

전자파 잔향실 기반 EMC 측정 연구개발 동향

권 중 화 · 광 상 일

한국전자통신연구원

I. 개 요

무선기기의 전자파적합성(Electromagnetic Compatibility: EMC) 평가를 위해 복사성 방출(Radiated Emission: RE) 측정을 위한 기존 기준시험시설인 야외시험장(Open Area Test Site: OATS) 및 전자파 반무반사실(Semi-Anechoic Chamber: SAC)을 사용한 측정 방식은 전기·전자기기에서 발생하는 불요 전자파부터 지상파 TV 신호를 보호하기 위해 1990년대 초반에 개발된 것이다. 그러나 현재 국내외에서는 안테나를 통한 직접 수신보다는 대부분이 위성 수신을 통한 직접 수신 또는 케이블 및 기타 다 채널 비디오 프로그래밍 배포 서비스에서 TV 서비스를 받는 실정이므로 현실과는 차이가 있다.

이와 더불어 ICT 기술의 발전으로 다양한 형태의 유무선 방송통신 장치가 시장에 도입되어 확산되고 있다. 휴대전화와 태블릿은 제한된 크기의 공간에서 사용되고 있어, 마이크로 프로세서가 포함된 여러 제품이 밀집되어 작동되고 있다.

특히, 다양한 전자 제품들이 자동차, 비행기 등 금속 함체 내에서 작동할 수도 있으므로 금속성 함체 내에 있는 전기전자 장치로부터의 방출은 야외시험장(OATS)이나 전자파 반무반사실(SAC)에서의 방출 특성과 상당히 다를 수 있다. 따라서 실제 전파 환경은 전자파 잔향실(Reverberation Chamber) 또는 자유공간에서의 환경과 유사할 가능성이 높은 것으로 알려져 있다.

실제 환경에서의 전자파의 전파 특성은 주변 산란체에 의해 종종 다중 반사 및 다중 경로 효과가 나타난다. 전자파 잔향실은 이러한 복잡한 환경을 극한의 방식(최악의 경우)으로 모의하기 위한 방법으로 사용되며, 이러한 점에서 기존의 전자파적합성 측정 방법보다 더 대표적일 수 있다. 실제로 [그림 1]에서와 같이 기존의 시험시설에서는 복사성 방출 및 내성 측정을 하는 경우, 피시험기로부터 특정 방향으로 발생되거나 입사되는 전자파는 고려하기 어려운 반면, 전자파 잔향실에서는 모든 방향으로의 전자파를 고려할 수 있다는 장점이 있다.



(a) 야외시험장(OATS)/전자파 반무반사실(SAC)



(b) 전자파 잔향실

[그림 1] 기존시험시설 및 전자파 잔향실(RC) 내 전자파 측정 환경

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. No.2015-0-00855, 전자파 잔향실 기반 실환경 전파 측정 및 평가 기술 연구).

본 논문에서는 복사성 전자파적합성 측정 및 무선기기 성능평가에 사용되고 있는 전자파 잔향실에 대한 연구개발 동향에 대해 기술하고, 실제 전파환경과 유사한 전자파 잔향실을 기반으로 개선된 전자파적합성 측정 방법에 대해 기술하였다.

II. 전자파 잔향실 연구개발 동향

전자파 잔향실의 개념은 1968년에 전자파 측정을 위한 새로운 방법으로 H.A. Mendes에 의해 제안되었으나^[1], 실제 전자파적합성 등 측정 분야에 직접 적용되기까지는 10여년이 지난 이후이다. 미국 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology: NIST)에서 전자파 잔향실을 포함한 다양한 전자파 실험 시설에 대한 연구를 수행하였으며, 전자파 잔향실에 대한 연구 결과로 M. L. Crawford와 G. H. Koepke가 전자파 잔향실을 이용한 복사성 내성 시험에 기술문서^[2]를 발표하였고, 1998년에는 D. A. Hill이 전자파 잔향실의 전자기장 이론에 대한 기술문서^{[3]~[5]}를 발표한 이후, 전자파적합성 측정 분야에서의 관심과 연구개발이 본격적으로 시작되어 최근까지 전자파적합성 측정 분야는 물론 다양한 무선기기 성능평가 분야에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

전자파 잔향실의 초기 연구는 전자파 잔향실 구조 및 내부 전자기장 분포에 대한 이론적 분석 연구와 더불어 전자파 잔향실을 이용한 재료의 전자파 흡수 측정 분야이었다. 이후 전자파적합성 측정 전 분야, 즉 전기·전자 기기에 대한 복사성 방출 및 내성 측정, 그리고 케이블, 커넥터 그리고 합체의 차폐효과 측정 등으로 확대되었으며, 안테나 성능평가와 더불어 고출력의 균일한 전자파 특성을 이용하여 전자파의 생체 영향을 분석하기 위한 동물 및 세포 노출량 평가 연구에도 적용되었다. 최근에는 교반기 및 흡수체를 이용하여 전자파 잔향실 내부에 다양한 무선 환경을 재현하는 기술을 개발하고, 이를 기반으로 5G 이동통신단말기 성능평가 등 무선기기 평가로 적용 분야를 확대하고 있다.

전자파 잔향실에 대한 연구는 NIST, ETS-Lindgren, 오클라호마 주립대학 등 미국과 영국 NPL(National Physical Laboratory), 요크 대학 등 유럽을 중심으로 전자파 잔향실에 대한 기초 연구를 비롯해 전자파적합성, 차폐효과 및 안테나 측

정 등 다양한 응용 분야에 대한 연구를 수행 중이다. 또한, 무선통신산업협회(CTIA), 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 등 이동통신 분야에서 전자파 잔향실 기반 실험환경 모델링 및 안테나 측정(MIMO 안테나 포함) 분야에 적용하기 위한 연구가 진행 중이다.

스웨덴의 찰머스 공과대학(Chalmers University of Technology)^[6]이 주축이 되어 MIMO 기술을 비롯한 다양한 안테나 응용기술을 개발하기 위해 2007년에 2개의 스웨덴 연구기관과 에릭슨, 사브, 볼보 및 Bluetest 등 15개의 스웨덴 기업이 참여하는 연구 연합체인 CHASE(Chalmers Antenna Systems Excellence Centre)가 구성되어 모드 교반기(Mode stirrer) 회전 방식에 따른 전자파 잔향실의 도플러 확산 분석 등 전자파 잔향실을 이용하여 MIMO 시스템의 성능을 측정 및 평가하는 연구를 수행하였다. 이탈리아의 Marche Polytechnic University^[7]에서는 모드 교반기와 전자파 잔향실의 성능상의 상관성 연구를 수행하였고, 프랑스, 싱가포르, 스웨덴, 네덜란드 등에서 안테나 및 전자파 측정을 위한 모드 교반기와 전자파 잔향실 구성 방법에 대한 지적 재산권을 보유 중이다.

전자파 잔향실 기반 무선기기 성능평가 분야에서는 Bluetest^[8]가 기술을 선도하고 있으며, 2x2 MIMO 안테나 측정을 위한 전자파 잔향실을 상용화하고 5G 이동통신 시스템 성능평가를 위한 제품을 개발 중이다. 스페인의 EMITE^[9]에서는 690 MHz~6 GHz의 주파수 대역에서 Rayleigh, Rician을 비롯하여 실내 및 도심지 페이딩 무선채널을 모사가 가능한 전자파 잔향실을 개발하고, 이를 기반으로 GSM, WCDMA, LTE 및 WiFi 등 다양한 무선기기에 대한 성능평가가 가능한 제품을 개발하였다.

일본 정보통신연구기구(National Institute of Information and Communications Technology: NICT)^[10]에서는 전자파가 인체에 미치는 영향을 평가하기 위한 동물실험용 전자파 잔향실 관련 연구를 수행하였으며, WCDMA 대역에서 소형의 동물에 대한 전자파 노출량 평가를 위해 2 GHz에서 동작이 가능한 소형의 전자파 잔향실을 제작하고, 수치해석 기법을 이용하여 전자파 잔향실 내 전자기장 분포를 해석하였다.

국내 전자파 잔향실에 대한 연구는 대부분 연구실 수준에서 수행된 기반 연구 수준이다. 현재 국내에서는 전자파



(a) Bluetest(www.bluetest.se)^[8]



(b) EMITE(www.emite-ing.com)^[9]

[그림 2] 무선기기 성능평가용 전자파 잔향실



[그림 3] NICT의 소형동물 실험용 전자파 잔향실^[10]

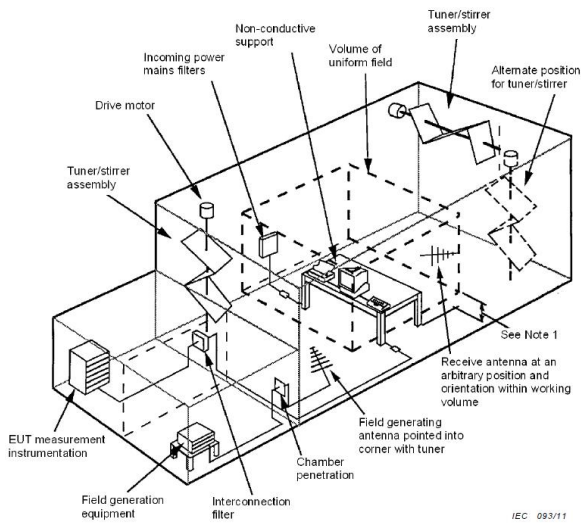
잔향실이 상용 제품의 전자파적합성(EMC) 평가에 활용되고 있지 않은 상태이며, 2000년대 초반부터 한국표준과학연구원(KRISS), 한국산업기술시험원(KTL), 한국과학기술원, 한양대학교 등에서 실험실 수준의 연구를 수행하였다. (주)MTG와 (주)한국차폐시스템에서 MIMO 등 무선기기 성능평가용으로 전자파 잔향실을 개발하였다. (주)MTG에서는 안테나 효율, Diversity의 수동성능과 더불어 TRP(Total Radiated Power), TIS(Total Isotropic Sensitivity)와 같은 능동성능을 측정할 수 있도록 개발하였고, CDMA와 LTE 무선규격을 지원하며, 측정결과를 분석할 수 있는 소프트웨어를 포함하였다. 한국차폐시스템(주)에서는 6 GHz까지 측정이 가능한 2x2 MIMO 안테나 통신 단말기의 성능을 측정할 수 있는 전자파 잔향실을 개발하고, 다중경로 환경을 재현하기 위해 5층 모드 교반기 2기를 회전하는 방법을 적용하였으

며, 하드웨어 제어 프로그램을 자체 구현하여 특허로 출원하였으나, 이상적인 다중경로 환경인 Rayleigh 채널 외에 다른 실환경 채널은 특허에 포함하고 있지 않았으며, 잔향실의 크기가 3×2.5×2.5 m³로 비교적 큰 편이었다.

한국전자통신연구원에서는 전자파가 인체에 미치는 영향을 평가하기 위해 IEC61000-4-21^[11] 표준을 기반으로 동물 실험용 전자파 잔향실을 제작 및 성능에 대한 검증을 수행하였으며, 2015년부터 전자파 잔향실에 대한 구조 해석을 기반으로 성능 개선을 위한 설계 및 측정평가 연구를 수행하였으며, 개선된 전자파 잔향실 구조를 기반으로 전자파적합성 측정방법 및 무선기기 성능평가 개선 연구를 수행하였다^{[12],[13]}.

Ⅲ. 전자파 잔향실 구조 및 특징

전자파 잔향실은 금속성 재질로 만들어진 합체 구조로 합체 내부에 과모드(over-mode) 조건에서 동작하도록 설계하기 위해 챔버 내부의 전자기장을 변화시킬 수 있는 금속성 교반기(metallic stirrer)가 있는 전기적으로 매우 큰 차폐된 금속성 합체이다. [그림 4]는 전자파 잔향실 관련 국제표준인 IEC61000-4-21에서 제시한 전자파 잔향실 구조와 전자파적합성 측정과 관련된 내부 구성품을 표시한다. 전자파 잔향실은 내부에 발생하는 전자파의 모드(mode)에 영향을 주기 위해 동조기(Tuner) 또는 교반기(Stirrer)를 사용한다. 일반적으로 동조기/교반기를 연속적으로 회전시키면서 측정하



[그림 4] 전자파잔향실 구조(출처: IEC61000-4-21)^[11]

는 방식을 모드 교반(mode-stirred)이라고 하고, 특정 각도로 불연속적으로 회전시켜 측정하는 방식을 모드 동조(mode-turned) 방식이라고 한다. 전자파 잔향실의 장점은 동조기/교반기의 작용을 통해 통계적으로 등방성이며, 균질하고, 편파가 없고(un-polarized) 비상관(un-correlated)인 내부 필드를 생성할 수 있다는 것이다. 또한 금속성 함체로 이루어진 공진체이므로 높은 품질 인자(Q-factor)를 가지며, 상대적으로 작은 입력 전력으로 내부에 높은 전자기장을 생성할 수 있다. 흡수체가 없어 흡수체가 발화할 위험이 없으며, 적절한 차폐를 통해 높은 세기의 전기장을 챔버의 내부로 한정할 수 있다. 즉, 전자파 잔향실을 사용하여 높은 세기의 전자기장을 보다 쉽고 안전하게 생성할 수 있다.

야외시험장 및 전자파 반무반사실 등 기존 측정시설에서는 복사성 방출 및 내성 시험 모두 특정 방향으로 방출되거나 입사되는 전자파만을 고려하는 반면, 전자파 잔향실은 시험하고자 하는 장비의 모든 방향과 편파를 고려하여 측정이 가능하여 장비에 대한 보다 정확한 전자파적합성 시험이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 측정된 신호의 방향에 대한 정보가 없어 안테나 측정 시 TRP나 이득 측정은 가능하나 방사 패턴 측정 및 장비로부터 불요 전자파 발생원 추적이나 내성이 취약한 영역을 파악하기에는 어렵다는 단점이 있다. 그러나 최근 전자파 잔향실의 전자기적 특성을 개선하거나, 도플러 효과 등을 이용하여 안테나 패턴 등을

측정하는 연구 등 기존 단점을 극복하기 위한 연구들이 진행 중이다.

IV. 전자파 잔향실 기반 전자파적합성 측정

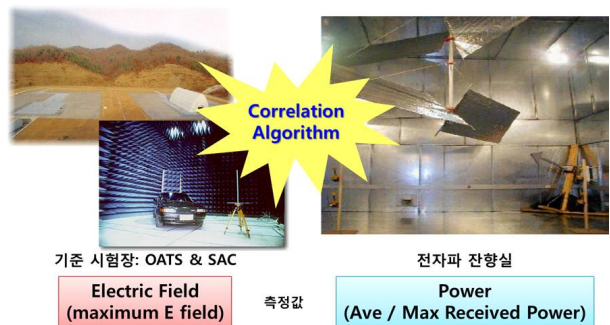
4-1 복사성 방출 측정

4-1-1 측정 방법

전자파적합성(EMC) 시험에 있어서 복사성 방출 시험은 [그림 5]에서와 같이 기본적으로 야외시험장(OATS)이나, 전자파 반무반사실(SAC)에서 주파수별로 최대 전기장강도(maximum E-field intensity)를 측정한다. 전자파 잔향실은 피시험기로부터 발생하는 총 전력을 측정하고, 이를 등가 다이폴로 모델링한 후 기준시험장 구조와 같이 접지면으로부터 높이를 반영하여 최대 전기장 강도를 계산하는 방식을 사용한다.

전자파 잔향실 내부의 피시험기(EUT)로부터 발생한 총 복사 전력(Total Radiated Power: TRP)이 수신 안테나에 측정되며, 기준시험시설 및 EMI 허용기준과의 비교를 위해 최대 복사 전기장 강도로 변환해야 한다. 전자파 잔향실 관련 표준인 IEC61000-4-21에서는 복사성 방출 시험의 경우, 식 (1)을 사용하여 피시험기에서 방출되는 전력을 측정한 뒤 식 (2) 및 식 (3)을 사용하여 자유공간 또는 접지면 상에서의 최대 전기장 강도를 계산한다.

$$P_{\text{radiated}} = \frac{P_{\text{AveRec}} \times \eta_{T_x}}{CVF} = \frac{P_{\text{MaxRec}} \times \eta_{T_x}}{CLF \times IL} \quad (1)$$



[그림 5] 기준시험시설 및 전자파 잔향실에서의 복사성 방출 시험

여기서, $P_{radiated}$ 는 피시험기(EUT)에서의 복사전력[W], P_{AveRec} 는 동조기 1회전 시 수신안테나에서 수신된 평균전력[W], P_{MaxRec} 는 동조기 1회전 시 수신안테나에서 수신된 최대전력[W], η_{Tx} 는 송신안테나의 안테나 효율 인자, CVF(Chamber Validation Factor) 및 CLF(Chamber Loading Factor)는 전자파 잔향실 검증 인자 그리고 IL(Insertion Loss)은 전자파 잔향실 삽입 손실이다.

$$E_{radiated(free_space)} = \sqrt{\frac{D \times P_{radiated} \times \eta_0}{4\pi R}} \quad (2)$$

$$E_{radiated(half_space)} = g_{max} \sqrt{\frac{D \times P_{radiated} \times \eta_0}{4\pi R}} \quad (3)$$

여기서, $E_{radiated}$ 는 자유공간 혹은 접지면상 거리 R 에서의 EUT에서의 방출된 전기장 강도[V/m], D 는 피시험기의 지향성, R 은 피시험기와의 거리[m], η_0 는 자유공간 고유 임피던스(377 Ω), g_{max} 는 접지면 반사를 고려한 지형 인자이다.

한국전자통신연구원에서는 기존의 전자파 잔향실 기반 복사성 방출 측정방법을 개선하여 기준시험시설 측정결과와의 상관도를 높이기 위하여 수신 안테나 교반(receiving antenna stirring) 기법을 응용하여 여러 방향의 수신 안테나를 사용하는 다축 수신 안테나 기법(multi-axis receiving antenna method) 알고리즘을 제안하였다^[12]. 기존 측정방법은 피시험 기기로부터 방출되는 전력을 측정하기 위해 혼 안테나 등

지향성 안테나를 전자파 잔향실 내 작업 공간(Working Volume: WV) 내에 피시험기를 바라보지 않도록 배치한 상태에서 한 방향에 대해서만 측정한다. 제안된 방법은 수신 안테나의 방향을 피시험기를 바라보지 않는 상태에서 여러 방향에 대해 측정된 결과의 평균을 사용하는 것으로 다수의 방향에서는 입사되는 데이터를 사용하므로 기기로부터 발생하는 독립적인 측정 데이터 수가 증가하여 측정 불확도를 줄일 수 있어 보다 정확한 측정을 할 수 있다. 제안된 알고리즘을 검증하기 위해 한국전자통신연구원에서 개발한 전자파 잔향실에서 측정하고 측정된 결과를 기준시험시설인 전자파 반무반사실(SAC)에서의 측정 결과와 비교하였다.

4-1-2 기준시험시설 측정

고조파 신호발생기(Comb generator)를 피시험기로 사용하여 기준시설에서 복사방출 전기장 강도를 측정하였다. [그림 6]은 기준시험시설에서의 측정 시험 구성을 보여준다. 전자파 잔향실과 측정 결과 비교를 위해 600 MHz에서 6 GHz 대역을 측정하였다. 복사성 방출시험의 경우 1 GHz 이하에서는 접지면을 갖는 시험시설(야외시험장 혹은 전자파 반무반사실)에서, 1 GHz 이상에서는 접지면이 없는 시험시설(전자파 무반사실)에서 측정한다.

4-1-3 전자파 잔향실 측정 및 결과 비교

[그림 7]은 전자파 잔향실을 이용하여 고조파 신호발생기로부터의 복사성 방출을 수행하는 시험구성이다. 그림에서

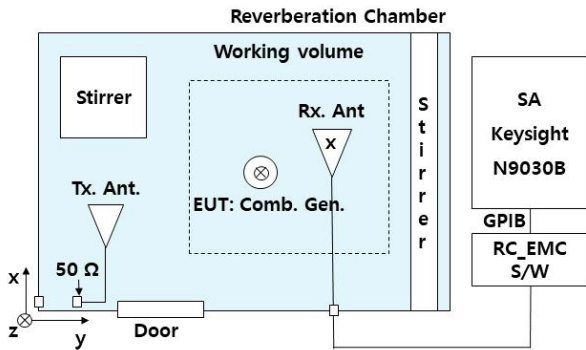


(a) 전자파 반무반사 환경(500 MHz~1 GHz)



(b) 전자파 무반사 환경(1 GHz~6 GHz)

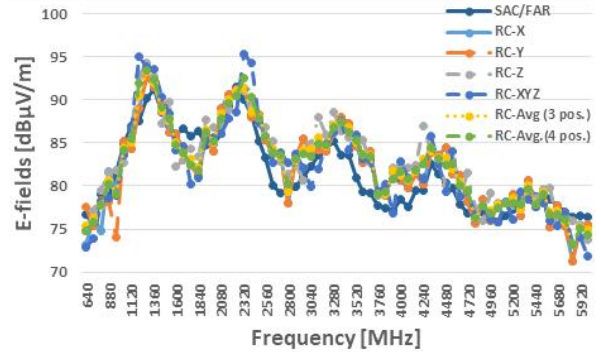
[그림 6] 기준시험시설에서의 복사성 방출 측정 구성



[그림 7] 전자파 잔향실에서의 복사성 방출 측정 구성

와 같이 WV 내에 고조파 신호발생기와 수신 안테나를 배치한다. 송신 안테나는 50 Ω로 종단시키고, 전자파 잔향실 외부에서는 신호분석기를 이용하여 수신 전력을 측정한다. 신호분석기를 사용하여 600 MHz에서 6 GHz 대역을 측정하였다. 전자파 잔향실 제어 프로그램을 이용하여 교반기를 15도씩 모드 동조(mode-tuned) 방식으로 구동시켰다. [그림 8]에서와 같이 각 축별로 수신 안테나를 회전시키며, 전력 값을 측정한다.

측정된 전력 값을 식 (1)을 이용하여 계산하기 위해 각 축별로 측정된 CVF를 사용한다. 또한, 각 축 별로 식 (1)을 사용하여 계산된 값을 식 (2)와 식 (3)을 사용하여 전기장으로 변환한다. 최종적으로 각 축에 따른 변환된 전기장 값을 산술평균하여 사용한다. [그림 9]는 기준시험시설(SAC/FAR) 및 전자파 잔향실에서 측정된 값과 비교한 그래프이다. 각 축별로 측정된 값 및 3축(X, Y, Z) 및 4축(X, Y, Z, XYZ)에서



[그림 9] 기준측정시설과 전자파 잔향실에서의 복사성 방출 측정 결과 비교

의 평균값을 나타내었다.

4축에서의 측정 결과와 기준시험시설에서의 측정결과와의 상관도를 나타내는 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 구해보면 약 0.899이다. 참고로 피어슨 상관계수(r)이 0.7~1.0 사이이면, 두 데이터는 강한 양적 선형관계라고 할 수 있다. 기존 측정 방법인 단축 측정방법의 상관계수보다 다축 측정 방법을 적용하였을 경우, 상관도가 향상되었다. 이것은 기기로부터 발생하는 독립적인 측정 데이터 수가 증가하여 측정 불확도를 줄일 수 있기 때문이다.

4-2 복사성 내성(EMS) 평가

전자파 잔향실에서 피시험기기(EUT)에 대한 내성 평가를 위해서는 식 (4)에서와 같이 전자파 잔향실 성능평가 시 측정된 챔버 부하 인자(CLF) 등을 이용한다. 내성 시험을



[그림 8] 전자파 잔향실 기반 다축 수신 안테나 기법을 사용한 복사성 방출 측정

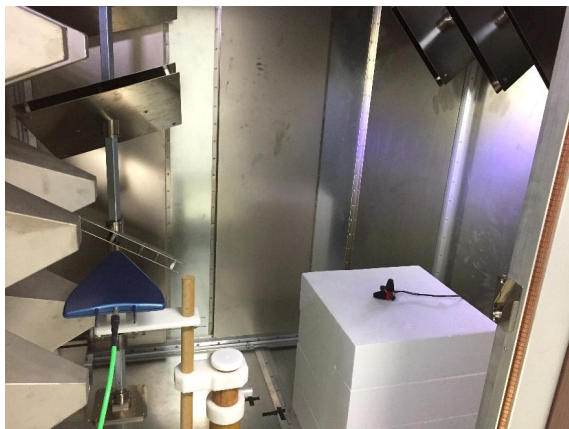
위한 전기장 강도 E_{test} 가 정해지면 식 (4)에 의해서 주파수별로 안테나 입력 전력 P_{input} 이 정해지고, 이를 제어 프로그램을 이용해 송신 안테나에 인가해 교반기를 동작시켜 시험을 수행한다.

$$P_{input} = \left[\frac{E_{test}}{\langle E \rangle_{24or9} \times \sqrt{CLF(f)}} \right]^2 \quad (4)$$

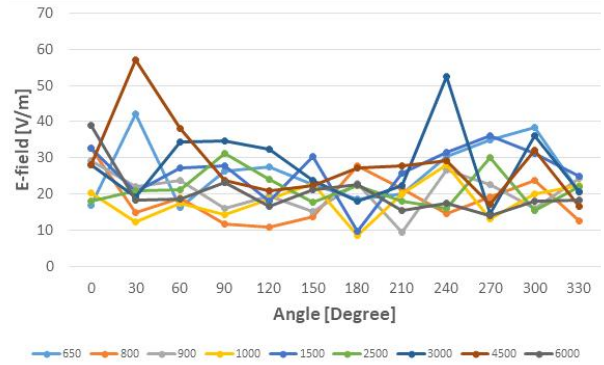
여기서, P_{input} 은 원하는 전기장 세기를 발생하기 위해 챔버에 인가되는 입사전력[W], E_{test} 는 시험에 필요한 전기장 세기[V/m] 그리고 $\langle E \rangle_{24or9}$ 는 챔버 검증 시 얻은 정규화된 평균 전기장 세기이다.

복사성 내성 평가 시 피시험기에 인가되는 전기장 강도의 크기가 균일해야 한다. 전자파 잔향실을 이용한 전자파 내성 시험 시 발생하는 전기장 세기를 측정하기 위해 [그림 10]과 같이 전자파 잔향실의 시험영역에 스티로폼을 사용하여 3축 전기장 프로브(ETS HI-6005)를 위치시켰다. 25 dBm의 입력 전력(P_{input})을 인가하였으며, 송신 안테나는 LPDA를 사용하고, 전자파 잔향실의 사용 가능 주파수 및 프로브의 최대 측정 주파수를 고려하여 650 MHz부터 6 GHz 대역에서 9개의 주파수 대역을 선정하여 측정하였다.

모드 동조 방식을 사용하여 두 개의 교반기를 동시에 12 스텝(30도) 회전시켰으며, [그림 11]은 교반기 각도에 따른 전기장 측정값이다. 모드 교반기가 움직이면서 경계 조건이



[그림 10] 복사성 내성 측정 시 발생하는 전자파 잔향실 내 전기장 측정



[그림 11] 전자파 잔향실에서 모드 교반기의 각도 및 주파수에 따른 전기장 값

변화되었으므로 모드 교반기의 각도에 따라 측정되는 전기장의 값이 변한다. 동일한 위치 및 입사전력에 대해 전기장 변화 측정 결과는 주파수 및 모드 교반기 회전에 따라 평균 약 ± 4.78 dB의 편차가 발생하였다.

내성 평가는 피시험기에 일정한 전기장 값이 인가되어야 하는데, 전자파 잔향실을 사용하는 경우, 다양한 편파에 대한 내성 평가는 가능할 수 있으나, 구조적 특성으로 인해 피시험기에 인가되는 전기장 값이 변화한다. 따라서 전자파 잔향실을 사용하여 내성 평가를 할 때 전기장 변화량을 고려해야 하며, 다양한 방법들이 제안되고 있다. 시험영역에서 발생하는 전기장의 최대값 또는 평균값을 대표로 사용하는 방법 등이 있으며, 식 (5)와 같이 교반기 회전에 따라 발생하는 전기장을 보정하여 평가할 수 있다. 즉, P_{input} 를 입력한 후 Working Volume 내에서 측정된 전기장 강도 데이터($E_{test,measured}$)에 대해 원하는 전기장 강도(E_{test})를 구현하기 위한 교정 값을 반영하면 균일한 전기장 값을 얻을 수 있다.

$$P_{input_corrected} = \left[\frac{E_{test} \pm \Delta E_{test}}{\langle E \rangle_{24or9} \times \sqrt{CLF(f)}} \right]^2 \quad (5)$$

V. 맺음말

기존의 전자파적합성(EMC) 측정방법은 90년대 중반 지상파 TV 신호를 보호하기 위해 제정된 방법으로 다양한 전기·전자 기기들이 제한된 공간 내에서 사용되는 현재의 전

파 특성을 반영하지 못한다. 이로 인해 인증 받은 제품들 사이에서도 상호 영향을 받아 오동작할 수 있으며, 복잡해지고 있는 전자파 환경에서 이러한 현상은 심화될 가능성이 높아 이에 대한 대책이 매우 시급한 실정이다. 야외시험장(OATS)이나 전자파 무반사실(SAC) 등 기존 전자파적합성(EMC) 측정시설은 원역장(far-field) 혹은 특정 입사 방향 및 편파의 전자파만이 재현 가능하므로 제한된 조건에서만 시험이 가능하다. 따라서 다양한 입사 방향 및 편파를 가지는 입사파를 재현하여 실제의 전파 환경에서 시험이 가능하도록 하는 전자파적합성(EMC) 측정·평가 기술 개발이 필요하다.

본 논문에서는 전자파적합성 대응시험시설 및 무선기기 성능평가에 사용되고 있는 전자파 잔향실에 대한 연구개발 동향에 대해 기술하고, 전자파 잔향실을 기반으로 개선된 전자파적합성(EMC) 측정 방법에 대해 기술하였다.

실제 전자파 환경에 대해 보다 유사하게 모의할 수 있는 시설인 전자파 잔향실을 사용하여 기기 및 시스템에 대한 전자파적합성(EMC) 특성을 정확하게 시험·평가할 수 있는 개선된 측정기술을 개발하고, 이를 국제표준에 반영하는 것이 필요하며, 기존시험시설 대비 상대적으로 저가인 전자파 잔향실을 대응시험시설로 사용함으로써 기기 및 시스템의 EMC 특성을 측정하는데 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있다. 전자파 잔향실을 이용함으로써 실제 전파환경을 고려한 시험시설에서의 EMC 시험평가를 통해 전기·전자 기기 및 시스템의 전자파 안전성을 향상시키는 데 활용 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] H. A. Mendes, "A new approach to electromagnetic field strength measurements in shielded enclosures", *Wescon Technical Papers, Western Electronic Show and Convention*, Los Angeles, Aug. 1968.
- [2] M. L. Crawford, G. H. Koepke, "Design, evaluation, and use of a reverberation chamber for performing electromagnetic susceptibility/vulnerability measurements", *NBS Technical Note 1092, National Bureau of Standards, Boulder, Co*, Apr. 1986.
- [3] D. A Hill, "Electromagnetic theory of reverberation chamber", *NIST Technical Note 1506, NIST, US Dept. of Commerce, Technology Administration*, 1998.
- [4] D. A. Hill, *Electromagnetic Fields in Cavities*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [5] S. J. Boyes, Yi Huang, *Reverberation Chambers - Theory and Applications to EMC and Antenna Measurements*, Wiley, 2016.
- [6] Chalmers Univ. of Technology, www.chalmers.se.
- [7] Marche Polytechnic University, www.univpm.it.
- [8] Bluetest, www.bluetest.se.
- [9] EMITE, www.emite-ing.com.
- [10] 일본 정보통신연구기구(National Insitut of Information and Communications Technology: NICT) www.nict.go.jp.
- [11] IEC61000-4-21, 'Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4-21: Testing and measurement techniques - Reverberation Chamber test methods', Ed.1.0 2003.
- [12] S. I. Kwak, J.-H. Hwang, D.-U. Sim, J. H. Kwon, and M. Kim, "Antenna diversity method for emission measurements in a reverberation chamber", *2018 Joint IEEE EMC & APEMC Symposium*, pp. 26, May, 2018.
- [13] S. I. Kwak, J.-H. Hwang, D.-U. Sim, and J. H. Kwon, "Immunity tests in a reverberation chamber using a correction factor", *2018 Joint IEEE EMC & APEMC Symposium*, pp. 70, May, 2018.

≡ 필자소개 ≡

권 종 화



1994년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
1999년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
2010년 2월: 연세대학교 전기전자공학 (공학박사)
1999년 1월~현재: 한국전자통신연구원 (ETRI) 방
송미디어연구소 전파·위성연구본부 전파환경
감시연구그룹 Project Leader (PL)/책임연구원
[주 관심분야] SI/PI 및 EMC 대책 기술 및 표준
화, 고출력 전자파 방호대책 및 측정기술

곽 상 일



2004년 2월: 연세대학교 전기전자공학부 (공학사)
2006년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)
2017년 8월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
2006년 2월~현재: 한국전자통신연구원 (ETRI) 방
송미디어연구소 전파·위성연구본부 전파환경
감시연구그룹 선임연구원
[주 관심분야] EMC 대책 기술, 안테나 기술