

자동차 수동 조작에 걸리는 시간 예측에 관한 연구*

A Study of the Time Prediction with Hand Control in Vehicle*

유승동** · 박 범**

Seung Dong Yu** · Peom Park**

Abstract

Consumers turn away their face from a vehicle that doesn't satisfy their sensibility and is designed without consideration of driver's performance. In terms of driver's performance, the manual motor processor carries out the primary interactions between driver and vehicle. Therefore, in this paper, time prediction model is studied that is an important part when drivers manipulate the manual control during driving. Experiments were executed for 20 subjects using two kinds of vehicles and regressed to Fitts' Law. The noise filtering method was suggested for the performance times of manipulating the manual control. Especially, it was shown that Fitts' Law derived by an approximation of Shannon's theorem can predict driver's performance time more appropriately than other methods.

1. 서론

현재 대다수의 자동차 생산 업체들은 운전자-자동차 상호 작용 시스템 내에서 운전자보다는 자동차의 기능적인 측면과 심미적인 관점에 중점을 두고 자동차를 생산하고 있다. 하지만 운전자-자동차 상호작용 시스템을 살펴보면, 인간이 자동차보다는 상위의 개념에 속하는 것을 알 수 있다. 즉, 운전자가 운전 활동의 주체가 되며, 모든 기능들은 운전자에 맞도록 설계가 되어야 하는 것이다. 만일 자동차 내부의 디스플레이가 인간공학적으로 정의되고 설계 되어있지 않게 되면 이들 장치들은 운전 요구 사항들과 충돌을 일으키게 되어 아주 많은 문제들을 야기하게 된다는 것이 Godthelp 등에 의해서도 밝혀졌다[13]. 최근

국내에서도 자동차의 인간공학적 설계에 대한 중요성이 부각되어 이에 관련된 많은 연구들이 이루어지고 있다[1][2][3][4][6][7][8][9][10][11][29].

본 연구에서는 운전자-자동차 상호작용 시스템에서 인간에 중점을 두고, 운전자의 운전 행위의 수행도를 측정하는 방법의 일환으로 운전자가 자동차 내의 제어기를 조작하는데 걸리는 시간에 대하여 연구하였다. 이를 위해 실제 운전 상황에서 운전자가 대상 Object를 조작하는데 걸리는 시간을 설명하기 위한 모델로서 Fitts' Law를 적용해 보았으며, 이 법칙의 여러 형태 중, 운전 활동에 가장 적합한 형태를 찾기 위해 분석을 실시하였다. 또한 이러한 모델을 사용하여 운전자의 인지 지도(Cognitive Map)에 각인된 운전석과 새로운 형태의 운전석, 즉 운전

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

** 아주대학교 기계 및 산업공학부

자들에게 생소한 형태의 운전석에 대한 수행도(Performance)의 비교 평가를 실시하였다.

2. 본 론

2.1 연구 배경

인간은 기계나 시스템에 대하여 크게 세 가지 형태(사용자, 수리자, 설계자)로 포함되게 된다[12]. 이들 중에서 운전자는 운전자-자동차 상호작용 시스템 내에서 주로 사용자적인 측면으로 포함되어지게 된다.

운전자-자동차 상호작용 시스템을 자동차를 사용하고 제어하는 목적에서 보면 운전자-자동차 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 Closed-loop control system으로 모델링 되어진다[16][21][23][24]. 이와 같이 운전자-자동차 상호 작용 시스템 내에서 자동차의 상태에 반응하는 행위는 운전자 단독으로 수행하기 때문에 이 상호작용 시스템 내에서 가장 중요한 부분은 운전자라고 볼 수 있는 것이다.

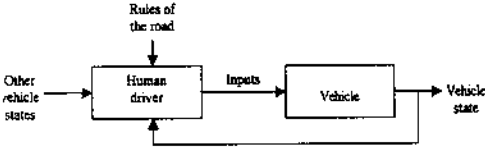


그림 1. Closed-Loop Driver-Vehicle System

운전자-자동차 상호작용 시스템 내에서, 운전 행동에 있어서 자동차와 인간이 구체적으로 상호작용 하는데는, 즉 자동차를 직접 제어하는 데는 인간의 정보처리 단계 중 Motor processor가 상당히 중요한 역할을 하고 있다. 물론 Perceptual processor와 Cognitive processor도 중요한 역할을 하지만 운전자의 차량 제어에 있어서 운전 행동의 Performance에는 Motor processor가 상대적으로 중요한 역할을 하게 되는 것이다[19][25].

인간-자동차 시스템에서의 Motor processor에 관련된 연구로는 주로 운전석 설계에 대한 인체 측정학적인 측면에서의 연구[6][20][22]와 반응시간을 측정하여 위치 등을 결정하는데 대한 연구[2]들이 주로 행해지고 있다. 이와 같은 연구들은 인간의 물리적인 측면을 강조하였고, 일반적인 시간 데이터들의 측정을 통한 운전석 설계를 시

도하였다. 하지만 운전자가 대상 Object들을 조작하는데 걸리는 시간에 대한 일반적인 예측 모델을 중요하게 고려하지는 않았다.

수동작에 관련된 시간 모델을 위한 연구는 Graesser 등 [14]에 의해 수행되었지만 이는 기존의 인지 심리학에서 밝혀진 기본 가설들을 조합하고, 이를 기반으로 사물레이션 모델을 제시하였을 뿐, 실제 운전 상황에 대한 적용은 실시하지 않았다.

따라서 본 연구에서는 기본적인 Perceptual processor와 Cognitive processor들에 대하여는 기존 인지과학, 인지공학, 그리고 인간공학 분야에서 연구되어진 결과들이 적용된다고 가정하고 실제 운전 상황에서의 Motor processor에 의한 순수한 동작 시간에 대해 연구를 수행하였다.

2.2 Fitts' Law

Fitts' Law는 인간의 Performance중 손에 관련된 인간의 Performance를 잘 정형화 해주고 있는 방법이다. 현재 이 Fitts' Law는 HCI (Human - Computer Interaction)분야에서 많이 적용되어지고 있는 방법으로 주로 2차원 입력장치와 3차원 입력장치의 성능 평가를 위해 많이 사용되어지고 있다[5][15][18].

Fitts' Law는 기본적으로 IP (Index of Performance)와 ID (Index of Difficulty)로 MT (Movement Time)을 서술한다.

IP 는 수행도 지수를 나타내는 것으로서 난이도 지수 ID 를 Motor task가 완료될 때까지 걸린 시간으로 나누어줌으로써 계산되어질 수 있다. 따라서 다음의 식과 같이 표시될 수 있다.

$$IP = ID/MT$$

또한 난이도 지수 ID 는 Motor task에 대하여 다음의 식으로 표현되어진다.

$$ID = \log_2(2D/W)$$

여기서

$$MT = ID/IP$$

와 같이 표시되어질 수 있다.

Fitts' Law의 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$MT = n(\tau_p + \tau_C + \tau_M)$$

$$MT = I_M \log_2(2D/W), \quad (1)$$

where $I_M = -(\tau_p + \tau_C + \tau_M) \log_2 \epsilon$.

여기서 n 은 단위시간 움직임의 횟수로 정의되고, τ_p 는 Perceptual processor가 손을 관찰하는데 소요되는 시간, τ_C 는 Cognitive processor가 위치 수정을 결정하는데 소요되는 시간, τ_M 는 Motor processor가 요구된 위치 수정을 수행하는데 소요되는 시간을 의미한다. 그리고 D 는 시작점에서 목적점까지의 거리를, W 는 대상 Object의 폭을 의미한다. 또한 ϵ 는 에러에 대한 상수항으로 다음과 같이 표시된다.

$$\epsilon = \frac{X_i}{X_{i-1}}, \quad \epsilon < 1$$

여기서 X_i 는 i 번째 단위시간 움직임을 이루고난 후의 현재 위치부터 목적지까지의 거리를 나타내는 변수이다.

Fitts' Law는 처음 Fitts에 의해 정형화 된 후, 실제 분야에의 적용에 의해 적합치 않은 분야도 있는 것으로 나타났다. 따라서 많은 사람들에 의해 변형되어져 왔다. 그중 하나는 Welford [26]에 의해 제안된 방법으로 현재 많은 사람들이 수용하고 있는 형태이다. 이는 다음 식 (2)와 같다.

$$MT = a + b \log_2(D/W + 0.5) \quad (2)$$

여기서 a 와 b 는 회귀식의 계수 항이다. 또한 최근에는 Shannon's theorem의 근사치로부터 유도된 방법(식 (3))이 또한 소개되고 있다 [17].

$$MT = a + b \log_2(D/W + 1) \quad (3)$$

또 다른 방법으로는 많은 수의 사람들이 사용하거나 분석하여 좋은 결과를 보이고 있는 방법이 있다[27]. 이는 식 (4)와 같은 식으로 표시된다.

$$MT = a + b_1 \log_2 D \times b_2 \log_2 W \quad (4)$$

이와 같은 식 (1)(2)(3)(4)와 같은 회귀식 형태의 Fitts' Law의 변형 형태가 현재 많이 사용되어지고 있는 형태이다.

3. 실험

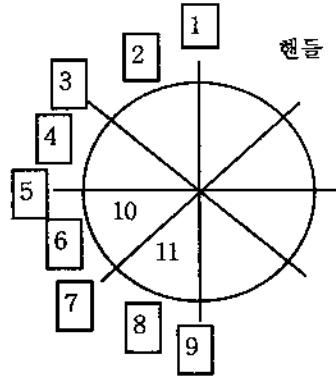
본 실험에서는 Motor processor에 의한 운전자의 제어기를 조작하기 위해 걸리는 동작 시간을 측정하였다. 이를 Fitts' Law에 적용해 봄으로써 수동적으로 제어하는 Object의 조작에 걸리는 시간을 예측하고, 이에 대한 일반 모델을 구축하는 것을 목적으로 하였다.

3.1 실험 설계

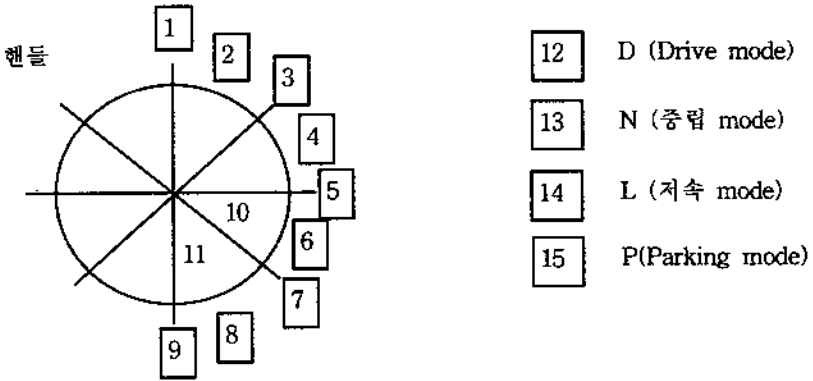
본 실험을 위해서 두 대의 승용차를 가지고 실험을 하였다. 두 대의 자동차는 동급으로서, H사의 E자동차, D사의 S자동차를 사용하여 실험을 하였는데, E 자동차는 1995년 이전에 출시된 자동차이고, S 자동차는 최신 모델로서 1997년 하반기에 새로 출시된 자동차이다. 여기서 E 자동차는 출시된 지 오래되었고 또한 준 중형급을 대표하는 차량으로서 일반적인 운전자들이 상당기간 접해 왔으며, 본 실험을 위해 참여한 피 실험자들도 이에 관련한 설문을 실시한 결과 가장 익숙한 차량으로 선택한 차량이었다. 따라서 운전자의 인지지도(Cognitive map)에 각인되어 보다 익숙한 자동차로서 E 자동차를 선정하였고, S 자동차는 이와 대조군으로서 새로 출시된 자동차들 중 가장 최근에 출시되어 피 실험자들이 한번도 운전해보지 못했거나 경험해보지 못한 차량으로서 선정하였다.

피 실험자는 현재 대학원에 재학중인 석, 박사 과정의 학생들 중, 운전 면허증을 소지하고 있으며, 운전 경력이 1년에서 11년 사이의 학생인 20명을 대상으로 하였다. 피 실험자의 연령은 27 ± 3 세이다.

각각의 차량에 대하여 피 실험자는 각 10명씩 할당을 하였으며, 피 실험자에게 실제 운전 상황에서 대상 Object를 제어하게 함으로써 그 시간을 측정하였다. 이때 상황의 제시는 Verbal protocol을 사용하였으며, 동작의 패턴 기록은 삼성 SV-H68 Camcorder를 이용한 촬영을 통해, 시간의 측정에는 대우 DVR-8088 Video를 사용한 분석을 통해 측정하였다. 분석을 위해 사용된 비디오는 30cut/sec



(a) 왼손의 Source point



(b) 오른손의 Source point

그림 2. 양손에 대한 측정 Source point 영역

의 분석이 가능하다.

본 실험에 들어가기 전에 우선 대상이 되는 Object들의 크기를 측정하였으며, 손의 Source point에서부터 Target point까지의 거리를 측정하였다. 손의 Source point는 Steering wheel과 Gear shift lever로 한정하여 실험을 실시하였다. 이는 운전자들이 가장 중요하게 여기며 또한 가장 많이 사용하는 장치들이기 때문이다[8]. 거리 측정을 위한 손의 Source point는 그림 2와 같이 할당을 하였다. 각 차량에 대한 대상 Object는 다음 표 1과 같다.

이들 Object들에 대하여 각각 차종에 대해 정지 상태와 운전 상태의 두 가지 상황에서 실험을 실시하였다.

우선적으로 피 실험자들에게 Verbal protocol에 대한 숙련도를 높이기 위해 교육을 실시하였다. 여기서 제시된

Protocol은 각 Object들의 이름 중, 그것을 대표할 수 있는 한마디의 단어로 된 것을 사용하였다. 예를 들면, 운전석 좌위 윈도우 스위치는 '운전석'으로, 라디오 볼륨 조절 스위치는 '볼륨'으로 의미를 함축시켜 제시하였다.

다음으로 실제 실험을 실시하였는데, 우선 차량을 정지 시킨 상태에서 각 Object들에 대하여 각각 5 ~ 6회 정도 반복 실험을 실시하였다. 이는 실험도중 외부의 잡음들이나 피 실험자의 부주의에 의해 발생하는 유의한 오동작 데이터들을 추출해 내고 보다 신뢰성 있는 데이터들을 획득하기 위해서 이와 같이 반복 실험을 실시하였다.

이러한 실험의 모든 상황은 Camcorder를 사용하여 기록되었다. 정지 상황에 대한 실험이 끝난 후 곧 바로 운전 상황에 대한 실험을 실시하였다. 운전 상황의 실험 장

표 1. 실험대상 Object

E 자동차	S 자동차
운전석 파워 윈도우 스위치	운전석 파워 윈도우 스위치
조수석 파워 윈도우 스위치	조수석 파워 윈도우 스위치
창문 잠금 스위치	도어 잠금 스위치
차문 여는 스위치	차문 여는 스위치
비상등 버튼	비상등 스위치
라디오 볼륨 조절 스위치	라디오 볼륨
주파수 탐색 Up 버튼	주파수 탐색 Up 버튼
주파수 탐색 Down 버튼	주파수 탐색 Down 버튼
라디오 채널 1	Tape Eject Button
라디오 채널 2	라디오 채널 1
라디오 채널 3	라디오 채널 2
라디오 채널 4	라디오 채널 3
라디오 채널 5	라디오 채널 4
라디오 채널 6	라디오 채널 5
에어콘 On/Off 버튼	라디오 채널 6
풍량 조절 스위치	라디오 채널 7
풍향 조절 스위치	라디오 채널 8
공기 내부 순환 스위치	CDC 버튼
뒷 열선 버튼	TAP 버튼
사이드 브레이크	RAD 버튼
	에어콘 On/Off 버튼
	풍량 조절 스위치
	풍향 조절 스위치
	공기 내부 순환 스위치
	뒷 열선 버튼
	사이드 브레이크

소는 실제 도로 (비교적 교통이 혼잡하지 않거나 실험 수행 시 물의 발생하지 않는 장소)를 선택하였다.

실험을 위해 직진 도로 상에서만 실험을 실시하였는데 이는 안전에 대한 우려 때문이었다. 이때도 정지 상황에서의 실험과 마찬가지로 운전 task를 실시하면서 각 Object들에 대하여 각각 5 ~ 6회 정도 반복 실험을 실시하였다. 이와 동시에 Video 촬영을 실시하였다.

3.2 실험 결과 및 분석

비디오 분석 결과 유의하게 운전자들이 오동작을 한 데이터를 제외하고, E 자동차는 정지 상황에 대하여 880개, 운전 상황에 대하여 777개의 측정치가 획득되었으며, S 자동차에 대하여는 정지 상황에 대하여 1203개, 운전 상황에 대하여 777개의 데이터가 획득이 되었다. 측정의 오

차를 줄이기 위해 같은 동작에 대하여 5회의 시간 측정을 실시하고 이들을 평균냄으로써 그 동작에 대한 시간 데이터로 채택을 하였다. 위에서 얻어진 데이터들을 가지고 이 데이터들이 Fitts' Law에 적합한가를 검증해 보기 위해 회귀 분석을 실시하였다. 분석은 Microsoft(R) Excel 97을 사용하여 분석하였다[28].

각각의 실험에 대한 분석 결과는 다음 표 2와 같다. 이 결과에서 나타났듯이 피 실험자로부터 획득된 원래의 자료는 Fitts' Law에 회귀시키기가 적합치 않다고 판명되었다. 즉, 결정 계수가 $0.074 \leq R^2 \leq 0.327$ 의 값을 가지므로 Fitts' Law로서는 이 데이터들에 대한 설명력이 부족하다는 의미를 가진다.

따라서 이러한 데이터들의 오차항을 줄이기 위해서 다음과 같은 방법으로 데이터들을 Filtering 하였다.

표 2. 각 실험 분석 결과

	모형 (ID = $\text{Log}_2 (D/W+0.5)$)	R ²
S-정지 상황	MT = 392.095 + 60.589 ID	0.132
S-운전 상황	MT = 374.072 + 69.687 ID	0.074
E-정지 상황	MT = 415.668 + 81.607 ID	0.327
E-운전 상황	MT = 462.158 + 78.075 ID	0.178

우선 Filtering 하기 위해 본 실험에 참가한 각각의 피 실험자가 하나의 대상 Object를 조작하기 위해 손을 이동시키는 속도는 한 Object에 대하여 일정하다는 가정을 수립하였다. 즉, 대상 Object들을 조작하는데 있어서 손을 이동시키는 속도를 각각의 피 실험자들이 그 대상 Object들에 대하여 같은 속도감을 가지고 손을 이동시킨다는 것이다. 이와 같은 가정 하에서 한 Object에 대한 이동시간은 잡음(Noise)이 많을수록 길어진다고 볼 수 있다. 즉, 시간이 짧을수록 측정 데이터에 잡음에 관련된 항목들이 적게 관여한다고 볼 수 있는 것이다.

이와 같은 가정 하에 다음과 같은 방법으로 데이터들을 Filtering 하였다.

본 Filtering 기법에서는 손의 이동시간은 대상 Object의 폭(Width)과 거리(Distance)에 영향을 받기 때문에 실제 측정 시간(MT)을 난이도 지수(ID)로 나누어주었다. 이를 통하여 각 대상 Object들의 단위 난이도 지수(ID)에 대한 이동시간(IM)을 구하였다(식 (5)).

$$IM = \frac{MT}{ID} \text{ (msec/bit)} \quad (5)$$

where

IM : Index of Minimum Value

MT : Movement Time

ID : Index of Difficulty

$$= \text{Log}_2(D/W + 0.5)$$

여기서 산출된 각 Object에 대한 IM값들 중, 인간의 동작 시간에 잡음항목이 적게 관여할수록 시간이 적게 소요된다는 가정에 근거하여 Minimum Value에 해당하는 이동시간을 피 실험자의 대상 Object에 대한 대표 시간으로 하여 이를 Fitts' Law에 회귀시켜 보았다. 분석 결과는 표 3과 같다.

분석 결과, 대표 값에 대한 결정 계수가 $0.106 \leq R^2 \leq 0.474$ 의 값이 산출되었다. 이는 Filtering하기 전의 데이터들에 의한 분석 결과보다는 Fitts' Law에 의한 모형 설명력이 증가하였음을 보여준다. 하지만 여전히 Fitts' Law로서는 이 데이터들에 대한 설명력이 부족하다는 결과를 보여주고 있다.

그 이유로는 피 실험자로부터 획득된 데이터들이 상당히 많은 잡음을 포함하기 때문이다. 우선 실험 상황이 엄격하게 통제된 상황이 아닌 실제 상황이고, 또한 정적인 상황이 아닌 동적 상황이다. 따라서 피 실험자의 주의가

표 3. 대표 시간에 의한 각 실험 분석 결과

	모형 (ID = $\text{Log}_2 (D/W+0.5)$)	R ²
S-정지 상황	MT = 350.484 + 54.598 ID	0.160
S-운전 상황	MT = 358.036 + 53.133 ID	0.106
E-정지 상황	MT = 335.926 + 81.879 ID	0.474
E-운전 상황	MT = 378.455 + 76.100 ID	0.298

분산이 될 확률이 증가하기 때문이다.

또한 개인별 오차로서 인간의 활동영역의 한계를 벗어난 대상 Object들의 위치 설계에 의한 몸 전체의 움직임 을 유발하는 경우와, 피 실험자의 손의 이동 경로가 일정 하지 않고 중간의 장애물이 존재 할 경우 그 장애물을 우 회하여 손을 이동시키는 방법의 차이가 비디오 분석을 통 한 상황 분석 결과 나타났으며, 장치의 위치를 탐색하는 데 오랜 시간이 걸리는 경우도 있었고 한 장치에 대한 탐 색시간도 일정하지 않았다. 운전 상황하에서의 실험에서 는 도로 상의 요철, 즉 차량의 흔들림 정도, 주변 차량의 상태 및 존재 여부, 외부 환경의 상황 정보, 장애물 및 보 행자의 존재 여부 등에 의해 상당히 많은 간섭을 받는 것 으로 나타났다. 하지만 이러한 잡음들이 Filtering을 통해 상당히 많이 제거가 되었음에도 불구하고 여전히 모형 설 명력이 높지 않은 것은 또 다른 잡음원이 존재하기 때문 이라고 분석되었다. 실제로 관측 데이터를 분석한 결과 각 피 실험자간의 동작 시간에 대한 오차가 존재하는 것 으로 밝혀졌다. 즉, 같은 대상 Object에 대해서 각 피 실험자간의 동작시간이 다른 피 실험자의 동작 시간과 상 당히 다른 분포를 보이고 있다. 이는 인간의 특성상 획일 화된 시간을 보이기가 어렵기 때문이라고 사료된다. 따 라서 이러한 피 실험자별 오차를 줄이기 위해 각 피 실험 자간 동일한 대상 Object에 대한 대표 시간 값들에 대한 평균을 구하여 Fitts' Law에 회귀를 시켜보았다. 분석 결 과는 표 4와 같다.

분석 결과 평균 시간에 대한 결정 계수가 $0.375 \leq R^2 \leq 0.8$ 의 값이 산출되었다.

이는 대표 시간에 의한 분석 결과보다 좋은 결과치로 서, 이 모형이 어느 정도 이들 데이터에 대해 설명력을 가진다는 것을 알 수 있다. 표 4의 결정 계수 값을 보면

S 자동차의 결정 계수가 E 자동차의 결정 계수보다 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 운전자들이 새로 출시된 신형 모델의 자동차에 기존의 자동차보다 적응을 잘 하 지 못한다는 사실을 입증해 주고 있다. 즉, 운전자들의 인 지 지도(Cognitive Map)에 각인 되어있는 자동차 내부 형 태의 개인적 표준화 정도에 보다 근접하는 대상에 대하 여 보다 잘 적응을 하며, 이 경우 장치 탐색에 걸리는 시 간이 적게 걸린다는 것을 의미한다.

또한, 운전 상황의 결정계수가 정지 상황의 결정 계수 보다 유의하게 작은 양상을 보이고 있는데, 이는 운전 상 황에서 발생하는 잡음(도로 상의 요철, 즉 차량의 흔들림 정도, 주변 차량의 상태 및 존재 여부, 외부 환경의 상황 정보, 장애물 및 보행자의 존재 여부 등)들에 의해 장치 탐색 시간과 손의 이동시간이 상당히 많은 영향을 받 는다는 것을 의미한다.

이는 비디오 분석을 통한 상황 분석에서도 동일한 결 과를 볼 수 있었다.

이와 같은 결과로 볼 때, 운전자의 Object에 대한 손의 이동시간은 Fitts' Law로써 설명이 가능하다고 볼 수 있 다. 단지 여기에 잡음에 관련된 항목들이 첨가됨으로써, 손의 이동시간에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

다음으로 보다 모형의 설명도가 높은 식을 찾기 위해 식 (1), (2), (3), (4)에 평균 시간을 회귀 시켜 보았다. 이 들 각각의 식에 대한 분석 결과는 표 5와 같다.

표 5의 분석 결과에 나타났듯이 Shannon's theorem 의 근사치로부터 유도된 방법(식 (3))이 다른 회귀식보다 모 형의 설명도가 높은 것으로 나타났다. 식 (3)에 의해 분 석된 결과의 그래프는 그림 3과 같다. 또한 이에 대한 ANOVA Table은 표 6과 같다.

표 4. 평균 시간에 의한 각 실험 분석 결과

	모형 (ID = $\text{Log}_2 (D/W+0.5)$)	R^2
S-정지 상황	$MT = 359.340 + 52.175 \text{ ID}$	0.506
S-운전 상황	$MT = 309.879 + 64.722 \text{ ID}$	0.375
E-정지 상황	$MT = 352.301 + 77.837 \text{ ID}$	0.800
E-운전 상황	$MT = 375.502 + 76.658 \text{ ID}$	0.639

표 5. 각 식에 대한 회귀 분석 결과

	실험 상황	모형(MT=a+b ID)	R ²
ID = log ₂ (2D/W) - 식(1)	S-정지 상황	MT = 322.022 + 49.722 ID	0.506
	S-운전 상황	MT = 259.238 + 62.521 ID	0.374
	E-정지 상황	MT = 293.925 + 74.952 ID	0.799
	E 운전 상황	MT = 312.720 + 74.708 ID	0.637
ID = log ₂ (D/W + 0.5) - 식(2)	S-정지 상황	MT = 359.340 + 52.175 ID	0.506
	S-운전 상황	MT = 309.879 + 64.722 ID	0.375
	E-정지 상황	MT = 352.301 + 77.837 ID	0.800
	E 운전 상황	MT = 375.502 + 76.658 ID	0.639
ID = log ₂ (D/W + 1) - 식(3)	S-정지 상황	MT = 347.161 + 54.542 ID	0.506
	S-운전 상황	MT = 298.033 + 66.892 ID	0.376
	E-정지 상황	MT = 336.327 + 80.578 ID	0.800
	E 운전 상황	MT = 363.677 + 78.579 ID	0.641
ID = log ₂ D × log ₂ W - 식(4)	S-정지 상황	MT = 590.608 - 6.204 ID	0.227
	S-운전 상황	MT = 608.242 - 9.205 ID	0.220
	E-정지 상황	MT = 741.113 - 14.691 ID	0.621
	E 운전 상황	MT = 768.331 - 16.739 ID	0.539

표 6. Shannon's theorem의 근사치로부터 유도된 방법에 의한 ANOVA Table

		자유도	제곱합	제곱평균	F Value	Prob > F
S자동차 (정지상황)	회귀	1	69436.175	69436.175	51.200	3.429E-09
	잔차	50	67809.124	1356.1825		
	계	51	137245.300			
S자동차 (운전상황)	회귀	1	49620.243	49620.243	27.679	3.642E-06
	잔차	46	82464.942	1792.716		
	계	47	132085.190			
E자동차 (정지상황)	회귀	1	389864.960	389864.960	152.351	7.231E-15
	잔차	38	97241.703	2558.992		
	계	39	487106.670			
E자동차 (운전상황)	회귀	1	248567.080	248567.080	60.717	4.559E-09
	잔차	34	139190.950	4093.851		
	계	35	387758.02			

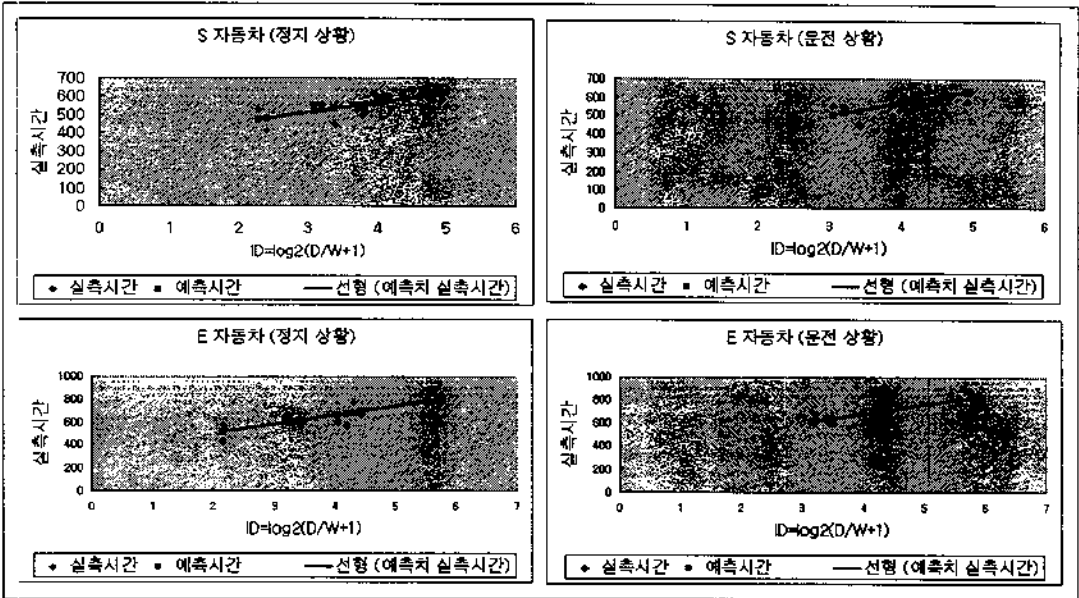


그림 3. Shannon's theorem의 근사치로부터 유도된 방법에 의한 분석 결과

4. 결론 및 향후 과제

본 연구를 통해, 운전자가 운전 활동 중 대상 Object를 조작하는데 걸리는 시간에 대해 실제 운전 상황하에서 정지 상황과 운전 상황 두 가지의 상황으로 나누어 데이터들을 수집하였다. 이 데이터들을 분석한 결과 정지 상황에서 획득된 데이터들이 운전 상황에서 획득된 데이터들보다 Fitts' Law에 의한 설명력이 크다는 것이 밝혀졌다. 따라서 운전 상황에서 획득된 데이터들에는 많은 잡음항목이 영향을 미친다는 것을 밝혀 냈으며, 이러한 잡음들을 Filtering하기 위한 기법을 제안하였다. 그리고, 이러한 Filtering 기법을 통해 추출된 데이터들은 Fitts' Law로써 설명이 가능하다는 것을 밝혀 내었다. 또한 Shannon's theorem의 근사치로부터 유도된 방법(식 (3))이 다른 회귀식보다 모형의 설명도가 높은 것으로 나타났다.

본 논문에서는 이와 같이 실제 운전 상황하에서 순수한 Motor processor에 의한 시간과 여러 잡음들을 분리하여 시간 모델을 구축하는데 초점을 두고 연구를 수행하였다.

자동차의 내부 장치들을 설계하는데 있어서, 현재까지는 운전 상황에 대한 시간 예측 모델의 구축의 어려움으로 인해 단순히 시뮬레이터 상에서 수동작 장치들에 대

한 반응 시간만을 고려하여 설계에 반영하였다[2]. 하지만 이는 실험을 실시할 때마다 피 실험자별 또는 세대별 오차가 존재할 수 있다는 제약을 가지고 있기도 하다. 하지만 본 논문에서 연구된 바와 같이 운전자의 수동작 장치들의 설계시 순수한 Motor processor에 의한 시간 모델과 이에 관여하는 잡음들에 대한 모델을 구분하여 운전자 모델을 세우고, Shannon's theorem의 근사치로부터 유도된 방법(식 (3))을 사용하여 운전자의 운전중 부작업의 수행에 걸리는 시간을 예측해내고 이를 기반으로 자동차 내부 제어기들의 위치 및 크기 등을 설계할 수 있을 것이며, 또한 이러한 모델을 사용하여 이미 구축된 Prototype의 인간공학적인 디자인 평가에 적용을 할 수 있을 것이다.

이와 같이 본 연구에서 밝혀진 결과들을 고려하여 설계한다면 운전자의 내부 장치들의 조작에 걸리는 시간을 보다 정확하고 실제 상황에 유사하게 예측할 수 있음으로 인해 보다 인간 중심적이고 인간이 사용하기 편리하며, 보다 안전한 자동차를 설계할 수 있을 것이라 여겨진다.

향후, 본 연구에서 밝혀진 운전 수행도에 영향을 미치는 잡음항목들의 구체화 및 정량화에 대한 연구 및 이의 모델링에 대한 연구와, 이들을 사용한 시간 예측에 관한

연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

[1] 기도형, 김형수, 이승주, 장상원, 신승현, 정의승, “자동차 Display Panel의 시인성 향상을 위한 설계 방안”, 1997년 대한 인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp.109-113, 1997.

[2] 김형수, 기도형, “승용 자동차 Warning Control의 인간공학적 설계”, 대한산업공학회 97년 추계학술대회 (CD Version), 19-3, 1997.

[3] 박범, 김영진, 유승동, “자동차 Human-Machine Interface 상호작용 Model설계”, 1997년도 인지과학회 춘계 학술 발표 논문집, pp.312-321, 1997.

[4] 박성준, 강동석, “Human CAD Model을 이용한 인간공학적 차량설계”, 대한산업공학회 97년 추계학술대회(CD Version), 19-2, 1997.

[5] 박재희, 박경수, “VR환경에서의 3차원 입력장치의 포인팅 작업 성능 평가”, HCI '97 학술대회 발표 논문집, pp.285 -289, 1997.

[6] 신원경, 정성재, 박민용, “한국인 인체 측정 데이터를 이용한 내수용 승용차 내부 설계 평가 및 개선에 관한 연구”, 1997년 대한 인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp.12-22, 1997.

[7] 유승동, 백승렬, 박범, “자동차의 수동 조작기에 대한 운전자 행동 모델에 관한 연구” 1997년 대한 인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp.267-276, 1997.

[8] 유승동, 박범, “인간-자동차 상호작용 연구를 위한 Object선정에 관한 연구”, 공업경영학회지, 20권, 44집, pp.463- 473, 1997.

[9] 윤상영, 이근희, 김정룡, “운전시 부작업이 수행도와 심리적 작업 부하에 미치는 영향”, 1997년 대한 인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp.277-285, 1997.

[10] 이상규, 박우진, 정의승, 기도형, 최재호, 박성준, “운전석 위치에 따른 운전자의 지각 불편도 평가”, 1997년 대한 인간공학회 추계 학술대회 논문집, pp. 120-127, 1997.

[11] 정일석, 이정근, 정의승, 윤병환, 최재호, 강동석, “승용차 시계요소 조사 및 개선 방향”, 1997년 대한 인

간공학회 추계 학술대회 논문집, pp.114-119, 1997.

[12] Chapanis, A., *Human Factors in Systems Engineering*, Wiley - Interscience, pp.16-17, 1996.

[13] Godthelp, H., Färber, B., Groeger, J., and Labiale, G., “Chapter 2. Driving: task and environment”, *Generic Intelligent Driver Support*, Taylor & Francis, London: Washington, DC., p. 26, 1993.

[14] Graesser, A.C., and Marks, W., “Models that simulate driver performance with hand controls”, in Peacock, B., and Karwowski, W. (ed.), *Automotive Ergonomics*, pp.383-399, 1993.

[15] Kabbash, P., MacKenzie, I.S., and Buxton, W., “Human performance using computer input devices in the preferred and non-preferred hands”, *Proceedings of InterCHI '93*, pp.474-481, 1993.

[16] Lanzilotta, E.J., “Using the Safety State Model to Measure Driver Performance”, 950968, *Human Factors in Vehicle Design: Lighting, Seating, and Advanced Electronics*, SAE/SP-95/1088, pp. 175-184, 1995.

[17] MacKenzie, I.S., “A note on the information-theoretic basis for Fitts' law”, *Journal of Motor Behavior*, 21, pp.323-330, 1989.

[18] MacKenzie, I.S., and Buxton, W., “The prediction of pointing and dragging times in graphical user interfaces”, *Interacting with Computers*, 6, pp. 213-227, 1994.

[19] Ponds, R.W.M., Brouwer, W.H., and Wolfelaar, P. C., “Age differences in divided attention in simulated driving task”, *Journal of Gerontology*, 43, pp. 151-156, 1988.

[20] Porter, J.M., Case, K., Freer, M.T., and Bonney, M. C., “Computer-aided ergonomics design of automobiles”, in Peacock, B., and Karwowski, W. (ed.), *Automotive Ergonomics*, pp.43-77, 1993.

[21] Rockwell, T., “Skills, Judgement and Information Acquisition in Driving”, in Forbes, T.W.(ed.), *Human Factors in Highway Traffic Safety Research*, Wiley - Interscience , pp.133-164, 1972.

- [22] Roe, R.W., "Occupant packaging", in Peacock, B., and Karwowski, W. (ed.), *Automotive Ergonomics*, pp.219-235, 1993.
- [23] Schlesinger, L.E., "Human Factors in Driver Training and Education", in Forbes, T.W.(ed.), *Human Factors in Highway Traffic Safety Research*, Wiley-Interscience, pp. 254-287, 1972.
- [24] Sheridan, T.B., *Telerobotics, Automation, and Supervisory Control*, MIT Press, pp.28-29, 1992.
- [25] Stelmach, G.E., and Nahom, A., "The effects of age an driving skill cognitive-motor capabilities", in Peacock, B., and Karwowski, W. (ed.), *Automotive Ergonomics*, pp.219 - 235, 1993.
- [26] Welford, A.T., "The measurement of sensory-motor performance: Survey and reappraisal of twelve year's progress", *Ergonomics*, 3, pp.189-230, 1960.
- [27] Welford, A.T., *Fundamentals of skill*, London: Methuen, p.156, 1968.
- [28] William J.O., 이주혁, *Excel for Scientists and Engineers : 과학자와 공학자를 위한 Excel*, SYBEX Inc., pp.286-332, 1996.
- [29] Yu, S.D, and Park, P., "The Study of Object Selection for Human-Vehicle Interaction", *The International Conference on Industrial Engineering*, pp. 189-190, 1997.