

58kHz 대역 미약 전계강도 무선기기 기술 기준에 관한 연구

박형근^{1*}, 김선엽², 나유찬²

¹남서울대학교 전자공학과, ²남서울대학교 정보통신공학과

A Study on the Technical Regulation of Weak Electric Filed Strength Radio Equipment about 58kHz Frequency Band

Hyoung-Keun Park^{1*}, Sun-Youb Kim² and Yoo-Chan Ra²

¹Deptment of Electronic Engineering, Namseoul University

²Deptment of Information Communication Engineering, Namseoul University

요 약 본 논문에서는 58kHz 대역의 국내 미약 전계 강도 무선기기의 출력 제한치를 다른 외국의 기준치와 비교하였다. 이를 통해 국내의 규정이 미국이나 유럽에 비해 대략 50dB 정도 낮음을 확인하였고, 이를 검증하기 위해 58kHz EAS 시스템의 출력을 측정하였다. 측정 결과, 전계강도값이 각각 112dB μ V/m와 108dB μ V/m로 측정되었는데, 이러한 값은 국내의 현재 기준인 102.7dB μ V/m를 초과하는 값을 확인하였다. 따라서 58kHz 대역의 국내기준의 사양 검토가 필요하다고 사료된다.

Abstract This paper compared the output limits value of the Korean weak electric field strength wireless device in the 58kHz band with the standard values of foreign countries. Through this, the study confirmed that the Korean regulation was lower by about 50dB than those of the USA or Europe. In order to prove this, the study measured outputs by entrusting the 58kHz EAS system to two measuring companies. As a result of these measurements, electric field strengths were shown to be 112dB μ V/m and 108dB μ V/m respectively, and these values were confirmed to exceed the current Korean standard of 102.7dB μ V/m. Accordingly, it is deemed necessary to review the specifications of the Korean standard in the 58kHz band.

Key Words : Extremely low power, Electric field, Magnetic field, EAS

1. 서론

정보화 사회의 성장 동력으로서 유한자원으로 사용의 제한을 받고 있는 주파수의 효율적 사용의 중요성이 증대하고 있으며, 전파사용이 종래에는 통신, 방송 등의 고유한 업무영역에 한정되었지만 정보화 사회의 도래와 함께 국민생활의 모든 영역으로 확산되고 있다. 이러한 전파 이용 시스템들 중 현저하게 미약한 전파를 사용하여 일상생활에서 좁은 범위를 영역으로 하는 미약 전계 강도 무선기기에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 무선 설비는 유비쿼터스 환경 실현에 매우 중요한 역할을 수행할 것으로 전망되고 있으며, 앞으로도 그 사용 범위가 다양하게 증가될 것으로 예상된다[1,2].

이러한 미약 전계 강도 무선기기 중 58kHz 대역을 사용하는 기기에는 할인매장, 일반상점 등에서 태그나 라벨을 상품에 부착하여 정상적으로 판매절차를 거치지 않은 상품이 출입구를 통과하면 경보가 발생하는 상품도난 방지 시스템이 있다.

EAS(Electronic Article Surveillance)라고 하는 상품도난 방지시스템의 송, 수신용 안테나는 많은 사람들이 상품을 휴대하고 왕래하는 출입구에 설치되는 특성상 충분한 통신거리를 확보하여야 한다. 그러나 이러한 주파수 대역에 관한 우리나라의 기술기준은 유럽, 미국 등의 해외 기술 기준과 비교할 때, 출력기준이 너무 낮아 통신거리에 문제가 되고 있다. 미국, 유럽 등의 EAS 시장이 연평균 5%이상 성장하고 있는 반면 국내의 시장은 매년 약

*교신저자 : 박형근(phk315@nsu.ac.kr)

접수일 09년 06월 16일 수정일 (1차 09년 07월 27일, 2차 09년 08월 20일, 3차 09년 09월 13일) 게재확정일 09년 09월 16일

5% 감소하고 있는 것은 기술기준의 차이로 인해 시장이 활성화되지 못하고 있음을 나타내는 단편적인 예로 볼 수 있다. 무선 통신을 위한 RF 핵심소자의 경우 대부분 해외에서 수입되고 있으며, 수입이 이루어지는 과정에서 국내 기술기준을 만족하기 위해 튜닝(Tuning) 절차를 거치게 되고 이 과정으로 인하여 가격이 상승하게 되므로 대다수의 Application 개발사에서 국내 시장을 외면하게 하는 요인이 되고 있다.

따라서 본 논문에서는 58kHz 대역에 대한 방송통신위원회 고시의 출력 규정과 외국의 규정과 비교·분석 및 실제기기에 대한 측정을 통해 58kHz 대역의 출력 규정의 비현실적인 문제점을 지적하고 개선 방향을 제안한다.

2. 58kHz 대역의 국내·외 출력 규정

2.1 미약 전계 강도 무선기기의 정의

미약 전계 강도 무선기기는 국가별로 규정하고 있는 해당 주파수 대역에서 기술기준을 만족한다면 용도에 관계없이 사용할 수 있는 무선 설비를 말한다. 일반적으로 사용되는 출력은 전계 강도 기준치의 상한 값을 규정하여 사용하고 있다. 소출력 무선기기보다는 훨씬 적은 출력을 사용하고 있어, 소출력 무선기기와는 별도의 개념의 무선설비라 정의할 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[1].

2.2 미국의 기술 기준

미국의 경우 미약무선국의 기술기준으로 FCC part 15.209의 기술기준을 준수해야 의도적인 방사체로부터의 전계강도가 표1과 같이 주파수별로 규정되어 있다. 58kHz의 경우, 전계강도는 9~490kHz의 대역에서 2400/f(kHz)를 따른다[3].

[표 1] 미국의 Part 15.209의 기준치

Frequency(MHz)	전계강도 (microvolts/meters)	측정거리 (meters)
0.009~0.490	2400/f(kHz)	300
0.490~1.705	24000/f(kHz)	30
1.705~30.0	30	30
30~88	100	3
88~216	150	3
216~960	200	3
Above 960	500	3

2.3 유럽의 기술 기준

58kHz 대역인 저주파의 경우 CEPT(the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) ERC(European Radio Commission) REC. 70-30과 ETSI(European Telecommunications Standards Institute) EN300 330(9kHz~25MHz)에 의해서 기술기준, 시험방법, 일반조건, 송/수신기 요구조건 등이 규정되어 표2와 같이 규정되며 58kHz의 경우는 0.009~0.03MHz의 72dB μ A/m이다.[4,5]

[표 2] 유럽의 SRD에 대한 기술 기준

Frequency range (MHz)	H-field strength limit (Hf) dB μ A/m at 10 m
0.009 \leq f < 0.315	30
0.009 \leq f < 0.03	72
0.03 \leq f < 0.05975 < 0.06025 \leq f < 0.07 < 0.119 \leq f < 0.135	72 at 0.03MHz descending 3dB/oct

2.4 일본의 기술 기준

일본의 주파수 할당 및 관련규제는 총무성 총리대신이 고시하는 전파법시행규칙 및 무선설비 규칙에 의하여 각종 주파수의 할당이 이루어지며 기술기준과 관련된 사항은 사단법인 전파산업협회(ARIB)에서 제정된다. 전파법 시행규칙 제6조 제1항 제1호에서는 미약 전계강도 무선기기의 전계강도 기준치를 고시하고 있는데, 58kHz 대역에 대한 기술 기준은 표 3과 같다[6].

[표 3] 일본의 미약 전계 강도 기준치

주파수	전계강도 기준치
322MHz 미만	500 μ V/m 이하 (15MHz 이하에서는 측정값에 6 π / λ 를 곱하여 적용한다. 이 경우 λ 는 측정주파수의 파장임)

2.5 국내의 기술 기준[7]

국내의 58kHz 대역에 대한 미약 전계강도 무선기기의 기술기준에 대하여는 무선설비규칙(방통위고시 제 2009-13호) 제97조 제1호에 규정되어 있는데, 이 규정은 표 3의 일본의 규정과 동일한 규정이다.

3. 58kHz대역의 각국 기술기준 비교

앞부분에서 살펴본 바와 같이 대부분의 국가에서 출력 기준이 전계강도나 전력으로 되어있고, 한국의 현행 전파

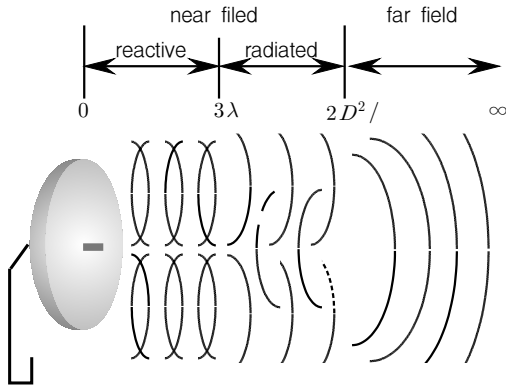
관리법규의 규정 또한 전계강도와 전력으로 규정되어 있다[12].

그러므로 한국에서 사용하려는 소출력 무선설비는 출력값을 전계강도로 표시하여 한국의 기준에 적합함을 인증을 받아야 한국에서 사용이 가능하다. 그러나 58kHz 대역의 주파수를 사용하는 무선기기들의 경우에는 코일에서 방사되는 자계강도를 이용하는데, 이러한 자계강도는 원거리장에서 측정하기 어렵기 때문에 근거리장에서 측정한 후 이를 전계강도로 변환하여 표시하고 있다.

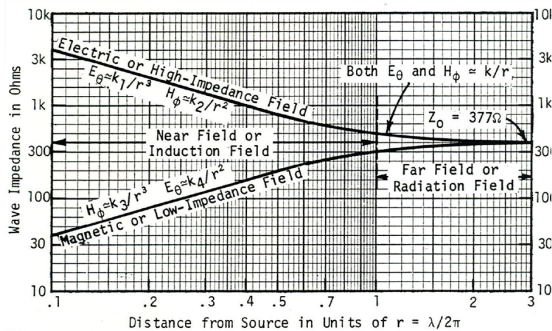
3.1 안테나로부터 발생되는 장(field)의 구분

안테나로부터 방사되는 전자파가 이루는 장은 신호원과의 상대적 위치에 따라 그림 1과 같이 근거리 장과 원거리 장으로 분류할 수 있다.

근거리장이란 신호원과 전자파 흡수체간의 거리가 $2D^2/\lambda$ 보다 짧은 경우를 말하며 원거리장이란 거리가 $2D^2/\lambda$ 보다 긴 경우를 말하며, 근거리장과 원거리장에서 파동임피던스의 변화는 그림 2에 나타내었다.



[그림 1] 근거리장과 원거리장



[그림 2] 거리에 따른 파동임피던스의 변화[8]

일반적으로 원거리 장에서는 전계와 자계는 사이에는 식 (1)과 같은 관계가 있다.

$$E = Z_0 H \tag{1}$$

여기서,

E : 전계

H : 자계

Z_0 : 자유공간의 파동임피던스

원거리장에서 전자파는 평면파에 근접하며 이 경우 전자파는 곡률을 잃어 전계와 자계를 포함하는 구면이 하나의 평면을 이루게 되며 파동임피던스 Z_0 는 그림 2과 같이 377Ω 로 일정한 값을 갖는다[8].

그러나 58kHz 대역의 무선기기의 경우 전계크기 측정에는 루프 안테나를 이용하는데, 이는 전계크기를 측정하는 것이 아니라 자계크기 H 를 측정하므로 측정된 자계크기 H 에 자유공간의 파동 임피던스 Z_0 을 곱해서 전계크기를 구해야 한다.

식 (1)은 원거리영역에서만 성립하므로 주파수가 낮아 파장이 긴 경우나 전자계 크기 측정거리가 짧은 경우는 보상을 한다. 이때, 복사원이 미소다이폴 또는 미소루프인 경우에 따라 다른데, 58kHz 대역의 경우는 미소루프이므로 근거리장의 미소루프 파동 임피던스는 식 (2)와 같다.

$$\left| \frac{E}{H} \right| = Z_0(\beta r) \tag{2}$$

여기서,

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$

λ : 측정전자파의 파장

r : 신호원과 측정지점까지 거리

식 (2)에 의해서 무선설비에서 사용하는 주파수가 낮아지는 만큼 파동 임피던스는 Z_0 보다 작게 되어 루프안테나를 이용한 자계크기 측정치 E_0 는 실제의 전계크기보다 높게 표시된다. 이러한 측정의 경우에는 복사 전계크기보다 큰 전계크기를 복사하는 것으로 판정할 수 있으므로 식 (2)를 이용한 보상방법으로 식 (3)과 같은 실제 복사 전계크기를 구할 수 있다.

$$E = Z_0 H(\beta r) = E_0 \frac{2\pi}{\lambda} r \tag{3}$$

3.2 각국 출력 규정 계산

3.2.1 미국규정의 계산

미국 FCC는 신고없이 이용하는 무선설비의 전계크기 기준을 용도와 상관없이 47CFR Part 15.209에서 규정하고 있는데 이는 앞의 표 1에 보였다.

58kHz는 FCC의 47CFR Part 15.209의 0.009~0.490(MHz) 대역에 포함되고 이 주파수대역에서 전계강도의 기준치는 $2,400/f(\text{kHz})$ 이므로 이 값을 58kHz로 나누면 $41.4\mu\text{V}/\text{m}(=32\text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$ 이다. 이 경우, 기준 측정거리는 300m인데 이 거리를 확보하여 전자파 무반사실에서의 측정이 불가능하므로 47CFR Part 15.31 (2)의 규정에서는 측정거리에 대한 환산 규정을 다음의 두 가지로 제시하고 있다[9].

47CFR Part 15.31은 58kHz 대역의 경우, 표 1에 나타난 것처럼 300m 떨어진 곳에서 출력을 측정해야 하는데, 이는 불가능하므로 다음의 두 가지의 거리에 대한 보상을 언급한 것이다.

- i) 역선형 거리 외삽인자의 제곱을 사용
 - : 40dB/decade
- ii) 적어도 하나의 방사상에서 최소한 서로 다른 두 개의 거리 측정 실시
 - : 60dB/decade

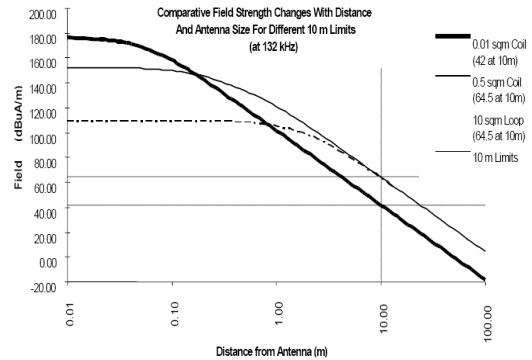
58kHz 대역은 유도성 루프안테나를 사용하므로 상기 보상규정 중 60log/decade를 이용하여 보상을 실시한다. 그러므로 58kHz 대역에 대한 미국의 출력기준은 $32\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}+60\log(300/3)=152\text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 이다.

3.2.2 유럽규정의 계산

저주파의 근거리장에서 사용하는 유도성 루프시스템은 원거리장 라디에이터와 다른 RF 특성을 가지며, 근거리장에서 “파동” 임피던스는 원거리장 파동 임피던스 $120\pi = 377\Omega$ 보다 낮다. $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 값과의 변환 오류를 방지하기 위하여, EU에서는 측정 결과는 항상 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 로 나타낸다.

58kHz 대역은 매우 낮은 저주파로서 측정거리는 3m 또는 10m인데, 이 거리는 근거리장에 해당되어 실제 측정값이 매우 큰 값으로 측정되나 거리가 멀어질수록 그림 3과 같이 급격한 감소특성을 나타낸다. 이러한 거리에 따른 자계강도의 감쇄에 따라서 자계강도를 EN 300 330-1의 부록 J의 규정에 의해 보상해야 한다[5].

부록 J의 규정은 $\lambda/2\pi \geq 3d(\text{m})$ 인 경우에 10m에서의 자계측정치 H_{10} 을 거리에 대한 보상을 식 (4)와 같이 해야 함을 나타낸다.



[그림 3] 거리에 따른 자계강도의 감쇄량 (ERC Report44)

$$H_x = H_{10} + 60\log\frac{10}{d_x}(\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}) \quad (4)$$

58kHz 대역의 자계강도 기준치는 10m 거리에서 $69\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 이며, $\lambda/(2\pi)=823$ 미터 이므로 측정거리 3m는 이보다 작다. 그러므로 위의 보상규정에 의해 계산하면 $69\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}+60\log(10/3)=100.4\mu\text{A}/\text{m}$ 가 된다. 다른 나라들은 대부분 출력기준을 전계강도를 이용하므로 이 값을 전계강도로 식 (5)를 이용하여 변환한다.

$$E_{3,\text{dB}} = Z_0 H_{3,\text{dB}} \quad (5)$$

여기서,

$H_{3,\text{dB}}$: 측정거리 3m에서의 자계(dB)

$E_{3,\text{dB}}$: 측정거리 3m에서의 전계(dB)

식 (5)에 의해 58kHz에 대한 유럽의 출력기준을 전계강도로 나타내면 $151.9\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 가 된다.

3.2.3 일본규정의 계산방법

58kHz에 대한 일본의 출력 규정은 식 (3)에 사용 주파수를 대입하여 나타내는데, 이는 식 (6)과 같이 된다[10].

$$E = E_0 \frac{2\pi f_{\text{MHz}}}{300} 3 \quad (6)$$

식 (6)을 dB로 표현하기 위하여 양변에 20log를 취하면 식 (7)과 같이 된다.

$$E_{\text{dB}} = E_{0,\text{dB}} - (24 - 20\log f_{\text{MHz}})\text{dB}\mu\text{V}/\text{m} \quad (7)$$

식 (7)에 사용주파수인 58kHz를 대입하면 102.7dB μ V/m가 된다. 이는 다음의 우리나라의 규정과 동일한 값이다.

3.2.4 한국규정의 계산

58kHz 대역의 출력기준은 앞에서 살펴본 바와 같이 500 μ V/m(54dB μ V/m)로 되어있고, 전파연구소 고시 제 2008-2호(형식등록 및 형식등록 처리방법)의 제4장 기타 기술기준 적용방법 중 제15조(전계강도로 규정된 무선기기 적용방법)에 제시된 시험방법 보상치 6 π / λ 를 이용하여 계산한다.

이러한 보상치를 dB로 환산하면 20log(6 π / λ)가 되므로 실제 전계강도 기준치 E는 식 (7)의 일본 규정의 식과 동일한 식이 된다.

그러므로 58kHz에 대한 한국의 제한치는 한국의 제한치인 102.7dB μ V/m와 같다.

이상에서 살펴본 58kHz에 대한 각 국의 규정을 비교하여 나타내면 표 4와 같다.

[표 4] 58kHz의 기준치의 비교

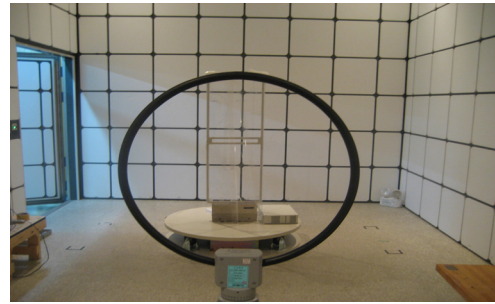
미국	유럽	일본	한국
152dB μ V/m	151.9dB μ V/m	102.7dB μ V/m	102.7dB μ V/m

4. 출력 측정 및 고찰

58kHz 대역의 각국 출력기준에 대해 고찰한 결과 표 4에 나타난 바와 같이 58kHz 대역에 대한 우리나라의 출력기준이 미국이나 유럽에 비해 매우 낮음을 확인하였는데, 실제 사용되는 기기에 대해 측정하여 이를 검증하고자 한다.

그림 4는 현재 미국과 유럽에서 사용되고 있는 58kHz의 주파수 대역을 사용하는 상품도난방지장치인 EAS(Electronic Article Surveillance)의 출력 측정을 위해 루프안테나와 상품도난방지시스템과 평행이 되도록 구성된 그림이다.

현재 유럽과 미국에서 판매되어 사용되는 장치이므로 유럽과 미국의 출력기준은 만족함을 알 수 있다.

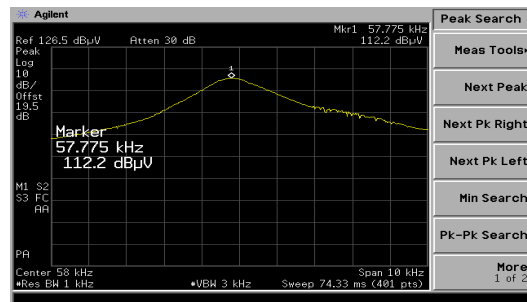


[그림 4] EAS와 루프안테나의 수평 배치

이 설비를 두 측정업체에 측정을 의뢰하여 3m 거리에서 측정을 수행하였는데, A 측정 업체는 스펙트럼 애널리저 상에 자계강도 출력의 측정이 불가능하여 전계강도 출력만 나타내었고, B 측정업체는 자계강도도 출력되는 스펙트럼 애널리저이므로 두 가지의 경우를 모두 나타내었다.

측정은 시험 주파수 범위에서 기존 무선국의 전파 신호가 감지되는지 확인하고, 이를 측정 주파수에서 제외하도록 설정하였고, 3 MHz이하에서는 저주파수대의 충분한 유도 전력을 얻을 수 있도록 스펙트럼 분석기의 DC 커플링 모드를 이용하도록 설정하였으며, 미세 신호의 식별을 위해 프리앰프를 사용할 수 있지만, 100 kHz 이하 주파수에서는 감쇄가 심하므로 보상하는 방법을 취하였다. 준첨두 검출 모드로는 호핑 신호 등을 정확하게 검출할 수 없으므로 RMS 검출 모드를 이용하였고, 신호가 안정적이지 못하거나 잡음이 강한 경우에는 디지털 평균(AVG) 모드를 이용하여 측정하였다.

그림 5에 측정된 값은 약 112dB μ V/m로 현재 58kHz 주파수 대역의 우리나라 규정 102.7dB μ V/m를 초과하는 값이다. 여기에 측정시의 루프 안테나와 급전선에 의한 이득 19.5dB μ V/m을 고려하면 측정된 출력이 더욱 더 커지기 때문에 우리나라의 규정을 훨씬 더 초과하게 된다.

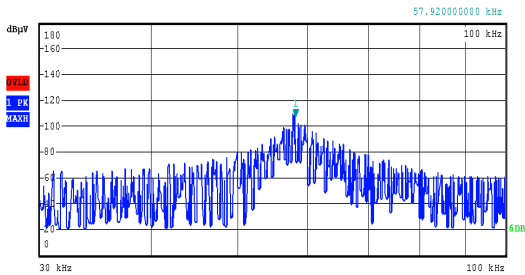


[그림 5] 수평으로 구성되어 측정된 58kHz EAS7의 전계강도

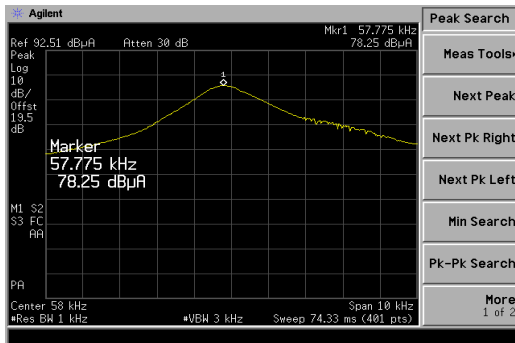
그림 6은 동일 EAS와 루프안테나의 구성으로 다른 특정업체(B업체)에 의뢰하여 측정된 결과로 측정된 출력 값은 108dB μ V/m으로 이 측정결과 또한 우리나라의 규정을 초과하고 있는데, 그림 5의 측정결과와의 차이는 환경상의 오차에 기인한 것이라 생각된다.

그림 7은 58kHz EAS 시스템과 루프안테나를 수평으로 구성하여 자계를 스펙트럼 애널리라이저의 RBW를 각각 1kHz로 측정된 그림이다.

측정결과 78.25dB μ A/m가 측정되었는데, 이 값은 3m에서의 유럽기준인 100.4dB μ A/m에 비해 충분히 낮은 값이다.



[그림 6] B업체에서 측정된 58kHz EAS 시스템의 전계강도



[그림 7] 수평으로 구성하여 측정된 58kHz EAS 시스템의 자계강도

이 값을 전자통신연구원(ETRI)에서 제안한 식 (9)를 이용하여 전계강도로 변환하면 88.4dB μ V/m가 된다[10].

$$E_{dB} = 38 + H_{dB} + 20\log F_{MHz} \quad (9)$$

이 값은 현재의 한국 규정인 102.73dB μ V/m를 초과하지 않음을 알 수 있다.

여기서 주목할 만한 결과로는 동일한 기기에 대하여 전계강도로 측정된 값은 112dB μ V/m이므로 우리나라의 출력기준을 초과하는 반면 자계강도로 측정하여 전계강

도로 변환한 값은 88.4dB μ V/m으로 우리나라 출력기준을 만족하게 되는 모순이 존재한다.

이러한 모순은 현재 58kHz 대역에 대한 출력기준인 102.73dB μ V/m가 동일 주파수대역에 대한 유럽의 기준치인 69dB μ A/m@10m를 전계강도로 변환한 151.9dB μ V/m에 비해 지나치게 낮음을 의미한다.

5. 결론

본 논문에서는 58kHz 대역에 대한 현재 우리나라의 출력기준이 미국이나 유럽 등의 외국에 비해 지나치게 낮게 규정되었음을 확인하였다.

무선 통신을 위한 RF 핵심소자의 경우 대부분 해외에서 수입되고 있으며, 수입이 이루어지는 과정에서 국내 기술기준을 만족하기 위해 튜닝(Tuning)절차를 거치게 되고 이 과정으로 가격이 상승하게 됨으로 대다수의 어플리케이션 개발사에서 국내 시장을 외면하게 하는 요인이 되고 있다. 또한 수출용 시스템과 내수용 시스템을 구분하여 별도로 개발하여야 하는 상황 또한 내수시장을 외면하게 하는 하나의 이유이며, 생산물량의 감소는 활발한 기술개발 의지를 저하시키고 국제시장에서의 가격 경쟁력을 떨어뜨리게 된다.

따라서 출력기준을 해외의 기술기준과 동일한 수준으로 개정하는 것이 국내 시장 활성화 및 국제 경쟁력을 갖추는 원동력이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 강건환, 오세준, 박덕규, “국내 미약 전계 강도 무선기기 기술 기준 개선방안 및 제안”, 한국전자파학회 논문지 제17권 제6호, 6월, 2006.
- [2] 정보통신부, “소출력 주파수 및 공공기관 주파수 이용제도 개선에 관한 연구”, 2003. 12. 31
- [3] <http://cfr.vlex.com/vid/15-209-radiated-emission-limits-requirements-19847570>
- [4] CEPT ERC Recommendation 70-03
- [5] ETSI EN 300 330
- [6] 전파연구소, “미약전계강도 무선기기에 대한 간섭시나리오 개발에 관한 연구”, 12월, 2007.
- [7] 방송통신위원회, “무선설비규칙(방송통신위원회 고시 제2009-13호)”, 2009. 4. 1
- [8] 문병기, 홍순호 "전자파 흡수재를 이용한 디지털 전자기기의 전자파 규제 대응 기술", 재료연구소 기계와 재료, 7월, 2008.

[9] <http://cfr.vlex.com/vid/15-31-measurement-standards-19847392>

[10] 박승근, “미국 및 유럽의 전계강도 기준치 해석”, 기술메모, 한국전자통신연구원, 2008.

박 형 근(Hyoung-Keun Park)

[정회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 5월 ~ 2001년 9월 : (주)미디어서비스기술연구소
- 2005년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 전임강사

<관심분야>

마이크로프로세서응용, 임베디드 S/W, 암호알고리즘

나 유 찬(Yoo-Chan Ra)

[정회원]



- 1994년 8월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1995년 9월 ~ 1998년 2월 : 전파연구소 공업연구소
- 1998년 2월 ~ 현재 : 남서울대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>

무선통신시스템, RF 회로 및 소자

김 선 엽(Sun-Youb Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 정보통신공학과 전임강사

<관심분야>

초고주파 통신용 회로, 광통신응용, 이동통신시스템