

工學碩士學位論文

實效 等方性 輻射 電力 測定 自動化 및  
標準化에 관한 研究

**A Study on Automation and Standard of  
Measurement for Effective Isotropic Radiated  
Power**

指導教授 金基文

2007 年 8 月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

李 大 領

本 論文을李大領의 工學碩士  
學位論文으로 認准함.

委員長 梁圭植 (印)

委員 朴東國 (印)

委員 金基文 (印)

2007 年 8 月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科 李大領

# 차 례

Abstract

제 1 장 서 론 .....1

## 제 2 장 실효 등방성 복사 전력의 현황 및 분석

2.1 도입 배경 및 필요성 .....4

2.2 국내 현황 및 실태 분석 .....9

2.3 국내 외 공중선전력 관리제도 현황 및 문제점 분석 .....13

2.4 실효 등방성 복사 전력에 관한 주요 국가 규격 및 차이점 .....19

## 제 3 장 실효 등방성 방사 전력

3.1 실효 등방성 복사 전력의 이론 .....23

3.2 실효 등방성 복사 전력 측정 시 고려할 사항 .....27

## 제 4 장 EIRP 측정 절차 및 결과 분석

4.1 EIRP 측정절차 .....39

4.2 측정 결과 및 분석 .....51

제 5 장 결 론 .....57

참고문헌 .....59

# 표 차 례

표 2.1	공중선 전력과 복사전력 방식 비교	7
표 2.2	공중선 전력 종류와 의미 비교	10
표 2.3	측정방식 비교	11
표 2.4	방송업무용 비교	14
표 2.5	해상이동업무 및 해상무선항행업무용 무선설비의 기술기준	15
표 2.6	항공이동업무 및 항공무선 항행업무용 무선설비의 기술기준	16
표 2.7	전기통신사업용 무선설비 기술기준	16
표 2.8	방송, 해상, 항공, 전기통신사업용 이외 기타업무용 무선설비의 기술 기준	18
표 2.9	미주지역과 유럽지역 및 TTA 실효복사전력 측정법의 비교 및 문제점	20
표 3.1	ERP와EIRP 비교	25
표 3.2	방사원으로부터 거리별 장의 구분	37
표 3.3	850 MHz를 최소 주파수로 하는 GHz 대 주요기기별 원방계 최소거리	38

## 그림 차례

그림 3.1	안테나 이득의 단위 표현(dBd, dBi).....	24
그림 3.2	이상적인 다이폴의 장 구조 및 방사패턴 .....	30
그림 3.3	선전원의 원방계 계산을 위한 평행선 .....	33
그림 3.4	안테나를 선전원으로 가정하고 원방계 계산을 위한 평행선 근사 ... .....	34
그림 3.5	일반적인 전원으로부터 원방계 계산을 위한 평행선 근사법 .....	35
그림 4.1	제안된 Substitution EIRP Measurement System 모습 .....	41
그림 4.2	제안된 Substitution EIRP Measurement System의 set-up.....	42
그림 4.3	EUT의 측정 환경조건 설정 과정 .....	43
그림 4.4	측정 시스템 예열 과정 .....	43
그림 4.5	EUT 자체 배터리 점검 과정.....	44
그림 4.6	EUT 전도적인 급전점 전력 측정 과정.....	44
그림 4.7	케이블 손실값 측정 과정 .....	45
그림 4.8	EUT의 최대 방사전력 측정과정 .....	45
그림 4.9	대체 안테나 설치 과정 .....	46
그림 4.10	대체 안테나 측정 과정 .....	47
그림 4.11	최종 배터리 점검 .....	48
그림 4.12	수직 편파된 EIRP 측정 결과 .....	50
그림 4.13	측정 REPORT .....	52
그림 4.14	수직 편파된 EIRP 측정 데이터.....	53
그림 4.15	수직 편파된 EIRP 측정 결과 .....	54
그림 4.15	수평 편파된 EIRP 측정 결과 .....	55
그림 4.16	제안된 측정 시스템을 이용한 EIRP 측정결과 .....	56

# Abstract

As the demands for information telecommunications increase, various technologies of wireless communications, which are not restricted by time and space, are applied in actual life. For Example, RuBee, Bluetooth, RFID(Radio Frequency IDentification), MIMO(Multiple Input Multiple Output), UWB(Ultra-Wide Band), Wi-Fi(Wireless-Fidelity), WLAN (Wireless Local Area Network), WLL(Wireless Local Loop), WiMAX(World Interoperability for Microwave Access), Zigbee can be illustrated. Service diversification and data increase of mobile communications demand technology trends of broadband and high quality badly in need. To meet these demands, it is required to maximize the performances of wireless equipments and wireless networks.

For such improvements of information telecommunication equipments (ITEs), accurate test methods and test data are important factors. Currently, The measurement method technology standard of domestic wireless facility regulations, specifies that with the antenna separated from wireless test sample, the measuring equipment is connected to the final RF terminal of the test sample for the tests of antenna power (conductive power) and antenna power density. But, it is difficult for the small equipment with internally installed antenna (intenna) to check accurate electrical characteristics. So, the necessity for ERP and EIRP (Effective isotropic radiated power) measurement is required for a few years.

In this paper, the theory and introduction necessity of EIRP, and several national standards are mentioned. Also, measurement procedures, considerations in measurement and the results utilizing “Substitution EIRP/ERP Measurement System which is proposed as an automated measurement system based on EIRP theoretical background, are described. In conclusion, if the automated measurement technology, proposed in this paper, is standardized, it is considered that this method can be an accurate measurement method for miniaturized RF application equipments, and limited RF sources can be utilized efficiently.

## 제 1 장 서론

정보통신기술의 발전으로 무선통신 시스템을 이용한 근거리 통신 수요가 급격하게 증가하고 있다. 이러한 무선 통신 시스템은 한정된 구역 내의 음성, 데이터전송 및 산업장비나 자동차, 레저용품의 원격제어 등 그 이용범위가 급속하게 확산되어가고 있으며 무선 멀티미디어가 본격적으로 도입되면서 그 시장규모가 가히 폭발적으로 증가할 것으로 예상된다.

특히, 최근에는 루비 (RuBee ;IEEE 1902.1), 블루투스 (Bluetooth), 무선식별장치/유비쿼터스시스템 (RFID/USN; Radio Frequency Identification/Ubiquitous Sensor Network) 다중 입력 다중 출력 (MIMO ; Multiple Input Multiple Output), 초광대역 무선 (UWB ; Ultra-Wide Band), Wi-Fi (Wireless-Fidelity), WLAN (Wireless Local Area Network), 무선 가입자 회선 (WLL ; Wireless Local Loop), WiMAX (World Interoperability for Microwave Access), 지그비 (Zigbee) 등 허가 없이 사용할 수 있는 새로운 형태의 소출력 무선설비가 출현하고 있다.

새로운 형태의 무선설비는 기존 전파법의 특정소출력 무선국에서 제한하고 있는 공중선 전력 10mW를 초과한 송신전력을 사용하고 있으며, 대역폭에 대한 규정도 기존의 특정소출력 무선국에 대한 개념을 초월하는 형태로 나타나고 있다. 따라서 기존의 소출력 무선국 개념에 적합하지 않은 지능형 교통시스템 (ITS ; Intelligent Transport System), UWB, 타이어 공기압 모니터링 시스템 (TPMS ; Tire Pressure Monitoring System) 등의 비허가 무선설비 시스템의 표준화된 규정이 절실히 요구된다.

비허가 소출력 무선설비의 기본적인 문제점은 허가 무선국 또는 소출력 무선국 간의 통신시 서로 간에 혼신을 줄 수 있으며, 이러한 혼신에 대하여 어

떠한 대책도 없음에도 현재의 소출력 무선설비에 대한 기술기준에는 이러한 사항을 명확히 규정하고 있지 않은 상태이다.

이러한 비허가 무선국의 폭넓은 사용은 국내 전자산업의 육성과 정보통신의 발전을 도모하는 차원에서 많은 긍정적인 효과를 가지고 있지만, 현행 전파법에서는 비허가 무선국에서 방사되는 전파로 인한 혼신으로부터 타 무선국을 보호하고 전자산업의 건전한 발전 육성 및 한정된 주파수자원의 효율적인 사용을 위하여 비허가 무선국을 용도별로 구분하여 주파수를 할당하고 있다. 이 방법은 주파수대역의 효율적인 관리와 통달거리에 따른 예측관리가 어려운 상황으로 주파수대역에 따른 실질적인 전파의 전달 특성을 고려하기 위해서는 실효 등방성 복사전력(EIRP ; Effective Isotropic Radiation Power) 제도적 기준의 도입이 절실히 요구된다.

EIRP 제도 도입과 함께 비허가 주파수는 동일대역에서 다양한 표준 또는 기술기준을 만족하는 다수의 비허가 소출력 무선설비들이 주파수 공유를 전제로 운영되고 있다. 이와 관련된 주파수공유기술의 기술적 조건들을 비허가 무선설비에 대한 주파수 분배 시 고려해야 할 것으로 판단된다.

현재 주파수 분배 상황을 보면 1GHz 미만은 기존 무선기기에 할당되어 대부분 사용되고 있으며 이제 남은 것은 1GHz 이상 대역만이 새로운 통신방식에 할당될 수 있게 되었다. 전파관계법에서 무선기기의 제원을 결정하는 가장 중요한 송신기기의 출력표현 방식에서는 기존 공중선 전력이라는 표현을 사용해 왔다. 무선기기의 주요 제원을 공중선 전력으로 제한하는 기본적인 이유는 전파의 통달거리를 예측 관리하는 데 그 목적이 있다.

공중선 전력으로 무선기기의 제원을 표시하면 주로 중단파대의 낮은 주파수 대역에서는 전파 통달거리의 예측에는 크게 문제가 되지 않겠지만, 주파수

가 높아지면 안테나에 공급된 전력 외에 안테나의 형상과 종류에 따라 안테나의 절대이득 값이 다양해져 전파 전달거리가 완전히 달라진다. 따라서 전파법에 따른 무선기기 출력표기는 무선기기의 전파 도달거리를 제한하여 주파수의 효율적인 관리에 목적이 있기 때문에 만일, 무선기기의 공중선 전력뿐만 아니라 안테나 특성이 전파전달거리에 영향을 준다면 안테나를 포함한 공중선 전력의 관리가 당연히 요구된다고 할 수 있다. 이와 같은 이유로 실효 등방성 복사전력이라는 개념의 도입은 소출력 무선 시스템의 제도적 기술기준의 제정이 절실히 요구된다.

따라서 본 논문은 이러한 실효 등방성 복사전력의 기본적인 이론을 중심으로 분석, 검토하여 실제 EIRP 측정시 고려해야 할 몇 가지 사항을 제안하였으며, EIRP 측정시스템의 자동화로 제안된 EIRP 치환측정시스템(Substitution EIRP/ERP Measurement System)을 구현, 이를 이용하여 측정 환경 및 측정 조건 등을 적용시켜 그 결과를 통하여 EIRP 측정 자동화 및 표준화를 제안하였다.

본 논문의 구성은 제2장에서는 EIRP의 도입 배경과 필요성을 구명하였고, 제3장에서는 EIRP 이론 및 측정시 고려사항을, 제4장에서는 EIRP 치환측정시스템을 이용 측정환경, 조건을 제안하고 그 측정결과를 분석하였다. 마지막으로 제5장에서는 본 연구의 결론을 제시하였다.

## 제 2 장 실효 등방성 복사 전력의 현황 및 분석

### 2.1 도입 배경 및 필요성

#### 2.1.1 실효 등방성 복사전력의 기본 정의

실효 등방성 복사전력 측정법으로 이미 제정되어 시행하고 있는 몇 개의 주요 국가 규격을 보면 실효 등방성 복사전력의 기본 정의에 대한 정확한 이해 부족에서 오는 문제점이 많이 발견된다.

실효 등방성 복사전력은 이후 제3장에서 자세히 설명되겠지만 송신 안테나 급전 점에 공급된 순전력 성분과 사용된 안테나 이득의 관계식에서 구해진다. 송신안테나 급전 점의 순전력 측정은 지금까지 측정해온 방법과 같이 전력계를 사용하면 측정상에 어려움이 없다. 그러나 실효 등방성 복사전력 측정에 사용되는 안테나는 실제 존재하지 않은 이상적인 등방성 안테나를 가상하고 이에 대한 상대 값을 이론적으로 계산하여 얻은 값을 토대로 주로 치환법에 의해 구해지게 된다. 반사파가 없는 조건이란 전무반사실 (Full anechoic chamber)나 바닥면에 해당 주파수 대역에서 흡수율이 20 dB이상인 흡수체를 충분한 면적에 설치한 오픈 사이트 혹은 반사파가 무시될 수 있는 2개의 고층 건물 간에서나 측정이 가능하다.

그런데 미국연방통신위원회 (FCC; Federal Communications Commission)는 기존 불요전자파 측정방법을 그대로 실효 등방성 복사전력 측정법으로 채택하고 있어 크게 잘못된 측정방법이다. 이에 대해 유럽 전기 통신 표준 협회 (ETSI ; European Telecommunications Standards Institute)는 바닥면에 흡수체를 포설하도록 규정하고 있어 기본정의에 FCC보다는 다소 충실하나 수신 안테나

높이를 4m까지 가변하여 최대점에서 측정하도록 되어 있는 것은 스스로 모순에 빠진다고 할 수 있으며 특히, 실효 등방성 복사전력 측정법은 비교적 높은 주파수(여기서는 잠정적으로 800MHz 이상으로 정함)에서는 전자파의 전파 특성상 직진성이 강하고 수신 안테나의 특성상 반사파가 수신될 수 없는 혼 안테나 등이 많이 사용되는데 측정 높이를 가변시켜 수검기기를 측정하도록 되어 있는데 이것은 잘못된 적용이라고 할 수 있다.

이외에 다음에 다루는 여러 가지 문제점, 측정방향, 수검기기 설치높이, 이론과 실효성 간의 개념적 차이, 불요전자파 측정법에 익숙하여 길든 관념적 측정거리 설정 모두가 실효 등방성 복사전력 기본 정의를 정확하게 이해하지 못하거나 실제 측정환경을 이해하지 못한 잘못 적용되는 것으로 사료된다.

실효 등방성 복사전력 도입의 역사를 살펴보면, 과거 비교적 낮은 주파수를 많이 이용하던 시기에 주파수 다중화를 위해 마이크로 웨이브 (M/W; micro wave) 를 사용하게 되었는데 이때 실효 등방성 복사전력을 사용하기 시작하였다. 즉, 정확한 중계거리를 산출하기 위해 송신기 출력과 안테나 케이블 손실 그리고 안테나의 상대이득을 도입하여 실효 등방성 복사전력을 도입하게 된 것으로 사료된다. 따라서 EIRP/ERP의 기본정의에 대해 관련 자료를 찾아보아도 모든 자료들이 송신기 출력, 케이블 손실, 안테나 이득(dBd, dBi) 등으로 정의되는 것을 알 수 있다.

결론적으로 실효 등방성 복사전력의 측정은 반드시 안테나 측정개념 즉, 반사파가 영향을 주지 않는 자유공간 혹은 전무반사실에서 이론 식을 토대로 가장 최단거리에서 측정되어야 기본 정의에 충실한 측정방법이며 현실에 맞는다.

## 2.1.2 실효 등방성 복사전력의 필요성

다양한 신규 무선서비스의 도입에 따른 무선국의 급격한 증가로 무선국 상호 간의 전파간섭 가능성 증대되고 있기 때문에 주파수 분배 및 무선국 허가를 받아 사용하는 무선서비스는 전파 간섭, 혼신을 엄격히 관리하고 있으며, 최근에는 안테나기술 등 무선기술의 발달로 인하여 블루투스, UWB 등 허가 신고 없이 사용하는 근거리 특정소출력 무선통신서비스 이용이 활성화되면서 무선기기 간의 간섭문제가 대두하고 있다.

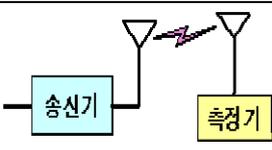
예를 들면 정보통신부 (MIC) 인증 무선행식등록 시험시 2.4GHz대 무선 LAN의 경우 불요 발사를 공중선 전력 기준으로 적합하게 출시하지만, 실제 불요 발사 복사전력이 인접 대역인 WiBro (2.3GHz) 에 간섭을 유발하여 문제를 발생시키는 경우도 있다.

2GHz 이상의 높은 주파수를 사용하는 특정소출력 무선기기는 안테나 설계 기술 발달로 더욱 소형화되고 고 이득화 되는 추세로 출력과 안테나 이득의 제한으로 무선기기 제품개발 유연성에 제약이 있으며, 특히, UWB 등 광대역 고주파 무선기기들은 안테나와 기기 본체가 일체형으로 제작되어 공중선 전력 측정이 어렵고, 안테나 분리시 전파특성 변화로 정확한 출력 측정이 곤란하고, 433MHz대 차량용 TPMS, 3GHz대 UWB기기, 26GHz대 B-WLL, 76GHz대 차량용 레이더, 60GHz대 기기 등 많은 무선기기가 공중선 일체형으로 제작되고 있다. 현재 우리나라와 일본을 제외한 세계 각국은 전파간섭을 줄이기 위해 특정소출력 무선설비의 출력을 복사성 전력으로 관리하고 있으며 국내에서도 2007년 3월 기술기준을 제정하여 UWB와 밀리미터파 등 일부 복사성 전력을 도입하였으나, 빠른 시기에 다른 특정소출력 무선기기로까지 복사성 전력을 도입을 넓혀야 한다<sup>[1]</sup>.

무선설비규칙에서의 전파 간섭관리 개념은 전파자원의 효율적 운용과 무선 국간 전파간섭 최소화를 위해서 필요 최소한의 출력 지정과 불요 발사 관리로 인접 대역에의 전파간섭 방지하는 것이고, 무선기기의 출력관 출력관리 방식은 공중선 전력 방식과 복사전력(ERP/EIRP) 방식으로 구분하였으며, 공중선 전력은 송신기로부터 공중선의 급전선에 공급되는 전기 신호의 전력으로 전파를 발사하기 전 단계의 출력으로 규정하고, 복사전력은 송신기에서 공중선으로 공급되는 전력과 공중선 이득의 곱으로 전파를 전달하는 유효 송신출력으로 규정하였다.

특히, 복사전력 방식의 경우에는 측정 기준 안테나의 종류에 따라서 등방 등방 복사전력(EIRP, 등방성 안테나, 1GHz 이상에 사용)과 실효 복사전력(ERP, 반파장 다이폴 안테나, 1GHz 미만에 사용)으로 구분한다

<표 2-1> 공중선 전력과 복사전력 방식 비교<sup>[2]</sup>

구 분	공중선 전력	복사성 전력
개념도		
장 점	측정이 간편	공중선 특성 고려 가능(출력 정확도 향상)
단 점	공중선 특성 고려 못함	-
활 용	대출력 무선기기	소출력 무선기기

위 도입배경에서 언급한 기본적인 내용 외에 국제적 추세 즉, 각 국가가 비교적 높은 주파수 대역에서는 실효 등방성 복사전력을 무선기기의 출력 제원 표기방법으로 도입하고 있다는 것이다. 따라서 국가간의 계량계측 단위의 호환성 유지를 위해 우리나라에도 적극적인 도입이 필요하게 되었다. 현재 비교

적 높은 주파수 대역의 무선기기에 실효 등방성 복사전력을 도입하고 있는 나라는 미국의 FCC, 유럽의 ETSI, 중국 등 거의 모든 나라에서 각 국가 규격에 실효 등방성 복사전력으로 무선기기의 제원 표기를 요구하고 있다. 특히 우리나라는 IT 기기의 수출이 많은 나라로 출력표기방법의 혼동으로 각국의 기술기준 적합성 측정에 있어 많은 어려움이 발생하고 있다. 다시 말해 실효 등방성 복사전력 측정법에 익숙하지 못해 이로 인한 상당한 어려움이 기기의 설계 및 제조 현장에서 발생하고 있다.

이와 같은 실효 등방성 복사전력의 도입 필요성을 요약하면 다음과 같다.

- 비교적 높은 대역 주파수의 효율적인 관리
- 비교적 높은 주파수대역의 전파 통달거리 예측
- 세계 각국이 실효 등방성 복사전력으로 무선기기 제원 측정평가
- 국내 무선기기 개발자 및 시험기관이 국내와 외국과의 측정법 차이에 의한 혼동 야기
- 안테나 일체형 무선기기의 경우 안테나를 제거하고 별도의 케이블 커넥터를 연결하여 측정해야 하는 기존 측정법 적용시, 송신기 출력단-커넥터-케이블 간의 임피던스 부정합에 의한 측정결과의 불확도 증가.
- 실효 복사전력 측정 및 시험법에 대한 연구 진작

### **2.1.3 ERP/EIRP 도입에 따른 효과 분석**

이용자 측면에서는 무선기기 출력 및 안테나 특성을 포함한 실효 등방성 복사전력을 적용함으로써 무선통신기기의 성능과 신뢰성 확보가 가능하며, 전파간섭이 적어 무선기기 이용이 편리하다.

사용자 측면에서는 형식등록 등 인증을 위해 현재 적용하고 있는 규정을 ERP/EIRP 제도로 전환하면 안테나 이득을 포함한 복사성 전력으로 규정함으로써 회로설계 및 제조상의 유연성을 부여하며 국제적으로 통일된 ERP/EIRP 규정을 적용하여 신기술 제품을 조기 개발 상용화함으로써 정보통신기기 및 무선기기 제조업체의 경쟁력 확보 및 국외시장 선점기회 부여할 수 있다.

제도적 관리 측면에서는 국제적으로 기술교류가 활발하고 세계무역기구(WTO; World Trade Organization) 및 자유무역협정(FTA; Free Trade Agreement) 체제에서 국가간의 무역 장벽 없는 교역, 정보 기술 협정(ITA ; Information Technology Agreement) 및 국가간 상호인정협정 (MRA; Mutual Recognition Arrangement) 등이 추진되는 점을 고려하여 ERP/EIRP 도입으로 국제적 조화를 도모할 수 있으며, 복사성 출력시험방법이 국내와 외국이 서로 일치됨으로써 무선기기 형식등록 상호인정에 효과적으로 대응 가능하다.

## 2.2 국내 현황 및 실태 분석

### 2.2.1 공중선 전력의 개념

무선설비규칙 제2조(정의) 제7호에서 공중선 전력이라 함은 주어진 방향의 동일한 거리에서 동일한 전계 또는 전력밀도를 발생시키기 위하여 주어진 공중선과 손실이 없는 기준 공중선의 입력단에서 각각 필요로 하는 전력의 비를 말한다. 이 경우 규정한 것이 없는 때에는 최대 복사 방향에서의 이득을 통상 데시벨로 표시한다. 라고 정의하고 있는데, 현재 국내 무선설비 기술기준은 공중선 전력으로 출력관리를 하는 것을 원칙으로 하고 있으며 미약 전파사용 기기, 특정소출력의 무선조정용 무선기기, 중계용 특정소출력 무선기기, RFID/USN용 무선기기 중 13.56MHz 대상 기기, 고주파를 발사하는 의료기

기 등 일부 기기만이 복사성 전력으로 출력을 규제하고 있으나, 현재 국내 기준에는 안테나이득이 일정 값으로 정해져 있으므로 완전한 EIRP가 아니므로 기술기준의 보완이 필요하다<sup>[3]</sup>.

무선설비규칙 제6조에서 송신설비의 전력은 공중선 전력으로 표시하되, 첨두 포락선 전력(PX), 평균전력(PY), 반송파 전력(PZ) 및 규격전력(PR) 으로 표시하여야 하며 있으며, 송신설비의 전력에 대하여 전파이용 질서의 유지 및 보호를 위하여 필요할 경우에는 실효 등방성 복사전력 또는 실효 등방성 복사전력을 함께 표시할 수 있다.

<표 2-2> 공중선 전력 종류와 의미 비교

공중선 전력의 종류	종류에 따른 의미
평균전력(PY)	충분히 긴 시간동안에 걸쳐 전력을 평균한 값
첨두 포락선 전력(PX)	변조포락선의 첨두에서 무선주파수 1 주기 동안 평균한 값
반송파 전력(PZ)	반송파만의 전력
규격전력(PR)	송신장치의 종단 증폭기의 정격출력
등가등방 복사전력(EIRP)	송신기의 전력과 안테나 이득의 곱으로 이루어진 전력

## 2.2.2 공중선 전력의 측정방법

공중선 전력 측정방법으로는 간접측정(ERP/EIRP)과 직접측정(전도성 전력)으로 구분하고 있으며, 직접측정(전도성 전력 측정)은 송신장치에 고주파 출력계를 직접 연결하여 측정하는 방법으로 방송국 등을 제외한 대부분의 무선국이 해당하고 간접측정(ERP/EIRP 측정)은 전계강도 측정기 등으로 일정한 거리에서 전계강도를 측정하여 전력으로 환산하는 방법으로 방송국, 일부 항공장비, 특정소출력 무선기기 중 일부의 무선기기가 해당하며 구분은 <표 2.3>과 같다.

<표 2-3> 측정방식 비교

측정 방식	직접 측정값의 환산기준
직접 측정값 (전도성 전력 측정)	측정값 + 안테나 팩터 + 자유공간손실 + 측정손실
간접측정 (ERP/EIRP 측정)	공중선 전력 × 공중선이득(절대이득 또는 등방이득)

### 2.2.3 불요 발사의 개념

불요 발사는 대역 외 발사 및 스푸리어스(Spurious)발사를 말한다. 라고 무선설비규칙 제2조(정의) 제15호 정의되어 있는데, 여기에서 대역외 발사는 변조과정에서 발생하는 필요주파수대폭의 바로 바깥쪽에 있는 하나 이상의 주파수에서 발생하는 발사(스푸리어스를 발사 제외한다)말하며, 스푸리어스 발사는 필요주파수대폭 바깥쪽에 있는 하나 이상의 주파수에서 발생하는 발사(대역외 발사 제외)로서 정보전송에 영향을 미치지 아니하고 그 강도를 저감시킬 수 있는 것으로 고조파 발사, 기생발사, 상호변조 및 주파수 변환 등에 의한 발사를 포함한 발사를 말한다.

모든 무선기기는 전파의 품질을 확보하고 혼신 및 전파간섭을 방지하기 위하여 불요 발사(전도성 전력)를 규제하고 하고 있다. 이에 따라서 2011년 12월 31일까지는 주파수대역별 불요 발사허용치(무선설비규칙 제5조 별표3의3; 스푸리어스 발사의 허용치)를 적용하고, 2012년부터 ITU-R 권고 SM.329(스푸리어스 발사)를 준용한 무선업무별 불요 발사허용치(동 규칙 제5조 별표3)를 적용키로 하였다. 이미 미국, 유럽, 일본, 캐나다 등은 이미 ITU-R 권고 SM.329를 준용하고, 각 나라마다 더욱 강화된 복사성 불요 발사전력기준으로 관리하고 있다.

## 2.2.4 국내 무선국의 운용 및 기기 인증 현황

### 1. 무선국의 허가

무선국을 개설하는 경우에는 원칙적으로 모든 무선국이 개설허가를 받아야 하나, 예외적으로 형식등록을 획득한 일부 무선설비는 허가·신고 없이 운용이 가능하다. 무선국 허가시에는 주파수 분배의 적정성, 통신목적 및 용도, 인접 무선국과의 혼신 간섭 여부를 고려한 송신출력의 적정 여부 등을 검토하여 허가하며, 필요할 때 전파관리시스템 (RFMS; Radiofrequency Management System) 에 의한 전파간섭분석 실시한다.

### 2. 무선국의 검사

무선국 허가 받은 무선설비가 전파법령에서 정한 기술기준과 허가시 지정 한 제반사항 등을 적정하게 이행하는지 확인하기 위해 무선국 검사를 실시하며, 무선국의 정기검사는 성능검사와 대조검사를 구분하여 검사를 실시한다. 무선국 검사의 종류에는 최초로 무선국을 개설하기 위해 행하는 준공검사와 허가주기(1년, 3년, 5년) 시마다 행하는 정기검사와 무선국의 설비 변경시에 행하는 변경검사 등이 있다. 다만, 준공검사시에 공중선 전력 측정표를 제출도록 규정하고 있다.

성능검사는 공중선 전력 허용 편차, 주파수 허용 편차, 점유주파수대폭, 불요 방사, 변조도, 실효 등방성 복사전력 등 무선설비의 성능에 대하여 검사를 행하며, 체신청에서 허가를 담당하고 있고 한국전파진흥원에서 무선국 검사를 담당하고 있다<sup>[4]</sup>.

### 3. 무선기기의 품질인증

무선기기를 제조, 수입 또는 판매하고자 하는 경우 해당 기기가 기술기준에

적합한지를 국가 또는 지정시험기관에서 품질인증시험 실시하며 무선행식검정과 무선행식등록으로 구분된다.

무선행식검정은 인명안전과 직접적인 관련이 있는 항공국용 무선설비 및 해상통신용 무선기기가 해당하며 전파연구소가 직접 시험을 실시하고 있으며, 무선행식등록은 대부분의 민수용 무선기기가 해당하며 전파연구소 지정시험기관에서 시험하고 전파연구소는 지정 시험기관에서 제출한 시험 성적서를 바탕으로 인증서를 발급하고 있다. 다만, 방송용 기기는 허가·검사 대상이므로 인증을 받지 않고 있으며, 특정소출력 무선기기, RFID/USN, 코드 없는 전화기의 안테나 이득은 제작자의 적합선언을 그대로 인정하고 있다.

#### **4. 무선기기의 사후관리**

무선국의 전파관리는 중앙전파관리소에서 감시장비를 통해 전계강도의 세기, 주파수 허용 편차, 변조도 등을 분석하여 전파품질 감시하고 있고 있으며, 형식검정 및 형식등록을 획득한 무선기기를 수거하여 인증 당시의 품질을 유지하고 있는지 수시로 확인하고 있으며, 일부 복사성으로 측정하는 장비를 제외한 대부분의 무선기기는 최초 인증 당시 전도성으로 측정하였으므로 사후관리도 이에 준하여 실시하며, 특정소출력 무선기기, RFID/USN, 코드 없는 전화기 등의 사후관리 시험은 안테나 성능 시험을 제외하고 공중선 전력만 측정한다.

### **2.3 국내·외 공중선전력 관리제도 현황 및 문제점 분석**

#### **2.3.1 국내 공중선 전력의 운용현황**

국내외 무선국 공중선전력에 대한 규정을 살펴보면, 국내 무선설비의 기술기준에는 방송, 해상, 항공, 전기통신사업용, 기타업무용 등 5개 분야 무선설비(총 63종)가 있으며, 각 무선설비의 특성에 따라 송신출력을 달리 규정하여

운용되고 있으며, 방송업무용(4종), 해상업무용(24종), 항공업무용(11종), 전기통신사업용(13종), 기타업무용 무선설비(11종)로 분류하여 다음과 같이 규정하고 있다.

### 1. 방송업무용

방송업무용 무선설비는 대출력으로서 대용챔버에서 측정이 어려워 일정한 거리에서 전계강도로 측정하고 그 값을 ERP/EIRP로 환산하여 실효 등방성 복사전력으로 표시하고 있으며, 다만, AM 라디오 방송의 경우 국내는 공중선 전력과 전계강도로 관리하고 있으나 미국은 공중선 전력으로 규정하고 있다.

<표 2-4> 방송업무용 비교

분 류	설 비 별	관 리 방 식
방송표준방식 및 방송업무용 무선설비의 기술기준	라디오	AM: 공중선 전력 또는 전계강도 FM: 전계강도를 측정하여 산출한 실효 등방성 복사전력
	TV	전계강도를 측정하여 산출한 실효 등방성 복사전력

### 2. 해상·항공이동업무용

세계각국이 국제해사기구(IMO) 및 국제민간항공기구(ICAO)의 협약에 의거 통일된 출력규정을 적용하고 있으며, 1W 이상의 해상 항공 무선설비에 대해서는 공중선 전력으로 규정하고, 1GHz 이상 소출력 무선측위 업무용 무선설비 등에 대해서는 EIRP로 규정하고 있다. 또한, 전파규칙(Radio Regulations) 제30조(조난 안전통신에서의 일반적 조건) 및 ITU-R 권고 M.1371-2(무선측위 업무에서 레이더국에 의한 무선스펙트럼의 효율성 이용), M489-2(채널간격이 25kHz인 해상이동업무에서 운용되는 VHF무선전화기의 기술적 특성), M690-1(반송주파수 121.5MHz 및 243MHz로 운용되는 EPIRB의 기술적 특성) 등에 주파수, 출력 등을 규정하고 있다<sup>[5]</sup>.

<표 2-5> 해상이동업무 및 해상무선항행업무용 무선설비의 기술기준<sup>[6]</sup>

분 류	설 비 별	관 리 방 식
해상이동업무 및 해상무선항행업무용 무선설비의 기술기준	디지털선택호출장치 등을 이용하여 해상이동업무를 행하는 무선국용 무선설비	공중선 전력(J3E, H3E 방식 60W~400W) G3E 방식(6~25W)
	수색구조용레이더 트랜스폰더	등가등방복사전력(400mW)
	인마세트선박국기지국	A 형 : 등가등방복사전력(36dB, 1W=0dB) C 형 : 등가등방복사전력(16dB, 1W=0dB) M 형, B 형 : 등가등방복사전력
	위성비상위치지시용 무선표지설비	공중선 전력(1W)
	초단파대양방향무선전화장치	실효 등방성 복사전력(0.25W~1W)
	단측파대양방향무선전화장치	반송파전력
	G3E 전파를 사용하는 무선설비	반송파전력(25W)
	선박국용 기타 송신설비	공중선 전력(무선국별로 달리 규정)
	구명정 휴대무선전신설비	공중선 전력
	비상위치지시용 무선표지설비	실효 등방성 복사전력(12.1MHz, 243MHz) 공중선 전력(2,091kHz)
	선박자동식별장치	공중선 전력(2W, 12.5W)
	선박국용 레이더	공중선 전력(1~3 종은 10kW 초과) 공중선 전력(4 종은 10kW)
	무선방위 측정기	공중선 전력(10W)
	라디오부이	공중선 전력(3W)
	선박자동식별 장치	공중선 전력(2W 또는 12.5W)
	선박보안경보 장치	등가등방복사전력(16dB)

<표 2-6> 항공이동업무 및 항공무선·항행업무용 무선설비의기술 기준<sup>[6]</sup>

분 류	설 비 별	관 리 방 식
항공이동업무 및 항공무선 항행업무용 무선설비의 기술 기준	중단파대 및 단파대 무선전화장치	공중선 전력(10W 이상)
	초단파대 무선전화장치	공중선 전력
	항공기용 휴대무선설비	공중선 전력
	2 차 감시 레이더	공중선 전력
	거리측정시설(DME)	공중선 전력(단말용 100W, 항로용 5kW, ILS 보조용 50W)
	전방향 표지시설(VOR)	공중선 전력(150W)
	기상레이더	공중선 전력(10 kW)
항공기용 고도계	공중선 전력(10W)	

### 3. 전기통신사업용

우리나라와 미국, 유럽의 전기통신사업용 무선설비는 수십 와트(W)의 고출력 무선설비에 해당하므로 시험장에서 출력을 측정하기가 곤란하여 공중선 전력으로 출력을 관리하고 있으며, 위성휴대통신용 및 해상이동전화용 무선설비 등은 일체형이므로 등가 등방 복사전력으로 규정하고 있다.

<표 2-7> 전기통신사업용 무선설비 기술기준<sup>[6]</sup>

분 류	설 비 별	관 리 방 식
전기통신사업용 무선설비 기술기준	이동전화 무선설비 (셀룰라)	공중선 전력(20W)
	개인휴대전화용 무선설비	공중선 전력(20W)
	긴급전화용 무선설비	공중선 전력(사업자 신청)
	무선호출용 무선설비	공중선 전력(150W)
	위성휴대통신용 무선설비	실효 등방성 복사전력 (주파수마다 기준이 다름)
	무선데이터 통신용 무선설비	공중선 전력(기지국 : 12W, 이동국, 중계국 : 3W)
	주파수공용 통신용 무선설비	공중선 전력(75W)
	가입자 회선용 무선설비(WLL)	공중선 전력(20W)
	발신전용 휴대전화용 무선설비	공중선 전력(100mW), 공중선이득(2.14dB)

	해상이동전화용 무선설비	등가등방복사전력(-80 dBm)
	이동통신용	공중선 전력(25W)
	휴대인터넷용 무선설비	공중선 전력(40W) 또는 공중선 전력과 공중선 이득의 합(63 dBm)
	위치기반서비스용 무선설비	공중선 전력(100W)

#### 4. 기타업무용 무선설비

간이무선국, 무선탐지업무용 등 6개 무선설비는 미국과 유럽, 우리나라 모두 공중선 전력으로 출력을 규제하고 있으며, 그 대상 기기로는 6개의 무선설비로 무선탐지업무용 무선설비, 무선조정국용 무선설비, F1D, G1D, F2D, G2D, F3E 또는 G3E인 전파를 사용하는 무선설비, 단측파대를 사용하는 무선설비, 무선표출용 무선설비, 주파수공용통신용 무선설비 등이다.

그리고 신고하지 아니하고 개설할 수 있는 비허가 무선기기(미약전계강도기기, 특정 소출력무선기기 중 무선조정용 무선기기, 중계용 특정소출력 무선기기, RFID/USN, 코드 없는 전화기, UWB 및 용도 미지정 무선기기)의 경우 유럽, 미국 등은 복사성 전력을 사용하고 있으며, 우리나라는 공중선 전력을 기본으로 규제하고 있다. 다만, 3m에서  $500\mu V/m$  세기 이하인 미약전계강도 무선기기에 대해서는 미국, 유럽과 마찬가지로 출력을 전계강도로 규정하고 있다.

국내에서도 UWB, 밀리미터파 무선기기 등에 대해서는 기술개발의 유연성, 시험의 편리성 등을 제고하기 위해 복사성 전력으로 규정(전파연구소고시 제 2007-22호, 2007.3.29.)하여 현재 시행 중이며, 우주국 및 지구국에 대하여는 우리나라를 포함한 모든 나라가 EIRP(또는 전력선밀도)로 규정하여 시행 중이다.

<표 2-8> 방송, 해상, 항공, 전기통신사업용 이외 기타업무용 무선설비의 기술기준

분류	설비별	관리방식		
방송·해상·항공·전기통신사업용 이외 기타업무용 무선설비의 기술기준	특정소출력무선국용 무선설비	무선조정용	전계강도(10 mV/m 이하@10m)	
		데이터전송용	공중선 전력(10 mW, 공중선이득 2.14dBi)	
		안전시스템용	공중선 전력(10 mW, 공중선이득 2.14dBi)	
		음성 및 음향신호 전송용	공중선 전력(10 mW, 공중선이득 2.14dBi)	
		무선랜을 포함한 무선접속시스템용	전력 또는 전력밀도(10 mW/MHz, 공중선이득 2.14dBi)	
	무선데이터 통신 서비스용	중계용	공중선 전력밀도 또는 전계강도(10 mW/MHz)	
		이동체식별용	직접확산방식	공중선 전력밀도(10 mW/MHz)
			주파수호핑방식	공중선 전력밀도(10 mW/MHz)
			2 GHz 대역 스펙트럼확산방식	공중선 전력(10 mW, 공중선 이득 2.14dBi)
			비스펙트럼확산방식	공중선 전력(10 mW)
			5 GHz대역 스펙트럼확산방식	공중선 전력(10 mW)
			5 GHz대역 진폭변조	공중선 전력(10 mW)
	RFID/USN 용	900 Mhz대역	공중선 전력(1W, 공중선이득 6 dBi)	
		433 Mhz대역	공중선 전력(첨두전력 5.6 dB)	
	코드 없는 전화기		공중선 전력(1형 : 3 mW, 2형 : 10 mW)	
	우주국 및 지구국의 무선설비		우주국(전력선밀도) 지구국(등가등방복사전력)	
	무선탐지업무용 무선설비		첨두포락선전력(공중선 이득 2.15 dBi)	
	무선조정국용 무선설비		공중선 전력	
	F1D, G1D, F2D, G2D, F3E 또는 G3E 전파를 사용하는 무선설비		공중선 전력	
	단측파대를 사용하는 무선설비		반송파 전력	
무선호출용 무선설비		공중선 전력		
주파수공용통신용 무선설비		공중선 전력		

### 2.3.2 문제점

현행 공중선 전력으로는 고주파 소출력 기기의 전파간섭 관리에 부적합하고, 공중선 전력과 안테나 이득으로 제한함에도, 급전선 내부에서 발생하는 부하나 임피던스 등 안테나 특성을 고려하지 않아 실제 복사되는 전파특성 파악이 불가하며, 공중선 전력으로 측정할 수 없는 스푸리어스 발사는 본체 등에서도 발생하므로 복사성 전력측정이 불가피 하다. 특정소출력 무선기기의 경우, 안테나 이득은 기술기준에서 규제하고 있으나 이득과 방사 패턴 등은 서류제출만으로 인정하고 있으므로 공중선 전력과 안테나 이득제한의 실효성 확보가 어려우며, 출력은 복사성 전력으로 관리하고 있으나 불요 방사치를 공중선 전력으로 규정하고 있는 무선기기에 대하여는 불요 방사치를 복사성전력으로 규정한다.

방송, 항공, 해상업무용 무선설비 중 일부기기(수색구조용 레이더 트랜스폰더, 초단파대양방향무선전화장치, 비상위치지시용 무선표지설비, 선박보안경보장치)의 출력은 복사성 전력으로 하고 불요 방사전력은 공중선 전력으로 관리하며, 안테나 일체형으로 제작되는 소출력 무선기기는 공중선 전력의 측정이 쉽지 않고 신뢰성도 낮고, 안테나 일체형으로 제작되는 기기는 공중선 전력 측정을 위해 기기를 분해, 측정하여야 하나, 공중선 분리시 이로 인한 전파특성 변화로 실제 출력과 차이가 발생한다.

### 2.4 실효 등방성 복사 전력에 관한 주요 국가 규격 및 차이점

미국의 FCC, 유럽의 CE 및 중국의 SRRC 등 EIRP에 대한 외국의 기술기준을 살펴보면, 다음과 같으며, 그 측정방법 및 문제점을 비교하면 각각 다음 <표 2-9>와 같다<sup>[8], [9]</sup>.

<표 2-9> 미주지역과 유럽지역 및 TTA 실효복사전력 측정법의 비교 및 문제점<sup>[14]</sup>

구분	미 국	유 럽	TTA 안(한국)
측정장의 종류	Semi-anechoic/CFR 47(EMI, 인체노출) Full anechoic/CTIA 기존 EMI측정조건과 유사	Full anechoic/ ETSI 300 328 Annex A, B	Open site / 바닥 흡수체 Full anechoic, Semi anechoic / 바닥 흡수체
측정거리	1GHz이하: 3 m 0.85GHz이상: 원방계를 충분히 만족하는 거리(CTIA)	-1 GHz이하: 3 m -1 GHz이상: 적용 가능한 거리	현재 3 m이나 $10\lambda/2\pi(d_1+d_2)^2/\lambda$ 로 수정이 필요함
수검기기 측정높이	0.8 m	1.5 m	1.5 m
측정방법	안테나 치환법	안테나 치환법	안테나 치환법
사용 안테나	-다이폴, 표준 혼	-다이폴: 4 GHz 이하 -표준 혼: 4 GHz 이상	-다이폴: 1 GHz 이하 -표준 혼: 1 GHz 이상
측정 중심점	-안테나 외장형: 급전점 중심 -안테나 내장형: 체적중심	-안테나 외장형: 급전점 중심 -안테나 내장형: 체적중심	-안테나 외장형: 급전점 중심 -안테나 내장형: 체적중심
문제점 및 장단점	-다이폴 사용 상한 주파수 -현 규격이 EMI 측정법을 준용 (높낮이, 수평/수직 등) -주파수와 관계없이 측정거리를 지정 -이후 개정의 여지 많음 -CTIA 등은 이미 측정거리를 원방계를 충분히 만족하는 거리를 적용하고 있음	-부분적으로 안테나 측정법을 도입 -이상적 EUT높이 -수신점 높이가 변 불합리	-측정거리 -측정방향(x, y, z) -측정 수검기기 높이 -수신점 높낮이 가변 -측정 결과값 계산 방법이 본문에 명확하지 않음
	의도 무선기기의 복사전력을 비의도 전자파 측정법으로 측정하고 있음		
향후 동향	-측정거리/수검기기높이/측정장 조건에 대해 매우 애매한 표현들의 수정 -측정방법과 절차에 대해 국제표준 제정이 이루어 질 것으로 사료됨 -현재 EIRP/ERP 적용기기의 주파수, 용도에 대한 규정이 애매함 (예: 휴대용 기기, 500 MHz 이상 휴대용 무선기기....) -각 국가별 적극적인 도입이 예상됨. 미국, 유럽, 중국 등에서 이미 도입		

## 2.4.1 외국의 EIRP 기술기준

1. ANSI TIA/EIA 603-A : 3 m, 30 m<sup>[7]</sup>
2. ETSI TS 151 010-1 OATS: 3 m,  $\lambda/2$  중 큰 거리, 수신안테나의 크기는 측정거리의 0.2배 이하일 것<sup>[8]</sup>.
3. ETSI 300-113 : 3 m 또는  $2(d_1 + d_2) / (\text{송신안테나 최대길이 } d_1, \text{ 수신안테나 최대길이 } d_2)$ <sup>[9]</sup>
4. TSI 300-328 : 1 GHz 미만; 3 m, 1 GHz 이상 적당한 거리(Suitable distance) 단, 수검기기의 크기, 수신안테나 길이는 측정거리의 0.2배 이하<sup>[10]</sup>
5. CISPR 16-2 : 3 m,  $2D^2/\lambda$  이상, 논란이 있는 경우 3 m 우선
6. YD 1169.1 : 중국의 휴대전화기 시험규격으로 Spurious를 EIRP로 측정토록 규정되어있음)

## 2.4.2 외국의 EIRP 비교분석

비교 분석한 결과 첫째, 미국방식을 제외하고 Full-anechoic chamber 개념을 도입하고 있는데, 수신 점의 높이를 1 ~ 4 m 가변시켜 최대 점을 잡도록 하는 것은 매우 불합리하며, 반사파가 없으면 높이 가변이 불필요하다.

둘째, 미국의 Semi-anechoic chamber 방식은 낮은 주파수 대역, 즉 반사파의 영향이 큰 저주파 대역의 측정방식으로는 적합할 수도 있으나, 800 MHz 이상 대역의 기기의 측정방법으로는 정량적이고 재현성 있는 측정방법인 직진파 세력만 측정하는 방법으로 변화되고 있다.

셋째, IT 강국이라고 할 수 있는 미국, 유럽 역시 최근 GHz 대역 이용 급증

에 따른 시험검사 방법이 개선이 시급하게 요구되고 있다.

넷째, EIRP/ERP 측정방법에 대해 국가별 규정은 제정되어 있지만 지역별 차이로 인한 혼란을 방지하기 위해 조속히 세계표준안의 도입이 요구되며, 이에 따라 한국에서 세계표준측정방법을 제안하여 세계표준안이 도입된다면 IT 분야의 국제 경쟁력을 확보 등 국가적 위상 제고에도 기여할 것으로 기대된다.

## 제 3 장 실효 등방성 복사 전력

### 3.1 실효 등방성 복사 전력의 이론

EIRP는 송신 시스템에서 공간으로 방사되는 출력전력의 성능을 표현하는 기준으로 사용하기 위하여 도입되었으며, 복사전력이 전방향으로 균일하게 분포된 등방성 방사원으로 가정한 전력 값을 적용하고 있다. 따라서 EIRP는 송신기의 출력 전력( $P_{out}$ ), 송신기와 안테나 사이의 연결케이블에 의한 손실( $C_i$ ) 그리고 안테나 이득( $G_i$ )에 의한 관계식 (3.1A)에서 (3.1G)와 같이 표현할 수 있다.

$$EIRP[\text{dBm}] = P_t[\text{dBm}] + G_i[\text{dBi}] \quad (3.1A)$$

$$ERP[\text{dBm}] = P_t[\text{dBm}] + G_i[\text{dBd}] \quad (3.1B)$$

$$P_t[\text{dBm}] = P_{out}[\text{dBm}] - C_i[\text{dB}] \quad (3.1C)$$

$$EIRP[\text{dBm}] = ERP[\text{dBm}] + 2.15 \text{ dB} \quad (3.1D)$$

$$ERP[\text{W}] = EIRP[\text{W}] / 1.64 \quad (3.1E)$$

$$G_i[\text{dBi}] = EIRP[\text{dBm}] - P_t[\text{dBm}] \quad (3.1F)$$

$$AF = \frac{9.73}{\lambda \sqrt{G_i}} \quad (3.1G)$$

여기서,

$EIRP$ : 실효등방성 방사 전력, dBm

$P_{out}$ : 송신 시스템의 출력 전력, dBm

$C_i$ : 케이블 손실, dB

$G_i$ : 안테나의 이득, dBd, dBi

EIRP 및 ERP는 송신 방사 전력의 평가 기준으로서 이상적인 방사원을 기준으로 그 단위가 표현된다. 따라서 실제 AUT(Antenna Under Test)의 단위를 표현하기 위해서는 안테나 이득 단위계인 dBd와 dBi의 차이를 명확하게 이해할 필요가 있으며 그림 3.1에서 이를 설명하고 있다.

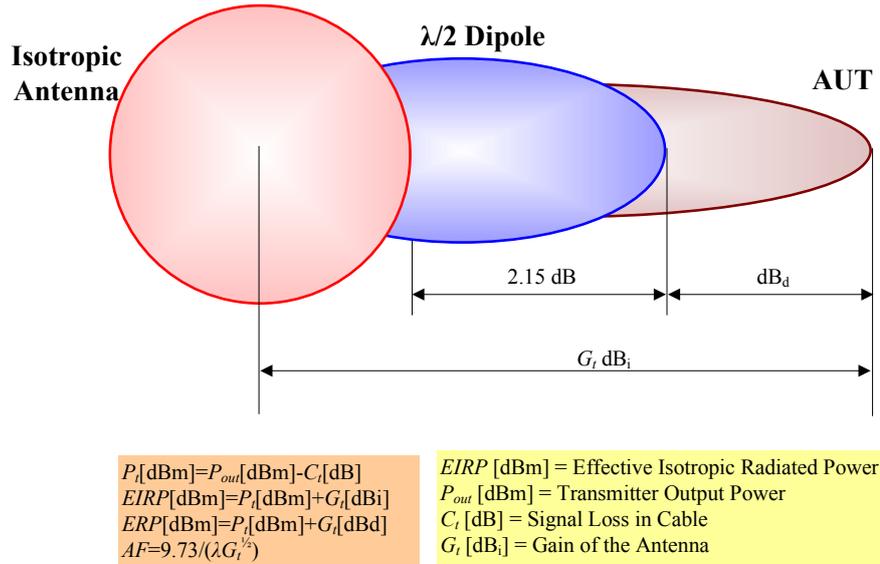


그림 3.1 안테나 이득의 단위 표현(dBd, dBi).

위 그림에서 송신원으로부터 방사된 전력을 방사 패턴의 최대 수신 점을 기준으로 할 때, 표준 반파장 다이폴 안테나를 사용한 경우에는 이론적인 등방성 안테나보다 각 최대방사 방향에서 1.64배(2.15 dB) 정도 큰 전력이 수신된다. 만일 표준 반파장 다이폴과 임의의 무선기기에서 사용하는 안테나를 비교하는 경우 dBd라는 용어가 도입되었다. ERP(Effective Radiated Power) 및 EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)는 각각 식 (3.1A), (3.1B)와 같이 표현할 수 있으며, 이론적인 등방성 안테나에 대한 절대이득( $G_a$  [dBi])과 표준 다이폴

안테나의 상대이득( $G_i$ [dBd])의 관계는 다음 식과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{dBi} &= \text{dBd} + 2.15 \text{ dB} \\ \text{EIRP}[\text{dBm}] &= \text{ERP}[\text{dBm}] + 2.15 \text{ dB} \\ \text{ERP}[\text{W}] &= \text{EIRP}[\text{W}] / 1.64 \end{aligned} \quad (3.2)$$

EIRP는 이론상의 값으로 실제 측정을 위해서는 표준 반파장 다이폴 혹은 표준 혼 안테나를 이용하여 ERP 값을 측정하여 관계식 (3.2)에 대입하여 구할 수 있다. ERP와 EIRP간의 관계를 정리하면 <표 3.1>과 같이 정리할 수 있다.

<표 3-1> ERP 와 EIRP 비교<sup>[5]</sup>

구 분	ERP	EIRP
기준 안테나	Standard Dipole	Isotropic Antenna
적용이득	상대이득( $G_i$ )	절대이득( $G_a$ )
안테나 이득 단위	dBd	dBi
적용범위	800 MHz 미만	800 MHz 이상
산출식	$\text{ERP}[\text{dBm}] = P_t[\text{dBm}] + G_i[\text{dBd}]$	$\text{EIRP}[\text{dBm}] = P_t[\text{dBm}] + G_a[\text{dBi}]$
크기관계	ERP	ERP의 1.64배(2.15dB)

식 (3.2)의 1.64(2.15dB) 상수는 반파장 다이폴 안테나의 지향성( $D$ ) 값이다. 이해를 돕기 위해 안테나 지향성( $D$ )에 대해 우선 이상적인 미소 다이폴 안테나를 가지고 설명한다. 안테나 지향성( $D$ )은 같은 방사원으로부터 거리  $r$ 에서 전 방향으로 방사 에너지가 균일하게 분포되었다고 가정한 등방성 안테나 패

턴과 미소 다이폴 안테나의 패턴의 전력밀도의 비로 구해진 값이다. 다시 말해 방사원으로부터 동일한 거리에서 최대방사 방향으로 측정된 전력밀도와 평균전력밀도의 비를 구한 것으로 지향성  $D=S/S_0$ 로 표현된다.

전력밀도란 안테나를 둘러싸고 있는 반지름  $r$ 인 구를 뚫고 나가는 방사 에너지의 복사 전력밀도로 입체 단위 각 당 (Square radian) 주어진 방향으로 방사되는 전력밀도이다.

복사 전력밀도는 실수부와 허수부가 존재하게 되는데, 이중 실수부 전력은 방사 에너지가 밖으로 나가기만 하고 돌아오지 않으므로 소산 되는 전력으로 진행파 성분을 의미한다. 이 실수부 전력은 장 이론에 따라 미소 전류 원에 대해 면적 분하여 풀면  $P_f = [(\omega\mu\beta)/(120\pi)](I\Delta z)^2$  으로 나타내지는데, 이식은 구의 반지름  $r$ 에 무관함을 알 수 있는데 이는 더 큰 반지름에 대해 면 적분 해도 같아 진다는 것을 알 수 있으며, 이러한 전력을 복사전력(Radiated power)라고 한다.

식 (3.2)에 나오는 상수 1.64는 반파장 다이폴 안테나의 지향성  $D=(4\pi U_m)/P$  의 관계식에서  $U_m$ 은 최대 방사전계, 자유공간 임피던스  $\eta = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 120\pi[\Omega]$  일 때, 다음 식으로부터 구해진다.

$$\begin{aligned}
 U_m &= \frac{r^2}{2\eta} |E_\theta|_{\max}^2 = \frac{1}{2\eta} \frac{\eta^2 I_m^2}{(2\pi)^2} = \frac{\eta}{8\pi^2} I_m^2 \\
 P &= \frac{\eta}{8\pi} I_m^2 (2.44), \text{ where } 2.44 = C_{in}(2\pi) \\
 D &= \frac{4\pi(\eta/8\pi^2)I_m^2}{(\eta/8\pi)I_m^2 2.44} = 1.64 = 2.15 \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

## 3.2 실효 등방성 복사전력 측정시 고려할 사항

### 3.2.1 원방계 거리 선정의 고려요소

실효 등방성 복사전력의 측정거리를 최적으로 선택하는 방법은 비록 EIRP 및 ERP가 거리  $r$ 에 대한 함수는 아니지만, 안테나 이득 측정과정에서 보면 매우 중요한 의미를 갖는다. 왜냐하면, 충분한 원방계 거리는 주파수 함수이고 주파수가 높아지면 측정 수검기기의 크기에 따라 달라지기 때문이다. 만일 실효 등방성 복사전력측정에 안테나 측정개념을 도입하여 측정거리를 멀리하면 복사패턴 측정시 주엽과 부엽의 구분은 분명해 지는 장점이 있지만, 케이블 손실 값이 급격하게 증가하고 안테나 인자가 이득에 반비례하므로 매우 커져 측정의 불확도가 급격하게 떨어진다. 특히, 소출력 기기의 경우 자체의 출력도 낮을 뿐 아니라, 소출력 기기의 하모닉이나 스퓨리어스의 재현성이 있는 측정은 별도의 광대역 증폭기를 사용하지 않고서는 불가능해진다. 별도의 광대역 증폭기를 사용한다면 이론적으로는 가능하겠지만, 이 역시 실제 측정에 있어 매우 큰 문제가 발생하는데, 만일 광대역 증폭기를 수신안테나에 연결하는 경우 별도의 전원을 공급해야 하며 저잡음 초단 증폭기는 온도에 매우 민감하여 정온 측정조건이 요구되며, 광대역 증폭기의 주파수 별 증폭기의 이득이 선형도를 유지하도록 각 주파수 별로 보상해 주어야 하는 문제가 발생한다.

따라서 800 MHz ~ 100 GHz (혹은 그 이상) 대역을 사용하는 무선기기의 특성은 기존 800 MHz 미만 주파수 대역을 사용하는 기기와 달리 다음과 같은 몇 가지 특징을 갖고 있다.

1. 일반적으로 사용되는 송신기 출력이 대부분 100 mW 이하로 매우 낮음.

2. 전자파의 직진성이 강하며, 측정에 사용되는 안테나는 일반적으로 지향성 안테나를 사용하여 대지 반사파를 거의 무시 할 수 있다.
3. 주변 반사 물의 영향이 커지고 반사파에 의한 수신과 지연이 수신전계에 영향을 미침
4. 측정 시 케이블 손실 값이 주파수와 케이블 길이에 따라  $\sqrt{f}$  에 비례하여 수십 dB로 증가하여 측정의 불확도가 높아짐.
5. 수신안테나의 안테나 인자가  $\sqrt{G}$  에 반비례하므로 매우 커져 전계강도 측정 시 보상 값이 매우 증가하여 측정 불확도가 높아짐.
6. 800 MHz 이하는 원방계 거리가 이상적인 다이폴에서 최대 복사전력과 리액티브 전력밀도가 같아지는 거리  $\lambda/2\pi$  로 나타내져 단순히 주파수 함수로 주어지나, 1 GHz이상에는  $2d^2/\lambda$  로 측정 수검기기의 전체크기(길이: 긴 변의 길이  $d$ )와 주파수 함수로 정해진다.

위와 같은 영향은 800 MHz 측정에 직접적인 영향을 미치게 된다. 우리가 EMI 측정은 30 MHz를 방사 전자파 측정의 하한주파수로 할 때, 측정거리가 규격에 따라 다르나 3 m, 10 m, 30 m 등으로 결정된 것은 최적 원방계 거리를 근거로 결정되었다.

그렇다면, 0.7 GHz ~ 100 GHz 대역의 측정거리는 최저 주파수인 800 MHz를 기준으로 볼 때, 원방계 조건을 충분하게 만족하는 거리로서 가장 가까운 거리를 선택되어야 할 것으로 1 m 의 측정거리(CISPR에서는 1 m ~ 10 m 검토)가 가장 바람직하다.

측정거리 1 m 의 선정 사유는 다음에 자세히 설명하게 될 평행선 근사법에 의한 GHz대역의 이론적 원방계 조건의 3배 이상의 거리이고, 800 MHz를 기준

으로 할 때 이상이며, 전자파 측정방법의 원조인 MIL STD 461D의 측정거리와 같고, 3 m, 10 m 의 측정값과 충분한 호환성을 갖기 때문이다. 특히, 안테나의 장경  $D$ 를 실제 안테나의 장경으로 적용하지 않고 무선기기 전체의 장경을  $D$ 로써 취하는 경우 더욱 원방계 조건을 충분하게 만족시키고 있다. 측정거리를 짧게 해야 하는 또 다른 이유는 1 항과 같이 일반 적의 송신기의 출력이 낮고, 4, 5 와 같은 이유에서 절대적으로 측정거리는 짧아져야 측정의 재현성을 높일 수 있기 때문이다.

4, 5 항의 문제점을 전치 증폭기를 사용하면 해결될 것 아닌가 라고 생각하기 쉬우나 우리가 사용하고 있는 전치 증폭기는 일반적으로 20 dB ~ 30 dB의 이득을 갖는데, 이 정도의 이득으로는 안테나 인자 정도만 보정할 수 있는 이득으로, 케이블 손실 값을 보정하는 데는 어려운 점이 있는데 일반적인 계측기의 동적 입력범위(input dynamic range)를 벗어나 측정할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 뿐만 아니라, 증폭기의 이득이 주파수에 따라 비선형적이고, 증폭기에 공급하는 전원변동에 의한 영향이 크며, 주변 온도변화에 따라 전치 증폭기의 이득이 크게 변하기 때문에 사용상 한계가 있고 측정의 재현성이 떨어진다.

앞으로 800 MHz이상 대역의 실제 측정이 현장에서 많이 이루어지면서 앞서 지적한 문제점들이 크게 부각이 될 것이므로 본 논문에서는 실질적인 유용한 국제표준화 측정거리로 1 m 를 측정 최소 거리로 제안한다.

물론 출력이 충분한 경우 일반적 3m chamber가 기존에 많이 설치되어있기 때문에 3m 측정거리를 병용토록 제안한다 [6].

### 3.2.2 GHz대역 원방계 최소거리 계산

800 MHz 대역의 전자파 측정에 있어 유효한 측정거리 선택과 측정방법을 이해하는데 원방계 계산이 중요하므로 설명한다. 이상적인 다이폴의 방사 전자계 구조 및 방사 패턴의 극좌표 표현은 다음 그림 3.2와 같다 [16].

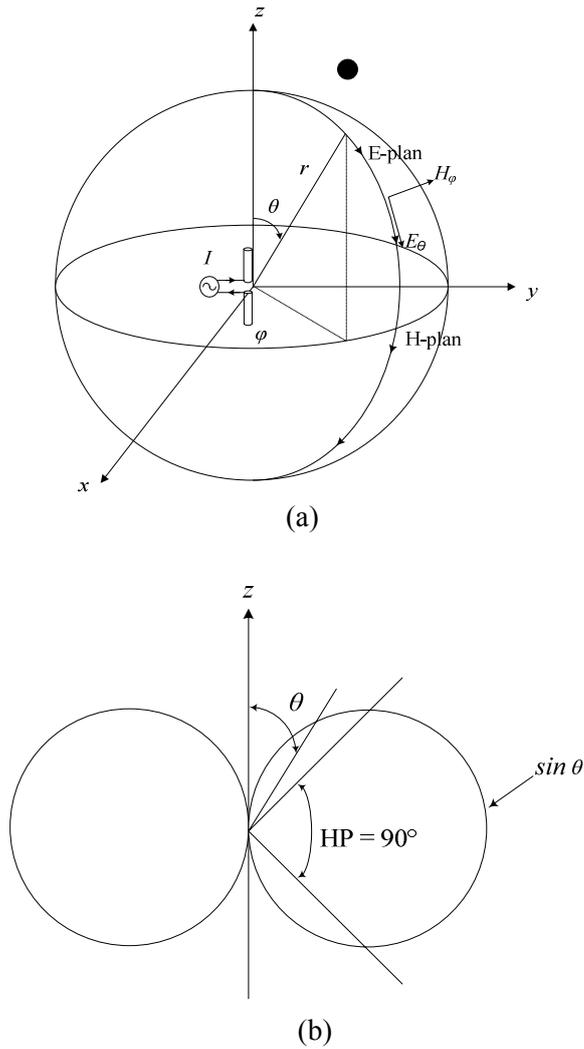


그림 3.2 이상적인 다이폴의 (a) 장 구조 및 (b) 방사 패턴.

그림 3.2의 (a)에서 다이폴로부터 충분히 떨어진 거리에서 전장과 자장의 구좌표 상의 표현 식은 다음과 같다.

$$E = \frac{I\Delta z}{4\pi} j\omega\mu \frac{e^{j\beta r}}{r} \sin\theta\theta' \quad (3.6)$$

$$H = \frac{I\Delta z}{4\pi} j\omega\beta \frac{e^{-j\beta r}}{r} \sin\theta\phi' \quad (3.7)$$

이와 같이 다이폴을 선전류원 즉, 직선 도체 안테나로 보면 벡터 전위는  $z$  성분만 있어 다음과 같이 주 회전 법칙에 의해 선적분 식으로 표현될 수 있다.

$$A_z = \int \mu I(z') \frac{e^{-j\beta R}}{4\pi R} dz' \quad (3.8)$$

전원의 대칭성 때문에 방사장은  $\phi$ 에 관계 없음을 알 수 있는데, 이는 관측자가  $r$ 과  $z$ 를 일정하게 유지하고 그 전원 주위를 회전할 때, 전원의 모양은 항상 일정하게 보이기 때문이다. 이와 같이 방사되는 장 역시  $\phi$ 에 대해 변하지 않는다. 따라서 그림 3.2에서와같이 관측점이 고정된 에서  $y$ - $z$ 평면( $\phi=90^\circ$ )으로 제한하면 다음과 같은 결과 식을 얻을 수 있다.

$$r^2 = y^2 + z^2 \quad (3.9)$$

$$z = r \cos\theta, \quad y = r \sin\theta \quad (3.10)$$

일반적인 구조에 적용하면  $r_p = r = yy'+zz'$ ,  $r' = x'z'$  이고,  $R = r_p - r' = yy'+(x-x')z'$ 가 되므로 거리  $R$ 은 다음과 같은 식이 성립된다.

$$R = \sqrt{y^2 + (z-z')^2} = \sqrt{y^2 + z^2 - 2zz'+(z')^2} \quad (3.11)$$

이를 구좌표로 변환하기 위해 식 (3.9)을 식 (3.10)에 대입하면  $R$ 은 다음과

같이 표현된다.

$$R = \left\{ r^2 + [-2r \cos \theta z' + (z')^2] \right\}^{1/2} \quad (3.12)$$

$R$ 에 대한 근사값을 구하기 위해 식 (3.12)을 이항정리하고 전개하면 다음 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} R &= (r^2)^{1/2} + \frac{1}{2}(r^2)^{-1/2}[-2r \cos \theta z' + (z')^2] + \frac{1}{2} \left( \frac{-1}{2} \right) (r^2)^{-3/2} \cdot [-2r \cos \theta z' + (z')^2]^2 + \dots \\ &= r - z' \cos \theta + \frac{(z') \sin^2 \theta}{2r} + \frac{(z')^3 \sin^2 \theta \cos \theta}{2r^2} + \dots \end{aligned} \quad (3.13)$$

만일  $z'$ 가  $r$  보다 작으면  $z'$ 의 역(inverse)이 증가할 때 이 급수의 항은 감소할 것이다.  $R$ 에 대한 이러한 표현 식은 선적분식 (3.8)에서 근사정도에 따라 사용된다. 만일 분모 즉 크기에만 영향을 주는 경우, 원방 계에서  $r$ 은 안테나 크기에 비해 상당히 큰  $r \gg z' \geq z' \cos \theta$ 가 되기 때문에

$$R \approx r \quad (3.14)$$

인 가정을 원방계 조건으로 사용한다. 이와 반대로 위상항  $-\beta R$ 을 다룰 때는 선전원의 각 점에서 관측점까지 거리를 계산할 때 더욱 정확한  $R$  값을 사용해야 한다. 식 (3.8)은 선전원 각 점에서 각각의 값을 합한 것이기 때문이다. 비록 각 전원점에서 생긴 파의 진폭은 거의 같겠지만, 만일 경로 차가 파장의 몇 분의 일 정도만 되어도 위상은 상당히 달라질 수 있기 때문이다.

그러므로 식 (3.8)에서 분모  $R$  값을 구하려면 식 (3.13)에서 고차 항을 무시하고 처음 2개 항을 취해서 구할 수 있다.

$$R \approx r - z' \cos \theta \quad (3.15)$$

원방계 거리의 근사식을 구하기 위해 가정한 식 (3.13)과 식 (3.14)을 안테나를 도선으로 생각하고 계산한 선적분식 (3.8)에 대입하면 다음과 같이 된다.

$$A_z = \int \mu I(z') \frac{e^{-j\beta(r-z'\cos\theta)}}{4\pi r} dz' = \frac{e^{-j\beta r}}{4\pi r} \int \mu I(z') e^{j\beta z' \cos\theta} dz' \quad (3.16)$$

이와 같이 진행방향에 수직인 전장과 자장을 갖는 TEM의 일반적인 형태로 유한한 크기의 안테나의 경우 방사구면은 원방계에서 관측자에게 평면과처럼 보이는 것이다.

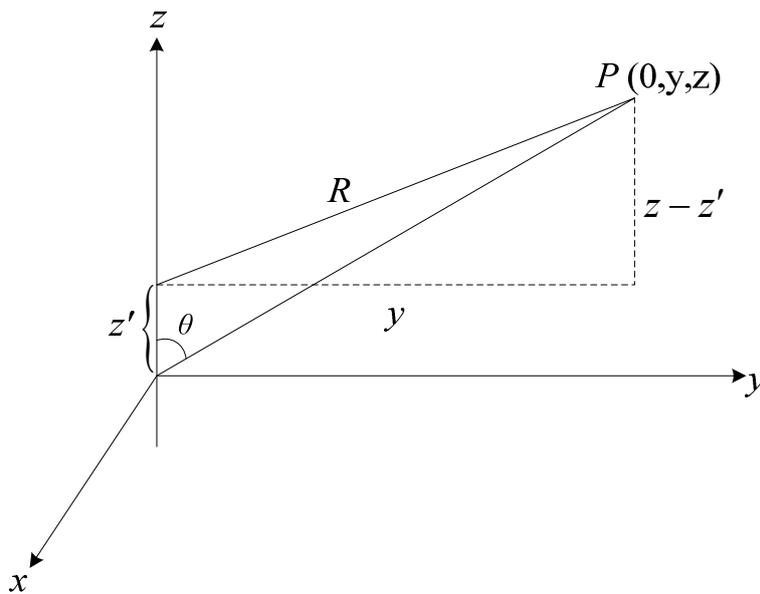


그림 3.3 선전원의 원방계 계산을 위한 평형선.

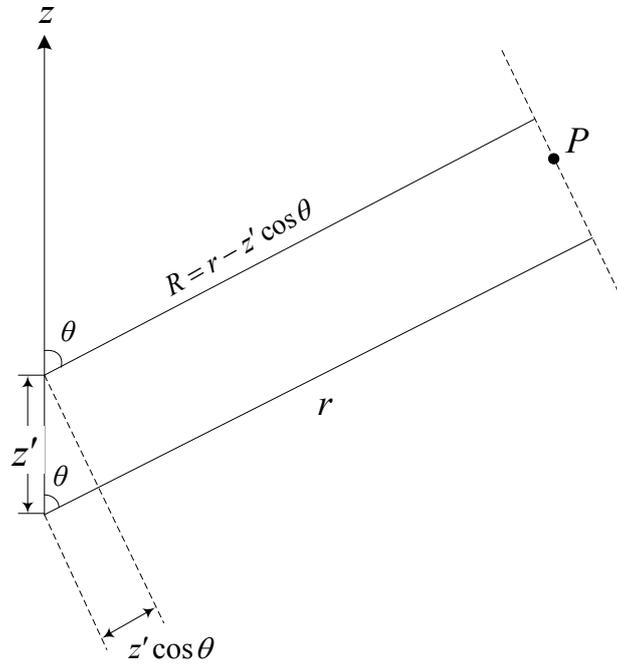


그림 3.4 안테나를 선전원으로 가정하고 원방계 계산을 위한 평행선 근사법.

앞서 안테나를 전류가 흐르는 도체로 가정하고 몇 가지 관계식을 도출하였다. 유한한 길이의 안테나를 확장시켜 원방계 조건을 구해 보면, 원방계에서 전자장은 부분적인 면을 볼 때 평면파 형태가 되는데, 이때 진폭의 크기는  $1/r$ 에 따라 변한다.

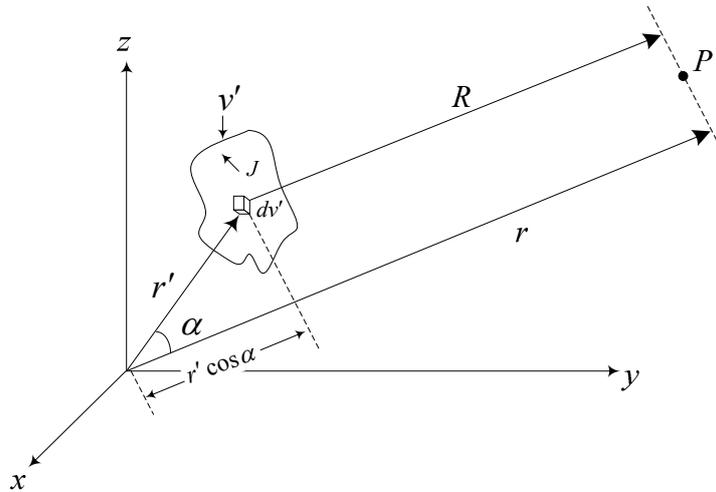


그림 3.5 일반적인 선전원로부터 원방계 계산을 위한 평행선 근사법.

만일 그림 3.5에서 선전류의 각 점에서 평행선을 그리면 원방계까지 거리  $R$ 은  $r$ 과 기하학적으로 식 (3.13)의  $R$ 에 대한 표현 식에서 고차항을 무시해서 얻은 식 (3.15)과의 관계에서 구할 수 있다. 이를 평행선 근사법(parallel ray approximation)이라 부른다. 이는 수식 적으로 볼 때 관찰점이 무한원점에 있을 때 정확하지만, 원방계 거리를 근사적으로 구하는 방법으로 기하학적인 상황에 따라 위상항을 보정하여 사용 할 수 있다. 그림5에서 일반적인 선전원로부터 원방계 거리  $R$ 은 다음 식이 성립함을 알 수 있다.

$$R = r - r' \cos \alpha \quad (3.17)$$

내적의 정의에 의해 원방계 거리  $R$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = r - r' \frac{r \cdot r'}{r r'} \quad \text{or} \quad R = r - r \cdot \hat{r}' \quad (3.18)$$

이 식은 방사 적분의 위상인자를 고려한  $R$ 의 일반적인 근사 표현 식이 된다. 여기서 만일  $z$ 축에 놓인 선전원과 같이  $r' = z/z$ 면 식 (3.18)은 식 (3.15)으로

바뀌는 것에 주목한다. 여기서 원방계가 시작되는 선전원으로부터 거리에 대한 정의는 평행선 가정에서 생기는 오차가 무시될 수 있는 거리이다. 원방계가 시작되는 거리  $r_{ff}$ 는 식(3.13)의 3번째 항을 무시함으로써, 경로 차  $\lambda/16$  가  $r$ 되는 값이다. 이것은  $2\pi/\lambda \cdot \lambda/16 = \pi/8 \text{ rad} = 22.5^\circ$ 의 위상 오차 즉, 3번째 항을 무시한 경우에 해당한다.

만일  $D$ 가 선전원의 길이라면  $r_{ff}$ 는 식 (3.13)의 3번째 항의 최대값( $z'=D/2$ ,  $\theta=90^\circ$ )을  $\lambda/16$ 으로 놓으므로 얻을 수 있다.

$$\frac{(D/2)^2}{2r_{ff}} = \frac{\lambda}{16} \quad (3.19)$$

이 식을  $r_{ff}$ 에 대해 풀면 다음과 같은 결과 식을 구할 수 있는데, 이를 이론적 원방계 거리라고 한다.

$$r_{ff} = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.20)$$

원방계 조건식 (3.20)을 거리 별 경우의 수로 나누어 요약하면 다음과 같다.

$$\text{case of } R > \frac{2D^2}{\lambda} \text{ or } r \gg D \text{ or } r \gg \lambda \quad (3.21)$$

2번째 조건  $r \gg D$ 는 진폭이 관계될 때 근사식 (3.14)으로  $R \approx r$  과 관련되어 주어진 조건이고,  $r \gg \lambda$  의 조건은 위상 정수가 고려된  $\beta r = (2\pi r/\lambda) \gg 1$  과 관계에서 얻어진 조건이다.

앞서 주어진  $D$ 는 안테나의 최대크기로 정의되나, 원방계 조건을 충분히 만족시키기 위해서는 모노 폴과 같은 고 임피던스 안테나는 수검기기와 안테나를 포함한 긴 변을  $D$ 로 잡는 것이 이상적이다.

일반적으로  $r_{ff}$ 이내의 거리를 근방계라고 부르는데, 여기에는 리액티브 근거

리장 영역(reactive near-field region)과 방사 근거리장 영역이 있다. 근거리장 영역은 안테나의 구조에 따라 다이폴과 같이 개방된 고 임피던스 안테나는 용량에 의한 전계의 세력이 크고, 루프안테나와 같이 임피던스가 낮은 안테나는 유도성 리액턴스에 의한 자장의 세력이 압도적으로 큰 영역으로  $D \gg \lambda$ 의 조건이 성립하면  $0.62\sqrt{D^3/\lambda}$ 까지의 거리이다. 방사 근거리장 영역은 일종의 준 원방계로 평면파 성분이 압도적으로 우세하며, 각도와 거리에 따라 장분포가 변화하는 특성이 있다. 이들을 요약하면 다음 <표 3.2>와 같다.

<표 3.2> 방사원으로부터 거리별 장의 구분<sup>[6]</sup>

영역	안테나로부터 거리(r)
리액티브 근거리장 (Reactive Near-Field)	$0 \sim 0.62\sqrt{D^3/\lambda}$
방사 근거리장 (Radiated Near-Field)	$0.62\sqrt{D^3/\lambda} \sim 2D^2/\lambda$
원방계 거리 (Far-Field)	$2D^2/\lambda \sim \infty$

### 3.2.3 원방계 최소거리

여기서 1 GHz미만인 850 MHz 경우 이상적인 다이폴에서 최대 복사전력과 리액턴스 전력이 같게 되는 거리인  $\lambda/2\pi$  즉, 미소 다이폴과 미소 루프안테나에서 방사되는 전자파 표현식 중에  $1/r$ ,  $1/r_2$ ,  $1/r_3$ 이 일정한 값으로 같아져  $E_\theta$  성분에 영향을 주는 요소가 같은 전이거리로서 일반적으로 EMI 측정이나 안테나 지향성 측정에 적용하는 충분한 원방거리로  $10\lambda/2\pi$ 를 적용한다.

1 GHz이상의 기기에는 식(3.20)에 따라 구해진  $2D^2/\lambda$ 을 적용하여 구했다. 안테나 최대 길이(D)는 안테나를 포함한 무선기기 전체의 길이를 선 전류원의

길이를 가정하여 적용하였다.

<표 3-3> 850MHz를 최소 주파수로 하는 GHz 대 주요기기별 원방계 최소거리

주요 기기의 주파수	파장 ( $\lambda$ )	방사원의 길이( $D$ )	원방계 최소거리
850 MHz(870 MHz)	35.3 cm		60 cm( $10\lambda / 2\pi$ )
1.8 GHz	16.67 cm	약 15 cm	27 cm( $2D^2 / \lambda$ )
2.4 GHz	12.5 cm	약 15 cm	36 cm( $2D^2 / \lambda$ )

원방계 거리의 이론적 산출 방식에 있어 1 GHz이하에서 적용하는  $\lambda/2\pi$  나 1 GHz 이상에서 적용하는  $2D^2/\lambda$  는 같은 물리적인 값을 가져야 할 것이다. 여기서 1 GHz이상에서는 휴대전화기 전체의 길이를 선전류원으로 가정하여 이미 충분한 여유도가 고려되었으며, 1 GHz이하에서는 이론적인 원방계 거리  $\lambda/2\pi$  의 10배, 즉  $10\lambda/2\pi$  이상에서 측정하면 지향 패턴의 side lobe를 정확하게 구분할 수 있는 거리이다.

실제로 앞서 가정한 무선기기(휴대전화기) 전체의 길이를  $D$ 로 놓고 계산하는 것에 있어 휴대전화기 몸체 하단의 전류밀도는 극히 낮을 것으로 예측되기 때문에 전체의 길이를 작은 전류 원으로 가정하는 것은 다소 무리가 있으나 충분한 원방계 조건을 만족시키기 위해 선택하였다<sup>[15]</sup>.

## 제 4 장 EIRP 측정 절차 및 결과 분석

### 4.1 EIRP 측정절차

#### 4.1.1 측정 환경 및 조건

1. 측정환경은 무반사실, 바닥흡수체가 있는 반 무반사실이나 Open test site 에서 가능하며 측정을 하기 위한 필요한 장비는 Signal generator, Power meter, TG내장형 Spectrum 분석기 혹은 Network 분석기, 3D turn table, 측정용 S/W, 치환 안테나( $dB_d$ 나  $dB_i$ 를 알고 있는 안테나로 표준 반파장 Dipole 혹은 표준 Horn antenna)등이 필요하다.
  
2. 시험장 조건
  - 교정은 완전 전자파 무향실을 원칙으로 하되 바닥면의 흡수체를 제거한 반 전자파무향실 및 야외 시험장에서 실시하는 경우 교정 성적서에 검증자료를 제시해야 한다.
  - 측정시 주위온도는 15 °C 이상 35 °C 이하이어야 하고 습도는 45 % 이상 75 % 이하이어야 한다.
  - 측정시 주변의 어떠한 전자기적 환경도 측정결과에 영향을 주어서는 안 된다.
  
3. EUT 의 조건
  - EUT 는 완전히 충전시키고, 측정시간 동안 최대 출력상태에서 시험이 이루어져야 하며, 시험 전, 후 출력의 변화는 5 % 이내 이어야 한다.

- EUT 는 안테나의 이용 가능한 모든 조건에서 측정한다.
- EUT 의 출력 신호는 통상의 동작신호를 사용한다.
- 저, 중, 고 지점의 세 가지 주파수 채널을 선택하여 EUT를 측정한다.  
단, 송신 대역폭이 중간 주파수의 10% 를 초과하는 피 시험기기는 채널 수가 증가할 수 있다.
- EUT 의 높이는 전자파무향실 높이의 1/2에서 측정하며 기본 높이는 1.5 m이고, 야외 시험장은 반사파의 영향이 적은 높이에서 측정하며, 수직축에 대해 회전하는 기능을 제공한다. 그리고 측정주파수에서 비유 전율이 5% 미만의 것을 사용하여 EUT와의 불요 산란이 없도록 한다.
- EUT 의 기준좌표 설정은 외장형 안테나를 사용하는 경우 급전 점을 중심으로 하고, 내장형 혹은 일체형 무선기기는 체적중심을 좌표의 기준으로 한다.
- EUT 의 기준좌표는 시험자가 직각 좌표계를 사용하여 임의로 정하고 시험 성적서에 표기해야 한다.
- 야외시험장이나 반 전자파무향실에서 측정하는 경우 바닥 면에 설치하는 흡수체는 측정하고자 하는 주파수에 대해 흡수율이 15 dB 이상인 흡수체를 사용하고, 바닥 면에서 반사가 일어나지 않도록 충분한 면적에 흡수체를 설치해야 한다.
- ERP/EIRP의 측정을 통해 안테나 이득을 구하고자 할 때에는 기본적으로 안테나 제반 성능 측정환경과 호환성을 갖는 측정환경에서 시험 평가되어야 한다.
- 수신안테나는 수평 편파 및 수직 편파로 각각 배치한다.

#### 4. 수검기기의 조건

- 무선기기는 완전히 충전시켜 측정 중에 최대 출력이 얻어질 수 있는 전원조건이어야 하며 측정 전후 출력변화는 5%이내가 되도록 한다.
- 수검기기에 연결 안테나는 고정용, 내장형, 커넥터 구격 등 정상적인 조건에서 사용하는 것이어야 한다.
- 측정주파수는 사용 주파수 대역폭이 넓은 경우 저, 중, 고 3 주파수에서 측정한다. 만일, 저, 고 주파수가 송신 대역 중앙 주파수의 +/-10% 이상 되는 경우 측정 주파수를 3개 이상으로 할 수 있다.
- 수검기기의 출력신호 변조조건은 통상 사용하는 변조출력으로 시험한다.
- 수검기기의 좌표 중심점은 기준좌표 설정은 외장형 안테나를 사용하는 경우 급전 점을 중심으로 하고, 내장형 혹은 일체형 무선기기의 경우 체적중심을 좌표의 기준으로 한다.
- 시험 성적서에는 수검기기 무선기기의 기준 좌표중심에 대해 표기해야 한다.
- 수검기기의 높이는 1.5m에서 측정한다. 단, 특별한 경우 1m에서 측정이 가능하나 1.5m에서 측정값이 우선한다.

#### 4.1.2 구현한 EIRP 치환측정시스템



그림4.1 제안된 Substitution EIRP/ERP Measurement System 모습

- 1) 제안된 챔버의 크기 : 2.6m(L) x 2m(W) x 2m(H)
- 2) EIRP 측정가능 주파수대역 : 800MHz- 100GHz
- 3) 챔버 내부를 관찰할 수 있는 CCD CAMERA, 1lux min
- 4) 3D turn 테이블, CONTROL SYSTEM

### 4.1.3 측정 절차

본 논문에서는 그림 4.2에서 보여주고 있는 측정시스템을 토대로 하여 기본적인 측정 알고리즘과 측정 장비의 동작 메커니즘을 이용하여 구현한 EIRP 치환측정시스템의 자동화 측정시스템을 이용하여 다음과 같은 과정으로 내장형 소형 안테나의 이득을 추출하게 되며 측정 대상은 Call Condition Measurement System과 Non-Call Condition Measurement System 으로 분류될 수 있다.

그림 4.2에서 측정 대상에 따른 측정 set-up을 보이고 있다.

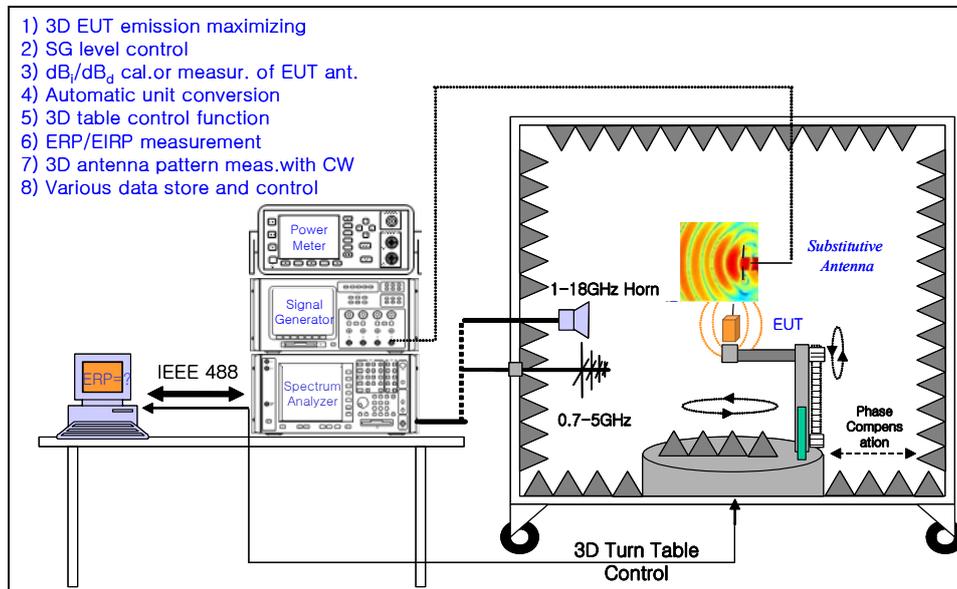


그림4.2제안된 Substitution EIRP Measurement System의 set-up.

1) 그림 4.3과 같이 EUT의 모델명, 일련번호 그리고 시험환경을 기입한다.

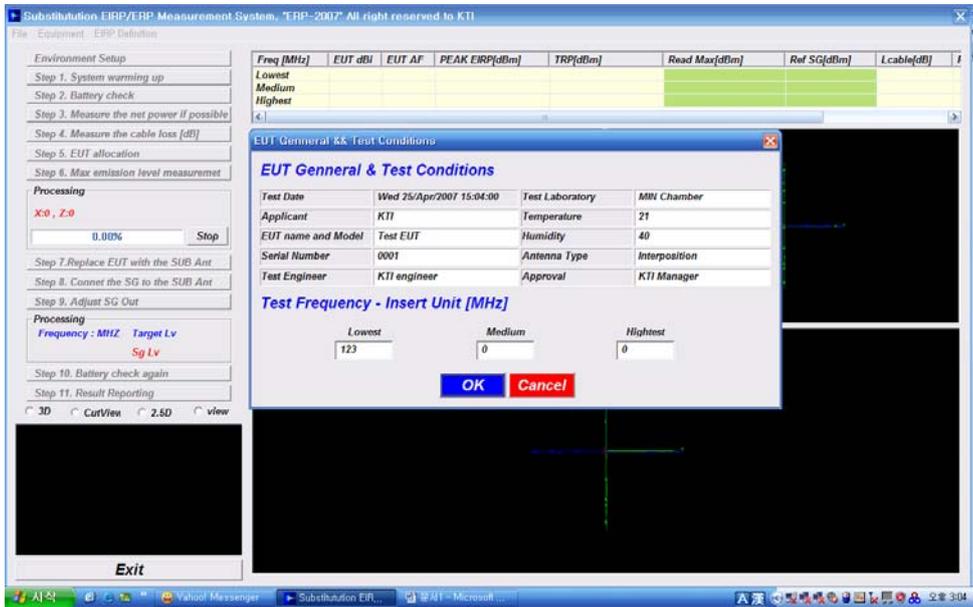


그림 4.3 EUT의 측정 환경조건 설정 과정.

2) EUT의 정상 충전상태를 확인하고 계측기를 충분히 예열한다.

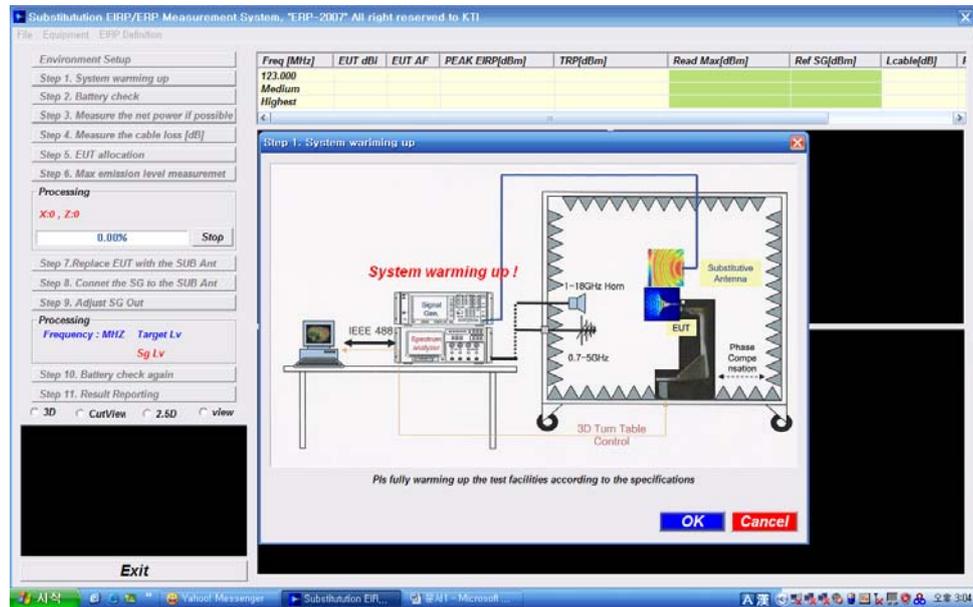


그림 4.4 측정시스템 예열 과정.

3) EUT의 자체 배터리 용량이 측정을 수행함에 있어 충분한지를 점검한다.

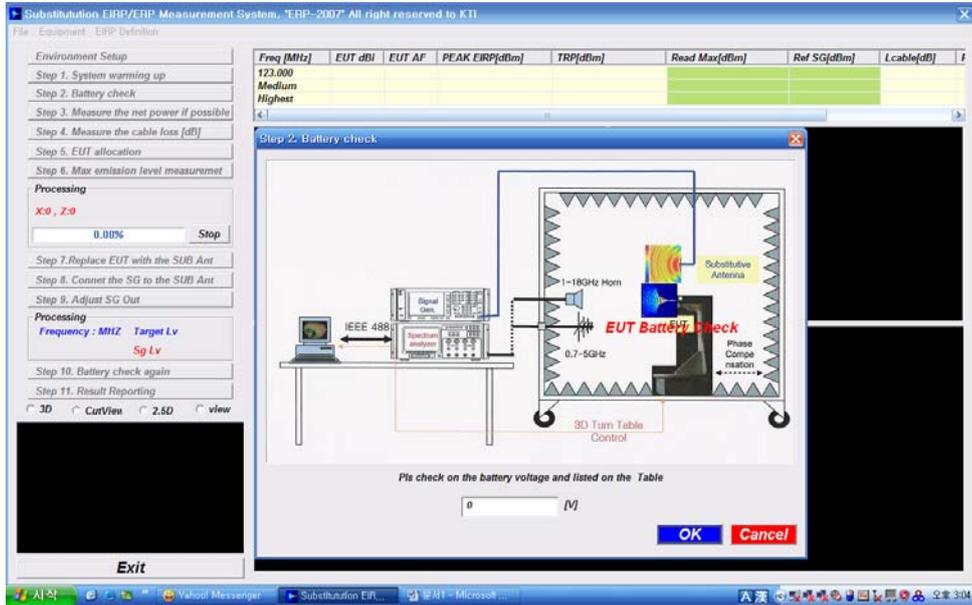


그림 4.5 EUT 자체 배터리 점검 과정.

4) EUT를 대역의 중앙채널에 맞추고 통상 사용하는 변조출력으로 조정 한 후 RF 전력계를 이용하여 전도적으로 급전 점 전력을 측정한다.

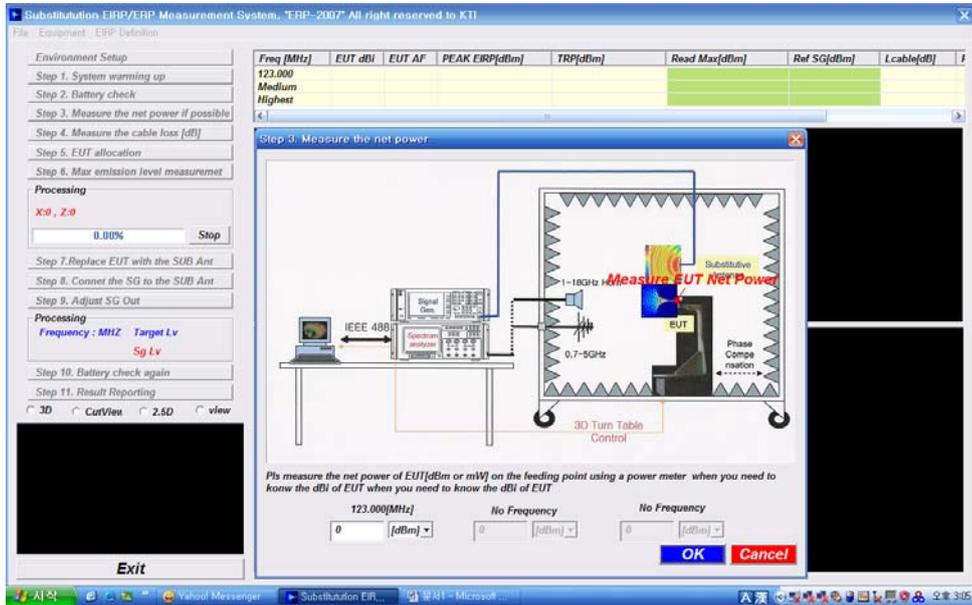


그림 4.6 EUT 전도적인 급전 점 전력 측정 과정.

- 5) 회로망분석기 혹은 TG 내장형 스펙트럼 분석기를 이용하여 해당 주파수에서 신호발생기와 대체 안테나 단자간 케이블 손실 값[dB]을 측정한다.

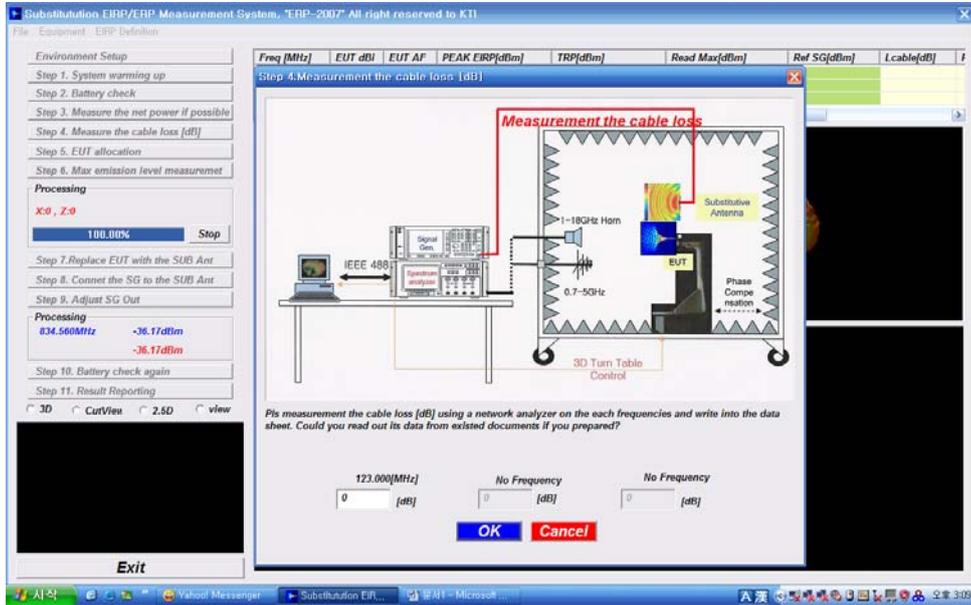


그림 4.7 케이블 손실 값 측정 과정.

- 6) EUT의 급전 점(혹은 체적 중앙)을 turn table의 중앙에 오도록 배치시킨다.

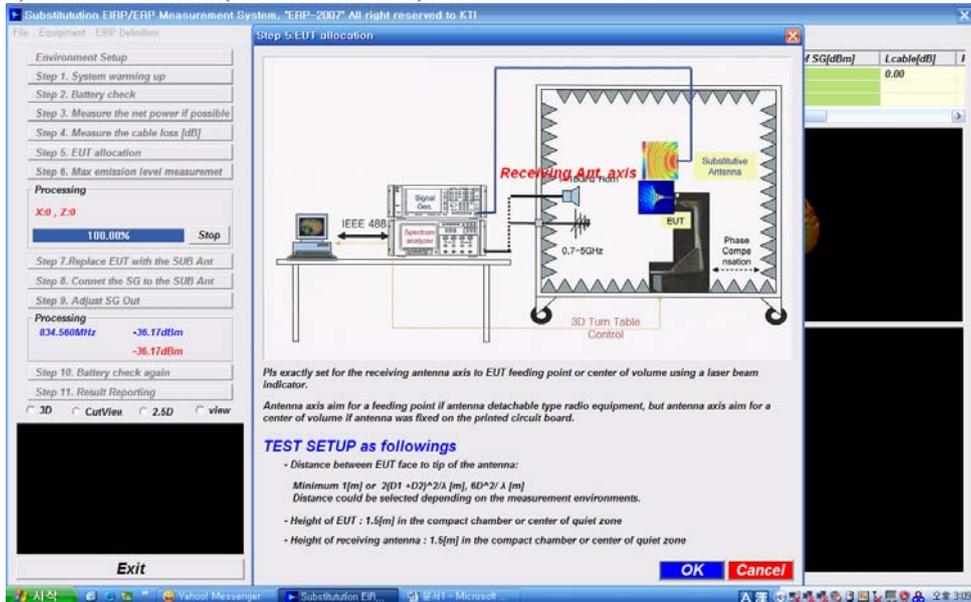


그림 4.8 EUT 배치 과정.

- 7) EUT에 안테나가 연결된 상태에서 수검기기의 급전 점(혹은 체적중앙)을 중심으로 360도 회전시켜 3차원으로 방사최대 방향에서 전력 값을 dBm으로 측정하여 저장한다.

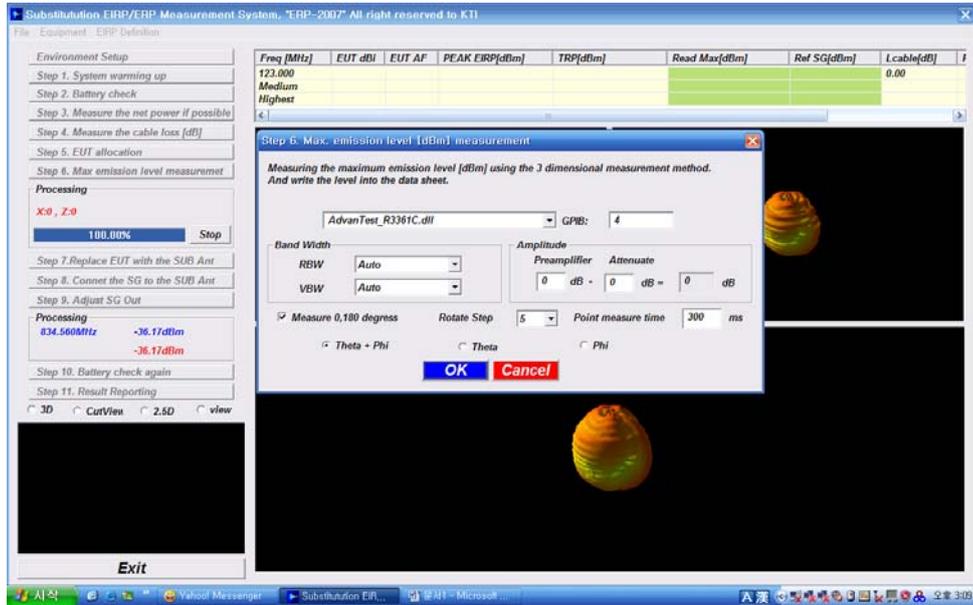


그림 4.9 EUT의 최대 복사전력 측정과정.

- 8) 측정된 값 중 주엽의 최대 점의 전력을 선택한다
- 9) 측정 후 전도적 출력을 다시 측정하여 측정된 전도적 출력 값과 비교하여 5% 이상 변화가 있으면 재 측정 해야 한다.

10) EUT의 급전 점 중심(혹은 체적중심)에 dBi를 알고 있는 치환 안테나를 동일한 위치에 설치한다.

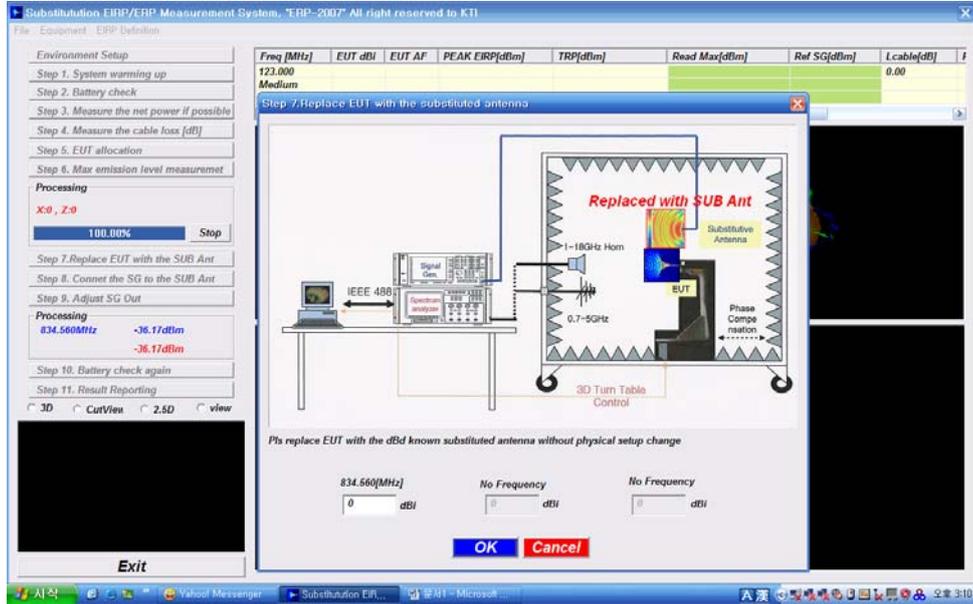
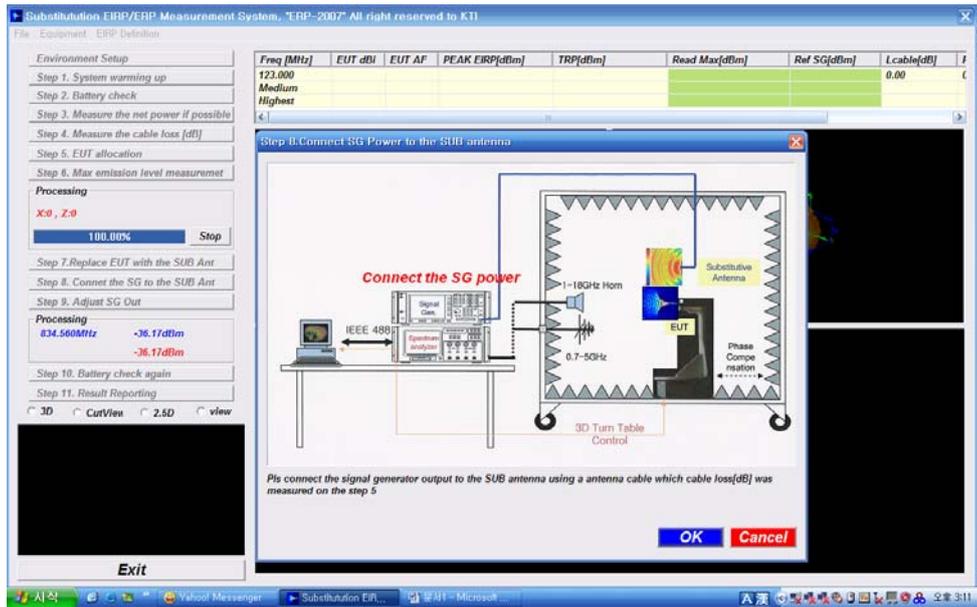
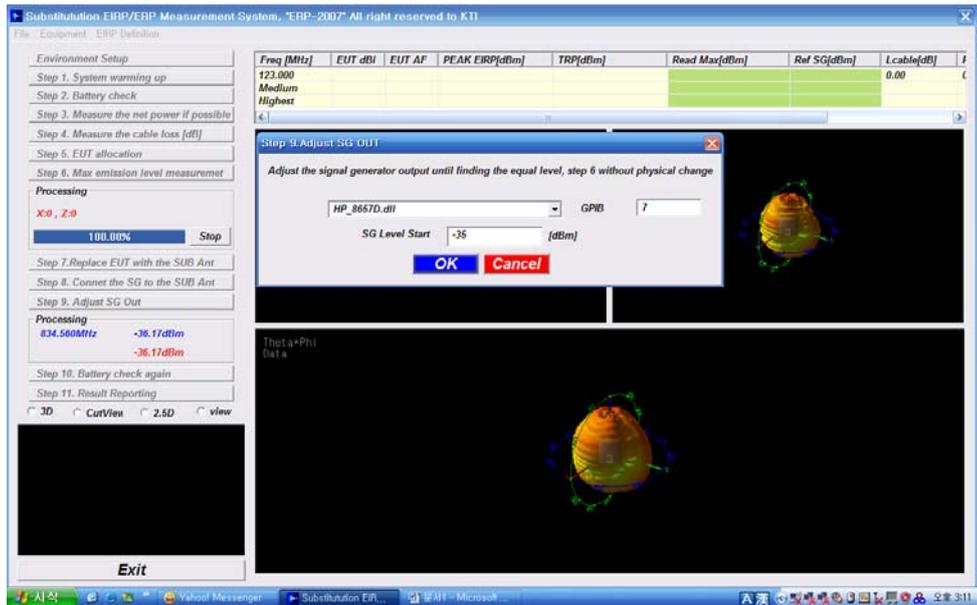


그림 4.10 대체 안테나 설치 과정.

11) 치환된 dBi를 알고 있는 안테나에 신호발생기를 연결하여 최대 복사방향에서( $\pm 5$ 도 범위에서 turn table을 가변 시켜 최대 점을 찾음) 출력을 전력과 같은 값으로 수신되도록 신호 발생기 출력을 가변하여 그 때의 출력을 구한다.



(a)



(b)

그림 4.11 대체 안테나 측정 과정.

12) 최대 복사전력의 측정으로 인한 EUT의 자체 배터리를 점검하여 정확한 측정이 수행되었는지 여부를 확인한다.

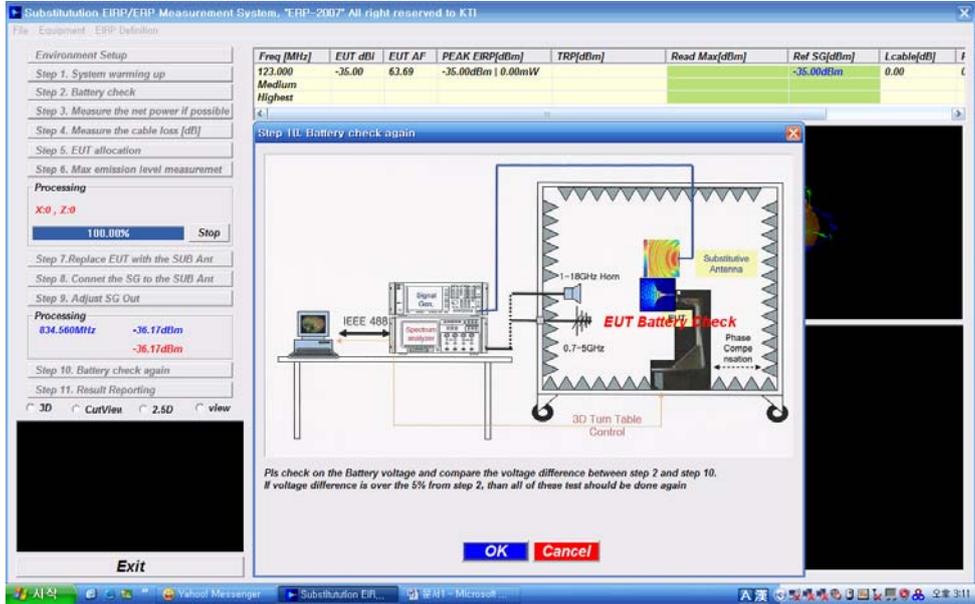


그림 4.12 최종 배터리 점검.

13) 안테나 이득 계산

이상의 측정결과로부터 수신 점 전력[dBm]이 같다는 조건에서 ERP는 다음 식으로 나타내진다.

$ERP[dBm] = \text{신호발생기의 출력}[dBm] - \text{케이블 손실}[dB] + \text{안테나 상대이득}[dBd]$

여기서 안테나 이득 dBi 및 dBd는 안테나 제조업체에서 주어진 값으로 교정기관의 교정된 값이거나, 표준 반파장 다이폴 안테나를 이용하여 측정된 값이다. 그리고 구해진 ERP값으로부터 EIRP를 구하기 위해서는 다음 관계 식으로부터 간단히 구할 수 있다.

$$EIRP [dBm] = ERP [dBm] + 2.148 \text{ dB}$$

이렇게 얻어진 EIRP는 EUT의 경우에도 동일한 값을 갖기 때문에 제그림 4.9에서 측정한 EUT의 전도적 급전 점 전력을 이용하면 EUT 안테나의 이득을 계산할 수 있다. ( EUT 안테나 이득[dBi]=EIRP[dBm] - EUT의 급전전력[dBm]+케이블 손실[dB] )

## 4.2 측정 결과 및 분석

안테나가 내장된 혹은 일체화된 소형/소출력 무선 시스템의 실효 복사전력은 대체법을 이용하여 측정이 이루어지고 있다. 이러한 수검기기의 경우에는 안테나에 대한 정확한 규정이 없기 때문에 복사전력의 최대점을 기준으로 하는 ERP/EIRP의 측정에서는 그 기준이 모호하다. 따라서 수평 및 수직 편파에 대해 모두 측정을 실시하여 최대점을 취하고 있다. 이러한 이유로 수신 안테나는 수직 및 수평 편파에 대한 수신 조건이 모두 성립하는 안테나를 이용해야 할 필요가 있다.

대체 안테나 (Substitution antenna)는 EUT(Equipment Under Test)에서 일체형(내장형)안테나를 분리 측정이 용이하지 않기 때문에 대체 측정을 하기 위한 안테나로서 국가표준기관(KRISS)에서 교정된 반파장 공진 다이폴 안테나를 이용한다. 안테나의 물리적인 크기는 주파수 함수에 의존하므로 각 주파수 대역 별로 다음과 같이 분류된다.

- 800 MHz - 1 GHz: 표준 반파장 공진 다이폴 안테나

- 1 GHz - 4 GHz: 표준 반파장 공진 다이폴 안테나 또는 표준 혼 안테나

- 4 GHz - 100 GHz: 혼 안테나

대체 안테나 설치시 안테나의 중심점은 기준점 즉, 전자파 무향실의 체적 중심점과 일치하게 설치해야 한다. 여기서 혼 안테나는 일반적으로 등방성 방사기(Isotropic radiator)에 대한 상대적인 값이다.

이러한 측정시스템의 조건을 토대로 하여 수평 및 수직 편파 특성에 대한 측정이 이루어진다. 그 결과를 다음과 같이 수평편파 측정 결과와 수직 편파 측정 결과로 보여질 것이며, 본 논문에서 제안하고 있는 자동측정시스템을 이용하여 측정하였다.

#### 4.2.1 측정 REPORT

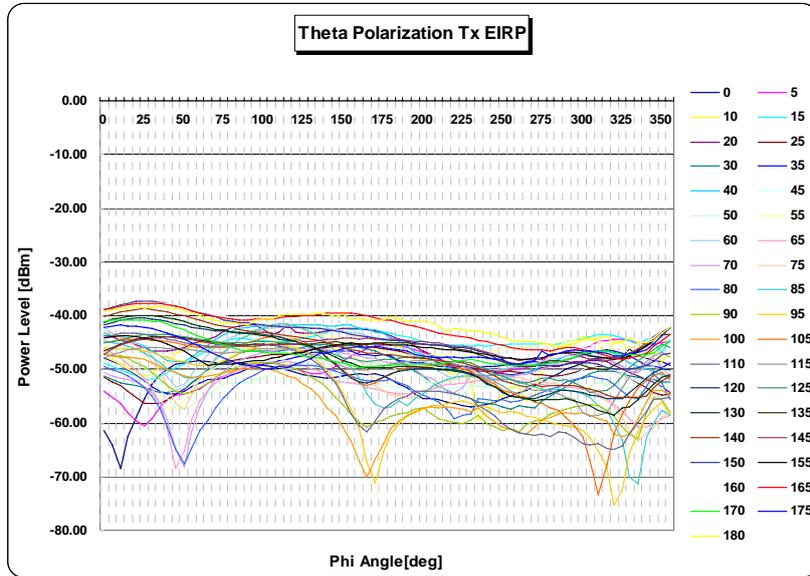
<b>EIRP/ERP, dBi/dBd measurement report</b>				
<b>1. Antenna Information</b>				
<i>Test date</i>	Mon 16/Apr/2007 20:14:47	<i>Test Laboratory</i>	MIN Chamber	
<i>EUT name and Model</i>	KTI	<i>Temperature</i>	21	
<i>Serial Number</i>	Test EUT	<i>Humidity</i>	40	
<i>Applicant</i>	0001	<i>Antenna Type</i>	Interposition	
<b>2. Test Conditions</b>				
<i>Signal generator</i>	HP_8657D.dll			
<i>Spectrum analyzer</i>	AdvanTest_R3361C.dll			
<i>Measurement distance</i>				
<b>3. Result Table</b>				
<b>Frequency</b>	<b>Lowest</b>	<b>Medium</b>	<b>Highest</b>	<b>Avg</b>
<i>Gain[dBi]</i>	-35			
<i>Antenna Factor</i>	63.69			
<i>EIRP[dBm   mW]</i>	-35.00   0.000316			
<i>ERP [dBm   mW]</i>	-32.85   0.000519			
<i>Cable Loss</i>	0			
<i>RF OUTPUT of EUT</i>	0			
<i>SUB Ant. Gain[dBi]</i>	0			
<p>The test is sincerely conducted in accordance with the upper applied standard based on ISO17025, and it shall be only applicable to above serial EUT.</p>				
<b>Test engineer</b>		<b>Authorized Signatory</b>		
KTI engineer	(sign)	KTI Manager	(sign)	

그림 4.13 측정 REPORT

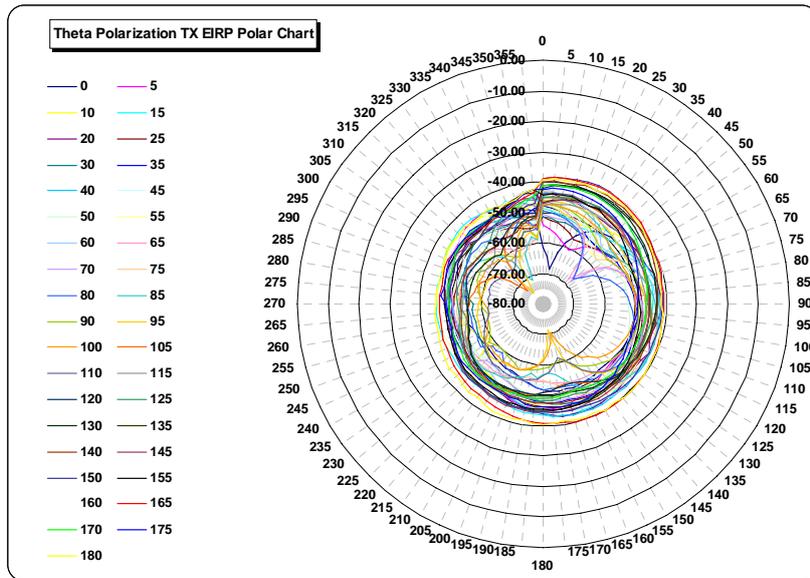
## 4.2.2 수직 편파(Theta Polarization) 측정 데이터

Total Radiated Power(Theta and Phi Polarization)																				
Theta & Phi Polarization EIRP [dBm]																				
θ [deg]	θ[deg]																			
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
0	-58.33	-48.33	-46.83	-43.83	-43.17	-43.00	-42.33	-42.17	-41.67	-41.33	-41.50	-41.67	-42.17	-42.33	-42.33	-42.67	-43.00	-43.17	-43.17	
5	-61.00	-49.17	-47.17	-44.33	-43.33	-43.50	-42.67	-42.67	-42.17	-41.67	-42.50	-42.67	-43.00	-43.33	-43.00	-43.17	-43.50	-43.50	-43.67	
10	-65.33	-50.17	-47.83	-44.83	-43.83	-43.83	-43.00	-43.17	-42.50	-42.50	-42.00	-43.17	-43.17	-43.67	-44.00	-44.33	-44.33	-44.17	-43.83	
15	-59.17	-51.67	-49.83	-45.33	-44.17	-44.50	-43.50	-43.83	-43.00	-43.17	-42.50	-44.00	-43.50	-44.67	-44.50	-44.33	-43.83	-44.17	-43.83	
20	-55.50	-53.17	-49.83	-45.83	-44.67	-45.17	-44.17	-44.50	-43.67	-44.00	-43.17	-45.00	-44.17	-45.67	-45.17	-45.33	-44.50	-44.83	-44.50	
25	-51.83	-53.67	-50.50	-46.33	-45.17	-45.83	-45.00	-45.17	-44.17	-46.33	-45.17	-47.17	-46.17	-46.17	-46.33	-45.50	-45.67	-45.17	-45.17	
30	-49.17	-52.17	-50.17	-46.33	-45.67	-46.33	-45.67	-46.17	-45.33	-46.50	-45.50	-48.17	-46.67	-49.00	-47.67	-48.00	-46.83	-46.50	-46.00	
35	-47.33	-49.83	-48.83	-46.00	-45.67	-46.67	-46.33	-47.67	-46.83	-46.33	-47.67	-46.83	-50.33	-48.67	-51.83	-50.00	-49.83	-49.00	-47.50	
40	-46.00	-48.33	-47.67	-45.33	-45.67	-46.50	-46.67	-47.17	-47.17	-48.67	-48.33	-52.17	-50.50	-56.17	-53.17	-52.33	-51.83	-48.67	-48.17	
45	-45.17	-47.17	-46.50	-44.67	-45.33	-45.83	-46.50	-46.83	-47.50	-48.83	-49.50	-52.33	-52.17	-63.33	-58.83	-55.67	-55.67	-50.50	-49.17	
50	-44.67	-46.67	-45.67	-44.17	-44.83	-45.17	-46.33	-46.17	-47.50	-48.17	-49.83	-50.83	-51.83	-60.00	-62.33	-56.67	-58.00	-50.50	-49.50	
55	-44.33	-46.00	-45.17	-43.33	-44.17	-44.33	-45.50	-45.00	-46.83	-48.83	-49.00	-50.00	-54.17	-55.83	-54.00	-54.67	-50.67	-50.67	-49.17	
60	-44.17	-45.67	-44.67	-42.67	-43.67	-43.33	-44.67	-44.00	-45.67	-45.67	-47.50	-47.17	-48.00	-50.33	-51.33	-51.00	-51.00	-50.33	-48.17	
65	-44.17	-45.00	-44.67	-41.83	-43.17	-42.50	-43.83	-43.17	-44.67	-44.67	-46.00	-45.83	-46.33	-48.17	-48.50	-48.67	-48.50	-48.67	-47.00	
70	-44.17	-44.50	-44.67	-41.00	-42.50	-41.83	-43.00	-42.67	-43.50	-43.83	-44.83	-44.67	-45.00	-46.67	-48.50	-48.83	-48.67	-47.33	-45.83	
75	-44.17	-44.00	-44.83	-40.50	-41.50	-41.50	-42.33	-42.17	-42.83	-43.17	-43.67	-43.83	-44.00	-45.33	-45.17	-45.67	-45.17	-46.00	-44.67	
80	-44.00	-43.67	-45.00	-40.17	-40.83	-41.33	-41.67	-41.83	-42.17	-42.67	-43.00	-43.17	-43.33	-44.33	-44.17	-44.33	-44.17	-44.83	-44.00	
85	-44.00	-43.17	-45.17	-40.17	-40.33	-41.33	-41.17	-41.67	-41.83	-42.33	-42.50	-42.67	-42.83	-43.67	-43.50	-43.33	-43.33	-43.67	-43.33	
90	-44.00	-42.83	-45.33	-40.50	-40.17	-41.33	-41.00	-41.50	-41.67	-41.83	-42.17	-42.17	-42.50	-42.83	-43.00	-42.67	-42.83	-43.00	-42.67	
95	-43.83	-42.67	-45.50	-40.67	-40.17	-41.33	-41.17	-41.33	-41.50	-41.50	-42.00	-41.83	-42.17	-42.33	-42.67	-41.83	-42.50	-42.33	-42.33	
100	-43.83	-42.67	-45.50	-40.83	-41.00	-41.33	-41.17	-41.17	-41.50	-41.33	-41.83	-41.50	-42.00	-41.83	-42.33	-41.17	-42.00	-41.83	-42.00	
105	-44.00	-42.83	-45.33	-41.17	-41.67	-41.17	-41.50	-41.17	-41.50	-41.17	-41.67	-41.17	-42.00	-41.50	-42.17	-40.83	-41.83	-41.33	-41.83	
110	-44.17	-43.17	-45.33	-41.33	-41.33	-41.50	-41.50	-41.50	-41.50	-40.83	-41.33	-41.00	-41.83	-41.33	-42.00	-40.50	-41.00	-41.00	-41.83	
115	-44.33	-43.83	-45.33	-41.33	-39.83	-41.50	-41.50	-41.00	-41.33	-40.67	-41.33	-40.67	-41.67	-41.00	-42.00	-40.33	-41.83	-41.17	-41.83	
120	-44.67	-44.33	-45.50	-41.17	-41.17	-41.33	-41.33	-40.83	-41.17	-40.67	-41.50	-40.67	-41.67	-40.83	-42.00	-40.50	-42.00	-41.50	-42.17	
125	-44.83	-45.00	-45.83	-41.00	-41.33	-41.33	-41.17	-40.67	-41.17	-40.50	-41.50	-40.33	-41.67	-41.00	-42.17	-41.00	-42.33	-41.83	-42.67	
130	-45.00	-45.50	-46.00	-40.83	-41.17	-41.17	-41.00	-40.33	-41.17	-40.87	-41.67	-40.33	-41.67	-40.33	-41.67	-41.33	-42.33	-41.33	-43.17	
135	-45.00	-45.67	-45.50	-40.33	-40.83	-41.00	-41.17	-40.50	-41.17	-40.83	-41.67	-40.50	-41.67	-41.50	-42.50	-41.83	-43.00	-43.33	-43.83	
140	-44.83	-45.33	-45.33	-40.00	-40.50	-41.00	-40.83	-40.50	-41.17	-41.00	-41.83	-40.67	-41.83	-42.00	-42.83	-42.83	-43.67	-44.33	-44.67	
145	-44.50	-44.67	-45.17	-39.67	-40.33	-40.83	-40.83	-40.67	-41.17	-41.33	-42.00	-41.00	-42.00	-42.67	-43.17	-43.50	-44.17	-45.83	-46.00	
150	-44.00	-43.83	-45.00	-39.67	-40.00	-40.83	-40.83	-40.83	-41.00	-41.67	-42.00	-41.67	-42.17	-43.17	-43.50	-44.33	-44.83	-47.17	-47.00	
155	-43.67	-43.00	-44.83	-40.00	-40.00	-41.00	-40.67	-41.00	-41.00	-42.33	-42.17	-42.00	-42.50	-43.83	-43.83	-45.33	-45.50	-49.00	-48.33	
160	-43.17	-42.50	-44.33	-40.00	-39.83	-41.17	-40.83	-41.67	-41.50	-42.83	-42.33	-42.33	-42.50	-44.33	-44.17	-46.33	-46.17	-50.83	-49.50	
165	-43.00	-41.83	-44.00	-40.00	-40.00	-41.33	-41.00	-42.00	-41.50	-43.33	-42.67	-43.33	-42.83	-45.17	-44.67	-47.83	-46.67	-53.67	-50.67	
170	-42.67	-41.50	-43.67	-40.17	-40.17	-41.67	-41.17	-42.33	-42.00	-43.50	-42.83	-43.67	-43.17	-45.67	-44.83	-50.83	-46.83	-55.50	-50.33	
175	-42.67	-41.33	-43.67	-40.67	-40.50	-42.00	-41.67	-42.17	-42.17	-44.17	-43.33	-44.17	-43.67	-46.50	-45.50	-51.67	-46.83	-56.17	-50.17	
180	-43.00	-41.50	-43.83	-41.00	-40.83	-42.33	-42.00	-42.50	-43.00	-44.67	-43.83	-44.67	-44.00	-47.00	-45.83	-52.50	-46.83	-55.83	-50.00	
185	-43.50	-41.83	-44.17	-41.50	-41.50	-42.83	-42.67	-43.50	-43.67	-45.00	-44.83	-44.83	-44.17	-47.33	-46.00	-52.33	-47.67	-54.67	-49.83	
190	-44.00	-42.17	-44.83	-41.83	-41.83	-43.33	-43.17	-44.00	-44.50	-46.17	-45.00	-45.17	-45.50	-47.50	-46.67	-53.00	-48.33	-53.50	-49.83	
195	-44.67	-42.67	-45.00	-42.33	-42.50	-44.00	-44.17	-44.33	-45.50	-46.33	-45.33	-45.33	-46.00	-47.50	-47.17	-52.33	-49.50	-54.17	-49.50	
200	-45.00	-43.33	-46.33	-42.83	-43.33	-44.33	-45.00	-44.50	-46.00	-48.83	-46.33	-45.50	-47.33	-47.50	-48.67	-51.33	-50.17	-53.17	-49.50	
205	-45.50	-44.00	-47.83	-43.17	-44.00	-44.67	-46.00	-44.83	-46.83	-46.67	-47.00	-45.33	-47.83	-47.33	-49.17	-50.67	-51.00	-52.00	-51.00	
210	-46.17	-44.83	-47.33	-43.50	-44.50	-45.17	-46.50	-45.33	-47.67	-46.50	-48.00	-45.50	-48.83	-47.17	-50.17	-49.83	-51.83	-51.17	-52.00	
215	-46.83	-45.50	-48.33	-43.67	-45.17	-45.50	-47.00	-45.50	-48.17	-46.83	-48.67	-45.50	-49.67	-46.83	-51.83	-49.17	-53.17	-50.50	-52.67	
220	-47.50	-46.00	-48.83	-43.83	-45.33	-45.67	-47.33	-45.83	-48.50	-46.83	-48.83	-45.50	-50.17	-47.00	-52.00	-48.83	-55.17	-50.00	-53.17	
225	-48.17	-46.67	-47.33	-43.83	-45.67	-45.67	-47.50	-45.67	-48.83	-46.83	-48.67	-45.67	-48.33	-47.00	-51.33	-48.50	-54.50	-49.67	-53.50	
230	-48.67	-47.50	-50.00	-44.00	-45.83	-45.83	-47.83	-45.67	-49.17	-47.00	-46.50	-45.67	-47.83	-46.83	-49.00	-48.33	-54.50	-49.67	-53.00	
235	-48.83	-48.33	-57.00	-44.00	-46.33	-45.83	-48.17	-46.00	-49.33	-47.00	-46.67	-45.67	-48.00	-46.83	-49.50	-48.33	-51.67	-49.83	-52.33	
240	-48.83	-48.50	-55.50	-44.17	-46.33	-46.00	-48.17	-46.00	-49.50	-47.00	-46.50	-45.50	-48.00	-46.67	-49.83	-48.17	-52.00	-50.00	-54.17	
245	-48.67	-49.00	-53.50	-44.00	-46.33	-46.00	-46.00	-46.00	-49.00	-47.00	-46.50	-45.17	-48.17	-46.50	-50.00	-48.17	-52.33	-50.00	-54.83	
250	-49.33	-47.83	-52.50	-44.00	-46.50	-46.00	-48.17	-45.83	-49.17	-46.83	-46.33	-44.83	-48.00	-45.17	-49.83	-48.00	-52.33	-50.00	-55.67	
255	-48.00	-47.67	-50.67	-44.00	-46.50	-45.83	-48.17	-45.83	-49.17	-47.00	-46.17	-44.67	-47.67	-46.00	-49.67	-48.00	-52.67	-50.00	-55.50	
260	-47.67	-47.33	-50.83	-44.00	-46.33	-45.83	-47.17	-45.83	-48.83	-46.83	-45.83	-44.67	-47.50	-46.00	-49.33	-47.83	-52.67	-50.50	-56.17	
265	-47.33	-47.33	-53.00	-44.00	-46.00	-45.83	-47.00	-45.83	-48.33	-46.83	-45.50	-44.67	-47.00	-46.00	-49.33	-48.00	-52.33	-50.67	-55.00	
270	-46.67	-47.00	-52.00	-44.17	-45.33	-46.00	-46.67	-45.67	-47.83	-47.00	-45.00	-44.50	-46.67	-46.17	-48.83	-48.17	-51.67	-51.00	-54.67	
275	-46.17	-46.33	-46.50	-44.17	-44.83	-46.00	-45.83	-45.83	-47.00	-47.00	-44.50	-44.33	-46.17	-46.00	-48.50	-48.33	-51.33	-51.33	-54.50	
280	-45.50	-45.17	-45.00	-44.17	-44.50	-46.00	-45.33	-46.00	-46.50	-47.17	-44.17	-44.33	-45.83	-46.00	-48.50	-50.83	-51.50	-53.50	-53.50	
285	-45.00	-44.83	-42.50	-44.33	-44.17	-45.83	-44.83	-45.67	-47.00	-43.83	-44.17	-45.50	-45.83	-47.50	-48.50	-50.33	-51.17	-53.17	-53.17	
290	-44.33	-44.83	-42.67	-44.00	-43.67	-45.50	-44.33	-45.67	-45.00	-46.83	-43.50	-44.00	-45.00	-45.83	-47.00	-48.50	-49.67	-51.33	-52.83	
295	-44.00	-44.33	-41.33	-43.83	-43.17	-44.83	-43.67	-45.17	-44.67											

### 4.2.3 수직 편파(Theta Polarization) 측정 결과



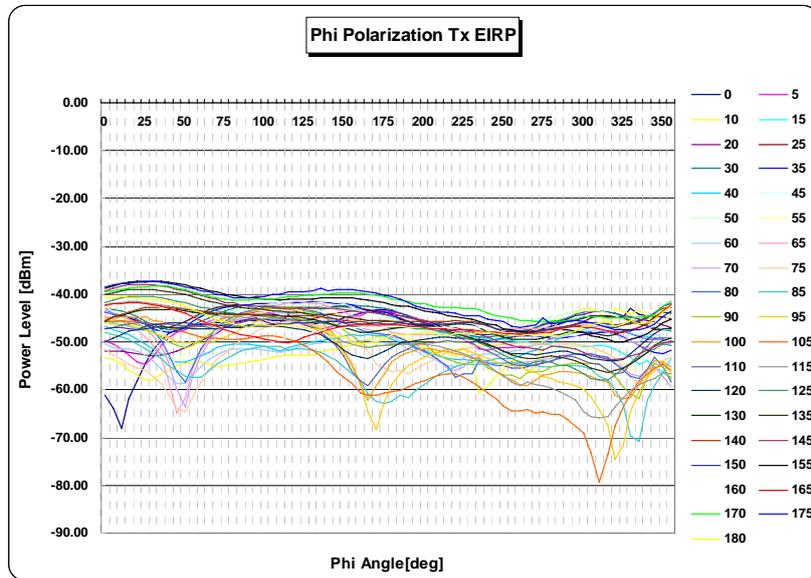
(a) Theta polarization EIRP result



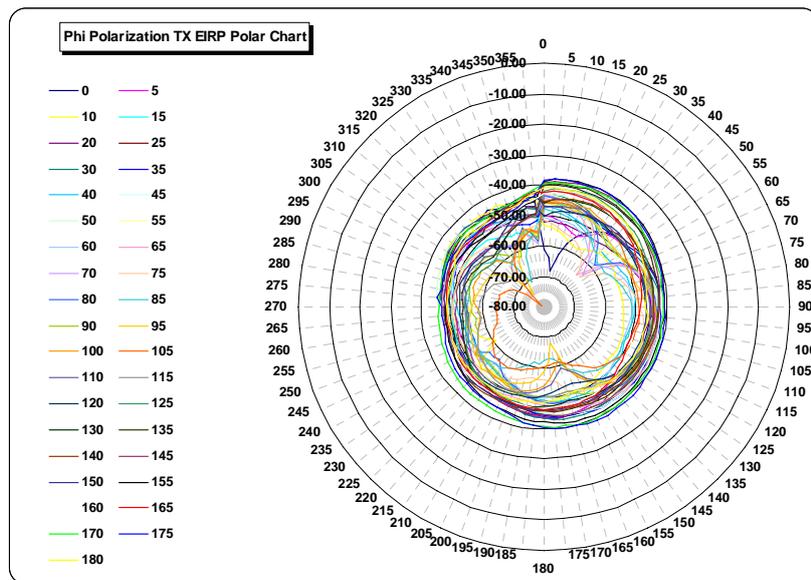
(b) Theta polarization EIRP result

그림 4.15 수직 편파된 EIRP 측정 결과.

#### 4.2.4 수평 편파(Phi Polarization) 측정 결과



(a) Phi polarization EIRP result



(b) Phi polarization EIRP result

그림 4.16 수평 편파된 EIRP 측정 결과.

#### 4.2.5 2.5D · 3D로 본 측정 결과

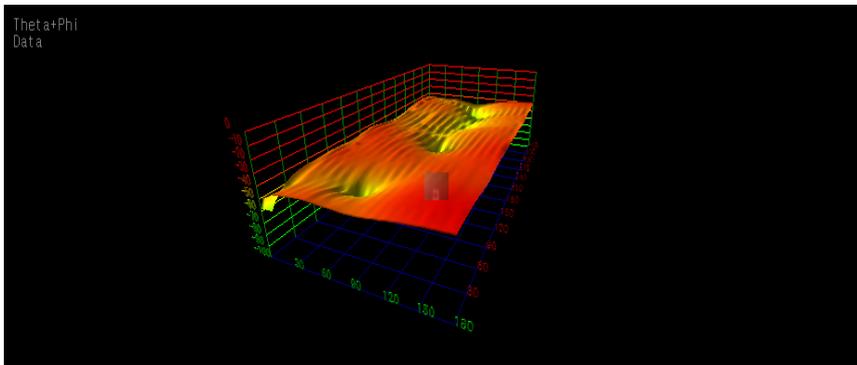
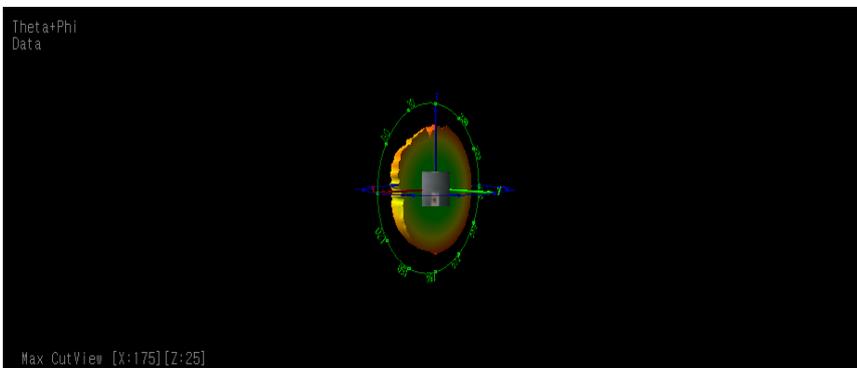
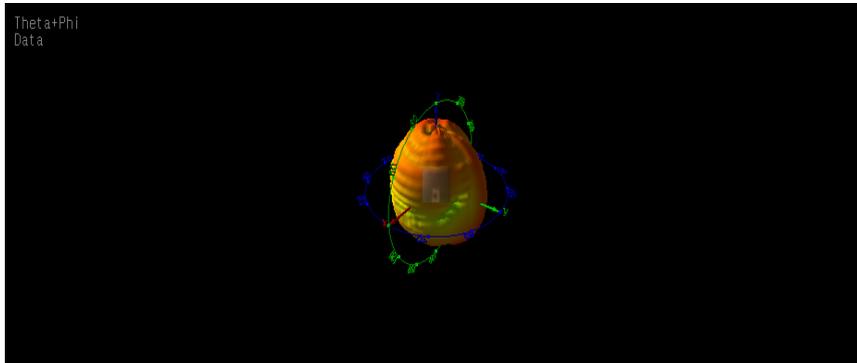


그림 4.17 제안된 측정시스템을 이용한 EIRP 측정결과.

## 제 5 장 결 론

정보통신분야의 급속한 발전과 더불어 소출력 무선국을 중심으로 비교적 소출력의 전파를 방사하는 비허가 소형 무선기기들이 급속하게 증가하고 있다. 초기의 비허가 무선설비는 코드 없는 전화기, 무선마이크 등 매우 한정적인 범위에서 이용되었으나, 현재는 비허가 소출력을 이용하는 근거리 무선통신분야가 비약적으로 확대되어 국내의 산업에 미치는 영향력과 사회경제활동에서의 역할분담도 매우 중요하게 되고 있다.

특히, 새로운 통신기술의 발달로 새롭고 다양한 소출력 비허가 무선기기의 등장으로 이미 현행 소출력 무선설비에 대한 기술기준 적용상의 문제점이 나타나기 시작하고 있으며, 새로운 무선설비에 능동적으로 대처할 수 있도록 제도 개선을 고려해야 하는 시점에 도달하고 있다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 문제점을 도출하였다. 각각의 무선기기는 전파를 복사하는 안테나가 본체에 커넥터규격, 내장형, 고정용 또는 분리형, 다중안테나 시스템 등 다양한 형태로 설치되어 있어 무선기기 형식등록 인증 시 공중선 전력을 측정하기가 곤란하다.

또한 공중선 전력을 측정하기 위해서는 완제품을 분해해 측정하여야 하는 어려움과 최종 출력단에 동축케이블 연결시 수검기기의 형태의 따라 케이블의 길이 또는 커넥터 형태가 달라 측정값의 변화, 임피던스 부정합 등에 의한 측정결과의 불확도 증가 등 정확한 측정이 어렵다. 또한, 기기들의 출력제한과 공중선 이득을 세계적 흐름에 따라 실효 복사전력 또는 실효 등방성 복사전력으로 제한할 필요성이 대두되고 있기 때문에 특정소출력 무선기기의 정의를 재정립할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 ERP/EIRP는 송신기 출력, 케이블 손실, 안테나 이득 등으로 서로 다르게 정의되고 있기 때문에, 실효 등방성 복사전력의 측정은 반드시 안테나 측정 개념 즉, 반사파가 영향을 주지 않는 자유공간 혹은 전무반사실에서 이론식을 기본으로 가장 최단 거리에서 측정되어야 기본정의에 충실한 측정 방법임을 확인하였다.

또한, 본문에서 구현한 EIRP 치환측정시스템 이용하여 기기의 변형이 이루어지지 않은 원상태의 안테나가 내장된 800 MHz 대 휴대단말기를 측정하여 EIRP/ERP, 안테나 절대 이득 값을 정확히 측정할 수 있었다. 그리고 본 논문에서 제안한 EIRP 치환측정시스템으로 800MHz대역이상의 Bluetooth, ITS, MIMO, Rubees, RFID/USN, Wi-Fi, WiMAX, UWB, Zigbee 등도 정확한 EIRP/ERP 측정이 가능하였다.

따라서 본 논문에서 제안한 EIRP 치환측정시스템이 표준화가 된다면 국내전파환경의 보호, 주파수이용 효율을 극대화, 국민의 생활 편의성 도모, 정보통신기기, IT 무선기기 등 국제경쟁력 강화 및 통신시장의 개방에 능동적으로 대처할 수 있을 것으로 사료된다. 특히, 현재의 세계무역기구(WTO), 자유무역협정(FTA) 체제에서 국가간의 무역장벽 없는 교역, 정보기술협정(ITA), 국가간 상호인정협정(MRA) 등이 추진되는 현시점에서 능동적으로 대처할 수 있어 제조사는 물론 국가 경쟁력에도 많은 도움이 되리라 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 정보통신부, *고시*, 제2007-11호
- [2] 정보통신부, *무선설비 시험방법 표준안*, 2003.11
- [3] 정보통신부, *무선설비규칙*, 제179호.
- [4] 한국무선국관리사업단, "*무선국용 공중선 품질의 평가 및 인증방안 연구*," KORA 연구; 2000-14, 2001.
- [5] 민경찬, "*전자파 환경공학*," 한국기술연구소, 2003.
- [6] *Radio Regulations* NO.30 ITU-R M.1371-2, M489-2, M690-1
- [7] 김기문, "*전자파관계법규해설*," 다솜출판사. 2004.
- [8] *Technical characteristics and test conditions for radio equipment intended for the transmission of data (and speech) and having an antenna connector*, ETSI ETS 300 113, Edt. 2, June, 1996.
- [9] *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*, CISPR 16-SER, Edition 1.0, 2007.
- [10] *Requirement and Measurement Methods of Electromagnetic Compatibility for 800MHz CDMA Digital Cellular Mobile Telecommunications System Part 1: Mobile Station and Ancillary Equipment*, YD 1169.1, 2001.
- [11] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, "*Antenna Theory and Design*," John Wiley & Sons, 2nd Edition, Mar., 2000.
- [12] 무선설비 시험방법 표준안, 정보통신부, 2003.11
- [13] Notice of Inquiry and Notice of Proposed Rulemaking on Establishment of an Interference Temperature Metric to Quantifying and Manage Interference and to Expand Available Unlicensed Operation in Certain Fixed, *Mobile and Satellite Frequency Bands* (FCC Docket No. 03-237), FCC, November 2003
- [14] TTA *Research Report*, 휴대용 무선기기의 실효복사전력 표준측정방법, 2004.

- [15] J.S Hollis, T.J Lyon," *Microwave Antenna Measurements*," L.Clayton, Scientific atlanta Inc., July 1970.
- [16] Sten N. Hornsleth, Jorgen Bach Andersen,"Effects on portable antennas of the presence of a person," *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. 41, no. 6, June, 1993.