

## A Review of Ergonomic Researches for Designing In-Vehicle Information Systems

Jin Hae Yae<sup>1</sup>, Jong Gyu Shin<sup>1</sup>, Jong Ha Woo<sup>2</sup>, Sang Ho Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kumoh National Institute of Technology, School of Industrial Engineering, Gumi, Gyeongbuk, 39177

<sup>2</sup>Korea Automobile Testing & Research Institute, Automated Driving Research Office, Hwaseong, Gyeonggi, 18247

### 차량 정보 시스템의 설계를 위한 인간공학적 연구 및 가이드라인 고찰

예진해<sup>1</sup>, 신종규<sup>1</sup>, 우종하<sup>2</sup>, 김상호<sup>1</sup>

<sup>1</sup>금오공과대학교 산업공학부

<sup>2</sup>교통안전공단 자동차안전연구원 자율주행자동차센터 자율주행연구처

#### Corresponding Author

Sang Ho Kim

Kumoh National Institute of Technology,  
School of Industrial Engineering, Gumi,  
Gyeongbuk, 39177

Mobile : +82-10-9502-4387

Email : kimsh@kumoh.ac.kr

Received : August 25, 2017

Revised : August 28, 2017

Accepted : September 18, 2017

Copyright©2017 by Ergonomics Society of Korea. 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.

**Objective:** This study is to provide a foundation for developing comprehensive ergonomic design guidelines for in-vehicle information systems (IVIS) by giving an overview of existing researches as well as setting further research directions.

**Background:** The drivers get much more information recently while interacting with new safety functions of the cars. To avoid cognitive overload of the drivers, IVIS should be designed appropriately by considering various human factors and task conditions.

**Method:** We gathered, analyzed, and summarized ergonomic researches concerned with IVIS design conducted inside and outside Korea according to a categorization system proposed in the study. Frequency analysis was conducted for figuring out what kind of issues took major part of the researches, and their trends across time and regions.

**Results:** Compared to domestic researches, those done in overseas tend to deal with more variety of independent, dependent and extraneous variables. The overseas researches also showed a tendency to get ahead in making ergonomic guidelines for IVIS design by adapting and integrating the results from previous researches.

**Conclusion and Application:** There have been many researches regarding with ergonomic IVIS design, but some of their results became old-fashioned as the technology evolved. Not many researches have considered diverse human factors regarding the drivers' characteristics except age and gender. It is expected that researchers and designers take advantage of this study to find and review relevant results and set out issues of their own for more progressive researches of the field.

**Keywords:** Human factors, In-Vehicle information system, Warning design, Research category, Trend analysis

## 1. Introduction

### 1.1 Background

최근 운전자와 승객의 안전 및 편의성을 크게 향상시킬 수 있는 지능형 차량(Smart Car)에 대한 관심이 높아지고 있다(Kim et al., 2010). 차량 정보 시스템(In-Vehicle Information System, IVIS)은 각종 센서나 정보네트워크를 활용해 안전운전을 위한 데이터를 수집함으로써 운전자가 인지하지 못한 위험 상황을 알려주기 위한 목적으로 사용되는 시스템을 말한다. 단순히 위험 상황에 대하여 일방적인 방식으로 정보를 제공하는 것이 아니라 운전자와 상호작용을 통하여 안전을 보장하는 것이 이 시스템의 목적이므로 IVIS의 설계는 지능형 차량의 개발에 있어서도 매우 중요한 이슈이다(Kim et al., 2016). 현재 지능형 차량 관련기술은 운전자의 편의와 안전성을 향상시키기 위한 첨단 기능들(Advanced Driving Assistant System, ADAS)을 더해가는 방향으로 진행되고 있는데 이러한 기능들을 사용하는 과정에서 필요한 다양한 정보를 운전자에게 제공하며 정보량이 증가하는 만큼 운전자가 받아들여야 하는 정보의 복잡성이 날로 증가하고 있는 추세다(Chang et al., 2010). 이러한 방식은 운전자로 하여금 정보 처리에 따른 인지적 부하를 발생시킬 우려가 있으며 과도한 인지적 부하는 결국 주행 안전성을 보장할 수 없는 상황을 초래할 수 있다(Campbell et al., 2016). 2004년 미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)의 발표 자료에 따르면 교통사고에 대한 원인 분석을 실시한 결과 89%가 운전자의 인지 또는 조작 오류에 의한 것으로 나타나 인지 오류가 교통사고에 큰 영향을 미침을 알 수 있다(Lee, 2011). 따라서 운전자의 인지 및 조작 오류를 감소시킴으로써 차량의 안전성을 보다 향상시키기 위해 IVIS 또는 Driver-Vehicle Interface (DVI)를 인간공학적으로 설계하기 위해 현재까지 다양한 연구가 진행되어 왔다. NHTSA에서는 이와 같은 기본 연구 결과들을 바탕으로 인간공학적 DVI 설계 가이드라인을 개발하기도 하였다(Campbell et al., 2016).

하지만 국내의 경우 관련 연구 결과들을 활용하여 IVIS 설계 가이드라인이나 설계 표준을 개발할 목적으로 실시된 통합적 연구는 아직 부족한 실정이다. 이러한 후속 연구들을 진행하기 위해서는 현재까지 진행된 다양한 관련 연구들을 체계적으로 분류하고 개별적 연구를 통해 확인된 사실들을 종합적으로 정리해 볼 필요성이 높은 것으로 판단된다.

### 1.2 Objectives

앞 절에서 언급한 연구의 필요성에 따라 본 연구에서는 현재까지 IVIS 개발을 위해 진행되었던 국내·외 연구 자료들을 수집하고 분석하여 각 연구에서 다루어진 내용들을 체계적으로 분류할 수 있는 기준을 마련해보고자 한다. 또한 제안된 분류 체계에 따라 수집된 연구들을 분류하고 각 영역별로 도출된 대표적 결과나 설계 제안 사항을 정리하고자 한다. 이러한 과정을 통해 IVIS의 설계와 관련된 국내·외 연구의 차이점과 과거와 현재의 연구 트렌드의 변화를 확인할 수 있을 것이다. 본 연구를 통해 IVIS의 설계와 관련된 현재까지의 연구 결과들을 체계적으로 정리함으로써 부족한 연구 분야를 도출하고 연구자 및 개발자들이 차량 경고 설계와 관련된 현재의 연구 결과를 바탕으로 추후 연구의 방향성을 설정하는데 도움이 되는 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. Method

### 2.1 Data gathering

본 연구의 진행을 위해 IVIS에 대한 인간공학적 연구와 관련된 국내외 논문 및 보고서들을 다음과 같은 방식으로 수집하였다. 우선 논문의 제목 및 키워드를 활용한 검색을 통해 IVIS와 관련된 논문 리스트를 우선 수집한 후, 차량용 경고 신호 설계 시 고려되어야 할 인적 요인 및 주행 상황, 환경 등의 요소 등을 연구 내용으로 포함하고 있어 인간공학적 가이드라인 개발에 도움이 되는 연구들인지 여부를 결정하였다. 이에 적합한 연구들을 선정하기 위하여 연구의 목적을 토대로 다음과 같은 자료 선정 기준을 확립하였다.

- 차량 경고와 운전자간의 상호작용에 관한 연구
- 위급한 상황 중 경고 이외의 기타 정보 전달 방식과 관련된 연구
- 연령, 성별, 국적 등 운전자 특성을 고려한 연구
- 날씨, 도로 상황 등 주행 환경을 고려한 연구

국내 연구는 차량과 운전자의 상호작용과 관련된 논문들이 주로 수록되는 대한인간공학회, 한국자동차공학회, 한국HCI학회, 한국인지과학회의 논문 데이터베이스를 중심으로 차량 경고 신호, 운전자 반응, 주행 상황 등과 같은 키워드를 통해 데이터를 수집하였고, 국외 연구는 차량 안전 관련 연구가 많이 진행되고 있는 NHTSA의 가이드라인 연구들과 이 가이드라인을 구축하기 위해 활용된 기초 연구들을 중점적으로 검토하였으며, 전기 전자 기술자 협회(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)의 자료를 Warning Signal, Driver Condition, Driving 등의 키워드를 통해 추가로 검색하여 수집하였다. 이 과정에서 차량 경고 신호 발생을 위한 위험 감지 기술, 주행 보조 기술 등 자동차의 기능개발이나 기계적 성능 개선 등과 관련된 연구들을 다수 확인할 수 있었지만, 이러한 연구 내용들은 대부분 개발한 기능이나 시스템과 운전자의 상호작용이나 기능과 성능에 따른 운전자 반응을 고려하지 않은 경우가 대부분이었기 때문에 인간공학과 관련성이 떨어진다고 판단하고 대부분 배제하였다. 이러한 절차와 과정을 통해 수집한 500여개의 국내 자료 중 최종적으로 64개의 자료를 선정하였고 국외 자료는 300여개의 자료 중 66개의 자료를 최종적으로 선정하였다.

## 2.2 Research methodology

본 연구에서는 국내·외 관련 연구들에서 다루어진 주요 변수들 및 결과들을 확인하는 과정을 통해 이들을 공통성에 따라 분류할 수 있는 항목들을 설정하고 연구 내용을 분류하여 IVIS 관련 연구에 대한 분류 체계를 개발하였다. 연구 분류 내에서 국내·외 연구의 분포를 확인하고 상대적으로 활발히 연구된 분야와 그렇지 못한 분야를 알아볼 수 있도록 빈도 분석을 실시함으로써 현재까지 이루어진 연구의 흐름과 특성들을 확인하였다. 또한 국내·외 연구들의 연도별 연구 트렌드를 분석하여 연구들의 시대별 특징과 발전방향, 미흡한 점 등을 정리하여 추후 전체적인 연구의 방향성을 도출할 수 있도록 연구를 진행하였다.

## 3. Results

### 3.1 Categorization system

관련 연구의 분류 체계를 개발하기 위해서 수집된 연구들에서 다루고 있는 주요 변수들을 우선적으로 확인하였다. 일반적 연구에 있어서 변수들은 크게 독립변수, 종속변수 및 외생변수로 분류되기 때문에 이를 대분류 기준으로 삼았으며 대분류 내에서 각 연구의 특성을 대표할 수 있는 세부 요인들을 추출하여 중분류 및 소분류 기준을 설정하였다.

수집된 130개 연구의 독립변수들을 분석한 결과, 독립변수 관점에서의 주요 요인은 크게 4가지로 분류할 수 있었다. 우선 연구에서 대상으로 삼은 경고 또는 정보들의 양식을 확인해 본 결과 시각, 청각 및 촉각 신호로 나누어 볼 수 있었으며, 2가지 이상의 양식을 섞어 활용하는 멀티모달한 신호 체계에 대한 연구도 있었다. 따라서 연구에 활용된 신호들을 종류별로 묶어줄 수 있는 하나의 중분류 기준을 설정하였다. 이 분류는 IVIS 설계 시 정보를 제시하는 일정한 형식에 따른 것이므로 '정보의 양식(Modality)'이라 명명하였다. 이 중분류 기준 하에서 신호의 특성을 변조하기 위해 활용된 설계 파라미터들의 종류에 따라 연구들을 보다 세부적으로 분류할 수 있는 소분류 기준을 설정하였다. 예를 들어 시각양식의 경우에는 정보로 제시되는 글자의 크기나 아이콘의 형태, 색상 등이, 청각 신호의 경우에는 신호의 주파수나 음압의 세기 등이 이에 해당한다. 소분류에 있어서는 멀티모달한 신호양식을 고려한 연구들이 있음을 감안하여 각 세부 항목에 대해 중복을 허용하여 분류하였다.

또한 신호를 제시할 때 신호의 길이, 간격, 위치, 주기 등 다양한 제시 방법에 따라 연구들을 분류할 수 있었으며, 이에 따라 연구들을 분류할 수 있도록 새로운 중분류 기준을 설정하고 이를 '신호의 제시 방식(Signal Presentation)'이라 명명하였다. 이 분류 기준에 있어서도 여러 가지 제시 방법을 동시에 고려한 연구들이 있었기 때문에 중복을 허용하여 분류하였다.

다음으로 피실험자에 관한 내용을 확인해 본 결과, 대부분의 연구들이 일반 운전자를 대상으로 진행되었지만 연령이나 성별을 특정하거나 그 차이를 고려한 연구들이 있었으므로 그에 따라 '운전자 속성(Driver Characteristic)'이라는 중분류 기준을 설정하였다. 연구에 동원된 피실험자의 특성에 따라 일반 운전자를 대상으로 한 경우와 특정한 속성을 지닌 운전자를 대상으로 한 경우로 분류하고 운전자 속성에 따른 차이를 비교한 연구들은 양쪽 모두에 중복하여 해당하는 것으로 분류하였다. 특정한 운전자를 대상으로 한 경우에는 성별이나 연령과 같은 속성을 소분류의 기준으로 삼아 분류를 실시하였다.

독립변수와 관련해서 마지막으로 설정한 중분류 기준은 '운전 조건 및 환경(Driving Situation / Environment)'이다. 이 중분류 기준은 연구가 진행된 주행 상황 및 주행 환경의 차이에 따른 것으로서 주행 상황의 경우, 운전자 부주의나 차량 이상 상태와 같이 연구에서 대상으로 삼은 위험 상황에 따라 분류하였으며, 주행 환경의 경우에는 도로환경이나 주변 환경의 특성에 따라 연구들을 분류하였다. 운전 조건 및 환경이 지정되지 않은 연구의 경우에는 따로 분류하였다. 이 항목 또한 주행 조건 및 환경을 다양하게 진행한 연구들이 있음을 감안하여 중복을 허용하여 분류를 실시하였다. 이상에서와 같이 독립변수의 특성에 따라 설정한 중분류 및 소분류 기준을 정리하면 아래 Table 1과 같다.

**Table 1.** Categorization by independent variable

Independent variable				
1 <sup>st</sup> level category	1. Modality	2. Signal presentation	3. Driver characteristics	4. Driving situation / environment
2 <sup>nd</sup> level category	1-1. Visual	2-1. Frequency	3-1. Ordinary	4-1. Driver carelessness
	1-2. Auditory	2-2. Interval	3-2. Comparison	4-2. Danger by surrounding vehicle
	1-3. Tactile (Haptic)	2-3. Length		4-3. Car malfunction
	1-4. Multimodal	2-4. Timing		4-4. General task
		2-5. Display position		4-5. Road environment
		2-6. Not considered		4-6. Surrounding environment

중속변수와 관련해서는 앞서 정리한 독립변수의 영향에 의해 IVIS의 활용과정에서 나타나는 결과 변수들을 분석하여 분류 기준을 설정하였다. 첫 번째로 고려한 기준은 제품이나 시스템을 평가할 때 가장 기본적으로 실시하는 '시스템 사용성 평가(System Usability)', 즉 사용자가 IVIS를 얼마나 편리하게 사용할 수 있도록 설계되었는가의 측면 중 어떤 내용을 연구하였는가 이다. 일반적인 사용성 평가 시 기준이 되는 6가지 항목(효과성, 효율성, 안전성, 유용성, 학습용이성, 기억용이성) 중 어떤 특성을 연구하였는지에 따라 연구들에 대한 분류를 실시하였다. 이 중분류 기준에서도 하나의 연구에서 사용성 평가에 대한 여러 항목을 연구한 경우를 고려하여 중복을 허용하여 분류를 실시하였다.

다음으로 IVIS 연구에 있어서 독립변수들의 영향을 파악하기 위해 활용한 수행도 평가 기준에 따라 연구들을 분류할 수 있는 중분류 기준을 설정하였다. 수행도란 설계한 IVIS의 특성에 따라 운전자의 작업 수행도가 어떤 영향을 받는지를 측정하는 것으로서, 많은 연구들이 반응 및 반응시간을 척도로 활용해 수행도를 측정하거나 설문조사를 활용한 것으로 나타났다. 따라서 중분류 항목은 '운전직무 수행도(Performance)'로 명명하였으며 세부 항목은 반응률, 반응시간 및 생체 신호 등과 같은 수치로 표현할 수 있는 정량적 데이터 항목과 설문조사를 통해 수집한 이해도 및 선호도와 같은 정성적 데이터 항목으로 분류하였다. 이 항목 또한 연구에 있어서 다양한 수행도를 동시에 적용한 경우를 고려하여 중복을 허용하여 분류하였다.

IVIS에서 제시되는 정보를 설계하는데 있어서 중요한 요인은 신호를 운전자가 잘 이해할 수 있도록 코딩하는 것이다. 정보 처리 관점에서 볼 때, 신호는 운전자가 잘 감지할 수 있도록 설계되어야 하며, 서로 다른 신호에 대해 운전자가 쉽게 구별해낼 수 있도록 설계되어야 한다. 더 나아가 운전자가 주어지는 신호의 의미를 빠르게 파악할 수 있도록 설계하는 것이 중요하며 신호 설계의 질을 확인할 수 있는 중요한 항목이라 볼 수 있다. 조사한 많은 연구들이 신호 설계 시 위의 3가지 측면을 고려한 연구를 진행하였고 이에 따라 '설계 품질'을 하나의 분류 항목으로 선정하여 분류를 실시하였다. 수집한 연구들 중 이 항목에서 두 가지 이상을 고려한 연구가 진행된 바 있기 때문에 분류 체계 개발 시 중복을 허용하여 분류하였다. 이상과 같이 중속변수의 측면에서 설정한 3가지 중분류 기준을 정리하면 아래 Table 2와 같다.

**Table 2.** Categorization by dependent variable

Dependent variable			
1 <sup>st</sup> level category	5. System usability	6. Performance	7. Coding quality
2 <sup>nd</sup> level category	5-1. Effectiveness	6-1. Quantitative	7-1. Detectability
	5-2. Efficiency	6-2. Qualitative	7-2. Discriminability
	5-3. Safety	6-3. Not considered	7-3. Meaningfulness
	5-4. Utility		7-4. Not considered
	5-5. Learnability		
	5-6. Memorability		

외생변수는 실험에서 직접적으로 조작하지는 않지만, 그 특성에 따라 연구 결과에 영향을 미칠 수 있는 변수들이다. 본 연구에서는 연구를 실시한 실험 환경을 외생 변수로 고려하여 중분류 기준을 설정하였다. 연구들이 주로 어떠한 환경에서 실험을 진행하였는지를 확인해본 결과 크게 두 가지로 연구들을 분류할 수 있었다. 즉 실제 차량에 IVIS를 장착하여 실험을 실시한 경우와 가상 시뮬레이션 환경에서 실험을 진행한 경우로 분류하였고 이 항목의 이름을 '실험 기구(Experimental Apparatus)'로 명명하였다.

마지막으로 설정한 중분류 기준은 연구의 수준과 관련된 항목으로서 연구의 개발 단계에 맞추어 기본 연구, 가이드라인 연구, 표준 연구로 구분하여 수집한 연구들을 분류하였다. 이 항목은 IVIS 개발에 대한 연구 결과의 활용 수준을 분류해 볼 수 있는 항목으로써 '적용 단계(Application Level)'로 명명하였다. 아래의 Table 3은 기타 변수에 따라 설정된 분류 기준을 정리한 것이다.

**Table 3.** Categorization by other variables

Other variables		
1 <sup>st</sup> level category	8. Experimental apparatus	9. Application level
2 <sup>nd</sup> level category	8-1. Real car	9-1. Basic
	8-2. Simulator	9-2. Guideline
		9-3. Standard

이상과 같은 방식으로 IVIS와 관련된 인간공학적 연구들에 대해 독립변수, 종속변수, 기타변수의 특성을 중심으로 중분류 기준 9가지 항목에 따라 분류할 수 있는 분류 체계를 개발하였다. 제시한 연구 분류 체계에 따라 수집된 130개 연구들을 국내·외로 구분하여 각 항목별로 분류한 후 그 연구 빈도를 APPENDIX 1에 정리하였다. 또한 APPENDIX 2에는 본 논문에서 분류한 130개 연구들의 목록을 수록하였으며, 이와 함께 앞서 제시한 9개의 중분류 기준과 그 하위의 소분류 기준에 따라 설정한 코드번호를 표시하여 각 분류에 해당하는 연구들을 찾아보기 용이하도록 정리하였다.

### 3.2 Frequency analysis

APPENDIX 1과 같이 구분하여 정리된 연구들에 대하여 빈도 분석을 실시하였다. 먼저 중분류 기준인 정보 양식에 따라 구분된 연구들의 빈도 분석 결과를 정리하면 Figure 1과 같다. 국내·외 연구 모두 전반적으로 시각과 청각에 대한 연구 빈도가 가장 높게 나타났으며, 시각과 관련된 연구는 국외에서 9%P 높게 나타났고, 청각과 관련된 연구는 국내에서 18%P 높게 나타났다. 시각과 관련된 연구의 경우 세부 항목 중 배열, 아이콘의 형태, 색과 관련된 연구 빈도가 가장 높게 나타났으며, 청각의 경우 음압과 음역대에 관련된 빈도가 가장 높게

나타났다. 촉각에 관련된 연구는 국내에 비해 국외에서 9%p 높은 비율을 보였으나 다른 양식에 비해서 현저히 낮은 빈도를 보였으며, 세부 항목에서는 주파수와 진폭의 영향을 다룬 연구가 가장 많은 것으로 나타났다. 두 가지 이상의 양식으로 함께 제시되는 멀티모달 신호의 경우에 대해서도 연구 빈도가 높지 않은 것으로 나타났다. 멀티모달 신호의 세부 항목 중 시각+청각에 대한 연구 빈도가 가장 높게 나타났으며, 촉각을 멀티모달 신호의 한 축으로 연구한 빈도는 현저히 낮게 나타났다.

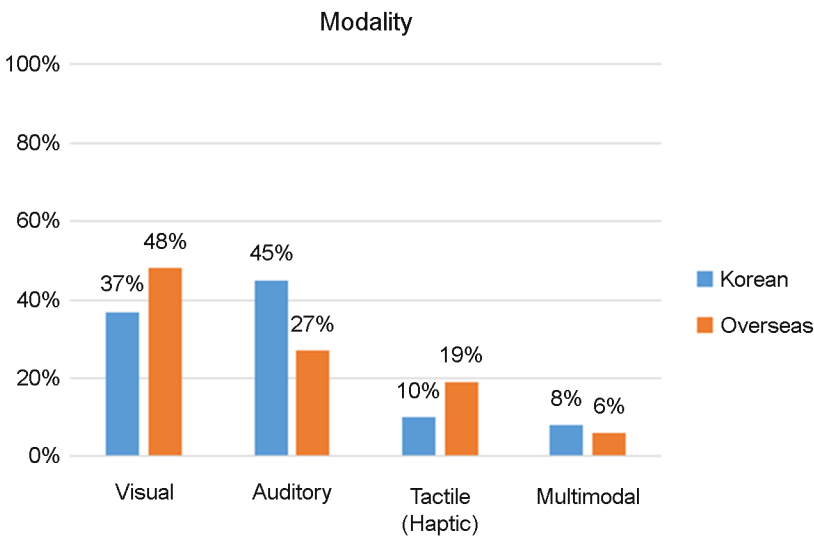


Figure 1. Frequency analysis by modality

Figure 2에서 확인할 수 있듯이 신호 제시 방식 측면에서 기본 연구들의 빈도를 살펴보았을 때, 다른 항목에 비해서 경고 신호의 길이와 디스플레이의 위치를 고려한 연구의 빈도가 가장 높게 나타났으며, 이는 국내·외 연구에서 유사한 양상을 보였다. 전반적인 비율은 유사하게 나타났지만, 경고 위치를 고려한 연구의 경우 국내에서 21건, 국외에서 26건으로 국외가 좀 더 빈도가 높았고, 경고 시점을 고려한 연구의 경우 국내에서 6건, 국외에서 10건으로 나타났다.

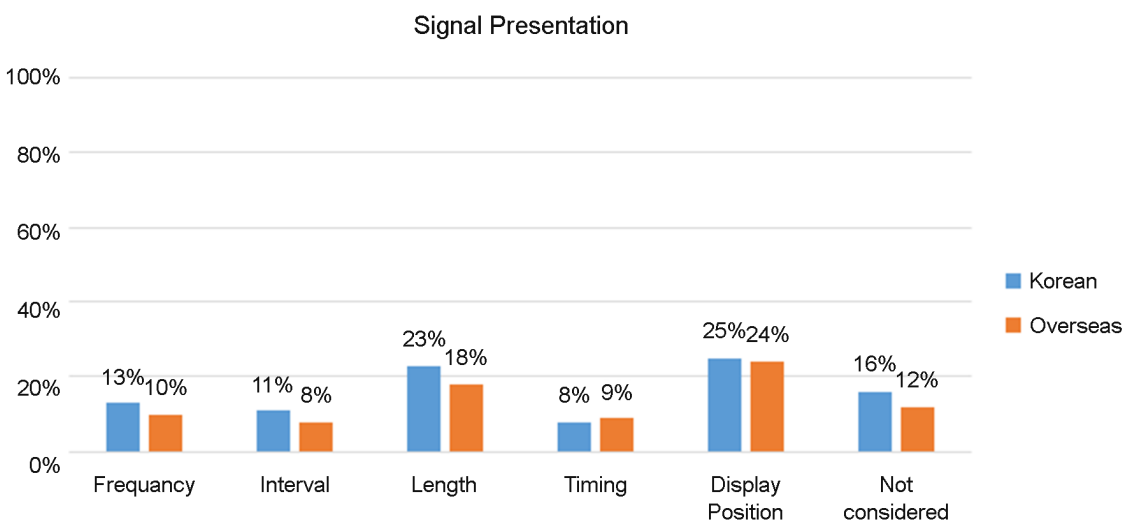


Figure 2. Frequency analysis by signal presentation

운전자 속성에 따라 연구를 분류하였을 때는 아래 Figure 3과 같이 일반운전자를 고려한 연구의 비중이 특정한 속성을 지닌 운전자를 대상으로 한 연구에 비해 크게 높았으며, 국내 연구에 비해서는 국외 연구에서 특정 속성을 지닌 운전자를 연구한 비율이 13%p 높게 나타났다. 국내에서 진행된 10건의 특정 속성의 운전자 관련 연구 중 8건이 고령운전자를 고려한 것들이었으며, 성별의 차이를 고려한 연구가 2건으로 나타났다. 국외의 경우 고령자를 고려한 연구는 5건으로 국내에 비해 낮게 나타났지만 성별의 차이를 고려한 연구가 4건, 연령의 영향을 고려한 연구가 12건, 국적을 고려한 연구가 1건 등으로 국내 연구에 비해 보다 다양한 속성들이 다루어졌음을 알 수 있다.

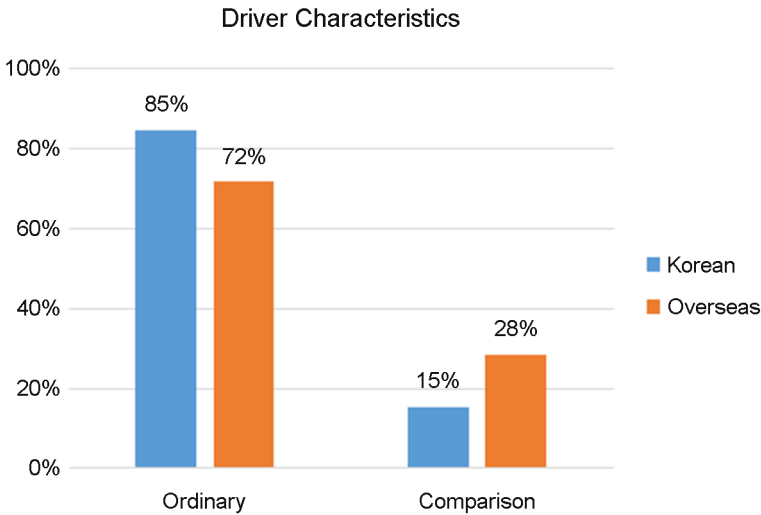


Figure 3. Frequency analysis by driver characteristics

주행 상황과 환경 측면에서 연구들을 분류한 결과 Figure 4와 같이 주행 상황을 고려한 연구 비율은 국외 연구가 국내 연구보다 12%p 높게 나타났으며, 주행 환경을 고려한 연구의 비율은 국내 연구가 6%p 높게 나타났다. 주행 상황의 첫 번째 소분류인 운전자 부주의를 고려한 국내 연구는 9건, 국외 연구는 6건이었으며, 세부 항목인 차선이탈 및 과속에 대해서 국내 연구 빈도는 각각 6건, 4건으로 국외의 1건, 2건에 비해 전반적으로 높은 빈도를 나타냈다. 조사대상 연구 중 국내 연구에서만 나타난 항목은 안전벨트 미착용이 3건, 국외 연구에서만 나타난 항목은 주행 중 통화가 4건으로 확인되었다. 두 번째 소분류인 주위 차량에 의한 위험을 고려한 연구는 국내 11건, 국외 7건으로 나타났으며, 세부 항목 중 선행차량 감속에 대한 국내 연구의 빈도는 8건으로 다른 세부 항목과 비교하여 가장 높게 나타났다. 세 번째 소분류인 차량 이상에 대한 빈도는 국내 연구가 4건, 국외 연구가 1건으로 전반적으로 다른 소분류의 세부 항목에 비해서 낮은 빈도를 나타냈다. 네 번째 소분류인 일반적 과제에 대한 연구 빈도는 국내에서 12건, 국외에서 32건으로 국외 연구에서 현저히 높게 나타났으며, 특히 국외 연구 중 24건은 주행 중 내비게이션 사용 항목에 대한 것으로 현저히 높은 연구 빈도를 나타냈다.

주행 환경과 관련된 첫 번째 소분류인 도로 환경을 고려한 연구는 국내에서 16건, 국외에서 22건으로 나타났으며, 국내와 국외에서 공통적으로 비교적 많이 활용된 도로 환경은 고속도로로 각각 5건이었다. 이외에 국내에서는 교차로 환경에서의 연구가 6건으로 높게 나타났으며, 조사한 연구 중 국외 연구에서만 확인된 도로 환경으로 장애물 3건, 시골 2건, 두 갈래 길 2건 등이 있었다. 두 번째 소분류인 주변 환경을 고려한 연구는 국내에서 11건 국외에서 5건으로 나타났으며 국내의 경우 날씨를 고려한 연구가 6건으로 국외보다 3건이 많았고 소음을 고려한 연구는 6건으로 국내 연구에서만 확인되었다.

다음으로 종속변수 측면에서 시스템 사용성에 대한 국내·외 연구의 빈도를 분석한 결과는 Figure 5와 같았다. 시스템 사용성 중 효과성과 효율성에 대한 연구는 국내 연구에서 각각 36%, 31%로 다른 사용성 항목에 비해 현저히 높게 나타났으며, 국외 연구에서도 27%, 24%로 비교적 높게 나타났다. 안전성과 유용성에 대한 연구는 국내에서 각각 5%로 효과성, 효율성에 비해 현저히 낮게 나타났지만, 국외 연구에서는 각각 15%, 20%로 큰 차이를 보이지 않았다. 학습용이성과 기억용이성의 경우 국내 및 국외 연구 모두 비교적 낮은 비율을 보였다.

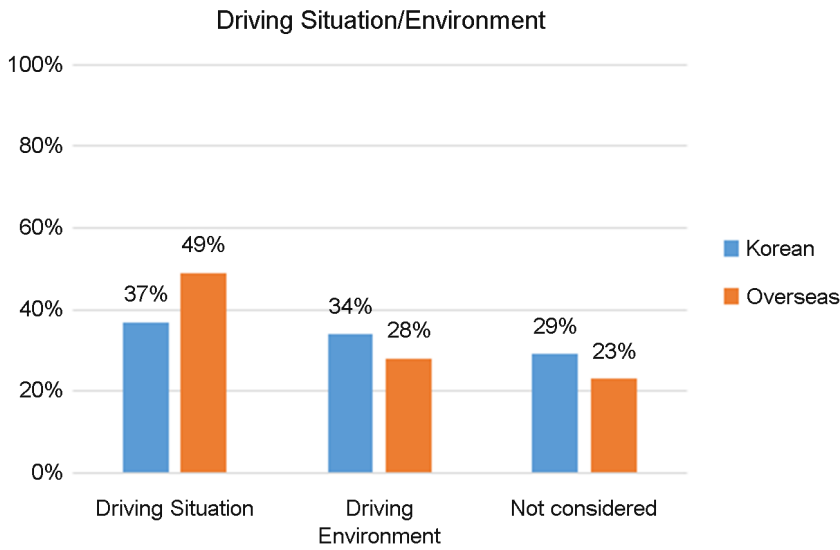


Figure 4. Frequency analysis by driving situation/environment

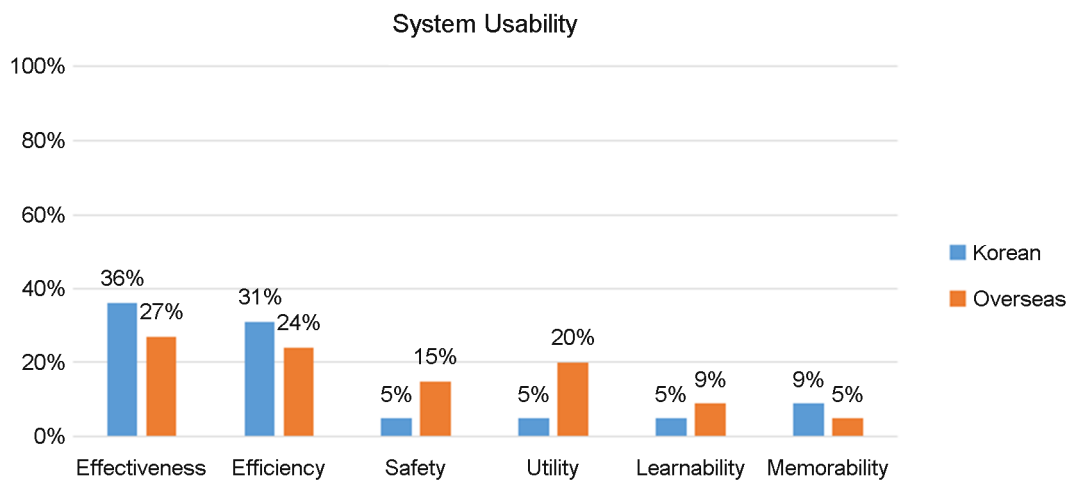


Figure 5. Frequency analysis by system usability

중속변수로 다루어진 Performance에 대한 연구 빈도를 확인한 결과 Figure 6과 같이 각 중분류에 대한 국내·외 연구의 빈도는 큰 차이가 없었다. 정량적 결과의 세부 항목 중 국내·외 연구에서 공통적으로 확인된 반응시간과 반응률의 빈도에는 큰 차이가 없었지만, 차선 내 차량 위치 표준편차(Standard Deviation of Lane Position, SDLP), 평균속도, 특정행동빈도, 주의분산시간 등의 세부 항목은 조사한 연구 중 국외 연구에서만 확인할 수 있었다. 정성적 결과의 세부 항목에서도 이해도, 부담도, 수용성 등의 항목은 국외 연구에서만 다루어졌다.

신호 설계 특성에 따라 연구들을 분류한 결과는 아래 Figure 7과 같다. 경고 신호 특성상 가장 기본적으로 확보되어야 할 감지력에 대한 연구 빈도가 국내·외에서 공통적으로 가장 높게 나타났으며, 국내 연구와 비교했을 때 국외 연구에서 7%p 높게 나타났다. 변별력에 대한 연구 빈도는 국내·외에서 유사하게 가장 낮게 나타났으며, 의미전달력에 대한 연구 빈도는 국내 연구에서 5%p 높게 나타났지만 전체적으로는 중간 수준의 빈도를 나타냈다.



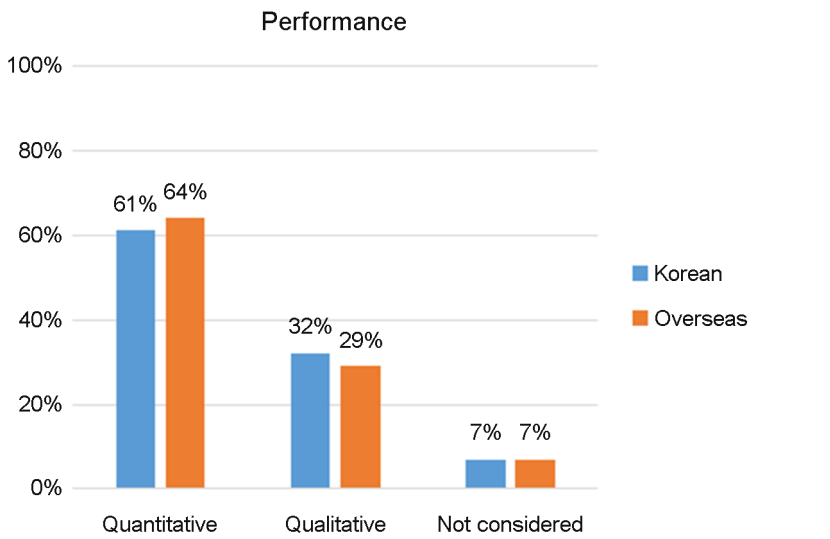


Figure 6. Frequency analysis by performance

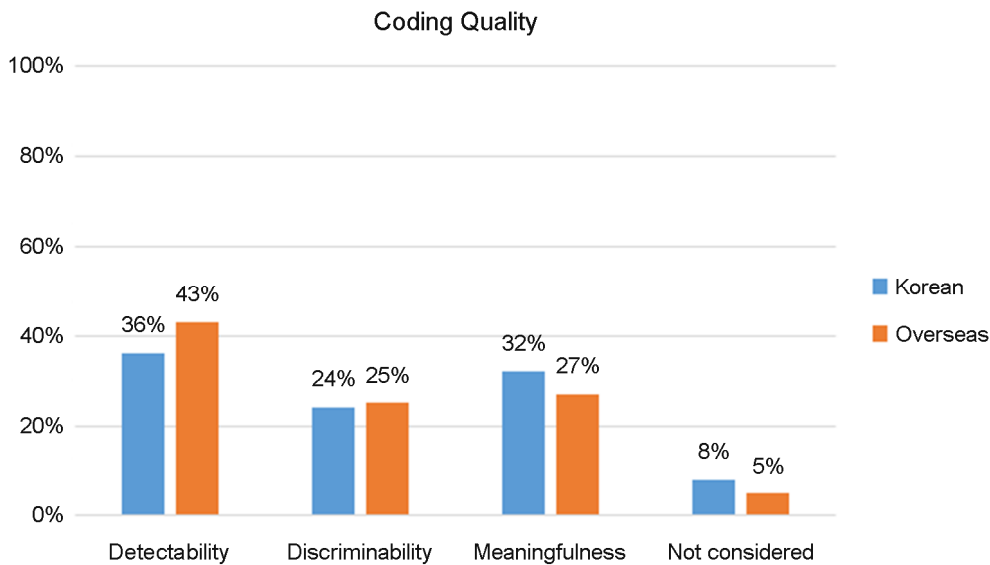


Figure 7. Frequency analysis by coding quality

외생변수인 실험 환경에 대한 국내·외 연구 빈도를 확인한 결과, 가상 환경에서 진행된 연구가 국내 50건, 국외 50건으로 동일하게 나타났으며, 실차 환경에서 이루어진 연구도 국내 14건 국외 16건으로 큰 차이를 보이지 않았다.

마지막으로 연구 수준에 따라 분류한 결과는 Figure 8과 같다. 국내·외 연구 모두 기본 연구에 비해서 가이드라인 수준의 연구 빈도가 현저히 낮게 나타났으며, 그 빈도는 국내에서 4건, 국외에서 16건으로 나타났다.

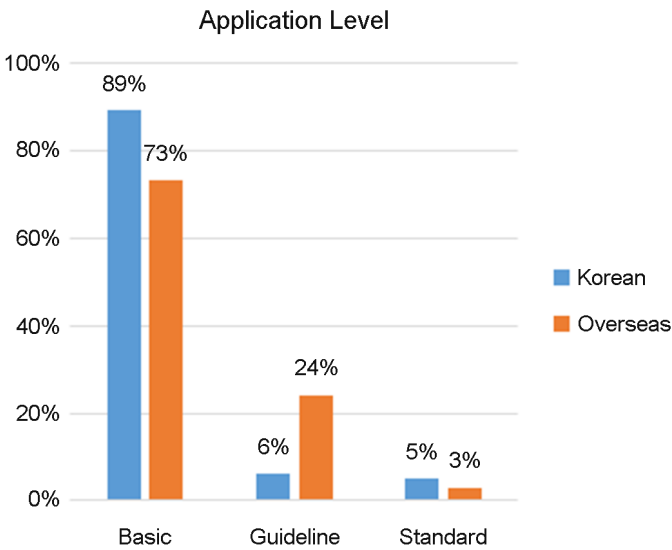


Figure 8. Frequency analysis by application level

### 3.3 Research contents

앞 절에서 정리한 중분류 항목별 연구 빈도 분석 결과를 기준으로 각 항목에 있어서 구체적으로 어떤 세부 항목에 대한 연구가 중점적으로 이루어졌는지와 그에 따라 어떤 연구 결과들이 도출되었는지를 확인하기 위하여 주요 연구 내용에 대한 분석을 실시하였다. 이런 개별적 분석 결과를 종합하여 전반적인 연구 경향과 미흡한 부분을 확인함으로써 추가적인 연구의 방향성을 도출하였다.

먼저 연구의 독립변수에 해당되는 항목인 정보의 양식과 경고 제시 방식에 따라 연구들을 살펴본 결과, 주류를 이루고 있는 시각과 청각 양식의 신호 연구들은 대체적으로 신호의 설계 파라미터를 변화시켰을 때 나타나는 시스템과 사용자간의 인터랙션 성능 변화를 확인하기 위한 것들이었다(CATEGORY. 1-1,1-2). 그 중에서도 신호의 길이와 발생 위치에 대한 연구가 중점적으로 이루어지고 있었다(CATEGORY. 2-3,2-5). 시각 신호의 경우 운전자의 인지 부하를 줄일 수 있는 배열 방식과 보다 빠른 반응을 유도하기 위한 색상 등을 고려한 연구가 다수 진행되었으며, 청각 신호의 경우 운전자에게 적합한 음압과 음역대의 범위를 파악하는 등의 연구가 진행되면서 연구 결과를 통해 차량 경고 설계 시 적용하기 위한 가이드라인 형태로 제시되기도 했다(APPENDIX 2: 15,55). 두 가지 이상의 감각을 활용한 멀티모달 신호에 대한 연구 역시 시각과 청각 신호를 활용하는 연구가 대부분이었으며(APPENDIX 2: 18,33,40,53,54,62,242,246), 이러한 연구들은 시각 및 청각적인 정보를 함께 제시하기에 용이한 내비게이션 사용 환경에서 진행된 경우가 많았다. 멀티모달한 신호에 대한 연구들에 따르면 서로 다른 감각 신호라 하더라도 동일하거나 유사한 방향에서 공간적 정보가 제시되었을 때 단일 감각 신호에 비해서 운전자의 반응을 보다 빠르고 정확하게 유도하는 것으로 나타났으며, 이와 같은 연구 결과를 통해 멀티모달 신호의 뛰어난 성능이 입증되었지만 단일 신호에 대한 연구에 비해서 연구가 미비한 실정이다. 차량 인터페이스 기술이 발달함에 따라서 운전자에게 더욱 다양한 정보를 제공할 수 있는 디스플레이의 개발이 이루어지고 있으며, 이와 함께 단일 신호에 비해 운전자의 운전 능력을 향상시킬 수 있는 복합적 신호에 대한 연구가 더욱 활발히 진행되어야 한다고 판단된다. 현재까지 진행된 촉각 신호에 대한 연구는 촉각을 주 정보채널로서 활용하는 연구도 있었지만 다른 감각의 보조적인 역할로서 활용되는 경우가 많았다(CATEGORY. 1-3). 일부 연구의 결과에 의하면 인지기능이 저하된 고령자라 할지라도 촉각을 이용한 진동 신호에 대해서는 다른 연령층과 비교했을 때 인지기능에 별 차이가 없는 것으로 확인되었으며(APPENDIX 2: 60), 시각과 청각에 집중된 방대한 양의 정보 제공은 운전자의 인지 부하를 초래하고 교통사고를 야기하는 주요 원인이 될 가능성이 크기 때문에 촉각을 활용하여 정보량의 분산을 통해 인지 부하를 감소시킬 필요가 있다.

경고 신호의 수준 외에 독립변수로 활용되는 운전자의 속성과 주행 상황 및 환경에 대해 살펴보면, 운전자 속성을 고려한 연구의 경우 고령자를 포함한 다양한 연령대와 성별의 차이에 따른 운전자의 인지 부하 수준과 같은 반응을 확인하기 위하여 진행된 연구들이 많았

다(CATEGORY. 3-2). 고령자를 고려한 연구에서는 교차로 상황에서 고령운전자가 다른 연령층에 비해서 느리게 주행하거나 의사결정에 어려움을 겪고 내비게이션에서 사용하고자 하는 기능을 선택할 때 유사한 아이콘에 대해 오류를 상당 수 보이는 등 상대적으로 인지 능력이 떨어진다는 결론을 도출하고 있다(APPENDIX 2: 15). 이러한 특성을 보완하기 위해서 경고 설계 시 고령운전자에게 적절한 신호의 크기 및 범위를 파악하여 가독성과 의미전달성을 향상시키기 위한 연구가 다수 진행되었다(APPENDIX 2: 3,11,20,68,73,74,94,114). 성차를 고려한 연구에서는 실험 시 Task의 제시 방식에 따라서 남성과 여성이 확연히 다른 운전수행도 수준을 보였는데 이경표 식 지시 방법에 대해서는 여성이 남성에 비해 높은 수행도를 보였다. 하지만 남성에 비해 주변자극의 지각에 더 어려움을 겪는다거나 전반적인 교통의 흐름과 상황을 살피지 않고 위험한 운전 형태를 보이는 등 전반적으로 여성이 남성에 비해서 운전에 대한 수행 능력이 떨어지는 것으로 나타났다. 성차를 고려한 연구들의 결과에서 미루어볼 때 여성운전자가 남성운전자에 비해서 운전 수행 능력이 떨어지지만 성별에 따라 보다 적합한 정보 제공 방식이 있음을 확인했다(APPENDIX 2: 19,52,54). 따라서 여성운전자의 특성을 고려한 경고 신호 개발 시 단순히 남성에 비해 운전 수행 능력이 떨어진다는 점만을 감안하기보다 정보 제공 방식에 따라서 여성운전자가 남성운전자에 비해 우수한 운전 수행 능력을 보일 수 있다는 가능성을 감안하여 보다 세부적인 연구가 진행될 필요가 있다.

주행 상황 중 차선이탈 등에 의한 운전자 부주의(CATEGORY. 4-1)와 선행차량 감속(APPENDIX 2: 9,38,39,40,49,59,61), 후방차량접근(APPENDIX 2: 55,105,107,118) 등과 같이 주변차량의 위험을 고려한 연구는 대부분 FCWS, LDWS 등의 주행 보조 시스템과 관련된 연구들이었다. 일반적 과업의 세부 항목들은 대부분 실험 진행 시 운전자에게 부여되는 과업의 종류나 수준에 따른 운전자의 반응을 확인하기 위한 목적으로 진행되었다(CATEGORY. 4-4). 주변 환경에 대한 연구 중 날씨를 고려한 연구의 경우 경고 시스템을 평가하기 위한 환경 조건의 표준안이 제시되었으며, 맑은 날씨에서는 운전자에게 영향을 미치는 빛의 종류에 따라서 순광은 차량의 뒤쪽에서, 역광은 차량의 앞 쪽에서 비치도록 제시하였으며, 눈, 비, 안개와 같은 조건에 대해서는 운전자가 차선을 식별할 수 있도록 수치를 제시하고 있었다. 이 내용을 세부적으로 살펴보면 보통 비의 경우 시간당 1mm 이하와 같이 도로가 젖은 정도, 강한 비의 경우 시간당 10mm 이하와 같이 도로에 물이 흐를 정도 등 구체적인 강수량의 수치를 제시하고 있었다(APPENDIX 2: 5). 주행 환경 중 도로 환경의 세부 항목 중 가장 많이 연구된 항목은 고속도로와 교차로 환경이었는데 이는 주행 시 비교적 난이도가 낮은 고속도로와 난이도가 높은 교차로에서의 주행을 통해서 운전자의 인지 부하 수준을 확인하기 위한 의도인 것으로 판단된다(CATEGORY. 4-5). 고속도로의 경우 사고 위험성을 최대한 배제하고 경고 신호 수준에 따른 운전자의 반응을 확인하기 위한 용도로서 활용되는 경우도 많았다(APPENDIX 2: 23,30,45,47,60,65,86,88, 113,126). 일부 연구 결과에 따르면 다른 도로 환경에 비해 도심에서 주행할 때 운전자의 인지 부하가 가장 높게 나타났으며(APPENDIX 2: 30,47,74,109,121), 급커브 길에서의 주행은 운전자의 불안감을 고조시키며 추월 시에 의사결정의 어려움을 야기하는 것으로 나타났다(APPENDIX 2: 6,41,106,107,118). 도로 환경의 영향에 대한 연구들을 통해 운전자의 인지 부하가 높게 나타나는 환경이 다수 존재함을 확인할 수 있었다. 따라서 운전자의 안전성을 보장하고 교통사고 확률을 감소시키기 위한 연구를 위해서는 운전자의 인지 부하가 높게 나타나며 현재까지 연구 빈도가 높지 않았던 도심이나 급커브 길 등에 대한 추가적 연구가 필요하겠다.

다음으로 연구의 종속변수로서 활용된 시스템 사용성, 운전직무 수행도, 정보의 Coding Quality에 관한 주요 연구 내용을 정리하면 다음과 같다. 먼저 시스템 사용성의 경우 전반적으로 볼 때 경고 신호 자체의 성능을 확인하기 위한 효과성과 효율성을 고려한 연구가 가장 많이 진행되었다(CATEGORY. 5-1,5-2). 안전성과 관련된 연구들은 그 목적이 적절한 경고 신호 또는 시스템을 통해 운전자의 안전성을 보장하기 위한 것이었으며 다른 사용성 연구에 비해서 체계적이고 세부적인 위험 상황에 대한 시나리오를 활용하고 있었다(CATEGORY. 5-3). 유용성에 관한 연구는 개발한 경고 신호를 구체적으로 어떠한 운전자를 위해 사용하고 어떠한 시스템에 적용할 것인가 하는 활용 방법에 대한 내용이 주를 이루었으며, 이러한 연구는 내비게이션과 같이 운전자에게 다양한 정보를 제공하는 장치를 활용하여 진행되는 경우가 많았다(CATEGORY. 5-4). 학습용이성과 기억용이성과 관련된 연구는 고령자를 비롯한 운전자의 연령 속성 위주의 연구들이었다(CATEGORY. 5-5, 5-6). 학습용이성과 기억용이성은 차량 인터페이스를 사용하는데 있어 운전자의 편의성과 매우 밀접한 관계를 가지는 항목이기 때문에 고령자뿐만 아니라 일반운전자를 고려한 연구도 더 활발하게 진행될 필요가 있다.

운전직무 수행도는 연구의 실험에 활용된 가장 구체적인 종속변수이며 시스템 사용성 및 정보의 Coding Quality라는 종속변수의 조작적 정의로서 활용되었다. 전반적으로 설문을 활용하는 정성적 평가 결과에 비해 반응시간이나 반응률과 같은 구체적 수치를 통해 그 결과를 확인할 수 있는 정량적 평가 결과를 활용한 경우가 많았다. 반응시간과 반응률은 경고 신호의 수준이나 운전자의 속성, 주행 상황 및 환경 등 독립변수의 수준 변화에 따른 운전자의 반응을 확인하기 위해 활용되었다(CATEGORY. 6-1). 또한 상황에 따른 운전자의 행동 특성을 확인하기 위해 경고 신호 발생 시에 제동, 시각 신호 탐색, 방향 전환 등 다양한 Task를 부여하여 진행된 실험에서도 각 행동에 대한 반응을 평가하는 척도로 활용되었다. 운전자의 만족도를 평가하기 위한 설문 연구도 진행되었으며, 보다 객관적이고 정확하게 운전자

의 만족도를 평가하기 위하여 눈의 움직임과 같은 생체 신호를 활용한 경우도 있지만 유의한 결과는 나타나지 못하는 등 민감도가 낮아 활발히 활용되지 못하고 있었다(APPENDIX 2: 27). 주행 중 운전자의 생체 신호를 감지하기 위한 기술은 과거에 비해 한층 진보되었고 더 다양한 개발이 이루어지고 있다. 따라서 현재의 시점에서 이를 활용하여 운전자의 반응을 보다 명확하게 파악할 수 있는 가능성이 있다고 판단되며 생체 신호를 주된 연구 결과로서 활용할 수 있도록 실험 설계에서도 새로운 접근이 필요하겠다.

신호 설계 특성 중 감지력은 경고 신호에서 가장 기본적으로 확보되어야 할 요소이기도 하지만, 반응시간과 같은 척도를 통해서 운전자가 경고 신호를 얼마나 빠르게 인지할 수 있는가를 확인하기에 매우 용이하기 때문에 다른 특성에 비해 가장 활발히 연구되었다고 판단된다. 변별력과 의미전달력 관련 연구에서는 각 연구에 다양한 감각 신호를 활용하고 서로 다른 감각 신호간의 성능에 대한 비교와 더불어 두 가지 이상의 감각 신호가 함께 발생하는 멀티모달한 신호의 성능도 확인하고 있었다(APPENDIX 2: 8,33,40,50,62,120). 의미전달력 관련 연구는 시각과 청각을 활용한 연구가 대부분이었으며 아이콘의 형태, Text, 음성메시지에 관련된 내용이 주를 이루었다(CATEGORY. 7-3).

실험 환경의 경우 연구 결과에서 나타나듯이 대부분 가상 환경에서 진행되고 있었다. 가상환경에서 진행되는 실험은 다양한 주행 상황 및 환경을 프로그램화 하더라도 특성상 실제 위험 상황의 긴급성을 표현해내기 어렵고 경고 신호 수준에 따른 위험 상황에서의 운전자 반응을 확인하는데 있어서 한계점이 있다는 아쉬움이 있었다(CATEGORY. 8-2). 따라서 위험 상황의 긴급성을 보다 실제적으로 표현해 낼 수 있는 가상 실험 환경에 대한 연구가 필요하다.

현재까지 진행된 연구의 수준은 대부분 기초 연구 수준에서 그친 것으로 확인되었다. 따라서 확인된 주요 연구 내용을 토대로 다음과 같은 가이드라인 및 표준 개발의 방향성을 제시할 수 있을 것이다. 정보의 양식에 관련된 연구에서는 운전자에게 적합한 시각 및 청각 신호의 수준에 대한 내용이 많이 진행되었기 때문에 그 결과를 종합하면 가이드라인 형태로의 제시가 가능할 것으로 판단된다. 다만 각 연구 결과에서 대상으로 삼은 신호의 특성에 차이가 있기 때문에 공통적으로 연구된 신호 수준에 대한 정리나 보완적 연구를 통해서 표준안을 마련할 필요가 있다. 또한 그동안 부족했던 다양한 도로 환경에 대한 연구가 이루어져야 운전자가 경험하는 다양한 인지 부하 수준 하에서 운전자의 안전성을 보장해줄 수 있는 경고 신호 설계 가이드라인이 제시될 수 있을 것이다.

### 3.4 Research trend: domestic versus overseas

다음으로 국내·외 연구 비교 분석 통해서 앞서 실시된 빈도 분석에서 확인한 IVIS 관련 연구의 전반적인 양적 분포의 특성과 그러한 현상이 나타난 원인을 파악해보고자 하였다. 본 논문에서 분석한 관련 연구의 빈도와 주요 내용을 국내와 국외로 나누어 비교해보면 다음과 같은 차이점들을 확인할 수 있다. 우선 연구에서 활용한 독립변수와 관련된 차이점을 확인해보면 정보의 양식과 관련해서 국내의 경우 운전자에게 적합한 소리 신호의 특성에 대한 연구와 함께 주변 소음을 고려한 연구, 시각 신호와 함께 사용되었을 때의 효과를 확인하기 위한 연구 등이 국외에 비해서 활발하게 진행되었다. 소음을 고려한 연구에서는 배경 소음을 선정하여 소리 신호의 음압, 음역대, 음질 등의 수준에 따른 운전자의 선호도를 관찰하였다(APPENDIX 2: 10,25,34,46,51). 연구 결과 배경 소음 내에서 순음 주파수의 선호도는 그 순음의 크기가 일정 수준 이상이 되어야 확인할 수 있음을 알 수 있었다.

경고 제시 방식과 관련된 연구의 주요 내용을 살펴보면 각각의 세부 항목에 대한 연구들도 진행되었지만 여러 항목을 함께 변화시켰을 때 운전자의 인지 부하 수준 변화와 관련된 내용이 다수 확인되었다. 이처럼 여러 경고 제시 방식과 정보 양식을 함께 활용할 때 나타나는 정보량의 증가는 복잡성이라고 표현되며, 운전자의 인지 부하 수준에 영향을 미치는 주요 변인으로 파악된다. 이 영향 정도를 구체적으로 평가하기 위해서 국내에서는 반응시간과 반응을 위주의 종속변수를 활용하여 시각적 신호의 색이나 배열의 복잡함을 확인하였지만(APPENDIX 2: 13,27,42), 국외에서는 반응시간과 반응을 외에 정보전달량, 주의분산시간, 설문을 통한 이해도와 부담도 등의 종속변수를 활용하여(APPENDIX 2: 66,73,90,99,124,129) 시각 신호의 색, 배열과 더불어 글씨체, 밝기, 청각 신호의 음압, 음역대와 같은 특성과 신호 길이, 경고 위치와 같은 경고 제시 방식을 함께 확인하는 연구가 진행되었다(APPENDIX 2: 74,78,87,94,96,98,99,124). 경고 신호와 시스템의 발전을 통해서 앞으로 더욱 다양하고 복잡한 신호가 개발될 가능성이 크며, 이러한 관점에서 경고 신호에 대한 운전자의 만족도와 경고 신호의 성능은 신호의 복잡성 수준을 얼마나 감소시켰는가에 평가의 초점이 맞춰질 것으로 예상된다. 따라서 보다 다양한 운전자와 신호의 특성을 고려하여 복잡성을 감소시키기 위한 연구(CATEGORY. 1-1, 2-5)가 추가적으로 진행될 필요가 있다.

국내에서 진행된 운전자의 특성을 고려한 연구는 대부분 고령운전자를 대상으로 한 것들이었다. 국외 연구에서는 내비게이션 사용 상황에

서 고령운전자와 여성운전자를 함께 고려한 연구가 진행되었으며(APPENDIX 2: 87,123), 연구 결과 일반적인 운전자에 비해서 여성운전자와 고령운전자의 반응이 느린 것으로 나타났다. 이러한 차이점에 대해서 국내외와 마찬가지로 디스플레이의 아이콘 크기 및 배열의 변화를 통한 개선 방안을 제시하였다(APPENDIX 2: 68,69,88,92,94,114,117). 또한 일본인과 미국인을 대상으로 대시보드의 색, 명도 및 채도에 따른 주의 분산 시간을 확인하는 연구가 진행되었지만 운전자의 국적이라는 특성에 대해서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(APPENDIX 2: 122). 국적을 고려한 연구는 국외 연구에서도 극히 일부에 지나지 않았고 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 샘플이 제한적이었다는 한계점을 지니고 있다. 차량들이 수출입을 통해 국제적으로 유통된다는 점을 감안할 때 각국의 언어나 문화의 차이는 반드시 고려해야 할 중요한 인적요인으로 판단되며 보다 심도 있는 연구가 진행될 필요성이 있는 것으로 판단된다(CATEGORY. 3-1, 3-2).

주행 상황 및 환경에 대한 연구 중 국외 연구에서만 나타난 통화 상황을 고려한 연구 결과 일반적인 주행 상황에 비해서 주행 중 통화에 의한 운전자의 주의 분산이 큰 것으로 나타났다(APPENDIX 2: 93,96,102,129). 또한 국외의 경우 두 갈래 길(APPENDIX 2: 88,117), 시골 길(APPENDIX 2: 111,120), 장애물(APPENDIX 2: 80,81,82) 등 세세한 도로 환경을 고려한 실험을 진행함으로써 도로의 다양성을 확보한 연구가 다수 진행되었다.

중속변수 중 시스템 사용성을 고려한 연구들의 차이점을 우선적으로 살펴보면 국내에 비해 국외에서 각 시스템 사용성 항목을 보다 균형감 있게 연구하고 있음을 확인할 수 있었으며, 유용성을 고려한 연구의 경우 다양한 운전 보조 시스템에 활용하는 방안을 고려하고 있었다.

운전직무 수행도에서도 국내 연구와 국외 연구 사이에 큰 차이점을 발견할 수 있었다(CATEGORY. 6-1,6-2). 국내 연구에서는 주 연구 내용으로 다루어진 중속변수는 대부분 반응시간과 반응률이었다. 국외 연구에서는 차로 내 차량 위치(APPENDIX 2: 65,73,96,128), 조향각(APPENDIX 2: 91,93), 주의분산시간(APPENDIX 2: 77,79,122,124) 등 보다 다양한 척도들을 활용해서 반응시간과 반응률과 비교했을 때 큰 문제점이 없을 정도로 운전자의 민감도를 확인하고 있었다. 이를 통해 일시적인 위험 상황에 대한 반응만이 아니라 일반적인 주행 상황과 비교적 위험성이 떨어지는 위험 상황까지 고려할 수 있다는 장점을 보였다. 따라서 국내에서도 그간 활용하지 않았던 보다 다양한 척도들을 활용하여 그간 진행된 연구의 한계점을 극복하고 앞으로 진행될 연구들을 보다 용이하게 진행할 필요가 있다고 판단된다.

정보의 Coding Quality를 고려한 연구의 경우 각 항목을 고려한 연구에서 활용된 수행도 평가척도에서 국내·외 간의 차이를 확인할 수 있었다. 의미전달력이라는 특성은 운전자에게 경고 신호를 통해서 구체적인 정보를 제시할 수 있는가에 대한 척도라고 할 수 있다. 국내 연구에서 활용된 중속변수는 주로 반응시간과 반응률이었기 때문에 경고 신호의 의미전달력을 확인하기 위한 중속변수로서는 적합하지 않다고 판단되었으며 정보전달량과 같은 척도의 활용이 필요하다고 판단된다(APPENDIX 2: 73,83,112). 주의 분산시간이나 정보전달량과 같은 변수는 신호 설계 특성을 확인하기 위해서 국내 연구에서도 보다 많은 활용이 필요하다고 판단된다.

연구 수준에서는 국내외의 연구 모두 기본 연구 수준에 그친 경우가 가장 많았지만, 가이드라인 수준의 연구 빈도를 비교했을 때 국외 연구에서 훨씬 높은 빈도를 보였다(CATEGORY. 9-2). 가이드라인의 내용을 살펴본 결과 국내 가이드라인의 경우 각 연구에서 제시하는 가이드라인은 고령자에게 적합한 아이콘의 사이즈, 운전자의 부주의를 예방하기 위한 배열 방법 등 대부분 일부의 내용을 제시하고 있었으며(APPENDIX 2: 15,20,43,55), 이러한 내용은 경고 신호 설계 시 일반적으로 적용하기에는 무리가 있는 상당히 특정한 상황을 위한 내용이었다. 국외 가이드라인의 경우 한편의 가이드라인에서 내비게이션 사용 시 경로 안내에 대한 내용, 교통 정보, 차량 내 통화와 같은 주행 상황과 시각 신호의 글씨 크기, 약어, 청각 신호의 주파수 범위, 음압 등 다양한 내용을 통합적으로 다루고 있었다(APPENDIX 2: 70,71,77,78,87,94,104,124). 따라서 국내에서 진행된 기본 연구 결과를 토대로 다양한 조건에서 적용할 수 있는 통합적인 가이드라인의 개발이 필요한 것으로 판단된다.

### 3.5 Research trend: past versus present

수집된 연구 내용과 결과들을 시간의 흐름에 따라 정리해 살펴보았으며 추가적인 빈도 분석을 실시하여 국내 연구 및 국외 연구 결과의 추세를 확인하였다.

국내 논문의 경우, 2010년을 기준으로 IVIS 관련 연구의 추세가 변하는 것으로 확인되었다(Figure 9). 실험 환경의 측면에서는 2010년 이

전 실차 환경에서의 연구가 전체의 13% 정도 밖에 실시되지 않았지만 2010년 이후에는 11%p 증가한 1/4 정도가 실차 환경에서 진행되었다(APPENDIX 2: 5,14,20,23,24,30,37,43,46,54). 종속변수의 경우에도 2010년 이전에는 많은 연구들이 반응률 및 반응시간을 종속변수로 활용하여 연구가 진행되었으나, 2010년 이후 기술의 발전과 힘입어 생체신호(뇌파, 눈 깜빡임, 맥박 등)를 활용하는 연구가 진행되기 시작하였다는 것을 알 수 있다(APPENDIX 2: 9,11,23,24,27,34,35). 신호의 양식 또한 기존의 IVIS가 주로 시각 및 청각 신호로 이루어져 있기 때문에 대부분이 시각 및 청각 신호에 대한 연구가 진행되었지만, 2010년 이후로 시각 및 청각 기관의 인지 과부하를 경감시킬 수 있는 촉각 신호 체계에 대한 연구가 늘어나는 모습을 보인다(APPENDIX 2: 1,7,8,28,31,57,60). 특히 마지막의 신호 제시 방법에 있어서는 타 제시 방식에 대한 연구들 보다 2010년 이후에 신호의 위치에 대한 연구가 급증한 것으로 나타났으며 이는 신호의 간격, 길이, 주기와 같은 신호에 직접적인 설계에 대한 연구는 이미 일정 수준에 도달하였고 이로 인해 부수적인 설계 요소들에 대한 관심이 높아졌기 때문인 것으로 판단된다.

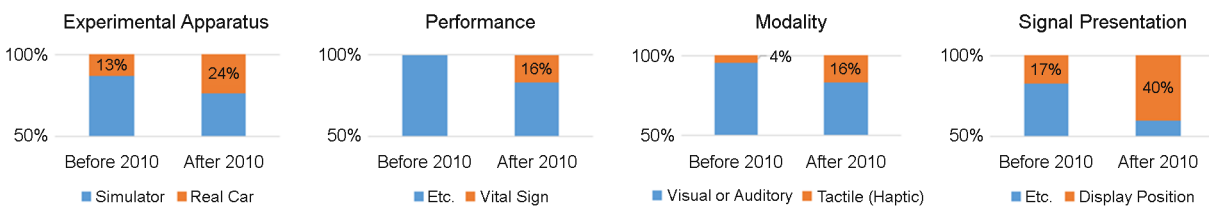


Figure 9. Trend analysis for Korean researches

한편 해외 연구의 경우에는 아래 Figure 10과 같이 다른 측면에서 특징을 보였다. 주행 상황 및 환경의 측면에서 볼 때, 1994년 전의 연구에서는 고속도로, 교차로 등 단순한 도로 환경에서 연구가 대부분이었으나 1994년 이후에는 도심, 시골, 장애물, 급커브 등과 같이 보다 디테일 한 연구의 비율이 증가하는 추세를 보인다. 신호의 양식의 경우 2004년 이후에 촉각 신호에 대한 연구가 활발히 연구되었으며 국내에 비해 6년이나 앞서서 진행되었다. 비중 또한 전체의 44%를 차지하는 만큼 급격하게 많은 연구가 진행된 모습을 보인다. 연구 수준의 측면에서는 1994년도 이래로 가이드라인 수준의 연구가 보다 증가하는 것으로 보이며 국내 연구 자료의 첫 번째 가이드라인이 1997년도의 자료로 국외 연구가 3년 정도 빨리 가이드라인 수준의 연구가 진행되었다.

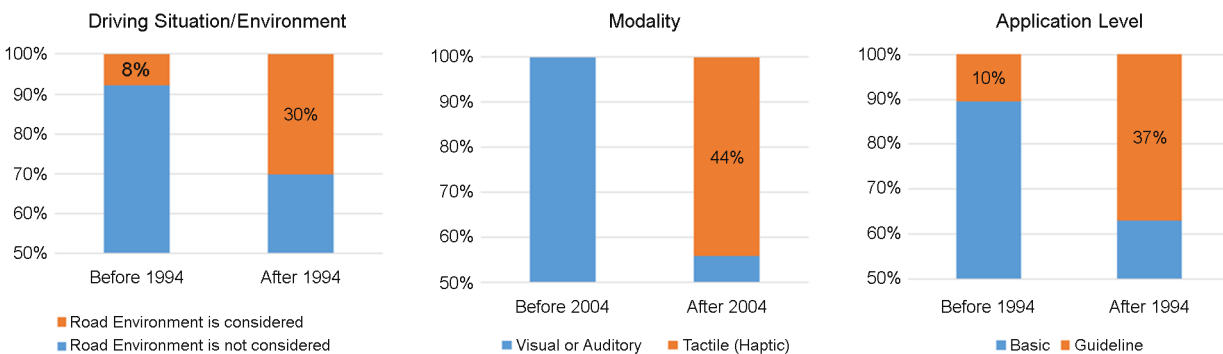


Figure 10. Trend analysis for overseas researches

#### 4. Conclusion

본 논문에서는 국내 및 국외 IVIS 관련 인간공학적 연구의 전반적인 추세와 국외 연구와 비교했을 때 국내 연구의 부족한 점 등에 관해 정리해보았다. 분류 체계상의 중분류 항목을 기준으로 살펴봤을 때 국외 연구와 비교하여 미흡한 분야도 있었지만 대등하거나 더 세부



적으로 연구가 이루어진 분야도 확인할 수 있었다. 국외 연구와의 비교를 통해서 확인한 국내 연구의 미흡점은 경고 신호의 수준에 따른 운전자의 반응을 확인하기 위해 활용된 종속변수와 주행 시 고려해야 할 운전자 특성, 주행 환경 등 연구의 다양성 부족에서 나타났다. 또한 국내 연구에 있어 아쉬운 점은, 분류 체계 기준으로 각 항목에 대한 부분적인 연구가 중점적으로 진행되고 있었으며 다른 연구 내용을 활용한 접근이 미비하다는 점이었다. 이로 인해 보다 통합적인 관점에서 IVIS의 설계 방향을 논의하거나 일반적으로 활용할 수 있는 설계 가이드라인으로 발전시키지 못하는 문제점을 낳았다.

결론적으로 본 연구에서 제시한 분류 체계에 기준하여, IVIS를 보다 개선하기 위해 이루어져야 할 추후 연구의 방향성을 제시해보면,

- 단일 감각 신호보다 운전자의 인지능을 향상시킬 수 있는 복합 신호에 대한 연구가 보다 활발히 진행될 필요가 있으며, 현재까지는 다른 감각 신호에 비해서 연구가 미비하게 나타난 촉각 신호에 대한 연구를 통해 운전자의 인지능을 더욱 향상시킬 수 있는 가능성이 있다.
- 차량 인터페이스 기술의 발전과 함께 이를 통해 운전자에게 제공되는 정보의 양은 더욱 증가할 것이므로, 경고 제시 방식의 복잡성을 감소시킬 수 있는 방안을 고려한 연구가 보다 활발히 진행되어야 한다.
- 현재까지 진행된 고령운전자 관련 연구의 내용을 토대로 가이드라인 개발이 필요하며, 고령운전자를 비롯한 연령, 성별 차이와 같은 운전자 속성에 적합한 경고 제시 방식에 관한 연구가 필요하다.
- 운전자의 인지 부하 수준은 사고의 위험성과 밀접한 관련이 있으므로 현재까지 연구 빈도가 비교적 낮았던 도심, 사고위험지역 등을 고려한 연구가 보다 활발히 이루어져야 할 필요가 있다.
- 보다 구체적이고 세부적인 위험 상황 시나리오 활용을 통해 경고 신호의 안전성을 확보하고 개발된 경고 신호의 활용 방안에 대한 연구를 통해 유용성을 확보하며, 고령운전자와 같은 특정 운전자 위주로 고려되었던 학습용이성, 기억용이성에 대한 연구를 일반운전자를 대상으로 확대할 필요가 있다.
- 국내 연구에서 활용하지 않았던 새로운 척도들을 활용하여 현재까지 진행된 연구의 한계점을 극복하기 위한 시도가 이루어질 필요가 있으며, 보다 다양한 측면에서 운전자의 반응 특성을 확인할 필요가 있다. 일례로 경고 신호 수준에 따른 의미전달력을 확인하기 위해서 정보전달량과 같은 보다 적합한 척도의 활용이 필요하다.
- 실제 위험 상황을 보다 구체적으로 표현할 수 있는 가상 실험 환경에 대한 연구가 필요하며, 현재까지 국내에서 진행된 연구 결과를 종합한 차량 경고 설계 가이드라인의 개발이 필요하다.

본 연구에서 제시한 이상의 결론들은 IVIS의 인간공학적 설계와 관련된 130편의 연구문헌 정보를 분석한 결과를 바탕으로 도출된 것이며, 본 연구 역시 다음과 같은 한계점을 지니고 있다. 우선 분류 체계의 개발과 연구 내용 분류를 위한 연구 자료 수집 시 국내 학회 중 가장 연관성이 깊다고 판단되는 4가지 학회의 자료만을 대상으로 하였기 때문에 타 학회에서 발표된 연구 논문들은 제외되었으며 국외 연구 역시 NHTSA의 연구 데이터를 중심으로 수집하였기 때문에 기타 진행된 많은 연구들을 모두 포함하지 못하였다. 또한 분류의 축을 설정할 때 수집한 연구 결과에서 나타난 설계 요소들에 맞추어 기준을 도출하였기 때문에 보다 다양한 연구들을 포함할 경우 일부 변경이 필요할 수 있을 것이다. 하지만 가급적 일반적인 연구의 다양한 요소들을 내포할 수 있는 분류 기준을 설정하기 위해 노력하였다. 본 연구를 통해 제시된 연구 분류 체계와 주요 내용 및 향후 연구 방향성 설정을 통해 국내·외 연구의 추세에 대한 이해를 바탕으로 보다 활발한 추후 연구들이 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

## Acknowledgements

This research was supported by Research Fund, Kumoh National Institute of Technology in Korea.

## References

Campbell, J.L., Brown, J.L., Graving, J.S., Richard, C.M., Lichty, M.G., Thomas Sanquist, Bacon, L.P., Robert Woods, Hong Li, Williams, D.N. and Morgan, J.F., Human factors design guidance for driver-vehicle interfaces, *National Highway Traffic Safety Administration*, DOT HS 812 360, 2016.

Chang, W.S., Kim, S.H., Pyun, J.K. and Ji, Y.G., Evaluation of Haptic Seat for Vehicle Navigation System, *Journal of the Ergonomics*

*Society of Korea*, 29(4), 625-629, 2010.

Kim, M.H., Lee, Y.T. and Son, J.W., Age-Related Physical and Emotional Characteristics to Safety Warning Sounds: Design Guidelines for Intelligent Vehicles, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C* (pp. 192-198), IEEE, 2010.

Kim, S.H., Sabando, J.F. and Kim W.H., An Ecological Interface Design Approach for Developing Integrated and Advanced In-Vehicle Information System, *Indian Journal of Science and Technology*, 9(16), 92038, 2016.

Lee, J.K., Determination of the Speaker Position and Evaluation of the Audio System of the Passenger Car, *Journal of Korean Society of Automotive Engineers*, 33(5), 38-44, 2011.

## Author listings

**Jin Hae Yae:** skysan2@kumoh.ac.kr

**Highest degree:** B.S, Department of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Position title:** M.S Candidate, Department of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Areas of interest:** Human Factors in Automotive Technology, Kansei Engineering

**Jong Gyu Shin:** shinjg@kumoh.ac.kr

**Highest degree:** M.S, Department of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Position title:** PhD Candidate, Department of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Areas of interest:** Human Factors in Automotive Technology, Kansei Engineering

**Jong Ha Woo:** b172181@ts2020.kr

**Highest degree:** B.S, Department of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Position title:** Researcher, Automated Driving Research Office

**Areas of interest:** Human Factor in Automated Vehicle

**Sang Ho Kim:** kimsh@kumoh.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, POSTECH

**Position title:** Professor, Department of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Areas of interest:** Human Factors in Product Design, Intelligent System Design and Evaluation, Occupational Safety and Health



APPENDIX 1. Classification of Ergonomic Researches regarding IVIS Design

Category Chart

Number of the Korean researches : 64  
 Number of the Overseas researches : 66

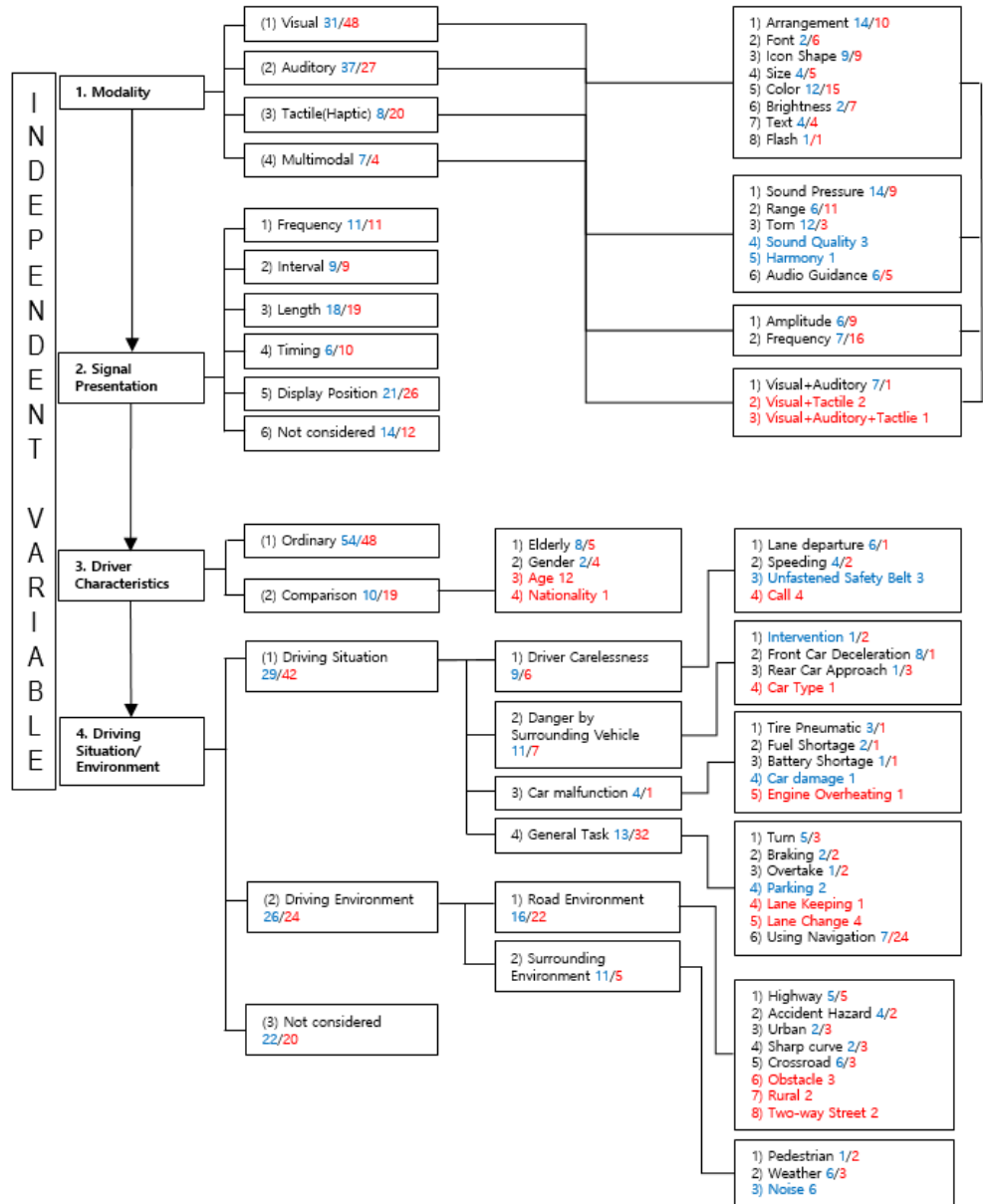


Figure 11. IVIS research classification

### Category Chart

Number of the Korean  
researches : 64

Number of the Overseas  
researches : 66

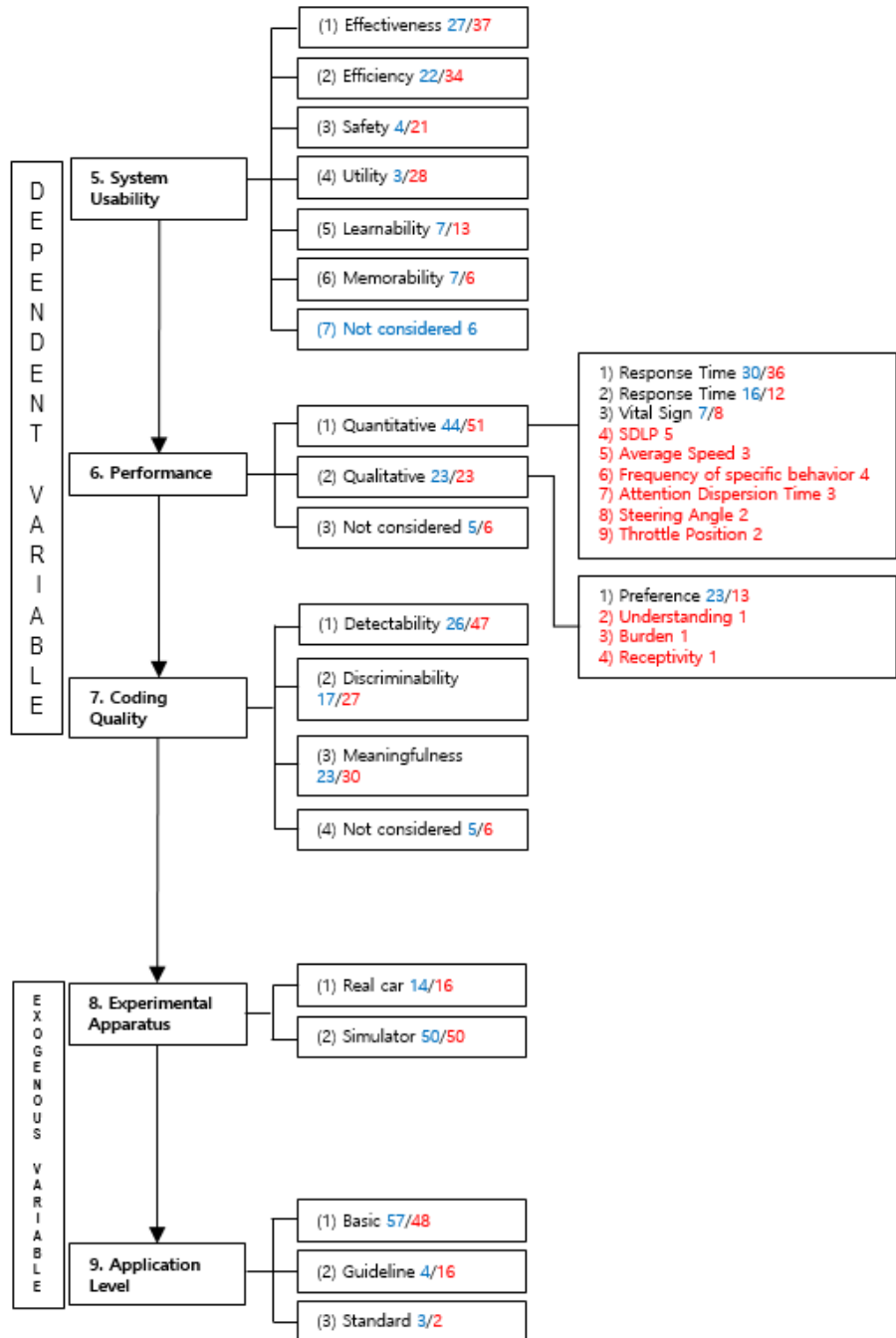


Figure 12. IVIS research classification (Continued)

## APPENDIX 2. List of research articles and their category codes reviewed in the study

Numbers appeared in [ ] represent codes of the articles classified according to the proposed category system.

### [Korean (Domestic) Papers]

1. Chang, W.S., Kim, S.H., Pyun, J.K. and Ji, Y.G., "Evaluation of Haptic Seat for Vehicle Navigation System", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 625-629, 2010. [1-1,2,3/2-2,5/3-1/4-1,4/5-2,5/6-1/7-3/8-2/9-1]
2. Cheon, J.M., Ryu, J.H., Park, K.H., Park, W.K., Han, S.H. and Choi, S.M., "Evaluating a learning effect of mapping vibration feedbacks to DIS menu items", *The Korean Institute of Industrial Engineers*, 438-443, 2008. [1-3/2-3/3-1/4-/5-5,6/6-1/7-1/8-2/9-1]
3. Choi, J.K. and Ji Y.G., "The Effect of Visual Complexity and Driver's Age on Information Search Performance", *The HCI Society of Korea*, 376-379, 2013. [1-1/2-1,3/3-2/4-/5-1/6-1/7-3/8-2/9-1]
4. Choi, K.I., Lee, H.N., Choe, J.H. and Jung, E.S., "Ergonomic Design of Warning Sounds Used in Cars", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 35(1), 101-108, 2009. [1-2/2-2/3-1/4-1,2,3/5-1/6-2/7-3/8-2/9-1]
5. Choi, S.J., "Test Procedures of Lane Departure Warning System for Passenger Car - Road and Ambient Conditions and Test Procedures", *Journal of the Korean Society of Automotive Engineers*, 32(6), 27-33, 2010. [1-2/2-6/3-1/4-6/5-2/6-3/7-4/8-1/9-3]
6. Choi, W.B. and Lee, J.S., "A Study on Interaction between Driver and In-Vehicle Navigation System: Focused on Time Pressure and the System Menu Structure", *The Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 17(1), 1-17, 2004. [1-1/2-3/3-1/4-5/5-1/6-1/7-1,2/8-2/9-1]
7. Chung, K.M., Hyun, J.S., Hwang, J.S. and Cho, K.S., "The Development and Evaluation of a Spatial Haptic Cue-based Driving Navigation Aid System and UI", *The HCI Society of Korea*, 935-938, 2012. [1-3/2-2,3,5/3-1/4-/5-1/6-1/7-1/8-2/9-1]
8. Chung, K.M., Lee, B.T., Hwang, J.S. and Cho, K.S., "The Development and Evaluation of the User Interface for a In-Car Collision Avoidance Warning System", *The HCI Society of Korea*, 368-371, 2013. [1-2,3,4/2-6/3-1/4-/5-1/6-3/7-3/8-2/9-1]
9. Eom, S.S., Lee, Y.S., Park, J.H., Kim, J.Y. and Jeong, C.H., "A Study on The Effect of Distraction warning System in Simulated Driving on Driver's Gaze", *The Korean Society Of Automotive Engineers*, 1070-1072, 2014. [1-2/2-3/3-1/4-2/5-1/6-1/7-2/8-2/9-1]
10. Han, Y.C., Kim, D.Y. and Oh, S.K., "A Study on the Characteristics of Noise Comparison in Voice Warning System in the automobile indoors", *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, 11(2), 196-202, 2003. [1-2/2-5/3-1/4-6/5-2/6-1/7-2/8-1/9-1]
11. Hong, S.H., "A Study on Driving Assistant System Considering Driving Characteristics of Older Drivers -Focusing on Intersection Driving and the Consciousness of the Older Drivers on Driving Assistant System-", Master's Thesis, *Hanbat National University*, Daejeon, Korea, 2011. [1-2/2-1/3-2/4-5/5-5,6/6-1/7-1,3/8-2/9-1]
12. Hu, H., Park, Y.S., Choi, N.C., Yu, D., Yoo, D.J. and Lee, W.S., "Development of Effective Warning Systems for Dangerous Driving Situations Based on Auditory Warning", *The HCI Society of Korea*, 329-331, 2010. [1-2/2-6/3-1/4-1,6/5-1/6-1,2/7-3/8-2/9-1]
13. Hwang, B.H., "A Study on the Development of Visual Complexity Measurement Model of Information Display in Vehicle", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 455-470, 2015. [1-1/2-5/3-1/4-/5-2/6-2/7-2/8-2/9-1]
14. Joo, S.H., Oh, C., Lee, J.W. and Lee, E.D., "Evaluating Effectiveness of Lane Departure Warning System by User Perceptions", *Journal of Korean Society of Transportation*, 30(2), 43-52, 2012. [1-2/2-4/3-1/4-/5-1/6-2/7-1/8-1/9-1]
15. Jung, H.W., Lee, S.A., Roh, E.Y. and Lee, S.G., "A Study of Icon Shape of Car AVN (Audio, Video, Navigation) for Elderly Users", *Ergonomics Society of Korea*, 362-367, 2013. [1-1/2-1/3-2/4-1/5-2,6/6-1,2/7-3/8-2/9-2]
16. Jung, S.B., "Driving Concept Development for Elderly Drivers", *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, 22(3), 234-240, 2014. [1-2/2-5/3-2/4-1/5-1/6-2/7-1/8-2/9-1]
17. Kang, H.M., Han, K.H. and Lee, J.S., "Differences in Drivers Pedestrian Avoidance Response based on Warning Timing, Stimulus-Response Compatibility and Drivers Distraction of Auditory Pedestrian Collision Warning System", *The Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 29(2), 257-277, 2016. [1-2/2-4/3-1/4-4,6/5-4/6-1/7-1/8-2/9-1]
18. Kim, B.A. and Lee, J.S., "Driving Condition and Modality Effect of In-vehicle Navigation System on Driving Performance and Mental Workload", *The Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 13(1), 23-40, 2000. [1-1,2,4/2-1/3-1/4-5,6/5-1/6-1/7-

1/8-2/9-1]

19. Kim, B.A. and Lee, J.S., "Gender Differences in Situation Awareness: Focused on Driving-Related Tasks", *Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 18(1), 163-176, 2005. [1-1/2-2/3-2/4-5/5-6/6-1/7-2/8-2/9-1]
20. Kim, C.K., Choe, J.H., Im, Y.J. and Jung, E.S., "Ergonomic Designs of Car Navigation for Elderly User", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 25(5), 771-782, 2010. [1-1,2/2-3,5/3-2/4-4/5-4/6-1/7-3/8-1/9-2]
21. Kim, H. and Park, S.H., "What are Legible Korean Font Sizes within In-Vehicle Information Systems?", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 32(2), 397-406, 2012. [1-1/2-3,5/3-1/4-/5-2/6-1/7-2/8-2/9-1]
22. Kim, H.S., Jung, K.T. and Lee, D.H., "A Study on the Menu Type of Instrument Cluster IVIS", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 32(2), 189-198, 2013. [1-1/2-3,5/3-1/4-/5-2/6-1/7-3/8-2/9-1]
23. Kim, H.W., "Affective and Cognitive Evaluation of In-vehicle Interaction by HUD Display Element using EEG Signal", Master's Thesis, *Yonsei University*, Seoul, Korea, 2014. [1-1/2-5/3-1/4-5/5-3/6-1/7-1/8-1/9-1]
24. Kim, J.H., Jo, H.R., Jang, G.J. and Lee, M.H., "Driver Assistance System for Integration Interpretation of Driver's Gaze and Selective Attention Model," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, 16(30), 115-122, 2016. [1-1/2-6/3-1/4-/5-7/6-1/7-4/8-1/9-1]
25. Kim, J.W., Hwang, I.S. and Choi, E.S., "The Study about Audibility and sound quality of SBR sound", *The Korean Society Of Automotive Engineers*, 693-697, 2008. [1-2/2-6/3-1/4-6/5-2/6-2/7-1/8-2/9-1]
26. Kim, M.H., Lee, Y.T., Son, J.W. and Jang, C.H., "Age-related Deficits in Response Characteristics on Safety Warning of Intelligent Vehicle", *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 26(12), 131-137, 2009. [1-2/2-2/3-2/4-4/5-2/6-1/7-1/8-2/9-1]
27. Kim, M.J., Lee, S.C., Hwang, B.H. and Ji, Y.G., "A Study on the Influence of Visual Complexity Factor on Visual Behavior of Vehicle Instrument Panel", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 169-177, 2015. [1-1/2-6/3-1/4-/5-7/6-1,2/7-1/8-2/9-1]
28. Kim, S.H. and Shin, J.K., "A comparative study on cognitive abilities of the drivers responding to auditory and tactile signals under driving and non-driving task conditions", *Ergonomics Society of Korea*, 194-198, 2015. [1-3/2-2/3-1/4-/5-2/6-1,2/7-1/8-2/9-1]
29. Kim, S.H. and Park, D.C., "The Preference Study of Vehicle Warning Sound Considering the Sale Region and Personal Preference based on Psychoacoustics", *Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 122-129, 2013. [1-2/2-2/3-1/4-/5-1/6-2/7-3/8-2/9-1]
30. Kim, S.H., Park, D.C. and Hong, S.G., "A Study on Regional and Individual Preference Sound Quality for Luxury Vehicle", *Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 364-369, 2012. [1-2/2-6/3-1/4-5/5-7/6-2/7-4/8-1/9-1]
31. Kim, S.H., Shin, J.K. and Sim, J.C., "Effects the frequency and acceleration of the haptic signals affect on the Detectability in accordance with the Body parts and the Driving conditions", *Ergonomics Society of Korea*, 2015. [1-3/2-3,5/3-1/4-/5-2/6-1/7-1/8-2/9-1]
32. Kim, S.Y., Yu, S.D. and Park, P., "A Study on the Objects Arrangement of Display Panel and the Cognitive Accuracy under the Virtual Reality Evaluation Tool", *Korean Journal of Cognitive Science*, 11(1), 1-8, 2000. [1-1/2-5/3-1/4-/5-2/6-1/7-2/8-2/9-1]
33. Kim, T.H. and Lee, J.H., "Spatial Auditory Display on the Warning Signals for the Side Collision Avoidance", *The HCI Society of Korea*, 611-613, 2016. [1-4/2-5/3-1/4-2/5-1/6-1/7-3/8-2/9-1]
34. Kim, T.H., Cho, J.H., Cho, W.H., Lee, M.S. and Choi, H.K., "An Investigation into the Measured Values of Driver's Subjective and Objective Sensibility Response Stimulated by Different Car Noises", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 42(1), 73-79, 2016. [1-2/2-1/3-1/4-6/5-1/6-1,2/7-3/8-2/9-1]
35. Kim, W.H., "Information relocation for in-vehicle displays based on abstraction hierarchy and information attributes", Master's Thesis, *Kumoh National Institute of Technology University*, Gumi, Korea, 2014. [1-1/2-5/3-1/4-/5-1/6-1/7-2,3/8-2/9-1]
36. Kwon, O.K., Sim, D.G., Park, R.H., Lee, S.Y., Lee, S.J. and Ku, B.S., "Development of the On-Vehicle Information Display System", *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, 6(3), 161-168, 1998. [1-1/2-6/3-1/4-1,3/5-1/6-3/7-4/8-1/9-1]
37. Kwon, S.H., Bahn, S.W., Kim, J.Y., Kang, S.K. and Yun, M.H., "A Study on the Perceptive Sensitivity of Variation in Sound Pressure Level in the Sound Systems of Automobile", *Ergonomics Society of Korea*, 51-55, 2010. [1-2/2-6/3-1/4-/5-1/6-1/7-2/8-1/9-1]
38. Kwon, S.J., Chun, J.H., Koo, T.Y., Cho, K.Y. and Suh, M.W., "Design of the Forward Vehicle Collision Warning Algorithm Considering Human Factors", *The Korean Society Of Automotive Engineers*, 1713-1718, 2005. [1-2/2-6/3-1/4-2,4/5-2/6-1/7-1/8-2/9-1]
39. Lee, J.S., "Driving Simulation for Front-To-Rear-End Collision Situation and Testing Effectiveness of In-Vehicle Collision Warning Systems", *Korean Society of Industrial and Organizational Psychology*, 16(1), 33-56, 2003. [1-2/2-4/3-1/4-2,6/5-1/6-1/7-1/8-2/9-1]

40. Lee, J.S., "Effects of In - Vehicle Collision Warning Types on Driver's Collision Avoidance Behavior and Subjective Rating", *The Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 15(1), 125-146, 2002. [1-1,2,4/2-1,3,4/3-1/4-2,6/5-2/6-1/7-3/8-2/9-1]
41. Lee, J.S., "The Effects of Information Modality and Complexity of In-Vehicle Navigation System on Drivers' Information Processing and Vehicle Control", *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 9(2), 43-61, 1997. [1-1,2/2-1/3-1/4-5/5-1,6/6-1/7-1,2/8-2/9-1]
42. Lee, J.S., "Effects of Visual Information Complexity of In-Vehicle Navigation System on Driver's Visual Search and Driving Performances During Driving", *Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 18(3), 437-454, 2005. [1-1/2-3/3-1/4-5/5-1,3/6-1/7-2,3/8-2/9-1]
43. Lee, M.S. and Lim, J.H., "A Consideration on the Safety Standard of the Motor Vehicle Equipped with Tire Pressure Monitoring System", *The Korean Society Of Automotive Engineers*, 1941-1947, 2010. [1-1/2-4/3-1/4-3/5-2/6-3/7-1/8-1/9-3]
44. Lee, S.J., Lee, J.H. and Ji, Y.G., "Comparing the Effects of Visual, Auditory and Visual-Auditory Instrument Panel Interface on Driving Performance", *The HCI Society of Korea*, 569-572, 2013. [1-1,2/2-1,3/3-1/4-/5-1/6-1/7-3/8-2/9-1]
45. Lee, W.S., Jung, K.H., Hong, W.K., Park, S.W., Park, Y.S., Son, J.W., Park, S.K. and Yoo, H.C., "Analysis of Drivers' ECG Biological Signal under Different Levels of Cognitive Workload for Intelligent Vehicle", *Ergonomics Society of Korea*, 143-146, 2010. [1-2/2-1/3-1/4-5/5-6/6-1,3/7-1/8-2/9-1]
46. Lee, Y.J., "An experimental study on the alarm of passenger car", Master's Thesis, *Wonkwang University*, Iksan, Korea, 2013. [1-2/2-5/3-1/4-6/5-1/6-3/7-1/8-1/9-1]
47. Lee, Y.T., Kim, M.H. and Son, J.W., "Effects of Advancing Age on Drivers' Cognitive Workload", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(3), 73-79, 2009. [1-2/2-1,3/3-2/4-5/5-5/6-1/7-2/8-2/9-1]
48. Moon, Y.J. and Lee, S.H., "Status of standardized alert and control systems (WG14) for driving safety in ITS International Standards (ISO / TC204)", *The Korean Society of Automotive Engineers*, 144-119, 2000. [1-1,2/2-4/3-1/4-1/5-/6-1/7-1/8-1/9-3]
49. Moon, Y.J. and Park, Y.K., "Development of Evaluation Programs for Forward Vehicle Collision Warning System", *The Korean Society Of Automotive Engineers*, 554-560, 2005. [1-2/2-6/3-1/4-2/5-2/6-1/7-1/8-2/9-1]
50. Nam, G.Y., "Evaluation Sensibility and Preference of Warning Sounds in Cars", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 2814-2814, 2015. [1-2/2-6/3-1/4-/5-7/6-2/7-3/8-2/9-1]
51. Park, D.C., Hong, S.G. and Jung, H.Y., "The study on the development of vehicle warning sounds for improving Emotional Quality", *Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 540-543, 2011. [1-2/2-5/3-1/4-1,2,6/5-2/6-2/7-1/8-2/9-1]
52. Park, D.J. and Lee, J.S., "Gender Difference in Risk Perception for Overtaking: Focused on Sensitivity, Bias and Reaction Time", *The Korean Journal of Psychology*, 35(1), 121-141, 2016. [1-1/2-6/3-2/4-4/5-7/6-1/7-4/8-2/9-1]
53. Park, H.S., Choi, J.W., Kim, K.H., Kim, J.H. and Lee, W.S., "The Design of Adaptive HVI System based on Cognitive-Reaction", *Ergonomics Society of Korea*, 222-226, 2011. [1-1,2,4/2-3/3-1/4-4,5/5-2,3/6-1,2/7-3/8-2/9-1]
54. Park, J.Y., Oh, C., Kim, M.J. and Jang, M.S., "Evaluation of In-vehicle Warning Information Modalities by Kansei Engineering", *Journal of Korean Society of Transportation*, 28(3), 39-49, 2010. [1-1,2,4/2-2,3/3-2/4-5/5-1,3/6-2/7-3/8-1/9-1]
55. Park, S.H. and Kim, H.R., "Interface Design Guideline for Digital Information Cluster of Intelligent Vehicle", *Journal of Digital Design*, 7(2), 245-254, 2007. [1-1,2/2-5/3-1/4-2/5-4/6-2/7-3/8-2/9-2]
56. Park, W.J., Jung, I.Y., Park, J.H., Bae, S.W. and Chong, S.C., "The Effect of Spatial Dimension Shifts in Rotated Target Position Search", *Korean Journal of Cognitive Science*, 22(2), 103-121, 2011. [1-1/2-5/3-1/4-/5-2/6-1/7-2/8-2/9-1]
57. Rhiu, I.S., Jin, B.K., Lee, J.H., Park, N.H., Gohng, J.H. and Yun, M.H., "Effect of Haptic Feedback Type on Control feel of a Thumbwheel Device", *The HCI Society of Korea*, 809-812, 2011. [1-3/2-6/3-1/4-/5-1/6-2/7-1/8-2/9-1]
58. Rho, K.H., "Indication of a Fuel Injection Hole Location", *Journal of the Korean Society of Automotive Engineers*, 24(6), 44-46, 2002. [1-1/2-6/3-1/4-3/5-1/6-1,2/7-3/8-2/9-1]
59. Ryu, S.B., Lee, S.Y., Moon, H.S., Lee, J.W., Son, Y.W., Shin, O.G., Gwak, S.J., Kim, M.S. and Nho, H.J., "Technology Development of Integrated Assessment for Providing Information in Car Driving", *Korea Automotive Technology Institute Report*, 2009. [1-1,2/2-3,5/3-1/4-1,2,4,5/5-1/6-1,2/7-3/8-2/9-2]
60. Oh, S.Y., Kim, K.T., Yu, C.H. and Kwon, T.K., (2014.08). Study on Vehicle Haptic-Seat for the Driving Information Transfer to Driver for

- the elderly. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, 8(3), 151-160, 2014. [1-3/2-5/3-2/4-4,5/5-2/6-2/7-2/8-2/9-1]
61. Son, J.W. and Park, M.G., "The Impact of Cognitive Workload on Driving Performance and Visual Attention in Younger and Older Drivers", *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, 21(4), 62-69, 2013. [1-2/2-1,2,3/3-1/4-2/5-6/6-1/7-2/8-2/9-1]
62. Song, T.J., Oh, C., Oh, J.T. and Lee, C.W., "Effects of In-vehicle Warning Information on Drivers' Responsive Behavior", *Journal of Korean Society of Transportation*, 27(5), 63-74, 2009. [1-2,4/2-3/3-1/4-5/5-2/6-2/7-3/8-1/9-1]
63. Sung, H.A., Kim, W.J. and Yoon, M.H., "The effect of light color when coloring menu for in-vehicle considering drivers' emotional states", *Ergonomics Society of Korea*, 106-111, 2012. [1-1/2-5/3-1/4-5-1,2/6-2/7-1,2/8-2/9-1]
64. Yim, S.B., Kim, S.M., Oh, H.R., Jeon, J.E., Lee, J.H. and Lee, S.I., "Development of the relation model between eye-hand coordination and driving workload: focused on in-vehicle interface", *The HCI Society of Korea*, 591-598, 2016. [1-1/2-5/3-1/4-5-1/6-1/7-1/8-2/9-1]

### [Overseas Papers]

65. Angell, L.S., Auflick, J., Austria, P., Kochhar, D.S., Tijerina, L., Biever, W., Diptiman, T., Hogsett, J. and Kiger, S., "Driver workload metrics task 2 final report", *National Highway Traffic Safety Administration Report*, 2006. [1-1,2/2-6/3-1/4-5/5-2,3,6/6-1/7-1,3/8-1/9-2]
66. Baber, C. and Wankling, J. "An experimental comparison of test and symbols for in-car reconfigurable displays", *Applied Ergonomics*, 23(4), 255-262, 1992. [1-3/2-3/3-1/4-4/5-3,4/6-1,2/7-3/8-2/9-1]
67. Baldwin, C.L., Eisert, J.L., Garcia, A., Lewis, B., Pratt, S.M. and Gonzalez, C., "Multimodal urgency coding: auditory, visual, and tactile parameters and their impact on perceived urgency", *Work*, 41(Supplement 1), 3586-3591, 2012. [1-1,2,3/2-1/3-1/4-5-1/6-1/7-4/8-2/9-1]
68. Birrell, S.A., Fowkes, M. and Jennings, P.A., "Effect of using an in-vehicle smart driving aid on real-world driver performance", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 15(4), 1801-1810, 2014. [1-1/2-4,5/3-2/4-5-2/6-1/7-2,3/8-2/9-1]
69. Boreczky, J., "Effects of size, location, contrast, illumination, and color on the legibility of numeric speedometers", *Final Report, The University of Michigan Transportation Research Institute*, 1988. [1-1/2-5/3-2/4-5-1,2/6-1/7-1,2,3/8-2/9-1]
70. Campbell, J.L., Doerzaph, Z.R., Richard, C.M. and Bacon, L.P., "Human factors design principles for the Driver-Vehicle Interface (DVI)", *National Highway Traffic Safety Administration*, 1-6, 2014. [1-1,2,3/2-3,5/3-1/4-4/5-1,2,3,4,5,6/6-1/7-1,2,3/8-2/9-2]
71. Campbell, J.L., Richard, C.M., Brown, J.L. and McCallum, M., "Crash warning system interfaces: human factors insights and lessons learned", *National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS*, 810, 697, 2007. [1-1,2/2-3/3-1/4-2,4/5-2,3,4/6-1/7-1,2,3/8-2/9-2]
72. Coleman, M.F., Loring, B.A. and Wiklund, M.E., "User performance on typing tasks involving reduced-size, touch screen keyboards", *American Institutes for Research Bedford, MA*, 2, 543-549, 1991. [1-1/2-5/3-1/4-5-4/6-1/7-1/8-2/9-1]
73. Cuenen, A., Jongen, E.M., Brijs, T., Brijs, K., Lutin, M., Van Vlieden, K. and Wets, G., "Does attention capacity moderate the effect of driver distraction in older drivers?", *Accident Analysis & Prevention*, 77, 12-20, 2015. [1-1/2-2/3-2/4-5,6/5-1,2/6-1/7-1,2/8-2/9-1]
74. Davidse, R.J., "Older drivers and ADAS: Which systems improve road safety?", *IATSS Research*, 30(1), 6-20, 2006. [1-1,2/2-3,4/3-2/4-5/5-3,6/6-3/7-1,2/8-2/9-2]
75. Davis, J.R., "Back Seat Driver: voice assisted automobile navigation", *Massachusetts Institute of Technology*, 1989. [1-2/2-3,4/3-1/4-4/5-2,6/6-3/7-2,3/8-1/9-2]
76. Dingus, T.A., Hulse, M.C., Krage, M.K., Szczublewski, F.E. and Berry, P., "A usability evaluation of navigation and information system pre-drive functions", *IEEE*, 2, 527-536, 1991. [1-1/2-6/3-2/4-5-1,2,4,5/6-1,2/7-3/8-1/9-1]
77. Driver Focus-Telematics Working Group., "Statement of principles, criteria and verification procedures on driver interactions with advanced in-vehicle information and communication systems", *Washington, DC: Alliance of Automobile Manufactures*, 2006. [1-1/2-5/3-2/4-5-2,4/6-1/7-1,2,3/8-2/9-2]
78. Dudek, C.L., Huchingson, R., Stockton, W., Koppa, R., Richards, S. and Mast, T., "Human Factors Requirements for Real-Time Motorist Information Displays. Volume 1--Design Guide", *National Highway Traffic Safety Administration*, 1978. [1-1,2/2-1,2,3,4,5/3-1/4-1/5-



1,2,3,4/6-1,2/7-1,2,3/8-1/9-2]

79. Eberhard, J.W., "Driver information requirements and acceptance criteria", *Washington, DC: National Academy of Sciences, National Research Council, Highway Research Board*, 19-30, 1968. [1-1/2-1,2/3-1/4-4/5-1,2,3/6-1/7-4/8-1/9-1]
80. Ferris, T.K. and Sarter, N., "When content matters: The role of processing code in tactile display design", *IEEE Transactions on Haptics*, 3(3), 199-210, 2010. [1-1,3,4/2-1,5/3-1/4-5/5-1,2/6-1/7-1/8-1/9-2]
81. Ferris, T., Hameed, S. and Sarter, N., "Tactile displays for multitask environments: The role of concurrent task processing code". *IEEE*, 160-165, 2009. [1-1,3/2-1,2/3-1/4-5/5-1,2/6-1/7-1,2/8-2/9-1]
82. Fitch, G.M., Hankey, J.M., Kleiner, B.M. and Dingus, T.A., "Driver comprehension of multiple haptic seat alerts intended for use in an integrated collision avoidance system", *Transportation Research Part F: traffic Psychology and Behaviour*, 14(4), 278-290, 2011. [1-3/2-1,2,3,5/3-1/4-4,5/5-1/6-1/7-1,2,3/8-1/9-1]
83. Gatling, F.P., "Auditory message studies for route diversion", *Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Report FHWA-RD*, 75-73, 1975. [1-2/2-3,4/3-1/4-4/5-1,2/6-1/7-2/8-1/9-1]
84. Gatling, F.P., "Further studies on auditory messages", *Human Services Research Institute*, 1977. [1-1,2/2-1,2/3-1/4-5/2/6-1/7-1/8-1/9-1]
85. Gatling, F.P., "The effect of auditory and visual presentation of navigational messages on message retention", *Federal Highway Administration*, 1976. [1-1,2/2-6/3-1/4-4/5-1,2/6-3/7-1/8-2/9-1]
86. Gouy, M., Wiedemann, K., Stevens, A., Brunett, G. and Reed, N., "Driving next to automated vehicle platoons: How do short time headways influence non-platoon drivers' longitudinal control?", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27, 264-273, 2014. [1-1/2-2/3-1/4-1,5/5-3/6-1/7-4/8-2/9-1]
87. Green, P. and Williams, M., "Perspective in orientation/navigation displays: A human factors test". *University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)*, 221-226, 1992. [1-1/2-5/3-2/4-5/5-2/6-1/7-2,3/8-2/9-1]
88. Green, P., "American human factors research on in-vehicle navigation systems. Final report", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI) Report*, 92-47, 1992. [1-1,2/2-1,3/3-2/4-4/5-2,4/6-1/7-1,3/8-2/9-2]
89. Green, P., "Displays for automotive instrument panels: production and rating symbols", *HSRI Research Review*, 12(1), 1981. [1-1/2-6/3-1/4-4/5-4,5/6-2/7-3/8-2/9-1]
90. Green, P., "Examination of a videotape-based method to evaluate the usability of route guidance and traffic information systems Final report", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI) Report*, 93-31, 1993. [1-1,2/2-3/3-2/4-5-2,4/6-2/7-1,3/8-2/9-1]
91. Green, P., "Initial on-the-road tests of driver information system interfaces: route guidance, traffic information, IVSAWS, and vehicle monitoring. Final report", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI) Report*, 93-32, 1993. [1-1,2/2-6/3-1/4-4/5-3,4/6-1/7-1,3/8-2/9-1]
92. Green, P., "Legibility of text on instrument panels: a literature review. Final report", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI) Report*, 88-34, 1988. [1-1/2-3/3-2/4-5/5-1,2/6-1/7-1,3/8-2/9-1]
93. Green, P., Hoekstra, E. and Williams, M., "On-the-road tests of driver interfaces: examination of a route guidance system and a car phone", *University of Michigan Transport Research Institute (UMTRI)*, Washington, DC, 89, 1993. [1-1/2-6/3-2/4-1/5-3,4/6-1/7-3/8-2/9-1]
94. Green, P., Levison, W., Paelke, G. and Serafin, C., "Suggested human factors design guidelines for driver information systems", *University of Michigan, Transportation Research Institute (UMTRI)*, 1993. [1-1,2/2-3,4/3-2/4-5-3,5/6-3/7-1,2,3/8-2/9-2]
95. Haas, E.C. and Edworthy, J., "Designing urgency into auditory warnings using pitch, speed and loudness", *Computing & Control Engineering Journal*, 7(4), 193-198, 1996. [1-2/2-3,5/3-1/4-5-1/6-1/7-1/8-2/9-1]
96. Hanson, B. and Bronell, C., "Human factors evaluation of calling procedures for the advanced mobile phone system (AMPS)", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 28(2), 126-131, 1979. [1-1,2/2-4,5/3-1/4-1/5-1,2,3,5/6-1/7-1,2/8-2/9-1]
97. Ho, C., Tan, H. Z. and Spence, C., "Using spatial vibrotactile cues to direct visual attention in driving scenes", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(6), 397-412., 2005. [1-3/2-5/3-1/4-5/1/6-1/7-1/8-2/9-1]
98. Hoekstra, E., "Development and driver understanding of hazard warning and location symbols for IVSAWS", *University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI) Final Report*, 93-16, 1993. [1-1/2-3,5/3-1/4-4/5-4,5/6-2/7-3/8-2/9-1]

99. Hoekstra, E., Williams, M., Green, P. and Paelke, G., "Usability of text, graphic, and video in-car traffic information for diversion decisions", *University of Michigan Transportation Research Inst*, 1992. [1-1/2-1,3/3-1/4-4/5-1,2,4/6-1,2/7-3/8-1/9-1]
100. Ji, Y.G., Lee, K. and Hwang, W., "Haptic perceptions in the vehicle seat", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 21(3), 305-325, 2011. [1-3/2-5/3-2/4-/5-1/6-2/7-1/8-1/9-1]
101. Kahol, K. and Saeidi, F., "Haptic system to alert users before impending human errors", *IEEE*, 36-41, 2009. [1-3/2-2/3-1/4-/5-1/6-1/7-1/8-2/9-1]
102. Kames, A., "A study of the effects of mobile telephone use and control unit design on driving performance", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 27(4), 282-287, 1978. [1-1/2-5/3-1/4-1/5-3,4/6-1/7-1,2/8-1/9-1]
103. Kim, M.H. and Lee, Y.T., "Age-related physical and emotional characteristics to safety warning sounds: design guidelines for intelligent vehicles". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40(5), 592-598, 2010. [1-2,3/2-1,2/3-2/4-/5-1,3/6-1/7-3/8-2/9-2]
104. Lee, J.D., Carney, C., Casey, S.M. and Campbell, J.L., "Federal motor vehicle safety standards and regulations", *National Highway Traffic Safety Administration*, US Government Printing Office, Washington, DC, 1999. [1-1/2-6/3-1/4-3,5/5-3,4/6-3/7-3/8-1/9-3]
105. Lee, J., Hoffman, J., Stoner, H., Seppelt, B. and Brown, M., "Application of ecological interface design to driver support systems", *Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Iowa*, 2006. [1-1/2-3,5/3-1/4-2,4/5-1,2/6-1/7-1,2/8-2/9-1]
106. Lindgren, A., Angelelli, A., Mendoza, P.A. and Chen, F., "Driver behaviour when using an integrated advisory warning display for advanced driver assistance systems". *IET Intelligent Transport Systems*, 3(4), 390-399, 2009. [1-1,2,3/2-4/3-1/4-5,6/5-1,2/6-1/7-1,3/8-2/9-1]
107. Mendoza, P.A., Angelelli, A. and Lindgren, A., "Ecological interface design inspired human machine interface for advanced driver assistance systems", *IET Intelligent Transport Systems*, 5(1), 53-59, 2011. [1-1,2/2-6/3-1/4-1,2,4,5/5-4/6-1,2/7-1/8-2/9-1]
108. Meng, F. and Spence, C., "Tactile warning signals for in-vehicle systems", *Accident Analysis & Prevention*, 75, 333-346, 2015. [1-3/2-5/3-1/4-3/5-1/6-1/7-1/8-2/9-1]
109. Merat, N. and Jamson, A.H., "Is Drivers' Situation Awareness Influenced by a Fully Automated Driving Scenario?", *Institute for Transport Studies University of Leeds*, 2009. [1-2/2-6/3-1/4-5/5-2/6-1/7-1,2/8-2/9-1]
110. Merat, N. and Jamson, A.H., "How do drivers behave in a highly automated car?", *Institute for Transport Studies University of Leeds*, 514-521, 2009. [1-2/2-6/3-1/4-/5-1/6-1/7-1/8-2/9-2]
111. Mohebbi, R., Gray, R. and Tan, H.Z., "Driver reaction time to tactile and auditory rear-end collision warnings while talking on a cell phone", *Human Factors*, 51(1), 102-110, 2009. [1-2,3/2-5/3-1/4-4,5/5-1/6-1/7-1/8-2/9-1]
112. Murata, A., Kanbayashi, M., Moriwaka, M. and Yamada, K., "Preventive safety by auditory-vibrotactile automotive warning system- Effectiveness of auditory-tactile automotive warning that makes the most of advantages of auditory and tactile modalities", *IEEE*, 963-970, 2014. [1-2,3/2-5/3-1/4-2/5-1,3/6-1/7-1,2/8-2/9-2]
113. Myles, K. and Binseel, M.S., "The tactile modality: a review of tactile sensitivity and human tactile interfaces", *Army Research Laboratory*, 4115, 2007. [1-3,4/2-5/3-2/4-/5-1,6/6-1/7-1,2/8-1/9-3]
114. Owsley, C., McGwin, G. and Seder, T., "Older drivers' attitudes about instrument cluster designs in vehicles", *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 2024-2029, 2011. [1-1/2-6/3-2/4-/5-1,3,5/6-2/7-4/8-1/9-1]
115. Paelke, G.M., "A comparison of route guidance destination entry methods", *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting, Santa Monica, CA: The Human Factors and Ergonomics Society*, 37(9), 569-573, 1993. [1-1/2-3/3-1/4-4/5-1,2,4,5/6-1/7-4/8-2/9-1]
116. Paelke, G. and Green, P., "Development of a traffic information system driver interface", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)*, 793-802, 1992. [1-1/2-1/3-1/4-5/5-2,4/6-1,2/7-1,2/8-2/9-1]
117. Paelke, G., Green, P. and Wen, C., "Development and Testing of a Traffic Information System Driver Interface", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)*, 93-20, 1993. [1-1/2-6/3-2/4-4/5-2,5/6-1,2/7-1,2/8-2/9-1]
118. Petermeijer, S.M., Abbink, D.A., Mulder, M. and de Winter, J.C., "The effect of haptic support systems on driver performance: A literature survey", *IEEE Transactions on Haptics*, 8(4), 467-479, 2015. [1-3/2-5/3-1/4-2,4,5/5-1,4/6-1/7-1/8-2/9-2]
119. Petermeijer, S.M., De Winter, J.C. and Bengler, K.J., "Vibrotactile displays: A survey with a view on highly automated driving", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(4), 897-907, 2016. [1-3/2-4,5/3-1/4-/5-1,2,5/6-3/7-1/8-2/9-1]



120. Politis, I., Brewster, S. and Pollick, F., "Evaluating multimodal driver displays of varying urgency", *Association for Computing Machinery (ACM)*, 92-99, 2013. [1-1,2,3,4/2-6/3-1/4-5/5-1,4/6-1/7-1,2,3/8-2/9-1]
121. Scholliers, J., Bell, D., Morris, A. and García, A.B., "Improving safety and mobility of Vulnerable Road Users through ITS applications", *Transport Research Arena*, 14-17, 2014. [1-4/2-6/3-1/4-5/5-2,3,4/6-2/7-4/8-2/9-1]
122. Serafin, C. and Green, P., "Driver preferences for instrument panel lighting levels", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)*, 1990. [1-1/2-6/3-2/4-6/5-2/6-1,2/7-1/8-2/9-1]
123. Serafin, C., Wen, C., Paelke, G. and Green, P., "Development and Human Factors Tests of Car Telephones", 1993. [1-1/2-3/3-1/4-1/5-2,3,4,5/6-2/7-1,3/8-2/9-1]
124. Stevens, A., Quimby, A., Board, A., Kersloot, T. and Burns, P., "Design guidelines for safety of in-vehicle information systems", *TRL Limited*, 2002. [1-1,2/2-3,5/3-1/4-5-1,2,4/6-1/7-1,2,3/8-2/9-2]
125. Straughn, S.M., Gray, R. and Tan, H.Z., "To go or not to go: Stimulus-response compatibility for tactile and auditory pedestrian collision warnings", *IEEE Transactions on Haptics*, 2(2), 111-117, 2009. [1-2,3/2-4/3-1/4-4,6/5-1,3,4/6-1/7-1/8-2/9-1]
126. Turner-Fairbank Highway Research Center, and Lee, J., "In-vehicle display icons and other information elements: Preliminary assessment of visual symbols", *National Highway Traffic Safety Administration*, 1999. [1-1/2-5/3-1/4-2,5/5-4,5,6/6-2/7-1,2,3/8-2/9-2]
127. Van Erp, J.B. and Van Veen, H.A., "Vibrotactile in-vehicle navigation system", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 7(4), 247-256, 2004. [1-1,3,4/2-5/3-1/4-5/5-1/6-1/7-1/8-2/9-1]
128. Walker, J., Alicandri, E., Sedney, C. and Roberts, K., "In-vehicle navigation devices: Effects on the safety of driver performance", *IEEE*, 2, 499-525, 1991. [1-1/2-6/3-1/4-2,4,5,6/5-1,2,3/6-1/7-1,2,3/8-2/9-1]
129. Williams, M., "Development and testing of driver interfaces for navigation displays. Final report", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)*, 92-21, 1993. [1-1/2-5/3-2/4-4,5/5-1,4/6-1,2/7-1,2/8-2/9-1]
130. Williams, M., Hoekstra, E. and Green, P., "Development and Evaluation of a Vehicle Monitor Driver Interface", *The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)*, 93-22, 1993. [1-1/2-6/3-1/4-4/5-4,5/6-2/7-3/8-1/9-1]