

# FCC에서 ETRI가 개발한 GTEM 알고리즘의 EMI 측정결과 채택

이 애 경

한국전자통신연구원 전자파공학연구소

전기·전자 제품의 사용이 급증하면서 대표적인 복사 방출(radiated emission) 시험 시설인 야외시험장(open area test site, OATS)은 낮은 전파환경 잡음을 갖는 부지의 선정이 점차 어려울뿐 아니라 소요비용도 높아지는 추세이다. 반-무반사실(semi-anechoic chamber, SAC)의 경우에는 고주파 대역에서는 공진이 없어 훌륭한 성능을 제공하는 반면, 저주파 대역에서는 공진을 완전히 제거시키지 못한다. 그리고 이 두 시설은 측정 소요시간이 매우 긴 단점을 갖고 있다.

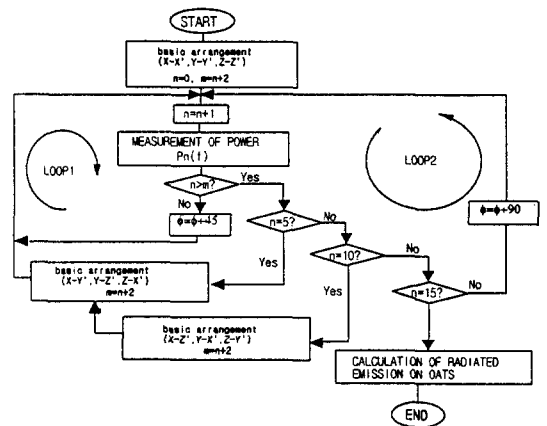
이러한 이유들로 최근에는 TEM cell이나 GTEM cell을 이용하여 복사 방출을 측정하는 방법들이 연구되어 왔으며<sup>[1]~[7]</sup>, 1993년말 미국 FCC(Federal Communications Commission)가 특정 조건하에서 야외시험장을 대신한 GTEM(Gigahertz transverse electromagnetic) cell의 복사방출(radiated emission) 시험결과를 받아들일겠다는 Public Notice<sup>[8]</sup>를 공표한 이래 GTEM cell이나 TEM cell을 사용한 복사방출 시험 방법에 대한 관심이 더욱 고조되어 왔다.

당 연구원에서는 GTEM cell과 야외시험장 또는 반-무반사실과 같은 접지면을 갖는 시설간의 복사 시험 상관관계를 위해 개선된 15-방위 15-입력 알고리즘을 제안한 바 있으며<sup>[5]~[7]</sup>, 이 알고리즘의 SW를 본 연구원으로부터 기술이전 받은 삼성전자 반도체 품질보증실 LSI QA 그룹에서 notebook computer에 대해 GTEM cell에서 본 알고리즘을 사용한 측정 데이터를 작년 말 FCC에 제출, 금년 2월 FCC에서 수락하게 되었다.

GTEM cell은 일종의 도파관이지만 야외시험장이나 반-무반사실은 접지면 상의 개방된 공간이다. 따라서 이 두 시설 간의 전자기적 특성이 다르므로

GTEM cell을 사용한 복사시험을 위해서는 GTEM cell과 접지면 간의 상관관계가 요구된다. 이때 피시험체는 등가의 전기 및 자기 다이폴로 근사 모델링되며 다이폴 모먼트는 GTEM cell 출력단 측정전력으로 구한다. 다음으로 피시험체의 복사 방출 결과값은 접지면 상의 다이폴로부터 복사되는 최대 전계값을 수식에 의해 모의함으로써 얻어진다. 이러한 원리를 가지고 개발된 기존의 상관 알고리즘은 몇 가지가 존재한다<sup>[3],[4]</sup>. 기존 알고리즘들은 전자기 다이폴 모먼트의 모든 성분이 동위상임을 가정하나 15-방위 15-입력 알고리즘은 피시험체의 다이폴 모델이 임의의 크기 및 위상을 갖는 모먼트를 가지고 여기되는 경우에 적용 가능한 알고리즘이며, 이에 대한 성능 분석은 [7]에 자세히 기술하고 있다.

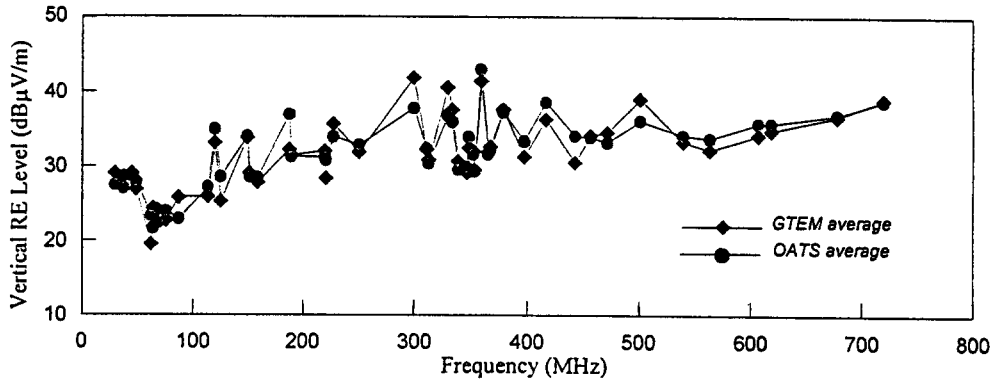
제안된 알고리즘은 15가지의 피시험체 방위가 요구되고 다이폴 모먼트 성분들 간의 위상차를 고려한다. 15 가지의 피시험체 방위는 [그림 1]의 절차



[그림 1] 15-방위 15-입력 알고리즘의 절차도

〈표 1〉 GTEM cell과 OATS에서의 수직복사방출 전계의 측정치 (측정거리 : 3 m)\*와 통계적 상관관계 분석  
 (a) 수직복사방출 전계의 측정치

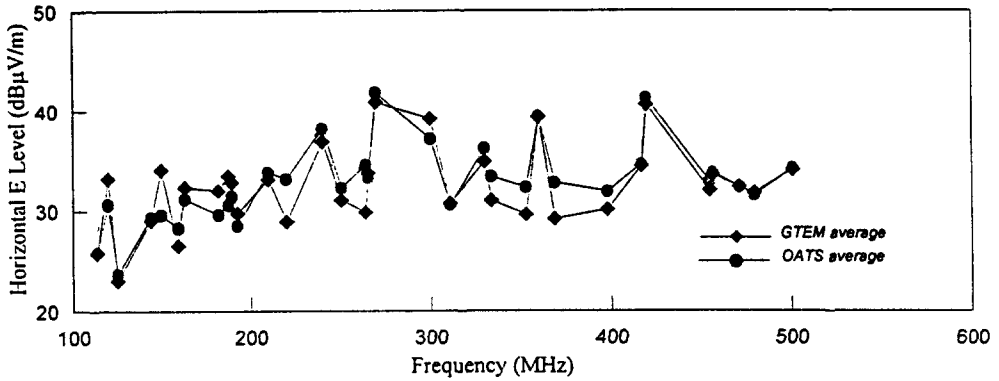
주파수 (MHZ)	GTEM #1	GTEM #2	GTEM #3	OATS #1	OATS #2	OATS #3	Defference(dB) (GTEM-OATS)
30.36	29.7	29.7	27.79	28.02	27.32	27.22	1.55
37.94	24.52	26.21	35.01	26.77	27.07	27.17	1.57
45.53	28.02	28.63	30.51	29.01	28.11	28.81	0.41
49.33	26.9	27.09	26.71	28.82	27.21	27.71	-1.01
62.64	23.65	17.99	16.9	22.52	23.53	23.93	-3.81
64.50	24.91	24.4	23.72	22.55	21.15	21.35	2.66
68.30	23.85	23.41	25.13	22.38	23.08	21.58	1.78
75.89	19.81	21.03	27.3	23.09	25.29	23.39	-1.21
87.27	25.8	25.19	26.39	23.23	22.63	22.83	2.90
113.79	26.2	26.4	25	27.43	27.23	26.93	-1.33
120.00	31.09	33.27	34.89	35.70	34.50	34.70	-1.88
125.29	28.47	22.99	24.35	29.16	28.36	28.16	-3.29
150.00	37.3	29.23	34.98	34.10	33.80	34.10	-0.16
151.78	30.38	25.75	31.16	29.12	28.32	28.42	0.48
159.36	27.7	26.38	29.34	28.59	28.49	28.19	-0.62
187.93	36.63	29.95	30.15	37.26	37.46	36.06	-4.68
189.72	30.92	30.65	32.84	31.98	30.88	30.98	0.19
220.07	31.77	33.05	31.30	32.01	31.01	30.61	0.83
221.19	29.82	27.68	27.70	31.20	30.70	30.60	-2.43
227.66	38.05	33.22	35.69	34.01	33.71	34.21	1.67
250.68	31.70	33.01	30.92	33.33	32.83	32.33	-0.96
300.00	41.30	41.29	43.15	37.00	38.30	38.00	4.15
311.12	32.34	32.74	31.72	32.33	32.13	32.63	-9.98E-2
313.22	30.44	31.82	30.32	29.98	30.18	31.08	0.44
329.97	41.52	40.59	39.69	35.92	37.82	36.62	3.82
333.93	35.53	39.73	37.44	35.47	36.67	35.67	1.63
339.16	29.46	30.53	32.05	29.71	29.41	29.61	1.11
347.22	28.09	27.85	31.46	30.22	29.42	30.12	-0.79
349.07	31.37	33.58	32.45	33.44	33.74	34.74	-1.51
352.86	30.91	32.69	32.51	31.91	30.31	32.71	0.39
353.90	28.86	30.37	29.25	29.26	29.76	29.16	0.10
360.00	40.21	42.71	41.45	43.00	44.30	41.80	-1.58
366.20	31.49	32.36	31.92	31.25	31.95	31.75	0.28
368.04	31.36	34.08	32.47	32.82	32.12	31.92	0.35
379.44	36.89	37.84	38.18	37.48	37.08	37.28	0.36
398.14	31.42	30.36	32.05	33.33	32.53	34.33	-2.12
471.38	35.66	35.95	37.18	38.63	38.53	38.73	-2.36
443.41	33.15	27.16	31.21	34.68	34.28	33.28	-3.57
457.13	33.56	33.94	34.92	33.91	33.91	33.91	0.23
471.87	34.54	34.25	34.87	34.25	32.55	32.75	1.37
501.15	38.23	39.14	39.74	36.31	35.91	36.01	2.96
540.01	32.25	32.65	34.96	33.70	33.80	34.90	-0.85
563.79	30.86	31.72	34.01	33.32	34.42	33.42	-1.52
607.10	34.21	33.38	34.87	34.94	35.34	36.94	-1.59
619.33	36.54	33.09	34.75	36.19	34.89	36.19	-0.96
678.32	38.01	36.28	35.73	36.97	37.17	36.57	-0.23
720.02	37.31	38	41.46	39.00	38.40	38.90	0.16



(GTEM cell과 야외시험장에서의 수직전계 평균값 비교)

(b) 수평복사방출 전계의 측정치

주파수 (MHZ)	GTEM #1	GTEM #2	GTEM #3	OATS #1	OATS #2	OATS #3	Defference(dB) (GTEM-OATS)
113.80	26.46	25.89	25.19	27.63	24.33	25.73	-0.05
120.00	32.53	33.15	34.09	31.90	30.40	29.70	2.59
125.29	24.09	23.21	21.84	22.96	23.56	24.56	-0.65
144.19	31.93	27.73	27.57	28.21	30.51	29.41	-0.30
150.00	33.71	32.71	35.89	29.60	29.30	30.00	4.47
159.36	25.40	25.98	28.31	27.79	27.99	29.19	-1.76
163.16	32.85	30.88	33.39	30.59	31.79	31.19	1.18
182.13	31.99	32.58	31.59	28.95	29.35	30.65	2.40
187.93	35.92	32.90	31.78	30.76	30.16	30.96	2.91
189.72	33.19	32.13	33.34	32.08	31.38	30.98	1.41
192.84	30.10	29.92	29.34	28.43	28.03	29.23	1.23
210.00	37.21	30.82	31.55	34.20	33.00	34.40	-0.67
220.07	28.53	28.09	30.18	32.81	32.51	34.31	-4.27
240.02	37.60	37.88	35.34	38.30	39.40	37.10	-1.33
250.43	30.39	31.71	31.18	32.52	33.32	31.12	-1.23
264.04	29.04	29.26	31.32	33.98	35.58	34.28	-4.74
265.43	34.95	33.54	32.94	32.88	33.78	33.48	0.43
269.99	41.53	38.83	42.40	41.70	41.90	42.00	-0.95
300.001	40.35	38.70	38.73	37.20	37.60	36.90	2.03
311.12	32.18	30.96	29.12	30.03	29.93	31.83	0.15
330.11	34.50	36.20	34.22	35.83	35.63	37.43	-1.32
333.89	31.79	32.25	29.10	32.57	33.97	33.77	-2.39
352.90	30.19	30.01	28.71	33.12	32.02	32.02	-2.75
359.99	39.08	40.26	38.94	39.10	39.90	39.50	-7.30E-2
368.65	28.27	29.43	29.91	32.85	32.55	33.15	-3.64
398.14	28.53	30.20	31.71	31.83	32.03	32.03	-1.81
417.38	32.30	33.73	37.50	35.33	34.23	34.53	-0.18
420.01	41.14	40.81	39.90	41.52	40.72	41.62	-0.67
455.33	31.57	32.63	32.10	32.59	33.09	33.09	-0.82
457.13	32.91	33.05	35.02	33.01	34.11	34.31	-0.15
471.87	31.52	32.48	33.30	31.35	32.85	33.05	1.67E-2
480.01	31.42	31.44	32.56	31.08	32.08	31.58	0.23
501.15	32.63	34.86	34.83	33.61	35.21	34.01	-0.17



(GTEM cell과 야외 시험장에서의 수평전계 평균값 비교)

\* 측정팀 : 삼성전자 반도체 품질보증실 LSI QA 그룹

피시험체 : notebook computer(pentium 120 MHz SPC5910N)

GTEM cell : ELENA EGT1100

OATS : 수원 삼성전자 OATS(FCC filing ID number : 31040/SIT, filing date : 96. 7. 11)

(c) GTEM 데이터와 OATS 데이터간의 상관관계 분석결과

	평균( $\mu$ ) (dB)	표준편차( $\sigma$ ) (dB)	상관계수(Pearson's r)
수직성분	-0.15	1.92	+0.92
수평성분	+0.33	2.00	+0.87

도에 의해 표현될 수 있다. GTEM cell을 이용한 복사시험 결과 (GTEM 데이터)는 한 세트의 다이폴로부터의 수직 및 수평전계를 모의한 값이며, 그것은 GTEM cell 내부에 있는 피시험체로부터 전달되는 15가지의 GTEM cell 출력단 전력과 관계된다.

<표 1>은 삼성전자에 GTEM cell을 이용해 본 알고리즘으로 측정된 복사방출 시험 결과를 가지고 복사방출 제한치에 대한 적합성을 인정받기 위해 FCC에 제출된 데이터 중 일부를 발췌한 것이다. GTEM cell과 야외시험장(OATS)에서 각각 3회씩 측정하여 각 평균값에 대한 통계 분석 결과가 위 <표 1(c)>와 같다. <표 1(c)>에서 상관계수인 Pearson's r이 수직복사전계성분과 수평복사전계성분에 대해 각각 0.92와 0.87로서 GTEM 데이터와

OATS데이터 간의 상관성이 상당히 높음을 볼 수 있다. 이 데이터를 가지고 기존의 알고리즘과 비교하기는 어려우나 이론적으로는 논의된 바 있다<sup>[7]</sup>.

이번 FCC의 GTEM 데이터의 인증은 본 알고리즘의 성능을 국제적으로 인정받은 결과일뿐 아니라 국내 EMI 측정기술을 외국에 알림으로써 규격인증을 위한 표준 측정방법의 국제화를 꾀하는 발판을 구축하게 되었다.

감사의 글

본 알고리즘을 사용하여 측정된 GTEM 데이터가 FCC의 인증을 받기까지 수고해 주신 삼성전자 반도체 품질보증실 LSI QA 그룹의 김수형 과장께 감사드립니다.



## FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION

7435 Oakland Mills Road  
Columbia, MD 21046  
Telephone: 301-725-1585 (ext-205)  
Facsimile: 301-344-2050  
email: awall@fcc.gov

February 5, 1998

IN REPLY REFER TO  
1300F2

Mr. Soo Hyung Kim  
Samsung Electronics Co., Ltd.  
San #24, Nongseo-Ri, Kiheung-Eup  
Yongin-City, Kyungki-Do, Korea

Re: Compliance testing with GTEM cell

Dear Mr. Kim:

This is in reply to your letter of December 8, 1997, in which you requested the acceptance of the use of a GTEM cell for Part 15 compliance testing of notebook computers.

Based on the information submitted, measurement data obtained in the GTEM cell is acceptable for demonstrating compliance with the radiated emission limits of Part 15 for the types of notebook computers for which correlation with an open area test site has been shown. However, be aware that in cases of disagreement, measurements performed at an open area test site meeting the requirements of ANSI C63.4-1992 take precedence.

Sincerely,

  
Art Wall, Chief  
Customer Service Branch

[그림 2] FCC의 GTEM 측정결과 인증

---

## 참고문헌

- [1] Mark T. Ma and Galen H. Koepke, "A method to quantify the radiation characteristics of an unknown interference source," National Bureau Standards (now NIST), Boulder, CO, Tech. Note TN-1059, Oct. 1982.
- [2] Ippalapalli Sreenivasiah, David C. Chang, Mark T. Ma, "Emission characteristics of electrically small radiating sources from tests inside a TEM cell," *IEEE Trans. on Electromagn. Compat.*, vol. 23, no. 3, pp. 113-121, Aug. 1981.
- [3] P. Wilson, D. Hansen and D. Koenigstein, "simulating open area test site emission measurements based on data obtained in a novel broadband TEM cell," in *Proc. IEEE 1989 Nat. Symp. on Electromagn. compat.*, Denver, CC, pp. 171-177, May 1989.
- [4] P. Wilson, "On Correlating TEM Cell and OATS Emission Measurements," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. EMC-37, no. 1, pp. 1-16, Feb. 1995.
- [5] Ae-kyoung Lee, "An Advanced Correlation Algorithm between GTEM and OATS for Radiated Emission Tests," *ETRI Journal*, vol. 17, no. 3, Oct. 1995.
- [6] Ae-kyoung Lee, "An Algorithm for an Advanced GTEM to Ground Plane Correlation of Radiated Emission Test," *Proc. IEEE Int. Symp. on Electromagn. Compat.* Aug. 1996.
- [7] 이애경, 조광윤, "15-방위 15-입력 알고리즘을 이용한 복사 방출 측정방법의 분석," *Telecommunications Review*, 제7권 6호, pp. 747-764, 1997.
- [8] FCC Public Notice, "FCC Will Accept GTEM Measurement Data Under Limited Conditions," Federal Communications Commission, 1919 M Street NW., Washington, DC. 20554, *Federal Register*, 40830, December 2, 1993.