Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 31, No. 5 pp.657-670, October 2012 http://dx.doi.org/10.5143/J Ergon Soc Korea.2012.31.5.657

Research on Information Providing Method for Intelligent Navigation System

Hye Sun Park, Kyong-Ho Kim

Human-Vehicle Interaction Research Team, Vehicle-IT Convergence Technology Research Laboratory,
ETRI Gajeongno, Yuseong-gu, Daejeon, 305-700

ABSTRACT

Background: Today, numerous telematics technologies, i.e., technologies developed by integrating telecommunications with information processing, are applied in vehicles. One such developmental application of this technology to vehicles is to increase the safety or convenience of drivers by providing them with necessary information such as warnings and information on emergencies and traffic situations. However, under certain conditions, there is a high probability of traffic accidents if the driving workload is high. Nowadays, the navigation system is frequently used in the vehicles, this system provides various information including route to the driver. But, the existing navigation systems are not only considered a driver's reaction but also provide unilaterally to the information regardless of them. Such one-side information service type may miss important information to the driver. In addition, it sometimes interferes safety driving. **Objective:** To solve this problem, the intelligent navigation system needs to the providing way that it checks the driver's reactions after providing information. Namely, if the driver passes the information received from the navigation, then the intelligent system provides more loudly and more frequently. **Method:** Therefore, in this study we introduce the intelligent navigation system that it automatically controls modality type and its strength when the driver misses or overlooks the information for their safety and entertainment and we analyze the driver's cognitive responses about the modality type and its strength. **Results:** To evaluate the effectiveness of the proposed system, we analyzed the reaction time and driving workload for each type of the information, modality and its strength. Also we evaluated the users' subjective satisfaction and understanding based on a questionnaire.

Keywords: Intelligent navigation, Modality and its strength, Driver's cognitive reaction, Driving safety

1. Introduction

최근 정보통신 기술의 발달로 인하여 다양한 IT 기기가 등장하였고, 차량 환경이 IT 융합의 공간으로 대두됨에 따라 자동차-IT 융합 기술은 활발하게 개발되고 있다. 스마트폰이나 차량용 정보 단말기를 통해 차량 정보, 교통 정보, 운전자 정보와 같은 다양한 정보를 제공 받고, 그에 따른 안전과 편의를 위한 다양한 서비스가 가능해 졌다.

그러나 전달할 정보가 발생 시, 기존 개발된 대부분의 차량 내 기기들은 운전자의 인지 반응이나 운전자의 상황을 고려하지 않고, 정해진 전달 시기와 일괄된 제공 방식으로 정보를 전달한다. 다양한 기기들로부터 무분별하게 제공되는 정보들은 오히려 주행 중, 운전자의 주의 산만을 유발하고 운전 부하를 증가시킬 수 있다. 또한 다양한 기기들이 차량 내 장착됨에 따라 운전자의 기기 조작 횟수가 늘고, 조작 및

Corresponding Author: Hye Sun Park. Human-Vehicle Interaction Research Team, Vehicle-IT Convergence Technology Research Laboratory, ETRI Gajeongno, Yuseong-gu, Daejeon, 305-700.
Phone: +82-42-860-4803, E-mail: hspark78@etri.re.kr
Copyright@2012 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.
ⓒThis is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. http://www.esk.or.kr

정보 전달을 위한 시선 분산이 늘어남에 따라 운전자의 안전이 위협될 수 있다.

이러한 문제점은 이미 많은 연구자들에 의해 제기되었다. 운전자에게 주행 편의를 제공하기 위해 개발된 PMP (portable multimedia player), 경로 유도 장치, DMB(digital multimedia broadcasting)와 같은 기기에서 제공하는 다양한 정보뿐만 아니라 차내 휴대 전화의 사용 등은 운전자와의 상호작용을 필요로 하기 때문에 운전 부하를 증가시킨다(Oh et al., 2008; Koo et al., 2009). 또한, 교통 사고 통계적 분석 결과, 차량 내 다양한 정보 제공이 운전자의 피로도를 높이고 운전 산만을 유발하여 교통 사고율의 원인이 되고, 최근 이러한 사고가 급증하고 있다고 한다(RTSA Annual Report, 2005). 또 네비게이션 이용에 따른 사고가 교통사고율의 75%에 해당되며, 이러한 네비게이션 및 차량정보기기가 증가함에 따라 교통 사고도 증가하고 있다는 분석 결과가 증명되었다(Takubo et al., 2000; Shinohara et al., 2005). 이 뿐만 아니라, 2001년부터 2007년간 미국에서 발생한 교통 사고의 주원인을 휴대폰 문자 메시지 조작과 통화 등으로 인한 차량 기기 조작으로 언급하였다(Fernando et al., 2010). 국내의 경우, 가장 최근에 트럭 운전자가 주행 중 DMB 조작에 따른 부주의로 한국의 유명한 여자 사이클 선수들의 목숨을 잃게 하는 큰 사고도 있었다(Korea News, 2012).

이러한 많은 사례 및 연구 결과를 보면, '차내 다양한 기기들의 발전으로 인해 제공되는 다량의 정보들은 운전자에게 편의를 제공하기도 하지만, 반면에 운전자의 안전을 위협할 수도 있다'는 것을 알 수 있다.

그러나 미래 사회는 더 많은 정보를 제공할 것이고, 차내 정보 장치들은 더 급증할 것이다. 제공되는 다량의 정보들을 운전자의 인지 반응이나 운전자의 상황을 기반으로 전달 방식을 다르게 하여 제공한다면, 운전자는 제공 정보를 보다 잘 인지할 수 있고, 이에 따르는 부하나 주의 산만을 줄일 수 있을 것이다.

따라서, 이러한 관점을 기반으로 문제점을 해결하기 위해서, 본 연구에서는 최근에 개발된 많은 다양한 차량 내 기기 중에 가장 사용 빈도가 많은 네비게이션에 초점을 맞춰 지능형 네비게이션을 위한 정보 제공 방법에 대해 논의한다.

운전자가 자동차를 목적지까지 운행하기 위해서는 크게 '운전 수행'이라는 것과 '길 찾기'라는 이중 과제를 동시에 수행한다. 전자는 핸들을 돌리거나 깜박이를 켜는 것과 같은 운행에 필요한 자동차 조작에 해당하고, 후자는 말 그대로 목적지까지 운행하기 위해, 목적지까지 가는 길을 찾는 행위를 말한다. 그런데, 운전의 궁극적인 목적은 목적지까지 이동하는 것이기 때문에, 후자인 '길 찾기'의 경우가 운전을 수행하는데 있어서 더 중요한 과제라고 할 수 있다(Kim et al., 2009). 그런데, 최근에 운전자들이 주로 이러한 '길 찾기' 과제를 네비게이션에 의존한다 따라서, 운전자는 '길 찾기' 과제를 좀더 잘 수행하기 위해, 네비게이션으로부터 제공되는 정보를 잘 인지하려고 노력할 것이다. 그런데 이러한 정보 인지에 대한 노력은 '운전 수행'이라는 다른 과제에 영향을 미친다. 예를 들어, 네비게이션 화면에 나타나는 정보를 확인하기 위해 운전자가 시선을 아래로 향함에 따라 '시각주의 분산' 이 일어나서 안전 운전을 위협할 수 있다. 따라서 정보를 인지하기 위한 노력이나 인지에 따른 부하를 적게 하면서 정보를 제공할 수 있는 것이 미래의 지능형 네비게이션의 중요한 역할이라고 할 수 있다.

네비게이션으로부터 제공받은 정보를 운전자가 보다 수월하게 인지할 수 있는 방법은 무엇인가? 본 연구에서는 지능형 네비게이션이 운전자의 반응과 운전 상황을 고려하여 운전자의 상황에 맞게 정보 제공 모달리티(modality)를 선택하거나 추가할 뿐만 아니라 그 강도를 자동 조절하여 적응적으로 정보를 제공한다면, 운전자가 제공받은 정보를 인지하기가 훨씬 수월할 것이라고 판단한다.

기존의 네비게이션은 대체로 네비게이션 단말기에 경로 정보, 속도 정보 등을 시각적으로 표시하고 동시에 음성으로 안내해 준다. 그러나 차량 외부에 시끄러운 소음으로 인해, 차량 내 네비게이션의 소리가 잘 들리지 않을 때가 있거나 이와 달리 네비게이션 정보에 대한 음성서비스가 도리어 운전을 방해한다고 생각하여 무음으로 설정해 놓은 운전자도 있다. 만약 네비게이션이 차내 · 외의 상황을 스스로 판단하여, 적절한 정보 제공 모달리티와 그 강도를 조정해 준다면, 운전자가 잘 안 들릴 경우는 좀더 큰 소리로, 운전자가 필요하지 않다고 생각될 때는 최소한으로 정보를 제공할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 관점에서 지능형 네비게이션을 개발하기 위해, 네비게이션으로부터 기본적으로 제공하는 정보들을 속성에 따라 3가지로 분류하였다. 이때, 속성별 분류된 3가지 정보들은 경로 정보, 경고/알림 정보, 그리고 속도 정보이다. 일반적인 네비게이션 정보에는 좌회전, 우회전, 유턴과 같은 경로 정보가 있고, 구간 별 제한 속도를 알려주는 속도 정보가 있다. 또, 사고다발 구역 정보나 공사 구간과 같은 특정 지역에 대한 주의 정보를 알려주는 경고/알림 정보가 있다.

본 연구에서는 실험 분석 결과를 통해 분류된 정보들의 속성 별, 제공 모달리티 유형 별, 모달리티의 강도 별로 운전자의 인지 반응 시간과 그에 따른 부하 및 이해도의 관계를 산출하였다. 이때, 운전자의 인지 반응 시간이란 '네비게이션으로부터 운전자에게 정보를 제공하는 시점부터 운전자가 인지했다는 확인으로 버튼을 누른 시점까지'로 정의한다.

2. Method

2.1 Participants

본 실험에는 총 30명의 실험자(남자 17명, 여자 13명)가 참가하였다. 실험 참가자는 20대(M = 24)의 운전면허 소지자로 하였다. 젊은 연령층의 운전자들을 실험 대상으로 선정한 이유는 시뮬레이션 조작에 비교적 능숙할 것이라고 판단했기 때문이다(Oh et al., 2007).

또한, 각 정보에 대한 인지 능력이나 시뮬레이션 사용에 대한 이해력의 차이가 많이 나는 경우, 실험의 본 목적인 정보 속성 및 제공 방식에 따른 이해력과 인지 능력에 차이점을 산출하는데 있어 방해 또는 상당한 영향력을 끼칠 것이라고 우려했기 때문에, 비슷한 연령대의 인지 능력이 비슷한 대상으로 선정하였다.

실험 환경에서 제공되는 정보들의 시각 및 청각적 표현 방식이 모든 피실험자에게 동일한 조건 하에서 최대한 외부 요인에 의해 영향을 미치지 않는 범위 내에서 제공될 수 있도록 하였다.

2.2 Experimental tool

2.2.1 Simulator

실험을 위해 실제와 유사한 차량 시뮬레이터를 사용하였다. 시뮬레이터는 국민대학교 차량제어 실험실에서 개발한 KMU DS-5를 실험에 사용하였다. 이 시뮬레이터는 차량의 속도, RPM과 같은 차량의 기본 정보를 수집할 뿐만 아니라, face LAB 5를 사용하여 실시간 운전자 시선 검출이 가능한 장비도 장착되어 있다. 본 실험에서는 운전자가 제공 정보에 인지 반응 액션을 수행하도록 하고, 정보 속성에 따라 인지 시간과 액션 시간 간의 갭이 존재할 수 있기 때문에, 이를 고려하여, 운전자의 시선 변이 추적 결과를 함께 산출하여 각 정보 제공 별 운전자의 인지 반응 시간을 측정하였다.

Figure 1은 실제 차량 기반 시뮬레이터 실험 환경을 나타낸다. PC기반 full-scale 차량 시뮬레이터로 전방 3채널과 후방 1채널의 영상시스템을 갖추어 130 * 40, 60 * 40도의 넓은 시야 범위와 현실감 높은 그래픽 이미지를 제공하고, 실험에 사용된 실제 차량은 2009년 현대 제네시스 쿠페 모델로써 롤, 피치, 히브의 3모션 자유도가 가능하다.

실험은 실험 참가자에게 실제 운전 상황과 최대한 동일한 환경을 만들기 위해, 운전자의 전방 1m의 거리에 실제 도로 환경과 똑같이 그래픽한 도로 환경이 나타나도록 설치하였다. 또한 네비게이션의 시각이나 음성 정보를 표현하기 위하여 운전석에서 네비게이션의 위치와 가장 유사한, 전면 디스플레이 우측 하단에 시각 정보 표시와 운전자의 오른쪽 측방

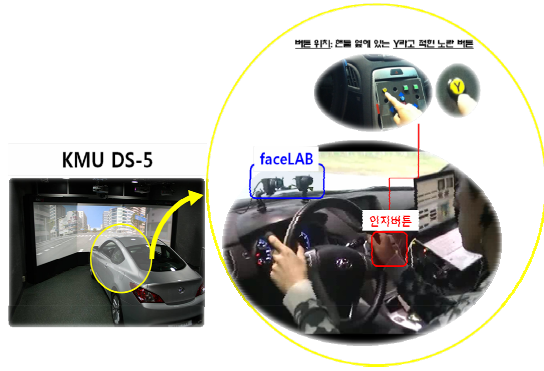


Figure 1. Simulator based experimental environments

에 안내 및 경보 소리를 조정할 수 있는 스피커를 장착하여, 가능한 실제 차량 내 네비게이션에서의 정보 제공 시와 차이점을 두지 않도록 하였다.

2.2.2 Questionnaire

본 연구에서는 주어진 정보가 무엇이며, 또한 어떻게 주어지느냐에 따라 인간의 인지 반응 시간이 달라질 것이고, 이것을 통해 보다 효율적인 정보 제공 방법을 추정할 수 있을 거라 판단하여, 각 제공 정보 종류, 제공 모달리티 유형에 따른 정보 제공 이해도와 운전 부하를 실험 직후 설문지를 통해 추정 및 분석하였다. 먼저, 이해도는 DeLoach et al. (1998)에서 설명한 VAS(Visual Analogue Scale)를 기준으로 각 설문 문항에 대해 '전혀 어렵지 않다'에서 '매우 어렵다'의 눈금 없는 10cm 척도로 제작한 설문지를 사용하였다. 그 다음으로, 정보를 입력 받았을 때 이를 인지하기 위해 드는 노력 및 수고에 따른 부하는 그 종류를 Sandra(2006)에서 설명한 RTLX(Raw Task Load Index)를 기준으로, Table 1과 같이 6개의 항목으로 나누고, 실험을 진행하는 동안, 그 항목들에 해당하는 부하를 느낀 정도를 20점 척도로 제작한 설문지를 사용하였다. 필요 문항에 대해서는 설명서를 배포하여 설문 문항에 대한 이해도를 높이고 자유로운 질문을 통해 보다 정확한 답변을 얻고자 하였다.

2.3 Design

실험의 독립 변수는 정보 종류(주행 경로 정보, 주의 경고 정보, 속도 정보)와 모달리티 유형 종류(단일 모달리티: 시각/청각, 복합 모달리티), 그리고 모달리티의 강도(상, 하)로, 총 48개의 정보 표현에 대하여 수행하였다. 실험 내 사용한 정보에 대한 시각 또는 음성 표현은 실제 네비게이션에서 사용하는 표현을 그대로 사용하였다. 먼저, Table 2는 실험에 사용된 속성 별 정보 종류와 그 예시를 나타낸다. 각 속성

별로 주행 중 비교적 자주 접할 수 있는 정보이면서 시뮬레이터에 실험 시나리오 경로에서 표현 가능한 정보를 대표 2개로 선정하여 실험하였다.

Table 1. Driving-workload classification

Mental workload	How much mental and perceptual activity was required?
	e.g.) information understanding, attention, information searching, etc.
Physical workload	How much physical activity was required?
	e.g.) pushing accelerator, turning handle, etc.
Temporal workload	How much time pressure did you feel due to the rate or pace at which the tasks or task elements occurred?
	e.g.) temporal urgency, etc.
Effort	How hard did you have to work(mentally and physically) to accomplish your level of performance?
	e.g.) obligation of the pressing the button, pressure of the answering the received information, etc.
Performance	How successful do you think you were in accomplishing the goals of the task set by the experimenter (or yourself)? How satisfied were you with your performance in accomplishing these goals?
	e.g.) efforts to checking of the button position, etc.
Frustration level	How insecure, discouraged, irritated, stressed and annoyed versus secure, gratified, content, relaxed and complacent did you feel during the task?
	e.g.) stress, anxiety, irritability, etc.

Table 2. Information classification

Information attribute	Representative examples	
Driving route	Go straight	Turn left
Warning	Accident area	Construction area
Speed	40km/h	80km/h

설계된 실험 안에서 네비게이션 정보들의 시각 표현은 아래 Table 3과 같이 표현되어 운전자에게 제공된다. 청각 표현은 차량 시뮬레이터 안에 장착된 스피커를 통해 나타나며, 모달리티의 강도는 기본 70dB로부터 강도가 강해질 때마다 10dB씩 커지기로 하였다. 이는 일반적인 차량 소음 속에서 차량 내 운전자에게 적당한 음량의 크기를 관련 연구(RFDH-Manager, 2010)로부터 발췌하여 그대로 사용하였다. 제안된 시스템 안에서의 모달리티 강도는 3등급으로 나누었고, 이때 최고 '상' 등급의 음량 크기는 90dB이 된다. 실제로 사람은 90dB 이상의 음량에는 고통을 느끼게 되므로, 이러한 기반 연구를 토대로 청각 모달리티의 강도를 설정하였다.

Table 3. Visual representation of the information according to its strength

Information type	Examples of the navigation's information display	
Driving route	low(V1), high(V3) Go straight	low(V1), high(V3) Turn left
Warning	low(V1), high(V3) Accident area	low(V1), high(V3) Construction area
Speed	low(V1), high(V3) 40km/h	low(V1), high(V3) 80km/h

단, 시뮬레이터를 사용한 장시간 실험은 실험 참가자의 집중도를 떨어뜨리고, 이로 인해 정확한 실험 결과 산출에 있어서 비효율적이라고 판단하여, 실험은 정보 종류와 모달리티 유형 종류에 따라 각각 모달리티의 강도는 '상'과 '하'만을 비교 분석하여 결과를 도출한다.

이때, 시각 모달리티는 Table 3와 같이, 기본일 경우, 각 정보 별로 왼쪽에 표시된 데로 표현된다. 반면 각 정보 오른쪽에 표시된 것은 '상'에 해당되는 것으로 왼쪽의 기본 정보 표현에서 0.5초마다 해당 '상'의 표시로 바뀌면서 깜박임 효과 및 붉은 색으로 강조하여 시각적 표현의 강도를 높여서 정보를 전달한다.

또한 본 실험은 실제와 유사한 운전 상황으로 운전자가 운전 수행을 집중한 상태에서, 제공 정보의 속성 별, 제공 유형 별(모달리티 유형과 그 강도)에 따른 인지 반응 시간과 주관적 이해도 및 운전 부하 산출이 목적이므로, 1차적 운전 수행에 대해서는 Car-following 방식으로 선택하였다. 여기서 Car-following 방식이란 실험자의 차량 앞에서 미리 작성된 시나리오에 맞게 자동으로 속도 변화와 차선 변경을 하면서 주행하는 선행 차량을 따라 실험 참가자가 운전하는 것을 말한다. 따라서, 실험 참가자는 1차적으로 선행 차량을 따라서 운전 수행을 하면서 동시에 2차적으로 네비게이션에

서 제공하는 정보에 대한 인지 수행을 행한다.

실험 시나리오는 '피험자 내 설계(within subject design)'으로 하여 피험자 한 사람이 동일한 실험 시나리오를 제공 방식에 따라 여러 번 반복 수행하였다. 이때, 반복 실험에 따른 학습 효과로 인한 부정확한 실험 결과 도출에 대한 우려를 고려하여, 본 실험에서는 Count-Balancing(역균형화)을 통해 최종적으로 Table 4와 같이 시나리오를 구성하였다.

Table 4. Experimental scenario

ID of subjects (N=30)	The order the providing information type		
	First	Second	Third
S1, S7, S13, S19, S25 (N=5)	Driving route	Speed	Warning
S2, S8, S14, S20, S26 (N=5)	Driving route	Warning	Speed
S3, S9, S15, S21, S27 (N=5)	Speed	Driving route	Warning
S4, S10, S16, S22, S28 (N=5)	Speed	Warning	Driving route
S5, S11, S17, S23, S29 (N=5)	Warning	Speed	Driving route
S6, S12, S18, S24, S30 (N=5)	Warning	Driving route	Speed

실험은 실제 일산 지역 근처를 3D 그래픽으로 구축한 DB를 중심으로 Figure 2 안에 빨간색으로 표시한 '실험 해당 경로'를 실험 주행 경로로 지정하였다. 평균 거리는 약 8km이며, 주행 방향은 미리 설정된 목적지까지 네비게이션을 통해 경로 정보를 제공하거나, Car-following 방식을 통해 제공하였다.

Figure 3은 Figure 2의 실험 해당 경로에서의 실제 실험

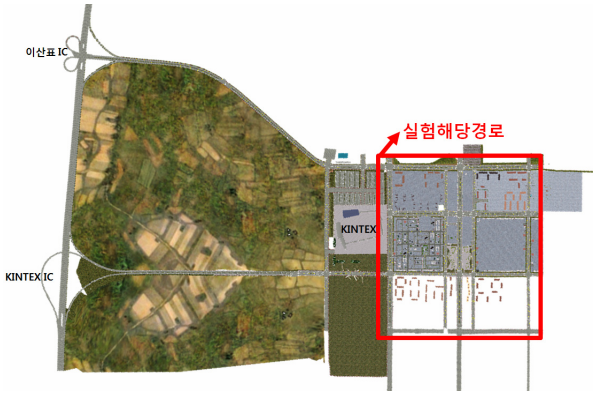
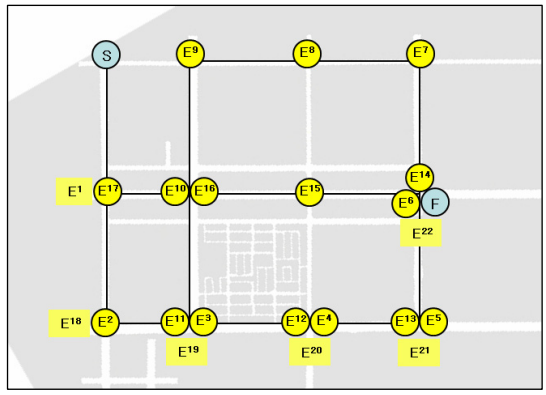
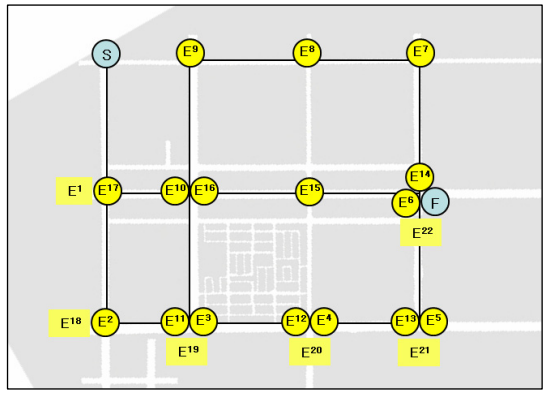


Figure 2. Experimental route

시나리오에 따른 주행 경로 방향과 이벤트(E) 발생 지점을 보여준다. 먼저, Figure 3의 (A)의 경우, 주행 경로 정보로서 '좌회전', '직진'에 해당되는 정보를 해당 경로의 이벤트 발생 지점에서 각각 다른 강도의 시각, 청각, 또는 복합 모달리티를 사용하여 제공한다. 다음 (B)의 경우는 주의 경고 정보와 속도 정보에 해당하고 앞선 (A)와 같은 방법으로 정보를 제공한다.



(A)



(B)

Figure 3. The order of experimental route

이때, (A), (B) 모두 Car-following 방식을 통해, 선행 차량을 따라 주행하는데, (A)의 경우, 선행 차량을 따라 경로를 주행하다가, 네비게이션에서 주어지는 주행 경로 정보에 따라 경로를 변이하면서 주행할 수 있기 때문에, 주행을 따라 할 선행 차량이 한 대 이상 주어진다. 반면, (B)의 경우는 네비게이션에서 제공되는 정보가 주행 경로 정보가 아니기 때문에, 실험이 끝날 때까지 한 대의 선행 차량이 주어진다.

따라서 (A)의 경우, 선행 차량이 '직진'으로 가더라도, 주어진 주행 경로 정보가 '좌회전'이라면, 실험 참가자는 제공

정보에 따라 '좌회전'을 수행하여야 한다. 이 때, 실험 차량이 제공 주행 정보에 맞게 좌회전을 수행 시에는, 새로운 선행 차량이 좌회전 길에 자동 생성되도록 프로그래밍하였다. (B)의 주의 경고 정보나 속도 정보의 경우는, 실험의 처음부터 끝까지 한 대의 선행 차량을 따라 주행하면서 동시에 제공되는 정보에 따라 운전을 수행하면 된다.

예를 들어, (B)의 경로의 E10 지점에서 '공사 구간에 대한 정보'가 발생하면, 실험 참가자는 선행 차량의 경로 방향에 따라 주행하면서 동시에 공사 구간을 피하기 위해 속도를 줄이거나 옆 차선으로 변경함으로써 '공사 구간'을 피해야 한다. Figure 3에 (A)에서 E1, E18과 같이 네모로 표현된 것은 실제 이벤트(정보 제공)가 발생하는 지점이 아니고, 단지, 주행 경로에 순번에만 해당한다.

Figure 3의 A는 S(start)를 시작으로 F(final)로 가기까지 E1부터 E22까지 각 이벤트 지점을 순서 데로 주행하는 경로로써, 이때 제공되는 정보는 주행 경로 정보이다. B는 E1부터 E16을 지나는 경로로, 경고 정보와 속도 정보에 해당하는 경로이다. 이때 발생하는 이벤트는 Table 5에 나타난다. 피험자는 제공 정보에 따라 운전 수행(차선 변경, 속도 줄이기 등)을 행한다.

Table 5. Event Explanations of the (A) and (B) in the Figure 3

Event(E) definitions			
A of the in Figure 3		B of the in Figure 3	
Event ID	Driving route	Event ID	Warning/Speed
E2	Turn left	E1	Construction area/60*km*
E3	Go straight	E2	Accident area/80*km*
E4	Go straight	E3	Construction area/60*km*
E5	Turn left	E4	Accident area/80*km*
E6	Go straight	E5	Accident area/80*km*
E7	Turn left	E6	Accident area/80*km*
E8	Go straight	E7	Construction area /60*km*
E9	Turn left	E8	Accident area/80*km*
E10	Go straight	E9	Construction area /60*km*
E11	Turn left	E10	Accident area/80*km*
E12	Go straight	E11	Construction area /60*km*
E13	Turn left	E12	Construction area /60*km*
E14	Turn left	E13	Construction area /60*km*
E15	Go straight	E14	Accident area/80*km*
E16	Go straight	E15	Construction area /60*km*
E17	Turn left	E16	Accident area/80*km*

2.4 Analysis

본 실험은 제공 정보의 고유 속성과 제공 모달리티 유형 및 제공 강도에 따라 실험 참가자가 제공 정보에 대한 인지 반응 속도에 미치는 영향력이 다르다는 가정으로 실험하였다. 이를 확인하기 위해, 독립 변인으로 정보 종류와 모달리티 유형 종류, 모달리티의 강도, 그리고 성별로 하고, 종속 변인으로는 인지 반응 시간, 주관적 이해도, 그리고 주관적 운전 부하를 측정하였다. 대응표본 t 검증과 일원변량분석을 실시하여 분석 결과를 도출하였다. 이 분석 결과를 통해 운전자에게 어떠한 방식으로 정보를 전달했을 때 인지하기가 용이하고, 또 어느 정도 강도에서의 전달 표현이 운전자에게 적합한지에 대해 논의한다. 이러한 논의 결과는 운전자 인지 반응 기반 적응형 휴먼-차량 인터페이스 시스템의 기반이 될 것이다.

2.5 Procedure

실험에 앞서 실험 참가자들은 실험의 목적과 방법, 순서에 대해서 설명을 들었다. 또한 각 실험에 앞서 각 실험에 제공되는 정보의 형태나 제공 방식에 대해서 미리 학습하고 연습할 수 있는 기회를 제공하였다. 제공 정보에 대한 습득과 시뮬레이터 조작에 대한 연습은 가능한 실험 참가자가 원하는 만큼 연습할 수 있도록 하였다. 실험 참가자 한 사람당 전체 실험의 수행 시간은 평균적으로 2시간 정도 소요되었다. 실험 참가자들은 시뮬레이터 탑승에 의한 멀미 등의 이유로 실험은 그만두어야 하는 상황이 발생하면 중지할 수 있게 하였다. 실험 참가자는 주어진 실험 경로의 출발지에서 네비게이션에서 제공되는 정보 지시를 수행하면서 목적지까지 주행하였다. 이때 제공 정보 지시를 인지하였다면, 인지한 내용을 음성으로 답변하는 동시에 인지했다는 확인 버튼을 누르도록 지시하였다. 또한 각 정보 별로 하나의 경로 주행을 마치면 그때마다 10분씩 휴식을 취하게 하였으며, 관련 설문지를 실시하였다.

3. Results

3.1 Analysis of the reaction time for information

정보가 가진 고유한 속성은 운전 상황에 따라 그 가중치나 제공 시점 등을 정하는데 중요한 요인이 될 것이다(Kang et al., 2008). 일반적인 네비게이션은 운전자에게 시각과 청각을 겸비한 복합 모달리티 방식으로 정보를 제공한다. Table 3에서 보여지듯, 경로 정보의 경우는 주로 화살표와

같은 직시적인 심볼로 표현되고, 주의 경고 정보는 네비게이션 경로 위에 Figure 3과 같은 심볼로 표시되고 근처에 왔을 때, 음성으로 제공되는 경우가 대다수이다. 끝으로 속도 정보는 음성 알림과 동시에 네비게이션 경로 위에 Table 3과 같은 심볼로 제한 속도를 숫자로 표기한다.

본 실험에서는 각 정보 유형 별로 대표가 되는 정보를 2개씩 선택하고, 각각 정보 하나에 대해 8가지 유형의 모달리티 조합으로 나누어 실험하였다. 주행 경로 정보 중 직진 정보를 예로 들자면, 제공 모달리티와 그 강도에 따라 Table 6과 같은 8가지 유형으로 각 이벤트 발생 지역에서 발생되고, 유형은 중복패턴을 피하도록 설계하였다.

분석 결과, Table 7에서 나타나듯 주행 경로 정보와 속도 정보에 대한 반응 시간은 주의 경고 정보에 대한 반응 시간보다 빠르게 나타났다($t=-2.00$, $p<.05$, $t=2.94$, $p<.01$).

Table 6. The eight kinds of information representation for 'Go Straight'

Event ID	Type of the modality and its strength
E3	Multi-Modality: V3(Visual modality, high) + A1(auditory modality, low)
E4	Multi-Modality: V1(Visual modality, low) + A3(auditory modality, high)
E6	Single Modality: V1(Visual modality, low)
E8	Single Modality: V3(Visual modality, high)
E10	Multi-Modality: V3(Visual modality, high) + A3(auditory modality, high)
E12	Multi-Modality: V1(Visual modality, low) + A1(auditory modality, low)
E15	Single Modality: A1(auditory modality, low)
E16	Single Modality: A3(auditory modality, high)

Table 7. Difference analysis of the reaction time for information type

Information type	M(SD)	Difference_M(SD)	t
Driving Route	1.65(.47)	-.12(.33)	-2.00*
Warning	1.77(.51)		
Warning	1.77(.51)	.15(.28)	2.94**
Speed	1.62(.38)		
Driving Route	1.65(.47)	.03(.30)	.55
Speed	1.62(.38)		

(*: $p<.05$, **: $p<.01$, ***: $p<.001$)

이와 같은 결과는 화살표나 숫자와 같은 간단한 심볼로 이루어진 주행 경로 및 속도 정보가 가진 정보의 속성이 상징적이고 직관적이기 때문에, 주의경고정보와 인지 반응 시간의 차이가 있음을 추정할 수 있다.

3.2 Analysis of the reaction time for modality

정보를 제공하는 모달리티 유형에 따라 운전자가 운전 상황에 따라 인지하기 쉬운 정도가 달라질 수 있다(Han et al., 2005; Kang, 2000). 따라서, 모든 제공 정보에 대해 제공 모달리티 별로 운전자의 반응 시간을 분석해 보았다. 운전자에게 제공되는 모달리티 유형은 크게 3가지로 분류된다: 첫째, 시각 모달리티만을 이용한 정보 제공 방식, 둘째, 청각 모달리티만을 이용한 정보 제공 방식, 마지막으로, 시각과 청각을 모두 사용한 복합 모달리티를 이용한 정보 제공 방식.

Table 8에서 보여지듯 분석 결과, 모든 제공 정보에 대해서 복합 모달리티로 제공한 경우가 청각 또는 시각의 단일 모달리티로 제공할 때보다 반응 시간이 빨랐고, 다음으로 각 단일 모달리티 별 나눈 것과 비교 분석한 결과는 청각, 복합, 시각의 순으로 나타났다($t=4.86$, $t=-7.58$, $t=9.01$, $p<.001$).

Table 8. Difference analysis of the reaction time for modality type

Modality type	M(SD)	Difference_M(SD)	t
Single	1.76(.43)	.17(.20)	4.86***
Multi	1.59(.44)		
Visual	1.58(.42)	-.37(.27)	-7.58***
Auditory	1.95(.48)		
Visual	1.58(.42)	-.01(.26)	-.22
Multi	1.59(.44)		
Auditory	1.95(.48)	.36(.22)	9.01***
Multi	1.59(.44)		

(*: $p<.05$, **: $p<.01$, ***: $p<.001$)

모달리티 유형 별 인지 반응 시간 분석 실험에서는 다음과 같은 유의점도 함께 발견하였다. 실험 중, 모든 운전자에게 정보가 제공될 시점부터 본인이 그 제공 정보가 무엇인지 인지하는 순간에 인지 버튼을 누르라는 것을 명시하였으나, 제공 유형에 따라 반응하는 속성의 차이가 존재함을 알 수 있었다. 청각의 경우는 시각으로 정보를 제공하는 유형과는 달리 정보가 완전히 제공될 때까지 기다렸다가 인지 버튼을 누르는 경우가 있었다.

본 실험 분석의 경우는 이를 pilot 테스트를 통해 예측하

여, 운전자의 시선 추적 결과와도 매핑 확인하여 그러한 오차 반응 시간을 고려하여 계산하였고, 위와 같은 인지 반응 시간의 차이에 유의함을 알 수 있었다. 그러나, 보다 더 정밀한 두 단일 모달리티 간의 반응 시간 차이의 유의에 대한 분석을 위해서는 보다 많은 검증 실험이 필요하다고 판단된다.

3.3 Analysis of the reaction time for modality's strength

제공하는 모달리티 강도에 따라 운전자가 운전 상황에 따라 인지하기 쉬운 정도가 달라질 수 있다(Han D.W. et al., 2005; Kang J. S., 2000). 따라서, 각 정보 제공 모달리티 강도의 유형은 크게 '상', '중', '하'의 3가지로 분류하였다. 그러나 앞서 설명한 바와 같이 실험 시간에 따른 실험 참가자의 피로도를 고려하여, '중'에 대한 강도는 생략하고, '상'과 '하'만으로 구분하여 실험을 하였다. 제공 모달리티 강도 별로 구분하여 인지 반응 시간을 분석한 결과 유의한 점이 나타나지 않았으나, 정보 유형 별로 제공 모달리티 강도에 따른 반응 시간을 분석한 결과 차이점이 나타났다(Table 9).

주행 경로 정보의 경우, 제공 모달리티의 강도에 따른 인지 반응 시간을 비교했을 때, 그 모달리티의 강도가 높은 쪽이 반응 시간이 짧았다. 특히, 청각 모달리티의 강도가 인지 반응 시간에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 따라서 주행 경로 정보의 경우는 소리의 크기를 더 크게 전달했을 경우 운전자의 인지에 도움을 줄 수 있다고 판단된다(t=3.89, t=2.91, p<.01). 주의 경고 정보의 경우에도 주행 경로 정보와 마찬가지로 제공 모달리티의 강도가 높은 쪽이 반응 시간이 평균적으로 짧게 나타났다. 그러나 주의경고의 정보의 경우는 주행 경로와 반대로 시각적으로 강조 효과를 주어 정보를 전달했을 경우 운전자의 인지에 도움을 줄 수 있다고 판단된다(t=2.78, t=3.63, p<.01). 이에 반해, 속도 정보의 경우는 단일 모달리티 중 하나인 시각 모달리티의 경우를 제외하고는 모두 강도가 낮게 제공할 경우가 인지 반응 시간이 더 짧게 나타났다. 주행 경로 정보와 주의 경고 정보와는 상반된 관계이다(t=2.45, t=−2.34, t=−2.59, p<.01; t=−3.54, p<.001).

본 실험 결과, 정보의 종류에 따라 더 인지하기에 효과적인 제공 모달리티 유형 및 강도가 있음을 알 수 있었다.

Table 9. Difference analysis of the reaction time for strength

Information	Strength	M(SD)	Difference_M (SD)	t
Driving route	V1	1.60(.57)	.09(.83)	.57
	V3	1.51(.87)		
	A1	2.14(.57)	.31(.44)	3.89**
	A3	1.83(.51)		
	V1+A1	1.45(.44)	-.16(.30)	-2.91**
	V1+A3	1.61(.55)		
	V3+A1	1.66(.62)	.07(.52)	.63
	V3+A3	1.59(.59)		
	V1+A1	1.45(.44)	-.21(.42)	-1.61
	V3+A1	1.66(.62)		
	V1+A3	1.61(.55)	.02(.32)	1.61
	V3+A3	1.59(.59)		
Warning	V1	1.66(.46)	.02(.32)	.29
	V3	1.64(.50)		
	A1	1.92(.64)	-.11(.64)	-.97
	A3	2.03(.77)		
	V1+A1	1.43(.38)	-.16(.57)	-1.92
	V1+A3	1.59(.44)		
	V3+A1	1.51(.41)	-.07(.45)	-.85
	V3+A3	1.58(.45)		

Table 9. Difference analysis of the reaction time for strength (Continued)

Information	Strength	M(SD)	Difference_M (SD)	t
Warning	V1+A1	1.43(.38)	-.08(.49)	-2.78**
	V3+A1	1.51(.41)		
	V1+A3	1.59(.44)	.01(.52)	3.63**
	V3+A3	1.58(.45)		
Speed	V1	1.63(.46)	.19(.42)	2.45*
	V3	1.44(.38)		
	A1	1.78(.48)	-.22(.51)	-2.34*
	A3	2.00(.72)		
	V1+A1	1.43(.38)	-.08(.17)	-2.59*
	V1+A3	1.51(.41)		
	V3+A1	1.59(.44)	.01(.18)	.31
	V3+A3	1.58(.45)		
	V1+A1	1.43(.38)	-.16(.26)	-3.54***
	V3+A1	1.59(.44)		
	V1+A3	1.51(.41)	-.07(.27)	-1.48
	V3+A3	1.58(.45)		

(*: p<.05, **: p<.01, ***: p<.001)

3.4 Analysis of the understanding and subjective driving workload for information

3.4.1 Analysis of the understanding

각 정보 유형 별로 제공 모달리티에 대한 이해도 차이를 살펴보기 위해, *VAS*(*Visual Analogue Scale*) 기반 분석을 실시하였다. 제공 모달리티에 대한 이해도와 관련된 주관식 문항(Figure. 4)을 통해 실험자에게 이해의 척도 값을 매기게 하였다. 이때, 실험자는 숫자 0에서 10의 눈금 사이에 체크를 하고, 체크한 부분을 차후 분석자가 자로 측정하여 거리 값을 산출하였다. 그 분석 결과는 차이점이 나타났다(Table 10).

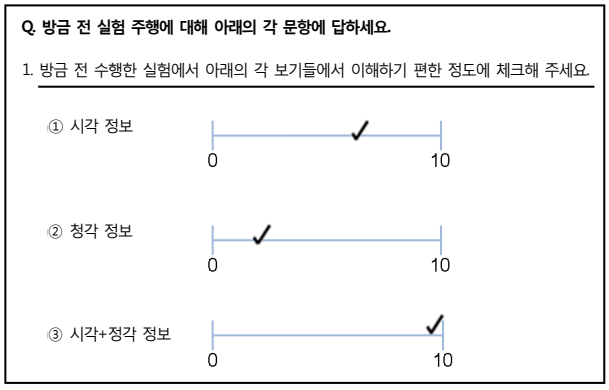


Figure 4. An example of understanding analysis using VAS

Table 10을 통해, 시각과 청각 모달리티를 동시에 사용하여 정보를 제공한 복합 모달리티의 경우, 주행 경로 정보와 주의 경고 정보 모두에서 시각 모달리티로 제공했을 때보다 이해하기 수월하다고 답변했다($t=-3.55$, $p<.01$; $t=-5.58$, $p<.001$). 단, 주의 경고 정보의 경우는 청각 모달리티와 시각 모달리티와 비교했을 때는 청각 모달리티로 제공했을 때가 이해도가 더 높다는 결론을 얻을 수 있었다($t=-7.77$, $t=-8.81$, $p<.001$). 또한 속도 정보의 경우에는 복합 모달리티 때 이해도가 가장 높고, 그 다음으로 청각, 시각 모달리티 순으로 높게 나타났다($t=-3.07$, $p<.05$; $t=-5.58$, $p<.001$).

3.4.2 Analysis of the subjective driving workload

각 정보 속성 별 운전 부하에 대한 차이를 살펴보기 위해, *R-TLX*(*Raw Task Load Index*) 기반 문항에 대한 설문지 결과를 분석하여, 결과를 도출하였다(Table 11, Table 12). 먼저 Table 11은 각 모달리티 별 운전 부하 차이로 정보 제공 유형에 따른 운전 부하를 나타냈고, Table 12는 정보 속성 별로 제공 모달리티에 따른 운전 부하를 나타냈다.

Table 10. Difference analysis of the understanding

Information	Modality	M(SD)	Difference_M (SD)	*t*
Driving route	Visual	6.54(2.29)	.24(2.94)	.45
	Auditory	6.30(1.80)		
	Visual	6.54(2.29)	-1.69(2.62)	-3.55**
	Multi	8.23(1.30)		
	Auditory	6.30(1.80)	-1.93(1.90)	-5.58***
	Multi	8.23(1.30)		
Warning	Visual	4.35(2.16)	-3.37(2.38)	-7.77***
	Auditory	7.72(1.45)		
	Visual	4.35(2.16)	-4.04(2.51)	-8.81***
	Multi	8.38(1.64)		
	Auditory	7.72(1.45)	-.61(2.09)	-1.74
	Multi	8.33(1.64)		
Speed	Visual	5.88(2.50)	-1.64(2.94)	-3.07**
	Auditory	7.52(1.76)		
	Visual	5.88(2.50)	-2.52(2.35)	-5.88***
	Multi	8.40(1.39)		
	Auditory	7.52(1.76)	-.88(2.13)	-2.25*
	Multi	8.40(1.39)		

(*: $p<.05$, **: $p<.01$, ***: $p<.001$)

먼저 Table 11의 결과로부터 복합 및 청각의 단일 모달리티로 정보를 제공할 때는 정보 속성 별 운전 부하 차이가 없음을 알 수 있었다. 단, 시각의 단일 모달리티로 정보를 제공할 때, 주의 경고 정보에 대한 운전부하가 다른 정보에 대한 운전 부하보다 크게 나타났다($t=3.82$, $p<.01$).

또한 각 정보 속성을 기준으로 제공 모달리티 유형 별 운전 부하의 차이를 살펴보니, Table 12와 같이 나타났다. 주행 경로와 속도 정보의 경우는 시각과 청각 모달리티에 대한 운전 부하 차이가 유의하지 않은 반면, 주의 경고 정보의 경우는 시각 모달리티로 정보를 제공할 때가 청각 모달리티로 제공할 때보다 운전 부하가 큼을 보였다($t=5.16$, $p<.001$). 반면 주행 경로의 경우만 청각 모달리티가 복합 모달리티에 비해 운전 부하가 큼을 보였다($t=2.83$, $p<.01$). 단 모든 정보는 시각 모달리티가 복합 모달리티에 비해 운전 부하가 크게 나타났다($t=2.12$, $p<.05$; $t=4.82$, $p<.001$; $t=2.97$, $p<.01$). 이러한 결과를 통해 정보 -속성 별로 운전 부하가 더 크게 느끼는 제공 방식이 있음을 알 수 있었다.

Table 11. Difference analysis of the driving-workload for each modality

Modality type	Information type	M(SD)	Difference_M (SD)	*t*
Visual	Driving route	39.50(22.19)	-19.17(27.46)	-3.82
	Warning	58.67(16.93)		
	Warning	58.67(16.93)	12.63(23.58)	2.94
	Speed	46.03(23.84)		
	Driving route	39.50(22.19)	-6.53(22.30)	-1.60
	Speed	46.03(23.84)		
Auditory	Driving route	40.69(19.06)	4.00(19.21)	1.14
	Warning	36.69(18.73)		
	Warning	36.69(18.73)	.83(19.17)	.24
	Speed	35.86(32/45)		
	Driving route	40.69(19.06)	4.83(14.63)	1.81
	Speed	35.86(32/45)		
Multi	Driving route	32.14(18.34)	-2.88(3.68)	-.78
	Warning	35.02(21.16)		
	Warning	35.02(21.16)	2.02(3.50)	.58
	Speed	33.00(22.44)		
	Driving route	32.14(18.34)	-.86(3.00)	-.29
	Speed	33.00(22.44)		

(*: p<.05, **: p<.01, ***: p<.001)

Table 12. Difference analysis of the driving-workload for each information

Information type	Modality type	M(SD)	Difference_M (SD)	*t*
Driving route	Visual	39.50(22.19)	-1.19(24.46)	-.27
	Auditory	40.69(19.06)		
	Visual	39.50(22.19)	7.36(18.98)	2.12*
	Multi	32.14(18.34)		
	Auditory	40.69(19.06)	8.55(16.53)	2.83**
	Multi	32.14(18.34)		
Warning	Visual	58.67(16.93)	21.97(23.32)	5.16***
	Auditory	36.69(18.73)		
	Visual	58.67(16.93)	23.65(26.85)	4.82***
	Multi	35.02(21.16)		
	Auditory	36.69(18.73)	1.67(15.88)	.58
	Multi	35.02(21.16)		
Speed	Visual	46.03(23.84)	10.17(23.79)	2.34*
	Auditory	35.86(21.34)		

Table 12. Difference analysis of the driving-workload for each information (Continued)

Information type	Modality type	M(SD)	Difference_M (SD)	*t*
Speed	Visual	46.03(23.84)	13.03(24.03)	2.97**
	Multi	33.00(22.44)		
	Auditory	35.86(21.34)	2.86(13.42)	1.17
	Multi	33.00(22.44)		

(*: p<.05, **: p<.01, ***: p<.001)

3.5 Comparative analysis of male and female

3.5.1 Analysis of the reaction time

남녀에 따라 제공 정보에 대한 반응의 차이와 정보 이해력 및 이해에 따른 부하의 차이가 있을 것이라 생각하고, 그 유의점이 발견되면, 남녀에 따라 적응적으로 정보 제공을 해주는 것도 지능형 네비게이션 시스템의 한 요소라고 판단하여, 이들의 차이도 분석해 보았다. 먼저 정보 별로 남녀의 차이를 보면 Table 13과 같이, 주행 경로 정보에 대해서만 여성이 남성보다 반응 시간이 빠른 경향이 나타났다(F(1,28)= 4.29, p<.05). 이는 방향을 나타내는 공간적 감각이 남자가 여자보다 높기 때문에, 인지하여 반응하는 시간이 빠름을 알 수 있다.

Table 13. Difference analysis of the reaction time for information type

Information type	Sex	M(SD)	*t*
Driving Route	Male	1.80(.50)	4.29*
	Female	1.46(.37)	
Warning	Male	1.88(.49)	1.78
	Female	1.63(.51)	
Speed	Male	1.69(.39)	1.30
	Female	1.53(.37)	

(*: p<.05, **: p<.01, ***: p<.001)

Table 14에서 정보 제공 유형 별로 남녀 차이를 살펴보면, 시각 모달리티로 정보를 제공했을 때의 반응 시간에서 여성이 남성보다 반응 시간이 빨랐다(F(1,28)=5.59, p<.05). 이는 여성과 남성이 시각적으로 주어지는 정보에 대해 인지처리하는 방식이 다름에 따른 결과로 유추된다(Han D.W. et al., 2005; Kang J.S., 2000).

또한 각 모달리티 강도에 따른 정보 제공 유형 별로도 남녀 차이를 살펴본 결과는 Table 15에서 나타난다. 먼저, 주행 경로 정보의 경우, 시각 모달리티의 강도 1로(V1) 제공

했을 경우와 시각 모달리티 강도 3(V3) 및 청각 모달리티 강도 1(A1)로써 제공한 복합 모달리티 V3+A1으로 제공했을 경우 여자가 남자보다 반응 시간이 빠르게 도출되었다($F(1,28)=4.83$, $F(1,28)=6.27$, $p<.05$). 다음으로 주의 경고 정보의 경우는 시각 모달리티 강도 1로(V1) 제공했을 때만 여자가 남자보다 반응 시간이 빠르게 나타났다($F(1,28)=5.33$, $p<.05$). 그러나 속도 정보의 경우는 모달리티 강도에 따른 남녀차가 나타나지 않았다.

Table 14. Difference analysis of the reaction time for modality type

Modality type	Sex	M(SD)	*t*
Visual	Male	1.73(.46)	5.59*
	Female	1.39(.28)	
Auditory	Male	2.06(.49)	1.90
	Female	1.82(.46)	
Multi	Male	1.68(.43)	1.62
	Female	1.48(.44)	

(*: $p<.05$, **: $p<.01$, ***: $p<.001$)

Table 15. Difference analysis of the reaction time for strength

Information	Modality	Strength	Sex	M(SD)	*F*
Driving route	Visual	V1	Male	1.79(.65)	4.83*
			Female	1.35(.33)	
	Multi	V3+A1	Male	1.82(.76)	6.27*
			Female	1.25(.35)	
Warning	Visual	V1	Male	1.82(.45)	5.33*
			Female	1.45(.40)	

(*: $p<.05$, **: $p<.01$, ***: $p<.001$)

3.5.2 Analysis of the Understanding

다음으로 Table 16는 이해도에 대한 남녀의 차이를 분석한 결과를 나타낸다. 주의 경고 정보의 경우 유의한 결과를 도출하지 못했고, 주행 경로 정보의 경우는 청각 모달리티로 정보를 제공했을 때가 남성이 여성보다 이해도가 높은 경향을 보였고($F(1,28)=4.09$, $p<.05$), 이에 반해 속도 정보에 대해서는 복합 모달리티로 정보를 제공했을 때 남성이 여성보다 이해도가 높다는 결과를 도출하였다($F(1,28)=3.89$, $p<.05$).

이해도에 대한 결과를 보면, 남녀의 반응 시간과 상반된 결과를 가진다. 이는 비교적 기기다룸에 능숙함과 운전 정보에 익숙한 남자의 경우, 전달 정보를 이해하는 데 있어서 수월하다고 주관적으로 판단하는 경향이 높은 데 비하여, 실제 정보가 주어졌을 때 반응하는 것은 여자보다 느린 것을 알 수 있다. 이는 주어진 정보를 처리하는 남녀의 방식이 다름에 영향이 있다고 볼 수 있다. 여성은 주어진 정보를 포괄적으로 이용하여 정보를 이해하는 반면 남성은 정보를 이해하는 데 있어서 휴리스틱 방법을 많이 사용하는 성향과도 밀접한 연관이 있다(Darley et al., 1995).

Table 16. Analysis of the understanding

Information	Modality	Sex	M(SD)	*F*
Driving route	Visual	Male	6.48(2.52)	.02
		Female	6.62(2.05)	
	Auditory	Male	6.85(1.76)	4.09*
		Female	5.58(1.64)	
	Multi	Male	8.48(1.26)	1.39
		Female	7.92(1.34)	
Warning	Visual	Male	4.62(1.92)	.61
		Female	3.99(2.46)	
	Auditory	Male	7.91(1.63)	.68
		Female	7.47(1.19)	
	Multi	Male	8.76(.88)	2.15
		Female	7.89(2.23)	
Speed	Visual	Male	5.60(2.60)	.48
		Female	6.25(2.41)	
	Auditory	Male	7.65(1.86)	.19
		Female	7.36(1.68)	
	Multi	Male	7.98(1.61)	3.89*
		Female	8.95(.80)	

3.5.3 Analysis of the subjective driving workload

다음으로 Table 17는 운전부하에 대한 남녀의 차이를 분석한 결과를 나타낸다. 모든 정보에 대해서 복합 모달리티로 제공했을 때와 단일 모달리티의 경우, 청각으로 제공했을 때 운전 부하에서 여성이 남성보다 주관적으로 운전 부하를 많이 느꼈음을 알 수 있다($F(1,28)=12.78$, $p<.01$, $F(1,28)=4.49$, $F(1,28)=6.17$, $p<.05$, $F(1,28)=13.10$, $p<.01$, $F(1,28)=20.29$, $p<.001$, $F(1,28)=10.87$, $p<.01$). 따라서 여성들은 남성들에 비해 같은 정보라면 시각적으로 정보를 전달 받는 것이 부하가 덜할 수 있다고 판단된다.

Table 17. Analysis of the subjective driving workload

Information	Modality	Sex	M(SD)	*F*
Driving route	Visual	Male	35.20(24.91)	1.50
		Female	45.13(17.38)	
	Auditory	Male	31.52(17.91)	12.78**
		Female	52.69(13.24)	
	Multi	Male	26.28(17.07)	4.49*
		Female	39.81(17.65)	
Warning	Visual	Male	58.14(19.54)	.04
		Female	59.36(13.53)	
	Auditory	Male	29.85(16.42)	6.17*
		Female	45.64(18.31)	
	Multi	Male	24.75(15.93)	13.10**
		Female	48.46(19.98)	
Speed	Visual	Male	39.12(23.90)	3.59
		Female	55.06(21.36)	
	Auditory	Male	23.96(14.81)	20.29***
		Female	51.41(18.59)	
	Multi	Male	22.79(15.85)	10.87**
		Female	46.35(23.28)	

4. Conclusion & Future Works

차량 내 여러 기기의 개발로 인하여, 운전자는 운전 중에 다량의 정보를 제공받고, 제공받은 정보를 이해하고 수행하는데 있어서 운전 산만과 운전 부하가 초래된다.

본 연구는 이러한 안전 운전에 저해가 되는 요소들을 줄이기 위해 차량 내에서 가장 자주 사용하는 기기인 차량 네비게이션을 중점으로, 정보의 속성을 고려한 주행 중 운전자가 이해하기 쉬운 제공 모달리티 유형과 그 강도에 대해 분석하였다. 실험은 시뮬레이터 환경에서 실시하였고, 실제 차량과 유사하도록 제작된 장비를 사용하여, 실제 운전과 비슷한 환경을 구축하였다. 본 실험에서는 정보 특성에 따른 비교를 첨가하여, 각 정보에 종류에 따라 고유한 속성을 지니고 이것이 모달리티의 형태나 강도에 영향을 미친다는 것을 실험을 통해 증명하였다.

네비게이션 정보의 속성 별 인지 속도 반응 시간에 대한 실험 결과, 주의 경고 정보보다는 주행 경로 정보나 속도 정보가 반응 시간이 빠르게 나타났다. 주의 경고 정보에 비해 다른 두 정보의 경우는 직관적이고 보다 상징적인 의미가 강하다. 그 이유는 법규화된 교통표지판에 나타나는 심볼을 보면, 속도의 경우, 숫자로 표시하고 주행 경로의 경우 화살표로 표시한다. 이에 반해, 낙석 주의, 사고다발 지역 등과 같은 주의 경고 정보는 발생하는 사건을 나타내는 그림 한 장으로 표현한다. 따라서, 주행 경로 정보나 속도 정보는 정보를 획득하면서 동시에 인지가 가능하나, 주의 경고 정보는 정보를 획득 후, 심볼의 의미를 해석한 후 인지가 가능하다. 실험 결과, 어떠한 모달리티 조합과 강도에서도 속도 정보와 주행 경로 정보가 주의 경고 정보보다 빠른 인지 반응을 보여줌으로써 이러한 사실을 증명하였다.

그런데 주행 경로 정보와 속도 정보의 경우 모달리티 조합과 강도에 대해 좀 다른 경향도 함께 보였다. 주행 경로 정보는 청각의 단일 모달리티로 정보를 제공했을 경우, 제공 모달리티의 전달 강도에 영향을 받아 강도가 큰 것에 대한 반응 시간이 더 빠르게 나타났다. 반면 속도 정보의 경우는 전달 강도가 작은 것에 대한 반응 시간이 더 빠르게 나타나는 상반된 결과를 보였다. 뿐만 아니라, 주행 경로 정보의 경우 복합 모달리티로 제공했을 경우는 그 모달리티 강도의 조합에는 아무런 영향을 받지 않았으나 속도 정보의 경우 단일 모달리티로 정보를 제공했을 때와 연관하여 전달 소리의 크기에 대해서는 크기가 작은 것에 대한 반응 시간이 더 빠르게, 시각적으로 전달했을 때에 대해서는 전달 강도가 큰 것에 대한 반응 시간이 더 빠르게 나타난다는 결과를 산출하였다. 이는, 화살표와 같은 직관적 심볼이나 숫자와 같은 명시적 표현이 가지는 정보의 고유 속성에 의한 차이에서 영향을 받았다고 볼 수 있다.

또한 전달 정보에 대한 이해도에 있어서는 모든 정보에 대해서 청각 모달리티가 시각 모달리티보다 더 높음으로써, 청각 모달리티로 정보를 전달하는 것이 더 이해력을 높일 수 있었다는 결과를 얻었다. 이러한 결과는 운전 중의 시각과 청각 정보에 대한 비교 실험에서 청각 정보가 주어졌을 때 시선을 빼앗기는 일이 더 적고 운전 수행에 있어 더 나아졌다는 기존 연구를 뒷받침해 주고 있다(Jensen et al., 2010).

이와 연관되어 부하는 시각 부하가 제일 크고 청각 부하, 복합 부하 순이었다. 따라서 주행 중에는 계속 전방을 주시해야 하기 때문에, 네비게이션 정보를 전달할 때 시각 모달리티로 정보를 제공하는 것이 운전자에게 부하를 증가시킬 수 있을 뿐 더러, 네비게이션 정보가 주로 직관적이고 상징적인 정보가 많기 때문에, 이해하는 데 있어서도 시각 모달리티보다는 청각 모달리티로 전달하는 것이 더 효율적임을 알 수 있었다.

마지막으로 남녀 차이에 대한 분석을 보면, 정보 속성 별, 모달리티 조합 및 강도 별을 봤을 때 총체적으로 여자가 남자보다 전달 정보에 대한 인지 반응 시간이 빠른 것으로 나타났다. 그러나 주관적 이해도와 운전 부하의 결과는 반응

시간과 상반된 결과를 보였다. 이해도에 있어서 주의 경고 정보를 제외한 나머지 두 정보인 주행 경로 정보와 속도 정보에 대해서 각각 남자가 여자에 비해 이해하기 쉬웠다고 답변하였고, 운전 부하의 경우에도 모든 정보들은 시각을 제외한 청각 및 복합 모달리티에 대한 부하에 대해서도 여자가 남자보다 크다고 답변했다.

본 연구의 결과에 따르면, 정보 속성 별에 따른 더 이해하기 쉽고 부하를 덜 느낄 수 있는 모달리티 유형이 있다는 사실과 획득 정보에 속성 별, 제공 모달리티 유형 및 강도 별로 인지 반응 속도를 비롯해 이해도 및 운전 부하에 대한 남녀 차이를 보였음을 알 수 있었다 또한, 이를 기반으로 지능형 차량 네비게이션 구현에 필요한 몇 가지 요구사항을 도출하였다.

제안된 시스템은 젊은 층에 한정된 실험 결과를 도출하였다고 할 수 있으므로, 차후 다양한 연령층에 대한 분석도 추가 필요할 것으로 판단되며, 정보 이해도에 대한 분석 및 운전 부하에 대한 분석에 대해서도 VAS와 $R-TLX$를 통한 분석 결과를 도출하였으나, 차후 생체 정보 추출과 같은 객관적 지표를 추가 분석하여 정확성을 보충할 필요가 있다고 판단된다.

향후 실제 차량에 적용된 지능형 네비게이션을 사용하여 다른 영역에 대해서도 추가적인 실험을 진행할 계획이며 궁극적으로 지능형 자동차에서의 운전자와 차량의 상호작용과 안전성의 향상을 기대한다.

Acknowledgements

This work was supported by the grant from the Development of Driver-adaptive Intelligent HVI Technology Industrial Fountain Technology(10033333) Project funded by Ministry of Knowledge Economy(MKE, Korea). Experimental environment was supported by Prof. Woon-Sung Lee's Vehicle Control Lab. of Kookmin University. And the first author would like to thank Yoon-sook Hwang for her helpful discussions.

References

Darley, W. K. and Robert E. S., "Gender Differences in Information Processing Strategies: An Empirical Test of the Selectivity Model in Advertising Response", *Journal of Advertising*, 24(1), (pp. 41-56), 1995.

DeLoach, L. J., Higgins, M. S., Caplan, A. B. and Stiff, J. L., "The Visual Analog Scalein the Immediate Postoperative Period: Intra-subject Variability and Correlation with a Numeric Scale", *International Anesthesia Research Society*, 86(1), (pp. 102-106), 1998.

Fernando A. W. and Jim P. S., "Trends in Fatalities From Distracted Driving in the United States", *American Public Health Association 1999 to 2008*, (pp. 2213-2219), 2010.

Han, D. W. and Researcher in Psychology Research Center of the Sungkyunkwan University, *Human's Mind and Behavior*, 3thed., Jeon-Young-Sa Publishers, 2005.

Jensen, B. S., Skov, M. B., Thiruravichandran, N. "Studying Driver Attention and Behaviour for Three Configurations of GPS Navigation in Real Traffic Driving", *Proceeding of the CHI(Computer Human Interaction)*, 2010.

Jeon, Y. W. and Daimon, T., "Driver Characteristics and Workload according to Changing Driving Environment and Types of Steering Wheel", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 8(2), (pp. 9-16), 2009.

John R. Anderson, *Cognitive Psychology and Its Implication*, 4thed., Worth Publishers, 2010.

Kang, J. S., *Ergonomics on the road*, Engineers Publishers, 2000.

Kang, K. P. and Korea ITS Commissioners, *Traffic Information Engineering*, Chung-Mun-Gak Publishers, 2008.

Kim, J. E., Hah, S. H, Lee, H. Y., "The study on the spatial structure of the car navigation map interface", *International Association of Societies of Design Research*, 5(1), (pp. 857-867), 2009.

Koo, T. Y., Park, K. J., Kim, B. Y., Kim, H. J. and Suh, M. W., "A Study on Driver's Workload of Telematics using Driving Simulator-A Comparison among Information Modalities", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 10(3), (pp. 59-63), 2009.

Oh, J. S., Lee, S. C. and No, K. S., "The effects of Road Sings' Amount of Legend on Drivers' Reaction Time and Error", *Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 20(3), (pp. 267-282), 2007.

Oh, J. T., Cho, J. H., Lee, S. Y. Kim and Y. S., "Development of a Data-logger Classifying Dangerous Drive Behaviors", *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 7(3), (pp. 15 -28), 2008.

RFDH-Manager, *RF Basic Lecture*, Corner Book, 2010.

Road Traffic Safety Authority(South Korea), *Statistical Analysis of Traffic Accident: RTSA Annual Report*, (pp. 61-70), 2005.

Robert, J. S., *Cognitive Psychology-3/e*, Thomson Wadsworth, 2008.

Sandra, G. H., "NASA-TASK LOAD INDEX(NASA-TLX); 20 years latter", *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, 50(9), (pp. 904-908), 2006.

Shinohara, K. and Miura, T., "Sustained Distraction Effect on Visual Search after Obtaining Information from In-Vehicle Information Device", *International Association Traffic Safety Science*, 30(3), (pp. 318-326), 2005.

Social Section, *Korea News*, http://www.newshankuk.com, 2012.

Takubo, N. and Yasushi, N., "Effect of in-vehicle information systems on traffic accidents", *The Japanese Journal of Ergonomics*, 36(1), (pp. 148-151), 2000.

Author listings

Hye Sun Park: hspark78@etri.re.kr

Highest degree: PhD, Department of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University
Position title: Senior Engineer, Human-Vehicle Interaction Research Team, Vehicle-IT Convergence Technology Research Laboratory, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)
Areas of interest: HCI(Human Computer Interaction), Computer Vision, Pattern Recognition, Human Behavior

Kyong-Ho Kim: kkh@etri.re.kr

Highest degree: PhD, Department of Computer Science, KAIST
Position title: Team leader, Human-Vehicle Interaction Research Team, Vehicle-IT Convergence Technology Research Laboratory, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)
Areas of interest: HCI(Human Computer Interaction), Virtual Reality, Augmented Reality

Date Received : 2012-07-23

Date Revised : 2012-09-25

Date Accepted : 2012-09-25