◎ 논 문

http://dx.doi.org/10.22680/kasa2019.11.4.050

첨단자동차의 전자파 내성 실험 환경에 관한 연구: 레이더 센서를 중심으로

김성범* · 류지일** · 우현구*** · 용부중***

Electromagnetic Immunity Test Environments of Advanced Vehicles with Radar Sensor Systems

Sungbum Kim*, Jiil Ryu**, Hyungu Woo***, Boojoong Yong***

Key Words : Advanced vehicle(첨단자동차), Automated driving system(자율주행 자동차), Semi anechoic chamber(전자파 무반사실), Radar sensor(레이다 센서), Electromagnetic immunity test environment(전자파 내성시험 환경), Safety standard(안전규격)

ABSTRACT

Recently, automobile industries have developed ADAS, smart cars, connected cars, automated driving systems, which use a variety of sensor systems – ultrasonics, cameras, lidars and radars – and communication systems. It is necessary to examine the electromagnetic immunity of vehicles equipped with those systems. The electromagnetic immunity tests are carried out in an electromagnetic semi anechoic chamber, which is cut off from the outside. It is difficult to create test environments in which the radar sensor systems of vehicles work properly in the test chamber. In this study, test jigs were designed and tested and as a result they are shown to be effective to create test environments for electromagnetic immunity tests of vehicles equipped with radar sensors. We also proposed additional safety standards for immunity tests of vehicles with radar systems that currently do not exist.

1. 서 론

자동차는 기존의 내연기관자동차에서 친환경자동차로 점차 다양화되고 있으며, 최근에는 첨단운전자보조시스템(ADAS) 자동차, 스마트자동차, 커넥티드자동차, 능동형자동차, 자율주행자동차 등으로 다양하게 변모하고 있으며 첨단전자장치가 급격히 많아지고 있다.

첨단자동차가 궁극적으로 자율주행자동차로 발전하기 위해서는 레이더, 카메라, 라이다, 초음파와 같은 외부 환경을 탐지하는 센서들과 외부와 무선통신하는 기능 등이 필수적으로 요구된다.[1,2]

현재의 자동차 전자파 시험은 전자파 무반사실에서 외부와 전파가 완전히 차단된 상태에서 이루어지며, 전자파의 인가와 측정을 위하여 대형 안테나 등의 시험 기구가 시험자동차의 주변에 설치되어야 하는 구조이다. 또한 시험자동차는 고정된 차대동력계 상에서만 운행하는 조건 등으로 시험 자동차 주변에 타 자동차를 설치할 공간이 충분치 않은 전자파 무반사실 내에서 대부분의 시험이 이루어지고 있다.[3~7]

자동차의 전자파 내성시험의 경우에는 평가 전에 모든 전장품을 정상 동작 조건으로 설정하고, 정해진 강도로

* 자동차안전연구원, 연구위원
** 자동차안전연구원, 선임연구원
*** 경일대학교 기계자동차학부, 교수
E-mail : hgwoo@kiu.kr

자동차안전학회지:제11권, 제4호, pp. 50～56, 2019
논문접수일: 2019.10.18, 게재확정일: 2019.11.26

인위적으로 외부에서 인가하는 전자파로 인한 오동작 여부를 확인하여야 하지만, 한정된 시험실 내부에서는 외부 환경과 상호작용하는 일부 첨단장치의 경우에는 정상적으로 작동하는데 곤란한 경우가 있다.

본 논문에서는 기존 한정된 전자파 시험실 환경에서 레이더를 중심으로 한 첨단장치를 정상동작 조건으로 설정하기 위한 지그를 제안하고 실험 검증을 통하여 전자파 내성의 평가 방안을 고찰하고자 한다.[8]

2. 외부 환경 인식 센서 기반 첨단전자장치

자동차 외부환경을 인식하기 위한 센서는 Fig. 1과 같이 주로 레이더, 라이더, 초음파, 카메라 등을 사용하고 있다.[9] 실제 고도의 첨단자동차는 한 가지 센서에 의존하지 않고 여러 센서 정보를 통합해 상호보완적으로 이용하고 있다.

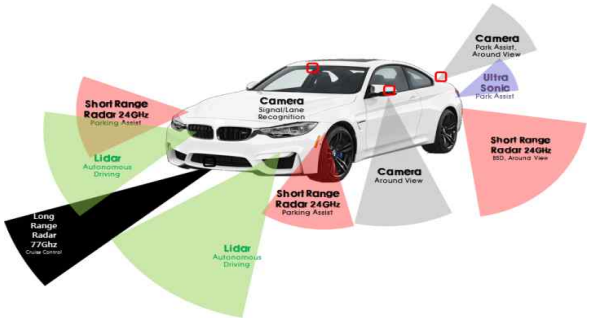


Fig. 1 첨단자동차 외부환경 감지 센서 사례

첨단자동차에 사용하는 센서의 주요 특징은 Table 1과 같다.

Table 1 첨단자동차 외부환경 센서 비교

	초음파	카메라	레이더	라이더
원리	초음파	영상 센서	전파 (24, 77GHz)	적외선 레이저
측정범위	하	하	상	상
정밀도	하	중	하	상
가격	저가	중	중	고가

레이더는 물체에서 반사되는 전자파 신호를 분석하여 상대거리와 속도 등의 정보를 얻는다. 레이더 센서는 앞 차와의 거리, 속도를 측정하여 가속과 감속 또는 일정 간격을 유지하는 기능에 사용되며 전방충돌경고장치(FCWS, Forward Collision Warning System), 적응순항제어장치(ACC, Adaptive Cruise Control), 비상자동제동장치(AEBS, Advanced Emergency Braking System), 사각지대감시장치(BSD, Blind Spot Detection), 후측방접근경고장치(RCTA, Rear Cross Traffic Alert) 등에 적용되고 있다.

레이더 센서의 장점은 날씨와 시간대에 영향이 적어 우천 시와 야간 시에도 감지가 가능하다. 감지거리는 최대 200 미터 정도 이며 단점은 형태 인식이 불가능하며 아직은 고가인 점이다. 종류는 측후방 감지용으로 24GHz를 사용하는 단거리 레이더와 주로 전방 감지용으로 77 GHz를 사용하는 장거리 레이더가 있다.

3. 전자파 시험 해석

자동차의 전자파 시험은 1975년에 최초로 제정될 때는 야외시험장(OATS, Open Area Test Site)에서 수행되었으나,[10] Fig. 2와 같은 반경 15m의 넓은 야외 시험장의 확보[11]나 시험의 일관성 확보 등을 고려하여 1997

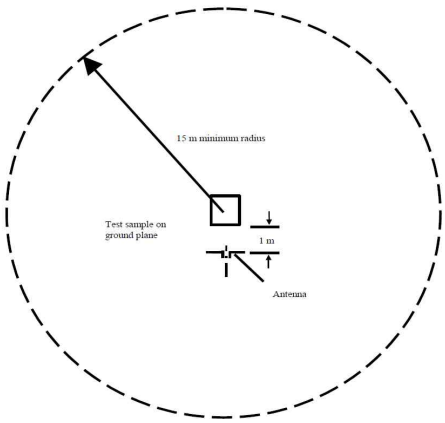


Fig. 2 야외 시험장의 무반사 경계

Fig. 3 전자파 무반사실

Table 2 전자파 무반사실 주요 제원

구 분	제 원
차폐 성능	100dB 이내
주파수 범위	(10kHz~40GHz)
내부공간[m]	22×12.5×9.5 (가로×세로×높이)

년에는 전자파 무반사실(SAC, Semi Anechoic Chamber)에서도 전자파 시험을 할 수 있도록 개정되었고 그 이후에는 대부분의 시험이 규정에 맞춘 전자파 무반사실에서 수행되어지고 있다. 실험을 수행한 전자파 무반사실의 모습과 제원은 Fig. 3과 Table 2와 같다. 전자파 무반사실은 기존 자동차의 시험을 위한 공간을 확보하고 있지만 각종 첨단 센서들 특히 레이더 센서가 정상동작하는 주변 환경을 조성하기에 충분한 공간은 아니며, 새로 확장해서 설치하기에는 많은 비용이 소요되는 등 새로운 무반사실을 설치하기에는 어려움이 많다.

3.1. 기존 자동차와 전장품 전자파 내성시험

최근 자동차에는 각종 센서류와 전장품이 지속적으로 추가되고 있으며, 최종적으로 자율주행자동차의 개발을 위해서도 많은 전장품과 센서들이 설치되어야 한다. 현재 자동차의 전자파 내성을 평가하기 위한 전장품 작동조건 및 불만족 기준은 Table 3과 같다.[12] 기존 자동차와 전장품은 주로 차량 내부 환경을 감지하고 제어하는 장치로 구성되어 있어, 전장품을 전자파 무반사실 내에서 정상동작 조건으로 설정하는데 별다른 문제점이 없었다.

Table 3 전장품 작동조건 및 불만족 기준

구 분	전장품 작동조건	불만족 기준
자동차 조건	정속 : 50km/h ± 20% (자동 항법 시스템 장착 시 포함)	± 10% 이상 속도 변화
전장품 조건	1. 작동 조건 - 전조등, 전방 와이퍼 (최대 속도) - 방향지시등	작동 정지시 점등 속도 변화시
	2. 미작동 조건 - 경보장치, 경음기	작동시
	3. 정상 위치 - 운전대 중간 및 운전석 좌석 위치 - 에어백 및 안전잠금장치 - 자동 도어 잠금 상태	10% 이상 변화시 의도하지 아니한 작동, 열림 상태
정차 조건	제동 페달 동작 (ABS 구현 제외)	제동등 미 작동 또는 계기판 경고등 점등

3.2. 레이더 센서 장치와 내성 시험의 문제점

자동차의 전자파 내성시험 조건은 차량에 장착된 모든 전장품은 정상 동작상태 하에서 이루어져야 한다. 그러나 레이더 기반의 센서 장치는 Fig. 4와 같이 전자파 시험실 내부에 설치된 차량 전면의 엔진 냉각장치와 주변의 대형 안테나 등을 물체로 인식하여 시험 조건인 정속 주행을 할 수 없거나 해당 장치의 경고등과 경고음을 지속적으로 발생시켜 정상적인 시험을 수행하기 어렵다.

또한 측면과 후면에 주변 자동차를 인식하는 기능을 하는 장치는 시험실 내부에 주변 차량을 설치할 수 없어서, 차량을 감지하는 상태에서 인가하는 전자파에 대한 정상적인 작동 여부를 확인하기 곤란하다.

Fig. 4 첨단전자장치 전자파 시험 문제점

4. 레이더 기반 전자장치를 위한 지그

시험실 내부라는 제약되어 있는 공간에서 차로이탈경고장치, 전방충돌경고장치, 사각지대감지장치, 외부 통신장치 등을 정상 작동상태로 유지하기 위하여 새로운 평가방법론에 관한 연구가 요구된다.

전자파 내성 시험을 위하여, 기존 시험실 내부에서 외부 환경을 감지하는 레이더 센서를 정상작동 조건으로 구현하기 위한 지그를 설계 제작하였으며, 평가 시나리오에 따른 실차 실험과 검증을 수행하였다.

차량 전면에 설치된 장거리 레이더용 장치를 위해서는 레이더 흡수용 지그를 설계 제작하였으며, 차량 측후방에

설치된 단거리 레이더용 장치로는 고정형과 이동형 리플렉터 지그를 제작하였다.

4.1. 전방 레이더 기반 장치용 지그

4.1.1. 지그의 설계 및 제작

차량 전면에 장착된 레이더는 송신된 전파가 물체에 반사되어 수신되는 시간을 계산하여 거리를 감지하는 원리로 작동하지만, 실차 전자파 시험실 내에서는 차량 냉각팬과 실험을 위한 안테나 등으로 인하여 정상 작동 조건의 구현이 곤란하다.

따라서 지그는 차량 전면부의 레이더에서 송신된 전파가 시험실 내의 물체에 반사되는 것을 차단하기 위하여 전파 흡수체를 제작하였다. 레이더 흡수용 지그는 차량 레이더 전면부에 위치하도록 제작하였다. 흡수체는 최대 100GHz까지 전파를 흡수할 수 있는 재질이며, 크기는 가로 600, 세로 300, 높이 140mm이고, 장착 위치와 높이를 조절할 수 있는 지그를 Fig. 5와 같이 설계 제작하였다. 지그의 재질은 PVC 계열이다.

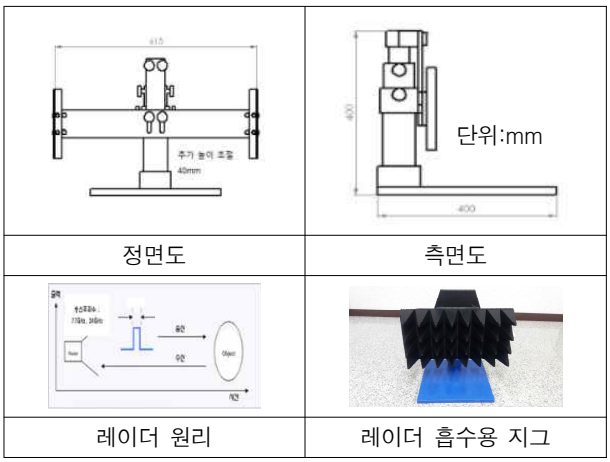


Fig. 5 정면 레이더 흡수용 지그 제작

4.1.2. 지그를 적용한 시험

시험자동차 정면에 레이더 흡수용 지그를 설치하여 장치의 정상 작동 여부를 확인하였다. 레이더 흡수용 지그를 설치하지 않은 경우에는 Fig. 6과 같이 자동차에 장착된 전방 레이더 센서가 시험실 내부의 물체를 감지하여 정상적인 주행이 되지 않으며 계기판에 경고등이 점등되었다. 현행 전자파 내성시험 기준은 시험자동차를 정속 50km/h로 주행하거나 자동항법(Auto Cruise) 시스템이 장착된 경우는 해당 장치로 주행하면서 평가하도록 명시되어 있다. 시험을 통하여 흡수체 지그를 설치한 경우에는 Fig. 7과 같이 경고등이 해제되어 자동항법 기능을 활성화하여 전자파 내성 시험이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 6 정면 레이더 흡수용 지그 미 설치시

Fig. 7 정면 레이더 흡수용 지그 설치시

4.2. 후측방 레이더 기반 장치용 지그

4.2.1. 지그의 설계 및 제작

사각감지 경고등 시스템(BSD)은 측후방 레이더를 통하여 주행 중에 좌우측에서 접근하는 자동차를 자동으로 인지하여 운전자에게 경고등 점등 또는 청각 및 촉각으로 경고를 주는 시스템이다. 경고등 표시는 대부분 좌우측 실외후사경의 거울면 또는 하우징 표면에 설치되어 있다. 전자파 내성시험의 경우에는 해당 장치의 경고등이 점등되어 있는 상태에서, 전자파를 인가하여 오동작으로 점등이 해제되는 조건을 구현하는 것이 필요하다.

후측방 접근경고장치는 후방에 설치된 레이더를 통하여 후진 시에 교통상황을 감지하여 위험상황을 경고해 주는 장치이다. 전자파 시험실 내부에는 후측방에 주변 차량을 설치할 수 있는 여유 공간이 없다. 내성시험 측면에서는 자동차 주변에 물체가 존재하여 경고등이 점등된 상

태에서, 전자파 영향으로 오동작하여 경고등이 점멸되는 경우가 안전운전에 영향을 줄 수 있기 때문에 경고등이 점등된 조건에서 전자파 내성시험을 수행하는 것이 요구된다.

따라서 실험은 지그를 이용하여 인위적으로 해당 장치의 경고등을 점등시킨 상태에서 실시할 수 있도록 고정형과 이동형 리플렉터 지그를 설계하고 제작하였다. Fig. 8의 고정형 리플렉터의 금속 반사판의 크기는 가로 250mm, 세로 200mm이고, 지그 재질은 PVC 계열이다.

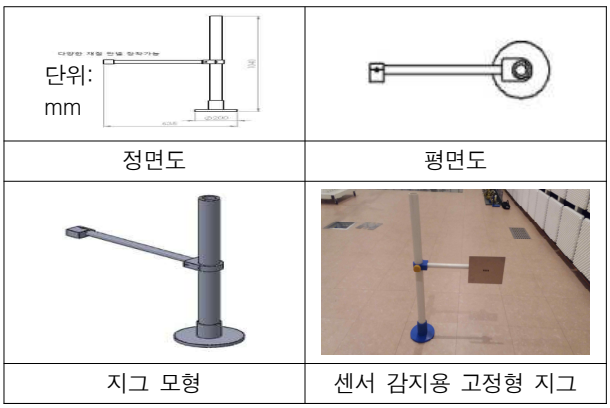


Fig. 8 센서 감지용 리플렉터 지그 제작(고정형)

이동형 리플렉터는 Fig. 9와 같이 1110mm 구간의 왕복 레일을 설치하여 연속동작으로 시험 차량의 후측방에서 접근하는 차량을 시뮬레이션하는 장치이다. 또한 접근 속도를 조절할 수 있도록 모터를 장착하였다.

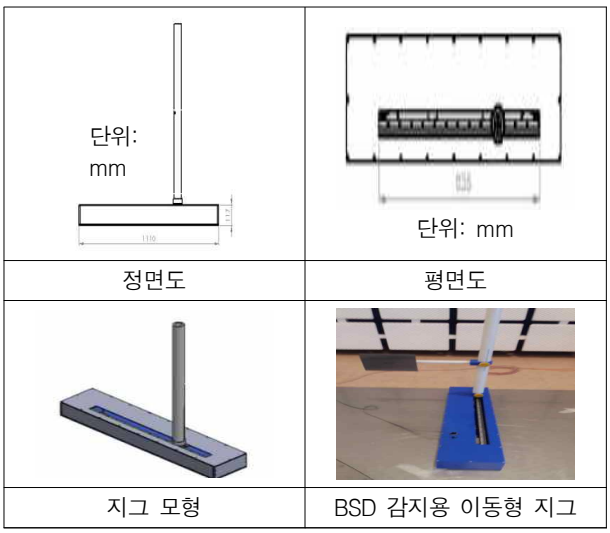


Fig. 9 사각 감지용 리플렉터 지그 제작(이동형)

4.2.2. 지그를 적용한 시험

현행 국내 자동차안전도 평가 규정에는 평탄한 노면 조건의 직선도로에서 Fig. 10과 같이 사각지대 경고요건을 명시하고 있다.[13]

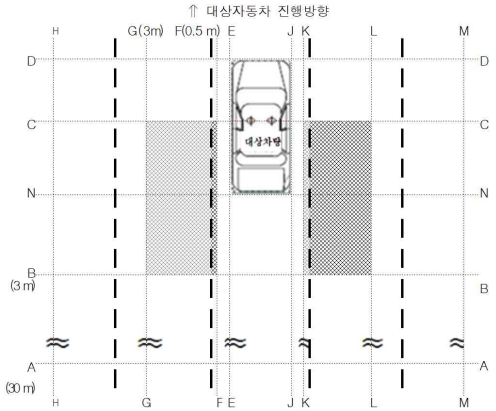


Fig. 10 사각지대 경고요건에 대한 표시 영역

한정된 시험실 공간에서 장치를 구현하기 위하여 리플렉터 지그의 설치 위치는 Fig. 11과 같이 국내 평균 차선폭 3.5m를 기준으로 중심선인 1.7m에 좌측에 설치하였다. 종방향 이동은 뒷 범퍼기준으로 −2m에서 최대 +2m까지(시험실 내부 후면) 작동하며 물체 인식 여부를 평가하였다.

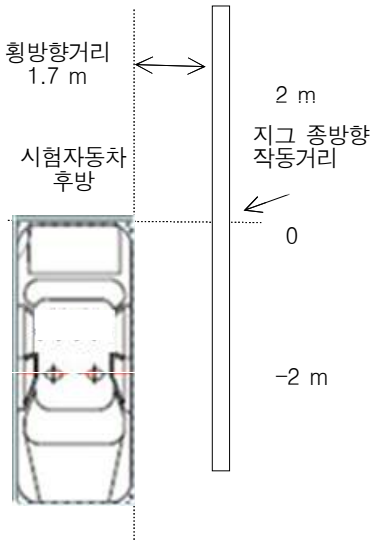


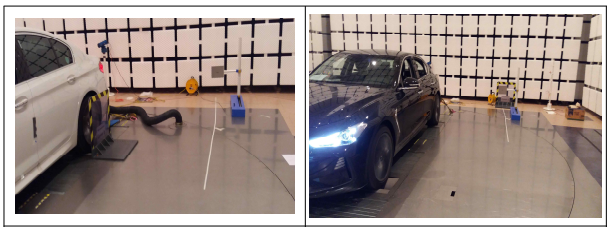
Fig. 11 지그 위치 및 작동거리

총 4개 차종에 대하여 고정용과 이동형 리플렉터 지그를 설치하여 경고등의 점등 유무를 평가하였다.

Table 4와 Fig. 12는 지그를 통하여 경고등이 점등된 결과이며 A 차종은 측후방에 대하여 전 범위에서 지그를 감지하였으며 B 차종은 뒷 범퍼기준으로 −1.3m에서 최대 후방 벽면까지(2m) 지그를 인식하였다. C 차종은 기존 지그보다 큰 반사체에서 인식하였으며 인식범위도 −1.0m에서 최대 벽면까지(2m)로 상대적으로 좁았다. D 차종은 상대속도 1km/h 차이가 있는 이동형 지그에서만 지속적으로 인식하였다.

Table 4 사각감지 경고등 점등 결과

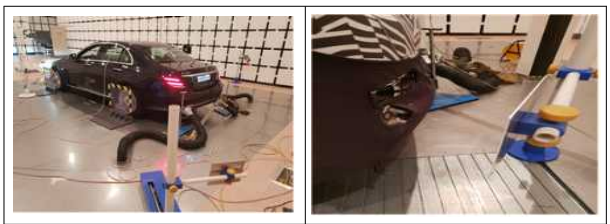
시험 차종	경고등 점등 조건
A 차종(해외 B사)	고정형 리플렉터(−2.0~2.0m)
B 차종(해외 B사)	고정형 리플렉터(−1.3~2.0m)
C 차종(국내 H사)	고정형 리플렉터(−1.0~2.0m)
D 차종(국내 G사)	이동형 리플렉터



B 차종	C 차종

Fig. 12 사각감지 경고 시스템 실험 장면

후측방 접근 경고장치는 Fig. 13과 같이 시험자동차의 후방 센서 앞에 리플렉터 지그를 설치하여 연속적으로 감지가 되도록 설치하여 경고등이 점등되는 것을 확인하였다.



A 차종	D 차종

Fig. 13 후측방접근 경고장치 실험 장면

5. 실차 평가 및 평가 기준의 추가 제안

실차 시험을 통하여 전방 레이더 시스템, 사각감지 시스템과 후측방 접근경고 시스템을 가동한 상태에서 내성 시험이 가능하다는 것을 확인하였다. 사각감지 시스템에서는 경고등 점등조건과 위치는 제작사 또는 차종마다 상이한 결과가 나왔으며 향후 개발되는 장치의 기능에 따라 차이는 있을 수 있다.

전자파 내성시험 시 전방 레이더 시스템의 경우에는 전방 전파 흡수체를 설치하여 경고등이 점멸된 상태에서 내성 시험 기준에 맞는 평가가 이루어져야 한다. 사각감지와 후측방 접근경고 시스템의 경우는 고정형 또는 이동형 리플렉터 지그를 시험자동차 주변에 설치하여 경고등 점등 또는 경고음이 작동하는 상태에서 평가가 이루어지도록 명시하는 것이 필요하다. 특히 후측방 접근경고 시스템은 후진 모드에서만 활성화가 되는데, 현행 전자파 내성 시험 기준은 후진모드에 대한 평가조건과 방법이 없는 상태여서 이에 대한 추가가 필요하다.

따라서 본 연구를 통하여 기존의 전자파 내성시험 평가 기준인 Table 3에 Table 5과 같은 추가 평가 기준을 제안하고자 한다.

Table 5 첨단자동차 전자파 내성시험 평가 추가 기준(안)

구분	전장품 작동조건	불만족 기준
전장품 조건	전방 레이더 기반 장치 : 정상 동작 (FCWS, AEBS, ACC 등)	경고등 점등
	측후방 레이더 기반 장치 : 경고등 또는 경고음 점등(BSD 등) 상태	경고등 또는 경고음 해제
후진 조건 (제동 페달 미작동)	후측방 레이더 기반 장치 : 물체인식 상태(RCTA)	경고등 또는 경고음 해제

6. 결 론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 현행 전자파 내성시험 기준에서는 전방 레이더 시스템, 후측방 레이더 시스템과 관련된 전자파 내성 시험에 대한 세부적인 평가조건과 방법이 없는 상태이다.
2) 기존 시험실 환경에서 첨단장치에 대한 전자파 실차 평가가 가능하도록 범용적인 평가 지그를 설계 제작하여 실차 실험과 검증을 수행하였다.
3) 전방 레이더 시스템은 전파 흡수체를 설치하여 자동항법시스템이 정상 작동하는 상태에서 시험할 수 있었다.

4) 측후방 장해물 감지 센서는 고정형 또는 이동형 리플렉터 지그를 시험자동차 주변에 설치한 상태에서 시험을 진행할 수 있었다.
5) 첨단자동차의 레이더 기반 시스템 관련하여 전자파 내성시험 평가 기준을 추가로 제안하였다.

후 기

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원(19PQOW-B152473-01)으로 수행된 연구임.

참고문헌

(1) 홍인기, 이훈석, 심영대, 2015, “C-ITS와 스마트카 기술 동향 및 전망”, 정보통신기술진흥센터, 주간기술동향.
(2) 국토해양부, 국토교통과학기술진흥원, 2018, “첨단자동차 안전성 평가기술개발 최종보고서, R&D 16PTSI-C054118-08”, pp. 27~52.
(3) Haesung Kim, Boojoong Yong, 2010, “Electro-Magnetic Susceptibility Tests for Large Vehicle”, Journal of Auto-Vehicle Safety Association, Vol. 2, No. 2, pp. 23~28.
(4) Minwoo Kim, Hyungu Woo, 2016, “A Study on Narrowband Electromagnetic Interference in The Cabin of Vehicle”, Journal of Auto-Vehicle Safety Association, Vol. 8, No. 2, pp. 30~36.
(5) Sunmin Gwon, Hyungu Woo, 2016, “A Study on Electromagnetic Interference of Electric Vehicles with Variations of Charging Device Inlet Location”, Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 24, No. 6, pp. 694~701.
(6) Sungbum Kim, Hyungu Woo, 2018, “A Study on Electromagnetic Emission of HEV’s Gasoline and Electric Mode”, Journal of Auto-Vehicle Safety Association, Vol. 10, No. 1, pp. 12~19.
(7) Hyungu Woo, Boojoong Yong, 2019, “A Study on Electromagnetic Compatibility and Safety Standards for Motorcycles”, Journal of Auto-Vehicle Safety Association, Vol. 11, No. 1, pp. 17~22.
(8) Sungbum Kim, 2019, Experimental Analyses on the Electromagnetic Environments of Advanced Vehicles, Ph. D. Dissertation, Kyungil Univ., Gyeongsan.
(9) Rajeev Thakur, 2016, “Infrared sensors for ADAS and beyond LIDAR / Infrared camera”, TU Auto-motive - ADAS & Autonomous.
(10) IEC, 1975, “CISPR 12 - Limits and methods of measurement of radio interference character-istics of ignition systems of motor vehicles and other devices”, First Edition.
(11) United Nations Economic Commission for Europe, UN Regulation No. 10 Revision 5, Oct. 2014, “Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic com-patibility”, p. 84.
(12) 국토교통부, 2014, “자동차안전기준 시행세칙 국토부고시(제2014-724호), 41 전자파적합성시험.”
(13) 국토교통부, 2018, “자동차안전도평가시험 등에 관한 규정(고시)”, pp. 110~113.