

I. 서 론

대부분의 전자 장비는 전자파 복사에 의해 영향을 받는다. 이러한 전자파 복사는 동작되어지는 라디오나 TV송신기, 자동차 라디오 수신기와 같은 손바닥 크기만 한 것부터 시작하여 대형의 산업용 장비에 이르기까지 모든 전자 장비에서 발생된다. 만약 전자파가 과다하게 발생된다면, 다른 전자장비에 오동작을 유발할 수 있을 것이다. 그러면 이러한 전자 장비들로부터 나오는 전자파 에너지를 어떻게 규격화 할 것인지에 대해서 표준안이 있어야 할 것이다.

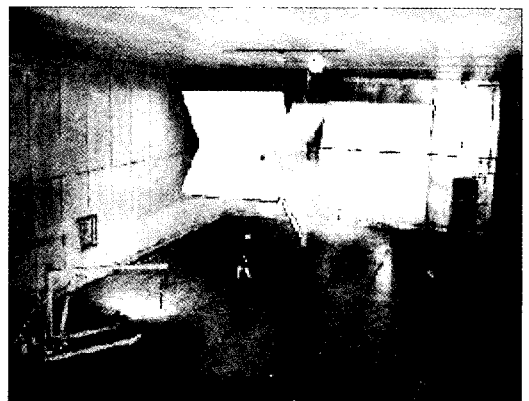
전자파 환경은 전자파 세기(V/m)에 의해서 결정되어지는데, 이러한 측정은 전자계를 왜곡시키거나 반사하는 다른 장비와 근접해 있기 때문에 정교한 장비 없이는 측정이 어렵고, 전통적인 수식으로서도 정확한 전자파 환경을 결정할 수 없다.

대표적인 챔버들은 높은 Q(Quality factor)값을 유지하기 위해서 적절한 입력전력을 인가하여 높은 필드를 형성시켜 주는데, 반면에 흡수체가 점화되어 손상을 줄 수 있는 단점을 가지고 있다. 이러한 위험으로부터 전자파 잔향실은 보호받을 수 있으면서 안전하게 높은 강도의 전자파 필드를 형성시켜 줌으로써 전자파 환경을 측정할 수 있다.

전자파 잔향실은 방사 내성시험시 무반사실에 비해 시설비용이 저렴하다는 것 외에 잠재적인 장점이 많다. 주요 장점으로는 챔버내 존재하는 등방성 균일전계에서 파의 편파가 random하다는 것이다. 따라서 일반 무반사실에서 각 편파(수직, 수평, 원

형)에 대한 시험을 별도로 수행할 필요가 없으며, 또한 반사파에 의하여 모든 방향에서 EUT에 파가 입사되기 때문에 EUT(Equipment Under Test)를 회전시켜야 하는 번거로운 절차도 생략이 가능하다. 따라서 시험시간의 절약과, 시험시설에 대한 비용이 비교적 적다는 점에서 상당한 장점이 있다^[1]. [그림 1]은 호주의 DSTO(Defence Science and Technology Organization)에서 제작한 전자파 잔향실 전경이다.

전자파 잔향실을 가장 간단하게 설명하자면 마치 커다란 전자 레인지(microwave oven)와 같으며, 전자파를 인가하여 EUT를 요리하는 것이다. 물론 에너지 효율을 높이기 위해서 전자 레인지의 외부는 전자파가 외부로 나가지 못하도록 차폐 효과가 좋은 금속면을 사용한다. 무엇보다도 전자 레인지는 음식을 골고루 익혀야 할 것이다. 그러므로 스테러를 이용하여 전자파를 EUT에 골고루 분포시켜 쪄



[그림 1] 호주의 DSTO(Defence Science and Technology Organization)내 전자파 잔향실 전경

여 주는 것이다.

전자파 잔향실은 1968년 미국 Mendes에 의해 처음으로 제안^[2]되어 전자파 장해 및 복사 내성 측정을 위한 대용시험 시설로서 사용될 수 있는 가능성을 보였다. 그 후 미국 표준연구소(National Institute of Standards and Technology)등에서 연구가 수행되고 있으나, 전자파 장해 및 내성시험을 위한 대용시험 시설로서 이용하기 위한 국제 표준으로는 정립되어 있지 못하다가 최근 전파장해특별위원회(International Special Committee on Radio Interference)에서 전자파 장해 및 내성 시험을 위한 대용시험 시설로써 활용하기 위한 규격 제정 단계에 있다. 또한 최근 전자파 장해 방지를 위한 규제 주파수가 1~18 GHz 까지 확장됨에 따라 이 주파수 대역에서 시험장으로 활용할 수 있는 전자파 잔향실이 새롭게 부각되고 있다.

전자파 잔향실은 기본적으로 공진 모드^[3]를 활용하기 때문에 일정한 크기의 잔향실 내부에서 전자파 균일성을 확보할 수 있는 모드 수에 의해 하한 주파수가 결정된다. 주파수가 증가함에 따라 모드 수는 증가하기 때문에 하한 주파수 이상의 대역에 대한 시험시설로 활용할 수 있으며, 특히 GHz 대역에서 사용하기에 적합한 대용시험시설이라고 볼 수 있다^[4].

전자파 잔향실을 설계하는 데 있어 우선적으로 고려되어야 할 사항이 잔향실 내에서 발생 가능한 총 모드 수이다. 이것은 주파수 잔향실의 체적에 따라서 변하게 되는데^{[5]~[7]}, 일정한 체적에서 가급적 많은 수의 모드 수를 확보하기 위하여 비대칭적 구조의 잔향실^[3], 표면의 비 균일성 유지 등 다양한 구조의 잔향실에 대한 연구의 진행이 있었으며, 또한 잔향실 내부의 필드 균일성을 확보하기 위하여 stirrer 대신 음향학 분야에서 음향학적인 잔향을 위해 사용되는 확산기를 사용하여 잔향실 내부필드의 균일성을 개선하는 방식도 제안되었다^[8].

본 논문에서는 잔향실 내부 필드 균일성을 확보하기 위하여 일반적으로 사용되어지고 있는 mode-stirred 튜너와 전자파 확산용 Schroeder 방식의 확산기를 설계하여 적용하였으며^{[9]~[11]}, 필드 균일성을 위한 최적 조건을 추출하기 위하여 stirrer의 조건을 변화시켜 가며 형성된 필드 특성을 조사하였고, 또한 확산기의 성능을 향상시키기 위하여 3가지 형태로 고안된 확산기에 대해서도 잔향실 내부의 필드 특성을 조사하였다. 전자파 잔향실 내부 필드 해석은 유한 차분법(Finite Difference Method)을 기초로 하는 FDTD 방식을 적용하여 주파수 3 GHz 대역에서 결과를 추출하였다.

II. 전자파 잔향실 설계

전자파 잔향실은 필드 균일성을 만족시키기 위해 최소 시험 주파수(LUF : Lowest Useable Frequency)에 대해서 다중모드 전자기 환경 (multi-mode electromagnetic environment)을 유지하기 위한 적절한 크기를 가져야 한다.

잔향실에서 이용 가능한 최소 시험 주파수의 결정 방법은 설정된 인클로우저 크기에서 60개 이상 모드 수가 형성되도록 하며, 인클로우저에서 모드 수 및 최소 시험 주파수의 결정은 다음 식으로부터 가능하다^[3].

$$N = \frac{8\pi}{3} abc \frac{f_3}{v^3} - (a + b + c) \frac{f}{v} + \frac{1}{2} \quad (1)$$

a, b, c 는 cavity의 크기 (m)이며, v 는 체적(m^3), 그리고 f 는 주파수(Hz)이다.

전자파 잔향실 내부에 발생하는 실제 모드 수는 인클로우저 크기뿐만 아니라 튜너나 확산기의 사용에 따른 전력효율에 따라 결정되어진다. 따라서 튜너 및 확산기의 효율을 높여줌으로써 유효 모드밀

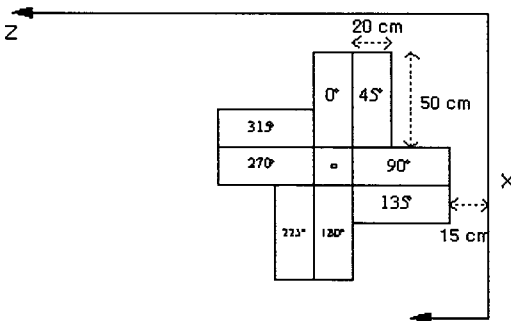
도를 높일 수 있고 아울러 최소 시험 주파수를 보다 낮출 수 있다고 볼 수 있다.

2-1 Mode-stirred 튜너 구조

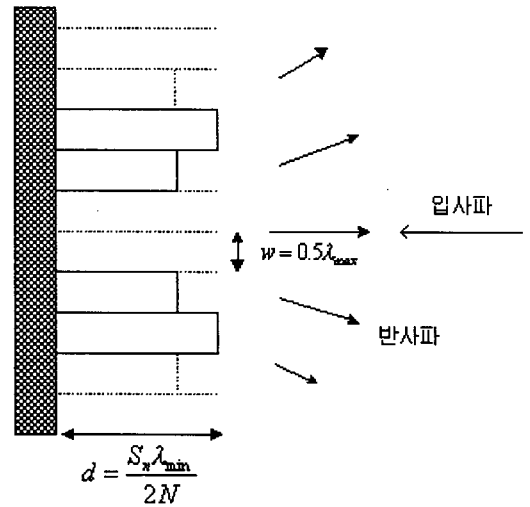
잔향실 내부 형성된 필드의 경계조건을 변화시켜 주기 위해 사용되는 튜너는 최소 시험 주파수 파장의 1/4 이상의 크기를 가져야 하며, 한번 회전하는 동안 반복적인 필드 형태가 발생하지 않도록 복잡한 구조의 튜너의 사용이 필요하다^[12]. 본 연구에서는 수치해석을 위하여 PEC(Perfect Electric Conductor) 재질을 사용, 길이 50 cm, 그리고 폭 20 cm의 튜너를 설계하였으며, 옆 벽면으로부터 15 cm, x-z 평면의 천장에서 20 cm 아래에 위치시켰다. 1 회전을 [그림 2]와 같이 각도에 따라 step을 나누어 회전하도록 하였으며, 2개의 튜너인 경우 다른 1개의 튜너를 [그림 2]와 동일한 구조로 x-z 평면에 위치시켰다.

2-2 Schroeder 방식의 확산기 설계

1975년 독일 Schroeder에 의해 음향학 분야에서 처음 소개되었던 Quadratic Residue 확산기는 녹음실, 오페라 하우스, 공연장 등에서 음향효과의 극대화를 위해 이용되어 왔으며, 1999년 독일 Markus



[그림 2] 설계된 mode-stirred 튜너 구조



[그림 3] 확산기의 원리

Petrusch와 Adolf Josef Schwab에 의하면 전자파 잔향실에서 Schroeder 확산기를 이용하여 모드를 주파수축에 대하여 균일하게 분포하도록 함으로써 전자기장의 균일도를 확보할 수 있다는 실험적 연구결과가 있었다^[13]. [그림 3]은 확산기의 원리를 보여준다.

본 연구에서는 전자파 잔향실에서 요구되는 필드의 균일성을 확보하기 위하여, 전자파 잔향실 구조에 응용될 Schroeder 방식의 확산기를 설계하였다^[14].

확산기의 구조는 사용될 주파수의 범위에 따라 크기가 정해지며 여기에서는 주파수 범위 2~3 GHz에서 적용될 확산기를 설계하였다. 확산기에서 각 well의 폭(width)은 다음과 같이 결정된다.

$$w = 0.5 \lambda_{\max} = 0.5 \times 10 \text{ cm} = 5 \text{ cm} \quad (2)$$

여기에서, λ_{\max} (=10 cm)는 상한주파수 f_{\max} (=3 GHz)에 의해서 결정된다.

확산기의 1주기를 나타내는 N (well의 수)은 다음

식에서 구해질 수 있다.

$$N = \frac{2mf_{\max}}{f_{\min}}, \quad m=1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

여기에서 m 이 크면 클수록 성능이 우수한 확산기를 얻을 수 있으나, 반면에 공간을 많이 차지하는 단점이 있어, 본 연구에서는 $m=4$ 인 경우에 대해서 설계하였다.

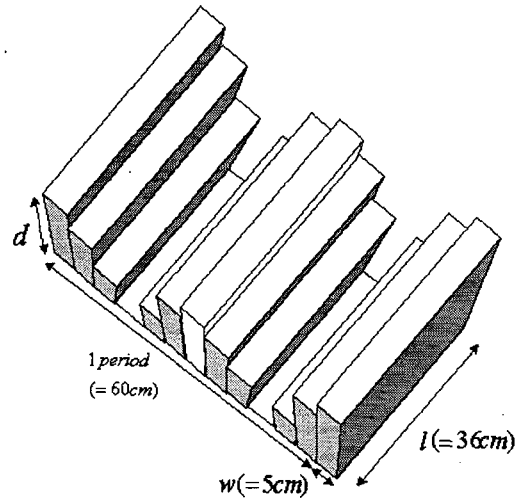
$$N = \frac{8f_{\max}}{f_{\min}} = 12, \quad \text{for } m=4 \quad (4)$$

여기에서 전체 폭(total width)이 결정된다. 즉,

$$\text{total width} = N \times W = 60 [\text{cm}] \quad (5)$$

<표 1> 확산기의 깊이에 따른 1주기에 대한 결과값

n	S_n	$d_n(\text{cm})$
0	0	0
1	1	0.625
2	4	2.5
3	9	5.625
4	4	2.5
5	1	0.625
6	0	0
7	1	0.625
8	4	2.5
9	9	5.625
10	4	2.5
11	1	0.625
12	0	0



[그림 4] 설계된 확산기

Well의 깊이(depth)는 하한주파수 $f_{\min}(=2 \text{ GHz})$ 에 따라 결정된다.

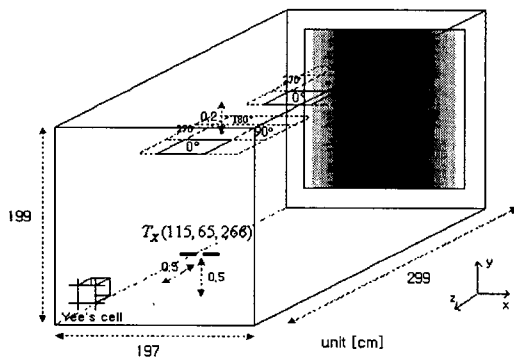
$$d_n = \frac{S_n \lambda_{\min}}{2N} \quad (6)$$

여기에서 $S_n = |n^2 - jN|$ 은 n 번째 sequence를 나타낸다. n 은 각각의 well을 나타내고, j 은 $0 \leq n^2 - jN$ 이 만족하는 최대값을 선택함으로써 결정된다. 확산기 깊이에 따른 1주기에 해당되는 결과값은 <표 1>과 같으며, 최종적으로 설계된 확산기의 구조는 [그림 4]와 같다.

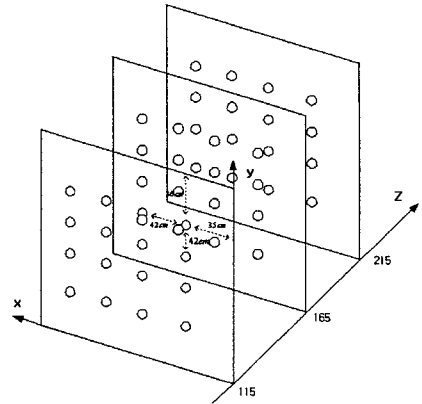
길이 l 과 1 주기에 해당하는 전체 폭이 크면 클수록 확산기의 효율이 증가되지만, 본 논문에서는 전자파 잔향실 내부 공간을 고려해서 설계하였다.

Ⅲ. 잔향실 내부 필드분포 해석

3-1 튜너와 확산기의 효율 분석을 위한 전자파 잔향실의 모델링



(a)



(b)

[그림 5] (a) 수치해석을 위한 전자파 잔향실 모델링, (b) 시험 평면(test plane)

<표 2> 튜너 및 확산기 설치 조건

조 건	튜너 step 수	튜너 위치	확산기 위치
튜너 1개	8	98, 179, 75	-
튜너 1개	16	98, 179, 75	-
튜너 2개	각 8	98, 179, 75 98, 179, 224	-
확산기 1개	-	-	99, 99, 1
튜너 2개 + 확산기 1개	각 8	-	99, 99, 1

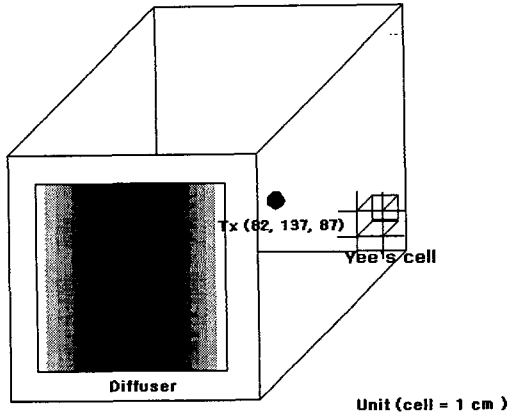
전자파 잔향실에 [그림 2]와 [그림 4]에서 설계된 튜너와 확산기를 [그림 5](a)와 같은 위치에 <표 2> 조건에 따라 위치시켰으며, 반파장 다이폴 송신 안테나를 이용하여 출력 0.02 W를 입력시켜 필드를 발생시켰다. 잔향실 내부 필드 특성을 조사하기 위한 수신지점은 가상 시험공간으로 [그림 5](b)와 같이 $z(115, 165, 215)$ 면을 선택하였다. 전자파 잔향실 구조는 주파수 3 GHz에 대해서 해석하기 위하여, Yee's cell $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z=1$ cm로 하였으며, 외부 경

계조건은 PEC로, 내부공간은 자유공간으로 설정했다.

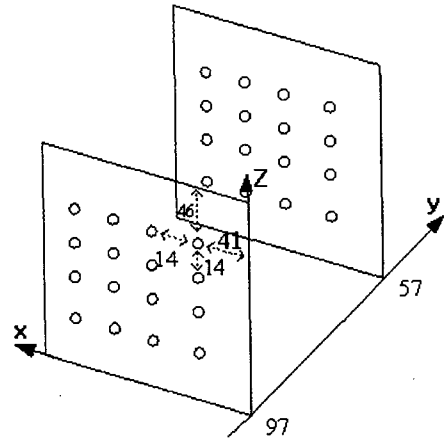
또한 CFL(Courant-Friedrick-Lewy) 안정성 조건을 만족시키기 위하여 이산 시간을 19.25 ps($=\Delta t$), 전체 시간 간격 수를 20,000회로 설정하였다.

본 연구에서 잔향실 크기는 $197 \Delta X \times 199 \Delta Y \times 299 \Delta Z$ 로 하였으며, 필드의 경계를 변화시키기 위한 조건으로 <표 2>와 같이 튜너를 1개를 사용하여 1회전 하는 동안 8 step, 16 step 각각에 대한 해석과 stirrer를 2개 사용하였을 경우, 확산기만을 사용한 경우, 그리고 2개의 튜너에 확산기를 동시에 사용한 경우에 대하여 해석하였다.

EUT 공간의 필드 특성을 조사하기 위하여 [그림 5](b)의 각 시험 면에서 4×4 직사각형의 16개의 수신 지점, 총 3개 면에서 48개 데이터를 추출하여 필드의 균일도 특성을 조사하였으며, 필드의 등방성 특성을 분석하기 위하여 $z=115$ 와 215면 각각에 대한 x, y 위치 $\{(x, y) : (65, 65), (65, 165), (165, 65), (165, 165)\}$ 의 정육면체 각 모서리 8개 지점에서 E_x, E_y, E_z 성분, 총 24개의 데이터를 추출하였다.

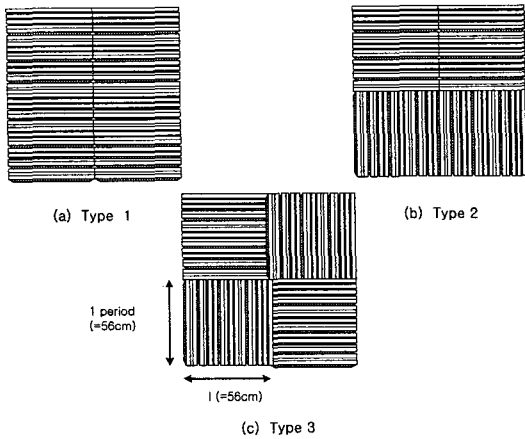


(a)



(b)

[그림 6] (a) 수치해석을 위한 전자파 잔향실 모델링, (b) 시험 평면



[그림 7] 전자파 잔향실 내부 부착될 3가지 형태의 확산기 구조

3-2 확산기 배열에 따른 전자파 잔향실 모델링

전자파 잔향실에 [그림 3]과 같이 설계된 Shroe-

der 방식의 확산기를 이용하여 [그림 7]과 같이 3가지 형태의 확산기를 고안하였다. 전자파 잔향실에 대한 구조는 [그림 6](a)와 같이 모델링 되었으며. 주파수 3 GHz에 대해서 필드 분포를 얻기 위해, 주파수를 고려하여 기본 셀을 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z = 1 \text{ cm}$ 로 설정하였다.

그리고 CFL 안정성 조건을 만족시키기 위하여 이산 시간을 19.25 ps ($=\Delta t$), 전체 시간 간격 수를 20,000으로 설정하였다. 본 논문에서 잔향실 크기는 $124 \Delta X \times 114 \Delta Y \times 134 \Delta Z$ 로 설정하였다. 필드 발생을 위한 소스는 sinusoidal 포인트 소스를 사용하였고, 셀 (61, 86, 67)에 위치시켰다. 전자파 잔향실은 PEC 셀로 모델링하였고, 확산기 매질과 외부 경계조건 또한 PEC로 설정하였다.

확산기는 [그림 7]과 같이 각 3가지 형태에 대해서 잔향실 내부 x-z 평면 끝 부분 중앙에 위치시켰다. 필드 분포를 조사하기 위하여 [그림 6](b)의 시험 평면에서 전계 세기를 추출하였다.

IV. 해석결과

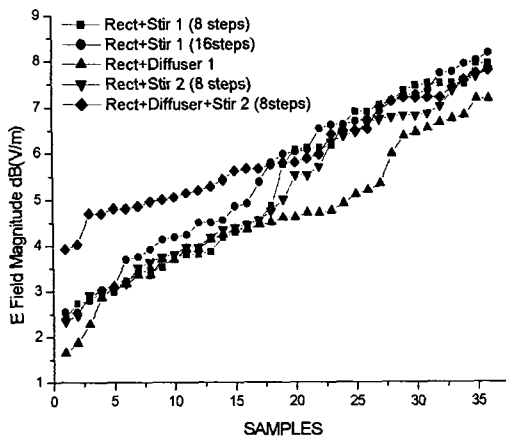
4-1 튜너와 확산기의 성능 비교를 위한 전자파 잔향실의 해석 결과

[그림 5 (b)] 시험 공간에서 추출된 48개 전계 세기값의 75 %^[15]인 36개의 샘플에 대한 평균값, 표준편차, 및 tolerance 결과는 <표 3>과 같으며, 각 조건에 대한 샘플들의 정상 상태의 시간 평균값들을 그래프로 비교하면 [그림 8]과 같다.

[그림 8]과 <표 3>에 따르면, 튜너와 확산기를 동시에 사용하였을 경우 tolerance가 3.86 dB, 표준

<표 3> 시험 평면 전계 세기의 75 % 샘플값

E (dBV/m)	튜너 1	튜너 1 (16스텝)	튜너 2	확산기	튜너 2 + 확산기
평균	5.29	5.53	5.14	4.63	5.93
표준편차	3.24	2.94	2.65	2.08	1.13
Tolerance [dB]	5.51	5.62	5.43	5.50	3.86



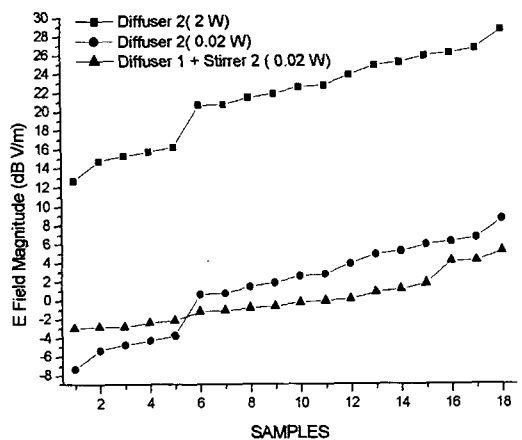
[그림 8] E 시간 평균값에 대한 75 % (of 48 샘플) 샘플 분포

편차 1.13으로 필드의 균일성 측면에서 가장 우수하였으며, 확산기만을 사용하였을 경우 필드의 균일성은 tolerance 5.50 dB로 6.00 dB 이내의 조건에 만족하나 전력 효율적 측면에서 평균값이 4.63 dB(V/m)로 튜너를 사용한 경우에 비해 다소 떨어지는 결과를 나타내었다. 또한 튜너를 사용한 경우 step 수를 증가시킴에 따라 전력효율이 개선되는 결과를 보였다.

<표 4>와 [그림 9]에 따르면 수신 전계강도의 x , y , z 축 모든 성분에 대한 표준편차와 tolerance가 확산기와 stirrer를 동시에 사용하였을 경우 다소 양호한 결과를 보여주고 있다.

<표 4> E_x , E_y , E_z 성분에 대한 표준편차

Type	E (dB)	E_x	E_y	E_z	E (total)
확산기 2(0.02 W)		1.28	1.83	1.74	4.93
확산기 2(2 W)		3.22	4.41	4.24	4.93
확산기+stirrer2(0.02 W)		1.84	1.20	1.76	3.39



[그림 9] E 성분(E_x , E_y , E_z)전체에 대한 75% (of 24 samples) samples분포

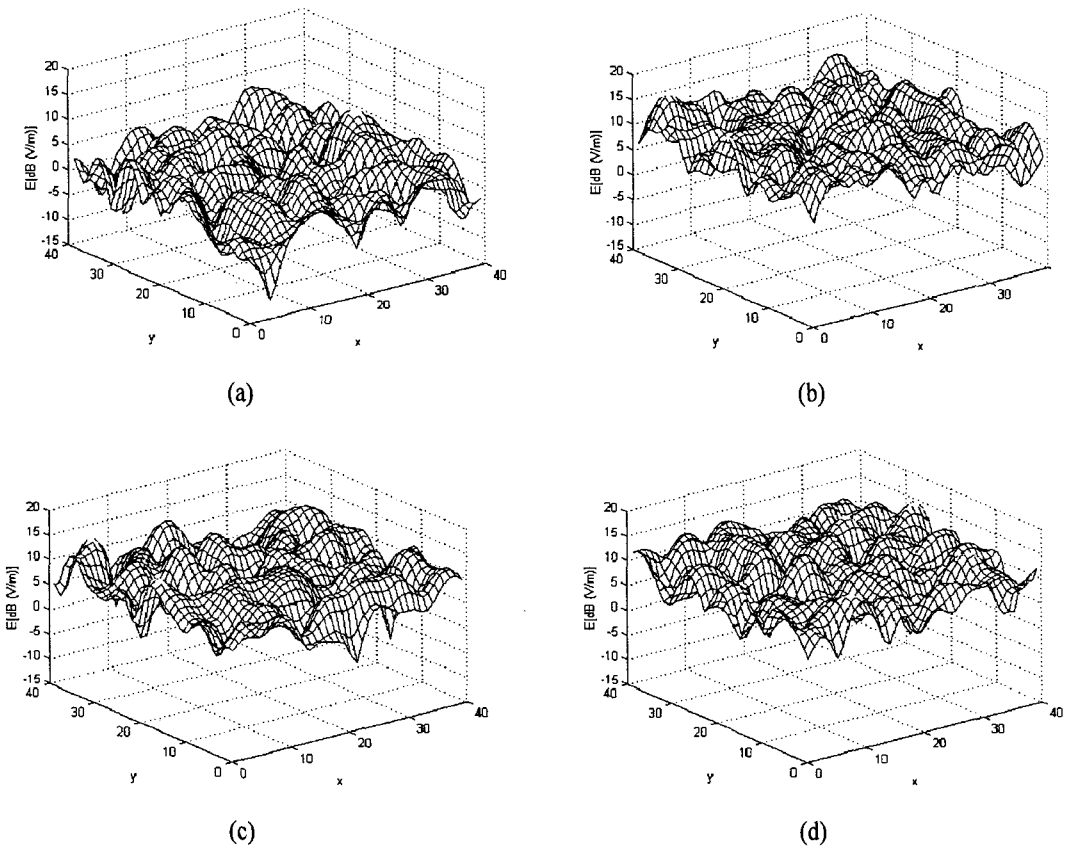
4-2 확산기 배열에 따른 전자파 잔향실에 대한 해석 결과

전자파 잔향실에 확산기를 사용하였을 경우와 사용하지 않았을 경우, $y=51$ 에서의 $x-z$ 평면에 대한 시뮬레이션된 전계 세기 분포결과는 [그림 10]과 같다.

확산기를 사용함으로써, 필드의 균일성 개선뿐만

아니라 전계 세기 또한 높게 분포됐다. 확산기를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 수치해석 결과를 이용하여, [그림 6](b)의 시험 공간에서 32개 전계 세기 값 중 75%인 24개의 샘플에 대한 평균값, 표준편차, 최대값, 최소값, tolerance 결과는 <표 5>와 같다.

정의된 시험 평면에 대한 75%의 전계 세기 샘플을 그래프로 비교하면 [그림 11]과 같다.

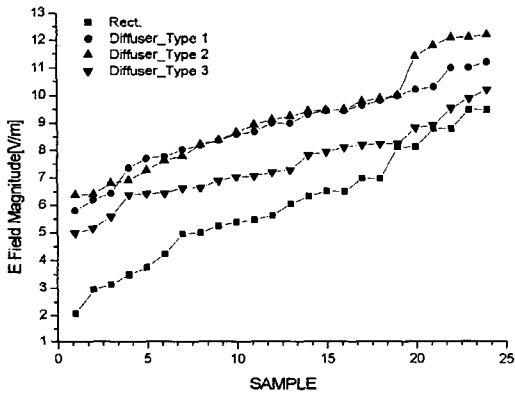


[그림 10] $y=51$ 에서의 $x-z$ 평면에서의 전계 분포

- (a) 확산기를 부착하지 않은 잔향실,
- (b) Type 1의 확산기를 부착한 잔향실,
- (c) Type 2의 확산기를 부착한 잔향실,
- (d) Type 3의 확산기를 부착한 잔향실

<표 5> 시험 평면 전계 세기의 샘플값 중 75%

E (dB V/m)	Rect.	확산기+ type 1	확산기+ type 2	확산기+ type 3
평 균	5.98	8.85	9.13	7.48
표준편차	2.06	1.46	1.77	1.36
최 대 값	9.48	11.2	12.2	10.2
최 소 값	2.08	5.81	6.38	5.00
Tolerance[dB]	7.40	5.39	5.82	5.20



[그림 11] 시험평면의 전기장 분포
(75 % of samples)

[그림 11]과 <표 6>에 의하면, 시뮬레이션 결과 동일한 소스에 대해서 확산기를 부착한 경우 전력 효율이 향상되었을 뿐만 아니라, 필드의 균일성 또한 개선됨을 알 수 있다.

잔향실 내부에 확산기를 부착했을 경우 편파 특성을 조사하기 위해, x-z 평면 $y=57$ 단면의 16,616 개 셀에 대한 E_x , E_y , E_z 의 값을 추출한 후, 그 중 75 % 샘플에 대해서 누적분포 함수를 구하였다. 전체적인 분포는 [그림 12]와 같이 카이제곱분포를 따르고 있다. 이에 대한 E_x , E_y , E_z 성분에 대한 표준편차의 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> E_x , E_y , E_z 성분에 대한 표준편차

E (V/m)	E_x	E_y	E_z
Rect.	0.10	0.65	0.20
확산기 + type 1	0.38	0.60	0.48
확산기 + type 2	0.53	0.60	0.50
확산기 + type 3	0.44	0.49	0.46

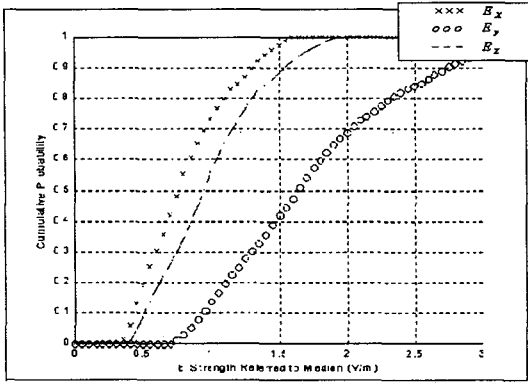
[그림 12]와 <표 6>에 따르면 고안된 확산기를 부착하지 않은 경우에 대해서는 E_z 에 대한 특정 편파 특성을 보였다. 반면에, 확산기를 부착함으로써 특정 편파의 영향이 현저하게 감소되었다. 또한 확산기를 부착한 3가지 type에 대해서는 type 1, type 2, type 3 순서로 전계 성분들이 잘 일치하였으며 이는 편파특성이 향상되었음을 보여준다.

V. 결 론

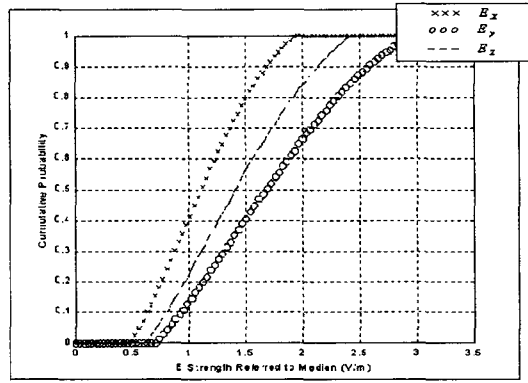
전자파 잔향실의 균일 필드 형성을 위하여 mode-stirred 튜너 방식과 확산기 방식 모두 적용될 수 있음을 알 수 있었으며, 전력의 효율 측면에서 튜너방식이 보다 나은 것으로 확인되었다. 또한 튜너의 step 수를 증가시켜 좁은 주파수 대역에서 전력 효율이 많이 개선된다고 볼 수 있었다.

확산기와 튜너를 동시에 적용한 경우, 필드 균일성뿐만 아니라 전력효율 측면에 있어서 가장 우수한 결과를 보였으며, 필드의 등방성 특성 측면에서도 확산기와 튜너를 동시에 사용하였을 경우가 가장 좋은 결과를 나타내었으나 3.39 dB의 표준편차로 국제규격에서 요구되는 3 dB 허용범위를 만족시키지 않아 이 부분에 대한 추가적 연구의 수행이 필요하다고 판단된다.

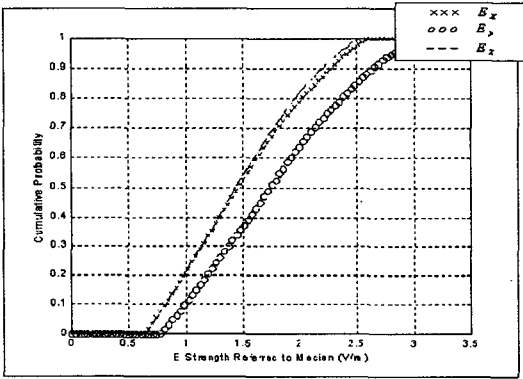
확산기의 효율을 향상시키기 위하여 설계된 확산기를 이용하여 이를 적절하게 조합하여 3가지 형태



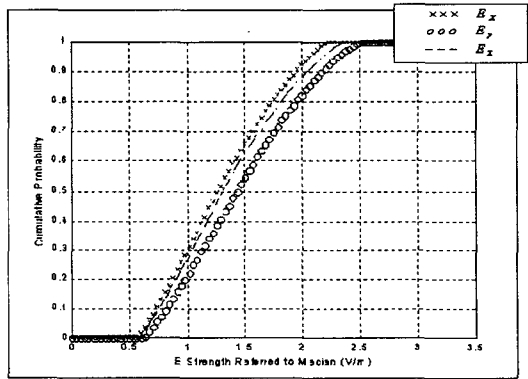
(a)



(b)



(c)



(d)

[그림 12] $y=57$ 일 때 x - z 평면에서 E_x , E_y , E_z 성분의 누적 분포

- (a) 확산기를 부착하지 않은 잔향실,
- (b) Type 1의 확산기를 부착한 잔향실,
- (c) Type 2의 확산기를 부착한 잔향실,
- (d) Type 3의 확산기를 부착한 잔향실

의 확산기를 고안한 후, 각각의 확산기를 전자파 잔향실에 부착하여 시뮬레이션한 결과, 확산기를 부착하지 않은 경우와 비교해 보았을 때 전력 효율의 향상되었으며, 필드 균일도 측면에서도 우수하다는 결론을 얻었다. 또한 적용된 3가지 type의 diffuser 모두 최대 tolerance ± 3 dB 이내의 필드 균일도를 나타내었으며, 3가지 type 중 type 3의 확산기가 효율

이 가장 우수하였다. 또한 전자파 잔향실의 동일한 평면에 대한 E_x , E_y , E_z 의 누적분포함수를 통한 편파에 대해 조사한 결과 확산기를 부착함으로써 특정 편파에 대한 영향이 감소되었고, type 1, type 2, type 3 순서로 편파특성이 개선됨을 알 수 있었다.

전자파 잔향실에 적용될 diffuser 설계 시, type 1과 같은 단순한 diffuser 보다는 배열을 고려하여 설

계하였을 때, 필드 균일성, 전력효율 및 편파측면에 있어서 우수한 특성을 갖는 전자파 잔향실을 설계할 수 있을 것으로 판단된다.

지금까지 본 연구실에서는 전자파 잔향실을 제작 중에 있고 이에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있다^{[16]~[20]}, 또한 2000년 5월에 러시아 Petersburg에서 열린 CISPR(International Special Committee on Radio Interference) 총회에서 스테러를 대신 확산기를 사용함으로써 균일한 필드를 얻을 수 있다는 제안을 하였다^[21]. 현재 이 안전이 전자파 잔향실의 규격화에 있어서 가능성 여부를 CISPR에서 검토 중에 있다.

참고문헌

- [1] Myron L. Crawford, "Alternative EMC Compliance Test Facilities", Academic Press, Inc., 1995.
- [2] H. A. Mendes, 1968 "A new approach to electromagnetic field-strength measurements in shielded enclosures", *Wescon Tech. Paper*, CA, USA, pp20-23, Aug., 1968.
- [3] M. L. Crawford and 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*, April, 1986.
- [4] IEC 61000-4-3: Annex XX: Alternative method Reverberation chamber method (Draft document 77B/215/CD).
- [5] M. O. Hatfield and M. B. Slocum, "Frequency Characterization of Reverberation Chambers", *IEEE Symposium on EMC*, 1996.
- [6] M. L. Crawford, G. H. Koepke and J. M. Ladbury, "EMR Test Facilities-Evaluation of Reverberating Chamber Located at RADC, Griffiss AFB, Rome, NY", *NBSIR 87-3080*; Dec., 1987.
- [7] M. L. Crawford and G. H. Koepke, "EMR Test Facilities Evaluation of Reverberating Chamber Located at Naval Surface Weapons Center, Dahlgren, Virginia", *NBSIR 86-0351*; June, 1986.
- [8] B. J. Leferink Frank, "High Field Strength in a Large Volume: The Intrinsic Reverberation Chamber", *IEEE Symposium on EMC*, pp. 24-27, 1998.
- [9] M. R. Schroeder, "Diffuse Sound Reflection by Maximum Length Sequences," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 57, pp. 149-150, Jan., 1975.
- [10] M. R. Schroeder and R. Gerlach, "Response to 'Comments on Diffuse Sound Reflection by Maximum Length Sequences'", *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 60, p. 954, Oct., 1976.
- [11] M. R. Schroeder, "Binaural Dissimilarity and Optimum Ceilings for Concert Halls: More Lateral Sound Diffusion", *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 65, pp. 958-963, 1979.
- [12] DRAFT 61000-4-21, EMC., Part 4 : Testing and measurement techniques., Section 21 : Reverberation Chamber Test Methods., IEC. 2000.
- [13] Markus Petirsch, and Adolf Josef Schwab, "Investigation of the Field Uniformity of a Mode-Stirred Chamber Using Diffusers Based on Acoustic Theory", *IEEE Trans. on EMC.*, vol. 41, no. 4, Nov., 1999.
- [14] Madan Mehta and James Johnson, *Architectural Acoustics Principles and Design*, Prentice Hall,

- 1999.
- [15] EN 61000-4-3, Electromagnetic Compatibility, Part 4. Testing and measurement techniques, Section 3. Radiated, radiofrequency, electromagnetic field immunity, 1997.
- [16] 이광순, 이증근, 정삼영, “전자파 확산방식을 이용한 잔향실 내부의 필드 분포 해석”, 한국전자파 학회지, vol. 11, no. 5, pp. 839-848, Aug., 2000.
- [17] 이광순, 이증근, 정삼영, 김성철 “Schroeder Diffuser를 이용한 전자파 잔향실 내부의 필드 해석”, 춘계마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, vol. 23, no. 1, pp. 497-500, May, 2000.
- [18] 이광순, 이증근, 정삼영, 김혜광, “전자파 잔향실의 필드 균일성 확보를 위한 Schroeder 방식의 Diffuser 설계”, 2000년도 한국음향학회 학술대회 논문집, vol. 19, no. 1(s), pp. 211-214, July, 2000.
- [19] 이광순, 이증근, 정삼영, 김성철, “Diffuser 배열에 따른 전자파 잔향실내 필드 편파 특성 향상”, 춘계마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, vol. 23, no. 2, pp. 263-266, Sep., 2000.
- [20] 정삼영, 이광순, 이황재, 이증근, “전자파 장애 및 복사 내성 측정용 전자파 잔향실 내부의 필드 특성”, 국방부 학술대회 논문집, pp. 3B, 58-62, Sep., 2000.
- [21] Sam-Young Chung and Joong-Geun Rhee, “Field Uniformity Analysis of Reverberation Chamber by FDTD(finite-Difference Time-Domain) Simulation Method”, *International Electrotechnical Commission/CISPR(International Special Committee on Radio Interference)*, St. Petersburg, Russia, May, 2000.

≡ 필자소개 ≡

이 증 근

1967년: 서울대학교 전기공학과(공학사)

1973년: 미국 남플로리다 주립대학(공학석사)

1979년: 미국 남플로리다 주립대학(공학박사)

1979년 ~ 1988년: 국방과학연구소 책임연구원

1990년 ~ 1991년: 한국전자파기술학회 회장

1988년 ~ 현재 : 한양대학교 전자공학과 교수

[주 관심분야] EMI/EMC, IMT-2000 M·W 부품

