Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 31, No. 5 pp.637-646, October 2012 http://dx.doi.org/10.5143/J Ergon Soc Korea.2012.31.5.637

Development of Smart Driving System Using iPod and Its Performance Evaluation for People with Severe Physical Disabilities in the Driving Simulator

Woochul Jung[1], Yongchul Kim[2]

[1]R&D Center, EasyMove, Anyang, 430-857
[2]Department of Rehabilitation Science and Technology, Daegu University, Kyungsan, 136-792

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to develop the adaptive device for severe physical disabilities using smart device in the driving simulator and its performance evaluation. Development of appropriate driving adaptive device for the people with serious physical limitation could contribute to maintain their community mobility. **Background:** There is lack of adaptive driving devices for the people with disabilities in Korea. However, if smart device systems like iPod and iPhone are used for driving a car, the people with serious physical limitations can improve their community mobility. **Method:** Both gyroscope and accelerometer from iPod were used to measure the tilted angle of the smart device for driving. Customized Labview program was also used to control three axis motors for steering wheel, accelerator and brake pedals. Thirteen subjects were involved in the experiment for performance evaluation of smart device in simulator. Five subjects had driver licenses. Another four subjects did not have driver licenses. Others were people with disabilities. **Results:** Average driving score of the normal group with driver license in the simulator increased 46.6% compared with the normal group without driver license and increased 30.4% compared with the disabled group(p<0.01). There was no significant difference in the average driving score between normal group without driver license and disabled group(p>0.05). **Conclusion:** The normal group with driver license showed significantly higher driving score than other groups. The normal group without driver license and disabled group could improve their driving skills with training in simulator. **Application:** If follow-up studies would be continued and applied in adapted vehicle for on road environment, many people with more severe disabilities could drive and improve the quality of life.

Keywords: Smart device, Gyroscope sensor, Driving simulator, Human machine interface(HMI)

1. Introduction

사람이 자유롭게 이동하지 못하면 사회적 참여와 활동의 제한을 경험하게 되어 사회생활을 영위하는데 커다란 방해요소가 된다. 따라서 모든 사람에게 있어 이동은 기본적인 욕구이자 권리이며 삶의 기본요건을 보장하는 수단이다. 자동차는 이러한 욕구를 해결하는데 현대사회에서 없어서는 안 될 중요한 도구이다. 운전면허를 취득한 인구수는 나날이 증가하여 현재 2천 5백만이 넘는 인구가 운전면허를 보유하고 있다. 전체 인구수 중 20세 이상 70세 미만은 약 3천 2백만 명이며(Statistics Korea, 2009), 이를 토대로 운전면

Corresponding Author: Yongchul Kim. Department of Rehabilitation Science and Technology, Daegu University, Kyungsan, 136-792.
E-mail: nakim@daegu.ac.kr

Copyright@2012 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.
ⓒThis is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. http://www.esk.or.kr

허 보유율을 계산하면 약 78%가 된다.

국민의 대다수가 운전면허를 보유하고 있거나 취득을 희망하고 있다. 또한 원한다면 누구라도 적법한 절차를 통해 면허를 취득할 수 있는 기회를 가진다. 하지만 일부 장애인 등은 그 장애의 특성으로 인해 차량 운전을 시도조차 하지 못하는 실정이다. 약 240만 명의 등록 장애인(Employment Development Institute, 2010) 가운데 운전면허를 소지한 장애인수는 약 13만 명이다(Road Traffic Authority, 2009). 20세 이상 70세 미만의 장애인 중 운전면허를 보유하고 있는 비율은 약 7.4%에 해당된다.

2010년에 개정된 신체 상태에 따라 받을 수 있는 운전면허 및 조건부과기준(Road Traffic Enforcement Rule, Article 54 and 61, 2010)에는 양쪽손, 양쪽팔, 한쪽팔, 양쪽다리, 한쪽다리의 신체 상태에 따라 자동변속기, 수동가속페달, 수동 브레이크, 좌측 보조 엑셀러레이터, 우측 방향지시기, 핸들 선회 장치 등 본인의 신체상의 장애를 보완하는 보조수단을 사용하도록 하는 조건으로 명시되어 있다. 또한 장애인의 경우 운전 능력 평가기기에 의한 판정 기준을 통과해야 한다(Road Traffic Enforcement Rule, Article 60, 2010).

하지만, 미국과 일본 등의 선진국에서는 장애인의 손상된 신체 조건 때문에 발생하는 어려움뿐만 아니라 잔존하는 신체의 근력이 약한 경우에도 최소한의 힘으로 동작이 가능한 조향 휠, 가속 페달, 제동 페달 등을 사용하여 운전이 가능하다(Koppa et al., 1978; Gurgold and Harden, 1978; Risk, 1980; Reger et al., 1981; Mitarai, 1992). 또한, 잔존하는 신체 부위의 근력 및 관절의 가동 범위 모두에 제한이 있는 중증 장애인의 경우에도 조이스틱 시스템과 소형 핸들-레버 시스템을 비롯한 다양한 운전 보조 장치를 개발하여 국내 보다 다양한 장애 유형의 대상자가 운전을 할 수 있도록 하고 있다(Pellerito Jr., J.M., 2006; Tsutomu, 2004; Zekri et al., 2002; Fowler et al., 2010).

반면 국내의 경우 근력 및 관절의 동작 범위 모두에 제약이 있는 중증 장애인의 경우에 적합한 운전 보조 장치가 없는 실정이다. 장애인 차별 금지 및 권리 구제 등에 관한 법률 제 19조 7항에서는 "국가 및 지방자치단체는 장애인이 운전면허시험의 모든 과정을 장애인 아닌 사람과 동등하게 거칠 수 있도록 정당한 편의를 제공하여야 한다."고 명시하고 있기 때문에 중증 장애인이 운전면허를 취득하기 위해서는 운전 보조 장치의 개발이 매우 필요한 실정이다.

근력과 관절의 동작 범위 모두에 제약이 있는 중증 장애인을 위해서는 몸 쪽에 위치한 소형 핸들과 가감속을 위한 레버 시스템을 적용하게 된다. 하지만 운전자의 경우 최소한 두 팔의 잔존 기능이 있어야 하며, 운전 중 두 팔을 사용하게 되면 와이퍼, 비상등, 방향 신호기 등 부가적인 장치들을 사용하기가 매우 어렵게 된다. 즉 소형 핸들과 레버 장치에 항상 손을 잡고 있게 된다. 따라서, 한 팔로 조향과 가감속을 제어하는 것이 매우 편리하게 된다. 하지만 조이스틱 시스템의 경우 비장애인이나 장애인에게 있어서 조향과 가감속을 동시에 제어하기가 매우 어렵게 된다(Andonian et al., 2003; Wada and Kameda, 2009; Fowler et al., 2010; Kim and Kim, 2012). 특히 차선 유지와 같은 조향 기능과 관련하여 정확하게 제어하기 어려운 원인은 대부분의 상업용 조이스틱 장치의 동작 범위가 ±20~30도이기 때문에 차량의 휠 동작 범위인 ±450도와 비교해서 최소 15배 차이가 발생하게 된다. 따라서, 조이스틱 입력 장치의 경우 빠르게 반응할 수는 있어도 정확하게 제어하기가 상대적으로 어렵게 된다(Park et al., 2004). 이러한 조이스틱 시스템이 갖는 단점을 보완하기 위해서 본 연구에서는 아이팟과 같은 스마트 디바이스에 있는 3축 자이로 센서를 이용해서 입력 장치의 동작 범위를 증가시킴으로써 중증 장애인을 위한 스마트 인터페이스 시스템을 구축하고, 성능을 평가하고자 한다.

따라서, 본 연구에서는 스마트 디바이스의 자이로 센서 신호를 이용하여 운전 시뮬레이터의 조향 휠, 가속 페달 및 제동 페달을 제어할 수 있는 시스템을 개발하고, 장애인과 비장애인을 대상으로 개발된 스마트 인터페이스 시스템의 운전 성능을 비교 분석하였다.

2. Materials and Methods

2.1 Subjects

스마트 인터페이스 시스템의 성능을 평가하기 위해서 다음과 같이 3개의 그룹으로 나누어 평가 실험을 수행하였다. 운전면허가 있으며 취득한지 1년 이상의 시간이 경과하여 어느 정도 운전 능력이 검증된 그룹(5명), 운전면허가 없는 그룹(4명), 장애인 그룹(4명)으로 3개의 그룹으로 나누어서 실시하였다. 운전면허 취득자 그룹의 경우 운전면허를 취득하더라도 개인 간의 운전 능력에는 차이가 존재할 수 있으므로 면허를 취득한지 1년 이상 경과된 대상자로 선정하였으며, 장애인 그룹의 경우 운전면허 취득을 위해서 운전재활 프로그램에 참여하고 있는 지체 장애 1급과 4급의 하지 장애 학생들을 대상으로 평가하였으며, 필기 시험까지 합격한 경우가 2명, 기능 시험까지 합격한 경우가 1명, 운전면허를 취득한 경우가 1명이다. 실험 참여 대상자의 그룹 및 특성 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of subjects

Subjects		Gender	Age (years)	Driver license	Types of disabilities
Normal group with license	A	M	23	O	N/A
	B	F	24	O	N/A
	C	M	26	O	N/A
	D	F	26	O	N/A
	E	M	25	O	N/A
Normal group without license	F	F	22	X	N/A
	G	F	22	X	N/A
	H	M	23	X	N/A
	I	F	22	X	N/A
Disabled group	J	F	22	O	Physical disability 1st grade
	K	F	20	X	Physical disability 1st grade
	L	F	20	X	Physical disability 1st grade
	M	F	20	X	Physical disability 4th grade

N/A: not applicable
Grade: Korean disability grade(I~VI)

2.2 Experimental setup

새로운 운전 보조 장치를 실제 차량에 바로 적용하여 평가하는 것은 많은 비용이 들고 안전상의 어려움이 발생하기 때문에 가상 환경에서 시험주행을 할 수 있도록 차량 운전용 시뮬레이터를 구축하였다. 운전수행 프로그램으로는 STISIM Drive(System Technology Inc., USA)를 설치하였고, 디스플레이 출력 장치로는 50인치 PDP TV 3대를 설치하여 운전자의 시야각을 넓혀 현장감을 높여주었다. 본 연구에서 개발한 스마트 인터페이스 운전 보조 장치는 자이로 센서의 값을 PC로 전송 받아 3축의 모터를 제어할 수 있는 시스템이다. 아이팟에서 측정되는 자이로 센서의 센서 데이터를 바탕으로 모터를 제어할 수 있는 제어 알고리즘, 그리고 PC에서 모터를 움직이게 할 수 있는 모션보드와 3축의 모터로 구성되어 있다. 조향 휠과 페달을 제어할 수 있도록 Ezi-Servo 모터와 모터 드라이버(FASTECH Co., Ltd)를 사용하였다. 또한 모터를 제어하기 위한 소프트웨어는 내쇼날 인스트루먼트(National Instruments Co.) 사의 Labview 2010 프로그램과 모터와 PC를 연결하여 주는 모션카드를 시뮬레이터용 PC에 설치하였다(Figure 1).

아이팟에서 측정되는 자이로 센서는 2축만을 사용하며 한 손으로 제어하는 사람에게 180도 이상의 기울임을 주는 것은 어려우므로 ±90도의 값만을 사용한다. 각속도 데이터로

Figure 1. Experimental setup

만 처리하게 되면 상대 좌표를 나타내기 때문에 프로그램을 시작할 때의 아이팟 기울임이 원점으로 처리되므로 아이팟의 가속도 센서를 사용하여 시작 원점을 절대 좌표로 보정해주었다. 2축의 모터는 감속기가 체결되어 있고 모터에 고정되어 있는 레버를 통하여 가속 페달과 브레이크 페달을 작동시키고 나머지 1축은 기어를 장착하여 로지텍사의 G27의 조향 휠에 내부 구조로 되어 있는 기어를 돌리게 구성되어 있다(Figure 2).

Figure 2. Smart interface system with motor driven actuator

아이팟을 거치하는 스마트폰 거치대는 기존의 거치대에서 잡아주는 부분만 분리하여 프레임으로 연결되어 있어 운전자가 조절하기 편한 곳에 고정할 수 있다. 이 시스템은 한 축의 기울임 값을 받아 핸들을 제어하고 또 다른 한 축의 기울임으로 가속 페달과 브레이크 페달을 통제하는 방식으로 조이스틱만으로 운전하는 것과 개념이 유사하지만 조이스틱의 경우는 한 축 조절 시 다른 축의 신호가 연동되어 동작하게 되며 대각선 방향으로 동작하는 경우 움직임의 범위가 줄어들게 된다. 이 단점을 보완해주기 위해 스마트폰 거치대를 Figure 3에서처럼 2개의 축으로 각각 분리하여 한 축을 기울일 때 다른 축의 동작 범위에 제한이 없도록 설계하였다.

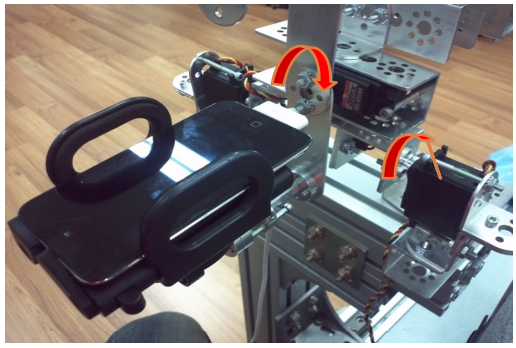


Figure 3. iPod mounting mechanism for 2-axis rotations

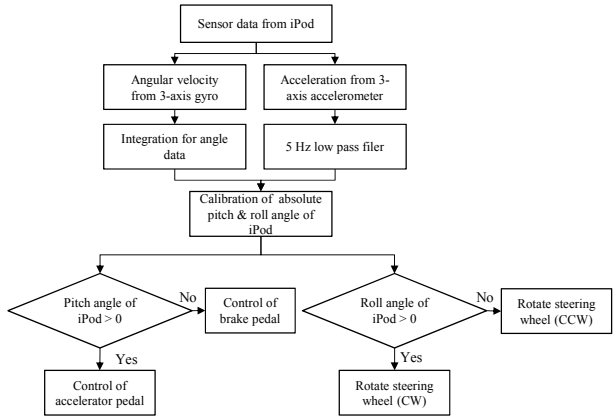


Figure 4. Control algorithms for smart device

2.3 Control algorithms

최초 시작 시에는 가속도 센서로 연산한 각도 값으로 초기 원점의 위치를 잡았고 그 후의 각도는 초기 위치에 자이로스코프 센서를 이용하여 연산한 각도 데이터를 더해 주었다. 아이팟의 1축을 사용하는 각도는 좌 · 우측으로는 −90 ~ 90도, 앞 · 뒤로는 −35 ~ 40도로 정했다. 범위가 이 이상이 넘어가면 아이팟을 손으로 잡고 반 바퀴 이상 회전하게 되는데 이럴 경우에는 손목의 회내 · 회외의 각도인 90도를 넘어가게 되므로 장비를 놓칠 수 있거나 조작이 힘들어 불안정해질 것이다. 사용자가 아이팟을 과도하게 조작하는 것을 방지하기 위하여 센서 데이터는 ±90도 범위에서 동작하도록 설정하였다.

만약 휠이 중앙을 기준으로 좌/우측 조향 동작 범위인 450도를 벗어나는 제어 값이 들어온다면 하드웨어적으로 휠이 동작할 수 없도록 고정 되어있기 때문에 모터에 부하가 생겨 동작이 어렵게 된다. 이런 경우를 대비해서 그 이상의 값이 나오면 휠이 끝까지 돌아갔을 때의 제어 값을 최대 값으로 고정하여 계산하도록 구성하였다. 페달부는 기본적인 세팅으로 발로 운전할 수 있도록 두 축의 레버를 최대한 올렸을 때를 0으로 지정하여 프로그램 하였고 페달 축의 각도가 양수일 경우에는 가속 페달이, 음수일 경우에는 제동 페달이 제어되도록 설정하였다.

자이로 센서를 주로 사용하기 때문에 적분에 의하여 누적될 수 있는 오차를 보완하고 앞 · 뒤 각도에 연산을 좀 더 보완해주기 위해 가속도 센서를 사용하여 보정을 해주었다. 가속도 센서는 2축이 동시에 조작될 경우 양 축 모두 영향을 받기 때문에 이때의 가속도 센서 데이터는 신뢰할 수 없게 된다. 좌 · 우 각도가 원점이면 앞 · 뒤 각도를 앞 · 뒤 각도가 원점이면 좌 · 우 각도를 가속도 센서를 사용하여 보정해 주었다(Figure 4).

2.4 Experimental procedure

스마트 인터페이스 시스템의 주행 성능을 평가하기 위해서 시뮬레이터에서의 평가는 5일간 실시하였으며, 1일 2회씩 평균 30분간 지정된 주행 코스를 완주하였다. 모든 주행 과정은 상용 소프트웨어인 STISIM에 의해 자동 저장되며 다시 보기 기능으로 재확인 할 수 있어 평가 시에 신뢰성을 높였다. 신뢰성을 높이기 위한 또 다른 기능으로 요약 기능이 있다. 이 기능은 신호위반, 과속, 중앙선 침범, 가장자리 침범 등을 확인 시켜주며 전체적인 주행에 대한 결과를 나타내준다. 이 외에 운행 모습을 녹화하여 특이사항의 여부를 확인할 수 있도록 하였다.

주행 코스의 선정은 도로교통법 시행 규칙의 별표 25 "도로주행시험을 실시하기 위한 도로의 기준"을 참고하였고 실제로 경산시의 H 자동차 운전 전문학원에서 실시하고 있는 도로를 STISIM으로 제작하여 평가하였다. 코스의 총 길이는 약 6Km이며 교차로는 17개, 그 중 신호등이 있는 곳은 5곳이다. 좌회전 2회, 우회전 2회를 실시하게 되어 있다(Figure 5).

Figure 5. Driving map using STISIM software

시뮬레이터에서의 주행 성능 평가는 도로교통법 시행 규칙의 별표 26 "도로주행 시험의 시험 항목 · 채점 기준 및 합격 기준"에서 운전자세, 출발, 가속 및 속도 유지, 제동, 조향, 차체감각, 통행 구분, 진로 변경, 직진 및 좌우회전, 기타 항목에 대한 감점을 기준으로 채점하였다.

2.5 Data analysis

운전 시뮬레이터에서 자이로 센서를 이용한 스마트 인터페이스 시스템에 대한 운전 성능을 평가하기 위해서 비장애인 운전면허 소지자 그룹, 비장애인 운전면허 미소지자 그룹, 장애인 그룹으로 나누어 Minitab 15 통계 프로그램을 이용하여 3개의 그룹에 대한 시뮬레이터에서의 주행 점수를 비교 분석하였다. 3개의 그룹 간의 전체적인 운전 성능 특성을 비교하기 위하여 One-way ANOVA 방법을 사용하였다. p 값이 0.05 미만인 경우에 통계학적인 유의성이 있는 것으로 정의하였다. 또한 분산 분석에서 3개의 그룹 간의 유의성이 나타나는 경우 사후 검정 방법인 Tukey test 방법을 이용하여 3개의 그룹 상호 간의 통계학적인 유의성 검증을 수행하였다.

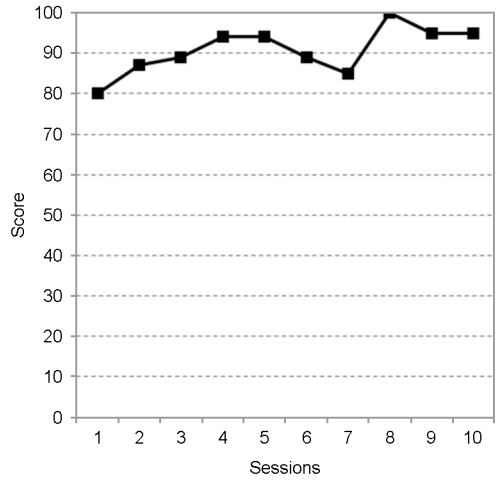
3. Results

3.1 Analysis of driving scores in three different groups

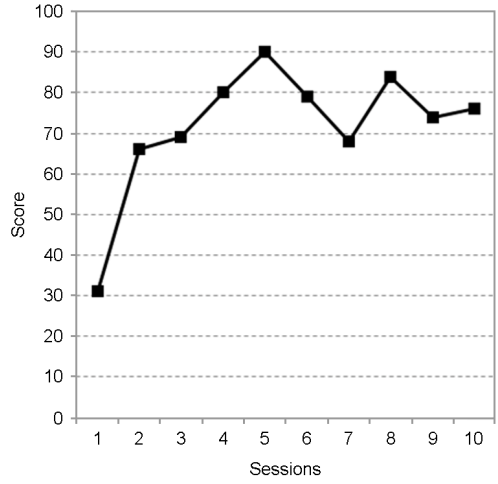
주행 성능 평가 결과 운전면허 소지자 그룹의 실험자 5명 중 4명(A, C, D, E)의 경우 Figure 6(a), (c), (d), (e)와 같이 모두 처음부터 70점 이상의 점수에 도달하는 경향을 보였다. 또한 실험자 B의 경우 Figure 6(b)와 같이 4회차 이후부터 70점 이상의 점수에 도달하는 패턴을 보였다. 이는 시뮬레이터에서의 적응 시간이 필요했던 것으로 보이며 4회차 이후에는 다른 운전면허 소지자들과 유사한 패턴을 보였다.

운전면허 미소지자 그룹의 실험자 4명 중 2명(F, H)의 경우 Figure 7(a), (c)와 같이 처음 적응 기간을 거친 후 5회, 7회차에 70점 이상의 점수에 도달하고, 이후 8회차가 조금 감소하는 경향을 보였다. 또한 다른 2명(G, I)의 경우 Figure 7(b), (d)와 같이 나타났으며 중 후반부 이후(5회차, 9회차)에 70점 이상의 점수에 도달하기 시작하였다. 운전면허 소지자 그룹에 비해 합격점에 도달하기까지 다소 시간이 걸렸으며 이는 실험이 진행되면서 점차 향상되었다.

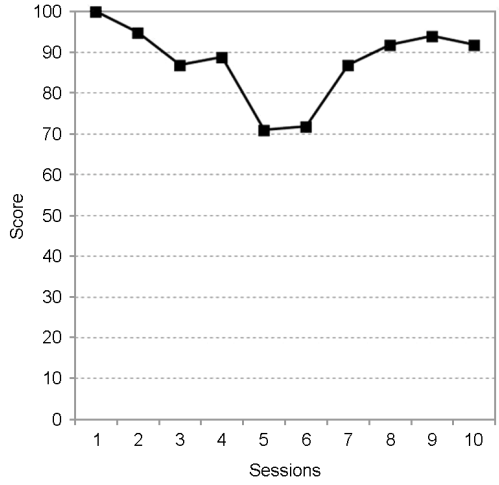
장애인 그룹의 실험자 4명 중 2명(K, L)의 경우 Figure 8(b), (c)와 같이 5, 6회차에 70점 이상의 점수에 도달하였다가 이후에 다시 떨어지는 패턴을 보였다. 또한 다른 2명



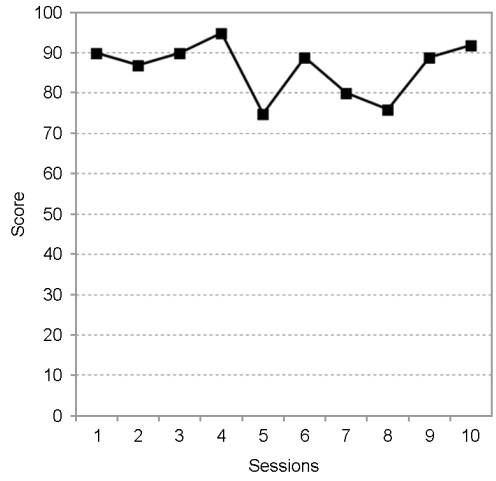
(a) Subject A



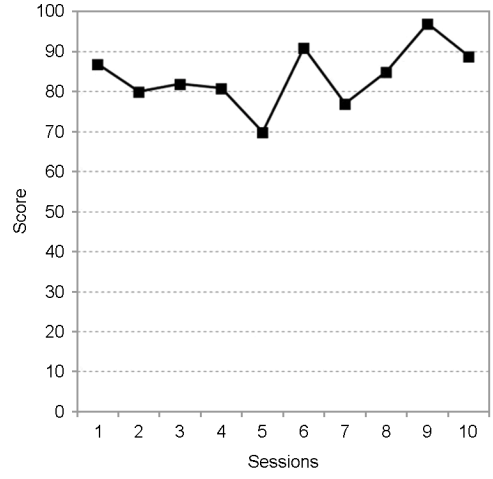
(b) Subject B



(c) Subject C



(d) Subject D



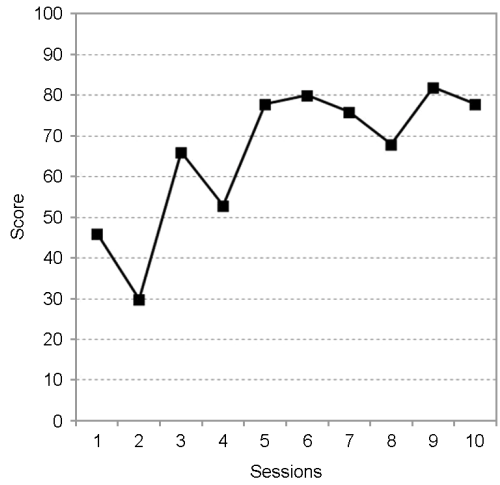
(e) Subject E

Figure 6. Typical driving scores in normal group with driver license

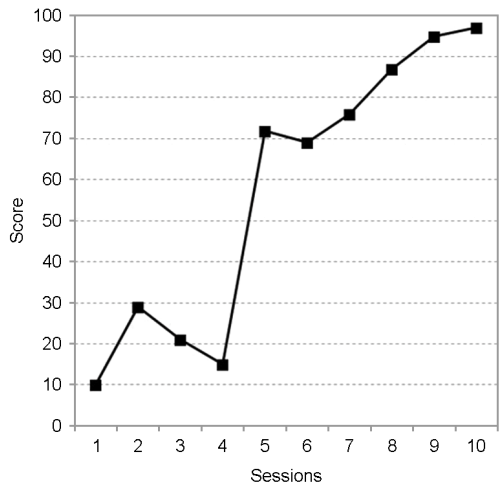
(J, M)의 경우 Figure 8(a), (d)와 같이 70점 이상의 점수에 도달하였다가 다시 떨어지고 난 후 M은 4회차, J는 7회차 이후부터 다시 70점 이상의 점수에 도달하는 패턴을 보였다. 4명 모두 초기 적응 시간은 필요했으며 실험 간의 시간 간격의 차이가 많이 났을 경우 떨어지는 경향이 나타났다. 이는 실험이 진행될수록 회복되는 것을 확인할 수 있었다.

3.2 Characteristics of driving performance during test sessions

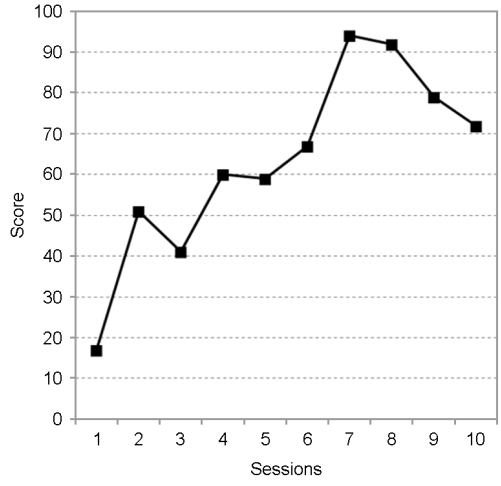
그룹별 전체 인원에 대한 회차별 평균 주행 점수를 비교해



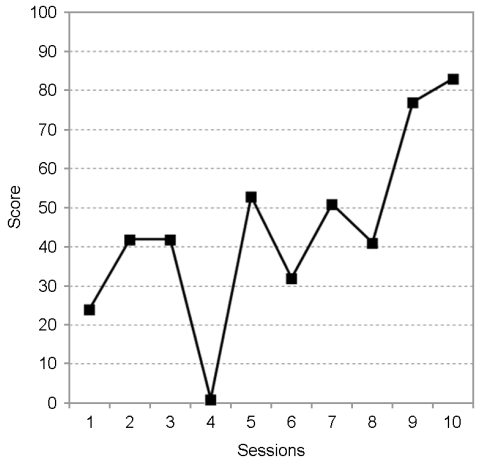
(a) Subject F



(b) Subject G

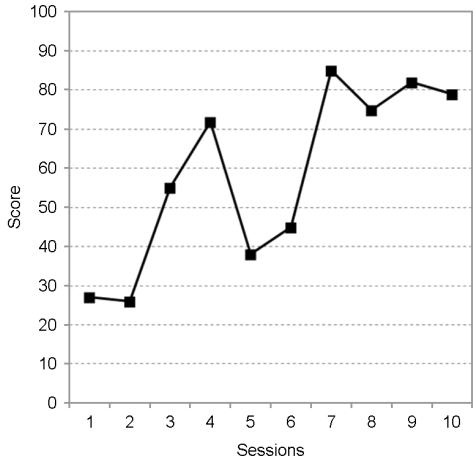


(c) Subject H

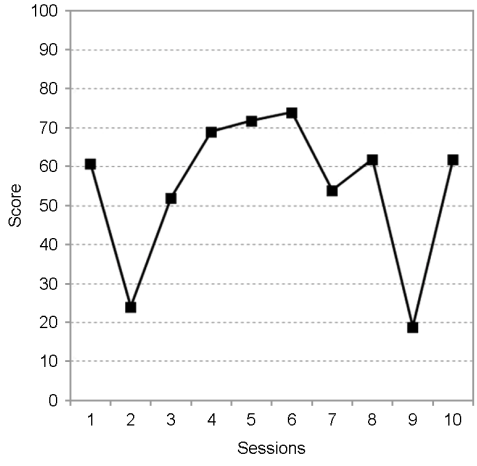


(d) Subject I

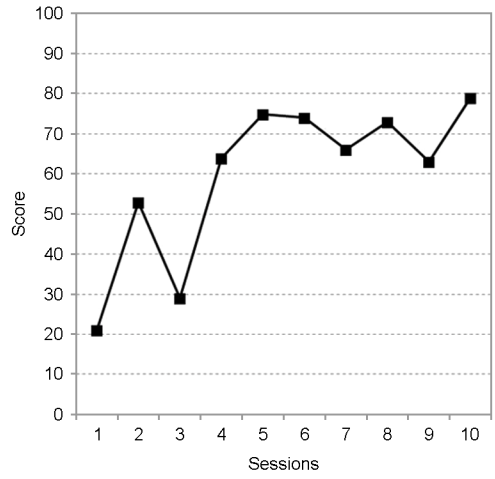
Figure 7. Typical driving scores in normal group without driver license



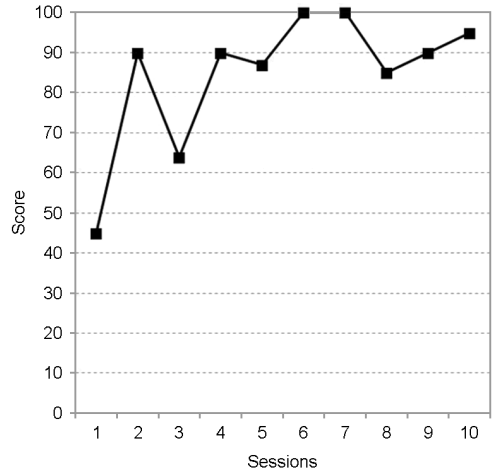
(a) Subject J



(b) Subject K



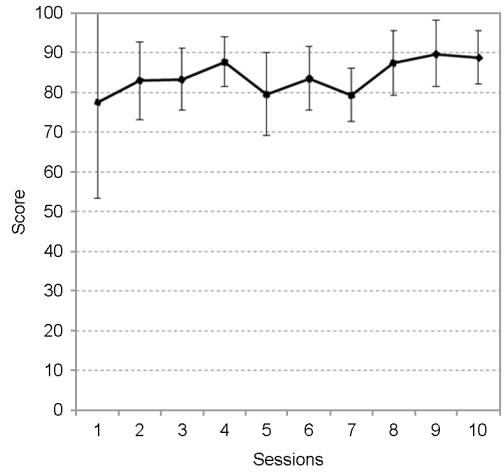
(c) Subject L



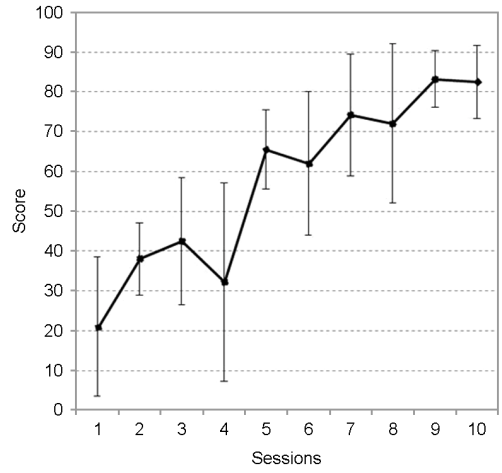
(d) Subject M

Figure 8. Typical driving scores in disabled group

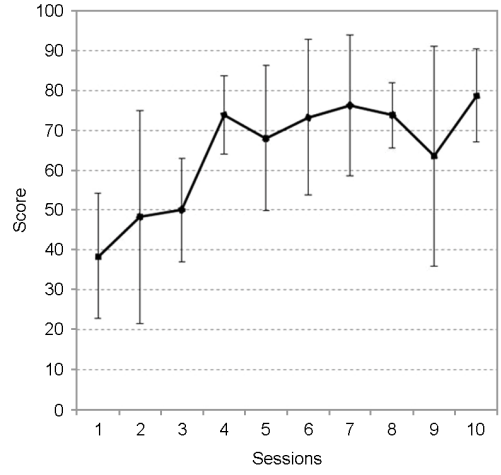
보면, 운전면허 소지자 그룹은 처음부터 도로주행 합격 점수인 70점 이상의 합격 점수에 도달했으며 그 상태가 마지막까지 유지되는 패턴을 보였다(Figure 9(a)). 운전면허 미소지자 그룹은 7회차 이후에 70점 이상의 합격 점수에 도달하였으며 중간중간 다소 떨어지는 경향도 보인다(Figure 9(b)). 그만큼 적응 기간이 필요한 것으로 판단되고 연습이 있다면 충분히 운전면허 취득에 문제가 없을 것으로 보인다. 장애인 그룹은 4회차 이후부터 70점 이상의 합격 점수에 도달하였으나 7회차 이후에 점수가 떨어지는 경향을 보인다(Figure 9(c)). 장애인 그룹의 경우 비장애인 운전면허 미소지자 그룹에 비해 다소 빠르고 높은 편이나 다시 떨어지는 것을 보완하기 위해서는 꾸준한 연습이 필요할 것이라 생각된다.



(a) Normal group with driver license



(b) Normal group without driver license



(c) Disabled group

Figure 9. Mean driving scores and standard deviations

3.3 Comparison of driving performance in three different groups

각 그룹의 전체 주행 점수의 평균과 표준편차를 비교한 그래프를 Figure 10에 나타냈다. One-way ANOVA 분석을 통해서 3개 그룹에서의 평균값 차이를 분석한 결과 비장애인 운전면허 소지 그룹, 비장애인 운전면허 미소지 그룹, 장애인 그룹에서 평균 주행 점수 사이에 통계학적으로 유의하게(p<0.01) 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 Tukey test 사후 검정 방법을 이용해서 3개의 그룹들 간의 상호 관계를 분석한 결과 비장애인 운전면허 소지자 그룹과 비장애인 운전면허 미소지자 그룹 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며(p<0.01), 비장애인 운전면허 소지자 그룹과 장애인 그룹 사이에도 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.01). 하지만 비장애인 운전면허 미소지자 그룹과 장애인 운전면허 미소지자 그룹 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05).

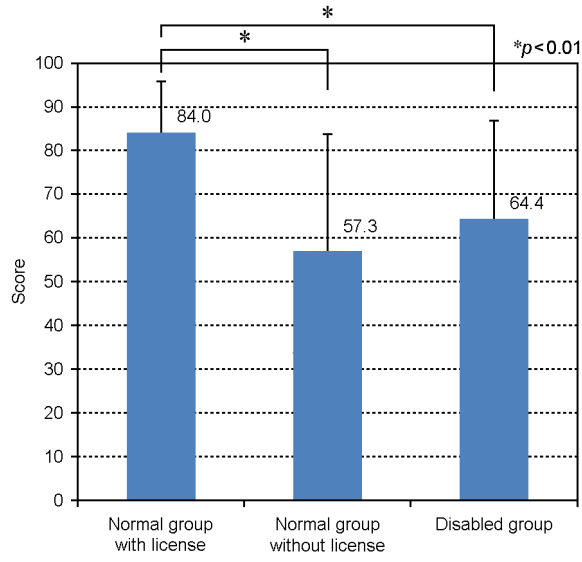


Figure 10. Mean driving scores in three different groups

3.4 Characteristic analysis of driving penalty in different groups

그룹별로 전체 실험 대상자에 대한 감점 원인을 분석하였으며, 핸들 조작 미숙, 길 가장자리구역 통행, 차로 침범, 교차로 진입 준비 위반, 정지선 위반 등 5가지 항목의 위반이 가장 많이 나타났다(Figure 11). 5가지 항목 중에서 가장 많이 위반한 차로 침범 항목의 경우 운전면허 소지자 그룹과

비교해서 운전면허 미소지자 그룹의 경우 522%, 장애인 그룹의 경우 489% 증가 하였다. 길 가장자리구역 통행 항목의 경우 실험 대상자들이 시뮬레이터의 3개의 TV 모니터로 화면을 출력하는 와이드뷰 환경으로 인하여 주로 발생하였으며, 운전면허 소지자 그룹과 비교해서 운전면허 미소지자 그룹의 경우 87% 증가하였으며, 장애인 그룹의 경우 9% 감소하였다. 이외에 초기 실험 시 조향이 다소 익숙하지 않는 것으로 핸들 조작 미숙이 그 다음으로 많았고 이는 실험이 진행될수록 줄어드는 추세를 보였다. 좌회전 시 1차선, 우회전 시 가장 우측차선에서 실시하는 좌 · 우회전 진입 준비 위반은 실험초기에 해당 좌회전 시점이 파악되기 전까지 감점 요인으로 작용하였고, 좌회전 시 1차선으로 들어오지 못하는 경우도 감점되었다. 정지선 위반의 경우 미리 속력을 줄이지 않은 경우 교차로에서 정지선을 넘어감에 따라 감점되었으며 이는 실험자의 부주의가 많았다.

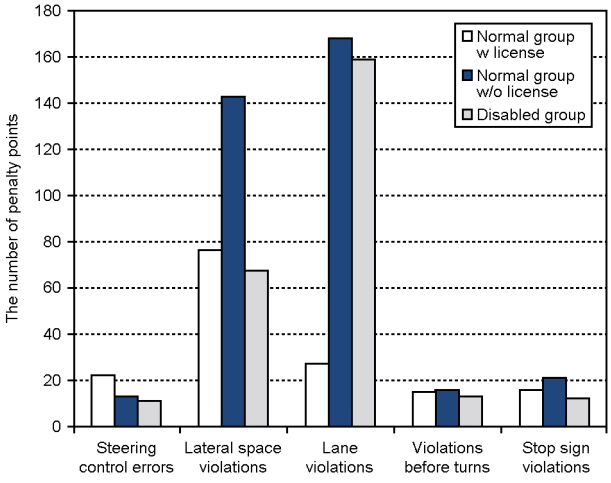


Figure 11. The number of penalty points in three different groups

4. Conclusion

자이로 센서를 이용한 스마트 시스템을 시뮬레이터 환경에서 성능 평가를 실시하였다. 검증을 위해 비장애인 운전면허 소지자 5명, 운전면허 미소지자 4명을 실험하였으며, 장애인에게도 적합한지 판단하기 위해 장애인 그룹 4명을 비교 실험하였다. 모두 13명의 실험자들이 참여하여 한 손만으로 자이로 센서를 이용한 스마트 디바이스를 제어하였으며 각각 동일한 코스를 10회씩 주행하였다. 그리고 도로교통법 별표 26을 참고하여 제작한 주행 평가를 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 개발된 운전 보조 장치를 통해 시뮬레이터에서 주행 시험 평가를 했을 때 한 손으로 운전을 했음에도 비장애인 운전면허 소지자 그룹을 기준으로 10회 평균 주행 점수가 84점으로 도로주행 합격 점수인 70점 보다 높게 나타났기 때문에 자이로 센서를 이용한 스마트 디바이스 시스템의 기본적인 운전 성능을 확인할 수 있었다(Kim and Kim, 2012). 또한 비장애인 운전면허 소지자 그룹과 비장애인 운전면허 미소지자 그룹간의 사후 검정 결과 평균 주행 점수 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이것은 비장애인 운전면허 미소지자의 경우 면허 소지자 그룹과 비교하여 운전 능력이 상대적으로 부족하기 때문에 평균 주행 점수가 낮게 나타났으며, 추가적인 훈련 기회가 주어진다면 면허 소지자와 같이 안정적인 운전 성능을 보여줄 것으로 예상된다.

둘째, 비장애인 운전면허 미소지자 그룹과 장애인 그룹 사이의 사후 검정 결과 두 그룹 간의 평균 주행 점수 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 이와 같은 결과는 운전면허 미소지자 그룹과 장애인 그룹을 서로 다르다고 말할 수 없기 때문에 장애인 그룹도 운전면허 미소지 비장애인 그룹과 동일하게 추가적인 훈련이 계속 이루어진다면 면허 취득에 필요한 안정적인 운전 성능을 보일 것으로 판단된다.

셋째, 자이로 센서를 통한 조향 및 가감속 제어가 가능함을 알 수 있었다. 주행 중 감점 요인들을 분석해 보았을 때, 조향에 대한 문제보다 와이드뷰 환경에서 차선의 위치를 정확히 판단할 수 없어 생기는 차로 침범이나 길 가장자리구역 통행 부분에서 감점이 많이 나타났다. 이는 자이로 센서를 통한 제어가 문제 없이 조작이 가능함을 보여주고, 시뮬레이터에서 화면 표시 기능을 보완한다면 좀 더 좋은 결과가 나올 것으로 판단된다.

Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MEST) (No. 2011-0014458).

References

Andonian, B., Rauch, W. and Bhise, V., Driver steering performance using

joystick vs. steering wheel control, Sae paper no. 2003-01-0118, 2003.

Gurgold, G. D. and Harden, D. H., Assessing the driving potential of the handicapped, *The American Journal of Occupational Therapy*, 32(1), 41-46, 1978.

Employment Development Institute, Survey on the Employment Status of the Disabled in Business, 2010, http://edi.kead.or.kr.

Fowler, M., Elineni, S. K., Wills, M., Laurentis, K. D., Sundarrao, S., Roosmalen, L. V. and Dubey, R., A novel driving simulator utilizing drive-by-wire controllers to test drivers with disabilities: evaluation of acceleration and braking controls, RESNA Annual Conference, 2010.

Kim, Y. and Kim, Y., Driving performance evaluation using bio-signals from the prefrontal lobe in the driving simulator, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 31(2), 319-325, 2012.

Koppa, RJ., McDermott, M., Leavitt, LA., Zuniga, EN., Handicapped driver controls operability: a device for clinical evaluation of patients, *Achieves of Physical Medicine and Rehabilitation*, 59(5), 227-231, 1978.

Mitarai, K., Measurement of the car steering wheel turning force of persons with cervical cord injuries, *Journal of Human Ergology (Tokyo)*, 21(1), 57-67, 1992.

Park, Y., Chung, W. and Youm, Y., Development of a new type of integrated reactive joystick and control algorithm for steer-by-wire system, 5th IFAC/EURON Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, 2004.

Pellerito, Jr., J. M., Driver rehabilitation and community mobility principle and practice, Elsevier Mosby, USA, 2006.

Reger, S. I., McGloin, A. T., Law, D. F., Spence, R. E. and Claus, C., Aid for training and evaluation of handicapped drivers, *Bulletin of Prosthetics Research*, 35-39, 1981.

Risk, H. F., From the clinic, Pros and cons of the "less effort" steering and braking systems for the severely handicapped driver, *Amer Corr Ther J.*, 34(5), 154-155, 1980.

Road Traffic Authority, Driver's License Examination Office, http://www.dla.go.kr.

Road Traffic Enforcement Rule, Article 54, 60 and 61, 2011.

Statics Korea, Survey of Census Population, 2009, http://www.kostat.go.kr.

Tsutomu, I., Selection of automobiles and assist devices for persons with physical disabilities, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities, Japan, 2004.

Wada, M., Kameda, F., A joystick car drive system for wheelchair users, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 921-925, 2009.

Zekri, S., Gage, A., Ying, S. J., Sundarrao, S. and Dubey, R. V., Driving evaluation of persons with disabilities using an advanced vehicle interface system, Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1158-1164, 2002.

Author listings

Woochul Jung: lionchur@easymove.co.kr

Highest degree: M.A, Department of Rehabilitation Science and Technology, Daegu University

Position title: Researcher, R&D Center, EasyMove Co., Ltd.

Areas of interest: Driver Rehabilitation, Rehabilitation Engineering

Yongchul Kim: nakim@daegu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Mechanical Engineering, POSTECH

Position title: Assistant Professor, Department of Rehabilitation Science & Technology, Daegu University

Areas of interest: Biomechanics, Driver Rehabilitation

Date Received : 2012-07-10

Date Revised : 2012-10-04

Date Accepted : 2012-10-04