

종방향 능동안전장치의 평가기준 연구

장현익* · 옹부중** · 조성우*** · 최인성*** · 민경찬*** · 김규현***

Study for Evaluation Standard of Longitudinal Active Safety System

Hyunik Jang^{*}, Boojoong Yong^{**}, Seongwoo Cho^{***},
Inseong Choi^{***}, Kyongchan Min^{***}, Gyuhyun Kim^{***}

Key Words : ADAS(첨단주행편의시스템, Advanced Driver Assistance Systems), FCW(전방차량충돌경고장치, Forward Vehicle Collision Warning), ACC(적응순항제어장치, Adaptive Cruise Control), AEB(자동긴급제동장치, Advanced Emergency Braking System), TTC(충돌시간, Time To Collision.), LDWS(Lane Departure Warning System.)

ABSTRACT

ADAS(Advanced Driver Assistance System) which is developed for alleviating driver's load has become improved with extending it's role. Previously, ADAS offered simple function just to make driver's convenience. However, nowadays ADAS also acts as Active Safety system which is made to release and/or prevent accidents. Longitudinal control system, as one of major parts of Active Safety System, is assessed as doing direct effect on avoiding accidents. Therefore, many countries such as Europe and America has pushed longitudinal control system as a government-wide project. In this paper, it covers the result of evaluation system and vehicle evaluation for development study in FCW, ACC and AEB.

1. 서론

운전자의 주행부하 경감을 위해 개발되기 시작한 첨단주행편의시스템(ADAS)은 단순한 운전편의 장치에서 사고예방 및 경감을 목적으로 하는 능동안전장치(Active Safety System)로 발전하고 있다. 능동안전장치 중 대표적인 종방향 제어시스템인 ACC(Adaptive Cruise Control), AEB(Advanced Emergency Braking), FCW(Forward Vehicle Collision Warning) 등은 사고예방에 직접적인 효과가 가능할 것으로 판단되어 유럽과 미국 등에서 범정부 차원의 개발프로젝트로 개발이 추진되어 왔다.⁽¹⁾ 특히, 유럽경제위원회

(UN/ECE) 산하 WP29에서는 2009년 AEB Informal Group을 구성하여, 제69차 GRRF 회의('11.2)에서 AEB 안전기준 초안을 제출하였으며, 대형차의 경우 AEB를 의무장착화 할 예정이다. 또한, 소형차의 경우에는 민간차원(AEB group)에서 AEB 기술 도입을 위한 연구를 수행 중이며, EURO NCAP에 도입하고자 하고 있다. 미국의 경우 FCW에 대한 구체적인 평가방법을 제시하고 있으며, NCAP 가산점 부여방안을 검토 중이다. 일본의 경우에도 대형차에 대한 AEB, LDWS 단계적 의무장착 및 소형차에 대한 NCAP 가산점 부여방안을 검토 중에 있다.

국내의 경우 UN/ECE/WP29 활동 및 첨단안전자동차안전성평가기술연구 등의 정부과제를 통해 능동안전장치 안전기준 및 평가기술 개발에 노력하고 있다. 특히, 자동차안전연구원에서는 FCW, ACC의 시스템 작동한계 및 경고기준 등의 안전기준 연구를 위한 실차

* 경일대학교 대학원 기계공학과
** 경일대학교 기계자동차학부
*** 교통안전공단 자동차안전연구원
E-mail : janghi84@naver.com

평가를 수행하였고, 현재 AEB 성능평가를 위한 평가 시스템 및 평가시나리오 개발연구를 수행하고 있다.

본 논문에서는 FCW, ACC 및 AEB의 안전성평가 기준 개발연구를 위하여 수행한 연구내용 중에 국제기준 동향, 평가시스템 구성 및 실차평가결과를 중심으로 기술하였다.

2. 종방향 능동안전장치의 기준 동향

2.1 WP29 Guideline

첨단 능동안전장치 개발이 활성화됨에 따라, 안전 기준 제정에 있어서 보다 안전에 관련된 기술을 체계화 하는 과정이 필요하여, WP29에서는 운전자의 편의 단계와 운전자의 행동모델에 관한 가이드라인을 제시하였다. Fig. 1 과 같이 운전자의 행동 모델에 따라 1 단계는 Vision, RADAR 와 같이 정보를 주는 인식 단계, 2단계는 FCW 처럼 운전자에게 경고를 주어 미연에 사고를 방지하는 판단 단계, 3단계는 ACC 및 AEB 와 같이 주행환경을 바탕으로 능동적으로 엔진, 동력 전달계 및 제동장치를 제어하여 운전자가 미처 판단과 제어하기 힘든 상황에서 안전에 기여해주는 제어의 단계로 주행 시 발생하는 상황전개에 따라 3단계로 세분화 하였으며, 그에 따라 AEB/LDWS Informal Group 및 ITS Informal Group 등을 조직하여 기준 제정에 노력하고 있다.

2.2 FCW

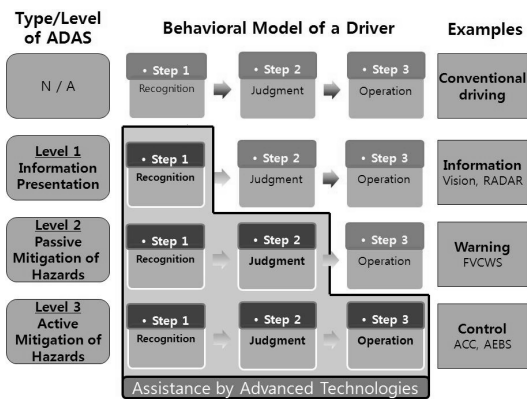


Fig. 1 Behavioral Model of a Driver and Level of Driver

Table 1 TTC & Test Number of Confirmation Test

	Scenario	TTC(sec)	The number of the test
FCW	Stationary Target	Before 2.1	Five of seven times
	Moving Target (Deceleration)	Before 2.4	
	Moving Target (Go Slow)	Before 2.0	

* based on FCW confirmation test

전방충돌경고장치(FCW)는 주행 중인 차선의 전방에서 동일한 방향으로 이동 중이거나 정차중인 자동차를 감지하여, 충돌을 회피 또는 완화하기 위해 운전자에게 경보를 주기 위한 목적으로 개발 되었으며, 미국 도로교통안전국(NHTSA)에서는 FCW에 대한 Confirmation Test 기준을 2006년에 제정하였고, 평가시험 수행 후 NCAP 가산점 부여방안을 검토 중이다.⁽²⁾ Table 1은 Confirmation Test 의 주요기준으로 요약하면 다음과 같다. 첫째, 대상자동차가 정지 타겟에 접근할 때에는 최소한 충돌시간(TTC: Time To Collision)이 2.1초 이전에 충돌 경보가 발생되어야 한다. 둘째, 대상자동차가 감속타겟에 접근할 때에는 최소한 충돌시간(TTC)이 2.4초 이전에 충돌경보가 발생되어야 한다. 셋째, 대상자동차가 서행 타겟에 접근할 때, 충돌시간(TTC)은 2.0초 이전에 충돌경보가 발생되어야 한다. 시험은 모두 7회 실시하여 5회가 충돌 경보 기준을 만족하여야 적합 판정한다.

2.3 ACC

국제 표준화기구(ISO)의 지능형교통시스템 분과 (TC204) 내의 WG14(Working Group)에서 자동차와 도로의 경고 및 제어 시스템(Vehicle and roadway warning and control system)에 관련된 표준화 사업을 추진하고 있다. Table 2 과 같이 ACC의 관련된 대표적인 표준으로 ISO 15622 가 있으며, LSF(Low Speed Following)와 FSRA(Full Speed Range Adaptive Cruise Control)는 ISO 15622 의 확장적인 개념으로 서행주행 및 정지와 출발 기능을 포함하는 형태이다. 또한, 일본은 제작사 자발적으로 최소한의 안전도에 대한 평가가 이루어지도록 하기 위해 1999년 ACC에 대한 Technical Guideline을 제정하여 안전성에 관련 요소들에 대한 기준을 제시하였으며, Table 3 과 같이 주요내용의 ACC 해외 기준과 ISO 표준을 비교 하였다.⁽³⁾

Table 2 ISO Enactment State for Longitudinal Active Safety System

Item	Article & Number	Participants	Note
ACC	ISO 15622	독일, 캐나다, 프랑스, 일본, 한국 미국, 영국 네덜란드	2010 개정완료
LSF	ISO 22178	일본, 캐나다, 독일, 한국 영국, 미국	2009
FSRA	ISO 22179	독일, 일본 한국, 영국, 미국	2009

* based on ISO

Table 3 Comparison between ISO 22179 & Japan Technical Guideline

구분	ISO(22179)	Japan TG
속도범위	FSR+Stop&Go	FSR+Stop&Go
대상	Moving & Stop vehicle	
제어방법	Speed or Clearance	
기준	HMI	작동 및 고장상태, 설정값(속도, 거리)
	경고장치	Symbol(by ISO 2575) Sound and Indication
	감속	3.5 m/s ² 이하 2.5 m/s ² 이하
	가속	2 m/s ² 이하 x
	override	o o
제동등	Brake 작동 시	50km/h 초과 시 0.7m/s ² 미만 허용
시험방법	정지, 감지, 대상 분별, 커브감지능력	x

2.4 AEB

자동비상제동장치(AEB)는 주행 중인 차선의 전방에 위치한 자동차 및 보행자와의 충돌가능성을 감지하여, 운전자에게 경고를 주고, 충돌을 회피하거나 완화시킬 목적으로, 전방충돌경고장치(FCW)와 전방차량충돌완화장치(Forward Vehicle Collision Mitigation System)의 결합된 통합제어 형태로 연구개발 되었다. 특히, 2008년 EU에서는 자체적인 법규 제정보다 UNECE Regulations 제 개정을 통해 만들어진 법규를 도입키로 함에 따라 UNECE에 신규 법규제정을 건의되었다. 이로 인해 2009년 WP29 산하 제동 및 주행장치 기술 위원회(GRRF)에 AEBS/LDWS 기준 논의를 위한

Table 4 Test Standards of Warning & Emergency Braking

구분	$M_3, N_2 > 8t$ 및 N_3			
00series	Stationary	경고 시작 시간	최소1개	긴급제동시작 1.4초전
			최소2개	긴급제동시작 0.8초전
	감속량		10km/h이상	
	Moving target	경고 시작 시간	최소1개	긴급제동시작 1.4초전
최소2개			긴급제동시작 0.8초전	
감속량		충돌없음		
target speed		32±2km/h		
구분	$M_3^1, N_2 > 8t$ 및 N_3			
01series	Stationary	감속량	20km/h 이상	
	Moving target	감속량	충돌없음	
		target speed	12±2km/h	

* based on AEBS ECE Regulation

Informal group을 신설하였고, 기준제정작업에 착수하여 2011년 9월 제71차 GRRF 회의에서 최종개정안 도출에 있으며, WP29 총회 승인 예비절차 단계에 있다.

주요 내용 중 경고 및 긴급제동 시험기준은 Table 4와 같다. 이 기준은 총 2개의 Series로 구성되어 있고, 00Series의 대상차종은 5Ton 초과승합(10인 이상)과 8Ton 초과화물자동차이며, 경고시작 시간의 기준은 촉각 또는 청각에 대한 경고가 있어야한다. 01Series의 경우, 사고율감소와 안전성 향상의 취지로써 00Series에 대비하여 강화된 기준이로, 대상차종은 10인 이상의 승합과 3.5Ton 초과 화물자동차이며, 각 국의 현황에 따라 00Series 또는 01Series를 채택하도록 권고하고 있다. UNECE에서 제정되는 AEBS 안전기준을 채택하여 신규 형식승인을 신청하는 자동차의 경우 2013년부터, 신규로 등록하고자 하는 자동차는 2015년부터 장착을 의무화할 계획이다.⁽⁴⁾⁽⁵⁾

3. 평가 수행

3.1 평가장비 구성

종방향 능동안전장치의 안전성평가를 위하여 시험

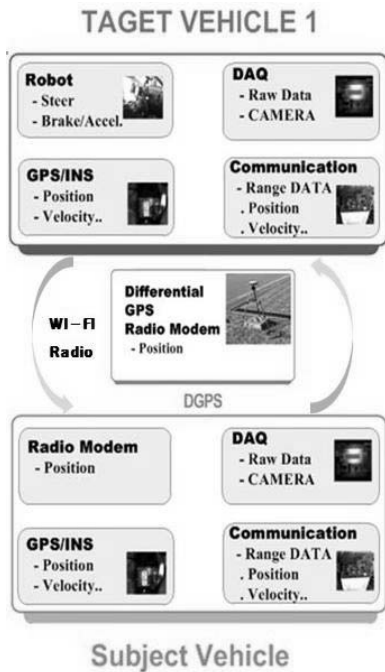


Fig. 2 Test Equipment of Longitudinal Active Safety System

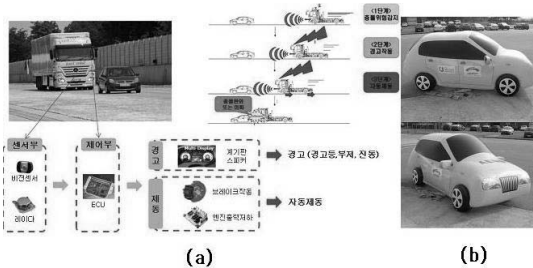


Fig. 3 Test Equipment of AEB

장비 Fig.2 와 같이 구성하였다. 첫째, 원하는 시나리오 재현을 위하여 자동조향장치(Steering Robot)와 자동차간의 위치 및 속도를 측정하기 위한 DGPS (Differential Global Position System)을 적용하였다. 둘째, 감가속 조건의 반복성과 정확성을 향상하기 위해 제동로봇(Brake Robot)과 가속로봇(Acceleration Robot)을 장착하였다. 셋째, 차량의 x, y 축과 yaw 값 및 모멘트 거동을 측정할 수 있는 자이로센서를 장착하였고, 계측 신호를 CAN 통신화하여 저장하기 위해 “차량통신측정시스템(Data Acquisition System for Communication)”을 사용하였다.⁽⁶⁾

Fig 3 (a)와 같은 AEB 장치는 비상시에 작동되는 센서의 평가로, 시험 중 전방차량에 대한 충돌의 우려가 있다. 따라서, Fig 3 (b) 와 같이 별도의 Dummy Car 를 구축하여 AEB 실차시험평가를 준비 중이다.

3.2 평가 수행 결과

3.2.1 ACC평가

ACC의 경우, ISO 22179 와 Japan Technical Guide-line에서는 센서의 단품성능 또는 일반적인 ACC의 성능만을 규정하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 ACC의 성능 한계에 대한 연구를 위하여 Table 5 과 같이 시나리오를 구성하여 실차평가를 수행 하였다.

Table 5 Scenario of Vehicle Evaluation

구분	Start Vehicle speed (km/h)	Final Vehicle speed (km/h)	Deceleration (m/s ²)		Time gap (level)
급감속	40	20-40	2		1, 4
			4		
		0 20	2		
			4		
	80	0	2		
			4		
Cut-In	40	30	13		1, 4
			4		
		8	2		
			4		
	80	65	24		
			4		
80	0	14			
		4			
구분	Start Vehicle speed (km/h)	Final Vehicle speed (km/h)	초기 차간거리 (m)	Time gap (level)	
감지 거리 확인	80	40	300	4	

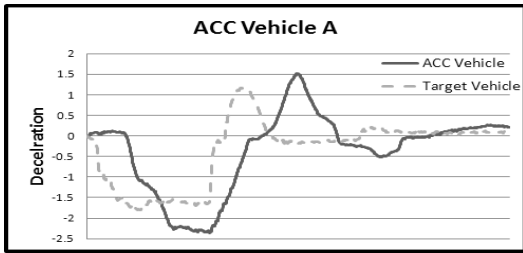


Fig. 4 Result of Vehicle Evaluation

Table 6 Result of Vehicle Evaluation

구분	ISO(22179)	Japan TG	Vehicle A	Vehicle B
감속	3.5 m/s^2 이하	2.5 m/s^2 이하	2.3 m/s^2	2.2 m/s^2
가속	2 m/s^2 이하	x	1.5 m/s^2	1.8 m/s^2

그 중 대표적인 급감속 시나리오의 평가결과를 ISO 22179 와 Japan Technical Guideline과 비교하여, Table 6으로 나타냈다. 세부 시나리오 내용은 40km/h로 주행 중인 ACC 차량이 전방에 동일한 속도로 주행하는 전방차량을 추종 중에 전방차량이 20km/h까지 2 m/s^2 으로 감속 후 40km/h로 재 가속하는 모드로 구성하였다.

이 시나리오는 국내의 두 차종을 선정하여 시험하였으며, 이에 따라, ACC 차량의 감, 가속 및 추종 성능을 확인하였고, ISO 22179 와 Japan Technical Guideline의 기준에는 만족하는 결과를 나타냈다. 하지만 이와 같은 시나리오는 ACC의 단순 추종과 감, 가속 성

능만을 평가하였으며, 향후 Cut-in/Cut-out과 급감속(4 m/s^2) 등의 평가방법을 추가할 필요가 있다.

3.2.2 FCW 평가

FCW 시스템이 장착된 차량 선정하여 미국 FCW 평가기준에 의한 평가를 실시하였으며, Fig. 5과 같이 각 시나리오별 충돌시간(TTC)이 평가기준 범위 내에 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 종방향 능동안전장치의 안전성평가 기준 개발연구를 위하여 수행한 연구내용 중 국제기준 동향, 평가시스템 및 실차평가결과를 중심으로 기술하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 ACC의 해외 기준 및 표준 동향 조사를 통해, ACC에 대한 성능평가요소 및 시나리오를 도출하여, 이에 근거한 실차시험을 수행하였다.

둘째, 상용AEB 보급을 촉진 중인 유럽, 일본 및 민간단체(AEB Group)에 대한 관련기준 현황과 표준 조사 결과를 기반으로 하여, 평가시스템을 구축하였고, 평가시나리오 보완 후 실차평가를 진행 할 예정이다. 또한, 향후 승용 AEB에 대해 연구를 확대할 예정이다.

셋째, FCW의 실차성능평가를 수행하였고 미국 Confirmation Test Procedure를 검증하였다.

넷째, ACC 및 AEB 평가결과를 바탕으로 안전기준과 신차안전도평가 등을 적용하기 위한 기술 연구를 수행할 예정이다.

후 기

본 논문은 국토해양부 “첨단미래형자동차 안전성평가시험설비구축”사업 및 교통체계효율화사업 “첨단자동차안전성평가기술개발(09 교통체계-미래 02)”과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) UN/ECE/WP29, 2007, Report of Two Years Activities in WP29_ITS Informal Group.
- (2) 2006, Collision Warning System confirmation

Assessment Results

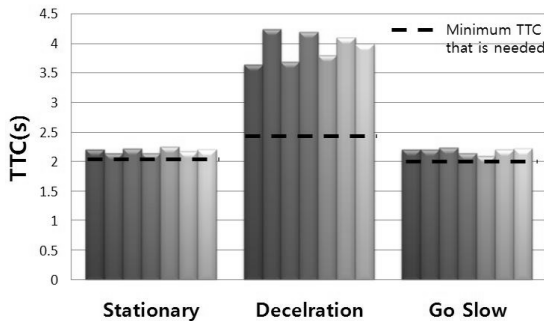


Fig. 5 FCW Test Assessment Results

종방향 능동안전장치의 평가기준 연구

- Test, NHTSA, 26555-0118.
- (3) ISO 15622 : 2010, ISO 22179 : 2009, ISO 15623 : 2002.
- (4) 2008, Automated Emergency Braking Systems : Technical requirements, Costs and Benefits, TRL.
- (5) ECE/TRANS/WP29/GRRF-65-Inf19 Automatic Emergency Braking and Lane Departure Warning Systems. Geneva<<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grrf/grrfS08.html>>
- (6) 민경찬, 2011, 적응순항제어시스템의 객관적 성능 평가를 위한 실차시험 연구, 자동차안전학회, 3page