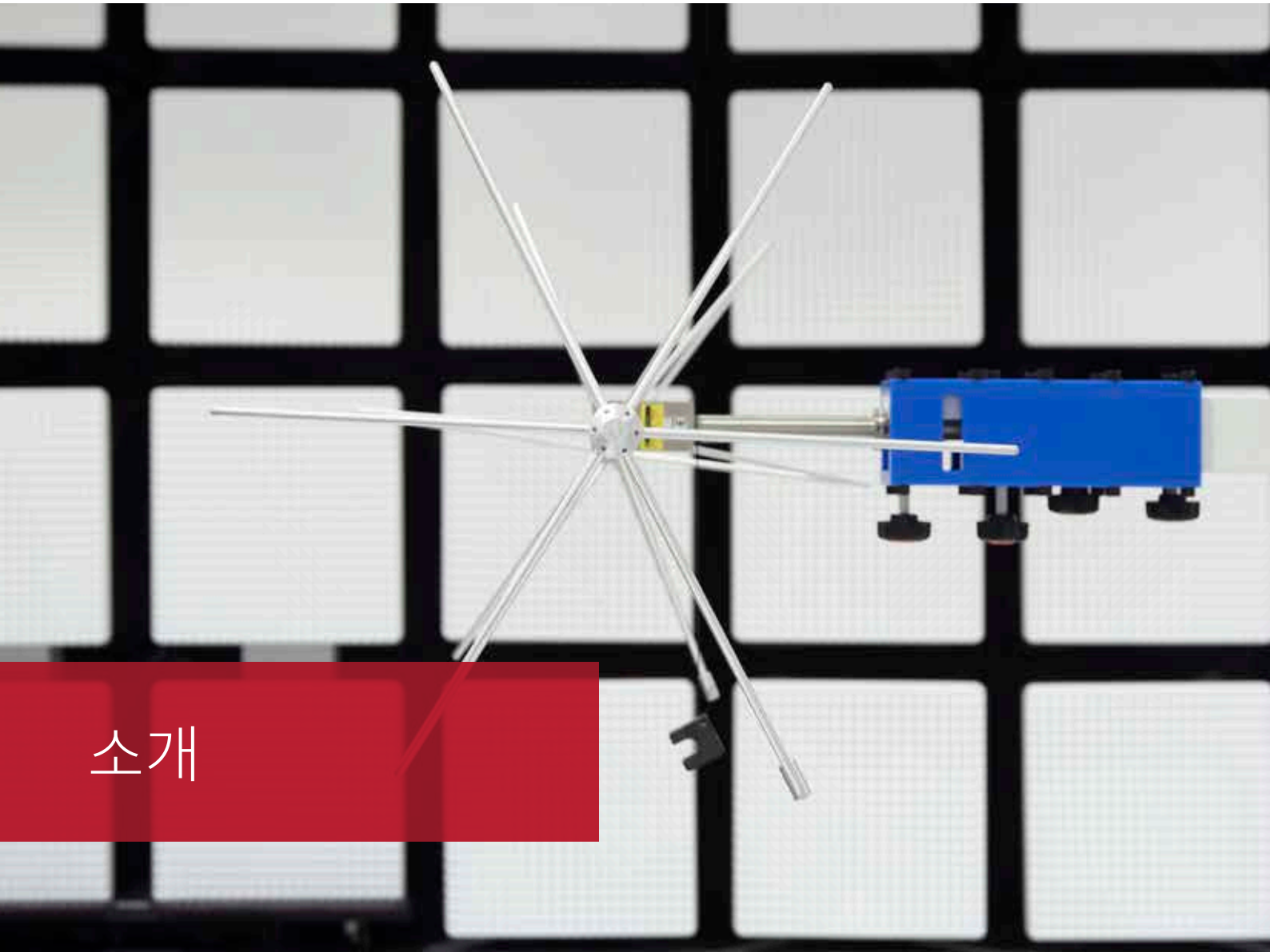


# 기초부터 배우는 EMC

섹션 1: EMC 용어 정의 및 테스트



Empowering Trust™



## 소개

전자 장치의 설계 및 제조에 관여했다면 “EMC”라는 용어를 접해보신 적이 있을 것입니다. 과연 “EMC”란 무엇일까요? 많은 젊은 엔지니어들도 아마 궁금해 했을 것입니다. 지금까지 EMC에 대한 여러 규정과 표준이 제정되어 왔으며, EMC가 적용되는 전자기기는 반드시 그와 같이 제정된 기준을 따라야 합니다. 향후 전자기기는 더 많아지고 다양해질 것으로 예상되므로, EMC는 점점 더 중요한 기술 표준으로 자리매김 할 것입니다.

이 백서는 EMC의 개념, 기본적인 측정 방법, 국제 및 지역 표준 및 규정을 요약하여 소개합니다. 섹션 1에서는 EMC 및 EMC 시험의 정의를 다루고, 섹션 2에서는 EMC 규정 및 관련 트렌드를 요약하여 소개합니다. 이는 전자기기의 설계와 제조 업무에 종사하는 젊은 엔지니어들이 EMC에 관하여 깊이 이해하게끔 하기 위한 것입니다.

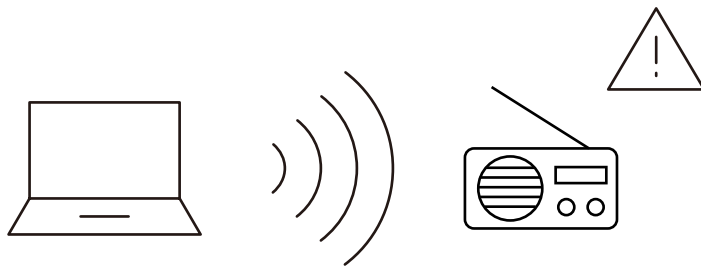
# “EMC”란?

가장 먼저, “EMC가 이토록 중요한 이유는?” 그리고 “과연 EMC란 무엇인가?”에 대해 설명하겠습니다. 이런 상황을 더 잘 보여주는 몇 가지 공통적인 예시를 들어 설명을 시작하겠습니다.

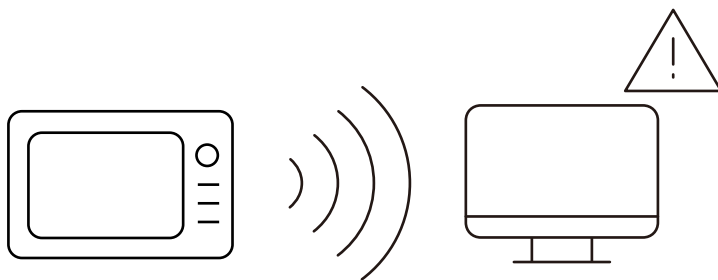
## EMC가 이토록 중요한 이유는?

### - EMC 규정의 시작, 그리고 “EMC 문제”

- 오늘날 자주 경험하는 일은 아니겠지만, AM 라디오 방송을 켜 놓고 PC를 부팅하면 음향 소음 때문에 방송이 들리지 않았습니다.



- TV를 보는 중에 같은 방에서 전자레인지 사용하면, TV 화면에 줄무늬 패턴이 드러나며 영상을 알아볼 수 없게 됩니다.



이들은 대표적인 가정 내 “전파 교란” 사례에 해당합니다. 이러한 현상은 전자기기가 보급되기 시작한 1960년부터 1980년대까지 자주 발생했습니다. PC와 전자레인지가 작동할 때 발생하는 전자파 장해(잡음)는 빈 공간과 내부 배선을 통해 라디오와 텔레비전에 장애를 일으켜 음향 소음과 줄무늬 패턴을 생성합니다.

그러한 종류의 전파 교란은 EMC 규제의 시작을 낳았고, 해당 문제가 점차 부각됨에 따라 전 세계적인 규제가 시작되었습니다.





그러나 1980년 이후에도 전파 교란으로 대표되는 “EMC 문제”는 사그라들지 않고 있습니다. 오히려, 이런 문제는 확장되고 있습니다. 전자 기술은 눈부신 발전을 이루며 모든 분야로 퍼져나갔습니다. 그 결과, 우리 주변에 전자기기들이 빠르게 보급되고 있고, 그들 사이의 장애 유발 가능성이 증가하고 있습니다.

EMC 문제는 가정 내 전파 교란에서 전자기기의 오작동으로 확대된 파급 효과를 보이고 있습니다. 1990~2000년대 들어 휴대전화는 의료기기의 고장을 일으켰고 휴대용 CD플레이어 조작은 항공기 내 기기의 고장을 야기하여 세간의 이목을 집중시켰습니다. 가장 심각한 것으로는, 비정상적인 엘리베이터 작동과 공장 내 산업용 로봇의 오작동으로 인한 사고 유발 사례가 있습니다. EMC 문제는 생명을 위협에 빠뜨리는 사고로 이어졌습니다.

### 예시 1: 휴대용 CD 플레이어의 작동으로 인한 항공기 장치 오작동

1993년 2월 초, 뉴욕의 JFK 공항에 착륙할 준비가 된 DC-10기가 갑자기 왼쪽으로 방향을 틀어 동체가 기우는 바람에 거의 충돌할 뻔 한 사고가 발생했습니다. NASA와 FAA의 전문가들은 일등석에 탑승한 한 승객이 휴대용 CD 플레이어의 전원을 켰을 때 항공기의 제어 기능이 방해받았다는 결론에 도달했습니다. 새로운 항공기는 점점 더 컴퓨터화됨에 따라 (전자파) 장애에 더 취약해졌습니다. 오토 파일럿 및 계기착륙을 위한 비행제어시스템 및 VOR 네트워크의 다른 요소에서 사용되는 내비게이션 비콘 등에 대한 주파수 장애 우려가 있었습니다.

(1993년 2월 22일자 타임지 기사에 논평하는 Compliance Engineering(www.ce-mag.com) 1993년 봄호, 92페이지에서 발췌)

### 예시 2: 무선 사용으로 인한 의료기기 오작동

1992년, 한 응급구조사가 심장 마비를 겪은 후 병원으로 이송되고 있는 환자에게 심장 박동 모니터와 제세동기를 연결했습니다. 응급구조사가 조연을 구하기 위해 무선을 켜 때마다 장비가 종료되는 바람에 환자는 사망하고 말았습니다. 분석 결과 구급차 지붕이 금속에서 섬유유리로 바뀌었고, 장거리 무선 안테나가 부착되어 있어 장비가 매우 강한 전자기장에 노출되어 있던 것으로 드러났습니다. 차체의 차폐 효과 감소와 강한 방사 신호의 조합으로 인하여 장비가 견딜 수 있는 것보다 더 많은 장애에 노출된 것이 입증되었습니다.

(Compliance Engineering Magazine 유럽판 1994년 9월/10월호에 보도된 Wall Street Journal 기사)

<http://www.compliance-club.com/pdf/banana%20skins.pdf>에서 발췌  
저자 번역. 괄호 안의 내용은 저자가 추가한 것입니다.

EMC 규제 범위는 여전히 확대되고 있으며 변화하고 있습니다. 예를 들어, 전에는 전혀 고려 대상이 아니었던 인체에 대한 장애가 논의되기 시작했습니다. 전자파는 몸에 흡수되어 발열하는 효과가 있는데, 이것은 온도를 높임으로써 해를 끼치는 것으로 생각됩니다.

상기 언급한 바와 같이, EMC는 제품의 작동을 보장할 뿐만 아니라 사고를 예방하는 데에도 중요한 요소로 인식되어야 합니다. 따라서 EMC에 대한 규제는 전자 기술이 발전하고 더욱 다각화됨에 따라 지속적인 논의를 필요로 할 것입니다.





## “EMC”란? - 전자파 장애파(잡음)

EMC의 실체를 알아보기 위해, 이제 위에서 다루었던 다양한 상황을 발생시킨 원리에 대해 설명하겠습니다. 앞서 다룬 PC와 라디오에 관한 예에서는 PC가 작동될 때 전자파 장애파(잡음)가 발생하였습니다.

여기서 전자파 장애파(잡음)는 EMC 문제를 일으키는 전자파를 의미합니다. 전자파는 빈 공간에 존재하는 전기장과 자기장 사이의 변화를 형성하는 파동입니다. 이것은 일종의 에너지 전파 현상으로, 전기장과 자기장이 서로를 유도하고 서로를 생성시켜 공간이 진동하게 합니다. 전자기장의 변화는 빈 공간을 가로질러 전파되는 파동이 됩니다. 전자파는 아래 표와 같이 다양한 분야에서 사용됩니다.

명칭	파장	주파수	용례
VLF(초장파)	100~10km,	3~30kHz	
LF(장파)	10~1km,	30~300kHz,	선박 또는 항공기 통신
MF(중파)	1,000~100m,	300~3000kHz,	AM 라디오
HF(단파)	100~10m,	3~30MHz,	장거리 라디오
VHF(초단파)	10~1m,	30~300MHz,	FM 라디오, TV
UHF(극초단파)	100~10cm,	300~3,000MHz	휴대전화, 전자레인지, 레이더
SHF(센티미터파)	10~1cm,	3~30GHz,	전화 중계, 레이더, 위성 TV
EHF(밀리미터파)	10~1mm,	30~300GHz	차량 탐재 레이더, 전화 중계기, 레이더, 미사일 센서
적외선	1mm~780nm,	-	적외선 사진, 건조
가시광선	780~380nm	-	광학기기
자외선	380~10nm,	-	살균등
X선,	10~0.001nm	-	X선 촬영, 소재 검사, 치료
감마선	0.1nm 미만 <small>(주로 방사성 핵에서 방출)</small>	-	소재 검사, 치료

라디오와 PC에 관한 예로 돌아가 보겠습니다.

전자파를 사용하는 예는 여러 가지가 있지만, 문제를 일으키는 PC는 실제로 의도적으로 전자파를 발생시키는 것이 아닙니다.

물론 전자레인지와 같은 전자파를 사용하는 전자기기도 있습니다. 하지만 PC와 다른 일반적인 전자기기의 경우, 전자파를 사용하지도 않는 적절한 작동을 수행할 때에도 불필요한 전자파를 방출할 수 있다는 것을 기억해야 합니다.

이 경우 PC는 주된 작동의 부작용으로 불필요한 전자파(잡음)를 생성합니다. 잡음은 집 안의 전기 배선이나 전원 공급선을 통해 공간을 통과하여 라디오로 들어갑니다. 반면에, 라디오는 전파를 수신하기 때문에 PC에서 전파되는 소음이 오디오 주파수 구성 요소를 포함하는 경우, 라디오가 해당 주파수를 받아 출력해야 하는 소리와는 다른 음향 잡음을 발생시킵니다.

그럼 지금까지의 설명과 관련하여 “EMC”라는 용어를 자세히 살펴해보도록 하겠습니다.

상기 설명한 사건이 발생했을 때, 무선에 장애를 일으키는 PC의 잡음을 전자파 장애 (EMI)라고 합니다. 이는, 전자기기에서 발생하는 잡음과 다른 장치에 영향을 미치는 잡음을 의미합니다. 이 경우 PC에서 잡음이 방출되므로 방출이라고도 할 수 있습니다.



전자기기는 다른 전자기기에 영향을 주기만 하지 않습니다. 그러한 전자기기 또한 영향을 받을 수 있습니다. 따라서 위의 사례에서, 장애 유발 장치였던 PC가 다음에 다른 전자기기가 일으키는 장애의 영향을 받을 수 있습니다. 따라서 전자기기가 외부에서 발생하는 잡음의 영향에 얼마나 취약한지를 고려하는 것도 중요합니다.

이러한 충격에 대한 취약성을 전자 장치의 전자기 민감도(EMS)라고 합니다. 동일한 개념을 전자기기가 잡음에 얼마나 잘 저항하는지의 관점에서 고려할 수도 있으며, 이를 잡음 내성이라고도 합니다.



위에서 설명한 것처럼 EMC 문제에는 두 가지 측면이 있습니다. 하나의 전자기기가 잡음원이 되어 다른 전자기기에 영향을 줄 수 있으며, 주변 전자기기의 잡음에 의해 영향을 받을 수 있습니다. 보시는 바와 같이, 제품을 설계할 때 EMI 또는 EMS만 고려하는 것은 충분하지 못합니다.

장치의 과도한 잡음(EMI) 방출을 피하고 적절한 균형에서 어느 정도의 잡음(EMS)에 노출되었을 때 문제를 일으키지 않도록 허용 오차를 부여하는 적절한 잡음 대책을 취하는 접근법이 일반적인 관행으로 자리잡았습니다. EMI와 EMS를 결합한 이 방식을 전자기 적합성(EMC)이라고 합니다.



# EMC 테스트의 기초

EMC 테스트 방법은 EMC를 이해하는 데 필수적입니다.

테스트 방법을 설명하려면 전자기학에 대한 이론의 기초를 다루고 EMC 분야의 몇 가지 용어를 언급해야 합니다. 여기서는 가장 중요한 몇 가지 사항을 소개하겠습니다.

## 전자파 장애파 전송 경로

설명한 대로, EMC에서 손상이라 함은 장애 유발원에 의해 생성된 전자파 장애 파장(잡음)이 장애 영향을 받는 대상에 전파될 때 발생합니다. 신뢰할 수 있는 EMC 테스트 및 잡음 대책을 적용하려면 전자파 장애 파장이 전파되는 경로를 고려해야 합니다. 다음은 두 가지 주된 전송 경로 유형입니다.

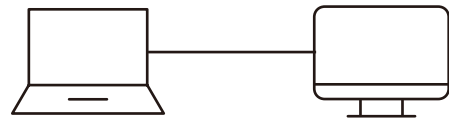
### 복사성 장애

비교적 쉽게 상상 가능한 유형은 장애 유발원이 빈 공간으로 잡음을 방출하고 그 잡음이 다른 장치로 들어가 장애를 일으키는 경우입니다. 장애 유발원에 의해 빈 공간으로 방출되는 잡음으로 인한 장애를 복사성 장애라고 합니다. 복사성 장애의 영향은 장애 유발원과 대상 사이의 물리적 거리에 따라 달라지며, 거리가 길수록 약해집니다.



### 전도성 장애

반면, 장애 유발원과 대상이 내부 배선 또는 기타 케이블로 연결된 경우 잡음이 케이블을 따라 다른 장치로 유입되는 경우가 있습니다. 이를 전도성 장애라고 부릅니다. 여기서 사용되는 “케이블”이라는 용어는 단순히 기기를 서로 연결하는 장치만을 의미하는 것이 아닙니다. 여기에는 상용 전원 공급 라인과 통신 라인을 통과하는 연결 루프도 포함됩니다. 동일한 전원 소켓에 꽂혀 있거나 동일한 통신 라인을 공유하는 기기 간에는 전도성 장애가 발생할 수 있으므로 주의해야 합니다.



앞선 두 전송 경로를 결합한 2차 전파 모드도 있습니다. 장애 유발원에 의해 빈 공간으로 잡음이 방출되는 패턴이 하나 있고, 잡음이 케이블과 결합하여 전도성 장애로 변환되는 경우입니다. 또 다른 패턴에서는 장애 유발원에서 발생하는 잡음이 케이블을 “안테나”로 변환하여 복사성 방출로 변환하는 경우입니다. 이러한 패턴 또한 반드시 기억해야 합니다.



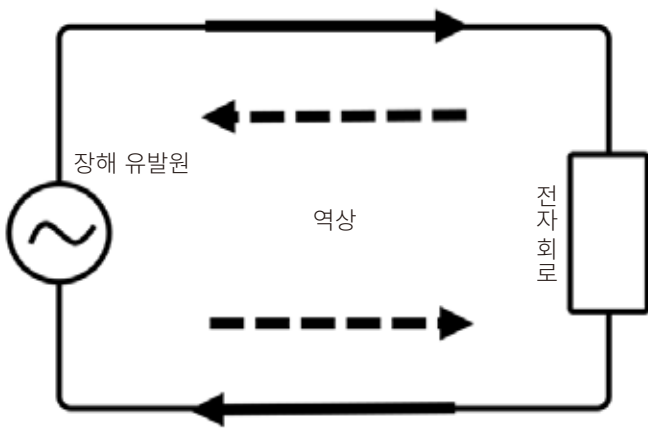


## 노멀 모드 및 공통 모드

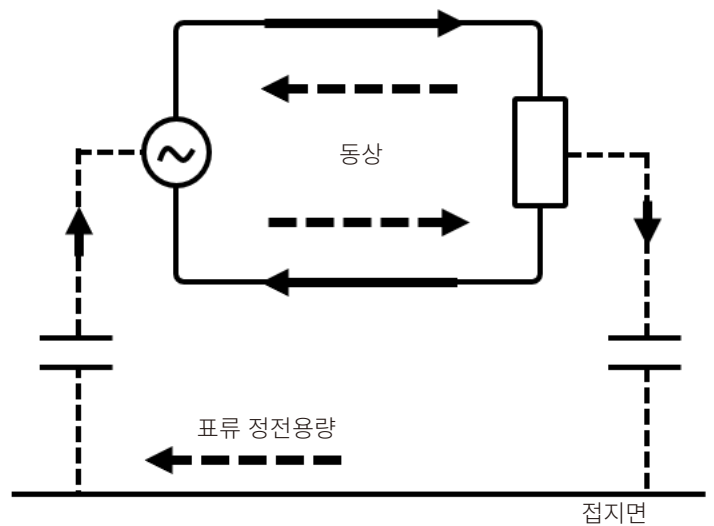
전도된 장애에 대한 전도성 장애파 전송에는 두 가지 유형이 있으며, 이를 노멀 모드 및 공통 모드라고 합니다. 두 가지 유형을 모두 이해하면 테스트 내용 이해가 용이해지기 때문에 여기에서 설명하겠습니다.

아래 다이어그램은 장애 유발원과 대상의 전자 회로 등이 두 개의 케이블로 연결된 간단한 모델입니다. 노멀 모드(왼쪽의 다이어그램)는 차동 모드라고도 하며, 장애 유발원과 장애 대상 사이에서 잡음이 (루프) 주위에 흐를 수 있습니다. 이 모드에서는 잡음의 흐름이 서로 상쇄되는 역상 상태가 되어 잡음의 발생을 억제합니다.

그러나 의도하지 않은 전류가 장치의 케이블 및 전자 회로 외부에서도 발생할 수 있습니다. 예를 들어 전류가 흐르는 전자 회로 또는 케이블에 가까운 접지가 전도체인 경우가 있습니다. 이러한 상황은 장치와 접지 사이에 보이지 않는 콘덴서(표류 정전용량)를 형성합니다. EMC에서 표류 정전용량을 사용하여 지면을 통과하는 반환 경로에 의해 더 큰 루프가 형성될 수 있습니다. 이를 공통 모드(오른쪽 다이어그램)라고 합니다. 공통 모드에서는 연결 케이블의 잡음이 동상에 있어 더 강한 잡음을 발생시킴으로써 장치의 작동에 영향을 미칠 수 있습니다.



노멀 모드



공통 모드

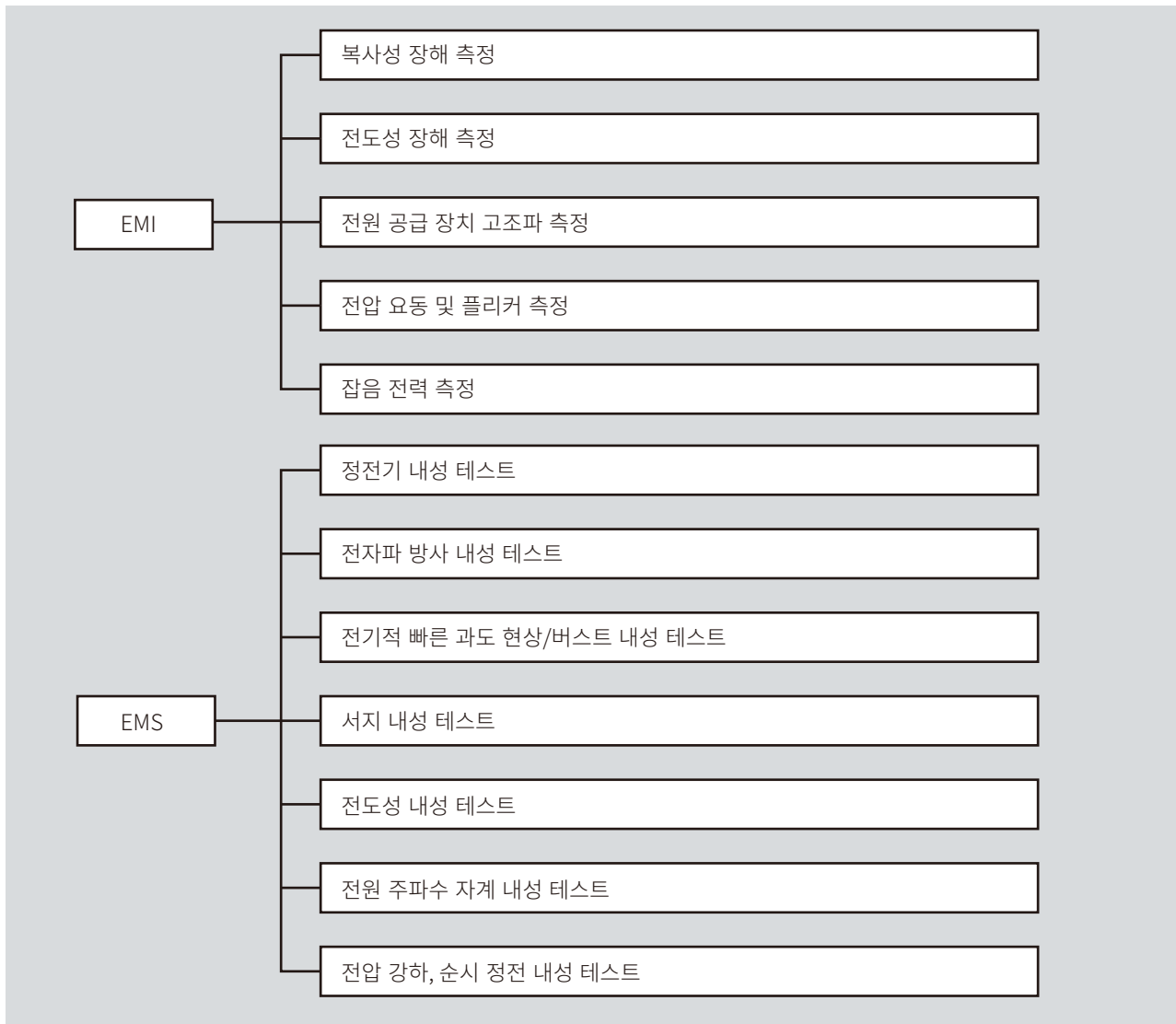
## EMC 테스트의 유형

전자파 장애 및 전송 경로에 기초하여 EMC 테스트 유형을 살펴보면 EMC 테스트 유형을 더 쉽게 이해할 수 있습니다.

EMC 테스트는 EMI 테스트와 EMS 테스트로 크게 나눌 수 있습니다. EMI(방출)의 경우에는 장치에서 방출되는 무선 장애를 측정하는 반면 EMS(내성)는 일상적으로 발생하는 현상을 시뮬레이션하고 장치의 작동에 충분한 전자파 허용 오차가 있는지 여부를 테스트합니다.

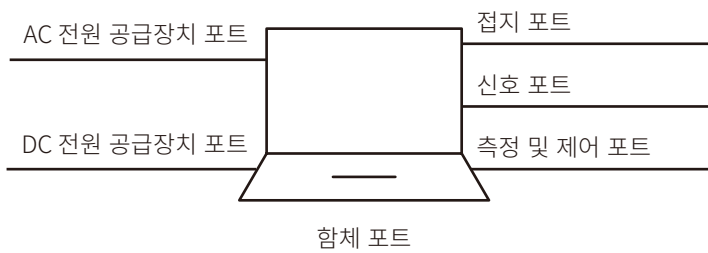
EMI 시험에는 전송 경로가 복사성 장애(방사성 방출 측정 등)인 방출 테스트와 전도성 장애(전도성 장애 측정 등) 방출 테스트가 포함됩니다. 상이한 전송 경로마다 적합한 테스트 방법이 있습니다.

EMS 테스트에서도 같은 내용이 적용되며, 추가적인 테스트 항목으로 일상적으로 발생하는 번개와 정전기의 영향에 대한 평가가 포함됩니다. 주요 테스트 항목은 아래 다이어그램을 참조하십시오.



## 포트 정의

시험 대상 제품은 일반적으로 "EUT"(시험 대상 장비)라고 불립니다. EMC 표준에서는 "포트"라는 용어가 자주 등장하며, 포트는 "EUT와 외부 전자파 환경 사이의 인터페이스"라는 뜻으로 정의됩니다. 함체의 한 가지 구체적인 예시에는 시험 대상 장비의 단자 및 대상 장치의 프레임에 포함된 단말기가 포함됩니다. 표준에 따라 포트에 관한 표현은 다양하지만, 여기서는 아래 그림과 같이 주요 요소들을 소개합니다. 시험 단계에서는 어떤 포트가 시험 대상인지 명확히 정의하고, 대상 포트 또는 시험 수준에서 수행할 시험 내용에 오류가 없는지 확인하는 것이 중요합니다.



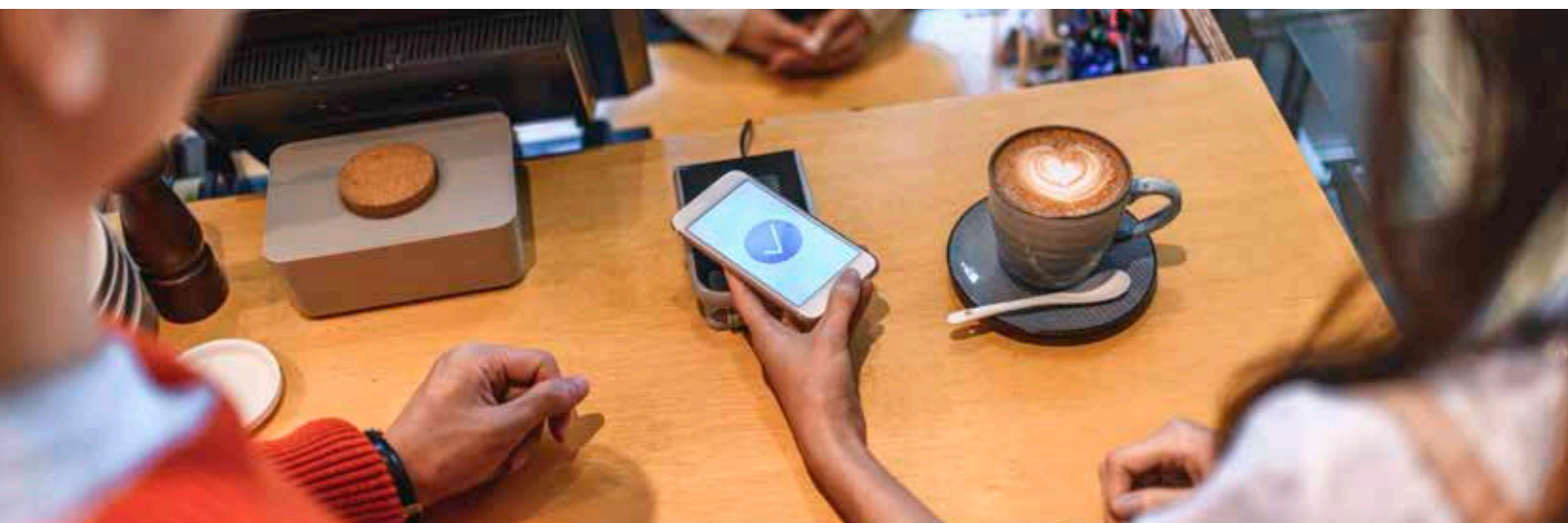
## 의도성 복사장치 및 비의도성 복사장치

EMC의 기본 개념은 전자 장치의 "비의도성" 전자파와 불필요한 전자파로 인한 피해를 방지하는 것이지만, 세상에는 전자파를 의도적으로 사용하는 장치가 많습니다.

아마추어 라디오, 상업용 무선, 휴대전화, 무선 LAN, 무선 마이크, RFID, 무선 통신 시스템을 갖춘 여러 장치들은 이제 사람들의 삶의 필수적인 부분입니다. 이러한 장치는 의도적으로 전자파를 방출하여 주요 기능을 수행하므로 "의도성 복사장치"라고 불립니다.

물론 EMC 이외에도 의도성 복사장치에 대한 규정과 표준이 존재하며, 이러한 규정들에 따른 기술 표준은 반드시 준수되어야 합니다. 이러한 규제의 예로는 일본의 전파법 및 유럽의 무선기기(RE) 지침이 있습니다.

반대로 전자파를 의도적으로 방출하지 않는 일반 전자기기를 "비의도성 복사장치"라고 합니다. 앞서 다룬 바와 같이, PC와 무선 간 전파 교란 사례에서 PC가 통상적인 작동의 부차적인 효과로 전자파를 방출하여 무선 수신을 방해하였습니다. 여기서 사용하는 "통상적인 작동"이라는 용어는 무선 기능을 사용하지 않는 상황으로 엄격히 제한됩니다. 이 경우, PC가 비의도성 복사장치에 해당합니다.

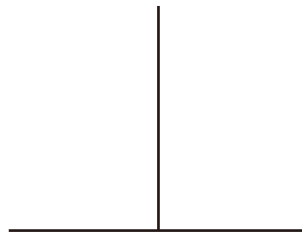




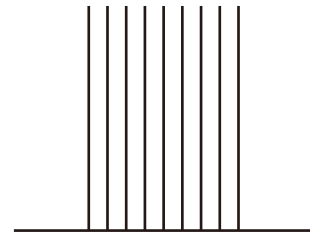


## 협대역 잡음 및 광대역 잡음

무선 장애는 잡음원에 따라 협대역 잡음 및 광대역 잡음의 형태로 발생합니다. 협대역 잡음은 특정 주파수에서 연속적인 무선 장애의 형태로 발생하는 잡음입니다. 이러한 종류의 무선 장애는 다른 전자기기에 오류 신호로 쉽게 전달되므로 EMC에서는 광대역 잡음보다 협대역 잡음에 더 엄격한 한계값을 적용합니다. 전형적인 예로는 클럭 고조파가 있습니다. 반면에 광대역 잡음은 광범위한 주파수에 걸쳐 간섭을 일으키는 잡음입니다. 대표적인 잡음원은 모터입니다.



협대역 잡음



광대역 잡음

## 테스트 장소

EMC의 측정은 전자파에 대한 특별 조치가 취해진 환경으로 제한됩니다. 일반적인 규칙은 근처의 전자기기, TV 방송, 휴대전화 및 기타 외부 전자파에 의해 발생한 전자파를 피하고 근처의 전자기기에 실험 장치에서 발생하는 전자파에 의한 영향을 주지 않도록 하는 것입니다.

EMC 테스트 장소의 주된 유형으로는 야외 테스트 장소(OATS 또는 개방된 장소), 차폐된 실내 및 무반사실(반무반사실 또는 완전 무반사실)이 있습니다. 이러한 유형들 간의 역할을 대략적으로 구분하면, 복사성 잡음과 관련된 시험이 무반향실 또는 개방된 장소에서 수행되고 다른 시험(전도성 잡음 등)은 차폐실 안에서 수행된다는 것입니다.

### 야외 테스트 장소(OATS)

이는 접지면(금속 접지면), 시험 대상 장치를 회전시키는 턴테이블 및 수신 안테나가 설치된 안테나 마스트로 구성됩니다. 테스트 대상 장치 장착 영역과 턴테이블은 전자파에 영향을 미치지 않는 FRP 돔으로 덮여 있습니다. 이러한 시설은 전자파의 영향을 피하기 위해 거주 지역에서 멀리 떨어진 산간지역과 같은 장소에 지어집니다. 최근 몇 년 동안, 지상파 디지털 방송의 확산으로 신규 테스트 장소 건설이 감소했습니다.

적용 분야: 복사 방출/안테나 보정



### 차폐실

전자적으로 격리된 환경을 갖춘 방으로, 모든 부분에 금속 판 또는 금속 그물로 덮여 외부 전자파의 침투나 내부로부터의 누출이 절대 발생하지 않습니다. 실내에 전자파 흡수체가 없으므로 차폐실은 실내 전자파의 반사가 문제가 되지 않는 경우에 사용됩니다.

적용 분야: 전도 방출/비방사형 내성



### 반무반사실

전자파 흡수체가 차폐실의 바닥을 제외한 5면 모두(벽과 천장)에 부착되어 표면에서 일어나는 전자파 반사를 방지할 수 있는 방입니다. 바닥의 필요한 부분에 전자파 흡수체를 설치한 경우 전자파 방사 내성 테스트도 가능합니다. 일반적으로 방의 크기는 측정 방법과 일치하도록 10m법 또는 3m법 등으로 테스트할 수 있습니다.

적용 분야: 복사 방출/복사 내성



### 완전 무반사실

전자파 흡수체가 바닥을 포함한 6면 모두에 부착되어 표면에서 일어나는 반사를 방지할 수 있는 방입니다. 실제 테스트 장소에서는 반무반사실에 전자파 흡수체를 설치함으로써 이 특성을 얻는 경우가 많습니다.

적용 분야: 복사 내성



## 안테나

추후 설명할 EMI 측정에서는 복사 잡음을 측정하기 위해 안테나를 사용합니다. 측정 대상의 주파수 및 적용 분야에 적합한 안테나를 사용할 수 있게 유형을 기억해두어야 합니다.

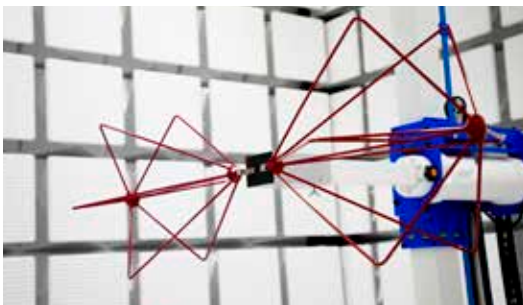
### 다이폴 안테나

이 유형의 안테나는 개방된 두 도선 사이에 전압이 가해질 때 전파가 방출되고 두 도선이 전기장에 배치될 때 전압이 유도된다는 사실을 이용합니다.



### 쌍원뿔 안테나

이 유형은 30~300MHz 범위의 EMI 측정에 일반적으로 사용되는 광대역 안테나입니다.



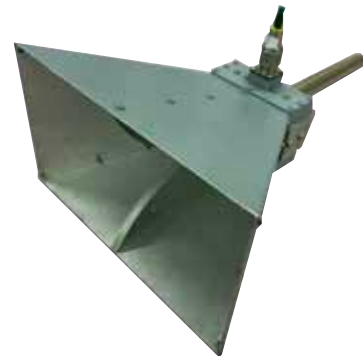
### 대수 주기 안테나

쌍원뿔 안테나와 유사하게, 이 유형은 일반적으로 300MHz~1GHz 범위의 EMI 측정에 사용됩니다.



### 혼 안테나

이 유형은 1GHz 이상의 주파수 대역에서 측정에 사용됩니다.



### BiLog 안테나

대수 주기 안테나와 쌍원뿔 안테나를 조합한 유형의 안테나입니다. 30MHz~1GHz 범위의 넓은 주파수 대역에서 테스트할 때도 안테나 변경 없이 측정이 가능합니다.





# EMC 테스트- EMI

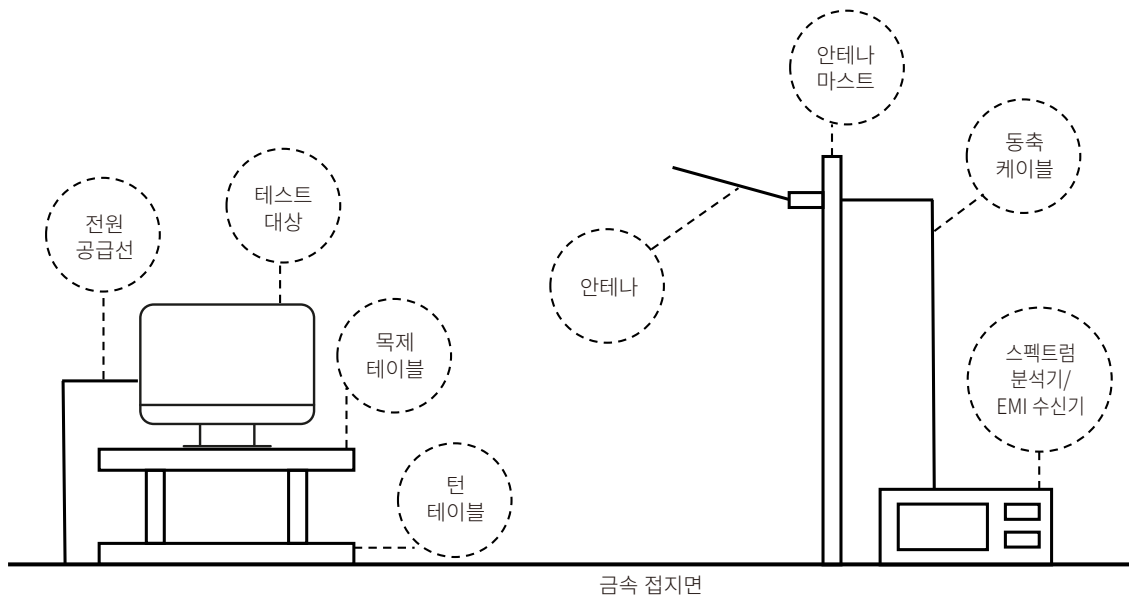
EMI(방출) 테스트에는 복사성 장애 측정, 전도성 장애 측정, 전원 공급 장치 고조파 측정, 전압 요동 및 플리커 측정, 잡음 전력 측정과 같은 주요 유형이 포함됩니다.

이러한 각각의 측정 방법에 대해서도 설명하겠지만, 모든 방법과 EMI 테스트의 목적은 “전자기기에서 방출되는 무선 장애가 필요한 수준을 초과하지 않으며 다른 장치에 영향을 미치지 않음을 확인하는 것”입니다.

## 복사성 장애 측정

복사성 장애 측정은 전송 채널이 복사성 장애에 해당하는 방출을 측정하는 테스트로, 광범위한 제품에서 수행됩니다. 또한 이 테스트는 “복사 전계 강도 측정” 및 “복사 자계 강도 측정”과 같은 하위 항목으로 처리될 수 있습니다. 해당 테스트의 목적은 전기 또는 전자 제품의 외함에서 방출되는 불필요한 방사 잡음이 규정 값 내에 있는지 확인하는 것입니다. 이 테스트에는 야외 테스트 장소(OATS) 및 무반사실(반무반사실)이 사용됩니다. 주파수에 따라 사용되는 안테나는 다르지만 일반적으로 30~1,000MHz 범위에서 측정이 수행됩니다. 표준 요건에 따라 30MHz 미만의 자기장 및 1GHz 이상의 전기장도 측정할 수 있으므로 표준에 따른 한계값과 측정된 주파수 범위를 확인해야 합니다.

테스트 단계에서는 안테나의 높이를 1~4m로 바꾸면서 EUT에서 확인한 전자파의 최댓값을 측정하고 측정 대상을 360° 회전시켜 EUT에서 방출되는 최댓값의 방향을 확인합니다. 측정에는 상당한 불확실성이 있을 수 있으므로 인적 오류를 절대적으로 최소화하기 위해 주의해야 합니다. 측정자는 스펙트럼 분석기 또는 EMI 수신기(\*1)와 같은 기기를 사용하여 잡음 레벨을 측정하고 기록합니다. 안테나 편파는 수평 및 수직으로 측정해야 합니다.



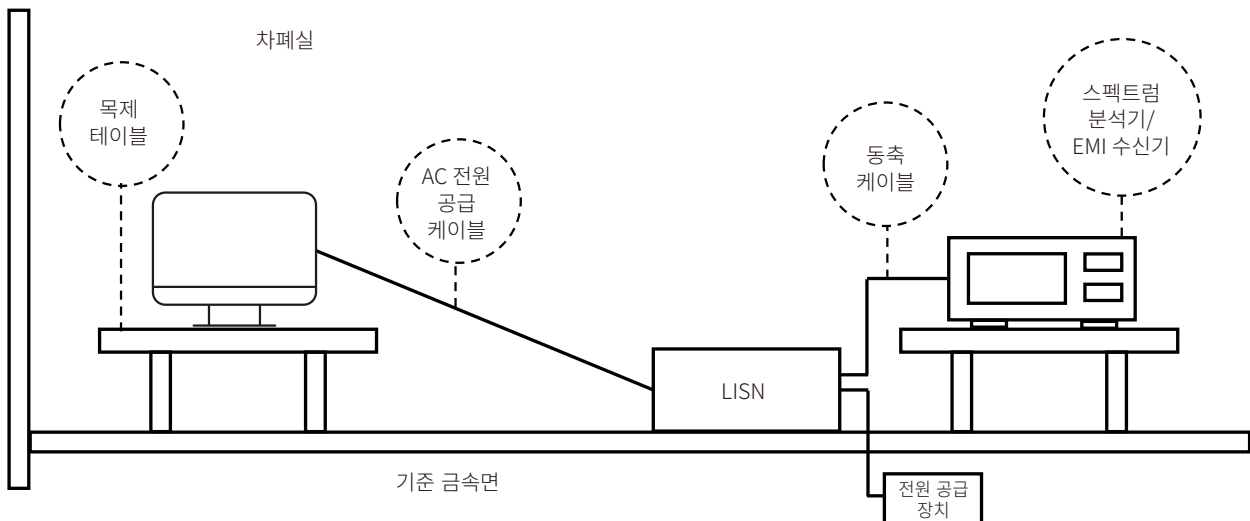
\*참고 1: EMI 수신기는 대상 주파수에서 1점만을 측정하는, 잡음 레벨을 측정하기 위한 기기입니다. 반면 스펙트럼 분석기는 전체 주파수 범위에 대한 전압 스펙트럼을 즉시 측정합니다. 따라서 측정자는 일반적으로 스펙트럼 분석기를 사용하여 잡음이 방출되는 주파수 대역을 식별한 다음 EMI 수신기를 사용하여 정확한 잡음 레벨을 측정합니다. 오늘날에는 스펙트럼 분석기와 EMI 수신기를 하나의 장치로 통합한 기기가 많이 있습니다.

## 전도성 장애 측정

이 테스트는 전기 또는 전자 제품의 전원 공급선에서 방출되는 불필요한 잡음이 규정 값 내에 있는지 확인하는 것입니다. 전도성 잡음은 이전 장에서 언급한 전도성 장애를 유발합니다. 이러한 잡음은 케이블로 상호 연결된 장치 또는 동일한 시스템의 전원 공급 소켓을 사용하는 장치에서 생성됩니다.

테스트에는 표준 금속면(최소 2m×2m)이 필요하며 일반적으로 차폐실에서 수행됩니다. 테스트는 비교적 간단하지만, 측정자와 측정 환경에 의해 발생하는 불일치를 제거하고 재현성을 보장하기 위해 장치의 작동 모드, 케이블의 위치, 장치 자체의 레이아웃 등을 표준에서 요구하는 대로 설정해야 합니다.

일반적으로 테스트는 150kHz~30MHz 범위의 주파수를 다룹니다. 스펙트럼 분석기 및 EMI 수신기 외에도 LISN(\*2) 기기가 사용됩니다.



\*참고 2: LISN의 정식 명칭은 “전원 임피던스 안정화 회로망”이지만, 의사 전원 회로망이라고도 불립니다. 측정 대상의 관점에서 볼 수 있는 전원 공급선 쪽의 임피던스를 일정한 수준으로 유지하면서 전원 공급 장치에서 잡음을 제거하는 역할을 합니다. 측정 대상으로부터 돌아오는 잡음을 측정할 수 있도록 계기 단자를 부착하는 데도 사용됩니다. LISN은 접지면을 기준으로 삼으므로 재현성을 보장하기 위한 핵심 포인트는 테스트를 시작하기 전에 LISN을 접지면에 안전하게 연결하는 것입니다.

LISN 사진>



## 전원 공급 장치 고조파 측정

장치에서 소비되는 전류 파형에 왜곡이 있는 경우, 왜곡 파장에 따라 2차, 3차 및 그 이후 수차 고조파가 생성됩니다. 일반적인 일본 가정의 소켓은 50Hz 또는 60Hz입니다. 50Hz의 파형에서 왜곡이 발생하는 경우 고조파가 100Hz(2차) 및 150Hz(3차)에서 생성됩니다. 60Hz의 경우 고조파가 120Hz 및 180Hz에서 생성됩니다. 이러한 고조파는 관련 장치 및 연결된 다른 장치에 여러 유해한 영향을 미칠 수 있습니다. 예를 들어, 통신 장애를 일으킬 수 있고, 경우에 따라서는 단선 또는 화재로 이어질 수 있습니다.

유럽에서는 EN61000-3-2가 EMC 지침에서 고조파 억제를 위한 표준으로 제정 및 의무화되었습니다. 일본에서는 “가전·범용품 고조파 억제대책 가이드라인”을 기초로 자율적 규제를 시행하고 있습니다. 전원 공급 장치 고조파 측정은 중요한 테스트 항목에 해당하지만, 특수 계측기를 사용하고 계측기를 적절하게 취급하면 테스트 자체는 문제 없이 수행할 수 있습니다. 단, 기기별로 등급이 있으며 등급별 제한을 준수해야 하므로 반드시 표준을 확인해야 합니다.

## 전압 요동 및 플리커 측정

플리커는 “시간 변화에 따른 휘도 또는 스펙트럼 분포의 변동으로 인한 광학적 자극에 의해 야기되는 시각적 불안정성 효과”라고 정의됩니다. 다르게 표현하면, 인간이 인지하는 휘도의 플리커 변동에 대한 정량적 평가라고 할 수 있습니다. 플리커 현상에 대한 예를 들어 보면, 진공청소기나 모터가 장착된 다른 제품을 켤 때 실내조명이 순간적으로 어두워지는 경우가 있습니다. 휘도 변화는 전기 배선에서 흐르는 전류가 바뀌어 조명에 공급되는 전압에 변동이 생기기 때문에 발생합니다.

이러한 플리커를 측정하기 위해서는 표준에서 규정한 배선 환경에서 전원을 공급한 후, 그다음 시험 대상 장치를 작동시키고 전원 공급장치 전압의 변화를 측정하십시오. 테스트 절차에서는 전력 공급장치 전압의 최대 변화량, 최대한 안정화되었을 때의 변화량 및 변화의 빈도를 포함하는 측정을 수행합니다. 그런 다음 모든 측정값을 종합하여 판단을 내립니다.

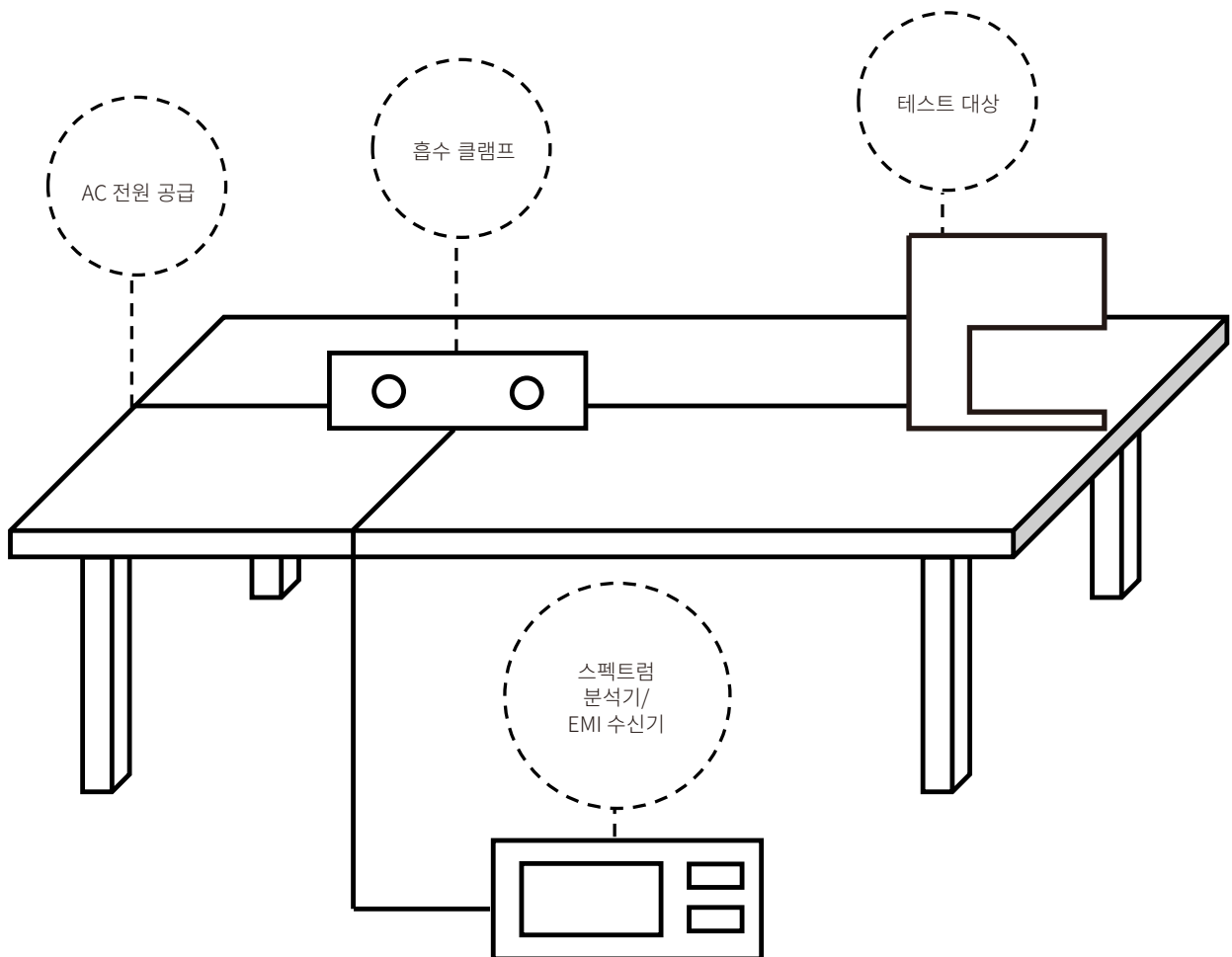




## 잡음 전력 측정

전기 히터나 전동 공구처럼 클럭이 없는 장치에서 발생하는 잡음의 대부분은 전원 공급선 및 기타 케이블에서 발생하는 것으로 알려져 있습니다. 따라서, 이 잡음 전력 측정은 주요 테스트 장소나 무반사실 없이도 간단한 측정 정도는 수행할 수 있도록 개발되었습니다.

테스트는 30~300MHz 범위에서 수행되며 보정된 흡수 클램프를 사용하여 케이블에서 방출되는 전력을 측정합니다. 30MHz 측정 주파수에서는 반파장이 5m이므로 길이가 6m인 케이블에서 측정을 수행하여 1m 정도의 클램프 길이 여유를 허용해야 하지만, 그 외에는 비교적 측정법이 간단합니다.



# EMC 테스트- EMS

EMS(내성) 테스트의 목적은 “예상되는 전자파 환경에 대한 제품의 저항을 평가하기 위한 것”입니다. 테스트에서는 규정된 절차와 규정된 수준에 따라 시험 대상 장비에 전자파 장애를 가하고 작동 상태를 점검합니다. 주요 테스트 항목으로는 정전기 내성 테스트, 전자파 방사 내성 테스트, 전기적 빠른 과도 현상/버스트 내성 테스트, 서지 내성 테스트, 전도성 내성 테스트, 전원 주파수 자계 내성 테스트, 전압 강하, 순시 정전 내성 테스트가 있습니다.

오랫동안 많은 국가에서 규제 대상이 되어온 방출(장치에서 발생하는 전자파 잡음)과는 대조적으로, 미국 및 일부 기타 국가에서는 제품 품질 문제라는 생각에 근거하여 내성(전자파 잡음에 대한 저항성)에 대한 법규를 가지고 있지 않습니다. 반면, 유럽에서는 EMC 지침의 강화와 더불어 방출 규제와 동등한 수준의 내성에 관한 규정이 제정되었습니다. 따라서 제품을 판매할 지역에서 내성 검사를 요구하는지 확인할 필요가 있습니다.

## 정전기 내성 테스트

충전된 인체 등이 전기 또는 전자 장치의 전도성 부품과 접촉하거나 충분히 가까워지면 강력한 방전이 발생할 수 있습니다. 이러한 현상을 ESD(정전기 방전)라고 합니다. 이는 전기 및 전자기기의 오작동 및 손상과 같은 문제를 일으킬 수 있습니다.

이 테스트는 인체 또는 충전된 물체에서 EUT(시험 대상 장비)에 직접 또는 EUT에 가까운 장비에 대하여 발생하는 정전기 방전을 시뮬레이션하고 EUT가 정전기에 노출될 때의 성능을 평가합니다. 기기를 사용할 때 사람의 손이 접근할 수 있는 모든 부품이 평가 대상에 포함됩니다.

의외일 수도 있지만, 인체에서 나오는 정전기는 전자기기에 큰 손상을 입힐 수 있습니다. 방전 에너지는 그다지 크지 않지만 정전기 방전은 사람에게 잠깐의 통증을 느끼게 할 수 있으며 종종 10kV를 초과할 수 있습니다. 정전기 내성 테스트에서 테스트 수준은 일반적으로 접촉 방전(직·간접 방전)의 경우 4kV이고 공중 방전의 경우 8kV입니다. 테스트 중 EUT의 기능 손상은 허용되지만 데이터 손실을 초래하는 열화는 허용되지 않습니다.

## 접촉 방전

전도성 부품(금속 부품 등)에 대해 실시합니다. 장치가 가까이에서 발생하는 정전기 방전의 영향을 접지면 또는 수직 커플링면에 대한 방전을 통하여 평가합니다.

## 직접 방전



## 간접 방전



## 기중 방전

기중 방전 테스트는 비전도성 부품(플라스틱 등으로 만들어진 외함)에 적용됩니다.



## 전자파 방사 내성 테스트

전자파 방사 내성 테스트는 시험 대상 장비가 방송국 및 다양한 무선 기기에서 방출되는 주파수의 전자파에 저항할 수 있는지 여부를 평가합니다.

테스트는 무반사실 내에서 수행됩니다. 표준에 명시된 주파수에 해당하는 전자파는 EUT를 향해 방출되며, 그 상황에서 피시험기기가 정상적으로 작동할 수 있는지 여부를 확인합니다.

과거에는 차량이나 의료기기 등 특수 분야를 제외하고는 주파수 범위가 80~1,000MHz로 설정되었지만, 휴대전화와 다양한 무선 기기가 보급됨에 따라 1,000MHz 이상의 대역에서 테스트를 수행할 것이 요구되고 있습니다.

전기장은 앞, 뒤, 왼쪽, 오른쪽, 그리고 경우에 따라서는 위쪽과 아래쪽까지, 즉 대상의 모든 면을 향해 방출되어야 합니다. 일반적으로 무반사실에는 테스트 중 아무도 들어가지 않으며, 시험 대상 장비의 작동을 확인하기 위한 카메라 등의 기타 수단이 설치되어 있습니다.

전자파 방사 내성 테스트(무반사실에 설치된 방사 안테나)



## 전기적 빠른 과도 현상/버스트 내성 테스트

이 테스트는 전원 공급 장치, 신호 및 제어 포트에 반복되는 고속 과도 전압("버스트")이 수신될 때 테스트 대상 장비의 성능을 평가합니다. 이는 기기의 전원 공급장치를 켜고 끌 때 또는 기기가 작동을 시작하고 중지할 때 발생하는 잡음입니다.

이 테스트는 EUT에 간헐적이고 매우 짧은 잡음을 적용하여 EUT가 해당 잡음을 수신했을 때 오작동하는지 여부를 테스트합니다. 테스트 대상은 전원 공급장치와 케이블이며 테스트 잡음은 일반적으로 500V~2kV에서 적용됩니다.

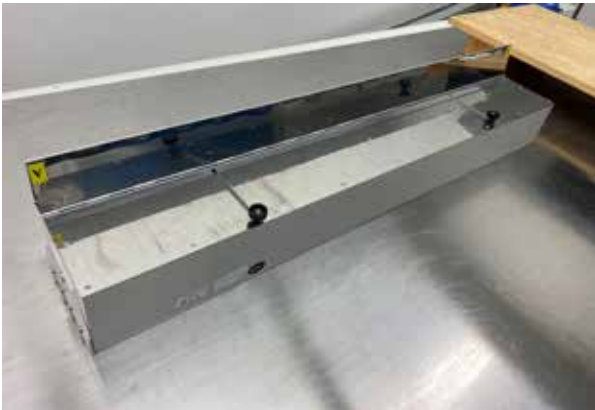
### - 전원 공급장치 직접 적용 테스트

이 테스트는 EUT의 전원 공급장치에 적용됩니다.

### - 클램프 적용 테스트

이 테스트는 커플링 클램프(\*참고 3)를 사용하여 케이블에 적용됩니다.

### 클램프



참고 3: 커플링 클램프는 내성 테스트에 사용되는 테스트 장비로, 테스트 대상 신호 배선에 장해 신호를 주입하고 적용합니다. 적용되는 신호 유형에 따라 정전식 커플링 클램프, 전류 클램프, 전자파 클램프 등이 있습니다. 커패시티브 커플링 클램프는 전자파 방사 내성 테스트를 위해 사용됩니다.

## 서지 내성 테스트

서지 내성 테스트는 순간적으로 비정상적으로 높은 전압을 발생시켜 대상 장치의 작동 상태를 점검합니다. 가장 친숙한 예로는 번개가 있습니다. 번개가 칠 때 자연계에서 매우 높은 전압과 전류가 발생하는 것을 상상하는 것은 어렵지 않지만, 직접적인 전기 폭풍이 발생하지 않더라도, 전력선과 외부 배선에서 강력한 잡음이 발생하며, 이러한 배선에 연결된 일반 장치에 침투할 수 있습니다. 따라서 일반적인 기기에서도 서지 내성 검사가 필요합니다.

이 테스트는 전력 공급 시설에서 전기 폭풍 또는 전력 전송 그리드의 전환을 시뮬레이션합니다. 제품의 허용 오차를 확인하기 위해 순간적이고 큰 전압을 가한다는 점에서 앞에서 설명한 버스트 테스트와 차이가 있습니다. 이 테스트는 제품을 파손할 가능성이 높으므로 마지막 테스트로 수행하는 것이 좋습니다.

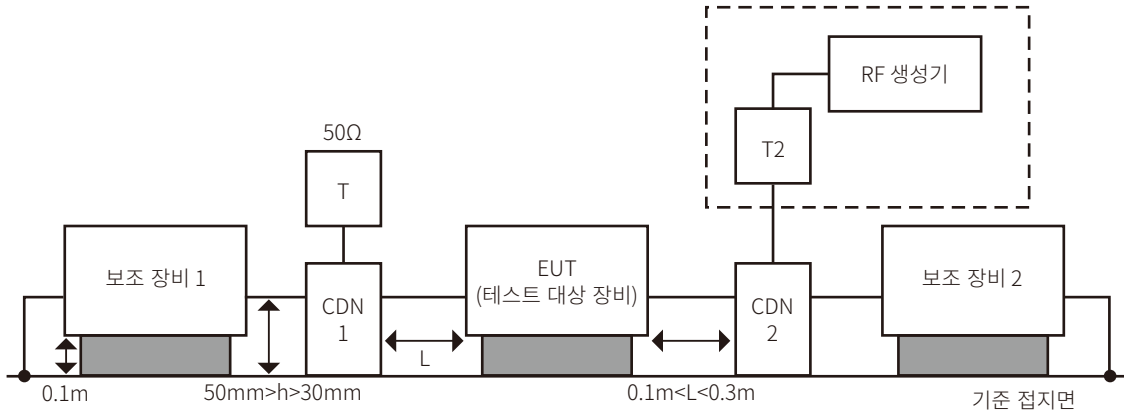
서지 내성 테스터(전원 공급장치에 직접 적용하여 테스트하기 위한 버스트 내성 테스터를 포함)





## 전도성 내성 테스트

전도성 내성 테스트는 전원 공급장치 및 I/O 케이블에 대한 장애와 전류의 영향을 시뮬레이션합니다. 테스트의 목적은 무선 신호 장애가 케이블 등과 직접 결합되어 테스트 대상 장비에 전도성 잡음으로 진입하는 상황을 평가하는 것입니다. 따라서 무선 신호에 해당하는 0.15~80MHz 주파수 범위에서 잡음을 적용합니다. 전원 공급선의 커플링/디커플링 네트워크(CDN)(\*4)와 신호 회선의 전자파 클램프를 사용하여 정상적인 장애 신호를 적용합니다. 작동 판단에 대한 표준은 비교적 엄격하며, 시험 재현성을 유지하기 위해 규칙에 따라 시험을 설정하는 데 많은 주의가 필요합니다. 테스트 중 난이도가 높습니다.

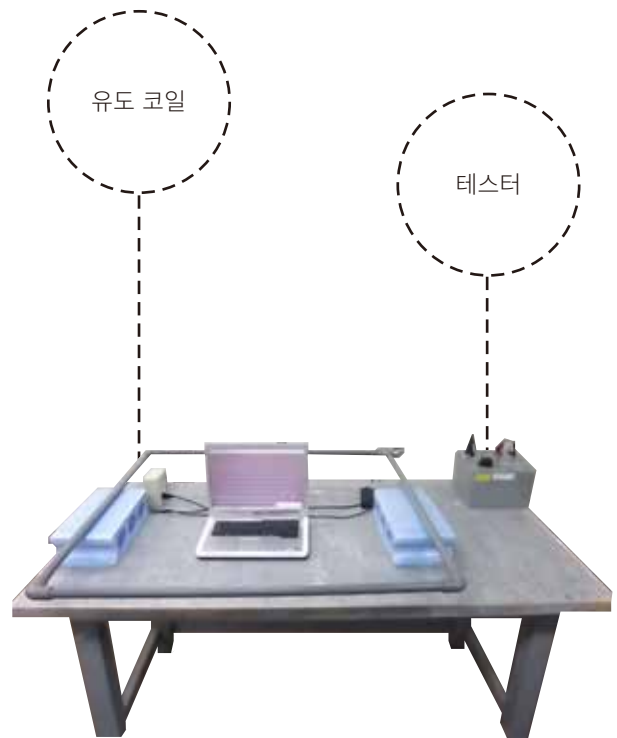


\*참고 4: CDN(커플링/디커플링 네트워크)은 대상 회로를 측정하거나 신호를 적용하기 위한 네트워크입니다. 이는 보조 테스트 장비에 신호가 유입되는 것을 방지하는 역할을 합니다.



## 전원 주파수 자기 내성 테스트

이 테스트는 전원 공급선에서 50~60Hz의 자기장을 시뮬레이션하여 시험 대상 장비가 자기장으로 이동할 때 기기의 작동을 점검합니다. 이 기능은 테스트 대상 장비가 홀 요소, 다이내믹 마이크 또는 자기장 감지 센서와 같은 자기장을 감지하는 구성 요소를 사용하는 경우에만 적용됩니다.



## 전압 강하, 순시 정전 내성 테스트

이 테스트는 전원 공급장치 전압의 일시적인 강하 또는 정전에 따른 영향을 시뮬레이션합니다. 테스트는 필요한 기간 동안 그리고 필요한 비율로 테스트 대상 장비에 공급되는 전원을 감소시키는 방법으로 수행됩니다.

테스트 대상 장비는 짧은 전압 감소(전압 강하) 시에도 계속 작동해야 하며, 전압이 장기간 감소된 경우에는 전원 전압이 정상 범위로 복원된 후에 정상 작동을 재개해야 합니다.

이러한 테스트는 장치를 파손하지는 않지만 전압 감소나 순간 정전 또는 프린터 등에 용지 공급이 중단될 경우 역기전력이 발생하는 장치에 주의가 필요합니다.

## 참고문헌

- 주요국의 EMC 규제 및 테스트 요약본 (UL Apex Co., Ltd.)
- EMC 입문강좌 전자기기 전자파 장애의 규정평가와 규제대응 (야마다 카즈노리, 이케가미 토시히로, 사노 히데후미)
- 잡음의 이해 (EMC) (TDK Techno Magazine) <https://www.jp.tdk.com/tech-mag/noise>
- EMC 용어집 제2판 (KED 전자공업진흥센터)



**UL.com**

2021 UL LLC. 모든 저작권 보유.

2101DATA\_V1.0