

방사 노이즈 측정시 Set-Up 테이블의 영향 평가 방법에 대한 국제 표준화 동향

공 성 식 · 오 학 태

전파연구소

I. 서 론

일반적으로 전자파 장애 및 내성 시험시 측정의 정확성과 재현성을 높이기 위하여 피시험체를 비금속성(non-metallic) 또는 비전도성(non-conducting) 테이블 위에 설치하도록 권고하고 있다. 또한, 국제무선장해특별위원회(CISPR)에서는 CISPR 16-1-4 Amd. 2: 2005 개정을 통하여 1 GHz 이하의 주파수 대역에서 set-up 테이블과 안테나 마스트에 대한 영향 평가를 CISPR 기본 규격에 포함하였다.

최근, 1 GHz 이상에서 사용되는 무선 통신 서비스를 보호하고, 개인용 컴퓨터 등에서 발생하는 불요 전자파를 규제하기 위하여 1999년부터 진행해온 1 GHz 이상에서 EMI 측정방법 및 시험장 평가, 허용기준, 측정기기 조건 등에 대한 표준을 일단락 짓고 각 표준에 대한 보완 작업을 수행하고 있다. 이러한 보완 작업의 일환으로, 2006년 스톡홀름 CISPR 정기회의에서 1 GHz 이상의 방사 노이즈 측정시 set-up 테이블의 영향에 대한 평가방법, 측정 불확도 산출 등에 대한 프로젝트 수행을 논의하였다.

본 고에서는 CISPR에서 진행중인 set-up 테이블 영향에 대한 표준화 동향을 설명하고, 최근, 개정의 움직임을 보이는 1 GHz 이상 주파수 대역에서 set-up 테이블 영향에 대한 우리소를 비롯한 각국의 연구 동향을 분석하여 시험 기관 및 관련 제조업체에 전파하여 향후 개정될 국제 표준에 대비하고자 한다.

II. 국제 표준화 동향

CISPR A 위원회에서는 방사 노이즈 측정시 set-up

테이블과 안테나 마스트의 영향을 고려하기 위하여 CISPR 16-1(현 CISPR 16-1-4)의 5항을 신설하자는 새로운 아이টে임을 제안하여 2005년 CISPR 16-1-4 Amd.2 개정안을 국제 규격으로 발간하였다. 최종 완성된 규격의 주요 내용은 set-up 테이블의 구조, 재질의 유전율은 측정 결과에 영향을 줄 수 있음을 명시하였으며, 30 MHz~1,000 MHz 주파수 대역에서 set-up 테이블의 영향을 평가하는 방법과 불확도 산출 방법 등을 기술하고 있다. <표 1>은 CISPR 16-1-4 Amd.2의 5.9절에 명시된 set-up 테이블 영향에 대한 측정 조건, 측정 방법, 불확도 산출에 대한 주요 내용을 기술하고 있다.

III. Set-up 테이블 영향 평가에 대한 연구 동향

1 GHz 이상의 방사 노이즈 측정시 set-up 테이블에 대한 영향을 논의하기 위하여 2006년 스톡홀름 CISPR 회의에서 3편의 기고서가 발표되었으며, 본 장에서는 각국에서 발표된 연구 결과를 간략히 소개하고자 한다.

3-1 독일의 연구 결과

독일 BNetzA 소속의 Mr. Dunker는 CISPR 16-1-4 Amd.2에서 제시하는 테이블 영향 평가 방법으로 1 GHz 이하와 이상의 주파수 대역에서 set-up 테이블에 대한 평가를 실시하고 결과를 발표하였다.

3-1-1 1 GHz 이하의 주파수 대역에서 Set-up 테이블 영향

[그림 2]는 실험을 위해 polystyrene으로 제작된 테

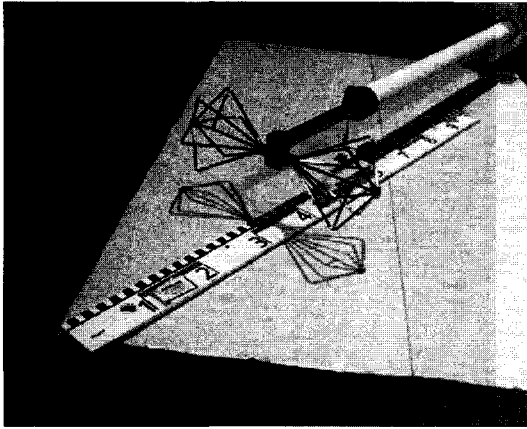
<표 1> CISPR 16-1-4 Amd.2 5.9절 주요 내용

구분	주요 내용
측정 조건	<ul style="list-style-type: none"> ○ 송신 안테나 : 길이가 0.4 m 이하인 소형 바이코니컬 안테나의 수평 편파에 대해서만 수행 ○ 측정 주파수 범위 : 200 MHz~1 GHz ○ 측정 주파수 스텝 : 측정되는 가장 높은 주파수의 0.5 % 이하
측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ Set-up 테이블은 수신 안테나 방향을 향하여 시험장의 일반적인 위치에 설치 ○ 소형 바이코니컬 안테나는 수신 안테나 방향으로 set-up 테이블 위의 표면 중심과 가장자리 사이의 기준 중심위치(발룬)에 설치([그림 1(a)] 참조) ○ 발룬의 중심과 set-up 테이블의 표면 사이의 거리 : 0.1 m([그림 2(b)] 참조) ○ 수신 안테나는 OATS 또는 SAC에서 1 m에서 4 m 사이의 높이를 스캔하고, FAR에서 수신 안테나는 고정된 높이에서 측정 ○ 테이블 유·무에 따른 측정 결과의 차이 $\Delta(f)$는 dB(μV) 단위로 측정하여 식 (1)을 사용하여 계산 $\Delta(f) = V_{r/with} - V_{r/without} \quad (1)$ <p>여기서, $V_{r/with}$: set-up 테이블이 있는 상태에서 측정한 전압 $V_{r/without}$: set-up 테이블이 없는 상태에서 측정한 전압</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="244 929 728 1232"> <p>(a) Top view</p> </div> <div data-bbox="834 929 1222 1232"> <p>(b) Side view</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">[그림 1] Set-up 테이블 위에 설치되는 송신 안테나의 위치</p>
불확도 산출	<ul style="list-style-type: none"> ○ 200 MHz에서 1,000 MHz 주파수 범위에서 최대 차이 크기 Δ_{max}는 dB 단위로 계산 $\Delta_{max} = \max V_{r/with} - V_{r/without} _{200MHz - 1000MHz} \quad (2)$ <ul style="list-style-type: none"> ○ Set-up 테이블에 의해 발생하는 표준 불확도 U_{table}는 측정된 최대 차이 Δ_{max}에 대해 정방형 분포를 가정함으로써 산출 $U_{table} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \Delta_{max} \quad (3)$

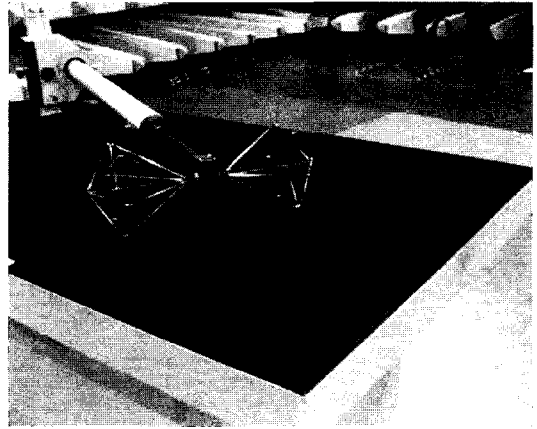
이들과 pertinax sheet로 덮힌 테이블 위에 평가용 송신 안테나가 놓여진 사진이다. 측정 결과는 [그림 3]에 보인 바와 같이 테이블 종류에 영향을 비교 평가 하였으며, 테이블이 없을 때와 비교하여 0.4 dB 이내의 비교적 양호한 특성을 보였다.

3-1-2 1 GHz 이상의 주파수 대역에서 Set-up 테이블 영향

1 GHz 이상의 주파수 대역에서 set-up 테이블 영향을 측정하기 위하여 평가용 송신 안테나로 대수주 기 안테나를 사용하였으며, 측정 방법은 1 GHz 이하

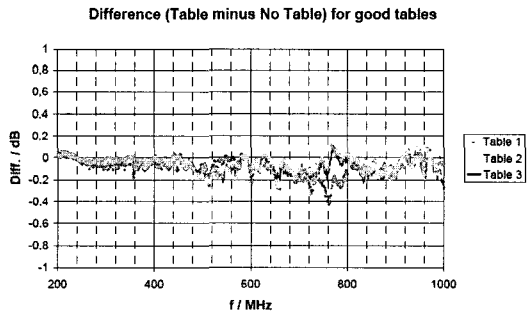


(a) Polystyrene으로 제작된 테이블



(b) Pertinax sheet로 덮힌 테이블

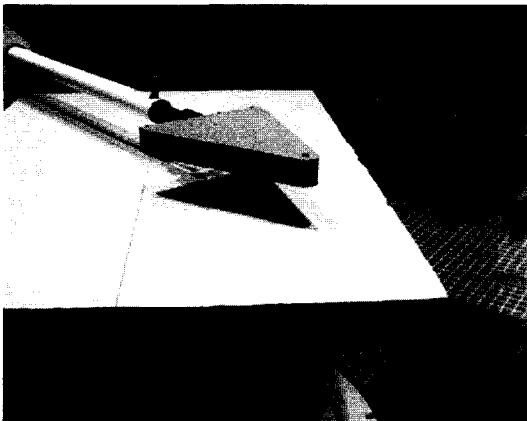
[그림 2] 30 MHz~1,000 MHz 측정 사진



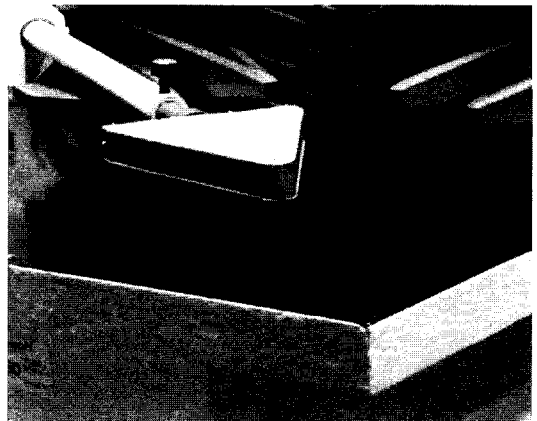
[그림 3] 30 MHz~1,000 MHz 측정 사진

의 평가 방법과 동일하게 적용하였다. 실험을 위해 polystyrene으로 제작된 테이블과 pertinax sheet로 덮힌 테이블에 대해 각각 영향을 평가하였다. 측정 결과는 [그림 5]에 나타난 바와 같이 최대 ± 3 dB의 불확도를 보였다.

실험 결과를 통해, 1 GHz 이하의 주파수 대역에서는 테이블이 없는 상태와 비교했을 때, 0.4 dB 이내로 측정되었지만, 1 GHz 이상의 방사 노이즈 측정 시 테이블은 측정 결과에 심각한 오차를 유발할 수

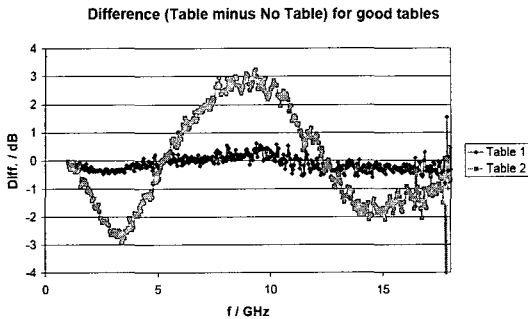


(a) Polystyrene으로 제작된 테이블 1



(b) Pertinax sheet로 덮힌 테이블 2

[그림 4] 1 GHz~18 GHz 측정 사진



[그림 5] 1~18 GHz 주파수 대역에서 set-up 테이블 영향 측정 결과

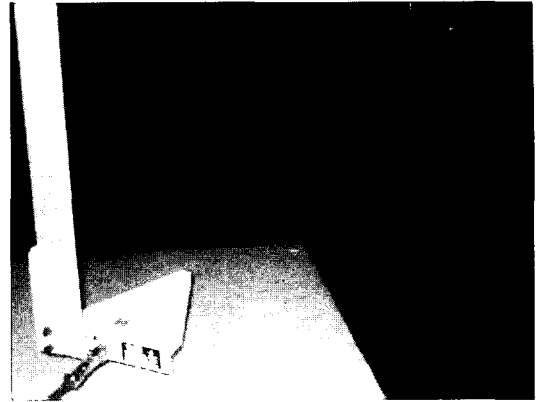
있음을 증명하였으며, 현재 CISPR 16-1-4 Amd.2에서 적용되고 있는 30 MHz~1,000 MHz 주파수 대역에서 set-up 테이블 영향 평가를 위한 상향 주파수 대역을 1,000 MHz에서 18 GHz로 확대할 것을 주장하였다. 이에 대해, CISPR A 위원회에서는 테이블 영향에 대한 추가적인 실험을 진행하고 2007년 4월 영국 런던에서 개최되는 CISPR A Interim 회의에서 진행 방향을 결정하기로 하였다.

3-2 핀란드의 연구 결과

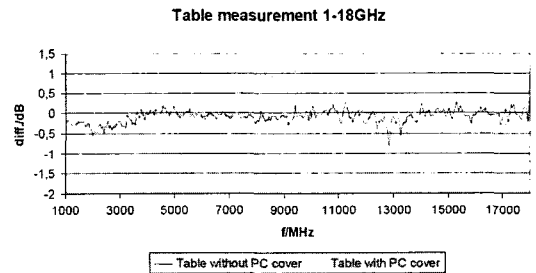
핀란드 Nokia 소속의 Mr. Honkala는 polystyrene으로 제작된 테이블과 0.75 mm 두께의 polycarbonate(PC) sheet를 테이블 위에 놓고 영향을 평가하였다. [그림 6]은 실험에 적용된 측정 구성도이며, 송신 안테나로 대주 주기 안테나를 사용하였다. 측정 결과는 [그림 7]에서 보인 바와 같이 polystyrene으로 제작된 테이블은 ± 0.5 dB의 차이가 발생하였지만, polycarbonate sheet는 polystyrene보다 3배 정도 증가하여 ± 1.5 dB 불확도 특성을 보였다.

3-3 우리소 연구 결과

우리소에서는 set-up 테이블의 영향을 평가하기 위해 송신원으로 사용된 CNE(Comparison Noise Emitter)의 방사 패턴 및 수신 전계 강도 특성을 분석하여



[그림 6] 측정 구성도



[그림 7] Set-up 테이블 영향 측정 결과

2006년 스톡홀름 CISPR 회의에서 발표하였다. 본 연구에서는 시뮬레이션과 측정에 의한 방법으로 테이블 영향에 대한 특성을 분석하고자 하였다.

3-3-1 시뮬레이션 분석 결과

방사 노이즈 측정시 테이블에 대한 영향을 분석하기 위하여 CISPR에서 권고하는 테이블의 크기[100 cm(L)×160 cm(W)×80 cm(H)]로 실제 테이블을 제작하였으며, FEM(Finite Element Method) 수치 해석 방법을 사용하여 나무, 스티로폼, 에폭시, 테프론, 공기의 재료에 대해 시뮬레이션을 하였다. [그림 8]은 FEM 시뮬레이터를 사용하여 모델링한 CNE이며, 테이블의 영향을 분석하기 위하여 테이블의 크기는 실

제와 동일하게 모델링하였다.

[그림 9]는 $\Phi=0^\circ$ (x-z 평면), $\Theta=90^\circ$ (x-y 평면) 일 때의 CNE의 방사 패턴 시뮬레이션 결과이다. 테이블 재료 특성에 따라 CNE 방사 패턴의 왜곡 정도를 확인할 수 있으며, 나무 테이블일 때, 가장 많은 왜곡 특성을 보였다. <표 2>는 시뮬레이션시 적용된 각 재료에 대한 유전율(ϵ_r) 파라미터이다. [그림 10]은 공기, 스티로폼, 나무, 테프론, 에폭시 등 테이블 재료 영향에 따라 시뮬레이션된 CNE의 3차원 방사 패턴 특성을 보여주고 있다. 1.5 GHz 주파수에서 테

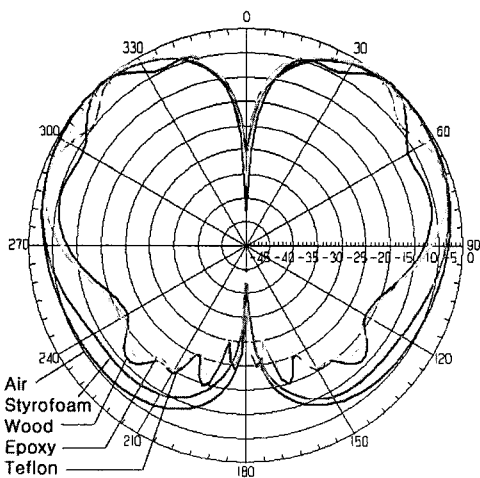
이블 종류에 따라 공기와 스티로폼에서의 CNE는 전 방향성 방사 패턴 특성을 나타내었지만, 나무, 테프

<표 2> 시뮬레이션시 적용된 테이블 재료의 비 유전율

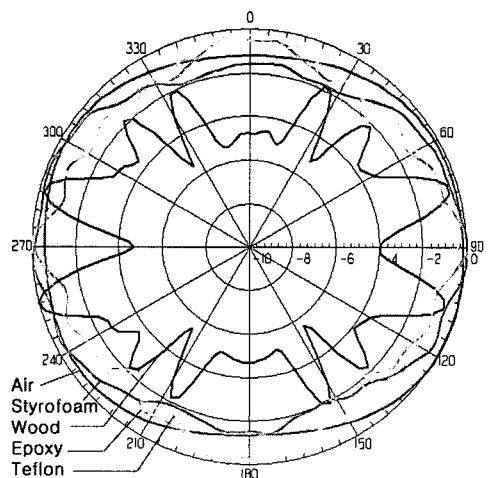
재료	비 유전율(ϵ_r)
공기	1.00
스티로폼(Styrofoam)	1.03
나무	7.00
테프론(Teflon)	2.20
에폭시(Epoxy)	4.40



[그림 8] 모델링 된 테이블 위의 CNE



(a) $\Phi=0^\circ$ 일 때, CNE의 방사 패턴



(b) $\Theta=90^\circ$ 일 때, CNE의 방사 패턴

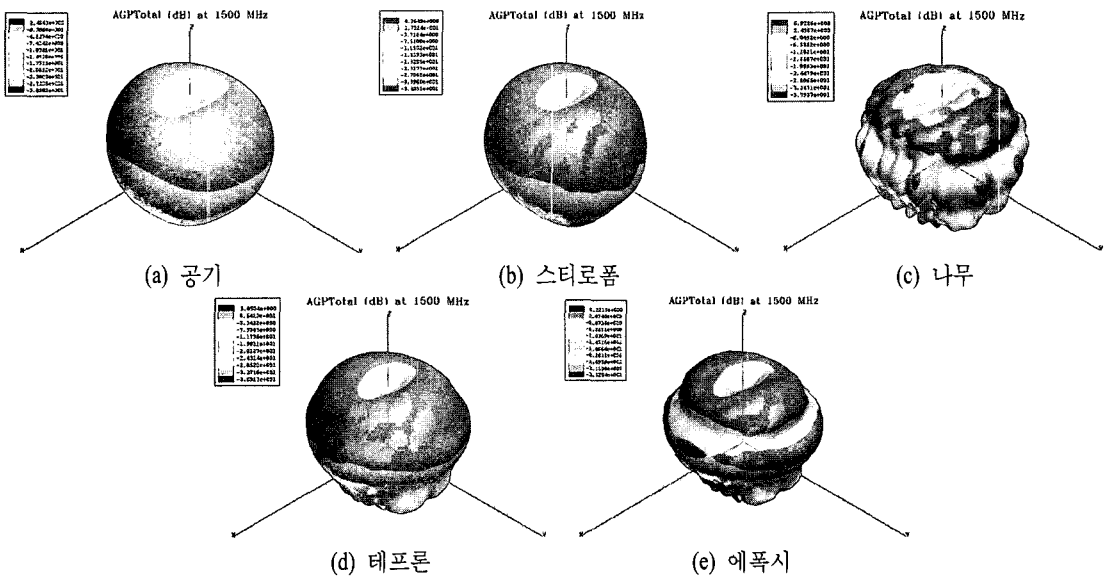
[그림 9] 테이블 종류에 따른 CNE의 2차원 방사 패턴

론, 에폭시는 방사 패턴의 아래쪽에 많은 왜곡 특성이 나타남을 확인할 수 있었다.

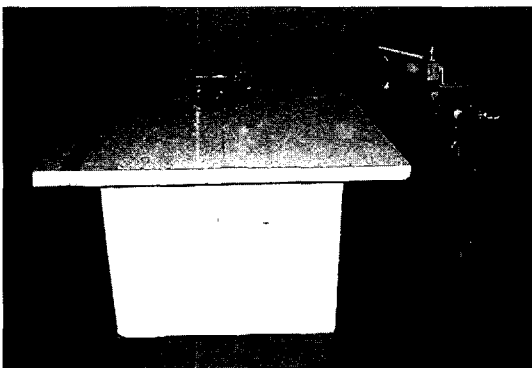
3-3-2 측정 및 분석 결과

본 연구에서 측정은 테이블의 종류, 측정거리, 수신 안테나의 편파에 따라 수신 레벨의 변화 값과 테이블에 따른 CNE의 방사 패턴에 대해서 각각 측정

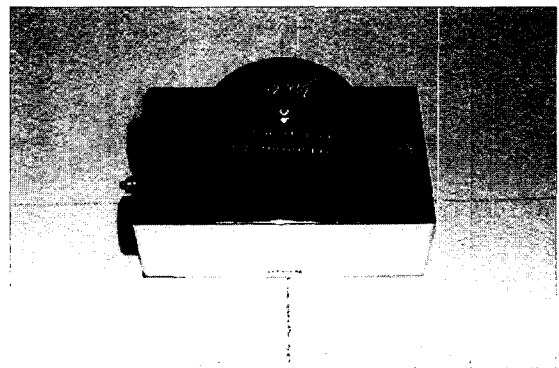
하고 분석하였다. [그림 11]은 CNE의 방사 패턴을 측정하기 위한 구성도이며, 실제 제작된 스티로폼 테이블과 CNE의 사진이다. 측정은 바닥 반사파의 영향을 줄이기 위하여 완전 무반사실에서 수행되었다. 수신 안테나는 1 GHz 이상의 주파수 대역에서 EMI 측정용 안테나인 광대역 더블리드 혼 안테나를 사용하였으며, 테이블 위에 설치된 CNE 높이와



[그림 10] 1.5 GHz 주파수에서 CNE의 3차원 방사 패턴



(a) 전계 강도 측정 구성도

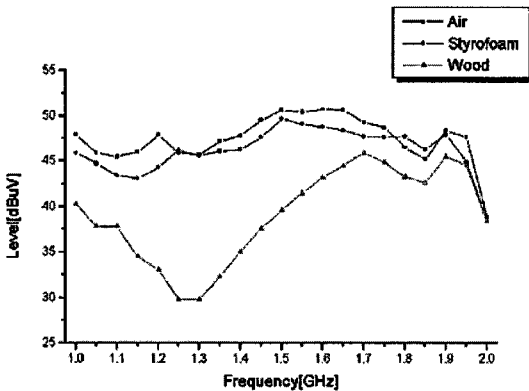


(b) 송신원으로 사용된 CNE

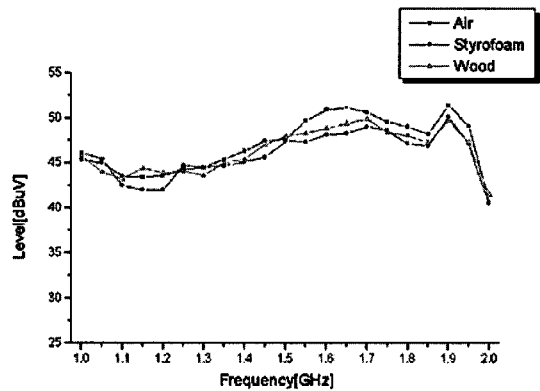
[그림 11] 측정 사진

동일하게 80 cm로 설정하였다. [그림 12]와 [그림 13]은 CNE와 수신 안테나 사이의 거리 및 테이블 재료, 송신원의 편파에 따른 수신 레벨을 비교한 결과이

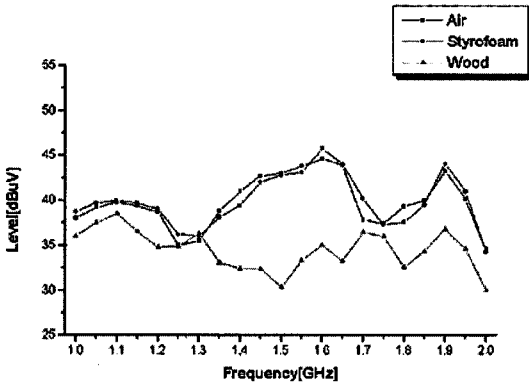
다. 측정된 거리는 1 m, 2 m, 3 m이며, 수신 안테나의 편파에 대해 측정하고, 공기에 대한 나무 테이블의 영향을 분석하였다. [그림 14]는 공기, 스티로폼,



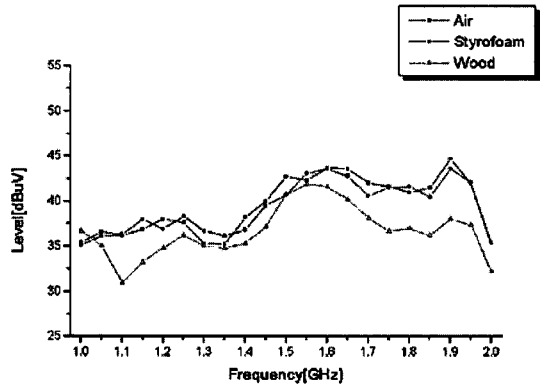
(a) 측정 거리 1 m에서 수평 편파



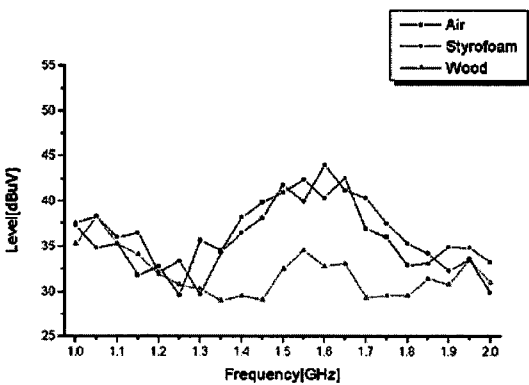
(b) 측정 거리 1 m에서 수직 편파



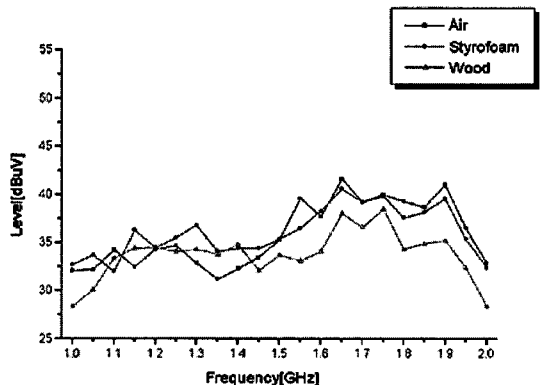
(c) 측정 거리 2 m에서 수평 편파



(d) 측정 거리 2 m에서 수직 편파

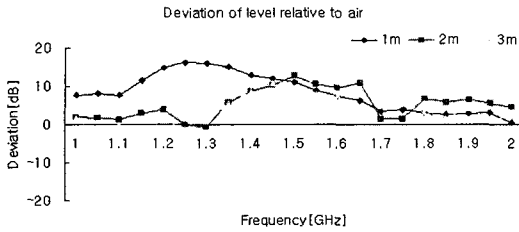


(e) 측정 거리 3 m에서 수평 편파

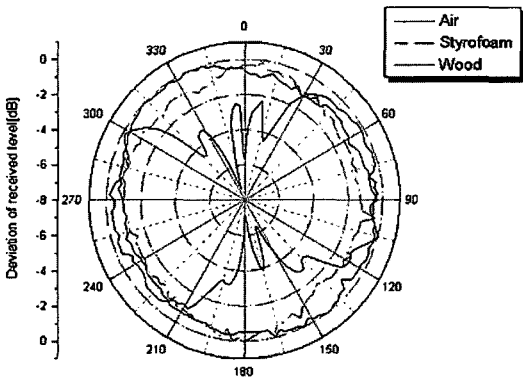


(f) 측정 거리 3 m에서 수직 편파

[그림 12] 테이블 종류에 따른 거리별 전계 강도 측정 결과



[그림 13] 측정거리별 나무 테이블의 영향



[그림 14] 테이블 종류별 CNE의 방사 패턴 측정 결과

나무 테이블의 영향에 따른 Theta가 90°(x-y 평면)일 때 CNE의 방사 패턴이며, [그림 14]의 방사 패턴 측정 결과는 [그림 9(b)]의 시뮬레이션 결과와 유사하게 나타남을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

전자파 장애 및 내성 측정 방법에 관한 연구는 최근 급속하게 증가되고 있는 개인용 이동 통신, 무선 랜, 블루투스 등 무선 통신 서비스 보호와 불요파 제한을 위해 필수적이다. 현재 CISPR에서 국제 표준화 작업이 활발히 진행되고 있는 상황에 비춰볼 때, 국내에서도 측정 방법, 허용 기준, 시험장 평가, 수신기 조건 등에 대해 국내 기준에 맞게 설정해야 할 필요성이 있다.

특히, 본 고에서 중점적으로 기술한 1 GHz 이상의 주파수 대역에서 테이블의 영향은 방사 노이즈 측정시 오차와 재현성에 문제를 야기할 수 있으며, 이는 시험 결과의 신뢰성과 직결되는 부분이기도 하다. 따라서 각 시험 기관 및 연구 기관에서는 국제 프로젝트 작업반 참여와 연구 결과 발표 등을 통하여 국제 표준화 작업의 흐름에 적극적으로 대응해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] CISPR 22 Ed.5.2, Information technology equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement, 2006.
- [2] IEC 61000-4-3 Ed.3.0, Electromagnetic compatibility - Part 4-3 : Testing and measurement techniques - Radiated, radio frequency, electromagnetic field immunity test, 2006.
- [3] P. A. Beekman, "The Influence of positioning tables on the results of radiated EMC measurement", *Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on EMC*, pp. 280-286, Aug. 2001.
- [4] Chris Zombolas, "The effects of table material on radiated field strength measurement reproducibility at open area test sites", *Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on EMC*, pp. 260-264, Aug. 2001.
- [5] CISPR/A/327/NP, CISPR 16-1, clause 5: Insertion of a new sub-clause 5 "Turntable and tower", Sep. 2001.
- [6] CISPR/A/565/CDV, Influence of Setup Tables and Antenna Towers, Dec. 2004.
- [7] CISPR/A/614/FDIS, Influence of Setup Tables and Antenna Towers, Aug. 2005.
- [8] CISPR/A/WG1(Dunker)06-01, May 2006.

- [9] CISPR/A/WG1(Honkala)06-01, Sep. 2006.
- [10] CISPR/A/WG1(Kong)06-01, Sep. 2006.
- [11] 공성식, 정삼영, 육재림, "기가헤르츠 대역에서 EMI 시험 테이블 재료 특성에 의한 복사패턴 변화", 한국전자과학회 하계학술대회 논문집, 2003년.
- [12] S. S. Kong, S. Y. Chung, Y. J. Yoon, and J. R. Yuk, "Effects of test table materials for EMC measurement above 1 GHz", *Symposium Records of the 2003 IEEE International Symposium on EMC*, May 2003.

≡ 필자소개 ≡

공 성 식



현재: 전파연구소 공업연구사
[주 관심분야] 전자파 측정기술, 전자파
수치해석

오 학 태



현재: 전파연구소 공업연구관
[주 관심분야] 전자파 측정기술 및 인체
영향, SAR 국제표준