전원단자 방해파 전력측정의 불확실성 개선

신국선 · 최성호 ·
김 남 · 박성욱*

충북대학교 정보통신공학과
*전파진흥협회

Abstract

CISPR has published the limits on the noises emitting from power lines and signal lines. But different measurement environment and measurement methods are used in every countries. This difference causes much confusion in understanding the results measured by different test laboratories. In this paper, we measure EMI noise using the absorbing clamp method that takes short measurement time and is described in CISPR 13, 14-1, 16-2. We analyze the cause of the difference of measurement results and propose the method for improving the uncertainty

Ⅰ. 서 론

가정용 전기전자 기기뿐만 아니라 기타 전기전자 기기 등에 대해 이에 장착된 마이크로 프로세서 구동을 위한 클럭 신호, 모터 등등 회전기 부분에서 발생하는 불연속적인 전자파 잡음, 전원선에서 발생하는 전도성 잡음과 방사성 잡음이 그 원인이 되고 있으며 이러한 전자파 잡음은 주변에서 동작하고 있는 다른 기기의 동작을 방해하고 또한 주변에서 동작하고 있는 다른 기기로부터의 전자파 잡음에 의해 영향을 받아 불필요한 오동작을 유발하기도 한다.

국제 규격인 CISPR에서는 전원선 또는 신호선에서 방사되는 EMI 잡음에 대해 각각 규정을 제정하였으나, 국내외 관련규격은 사용하는 시험환경, 방법 등이 서로 다르거나 규정이 명확하지 않고, 전기전자기기에 관한 전기적인 안정성이나 전자파 장해에 대한 측정법과 규격에 대해서는 전기전자 기기의 종류나 규모, 사용장소 등에 의해 다소 차이가 난다. 따라서 국제적으로 시험기관 및 규격기관의 해석이 상이하고, 측정 결과는 많은 편차가 발생하고 기본적으로 측정 불확도가 높으며, 특히 바닥 설치형 제품의 경우 측정을 위한 배치 등에 EUT의 크기와 같은 현실적인 문제가 고려되지 않아서 측정 편차가 크고 시험의 신뢰성이 저하된 상태이다.

따라서 본 연구는 흡수 클램프(Absorbing Clamp) 방법을 사용하여 국제 규격인 CISPR 13, 14-1, 16-2에 대해 전원선에서 방사되는 EMI Noise를 측정하고 각 규격의 오차 원인 분석과 개선 방법을 연구하였다.

Ⅱ. 방해파 전력 측정

유일한 외부 리드선으로 주 리드선에 의한 방해파의 방사 정도는 안테나 작용을 하고 있는 주 리드선에 공급될 수 있는 전력으로 평가한다. 이 복사된 전력은 도선의 전력이 최대가 되는 곳에 위치하고 있는 흡수장치에 공급되는 전력과 거의 같다. 주리

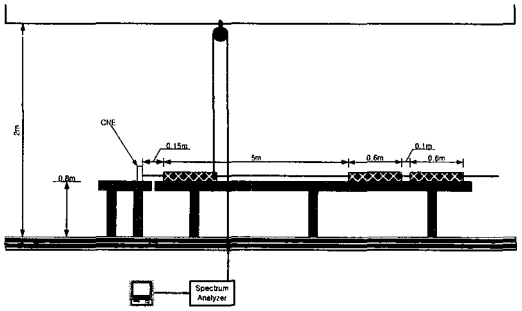
드선 외에 다른 리드선을 갖고 있는 장비는 주 리드선으로부터 방사와 같은 방식으로 다른 리드선에 의하여 차폐되어 있건, 차폐되어 있지 않건 방해파 에너지를 복사시킨다.

흡수클램프 측정은 이러한 리드선의 측정에 사용된다. 30 MHz~1000 MHz까지의 주파수 범위에서 리드선에 대한 복사는 적당한 흡수클램프를 사용하여 측정할 수 있다. 이러한 측정은 상당히 유용하다. 그러나 장치로부터 직접 복사되는 양이 실제로 주 복사양 임을 유의해야 한다.

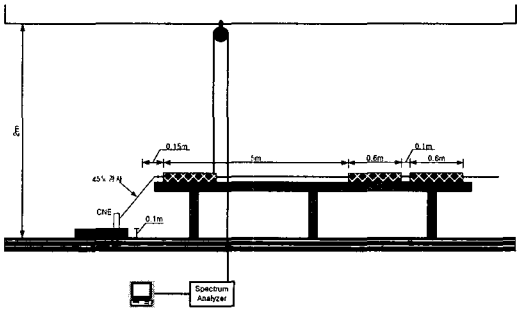
각 규격에서 정하는 시험 환경이나 시험 방법이 일관성을 유지하기 위해서 시험장 환경(차폐실, 무반사실), 벽에서 이격거리(80 cm, 180 cm) 및 RF 케이블의 포설 경로(2 m 높이에서 늘어뜨림, 바닥에 늘어놓음)에 대하여 각각 시험하고 분석할 것이다. 특히 각 시험소에서 시험할 때 탁상용 제품과 바닥 설치형의 경우 많은 혼선이 발생한다. 따라서 탁상용 제품의 경우 높이 80 cm 테이블 위에서 시험하고 바닥 설치형 제품의 경우는 높이 10 cm 테이블에 놓고 전원선을 45°로 놓고 시험한다. 우선 환경에 의한 오차를 알아내기 위해서 벽에서의 이격거리 80 cm, EUT의 위치 높이 80 및 RF 케이블의 포설 경로는 2 m 높이에서 늘어뜨림으로 고정시키고 차폐실과 무반사실의 편차를 비교 분석하여 오차가 적은 시험장 환경을 선택한다. 분석결과를 토대로 시험장 환경을 고정하고 3개의 파라미터에 대하여 각각을 비교 분석할 것이다.

2-1 측정방법 및 설비 배치

흡수클램프를 사용한 기본적인 측정 구성은 [그림 1], [그림 2]와 같다. 전원선의 길이는 최저 측정 주파수의 반파장 길이 + Clamp의 길이보다 길게 연장한다. 따라서 EUT로부터 5.85 m 떨어진 곳에 보조 Clamp를 설치하고 흡수클램프를 이동시키며



[그림 1] 높이 80 cm의 CNE 배치



[그림 2] 10 cm 테이블에 CNE을 설치하고 전원선 45° 경사 배치

주파수 별로 가장 높게 나오는 값을 찾는다.

2-2 측정 과정

시험의 일관성 유지를 위하여 클램프, 보조 클램프, 스펙트럼 분석기, 그리고 측정 케이블과 기타 장비들은 동일한 장비를 사용하였으며 CNE의 안정된 출력을 유지하기 위하여 실험 30분전에 예열을 하였고 시험 전후 CNE의 출력을 측정하였다. 흡수 클램프 SCAN에 있어서 흡수 클램프를 자동으로 운용이 가능한 경우 주변에 사람을 포함한 전자파 측정에 영향을 줄 수 있는 모든 영향을 배제시키고 자동기기에 의해서 SCAN하였고 자동기기가 없을 경우는 PVC 파이프를 이용하여 슬라이드 베드로부터 2 m 이상의 거리를 유지한 상태에서 사람이 직접 SCAN하였다. 측정결과에 영향을 미치지 않도록 측

정기 및 컴퓨터 등의 장치를 챔버 외부에 설치하여 측정하였다. 측정 불확도에 대한 정확한 데이터를 얻기 위해서 10개의 시험소에서 무반사실 7개, 차폐실 7개 총 14개의 실험을 하였으며 이 데이터를 통해서 시험장 환경, 벽에서의 이격거리, RF 케이블의 포설 경로와 같은 시험 구성에 있어서의 측정 불확도를 분석하고 측정 오차를 줄일 수 있는 방법을 제시할 것이다. 또 탁상용 기기 및 바닥설치형 기기와 같은 경우에서 발생할 수 있는 오차를 분석하여 바닥설치형 기기가 일반적인 시험 방법과의 오차를 분석할 것이다.

2-3 오차의 원인

국제규격 사이에서 일부 부분의 규격이 명확하지 않아 측정에서 많은 오차 요인으로 작용하고 있다. 측정 조건 및 시험장 구성 변화에 따라 여러 가지의 편차원인이 있을 수 있으며, 주요 요인이 될 것으로 생각되는 사항은 아래 열거한 것과 같다.

- CNE의 위치(높이 80 cm, 전원선 경사 0°, 높이 10 cm, 전원선 경사 45°)
- 시험장 환경(Semi-Anechoic Chamber, Shielded Room)
- 벽에서의 이격 거리 (80 cm, 180 cm)
- RF 케이블의 포설 경로 (2 m 높이에서 늘어뜨림. 바닥에 늘어놓음)

〈표 1〉에 가능한 실험 조건을 8가지로 분류하여 나타내었다. 8가지 실험을 통하여 시험장 환경, 벽에서의 이격 거리, CNE의 위치 및 RF 케이블의 포설 경로에 대한 영향을 분석하고자 한다.

Ⅲ. 측정 및 오차 원인의 분석

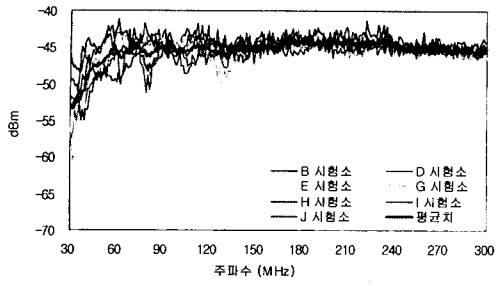
시험의 재현성을 위하여 EUT 대신 신뢰성이 확보된 시험용 표준 잡음원을 이용하여 유사 전원선에 방해파를 공급하고 시험 배치 및 시험장을 변화시키면서 시험한 결과 다음과 같은 결과가 측정되었다. 그리고 여러 시험장에서 똑같은 계측기와 노이즈 소스를 이용하여 시험하여 측정 오차 요인 외의 모든 분석 조건을 같게 하였다.

3-1 시험장 환경에 의한 편차(무반사실, 차폐실)

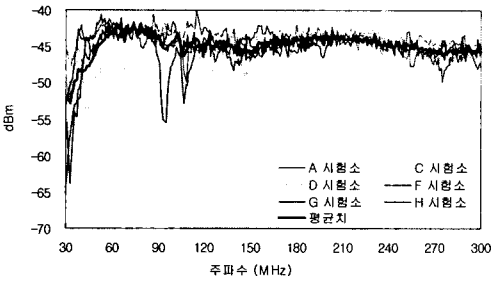
시험장 환경에 의한 편차를 조사하기 위하여 무반사실과 차폐실 측정 결과에 대하여 각각의 평균, 표준편차를 구하여 어느 쪽이 측정의 불확실성이 적은지 조사하였다. 그 결과 각각의 환경에 대한 각 시험소의 측정 결과는 [그림 3], [그림 4]와 같이 나타났고 각각의 환경에 대한 평균치는 [그림 5]와 같았다. 결국 이 결과로부터 시험장 환경의 차이에 의해 평균치로 비교하여도 최대 3.5 dB 정도의 편차가 있으며 이러한 오차는 주로 100 MHz 이하의 대역에서 크게 나타나며 여기에 각각의 환경별 표준편

〈표 1〉 시험 조건의 종류

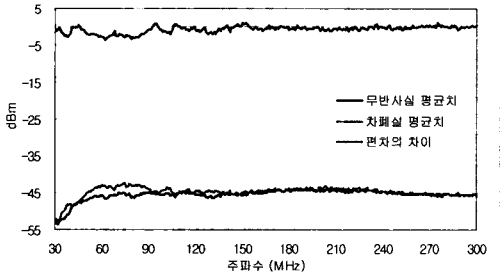
시험 구분	시험장 환경		벽에서 이격거리		CNE의 위치		RF케이블의 포설	
	Semi-Anechoic Chamber	Shielded Room	80 cm	180 cm	높이:80 cm 전원선경사 : 없음	높이:10 cm 전원선경사:45도	2 m 높이에서 늘어뜨림	바닥에 늘어놓음
1	●		●		●		●	
2	●		●		●			●
3	●		●			●	●	
4	●			●	●		●	
5		●	●		●		●	
6		●	●		●			●
7		●	●			●	●	
8		●		●	●		●	



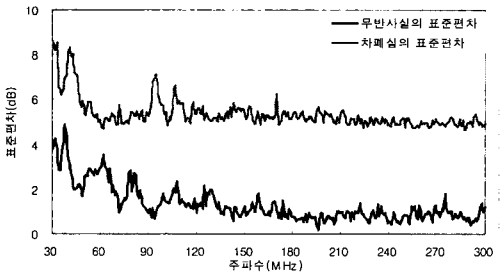
[그림 3] 무반사실에서 실험결과 - 실험 1



[그림 4] 차폐실에서 실험결과 - 실험 5



[그림 5] 시험장 환경에 의한 차이 - 평균값



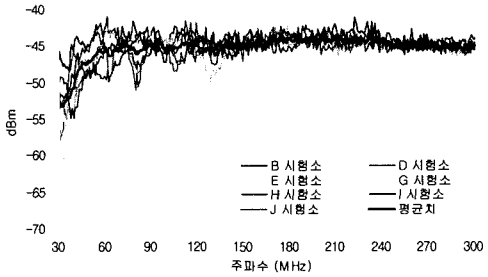
[그림 6] 시험장 환경에 의한 차이 - 표준편차

차가 [그림 6]과 같이 최대 7 dB에 이르며 이는 시험소간 측정결과의 불확실성으로 남게 된다.

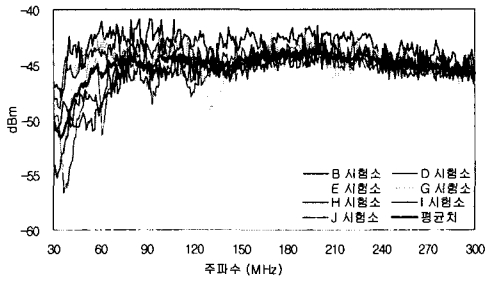
또 시험 환경에 따른 시험소간 표준편차를 비교해 보면 대부분 100 MHz대 이하에서 매우 크게 나타나고 차폐실이 최대 8.6 dB인 반면 무반사실은 4.9 dB 정도로 무반사실이 차폐실에 비하여 상대적으로 3.7 dB 정도 적은 표준 편차를 보여 준다. 이는 무반사실의 경우, 자유 공간과 유사한 상황으로써 차폐실에서 예상되는 주변 금속 물체로부터의 반사 및 용량성 (캐패시턴스) 값이 영향을 주지 않기 때문으로써 판단된다. 따라서, 위의 결과를 통해 시험소간의 측정 불확실성을 개선하기 위하여 차폐실보다는 무반사실에서 측정하는 것이 좋다는 것을 의미하고 이렇게 한 경우 시험환경에 관하여 불분명한 지금의 시험 방법이 보여주는 8.6 dB의 시험소간 표준편차를 4.9 dB까지 개선하여 3.7 dB의 개선 효과가 있을 것으로 생각된다.

3-2 벽에서의 이격 거리에 의한 편차

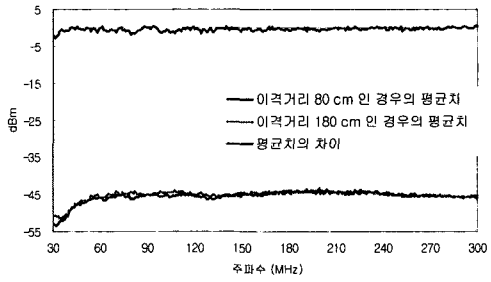
금속 벽으로부터 Slide Way까지의 이격 거리를 80 cm와 180 cm를 각각 비교하기 위하여 각 시험소마다 측정하여 분석하였다. 실험결과는 [그림 7]와 [그림 8]에 나타내었고 각각의 평균을 구하여 비교한 결과 [그림 9]에서 나타난 것과 같이 대체적으로 큰 차이는 없지만 낮은 주파수대(31 MHz~41 MHz)에서는 −2.8 dB~0.2 dB 정도로 비교적 큰 차이가 있는 것으로 나타났고 110 MHz 이상의 주파수에서는 편차가 0.4 dB 이내로 거의 영향이 없음을 알 수 있다. 이는 벽에서의 이격 거리의 차이로부터 발생될 것으로 예상되어지는 전파 산란 정도가 본 실험의 장소인 무반사임에 따라 측벽이 금속체인 차폐실에 비해 영향을 덜 받으며, 또한 무반사실 정도의 한정된 크기에서는 영향 요소가 되지 않음을 확인할 수 있었다.



[그림 7] 벽에서의 이격 거리 80 cm의 실험결과 - 실험 1



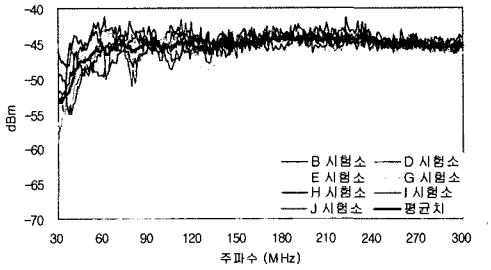
[그림 8] 벽에서의 이격 거리 180 cm의 실험결과 - 실험 4



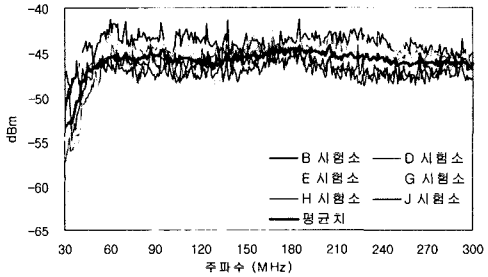
[그림 9] 벽에서 이격 거리에 의한 차이 - 평균값

3-3 RF 케이블의 포설 경로에 의한 편차

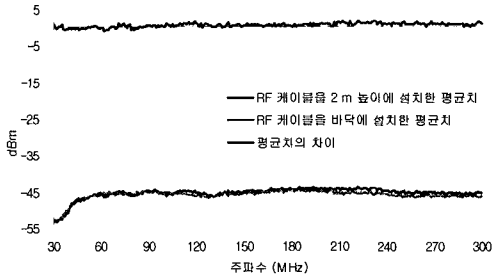
RF 케이블의 포설 경로에 의한 편차에 관한 측정 결과를 [그림 10], [그림 11]과 같이 나타났다. 이 두 가지 경우의 각각의 평균치간의 차이는 [그림 12]에 나타내었으며 편차의 수준은 최대 1.6 dB로 매우 양호하게 나타나서 측정 결과에 다른 요인에 비하



[그림 10] RF 케이블을 2 m 높이에서 늘어뜨린 실험 결과 - 실험 1



[그림 11] RF 케이블을 바닥에 설치한 실험결과 - 실험 2



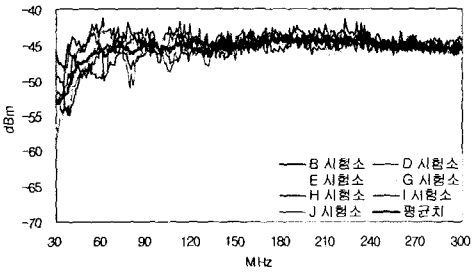
[그림 12] RF 케이블의 포설 경로에 의한 차이 - 평균값

여 상대적으로 적은 오차를 보여 준다. 이는 케이블의 설치 방법에 따라 케이블과 의사 전원선 사이의 용량성 (캐패시턴스) 값이 중요한 영향 요소인데, RF 케이블의 포설 형태의 용량성 차이가 상대적으로 크지 않음을 의미한다.

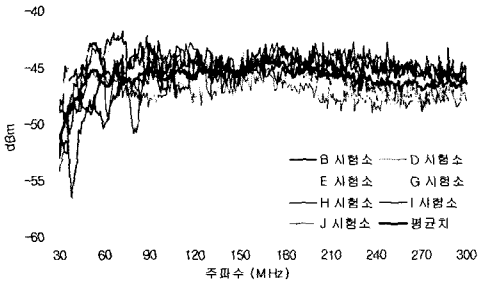
3-4 EUT의 위치에 의한 편차

본 항목은 현재의 규격에서 대형 바닥 설치형 기기의 측정을 위한 배치 방법이 언급되어 있지 않으므로 규격에서 일반적으로 요구하는 바와 같이 80 cm 높이의 비금속성 테이블에 설치할 수 없는 대형의 바닥 설치형 기기의 합리적인 시험방법을 찾기 위한 것으로 바닥으로부터 10 cm 높이의 비금속성 테이블에 설치하고 80 cm 높이의 Slide Way까지 의사 전원선을 45° 경사로 설치하여 측정하는 방법을 채택하기 위하여 측정의 불확실성을 조사하기 위한 것이다.

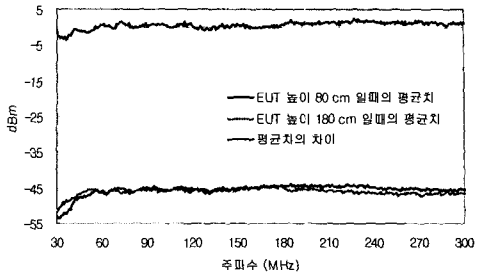
배치 방법을 [그림 2]와 같이 배치하여 각 시험소마다 측정하여 시험소간 오차의 수준을 분석하였다. [그림 13]와 [그림 14]은 실험결과를 나타내었고 두 가지 시험의 차이는 [그림 15]에서 나타났다. EUT의 배치 방법에 따라 EUT와 접지면 사이, 의사 전원선의 포설 형태의 차이에 따른 용량성 (캐패시턴스) 값의 변화가 발생되는데, 규격에서 정한 일반적인 배치에 의한 시험의 표준편차가 최대 4 dB를 초과하는데 비하여 새로운 시험 배치 방법의 표준편차는 4 dB 이내로 적용에 문제가 없어 보인다.



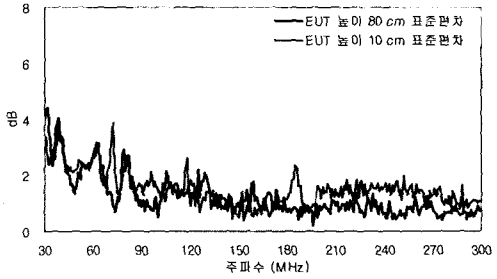
[그림 13] 80 cm 높이의 테이블에 EUT 설치 - 실험 1



[그림 14] 10 cm 높이의 비금속성 테이블, 45도 경사로 전원선 포설 - 실험 3



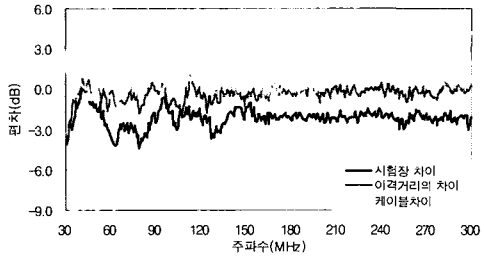
[그림 15] EUT 위치에 따른 차이 - 평균값



[그림 16] EUT 위치에 따른 차이 - 표준편차

3-5 오차원인의 분석

규격 사이의 실험 조건별 차이점과 기타 분명치 않은 실험요건을 오차 요인으로 보고 여러 가지로 바꾸어 가면서 측정한 결과 [그림 17]과 같이 오차를 유발하는 것으로 나타났다. 무반사실과 차폐실의 편차와 벽과의 이격 거리에 따른 편차는 주변 금속 물체로부터의 반사 및 용량성 (캐패시턴스) 값에 의한 영향에 의한 것으로 판단되고 RF 케이블의 포설 경로에 의한 편차는 케이블의 설치방법에 따라 케이블과 유사 전원선 사이에 용량성 (캐패시턴스) 값



[그림 17] 오차 원인에 따른 편차

의 변화에 따른 영향으로 판단된다. 또한 EUT 위치에 의한 편차는 EUT와 접지면 사이, 유사전원선의 포설 형태의 차이에 따른 용량성 (캐패시턴스) 값의 변화에 의한 것으로 판단된다. 마지막으로 저주파수 30 MHz 대역에서의 측정 오차가 크게 발생하는 이유는 주파수가 낮을수록 긴 파장에 의한 근거리장 영역의 영향에 상대적으로 민감하기 때문이다. 이것은 한가지 시험 항목에 대한 시험 방법에 대한 각 규격 사이에 일관성 유지가 필요하고, 동시에 아직 명시되지 않은 부분을 좀더 명확히 정의하여야 한다는 것을 보여 주는 결과이다.

Ⅳ. 결 론

본 연구는 전원선에서 방사되는 EMI 잡음의 측정에 있어 국내외 관련 규격의 시험환경, 방법 등이 명확하지 않아서 측정 결과에서 많은 편차가 발생하므로 그 편차의 원인을 분석하여 측정 불확실성을 계산하였다. 본 연구의 시험결과 측정 환경의 차이와 분명치 않은 측정방법이 오차의 요인임을 알 수 있고, 규격 내에서 분명하지 않은 부분을 좀 더 명확히 정의하여야 한다. 각 요인에 대한 측정 오차는 〈표 2〉와 같이 오차를 유발하는 것으로 나타났다. 그리고 국내 규격을 적절한 방법으로 통일시킨다면 〈표 2〉와 같은 측정 오차를 개선할 수 있을 것이다. 또한 각 규격에서 정하는 시험 환경이나 시험 방법이 일관성 있게 유지되도록 수정할 필요가 있다. 높은 주파수 대역에 비하여, 낮은 주파수대에서 편차가 상대적으로 크게 나타난 원인의 조사와 각 시험별 파라미터 변경에 따른 오차를 분석해 보고 그 오차들의 유형을 좀 더 명확히 하기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] CISPR 13 : Limits and methods of measurement of radio interference characteristic of sound and television broadcast receivers.

[2] CISPR 14-1 : Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus - Part 1 emission.

[3] CISPR 16-1 : Radio disturbance and immunity measuring apparatus.

[4] CISPR 16-2 : Methods of measurement of disturbance and immunity.

[5] ANSI C63.4 : American National Standard for methods of measurement of radio-noise emission.

〈표 2〉 측정환경 변화에 따른 오차

측정환경	차이점	측정오차
시험장 환경에 의한 편차	무반사실, 차폐실	3.5 dB
벽에서의 이격 거리에 의한 편차	금속물체(금속 벽면)로부터 유사 전원선의 설치 거리(80 cm, 180 cm)	2.8 dB
RF Cable의 포설 방법	바닥면에 늘어둔 상태와 천정에 매달아 설치	1.6 dB
EUT의 위치	80 cm 높이 테이블위에 설치, 10 cm 높이의 테이블위에 설치하고 전우선을 45°로 포설	3.4 dB

[6] KN 13, KN 14, KN 16-1,16-2
[7] 김남, 김상철, 박성욱, 이재천, "전원단자 방해파 전력측정의 불확실성", 한국전자파학회지, vol. 13, no.1, pp. 19-25, 2002년 1월.
[8] David Morgan, *A handbook for testing and measurement*, IEE.

≡필자소개≡

신 국 선

2001년: 충주대학교 전자통신공학과 (공학사)
2001년~현재: 충북대학교 정보통신공학과 석사과정
[주 관심분야] EMI/EMC, 전자파인체 영향, 안테나

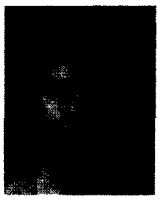
김 남

1981년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1983년: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1992년~1993년: 미 Stanford 대학 방문교수
1989년~현재: 충북대학교 정보통신공학과 교수
[주 관심분야] 전자파 해석, EMI/EMC, 전자파인체 영향, 전파전파, 디지털이동통신

최 성 호

2000년: 한국외국어대학교 환경학과 (이학사)
2000년~2002년: (주)에코솔루션 근무
2002년~현재: 충북대학교 정보통신공학과 석사과정
[주 관심분야] EMI/EMC, 전자파 인체 영향, 전자파 환경 측정

박 성 욱



1986년: 전남대학교 화학공학과 (공학사)
2001년: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
1991년~2002년 8월: 전파연구소
2002년 8월~현재: 전파진흥협회
[주 관심분야] EMI/EMC