

■ 論 文 ■

In-vehicle 교통안전 경고정보 제공에 따른 운전자 반응특성 분석

Effects of In-vehicle Warning Information on Drivers' Responsive Behavior

송 태 진

(한양대학교 교통시스템공학과 석사과정)

오 철

(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

오 주 택

(한국교통연구원 도로교통연구실 책임연구원)

이 청 원

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

- I. 연구의 배경 및 목적
- II. 관련 문헌고찰
- III. 시나리오 구성 및 자료수집
 - 1. 시나리오 구성
 - 2. 자료수집
- IV. 자료 분석
- V. 결론 및 향후연구과제
참고문헌

Key Words : 교통안전, 경고정보, 운전자 반응특성, 실험차량 조사, DGPS
Traffic Safety, Warning Information, Driving Behavior, Probe Vehicle Survey, Differential Global Positioning System

요 약

본 연구에서는 실시간 주행환경에서 전방의 위험상황에 대해 운전자가 효과적으로 반응 할 수 있는 교통안전 경고정보 콘텐츠 도출을 위한 연구를 수행하였다. 차내 단말기를 통해 제공되는 경고정보 유형에 따른 운전자 반응특성을 분석하였다. 운전자 반응특성자료를 수집하기 위하여 DGPS를 장착한 실험차량을 이용하여 개별차량 주행궤적을 수집하여 속도 및 가속속도를 산출하였다. 차내 경고정보 유형은 사고위험성과 직접적인 연관이 있는 긴급영향권과 긴급영향권에 진입하는 차량에게 위험발생의 사전정보를 제공하기 위한 일반영향권으로 분류하였다. 콘텐츠는 시각적 정보인 Text, 이미지와 청각적 정보인 경고음, 그리고 음성 메시지를 고려하여 다양한 시나리오를 제작하여 현장실험에 활용하였다. 분석 결과 긴급영향권에서는 음성+이미지+text와 경고음+text로 구성된 경고정보를 제공하는 것이 가장 효과적인 것으로 분석되었으며, 일반영향권에서는 경고음+음성+이미지+text로 구성된 경고정보를 제공하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 향후 운전자의 반응특성을 고려한 보다 효과적인 실시간 경고정보를 설계하기 위한 유용한 정보로 활용 될 것으로 기대된다.

One of the effective countermeasures for preventing traffic accidents is to provide traffic safety warning information to drivers. Provision of warning information would lead to safer driving to avoid accident occurrence. This study investigated the effects of in-vehicle warning information on driver's behavior. A variety of warning information contents using text, sound, and pictograms were prepared for the field experiments. Individual vehicle speed and acceleration data, which represent quantitative drivers' behavior in response to in-vehicle warning information, were collected using differential global positioning systems (DGPS). Statistical analyses including ANOVA and Tukey's pairwise comparison were conducted. It is expected that the results could be invaluable for designing more effective warning information.

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비 지원(06-교통핵심-C01)에 의해 수행되었습니다.

I. 서론

최근 국·내외에서는 운전자의 안전성과 편리성을 향상시키기 위하여 ITS(Intelligent Transportation Systems) 기술을 활용한 다양한(소통상황정보, 돌발상황정보, 부가정보, 경고정보 등) 정보제공방안 연구가 활발히 진행 중이다. 정보 표출방법은 크게 두 가지로 분류 할 수 있다. 첫째로 가변전광표지(VMS : Variable Message Signs) 등과 같은 인프라 기반 시설을 사용하는 것이고, 두 번째로는 네비게이션 및 음성정보단말기 등과 같은 차내단말기를 사용하여 제공하는 것이다. 이 중 차내단말기 시스템은 실시간 우회정보 등과 같은 소통정보 뿐만 아니라 위험상황이나 돌발상황 발생 시 운전자에게 신속하게 경고정보를 제공하여 교통사고를 예방하거나 사고 심각도를 감소시킬 수 있다.

이 중 경고정보제공은 운전자의 안전과 직결되는 중요한 정보라 할 수 있다. 특히, 위험상황에서 제공되는 실시간 경고정보는 개별차량의 속도와 운전자의 주행경로 선정에 직접적인 영향을 미치기 때문에 교통사고예방을 위한 중요한 대응책이라고 할 수 있다. 또한 적절한 경고정보제공은 차량운행에 많은 도움을 줄 수 있지만 잘못된 경고정보제공이나 부적절한 양의 경고정보제공은 운전자에게 혼란을 주어 오히려 교통안전에 악영향을 미칠 수 있다.

따라서, 교통안전을 향상시키기 위한 최적의 경고정보를 제공하기 위해서는 운전자의 작업부하(workload)를 최소화함과 동시에 가장 효율적인 반응을 유도할 수 있는 경고정보 콘텐츠를 도출해야한다. 이러한 최적의 경고정보 콘텐츠를 도출하기 위해서는 정보 제공 표출방법, 제공범위, 제공유형 및 정보제공 내용 등을 고려한 운전자의 반응특성을 분석해야 한다.

본 연구에서는 실시간 주행환경에서 전방의 위험상황에 대해 운전자가 효과적으로 반응 할 수 있는 교통안전 경고정보 콘텐츠 도출을 위한 연구를 수행하였다. 이를 위해 차내 단말기를 통해 제공되는 경고정보유형에 따른 운전자 반응특성 분석을 수행하였다. 정보제공 표출방법으로는 차내 단말기를 통하여 제공이 가능한 시각적 정보와 청각적 정보로 분류하였다. 정보제공범위는 사고영향권을 고려하여 사고발생 및 위험구간, 긴급영향권, 그리고 일반영향권으로 분류하였으며, 자세한 설명은 시나리오 구성에 제시하였다.

본 연구에서는 운전자 반응특성자료를 수집하기 위하여 DGPS(Differential Global Positioning System)를

장착한 실험차량을 이용하여 개별차량 주행궤적을 수집하여 속도 및 가감속도를 산출하였다.

연구순서로는 우선 차내 단말기에서 제공되는 정보가 운전자 반응특성에 미치는 영향을 분석한 선행 연구를 고찰하였고, 이를 바탕으로 운전자 반응특성 실험 방법을 결정하였다. 총 30명을 대상으로 운전자 반응특성을 분석하였으며, 평균값 및 사후검정을 통하여 가장 효과적인 경고정보 콘텐츠를 제안하였다. 마지막으로 연구결과와 적용 및 향후 연구방향에 대해 모색하였다.

II. 관련 문헌 고찰

최근 발표된 교통안전 경고정보 제공이 운전자의 반응에 미치는 영향에 대한 기존 연구로는 차내 단말기에서 제공되는 정보제공 위치나 크기 등에 따라 이용자의 선호도를 조사한 연구와 정보제공에 따른 운전자 반응특성 등에 관한 연구로 구분 할 수 있다. 첫 번째로, 경고정보 콘텐츠에 대한 이용자 선호도 관련 연구로 송태진 외 2명(2008)은 실시간 경고정보설계에 대한 설문조사를 수행하여 이용자 선호도를 조사하였다. 그 중 차내 단말기를 이용하여 경고정보제공 시 네비게이션에서 지도+음성방송으로 속도제한 정보를 제공하는 것이 가장 효과적이라고 분석되었다. Wan-Hui Chen et al(2007)은 HUD(Head Up Display)의 위치와 경고음의 종류 및 소리 크기 등의 유형에 따른 운전자 선호도 분석을 수행하였다. 이러한 선호도 분석은 단순 선호도만을 분석하였을 뿐 운전자 반응 측면을 고려하지 못한다. 따라서, 신뢰성 있는 실시간 경고정보를 설계하기 위해서는 실제 표출되는 이미지 선호도 분석 후 다양한 시나리오에 따른 운전자 반응실험이 수행되어야 한다.

두 번째로, 운전자 반응을 평가하는 실험은 시뮬레이션 기반 실험과 현장 실험으로 분류할 수 있다. 이 중 주행 시뮬레이터(Driving Simulator)를 이용하여 운전자 반응특성 분석을 수행한 기존연구로서 Ellen C. Haas and Judy Edworthy(1996)는 차량 주행 중 돌발상황 발생 시 경고음의 높이, 속도 및 세기 등을 조절하여 가장 적합한 시나리오를 설계하였다. Tatsura Daimon et al(2001)은 운전자 시뮬레이터를 이용하여 Headway Warning과 Blind-spot warning을 제공하여 속도의 변화와 눈의 움직임, 정보를 인지하는 속도 등을 분석하였다. Abe and Richardson(2005)은 차량추종상황에서 경고정보를 제공하고 교통상충 분석기법인 TTC(Time To Collision)

를 이용하여 운전자 반응특성 실험을 분석하였다. A. Hamish Jamson and Natas ha Merat(2005)은 지방부 도로 환경을 시뮬레이션에 코딩하여 차량의 속도에 따라 차내단말기에서 제공되는 정보가 운전자 반응에 미치는 영향을 TTC와 인지반응시간 등을 이용하여 분석하였다. 이러한 시뮬레이션을 이용한 기존 실험은 다양한 시나리오를 반영한 연구 수행이 가능하나 현실적인 주행환경을 충분히 반영하는데 한계가 있다. 신뢰성 있는 콘텐츠를 도출하기 위해서는 실제 주행환경에서의 운전자 반응특성 실험을 수행해야 한다.

현장 실험구간에서 정보제공에 따른 운전자 반응특성을 분석한 기존 연구는 단속류 구간과 연속류 구간으로 나누어 분류할 수 있다. 단속류 구간에 관한 기존 연구로 Anttila and Luoma(2005)는 4지 교차로에서 차내 단말기를 통해 제공되는 시각적 정보와 청각적 정보에 따라 운전자의 작업부하에 미치는 영향을 분석하였다. Koji SUTO et al(2008)은 Probe 차량을 이용하여 블록형 T형 교차로에 시각 및 청각 정보를 제공하여 실시간 경고정보 유형이 운전자반응에 미치는 영향을 분석하였다.

연속류 구간에 대한 기존 연구로 Kiefer et al(2005)은 다른 차량에 영향을 받지 않는 실험 구간을 선정하고 3대의 차량을 이용하여 후미추돌경고시스템이 운전자에게 미치는 영향을 TTC를 이용하여 분석하였다. 그러나, 실험 차량만 주행할 수 있는 도로를 선정하여 실험을 수행하였기 때문에 실제 주행환경을 반영하였다고 말할 수 없다. Emeli Adell et al(2008)은 Auditory(경고음)과 AAP(Active Accelerator Pedal)로 속도관리를 시행했을 경우와 미시행 경우에 대한 사전·사후 분석였다. 이는 시각적인 정보와 청각적 정보 등의 다양한 정보제공방식의

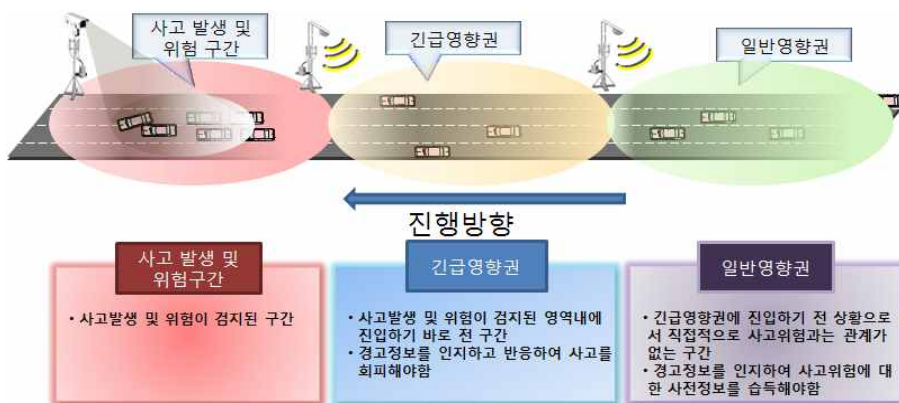
조합을 충분히 고려하지 못하였다. 마지막으로 Geva Vashitz et al(2008)은 운전자가 터널 진입 시 차내 단말기를 이용하여 정보제공할 경우에 대한 정보제공의 빈도수만을 고려하여 운전자의 불안감을 분석하였다.

본 연구에서는 DGPS를 장착한 차량을 이용하여 시각적정보(이미지, text), 청각적정보(Beep, 음성)등의 차내 단말기에서 제공되는 다양한 정보제공방식의 조합을 충분히 고려하여 실제 주행환경에서 운전자 반응특성 실험을 수행하였다.

III. 시나리오 구성 및 자료수집

1. 시나리오 구성

본 연구에서는 <그림 1>과 같이 사고 발생 위험 구간을 사고가 발생하였거나 사고위험이 존재하는 구간으로 정의하였다. 한편, 긴급영향권은 사고발생 및 위험에 인접한 상류부 구간을 말한다. 긴급영향권에서는 급감속과 같은 회피행동이 요구되는 구간이다. 마지막으로 일반영향권은 긴급영향권에 인접한 상류부 구간을 의미한다. 본 연구에서는 긴급영향권과 일반영향권에서 제공하는 정보를 분류하여 시나리오를 구성하였다. 긴급영향권의 경우 운전자가 사고발생 및 위험구간을 인지하고 감속하여 사고를 회피해야 한다. 따라서 긴급영향권에서는 경고정보 제공 시 감속을 요구하는 정보를 제공하는 것이 바람직하다. 한편, 일반영향권의 경우 운전자에게 사고 발생 및 위험에 대한 사전정보를 제공하는 것이 효과적일 것이다. 따라서 사고발생 및 위험 구간에 대한 공간적 범위와 운전자가 정보를 습득하여 작성할 수 있는 수준의 경고정보를 제공해야한다. 이



<그림 1> 정보제공범위

를 반영하여 긴급영향권에는 속도 감속을 유도하는 경고정보를 제공하고 일반영향권에서는 사고발생 및 위험상황의 공간적 범위 및 경고정보 행동문을 표출하였다.

긴급영향권과 일반영향권에 따라 분리된 정보제공범위에 정보제공방법(시각, 청각적 정보)을 고려하여 시나리오를 구성하였다. 정보제공방법은 시각적 정보 및 청각적 정보의 콘텐츠가 다양하게 존재하기 때문에 이용자의 특성을 반영한 최적의 경고정보 콘텐츠를 제시해야한다. 현재 본 연구진이 수행한 실시간 경고정보제공전략수립에 대한 사전 연구 결과 (오철 등, 2009)를 반영하여 가장 효과적인 정보제공방법별 콘텐츠를 적용하였다. 사전 연구에서는 총 103명을 대상으로 차내 단말기 경고정보 제공에 따른 감성공학이미지 선호도 조사를 수행하였으며 본 연구에 반영한 분석결과는 <표 1>에 제시하였다.

제공되는 정보의 크기는 7인치 네비게이션에서 경고정보 제공 시 2×3cm, 3×4cm, 3×5cm, 4×6cm 중 3×5cm로 정보를 제공하는 것이 이용자의 선호도가 가장 높은 것으로 분석되었다. 경고정보의 위치는 위아래 및 좌우 정 가운데에서 정보를 제공하는 방법이 이용자의 선호도가 가장 높은 것으로 분석되었다. 다음 메시지로 전환하는 시간인 전환시간의 경우 0.5초로 설정하는 방법이 이용자의 선호도가 가장 높은 것으로 분석되었다.

경고음 관련 기존연구에서는(Campbell, J.L et al, 2004) earcons, auditory icons, simple tones(Beep),

<표 1> 경고정보 선호도 결과

구분	효율적정보콘텐츠	예시
정보크기	3*5cm	
정보위치	정가운데	
전환시간	0.5초	
경고음 종류	Beep	딩~동

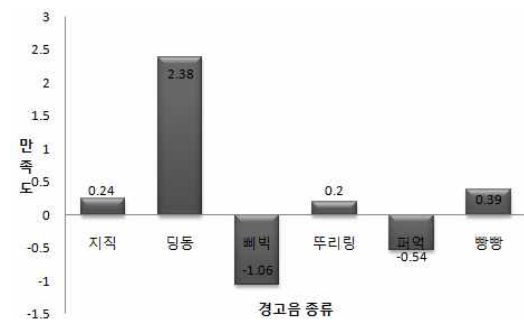
<표 2> 경고음 종류

구분	종류	소리
simple tons	beep	딩~동
	earcons	귀뚜라미소리
auditory icons	레이저소리	삐~빅
	폭탄소리	퍼~억
	전파소리	빵~방
	전기소리	지~직

음성 메시지 중에서 Beep음으로 경고정보를 제공하는 것이 다른 경고음보다 비교적 적합하다고 보고한 바 있다. 이를 반영하여 본 연구에서는 가장 효과적인 경고음을 제공하기 위해서 경고음 선호도 조사를 수행하였다. <표 2>에 제시된 6 종류의 경고음을 이용자에게 청취하게 한 뒤 경고음으로 가장 적합하다고 생각하는 것을 선택하게 하였다. 분석결과 <그림 2>에 제시된 바와 같이 Beep sound인 '딩동'이 가장 만족도가 높은 것으로 분석되었으며 이를 고려하여 실험에 활용하였다. 만족도는 가장 좋음 3점~가장 좋지 않음 -3점까지 점수를 부여하여, 피실험자의 만족 수준을 조사 하였다. 정보제공방법에 따라 <표 3>과 같이 정보를 분류 하였다. 시각 정보와 청각 정보를 조합하여 긴급영향권과 일반영향권에 대한 정보를 각각 9개의 시나리오로 제작하였으며, <표 4>에 시나리오를 제시하였다.

긴급영향권의 정보제공유형 중 시각 정보는 text, 이미지, text+이미지로 제시하였다. text의 경고정보로는 '제한속도 70km/h'로 정보를 제공하였으며, 이미지의 경우 속도제한 정보를 제공하였다. 또한, text+이미지의 경우 text와 이미지를 조합하여 정보를 제공하였다. 청각 정보는 경고음과 음성메시지로 제공하였으며, 경고음은 Beep sound인 '딩~동'으로 제공하였으며, 음성메시지의 경우 '속도를 줄여주세요'의 정보를 제공하였다.

일반영향권의 정보제공유형은 긴급영향권과 동일한 방법으로 정보를 분류하였다. text의 경고정보로는 '전방 000m 사고위험구간'으로 정보를 제공하였으며, 이미지의 경우 사고위험구간에 도달하는 공간적 범위에 따라 전방 300m, 200m, 100m, 사고위험구간으로 분류하고, 차량충돌이미지정보를 제공하였다. 또한, text+이미지의 경우 text와 이미지를 조합하여 정보를 제공하였다. 청각정보에서 경고음은 긴급영향권과 동일하며, 음성메시지의 경우 '사고위험구간입니다. 안전거리를 확보하세요'라는 경고정보를 제공하였다.



<그림 2> 경고음 선호도

<표 3> 정보제공유형

정보제공범위	정보제공방법	정보제공유형	경고정보
긴급영향권	시각정보	text	
		이미지	
		text+이미지	
	청각정보	경고음	Beep(딩~동)
		음성메시지	속도를 줄여주세요
일반영향권	시각정보 청각정보	text	
		이미지	
		text+이미지	
	경고음	Beep(딩~동)	
	음성메시지	사고위험구간입니다 안전거리를 확보하세요	

<표 4> 시나리오 제작

경고정보내용	시나리오	
	긴급영향권	일반영향권
경고음+이미지	1	10
경고음+text	2	11
경고음+이미지+text	3	12
음성+이미지	4	13
음성+text	5	14
음성+이미지+text	6	15
경고음+음성+이미지	7	16
경고음+음성+text	8	17
경고음+음성+이미지+text	9	18

2. 자료수집

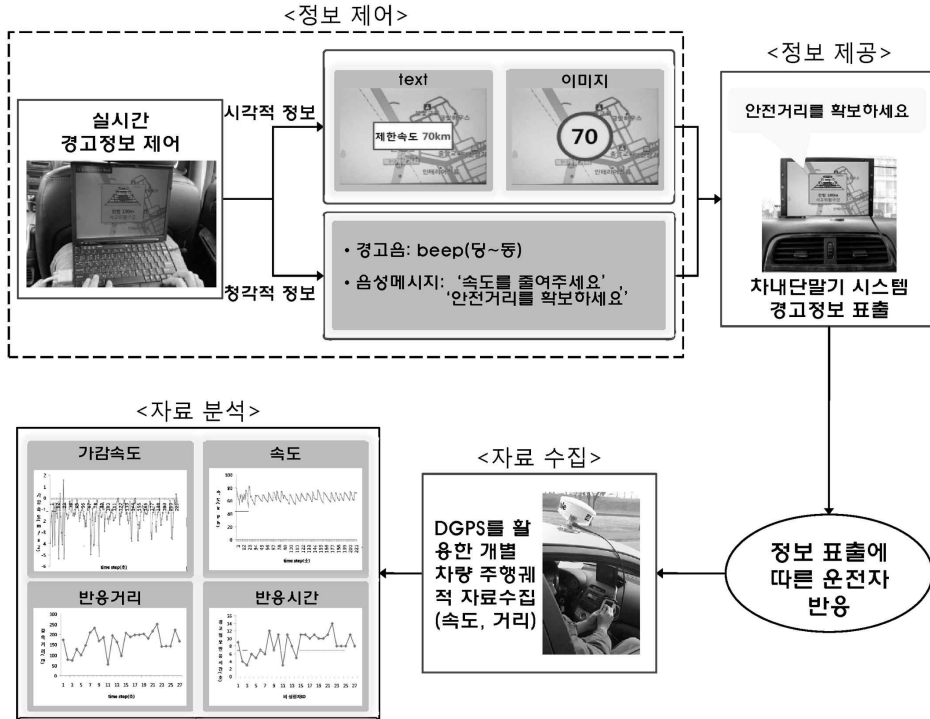
자료수집은 운전자(피실험자)와 조사자 2명으로 구성된 조사팀이 차량에 탑승한 후 <그림 3>에서 제시된 현장 조사 구간인 국도 42호선인 수인산업도로(북고개 삼거리~서수원터미널) 약 8.6km를 왕복주행하면서 운전자의 반응특성(속도, 가감속도 등)자료를 수집하였다. 현장 조사구간의 도로상황은 제한속도 80km/h의 속도로 주행이 가능하며 왕복 8차선인 국도이다. 긴급영향권구간의 경고정보는 북고개 삼거리에서 서수원터미널 방향으로, 일반영향권의 경고정보는 서수원터미널에서 북고개 삼거리 방향으로 정보를 제공하여 실험을 수행하였다. 속도와 가감속도 등의 운전자 반응특성은 <그림 4>와 같이 컴퓨터에서 정보를 제어하고 DGPS(Differential Global Positioning System)를 실험차량에 장착하여 1초마다 차량의 위치와 속도 자료를 수집하였다. 피실험자는 총 30명으로 20대 남성 피실험자를 대상으로 자료를 수집하였다.

긴급영향권의 조사방법으로는 실험차량이 제한속도 80km/h로 주행 중 경고정보제공구간에 진입하게 되면 조사자1이 네비게이션에 각 시나리오별 경고정보를 제공하고, 이 때 운전자는 경고정보를 제공하는 시점부터 반응하여 70km/h로 감속하게 된다. 경고정보가 끝나는 시점까지는 70km/h 속도로 유지하다가 경고정보 제공이 끝나게 되면 다시 80km/h의 속도로 주행한다. 조사자2는 경고정보제공이 시작되는 시점과 끝나는 시점에서 DGPS 장비를 조작하여 각각의 시나리오에 대한 운전자의 주행궤적 자료를 수집하였다.

일반영향권의 조사방법으로는 긴급영향권과 동일한 방법으로 실험을 수행하였으며, 운전자(피실험자)만 경고정보 시나리오에 따라 긴급영향권과 다른 반응을 하였다. 일반영향권의 경우 경고정보제공이 시작되는 시점부



<그림 3> 현장 조사 구간



<그림 4> 차내단말기 시스템 흐름도

터 긴급영향권에 진입하고 사고위험구간에 도달할 시점까지 운전자(피실험자)가 정보를 인지하면서 속도를 감속하도록 하였다. 경고정보가 제공되는 시점은 사고 발생 및 위험구간으로부터 300m 지점으로 가정하고 실험을 수행하였다.

또한, 경고정보제공 이외의 다른 외부요인의 영향을 최소화하기 위해 커브나 언덕 등의 도로기하구조에 영향을 받지 않는 구간과 과속카메라 설치 구간 등을 고려하여 시나리오 정보를 제공하였다. 원활한 실험을 수행하기 위하여 실험 전 운전자(피실험자)들에게 실험 방법에 대해서 자세하게 설명을 한 뒤 실험을 진행하였다.

IV. 자료 분석

1. 가감속도 주행패턴 분석

각각의 경고정보 유형에 따라 제시되는 18개의 시나리오 제공에 따른 평균 감속도를 비교하여 <표 5>에 제시하였다. 분석 결과 사고위험과 직접적으로 연관이 있는 긴급영향권에서는 시나리오2(경고음+text)로 정보를 제공할 경우 $-1.99m/s^2$ 로 가장 감속도가 큰 것으로 분석되었으

<표 5> 평균 감속도 및 표준편차

정보유형	긴급영향권		일반영향권	
	시나리오	평균 감속도 (표준편차)	시나리오	평균 감속도 (표준편차)
경고음+이미지	1	-1.82 (1.56)	10	-1.58 (1.18)
경고음+text	2	-1.99 (1.72)	11	-1.50 (1.00)
경고음+이미지+text	3	-1.65 (1.35)	12	-1.67 (1.18)
음성+이미지	4	-1.31 (1.42)	13	-1.29 (0.95)
음성+text	5	-1.60 (1.22)	14	-1.65 (1.42)
음성+이미지+text	6	-1.91 (1.15)	15	-1.62 (1.08)
경고음+음성+이미지	7	-1.38 (1.35)	16	-1.38 (1.34)
경고음+음성+text	8	-1.52 (1.18)	17	-1.52 (1.02)
경고음+음성+이미지+text	9	-1.52 (1.23)	18	-1.78 (1.19)

며, 시나리오4(음성+이미지)로 정보를 제공할 경우 $-1.31m/s^2$ 로 분석되어 감속도가 가장 낮은 것으로 분석되었다. 일반영향권의 경우 시나리오 18(경고음+음성+이미지+text)로 정보를 제공할 경우 $-1.78m/s^2$ 로 분석되



<그림 5> 경고정보에 따른 가감속도 변화(x축 : time step(초))



<그림 6> 경고정보에 따른 속도 변화(x축 : time step(초))

어 감속도가 가장 큰 것으로 분석되었으며, 시나리오13(음성+이미지)로 정보를 제공할 경우 $-1.29m/s^2$ 로 분석되어 가장 낮은 것으로 분석되었다. <그림 5>는 운전자가 주행하면서 경고정보유형에 따라 반응한 가감속도 변화를 예를 들어 제시하였으며, <그림 6>은 속도변화를 제시하였다.

제공에 대한 가장 효과적인 경고정보 콘텐츠를 도출하기 위한 분석을 수행해야한다. 이를 위해 운전자 반응특성을 나타낼수 있는 계량화된 변수를 반영하여 분석을 수행하였으며, 효과적인 경고정보 콘텐츠의 우선순위를 결정하기 위하여 각 경고정보 콘텐츠 제공에 따른 운전자 반응특성에 대한 통계적 분석을 수행하였다.

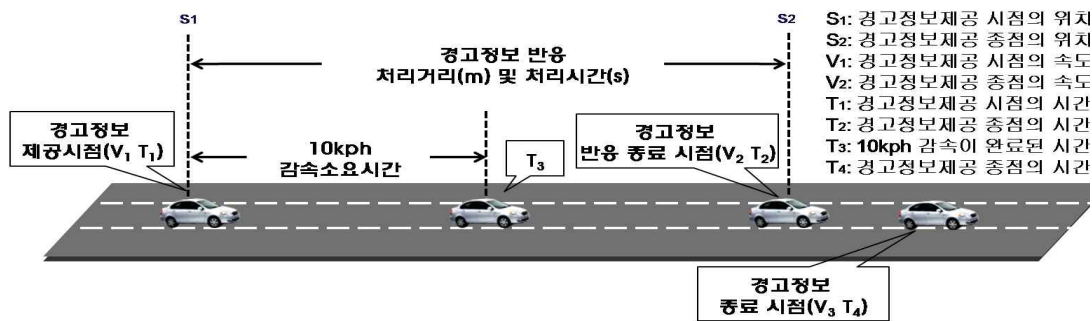
2. 경고정보 유형에 따른 운전자 반응특성 분석

1) 분석 목적

본 연구에서는 운전자가 효과적으로 반응 할 수 있는 교통안전 경고정보 콘텐츠를 도출하는 것이 주목적이다. 따라서 긴급영향권과 일반영향권에서 제공되는 경고정보

2) 분석에 사용된 계량화변수

현장실험을 통하여 수집된 자료는 운전자 반응을 분석하기 위해 몇 가지 변수들을 정의하여 분석하였으며, <그림 7>은 그에 대한 개념도를 제시하였다. 관련 개념에 대한 용어정의는 다음과 같다.



<그림 7> 운전자 반응특성 실험 분석 방법 개념도

- 10km/h 감속소요시간 : 경고정보제공 시점(T₁)에서 감속하기 시작하여 10kph 감속하기까지의 시간(초)

$$10\text{km/h 감속소요시간} : T_3 - T_1 \quad (1)$$

- 경고정보 반응처리거리 : 경고정보를 제공한 지점부터 운전자가 감속하여 감속이 끝나는 지점까지의 거리(m)

$$\text{경고정보 반응처리거리} : S_2 - S_1 \quad (2)$$

- 경고정보 반응처리시간 : 경고정보를 제공한 시점부터 운전자가 감속하여 반응이 끝나는 지점까지의 시간(초)

$$\text{경고정보 반응처리시간} : T_2 - T_1 \quad (3)$$

- 속도감소량 : 경고정보 제공시점에서의 속도(V₁)와 운전자가 감속하여 반응이 끝나는 지점에서의 속도(V₂)에 대한 감소량

$$\text{속도감소량}(\%) : \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100 \quad (4)$$

3) 분석 방법

본 절에서는 분산분석, T-검정 및 F-검정 등의 통계

적 분석기법을 활용하여 경고정보제공에 따른 운전자 반응특성분석을 수행하기 위한 분석방법론을 <그림 8>과 같이 정립하였다. 각 단계별 주요 절차 및 분석과정은 다음과 같다.

(1) 각 시나리오별 주행궤적 자료 수집

긴급영향권과 일반영향권에 제공된 각각의 시나리오에 따라 주행궤적 자료를 수집하였으며, 수집 자료는 시간, 위치, 속도, 가속속도, 감속거리 등을 수집하였다.

(2) 정보제공범위별 분산분석

수집된 주행궤적 자료를 활용하여 운전자 반응특성을 분석 할 계량화변수들을 산출하였다. 긴급영향권의 경우 경고정보제공 시 가장 빠른 반응 및 대응하는 경고정보가 가장 효과적인 경고정보라 할 수 있다. 따라서 분석방법으로는 10km/h 감속소요시간을 특성변수로 활용하였다. 일반영향권의 경우 경고정보제공 시 운전자의 속도감소량이 가장 큰 경우에 운전자가 위험상황에 대한 인지 및 각성정도가 큰 것으로 판단하여 속도감소량(%)을 특성변수로 활용하였다. 선정된 각 시나리오별 특성 변수들의 평균이 다름을 확인하기 위하여 분산분석을 수행하였다.

(3) 시나리오별 동질그룹 분류

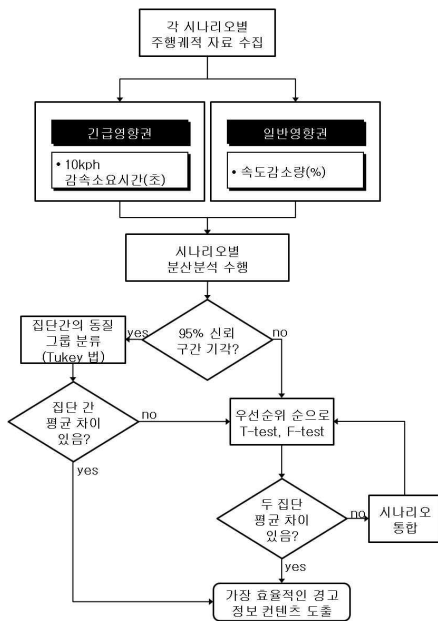
분산분석 결과 p-value < α(=0.05)에 귀무가설이 기각되는 경우에는 Tukey's Pairwise Comparison 결과를 비교하여 집단 간의 동질그룹을 분류하였다. 변수 분석결과 우선순위가 높은 집단과 다른 집단들의 평균 차이가 있는 경우에는 최적의 경고정보 컨텐츠가 도출된다.

(4) T-검정 및 F-검정

분산분석의 귀무가설이 기각되지 않을 경우와 동질그룹 분류 시 집단 간의 평균차이가 없는 경우에는 우선순위가 가장 높은 1순위와 2순위의 시나리오를 선정하여 T-검정과 F-검정을 수행한다. 두 시나리오 간의 평균 차이가 있는 경우에는 최적의 경고정보 컨텐츠가 도출된다.

(5) 시나리오 통합

시나리오 간의 평균 차이가 없는 경우 두개의 시나리오의 우선순위는 동일하다고 판단되므로 두개의 시나리오에서 수집된 자료를 통합한 후 3순위로 선정된 시나리오와 T-검정 및 F-검정을 수행한다.

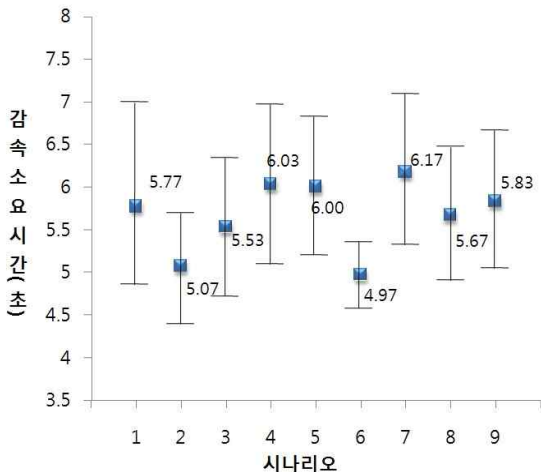


<그림 8> 분석 흐름도

4) 분석 결과

(1) 긴급영향권 경고정보

긴급영향권 시나리오에 대한 분석 결과는 <표 6>에 제시하였다. 시나리오 1~9 중 10km/h 감속소요시간이 가장 빠른 시나리오는 4.97초로 시나리오6(음성+이미지+text)으로 분석되었다. 그 다음으로는 시나리오2(경고음+text)가 5.07초, 시나리오3(경고음+이미지+text)이 5.53초로 분석되었다. <그림 9>는 각 시나리오별 감속소요시간 분포가 95%범위 안에 있는 변수에



<그림 9> 시나리오별 감속소요시간

<표 6> 시나리오별 분석 결과(시나리오 1~9)

우선순위	시나리오	10kph감속 소요 시간(초)	경고정보 제공시속도(kph)	경고정보 반응 및 처리시간(초)	경고정보 반응 및 처리거리(m)
1		4.97	71.84	6.73	129.33
	음성+이미지+text				
	경고음+text				
2		5.07	73.27	7.20	140.12
	경고음+text				
3		5.53	70.17	6.50	120.47
	경고음+이미지+text				

대한 범위를 설정하여 제시한 것이다. 시나리오1의 경우 <그림 9>에서 분석된 바와 같이 다른 시나리오의 변수들의 분포와는 상이하게 분포의 간격이 크게 분석되었다. 시나리오1의 경우 실험구간에서 운전자(피실험자)들이 처음으로 정보를 제공하는 구간이기 때문에 도로 환경상황과 차량 등의 적응 부족으로 정확하게 반응하지 않았다고 판단하여 분석에서는 제외하였다. 경고정보 유형에 대한 우선순위를 통계적으로 검증하기 위하여 분산분석을 수행하여 <표 7>에 결과를 제시하였다. 분산분석 결과 F=1.690, p=0.112 값으로 산출되어 $\alpha=0.05$ 의 유의확률로 시나리오별 평균이 같다는 가설은 기각되지 않는다. 따라서 시나리오에 따라 서로 다르다고 할 수 없다. 이 중 10kph 감속 소요시간이 가장 빠른 시나리오6과 시나리오2의 반응이 비슷한 수준으로 분석되었다. 따라서 두 시나리오의 분석의 우선순위 여부를 판단하기 위하여 T-검정과 F-검정을 수행하였다.

분석 결과는 <표 8>에 제시하였으며, T-검정과 F-검정의 결과 각각 $t=-0.288$, $p=0.775$ 와 $F=0.065$, $p=0.79$ 로 산출되어 $\alpha=0.05$ 의 유의확률에서 평균 및 분산

<표 7> 시나리오(2~9)에 따른 분산분석결과

	제공합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단-간	41.717	7	5.960	1.690	0.112
집단-내	818.267	232	3.527		
합계	859.983	239			

<표 8> 시나리오 6과 2의 통계분석

평균	-0.1	
표준편차	1.90	
표준오차	0.35	
95%신뢰간격	상한	-0.81
	하한	0.61
t-statistic	-0.288	
자유도	29	
유의확률	0.775	
F-value : 0.065	유의확률 : 0.79	

<표 9> 시나리오 6과 2와 시나리오3의 T-검정

평균	-0.51	
표준편차	1.817	
표준오차	0.234	
95%신뢰간격	상한	-0.98
	하한	0.04
t-statistic	-2.201	
df	29	
유의확률	0.031	

이 같다는 가설은 기각되지 않는다. 즉, 시나리오6과 2의 평균이 다르다고 할 수 없다. 따라서, 시나리오6과 시나리오2의 경우 우선순위가 같다고 할 수 있다.

그 다음으로 감속시간이 빠르게 분석된 시나리오3과의 우선순위를 분석하기 위하여 시나리오6과 2에서 수집된 자료를 통합하여 시나리오3과의 T-검정을 수행하였다. T-검정 결과 <표 9>에 제시된바와 같이 $t = -2.201$, $p = 0.031$ 값으로 산출되어 $\alpha = 0.05$ 의 유의확률로 시나리오




별 평균이 같다는 가설은 기각된다. 따라서, 긴급영향권에서 경고정보제공 시 가장 효율적으로 반응한 경고정보 콘텐츠는 시나리오6(음성+이미지+text)과 시나리오2(경고음+text)라 할 수 있다. 이 중 경고음+text의 경우 본 연구진의 사전연구(오철 등, 2009)에서 가장 선호도가 높은 것으로 분석되었다. 따라서, 경고음+text로 제공하는 것이 최적의 콘텐츠라고 판단 할 수 있으며, 간단명료한 경고정보를 제공하는 것이 긴급영향권에서 제공되는 가장 효과적인 정보라 할 수 있다.

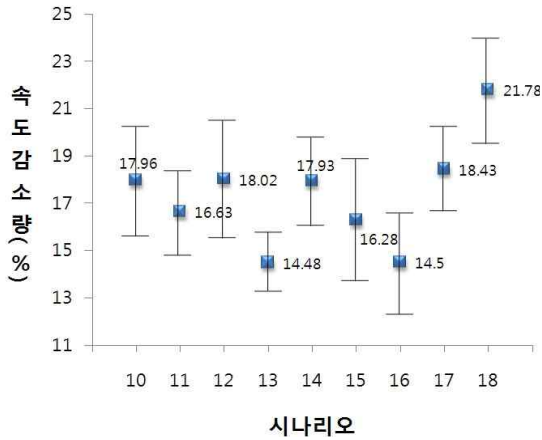
(2) 일반영향권 경고정보

일반영향권 시나리오에 대한 분석 결과는 <표 10>에 제시하였다. 시나리오 10~18 중 속도감소량이 가장 큰 시나리오는 21.78초로 시나리오 18(경고음+음성+이미지+text)로 분석되었다. 그 다음으로는 시나리오17(경고음+text)이 18.43초, 시나리오10(경고음+이미지+text)이 18.02초로 분석되었다. 분석결과 text로 정보를 제공할 경우 속도감소량이 큰 것으로 분석되었다. 각 시나리오별 속도감소량을 95%안에 분포되는 범위를 설정하여<그림 10>에 제시하였다.

경고정보 유형에 대한 우선순위를 통계적으로 검증하기 위하여 분산분석을 수행하여 <표 11>에 결과를 제시하였다. 분산분석 결과 $F = 4.629$, $p = 0.000$ 값으로 산출되어 $\alpha = 0.05$ 의 유의확률에서 시나리오별 평균이 같다는 가설은 기각된다. 따라서 시나리오에 따라 속도감소량의

<표 10> 시나리오별 분석 결과(시나리오 10~18)

우선순위	시나리오	속도감소량 (%)	경고정보 제공시속도(kph)	경고정보 반응 및 처리시간(초)	경고정보 반응 및 처리거리(m)
1		21.78	72.97	9.37	168.73
	경고음+음성+이미지+text				
2		18.43	74.43	9.50	185.49
	경고음+음성+text				
3		18.02	71.31	8.17	153.38
	경고음+이미지+text				



<그림 10> 시나리오별(시나리오10~18) 속도감소량

<표 11> 시나리오(10~18)에 따른 분산분석결과

	제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
집단-간	1196.973	8	149.622	4.629	0.000
집단-내	8403.723	260	32.322		
합계	9600.696	268			

<표 12> 정보제공수단별 분산분석 결과

제공수단		N	1	2	3
Tukey's Pairwise Comparison	시나리오 13	258	14.4838		
	시나리오 16		14.5037		
	시나리오 15		16.2841	16.2841	
	시나리오 11		16.6278	16.6278	
	시나리오 14			17.9253	
	시나리오 10			17.9602	
	시나리오 12			18.0196	
	시나리오 17			18.4254	
	시나리오 18				21.7808
	sig.			0.188	0.210

평균이 같다고 할 수 없다. 또한, Tukey's Pairwise Comparison 분석결과 <표 12>에 제시된 바와 같이 시나리오18이 다른 시나리오와의 집단과 평균적으로 차이가 있는 것으로 분석되었다. 따라서 시나리오 18로 경고정보를 제공하는 것이 다른 시나리오로 제공하는 것보다 속도 감소량이 가장 크다고 할 수 있다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구는 연속류 도로구간에서 차내 단말기를 이용하여 전방의 위험상황에 대한 경고정보를 제공 할 경우 운전자 반응특성 분석을 통하여 이용자에게 가장 효율적인 최적의 경고정보 콘텐츠를 도출하였다. 사고위험구간

을 분리하여 정보제공범위를 나누어 경고정보유형에 대한 운전자 반응특성 실험을 수행하였다. 운전자의 속도 및 가감속도 등의 반응을 측정하기 위하여 DGPS를 장치한 실험차량을 이용하였으며 1초마다 각각의 시나리오에 대한 반응특성 자료를 수집하였다. 통계 분석을 위하여 30명의 피실험자를 대상으로 실험을 수행하였으며, 연령대별 반응특성이 각기 다르기 때문에 반응특성이 비슷한 20대 연령층을 대상으로 실험을 수행하였다.

실험결과 가장 효과적으로 반응하는 경고정보 유형은 사고위험과 직접적으로 연관이 있는 직접영향권에서는 음성+이미지+text와 경고음+text로 정보를 제공하는 것이 가장 효과적인 경고정보 콘텐츠인 것으로 확인되었다. 이 중 경고음 +text로 정보를 제공하는 것이 운전자에게 작업부하(work load)를 최소화 하므로 가장 적절한 경고정보 콘텐츠라 말할수 있다. 일반영향권에서는 경고음+음성+이미지+text로 정보를 제공하는 것이 운전자 반응을 고려한 효율적인 경고정보제공방안으로 분석되었다.

본 연구의 한계 및 향후 연구되어야 할 과제는 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 제시되는 경고정보는 실제 교통위험상황을 반영하지 못하였다. 실제 사고위험상황의 경우를 반영하는 것에 한계가 있기 때문에 본 연구에서는 교통사고위험이 발생했다고 가정하고 운전자(피실험자)에게 실시간 경고정보를 제공하였다.

둘째, 본 연구에서는 제한된 유형의 경고정보에 대한 운전자 반응특성을 분석하였다. 따라서, 보다 객관적으로 효과적인 경고정보 콘텐츠 도출을 위해서는 다양한 종류의 경고정보를 설계하여 현장실험을 통한 특성분석이 필요할 것이다.

셋째, 본 연구는 도로의 소통상황이 원활한 경우만을 고려하여 실험을 수행하였다. 그러나 운전자의 반응은 속도와 교통량 등에 대한 직접적인 영향을 받기 때문에 교통소통상황(원활, 지체, 정체)에 따라 다르게 반응 할 것이다. 따라서, 다양한 교통상황에 따른 실험을 수행해야 한다.

본 연구는 10kph 속도 감소시간과 속도감소량, 경고 정보제공 반응 시간 등의 단순한 방법을 사용하여 차내 단말기에서 제공하는 경고정보제공의 운전자 반응을 분석하였다. 그러나 운전자 반응특성을 분석하기에는 위에서 제시한 여러 가지 한계요소들을 충분히 반영하지 못하고 있다. 따라서, 보다 신뢰성 있고 객관적인 연구결과를 도출하기 위해서는 여러 한계요소들을 반영한 종합적인 연구가 추가적으로 필요할 것이다. 본 연구의 결과는 교통사고를 효과적으로 감소시키기 위한 교통안전정책 및 경고정보제공전략수립을 위한 효과적인 의사결정 지원자료로 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 송태진·오철·오주택(2008), “실시간 교통안전 경고정보 제공을 위한 이용자 선호도 분석 연구”, 대한교통학회지, 제27권 제4호, 대한교통학회, pp.7~16.
2. 오철·김준형·송태진·박준형·임희섭(2009), “실시간 교통안전 분석·평가 기술개발 3차년도 중간보고서”, 교통체계효율화사업(U-safety 교통안전 감시 및 분석시스템 개발).
3. Abe, G. and Richardson, J(2005), “The influence of alarm timing on braking response and driver trust in low speed driving”, Safety Science 43, pp.639~654.
4. A. Hamish Jamson, Natash a Merat(2005), “Surrogate in-vehicle information systems and driver behaviour : Effects of visual and cognitive load in simulated rural driving”, Transportation Research Part F 8, pp.79~96.
5. Anttila, V. and Luoma(2005), “Surrogate in-vehicle information systems and driver behavior in an urban environment : A field study on the effects of visual and cognitive load”, Transportation Research Part F 8, pp.121~133.
6. Campbell, J.L., Richman, J. B., Carney, C., and Lee, J.D(2004), “In-Vehicle Display Icons and Other Information Elements Volume I : Guidelines”, FHWA-RD-03-065, pp.6~4.
7. Ellen C. Haas and Judy Edworthy(1996), “Designing urgency into auditory warnings using pitch, speed and loudness”, Computing & Control Engineering Journal, pp.193~198.
8. Emeli Adell, Andras Varhelyi, Magnus Hjalmdahl(2008), “Auditory and Haptic systems for in-car speed management - A comparative real life study”, Transportation Research Part F 11, pp.445~458.
9. Geva Vashitz, David Shinar, Yuval Blum (2008), “In-vehicle information systems to improve traffic safety in road tunnels”, Transportation Research Part F 11, pp.61~74.
10. Koji SUTO, Junyi ZHANG and Akimasa FUJIWARA(2008), “Effect of an In-vehicle Warning Information System on Driver’s Behavior When They Approach a Large-Scale Crest-Shaped Intersection”, Transportation Research Board 87th Annual Meeting.
11. Raymond J. Kiefer, David J. LeBlanc, Carol A. Flannagan(2005), “Developing an inverse time-to-collision crash alert timing approach based on drivers’ last-second braking and steering judgments”, Accident Analysis and Prevention 37, pp.295~303.
12. Tatsura Daimon, Hironao Kawashima, Satoshi Yamada(2001), “Study on Human Interface for Multi-Information Environment of In-vehicle Information Systems ; Integration of Headway Warning and Blind-spot Warning Information”, 7th Annual World Congress on Intelligent Transport Systems, Sydney.
13. Wan-Hui Chen, Szu-Wei Lee, Kui-Chuan Kao, Jeng-Min Chiou(2007), “Young Driver Preferences and Experimental Investigation of Audio and Visual Interface Designs for In-Vehicle Information Systems”, Transportation Research Board 86th Annual Meeting.

✉ 주 작성자 : 송태진

✉ 교신저자 : 오철

✉ 논문투고일 : 2009. 4. 9

✉ 논문심사일 : 2009. 5. 27 (1차)

2009. 5. 29 (2차)

✉ 심사판정일 : 2009. 5. 29

✉ 반론접수기한 : 2010. 2. 28

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필