

2차원 그래픽과 증강현실 차량항법 시스템이 운전수행과 정보처리에 미치는 효과*

이 재 식[†]

이 세 원

김 경 호

부산대학교 심리학과

한국전자정보통신연구원

본 연구에서는 기존의 2D-그래픽 방식의 항법 시스템과 증강현실(augmented-reality) 기술을 적용한 차량항법 시스템의 효용성을 운전자의 운전-관련 추적과제 수행과 시각자극 탐지과제 수행 및 안구운동 패턴의 측면에서 비교하였다. 실험 결과, 증강현실 항법 시스템은 2D-그래픽 항법 시스템에 비해 (1) 운전자의 운전-관련 추적과제 수행 중에서 종적 추적과제보다는 횡적 추적과제에 더 많은 도움을 주어 상대적으로 더 빠른 횡적 추적 수행을 유도하였고, (2) 운전자의 시야에 제시되는 시각 자극에 대한 더 빠른 탐지 시간을 유도하였으며, (3) 응시빈도는 상대적으로 많은 경향이 있었지만, 평균 응시시간은 더 짧았다. 이러한 결과들은, 증강현실 기술을 적용한 항법 시스템이 기존의 2D-그래픽 항법 시스템에 비해 더 빠른 횡적 추적 수행과 시각자극 탐지 수행, 그리고 더 짧은 시간 안에 시스템으로부터 정보를 추출할 수 있도록 한다는 것을 시사한다.

주요어 : 증강현실, 차량항법 시스템, 운전자 정보처리, 운전-관련 추적과제

* 이 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력 핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음[2005-S114-03, 텔레매틱스용 실감컨텐츠 구축/관리 기술].

† 교신저자 : 이재식, 부산대학교 심리학과, jslee100@pusan.ac.kr, 051-510-2131

최근에 컴퓨터와 정보 통신 기술의 발전에 따라 도로 안전과 관련된 문제들을 해결하기 위해 몇 가지 자동화된 요소들이 자동차에 구현되어 운전자를 보조해 주고 있다. 이러한 자동화된 장치들 중에서 일반 운전자들에게 가장 친숙한 유형은 차량 안에 별도의 단말기를 설치하여 지도정보나 기타 운전에 도움이 되는 정보를 제공해 주는 방식이다. 이러한 방식은 운전자가 도로로부터 눈을 돌려 단말기를 주시하여야 하기 때문에 흔히 헤드-다운 디스플레이(head-down display: HDD)라고 불린다.

HDD 방식으로 운전과 관련된 정보를 운전자에게 제공하는 것의 효용성은 많은 연구를 통해 보고되고 있으며(예를 들어, Collins, Biever, Dingus, & Neale, 1999), 실제 우리나라에서도 많은 운전자들이 이러한 시스템을 사용하고 있다. 그러나 HDD 방식을 이용하여 운전자가 필요로 하는 정보를 제공하고자 할 때는 시스템 사용과 운전자의 주의부담 사이에 존재하는 일종의 득실 관계(trade-offs)를 고려해야 한다.

다시 말해, 차량 내 항법장치를 통해 도로 안내 등과 같은 정보를 제공하고자 할 경우 운전자들의 주의를 필연적으로 일차과제 영역(운전 수행 자체)으로부터 이차과제 영역(자동차 안에서 항법장치를 통해 제시되는 정보들의 처리)으로 분산될 수 있다는 점이다. 운전자들이 항법장치가 제공하는 정보에 더 의존적이 될수록 운전자의 주의가 도로로부터 벗어나 자동차 안으로 집중될 위험성이 더 높아진다(Dingus, Antin, Hulse, & Wierwille, 1989).

이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 설계 대안들이 제안되었고, 또한 실제로 사용되기도 하였다. 그 중에서 항공기 조종석 설계 기술로부터 유래된 헤드-업 디스플레이(head-up

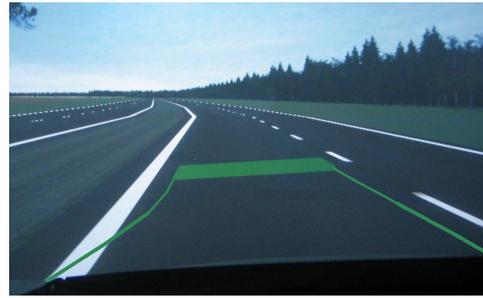


그림 1. HUD가 구현된 차량 항법 장치의 일례 (Tonnis 등, 2007)

display: HUD)는 중요한 정보들을 일차적 시각 영역(primary visual area)에 근접하도록 해야 한다는 디스플레이 설계 가이드라인을 충실하게 반영한 것 중의 하나이다(Weintraub & Ensing, 1992; Newman, 1995; Wickens, Martin-Emerson, Larish, 1993). HUD를 이용한 차량항법 시스템의 실례가 그림 1에 제시되어 있다(Tonnis, Lange, & Klinker, 2007).

이들의 연구에서는 자동차의 앞 유리에 증강현실 정보를 제공함으로써 운전자의 정지거리나 속도유지와 같은 종적 통제 수행과 차선 유지와 같은 횡적 통제 수행이 이러한 정보가 없는 조건에 비해 상대적으로 더 우수하다는 것을 발견하였다. 또한, 전통적 방식의 HDD에 비해 HUD는 운전자의 주의 배분 등과 같은 정보처리 측면에서 상대적으로 더 유리하고(예를 들어, Liu & Wen, 2004), 항공기의 경우에도 중요한 계기들이 HUD로 제시되었을 때가 일반적으로 더 좋은 수행을 보인다(Wickens & Long, 1995; Fadden 등, 2001).

자동차에 HUD를 구현함으로써 운전 중의 운전자가 요구하는 정보를 제공하는 것은 몇 가지 측면에서 매우 유용하다. 무엇보다도, 운전자가 전방 운전 영역으로부터 눈을 돌리지 않고도 운전 환경에 대한 정보와 운전 필요

한 다른 정보들(예를 들어, 차량 실내 계기판의 정보)을 병렬적으로 처리될 수 있게 해 준다.

특히, 운전자가 관찰하는 실제 도로 장면 위에 직접적으로 대응되는 전자 정보(혹은 이미지)들을 제시해 줄 수 있다면, 운전자들이 차선을 유지하고 운전하는데 많은 도움을 줄 수 있다. 관찰자가 관찰하는 실제 장면 위에 전자적으로 저장된 이미지들은 제공할 경우 이 두 가지 정보는 서로 합치적(conformal)이라고 부르는데, 이러한 합치적 정보는 두 영역에 걸친 정보를 부가적인 시각 주의분산의 요구 없이 처리할 수 있게 해 준다.

실제 세계에 존재하는 정보에 컴퓨터에 저장된 정보를 합치적으로 추가하여 제공해 주는 것은 증강현실(augmented reality: AR)이라고 불린다. AR은 주로 헬멧-마운티드 디스플레이(helmet-mounted display: HMD)나 HUD 방식을 사용하여 항공기나 자동차 등과 같은 다양한 운송 시스템(Scott-Young & Kealy, 2002) 뿐만 아니라, 복잡한 외과수술(Devernay, Mourges, & Coste-Maniere, 2001)이나 건축 설계(Webster, Feiner, MacIntyre, Massie, & Krueger, 1996)에서 오퍼레이터의 정보 처리와 시스템 조작 수행을 향상시키기 위해 많이 적용되고 있다.

앞에서 지적인 HDD의 문제(운전자의 시각적 주의분산)와 대비해 보면, HUD 기술을 차량에 적용하는 방식은 어느 정도 타당한 방식이 될 수 있다. 그러나 HUD 시스템과 운전자 사이의 상호작용 과정에서도 몇 가지 문제들이 나타난다. 가장 중요한 문제는 HUD 이미지들이 운전자의 시각적 정보처리에 과도한 부담을 줄 수 있다는 점이다. 예를 들어, 도로 전방의 실제 운전 환경에 대한 정보와 운전자가 필요로 하는 추가적인 전자정보를 중첩하여 제공할 경우 디스플레이가 지나치게 혼잡

해질 수 있다. 또한 HUD 이미지 자체가 먼 영역에서 발생하는 중요한 시각적 사상들의 관찰을 방해할 수 있다. 뿐만 아니라 HUD는 우리가 흔히 사용하는 HDD 항법 시스템에 비해 설치비용이 비싸고, 외부의 조도가 강할 경우 차량 앞 유리창에 제시되는 정보가 잘 보이지 않는 문제들도 발생한다.

이와 같이, 전통적으로 HUD가 많이 활용되었던 비행 상황에서의 효용성과는 달리 자동차에 구현되는 HUD의 효용성에 대해서는 많은 문제들이 제기되어 왔다. 이러한 이유로 자동차에 항법 디스플레이를 제공하고자 하는 경우는 일반적으로 HDD 단말기를 이용한 디지털화된 도로정보 제공방식(그래픽 지도방식)이 가장 흔한 항법 보조 시스템의 형태가 되었고, 지금 현재 가장 많이 채택되고 있다.

그래픽 정보를 제공하는 기존의 차량항법 시스템이 갖는 가장 중요한 문제는 운전자가 실제로 관찰하는 세상 정보와 시스템이 제공하는 디지털 정보 사이의 시각적 표상에서의 괴리이다. 예를 들어, 이러한 시스템은 본질적으로 아날로그적인 세상 정보 요소들을 디지털화된 정보를 통해 제공하는데, 이 때문에 운전자가 눈으로 직접 관찰하는 내용과 실제 디스플레이를 통해 제공되는 디지털 정보 사이에 불일치가 발생할 수 있다. 즉, 위에서 언급한 바와 같이 두 정보 사이의 합치성이 결여되어 있다고 할 수 있다. 이 때문에 최근의 차량 항법 시스템은 운전 지점에 대한 3차원적 정보를 제공하는 방식을 채택하고 있기는 하지만, 이것 역시 운전자의 실제 관찰 내용과 제시되는 정보 사이의 시각적 괴리가 갖는 한계를 근본적으로 극복해 주는 것은 아니다.

따라서 몇몇 연구자들은 HUD와 전통적 HDD방식을 결합하여 운전자가 필요로 하는

운전-관련 정보를 제공하고자 시도하였다. 그 중에서 Nartz, Pomberger, Ferscha, Kolb, Müller, Wieghardt, Hörtnner 및 Lindinger(2004)의 연구가 대표적인데, 이 연구자들은 이 구현한 시스템이 그림 2에 제시되어 있다. 그러나 이들의 연구 초점은 이러한 형태의 차량 항법장치가 운전수행이나 정보처리 측면에서 운전자에게 어떠한 영향을 미치는지 살펴본 것이 아니라, 기술적으로 이러한 시스템을 어떻게 구현할 수 있는지에 대한 것이었다. 그러나 이러한 시스템의 기술적 구현도 중요하지만, 시스템-사용자들이 그 시스템에 의해 어느 정도의 도움을 받을 수 있는지, 다시 말해 시스템의 효용성은 어떠한지에 대한 면밀한 분석이 선행되어야 할 것이다.



그림 2. HDD에 증강현실을 구현한 Nartz 등 (2004)의 차량 항법 시스템

연구목적

기존의 HDD 단말기를 통해 디지털화된 항법 정보를 제공하는 방식이 갖는 장단점과 HUD 이미지를 통한 정보 제공 방식이 갖는 장단점을 종합적으로 고려하여 이들 각각의

문제를 절충할 수 있는 새로운 설계 대안이 모색될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 운전자가 관찰하는 것과 동일한 “세상 속의 정보” 위에 운전자가 주행 중에 필요로 하는 전자 정보를 추가적으로 중첩한 후 이러한 정보를 HDD 방식으로 제시하는 절충적 증강현실 항법 시스템(Nartz 등, 2004)의 효용성을 운전 시 물레이션 방법을 통해 평가하고자 한다.

본 연구의 목적은 HDD 방식의 증강현실 항법 시스템을 제공한 운전 상황과 기존의 그래픽 항법 시스템을 사용한 운전 상황에서 운전자의 운전 수행 및 정보처리에 어떠한 차이가 있는지 밝히는 것이다. 차량 항법 시스템 설계와 관련하여 증강현실 정보를 HDD 방식으로 제공하고 시스템을 평가한 연구 사례는 국내외를 막론하고 매우 부족하다는 점을 고려하면, 본 실험을 통해 HDD형 증강현실 항법 시스템의 효용성에 대한 기초 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 본 연구에서는 이러한 효용성을 운전과 관련된 가장 기본적인 수행 지표인 종적/횡적 추적과제에서의 비교와 함께 증강현실 항법 시스템의 사용으로 인한 운전자의 정보처리 특성(안구운동과 위치탐지)을 병렬적으로 검토함으로써 운전자-증강현실 항법시스템의 상호작용 과정을 다양한 측면에서 살펴보고자 한다.

본 연구에서 실험적 방법으로 비교될 두 가지 유형의 차량 내 항법 시스템이 상대적인 효용성을 갖는다면, 효용성이 더 높은 시스템은 일차적으로 수행하여야 하는 운전뿐만 아니라 시스템과의 상호작용 과정에서 운전자의 작업부하를 더 많이 경감시키고, 이에 따라 본 실험에서 요구되는 몇 가지 과제 및 측정치에서 더 우수한 수행을 보일 수 있을 것이다. 구체적으로, 실험참가자는 차량에 대한 횡

적/중적 추적과제를 더 신속하게 수행할 수 있을 것이고, 운전 중 제시되는 시각자극을 더 정확하고 빠르게 파악(탐지)할 것이며, 시스템과의 상호작용을 위한 안구운동 패턴도 더 효율적일 것으로 기대할 수 있을 것이다.

방 법

실험 참가자

부산의 P대학교 학부생 중 유효한 운전면허증을 소지한 40명이 실험에 참가하였다(실제 운전 여부를 고려할 경우 실험참가자의 선발 가능한 인원이 부족하여 면허소지 여부만으로 실험참가자를 선발하였다). 실험 참가자들의 평균 연령은 24.2세였고(표준편차 = 3.42), 이들 중 남자는 25명, 여자는 15이었다. 이들은 모두 이전에 운전 시뮬레이터를 운전한 경험이 없는 실험참가자들이었다.

운전 시뮬레이터와 운전행동 기록장치

본 실험에 사용된 운전 시뮬레이터는 고정형 시뮬레이터로 차체는 90년식 엑셀이었다. 운전 프로그램은 MS Visual C++로 구현되었고, 운전장면 그래픽은 50 × 40도 크기의 화면을 지원하는 프로젝터(EIKI, KD 7000)에 의해 운전자 전방 1.5m에 있는 대형 화면(4 × 3m)에 투사되었다. 운전자의 차량(시뮬레이터) 제어 행동에 따라 즉각적으로 운전 환경을 변화시킴으로써 실제 운전상황과 유사한 환경을 제공하였으며, 엔진 소음 등의 청각 요소들은 차량의 앞쪽 좌우에 설치된 스피커(Inkel, DJ-81) 두 대를 통해 제시되었다. 그리고 운전

프로그램을 지원하고 데이터를 저장하는 주통제 컴퓨터는 펜티엄 IV(2.4GHz, 512 MB) 급으로 그래픽 가속기(Voodoo 2)와 2분할 화면을 지원하는 Matrox G 450 chip set이 부착된 것을 사용하였다.

운전 상황에 따라 달라지는 운전자의 행동을 실시간으로 측정/저장하기 위해 폐쇄회로 카메라에서 입력받은 네 개의 화면(운전자의 핸들 조작, 액셀러레이터 및 브레이크 조작, 운전 상황 스크린, 그리고 1/100초 단위의 디지털시계)이 제시되는 4화면 분할 모니터(Panasonic, WJ-420)가 사용되었다. 운전자의 손과 발의 움직임은 초소형 폐쇄회로 카메라인 Panasonic GP-LM7TA를 이용하였고, 전체 스크린에 제시되는 운전 장면은 Commax CCM-43LN, 그리고 통계 모니터는 Commax CCM-53N을 통해 기록되었다.

차량항법 시스템

전통적인 2D-그래픽 항법 시스템과 증강현실 항법 시스템의 구현은 차량 대쉬보드 중앙상단(운전자의 우측 상단)에 설치된 7인치 Pen Maunt LCD 터치스크린 모니터(그림 3a)를 통해 제시되었다. 전통적인 2-D 그래픽 항법 장치는 그림 3b에 제시된 것과 같이 현재 일반적으로 운전자들이 많이 사용하는 형태의 지도를 제시하였다. 여기에는 목적지까지의 남은 거리나 회전해야 하는 방향 등과 같은 정보가 제시되었다.

증강현실 항법 시스템은 그림 3c에 제시되어 있는 것과 같이 운전자가 실제 관찰하는 도로 장면 위에 운전자의 운전에 필요한 도로 안내 정보를 실제 운전 장면과 합치되게 제공하는 것으로 이루어졌다. 예를 들어, 운전자가

회전해야 하는 시점이 되면 단말기에 제시되는 화면 위에 화살표를 이용하여 차량의 미래 진행 위치를 표시하여 주었다. 그리고 화면



(a) 항법 장치용 디스플레이



(b) 2D-그래픽 항법 시스템의 예시화면



(c) 증강현실 항법 시스템의 예시화면

그림 3. 본 연구에서의 항법 시스템과 항법 시스템 화면 예시

속 차량의 속도 변화는 규정 속도 표시 밑에 숫자로 제시되었다. 실제 운전 상황과 증강항법 시스템에서 제공되는 정보는 실험 전에 미리 제작되었는데, 차량의 운전속도 정보는 운전속도가 변함에 따라 즉각적으로 제공해 준 반면, 차량이 교차로에서 회전해야 하는 지점에 대한 정보는 차량이 교차로에 도달하기 300m 이전부터 미리 제시해 주었다.

안구운동 기록장치

실험참가자의 안구운동 추적을 위해 안구추적 카메라(모델명 faceLab 4.3)를 이용하였다. 이 장치를 통해 실험참가자의 항법 시스템에 대한 전체 응시빈도와 평균 응시시간을 측정하였다.

실험과제

운전-관련 추적과제

본 연구에서 운전수행 과제는 실제 시뮬레이터 차량을 조작하여 차량의 횡적 혹은 종적 위치를 직접 제어하는 대신, 미리 녹화된 운전 장면에서의 변화에 맞추어 운전자들이 시뮬레이터 차량에 부착된 핸들과 액셀러레이터 혹은 브레이크를 조작하는 것이었다. 예를 들어, 화면에서의 주행 차량이 자신의 차량이라고 생각하고, 주행 차량이 교차로에서 회전하거나 혹은 속도를 줄이는 경우, 이에 맞게 시뮬레이터의 핸들과 브레이크를 이용하여 시뮬레이터를 조작하도록 하였다.

그 이유는 본 연구에서 사용된 운전 장면은 실제 운전 상황을 미리 캠코더를 이용하여 녹화한 것이고, 이렇게 녹화된 화면과 시뮬레이터의 제어장치가 서로 연동시키는 것이 본 연

구에서는 매우 어려웠기 때문이다(이에 대한 내용은 논의부분에서 자세히 기술되어 있다). 그러나 운전 수행이 직접적으로 측정 가능하지 않을 경우, 운전을 모사한 상황에서 운전자에게 횡적/종적 추적 과제를 요구하여 측정치를 수집/비교하는 방법은 실제로 지금까지 여러 연구에서 사용기도 하였다(Allen, Marcotte, Rosenthal, & Aponso, 2005; DeLucia & Mather, 2006; Hole, 2007).

본 연구에서는 실험참가자들의 종적/횡적 추적과제 수행 측정치는 차량 안에 설치된 폐쇄 회로 카메라를 이용하여 녹화한 후 분석하였다. 구체적으로, 종적 추적과제 수행은 화면 속의 차량이 속도를 감속하는 시점부터 실험참가자들이 브레이크를 밟기 위해 액셀러레이터로부터 발을 이탈하기까지의 시간을 측정하여 분석하였고, 횡적 추적과제 수행은 흰색 테이프로 핸들에 미리 표시해 둔 것을 기준으로 화면 속의 차량이 횡적 위치를 변화시키기 시작한 시점부터 실험참가자들이 핸들을 조향하기 시작하기까지의 시간을 측정하여 분석하였다.

시각자극 위치탐지과제

운전자들이 종적/횡적 추적 과제를 수행하는 동안 임의의 시점에서 화면의 네 개 위치 중 한 곳에 무선적으로 빨강색 사각형이 제시되면(그림 4a), 실험참가자는 자극이 제시된 위치를 탐지한 후 가능한 빠르고 정확하게 핸들 중앙에 부착된 키패드를 이용해 자극의 위치와 대응되는 버튼을 누르도록 지시받았다(그림 4b). 예를 들어, 반응키패드의 중앙에 있는 네 개의 버튼에 대해 각각 우측상단, 우측하단, 좌측상단 및 좌측하단의 네 개 위치를 지정하고 실험 전에 자극이 제시되는 위치와 해당 버튼의 위치가 대응되는 것을 확인시켰다.



(a) 자극제시 방법



(b) 반응 키패드

그림 4. 시각자극의 제시위치 탐지 수행 측정 방법

운전자에게 운전 상황이 제시되는 스크린의 사분면에 각각 4개씩의 자극들이 제시되어 총 16개의 시각 탐지자극들이 제시되었으며, 실험참가자들의 위치탐색 반응시간은 시뮬레이터 스크린 위에 표적 자극이 제시된 시점부터 실험참가자들이 키패드의 해당 버튼을 누르기까지의 시간으로 정의되었다.

운전시나리오와 절차

실험 차량이 도심지역을 실제로 주행하는 장면과 이 상황에서 2D-그래픽 항법 시스템과

증강현실 항법 시스템이 제공하는 정보를 일치시켜 운전 시뮬레이션 화면과 항법 시스템에 동시에 일치하여 제시되도록 하였다. 주행 중 날씨는 양호하였고, 주변의 도로 혼잡 정도는 일반적으로 차량이 규정 속도로 운전할 수 있을 정도의 상황이었다. 또한 사전에 촬영된 화면의 편집 과정을 거쳐 운전이 매우 어렵거나 다른 차량과의 심각한 상호작용이 발생하지 않은 경우로 운전 시나리오를 구성하였다. 전체 운전 시간은 실험참가자의 시뮬레이션 멀미감을 방지하고, 운전에만 따른 피로를 줄이기 위해 5분 정도의 주행 시간 안에 주어진 운전 과제와 시각탐지 과제를 완료할 수 있게 구성하였다.

실험 참가자들이 실험실에 들어오면 실험 과제에 미리 기술된 설명서를 읽어주는 방식으로 운전자들이 수행해야 할 과제들을 설명하였다. 실험 과제에 대한 설명이 끝난 후, 시뮬레이터를 실제로 조작해보는 연습을 실시하였는데, 차량 제어에 충분히 익숙해졌다고 판단된 이후 본 실험을 실시하였다. 40명의 실험참가자들은 전통적인 2D-그래픽 항법 시스템이 제시되는 조건과 증강현실 항법 시스템

을 사용하면서 운전하는 조건 모두에서 화면에 제시되는 운전 상황에 맞게 시뮬레이터를 조작하도록 지시받았다. 이와 동시에 운전자 전망의 시뮬레이션 스크린에 운전 상황과 함께 화면의 네 위치 중 한 곳에 무선적으로 제시되는 자극의 위치에 대한 위치탐지 과제를 수행하도록 요구받았다.

실험 설계

본 실험은 실험참가자들이 두 가지 항법 시스템 조건에 모두 무선적으로 할당되는 피험자내 조건(within-subject condition) 설계였으며, 2D-그래픽 조건과 증강현실 조건에 할당되는 순서는 역균형화(counterbalanced) 되었다.

결 과

표 1은 본 연구의 결과를 요약한 것이다. 실험참가자들이 일치적으로 수행하여야 하는 종적/횡적 추적과제 수행과 이차적으로 수행하여야 하는 시각자극 위치탐지 과제 수행 측

표 1. 실험조건별 종속측정치와 t-test 결과

종속측정치 (단위)	실험조건				t
	2D-그래픽		증강현실		
	평균	표준편차	평균	표준편차	
액셀레이터 이탈반응(초)	1.26	0.79	1.29	0.64	-0.39
핸들조작반응(초)	1.33	0.25	1.24	0.28	2.49*
위치탐지과제(초)	1.55	0.32	1.46	0.23	2.13*
응시빈도(회)	21.4	7.0	25.6	9.90	-1.98
평균응시시간(초)	1.84	0.60	1.54	0.61	2.25*

* p < .05

정치, 그리고 이러한 일차과제와 이차과제를 수행하는 동안 실험참가자들의 안구 움직임의 특성이 실험 조건에 따라 차이가 있는지 검증하기 위해 paired t-test를 실시하였고, 통계적 유의도 수준은 5%였다.

운전-관련 추적과제

액셀러레이터 이탈 반응시간과 핸들 반응시간에 대해 paired t-test 분석을 각각 실시한 결과, 종적 추적과제인 액셀러레이터 이탈 반응시간에서는 실험 조건 사이에 차이가 없었던 반면($t(39) = -.39, p > .05$, 그림 5), 횡적 추적과제인 핸들조작 반응시간에서는 2D-그래픽 조건에 비해 증강현실 조건에서 통계적으로 유의하게 빨랐다($t(39) = 2.49, p < .05$, 그림 6).

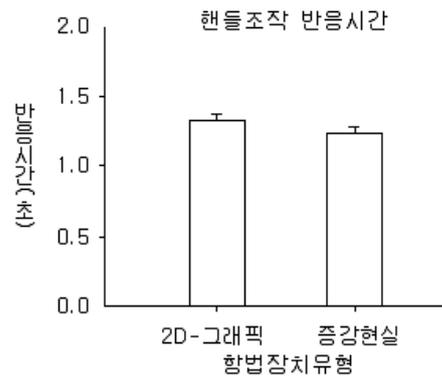


그림 6. 항법 시스템 유형별 핸들 조작 반응시간

항법 시스템 조건에서 더 빨랐다($t(39) = 2.13, p < .05$). 이러한 결과는 2D-그래픽 항법장치 조건에 비해 증강현실 항법 시스템 조건에서 상대적으로 시각적 주의분산이 유의하게 줄어들 수 있다는 것을 시사한다.

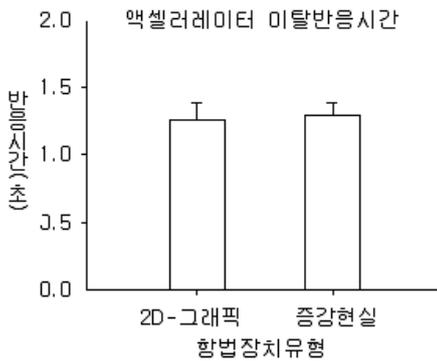


그림 5. 항법 시스템 유형별 액셀러레이터 이탈 반응시간

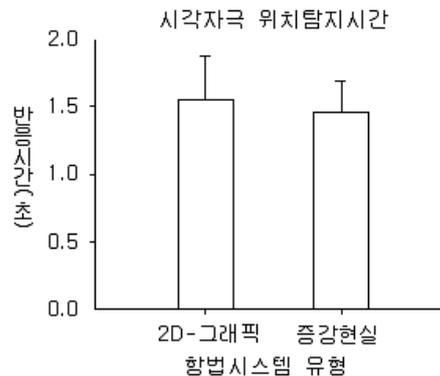


그림 7. 항법 시스템 유형별 위치탐지 시간

시각자극 위치탐지과제

분석 결과(그림 7), 시각자극의 공간적 위치 탐지 과제에서 실험참가자들이 보인 수행은 2D-그래픽 항법 시스템 조건에 비해 증강현실

안구 운동에서의 차이

운전자가 운전 수행 중에 항법장치와 상호 작용하면서 보인 안구운동 패턴을 5분의 운전 수행 중에 총 몇 번이나 항법 시스템을 응시하였는지(전체 응시빈도)와 일회 응시할 때 열

마만큼의 시간(평균 응시시간)이 소요되었는지 분석하였다. 본 연구에서 운전자의 안구운동 패턴에 대한 분석 자료 중 일부는 기술적 결함 등의 이유로 6명의 자료를 제외한 34명의 자료만 분석하였다.

항법 시스템에 대한 응시빈도(그림 8)와 평균 응시시간(그림 9)에 대한 자료를 분석한 결과, 통계적으로 유의하지는 않았지만 2D-그래픽 조건이 증강현실 시스템 조건에 비해 응시빈도가 더 많은 경향이 있었던 반면($t(33) = -1.99, p = .056$), 평균 응시시간은 증강현실 시스템 조건이 2D-그래픽 조건에 비해 통계적으로 유의하게 더 적은 시간이 소요되었다($t(34) = 2.25, p < .05$).

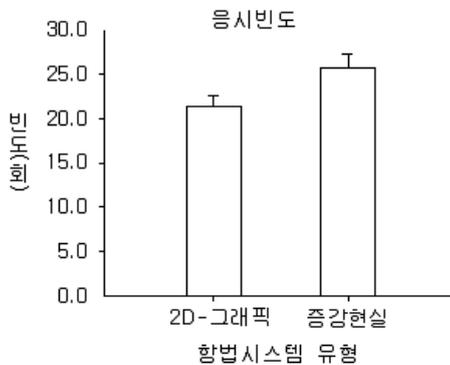


그림 8. 항법 시스템 유형별 전체 응시빈도

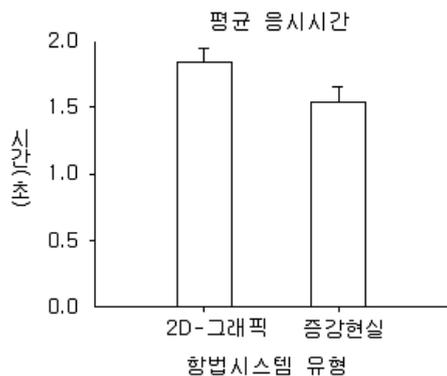


그림 9. 항법 시스템 유형별 평균 응시시간

논 의

지금까지 차량 항법 시스템의 효용성에 대해서는 많은 연구들이 검토하였지만, 연구 대상이 되었던 차량항법 시스템은 컴퓨터에 내장된 그래픽 지도를 제공하는 방식이 대부분이었다(이재식, 1997, 2005; 최원범, 이재식, 2005; 이준범, 공대호, 이재식, 2006). 본 연구에서는 기존의 2D-그래픽 방식의 항법 시스템과 증강현실 기술을 적용한 차량항법 시스템의 효용성을 운전자의 운전-관련 추적과제 수행과 정보처리 및 안구운동 패턴의 측면에서 비교하였다.

본 연구를 통해 증강현실 항법 시스템은 2D-그래픽 항법 시스템에 비해 (1) 운전자의 운전-관련 추적과제 수행 중에서 종적 추적과제보다는 횡적 추적과제에 더 빠른 반응을 이끌어 내었고, (2) 운전자의 시야에 제시되는 시각 자극에 대한 더 빠른 탐지 시간을 유도하였으며, (3) 시스템에 대한 평균 응시시간도 더 짧았다. 이러한 결과를 종합하면, 효용성의 관점에서 증강현실 기술을 적용한 항법 시스템은 기존의 2D-그래픽 항법 시스템에 비해 운전-관련 수행, 정보처리 및 안구 운동 등의 측면에서 상대적으로 더 유리한 것으로 보인다.

일반적으로, 운전자가 필요로 하는 정보를 항법 시스템으로부터 효율적으로 얻기 위해서는 적은 빈도로 항법 시스템을 주시해야 할 것이다. 그러나 단순히 주시 빈도만으로 항법 시스템의 효용성을 평가하기 곤란한데, 그것은 특정 시스템에 대한 응시 빈도가 적다고 하더라도 한번 응시할 때 소요되는 시간이 길다면 운전자들이 일차적으로 수행하는 운전 수행에는 부정적 영향을 줄 수 있기 때문이다. 따라서 바람직한 시스템은 그 시스템에 대한 응시 빈도는 적게 요구하는 대신 한번 응시할

때 정보를 처리하기 위해 소요되는 평균 응시 시간은 더 짧게 요구하는 시스템이라 할 수 있을 것이다.

이러한 관점에서 증강현실 항법 시스템에 대한 평균 응시시간이 기존의 그래픽 항법 시스템에 비해 더 짧았다는 것은 운전 수행에 필요한 동일한 내용의 정보라 할지라도 후자에 비해 전자의 경우에 운전자들이 더 빠르게 획득할 수 있었다는 것을 시사한다. 구체적으로, 본 연구에서 2-D그래픽 조건과 증강현실 조건에서의 평균 응시시간은 각각 1.84초와 1.54초였는데, 이것은 기존의 연구들이 밝힌 평균응시시간에 매우 근접하는 수치이다. 예를 들어, Taoka(1990)의 연구에서는 전통적인 항법 장치에 대한 평균 응시시간이 1.63초였고, Ito와 Miki(1997)의 연구에서는 약 2초 이하였다. 또한 Wierwille (1988)의 연구에서는 요구되어진 과제(예를 들어, 목적지 보거나 회전지점 확인 등)에 따라 평균응시시간은 1.02초에서 1.84초의 범위를 보이는 것이 확인되었다. 따라서 본 연구의 평균응시시간에 대한 결과는 기존의 관련연구의 결과와 대체적으로 유사한 수치를 보였다고 할 수 있다.

운전 수행 중에 항법 시스템에 대한 주시 요구 때문에 운전자의 시각적 주의가 분산될 수 있고 이것은 운전자의 전방에서 발생하는 위험요소의 출현에 대한 탐지 및 이에 대한 반응 수행을 저하시킬 수 있는데, 증강현실 항법 시스템은 이러한 측면에서 기존의 항법 시스템에 비해 더 우월한 것으로 보인다. 또한 비록 차량의 종적 통제에 대해서는 두 시스템에서 차이가 없었으나 차량의 횡적 통제 측면에서 증강현실 시스템 조건에서의 수행이 더 우수했던 것은 이 시스템이 갖는 장점 중 가장 중요한 측면이라 할 수 있다. 다시 말해,

증강현실 항법 시스템은 그림 3의 c에 제시되어 있듯이 회전해야 하는 지점이 나타날 경우 화면에 회전해야 하는 지점과 회전의 방향을 알려주는 화살표가 ‘미리’ 그리고 지속적으로 제시된다. 따라서 운전자들은 화면상의 차량이 횡적 위치를 변경하기 전에 미리 차선변경이나 회전을 준비할 수 있었을 것이다.

횡적 추적과제 수행에 대한 차별적 효과는 달리 두 가지 항법 장치 조건에서 실험참가자의 종적 추적과제 수행에 차이가 없었던 것은 이 두 가지 항법장치들이 차량의 종적 움직임에 대한 정보 제공에서 차이가 크지 않기 때문인 것으로 보인다. 구체적으로 말하면, 증강현실 항법 시스템에서 차량의 종적인 변화에 대한 정보는 화면 속의 차량이 속도를 변화시키에 따라 화면의 움직임이 느려지는 것에 의존해야 하기 때문에 이러한 정보를 항법 장치를 통해 미리 얻기는 어려웠을 것이다.

본 연구는 본 연구결과의 일반화 측면과 실험 방법론적 측면에서 몇 가지 한계가 있다. 첫째, 본 연구에서는 20대 초반의 대학생이 실험에 참여하였다는 점이다. 일반적 운전자의 전체 모집단과 비교하여 이들은 비교적 젊은 운전자들이기 때문에 운전과 관련된 전자 게임 등에 많이 노출되었을 가능성이 높다. 비록 본 연구에서 운전 시뮬레이터를 운전해 본 경험이 있는 실험참가자는 한 명도 없었지만, 이들의 운전 시뮬레이터 운전은 자신이 갖고 있는 운전기술 자체보다는 게임 등에 대한 경험이 많이 영향을 주었을 가능성도 있다. 또한 본 연구의 실험참가자 선발에서 운전 경력을 고려하지 않고 운전면허 소지 여부만을 기준으로 하였기 때문에 본 연구의 결과가 운전 경험에 따라 어떻게 다를 수 있는지 분석하지 못한 한계가 있다.

연구 방법의 관점에서 본 연구가 갖는 가장 중요한 한계 중 하나는 전통적 항법 시스템과 증강현실 항법 시스템의 효용성을 비교/평가 하는데 본 연구가 운전자로 하여금 실제로 운전을 수행하도록 한 것이 아니라, 미리 촬영된 운전 장면에 대하여 운전자들이 자신이 직접 운전한다고 생각하고 화면 변화에 맞추어 차량을 종적으로 혹은 횡적으로 통제하도록 요구하였다는 점이다. 이것은 본 연구에 사용된 운전 시뮬레이터가 갖는 기술적 한계 때문이었다. 다시 말해 본 연구에서 사용된 운전 장면은 미리 캡코더를 이용하여 녹화한 것이고, 이렇게 녹화된 화면과 시뮬레이터의 제어 장치가 서로 상호작용할 수 있도록 하기에는 본 연구자들의 실험장치 역량에 한계가 있었기 때문이다. 그러나 본 실험에서 실험참가자들에게 요구된 추적과제와 실제 차량의 조향과제가 모두 공간적 과제이고, 두 방법 모두 실험참가자들로 하여금 어떤 기준에 대한 목표물의 위치를 지속적으로 감시해야 한다는 것을 생각하면 본 실험에서 사용한 추적과제도 안면 타당도는 있다고 할 수 있을 것이다.

사실, 실험실 연구에서 운전 시뮬레이션을 통해 실제 운전을 요구하는 대신 본 연구에서와 같이 시뮬레이션 화면의 변화에 대한 실험참가자들에게 그 변화를 종적/횡적으로 추적하도록(혹은 변화를 탐지하도록) 요구하는 연구방법을 채택한 사례는 많이 있다. 예를 들어, DeLucia와 Mather(2006)는 운전자가 선행차량과의 차간거리 판단 정확성에 대한 연령 차이를 검토하기 위해 본 연구와 유사한 연구방법을 사용하였다. 구체적으로, 실험참가자들이 시뮬레이터를 직접 운전하는 대신 운전 장면(특히, 선행 차량의 움직임)을 계속 관찰하도록 하고, 임의의 시점에서 화면을 제거하였다.

그리고 몇 가지의 자극 화면 슬라이드를 제시하였는데, 이 슬라이드들은 화면이 제거되기 직전의 장면과 일치하는 것이거나, 선행 차량이 실제보다 더 멀리 혹은 더 가까운 위치에 제시되는 형태였다. 실험참가자의 과제는 선행차량의 위치가 화면이 사라지기 직전의 화면에 비해 어떻게 변화되었는지 판단하는 것이었다. 또한 Allen 등(2005)도 운전자의 운전 속도와 차간거리 유지 수행을 분석하기 위해 이와 거의 동일한 연구방법을 사용하였는데, 이 연구자들은 이러한 방법을 자극-반응 분석 기법(stimulus-response analysis technique)이라고 부르기도 하였다.

그러나 본질적으로 운전 과제가 차량을 직접 제어하고 이에 따라 변화되는 외부 환경에 대하여 다시 피드백하는 일종의 순환적 과정이라는 점을 감안하면, 추후 연구에서는 운전자가 직접 차량을 제어하는 조건(예를 들어, 증강현실 항법 장치가 실제로 구현된 차량을 이용하여 실제 운전환경에서 실험을 수행하거나 혹은 운전자의 시뮬레이터 조작에 따라 운전 장면이 변화되는 조건에서 실험을 수행하는 것 등)에서 증강현실 항법 시스템의 효용성을 살펴볼 필요가 있을 것이다.

또한 본 연구가 두 가지 항법 시스템의 상대적 효용성을 비교하기 위해 운전 수행 과 안구운동을 측정하였지만, 이러한 시스템의 유형에 따른 운전자의 작업부하 수준이 중요한 측정치가 될 수 있다는 점에서 실험 이후에 주관적 평정 측정 방법 등을 통해 운전자의 작업부하 수준을 측정하는 절차가 있었다면 시스템 유형에 따른 효용성 차이를 행동적 수준뿐만 아니라 주관적 평가 수준에서도 비교할 수 있었을 것이다. 이러한 문제도 추후 연구에서 고려되어야 할 것이다.

참고문헌

- 이재식 (1997). 자동차 내 항법 시스템의 정보 제공 형태에 따른 운전자의 정보처리와 운전 통제: 정보의 감각 양상과 제시빈도의 효과. *한국심리학회지: 실험 및 인지*, 9, 43-61.
- 이재식 (2005). 운전자의 상황인식 분석을 통한 운전기술의 핵심적 인간요인 규명. *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 7, 2273-2287.
- 이준범 · 공대호 · 이재식 (2006). 역동적 운전 상황에서 제시되는 정보 자극 유형과 정보 크기가 기억 탐색에 미치는 효과. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 8, 391-406.
- 최원범 · 이재식 (2005). 자동차 항법 시스템 스크린에 제시되는 메뉴 항목수의 변화가 메뉴 선택과 운전 수행에 미치는 효과. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 7, 649-663.
- Allen, R. W., Marcotte, T. D., Rosenthal, T. J., & Aponso, B. L. (2005). Driver assessment with measures of continuous control behavior, *Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*, 165-172.
- Collins, D. J., Biever, J. W., Dingus, T. A., & Neale, V. L. (1999). *Development of human factors guidelines for advanced traveler information systems(atIS) and commercial vehicle operations(cvo): an examination of driver performance under reduced visibility conditions when using an in-vehicle signing and information system(isis)*, Publication No. FHWA-RD- 99-130, US Department of Transportation Federal Highway Administration.
- DeLucia, P. R., & Mather, R. D. (2006). Motion extrapolation of car-following in younger and older drivers. *Human Factors*, 48, 666-674.
- Devernay, F. Mourges, G., & Coste-Maniere, E. (2001). Towards endoscopic augmented reality for robotically assisted minimally invasive cardiac surgery, In *Proceedings of the IEEE International Workshop on Medical Imaging and Augmented Reality*, Shatin, Hong Kong, 16-20.
- Dingus, T. A., Antin, J. F., Hulse, M. C., & Wierwille, W. W. (1989). Attention demand requirements of an automobile moving-map navigation system, *Transportation Research* 23A, 301-315.
- Fadden, D. M., Braune, R., & Wiedemann, J. (1991). Spatial displays as a means to increase pilot situational awareness, In S. R. Ellis, M. K. Kaiser, & A. J. Grunwald(eds.), *Pictorial Communication in Virtual and Real Environments* (pp.173-181), London: Taylor & Francis.
- Hole, G. (2007). *The Psychology of Driving*, NJ: Lawrence Erlbaum Association, Inc.
- Ito, T., & Miki, Y. (1997). Japan's safety guideline on in-vehicle display systems, *Proceedings of the Fourth ITS World Congress*, Brussels, Belgium: VERTIS, CD-ROM.
- Liu, Y. C., & Wen, M. H. (2004). Comparison of head-up display(HUD) vs. head-down display (HDD): driving performance of commercial vehicle operators in Taiwan, *International Journal of Human-Computer Studies*, 61, 679-697.
- Narzt, W., Pomberger, G., Ferscha, A., Kolb, D., Müller, A., Wieghardt, J., Hörtnner, H., & Lindinger, A. (2004). A New Visualization

- Concept for Navigation Systems, *UI4All 2004*, LNCS 3196, 440-451.
- Newman, R. L. (1995). *Head-up displays: Designing the way ahead*, Brookfield, VT: Avebury.
- Scott-Young, S., & Kealy, A. (2002). An intelligent navigation solution for land mobile location based services, *Journal of Navigation*, 55, 225 - 240.
- Taoka, G. T. (1990). Duration of drivers' glances at mirrors and displays, *Institute of Transportation Engineers Journal*, 10, 35-39.
- Tonnis, T., Lange, C., & Klinker, G. (2007). Visual longitudinal and lateral driving assistance in the head-up display of cars, *6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 1-4.
- Webster, A. Feiner, S. MacIntyre, B. Massie, W., & Krueger, T. (1996). Augmented reality in architectural construction, inspection and renovation, In *Proceedings of the Third Congress on Computing in Civil Engineering*, Anaheim, California, 913 - 919.
- Weintraub, D. J., & Ensing, M. J. (1992). *Human factors issues in head-up display design: The book of HUD(SOAR CSERLAC State of the Art Report 92-2)*, Crew System Ergonomics Information Analysis Center, Wright-Patterson AFB, Dayton, OH.
- Wickens, C. D., & Long, J. (1995). Object-vs. space-based models of visual attention: Implications for the design of head-up displays, *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1(3), 179-194.
- Wickens, C. D., Martin-Emerson, R., & Larish, I. (1993). Attentional tunneling and the head-up display, In: Jensen, R. S. (Ed.), *Proceedings of the Seventh International Symposium on Aviation Psychology*, Ohio State University, Columbus, pp.865-870.
- Wierwille, W. W., Antin, J. F., Dingus, T. A., & Hulse, M. C. (1988). Visual Attentional demand of an in-car navigation display system, in A. G. Gale, M. H. Freeman, C. M. Haslegrave, P. Smith, & S. P. Taylor(eds.), *Vision in Vehicles II*, Amsterdam, Elsevier Science, 307-316.

1차 원고접수 : 2009. 07. 29

2차 원고접수 : 2009. 10. 28

최종게재결정 : 2009. 11. 24

Effects of 2D-Graphic and Augmented Reality Car Navigation Systems on Driving Performance and Information-Processing

Jaesik Lee

Sewon Lee

Kyong-Ho Kim

Pusan National University

ETRI

This study aims to analyze and compare relative usability of conventional 2D-graphic in-car navigation system and augmented reality in-car navigation system on driver's information-processing and driving-related tracking performance using driving simulation method. For this purpose, participants were asked to track longitudinal and lateral changes in driving scene and to detect location of target which was provided randomly at one of four location of the screen. Eye movements such as glance frequencies and dwelling time were also measured. The results showed that augmented reality system induced better lateral tracking, faster target detection, and shorter system dwelling time than 2D-graphic system condition. The results implicated that augmented reality in-car navigation system can provide the driver with opportunity of preparing for lateral control of the vehicle by previewing future direction of the car, and allow for them to detect outside hazards with the less cost of system monitoring.

Key words : Augmented Reality, In-Car Navigation System, Driver's Information-Processing Driving-Related Tracking Task