

전자파 방사 내성 시험을 위한 최적화된 균일장 측정 방법에 관한 연구

A Study on the Optimized Measurements of Field Uniformity for Electromagnetic Radiated Immunity Test System

조진영 · 문준철 · 정창규*

Jin-Young Cho · Jun-Chul Mun · Chang-Kyoo Jung*

요약

본 논문에서는 전자파 방사 내성 시험의 불확실성 요인이 되는 ‘오버 및 언더 편차’와 그로 인해 발생하는 ‘오버 및 언더 테스트링’을 줄이고자 기존 균일장 측정 방법의 문제점을 비교 분석하고 ‘오버 및 언더 편차’를 최소화할 수 있는 새로운 균일장 측정 방법을 제안하였다. 성능이 다른 4개의 국내 시험 기관 무반사실에 이를 적용하여 기존 측정 방법과 비교 실험하였으며 6 dB을 초과하는 필드에 대해 최소 편차인 FDI(Field Deviation Index)와 비교 분석하였다. 실험에 대한 분석 결과 ‘오버 및 언더 편차’는 제안 방법이 FDI와 동일하게 나타났으며 특정 주파수에선 현재 국내 규격 및 국제 규격보다 4.9 dB, 2.37 dB 개선되었고 전체 주파수에서는 평균적으로 1.193 dB, 0.017 dB 개선되었다. ‘오버 및 언더 테스트링 포인트’는 제안 방법이 기존 방법보다 최대 926개, 10개 포인트가 적게 측정되었으며 균일 영역 중심부 4포인트에서는 최대 118개, 9개 적게 측정되었으며, 다른 포인트에 대한 비율 또한 가장 낮게 측정되어 시험의 불확실성의 요인을 최소화하였음을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we reduce ‘over and under deviation’ and ‘over and under testing’ which have a cause of uncertainty in electromagnetic radiated immunity test. We analyze continued measurement method of field uniformity and propose new estimate method having the minimum uncertainty condition. We test comparison in 4 anechoic chambers and analyze FDI(Field Deviation Index) which is the minimum deviation excess 6 dB on fields. We obtain that the proposed test method improve 1.193 dB than domestic standard(KN 61000-4-3) and 0.017 dB than international standard (IEC61000-4-3) in every frequency. In the test result ‘over and under testing point’ have 926 point at every field area and have 118 point at center uniform area. These result know that proposed measurement method have 10 point less at every field area and 9 point less at center uniform area than continued measurement method. The proposed test method have few point more than continued measurement method. Therefore, we confirmed that the proposed test method have the minimum uncertainty in electromagnetic radiated immunity test.

Key words : Field Uniformity, Electromagnetic Radiated Immunity, Over and Under Deviation

I. 서론

라디오 방송 등에 의한 의도된 전파와 자동차, 형

광 램프 등에서 방출되는 의도되지 않은 전파 등 우리는 현재 전자파의 홍수 속에서 살아가고 있다. 이러한 전자파가 때로는 기기의 오작동을 유발시켜 인

전파연구소 이천분소(Ichon Branch of Radio Research Laboratory)

*충주대학교 전기전자 및 정보공학부(School of Electrical, Electronics and Information Eng., Chungju University)

· 논문 번호 : 20050421-048

· 수정완료일자 : 2005년 6월 10일

명이나 재산 피해를 가져오기도 한다. 전자파 방사 내성 규제의 목적은 이와 같이 열악한 전자파 환경 속에서 기기가 정상적으로 작동할 수 있게끔 하기 위함이다. 따라서 정확한 시험을 요구한다. 국제적으로는 1996년도에 유럽에서 규제를 시작하여 현재에는 많은 나라에서 시행 중이며 우리나라도 2000년도부터 강제 규격으로 채택하여 규제를 하고 있다^{[1][2]}. 전자파 방사 내성 시험은 시험 중 발생된 전계 강도의 세기로 인해, 전파 통신에 대한 간섭을 방지하기 위함과 EUT가 놓이는 영역에 균일한 전계를 형성하여 전자파 방사 내성 시험 결과의 유효성을 보증하기 위해 전자파 무반사실에서 수행된다^[3].

균일장 허용 오차는 기준 접지면 위 0.8 m에서 가로, 세로가 1.5 m×1.5 m인 수직면에 전계의 크기가 표면의 75 % 이상에서 기준값의 -0 dB~+6 dB이다. 예를 들면, 측정된 16개의 포인트 중에서 적어도 12포인트에서의 값이 허용 오차 안에 있을 때 그 전계는 균일하다고 간주된다^[3]. 균일장 측정 방법은 규격이 개정될 때마다 조금씩 보완 수정되어 왔다. 16포인트의 평균값에서 편차가 큰 4포인트를 제거하고 나머지 12포인트 중 가장 작은 전계값을 기준값으로 선택하는 방식에 의해 균일장을 만족하지 못하여 고가의 무반사실을 사용하지 못하는 문제점, 제거된 4포인트에서 허용오차인 -0~6 dB을 벗어나는 오버 및 언더 편차로 인해 시험결과의 불확실성을 갖는 문제점 등을 보완·수정하여 현재 규격에 이르렀다. 그러나 현재 규격에서는 16포인트 중 가장 낮은 전계 값을 갖는 포인트에서 시작하여 허용 오차를 만족하는지 확인하는 방식으로 인해 EUT가 주로 놓이는 영역에서 오버 테스트가 될 확률이 높고 과거 규격에 비해 불확실성의 요인이 되는 오버 및 언더 편차를 상당히 줄였으나 여전히 존재하고 있는 문제점이 있다^[4].

본 논문에서는 현재 국내 전자파 방사 내성 시험 규격인 IEC(International Electrotechnical Commission) 61000-4-3(1998)과 국제 규격인 IEC61000-4-3(2002. 9)에 의한 균일장 측정 방법을 분석하였고 EUT가 주로 놓이는 영역의 포인트가 허용 오차에 들어올 확률을 높이고 오버 및 언더 편차를 최대한 줄일 수 있는 균일장 측정 방법을 제안하였다. 아울러 국내의 EMC(Electromagnetic Compatibility) 시험 기관이 보

유하고 있는 4개의 무반사실을 대상으로 각 무반사실의 성능, 균일 영역의 75 %에 대한 균일장, 오버 및 언더 편차, 오버 및 언더 테스트 포인트를 측정하여 기존 측정 방법과 제안 방법을 비교 분석하였다.

II. 균일장 측정방법 및 고찰

균일장 측정의 목적은 EUT에 인가되는 전계의 균일성이 시험 결과의 정확성을 보장하기 위한 것이다. IEC61000-4-3은 균일 영역(uniform area)의 개념을 사용한다. 이 균일 영역은 그 영역 내에서 전계의 변화가 받아들일 수 있을 정도로 작은 가상의 수직 평면이다. 이 균일 영역은 그림 1과 같이 바닥으로부터 0.8 m 높이에서 가로×세로가 1.5 m×1.5 m인 수직면이다. 균일 영역의 크기는 0.5 m×0.5 m보다 작아서는 안된다^[3].

정의된 영역에 걸쳐 전계의 크기가 표면의 75 % 이상에서 기준값의 -0 dB~+6 dB 내에 있으면 된다. 예를 들면, 측정된 16개의 포인트 중에서 적어도 12포인트에서의 값이 허용 오차 안에 있을 때 그 전계는 균일하다고 간주된다.

2-1 균일장 측정의 국제규격

균일장 측정 방법의 국제 규격인 IEC61000-4-3은 여러 차례 개정되어 오면서 많은 방식이 제안되었고 조금씩 수정되어 왔다. 대표적인 균일장 측정방법은 IEC61000-4-3(1998)과 현재 규격인 IEC61000-4-3(2002. 9)에서 제시한 방법이다^{[3][5][6]}.

IEC61000-4-3(1998)은 현재 국내 전자파 내성 시험 규격으로써 전계 발생 안테나에 일정한 전력을 인가

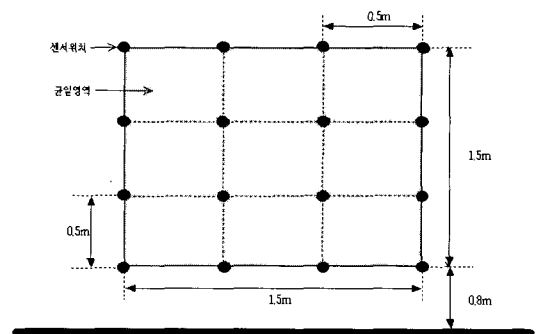


그림 1. 균일 영역
Fig. 1. Uniform area.

하고 균일 영역의 16포인트에서 측정된 전계 강도의 평균값에서 편차가 큰 4포인트를 제거하고 나머지 12포인트의 편차가 허용 오차를 충족하는지 확인하는 방식이다. 이로 인해 비록 어떤 12개의 포인트가 6 dB 이내에 들어가더라도, 평균값으로부터 가장 큰 편차를 갖는 4포인트를 삭제하고 남은 12포인트는 -0~6 dB 이내에 들어가지 않는 경우가 발생하게 된다.

IEC61000-4-3(2002. 9)은 16포인트에서 측정된 데이터를 정렬하고 정렬된 16개의 전계값에서 12개씩 선택되는 5개의 조합 중 어느 한 개만이라도 허용 오차를 만족하면 된다. 이는 상당히 유연한 방식이고 결과적으로 기존의 규격에서는 사용하지 못한 무반사실을 현재 규격에 의하면 사용하게 될 수가 있게 된다.

그리고 아래와 같이 2가지의 방법을 제시하였다. 'Constant field strength calibration method'는 균일 영역의 전계 강도를 고정(예: 3 V/m)시켜 16포인트의 각 지점에서의 안테나 입력의 전력값을 측정하여 균일장을 평가하는 방식이고, 'Constant power calibration method'는 반대로 안테나 입력의 전력값을 고정(예: 27 dBm)시켜 각 지점에서의 측정된 전계 강도로 균일장을 평가하는 방식이다. 2개의 방법은 균일장 평가의 데이터만 반대일 뿐 같은 방법이다. 단순한 계산만으로도 A, B 방법은 환산할 수 있다. 다음 절부터는 방법 "B"만을 다루도록 한다.

2.2 오버 및 언더 테스트

시험 중 가장 높은 레벨 값의 포인트와 가장 낮은 값을 어디서 포함시키느냐에 따라 기준값의 위치가 결정된다. 균일장 측정 방법에 따라 기준값의 위치는 달라지고 그 결과 허용 오차인 -0~6 dB을 벗어나는 오버 테스트 및 언더 테스트도 달라진다.

표 1은 국내 전자파 시험 기관의 무반사실에서 측정된 데이터이다. 데이터를 분석한 결과 IEC61000-4-3(1998)은 편차가 큰 포인트 1, 14, 15, 16이 제거되어 기준값이 포인트 2가 되었고, 기준값을 기준으로 dB로 환산한 결과 포인트 1은 -1.93 dB 언더 테스트가 되었다.

IEC61000-4-3(2002. 9)은 가장 낮은 전계값인 포인트 1을 기준으로 12포인트가 6 dB 이내이므로 포

표 1. 단일 주파수에서 오버 및 언더 테스트
Table 1. Over and under testing in single frequency.

Point	E-Field (V/m)	IEC61000-4-3 (1998) point 2 ref(dB)	IEC61000-4-3 (2002. 9) point 1 ref(dB)
1	1.97	-1.93(under testing)	0.00
2	2.46	0.00	1.93
3	2.64	0.21	2.54
4	2.77	0.34	2.96
5	2.77	0.99	2.96
6	2.81	1.02	3.08
7	2.92	1.44	3.42
8	3.04	1.82	3.77
9	3.34	2.42	4.59
10	3.35	3.23	4.61
11	3.38	3.94	4.69
12	3.41	3.99	4.77
13	3.47	4.60	4.92
14	3.67	5.48	5.40
15	4	5.70	6.15(over testing)
16	4.3	5.75	6.78(over testing)

인트 1이 기준값이고 포인트 15, 16은 오버 테스트가 되고 편차가 가장 큰 포인트 16은 0.78 dB 오버 테스트가 된다.

오버 테스트와 언더 테스트는 시험의 신뢰성을 떨어뜨리는 불확실성 요인이 된다. 무반사실의 성능은 흡수체의 교체, 안테나 위치의 변화 등의 물리적인 변화가 없다면 고정된 특성값이다. 그러나 어떤 무반사실이 고정된 특성값을 갖고 있어도 균일장 측정방법에 따라 오버 테스트와 언더 테스트는 달라진다. 따라서 좋은 방법은 불확실성의 요인이 되는 오버 및 언더 테스트가 작게 되도록 해주는 방법이라 할 수 있다.

2.3 균일 영역의 전계분포 및 제거 4포인트

그림 2는 무반사실에서 안테나를 영역의 중심에 위치시키고 일정한 전력을 안테나에 입력하였을 때 16개의 각 포인트에서 80 MHz~1 GHz까지 255개 주파수에서 측정된 전계 강도의 평균값이다. 형성된 전계 강도는 주파수마다 조금씩 다르나 중심에서 전

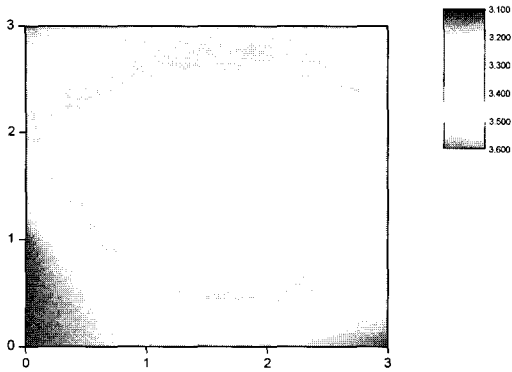


그림 2. 균일 영역의 전계분포
Fig. 2. E-field distribution of uniform area.

계가 높고 중심에서 멀수록 낮게 형성되었다. 균일장 결과는 균일 영역의 75%(12포인트)에 대한 결과이고 나머지 25%(4포인트)에 대해 규격에서는 명확히 명시되어 있지 않다. 균일장 측정방법에 따라 제거되는 4포인트 달라질 수 있다. 표 2는 수직 편파 255개의 주파수에서 균일장 측정방법에 따라

표 2. 균일장 측정방법에 따른 제거 포인트
Table 2. Measurement method of uniform area depending to delete point.

포인트	전계 강도	제거된 포인트 갯수	
		IEC61000-4-3 (1998)	IEC61000-4-3 (2002.9)
1	↑ 낮음	247	0
2		240	0
3		228	0
4		222	0
5		0	0
6		0	0
7		0	0
8		0	0
9		0	0
10		0	0
11	↓ 높음	0	0
12		0	0
13		8	255
14		15	255
15		27	255
16		33	255

포인트별 제거되는 4포인트의 개수를 측정된 데이터이다. 한 주파수에서 4개의 포인트가 제거되므로 총 1,020개가 제거된다.

측정한 데이터를 오름 차순으로 정렬하여 각 균일장 측정방법에 따라 포인트별 제거되는 4포인트 개수를 산출하였다. IEC61000-4-3(1998)은 평균으로부터 편차가 큰 포인트를 제거하므로 보통 전계값이 높은(균일 영역의 중심에 가까운 4개 포인트)것 중 2개 포인트와 전계값이 낮은(균일 영역 모서리의 4개 포인트)것 중 2개가 제거되기 쉬우나 일반적으로 전계의 평균값은 중앙값보다 높게 나타나므로 전계값이 낮은 포인트가 많이 제거되었다. IEC61000-4-3(2002. 9)에서는 낮은 전계값을 기준으로 12개 이상이 허용 오차 범위 안에 들어오는가를 확인하는 방식이므로 전계값이 높은(균일 영역의 중심에 가까운) 4개의 포인트가 제거되기 쉽고 측정 결과 모든 주파수에서 전계값이 높은 4개의 포인트가 제거되었다.

무반사실의 전계 분포는 균일 영역 중심에서 높게 형성되고 중심에서 멀어질수록 낮아진다. 그리고 EUT가 차지하는 영역은 주로 전계가 높은 중심의 4포인트와 그 아래 있는 2포인트이다. 즉 전계가 높은 포인트가 제거된다면 시험의 신뢰성이 떨어지게 된다. 위의 데이터를 분석한 결과 IEC61000-4-3(2002. 9) 방법은 전 주파수 대역에서 EUT가 주로 놓이는 전계가 높은 중심의 4포인트가 제거되어 실제 EUT의 작동 불량에 대한 분석에 실패할 우려가 있다.

Ⅲ. 오버 및 언더 테스트를 최소화한 균일장 측정방법

3-1 무반사실 성능 평가

불확실성을 고려할 때 무반사실 성능 측정은 매우 유용하다. 무반사실 성능은 기존의 균일장 측정 방법과 새로 제안될 방법에서 질적 팩터로 유용하게 비교 사용될 것이다. 이러한 데이터는 다우슨이 처음 사용하였으며, 무반사실을 구별하는 가장 중요한 요소이며 균일장 측정 방법과는 독립적이다^[7].

정규 표준 편차(NSD: Normalised Standard Deviation)는 모든 주파수에 대해 수직 및 수평 편파에서 16포인트를 V/m로 측정하여 평균값과 표준 편차에 의해 계산된다.

$$NSD = 20 \text{Log}_{10} (\text{표준편차/평균}) \quad (1)$$

NSD는 -dB 값이고 평균의 상대 dB 값이 -20 dBav이라면 평균이 10 V/m이고 10 %의 필드 변화를 가지는 1 V/m가 변화한 값이 된다. -무한대 dBav의 NSD는 전체 균일 필드가 되고 -값의 NSD가 클수록 보다 좋은 균일장이라 할 수 있다⁷⁾.

NSD는 한 주파수에 대해 필드 변화를 측정으로 사용된다. NSD는 전 주파수 대역에서 수직 및 수평 편파에 대해 균일장 측정에 관련하여 질적 팩터로 사용된다. 일반적으로 무반사실의 규모가 클수록, 전자파 흡수체의 성능이 좋을수록 NSD를 향상시킬 수 있다.

또 다른 팩터로 6 dB을 초과하는 필드에 대해 변화의 정도를 나타내 주는 필드 편차 지수(FDI: Field Deviation Index)로 이 팩터는 필드 변화 지수로 FDI로 불리우며 6 dB 이상 초과하는 주파수만의 합으로 계산된다. 이 지수는 수직 및 수평 편파에 대해 전체 주파수를 나누어 계산한다.

$$FDI = \frac{1}{2N_f} \sum_{excess} (\Delta E_{max} - 6) \quad (2)$$

여기서 ΔE_{max} 는 16포인트에 대해 최대 필드 변화 값을 dB로 나타낸 값이며, N_f 는 전체 주파수이다.

6 dB을 초과하는 필드 변화의 정도를 알 수 있는 FDI가 0 dB이라면 가장 이상적일 값일 것이다. 일반적으로 좋은 성능을 가지는 챔버는 0.02 dB보다 낮은 FDI를 갖는다⁷⁾.

이상은 다우슨이 처음 사용한 파라미터인데 본 논문에서는 오버 및 언더 편차와 비교하기 위해 아래와 같이 세분화하였다.

한 주파수에서 6 dB을 초과하는 필드 변화를 FDI(f)로 표시하고 전체 주파수에 대한 FDI(f)의 합을 FDI(S)으로 하고 그 평균을 FDI(A)으로 표시하였으며 계산식은 아래와 같다.

$$FDI(f) = \Delta E_{max} - 6 \quad (3)$$

$$FDI(S) = \sum_{excess} (\Delta E_{max} - 6) \quad (4)$$

$$FDI(A) = \frac{1}{2N_f} \sum_{excess} (\Delta E_{max} - 6) \quad (5)$$

3-2 제안한 균일장 측정 방법

오버 및 언더 테스트를 최소화 한 균일장 측정 방법은 다음과 같다.

- a) 격자의 16개의 점에서 하나를 선택하여 필드 센서를 놓고 시험 범위 중 가장 낮은 주파수부터 교정한다.
- b) 안테나에 순방향 전력을 인가하여 E_c (교정 전계 강도)와 같아지는 전계 강도를 얻는다. 순방향 전력과 전계 강도를 기록한다.
- c) 시작 주파수의 최대 1 % 간격으로 주파수를 증가시킨다.
- d) 시험 범위의 최대 주파수(1 GHz)까지 1부터 3의 과정을 반복한다.
- e) 센서를 격자의 다른 위치에 놓는다. 각 주파수에 대해 스텝 1에서 4까지를 행하고 스텝 2에서 기록한 forward 전력값을 각 주파수에 적용하고 전계 강도를 기록한다.
- f) 격자의 각각의 지점마다 1부터 5의 과정을 반복한다.

<측정방법 a)~f)까지의 과정으로 시작 주파수에서 최대 주파수까지 각 주파수마다 16개의 전계 강도를 얻을 수 있다. 각각의 주파수에서 아래의 절차를 수행한다.>

- g) 위에서 얻어진 16개의 전계 강도값을 오름 차순으로 정렬한다.
- h) 기준이 되는 필드 강도값 하나를 선택하여 모든 지점에서 기준값으로부터 벗어난 정도를 dB로 계산한다.
- i) 가장 높은 값과 그 포인트에서 시작하여 0~6 dB 안에 11개 이상의 포인트가 들어오는 가를 체크한다.
- j) 만약 0~6 dB 안에 11개 이상의 포인트가 들어오지 않으면 다음 높은 포인트에서 시작하여 위의 과정을 다시 한다.
- k) 만약 6 dB 안에 11개 이상의 포인트가 들어간다면 위 절차를 멈추고, “시작 포인트의 값에서 6을 뺀 값”과 “16포인트 중 가장 작은 값” 중 큰 값을 기준 값으로 채택하고 그 지점에서 12개의 값을 추출한다.
- l) 순방향 전력 계산은 기준 점에서 요구되어진 필드 강도를 얻기 위해 필요하다.

제안한 방법에서 a)~h)까지는 현재 규격과 같고

i)~k)를 수정하였다. i)와 j)는 EUT가 위치할 확률이 높은 균일 영역의 가운데 4포인트가 제거되지 않게 하기 위함이고, k)의 “시작 포인트의 값에서 6을 빼고 16포인트 중 가장 작은 값 중 큰 값을 기준값으로 채택”은 오버 및 언더 편차를 줄이는 기준값을 선택하는 절차이다. 이 절차는 간단한 문구이지만 오버 및 언더 편차를 최대한 줄일 수 있는 최적의 방식이다.

IV. 실험 및 결과 고찰

4.1 실험 장비

실험에 사용된 장비는 신호 발생기, 전력 증폭기, 송신 안테나, 전계 프로브, 파워메타가 사용되었다. 실험은 4개의 국내 정보 통신 기기 지정 시험 기관의 무반사실에서 하였고 각 무반사실의 규격은 표 3과 같다. 무반사실 1은 길이가 20 m나 되며 흡수체 타입도 복합형으로 가장 사양이 좋으나 안테나와 균일 영역 사이에 페라이트를 설치한 보완된 준 무반사실이고 나머지 3개의 무반사실은 비슷한 크기를 가지며 흡수체 타입 또한 페라이트이며 6면이 흡수체인 완전 무반사실이다.

송신 안테나와 균일 영역까지의 거리는 3 m로 이격시켰으며 먼저 균일 영역의 한 포인트에 전계 프로브를 위치시키고 80~1,000 MHz까지의 log 1 % 스텝으로 255개의 모든 주파수에서 전계값이 3 V/m가 되도록 순방향 전력을 조정하여 기록하였다. 그리고 기록된 순방향 전력을 안테나에 인가하여 16포인트에 각각 전계 프로브를 이동시켜 가며 전계 강도를 측정하였다.

측정 소프트웨어는 균일장 측정 방법에 따라 다르고 모든 소프트웨어를 구비한 시험장이 없기에 측

정된 전계 강도 데이터를 엑셀 프로그램을 이용하여 먼저 무반사실 성능을 측정하였고, 각 방법별 균일 영역의 75 %에 대한 균일장 결과, 오버 및 언더 편차를 측정하였으며 오버 및 언더 테스트 포인트를 측정하였다.

4.2 실험 결과

4.2.1 무반사실 성능 평가

그림 3은 4개의 무반사실마다 16개 포인트에서 측정된 전계값 중 가장 작은 값을 기준으로 가장 큰 값에 대한 dB 값이다. 무반사실 1은 전체 255개 주파수에서 16포인트 모두 허용오차인 6 dB을 만족하고, 무반사실 2~4는 500 MHz 이하의 주파수에서는 6 dB을 만족하였으며 무반사실 1보다 더 좋은 특성을 가지나 그 이상의 주파수에서는 허용 오차를 만족하지 못하였다. 이는 무반사실의 크기와 전자파 흡수체의 타입에 따른 결과로 추정된다.

그림 4는 무반사실의 성능 평가 지수인 NSD가 좋은 순으로 나타내었다. 무반사실 1은 무반사실 4보다 2.4721 dB 좋게 측정되었다. 전체 필드 편차가

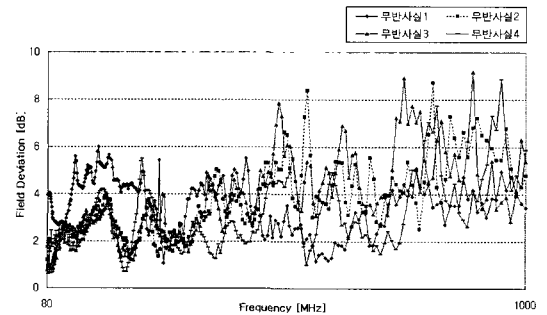


그림 3. 4개 무반사실의 전체 필드 분포
Fig. 3. Every field distribution of 4 anechoic chambers.

표 3. 시험 대상 무반사실 규격
Table 3. Quality of test chambers.

무반사실	종류	크기(m) 길이×폭×높이	체적(m ³)	흡수체 타입
1	보완된 준무반사실	20×12×9	2,160	복합형
2	완전무반사실	8×7×3	168	페라이트
3	완전무반사실	7×6.5×3.3	150.15	페라이트
4	완전무반사실	7.5×6×3.3	148.5	페라이트

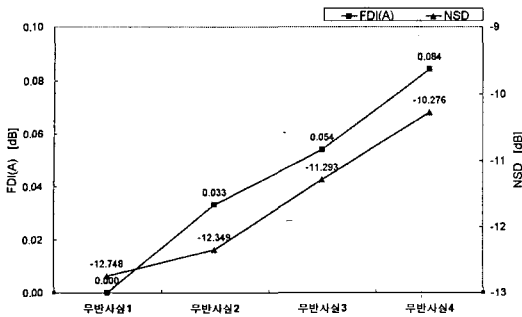


그림 4. 4개 무반사실의 성능 평가 결과
Fig. 4. Quality evaluation result of 4 anechoic chambers.

6 dB을 초과하는 주파수에 대한 성능평가 지수인 FDI(A)는 무반사실 1, 2, 3, 4에서 각 0 dB, 0.033 dB, 0.054 dB, 0.084 dB로 측정되었다. FDI(A)가 0 dB로 측정된 무반사실 1은 모든 주파수에서 16포인트 모두 6 dB 이내의 편차를 갖는다. 이는 전자파 방사 내성 시험시 오버 및 언더 편차가 생기지 않게 할 수 있다는 의미를 갖는다. 무반사실 2, 3, 4는 오버 및 언더 편차(평균)의 최소값이 0.033 dB, 0.054 dB, 0.084 dB임을 알 수 있다.

4-2-2 오버 및 언더 편차 비교 실험

각 방법별 균일장을 측정된 후 각 주파수에서 허용 오차를 벗어나는 오버 및 언더 편차를 측정하였다. IEC61000-4-3(1998)에 의한 결과는 4개 무반사실, 전체 주파수 대역에서 전반적으로 높게 측정되었으며 IEC61000-4-3(2002. 9)와 제안 방법은 FDI(f)가 0 dB보다 큰 주파수에서만 존재하였고 제안 방법이 모든 주파수에서 낮게 측정되었다.

그림 5는 255개 각 주파수에서 성능 평가 지수인 FDI(f)를 기준으로 각 방법별 측정된 255개의 오버 및 언더 편차 중 최대 편차를 나타내었다. 가장 크게 차이를 나타낸 무반사실 3은 540.5 MHz에서 IEC-61000-4-3(1998)은 4.9 dB, 579.49 MHz에서 IEC-61000-4-3(2002. 9)는 2.37 dB 높게 측정되었으며 제안 방법은 0 dB로 FDI(f)와 동일하게 나타났다.

그림 6은 255개 모든 주파수에서 각 방법별 측정된 오버 및 언더 편차의 평균값과 FDI(A)를 비교하여 나타내었다. IEC61000-4-3(1998)은 FDI(A)에 비해 10배 이상 높게 측정되었으며 특히 FDI(A)가 0인 무

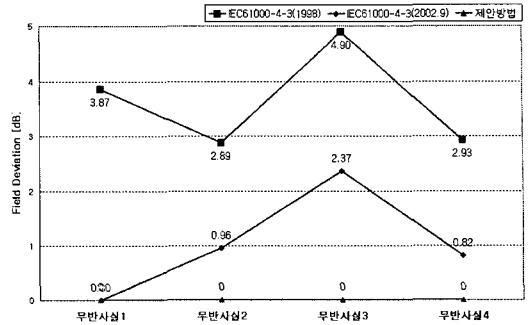


그림 5. 전체주파수 중 FDI(f)를 기준으로 최대 오버 및 언더 편차
Fig. 5. The maximum over and under deviation of FDI(f) in every frequency.

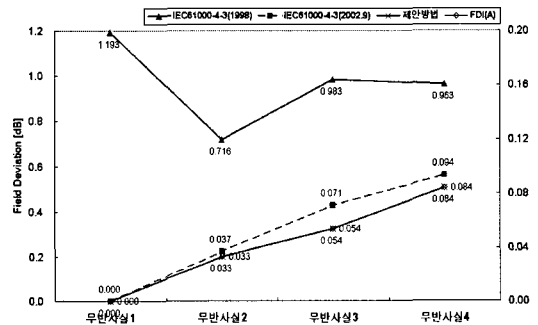


그림 6. FDI(A)와 오버 및 언더 편차(평균) 비교 실험 결과
Fig. 6. The test comparison result of FDI(A) and over and under deviation(average).

반사실 1에서는 다른 무반사실보다 높게 나타났다. 좋은 성능을 갖는 무반사실에서 오버 및 언더 편차가 성능이 낮은 무반사실보다 높게 나타난 것은 균일장 측정 방법이 매우 잘못되었음을 나타내준다. IEC61000-4-3(2002. 9)와 제안 방법은 FDI(A)가 0인 무반사실 1에서는 0으로 오버 및 언더 편차가 생기지 않았다. 이는 성능이 좋은 무반사실에서는 오버 및 언더 편차가 생기지 않게 하는 좋은 균일장 측정 방법임을 알 수 있다. 그러나 FDI(A)가 0 이상인 무반사실 2~4에서 IEC61000-4-3(2002. 9)는 FDI(A)보다 각 0.004, 0.017, 0.01 dB 높게 측정되었으며 제안 방법은 모든 무반사실에서 FDI(A)와 동일하게 측정되었다.

4-2-3 오버 및 언더 테스트링 포인트 비교 실험

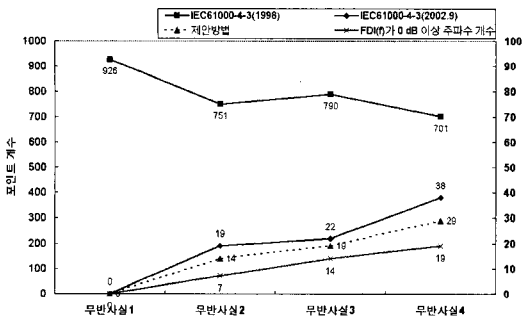


그림 7. 전체 오버 및 언더 테스트링 포인트 개수
Fig. 7. The point number of every over and under testing.

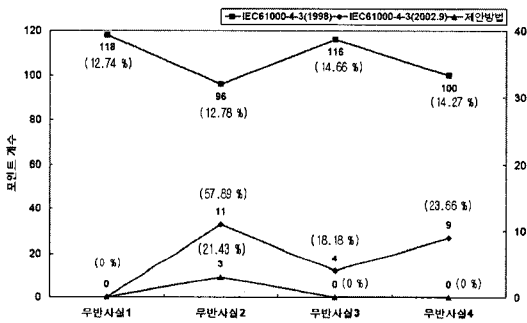


그림 8. 균일 영역 중심부에서 오버 및 언더 테스트링 포인트 개수
Fig. 8. The point number of over and under testing at the center of uniform area.

오버 및 언더 편차로 인해 생기는 균일 영역의 16 포인트에서 오버 및 언더 테스트링의 개수를 산출하였다. 255개의 주파수에서 최대 4포인트씩 생길 수 있으므로 최악의 경우 총 1,020개의 오버 및 언더 테스트링 포인트가 생길 수 있다.

그림 7은 각 방법별 전체 오버 및 언더 테스트링 포인트의 수를 이론치인 FDI(f)가 0 dB 이상인 포인트와 비교하여 나타내었다. IEC61000-4-3(1998)은 FDI(f)와 비교해 50배 이상으로 많은 포인트에서 오버 및 언더 테스트가 발생하였고, IEC61000-4-3(2002.9)은 FDI(f)와 비교해 약 2배 정도 발생하였으며 제안 방법은 가장 적게 측정되었다. 제안방법이 FDI(f)와 다르게 나타난 것은 FDI(f)는 전체 포인트 필드 편차가 허용 오차를 넘는 주파수의 개수인 반면 측정된 결과는 같은 주파수에서 2개의 오버 및 언더 테스트링 포인트가 존재하였기 때문이다.

그림 8은 EUT가 놓여질 확률이 높은 균일 영역의 중심부 4포인트에서 오버 및 언더 테스트링을 측정된 결과이다. IEC61000-4-3(1998)은 여전히 많이 측정되었으나 전체 오버 및 언더 테스트링 포인트 대비 비율은 작게 측정되었다. IEC61000-4-3(2002.9)은 상당히 적게 나타났으나 중심부 4포인트에서의 비율이 가장 높게 나와 문제가 있음을 알 수 있다. 이는 16포인트 측정값 중 가장 낮은 전체 값을 기준으로 12개 포인트 이상이 허용 오차 범위 안에 들어오게 하는 방식으로 인해 발생한다. 이에 비해 제안 방법은 전체 오버 및 언더 테스트링 포인트 및 중심부 4포인트에서 가장 낮게 측정되었으며 비율 또한 가장 낮게 나타났다.

V. 결론

전자파 방사 내성 시험은 공간으로 전파하는 전파 방해에 대해 기기가 내성을 갖고 있는지 확인하는 시험이다. 이런 전파 방해로 인한 기기의 오동작은 인명 및 재산 피해를 발생시킬 수 있기에 보다 정확한 시험을 요구한다.

본 연구에서는 시험의 불확실성의 요인이 되는 ‘오버 및 언더 편차’와 그로 인해 발생하는 ‘오버 및 언더 테스트링 포인트’를 줄이고자 기존 균일장 측정 방법의 문제점을 비교 분석하여 살펴보고 ‘오버 및 언더 편차’를 이론치와 동일하게 줄일 수 있는 균일장 측정 방법을 제안하였으며, 성능이 조금씩 틀린 4개의 국내 시험 기관의 무반사실에서 기존 방법과 비교 실험하였다. 더불어 EUT가 놓일 확률이 높은 균일 영역의 중심부 4포인트에서도 살펴보았다. 실험에 사용된 장비는 신호 발생기, 전력 증폭기, 송신 안테나, 전계 프로브, 파워메타이며 사용된 모든 장비는 국제적으로 소급이 가능하도록 교정되었고 실험의 신뢰성을 위해 송신 안테나의 위치, 안테나와 균일 영역과의 거리 등 실험 구성을 동일하게 하였다.

실험에 대한 분석 결과 현재 국내 전자파 방사 내성 시험 규격인 IEC61000-4-3(1998)은 무반사실의 성능과 관계없이 오버 및 언더 편차가 전체 주파수 대역에서 상당히 높게 나타났으며 특정 주파수에서는 제안 방법에 비해 3.87 dB, 2.89 dB, 4.9 dB, 2.93 dB 높게 측정되었다. 그로 인해 오버 및 언더 테스트링 포

인트 또한 가장 높게 측정되어 시험 결과의 신뢰성이 떨어지고 성능이 좋은 무반사실에서의 결과가 더 나빠지는 이상 현상이 나타났다. 현재 국제 규격인 IEC61000-4-3(2002. 9)은 IEC61000-4-3(1998)에 비해 오버 및 언더 편차와 오버 및 언더 테스트링 포인트 수를 현격히 줄였으며 무반사실의 성능과 비례적으로 측정되었으며 성능이 좋은 무반사실 1에서는 이론치와 동일하게 나타났으나 무반사실 2, 3, 4에서는 특정 주파수에서 0.96 dB, 2.37 dB, 0.82 dB 높게 측정되었다. 그리고 EUT가 놓일 확률이 높은 균일 영역 중심부에선 상대적으로 높게 측정되었다. 특히 무반사실 2는 57.89 %로 측정되어 전체 오버 및 언더 테스트링 포인트 중 절반 이상이 중심부 4포인트에서 발생하였다. 제안 방법은 오버 및 언더 편차가 이론치와 동일하게 나타났으며 오버 및 언더 테스트링 포인트가 다른 방법에 비해 최대 926개, 10개 적게 측정되었고 균일 영역 중심부 4포인트에서는 최대 118개, 9개 적게 측정되었으며 비율 또한 무반사실 1, 3, 4에서는 0%로 측정되어 가장 낮게 측정되어 시험의 불확실성의 요인을 최소화하였음을 확인하였다.

본 연구에서는 정확한 전자파 방사 내성 시험을 위해 불확실성을 최소화할 수 있는 균일장 측정 방법을 제안하였고 실험을 통해 제안 방법의 우수성을 확인하였다.

국내 전자파 내성 시험 규격 및 현재 국제 규격인 IEC61000-4-3(2002. 9)의 6-2절을 개정할 것을 제안하고 향후 균일 영역을 보다 세분화 하여 심층적인 연구 및 전력 증폭기의 고조파 등 다른 불확실성의 요

소에 대해서도 심층적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] EN 61000-4-3(1996), "Electromagnetic compatibility(EMC), Part4-3: testing and measurement techniques radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test".
- [2] 전자파보호기준, 정보통신부고시 제1997-42호, 전파연구소고시 제2004-70호.
- [3] IEC61000-4-3(2002. 9), "Electromagnetic compatibility(EMC), Part 4: testing and measurement techniques, Section 3: radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test".
- [4] Tim Williams et al., "Uncertainties of immunity measurements", SCHAFFNER 연구보고서, 2002.
- [5] IEC61000-4-3(1998), "Electromagnetic compatibility(EMC)", Part4: "Testing and measurement techniques", Section3: "Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test".
- [6] IEC TC77B/315A/RVD, "Amendment to IEC61000-4-3 radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test methods above 1 GHz", 2001.
- [7] L. Dawson, "Some measurements of field uniformity within commonly used environments for radiated susceptibility measurements", *IEE 8th Int. Conf. on EMC*, pp. 43-48, Sep. 1992.

조 진 영



1999년 2월: 서경대학교 응용통계학과 (공학사)
 2005년 2월: 충주대학교 산업대학원 전자통신공학과 (공학석사)
 2000년 2월~현재: 전파연구소 이천분소 직원
 [주 관심분야] EMC

문 준 철



2000년 2월: 광운대학교 전기공학과 (공학사)
 2003년 2월: 성균관대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 5월~현재: 전파연구소 이천분소 연구원
 2004년 3월~현재: 충북대학교 전자공학과 박사과정
 [주 관심분야] EMC

정 창 규



1995년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)

1995년 9월~현재: 충주대학교 전기전자 및 정보공학부 교수

[주 관심분야] MIMO, 이동통신시스템, 통신신호처리 등