

주행 중 Navigation 사용에 의한 운전부하에 관한 연구

구태운¹⁾ · 김배영¹⁾ · 지성호¹⁾ · 배철호¹⁾ · 박정훈¹⁾ · 서명원²⁾

성균관대학교 기계공학부 대학원¹⁾ · 성균관대학교 기계공학과²⁾

A Study on Workload of Using Telematics while Driving

Taeyun Koo¹⁾ · Baeyoung Kim¹⁾ · Sungho Ji¹⁾ · Chulho Bae¹⁾ · Junghoon Park¹⁾ · Myungwon Suh^{*2)}

¹⁾Graduated School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

²⁾School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

(Received 14 January 2008 / Revised 29 October 2008)

Abstract : New equipment that is useful for driving is developing every day. Navigation is one of the most popular equipment among them. Telematics market including navigation is getting bigger and bigger. However, traffic accident from using telematics equipment is also increasing. Drivers may lose glance using navigation, and driver's workload will also grow by driver's distraction. This thesis is base on the study about the influence on the drivers' workload by using the telematics equipment. Previous study of drivers' workload used psychological method and behavior test method, but it was less connection with telematics equipment. The main object of this thesis is measuring the workload according to the telematics usage by HMI (Human Machine Interface) in the virtual reality. Therefore, we developed GPS simulator, and made an experiment of whether using the navigation or not on the highway and an experiment of the location of navigation in downtown. The result of these experiments is that workload when driver used navigation was higher than when driver didn't use navigation. In addition, workload was different according to the location, and HUD (Head-Up Display) was especially higher than other locations but also its information delivery ability was the best.

Key words : Telematics(텔레매틱스), Workload(운전자부하), Virtual reality(가상현실), Driving simulator(주행시뮬레이터), Human factor(운전자 인자), GPS simulator(GPS 시뮬레이터)

1. 서론

최근 자동차 산업의 급진적인 발달과 더불어 차 안에서 운전자의 즐거움과 편의를 위한 영화, 음악, 인터넷 및 DMB 시스템, 도로정보를 제공하는 Navigation 같은 텔레매틱스(telematics) 산업¹⁾이 급 성장하고 있다. Moon이 작성한 IT839 Brief에 따르면 세계 자동차 Navigation 시스템의 수요가 5년 내에 66% 증가, 현재의 32억 달러 규모의 세계 시장이 2010년까지는 약 54억 달러로 성장할 것으로 전망

하였다.²⁾ 하지만 이러한 텔레매틱스 산업의 성장은 운전 중 Navigation 사용에 의한 운전부하로 교통사고 증가와 같은 문제를 야기하며 사회문제로 대두되고 있다. 미국 NHTSA (도로교통안전국)와 DOT (미국 교통부)의 보고서³⁾에 따르면 교통사고의 90% 이상이 Human인자에 기인한 것으로 보고하였으며 차량자체의 결함(Vehicle Defects) 요인은 단, 3%에 불과한 것으로 조사되어 운전부하와 관련된 연구가 수행되어야 한다.

운전부하 연구는 크게 생리신호 측정법과 시선영역 측정법 등으로 나눌 수 있다. 생리신호 측정법을 통

*Corresponding author, E-mail: suhmw@skku.edu

한 연구로는 2005년 Leinonen 등이 운전부하는 나이가 많을수록 증가함을 확인하였고,⁴⁾ 2006년 Petr, Stanislav 등은 운전자의 나이, 성별에 따라 EEG (electroencephalogram)와 ECG(Electrocardiogram) 신호를 바탕으로 운전자의 졸음을 감지하고 예상 하는 연구를 수행하였다.⁵⁾ 하지만 현재까지 텔레매틱스 장비의 사용에 따른 생리신호를 이용한 운전부하에 관한 연구는 미흡하다.

시선영역(Visual field)과 관련한 운전부하 연구는 1965년 Mackworth이 주행 중 시선영역(Visual field)의 개념을 처음으로 정의하였고,⁶⁾ 1976년에 주행 중 전달되는 정보의 양이 많아질수록 시선영역의 범위가 줄어드는 것을 확인하였다.⁷⁾ 2004년 Joceline 등은 주행 속도가 높을수록 시선영역이 줄어들어 운전부하가 높아짐을 밝혀냈다.⁸⁾ 2004년에는 Martin과 Andreas 등은 운전이 시각적인 역할의 비중이 높음을 파악하고 많은 사고가 텔레매틱스 장비를 조작하고 응시함에 따라 발생함을 밝혀냈다.⁹⁾ 2006년 Liu와 Lee는 운전자 부주의에 인한 사고는 텔레매틱스 장비의 장착으로 인해 과도한 정보 전달로 인해 증가함을 밝혀냈다.¹⁰⁾ 하지만 현재까지 시선추적(eye tracking)으로 인한 텔레매틱스 장비의 위치 연구는 미흡하다 할 수 있다.

또한, 실제차량을 바탕으로 실험을 진행하기에는 위험이 많이 따르기 때문에 가상 시뮬레이터를 이용한다. 가상 시뮬레이터에 관한 연구에는 1999년 Lee, Kim 등이 차량 시스템 개발연구 및 운전자 인자 연구를 위해 Full-Scale 차량 시뮬레이터를 개발하였고,¹¹⁾ 2005년에는 Jang, Suh 등에 의하여 FVCWS(Forward Vehicle Collision Warning System) 설계 시 운전자 특성을 고려할 수 있는 VR(Virtual Reality)시뮬레이션을 개발한 바 있다.¹²⁾

본 연구에서는 가상시뮬레이터를 이용한 HMI 기술을 바탕으로 텔레매틱스 장비 사용 및 위치에 따른 운전부하에 관한 연구를 수행하고자 한다. 운전부하는 운전 중 정해진 시간에 따른 운전자가 운전 이외의 업무에 대한 만족할 만한 성과와 수용량을 만족시키는 기대 정보 처리 속도 시스템이라 정의할 수 있다.¹³⁾

이를 위해 기 구축되어 있는 가상환경 기반의 주

행 시뮬레이터를 이용하여, 가상환경에서 차량의 위치이동을 Navigation에서 구현할 수 있도록 GPS (Global Positioning System) 시뮬레이터를 개발한다. 또한 텔레매틱스 장비 중 가장 대표적인 Navigation 사용으로 인한 운전부하 평가실험을 고속도로주행과 시내주행으로 구분하여 수행한다.

고속도로주행은 Navigation의 의존도가 상대적으로 낮기 때문에 생리신호를 측정하여 Navigation의 사용여부에 따른 운전부하를 평가하고자 한다. 시내 주행은 Navigation의 의존비율이 고속도로에 비해 상대적으로 높기 때문에 운전부하에 운전자의 시선이 가장 큰 영향을 끼치게 된다. 따라서 Navigation의 운전부하를 최소화하는 최적 위치에 관한 실험을 수행하고자 한다.

2. GPS 시뮬레이터 개발

2.1 Navigation의 사용여부에 따른 운전부하측정

2.1.1 실험 환경

본 연구에서 수행되는 실험은 실제 주행시험과는 다르게 Navigation이 작동할 수 없다. 그 이유는 실제 가상환경기반에서 실험이 이루어지기 때문에 GPS신호를 외부에서 수신할 수 없기 때문이다. 따라서 가상환경 안에서 주행하는 차량의 위치를 나타낼 수 있는 GPS신호를 모사하고자 GPS시뮬레이터를 개발하였다. Fig. 1은 개발된 GPS 시뮬레이터 프로그램을 보여준다. 본 연구에서는 개발된 GPS 시뮬레이터를 이용하여 가상환경에서 주행하는 차량의 위치를 경위도로 변환, 실제와 동일하게 Navigation이 작동되게 하였다.

실험은 성균관대학교의 Fig. 2와 같은 SKUD II(Sungkyunkwan University Driving simulator) 주행 시뮬레이터와 주행 시나리오로 가상환경DB인 “서울 톨게이트- 천안 톨게이트”간 고속도로를 이용하였으며 생리신호 측정은 Fig. 3과 같이 바이오팩(Biopac)장비를 사용하였다.

피실험자는 신체 건강하고 운전이 능숙한 20~30대 남성 14명을 대상으로 하였다. 평균 연령은 31.2±5세, 신장 174.7±8.2cm, 체중 68.2±8.8kg, 운전 경력은 5.2±3.5년이며, 시뮬레이터에 설치된 실험

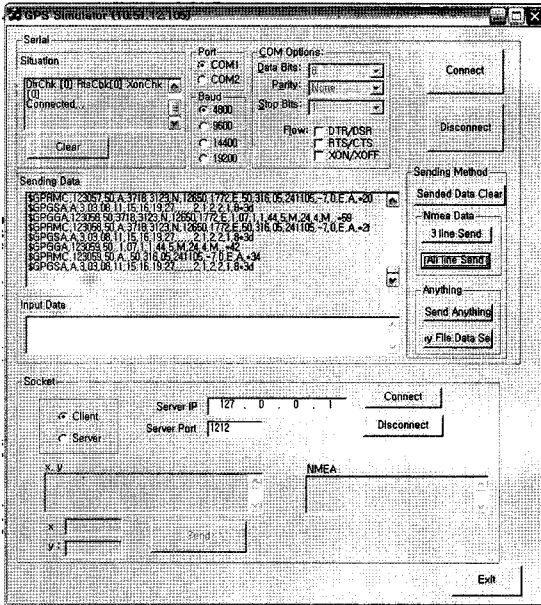


Fig. 1 GPS Simulator



Fig. 2 SKUD II

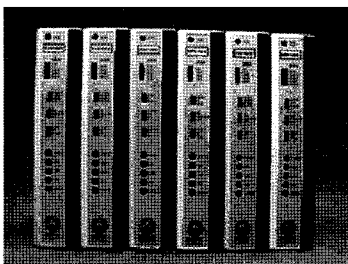


Fig. 3 Biopac

차량과 같은 차종의 운전 경험이 있는 자로 섭외하였다. 피실험자는 실험 당일 과격한 운동, 흡연, 약물 복용을 금하며 차량 주행 시뮬레이터에 익숙해

지도록 하고 과도한 시뮬레이터병(Simulator Sickness) 증상이 나타나는 지 여부를 관찰하기 위하여 탑승 후 30분간 적응 주행을 실시하도록 하였다.

2.1.2 실험 절차 및 조건

피실험자는 주행시뮬레이터에 탑승하고 난 후, 피실험자의 무부하 상태의 생리신호를 주행 시 생리신호와의 비교를 목적으로 5분 동안 편안한 상태를 유지하며 생리신호를 측정하도록 하였다. 부하가 없는 상태에서의 생리신호 측정을 마친 후, 피실험자는 최대 주행속도 120km를 넘지 않도록 하고, 네비게이션 옵션은 2-D모드, 음성 안내 유, 교통량은 랜덤, 자동차 엔진 소음은 실제 차량의 RPM에 따른 소음 모사를 재현하는 Driving Simulator를 이용하여 서울-천안 Tollgate간 고속도로 주행을 Navigation의 사용 여부에 따라 총 2번의 주행을 수행하도록 하였다. 이 때, 정확한 실험을 위하여 첫 번째 실험 후, 30분간의 휴식을 취한 후 두 번째 실험을 실시하였다. 생리신호 측정 센서 중 EOG 센서는 피실험자의 안구 위아래로 부착하였으며, ECG 센서는 왼쪽 가슴과 오른쪽 가슴에 부착하였다. GSR 센서는 피실험자의 왼쪽 검지와 중지에 부착하였으며, EMG 센서는 피실험자가 피로를 빨리 느낄 수 있는 목과 등 사이에 부착하였다.

2번의 주행 중, Biopac 장비를 이용하여 근전도(EMG), 심전도(ECG), 안구운동도(EOG), 피부전기저항(GSR)을 측정하여 조건에 따른 생리신호를 비교·분석하였다.

2.1.3 실험 결과 및 토론

EMG는 근육의 수축에 의해 발생하는 활동전위를 측정하는 것으로, 근육의 특정부위에 지속적인 부하가 걸리면 그 부위의 EMG 신호가 증가하는 경향을 보인다. ECG는 심장의 수축과 이완이 일어날 때 발생하는 전기적 파동을 기록한 것으로, 주로 심장박동율(HR, Heart Rate)로 나타낸다. EOG는 Kobayashi 등의 연구에서 운전자의 직무 실험 결과, EOG 신호 데이터를 바탕으로 운전자의 졸음운전을 정확하게 예측할 수 있다는 연구가 있었다.¹⁴⁾ GSR은 피부의 전기 전도도의 변화를 측정하는 것으로써, 운전부하가 높을수록 감소하는 경향을 보인다. 또한, 본 연구에서 생리신호 측정 시간대를 구간 별

로 측정된 이유는 생리신호를 연속해서 측정하면 시간에 따른 신호 해석이 까다롭기 때문이고 시간에 따른 신호를 비교하기 용이하도록 실험시간을 5구간으로 나누어서 실험을 진행하였다.

Fig. 4는 시간에 변화에 따른 EMG 신호의 주파수 분석을 실시한 결과이다. 그래프를 보게 되면 Navigation의 사용 여부에 따라 EMG 주파수의 차이를 보이지 않는다. 이는 고속도로 주행에서 Navigation의 사용 의존도가 낮기 때문에 목 근육에 큰 영향을 끼치지 않은 것으로 해석된다.

Fig. 5는 ECG 신호에서 측정되는 HR 신호를 시간에 따른 Normalized sensitivity한 그래프이다. 본 연구에서 Normalized sensitivity를 한 이유는 실험 시작점을 0으로 놓고 시간에 따라 변화량을 눈으로 쉽게 확인하기 위하여 사용하였고 Normalized sensitivity의 y축 단위는 무차원이다. 그래프를 보면 Navigation의 사용 여부에 따라 큰 차이를 보이는데, 이는 Navigation의 사용이 운전자에게 영향을 미친 것을

확인할 수 있다.

Fig. 6을 보면 EOG는 Navigation을 사용하였을 경우, 사용하지 않았을 경우 보다 높은 값을 보이고 있다.

이는 역시 ECG에서와 유사하게 고속도로의 단조로운 주행으로 인한 졸음현상을 Navigation 사용으로 줄여 주었음을 의미한다. 즉, 단조로운 고속도로 주행에서 Navigation을 사용하지 않을 경우 운전자는 아무런 부하도 없이 졸음운전의 위험이 있지만, Navigation을 사용할 경우 운전자에게 정신적 부하를 끼쳐 운전자의 졸음운전을 줄이는 결과를 가지고 왔다.

Fig. 7을 보면 Navigation을 사용하였을 경우가 피부전기전도도가 낮다. 이것은 전기저항이 높다는 뜻이 되고 일반적으로 정신부하, 스트레스가 증가하면 피부전기저항이 증가하는 것으로 판단된다.

결론적으로 고속도로주행 시 Navigation을 사용하였을 경우 발생하는 운전부하는 미비하지만 피실험

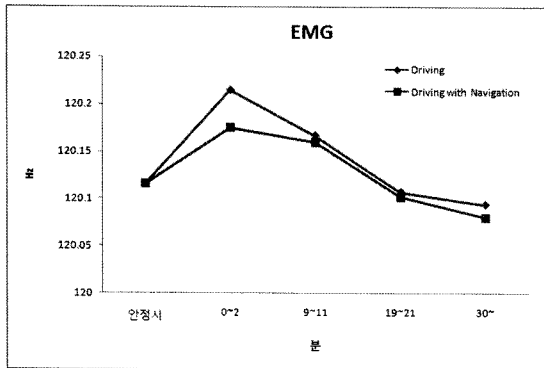


Fig. 4 Change of EMG according to various time

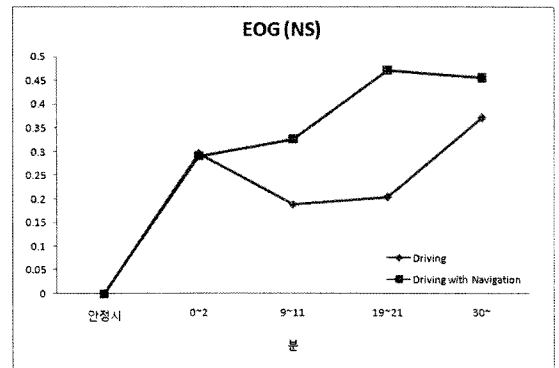


Fig. 6 Normalized Sensitivity of EOG

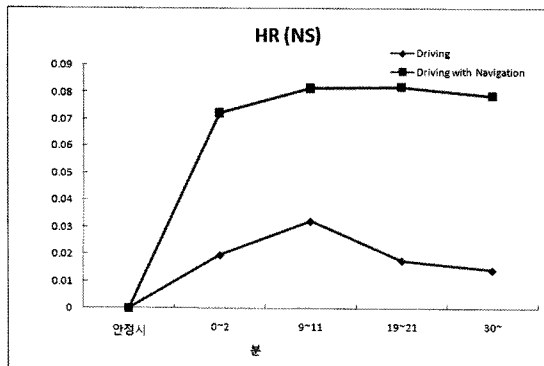


Fig. 5 Normalized Sensitivity of HR

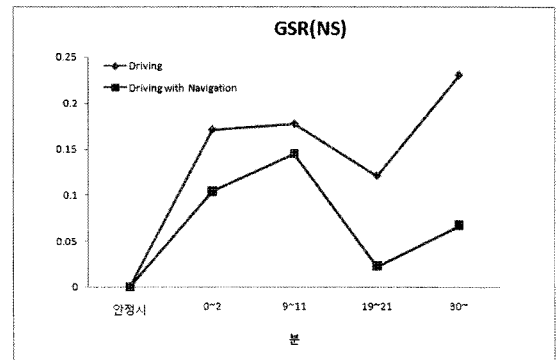


Fig. 7 Normalized Sensitivity of GSR

자에게 운전 방해가 되는 영향을 끼치기 보다는 졸음운전을 예방할 수 있는 효과로 판단할 수 있었다.

2.2 Navigation 위치에 따른 운전부하측정

2.2.1 실험 환경

실험은 자동차 부품연구원에 있는 일산DB, 주행 시뮬레이터와 시선분포를 측정할 수 있는 faceLAB 장비가 사용되었고, 앞서 수행한 Navigation 사용여부에 따른 운전부하 측정 실험과 동일한 조건으로 피실험자는 신체 건강하고 운전이 능숙한 20~30대 남성 15명을 선정하였다.

2.2.1.1 카메라 보정작업(Calibration)

faceLAB은 운전자의 시선분포를 측정하는 장비로서 각 피실험자들마다 체형이 다르고, 운전석에 앉는 거리가 다르기 때문에 본 연구에서는 실험에 앞서 faceLAB장비의 보정(Calibration)작업을 수행하였다. 카메라 보정은 안구추적(Eye Tracking) 및 위치 파악을 위한 스테레오 카메라 보정과정과 시선추적(Gaze Tracking)을 위한 가상환경(Virtual Reality) 공간상의 운전석 위치좌표 보정과정으로 진행되게 된다.

2.2.1.2 3D 월드(World) 구성

카메라보정작업이 완료되면 faceLAB에서 제공하는 Fig. 8과 같이 3차원 월드를 구성한다. 운전을 하면서 보게 되는 전방주시(Back mirror포함), 계기판주시, 반대편차선주시, 옆 차선주시 등 총 12개의 영역으로 나누어서 설정하였다.

이 3차원 월드를 통하여 운전자가 무엇을 보고 있었는지를 실시간으로 관독할 수 있으며, 시선분포 비율을 측정할 때도 사용되게 된다.

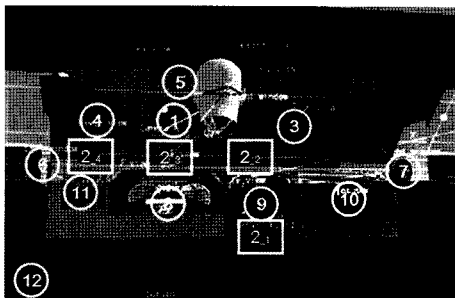


Fig. 8 Construction of faceLAB 3D world

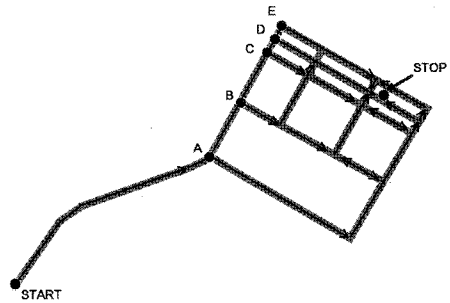


Fig. 9 'IL-SAN' Main Street DB

2.2.2 실험 절차 및 조건

피실험자는 자동차부품연구원의 일산DB(약 13 km)를 총 5회(5가지 실험조건)에 걸쳐 주행하게 된다. 일산DB는 “이산포IC”를 출발점으로 하여 “롯데마트 주엽점”을 목적지로 하여 Fig. 9는 출발점에서 목적지로 갈 수 있는 다양한 경로를 보여준다. 피실험자는 출발점에서 목적지까지 Navigation에 나타난 경로를 따라서 이동하게 되며 피실험자는 제한 속도 60km를 넘지 않도록 하였다.

실험은 Fig. 10에서 볼 수 있듯이 각 포지션별 및 Navigation이 없는 5가지 조건하에서 실시하였다. 조건이 5가지이기 때문에 피실험자는 자칫 똑같은 경로의 출발점과 목적지를 주행할 수 있다. 실제로 출발점에서 Navigation을 이용하여 목적지까지 경로를 탐색할 경우 항상 똑같은 경로를 보여주게 된다. 피실험자가 5번을 동일한 경로를 가게 될 경우 학습효과에 의해 실험에 문제가 생기기 때문에 Navigation이 지정된 경로를 이탈하였을 경우 재탐색하는 특성을 활용하여 Fig. 9와 같이 'A~E'까지의 입구를 두어 서로 다른 경로를 유도하도록 하였다.

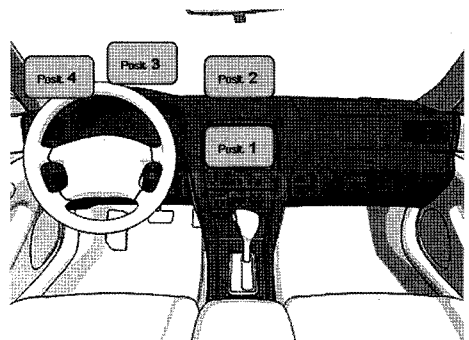


Fig. 10 Condition according to position of navigation

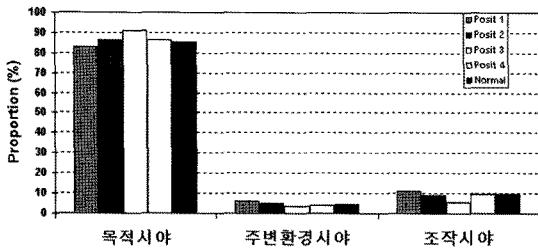


Fig. 11 Propagation rate of classified 3 group

2.2.3 실험결과 및 토론

Table 2는 Navigation의 위치별 조건(조건1~조건5의 5가지 조건에 따른 3D 월드의 구성요소들의 조건별 비율과 ANOVA분석(p < 0.05)의 결과를 보여 준다.

본 연구에서는 여러 시선영역을 역할유사도에 따라 Table 1과 같이 3개로 분류하였다. 이를 통하여 보다 쉽게 Navigation의 위치 조건에 따른 변화를 파악할 수 있게 하였다.

Table 3을 보면 ANOVA(p<0.05)분석을 통하여 목적시야와 주변환경 시야의 차이가 유의함을 확인할 수 있었다. 또한 Fig. 13을 통하여 ‘목적시야’에서 조건3(posit.3)이 가장 높은 것을 확인할 수 있고 조건2, 3, 4가 모두 조건5보다 높음을 확인할 수 있었다. ‘주변환경시야’에서는 조건3(posit.3)이 가장 낮음을 확인할 수 있었고, 조건3, 4가 조건5보다 낮음을 확인할 수 있었다. 이는 조건5(Normal)를 기준이라 가정하였을 때, ‘목적시야’에서 조건2, 3, 4가 조건5보다

Table 1 Reconstructed group of gaze distribution

분류	명칭	정의
Group A	목적 시야	목적지로 주행하는데 있어 필요한 시야영역 ‘목적시야’ =‘front view(%)’+‘navigation(%)’
Group B	주변환경 시야	목적지로 주행하는데 있어 주변상황 (반대차선, 보행자, 교통상황 등)을 보는데 필요한 시야영역 ‘주변환경시야’ =‘Right side lane(%)’+‘Opposite side lane %’+‘Front sky(%)’
Group C	조작 시야	주행을 하면서 하는 여러 조작(속도유지, 차선변경 등)을 하는데 필요한 시야영역 그룹A와 그룹B를 제외한 나머지 시야영역, 시야의 Transient Time 포함

Table 2 Result of gaze distribution and ANOVA analysis

No.	Contents	CONDITION					p-value
		Posit.1	Posit.2	Posit.3	Posit.4	Normal	
1	Front View	78.18015	69.91223	68.61703	73.35418	85.61457	0.02
2	Navigation	7.50128	16.27155	22.22695	13.28773	0	0
3	Right side lane	3.47425	1.25952	1.52200	2.13774	2.82825	0.084
4	Opposite side lane	1.27777	1.41301	1.03441	0.78375	0.80680	0.26
5	Front sky	1.47098	2.13068	1.09756	0.99875	1.07399	0.705
6	Left mirror	0.33225	0.33860	0.29177	0.32151	0.38065	0.882
7	Right mirror	0.24248	0.323953	0.23694	0.31223	0.62745	0.543
8	Instrument cluster	6.76505	6.61624	3.87869	7.69587	6.94748	0.437
9	Center fascia	1.00602	61674	0.48856	0.49155	0.66405	0.435
10	Passenger-side dash board	0.12929	0.05441	0.07588	0.06596	0.04287	0.756
11	Left-side ventilator	0.19613	0.16418	0.12924	0.07427	0.07006	0.372
12	Etc.	2.24231	0.98325	0.40093	0.47641	0.94377	0.268

Table 3 Result of gaze distribution and ANOVA analysis by the reconstructed group

No.	Contents	CONDITION					p-value
		Posit.1	Posit.2	Posit.3	Posit.4	Normal	
Group A	목적시야	82.68143	86.18379	90.84398	86.64191	85.61456	0.032
Group B	주변환경시야	6.22301	4.80323	3.65399	3.92026	4.70904	0.045
Group C	조작시야	11.09556	9.01298	5.50203	9.43783	9.67639	0.455

높다는 의미는 Navigation이 없는 평상상태보다 Navigation을 장착하고 주행하였을 경우 운전자가 주변 환경을 많이 인지하지 못한 것을 뜻한다. 조건 1은 네비게이션을 많이 보지 않고 앞 방향을 가장 많이 주시했기 때문에 주의분산이 가장 낮다고 판단하였고, 또한 같은 의미로 조건3은 주변시야에 대한 시선분포는 낮지만 네비게이션을 응시하는 시간이 많아 운전의 주의분산 영향이 높다고 판단된다. 즉, Navigation의 영향으로 인하여 운전자가 주행을 위한 여러 상황을 인지하지 못하고 Navigation에 보다 의존하는 것이며 결국 Navigation에 의한 운전자 주의분산을 야기하게 되어 운전부하가 높아짐을 의미한다.

처음에 Navigation의 위치별 조건5가지에 의하면 조건5보다 낮은 ‘목적시야’와 가장 높은 ‘주변환경시야’를 가지는 조건1(posit.1)이 가장 최적의 Navigation 위치라 판단되며, 가장 높은 ‘목적시야’와 가장 낮은 ‘주변환경시야’를 가지는 조건3(posit.3)이 가장 좋지 않은 Navigation의 위치라고 판단된다. 결과적으로 조건3의 Navigation 위치는 운전자에게 뛰어난 정보전달력이 장점인데 반하여, 본 연구 결과를 통하여 운전자 주의분산의 영향이 가장 높음을 확인할 수 있었고, 조건1의 Navigation 위치가 정보 전달력 측면에서는 낮지만 운전자 주의분산의 영향은 가장 낮음을 확인할 수 있었다.

3. 결론

텔레매틱스 장비의 HMI실험으로 고속도로에서의 Navigation 사용여부 실험과 시내도심에서의 Navigation 위치에 관한 실험을 수행하였다. 고속도로 주행의 경우 목적지까지 길이 단순하기 때문에 Navigation의 영향이 크지는 않았다. 오히려 단조로움에서 오는 졸음운전을 예방하는 결과를 도출해낼 수 있었다. 하지만 텔레매틱스 장비의 하나인 Navigation의 HMI실험을 수행하였을 뿐, DMB와 같은 실내 디스플레이(in-Vehicle Display)의 경우에는 다른 결과가 나올 것이라 예상된다.

시내주행에서는 역시 Navigation의 사용비용이 높았으며, 이에 따라서 여러 Navigation의 위치에 따른 실험이 수행되었다. 그 결과 대시보드위의 위치

보다는 대시보드 아래의 위치가 운전부하를 덜 주는 것으로 나타났다. 결국 HUD(Head Up Display)위치에서의 Navigation은 뛰어난 정보전달력을 자랑하지만, 운전자 주의분산을 야기하여 운전부하를 높이는 결과를 초래하는 것이다. 본 연구는 텔레매틱스 장비 중 Navigation 장비에 한하여 실험이 수행되었다. 하지만 이번 실험 결과를 통하여 향후 수행 되어질 다양한 텔레매틱스 장비의 HMI 연구에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 BK21 사업단, 산학협력단 출연금으로 수행한 최우수연구실 지원사업의 연구 결과입니다.

References

- 1) K. Y. Cho, C. H. Bae and M. W. Suh, "Overview of Telematics: A System Architecture Approach," Int. J. Automotive Technology, Vol.7, No.4, pp.509-517, 2006.
- 2) H. D. Moon, "IT839 BRIEF - TELEMATICS," A Weekly Technique Tendency, No.1210, pp.39-45, 2005.
- 3) W. G. Najm, Jr. M. Mironer, J. S. Wang and R. R. Knipling, Synthesis Report: Examination of Target Vehicular Crashes and Potential ITS Countermeasures. DOT HS 808 263, NHTSA, U.S. Dept. of Transportation, 1995.
- 4) V. Leinonen, M. Kankaanp, H. Vanharanta, O. Airaksinen and O. Hanninen, "Back and Neck Extensor Loading and Back Pain Provocation in Urban Bus Drivers with and without Low Back Pain," Pathophysiology, Vol.12, pp.249-255, 2005.
- 5) P. Bouchner, S. Novotn and M. Hajn, "Analysis of Technical and Biological Outputs from Simulated Driving, Focused on Driver's Fatigue Detection," Proceeding of Driving Simulation Conference Asia/Pacific. Tsukuba: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), pp.176-188, 2006.
- 6) N. H. Mackworth, "Visual Noise Causes Vision Tunnel," Psychonomic Science, Vol.3, pp.67-68,

- 1965.
- 7) N. H. Mackworth, "Stimulus Density Limits the Useful Field of View," In Monty & Senders (Eds.), *Eye Movements and Psychological Processes*, 1976.
 - 8) J. Roge, T. Pe'bayle, E. Lambilliotte, F. Spitzenstetter, D. Giselbrecht and A. Muzet, "Influence of Age, Speed and Duration of Monotonous Driving Task in Traffic on the Driver's Useful Visual Field," *Vision Research* 44, pp.2737-2744, 2004.
 - 9) M. Baumanna, A. Keinatha, J. F. Kremsa and K. Benglerb "Evaluation of In-vehicle HMI using Occlusion Techniques: Experimental Results and Practical Implications," *Applied Ergonomics*, Vol.35, pp.197-205, 2004.
 - 10) B.-S. Liua and Y.-H. Lee "In-vehicle Workload Assessment: Effects of Traffic Situations and Cellular Telephone Use," *Journal of Safety Research*, Vol.37, pp.99-105, 2006.
 - 11) S. J. Lee, Y. S. Kim, D. C. Choi, J. H. Cho, W. S. Lee and J. H. Kim, "Development of a Real-Time Driving Simulator for Vehicle System Development and Human Factor Study," *Transactions of KSAE*, Vol.7, No.7, pp.250-257, 1999.
 - 12) S. Jang, S. J. Kwon, J. H. Chun, K. Y. Cho and M. W. Suh, "Development of the VR Simulation System for the Study of Driver's Perceptive Response," *Transactions of KSAE*, Vol.13, No.2, pp.149-156, 2005.
 - 13) D. Gopher and E. Donchin, *Workload : An-Examination of the Concept*, In K. R. Boff, L. Kaufman, and J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance*, Vol. II : Cognitive Processes and Performance, Wiley, New York, pp.41-49, 1986.
 - 14) S. Kobayashi, T. Hara and Y. Goi, "Predicting Changes in Drivers' Drowsiness Level during Prolonged Driving: Extracting Long Blinks from EOG Data," *JSAE Spring Convention*, Vol.17, No.4, p.440, 1996.