

소출력 무선기기에 대한 EIRP/ERP 측정 연구

°안 승범, 추 호성, 계 영철

홍익대학교 전자전기공학부, 서울시 마포구 상수동 72-1

E-mail : hschoo@hongik.ac.kr

A Study on EIRP/ERP Measurement for Low Power Radio Devices

°Seungbeom Ahn, Hosung Choo, Youngchul Kay

School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University

Abstract

In this paper, we studied the measurement of EIRP/ERP for low power radio devices. We first surveyed the published standard procedures for the radiated power measurement in various countries, and proposed the procedure and environment for an optimum measurement of the radiated power. Then we tested the proposed measurement procedure by measuring some low power radio devices such as ZigBee, wireless microphones, RFID systems, WLAN access point and cordless phones in an ordinary room condition, a semi-anechoic chamber and a fully-anechoic chamber. The measured EIRP/ERP results in various measurement sites showed the EIRP/ERP deviation less than about 2 dB. This confirms that the measurement procedure provide appropriate measurement results in most of conventional measurement sites.

Key word : EIRP/ERP, low power radio device, measurement procedure, measurement site

I. 서론

최근 전파분야의 지속적인 발전과 새로운 전파이용기술이 상용화됨에 따라 다양한 형태의 무선기기들이 개발되고 있으며 무선기기들간의 상호 간섭과 주파수 혼신, 전자파 인체 흡수 등의 많은 문제들이 발생하고 있어 무선기기의 출력 전력에 대한 관심이 증대되고 있다.

국내의 무선기기 기술기준인 무선설비 기술기준은 출력 전력에 대하여 안테나 이득을 고려하지 않은 공중선 전력 즉, 무선기기 자체 출력에 대한 규제를 시행하거나 전계강도에 따른 출력 전력을 규제하고 있다. 공중선 전력을 통한 규제는 일체형 안테나를 가지는 무선기

기의 출력 전력 측정에 많은 어려움이 있고 안테나 이득에 대한 규제가 어려워, 전계강도에 의한 출력 전력 규제는 전계강도 측정을 위한 측정장의 신뢰성 확보에 어려움이 따른다. 이러한 문제점을 해결하고 실질적인 전파 규제를 위해 복사성 전력에 대한 관심이 증대되고 있으며 그 중에서도 측정이 용이하며 측정결과와 신뢰성 확보가 쉬운 치환법을 이용한 EIRP/ERP 측정법에 관한 연구가 활발하게 진행 중이다.

본 논문에서는 치환법을 이용한 EIRP/ERP 측정법에 대한 국내·외 사례를 조사 분석하고 이를 통해 최적의 측정장과 측정법을 제안하였다. 제안된 측정장과 측정법에 대한 검증을 위해 소출력 무선기기인 ZigBee와 무선 마이크, RFID 시스템, WLAN AP, 무선 전화기를

측정 무선기기로 선정하여 실내환경과 반무반사실, 완전반무반사실 등 다양한 측정환경에서 EIRP/ERP를 측정함으로써 치환법을 이용한 복사성 전력 측정이 용이하고 측정의 정확도가 측정환경에 민감하지 않음을 확인하였다.

II. EIRP/ERP 측정 동향 및 측정법 제안

표 1은 복사성 전력 측정에 대한 국내·외 사례를 조사한 결과로 유럽의 전기 통신 표준협회인 ETSI의 복사성 전력과 관련된 측정기준인 ETSI EN 300과 미국 표준 협회인 ANSI에서 제정한 ANSI/TIA-603-C와 ANSI C63.4, 그리고 국제 무선장해 특별 위원회인 CISPR에서 권고하고 있는 CISPR 16-2-3으로 구분할 수 있다. 우리나라는 CISPR에서 제정한 CISPR 16-2-3 표준을 KN 16-2-3으로 번역하여 표준 권고하고 있다.

표 1. 복사성 전력 측정에 대한 사례 조사

구분	ETSI	ANSI	CISPR/KN
측정장	완전/반무반사실 야외 시험장	완전/반무반사실 야외 시험장	완전무반사실 야외 시험장
측정법	안테나치환법	직접법 안테나치환법	직접법 안테나치환법
안테나	반파장 다이폴	1 GHz 이하	1 GHz 이하
	혼 안테나	1 GHz 초과	1 GHz 초과
무선기기와 접지면 거리	1.5 m	0.8 m	0.8 m

ETSI의 복사성 전력 측정에 대하여 살펴보면 모든 측정장에서 안테나 치환법을 이용하여 모든 측정장에서 EIRP/ERP를 측정할 수 있도록 규정하고 있다. 치환 안테나는 1 GHz 이하는 반파장 다이폴 안테나를 1 GHz에서 4 GHz는 반파장 다이폴과 혼 안테나를 4 GHz 초과는 혼 안테나를 사용하며 측정 무선기기와 접지면 사이의 거리는 1.5 m, 측정 무선기기와 수신 안테나 사이의 거리는 3 m 이상을 기준으로 제시하고 있다[1].

ANSI/TIA-603-C와 ANSI C63.4는 모든 측정장에서 직접법을 사용하여 전계강도를 측정하거나 안테나 치환법을 이용하여 EIRP/ERP를 측정하도록 규정하고 있으며 치환 안테나는 1 GHz 이하인 경우는 반파장 다

이폴 안테나를 1 GHz 초과는 혼 안테나를 사용한다. 측정 무선기기의 높이는 0.8m로 측정거리는 3 m 이상을 기준으로 제시하고 있다[2-3]. CISPR의 복사성 전력 측정 규정은 완전무반사실과 야외 시험장을 기준으로 하고 있으며 반무반사실 도입을 검토 중에 있다. 측정법과 치환 안테나 종류, 측정 무선기기의 높이, 측정거리는 ANSI의 규정과 동일하다[4].

복사성 전력에 관한 국내·외 사례 조사를 바탕으로 국내 여건에 맞는 측정장과 측정법을 제안하였다. 측정장의 경우는 완전무반사실과 반무반사실, 야외 시험장에서 모두 가능하며 측정법은 측정장의 조건에 관계 없이 보다 쉽게 복사성 전력을 측정할 수 있는 안테나 치환법을 기준으로 하였다.

치환 안테나는 최근 개발되고 있는 광대역 다이폴의 성능향상으로 1 GHz 이하는 반파장 다이폴 안테나를 1 GHz 초과 4 GHz 이하인 경우는 반파장 다이폴 안테나와 혼 안테나를 4 GHz 초과인 경우는 혼 안테나를 사용하도록 하였다. 무선기기 및 수신 안테나의 높이는 반무반사실과 야외 시험장에서 바닥에 의한 반사의 영향을 줄이기 위해 무선기기의 높이는 1.5 m, 수신 안테나는 1 m를 기준으로 하였고 완전무반사실에서는 무선기기와 수신 안테나의 높이를 동일 높이로 정하였다. 측정 무선기기와 수신 안테나 사이의 거리는 3 m 이상을 기준으로 하되 반무반사실과 야외 시험장에서는 측정 거리에 대한 보정을 용이하게 하기 위해 측정거리를 3 m와 10 m로 제한하였다. 또한, 반무반사실과 야외 시험장의 경우는 접지면에 의한 영향을 확인할 수 있도록 수신 안테나의 높이를 1~4 m 변화시킬 수 있도록 하였다.

그림 1은 EIRP/ERP 측정 순서도를 보여주고 있다. 제안된 측정장에서 무선기기의 최대 출력을 측정하기 위해 수신 안테나를 수직판파로 위치시키고 반무반사실이나 야외 시험장에서는 수신 안테나의 높이를 1~4 m까지 변화시켜 최대 출력이 나오는 높이를 기록하고 모든 측정장에서 회전대에 설치된 측정 무선기기를 360도 회전시켜 최대 출력이 나오는 각도와 이때의 스펙트럼 분석기의 출력을 기록한다.

측정 무선기기를 동일한 높이에 치환 안테나로 치환하고 신호발생기와 연결한 후 치환 안테나의 지향성을 고려하여 최대 출력이 나오는 방향으로 위치시키고

반무반사실과 야외 시험장에서는 수신 안테나의 높이를 변화시켜 최대 출력이 나오는 높이를 확인 기록한다.

측정 무선기기기의 최대 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기의 인가 전력을 증가시킨 후 이 때의 인가된 전력을 기록하며 인가된 전력에서 치환 안테나의 이득과 발문 손실, 측정거리 및 오프 보어사이트에 대한 보정을 하여 EIRP/ERP 를 계산한다. 수평편파에 대한 EIRP/ERP 를 측정하기 위해 수신 안테나의 편파를 수평편파로 위치시키고 동일한 방법으로 EIRP/ERP 를 측정하여 기록한다.

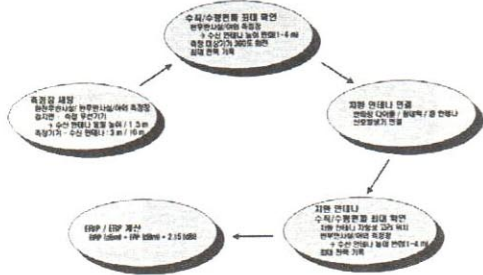


그림 1. EIRP/ERP 측정 순서도

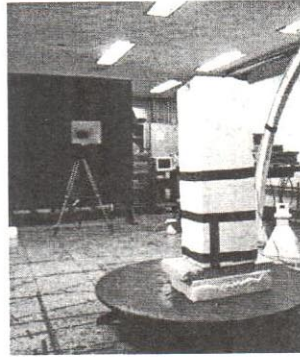
EIRP/ERP 를 계산하는 방법은 식 (1)과 같으며 EIRP 와 ERP 의 관계는 식 (2)와 같다.

$$EIRP = A + B + C \quad (1)$$

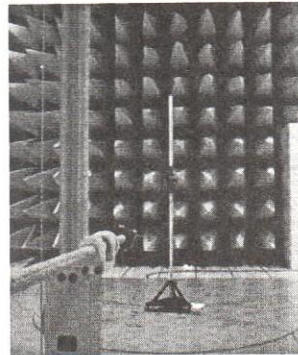
$$C = -D - E - F - G - H$$

$$EIRP (dBm) = ERP (dBm) + 2.15 dB \quad (2)$$

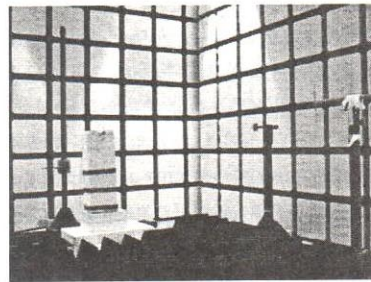
식 (1)에서 A 는 신호 발생기의 출력 전력을 의미하며 B 는 치환 안테나의 이득을 C 는 전체 보정을 나타낸다. 전체 보정에서 D 는 치환 안테나의 케이블 손실을 E 는 치환 안테나가 반파장 다이폴 안테나일 때 발생하는 발문 손실을 의미한다. F 는 치환 안테나가 다이폴 안테나일 때 발생하는 수신 안테나와 치환 안테나 사이의 상호 결합 및 부정합에 의한 손실로 30 MHz 에서 180 MHz 일 때 ETSI EN 300 에서 규정하고 있는 값을 이용하여 계산하며 180 MHz 이상일 경우는 0 dB 로 한다. G 와 H 는 수신 안테나의 높이를 변화시켜 측정된 반무반사실과 야외 시험장에서 측정 무선기기 측정시 수신기의 높이 차이에 의해 발생하는 오프 보어사이트 보정과 측정거



(a) 교내 실험실 측정장



(b) 반무반사실 측정장



(c) 완전무반사실 측정장

그림 2. EIRP/ERP 측정장

리 보정을 의미한다. 반파장 다이폴 안테나의 오프 보어 사이트와 모든 안테나의 측정거리에 의한 보정은 ETSI EN 300 을 참조하며 혼 안테나의 오프 보어사이트는 안테나의 복사패턴을 이용하여 계산하고 표준 혼 안테나

를 사용할 경우는 보정값을 0 dB 로 한다.

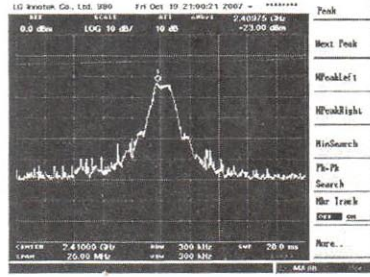
EIRP 는 등방성 안테나에 대한 복사 전력이고 ERP 는 반파장 다이폴 안테나에 대한 복사 전력이므로 EIRP 와 ERP 는 반파장 다이폴 안테나의 이득인 2.15 dB 의 차이를 나타낸다.

III. 소출력 무선기기 EIRP/ERP 측정

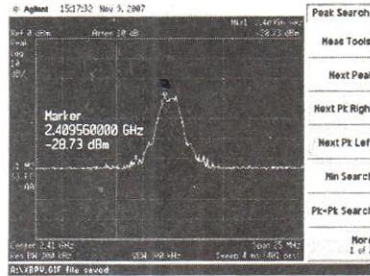
앞장에서 언급한 측정장과 측정법을 검증하기 위해 소출력 무선기기인 ZigBee, 무선 마이크, RFID 시스템, WLAN AP, 코드 없는 무선 전화기를 선별하여 그림 2 와 같은 측정장에서 EIRP/ERP 를 측정하였다. 그림 2 (a)는 실내환경으로 측정 무선기기와 수신 안테나 뒤에 간이 흡수체를 설치하고 수신 안테나의 높이는 1.5 m 로 고정시킨 후 회전대를 회전시켜 최대 출력을 구하고 안테나를 치환시켜 EIRP/ERP 를 구하였다. 그림 2 (b)는 반무반사실 측정장으로 마스트에 수신 안테나를 설치하여 높이를 변화시킬 수 있도록 하였다. 그림 2 (c)는 완전무반사실 측정장으로 바닥에 페라이트 비트가 깔고 그 위에 흡수체를 설치하여 완전무반사실 측정장을 만들었다.

그림 3 은 측정 무선기기 중 2.41 GHz 에서 동작하는 ZigBee 의 각 측정장에서 최대 출력을 보여주고 있다. 그림 3 (a)는 실내환경에서 측정한 수직편파의 결과로 정면방향에서 -23.0 dBm 의 최대 출력이 나왔으며 ZigBee 를 혼 안테나로 치환한 후 동일 출력이 나오도록 신호 발생기의 출력을 조절하고 치환 안테나 이득 12.19 dBi 와 치환 안테나 케이블 손실 8.25 dB 를 고려하여 EIRP 를 구하면 19.30 dBm 의 EIRP 가 계산되었다. 수신 안테나를 수평편파로 위치시키고 동일한 과정으로 EIRP 를 측정한 결과 18.53 dBm 의 EIRP 가 나왔다.

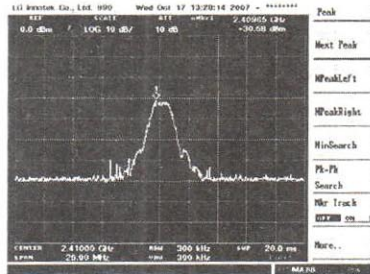
그림 3 (b)는 반무반사실에서 수평편파에 대한 최대 출력을 측정한 결과로 수신 안테나의 높이가 158 cm 이고 시계방향으로 10 도 회전한 지점에서 최대 출력이 나왔다. ZigBee 를 혼 안테나로 치환하고 안테나 지향성을 고려하여 안테나를 위치시킨 후 수신 안테나의 높이를 변화시킨 결과 164 cm 높이에서 최대 출력이 나왔으며 동일한 최대 출력이 되도록 신호 발생기를 조절하면 인가전력이 20.55 dBm 이 나온다. 혼 안테나의 이득 15.46 dBi 와 치환 안테나 케이블 손실 17.52 dB 를 고려



(a) 실내환경 측정시 최대 출력



(b) 반무반사실 측정시 최대 출력



(c) 완전무반사실 측정시 최대 출력

그림 3. 2.4 GHz ZigBee 의 선형편파 최대 출력

하여 EIRP 를 구하면 20.55 dBm 이 나온다. 반무반사실의 경우 측정거리 보정을 해줘야 하지만 보정값이 0.1 dB 이내의 값으로 측정거리 보정을 무시하였다. 동일한 방법을 이용하여 수신 안테나를 수직편파로 위치시켰을 경우 18.53 dBm 의 EIRP 가 나왔다.

그림 3(c)는 완전무반사실에서 수평편파에 대한 최대 출력을 보여주고 있으며 시계방향으로 5 도 회전한 지점에서 최대 출력이 나왔으며 ZigBee 를 혼 안테나로

치환하고 ZigBee의 출력과 동일한 출력이 나오도록 신호 발생기를 조절하면 인가전력이 23.47 dBm이 되었다.

안테나의 이득과 케이블 손실을 고려하여 20.86 dBm의 EIRP를 구하였다. 동일한 방법으로 수평편파에 대하여 EIRP를 측정하면 19.25 dBm의 EIRP가 계산되었다. ZigBee의 EIRP를 측정된 결과 각 측정장에서의 최대 EIRP는 각각 19.30 dBm, 20.55 dBm, 20.86 dBm으로 차이가 약 1.5 dB로 매우 유사한 값을 가졌다.

표 2는 선별된 무선기기에 대한 EIRP 측정결과를 보여주고 있으며 실내환경과 반무반사실, 완전무반사실에서의 측정결과를 나타내고 있다. 각 측정장에서의 EIRP 값은 수직편파와 수평편파의 EIRP 값 중에 큰 값을 기록하였다. 750 MHz에서 동작하는 무선 마이크는 13.32 dBm, 12.43 dBm, 13.52 dBm으로 약 1.1 dB의 EIRP 차이를 보이며 910 MHz에서 동작하는 RFID 시스템은 모든 측정장에서 약 35 dBm의 EIRP로 매우 유사한 값을 가졌다. RFID 시스템의 경우 시스템의 안테나가 선형편파가 아닌 원형편파 형태이며 이에 안테나를 임의의 방향으로 향하게 하여 측정된 EIRP와 90도 회전시켜 측정된 EIRP를 고려하여 전체 EIRP를 계산하였다. 2.43 GHz에서 동작하는 WLAN AP는 완전 무반사실에서 16.75 dBm으로 가장 큰 EIRP를 보였으며 반무반사실에서 14.99 dBm으로 가장 작은 값을 나타냈다. 코드없는 전화기는 고정장치와 휴대장치로 나뉘지며 고정장치는 960 MHz에서 동작하고 13.92 dBm으로 실내환경에서 가장 큰 EIRP를 보였으며 다른 측정장에서의 EIRP와의 차이는 0.5 dB 정도를 나타냈다. 휴대장치는 910 MHz 대역에서 동작하며 실내환경에서 가장 큰 13.7 dBm을 나타냈으며 1.6 dB 정도의 차이를 보였다.

표 2. 측정 무선기기의 EIRP/ERP 측정결과

EIRP(dBm)	동작 주파수	실내환경	반 무반사실	완전 무반사실	
ZigBee	2.41 GHz	19.30	20.55	20.86	
무선 마이크	750 MHz	13.32	12.43	13.52	
RFID	910 MHz	35.08	35.05	34.79	
WLAN AP	2.43 GHz	15.69	14.99	16.75	
전화기	고정	960 MHz	13.92	13.45	13.69
	휴대	910 MHz	13.70	12.14	12.22

선별된 무선기기는 모든 측정장에서 매우 유사한

EIRP 값을 나타냈으며 EIRP 차이가 2 dB 이내로 측정의 정확성이 확보 되었음을 확인하였다. 이는 본 논문에서 제안한 측정장의 조건과 측정법이 타당함을 보여주고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 복사성 전력 측정에 관한 국내의 동향 조사를 통해 안테나 치환법을 이용한 EIRP/ERP 측정법을 확인하였다. 국내의 측정 여건과 보다 정확하고 쉽게 EIRP/ERP를 측정할 수 있도록 적절한 측정장과 측정법을 제안하였으며 제안된 측정장에서 ZigBee, 무선 마이크, RFID 시스템, WLAN AP, 무선 전화기를 실내환경과 반무반사실, 완전무반사실에서 측정하여 비교·분석하였다. 모든 측정장에서 EIRP는 2 dB 이내의 차이로 매우 유사한 값을 가지며 측정의 정확도가 측정 환경에 민감하지 않고 제안된 측정장과 측정법이 적절한 방법임을 증명하였다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] ANSI TIA/EIA-603-C, "Land mobile FM or PM communication equipment measurement and performance standards", Annex A, B, Aug. 2004.
- [3] 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.
- [4] CISPR 16-2-3, "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and method: Methods of measurement of disturbances and immunity - Radiated disturbance measurements", July 2006.