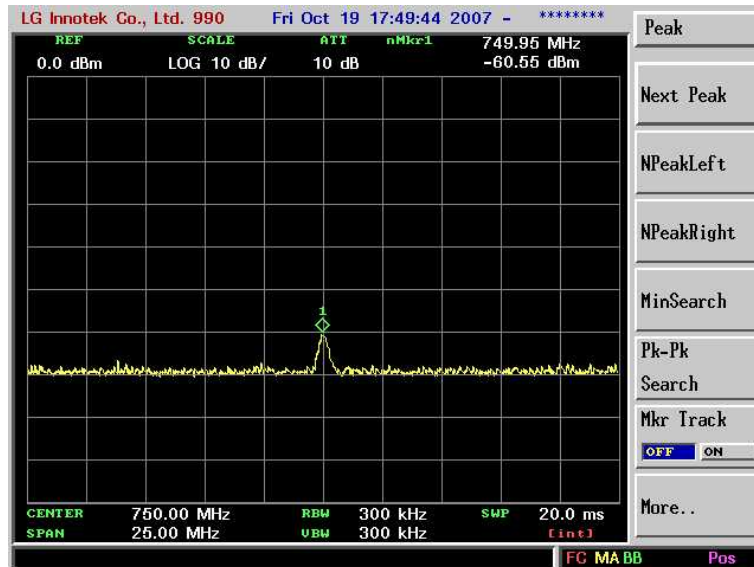


그림 4-8. 실내 환경 측정시 무선 마이크의 수평편파 최대 출력

무선 마이크의 EIRP를 측정한 결과 수직편파일 경우와 수평편파일 경우가 약 0.5 dBm 차이로 매우 유사한 값을 가졌으며 최대 EIRP는 수평편파로 위치하였을 때 13.32 dBm이 나왔다.

#### 나. Semi-anechoic chamber 측정

무선 마이크의 복사성 전력을 그림 4-1 (b)와 같은 semi-anechoic chamber에서 측정 하였으며 반파장 다이폴 안테나의 수직편파와 수평편파를 측정하였다. EUT의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 설치된 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 까지 변화 시키고 EUT가 놓여있는 turn-table 각도를 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 높이 그때의 출력을 기록하였다. 수신 안테나가 수직편파로 놓여 있을 때 최대 출력이 나오는 수신 안테나의 높이는 100 cm이었으며 무선 마이크가 정면 방향에서 그림 4-9와 같이 -24.39 dBm의 최대 출력이 나왔다.

반파장 다이폴로 대치시킨 후 신호 발생기를 연결하고 동일한 방법을 이용하면 100 cm 높이에서 최대 출력이 나오며 무선 마이크의 출력과 동일한 값을 갖도록 조절하면 신호 발생기를 통해 인가된 전력이 13.30 dBm이 나온다.

신호발생기 인가 전력 13.30 dBm에서 대치 안테나의 cable 손실 -2.36 dB와 반파장 다이폴의 발룬손실 0.7 dB, 반파장 다이폴 안테나의 이득 2.15 dBi를 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-5)과 같이 12.39 dBm이 나오며 EUT 출력 최대 높이와 대치 안테나 출력 최대 높이가 100 cm로 동일하기 때문에 오프 보어사이트에 의한 보정 및 측정 거리에 대한 보정은 0 dB가 된다.

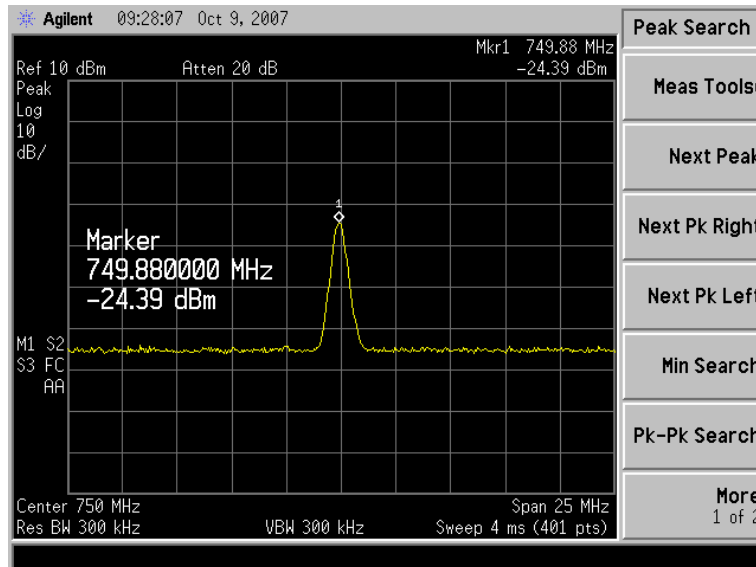


그림 4-9. Semi-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수직편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} - \text{offboresight 보정} - \text{측정거리 보정} \\
 &= -2.36 - 0.70 - 0.00 - 0.00 = -3.06 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 13.30 + 2.15 - 3.06 = 12.39 \text{ dBm (17.34 mW)}
 \end{aligned}
 \tag{4-5}$$

수신 안테나와 무선 마이크의 방향을 수평방향으로 향하게 하여 동일한 방법으로 수평편파를 측정하면 무선 마이크의 경우는 수신 안테나 높이가 126 cm이고 시계방향으로 10도 회전했을 때 그림 4-10과 같이 -23.69 dBm으로 최대 출력이 나오며 대치 안테나의 경우는 수신 안테나 높이가 122 cm인 지점에서 최대 출력이 나온다. 무선 마이크와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 신호 발생기에 인가된 전력은 13.34 dBm이 된다.

신호발생기 인가 전력 13.34 dBm에서 보정값인 대치 안테나의 cable 손실 -2.36 dB와 반파장 다이폴의 발룬손실 0.7 dB, 다이폴 안테나의 이득 2.15 dB 그리고, 무선 마이크 측정시 최대 출력을 갖는 수신 안테나의 높이 126 cm와 대치 안테나 측정시 최대 출력을 갖는 수신 안테나의 높이 122 cm 차이에 의해 발생하는 오프 보어사이트와 측정거리에 대한 보정을 고려해야 하지만 보정값이 0.1 dB 이하의 극히 작은 값으로 오프 보어사이트와 측정거리 보정을 각각 0.0 dB로 하였다. 무선 마이크의 EIRP를 계산하면 식 (4-6)과 같이 12.43 dBm이 나온다.

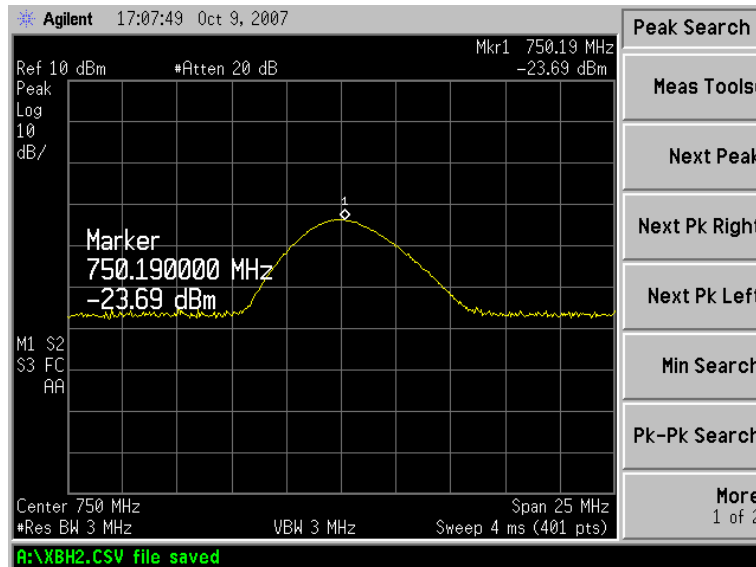


그림 4-10. Semi-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} - \text{offboresight 보정} - \text{측정거리 보정} \\
 &= -2.36 - 0.70 - 0.00 - 0.00 = -3.06 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 13.34 + 2.15 - 3.06 = 12.43 \text{ dBm (17.50 mW)}
 \end{aligned}
 \tag{4-6}$$

Semi-anechoic chamber에서 무선 마이크의 EIRP를 측정한 결과 수직편파와 수평편파의 차이가 약 0.1 dBm이고 최대 EIRP는 수평편파로 위치하였을 때 12.43 dBm이 나왔다.

#### 다. Fully-anechoic chamber 측정

그림 4-1 (c)와 같은 fully-anechoic chamber에서 무선 마이크의 복사성 전력을 측정하였으며 실내 환경과 동일한 방법으로 EUT의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 반파장 다이폴 안테나를 설치한 후 EUT가 놓여있는 turn-table을 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 출력을 기록하였다. 수신 안테나가 수직편파로 놓여 있고 EUT가 반시계 방향으로 7도 회전했을 때 그림 4-11과 같이 -28.58 dBm의 최대 출력이 나왔다.

무선 마이크를 반파장 다이폴로 대치시킨 후 수직편파를 갖도록 위치시키고 신호 발생기를 연결한 후 대치 안테나의 지향성을 고려하여 무선 마이크의 출력과 동일한 값을 갖도록 신호 발생기를 조정하면 20.70 dBm의 신호 발생기 출력이 나온다. 신호발생기 인가 전력 20.70 dBm에서 반파장 다이폴 안테나의 이득 2.15 dBi와 보정값인 cable 손실과 발룬손실을 고려하면 EIRP는 계산하면 식 (4-7)과 같이 13.52 dBm이 나온다.



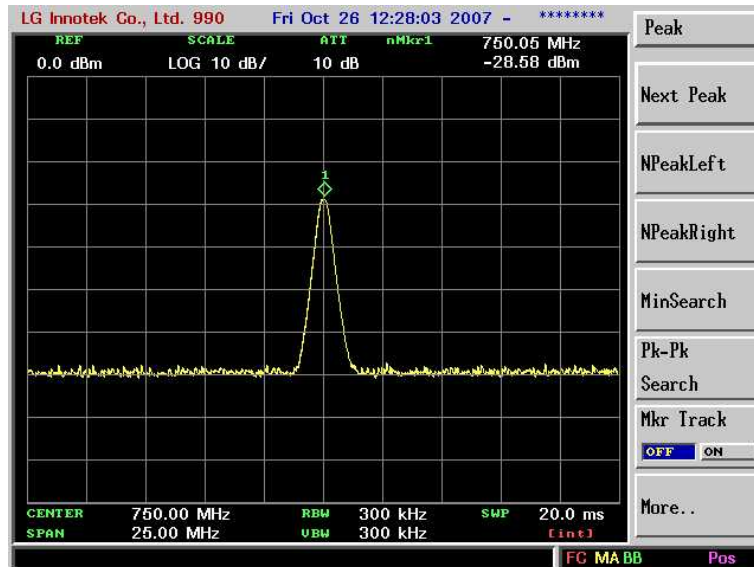


그림 4-11. Fully-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수직편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} \\
 &= -8.63 - 0.70 = -9.33 \text{ dB} \\
 EIRP &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 20.70 + 2.15 - 9.33 = 13.52 \text{ dBm} (22.49 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-7}$$

동일한 방법으로 수평편파에 대하여 무선 마이크의 최대 출력을 확인하면 그림 4-12와 같이 무선 마이크가 반시계 방향으로 8도 회전했을 때 -31.72 dBm이 나왔으며 반파장 다이폴 안테나로 대치시킨 후 대치 안테나의 출력이 -31.72 dBm이 나오도록 신호 발생기의 크기를 조정하면 19.80 dBm의 신호 발생기 인가전력을 확인할 수 있다. 신호발생기 인가 전력 19.80 dBm에서 반파장 다이폴 안테나의 이득과 보정값을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-8)과 같이 12.62 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} \\
 &= -8.63 - 0.70 = -9.33 \text{ dB} \\
 EIRP &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 19.80 + 2.15 - 9.33 = 12.62 \text{ dBm} (18.28 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-8}$$

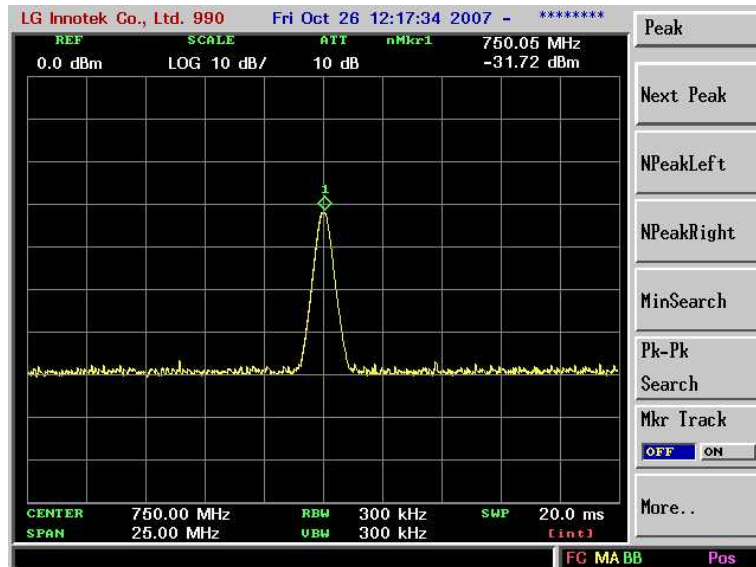


그림 4-12. Fully-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수평편과 최대 출력

실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정한 무선 마이크의 복사성 전력 측정 결과를 비교하면 표 4-5와 같으며 EIRP 최대값은 측정장에서 각각 13.32 dBm, 12.43 dBm, 13.52 dBm으로 약 1 dBm 정도의 차이를 보였다. 어떤 측정장에서 복사성 전력을 측정하여도 매우 유사한 값이 나옴을 확인할 수 있었으며, 무선설비 기술기준 공중선 전력 10 mW와 무선 마이크의 안테나를 다이폴 안테나로 계산한 EIRP보다는 1.5 dBm 정도 큰 값이 나왔다. 이는 무선 마이크의 매뉴얼 값을 이용한 EIRP 계산으로 인한 오차로 사료된다.

표 4-5. 무선 마이크의 복사성 전력 계산값 및 측정값

	계산값	실내 환경		semi-anechoic chamber		fully-anechoic chamber	
		수직편파	수평편파	수직편파	수평편파	수직편파	수평편파
EIRP (dBm)	12	12.81	13.32	12.39	12.43	13.52	12.62

### 3. ZigBee 복사성 전력 측정

다음으로 무선데이터 통신 시스템에 해당하는 ZigBee에 대해서 살펴보았다. ZigBee의 통신 방법은 직접확산방식의 스펙트럼 확산방식이며 이 때의 무선설비 기술 기준은 표 4-6과 같이 송신 공중선 절대이득이 6 dBi 이하, 급전선에 공급되는 최대 전력 밀도가 1 MHz 대역에서 10 mW 이하의 조건을 만족해야 한다. 스펙트럼 확산방식은 보내고자 하는 한 순간의 정보 요소가 사용 주파수 대역에 골고루 퍼져 있게 하는 통신 방식을 나타내며 그 중에서도 직접확산 방식은 신호가 동작 주파수 대역에 전체를 이

용하여 동시에 송신하는 방법을 의미한다.

표 4-6. 무선 데이터 통신시스템용 특정 소출력 무선기기 (DSSS)

나. 직접확산방식 (DS)의 스펙트럼확산방식을 사용하는 것

- (1) 송신공중선은 절대이득  $\leq 6 \text{ dBi}$
- (2) 주파수허용편차  $\leq \pm 50 \times 10^{-6}$
- (3) 송신공중선계의 급전선에 공급되는 최대 전력밀도  
: 1 MHz 대역에 복사되는 전력의 합  $\leq 10 \text{ mW}$

...

ZigBee 대상기기로 M사의 상용 ZigBee kit인 XBee와 XBee PRO를 선정하였고 동작 주파수는 2.4 GHz 이다. XBee와 XBee PRO는 출력 전력이 최대 1 mW와 100 mW로 100배 차이를 보이며 이에 따라 수신 가능한 영역의 차이를 보인다. ZigBee kit에 사용된 안테나는 그림 4-13에서 보는 바와 같이 모노폴 안테나를 사용하여 송신 공중선 절대이득 6 dBi 이하를 만족하였다.



그림 4-13. M사의 상용 ZigBee kit인 XBee PRO

#### 가. XBee 복사성 전력 측정

최대 출력 전력이 1 mW인 XBee부터 살펴보면 무선설비 기술기준은 식 (4-9)과 같이 모두 만족하며 최대 출력 전력 1 mW와 모노폴 안테나의 계산된 이득으로 3.16 mW 정도의 EIRP가 나올 것으로 예측되었다.

$$\text{무선설비 기술기준 : 송신 공중선 절대이득} = 5 \text{ dBi} \leq 6 \text{ dBi} \quad (4-9)$$

$$1 \text{ mW} / 20 \text{ MHz} = 0.05 \text{ mW} / \text{MHz} \leq 10 \text{ mW} / \text{MHz}$$

$$\begin{aligned} \text{계산된 } EIRP &= \text{공중선 전력} \times \text{안테나 이득} \\ &= 0 \text{ dBm} + 5 \text{ dBi} = 5 \text{ dBm} (3.16 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-10)$$

무선 마이크와 동일한 방법으로 XBee의 복사성 전력을 실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정하였으며 수신 및 대치 안테나는 혼 안테나를 이용하였다.

#### (1) 실내 환경 측정

ZigBee kit인 XBee의 복사성 전력을 측정하고자 그림 4-1 (a)와 같은 환경에서 수신 안테나와 XBee의 안테나의 모양을 고려하여 수직편파로 위치시키고 3 m 떨어진 거리에서 XBee를 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도를 확인하였다. XBee가 시계방향으로 10도 회전하였을 때 -43.47 dBm의 최대 출력이 나왔으며 그림 4-14를 통해 확인할 수 있다.

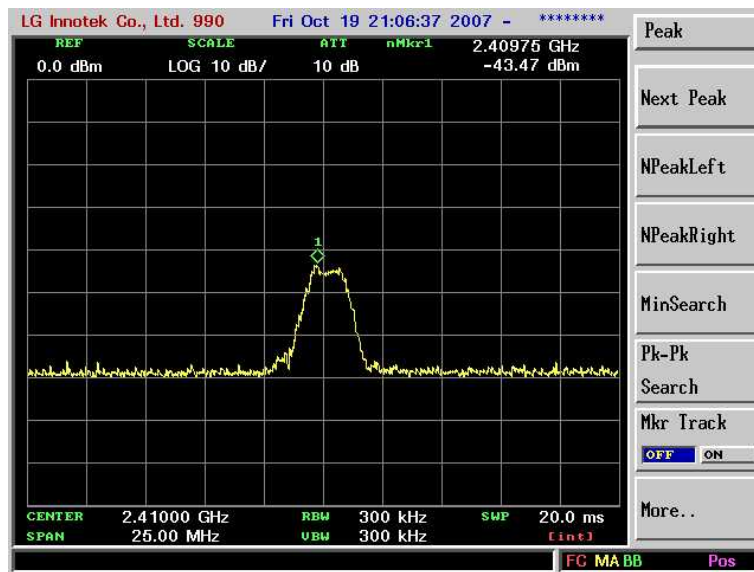


그림 4-14. 실내 환경 측정시 XBee의 수직편파 최대 출력

XBee를 혼 안테나로 대치하고 신호 발생기를 연결한 후 혼 안테나의 지향성을 고려하여 XBee와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 신호 발생기를 통해 인가된 전력이 -8.31 dBm 임을 확인할 수 있다.

신호발생기 인가 전력 -8.31 dBm에서 안테나의 이득과 보정값을 고려하면 식 (4-11)

과 같이 -1.20 dBm의 EIRP가 나온다.

$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -8.25 \text{ dB} \\ \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나이득} + \text{보정값} \\ &= -8.31 + 15.36 - 8.25 = -1.20 \text{ dBm} (0.76 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-11)$$

다음으로 수신 안테나인 혼 안테나와 XBee의 안테나를 수평방향으로 향하게 하여 수평편파일 경우의 EIRP를 측정하면 그림 4-15와 같이 XBee가 반시계 방향으로 10도 회전하였을 때 -42.94 dBm의 최대 출력이 나왔다. XBee를 혼 안테나로 대치시킨 후 대치 안테나가 수평편파를 향하게 하고 XBee와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 신호 발생기에 인가된 전력이 -9.86 dBm임을 확인하였다.

인가 전력 -9.86 dBm에서 대치 안테나의 cable 손실 -8.25 dB와 혼 안테나의 이득 15.36 dBi를 고려하면 EIRP는 식 (4-12)과 같이 -2.75 dBm이 나왔다.



그림 4-15. 실내 환경 측정시 XBee의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -8.25 \text{ dB} \\ \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나이득} + \text{보정값} \\ &= -9.86 + 15.36 - 8.25 = -2.75 \text{ dBm} (0.53 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-12)$$

## (2) Semi-anechoic chamber 측정

그림 4-1 (b)와 같은 semi-anechoic chamber 환경에서 XBee의 복사성 전력을 혼 안테나를 이용하여 수직편파와 수평편파의 경우 모두를 측정하였다. EUT 및 대치 안테나의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 설치된 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 까지 변화시키고 turn-table을 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 높이, 출력을

기록하였으며 수직편파의 경우는 그림 4-16와 같이 수신 안테나의 높이가 186 cm이고 시계방향으로 28도 회전하였을 때 최대 출력 -38.06 dBm이 나왔다.

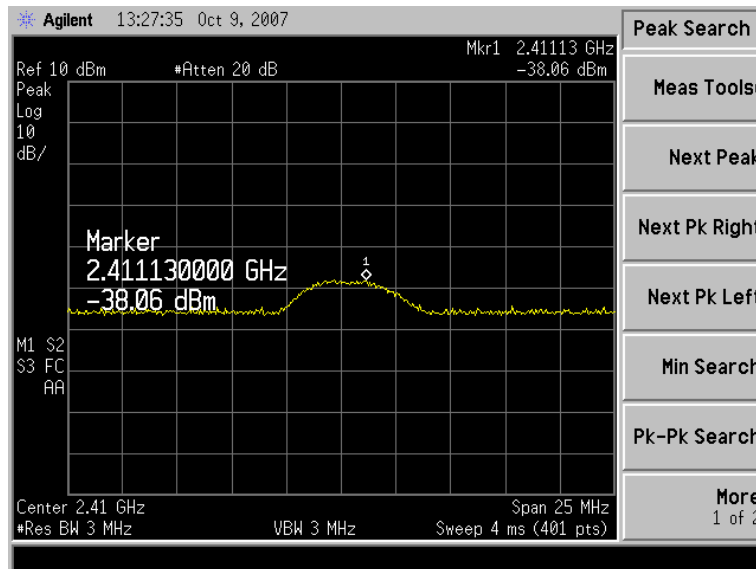


그림 4-16. Semi-anechoic chamber 측정시 무선 마이크의 수직편파 최대 출력

XBee를 혼 안테나로 대치시키고 수신 안테나의 높이를 변화시키면 167 cm에서 최대 출력이 나왔으며 XBee와 동일한 출력을 갖도록 신호 발생기를 조절하면 인가 전력 -12.55 dBm이 나왔다. 신호발생기 인가 전력 -12.55 dBm에서 대치 안테나의 cable 손실 -5.48 dB와 측정거리 보정값 0.2 dB, 혼 안테나의 이득 16.70 dBi를 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-13)과 같이 -1.53 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리 보정} \\
 &= -5.48 \text{ dB} - 0.00 \text{ dB} - 0.2 \text{ dB} = -5.68 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= -12.55 + 16.70 - 5.68 = -1.53 \text{ dBm} (0.70 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-13}$$

수신 안테나와 XBee 안테나의 방향을 수평방향으로 향하게 하여 동일한 방법으로 수평편파를 측정하면 XBee는 수신 안테나 높이가 107 cm이고 반시계방향으로 14도인 지점에서 그림 4-17과 같이 -37.90 dBm으로 최대 출력이 나왔으며 혼 안테나를 연결하였을 경우 수신 안테나 높이가 150 cm에서 최대 출력이 나왔다. XBee와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절한 결과 신호 발생기에 인가된 전력은 -12.82 dBm이 되었다.

신호발생기 인가 전력 -12.82 dBm에서 -5.48 dB의 혼 안테나 cable 손실과 측정거리에 의한 보정값 -0.35 dB, 16.7 dBi의 혼 안테나 이득을 고려하면 EIRP를 계산하면 식 (4-14)과 같이 -1.25 dBm이 나왔다.



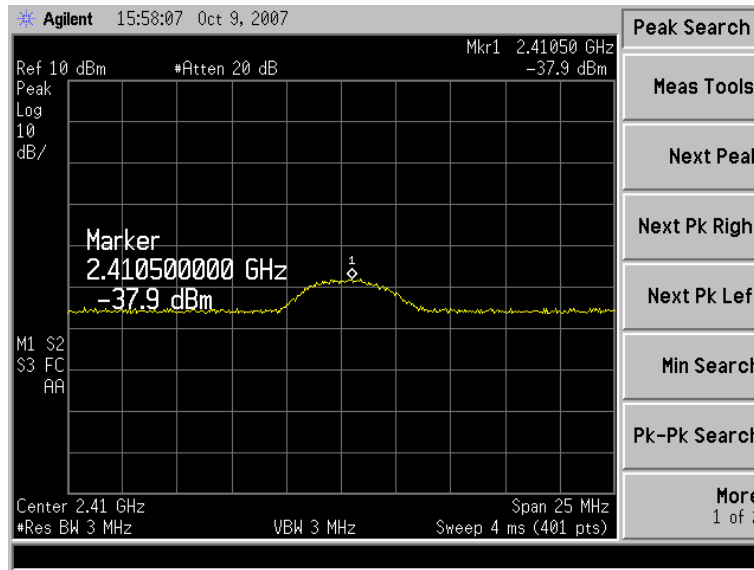


그림 4-17. Semi-anechoic chamber 측정시 XBee의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리 보정} \\
 &= -5.48 \text{ dB} - 0.00 \text{ dB} + 0.35 \text{ dB} = -5.13 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= -12.82 + 16.70 - 5.13 = -1.25 \text{ dBm} (0.75 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-16}$$

### (3) Fully-anechoic chamber 측정

XBee의 복사성 전력을 측정하고자 그림 4-1 (c)와 같은 fully-anechoic chamber 환경에서 EUT의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 혼 안테나를 설치한 후 EUT가 놓여있는 turn-table를 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 출력을 기록하였다. 혼 안테나가 수직편파로 놓여 있을 때 정면방향에서 그림 4-18과 같이 -44.80 dBm의 최대 출력이 나왔으며 XBee를 혼 안테나로 대치시킨 후 수직편파를 갖도록 위치시키고 대치 안테나를 회전시켰을 때 시계방향으로 2도 회전하면 출력이 최대값을 가졌으며 XBee 출력과 동일한 값을 갖도록 신호 발생기를 조정해 결과 -1.30 dBm의 신호 발생기 출력이 나왔다. 신호발생기 인가 전력 -1.30 dBm에서 혼 안테나의 이득 15.36 dBi와 cable 손실 -17.50 dB를 고려하면 EIRP는 계산하면 식 (4-15)과 같이 -3.44 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -17.50 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= -1.30 + 15.36 - 17.50 = -3.44 \text{ dBm} (0.45 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-15}$$

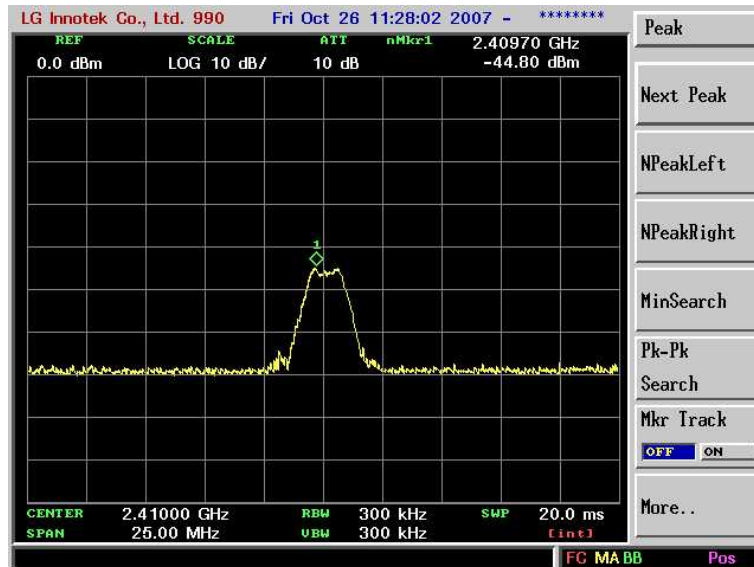


그림 4-18. Fully-anechoic chamber 측정시 XBee의 수직편과 최대 출력

수평편파에 대하여 동일방법을 이용하여 XBee의 최대 출력을 확인하면 반시계 방향으로 2도 회전하였을 때 -43.83 dBm 출력을 보였으며 그림 4-19를 통해 확인할 수 있다. XBee를 혼 안테나로 대치시켰을 경우에는 정면 방향에서 최대 출력을 나타냈으며 XBee의 출력과 동일한 출력값을 갖도록 신호 발생기를 조절하면 0.83 dBm의 신호 발생기 인가전력을 확인할 수 있다. 신호발생기 인가 전력 0.83 dBm에서 혼 안테나 이득 15.36 dBi와 cable 손실 -17.50 dB를 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-16)과 같이 -1.31 dBm이 나온다.

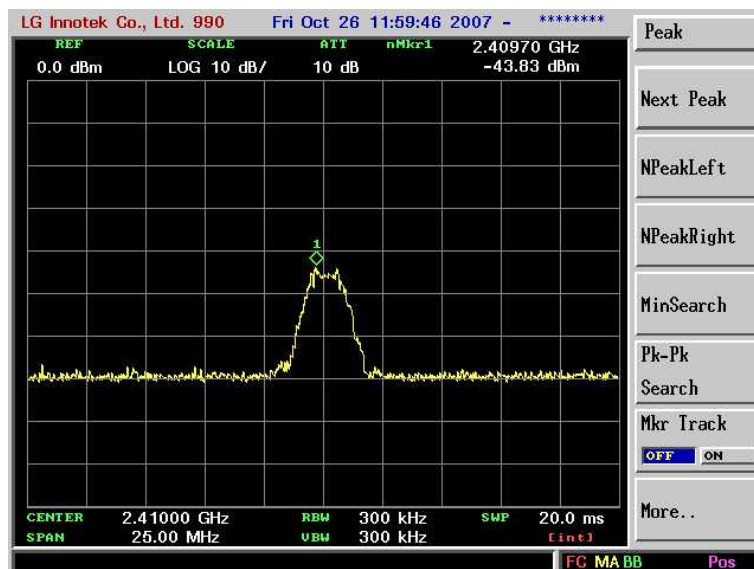


그림 4-19. Fully-anechoic chamber 측정시 XBee의 수평편파 최대 출력



$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -17.50 \text{ dB} \\
 EIRP &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 0.83 + 15.36 - 17.50 = -1.31 \text{ dBm} (0.74 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-16}$$

ZigBee 중 최대 출력 전력이 1 mW인 XBee를 실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정한 결과를 비교하면 표 4-7과 같으며 EIRP 최대값은 각각 -1.20 dBm, -1.25 dBm, -1.31 dBm으로 모든 측정장에서 매우 비슷한 값을 가졌으며 약 0.2 dBm 정도의 차이를 보였다. XBee의 최대 출력 1 mW에 안테나를 모노폴이라고 가정하고 계산한 EIRP값 5 dBm 보다 측정값들이 극히 작은 값을 보였으며 이는 XBee의 안테나 이득 계산의 차이와 실제 XBee에서 나오는 출력이 1 mW가 되지 않아 생기는 오차로 사료된다.

표 4-7. XBee의 복사성 전력 계산값 및 측정값

	계산값	실내 환경		semi-anechoic chamber		fully-anechoic chamber	
		수직편파	수평편파	수직편파	수평편파	수직편파	수평편파
EIRP (dBm)	5	-1.20	-2.75	-1.53	-1.25	-3.44	-1.31

#### 나. XBee PRO 복사성 전력 측정

최대 출력 전력이 100 mW인 XBee PRO의 경우도 무선설비 기술기준은 식 (4-17)과 같이 모두 만족하며 안테나 이득을 5 dBi로 EIRP를 계산하면 3.16 W가 나왔다.

$$\text{무선설비 기술기준 : 송신 공중선 절대이득} = 5 \text{ dBi} \leq 6 \text{ dBi} \tag{4-17}$$

$$100 \text{ mW} / 20 \text{ MHz} = 5 \text{ mW} / \text{MHz} \leq 10 \text{ mW} / \text{MHz}$$

$$\text{계산된 } EIRP = \text{공중선 전력} \times \text{안테나 이득} \tag{4-18}$$

$$= 20 \text{ dBm} + 5 \text{ dBi} = 25 \text{ dBm} (316 \text{ mW})$$

XBee와 동일한 조건에서 각 측정장에 대하여 XBee Pro의 복사성 전력을 측정하였다.

##### (1) 실내 환경 측정

ZigBee kit 중 최대 출력이 100 mW인 XBee Pro를 그림 4-1 (a)와 같은 실내 환경에서 측정하였으며 먼저 수신 안테나와 ZigBee 안테나의 모양을 고려하여 수직편파로 위치시키고 3 m 떨어진 지점에서 XBee Pro를 회전시켰을 때 정면방향에서 최대 출력

-23 dBm이 나왔고 그 때의 출력화면은 그림 4-20을 통해 확인할 수 있다.



그림 4-20. 실내 환경 측정시 XBee Pro의 수직편파 최대 출력

EUT인 XBee Pro를 혼 안테나로 대치하고 신호 발생기를 연결한 후 XBee Pro와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하였을 때 신호 발생기를 통해 인가된 전력이 12.19 dBm임을 확인하였다.

신호발생기 인가 전력 12.19 dBm에서 안테나의 이득과 보정값인 cable 손실을 고려하면 식 (4-19)과 같이 19.30 dBm의 EIRP가 나온다.

$$\begin{aligned}
 EIRP &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 12.19 + 15.36 - 8.25 = 19.30 \text{ dBm (85 mW)}
 \end{aligned}
 \tag{4-19}$$

수평편파에 대한 EIRP를 측정하기 위하여 혼 안테나와 ZigBee 안테나를 수평방향으로 향하게 하고 최대 출력을 측정하면 그림 4-21과 같이 정면방향에서 -21.77 dBm의 최대 출력이 나왔으며 XBee Pro를 혼 안테나로 대치시킨 후 XBee Pro와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 신호 발생기에 인가된 전력이 11.45 dBm임을 확인하였다.

인가 전력 11.45 dBm에서 대치 안테나의 cable 손실 -8.25 dB와 혼 안테나의 이득 15.36 dBi를 고려하면 EIRP는 식 (4-20)과 같이 18.56 dBm이 나왔다.



그림 4-21. 실내 환경 측정시 XBee Pro의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -8.25 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 11.45 + 15.36 - 8.25 = 18.56 \text{ dBm (72 mW)}
 \end{aligned}
 \tag{4-20}$$

## (2) Semi-anechoic chamber 측정

XBee Pro를 semi-anechoic chamber 환경에서 수직편파와 수평편파의 경우 모두를 측정하였으며 EUT 및 대치 안테나의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 설치된 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 까지 변화시키고 turn-table을 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 높이, 출력을 기록하였다. 수직편파의 경우는 그림 4-22와 같이 수신 안테나의 높이가 166 cm이고 정면방향에서 최대 출력 -30.70 dBm이 나왔다.

EUT를 혼 안테나로 대치시키고 수신 안테나의 높이를 변화시켜 138 cm의 높이에서 최대 출력이 나오는 것을 확인하였고 XBee Pro와 동일한 출력을 갖도록 신호 발생기를 조절하면 인가 전력이 20.73 dBm이 나왔다. 신호발생기 인가 전력 20.73 dBm에서 대치 안테나의 cable 손실 -17.52 dB와 혼 안테나의 이득 15.46 dBi를 고려하고 측정거리에 의한 보정값을 0.14 dB하여 EIRP를 계산하면 식 (4-21)과 같이 18.53 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리 보정} \\
 &= -17.52 \text{ dB} - 0.00 \text{ dB} - 0.14 \text{ dB} = -17.66 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 20.73 + 15.46 - 17.66 = 18.53 \text{ dBm (71 mW)}
 \end{aligned}
 \tag{4-21}$$

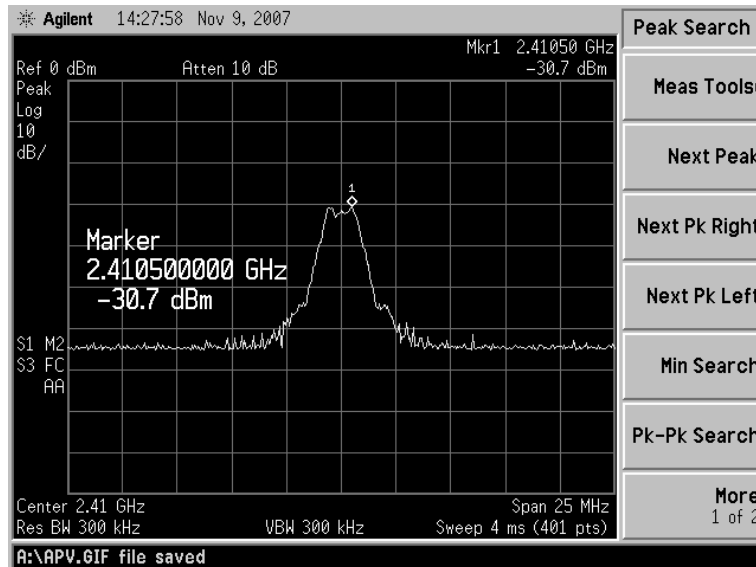


그림 4-22. Semi-anechoic chamber 측정시 XBee Pro의 수직편파 최대 출력

수신 안테나와 ZigBee 안테나의 방향을 수평방향으로 향하게 하여 수평편파일 때 EIRP를 측정하면 XBee Pro는 수신 안테나 높이가 158 cm이고 시계방향으로 10도인 지점에서 그림 4-23과 같이 -28.73 dBm으로 최대 출력이 나왔으며 대치 안테나를 연결하였을 경우 수신 안테나 높이가 164 cm일 때 최대 출력이 나왔다. XBee Pro와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절한 결과 신호 발생기에 인가된 전력은 22.61 dBm임을 확인하였다.

EIRP는 신호발생기 인가 전력 22.61 dBm에서 -17.52 dB의 혼 안테나 cable 손실과 15.46 dBi의 혼 안테나 이득을 고려하여 식 (4-22)과 같이 20.55 dBm이 나왔다. 측정 거리에 의한 보정값은 0.1 dB 이내의 작은 값으로 0.0 dB로 계산하였다.

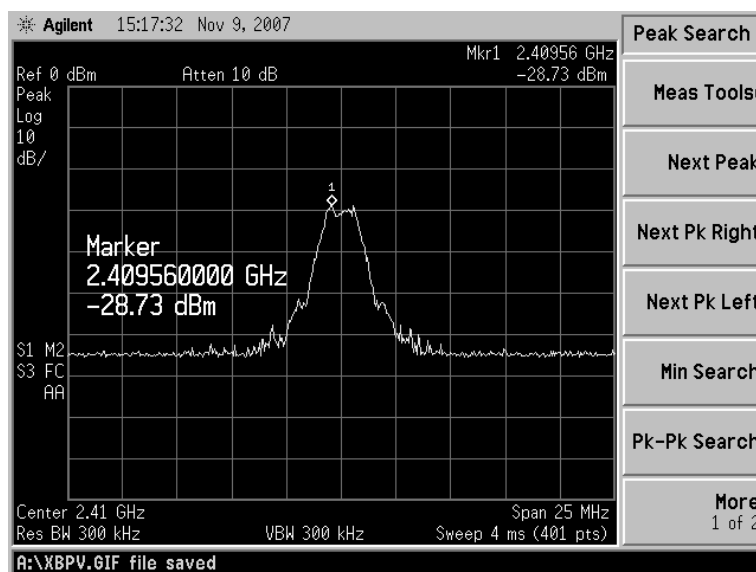


그림 4-23. Semi-anechoic chamber 측정시 XBee Pro의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
\text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리 보정} \\
&= -17.52 \text{ dB} - 0.00 \text{ dB} = -17.52 \text{ dB} \\
\text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
&= 22.61 + 15.46 - 17.52 = 20.55 \text{ dBm} (114 \text{ mW})
\end{aligned}
\tag{4-22}$$

### (3) Fully-anechoic chamber 측정

마지막으로 그림 4-1 (c)와 같은 fully-anechoic chamber 환경에서 XBee Pro의 EIR를 측정하기 위해 EUT의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 혼 안테나를 설치한 후 EUT가 놓여있는 turn-table를 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 출력을 기록하였다. 혼 안테나가 수직편파로 놓여 있을 때 시계방향으로 2도 회전한 지점에서 그림 4-24와 같이 -31.86 dBm의 최대 출력이 나왔으며 혼 안테나로 대치시킨 후 스펙트럼 분석기에서 -31.86 dBm이 나오도록 신호 발생기를 조정한 결과 21.86 dBm의 신호 발생기 출력이 나왔다. 신호발생기 인가 전력에 혼 안테나의 이득과 cable 손실 -17.50 dB를 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-23)과 같이 19.25 dBm이 나온다.



그림 4-24. Fully-anechoic chamber 측정시 XBee Pro의 수직편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
\text{보정값} &= -\text{cable loss} = -17.97 \text{ dB} \\
\text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
&= 21.86 + 15.36 - 17.97 = 19.25 \text{ dBm} (84 \text{ mW})
\end{aligned}
\tag{4-23}$$

수평편파의 경우도 동일한 방법으로 시계방향으로 5도 회전한 지점에서 XBee Pro의 출력은 그림 4-25와 같이 -30.58 dBm으로 최대가 나왔으며 XBee Pro를 혼 안테나로 대치시켰을 경우에는 스펙트럼 분석기에 동일한 출력 -30.58 dBm이 나오도록 신호 발

생기를 조절하면 23.47 dBm의 신호 발생기 인가전력을 확인할 수 있다. 신호발생기 인가 전력에서 혼 안테나 이득과 cable 손실을 고려하면 식 4-24와 같이 20.86 dBm의 EIRP가 나왔다.

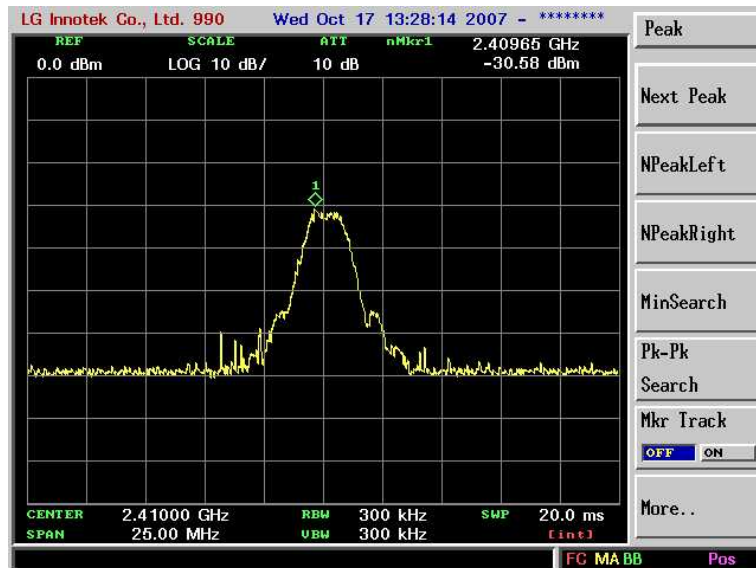


그림 4-25. Fully-anechoic chamber 측정시 XBee Pro의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -17.97 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 23.47 + 15.36 - 17.97 = 20.86 \text{ dBm} (122 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-24}$$

최대 출력 전력이 100 mW인 XBee Pro를 실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정하였으며 결과는 표 4-8을 통해 확인할 수 있으며 각 측정장에서의 EIRP 최대값은 19.30 dBm, 20.55 dBm, 20.86 dBm으로 모든 측정장에서 매우 비슷한 값을 가졌으며 약 1.5 dBm 정도의 차이를 보였다. XBee의 최대 출력 100 mW에 안테나를 모노폴이라고 가정하고 계산한 25 dBm 보다 작은 값을 보였으며 이는 무선설비규칙의 조건을 만족함을 확인할 수 있고 그 차이는 XBee Pro의 안테나 이득 계산의 차이와 실제 XBee Pro에서 나오는 출력 오차로 사료된다.

표 4-8. XBee Pro의 복사성 전력 계산값 및 측정값

	계산값	실내 환경		semi-anechoic chamber		fully-anechoic chamber	
		수직편파	수평편파	수직편파	수평편파	수직편파	수평편파
EIRP (dBm)	25	19.30	18.56	18.53	20.55	19.25	20.86

#### 4. 무선 랜 AP 복사성 전력 측정

무선데이터 통신 시스템 중에 주파수를 고정하지 않고 시간에 따라 변화시켜 송신하는 스펙트럼 확산 방식인 주파수 호핑 방식을 이용하는 무선 랜의 복사성 전력을 측정하였다. 주파수 호핑 방식의 무선 데이터 통신 시스템용 무선설비 기술기준은 표 4-9와 같으며 송신 공중선에 공급되는 전력을 주파수 호핑 대역으로 나누었을 때 값이 3 mW 이하를 만족하면 된다.

표 4-9. 무선 데이터 통신시스템용 특정 소출력 무선기기 (FHSS)

다. 2400 ~ 2483.5 MHz 대역에서 주파수 호핑 방식의 스펙트럼확산방식을 사용하는 것

...

(2) 송신공중선의 급전선에 공급되는 전력 / 주파수 호핑 대역 (MHz)  $\leq$  3 mW

(3) 호핑채널당 점유주파수 대역폭  $\leq$  5 MHz

...

무선 랜의 대상기기로 KT Nespot에서 지원하는 AP 장비인 MW-3000 AP 선정하였으며 수신 카드의 경우는 잡음수준과 큰 차이를 보이지 않아 대상에서 제외시켰다. AP는 주파수 호핑 방식에 따라 2.4 GHz ~ 2.48 GHz 사이에서 동작하였다.



그림 4-26. KT의 무선 랜 송신 AP 장비 (MW-3000 AP)

그림 4-26은 무선 랜 송신 AP 장비인 MW-3000 AP를 보여주고 있으며 무선 데이터 통신 시스템용 무선설비 기술기준을 계산하면 식 (4-25)과 같으며 그 결과가 3 mW 이하로 공중선 공급 전력 기준값을 만족하였다.



$$\text{주파수 호핑 대역} = 83.5 \text{ MHz}, \text{ RF 최대 출력값} = 100 \text{ mW} \quad (4-25)$$

$$\text{무선설비 기술기준} : 100 \text{ mW} / 83.5 \text{ MHz} = 1.20 \text{ mW/MHz} \leq 3 \text{ mW/MHz}$$

AP 송신 장비의 안테나인 모노폴 안테나의 이득을 고려하여 복사성 전력을 계산하면 식 (4-26)과 같이 316 mW의 EIRP가 발생할 것으로 생각된다.

$$\begin{aligned} \text{계산된 } EIRP &= \text{RF 최대 출력값} \times \text{안테나 이득} \\ &= 20 \text{ dBm} + 5 \text{ dBi} = 25 \text{ dBm} (316 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-26)$$

#### 가. 실내 환경 측정

2.43 GHz에서 동작하는 송신 AP의 출력을 혼 안테나에서 스펙트럼 분석기를 통해 실내 환경에서 수직편파와 수평편파 모두 측정하였으며 AP가 설치된 회전대를 시계방향으로 30도 회전시켰을 때 그림 4-27과 같이 최대 출력 -25.25 dBm이 나왔고 AP를 수신 안테나와 동일한 혼 안테나를 대치하여 안테나 지향성을 고려 AP와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절한 결과 신호 발생기에서 인가되는 전력이 8.33 dBm이 되었다.

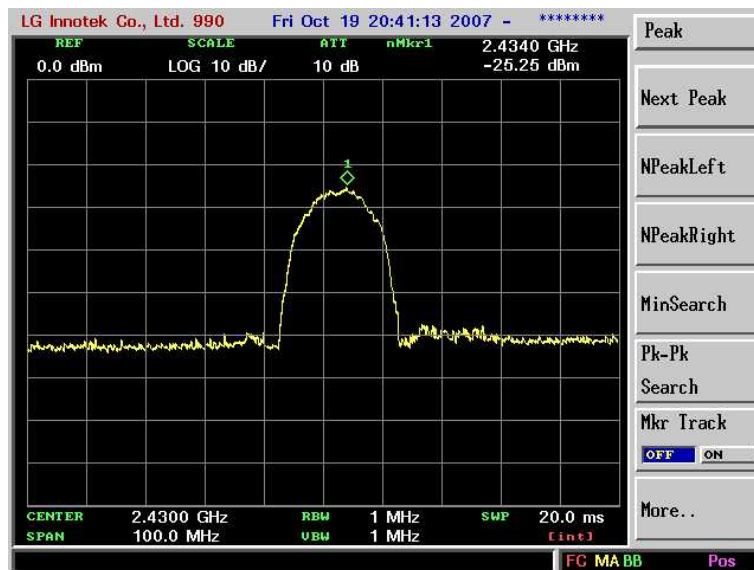


그림 4-27. 실내 환경 측정시 무선 랜 AP의 수직편파 최대 출력

신호발생기 인가 전력 8.33 dBm에서 안테나의 이득과 보정값인 cable 손실을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-27)과 같이 15.68 dBm이 나왔다.



$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -8.11 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 8.33 + 15.46 - 8.11 = 15.68 \text{ dBm (37 mW)}
 \end{aligned}
 \tag{4-27}$$

수평편파에 대한 EIRP를 측정하기 위하여 혼 안테나와 무선 랜 AP 안테나를 수평방향으로 향하게 하고 최대 출력을 측정하면 그림 4-28과 같이 시계방향으로 5도 회전했을 때 -25.16 dBm의 최대 출력이 나왔으며 혼 안테나로 대치시킨 후 무선 랜 AP와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 신호 발생기에 인가된 전력이 8.34 dBm임을 확인하였다.

인가 전력 8.34 dBm에서 2.43 GHz에서의 대치 안테나 cable 손실 -8.11 dB와 혼 안테나의 이득 15.46 dBi를 고려하면 EIRP는 식 (4-28)과 같이 15.69 dBm이 되었다.

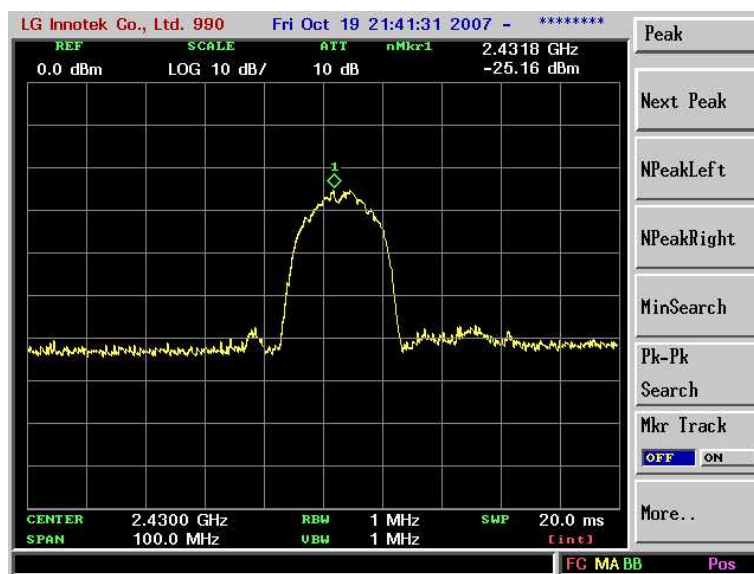


그림 4-28. 실내 환경 측정시 무선 랜 AP의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -8.11 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 8.34 + 15.46 - 8.11 = 15.69 \text{ dBm (37 mW)}
 \end{aligned}
 \tag{4-28}$$

#### 나. Semi-anechoic chamber 측정

그림 4-1 (b)와 같은 semi-anechoic chamber 환경에서 무선 랜 AP의 수직편파와 수평편파의 EIRP를 측정하였으며 EUT 및 대치 안테나의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 설치된 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 까지 변화시키고 turn-table을 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 높이, 출력을 기록하였다. 수직편파의 경우는 그림 4-29와 같이 수신 안테나의 높이가 171 cm이고 반시계방향으로 101도 회전하였을 때 최대 출력 -35.29 dBm이 나왔다.

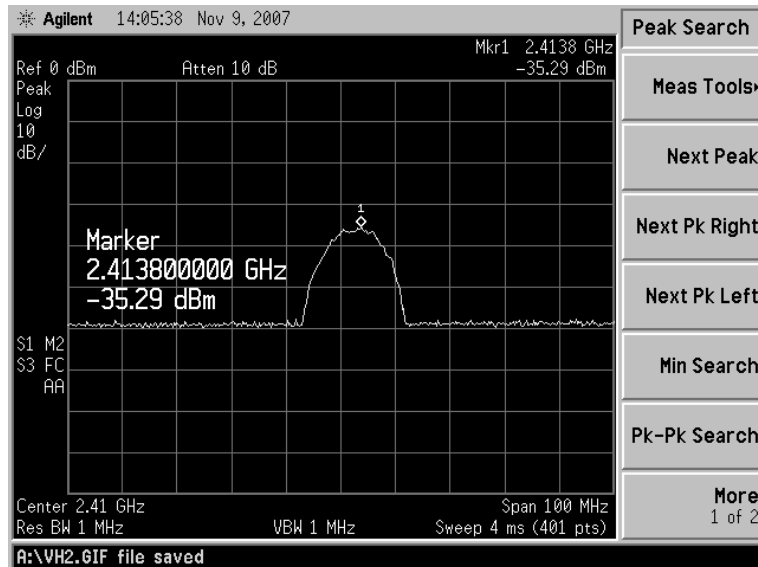


그림 4-29. Semi-anechoic chamber 측정시 무선 랜 AP의 수직편과 최대 출력

무선 랜 AP를 혼 안테나로 대치시키고 수신 안테나의 높이를 변화시켜 최대 출력이 나오는 지점을 확인한 결과 138 cm의 높이에서 최대 출력이 나왔으며 스펙트럼 분석기에서 -35.29 dBm의 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 인가 전력이 16.14 dBm이 나왔다. 신호발생기에 인가된 전력 16.14 dBm에서 대치 안테나의 cable 손실 -17.52 dB와 혼 안테나의 이득 15.46 dBi를 고려하고 측정거리에 대한 보정을 0.2 dB 하여 EIRP를 계산하면 식 (4-29)과 같이 13.88 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리 보정} \\
 &= -17.52 \text{ dB} - 0.00 \text{ dB} - 0.20 \text{ dB} = -17.72 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 16.14 + 15.46 - 17.72 = 13.88 \text{ dBm} (25 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-29}$$

무선 랜 AP의 수평편파를 측정하기 위하여 수신 안테나와 무선 랜 AP 안테나를 수평방향으로 향하게 하고 수신 안테나의 높이와 turn-table을 회전시키면 143 cm에 시계방향으로 5도 회전한 지점에서 그림 4-30과 같이 -35.05 dBm의 최대 출력이 나왔으며 수신 안테나와 동일한 혼 안테나로 무선 랜 AP를 대치하면 수신 안테나 높이가 164 cm인 지점에서 최대 출력이 나왔다. 무선 랜 AP와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하였을 때 신호 발생기에 인가된 전력은 16.92 dBm이 되었다.

신호발생기에 인가된 전력 16.92 dBm에서 -17.52 dB의 대치 안테나 cable 손실과 15.46 dBi의 혼 안테나 이득, 측정거리에 대한 보정을 하면 EIRP는 식 (4-30)과 같이 14.99 dBm으로 계산된다.

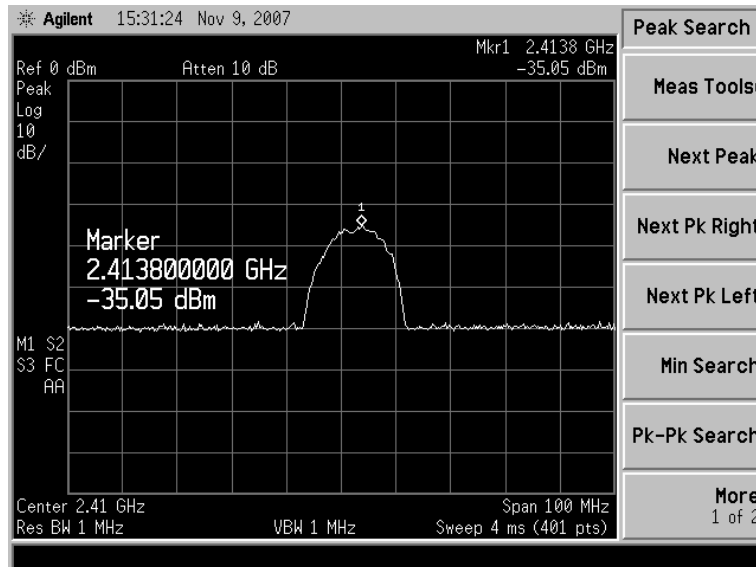


그림 4-30. Semi-anechoic chamber 측정시 무선 랜 AP의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리 보정} \\
 &= -17.52 \text{ dB} - 0.00 \text{ dB} + 0.13 \text{ dB} = -17.39 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 16.92 + 15.46 - 17.39 = 14.99 \text{ dBm} (32 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-30}$$

#### 다. Fully-anechoic chamber 측정

무선 랜 AP의 EIRP를 fully-anechoic chamber 환경에서 측정하였으며 EUT의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 혼 안테나를 설치한 후 무선 랜 AP가 놓여있는 turn-table을 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 출력을 기록하였다. 혼 안테나와 무선 랜 AP 안테나가 수직편파로 놓여 있을 때 반시계방향으로 2도 turn-table을 회전한 지점에서 그림 4-31과 같이 -35.58 dBm의 최대 출력이 나왔으며 무선 랜 AP를 안테나로 대치시킨 후 스펙트럼 분석기에서 -35.58 dBm이 나오도록 신호 발생기를 조정한 결과 신호 발생기 인가 전력이 16.62 dBm이 되었다. 신호발생기 인가 전력에서 혼 안테나의 이득 15.36 dBi와 대치 안테나 cable 손실 -17.97 dB를 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-31)과 같이 14.01 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -17.97 \text{ dB} \\
 \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 16.62 + 15.36 - 17.97 = 14.01 \text{ dBm} (25 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-31}$$

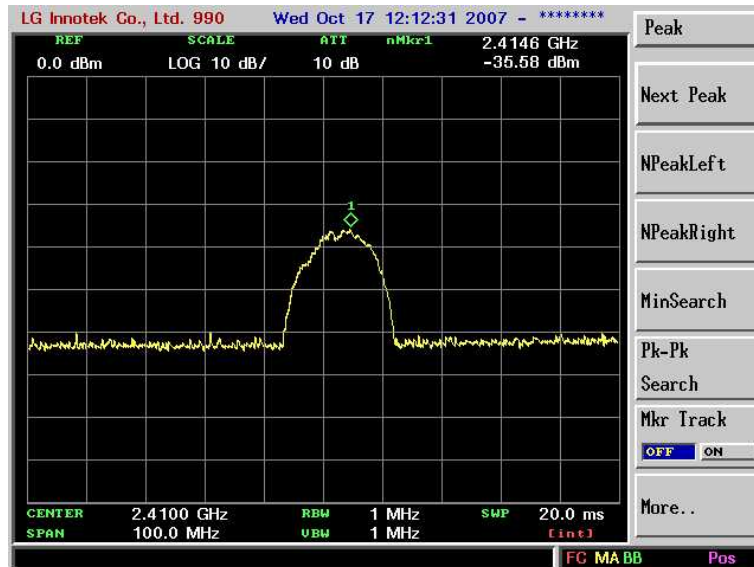


그림 4-31. Fully-anechoic chamber 측정시 무선 랜 AP의 수직편파 최대 출력

무선 랜 AP와 수신 안테나를 수평방향으로 향하게 하여 수평편파일 경우를 측정하면 시계방향으로 2도 회전한 지점에서 무선 랜 AP의 출력이 그림 4-32와 같이 -34.69 dBm으로 최대가 나왔으며 혼 안테나로 대치시킨 후 스펙트럼 분석기에 동일 출력 -34.69 dBm이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 인가 전력이 19.36 dBm임을 확인할 수 있다. 신호발생기 인가 전력에서 혼 안테나 이득과 cable 손실을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 4-32와 같이 16.75 dBm이 나온다.

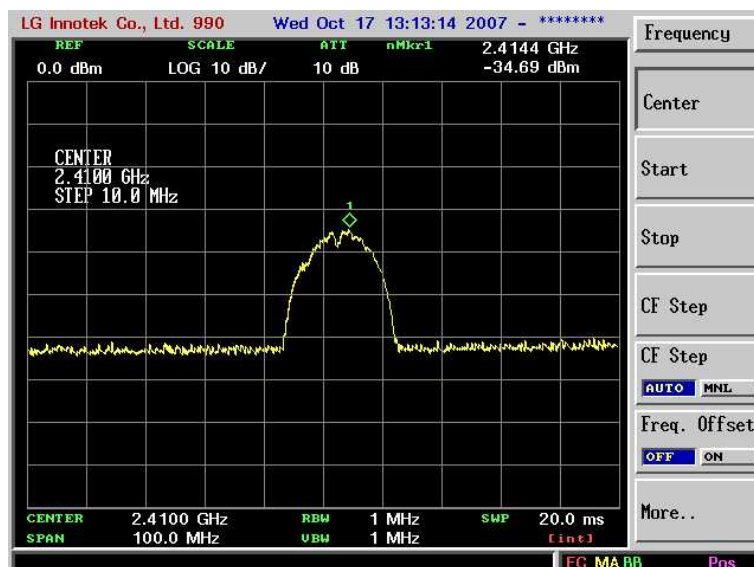


그림 4-32. Fully-anechoic chamber 측정시 무선 랜 AP의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -17.97 \text{ dB} \\
 EIRP &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 19.36 + 15.36 - 17.97 = 16.75 \text{ dBm} (47 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-32}$$

주파수 호핑 방식의 스펙트럼 확산 방식을 사용하는 무선 랜 AP를 실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정 비교한 결과 표 4-10과 같이 나왔으며 EIRP 최대값은 각각 15.69 dBm, 14.99 dBm, 16.75 dBm으로 유사한 값을 가졌으며 약 1.8 dBm 정도의 차이를 보였다. 무선 랜 AP의 최대 출력을 무선설비기준에서 규정하고 있는 100 mW로 설정하고 무선 랜 AP의 안테나를 모노폴이라고 가정하여 계산된 25 dBm 보다 모든 측정장에서 EIRP가 작은 값을 보였으며 이는 무선 랜 AP 장비가 무선설비규칙의 조건을 만족함을 보여주고 있으며 그 차이는 무선 랜 AP의 실제 RF 최대 출력 차이와 안테나 이득 계산 차이로 사료된다.

표 4-10. 무선 랜 AP의 복사성 전력 계산값 및 측정값

	계산값	실내 환경		semi-anechoic chamber		fully-anechoic chamber	
		수직편파	수평편파	수직편파	수평편파	수직편파	수평편파
EIRP (dBm)	25	15.68	15.69	13.88	14.99	14.01	16.75

## 5. RFID 복사성 전력 측정

RFID/USN용 무선설비 기준에 해당하는 RFID 시스템의 복사성 전력을 측정하였다.

표 4-11. RFID/USN용 무선설비 기준

① 908.5 ~ 914 MHz 수동형 RFID용 무선설비 기술기준
3. 공중선 전력 ≤ 1 W
4. 송신 공중선 절대이득 ≤ 6 dBi (공중선 이득 6 dBi 초과→공중선 전력 감소)
② 433.67 ~ 434.17 MHz RFID용 무선설비 기술기준
2. 공중선 전력 ≤ 침투전력 5.6 dBm (공중선 이득 0 dBi 기준→공중선 전력 가감)
③ 13.552 ~ 13.568 MHz RFID용 무선설비 기술기준
3. 전계강도 ≤ 93.5 dBμV/m (10 m 거리)

RFID의 경우 표 4-11과 같이 각각 다른 주파수 대역에서의 공중선 전력과 송신 공

중선 절대이득의 크기가 다르며 그 중에서 국내에서 가장 많은 연구가 이루어지고 있는 910 MHz 대역의 RFID 시스템 대상으로 선별하였다. 910 MHz 대역의 RFID의 무선설비 기술기준은 공중선 전력이 1 W 이하여야 하며 송신 공중선 절대이득 즉 RFID의 리더 안테나 이득이 6 dBi 이하를 만족해야 한다.

그림 4-33은 910 MHz 대역에서 동작하는 A사의 리더 시스템과 리더 안테나를 보여주고 있다. 그림 4-31 (a)의 리더 시스템은 리더 안테나를 연결할 수 있는 4개의 단자와 전원 공급선, 리더 시스템을 제어하는 본체로 구성되어 있으며 리더 안테나는 원형편파 형태로 전계의 방향에 상관없이 리더 안테나가 모든 방향의 전계를 인식할 수 있게 된다.

리더 안테나의 이득은 910 MHz에서 동작하는 한 쌍의 혼안테나 이득을 네트워크 분석기를 이용하여 측정한 이후 리더 안테나와 혼 안테나를 이용하여 동일한 방법으로 리더 안테나의 이득을 측정하였으며, 혼 안테나의 경우는 선형편파 형태로 두 안테나의 편파를 일치시켜 안테나의 이득을 구하였고 시스템의 리더 안테나는 원형편파 형태를 가지므로 리더 안테나의 방향을 90도 다르게 하여 각각의 안테나 이득을 계산하고 이를 통해 전체 안테나 이득을 계산하였다. 혼 안테나와 시스템의 리더 안테나의 이득은 그림 4-34와 같으며 동작 주파수 910 MHz 대역에서 혼 안테나 이득은 8.66 dBi, 시스템 안테나의 이득은 5.43 dBi가 나왔다.

RFID 시스템의 RF 최대 출력은 최대 1 W이고 공중선 절대이득 즉 송신 리더 안테나의 이득은 5.43 dBi로 무선설비 기술기준을 만족하였다.

$$\begin{aligned} \text{무선설비 기술기준 : 공중선 전력} &= \text{RF 최대 출력} = 1 \text{ W} \leq 1 \text{ W} & (4-33) \\ \text{송신 공중선 절대이득} &= 5.43 \text{ dBi} < 6 \text{ dBi} \end{aligned}$$



(a) 리더 시스템



(b) 리더 안테나

그림 4-33. A사의 리더 시스템과 리더 안테나

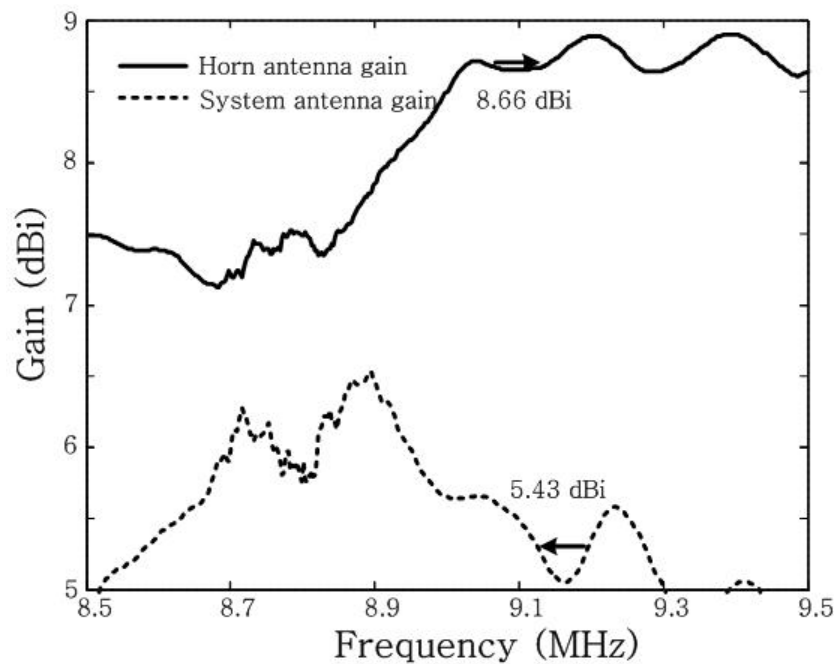


그림 4-34. 혼 안테나와 A사의 시스템 안테나 이득

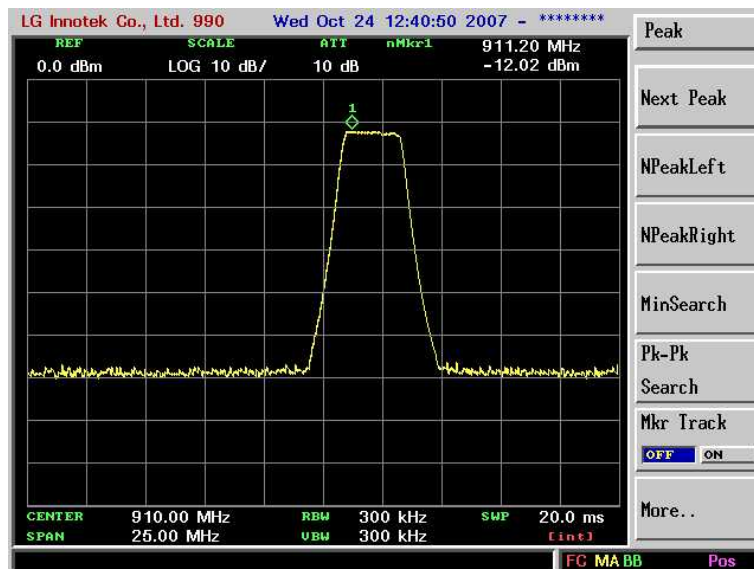
RFID 시스템에서 공급되는 RF 최대 출력값과 측정한 안테나 이득을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-34)와 같이 35.43 dBm이 나왔다.

$$\text{계산된 } EIRP = \text{RF 최대 출력값} \times \text{안테나 이득} \quad (4-34)$$

$$= 30 \text{ dBm} + 5.43 \text{ dBi} = 35.43 \text{ dBm} (3.49 \text{ W})$$

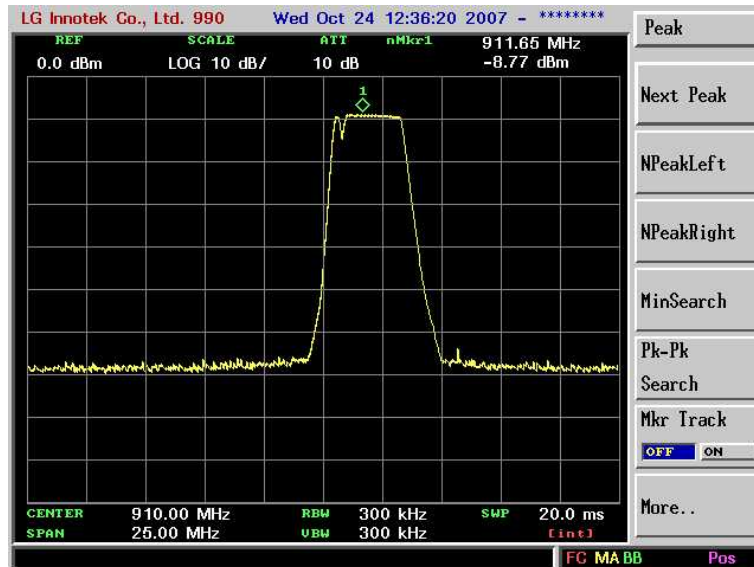
#### 가. 실내 환경 측정

가장 먼저 RFID 시스템을 그림 4-1 (a)와 같은 실내 환경에서 반파장 다이폴 안테나를 이용하여 측정하였으며 각각 수직편파와 수평편파인 경우에 대하여 나누어 측정하였다. RFID 리더 안테나가 원형편파를 지니므로 RFID 리더 안테나를 임의의 방향으로 측정하여 EIRP를 계산하고 90도 회전시켜 EIRP를 측정한 후 전체 EIRP를 계산하였다. 수신 안테나를 수직편파로 위치시키고 RFID 리더 안테나를 임의의 방향으로 설정하고 측정한 결과 회전대를 시계방향으로 5도 회전시켰을 때 그림 4-35 (a)와 같이 최대 출력 -12.02 dBm이 나왔고 RFID 리더 안테나를 90도 회전시켜 측정하면 회전대가 시계방향으로 20도 회전하였을 때 그림 4-35 (b)와 같이 -8.77 dB의 최대 출력이 나왔다.



(a) RFID 리더 안테나 임의의 방향





(b) RFID 리더 안테나를 90도 회전한 방향

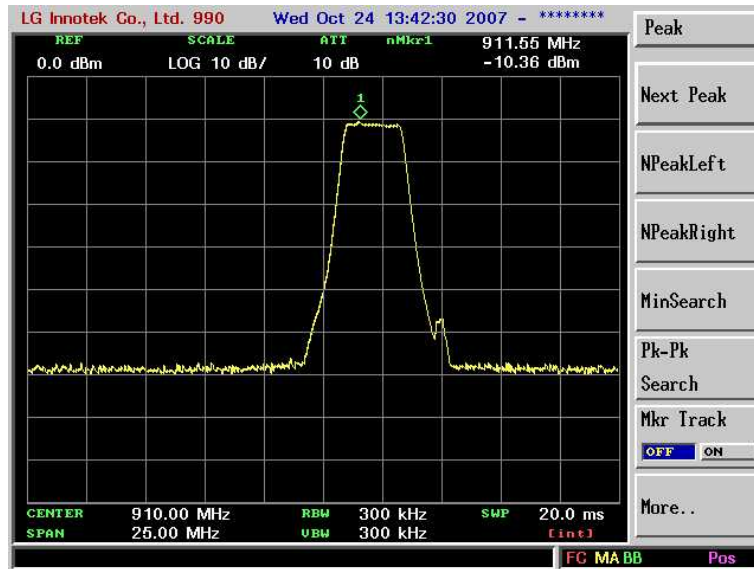
그림 4-35. 실내 환경 측정시 RFID 리더 안테나의 수직편파 최대 출력

RFID 시스템을 반파장 다이폴 안테나를 대치하여 안테나 지향성을 고려 RFID 리더 안테나와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절한 결과 신호 발생기에서 인가되는 전력이 각각 32.92 dBm과 36.17 dBm 이었다. 각각의 신호발생기 인가 전력에서 대치 안테나의 케이블 손실 -4.22 dB와 반파장 다이폴 안테나의 발룬 손실 -0.7 dB, 대치 안테나의 이득 2.15 dB를 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-35)과 같이 30.15 dBm과 33.40 dBm이 되고 수직편파일 경우의 RFID 리더 안테나의 전체 EIRP는 35.08 dBm이 된다.

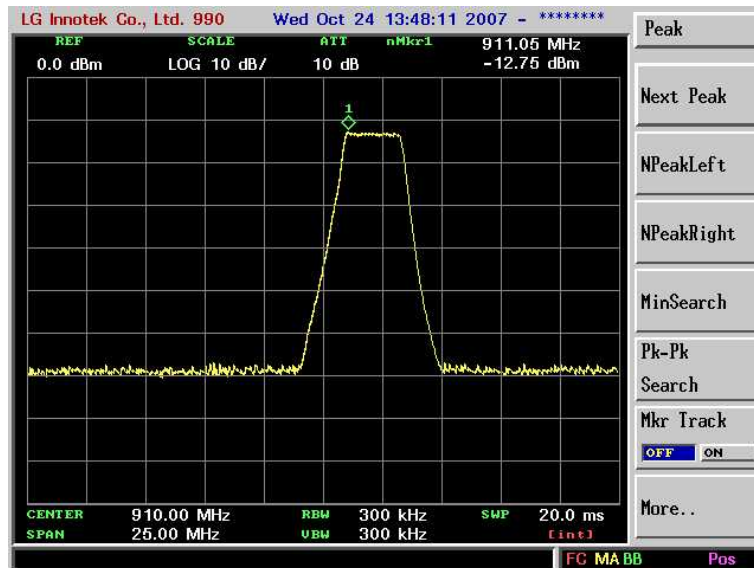
$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} = -4.22 - 0.70 = -4.92 \text{ dB} \\
 EIRP_1 &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 32.92 + 2.15 - 4.22 = 30.15 \text{ dBm} (1.04 \text{ W}) \\
 EIRP_2 &= 36.17 + 2.15 - 4.22 = 33.40 \text{ dBm} (2.19 \text{ W}) \\
 EIRP_T &= 10 \times \log_{10} (10^{30.15/10} + 10^{33.40/10}) = 35.08 \text{ dBm} (3.22 \text{ W})
 \end{aligned}
 \tag{4-35}$$

동일한 방법으로 수평편파에 대한 RFID 리더 안테나의 출력을 측정하면 그림 4-36와 같이 정면 방향에서 각각 -10.36 dBm과 -12.75 dBm의 최대 출력이 나왔으며 반파장 다이폴로 대치시킨 후 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절한 결과 신호 발생기에 인가된 전력이 각각 35.80 dBm과 33.41 dBm이었다.

각각의 인가 전력에서 대치 안테나 cable 손실 -4.22 dB와 발룬 손실 0.7 dB 반파장 다이폴 안테나의 이득 2.15 dBi를 고려하여 EIRP를 구하면 각각 33.03 dBm과 30.64 dBm이 나왔으며 수신 안테나가 수평편파일 때의 전체 EIRP는 35.00 dBm이 나왔다.



(a) RFID 리더 안테나 임의의 방향



(b) RFID 리더 안테나를 90도 회전한 방향

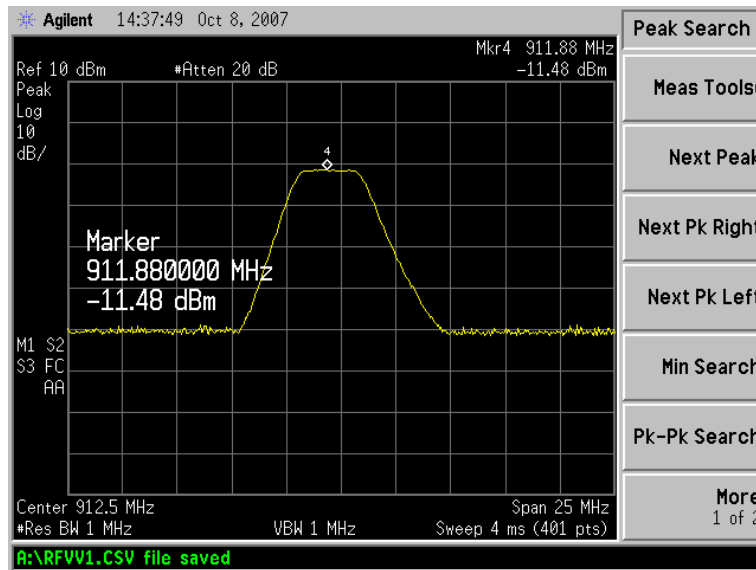
그림 4-36. 실내 환경 측정시 RFID 리더 안테나의 수평편파와 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} = -4.22 - 0.70 = -4.92 \text{ dB} \\
 EIRP_1 &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 35.80 + 2.15 - 4.22 = 33.03 \text{ dBm} (2.01 \text{ W}) \\
 EIRP_2 &= 33.41 + 2.15 - 4.22 = 30.64 \text{ dBm} (1.16 \text{ W}) \\
 EIRP_T &= 10 \times \log_{10} (10^{33.03/10} + 10^{30.60/10}) = 35.00 \text{ dBm} (3.16 \text{ W})
 \end{aligned}
 \tag{4-36}$$

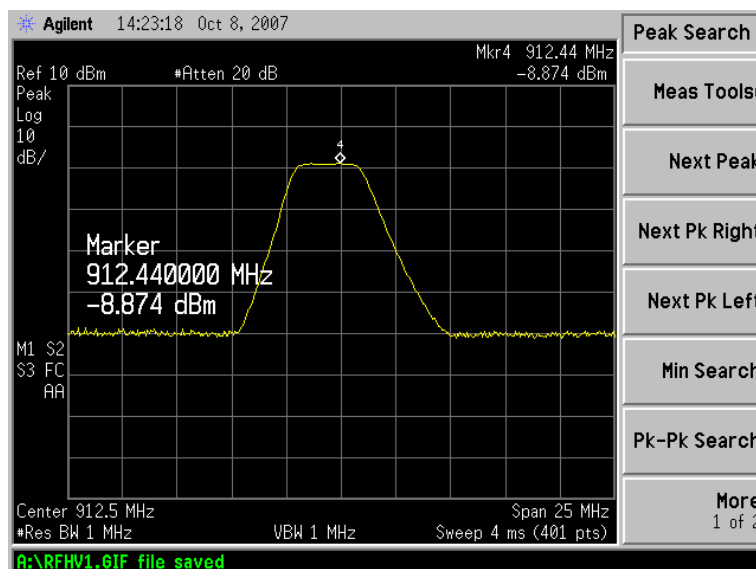
나. Semi-anechoic chamber 측정

RFID 시스템을 semi-anechoic chamber 환경에서 수직편파와 수평편파 EIRP를 측정

하였으며 RFID 시스템과 수신 안테나 사이의 거리는 3 m로 하고 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 까지 변화시키고 turn-table을 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 높이 그리고 그때의 출력을 기록하였다. 수직편파 경우 그림 4-37과 같이 RFID 리더 안테나를 임의의 방향으로 놓고 최대 출력을 측정한 결과 수신 안테나의 높이가 174 cm이고 정면방향에서 최대 출력 -11.48 dBm이 나왔으며 RFID 리더 안테나를 90도 회전시켜 최대 출력을 측정한 결과 154 cm의 수신 안테나 높이에서 정면방향으로 최대 출력 -8.87 dBm이 나왔다.



(a) RFID 리더 안테나 임의의 방향



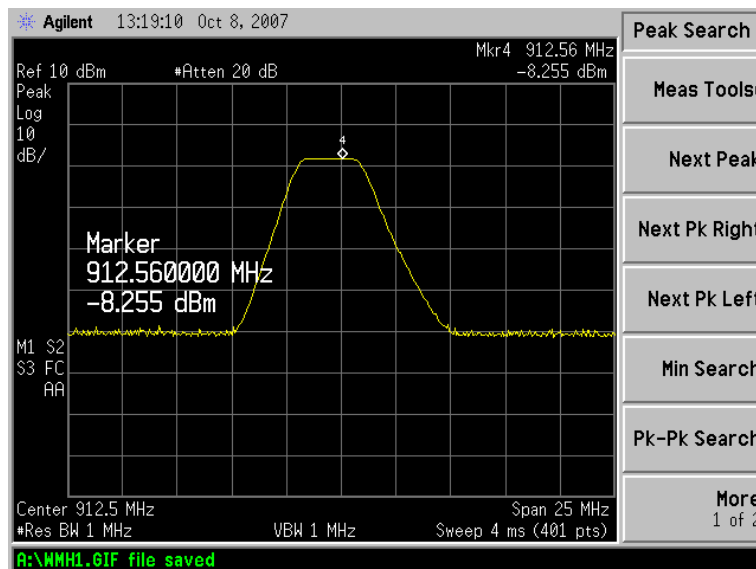
(b) RFID 리더 안테나를 90도 회전한 방향

그림 4-37. Semi-anechoic chamber 측정시 RFID 리더 안테나의 수직편파 최대 출력

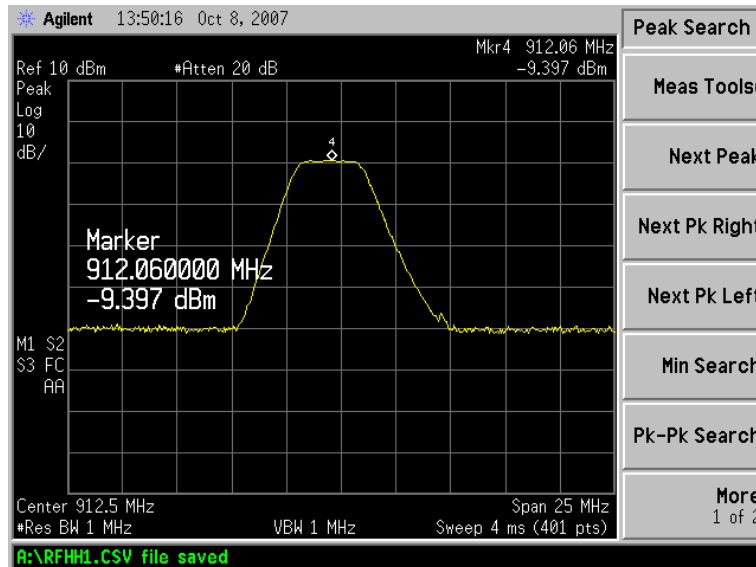
EUT를 반파장 다이폴 안테나로 대치시키고 최대 출력이 나오는 지점을 확인한 결과 수신 안테나의 높이가 218 cm 일 때 최대 출력이 나왔으며 RFID 시스템을 측정한 결과와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 인가 전력은 각각 32.10 dBm과 34.71 dBm이 된다. 신호발생기에 인가된 전력에서 반파장 다이폴 안테나의 이득과 보정값인 발룬 손실, 측정거리 및 오프 보어사이트에 대한 보정을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-37)과 같이 30.40 dBm과 33.23 dBm이 나오며 전체 EIRP는 35.05 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정값}_1 &= -\text{cable loss} - \text{balun lossy} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리 보정} & (4-37) \\
 &= -2.68 - 0.70 - 0.18 - 0.29 = -3.85 \text{ dB} \\
 \text{EIRP}_1 &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 32.10 + 2.15 - 3.85 = 30.40 \text{ dBm} (1.10 \text{ W}) \\
 \text{보정값}_2 &= -2.68 - 0.70 - 0.08 - 0.17 = -3.63 \text{ dB} \\
 \text{EIRP}_2 &= 34.71 + 2.15 - 3.63 = 33.23 \text{ dBm} (2.10 \text{ W}) \\
 \text{EIRP}_T &= 10 \times \log_{10} (10^{30.40/10} + 10^{33.23/10}) = 35.05 \text{ dBm} (3.20 \text{ W})
 \end{aligned}$$

RFID의 수평편파 측정을 위해 수신 안테나인 다이폴 안테나를 수평방향으로 향하게 하고 RFID 리더 안테나의 방향을 임의의 방향으로 하여 수신 안테나의 높이와 turn-table을 회전시킨 결과 100 cm 높이에 정면방향에서 그림 4-38과 같이 -8.25 dBm의 최대 출력이 나왔으며 RFID 리더 안테나를 임의의 방향에서 90도 회전시켜 측정한 결과 138 cm 높이의 정면방향에서 -9.39 dBm의 최대 출력이 나왔다.



(a) RFID 리더 안테나 임의의 방향



(b) RFID 리더 안테나를 90도 회전한 방향

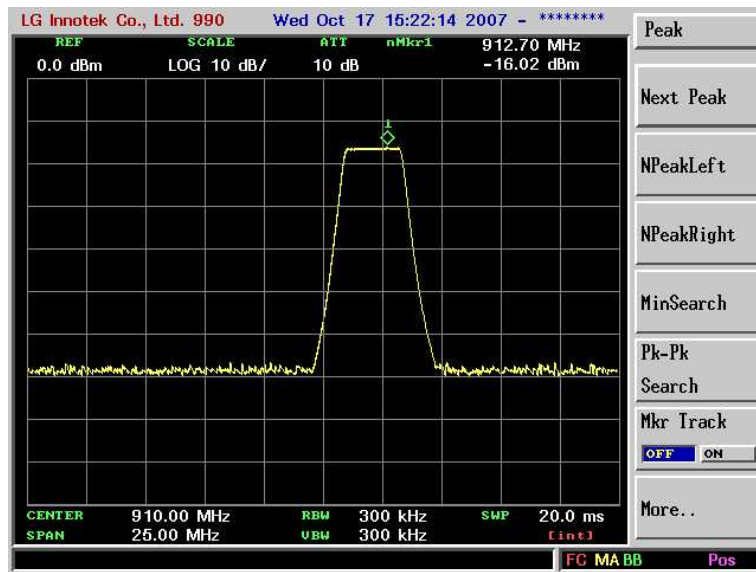
그림 4-38. Semi-anechoic chamber 측정시 RFID 리더 안테나의 수평편파 최대 출력

EUT를 반파장 다이폴로 대치시키고 수신 안테나의 높이를 변화시키면서 최대 출력이 나오는 지점을 확인하면 100 cm 높이에서 최대 출력이 나오며 RFID 시스템의 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기의 인가 전력을 증가시키면 각각 32.08 dBm과 30.94 dBm 신호 발생기 출력 전력이 나오고 대치 안테나인 반파장 다이폴 안테나의 이득과 발룬 손실 그리고 수신 안테나의 높이 변화에 따른 오프 보어사이트 보정과 측정거리 보정을 하면 EIRP는 식 (4-38)과 같이 각각 14.99 dBm으로 계산된다.

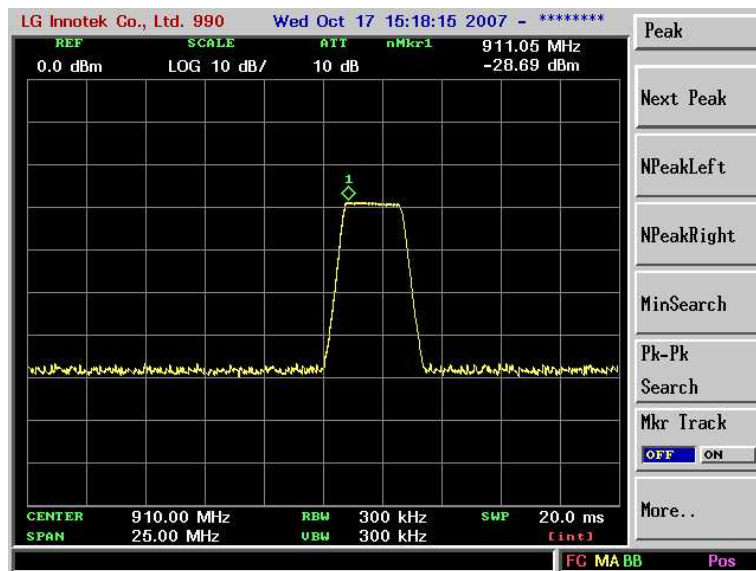
$$\begin{aligned}
 \text{보정값}_1 &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리 보정} & (4-38) \\
 &= -2.68 - 0.70 - 0.00 - 0.00 = -3.38 \text{ dB} \\
 \text{EIRP}_1 &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \\
 &= 32.08 + 2.15 - 3.38 = 30.85 \text{ dBm} (1.22 \text{ W}) \\
 \text{보정값}_2 &= -2.68 - 0.70 - 0.06 - 0.19 = -3.63 \text{ dB} \\
 \text{EIRP}_2 &= 30.94 + 2.15 - 3.63 = 29.46 \text{ dBm} (0.88 \text{ W}) \\
 \text{EIRP}_T &= 10 \times \log_{10} (10^{30.85/10} + 10^{29.46/10}) = 33.22 \text{ dBm} (2.10 \text{ W})
 \end{aligned}$$

#### 다. Fully-anechoic chamber 측정

마지막으로 RFID 시스템을 그림 4-1 (c)와 같은 fully-anechoic chamber 환경에서 EIRP를 측정하였으며 수신 안테나를 수직편파로 놓고 RFID 리더 안테나를 임의의 방향으로 놓고 turn-table을 회전한 결과 시계방향으로 3도 회전했을 때 -16.02 dBm의 최대 출력이 나왔으며 RFID 리더 안테나를 임의의 방향에서 90도 회전시켜 위치하고 turn-table을 회전한 결과 정면 방향에서 최대 -28.69 dBm의 최대 출력이 나왔다. 두 출력은 그림 4-39를 통해 확인 할 수 있다.



(a) RFID 리더 안테나 임의의 방향



(b) RFID 리더 안테나를 90도 회전한 방향

그림 4-39. Fylly-anechoic chamber 측정시 RFID 리더 안테나의 수직편파 최대 출력

RFID 시스템을 반파장 다이폴 안테나를 대치시키고 RFID 리더 안테나와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하였으며 이 때 신호 발생기에서 인가되는 전력이 각각 42.67 dBm과 30 dBm 이었다. 신호 발생기에 인가된 전력에서 반파장 다이폴 안테나의 이득과 보정값인 대치 안테나 케이블 손실과 발룬 손실을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-39)과 같이 34.10 dBm과 21.43 dBm이 되고 RFID 리더 안테나의 전체 EIRP는 34.33 dBm이 된다.

$$\text{보정값} = -\text{cable loss} - \text{balun loss} = -10.02 - 0.70 = -10.72 \text{ dB} \quad (4-39)$$

$$EIRP_1 = \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값}$$

$$= 42.67 + 2.15 - 10.72 = 34.10 \text{ dBm} (2.57 \text{ W})$$

$$EIRP_2 = 30.00 + 2.15 - 10.72 = 21.43 \text{ dBm} (0.14 \text{ W})$$

$$EIRP_T = 10 \times \log 10 (10^{34.10/10} + 10^{21.43/10}) = 34.33 \text{ dBm} (2.71 \text{ W})$$

수평편파일 경우도 동일하게 RFID 리더 안테나를 임의의 방향과 임의의 방향에서 90도 회전시킨 방향으로 위치시키고 turn-table을 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 그때의 출력을 기록하면 그림 4-40과 같이 임의의 방향에서는 19도 회전했을 때 -31.69 dBm의 최대 출력이 나왔으며 임의의 방향에서 90도 회전하여 RFID 리더 안테나를 위치시킨 경우는 정면 방향에서 -15.8 dBm의 최대 출력이 나왔다.

RFID 시스템을 반파장 다이폴 안테나로 대체시키고 안테나 지향성을 고려하여 안테나를 위치시킨 후 RFID 시스템을 측정했을 때의 스펙트럼 분석기와 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 증가시키면 각각 27.36 dBm과 43.25 dBm의 인가 전력이 나오고 신호발생기 인가 전력에서 반파장 다이폴 이득과 cable 손실 그리고 발룬 손실을 고려하면 식 4-40와 같이 각각 18.79 dBm과 34.68 dBm의 EIRP가 나오고 전체 EIRP를 계산하면 34.79 dBm이 나온다.

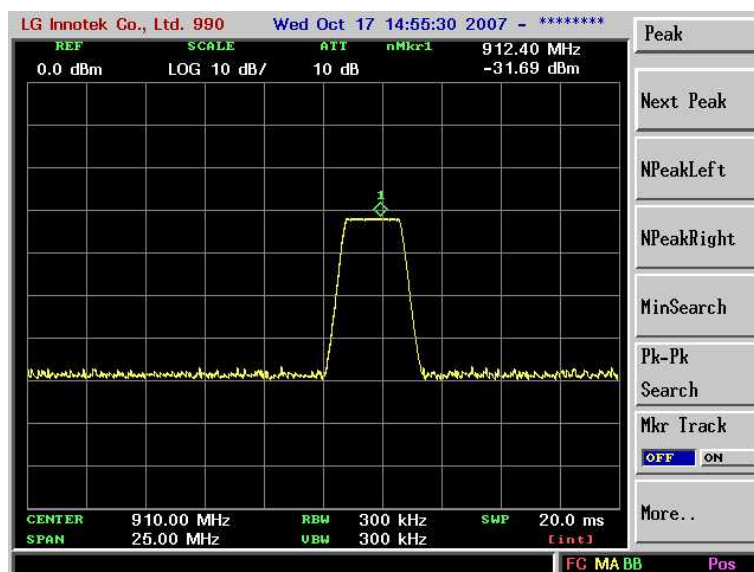
$$\text{보정값} = -\text{cable loss} - \text{balun loss} = -10.02 - 0.70 = -10.72 \text{ dB} \quad (4-40)$$

$$EIRP_1 = \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값}$$

$$= 27.36 + 2.15 - 10.72 = 18.79 \text{ dBm} (0.08 \text{ W})$$

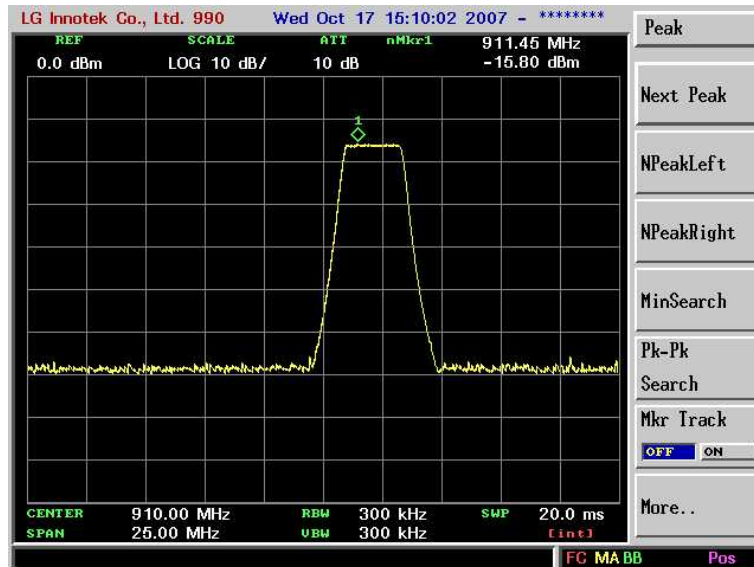
$$EIRP_2 = 43.25 + 2.15 - 10.72 = 34.68 \text{ dBm} (2.94 \text{ W})$$

$$EIRP_T = 10 \times \log 10 (10^{18.79/10} + 10^{34.68/10}) = 34.79 \text{ dBm} (3.01 \text{ W})$$



(a) RFID 리더 안테나 임의의 방향





(b) RFID 리더 안테나를 90도 회전한 방향

그림 4-40. Fylly-anechoic chamber 측정시 RFID 리더 안테나의 수평편파 최대 출력

910 MHz 대역의 A사의 수동 RFID 시스템의 복사성 전력을 실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정 하였으며 측정 결과는 표 4-12와 같다. EIRP 최대값은 각각 35.08 dBm, 35.05 dBm, 34.79 dBm으로 약 0.3 dBm 정도 차이의 유사한 값을 가졌으며 무선설비 기술기준 출력 기준 1 W와 공중선 이득 6 dBi에 계산값 36 dBm과 RFID 리더 안테나의 이득을 측정하여 EIRP를 계산한 결과인 35.43 dBm과도 유사한 값을 보였다. RFID 시스템의 EIRP 측정은 선형 편파를 가지는 RFID 리더 안테나를 각각 임의의 방향과 90도 회전한 방향에서 측정한 각각의 EIRP를 이용하여 전체 EIRP를 계산한 결과로서 무선기기의 안테나가 원형 편파를 가지거나 지향성을 알 수 없는 경우는 무선기기를 임의의 방향으로 위치시켜 EIRP를 측정하고 임의의 방향에서 90도 회전하여 EIRP를 측정하여 EIRP를 계산해야 함을 확인할 수 있었다.

표 4-12. RFID 시스템의 복사성 전력 계산값 및 측정값

	계산값		실내 환경		semi-anechoic chamber		fully-anechoic chamber	
	무선 설비	이득 측정	수직 편파	수평 편파	수직 편파	수평 편파	수직 편파	수평 편파
EIRP (dBm)	36	35.43	35.08	35.00	35.05	33.22	34.33	34.79



## 6. 코드없는 전화기 복사성 전력 측정

마지막으로 기타업무용 무선설비기술기준 중 제 9조에 해당하는 코드없는 전화기의 복사성 전력을 측정하였다. 코드없는 전화기는 아날로그 방식과 디지털 방식으로 나누어지며 아날로그 방식의 기본형과 다기능형 코드없는 전화기로 구분되며 기본형 코드없는 전화기는 통화채널 및 주파수에 따라 1형과 2형으로 나누어진다. 1형은 15개 통화채널을 가지고 있으며 고정장치의 송신주파수는 46 MHz이고 휴대장치의 송신주파수는 49 MHz이다. 3형 코드없는 전화기는 40개의 통화채널을 실장하고 있고 고정장치의 송신주파수는 950 MHz 대역이고 휴대장치의 송신주파수는 910 MHz 대역이다. 기본형 아날로그 코드없는 전화기의 공중선 전력 기술기준은 1형의 경우 공중선 전력 3 mW이하이며 2형은 10 mW 이하이다. 다기능형 코드없는 전화기는 기본형 코드없는 전화기에 통화권 확장 및 다기능화 발전을 위해 부가된 기능을 가진 코드없는 전화기를 일컫는다. 이러한 아날로그 방식의 코드없는 전화기의 전력관련 기술기준은 기본형 1형의 경우 공중선 전력 3 mW 이하이고 2형의 경우 공중선 전력 10 mW 이하이며 다기능형은 기본형 1형 또는 2형의 기술기준을 따른다. 디지털 방식의 경우 주파수 대역에 따라 1.7 GHz 대역과 2.4 GHz 대역으로 나누어지는데 1.7 GHz 대역의 전화기는 평균전력 100 mW 이하를 기준으로 하며 2.4 GHz 대역의 코드없는 전화기는 공중선 전력 10 mW 이하를 기준으로 한다. 이러한 5가지 형태의 코드없는 전화기 중 일상에서 가장 많이 쓰이고 있는 아날로그 방식의 2형 전화기와 1.7 GHz 대역의 무선 전화기를 측정 대상기기로 선정하였다. 그림 4-41은 측정 대상기기로 선정한 M사의 아날로그 방식 2형 전화기와 L사의 디지털 방식 1.7 GHz 대역 전화기를 나타내고 있다.



(a) 2형 코드없는 전화기



(b) 1.7 GHz 대역 코드없는 전화기

그림 4-41. 코드없는 무선 전화기

두 종류의 코드없는 전화기를 다른 무선기기의 측정장과 동일하게 실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정하였다. 아날로그 방식의 2형 코드없는 전화기는 고정장치와 휴대장치 모두 안테나가 외부로 노출되어 있어 안테나의 지향성을 짐작할 수 있었고 이에 수신 안테나의 편파에 따라 고정장치와 휴대장치의 편파를 조정하여 측정하였으며, 고정장치와 휴대장치의 주파수 대역이 달라 복사성 전력을 용이하게 측정할 수 있었다. 하지만, 1.7 GHz 대역의 코드없는 전화기는 내장형 안테나를 가지고 있어 지향성을 짐작할 수 없었고 고정장치와 휴대장치의 주파수 대역이 비슷하여 복사성 전력 측정에 어려움이 있었다.

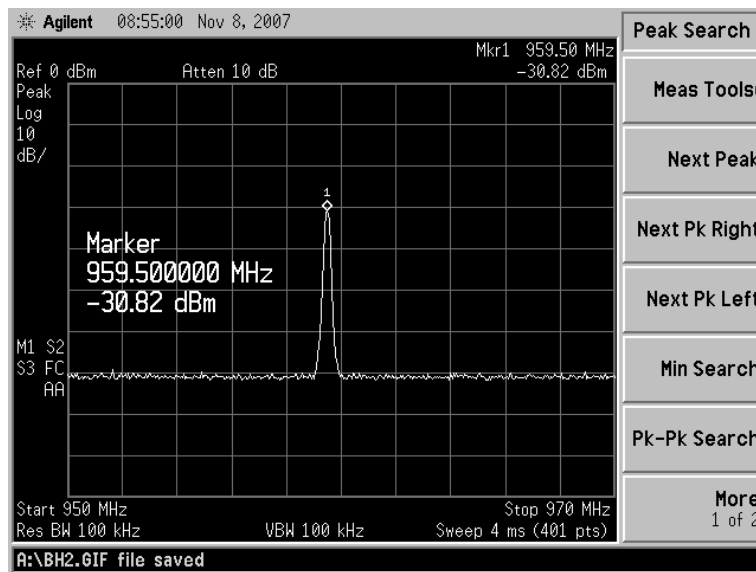
#### 가. 아날로그 방식 2형 전화기

먼저 아날로그 방식의 2형 전화기부터 살펴보면 무선설비 기술기준의 공중선 전력은 10 mW 이하이며 공중선 이득 즉 안테나 이득에 대한 규제는 없는 실정이다. 전화기의 고정장치 및 휴대장치의 안테나를 모노폴 안테나로 가정하고 EIRP를 계산하면 식 (4-41)과 같이 15 dBm의 EIRP가 발생할 것으로 짐작된다.

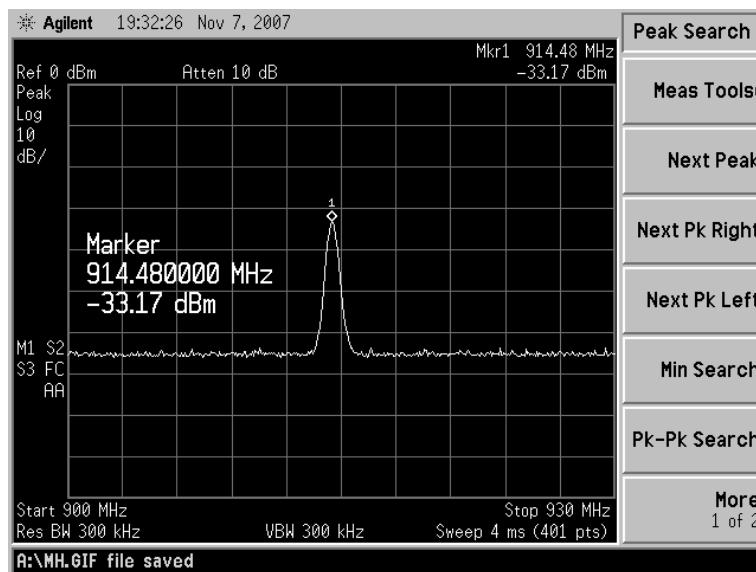
$$\begin{aligned} \text{계산된 } EIRP &= \text{RF 최대 출력값} \times \text{안테나 이득} \\ &= 10 \text{ dBm} + 5 \text{ dBi} = 15 \text{ dBm} (32 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-41)$$

## (1) 실내 환경

2형 아날로그 코드없는 전화기의 복사성 전력 측정을 위해 수신 안테나를 수직편파로 향하게 하고 선형 편파를 가지는 고정장치와 휴대장치의 안테나가 동일한 수직편파를 갖도록 위치시킨 뒤 3 m 떨어진 거리에서 회전대를 회전시켜 출력이 최대가 될 때의 값을 스펙트럼 분석기를 통해 측정하였다. 고정장치는 정면방향의 959.5 MHz 주파수에서 -30.82 dBm의 최대 출력이 나왔고 휴대장치는 반시계방향으로 약 5도인 지점에서 -33.17 dBm의 최대 출력이 나왔다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

그림 4-42. 실내 환경 측정시 2형 코드없는 전화기의 수직편파 최대 출력

2형 전화기를 반파장 다이폴로 대치시키고 신호 발생기를 연결한 후 2형 전화기의 고정장치 및 휴대장치 출력과 동일한 값을 갖도록 신호 발생기를 조절한 결과 고정장치는 13.9 dBm의 전력이 인가되었으며 휴대장치는 16.23 dBm의 전력이 인가되었다.

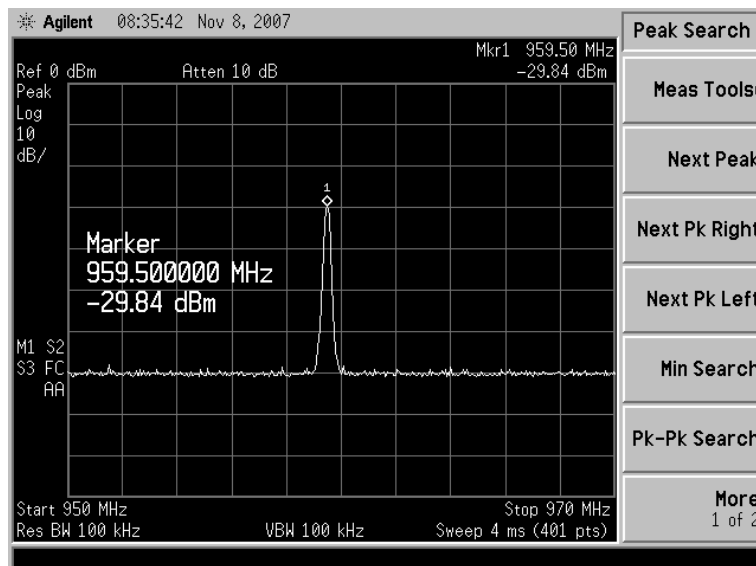
신호발생기 인가 전력에서 대치 안테나의 이득과 대치 안테나의 cable 손실과 발문손실을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-42)과 같이 고정장치는 13.92 dBm, 휴대장치는 12.33dBm의 EIRP가 나온다.

$$EIRP = \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \quad (4-42)$$

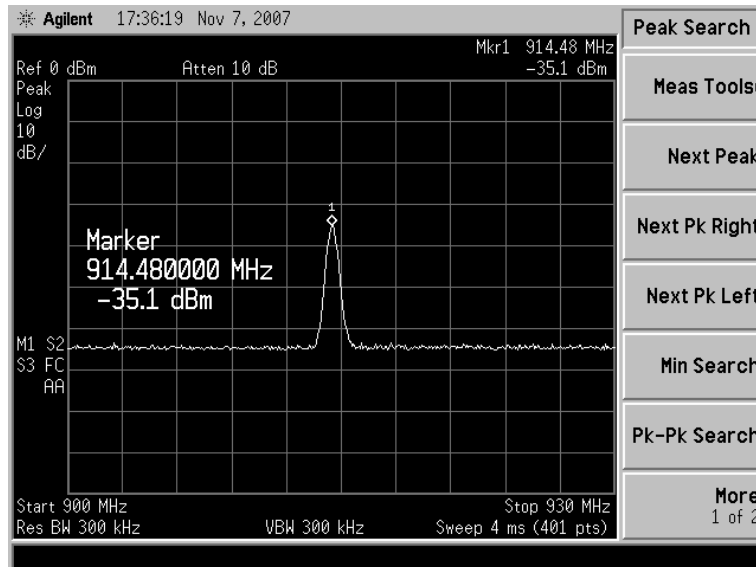
$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{고}} &= -1.43 - 0.70 = -2.13 \text{ dB} \\ EIRP_{\text{고}} &= 13.90 + 2.15 - 2.13 = 13.92 \text{ dBm} (24.66 \text{ mW}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{휴}} &= -5.35 - 0.70 = -6.05 \text{ dB} \\ EIRP_{\text{휴}} &= 16.23 + 2.15 - 6.05 = 12.33 \text{ dBm} (17.10 \text{ mW}) \end{aligned}$$

수신 안테나인 다이폴 안테나를 수평편파로 향하게 하고 전화기의 안테나도 수평방향으로 향하게 한 다음 동일한 방법으로 EIRP를 측정하면 그림 4-43과 같이 고정장치의 경우 turn-table이 시계방향으로 10도 회전 했을 때 -29.84 dBm의 최대 출력이 나왔으며 휴대장치의 경우는 반시계 방향으로 55도 회전 했을 때 -35.10 dBm의 최대 출력이 나왔다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

그림 4-43. 실내 환경 측정시 2형 전화기의 수평편파 최대 출력

EUT를 반파장 다이폴로 대체하고 2형 코드없는 전화기의 최대 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 고정장치의 경우는 13.52 dBm의 전력이 인가되었고 휴대장치는 17.6 dBm의 전력이 인가되었다. 신호 발생기 인가 전력에서 대체 안테나의 cable 손실, 반파장 다이폴의 발룬손실과 반파장 다이폴 안테나의 이득을 고려하여 EIRP를 계산한 결과 고정장치는 13.54 dBm의 EIRP가 나왔으며 휴대장치는 13.70 dBm의 EIRP가 나왔다.

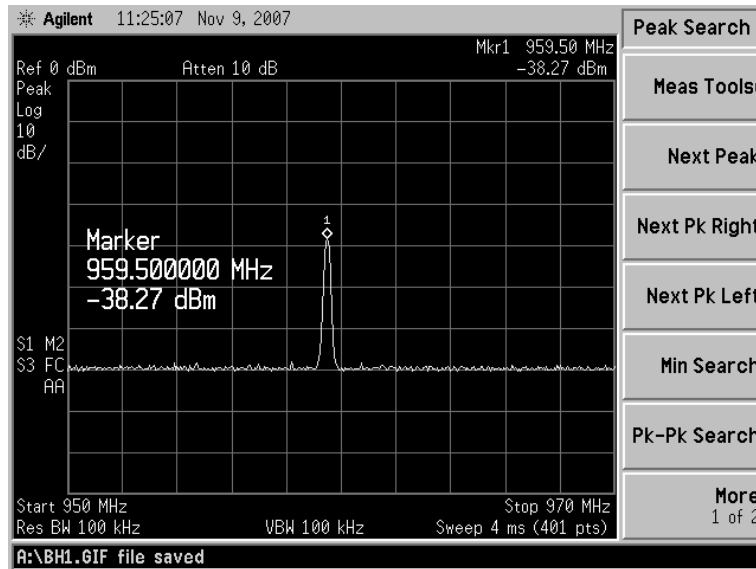
$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{고}} &= -1.43 - 0.70 = -2.13 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{고}} &= 13.52 + 2.15 - 2.13 = 13.54 \text{ dBm} (22.59 \text{ mW}) \\ \text{보정값}_{\text{휴}} &= -5.35 - 0.70 = -6.05 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{휴}} &= 17.60 + 2.15 - 6.05 = 13.70 \text{ dBm} (23.44 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-43)$$

2형 코드없는 전화기의 EIRP를 실내 환경에서 측정한 결과 고정장치는 수직편파일 때 13.92 dBm 최대 EIRP를 가졌으며 휴대장치는 수평편파일 때 13.70 dBm의 최대 EIRP를 가졌다.

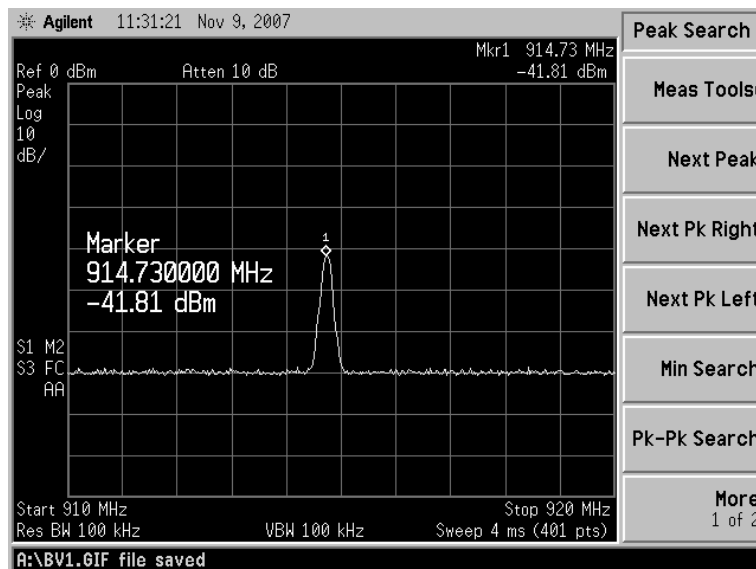
## (2) Semi-anechoic chamber 측정

2형 코드없는 전화기의 고정장치와 휴대장치의 EIRP를 측정하기 위하여 그림 4-1 (b)와 같은 semi-anechoic chamber에서 수신 안테나를 수직편파로 위치시키고 EUT의 높이를 1.5 m로 하고 3 m 떨어진 거리에 설치된 수신 안테나의 높이를 1 ~ 4 m 까

지 변화시키고 EUT가 놓여있는 turn-table 각도를 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 높이 그때의 출력을 기록하였다. 고정장치의 경우는 수신 안테나 높이 146 cm, 시계 방향으로 14도 회전한 위치에서 -38.37 dBm의 최대 출력이 나왔으며 휴대장치의 경우 수신 안테나 높이 272 cm, 정면 방향에서 -41.81 dBm의 최대 출력이 나왔으며 그림 4-44를 통해 확인할 수 있다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

그림 4-44. Semi-anechoic chamber 측정시 2형 전화기의 수직편파 최대 출력

2형 전화기를 반파장 다이폴로 대치시키고 최대 출력이 나오도록 수신 안테나 높이를 변화시킨 결과 고정장치는 100 cm 높이에서 최대값을 가지며 EUT의 최대 출력과

동일한 값을 갖도록 신호 발생기를 조절한 결과 21.87 dBm 전력이 인가됨을 확인하였고 휴대장치는 192 cm의 높이에서 최대 출력을 나타냈고 스펙트럼 분석기에 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절한 결과 15.91 dBm 전력이 인가됨을 확인하였다.

신호발생기 인가 전력에서 대치 안테나의 cable 손실과 반파장 다이폴의 발룬손실, 반파장 다이폴 안테나의 이득, 오프 보어사이트 보정 및 측정 거리에 대한 보정을 고려하여 EIRP를 구하면 식 (4-44)와 같이 고정장치는 12.67 dBm, 휴대장치는 10.62 dBm이 나온다.

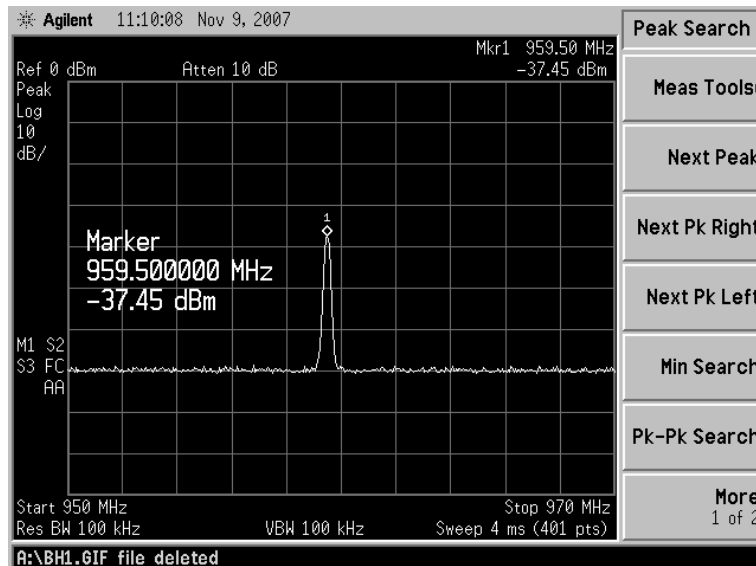
$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{balun loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리보정} \\ \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \end{aligned} \quad (4-44)$$

$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{고}} &= -10.33 - 0.70 - 0.09 - 0.23 = -11.35 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{고}} &= 21.87 + 2.15 - 11.35 = 12.67 \text{ dBm} (18.49 \text{ mW}) \end{aligned}$$

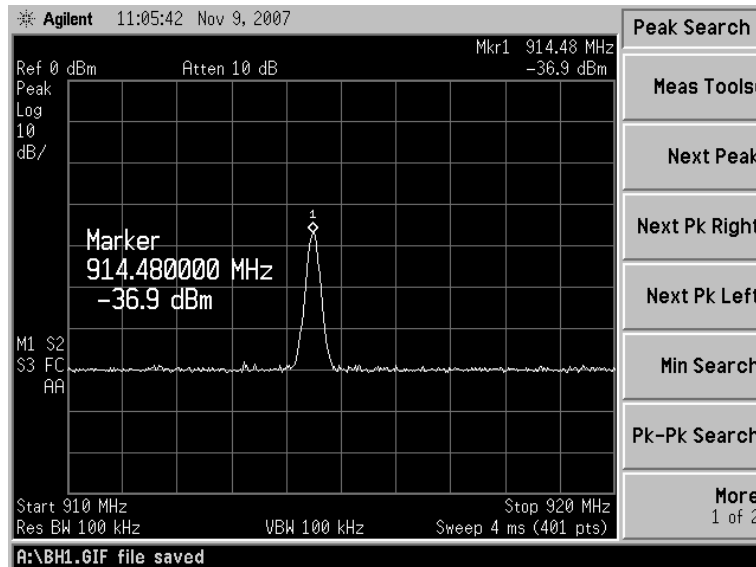
$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{휴}} &= -10.19 - 0.70 - 0.72 - 0.83 = -12.44 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{휴}} &= 20.91 + 2.15 - 12.44 = 10.62 \text{ dBm} (11.53 \text{ mW}) \end{aligned}$$

수신 안테나와 2형 무선 전화기의 방향을 수평방향으로 향하게 하여 동일한 방법으로 수평편파를 측정하면 고정장치는 174 cm 높이의 정면 방향에서 -37.45 dBm의 최대 출력이 나오며 휴대장치는 수신 안테나 높이 190 cm, 시계방향으로 110도 회전한 위치에서 -36.90 dBm의 최대 출력을 나타냈다.

통해 확인할 수 있다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

그림 4-45. Semi-anechoic chamber 측정시 2형 전화기의 수평편파 최대 출력

무선 전화기를 반파장 다이폴 안테나로 대치하고 출력이 최대가 되는 수신 안테나의 높이를 찾으면 고정장치의 경우는 EUT와 동일 높이인 174 cm에서 최대 출력을 보이며 휴대장치는 236 cm 높이에서 최대 출력을 나타냈다. 2형 무선 전화기의 고정장치와 휴대장치를 측정하였을 때의 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기의 신호를 조절하여 계산하면 고정장치는 22.33 dBm, 휴대장치는 20.16 dBm의 전력이 인가되었음을 확인할 수 있다.

인가 전력에서 대치 안테나의 cable 손실과 반파장 다이폴의 발룬손실, 다이폴 안테나의 이득 그리고, 수신 높이 차이에 따른 오프 보어사이트와 측정거리에 대한 보정을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-45)와 같이 각각 13.45 dBm과 12.14 dBm이 나온다.

$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{고}} &= -10.33 - 0.70 - 0.00 - 0.00 = -11.03 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{고}} &= 22.33 + 2.15 - 11.03 = 13.45 \text{ dBm} (22.13 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-45)$$

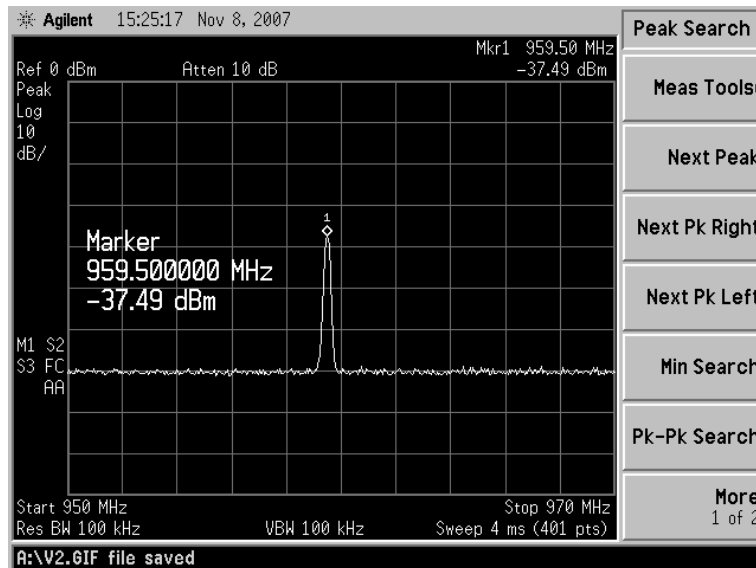
$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{휴}} &= -10.19 - 0.70 + 0.32 + 0.40 = -10.17 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{휴}} &= 20.16 + 2.15 - 10.17 = 12.14 \text{ dBm} (16.37 \text{ mW}) \end{aligned}$$

### (3) Fully-anechoic chamber 측정

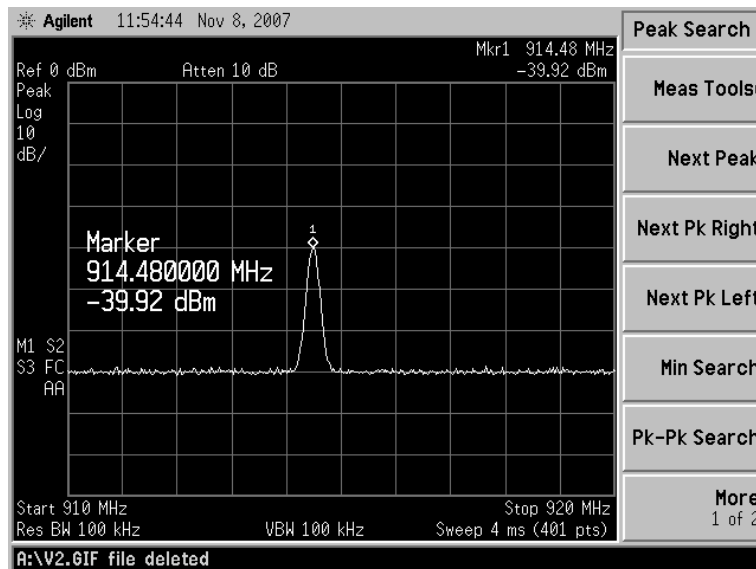
Fully-anechoic chamber에서 2형 코드없는 전화기의 복사성 전력을 측정하였으며 실내 환경과 동일한 방법으로 EUT가 놓여있는 turn-table를 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 출력을 기록하였다. 수신 안테나를 수직편파를 갖도록 위치시키고 2형 코드없는 전화기의 고정장치와 휴대장치도 수직편파를 갖도록 위치시킨 후 측정 무



선기기를 360도 회전시켰다. 고정장치는 정면 방향에서 -37.49 dBm의 최대 출력을 나타냈으며 휴대장치는 -39.92 dBm의 최대 출력을 나타냈다. 그림 4-46은 고정장치와 휴대장치의 최대 출력을 확인할 수 있다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

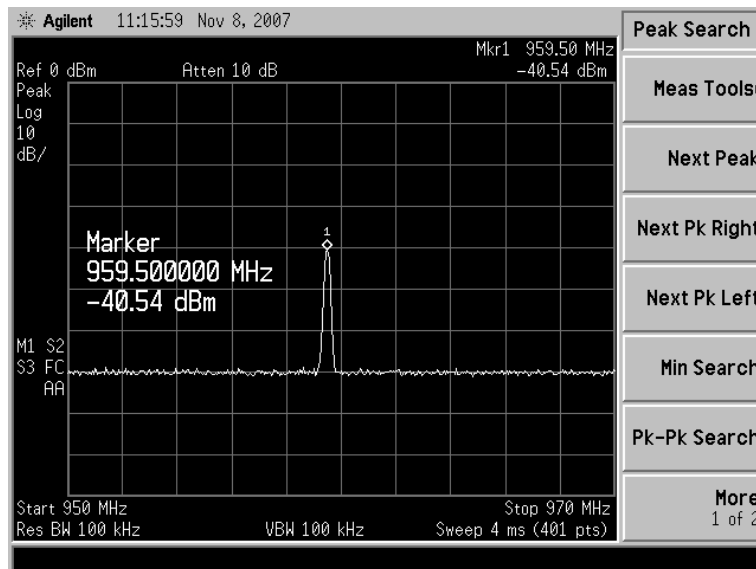
그림 4-46. Fully-anechoic chamber 측정시 2형 전화기의 수직편파 최대 출력

2형 코드없는 전화기를 반파장 다이폴로 대치시킨 후 수직편파를 갖도록 위치시키고 대치 안테나의 지향성을 고려하여 무선 전화기의 출력과 동일한 값을 갖도록 신호 발생기를 조정 한 결과 고정장치는 22.76 dBm, 휴대장치는 23.95 dBm의 전력이 인가되었음을 확인할 수 있었다. 신호발생기 인가 전력에서 반파장 다이폴 안테나의 이득 2.15

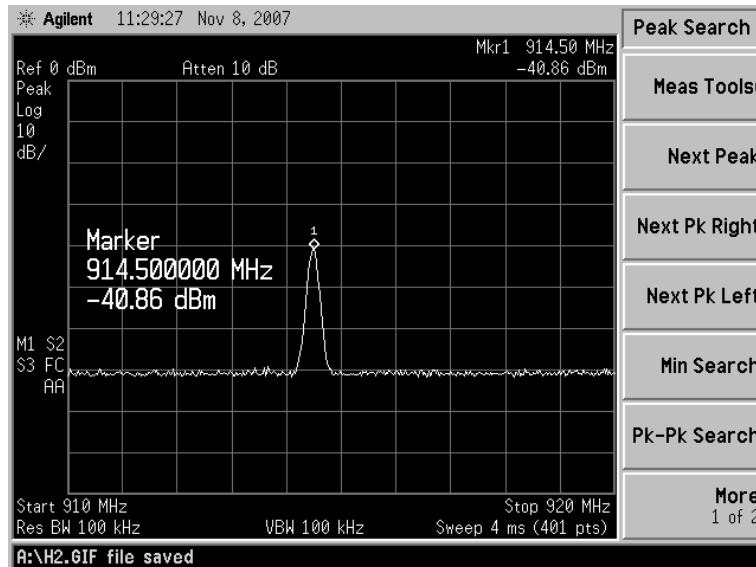
dBi와 보정값인 cable 손실과 발룬손실을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-46)과 같이 고정장치는 13.69 dBm의 EIRP가 나오고 휴대장치는 12.22 dBm의 EIRP가 나온다.

$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{고}} &= -10.52 - 0.70 = -11.22 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{고}} &= 22.76 + 2.15 - 11.22 = 13.69 \text{ dBm} (23.39 \text{ mW}) \\ \text{보정값}_{\text{휴}} &= -13.18 - 0.70 = -13.88 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{휴}} &= 23.95 + 2.15 - 13.88 = 12.22 \text{ dBm} (16.67 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-46)$$

수평편파에 대하여 동일한 방법을 이용하여 최대 출력을 확인하면 고정장치는 -40.54 dBm의 최대 출력을 보이고 휴대장치는 -40.86 dBm의 최대 출력을 보인다. 무선 전화기를 반파장 다이폴 안테나로 대치시킨 후 신호 발생기의 인가 전력을 조절하면 고정장치는 20.11 dBm, 휴대장치는 22.23 dBm의 전력이 반파장 다이폴 안테나에 인가될 경우 스펙트럼 분석기에서 -40.54 dBm과 -40.86 dBm의 출력을 나타낼 수 있다. 신호 발생기 인가 전력에서 반파장 다이폴 안테나의 이득 2.15 dBi와 발룬 손실 0.7 dB 대치 안테나의 케이블 손실 -10.52 dB와 -136.18 dB를 각각 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-47)과 같이 11.04 dBm과 10.50 dBm의 EIRP가 나온다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

그림 4-47. Fully-anechoic chamber 측정시 2형 전화기의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{고}} &= -10.52 - 0.70 = -11.22 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{고}} &= 20.11 + 2.15 - 11.22 = 11.04 \text{ dBm} (12.71 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-47)$$

$$\begin{aligned} \text{보정값}_{\text{휴}} &= -13.18 - 0.70 = -13.88 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_{\text{휴}} &= 22.23 + 2.15 - 13.88 = 10.50 \text{ dBm} (11.22 \text{ mW}) \end{aligned}$$

실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정한 2형 코드 없는 전화기 고정장치의 복사성 전력 측정 결과를 비교하면 표 4-13과 같으며 휴대장치의 복사성 전력 측정 결과를 비교하면 표 4-14와 같다.

고정장치의 EIRP 최대값은 측정장에서 각각 13.92 dBm, 13.45 dBm, 13.69 dBm으로 약 0.5 dBm 정도의 차이를 나타냈으며 휴대장치의 EIRP 최대값은 13.70 dBm, 12.14 dBm, 12.22 dBm으로 1.5 dBm 정도의 차이를 보였다. 이는 어떤 측정장에서도 선별된 2형 코드없는 전화기의 고정장치 및 휴대장치에 대한 복사성 전력을 측정할 수 있음을 보여주고 있으며, 무선설비 기술기준 공중선 전력 10 mW와 전화기의 안테나를 모노폴 안테나로 계산한 EIRP보다 작은 값으로 무선설비 기술기준을 만족하고 있는 것으로 사료된다.

표 4-13. 2형 코드없는 전화기의 고정장치 복사성 전력 계산값 및 측정값

	계산값	실내 환경		semi-anechoic chamber		fully-anechoic chamber	
		수직편파	수평편파	수직편파	수평편파	수직편파	수평편파
EIRP (dBm)	15	13.92	13.54	12.67	13.45	13.69	11.04

표 4-14. 2형 코드없는 전화기의 휴대장치 복사성 전력 계산값 및 측정값

	계산값	실내 환경		semi-anechoic chamber		fully-anechoic chamber	
		수직편파	수평편파	수직편파	수평편파	수직편파	수평편파
EIRP (dBm)	15	12.33	13.70	10.62	12.14	12.22	10.50

#### 나. 디지털 방식 1.7 GHz 대역 전화기

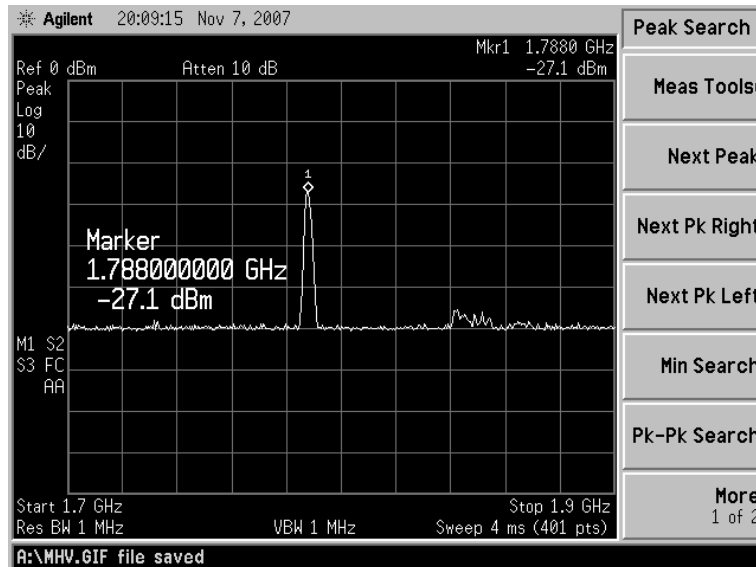
디지털 방식의 코드없는 전화기 중 1786.336 MHz ~ 1791.520 MHz 대역에서 동작하는 전화기는 무선설비 기술기준에서 공중선 절대이득을 포함한 평균전력이 100 mW 이하로 규정하고 있다. 따라서 안테나 이득까지 포함되어 있는 평균전력이 EIRP 기준이 된다.

$$\begin{aligned} \text{계산된 } EIRP &= \text{RF 최대 출력값} \times \text{안테나 이득} \\ &= 20 \text{ dBm} (100 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-48)$$

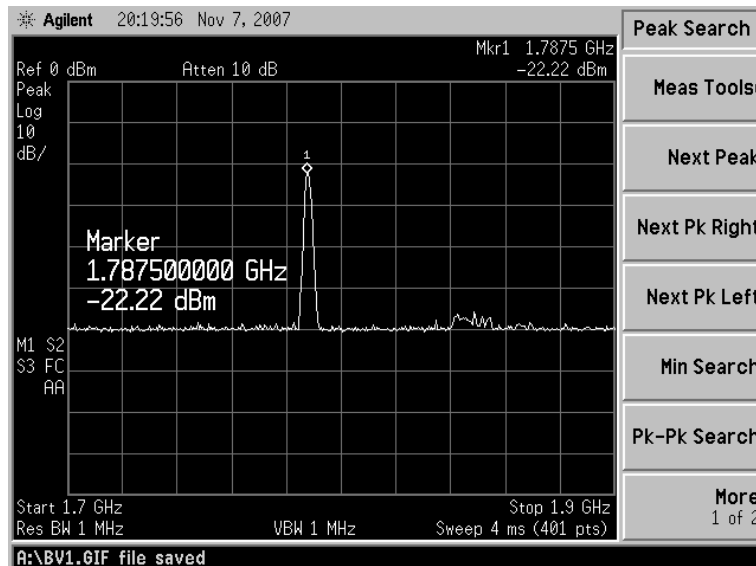
디지털 방식의 1.7 GHz 대역 코드없는 전화기는 고정장치와 휴대장치의 주파수 대역이 유사하여 두 장치가 동시에 동작하였을 경우 어떤 장치의 최대 출력인지 구별하기가 어렵다. 따라서 본 측정에서는 휴대장치의 RF를 켜지 않은 상태에서의 고정장치 복사성 전력을 측정하였다. 휴대장치의 복사성 전력 측정을 위해서는 휴대장치의 RF만 켜었을 때 동작할 수 있는 형태의 실험 상태의 전화기가 필요할 것으로 사료된다.

##### (1) 실내 환경

1.7 GHz 대역의 무선 전화기 고정장치의 복사성 전력 측정을 위해 수신 안테나로 혼 안테나를 사용하였고 수신 안테나를 수직편파로 향하게 하고 고정장치의 안테나가 내장형임으로 RFID 리더 안테나와 동일하게 임의의 방향으로 위치시켜 EIRP를 구하고 임의의 각도에서 90도 회전시킨 형태로 위치시켜 EIRP를 구한 후 전체 EIRP를 구하는 형태로 계산하였다. 무선 전화기의 고정장치를 설치한 회전대를 회전시켜 출력이 최대가 될 때의 값을 스펙트럼 분석기를 통해 측정하였다. 그림 4-48과 같이 임의의 방향으로 위치시켰을 경우 최대 출력이 -27.10 dBm이 나왔으며 90도 회전시켜 위치시키고 재측정 하였을 경우 최대 출력이 -22.22 dBm 이었다.



(a) 임의의 방향 최대출력



(b) 90도 회전시킨 임의의 방향 최대 출력

그림 4-48. 실내 환경 측정시 1.7 GHz 대역 전화기의 수직편파 최대 출력

EUT를 혼 안테나로 대치시키고 신호 발생기를 연결한 후 고정장치 출력과 동일한 값을 갖도록 신호 발생기를 조절한 결과 고정장치는 각각 6.06 dBm과 10.94 dBm의 전력이 인가되었다. 신호발생기 인가 전력에서 대치 안테나의 이득과 대치 안테나의 cable 손실을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-49)과 같이 12.93 dBm과 17.81 dBm의 EIRP가 나왔으며 전체 EIRP는 19.03 dBm의 EIRP가 나온다.

$$EIRP = \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \quad (4-49)$$

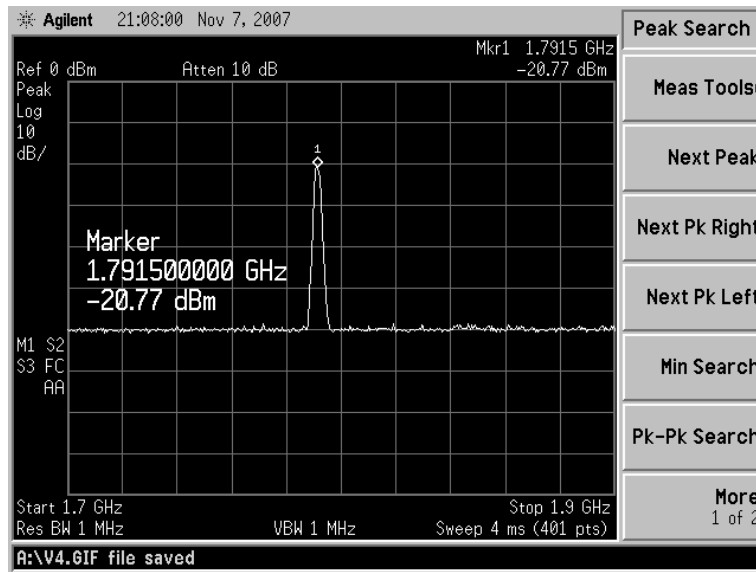
$$\text{보정값} = -\text{cable loss} = -7.73 \text{ dB}$$

$$EIRP_1 = 6.06 + 14.60 - 7.73 = 12.93 \text{ dBm} (19.64 \text{ mW})$$

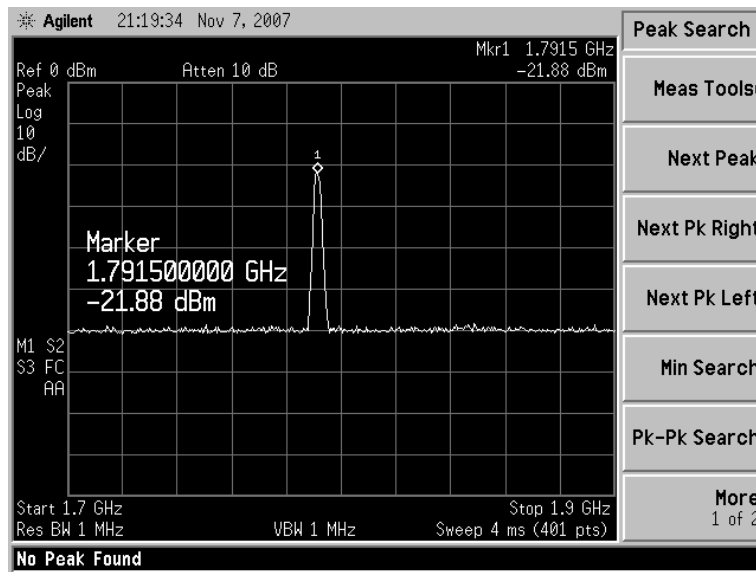
$$EIRP_2 = 10.94 + 14.60 - 7.73 = 17.81 \text{ dBm} (60.40 \text{ mW})$$

$$EIRP_T = 10 \times \log_{10} (10^{12.93/10} + 10^{17.81/10}) = 19.03 \text{ dBm} (79.98 \text{ mW})$$

수신 안테나인 혼 안테나를 수평편파로 향하게 하고 전화기의 고정장치를 임의의 방향과 90도 회전시킨 임의의 방향으로 설치한 후 turn-table을 회전시켜 최대 출력을 기록하면 그림 4-49와 같이 각각 -20.77 dBm과 -21.88 dBm의 출력이 나왔다.



(a) 임의의 방향 최대출력



(b) 90도 회전시킨 임의의 방향 최대 출력

그림 4-49. 실내 환경 측정시 1.7 GHz 대역 전화기의 수평편파 최대 출력

무선 전화기를 혼 다이폴로 대치하고 고정장치의 최대 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 고정장치에 인가된 전력이 각각 11.51 dBm과 10.61 dBm이었음을 확인할 수 있다. 신호 발생기 인가 전력에서 대치 안테나의 cable 손실과 혼 안테나의 이득을 고려하여 EIRP를 계산하면 고정장치의 EIRP는 각각 18.58 dBm과 17.48 dBm이 나오며 고정장치의 수평편파 전체 EIRP는 21.08 dBm이 된다.

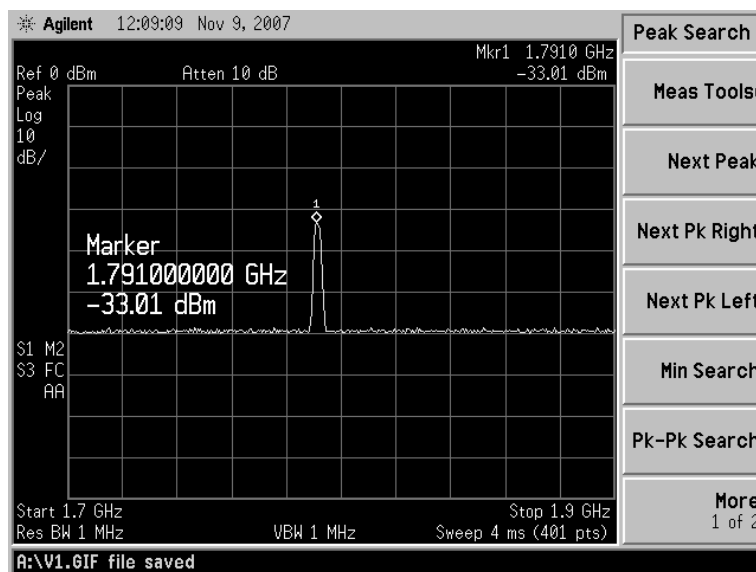
$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -7.73 \text{ dB} \\ \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \end{aligned} \quad (4-50)$$

$$\begin{aligned} \text{EIRP}_1 &= 11.51 + 14.60 - 7.73 = 18.58 \text{ dBm} (72.11 \text{ mW}) \\ \text{EIRP}_2 &= 10.61 + 14.60 - 7.73 = 17.48 \text{ dBm} (55.98 \text{ mW}) \end{aligned}$$

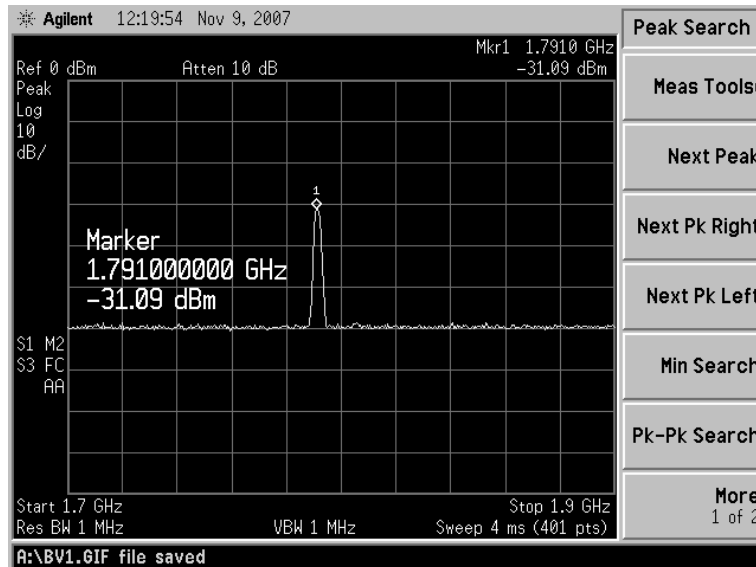
$$\text{EIRP}_T = 10 \times \log_{10} (10^{18.58/10} + 10^{17.48/10}) = 21.08 \text{ dBm} (128.23 \text{ mW})$$

## (2) Semi-anechoic chamber 측정

1.7 GHz에서 동작하는 코드없는 전화기의 고정장치의 EIRP를 그림 4-1 (b)와 같은 semi-anechoic chamber에서 측정하였으며 수신 안테나의 높이와 turn-table의 각도를 조절하여 최대 출력이 나오는 지점과 그 때의 값을 기록하였다. 고정장치의 송신 안테나의 형태를 알 수 없어 임의의 방향으로 위치시키고 측정한 결과 144 cm의 수신 안테나 높이에 반시계방향으로 32도 회전한 위치에서 -33.01 dBm의 출력이 나왔으며 임의의 방향에서 90도 회전시켜 재측정한 결과 136 cm의 높이에 반시계방향으로 10도 회전한 위치에서 -31.09 dBm의 최대 출력이 나왔다.



(a) 임의의 방향 최대출력



(b) 90도 회전시킨 임의의 방향 최대 출력

그림 4-50. Semi-anechoic chamber 측정시  
1.7 GHz 대역 전화기의 수직편파 최대 출력

고정장치를 혼 안테나로 대치시키고 수신 안테나의 높이를 변화시켜 최대 출력을 측정한 결과 137 cm 수신 안테나 높이에서 최대 출력을 나타냈으며 고정장치의 최대 출력과 동일한 출력을 갖도록 신호 발생기의 전력을 증가시킨 결과 15.07 dBm과 16.99 dBm의 전력이 인가됨을 확인할 수 있었다. 신호발생기 인가 전력에서 대치 안테나의 cable 손실과 혼 안테나의 이득을 고려하여 EIRP를 구하면 식 (4-51)와 같이 13.83 dBm과 15.75 dBm의 EIRP를 구할 수 있었으며 전체 EIRP는 17.91 dBm을 나타냈다. 측정거리 보정은 0.1 dB 이내의 값으로 0.00 dB 값으로 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -\text{cable loss} - \text{off boresight 보정} - \text{측정거리보정} \\ \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \end{aligned} \quad (4-51)$$

$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -15.84 - 0.00 - 0.00 = -15.84 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_1 &= 15.07 + 14.60 - 15.84 = 13.83 \text{ dBm} (24.15 \text{ mW}) \end{aligned}$$

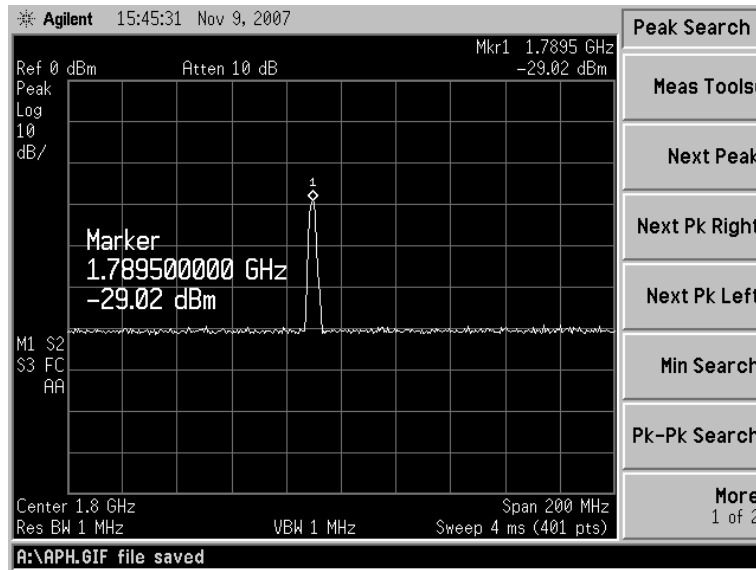
$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -15.84 - 0.00 - 0.00 = -15.84 \text{ dB} \\ \text{EIRP}_2 &= 16.99 + 14.6 - 15.84 = 15.75 \text{ dBm} (37.58 \text{ mW}) \end{aligned}$$

$$\text{EIRP}_T = 10 \times \log_{10} (10^{13.83/10} + 10^{15.75/10}) = 17.91 \text{ dBm} (61.81 \text{ mW})$$

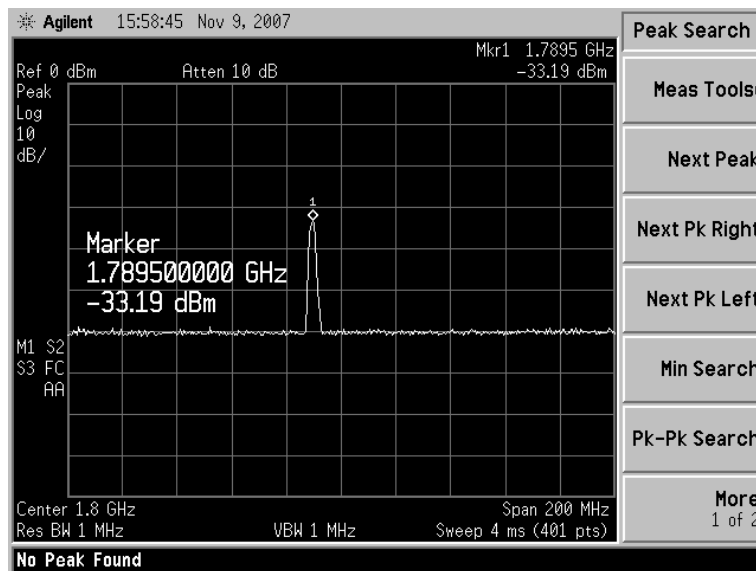
수신 안테나와 무선 전화기의 방향을 수평방향으로 향하게 하여 동일한 방법으로 수평편파를 측정하면 고정장치는 각각 124 cmdml 높이에 반시계방향으로 115도 회전한 위치에서 -29.02 dBm의 최대 출력과 194 cm 높이에 반시계방향으로 30도 회전한 위



치에서 -33.19 dBm의 최대 출력을 보였으며 그림 4-51을 통해 확인할 수 있다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

그림 4-51. Semi-anechoic chamber 측정시  
1.7 GHz 대역 전화기의 수평편파 최대 출력

무선 전화기를 혼 안테나로 대치하고 수신 안테나의 높이를 변화시켜 177 cm 높이에서 최대 출력이 나오는 것을 확인하였고 고정장치의 최대 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기의 신호를 조절하여 계산하면 고정장치는 18.47 dBm과 14.30 dBm 전력이 인가됨을 확인하였다.

인가 전력에서 대치 안테나의 cable 손실과 혼 안테나의 이득 그리고, 수신 높이 차

이에 따른 측정거리에 대한 보정을 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-52)와 같이 각각 17.55 dBm과 13.06 dBm의 EIRP가 나왔으며 전체 EIRP를 계산하면 18.87 dBm의 EIRP가 나왔다.

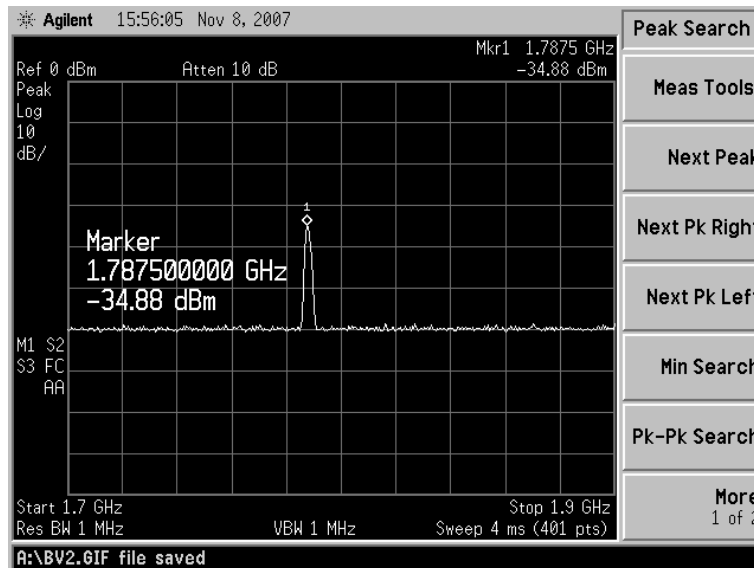
$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -15.84 - 0.00 + 0.32 = -15.52 \text{ dB} \\ EIRP_1 &= 18.47 + 14.60 - 15.52 = 17.55 \text{ dBm} (56.89 \text{ mW}) \end{aligned} \quad (4-52)$$

$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -15.84 - 0.00 - 0.00 = -15.84 \text{ dB} \\ EIRP_2 &= 14.30 + 14.6 - 15.84 = 13.06 \text{ dBm} (20.23 \text{ mW}) \end{aligned}$$

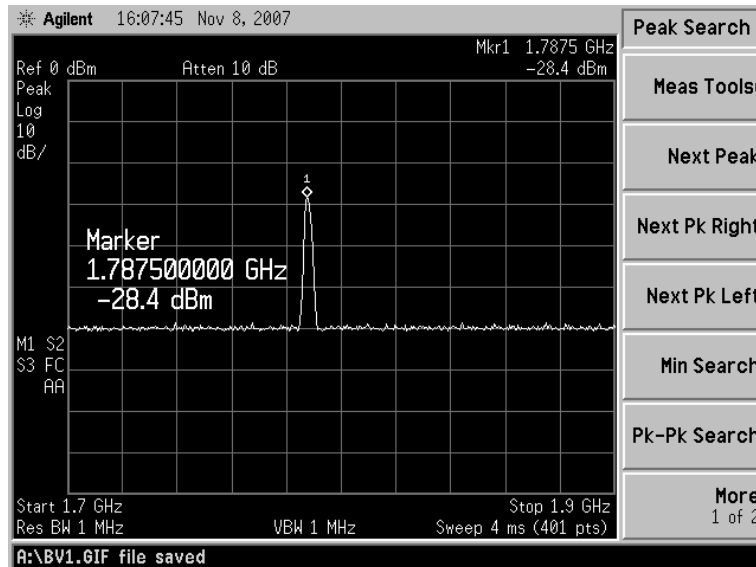
$$EIRP_T = 10 \times \log_{10} (10^{17.55/10} + 10^{13.06/10}) = 18.87 \text{ dBm} (77.09 \text{ mW})$$

### (3) Fully-anechoic chamber 측정

마지막으로 Fully-anechoic chamber에서 무선 전화기의 고정장치에 대한 복사성 전력을 측정하였으며 실내 환경과 동일한 방법으로 turn-table를 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 출력을 기록하였다. 수신 안테나를 수직편파를 고정장치는 임의의 방향을 갖도록 위치시키고 최대 출력을 측정한 결과 -34.88 dBm의 최대 출력이 나왔으며 임의의 방향을 갖는 고정장치를 90도 회전시켜 위치시키고 최대 출력을 측정한 결과 -28.4 dBm의 최대 출력이 측정되었다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

그림 4-52. Fully-anechoic chamber 측정시  
1.7 GHz 대역 전화기의 수직편파 최대 출력

무선 전화기의 고정장치를 혼 안테나로 대치시킨 후 수직편파를 갖도록 위치시키고 대치 안테나의 지향성을 고려하여 무선 전화기의 고정장치와 동일한 출력을 갖도록 신호 발생기를 조정한 결과 각각 12.5 dBm과 18.98 dBm의 인가 전력이 나오는 것을 확인할 수 있었다. 신호발생기 인가 전력에서 혼 안테나의 이득 14.60 dBi와 보정값인 cable 손실 -15.76 dB를 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-53)과 같이 고정장치의 EIRP는 각각 11.34 dBm과 17.82 dBm이 나왔으며 전체 EIRP는 18.70 dBm이 되었다.

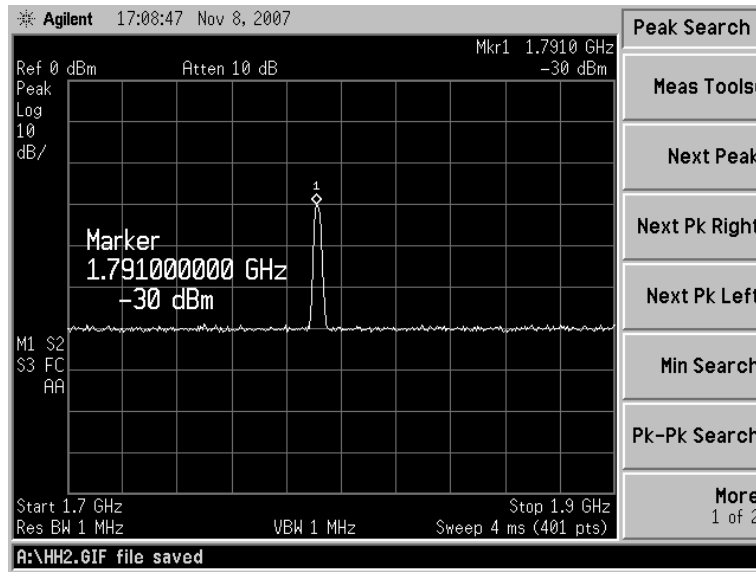
$$\begin{aligned} \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -15.76 \text{ dB} \\ \text{EIRP} &= \text{신호 발생기 출력} + \text{치환 안테나 이득} + \text{보정값} \end{aligned} \quad (4-53)$$

$$\begin{aligned} \text{EIRP}_1 &= 12.50 + 14.60 - 15.76 = 11.34 \text{ dBm} (13.61 \text{ mW}) \\ \text{EIRP}_2 &= 18.98 + 14.60 - 15.76 = 17.82 \text{ dBm} (60.53 \text{ mW}) \end{aligned}$$

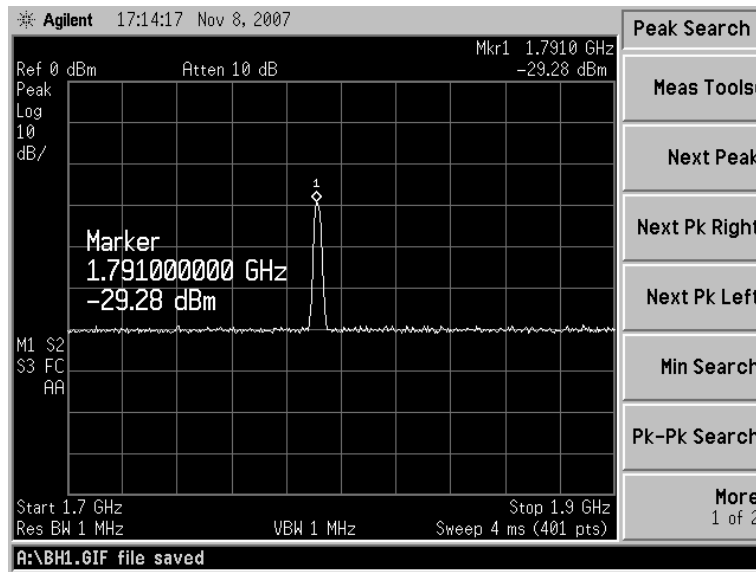
$$\text{EIRP}_T = 10 \times \log 10 (10^{11.34/10} + 10^{17.82/10}) = 18.70 \text{ dBm} (74.13 \text{ mW})$$

수평편파에 대하여 동일한 방법을 이용하여 최대 출력을 확인하면 임의의 방향에서 고정장치는 -30.00 dBm의 최대 출력과 임의의 방향에서 90도 회전한 위치에서 -29.28 dBm의 최대 출력을 확인할 수 있다. 무선 전화를 혼 안테나로 대치시킨 후 신호 발생기의 인가 전력을 조절하면 각각 17.35 dBm과 18.07 dBm 인가 전력이 혼 안테나에 인가될 경우 스펙트럼 분석기에서 -30.00 dBm과 -29.28 dBm의 출력을 나타낼 수 있다. 신호발생기 인가 전력에서 혼 안테나의 이득 14.60 dBi와 대치 안테나의 케이블 손실 -15.76 dB를 각각 고려하여 EIRP를 계산하면 식 (4-54)와 같이 16.19 dBm과 16.91

dBm의 EIRP가 나오며 전체 EIRP는 19.57 dBm이 된다.



(a) 고정장치의 최대출력



(b) 휴대장치의 최대 출력

그림 4-53. Fully-anechoic chamber 측정시  
1.7 GHz 대역 전화기의 수평편파 최대 출력

$$\begin{aligned}
 \text{보정값} &= -\text{cable loss} = -15.76 \text{ dB} \\
 EIRP_1 &= 17.35 + 14.60 - 15.76 = 16.19 \text{ dBm} (41.59 \text{ mW}) \\
 EIRP_2 &= 18.07 + 14.60 - 15.76 = 16.91 \text{ dBm} (49.09 \text{ mW}) \\
 EIRP_T &= 10 \times \log_{10} (10^{16.19/10} + 10^{16.91/10}) = 19.57 \text{ dBm} (90.57 \text{ mW})
 \end{aligned}
 \tag{4-54}$$

실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정한 1.7 GHz 대역의 디지털 방식 코드없는 전화기의 고정장치 복사성 전력 측정 결과를 비교하면 표 4-15과 같다.

표 4-15. 1.7 GHz 대역 코드없는 전화기의 고정장치 복사성 전력 계산값 및 측정값

	계산값	실내 환경		semi-anechoic chamber		fully-anechoic chamber	
		수직편파	수평편파	수직편파	수평편파	수직편파	수평편파
EIRP (dBm)	20	19.03	21.08	17.91	18.87	18.70	19.57

고정장치의 EIRP 최대값은 측정장에서 각각 21.08 dBm, 18.87 dBm, 19.57 dBm으로 약 2 dBm 정도의 차이를 보였으며 무선설비 기술기준 100 mW 이하 기준과 비교하여 실내 환경에서 약 1 dB의 큰 값을 가졌다. 이는 교내 측정 환경에서의 제약 및 다른 무선기기의 간섭으로 사료된다.

지금까지 측정한 무선기기에 대한 국내의 출력 전력 규제인 무선설비 기술기준을 표 4-16에 정리하였다. 선별된 무선기기 중 무선 마이크와 무선 랜의 경우는 공중선 전력만을 기준으로 하고 있어 안테나 이득에 대한 규제가 어려운 실정이며 ZigBee와 RFID, 코드없는 전화기의 경우는 공중선 전력과 함께 안테나 이득을 규제하고 있지만 무선기기와 안테나가 결합된 형태에 대한 기준이 아니므로 일체형 무선기기의 경우는 실제적인 규제가 어려운 단점을 갖는다.

표 4-16. 측정 대상기기의 무선설비 기술기준 정리

무선기기		무선설비 기술기준
무선 마이크		공중선 전력 10 mW 이하
ZigBee	XBee	송신 공중선 절대이득 6 dBi 이하
	XBee Pro	송신 최대 전력 밀도 10 mW 이하
무선 랜	송신 AP	송신 전력/주파수 호핑 대역이 3 mW 이하
RFID 시스템	A 사의 RFID	공중선 전력 1 W 이하 송신 공중선 절대이득 6 dBi 이하
코드없는 전화기	M 사의 900 MHz 대역	공중선 전력 10 mW 이하
	L 사의 1.7 GHz 대역	공중선 절대이득 포함 평균전력 100 mW 이하

이러한 문제점을 해결하기 위해 안테나를 포함한 시스템의 출력 전력을 측정하기 위해 복사성 전력 측정 도입이 필요하며 본 연구에서 제안한 측정법을 이용하여 실내 환

경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 복사성 전력을 측정하였으며 선별한 무선기기의 복사성 전력인 EIRP를 표 4-17를 통해 비교·분석하였다. 가장 먼저 무선기기 매뉴얼의 RF 최대 출력과 측정 또는 계산된 안테나의 이득을 이용하여 수치적으로 계산한 EIRP를 보여주고 있으며 측정을 통해 얻은 EIRP 그리고, 계산 EIRP와 측정 EIRP를 비교하여 복사성 전력 규제값으로 제안하는 EIRP 기준을 나타내고 있다. 계산 EIRP와 측정 EIRP의 차이는 실내 환경을 이용하여 측정한 결과의 오차와 실제 매뉴얼과 다른 무선기기의 RF 최대 출력, 측정 또는 계산된 안테나 이득의 오차로 사료된다.

표 4-17. 측정 대상기기의 EIRP값과 제안 기준치

무선기기			계산 EIRP	측정 EIRP	제안 EIRP
무선 마이크			15.85 mW	22.46 mW	25 mW 이하
ZigBee	XBee		3.16 mW	0.76 mW	300 mW 이하
	XBee Pro		316 mW	122 mW	
무선 랜 AP			316 mW	47.32 mW	300 mW 이하
RFID 시스템			4 W	3.22 W	4 W 이하
코드없는 전화기	2형	고정장치	31.6 mW	24.66 mW	30 mW 이하
		휴대장치	31.6 mW	23.44 mW	30 mW 이하
	1.7 GHz 고정장치		100 mW	128 mW	100 mW 이하

안테나를 포함한 시스템의 출력 전력을 측정하는 복사성 전력 측정을 본 연구에서 제안한 측정법을 이용하여 실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 측정한 결과 차이가 2 dB 이내의 값으로 매우 유사한 값을 가져 본 연구에서 제안한 측정장과 측정법이 적절한 복사성 전력 측정 제안임을 검증하였다.

## 제 5장 결 론

우리나라는 출력 전력에 대한 규제를 무선설비규칙을 통해 공중선 전력을 기준으로 안테나의 급전선에 공급되는 전력만을 규제하고 있다. 하지만, 공중선 전력은 급전선에 공급되는 전력을 측정하기 때문에 실제로 복사되는 출력 전력이 아니며, 급전선 내부 부하나 안테나 끝단에서 발생하는 안테나의 임피던스 부정합을 고려할 수 없다. 또한 안테나 이득에 대한 규제가 불가능하여 안테나 지향성에 의한 출력 전력의 변화나 안테나 이득으로 인한 간섭 등의 문제가 발생할 수 있다. 그리고 산업적인 측면에서 보았을 때 출력 전력과 안테나 이득에 대한 트레이드오프를 통한 유연성 확보에도 어려움이 있다. 또한 무선기기 수출시 국내·외의 다른 출력 전력 규제 때문에 발생하는 산업비용의 증대와 이로 인한 경쟁력 약화로 국내 전자 산업 발전을 저해할 것으로 보인다.

본 보고서에서는 먼저 국내·외의 전파관리 현황과 출력 전력의 측정 방법에 대하여 확인하였다. 국내의 경우는 지금까지 정부의 주도하에 주파수 이용계획과 분배 및 할당, 사후 감시 업무 등이 이루어졌으나, 한정된 전파자원의 효율적인 관리와 기술적 규제를 위해 전파법을 대폭 개정하여 가격경쟁방식에 의한 주파수 할당 및 전자파 인체 보호에 관한 규정 등을 보완하여 적극적이고 체계적인 전파관리에 매진하고 있다. 국외의 경우도 정부의 주도하에 체계적이고 지속적인 전파관리를 통해 자국민의 보호와 전파 감시를 강화하고 있으며 특히 미국은 민간이 사용하는 전파의 관리업무는 연방통신위원회인 FCC를 정부가 사용하는 전파의 관리업무는 상무성 산하의 국가정보 통신청인 NTIA를 통하여 이원화 시켜 보다 체계적이고 구체적인 전파관리를 하고 있다. 국내의 출력 전력은 공중선 전력 측정을 이용한 출력 전력 측정과 직접법을 이용한 전계강도 측정으로 나뉘지며 공중선 전력 측정은 무선기기의 실질적인 출력을 측정하기 어려우며 전계강도 측정은 측정장에 대한 신뢰성 확보의 어려움이 따른다. 미국과 유럽의 출력 전력 측정은 복사성 전력을 측정하며 안테나 치환법을 이용한 EIRP/ERP를 측정하여 무선기기에 대한 관리 및 규제를 하고 있다. 미국의 경우 FCC와 ANSI에서 복사성 전력 측정 방법을 세부적으로 제시하고 있으며 유럽의 경우는 유럽 표준기관인 ETSI산하 EN의 무선국에서 각 주파수별 기기별 복사성 전력 측정장과 측정 방법에 대하여 표준 권고하고 있다.

복사성 전력 측정 방법은 전파환경에 대한 관점에서 볼 때, 안테나 이득까지 고려한 실제 복사되는 전력을 측정하는 것으로 급전선에 공급되는 전력만을 측정하는 기존의 공중선 전력 측정 방법보다 더 정확한 방법이라 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 국외 복사성 전력 측정 방법에 대한 동향 조사 결과를 바탕으로 국내 여건에 맞는 최적의 측정 환경과 측정법을 제안하였으며 측정장은 야외 시험장과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber로 하였으며 측정 환경에 대한 구체적인 기준을 제시하였다. 측

정법은 안테나 대치법을 이용한 EIRP/ERP 측정 방법에 대하여 제시하였고 각 측정장에 따라 측정 방법을 달리하여 보다 정확한 측정이 가능하도록 하였다. 또한 측정된 출력 전력으로부터 EIRP/ERP를 계산하는 과정을 상세히 설명하여 어느 누구나 복사성 전력 측정과 계산을 할 수 있도록 하였다.

마지막으로 무선설비 기술기준에서 공중선 전력으로 출력 전력을 규제하고 있는 무선기기를 선정하여 실내 환경과 semi-anechoic chamber, fully-anechoic chamber에서 복사성 전력을 측정하였다. 선별된 무선기기는 전파연구소고지 제 2006-84호의 기타업 무용 무선설비 중에 특정 소출력 무선국용에 해당하는 무선 마이크와 ZigBee, 무선 랜이며 RFID/USN용 무선기기에 해당하는 RFID 시스템, 그리고 코드없는 전화기에 해당하는 아날로그 2형 전화기와 디지털 1.7 GHz 대역 전화기이다. 선별된 무선기기의 무선설비 기술기준의 세부적인 사항을 조사하고 출력 전력 규제에 적합한 무선기기인지를 확인하였다. 또한, 공중선 전력 규제값의 EIRP 환산값과 측정한 EIRP 값을 비교·분석하여 오차의 원인을 확인하였고 EIRP의 제한치를 제안하였다. EIRP/ERP 측정값은 제안된 측정규격의 측정 환경에서 매우 정확한 값을 가지며, 일반적인 실내 환경에서도 2 dB 이내의 오차범주에 수렴하여 비교적 정확한 측정이 가능함을 확인하였다.



## 참고문헌

- [1] 김동호, 조평동, 최동근, 신찬수, 김남, “무선기기 복사성 출력 전력의 측정 방법 연구”, *한국전자과학회논문지*, 15(1), pp. 40-49, 2004년 1월.
- [2] 전파연구소, “안테나 측정기술 향상방안 연구”, 전파연구소 연구보고서, 2006년 12월.
- [3] 한국전파진흥협회, “전파자원 이용관리에 관한 연구”, 전파진흥협회 연구보고서, 2000년 12월.
- [4] 박동욱, 임동민, “전파관리제도의 최근 동향 및 정책점 시사점”, *KISDI 이슈리포트*, 3(13), pp. 1-47, 2003년 9월.
- [5] 이기주, *국제전파감시백서*, 정보통신부 중앙전파관리소, 2005년 6월.
- [6] 김한주, “미국의 전파관리제도 분석”, *전자통신동향분석*, 12(3), pp. 33-41, 1997년 6월.
- [7] 한국전파진흥원, “미연방통신위원회(FCC)의 전파관련 조직과 역할”, *국제전파동향*, 2006년 4월.
- [8] 최계영, 이승훈, “해외 주요국 전파관리제도”, *KISDI 이슈리포트*, 5(21), pp. 1-41, 2000년 11월.
- [9] <http://www.fcc.gov>, 'Organization'.
- [10] <http://www.ntia.doc.gov>, 'NTIA line offices'.
- [11] 정보통신단체표준 TTAS. KO-06.0068, “휴대용 무선기기의 실효복사전력 표준측정법”, 2004년 8월.
- [12] 대통령령 제 16775호, “전파법시행령”, 2000년 4월.
- [13] 정보통신부령 제 105호, “전파법시행규칙”, 2000년 9월.

- [14] 정보통신부령 제 108호, “무선설비규칙개정령”, 2001년 2월.
- [15] 정보통신부고시 제 2001-15호, “무선설비의 공중선 전력과 전파응용설비의 고주파 출력 측정 및 산출방법”, 2001년 3월.
- [16] <http://www.efis.dk/search/general>, ‘ERO Frequency Information System’.
- [17] 정연춘, 강태원, 박경희, 육종관, 최형도, *전자파적합성의 원리와 기법*, Jinhan M&B, 2006년
- [18] 전파연구소고시 제2006-84호, “방송·해상·항공·전기통신사업용 외의 기타업무용 무선설비의 기술기준”, 2006년 8월.
- [19] ANSI TIA/EIA-603-C, “Land mobile FM or PM communication equipment measurement and performance standards”, Annex A, B, Aug. 2004.
- [20] ANSI/ IEEE C63.4, “American national standard for methods of measurement of radio-noise emissions from low-voltage electrical and electronic equipment in the range of 9 kHz to 40 GHz”, Jan. 2004.
- [21] ANSI/ IEEE C63.7, “American national standard for construction of open-area test sites for performing radiated emission measurements”, Apr. 2005.
- [22] ETSI EN 300 220, “Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); Short range devices (SRD); Radio equipment to be used in the 25 MHz to 1000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW; Part 1: Technical characteristics and test methods”, Apr. 2006.
- [23] ETSI EN 300 328, “Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2.4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive”, May 2006.

- [24] ETSI EN 300 330, “Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); Short range devices (SRD); Radio equipment in the frequency range 9 kHz to 25 kHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz to 30 MHz; Part 1: Technical characteristics and test methods”, Apr. 2006.
- [25] ETSI EN 300 440, “Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); Short range devices; Radio equipment to be used in the 1 GHz to 40 GHz frequency range; Part 1: Technical characteristics and test methods”, Sep. 2001.
- [26] ETSI TR 102 273-1-1, “Electromagnetic compatibility and radio spectrum Matters (ERM); Improvement on radiated methods of measurement(using test stie) and evaluation of the corresponding measurment uncertainties; Part 1: Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; Sub-part 1: Introduction”, Dec. 2001.