

발간등록번호

11-1570180-000040-10

# EMC(전자파 적합성) 표준화 연구

2009. 11.

전파연구소  
한국전자파학회

EMC(전자파 적합성) 표준화 연구

2009 · 11 전파연구소



발간등록번호

11-1570180-000040-10

# EMC(전자파 적합성) 표준화 연구

2009. 11.

전파연구소  
한국전자과학회



# 제 출 문

본 보고서를 「EMC(전자파 적합성) 표준화 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2009 . 11 . 20 .

연구책임자 : 김 남(충북대학교)

연 구 원 : 김인석(경희대학교)

김정호(KAIST)

조원서(KTL)

정연춘(서경대학교)

임계재(관동대학교)

김구년(RAPA)



# 요 약 문

1. 과 제 명 : EMC(전자파 적합성) 표준화 연구
2. 연구 기간 : 2009. 3. 26 ~ 2009. 11. 20
3. 연구책임자 : 김 남
4. 계획 대 진도

## 가. 월별 추진내용

세부연구내용	연구자	월별 추진일정												비 고	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
-EMC기준전문위원회 회의						■	■	■	■	■	■	■	■		
-EMC 표준화 동향 조사·분석						■	■	■	■	■	■	■	■		
-RSM에 대한 자료 조사 및 분석					■	■	■	■	■	■	■	■	■		
-RSM의 국내 시험장에 적용 가능성 여부 판단, 문제점 조사 및 분석									■	■	■	■	■		
-RSM에 대한 국내 대처방안 분석														■	■
-RSM을 이용한 국내 시험장 평가 시행 및 분석														■	■
-하이브리드 자동차 관련 국제 EMC 표 준화 동향 파악				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
-하이브리드 자동차 EMC 표준 및 기술 기준 조사, 분석				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
-하이브리드 자동차관련 EMC 연구 조사, 분석						■	■	■	■	■	■	■	■		

<p>-하이브리드 자동차 관련 EMC 기술기준 국내 적정성 검토</p> <p>-하이브리드 자동차 전자파 장애 분석</p> <p>-하이브리드 자동차 자체 내의 무선주파 수 간섭 영향 분석</p> <p>-하이브리드 자동차 전자파 발생 메커니 즘 및 EMC 분석</p> <p>-1GHz 이상에서 안 테나 높이에 따른 EMI 복사 특성 해석 및 측정오차 분석</p> <p>-1GHz 이상 안테나 높이에 따른 EMI 실 험 및 이론값과 비교</p> <p>-1GHz 이상 안테나 높이에 따른 EMI 영 향 연구를 국제표준에 기여 방안 검토</p> <p>-정보기기 EMI/EMS 주파수 확장 기술기준 및 시험방법에 대한 표 준 문서 검토 및 분석</p> <p>-정보기기 EMI/EMS 에 대한 실측 및 분석</p> <p>-정보기기 EMI/EMS 기술기준 및 시험방 법 개정안 제시</p> <p>-PDP TV 전자파 방사특성 시험분석</p> <p>-PDP TV의 무선주 파수 간섭 영향 해석</p>										
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



- 16) 정보기기 복사방출 측정주파수 확장과 관련된 국제표준화 문서 분석 및 국내 기술기준 및 시험방법 개정(안) 마련
- 17) 정보기기 복사내성 측정주파수 확장과 관련된 국제표준화 문서 분석 및 국내 기술기준 및 시험방법 개정(안) 마련
- 18) 해상, 항해의 형식검정용 무선기기 전자과적합성 측정·검토
- 19) I 소위원회 내부에서의 실측을 통한 국내 기술기준 및 시험방법 개정(안)의 실효성 검토
- 20) PDP TV의 전자파 방사 특성에 따른 무선주파수 영향 분석을 위한 30 MHz 이하의 전자파 복사특성 실험 및 분석
- 21) PDP TV로부터의 방사로 인한 전자파 간섭 영향 계산·해석
- 22) 무선기기 EMC 관련 국제규격 자료 수집·분석 및 시험방법 초안 마련
- 23) 분야별 EMC 표준화 동향 분석 및 동향 보고서 발간

## 5. 연구 결과

- 1) EMC 기준전문위원회 회의 및 분야별 소위원회 회의
- 2) RSM을 이용하여 기준시험장에서 2회 측정
- 3) RSM 측정 결과 분석 및 CISPR 회의에 결과 발표
- 4) TC77 국제회의 참석 : 국제동향 분석
- 5) 진행 중인 문서의 국내외 동향 분석
- 6) 하이브리드 자동차 EMC 기술 동향 및 규격 동향 파악
- 7) 하이브리드 자동차에 대한 전자과적합성 측정 및 분석
- 8) 하이브리드 자동차 등에 의한 무선주파수 간섭 영향 분석 및 자동차 자체의 전자파 영향 분석
- 9) IEC, 유럽 등 표준 및 기준 분석 및 국내적용 가능성 제시
- 10) 자동차관련 EMC 기술기준 및 시험방법 개정(안) 마련 검토
- 11) 1 GHz 이상 EMI 측정에서 정보기기, 방송기기 등의 안테나 높이에 따른 변화량 측정 및 분석
- 12) 국제표준화 추진 내용과 비교 검토 및 대응 방안 마련
- 13) PDP TV 방사 특성에 따른 무선주파수 간섭 영향 연구를 위

- 한 30MHz 이하에서 전자파 방사특성 시험 및 분석
- 14) PDP TV 방사 특성에 따른 표준화 대응방안 마련
  - 15) 정보기기 EMI/EMS의 6 GHz 이하 국내시험장 적용 가능성 분석
  - 16) 정보기기 EMI/EMS에 대한 실측을 통해 기술기준 적정성 검증
  - 17) 정보기기 및 방송수신기 관련 전자파적합성 기술기준 및 시험 방법 개정(안) 마련
  - 18) 무선기기 EMC 시험방법 검토를 위한 연구반 구성·운영
  - 19) 형식검증대상기기 등 무선기기 EMC 시험방법 마련 및 검토
  - 20) 최종보고서 및 EMC 표준화 동향보고서 발간

## 6. 기대효과

- 1) NSA 방법을 대신한 RSM의 도입방안 검증 완료
- 2) RSM 도입시 측정방법을 토대로 기준시험장 선정
- 3) 국내 자동차 EMC 규격 개선방안 확보
- 4) 하이브리드자동차 EMC 연구방안 확보
- 5) 자동차 EMC 규격 관련 기술보고서 확보
- 6) 하이브리드용 EMC 규격을 평가결과 확보

## 7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유 현황	확보 방안	비 고
Anechoic chamber	10m	1	복사 전자파 측정	X	미정	
Bi-conical Antenna	30kHz~300MHz	1	복사 전자파 측정	X	미정	
Log Periodic Antenna	300kHz~1GHz	1	복사 전자파 측정	X	미정	
Spectrum Analyzer	150kHz~3GHz	1	스펙트럼 분석	O	보유	
Antenna Kit	Loop/Dipol	1	Near Field 측정	O	보유	
Digital Oscilloscope	Max. 2.5GHz	1	Noise 파형 분석	O	보유	
Function Generator	Max 250MHz		Source 생성	O	보유	

## 8. 기타사항

## 최종보고서 초록

국문 초록		
<p>CISPR/A/859/CD 문서를 분석하고, 국제적인 이슈인 NSA를 대신한 RSM을 한국의 시험장에서 검증 및 평가하였다. 2차에 걸친 시험결과 기준에 적합한 결과가 나타났으며, 이를 CISPR 회의에서 발표하였다. 또한 하이브리드 자동차와 관련된 국제 EMC 기술 및 표준화 동향을 파악하였으며, 국내 적합성 검사를 위한 연구를 수행하였다. 시험 결과에 의하여 신호선과 전력선 간의 crosstalk에 의하여 전도성 방사가 발생함을 규명하고 저감 방안을 시뮬레이션과 측정으로 수립하였다. 1 GHz 이상의 EMI 측정에서 안테나는 EUT 높이에 맞춰 1 m에 고정하여 측정하는데, 측정된 전기장 세기의 정확도가 떨어질 수 있다. 이러한 단점을 시뮬레이션과 측정을 통해 확인하고 단점을 극복할 수 있는 측정방법을 연구하였다.</p>		
영문 초록		
<p>We analyze the document of the CISPR/A/859/CD and verify the RSM instead of NSA method in korean test site. By the experiment of two times the results are satisfied the guidelines. We reported the results in the CISPR meeting. International EMC technologies and standards of hybrid vehicle have been studied and compared with vehicle EMC regulations. The mechanism of 'Conducted emission from power transform equipment between hybrid and electric vehicles, and power supply network' has been found as crosstalk effects. And the suppression method has been developed by the various EMC measurements and simulations. The antenna is fixed at 1m in EMI measurement. In that case the precision of the measured electric field intensity could be different. We study the measurement method and verify the weakness by the simulation and measurement.</p>		
색 인 어	한글	EMC, EMI, RSM, 하이브리드 자동차
	영문	EMC, EMI, RSM, Hybrid vehicle

# SUMMARY

We have reviewed the document of the CISPR/A/859/CD. The reference site method(RSM) is an alternative method for the validation of compliance test site instead of the NSA method. We have verified the validation of the RSM by the experiment in the standard site of Radio Research Agency, Korea. Test site validation procedure is performed by the CISPR/A/859/CD document. This work cooperates with the Radio Research Agency and RAPA, Korea. The measurement had carried out in all required heights and polarizations of the received and transmitted antenna. After the measurement, we calculated the average of the measured antenna pair references and the standard deviation. The used antennas are the biconical antenna (30 MHz to 250 MHz) and the Log periodic dipole array antenna (250 MHz to 1000 MHz). By the measurement all calculated standard deviations are under 0.35 dB and the calculated standard deviation of the average antenna pair reference does not exceed 0.6 dB. As the results, the RSM can be applied in Korean test environment.

We have reviewed the current trend and future direction of researches on hybrid vehicles. We have introduced and analyzed the crosstalk effect from the research on the devices which generate EMC problem in hybrid vehicles by using the theoretical approaches on the crosstalk effect. With the research on the crosstalk noise from the source device to the victim cable, we have analyzed crosstalk effects in various conditions and suggested the method for

suppression of crosstalk noise such as twisted wires. We have shown that the twisted wires has more immunity on crosstalk and that the condition of the twist is very important for the crosstalk immunity. We have proved that if the wires are untwisted for some distance or if there is a difference between the distances of twisted wires at the point where the wires are connected from the twisted cable to another device, that point can be the noise source generating crosstalk. We clarified that the difference between the distances of twisted wires are more important than the distance of the untwisted part in twisted cable. We have shown that the amount of crosstalk is proportional to the frequency as the frequency range of crosstalk generated in the vehicles are very low as tens of kHz. We also performed correlation tests for simulation and measurement in several conditions resulting in very good correlations between them.

We summarized the main contents of CISPR12 and CISPR25 which is the reference of the EMC standard by investigation of the standard and trend of hybrid vehicles. Also, we summarized the material of CISPR D Working Group on CISPR/D/WG1/N371, CISPR/D/WG1/N378, CISPR/D/WG1/N370-1, CISPR/D/WG1/N370-2, CISPR/D/WG1/N370-3, CISPR/D/WG1/N369, CISPR/D/WG1/N380, CISPR/D/WG2/N225, CISPR/D/WG2/N230, CISPR/D/WG2/N228, CISPR/D/WG2/N221, CISPR/D/WG2/N233, CISPR/D/WG2/N234.

From the research on the compatibility of EMI standard for hybrid vehicles and measurement of EMI for different measurement positions, we have concluded as follows. The previous measurement method which includes setting the vehicle's engine as a center point of the antenna is roughly correct to measure the peak value of the radiated emission from hybrid vehicle. However, we found differences in average value of radiated emission for different

position of antenna in some measurements which implies the positioning of the antenna is very important factor in measurement. So, we confirmed that it is necessary to develop a proper standard for positioning of the measurement point.

In the measurement of EMI radiated emission for different RPMs of 900, 1200, 1500, and 1800, we have shown the following results. In the average measurement method, the change of velocity has little effect on the radiated emission because the velocity of vehicle does not affect on the electronic devices, motors, sound facilities, light facilities, and so on. However, we have shown that the increase of RPM of vehicle affects operation of alternator and ignition device and also significantly affects the radiated emission in peak measurement.

# 목 차

표 목 차 .....	XI
그 립 목 차 .....	XIII
1 장 서 론 .....	1
제 2 장 1 GHz 이하 새로운 시험장 평가방법 적용 분석 연구 .....	5
제 1 절 기준시험장평가방법(RSM)에 대한 연구동향 .....	7
제 2 절 RSM을 이용한 국내 시험장에 대한 1차 시험 .....	26
제 3 절 RSM을 이용한 국내 시험장에 대한 2차 시험 .....	40
제 3 장 하이브리드 차량 EMC 연구 .....	59
제 1 절 연구의 필요성 및 목적 .....	61
제 2 절 하이브리드 자동차 EMC 연구 동향 조사 .....	66
제 3 절 하이브리드 자동차 EMC 발생 기구 연구 .....	72
제 4 절 하이브리드 자동차 EMI 규격 및 동향 조사 .....	90
제 5 절 하이브리드 자동차 EMI 규격의 적합성 연구 .....	137
제 4 장 멀티미디어기기 EMC 시험방법 연구 .....	153
제 1 절 1 GHz 이상에서 안테나 높이에 따른 EMI 측정값 변화 연구 .....	155
제 2 절 정보기기 EMI 및 EMS 측정주파수 확장 기술기준 및 시험방법 개정(안) 마련 .....	208
제 3 절 PDP TV 방사 특성에 따른 무선주파수 영향 연구 .....	219
제 5 장 결 론 .....	235

# 표 목 차

표 2-1 시험장에 따른 평가 방법 .....	12
표 2-2 RSM 측정 주파수 간격 .....	15
표 2-3 안테나 편파 및 높이에 대한 전력값의 표준편차 (1차 측정) .....	31
표 2-4 안테나 편파 및 높이에 대한 전력값의 표준편차 (2차 측정) .....	44
표 3-1 최소 스캔 시간 .....	93
표 3-2 권고된 측정 기기의 대역폭(6dB) .....	94
표 3-3 내연 기관의 동작 속도 .....	99
표 3-4 지속성에 따른 광대역 방해 발생원의 예 .....	102
표 3-5 최대 스캔율 .....	104
표 3-6 측정 기구 대역폭(6dB) .....	105
표 3-7 안테나 형태 .....	106
표 3-8 자동차의 복사성 방사 장애의 한계값 .....	110
표 3-9 방사 시험 방법 및 한계 값 .....	123
표 3-10 내성 시험 방법 및 한계 값 .....	123
표 3-11 전력망 연결에 따른 방사 조건 .....	131
표 3-12 전력 망 연결에 따른 내성 조건 .....	132
표 4-1-1 주파수에 따른 함체 각 슬롯에서 위상 .....	170
표 4-3-1 PDP TV에 의한 전자파 방출 특성 .....	221
표 4-3-2 PDP TV에 의한 AM·단파방송 수신기 전파간섭 영향 .....	225

표 4-3-3 실내 환경에서 200kHz 고조파 대역 전계강도 거리별 비교 .....	228
표 4-3-4 실내 환경에서 603 kHz 방송수신 대역 전파간섭 분석 (3 m 거리, RBW 9 kHz) .....	228

# 그림 목 차

그림 2-1	턴테이블이 있는 시험장의 장애물 없는 영역	9
그림 2-2	고정 피시험기의 장애물 없는 영역	9
그림 2-3	측정점 위치	18
그림 2-4	10m 시험 거리를 위한 측정 위치 선정 예제	18
그림 2-5	$SA_{APR}$ 에 안테나 마스트의 영향 조사	19
그림 2-6	송수신 안테나(좌)와 측정시험장 전경(우)	26
그림 2-7	수신(좌)과 송신(우) 안테나 및 마스트	27
그림 2-8	표준편차 그래프(1차 측정)	39
그림 2-9	안테나 설치(좌)와 측정시험장 전경(우)	40
그림 2-10	수신(좌)과 송신(우) 안테나 및 마스트	41
그림 2-11	송신 및 수신 안테나 배치도	42
그림 2-12	표준편차 그래프(2차 측정)	57
그림 3-1	Mechanical & Electrical Environment of Automotive Vehicle	61
그림 3-2	Electronic Environment of Automotive Vehicle	62
그림 3-3	Spectrum of Wireless Mobile Communication Systems	63
그림 3-4	EM Noise Environment of Automotive Vehicle	64
그림 3-5	다양한 방식의 하이브리드 자동차 사진	67
그림 3-6	EMI noise transmission routes appearing in EV drive systems	69
그림 3-7	Effects of the proposed method to suppress surface currents and near magnetic fields	

when the power converter is installed on the rear backseat side of the EV .....	70
그림 3-8 Power Supply Network in Automotive Vehicle .....	72
그림 3-9 Cable Harness Samples in Automotive Vehicle .....	73
그림 3-10 차량 Cable Crosstalk 분석을 위한 시뮬레이션 및 측정 Setup .....	74
그림 3-11 Cable crosstalk 분석을 위한 측정 환경 .....	75
그림 3-12 주파수에 따른 Cable간 Crosstalk Common Noise 분석 측정 결과 .....	76
그림 3-13 주파수에 따른 Cable간 Crosstalk Common Noise 분석 시뮬레이션 결과 .....	77
그림 3-14 Cable 간격(Pitch)에 따른 Crosstalk Common Noise 분석 측정 결과 .....	77
그림 3-15 Cable 간격(Pitch)에 따른 Crosstalk Common Noise 분석 시뮬레이션 결과 .....	78
그림 3-16 Cable간 커플링 길이에 따른 Crosstalk Common Noise 분석 결과 .....	79
그림 3-17 Ground 거리에 따른 Crosstalk Common Noise 분석결과 .....	79
그림 3-18 꼬인 횡수에 따른 Crosstalk Common Noise 분석 .....	80
그림 3-19 Twisted Cable상에 유기되는 Crosstalk Noise 측정 결과 .....	81
그림 3-21 Twisted Cable의 풀린 길이에 따른 Crosstalk Differential Noise 분석 .....	83
그림 3-22 Twisted Cable의 풀린 길이에 따른 Crosstalk Differential Noise 해석 결과 .....	84

그림 3-23 Twisted line의 길이 차이 .....	84
그림 3-24 Twisted Line의 길이 차이에 따른 Crosstalk Differential Noise 해석 결과 .....	85
그림 3-25 Twisted line간 풀린 길이와 길이 차이와 Crosstalk Differential Noise를 비교한 결과 .....	86
그림 3-26 ADS를 이용한 Crosstalk 시간 영역 분석 .....	87
그림 3-27 풀린 길이가 0cm일 때, 입력신호와 커플링된 출력신호 .....	88
그림 3-28 풀린 길이가 15cm일 때, 입력신호와 커플링된 출력신호 .....	88
그림 3-29 10m 안테나 거리에서 방해파(광대역)의 한계값 .....	92
그림 3-30 10m 안테나 거리에서 협대역의 한계값 .....	93
그림 3-31 차량과 장치를 위한 측정 장소(OATS) .....	95
그림 3-32 보트를 위한 측정 장소(OATS) .....	96
그림 3-33 잡음 전계강도 측정을 위한 안테나 위치-수직 편파 .....	97
그림 3-34 잡음 전계강도 측정을 위한 안테나 위치-수평 편파 .....	98
그림 3-35 이득 곡선의 예 .....	107
그림 3-36 차량의 복사성 방사의 시험장 예 .....	109
그림 3-37 AN을 위하여 요구되어진 최소 Attenuation .....	111
그림 3-38 전도성 방사(Remotely 그라운드)의 전압 측정 구성 .....	114
그림 3-39 전도성 방사(Locally 그라운드) 전압 측정 구성 .....	115
그림 3-40 전도성 방사 (Alternator and Generator) 전압 측정 구성 .....	116
그림 3-41 TEM Cell 측정 장치 .....	117
그림 3-42 Plug-in Vehicle Charging Mode Test의 정면도와 측면도 .....	121

그림 3-43	안테나 반치각 길이보다 차량 길이가 작은 경우; 기존 안 .....	124
그림 3-44	안테나 반치각 길이보다 차량 길이가 작은 경우; 제안 안 .....	125
그림 3-45	안테나 반치각 길이보다 차량 길이가 큰 경우; 기존 안 .....	125
그림 3-46	안테나 반치각 길이보다 차량 길이가 큰 경우; 제안 안 .....	126
그림 3-47	3m거리의 수평 안테나에 의한 시험장 평가 결과	128
그림 3-48	10m거리의 수평 안테나에 의한 시험장 평가 결과	128
그림 3-49	3m거리의 수직 안테나에 의한 시험장 평가 결과	129
그림 3-50	10m거리의 수직 안테나에 의한 시험장 평가 결과	129
그림 3-51	Power Line Reference를 추가한 경우	133
그림 3-52	Power Line Reference를 접지한 경우	134
그림 3-53	시료 테이블 접지 라인을 아래로 내린 경우의 측정 사진 .....	135
그림 3-54	시료 테이블 접지 라인의 갯수를 1, 2, 4, 6개로 증가시켜 30MHz ~ 200MHz 대역의 RE 측정 결과	136
그림 3-55	침두값 모드 (청색: Full 동작, 적색: 엔진 Off, 좌; Horizontal 방향의 Antenna, 우; Vertical 방향의 Antenna, 상; 30~200MHz, 하: 200~1GHz)	139
그림 3-56	평균값 모드 (청색: Full 동작, 적색: 엔진 Off, 좌; Horizontal 방향의 Antenna, 우; Vertical 방향의 Antenna, 상; 30~200MHz, 하: 200~1GHz)	140
그림 3-57	Horizontal 안테나 방향의 침두값 모드 측정 결과 (F: 자동차 정면, E: 엔진의 안테나 위치, C: 엔진의 170cm 뒤, R: 엔진의 340cm 뒤)	141

그림 3-58 Horizontal 안테나 방향의 평균값 모드 측정 결과 (F: 자동차 정면, E: 엔진의 안테나 위치, C: 엔진의 170cm 뒤, R: 엔진의 340cm 뒤) .....	142
그림 3-59 Vertical 안테나 방향의 첨두값 모드 측정 결과 .....	143
그림 3-60 Vertical 안테나 방향의 평균값 모드 측정 결과 .....	143
그림 3-61 Horizontal 안테나 방향의 첨두값 모드 측정 결과 .....	144
그림 3-62 Horizontal 안테나 방향의 평균값 모드 측정 결과 .....	145
그림 3-63 Vertical 안테나 방향의 첨두값 모드 측정 결과 .....	145
그림 3-64 Vertical 안테나 방향의 평균값 모드 측정 결과 .....	146
그림 3-65 30kHz-200MHz-Horizontal-첨두값 .....	147
그림 3-66 30kHz-200MHz-Horizontal-평균값 .....	147
그림 3-67 30kHz-200MHz-Vertical-첨두값 .....	148
그림 3-68 30kHz-200MHz-Vertical-평균값 .....	148
그림 3-69 200MHz-1GHz-Horizontal-첨두값 .....	149
그림 3-70 200MHz-1GHz-Horizontal-평균값 .....	149
그림 3-71 200MHz-1GHz-Vertical-첨두값 .....	150
그림 3-72 200MHz-1GHz-Vertical-평균값 .....	150
그림 4-1-1 z 축상에 위치한 2-소자 배열의 배치 .....	158
그림 4-1-2 미소 수평 다이폴 2-소자 배열의 소자 패턴, 배열계수, 그리고 전체 배열 패턴에 관한 지향성 원리 .....	160
그림 4-1-3 z 축상에 배치된 N-소자 무지향성 안테나의 배치 및 위상 다이어그램 .....	161
그림 4-1-4 다중 슬롯 합체 구조 .....	169
그림 4-1-5 합체 내부 소스 위치와 각 슬롯까지의 경로에 따른 각도 .....	171
그림 4-1-6 측정에 사용된 소스원인 CGE .....	172
그림 4-1-7 CGE02의 주파수에 따른 전기장 세기 측정 결과 .....	173

그림 4-1-8 CGE의 내부 및 안테나의 모습 .....	174
그림 4-1-9 CGE02 시뮬레이션 모델링 .....	175
그림 4-1-10 시뮬레이션에 의해 구해진 CGE02의 반사손실 ...	176
그림 4-1-11 시뮬레이션 된 주파수에 따른 CGE02의 복사패턴 ·	179
그림 4-1-12 ROHDE &SCHQARZ 사의 EMI Test Reveiver ESIB40 .....	180
그림 4-1-13 500 MHz에서 CGE02 측정 셋팅 .....	181
그림 4-1-14 1 ~ 10 GHz에서 CGE02 측정 셋팅 .....	181
그림 4-1-15 측정된 주파수에 따른 CGE02의 복사패턴 .....	184
그림 4-1-16 합체 복사패턴을 구하기 위한 시뮬레이션 구조와 셋업 .....	186
그림 4-1-17 합체의 Elevation angle과 Azimuth angle 구분 ...	186
그림 4-1-18 시뮬레이션 계산된 주파수에 따른 합체의 복사 패턴 .....	192
그림 4-1-19 합체 복사 패턴(elevation angle) 측정 셋팅 .....	193
그림 4-1-20 측정된 합체의 주파수에 따른 복사패턴 .....	195
그림 4-1-21 기존의 시험 방법에 의한 합체 측정 셋업 .....	196
그림 4-1-22 기존의 시험 방법에 의한 합체의 전계 강도 .....	197
그림 4-1-23 안테나 1 ~ 4 m 스캔시 측정 셋업 .....	198
그림 4-1-24 안테나 1 ~ 4 m 스캔시 합체의 주파수별 전계 강도 .....	198
그림 4-1-25 합체 복사 패턴 주엽 각도를 통해 계산되어진 수신안테나 높이와 틸팅 각도 .....	200
그림 4-1-26 실제 측정을 위한 안테나 높이와 틸팅 각도 셋업 .....	200
그림 4-1-27 반 무반사실에서 실제 측정 셋업 사진 .....	201
그림 4-1-28 안테나 2.9 m 고정 45.5도 틸팅시 합체의 주파수별 전계강도 .....	202

그림 4-1-29 기존의 방법과 안테나 1 ~ 4 m스캔 방법에 의한 전기장 세기 비교 .....	206
그림 4-1-30 기존의 방법과 안테나 2.9 m 고정 및 45.5도 틸팅 방법에 의한 전기장 세기 비교 .....	207
그림 4-3-1 PDP TV 방출 특성 그래프 .....	220
그림 4-3-2 현장에서 PDP TV에 의한 방송수신기 영향 측정 구성도 .....	224
그림 4-3-3 실외환경에서 PDP TV 방사 전계강도 측정 구성도 .....	225
그림 4-3-4 실내 환경에서 PDP TV 전계강도와 환경잡음 비교 (3 m, RBW 9 kHz, 침두값) .....	227
그림 4-3-5 실외 3 m에서 PDP TV에 의한 전계강도 측정 (RBW 9 kHz, 침두값) .....	229



# 1 장 서 론



# 제 1 장 서 론

정보화 사회의 발전으로 인하여 정보통신기기 및 무선통신기기, 멀티미디어기기의 발전도 함께 급속도로 발전하고 있다. 이러한 정보화 기기의 발달로 사람들의 활동은 시간과 공간에 제약받지 않고 이루어지고 있으며, 많은 양의 정보를 공유하며 습득할 수 있는 기회가 되었다. 현대 사회를 살아가는 현대인에게 편리함과 유용함을 제공하는 정보기기의 발전에는 전파라는 중요한 요소가 내포되어 있고, 전파를 이용하는 기술들은 주변에서 쉽게 찾을 수 있다. 가장 이용하고 있는 휴대 전화기부터 시작하여, PDA, 지상파 또는 위성 DMB, 내비게이션, 휴대용 컴퓨터 등에 이르기까지 많은 분야에서 활용하고 있다. 또한, 의료산업 분야, 항공 및 우주 산업분야 등에 이르기까지 점차 응용 분야가 확대되고 있는 실정이다. 그러한 정보기기는 기기 간에 전파에 대한 간섭이나 영향이 없어야 하며, 더불어 전자파에 대한 내성이 있어야 한다. 즉, 전파를 이용한 정보기기의 비율이 높아질수록 전파 이용 시설은 물론 전파 이용 기기를 통하여 발생하는 전자파가 상호 간섭이 발생할 수 있으며, 그러한 간섭으로 다른 기기가 오작동을 일으킬 수 있다.

불필요한 전자파로 인하여 발생하는 다양한 피해 사례가 보고되고 있으며, 그로인하여 전자파 문제가 크게 대두 되었다. 이러한 상황에 대비하여 미국, 유럽, 일본 등의 선진국에서는 전기·전자 및 통신 제품에 대한 전자파 잡음 연구에 많은 투자와 연구를 해왔고, 적절하고 강력한 전자파 장해 및 내성에 대한 규제를 시행중에 있다. 특히 IEC/CISPR에서 EMI/EMC에 대한 규정 및 권고안을 제정을 하고 있으며, 국내에서도 소위원회를 구성하여 국내에서 진행되고 있는 연구 내용을 CISPR에 권고하고 있다. 이와 같이 전자파 장해에 관한 연구는 필수적이며 이에 관련하여 EMC 시험 방법을 연구하고 개발함으로써 향후 장비 설계자 및 연구원들에게 기반 지식을 제공할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 전자파적합성의 표준화 대응에 대한 연구를 진행할 것이며, 다음의 다양한 주제를 통하여 CISPR 표준화 제정에 권고할 수 있는 연구가 진행될 것이다. 첫 번째로 EMC 표준화 검토를 위한 EMC 전문가를 풀로 구성 및 운영할 것이다. 따라서 EMC 기준전문위원회 및 분야별 소위원회의 운영을 지원하고, EMC 표준화 연구에 대한 점검 및 연구 결과를 분석하며, EMC 기술기준 및 정책 지원 및 자문을 구한다. 두 번째로 EMC 국제표준화 대응 및 기술기준, 시험방법 마련에 대한 연구를 진행한다. 연구내용은 1GHz 이하의 새로운 시험장 평가방법인 RSM을 적용하여 측정 및 분석에 관한 연구를 수행하고, 하이브리드 자동차 등에 대한 전자파적합성에 대한 분석 연구를 수행하며, 멀티미디어기기의 EMC 시험방법을 연구하였다. 연구의 최종 결과물을 보고하고, 동시에 국제적인 연구 동향을 알아보기 위하여 ITU, IEC 등 EMC 표준화 동향보고서를 발간할 예정이다.

제 2 장  
1 GHz 이하 새로운 시험장  
평가방법 적용 분석 연구



# 제 2 장 1 GHz 이하 새로운 시험장 평가방법 적용 분석 연구

## 제 1 절 기준시험장평가방법(RSM)에 대한 연구동향

전자기기의 EMC(electromagnetic compatibility) compliance testing 은 30 MHz부터 1 GHz까지 주파수 범위에서 복사성 방출(radiated emission)의 측정을 포함한다. 기기로부터 일정한 거리에서 측정한 전기장강도는 측정 시험장의 전파전파 환경에 크게 좌우된다. 다른 실험실에서 동등한 시험 결과를 얻기 위해서 시험장(test site)은 반드시 평가(validation)되고, 표준 성능을 나타내야 한다. 시험장의 성능에 관한 요구사항은 CISPR 16-1에 소개되어있다. 이 요구사항은 소위 시험장 감쇠량(site attenuation) 부분에 정의되었다. 반사면이 크고, 편평하고, 방해물이 없는 시험장이 필요하다. 야외시험장(OATS) 같은 경우가 일반적으로 금속 접지면을 갖추고 있다. 또한, 날씨에 상관없이 측정이 가능한 야외시험장(OATS with weather protection enclosure) 같은 대용 시험장(alternative test site)과 전자파 반무향실(semi-anechoic chamber)은 허용된다.

본 연구에서는 기준시험장평가방법을 검증하기 위하여 CISPR의 CD(committee draft) 문서인 CISPR/A/859/CD를 기본으로 하여 내용을 분석하고, 문서에서 제시한 방법을 따라 시험장 조건 및 시험 방법을 준수하여 시험을 실시하였다. 전반적인 내용은 CISPR 16-1-4를 번역한 KN 16-1-4를 참조하고, CISPR/A/859/CD 문서는 일부 개정된 내용을 나타내고 있다.

주파수 30 ~ 1000 MHz 범위의 무선장해 세기 측정용 시험장을 구축하기 위해서는 피시험기기(EUT) 장비로부터의 방해 전기장강도의 측정 결과의 유효성을 보증하는 환경이 요구된다. 사용된 시험장에서만 시험될 수 있는 피시험기기에 대해서는 다른 조항들을 이용해야 한다.

### (1) 야외 시험장

방해 전기장강도 측정은 일반적으로 야외시험장(OATS)에서 진행된다. 야외시험장은 지형적으로 주변에 방해물이 없다는 특징이 있으며, 그와 같은 시험장은 시험 중인 피시험기기의 전력 공급과 운용에 필요한 것을 제외한 건물, 전력선, 울타리, 나무 같은 것, 지중 케이블과 배관 등의 노출을 피해야 한다. 주파수 영역 30 MHz ~ 1 GHz에서 전기장강도 측정에 대한 야외 시험장(OATS)의 특정 구성 권장사항을 알고자 한다면 문서 CISPR 16-1-4의 부록 D를 참조한다.

야외 시험장에서 피시험기기 및 전기장강도 측정용 안테나를 둘러싸고 있는 장애물이 없는 영역이 필요하다. 장애물이 없는 영역은 전자기장의 큰 산란이 없어야 하며, 시험장이 충분히 커서 장애물 없는 영역 밖의 산란체가 전계강도 측정용 안테나에 의해 측정되는 전계에 거의 영향을 주지 않아야 한다. 이러한 영역이 타당한지를 결정하기 위해, 시험장 평가 시험이 수행되어야 한다.

어떤 물체로부터 산란하는 전계강도의 크기는 많은 인자(물체의 크기, 피시험기기로부터의 거리, 피시험기기에 대한 방위, 사물의 도전성과 유전율, 주파수 등등)에 의존하기 때문에, 모든 지역에 필요하고 맞는 합리적인 장애물 없는 영역을 규정하는 것은 비현실적였을 없측정거리와 피시험기기(EUT)의 회전 여부에 따라 장애물 없는 영역의 크기와 형태는 달라진물 없만약 시험장에 턴테이블이 구비되어 있다면, 두개의 초점에 수신 안테나 및 피시험기기가 있고 측정거리의 두 배에 달하는 장축과 측정거리의 3의 제곱근을 곱한 것과 같은 단축을 가진 타형의 장애물 없는 영역이 권장된다.(다음의 그림 2-1 참조)

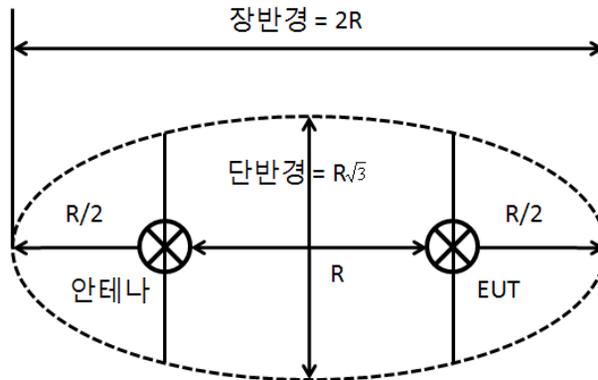


그림 2-1 턴테이블이 있는 시험장의 장애물 없는 영역

이 타원형에서 주변의 물체로부터 반사되는 원하지 않는 전파의 경로는 두 초점 사이의 직접과 경로의 두 배 길이이다. 만약 큰 피시험기가 턴테이블 위에 설치되어 있다면, 피시험기의 주변으로부터 장애물 없는 영역을 확장하여 장애물이 없도록 해야 한다.

만약 시험장에 턴테이블이 없이 피시험기가 고정되어 있다면, 권장하고 있는 장애물 없는 영역은 피시험기의 경계로부터 그 지역 경계까지의 반지름 거리가 측정거리의 1.5배인 원이다. 이 경우에 안테나는 약간 떨어져서 피시험기 주위에서 움직인다.

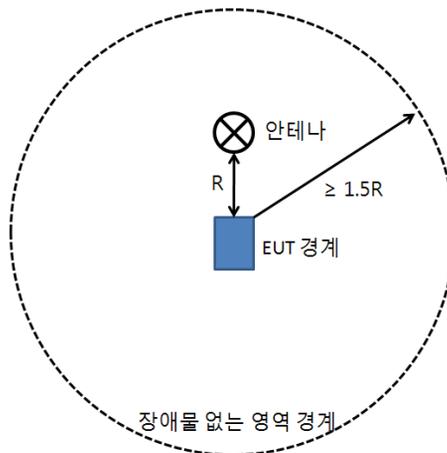


그림 2-2 고정 피시험기의 장애물 없는 영역

장애물 없는 영역 내의 지형은 기본적으로 편평해야 한다. 하지만 적절히 배수가 필요하기 때문에 약간의 경사는 있어야 한다. 금속 접지면(metallic ground plane)이 사용될 때의 편평도는 부록 D.2에서 논의한다. 측정 장비와 시험자는 장애물 없는 영역 밖에 위치해야 한다. 야외 시험장은 지면의 높이일 수도 있으며, 적절한 크기의 단(platform)이나 지붕(roof)에 위치할 수도 있다. 기후 보호 구조물은 피시험기기 및 전계강도 측정 안테나를 포함하여 전체 시험장을 보호할 수도 있고, 피시험기기만을 보호할 수도 있다. 금속접지면(metallic ground plane)의 적합성은 시험장이 시험장 평가 요구사항에 따라 좌우된다.

#### (2) 기후 보호 구조물

시험장을 1년 내내 사용할 경우 기후로부터 보호하는 것이 바람직하다. 기후 보호 구조물은 피시험기기 및 전계강도 측정 안테나를 포함하여 전체 시험장을 보호할 수도 있고, 피시험기기만을 보호할 수도 있다. 사용되는 재료는 피시험기기로부터 방사되는 전자기장의 감소나 불필요한 반사가 발생하지 않도록 하기 위해 RF 투과성이어야 한다. 구조물은 눈이나 얼음, 물 등을 쉽게 제거할 수 있는 되는 형태이어야 한다. 더 자세한 내용은 부록 D를 참조한다.

#### (3) 전자파 반무향실

전자파 반무향실(SAC)은 시험장이 1년 내내 사용될 때 권장한다.

#### (4) 완전 무반사실

완전 무반사실(FAR)은 송신 안테나 또는 피시험기기로부터 발생한 직접파만이 수신 안테나에 도달하도록 자유공간 환경을 모의실험하기 위한 공간이다. 무반사실의 모든 벽면, 천장, 바닥에 적절한 흡수 재료를 사용하여 간접파와 반사파를 모두 최소화해야 한다.

#### (5) 시험장 주변의 무선주파수 환경

시험장 주변의 무선주파수 레벨은 수행된 측정 레벨에 비해서 충분히 낮아야 한다. 이러한 점에서 시험장의 품질은 다음의 4개 카테고리로 평가된다.

- 주변 방사 측정 레벨보다 6 dB 이하이다.
- 일부 주변 방사는 측정 레벨의 6 dB 이내에 있다.
- 일부 주변 방사는 측정값보다 크지만 비주기적이거나 한정된 식별 가능한 주파수에서만 연속적이다.
- 주변 레벨은 측정 주파수 영역의 대부분에 걸쳐 측정값보다 크며 연속적으로 발생한다.

시험장은 측정 정밀도를 확보하기 위한 환경이어야 하고, 가용한 엔지니어링 수준이 유지되어야 한다.

#### (6) 야외 시험장의 검증 절차

현장 검증의 세 가지 방법을 사용할 수 있다.

- Tuned dipoles - NSA 방법
- 광대역 안테나 - NSA 방법
- 광대역 안테나 - 기준시험장방법(RSM)

이 방법은 두 개의 안테나의 종류를 사용하는 방법과 안테나를 교정하는 방법 두 가지의 조합이다. 다음의 표는 다양한 시험장 형태에 적절한 시험장 평가 방법을 보여주고 있다.

표 2-1 시험장에 따른 평가 방법

	다이폴 안테나 NSA	광대역 안테나 NSA	광대역 안테나 RSM
야외시험장	○	○	○
기후보호 야외시험장		○	○
반무향실		○	○
무향실		○	○

야외 시험장 평가는 접지면에 대해 수평과 수직인 안테나로 실시한다. 야외 시험장 감쇠량은 송신 안테나와 연결된 전압( $V_i$ )과 수신 안테나 종단 부분에서 측정된 수신 전압( $V_r$ )의 비로 구해진다. 이렇게 구한 시험장 감쇠량은 시험장 평가를 위해 측정량(measurand)을 정의한 이상적인 야외시험장에서의 특성과 비교한다. 결과 값은 정규화 시험장 감쇠량( $\Delta SA$ )이며 dB로 표현한다. 측정된 수직과 수평 감쇠량의 값이  $\pm 4$  dB 이내에 있으면 그 시험장은 적합하다고 본다. 만약  $\pm 4$  dB의 기준을 초과한다면 시험장은 부록 E.4 조항을 근거로 다른 조사가 이루어져야 한다.  $\pm 4$  dB의 근거는 이산 측정법으로 고려하였을 경우에 해당하며, 송신 및 수신 안테나 인자(AF)가 각각  $\pm 1$  dB이며, 감쇠기 및 시험장 결합이 각각  $\pm 1$  dB의 오차가 발생하여 총  $\pm 4$  dB의 오차범위를 결정하는 것이다. 하지만 주파수 대역이 800 MHz 이상에서는 송수신 안테나 인자의 오차가  $\pm 1.5$  dB에 근접할 수도 있다.

(가) 일반적인 감쇠량 측정

각 편파 측정에서 NSA 과정은 전압을 받을 때 두 번의 다른 VR 측정을 필요로 한다. 첫 번째 VR은 두 개의 동축 케이블을 두 안테나와

연결하지 않고 어댑터를 통해 서로 연결한 채로 구한다.(VDIRECT) 두 번째 VR은 동축 케이블을 각각의 안테나와 다시 연결한 후, 수신 안테나가 높은 곳(3 m와 10 m 거리에서는 1 ~ 4 m, 30 m 거리에서는 1 ~ 4 m 또는 2 ~ 6 m)에서 스캔될 때 측정된 최대 신호를 읽는다.(VSITE) 이 두 개의 값과 NSA는 다음의 식에 사용된다.

$$\Delta SA = V_{\text{DIRECT}} - V_{\text{SITE}} - AF_T - AF_R - A_N - \Delta AF_{\text{TOT}}$$

여기에서,

$AF_T$ 는 송신 안테나 인자

$AF_R$ 는 수신 안테나 인자

$\Delta AF_{\text{TOT}}$ 는 상호 임피던스 보정 인자

$A_N$ 는 표 E.1, E.2, E.3을 따른 NSA

$\Delta SA$ 는 감쇠량 편차

첫 두 항은 시험장 감쇠량의 실제 측정값을 나타낸다. 즉  $V_{\text{DIRECT}}$ 와  $V_{\text{SITE}}$ 는 사용된 두개의 안테나의 성질을 포함하는 전달 경로의 삽입 손실에 의하여 구성된, 고전적 관점의 시험장 감쇠량과 같다.  $\Delta AF_{\text{TOT}}$ 에 대한 이론적 값은 표 E.4에 주어져 있다.  $AF_T$ 와  $AF_R$ 은 측정해야만 한다. 표 E.1은 광대역 안테나로 등 바이코니칼 안테나로 수평 및 수직으로 정렬하여 접지면에 대해 로그를 주기적으로 배열하여 사용한다. 표 E.2는 접지면에 관해서 수평으로 정렬하고 있는 반파장의 동조 다이폴 안테나를 위해 있다. 표 E.3은 접지면에 관해서 반파장의 동조 다이폴 안테나를 수직으로 맞춘다. 참고로 표 E.3에 스캔 높이  $h_2$ 에 제한되어 있다. 이것은 낮은 쪽의 동조 다이폴 안테나 끝부분은 지면으로부터 25 cm 이상 높아야 한다.

수식을 통하여 알 수 있듯이 정확한 안테나 인자는 측정하려는 NSA에 필수적이다. 일반적으로 안테나와 함께 제공되는 안테나 인자들은 정확하게 또는 개인적으로 측정하는 것이 쉽지 않다. 선형 편파 안테나

가 필요하다. 유용한 안테나 보정 방법이 부록 E에 포함되어 있다. 제조자의 안테나 인자는 다른 특징들 중에서도 발룬에 기인하는 손실을 고려해야 한다. 만약 별도의 발룬이나 완전히 결합된 케이블이 사용된다면, 그 영향이 반드시 고려되어야 한다. 반파장의 동조 다이폴 안테나에 대한 사용 공식은 부록 E에 포함되어 있다. NSA가 그렇듯이 SA 안테나 인자가 제품에 의해 나누어지고, 감쇠되는 불확실성에 관계하여 중요한 이점이 개개의 안테나의 안테나 인자보다 안테나 인자의 제품을 측정하는 것에 있다. NSA의 측정값이  $\pm 4$  dB이상의 오차를 보인다면 먼저 몇몇 항목들을 재검증해야 한다.

- a) 측정 절차
- b) 안테나 인자의 정확성
- c) 신호원의 표류(Drift)나 수신기 또는 스펙트럼 분석기의 입력감쇠기와 판독값의 정확성

만약 a), b), c)에서 어떤 오류도 발견되지 않는다면 그때는 시험장에 문제가 있으며, 시험장의 변화에 대해 발생 가능한 원인을 자세히 조사해야 한다. 부록 F에는 감쇠량에서 발생할 수 있는 오류가 포함되어 있다.

수직편파 측정이 일반적으로 더 민감하므로, 수평편파 결과보다는 더욱 민감한 측정을 하여 시험장의 이상을 조사해야 한다. 조사할 주된 항목은 아래와 같다.

- a) 접지면의 크기와 구조의 부적절함
- b) 불필요한 산란을 일으키는 시험장 주변의 물체
- c) 전천후 덮개
- d) 턴테이블 표면이 도전성이며 접지면과 같은 높이일 때 턴테이블 원주에서의 접지면 불연속성

- e) 두꺼운 유전체 접지면 덮개
- f) 층계를 위한 접지면 개구부

(나) 기준시험장방법(RSM)

기준시험장방법(Reference Site Method)은 시험장의 적합성을 검증하기 위한 대안이다. NSA와 같이  $V_{DIRECT}$ 와  $V_{SITE}$ 의 측정이 필요하다. NSA 방법에서 정의되었듯이 이 값들은 정확하게 같은 방식과 편파로 얻는다. 두 가지 방법의 차이는 시험장 감쇠 표준편차의 계산이다.

$$\Delta SA = V_{DIRECT} - V_{SITE} - SA_{APR}$$

두 개의 안테나 인자와 NSA 대신, 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량 ( $SA_{APR}$ )이 필요하다. 일반적으로, 4 개의 안테나 쌍 기준시험장 감쇠량 데이터 집합 중에 하나는 하나의 측정 거리가 필요하다. 각각의 추가 거리, 편파, 안테나 높이를 위해, 다른  $SA_{APR}$ 이 필요하다. RSM은 다음과 같은 주파수 간격으로 시행되어야 한다.

표 2-2 RSM 측정 주파수 간격

주파수 범위(MHz)	최대 주파수 간격(MHz)
30 ~ 100	1
100 ~ 500	5
500 ~ 1000	10

RSM 측정을 위한 주파수는 안테나 쌍 기준시험장 감쇠 교정의 주파수와 동일하게 될 것이다.

- ① 기준시험장 측정을 위한 안테나  
하이브리드 안테나가 사용된다. 만일 같은 무반사실에서 바이코니컬

및 하이브리드 안테나를 평가하면, 결과에 큰 편차가 관측될 것이다. 그 이유는 안테나의 위상 중심 사이의 거리가 다르기 때문이다. 예를 들면 바이코니컬 안테나에서는 10 m이고 하이브리드 안테나에서는 11.2 m이다. 하이브리드 안테나의 사용은 크고 무거운 안테나의 배치, 특히, 두 개의 하이브리드 안테나의 결합된 길이가 거의 3 m가 되는 3 m 시험장에서는 큰 불확도 때문에 시험장 평가를 위해 일반적으로 시행되지 않는다.

### ② REFTS에 안테나 쌍 기준시험장의 감쇠량 결정

$SA_{APR}$ 을 측정하기 위한 한 가지 방법은 CISPR 16-1-5에 따라 기준 시험장을 사용하는 것이다. 정확히 말해서, REFTS와 동일한 위치는 CISPR 16-1-5를 따라 평가를 위해 사용되듯이  $SA_{APR}$  교정을 위해 사용되어야 한다. 절차는 다음과 같다.

- a)  $V_{DIRECT}$ 를 구한다.
- b) 1 m 높이에서 수평 편파에서 송신 안테나를 위치시킨다.
- c) 거리 d에서 같은 편파 방향으로 수신 안테나를 위치시킨다.
- d) 높이(1~4 m)에 따른 스캐닝으로  $V_{SITE}$ 를 구한다.
- e)  $SA_{APR}$ 을 계산한다.

$$SA_{APR} = V_{DIRECT} - V_{SITE}$$

- f) 2 m 높이의 수평 편파에서 송신 안테나를 위치시키고,  $V_{SITE}$  측정을 반복한다.
- g) 1 m와 1.5 m에서 송신 안테나를 위치시키고 수직 편파로 측정한다.

### ③ 평균 기법을 사용한 안테나쌍 기준시험장 감쇠량의 결정

$SA_{APR}$ 을 측정하기 위한 또 다른 방법은 큰 OATS를 사용하는 것이다. 가장 이상적인 동작을 위한 시험장 감쇠 편차는 제한된 시험장 크

기와 접지면의 편평도, 건물과 나무 등 가까운 주변 물체로부터 반사가 원인이 된다. OATS는 접지면의 최소 크기가 20 m × 15 m이며, 편평도는 ± 10 mm 이내를 권장하는 CISPR 16-1-5의 A.2.1의 구조 조건을 만족해야 한다. 측정 시험장 감쇠에서 정현 파형 때문에 수평 편파보다 수직 편파의 경우에 접지면의 모서리로(edge)로부터 반사가 발생할 것이다. 안테나의 위치를 변경으로 파형의 크기와 위치 또한 바뀔 것이다. 이 영향을 최소화하기 위하여 시험장 감쇠는 몇 개의 위치에서 측정되며, 평균값을 계산한다. 이 평균값이 이상적인 시험장의 시험장 감쇠에 수렴할 것이다. 측정 절차는 다음과 같다.

a) OATS에서 그림 3-3에 따라 측정점의 개수를 확인한다. 모든 9개의 점은 반드시 접지면 위에 위치해야 한다. 접지면 모서리의 적절한 각(angel)에 측정점이 위치하도록 권고하며, 접지면의 모서리 이음새에 비스듬하게 위치하도록 권고한다. 예제는 그림 3-4에 보여준다.

b) 9쌍(수신과 송신 안테나)의 측정점 중 최소 5쌍을 선택하고 1부터 N까지 번호를 부여한다. 9개의 측정점 미만을 사용한다면 다음을 고려해야 한다.

- 야외 시험장의 우수한 성능,
- 고정 설치된 안테나 마스트에 대한 기계적인 간섭,
- 접지면의 투과에 대한 기계적인 간섭

만일 교정 과정을 여러 차례 수행하면, 성능 기준의 부합에 필요한 실제 측정점의 수는 추정될 수 있습니다.

- c) 측정점 1번에 송신 및 수신 안테나를 위치시킨다.
- d) 모든 필요한 높이와 편파에서  $SA_{APR,1}$ 을 측정한다.
- e) 다른 지점에서 d)를 반복한다.
- f) 측정된  $SA_{APR}$ 의 평균값을 계산한다.

$$SA_{APR} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SA_{APR,i}$$

g) 평균  $SA_{APR}$ 의 표준 편차를 계산한다.

$$E(SA_{APR}) = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (SA_{APR,i} - SA_{APR})^2}$$

만약  $E \leq 0.6$  dB면, 교정된 안테나 쌍 기준은 COMTS 평가에 적용한다.

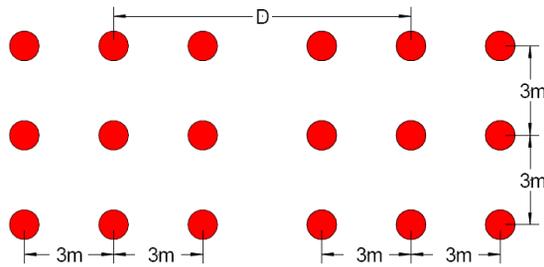


그림 2-3 측정점 위치

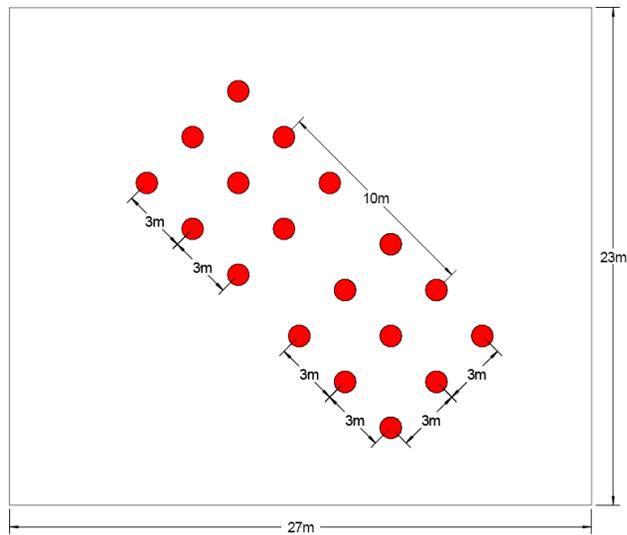


그림 2-4 10m 시험 거리를 위한 측정 위치 선정 예제

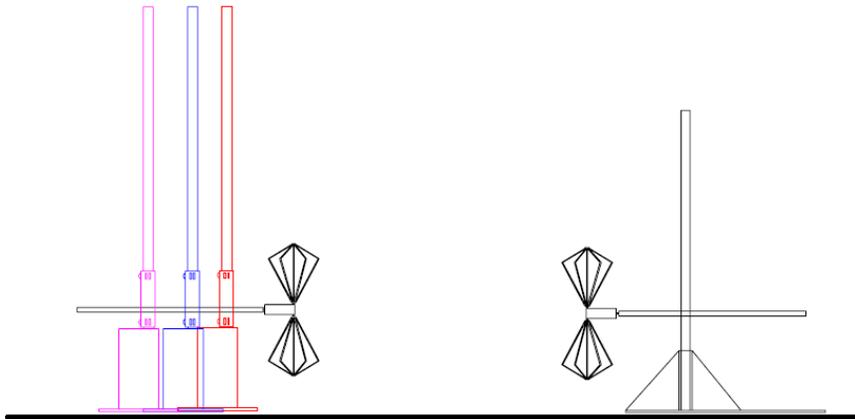


그림 2-5 SA<sub>APR</sub>에 안테나 마스트의 영향 조사

모든 선택된 측정점에서 데이터의 common offset을 언급하지 않았다. 그러한 영향은 안테나 마스트로부터 발생하는 영향이 될 수 있다. 몇 개의 안테나 마스트를 보면, 모터 박스의 금속커버와 안테나 사이에서 심각한 커플링이 발생할 수 있다. 이 영향의 크기는 그림 3-5에서 보듯이 안테나와 모터 커버 사이의 거리를 변화시킴으로써 조사되어야 한다. 그리고 이러한 새로운 구조로 SA<sub>APR</sub> 측정을 반복한다. 이 영향은 불확도 계산시 포함되어야 한다. 이 영향을 최소화하기 위해서는 케이블은 접지면에 설치하기 전에 안테나 뒤로 최소 2 m 이상 수평방향으로 연장 시킨다. 고정된 페라이트는 표면전류를 감소시키기 위해 케이블에 사용된다. 이 영향 요소는 역시 불확도 계산에 포함되어야 한다. common offset의 또 다른 원인은 케이블로부터의 반사일 수 있다. 케이블이 영향을 최소화하기 위해 수평 안테나 뒤에 적어도 2 m를 수평으로 확장된다. 표면 흐름을 줄이기 위해 Clamp-on ferrite는 케이블에 사용한다. 이 영향 요소는 역시 불확도 계산에 포함되어야 한다.

(7) 기후 보호 구조물(Weather protection enclosure)과 SAC의 확인  
 기후 보호 구조물 또는 SAC(단일 감쇠량 측정)는 구조체로부터 일어날 수 있는 반사, 또는 시설의 벽이나 천정을 포함하고 있는 RF흡수

물질에서 일어날 수 있는 반사를 충분히 잡아내지 못한다. 이런 시험장에서 시험 체적은 가장 큰 장비 또는 시스템에 의해 턴테이블과 같은 것에 의해 실시되고 그것들은 중심위치 주위로 360도를 회전시키고 그것에 의해서 윤곽이 그리는 부피로 정의한다. 수평과 수직 편파를 평가할 때 최대 20개 즉, 분리된 시험장 감쇠 측정이 필요 할 수 있다. 두 편파(수평과 수직)와 두 높이(1m 와 2m의 수평, 1m 와 1.5m 수직)에 대해서 수평면의 5개 위치(중심과 중심에서 측정 안테나의 위치까지 고려된 한 선분에 관해서 측정되는 중심, 왼쪽, 오른쪽, 앞쪽뒤쪽)의 별도 시험장 감쇠량 측정치가 요구된다. 이러한 측정은 광대역 안테나(broadband antenna)로 수행된다. 그리고 거리는 안테나 중심에 관해서 측정한다. 송수신 안테나는 서로 평행하며 측정 축과 직교하는 안테나 요소들과 일렬을 이루어야 한다. 수직 편파를 위해서 송신 안테나의 중심이탈(off-centre) 위치가 시험 체적(test volume)의 주위에 있도록 한다. 게다가, 낮은 쪽의 안테나 끝부분은(lower tip)은 바닥으로부터 25cm보다 높아야 한다. 그렇게 되려면 가장 낮은 높이 측정을 위해서 안테나의 중심이 1 m보다 약간 더 높아야 할 수도 있다. 왼쪽과 오른쪽 위치의 수평 편파 측정을 위해 구조물 또는 벽의 흡수체와 피시험기기(EUT)의 외면 사이의 거리가 1 m보다 가깝다면, 안테나의 중심은 중심 위치로 옮겨져서 안테나의 최단 끝부분(extreme tip)이 외면에 있거나, 외면에서 시험 체적(test volume) 직경의 10% 이내의 거리에 있어야 한다. 앞과 뒤는 시험 체적의 주변에 위치한다. 요구되는 측정 횟수는 다음의 상황에 따라 줄일 수 있다.

① 만일 구조체와 흡수하는 물질의 가장 가까운 측정점이 시험 체적의 뒤쪽 경계로부터 1 m 이상 어느 정도 거리를 두면 후방 위치의 수직과 수평의 편파 측정은 생략될 수 있다. 유전체 접촉면 근처에 위치한 방사원은 그 위치에 있는 원의 방사 특성에 영향을 미칠 수 있는 전류분포 변화를 주는 것으로 입증되었다. 그러므로 피시험기기(EUT)가 접촉면 근처에 놓일 경우 추가적인 시험장 감쇠 측정이 필요하다.

② 왼쪽과 오른쪽 지점을 연결하는 시험 체적 지름을 따르는 수평편파 측정의 총수는 지름의 90%를 덮는 안테나 풋 프린트(footprint)에 필요한 최소한의 수까지 줄일 수 있다.

③ 테이블 설치대를 포함하는 피시험기기(EUT) 최상부까지의 높이가 1.5 m가 되지 않는다면 1.5 m 높이에서의 수직편파 측정은 생략해도 된다.

④ 시험 체적이 테이블이 사용될 경우 그것도 포함하여, 깊이 1 m, 넓이 1.5 m, 높이 1.5 m 미만일 경우 수평편파는 중심, 앞, 뒤 위치에서만 측정하되, 1 m와 2 m의 높이에서 할 필요가 있다. 만약 위의 항목 ①이 적용된다면 뒤의 위치는 생략해도 된다. 그 결과 최소한 8번 (한 높이에 대해 수직 편파(왼쪽, 중심, 오른쪽, 앞쪽) 4위치와 두 높이에 대해 수평 편파(중심과 앞쪽) 4 위치)의 측정이 요구된다.

송수신 안테나의 이격 거리를 일정하게 유지한 상태에서 감쇠량 측정을 해야 한다. 추가 송신 높이에 대한 값을 더함으로써 감쇠량 값을 조정하며 30 m 스캔 높이를 1 m ~ 4 m 범위로 제한하기 위해서 수정되었다는 점에 유의한다. 수신 안테나를 옮겨서 턴테이블 중심 쪽의 선에 따라 적절한 이격을 유지해야 한다.

#### (8) 완전무반사실(FAR)의 유효성 확인

FAR 방법이 사용될 때는 관련표준(품목표준, 제품표준 또는 제품군 표준)에 적합한 복사성 방해 한계치를 정의 하여야 한다. 무선 서비스 보호 요구조건(한계치)의 적합성은 OATS에 관한 시험과 유사한 방법으로 FAR에서 확립하여야 한다.

#### (가) 시험장 성능(Site performance)

시험장 성능은 아래에서 설명한 바와 같이 시험장 기준법(reference

site method)과 NSA법의 두 가지 방법에 의해 확인 할 수 있다.

① 이론적인 정규화 시험장 감쇠량

공식을 이용해  $A_N$  구하고  $NSA_{calc}$  구할 수 있다.

② 시험장 유효성 확인 절차

시험장 유효성 확인에는 두 가지 방법을 허용한다.

- 5m 미만의 시험 거리를 위해 필요한 시험장 기준법(RSM)

- 5m 이상의 시험 거리를 위해 선호된 정규화된 시험장 감쇠(NSA) 방법

SA 측정 방법은 이상적인 시험장에서 수행될 때 0 dB 편차를 제공되도록 의도되어 진다. 정의된 시험 장치와 절차와 위배되거나 어떤 시험장의 결합(평활한 공진)을 숨기지 않는 한 측정 불확실성을 줄일 수 있도록 어떤 방법도 이행될 수 있다.

㉠ 시험장 기준법

안테나쌍(송신 안테나와 수신 안테나)이 준자유공간시험장에 있을 때는 SA 측정값을 기준으로 한다. 이 기준 시험장 감쇠량( $SA_{ref}$ )을 측정하는 절차는 앞에서 이미 언급하였다. 이 방법은 안테나와 근거리장 영향의 상호 결합을 설명하는데, 근거리장 영향은 시험 거리 3 m에서 상당한 영향을 미칠 수 있다. 기준 시험장 감쇠량  $SA_{ref}(d)$ 은 송신 안테나와 수신 안테나 간의 공칭 거리  $d_{nominal}$ 에서 측정한다. 각 시험 체적 위치에 대한 시험장 유효성 확인 절차는 3단계로 실시한다.

- M0는 케이블을 함께 접속한 상태에서 수신기로 측정한 기준 레벨( $dB_{\mu V}$ )이며, 주로 일련의 체적 시험을 하기 전에 한 번 실시한다.

- M1은 안테나가 설치된 상태에서 수신기로 측정한 레벨( $dB_{\mu V}$ )이다.

- 시험장 감쇠량 편차( $\Delta SA$ )는 기준 시험장 감쇠량( $SA_{APR}$ )과 dB로부

터 다음의 식을 이용하여 산출한다.

$$\Delta SA = M0 - M1 - SA_{APR}$$

㉔ 안테나 쌍 기준 시험장 감쇠량의 결정

5 m 미만 거리에서 시험장 유효성을 정확하게 확인하기 위해서는 전용 안테나쌍(송신 안테나와 수신 안테나)을 이용하여 시험장 기준을 측정하는 것이 권장되며 준자유공간 시험장이 필요하다. 이 시험장은 비금속성 안테나 기둥( $\epsilon_r$ 이 2.5 이하이고 손실이 적으며 기계적 강도가 가능한 한 작은 나무 또는 플라스틱) 2개로 구성되며, 지면 위 일정한 높이에 안테나를 놓을 수 있다. 기준 시험장의  $\pm 1$  dB 성능을 실현하는 한 가지 가능한 방법은 안테나 높이(h)를 다음과 같이 선택하는 것이다.

$$h \geq d \times 8/3$$

여기에서, d는 m당 안테나 간격이다.

높이  $h = d \times 8/3$ 은 대지의 영향을 억제하는데 효과적이며, 30 MHz 이하로 감소시키는 실질적인 흡수체를 지면 위에 시설해야 한다. 30 MHz, 3 m 간격에서는 5/3 높이에 대한 0.8 dB 오차에만 기여하는 중요한 근거리장 항 ( $1/d^2$ )이 있다. 불확실성이  $\pm 0.5$  dB 미만인 시험장 기준의 경우 지면에 흡수체를 놓지 않는다면 8/3 높이가 권고된다.

거리는 FAR에 사용한 안테나 간의 실제 거리  $d_{\text{nominal}}$ 과 동일해야 한다. 안테나는 수직으로 편파 된다(수평 편파는 지면 반사 신호를 크게 방해하므로 이를 사용해서는 안된다). 이것은 자유공간 근사화에 유리하다. 건물, 나무 등으로부터의 이격 거리는  $d \times 8/3$ 보다 커야 하는데, 이는 수직편파 안테나에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

안테나 급전 케이블이 시험 결과에 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다. 이렇게 영향을 미치지 않도록 하는 최적의 방법은 케이블을 배치하거나 RF 광케이블회선을 사용하는 것이다. 기준 구성의 품질은 FAR 평가 결과에 직접 영향을 미친다.

안테나 쌍의 시험장 기준( $SA_{ref}$ )은 다음과 같이 3단계로 결정한다.

- $M0_{RS}$ 는 케이블을 함께 접속한 상태에서 수신기로 측정한 기준 레벨( $dB\mu V$ )이다.
- $M1_{RS}(d)$ 은 안테나가 거리  $d_{nominal}$ 에 설치된 상태에서 수신기로 측정한 레벨( $dB\mu V$ )이다.
- $SA_{APR}(dB)$ 는 다음의 식에 따라 산출한다.

$$SA_{APR} (dB) = M0_{RS} - M1_{RS}(d)$$

$d$ 가 3 m인 시험장의 유효성을 확인할 때에는 시험장 지면 위 최소 4 m의 높이를 사용해야 하는데, 이 높이는 방사 측정에 사용되는 원격 제어식 안테나 기둥에서는 일반적이다. 이 경우에 전자파 흡수체를 두 안테나 사이 지면에 위치시키며, 이때 흡수체 패치는 모든 방향에서 안테나가 설치된 최소 영역까지 확장되어야 하고, 5.8.1에서 정의한 준자유공간 조건을 충족한다는 것이 입증되어야 한다.  $d$ 가 3 m를 초과하는 시험장의 유효성을 확인할 때에는  $h > d \times 8/3$ 을 사용하거나,  $\pm 1$  dB 기준 시험장 감쇠량을 충족시키기 위해 입증된 대체 시험 구성을 사용한다.

#### ㊸ NSA 방법

이 절차에서는 송신 안테나와 수신 안테나(CISPR 16 에서 정의한 것)의 자유공간 안테나 인자가 필요하다. 각 측정 위치에 대한 시험장 유효성 확인은 다음과 같이 3단계로 실시한다.

- $M0$ 는 케이블을 함께 접속한 상태에서 수신기로 측정한 기준 레벨이다.
- $M1$ 은 안테나가 설치된 상태에서 수신기로 측정한 레벨이다.
- 시험장 감쇠량 편차( $\Delta SA$ )는 식(10)에 따라 dB단위로 다음과 같이 산출한다.

$$\Delta SA = M0 - M1 - AF_T - AF_R - NSA_{calc}$$

여기에서  $NSA_{calc}$ 는 식(4)를 이용하여 산출하고, 5.9.3.에서 규정한 바와 같이 적용 가능한 기준(예:  $\pm 4$  dB)과 비교한다. 송신 안테나와 수신 안테나(안테나 교정에서 정의된 것) 기준점간의 거리  $d$ 는  $d_{nominal}$ 로 사용되어야 한다. 안테나 간의 유효 거리는 그 위상 중심 위치 때문에 주파수에 따라 변한다. 전송 손실은 유효 거리 대  $d_{nominal}$ 의 비에 의해 보상되어야 한다.

(나) 시험장 유효성 확인 기준

측정 시험장은 다음의 요구조건을 준수하여야 한다.

- 시험장 감쇠량 편차는 수평 편파와 수직 편파는 물론 각 측정 위치와 측정 주파수에 대해 모두  $\pm 4$  dB 미만이어야 한다.
- CISPR 16-4-2 권고안에 따라 시험장 평가 불확실성 총괄표를 보고해야 하며, 이 총괄표에는 접지면을 포함한 대응 시험 시험장에 관하여 전기장 세기 강도 측정에서 요구한 것과 동일한 구성요소가 있어야 한다.

## 제 2 절 RSM을 이용한 국내 시험장에 대한 1차 시험

### 1. 기준시험장 측정 지점 선정

RSM을 국내 시험장에 적용하여 이용 가능한지 여부를 검증하기 위하여 전파연구소 이천분소에 위치한 전자파장해 시험동에서 시험을 실시하였다. 시험검증 절차는 CISPR/A/859/CD 문서에서 제시한 내용을 바탕으로 이루어졌으며, 기후 보호 구조물이 설치된 시험장 내에서 시험을 실시하여 총 6개의 측정점을 선정하였다. 아래의 그림 2-6은 시험이 실시된 장소의 사진을 보여주고 있다.



그림 2-6 송수신 안테나(좌)와 측정시험장 전경(우)

시험에 사용된 안테나는 30 MHz ~ 300 MHz는 바이코니컬 안테나를 사용하였으며, 300 MHz ~ 1000 MHz는 LPDA(log periodic dipole array) 안테나를 사용하였다. 각각의 안테나는 해당 주파수 범위에서 사용 가능하며, 송신 및 수신을 위하여 동일한 두 쌍의 안테나를 이용하였다. 사용된 안테나는 다음의 그림과 같다.



그림 2-7 수신(좌)과 송신(우) 안테나 및 마스트

시험장 내에서 측정점을 선정하는 일이 가장 중요하며, 측정점은 CISPR/A/859/CD 문서에서 제시한 대로 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 간격을 10 m로 하고, 측정점 간의 거리는 3 m로 하여 선정하였다. 시험을 위해서는 9개의 지점을 선정하도록 권고하였지만, 공간상의 문제로 6개의 지점을 선정하였다. 문서에서는 5개 이상의 지점을 선정하여 시험하도록 되었기 때문에 문제는 없으리라고 생각된다. 시험장 내에 측정지점 선정은 다음의 순서를 따랐다. 시험장은 총 6개 지점에서 거리가 10m인 송수신 쌍이 되도록 송수신 각각의 지점을 표시한다.

① 송신 1지점을 선정한다.

- 좌측과 아래쪽으로 각각 6m 지점에서 다른 송신 지점이 될 수 있도록 충분히 넓은 공간이 되는 곳을 선정한다.

② 송신 1지점과 직선으로 10m 떨어진 지점에 수신 1지점을 선정한다.

- 우측과 위쪽으로 각 6m 지점에서 다른 수신 지점이 될 수 있도록 충분히 넓은 공간이 되는 곳을 선정한다.

③ 레이저 십자선계에 표시된 직선거리를 테이프 또는 연필 등으로 표시한다.

④ 레이저 거리측정계를 이용하여 직선거리 10m 지점을 표시한다.

⑤ 송신 1지점과 수신 1지점에 표시를 한다.

⑥ 레이저 십자선계와 레이저 거리 측정계를 이용하여 송신 1지점에서 좌측 각각 3m, 6m 지점과, 아래쪽 각각 3m, 6m 지점에 다른 송신지점을 표시한다.

⑦ 레이저 십자선계와 레이저 거리 측정계를 이용하여 수신 1지점에서 우측 각각 3m, 6m 지점과, 위쪽 각각 3m, 6m 지점에 다른 수신지점을 표시한다.

⑧ 송신 및 수신 2지점에서 ① ~ ⑤를 반복하여 송신 3지점과 수신 3지점을 표시한다.

⑨ 레이저 십자선계와 레이저 거리 측정계를 이용하여 송신 3지점에서 좌측 각각 3m, 6m 지점에 다른 송신지점을 표시한다.

⑩ 앞의 방법을 반복하여 송신 및 수신 4 ~ 9지점을 측정하고 각각의 측정점을 표시한다.

## 2. $V_{\text{direct}}$ 측정

$V_{\text{direct}}$ 는 NSA 방법에서와 마찬가지로 송신 안테나와 수신 안테나를 연결하는 케이블을 직접 연결하여 수신 전력을 읽는다.  $V_{\text{direct}}$ 를 다음의 순서대로 획득한다.

① 송신기의 주파수 대역을 30 MHz ~ 1 GHz까지 순차적으로 발생시킬 수 있는지 확인한다.(트래킹 제너레이터와 같이 계속해서 1GHz 이하 신호를 발생할 수 있는지 확인)

② 수신기를 최대치 검출모드로 설정한다.

③ 송신기에서 송신안테나까지 연결하는 케이블, 커넥터, 감쇄기를 송신기에 연결한다.

④ 수신기에서 수신안테나까지 연결하는 케이블, 커넥터, 감쇄기를 송신기에 연결한다.

⑤ 수신안테나에 연결하는 커넥터와 송신안테나에 연결하는 커넥터를 접속시킨다.

⑥ 송신기를 30 MHz ~ 1 GHz까지 계속해서 한꺼번에 신호를 발생시킨다.

⑦ 수신기에서 최대치 검출모드로 신호를 수신한다.

⑧ 수신기에 측정된 값을 제어 컴퓨터에서 다음과 같은 주파수 간격으로 수신 전력을 읽어 들인다.

주파수(MHz)	주파수 간격(MHz)
30 ~ 100	1
100 ~ 500	5
500 ~ 1000	10

### 3. $V_{site}$ 측정

$V_{site}$ 는 송신 및 수신 안테나에 케이블을 연결하여 안테나를 통하여 수신된 전력을 측정하는 것이다. 값을 측정하는 방법은 다음과 같다.

① 주파수별 송신안테나와 수신안테나를 결정한다.

주파수(MHz)	안테나	주파수 간격(MHz)
30 ~ 100	바이코니컬 안테나	1
100 ~ 300	바이코니컬 안테나	5
300 ~ 500	LPDA 안테나	5
500 ~ 1000	LPDA 안테나	10

## ② 송수신 1지점에서 측정

측정은 송수신 안테나가 수평으로 있을 경우에는 1 m와 2 m에서 측정을 실시하고, 안테나가 수직으로 있을 경우에는 1 m와 1.5 m에서 측정을 실시한다. 측정 방법은 다음과 같다.

- 30 MHz ~ 300 MHz 주파수에서 측정할 안테나를 선택한다.
- 송신기에서 30 MHz ~ 100 MHz까지 신호를 발생시킨다.
- 수신기를 최대값 검출모드로 하여 수신신호를 읽어 들인다.
- 수신안테나를 1 m ~ 4 m까지 상승시킨다.
- 수신기의 최대값 검출모드를 계속해서 유지한다.
- 수신안테나가 4 m 위치에 있으면 송신, 수신을 중지하고 수신기에 최대값으로 읽은 전력을 1 MHz 간격으로 제어컴퓨터에 읽어 들인다.
- 송수신 주파수 대역을 100 MHz ~ 300 MHz로 설정하여 송수신토록 한다.
- 수신기의 안테나를 1 m ~ 4 m까지 이동시키면서 수신기의 최대값 모드에서 신호를 수신토록한다.
- 안테나가 높이가 최대값에 위치하면 수신을 중지하고 5 MHz 간격으로 수신신호를 제어컴퓨터에서 읽어 들인다.
- 송수신 안테나를 수직으로 위치시키고 측정을 반복한다.
- 주파수 300 MHz ~ 1 GHz로 측정할 안테나를 수평으로 연결하고 송수신기를 300 MHz ~ 500 MHz으로 설정하여 송수신토록 한다.
- 수신기의 안테나를 1 m ~ 4 m까지 이동시키면서 수신기의 최대값 모드에서 신호를 수신하도록 한다.
- 안테나가 높이가 최대값에 위치하면 수신을 중지하고 5 MHz 간격으로 수신신호를 제어컴퓨터에서 읽어 들인다.
- 송수신기를 500 MHz ~ 1 GHz으로 설정하여 송수신토록 한다.
- 수신기의 안테나를 1 m ~ 4 m까지 이동시키면서 수신기의 최대값 모드에서 신호를 수신하도록 한다.
- 안테나가 높이가 최대값에 위치하면 수신을 중지하고 10 MHz 간

격으로 수신신호를 제어컴퓨터에서 읽어 들인다.

이미 언급했듯이 한 지점에서 안테나의 편파가 수직과 수평일 때 측정을 실시하고, 각각의 값을 정리해야 한다.

#### 4. 측정결과

지점별 측정 결과는  $V_{\text{DIRECT}}$ 와  $V_{\text{SITE}}$ 가 필요하며, 우선 두 값의 차를 구한다. 그런 다음 측정한 지점에 대하여 주파수별로 안테나의 편파와 높이에 따른 평균값을 구한다. 다음은 6개의 지점에서 수평 1 m, 수평 2 m, 수직 1 m, 수직 1.5 m에 대한 표준편차를 보여주고 있다.

표 2-3 안테나 편파 및 높이에 대한 전력값의 표준편차(1차 측정)

Freq.[MHz]	Horizontal pol. at 1m	Horizontal pol. at 2m	Vertical pol. at 1m	Vertical pol. at 1.5m
30	0.02	0.04	0.24	0.34
31	0.08	0.02	0.25	0.21
32	0.05	0.03	0.19	0.11
33	0.06	0.04	0.18	0.17
34	0.07	0.04	0.26	0.24
35	0.03	0.03	0.23	0.24
36	0.05	0.04	0.17	0.15
37	0.05	0.04	0.15	0.11
38	0.06	0.03	0.19	0.15
39	0.06	0.04	0.11	0.08
40	0.04	0.03	0.10	0.14
41	0.05	0.04	0.11	0.12
42	0.06	0.04	0.12	0.10

43	0.06	0.05	0.11	0.11
44	0.05	0.05	0.09	0.18
45	0.06	0.06	0.14	0.12
46	0.07	0.06	0.18	0.16
47	0.05	0.06	0.21	0.20
48	0.06	0.05	0.22	0.21
49	0.05	0.05	0.24	0.23
50	0.04	0.04	0.21	0.22
51	0.05	0.04	0.16	0.20
52	0.05	0.04	0.12	0.15
53	0.06	0.04	0.10	0.13
54	0.05	0.04	0.11	0.12
55	0.05	0.05	0.18	0.18
56	0.06	0.05	0.28	0.29
57	0.07	0.06	0.36	0.37
58	0.08	0.06	0.40	0.40
59	0.08	0.06	0.41	0.43
60	0.08	0.06	0.45	0.50
61	0.08	0.05	0.34	0.35
62	0.08	0.05	0.37	0.43
63	0.07	0.04	0.30	0.38
64	0.08	0.04	0.28	0.22
65	0.07	0.03	0.47	0.27
66	0.07	0.04	0.42	0.31
67	0.07	0.04	0.37	0.34
68	0.07	0.05	0.22	0.30
69	0.07	0.05	0.27	0.26

70	0.06	0.05	0.27	0.31
71	0.06	0.05	0.31	0.34
72	0.05	0.06	0.16	0.29
73	0.05	0.05	0.24	0.37
74	0.04	0.05	0.24	0.31
75	0.04	0.05	0.29	0.43
76	0.03	0.04	0.25	0.36
77	0.03	0.05	0.31	0.38
78	0.02	0.05	0.31	0.38
79	0.03	0.06	0.34	0.42
80	0.04	0.06	0.32	0.42
81	0.04	0.06	0.27	0.40
82	0.05	0.07	0.30	0.37
83	0.05	0.07	0.34	0.37
84	0.06	0.07	0.32	0.27
85	0.06	0.06	0.28	0.24
86	0.06	0.05	0.36	0.25
87	0.06	0.06	0.36	0.26
88	0.06	0.05	0.29	0.13
89	0.06	0.06	0.32	0.19
90	0.06	0.06	0.28	0.18
91	0.07	0.07	0.26	0.18
92	0.08	0.08	0.29	0.25
93	0.08	0.08	0.25	0.20
94	0.09	0.09	0.26	0.27
95	0.09	0.09	0.24	0.25
96	0.09	0.08	0.21	0.17

97	0.09	0.09	0.24	0.18
98	0.10	0.10	0.22	0.17
99	0.09	0.09	0.28	0.22
100	0.10	0.10	0.28	0.24
105	0.15	0.10	0.26	0.24
110	0.19	0.12	0.13	0.16
115	0.20	0.13	0.15	0.20
120	0.17	0.13	0.17	0.24
125	0.14	0.13	0.31	0.35
130	0.13	0.12	0.45	0.47
135	0.16	0.14	0.63	0.47
140	0.12	0.10	0.47	0.34
145	0.13	0.05	0.47	0.52
150	0.16	0.08	0.29	0.36
155	0.20	0.05	0.36	0.41
160	0.12	0.04	0.44	0.27
165	0.10	0.10	0.29	0.23
170	0.12	0.12	0.23	0.22
175	0.10	0.10	0.26	0.21
180	0.09	0.12	0.26	0.33
185	0.07	0.12	0.24	0.28
190	0.08	0.10	0.31	0.30
195	0.10	0.11	0.36	0.38
200	0.10	0.08	0.66	0.48
205	0.10	0.06	0.68	0.46
210	0.06	0.07	0.53	0.32
215	0.08	0.07	0.13	0.23

220	0.15	0.09	0.24	0.40
225	0.14	0.10	0.59	0.56
230	0.07	0.07	0.56	0.39
235	0.07	0.10	0.64	0.41
240	0.07	0.15	0.42	0.13
245	0.06	0.16	0.26	0.19
250	0.08	0.12	0.33	0.21
255	0.11	0.11	0.22	0.22
260	0.19	0.10	0.28	0.30
265	0.17	0.11	0.21	0.14
270	0.16	0.11	0.20	0.29
275	0.08	0.10	0.30	0.25
280	0.05	0.09	0.40	0.18
285	0.12	0.12	0.61	0.22
290	0.22	0.25	0.77	0.33
295	0.23	0.26	1.06	0.45
300	0.21	0.26	0.91	0.34
305	0.11	0.12	0.05	0.49
310	0.11	0.11	0.14	0.49
315	0.12	0.08	0.24	0.57
320	0.10	0.07	0.25	0.53
325	0.09	0.07	0.18	0.37
330	0.08	0.05	0.17	0.29
335	0.07	0.03	0.21	0.27
340	0.05	0.06	0.20	0.25
345	0.04	0.03	0.26	0.20
350	0.09	0.06	0.21	0.14

355	0.14	0.03	0.18	0.07
360	0.12	0.08	0.18	0.10
365	0.07	0.12	0.12	0.17
370	0.05	0.09	0.14	0.23
375	0.11	0.09	0.20	0.30
380	0.11	0.12	0.22	0.21
385	0.10	0.13	0.28	0.11
390	0.11	0.13	0.32	0.15
395	0.08	0.09	0.31	0.14
400	0.06	0.07	0.28	0.09
405	0.08	0.10	0.27	0.11
410	0.07	0.05	0.24	0.06
415	0.06	0.02	0.27	0.07
420	0.06	0.07	0.26	0.07
425	0.03	0.09	0.22	0.08
430	0.05	0.12	0.19	0.04
435	0.08	0.09	0.18	0.12
440	0.08	0.04	0.33	0.26
445	0.06	0.03	0.47	0.33
450	0.06	0.03	0.58	0.32
455	0.06	0.02	0.61	0.28
460	0.07	0.04	0.66	0.20
465	0.05	0.03	0.71	0.16
470	0.05	0.04	0.65	0.10
475	0.10	0.03	0.46	0.09
480	0.13	0.05	0.29	0.06
485	0.08	0.07	0.22	0.10

490	0.05	0.03	0.17	0.11
495	0.06	0.07	0.09	0.11
500	0.07	0.04	0.06	0.16
510	0.19	0.08	0.28	0.32
520	0.12	0.04	0.43	0.27
530	0.05	0.06	0.31	0.23
540	0.06	0.08	0.34	0.17
550	0.08	0.12	0.37	0.29
560	0.14	0.09	0.22	0.22
570	0.12	0.03	0.26	0.11
580	0.09	0.11	0.41	0.08
590	0.09	0.15	0.59	0.10
600	0.11	0.06	0.53	0.23
610	0.12	0.08	0.24	0.50
620	0.07	0.07	0.21	0.64
630	0.05	0.08	0.30	0.50
640	0.09	0.12	0.32	0.36
650	0.07	0.08	0.34	0.28
660	0.06	0.05	0.27	0.28
670	0.07	0.12	0.25	0.47
680	0.08	0.06	0.17	0.23
690	0.11	0.05	0.36	0.17
700	0.09	0.05	0.21	0.29
710	0.08	0.04	0.12	0.18
720	0.11	0.08	0.11	0.09
730	0.08	0.07	0.10	0.08
740	0.06	0.08	0.16	0.24

750	0.11	0.11	0.31	0.19
760	0.05	0.10	0.35	0.16
770	0.12	0.07	0.55	0.21
780	0.14	0.16	0.54	0.11
790	0.13	0.09	0.27	0.11
800	0.09	0.08	0.09	0.28
810	0.04	0.10	0.20	0.57
820	0.18	0.08	0.27	0.29
830	0.07	0.10	0.36	0.18
840	0.09	0.07	0.16	0.13
850	0.08	0.05	0.24	0.12
860	0.16	0.07	0.31	0.17
870	0.08	0.12	0.20	0.15
880	0.08	0.09	0.32	0.11
890	0.10	0.14	0.29	0.13
900	0.06	0.14	0.41	0.21
910	0.06	0.08	0.44	0.22
920	0.08	0.17	0.34	0.17
930	0.13	0.09	0.11	0.14
940	0.06	0.04	0.22	0.12
950	0.18	0.09	0.15	0.12
960	0.18	0.05	0.10	0.21
970	0.09	0.05	0.24	0.45
980	0.16	0.08	0.11	0.10
990	0.09	0.09	0.17	0.18
1000	0.09	0.05	0.16	0.25

표를 통하여 알 수 있듯이, 안테나가 수평 편파로 측정을 실시하였을 경우에는 표준편차가 CISPR/A/859/CD 문서에서 제시한 0.6 dB를 초과하지 않았다. 하지만, 수직 편파의 경우 수신 안테나의 위치가 1 m일 경우 12 개의 주파수 대역에서 0.6 dB를 초과하는 실패(failure)가 발생했고, 1.5 m의 경우에는 한 개의 주파수에서 실패가 발생했다. 더 자세한 값을 관측하기 위하여 그래프를 통하여 결과값을 보여주고 있다.

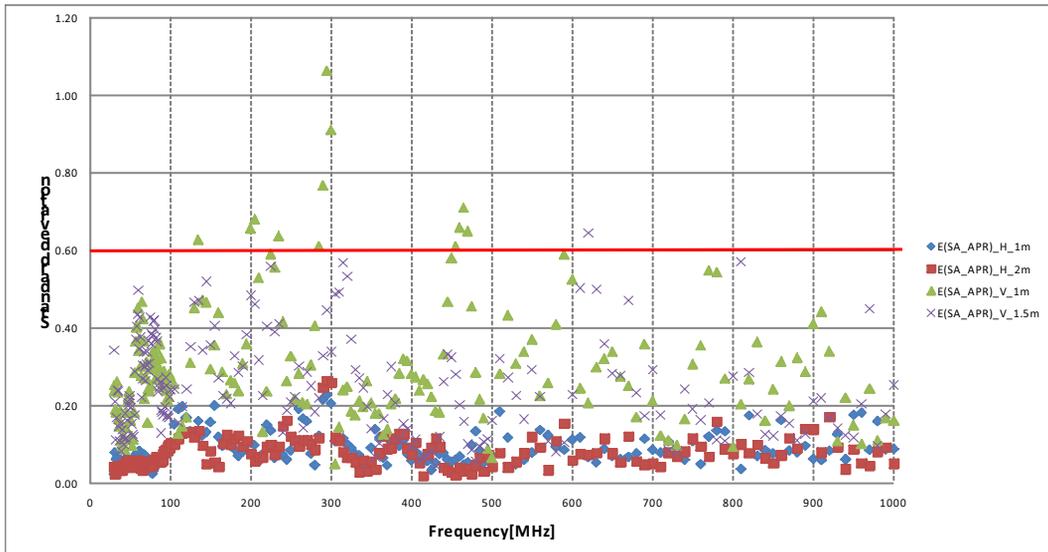


그림 2-8 표준편차 그래프(1차 측정)

수평 편파보다는 수직 편파에서 표준편차가 좋지 않게 나온 이유는 지면 반사파를 제대로 수신하지 못했으며, 사용된 안테나의 안정성에도 문제가 있을 것으로 분석하였다. 또한 표준편차는 측정이 반복될수록 낮아지므로 추후 측정시 9개의 측정점을 선정하여 측정하는 것이 더 유리할 것으로 본다.

## 제 3 절 RSM을 이용한 국내 시험장에 대한 2차 시험

### 1. 기준시험장 측정 지점 선정

RSM을 국내 시험장에 적용하여 이용 가능한지 여부를 재검증하기 위하여 전파연구소 이천분소에 위치한 안테나 교정시험장에서 시험을 실시하였다. 시험장은 완벽한 야외시험장(OATS)이며, 접지면의 총 크기는 50 m × 60 m이며, 접지면의 재질은 15.4 m × 18.6 m 크기의 아연판과 그 이외의 지역은 스테인레스망으로 이루어져 있다. 접지면에 설치되어 있는 안테나 마스트는 FRP와 페라이트로 구성된 기구물이며, 측정시 측정의 정확도를 높이기 위하여 안테나를 연결하는 케이블을 뒤로 2 m 이상 수평으로 설치하였다. 시험검증 절차는 1차 시험과 마찬가지로 CISPR/A/859/CD 문서에서 제시한 내용을 바탕으로 이루어졌으며, 총 9개의 측정점을 선정하였다. 아래의 그림 2-9는 시험이 실시된 장소의 사진을 보여주고 있다.



그림 2-9 안테나 설치(좌)와 측정시험장 전경(우)

시험에 사용된 안테나는 20 MHz ~ 300 MHz의 바이코니컬 안테나와 230 MHz ~ 1000 MHz의 LPDA(log periodic dipole array) 안테나를 사용하였다. 바이코니컬 안테나를 사용하여 30 MHz ~ 250 MHz의

대역을 측정하였고, LPDA 안테나를 사용하여 250 MHz ~ 1000 MHz의 대역을 측정하였다. 송신 및 수신을 위하여 교정(calibration)된 동일한 두 쌍의 안테나를 이용하였다. 사용된 안테나는 다음의 그림 2-10과 같다. 그림 2-11은 송신 및 수신 안테나의 위치와 측정지점에 대한 그림을 보여주고 있다.

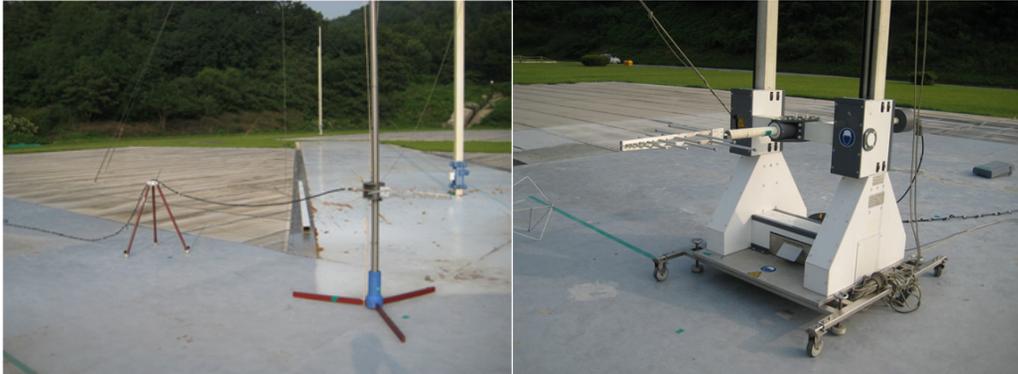
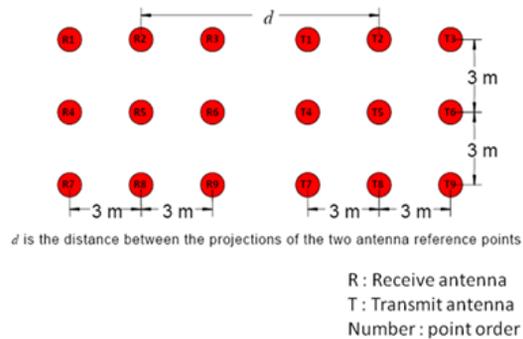
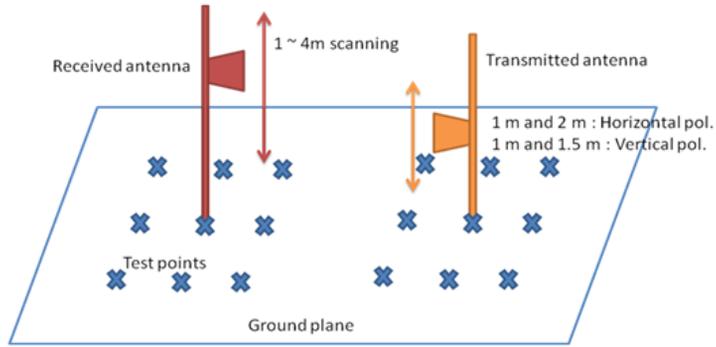


그림 2-10 수신(좌)과 송신(우) 안테나 및 마스트



(a) 측정지점(송수신 안테나 위치)



(b) 송수신 안테나 배치

그림 2-11 송신 및 수신 안테나 배치도

측정점을 선정은 CISPR/A/859/CD 문서에서 제시한 대로 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 간격을 10 m로 하고, 측정점 간의 거리는 3 m로 하여 선정하였다. 시험장 내에 측정지점 선정은 1차 시험과 동일한 순서를 따랐다.

- ① 송신 1지점을 선정한다.
- ② 송신 1지점과 직선으로 10m 떨어진 지점에 수신 1지점을 선정한다.
- ③ 송신 1지점에서 좌측 각각 3m, 6m 지점과, 아래쪽 각각 3m, 6m 지점에 다른 송신지점을 표시한다.
- ⑦ 수신 1지점에서 우측 각각 3m, 6m 지점과, 위쪽 각각 3m, 6m 지점에 다른 수신지점을 표시한다.
- ⑧ 송신 2지점에서 ① ~ ⑤를 반복하여 송신 2지점과 수신 2 지점을 표시한다.
- ⑨ 동일한 방법으로 송신 및 수신 3 ~ 9지점을 선정하고 각각의 측정점을 표시한다.

## 2. $V_{\text{direct}}$ 측정

$V_{\text{direct}}$ 는 NSA 방법에서와 마찬가지로 송신 안테나와 수신 안테나를 연결하는 케이블을 직접 연결하여 수신 전력을 읽는다. 1차 시험에서 측정한 방식대로  $V_{\text{direct}}$ 를 획득한다.

## 3. $V_{\text{site}}$ 측정

$V_{\text{site}}$ 는 송신 및 수신 안테나에 케이블을 연결하여 안테나를 통하여 수신된 전력을 측정하는 것이므로 다음과 같이 측정한다.

① 주파수별 송신안테나와 수신안테나를 결정한다.

주파수(MHz)	안테나	주파수 간격(MHz)
30 ~ 100	바이코니컬 안테나	1
100 ~ 250	바이코니컬 안테나	5
250 ~ 500	LPDA 안테나	5
500 ~ 1000	LPDA 안테나	10

② 송수신 지점에서 측정

측정은 송수신 안테나가 수평으로 있을 경우에는 1 m와 2 m에서 측정을 실시하고, 안테나가 수직으로 있을 경우에는 1 m와 1.5 m에서 측정을 실시한다. 이미 언급했듯이 한 지점에서 안테나의 편파가 수직과 수평일 때 측정을 실시하고, 각각의 값을 정리해야 한다.

#### 4. 측정결과

지점별 측정 결과는  $V_{\text{DIRECT}}$ 와  $V_{\text{SITE}}$ 가 필요하며, 우선 두 값의 차를 구한다. 그런 다음 측정한 지점에 대하여 주파수별로 안테나의 편파와 높이에 따른 평균값을 구한다. 다음은 9개의 지점에서 수평 1 m, 수평 2 m, 수직 1 m, 수직 1.5 m에 대한 표준편차를 보여주고 있다.

표 2-4 안테나 편파 및 높이에 대한 전력값의 표준편차(2차 측정)

Freq.[MHz]	Horizontal pol. at 1m	Horizontal pol. at 2m	Vertical pol. at 1m	Vertical pol. at 1.5m
30	0.06	0.04	0.13	0.12
31	0.06	0.03	0.11	0.10
32	0.04	0.04	0.14	0.11
33	0.05	0.04	0.12	0.09
34	0.04	0.04	0.10	0.07
35	0.05	0.05	0.10	0.09
36	0.05	0.04	0.22	0.23
37	0.05	0.04	0.19	0.21
38	0.03	0.04	0.13	0.13
39	0.04	0.04	0.12	0.12
40	0.05	0.03	0.10	0.08
41	0.04	0.03	0.10	0.09
42	0.04	0.04	0.13	0.14
43	0.04	0.04	0.10	0.09
44	0.04	0.04	0.09	0.08
45	0.04	0.04	0.10	0.10
46	0.04	0.04	0.11	0.12
47	0.05	0.04	0.13	0.14
48	0.05	0.05	0.12	0.17
49	0.05	0.04	0.09	0.20
50	0.04	0.04	0.11	0.11

51	0.04	0.04	0.13	0.14
52	0.04	0.04	0.18	0.19
53	0.04	0.04	0.22	0.26
54	0.04	0.04	0.22	0.25
55	0.04	0.05	0.09	0.11
56	0.05	0.05	0.06	0.07
57	0.05	0.04	0.09	0.09
58	0.04	0.04	0.06	0.07
59	0.05	0.04	0.08	0.08
60	0.05	0.04	0.08	0.08
61	0.04	0.04	0.07	0.08
62	0.04	0.04	0.09	0.08
63	0.05	0.05	0.10	0.10
64	0.04	0.04	0.05	0.06
65	0.05	0.05	0.10	0.09
66	0.05	0.05	0.11	0.09
67	0.06	0.05	0.06	0.08
68	0.07	0.07	0.06	0.08
69	0.10	0.09	0.09	0.08
70	0.10	0.10	0.10	0.11
71	0.08	0.07	0.11	0.11
72	0.06	0.05	0.12	0.13
73	0.06	0.06	0.12	0.12
74	0.06	0.06	0.10	0.12
75	0.06	0.04	0.16	0.13
76	0.05	0.04	0.10	0.09
77	0.05	0.04	0.10	0.11
78	0.06	0.05	0.12	0.08
79	0.06	0.06	0.11	0.10
80	0.06	0.07	0.14	0.15
81	0.07	0.07	0.11	0.12
82	0.07	0.08	0.09	0.09

83	0.06	0.07	0.15	0.17
84	0.06	0.05	0.15	0.16
85	0.07	0.05	0.10	0.12
86	0.07	0.06	0.07	0.09
87	0.07	0.05	0.08	0.10
88	0.07	0.05	0.05	0.06
89	0.07	0.06	0.06	0.06
90	0.07	0.05	0.07	0.03
91	0.07	0.05	0.09	0.05
92	0.06	0.04	0.14	0.08
93	0.06	0.04	0.10	0.07
94	0.06	0.04	0.10	0.07
95	0.06	0.04	0.05	0.05
96	0.06	0.04	0.11	0.08
97	0.06	0.04	0.09	0.06
98	0.07	0.04	0.13	0.11
99	0.07	0.04	0.10	0.08
100	0.06	0.04	0.10	0.07
101	0.06	0.03	0.10	0.08
102	0.06	0.04	0.14	0.11
103	0.06	0.04	0.11	0.09
104	0.07	0.04	0.14	0.12
105	0.06	0.04	0.14	0.13
106	0.07	0.04	0.10	0.07
107	0.07	0.04	0.09	0.07
108	0.07	0.04	0.08	0.06
109	0.07	0.04	0.09	0.07
110	0.07	0.04	0.11	0.08
111	0.07	0.04	0.10	0.08
112	0.07	0.04	0.13	0.13
113	0.07	0.04	0.13	0.13
114	0.07	0.04	0.20	0.18

115	0.07	0.04	0.24	0.23
116	0.07	0.04	0.22	0.23
117	0.07	0.04	0.16	0.16
118	0.07	0.04	0.22	0.23
119	0.07	0.04	0.16	0.18
120	0.07	0.04	0.18	0.22
121	0.07	0.04	0.17	0.16
122	0.07	0.05	0.22	0.22
123	0.07	0.05	0.12	0.15
124	0.07	0.06	0.18	0.21
125	0.07	0.05	0.16	0.19
126	0.07	0.05	0.19	0.22
127	0.07	0.05	0.12	0.16
128	0.06	0.04	0.13	0.19
129	0.07	0.05	0.21	0.25
130	0.07	0.05	0.16	0.20
131	0.07	0.05	0.17	0.18
132	0.07	0.05	0.13	0.14
133	0.07	0.05	0.13	0.11
134	0.07	0.05	0.17	0.12
135	0.07	0.05	0.19	0.11
136	0.07	0.04	0.10	0.08
137	0.07	0.05	0.11	0.06
138	0.07	0.05	0.16	0.14
139	0.07	0.04	0.16	0.18
140	0.07	0.05	0.09	0.14
141	0.07	0.04	0.14	0.13
142	0.07	0.04	0.15	0.17
143	0.08	0.04	0.14	0.16
144	0.07	0.04	0.16	0.14
145	0.07	0.04	0.13	0.09
146	0.07	0.05	0.17	0.16

147	0.07	0.04	0.12	0.11
148	0.07	0.04	0.13	0.11
149	0.07	0.04	0.13	0.11
150	0.07	0.04	0.16	0.13
151	0.07	0.04	0.12	0.11
152	0.07	0.04	0.10	0.11
153	0.07	0.03	0.10	0.10
154	0.07	0.03	0.16	0.14
155	0.07	0.03	0.15	0.14
156	0.07	0.03	0.17	0.15
157	0.07	0.02	0.18	0.13
158	0.07	0.03	0.17	0.16
159	0.07	0.03	0.22	0.17
160	0.07	0.03	0.17	0.12
161	0.06	0.03	0.13	0.12
162	0.06	0.03	0.19	0.18
163	0.06	0.03	0.18	0.16
164	0.07	0.02	0.16	0.12
165	0.06	0.03	0.17	0.14
166	0.07	0.03	0.17	0.17
167	0.07	0.03	0.24	0.17
168	0.06	0.03	0.18	0.16
169	0.07	0.03	0.13	0.19
170	0.06	0.03	0.20	0.13
171	0.06	0.03	0.12	0.10
172	0.06	0.04	0.19	0.16
173	0.06	0.05	0.14	0.15
174	0.06	0.06	0.19	0.16
175	0.07	0.05	0.13	0.12
176	0.06	0.05	0.15	0.15
177	0.07	0.06	0.18	0.20
178	0.07	0.05	0.24	0.21

179	0.06	0.05	0.29	0.28
180	0.07	0.04	0.25	0.22
181	0.07	0.04	0.26	0.27
182	0.07	0.04	0.23	0.22
183	0.06	0.04	0.19	0.18
184	0.06	0.04	0.17	0.17
185	0.07	0.04	0.08	0.13
186	0.06	0.05	0.10	0.11
187	0.06	0.05	0.12	0.14
188	0.06	0.04	0.13	0.17
189	0.06	0.05	0.10	0.15
190	0.05	0.04	0.23	0.22
191	0.06	0.05	0.16	0.18
192	0.06	0.04	0.15	0.16
193	0.06	0.03	0.18	0.18
194	0.06	0.03	0.18	0.16
195	0.06	0.04	0.17	0.20
196	0.06	0.04	0.17	0.18
197	0.06	0.04	0.14	0.13
198	0.06	0.04	0.18	0.15
199	0.06	0.04	0.17	0.18
200	0.06	0.04	0.16	0.15
201	0.06	0.04	0.23	0.25
202	0.06	0.05	0.21	0.27
203	0.06	0.05	0.19	0.20
204	0.06	0.05	0.24	0.25
205	0.06	0.05	0.30	0.33
206	0.06	0.05	0.21	0.24
207	0.06	0.04	0.10	0.12
208	0.06	0.05	0.25	0.25
209	0.06	0.04	0.26	0.35
210	0.06	0.05	0.15	0.28

211	0.06	0.04	0.13	0.21
212	0.06	0.05	0.21	0.27
213	0.06	0.05	0.21	0.26
214	0.06	0.06	0.25	0.32
215	0.06	0.05	0.18	0.23
216	0.06	0.07	0.21	0.26
217	0.06	0.06	0.19	0.24
218	0.06	0.06	0.21	0.24
219	0.06	0.06	0.13	0.13
220	0.07	0.05	0.13	0.20
221	0.06	0.05	0.11	0.19
222	0.06	0.05	0.13	0.17
223	0.06	0.06	0.20	0.25
224	0.05	0.05	0.17	0.26
225	0.06	0.04	0.13	0.14
226	0.06	0.05	0.12	0.19
227	0.06	0.04	0.12	0.16
228	0.06	0.04	0.12	0.17
229	0.06	0.05	0.12	0.17
230	0.06	0.04	0.14	0.17
231	0.06	0.05	0.12	0.14
232	0.07	0.04	0.15	0.15
233	0.06	0.04	0.13	0.19
234	0.06	0.05	0.11	0.18
235	0.06	0.05	0.13	0.11
236	0.06	0.05	0.18	0.16
237	0.06	0.05	0.16	0.20
238	0.06	0.05	0.12	0.09
239	0.06	0.04	0.11	0.10
240	0.07	0.04	0.10	0.13
241	0.06	0.04	0.10	0.17
242	0.06	0.04	0.10	0.11

243	0.06	0.04	0.11	0.16
244	0.06	0.04	0.13	0.18
245	0.06	0.04	0.12	0.17
246	0.06	0.04	0.19	0.20
247	0.06	0.05	0.11	0.15
248	0.06	0.04	0.14	0.17
249	0.05	0.04	0.16	0.15
250	0.05	0.06	0.09	0.09
255	0.05	0.06	0.09	0.07
260	0.05	0.06	0.10	0.08
265	0.05	0.05	0.08	0.09
270	0.05	0.05	0.12	0.10
275	0.06	0.05	0.10	0.10
280	0.06	0.05	0.08	0.10
285	0.07	0.04	0.06	0.10
290	0.06	0.04	0.05	0.09
295	0.06	0.04	0.06	0.10
300	0.06	0.04	0.06	0.10
305	0.06	0.04	0.07	0.09
310	0.06	0.04	0.09	0.09
315	0.06	0.04	0.05	0.08
320	0.06	0.04	0.07	0.08
325	0.06	0.04	0.09	0.08
330	0.06	0.03	0.11	0.07
335	0.06	0.03	0.09	0.09
340	0.06	0.04	0.06	0.09
345	0.06	0.05	0.06	0.09
350	0.06	0.05	0.07	0.09
355	0.06	0.04	0.11	0.09
360	0.06	0.03	0.09	0.08
365	0.05	0.03	0.08	0.09
370	0.06	0.03	0.08	0.07

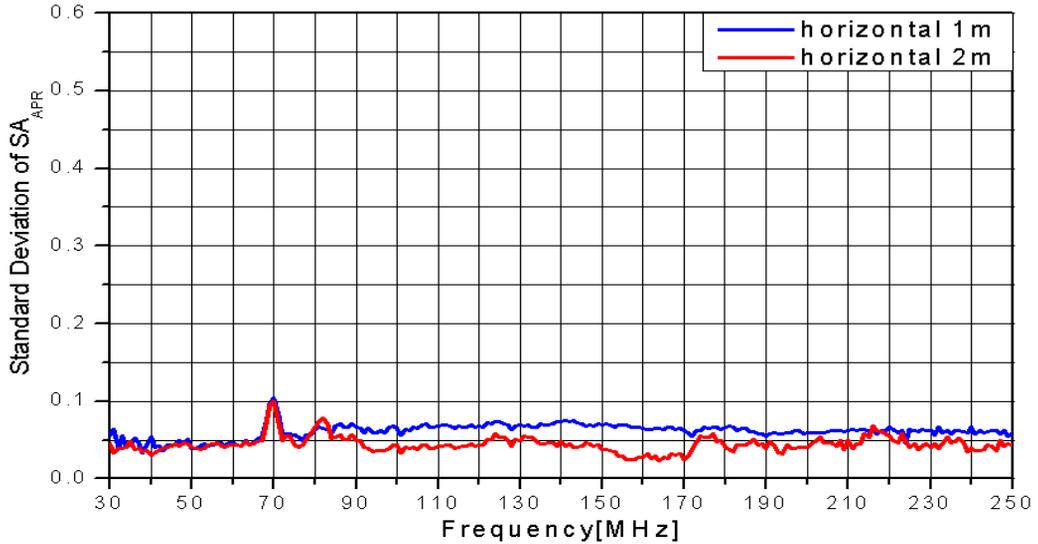
375	0.05	0.03	0.08	0.08
380	0.05	0.04	0.09	0.08
385	0.05	0.04	0.10	0.06
390	0.05	0.04	0.08	0.05
395	0.05	0.04	0.10	0.05
400	0.05	0.05	0.07	0.04
405	0.05	0.05	0.08	0.05
410	0.05	0.05	0.10	0.04
415	0.05	0.05	0.10	0.03
420	0.05	0.05	0.11	0.05
425	0.05	0.05	0.11	0.05
430	0.04	0.05	0.13	0.04
435	0.04	0.05	0.12	0.05
440	0.04	0.06	0.13	0.05
445	0.05	0.06	0.13	0.04
450	0.04	0.06	0.13	0.06
455	0.04	0.06	0.15	0.04
460	0.04	0.06	0.15	0.05
465	0.04	0.07	0.15	0.05
470	0.04	0.07	0.15	0.05
475	0.04	0.08	0.16	0.04
480	0.04	0.08	0.15	0.05
485	0.04	0.08	0.13	0.04
490	0.04	0.08	0.13	0.04
495	0.04	0.08	0.13	0.04
500	0.04	0.08	0.12	0.03
505	0.04	0.08	0.11	0.04
510	0.03	0.08	0.12	0.04
515	0.03	0.09	0.14	0.03
520	0.04	0.10	0.13	0.03
525	0.03	0.10	0.13	0.04
530	0.03	0.11	0.12	0.03

535	0.03	0.11	0.14	0.02
540	0.03	0.11	0.14	0.03
545	0.03	0.11	0.13	0.04
550	0.03	0.12	0.14	0.04
555	0.03	0.11	0.14	0.04
560	0.03	0.11	0.14	0.05
565	0.03	0.10	0.13	0.05
570	0.03	0.10	0.11	0.05
575	0.03	0.10	0.12	0.05
580	0.03	0.09	0.13	0.04
585	0.03	0.09	0.12	0.05
590	0.03	0.10	0.12	0.04
595	0.03	0.10	0.12	0.06
600	0.03	0.09	0.12	0.05
605	0.04	0.10	0.12	0.05
610	0.03	0.10	0.12	0.05
615	0.03	0.09	0.12	0.06
620	0.02	0.09	0.11	0.04
625	0.03	0.08	0.12	0.04
630	0.02	0.08	0.12	0.04
635	0.02	0.07	0.11	0.04
640	0.02	0.07	0.12	0.04
645	0.03	0.08	0.13	0.03
650	0.02	0.09	0.15	0.03
655	0.02	0.10	0.14	0.03
660	0.03	0.11	0.13	0.05
665	0.03	0.10	0.14	0.05
670	0.03	0.10	0.12	0.06
675	0.03	0.10	0.11	0.06
680	0.03	0.09	0.10	0.08
685	0.04	0.09	0.10	0.09
690	0.03	0.08	0.08	0.09

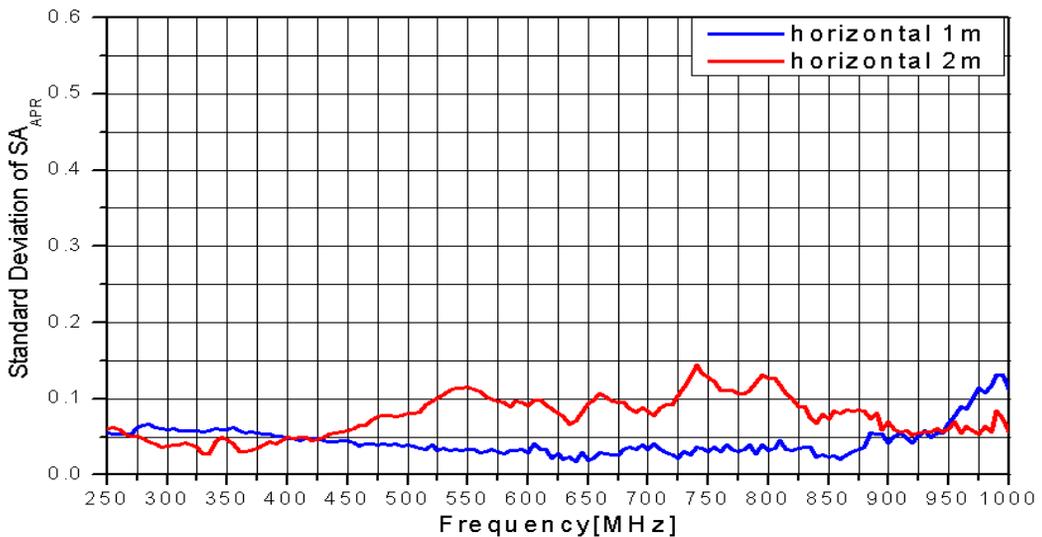
695	0.04	0.09	0.09	0.10
700	0.03	0.08	0.07	0.10
705	0.04	0.08	0.07	0.09
710	0.03	0.09	0.08	0.09
715	0.03	0.09	0.08	0.10
720	0.03	0.09	0.07	0.10
725	0.02	0.10	0.09	0.10
730	0.03	0.12	0.09	0.11
735	0.03	0.13	0.10	0.09
740	0.04	0.14	0.09	0.09
745	0.04	0.13	0.09	0.09
750	0.03	0.13	0.10	0.08
755	0.04	0.12	0.10	0.09
760	0.03	0.11	0.09	0.10
765	0.04	0.11	0.08	0.09
770	0.03	0.11	0.10	0.07
775	0.03	0.11	0.09	0.07
780	0.03	0.11	0.08	0.08
785	0.04	0.11	0.09	0.07
790	0.03	0.12	0.10	0.07
795	0.04	0.13	0.09	0.07
800	0.03	0.13	0.10	0.07
805	0.04	0.13	0.12	0.07
810	0.04	0.12	0.13	0.09
815	0.03	0.11	0.13	0.09
820	0.03	0.10	0.12	0.08
825	0.03	0.09	0.11	0.10
830	0.04	0.09	0.10	0.10
835	0.04	0.08	0.10	0.11
840	0.02	0.07	0.10	0.11
845	0.03	0.08	0.10	0.11
850	0.02	0.07	0.10	0.11

855	0.03	0.08	0.10	0.12
860	0.02	0.08	0.09	0.12
865	0.03	0.09	0.10	0.12
870	0.03	0.08	0.09	0.12
875	0.03	0.09	0.09	0.12
880	0.04	0.08	0.09	0.12
885	0.05	0.07	0.10	0.12
890	0.05	0.08	0.10	0.10
895	0.05	0.06	0.07	0.11
900	0.04	0.07	0.07	0.11
905	0.05	0.06	0.08	0.12
910	0.06	0.06	0.07	0.12
915	0.05	0.06	0.06	0.10
920	0.04	0.05	0.07	0.10
925	0.05	0.05	0.06	0.10
930	0.06	0.06	0.07	0.10
935	0.05	0.06	0.06	0.10
940	0.05	0.06	0.07	0.09
945	0.05	0.06	0.07	0.09
950	0.07	0.06	0.07	0.10
955	0.08	0.07	0.07	0.07
960	0.09	0.05	0.08	0.07
965	0.09	0.06	0.09	0.08
970	0.10	0.06	0.09	0.07
975	0.11	0.05	0.09	0.09
980	0.11	0.06	0.09	0.09
985	0.12	0.06	0.10	0.11
990	0.13	0.08	0.11	0.10
995	0.13	0.07	0.09	0.11
1000	0.11	0.06	0.08	0.12

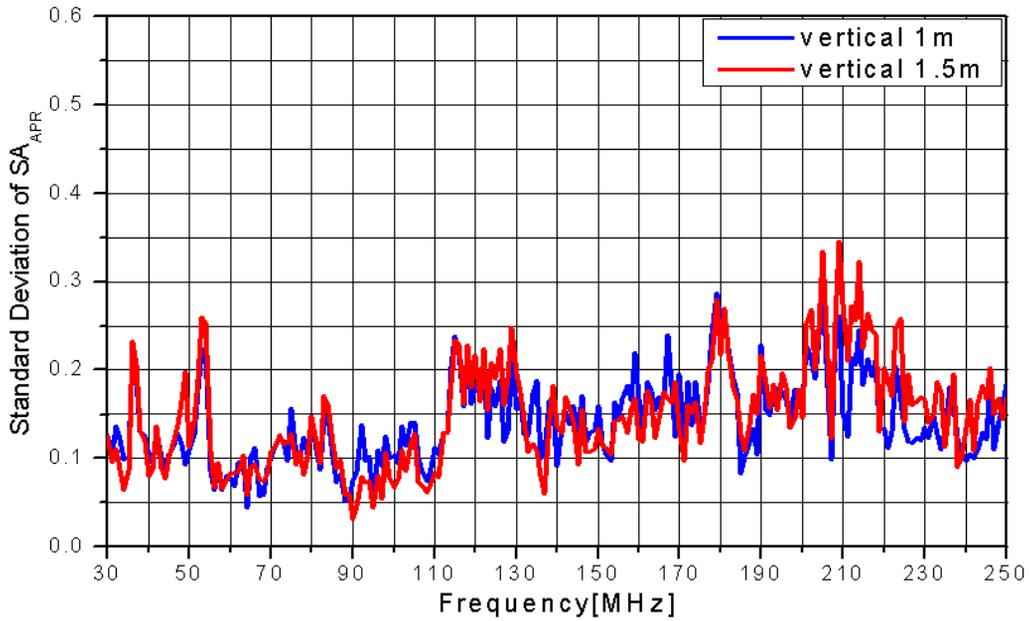
표를 통하여 알 수 있듯이, 안테나가 수평 편파 및 수직 편파의 측정 결과 표준편차가 CISPR/A/859/CD 문서에서 제시한 0.6 dB를 초과하지 않았다. 더 자세한 값을 관측하기 위하여 다음의 그래프를 통하여 결과 값을 보여주고 있다.



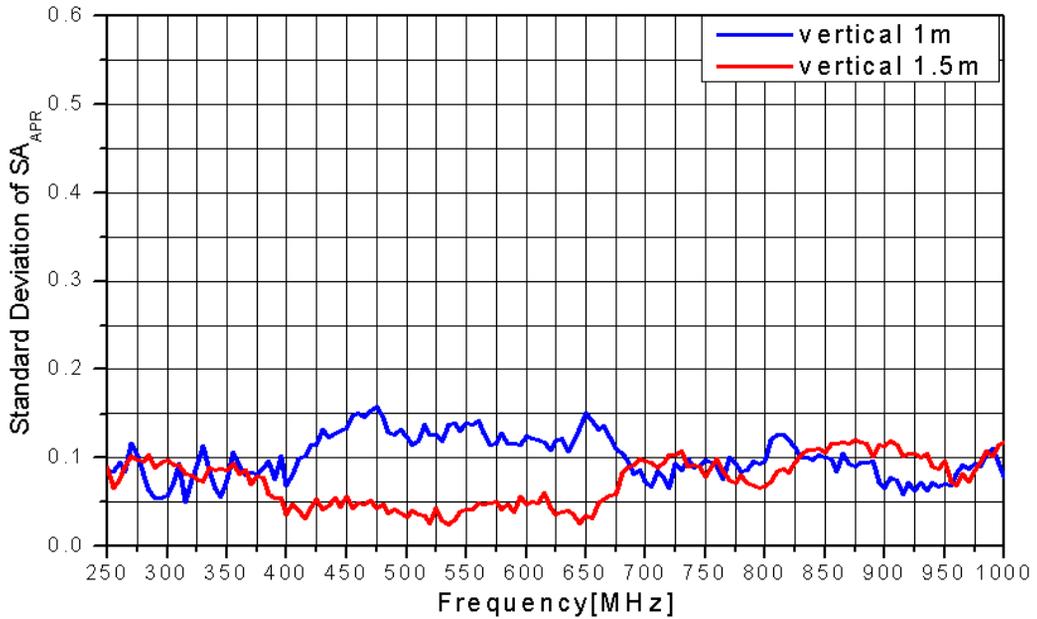
(a) 수평 편파 1 m와 2 m(30 MHz ~ 250 MHz)



(b) 수평 편파 1 m와 2 m(250 MHz ~ 1000 MHz)



(c) 수직 편파 1 m와 1.5 m(30 MHz ~ 250 MHz)



(d) 수직 편파 1 m와 1.5 m(250 MHz ~ 1000 MHz)

그림 2-12 표준편차 그래프(2차 측정)

다음의 그림 2-12의 (a) ~ (d)는 수직 및 수평 편파의 안테나 높이에 따른 표준편차를 보여주고 있다. 최대 표준편차는 0.35 dB 이내로 들어왔으며, CISPR 문서에서 규정한 내용에 부합하였다.

RSM을 따라서 2회에 걸쳐 시험해본 결과, 1차 시험에서는 약간의 문제가 발생하였지만, 2차 시험에서는 만족스러운 결과를 가져왔다. 시험 결과를 토대로 2009년 9월 24일부터 10월 1일까지 프랑스 리옹에서 개최된 CISPR SC A 총회에 연구내용을 발표하였다. 발표한 내용은 2차 시험 결과가 주요 내용이 되었으며, 2008년도 오사카에서 개최된 Ad-hoc & WG1 미팅에서 GmbH-ARC(Electromagnetic Compatibility and RF-Engineering Austrian Research Centers)의 Alexander Kriz가 발표한 “Preliminary Results : Round Robin Test Reference Site Method”의 발표내용과 비교 검토하였다. Alexander Kriz가 발표한 내용은 RSM을 사용하여 4개의 랩에서 진행된 측정 결과를 비교한 내용이었다. 우리의 측정 결과와 비교한 결과 우리의 측정값이 더 우월한 것을 알 수 있었다. 발표 후 RSM을 사용한 측정결과는 주변 환경(시험장의 크기, 종류, 접지면의 상태 등)에 따라 크게 변할 수 있으며, 또한 RSM은 측정 횟수가 많을수록 측정값의 표준편차가 작아지므로 측정 횟수를 적게 하여 표준편차를 산출해볼 필요가 있다는 의견이 나왔다. 의견에 대하여 긍정적으로 수용하였고, 추후 시험장의 환경이 협소한 시험장을 찾아 측정 시험 횟수를 줄여서 측정결과를 비교해볼 필요가 있을 것이다.

제 3 장  
하이브리드 차량 EMC 연구



# 제 3 장 하이브리드 차량 EMC 연구

## 제 1 절 연구의 필요성 및 목적

### 1. 연구의 필요성

자동차에는 전통적으로 아래 그림1.과 같은 기계 및 전기장치들이 있다. 엔진의 운동에너지를 전기에너지로 바꾸어주는 교류발전기인 Alternator, 엔진의 폭발행정 시 불꽃을 점화 시키는 장치인 Ignition Device 그리고 모터를 이용한 와이퍼, 파워윈도우, 문 잠금장치 등등이 있다.

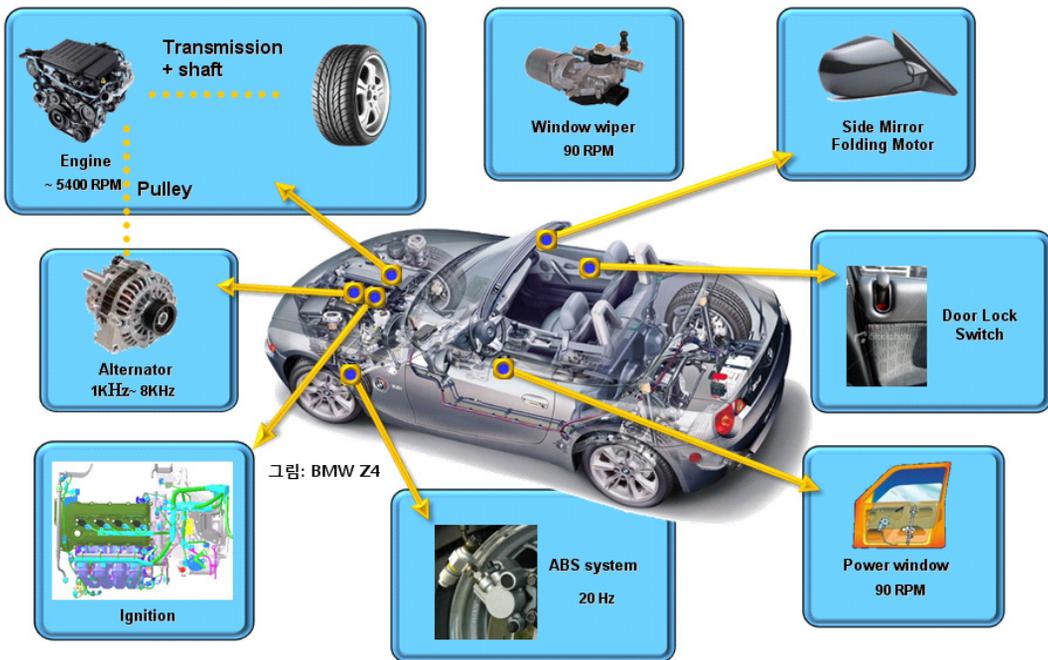


그림 3-1 Mechanical & Electrical Environment of Automotive Vehicle

이들은 대부분 동작 시에, 순간적으로 많은 전류/전압의 변화를 일으켜, 대부분 자동차 EM Noise를 발생시키는 Source의 역할을 하였다. 최근에는 내연

기관에 전기구동장치를 동시에 장착한 Hybrid 자동차와 전기구동 장치로만 동작하는 전기자동차가 나오면면면매우 큰 출력을 내는 구동 모터가 차량에 장착되게 되었다. 이러한 하이브리드 및 전기자동차에는 고출력 고전압 전기 구동 장치가 차량에 필수적으로 들어가게 되며, 고출력 고전압용 DC/AC Inverter나 DC/DC Converter 등도 추가로 장착되게 된다. 전기 구동장치가 동작될 때면매우 큰 전류 및 전압 변화에 의한 EM Noise가 크게 발생될 것이며, Switching Modulation 방식을 채택한 DC/AC Inverter나 DC/DC Converter 또한 매우 큰 EM Noise를 발생시키는 Source가 된다.

최근에는 아래 그림 3-2와 같이 TPMS, Immobilizer, 충돌 보완장치, 졸음운전 방지 장치 등과 같은 안전 및 보안을 담당하는 전자장치, 네비게이터 (GPS), High-Pass, 자동 주차와 같은 편의를 담당하는 전자장치, 그리고 DMB 등과 같은 Entertainment의 목적의 전자장치, 등등의 다양한 전자 장치들이 자동차에 장착되고 있는 실정이다. 이와 더불어 최근의 전자장치들은 점점 Wireless Mobile Communication System화 되어가고 있는 추세이다.

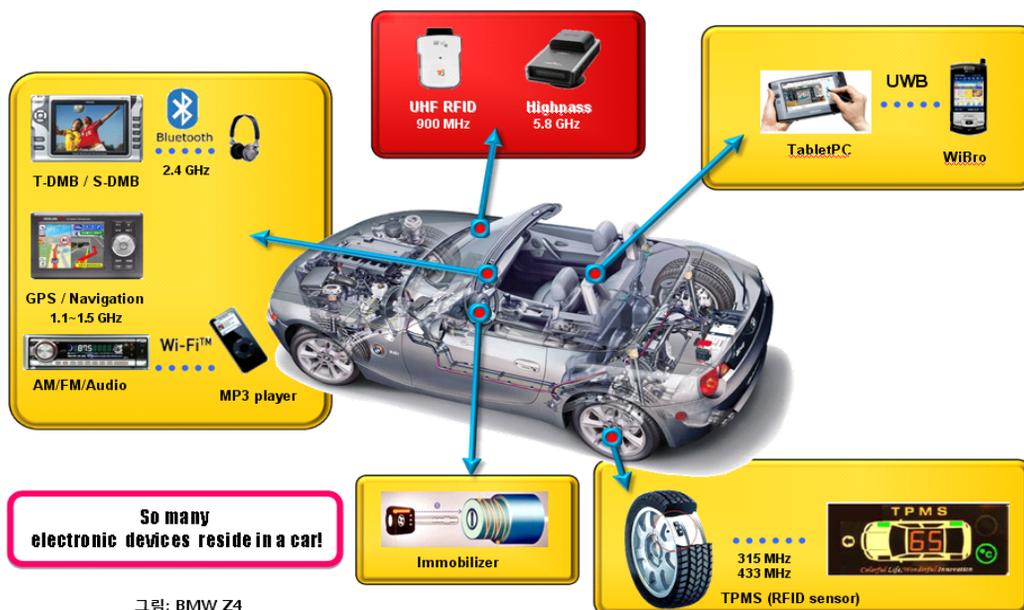


그림 3-2 Electronic Environment of Automotive Vehicle

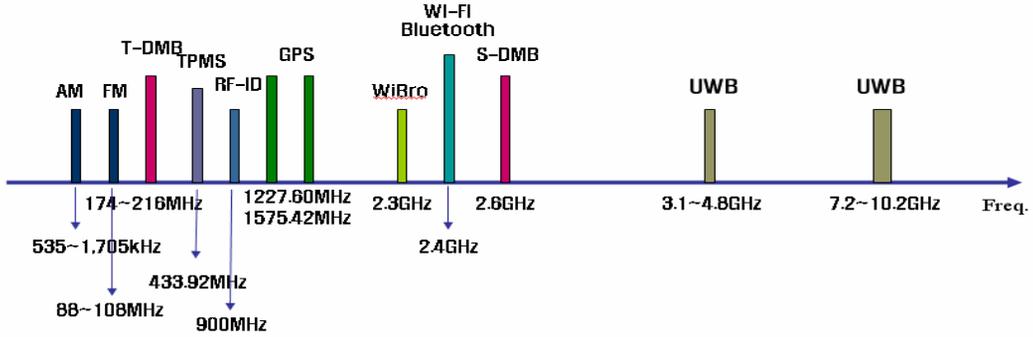


그림 3-3 Spectrum of Wireless Mobile Communication Systems

앞선 그림 3-3은 최근의 자동차에 장착되었거나 장착가능성이 있는 Wireless Mobile Communication Systems들의 주파수 사용대역을 표시한 것이다. AM의 수백 KHz 대역부터 ~ UWB의 10GHz 대역까지 전광대역에 걸쳐 사용되는 무선전자시스템들이 자동차에 장착되고 있다. 이와 같이 기계 장치와 전기 및 전자 장치가 혼재되어 있는 자동차는 전자기적인 잡음의 온상이 된다.

이와 같이 전자장치와 기계장치의 혼재는 하이브리드자동차 및 전기자동차가 되면서 더욱 강화 될 것이며, 결과 다양한 크기 및 종류의 전자파 잡음이 발생하고, 발생한 잡음은 자동차 차체나 케이블 하네스 등을 통하여 차량내의 전자기기간에 공유하게 되는 한편 외부로 방사되어 인접한 차량이나 건물에 영향을 미치게 된다. 특히 하이브리드자동차 및 전기자동차는 전력의 공급이 필요하게 되며, 이는 자동차와 전력 망간의 연결을 이루게 되어 자동차 내에서 발생한 Noise가 전력망을 통하여 주위의 건물에도 지대한 영향을 미치게 된다. 이러한 노이즈의 전달은 자동차 내의 전자 기기 및 센스의 오동작을 발생시키며, 외부 설비의 전자기기의 오동작도 유발하게 된다. 따라서 이를 원천적으로 차단하기 위한 기술적인 해결방안과 함께 EMC 규격의 정립이 강력히 요구되어지고 있다.

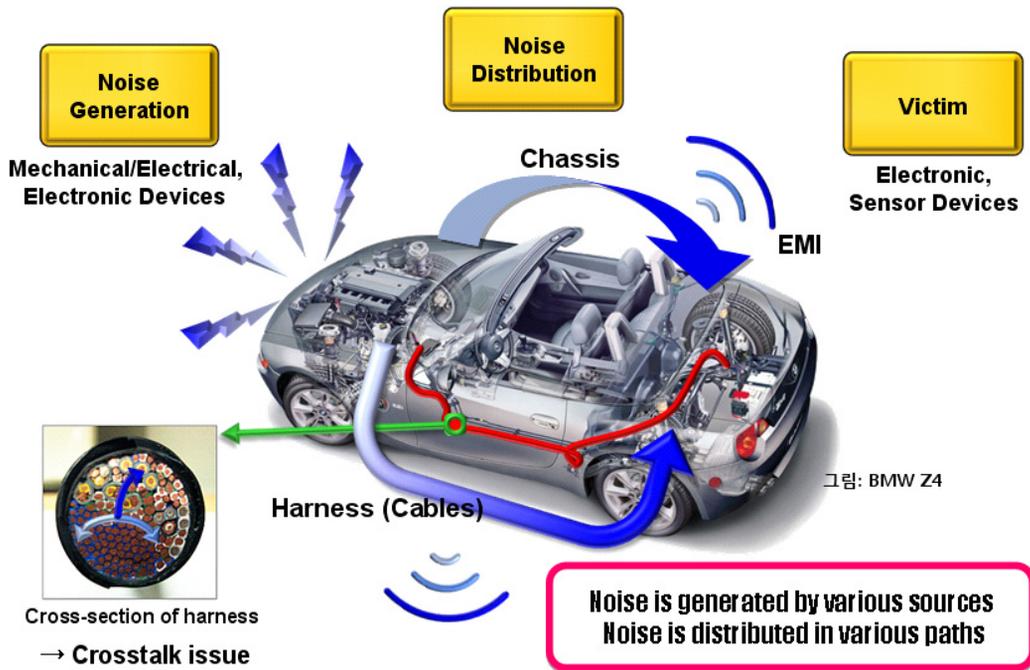


그림 3-4 EM Noise Environment of Automotive Vehicle

유럽의 자동차 EMC 법규인 ECE R.10을 불꽃점화 기관인 가솔린 자동차 뿐만 아니라 압축착화 기관인 디젤 자동차도 전자파 방사시험을 수행하도록 법규를 강화하였다. 그러나 강화된 ECE R.10 규정 속에도 EMI 시험방법은 CISPR12를 준용하도록 명시되어, 불꽃점화기관을 가진 자동차에 대한 시험방법 및 기준은 명확히 규정되었으나, 고 출력 전기 모터, DC/AC Inverter, DC/DC Converter, 등을 가진 하이브리드 자동차 및 전기자동차에 대하여서는 별도의 규정이 개정되어져 있지 않다. 결과 기존의 가솔린 자동차와 동일한 기준을 적용하는 것으로 되어져 있다. 따라서 이에 대한 연구수행이 필요하다.

## 2. 연구의 목적

위에서 언급 한 것과 같이 하이브리드 및 전기 자동차는 기존 내연기관 자동차에서 발생하는 전자파 노이즈와 함께 전기구동 장치와 관련된 기기에 의하여 발생하는 전자파 노이즈에 의하여 전자파 적합성 측면으로는 더욱 취약한 환경을 가지고 있음을 예상 할 수 있다. 그러나 이를 규제 할 수 있는 국내 자동차 EMC 법규의 보완이 필요하여, 본 연구를 통하여 이를 체계화 하고자 한다. 이를 위하여 일차적으로 기 연구 발표된 논문 분석을 통하여 하이브리드 자동차의 전자파 장애에 관한 연구 체계를 분석하여 기술적 동향을 파악하고자 한다. 이차적으로 전자파 장애를 일으키는 발생 기구를 규명하여 규격을 이해하는 기술의 근간을 확보 하고자 한다. 이어 하이브리드자동차에 관한 규격을 파악하기 위하여, 그 근간이 되는 현 EMC 자동차 규격 및 동향을 파악하는 한편, 하이브리드자동차에 의하여 보완되어지는 국제적 규격 및 동향을 조사하고자 한다. 마지막으로 이를 국내 전자파 환경에 적합한지 국내 시험장에서 실 평가하여, 국내에 EMC 환경에서 적용 할 수 있는지 국제 자동차 EMC 규격의 적정성을 검토 하고, 하이브리드 자동차관련 EMC 기술 기준 및 시험 방법 개정안 마련에 기여코자 한다.

## 제 2 절 하이브리드 자동차 EMC 연구 동향 조사

### 1. 하이브리드 자동차 정의

하이브리드자동차는 말 그대로 기존 석유를 사용하는 엔진과 전기모터를 결합한 자동차를 말한다. 하이브리드자동차를 표방하고 있는 각 회사마다 추구하는 방향은 같으나 원리 및 기술은 조금씩 다르다. 기름을 '덜' 먹고 더 많이 달리는 자동차다. 현재까지 공개된 하이브리드자동차는 대략 10여종이 넘지만 기술로 따지면 크게 세 개로 나뉜다. 각각에 대해서 알아보자.

#### 가. 병렬식 하이브리드 자동차

병렬식 하이브리드방식은 엔진과 전기모터를 동시에 이용해 구동력을 얻는 방식으로, 저속에서는 주로 전기모터만 사용하다가 추가로 가속할 경우 엔진이 작동되며 차량이 멈춘 상태에서도 배터리 충전이 이뤄진다. 다만 엔진 크기가 커야 하고 배출가스가 많은 것이 흠이다. 변속기가 추가로 필요한 것도 원가 상승 요인이다.

#### 나. 직렬식하이브리드구동방식 (미국식 하이브리드)

우선 직렬식 하이브리드방식은 엔진이 직접 발전기를 돌려 배터리를 충전시키는 방식이다. 즉 엔진이 만들어낸 에너지는 바퀴에 직접적으로 전달되지 않으며 전기모터가 대신 담당한다. 직렬식 하이브리드는 주행거리가 짧은 전기자동차를 보완하기 위해 만들어진 것이 기본 골자다. 구동력을 모두 전기모터에서 얻기 때문에 배터리 용량이 커야하고 원가 부담이 큰 것이 흠이다. 대신 전기모터를 직접 제어할 수 있어 변속기를 장착 할 필요가 없다. 또한 배출가스가 병렬식 하이브리드보다 더 적어, 친환경으로 따지면 가장 앞서있는 기술이다. 직렬식 하이브리드자

동차로 대표적인 모델은 3기통 가솔린 엔진을 적용 하였으며, 한번 충전으로 64Km 주행이 가능하며, 가정에서 사용하는 전기코드로도 충전할 수 있다. 엔진에서 공급받는 전기를 이용하면 최대 주행거리가 643Km까지 늘어난다.

#### 다. 혼합식 하이브리드 자동차

혼합식은 엄밀히 따져 직렬식보다는 병렬식을 보다 발전시킨 형태라고 보면 된다. 기본적인 형태는 병렬식과 같지만 브레이크를 밟으면 전기모터는 반대로 에너지를 배터리로 보내므로 에너지 효율이 높다. 여기에 보통 발전용과 구동용 전기모터가 따로따로 들어가므로 가솔린 자동차에 준하는 가속감도 느낄 수 있다. 현재 대부분의 하이브리드자동차가 혼합식을 이용한다.



하이브리드는 크게 직렬식, 병렬식, 혼합식 등으로 나뉜다. 사진은 혼합식을 이용한 도요타 하이브리드 시너지 드라이브 엔진



병렬식 하이브리드에 연료로 LPG를 사용한 LPI 하이브리드



쌍용자동차는 가솔린이나 LPG 엔진이 아닌 **디젤** 엔진을 선택했다. 사진은 카이런 디젤 하이브리드



간단한 구조와 독특한 **밸브** 기술을 이용한 혼다 IMA 하이브리드

그림 3-5 다양한 방식의 하이브리드 자동차 사진

그 외의 자동차 메이커 별로 하이브리드자동차의 특징을 분류하면, 중국의 BYD가 만든 F3DM은 기본적으로 전기모터로 작동하지만 배터리가 방전되면 가솔린 엔진이 작동된다. 즉 엔진을 이용해 배터리를 충전하지 않는 상호 독립적인 동력 전달 시스템을 가지고 있다. 일본의 도요타와 렉서스는 주로 4기통 가솔린 엔진을 사용하며 전기모터와의 효율성을 중요하게 따진다. 혼다는 이름도 하이브리드 시너지 드라이브로 지었을 정도로 IMA(Integrated Motor Assist)를 통해 하이브리드 구조를 간단하게 만든 것이 특징이다. 특유의 밸브 기술을 응용해 저속에서부터 고속까지 에너지 효율을 최대한 끌어올렸다. 현대-기아 자동차에서 만든 하이브리드의 경우 LPG 엔진을 이용한 LPG 하이브리드자동차가 특징이다. 따라서 이산화탄소 배출량이 적은 것이 가장 큰 장점이다. 기본적으로 병렬식에 기반을 두고 있으며 배터리도 리튬이온보다 가볍고 내구성이 높은 리튬폴리머를 사용한다. 쌍용자동차의 경우 디젤 엔진으로 하이브리드 자동차를 만들었다. 최근 개발된 디젤 엔진은 가솔린 엔진과 비슷한 수준으로 진동과 소음을 낮추고 연비도 만족할 만하다. 하지만 디젤 엔진 특유의 시동 전 예열이나 자연착화방식에 따른 하이브리드로 구성되어 있다.

## 2. 하이브리드 자동차 EMC 연구 동향

### 가. 하이브리드자동차 EMC 주요 연구 내용

#### (1) 하이브리드자동차의 전원장치에 의한 EMI 연구

Power Inverter 쪽에서 발생하는 switching current에 의한 conducted emission에 대해서 모델링, 시뮬레이션, 분석 및 실험적인 검증을 하는 연구이다. 하이브리드 및 전기 자동차의 경우 기존의 자동차들과 구동력 자체를 Power Inverter를 통해서 얻기 때문에 큰 출력을 필요로 한다. 그에 따라 큰 switching current가 필요하기 때문에 그에

따른 EMI 문제를 분석할 필요가 있다. 연구의 방법은 첫 번째로 inverter 자체를 switching 소자로서 근본적인 noise source로서 modeling 혹은 characterization을 진행한다. 추후에 noise source에 대한 분석을 위해서 Inverter에서 만들어지는 switching current에 대해서 주파수 분석을 진행한다. 두 번째로는 만들어진 switching current가 어떤 path에 흐르면서 발생하는 과정을 분석 혹은 모델링하는 과정이다. 발생된 switching current가 Battery, Motor 혹은 차체 쪽으로 흐르면서 해당 path의 parasitic에 의해서 발생하는 EMI emission에 대해서 분석하게 된다. 마지막으로 앞선 과정에서 단순히 분석에만 그쳤다면 좀 더 발전된 개념으로 발생된 EMI source 및 path에 대한 분석을 바탕으로 이를 줄일 수 있는 방법에 대한 연구이다. Common mode와 Differential mode radiation에 대하여 각각 직렬공진을 조절하거나 Multi-layer PCB를 통하여 그 크기를 줄이는 방법에 대한 연구도 진행되고 있다. 이러한 연구를 진행할 때 source modeling을 위해서 spice simulation tool을 이용하고, emission에 대한 simulation은 3D simulator를 주로 이용하였고, 최종 실험적 검증을 위해서 DUT에 대한 측정은 EMI chamber에서 이루어지는 경우가 많았다

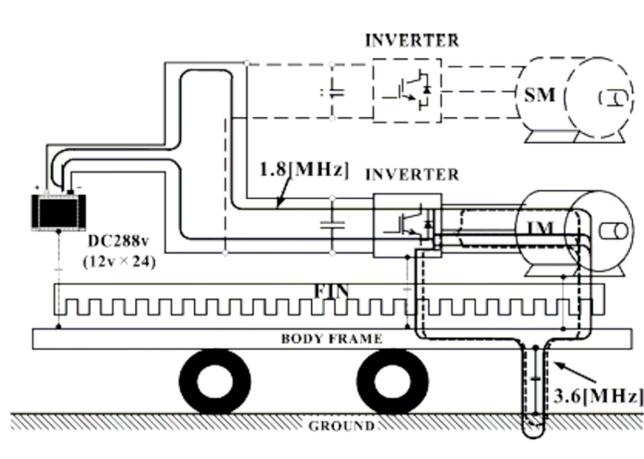


그림 3-6 EMI noise transmission routes appearing in EV drive systems

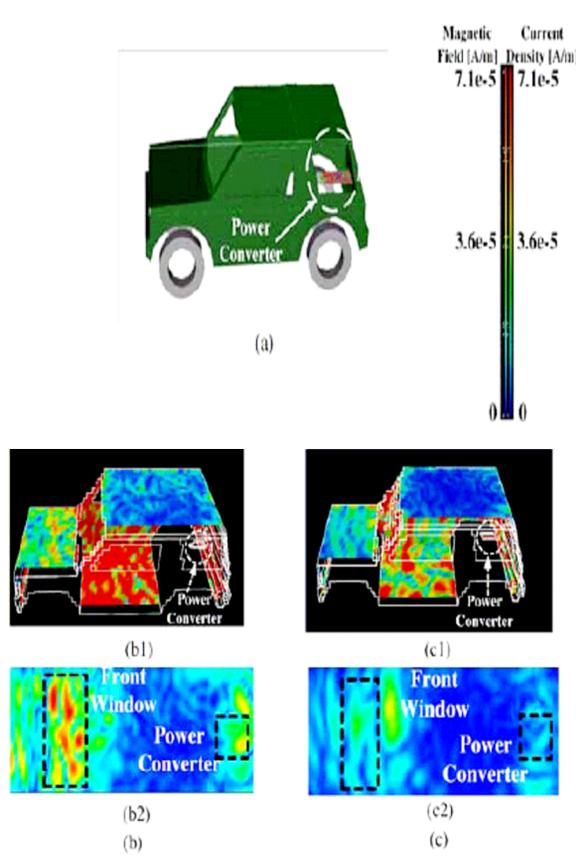


그림 3-7 Effects of the proposed method to suppress surface currents and near magnetic fields when the power converter is installed on the rear backseat side of the EV

(2) 하이브리드자동차에서 발생하는 CM & DM의 EMI Filter 연구

이미 발생된 noise current에 대하여 suppression을 위해서 EMI filter를 하이브리드 및 전기자동차에서도 적용하게 된다. 기존의 EMI filter와 비슷한 방법으로 자동차용 EMI filter에 대해서도 연구가 진행되었다. 주파수 domain에서의 측정을 기반으로 하여 자동차에서 주로 이용되는 EMI filter에 대한 Evaluation을 진행한 연구가 발표되었다

## 나. 기타 하이브리드자동차 EMC 연구내용

### (1) 하이브리드 및 전기자동차의 Modeling에 관한 연구

전기자동차에서 conducted EMI source 와 dominant path를 modeling 하는 방법, 전원 inverter를 modeling 하는 방법, 과형을 Modeling 하는 방법, 노이즈원의 Current를 Modeling 하는 방법, 전도성 방사를 modeling 하는 방법 등에 관하여 연구하였다.

### (2) 하이브리드 및 전기자동차의 전원 노이즈가 EMI에 미치는 영향에 관한 연구

하이브리드자동차에서 power converter에 의한 EMI문제를 규명하고, 문제가 되는 자세한 부분에 대해서 실험적인 검증하는 연구로 Power Converter의 구성 요소들 전체가 방사에 기여하는 정도를 분석하고 검증에 관하여 연구하였다.

### (3) 하이브리드 및 전기자동차의 EMI Noise 제어방법에 관한 연구

하이브리드 및 전기자동차에서 발생하는 common mode current를 control 할 수 있는 방법, 직렬 공진에 의한 current path가 형성되는 것을 막는 방법, 방사되는 EMI를 control 할 수 있는 방법, 그리고 Battery와 Inverter사이에 흐르는 전류를 cancel 하는 방법 등에 관하여 연구하였다.

### (4) 하이브리드 및 전기자동차의 전력장치 Simulation 실행에 관한 연구

하이브리드 및 전기자동차의 중요 부품인 powertrain에서 각각의 구성 요소에 대한 simulation 방법 및 문제점에 관하여 연구하였다.

### (5) 하이브리드 및 전기자동차 모터의 EMC 대응설계 및 제조에 관한 연구

하이브리드 및 전기자동차의 중요한 부품인 Motor에 대한 EMC issue를 최소화 시킬 수 있는 design이나 제작과정에 관하여 연구하였다.

### 제 3 절 하이브리드 자동차 EMC 발생 기구 연구

#### 1. 연구개요

앞서 언급한 바와 같이 하이브리드 및 전기 자동차가 됨에 따라 전자 장치와 기계장치의 혼재가 강화 되고, 이는 또한 전력의 공급을 위하여 연결된 전력망 간의 연결을 이루게 되어, 자동차 내에서 발생한 Noise 가 전력망을 통하여 전달됨에 따라 주위의 건물에도 지대한 영향을 미치게 된다. 이러한 Noise의 전달은 그림 3-8과 같이 자동차 차체나 케이블 하네스 등을 통하여 차량 내의 전자기기간에 공유하거나 외부 전력망에 전달하게 된다. 본 연구를 통하여 하이브리드자동차 및 전기자동차가 발생시킨 noise의 전달 기구를 규명 하고자 한다.

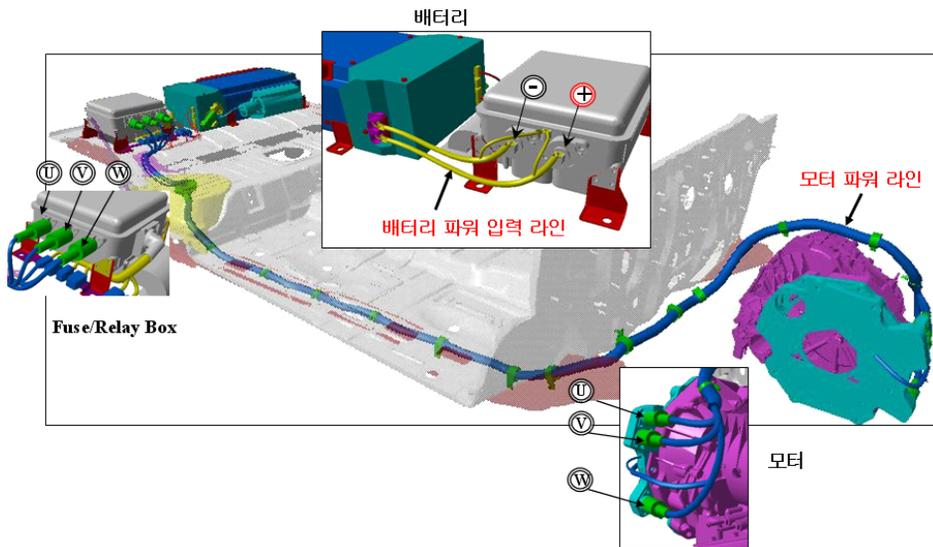


그림 3-8 Power Supply Network in Automotive Vehicle

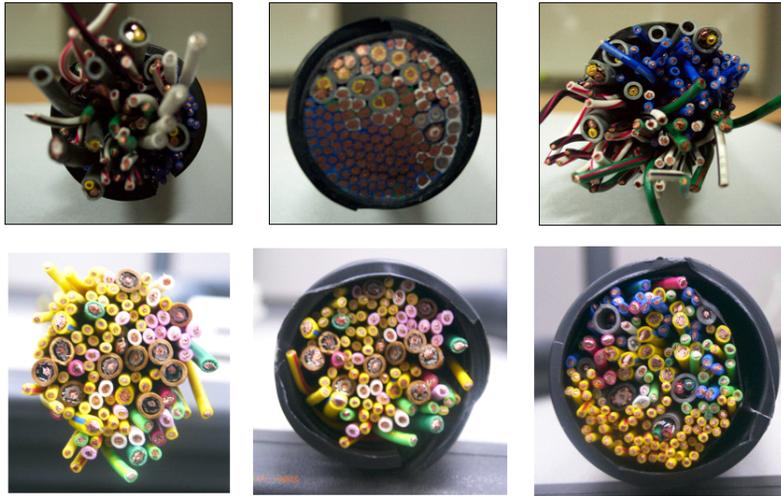


그림 3-9 Cable Harness Samples in Automotive Vehicle

## 2. 연구의 방법

### 가. crosstalk 분석을 위한 시뮬레이션 및 측정 setup

Crosstalk 현상 분석을 위해 아래 그림 3-10과 같은 테스트 Setup을 구성하였는데, 본 Setup은 자동차 내의 케이블 간에 crosstalk에 의해 Noise가 유입되는 현상을 분석하기 위한 setup이다. 두 케이블간의 crosstalk 현상을 일으키기 위해 두 케이블간의 간격을 어느 정도 가깝게 하여 일정하게 유지하였으며, 모든 케이블의 끝단에는 50옴 저항으로 Termination하였다. 한쪽 끝은 사인과 형태의 노이즈 전압을 발생시켜 인가하였다. 50옴 저항이 하는 역할은 인가된 노이즈 전압 및 유기된 crosstalk 노이즈가 케이블 끝단에서 반사되어 되돌아가는 것을 최대한 막아주는 역할을 하게 된다. 자동차의 경우 차체가 그라운드가 되기 때문에 테스트 setup의 경우 차체를 꾸며주기 위해 두 케이블 아래에 충분히 크기의 큰 도체 판을 두었다. 그리고 자동차 내 케이블과 차체 사이에는 약간의 거리가 존재하게 되는데, 테스트 setup의 경우 스

티로폼을 사용해서 케이블과 도체 층 사이의 거리를 일정하게 유지하였다. 스티로폼의 경우 유전상수가 1이며 이는 공기의 유전상수와 같다. 테스트 setup에서 고정된 값은 전력 케이블 및 오디오 케이블의 길이 및 지름이다. 케이블 사이의 간격, 스티로폼의 두께, 오디오 케이블의 꼬인 횟수에 따른 crosstalk의 크기를 분석한다. 자세한 테스트 환경은 다음 그림 3-10을 참고한다.

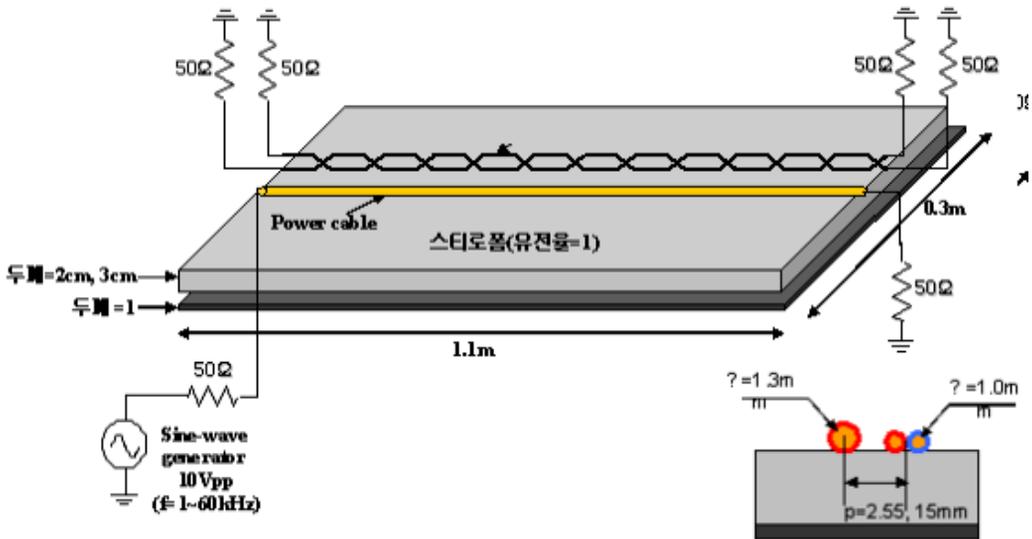


그림 3-10 차량 Cable Crosstalk 분석을 위한 시뮬레이션 및 측정 Setup

#### 나. 측정을 통한 crosstalk 현상 분석 방법

선간의 crosstalk 분석을 위한 측정 setup을 다음 그림 3-11에 나타내었다. 케이블, 유전체 등의 구성은 전장에 소개한 setup과 동일하며, 케이블에 노이즈를 인가하기 위해 Tektronix사의 AFG3252 function generator를 사용하였다. 사용된 장비를 통해 5Vpp의 1kHz~50MHz의 사인파 신호를 케이블 한 끝단에 인가한다. 꼬인 케이블에 인가된 crosstalk를 측정하기 위해 실시간 오실로스코프인 Tektronix DPO7254가 사용되었다. High Z 프로브를 사용하여 두 개의 와이어 구성된 케이

블의 총 4개의 끝 단자를 모두 측정하였다. 측정된 crosstalk 파형은 오실로스코프에 나타나게 된다.

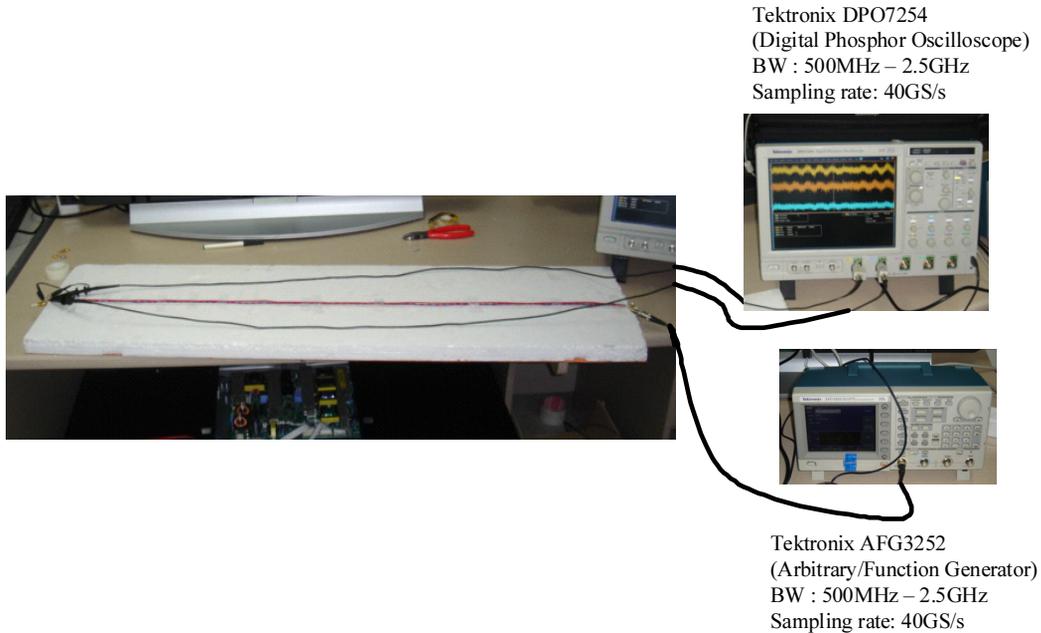


그림 3-11 Cable crosstalk 분석을 위한 측정 환경

다. 시뮬레이션을 통한 crosstalk 해석

선간의 crosstalk 해석을 위해 상용 시뮬레이션 툴인 cablemode를 사용하였으며, 테스트 setup은 앞서 나타낸 그림 3-11과 같은 환경으로 구성하였다. Cablemode는 꼬인 와이어에 대한 모델을 제공하며, 꼬인 횟수 및 꼬인 와이어 사이의 간격을 조정할 수 있다. 발생한 crosstalk의 결과는 전압소스의 주파수를 sweep 하여 인가하여 crosstalk 결과를 도출 한다.

## 2. Cable Harness Crosstalk 현상 분석

### 가. Cable간의 Crosstalk 현상 연구

#### (1) 주파수에 따른 Cable간 Crosstalk Common Noise 분석결과

다음 그림 3-12는 주파수를 10kHz에서 80kHz까지 증가시키며 따라 Crosstalk common noise가 얼마만큼 넘어가는 지를 측정한 결과 그래프이다. 주파수가 증가함에 따라 비례하여 common noise가 증가됨을 측정을 통하여 알 수가 있다.

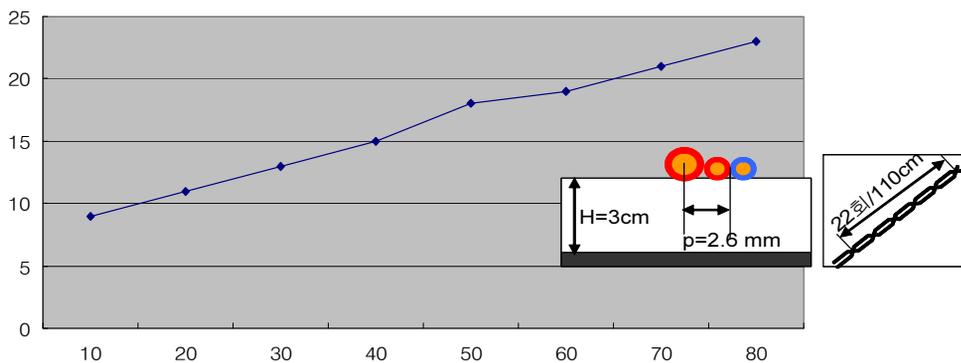


그림 3-12 주파수에 따른 Cable간 Crosstalk Common Noise 분석 측정 결과

다음 그림 3-13은 Cablemod Simulation Tool을 이용하여 주파수 10KHz ~ 500KHz까지 증가시키면서 Crosstalk Noise를 해석한 결과이다. 주파수가 증가함에 따라서 Crosstalk Common Noise가 증가되며, 측정과 유사한 경향을 보인다.

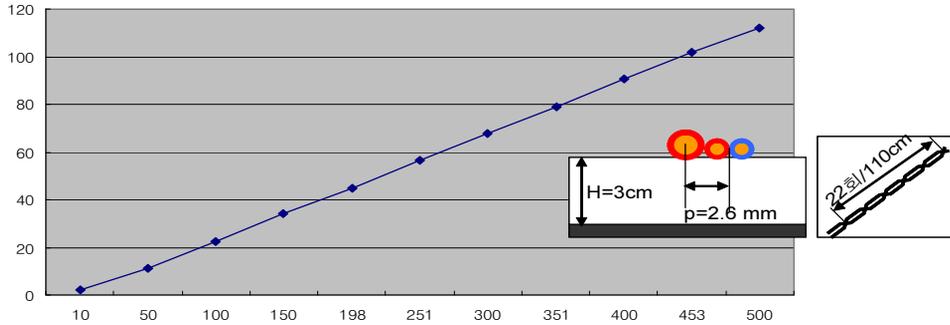


그림 3-13 주파수에 따른 Cable간 Crosstalk Common Noise 분석 시뮬레이션 결과

(2) Cable 간격(Pitch)에 따른 Crosstalk Common Noise 분석결과

다음 그림 3-14는 두 Cable간의 간격을 증가시키면서 Crosstalk Common Noise현상을 측정 한 결과 이다. 측정결과로 두 케이블간의 간격 즉 Pitch를 증가시키면 common noise가 감소하는 현상을 보인다.

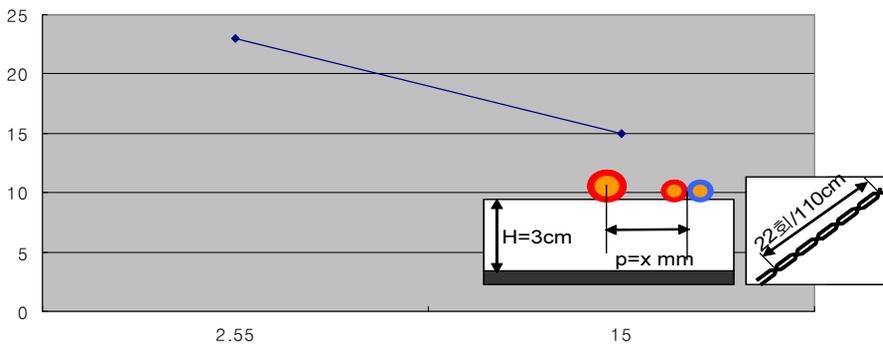


그림 3-14 Cable 간격(Pitch)에 따른 Crosstalk Common Noise 분석 측정 결과

다음 그림 3-15는 Cablemod를 이용한 Simulation 결과로써, Pitch 거리가 커짐에 따라 X-talk되는 Common Noise는 감소한다. 역시 측정결과와 같은 경향성을 보인다.

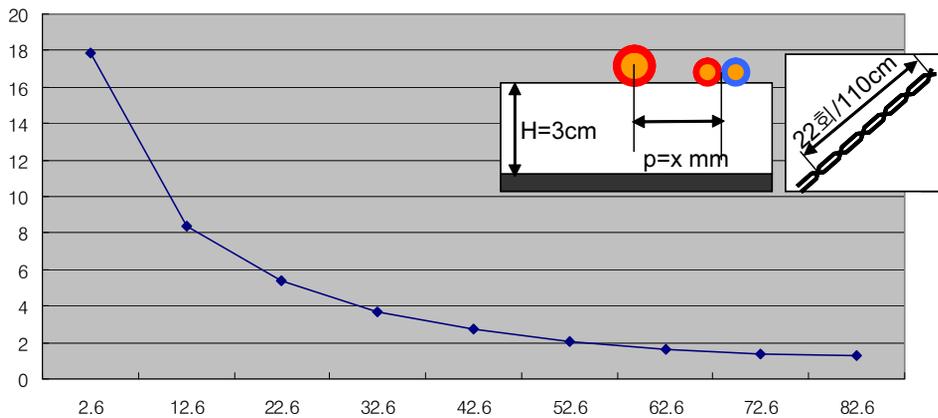


그림 3-15 Cable 간격(Pitch)에 따른 Crosstalk Common Noise 분석 시뮬레이션 결과

(3) Cable간 커플링 길이에 따른 Crosstalk Common Noise 분석결과

다음 그림 3-16은 Cablemod을 이용하여 두 Cable간의 커플링 길이를 증가시키면서 Crosstalk Noise를 Simulation한 결과이다. 케이블간의 커플링 길이가 증가함에 따라서 Crosstalk Common Noise가 증가되는 경향을 볼 수가 있다.

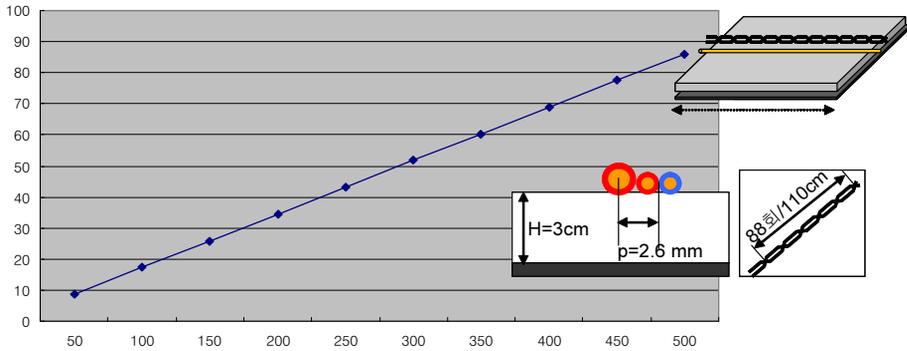


그림 3-16 Cable간 커플링 길이에 따른 Crosstalk Common Noise 분석 결과

(4) Ground 거리에 따른 Crosstalk Common Noise 분석결과

다음 그림 3-17은 Cablemod을 이용하여 Cable과 Ground간의 거리를 증가시키면서Crosstalk Noise를 Simulation한 결과이다. Ground와의 거리가 멀수록 Crosstalk Common Noise가 증가되는 경향을 볼 수가 있다.

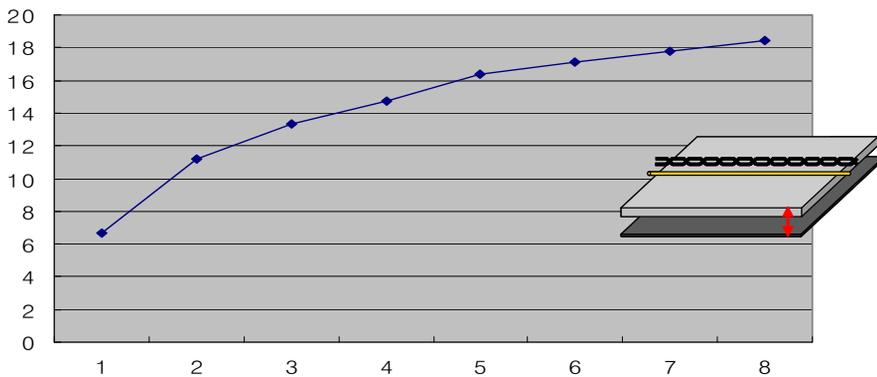


그림 3-17 Ground 거리에 따른 Crosstalk Common Noise 분석결과

(5) 꼬인 횟수에 따른 Crosstalk Common Noise 분석

다음 그림 3-18은 Twisted Cable의 꼬인 횟수에 따른, Twisted Cable에 유기되는 Crosstalk Common Noise 현상을 측정된 결과 이다. 측정결과, 꼬인 횟수가 4회 이상 되면 꼬인 횟수에 상관없이 X-talk되는 common noise는 거의 일정하다.

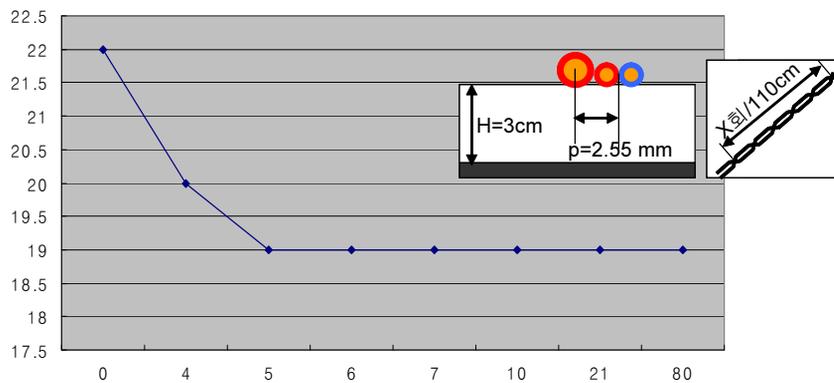


그림 3-18 꼬인 횟수에 따른 Crosstalk Common Noise 분석

(6) Cable간 Crosstalk Common Noise 경향성 분석 결과

Crosstalk Common Noise 경향성 분석 결과 다음과 같은 비례식을 얻었다.

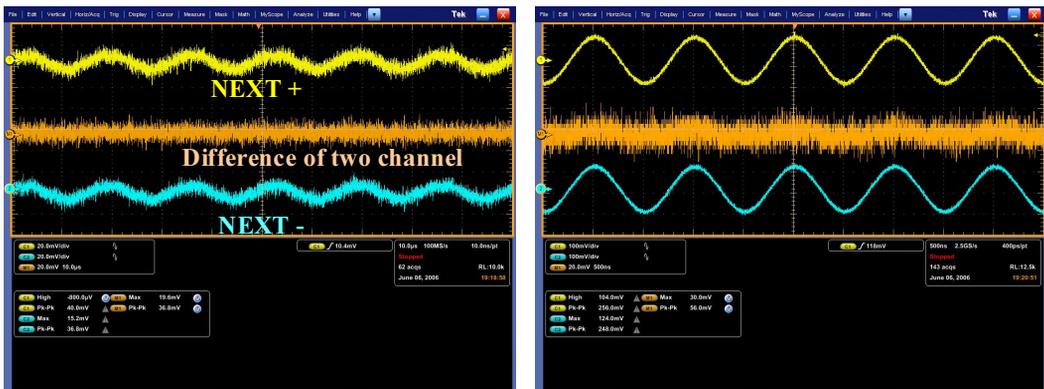
$$Common\_Noise \propto \frac{\text{주파수} \times \text{커패시턴스}}{1 + \left( \frac{\text{Pitch거리}}{\text{그라운드거리}} \right)^2}$$

· Noise Source원의 주파수가 클수록 X-talk되는 Common Noise는 증가한다. 내연기관 자동차의 악셀레이션을 밟으면 Alternator Noise의 주파수가 증가되고, 따라서 Crosstalk Common Noise도 증가한다.

- 커플링되는 Cable의 길이가 길수록 X-talk되는 Common Noise는 증가한다. 따라서 Cable 설계 시, Coupled Cabling Path가 길수록 Crosstalk Common Noise도 증가한다.
- Pitch 거리에 커짐에 따라 X-talk되는 Common Noise는 반비례한다.
- Cable과 Ground간의 거리가 가까울수록 Common Noise는 감소한다. 따라서 Chassis Ground에 밀착시켜 Cabling하는 것이 유리하다

나. Twisted Cabling 방법에 따른 Crosstalk 영향 분석

아래 그림 3-19는 유전체 높이를 3cm, Twisted 케이블 꼬인 횟수=8회/10cm, 그리고 두 케이블 사이의 간격을 2.55mm로 둔 상태에서, Noise Source를 60KHz와 1MHz로 인가했을 때, Twisted Cable상에 유기되는 Crosstalk Noise를 측정된 결과 이다.



(a) 소스 주파수가 60kHz 인 경우

(a) 소스 주파수가 1MHz 인 경우

그림 3-19 Twisted Cable상에 유기되는 Crosstalk Noise 측정 결과

파형을 분석해 보면 NEXT+와 NEXT-에 거의 같은 크기 및 같은 주파수의 crosstalk 사인파가 나타남을 알 수 있다. 만약 케이블 두 신호선에 동일한 크기와 위상의 crosstalk 노이즈 파형이 인가된다면 crosstalk에 의해서 노이즈가 상쇄된다. 동일한 노이즈가 두 와이어에 똑같이 인가된다면 차동 신호에서는 노이즈가 0이 된다. 하지만 실제 측정된 파형을 자세히 보면 미세하지만 약간의 전압차이가 존재함을 확

인 할 수 있다. (NEXT+=40mV, NEXT-=36.8mV @ 60kHz ; NEXT+=256mV, NEXT-=248mV @ 1MHz)

이 차이는 케이블의 양끝 단 부분에 터미네이션 저항을 연결하기 위해 꼬인 부분이 조금씩 풀어지거나, 두 케이블간의 길이차이가 존재하여서 두 꼬인 와이어에 정확하게 똑같은 양의 crosstalk이 발생하지 않기 때문이다. 실제 자동차 내에서도 비슷한 현상이 발생할 수 있기 때문에 이러한 상태에 따른 Crosstalk Differential Noise 현상을 분석해 본다.

(1) Twisted Cable의 꼬인 횟수에 따른 Crosstalk Differential Noise 분석

Differential Noise는 Twisted line 사이의 노이즈 차이를 나타낸다. 아래 그림 3-20은 시뮬레이션 결과로써, 꼬인 횟수가 1회 이상 되면 Twisted line 사이의 크기 차가 생기지 않음을 볼 수 있다.

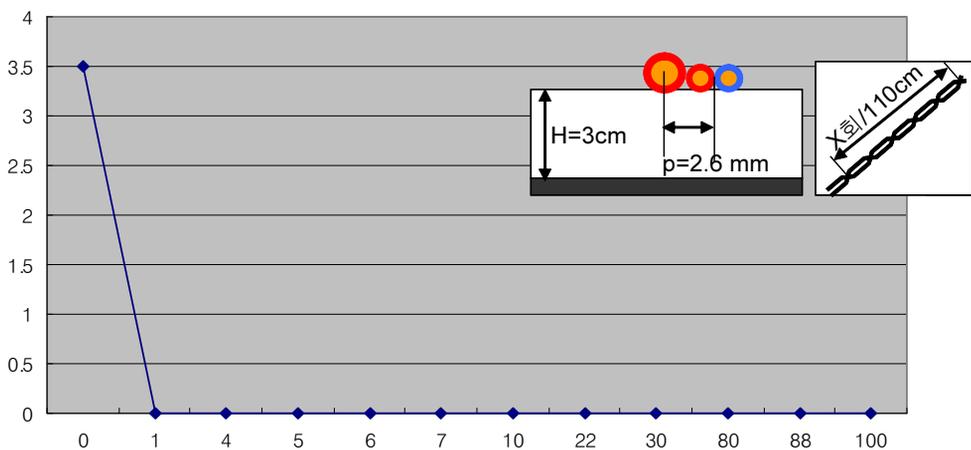
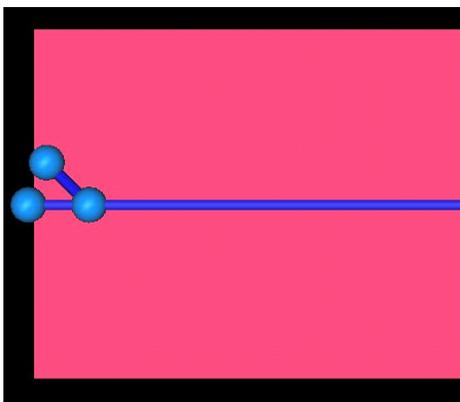
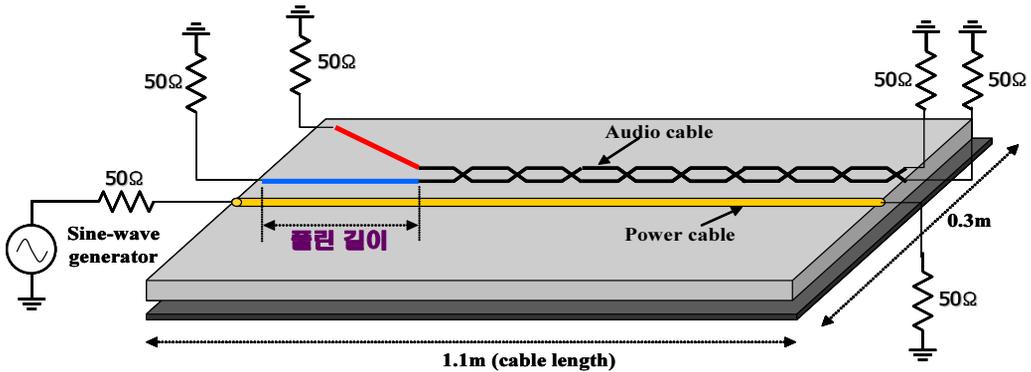
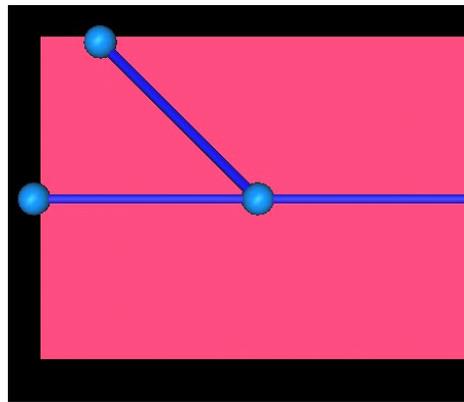


그림 3-20 Twisted Cable의 꼬인 횟수에 따른 Crosstalk Differential Noise 분석

(2) Twisted Cable의 풀린 길이에 따른 Crosstalk Differential Noise 분석  
 다음 그림 3-21은 Cablemod에서 50옴 termination을 하고 twisted line NEXT의 각각 S-parameter 구한 뒤, Differential Noise를 해석 하였다.



풀린 길이 = 5cm



풀린 길이 = 20cm

그림 3-21 Twisted Cable의 풀린 길이에 따른 Crosstalk Differential Noise 분석

다음 그림 3-22는 그 해석 결과 이다. 시뮬레이션은 조건 pitch=2.5mm, 꼬인 횟수를 88회로 고정하였다. 시뮬레이션 결과를 보면, 예측한 대로 풀린 길이가 길수록 X-talk되는 Differential Noise 크기는

증가한다. 또한 주파수가 증가할수록 Differential Noise 크기는 증가한다.

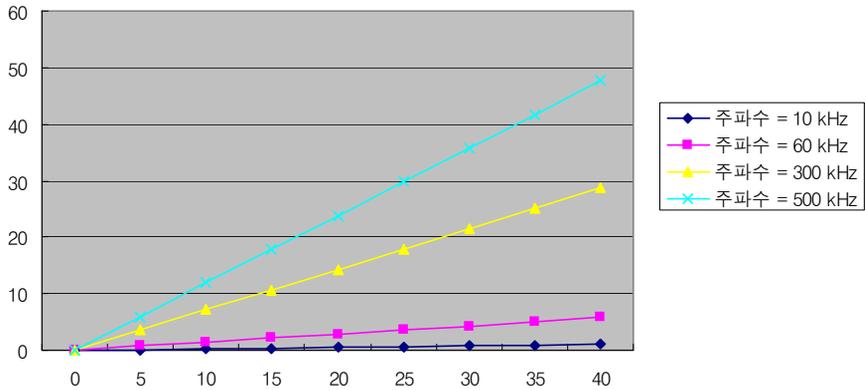


그림 3-22 Twisted Cable의 풀린 길이에 따른 Crosstalk Differential Noise 해석 결과

(3) Twisted Line의 길이 차이에 따른 Crosstalk Differential Noise 분석  
 아래 그림 3-23은 Twisted line의 길이 차이를 나타내는 그림으로 길이 차이를 바꿈에 따라 Differential Noise를 분석하였다.

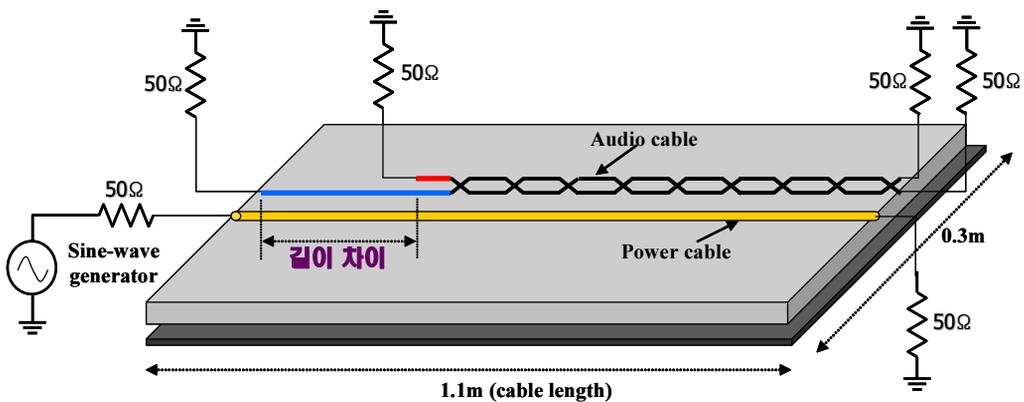


그림 3-23 Twisted line의 길이 차이

아래 그림 3-24는 해석결과이다. 길이차이가 클수록 X-talk되는 Twisted line간의 Differential Noise는 증가한다. 또한 주파수가 증가할수록 Differential Noise는 증가한다.

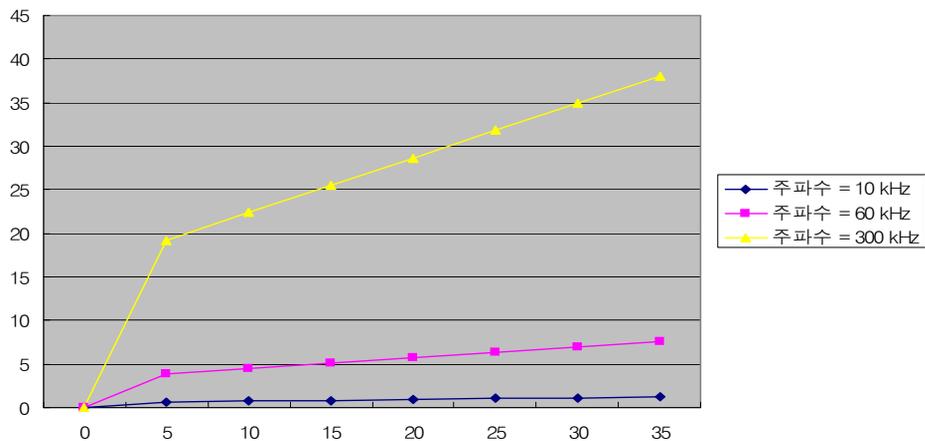


그림 3-24 Twisted Line의 길이 차이에 따른 Crosstalk Differential Noise 해석 결과

다음 그림 3-25는 Twisted line간 풀린 길이와 길이 차이와 Crosstalk Differential Noise를 비교한 결과이다. 길이 차이가 풀린 길이보다 Differential Noise에 더 많은 영향을 준다.

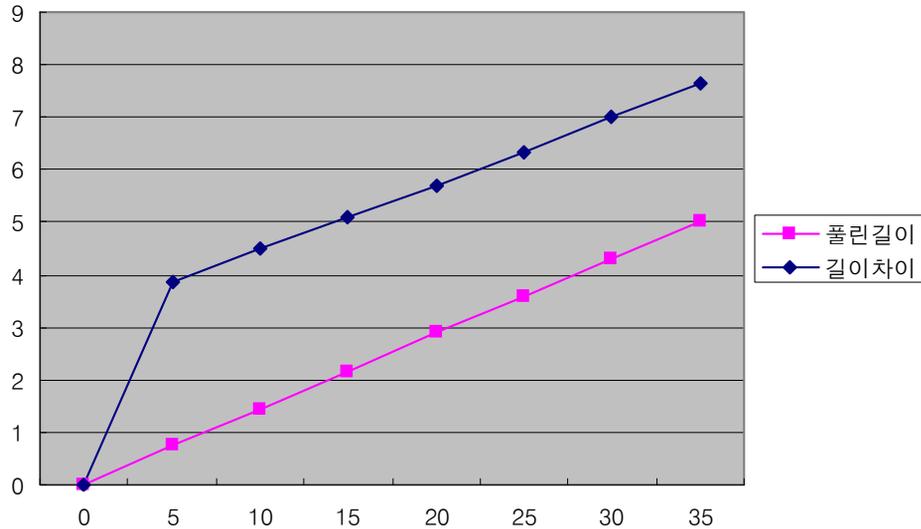


그림 3-25 Twisted line간 풀린 길이와 길이 차이와 Crosstalk Differential Noise를 비교한 결과

#### 다. Crosstalk 시간 영역 분석

앞에서 구한 S-parameter 값을 이용하여 ADS tool을 이용하면 시간 영역으로 신호를 볼 수 있다. Cablemod transient 분석은 시간이 많이 걸리는 한편, ADS를 이용하면 빠른 시간 안에 결과를 볼 수 있는 장점이 있다. 하지만 주파수 영역에서 시간영역으로의 변환에 따른 신호 왜곡이 일어날 수 있다. 우선 cablemod에서 S-parameter 정보를 가지고 있는 touchstone file을 만든다. 그리고 이 파일을 다음 그림 3-26과 같이 꾸민 ADS에 적용한다. 그리고 실제 cablemod에서 시뮬레이션한 상태와 같이 50옴 연결을 한다. Single line NEXT, FEXT와 twisted line NEXT, FEXT 총 6개의 포트가 필요하다.

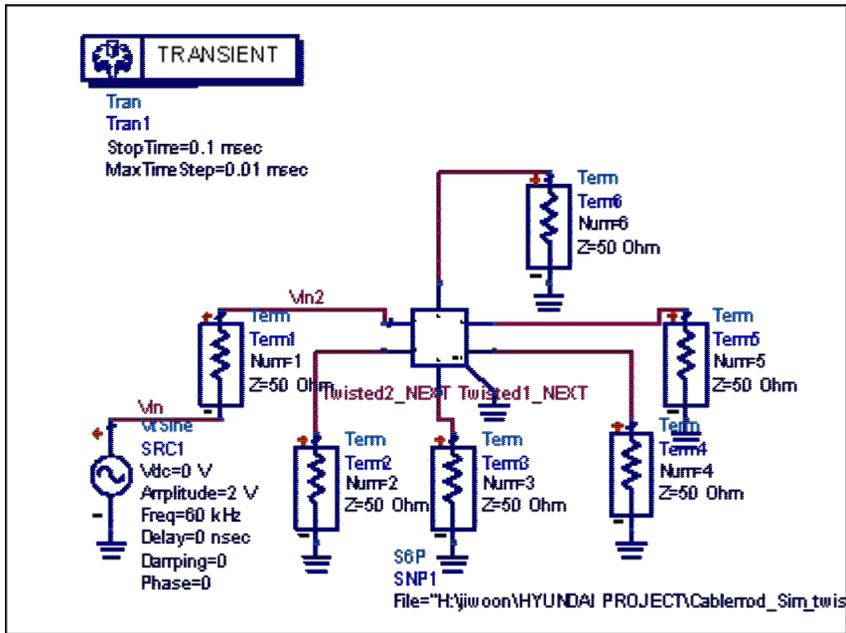


그림 3-26 ADS를 이용한 Crosstalk 시간 영역 분석

앞에서 시뮬레이션을 수행한 폴린 길이에 따른 Twisted line NEXT의 differential noise 분석을 시간 영역으로 나타내보자.

다음 그림 3-27을 보면 1V 전압이 인가되었을 때 twisted line인 케이블(1), 케이블(2)에 인가된 전압은 2.871mV가 된다. 이 케이블 간의 차이가 differential noise이므로 차이를 구해서 그래프로 나타내면 그림의 마지막 그림과 같이 노이즈가 없음 알 수 있다. 하지만 그 다음 그림 3-28에서는 폴린 길이를 15cm로 했을 때 differential noise 가 나옴을 볼 수 있다. 이 값은 시뮬레이션 틀에서 구한 S-parameter 분석에서 구한 값과 일치한다.

◎ 조건: Pitch=2.6mm, 꼬인 횟수=88회, 60kHz  
 풀린 길이=0cm

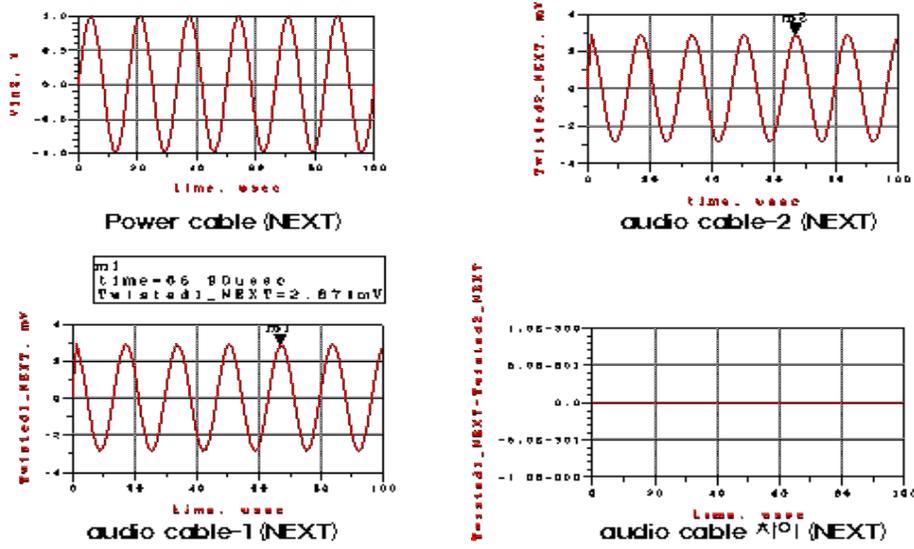


그림 3-27 풀린 길이가 0cm일 때, 입력신호와 커플링된 출력신호

◎ 조건: Pitch=2.6mm, 꼬인 횟수=88회, 60kHz  
 풀린 길이=15cm

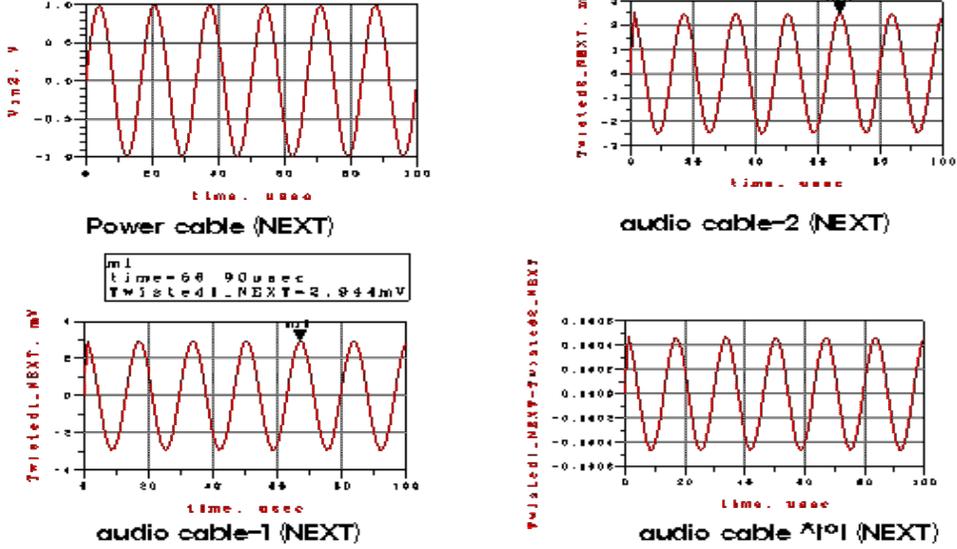


그림 3-28 풀린 길이가 15cm일 때, 입력신호와 커플링된 출력신호

### 3. 연구 결론

본 장에서는 하이브리드 자동차 내에서 발생할 수 있는 crosstalk 현상에 대해 소개하고 분석하였다. Crosstalk 현상에 대해 이론적인 접근을 시도하였고, 실제 문제가 되고 있는 케이블 노이즈로부터 케이블로의 crosstalk을 예로 들어 다양한 조건에서의 crosstalk 결과를 분석하였다. 분석된 결과를 통해 crosstalk을 감소시키기 위한 대책을 소개하였다. 두 개의 꼬인 와이어로 구성되어 crosstalk 노이즈에 상대적으로 영향을 덜 받는 것을 소개하였다. 하지만 끝 부분과 같이 다른 단자와 연결되는 부분에서 꼬인 것이 풀려지거나 Twisted Cable 내의 길이 차이가 존재하면, 그 부분에서 crosstalk 노이즈를 발생시킬 수 있다는 점을 규명하였다. 특히 풀린 길이 보다는 길이 차이가 Crosstalk Differential Noise에 더욱 큰 영향을 미치는 것을 명확히 하였다. 그리고 자동차에서 발생하는 crosstalk의 경우 그 주파수가 수십 kHz 대역으로 매우 낮아 crosstalk 양이 주파수에 따라 그대로 비례하는 것을 보여주었다.

시뮬레이션을 통한 crosstalk 예측이 가능한지를 검증하기 위해 Cablemode 시뮬레이션 통과 측정 결과를 몇 가지 조건에서 비교 분석하였다. Simulation과 측정은 매우 유사한 결과를 도출해주는 것으로 확인 되었다.

## 제 4 절 하이브리드 자동차 EMI 규격 및 동향 조사

### 1. EMI 규격 조사 개요

서론에서 언급한 것과 같이 UN의 자동차 EMI 법규인 ECE R.10은 불꽃점화 기관인 가솔린 자동차에서 압축착화 기관인 디젤 자동차까지 전자파 방사 및 내성시험을 수행하도록 법규를 강화하였다. 그러나 강화된 ECE R.10 규정 속에도 EMI 시험방법은 CISPR12를 준용하도록 명시되어져 있다. 이는 불꽃점화 기관을 가진 자동차에 대한 시험방법 및 기준만 명확히 규정되어져 있는 CISPR12 규정으로는, 고 출력 전기모터, 고 전압 DC/AC Inverter, 고 전력 DC/DC Converter, 등을 가진 하이브리드 및 전기 자동차에 대하여서는 별도의 규정이 개정되어져 있지 않다. 본 절에서는 기존의 자동차 EMC 규격을 파악하고, 이어 국제적 규격 및 동향을 조사하여, 하이브리드 및 전기 자동차를 위한 강화된 규격을 파악하고자 한다.

### 2. 기존의 자동차 EMI 규격

EMC 규격은 장비의 동작에 따라 발생한 전자파가 외부에 있는 장치나 장비에 영향을 주지 마라는 EMI 규격과, 외부로부터 발생되어진 전자파로부터 동작하는 장비가 영향을 받지 마라는 EMS 규격으로 나누어진다. EMI 규격은 EMI 국제기구인 CISPR(국제무선장해특별 위원회)에서 규정한 CISPR12 및 CISPR25와 같은 자동차 EMI 규격이 있으며, 한국의 KN41과 같이 유럽 국가들이 규정한 EEC 72/245, 95/54, 2004/104, 2005/83, 2006/28 등의 규격이 존재하며, UN이 규정한 ECE R10.3, 외의 각 나라들이 만든 규격, 업체 및 군사용의 규격 등등의 다양한 규격들이 존재한다. 또한 EMS 규격 역시 국제기구인 ISO(국제표준화기구)가 규정한 ISO 11451,11452,7637,10605 등의 규격과, 한국의 KN41과 같이 유럽 국가들이 규정한 EEC 95/54, 2004/104, 2005/83,

2006/28 등의 규격이 존재하며, UN이 규정한 ECE R10.3, 외의 각 나라들이 만든 규격, 업체 및 군사용의 규격 등등의 다양한 규격들이 존재한다.

이러한 규격들은 각 나라 또는 업체마다 조금씩 내용이 상이하여, EMI 규정을 적용하기에는 나라별 또는 업체별로 그 규정을 파악하여야 하는 어려움을 주고 있다. 따라서 최근에는 이러한 규정을 통일하자는 바람이 강하게 불고 있으며, 이에 따라 EMI 규격이 세계의 협의회를 구성하고 있는 CISPR 규격으로 통일 되어져 가고 있다. 실질적으로 개정된 UN 규격도 CISPR을 적용 할 것을 명시하고 있으며, 중국을 포함하여 많은 나라들이 CISPR 규격을 따르도록 하고 있다. 이에 본 연구에서도 CISPR 자동차 규격을 중심으로 정리 하였다.

#### 가. CISPR12의 주요 내용

##### (1) 적용 범위

본 규격은 30MHz 에서 1GHz까지의 주파수 대역에서 방송용 수신기를 보호하기 위하여 만들어 졌으며, 차량 또는 장치에서 10m 이내의 주거환경 하에서는 적합한 통신장비의 보호를 제공하지 않을 수도 있다.

##### (2) 광대역 방사의 한계값

10m 안테나 거리에서 측정되는 광대역 방출의 한계값은 그림 3-29에 주어진다. 그리고 그림에 도식적으로 나타나 있다. 3m 안테나 거리에서 측정은 한계값에 10dB을 더해준다. 1GHz 이상의 한계값은 심의 중에 있다.

Limit  $L_{bw}$  [dB( $\mu$ V/m)] as a function of bandwidth, detector and frequency  $f$  (MHz)

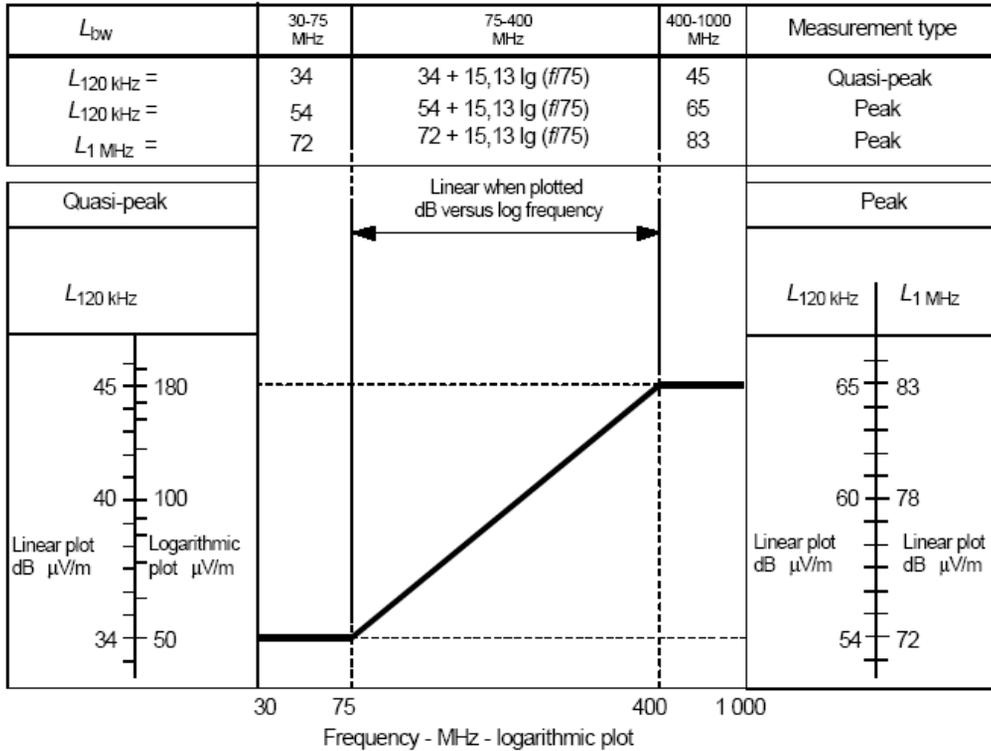


그림 3-29 10m 안테나 거리에서 방해파(광대역)의 한계값

(2) 협대역 방사의 한계값

10m 안테나 거리에서 측정되는 협대역 방사를 위한 한계값은 그림 3-30에서 나타나 있다. 한계값은 첨두값 또는 준첨두값 검출기 측정에 적용한다.

9 kHz 이상의 동작 주파수를 가지며 전자기기를 포함 하지 않는 차량 들은 협대역 방사의 시험 없이 이 항목의 협대역 요구 조건을 만족하는 것으로 간주한다. CISPR25의 협대역 방사 조건들을 만족하는 차량/보트/장치들은 이 하위 항목의 협대역 요구 조건을 만족하는 것으로 간주 한다. 그리고 더 이상의 시험은 진행하지 않는다. 3m 안테나 거리에서 측정은 한계값에 10dB을 더해준다. 150kHz~30MHz의 한계값은 심의 중 이다.

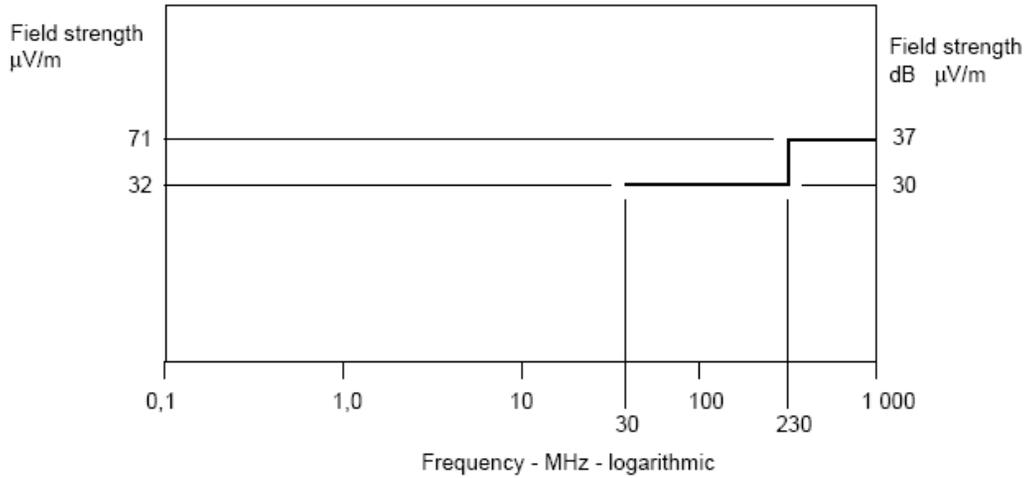


그림 3-30 10m 안테나 거리에서 협대역의 한계값

### (3) 측정 방법

최소 스캔 시간은 스펙트럼 분석기 또는 스캔 수신기의 주파수 대역과 사용된 검파 모드를 위하여 조정되어야 한다. 가장 빠른 스캔시간은 Sweep 시간/주파수로 구할 수 있으나, 표에 스캔시간을 규정 하였다.

표 3-1 최소 스캔 시간

주파수 대역	첨두값 검파	준첨두값 검파
A 9~150kHz	적용되지 않음.	적용되지 않음.
B 0.15~30MHz	100ms/MHz	200s/MHz
C,D 30~1000MHz	1ms/MHz	20s/MHz
KS C CISPR 16-1에서 정의된 대역에서, 대역 A와 B는 이 제5판 규격에서는 사용되지 않는다.		
비 고 어떠한 신호(예를 들어 낮은 반복율 신호)는 최대 크기가 측정되는 것을 보장하기 위해 더 느린 스캔 비율 또는 다중 스캔이 요구된다.		

측정 기기의 대역폭은 기본 잡음의 한계값 보다 최소 6dB 더 낮게 선택되어야 한다. 대역폭은 아래 표에서 규정되어 있다. 측정 기기의 대역폭이 협대역 신호의 대역폭을 초과할 때, 측정된 신호의 크기는 영향을 받지 않으나, 순간적인 광대역 잡음의 표시값은 측정기기 대역폭이 좁아질 때 더 낮아진다.

표 3-2 권고된 측정 기기의 대역폭(6dB)

주파수 대역 [MHz]	기기 대역폭 [kHz]
0.15~30 (이번 제5판에서는 사용되지 않음.)	9
30~1000	120

만약 스펙트럼 분석기가 침투값 방식으로 측정하면, 비디오 대역폭은 분해능 대역폭(resolution bandwidth) 대비 최소 3배가 되어야 한다.

30~1000MHz의 주파수 범위에서의 기준 안테나는 평형 다이폴(KS C CISPR 16-1 참조)이어야 하며, 자유 공간의 안테나 인자가 적용되어야 한다. 안테나 길이는 80MHz 공진 길이와 같은 길이여야 하며, 이것은 적절한 변환 장치에 의한 급전기에 동조되고 매칭 되어야 한다.

30~1000MHz의 주파수 범위에서의 광대역 안테나는 기준 안테나로 동조되어지면 선형 편파 수신 안테나로 사용하는 것이 허용된다. 광대역 안테나는 스캔 측정기기를 사용하여 자동화 시스템에 적용 할 때 유용하다. 광대역 안테나를 사용 할 경우는 KS C CISPR16-1에서 주어진 안테나들의 요구 조건을 충족할 수 있어야 한다.

#### (4) 측정 위치의 요구 조건

차량과 장치를 위한 야외 시험장(OATS) 요구 조건은 반드시 차량 또는 장치가 안테나 사이의 중간 지점으로부터 최소 반지름 30m의 원

안에 전자계 반사 표면이 없는 곳이어야 한다. 측정기기의 위치는 측정기기가 지면에 있을 때 막사 또는 시험장 안에 위치 시켜야 하나, 그림 3-31에서 그물눈으로 표시된 곳에도 위치시킬 수 있다. 측정 장소에서의 Ambient Noise는 측정 한계 값보다 6dB 이하이어야 한다.

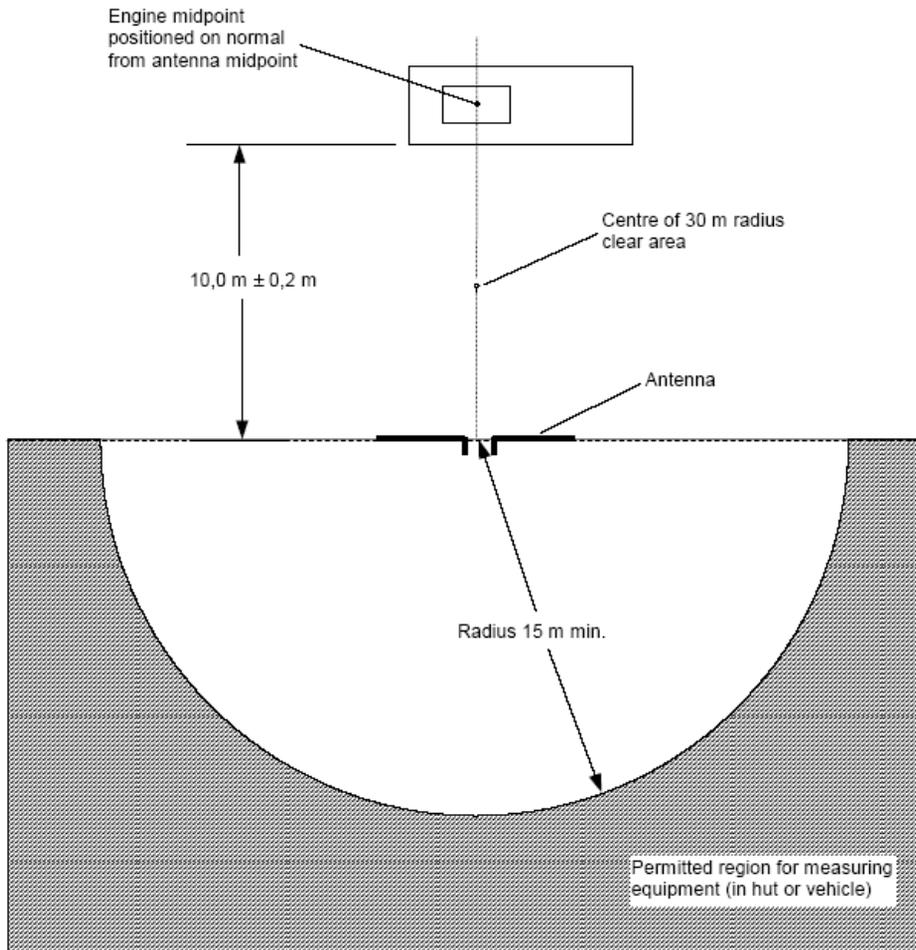


그림 3-31 차량과 장치를 위한 측정 장소(OATS)

보트를 위한 야외 시험장(OATS)은 반드시 수검 기기와 안테나 사이의 중간 지점으로부터 최소 반지름 30m의 원안에 전자계 반사 표면이 없는 곳이어야 한다. 따로 시험되는 보트 또는 엔진/모터는 그림 3-32

에서 보이는 것처럼 측정 위치에서 소금물로 측정되어야 한다. 측정기기는 차량을 측정 할 때와 같이 막사 또는 시험장 안에 위치 시켜야 하나, 그림 3-32에서 그물눈으로 표시된 곳에도 위치시킬 수 있다

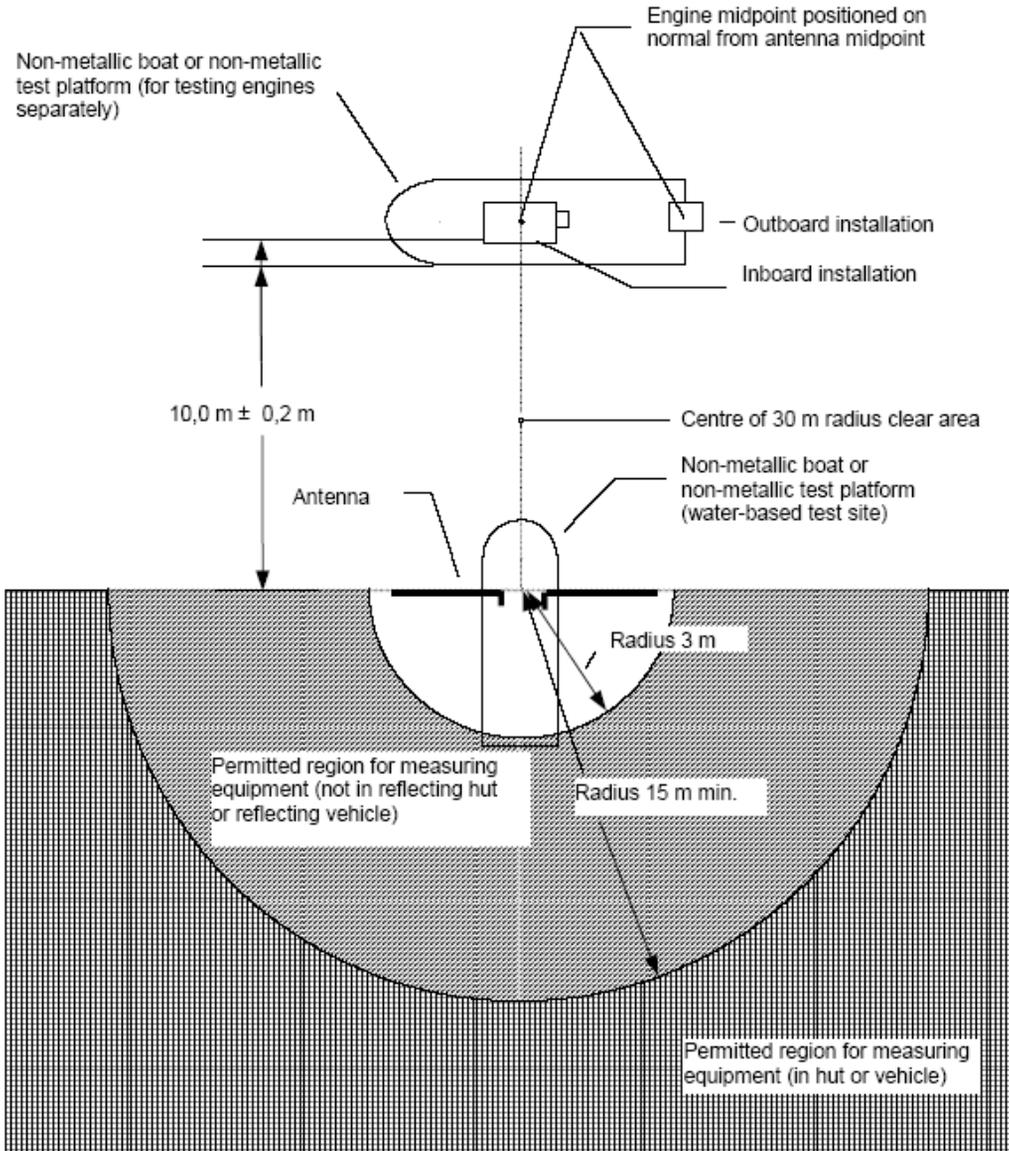


그림 3-32 보트를 위한 측정 장소(OATS)

전자파 무반사실(ALSE)은 옥외 시험장을 위한 요구 사항 들을 준수 하도록 보정되어졌을 때 사용될 수 있다. 그러한 시험장은 안정된 전기적 특성을 나타내기 때문에 날씨 및 환경 등에 우수한 재현성을 가진다. 주변 잡음 레벨은 한계값 보다 적어도 6dB 이하여야 한다.

30~1000MHz 주파수 대역의 측정 시, 측정은 수평과 수직 편파로 실시하나, 150kHz~30MHz 주파수 대역의 측정은 수직 편파만 진행 한다. 30~1000MHz 주파수 대역에서의 측정 거리가 10m이면, 안테나의 중심 은 지면/바닥 또는 해수면 위에서  $(3.00 \pm 0.05)m$ 이어야 한다. 3m의 측정 거리이면, 높이는  $(1.80 \pm 0.05)m$  이어야 한다. 150kHz~30MHz의 주파수 에서, 안테나의 가상 접지는 최대 7:1의 길이 대비 폭을 가지는 도선을 가진 지면/바닥에서 가능한 한 물리적으로 전기적으로 지면/바닥에 근 접해야 한다.

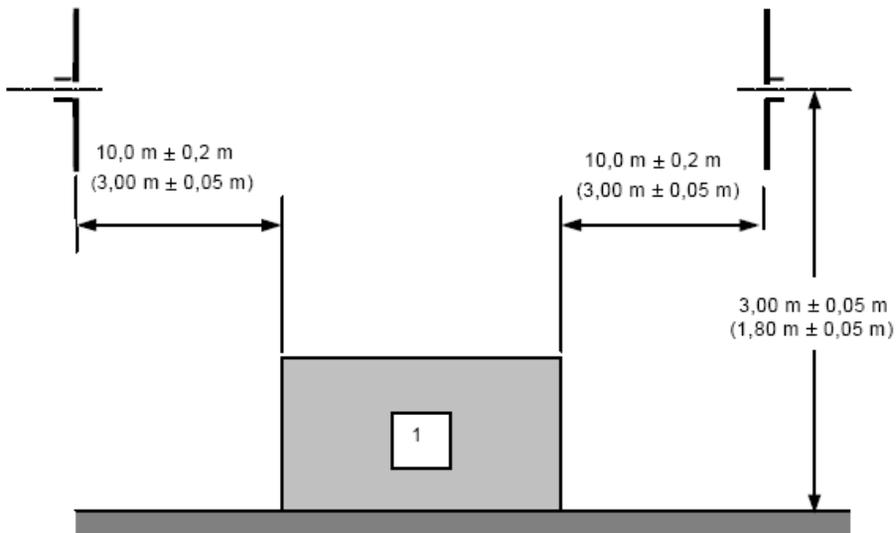


그림 3-33 잡음 전계강도 측정을 위한 안테나 위치-수직 편파

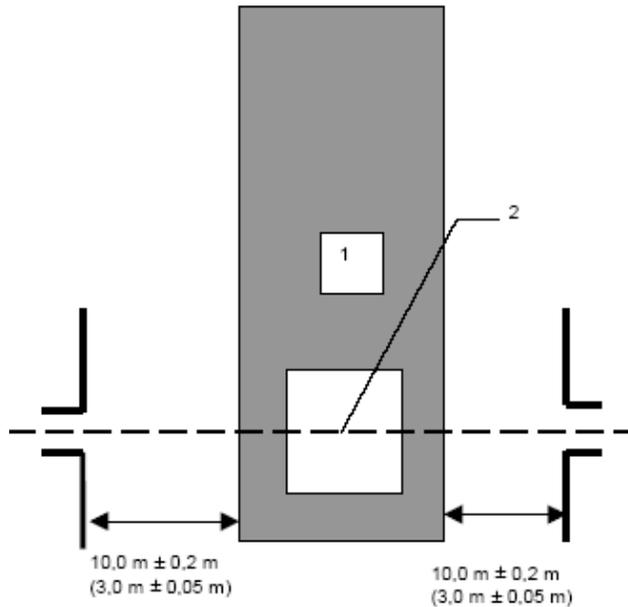


그림 3-34 잡음 전계강도 측정을 위한 안테나 위치-수평 편파

가장 가까운 차량이나 장치의 금속 부분까지 안테나의 바람직한 수평 거리는  $(10.0 \pm 0.2)\text{m}$ 이어야 한다. 대안으로서 요구 조건을 충족한다면 측정은  $(3.00 \pm 0.05)\text{m}$ 에서 이루어질 수 있다.

다중 안테나 주파수 범위  $150\text{kHz} \sim 30\text{MHz}$ 에서는 같은 편파에서 차량의 양쪽 면에서 로드 안테나의 사용을 인정한다. 주파수 범위  $30 \sim 1000\text{MHz}$ 에서 보조 안테나를 허용하면, 그리고 만약 두 안테나가 서로 마주보고 있다면 하나는 수평 편파를 다른 하나는 수직 편파를 이루어야 한다. 다중 안테나 배치(측정 거리  $3\text{m}$ )는 차량이나 장치의 길이가 안테나의  $3\text{dB}$  빔 폭 보다 클 때 요구된다. 같은 위치가 수평, 수직 편파 측정 모두에 대해 사용해야 한다. 다중 안테나의 배치는 측정된 잡음 전계 강도가 원래의 한계값에서 시험 설치와 안테나 이득 데이터의 지리적인 부피로부터 계산된 이득 감소를 뺀 값보다 더 낮을 경우 피할 수 있다. 전형적인 안테나는 대략  $60$ 도의  $3\text{dB}$  빔 폭을 가지고 있다. 이것은  $3\text{m}$ 의 거리에서 조사 범위가 약  $3.5\text{m}$ 가 되게 한다. 예를 들면 안테나의 중심선에서 양쪽으로  $1.75\text{m}$ , 그러므로  $8\text{m}$  길이의 차량은 차량

의 복사량을 측정하기 위해 각 면에 3개의 안테나 배치를 필요로 한다.

(5) 시험의 조건

측정은 차량/보트/장치가 건조된 상태이거나 강우가 그친 후 10분 이상이 지난 다음 시행해야 한다. 외부에 장착된 엔진이나 장치에 대해서는 보통 물과 접촉하고 있는 면들을 제외한 다른 모든 표면은 물기가 없어야 한다.

측정은 차량 또는 보트의 왼쪽과 오른쪽 면들에서 이루어져야 한다. 자동적으로 스위치가 켜지는 모든 기기들은 가능한 대표적인 정상 동작 중에 측정해야 한다. 엔진은 보통의 동작 온도 상태이어야 한다. 같은 차량이나 보트(하이브리드 시스템)에서 다른 추진 시스템들은 각각 측정되어야 한다. 내연 기관이 장착된 차량이나 보트들에서 기관은 표에서 보는 바와 같이 규정된 실린드 수에 따른 동작속도에서 측정되어야 한다.

표 3-3 내연 기관의 동작 속도

실린더의 수	기관속도 min <sup>-1</sup> ±10%
1	2500rev/min
>1	1500rev/min

전기 추진 모터가 장착된 차량들에서 차량은 다음과 같이 측정 동안에 차량은 일정한 속도인 40km/h를 유지하며, 차량의 속도가 40km/h보다 작으면 최대 속도에서 시험한다. 측정은 침두값 검파기로 하여야 한다. 전기적으로 추진되는 보트들의 규정은 고려중이다. 보조 엔진은 일반적으로 의도되는 방법으로 동작되어야 하며, 주 기관으로부터 가능한 분리하여 측정해야 한다.

이 요구 조건은 보통 엔진의 위치에 따라 차량이나 보트의 다중 시험을 지시할 수 있는데, 연속되는 시험에서 여러 개의 엔진을 안테나 앞

에 연속적으로 배치한다. 분리해서 시험될 때, 내측 발동기, 후미구동(stern drive) 및 배 밖의 기관들 또는 보트들을 위한 추진 모터들은 비금속 판자 또는 비금속 시험 장착물에 부착해야 하며, 내측 엔진/모터를 가지는 보트에서 규정된 비슷한 방법으로 시험해야 한다. 측정은 공회전 속도에서 부하 없이, 정상 동작 위치와 높이에서 최대 방출 방향에 대하여 시행한다. 실제로 시험품은 3개의 직교 평면에서 측정해야 한다.

## 나. CISPR25의 주요 내용

### (1) 적용 범위

이 규격은 주파수 한계값 150kHz ~ 1000 MHz에서의 발생하는 전기자기 장해 측정 한계값(limits)과 측정 방법을 포함하고 있다. 이 규격은 차량 및 대형 장치에 사용된 전자/전기 부품에 적용된다. 주파수 할당 문제에 관한 자세한 사항은 국제통신연합(ITU : International Telecommunications Union)의 발행물을 참조한다. 한계값이란 동일한 차량 안에 있는 부품/모듈에 의해 발생하는 방해로부터 차량 내 설치된 수신기를 보호해줄 수 있는 한계값을 의미한다.

보호받을 수 있는 수신기 형태에는 음향 수신기 및 TV 수상기, 이동식 라디오, 무선 전화기, 아마추어 및 민간 라디오 등이다. 이 규격에서 의미하는 차량이란 자가 추진 동력(self-propelled)이 있는 기계를 의미한다. 차량에는 승객용 차량, 트럭, 농업용 트랙터, 설상차가 포함될 수 있으나 차량의 한계값이 이러한 차량들에만 한정되어 있는 것은 아니다.

이 규격에서의 한계값은 권장 사항이며 차량 제조자와 부품 공급자간의 동의에 따라 변경될 수도 있다. 또한 이 규격은 차량 출고 후 차량 배선 혹은 내장 전원 커넥터에 연결되거나 추가될 수 있는 부품과 기기의 제조자와 공급자에 의해 적용되어질 수 있도록 만들어졌다.

이 규격은 무선 주파수 방출의 과도현상 혹은 펄스형식의 전압 변동으

로부터 전자 제어 시스템 보호를 다루고 있지 않는다. 이런 주제들은 ISO 발행물에서 다룰 것이다.

설치 장소, 차체 구조 및 배선 디자인에 따라 차량용 수신기에 무선 전자파가 결합될 수 있으므로, 이 규격에서는 복수 한계값 레벨(multiple limit levels)을 정의하고 있다. 주파수 대역의 기능으로 사용되는 레벨 등급(level class)은 차량 제조업자와 부품 제공자들 간에 합의가 되어야 한다. 세계무선통신회의 (WARC : The World Administrative Radiocommunications Conference)에서는 1979년에 1대역(region 1)에서의 시작 주파수 범위를 148.5kHz로 낮추었다. 차량용으로는 150kHz에서부터 시험을 시작하는 것이 적합하다. 이 규격의 목적은 시험 주파수 범위를 세계 여러 지역의 무선 서비스에 적용할 수 있도록 일반화시키는 것이다. 인접한 주파수 지점의 무선 수신은 대부분의 경우 보호될 수 있다.

30MHz 이상의 서비스에 대한 한계값이 지켜지면 30 MHz 이하의 주파수에서의 작동하는 서비스도 대부분의 경우 보호될 수 있다.

## (2) 광대역 및 협대역 전파 방해 발생원

표의 예들은 시험 계획에서 한계값을 결정하는데 도움을 주는 지표로 쓰인다.

표 3-4 지속성에 따른 광대역 방해 발생원의 예

연 속 성	장기 지속성	단기 지속성
점화 시스템 (Ignition system)	와이퍼 모터(Wiper motor)	파워 안테나(Power antenna)
자동 주행 조정기 (Active ride control)	히터 송풍 모터 (Heater blower motor)	도어 미러 모터 (Door mirror motor)
연료 주입(Fuel injection)	후면 와이퍼 모터 (Rear wiper motor)	도어 미러 모터 (Door mirror motor)
기기 조절기 (Instrument regulator)	에어컨 컴프레서 (Air conditioning compressor)	중앙 잠금 장치 (Central door lock)
교류 발전기(Alternator)	엔진 냉각기 (Engine cooling)	파워 시트(Power seat)
시험 계획에서 정의된 것과 같음.		

협대역 방해 발생원은 마이크로프로세서, 디지털 로직(digital logic), 발진기(oscillators), 클럭 생성기(clock generators) 등을 채택하고 있는 발생원으로부터의 방해는 협대역 방사의 원인이 된다.

### (3) 차폐실(shielded enclosure)

수행될 각각의 시험에 대해 주위의 전자파 잡음 레벨은 시험 계획에서 명시된 한계값보다 적어도 6dB 낮아야 한다. 차폐실의 차폐 효과는 주위 전자파 잡음 레벨 6dB 이하라는 필요조건을 충족시킬 수 있어야 한다. 차폐실 내부 표면으로부터 반사된 에너지가 생기기도 하지만, 이는 측정 기기가 EUT의 회로에 직접 연결되어 있기 때문에 전도성 전파 방해의 측정에 있어서는 고려하지 않아도 무방하다. 차폐실은 적절히 접지된 벤치-톱(bench-top) 형태의 차폐 구조물만큼이나 단순할 수도 있다. 차폐실은 차량/EUT 혹은 시험 안테나가 벽이나 천장에서 2m 이상, 그리고 흡수체(absorber material)의 표면에서 1m 이상으로 떨어

지도록 충분한 공간을 가져야 한다.

흡수체가 부착된 차폐실(ALSE :absorber-lined shielded enclosure)은 복사성 방출을 측정하는데 있어 반사 에너지로 인해 20dB만큼의 오차를 제거하기 위한 측정실로서, 무선 주파수 흡수체를 차폐실의 벽이나 천정에 부착하여 제작하였다. 바닥은 흡수체를 적용하지 않았음. ALSE의 반사 특성은 벽이나 천장에서부터의 반사 에너지로 인해 생기는 최대 오류값이 70MHz ~ 1000 MHz의 주파수 한계값에서 6dB을 넘지 않는 것을 의미한다. 또한, 복사성 방출 측정에 있어서 ALSE 내부에서 시험에 관련이 없는 물품이 없어야 한다. 측정 시 항목들에 의한 모든 영향을 줄이기 위함이다. 불필요한 기기, 케이블 선반, 저장 캐비닛, 책상, 의자 등이 이러한 항목의 물품들이라 할 수 있다. 시험에 직접 참여하지 않는 시험 요원은 ALSE 밖으로 나가야 한다.

#### (4) 수신기(receiver)

측정을 위한 스캐닝 수신기(scanning receiver)는 KS C CISPR 16-1에 명시된 조건에 부합해야 한다. 수동 혹은 자동 주파수 스캐닝(scanning) 중 어느 것이라도 사용될 수 있다. 과부하, 선형성(linearity), 선택성(selectivity), 펄스(pulse)의 응답성(normal response)에 대한 특별한 이해를 필요로 한다. 스펙트럼 분석기나 스캐닝 수신기는 특히 전자파 방해 측정에 유용하게 쓰인다. 스펙트럼 분석기와 스캐닝 수신기의 첨두값 검출 모드는 같은 대역폭에 대해 준첨두값 표시보다 항상 큰 값을 화면상에 표시한다. 첨두값 검출은 준첨두값 검출보다 더 빠른 스캔이 가능하므로 첨두값 검출을 이용하여 방출을 측정하는 것이 더 편리하다. 준첨두값 한계값을 적용할 때 보다 빠른 측정을 위해서 첨두값 검출기가 사용될 수 있는데, 이때 첨두값 측정 레벨이 준첨두값 한계값과 일치하거나 혹은 그 이상이 될 때에는 준첨두값 검출기로 재 측정되어야만 한다.

스펙트럼 분석기나 스캐닝 수신기의 스캔율은 CISPR 주파수 대역과 사용된 탐지 모드에 맞춰 조정되어야 한다. 최소 스위프 타임(sweep

time)/주파수(즉, 가장 빠른 스캔율)는 표 3-2에 열거되어 있다.

표 3-5 최대 스캔율

주파수 대역 <sup>(1)</sup>	침두값 검출	준침두값 검출
A 9~150 kHz B 0.15~30 MHz C, D 30~1000 MHz	적용 안됨 100 ms/MHz 1ms/MHz 또는 100 ms/MHz <sup>(2)</sup>	적용 안됨 200 s/MHz 20 s/MHz
주 <sup>(1)</sup> KS C CISPR 16-1에서의 주파수 대역 정의 (2) 9kHz 대역폭이 사용될 때, 100 ms/MHz값이 사용되어야 한다.		
<b>비 고</b> 특정 신호(예를 들어, 저반복률의 신호)는 최대 진폭을 측정하기 위해 더 느린 스캔율 혹은 복합 스캔을 요구할 수도 있다. 순수한 광대역 방출을 측정하기 위해 측정 대역폭보다 더 큰 스캐닝 단계가 허용되며 그리하여 방출 스펙트럼의 측정을 더 빠르게 한다.		

측정기구의 대역폭은 잡음층(noise floor)이 적어도 한계값 곡선(limit curve)보다 6dB 낮은 상태에서 선택되어야 한다. 아래 표에 제시된 대역폭이 적절하다. 측정 기구의 대역폭이 협대역 신호의 대역폭을 초과할 경우, 측정된 신호 진폭은 영향을 받지 않는다. 측정 기구 대역폭이 줄어들면, 순간적 광대역 잡음의 표시 값이 낮아지게 된다.

표 3-6 측정 기구 대역폭(6dB)

주파수 대역 MHz	광대역 침투값 또는 준침투값	협대역 침투값 또는 평균값
AM 방송 0.15 ~ 30	9 kHz	9 kHz
FM 방송 76 ~108	120 kHz	120 kHz
이동 무선 서비스 30~960	120 kHz	9 kHz

침투값 측정에 스펙트럼 분석기를 사용하면 비디오 대역폭(video bandwidth)은 적어도 분해능 대역폭(resolution bandwidth)의 3배가 되어야만 한다.

(5) 전력 공급 장치

전력 공급 장치는 적절한 전압을 위하여 아래와 같은 조건으로 유지하여야 한다.

**Vehicle tests:**  $U_s = \begin{pmatrix} 12^{+2} \\ 0 \end{pmatrix}$  V for systems with 12 V nominal supply voltage

$U_s = \begin{pmatrix} 24^{+4} \\ 0 \end{pmatrix}$  V for systems with 24 V nominal supply voltage

**Component/module tests:**  $U_s = (13,5 \pm 0,5)$  V for systems with 12 V nominal supply voltage

$U_s = (27 \pm 1)$  V for systems with 24 V nominal supply voltage

전력 공급 장치에 의한 RF Noise도 한계값 보다 6dB 아래가 되어야 한다.

(6) 동일 자동차의 안테나에 수신되는 방사측정

차량에 공급되는 안테나와 같은 형태의 안테나가 측정 안테나로 사용되어야 한다. 그 설치 위치나 형태는 제품 규격(specification)을 따르게 된다. 차량에 안테나가 부착되어 있지 않을 경우(이동 라디오 시스템에서 자주 있는 경우임), 표 의 안테나 형태가 시험에 이용된다. 안테나 형태와 위치는 시험 계획에 포함되어야 한다.

표 3-7 안테나 형태

주파수 대역 <sup>(1)</sup>	안테나 형태
방송 LW - AM MW - AM SW - AM VHF - AM	1m 모노폴 안테나 1m 모노폴 안테나 1m 모노폴 안테나 1m 모노폴 안테나
이동 통신 서비스(MHz) 1. - 54 v - 87 Å - 172 ù - 512 800 - 1000	loaded 1/4 파장 모노폴 안테나 1/4 파장 모노폴 안테나 1/4 파장 모노폴 안테나 1/4 파장 모노폴 안테나 1/4 파장 모노폴 안테나
주 <sup>(1)</sup> LW : Long wave(장파) MW : Medium wave(중간파) SW : Short wave(단파) VHF : Very high frequency(초단파)	

각각의 대역에 다음에 명시된 특성을 가진 기구로 측정이 이루어진다.

(가) AM 방송

장파(0.15 ~ 0.3 MHz)

중간파(0.53 ~ 2.0 MHz)

단파(5.9 ~ 6.2 MHz)

측정 시스템은 아래의 특성을 가지게 된다.

- 임피던스 정합 기기의 출력 임피던스 : 50Ω 저항성
- 이득 : 측정 기구의 이득 혹은 감쇄는  $\pm 0.5\text{dB}$ 의 정확도로 알려져 있다. 측정 기구의 이득은 그림 3-35에서 각 주파수 대역에 6dB 한계값 내에 존재한다. 부속서 A에 따라 교정(calibration)이 이루어진다.

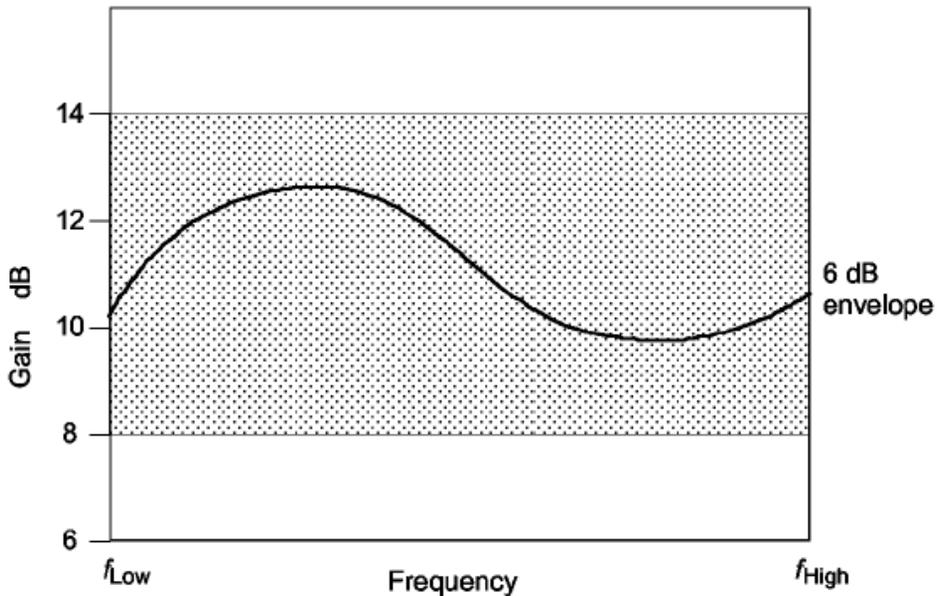


그림 3-35 이득 곡선의 예

- 압축점(compression point) : 60dB보다 큰 사인파(Sine wave)전압에서 1dB 압축점이 발생한다.

- 측정 시스템 잡음층(noise floor) : 측정 기구, 정합 증폭기(matching amplifier), 프리앰프(preamplifier)가 포함된 연결 기구의 잡음

음층은 한계값 레벨보다 적어도 6dB 낮게 될 것이다.

- 동작 범위(dynamic range) : 잡음층에서 1dB 압축점까지
- 입력 임피던스 : 회로망과 연결된 입력에서의 측정 시스템의 임피던스는 부속서 A 의 의사 안테나 회로망의 개회로(Open circuit) 임피던스의 적어도10배가 되어야 한다.

#### (나) FM 방송(76 MHz ~ 108 MHz)

50Ω의 입력 임피던스를 가진 측정 기구로 측정이 이루어진다. 정제파비(SWR : standing wave ratio)가 2 : 1 보다 크게 되면 입력 정합 회로망이 사용되어야 한다. 정합 장치(matching unit)의 감쇄/이득에는 적절한 보정(correction)이 이루어져야 한다. 통신 대역(30 MHz ~ 960 MHz)의 시험 과정은 주파수 한계값 30 MHz ~ 960 MHz에서 50Ω의 측정 기구와 50Ω의 안테나를 포함하게 된다. 측정 기구와 안테나의 임피던스가 서로 다를 경우 적절한 회로망과 보정 계수(correction factor)가 사용되어야 한다.

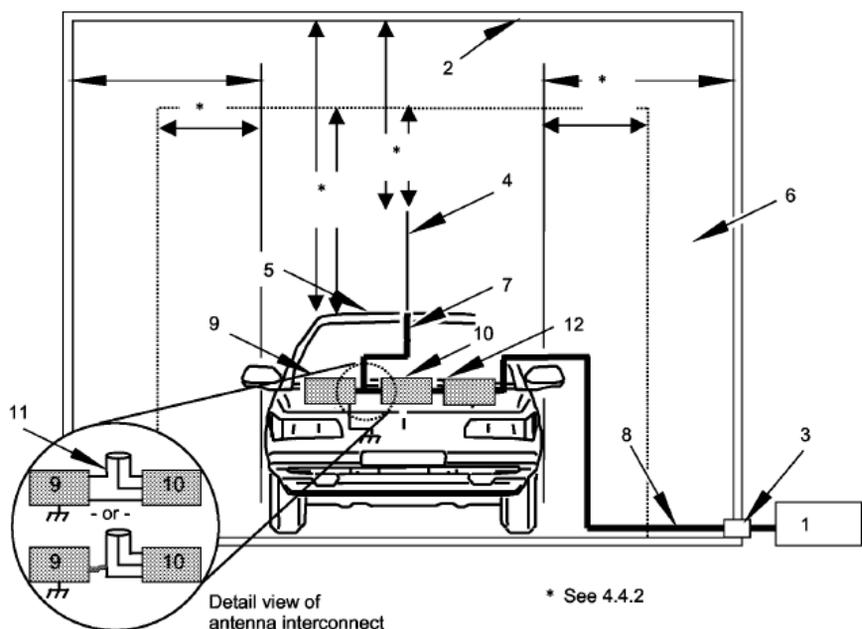
#### (다) 모바일 서비스 방송(30 MHz ~ 960 MHz)

측정 장치와 Antenna 간에 다른 Impedance를 가지는 경우 적절한 Network와 Correction Factor을 적용 하여야 한다.

#### (라) 측정 방법

공중파 방해 원 또는 방해 시스템의 방해특성을 파악하기 위하여 정상동작 상태에서 모든 방해 원을 각각 동작시키며 측정 하여야 한다. 방해 원의 전압을 측정하기 위해서는 콘택트의 그라운드를 기준으로 하여 안테나의 동축 케이블의 끝인 수신단에서 측정하여야 한다. 안테나의 연결단은 수신단 보드의 그라운드에 연결되어야 한다. 동축 케이블 연결단자는 차폐실 바깥의 측정 장치와의 연결을 위하여 사용 되어야 한다. 안테나 케이블을 사용하는 수신기의 Active 자동차 안테나는 Decoupling Network이 Active 안테나선의 연결을 위하여 안테나 콘택

트에 장착되어야 한다. AM 광대역을 측정할 경우 Isolation Transformer, Sheath-current Suppressor, Battery-powered 측정 장비, Fiber Optic과 같이 ALSE의 Ground와 Vehicle/Matching Ground를 전기적으로 분리시켜야 한다. 자동차 측정을 엔진 구동 없이 진행 할 경우 요구된 전압 값을 확보하기 위하여 기 규정한 전력공급 장치를 사용한다.



IEC 2024/02

**Key**

- 1 Measuring instrument
- 2 ALSE
- 3 Bulkhead connector
- 4 Antenna (see 5.1.1)
- 5 EUT
- 6 Typical absorber material
- 7 Antenna coaxial cable
- 8 High-quality double-shielded coaxial cable (50 Ω)
- 9 Housing of on-board radio
- 10 Impedance matching unit (when required)
- 11 Modified coaxial "T" connector
- 12 AM broadcast band ground isolation network (when required)

그림 3-36 차량의 복사성 방사의 시험장 예

표 3-8 자동차의 복사성 방사 장애의 한계값

Service/Band <sup>b</sup>	Frequency MHz	Terminal disturbance voltage at receiver antenna terminal dB(μV)				
		Broadband continuous		Broadband short duration		Narrowband
		Quasi-peak	Peak	Quasi-peak	Peak	Peak
Broadcast						
LW	0,15 to 0,30	9	22	15	28	6
MW	0,53 to 2,0	6	19	15	28	0
SW	5,9 to 6,2	6	19	6	19	0
VHF	76 to 108	6(15 <sup>a</sup> )	28	15	28	6
Mobile services						
VHF	30 to 54	6(15 <sup>a</sup> )	28	15	28	0
VHF	68 to 87	6(15 <sup>a</sup> )	28	15	28	0
VHF	142 to 175	6(15 <sup>a</sup> )	28	15	28	0
UHF	380 to 512	6(15 <sup>a</sup> )	28	15	28	0
UHF	820 to 960	6(15 <sup>a</sup> )	28	15	28	0

<sup>a</sup> Limit for ignition systems only.  
<sup>b</sup> LW: Long wave, MW: Medium wave, SW: Short wave (amplitude modulation, AM)  
VHF: Very high frequency, UHF: Ultra high frequency (frequency modulation, FM)

NOTE 1 All broadband values listed in this table are valid for the bandwidths specified in table 3.  
NOTE 2 Stereo signals may be more susceptible to disturbance than monaural signals in the FM broadcast band. This phenomenon has been factored into the VHF (76 MHz to 108 MHz) limit.  
NOTE 3 When possible it may be advisable to switch broadband only disturbance sources off for the measurement of narrowband disturbance.

(7) 부품/모듈 시험

(가) 측정 장치

그라운드 면은 0.5mm의 구리, 동, 철로서 만들어져야 한다. 전도성 방사 셀을 위한 그라운드의 최소 크기는 1000mm \* 400mm여야 한다. 복사성 방사 셀을 위한 그라운드의 최소 폭은 1000mm 이며, 최소 길이는 2000mm 이거나, 장비가 클 경우 장비보다 200mm 추가 하여야 한다. 그라운드 면(Test Bench)의 높이는 바닥 위 900+-50mm 여야 한다.

각 EUT의 전력공급 장치 단은 Artificial Network를 통하여 전력공급 장치에 연결되어야 한다. TEM Cell 방사 시험 시 동축 케이블 연결 단자를 가진 AN은 TEM cell의 EUT 전원 연결자에 연결을 쉽게 할 수 있다. 전원은 50ohm/50uH의 Artificial Network을 통하여 EUT에 공급한다. 자동차의 전원 그라운드선이 200mm를 초과 할 경우 EUT를 Remotely 접지 한다 (2개의 Artificial Networks을 사용하여 하나는 양

극 전원 선에 다른 하나는 전원 접지선에 적용) 차량의 전원 그라운드 선이 200mm 이하 일때 EUT를 지역적으로 접지한다(1개의 Artificial Networks을 사용하여 양극의 전원선에 적용). AN은 그라운드 면에 장착하여 AN의 구조물은 그라운드 면에 접지한다. 전원의 그라운드는 전원부와 AN 사이의 그라운드 면에 연결되어야 한다. 측정 장치에 연결되지 않은 AN의 측정 지점은 50ohm 부하로 Terminated 되어야 한다. 아래 그림 3-37은 AN의 요구된 최소 Attenuation의 예임

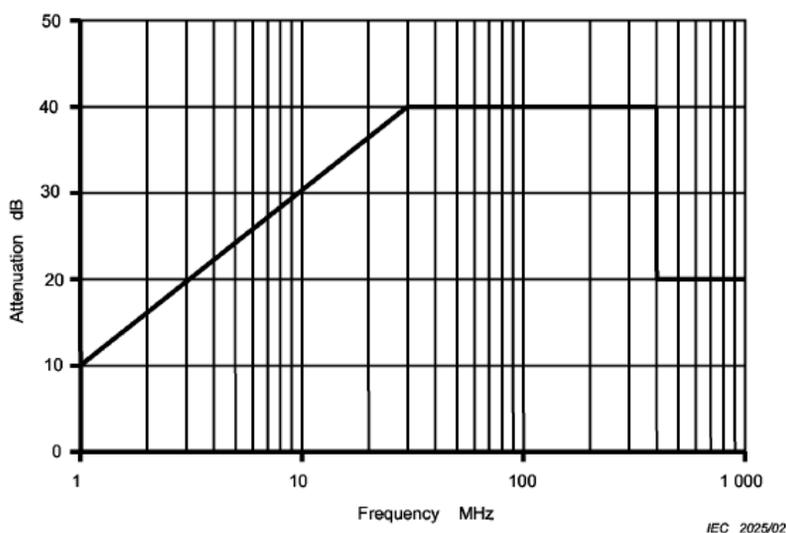


그림 3-37 AN을 위하여 요구되어진 최소 Attenuation

Signal/control Lines Network을 위한 AN은 일반적으로 5uH Inductance를 가진다. 모든 AN의 측정 지점은 50ohm의 부하로 Termination 되어야 한다. AN을 적용 할 수 없는 곳은 Low Pass RF Filter을 사용 할 수 있다. 이 경우는 동일한 RF Filter을 위하여 반복 측정을 진행하여야 한다.

#### (8) 부품과 모듈을 위한 전도성 방출(전압 법)

전압측정은 단지 한 개의 신호의 방사를 특성화 할 수 있다. 전압측정 방법은 전자 부품의 보드에 구성된 다양한 안테나 구조에

의하여 복사성 방사 및 차폐 효율을 특성화 시킬 수 있다. 그렇지만 EUT의 방사를 완전하게 특성화 시킬 수는 없다. 낮은 주파수에서는 전압 측정이 방사측정 보다 더욱 강력하다.

(가) 그라운드 면의 정열

EUT는 그라운드에서 50+-5mm 높이의 비전도성, 저유전율( $\epsilon_r = 1.4$ )의 물체에 위치하여야 한다. EUT의 표면은 그라운드 면의 끝으로부터 최소 200mm 거리에 위치하여야 한다. EUT는 그라운드 면에 접지되지 않아야 한다.

(나) 시험 하네스의 위치

AN의 연결단자와 EUT의 연결단자 사이의 전력공급 선은 200 + 200(가변)mm의 표준 길이를 가져야 한다. 전력공급 선은 그라운드 면으로부터 50+-5 높이에 위치한 절연체, 저유전체의 물체 위에 직선으로 위치하여야 한다. 특별한 EUT(Multi-connector, special connector)의 경우 전력공급 선의 최소 표준 길이를 유지하지 않아도 된다. 최소 표준 길이는  $f_c \geq 108$  MHz를 만족하기 위함이며, 측정도  $f_c$ 까지 제한된다.

$$f_c \approx 30/l_p$$

where

$f_c$  is the frequency in MHz

$l_p$  is the length in m

(This equation is based on  $l_p \leq \lambda_{\min}/10$ ).

입출력 단자와 전원사이의 Coupling을 최소화하기 위하여, 입출력 단자의 간격을 최대화(전력공급 선으로부터 AN과 EUT의 결합을 200mm 이상 분리하거나 수직으로 한다) 하여야 한다. 시험대상 하네스의 전체 길이는 2m를 초과하여서는 안 되며, 선의 연결 형태는 실질적인 시스템에 따라 정하여 진다. 모든 단자와 케이블은 그라운드 면의 끝단으로

부터 최소 100mm이내에 위치하여야 한다.

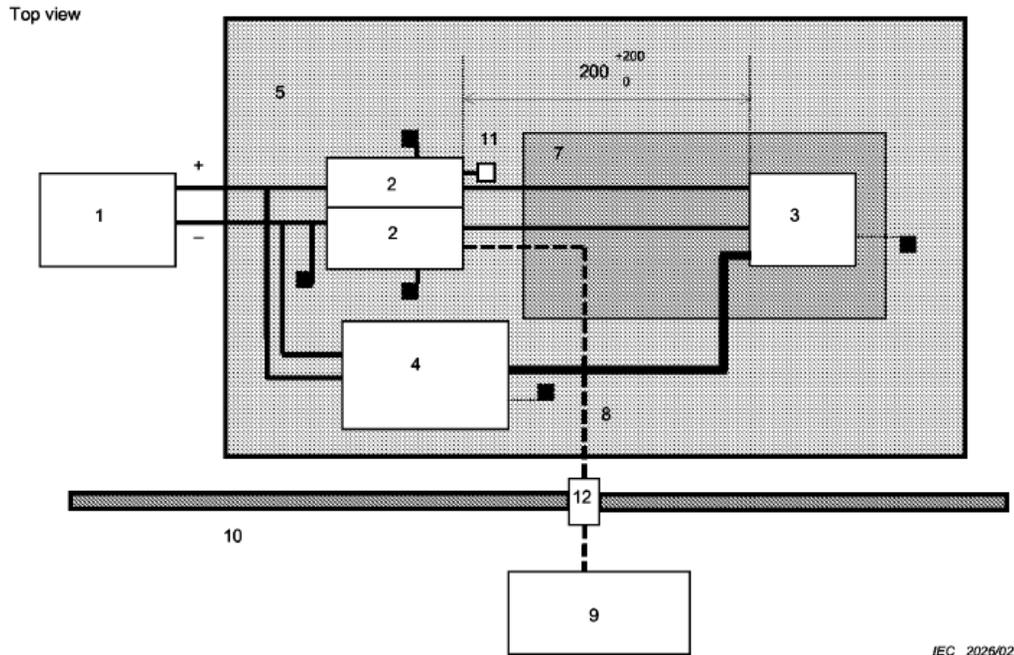
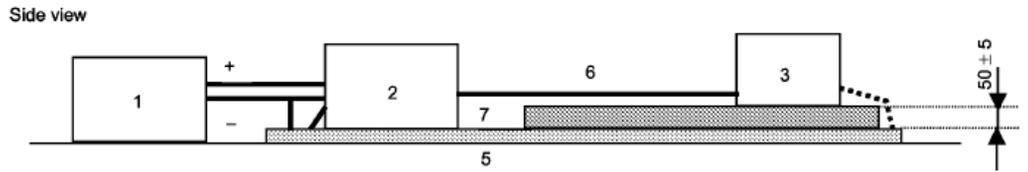
(다) Load Simulator의 위치

Load Simulator은 그라운드 면에 직접적으로 위치하여야 한다. 만약 Load Simulator가 금속 구조물을 가지면 그라운드 면에 접지되어야 한다. 그라운드 면에 접지되지 않으면 시험장 바깥에 위치하여야 한다. Load Simulator가 그라운드 면 위에 위치하면, Load simulator의 DC 전력공급 선은 AN 없이 전력공급 장치에 직접적으로 연결되어야 한다. 센스와 Actuator을 연결된 Load Simulator은 EUT에 연결된 Artificial 하네스에 Terminate 되어야 한다. 모든 선들은 Terminate되어야 한다. 사용하지 않는 선들은 오픈상태로 유지 한다.

(라) 시험 방법

EUT는 최대의 방사가 일어날 수 있는 전형적인 부하 상태에서 시험 되어져야 한다. 이러한 동작 상태는 공급자는 수요자가 이상적인 상태에서 시험이 일어났다는 것을 인지 할 수 있도록 명확히 정의 되어야한다 .

Remotely 접지(200mm 보다 긴 전력공급 선을 적용) 된 EUT 각 단자(Supply and Return)의 전압을 측정 한다. 국부 접지(200mm 보다 짧은 전력공급 선을 적용)된 EUT는 전력공급 단자의 전압을 측정 한다. Generator/Alternator은 병렬 저항으로 결합된 축전지로 부하되어야 하며, AN에 연결되어야 하며, 부하전류, 동작 속도, 하네스 길이 등의 조건들이 시험계획서에 정의되어야 한다. 전원 선의 Common Mode 전도 성 방사는 AN과 연관된 측정 점에서 측정 장비를 결합하여, 양의 전력 공급 선과 그라운드에서 측정 할 수 있다. AN의 측정 점은 50ohm 부하로 Terminate 된 다른 전원 선을 장착한다. 다중의 전력공급 단자 또는 다중의 전원용 그라운드 단자를 가진 EUT의 측정은 AN 측의 모든 전력공급 선을 하나로 묶고, 다른 AN 측의 모든 전원용 그라운드 선을 하나로 묶어 수행한다. 측정 계획에 그 구성을 정의하여야 한다.

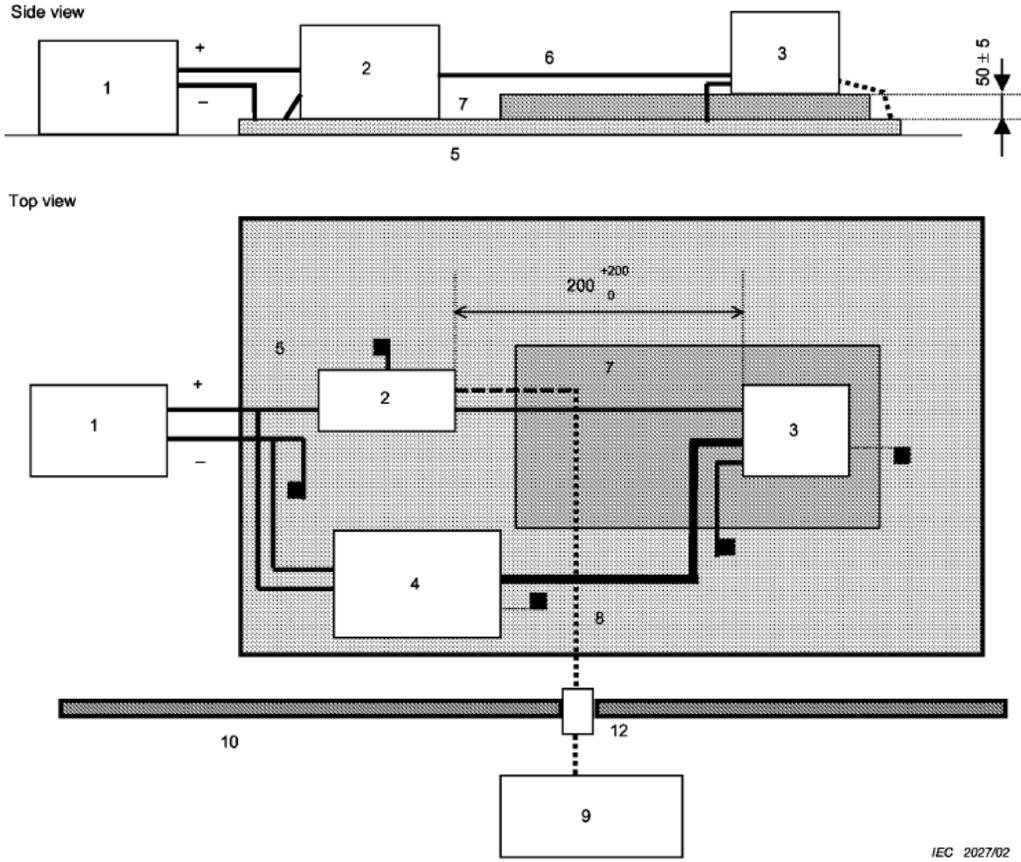


IEC 2026/02

**Key**

- |                                                                  |                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 Power supply                                                   | 7 Low relative permittivity support ( $\epsilon_r \leq 1,4$ )    |
| 2 Artificial network                                             | 8 Double shielded or solid shielded coaxial cable (50 $\Omega$ ) |
| 3 EUT (housing grounded if required in test plan)                | 9 Measuring instrument                                           |
| 4 Load simulator (return line grounded if required in test plan) | 10 Shielded enclosure                                            |
| 5 Ground plane                                                   | 11 50 $\Omega$ load                                              |
| 6 Power supply lines                                             | 12 Bulkhead connector                                            |

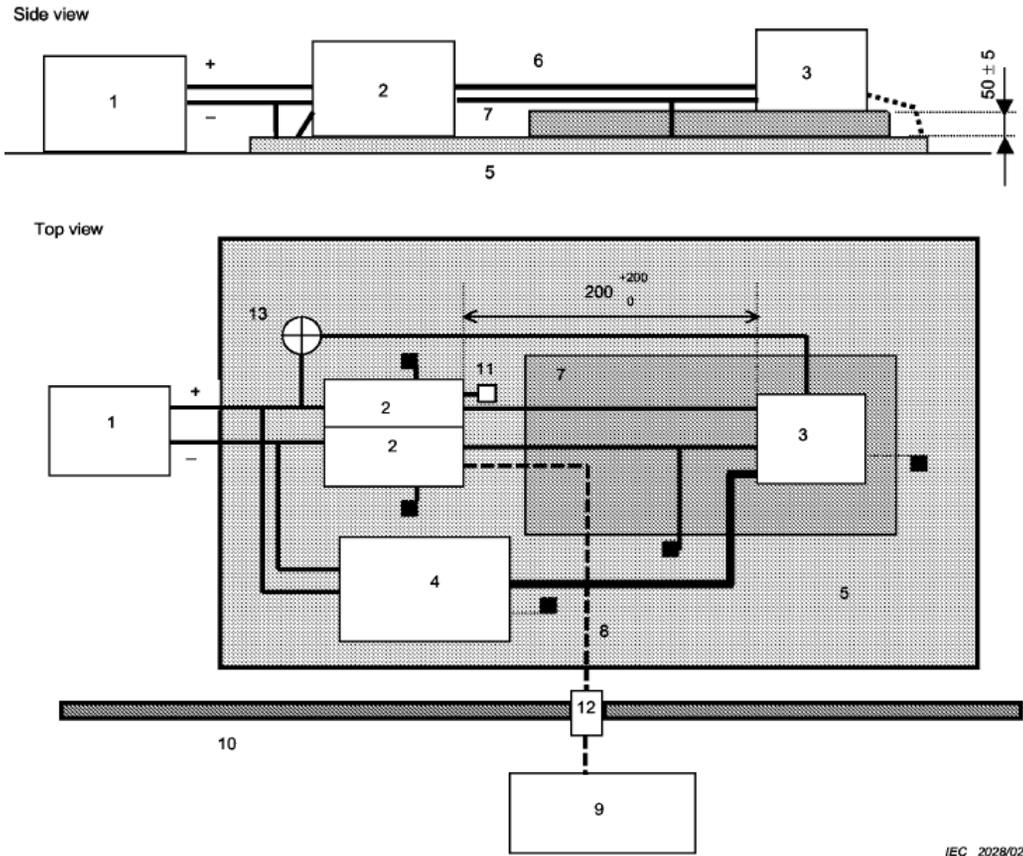
그림 3-38 전도성 방사(Remotely 그라운드)의 전압 측정 구성



IEC 2027/02

- Key**
- |   |                                                                |    |                                                                |
|---|----------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------|
| 1 | Power supply                                                   | 7  | Low relative permittivity support ( $\epsilon_r \leq 1,4$ )    |
| 2 | Artificial network                                             | 8  | Double shielded or solid shielded coaxial cable (50 $\Omega$ ) |
| 3 | EUT (housing grounded if required in test plan)                | 9  | Measuring instrument                                           |
| 4 | Load simulator (return line grounded if required in test plan) | 10 | Shielded enclosure                                             |
| 5 | Ground plane                                                   | 12 | Bulkhead connector                                             |
| 6 | Power supply lines                                             |    |                                                                |

그림 3-39 전도성 방사(Locally 그라운드) 전압 측정 구성



IEC 2028/02

**Key**

- |                                                                                         |                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 Battery and resistor                                                                  | 8 Double shielded or solid shielded coaxial cable (50Ω) |
| 2 Artificial network                                                                    | 9 Measuring instrument                                  |
| 3 EUT                                                                                   | 10 Shielded enclosure                                   |
| 4 Load simulator                                                                        | 11 50 Ω load                                            |
| 5 Ground plane                                                                          | 12 Bulkhead connector                                   |
| 6 Power supply lines                                                                    | 13 Test lamp/control resistor (if applicable)           |
| 7 Low relative permittivity support ( $\epsilon_r \leq 1.4$ ) – typically not installed |                                                         |

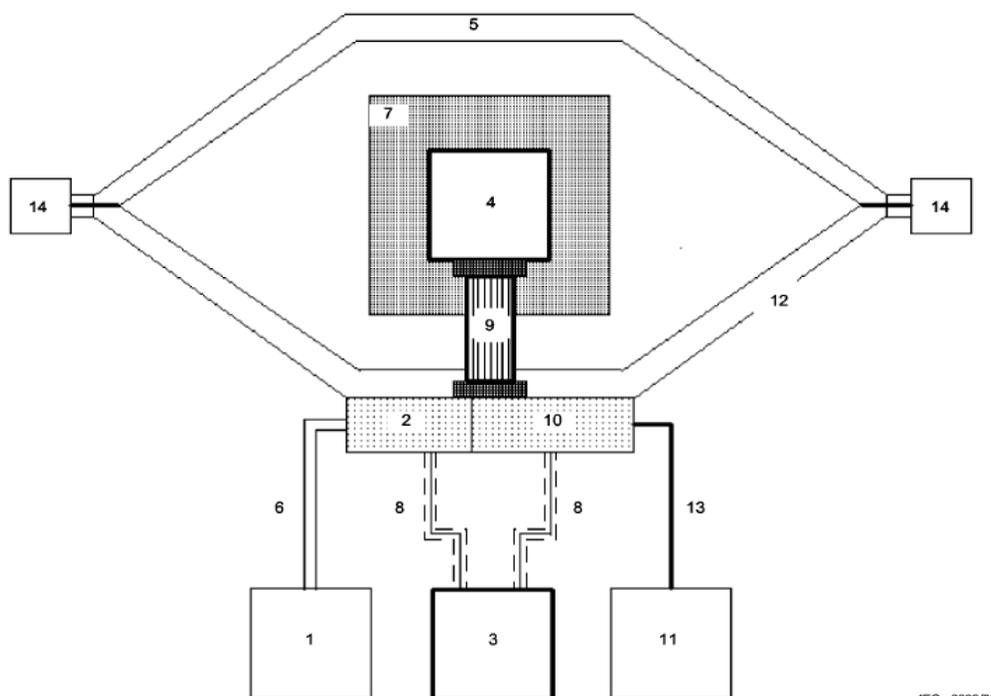
그림 3-40 전도성 방사 (Alternator and Generator) 전압 측정 구성

(마) TEM Cell Arrangement

복사성 방사를 위하여 적용된 방법이다. 측정 장비에 연결되지 않은 AN의 측정 Port는 50ohm 부하로 Terminate 시켜야 한다. TEM Cell의 Septum은 양단에 50ohm으로 Terminate하여야 한다.

센서와 Actuator을 포함하는 전력공급 장치와 Load Simulator의 Simulation 연결 장치는 EUT에 연결된 Artificial 하네스를 Terminate 한다. 재현성 확보를 위하여 같은 Terminator나, AN, 필터 등과 같은 특별한 Termination 장치를 사용하여야 하며, TEM Cell의 연결단자에 위치하여야 한다. 또는 같은 EUT 연결용 주변장치를 사용하여야 한다. Termination에 대하여서는 시험 계획서에 기록 되어야 한다.

재현성 확보를 위하여 EUT는 매번 동일한 위치를 가져야 한다. EUT의 위치는 CISPR25 6.5에 규정하여 있다.



IEC 2029/02

**Key**

- |                                                                                              |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1 Power supply                                                                               | 8 Coaxial cables (50 Ω)                                      |
| 2 Artificial network                                                                         | 9 Artificial test harness (e.g. lead card)                   |
| 3 Measuring instrument                                                                       | 10 Termination, configured like artificial network           |
| 4 EUT                                                                                        | 11 EUT interface, equipment for simulation of operating mode |
| 5 TEM cell (ground plate)                                                                    | 12 TEM cell (side wall)                                      |
| 6 Power leads                                                                                | 13 Harness to EUT interface                                  |
| 7 Low relative permittivity support ( $\epsilon_r \leq 1,4$ ),<br>when required in test plan | 14 50 Ω terminating resistor                                 |

그림 3-41 TEM Cell 측정 장치

Test 하네스의 위치는 CISPR25 6.5에 규정하여 있다. AN의 연결 단자와 EUT의 연결단자 사이의 전력공급 선은 표준길이 200+200(가변)mm를 가져야 한다. 특정 EUT(Multi-connector, Special Connector)의 경우 전력공급 선의 표준 길이를 만족 할 수 없는 경우, 적용된 최소 길이는 정의 되어야 하며, 이 최소길이는  $F_c \geq 108\text{MHz}$ 의 조건을 만족하여야 하며, 측정도  $F_c$ 까지 제한되어야 한다.

EUT의 정확한 동작을 위하여, 자동차 장치를 Simulation 할 수 있는 연결보조 장치를 적용하여야 한다. 연결보조 장치는 TEM Cell 내/외에 위치 할 수 있으며, TEM Cell 내부에 위치 할 경우 연결보조 장치의 발생 노이즈 크기가 한계값의 6dB 아래가 되어야 한다. 부하의 Simulator이 금속 구조물에 담겨있는 경우, 이 구조물은 TEM Cell 그라운드에 접지되어야 한다.

EUT는 최대의 방사가 일어날 수 있는 전형적인 부하 상태에서 시험 되어져야 한다. 이러한 동작 상태는 공급자는 수요자가 이상적인 상태에서 시험이 일어났다는 것을 인지 할 수 있도록 명확히 기술되어야 한다. Remotely Ground(200mm 보다 긴 전력공급 선을 적용) 된 EUT는 TEM Cell의 차폐와 관련한 각 단자(전원 그라운드 선)에서 전압을 측정 한다. Locally Ground(200mm 보다 짧은 전력 그라운드 선을 적용) 된 EUT는 TEM Cell의 차폐와 관련한 모든 전원 단자에서 전압을 측정 한다. 전력선의 Common Mode 전도성 방사는 AN과 연관된 측정점에서 측정 장비를 결합하여, 양의 전력 선과 전력그라운드 선에서 측정 할 수 있다. AN의 측정 점은 50ohm 부하로 Terminate 된 다른 전력 선 장착한다. Multiple 전력공급 연결단자 또는 Multiple 전력 그라운드 단자를 가진 EUT의 측정은 모든 전력 공급선을 하나로 묶고, 모든 전력그라운드선을 하나로 묶어 수행한다. 이러한 묶음은 연결단자면에 가까운 Artificial 하네스의 TEM Cell안에서 실행한다. 사용하지 않는 모든 선들은 오픈상태로 유지 한다.

EUT는 최대의 방사가 일어날 수 있는 전형적인 부하 상태에서 시험 되어져야 한다. 이러한 동작 상태는 공급자는 수요자가 이상적인 상태

에서 시험이 일어났다는 것을 인지 할 수 있도록 명확히 기술하여야 한다.

### 3. 자동차 EMI 규격의 동향

#### 가. 자동차 EMI 규격의 주요 동향

국제무선장해특별위원회(CISPR)는 2008년 3월에 차량용 방송 수신기 보호를 위하여 전자파 방사를 규정하는 CISPR25의 3차 개정을 발간하였으며, 2009년 3월에는 차량에서 발생하는 전자파에 의한 방송용 수신기 보호를 위한 전자파 방사를 규정 하는 CISPR12의 6차 개정판을 발간하였다. 이후 CISPR에서는 CISPR25의 4차 개정안과 CISPR12의 7차 개정안을 위한 작업을 진행하고 있다.

서론에서 언급한 것과 같이 다양한 전자 장치들이 자동차에 장착되는 한편, 장착된 전자장치들 간의 신호 전송이 점점 무선화 되어가고 있는 추세와 함께, 기존의 불꽃 점화에 의한 구동 장치가 고 출력 모터를 작동한 하이브리드 및 전기 자동차로 변천하고 있다. 이에 CISPR에서도 산업의 변모에 따라 자동차 EMI 규정인 CISPR12와 CISPR25를 개정하고자 하는 움직임이 일어나고 있다. 올해(2009년) 9월에 프랑스 리옹에서 개최된 CISPR and IEC TC77 회의에서 양일간에 걸쳐 약 11개국의 30명의 전문가들이 모여 개정안을 논의하였다. 23일에는 CISPR/D/Working Group1 회의가 열려 CISPR12의 차기 개정안을 위하여 ‘축전지 충전 중 방사 조건의 규정’, ‘E와 CE 영역에서의 EMC 접점’, ‘측정을 위한 기준 점’, ‘차기 CISPR12 개정 규정을 위한 첨부 D’, ‘OTS 시험장의 상관관계 검토 방법’ 등의 제목으로 발표 및 토론이 이루어졌으며, 이 중 ‘OTS 시험장의 상관관계 검토 방법’을 제외하면 하이브리드 및 전기 자동차에 관한 내용이었다. 24일에는 CISPR/D/Working Group2 회의가 열려 CISPR25의 차기 개정안을 위하여 ‘CISPR25의 3 판 - 1GHz 이상의 측정에 적용되어야 하는 평균값 검출

법’, ‘CISPR25의 3 판 - 1GHz 이상의 측정에 적용되어야 하는 평균값 검출법 및 N225 제안’, ‘CISPR25의 3 판 - 첨부 I 1.4절; 평균값 검출법을 위한 VBW의 축소’, ‘R10 수정에 관한 제안’, ‘CISPR25 수정 본에 관한 제안’, ‘CISPR25의 방사시험 시 그라운드 스트랩의 위치와 개수’ 등의 제목으로 발표 및 토론이 이루어 졌으며, 이 중 대부분이 1GHz 이상의 주파수 대역에서의 EMI 평가 방법에 관한 내용으로 전자 기기의 고속화에 동반하기 위한 움직임이었다. 특히 ‘R10 수정에 관한 제안’은 하이브리드 및 전기 자동차를 위한 제안으로 CISPR25 개정안에서도 그 논의가 있었다. 아래에서는 CISPR/D/Working Group에서 진행한 자동차 EMC 규격에 관한 주요 기술적 내용을 항목별로 소개 하고자 한다.

## 나. CISPR12의 차기 개정안을 위한 Issue

### (1) 축전지 충전 중 방사 조건의 규정

- 표준안은 하이브리드 또는 전기차량의 축전지 충전 시 전자파 방사 조건을 규정하고자 하는 안건임
- 하이브리드 또는 전기 차량의 축전지 충전 시 관련 기준으로 EMS는 IEC61000-4-3 또는 ISO11451-2가 있으나 직접적인 적용은 어려움
- 일본 대표단은 CISPR12 Ed. 7 5.3.2항에 축전지 충전시의 내용을 추가 할 것을 구체적으로 제안하였음. 축전지 충전시의 전도성 방사를 위하여 CISPR14를 따를 것을 제안 하였고, 복사성 방사를 위해서는 측정 상태를 Key-on Engine-off Mode, Key-on Engine-on Mode, Battery charging Mode로 구분하고, 5.3.2.3항으로 Battery Charging Mode를 추가하여, 차량의 일반 동작 상태에서 80% 충전상태에 도달하였을 때의 Current 상태에서 측정 할 것을 제안하였음. 또한 아래의 그림 3-42와 같이 구체적인 측정 방안을 제안 함

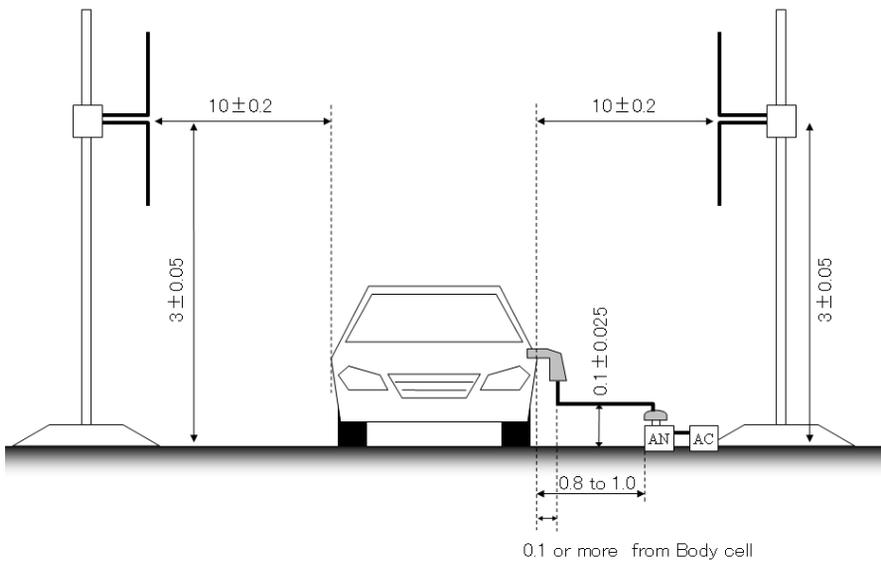
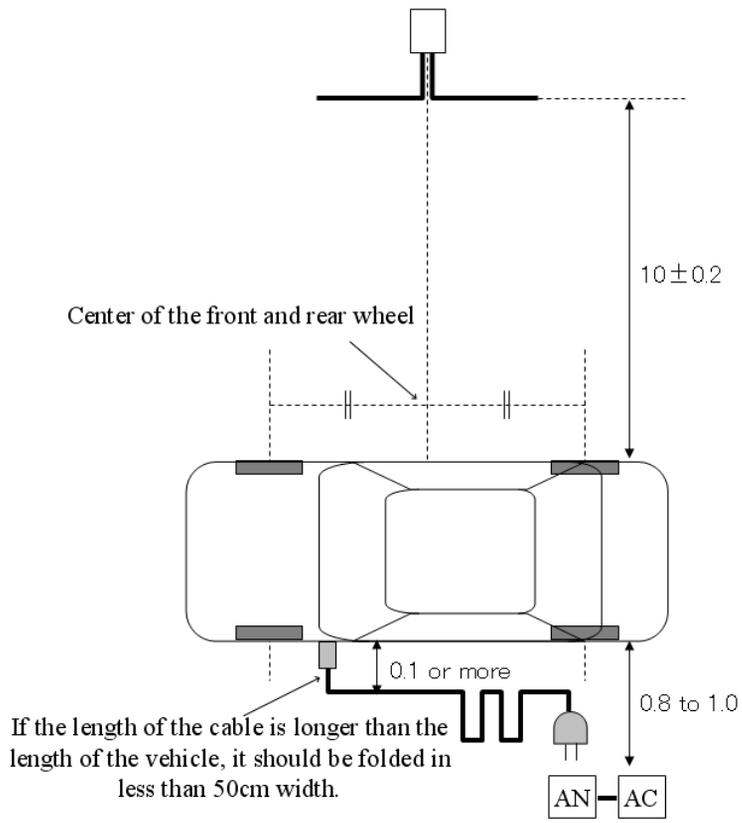


그림 3-42 Plug-in Vehicle Charging Mode Test의 정면도와 측면도

(2) E와 CE 영역에서의 EMC 접점

- 표준안은 하이브리드 또는 전기차량의 축전지 충전 시 방사조건을 규정하는 안건
- 전기로 구동하는 차량은 정차 시 축전지 충전을 위하여 IEC6100-6-X 시리즈 또는 표준화된 전력선과 연결하게 되고, 이러한 전력선은 산업용 및 거주용 건물과 연결됨. 따라서 충전 시스템의 전자 기적 환경으로부터 산업용 및 주거용 건물의 보호가 요구됨. 또한 IEC61851-21은 충전시의 EMC를 규정하고 있으나, OJ EU의 EMC 표준에는 규정이 없어 추가의 필요성이 요구됨
- 벤츠와 크라이슬러의 합병기업인 다임러는 IEC61851-21에 충전 시 규정을 정의 할 것을 요구함. 또한 UN ECE R10을 자동차 산업의 사실상 표준규격으로 채택하고자 하면, 이를 수정 및 보완 할 것을 제안 함. 중복된 규정의 정리 및 필요규정의 추가를 진행하여 줄 것도 병행하여 요구함.
- 다임러는 서류의 범위 1.2에 'c) 전원 망에 연결된 차량을 위함: 전원 망과 차량의 연결에 의한 전자파 방사 및 내성을 위한 추가된 요구'로 충전의 경우를 추가 할 것을 제안함
- 다임러는 '6.1.1.3. 전원 망에 연결된 차량을 위하여, 전도성 장애로부터 전도성 방사 및 전도성 내성을 위한 추가 시험이 요구되며, 시험은 ESA와 차량 사이에 수행되어야 함' 과 같이 차량 및 ESA에 관하여 시험 할 것을 제안하였음.
- 다임러는 '6.10. 전력망의 방사에 관한, 6.11. 전력망의 내성에 관한'과 같은 Limit에 관한 항을 추가 할 것을 제안하였음
- 다임러는 부록에 시험에 관하여 추가 할 것을 제안하였음
- 다임러는 차량의 연결선에 관한 방사시험은 R10과 같이 AC 전원선의 전도성 시험만 진행 하고, 방사시험은 산업용을 위한 IEC61000-6-3을, 내성 시험은 IEC61000-6-2를 적용할 것을 제안하였음. 또한 변경된 시험법을 R10에 추가적으로 기술 할 것을 제안하였음

표 3-9 방사 시험 방법 및 한계 값

Method	Limits
Conducted emissions (CISPR 16-2-1)	0,15 MHz to 0,5 MHz: 66 to 56 dB microvolts quasi-peak 56 to 46 dB microvolts average (linearly decreasing with logarithm of frequency) 0,5 MHz to 5 MHz: 56 dB microvolts quasi-peak 46 dB microvolts average 5 MHz to 30 MHz: 60 dB microvolts quasi-peak 50 dB microvolts average
Harmonic current emissions (IEC 61000-3-2 or -12)	Phase current $\leq 16$ A: See IEC 61000-3-2:2005 Phase current $>16$ A and $\leq 75$ A: See IEC 61000-3-12:2004
Voltage changes, voltage fluctuations and flicker (IEC 61000-3-3 or -11)	Phase current $\leq 16$ A: See IEC 61000-3-3:2008 Phase current $>16$ A and $\leq 75$ A: See IEC 61000-3-11:2000

표 3-10 내성 시험 방법 및 한계 값

Method	Test Levels	Requirements
Conducted RF disturbances (IEC 61000-4-6)	0,15 MHz to 47 MHz: 10 V, AM (80%, 1kHz) 47 MHz to 68 MHz: 3 V, AM (80%, 1kHz) 68 MHz to 80 MHz: 10 V, AM (80%, 1kHz)	A A A
Voltage dips (IEC 61000-4-11)	0%, 1 cycle 40%, 10/12 cycles at 50/60 Hz 70%, 25/30 cycles at 50/60 Hz	B <sup>1)</sup> C <sup>1)</sup> C <sup>1)</sup>
Voltage interruptions (IEC 61000-4-11)	0%, 250/300 cycles at 50/60 Hz	C <sup>1)</sup>
Surge (IEC 61000-4-5)	1,2/50 $\mu$ s ( $T_r/T_n$ ): asymmetric $\pm 2$ kV symmetric $\pm 1$ kV	B B
Electrical fast transients/burst (IEC 61000-4-4)	5/50 ns ( $T_r/T_n$ ), 5 kHz: $\pm 2$ kV	B

<sup>1)</sup> Activation of protection circuits is considered as A and therefore admissible.

(3) 측정을 위한 기준 점

- 프랑스 대표단은 CISPR12의 차기 개정을 위하여 CISPR12 Figure7의 '방사를 위한 측정 기준'을 변경하자고 제안함. 측정 안테나의 반치각에 의하여 형성되어지는 길이를 기준으로 시험하고자 하는 차량의 크기(길

이)가 작은 경우에는 차량의 중심을, 차량의 크기(길이)가 큰 경우에는 차량의 중심을 다중으로 하여 측정 편차를 최소화하자는 안건을 제안함 - 하이브리드 또는 전기 차량 등과 같이 EMI Source가 차량 전체에 분포 하는 경우, 측정 정확도의 향상을 위하여 기존의 엔진 중앙에 안테나 위치를 일치시켜 측정하는 방식에서, 아래 그림 3-43, 3-44, 3-45, 3-46과 같이 안테나의 반치각을 고려하여 차량 전체를 측정 할 수 있게 안테나 위치를 중심으로 선정하거나, 다중으로 선정하는 측정방식을 제안하였음

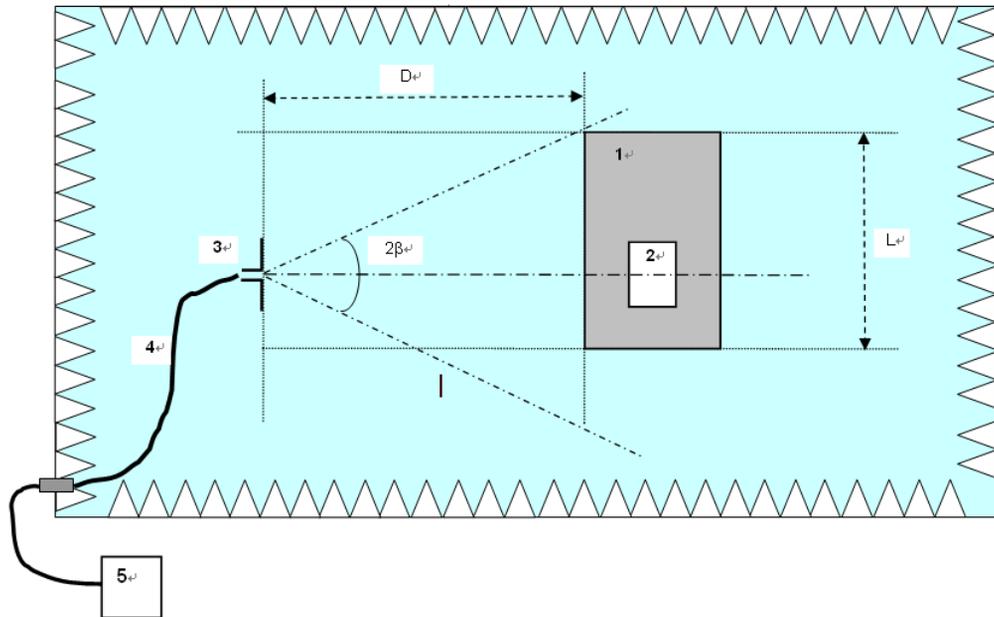


그림 3-43 안테나 반치각 길이보다 차량 길이가 작은 경우; 기존 안

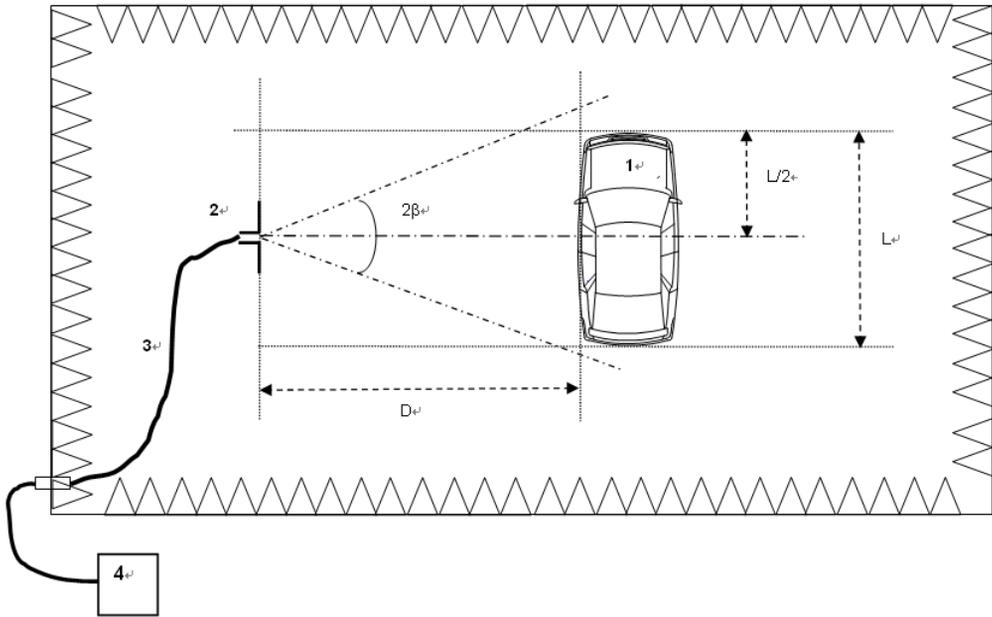


그림 3-44 안테나 반치각 길이보다 차량 길이가 작은 경우; 제안 안

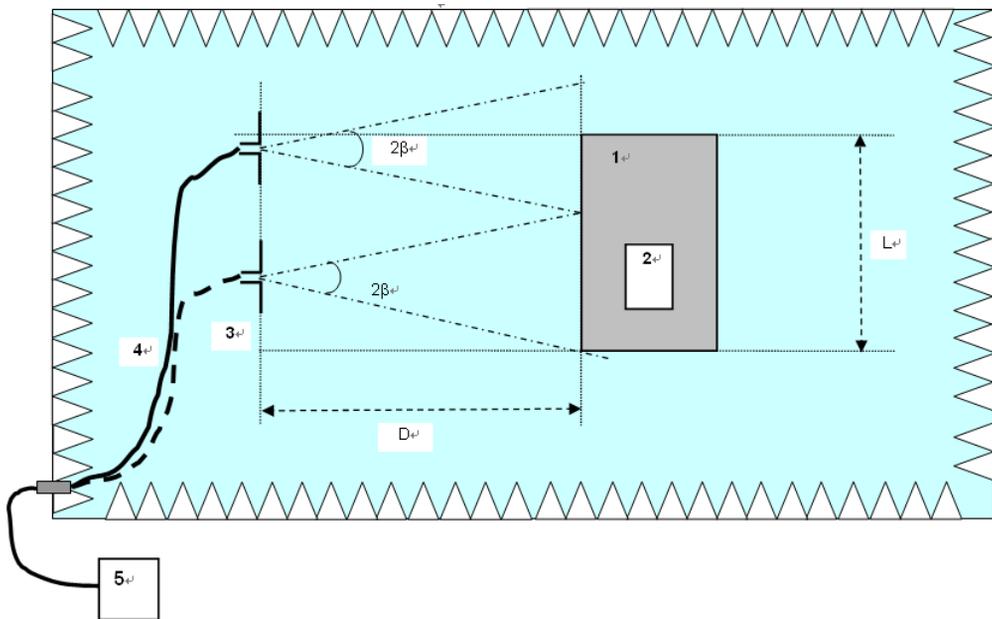


그림 3-45 안테나 반치각 길이보다 차량 길이가 큰 경우; 기존 안

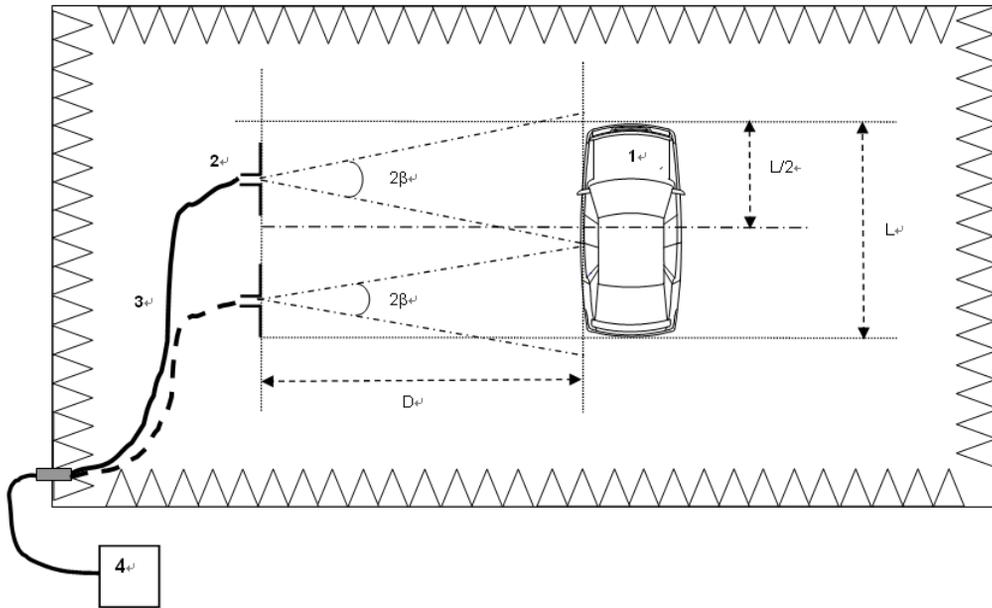


그림 3-46 안테나 반치각 길이보다 차량 길이가 큰 경우; 제안 안

- 프랑스 대표단은 5.3.3 항의 현재의 최대 방출 방향에서 측정 한다는 내용과 3면에 걸쳐 측정 한다는 내용도 삭제 할 것을 제안하였음. 또한 하이브리드 자동차, 전기자동차 등의 출현으로 측정조건을 명확히 하기 위하여 관련 규정의 개정을 요청하였으며, 구체적으로 속도는 모두  $40\text{km/h} + 10\%$ 으로, 불꽃점화엔진의 엔진조건은  $1500\text{rpm}$ 으로, 하이브리드자동차의 엔진조건은  $1500\text{rpm} \pm 150$ 으로 규정할 것을 제안하였음

(4) 차기 CISPR12 개정 규정을 위한 첨부 D

- 일본 대표단은 CISPR12 ED.6의 차기 개정안을 위한 첨부 D의 내용을 기존의 '점화 노이즈의 방사에 영향을 받는 모터용 차량의 구성 특징'에 관한 내용을 '모터용 차량의 전자기적 방사에 영향을 받는 전기 및 전자기적 시스템의 구성 특징'에 관한 것으로 변경 할 것을 제안 함. 관련하여 D.1 Introduction을 '점화노이즈'에 관한 내용을 '전자기적 방사에 의한 내용으로 변경하였음. 기존의 D.2 '점화노이즈의 영향을 받지 않는 구성 품'들에서 'D.2 내부연소 엔진의 방사노이즈에 영향을 받

지 않는 구성 품'과 'D.3 차량의 전자기적 방사노이즈에 영향을 받지 않는 구성 품'으로 변경하였음. 기존의 D.3 '점화노이즈의 영향을 심각히 받는 구성 품'에서 'D.4 내부연소 엔진의 전자기적 방사에 심각한 영향을 받는 구성 품'으로 변경하였음. 이를 채택 할 것을 제안하였음.

(5) OTS 시험장의 상관관계 검토 방법

- CISPR12 5.2.2항에 있는 ALSE 시험장 적용을 위하여, OTS(자동차가 주행하는 일반 도로 환경과 동일한 환경을 구현하기 위하여 지면에 금속 망을 제거한 시험장) 시험장과 ALSE(지면에 금속 망이 장착된 시험장) 시험장의 비교 검증을 요구함.

- 일본대표단은 OTS 시험장에서는 CISPR16-1-4에서 규정된 OATS, NSA와 같은 기준 값에 대한 Attenuation Data가 없어 이의 도출방안을 'CISPR12 Annex I로 30MHz에서 1000MHz 까지 주파수 대역에서 개선된 그라운드 면을 가진 ALSE 시험장의 검증 법'으로 제안하는 한편 이를 적용하자고 제안하였음.

- 일본대표단은 OTS 시험장의 상관관계 검토를 통하여, 제안된 각 인증 시험장의 AN(Site Attenuation)값을 도출하고 이를 적용 검증하였음.

- 일본 내의 대부분의 자동차 평가가 이루어지고 있는 그라운드를 개선한 ALSE 시험장을 측정/평가한 결과 자동차 시험장의 규정 값을 만족하였음을 발표함.

- AN 값 도출 방안은 1차적으로 2개의 안테나로부터 각 어댑터를 통하여 연결된 2개의 동축케이블을 분리하여 전압을 측정함. 이를 Vdirect라 칭함. 2차적으로 분리된 동축케이블을 연결하고 전압을 측정함. 이를 Vsite라 칭함. 단 안테나 연결 후 측정 시 안테나 거리가 10m 이면 안테나 높이는 3m, 3m 이면 1.8m 높이에서 측정 함. 측정 단위는 dB 임.

이 후

$$AN = V_{direct} - V_{site} - AFT(\text{Transmit Antenna Factor}) - AFR(\text{Receiver Antenna Factor})$$

상기 식으로 AN을 도출 함

- 아래 그림 3-47, 3-48, 3-49, 3-50은 일본대표단이 OTS 시험장과 ALSE 시험장을 검증한 결과임.

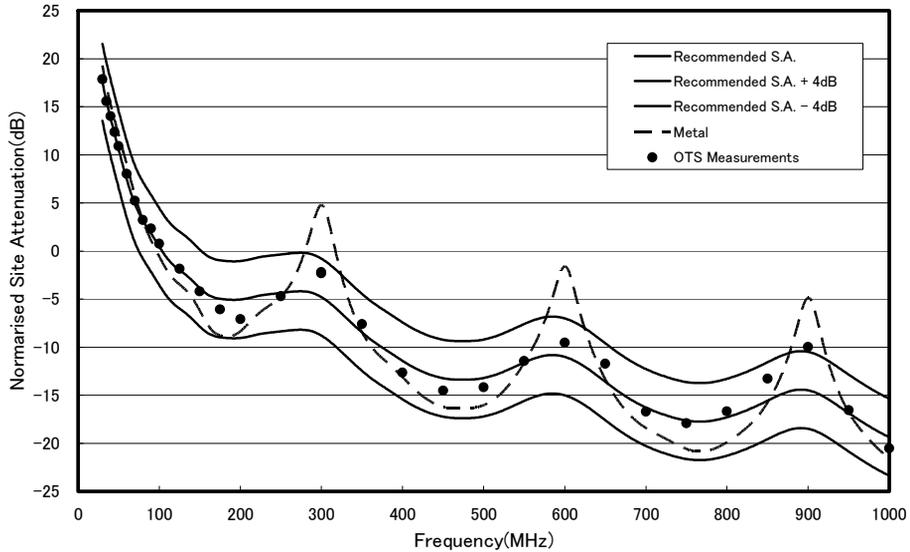


그림 3-47 3m거리의 수평 안테나에 의한 시험장 평가 결과

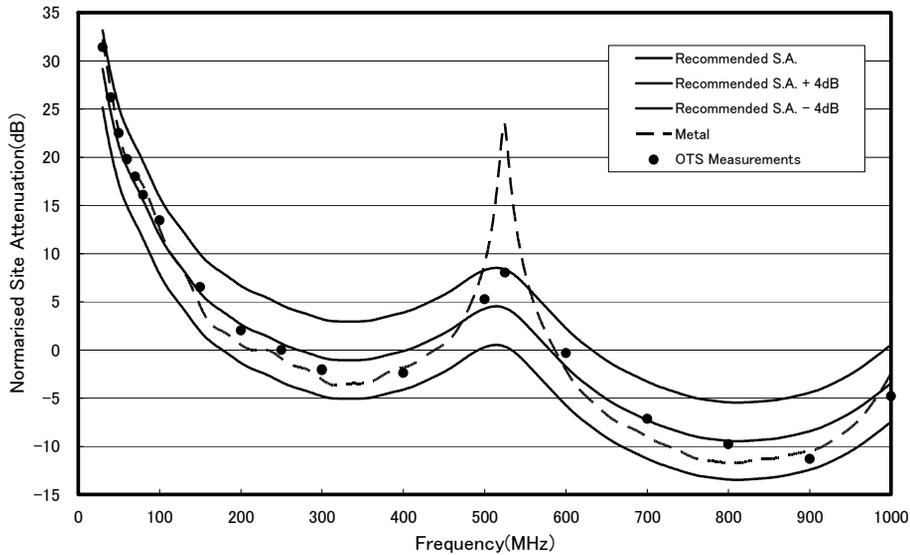


그림 3-48 10m거리의 수평 안테나에 의한 시험장 평가 결과

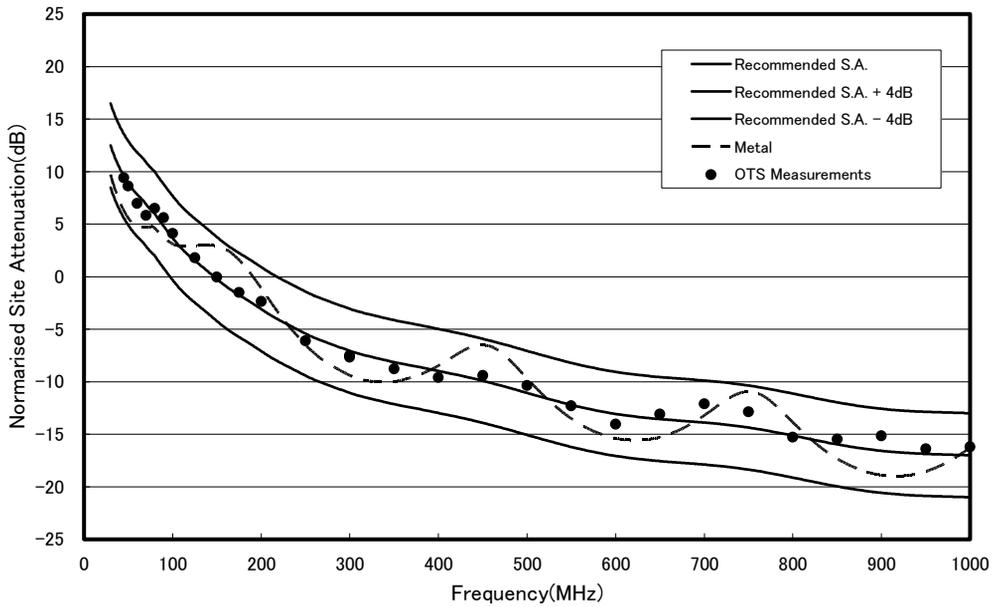


그림 3-49 3m거리의 수직 안테나에 의한 시험장 평가 결과

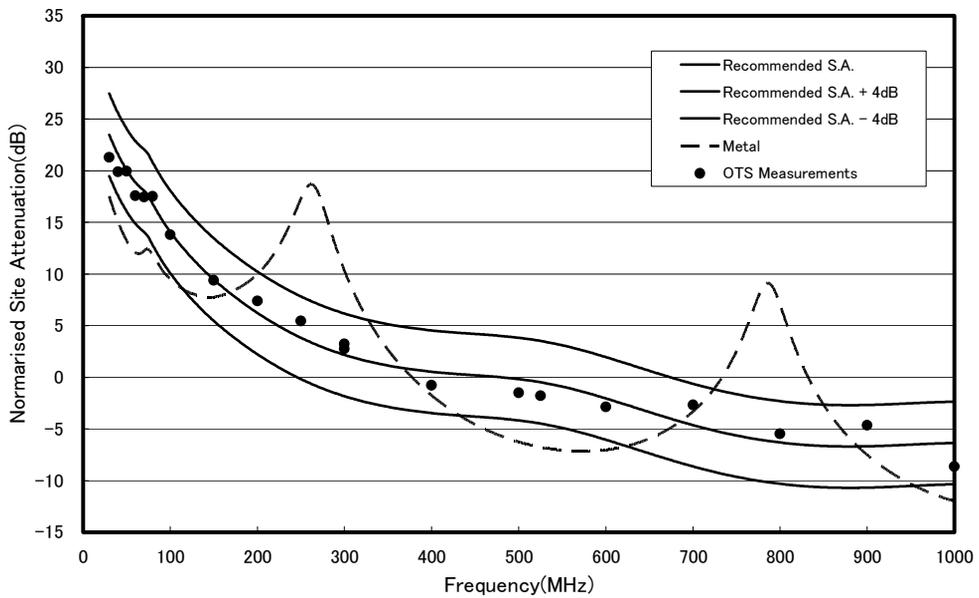


그림 3-50 10m거리의 수직 안테나에 의한 시험장 평가 결과

#### 다. CISPR25의 차기 개정안을 위한 Issue

(1) CISPR25의 3 판 - 1GHz 이상의 측정에 적용되어야 하는 평균값 검출법

- CISPR25 4.4. 항에 측정 장비는 CISPR16-1-1을 따를 것을 규정하였음. CISPR16-1-1은 1GHz 이상의 대역에서 측정은 선형과 로그 스케일의 2가지 모드에서 평균값 검출법으로 측정하도록 규정하였음. 그렇지만 CISPR25에서는 1GHz 이상의 대역에서 평균값 검출법을 적용하도록 규정되어 있지 않아, 독일 대표단은 CISPR25에서도 1GHz 이하에서 규정된 것과 동일하게 1GHz 이상에서도 평균값 검출법으로 측정하도록 규정 할 것을 제안함

- 독일 대표단은 CISPR25 4.4. 항에 ‘평균값 검출법의 제한 값은 CISPR16-1-1 Ed.2.2 의 6.4.1.항에 정의된 선형 평균값 검출법과 동일함’을 추가 할 것을 제안 함

(2) CISPR25 3 판 첨부 I 1.4절; 평균값 검출법을 위한 VBW의 축소

- CISPR16-1-1, Edition 2.2, Clause 6.4.1. Note 1은 ‘주기성 신호의 적절한 평균값 검출을 위하여  $VBW \ll RBW$ 로 설정된 스펙트럼분석기로 측정하며, 측정 시 VBW를 줄이면 비디오 필터의 바른 동작을 위하여 충분한 스캐닝시간을 가져야 함’으로 기술되어 있어 VBW 평균에 관한 기술은 없음

- 미국 내 전문가들은 CISPR25 Ed.3의 개정 본에서 VBW 평균을 허용 할 것을 제안 함.

(3) R10 수정에 관한 제안

- 표준안은 R10 Rev.2의 차기 개정안에 전원 망의 연결에 관한 문장을 추가하자는 안건임

- R10 Annex11로 ‘전력망의 연결에 의한 전자파 방사시험을 하는 방법’을 추가하자는 안건임

- R10 Annex12로 ‘전력망의 연결에 의한 전자파 내성시험을 하는 방법’을 추가하자는 안건임
- R10 6.1.1.3.항으로 ‘전력망과 차량 간의 연결에 따른 전도방사와 내성을 위한 추가시험임. 이 시험은 자동차와 ESA에 의하여 수행되어짐’을 추가하자는 안건임
- R10 6.1.10.항으로 ‘전력망의 연결에 의한 전자파 방사에 관한 규정’을 추가하여, 측정 방법 및 한계 값을 규정하자는 안건임

표 3-11 전력망 연결에 따른 방사 조건

Method	Limits
Conducted emissions	0,15 to 0,5 MHz: 66 to 56 dB uV quasi-peak 56 to 46 dB uV average (linearly decreasing with logarithm of frequency) 0,5 to 5 MHz: 56 dB uV quasi-peak 46 dB uV average 5 to 30 MHz: 60 dB uV quasi-peak 50 dB uV average
Harmonic current emissions	Phase current 16 A: See IEC 61000-3-2:2005 Phase current >16 A and 75 A: See IEC 61000-3-12:2004
Voltage changes, voltage fluctuations and flicker	Phase current 16 A: See IEC 61000-3-3:2008 Phase current >16 A and 75 A: See IEC 61000-3-11:2000

- R10 6.1.11.항으로 ‘전력망의 연결에 의한 전자파 내성에 관한 규정’을 추가하여, 측정 방법 및 한계 값을 규정하지는 안건임

표 3-12 전력 망 연결에 따른 내성 조건

Method	Test Levels	Requirements
Conducted RF disturbances	0,15 to 47 MHz: 10 V, AM (80%, 1kHz)	A
	47 to 68 MHz: 3 V, AM (80%, 1kHz)	A
	68 to 80 MHz: 10 V, AM (80%, 1kHz)	A
Voltage dips	0%, 1 cycle	B
	40%, 10/12 cycles at 50/60 Hz	C
	70%, 25/30 cycles at 50/60 Hz	C
Voltage interruptions	0%, 250/300 cycles at 50/60 Hz	C
Surge	1,2/50 $\mu$ s ( $T_r/T_h$ ): asymmetric $\pm 2$ kV symmetric $\pm 1$ kV	B
		B
Electrical fast transients/ burst	5/50 ns ( $T_r/T_h$ ), 5 kHz: $\pm 2$ kV	B
Activation of protection circuits is considered as A and therefore admissible.		

(4) CISPR25 수정 본에 관한 제안

- 영국대표단은 CISPR12 Figure6의 그림 3-51을 아래 그림과 같이 변경하자는 안건으로 해당 문맥도 수정 제의함

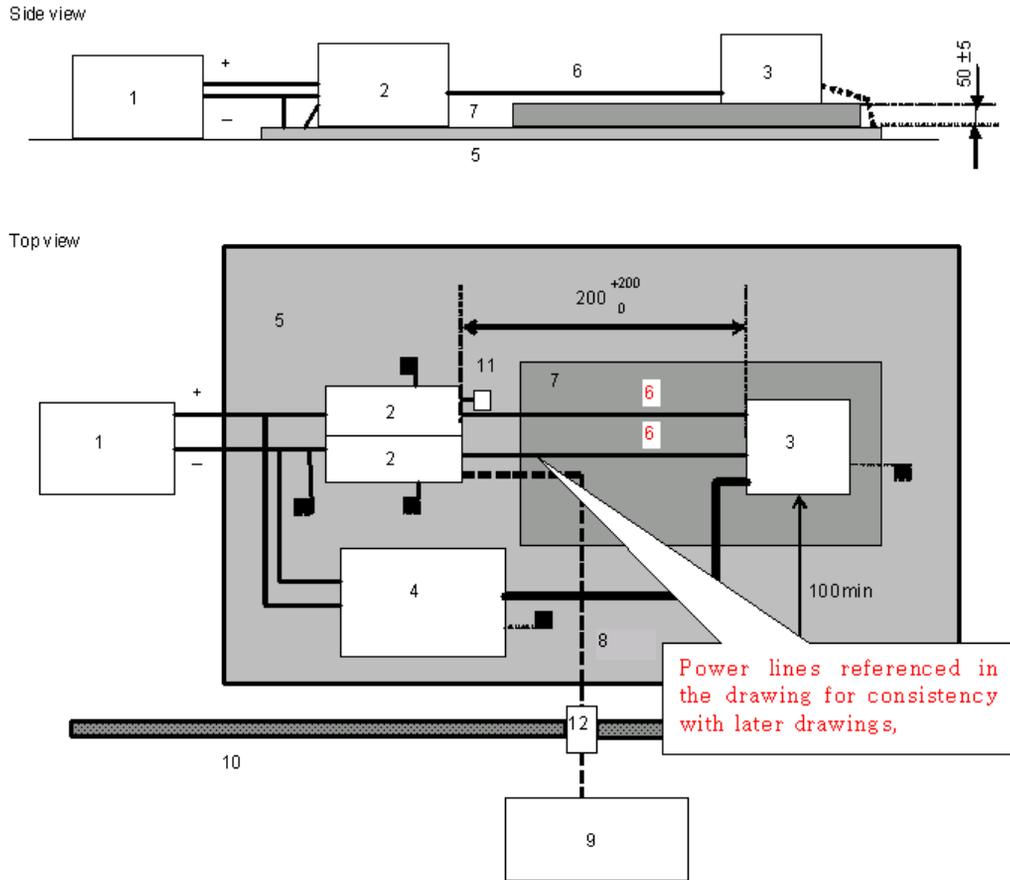


그림 3-51 Power Line Reference를 추가한 경우

- 영국대표단은 CISPR12 Figure7의 그림을 아래 그림 3-52와 같이 변경하자는 안건으로 해당 문맥도 수정 제의함

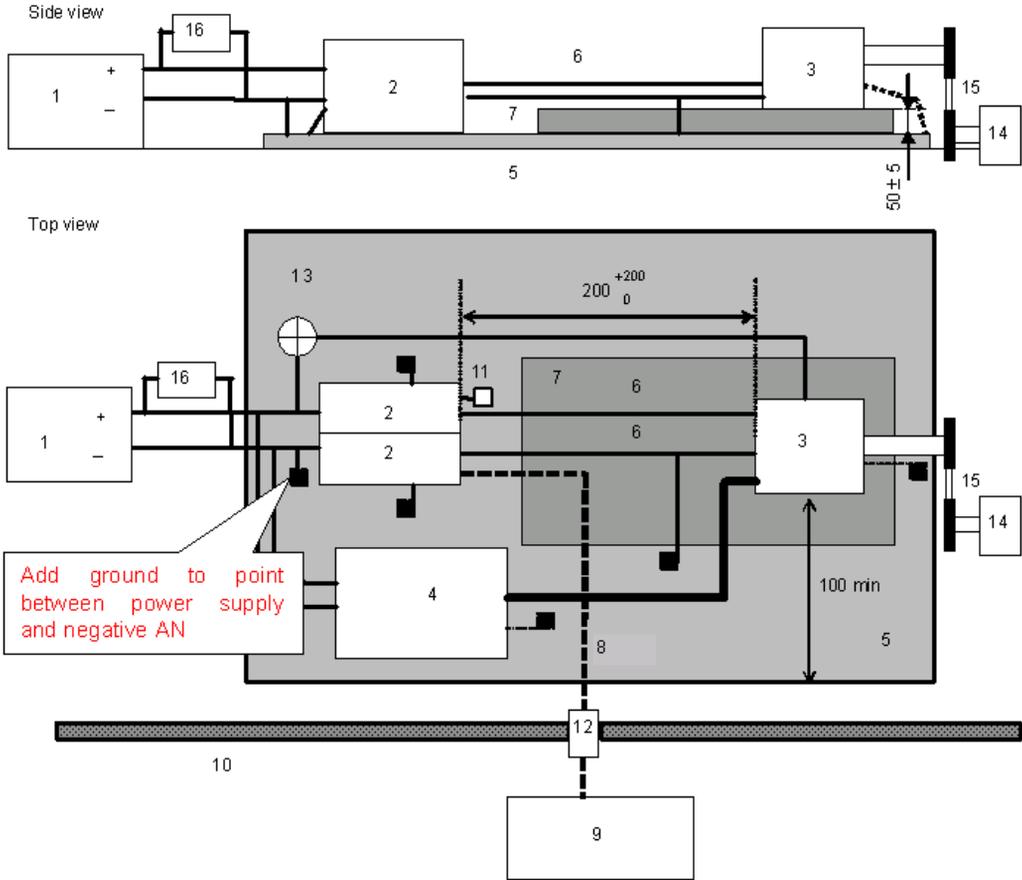


그림 3-52 Power Line Reference를 접지한 경우

- 전도성 방사(Conduction Emission)를 측정하는 6.2.2.항의 측정방법을 기존의 방식에 전원 선을 위한 그라운드 선을 별도로 추가하여, 전원의 그라운드 선과 알터네이트의 그라운드를 그라운드 면에 결합 할 것을 제안함

(5) CISPR25의 방사시험 시 그라운드 스트랩의 위치와 개수

- 한국대표단은 CISPR25의 ALSE 시험장에서 전자파 방사시험 실행 시, 그라운드 스트랩의 변화와 노이즈의 방사세기가 상관관계를 가짐을 해석함

- 한국대표단은 CISPR25 복사성 방사 시험 시 아래 그림 3-53과 같이, 시료를 위치시키는 테이블의 접지 라인을 밑으로 내리는 경우, 테이블의 접지라인 수와 위치에 따라 동일 EUT 측정 결과가 10dB 이상 차이남을 보였음

- 한국대표단은 관련 규정의 개선을 제안하였음.

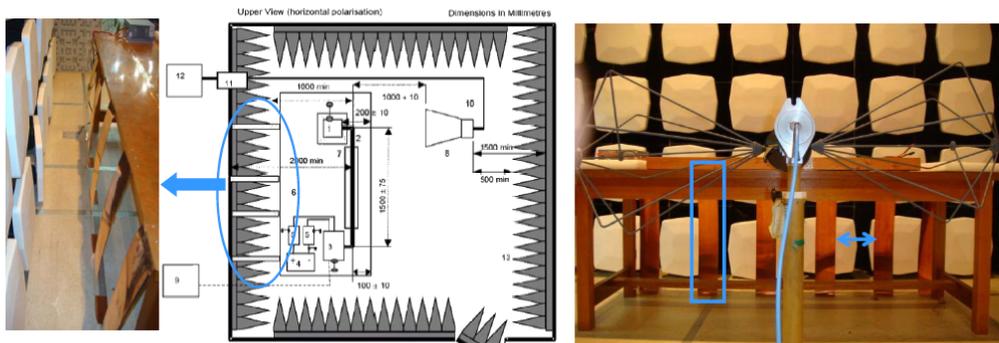


그림 3-53 시료 테이블 접지 라인을 아래로 내린 경우의 측정 사진

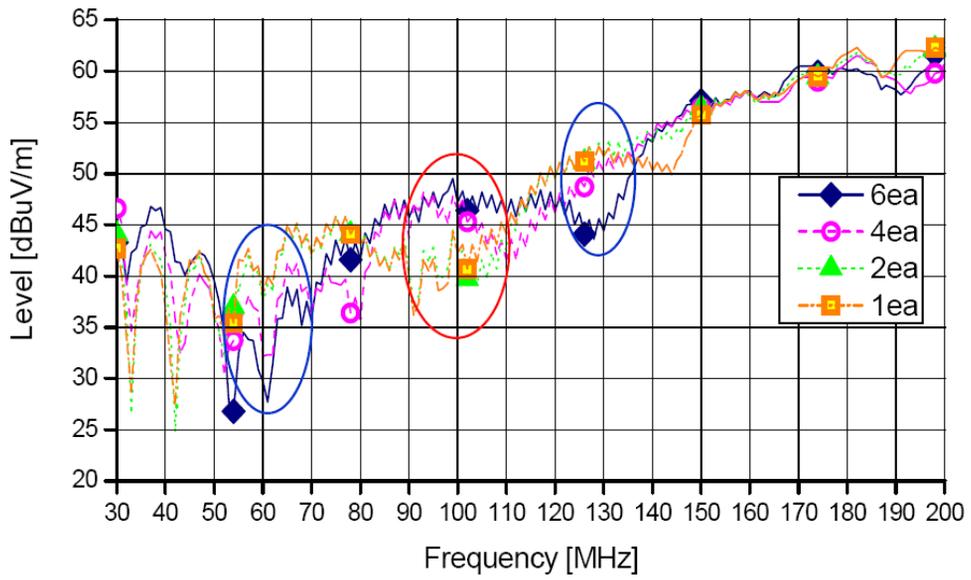


그림 3-54 시료 테이블 접지 라인의 갯수를 1, 2, 4, 6개로 증가시켜  
30MHz ~ 200MHz 대역의 RE 측정 결과

## 제 5 절 하이브리드 자동차 EMI 규격의 적합성 연구

### 1. 연구개요

올해(2009년) 9월에 프랑스 리옹에서 개최된 CISPR and IEC TC77 회의에서 하이브리드 및 전기 자동차를 위하여 논의된 자동차 EMI 규격은 ‘하이브리드 및 전기 자동차와 전력망 간의 연결에 따른 전도성 방사’에 관한 것과, ‘하이브리드 및 전기 자동차 시험 시 안테나 위치’에 관한 것, ‘하이브리드 및 전기 자동차 시험 시 자동차의 속도’에 관한 것으로 정리 할 수 있다.

여기에서 ‘하이브리드 및 전기 자동차와 전력망 간의 연결에 따른 전도성 방사’에 관한 규격을 규명하기 위한 기술적인 연구는 이미 2장 2 절 ‘하이브리드 자동차 EMC 발생 기구 연구’에서 이루어져 있어, 본 절에서는 하이브리드 자동차의 EMI 규격의 적합성 연구를 위하여 ‘자동차 시험 시 안테나 위치’에 관한 연구와 ‘자동차 시험 시 자동차의 속도’에 관한 연구를 진행하고자 한다.

연구의 추진 방향은 단계별로 진행 하고자 하며, 1단계는 새롭게 규정되는 EMC 규격을 현 자동차에 적용 시 그 적합성이 있는지 평가 할 것이며, 2단계로 하이브리드 자동차, 3단계로 전기자동차 순으로 그 적합성을 평가 하고자 한다. 따라서 올해는 1단계의 현 자동차에서의 적합성을 우선 규명하였다.

### 2. 연구 방법

‘자동차 시험 시 안테나 위치’에 관한 규격은 자동차 EMC 규격 동향에서 언급한 것과 같이 하이브리드 또는 전기 차량 등과 같이 EMI Source가 차량 전체에 분포 하는 경우, 측정 정확도의 향상을 위하여 기존의 엔진 중앙에 안테나 위치를 일치시켜 측정하는 방식에서, 안테

나의 반치각을 고려하여 차량 전체를 측정 할 수 있게 안테나 위치를 중심으로 선정하거나, 다중으로 선정하는 측정방식을 말한다.

이를 위하여 본 연구에서는 안테나의 반치각에 의하여 형성 되어지는 길이보다 긴 자동차를 선정하여 그 측정 위치를 변화하면서 진행하였으며, 측정 결과의 세기를 비교 검토함으로써 규격의 타당성 여부를 평가 하였다. 30MHz ~ 200MHz의 측정을 위하여 Biconical Antenna와 200MHz ~ 1GHz의 측정을 위하여 Log Periodic Antenna를 선정 하였다. 측정을 진행한 EMC Chamber은 10m 이상의 거리에서 자동차 측정이 가능한 설비를 갖춘 Semi-Anechoic Chamber를 채택하였다. 측정에 사용한 자동차의 길이는 4.81m이며, 안테나의 반치각이 60도인 것을 고려하여 안테나와 자동차 간의 거리를 3m로 설정 하였다. 즉 안테나 3m 거리에서는 3dB 이내의 오차를 가지는 반치각의 길이가 3m 이므로, 이 길이를 초과하는 길이의 자동차를 선정하였다. 안테나의 측정 위치는 자동차의 앞면(앞면의 길이는 1.85m 임), 엔진위치(앞면에서 약 0.7m), 엔진위치에서 1.7m와 3.4m 식 뒤로 이동하여 측정 하였다.

‘자동차의 속도’에 관한 규격은 자동차 EMC 규격 동향에서 언급한 것과 같이 하이브리드 자동차, 전기자동차 등의 출현으로 측정조건을 명확히 하기 위하여 프랑스 대표단이 관련 규정의 개정을 요청하였으며, 구체적으로 속도는 모두 40km/h+10%으로, 불꽃점화 엔진의 엔진조건은 1500rpm으로, 하이브리드자동차의 엔진조건은 1500rpm ± 150으로 규정할 것을 제안하였다.

이를 위하여 본 연구에서는 자동차의 RPM을 900, 1200, 1500, 1800으로 변화시켜 측정하여, 그 세기를 비교 검토함으로써 규격의 타당성 여부를 평가 하였다. 30MHz ~ 200MHz의 측정을 위하여 Biconical Antenna와 200MHz ~ 1GHz의 측정을 위하여 Log Periodic Antenna를 채택 하였으며, 안테나와 자동차 간의 거리는 10m로 위치하였다. 안테나의 위치는 자동차의 엔진 위치와 일치시켰다.

### 3. 연구 결과

#### 가. 자동차 측정 결과<sup>1</sup>

아래의 그림 3-55, 3-56은 자동차의 엔진 구동 시 발생하는 Noise 특성과 기타 소형 모터, 전장품 및 라이트 등에서 발생하는 Noise의 특성을 파악하기 위하여, 엔진을 가동한 상태에서 자동차의 와이퍼, 장착된 모든 전장류, 그리고 라이트 등을 켜고서 복사성 방사를 측정된 결과와 불꽃 점화 장치만 정지 시킨 상태에서의 복사성 방사를 측정된 결과를 비교 하였다.

아래 측정 결과에서와 같이 대부분의 자동차 노이즈는 200MHz 이하의 대역에서 주로 분포함을 확인 할 수 있으며, 엔진의 동작 유무에 따른 노이즈 특성이 Vertical 방향의 측정 결과에서 더욱 뚜렷하게 볼 수 있다.

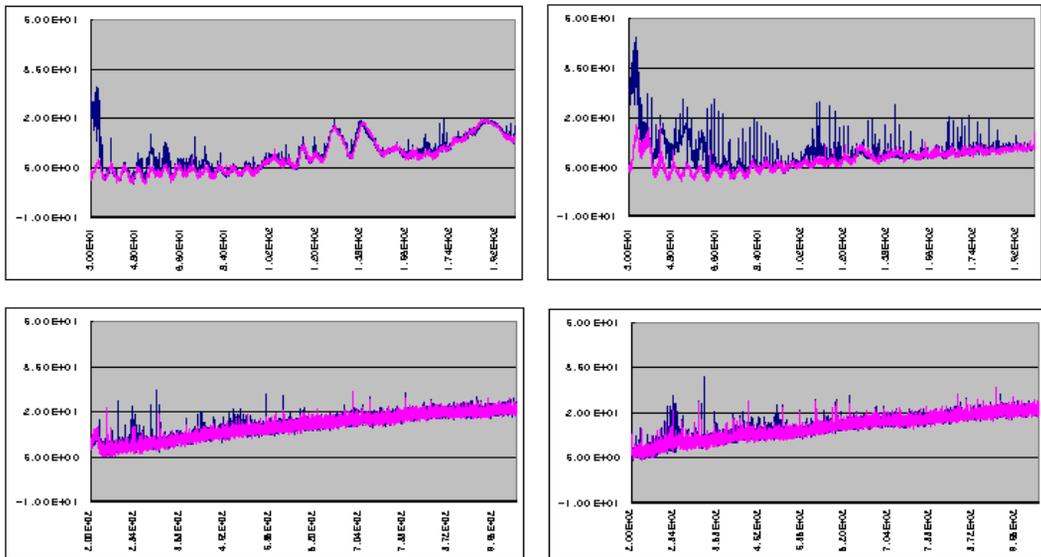


그림 3-55 침두값 모드 (청색: Full 동작, 적색: 엔진 Off, 좌; Horizontal 방향의 Antenna, 우; Vertical 방향의 Antenna, 상; 30~200MHz, 하: 200~1GHz)

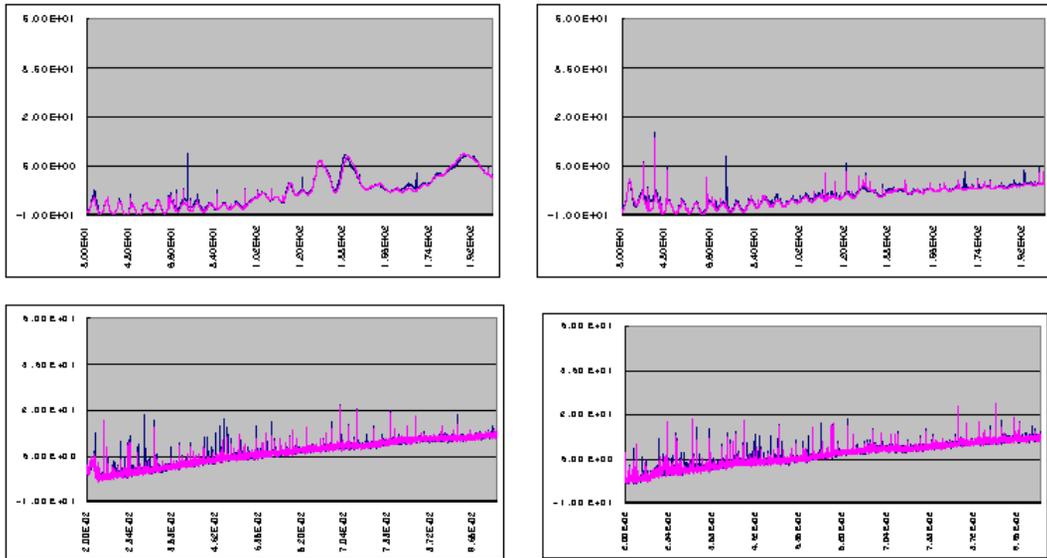


그림 3-56 평균값 모드 (청색: Full 동작, 적색: 엔진 Off, 좌;  
Horizontal 방향의 Antenna, 우; Vertical 방향의 Antenna, 상;  
30~200MHz, 하: 200~1GHz)

위의 그림 3-56에서 침두값 모드에서 측정한 경우에는 엔진의 동작 유무에 따라서 노이즈 특성 차이를 명확한 확인 할 수 있으나, 평균값 모드로 측정한 경우 전 주파수 대역에서 그 특성이 사라지고 일부 주파수에서 피크성 노이즈를 확인 할 수 있다. 이는 측정의 특성에 기인 한 것으로 침두값 측정법에서는 주기성 비주기성 노이즈가 모두 강하게 측정되는 반면, 평균값 측정법에서는 주기성 노이즈만 강하게 나타나게 되어 일어나는 현상이다. 결국 엔진 동작 시 발생하는 노이즈는 대부분이 비 주기성 노이즈임을 의미하며, 약 70MHz 근방에 주기성 노이즈가 존재함을 확인 할 수 있다. 또한 평균값 측정법으로 엔진이 동작 시 광대역의 노이즈가 강하게 나타나고, 엔진 정지 시는 1GHz 까지의 전 주파수 대역에서 협대역 노이즈가 강하게 나타남을 확인 할 수 있다.

이상으로 엔진 동작 시의 노이즈는 비주기성으로 광대역 노이즈 특성을 가짐을 확인 하였다. 이러한 특성은 Alternator와 Ignition Device가 발생시킨 노이즈와 유사 한 특성을 가져 이에 의한 결과임을 유추하여 볼 수 있다. 엔

진 정지 시의 노이즈는 주기성이며, 협대역 노이즈 특성을 가짐을 확인 하였다. 이러한 특성은 전장품이 가지는 Clock 같은 주기성 신호와 동일한 특성을 나타내어 이에 의한 결과임을 유추 할 수 있다.

## 나. 자동차 측정 결과2

아래의 그림 3-57은 자동차 복사성 방사의 세기 측정 시 안테나의 위치를 앞면 정 중앙(F), 엔진(E), 자동차 측면 중앙(C), 자동차의 측면 후위(R) 등에서 측정 한 Noise 파형을 나타내었다.

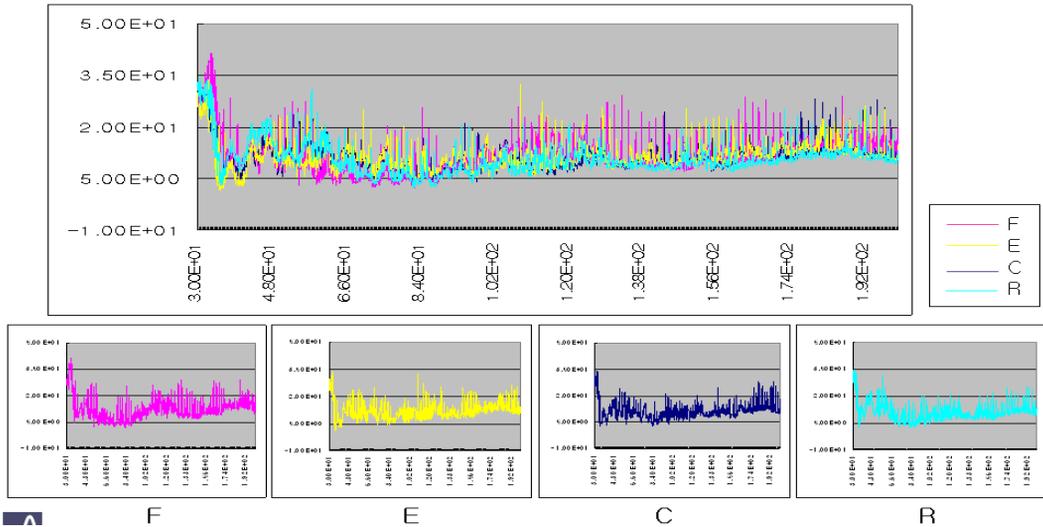


그림 3-57 Horizontal 안테나 방향의 침두값 모드 측정 결과 (F: 자동차 정면, E: 엔진의 안테나 위치, C: 엔진의 170cm 뒤, R: 엔진의 340cm 뒤)

수평방향의 안테나로 침두값 모드로 측정한 결과, 자동차의 정면부에서 전반적으로 가장 노이즈가 세기가 강하게 측정 되었으며, 측면부에서는 일부 주파수 대역을 제외한 대부분의 주파수 대역에서 엔진 위치에 안테나 위치를 설정한 경우가 가장 강하게 측정 된 것을 볼 수 있다.

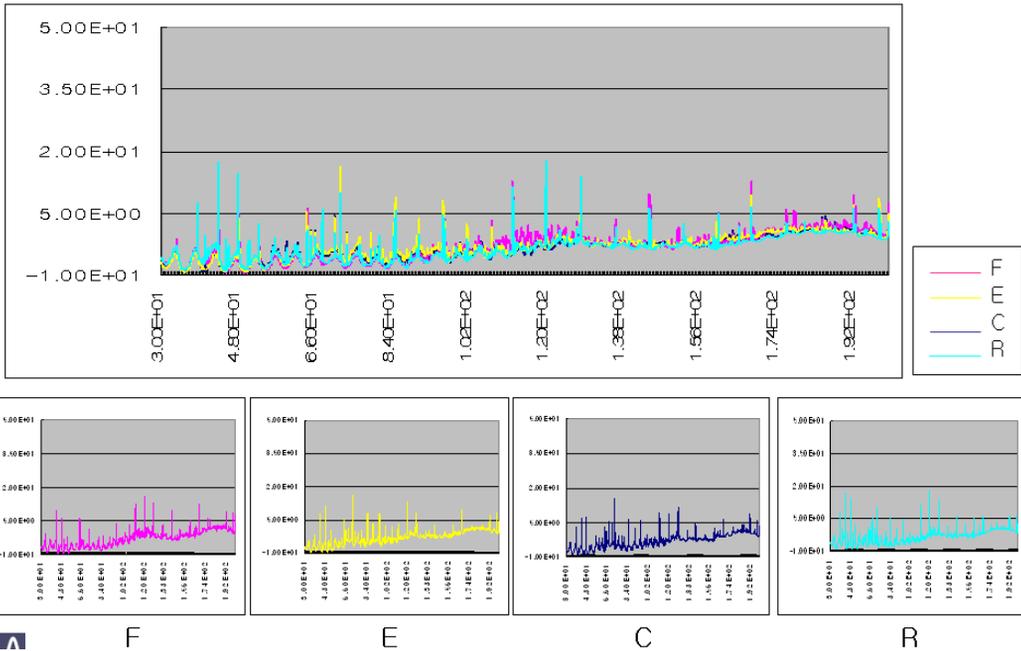


그림 3-58 Horizontal 안테나 방향의 평균값 모드 측정 결과 (F: 자동차 정면, E: 엔진의 안테나 위치, C: 엔진의 170cm 뒤, R: 엔진의 340cm 뒤)

수평방향의 안테나로 평균값 모드로 측정한 결과, 안테나의 위치와 상관성이 없이 주파수 대역에 따라 강하게 발생하는 위치가 달라짐을 확인 할 수 있으며, 40MHz 주파수 주위에서는 침투값 측정 결과와 달리 자동차 후위에서 강하게 측정됨을 확인 할 수 있다.

이는 ‘가. 자동차 측정 결과1’에서 유추하여 본 것과 같이 침투값 측정에서는 전면부에 위치한 Alternator와 Ignition Device 노이즈가 강하게 측정 되어 Alternator와 Ignition Device이 위치한 자동차 정면에서 강하게 발생한 결과임을 추론 할 수 있다. 평균값 모드에 강하게 측정되는 주기성 노이즈는 자동차 전역에 존재하므로 주파수 대역에 따라 발생하는 노이즈의 위치가 상이하여 측정 위치에 따른 결과가 상이하게 발생함을 추론 할 수 있다.

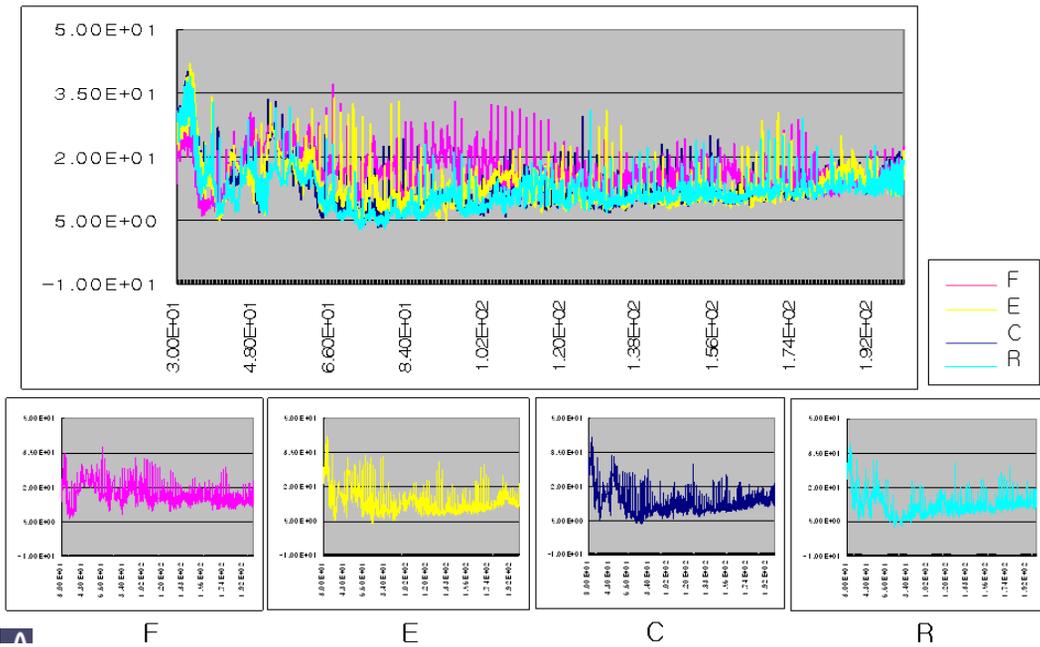


그림 3-59 Vertical 안테나 방향의 첨두값 모드 측정 결과

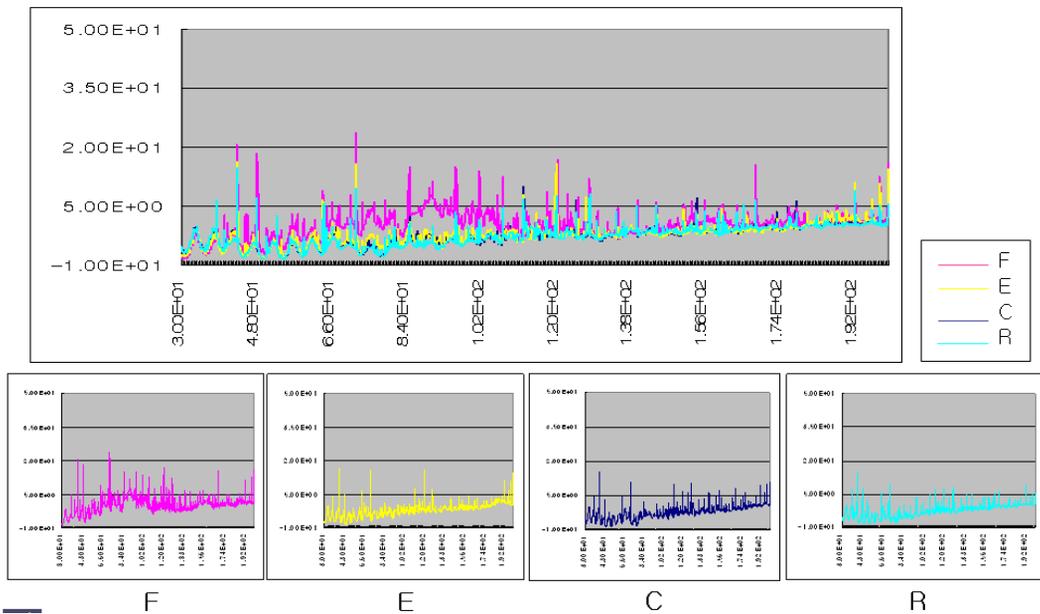


그림 3-60 Vertical 안테나 방향의 평균값 모드 측정 결과

수직방향의 안테나로 침두값 모드로 측정된 결과, 전반적으로 자동차 전면부에서 전 주파수 대역에서 강하게 발생함을 확인 할 수 있으며, 자동차 측면부에서는 엔진 부위에 안테나를 설치한 경우가 높게 발생함을 확인 할 수 있다. 특히 평균값 모드로 측정된 경우도 자동차 전면부에서 강하게 발생함을 확인 할 수 있어, 기존에 평균값 모드에서 측정 할 수 없었던 Alternator 노이즈를 보여 주고 있다. 전면부에 Alternator와 Ignition Device 노이즈가 집중적으로 발생함을 보여준다.

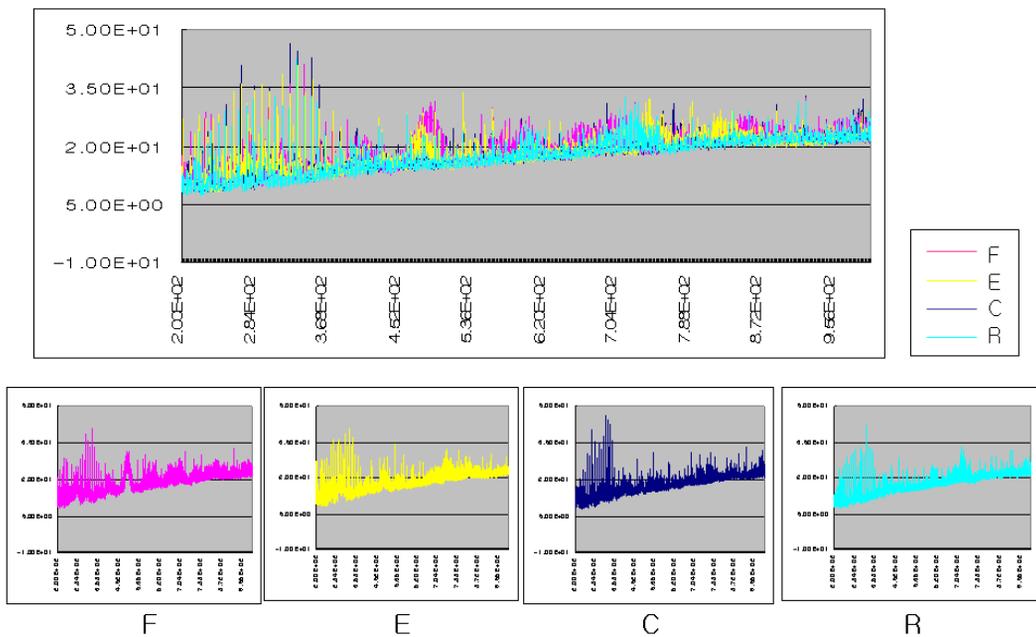


그림 3-61 Horizontal 안테나 방향의 침두값 모드 측정 결과

그림 3-61, 3-62는 200MHz ~ 1GHz 주파수 대역에서 수평 방향의 안테나를 사용하여 침두값 및 평균값 측정법으로 측정된 결과이다. 전반적으로 그 특성이 균일함을 알 수 있어나, 안테나 위치에 따라 방사 세기가 약간 식 차이가 남을 확인 할 수 있다. 그림 3-63, 3-64는 200MHz ~ 1GHz 주파수 대역에서 수직 방향의 안테나를 사용하여 침두값 및 평균값 측정법으로 측정된 결과이다. 그림 3-61, 3-62와 동일

하게 전반적으로 그 특성이 균일하고, 안테나 위치에 따라 방사 세기가 약간 식 차이가 남을 확인 할 수 있다.

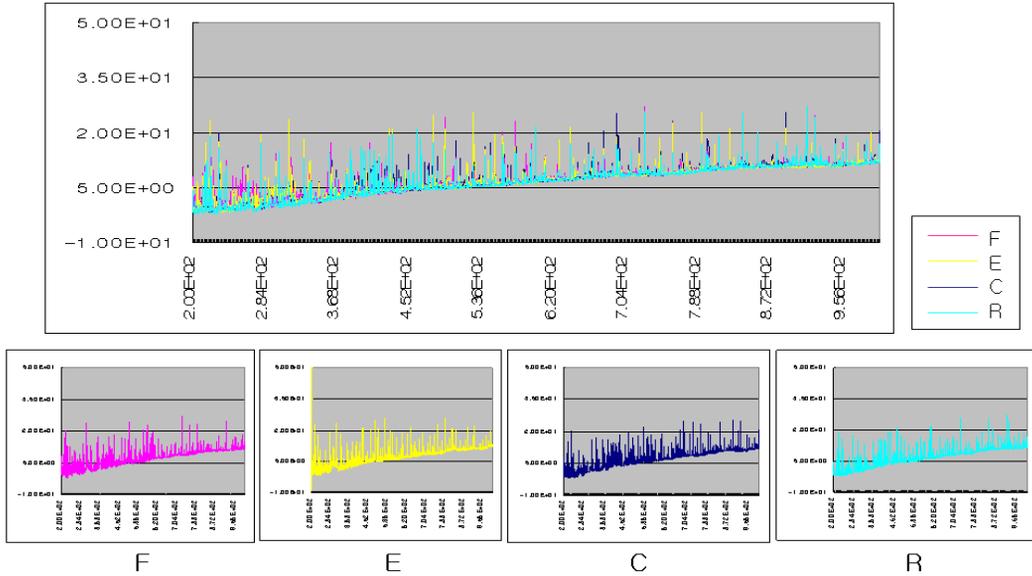


그림 3-62 Horizontal 안테나 방향의 평균값 모드 측정 결과

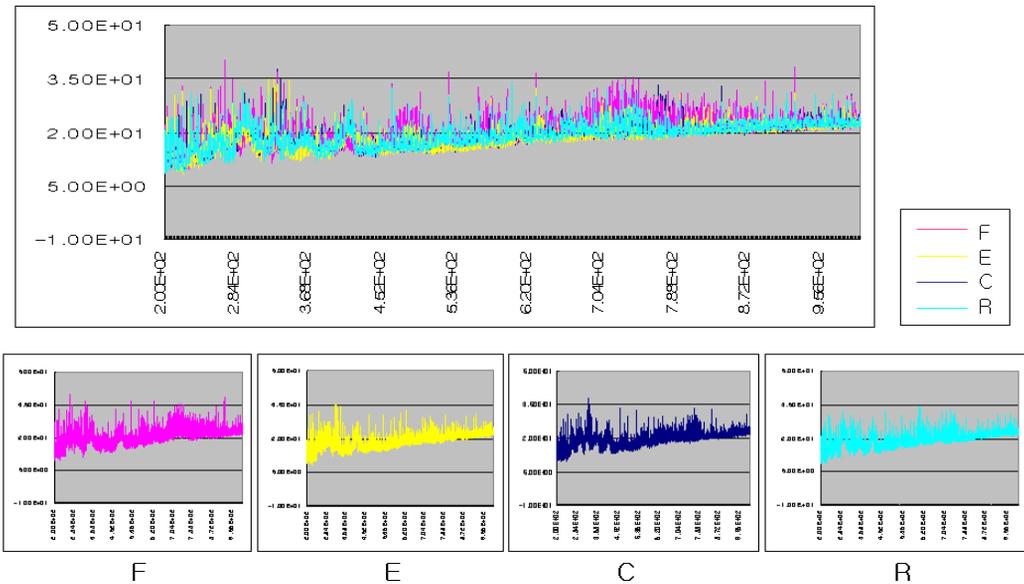


그림 3-63 Vertical 안테나 방향의 첨두값 모드 측정 결과

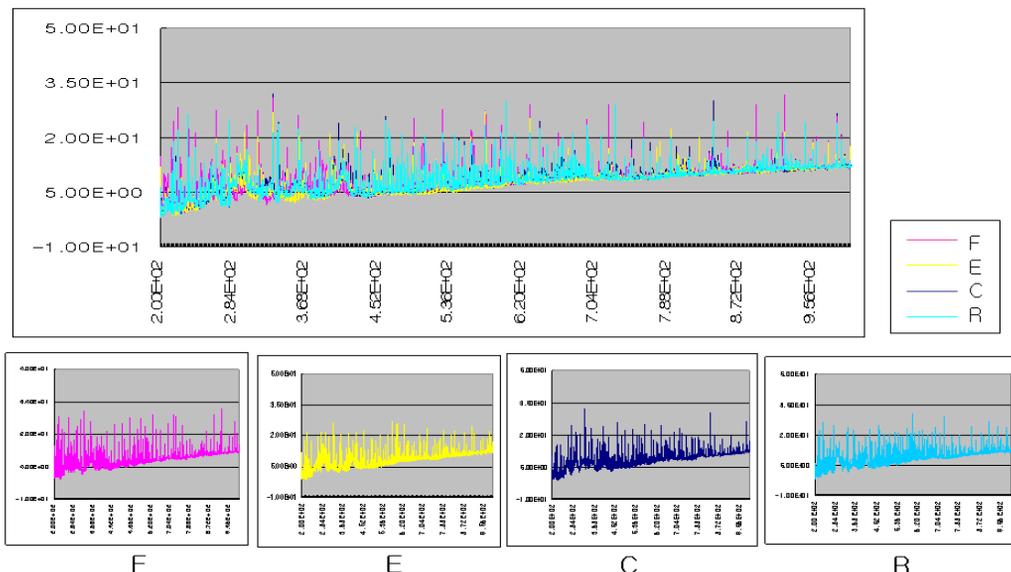


그림 3-64 Vatical 안테나 방향의 평균값 모드 측정 결과

이상의 결과에서 자동차 복사성 방사를 평가 하기위한 기존의 자동차 엔진 부위를 안테나 중심점으로 선정하여 측정하는 방법은 침두치 측정 방법에는 큰 무리가 없는 방법임을 보여 주었다. 그러나 일부 평균값 측정 결과에서는 안테나의 위치에 따른 복사성 방사 측정 결과 값이 차이를 나타냄에 따라, 위치의 선정 중요성을 확인 하였다. 이를 통하여 앞으로 하이브리드 및 전기자동차가 증가 할수록 자동차 측정 용 안테나의 위치 선정이 측정 결과의 영향을 끼치는 인자임을 확인 하였다. 따라서 측정 시 위치 선정에 따른 바른 규격의 필요성을 동감하였다.

#### 나. 자동차 측정 결과3

아래의 그림 3-65, 3-66, 3-67, 3-68, 3-69, 3-70, 3-71, 3-72들은 자동차 복사성 방사 측정 시 엔진의 속도가 세기에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 속도를 800, 1200, 1500, 1800rpm으로 변형 시키면서 안테나의 방향을 수직 수평으로, 측정 모드를 침두치와 평균값 모드로 바꾸어 측정한 결과이다.

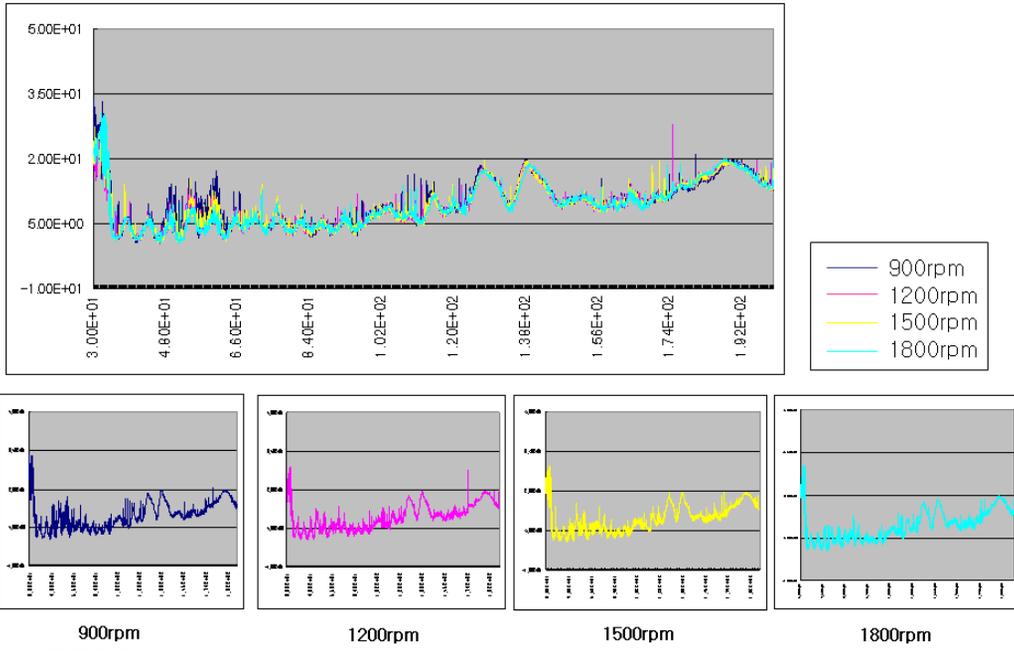


그림 3-65 30kHz-200MHz-Horizontal-첨두값

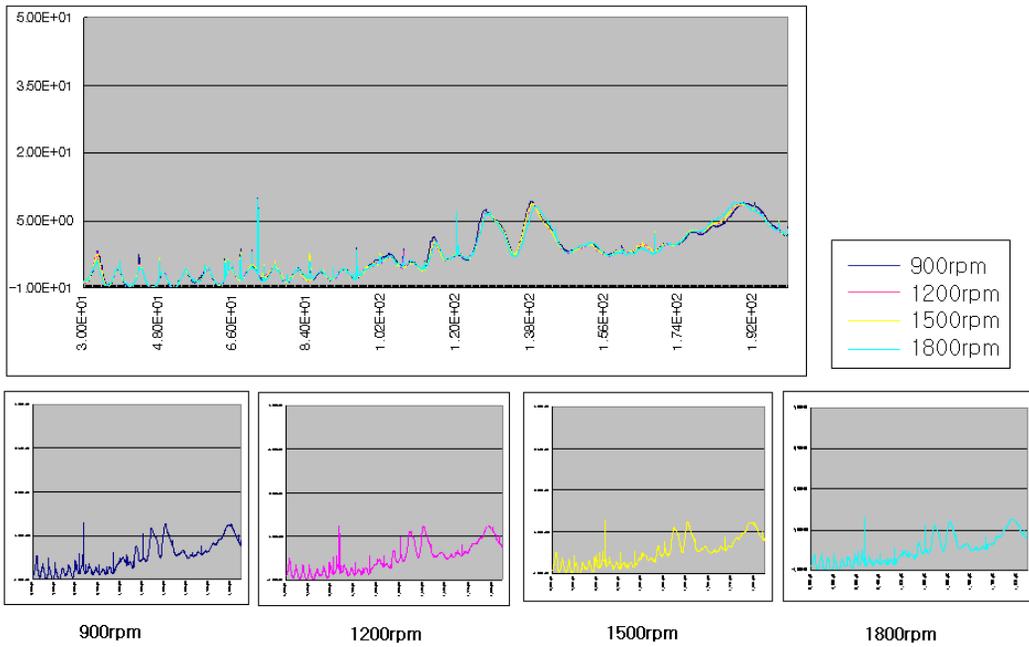


그림 3-66 30kHz-200MHz-Horizontal-평균값

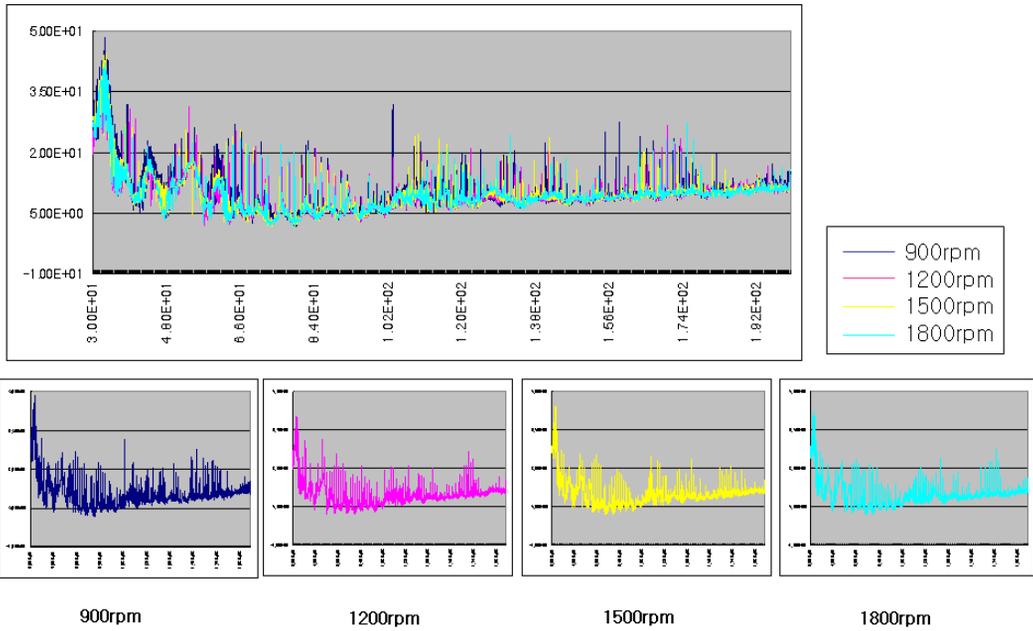


그림 3-67 30kHz-200MHz-Vertical-첨두값

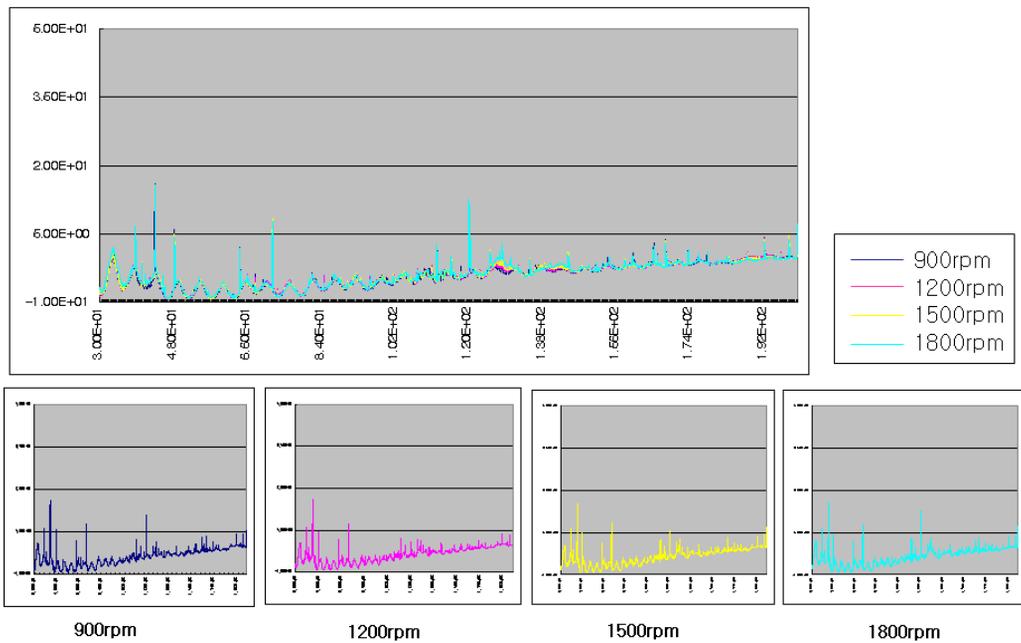


그림 3-68 30kHz-200MHz-Vertical-평균값

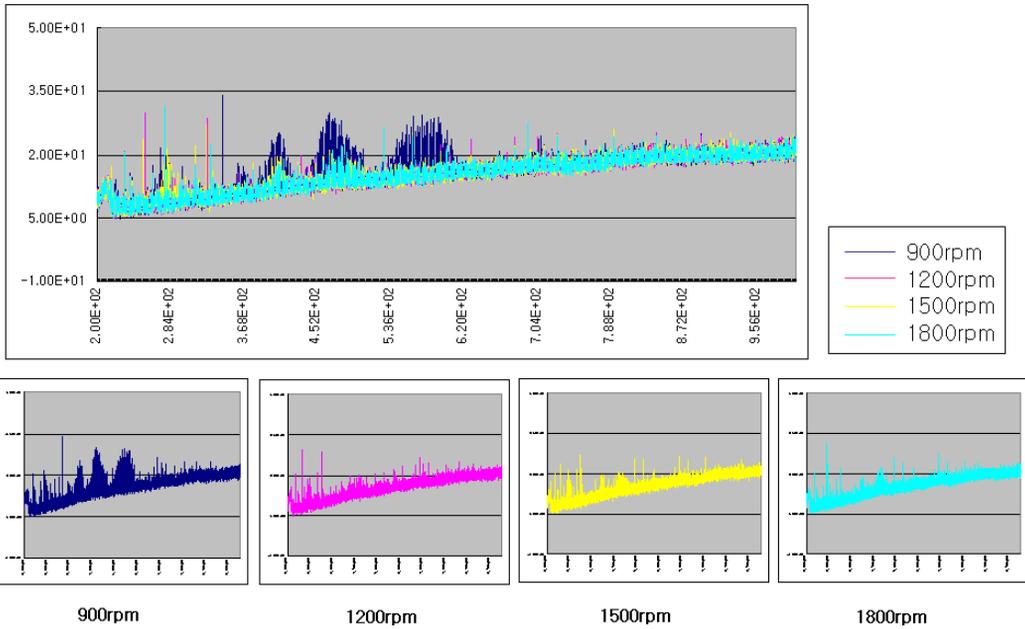


그림 3-69 200MHz-1GHz-Horizontal-침두값

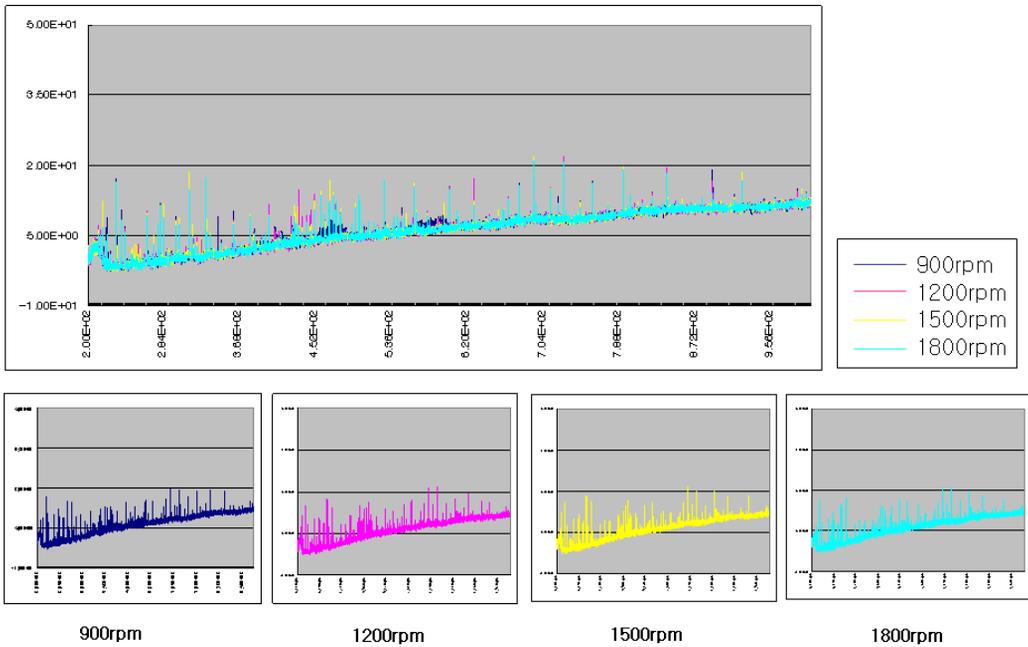


그림 3-70 200MHz-1GHz-Horizontal-평균값

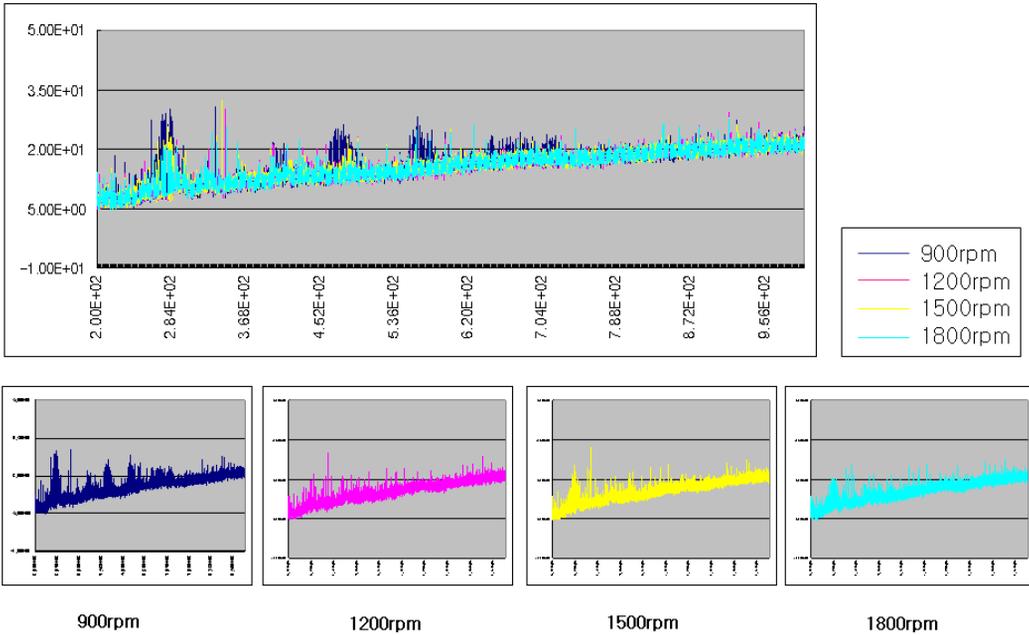


그림 3-71 200MHz-1GHz-Vertical-첨두값

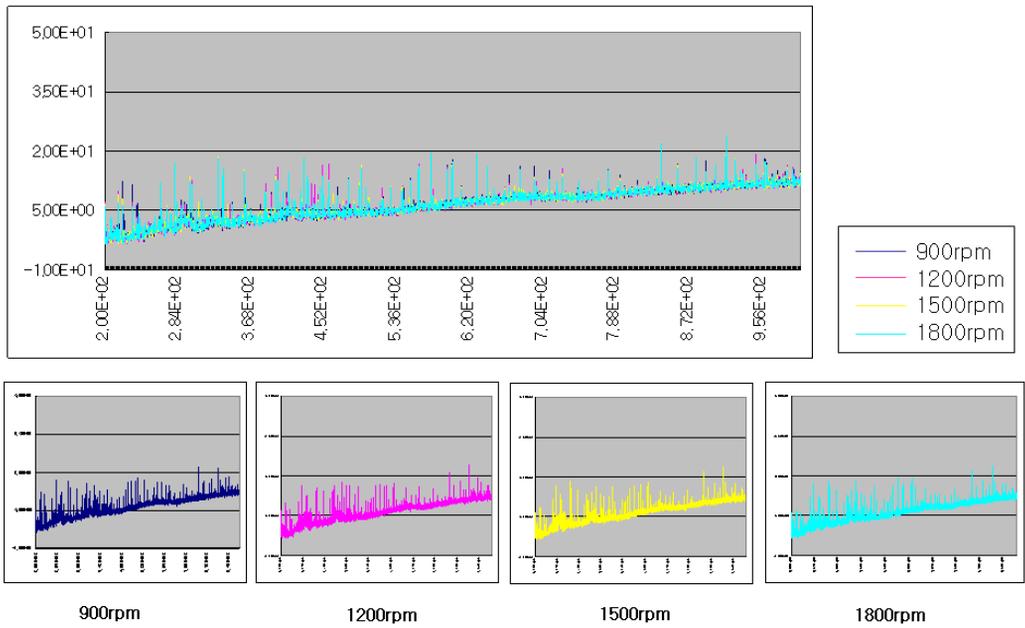


그림 3-72 200MHz-1GHz-Vertical-평균값

그림 3-65, 3-67, 3-69, 3-71과 같이 침두치 측정법을 적용하여 측정 한 경우는 안테나의 방위에 무관하게 900rpm에서 노이즈의 차가 명확히 발생하나 1200, 1500, 1800 rpm에서는 그 세기가 비슷함을 확인 할 수 있다. 그림 3-66, 3-68, 3-70, 3-72와 같이 평균치 측정법에 의한 경우에는 rpm의 변화에 따른 복사성 방사의 세기가 변하지 않음을 확인 할 수 있다. 이러한 결과는 가. 자동차 측정 결과1에서 이야기 되어진 것과 같이 침두치 측정에서는 비주기성이며, 광대역 노이즈 특성을 가진 Alternator와 Ignition Device가 방사성 노이즈의 세기를 좌우 하므로, rpm의 증가가 Alternator와 Ignition Device의 동작에 변화를 주어 Alternator와 Ignition Device가 생성한 노이즈가 변화하여 발생한 현상으로 해석된다. 또한 평균값 측정법에서는 rpm에 영향을 받지 않은 것은 이 역시 Alternator와 Ignition Device 이외의 자동차 전장류, 모터, 음향기기, 조명 기기 등은 rpm에 영향을 받지 않으므로 그 특성의 변화가 발생 하지 않았다.

이상으로 자동차의 속도가 측정에 미치는 영향을 일반 자동차에서 평가한 경우 일반 자동차의 속도는 자동차 내에 설치된 전장류, 모터, 음향기기, 조명 기기, 기타 전자 장치 등에 영향을 미치지 않으므로 속도의 변화는 큰 의미를 가지지 못함을 확인 하였다. 그렇지만 하이브리드 및 전기 자동차는 높은 출력의 모터를 사용하여 구동함에 따라 많은 전기를 사용하게 될 것이므로 이에 따른 영향이 복사성 방사에 어떠한 영향을 미칠 지는 지속적인 연구가 필요한 사항이다.

#### 4. 연구 결론

본 연구에서 안테나의 반치각에 의하여 형성 되어지는 길이보다 긴 자동차를 선정하여 그 측정 위치를 변화하면서 측정을 진행하고 그 세기를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 자동차 복사성 방사를 평가하기 위한 기존의 자동차 엔진 부위를 안테나 중심점으로 선정하여 측정하는 방법은 침두치 측정 방법에는 큰 무리가 없는 방법임

을 확인 하였다. 그러나 일부 평균값 측정 결과에서는 안테나의 위치에 따른 복사성 방사 측정값이 차이를 나타냄에 따라, 안테나의 측정 위치 선정의 중요성을 확인하였다. 하이브리드 및 전기자동차의 복사성 방사 측정을 위한 안테나의 위치 선정이 측정 결과에 영향을 끼치는 인자임을 확인 하였다. 따라서 측정 시 위치 선정에 관한 적절한 규격의 필요성을 확인하였다.

본 연구에서는 자동차의 rpm을 900, 1200, 1500, 1800으로 변화시켜 측정하여, 그 세기를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 평균값 측정법에 의한 측정 결과 자동차의 속도는 자동차 내에 설치된 전장품, 모터, 음향기기, 조명 기기, 기타 내장된 전자 장치 등에 영향을 미치지 않으므로 속도의 변화는 복사성 방사에 큰 영향을 미치지 못함을 확인 하였다. 그렇지만 자동차의 rpm 증가는 Alternator와 Ignition Device의 동작에 영향을 주어 첩두치 측정에 의한 복사성 방사에는 지대한 영향을 미침을 확인하였다.

자동차 측정을 위한 안테나의 위치와 자동차의 속도는 고 출력의 모터를 사용하여 구동하는 하이브리드 및 전기 자동차는 구동을 위하여 높은 전력을 사용하게 되므로, 이에 따른 영향이 복사성 방사에 영향을 미칠 것이 예측되어진다. 이의 규명을 위한 지속적인 연구의 필요성을 끝으로 주장하며, 이번 연구에 관한 결론을 내리고자 한다.

제 4 장  
멀티미디어기기 EMC  
시험방법 연구



## 제 4 장 멀티미디어기기 EMC 시험방법 연구

### 제 1 절 1 GHz 이상에서 안테나 높이에 따른 EMI 측정값 변화 연구

#### 1. 서론

국제적으로 전자파 장애 규제는 유럽 미국을 중심으로 시작하여 점차 전 세계적으로 파급되고 있으며 현재는 세계적으로 공통된 규격을 적용시키기 위해 국제무선장애특별위원회(CISPR: International Special Committee on Radio Interference)에서는 전자파 장애(EMI: Electro Magnetic Interference)로부터 각종 기기를 보호하기 위해 전자파 적합성(EMC: Electro Magnetic Compatibility)에 관한 연구가 진행 되고 있다.

EMI 측정 시 1 GHz이하 주파수에서는 표준문서에 턴테이블은 회전시키며, 안테나는 1 ~ 4 m까지 스캔하여 최대값을 취한다. 이는 접지면에 반사파 까지를 고려하기 때문이다. 하지만 1 GHz 이상에서는 접지면에 반사파를 고려하지 않기 때문에 안테나를 보통 피시험체(EUT: Equipment Under Test)의 높이에 맞춰 1 m에 고정하고 측정하게 된다. 그러나 이러한 방법은 피시험체로 부터 복사되는 전기장의 주엽이 0도가 아니거나 슬롯구조가 있는 경우 또는 복사되는 전기장의 패턴이 멀티로브의 형태의 경우에는 측정된 전기장의 세기의 정확도가 떨어질 수 있다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 시뮬레이션과 측정을 통해서 확인하고 그 단점을 극복할 수 있는 측정 방법에 대해서 연구하였다.

## 2. 위상배열 안테나 이론을 이용한 다중 슬롯 합체로부터의 복사방출 특성해석

### 가. 배열 안테나 이론

배열의 전체 복사계는 각 복사소자의 복사계를 벡터적으로 합한 것이다. 각 복사소자의 전류는 그 복사소자가 홀로 있을 때의 전류와 같다고 가정한다. 이 가정은 복사 소자간 상호 결합을 고려하면 성립되지 않으며 복사소자간의 거리에 따라 전류가 변화한다. 고지향성 패턴을 얻기 위해 배열내의 복사소자들에 의한 복사계는 원하는 방향으로 서로 합해지고 그 외의 다른 방향으로 서로 상쇄되어야 한다. 이것은 이상적으로는 가능하나 실제로는 근사적으로만 가능하다. 같은 복사소자로 구성된 배열 안테나에서 전체 복사 패턴을 조종하는데 5가지 요소가 있다.

- ① 전체 배열의 공간적 배치(선형, 원형, 구형 등)
- ② 각 복사소자간의 거리
- ③ 각 복사소자간의 급전 크기
- ④ 각 복사소자의 급전위상
- ⑤ 각 복사소자의 패턴

가장 간단하면서 가장 많이 사용되는 배열은 일직선상에 복사소자를 배열하는 선형 배열이다.

#### (1) 2-소자 배열

그림 4-1-1(a)와 같이 z축상에 수평으로 놓인 두 개의 미소다이폴로 구성된 배열 안테나를 생각해보자.

$$E_t = E_1 + E_2 = \hat{a}_\theta j\eta \frac{kI_0 l}{4\pi} \left\{ \frac{e^{-j[kr_1 - (\beta/2)]}}{r_1} |\cos\theta_1| + \frac{e^{-j[kr_2 - (\beta/2)]}}{r_2} |\cos\theta_2| \right\} \quad (4.1.1)$$

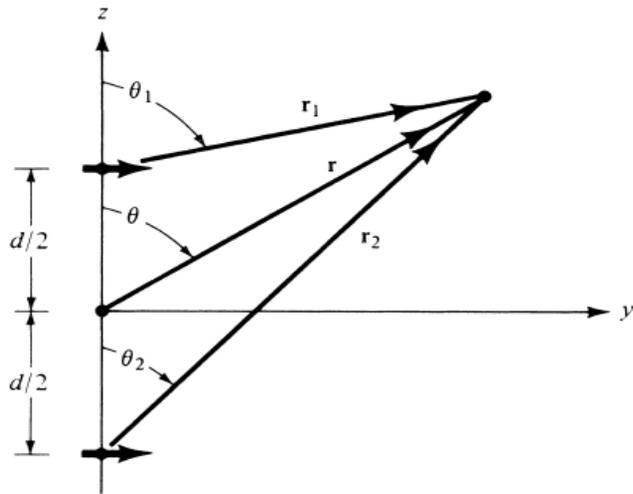
여기서 는 두 소자간의 급전 위상차이다. 두 복사소자의 급전 크기는 같다. 그림 4-1-1(b)에서 원계 근사화 조건(far field observation)은

$$\theta_1 \simeq \theta_2 \simeq \theta \quad (5.1.2a)$$

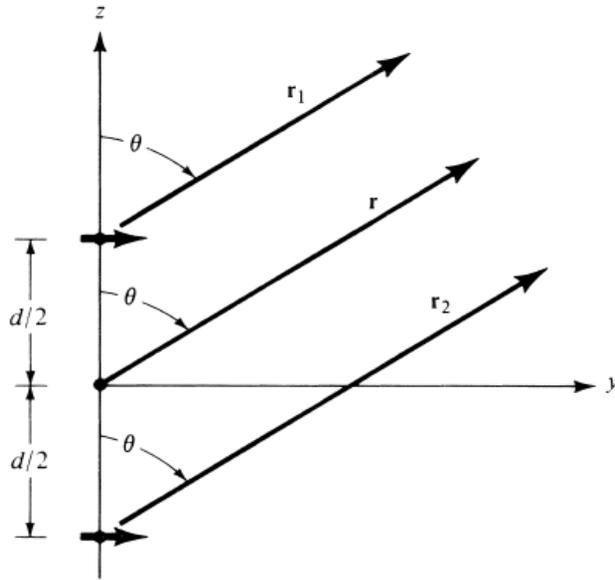
$$\left\{ \begin{array}{l} r_1 \simeq r - \frac{d}{2} \cos\theta \\ r_2 \simeq r + \frac{d}{2} \cos\theta \end{array} \right\} \text{ 위상 } he \text{에 관해} \quad (5.1.2b)$$

$$r_1 \simeq r_2 \simeq r \quad \text{진폭 변화에 대해} \quad (5.1.2c)$$

이 성립한다.



(a) 두 개의 미소 다이폴



(b) 원계 근사화

그림 4-1-1 z 축상에 위치한 2-소자 배열의 배치

식(4.1.2)를 식(4.1.1)에 적용하면

$$E_t = \hat{a}_\theta j\eta \frac{kI_0 \leq^{-jkr}}{4\pi r} |\cos\theta| \left[ e^{+j(kd\cos\theta + \beta)/2} + e^{-j(kd\cos\theta + \beta)/2} \right]$$

$$E_t = \hat{a}_\theta j\eta \frac{kI_0 \leq^{-jkr}}{4\pi r} |\cos\theta| 2\cos \left[ \frac{1}{2}(kd\cos\theta + \beta) \right] \quad (4.1.3)$$

식(4.1.3)으로 부터 배열의 전체 복사계는 원점에 있는 단일 소자의 복사계에 배열 계수(Array factor)를 곱한 것과 같음을 알 수 있다. 따라서 동일 급전의 2-소자 배열에 배열 계수는

$$AF = \cos \left[ \frac{1}{2}kd\cos\theta + \beta \right] \quad (4.1.4)$$

이고 이것을 정규화하면

$$(AF)_n = \cos \left[ \frac{1}{2} k d \cos \theta + \beta \right] \quad (4.1.4a)$$

로 쓸 수 있다. 배열계수는 배열이 공간적 배치와 급전위상에 관계된다. 소자간의 간격  $d$ 와 위상차  $\beta$ 를 변화 시키면 배열계수와 배열의 전체 복사패턴을 조정할 수 있다.

급전 크기가 같은 동일한 2-소자 배열의 원역 복사계는 기준점(원점)에 있는 단일 소자의 복사계와 그 배열의 배열계수를 곱한 것과 같다. 즉,

$$E(\text{total}) = [E(\text{single element at reference point})] \times [\text{array factor}] \quad (4.1.5)$$

이것은 동일 소자로 구성된 배열의 패턴 적이라 하며 연속 전류 분포 안테나에 관한 패턴적과 비슷하다. 식(4.1.5)는 급전전류 크기가 같은 20 소자 배열에 관하여 설명한 것이지만 N개의 동일한 안테나 배열에서 각 소자의 급전전류 크기, 급전위상차, 소자간의 거리가 다른 경우에도 적용할 수 있다.

각 배열은 자신의 배열계수를 가지고 있다. 일반적으로 배열계수는 소자 수, 소자들의 공간적 배치 급전전류의 상대적 크기와 위상차, 그리고 소자간의 간격의 함수 관계를 가지고 있다. 배열의 각 소자 전류 크기와 위상, 그리고 각 소자간의 간격의 함수관계를 가지고 있다. 배열의 각 소자전류 크기와 위상, 그리고 각 소자 간격이 같으면 배열 계수가 간단해진다.

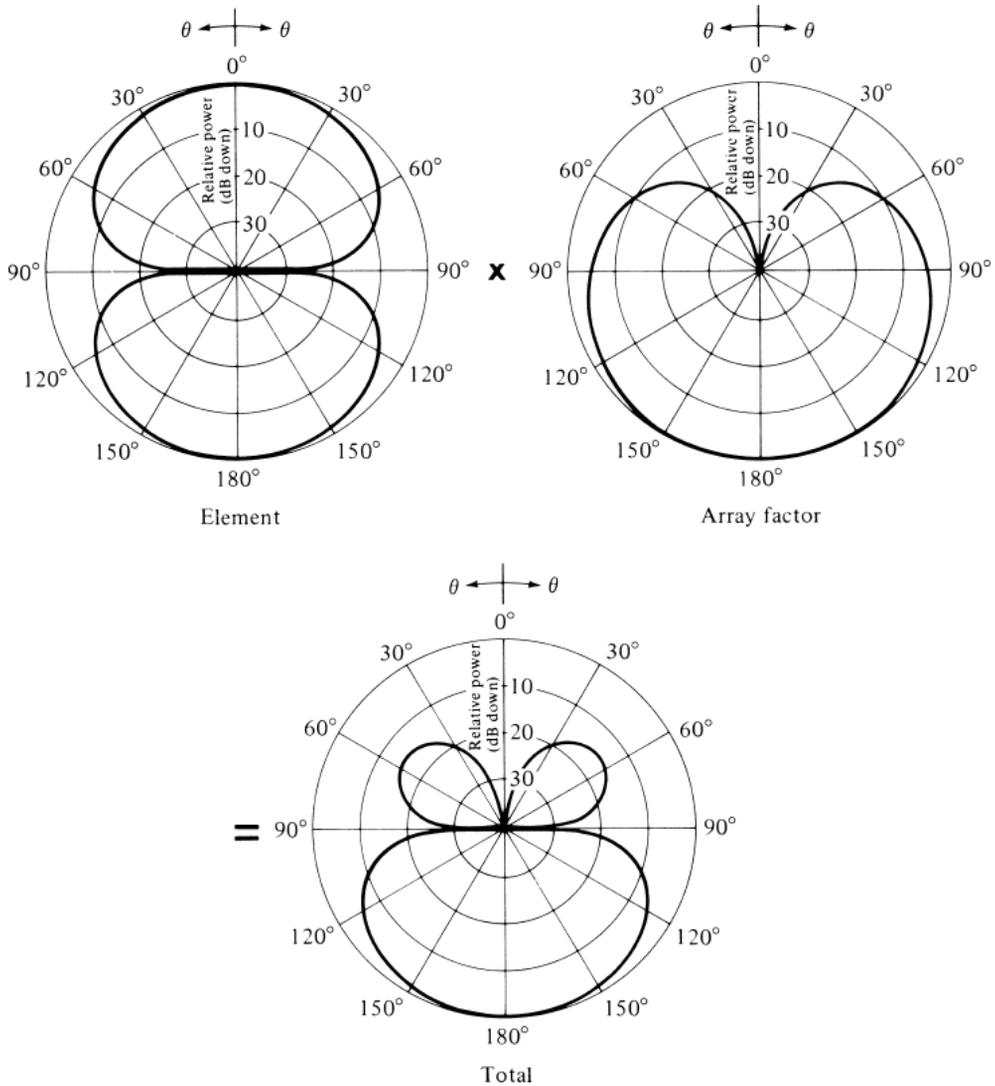


그림 4-1-2 미소 수평 다이폴 2-소자 배열의 소자 패턴, 배열계수, 그리고 전체 배열 패턴에 관한 지향성 원리

배열계수는 복사소자 자체의 지향성에 의존하는 것이 아니므로 실제 소자를 무지향성 안테나(isotropic or point source)로 대체하여 배열계수 공식을 유도할 수 있다. 무지향성 안테나 배열의 배열계수가 구해지면 실제 배열의 전체 복사계는 식(4.1.5)를 이용하여 구할 수 있다. 각

무지향성 안테나는 급전전류의 크기가 같고 동위상이며 실제 소자의 위치에 놓인다고 가정한다.

배열의 전체 패턴을 합성하기 위해 적당한 복사소자를 택하고 각 소자의 위치와 급전(크기 및 위상차)을 정해야 한다.

**(2) N-소자 선형 배열: 균일 급전 크기 및 등 간격**

안테나 배열에 관한 개요를 소개하고 2-소자 배열을 예로 들어 설명하였으므로 N-소자 배열로 일반화 해 보기로 한다. 그림 4-1-3(a)에서 모든 소자의 급전전류 크기는 같고 각 소자가 그의 직전 소자 보다 급전전류 위상이  $\beta$ 만큼 앞선다고 하자.

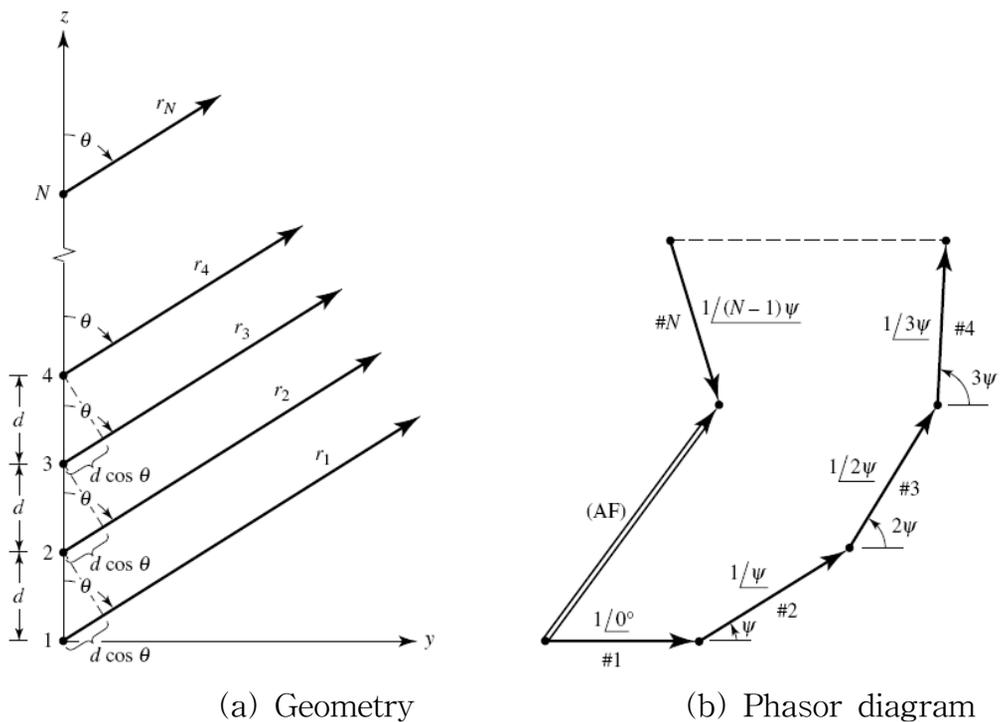


그림 4-1-3 z 축상에 배치된 N-소자 무지향성 안테나의 배치 및 위상 다이어그램

동일한 소자로 구성된 배열에서 각 소자의 급전크기가 같고 급전위상이  $\beta$ 만큼 앞서서 배열을 균일 배열(uniform array)이라 한다. 배열의 각 소자를 무지향성 안테나로 간주하여 배열계수를 구할 수 있다. 배열 내의 실제 소자가 무지향성 안테나가 아닌 경우 전체 복사계(복사패턴)는 배열계수(각 소자를 무지향성 안테나로 간주하여 구한 것)와 배열을 구성하는 실제 소자의 복사계(복사패턴)를 곱하여 구할 수 있다. 이것이 식 4.1.5의 패턴 적의 원리이며 동일한 소자들로 구성된 배열 안테나에만 적용할 수 있다. 배열계수는

$$AF = 1 + e^{+j(kd\cos\theta + \beta)} + e^{+j2(kd\cos\theta + \beta)} + \dots + e^{+j(N-1)(kd\cos\theta + \beta)}$$

$$AF = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)(kd\cos\theta + \beta)} \quad (4.1.6)$$

이며, 이것은

$$AF = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)\psi} \quad (4.1.7)$$

로 쓸 수 있고, 여기서

$$\psi = kd\cos\theta + \beta \quad (4.1.7a)$$

이다. 균일 배열 안테나의 전체 배열계수(total array factor)는 지수 함수들의 합이므로 각 소자의 급전 크기가 1이고 위상차가  $\psi$ 만큼 점진적인  $N$ 개의 페이저(phasors)의 벡터 합으로 나타낼 수 있다. 이것은 그림 4-1-3b와 같이 페이저 다이어그램으로 그릴 수 있다. 배열 계수 AF의 크기와 위상이 각 소자간의 급전 위상차  $\psi$ 를 적당히 택하면 조정됨을 페이저 다이어그램으로 알 수 있다. 불균일 배열에서는 각 소자의 급전 크기와 위상차로 전체 배열 계수를 조정할 수 있다.

식 4.1.7의 배열계수는 그의 함수와 패턴분포를 쉽게 알 수 있는 또 다른 형태의 간결한 식으로 나타낼 수 있다. 식 4.1.7의 양변에  $e^{j\psi}$ 를 곱하여

$$(AF)e^{j\psi} = e^{j\psi} + e^{j2\psi} + e^{j3\psi} + \dots + e^{j(N-1)\psi} + e^{jN\psi} \quad (4.1.8)$$

로 쓸 수 있다. 식 4.1.8에서 식 4.1.7을 빼면

$$AF(e^{j\psi} - 1) = (-1 + e^{jN\psi}) \quad (4.1.9)$$

이며, 이것은

$$\begin{aligned} AF &= \left[ \frac{e^{jN\psi} - 1}{e^{j\psi} - 1} \right] = e^{j[(N-1)/2]\psi} \left[ \frac{e^{j(N/2)\psi} - e^{-j(N/2)\psi}}{e^{j(1/2)\psi} - e^{-j(1/2)\psi}} \right] \\ &= e^{j[(N-1)/2]\psi} \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}\psi\right)} \right] \end{aligned} \quad (4.1.10)$$

로 쓸 수 있다.

기준점을 배열의 중심에 두면 식 4.1.10의 배열계수는

$$AF = \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}\psi\right)} \right] \quad (4.1.10a)$$

로 된다.  $\psi$ 가 작을 경우 식4.(1.10a)는

$$AF \simeq \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right)}{\frac{\psi}{2}} \right] \quad (4.1.10b)$$

로 근사화 된다.

식 4.1.10a 또는 4.6.10b의 최대값은  $N$ 이다. 식 4.1.10a와 4.1.10b의 최대값이  $q$ 이 되도록 정규화 하면 식 4.1.10a와 4.1.10b는

$$(AF)_n = \frac{1}{N} \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right)}{\sin\left(\frac{\psi}{2}\right)} \right] \quad (4.1.10c)$$

와

$$(AF)_n \simeq \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right)}{\frac{N}{2}\psi} \right] \quad (4.1.10d)$$

로 된다.

배열 널을 구하기 위해서 식 4.1.10c 또는 4.1.10d를 영으로 놓으면

$$\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right) = 0 \Rightarrow \frac{N}{2}\psi|_{\theta=\theta_n} = \pm n\pi \Rightarrow \theta_n = \cos^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d}\left(-\beta \pm \frac{2n}{N}\pi\right)\right] \quad (4.1.11)$$

이며 여기서  $n = 1, 2, 3, \dots$

$n \neq N, 2N, 3N, \dots$  식 4.1.10c의 경우,  $n = N, 2N, 3N, \dots$ 인 경우 식 4.1.10c는  $\sin(0)/0$ 의 형태가 되므로 최대값이 된다.  $n$ 의 값은 1차, 2차, ... 등

의 널의 차서를 결정한다.  $\sin(N\psi/2)=0$ 가 되기 위해서는 즉 널이 존재하기 위해서는  $\cos^{-1}$ 의 어규먼트가 1보다 커서는 안된다. 따라서 존재할 수 있는 널의 수는 소자 간격  $d$ 와 급전위상차  $\beta$ 에 의해 정해진다. 식 1.10c의 최대값은

$$\frac{\psi}{2} = \frac{1}{2}(kdcos\theta + \beta)|_{\theta=\theta_m} = \pm m\pi \Rightarrow \theta_m = \cos^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d}(-\beta \pm 2m\pi)\right] \quad (4.1.12)$$

$m=0, 1, 2, \dots$  일때 나타난다.

식 4.1.10d의 배열 계수는 하나의 최대값만 가지며, 식 4.1.12에서  $m=0$ 일 때 최대값이 된다. 즉,

$$\theta_m = \cos^{-1}\left(\frac{\lambda\beta}{2\pi d}\right) \quad (4.1.13)$$

이며 이것은  $\psi=0$ 이 되는 방향 각도이다.

식 4.1.10d의 배열계수에서 3 dB점은

$$\frac{N}{2}\psi = \frac{N}{2}(kdcos\theta + \beta)|_{\theta=\theta_h} = \pm 1.391$$

이 성립하며, 따라서

$$\theta_h = \cos^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d}\left(-\beta \pm \frac{2.782}{N}\right)\right] \quad (4.1.14)$$

일 때 나타나며

$$\theta_h = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d}\left(-\beta \pm \frac{2.782}{N}\right)\right] \quad (4.1.14a)$$

로도 쓸 수 있다.  $d \gg \lambda$ 인 경우,

$$\theta_h \simeq \left[ \frac{\pi}{2} - \frac{\lambda}{2\pi d} \left( -\beta \pm \frac{2.782}{N} \right) \right] \quad (4.1.14b)$$

로 된다.

첫 번째 최대값이 나타나는 각(방향)  $\theta_h$ 과 반전력점이 나타나는 각(방향)  $\theta_m$ 가 구해지면 반전력 빔폭  $\theta_h$ 을 구할 수 있다.

대칭적 복사패턴의 경우

$$\Theta_h = 2|\theta_m - \theta_h| \quad (4.1.14c)$$

식 4.1.10d의 배열계수에서 분자가 최대일 때 나타나는 두 번째 최대값(부엽들의 최대값)이 있다. 즉,

$$\begin{aligned} \sin\left(\frac{N}{2}\psi\right) &= \sin\left[\frac{N}{2}(kd\cos\theta + \beta)\right] \Big|_{\theta=\theta_s} = \pm 1 \Rightarrow \frac{N}{2}(kd\cos\theta + \beta) \Big|_{\theta=\theta_s} \\ &\simeq \pm \left(\frac{2s+1}{2}\right)\pi \Rightarrow \theta_s = \cos^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d} \left\{ -\beta \pm \left(\frac{2s+1}{N}\right)\pi \right\}\right], \quad s = 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (4.1.15)$$

이며 이것은

$$\theta_s = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left[\frac{\lambda}{2\pi d} \left\{ -\beta \pm \left(\frac{2s+1}{N}\right)\pi \right\}\right], \quad s = 1, 2, 3, \dots \quad (4.1.15a)$$

로도 쓸 수 있다.  $d \gg \lambda$ 인 경우

$$\theta_s \simeq \frac{\pi}{2} - \frac{\lambda}{2\pi d} \left[ -\beta \pm \left( \frac{2s+1}{N} \right) \pi \right], s = 1, 2, 3, \dots \quad (4.1.15b)$$

로 된다.

식 4.1.10c에서 첫번째 부엽의 최대값은 대략

$$\frac{N}{2} \psi = \frac{N}{2} (kd \cos \theta + \beta) \Big|_{\theta=\theta_s} \simeq \pm \left( \frac{3\pi}{2} \right) \quad (4.1.16)$$

일 때 또는

$$\theta_s = \cos^{-1} \left[ \frac{\lambda}{2\pi d} \left( -\beta \pm \frac{3\pi}{N} \right) \right] \quad (4.1.16a)$$

일 때 나타난다. 이번에서 식 4.1.16d의 크기는

$$(AF)_n \simeq \left[ \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi\right)}{\frac{N}{2}\psi} \right]_{\substack{\theta=\theta_s \\ s=1}} = \frac{2}{3\pi} = 0.212 \quad (4.1.17)$$

로 되며, 이것을  $dB$ 로 나타내면

$$(AF)_n = 20 \log_{10} \left( \frac{2}{3\pi} \right) = -13.46 \text{ dB} \quad (4.1.17a)$$

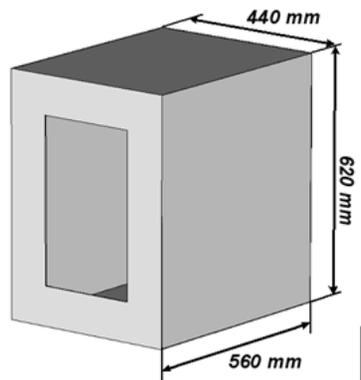
와 같다.

따라서 식 4.1.10d의 배열계수에서 첫 번째 부엽의 최대값은 주엽의 최대값 보다  $13.4dB$  낮다. 식 4.1.10d의 배열계수에서 첫 번째 부엽이 나타나는 방향(각도)와 부엽의 크기 범폭에 관한 보다 정확한 식을 구

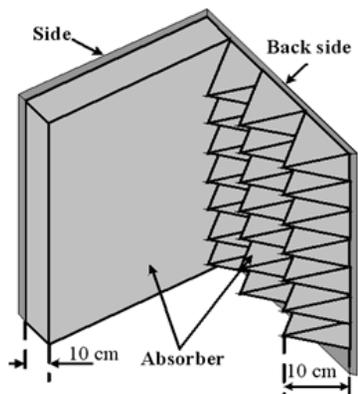
할 수 있다.

#### 나. 다중 슬롯 함체로부터의 복사방출

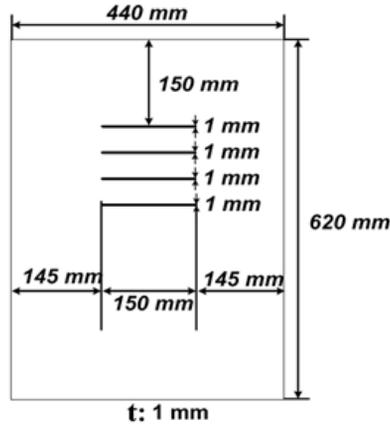
그림 4-1-4는 본 실험에서 사용 되는 함체(EUT)의 구조를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 함체의 전체 크기는  $560 \times 440 \times 620 \text{ mm}^3$  이다. 물리적 함체 크기에 결정되어서는 내 공진을 최대한 줄이고 내부의 반사에 의한 페이지의 변화를 최대한 줄이기 위해 흡수체를 함체 내부에 삽입하였다. 그림 4-1-4b에서 보는 바와 같이 왼쪽 면과 오른쪽 면, 그리고 윗면과 아랫면에는 직육면체 형태의 흡수체를 삽입하였으며, 함체의 뒷면에는 피라미드 형태의 흡수체를 삽입하였다.



(a) 함체의 외부 크기



(b) 함체의 내부 구조



(c) 합체의 전면 패널의 구조

그림 4-1-4 다중 슬롯 합체 구조

식 4.1.7a에서  $\psi = 0$  일때 최대값이 나타나며, 다중 로브(lobe)가 나타나기 위해서는 소자들은  $\frac{\lambda}{2}$ 안에 존재 하여야 한다. 즉 소자들이  $\frac{\lambda}{2}$  사이에 존재 하지 않는 경우는 단일 점 소스로 동작하기 때문이다.

식 4.1.7a과 그림 4-1-5에서 나타낸바와 같이 포인트 소스(CGEO2)에서 각 슬롯 까지의 경로에 의한 각도를 이용하여 합체 각 슬롯들의 페이저 값을 주파수 별로 구하여 표 4-1-1과 같이 정리하였다. 여기서 그림 4-1-5는 합체 내부 전체 크기 중 흡수체가 차지하는 부분을 제외하고 합체 내부에 자유 공간 영역만을 설정하여 나타내었다.

표 4-1-1 주파수에 따른 합체 각 슬롯에서 위상

(a) 0.5 GHz ~ 5 GHz

Slot	Angle (Degree)	Phase 0.5 GHz	Phase 1 GHz	Phase 2 GHz	Phase 3 GHz	Phase 4 GHz	Phase 5 GHz
1	36	38.59	77.18	154.36	231.54	308.72	25.9
2	43.5	169.28	338.56	317.12	295.68	274.24	252.8
3	49.5	33.74	67.48	134.96	202.44	269.92	337.4
4	54	121.92	243.84	127.68	11.52	255.36	139.2

(b) 6 GHz ~ 10 GHz

Slot	Angle (Degree)	Phase 6 GHz	Phase 7 GHz	Phase 8 GHz	Phase 9 GHz	Phase 10 GHz
1	36	103.08	180.26	257.44	334.62	51.8
2	43.5	231.36	209.92	188.48	167.04	145.6
3	49.5	44.88	112.36	179.84	247.32	314.8
4	54	23.04	266.88	150.72	34.56	278.4

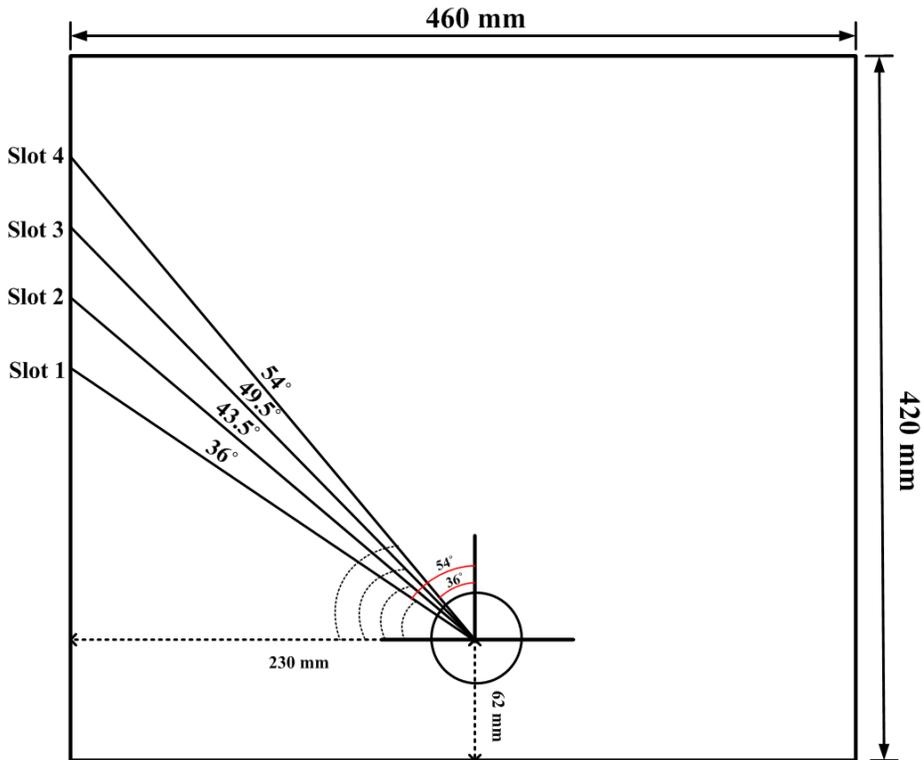
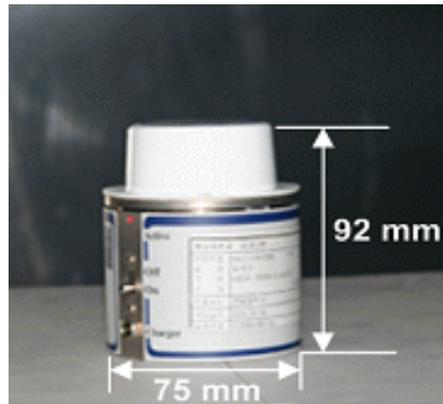


그림 4-1-5 합체 내부 소스 위치와 각 슬롯까지의 경로에 따른 각도

### 3. CGE02의 복사 패턴 특성 분석

#### 가. CGE02의 복사 패턴 해석

측정에 사용될 소스원인 기준 전자파원(reference radiator) CGE(Comb Generator Emitter)이며 아래 그림 4-1-6과 같다. 그리고 그림 4-1-6은 CGE의 내부의 안테나 모습으로 디스크 안테나를 사용하여 복사패턴이 거의 전방향성을 갖도록 하도록 하였다.



(a) CGE의 모습과 사이즈



(b) CGE를 안테나와 배터리 팩으로 분리 했을 경우의 모습  
그림 4-1-6 측정에 사용된 소스원인 CGE

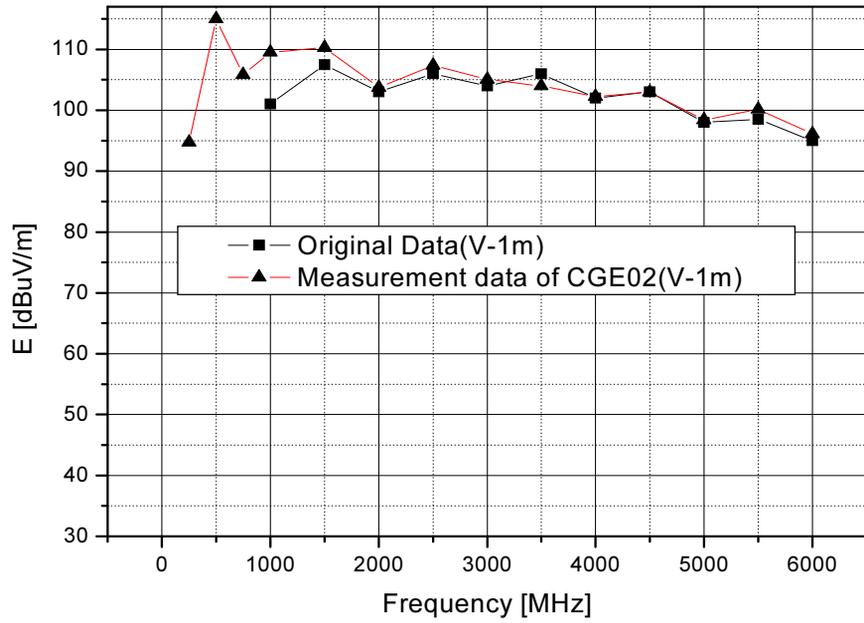
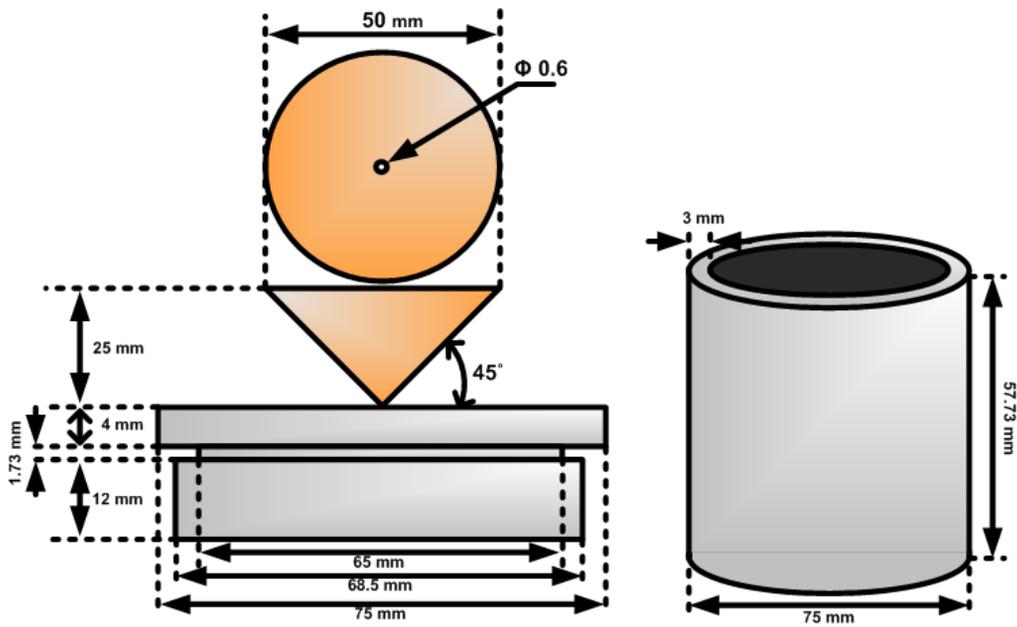


그림 4-1-7 CGE02의 주파수에 따른 전기장 세기 측정 결과

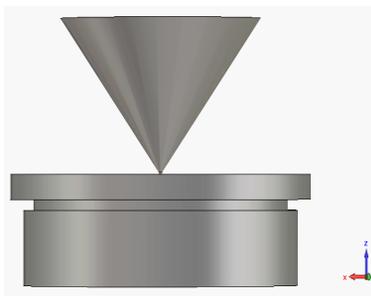


(a) CGE의 내부 안테나 모습

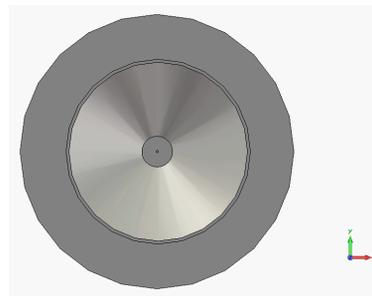


(b) CGE 내부 안테나의 사이즈  
 그림 4-1-8 CGE의 내부 및 안테나의 모습

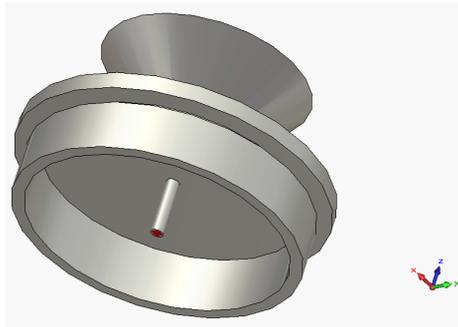
CGE02의 물리적인 크기를 가지고 CST사의 MWS Ver. 2009를 사용하여 시뮬레이션을 하였다.



(a) CGE02 측면



(b) CGE02 윗면



(c) CGE02 아랫면과 피딩 점

그림 4-1-9 CGE02 시뮬레이션 모델링

그림 4-1-9는 MWS상에서 모델링된 CGE02를 나타내었다. CGE02의 매질은 copper의 재질이지만 시뮬레이션의 편의와 시간의 효율성을 위해서 PEC(Perfect Electric Conductor)로 설정하였다. 시뮬레이션의 결과에는 차이가 없었다. 또한 시뮬레이션 소스의 경우는 실제 CGE02와 최대한 같도록 안테나 밑쪽에서 동축 구조의 형태로 설정하였다. 안테나의 아래 부분은 그라운드(ground) 역할과 전자파 발생을 위한 모듈을 수용하게 된다. 시뮬레이션의 경우에는 배터리 팩 부분은 제외시켰다. 배터리 팩 부분은 그라운드로 동작 할 수 있지만, 시뮬레이션의 결과 배터리 팩 부분이 포함된 결과와 포함되지 않은 결과가 거의 차이가 나지 않았다.

그림 4-1-10은 CGE02의 시뮬레이션 결과 중 반사손실(Return loss)를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이  $-10$  dB 이상의 값이 나오는 주파수는 3 GHz 이후 이다. 그림 4-1-7은 약 300 MHz부터 동작됨을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과의 차이는 CGE02는 전자파가 전파 되어질 때 안테나를 이용하게 되지만 안테나 밑에 있는 모듈의 역할에 기인한다. 즉 모듈에 저주파를 위해서 안테나와의 매칭에 이용되는 발룬(balun)구조가 있을 것으로 생각된다. 여기서는 안테나 구조에 의한 복사 패턴을 구하는 것이 목적이기 때문에 각각의 주파수에 따른 복사 패턴을 계산함에 있어 문제가 없다.

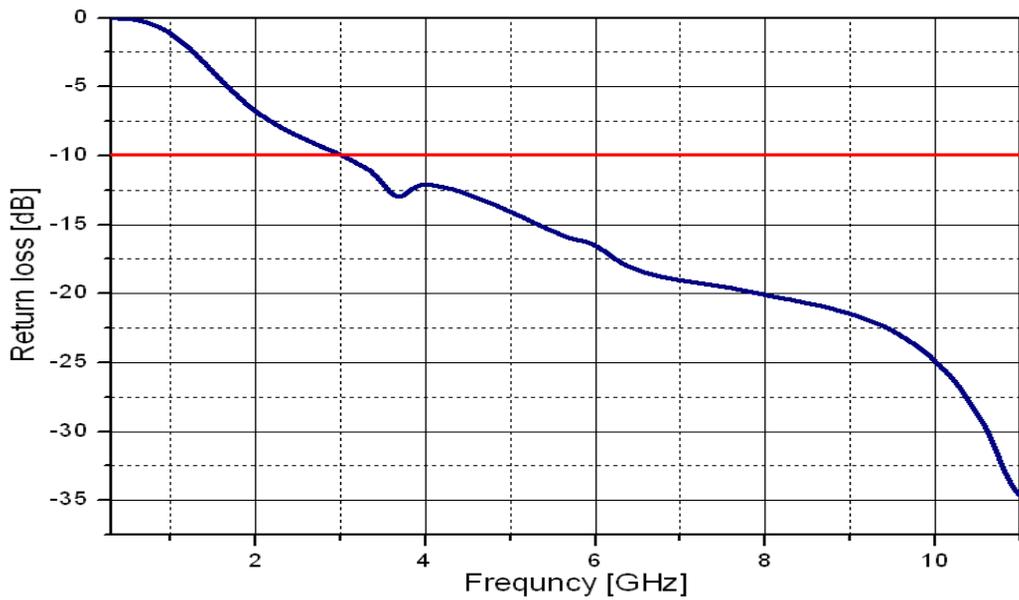
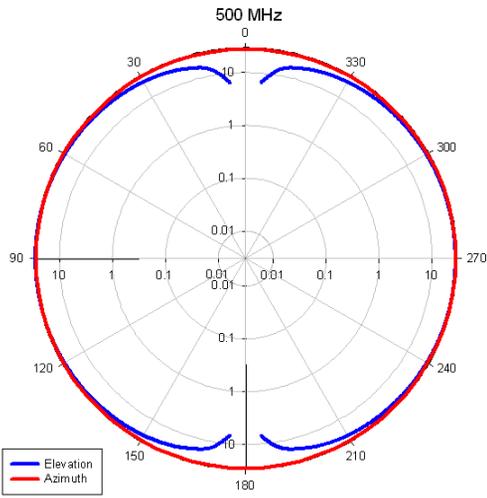
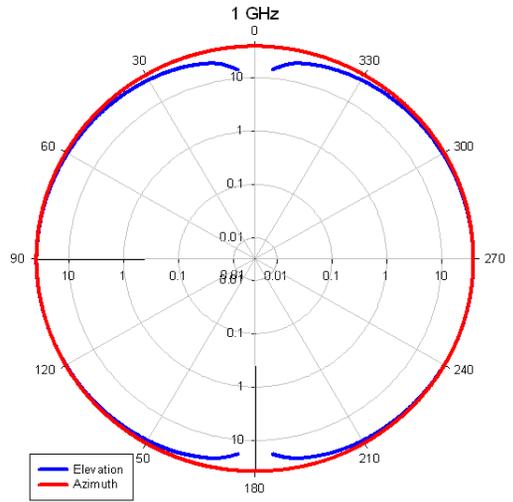


그림 4-1-10 시뮬레이션에 의해 구해진 CGE02의 반사손실

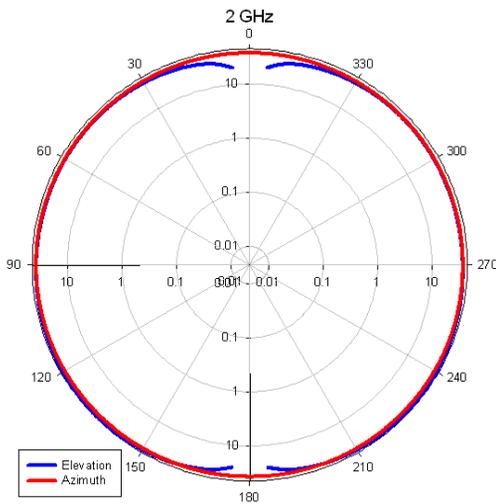
그림 4-1-11은 시뮬레이션된 각각의 주파수에 따른 CGE02의 복사패턴이다. 그림 4-1-11에서 보는 바와 같이 각각의 주파수에서 CGE02의 복사 패턴은 무지향성 또는 전방향성이라 할 수 있다. 이는 합체의 슬롯까지의 소스원으로서 크기는 같지만, 각각의 슬롯에 거리에 따른 패이저를 다르게 인가 할 수 있음을 의미한다.



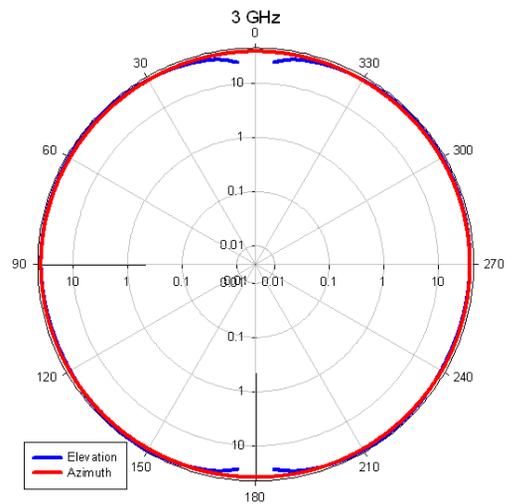
(a) 500 MHz



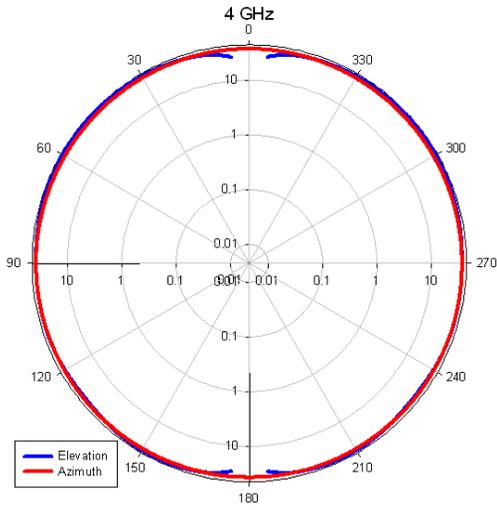
(b) 1 GHz



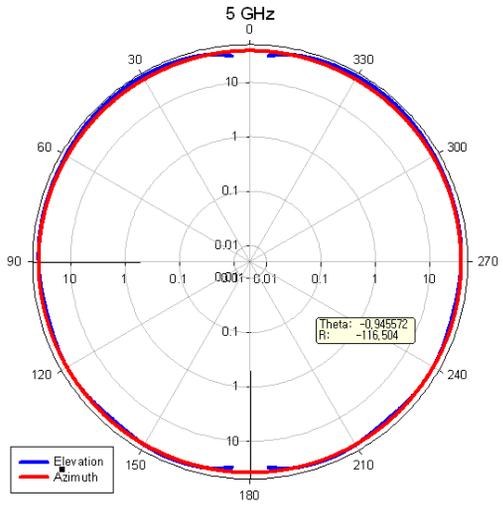
(c) 2 GHz



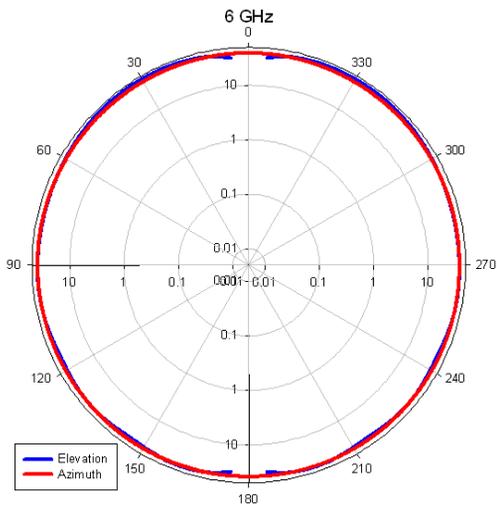
(d) 3 GHz



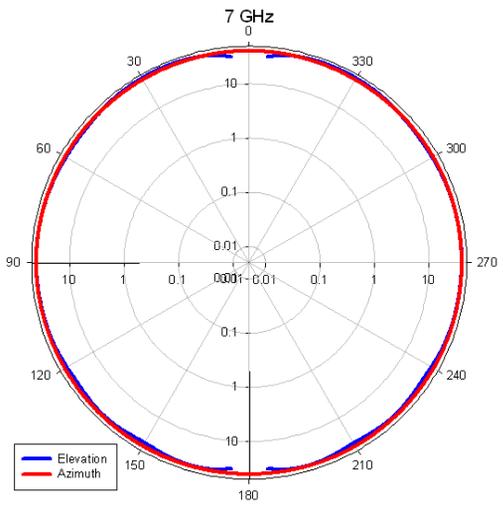
(e) 4 GHz



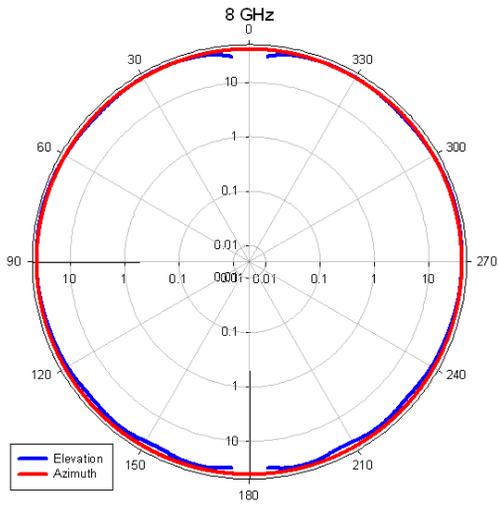
(f) 5 GHz



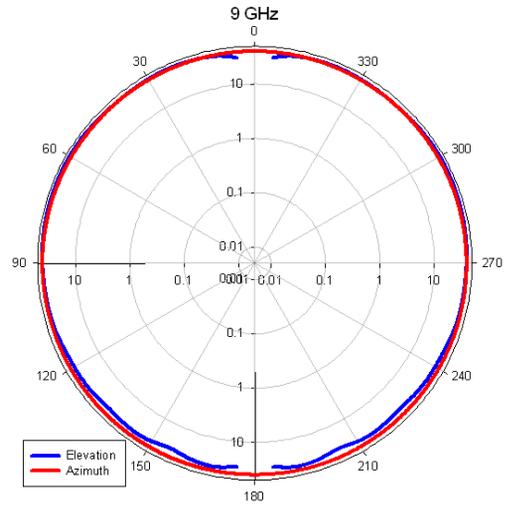
(g) 6 GHz



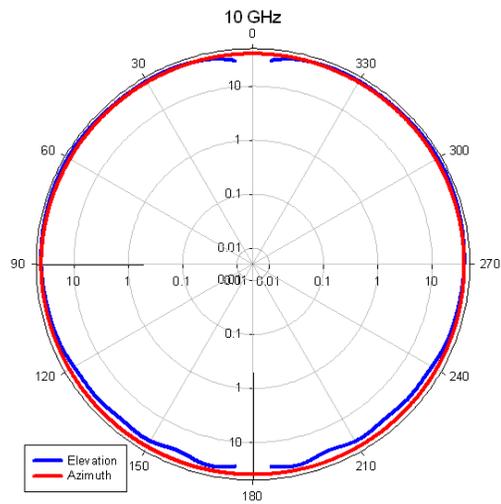
(h) 7 GHz



(i) 8 GHz



(j) 9 GHz



(k) 10 GHz

그림 4-1-11 시뮬레이션 된 주파수에 따른 CGE02의 복사패턴

## 나. CGE02의 복사 패턴 측정 및 실험결과 분석

CGE02의 복사 패턴은 EMC 기술지원 센터의 완전 무반사실에서 측정 하였으며, 측정 장비는 ROHDE &SCHQARZ 사의 EMI Test Reveiver ESIB40가 사용 되었다. 그림 4-1-12는 EMI Test Reveiver ESIB40이다.

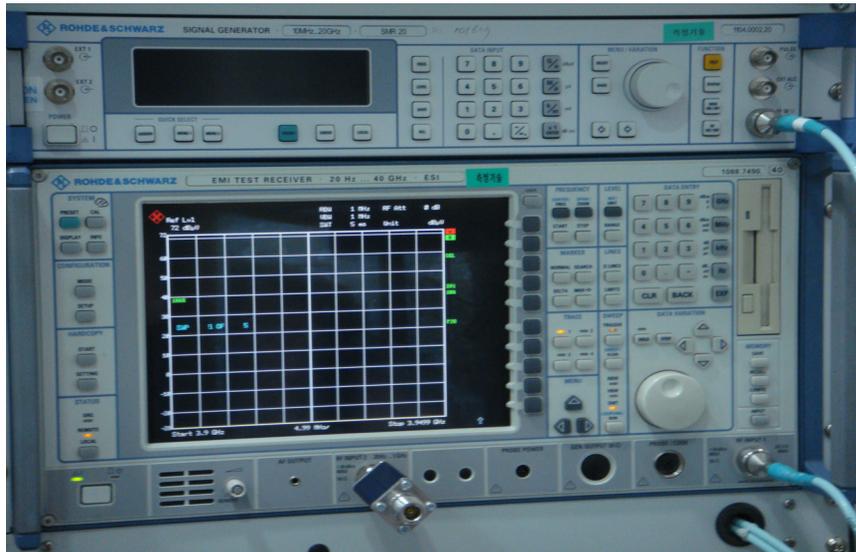


그림 4-1-12 ROHDE &SCHQARZ 사의 EMI Test Reveiver ESIB40

EMI Test Reveiver ESIB40에서 스펙트럼(spectrum) 모드를 사용 하였으며, 측정하는 모든 주파수 대역에서 분해 대역 폭은 1 MHz, 비디오(video) 대역 폭은 1 MHz로 설정하였다. 단 1 ~ 4 GHz 대역에서는 40 dB를 감쇠하였으며, 최종 결과 자료에 이를 보상했다.

CGE02의 복사 패턴 측정을 위한 완전 무반사실에서의 셋팅은 그림 4-1-13 및 그림 4-1-14와 같다. 측정은 턴 테이블 5°씩 간격으로 돌려 가며 그 때의 전계 강도를 측정하였다.

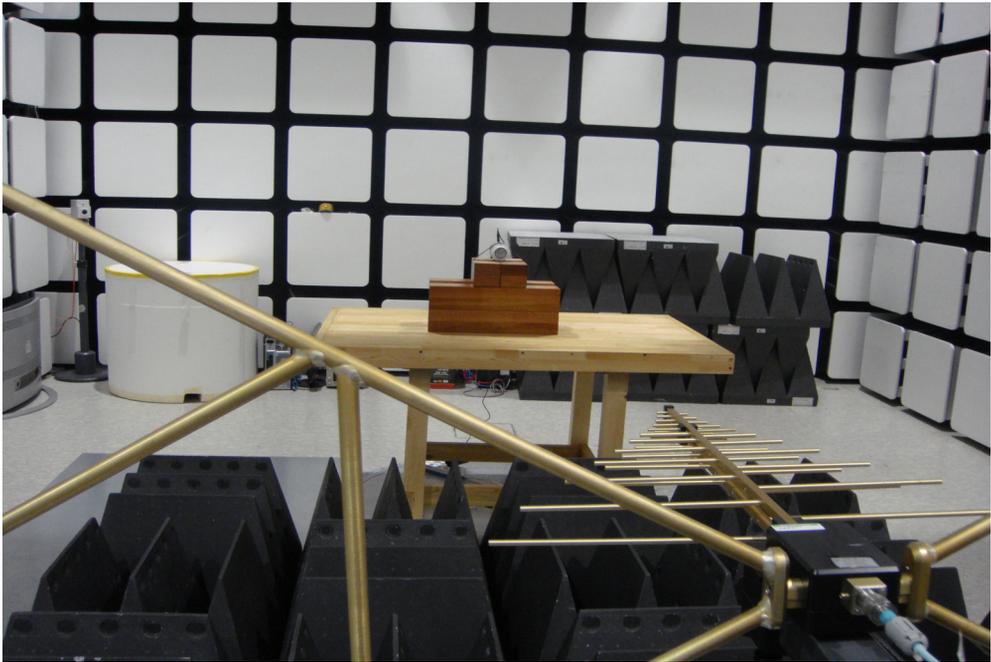


그림 4-1-13 500 MHz에서 CGE02 측정 셋팅

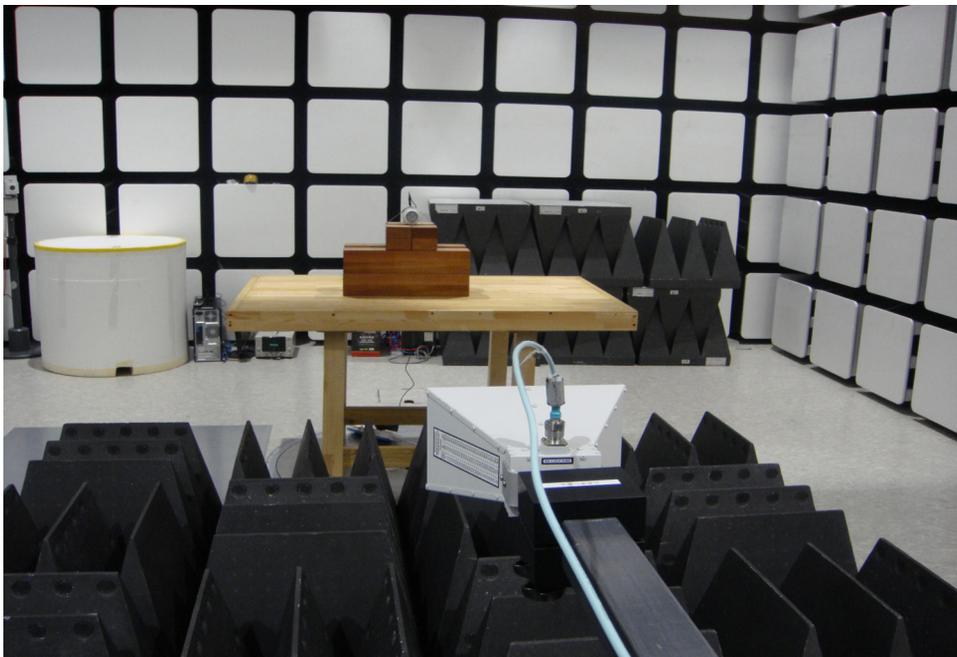
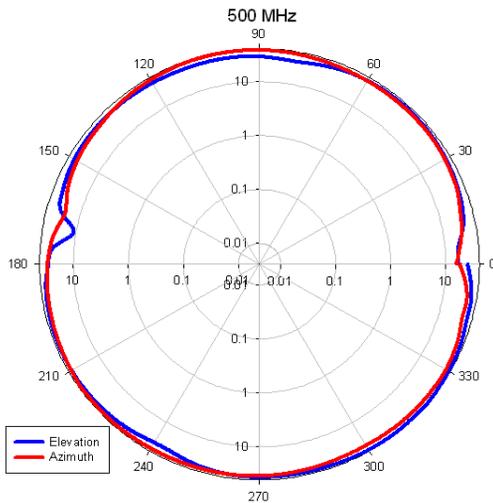
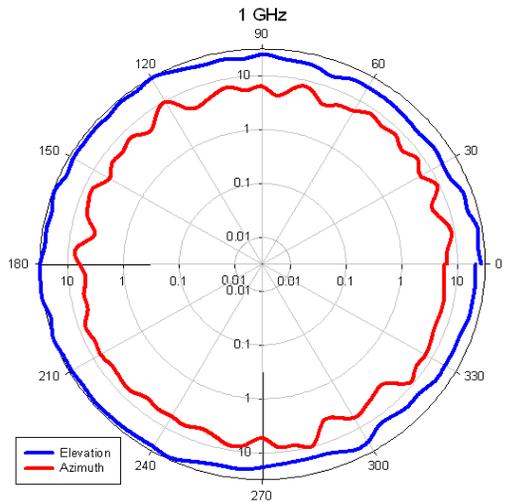


그림 4-1-14 1 ~ 10 GHz에서 CGE02 측정 셋팅

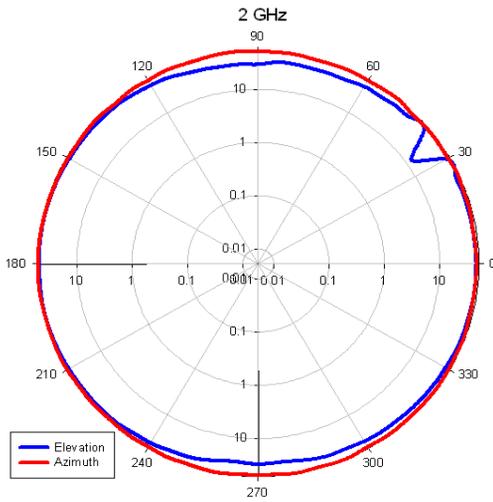
그림 4-1-13과 그림 4-1-14에서 나타난 바와 같이 500 MHz 대역은 대수주기 안테나를 이용하여 측정하였으며 1 GHz 이상은 혼 안테나를 사용하여 측정하였다. 측정은 CGE02의 Elevation angle과 Azimuth angle을 측정하였다. Elevation angle의 경우에는 측정 안테나가 CGE02위로 회전하며 측정을 할 수 없으므로 CGE02를 Elevation angle 방향으로 눕혀서 측정하였다. 또한 Azimuth angle의 측정은 CGE02를 바로 세워서 측정 하였다. 그림 4-1-15는 CGE02의 측정된 복사패턴을 나타내었다.



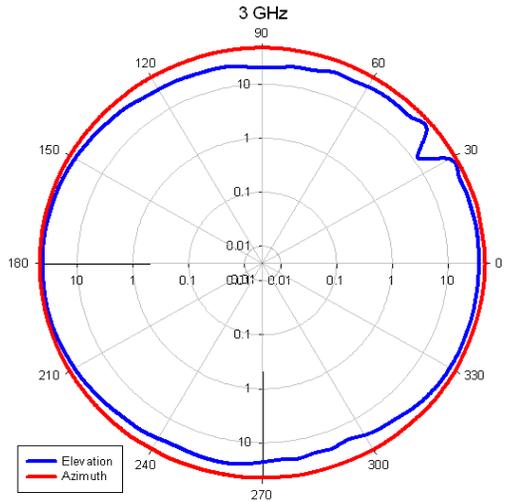
(a) 500 MHz



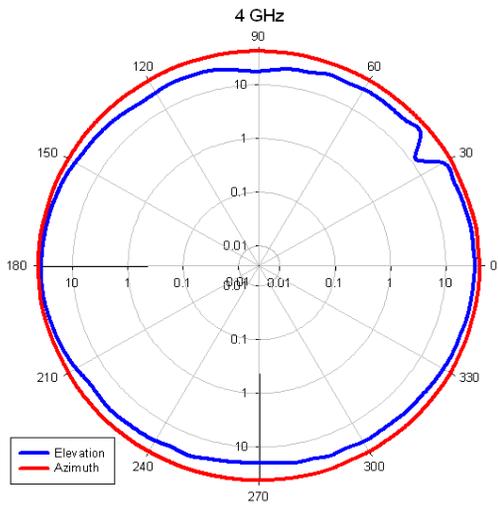
(b) 1 GHz



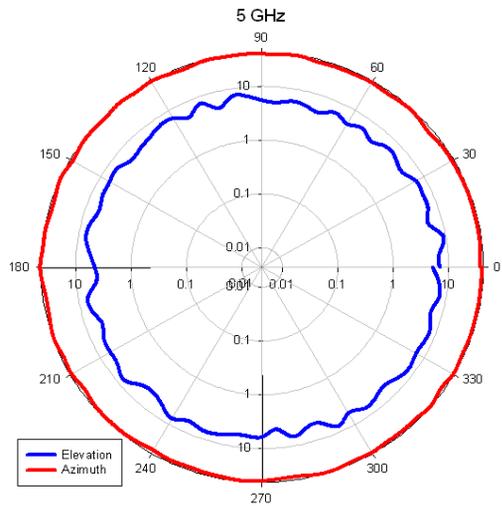
(c) 2 GHz



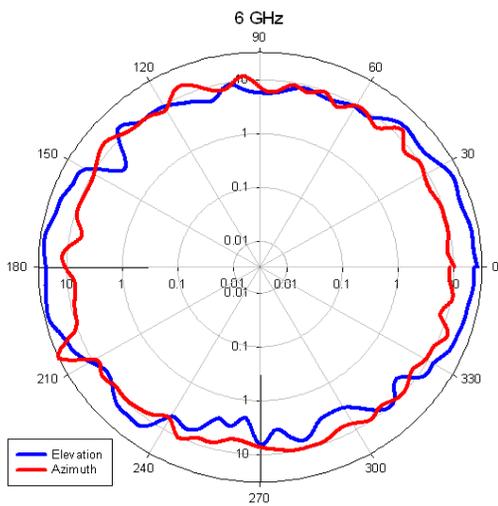
(d) 3 GHz



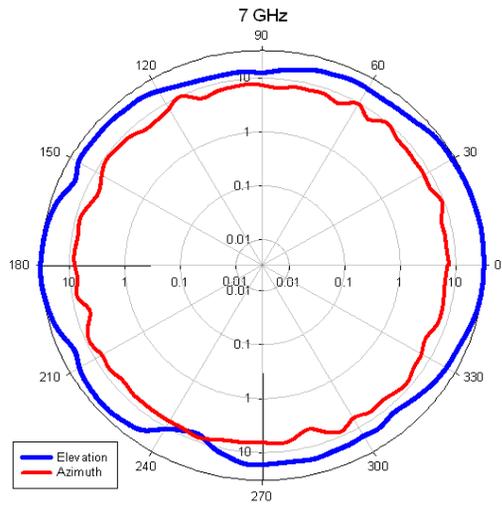
(e) 4 GHz



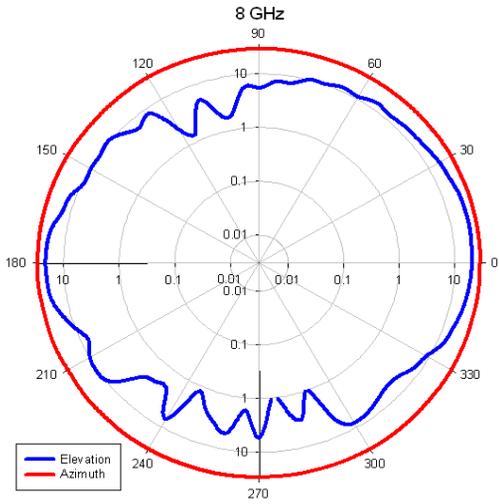
(f) 5 GHz



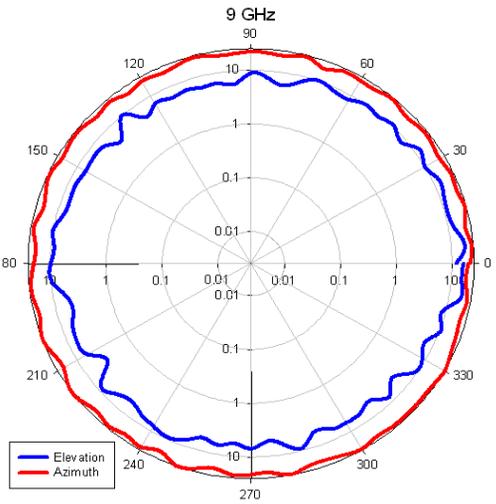
(g) 6 GHz



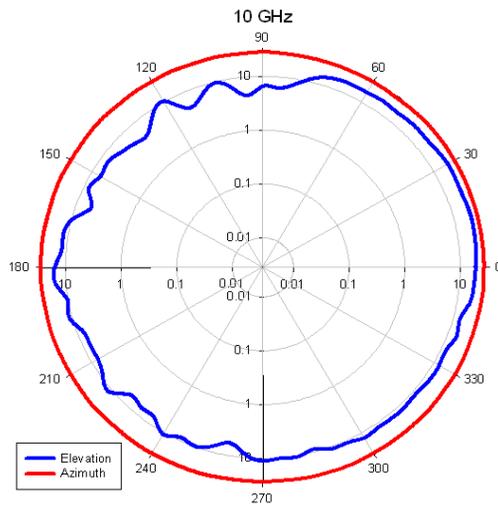
(h) 7 GHz



(i) 8 GHz



(j) 9 GHz



(k) 10 GHz

그림 4-1-15 측정된 주파수에 따른 CGE02의 복사패턴

그림 4-1-15에 나타난 바와 같이 CGE02는 시뮬레이션에서 예상 할 수 있었던 것처럼 측정에서도 Elevation angle과 Azimuth angle에서 패턴의 크기의 약간의 차는 있지만 대체적으로 무방향성 또는 전방향성 특성을 나타내고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 CGE02는 합체 내에서 소스원으로 문제가 없음이 시뮬레이션과 측정을 통해서 확인 되어졌다.

#### 4. 다중 슬롯 합체로부터의 복사 패턴 특성 분석

##### 가. 다중 슬롯 합체로부터의 복사 패턴 특성 해석

다중 슬롯 합체로부터의 복사 패턴의 특성 해석을 위해서 합체의 EM 3D Full wave 해석이 필요하다. 하지만 해석하는 주파수 영역이 0.5 ~ 10 GHz로 광대역이며, 그에 반해서 주파수에 따른 합체의 전기적 길이가 5 GHz이상에서는 상대적으로 많이 커지게 된다. 이는 워크스테이션 급에서도 시뮬레이션이 거의 불가능함을 의미한다.

Full wave 해석을 위해서는 포인트 소스에 의한 각각의 슬롯에 유기되는 전기장의 크기와 페이저가 계산되어야 하지만 앞서 언급한 바와 같이 합체의 물리적 크기를 모두 시뮬레이션에 반영하는 것은 거의 불가능하기 때문에 표 4-1-1에서 이미 구해진 각 슬롯에 페이저 값을 이용하여 합체의 전면 패턴만 반영하여 1 V의 크기와 각 슬롯의 페이저 값을 강제 급전 방식으로 입력하여 복사 패턴의 특성을 해석하고자 한다.

시뮬레이션 툴은 EM Software & Systems사의 FEKO Ver. 5.4를 사용하였다. 그림 4-1-16에 나타난 바와 같이 각 슬롯에 포트를 설정하여 강제 급전을 하게 된다. 크기는 1 V에 페이저 값은 표 4-1-1을 따른다. 시뮬레이션을 이용하여 3D 복사 패턴을 계산하였다.

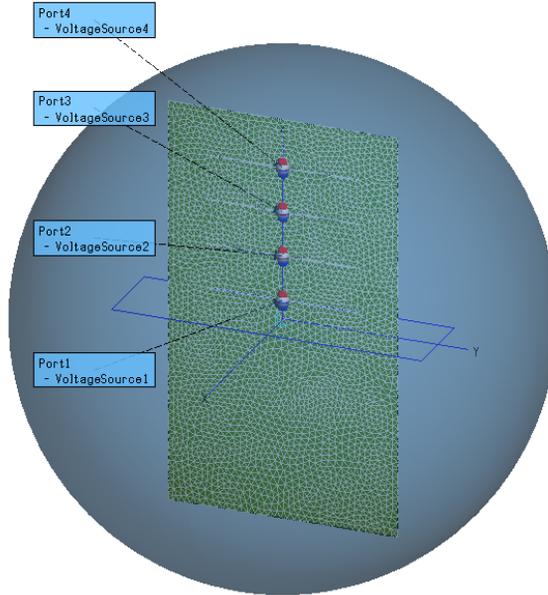


그림 4-1-16 합체 복사패턴을 구하기 위한 시뮬레이션 구조와 셋업

합체의 Elevation angle과 Azimuth angle의 구분은 그림 4-1-17과 같다. 그림 4-1-18은 주파수에 따른 합체의 3D, 2D 복사 패턴이다.

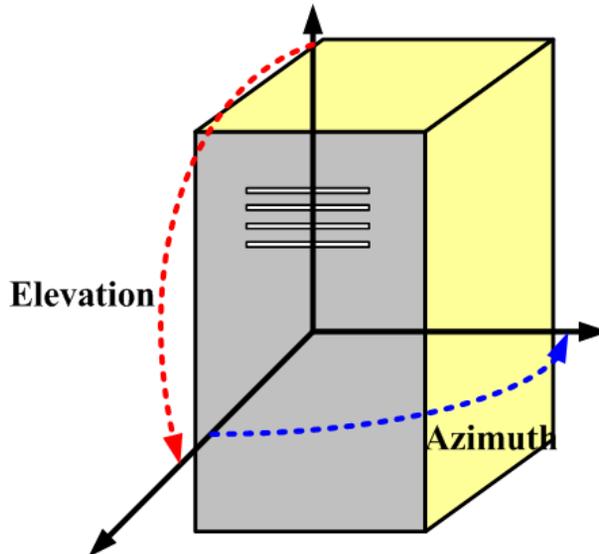
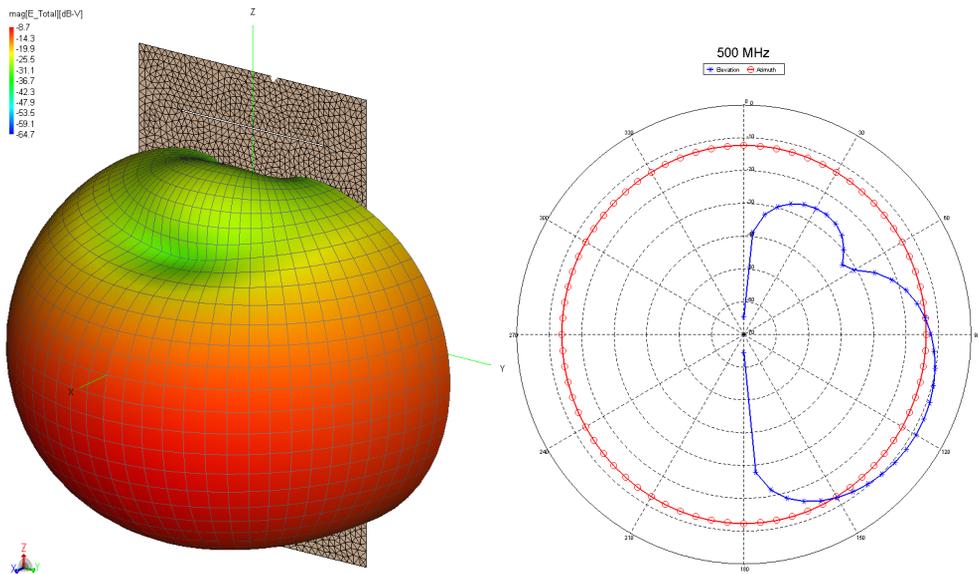
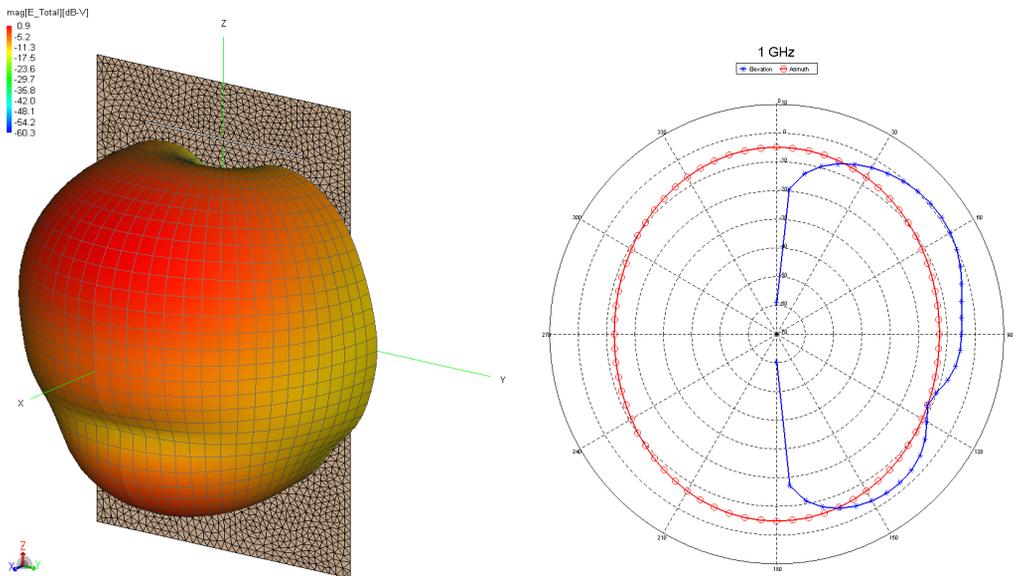


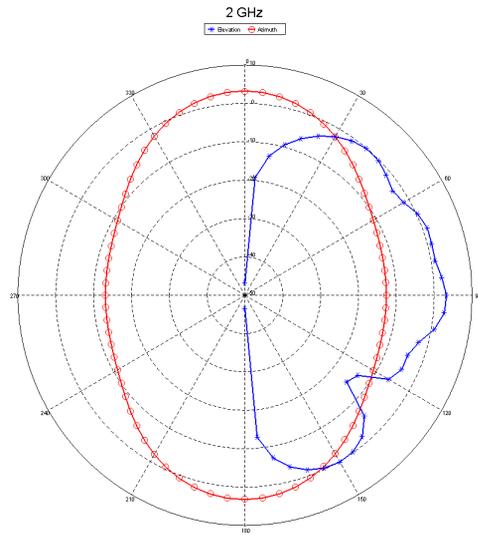
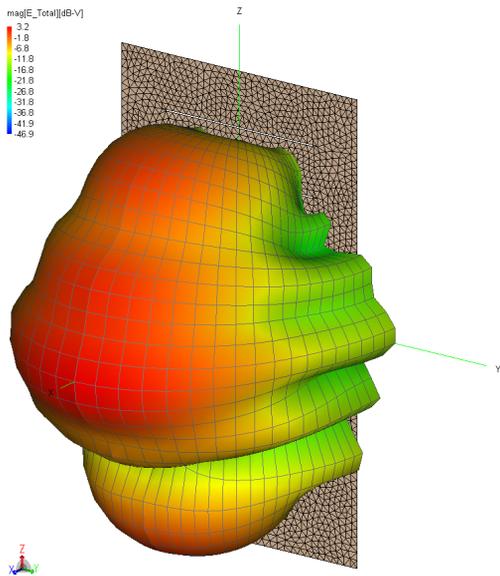
그림 4-1-17 합체의 Elevation angle과 Azimuth angle 구분



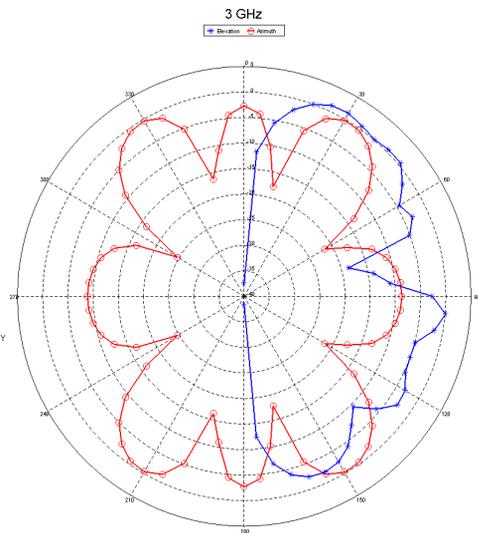
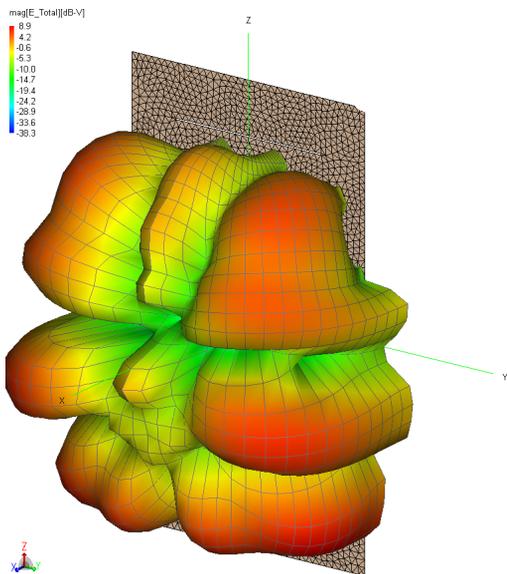
(a) 500 MHz



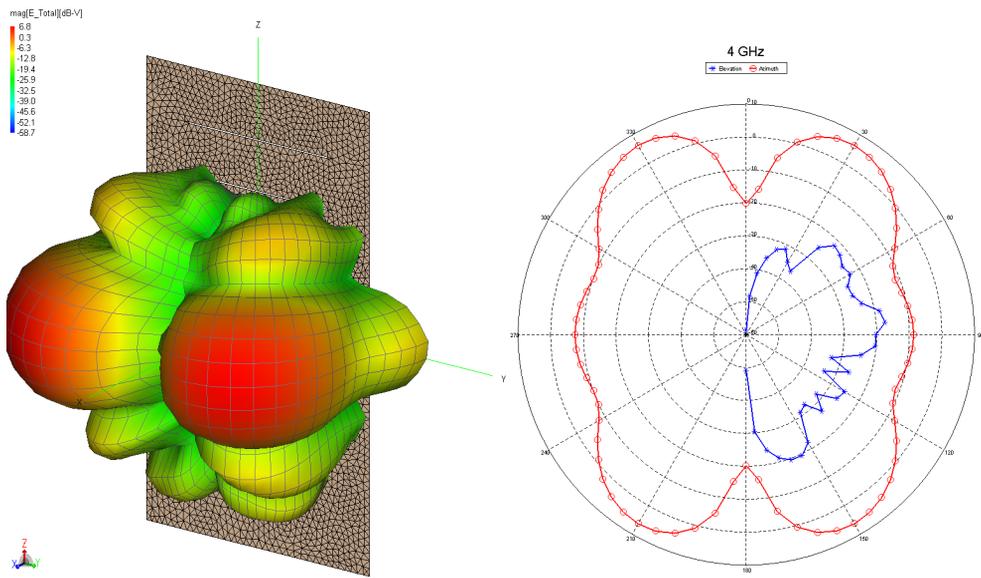
(b) 1 GHz



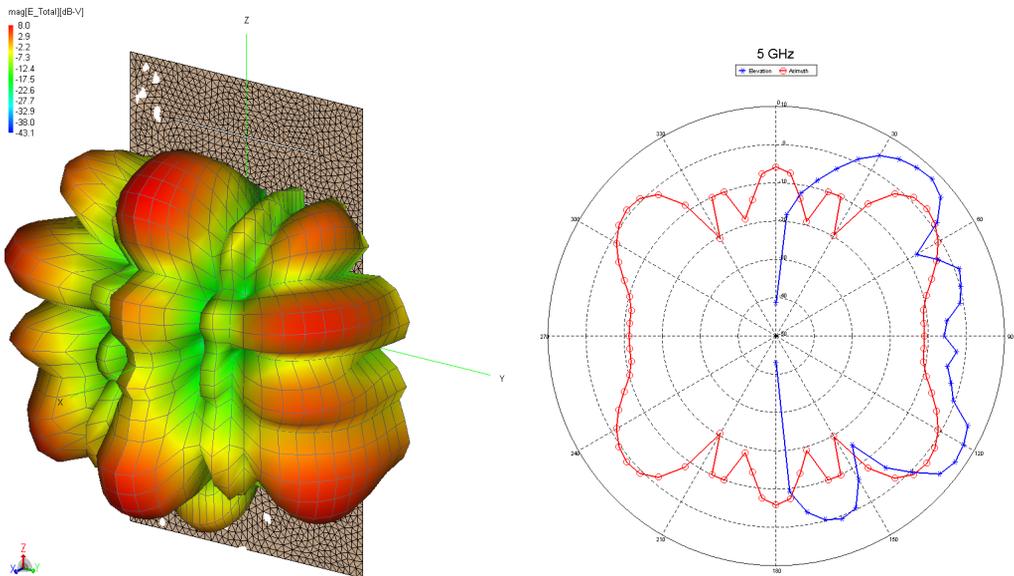
(c) 2 GHz



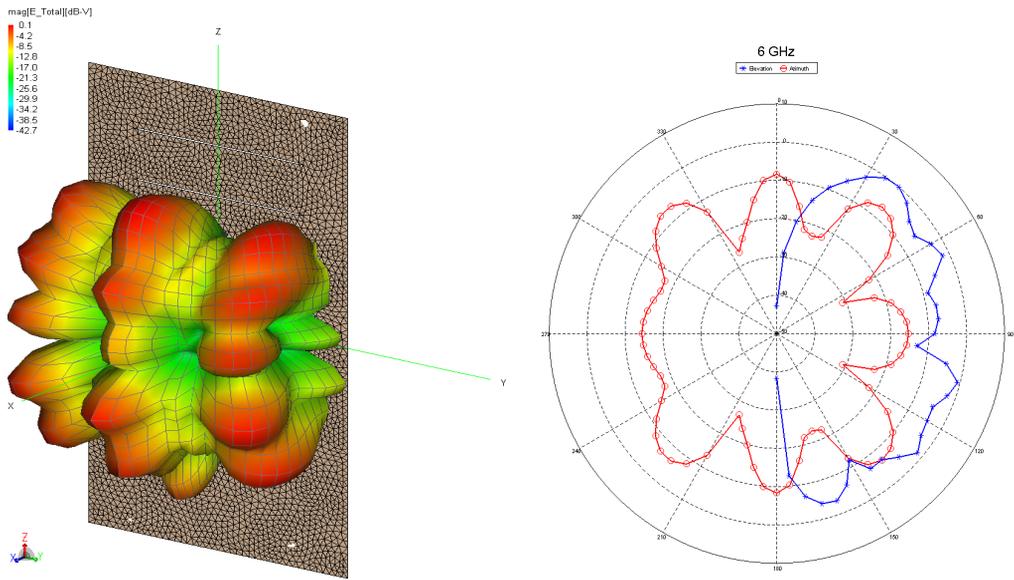
(d) 3 GHz



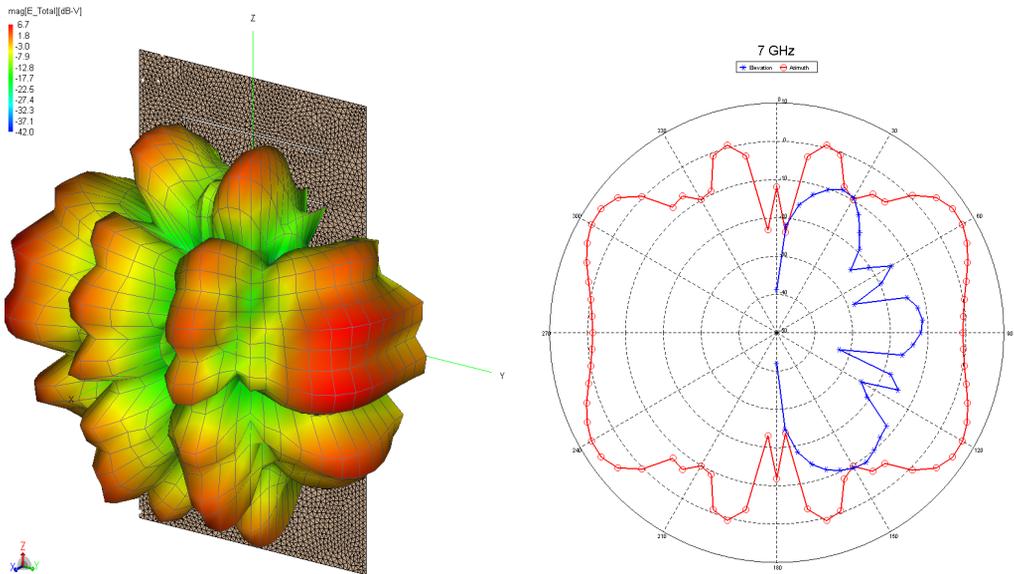
(e) 4 GHz



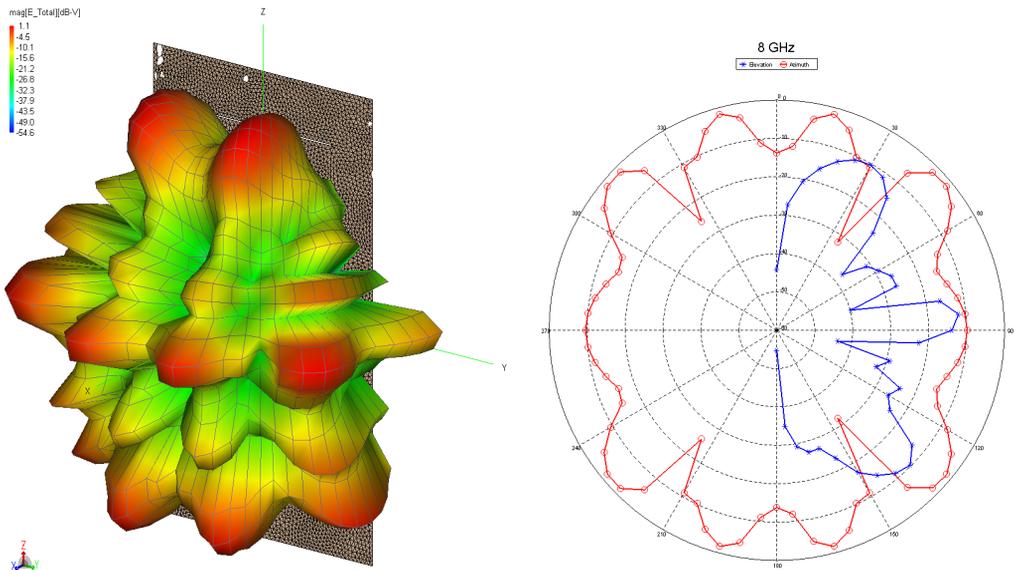
(f) 5 GHz



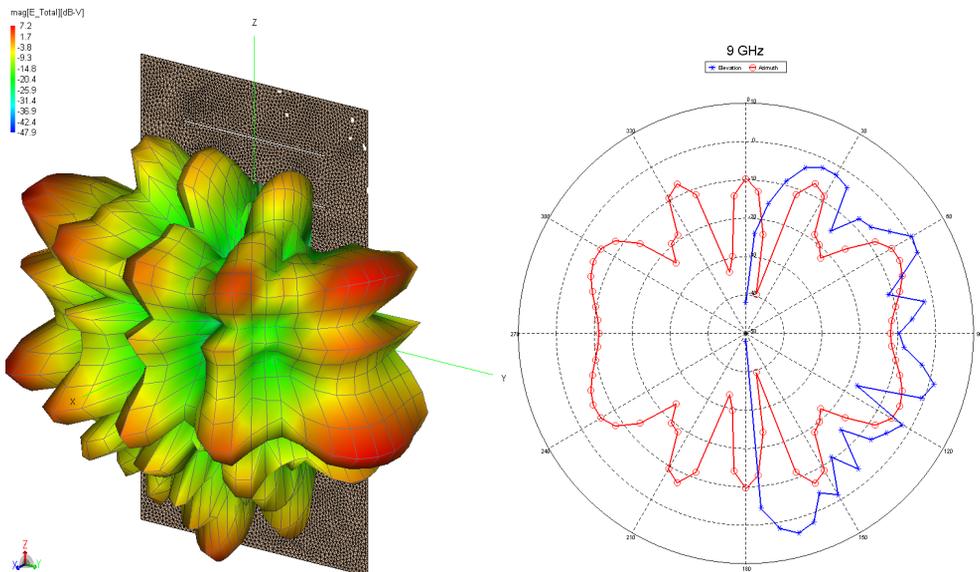
(g) 6 GHz



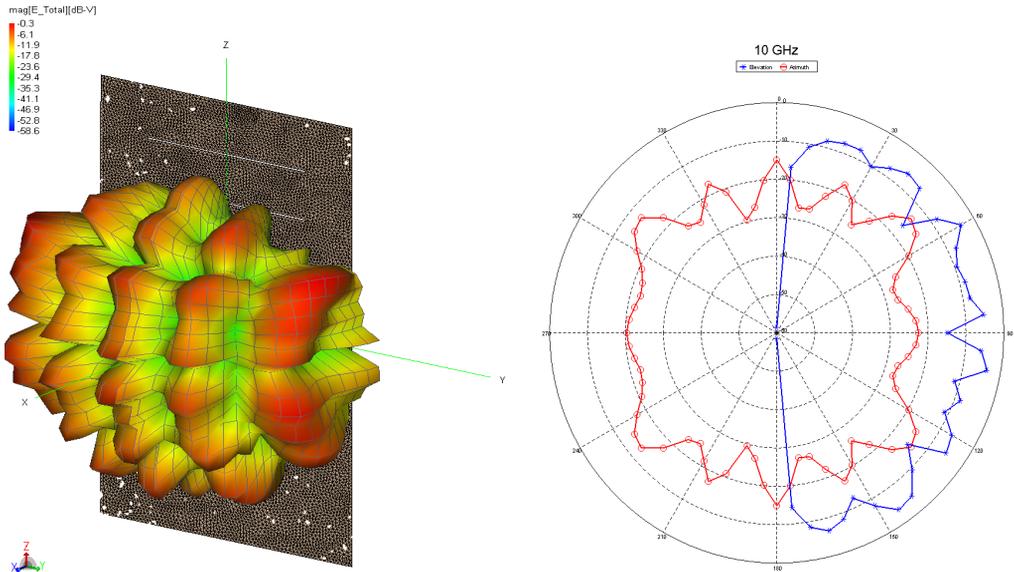
(h) 7 GHz



(i) 8 GHz



(j) 9 GHz



(k) 10 GHz

그림 4-1-18 시뮬레이션 계산된 주파수에 따른 함체의 복사 패턴

그림 4-1-18에서 알 수 있듯이 주파수가 2 GHz 이상부터는 슬롯에 의해 멀티 로브들이 생겨나며 주파수가 높으면 높을수록 멀티로브의 수가 증가 하게 된다. 이 결과는 이미 이론적인 접근에 의해서 예상 할 수 있었던 결과이다.

#### 나. 다중 슬롯 함체로부터의 복사 패턴 특성 측정 및 실험결과 분석

함체의 복사 패턴 또한 EMC 기술지원 센터의 완전 무반사실에서 측정하였으며, 측정 장비는 또한 동일하다. EMI Test Reveiver ESIB40에서 스펙트럼(spectrum) 모드를 사용 하였으며, 측정하는 모든 주파수 대역에서 분해 대역 폭은 1 MHz, 비디오(video) 대역 폭은 1 MHz로 설정하였다.

함체의 복사 패턴 측정을 위한 완전 무반사실에서의 셋팅은 그림 4-1-19와 같다. 측정은 CGE02와 동일한 방법으로 턴 테이블 5° 씩 간

격으로 돌려가며 그 때의 전계 강도를 측정하였다.

측정은 CGE02와 동일하게 Elevation angle과 Azimuth angle 모두를 측정하였다. Elevation angle의 경우에는 함체를 눕혀서 측정 하였으며, 90도 ~ 270도 또는 -90도 ~ +90도 만을 측정하였는데 그 이유는 함체의 복사 패턴에 대한 측정은 결론적으로 함체의 EMI 레벨을 측정하기 위해서 실시하는 것이기 때문에 -90도 ~ +90도 이외의 범위의 방향은 측정의 의미가 없다. 또한 주파수는 7 GHz까지 측정하였다. 측정 시 7 GHz이상의 주파수는 CGE02와 달리 신호가 매우 미약하여 전단증폭기 (preamp.) 사용에도 불구하고 노이즈 기준 레벨에 묻혀서 신호를 식별할 수 없었기 때문이다.

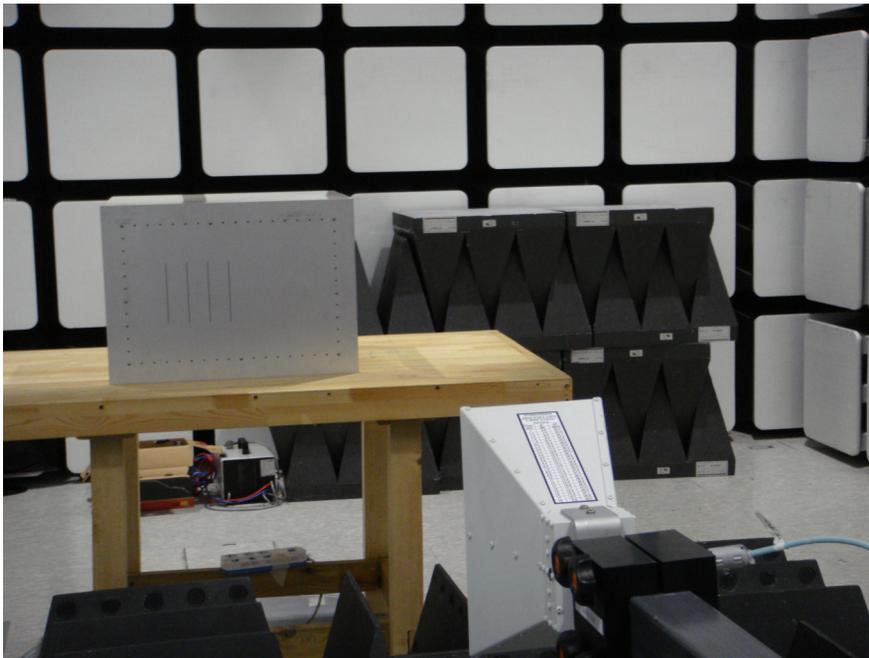
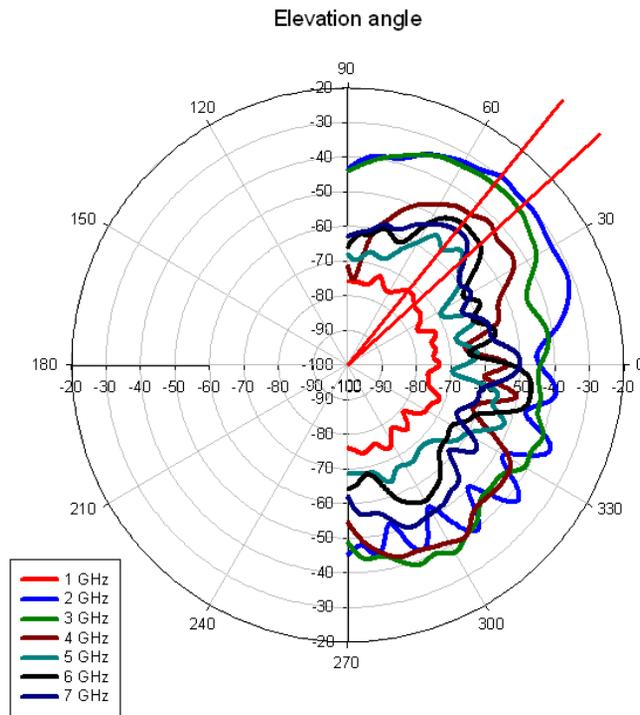


그림 4-1-19 함체 복사 패턴(elevation angle) 측정 셋팅

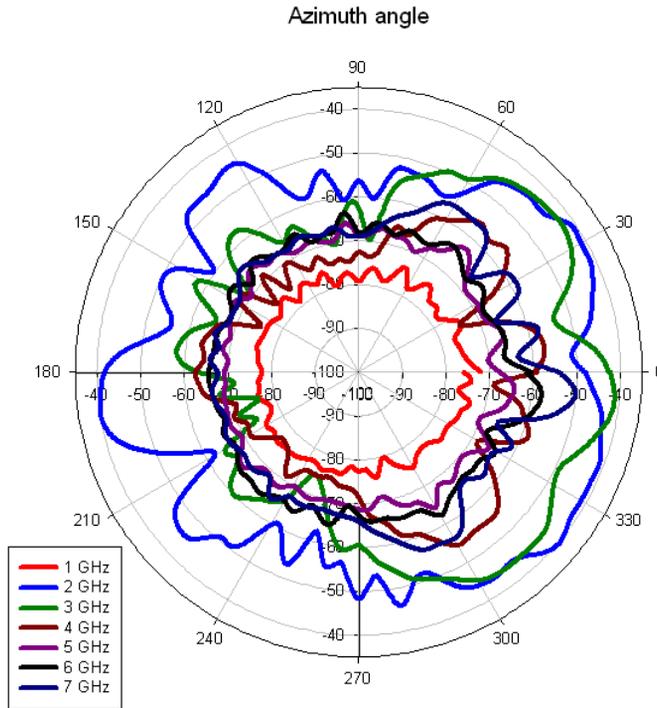
측정되어진 함체의 복사 패턴의 경우에는 측정되는 각도가 elevation angle과 azimuth angle이 달라 각각 나타냈으며, 주파수에 따른 주엽의

방향을 예측하기 위해 모든 주파수에 따른 복사 패턴을 한꺼번에 나타내었다. 측정 되어진 함체의 복사 패턴은 그림 4-1-20과 같다.

결론적으로 Elevation angle에 의해서 안테나의 스캔 높이 및 고정 높이가 그리고 수신 안테나의 틸팅(tilting) 각도를 구할 수 있으며, Azimuth angle의 의해서는 측정 시 턴 테이블의 동작 여부가 결정되어진다.



(a)Elevation angle



(b) Azimuth angle

그림 4-1-20 측정된 합체의 주파수에 따른 복사패턴

그림 4-1-20a에서 Elevation angle이 44.5도 ~ 50.5도 사이에서 주파수에 따른 주엽들이 밀집되어 있으며 이는 전계 강도가 세다는 것을 의미한다. 그림 4-1-20b의 경우에는 주파수 별로 약간의 리플들은 존재하나 3 GHz를 제외하고는 대체적으로 전방향성을 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과와 정확하게 일치하지 않으나, 측정 값 또한 주파수가 높으면 높을수록 멀티 로브들이 생긴 것을 확인 할 수 있었다.

측정의 오차와 이상적인 시뮬레이션 사이의 차이는 줄이기 어려울 것으로 판단되며, 정확한 주엽의 밀집 각도를 계산하기 위해서는 측정이 값이 우선시 되어야 하며, 시뮬레이션 결과는 참고용으로 활용되어야 하는 것이 바람직하다.

## 5. 마이크로파 대역에서의 복사방출 특성 분석

### 가. 기존 시험 방법을 이용한 복사방출 측정 및 해석

기존의 측정 방법은 1 GHz이하에서는 턴 테이블을 360도 회전 시키고, 안테나를 1 ~ 4 m 스캔을 하는 반면에 1 GHz이상은 턴 테이블 360도 회전시키고, 안테나의 높이는 1 m로 고정하여 전계의 최대값을 측정한다. 이와 같은 방법을 사용하여 EMC 기술지원 센터의 반 무반사실에서 측정을 실시하였다.

측정 장비로는 복사패턴을 측정 하였을 때와 동일한 ROHDE & SCHWARZ 사의 EMI Test Receiver ESIB40가 사용 되었다. 또한 TDK사의 PA-02의 프리앰프(preamp)를 사용하였으며, 측정의 원활함과 정확도를 위해서 TDK Standard emission test 프로그램을 이용하였다.

측정 주파수 전 대역에서 분해 대역 폭은 1 MHz, 비디오(video) 대역 폭은 1 MHz로 설정하였다. 단위는  $dB\mu V/m$ 이다. 안테나는 1 m에 고정하였다. 그림 4-1-21에 나타내었다.

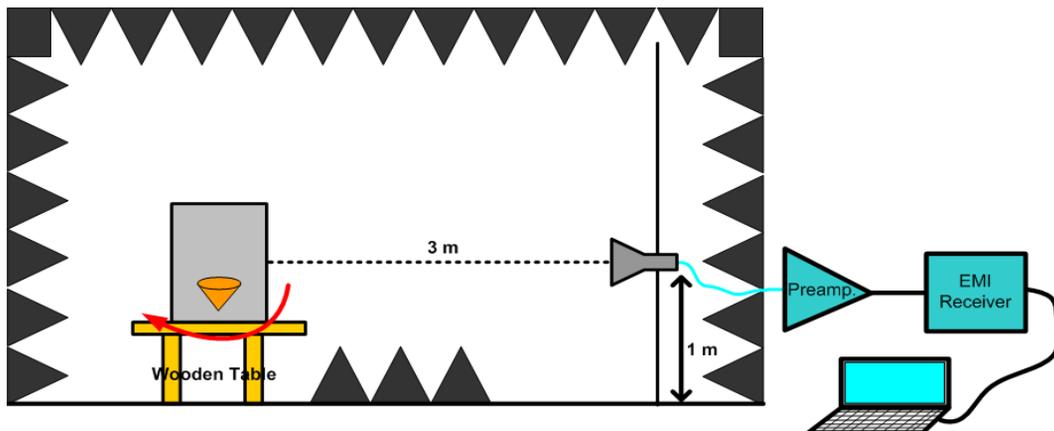


그림 4-1-21 기존의 시험 방법에 의한 합체 측정 셋업

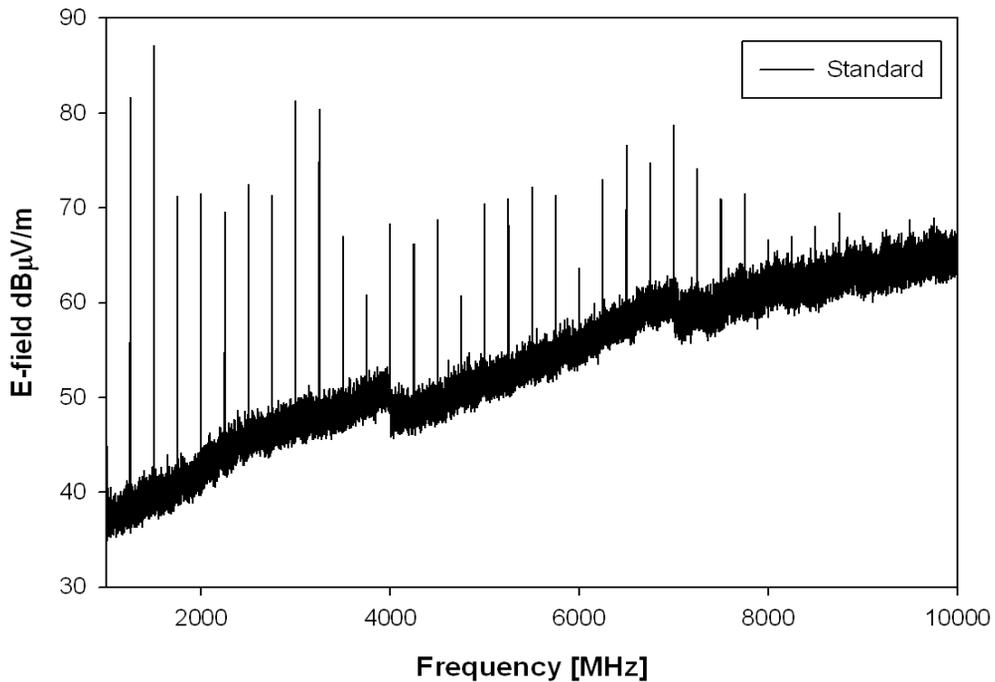


그림 4-1-22 기존의 시험 방법에 의한 함체의 전계 강도

그림 4-1-22는 기존의 시험 방법에 의한 함체의 전계 강도를 나타낸다. 측정이 실시된 무반사실의 잡음 기준 레벨이 높은 편이어서, 9 GHz 이상의 주파수에서는 전계 강도가 없는 것 처럼 보인다. 이 결과는 안테나, 케이블 증폭기 인자를 모두 보상하여 얻은 결과이다.

#### 나. 수신안테나의 높이 변화에 따른 복사방출 측정 및 해석

이미 언급한 바와 같이 1 GHz 이상은 턴 테이블 360도 회전시키고, 안테나의 높이는 1 m로 고정하여 전계의 최대값을 측정한다. 그러나 여기에서는 함체의 슬롯들에 의해 주파수에 따라 함체의 복사패턴 주엽이 0도가 아닐 수 있으므로, 안테나를 1 ~ 4 m로 스캔하여 최대값을 취한다 이와 방법도 동일하게 EMC 기술지원 센터의 반 무반사실에서 측정을 실시하였다.

측정 장비와 안테나, 프리앰프, 프로그램 모두 이전의 측정과 동일하게

사용되어졌다. 측정 주파수 전 대역에서 분해 대역 폭은 1 MHz, 비디오(video) 대역 폭은 1 MHz로 설정하였다. 단위는  $dB\mu V/m$ 이다. 안테나는 1 ~ 4 m에 스캔하며 스캔 간격은 50 cm 로 하였다. 그림 4-1-23에 나타내었다.

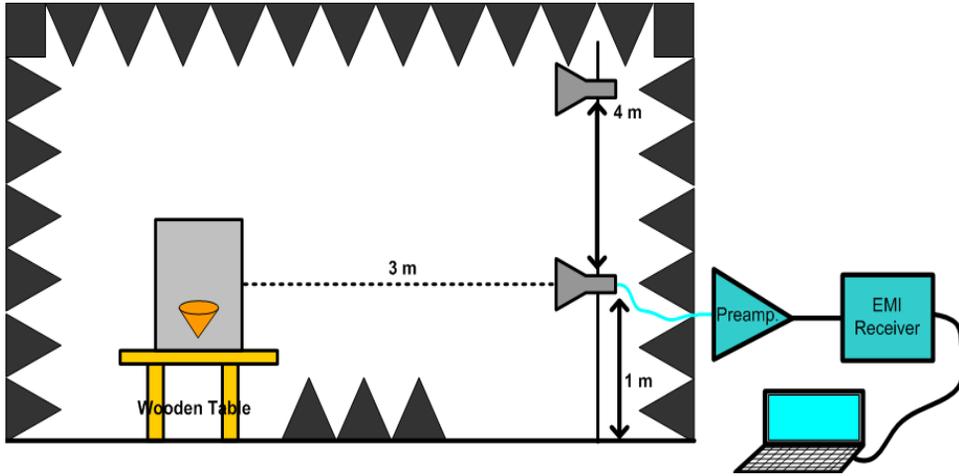


그림 4-1-23 안테나 1 ~ 4 m 스캔시 측정 셋업

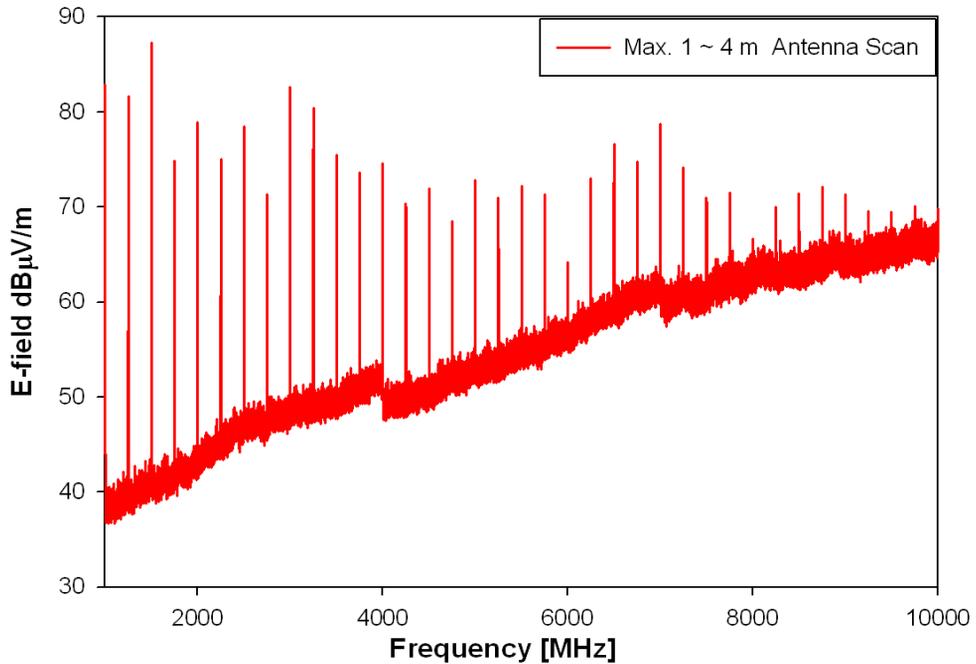


그림 4-1-24 안테나 1 ~ 4 m 스캔시 합체의 주파수별 전계 강도

그림 4-1-24는 안테나를 1 ~ 4 m 스캔하는 시험 방법에 의한 합체의 전계 강도를 나타낸다. 측정이 실시된 무반사실의 잡음 기준 레벨이 높은 편이어서, 기존의 방법에 의한 결과에서 9 GHz이상의 주파수에서는 전계 강도가 없는 것처럼 보인 것과는 상대적으로 9 GHz 이상에서도 전계 강도가 나타나는 것을 알 수 있다. 전체적으로 기존의 시험 방법 보다는 몇몇 주파수에서 전계 강도의 세기가 보다 크게 나타나는 것을 확일 할 수 있다. 구체적인 값의 비교는 다음 장에서 언급하겠다.

#### 다. 수신안테나의 틸팅에 따른 복사방출 측정 및 해석

앞의 4-가에서 측정되고 분석되어진 elevation angle을 이용하여 안테나의 고정 높이와 안테나 틸팅(tilting) 각도를 계산하면 높이는 2.948 ~ 3.639 m 사이이며 그때의 안테나 틸팅 각도는 2.948 m에서는 45.5도이며, 3.639 m에서는 39.5도 이다. 합체 복사 패턴을 통한 계산되어진 측정 셋업을 그림 4-1-25에 나타내었다. 하지만 반 무 반사실의 전체 높이와 고정되어지는 안테나 마운트 및 지그 부분이 계산되어진 값만큼의 높이가 될 수 없어 2.948 m에 근접한 2.9 m 고정하였으며 틸팅 각도는 45.5도를 유지 하였다. 2.948 m는 그림 4-1-20a에서 보는 바와 같이 측정하고자 하는 모든 주파수의 주엽이 44.5도에 대부분 분포하므로 근사화 하여 측정 하였다. 실제 측정하는 높이와 틸팅 각도를 그림 4-1-26에 나타내었고 측정 셋업 사진을 그림 4-1-27에 나타내었다.

측정 장비와 안테나, 프리앰프, 프로그램 모두 이전의 측정과 동일하게 사용되어졌다. 측정 주파수 전 대역에서 분해 대역 폭은 1 MHz, 비디오(video) 대역 폭은 1 MHz로 설정하였다. 단위는  $dB\mu V/m$ 이다.

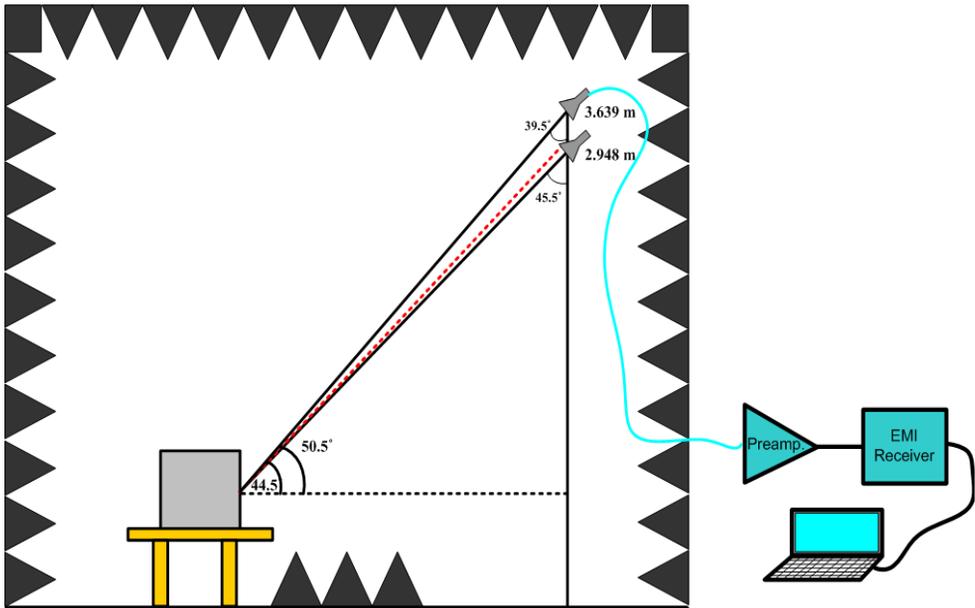


그림 4-1-25 합체 복사 패턴 주엽 각도를 통해 계산되어진 수신안테나 높이와 틸팅 각도

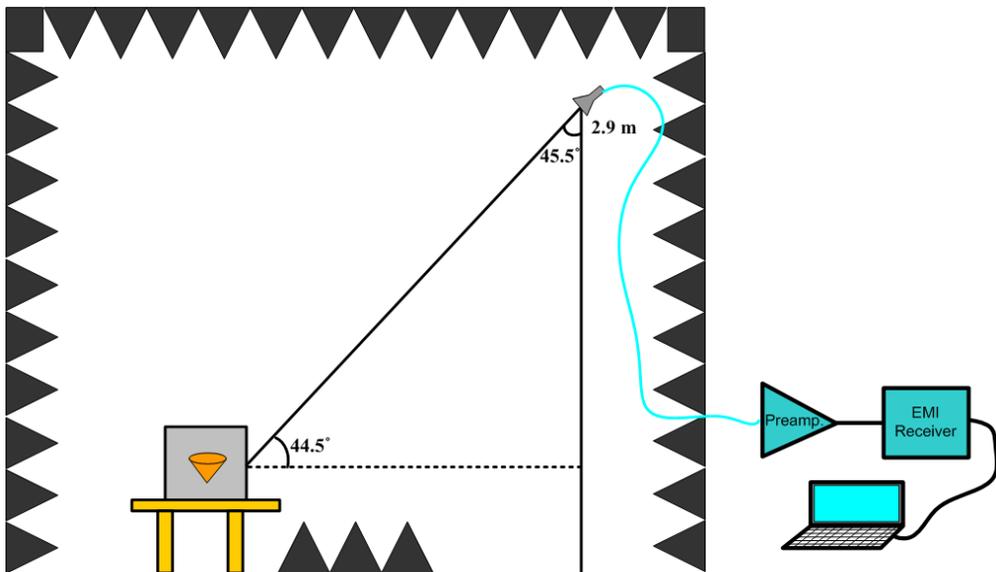


그림 4-1-26 실제 측정을 위한 안테나 높이와 틸팅 각도 셋업



그림 4-1-27 반 무반사실에서 실제 측정 셋업 사진

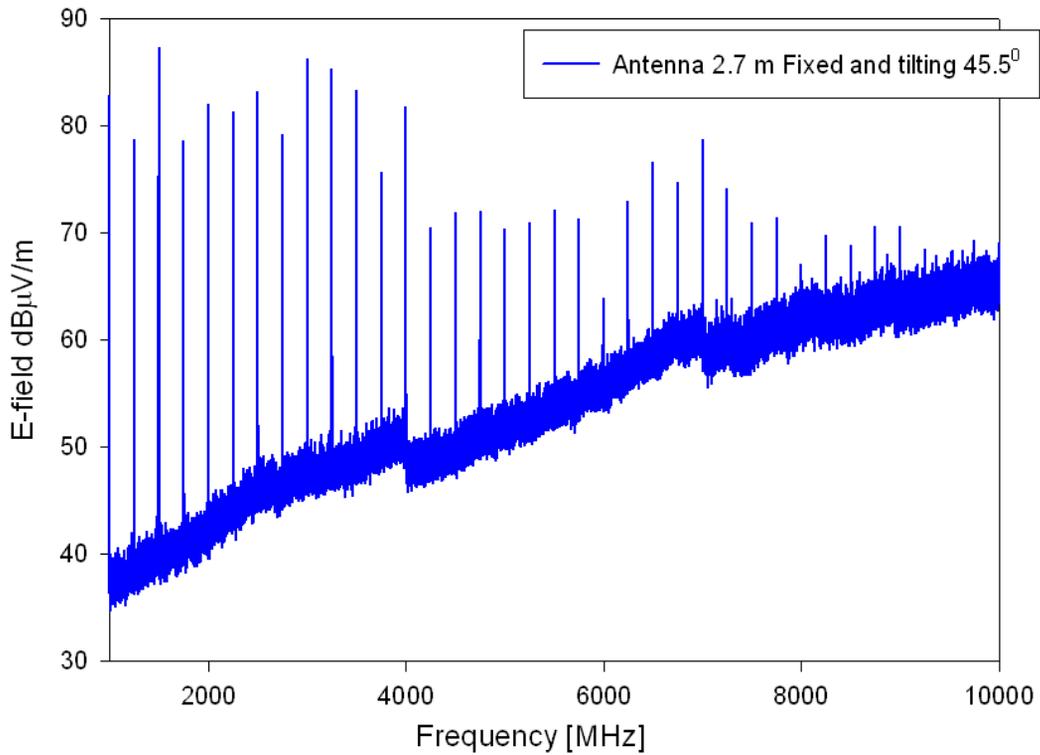


그림 4-1-28 안테나 2.9 m 고정 45.5도 틸팅시 합체의 주파수별 전계강도

그림 4-1-28은 안테나 2.9 m 고정 45.5도 틸팅하는 시험 방법에 의한 합체의 전계 강도를 나타낸다. 측정이 실시된 무반사실의 잡음 기준 레벨이 높은 편이어서, 기존의 방법에 의한 결과에서 9 GHz이상의 주파수에서는 전계 강도가 없는 것처럼 보인 것과는 상대적으로 9 GHz 이상에서도 전계 강도가 나타나는 것을 알 수 있다. 안테나의 높이를 스캔하는 방법에 이미 확인 한바와 같이 전체적으로 기존의 시험 방법과 높이를 스캔하는 경우 보다도 몇몇 주파수에서 전계 강도의 세기가 보다 크게 나타나는 것을 확일 할 수 있다. 구체적인 값의 비교는 다음 절에서 언급하겠다.

## 6. 시험방법에 따른 마이크로파 대역에서의 복사방출 측정 오차 분석

### 가. 측정결과 비교 분석

앞의 4-가, 나, 다 절에서 측정 되어진 합체의 전계강도를 표를 이용하여 비교한다. 모든 주파수를 성분을 넣지 않고 전계 값이 큰 주파수들을 선별하여(약 250 MHz 간격) 표 4-1-2에 정리하였다.

표 4-1-2 측정 방법에 따른 전계 강도 세기

(a) 기존의 방법과 안테나 1 ~ 4 m 스캔 방법 오차 비교

주파수 [MHz]	기존의 방법(A) [dB $\mu$ V/m]	안테나 1~4 m 스캔(B) [dB $\mu$ V/m]	오차(B-A) [dB]
1000	82.91	82.91	0
1250	81.55	81.55	0
1500	81.6	82.5	0.9
1750	70.99	74.61	3.62
2000	68.54	78.08	9.54
2250	69.55	75.06	5.51
2500	72.29	78.36	6.07
2750	71.31	71.31	0
3000	81.28	82.62	1.34
3250	80.4	80.4	0
3500	66.9	75.48	8.58
3750	60.83	73.6	12.77
4000	68.29	74.63	6.34
4250	66.19	70.34	4.15
4500	68.61	71.93	3.32
4750	60.46	68.1	7.64
5000	70.3	72.86	2.56
5250	70.89	71.01	0.12

5500	71.85	72.18	0.33
5750	71.02	71.36	0.34
6000	63.41	64.11	0.7
6250	72.93	73	0.07
6500	76.33	76.61	0.28
6750	74.54	74.74	0.2
7000	77.8	78.71	0.91
7250	73.94	74.14	0.2
7500	70.56	70.56	0
7750	71.43	71.48	0.05
8000	65.42	66.66	1.24
8250	65.57	69.97	4.4
8500	68.05	71.45	3.4
8750	69.3	72.15	2.85
9000	66.98	71.33	4.35
9250	67.42	69.58	2.16
9500	67.73	69.51	1.78
9750	68.21	70.09	1.88
10000	66.13	69.28	3.15

(b) 기존의 방법과 안테나 높이 고정 및 틸팅 방법 오차 비교

주파수 [MHz]	기존의 방법(A) [dB $\mu$ V/m]	안테나 높이 고정 및 틸팅(B) [dB $\mu$ V/m]	오차(B-A) [dB]
1000	82.91	82.91	0
1250	81.55	78.78	-2.77
1500	81.6	81.65	0.05
1750	70.99	78.42	7.43
2000	68.54	80.77	12.23
2250	69.55	81.34	11.79
2500	72.29	83.09	10.8
2750	71.31	79.2	7.89
3000	81.28	86.26	4.98

3250	80.4	85.39	4.99
3500	66.9	83.31	16.41
3750	60.83	75.63	14.8
4000	68.29	81.71	13.42
4250	66.19	70.03	3.84
4500	68.61	71.55	2.94
4750	60.46	71.99	11.53
5000	70.3	70.5	0.2
5250	70.89	71.01	0.12
5500	71.85	72.18	0.33
5750	71.02	71.36	0.34
6000	63.41	63.94	0.53
6250	72.93	73	0.07
6500	76.33	76.61	0.28
6750	74.54	74.74	0.2
7000	77.8	78.71	0.91
7250	73.94	74.14	0.2
7500	70.56	70.51	-0.05
7750	71.43	71.48	0.05
8000	65.42	66.22	0.8
8250	65.57	69.79	4.22
8500	68.05	68.35	0.3
8750	69.3	70.67	1.37
9000	66.98	69.64	2.66
9250	67.42	66.96	-0.46
9500	67.73	66.49	-1.24
9750	68.21	68.38	0.17
10000	66.13	67.77	1.64

표 4-1-2에서 측정값의 차가 3dB이상인 경우 알아보기 쉽도록 해당 셀을 음영 표시하였다. 표 4-1-2(a)에서 오차의 평균은 약 2.723dB이며, 이 차이는 측정 결과에서 무시 할 수 없는 수치이다. 또한 특정 주파수

3750 MHz에서는 12.77dB의 큰 차이가 난다. 표 4-1-2(a)에 표시된 주파수 중에 5개 주파수를 제외하고 모든 주파수에서 오차가 발생하였다.

표 4-1-2(b)에서 오차의 평균은 약 3.594dB이며, 이 차이는 안테나 스캔의 방법보다도 더 큰 오차이다. 3500 MHz에서 16.41dB로 그 차이가 가장 컸으며 안테나 스캔의 경우의 최대 차이었던 약 12dB이상 차이가 발생하는 주파수는 별도로 붉은 색으로 표시 하였다. 대략 4개의 주파수에서 나타난다. “-”값을 가진 오차의 경우에는 측정 높이와 틸팅 각도의 측정 셋업의 오차로 판단되며, 전체적으로 전 주파수 대역에서 기존의 시험 방법과 안테나 스캔의 두 경우보다 높게 전계강도나 나타남을 알 수 있다.

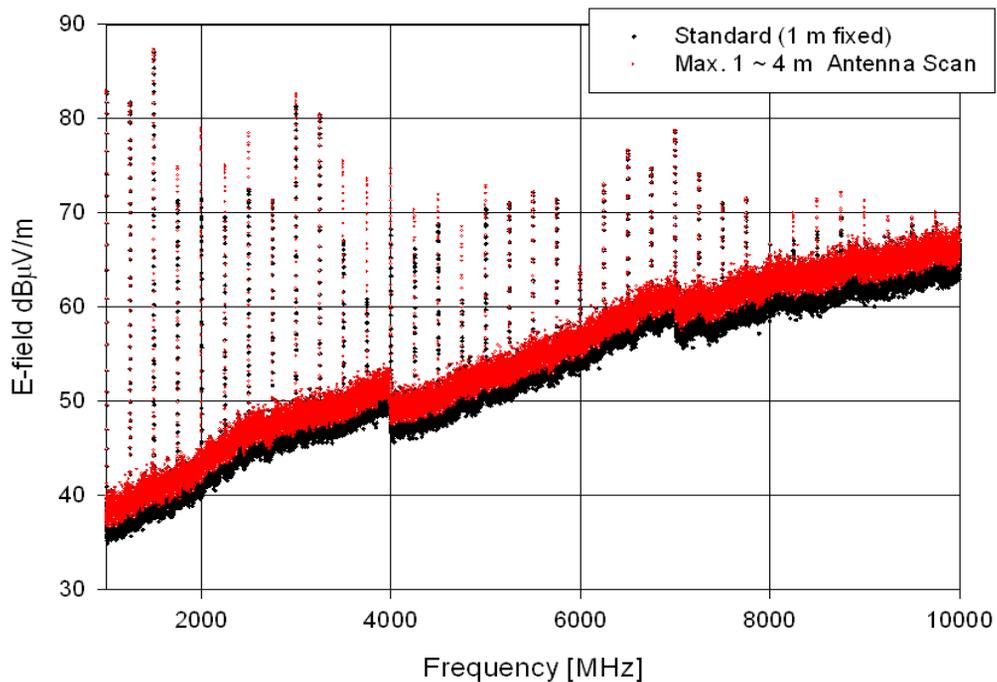


그림 4-1-29 기존의 방법과 안테나 1 ~ 4 m스캔 방법에 의한 전기장 세기 비교

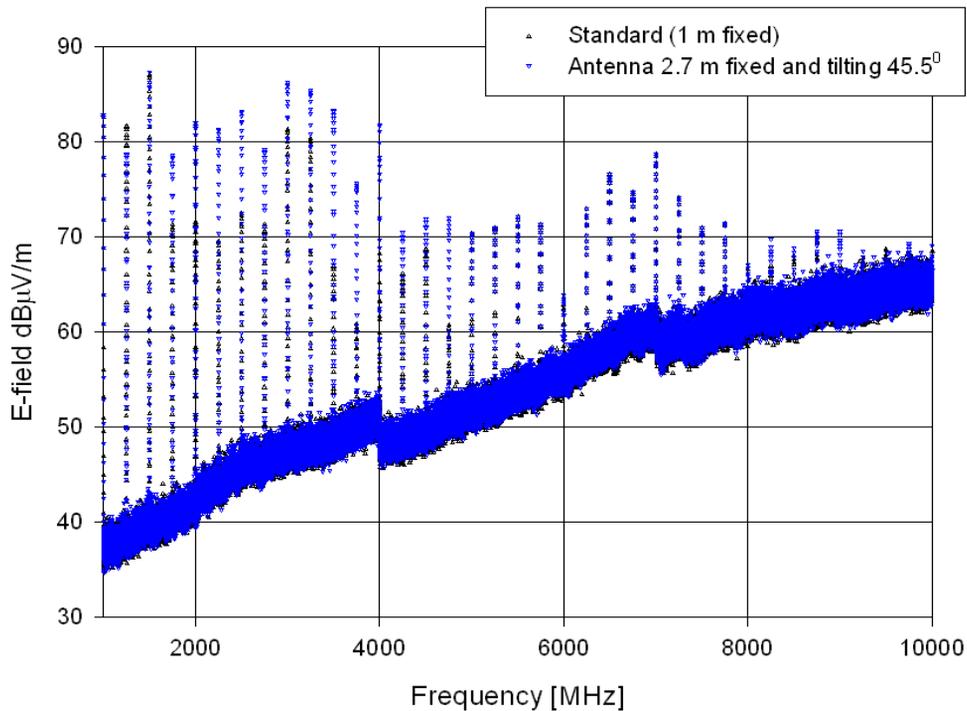


그림 4-1-30 기존의 방법과 안테나 2.9 m 고정 및 45.5도 틸팅 방법에 의한 전기장 세기 비교

#### 나. 결과 토의

1 GHz 이상 EMI 측정 시 기존의 방법의 단점 확인하고 이 단점을 극복하기 위한 방법을 제시하기 위해 슬롯 구조가 있는 함체와 그 슬롯에 소스원으로 동작 할 수 있는 CGE02를 시뮬레이션 하고 측정하였다. 실험 결과 슬롯 구조가 있는 피시험체 혹은 복사 패턴이 멀티로브의 형태를 갖는 피시험체의 경우 기존의 방법인 안테나를 1 m에 고정하여 측정하는 방법은 큰 오차가 발생 할 수 있음을 확인 하였다.

이러한 오차를 줄이기 위해서는 최소한 안테나를 1 ~ 4 m 스캔하여 최대값으로 측정하여야 하며, 피시험체의 복사 패턴을 정확하게 예측할 수 있다면, 주엽의 최대값의 각도를 계산하여 수신 안테나의 높이와 주엽의 방향과 일치 하도록 안테나를 틸팅 시켜 측정 하여야 피시험체의 복사 특성에 기인하는 EMI 측정 오차를 줄일 수 있다.

## 제 2 절 정보기기 EMI 및 EMS 측정주파수 확장 기술기 준 및 시험방법 개정(안) 마련

### 1. 방송수신기 및 관련기기류 내성 시험방법 개정(안)

#### 가. 개정이유 및 주요내용

우리나라 실정에 적합한 디지털방송 및 위성방송 수신기의 내성기준을 신설하는 등 전자파로부터 기기의 오동작 및 성능저하를 방지하기 위한 기술기준을 개선할 필요가 있다. 이러한 필요성을 부응하기 위하여 디지털TV 및 위성방송 수신기 등에 대한 전자파보호기준을 신설하고 방송주파수 기준 등을 우리나라 주파수 정책에 적합하게 고치기 위한 개정(안)을 마련하였다.

#### 나. 내성 기술기준 및 시험방법 개정(안)

##### (1) 공중선 입력 방해내성

구 분	주파수(MHz)	인가레벨(dB $\mu$ V)		판정기준	비 고
FM 음성 수신기	대역외 주파수	mono	stereo	음성 <sup>주1)</sup>	1kHz, AM 80% 변조 : 75 $\Omega$ 66.70 MHz : 국부발전주 파수가 동조된 주파수 아래에 있는 수신기에 만 적용
	1) 88 MHz :				
	66.70	80	80		
	77.40	80	80		
	87.60	80	80		
	87.70	80	80		
	87.75	80	80		
	87.80	72.4	69.2		
	87.85	64.8	58.4		
	87.90	57.2	47.6		
	87.95	49.6	36.8		
	88.00	42.0	26.0		

2) 107.9 MHz :			음성 <sup>주1)</sup>	1kHz, AM 80% 변조 : 75Ω 129.30 MHz : 국부발전 주파수가 동조된 주파 수 위에 있는 수신기 에만 적용
129.3	80	80		
118.5	80	80		
108.4	80	80		
108.3	80	80		
108.25	80	80		
108.20	72.4	69.2		
108.15	64.8	58.4		
108.10	57.2	47.6		
108.05	49.6	36.8		
108.00	42.0	26.0		
대역내 주파수			음성 <sup>주1)</sup>	1kHz, FM 40kHz 편이 : 75Ω
1) 98MHz :				
97.5, 98.5	85	85		
97.6, 98.4	85	85		
97.65, 98.35	80	80		
97.7, 98.3	72	72		
97.75, 98.25	63	63		
97.8, 98.2	59	58		
97.85, 98.15	57	47		
97.9, 98.1	53	32		
97.925, 98.075	49	20		
97.95, 98.05	41	14		
97.975, 98.025	34	14		
98	29	20		

구 분	동조채널 (N)	방해채널 및 방해레벨(75Ω)(dBμV)					방해 형태	비 고	
		N-2	N-1	N+1	N+2	N+15			
TV 수신기	N <sub>I</sub> , N <sub>III</sub>	-	-	60	-	70	A	주4)	
		-	49	-	-	-	C1		
		-	42	-	-	-	C2		
		70	-	-	70	-	D		
	N <sub>IV</sub>	-	-	64	-	74	A		
		-	53	-	-	-	C1		
		-	46	-	-	-	C2		
		70	-	-	74	-	D		
	동조채널 (N)	방해레벨 (75Ω)(dBμV)		방해신호주파수(MHz)		방해형 태	판정 기준	비 고	
	N <sub>I</sub>	89		26 ~ 30		E	영 상 주1)	주4)	
N <sub>III</sub>	104		26 ~ 30		E	음 성 : 제외			
위성 TV 수신기	동조채널 (N)	방해채널 및 방해레벨(75Ω)(dBμV)					방해 형태	비 고	
		N-2		N+2					
	N <sub>min</sub> +2	70		70		B1	주5)		
	N <sub>mid</sub>	70		70		또는			
N <sub>max</sub> -2	70		70		B2				

(2) RF 전도전압 내성시험

구 분	주파수 (MHz)	인가레벨 [dB $\mu$ V(e.m.f.)]	판정 기준	비 고
전원, 스피커, 헤드폰 포트	0.15 ~ 30 30 ~ 100 100 ~ 150	130 120 120 ~ 110	A 주1)	1kHz, AM 80% 변조 100 ~ 150 MHz 로그주파수에 대하여 직선적으로 감소
오디오 입력 및 출력포 트	0.15 ~ 1.6 1.6 ~ 20	80 ~ 90 90 ~ 120		1kHz, AM 80% 변조 0.15 ~ 0.16 MHz 로그주파수에 대하여 직선적으로 증가
	20 ~ 100 100 ~ 150	120 120 ~ 110		1kHz, AM 80% 변조 100 ~ 150MHz 로그주파수에 대하여 직선적으로 감소
	※ 예외된 주파수 - TV, 주변기기 : $f_c \pm 1.5$ MHz - FM 음성수신기 : $f_i \pm 0.5$ MHz (IF 채널) - TV 수신기 : 동조된 채널, $f_i - 2$ MHz ~ $f_v + 2$ MHz(IF채 널), $f_s \pm 0.5$ (그외 주파 수)는 제외			주2)  주3)

(3) RF 전도전류 내성시험

구 분	주파수대역 (MHz)	인가레벨 [dB $\mu$ V(e.m.f)]	판정기준	비 고
공중선 포트	26 ~ 30	126	주1)	

(4) 전자파 방사 내성시험<sup>주6)</sup>

구 분	주파수대역 (MHz)	인가레벨 (dB $\mu$ V/m)	판정기준	비 고
함체 RF 전자기장 Keyed carrier	824 ~ 849 (시험 가능한 중간주파수 1채널)	3 V/m CDMA 변조	A	
FM 음성 수신기	0.15 ~ 150 예외된 주파수 대역 : ( $f_i - 0.5$ )에서 ( $f_i + 0.5$ ) ( $f_o - 0.5$ )에서 ( $f_o + 0.5$ ) ( $f_{im} - 0.5$ )에서 ( $f_{im} + 0.5$ ) 88에서 108 동조채널 $\pm 0.15$	125  101 109 109 109 제외		1kHz, AM 80% 변조 주2)
TV 수신기, 방송수신 기능이 있는 VCR	0.15 ~ 54 예외된 주파수 대역 : ( $f_c - 1.5$ )에서 ( $f_c + 1.5$ ) ( $f_s - 0.5$ )에서 ( $f_s + 0.5$ ) ( $f_i - 2$ )에서 ( $f_v + 2$ ) 54 ~ 150 동조채널 $\pm 0.15$	125  101 101 101 109 제외		

구 분	주파수대역 (MHz)	인가레벨 (dB $\mu$ V/m)	판정기준	비 고
방송수신 기능이 없는 TV 기기	54 ~ 150	109	A  주1)	1kHz, AM 80% 변조 주3)
모니터 모드에서 동작하는 수신기 및 다기능 기기	0.15 ~ 150 $f_c \pm 1.5$	125 101		
VCR의 AV 모드	0.15 ~ 150 $f_c \pm 1.5$	125 101		
VCR의 재생 모드	0.15 ~ 2.5	125		
	2.5 ~ 4.25	120		
	4.25 ~ 6.25	115		
	6.25 ~ 10	120		
10 ~ 150	125			
방송수신 기능이 없는 기기, 위성방송 수신용 옥외장치	0.15 ~ 150	125		
외부	0.15 ~ 45	115		

구 분	주파수대역 (MHz)	인가레벨 (dB $\mu$ V/m)	판정기준	비 고
전원을 사용하는 VCR의 재생 모드	45 ~ 150	125		

(5) 차폐효과

구 분	주파수대역 (MHz)	판정기준	비 고
FM 라디오 공중선	98	$\geq 20$ dB	예외사항 : 자동차 라디오, 신호 주파수가 1 GHz이상인 경우
TV 공중선	542	$\geq 50$ dB	
디지털 TV 공중선	692	$\geq 50$ dB	

(6) 전기적 빠른 과도현상

구 분	시험 사양	단위	시험기준	판정 기준	비 고
교류 전원 입력 포트	1 5/50 5	kV Tr/Th ns kHz(반복주파수)	KN61000 -4-4	A	AC/DC 어댑터를 주 장치와 함께 판매하는 경우에는 적용한다.

(7) 정전기 방전 내성

시험사양	단위	시험기준	판정기준	비 고
± 8(기중방전) ± 4(접촉방전)	kV	KN61000-4-2	B	

주1)

- 음성판정기준 :

≥40 dB(50 mW 희망음성레벨에 방해 음성신호에 대한 희망 음성신호의 비)

≥26 dB(50 mW 희망음성레벨에 방해 음성신호에 대한 희망 음성신호의 비

: AM 수신기)

≥26 dB(500 mW 희망음성레벨에 방해 음성신호에 대한 희망 음성신호의 비

: AM 및 AM car 라디오, PC 방송 수신 카드)

- 영상판정기준 :

희망 시험신호는 표준화면(video, AV 기기인 경우 : TV 화면)을 만들고, 방해신호는 화면 상태에 영향을 준다. 감도저하는 주사선으로 만들어지는 화면, 동기 무너짐, 기하학적 왜곡, 색상 및 contrast 손실 등이며, 적합한 기준은 화면의 감도가 저하는 바로 전의 상태이다. 화질평가는 화면 높이의 6배 되는 거리에서 통상의 관찰 조건(15 ~ 20 lx)하에 실시한다.

주2)

$f_i$  : 중간주파수(10.7 MHz)

$f_o=f_t \pm f_i$  : 국부발진주파수

$f_m=f_t \pm 2f_i$  : 영상주파수

$f_t$  : 동조주파수

여기서 “+”는  $f_o > f_t$  일때 적용

“-”는  $f_o < f_t$  일때 적용

주3)

$f_i$  : 음성 중간주파수(41.25 MHz)

$f_v$  : 영상 중간주파수(45.75 MHz)

$f_s$  : 인터 캐리어 음성 주파수(4.5 MHz)

$f_c$  : 컬러 반송파 주파수(3.579545 MHz)

주4)

희망 신호 : 변조된 음성 반송파와 수직 컬러바 패턴을 가진 표준 TV신호로서 15 kHz 편이로 1 kHz FM변조된 신호에서 대역 I 과 대역 III에서는 70 dB $\mu$ V 또는 대역 IV에서는 74 dB $\mu$ V  
음성 반송파 레벨 : 대역 I 과 대역 III에서는 57 dB $\mu$ V이고 대역 IV에서는 61 dB $\mu$ V

A : 무 변조 신호

C : 해당 음성 반송파 주파수에서 15 kHz 편이로 1kHz FM으로 변조된 신호

C1 : 첫째 음성 반송파의 해당 주파수에서 15 kHz 편이로 1 kHz FM으로 변조된 신호

C2 : C1의 레벨보다 7dB 아래인 주파수

D : 해당 영상 반송파 주파수에서 1 kHz, AM 80%로 변조된 신호

E : 1 kHz, AM 80%로 변조된 신호

TV 주파수 대역 : I 대역(54~88 MHz), III 대역(174~216 MHz), IV 대역(506~746 MHz), V 대역(746~890 MHz), Hyper 대역(470~506 MHz)

주5)

B1 : NTSC 수신기에서 편이감도 17 MHz/V와 0.6 MHz의 전파 에너지 분산을 갖는 채널 간격 19.18 MHz인 신호

B2 : High Vision(MUSE) 수신기에서 편이감도 17 MHz/V와 0.6 MHz의 에너지 분산을 갖는 채널 간격 19.18 MHz인 신호

주6) RF 전도전압 내성시험 및 전자파 방사내성시험 : 관련 기기 중 tape 로 동작하지 않는 기기는 제외(예 Video CD, DVD, CDP, MD 등)  
※ “관련기기”라 함은 음향 혹은 TV 수신기에 직접 연결되거나 오디오 또는 영상정보를 재생하거나 전송하도록 의도된 기기를 말한다.

(비고)

다음 기기에는 적용하지 아니한다.

1) 건전지로 동작되는 기기

(예 : 휴대용 음성수신기, 휴대용 TV 수신기, 휴대용 AV 기기 및 Video 테이프 기기 등) 단, DC 입력단자가 있는 기기에는 적용한다.

2) 외부 공중선 연결장치가 없는 기기

(예 : 음성수신기, TV 수신기, VCR 등)

3) IPTV 및 DMB 기기는 정보기기류의 기준을 적용한다.

## 2. 정보기기류 장애방지 시험방법 개정(안)

### 가. 개정이유 및 주요내용

이동통신, WiBro 무선서비스 등이 이용하는 GHz 대역의 주파수 자원을 보호하고, 전자파에 의한 무선통신서비스의 장애를 최소화하기 위한 기술기준을 개선할 필요가 있다. 이러한 필요성에 부응하기 위해 GHz 대역의 무선통신서비스를 보호하기 위하여 정보기기 전자파장애방지 기준을 6 GHz 까지 규정하는 시험방법 개정(안)을 마련하였다.

### 나. 정보기기 측정주파수 확장 기술기준 및 시험방법 개정(안)

#### (1) 측정 거리 3 m 일 때 A급 정보기술기기의 방사성 장애 허용 기준

주파수 범위 [GHz]	평균치 허용 기준 [dB( $\mu$ V/m)]	첨두치 허용 기준 [dB( $\mu$ V/m)]
1 ~ 3	56	76
3 ~ 6	60	80

(비고) 천이 주파수에서는 낮은 쪽의 허용기준을 적용 한다.

#### (2) 측정 거리 3 m 일 때 B급 정보기술기기의 방사성 장애 허용 기준

주파수 범위 [GHz]	평균치 허용 기준 [dB( $\mu$ V/m)]	첨두치 허용 기준 [dB( $\mu$ V/m)]
1 ~ 3	50	70
3 ~ 6	54	74

(비고) 천이 주파수에서는 낮은 쪽의 허용기준을 적용 한다.

## 제 3 절 PDP TV 방사 특성에 따른 무선주파수 영향 연구

### 1. PDP 전자파 방출특성 시험분석

PDP TV는 방송화면을 보여 주기 위하여 화면 픽셀에 전류를 흐르게 하여 극성간 방전을 일으키는 구조로 되어 있다. 방송화면은 각 픽셀의 극성 방전으로 인한 신호가 컨트롤러를 통해 조합되면서 우리 눈에 보이게 된다. PDP TV는 화면 픽셀의 단위를 영상 화면에 맞게 방전시키는 기술이라 할 수 있을 것이다.

각 화면 픽셀에 전류를 흐르게 하기 위하여는 컨트롤러에서 각 화면 픽셀에 선로가 연결되어 적절한 스위칭 작용을 하게 된다. 이에 따라 스위칭 되는 선로를 통해서 전자파 방출이 일어날 수 있을 것이다. 전자파 방출은 방송신호나 무선통신 서비스에 영향을 주어 전파간섭으로써 작용할 수 있다.

#### 가. PDP TV의 전자파 방사 시험방법

PDP TV의 전자파 방사특성 시험을 위하여 PDP TV를 전자파무반사실에 위치시킨 상태에서 전자파 영향을 측정하는 시험방법을 마련하였다. 현재 PDP TV에 대한 방출시험은 30 MHz부터 실시되기 때문에 30 MHz 이하의 시험에 대한 특별한 시험방법은 없는 상태이다. 따라서 30 MHz 이하 방출시험을 실시하고 있는 전력선통신 기기에 대한 시험방법을 응용하였다. 전력선통신에 대한 시험은 30MHz 이하 대역에서 시험을 하기 위하여 제조업체, 이해당사자, 정부가 합의하여 작성한 방법으로써 현재 전자파적합등록에 응용되고 있다.

PDP TV 시험을 위한 전자파무반사실은 한국전파진흥협회 EMC 기술지원센터가 보유하고 있는 3 m 챔버를 이용하였다. 본 측정은 한국전자과학회, 서경대학교, 전파연구소, 한국전파진흥협회가 공동으로 참여하였다. 시료는 전파연구소에서 실제 방송수신용으로 활용하고 있는

42“ PDP TV를 이용하였다.

- PDP TV를 전자파무반사실에 시험용 테이블 위에 위치시킨다.
- PDP TV의 전원만 인가된 상태에서 시험장의 잡음을 측정한다.
- 계측기는 9 kHz 분해능으로 하고, 측정모드는 피크치 모드로 한다.
- PDP TV와 안테나 사이는 3 m로 한다.
- 측정용 안테나는 루프안테나로 한다
- PDP TV의 화면을 켜 상태에서 전계강도를 측정한다.
- 전계강도는 수직 및 수평 상태에서 시험한다.

나. PDP TV의 전자파 방출 측정결과

PDP TV에 대한 방사신호 측정결과는 그림 4-3-1과 같다.

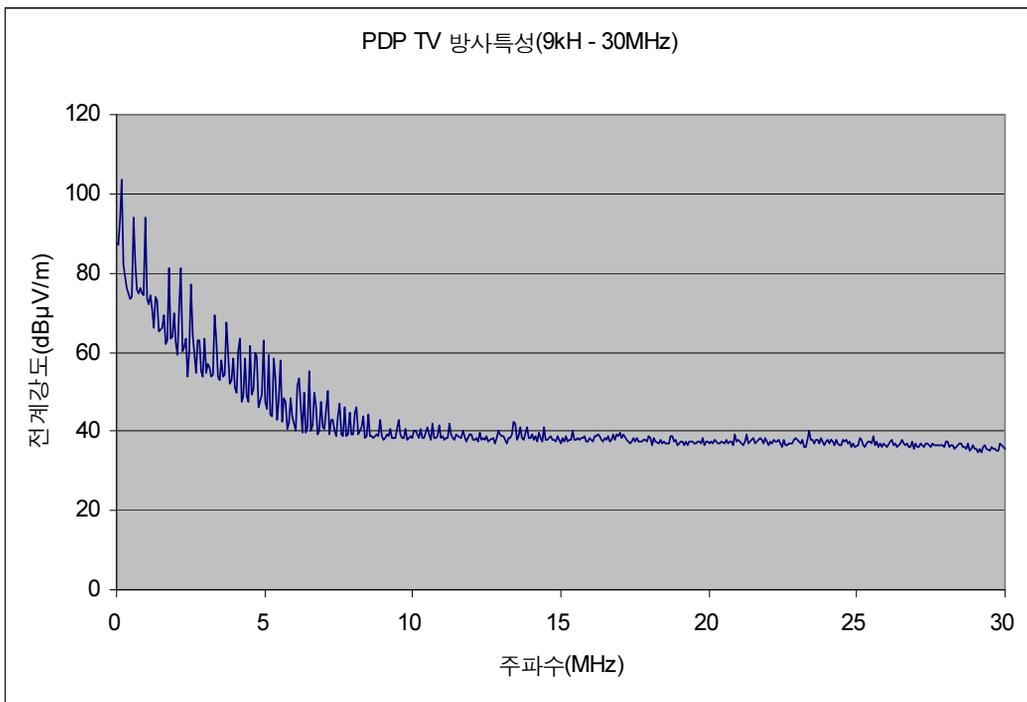


그림 4-3-1 PDP TV 방출 특성 그래프

PDP TV에 대한 방출은 200 kHz 부근에서 102 ~ 104 dB $\mu$ V/m 정도의 가장 큰 전계강도가 측정되었다. 이때 측정모드는 침두값이며, 분해능대역폭은 9 kHz로 하였다. 그리고 200 kHz 홀수 고조파 성분이 계속해서 측정되었다. 즉 600 kHz, 1 MHz, 1.4 MHz 등 200 kHz 홀수 고조파가 10 MHz 이후까지 측정됨을 알 수 있었다.

표 4-3-1 PDP TV에 의한 전자파 방출 특성

주파수	200kHz	2.17MHz	6.54MHz	10.48MHz
전계강도 (dB $\mu$ V/m)	104dB $\mu$ V/m	81dB $\mu$ V/m	55dB $\mu$ V/m	41dB $\mu$ V/m

PDP TV 방출신호는 17 MHz 부근에서 약 31 dB $\mu$ V/m까지 측정되고 20 MHz 이상에서는 시험장 잡음과 PDP TV 방출 전계강도가 비교하기 어려웠다.

시험용 시료로 사용된 PDP TV는 픽셀을 구동하기 위하여 200 kHz 부근의 클럭 주파수를 사용하고 있다. 본 시험을 통해서 PDP TV는 PDP TV 픽셀을 구동하기 위한 클럭 주파수 200 kHz 부근에서 가장 큰 신호가 발생됨을 알 수 있었다. 또한 200 kHz의 홀수 고조파가 계속해서 방출되고 있음을 알 수 있었다. PDP TV에 의한 방출은 약 17 MHz 부근까지 연속적으로 발생하였으며, 20 MHz 이상에서는 측정장 잡음과 비교하기 어렵게 됨을 알 수 있었다.

## 2. 무선주파수 간섭영향 분석

본 연구에서는 PDP TV는 200 kHz 홀수 고조파가 큰 전자파 방출을 일으키고 있으며 20 MHz 부근까지 계속되고 있음을 확인하였다. PDP TV에 의한 전자간섭에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 서비스는 AM 방송 및 단파방송이 될 수 있을 것이다. AM 방송대역은 535 kHz ~

1.605 MHz로 PDP TV 전자파 방출 신호에 직접적인 영향을 받을 수 있을 것이다. 본 연구에서는 AM 방송신호와 단파 수신기에 의한 전파 간섭 분석을 시험을 통해 실시하였다.

#### 가. 시험방법

##### (1) AM 방송수신기에 대한 영향 분석

- 전자파차폐실에 PDP TV, 방송용 송신안테나, 측정용 안테나, AM 방송 수신기를 설치
- PDP TV와 3 m떨어진 지점에 시험용 테이블에 AM 및 단파 라디오를 위치시킴
- PDP TV의 전원만 인가된 상태에서 시험장의 잡음을 측정한다.
- 계측기는 9 kHz 분해능으로 하고, 측정모드는 피크치 모드로 한다.
- 측정용 안테나는 루프안테나로 한다
- PDP TV의 화면을 켜 상태에서 전계강도를 측정한다.
- TV 전원만 입력된 상태(TV는 OFF)로 하고, AM방송 수신기를 켜 (ON) 상태에서 수신 전계강도를 측정
- AM 방송수신기를 테이블 위에 올려놓고 수신상태로 함
- 차폐실 외부에 위치한 신호발생기를 AM 방송신호를 송출토록 함
- 신호발생기에 1kHz 정현파 신호를 AM 80% 변조상태로 하여 송출함
- 송출전력은 방송수신기에서 출력된 음성 신호의 SINAD가 20 dB 정도 되도록 조정(AM수신기의 수신임계레벨을 측정함)
  - SIMPO 코드에 의한 주관적 음성평가를 실시하고 기록함
  - 송출전력을 기록함
  - 이때 수신 전계강도를 안테나를 통해 측정하고 기록함
- PDP TV를 켜짐(ON) 상태로 함
- PDP TV 켜짐 상태에서 선택한 AM 대역의 전계강도를 측정하여 기록

- PDP TV 켜짐 상태에서 SINAD 값을 측정하여 기록
- 신호발생기의 AM 송신 출력을 증가시켜 SINAD 20 dB가 되도록 조정함
  - 송출전력을 기록함
- 측정용 안테나에서 전계강도를 측정하여 기록
- 수신임계레벨에 대한 PDP TV의 영향 정도를 분석하고, PDP TV에 의한 영향을 받지 않아야 하는 AM 전계강도를 분석함
- AM방송 주파수는 PDP TV의 방사특성을 고려하여 최고값 부근, 최소값 부근, 중간 부근에서 시험을 반복함

## (2) 단파 방송수신기에 대한 영향 분석

- 전자파차폐실에 PDP TV, 방송용 송신안테나, 측정용 안테나, 단파 방송 수신기를 설치
- TV 전원만 입력된 상태(TV는 OFF)로 하고, 단파방송 수신기를 켜 (ON) 상태에서 수신 전계강도를 측정
- 단파 방송수신기를 테이블 위에 올려놓고 수신상태로 함
- 차폐실 외부에 위치한 신호발생기를 단파 방송신호를 송출토록 함
- 신호발생기에 1kHz 정현파 신호를 단파방송 변조상태로 하여 송출함
- 송출전력은 방송수신기에서 출력된 음성 신호의 SINAD가 20 dB 정도 되도록 조정(단파방송 수신기의 수신임계레벨을 측정함)
- SIMPO 코드에 의한 주관적 음성평가를 실시하고 기록함
  - 송출전력을 기록함
  - 이때 수신 전계강도를 안테나를 통해 측정하고 기록함
- PDP TV를 켜짐(ON) 상태로 함
- PDP TV 켜짐 상태에서 선택한 단파방송 대역의 전계강도를 측정하여 기록
- PDP TV 켜짐 상태에서 SINAD 값을 측정하여 기록
- 신호발생기의 단파방송 송신 출력을 증가시켜 SINAD 20 dB가 되

도록 조정함

- 송출전력을 기록함
- o 측정용 안테나에서 전계강도를 측정하여 기록
- o 수신임계레벨에 대한 PDP TV의 영향 정도를 분석하고, PDP TV에 의한 영향을 받지 않아야 하는 단파방송 전계강도를 분석함
- o 단파방송 주파수는 PDP TV의 방사특성을 고려하여 최고값 부근, 최소값 부근, 중간 부근에서 시험을 반복함

(3) 실제 운용환경에서 PDP TV와 AM·단파방송 전파간섭 분석

실제 운용환경에서 시험을 위하여 가정 및 사무실환경 시험환경이 구축된 전파연구소 유비쿼터스 시험실을 이용하였다. 본 시험은 전파연구소, 한국전자진흥협회 EMC기술지원센터와 공동으로 실시하였다.

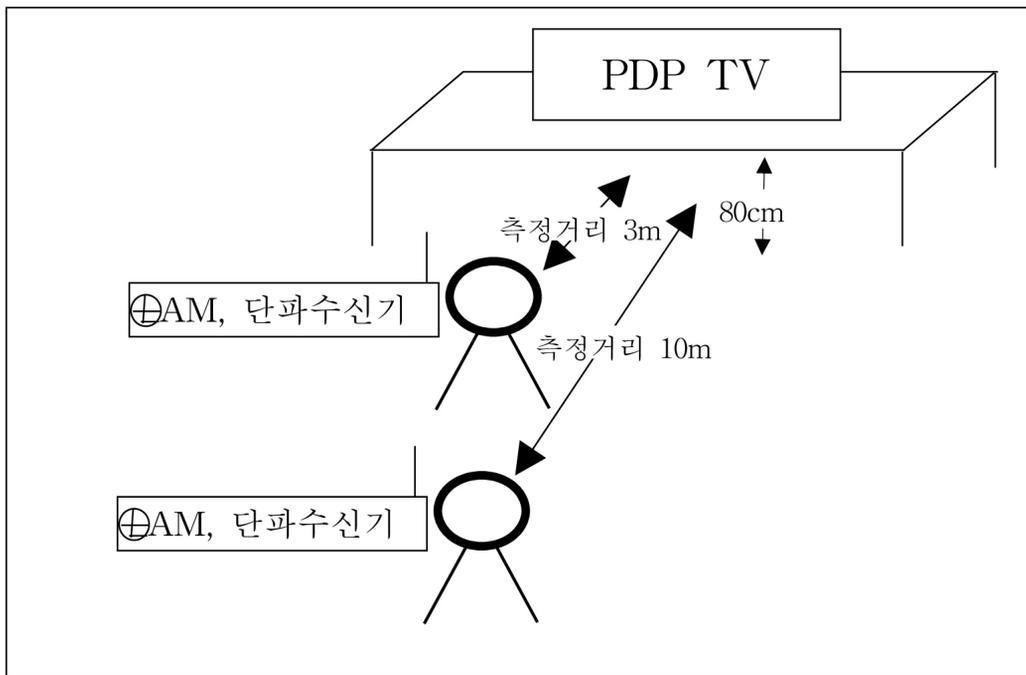


그림 4-3-2 현장에서 PDP TV에 의한 방송수신기 영향 측정 구성도

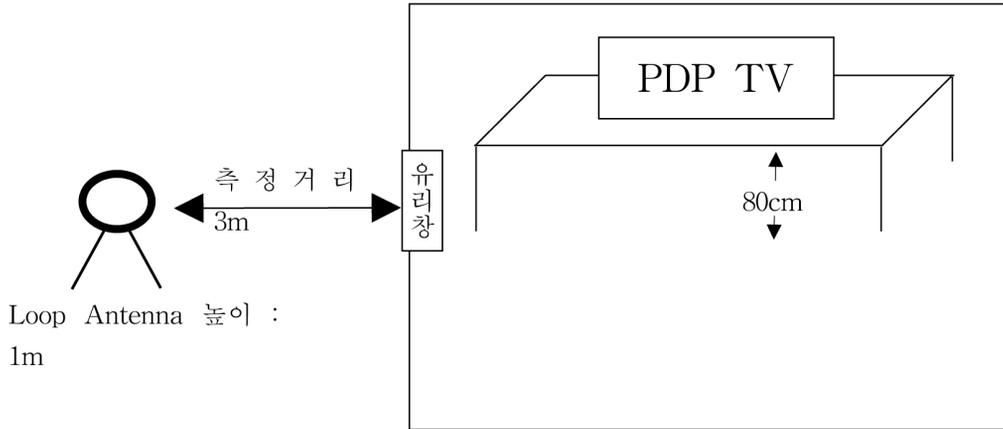


그림 4-3-3 실외환경에서 PDP TV 방사 전계강도 측정 구성도

나. 측정결과

(1) 전자파차폐실에서의 전파간섭 분석결과

표 4-3-2 PDP TV에 의한 AM·단파방송 수신기 전파간섭 영향

측정 상태 및 측정값		603kHz	999kHz	1,602kHz	1,134kHz	
방송 ON	송신전력	-16dBm	-17dBm	-11dBm,	-15dBm	
	SINAD	20dB	20dB	20	20dB	
방송 OFF PDP OFF	전계강도	첨두값	60.17dB $\mu$ V/m	58.99dB $\mu$ V/m	63.96dB $\mu$ V/m	61.23dB $\mu$ V/m
		평균값	53dB $\mu$ V/m	51dB $\mu$ V/m	57dB $\mu$ V/m	53dB $\mu$ V/m
방송 ON PDP ON	SINAD	2dB	1.5dB	18dB	8dB	
	전계강도	첨두값	78.9dB $\mu$ V/m	84dB $\mu$ V/m	64dB $\mu$ V/m	65.13dB $\mu$ V/m
		평균값	50dB $\mu$ V/m(예상)	60dB $\mu$ V/m	57dB $\mu$ V/m	55dB $\mu$ V/m

방송 출력 증가	송신 전력		5dBm	5dBm	-9dBm	-3dBm
	SINAD		20	14.5	20	20
	전계강도	첨두값	82.4dB $\mu$ V/m	85.46dB $\mu$ V/m	66dB $\mu$ V/m	76.05dB $\mu$ V/m
평균값		74dB $\mu$ V/m	74dB $\mu$ V/m	60dB $\mu$ V/m	65dB $\mu$ V/m	
PDP ON 방송 OFF	전계강도	첨두값	78.93dB $\mu$ V/m	82.65dB $\mu$ V/m	56.76dB $\mu$ V/m	70dB $\mu$ V/m
		평균값	45dB $\mu$ V/m	50dB $\mu$ V/m	35dB $\mu$ V/m	43dB $\mu$ V/m

측정 상태 및 측정값			4.34MHz	10.67MHz	15.62MHz
방송 ON PDP OFF	송신 전력		-7dBm	-11dBm,	-7dBm
	SINAD		20dB	20dB	20dB
	전계강도	첨두값	66.46dB $\mu$ V/m	65.35dB $\mu$ V/m	68.33dB $\mu$ V/m
평균값		60dB $\mu$ V/m	58dB $\mu$ V/m	61dB $\mu$ V/m	
방송 ON PDP ON	SINAD		17dB	17dB	6dB
	전계강도	첨두값	66.46dB $\mu$ V/m	65.42dB $\mu$ V/m	68.33dB $\mu$ V/m
		평균값	60dB $\mu$ V/m	58dB $\mu$ V/m	62dB $\mu$ V/m
방송 출력 증가	송신 전력		-5dBm	-7dBm	5dBm
	SINAD		20	20	20
	전계강도	첨두값	68.52dB $\mu$ V/m	67.56dB $\mu$ V/m	80.42dB $\mu$ V/m
평균값		62dB $\mu$ V/m	60dB $\mu$ V/m	74dB $\mu$ V/m	
PDP ON 방송 OFF	전계강도	첨두값	53dB $\mu$ V/m	34dB $\mu$ V/m	31.14dB $\mu$ V/m
		평균값	30dB $\mu$ V/m	17dB $\mu$ V/m	17dB $\mu$ V/m

PDP TV가 켜진(ON) 상태에서 AM방송 수신을 SINAD 20 dB로 하기 위해서는 PDP TV 전계강도보다 AM방송 수신 전계강도가 22 dB ~ 30 dB 정도 높아야 함을 알 수 있었다.(평균값으로 측정할 경우). 피크값의 경우 AM 수신 전계강도가 PDP TV보다 6 dB ~ 10 dB 정도 높으면 영향이 없었다.

PDP TV가 켜진(ON) 상태에서 단파방송 수신을 SINAD 20 dB로 하기 위해서는 PDP TV 전계강도보다 단파방송 수신 전계강도가 32 dB ~ 45 dB 정도 높아야 함(평균값으로 측정할 경우). 피크값의 경우 단파방송 수신 전계강도가 PDP TV보다 16 dB ~ 35 dB 정도 높으면 영향이 없었다.

AM 방송 수신기 보다 단파방송 수신기는 PDP TV에 의한 잡음에 민감하게 반응한 것으로 측정되었다. 동 시험결과는 특정 단파 수신기를 대상으로 시험하였으며, AM 80% 변조를 송신하여 단파방송 수신기로 수신하여 측정하였으므로 실제 상태와는 차이가 발생할 수 있음을 밝혀둔다.

(2) 실제 운용환경에서의 간파간섭 분석결과

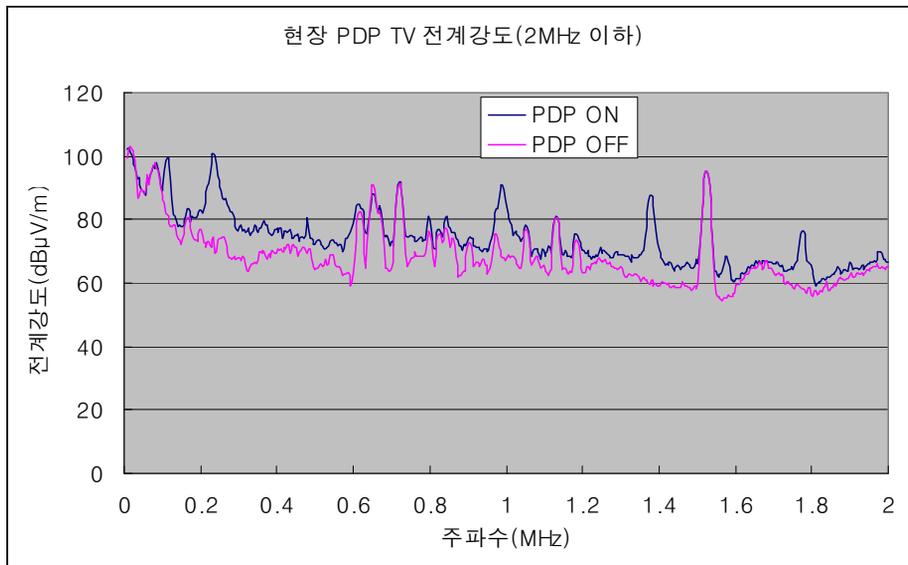


그림 4-3-4 실내 환경에서 PDP TV 전계강도와 환경잡음 비교 (3 m, RBW 9 kHz, 첨두값)

- PDP TV ON/OFF 전후하여 전계강도를 측정하면 200 kHz 고조파 부근에서 현장 전계강도보다 10 dB 정도 높ی 측정됨
- 200 kHz: 101 dB $\mu$ V/m, 600 kHz: 85 dB $\mu$ V/m, 999 kHz: 90 dB $\mu$ V/m, 1,382 kHz: 87 dB $\mu$ V/m, 1,780 kHz: 75 dB $\mu$ V/m

표 4-3-3 실내 환경에서 200kHz 고조파 대역 전계강도 거리별 비교

전계강도 (dB $\mu$ V/m)		200kHz		600kHz		998kHz		1,386kHz	
		3m	10m	3m	10m	3m	10m	3m	10m
PDP ON	첨두값	100.7	83	85.7	83.8	90.7	68.8	87.88	70.4
PDP OFF	첨두값	74	83.1	84.9	85.6	66	69.1	63.7	64.8

※ 분해능 대역폭(RBW) 9 kHz에서 전계강도 변화

표 4-3-4 실내 환경에서 603 kHz 방송수신 대역 전파간섭 분석  
(3 m 거리, RBW 9 kHz)

측정값		방송 수신전계강도 (PDP OFF)	방송수신 PDP ON
전계강도	첨두값	86dB $\mu$ V/m	86dB $\mu$ V/m
	평균값	80dB $\mu$ V/m	80dB $\mu$ V/m
주관적평가(SIMPO)		3	2

- 603 kHz는 AM방송 수신대역이고, 600 kHz 부근은 PDP 잡음 제3고조파에 해당하는 영역으로 AM 방송은 SIMPO 3정도의 소리가 들리나

PDP TV를 켜면 SIMPO 2정도로 떨어짐

- ※ SIMPO 3은 소리가 양호하게 들리고 잡음이 약간 존재하는 상태
- SIMPO 2는 소리의 구분은 가능하나 잡음이 존재하는 상태

실내 환경 단파대역 10.67 MHz에서 수신기 영향 분석을 하였다. 분석결과 3 m 거리에서는 PDP TV에 의한 큰 영향이 없었으나 수신기를 1 m 정도 가까이 가는 경우 잡음소리가 들렸다. 이때 PDP TV에 대한 1 m 거리의 전계강도는 RBW 20 Hz로 측정할 경우 37.89 dB $\mu$ V/m 정도 측정되었다. (PDP OFF 상태 : 18.39dB $\mu$ V/m)

실외 환경에서 PDP TV에 의한 전계강도 측정은 다음 그림 4-3-5와 같다.

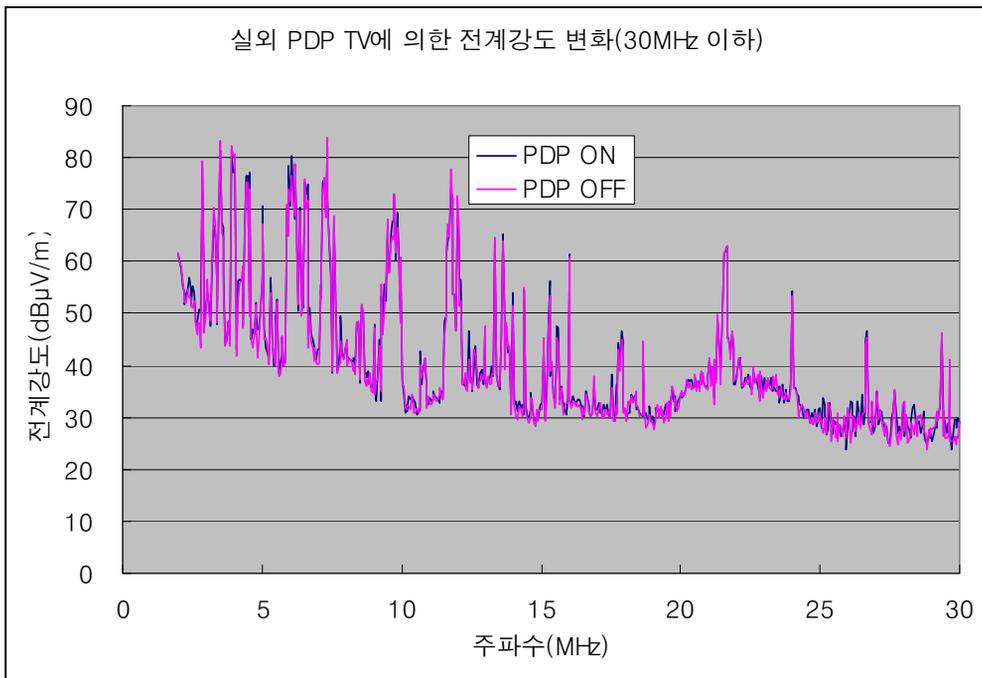


그림 4-3-5 실외 3 m에서 PDP TV에 의한 전계강도 측정 (RBW 9 kHz, 침두값)

실외에서 분해능 대역폭 9 kHz에서는 방송신호와 PDP 잡음 신호를 구분하는 것은 어려움이 있었다. 분해능 대역폭을 20 Hz 정도로 작게 하여 신호를 측정하면 PDP 잡음은 200 kHz에서 최고 55.6 dB $\mu$ V/m 정도 측정되었으며, 주파수가 증가할수록 PDP TV의 방사 전계강도는 작아지고 있음을 알 수 있었다.

### 3. 표준화 대응방안

CISPR I 소위원회에서는 특별반을 만들어 30 MHz 이하대역에서 PDP TV에 의한 전자파 방사 특성을 검토하고 있다. 현재 방송수신기 및 정보기기류 등에 대한 30 MHz 이하의 전자파 방사 표준은 규정되어 있지 않은 실정이다. 본 연구에서는 30 MHz 이하대역에서 PDP TV에 의한 실내외에서 AM방송 및 단파방송에 대한 전파간섭 분석을 실시하였다. 이에 따라 다음과 같은 내용을 CISPR에 기고하여 30 MHz 이하대역에서 PDP TV 누설전자파에 의한 AM 방송 및 단파방송 수신기에 미치는 영향을 측정 분석한 결과를 제시하여 향후 PDP TV 특별반 연구 추진에 기여하고자 한다. 또한 우리나라 산업체의 해외 진출을 지원할 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

#### 가. 건물 밖에서 PDP TV에 의한 AM·단파방송 전파간섭 분석

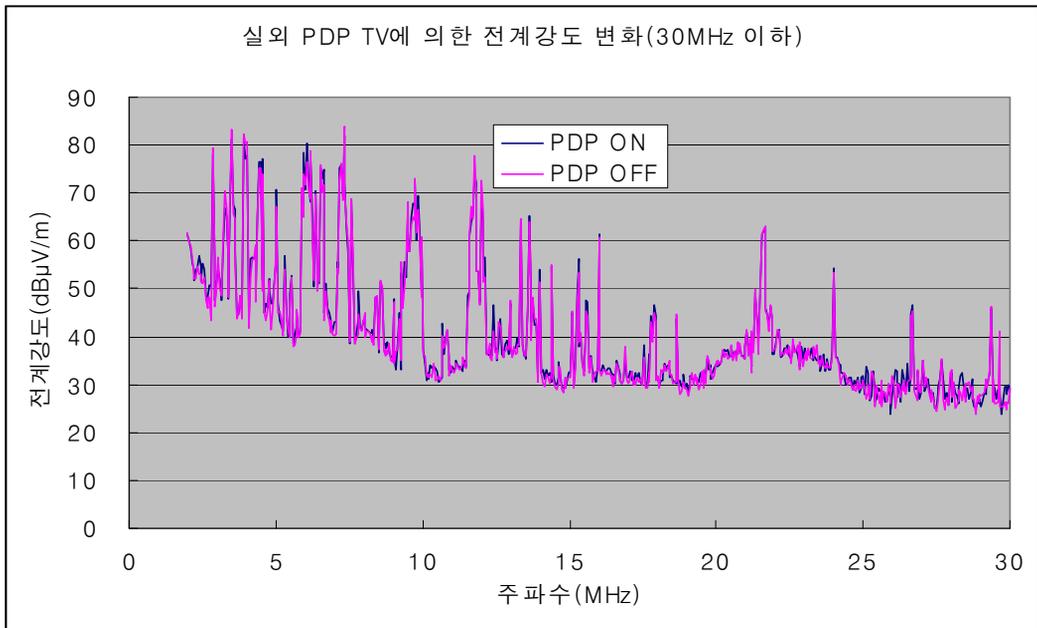
##### (1) 측정방법

- PDP TV를 실제 가정집 또는 사무실 환경에 위치시킴
- 안테나를 창문에서 외부 3 m 정도 떨어진 위치에 놓음
- PDP TV를 꺼짐(OFF) 상태로 하고 전계강도를 측정
- 방송수신기의 방송신호의 주관적 평가를 실시함
- PDP TV를 켜짐(ON) 상태로 함
- 방송수신기의 방송신호의 주관적 평가를 실시함

- PDP ON/OFF 상태의 전계강도 변화를 평가
- PDP ON/OFF에서 방송신호의 주관적 평가값을 비교

(2) 측정결과

- 실외 환경 전계강도 측정
  - 실외 3 m에서 PDP TV에 의한 전계강도 측정(RBW 9 kHz, 첨두값)



- 실내 환경에서 603 kHz 방송수신 대역 전파간섭 분석(3 m거리, RBW 9 kHz)

측정값	PDP OFF 방송수신	PDP ON 방송수신
주관적평가(SIMPO)	3	3

- PDP TV에 의한 단파방송 수신기의 영향은 측정되지 않았음

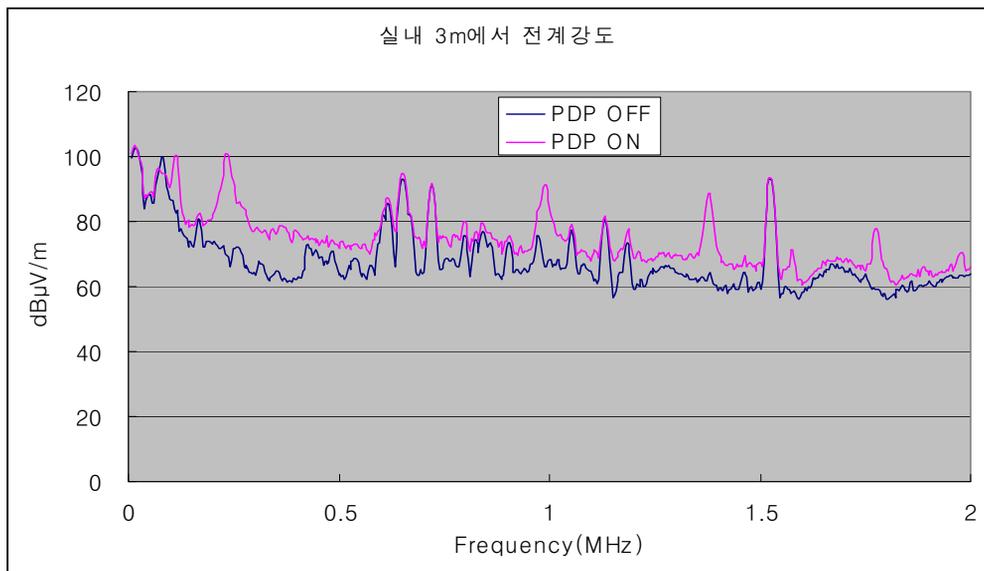
(나) 건물 내에서 PDP TV에 의한 AM · 단파방송 전파간섭 분석

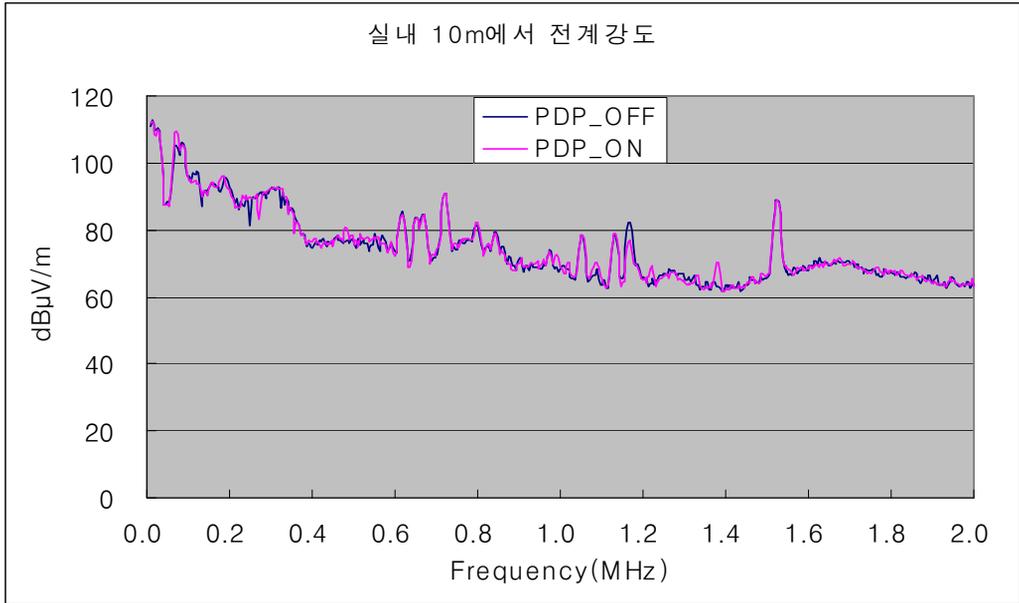
(1) 측정방법

- PDP TV를 실제 가정집 또는 사무실 환경에 위치시킴
- PDP TV를 켜기전에 주변 전계강도를 측정함
- PDP TV를 켜 상태에서 벽으로부터 3m 정도 떨어진 거리에서 전계강도 측정
- PDP TV를 꺼짐 상태로 함
- AM 방송수신기 또는 단파방송 수신기를 3m 정도 위치하고 방송을 수신하고 전계강도 측정하고 주관적 평가 실시
- PDP TV를 켜 상태로 하여 AM 또는 단파방송 수신기에 입력되는 전계강도, 주관적 평가를 실시하여 기록함

(2) 측정결과

- 실내 환경에서 PDP TV 전계강도와 환경잡음 비교(RBW 9 kHz, 침두값)





- 실내 환경에서 200 kHz 고조파 대역 전계강도 거리별 비교
  - 분해능 대역폭(RBW) 9 kHz에서 전계강도 변화

전계강도 (dBμV/m)		200kHz		600kHz		998kHz		1,386kHz	
		3m	10m	3m	10m	3m	10m	3m	10m
PDP ON	첨두값	100.7	83	85.7	83.8	90.7	68.8	87.88	70.4
PDP OFF	첨두값	74	83.1	84.9	85.6	66	69.1	63.7	64.8

- 실내 환경에서 603 kHz 방송수신 대역 전파간섭 분석(3 m거리, RBW 9 kHz)

측정값		방송 수신전계강도 (PDP OFF)	방송수신 PDP ON
전계강도	첨두값	86dB $\mu$ V/m	86dB $\mu$ V/m
	평균값	80dB $\mu$ V/m	80dB $\mu$ V/m
주관적평가(SIMPO)		3	2

- 603 kHz는 AM방송 수신대역이고, 600 kHz 부근은 PDP 잡음 제3고조파에 해당하는 영역으로 AM 방송은 SIMPO 3정도의 소리가 들리나 PDP TV를 켜면 SIMPO 2정도로 떨어짐

o 실내 환경 단파대역 10.67MHz에서 수신기 영향 분석

- 3 m 거리에서는 PDP TV에 의한 큰 영향이 없었음

#### (다) 결과분석

건물 밖에 AM 및 단파방송 수신기가 위치할 경우 PDP TV에 의한 영향은 측정되지 않았다. 건물 내부에서 PDP TV에 의한 AM 방송수신기의 영향은 3 m 떨어진 지점에서 특정주파수에서만 약간 잡음이 존재하는 정도로 나타나지만, 10 m 떨어진 지점에서는 큰 영향이 없었다. 이에 따라 단파방송 수신기는 PDP TV에 의한 누설전파로부터 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

## 제 5 장 결 론



## 제 5 장 결 론

무선서비스·자동차 등 사회 각 분야에 대한 전자파 관련 표준이 CISPR 등 국제기구를 중심으로 이루어지고 있는 실정이며, 이에, 우리나라도 국제표준에 대한 대응활동을 활발히 진행하여 기술기준 및 시험방법에 반영할 필요성이 대두 되었다. EMC 기술기준 및 시험방법을 투명하고 효율적으로 제·개정하기 위하여 산·학·연·관이 참여하는 EMC 기준전문위원회를 구성하고 산업분야별로 6개의 소위원회를 설치·운영하며, 기술기준 개정(안) 및 시험방법 개정(안)을 마련하였다.

우선 EMC 분야에 대해 학식과 경험이 풍부한 산·학·연·관 전문가 18인으로 EMC 기준전문위원회를 구성하고 산하에 산업분야별 6개 소위원회를 구성·운영하고 있다. 소위원회는 관련 산업체 이해당사자, 연구기관, 중립적인 전문가들이 참여하고 있다. 운영방법은 전파연구소 정책용역과제에서 예산을 편성하고, 다음과 같이 운영한다. 첫째, 각 소위원회에서 국내·외 기술동향을 분석하고, 국제표준 및 외국 기술기준을 분석하여, 산업분야별로 기술기준 및 시험방법(안)을 마련한다. 마련된 초안 및 기술기준에 대하여 적정성을 시험·검토하며, 이해당사자간 이견 조정 등을 수행한다. 둘째, 소위원회에서 제출한 기술기준 및 시험방법(안)에 대하여, EMC 기준전문위원회의 자문 및 검토를 받아 정책방향 적합여부, 국내 기술수준, 공정성 등을 검토한다. 셋째, 국제표준의 신속한 산업체 보급 및 산업체 기술의 국제표준화를 위하여 ITU, IEC 등 국제표준화 활동에 대응하고, 동향보고서를 발간·배포 한다.

이렇게 소위원회 운영을 통하여 선진국과 대등하게 연구하고 효율적인 시험 방법을 반영할 수 있는 장을 제시하고 있다. 본 연구에서는 기준시험장평가방법을 검증하기 위하여 CISPR의 CD(committee draft) 문서인 CISPR/A/859/CD를 기본으로 하여 내용을 분석하고, 문서에서 제시한 방법을 따라 시험장 조건 및 시험 방법을 준수하여 2차례의 시험을 실시하였다. 총 6개의 지점을 측정된 1차 시험 결과에서는 안테나가

수평 편파로 측정을 실시하였을 경우에는 표준편차가 문서에서 제시한 0.6 dB를 초과하지 않았다. 하지만, 수직 편파의 경우 수신 안테나의 위치가 1 m일 경우 12 개의 주파수 대역에서 0.6 dB를 초과하는 실패 (failure)가 발생했고, 1.5 m의 경우에는 한 개의 주파수에서 실패가 발생했다. 수평 편파보다는 수직 편파에서 표준편차가 좋지 않게 나온 이유는 지면 반사파를 제대로 수신하지 못했으며, 사용된 안테나의 안정성에도 문제가 있을 것으로 분석하였다. 또한 표준편차는 측정이 반복될수록 낮아지므로 추후 측정시 9개의 측정점을 선정하여 측정하는 것이 더 유리할 것으로 본다. 1차의 문제점을 파악하여 실시된 2차 시험에서는 총 9개의 지점을 측정하였으며, 결과는 모든 표준편차가 0.6 dB의 제한조건을 만족하였고, 최대 표준편차는 0.35 dB 정도였다. 시험장의 크기가 충분하였고, 교정시험장에서 진행하여 좋은 결과를 얻었을 것으로 평가하였다. 또한 CISPR 회의에서 측정 결과를 발표하였으며, 다양한 의견을 수렴할 수 있었다. 주된 의견 내용은 표준편차의 특성상 측정점이 많아질수록 편차는 작아지게 되니 측정 횟수를 줄여서 시험을 실시하고, 측정 시험장도 협소한 시험장에서 측정하였을 경우 결과값을 비교해야 한다는 내용이었다.

전파연구소의 EMC기준전문위원회내의 소속되어 있는 제 2 소위원회의 주요 기능은 CISPR B 위원회와 F 소위원회에서 국제 표준(안)으로 논의되고 결정되는 내용을 파악하여 국내에 전달하는 기능이다. 제 2 소위원회에서 2009년도에 수행할 연구 방향은 크게 두 방향으로 정리된다. 첫 번째는 CISPR의 B 소위원회와 F 소위원회에서 현재 논의되고 연구하는 국제적인 움직임을 국내에서도 파악이 되어 적용할 수 있는 기반을 조성하는 업무이고, 두 번째는 무선기기의 비의도적 전자파로부터 전자자원을 보호하고 외부 전자파로부터 무선설비를 보호하기 위한 무선기기 EMC 시험방법(안)을 마련하고, 관련 전문가 간의 상호협력 및 이해관계자 의견조정을 통해 시험방법(안)을 검증하기 위하여, 무선기기 EMC 시험방법 연구반을 구성·운영하는 전파연구소의 업무를 도와 시험방법(안)을 검토하고 의견을 조정하는 업무이다.

CISPR B와 F 소위원회의 동향을 작업반 (Working Group) 1과 2로 나누어 설명하고, 무선기기 EMC 시험방법(안)에 대하여 준비하고 있는 사항을 포함한다. 하이브리드 자동차 EMC 연구 동향 조사를 통하여, 현재 진행되어지고 있는 하이브리드 EMC에 관한 연구 내용을 파악하였으며, 그 동향을 파악하였다. 하이브리드 자동차 EMC 발생 기구 연구를 통하여, 하이브리드 자동차 내에서 발생할 수 있는 crosstalk 현상에 대해 소개하고 분석하였다. Crosstalk 현상에 대해 이론적인 접근을 시도하였고, 실제 문제가 되고 있는 케이블 노이즈로부터 케이블로의 crosstalk을 예로 들어 다양한 조건에서의 crosstalk 결과를 분석하였다. 분석된 결과를 통해 crosstalk을 감소시키기 위한 대책을 소개하였다. 두 개의 꼬인 와이어로 구성되어 crosstalk 노이즈에 상대적으로 영향을 덜 받는 것을 소개하였다. 하지만 끝 부분과 같이 다른 단자와 연결되는 부분에서 꼬인 것이 풀려지거나 Twisted Cable 내의 길이 차이가 존재하면, 그 부분에서 crosstalk 노이즈를 발생시킬 수 있다는 점을 규명하였다. 특히 풀린 길이 보다는 길이 차이가 Crosstalk Differential Noise에 더욱 큰 영향을 미치는 것을 명확히 하였다. 그리고 자동차에서 발생하는 crosstalk의 경우 그 주파수가 수십 kHz 대역으로 매우 낮아 crosstalk 양이 주파수에 따라 그대로 비례하는 것을 보여주었다. 시뮬레이션을 통한 crosstalk 예측이 가능한지를 검증하기 위해 Cablemode 시뮬레이션 통과 측정 결과를 몇 가지 조건에서 비교 분석하였다. Simulation과 측정은 매우 유사한 결과를 도출해주는 것으로 확인 되었다. 하이브리드 자동차 EMI 규격 및 동향 조사를 통하여, 자동차 EMC 규격의 기준이 되는 CISPR12와 CISPR25의 주요 내용을 정리 하였다. 또한 CISPR/D/WG1/N371, CISPR/D/WG1/N378, CISPR/D/WG1/N370-1, CISPR/D/WG1/N370-2, CISPR/D/WG1/N370-3, CISPR/D/WG1/N369, CISPR/D/WG1/N380, CISPR/D/WG2/N225, CISPR/D/WG2/N230, CISPR/D/WG2/N228, CISPR/D/WG2/N221, CISPR/D/WG2/N233, CISPR/D/WG2/N234에 관한 CISPR D Working Group 자료를 정리하였다. 하이브리드 자동차의 EMI 규격의 적합성 연

구를 통하여, 측정 위치를 변화하면서 측정을 진행하고 그 세기를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 자동차 복사성 방사를 평가하기 위한 기존의 자동차 엔진 부위를 안테나 중심으로 선정하여 측정하는 방법은 침두치 측정 방법에는 큰 무리가 없는 방법임을 확인 하였다. 그러나 일부 평균값 측정 결과에서는 안테나의 위치에 따른 복사성 방사 측정값이 차이를 나타냄에 따라, 안테나의 측정 위치선정의 중요성을 확인하였다. 하이브리드 및 전기자동차의 복사성 방사 측정을 위한 안테나의 위치 선정이 측정 결과에 영향을 끼치는 인자임을 확인 하였다. 따라서 측정 시 위치 선정에 관한 적절한 규격의 필요성을 확인 하였다. 또한, 자동차의 rpm을 900, 1200, 1500, 1800으로 변화시켜 측정하여, 그 세기를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 평균값 측정법에 의한 측정 결과 자동차의 속도는 자동차 내에 설치된 전장류, 모터, 음향기기, 조명 기기, 기타 전자 장치 등에 영향을 미치지 않으므로 속도의 변화는 복사성 방사에 큰 영향을 미치지 못함을 확인 하였다. 그렇지만 자동차의 rpm 증가는 Alternator와 Ignition Device의 동작에 영향을 주어 침두치 측정에 의한 복사성 방사에는 영향을 미침을 확인하였다.

1 GHz 이상 EMI 측정 시 기존의 방법의 단점 확인하고 이 단점을 극복하기 위한 방법을 제시하기 위해 슬롯 구조가 있는 함체와 그 슬롯에 소스원으로 동작 할 수 있는 CGE02를 시뮬레이션 하고 측정하였다. 실험 결과 슬롯 구조가 있는 피시힘체 혹은 복사 패턴이 멀티로브의 형태를 갖는 피시힘체의 경우 기존의 방법인 안테나를 1 m에 고정하여 측정하는 방법은 큰 오차가 발생 할 수 있음을 확인 하였다. 이러한 오차를 줄이기 위해서는 최소한 안테나를 1 ~ 4 m 스캔하여 최대값으로 측정하여야 하며, 피시힘체의 복사 패턴을 정확하게 예측할 수 있다면, 주엽의 최대값의 각도를 계산하여 수신 안테나의 높이와 주엽의 방향과 일치 하도록 안테나를 틸팅 시켜 측정 하여야 피시힘체의 복사 특성에 기인하는 EMI 측정 오차를 줄일 수 있다.

또한, 건물 밖에 AM 및 단파방송 수신기가 위치할 경우 PDP TV에

의한 영향은 측정되지 않았다. 건물 내부에서 PDP TV에 의한 AM 방송 수신기의 영향은 3 m 떨어진 지점에서 특정주파수에서만 약간 잡음이 존재하는 정도로 나타나지만, 10 m 떨어진 지점에서는 큰 영향이 없었다. 이에 따라 단파방송 수신기는 PDP TV에 의한 누설전파로부터 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

최근 연구 동향을 파악하고 새로운 문서를 입수하여 현행 문제점에 파악하기 위하여 IEC 61000-6-3 및 IEC 61000-6-4 규격을 검토하였고, 무선서비스에 영향을 미치는 사례를 검토 하였다. 그리고 TC-77 규격 및 참고문헌을 검토하여 TC-77 국제 동향에 대한 분석을 실시하였다.

본 보고서를 통해 제시된 near field 측정을 통한 일반화된 EMI source 검출법은 제품 생산단계에서의 EMI 대응방법 수립의 시간 및 비용을 단축하고, 나아가 simulation을 통한 제품 설계단계에서의 EMI 대응방법 수립을 위한 data를 확보하는 면에서 그 효용성이 기대된다.



# 부록1. EMC 기준전문위원회 구성·운영

## 1. EMC 기준전문위원회 구성

ITU-T, CISPR 등 전자파 관련 국제 표준화 활동에 대한 대응활동을 활발히 진행하고, 우리나라의 EMC 기술기준 및 시험방법을 투명하고 효율적으로 제·개정하기 위하여 EMC 기준전문위원회를 구성·운영하였다.

EMC 기준전문위원회는 EMC 분야에 대해 학식과 경험이 풍부한 산·학·연·관 전문가 18인으로 구성하고, 산하에 관련 산업체 이해당사자, 연구기관, 중립적인 전문가 100여명이 참여하는 산업분야별 6개 소위원회를 구성하였고, 무선기기 EMC시험방법 재·개정을 위한 무선기기 EMC시험방법 연구반을 구성하였다.

각 산업분야별 정부 EMC 정책을 조율할 수 있는 기능 미비, 정부차원의 EMC 정책 협의기구 필요, 산업육성 지원을 위한 분야별 산업체 참여 등의 문제점 해결을 위하여 EMC 기준전문위원회를 재정비하였고, EMC 기술기준에 대한 부처별 의견수렴 및 이견조정 등을 위하여, 행정안전부(소방), 국토해양부(자동차, 철도), 보건복지가족부(의료) 등 EMC 관련 정부 부처가 참여토록 위원회를 재구성하였다.

올해 구성·운영된 EMC 기준전문위원회 구성은 다음과 같다.

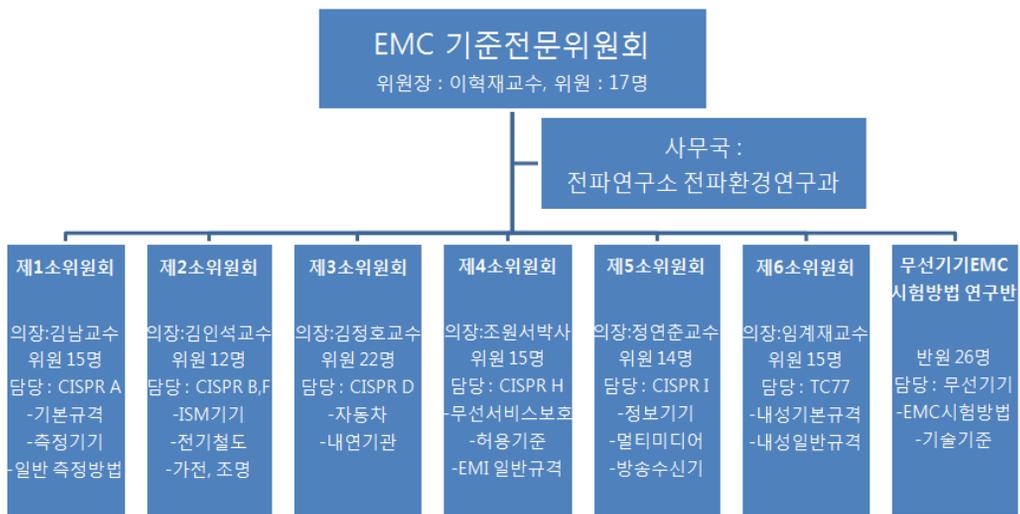


그림 1-1 EMC 기준전문위원회 구성도

## 2. EMC 기준전문위원회 운영

EMC 기준전문위원회는 다음의 임무에 부합하도록 운영되었다.

- 각 소위원회별 국제표준 및 외국 기술기준을 분석하여, 기술기준 및 시험방법(안)을 마련하고, 이의 적정성을 시험·검토하며, 이해당사자 간 이견 조정 등 수행
- 기술기준 및 시험방법 제·개정(안)에 대하여 정책방향 적합여부, 국내 기술수준, 공정성 등을 검토 및 자문
- ITU, IEC 등 국제표준화 활동에 대응하고, 이의 신속한 산업체 보급을 위하여 동향보고서를 발간·배포

위원회의 주요 활동결과는 다음과 같으며, 회의록 및 주요기술 분석 보고서는 부록으로 제출하였다.

### 가. 기준전문위원회

기준전문위원회는 한국과학기술원 이혁재위원장과 17명의 전문위원들이 참석하여 2차례의 회의를 개최하였고, EMC 기준전문위원회 운영규정 개정안 심의, EMC 기술기준 및 시험방법 개정안 심의 등을 진행하였다.

또한, CISPR 국제 표준화 동향에 대한 연구 및 분석을 수행하고, 이를 보급하기위한 동향발표회를 1회 개최하였고, EMC 동향보고서를 발간하였다.

### 나. 제1소위원회

제1소위원회는 충북대학교 김남위원장과 각계 EMC 전문가 15명의 위원들이 참석하여 2차례의 회의 개최와 2차례의 RSM 측정시험을 진행하였고, 기준시험장평가방법(RSM) 적용 가능성 연구 및 CISPR A의 동향분석 활동을 진행하였다.

이의 결과로 CISPR 2009 리용국제회의에 RSM관련 1편의 기고서를 제출하였고, EMC 동향보고서를 발간하였다.

### 다. 제2소위원회

제2소위원회는 경희대학교 김인석위원장과 각계 EMC 전문가 12명의 위원들이 참석하여 2차례의 회의 개최와 1차례의 LED 측정시험을 진행하였고, CISPR B, F의 동향, LED 방사특성 등에 관한 연구·분석 활동을 진행하였으며, EMC 동향보고서를 발간하였다.

### 라. 제3소위원회

제3소위원회는 한국과학기술원 김정호위원장과 각계 EMC 전문가 22명의 위원들이 참석하여 3차례의 회의 개최와 2차례의 전장품 측정시험

을 진행하였고, CISPR D의 동향분석, 하이브리드 자동차 EMC 연구·분석, 자동차 EMC 기술기준 개정안 마련·검토에 관한 활동을 진행하였다.

이의 결과로 EMC 동향보고서를 발간하였고, 자동차 전자과장해방지 기준 및 시험방법 개정안을 마련·검토하였다.

o 자동차 전자과적합성 기준 및 시험방법

자동차의 비의도적 방사로 인하여 전기전자기기에 영향을 주는 것을 방지하고, 자동차 운행과 관련된 기능 및 자동차 이용자를 전자과로부터 보호하기 위하여, 불꽃점화 엔진에만 적용하는 자동차 전자과장해방지 기준을 전기자동차 및 하이브리드 자동차에도 적용하고, 국제표준을 수용하여 시험방법을 현행화하여 개정 함.

현 행	개 정 안
가. 적용 대상 : 자동차 관리법의 규정에 형식승인을 얻어 자동차로서 불꽃으로 점화되는 엔진을 설치한 자동차	가. 적용 대상 : 자동차 관리법의 규정에 형식승인을 얻어 자동차로서 불꽃으로 점화되는 엔진 및 전기모터 구동자동차

- [별표 5] 자동차 등의 협대역 전자과방사의 장해방지기준에서 국제표준을 수용하여 “준침두치”를 “평균치”로 변경하고, 일부 편집오류를 수정함.

마. 제4소위원회

제4소위원회는 한국산업기술시험원 조원서위원장과 각계 EMC 전문가 15명의 위원들이 참석하여 4차례의 회의를 개최하였고, 무선서비스 보호위한 공통의 규격도출, CISPR H의 동향에 관한 연구·분석 활동을 진행하였고, EMC 동향보고서를 발간하였다.

바. 제5소위원회

제5소위원회는 서경대학교 정연춘위원장과 각계 EMC 전문가 14명의 위원들이 참석하여 4차례의 회의 개최와 2차례의 PLC측정시험, 2차례의 PDP 측정시험을 진행하였고, 정보기기 기술기준개정, 측정오차 저감을 위한 킬팅 측정법 고려, TFT운동을 통한 PDP의 30MHz 이하 전자과방사 대응, CISPR I의 프로젝트별 동향 분석에 관한 연구·분석 활동을 진행하였다.

이의 결과로 CISPR 2009 리용국제회의에 PLC관련 1편의 기고서를 제출하였고, EMC 동향보고서를 발간하였으며, 기가헤르쯔대역의 무선통신 서비스를 보호하기 위하여 6GHz까지 규정한 정보기기 전자과장해방지 기준 및 시험방법 개정안과 디지털TV 및 위성방송 수신기 등에 대한 기준

을 신설하고 방송주파수 기준 등을 우리나라 주파수 정책에 적합하게 개정  
한 방송수신기 전자파보호기준 및 시험방법 개정안을 마련·검토하였다.

#### 사. 제6소위원회

제6소위원회는 관동대학교 임계재위원장과 각 계 EMC 전문가 15명  
의 위원들이 참석하여 3차례의 회의를 개최하였고, TC77, SC77A,  
SC77B, SC77C의 동향, 25개 프로젝트별 진행에 관한 연구·분석 활동을  
진행하였고, EMC 동향보고서를 발간하였다.

### 3. 무선기기 EMC 시험방법 연구반 구성·운영

무선기기 EMC 기술기준의 적용을 확대하는 정책의 일환으로, 전파연구  
소는 2007년부터 2008년까지 휴대폰, 디지털 코드없는 전화기 등 6개  
의 형식등록 대상기기에 대한 EMC 시험방법을 마련하였고, 미 마련된  
형식검정·형식등록 대상설비에 대한 무선기기 EMC 시험방법을 마련  
하고, 관련 전문가간 상호협력 및 이해관계자 의견조정을 통해 시험방법  
(안)을 도출하기 위하여 「무선기기 EMC 시험방법 연구반」을 구성하  
고 운영하였다.

전년도 무선기기 EMC 시험방법 연구반 의장이신 경희대학교 김인석위  
원장과 각 기관의 관련 전문가 26명의 연구반원들이 참석하여 3차례의  
회의 개최와 3차례의 형식등록 및 무선기기 EMC 시험을 진행하였다.

이의 결과로 해상용 무선기기가 전자파로부터 오동작 및 성능저하를  
방지하기 위하여 해상항해용 무선기기의 EMC 기준을 신설하는 등 2009년  
추진대상 무선기기 중 다음 무선기기에 대한 EMC 시험방법을 마련하  
였고 연구반원들의 검토를 진행 하였다.

- 가. 이동전화용, 개인휴대전화용, 이동통신용 기지국, 무선중계기, 보조기  
기에 대한 전자파적합성 시험방법 (KN 301 489-26)
- 나. 주파수공용 무선전화장치 전자파적합성 시험방법 (KN 301 489-18)
- 다. 아마추어무선국용 무선설비 전자파적합성 시험방법 (KN 301 489-15)
- 라. 무선호출용 무선설비에 대한 전자파적합성 시험방법 (KN 301 489-2)
- 마. 체내이식 무선의료기기 전자파적합성 시험방법 (KN 301 489-27)
- 바. 무선탐지용 무선설비 전자파적합성 시험방법 (KN 301 489-32)
- 사. 위성휴대통신용 무선설비 전자파적합성 시험방법 (KN 301 489-20)
- 아. 해상항해용 무선설비 전자파적합성 시험방법 (KN 60945)

---

## EMC(전자파 적합성) 표준화 연구

---



140-848 서울시 용산구 원효로 군자감길 46

발행일 : 2009. 11

발행인 : 김 춘 희

발행처 : 방송통신위원회 전파연구소

전화 : 02) 710-6454

인쇄 : 경성인쇄소

Tel. 02) 786-2999

---

ISBN : 978-89-93720-17-4-92560 < 비 매 품 >

### 주 의

1. 이 연구보고서는 전파연구소에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 전파연구소 연구결과임을 밝혀야 합니다.