

자동차의 수동 조작기에 대한 운전자 행동 모델에 관한 연구

유 승 동, 백 승 렬, 박 범
아주대학교 기계 및 산업 공학부

The Study of Model for Driver Performance with Hand Control in Vehicle

Seungdong Yu, Seungyoul Paik, Peom Park
Division of mechanical & industrial engineering, Ajou Univ.

ABSTRACT

현대는 자동차 제조업체나 차종이 매우 다양하다. 따라서 이들은 보다 고객들이 좋아하고 만족할 만한 자동차를 제조하려고 노력하는 실정이다. 하지만 현재 우리나라에서는 자동차와 같은 인간-기계 시스템의 설계 요소들의 인터페이스 구축이 디자이너의 이상적 설계(good design)와 제품 개발자의 공학적 기능 기술에만 상당 부분 의존하고 있다. 따라서 이러한 자동차 내부 인터페이스의 설계에 있어서 인간의 정신적, 육체적 능력을 고려한 HMI설계에 대해서는 상대적으로 등한시 하고 있는 실정이다. 이에 기계의 사용성이나 인간의 인지 능력, 그리고 시스템의 성능을 고려한 인간-기계-시스템 인지 모형 개발 및 사용자 중심의 인터페이스 구축이 시급하다고 여겨진다. 본 연구에서는 동작 분석을 통한 운전 Task상에서의 운전자의 손에 관련된 제어기의 조작 Performance를 설명하고 이에 걸리는 시간을 예측할 수 있는 모델에 대하여 연구하였다. 본 연구결과, 운전자의 Object조작에 대한 손의 움직임은 크게 세가지로 나눌 수 있었으며, 이를 바탕으로 하여, 시각과 손의 조합에 의한 모델을 제시하였다.

1) 본 연구는 1997년 소프트웨어 연구개발 사업(SC-1)의 부분적인 지원으로 수행되었음.

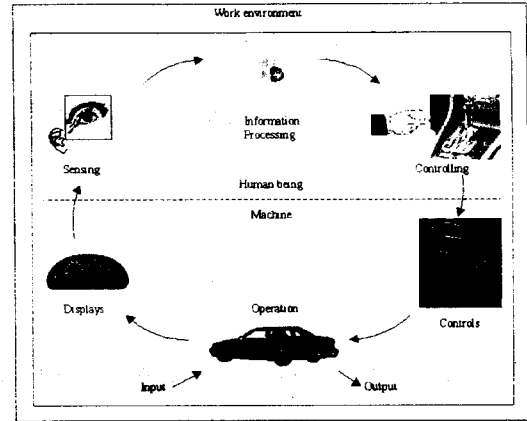
1. 서론

현재 우리나라의 자동차와 같은 인간-기계 시스템의 설계 요소들의 인터페이스 구축이 디자이너의 이상적(ideal)설계와 제품 개발자의 결정에 따르고 있는 실정이다. 그러므로 기계의 사용성이나 인간의 인지 능력, 그리고 시스템의 성능을 고려한 인간-기계-시스템 인지 모형 개발 및 사용자 중심의 인터페이스 구축이 시급하다. 현재까지 많은 연구자들이 이에 관한 연구를 수행하였음에도 불구하고 정형화된 모델이 제시되지 않았으며, 또한 제시되어진 모델들도 시각이나 손에 관해 한 부분에 치우친 결과들이 제시되어 졌었다.

본 연구에서는 시각과 손 양쪽을 모두 고려하여 운전자의 운전 직무 수행중 2차 직무로 이루어지는 차량내 Object의 조작에 대한 손의 움직임을 묘사할 수 있는 모델을 개발 하였다. 이를 위해 대상 Object를 제어하는 직무를 실제 운전 상황하에서 실시하는 실험을 실시 하였으며, 실험 데이터들은 Video 촬영 및 Video 분석을 통해 동작 분석을 실시 하였다.

2. 본론

운전자-자동차 상호작용 시스템은 인간-기계 시스템의 일부중 하나이다. 인간-기계 시스템(Human-machine system)이란 한 사람이나 그 이상이 하나나 그 이상의 물리적 성분과 상호 작용하여, 주어진 입력에 대하여 목적하는 출력을 얻는 것이라 할 수 있다[7][그림 1].



[그림 1] 인간-기계 시스템

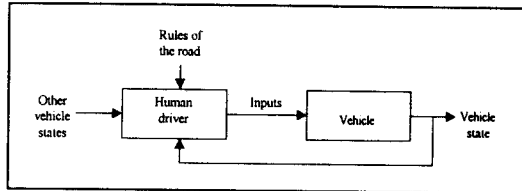
2.1 Driver task analysis

이러한 인간-기계 시스템의 일환인 운전자-자동차 시스템을 이해하기 위해서는 운전자에 대하여 알아야 할 필요가 있다.

안전한 운전을 위해 운전자는 자기 차량의 차선 유지, 장애물의 회피, 교통 법규의 준수, Road sign의 판독 등을 위해 도로의 상황에 매우 많은 주의를 기울이게 된다. 이에 상응하는 자동차 내부의 Display가 만일 인간공학적으로 정의되고 설계되어 있지 않게 되면 이들 device들은 driving requirements들과 충돌을 일으키게 되어 아주 많은 문제들을 야기하게 된다[2]. 또한 자동차를 제어하는 목적에서 보면 자동차-운전자 시스템은 [그림 2]에서 보는 바와 같이 Closed-loop control system으로 모델링 되어진다[1][6][8].

따라서 운전자-자동차 상호 작용 시스템 내에서 자동차의 상태를 제어하고, 이에 대한 정보를 수집 분석하면서 이를 토대로 자동차의 상태 및 주변 상황, 그리고 정보의 창출을 하는 주체는 운전자

가 된다. 또한 운전자-자동차 상호작용 시스템 내에서 이러한 모든것들에 대하여 능동적으로 대처하며 반응 하는 것은 운전자가 단독으로 수행하게 된다. 이와 같으므로 이 상호 작용 시스템 내에서 가장 중요한 부분은 운전자라고 볼 수 있는 것이다.



[그림 2] Closed-Loop Driver-Vehicle System

2.2 Task classification

운전 상황하에서의 운전자의 행동들은 다음과 같이 운전자에게 요구되어지는 자원들에 크게 근거하여 manual only, manual primarily, visual only, visual primarily, visual-manual의 다섯 가지 범주로 나뉘어 질 수 있다[10].

Manual only 직무는 운전자의 시각적 참조 없이 운전자의 손에 의해 수행이 되어지는 직무로서 이는 충분히 습관적인 직무이다.

Manual primarily 직무는 제어를 찾고 그것의 현재 설정을 가능하게 결정하기 위해 시각을 사용하는 직무이다.

Visual only 직무는 자원의 사용의 관점에서 완전하게 혹은 매우 큰 비중으로 시각에 의존하는 직무이다.

Visual primarily 직무는 시각에 거의 모두 의존하지만 약간의 손을 사용한 입력이 필요한 직무이다.

마지막으로 Visual-manual 직무가 있

는데 이 직무는 이들의 상호작용적인 시각적, 수동적 요구에 의해 구분된다.

Visual-manual 직무는 가끔 매우 복잡하고, 운전자의 자원을 가능한 한 범위내에서 요구하게 된다.

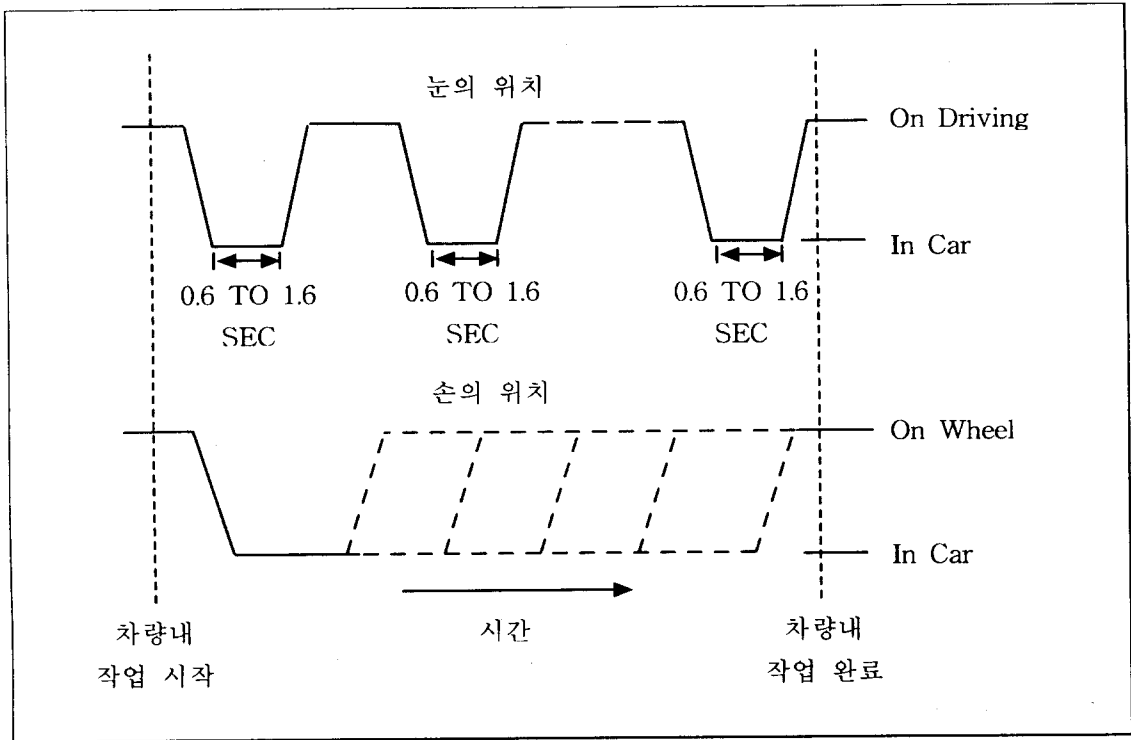
이상의 다섯가지 범주는 측정가능한 입력과 출력, 즉 시각과 수동작을 근거로 했다.

2.3 운전자의 시각적 특성

인간의 눈은 103 cd/m^2 의 밝기에서 1.0 - 2.0 arcmin-1 의 시력(즉 시각 0.5-1 min의 물체구분)을 가지고 있으며 300 cd/m^2 의 밝기에서는 0.02의 대비까지 구별할 수 있다. 또한 시야의 중심 2 범위에서는 1.0-2.0의 시력을 보이나(중심시), 그 주변 20 범위에서는 0.3으로 떨어진다(주변시). 또한 시야는 상하 120, 좌우 200 가까이 된다[11].

운전 활동 동안의 시선 방향의 변동은 대개의 경우 6의 각을 상회하지 않고 또 대부분의 시선 고정지속 시간은 0.1과 0.35초 사이에 머무르고 있는 것처럼 보인다. 모든 응시의 약 90%는 중심적 응시점에서와의 ± 4 편차 영역(확대의 초점, 다시 말해서 예컨대 어느 도로의 원근적 소진점(Fluchtpunkt)과 같이 시계가 확대되고 있는 점)에 있다고 가정될 수 있다.

시선 고정화는 가장 많은 정보를 제공해 주고 있거나 내지는 가장 많은 정보가 기대되고 있는 시계의 부분에 집중된다[3]. 이와 관련된 조사 결과에서는 초보자가 자기의 중심시를 통하여, 그러니까 시선 고정화를 통해 얻게 되는 그런 시각 정보를 주로 처리하고 있다는 점이



[그림 3] 차내 작업 수행에 대한 기본 추출 모델

밝혀 지고 있다[5].

운전자는 운전 활동중에서 주된 정보 수집기관을 주로 시각적인 지각에 많은 부분 의존한다. 비록, 청각등 다른 감각 기관을 이용하기는 하지만 이들은 정보 수집의 역할에 대해서 보조적인 역할을 할 뿐이다[10].

이 과정에서 중요한 측면은 운전자의 시각적 주사패턴(Visual-scan pattern)이다. 운전자의 주사패턴에 관한 연구는 운전 행동을 이해하는데 중요하다. 이러한 패턴은 전형적으로 어느 정도 제어된 조건에서 연구되어지는데, 이에 대한 연구에서 Mourant와 Rockwell[4]은 아이 카메라(Eye camera)를 사용하여 고속도로에서 주행하는 피검자의 눈 동작을 기록하였다. 이 연구에 따르면, 운전자가 현재 운전하고 있는 길에 대한 친근도(familiarity)가 이러한 패턴에서 큰 역할

을 한다. 자신에게 익숙하지 않은 도로에서는 운전자가 대개 전방의 넓은 영역에 대하여 주시를 하고 정보를 획득하지만, 친근도가 증가하면 눈 동작은 좁은 영역에 한정되는 경향이 있다.

운전자의 눈 주사 거동에 관한 다른 보고에 따르면, 초보운전자는 숙련 운전자에 비하여 도로 환경을 좁은 시야에서 바라본다. 따라서 초보자는 현재 주시하고 있는 시야의 주변시야에서는 정보를 별로 얻지 못한다[5]. 전방의 자동차를 따라가는 운전 상황하에서, 운전자는 주로 전방 자동차의 후면의 도로 중앙에 시선을 두며, 교통 제어장치를 보는 데는 시간을 덜 할애한다. 알코올과 피로 역시 환경의 시각적 주사를 감소시킨다. 또한 속도가 증가하면 시각적 주의역이 좁아진다. 이러한 여러 결과는 도로 표지 및 갓길 표시의 위치와 설계에 대하

여 시사하는 바가 있는 것이다.

운전자의 지각은 속도 및 공간의 지각적 판단을 포함하여 운전 과업 측면에 관한 판단을 내리는 근거가 된다. 이는 다시 다양한 주행 상황과 행동에 연루되는 위험도의 주관적 평가의 바탕이 된다.

또한, 운전자가 차내에서 부수적인 작업을 수행할 때, 이러한 작업은 차량 내에서 우선적 작업이 되는 운전 작업과 시간을 분할 해야 한다. 그 이유는 운전자는 어떤 주어진 상황하에서 보다 자세한 정보들을 단지 하나의 자극원로부터 수집을 할 수 있는 하나의 중심시각적 자원을 가지고 있기 때문이다.

이러한 시간공유의 프로세스는 Wierwille[9]에 의해 간단하게 모델지어졌다. 운전자가 차량내에서 시각적 참조가 필요한 어떤 부수적인 작업을 하고 있는 상황에 대해 생각해 본다면, 운전자는 시각적 관점의 필요가 완료될 때까지 작업을 추출한다[그림 3].

운전자는 보통 전방 시야에서 멀리에 있는 대상들에 대해 오랜시간 주시를 하면 않된다는 것과, 또한 시각적 참조가 없이는 차내 작업을 완료할 수 없다는 것에 대해 인지하고 있다. 따라서 운전자들은 요구되어지는 작업을 수행하기 위해 시간 분할 전략을 수립하게 된다.

하지만 일반적으로 운전자들은 손의 작업에 대해서는 시간 분할 전략을 사용하지 않는다. 단지 어떤 특정한 상황하에서만 시간 분할 전략이 사용되어진다. 예를 들어 급커브 상황이나, 위급 상황등과 같은 상황하에서만 시간 분할 전략이 사용되어지는 것이다.

3. Experiment

이와 같은 연구 결과들을 기반으로 본 연구에서는 운전자의 손 움직임의 모델링에 대해 중점적으로 연구를 실시 하였으며, 이에 대한 모델을 구축하기 위해 실험을 실시하였다.

3.1 실험 설계

피실험자는 현재 아주대학교 산업공학과 대학원에 재학중인 석박사 과정의 학생들중, 운전 면허증을 소지하고 있으며, 운전을 해본 경험이 있는 학생들을 대상으로 하였다.

본 실험을 위해서 두 대의 승용차를 가지고 실험 대상 자동차로 선정을 하였다. 두 대의 자동차는 동급으로서, H사의 E자동차, D사의 S자동차를 사용하여 실험을 하였는데, E 자동차는 이전에 출시된 자동차이고, S 자동차는 최신 모델로서 새로 출시된 자동차이다. 각각의 차량에 대하여 피 실험자는 각 10명씩 할당을 하였으며, 피 실험자에게 실제 운전 상황에서 약 20 ~ 30분 가량 운전을 하면서 대상 Object를 제어하게 함으로써 그 동작을 Video를 사용하여 기록하였다. 이때 상황의 제시는 Verbal protocol 및 자유 연상법을 사용하였으며, 동작의 분석 및 패턴 기록은 삼성 My CAM SV-H68 Camcorder를 사용하였고, 대우 DVR-8088 Video를 사용하여 분석을 실시하였다.

3.2 실험 분석 및 결과

실험에 의해 기록된 데이터들을 Video

분석함으로써, 운전자의 동작 분석을 실시 하였다. 동작 분석 결과, 운전자의 손 이동 동작은 크게 3가지로 구분해 볼 수 있었다. 즉, 손을 움직이기 위한 준비동작, 목표 Object 근처까지의 이동 동작, 목표 Object의 선택을 위한 탐색 및 이동 동작으로 구분 되어짐을 알 수 있었다[표 1].

손을 움직이기 위한 준비 동작은 관찰 결과 두가지 형태로 나누어 질 수 있다. 대상 장치를 찾기 위해 시각적 참조를 사용하여 탐색을 하면서 Source point로부터 대상 장치까지 이동할 수 있는 위치로 손을 이동시키는 동작, 일단 손을 어떤 특정한 위치로 움직인 후, 그 자세에서 대상 장치를 탐색하는 동작으로 구분되어질 수 있다. 마지막 동작은 대상 차량의 장치위치에 익숙한 사람에게서 많이 나타났다.

목표 Object 근처까지의 이동 동작은 준비동작이 이루어진 후 이루어지는 동작으로 세가지 동작중 가장 빠른 시간에 동작이 이루어진다. 즉, 대상 장치상의 Object에 대한 대략의 위치 파악이 이루어진 후, 파악된 위치까지 최단 거리로 손을 이동시키는 동작을 의미한다.

목표 Object의 선택을 위한 탐색 및

이동 동작은 위의 두가지 동작이 이루어진 후 이루어지는 동작으로, 이는 지연되는 시간이 가장 길수도 있고 또는 가장 짧은 시간에 이루어 질 수도 있다. 동작의 유형을 살펴 보면, 손을 큰 동작으로 이동시키면서 탐색하는 경우, 손을 정지시키고 대상 Object를 탐색한후 직접 이동하는 경우, 대상 장치에 손을 붙인후 대상 Object를 탐색하는 경우로 유형지어 질 수 있다.

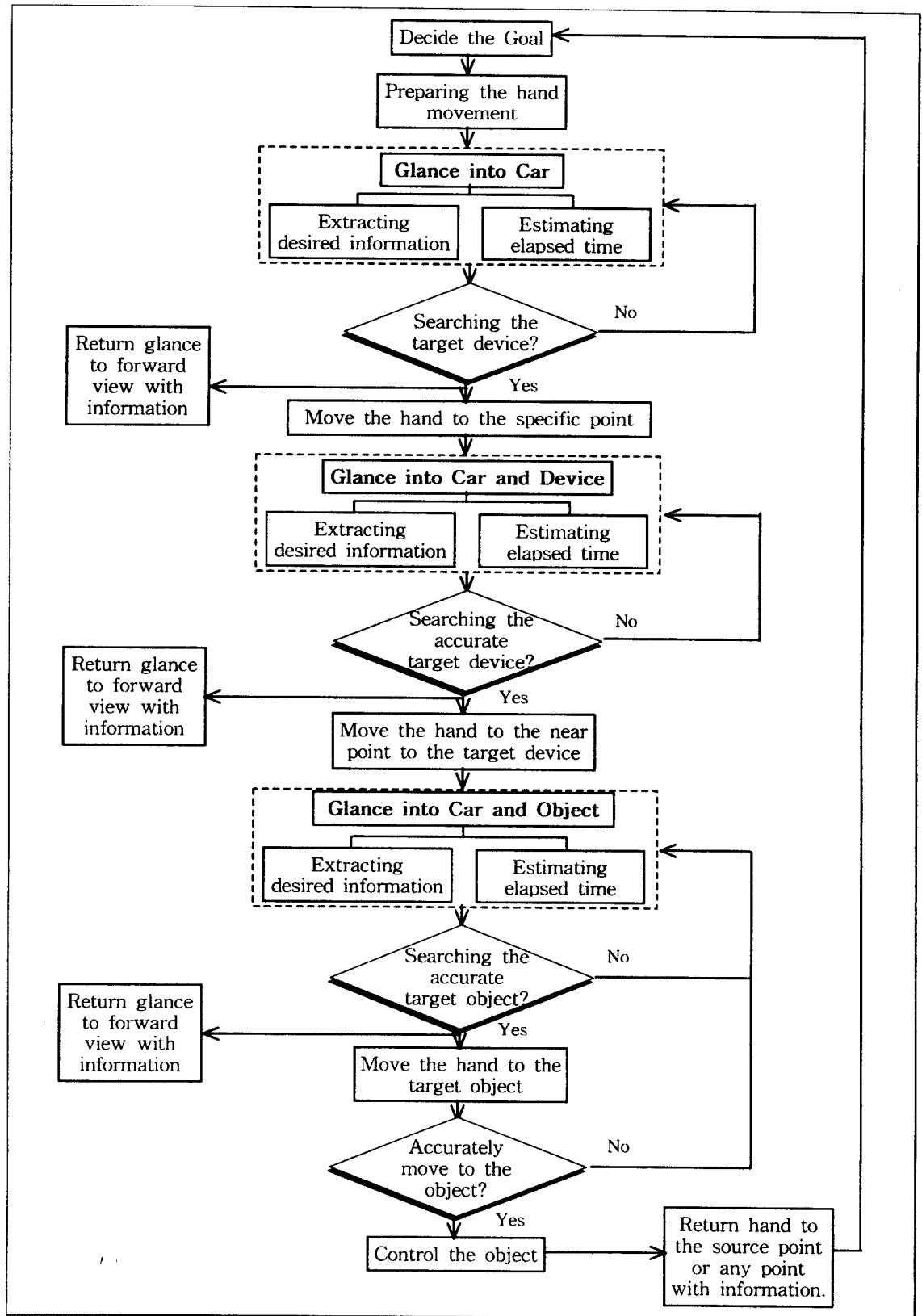
즉, 손의 이동 동작은 위의 세가지 동작의 연속적 동작으로 묘사되어질 수 있다.

이러한 손의 움직임에 대한 동작 분석과 시각적 참조를 위한 시야의 이동을 같이 고려해 본 결과, 다음 [그림 4]와 같은 결과를 도출해 내었다.

운전자가 어떤 특정한 자극원로부터 자극을 제시 받았을 경우(본 실험의 경우에는 Verbal protocol의 형태로 자극을 제시 받음), 운전자는 그 자극원에 해당하는 목표를 결정하게 된다. 즉, 조작해야할 대상 Object를 선정하게 된다. 그리고, 이를 조작하기 위한 손의 움직임을 준비하게 되는데, 여기에는 주변 상황에 대한 인지, 자기 차량의 상태에 대한 인지, 주변 차량의 상태에 대한 인지등이

동작 구분	동작 유형
Preparing the hand movement	불특정한 지점으로 손을 이동
	그 자세에서 대상 장치를 탐색
Move the hand to the near point to the target device	대상 장치의 근처 위치까지 최단 거리로 이동
Move the hand to the target object	손을 큰 동작으로 이동 시키면서 탐색
	손을 정지 시키고 대장 object를 탐색한 후 이동
	대상 장치에 손을 붙인후 대상 object 탐색

[표 1] 운전자의 손 이동의 단계 구분



[그림 4] 장치 조작을 위한 손의 동작에 대한 상세 모델

관여하게 된다. 이러한 모든 상황들이 Object를 조작하기 위한 손의 이동을 위해 충족되게 되면, 운전자는 시각적 참조를 얻기 위해 차량 내부를 잠깐 쳐다보게 된다. 여기에는 대략 0.6sec ~ 1.6sec 의 시간이 소요되는 것으로 알려져 있다. 이를 통해 대상에 대한 정보를 획득하며, 이와 동시에 내부 타이머 (Internal timer)를 사용하여, 경과 시간을 추정한다. 여기서 경과시간에 대한 추정은 운전자들이 오랜시간 전방 시야에서 시선을 옮기고 있는 것은 위험하다는 사실을 깊이 인식하고 있으므로 무의식중에 내부 타이머(Internal timer)를 사용하여 실시한다.

이와 같은 잠깐 쳐다보는 동작을 통해, 운전자는 장치들을 탐색하게 되고, 탐색에 실패하여 만족할 만한 결과를 얻지 못하였을 경우 계속하여 쳐다보거나 전방으로 시선을 옮겨 주변 상황에 대한 인지, 자기 차량의 상태에 대한 인지, 주변 차량의 상태에 대한 인지를 한 후 다시 잠깐 쳐다보는 동작을 하게 된다. 탐색에 성공한 경우는 손을 어떤 특정한 지점으로 이동 시키게 된다. 이 동작은 개인에 따라 손을 이동시키는 지점이 달라지게 된다. 본 실험에 참여한 피실험자들의 경우, 손을 허공의 한 지점으로 이동시키는 사람, 핸들에서 손을 이동시키는 사람, 손을 허공에서 돌리는 사람 등 개인별로 상당히 다양한 양상을 보이고 있었다.

그리고 난 후, 운전자는 잠깐 쳐다보는 동작을 통해, 목표의 대상이 되는 정확한 장치를 탐색하게 된다. 여기서 실패할 경우 위와 마찬가지로 과정을 통해 잠깐 쳐다보는 동작을 하게 되며, 성공

한 경우 그 대상 장치의 근처로 손을 이동시키게 된다. 이 동작은 대략 60 msec 이내로 상당히 빨리 이루어지며, 거의 최단거리로 손이 이동하게 된다.

그리고 난 후, 운전자는 다시한번 잠깐 쳐다보는 동작을 통해, 정확한 대상 Object를 탐색하게 되고, 실패할 경우 위와 마찬가지로 과정을 통해 다시 잠깐 쳐다보는 동작을 하게 되며, 성공한 경우는 그 대상 Object로 손을 이동시킨다. 이때, 손이 대상 Object로 정확히 이동하지 않았을 경우 다시한번 잠깐 쳐다보는 동작을 하게 되며, 정확히 이동하였을 경우는 Object의 조작 단계에 들어가게 된다.

여기까지가 하나의 기능을 수행하는 순서이다. 실제 운전 상황하에서는 이러한 단위적인 프로세스가 연속적으로 일어나게 되는 것을 알 수 있다. 이러한 일련의 프로세스는 운전자들이 거의 무의식적으로 행하는 단계들이 많이 있다. 실제로 실험이 끝난 후 피실험자들에게 이와 같은 프로세스를 제시하였더니, 피실험자의 96%가 전혀 생각하지 않고 행동한 단계가 있었음을 밝혀 내었다.

4. 결론 및 향후 과제

Motor skill processor에 의한 반응 부분에 대한 자세한 모델은 [그림 4]와 같다. 이는 본 실험에 의한 운전 상황에 대한 동작 분석의 결과에 의한 것으로서, Manual only직무와 Visual only직무의 대상이 되는 Object를 제외한 Manual primarily 직무와 Visual primarily 직무, 그리고 Visual-manual

직무의 대상이 되는 Object에 대한 모델이다. 일반적으로 운전 직무가 아닌 부수적인 작업을 하는 경우, [그림 4]와 같은 동작 패턴을 보이고 있다.

본 연구에서 운전자-자동차 상호작용 모델 내에서 수동 조작기의 조작에 대한 운전자의 상세 모델을 구축함으로써 인하여, 운전자의 Performance를 측정하기 위한 토대를 마련하였으며, 본 모델을 기반으로 하여 운전자의 수동 조리기 조작에 걸리는 시간을 예측하기 위한 모델을 구축할 수 있을 것이다. 또한 본 모델을 통해, 운전자의 손의 움직임을 정형화 시킴으로써 어떤 상황 하에서도 운전자 지향적인 제어기들을 제작하는데 도움이 될 것이다.

향후, 본 모델에 근거하여 운전자 손 움직임에 걸리는 시간을 예측할 수 있는 방법에 대한 연구가 요구되며, 이러한 시간 예측을 위한 수식적 연구와 본 연구를 병행하여 운전자에 대한 모델이 구축이 되어야 할 것이다.

이렇게 구축될 모델은 자동차를 설계하는데 있어서 기반이 될 것이며, 자동차 내부의 인간공학적 설계에 상당히 많은 기여를 할 것으로 보인다.

5. Reference

- [1] Forbes, T.W.(ed.), Human Factors in Highway Traffic Safety Research, Wiley-Interscience, 1972.
- [2] Hans Godthelp, Bertold Färber, John Groeger, Guy Labiale, "Chapter 2. Driving: task and environment", Generic Intelligent Driver Support, Taylot&Francis, London:Washington, DC., p 26, 1993.
- [3] Mackworth, N.H. & Morandi, A.J., The gaze selects information details within pictures. *Perception and Psychophysics*, pp.547-552, 1967. 2.
- [4] Mourant, R., & Rockwell, T., "Mapping eye-movement patterns to the visual scene in driving: An exploratory study", *Human Factors*, 12(1), pp. 81-87, 1970.
- [5] Mourant, R., & Rockwell, T., "Strategies of visual search by novice and experienced drivers", *Human Factors*, 14, pp. 325-335, 1972.
- [6] Salvendy, Gavriel (ed.), Handbook of Human Factors, Wiley - Interscience, 1987.
- [7] Sanders, M. and E. McCormick, HUMAN FACTORS IN ENGINEERING AND DESIGN (7th ed.), McGraw-Hill, Inc., New York, 1993.
- [8] Sheridan, Thomas, Telerobotics, Automation, and Supervisory Control, MIT Press, 1992.
- [9] Wierwille, W.W., "Can dash instrumentation visual attentional demand be predicted using the design driver concept?", Paper presented at the Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, January, 1987.
- [10] Wierwille, W. W., "Visual and

manual demands of in-car controls and displays”, *Automotive Ergonomics*, Taylor & Francis, pp. 299-320, 1993.

- [11] 한국표준과학연구원, VR기술동향 및 산업정책에 관한 연구, KRIS-93-078-IR, pp.101-103, 1993.