

자동차 항법 시스템의 시각 정보 복잡성이 운전 중 표적 자극 탐색과 운전 수행에 미치는 영향

이 재 식[†]

부산대학교 심리학과

본 연구는 운전 중에 자동차 항법 시스템을 통해 제시되는 다양한 수준의 시각 정보 처리 요구가 표적 항목에 대한 운전자의 탐색 수행과 운전 수행에 어떠한 영향을 미치는지 검토할 목적으로 수행되었다. 실험 1에서는 항법 시스템 사용 자체의 효과를 검증하기 위하여 항법 시스템과 상호작용하도록 요구된 집단과 그렇지 않은 집단으로 구분하였고, 실험 2에서는 항법 시스템을 통해 제시되는 시각 정보의 복잡성 수준을 달리하여 시스템 정보의 복잡성 수준에 따라 운전자의 표적 항목에 대한 선택 반응시간 및 운전 수행의 변화를 살펴보았다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저 항법 시스템을 사용하도록 요구받은 집단은 그렇지 않은 집단에 비해 차량의 종적 통제 보다는 차량의 횡적 통제에 더 많은 영향을 받아 수행이 저조해지는 것이 관찰되었다. 둘째, 항법 시스템에서 제공되는 시각 정보의 복잡성이 증가할수록 표적 항목에 대한 선택 반응 시간이 더 증가하였고, 운전 수행 역시 더 저조해지는 경향을 보였다. 특히 항법 시스템 사용 여부에 따른 운전 수행의 비교에서도 관찰되었듯이 시스템의 정보 복잡성 수준이 증가하여도 차량에 대한 종적 통제보다는 횡적 통제가 더 많은 영향을 받았으며, 제시된 시각 정보가 복잡할 때는 차선침범 횡수뿐만 아니라 차선내에서 차량을 일정한 위치로 유지하는 수행도 저조해지는 것이 관찰되었다.

주요어 : 자동차 항법시스템, 시각정보 복잡성, 운전 시뮬레이션, 시각 탐색, 운전 수행

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

정보 통신 및 컴퓨팅 기술 발달에 힘입은 차량내 항법 시스템은 교통 정보 제공에서부터 최단경로 제시, 위험상황 경보에 이르기까지 여러 가지 정보를 제시하고 있으며 최근 가장 활발하게 상용화되고 있는 시스템 중의 하나이다. 이러한 장치가 운전자와 운전 행동에 미치는 다양한 영향들에 관해서 광범위한 연구들이 수행되었다.

인간이 가진 가용한 자원은 한정되어 있으므로 운전이라는 일차과제에 추가된 자동차 항법 시스템 사용이라는 이차과제는 운전자의 주의를 분산시킨다. Dingus, Antin, Hulse, 그리고 Wierwille(1988)는 운전자가 운전하면서 수행하게 되는 여러 가지 부가적인 과제(예를 들면 좌/우회전 신호 확인, 속도계와 연료 확인, 라디오 조정 등)를 수행하는 데 평균 0.30초~1.14초가 걸리며 평균 응시 회수는 0.63회~6.91회라고 보고하고 있다. 이러한 결과는 Ross, Vaughan, 그리고 Nicolle(1997)의 연구에서도 지지된다. 이러한 맥락에서 볼 때 자동차 항법 시스템으로 인해 유발될 수 있는 가장 큰 문제점은 주의 분산이다.

자동차 항법 시스템을 통해 목적지 방향을 확인하고, 목적지까지의 거리를 추정하며, 그리고 교차로나 다음 주행 도로명을 확인하는데 평균 1.57초~10.63초 정도의 시간이 소요된다(Dingus & Hulse, 1993; Dingus 등, 1988). Dingus, Hulse, McGhee, 그리고 Manakkal(1994)은 청각정보의 유무, 시각 정보의 형태, 그리고 전통적인 지도 제시에 따라 운전 수행 정도가 다름을 보여주고 있는데 이들은 그 원인을 각 디스플레이에서 요구되는 인지적 주의 분산 정도가 상이하기 때문인 것으로 해석하고 있다. 특히 이러한 주의 분산 문제는 다양한 요인들, 즉 정보의 제시 방법(중심시, 주변

시), 제공 양상(시각, 청각), 연령, 그리고 제공된 정보의 복잡성에 따라 그 정도가 다르다(Pauzie & Anadon, 1996).

여러 연구들을 통해 최소한의 주의부담을 주면서 항법 시스템을 사용하는, 즉 일차과제인 운전 행동을 안전하게 하면서 효과적으로 자동차 항법 시스템을 이용할 수 있는 가이드 라인을 제시하고자 하는 노력이 이루어져 왔다. Labiale(1996)는 시각 정보인 경우 영어 단어 기준으로 6~8 단어가 최적이라고 제안하였고, Ross, Vaughan, 및 Nicolle(1997)은 운전자 제어 장치의 조작은 1~2초 이내로 하고 색깔 배합은 휘도 대비 1.5이상, 전자 지도의 제시 방위가 운전 주행 방위와 일치하는 지도 제공, 교차로 수가 5개 이하인 정보 형태를 제안하였다. 또한 정보 제공 양상의 측면에서 볼 때 시각 주도적인 운전 과제에 투입되는 주의량과 자원이 상충되지 않도록 청각적으로 정보를 제시하는 것이 바람직하다는 의견도 제안되어 왔다(Labiale, 1990; Srinivasan & Jovanis, 1997; Streeter, Vitello, & Wonsiewicz, 1985).

최근의 연구들에서는 다양한 변인들을 조작하여 인간 공학적인 항법 시스템을 제안하고 있는데, Akamatsu, Yoshioka, Imacho, Dairon, 그리고 Kawashima(1997)는 특히 도로명을 제시할 때 좋은 가시도나 가독성이 보장되는 것이 보다 효율적인 항법 장치라고 제안하였고, Srinivasan과 Jovanis(1997)는 청각 정보를 지원하는 전자 항법장치의 우수성을, 그리고 Burnett와 Joyner(1997)는 지도-기반 항법 장치보다는 상징-기반 항법 장치의 효율성을 보여주었다. 또한 퍼지 신경망을 이용한 적응적 항법 장치도 제안되고 있으며(Chiang, 1999; Pang, Takahashi, Yokota, & Takenaga, 2002), 효과적인 항법 시스템을 구성하기 위한 하위 장치들의

통합 과정도 소개되고 있다(Hogan, 1995). Harms와 Patten(2003)은 항법 장치가 특히 주변 시 탐지 과제에서 반응시간과 적중률에서 효과가 있음을 보여주었고, Piechulla, Mayserb, Gehrkec, & Konigc(2003)는 상황에 따라 정보 제시를 필터링하는 적응적인 인터페이스가 운전자의 작업부하를 감소시킨다고 하였다. 또한 종이 지도나 도로 표지판과 같은 전통적인 정보제공 방식과 차량내 항법장치의 비교(Uang & Hwang, 2003; Wochinger & Boehm-Davis, 1997) 뿐만 아니라 개발된 차량내 항법 장치 간의 비교도 이루어지고 있다(Eby & Kostyniuk, 1999; Inman, Sanchez, Porter, & Burnstein, 1995).

연구의 목적과 개요

자동차 항법 시스템의 사용 상황은 크게 두 가지로 구분될 수 있을 것이다. 가장 보편적으로는 운전자들이 운전 이전(pre-drive)에 원하는 목적지를 항법 시스템에 입력한 후 시스템에 의해 자동적으로 제공되는 노선 정보를 시각/청각적으로 확인해 가면서 운전하는 경우이다. 이 경우에는 운전자가 항법 시스템 스크린의 변화를 관찰하면서 운전을 수행하는 비교적 단순한 과제(즉, “스크린 변화 → 확인”의 연립쌍이 반복되는 것)가 수행된다고 할 수 있다.

그러나 Dingus 등(1988)도 지적했듯이 항법 시스템과 상호작용하는 상황에서 가장 중요하게 고려되어야 하는 상황은 운전자가 운전을 수행함과 동시에 추가적인 노력을 통해 항법 시스템을 조작하는 경우이다. 예를 들어, 운전 중에 있는 운전자는 운전 전에 설정해 놓은

경로를 변경하기 위해 추가적인 조작을 하거나, 도로 정보 이외에 다른 부가적 서비스를 탐색하여 선택하거나, 혹은 어느 정도로 자세하게 운전하는 지점에 대한 정보를 표시하게 할 것인지(즉, 줌인과 줌아웃 기능 등을 통한 도로 지도의 축척 조절) 등의 과제를 수행해야 한다. 이러한 경우에는 항법 시스템과의 상호작용으로 인한 운전자의 주의 분산 문제가 심각하게 고려되어야 한다.

항법 시스템과 상호작용하는 운전자의 주의 분산과 관련하여 고려되어야 하는 문제는 크게 두 가지이다. 첫째는 특정 시점에서 항법 시스템이 제공하는 정보의 복잡성이다. 즉, 제시되는 항목수가 많을 경우 운전자들은 이러한 시각 자극들 중에서 원하는 목표 항목을 탐색하는 과제의 부담은 증가할 수 있다. 둘째는 운전 중의 운전자들이 시야를 차량내로 이동한 후 원하는(혹은 요구되어진) 과제를 수동적으로(manually) 직접 수행하는지의 여부이다. 예를 들어 운전 중 휴대폰 사용의 경우 통화를 하는 경우보다는 전화번호를 누르는 등의 시각적/행동적 요구가 동시에 있을 때 일반적으로 위험한 상황이 초래될 수 있다는 점(예를 들어, Redelmeier & Tibshirani, 1997)을 감안하면 이러한 상황에서의 운전자 주의분산은 항법 시스템과의 상호작용 과정에서도 중요하게 고려되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 운전 중에 있는 운전자들에게 항법 시스템을 통해 제공되는 다양한 복잡성 수준의 시각 정보들을 탐색하여 목표 자극을 수동적으로 직접 선택하도록 하였을 이러한 다양한 수준의 시각 정보 처리 및 반응 요구가 표적 항목에 대한 운전자의 탐색 수행과 운전 수행에 어떠한 영향을 미치는지 검토하고자 한다.

본 연구에서는 시각 정보의 복잡성을 어떻게 정의하여 조작할 것인지를 결정하는 것이 매우 중요한 문제이다. 앞서서도 언급되었듯이 Labiale(1996)는 시각 정보인 경우 영어 단어 기준으로 6~8 단어가 최적이라고 제안하였고, Ross, Vaughan, 및 Nicolle(1997)은 교차로 수가 5개 이하인 정보 형태를 제안하였다. 특히, Labiale(1996)가 제안한 6~8개의 단어는 지명이나 도로명이 아니라 문장 속에 포함된 단어 수이다. 예를 들어, "Traffic Jams"라는 시각 메시지에는 두 개의 단어가 포함된 것으로 간주한다.

또한 이들의 연구는 모두 영어 단어를 기준으로 하고 있기 때문에 한국어 단어를 기준으로 "얼마나 복잡한 것이 복잡한 것인가?"를 결정하기가 매우 어려운 문제이다. 따라서 기존 연구들에 비추어 시각 정보의 복잡성의 수준을 결정하기보다 본 연구자는 항법 시스템 스크린을 9등분 한 후에 1개(9분면 중 1개 분면에만 자극이 제시되는 것)를 최저 수준으로, 5개를 중간 수준으로, 그리고 9개(즉, 9개 분면 모두에 시각 정보가 제시되는 것)를 최대 수준으로 정의하고자 한다. 그리고 시각 정보의 속성에 대해서는 아래에 다시 기술되어 있다.

실험 1에서는 항법 시스템의 복잡성 효과를 검증하기 앞서 항법 시스템 사용 자체가 운전자의 시각 정보 탐색 및 운전 수행에 어떠한 효과를 가지는지 검증하고자 한다. 이를 위해 항법 시스템이 제공된 집단과 그렇지 않은 집단(통제 집단)으로 구분하고, 항법 시스템의 시각 정보 수는 3~5개의 중간 수준으로 정하였다. 실험 2에서는 항법 시스템을 통해 제시되는 시각 정보의 복잡성 수준을 달리하여 시스템 정보의 복잡성 수준에 따라 운전자의 표

적 항목에 대한 선택 반응시간 및 운전 수행의 변화를 살펴보았다.

실험 1. 자동차 항법 시스템 사용 효과

방 법

실험참가자

부산 P대학교 학부생 중 운전면허증을 소지한 40명이 실험에 참가하였다. 실험참가자들의 평균 연령은 23.7세(표준편차 4.02)이며 남자 31명, 여자 9명이었다. 이들은 평균 19.4개월(표준편차 26.7)의 실제 운전 경험이 있었으며 자동차 항법 시스템을 사용한 경험은 모두 없었다.

도구 및 실험자극

운전 시뮬레이터 및 항법시스템

본 실험에 사용된 운전 시뮬레이터는 고정형 시뮬레이터로 차체는 90년식 액셀이었다. 운전 프로그램은 MS Visual C++로 구현되었고, 운전 장면에 대한 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.

운전 프로그램을 지원하고 데이터를 저장하

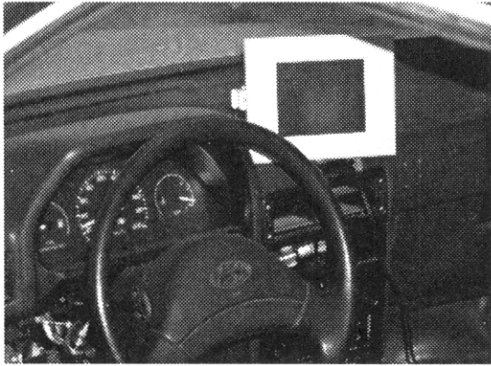


그림 1. 본 연구에 사용된 고정형 운전 시뮬레이터 및 항법 시스템

는 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. 운전자의 행동은 실시간(1/25초 단위)으로 측정되어 데이터베이스(Smart server 825X)에 저장되었다.

자동차 항법 시스템의 구현은 차량 대쉬보드 중앙 상단(운전자의 우측 상단)에 설치된 7인치 Pen Maunt LCD 터치스크린 모니터(최근에 판매되고 있는 항법 시스템들은 대부분 7인치 크기의 화면을 제공하고 있다)에 Flash MX Pro Action Script 2.0으로 제작한 프로그램을 사용하였으며, 실험참가자의 메뉴 선택수행은 같은 프로그램을 사용하여 1/100초 단위로 데이터베이스에 저장되었다(그림 1).

시각정보 자극

앞에서도 언급되었듯이, 본 실험 1에서는 항법 시스템에서 제공되는 시각 정보들을 운전자들이 운전하면서 얼마나 빠르게 탐색할 수 있는지, 그리고 항법 정보의 제공이 운전 수행에는 어떠한 영향을 주는지 살펴보는 것이다. 이를 위해 통제 조건에서는 항법 시스

템의 제공 없이 일상적인 형태의 운전 과제만 수행하게 한 반면, 항법 시스템의 사용조건(이하 사용 조건)에 대해서는 운전 과제 수행과 함께 항법 시스템 스크린에 제시된 항목들(3~5개) 중에서 항법 시스템 스크린의 좌측 상단에 제시된 항목(이하 목표 항목)과 일치하는 항목(이하 표적 항목)을 선택하도록 요구하였다. 시각 자극 항목들은 건물명이나 상호명 혹은 기관명 등을 지도 데이터베이스에서 무선적으로 추출하였는데, 글자 수에 의한 선택 반응 시간의 오염을 방지하기 위해 글자의 수는 4~5개로 통제하였다.

실험 1에서 사용된 항법 시스템의 시각 정보 자극은 실험 2의 그림 4에 제시된 형태와 동일하며 단지 제시되는 항목 수에서만 차이가 난다(따라서 실험 1에 사용된 시각 정보 자극은 그림 4를 참조하기 바란다). 시각 정보 자극은 일반적인 항법 시스템에서 사용되는 전자 지도 형태를 이용하였다. 목표 항목은 터치스크린의 좌측 상단의 고정된 위치에 제시된 반면 표적 항목을 포함한 3~5개의 항목들은 항법 시스템 스크린의 전체 영역에 걸쳐 제시되었다.

그리고 목표 항목과 일치하는 표적 항목의 위치는 시각 탐색 과제에서의 계열적 위치에 의한 효과(예를 들어, Neisser, 1963)를 통제하기 위하여 항법 시스템 스크린 영역에서 무선적인 위치에 제시되도록 하였다. 표적 항목을 탐색하여 선택하는 과제는 총 9회 실시되었는데(3개, 4개 혹은 5개의 항목들이 각각 3번씩) 이들의 제시 순서는 모두 무선화되었고, 운전자의 표적 항목 선택이 종료된 후 새로운 항법 시스템 스크린 화면은 5초에서 20초 사이의 무선적 시점에서 제시되었다.

절차

본 실험 이전에 모든 실험 참가자들은 시뮬레이터의 조작에 익숙해지기 위한 연습 시행을 실시한 후 본 시행을 수행하였다. 연습 시행은 전반적인 시뮬레이터 작동 연습과 항법 장치 사용에 대한 연습으로 이루어졌고 실험 참가자들이 시뮬레이터 작동과 항법 장치 사용에 충분히 익숙해진 후 본 실험을 실시하였다. 운전자가 시뮬레이터 및 항법 시스템에 익숙해지도록 하기 위한 연습 시행의 소요 시간은 대략 3분이었으며, 이 시간은 Horrey & Wickens(2004)의 실험 절차에서 소요된 시간인 5분과 비교하여 약간 짧은 시간이었으나 실험 참가자들이 실험 조건에 익숙해지는 데는 충분하였다. 실험 후에는 간단한 인구학적 질문지를 작성하였다.

실험 참가자들이 주행한 도로는 변화하지 않은 왕복 2차선의 고속 도로였으며, 운전 환경은 시야가 좋은 맑은 날씨였다. 실험 참가자는 운전 시뮬레이터에 탑승하여 운전에 대한 설명을 들었고, 항법 장치 사용 조건인 경우에는 항법 장치 모니터의 화면 좌측 상단에 제시된 목표 항목과 일치하는 표적 항목을 항법 장치의 지도상에 제시된 항목들 중에서 찾아 손을 이용하여 가능한 빠르고 정확하게 눌러 선택하라는 지시를 받았다.

항법 시스템 스크린 상에 시각 정보가 제시됨과 동시에 운전자에게 이를 알려주기 위한 경고 신호가 청각적으로 주어졌고, 운전자가 반응한 결과에 대한 피드백도 고저를 달리한 음을 통해 제공해 주었다. 실험 참가자들은 직선 도로를 주행 속도 70km/h로 유지하고, 중앙선을 침범하여 다른 차선으로 넘어가지 않는 대신 주어진 차선을 유지하며 주행하도

록 지시 받았다. 실험 1의 본 시행은 약 10분이 소요되었다. 항법 장치의 사용 여부 조건은 피험자내 조건으로 모든 피험자들은 통제 조건과 항법장치 사용 조건에 모두 참여하였으며 전체 실험 참가자 중 반은 통제 조건을, 그리고 나머지 반은 항법 장치 사용 조건을 먼저 실시하였다.

중속측정치

실험 1에서의 주요 관심은 운전자가 항법 시스템에서 제시되는 시각 정보들을 탐색하여 표적 항목을 선택하는 과제와 운전 과제를 동시에 수행해야 하는 조건과 항법 시스템을 사용하지 않고 일상적인 운전 과제를 수행하는 조건 사이에 운전 수행의 차이를 보이는지의 여부이다.

두 조건 사이에서 관찰되는 운전 수행의 차이는 목표 운전 속도로부터의 이탈 편차, 차량의 횡적 위치 편차, 그리고 차선 침범 횟수 등의 측정치를 통해 비교하였다. 이 중에서 목표 속도로부터의 편차는 운전자들의 차량에 대한 종적 통제(longitudinal control) 수행을, 그리고 차량의 횡적 위치 편차 및 차선 침범 횟수 등은 차량의 횡적 통제(lateral control) 수행을 반영한다. 일반적으로 위 세 가지 측정치들의 값이 작을수록 더 나은 운전 수행을 나타낸다. 또한 제시되는 시각 정보 항목의 수에 따른 표적 항목 탐색 시간을 항목의 크기에 따라 비교하였다(일차적인 자료 분석 결과 탐색 반응의 에러, 즉 표적 항목 이외에 다른 항목을 선택하는 반응은 거의 관찰되지 않았기 때문에 반응 에러율은 분석에서 제외되었다).

결 과

모든 종속 측정치들에 대해 반복측정 변량 분석을 실시하였으며, 통계적 유의도 수준은 5%로 정하였다. 그리고 추가적 분석이 요구되는 경우(즉, 세 수준으로 조작되었던 시각 정보 항목 수에 따른 시각 탐색 시간의 차이)에는 paired t-test를 이용하여 수준별로 짝 비교함으로써 통계적으로 유의한 차이의 소재를 밝히고자 하였다.

표적 항목 탐색 시간

표적 항목에 대한 탐색 시간은 항법 시스템 스크린에 시각 정보가 제시된 이후부터 실험 참가자가 목표 자극과 동일한 표적 자극을 선택하여 손으로 표적 항목의 위치를 누를 때까지의 시간을 측정하였다. 그리고 표적 항목에 대한 탐색 시간 측정치는 항법 시스템이 제공된 조건에 대해서만 분석되었다.

분석 결과, 시각 자극 항목수가 증가할수록 탐색 반응시간은 통계적으로 유의하게 더 느려졌다, $F(2,78)=24.10, p<.001$ (그림 2). 그리고 추가 분석 결과 제시 항목수가 5개인 경우는 3개인 경우와 4개인 조건에 비해 통계적으로 유의하게 더 느린 탐색 반응시간을 보인 반면 [각각 $t(39)=5.99, p<.01, t(39)=5.54, p<.01$], 항목 수가 3개인 경우와 4개인 경우는 차이가 없었다.

운전 수행 측정치

위에서 언급된 세 가지의 운전 측정치들 즉, 목표 운전 속도로부터의 편차, 차량의 횡적 위치 편차, 그리고 차선 침범 횟수 등은 항법

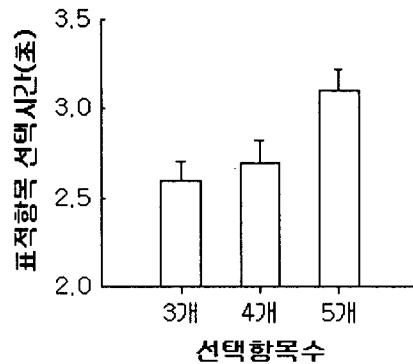


그림 2. 실험 1에서 제시 항목수에 따른 선택 반응시간(오차막대는 표준오차임)

시스템이 제공된 조건과 그렇지 않은 조건에 대해 분석되었다. 그리고 항법 시스템이 제공된 경우는 시각 자극의 항목 수가 무선적으로 변화되며 제시되었기 때문에 각각의 시각 항목 수에 따른 운전 수행 측정치들은 분석되지 않았다(시각 자극 항목수에 따른 운전 수행의 차이는 실험 2에서 비교되었다).

먼저 실험 참가자들이 주어진 목표속도(70km/h)를 얼마나 잘 지키고 운전하였는지를 나타내는 목표 운전속도로부터의 이탈 편차를 계산하여 비교해 본 결과 항법 시스템을 사용한 조건과 사용하지 않은 조건 사이에 유의한 차이가 관찰되지 않았다, $F(1,39)=0.39, p>.10$. 이러한 경향은 차량의 횡적 위치 편차에서도 유사하게 나타났다, $F(1,39)=0.073, p>.10$.

반면 차선 침범 횟수는 두 조건 사이에 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었는데, $F(1,39)=22.40, p<.01$, 실험 참가자들은 항법 시스템을 사용하지 않은 조건에 비해 사용한 조건에서 더 많은 차선 침범 횟수를 보였다(그림 3). 항법 시스템의 사용 여부에 따른 운전 수행 측정치의 차이를 종합하면 실험 참가자들은 차량의 종적 통제보다는 차량의 횡적 통제 부

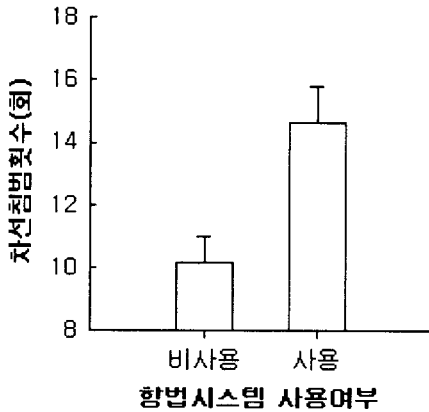


그림 3. 실험 1에서 항법시스템 사용여부에 따른 차선침범 횟수(오차막대는 표준오차임)

분에서 시스템 사용에 의해 더 많은 방해 를 받는다고 결론지을 수 있다.

실험 2. 시각 정보 복잡성에 따른 시각 탐색과 운전 수행

실험 2는 자동차 항법 시스템으로부터 제시 되는 시각 정보의 복잡성이 운전자의 목표 항 목에 대한 시각 탐색 수행과 전반적인 운전 수행에 어떠한 영향을 미치는지 좀더 구체적 으로 알아보기 위한 목적으로 실시되었다. 실험 1에서는 항법 장치의 사용집단과 비사용 집단을 구분한 후 항법 시스템 사용 여부가 운전자의 목표 항목에 대한 시각 탐색 수행과 전반적인 운전 수행에 미치는 영향을 살펴보 았을 때, 항법 시스템에 제시된 시각 정보가 많을수록 목표항목의 선택시간이 증가하였고, 항법 시스템의 사용 여부에 따라 실험 참가자 들은 차량의 종적 통제보다는 차량의 횡적 통 제 부분에서 시스템 사용에 의해 더 많은 방 해를 받는다는 것을 관찰할 수 있었다.

특히 실험 1에서는 항법 시스템에서 제공되 는 시각 항목의 수가 3개에서 5개로 무선적으 로 제시되었기 때문에 제시되는 시각 항목 수 에 따른 목표항목에 대한 탐색시간은 관찰할 수 있었던 반면 항목 수에 따른 운전 수행에 서의 변화는 관찰하기 힘들었다. 예를 들어, 본 연구에서는 각각의 항목 수에 따른 반응시 간은 자동적으로 계산되어 저장되는 반면, 특 정 항목수가 제시되었을 때의 운전 수행은 실험 장치의 한계로 인해 측정하기 어려웠다. 대신 운전 수행 측정치는 특정 실험 조건 의 시각부터 종료까지 통합적으로 계산되었다.

따라서 실험 2에서는 통제집단을 사용하지 않는 대신 항법 시스템을 통해 제시되는 시각 항목 수 조건을 1개, 5개 및 9개로 하여 각 조건에서는 동일한 수의 시각 항목이 제시될 수 있도록 하였다. 이를 통해 시각 항목 수에 따른 운전자의 목표 항목에 대한 시각 탐색 시간뿐만 아니라 운전 수행 측정치에서의 변 화도 시각 항목 수의 조건별로 독립적으로 관 찰할 수 있을 것이다.

방 법

실험참가자

실험 1에 참가했던 동일한 실험 참가자들이 실험 2에도 참가하였다.

도구 및 실험자극

운전 시뮬레이터 및 항법시스템

실험 1과 동일한 운전 시뮬레이터 및 항법 시스템이 사용되었다.

시각정보 자극 및 복잡성

앞에서도 언급되었듯이, 본 실험 2의 목적은 실험 1에서 관찰된 항법 시스템의 시각 정보들의 복잡성에 따른 운전자들의 시각 탐색 반응 패턴을 재확인하고, 또한 동시에 실험 1에서는 관찰하지 못했던 시각 정보의 복잡성에 따른 운전 수행의 차이를 살펴보는 것이다. 시각 정보 자극의 복잡성은 다양한 방식으로 조작될 수 있으나 본 연구에서는 항법 시스템 스크린에 제시되는 자극의 수로 정의하였다. 실험 2에서 사용된 항법 시스템의 시각 정보 자극형태는 그림 4와 같다.

실험 2에서 운전자에게 요구되는 반응은 실험 1과 동일하다. 즉, 일상적인 형태의 운전 과제를 수행함과 동시에 항법 시스템 스크린에 제시된 항목들(1, 5, 혹은 9개) 중에서 항법 시스템 스크린의 좌측 상단에 제시되는 목표 항목과 일치하는 표적 항목을 빠르고 정확하게 선택하는 것이다. 특히 항목의 수가 1개인 조건인 경우는 방해 자극들 중에서 목표 항목과 동일한 표적 항목을 선택적으로 탐색하기 보다는 자극이 제시됨과 동시에 항법 시스템 스크린 상의 특정 위치에 제시된 표적 항목을 선택하기만 되기 때문에 일종의 단순반응을 요구한다고 할 수 있는 반면, 항목 수가 5개나 9개인 경우는 선택 반응을 요구하는 경우라 할 수 있다. 본 실험에서 단순 반응에 해당하는 조건을 추가한 이유는 운전자의 손이 표적 항목까지 이동하여 선택하기까지 소요되는 반응 시간의 기저선을 얻기 위함이었다.

시각 자극 항목들은 실험 1과 마찬가지로 건물명이나 상호명 혹은 기관명 등을 지도 데이터베이스에서 무선적으로 추출하였다. 그리고 실험 1과 마찬가지로 목표 항목과 일치하는 표적 항목의 위치는 시각 탐색 과제에서의

계열적 위치에 의한 효과를 통제하기 위하여 항법 시스템 스크린 영역에서 무선적인 위치에 제시되도록 하였다. 표적 항목을 탐색하여 선택하는 과제는 각각의 시각 정보 항목 수 조건에 따라 총 5회씩 실시되었으며, 실험 참가자가 각 조건에 할당되는 순서는 무선적으로 통제되었다. 또한 운전자의 표적 항목 선택이 종료된 후 새로운 항법 시스템 스크린 화면은 5초에서 20초 사이의 무선적 시점에서 제시되었다. 각 항목 조건을 수행하는데 소요되는 시간은 대략 5분 정도였다.

절차

실험 2에서는 항법 시스템이 제시되지 않는 통제 조건 없이 모든 실험 참가자들이 서로 다른 시각 자극 정보 수 조건에 대해 모두 참여한다는 점을 제외하면 대부분의 실험 절차는 실험 1과 동일하였다. 실험 2의 본 시행은 약 15분이 소요되었다.

종속측정치

실험 2에서의 주요 관심은 서로 다른 수의 시각 정보 항목이 항법 시스템 스크린에 제시되었을 때 이들을 선택하는데 소요되는 반응 시간에서의 차이와 각각의 제시 항목 수에 따른 운전 수행의 차이를 비교하는 것이다. 특히 실험 1과의 가장 큰 차이는 실험 2에서는 시각 정보의 수를 달리한 조건을 블록별로 제시하였기 때문에 각각의 시각 정보 수에 따른 항목 선택 시간에서의 차이뿐만 아니라 운전 수행에서의 차이도 차별적으로 분석할 수 있다는 점이다. 실험 1과 마찬가지로 (1) 시각 정보들을 탐색하여 표적 항목을 선택할 때까



(a) 1개



(b) 5개



(c) 9개

그림 4. 실험 2에서 사용된 항법시스템
스크린 상의 시각 정보 항목 수

지의 시간과, (2) 운전 수행에서의 차이 즉, 목표 운전 속도로부터의 이탈 편차, 차량의 횡

적 위치 편차(차량이 차선의 중앙으로부터 이탈되는 정도), 그리고 차선 침범 횟수가 종속 측정치로 분석되었다. 일차적인 자료 분석 결과 탐색 반응의 에러, 즉 표적 항목 이외에 다른 항목을 선택하는 반응은 거의 관찰되지 않았기 때문에 반응 에러율은 분석에서 제외되었다.

결 과

실험 1과 동일하게 모든 종속 측정치들에 대해 반복측정 변량분석을 실시하였으며, 통계적 유의도 수준은 5%로 정하였다. 그리고 추가적 분석이 요구되는 경우에는 paired t-test를 이용하여 수준별로 짝 비교함으로써 통계적으로 유의한 차이의 소재를 밝히고자 하였다.

표적 항목 탐색 시간

분석 결과(그림 5), 시각 자극 항목수가 증가할수록 탐색 반응시간은 통계적으로 유의하게 더 느려졌다, $F(2,78)=202.45, p<.001$. 그리고 추가 분석 결과 제시 항목수가 1개인 조건과 5개인 조건 사이의 비교, 5개인 조건과 9개인 조건 사이의 비교, 그리고 1개인 조건과 9개인 조건 사이의 비교 모두에서 유의한 차이가 관찰되었다(각각 $t(39)=12.15, p<.01, t(39)=10.84, p<.01, t(39)=16.79, p<.01$). 그림 5에서도 보이듯이 대략적으로 시각 자극이 1개인 경우는 약 2초, 5개인 경우는 3초, 그리고 9개인 경우는 4초를 약간 초과하는 시간이 소요됨을 알 수 있다. 특히, 시각 자극 항목수가 1개인 경우는 앞에서도 언급되었듯이 다른 방해 자극 속에서 표적 항목을 탐색하기 보다

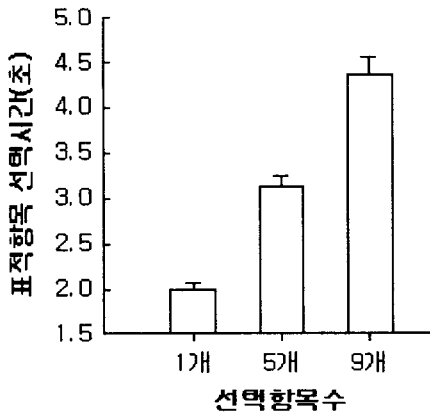


그림 5. 실험 2에서 제시 항목수에 따른 선택 반응시간(오차막대는 표준오차임)

는 주어진 자극에만 반응하는 일종의 단순 반응의 형태이고, 이는 운전자가 핸들로부터 손을 떼어 항법 시스템 스크린에 제시된 표적 항목까지 이동하는 시간 및 표적의 위치에 도달하여 터치스크린을 누르는 과정을 주로 반영할 것이며, 본 실험 2에 기초한다면 그 시간은 대략 2초 정도인 것으로 보인다.

또한 실험 1에서의 5개 시각 자극 조건과 실험 2에서의 5개 시각 자극 수 조건을 비교하면 표적 항목 선택 반응이 대략 3초 정도로 거의 차이가 없음을 알 수 있고, 이는 항목이 3~5개 사이로 무선적으로 제시되든(실험 1) 아니면 자극 수가 5개로 고정되어 항상 동일한 수가 제시되든(실험 2) 항목의 수가 같을 경우 표적 항목을 방해 자극 속에서 찾아 선택적으로 반응하는 시간은 거의 동일함을 알 수 있다.

운전 수행 측정치

운전 수행 측정치들은 실험 1과 동일한 세 가지의 운전 측정치들(즉, 목표 운전 속도로부터의 편차, 차량의 횡적 위치 편차, 그리고 차

선 침범 횟수)이 분석되었지만 실험 1과는 달리 운전 수행 측정치들이 시각 자극 항목 수 조건에 따라 각각 분석되었다.

먼저 실험 참가자들이 주어진 목표속도(70km/h)를 얼마나 잘 지키고 운전하였는지를 나타내는 목표 운전속도로부터의 이탈 편차를 계산하여 비교해 본 결과 시각 정보의 수에 따라 유의한 차이가 관찰되지 않았다, $F(2,78) = 0.78, p > .10$. 차량의 횡적 위치 편차(그림 6)는 실험 1과는 달리 통계적으로 유의하였다, $F(7,78) = 3.79, p < .05$. 추가 분석 결과, 이러한 횡적 위치 편차에서의 차이는 시각 정보 항목 수가 9개였던 조건이 다른 조건들에 비해 횡적 편차가 특히 컸기 때문이었다. 다시 말해 항목 수가 9인 조건은 1개인 조건, $t(39) = 2.45, p < .05$, 그리고 5개인 조건, $t(39) = 2.28, p < .05$,에 비해 모두 통계적으로 유의하게 더 큰 횡적 위치 편차를 보인 반면 1개인 조건과 5개인 조건 사이에서는 통계적으로 유의한 차이가 관찰되지 않았다, $t(39) = 0.03, p > .10$.

이러한 결과는 운전자들의 차량에 대한 횡적 위치 제어 수행은 항법 시스템에서 제공되는 시각 정보 항목 수가 5개인 조건까지는 특

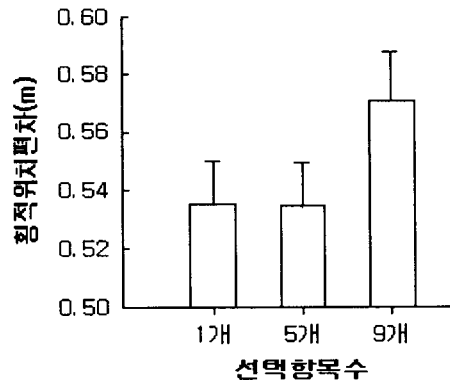


그림 6. 실험 2에서 제시 항목 수에 따른 횡적 위치 편차(오차막대는 표준오차임)

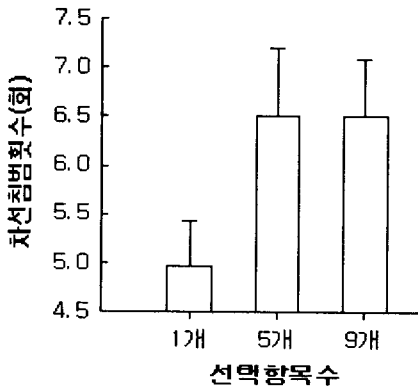


그림 7. 실험 2에서 제시 항목 수에 따른 차선 침범 횟수(오차막대는 표준오차임)

별한 손상을 보이지 않는 반면, 9개 정도의 복잡한 화면에서 항목을 선택하는 경우에는 횡적 위치 제어 수행이 손상을 입을 수 있음을 시사한다.

항법 시스템의 스크린에 제시되는 항목 수가 증가할수록 수행이 저조해지는 경향은 차선 침범수의 비교에서도 관찰되었다, $F(7,78)=5.48, p<.01$. 특히 차선 침범수는 실험 1에서 관찰한 항법 시스템의 사용 여부에 의해서도 차이가 보인 종속 측정치이다. 그림 7은 실험 2에서 관찰된 제시 항목수에 따른 차선 침범수를 보여주고 있다. 추가 분석 결과 제시되는 항목 수가 5개나 9개가 되었을 때가 1개만 제시되었을 때보다 더 많은 차선 침범수를 야기하였으며[각각 $t(39)=2.77, p<.01, t(39)=3.42, p<.05$], 5개와 9개 사이에는 차이가 없었다, $t(39)=0.01, p>.10$.

종합 논의

본 연구는 자동차 항법 시스템을 통해 제시되는 다양한 수준의 시각 정보 처리 요구가

표적 항목에 대한 운전자의 탐색 수행과 운전 수행에 어떠한 영향을 미치는지 검토할 목적으로 수행되었다. 이를 위해 두 개의 실험이 실시되었다. 실험 1에서는 항법 장치 사용 자체의 효과를 검증하기 위하여 항법 장치와 상호작용하도록 요구된 집단과 그렇지 않은 집단으로 구분하였고, 실험 2에서는 항법 시스템을 통해 제시되는 시각 정보의 복잡성 수준(이 복잡성 수준은 항법 시스템 스크린에 제시되는 시각 정보의 항목수로 조작되었다)을 달리하여 시스템 정보의 복잡성 수준에 따라 운전자의 표적 항목에 대한 선택 반응시간 및 운전 수행의 변화를 살펴보았다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저 항법 시스템을 사용하도록 요구받은 집단은 그렇지 않은 집단에 비해 차량의 종적 통제(예를 들어, 주어진 목표 속도를 얼마나 잘 유지하는가) 보다는 차량의 횡적 통제(예를 들어, 차선의 침범 횟수)에 더 많은 영향을 받아 수행이 저조해지는 것이 관찰되었다. 둘째, 항법 시스템에서 제공되는 시각 정보의 복잡성이 증가할수록 표적 항목에 대한 선택 반응시간이 더 증가하였고, 운전 수행 역시 더 저조해지는 경향을 보였다. 특히 항법 시스템 사용 여부에 따른 운전 수행의 비교에서도 관찰되었듯이 시스템의 정보 복잡성 수준이 증가하여도 차량에 대한 종적 통제보다는 횡적 통제가 더 많은 영향을 받았으며, 제시된 시각 정보가 복잡할 때는 차선침범 횟수뿐만 아니라 차선내에서 차량을 일정한 위치(예를 들어, 차선의 중앙)로 유지하는 수행도 저조해지는 것이 관찰되었다.

본 연구에서는 항법 시스템을 통해 제공되는 시각 정보의 수가 많을수록 시각 탐색 및 선택 시간이 통계적으로 유의하게 증가하였으

며, 특히 실험 1에서는 3~5개 사이에도 각기 유의한 차이를 보였다. 시각 정보 항목수와 시각 탐색 시간 사이의 좀더 일반적인 알아보기 위해 실험 1과 2의 자료를 종합하여 회귀 분석을 실시해 보았다. 회귀분석 결과 통계적으로 유의한 회귀식을 구할 수 있었는데, $F(1, 138)=173.88, p<.001$, 설명량=42.2%, 두 개의 실험에서 관찰된 자료와 이를 통합하여 구한 회귀식을 함께 나타낸 것이 그림 8이다. 그림 8에서의 회귀선은 항법 시스템의 스크린에 항목이 하나 더 추가 될 때 마다 약 330msec 정도의 표적항목 선택 반응 시간이 증가한다는 것을 나타낸다. 물론 본 연구에서 사용된 자극의 속성이 다른 항법 시스템과는 많이 다를 수 있으나 이 회귀선은 기본적으로 항목 수의 증가에 따라 선택반응 시간에서 선형적인 관계가 관찰될 수 있음을 시사한다.

운전 수행과 관련하여 실험 1과 2를 종합적으로 검토해보면 운전 수행 측정치들은 항법 시스템을 통해 제시되는 시각 정보의 항목 수

에 따라 차별적으로 영향을 받는 것으로 보인다. 먼저, 차량의 속도 제어와 관련된 목표 속도로부터의 이탈 측정치는 항법 시스템을 사용하는 조건이건 아니면 항법 시스템을 사용하는 조건이라도 제시되는 시각 정보의 복잡성에 상관없이 그렇게 크게 영향을 받지 않는 것으로 보인다.

예를 들어, 항법 시스템의 사용 여부를 검증하였던 실험 1과 항법 시스템의 시각 정보 복잡성을 체계적으로 변화시킨 실험 2 모두에서 차량의 종적 통제 능력을 반영하는 목표 속도로부터의 이탈정도가 조건에 따라 유의한 차이를 보이지 않은 것은 항법 시스템의 사용 여부 및 시스템 정보의 복잡성의 효과를 검출하는데 차량의 종적 통제와 관련된 측정치들은 비교적 민감하지 못한 측정치가 될 수도 있음을 시사한다. 그러나 여기에서는 본 연구의 실험 절차 측면에서 한 가지 추가적으로 고려해야 할 사항이 있다. 즉, 실제 운전 상황에서 운전 속도는 다양하게 변할 수 있으나

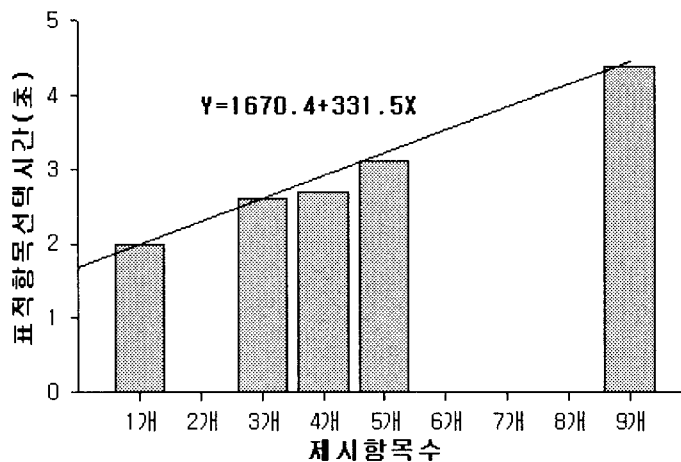


그림 8. 실험 1과 2에서 관찰된 제시 항목 수에 따른 선택 반응 시간의 통합적 분석(Y =예상되는 표적항목 선택시간; X = 항법시스템에서 제시되는 시각 정보 항목수)

본 연구에서는 실험 참가자들이 주어진 목표 운전 속도를 얼마나 잘 유지하면서 운전하는지 관찰하고자 하였기 때문에 특정 운전 속도로 운전하도록 요구하였다. 다양한 목표 운전 속도에 비해 일정한 목표 운전 속도는 상대적으로 더 쉬운 조건이 될 수 있고 이 때문에 실험 1과 2에서 모두 항법 시스템의 사용 여부 및 시스템 정보의 복잡성 효과가 차량의 종적 통제와 관련된 수행 지표에 충분히 반영되지 못했을 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 차량의 종적 통제에 대한 항법 시스템의 사용 여부 및 시스템 정보의 복잡성의 효과를 검출하는데 좀더 다양한 운전 속도 조건을 제시할 필요가 있다.

항법 시스템의 사용 여부 및 시스템 정보의 복잡성이 차량의 종적 통제에는 크게 영향을 미치지 않았던 반면, 차량의 횡적 통제와 관련된 차선내 차량의 횡적 위치 편차 및 차선 침범 횟수는 항법 시스템의 사용 여부 및 시각 정보의 복잡성이 증가함에 따라 차이를 보였다. 우선 차량의 횡적 위치 편차는 시스템의 사용 여부에 따라서는 차이를 보이지 않았으나(실험 1), 시스템에 제공되는 시각 정보가 9개 정도로 비교적 복잡해지면 차량의 횡적 위치 편차에 유의한 차이가 관찰되었다(실험 2). 시각 정보 항목수가 3~5개로 무선적으로 제시되었던 실험 1에서 통제 집단과 시스템 사용 집단 사이에 횡적 위치 편차에서 차이가 없었고, 시각 정보 항목이 1개, 5개 및 9개로 달리 제시되었던 실험 2에서도 항목 수가 1개와 5개인 조건 사이에는 횡적 위치 편차에 차이가 없었던 반면 9개인 조건에서는 1개나 5개 조건에 비해 유의하게 횡적 위치 편차가 증가하였다. 따라서 운전자들은 항목의 수가 9개 정도로 시스템이 제공하는 시각 정보가 복

잡해질 때 횡적 위치 제어에 어려움을 겪기 시작하는 것으로 판단된다. 특히 앞에서 언급되었듯이, 표적 항목 선택시간이 9개의 항목 수 조건에서 대략 4초를 약간 넘는 수준이었다는 점을 감안하면 운전자가 자신이 주행하는 차선에서 차량의 횡적 위치를 충분히 제어하기 위해서는 4초 이상 운전자의 시각 주의를 요구하는 시스템은 운전자의 횡적 차량 위치 제어를 방해할 수 있음을 시사한다.

또 다른 차량의 횡적 통제 수행 지표인 차선 침범 횟수도 항법 시스템의 사용 여부뿐만 아니라 시스템 시각 정보의 복잡성 수준에 따라 모두 유의한 차이를 보였다. 실험 1에서는 항법 시스템을 사용하지 않은 조건에 비해 사용한 조건이 더 많은 침범 횟수를 보였다. 그리고 실험 2에서는 시각 정보 항목 수가 5개 이상인 경우가 단순히 하나의 시각 정보만 제시된 조건보다 더 많은 차선 침범 횟수를 야기하였다. 특히, 운전자의 시각 주의를 많이 요구하지 않고 방해자극 속에서 원하는 표적을 시각적으로 탐색할 필요 없는 단순반응에 비해(즉, 제시된 시각 항목수가 1개이면서 동시에 그 자극이 표적 항목인 경우), 방해 자극이 표적 자극과 동시에 제시된 조건들인 경우(즉, 제시 항목수가 5개 및 9개인 경우)에서 더 많은 차선 침범 횟수가 관찰되었다.

제시된 시각 정보 항목수가 1개나 5개인 조건에 비해 9개인 조건에서 운전자 차량의 횡적 위치 편차가 유의하게 증가한 결과와, 시각 정보 항목 수가 1개인 경우보다 5개나 9개인 경우에 유의하게 더 많은 차선 침범 횟수가 관찰된 결과를 종합하면 차선 침범 횟수 측정치는 차량의 횡적 위치 편차 측정치에 비해 항법 시스템으로부터 제시되는 시각 정보의 수에 대한 운전자의 시각적 주의 분산 및

운전 수행의 손상을 상대적으로 더 민감하게 반영할 수 있는 측정치가 될 수 있다고 판단된다.

본 연구의 방법론에 대해서도 한 가지 논의하고자 한다. 본 연구는 운전자들이 주행하면서 항법 시스템을 통해 제시되는 시각 정보 항목들 중에서 표적으로 제시된 항목을 탐색하여 손으로 선택하는 과제를 사용하였다. 물론 일상적 항법 시스템 사용 조건은 특정 항목을 손을 이용하여 선택하는 과제도 수행하지만 일반적으로 자신이 표적으로 삼고 있는 항목을 “눈으로” 확인해 가면서 주행하는 것으로 충분할 수 있을 것이다. 그러나 본 실험에서는 운전자들이 눈으로 표적 항목을 확인하였다는 것 자체만을 측정하여 분석하는 것이 매우 어려웠다. 뿐만 아니라 본 연구의 목적이 항법 시스템의 사용 여부 및 시스템 복잡성에 따른 시각 탐색 수행과 운전 수행의 변화를 관찰하기 위한 것이었기 때문에 좀더 행동적으로 직접 관찰할 수 있는 방법을 채택하였다. 추후에 운전자의 행동을 직접 요구하지 않으면서 운전자의 시각 탐색 수행을 측정할 수 있는 방법(예를 들어, 신경생리학적 측정도구의 적용)을 병행할 수 있다면 좀더 현실성 있고, 타당도 높은 관찰이 가능할 것으로 판단된다. 또한 본 연구에 사용된 운전 시뮬레이터가 갖고 있는 기술적 한계로 인해 실제 운전자가 관찰하는 도로 상황과 항법 시스템에서 제시되는 도로 상황이 서로 일치되지 않았던 점도 좀더 보완해야 할 측면이다.

본 연구에서는 항법 시스템으로부터 제공되는 청각 정보의 운전 수행에 대한 효과는 고려하지 않았다. 일반적인 항법 시스템은 청각 양상(modality)을 통해 목표 지점에 접근하였을 때 운전자가 취할 행동을 명령하거나(예를 들

어, “200m 앞에서 우회전 하세요” 등) 혹은 특정 지점에서 운전자의 주의가 요구될 때 이를 환기시켜주는(예를 들어, “이 지점은 사고다발 지점입니다” 등) 기능이 대부분이다. 그러나 운전 과제 자체가 시각적인 것이기 때문에 청각적으로 제시되는 정보도 매우 유용할 것이다(예를 들어, Labiale, 1990. 그러나 청각 정보 사용에서의 주의할 점에 대해서는 Dingus & Hulse, 1993도 참조하라). 따라서 추후 연구에서는 시각 정보와 청각 정보가 동시에 제공되는 상황도 고려하여 이때의 항법 시스템과 상호작용하는 운전자의 운전 수행 변화도 관찰해야 할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 이재식, 김비아, 유완석. (1999). 음주와 피로가 주의분산과제와 운전수행에 미치는 영향: 운전 시뮬레이션 연구. 한국심리학회지: 산업 및 조직, 12, 91-107.
- Akamatsu, M., Yoshioka, M., Imacho, N., Daimon, T., & Kawashima, H. (1997). *Analysis of driving a car with a navigation system in an urban area*. In Y. I. Noy(Ed.), *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces* (pp. 85-95). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Burnett, G., & Joyner, S. (1997). *An assessment of moving map nad symbol-based route guidance systems*. In Y. I. Noy (Ed.), *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces* (pp. 115-137). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Chiang, J. (1999). A fuzzy route guidance model

- for intelligent in-vehicle navigation system. *International Journal of Artificial Intelligence and Tools*, 8, 229-237.
- Dingus, T. A., Antin, J. F., Hulse, M. C., & Wierwille, W. (1988). Human factors issues associated with in-car navigation system usage. *Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting* (pp. 1448-1453). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Dingus, T. A., & Hulse, M. C. (1993). Some human factors design issues and recommendations for automobile navigation information systems. *Transportation Research, 1C*, 119-131.
- Dingus, T. A., & Hulse, M. C., McGhee, D. V., & Manakkal, R. (1994). Drivers performance result from the TravTek IVHS camera evaluation study. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting* (pp. 1118-1122). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Eby, D. W., & Kostyniuk, L. P. (1999). An on-the-road comparison of in-vehicle navigation assistance systems. *Human Factors*, 41, 295-311.
- Harms, L., Patten, C. (2003). Peripheral detection as a measure of driver distraction: A study of memory-based versus system-based navigation in built-up area. *Transportation Research, F6*, 23-36.
- Hogan, B. J. (1995, August 28). System integrates data for vehicle navigation. *Design News*, 50, 99-100.
- Horrey, W., & Wickens, C. D. (2004). Driving and side task performance: the effects of display clutter, separation, and modality, *Human Factors*, 46, 611-624.
- Inman, V., Sanchez, R., Porter, C., & Burnstein, L. (1995). *TravTek evaluation: Yoked driver study*. (Report No. FHWA-RD-94-139). Washington, DC: Federal Highway Administration.
- Labiale, G. (1990). In-car read information: comparison of auditory and visual presentation. *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting* (pp. 623-627). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Labiale, G. (1996). *Complexity of in-car visual messages and drivers' performance*. In A. G. Gale., I. D. Brown, C. M., Haslegrave, & S. Paylor (Eds.), *Vision in vehicle - V* (pp. 187-194). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Neisser, U. (1963). Decision time without reaction time. *American Journal of Psychology*, 76, 376-385.
- Pang, G. K. H., Takahashi, K., Yokota, T., & Takenaga, H. (2002). Intelligent route selection in-vehicle navigation system. *Transportation planning and technology*, 25, 175-213.
- Pauzie, A., & Anadon, S. (1996). *Visual requirements of vehicle guidance system: central versus peripheral preparatory information display*. In A. G. Gale., I. D. Brown, C. M. Haslegrave, & S. Paylor (Eds.), *Vision in vehicle - V* (pp. 163-170). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Piechulla, W., Mayserb, C., Gehrkec, H., & Konigc, W. (2003). Reducing drivers'

- mental workload by means of an adaptive man-machine interface. *Transportation Research*, 6F, 233-248.
- Redelmeier, D. A., & Tibshirani, R. J. (1997). Association Between Cellular Telephone Calls and Motor Vehicle Collisions. *The New England Journal of Medicine*, 336, 453-458.
- Ross, T., Vaughan, G., & Nicolle, C. (1997). *Design guidelines for route guidance systems: Development process and an empirical example for timing of guidance instructions*. In Y. I. Noy (Ed.), *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces* (pp. 139-151). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Srinivasan, R., & Jovanis, P. P. (1997). Effects of selected in-vehicle route guidance systems on driver reaction times. *Human Factors*, 39, 200-215.
- Srinivasan, R., & Jovanis, P. P. (1997). *Effect of in-vehicle route guidance systems on driver workload and choice of vehicle speed: Findings from a driving simulator experiment*. In Y. I. Noy (Ed.), *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces* (pp. 97-113). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Streeter, L. A., Vitello, D., & Wonsiewicz, W. (1985). How to tell people where to go: Comparing navigational aids. *International Journal of Man-Machine Studies*, 2, 549-562.
- Uang, S., & Hwang, S. (2003). Effects on driving behavior of congestion information and of scale of in-vehicle navigation systems. *Transportation Research*, 11C, 423-438.
- Wochinger, K., & Boehm-Davis, D. (1997). *Navigational preference and driver acceptance of advanced traveler information systems*. In Y. I. Noy (Ed.), *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces* (pp. 345-362). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- 1 차 원고접수 : 2005. 5. 30
2 차 원고접수 : 2005. 8. 2
최종 게재결정 : 2005. 8. 8

Effects of Visual Information Complexity of In-Vehicle Navigation System on Driver's Visual Search and Driving Performances During Driving

Jaesik Lee

Department of Psychology, Pusan National University

The purpose of the present study was to investigate the effects of visual information complexity(manipulated by the number of information items) of In-Vehicle Navigation System on driver's visual search and driving performances. Two experiments were conducted. In Experiment 1, where the effects of the system use itself on driving performances were primarily examined, drivers in the system use condition showed more lane crossings than control condition. The effect of visual information complexity was investigated in the Experiment 2. The drivers' visual search time was increased as the number of the items on the screen increased. In addition, similar to the result of Experiment 1, drivers' lane crossings were as the number of items increased. However, longitudinal control of the vehicle(i.e., deviation from the target driving speed) appeared to be not affected either by the complexity of the information or the system use itself. Implications from the integrated analysis of the two experiments were discussed in terms of the guideline for the design of the In-Vehicle Navigation System.

key words : In-Vehicle Navigation System, Complexity of Visual Information, Driving simulation, Visual Search, Driving Performance