

# 경고정보시스템 관련 연구동향 분석 및 발전방향

## Overview of Traffic Warning Information Systems

김 준 형

(한양대학교

교통시스템공학과 석사과정)

송 태 진

(한양대학교

교통시스템공학과 학사과정)

오 철

(한양대학교

교통시스템공학과 교수)

### 목 차

#### I. 서론

1. 연구배경 및 목적
2. 연구범위 및 방법

#### II. Infrastructure 기반 관련연구동향

1. 경고조명 및 시설물 방식
2. 경고메시지 방식
3. 연구동향 분석의 시사점

#### III. In-Vehicle 기반 관련연구동향

1. Visual 방식
2. Auditory 방식
3. Haptic 방식
4. 연구동향 분석의 시사점

#### IV. 결론

#### 참고문헌

## I. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

정보의 제공이라 함은 단순히 공급자로부터의 일반적인 행위가 아니라 수요자 즉, 운전자가 필요성을 느끼는 순간 원하는 내용을 제공하여, 운전자의 정확한 이해와 반응이 수행되어야 비로써 그 의미를 가질 수 있다. Johansson et al.(1966)에 따르면 운전자는 주행 중 90%의 정보만을 인식한다고 한다. 이는 체계적이지 않은 정보시스템 운영에 원인이 있다고 할 수 있다. 불필요한 정보의 과잉 공급은 운전자에게 과도한 작업부하를 주어 교통안전에 역효과를 가져올 수 있다. 그렇기 때문에 정보제공, 특히 인명사고와 직결된 경고정보는 반드시 필요한 상황에서만 정확하게 제공되어야 한다.

국내의 정보제공시스템 및 관련 연구는 발달된 통신 및 센서기술을 통해 차량의 위치정보, 교통상황 등 운전자의 주행에 많은 도움을 주고 있다. 그러나 운전자와 보행자의 안전에 직결되는 충돌가능성, 돌발상황, 보행자 감지 등의 경고정보를 제공하기 위한 시스템

및 관련 연구는 미비한 실정이다. 반면 국외에서는 운전자와 보행자, 차량, 도로, 기상 등이 고려된 다양한 경고정보를 제공하는 경고정보시스템을 구축하고 있으며, 관련 연구 또한 활발히 진행 중이다. 국내의 경고정보시스템과는 달리 운전자와 보행자의 안전에 직결되는 다양한 경고정보를 제공하고 있다. 무엇보다도 운전자와 보행자의 안전이 가장 중요시되고 있는 가운데, 체계적인 경고정보시스템의 구축은 반드시 해결해야 할 과제이다. 이를 위해 국외 관련 연구들의 분석을 통한 국내 교통 특성에 적합한 경고제공시스템 적용과 개선이 이루어져야 한다.

### 2. 연구범위 및 방법

본 연구는 국·내외 경고정보시스템 관련 연구들의 경고정보 내용과 제공방식에 중점을 두고 수행되었다. 이를 위해 경고정보시스템에 대한 최근 국·내외 학술대회 발표논문, 학술지 논문, 연구보고서 등을 정보제공 유형에 따라 분류·분석하였다. 도로시설물을 이용하여 제공하는 Infrastructure 기반 시스템과 차량 내 장비를 이용하여 제공하는 In-Vehicle

기본 시스템으로 구분하고, 각 연구에 대한 구체적인 연구 내용과 경고정보내용, 제공방식 등을 분석하였다. 아울러 향후 국내 경고정보 시스템 연구의 발전방향을 제시하였다.

## II. Infrastructure 기반 관련연구동향

Infrastructure 기반의 경고 정보 제공은 현재 우리나라 각 도로 구간에서 활발히 사용되고 있으며 여러 관련 연구가 진행 중이다. 이 부문에서는 Infrastructure기반의 경고 제공 관련 연구를 제공 방식에 따라 분류 하여 크게 경고조명과 시설물, 경고 메시지 방식으로 분류 하였다.

### 1. 경고 조명 및 시설물 방식

경고 조명 및 시설물 유형은 조명 시설이나 차단 시설을 이용한 제공방식으로 관련연구 내용은<표 1>과 같다.

경고 조명은 교차로나 횡단보도에서 보행자 보호에 대한 경고 정보 제공으로 주로 연구 되었다. Whitlock et al.(1998)은 횡단중인 보행자 감지를 위해 횡단보도의 도로부분 가장 자리에 AWF(Advance-Warning Flasher)를 삽입 하여 횡단보도의 시인성을 높이기 위한

연구를 하였다. Sayed et al.(1999)는 사고 예측 모델을 Total, Severe, Rear-end 모델로 분류 하여 AWF의 효과성에 대하여 통계적 검증을 유도 하였다. Finely et al.(2001)은 도로공사구간 차로감소로 인한 공사구간 상류부에서의 차로변경이 원활하게 이뤄 질 수 있도록 점멸장치를 이용한 경고정보 제공 방안에 대해 연구 하였다. Harkket et al.(2001)은 ARMS(Active Road Marking System for Road Safety)를 사용 하여 보행자의 속도 및 존재여부 감지를 통한 더욱 효과적인 보행자 보호방안을 제시 하였다. ARMS는 기존의 AWF에 횡단보도에서 보행자가 대기하는 위치의 양 끝에 센서를 적용한 시스템이다. McCoy et al.(2003)은 AWF를 “Prepare to Stop when Flashing” 표지와 겸용하여 딜레마존을 최소화하기 위한 거리 및 속도 등에 대해 새롭게 정의 하였다.

차단시설은 독단적으로 사용 되지 않고 주로 표지판이나 차내의 알람 등을 제공하여 차단 시설 존재에 대한 경고를 제공 하여 준다. Rice et al.(2000)는 산악지역의 도로에서 눈사태로 인해 통행이 불가능 할 경우 Corridor Avalanche Management System과 Time of Descent Avalanche Management System의 효과를 비교하여, 비용-효과측면에서 각 지역

<표 1> 경고조명 및 시설물 유형

저자	적용방식	경고내용	연구목적
Whitlock et al. (1998)	경고조명	횡단 보행자 감지	횡단 중인 보행자 보호를 위한 횡단보도의 시인성 향상에 대한 연구
Sayed et al. (1999)	경고조명	교차로 예상신호	전방 교차로 정지신호에 따른 교차로 접근차량의 감속 유도
Finley et al. (2001)	경고조명	공사구간	운전자에게 공사구간의 차로감소를 알리기 위한 효과적 방안에 대한 연구
Hakkert et al. (2001)	경고조명	횡단 보행자 감지	횡단 중인 보행자 보호를 위한 접근차량의 시인성 향상과 보행자 인식 센서를 이용한 횡단 신호 연구
McCoy et al. (2003)	경고조명	딜레마존	전방 교차로 정지신호에 따른 교차로 접근차량의 감속 유도
Rice et al. (2000)	통행차단시설, 경고음	눈사태	눈사태를 감지하여 도로 통행차단방법의 동향 및 발전방향 제시
Rice et al. (2003)	통행차단시설, 경고음	눈사태	눈사태를 감지하여 도로 통행차단방법의 동향 및 발전방향 제시

에 적합한 눈사태관리시스템 이용에 대해 연구 하였다. Corridor Avalanche Management System은 눈사태가 발생 했을 경우 그 지역을 전반적으로 관리 하는 시스템이다. Time of Descent Avalanche Management System은 눈사태가 일어나자마자 Ultrasonic Depth Sensor로 감지하고, RF(Radio Frequency) 수신하여 경고 정보 제공을 줄 수 있는 각각의 장치에 교신을 하여 차단 할 수 있는 시스템이다. 2가지 시스템은 자동 차단 시설과 차내 알람, 표지판 등을 제공하여 운전자들이 인지 할 수 있도록 한다. 따라서 이 두 시스템을 이용한 비용 효율적이고 여러 지역에 적용되는 눈사태 관리 시스템을 개발 방안에 대한 연구를 수행 하였다. 그리고 눈사태 시스템에

대하여 차단시설을 실시간으로 관리 할 수 있는 wireless communication 적용방법을 제시 하였다.(2003)

## 2. 경고 메시지 방식

경고 메시지 제공방식은 VMS 및 표지판 등으로 운전자들에게 메시지를 제공하는 방식으로 관련연구내용은 <표 2>와 같다.

VMS가 제공하는 정보는 여러 가지가 있지만 경고정보제공은 기상상황에 대한 노면상태 등을 확인하여 제한 속도를 주는 방안에 대한 연구가 수행 되어져왔다. Rama(1997)은 눈·비 등으로 인해 노면이 미끄러울 경우 차량의 사고 가능성이 커지기 때문에 제한속도, 미끄

<표 2> Message 유형

저자	적용방식	경고내용	연구목적
Rama et al. (1997)	VMS	노면상태	노면상태별 정보contents에 따른 감속률 비교
Hogema et al. (1997)	VMS	안개	안개 밀도에 따른 차량의 제한 속도 제공
Rama (1999)	VMS	노면상태	노면상태별 정보contents에 따른 감속률 비교
Leviakangas et al. (1999)	VMS, 표지판	동물인식, 가변 제한 속도	차량소통이 소원한 구간의 정보 제공 방안 연구
Collins et al. (2001)	VMS	기상에 따른 도로의 노면상태	노면상태에 대한 실시간 속도 제어 방안에 대한 연구
Siques (2002)	VMS, 노면표시, 통행차단시설	철도건널목	철도와 차량 및 보행자에 대한 상충을 줄이기 위한 경고정보에 대한 제안
Lynn et al. (2002)	Infrastructure and In-Vehicle device	안개	안개 발생 시 제공방식별(Infrastructure, In-Vehicle) 운전자 반응 및 효과 비교
Wang et al. (2003)	VMS, 경고 조명	공사구간	공사구간으로 인한 차로 감소 예고
Gates et al. (2003)	경고 조명, 표지판	표지판 시인성 향상	FY*, FR*, LED*사인을 표지판에 적용하여 운전자에게 효과적인 시인성 향상 연구
Linda et al. (2004)	경고조명, VMS,	안개	산악지대에서의 효과적인 경고정보제공 방안 연구
Schultz (2007)	VMS, 경고 조명	교차로 예상 신호	교차로에서 BODAW(Blank-Out Dynamic Advance Warning Signal)를 이용한 접근차량의 감속 유도 및 차로 이탈 방지에 대한 연구

\*FY : Fluorescent Yellow

\*FR : Fluorescent Red

\*LED : Light-Emitting Diode

러짐 표지, 노면 온도 정보를 VMS로 제공하여, 각 경고정보에 대한 감속률에 대해 연구하였다. 또한 가변제한속도와 고정 제한속도 표지판, 차량의 미끄러짐 주의 표지판을 비교하여 80k/h, 100k/h의 속도에 따른 각 경고 제공들의 효과성에 대한 연구를 수행하였다.(1999) Hogema(1997)는 안개의 밀도에 따른 단계별 제한속도를 분류하고, 루프검지기를 사용하여 Car-following 모형을 이용한 Headway, TTC, Following Distance 등을 조사, 분석하여 효과성에 대해 연구하였다. Collins(2001)는 노면의 특성과 기하학적 구성요소를 반영하여 기상악화에 따른 노면의 습윤 상태를 구분하고, 센서와 컴퓨터 간 통신을 통한 실시간 데이터를 추출하였다. 기상상황에 따라 안개, Heavy Rain, Light Rain, Daylight로 분류하고 속도와 속도의 표준편차에 따라 연구하기 전/후 상태를 비교·분석하였다. Lynn et al.(2002)는 산간 지역의 안개발생시 차량충돌 발생에 대한 대응책에 대해 연구하였다.

차량 소통이 적은 도로에서 Telematics 기반의 VIKING Project를 사용하여 LED(Light-Emitting Diode) Fixed 표지판을 통한 제한속도, 야생동물 감지 등을 적은비용으로 제공하기 위한 방안에 대하여 Leviakangas et al.(1999)는 연구하였다. Siques(2002)는 철도건널목에서 보행자와 차량의 상충을 줄이기 위해 능동형 "Look Both Ways" sign, Skewed Crossing 시설 특성, "Stop Here" 노면표시의 효과를 분석하였다.

고속도로 구간의 Work zone에 대한 경고 정보는 Wang et al.(2003)이 CMR(Changeable Message Sign with Radar), Innovative Message Signs, Fluorescent Orange Sheeting을 이용하여 분석하고, 이에 따라 도로 상류부에 Traffic-Control Zone, Advance-Warning Area, Active Work Area로 분류하여 속도 변화에 대한 통계적 분석을 수행하였다. Gate et al.(2003)은 VMS나 표지판의 시인성을 높이기 위하여 Fluorescent Yellow Chevrons, Fluorescent Yellow Curve Signs, Fluorescent Yellow Ramp Advisory Speed Signs, Fluorescent Yellow Stop Ahead Signs,

Fluorescent Red Stop Signs, Flashing Red LED Stop Signs를 이용하였다. 이를 커브구간 경고, 교차로 경고, 정지경고에 적용하여 효과성을 분석하였다. Linda et al.(2004)는 기상악화나 돌발상황 발생시 In-Vehicle messages, Out-of-messages, Both types of messages, No messages의 경우를 시뮬레이션으로 비교하여 효과적인 속도제어에 대해 연구하였다. Schultz(2007)는 BODAW(Blank-Out Dynamic Advance Warning Signal)시스템을 이용한 교차로 접근차량의 속도제어와 BODAWS 시스템의 효과에 대해 연구하였다. BODAWS 시스템은 교차로 전방 detector를 통해 접근차량을 감지하고, 차량의 교차로 통과 가능성 여부를 판단하여 운전자가 교차로 통과 혹은 정지를 판단하는 decision zone에서 "Prepare To Stop" Sign을 제공한다.

### 3. 연구 동향 분석의 시사점

Infrastructure기반 경고정보시스템의 관련 연구는 크게 경고조명과 VMS를 이용한 방식으로 분류할 수 있다. 경고조명을 이용한 방식의 경우 도로에 AWF를 삽입하는 방법을 이용하는데, AWF의 밝기 지속성이나 유지관리 방안 및 체계적인 효과분석을 위한 방법론 개발 등에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 교통소통정보 제공을 위해 주로 사용되는 VMS를 이용하여 교통사고예방을 위한 새로운 콘텐츠의 교통안전 관련 정보를 개발하기 위한 다각적인 노력도 필요할 것이다.

## III. In-Vehicle 기반 관련연구동향

In-Vehicle 기반 경고정보시스템은 차량 내 LCD(Liquid Crystal Display), HUD(Head Up Display), auditory device, vibrotactile device 등을 통해 운전자에게 경고정보를 제공한다. 제공 방식은 크게 visual, 경고음성 및 경고음, haptic 방식으로 구분된다. 관련연구 내용은 <표 3>과 같다.

### 1. Visual 방식

Visual 유형의 제공 방식은 차량 내 LCD,

HUD 등의 장비를 통해 운전자에게 선행차량과의 간격을 간략한 그림으로 제공하거나, 제한속도, headway 등을 제공한다.

Lee et al.(1997)은 Iowa Driving Simulator를 이용하여 경고음과 Head-Down Visual Display를 통한 선행차량과의 headway를 제공하였다. 경고정보 제공여부와 경고정보의 정확도에 따른 운전자의 사고율과 반응시간, 충돌속도 등을 연구하였다. Gavril(2001)은 video camera, radar, laser range finders등을 기반으로 하는 상용화된 보행자 감지기술 동향을 알아보고, 발전방향을 제시하였다. 차량에 설치된 카메라를 통해 이동 중인 보행자의 걸음걸이, 형상 등을 감지하여 보행자 정보를 운전자에게 제공한다. General Motors Corporation et al.(2002)은 HUD(Head Up Display)를 통해 운전자에게 효과적으로 보여

주기 위한 contents 유형과 각 contents에 대한 운전자의 반응 시간을 연구하였다.

## 2. Auditory 방식

Auditory 방식은 차량 내 speaker등의 auditory device를 통해 경고음성이나 경고음을 제공하는 방식이다. 인접차량의 방향별 접근 및 충돌 가능성 등을 알린다.

Robert(1999)는 4가지 유형의 warning sound (horn, tone, tyre-skid, voice)에 대한 운전자의 반응을 연구하였다. 각 유형별 반응시간과 반응오류비율, 선호도에 대해 연구하였다. Angela et al.(2006)은 warning sound의 제공 방식(single master, multi master)에 따른 운전자 반응시간과 제공방향(차량내 전,후,좌,우)에 따른 운전자의 반응시간에 대해 연구하였

<표 3> In-vehicle 유형

저 자	제 공 방 식	경 고 내 용	연 구 목 적
Lee et al. (1997)	Head Down Visual Display, 경고음	Headway	Driving Simulator를 이용한 경고정보제공여부에 따른 사고율과 운전자의 반응 연구
Robert (1999)	horn, tone, tyre-skid, 경고음성	충돌가능성	Warning Sound 유형별 운전자 반응 및 선호도 연구
LLoyd et al. (1999)	Brake Pulsing	전방 교차로	운전자가 교차로상황에 대응(감속, 신호준수 등)할 시간을 확보하기위한 방안 연구
Gavril (2001)	LCD*	보행자감지	상용화된 보행자 감지기술 동향과 발전방향 제시
General Motors Corporation et al. (2002)	HUD*	충돌가능성	효과적인 HUD contents와 이에 대한 운전자 반응 연구
Moon et al. (2003)	경고음, LED	텔레마존	전방 교차로 정지신호에 따른 교차로 접근차량의 감속 유도
Jan et al. (2004)	Visual device, Haptic device	충돌가능성	경고제공방식별(visual, haptic) 작업부하에 대한 연구
Angela et al. (2006)	경고음	충돌가능성	Warning Sound의 제공방식(single, multi)과 제공방향별(전,후,좌,우) 운전자의 반응 및 선호도 연구
Chen et al. (2007)	경고음성, 경고음, HUD, LCD	충돌가능성	HUD의 적정위치 및 정보내용에 따른 Device 구성 연구

\*HUD : Head Up Display

\*LCD : Liquid Crystal Display

다. 또한, 경고정보의 정확도에 따른 운전자의 반응시간에 대해 연구하였다. Chen et al.(2007)은 LCD와 HUD의 적정위치와 경고음성 및 경고음 콘텐츠의 구성(e.g., beep-beep-voice), 정보내용별 device 구성에 대해 연구하였다. Moon et al.(2003)은 DZWS(Dillema Zone Warning System)을 이용 하여 딜레마존에서의 차량속도제어에 대해 연구하였다. DZWS는 차량이 딜레마존에 진입하기 전, in-vehicle device를 통해 경고음이나 LCD를 통해 감속을 유도하여 접근속도를 제어 할 수 있다.

### 3. Haptic 방식

Haptic 유형의 제공 방식은 차량 내 vibrotactile 등을 통해 운전자에게 감속하도록 유도하거나, 가속을 억제하도록 유도하는 경고정보를 제공한다.

Lloyd et al.(1999)은 운전자가 교차로에 접근하는 동안 교차로상황에 대응(감속, 신호 준수)할 시간을 확보하기 위한 Brake Pulsing System에 대해 연구하였다. Brake Pulsing System이란 brake pedal의 진동을 통해 운전자에게 감속을 유도하는 시스템이다. 이를 통해 교차로 접근시 차량의 감속을 유도하고, 후방 브레이크등도 함께 켜지면서 후행차량의 감속을 유도한다. Jan et al.(2004)은 주행상황별(normal, hazardous) 경고제공방식의 구성(visual, tactile, visual and tactile)에 따른 작업부하를 분석하였다.

### 4. 연구 동향 분석의 시사점

In-Vehicle기반 경고정보시스템의 관련 연구는 운전자의 행동특성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 경고제공 방식과 내용에 따른 운전자의 반응시간과 선호도, 운전자의 작업부하 등에 대한 연구가 주류를 이루고 있다. 그러나 운전자 행동특성 중 정보에 대한 운전자의 반응시간만이 고려된 연구가 대부분이다. 앞으로 진행될 관련 연구에서는 운전자 반응시간과 함께 운전자의 성별과 연령, 운전경력 등에 따른 근육, 체온, 뇌파, 맥박 등의

Human Factor를 이용한 연구수행이 필요하다. 다양한 Human Factor들의 정보제공방식과 내용에 따른 작업부하 분석과 운전자가 신뢰하고 호응하는 새로운 경고정보 콘텐츠 개발 등의 연구를 통해 최적의 경고정보시스템을 구축 할 수 있어야 한다.

## IV. 결론

본 연구는 경고정보시스템에 대한 관련연구를 경고정보내용과 제공방식에 중점을 두고 조사·분석하고, 이를 통해 향후 국내 경고정보시스템 연구에 기본적인 발전방향을 제시하고자 하였다. 국내의 경고정보시스템 관련 연구는 활발한 연구가 진행 중인 국외와 달리 많이 부족한 상황이다. 운전자에게 정보를 제공하는 시스템은 다수 존재하지만, 체계적인 경고정보시스템에 의한 경고제공은 표지판의 제한속도나 VMS를 이용한 사고구간, 기상상황, 통행구간 지체도 등의 정보일 뿐 경고정보제공을 위한 시스템은 미비한 실정이다.

국내의 경고정보시스템 구축 및 개선을 위해서는 우선 국외의 경고정보시스템 및 관련 기반기술에 대한 분석이 선행되어야 한다. 또한, 국내 교통류 특성 등에 적합한 경고정보시스템의 개념 정립이 이루어져야하고, 이에 따른 국외연구들의 적용이 이루어져야한다. 이와 함께 최근 발전하고 있는 교통정보, 통신, 센서 기술들을 활용한 개선된 경고정보시스템 구축이 이루어져야한다. 앞으로의 경고정보시스템에서 개선되어야 할 사항들은 다음과 같다.

#### • 다양한 Human Factor 적용

지금까지의 연구는 운전자의 반응시간만을 분석하여 고려한 연구가 대부분이었다. 운전자 반응시간과 함께 운전자의 성별과 연령, 운전경력 등에 따른 근육, 체온, 뇌파, 맥박 등의 Human Factor를 이용한 연구수행이 필요하다.

#### • Infrastructure device와 In-Vehicle device의 조화

지금까지 서로 다른 두가지 기반기술을 함께 사용하여 경고정보를 제공했을 경우의

운전자 행동특성을 분석한 연구는 많지 않았다. 함께 사용했을 경우의 운전자 작업부하 정도와 반응시간 등에 대한 연구수행이 필요하다.

- 비용-효과 측면에서의 평가

시스템의 비용대비 효과측면에 대한 연구가 많지 않았다. 특히, Infrastructure의 경우 고정시설물이기 때문에 반드시 비용대비 효과성이 평가되어야 한다.

위의 시스템 개선을 통해 다음과 같은 경고정보시스템을 구축할 수 있을 것이다.

- 운전자와 시스템의 상호정보제공

차량간 통신과 차량과 인프라시설과의 통신 기술이 발달함에 의해 경고정보시스템과 운전자간의 상호정보제공이 가능해질 수 있다.

- 실시간 정보제공

교통정보, 통신, 센서기술의 발달은 실시간 정보의 제공을 가능하게 할 수 있다. 인접지역의 실시간 사고정보와 우회경로를 제공하고, 돌발상황 및 인접차량의 정보를 제공할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 영상검지시스템, 위치정보 기반 검지시스템 등의 검지기술이 함께 발전되어야 할 것이다

- 감시시스템 발달에 의한 사고 감소

영상검지시스템의 발달과 차량간 통신기술의 발달로 인접차량과의 상충, 보행자와의 상충, 교차로내의 상충 등 사고의 원인이 될 수 있는 상충을 경고정보로 제공하여 사고 감소 효과를 볼 수 있을 것이다. 이를 위해서는 상황별 차량과 차량, 차량과 보행자간의 상충모형이 정립되어야 할 것이다.

## 후기

본 연구는 건설교통부 국가교통핵심기술개발사업(2007) 『U-Safety 교통사고분석 및 교통안전 감시시스템 기술개발』 과제의 지원으로 수행되었음.

## 참고문헌

1. Collins, J S., Pietrzyk, M C(2001), Wet

And Wild: Developing And Evaluating An Automated Wet-Pavement Motorist Warning System. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1759

2. Decker, R., Rice Jr, R., Putnam, S; Singer, S(2003), Rural Intelligent Transportation System Natural-Hazard Management On Low-Volume Roads. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1819

3. Finley, M D., Ullman, G L., Dudek, C L(2001), Sequential Warning-Light System For Work-Zone Lane Closures. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1745

4. Gates, T J., Carlson, P J., Hawkins Jr, H G(2004), Field Evaluations Of Warning And Regulatory Signs With Enhanced Conspicuity Properties. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1862

5. Gavrilu, D. M(2001), Sensor Based Pedestrian protection. IEEE Intel Syst 16(6), 77-81

6. General Motors Corporation and Delphi-Delco Electronic Systems(2002), Automotive Collision Avoidance System Field Operational Test: Warning Cue Implementation Summary Report. National Highway Transportation Safety Administration No. DOT-HS-809-462

7. Hakkert, A.s., Gitelman, V., and Ben-Shabat.e(2001), An evaluation of crosswalk warning systems. Transportation Research Board Meet-ing Proc

8. Hogema, J H., VAN DER HORST, R (1997), Evaluation Of A16 Motorway Fog-Signaling System With Respect To Driving Behavior. Transportation Research Record: Journal of

- the Transportation Research Board #1573
9. Jan B.F. Van Erp, Hendrik A.H.C Van Veen(2004), Vibrotactile in-vehicle navigation system. Transportation Research Part F (2004) 247-256
  10. Johansson, G., and Rumar, K.(1966), Driver and road signs; A preliminary investigations on the capacity of car drivers to get information from road signs. Ergonomics, 9(1), 57-63.
  11. Leviakangas, P., and Pilli-Sihvola, Y.(1999), Small-scale Intelligent transport system applications for low-volume roads. Transportation Research Record; Transportation Research Board #1652
  12. Lee, Jon Jae., MCGEHEE, DV., Dingus, T A; Wilson, T(1997), Collision Avoidance Behavior Of Unalerted Driver Using A Front-To-Rear-End Collision Warning Display On The Iowa Driving Simulator. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1573
  13. Linda Ng Boyle., Fred Mannering(2004), Impact Of Traveler Advisory Systems On Driving Speed: Some New Evidence. Transportation Research Part C12(2004) 57-72
  14. LLOYD, M M., Wilson, G D., Nowak, C J., Bittner Jr, A C(1999), Brake Pulsing As Haptic Warning For An Intersection Collision Avoidance Countermeasure. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1694
  15. Luoma, J., and Rama, P.(1998), Effects Of Variable Speed Limit Signs On Speed Behavior And Recall Of Signs. Traffic Eng. Control 39(4), 234-237
  16. Lynn, C., Schreiner, C., and Campbell, R.(2002), Reducing Fog-Related Crashes On The Afton And Fancy Gap Mountain Sections Of I-64 And I-77 In Virginia. Final Contract Rep. No. FHWA/VTRC 03-CR2
  17. McCoy, P T., Pesti, G(2003), Improving Dilemma-Zone Protection Of Advance Detection With Advance-Warning Flashers. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1844
  18. Moo, Y-J., Lee, Jong Jae., Park, Y(2003), System Integration And Field Tests For Developing In Vehicle Dilemma Zone Warning System. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1826
  19. Rama, P., and Luoma, J.(1997), Driver Acceptance Of Weather-Controlled Road Signs And Displays. Transportation Research Record; Transportation Research Board #1573
  20. Rama, P.(1999), Effects Of Weather-Controlled Variable Speed Limits And Warning Signs On Driver Behavior. Transportation Research Record; Transportation Research Board #1689
  21. Rice Jr, R ., Decker, R ., JENSEN, N ., Patterson, R ., Singer, S(2000), Rural Intelligent Transportation System For Snow Avalanche Detection And Warning. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board #1700
  22. Robert Graham(1999), Use of Auditory Icons as Emergency Warnings: Evaluation Within A Vehicle Collision Avoidance. Ergonomics Vol.42, No.9,1999,pp1233-1248
  23. Sayed, T ., Vahidi, H ., Rodriguez, F(1999), Advance Warning Flashers: Do They Improve Safety? Transportation Research



Record: Journal of the Transportation  
Research Board #1692

24. Schultz P.E., Grant G., Peterson, Ryan.,  
Eggett, Dennis L(2007), Evaluating  
Long-Term Effectiveness of Blank-Out  
Overhead Dynamic Advance Warning  
Signals. Transportation Research Board  
Annual Meeting 2007 Paper #07-0783
25. Siques, J T(2002), Effects Of Pedestrian  
Treatments On Risky Pedestrian Behavior.  
Transportation Research Record: Journal of  
the Transportation Research Board #1793
26. Tijerina, Louis., Ho, Angela., Cummings,  
Mary L., Kochhar, Dev S., Wang,  
Enlie(2006), Integrating Intelligent Driver  
Warning Systems; Effects of Multiple  
Alarms and Distraction on Driver  
Performance. Transportation Research Board  
Annual Meeting 2006 Paper # 06-1867
27. Virginia P. Sisiopiku and John R. Elliott(2005),  
Active Warning Systems: Synthesis. Journal  
of Transportation Engineering Vol.131, No.3  
March 1, 2005.
28. Wang, C., Dixon, K K, Jared, D(2003),  
Evaluating Speed-Reduction Strategies For  
Highway Work Zones. Transportation  
Research Record: Journal of the  
Transportation Research Board #1824
29. Whitlock & Weinberger Transportation,  
Inc(1998), An evaluation of a cross walk  
warning system utilizing in-pavement  
flashing lights. Final Rep. to the State of  
California Office of Traffic Safety and the  
Federal Highway Administration