

기가헤르쯔 대역 불요파 방사의 최대값 추출을 위한 최적 회전 스텝 분해능 결정

Decision of Optimum Turn Step Resolution for Extraction of the Spurious Radiation in Gigahertz Band

허민호 · 윤영중 · 정삼영* · 공성식*

Min-Ho Hur · Young-Joong Yoon · Sam-Young Chung* · Sung-Sik Kong*

요 약

본 논문에서는 이동통신 품질 보호를 위한 주파수 1 GHz CISPR 허용기준 설정의 적정성을 조사하였으며, 주파수 1 GHz 이상의 장애파 측정에서 최대값 추출의 정확성을 높이기 위해 사전 시험에 이용될 수 있는 피시험체의 최적 회전 스텝 분해능에 대해 조사하였다. 마이크로 프로세서의 클럭속도 500 MHz 및 1.7 GHz인 퍼스널 컴퓨터를 피시험체로 측정된 결과, 클럭속도 500 MHz의 경우, 미국 표준과학연구원 Koepke 방식에 의해 추출된 최적 스텝 분해능은 40 개이었고, 클럭속도 1.7 GHz 퍼스널 컴퓨터의 경우 스텝 분해능은 36개로 평가되었다. 완전 스캔(Fully scan) 방식의 측정이 요구되는 기가헤르쯔 측정에서 회전 스텝 분해능에 대한 예측은 측정의 정확성 뿐만 아니라 측정 시간을 상당히 단축시켜 줄 것이다.

Abstract

In this paper, suitability of 1 GHz CISPR limits establishment for broadcast communication quality protection is examined and the optimum turn step resolution of EUT for spurious measurement of frequency above 1 GHz to increase the accuracy of maximum values extraction is examined. As a result of 500 MHz and 1.7 GHz clock speed personal computer of micro-processor measurement, optimum turn step resolution extracted by National Institution of National Instrument of Standard & Technology(NIST) Koepke method is estimated 40 table positions per polarization in 500 MHz. And in case of 1.7 GHz, step size is 36 table positions. Prediction of turn step size required for fully scan method in gigahertz measurement will increase measurement accuracy and reduce considerable measurement time as well.

Key words : EMC, 스텝 분해능, 방사패턴, 기가헤르쯔 측정기술

I. 서 론

국제적으로 정보사회 발전이 활발히 진행되는 가운데 컴퓨터와 같은 정보 기술 장치(ITE : Information Technology Equipment)의 제조기술은 클럭

(clock) 속도가 1 GHz 이상까지 급속히 발전하고 있다^[1]. 이러한 기기들로부터 외부로 방출되는 불요 전자파는 각종 기기들에 오동작의 원인이 되고 있으며, 기가헤르쯔 대역에서 사용되고 있는 이동성, 근거리 이용, 저 전력 특성을 갖는 PCS 1900, IMT

「본 논문은 정보통신부의 출연금 등으로 EMC 기준전문위원회에서 수행한 연구 결과입니다.」

연세대학교 전자전기공학부 마이크로파 및 안테나 연구실(Microwave & Antenna Lab., Dept. of Electric & Electronic Eng., Yonsei University)

*정보통신부 전파연구소(Radio Research Laboratory, MIC)

· 논문 번호 : 20021102-02S

· 수정완료일자 : 2002년 12월 4일

2000, Bluetooth, 무선 랜(Wireless LAN) 등의 서비스에 통신 장애를 유발시키는 장애원이 된다. 이러한 환경적 변화에 따른 문제점 발생에 따라 EMC (Electromagnetic Compatibility) 분야의 국제 표준화 위원회인 국제전파장해 특별위원회(CISPR, International Special Committee on Radio Interference)에서 주파수 범위 1~18 GHz 대역의 허용기준치 및 시험방법에 대한 표준화 작업을 수행하고 있다.

따라서 본 논문에서는 현재 표준화가 진행 중인 1 GHz 대역 불요파 허용 기준에 대한 CISPR H 및 I의 접근 방식을 이용하여 국내 무선 통신에 적용될 수 있는 허용기준을 고찰하였으며, 기가헤르쯔 대역의 짧은 파장으로 인해 어레이 안테나(array antenna)의 방사 패턴^[2]을 갖는 불요파 발생 특성에 대한 측정의 정확성을 높이고 측정 시간을 단축시키기 위해 사전 시험 단계에서 최근 사용이 급격히 증대되고 있는 퍼스널 컴퓨터의 방사 패턴으로부터 회전 스텝을 결정할 수 있는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

II. 기가헤르쯔 대역 허용기준치 고찰

CISPR는 1~18 GHz 범위의 불요전자파 허용치와 측정방법에 대한 국제 표준 제정을 위해 심의하고 있으며 1 GHz 이상 대역의 전파서비스를 보호하기 위한 불요 전자파 규제를 향후 시행할 예정이다. 기가헤르쯔 대역 허용기준치를 정하기 위하여 CISPR에서는 크게 2가지 접근 방식으로 논의되고 있다.

2-1 CISPR H 접근방식

무선서비스 보호 위원회인 CISPR H에서는 모든 대상기기에 대해 공통적으로 적용될 수 있는 기가헤르쯔 대역 기준치 설정 작업을 추진하고 있다. 이 접근 방식에 따르면 기가헤르쯔 대역의 허용기준치를 정하기 위해 일반적인 파라메타 및 통계적 파라미터의 2가지 요소를 고려한다.

일반적인 파라미터는 전자파 장애로부터 보호되어야 할 목적 신호의 전계강도(E_w), 보호율(R), 무선 통신 서비스와 불요파를 발생하는 장애원과의 허용

표 1. CISPR H에서 제안된 허용기준치
Table 1. Proposed Limits at CISPR H.

적용단자	주파수 범위	허용기준치 (at 3 m)
표면단자	1 ~ 3 GHz	45 dB $\mu V/m$
	3 ~ 6 GHz	48 dB $\mu V/m$
	6 ~ 18 GHz	55 dB $\mu V/m$

거리이다. 허용기준치는 목적신호의 전계강도와 보호율을 이용하여 다음과 같이 계산된다^[3].

$$E_{pdis} = E_w - R + I_s \quad (1)$$

$$R = \frac{E_w - \delta_w t_a}{E_d + \delta_w t_a} \quad (2)$$

여기서 E_{pdis} 는 허용가능한 장애 전계강도 값이며, δ 는 E_w 및 E_d 값의 표준편차이며, t_a 정규분포의 크기이다. I_s 는 시스템 고립도[dB]이며 참고문헌^[3]의 통계적 파라미터 값으로 정해진다. 이 방식은 확률적 요소 및 측정수신기와 무선 통신 서비스 대역폭 비율과 같은 통계적 파라미터를 고려한 이론적 해석방식을 사용하고 있어 다수의 확률적 요소 값을 위한 많은 통계적 데이터 추출이 필요하나, 데이터 확보가 어려워 현실적으로 쉽지 않은 접근 방식이다. 이러한 접근 방식으로 구해진 허용기준치는 표 1과 같다.

2-2 CISPR I 접근방식

CISPR I 위원회에서 진행중인 접근방식은 현재 규제 중인 1 GHz 이하의 허용기준치를 이용하여 1 GHz 이상의 주파수 범위에 대한 기준치를 산출해내는 방식이다. 1 GHz 이상의 허용기준치는 표 2와 같다. 그러나 1 GHz 이상에 대한 허용기준치는 표 3과 같이 1 GHz 이하의 허용기준치와는 선정조건에 있어 다소 차이가 있다. 따라서 무선서비스의 경우, 1 GHz 이상에서 1 GHz 이하의 허용기준치를 적용하기 위해서는 대역폭, 준침두치, 평균치, 침두치 등 각 조건에 대해 알맞은 변환이 필요하며, 이러한 변환으로 무선 서비스 보호 조건을 산출한 결과, 이동통신 품질 확보에 요구되는 허용기준은 표 4와 같다^[4].

기가헤르쯔 대역의 전자파 장애 규제는 이 대역에서 사용되는 무선서비스의 통화품질 보장을 최우

표 2. 1 GHz 이상의 허용기준치

Table 2. Limits above 1 GHz.

분류	주파수 범위	허용기준치($dB \mu V/m$)	
		평균치	첨두치
B급	1~18 GHz	54	74
A급		60	80

표 3. 1 GHz 이하 및 이상 허용기준치 적용을 위한 주요 차이점

Table 3. Main difference for application of limits below and above 1 GHz.

주파수 범위	검파기	대역폭	측정거리	측정장
1 GHz 이하	준첨두치	120 kHz	10 m	지면접지
1 GHz 이상	첨두치 / 평균치	1 MHz	3 m	자유공간 조건

표 4. 이동통신 서비스 보호 허용기준

Table 4. Limits for mobile communication service protection.

주파수 범위	첨두치($dB \mu V/m$)		측정거리	대역폭
	B급	A급		
1 GHz 이상	68	75	3 m	1 MHz

선 목표로 하고 있으나, IT 산업의 보호와 컴퓨터의 EMC 대책을 위한 경제적인 파급효과를 고려하여 국내환경에 적합한 허용기준치가 설정되도록 장해원과 보호대상인 무선서비스에 대한 보다 많은 연구와 통계적 자료가 요구된다.

III. 측정방법

기가헤르쯔 대역에서 불요파 특성은 피시험체에 비해 짧은 길이의 파장을 갖기 때문에 실제 피시험체의 경우 최대 방사는 어느 방향에서 발생될지 알 수 없다. 방사 방향의 불확실성은 전형적인 피시험체의 경우 마이크로파 주파수 대역의 파장에 비해 훨씬 큰 사이즈를 가지고 있기 때문이다.

한 축의 길이가 1 m 길이를 갖는 피시험체의 경우, 주파수 1 GHz에서 파장의 3배 이상의 길이, 주파수 18 GHz에서는 파장의 16배 이상의 길이를 갖는다. 따라서 전형적인 피시험체의 경우 복잡한 어레이 안테나의 방사 특성을 보이게 되며, 방사 특성은 피시험체 인클로저(enclosure)의 개구(aperture) 특성에 의존하게 되어 방향성 정보를 상실하게 된

다. 이에 따라 기가헤르쯔 대역 측정에서 최대 방사 측정을 위해 수신 안테나는 피시험체를 둘러싸는 표면에 대해 아주 좋은 분해능을 가진 스캔방식으로 측정을 해야 한다. 불요파 측정시 스캔 분해능에 따라 측정에 소요되는 시간은 아주 많은 차이를 가지게 되며, 측정의 신뢰성에도 많은 문제가 발생하게 된다. 따라서 피시험체에 대해 최대치 발생 가능성이 있는 방사 패턴에서 최소 스캔 분해능을 결정할 수 있는 스텝 분해능을 추출하는 것은 측정시간을 단축하는데 있어 중요한 사항이며, 제품에 대한 EMC 대책 기술의 적용을 위해서도 반드시 필요한 요소이다^[5]. 또한 스텝 분해능 결정의 매우 중요한 이유는 스텝 분해능이 너무 크면 방사 패턴이 급격히 변해 특성 확인이 곤란해지며, 작으면 측정 시간이 많이 소요되고 데이터량이 증가하기 때문이다. 이에 본 논문에서는 1 GHz 이상의 주파수 대역 방사 측정 사전시험 단계에서 전계강도의 최대치를 얻기 위한 방법으로 EUT에 대한 방사 패턴을 측정하였으며, 이로부터 회전 테이블의 스텝 분해능을 정하였다.

3-1 측정-1

EUT로는 현재 국내에서 시판되고 있는 클럭 속도가 500 MHz인 퍼스널 컴퓨터를 이용하였으며, 측정의 정확도를 높이기 위해 주변기기 및 케이블을 모두 제거한 상태의 크기 48×42×20 cm인 CPU 보드에 대해서 측정을 하였다. 회전 테이블의 스텝 분해능은 7.5° 간격으로 일정하게 하였다. 수신 시스템으로는 CISPR 16-1에서 요구하는 스펙트럼 분석기와 혼 안테나를 사용하였으며, 측정 사이트로는 완전무반사실(fully anechoic chamber)에서 측정을 수행하였다. 세부 측정 조건은 표 5와 같다.

수신 안테나인 EMCO 3115 혼 안테나는 그림 1과 같이 EUT의 중심으로부터 0.5 m 전방에 위치시켰으며, 높이는 1 m로 하였다. EUT는 스티로폼(styrofoam) 회전테이블 위에 설치하였다. 측정 주파수는 0°를 기준으로 1 GHz~2 GHz 대역에 대해 신호를 검출한 결과 수신레벨이 가장 높은 주파수를 선택하여 수직 및 수평 편파에 대한 방사 패턴을 구하였다.

표 5. 스펙트럼 분석기 측정 조건

Table 5. Measurement condition of spectrum analyzer.

스펙트럼 분석기	분해능 대역폭	비디오 대역폭	스윙속도	검파기능
HP 8556B	1 MHz	1 MHz	25 ns	침두치

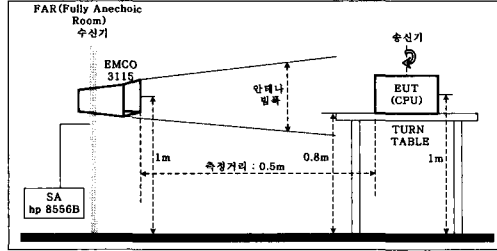


그림 1. 측정환경 구성도
Fig. 1. Configuration of measurement environment.

3-2 측정-2

EUT는 클럭속도 1.7 GHz의 퍼스널 컴퓨터이며, 측정환경과 세부 측정 조건은 500 MHz의 퍼스널 컴퓨터와 동일한 방법으로 측정하였다. 회전 테이블의 스텝 분해능은 15° 간격으로 일정하게 하였으며, EUT 크기는 48×45×20 cm인 CPU 보드에 대해서 측정을 하였다. 이 EUT 역시 수신레벨이 가장 높은 주파수 2개를 선택하여 수직 및 수평편파에 대한 방사패턴을 측정하였다.

3-3 결과 분석

EUT에 대한 방사 패턴의 측정결과는 그림 2 및 그림 3과 같다. 측정결과 500 MHz EUT의 경우 가장 좁은 3 dB 빔폭 값은 수평편파에서 약 18°, 수직편파에 대해 약 20° 정도가 되었다. 최대 방사 방향에서의 3 dB 빔폭은 수평편파에서는 60°이며 수직편파에 대해서는 50도의 각도를 보였다. 그리고 1.7 GHz의 EUT의 가장 좁은 3 dB 빔폭은 수평편파에서 20°, 수직편파에서 24°이며, 최대 방사 방향에서의 3 dB 빔폭은 수직편파에서 50°, 수평편파에서는 30°로 나타났다. 두 EUT의 방사패턴을 비교해 보면 수평편면보다 수직편면이 더 넓은 형태를 보이고 있다.

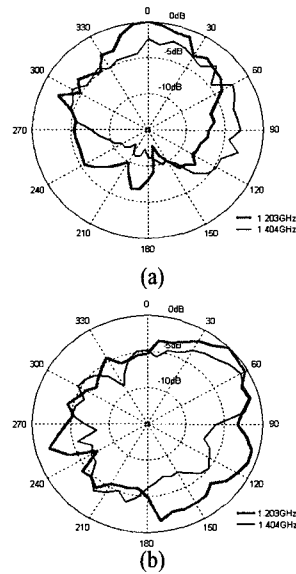


그림 2. 클럭속도 500 MHz EUT에 대한 방사패턴
(a) 수직편면에서 EUT의 수직편파
(b) 수직편면에서 EUT의 수평편파

Fig. 2. Radiation pattern about EUT of clock speed 500 MHz.

- (a) Vertical polarization of EUT in vertical plane
- (b) Horizontal polarization of EUT in vertical plane

이들 방사 패턴으로부터 최대 방사값 측정을 위한 회전 스텝 분해능을 추출하는 방법은 최소 3 dB 빔폭을 갖는 방사패턴 각도의 1/2 값으로 정해지게 된다^[6]. 따라서 500 MHz EUT의 경우, 방사 최소값 18°(각 편파마다 총 360/9 = 40 개의 회전 테이블 스텝 분해능)를 적용하면 각 편파에 대해 최소 40개의 스텝 분해능이 요구된다. 또한 1.7 GHz의 EUT는 방사 최소 각이 20°로 계산에 의하면, 회전 테이블 스텝 분해능은 36 개가 된다. 파장이 짧은 기가헤르쯔 대역에서 방사 패턴은 EUT의 사이즈와 주파수에 따라 결정되며, 최대값 추출을 위한 독립적인 샘플링 수는 식 (3)으로 구해진다^[2]. 이 식은 완전한 구의 모형을 가정하여 샘플링 하였을 경우 적용이 가능하지만 평면에 대한 경우에도 근사적으로 적용되고 있다.

$$N = 2 \times (2ka + 1) \tag{3}$$

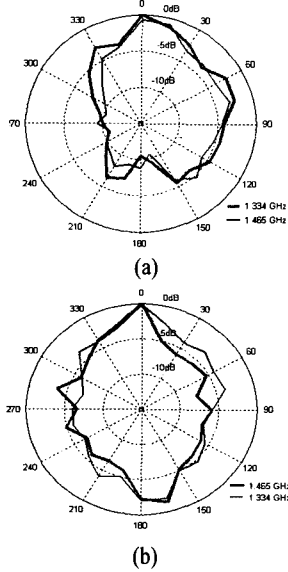


그림 3. 클럭속도 1.7 GHz EUT에 대한 방사패턴
 (a) 수직평면에서 EUT의 수직편파
 (b) 수직평면에서 EUT의 수평편파
 Fig. 3. Radiation pattern about EUT of clock speed 1.7 GHz.
 (a) Vertical polarization of EUT in vertical plane
 (b) Horizontal polarization of EUT in vertical plane

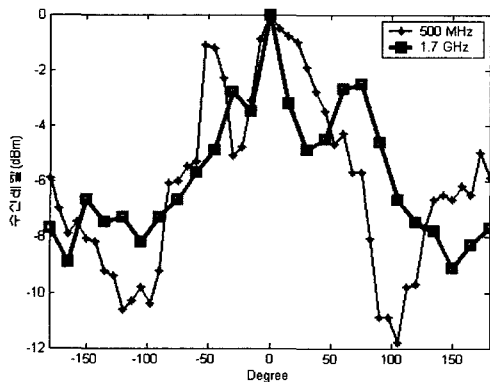


그림 4. EUT의 지향성 비교
 Fig. 4. Comparison of directivity about EUTs.

여기서 $k=2\pi/\lambda$ 이며 a 는 EUT를 구형 모델로 가정하였을 경우 가장 짧은 축의 반경이다. 본 실험에 사용한 EUT는 $a = 0.334$ m이며, 주파수는 $f = 500$ MHz로서 파장은 $\lambda = 0.213$ m가 된다. 식 (3)을 이용하여 샘플링 수 N 을 구하면 42 개가 되며, 실제

측정에서 나온 스텝 분해능인 40 개와 아주 잘 일치한다.

클럭속도 1.7 GHz인 EUT인 경우에도 같은 방법을 적용한 결과, 샘플링 수 N 은 40 개가 되며, 실측을 통한 결과치인 36개의 회전 스텝 분해능과 잘 일치함을 알 수 있다.

시간이 많이 소요되는 불요파 방사 측정에서 최대 값 방향을 예측하기 위해 예비시험 단계에서 식 (3)을 활용하면 최소 회전 스텝 분해능을 예측할 수 있으며, 이를 통해 측정 시간의 단축은 물론 시험의 재현성에도 많은 기여를 할 것이다. 그러나 실제 EMC 측정에서 불필요하게 많은 회전 테이블의 스텝 분해능을 제공할 수도 있다⁶⁾.

클럭 속도가 다른 두 EUT의 불요파 지향성은 그림 4와 같다. 클럭 속도 500 MHz인 EUT의 지향성은 1.7 GHz인 EUT에 비해 낮음을 알 수 있다. 이에 따라 높은 클럭속도를 갖는 EUT의 경우 낮은 클럭속도를 갖는 EUT에 비해 상대적으로 낮은 회전 스텝 분해능으로 시험이 가능함을 보여준다.

IV. 결 론

본 논문은 최근 클럭속도가 높은 퍼스널 컴퓨터로부터 발생되는 불요 전자파가 1 GHz 대역에서 사용되고 있는 무선서비스에 통신 장애를 유발시키는 장애원이 되고 있어 전자파 장애 발생 억제를 위해 CISPR에서 진행 중인 1 GHz 대역 불요파 허용 기준 설정의 접근 방식을 이용하여 국내 무선 통신에 적용될 수 있는 허용기준을 고찰하였으며, 기가헤르쯔 대역에서 불요파가 발생되는 500 MHz 및 1.7 GHz 클럭속도의 퍼스널 컴퓨터에 대한 방사패턴을 측정하여 EUT의 회전 스텝 분해능을 조사하였다. 분석 결과, 클럭 속도가 500 MHz인 EUT의 경우 스텝 분해능은 40 개로 이론적 계산에 의한 42 개와 잘 일치하며, 클럭 속도 1.7 GHz인 EUT는 36 개로 이론치 40 개와 유사한 결과를 보여주고 있다.

장애원의 주파수가 높아짐에 따라 발생하는 노이즈의 방사 패턴은 높은 지향성 특성으로 단순한 회전방식에 의해 측정하게 되는 1 GHz 이하의 방사 측정 방식을 적용할 경우 측정의 정확성을 보장할 수 없다. 따라서 예비 측정 단계에서 최대 값을 측

정할 수 있는 최소 회전 스텝 분해능을 추출하여 시험을 할 경우 측정의 재현성 확보와 측정 시간을 단축하는데 많은 기여를 하게 될 것으로 본다.

전자파 장애원인 EUT의 방사패턴의 정보는 최소 회전스텝 분해능 결정뿐만 아니라 1 GHz 이상 신호 장애원에 대한 장애 정도 예측과 EMC 대책 수립을 위한 기본자료로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 하덕용, "주파수 1 GHz 이상대역의 방사 방해파(EMI) 측정방법", 한국전자과학회논문지, 11 (1), pp. 22-32, 2000년.
 [2] G. Koepke, D. Hill and J. Ladbury, "Directivity of the test device in EMC measurement", in *Proc. 2000 IEEE International Symposium Elec*

tromagnetic Compatibility, Washington, D.C, pp. 535-539, Aug. 2000.

[3] CISPR/H/21/INF, "Rationale for setting emission limits in the Frequency Range 1~18 GHz", April 2001.
 [4] CISPR/1/WG4 02-02rev1, CISPR/H/WG2 02-02 rev1, *CISPR 22 and IEC 61000-6-3 emission limits above 1 GHz*, Sep. 2002.
 [5] CISPR Publication 16-2 : "Radiation interference measurements and statistical methods", Central Bureau of the IEC, 3 rue de Varembe, Geneve, Switzerland, 2002.
 [6] Ari Honkala, CISPR/1/WG4/Christchurch 4, *Radiation patterns of some real EUT's above 1 GHz*, in New zealand on 16th of Sep. 2002.

허 민 호



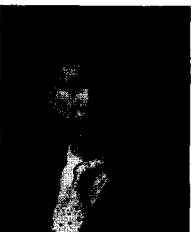
1995년 2월: 해군사관학교 전자공학과 (공학사)
 2002년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] EMI/EMC, 전파 전파

정 삼 영



1988년 8월: 연세대학교 물리학과 (이학석사)
 2001년 8월: 한양대학교 전자통신 전파공학과 (공학박사)
 1991년 6월~현재: 정보통신부 전파연구소 전자파기준담당
 [주 관심분야] EMI/EMC 국제표준, 전자파 측정 및 수치해석

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1991년 12월: Georgia Inst. of Tech. 전기공학 (공학박사)
 1992년 3월~1993년 2월: 한국전

공 성 식



2002년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학석사)
 2002년 3월~현재: 정보통신부 전파연구소 공업연구사
 [주 관심분야] EMI/EMC, 전파전파, 안테나

자통신연구소 선임연구원
 1993년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수
 2002년 3월~현재: 연세대학교 전파통신연구소 소장
 [주 관심분야] 마이크로파 소자, 안테나, 전파전파, 고온 초전도, EMI/EMC 등