

# LF 대역의 전계강도 무선기기 기술기준에 관한 연구

정희원 김선엽\*, 박형근\*\*, 하은실\*

## A Study on the Technical Regulation of Electric Filed Strength Radio Equipment about Low Frequency Band

Sun-youb Kim\*, Hyoung-keun Park\*\*, Eun-Sil Ha\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 135kHz 이하 미약 무선국의 전계 강도(기술 기준)에 대한 현재 각국의 동향과 그 기준치를 분석 및 비교를 통하여 해당 대역의 국내기준의 문제점을 분석하였다. 전자파 적합 등록에서 제시하고 있는 각국의 전계 강도 기준치와 연계하여 이에 적합한 국내의 비허가 무선기기(미약 무선기기)의 실질적인 도입 가능한 전계 강도의 기준치를 제시함을 목적으로 한다. 본 논문에서 제시한 전계 강도 허용치를 바탕으로 국내 기준을 상향하면 미약 무선기기의 보급과 발전에 기여할 것으로 예상되며 국내 통신 시장은 물론 국제 통신 시장에서 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 예상된다.

**Key Words** : Extremely Low Power, Electric Field, Magnetic Field, EAS

### ABSTRACT

This paper analyzed the problems of the Korean output regulation in the relevant band through an analytic comparison of the current trend of each country and their standard values concerning electric field strength (technical standard) of weak wireless stations with less than 135kHz. In connection with the standard value of electric field strength of each country, which has been proposed in the registration of the appropriate electric wave, the paper aims to propose the standard value of electric field strength that could actually be introduced for suitable unauthorized wireless devices (weak wireless devices) in Korea. Provided that the Korean standard may be upgraded based on the tolerances of electric field strength proposed in this paper, this is expected to be committed to the distribution and advancement of weak wireless devices; and, further, it is anticipated to be prepared with competitiveness not only in the Korean communications market, but also in the international communications market.

### I. 서론

현저하게 미약한 전파를 사용하여 일상생활에서 좁은 범위를 영역으로 하는 미약 전계강도 무선기에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 무선설비는 유비쿼터스 환경 실현에 매우 중요한 역할을 수행할 것으로 전망되고 있으며, 앞으로도 그 사용 범

위가 다양하게 증가될 것으로 예상된다.<sup>[1]</sup>

이러한 무선기기 중 최근 사용이 급증하고 있는 135kHz 이하 미약 전계강도 무선기기는 전계강도의 기준치가 미국이나 유럽에 비해 너무 낮은 기준치로 규정되어 있어, 관련 국내 산업체의 생산 활동에 지장을 주고 있을 뿐만 아니라 미래의 유비쿼터스 환경에 능동적으로 대처하기 어려운 상황이다.<sup>[2]</sup>

\* 남서울대학교 정보통신공학과 (sykim0599@nsu.ac.kr), \*\* 남서울대학교 전자공학과  
논문번호 : 09049-0915, 접수일자 : 2009년 9월 15일

또한 무선설비규칙(방송통신위원회고시 제2009-13호 제97조)에 의하면 미약 전계강도 무선기기의 출력기준은 측정거리는 3m에서 측정된 전계강도로 규정되어 있는데, LF대역의 경우에는 측정거리 3m인 지점은 근거리장이 형성되므로 소출력 무선기기의 동작은 상호유도 방식을 사용하게 되고, 신호 파장의 특성으로 인해 전계강도를 측정하기가 매우 어렵다.<sup>[3],[4]</sup>

특히, LF 유도 루프는 일반적으로 단거리 자기장만을 생성하고, 기생적으로 아주 적은 양만의 전기장이 형성되며, 준정적이어서 장거리 복사파를 만들지 못하므로 전계강도로는 RF 에너지를 정확하게 측정할 수 없다.

따라서 본 논문에서는 135kHz 이하 미약 전계강도 무선기기에 대한 각국의 현황과 전계 강도 기준치를 파악하여 비교·분석하고, 최근 개정된 전파법 시행령과 방송통신위원회 고시에서 국내 미약 전계강도 무선기기의 제도 개선 내용을 검토하여 국내 미약 전계 강도무선 기기 출력 규정의 비현실적인 문제점을 지적하고 제도 개선방향을 제안한다.

## II. 135kHz 이하 미약 전계강도 무선기기의 국내·외 출력 규정

### 2.1 미약 전계 강도 무선기기의 정의

국내의 소출력 무선국은 방송통신위원회고시 제2009-13호에 의해 규정되어지고 있으며, 그 종류는 미약무선국, 특정소출력 무선국, 기타 무선국으로 분류할 수 있다.<sup>[3],[4]</sup>

이중 미약무선국은 발사하는 전파가 매우 미약한 무선국으로 어떠한 용도의 무선국이라도 그 무선국이 무선설비로부터 3m거리에서 측정된 전계강도를 주파수별로 규정(무선설비규칙 (방송통신위원회고시 제13호) 제97조)하고 있다. 이 규정치를 만족하는 경우, 용도 및 주파수에 관계없이 개설할 수 있으며, 여타 무선국의 혼신에 대한 보호는 전혀 받을 수 없다는 특징도 지니고 있으며 전계 강도 기준치가 작아 서비스 지역 반경은 사용한 주파수 대역이나 수신기의 특성에 따라 달라지지만 통상적으로 20~30m 이내 이다.

### 2.2 기본파의 전계 허용치

전파원이 루프 코일 안테나로 공간에 복사되면, 근거리 장에서 생성되는 전계와 자계의 관계는 식(1)과 같다.

$$E_m = Z_m H_m \tag{1}$$

여기서,  $E$  : 전계

$H$  : 자계

$Z_0$  : 자유공간의 파동임피던스

여기서,  $E_m$ 은 거리  $d$ 에서 자계 전파원으로부터 생성된 전계이고,  $H_m$ 은 거리  $d$ 에서 자계 전파원으로부터 생성된 자계이며,  $Z_m$ 은 거리  $d$ 에서 자계 전파원으로부터 복사된 전파의 임피던스로서, 전파상수  $\beta$ , 공간거리  $d$ , 원거리 장의 자유공간 임피던스  $Z_0(=120\pi)$ 의 곱으로 식(2)와 같이 계산된다.

$$Z_m = Z_0 \beta d \tag{2}$$

여기서,  $\beta = 2\pi/\lambda$

135kHz 이하 미약 전계강도 무선기기의 측정거리인 3m지점은 근거리 장이 형성되므로  $\beta d$ 는 1보다 작은 값을 갖게 되고, 파동 임피던스  $Z_m$ 은  $Z_0$ 보다 작게 되어 루프안테나를 이용한 측정치  $E$ 는 실제의 전계크기보다 크게 표시된다. 이러한 측정의 경우에는 복사 전계 크기보다 큰 전계크기를 복사하는 것으로 판정할 수 있으므로 식(2)를 이용한 보상방법으로 식(3)과 같은 실제 복사 전계크기를 구할 수 있다.

$$E = Z_0 H_m(\beta r) = E_m \frac{2\pi}{\lambda} r \tag{3}$$

### 2.3 국내의 기술 기준

국내의 135kHz 이하 미약 전계강도 무선기기의 기술기준에 대하여는 무선설비규칙(방통위고시 제2009-13호) 제97조 제1호에 규정되어 있으며, 일본의 미약전계강도 무선기기의 전계강도 기준치와 동일하며 표 1과 같다.

상기와 같이 저주파 135kHz 이하의 미약전계무선기기에 적용되는 최대 전계강도 허용치는 측정치  $\times 6\pi/\lambda \leq 500 \mu\text{W}/\text{m}$ 로 계산되므로, 이를 수식적으로 표현하면 식(1)과 같이 된다.

표 1. 국내의 미약 전계 강도 기준치

주파수	전계강도 기준치
322MHz 미만	500 $\mu\text{W}/\text{m}$ 이하 (15 MHz 이하에서는 측정값에 $6\pi/\lambda$ 를 곱하여 적용한다. 이 경우 $\lambda$ 는 측정주파수의 파장임)

$$E = E_L (= 500 \mu V/m) \times (\lambda/6\pi) \quad (4)$$

식(4)의 양변에 20log를 취하면 식(5)가 된다.

$$\begin{aligned} E_{dB} &= 20\log(500) + 20\log(\lambda/6\pi) \\ &= 53.97 - 25.5 + 20\log\lambda \end{aligned} \quad (5)$$

식(5)에서 파장을 주파수로 변환하면, 주파수 135kHz 이하에 적용할 수 있는 전계강도 허용치는 식(6)과 같다.

$$E_{dB} = 28.27 + 20\log(3 \times 10^5 / f(kHz)) \quad (6)$$

식(6)을 이용하여, 주파수 10~150kHz에 대한 전계강도 허용치는 그림 1과 같다.

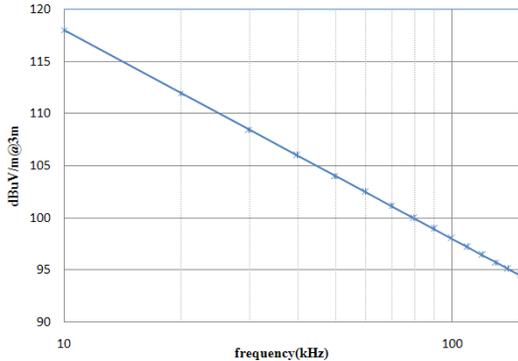


그림 1. 미약전계강도 무선국의 전계강도 제한치

## 2.4 미국의 기술 기준 및

미국의 FCC는 47CFR Part 15.209 규정에 의해 주파수 135kHz이하의 미약전계 무선기기에 대한 출력 및 불요발사를 관리하고 있으며, 47CFR Part 15.205 규정을 통하여 무선항행 등 안전서비스 보호를 위하여 운영금지 대역을 두고 있다. 135kHz 이하의 경우, 전계강도 기준치는 표 2에 나타나 있다.<sup>[5]</sup>

미약 전계 무선기기의 경우, 근역장을 이용하므로 표 5에 제시된 측정거리에서는 측정이 불가능하

표 2. 미국의 Part 15.209의 기준치

주파수(MHz)	전계강도( $\mu V/m$ )	측정거리(m)
0.009~0.490	2400/f(kHz)	300
0.490~1.705	24000/f(kHz)	30

므로 FCC는 47CFR Part 15.31 (d)-(2)의 규정을 통해 보상법을 제시하고 있다.<sup>[6]</sup>

이 보상법은 실제 측정(60dB/decade)을 통한 방법과 40dB/decade를 제시하고 있다.

표 2의 2400/f(kHz)와 300m에 60dB/decade와 40log/decade를 적용하면 측정거리 3m에서의 전계강도 허용치는 식(7),(8)과 같다.

$$\begin{aligned} E &= 20\log\left(\frac{2400}{f(kHz)}\right) + 40\log\left(\frac{300}{3}\right) \\ &= 80 + 20\log\left(\frac{2400}{f(kHz)}\right) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} E &= 20\log\left(\frac{2400}{f(kHz)}\right) + 60\log\left(\frac{300}{3}\right) \\ &= 120 + 20\log\left(\frac{2400}{f(kHz)}\right) \end{aligned} \quad (8)$$

위의 식들을 이용하여, 주파수 10~150kHz에 대한 FCC의 전계강도 허용치는 그림 2와 같다.

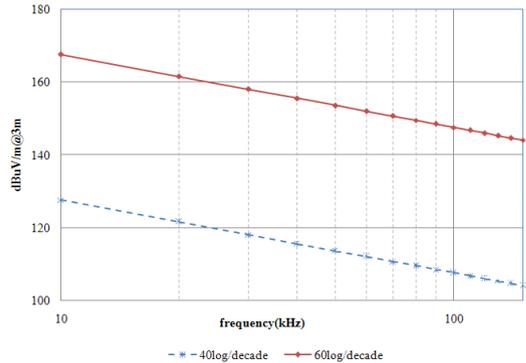


그림 2. 미국의 전계강도 허용치(3m)

## 2.5 유럽의 기술 기준

소출력 무선기기에 대한 유럽 규정은 CEPT ERC REC.70-30에서 다루고 있으며 사용하는 기기의 용도 및 주파수에 따라 다양한 출력기준을 갖고 있으며, 135kHz 이하 대역에 대한 Harmonized Standards는 ETSI EN 300 330이다. 표 2에는 유럽의 유도 응용에 대한 기술 기준을 나타내고 있다.<sup>[7],[8]</sup>

그림 3은 표 3에서 제시된 ERO(European Radio Office)의 유도 응용기기에 대한 자체 허용 권고치를 나타낸 것이다.

135kHz 대역은 매우 낮은 저주파로서 측정거리

표 3. 유럽의 유도 응용 대한 기술 기준

주파수(KHz)	자계허용치 (dBμA/m)	비고
9.0~59.750	72.0	-3dB/oct@30KHz
59.75~60.25	42.0	-
60.25~ 70.0	69.0	-3dB/oct@30KHz
70 ~ 119	42.0	-
119 ~ 135	66.0	-3dB/oct@30KHz
135 ~ 140	42.0	-
140.0 ~ 148.5	37.7	-

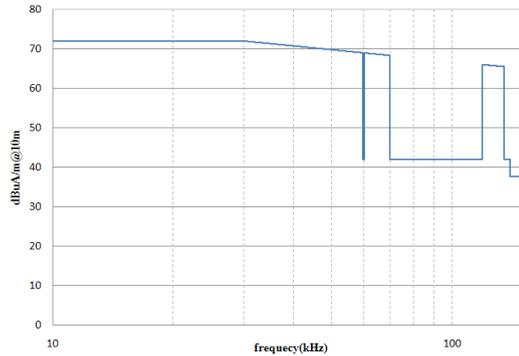


그림 3. 유럽의 자계강도 제한치(10m)

는 3m 또는 10m인데, 이 거리는 근거리장에 해당 되어 실제 측정값이 매우 큰 값으로 측정되나 거리가 멀어질수록 그림 3와 같이 급격한 감소특성을 나타낸다. 그러므로 3m에서의 자계강도는 식(9)와 같이 보상해야 한다.

$$H_x = H_{10} + 60 \log \frac{10}{d_x} \text{ (dB}\mu\text{A/m)} \quad (9)$$

여기서,  $H_x$ : 3m에서의 자계강도,

$H_{10}$ : 10m에서의 자계강도

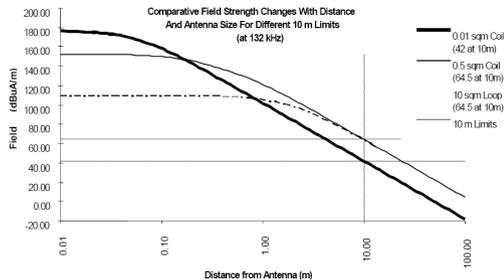


그림 4. 거리에 따른 자계강도의 감쇄량 (ERC Report44)

그러므로 식(9)의  $d_x$ 에 3을 대입하여 나타낸 유럽의 3m에서의 자계강도 제한치가 그림 5에 보이고 있다.

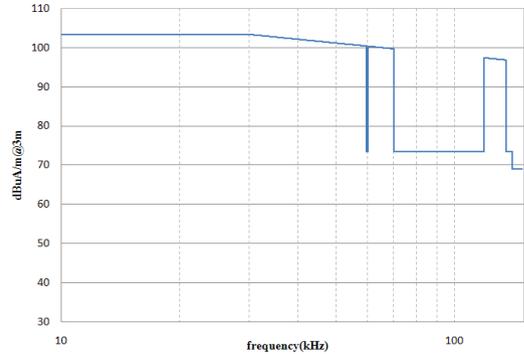


그림 5. 유럽의 자계강도 제한치(3m)

### III. 각국의 기술기준 비교

앞장에서 살펴본 바와 같이 대부분의 국가에서 출력기준이 전계강도나 전력 또는 자계강도로 되어 있고, 우리나라의 현행 전파관리법규의 규정은 전계강도와 전력으로 규정되어 있다.<sup>[12]</sup>

그러므로 우리나라에서 사용하려는 미약전계강도 무선기기는 출력을 전계강도로 표시하여 한국의 기준에 적합함을 인증을 받아야 사용을 할 수 있다.

앞장에서 살펴본 각국의 출력기준 중 유럽의 출력기준은 자계강도로 되어있으므로 비교를 위해 전계강도로 변환해야만 한다.

자계강도 제한치를 3m 전계허용치로 변환하기 위하여, 식(3)에  $r=3$ 을 대입하면, 다음식과 같은 전계강도 제한치를 얻는다.

$$E = E_m \times \left( \frac{\lambda}{6\pi} \right) = H_m Z_0 = H_{3m} Z_0 \quad (10)$$

여기서,  $H_{3m}$ : 3m 측정거리에서의 자계강도

식(10)을 이용하여 그림 5의 유럽의 자계강도 제한치를 전계강도 제한치로 변환하면 그림 6과 같다.

보다 직접적인 비교를 위해 국내의 전계강도 제한치, 미국 FCC의 제한치 그리고 유럽의 자계강도를 전계강도로 변환한 값의 비교가 그림 7에 보이고 있다. 그림에 나타난 바와 같이 30kHz를 기준으로 살펴보면 우리나라의 전계강도 제한치는 유럽에 비해 46.4dB, 미국에 비해 49.6dB로 지나치게 낮음

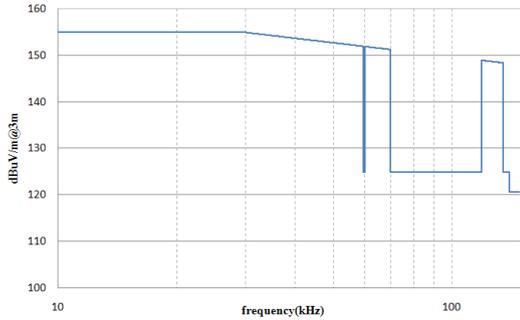


그림 6. 유럽의 전계강도 제한치(3m)

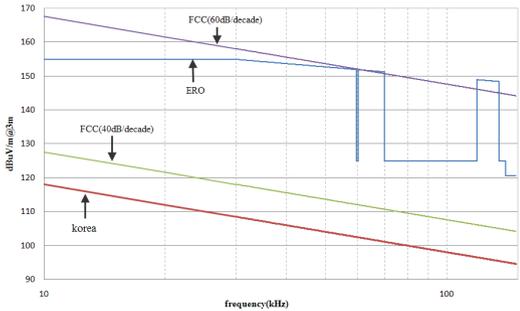


그림 7. 각 국가의 전계강도 제한치의 비교

을 확인할 수 있다.

따라서 외국에 비해 지나치게 낮은 우리나라의 전계강도 제한치를 해당 주파수를 사용하는 다른 기기들과의 전파간섭에 관한 문제가 없다면 외국의 규정과 유한 값으로 상향한 것이 필요하다.

#### IV. 개선방안 및 제안

앞장에서 살펴본 바와 같이 우리나라의 전계강도 제한치가 미국에 비해서는 약 50dB, 유럽에 비해서는 25dB~45dB 낮은 것으로 확인되었다. 이렇게 낮은 전계강도 제한치는 관련 국내업체들의 국제 경쟁력을 저하시킬 뿐 아니라 관련 국내 시장 활성화를 저해하고 있다.

따라서 본 논문에서는 135kHz 이하 국내 미약 전계 강도 무선기기에 대한 기준치를 현실화하기 위해 다음과 같은 개선방안을 제시한다.

안테나로부터 방사되는 전자파가 이루는 장은 신호원과의 상대적 위치에 근거리 장과 원거리 장으로 분류한다. 근거리 장이란 신호원과 전자파 흡수체간의 거리가  $2D^2/\lambda$ 보다 짧은 경우를 말하며 원거리장이란 거리가  $2D^2/\lambda$  보다 긴 경우인데,

135kHz 이하 주파수를 사용하는 경우에는 근거리장이 형성된다. 이러한 근거리장에서는 전계강도보다 자계강도가 더 우세하다는 특징이 있고, 미약 전계강도 무선기기들의 출력 측정은 루프안테나를 이용하여 측정하므로 전계강도보다는 자계강도를 측정하는 것이 훨씬 더 용이하다. 그러므로 새로운 출력 제한치는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

현재 전계강도로 되어있는 출력 제한치를 자계강도로 변환해야 할 것이고, 또한 현재 외국에 비해 지나치게 낮게 설정되어 있는 출력 제한치를 또한 상향시켜야 할 것이다. 이러한 조건을 만족하는 출력 제한치를 갖춘 국가는 유럽이 유일하다. 따라서 유럽의 출력 제한치를 적용하여 제안하고자 한다.

위의 표에서 90~110kHz 대역은 무선항행용으로 이미 사용되고 있는 대역이므로 다른 미약전계강도 무선기기를 사용할 수 없는 대역이다. 그림 8은 표 4에서 제안한 출력 제한치와 현재의 출력 제한치를 자계강도로 변환하여 비교한 것이다.

표 4에서 72dB $\mu$ V/m는 유럽과의 harmonization을 위한 값이고, 42dB $\mu$ V/m는 DGPS 수신국과의 사이에 32.8m의 혼신 보호 거리가 필요하고, 이는 DGPS의 운영 환경을 고려할 경우 혼신 확률은 크지 않을 것으로 판단되는 값이다.

표 4. 본 논문에서 제안한 국내 자계강도 제안치

주파수 (kHz)	자계강도 dB $\mu$ V/m	측정거리	비고
10~30	72	10m	-
30~90	72	10m	-3dB/oct@30kHz
90~110	42	10m	-
110~150	66	10m	-3dB/oct@30kHz

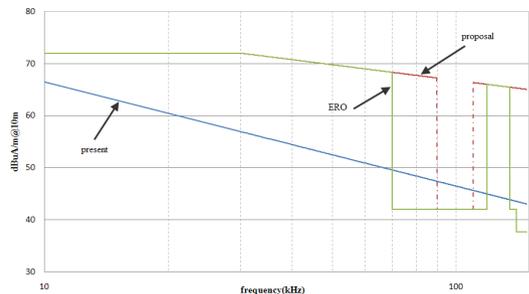


그림 8. 본 논문의 제안치와 유럽기준의 비교

### V. 결 론

본 논문에서는 급변하는 세계통신기술의 흐름을 파악하고 빠르게 대응해 나가고자 미약 무선국에 관한 국내 상황과 각국의 현황과 제도를 조사·분석하였다. 이를 바탕으로 135kHz이하 대역의 전계 강도 기준치가 현저히 낮게 제정되어 있다는 것과 해당 주파수 대역에서는 근거리장이 형성되므로 자계 강도가 측정이 용이하므로 전계강도만으로 규정되어 있는 현재의 규정에 대한 문제점을 도출하였다.

따라서 비현실적인 미약 무선국에의 기준치를 현실성 있는 기준치로 개선하고자 개선안을 제안하였다. 현재 이 주파수 대역을 사용하는 다른 무선기기에 대한 검토 및 간섭문제에 대한 검토는 좀 더 필요할 것으로 사료되나, 현재 전계강도만으로 규정되어 있는 출력 제한치를 본 논문에서 제안한 자계강도 제한치를 바탕으로 적용하는 것이 바람직하리라 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 강건환, 오세준, 박덕규, “국내 미약 전계 강도 무선기기 기술 기준 개선방안 및 제안”, 한국전자파학회논문지 제17권 제6호, 2006. 6.
- [2] 정보통신부, “소출력 주파수 및 공공기관 주파수 이용제도 개선에 관한 연구”, 2003. 12. 31
- [3] 전파연구소, “미약전계강도 무선기기에 대한 간섭시나리오 개발에 관한 연구”, 2007. 12
- [4] 방송통신위원회, “무선설비규칙(방송통신위원회 고시 제2009-13호)”, 2009. 4. 1
- [5] <http://cfr.vlex.com/vid/15-209-radiated-emission-limits-requirements-19847570>
- [6] <http://cfr.vlex.com/vid/15-31-measurement-standards-19847392>
- [7] CEPT ERC Recommendation 70-03
- [8] ETSI EN 300 330

김 선 열 (Sun-youb Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 제32권 제8T호 참조

박 형 근 (Hyoung-keun Park)

정회원

한국통신학회 논문지 제32권 제8T호 참조

하 은 실 (Eun-sil Ha)

정회원



1987년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사

1995년 2월 서강대학교 정보처리학과 이학석사

2005년 8월 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학부 공학박사

<관심분야> 무선LAN, OFDM, ATM