

## 전방차량충돌경고장치(FVCWS) 평가 시스템

용 부 중<sup>\*1)</sup> · 박 요 한<sup>2)</sup> · 윤 경 한<sup>2)</sup> · 황 덕 수<sup>2)</sup>

경일대학교 기계자동차학부<sup>1)</sup> · 교통안전공단<sup>2)</sup>

### Evaluation System for Forward Vehicle Collision Warning System

Boojoong Yong<sup>\*1)</sup> · Yohan Park<sup>2)</sup> · Kyong-Han Yoon<sup>2)</sup> · Duk-Soo Hwang<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>School of Mechanical & Automotive Engineering, Kyungil University, Gyeongsbuk 712-701, Korea

<sup>2)</sup>Korea Transportation Safety Authority, 523 Gojan-dong, Damwon-gu, Ansan-si, Gyeonggi 425-801, Korea

(Received 30 August 2006 / Accepted 10 November 2006)

**Abstract :** The main function of the Forward Vehicle Collision Warning System (FVCWS) is to warn a driver when he or she experiences dangerous situations caused by a forward vehicle. Warning distance algorithms under same dangerous circumstances are often various depending on automobile manufacturers and component suppliers. Human factors also should be considered to warn the driver at an adequate warning distance. Therefore, it is necessary to develop a system for evaluating the pertinent warning timing in an identically dangerous situation. The system consists of sensors for measuring speed and acceleration of subject vehicle and target vehicle, controllers to follow the velocity profile properly, and wireless telecommunication equipments for receiving or transmitting the measured data in a real-time. According to actual field tests, it is shown that the developed system is suitable to evaluate warning distance of FVCWS.

**Key words :** Forward vehicle collision warning system(전방차량충돌경고장치), Warning distance(경고 거리), Subject vehicle(대상차량), Leading vehicle(LV, 전방 차량), Target vehicle(목표 차량), Time gap(시간 갭), Driver's brake reaction time(운전자 제동 반응시간)

#### Nomenclature

$V_{max}$  : 최대 시스템 작동 속도 [m/s]

$V_{min}$  : 최소 시스템 작동 속도 [m/s]

$T_{max}$  : 경고 후 최대 운전자 제동반응시간 [s]

$T_{min}$  : 경고 후 최소 운전자 제동반응시간 [s]

$a_{min}$  : 대상차량의 급제동시 최대감속도 [ $m/s^2$ ]

$D$  : 목표 차량까지의 거리 [m]

$V_1$  : 대상 차량 속도 [m/s]

$V_2$  : 목표 차량 속도 [m/s]

$T$  : 운전자 제동 반응 시간 [s]

$a_1$  : 대상차량 감속도 [ $m/s^2$ ]

$a_2$  : 목표차량 감속도 [ $m/s^2$ ]

#### 1. 서론

자동차의 발전과 더불어 다양한 도로망의 구축에 의해 우리의 공간 이동은 더욱 편리해지고 있다. 그러나 운전자 저변 인구의 증가, 운전자의 고령화, 교통량의 증대에 비례하여 교통체증과 교통사고가 증

\*Corresponding author, E-mail: yongb@asme.org

가하는 상황을 맞이하고 있다. 도로 교통 환경 및 안전을 개선하기 위한 새로운 접근방안으로 인공지능을 갖춘 제반 교통시설 및 자동차 개발이 대두되고 있다. 이에 따라 ITS(Intelligent Transport Systems) 기술과 연계된 첨단차량제어시스템(Advanced Vehicle Control System) 및 도로시스템(Automated Highway System)의 구축을 목표로 자동차 선진국이 중심이 되어 1990년대부터 다양한 개발 프로그램이 추진되기 시작하였다.<sup>1)</sup>

자동차기술과 정보통신기술이 결합된 텔레메틱스(Telematics) 분야는 운전 중 자동차를 비즈니스 공간으로 활용하고자 하는 운전자의 욕구에 맞춰 급속한 성장이 예상되고 있다. 특히 우리나라와 같이 교통 체증이 심각한 환경에서는 텔레메틱스 기술의 사회적 기여도가 매우 높을 것이다. 그러나 운전 중에 첨단 정보통신 기술을 기반으로 제공되는 많은 정보는 운전자에게 편의를 제공하는 반면, 운전자의 부주의를 유발하여 사고율을 증가시키게 된다. 운전자가 운전 중 안전하고 편리하게 정보를 활용하기 위해서는 운전부하가 최소화되어야 하고, 이를 뒷받침할 자동차의 첨단화가 절실히 요구된다. 즉 텔레메틱스의 보편적 상용화를 위해서는 첨단안전차량(ASV)의 개발이 필연적이다.

첨단안전차량(ASV)은 운전자의 편의성 및 안전성이 고려된 시스템을 탑재한 자동차로써, 사고를 사전에 예방하기 위한 경고 기능과 운전자의 주행 부하를 줄여주는 자동순항제어 기능 등이 있다. 이에 해당하는 시스템으로는 감응순항제어장치(Adaptive Control System), 전방차량충돌경고장치(Forward Vehicle Collision Warning System), 전방충돌회피지원장치(Forward Collision Avoidance Assistant System) 등을 예로 들 수 있다. 첨단안전 시스템들은 현재 국제표준화회의(ISO)에서 이에 대한 기술 및 쟁점사항들이 지속적으로 논의되고 있으며, Fig. 1은 현재 개발되고 있는 시스템으로 구성된 첨단안전차량의 예시이다.<sup>1)</sup>

독일 및 일본에서 수행된 연구에 의하면 교통사고의 70~90%는 운전자가 위험 상황을 미처 인식하지 못했거나 적절한 운전조작을 하지 못한 것으로서, 운전자가 1초 정도 위험상황을 미리 인식하면

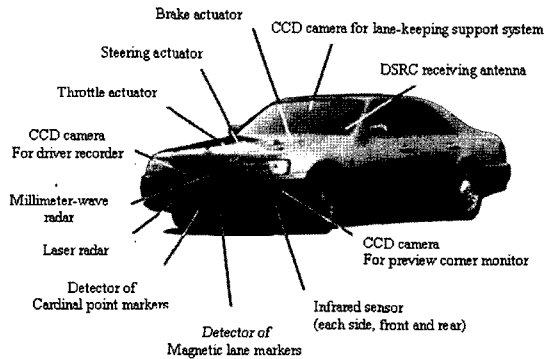


Fig. 1 첨단 차량의 예

교차로나 추돌사고의 경우는 약 90%, 정면충돌의 경우는 60%정도까지 사고를 방지할 수 있다고 한다. 따라서 위험 상황을 미리 감지하여 운전자에게 경고를 주는 FVCWS는 사고 예방 기술 중 가장 효과적인 시스템이라고 할 수 있다.<sup>2,3)</sup>

이 연구는 FVCWS와 관련하여 ISO가 제안한 기능과 성능 항목들을 검토하고, 위험 상황에서 운전자가 충분히 반응하여 사고를 회피할 수 있는 적절한 시점에 FVCWS의 경고가 발생했는지 등을 객관적으로 평가하기 위한 시스템을 개발하였다.

## 2. FVCWS의 개요

이 절에서는 ISO에서 제시된 FVCWS의 기능 및 성능 요건을 요약하였다.<sup>4)</sup>

### 2.1 FVCWS의 기능

FVCWS의 주요 기능은 대상차량(FVCWS 탑재차량)의 경로 안에 있는 전방차량이 잠재적 충돌 위험 요소가 발생하는 상황일 때, 대상차량이 운전자에게 경고를 주는 것이다. FVCWS의 기능적 구성 요소는 Fig. 2에 간략히 표현되었으며, 제어기에 수집된 정보들을 기초로 운전자에게 경고가 발생하는 유기적 관계를 보이고 있다.

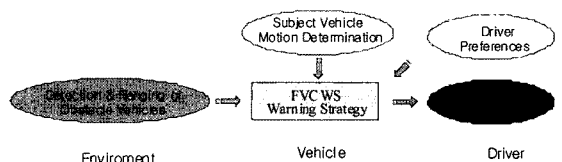


Fig. 2 FVCWS의 기능적 구성

### 2.2 FVCWS의 성능 요건

대상차량과 목표차량의 잠재적인 충돌 시간은 대상차량의 속도와 전방 장애 차량과의 거리 및 두 차량 간 상대속도로 판단된다. 이를 바탕으로 FVCWS는 적어도 두 개의 다른 경고를 제공해야 한다. 즉 1차적으로 예비 충돌경고에 의해 전방 장애 차량의 존재여부를 운전자에게 알려줌으로써 운전자는 충돌을 피하기 위해 필요한 행동을 취할 준비를 갖추게 되며, 2차적으로 충돌경고를 통해 충돌을 피하기 위한 조치의 필요를 운전자에게 알려주게 된다. FVCWS의 최소감지범위는 Fig. 3에서 볼 수 있으며, 감지범위요건은 Table 1에 정리하였다. 또한 FVCWS의 감지 폭과 감지 높이 요건에 관해 Table 2와 같이 요약하였다.

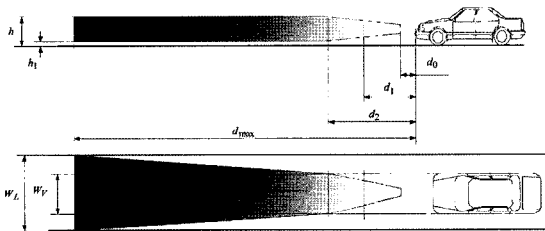


Fig. 3 감지 영역(Detection Area)

FVCWS의 경고거리는 Fig. 4와 같이 제동거리(braking distance)와 공주거리(free running)의 합으로 나타내며, 이것은 식 (1)로 정리할 수 있다.

$$D = V_1 \times T + (V_1^2 / 2a_1 - V_2^2 / 2a_2) \tag{1}$$

Table 1 감지 범위(Detection Range)

Distance	Formula or value	Meaning
$d_{max}$	$V_{max} \times T_{max} + V_{max}^2 / 2a_{min}$	최대 감지 거리
$d_2$	Class 1 : 10m 이상 Class 2 : 7.5m 이상 Class 3 : 5m 이상	끼어드는 차량을 감지하는 최소거리
$d_1$	$V_{min} \times T_{min}$	거리측정 능력이 있는 시스템의 최소 거리
$d_0$	2m 이하	거리측정 능력이 없는 최소 감지 가능 거리

Table 2 Detection width and detection height

Distance	Minimum Detection Width	Minimum Detection Height
$d_{max}$	$W_L$	$h_1 = 0.2m, h = 1.1m$
$d_2$	$W_V$	$h_1 = 0.2m, h = 1.1m$
$d_1$	-	-
$d_0$	-	-

이 경고거리는 운전자특성을 고려한 제동반응시간  $T$ 와 자동차특성을 고려한 감속도  $a_1, a_2$ 에 의해 결정된다.

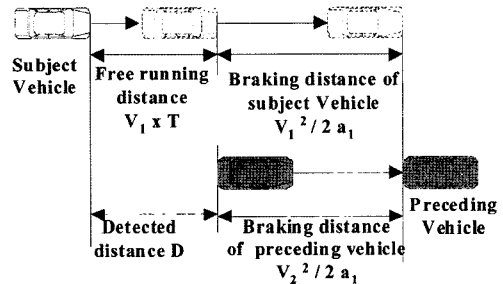


Fig. 4 Operation principles

### 3. FVCWS 평가 시스템

FVCWS의 경고거리는 자동차 제작사마다 운전자 특성인자와 각 자동차의 제동성능 등이 다르기 때문에 동일한 주행 조건, 즉 대상차량의 속도, 상대속도 및 상대거리가 같더라도 시스템별로 발생하는 경고시점이 상이할 수 있다.<sup>5)</sup> 따라서 모든 FVCWS의 경고 시점 등에 대한 적절성 및 정확도를 평가할 수 있는 별도의 평가시스템이 필요하다. 또한 FVCWS의 적절한 평가를 위하여, 동일 시험 조건을 반복적으로 구현할 수 있는 시스템 및 요구 데이터를 수집할 수 있는 DAS(Data Acquisition System)가 필요하다. 이 연구는 이와 같은 기능과 성능을 가진 평가시스템 구축 및 검증을 목적으로 한다. 현재 구축된 평가시스템은 Fig. 5와 같으며, 선행(또는 목표)차량 역할을 담당한다. 평가 시스템은 대상차량의 속도 및 거리 데이터를 계측하여 무선 통신을 통해 송수신하며, 시험 데이터를 모니터링 및 분석 가능한 소프트웨어를 구축하였다.



Fig. 5 평가 시스템

### 3.1 평가 데이터 항목

FVCWS의 경고거리를 평가하기 위한 요구 데이터는 아래 Table 3과 같다.

Table 3 Required data to evaluate FVCWS

수집데이터	가공데이터
- 각 자동차의 속도 - 각 자동차의 가속도 - 각 자동차의 누적거리 - 각 자동차의 브레이크신호	- 상대거리 - Time gap

FVCWS의 경고거리를 평가하기 위해서는 각 차량의 속도 및 거리 데이터가 필요하며, 시험의 유효성(동일 시험 조건)을 판단하기 위해 상대거리와 Time gap 등의 가공데이터가 요구된다.

### 3.2 시스템 하드웨어

평가 시스템의 하드웨어는 Fig. 6과 같이 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 즉 거리, 속도 및 가속도를 측정하는 데이터 측정/저장부, 동일한 시험 상황을 반복 · 재현하기 위해 주어진 속도 프로파일을 추종하도록 하는 속도 제어부, 그리고 두 차량의 속도 및 거리 데이터를 동기화하여 수집 · 저장하는 무선 통신부로 구성되어 있다.

속도 및 거리 데이터는 비구동축에 엔코더를 장착하여 측정하고, 가속도 데이터는 가속도 센서로 측정한다. 속도 제어부는 목표 속도와 데이터 측정부로 측정된 속도의 차이로부터 속도제어 입력값을 결정하고, 이 값으로 브레이크 또는 가속 페달의 제어량을 결정하여 목표속도를 추종하도록 제어한다. 무선 통신부는 무선 모뎀을 사용하여 주로 대상 차량의 속도 및 거리 데이터를 수신한다.

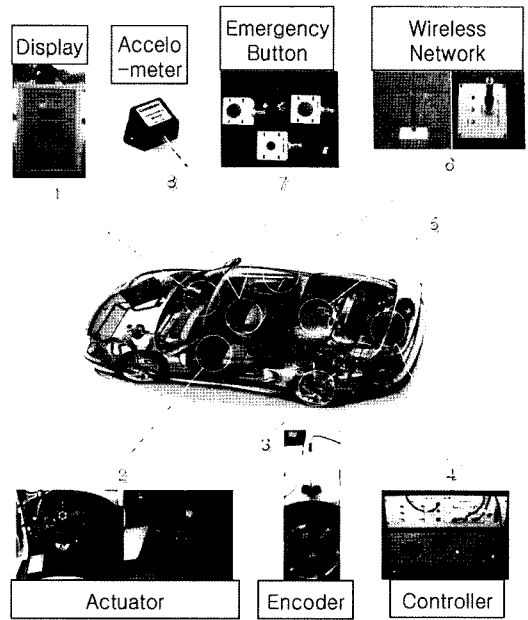


Fig. 6 Hardware configuration of the evaluation system

### 3.3 시스템 소프트웨어

평가 시험의 유효성을 판단하기 위해, 시험데이터를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 소프트웨어가 Fig. 7과 같이 구축되었다. 또한, 시험 후 수집 데이터를 저장 · 가공하여, 시험에 대한 분석이 가능하도록 Fig. 8의 소프트웨어를 구축하였다.

### 3.4 평가 시험 및 경고 거리

FVCWS의 경고거리를 평가하기 위해 다양한 상대속도 및 감속도 등의 시험조건들로 시험 시나리

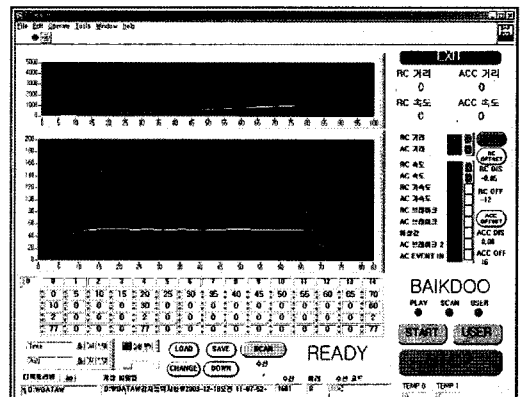


Fig. 7 Software for test monitoring

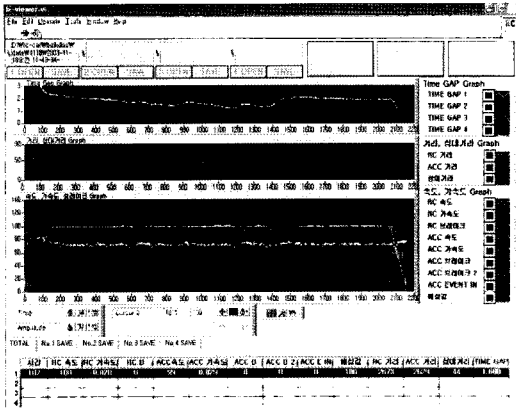


Fig. 8 Software for data analysis

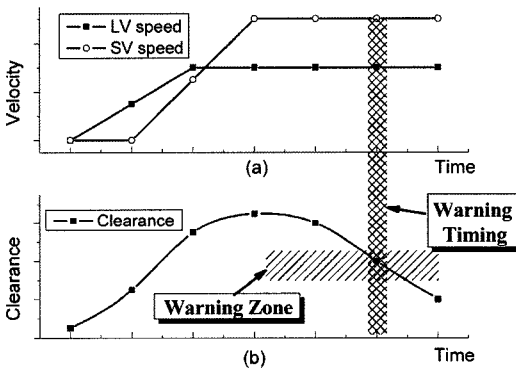


Fig. 9 Example of test scenario



Fig. 10 Field tests to evaluate FVCWS

오를 구성하였다. Fig. 9는 시험 시나리오 중 하나를 개략적으로 보여준다. 여기서, LV speed는 평가시스템이 장착된 전방차량(또는 목표차량)의 속도이고, SV speed는 대상 차량(FVCWS 탑재차량)의 속

도이다. Warning timing과 Warning zone은 ISO의 규정에 따르는 시험성능요건을 적용하였다. 시험 절차는 Fig. 9의 (a)와 같이 전방차량(평가시스템)과 대상차량이 순차적으로 출발하여 일정속도를 유지해야 하며, 대상차량의 FVCWS가 경고를 발생하면 시험은 종료된다. 평가 시험은 Fig. 10과 같이 자동차 성능연구소의 주행시험장 직선로에서 수행되었다.

4. FVCWS 평가 시험 결과

구축된 평가 시스템으로 시험한 후, 현대자동차에서 구축된 FVCWS의 데이터와 본 평가시스템의 데이터를 비교하여 Table 4에 정리하였다. 여기서 Relative Distance는 두 차량의 차두거리로부터 목표 차량의 길이를 뺀 차간 간격을 나타낸다. 속도 데이터는 현대자동차 시스템의 경우 계기판 속도이고, KATRI(자동차성능연구소)의 경우 엔코더로부터 측정된 값이므로 차이가 발생했다. 상대거리 오차의 경우, 평가시스템은 거리값을 1m 단위로 저장함에 따른 오차가 발생하였고, 현대자동차는 레이더의 시스템 시간지연 등에 의한 오차가 발생한 것으로 판단된다.

Table 4 Test resultant data

	LV Speed [km/h]		SV Speed [km/h]		Relative Distance [m]		
	현대	KATRI	현대	KATRI	현대	KATRI	Error
1	36	31	56.9	50	23.2	22	1.2
2	36	31	55.7	49	22.4	22	0.4
3	35	31	55.4	50	22.4	22	0.4
4	35	31	55.3	50	23	22	1.0
5	36	31	54.9	49	22.2	21	1.2
평균	35.6	31	55.6	49.6	22.6	21.8	0.8
편차	0.5	0.0	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4

Fig. 11과 Fig. 12를 보면 상대속도 차이가 커질수록, 그리고 전방차량의 급속한 제동력이 클수록 상대거리 오차가 크게 발생하게 됨을 확인할 수 있으며, 이는 레이더 시스템의 시간지연에 기인하는 것으로 해석된다.

5. 결론 및 향후 과제

이 연구는 측정장치(Radar, Encoder), DAS, 모니

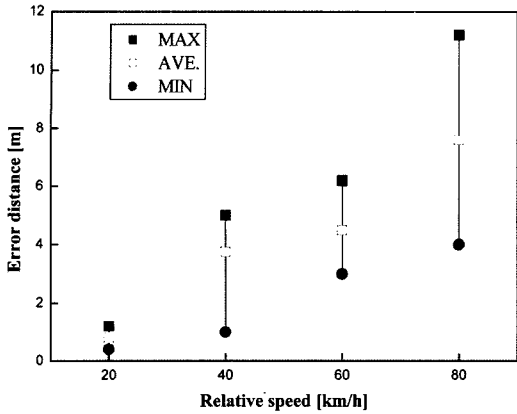


Fig. 11 Error distances by relative speed

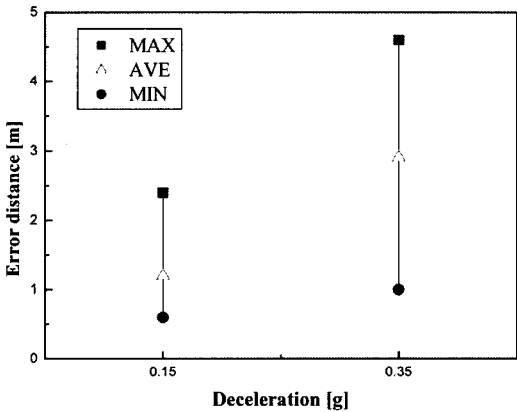


Fig. 12 Error distances by deceleration

터링/분석 소프트웨어, 무선통신시스템 등에 의한 데이터 동기화로, FVCWS 평가를 위한 요구데이터의 계측이 가능한 시스템을 구축하였다. 평가 시스템은 일정한 시험환경 설정을 위해 등속제어가 가능하도록 전압에 의한 PID제어를 하였다. 무선통신 시스템은 Radiometrix BiM2-4를 사용하였으며, 전송주기 50msec에 전송속도 56,700bps를 채용하였다.

평가시험을 한 결과, FVCWS에서 측정된 상대거리와 평가시스템에서 계측된 상대거리는 오차가 있음이 확인되었다. 상대거리 오차는 상대속도 차가 커질수록, 목표차량의 감속도가 클수록 증가하였다. 이는 평가시스템의 측정장치(엔코더)의 저장 단위에 따른 오차와 대상 차량(FVCWS)의 레이더 시스템의 시간 지연 등에 의해 발생된 것으로 판단된다.

향후, 평가시스템의 절대거리 오차를 개선하기 위해서는 현재 1m 단위로 되어 있는 거리데이터를 0.1m 단위로 저장하여 거리 데이터의 정밀도를 높이고, 레이더 및 DGPS 등의 시스템을 추가 장착하여 계측 성능의 향상과 객관성을 확보하도록 하는 시스템 구축이 필요하다. 두 차량의 속도 및 거리 데이터 동기화 문제는 현재 무선통신으로 데이터를 100msec 단위로 송수신하고 있으나, 무선 통신 데이터의 안정성이 확보되는 범위 내에서 전송 속도를 향상시키는 방안 등이 모색될 수 있다. 한편, ISO 규정에 의한 모든 class에 따른 성능요건 시험시 해당 곡률반경을 갖춘 시험 선로가 필요하나, 현재 국내에는 이러한 시험 선로가 없기 때문에 ISO가 규정하는 성능요건시험을 하기 위해서는 앞으로 이를 위한 설비가 필요할 것이다.

## 후 기

본 연구는 건설교통부의 “건설교통부 ITS 연구개발사업”의 일환으로 수행된 “첨단안전차량(ASV)에 대한 성능시험사이트 구축 및 평가기술개발(II)”과제의 일부이며, 또한 경일대학교 일반연구과제의 지원 하에 이뤄졌음.

## References

- 1) Ministry of Construction & Transportation (MOCT), Development of Performance Evaluation System for ASV (II), Annual Report, KOTI, KATRI, Hyundai Motor Co., 2004.
- 2) International Standard, Transport Information and Control Systems Forward Vehicle Collision Warning Systems Performance Requirements and Test Procedures, ISO 15623, 2002.
- 3) International Standard, Forward Vehicle Collision Warning Systems, ISO 15622, 2002.
- 4) ISO/TC204/WG14, Forward Collision Avoidance Assistance System, ISO/PWI 22839, 2004.
- 5) D. Smith, W. Najm and A. H. Lam, Analysis of Braking and Steering Performance in Car-Following Scenarios, SAE, 2003.