

비차폐실에서의 전도성 방해 측정 방법 연구

박수로*, 이일규**†

Study on Measurement Method of Conducted Disturbance in Unshielded room

Suro Park*, Il-Kyoo Lee**†

요 약

최신 전자기기의 발전으로 인해 전자파 장애(EMI, Electromagnetic Interference)는 점점 더 중요해지고 있으며, 디바이스는 고밀도 회로 설계와 고속 신호 전송을 포함하여 다양한 주파수 대역에서 동시에 작동하기 때문에 복잡한 EMI 문제에 직면하고 있다. EMI 측정은 보통 차폐된 공간에서 외부 전자기 간섭을 차단하여 수행되지만, 이는 비용이 많이 들기 때문에 중소기업, 학교 등에서는 제한되는 경우가 많다.

본 연구는 차폐되지 않은 환경에서 EMI 시험 중 전도성 방해(Conducted Disturbance) 시험을 수행하고, 이를 차폐실에서의 측정값과 비교하여 비차폐실에서의 시험의 유효성을 평가하고자 한다. 이를 통해 차폐실을 사용하지 않고도 신뢰성 있는 전도성 방해 시험을 수행할 수 있는 방안을 제시함으로써, 비용을 절감하며 경쟁력을 강화할 수 있는 새로운 접근법을 모색하는 데 기여하고자 한다.

Abstract

Electromagnetic interference (EMI) is becoming increasingly important due to advances in modern electronics, and devices face complex EMI challenges as they operate simultaneously in multiple frequency bands, including dense circuit designs and high-speed signal transmission. EMI measurements are typically performed in a shielded room to isolate external electromagnetic interference, but this is expensive and often limited for small and medium-sized enterprises, schools, and others.

This study aims to evaluate the validity of EMI testing in an unshielded environment by performing Conducted Disturbance tests during EMI testing and comparing them to measurements in a shielded room. In doing so, we hope to contribute to the search for new approaches to reduce costs and increase competitiveness by showing how reliable conducted disturbance tests can be performed without the use of shielded rooms.

한글키워드 : 전자파 장애, 전도성 방해, 전자파적합성, 차폐실

keywords : Electromagnetic Interference, Conducted Disturbance, Electromagnetic compatibility, Shielded room

* (재)헬스케어스파산업진흥원 & 공주대학교

전기전자제어공학과

** 공주대학교 전기전자제어공학과

† 교신저자: 이일규(email: leeik@kongju.ac.kr)

접수일자: 2025.02.24. 심사완료: 2025.03.11.

게재확정: 2025.03.20.

1. 서론

전자파 장애(EMI, Electromagnetic Interference)는 전자기기의 신뢰성과 성능을 저하시키는 주요 문제로, 전자기기와 통신 시스템의 발달과 함께 그 중요성이 부각되고 있다. 전자파는 현대 산업의 핵심 역할을 담당하지만, 전자기기의 고밀도화, 고속화 추세는 EMI 문제를 심화시키고 있다. 이를 해결하기 위해 전도성 방해 측정 기술이 중요하며, 특히 전도성 방해(Conducted Disturbance)의 측정은 EMI 특성을 평가하는 주요 항목으로 자리잡고 있다. 또한 국내외에서는 전자파적합성 시험 결과를 요구하고 있다.

일반적으로 EMI 측정은 차폐실에서 수행되지만, 구축 및 유지 비용이 높아 중소기업 등에 부담이 된다[1]. 이에 따라 최소한의 공간과 자원을 활용한 비차폐실 환경에서 전도성 방해를 유의미하게 측정할 수 있다면, EMI 측정 비용을 크게 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 응용 분야에서 더 널리 활용될 수 있는 가능성이 열릴 것으로 기대된다.

본 연구는 비차폐실에서의 전도성 방해 측정 방법을 제안하고, 차폐실 측정 결과와 비교하여 유효성을 평가하고자 한다. 이를 통해 EMI 측정 비용을 절감하고 기업 경쟁력 강화에 기여하고자 한다. 시험 대상 기기는 차폐실-비차폐실 비교를 위한 표준 신호발생기와 시험 수요가 많은 기기 유형으로 선정하였다.

2. 전도성 방해 시험 개요

2.1 배경

전자파적합성(EMC: Electromagnetic Compatibility)은 전자기기와 시스템이 주위 환경과의 상

호작용에서 발생할 수 있는 전자파 간섭을 최소화하여 각 기기들이 서로 간섭 없이 정상적으로 작동할 수 있도록 지원하는 기술 분야이다[1]. EMC의 핵심 목표는 기기가 동작 중에 불필요한 전자파를 방출하지 않도록 하고, 동시에 외부에서 발생하는 전자파 간섭으로부터 자신의 성능이 저하되지 않도록 보호하는 것이다.

따라서 EMC란 두 가지 측면인 전자파 장애를 일으키지 않는 것과 전자파 감응성(EMS: Electromagnetic Susceptibility)을 받지 않는 것을 만족함을 의미한다. 전자기 장애를 일으키지 않는다는 것은 제조된 제품에서 발생하는 전자파가 다른 제품에 전자파 방해 영향을 미치지 않아야 한다는 것을 뜻한다. 반대로 전자기 감응성에 영향을 받지 않는다는 것은 제조된 제품이 다른 제품에서 발생하는 전자파에 의해 방해받지 않고 정상적으로 기능해야 한다는 의미다. 즉, 제품은 외부 전자기 환경에서 발생하는 전자파에 대해 내성을 가져야 한다는 것이다. 그러므로 이 모든 요구사항을 충족했을 때, 해당 제품이 EMC 인증을 받았음을 의미한다[2].

전자파적합성을 보장하기 위해 다양한 EMI 시험이 수행되며 대표적으로 전도성 방해(Conducted Disturbance)와 복사성 방해(Radiated Disturbance)가 있다. 전도성 방해는 기기에서 발생한 전자파가 전원선이나 신호선, 케이블을 통해 외부로 유출되어 다른 기기에 간섭을 일으키는 현상을 말하며, 복사성 방해는 기기에서 직접 방출되는 전자파가 공기 중을 통해 전파되어 다른 기기에 간섭을 일으키는 경우를 의미한다.

이 중 전도성 방해 시험은 주요 EMC 시험이라고 할 수 있으며 다양한 산업 분야에서 전자기기와 시스템이 상호 간섭 없이 작동할 수 있도록 지원하는 데 필수적이다.

국제전기기술위원회(IEC: International Electro-technical Commission)는 전기 및 전자 기술 분야에서 국제 표준을 개발하는 비영리 기관으로 본 위원회에서 결정되는 EMC 관련 표준이 국제 표준으로 통용된다. 특히, IEC 산하의 국제무선장해특별위원회(CISPR: International Special Committee On Radio Interference)와 전자파적합성 기술위원회(TC 77: Technical Committee 77)는 전자파적합성에 대한 측정 방법과 허용기준에 대한 표준을 담당하며 그림 1과 같이 조직구조를 이루고 있다[3].

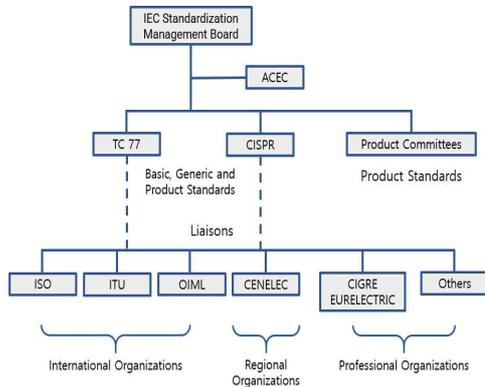


그림 1. IEC의 EMC 관련 조직구조
Fig. 1. IEC organization for EMC

CISPR는 표 1과 같이 여러 하위 분과위원회로 나뉘며, 각 분과위원회는 특정 제품군 또는 응용 분야에 대한 EMC 표준을 제정하고 있다.

EMC 시험, 특히 전도성 방해 시험은 이러한 국제 표준을 기반으로 수행되며 기기 및 시스템이 해당 규격을 충족함으로써 상호운용성과 신뢰성을 높일 수 있다[4,5].

2.2 노이즈 방사 종류

PCB(Printed Circuit Board)가 내장된 전자기

표 1. CISPR의 분과위원회
Table 1. CISPR Subcommittees

분과위원회	제품군 및 분야
CIS/A	전자파 장애 및 통계적 방법
CIS/B	산업, 과학, 의료용 고주파 기기와 전력선 및 전기철도를 포함한 고전압기기
CIS/D	전장품 및 내연기관
CIS/F	가전제품, 전동공구, 조명기기
CIS/H	무선서비스 보호를 위한 허용기준
CIS/I	정보기술장치, 멀티미디어 및 수신장비

기는 앙페르의 법칙과 페러데이의 법칙에 의해 회로의 도체를 통해 출력 전류가 전자기장을 형성한다. 그리고 회로의 도체는 전자기 에너지를 방출하는 안테나처럼 동작할 수 있다[6,7].

PCB의 정상적인 동작을 위해서는 필수적인 과정이지만 이 과정에서 그림 2와 3은 차동모드(Differential Mode)나 공통모드(Common Mode)의 형식으로 전자파가 방사되는 것을 나타낸다[7].

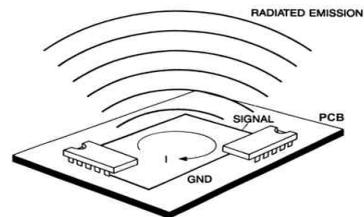


그림 2. PCB에서 발생하는 차동모드 방사
Fig. 2. Differential mode radiation from PCB

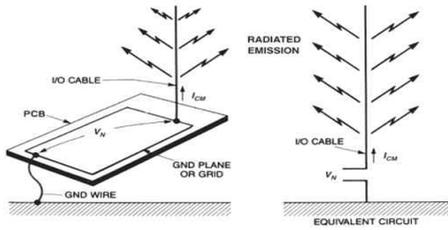


그림 3. 시스템 케이블에서 발생하는 공통모드 방사

Fig. 3. Common mode radiation from system cables

2.3 시험방법

전도성 방해 시험은 CISPR 16-2-1 표준을 기초로 작성한 산업표준심의회 발행의 KS C 9816-2-1 규격을 따르며 시험 방법에 대한 전반적인 내용을 담고 있다[8].

피시험기는 실제 사용 환경을 반영한 방식으로 설치하고 배치하여 작동시켜야 한다. 제조업체가 제시한 설치 방법이 있으면 그 방법을 가능한 한 시험 배치에 사용해야 하며, 이 배치는 일반적인 설치 방법을 대표해야 한다.

기준접지면에 대한 EUT(Equipment Under Test)의 위치는 실질적인 사용상황과 같아야 한다. 바닥 설치형 EUT는 접지면에 절연상태로 시험해야 하며 탁상형 EUT는 비전도성 테이블에 배치해야 한다. 탁상형 용도의 EUT는 비전도성 테이블에 놓아야 하며, 테이블의 표준 크기는 1.5 m × 1.0 m 이지만, 기기의 실제 크기에 맞춰 조정될 수 있다. EUT의 바닥 또는 측면 중 하나는 기준 접지면에서 40 cm 거리를 유지해야 하며, 접지면은 차폐실의 벽 또는 바닥이다. 이 접지면은 최소 2 m × 2 m 크기의 접지된 금속면으로 구성될 수 있다.

통상적으로 피시험기기는 다음 두 가지 방법 중 하나로 배치할 수 있다. 첫째, 비전도성 소재로 제작된 높이 80 cm 이상의 테이블 위에 올려 차폐실 벽으로부터 40 cm 떨어진 위치에 배치하

는 방법과 둘째, 접지면에서 40 cm 위에 피시험기기의 바닥이 위치하도록 40 cm 높이의 비전도성 테이블에 놓는 방법이 있다.

장치 간 케이블은 그림 4을 참고하여 테이블 뒤로 바닥 방향으로 늘어뜨려야 하며, 케이블이 바닥이나 수평 접지면에서 0.4 m 이내에 닿을 경우 수평 기준접지면의 가장 가까운 다발이 접지면으로부터 최소 0.4 m 이상 떨어지도록 초과된 케이블을 중심에서 0.4 m 미만으로 다발로 묶어야 한다. 또한 전원 케이블의 길이가 0.8 m 미만이면 연장 케이블을 사용해야 한다.

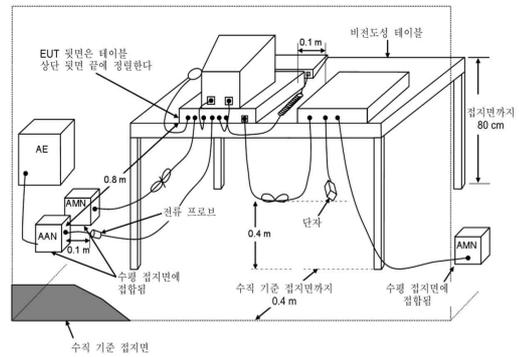


그림 4. 탁상형 EUT 시험 배치

Fig. 4. Test place arrangement of table top EUT

3. 측정 장비 및 시험환경 구성

3.1 측정장비

측정에는 의사전원회로망(AMN: Artificial Mains Network)과 수신기가 사용되었으며, 의사전원회로망은 차폐실과 비차폐실에서 공통적으로 사용된 Rohde & Schwarz사의 ENV216(V형 회로망)으로, KS C 9816-1-2 규격뿐만 아니라 CISPR, 유럽 표준, 미국 표준협회의 요구사항을 충족한다[9]. 또한, 차폐실과 비차폐실에서 각각 사용된 수신기는 표 2와 같이 측정 주파수 범위를 가지며, KS C 9816-1-1 등 국제 규격을 만족

하는 첩뚫값 및 평균값 검출기를 내장하고 있다. 아울러, 해당 EMI 수신기는 50 Ω의 공칭 입력 임피던스를 갖는다[10,11].

표 2. 수신기 특성
Table 2. Receiver specifications

모델명	주파수 범위	첩뚫값 검출기	평균값 검출기
ESCI 3	9 kHz ~ 3 GHz	내장	내장
ESR 3	9 kHz ~ 3.6 GHz		

3.2 차폐실 시험환경

본 연구는 차폐실과 비차폐실에서 각각 이루어졌으며 차폐실은 외부에서 발생한 전자파를 막아 주며 이를 통해 내부 시험 시스템에 영향을 주는 것을 방지한다. 그림 5에 나타난 차폐실은 미국 전기 전자 학회(IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers)의 규격인 IEEE-299를 만족하는 시험장이며 Modular Pan Type의 판넬 조립 형식으로 구축되었다. 크기는 약 4.0 m(L) × 4.0 m(W) × 3.0 m(H) 이며 온습도 조건은 온도 15 °C ~ 35 °C, 상대습도 30 % ~ 60 % 를 만족한다.

차폐실 시험구성은 KS C 9816-2-1 규격을 바탕으로 탁상형 EUT 배치로 구성했다. 공통적으로 수평접지면에서 40 cm 떨어진 비전도성 테이블, 2 m × 2 m 이상의 수평, 수직 기준접지면으로 구성되었다.

3.2 비차폐실 시험환경

비차폐실의 시험환경은 그림 6에 나타난 것과 같이 일반적인 철근콘크리트 건물의 실험실이며 테이블 또한 비전도성 소재가 아닌 전도성 소재가 섞인 일반적인 실험용 테이블을 사용하였다. 비차폐실의 크기는 약 5.0 m(L) × 5.0 m(W) × 3.5

m(H) 이다. 온습도 조건은 차폐실과 마찬가지로 온도 15 °C ~ 35 °C, 상대습도 30 % ~ 60 % 를 만족한다.



그림 5. 차폐실 시험환경
Fig. 5. Shielded room test environment



그림 6. 비차폐실 시험환경
Fig. 6. Unshielded room test environment

비차폐실에서 시험구성은 일반적인 시험실 환경이며 V형 의사 전원 회로망에 접지판을 제작하여 부착하였다. 또한 수신기와 V형 의사 전원 회로망은 0.8 cm 높이의 일반시험용 테이블에 구성했고 EUT는 규격과 유사하게 0.8 cm 높이의 비전도성 테이블에 위치시켰다.

그림 7에 나타난 의사 전원 회로망의 접지판은 비차폐실의 접지 환경을 구성하기 위해 50 cm × 50 cm 크기의 스테인레스 스틸 304 재질 접지판을

제작하였다. 기존 규격의 2 m × 2 m 크기의 기준 접지면 대신 일반적인 시험테이블에서 사용하기 용이하도록 50 cm × 50 cm 크기를 선택하였다. 안전을 위해 테두리를 적절하게 마감하였고 가벼운 소재를 선택하여 시험실 안에서 이동하기 쉽게 제작하였으며 소재의 내부식성 또한 뛰어나 오래 사용 가능하다.

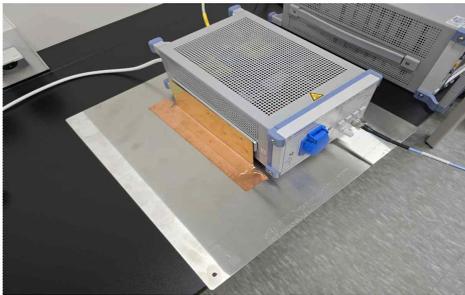


그림 7. 제작된 의사 전원 회로망 접지면
Fig. 7. Ground plates created for AMN

4. 전도성 방해 시험수행

차폐실-비차폐실 비교를 위한 표준 신호발생기와 시험 수요가 많은 기기 유형을 선정하여 전도성 방해 시험을 수행하였다.

4.1 전도성 표준 신호 발생기

전도성 표준신호 발생기는 의도적으로 잡음을 발생시켜 전도성 방해 시험을 모의할 수 있으며 주로 시험장 간 측정결과를 비교하기 위해 사용된다. 시험 배치는 그림 8과 같으며 동작조건은 500 kHz의 주파수 스텝으로, 배터리는 최대로 충전하고 EUT와 의사 전원 회로망과의 거리를 0.8 cm의 길이로 설정하여 전도성 방해 시험을 수행하였다[12].

4.2 배터리 충전기

AC-DC 컨버터의 전도성 잡음을 측정하고 비

교검도 하기 위해 시험 배치를 그림 9와 같이 구성하였다. 충전 대상 배터리는 최대로 방전시킨 상태로 설정하고 EUT와 의사 전원 회로망과의 거리를 0.8 cm의 길이로 설정하고 초과되는 길이는 다발로 묶어 처리하여 전도성 방해 시험을 수행하였다.



(a) (b)

그림 8. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 전도성 표준 신호 발생기 시험 배치

Fig. 8. Test placement of Conducted Reference Source in (a) shielded and (b) unshielded rooms



(a) (b)

그림 9. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 배터리 충전기 시험 배치

Fig. 9. Test placement of Battery charger in (a) shielded and (b) unshielded rooms

4.3 열풍기

발열체와 모터에 대한 전도성 잡음을 측정 하기 위해 시험 배치를 그림 10과 같이 구성하였다. 동작 조건 중 바람 세기는 총 2단 중 2단으로 설정하였고 다이얼식 온도 조절계는 중간으로 설정하여 발열체에서 발생하는 전도성 잡음을 측정하고자 하였다. EUT와 의사 전원 회로망과의 거리를 0.8 cm의 길이로 설정하고 초과되는 길이는 다발로 묶어 처리하여 전도성 방해 시험을 수행하였다.



(a) (b)

그림 10. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 열풍기 시험 배치

Fig. 10. Test placement of Heat gun in (a) shielded and (b) unshielded rooms

4.4 LED 등기구

LED 모듈에 대한 전도성 잡음을 측정 하기 위해 시험 배치를 그림 11과 같이 구성하였다. 기본 단일 밝기로 전원을 인가하였고 차폐실과 비차폐실 시험구성 모두 EUT와 의사 전원 회로 망과의 거리를 0.8 cm의 길이로 설정하기 위해 추가적인 케이블을 제작하여 전도성 방해 시험을 수행하였다.



(a) (b)

그림 11. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 LED 등기구 시험 배치

Fig. 11. Test placement of LED light in (a) shielded and (b) unshielded rooms

4.5 무선기능 내장 조명기기

기존 LED 조명기기에 블루투스 모듈을 결합한 스마트 조명 장치로 LED 모듈과 블루투스 모듈에 대한 복합적인 전도성 잡음 측정 하기 위해 시험 배치를 그림 12와 같이 구성하였다. 기본 조명밝기로 설정하였고 내장된 무선 모듈의 경우

초기설정인 연결기기 검색상태로 설정했다. EUT와 의사 전원 회로망과의 거리를 0.8 cm의 길이로 설정하기 위해 추가 적인 케이블을 제작하고 소켓에 연결하여 전도성 방해 시험을 수행하였다.



(a) (b)

그림 12. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 무선기능 내장 조명기기 시험 배치

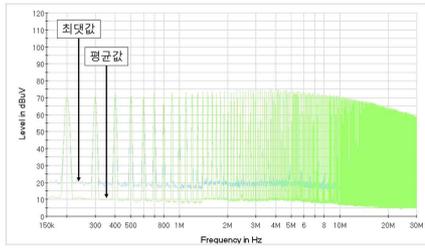
Fig. 12. Test placement of Light bulb with built-in wireless in (a) shielded and (b) unshielded rooms

5. 측정결과 및 고찰

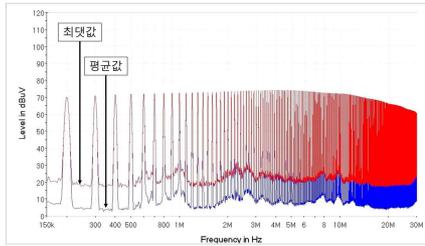
전도성 방해 시험결과 주파수 0.15 MHz ~ 30 MHz 대역에서 최댓값과 평균값을 dB μ V 단위의 그래프 형태로 얻었으며 차폐실과 비차폐실의 결과가 유사하게 차이가 발생하는 인근 주파수를 5개 선정하여 최댓값과 평균값을 표로 작성하였다.

5.1 전도성 표준 신호 발생기

그림 13의 전도성 표준 신호 발생기 시험 결과를 보면 0.6 MHz ~ 1 MHz, 2 MHz ~ 3 MHz 대역을 제외하면 그래프가 전체적으로 유사하게 도출되었다. 또한 표 3에서 특정 주파수 간 차이를 보면 최댓값과 평균값 모두 0.9 ~ 1.8 dB μ V 크기의 차이를 보이는 것을 확인했다.

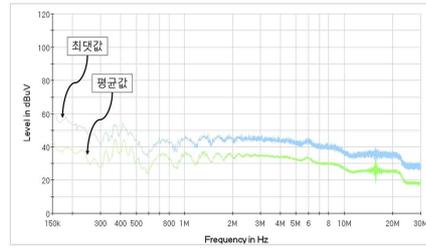


(a)

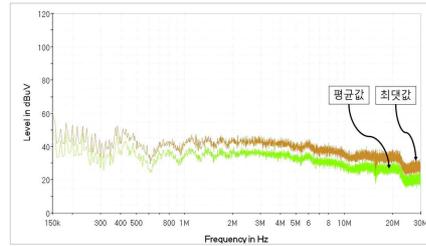


(b)

그림 13. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 전도성 표준 신호 발생기 시험 결과
Fig. 13. Test result of Conducted Reference Source in (a) shielded and (b) unshielded rooms



(a)



(b)

그림 14. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 배터리 충전기 시험 결과
Fig. 14. Test result of Battery charger in (a) shielded and (b) unshielded rooms

표 3. 전도성 표준 신호 발생기 시험 결과
Table 3. Conducted Reference Source test results

주파수 (MHz)	차폐실에서 측정값(dBµV)		비차폐실에서 측정값(dBµV)	
	최댓값	평균값	최댓값	평균값
0.6	72.8	72.8	71.9	71.8
1	73.3	73.2	72.3	72.3
2.5	74.2	74.2	73.7	73.6
4	73.6	73.6	74.1	74.1
20	64.2	64.2	66.0	66.0

5.2 배터리 충전기

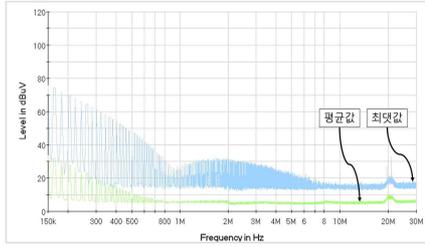
그림 14의 배터리 충전기 시험 결과를 보면 그래프가 전체적으로 유사하게 도출되었다. 또한 표 4에서 특정 주파수 간 차이를 보면 최댓값은 1.8 ~ 5.0 dBµV 크기, 평균값은 0.6 ~ 3.0 dBµV 크기의 차이를 보이는 것을 확인했다.

표 4. 배터리 충전기 시험 결과
Table 4. Battery charger test results

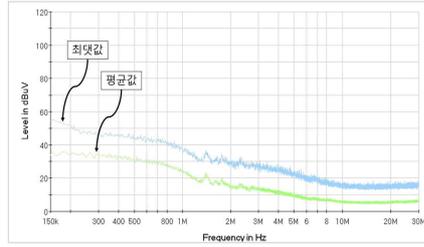
주파수 (MHz)	차폐실에서 측정값(dBµV)		비차폐실에서 측정값(dBµV)	
	최댓값	평균값	최댓값	평균값
0.6	36.6	25.9	33.1	26.9
1	44.7	36.1	41.7	35.5
2.5	45.3	35.2	42.6	35.3
4	44.0	33.8	45.8	36.8
20	36.6	25.4	31.6	26.7

5.3 열풍기

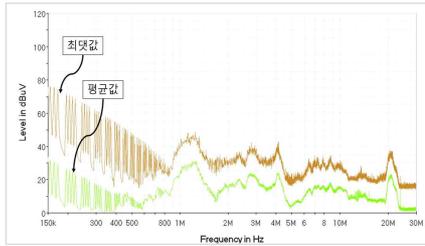
그림 15의 열풍기 시험 결과를 보면 1 MHz ~ 4 MHz, 20 MHz 인근 대역에서 그래프가 차이는 결과가 도출되었다. 또한 표 5에서 특정 주파수 간 차이를 보면 최댓값은 1.6 ~ 25.2 dBµV 크기, 평균값은 0.7 ~ 18.2 dBµV 크기의 차이를 보이는 것을 확인했다.



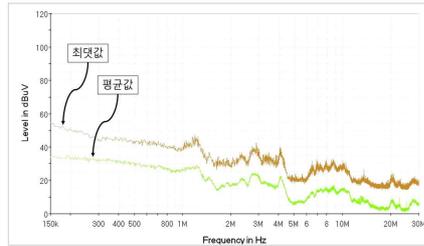
(a)



(a)



(b)



(b)

그림 15. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 열풍기 시험 결과

그림 16. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 LED 등기구 시험 결과

Fig. 15. Test result of Heat gun in (a) shielded and (b) unshielded rooms

Fig. 16. Test result of LED light in (a) shielded and (b) unshielded rooms

표 5. 열풍기 시험 결과
Table 5. Heat gun test results

표 6. LED 등기구 시험 결과
Table 6. LED light test results

주파수 (MHz)	차폐실에서 측정값(dBμV)		비차폐실에서 측정값(dBμV)	
	최대값	평균값	최대값	평균값
0.6	42.3	8.5	40.7	7.8
1	13.5	5.2	38.7	23.4
2.5	15.3	4.7	29.0	14.7
4	14.6	5.0	36.5	20.7
20	17.0	6.8	30.5	18.5

주파수 (MHz)	차폐실에서 측정값(dBμV)		비차폐실에서 측정값(dBμV)	
	최대값	평균값	최대값	평균값
0.6	43.0	29.0	42.8	28.5
1	37.3	24.8	38.0	26.3
2.5	28.5	14.1	28.5	17.1
4	25.3	12.3	35.4	19.2
20	15.9	5.8	19.0	7.2

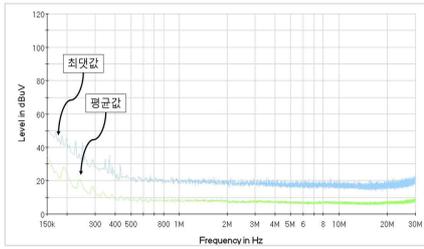
5.4 LED 등기구

그림 16의 LED 등기구 시험 결과를 보면 약 1 MHz 부터 그래프가 차이나는 결과가 도출되었다. 또한 표 6에서 특정 주파수 간 차이를 보면 최대값은 0 ~ 10.1 dBμV 크기, 평균값은 0.5 ~ 6.9 dBμV 크기의 차이를 보이는 것을 확인했다.

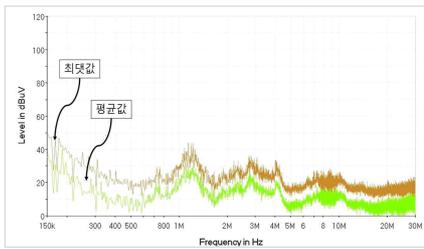
5.5 무선기능 내장 조명기기

그림 17의 무선기능 내장 조명기기 시험 결과를 보면 약 1 MHz 부터 그래프가 차이나는 결과가 도출되었다. 또한 표 7에서 특정 주파수 간 차이를 보면 최대값은 0.3 ~ 10.1 dBμV 크기, 평균값은 0.5 ~ 13.9 dBμV 크기의 차이를 보이는

것을 확인했다.



(a)



(b)

그림 17. (a) 차폐실과 (b) 비차폐실에서 무선기능 내장 조명기기 시험 결과

Fig. 17. Test result of Light bulb with built-in wireless in (a) shielded and (b) unshielded rooms

표 7. 무선기능 내장 조명기기 시험 결과
Table 7. Light bulb with built-in wireless test results

주파수 (MHz)	차폐실에서 측정값(dBµV)		비차폐실에서 측정값(dBµV)	
	최댓값	평균값	최댓값	평균값
0.6	43.0	29.0	42.8	28.5
1	37.3	24.8	38.0	26.3
2.5	28.5	14.1	28.5	17.1
4	25.3	12.3	35.4	19.2
20	15.9	5.8	19.0	7.2

5.6 고찰

차폐실과 비차폐실에서의 전도성 방해 시험

결과 각 시험 대상 기기별 그래프와 결과표를 보면 일부 주파수 범위에서 측정값이 차이가 나지만 전체적으로는 유사하게 나타난다고 볼 수 있다. 표 8에 나타난 시험 대상 기기 규격별 준침듯값 허용기준을 보면 본 연구에서는 준침듯값을 구하지 않고 최댓값을 구했지만 일반적으로 최댓값이 준침듯값보다 높게 측정되기 때문에 표 8의 허용기준으로 판단했을 때 비차폐실에서의 시험 결과가 유효함을 알 수 있다[13-15].

표 8. 규격별 준침듯값 허용기준
Table 8. Quasi-peak limits for EUT in standards

주파수 (MHz)	차폐실에서 측정값(dBµV)		비차폐실에서 측정값(dBµV)	
	최댓값	평균값	최댓값	평균값
0.6	43.0	29.0	42.8	28.5
1	37.3	24.8	38.0	26.3
2.5	28.5	14.1	28.5	17.1
4	25.3	12.3	35.4	19.2
20	15.9	5.8	19.0	7.2

측정값의 차이는 차폐실과는 다른 비차폐실의 환경적 특성에서 기인한 것으로 생각할 수 있고 특히 비차폐실의 경우 외부로부터 유입된 불필요한 전도성 잡음이나 접지상태의 차이가 시험 결과에 영향을 주었을 가능성이 있다.

또한 AC-DC 컨버터, 발열체와 모터, LED 모듈 또는 LED 모듈과 무선 모듈의 복합적인 동작 등 시험 대상 기기별 고유 전도성 잡음 특성에 따라 결과에 차이가 생긴 부분도 예상된다.

6. 결론

본 연구는 전자기기의 발전으로 인해 증가하

는 EMI 문제와 EMI 특성을 평가하는 주요 항목인 전도성 방해 시험의 중요성을 강조하고, 차폐실과 비차폐실에서의 전도성 방해 시험 결과를 비교하여 차이를 분석하였다. 차폐실은 외부 전자파 간섭을 최소화하여 정확한 측정을 가능하게 하지만, 구축에 큰 비용이 들고 유지 또한 쉽지 않기 때문에 소규모 연구소나 학교 등에서는 현실적으로 어려움이 따른다. 반면 일반적인 실험실 환경의 비차폐실은 최소한의 공간과 자원으로 EMC 시험을 진행할 수 있는 장점이 있다.

실험결과, 차폐실과 비차폐실은 일부 주파수 범위에서 차이가 나타났으며 이는 비차폐실이 외부 전자파 간섭에 더 큰 영향을 받기 때문으로 판단된다. 또한, 시험 대상 기기의 고유 전도성 방해 특성과 접지 상태 등이 시험 결과에 영향을 미칠 가능성이 있음을 확인했다. 하지만 시험 대상 기기 규격별 요구사항을 만족하기 때문에 이러한 결과는 비차폐실에서의 전도성 방해 시험이 유효함을 시사한다.

따라서, 본 연구는 차폐실 구축이 어려운 환경에서 비차폐실을 활용한 전도성 방해 시험의 가능성을 제시하였다. 비차폐 환경에서도 특정 주파수 대역에서의 전도성 방해 시험이 유의미할 수 있음을 확인함으로써 차폐실 구축 비용을 절감하고 효율적인 시험 환경을 조성하는 데 기여할 수 있는 가능성을 보여주었다. 특히, 접근성이 높은 비차폐실을 활용한 전도성 방해 시험이 가능한 방안을 고려함으로써 경쟁력을 강화하고 개발 효율성을 높이는 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] IEEE, "ANSI C63.4-2014", June 2014, DOI: 10.1109/IEEESTD.2014.6840852
- [2] H. Kim, "Casebook on Electromagnetic Safety Testing Technology Support According to IEC 60601-1-2:2014", Korea Testing Laboratory, 2023, <https://customer.ktl.re.kr/web/contents/K502000000.do?schM=view&id=42890>
- [3] J. Kwon, "Trends in Electromagnetic Compatibility (EMC) Standards by International Electrotechnical Commission (IEC)", Korea Information and Communication Technology Planning and Evaluation Agency, 2022, <https://ksp.etri.re.kr/ksp/article/file/65400.pdf>
- [4] IEC, "New Chair for IEC Technical Committee on Electromagnetic Compatibility", 2020, <https://www.iec.ch/blog/new-chair-iec-technical-committee-electromagnetic-compatibility>
- [5] IEC, "IEC Organization", 2020, https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:29:710788860932711:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1298,25#1
- [6] M. Nagrial, A. Hellany, "Radiated and Conducted EMI Emissions in Switch Mode Power Supplies (SMPS): Sources, Causes and Predictions", DOI: 10.1109/INMIC.2001.995314
- [7] H. W. Ott, "EMC Engineering Part II Practical Applications", Haksan Publishing Co., Ltd., 2013, ISBN: 97889-96621133
- [8] Korea Standards Committee, "KS C 9816-2-1, Measurement Equipment and Methods for Electromagnetic Interference and Immunity - Part 2-1: Measurement Methods for Conducted Interference", 2023, <https://standard.go.kr/streamdocs/view/sd;streamdocsId=72059328689991463>
- [9] Rohde & Schwarz, "R&S@ENV216 Two-Line V-Network", https://www.rohde-schwarz.com/kr/products/test-and-measurement/conducted-testing/rs-env216-two-line-v-network_63493-9775.html
- [10] Rohde & Schwarz, "EMI Test Receiver ESCI", 2004, <https://scdn.rohde-schwarz>

.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/ESCI_bro_en.pdf

- [11] Rohde & Schwarz, "R&S®ESR EMI Test Receiver", https://www.rohde-schwarz.com/kr/products/test-and-measurement/emi-test-receivers/rs-esr-emi-test-receiver_63493-17877.html
- [12] COM-POWER, "Comb Generator for Conducted Reference Source", <https://www.com-power.com/products/comb-generators/cgc-510e>
- [13] Korea Standards Committee, "KS C 9814-1, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Requirements for Household Electrical Appliances, Electric Tools, and Similar Devices - Part 1: Emission", 2022, <https://standard.go.kr/streamdocs/view/sd;streamdocsId=72059328610860290>
- [14] Korea Standards Committee, "KS C 9815, Allowable Standards and Measurement Methods for Wireless Interference Characteristics of Lighting Devices and Similar Devices", 2023, <https://standard.go.kr/streamdocs/view/sd;streamdocsId=72059328691196093>
- [15] Broadcasting and Telecommunications Standards Committee, "KS X 3124, Common EMC Test Methods for Radio Equipment", 2020, https://www.rra.go.kr/ko/reference/lawList_view.do?lw_seq=134

저 자 소 개



박수로(Suro Park)

2017.8 환경대학교 전기전자제어공학과 졸업
 2025.2 공주대학교 전기전자제어공학과 석사
 2022-현재 (재)헬스케어스파산업진흥원
 주임연구원
 <주관심분야> 전자파 적합성, 전자파 측정



이일규(Il-Kyoo Lee)

1992.2 충남대학교 전자공학과 졸업
 1994.2 충남대학교 전자공학과 석사
 2003.2 충남대학교 전자공학과 박사
 1997-2004 ETRI 선임연구원
 2012-2013 : 미국 조지아텍 교환교수
 2014-현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부
 교수
 <주관심분야> RF 시스템, 스펙트럼 공학,
 이동통신 시스템