

전방충돌경고장치(Forward Vehicle Collision Warning System, FVCWS) 평가 프로그램 개발

Development of Evaluation Programs for Forward Vehicle Collision Warning System

박유경

(교통개발연구원, 연구원)

문영준

(교통개발연구원, 연구위원)

Key Words : Forward Vehicle(전방차량), Collision(충돌), Warning(경고),

목 차

- | | |
|------------------------|---------|
| I. 서론 | III. 결론 |
| 1. 연구의 배경 및 목적 | 참고문헌 |
| II. FVCWS 시험평가 프로그램 개발 | |
| 1. 운전자 인지반응시간 시험 | |
| 2. FVCWS 시험 시나리오 개발 | |

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 현대생활에서 자동차의 역할이 증대됨에 따라 단순한 이동수단에서 사회활동의 보조는 물론 신체안전을 책임지는 역할까지 요구되는 인공지능화, 고급화 추세로 나아가고 있다. 지난 1970년도에 자동차 등록대수는 12만6천대이며, 2003년도에는 145만9천대로 24년간 자동차 보유대수가 약 116배 증가한 반면, 증가율은 1989년을 정점으로 둔화되어 2003년도는 2002년 대비 4.6% 증가하였다. 반면 외제자동차의 보유는 IMF경기위축 기간 중에도 지속적으로 증가했으며 2000년도 이후에는 증가율이 커지고 있어 2003년도에는 전년대비 30.2% 증가하여 119,970대가 등록되었다. 자동차 보유증가에 따른 자동차 1만대당 교통사고 발생율은 지속적으로 감소해 왔으나 1일평균 발생건수나 세대당 발생건수는 지난 10년간 큰 변화 없이 그대로 유지되고 있고 OECD 국가 중 사고율이 가장 높은 실정이다. 지난 10년간 요일별 대형교통사고는 가족 또는 단체여행이 많은 토요일 및 일요일에 많이 발생, 이는 평균차차인원이 많아 운전자 주의력이 분산된 결과로서 운행안전을 지원하는 첨단시스템의 보강 필요성이 부각되고 있다. 이에 따라 국제적으로 자동차메이커들은 에어백에 의한 충격흡수 등 파동적인 승객피해최소화 개념에서 탈피하여 차간거리를 자동으로 제어하는 전방감속식제어장치, 정지차량이나 사고 차량으로 인한 갑작스런 돌발사고를 미연에 방지하는 전방차량충돌경고장치 등 첨단기술을 개발하여 사고를 감소시키는 노력이 이루어지고 있으며 미국, 독일, 일본 등에서는 이미 상용화 하여 ITS 응용 시스템 시장이 확대됨에 따라, ISO/TC204에서는 각종 ITS 시스템 표준을 국제 전문가

를 중심으로 제정 작업중이며, 국내 ITS 현황을 볼 때 WTO TBT 협약에 의하여 ISO 표준을 의무적으로 KS 표준화하여야 하므로 충분한 사전준비가 없을 시에는 국내의 교통 현실과 상이한 시스템 표준을 도입하여 큰 혼란을 초래할 가능성이 매우 높다. 따라서 ISO 국제 표준이 제정되기 전에 ASV 기능 장착차량의 수입에 대처하기 위하여 반드시 국내 ITS 산업과 연계 검토하여야 하며 동시에 ISO 국제 표준 제정에 적극 참여하여 국내기술 및 현황을 반영하여야 한다.

II. FVCWS 시험평가 프로그램 개발

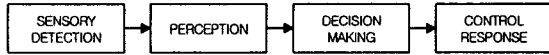
전방차량충돌경고장치의 주 기능은 도로상에서 FVCWS 장착 차량(Subject Vehicle, SV) 전방에 차량이 정지해 있거나 주차하여 장애물이 될 경우 이를 감지하고 운전자에게 경고함으로써 충돌을 사전에 예방하는 시스템이다. 전방 장애차량까지의 거리, 장애차량까지 도달시간, 경고 등급 등을 산정하여 운전자에게 경고를 준다.

1. 운전자 인지반응시간 시험

운전자 인지반응시간은 차내 경고시스템에서 가장 중요한 요소를 차지하며 다음과 같은 연구가 있다.

인지반응시간의 정의는 운전자가 바라보는 시각에 비춰진 어떤 사물 또는 상황과 운전자가 반응을 최초로 나타내는 시간 간격을 말하며 미국 교통국에서는 다음 <그림 1>과 같이 4단계 프로세스로 설명하였다.¹⁾

1) the interval between the appearance of some object or condition in the driver's field of view and the initiation of a response, Olson(1996)



<그림 1> 인지반응시간의 4단계 프로세스

또한 AASHTO에서는 여러 문헌 고찰 결과, 최소 브레이크 반응시간은 최소한 1.64초를 적용할 수 있지만 대다수 운전자들의 특성과 운전의 복잡성을 감안할 때 설계시에 2.5초의 인지반응 시간을 적용하도록 권장하여 국내에서도 설계값으로 2.5초를 적용하고 있다. 국내의 운전자 인지반응 연구는 다음 <표 1>과 같으며, 특징이 설명되어 있다.

<표 1> 국내 인지반응시간 연구 고찰

- 대부분의 문헌에서 정확한 언급은 없었지만 기존 연구에서 나타난 과정을 검토해 본 결과, 미국 교통국의 방법이 가장 합당한 것으로 판단됨
- 기존 연구 고찰
 1. 321명의 피실험자를 대상으로 10km 도로구간을 주행하는 중 경적소리가 나면 신속하게 브레이크 조작하도록 함 (Johansson · Rumar, 1971)
 2. 젊은 운전자 49명과 고령 운전자 15명을 대상으로 위험물 발견에 따른 인지반응시간 측정(Olson · Sivak, 1986)
 3. 운전자가 전혀 예상하지 못하도록 도로변에서 갑자기 장애물이 튀어나오도록 설정
계기판에 설치된 LED 램프가 점등되면 최대한 빨리 브레이크를 밟도록 설정(Koppa · Fambro · Zimmer, 1996)
 4. 23명의 남성운전자를 대상으로 주행 중 돌발 상황이 운전 행동 및 생체 신호에 미치는 영향을 분석(신용균, 1998)
- 정해진 실험대상을 통해 인지반응시간을 설정하였으므로, 반응하기 위한 자극만 포함하였음. 즉, 특이사항 발생시 즉시 브레이크 조작을 시도함에 따라 인지반응시간 지연이 없음

본 연구에서는 운전자 인지반응시간을 운전자가 위험상황을 만났을 때 운전실력을 과신하여 자극을 느끼고도 반응하지 않는 시간을 제외시킨, 자극을 느끼기 시작한 시점부터 시작하여 마지막으로 브레이크를 밟기 위해 발을 움직이는 시점까지로 정의하여 경고 시험과 비경고 시험을 VR 시뮬레이션을 통해 수행하였다. 이와 함께 운전자 감속수준도 함께 측정하였다.

1) 인지반응시험 시나리오

FVCWS 시험 평가를 위해 경고 거리 정확도 시험 및 목표물 구별 시험이 요구되며 FVCWS 시험 시 인지반응시간, 감 · 가속도(m/s^2) 등의 데이터를 도출해야 한다.

(1) 경고 시험 시나리오

- SV가 110km/h로 주행(10초 이상을 일정간격 유지하여 달리도록 함)
- 갑자기 경고음 등이 울려 운전자에게 알림(시각 · 청각 효과가 모두 있으면 좋음)
- 소리를 들은 운전자는 바로 브레이킹을 시작함
- 인지반응시간 = 경고음 울린 시점 - SV 감속 시점
이 상황은 운전자가 사전에 알지 못하게 하며, 시뮬레이션으로 충분히 운전자가 앞차가 급정거하였을 때 바로 정지할 수 있도록 느낄 수 있어야 한다.

2) VR 시뮬레이션을 통한 운전자 인지반응시간 도출시험

성균관대학교의 공학연구실에 구축된 운전자 시스템이 이용하여 운전자 인지반응 실험을 수행하였다. 인지반응시간은 선행 연구를 바탕으로 선행차량의 감속에 의한 위험상황이 발생한 시점에서 운전자가 이를 인지하여 브레이크 페달을 조작하기 시작하는 시점까지로 정의하였다. 실험을 통해 운전자의 인지반응 시간 및 감가속도를 측정함으로써 결과값을 도출하였다.

(1) 운전자 인지반응 실험절차

피실험자는 총 34명으로 남성 25명, 여성 9명이 참여하였다. 20~30대의 본 실험의 목적을 알지 못하는 운전경력 1년 이상의 능숙한 운전자를 대상으로 실험을 진행하였다. 또한 실험 후 VR 환경의 현실감 제공 정도를 조사하여 미약한 점을 보완하였다.

실험을 수행하기 전에 피실험자는 위험 상황이 발생되지 않은 상황에서 일정시간 동안 주행하도록 하였다. 이는 피실험자의 시스템에 대한 적응을 돕기 위해서이다. 피실험자가 적응을 마친 후에 본 실험을 시행하였으며 주행시나리오는 다음과 같이 구성하였다. 피실험자는 선행차량을 추종하도록 하였으며, 선행차량은 초기속도 0 km/h 에서 가속하여 110 km/h 로 주행하도록 설정하였다. 110 km/h 로 주행하는 도중 선행차량과의 TTC(Time To Collision)가 1.5sec이하이면 선행차량은 0.5g로 급 감속하도록 하였다. 이러한 감속 상황이 최소한 3번 이상 발생할 때까지 실험을 진행하였으며, 이는 실험에 대한 개인의 편차를 최소화시키기 위함이다. 또한 선행차량이 감속할 때 경고음이 주어지는 경우와 그렇지 않은 경우로 구분하여 실험을 수행하였다.

(2) 운전자 인지반응 실험결과

시험결과로 85th 90th 95th의 운전자 인지반응시간과 운전자 감속도를 도출하였으며, 그 값은 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 운전자 인지반응시간

	85 th	90 th	95 th
인지반응시간(s)	0.89	0.94	1.04
운전자 감속율(m/s^2)	-5.25	-3.90	-1.73

ISO 규정에 언급된 Johansson 등의 연구²⁾에서는 321명의 피실험자를 대상으로 10 km 도로구간을 주행하는 중 경적소리가 나면 신속하게 브레이크를 조작하게 하여 운전자 인지반응시간을 측정하였다. 실험을 통해 측정된 운전자 인지반응시간의 평균값은 0.66sec이었으며, 실험을 통해 도출된 경고 상황에서의 실험값과 0.275sec의 차이를 보였다. FVCWS에 0.66sec를 파라미터 설정값으로 사용할 경우, 국내 운전자의 공주거리보다 짧은 공주거리를 토대로 충돌 위험 경고가 발생하기 때문에 사고의 위험성은 커지게 될 것이다. 따라서 향후 국내에 ASV를 도입할 경우, 시스템의 안전성을 위하여

2) G. Johansson, K. Rumar, "Driver's Brake Reaction Time", Hum. Factors, Vol.13, pp.23~27, 1971.

국내 운전자의 주행특성을 적용하는 것은 필수적이다.

2. FVCWS 시험 시나리오 개발

1) 평가를 위한 환경 조건

평가에 적합한 도로표면 조건은 평평하고 건조한 상태의 아스팔트 혹은 콘크리트 표면이다. 또한 기온은 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 즉 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 여야 하며, 수평 가지거리는 최소 1km가 되어야 한다. 시계상태가 양호한 낮 동안에 수행하고, 바람이 심하게 부는 조건은 피한다. 시험 평가를 위한 가정은 다음과 같다.

- FVCWS는 모든 날씨 조건에서 작동하며 운영이 제한되면 운전자에게 경고를 줌
- FVCWS는 SV가 같은 차선과 방향으로 주행하는 모든 차종(오토바이, 승용차, 트럭)의 차량에 대해 충돌 위험성이 있을 때 경고를 울려야 함
- FVCWS는 경고음 발생 지역(Alert Zone) 밖의 물체(도로변 주차차량, 가로등, 안내판, 가드레일, 옆 차로 차량, 교각, 상부 표지판)에 대해 경고음을 발생하지 않음
- FVCWS는 포장 재료나 도로 파편 등과 같은 물체에 의해 경고음 발생하지 않음
- 정지차량 위치 조건으로 충돌경고 시험 중 많은 경우 LV가 정지한 상태로 시험을 수행하며 이 경우 다음과 같이 정지 차량을 준비함
 - LV의 무게중심점(CG)이 차선 중심부로부터 0.3m 이내
 - LV의 길이방향 축이 도로 중심축과 2.5° 이내

2) FVCWS 시나리오

FVCWS 시험 평가를 위해 경고 거리 정확도 시험 및 목표물 구별 시험이 요구되며 FVCWS 시험 시 차간간격(m), 속도(km/h) 및 감·가속도(m/s^2)등의 데이터를 도출해야 한다.

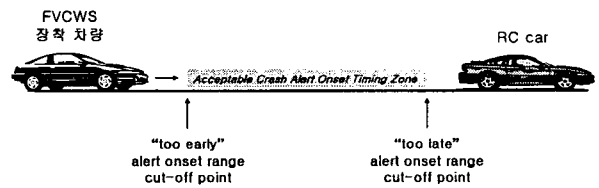
<표 3> 시험시 요구 데이터

요구 데이터		가공 데이터
Sensor Data	검지된 LV(Lead Vehicle)까지의 거리(m)	감속도 (m/s^2)
Vehicle Data	시간/거리 흐름에 따른 SV/LV의 속도값(km/h)	
경고 발생 시점(위치, 지점)(sec, m)		인지반응시간 (sec)
브레이크 반응 시점(위치, 지점)(sec, m) 및 경고 여부		

(1) 경고거리 정확도 및 목표물 식별 능력 개요

이 시험은 차량을 주행하면서 시험하며 SV가 주행하는 동안 다음의 절차로 경고 거리를 측정하며 다중경고 중 마지막 경고인 2차 경고에 대해서만 고려한다. 다중경고를 갖춘 FVCWS에서 운전자는 마지막에 가장 긴급한 경고를 받을 것이다. 이때, 경고 거리 정확도 설계값 대비 최대 $\pm 1\text{m}$ 또는 5% 이내 이어야 하며 설계값 경고 거리는 차간간격, 상대속도, 충돌까지의 시간, SV의 속도 등으로 계산된다. 우선 인지반응시간과 차량 감속도로 <그림 2>와 같이 빠른경고(too-early)와 늦은경고(too late)영역을 정하여 준다. FHWA

의 「Human Factors in Forward Collision Warning Systems」 연구에서는 운전자 인지반응시간을 빠른경고, 권고 경고, 늦은경고에 대해 나누어 적용하였으며 빠른경고에는 95th 인지반응시간을 값을 적용하였으며, 권고경고와 늦은경고에서는 85th의 인지반응시간 값을 적용·제시하였다.³⁾ 95th의 인지반응시간은 1.52초이며 85th의 인지반응시간은 1.18초로 나타났다. 권고하는 값은 1.18초이다. 국내 운전자 인지반응시간 값은 위의 <표 3>과 같이 경고의 인지반응시간을 85th값, 90th값, 95th값으로 제시하였다. 계산된 값은 다음 <표 3-50>와 같으며 일찍 반응했을 경우(Too early) 인지반응시간은 0.89초이며 늦게 반응했을 경우 1.04초로 나타났다. 실험을 통해 도출된 감속도 값을 마찬가지로 이용하였다.



<그림 2> 경고 시점

(2) 경고 거리 계산

경고 거리는 운전자가 인지반응시간동안 간 거리와 충돌을 회피하기 위한 제동거리의 합으로 계산한다.

경고거리 = 운전자 인지반응시간동안 간 거리 + 제동거리
운전자의 인지반응시간동안 간 거리는 다음의 식으로 계산한다.

$$L_P = (V_{SV} - V_{LV}) \times PRT + \frac{1}{2}(a_{SV} - a_{LV}) \times (PRT)^2$$

L_P : 인지반응시간동안 간 거리(m)

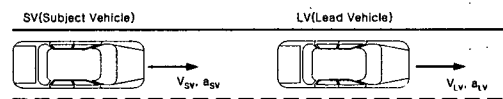
PRT : 인지반응시간(sec)

V_{SV} : SV의 속도(m/s)

V_{LV} : LV의 속도(m/s)

a_{SV} : SV의 감속도(m/s^2)

a_{LV} : LV의 감속도(m/s^2)



<그림 3> 경고 관측 시점

제동거리는 두 차가 주행 중에 LV가 감속하여 충돌 상황이 발생할 때, LV가 움직이고 있는지 정지했는지에 두 가지 경우로 나누어지며 다음 조건식으로 이러한 두 가지 경우를 결정한다.

$$V_{LV}/a_{LV} < PRT + V_{SV}/a_{SV}$$

3) Human Factors in Forward Collision Warning Systems : Operating Characteristics and User Interface Requirements, 2002

LV가 위의 조건식을 만족할 경우 LV는 정지할 것이며, 만족하지 않을 경우 LV는 계속 주행 중이다. 충돌 상황이 아닌 LV가 움직이지 않거나 일정한 속도로 주행중인 경우에는 다음 조건식으로 나눈다.

$$a_{LV} \times V_{SV} \leq a_{SV} \times V_{LV} - a_{LV} \times PRT \times (a_{SV} - a_{SVR})$$

LV가 위의 조건식을 만족할 경우 LV는 정지할 것이며, 만족하지 않을 경우 LV는 계속 주행 중이다. 이러한 3가지 경우에 따라 다음과 같이 제동거리식을 제시하였다.

① LV 감속하여 정지

LV가 감속하여 정지하는 경우는 2가지 경우로 나누어지며, 다음과 같다.

$$\begin{aligned} SV \text{ 감속도} &> LV \text{ 감속도} \\ SV \text{ 감속도} &\leq LV \text{ 감속도} \end{aligned}$$

첫 번째의 경우는 LV와 충돌하기 바로 전에 운전자 인지 반응시간만큼의 시간으로 경고를 울려주면 충돌을 피할 수 있으나 두 번째의 경우는 운전자 인지반응시간과 제동하는 시간을 함께 산출해야 하며 일반 계산식으로 산출하기 불가능하다. 그래서 다음과 같이 첫 번째 경우에 대해서만 일반식을 적용하여 계산한다.

$$L_S = \frac{(V_{SVP})^2}{-2 \cdot a_{SVR}} - \frac{(V_{LVP})^2}{-2 \cdot a_{LV}} + (V_{SVP}) \cdot t$$

L_S : 정지거리(m/s)

V_{SVP} : SV의 예상속도(m/s)

V_{LVP} : LV의 예상속도(m/s)

<표 4> 단계별 경고거리 산정

㉠ 1단계: 주행 거리 산정	
$x_{LV} = x_{clear} + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$	x_{LV} = LV가 주행한 거리
$x_{SV} = v_0 t$	x_{SV} = SV가 주행한 거리
	x_{clear} = LV와 SV의 차간간격
㉡ 2단계: 충돌 시간 산정	
$x_0 t = x_{clear} + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$	
$x_{clear} = \frac{1}{2} a t^2$	
$t = \sqrt{\frac{2x_{clear}}{a}}$	
㉢ 3단계: 경고 시간 산정	
$t_{warning} = t - t_{prt}$	$t_{warning}$ = 경고시점
	t_{prt} = 운전자 인지반응시간
㉣ 4단계: 경고시점에서의 LV의 거리 산정	
$x_{LVW} - x_{SVW} = x_{clear} + \frac{1}{2} a t_{warning}^2$	x_{LVW} = 경고시점에서의 LV가 주행한 거리
	x_{SVW} = 경고시점에서의 SV가 주행한 거리

② LV가 처음부터 정지

$$L_S = \frac{(V_{SVP})^2}{-2 \cdot a_{SVR}}$$

③ LV 주행 중(일정한 속도로 주행중인 경우 포함)

$$L_S = \frac{(V_{SVP} - V_{LVP})^2}{-2 \cdot (a_{SVR} - a_{LV})}$$

(3) 경고 거리 정확도 및 목표물 식별능력 시나리오

국내 교통상황을 반영하여 다음과 같은 시나리오를 구성하였다.

<표 5> 시험 시나리오 요약

#	FVCWS 실험
저속의 LV가 정속으로 주행하는 경우	
1	110km/h로 주행중인 SV가 30/50/70km/h로 주행중인 LV에 도달※현재 최고 제한속도 110km/h
2	50/70km/h로 주행중인 SV가 30km/h로 주행중인 LV에 도달
3	110km/h로 주행중인 SV가 속도 35km/h인 트럭을 따라 주행하는 오토바이에 도달
4	곡선부에서 SV(60/70/80km/h)가 10km/h로 주행중인 LV에 도달※Test Site의 설계속도별 test
식	$L_S = \frac{(V_{SVP} - V_{LVP})^2}{-2 \cdot (a_{SVR} - a_{LV})} + (\text{인지반응시간} \times \text{속도})$
SV와 동일한 속도로 주행하던 LV가 일정 감속도로 감속하는 경우	
5	SV와 LV가 110km/h로 주행중 LV가 살짝 브레이크 밟음 (LV가 70/40/0km/h 중점 관찰)
6	SV와 LV가 110km/h로 주행중 LV가 적당히 강한 브레이크 밟음(LV가 70/40/0km/h 중점 관찰)
식	경우의 수로 나누어 적용
SV와 동일한 속도로 주행하던 LV가 일정 감속도로 감속하는 경우	
7	110/80km/h로 주행중인 SV와 정지한 LV를 만남
8	80km/h로 주행중인 SV와 LV, LV가 차선바꾸면서 그 앞에 정지한 LV 나타남
식	$L_S = \frac{(V_{SVP})^2}{-2 \cdot a_{SVR}} + (\text{인지반응시간} \times \text{속도})$

① 저속의 LV가 정속으로 주행하는 경우

○ 시나리오 1

SV가 30/50/70km/h로 주행 중인 LV 차량을 110km/h로 일정한 시간간격을 맞추어 주행함. SV와 LV의 시간 간격은 1.5 이상이며 SV는 충돌경고음이 발생 할 때까지 주행하며 이때 시험을 완료함

<표 6> SV가 30/50/70km/h인 LV를 110km/h의 속도로 추종

LV 속도 (km/h)	경고 발생 거리(m)		
	85 th	90 th	95 th
30	75	93	175
50	54	65	113
70	39	45	68

○ 시나리오 2

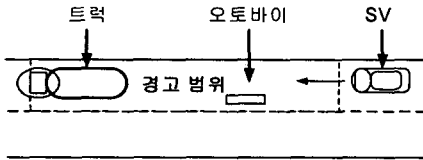
50km/h로 주행중인 SV와 같은 차선에 LV가 30km/h로 주행 중. SV는 LV를 따라 충돌경고음이 발생할 때까지 주행하며 경고음 발생 후 SV를 감속시켜 LV와 동일한 속도로 주행하면 시험을 종료함. 또한 SV를 70km/h로 주행시켜 동일한 실험을 반복

<표 7> 50/70km/h로 주행중인 SV가 30km/h인 LV에 도달

SV 속도 (km/h)	경고 발생 거리(m)		
	85 th	90 th	95 th
50	16	18	24
70	30	35	56

○ 시나리오 3

오토바이가 35km/h로 주행중인 트럭 뒤에 시간간격 0.4초 거리에서 같은 속도로 주행. 이때 SV가 110km/h로 트럭과 오토바이를 따라 동일 차선으로 주행. SV와 오토바이의 시간간격은 1.5초 이상이어야 함. SV는 오토바이를 따라 충돌경고음이 발생할 때까지 주행하며 SV를 감속시켜 오토바이를 따라 일정속도 주행함. 다음에 오토바이를 감소시켜 SV가 경고를 발생하면 시험을 완료함. 이 실험을 통해 FVCWS는 종방향의 작은 목표물이라도 쉽게 구별하여 경고를 발생시킬 수 있어야 함



<그림 4> SV가 35km/h인 트럭을 따라 주행하는 오토바이에 도달

<표 8> SV가 35km/h인 트럭을 따라 주행하는 오토바이에 도달

LV속도(km/h)	경고 발생 거리(m)		
	85 th	90 th	95 th
35	69	85	158

○ 시나리오 4

LV는 곡선부를 10km/h의 속도로 느리게 주행중이며 SV는 경고가 울리거나 제동거리까지 도달할 때까지 동일 차선을 주행함. SV는 LV를 따라 충돌경고음이 발생할 때까지 주행하며 경고음 발생 후 SV를 감속시켜 LV 앞에 정지하면 시험을 완료함. 곡선반경은 130~250m 사이이며 이때 최대 편경사는 8%이고 곡선부의 호는 적어도 80도 이상이어야 함. 경고가 발생한 시점이 변곡점 부분이었을 때, SV는 적어도 2초 정도 경고를 울려야 함. SV의 속도는 곡선반경별 설계속도이며 <표 3>과 같음

<표 9> 곡선부에서 SV가 10km/h로 주행중인 LV에 도달

SV 속도 (km/h)	경고 발생 거리(m)		
	85 th	90 th	95 th
60	34	41	74
70	44	54	101
80	56	70	133

② SV와 동일한 속도로 주행하던 LV가 일정 감속도로 감속하는 경우

○ 시나리오 5

SV와 LV가 동일차로에 110km/h로 주행 중. 차간간격을 1.0

초/1.5초(31m/46m)로 5초 정도 유지하여 주행한 후 LV가 0.15g(1.47m/s²)정도 감속하며 정지할 때까지 감속을 유지함. SV는 LV 따라 충돌경고음이 발생할 때까지 주행하며 경고음 발생 후 LV 뒤에 정지하면 실험을 종료.

<표 10> SV와 LV가 110km/h로 주행 중 LV가 브레이크 밟음

		경고 발생 거리(m)		
		85 th	90 th	95 th
차간거리 31m 일 경우	경고시점 (sec)	5.60	5.55	5.45
	경고거리	8	8	10
차간거리 46m 일 경우	경고시점 (sec)	7.02	6.97	6.87
	경고거리	10	11	12

○ 시나리오 6

SV와 LV가 동일차로에 110km/h로 주행 중. 차간간격을 1.0초/1.5초로 5초 정도 유지하여 주행한 후 LV가 0.35g(3.43 m/s²)정도 감속하며 정지할 때까지 감속을 유지함. SV는 LV를 따라 충돌경고음이 발생할 때까지 주행하며 경고음 발생 후 LV 뒤에 정지하면 실험을 종료함. 이 실험을 통해 FVCWS는 돌발 상황 감속 차량에 대한 경고능력을 제시함

<표 11> SV와 LV가 110km/h로 주행 중 LV가 브레이크 밟음

		경고 발생 거리(m)		
		85 th	90 th	95 th
차간거리 31m 일 경우	경고시점 (sec)	5.60	5.55	5.45
	경고거리	8	8	10
차간거리 46m 일 경우	경고시점 (sec)	7.02	6.97	6.87
	경고거리	-	-	-

③ LV가 정지한 경우

○ 시나리오 7

110/80km/h로 주행중인 SV가 주행 차선의 중간에 정지해 있는 LV에 도달하는 실험으로 SV는 최소 경고 거리 이하로 도달하기 전에 경고가 발생하여 브레이크를 밟아야 함. SV는 LV를 향해 충돌경고음이 발생할 때까지 주행하며 경고음 발생 후 SV를 감속시켜 LV 앞에 정지하면 시험을 완료함

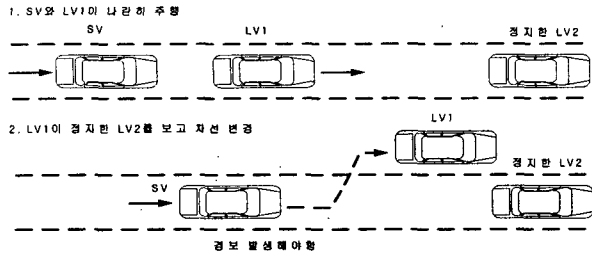
<표 12> 110km/h로 주행중인 SV가 정지차량에 도달

속도 (km/h)	경고 발생 거리(m)		
	85 th	90 th	95 th
110	117	149	302
80	67	84	166

○ 시나리오 8

SV와 LV1과의 차간간격은 2.0초이며 같은 차선에 LV2가 정지하여 있음. SV와 LV1의 초기속도는 80km/h이며 LV1은 정지된 차량 LV2 101m 앞에서 차선을 변경함. 이때, SV가 LV2와의 거리가 101m가 되기 전에 LV1의 바퀴가 완전히 기

존 차선을 벗어나야 함. SV는 LV1이 벗어난 후 LV2를 향해 충돌경고음이 발생할 때까지 주행하며 경고음 발생 후 SV를 감속시켜 LV 앞에 정지하면 시험을 완료함



<그림 5> 정지차를 피하기 위해 LV1이 차선을 변경

<표 13> 정지한 LV2를 피하기 위해 LV1이 차선을 변경

경고 발생 거리(m)		
85 th	90 th	95 th
67	84	166

III. 결론

전방충돌경고장치(FVCWS)는 운전자에게 안전운전을 지원하기 위해 개발되어 현재 미국 등 여러 나라에서 자동차에 부착되어 판매되고 있는 첨단기능이다.

그러나 이러한 기능은 각국의 도로 및 교통상황과 운전자의 행태에 따라 운전자를 지원할 수 있는 경고 조건이 달라지기 때문에 기본 성능요건 및 그에 따른 시험평가 방법을 국제표준으로 제정하고 있다.

특히 우리나라는 이 기능을 적용할 수 있는 도로체계 즉, 고속도로, 국도 및 지방도에 급경사 지역이나 곡선부가 상당히 많이 존재하고 급작스러운 운전자의 급정거 등으로 인한 추돌사고가 빈번히 일어나고 있기 때문에 이 기능은 효과가 매우 클 것으로 예상되지만, 국제표준에서 제시하고 있는 여러 가지 성능요건 및 시험평가 절차가 우리의 현실을 반영하지 못하고 있어 위와 같은 시험평가 방법론을 개발하여 제시함과 아울러 본 논문에서 그 결과에 따른 국내 기준 제정의 방향을 제시하였다.

향후 이 결과는 좀 더 세부적인 검증 결과를 거쳐 우리나라의 안전기준으로 제정될 예정이다.

참고문헌

1. 대한토목학회, "도로의 구조/시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침".2000
2. 경찰청, "교통사고 통계". 2001
3. 건설교통부, "도로현황조사", 2003. 12
4. 이수범 외, "차량주행속도에 EKfms 운전자 인지반응시간 연구", 대한토목학회, 2001
5. Olson, "the interval between the appearance of some object or condition in the driver's field of view and the initiation of a response", 1996
6. G. Johansson, K. Rumar, "Driver's Brake Reaction Time", Hum. Factors, Vol.13, pp.23~27, 1971.

7. Daniel V. McGehee et al., Human Factors in Forward Collision Warning Systems : Operating Characteristics and User Interface Requirements, 2002

8. ISO/TC204/WG14 "Forward Vehicle Collision Warning Systems", ISO 15622, 2002, 10, 1