

자동차 실내 전자파의 협대역 특성에 관한 연구

김민우* · 우현구**

A Study on Narrowband Electromagnetic Interference in The Cabin of Vehicle

Minwoo Kim*, Hyungu Woo**

Key Words : *Electromagnetic interference test*(전자파 방사 시험), *Narrowband electromagnetic emission test*(협대역 방사 시험), *Cabin of vehicle*(자동차 실내), *Digital home appliances*(디지털 가전제품)

ABSTRACT

According to revolutionary developments in automobile technologies, various electronically controlled components of vehicles are rapidly increasing. A variety of advanced vehicles (hybrid vehicle, hydrogen fuel-cell vehicle, electric vehicle, etc.) using electrical energy source are increasing, too. The electromagnetic compatibility is getting more important for development of a vehicle because those advanced vehicles are equipped with more new electronic systems. In general, electromagnetic compatibility tests consist of an electromagnetic interference (EMI) test and an electromagnetic susceptibility (EMS) test. In this paper, in order to investigate the electromagnetic interference in the cabin of vehicle by various electric and electronic components of vehicles, a series of narrowband electromagnetic emission tests are conducted. For comparison, the several digital home appliances (smartphone under charging, laptop computer and digital camera), which are used a lot in daily lives, are tested.

1. 서론

최근에는 자동차의 사용 목적이 운송수단만이 아닌 안전성 및 편의성 또한 매우 중요하게 고려되고 있다. 이러한 추세에 따라 자동차부품에 적용되는 전자제품들의 전기, 전자 및 정보통신의 기술이 급격하게 접목되고 있다. 또한 전 세계 대부분의 자동차 제작사는 하이브리드, 전기 및 수소연료전지 자동차를 개발하고 있으며 자동차의 첨단 전기, 전자부품들이 지속적으로 개발되어 장착되고 있어 자동차 주변의 전자파 환경이 더욱 중요해지고 있다.

자동차의 전자파 관련 시험 방법은 크게 자동차의 부

품에서 발생하는 전자파가 다른 시스템에 영향을 주는지를 평가하는 전자파 방사(Electromagnetic Interference) 시험과 외부 전자파로 인한 자동차의 안전성 여부를 평가하는 전자파 내성(Electromagnetic Susceptibility) 시험으로 구성된다. 전자파 방사시험에는 자동차에 장착된 각종 전자제어장치에서 발생하는 전자파를 측정하는 협대역방사와 자동차의 엔진, 점화계통, 모터류 등에서 발생하는 전자파를 측정하는 광대역 방사로 구분된다.

우리나라에서는 전자파에 관한 자동차안전기준으로서 국토교통부에서 정한 법규⁽¹⁾가 있으며 Table 1에서 본 연구와 관련이 있는 협대역 방사기준을 나타내었다. 기존의 연구 사례를 살펴보면, 최근 자동차 실내에서의 전자파 관련 연구^{(2)~(4)}들이 발표된 바 있으나, 이러한 연구들은 법규에 규정된 30~1000MHz의 주파수 범위 내의 일부 특정 주파수 대역에서 엔진, 점화계통, 모터류 등에

* 장운테크

** 경일대학교 기계자동차학부

E-mail : hgwoo@kiu.ac.kr

Table 1 전자파 적합성 기준의 협대역 방사 기준

구분		시험 주파수(MHz)		
		30~75	75~400	400~1000
자동차	10미터 기준치 (dB μ V/m)	26	26+15.13 \times log(f/75)	37
	3미터 기준치 (dB μ V/m)	36	36+15.13 \times log(f/75)	47
자동차의 전기·전자장치 단위부품		52-25.13 \times log(f/30)	42+15.13 \times log(f/75)	53

서 발생하는 전자파를 측정하는 광대역 방사 관련 연구들이다. 지금까지 자동차의 실내에서 협대역 방사 전자파를 측정하는 연구사례는 찾아보기 어렵다.

본 연구에서는 최근 급격하게 증가하고 있는 자동차의 각종 제어장치 및 전자회로에 초점을 맞추어 첨단 전장품에서 발생하는 전자파가 자동차 외부와 실내에서 어느 정도인지 비교 파악하고 이의 정량적인 평가를 위하여 전자파 협대역 방사시험을 실시하였다. 자동차 실내 전자파 환경에 대한 연구는 아직까지 거의 발표된 사례가 거의 없고 구체적인 시험 방법 및 규격이 없기 때문에 자동차의 뒷좌석에 안테나를 설치하여 측정하였다. 또한 정량적인 비교를 위하여 법규에 제시된 10미터 측정법에 의한 결과와 일상생활에서 흔히 사용하는 디지털 전자 제품에 대한 전자파를 측정하여 비교하였으며, 관련 연구⁽⁵⁾를 참조하였다. 측정 결과는 향후 자동차 전장품에 의한 전자파 환경 분석을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 전자파 측정 시험 방법

2.1. 전자파 측정 대상

2.1.1. 시험 자동차

시험 자동차 선정은 국내에서 판매되는 자동차 중에서 하이브리드 자동차 1대, 가솔린 자동차 2대 및 디젤 자동차 1대로 총 4종 자동차를 선정하여 국내 안전기준에 준한 시험 및 간이적인 실내 전자파 측정 시험을 진행하였다. 각 시험차에 장착되어 있는 전기전자 장치들을 Table 2에 표시하였다.

Table 2 Electric equipments of the vehicles

vehicle	electric equipments
vehicle A (hybrid)	ABS, ESC, Auto door lock, Auto light, Cruise control, Back sensor, USB, Air-Conditioner, Power window, Analog Radio
vehicle B (gasoline)	ABS, ESC, TPMS, HAS, PAS, ETCS & ECM mirror, USB, eco cruise control, Electrically controlled tilt steering, Power seat, Power window, Auto door lock, Auto light, Seat heater, Hands-free set, Navigation system, Air-Conditioner
vehicle C (gasoline)	ABS, ESC, TPMS, PAS, Auto light, ETCS & EMC mirror, Air-Conditioner, Navigation system, Hands-free set, USB, Cruiser control, Back sensor, Power window, Seat heater
vehicle D (diesel)	ABS, ESC, TPMS, Auto light, PAS, Cruise control, Rear view camera, Air-Conditioner, Navigation system, Hands-free set, Power window, USB, Auto door lock, Auto light, Seat heater

2.1.2. 시험 전자제품

현재까지는 자동차 실내 협대역 전자파 환경에 연구결과가 거의 없기 때문에 자동차 실내 전자파 환경의 측정값에 대한 정량적인 비교 분석을 위하여 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 몇몇 전자제품의 전자파 방사 측정 시험을 진행하였다. 일상생활에서 흔히 접할 수 있는 전자제품인 노트북, 디지털카메라, 충전중인 스마트폰을 측정 대상으로 선정하였다. 각 전자제품을 사용 중일 때 일반적인 인체와의 거리를 고려하여 각 제품으로부터 0.3m 거리에서 수평 방향으로 전자파 강도를 측정하였다.

2.2. 시험 시설 및 장비

2.2.1. 시험 시설

본 시험은 차대동력계가 설치되어 있는 전자파 무반사실에서 실시하였으며 이에 대한 사진 및 제원은 Table 3과 같다.

2.2.2. 측정 장비

자동차의 외부에서 10미터법⁽⁶⁾에 의한 전자파의 측정

에는 Table 4와 같이 측정 주파수 대역이 30MHz~3GHz로 넓은 Bi-Log 수신안테나인 HLP 안테나가 사용되었다. 자동차의 실내와 디지털 가전제품의 전자파를 측정하기 위하여는 30MHz~300MHz 주파수 대역의 Biconical 안테나와 300MHz~1000MHz 주파수 대역의 LP(Log-Periodic) 안테나를 사용하여 기준에 규정된 30MHz~1000MHz 주파수 대역을 모두 측정하였다. 안테나의 높이 조절장치 및 제어장치가 사용되었고 Table 5의 전계강도측정기(EMI Receiver)를 사용하여 측정 및 기록하였다.

2.3. 전자파 측정 방법

시험 주파수 대역은 30MHz~1,000MHz로 설정하였

Table 3 specifications of the electrically shielded enclosure


차폐성능	100 dB	10 kHz~40 GHz
유효공간	22 m×12.5 m×9.5 m	
사진		

Table 4 Antenna specifications

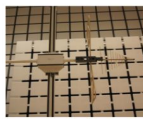



모델 (제조사)	측정 대상	측정 주파수 범위	사진
HLP antenna (TDK)	10미터 법	30 MHz~3 GHz	
Biconical antenna (Rodhe & Schwarz)	자동차 실내	30 MHz~300 MHz	
Log-Periodic antenna (Rodhe & Schwarz)	자동차 실내	300 MHz~1000 MHz	

Table 5 EMI receiver used in experiments

모델 (제조사)	주파수 범위	입력 레벨
ESU (Rodhe & Schwarz)	20 Hz~40 GHz	127 dBμV
		

으며 전계강도 측정기의 검파방식은 평균치(Average), 측정기의 대역폭은 120kHz로 시험을 실시하였다.




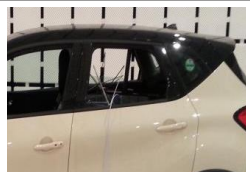
2.3.1. 자동차 외부 전자파 측정 : 10미터법

국내 법규의 자동차 협대역 전자파 방사 시험방법⁽⁶⁾에 따라 원동기는 정지 상태, 이그니션은 작동 상태, 전자시스템은 정상 작동상태에서 시험을 실시하였으며, 자동차의 원동기를 기준으로 10m 떨어진 위치에 시험안테나를 설치하고 안테나 측정높이는 3m로 조절하였다. 자동차의 우측과 좌측에서 각각 측정하였으나 측정결과가 크게 차이가 없어 본 연구에서는 좌측에서 측정한 결과만을 나타내었다.

2.3.2. 자동차 실내 전자파 측정

현재까지 자동차 실내 전자파 환경에 대한 구체적인 시험 방법 및 규격이 정해진 것이 없다. 따라서 본 연구에서 10미터법과 같이 원동기는 정지 상태, 이그니션은 작동 상태, 전자시스템은 정상 작동상태에서 실내 전자파를

Table 6 Experimental setup (vehicle and antenna)

시험자동차	안테나	안테나 설치 모습
하이브리드 자동차	LP antenna	
내연기관 자동차A (가솔린)	LP antenna	
내연기관 자동차B (가솔린)	LP antenna	
내연기관 자동차C (디젤)	Biconical antenna	

측정하기 위하여 시험자동차의 뒷좌석 중심에 안테나를 설치하고 안테나 측정 높이는 1m로 맞추어 Table 6과 같이 전자파를 측정하였다. 전 주파수 영역을 측정할 수 있는 HLP 안테나는 크기가 커서 자동차 실내에 들어가지 않아서 주파수 대역을 나누어 측정할 수 있는 Biconical과 LP 안테나를 사용하여 측정하였다.

2.3.3. 가전제품의 전자파 측정


자동차 실내 전자파 측정값의 수준을 알기 쉽게 단순 비교하기 위하여 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 몇몇 전자제품에서 방사되는 전자파를 측정하였다. 전자파 측정 대상 전자제품은 노트북, 디지털카메라, 충전중인 스마트폰을 선정하였다. 일반적으로 사용 중일 때 인체와의 거리를 고려하여 0.3m 거리에서 수평 높이에 안테나를 설치하여 전자파를 측정하였으며, Table 7에 시험 모습을 나타내었다. 자동차 실내의 측정과 같이 Biconical과 LP 안테나를 사용하여 주파수 대역을 나누어 측정하였다.

3. 전자파 측정 결과

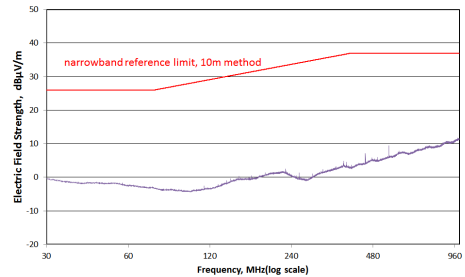
3.1. 자동차 외부 전자파 측정 결과

전자파 방사 협대역 시험 방법의 10미터법에 따라 시

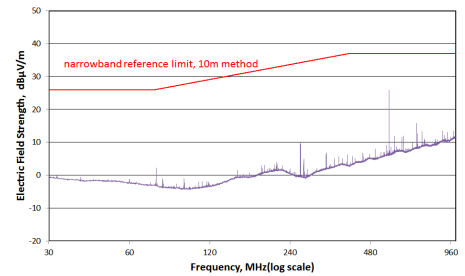
Table 7 Experimental setup for digital home appliances

측정대상	안테나	안테나 설치 모습
노트북	Biconical antenna	
디지털 카메라	LP antenna	
충전중인 스마트폰	LP antenna	

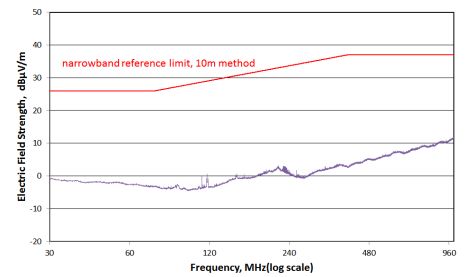
험한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 그래프의 상단의 허용 한계값(narrowband reference limit)은 10미터법 협대역 측정 시 법규에서 규정하고 있는 한계값으로 이 허용



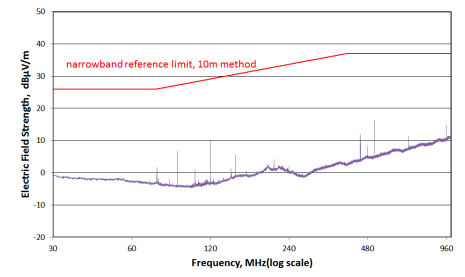
(a) Vehicle A (gasoline, hybrid)



(b) Vehicle B (gasoline)



(c) Vehicle C (gasoline)



(d) Vehicle D (diesel)

Fig. 1 EMI narrowband measurement results according to 10 m method

기준을 넘어서면 안된다. 그래프에서 보면 100MHz 근방에서 최저값을 보여주고 300MHz 부근에서 1000MHz까지는 점진적으로 측정값이 증가하고 있다. 전반적으로 허용한계값보다 25dBuV/m 정도 차로 낮게 측정되고 있어서 안전 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

3.2. 자동차 실내 전자파 측정 결과

자동차 실내 전자파 측정 시험한 결과를 Fig. 2에 나타내었으며, 30MHz~300MHz 대역의 Biconical 안테나와 300MHz~1000MHz 대역의 LP 안테나의 측정값을 합하여 하나의 그래프로 표시하였다. 그래프의 상단의 허용한계값은 10미터법에서 규정하고 있는 한계값으로 자동차 실내에서 측정된 전자파와 직접적으로 비교할 수는 없지만 측정된 전자파의 수준을 알아보기 쉽게 위하여 참고용으로 같은 그래프에 표시하였다. 자동차 외부에서 측정된 전자파 보다는 전반적으로 크게 측정되고, 주파수에 크게 튀는 부분이 많은 것을 알 수 있다. 차량별로 측정된 전자파의 형태가 다른 것은 사용된 전자장치나 회로의 특성이 다르기 때문으로 좀 더 구체적으로 어느 회로가 어느 주파수 신호에 더 큰 영향을 주는지 분석하기에는 좀 더 많은 연구가 필요하다.

3.3. 가전제품의 전자파 측정 결과

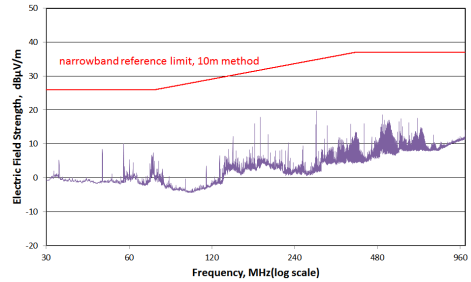
가전제품의 측정 결과를 실내 전자파와 비슷한 방식으로 Fig. 3에 나타내었다. 전반적으로 스마트폰, 디지털 카메라, 노트북의 순으로 전자파가 큰 값으로 측정되었으며, 디지털 카메라의 경우가 주파수 대역별로 편차가 크게 나타났고, 노트북의 경우 상대적으로 주파수 대역별로 크기가 고르게 분포되어 있는 것을 알 수 있다.

3.4. 측정 결과와 고찰

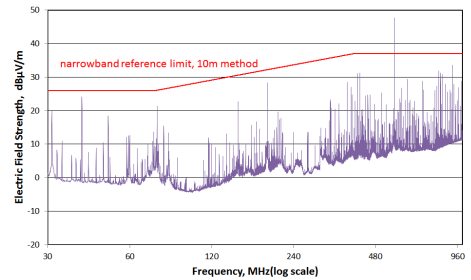
10미터법과 실내 그리고 디지털 제품에 대한 측정값의 평균값과 최고값을 Table 8에서와 같이 비교하여 보았다. 10미터법에 의한 자동차 전자파의 30~1000MHz 범위에서 평균값은 4~5dBuV/m 수준이고, 최고값은 11~26dBuV/m로 나타났다. 자동차 실내에서의 전자파 평균값은 6~9dBuV/m 수준이고, 최고값은 19~48dBuV/m로 나타났다. 디지털 제품의 전자파 평균값은 6~15dBuV/m 수준이고, 최고값은 25~43dBuV/m로 나타났다.

자동차 안전기준 10미터법과 자동차 실내 전자파 환

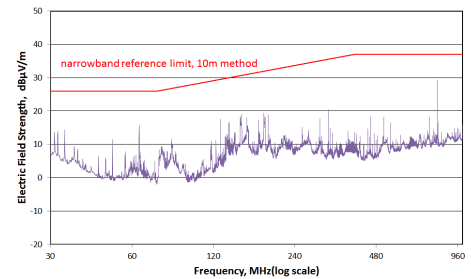
경 시험결과는 평균값은 약 3dBuV/m로 큰 차이는 나지 않지만 최고값의 경우는 약 25dBuV/m로 큰 차이가 발생



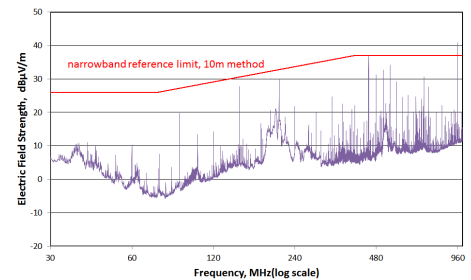
(a) Vehicle A (gasoline, hybrid)



(b) Vehicle B (gasoline)

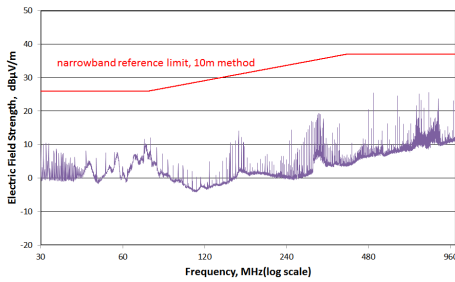


(c) Vehicle C (gasoline)

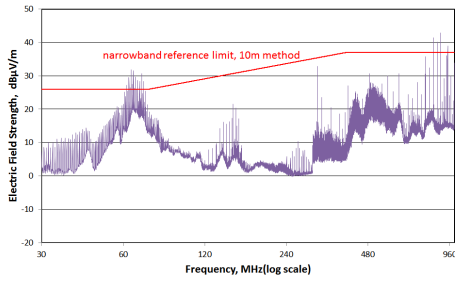


(d) Vehicle D (diesel)

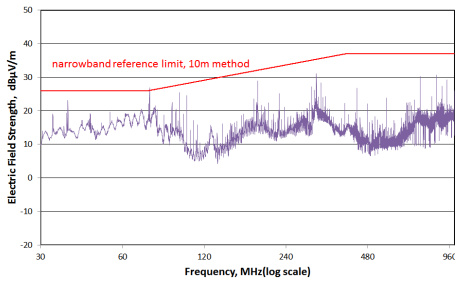
Fig. 2 EMI narrowband measurement results in the cabin of vehicle



(a) smartphone



(b) digital camera



(c) laptop computer

Fig. 3 EMI measurement results of digital home appliances

Table 8 Summary of EMI measurement results

measurement target and method		average value (dBuV/m)	peak value (dBuV/m)
vehicle (10 m method)	A	4.7	11.76
	B	4.8	25.83
	C	4.76	11.75
	D	4.52	16.08
vehicle (cabin)	A	6.59	19.72
	B	6.82	47.61
	C	8.81	29.31
	D	8.07	40.89
smartphone		6.68	25.59
digital camera		11.87	42.86
laptop computer		14.28	31.08

함을 확인할 수 있었으며 자동차 실내와 전자제품을 시험 결과를 비교해본 결과 자동차 실내의 전자파 환경이 일상 생활에서 흔히 사용하는 전자제품들의 전자파 환경과 비슷한 수준임을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 자동차 실내의 전자파 환경을 측정하고 기존의 전자파 방사 시험과 자동차 내부의 전자파 환경을 비교하기 위하여 하이브리드, 가솔린, 디젤 자동차를 대상으로 전자파 방사 시험을 진행하였으며 비교 대상으로 주변에서 흔히 사용하는 전자제품인 노트북, 디지털카메라, 스마트폰(충전)으로 전자파 방사 시험을 실시하였다.

자동차의 전자장치에 의한 전자파를 협대역 측정된 결과 10미터법에서는 충분한 차이로 안전기준치에 미달하여 문제가 없는 것으로 나타났다. 자동차 실내와 디지털 가전제품을 대상으로 한 측정 결과는 평균값과 최고값 등이 비슷한 수준으로 자동차 실내 전자파 환경이 일상생활 환경과 유사한 수준이어서 안전에는 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

향후 자동차 엔진이나 구동계를 대상으로 광대역 전자파 측정을 한다면 본 연구 결과보다 더 높은 전자파가 측정될 것으로 예상되며, 이는 일상생활의 전자파 수준을 넘어설 수 있을 것이므로 향후 연구과제로 진행될 필요가 있을 것이다. 또한, 현재 자동차에 지속적으로 태블릿 PC, 블랙박스 등의 첨단 IT 전장품이 추가적으로 개발 및 장착되는 추세이므로 자동차 실내 전자파 환경에 대한 연구는 향후에도 지속적으로 필요할 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 얻은 결과는 향후 자동차 실내 전자파 환경에 대한 시험방법과 국내 및 국제 규격 제개정시 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) 국토교통부, 2010, “전자파 적합성 기준,” 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙, 별표 30의3.
- (2) Choe, G. J., 2006, “A Study on the Radiating Source of Electromagnetic Waves in the Cabin of Automobile,” Journal of KSAE, Vol. 14, No. 5, pp. 107~114.

- (3) 노영록, 김찬식, 변상철, 한종진, 최광제, 2004, “자동차 실내의 전자파 분석,” 전기전자부품 ITS 부문 심포지움, pp. 1~7.
- (4) 장창수, 이명숙, 최광제, 노영록, 2005, “자동차 실내의 전자파 복사원에 대한 실험적 연구,” 한국자동차공학회 추계 학술대회, pp. 1257~1262.
- (5) 김민우, 자동차 실내 전자파 환경 특성에 관한 연구, 석사학위논문, 경일대학교, 경상북도, 2015.
- (6) 국토교통부, 2014, “전자파적합성시험”, 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙의 시행 세칙.