

도로 주행평가를 통한 능동 안전장치 연구

이화수* · 조재호* · 임종현* · 이홍국** · 장경진** · 유송민**

A Study on the Active Safety Features Assessment through Test Drive

Lee Hwa Soo*, Cho Jae Ho*, Yim Jong Hyun*, Lee Hong Guk**,
Chang Kyung Jin**, Yoo Song Min**

Key Words : Active Safety(능동안전), Crash Avoidance(충돌회피), Forward Collision Alert(전방충돌경고장치), Lane Departure Warning(차선이탈경고장치), Side Blind Zone Alert(사각지대경고장치), Front/Rear Park Assist(전후방주차지원장치), Rear Cross Traffic Alert(측후방접근경고장치), Adaptive Cruise Control(능동형 자동 주행 장치), and Autonomous Emergency Braking(비상제동장치)

ABSTRACT

This study examined the drivers' acceptance level of various active safety features with Korean drivers on Seoul urban and city roads. The test vehicle, 2013 Cadillac ATS, was equipped with FCA(Forward Collision Alert), LDW(Lane Departure Warning), SBZA(Side Blind Zone Alert), FRPA(Front/Rear Park Assist), RCTA(Rear Cross Traffic Alert), ACC(Adaptive Cruise Control), and AEB(Autonomous Emergency Braking). Participants had chances to run the tests on those systems in the parking lot accompanied by the 106km long stretch of predetermined route including local road and interurban highway in Seoul and Gyeonggi-do under normal traffic flowing environment.

After the test, participants completed a series of questionnaires about the features they experienced. The results revealed that RCTA and SBZA systems received more favourable ratings compared to the other features in avoiding crashes. The respondents preferred sound alerts to haptic ones even though haptic warning methods were better in providing directional information.

1. 서론

최근 운전자의 조작 없이 차량 스스로 주행 환경을 인식하여 운행이 가능한 자율주행자동차를 개발하기 위해 자동차 제작사, 부품 업체, 학교 및 연구기관 등에서 활발한 연구가 이루어지고 있다.

자율주행자동차 개발에 앞서 국내에서도 위급한 순

간에 센서가 위급한 상황을 감지하고 판단하여 차량이 운전자를 대신하여 제동을 해주거나 운전자의 인지 범위 및 반응시간을 향상 시켜 안전 운전 및 사고 예방에 도움을 주는 능동 안전장치들이 장착되어 출시되고 있으며, 각국 NCAP(New Car Assessment Program)은 능동 안전장치들에 대한 평가를 추가로 도입하고 있다. Euro NCAP은 2014년부터 AEB, FCW를 평가하고 있으며, Korea NCAP도 2013년부터 FCW, LDW를 평가하여 가산점을 주고, 2017년부터는 AEB, SBZA, RCTA, ACC 등의 기술도 평가 항목에 추가하는 계획을 발표했다.

* GM Korea Company

** Kyung Hee University

E-mail : hwasoo.lee@gm.com

능동 안전장치 개발 및 자율주행자동차 개발을 위해 센서 및 브레이크, 조향 등의 기술도 향상과 함께 나라 또는 지역마다 특색 있는 주행 환경과 같은 환경적 요인과 각기 다른 운전 성향을 가진 운전자 모두에게 불안감을 주지 않고 운전자의 차량 제어권을 부드럽게 가져가는 것, 직관적으로 장치를 사용하는 것, 명쾌하지만 불쾌감을 주지 않는 경고와 같이 운전자와 차량의 인터랙션과 관련된 연구는 앞으로도 계속되어야 할 부분이다.⁽¹⁾⁽²⁾

본 연구에서는 운전자들이 실제 도로 환경에서 능동 안전장치가 장착된 차량을 주행하면서 인식하는 각 기능에 대한 인식과 이해의 정도를 파악하고, 경고 인지 및 경고 적절성에 대한 평가를 분석하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1. 평가 기능 선정

이 테스트를 위해 FCA, LDW, SBZA, FRPA, RCTA, ACC, AEB 가 모두 장착되어 있는 미국 마켓용 2013 Cadillac ATS AWD 2.0T Perform으로 선정해 진행하였으며, 각 기능들에 대해 살펴보면 다음과 같다.

FCA는 전방차량에 위급하게 접근하여 충돌이 예상될 때, 운전자에게 미리 경고하여 제동을 할 수 있도록 도와주는 장치이다. 전방 차량이 정상적으로 감지되면 HUD(Head Up Display) 및 계기판에 녹색의 아이콘을 띄워주며, 근접 차량이 발생하면 노란색 아이콘으로 바뀌고, 충돌 위험이 있으면 빨간색 충돌경고 아이콘을 크게 띄워 운전자의 제동을 유도한다.

AEB는 FCA이후 운전자가 제동에 대한 조치를 취하지 않았을 때 자동적으로 제동을 실시하여 충돌 피해를 완화하는 장치이다(Fig. 1).

LDW는 주행 중 운전자의 주의력 분산으로 차선 이탈시에 HUD 및 계기판에 Fig. 2와 같이 차선이탈경고 표시와 경고음 또는 햅틱 시트를 통해 운전자에게 차선이탈을 경고한다.⁽³⁾

SBZA는 운전자의 시각지역에 위치한 차량을 감지하여 경고를 전달하는 장치이다. 후사경에 보이지 않는 시각지대에 차량이 위치할 때 차량감지 이미지가 후사경의 외측상단에 점등되며, 운전자가 방향지시등을 켜고 차선변경에 대한 의지가 나타나면 차량감지 아이콘이 점멸하며 2차 경고를 제공한다(Fig. 3).⁽⁴⁾

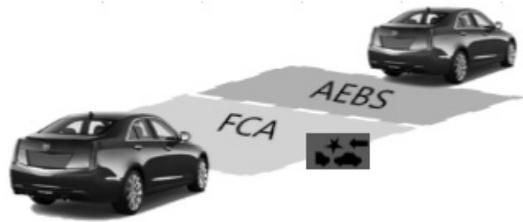


Fig. 1 Forward Collision Alert (FCA) & Autonomous Emergency Braking (AEB)



Fig. 2 Lane Departure Warning (LDW)



Fig. 3 Side Blind Zone Alert (SBZA)



Fig. 4 Front Rear Parking Assist (FRPA)



Fig. 5 Rear Cross-traffic Alert (RCTA)



Fig. 6 Adaptive Cruise Control (ACC)

FRPA는 8개의 초음파 센서를 통해 주/정차 시 전후방, 주변의 장애물을 감지하고 주차를 지원하여 운전자에게 주차 편의를 지원하는 장치이다(Fig. 4).

RCTA는 측, 후방에 보이지 않는 위치에서 접근하는 차량을 운전자에게 경고음이나 햅틱시트를 통해 운전자에게 경고를 전달해 주는 장치이다(Fig. 5).

ACC는 센서를 이용하여 동일 차선 전방 차량을 감지하여 운전자가 설정한 속도와 차간거리를 유지하며 주행해주는 장치이다(Fig. 6).

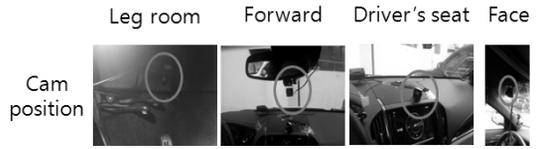


Fig. 7 Camera position

2.2. 데이터 수집

운전자의 주행형태와 경고 후 반응행동 및 반응시간 등의 요소를 수집하기 위하여 카메라 4대와 CAN 데이터를 기록하였다(Fig. 7).

Leg room과 Driver's seat에 위치한 카메라의 경우 경고 후 운전자의 반응 행동을 측정하고, 전방카메라는 주행상황에 대한 전반적인 영상을 촬영하였다. Face카메라의 경우 운전자가 주행 중 주시하는 표기장치 및 주행 중 시선방향을 확인하기 위해 설치하였다.



Fig. 8 Vehicle dummy

2.3. 능동 안전장치 평가

2.3.1. 주차장 평가 및 주행 평가 연습

경희대학교 주차장에 Fig. 8과 같은 차량 더미를 설치하여 FCW, AEB 테스트 실시하고, 주행 평가 중 경고 발생 시 조치 사항에 대해 주지 시켰다. 또한 주차시에 도움을 주는 장치들인 RCTA와 FRPA를 장애물을 설치하고 테스트를 실시하였다. 주차장 평가 후 장치의 이해도를 높이고 장치 조작 방법을 익히기 위해 주차테스트 종료 후 교통량이 적은 시내도로에서 주행 테스트에서 사용하게 되는 ACC, LDW, SBZA의 조작법 및 경고형태에 대해 교육 및 연습을 실시하였다.

ACC를 통해 항속 속도 조작 및 전방차량 추종주행, 전방차량정차에 따른 정차 및 전방차량 출발 이후 조작에 의한 출발 형태를 체험하였고, LDW의 작동조건을 설명하고 차선을 이탈하여 경고 발생을 확인하였으며, 측면 사각지대에 차량이 지나갈 때 사이드미러의 경고발생에 대하여 실시하였다.

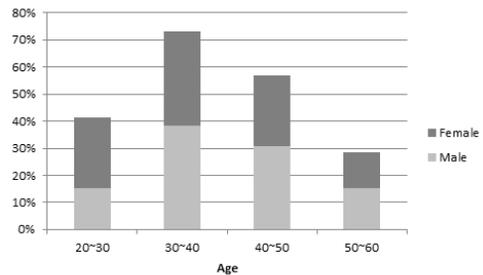


Fig. 9 Test participants' Age, Gender Distribution

2.3.2. 주행 평가

주행평가 전체 구간은 연습 도로 포함하여 약 106Km로 구성 하였으며, 연습 주행을 마친 후, 용인-서울 간 고속도로 약 30km 왕복 구간에서 고속 주행 중 장치별 체험 이후, 서울시내의 정체 구간 약 20km를 통과해 같은 장치들에 대하여 저속 주행상황에서 비교 평가를 유도하였다.

2.4. 평가 대상

총 62명을 대상으로 테스트를 실시하였으며, 실제 면허 취득 비율과 유사하게 나이, 성별을 고려하여 선정하였다(Fig. 9).

사전 설문문을 실시하여 테스트 참가자의 운전경력,

사고경험 유무, 테스트 전 운전자들의 능동 안전장치에 대한 인지도 및 이해도를 파악 하였으며, 처음 접하게 되는 장치들에 대한 교육 후 주행에 임하였다.

3. 능동 안전장치 도로 주행 평가 결과

도로 주행 평가를 통해 능동 안전장치들의 항목별 평가와 경고에 대한인지 및 적절성 부분에 대해 분석하였다. 주행 테스트 실시 후 참가자들은 전반적 평가, 구매흥미, 만족도, 유용성, 안전성, 충돌회피, 이해도, 귀찮음 측면 등에 대해 각 장치별 18~20개, 총 130개의 문항을 평가 하였다(Fig. 10).⁽⁵⁾

3.1. 특성 평가

모든 설문 분류에 걸쳐 측, 후방 사각지대에 대해 도움을 줄 수 있는 RCTA와 SBZA는 매우 긍정적인 평가를 받은 반면에 LDW는 만족도를 비롯해 전 영역에서 비교적 낮은 평가를 받았다.

ACC의 경우는 전반적 평가, 구매흥미, 만족도, 필요성에서 높은 점수를 받았으나 안전도와 충돌회피에서 낮은 점수를 획득하여 큰 대비를 보였다.

3.2. 경고 인지 평가

3.2.1. 이해도 및 귀찮음 정도 평가

장치에 대한 테스트 참가자의 이해 정도와 경고가 왜 울렸는지에 대한 이해 정도를 묻는 설문에서는 모든 장치들이 전반적으로 5점 만점에 4.3점 이상으로 높게 평가되었으며, 앞서 특성 평가에서와 마찬가지로 보이지 않는 영역에 대한 경고인 RCTA와 SBZA가 이해수준이 특히 높게 나타났다(Fig. 11).

귀찮음 평가는 장치의 경고가 운전자의 주행에 거슬렸는지를 확인하기 위해 실시하였으며 모든 장치가 보통(3점) 이하로 대부분의 장치가 귀찮지 않다고 평가 되었다. 상대적으로는 LDW가 주행중에 성가시게 할 가능성이 가장 큰 것으로 나타났다(Fig. 12).

LDW는 일상 주행 중 다른 차량의 영향 없이도 방향 지시등 없이 차선을 이탈하면 경고가 발생하여 다른 장치에 비해 경고 발생률도 높았다.

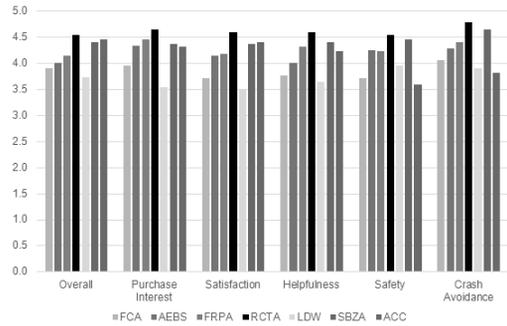


Fig. 10 Mean Post-Drive Questionnaire Ratings Across Systems on Various Dimensions

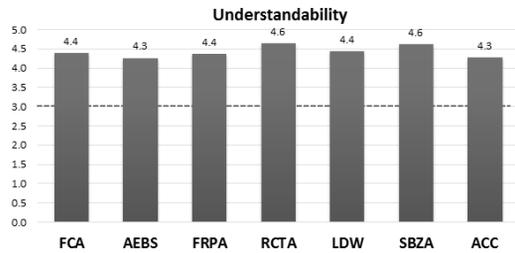


Fig. 11 Understandability of operation and warning

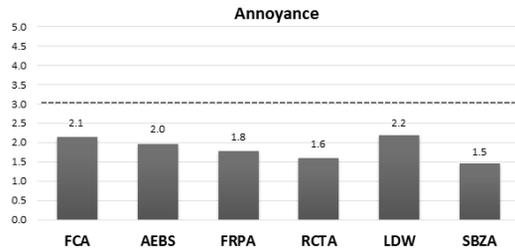


Fig. 12 Annoyance of warning

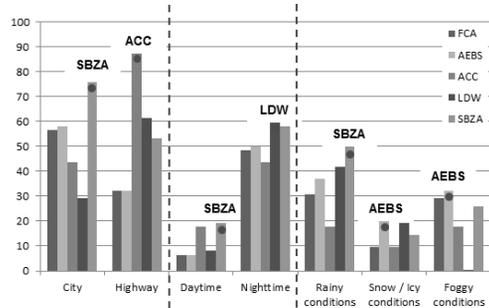


Fig. 13 Helpful situation for usage

3.2.2. 운전자 상황별 유용성 예상

능동 안전장치를 경험 후 평가 내용을 바탕으로 운전자들이 유용할 것 같다고 생각하는 상황에 대해 분석 하였다(Fig. 13).

시내주행에서는 사각지대에 있을 수 있는 측후방 차량에 대한 경고를 돕는 SBZA가 가장 높게 평가 받았으며, 항속으로 주행을 할 수 있는 ACC의 경우 고속도로에서 유용성을 높게 평가 받았다.

능동 안전장치가 유용할 것 같은 시간대는 낮보다는 주로 밤을 선택 하였으며, 환경 조건 중에 기상 상황에서는 우천 및 안개 같은 운전자 시야가 제약 받는 상황에서의 유용할 것 같다는 결과가 나타났다.

3.3. 경고 적절성 평가

3.3.1. 경고 방법

경고 수단의 적절성 평가를 위해 테스트 참가자들은 실험차량의 각 장치들을 경고음 혹은 진동으로 설정을 변경해 가며, 동일 상황에서 두 가지 경고 수단을 경험 하였다.

대다수 테스트 참가자들은 Fig. 14과 같이 경고음을 선호하였으며 진동으로 인한 경고 전달을 빠르게 받아들이는데 어려움이 있었다.

하지만 경고의 방향성을 전달함에 있어서는 진동이 경고음보다 우수하다는 결과를 보였다. LDW, RCTA와 같이 좌우 방향이 중요한 경고에서는 진동 경고 방식이 운전자들이 방향성을 더 쉽게 인지하는 것으로 나타났다(Fig. 15).

3.3.2. 경고 시기

능동 안전장치 경고 시기의 적절성을 평가하였다(Fig. 16). RCTA, SBZA, FRPT와 같은 측후방 사각지대에 도움을 주는 장치들에 관해서는 경고시점이 적절하다는 평가를 받았지만, 전방 차선 이탈에 대한 경고인 LDW에 관해서는 경고가 다소 늦다고 인지하는 경향이 있었다.

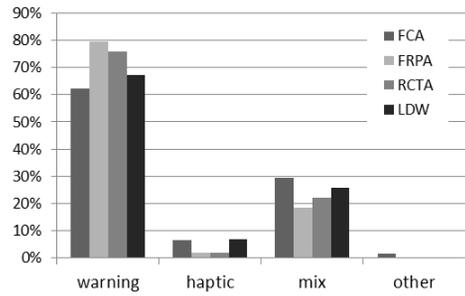


Fig. 14 Preference of warning type

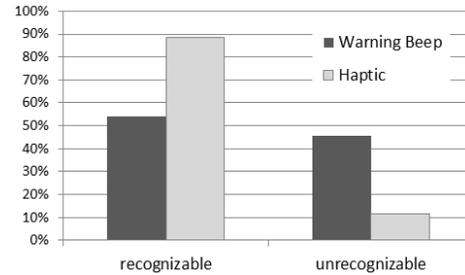


Fig. 15 Direction informing of warning beep and haptic

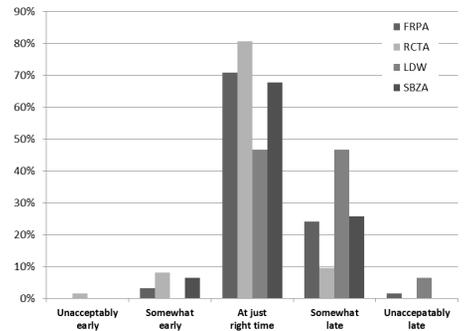


Fig. 16 Alert timing ratings across systems

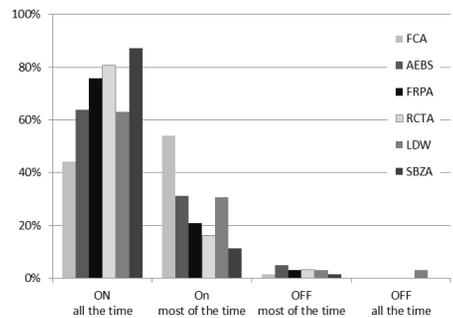


Fig. 17 ON/OFF System Usage Preferences

3.3.3. 장치별 사용 빈도 예측 평가

주행 중 장치의 사용여부에 대한 설문에서 모든 항목에서 5% 미만의 테스트 참가자들만 대부분의 시간에 OFF 하겠다고 답했으며 나머지 참가자들은 대부분의 시간에 능동 안전장치를 사용하겠다고 답했다(Fig. 17).

4. Conclusions

본 연구는 실제 도로 주행 테스트를 통해 각각의 능동 안전장치들의 안전성, 유용성, 이해도, 충돌회피, 종합적인 항목에 대하여 검토하고, 경고가 발생하는 장치의 경우 실제 도로 주행 상황에서 발생한 경고가 운전자에게 적절하게 전달되는지 살펴보았다.

사람마다 장치 숙달 정도의 차이가 있었지만 대부분의 테스트 운전자들은 능동 안전장치의 경고에 대한 귀찮음 보다는 이로 인해 부주의 및 운전자의 시야 외에서 발생하는 사고 예방이 도움이 된다고 생각하는 경향을 보인다.

- 1) 야간, 흐린 날 등 도로 주행환경이 좋지 않은 상황에서 능동안전장치가 운전자를 보조하여 안정성을 확보하기를 바란다. 이러한 운전자들의 요구는 현재 개발되어 있는 각각의 장치의 동작(작동) 및 환경조건과 일치하지 않는 부분이 있으며, 개별 장치에 대한 신뢰도와 유용성 측면에서 좋지 않은 결과를 가질 수 있게 하는 원인이 될 수 있다. 따라서 운전자가 필요로 하는 주행환경에 대하여 장치의 신뢰도를 높이는 방향으로의 연구개발 또는 장치의 개선이 필요할 것으로 보인다.
- 2) 사각지대에 보이지 않는 접근 차량에 대한 경고인 RCTA, SBZA의 이해도가 다른 장치들에 비해 높게 나타났으며 귀찮은 정도도 다른 장치에 비해 작게 나타났다. 보이지 않는 영역에 대해 도움을 주고, 사고 위험도를 낮추는 부분이 높게 평가 된 것으로 보인다.
- 3) LDW의 경우에는 전체적으로 낮게 평가 되고, 경고 시기가 다소 늦었다는 의견이 많았으며, 장치 중 성가심이 가장 크게 나타났다. 국내 운전자들은 차선 이탈 직후의 경고를 뒤늦은 경고라고 인식하면서도 차선 이탈 경고를 성가시게 느끼는 경향이 있었다. 또 LDW 장치의 경고는 다

른 차량과 주행과 관계없이 방향 지시등을 켜지 않은 상황에서 차량의 차선 이탈 빈도와 관련 있어, 환경과 주행 습관에 따라 경고의 빈도수가 크게 달라질 수 있으므로 운전자를 고려한 세밀한 설정이 고려된다.

- 4) ACC는 국내 운전자들이 충돌 회피에 도움을 느끼기 보다는 편의 장치로 인식하는 경향이 있으며, 장치에 대한 전반적인 만족도는 높게 나타났다.
- 5) 경고방식에서 운전자들은 안전에 직접적인 영향을 줄 수 있는 상황에서, 햅틱보다는 경고음을 택했다. 방향성에 대한인지는 소리보다 햅틱이 뚜렷했다.
- 6) 하나의 테스트 도로를 선정하여 진행하여 정해진 경로의 도로 조건이 결과에 반영될 수 있으며, 경고 전달성과 인지, 이해도, 귀찮음 등의 경고 인지 평가 부분에서는 본 연구의 결과는 단기적인 실험을 통한 결과이기 때문에 운전자의 장치 이해도 및 숙달 정도가 높지 않았다는 점을 고려하여야 한다. 장기적인 관점에서 운전자가 경고에 익숙해지면 다른 운전자 거동 결과 보일 수도 있으므로 경고에 대한 운전자 적응도 및 거동을 평가할 필요가 있다. 또한 운전자의 인지 범위 및 반응시간을 효과적으로 향상시켜 전방 주시 태만 등 부주의로 인한 사망자 수가 실제 줄어들었는지에 대한 분석이 필요하다.

참고문헌

- (1) Deng B, Kiefer R, Zhang W., 2013, "In city traffic evaluation of various crash avoidance features with chinese drivers." The 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Paper Number 13-0181.
- (2) Yoo, S. M., "Safety Study of Intervehicle Headway for Vehicle Longitudinal Control System", 1993, Seventh International Pacific Conference and Exposition on Automotive Engineering, pp.57~64
- (3) ISO 17361 Intelligent Transport Systems - Lane Departure Warning Systems - Performance Requirements and Test Procedures, 2007.
- (4) 이홍국, "도로 구조와 운전자 특성 및 신경망을 이

- 용한 첨단차량의 횡 방향 안전 시스템 중 LDWS 및 BSD의 통합 평가에 관한 연구” 박사학위논문
- (5) 박환서, 이홍국, 장경진, 유송민, 2012, “차량종류에 따른 LDWS 성능에 관한 연구”, 한국자동차공학회 논문집, vol. 20 no. 6 pp.39~45.
- (6) 이화수, 조재호, 임종현, 이홍국, 장경진, 유송민, 2014, “능동 안전장치의 한국 운전자 주행 평가.” 한국자동차안전학회지, 제6권, 제1호, pp. 27~32