

증강현실 내비게이션의 인지적 · 행동적 영향에 관한 연구

김경호^{1†} · 조성익¹ · 이재식² · 원광연³

Cognitive and Behavioral Effects of Augmented Reality Navigation System

Kyong-Ho Kim · Sung-Ik Cho · Jae-Sik Lee · Kwang-yun Wohn

ABSTRACT

Navigation system providing route-guidance and traffic information is one of the most widely used driver-support system these days. Most of the navigation system is based on the 2D map paradigm so the information is abstracted and encoded from the real world. As a result it imposes a cognitive burden to the driver to interpret and translate the abstracted information to real world information. As a new concept of navigation system, augmented-reality navigation system (AR navigation) is suggested recently. It provides navigational guidance by imposing graphical information on real image captured by camera mounted on a vehicle in real-time. The ultimate goal of navigation system is to assist the driving task with least driving workload whether it is based on the abstracted graphic paradigm or realistic image paradigm. In this paper, we describe the comparative studies on how map navigation and AR navigation affect for driving tasks by experimental research. From the result of this research we obtained a basic knowledge about the two paradigms of navigation systems. On the basis of this knowledge, we are going to find the optimal design of navigation system supporting driving task most effectively, by analyzing characteristics of driving tasks and navigational information from the human-vehicle interface point of view.

Key words : Augmented reality navigation system, Driving workload, Cognitive and behavioral effects

요 약

자동차 내비게이션 시스템은 경로탐색 및 길안내 등의 기능을 제공하는 대표적인 운전자 지원 시스템의 하나로서 그 사용성이 크게 증가하고 있다. 대부분의 자동차 내비게이션 시스템은 2차원 지도에 기반하고 있는데 이는 기본적으로 지도가 지나는 함축화된 정보 표현 패러다임에 기반하고 있음으로 인해 실세계 정보로의 변환에 인지적 부담이 작용하게 된다. 최근에 개념적으로 대두되고 있는 새로운 내비게이션의 형태는 자동차에 장착된 카메라로부터 실시간으로 취득되거나 자동차 전면 유리창에 투영되는 실제 영상위에 내비게이션 정보를 그래픽으로 표현하는 증강현실의 모습을 취하고 있다. 차량 내에서의 정보 제공 장치로서 내비게이션 시스템은 그것이 함축화된 그래픽이든 아니면 실사 영상이든 궁극적으로 운전자의 운전부하를 줄이고 빠른 직관력을 제공함으로써 주의분산을 최소화 시킴이 중요하다 할 수 있다. 본 논문에서는 증강현실 내비게이션 시스템인 RACE(Reality-Augmented Car-navigation Environment)를 설계 및 구현하고 그것이 실제적으로 운전자의 운전 수행과 인지 및 주의 분산에 어떠한 영향을 미치는지, 그리고 증강현실 내비게이션이 기존의 2차원 지도 기반 내비게이션에 비해 갖는 효용성이 무엇인지에 대하여 운전자 행동에 기반한 인지심리학적 실험을 통하여 분석한다. 이러한 작업들을 바탕으로 정보처리 관점에서 운전자의 운전 수행과 인지적 수행을 위한 최적의 내비게이션 정보 제공 방법은 무엇인지 고찰해본다.

주요어 : 증강현실 내비게이션 시스템, 운전부하, 인지적 행동적 영향

* 본 연구는 정보통신부의 IT 신성장동력 핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음[2005-S114-03, 텔레매틱스용 실감컨텐츠 구축/관리 기술].

2009년 5월 26일 접수, 2009년 11월 12일 채택

¹⁾ 한국전자통신연구원 텔레매틱스연구부

²⁾ 부산대학교 심리학과

³⁾ KAIST 문화기술대학원

주 저 자 : 김경호

교신저자 : 김경호

E-mail: kkh@etri.re.kr

1. 서 론

1.1 내비게이션 패러다임의 진화

정보 표현 방식에 기반하여 자동차 내비게이션의 패러다임을 함축화와 증강화의 척도로 분류하면 그림 1과 같다. 가장 간략화된 형태의 내비게이션 정보 표현 방법은 단순히 다음 지점에서의 운전 조작에 대한 지시, 즉 좌회전이나 우회전 또는 직진 등의 방향 정보를 나타내는 것이다. 이는 단순한 지역적 안내에 대한 것으로 운전자는 지점별 방향 정보만을 인지할 뿐 최종 목적지까지의 경로에 대한 전반적이고 포괄적인 정보는 제공받지 못하게 된다. 하지만 정사 시야(orthogonal view)를 제공하는 2D 지도 기반 내비게이션을 사용함으로써 운전자는 운전 경로에 대한 좀더 포괄적이고 전역적인 인식(global awareness) 정보를 제공 받게 되고 운전 과제에 대한 보다 많은 정보를 확보할 수 있게 된다. 그러나 2D 지도의 정사 시야를 현실 세계의 3D 투영 시야(perspective view)로 매핑하기 위해서는 운전자의 인지적 부하가 필요하게 되므로 3D 투영 시야를 흉내낸 2.5D 지도와 거리 시야(street view)의 제공이 가능한 3D 그래픽 기반 내비게이션을 통하여 높은 실제감을 제공하게 된다. 또한 3D 그래픽으로 생성한 가상 건물에 실제 텍스처를 매핑하여 현실감을 더욱 높이기도 한다(Kawasaki 등, 2001). 하지만 지도기반 내비게이션은 모두 그래픽 패러다임에 근거하고 있으며 비록 3D라 할지라도 이는 가상의 세계 이므로 실세계와의 인지적 매핑을 위한 차이가 존재함은 어쩔 수 없는 한

계로 작용한다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 운전자가 운전을 하면서 주시하게되는 실제 전방의 화면에 경로 안내를 위한 정보를 중첩하여 표현하는 증강현실 내비게이션 개념이 대두된다(Nartz 등, 2004). 증강현실 내비게이션은 실시간으로 획득된 차량 전방 영상을 단말기에 디스플레이하고 3D 가상객체로 변환된 내비게이션 정보를 영상과 정합하여 표현함으로써 비디오 기반 실제 시야(real view)를 제공하게 된다. 또한 차량의 전방 차창에 투영되는 실제 현실에 직접 그래픽 정보를 출력하여 완벽한 see-through 실제 시야를 제공함으로써 운전자의 시선 분산을 최소화하고 현실감을 극대화 시킬 수가 있게 된다.

1.2 증강현실 기술의 내비게이션 적용

증강현실 기술을 내비게이션에 적용한 연구 사례는 이동 주체에 따라서 로봇 내비게이션, 휴먼 내비게이션, Vehicle 내비게이션으로 구분할 수 있다.

로봇 내비게이션은 실내 환경하에서 로봇이 사물과의 충돌을 최소화하면서 적절한 시간내에 목적지에 도착하게 하는 임무수행이 주된 연구 대상이다. 로봇 내비게이션의 경우에도 기존의 2D 지도 뿐만 아니라 비디오 스트림을 같이 사용함으로써 내비게이션의 효율성을 높이고자 하는 시도가 이루어지고 있다(Nielsen 등, 2006).

휴먼 내비게이션 관련 연구 사례는 주로 개인이 모바일 장치를 가지고 실내 또는 실외 환경 하에서 내비게이션하는 문제를 다루고 있다. 실외의 경우 사용자의 위치와 링크된 비디오 화면이나 파노라마 영상에 이동 경로를

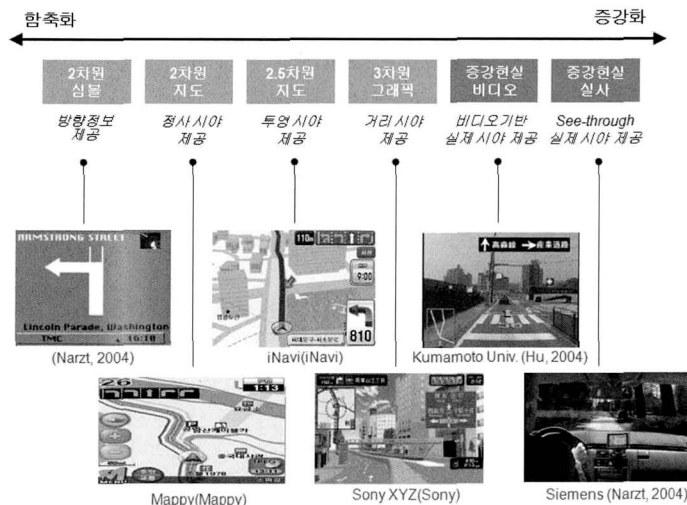


그림 1. 정보표현 방식에 따른 내비게이션 패러다임의 진화 추이

표현하거나 POI(Point-Of-Interest) 정보를 텍스트 형식으로 표현함으로써 증강현실 환경하에서 보다 쉽게 내비게이션을 제공하고자 하는 응용에 적용되고 있다(Thomas, 2004). 또한 휴대형 단말기의 작은 디스플레이 화면으로 인한 몰입감 저하 문제를 극복하고 사용자에게 보다 높은 현실감을 제공하기 위하여 HMD (Head-Mounted-Display)를 이용하여 사용자가 관광하는 동안 둘러보게 되는 유적지에 대한 정보를 see-through 형태의 증강현실로 보여주는 연구도 있다(Reitmayr 등, 2004). 웨어러블 컴퓨터를 이용하면 사람의 위치 뿐만 아니라 관성 센서를 이용하여 자세까지도 비교적 정확하게 파악할 수 있으므로 실외뿐만 아니라 실내에서도 증강현실 내비게이션을 구현할 수 있게 된다(Tenmoku 등, 2003)(Reitmayr 등, 2004).

항공기, 선박, 자동차 등을 대상으로 하는 Vehicle 내비게이션은 증강현실 내비게이션의 대부분을 차지하는 대표적인 연구분야이다. 항공기에 증강현실 내비게이션을 적용한 대표적인 연구 사례는 NASA에서 수행한 것인데 이는 항공기 조종사가 조종석을 통해 내다보는 전방 시야에 자기 중심적(egocentric) 시야를 통한 지역적 안내 정보를 제공함과 동시에 전자 지도를 이용한 외부 중심적(exocentric) 투영 시야를 동시에 제공함으로써 전역적 인식까지 가능케하여 항공기 조종 수행 능력을 높인 것이다(Foyle 등, 2005).

선박의 경우에도 안개 등으로 인해 시야 확보가 어려운 경우나 야간 항해시 증강현실 내비게이션 기술을 이용하여 해상에 가상의 해로를 보여줌으로써 보다 직관력 있

고 편리한 항해를 가능케 할 수 있다(Benton, 2004).

자동차는 항공기나 선박에 비해 가장 많이 이용되는 이동 수단이므로 자동차를 대상으로 하는 증강현실 내비게이션에 관한 연구가 가장 활발히 진행되고 있다. Siemens에서 개발한 INSTAR(Information and Navigation System Through Augmented Reality)는 자동차의 GPS 위치 정보와 방향 정보, 3차원 지도 정보 등을 이용하여 가상의 3D 경로를 생성하고 이를 자동차에 장착된 카메라로부터 입력되는 비디오 영상 위에 실시간으로 중첩 시키는 방법을 사용한다(Narzt 등, 2004).

일본의 구마모토 대학에서는 VICNAS(Vision-based Car Navigation System)라는 증강현실 내비게이션을 개발하였는데 이는 카메라 영상과 GPS 정보, 그리고 3D 관성센서를 이용하여 도로 영상 위에 내비게이션 정보와 가상 표지판 정보, 그리고 주요 POI 정보를 표현한 것이다(Hu 등, 2004). 카메라에서 입력되는 도로 영상에서 추출된 차선과 관성 센서를 이용하여 GPS 에러를 보정함으로써 비디오와 가상객체간의 보다 정확한 정합을 가능케 하였다.

KAIST에서 개발한 위치기반 AR-CNS(Location- based Augmented Reality for Car Navigation System)는 3D 장면 모델과 GIS 데이터베이스를 이용하여 POI 정보를 추출하고 이를 텍스트의 형태로 변환하여 비디오 영상내의 건물 등에 정합시키는 방법을 사용하였다(Jang, 2004).

1.3 증강현실 내비게이션의 운전자 영향 분석 필요성

앞서 언급한 내비게이션의 정의에 비추어 볼 때 자동

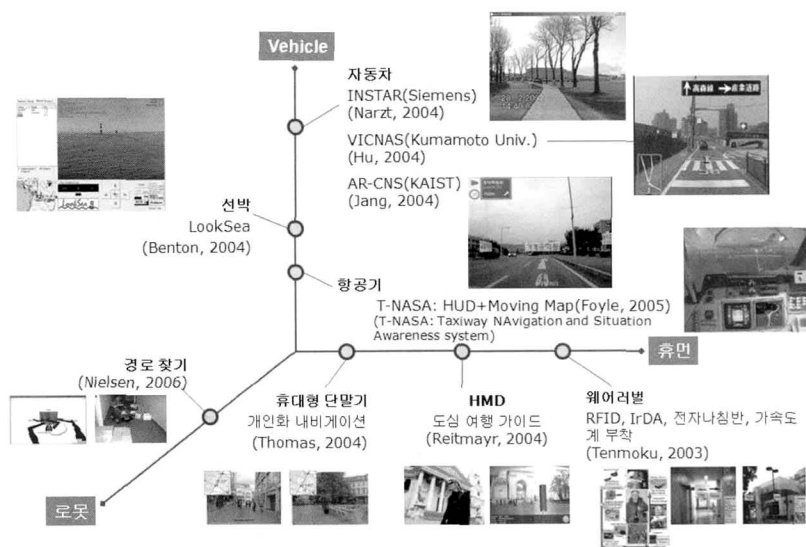


그림 2. 증강현실 기술의 내비게이션 적용 관련 연구

차 내비게이션의 주요 목적은 운전자가 출발지로부터 목적지까지 편리하고 안전하게 자동차를 운전할 수 있도록 지원하는 것이라고 할 수 있다. 이때 편리하다는 것은 운전시 필요한 운전부하를 최소화시킨다는 것으로 해석할 수 있고 안전하다는 것은 운전자의 주의 분산을 최소화시킨다는 것으로 이해할 수 있다.

증강현실 내비게이션 역시 이러한 기본적인 목적을 충족 시켜야 함은 자명하다. 하지만 Levy 등(2005)이 언급한대로 운전의 가장 중요한 일차적 과제(primary task)는 바로 핸들, 브레이크, 엑셀러레이터 등을 이용하여 자동차를 안전하게 조작하는 것이고 내비게이션을 비롯한 차량 내 전자 장치의 사용은 부수적인 이차적 과제(secondary task)임을 고려할 때 증강현실 내비게이션이 그 본래의 목적을 충분히 수행한다 하더라도 안전한 운전 조작이라는 일차적 과제에 방해가 된다면 심각한 문제라 하지 않을 수 없다. 따라서 증강현실 내비게이션이 실질적으로 운전자의 운전 수행과 인지적 운전부하에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 인간공학적 실험을 통한 정량적 분석이 필요하게 되며 이는 본 논문의 주요 목적이다.

본 논문을 통하여 증강현실 내비게이션이 운전자에게 미치는 영향과 운전 수행 측면의 효용성에 대한 기본적인 분석과 이해를 도출함으로써 궁극적으로는 운전이라는 극한 상황 속에서 내비게이션이 운전자의 인지적 부담을 최소화하고 안전하게 정보를 제공하기 위해서는 과연 어떠한 방법이 필요한가를 밝혀내기 위한 기반을 제공할 수 있을 것이다.

증강현실 내비게이션이 지도 내비게이션의 단점을 극

복할 수 있는 새로운 내비게이션 인터페이스로 주목 받으며 관련 연구가 시작되고 있는 지금, 증강현실 내비게이션에 대한 이러한 실험적 고찰은 증강현실 내비게이션 이후에 대두될 미래의 새로운 내비게이션 개념의 고안과 기술 개발 방향 설정을 위해서도 중요하고 의미 있는 작업이 될 것이다.

본 논문의 2장에서는 본 연구에서 개발한 증강현실 내비게이션 시스템 프로토타입인 RACE (Reality- Augmented Car-navigation Environment)의 설계와 구현에 대하여 기술하고 3장에서는 RACE를 대상으로 증강현실 내비게이션이 운전자에게 미치는 인지적 행동적 영향에 대하여 실험 분석한 내용을 기술한다. 4장에서는 이러한 분석 결과를 바탕으로 운전자에게 최적의 내비게이션 정보를 제공할 수 있는 방안을 향후연구 내용으로 고찰해 보고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 증강현실 내비게이션의 개발

2.1 RACE의 설계 및 특징

본 연구에서는 증강현실 내비게이션 시스템 프로토타입을 개발하고 이를 RACE(Reality-Augmented Car-navigation Environment)라고 명명하였다. 그림 3에 나타난 RACE의 시스템 구조를 살펴보면, 먼저 차량 전방에 부착된 카메라로부터 실시간으로 영상을 획득하고 GPS 수신기를 통하여 차량의 위치 정보를 획득한다(데이터 획득 모듈). 획득된 영상은 차선 인식 모듈을 통하여 중앙선과 흰색 점선 차선이 추출되고 이는 내비게이션 엔진으로부터

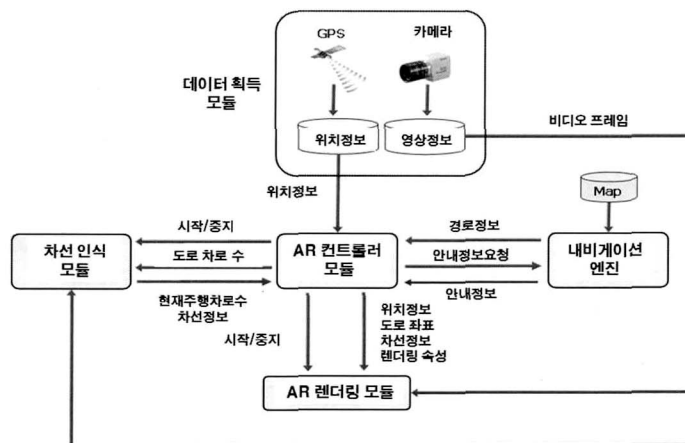


그림 3. RACE 시스템 아키텍처

터 계산된 경로 정보와 조합되어(AR 컨트롤러 모듈) 3차원 가상 객체가 중첩된 증강현실 영상으로 출력된다. 증강현실 영상은 실시간으로 차량에 장착된 단말기에 출력되며 경로안내 및 차로변경 등의 정보를 제공하게 된다(AR 렌더링 모듈).

RACE의 몇가지 특징을 살펴보면 다음과 같다. 차량의 정확한 위치와 방향을 측정하기 위하여 VICNAS에서는 GPS와 관성센서를 사용하였고 INSTAR에서는 그 밖에도 나침반과 휠센서를 사용한 반면 RACE에서는 KAIST의 AR-CNS 경우처럼 GPS만 사용하였다. 이렇게 GPS만 사용함으로 인해 발생하는 차량 자세에 대한 오차는 실시간으로 획득되는 카메라 영상을 분석함으로써 보정하고 가상객체와 실사 영상과의 정합 오차를 줄이는데에도 사용하였다. 단일 GPS와 영상 처리에 기반한 이러한 방법은 정확한 차량 자세 추출이 어렵고 야간시 적용이 불가능한 단점이 있는 반면, 센서에의 의존도가 낮고 H/W에 비교적 독립적인 장점이 있다.

2.2 RACE의 구현

RACE는 프로토타입 형태로 구현되었으며 테스트 차량에 탑재하여 알고리즘 및 시스템 성능 검증 작업을 진행하였다.

RACE의 S/W 모듈은 C++를 이용하여 dll과 ocx의 형태로 구현하였고 렌더링 모듈은 OpenGL 라이브러리를 사용하여 구현하였다. 카메라 입력 영상의 획득 및 처리는

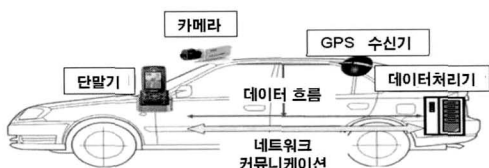


그림 4. RACE가 탑재된 테스트 차량 H/W 구성

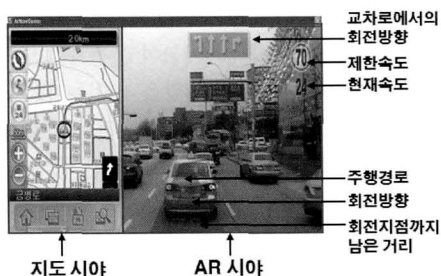


그림 5. RACE 실행 화면 구성

영상 프레임 획득기에서 제공하는 라이브러리를 이용하여 구현하였다. RACE가 구현된 H/W 사양은 다음과 같다.

- 펜티엄-4 PC
- CCD 카메라(Sony FL2-03S2M/C-C, 648*488, 80fps)
- 영상 프레임 획득기(Metrox)
- GPS 수신기
- 차내 정보 단말기(7inch, 800*600)
- 시험 차량(기아 그랜드 카니발)

RACE가 탑재된 테스트 차량의 구성은 그림 4와 같다.

RACE는 2D 지도 내비게이션, 증강현실 내비게이션, 2D 지도+증강현실 내비게이션의 세가지 화면 모드를 지원한다. 증강현실 내비게이션 모드에서는 주행 경로, 회전 방향, 회전 지점까지의 남은 거리, 차선 변경 정보 등이 도로면 영상에 중첩되어 표현되고 교차로에서의 차로별 진행 방향, 현재 속도, 제한 속도 등이 아이콘으로 화면 상단에 출력된다. RACE의 대표적인 실행 모습을 그림 5에 나타내었다.

3. 인지적 행동적 영향 분석

3.1 운전자 행동 및 인지 관련 연구

차량 내에서 운전자 정보제공 장치가 제공하는 정보의 양상이 운전자의 운전 수행 능력과 인지 능력에 어떠한 영향을 미치는가 하는 문제에 대해서는 교통 심리학을 비롯한 여러 학문 분야에서 꾸준히 연구되어져 왔다.

이러한 연구의 전반적인 프레임워크를 구성하는 것은 정보 소스, 정보 특징, 운전 수행을 위한 인간의 행위, 측정 방법, 실험 방법 등이다. 다시 말해서 정보 소스에 내재되어 있는 정보 특징이 운전 수행을 위한 인간의 행위에 어떠한 영향을 미치는가를 특정한 측정 방법과 실험 방법을 사용하여 분석하는 식이다.

여기에서 정보 소스라 함은 지도, 내비게이션 시스템, 나이트 비전 시스템 등 운전자의 운전 수행을 보조 또는 지원하기 위한 정보 제공 장치 또는 대상물을 의미한다. 정보 특징은 정보 소스에 내재되어 있는 특정한 측면, 예를 들어 디스플레이의 모달리티(시각/청각), 방향(north-up/heading-up), 위치(head-down/head-up) 등을 의미한다.

운전 수행을 위한 인간의 행위는 외부 환경 변화 탐지, 자극의 지각, 주의의 할당, 인지 활동(기억이나 의사결정 등), 외현적 행동 등 다양한 인지적 행동적 행위들로 이루어진다(Lee, 2001). 이러한 행위들은 운전부하와 직접적으로 연관되어 있기에 운전부하를 측정함으로써 정보 소스가 지니는 정보 특징이 운전자에게 미치는 영향을 분석

표 1. 운전자 행동 및 인지 관련 연구

정보 소스	정보 특징	관심 대상 행위	측정 방법	실험 방법	참고문헌
나이트비전 시스템	디스플레이의 위치 (head-up vs. head-down)	물체 탐지	· 운전 수행 능력 · 주관적 운전부하	필드 테스트	(Sullivan, 2004)
내비게이션 시스템	디스플레이의 모달리티 (시각 vs. 청각)	인지적, 신체적 활동	· 운전 수행 능력 · 주관적 운전부하	운전 시뮬레이터	(Kim, 2000)
내비게이션 시스템	디스플레이의 형태 (종이 지도 vs. 전자 지도)	인지적, 신체적 활동	· 운전 수행 능력 · 주관적 운전부하 · 생리적 변화	운전 시뮬레이터 (데스크톱 형태)	(Uang, 2003)
내비게이션 시스템	디스플레이의 크기	인지적, 신체적 활동	· 운전 수행 능력 · 주관적 운전부하 · 생리적 반응	운전 시뮬레이터 (데스크톱 형태)	(Uang, 2003)
내비게이션 시스템	디스플레이의 형태 (지도의 표현법)	인지적, 신체적 활동	· 운전 수행 능력 · 신체적 반응	운전 시뮬레이터 (데스크톱 형태)	(Lee, 2005)
지도	디스플레이의 방향 (north-up vs. head-up)	인지	-	-	(Wickens, 2006) (Levine, 1984)
3D 디스플레이	시야의 종류 (자기중심적 vs. 외부중심적)	인지	-	-	(Wickens, 2005)

할 수 있게 된다. 운전부하 측정 방법은 크게 객관적 운전 수행 능력 측정, 생리적 신체적 측정, 그리고 주관적 레포팅 방법으로 분류된다(Hancock, 2001). 객관적 운전 수행 능력 측정은 운전 조작에 대한 일차 과제 수행 능력 측정과 정보 처리에 대한 이차 과제 수행 능력 측정으로 구분되며 주로 컴퓨터, 시뮬레이터, 필드 테스트 등을 통한 실험 방법을 이용하여 측정한다.

이러한 연구 프레임워크에 기반하여 정보 소스의 특정한 정보 특징이 운전자에 미치는 영향 또는 효과에 대한 대표적인 관련 연구를 표 1에 정리하였다.

Sullivan 등(2004)은 나이트 비전 시스템을 이용하여 디스플레이의 위치(head-up/head-down)가 운전 수행과 운전 부하에 미치는 영향에 대하여 필드 테스트를 통하여 객관적 운전 수행 능력을 측정하고 NASA-TLX를 이용하여 주관적 운전부하를 측정하였다.

정보의 모달리티 특히 시각과 청각 정보가 지니는 특징에 대한 비교 분석은 가장 많이 연구되어온 주제 중 하나이다. Kim 등(2000)은 내비게이션 시스템이 제공하는 정보의 모달리티를 시각, 청각, 시청각 세종류로 구분하여 운전 시뮬레이터를 이용하여 운전 수행 능력과 주관적 운전 부하를 측정하였다.

Uang 등(2003)은 종이 지도와 전자 지도를 비교하여 내비게이션 효율과 운전 부하에 대한 영향을 분석하였고 지도의 축척이 운전자에게 미치는 영향에 대해서도 운전 수행 능력, 생리적 측정, 그리고 주관적 레포팅 방법을 이

용하여 분석하였다.

Lee 등(2005)은 경로 지도의 최적화된 표현 방식에 대하여 운전 수행 능력과 운전자의 신체적 반응을 측정하여 분석하였다.

지도의 방향(north-up/head-up)이 인지적 부하에 미치는 영향에 대한 인지 심리학적 연구도 수행되었으며(Levine 등, 1984)(Wickens 등, 2006), Wickens 등(2005)은 디스플레이가 제공하는 자기 중심적 시점과 외부 중심적 시점이 인지적 부하와 상황 인식력에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다.

3.2 실험 설계 및 조건

증강현실 내비게이션이 운전자의 인지적 행동적 운전 수행 능력에 미치는 영향을 분석하기 위하여 두 가지 실험을 고안하였다. 각 실험의 목적은 다음과 같다.

- 실험 1: 증강현실 내비게이션이 운전자의 행동적 운전수행 능력에 어떠한 영향을 미치는가?
- 실험 2: 증강현실 내비게이션이 운전자의 인지적 운전 수행 능력에 어떠한 영향을 미치는가?

이 두 가지 실험을 앞에서 언급한 운전자 인지 및 행동 관련 연구의 프레임워크에 따라 기술하면 표 2와 같다. 본 실험을 위한 환경은 다음과 같이 구축하였다(그림 6).

- 운전 시뮬레이터: 현대 엑셀 고정형 시뮬레이터
- 프로젝터 2대: 실제 주행 동영상과 과제 화면 투사
- 스크린: 운전자 전방 1.5m에 설치. 크기는 4×3m

표 2. 실험 설계 프레임워크

정보 소스	내비게이션 시스템
정보 특징	내비게이션 패러다임(지도, AR, 지도+AR)
관심 대상 행위	인지적, 신체적 활동
측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> 운전 수행 능력 실험1: 일차적 과제 (자동차 제어) 실험2: 이차적 과제 (회상, 재인, 위치탐지) 신체 반응 (주시 횟수, 주시 시간) 주관적 운전 부하(NASA-TLX)
실험 방법	운전 시뮬레이터

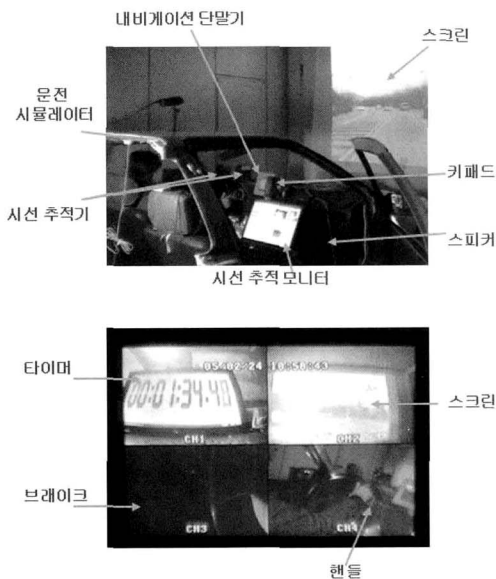


그림 6. 실험 환경 구성

- 시뮬레이터내 단말기: 7인치 TFT LCD monitor
- 스피커 2대: 엔진 소음 제시
- 터치패드: (4×5 버튼) 운전자 반응 분석용
- 시선 추적기: (faceLab 4.3) 운전자 안구 측정용
- 카메라 4대: 타이머, 전방 스크린, 핸들, 브레이크를 각각 촬영
- 4채널 모니터 2대: 4대의 카메라에서 입력된 영상을 동시에 저장
- 타이머: 각 카메라 영상간 동기화
- 노트북 1대: 시선 추적기 모니터링
- PC 3대: 시선 추적기 서버, 스크린 투사 화면 출력, 실험 제어용

운전면허를 소지한 30명의 실험 참가자(남자 17명, 여

자 13명, 평균연령 23.6세)를 대상으로 실험을 수행하였다. 실험 참가자들은 스크린 상의 비디오 화면을 보면서 마치 화면상의 차량을 직접 운전하는 것처럼 시뮬레이터의 가속 페달과 브레이크, 핸들을 조작하고 운전 중에 내비게이션 시스템을 사용하도록 하였다.

주행 코스는 도심지역의 직선도로에서 차선변경과 좌회전이 포함된 구간을 추출하여 제시하였으며, 주행 중 날씨의 양호하고 도로 혼잡 정도는 일반적으로 차량이 규정 속도로 운전할 수 있을 정도의 상황이었다.

각 실험별 운전 시간은 실험참가자의 시뮬레이션 멀미감을 방지하고, 운전에 따른 피로를 줄이기 위해 5~10분 정도로 구성하였다.

실험 순서는 먼저 운전 수행 능력(primary task) 실험과 운전자 시선 추적을 수행하고, 다음으로 회상(recollection)과 재인(recognition)과제, 그리고 위치탐지(spatial detection)과제에 대한 인지 수행 능력(secondary task) 실험을 진행하였다. 실험이 끝나고 실험 참가자들은 NASA-TLX를 이용한 설문지를 작성함으로써 주관적 운전부하를 측정하였다. 모든 실험은 증강 현실 내비게이션을 이용한 경우, 지도 내비게이션을 이용한 경우, 그리고 지도와 증강현실 내비게이션을 같이 이용한 경우의 세 가지 경우에 대하여 수행되었다. 실험 참가자들은 모든 조건에 무선적으로 할당되는 피험자내 조건(within-subject condition)으로 수행되었으며 통제조건과 실험조건에 할당되는 순서는 역균형화 되었다.

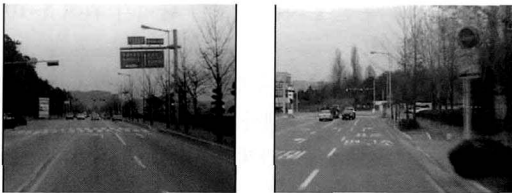
3.3 실험 1: 운전 수행 능력(Primary Task) 실험

본 실험의 목적은 증강현실 내비게이션 패러다임이 운전자의 운전 수행 행동에 어떠한 영향을 미치는지를 기존의 지도 내비게이션과 지도와 증강현실 복합 내비게이션 패러다임의 경우와 비교하여 분석하기 위함이다. 실험 참가자들은 스크린 상에 제시되는 비디오 화면을 보면서 시뮬레이터의 가속 페달과 브레이크, 핸들을 조작하고 이때 가속 페달과 핸들 움직임을 0.01초 간격으로 비디오로 기록하였다.

운전 수행 능력에 대한 측정치로써 실제 스크린상의 차량의 속도가 줄어드는 시점부터 가속 페달에서 발을 떼는 시점까지의 시간과 스크린상의 차량의 횡적 위치가 변화하는 시점부터 핸들을 움직이기 시작하는 시점까지의 시간을 각각 0.01초 단위로 측정하였다. 실험이 수행되는 동안 운전자의 안구 움직임을 시선 추적기로 추적하여 내비게이션 화면 주시 횟수(number of glance)와 주시 시간(fixation time)을 측정하였다.

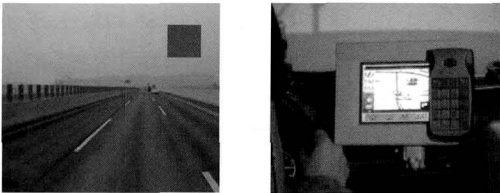


그림 7. 회상과제에 사용한 자극화면 예시



(a) (b)

그림 8.재인과제에 사용한 자극화면 예시. (a)중심시 자극 화면, (b)주변시 자극 화면



(a) (b)

그림 9. 위치탐지과제에 사용한 자극화면 예시. (a)자극 물체가 제시된 화면, (b)운전자가 반응할 키패드

표 3. 운전 수행 능력 실험 결과

과제		일차적 과제	
측정 방법		가속 페달 이탈 지연 시간(초)	핸들 조작 지연 시간(초)
조건	통제 조건	1.31	1.30
	지도	1.28	1.44
	AR	1.28	1.30
	지도+A R	1.50	1.72
df		(3,87)	(3,87)
F		0.44	20.74
p		0.72	<0.001

3.4 실험 2: 인지 수행 능력(Secondary Task) 실험

본 실험은 증강현실 내비게이션이 운전자가 운전 중 수행하는 다양한 인지적 작업부하에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하기 위하여 수행되었다. 본 실험에서는 운전자의 대표적인 인지 활동으로 회상, 위치탐지, 그리고 재인을 선택하고 각각에 대한 실험을 수행하였다. 각 실험은 모두 증강현실 내비게이션, 지도 내비게이션, 지도와 증강현실 복합 내비게이션의 3가지 경우에 대하여 수행하였다.

먼저 운전자의 장기 기억능력에 대한 영향을 시험하기 위한 회상과제의 경우, 실험 참가자가 스크린 화면을 보면서 시뮬레이터를 조작하는 동안 2개의 단어가 동시에 화면에 출력되었다 사라진다. 단어는 5회에 걸쳐 총 10개가 제시되는데 실험 참가자로 하여금 최대한 많은 단어를 기억하였다가 실험 후 회상하게 하여 회상에 성공한 단어의 비율을 계산하였다(그림 7 참고).

두번째로, 운전자의 작업 기억(working memory) 능력에 대한 영향을 시험하기 위하여 재인과제를 수행하였다. 실험 참가자가 스크린 화면을 보면서 시뮬레이터를 조작하는 동안 스크린이 꺼지면서 자극 화면이 제시되고 실험 참가자는 제시된 자극화면이 스크린이 꺼지기 직전의 화면과 동일한지를 응답하게 된다. 자극화면은 운전자의 중심시에 대한 자극 화면 5개와 주변시에 대한 자극 화면 5개로 구성되었으며 총 10회에 걸쳐 실험이 수행되었다(그림 8 참고).

마지막으로 운전자의 위치 탐지 능력에 대한 실험을 수행하였다. 위치 탐지는 운전자가 운전 수행중 처리하게 되는 가장 중요한 인지 작업으로 운전중 도로상의 장애물이나 보행자를 발견하고 주변 차량의 주행 상황을 파악하여 신속히 차량을 제어함으로써 사고를 피하고 안전운전을 도모하기 위한 매우 중요한 인지 능력이다.

실험 참가자가 스크린 화면을 보면서 시뮬레이터를 조작하는 동안 빨간색 사각형의 자극 물체가 화면상의 4사분면 중 한곳에 나타나고 실험 참가자는 자극 물체를 발견하는 즉시 키패드의 해당 버튼을 누르도록 하였다. 자극 물체는 4사분면별로 4번씩 총 16회 나타나게 하였으며 물체가 나타난 시점부터 키패드의 해당 버튼이 눌러진 시점까지의 경과 시간을 측정하였다(그림 9 참고).

3.5 실험 결과 및 분석

증강 현실 내비게이션이 운전자의 운전 수행 능력에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하기 위한 실험 1의 경우 표 3과 같은 실험 결과가 도출되었다.

표 4. 인지 수행 능력 실험 결과

과제		이차적 과제		
측정 방법		회상률(%)	재인률(%)	위치 탐지 시간(초)
조건	통제 조건	79.3	39.0	1.41
	지도	62.3	42.0	1.45
	AR	65.3	38.0	1.38
	지도+AR	63.7	42.7	1.48
df		(3,87)	(3,87)	(3,87)
F		11.54	1.86	1.85
p		<0.001	0.142	0.146

표 5. 안구추적과 주관적 운전부하 실험 결과

과제		일차적 과제		주관적 운전부하
측정 방법		평균 주시 횟수	평균 주시 시간(초)	등급 (1~7)
조건	통제 조건	-	-	-
	지도	21.30	2.62	4.6
	AR	19.50	1.70	3.6
	지도+AR	23.80	1.89	5.9
df		(2,58)	(2,58)	(2,58)
F		1.36	4.22	42.85
p		0.28	0.0019	<0.001

차량의 종적 제어에 관한 가속 페달 이탈 지연 시간은 모든 조건에 걸쳐 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 차량의 횡적 제어에 관한 핸들 조작 지연 시간은 증강 현실 내비게이션 시스템을 사용한 경우가 다른 두가지 실험 조건에 비하여 가장 빠른 결과를 나타내었다.

이러한 결과는 내비게이션 시스템 자체가 차량의 종적 제어에 대해 별다른 도움을 주지 못하는 특성을 지니고 있는 것으로 설명이 가능하다. 또한 증강현실 내비게이션이 제공하는 회전방향에 대한 안내 정보가 지도 내비게이션 보다 운전자에게 보다 빠르고 직관적으로 인식됨을 나타낸다고 할 수 있다.

증강현실 내비게이션이 운전자의 정보처리와 인지 능력에 미치는 영향에 대한 실험 2는 표 4와 같은 결과가

도출되었다.

회상과제의 경우 증강현실 내비게이션을 사용한 경우가 다른 두 경우 보다 높은 회상률을 나타내었다. 하지만 내비게이션 시스템을 사용한 세 경우 모두 내비게이션 시스템을 사용하지 않은 통제 조건에 비해서는 모두 회상률이 떨어짐을 볼 수 있다. 이는 내비게이션 시스템이 제공하는 운전 제어 작업(control task)에 대한 지원 기능이 운전자의 전략적 작업(strategic task)에 영향을 미침을 나타낸다고 할 수 있다.

재인과제의 경우 세가지 내비게이션 모드가 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않았다.

위치탐지과제의 경우도 세가지 내비게이션 모드가 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않았지만 통제를 제외하고 내비게이션을 사용한 실험 조건간의 결과를 비교하면 증강현실 내비게이션이 가장 빠른 위치 탐지 속도를 나타내었다($F(2,58)=1.36, p=0.045$).

운전 수행 능력 실험시 측정한 운전자의 안구 운동과 NASA-TLX로 측정한 주관적 운전부하 측정 결과를 표 5에 나타내었다.

운전 중 내비게이션 시스템에 대한 평균 주시 횟수는 세가지 내비게이션 조건 모두 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 하지만 평균 주시 시간은 증강현실 내비게이션의 경우가 가장 적었다. 이는 기본적으로 영상 패러다임에 기반한 증강현실 내비게이션이 그래픽 패러다임에 기반한 지도 내비게이션 보다 운전자로 하여금 빠른 인지력을 제공하는 것으로 해석할 수 있다.

한편 NASA-TLX 설문지를 통하여 측정한 운전자의 주관적 운전 부하의 경우 증강현실 내비게이션을 사용했을때 운전자가 다른 두 경우에 비해 가장 적은 운전 부하를 경험했음을 나타내었다.

이러한 실험 결과를 종합해보면 증강현실 내비게이션이 운전자에게 보다 빠르고 직관적이며 쉽게 이해되는 것으로 해석할 수 있다. 이는 운전자가 출발지로부터 목적지까지 차량을 운전하면서 머리속에서 처리하게 되는 순간 순간의 인지적 이미지(cognitive image)가 기본적으로 실사적인(imaginal) 동시에 위상학적인(topological) 정보라고 할 수 있으며 이러한 형태는 바로 증강현실 내비게이션이 제공하는 패러다임이 실사에 그래픽 경로 정보가 중첩된 형태이므로 증강현실 내비게이션으로 부터 운전자의 인지적 이미지로의 변환 또는 매핑이 빠르게 이루어질 수 있는 것으로 해석 가능할 것이다.

4. 향후연구: 최적의 내비게이션 정보제공 방법

본 연구에서는 증강현실 내비게이션이 운전자의 운전 수행을 위한 인지적 행동적 능력에 미치는 영향을 분석해 봄으로써 증강현실 내비게이션이 지니는 기본적인 특징에 대해 살펴보았다. 하지만 운전자가 운전중 필요로 하는 내비게이션 지원 정보는 운전 작업의 종류(driving task)와 운전 상황(driving situation)에 따라 달라진다고 할 수 있을 것이다. 무엇보다 중요한 것은 운전자가 필요로 하는 시점에 가장 적합한 정보를 제공하는 것인데 여기서 운전자에게 가장 적합한 정보라 함은 운전자의 운전 수행을 가장 잘 지원할 수 있는 정보를 의미하며 이는 운전자가 수행하고 있는 또는 수행하려고 하는 운전 작업이 무엇인지를 파악함으로써 결정할 수 있을 것이다. 또한 운전자에게 정보를 제공할 가장 적절한 시점은 운전자의 운전 상황을 분석함으로써 결정 될 수 있다.

따라서 운전자가 수행하는 운전 작업과 운전 상황에 기반하여 지도와 증강현실 패러다임이 지니는 특징을 분해하고 재조합하고 변화시킴으로써 운전자에게 최적의 정보를 적시에 제공할 수 있는 방안을 고안할 수 있을 것이다.

향후에는 본 연구에서 수행한 실험과 분석 결과를 바탕으로 이러한 최적의 내비게이션 정보 제공을 위한 방법에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

5. 결 론

증강현실 내비게이션 기술이 새로운 내비게이션 패러다임으로 등장하였고 차량에 적용되기 시작한 지금, 이러한 새로운 기술이 과연 운전자에게 실질적으로 어떠한 영향을 미칠 것인가에 대하여 실험적으로 분석하고 고찰한 본 시도는 증강현실 내비게이션이라는 새로운 패러다임의 기술이 지니는 본질적인 특성을 이해하고 미래에 대두될 또 다른 기술을 예측하는데 중요한 역할을 할 것이다.

앞서 향후 연구에서 언급한 바대로 기존의 지도 내비게이션은 지도 내비게이션 대로, 증강현실 내비게이션은 증강현실 내비게이션 대로 각각의 특징과 장단점을 지니므로 이러한 특징들을 보다 미시적으로 분석하고 그 의미를 해석해 봄으로써 두 패러다임에 대한 보다 심도있는 이해를 이끌어 낼 수 있을 것이다.

이러한 이해를 바탕으로 운전이라는 복잡 다단한 작업이 지니는 인간공학적, 심리적인 요인들에 대한 면밀한 분석 결과를 종합적으로 고찰해 봄으로써 운전자 즉 인간

에게 가장 편리하고 편안하고 안전한 내비게이션 정보를 제공할 수 있는 최적의 방안을 마련할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Benton, C. (2004), "Augmented Reality for Maritime Navigation: The Next Generation of Electronic Navigational Aids", *Proc. of the 7th Marine Transportation System Research & Technology Coordination Conference*, Washington, D.C.
2. Foyle, D. C., Andre, A. D., Hooley, B. L. (2005), "Situation Awareness in an Augmented Reality Cockpit: Design, Viewpoints and Cognitive Glue", *Proc. of the 11th International Conference on Human Computer Interaction*, Las Vegas, NV.
3. Hancock, A. P. (2001), *Stress, Workload, and Fatigue*, Lawrence Erlbaum Associates, chapter 2.5
4. Hu, Z., Uchimura, K. (2004), "Real-time Data Fusion on Tracking Camera Pose for Direct Visual Guidance", *Proc. of the Intelligent Vehicles Symposium, IEEE*.
5. Jang, S. (2004), *Location-based Augmented Reality for Car Navigation System*, MS thesis, KAIST.
6. Kawasaki, H., Murao, M., Ikeuchi, K., Sakauchi, M. (2001), "Enhanced Navigation System with Real Images and Real-time Information", *Proc. of the 8th World Congress on Intelligent Transport System*.
7. Kim, B., Lee, J. (2000), "Driving Condition and Modality Effect of In-Vehicle Navigation System on Driving Performance and Mental Workload", *Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, Vol. 13, No. 1, pp. 23-40.
8. Lee, J. (2001), "A Study on Driver's Information Characteristics: Perspective of Engineering Psychology", *Collection of Treatises on Social Science*, PNU, Vol. 20, No. 28, pp. 63-87.
9. Lee, J., Forlizzi, J., Hudson, S. E. (2005), "Studying the Effectiveness of MOVE: A Contextually Optimized In-Vehicle Navigation System", *Proc. of the CHI 2005*, Portland, pp.571-580.
10. Levine, M., Marchon, I., and Hanley, G. L. (1984), "The Placement and Misplacement of You-Are-Here Maps", *Environment and Behavior*, Vol. 16, pp. 139-157.
11. Levy, M., Dascalu, S., Harris, F. C. Jr (2005), "ARS VEHO: Augmented Reality Systems for Vehicle Operation", *Proc. of the Computers and Their Applications*, (CATA 2005), pp. 282-289.
12. Narzt, W., Pomberger, G., Ferscha, A., et al. (2004), "A

- New Visualization Concept for Navigation Systems", LNCS 3196, pp. 440-451.
13. Nielsen, C. W., Goodrich M. A. (2006), "Comparing the Usefulness of Video and Map Information in Navigation Tasks", *Proc. of the HRI'06*.
 14. Reitmayr, G., Schmalstieg, D. (2004), "Collaborative Augmented Reality for Outdoor Navigation and Information Browsing", *Proc. of the Symposium Location Based Services and TeleCartography*.
 15. Sullivan, J. M., Bärghman, J., Adachi, G. and Schoettle, B. (2004), *Driver Performance and Workload Using a Night Vision System*, UMTRI-2004-8, The University of Michigan Transportation Research Institute
 16. Tenmoku, R., Kanbara, M., Yokoya, N. (2003), "A Wearable Augmented Reality System for Navigation Using Positioning Infrastructures and a Pedometer", *Proc. of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '03)*.
 17. Thomas H. K. (2004), "Augmented Videos and Panoramas for Pedestrian Navigation", *Proc. of the 2nd Symposium on Location Based Services & TeleCartography*.
 18. Uang, S., and Hwang, S. (2003), "Effects on Driving Behavior of Congestion Information and of Scale of In-vehicle Navigation System". *Transportation Research, 11C*, pp. 423-438.
 19. Wickens, C. D., Carswell, C. M. (2006), *Information Processing*, in *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, 3rd Ed. Salvendy, G. (Ed.), John Wiley & Sons.
 20. Wickens, C. D., Vincow, M., and Yeh, M. (2005), *Design Applications of Visual Spatial Thinking: The Importance of Frame of reference*, in *Handbook of Visual Spatial Thinking*, Oxford University Press, Oxford.



김 경 호 (kkh@etri.re.kr)

1993 경북대학교 전자공학과 학사
1995 경북대학교 전자공학과 석사
2001~ 현재 KAIST 전산학과 박사과정
1995~현재 한국전자통신연구원 선임연구원

관심분야 : HCI, 증강현실, 텔레매틱스



조 성 익 (chosi@etri.re.kr)

1984 연세대학교 천문학과 학사
1986 연세대학교 천문학과 석사
1999 게이오대학교 전기공학과 박사과정수료
1987~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

관심분야 : 컴퓨터비전, 원격탐사, 내비게이션



이 재 식 (jslee100@pusan.ac.kr)

1988 서울대학교 심리학과 학사
1990 서울대학교 심리학과 석사
1995 아이오와대학교 심리학 박사
1996~현재 부산대학교 심리학과 교수

관심분야 : 운전자 정보처리, 항법시스템설계, 운전 시뮬레이션



원 광 연 (wohn@kaist.ac.kr)

1974 서울대학교 응용물리학 학사
1981 위스콘신대학교 전산학 석사
1984 메릴랜드대학교 전산학 박사
1984~1986 하버드대학교 연구원
1986~1990 펜실베이니아대학교 교수
1990~현재 KAIST 전산학과 교수
2004~현재 KAIST 문화기술대학원 교수, 대학원장

관심분야 : 문화기술, HCI, CG/VR