

## 텔레매틱스 HMI 연구를 위한 드라이빙 시뮬레이터의 개발

구 태 윤<sup>1)</sup> · 김 배 영<sup>1)</sup> · 신 희 종<sup>1)</sup> · 손 영 탁<sup>1)</sup> · 서 명 원<sup>\*2)</sup>

성균관대학교 기계공학부 대학원<sup>1)</sup> · 성균관대학교 기계공학부<sup>2)</sup>

### Development of a Driving Simulator for Telematics Human-Machine Interface Studies

Taeyun Koo<sup>1)</sup> · Baeyoung Kim<sup>1)</sup> · Heejong Shin<sup>1)</sup> · Youngtak Son<sup>1)</sup> · Myungwon Suh<sup>\*2)</sup>

<sup>1)</sup>Graduated School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

<sup>2)</sup>School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

(Received 10 April 2008 / Accepted 11 March 2009)

**Abstract** : Driving simulators are useful tools not only to test the components of future cars but also to evaluate the telematics service and HMI (Human-Machine Interface). However driving simulators cannot be implemented to test and evaluate the telematics service system because the GPS (Global Positioning System) which contains basic functional support for the telematics module do not work in the VR (virtual reality) environment. This paper presents a method to implement telematics service to a driving simulator by developing the GPS simulator which is able to emulate GPS satellite signals consist of NMEA-0183 protocol and RS232C communication standards. It is expected that the driving simulator with the GPS simulator can be used to study HMI and human-factor evaluations of the commercial telematics system to realize the HiLES (Human-in-the-Loop Evaluation System).

**Key words** : Driving simulator, Workload, Car navigation system (CNS), Telematics, Human-machine interface (HMI), In-vehicle displays, Eye movement analysis, Physiological signal, Galvanic skin response (GSR), Electrooculomography (EOG), Electromyogram (EMG), Electrocardiography (ECG)

### 1. 서 론

텔레매틱스(telematics) 관련 산업은 미래 세계 자동차 산업의 경쟁력 확보 측면에서 그 중요성이 부각되고 있으며, 국내의 텔레매틱스 관련 기업에서도 활발한 연구와 제품 개발이 진행되고 있다.

텔레매틱스 단말기와 같은 제품은 입력과 출력을 위해 터치스크린(touch screen)이나 그래픽 디스플레이를 사용하고 있다. 이와 같은 HMI(Human Machine Interface)는 운전자의 주의력 분산에 따른 사고 요인으로 작용할 수 있을 것으로 예상되지만,

이에 관한 연구는 미진한 실정이다.<sup>1-3)</sup>

텔레매틱스 서비스의 HMI를 검토하기 위해 운전자가 주행 중에 수행하는 텔레매틱스 단말기의 조작이 안전성에 어떠한 영향을 끼치는 지에 대한 부분이 정량화 및 평가되어야 한다. 그러나 정량화되지 못한 가운데 텔레매틱스 단말기 자체의 기술성 및 성능 측면만으로 안전성을 포함한 텔레매틱스 서비스의 성능을 규정하는 것은 타당하지 못하다.

즉, 텔레매틱스 관련 제품을 HMI측면에서 시험 평가하기 위해서는 운전자 인자(human factor)를 고려하여야 한다. 텔레매틱스 장비의 기능적 측면에 대한 평가와 함께 실제 운전자가 어떻게 반응하고

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

운전 행태에는 어떠한 영향을 끼쳐 안전성이 어떻게 변화하는지에 관한 종합적인 시험 평가가 필요하다.<sup>4,7)</sup>

이러한 시험 평가 환경을 구현하기 위해 차량 주행 시뮬레이터(driving simulator)를 활용할 수 있다.<sup>8)</sup> 차량 주행 시뮬레이터는 1970년대부터 개발되어 사용되어 왔으며, 가상현실(virtual reality) 기술을 이용하여 실차 주행 시험에 따른 시간과 비용을 절감함과 동시에 운전자가 포함된 성능 평가(HILE, Human-in-the-Loop Evaluation)가 가능한 장점을 갖고 있다.

기존에 국내에서는 수행되었던 CNS(Car Navigation System)에 대한 HMI 연구를 살펴보면, 2001년 발표된 자동차 네비게이션 시스템의 인터페이스 디자인 분석에 관한 연구로서 국내에서 출시된 네비게이션 단말기 제품들에 대하여 업무분석(task analysis)과 행동분석(activity analysis) 범을 이용하여 디자인 요소를 추출하고 HMI를 분류하였다. 특히 항법장치 HMI 설계 평가를 위한 시뮬레이터를 개발하였는데, 피실험자는 정해진 경로의 시뮬레이션을 도로지도 위에 제시되는 차량의 마크를 마우스를 이용하여 운행을 실시하는 방법을 사용한 바 있다.<sup>9-11)</sup> 또한, 일본 Toyota 자동차사와 Nissan 자동차의 연구에서는 CNS 및 In-vehicle display 장치의 HMI 평가 연구를 위하여 덧셈계산이나 녹음된 단어를 제시하여주는 별도의 Secondary Task를 운전자에 제시하는 방법을 사용한 바 있다.<sup>12,13)</sup>

이와 같이 기존의 연구에서는 CNS의 성능을 평가하는데 있어, 실제 주행에 영향을 미치는 운전자 요소의 고려가 미비함을 알 수 있다. 따라서 이를 보완하기 위해 CNS를 포함한 텔레매틱스 서비스의 시험평가가 실차 주행 시험에서와 같은 환경을 제공하는 차량 주행 시뮬레이터에서 수행된다면, HMI 및 운전자 인자 연구에 크게 기여할 수 있음을 알 수 있다.

차량 주행 시뮬레이터는 실내에 설치되며 실제 도로를 주행하는 것이 아니므로 주행 시뮬레이션에 따른 GPS 위성 신호를 수신할 수 없다. 그 결과 텔레매틱스 장비의 시험평가가 불가능하였다. 이처럼, 차량 주행 시뮬레이터를 이용해 텔레매틱스 장비를

시험하기 위해서는 GPS 센서 신호를 모사하여 생성해주는 GPS 시뮬레이터의 개발이 필요하다.

이에 본 연구에서는 GPS 센서의 기능을 대신하여 GPS 신호를 모사하는 GPS 시뮬레이터를 개발하여 차량 주행 시뮬레이터를 이용한 텔레매틱스의 시험평가가 가능하도록 하고자 한다.

## 2. SKUD(SungKyunkwan University Driving Simulator)의 개발

### 2.1 Inverted-type motion platform

대부분의 드라이빙 시뮬레이터는 캐빈의 아래쪽에 모션 플랫폼이 설치되어 있다. 모션플랫폼으로는 6자유도 Stewart platform의 사용이 일반적이거나 시스템 메카니즘이 복잡하고 고가라는 특징으로 최근 Lower-cost 시뮬레이터에서는 제한된 자유도(Reduced-degree-of-freedom)를 갖는 모션플랫폼의 개발 적용이 각광받고 있다. 국내에는 국민대학교에서 3축 플랫폼에 실차 캐빈이 설치되고, 고정된 스크린을 사용하는 KMUDS-3를 개발, 운전자 인자 연구, 차량 급발진 사고 연구, 첨단 적응 순항 제어 연구, 도로 시스템 구성에 대한 연구, 음주 운전자의 운전 특성 연구 등 다양한 분야에 응용해 왔다.<sup>14)</sup> 또한 기존연구결과에서 Heave, Pitch, Roll 모션만을 갖는 3자유도 모션플랫폼에서 Stewart Platform에서와 비교적 유사한 모션(Quality Comparable)수준의 재현이 가능하였다고 보고된 바 있다.<sup>15)</sup> 따라서, 본 연구에서는 3자유도의 모션 플랫폼을 기반으로 하여 차량주행시뮬레이터를 개발하고자 하였다. 그러나 캐빈의 아래쪽에 모션 플랫폼이 설치된 3 자유도의 드라이빙 시뮬레이터의 경우 운전자는 의도되지 않았던 반대 방향의 가속도를 느끼게 된다. 예를 들어, 좌회전을 할 때, 경험적으로 우측방향 가속도를 기대하고 있다. 그러나 기울임 움직임이 시작될 때 운전자는 순간적 반대방향 가속도를 느끼게 된다. 이로 인해 시뮬레이터병(Simulator sickness)이 발생하는 것을 설명 할 수 있다. 본 논문에서는 새로운 방법의 모션 플랫폼인 Inverted-type motion platform을 개발 하였다. 본 Inverted-type motion platform은 기울임이 시작되는 순간이나, 기울임이 진행되는 동안에도 계속해서 같은 방향의 중력 정렬 가속도를

경험하게 된다. 따라서 운전자는 움직임의 시작 순간부터, 경험적으로 알고 있는 방향의 가속도를 느낄 수 있게 된다.

Fig. 1은 현대 클릭 차량의 실차 캐빈을 중량 감소를 위해 반으로 절단한 모습이다. Fig. 2는 SKUD의 Inverted Structure Design 을 보여주고 있다. 3채널 운동 피치, 롤, 히브를 구사하기 위해 Fig. 3에서 보이는 세 개의 750kW 서보 모터를 각각의 액츄에이



Fig. 1 Half-body cabin (Hyundai Getz)

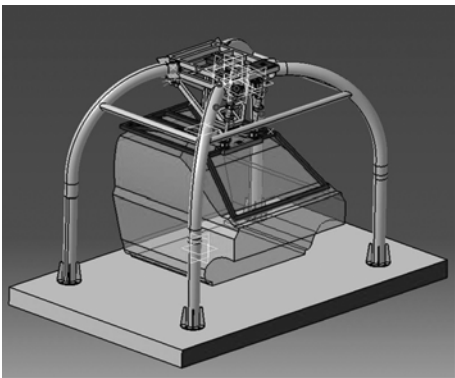


Fig. 2 Inverted structure design



Fig. 3 3DOF motion actuator

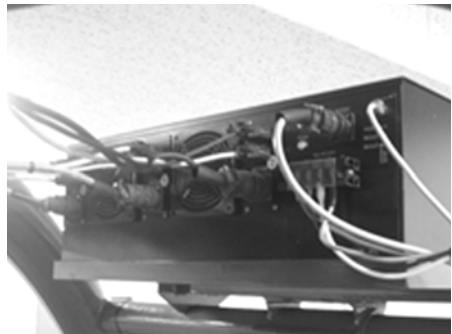


Fig. 4 MCU(Motion control unit)



Fig. 5 Roll motion



Fig. 6 Pitch motion



Fig. 7 Heave motion

Table 1 Performance of the inverted-motion platform

Motion	Range	Speed	Acceleration
Heave	± 7.2 cm	50.0 cm/sec	0.5 G
Roll angle	± 20.2 degree	70.0 deg/sec	500 deg/sec <sup>2</sup>
Pitch angle	±17.4 degree	70.0 deg/sec	500 deg/sec <sup>2</sup>

터에 사용하였다. 이들은 CAN 통신규약을 이용한 Fig. 4의 MCU(Motor Control Unit)에 의해 구동된다. Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7은 시뮬레이터의 움직임을 보여 준다. Inverted-motion Platform 의 성능은 Table 1과 같다.

### 2.2 가상환경

가상 환경(VE: Virtual Environment)은 공간적 다중 감각 체험, 혹은, 전자기적 의미의 인공적 장소 정도로 정의 될 수 있다(Carr,1995). 가상 환경은 3차원 자연 환경을 실제적으로 표현하여야 하고, 영상부는 사용자의 입력을 실시간으로 다이내믹하게 표현 할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 경부선 고속도로 일부인 서울-천안 톨게이트 63.6km 구간을 선택하여 가상 환경을 구축 하였다. Fig. 8, Fig. 9는 본 연구에서 구축한 가상 환경의 렌더링 된 한 장면이다.

현실에서 동작을 취하면 동작이 행해지기 까지 순간의 시간차가 발생한다. 가상 환경도 이러한 입력 값에 대하여 순간적 시간차를 발생 시키며 이는 가상 환경의 기본적인 특징이다. 하지만 가상 환경의 3D 렌더링은 많은 복잡한 연산을 요구하고 이는 영상처리 속도를 떨어뜨리게 된다. 이 문제를 해결하기 위한 방법으로 본 연구에서는 Pentium4TM 일반 컴퓨터로도 작동이 잘 되는 DirectXTM 기반의



Fig. 8 Rendered image of highway road

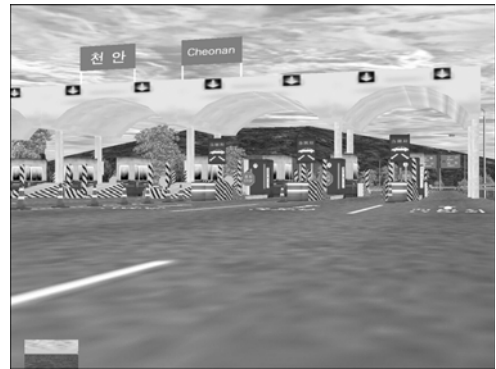


Fig. 9 Rendered image of cheonan tollgate

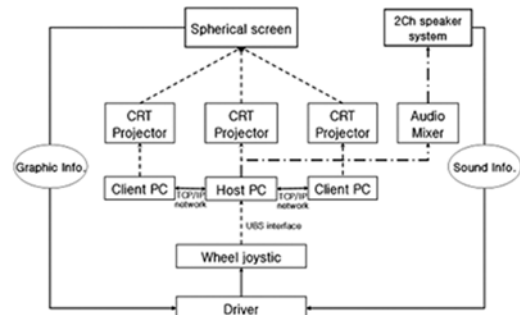


Fig. 10 Functional diagram of visual & audio system

그래픽 엔진을 사용하기로 하였다. Fig. 10에서는 본 연구의 개념도를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 영상 부는 150°의 시야각을 확보하는 3채널 LCD 프로젝터로 구현 하였다.

### 2.3 GPS 시뮬레이터

목적지까지의 최적경로 안내 및 실시간 교통 정보와 같은 현재 차량의 위치와 연관된 정보를 제공하는 CNS(Car Navigation System)는 텔레매틱스 서비스의 가장 기본적인 기능이다.

GPS 시뮬레이터는 GPS 수신기의 개발 과정에서 각종 성능시험 및 양산 과정의 품질 검사 도구로 사용될 목적으로 개발되었다. 특히 GPS 수신기를 생산하는 양산라인은 공장 실내에 위치하여 최종 품질 검사 단계에서 실제 위성신호를 수신할 수 없으므로 GPS 시뮬레이터를 이용하여 GPS 위성 신호를 임의로 생성하는 방법으로 GPS 수신기의 품질검사

를 수행하고 있다.

이와 같은 상용 GPS 시뮬레이터는 임의로 생성한 GPS 신호를 RF(Radio Frequency) 안테나를 통하여 GPS 센서로 무선으로 입력시켜줄 수 있다는 장점이 있으나, 미리 시나리오를 구성하여 GPS 신호(Signal)를 생성해주는 방법, 또는 실제 도로 주행 후, 저장한 데이터를 이용하는 방법으로 작동된다는 한계가 있다.

이에 따라, 운전자의 운전애 따른 차량의 경로를 데이터를 실시간으로 이용해야하는 차량 주행 시뮬레이터의 경우에는 별도의 설정 작업이 요구되는 단점이 있다. 그러므로 기존의 상용 GPS 시뮬레이터를 차량 시뮬레이터에 적용하는 것은 효율적인 방법이라 할 수 없다.

본 연구에서 소프트웨어적으로 개발하고자 하는 GPS Simulator는 GPS 위성 신호 수신기의 역할을 포함하여 개발하는 것으로 복잡한 GPS 위성 신호의 수신과정 및 보정 알고리즘을 고려할 필요 없이 최종적으로 GPS 수신기에서 출력되는 위치정보 데이터만을 모사하여 생성시키는 기능만을 구현하는 것이다. 따라서 GPS 신호 수신기의 데이터 출력형태와 구성을 분석하였다.

NMEA(National Marine Electronics Association)은 미국 해상전자통신협회로 NMEA-0183 Protocol을 해양 기자재들 간의 통신을 위한 전기적 인터페이스 및 데이터 프로토콜로 제정하였다. GPS 수신기의 출력 데이터 역시 이 통신규약의 적용을 받아 ASCII 코드로 구성되어 있다.

본 연구의 GPS 시뮬레이터에서는 NMEA-0183 프로토콜의 분석을 토대로 하여, 차량 주행 시뮬레이터에서의 운전자 운전 조작에 따른 가상현실 공간에서의 차량 경로 정보를 TCP/IP(Transmission Control Protocol / Internet Protocol) 통신을 통해 실시간으로 전송받는다. 그리고 이를 NMEA-0183 데이터로 생성하여 RS232C 시리얼 통신을 통해 다시 차량 주행 시뮬레이터 운전석에 탑재된 CNS 및 텔레매틱스 장비로 전달한다. 이와 같은 GPS 시뮬레이터에서 사용되는 프로그램은 MS Visual C++과 MFC(Microsoft Foundation Class)를 기반으로 개발되었다. 개발된 GPS 시뮬레이터 프로그램의 GUI를



Fig. 11 GPS simulator software

Fig. 11에 나타내었다.

본 연구에서 개발한 GPS 신호 시뮬레이터 프로그램은 3가지 모듈(module)로 구성되며, 각 부분의 기능은 다음과 같다.

- 1) Part A : 차량 주행 시뮬레이터의 가상현실을 구현하는 서버로부터 TCP/IP 통신으로 차량의 실시간 좌표를 수신한다.
- 2) Part B : 수신된 좌표를 NMEA-0183 데이터로 변환하고, Checksum을 계산하여 애러 비트를 산출하여 데이터의 신뢰성을 높인다.
- 3) Part C: 생성된 NMEA-0183 데이터를 RS232C 시리얼통신으로 차량 주행 시뮬레이터 운전석에 설치된 CNS로 전송한다.

서명원등에 의해 개발된 SKUD<sup>16)</sup>에 CNS를 설치하고 본 연구에서 개발한 GPS 시뮬레이터를 RS232C로 연결한 후 서울~천안간 경부고속도로<sup>17)</sup> VR DB가 탑재된 시각시스템과 TCP/IP로 Local Area Network을 구성하였다. GPS 시뮬레이터가 적용된 차량 주행시뮬레이터의 구성도는 Fig. 12와 같다.

차량 주행 시뮬레이터를 운영하여 실험해본 결과 모사된 NMEA-0183 데이터가 정상적으로 CNS를 작동시켜 각종 음성 안내가 작동하고 실시간 위치 정보가 표시되었다.

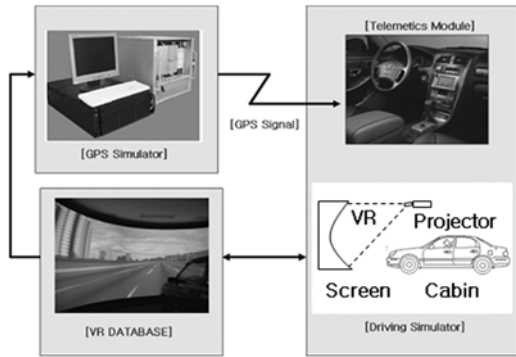


Fig. 12 Functional diagrams of GPS simulator

### 3. SKUD의 평가

#### 3.1 실험적 평가

드라이빙 시뮬레이터는 HMI 관련 연구에 효율적이지만, 몇 가지 문제점이 있다. 화면의 멈춤(visual lag) 현상(Snow & Williges, 1997), 왜곡(McGreevy & Ellis, 1986), 제한적 시야각(Henry & Furness, 1993) 및 어지러움(motion sickness)(Kennedy, et al., 1996) 등이 그것이다. 또한 메스꺼움, 구토, 등을 호소하는 경우도 있다. 더불어 드라이빙 시뮬레이터의 단점 중 하나는 개발된 드라이빙 시뮬레이터를 실험에 이용하기 위해서는 검증 작업을 거쳐야 한다는 것이다. 본 연구에서는 HMI 실험을 위하여 SKUD를 개발하였기 때문에, 실제 주행과 가상 주행 사이에 텔레매틱스 장비 사용 환경에 따른 두 상황을 비교 분석할 필요가 있었다. 이를 위해 HMI의 물리적 측정 방법으로 운전자 부하의 증감량을 예측하였다. 예를 들면, 분당 심박수, 안구 운동도, 뇌 활성화 등을 이용하면 운전자 부하량을 예측해 볼 수 있다. 물리적 측정 방법의 가장 큰 장점은 운전(primary task)에 영향을 끼치지 않고 측정이 가능하다는 것이다.

피시험자는 신체 건강하고 운전이 능숙한 20대 남성 13명을 대상으로 하였다. 평균 연령은  $27.9 \pm 3.1$  세, 신장  $172.3 \pm 5.2$ cm, 체중  $69.2 \pm 10.6$ kg, 운전 경력은  $3.5 \pm 2.5$ 년이다. 피시험자는 실험 당일 과격한 운동, 흡연, 약물 복용을 금하게 하였으며 차량 주행 시뮬레이터에 익숙해지도록 하고 과도한 시뮬레이터병(Simulator Sickness) 증상이 나타나는 지 여부를 관찰하기 위하여 탑승 후 30분간 적응 주행을 실시하도록 하였다.

본 연구에서 운전자의 생리신호를 측정하기 위하여 Biopac 장비를 사용하였다. 사용된 Biopac 장비는 4가지 신호 EMG(Electro-Myogram), ECG(Electro-Cardiogram), EOG(Electro-Oculography), GSR(Galvanic Skin Response)를 측정할 수 있으며, 이 신호를 AcqKnowledge 3.8.2 프로그램을 이용하여 측정/분석하였다.

시뮬레이터에서의 실험을 비교하기 위한 실차 실험은 Fig. 13에 나타나 있으며, 총 2명을 실시하였다. 또한 실험을 시뮬레이터 상에서 비교하기 위해 Fig. 14와 같이 총 13명의 실험자가 서울-천안 간 경부고속도로를 달리게 하였으며, 실험 조건은 Navigation 유무에 따라 총 두 번의 실험을 거쳤다. 첫 번째 실험을 실행한 후 Simulator Sickness를 없애기 위하여 30분간 휴식을 취하게 한 후, 두 번째 실험을 실시하였다. 실차실험의 경우 매우 위험하기 때문에 Navigation이 없는 경우만 실험하였다.



Fig. 13 Virtual driving experiment



Fig. 14 Real world driving experiment

### 3.2 실험 결과

#### 3.2.1 ECG(Electro-Cardiogram)신호

심장의 활동 즉, 심장의 수축과 이완이 일어날 때 발생하는 전기적 파동을 기록한 것이 심전도이다. 심전도에 의한 심박변동성(HRV: Heart Rate Variability)은 비교적 스펙트럼 해석이 간편하다는 장점이 있다. HRV 값은 ECG R-peak간 거리변화의 변위량 데이터로부터 FFT(Fast Fourier Transformation)를 취할 때 얻어진다.

Fig. 15를 보면 시뮬레이터 실험과 실차실험의 심박변동성이 일정한 것을 확인할 수 있다. 이 때 SPSS 통계분석을 통한 시뮬레이터 실험과 실차 실험 간의 유의차(p-value < 0.05)는 발생되지 않았다.

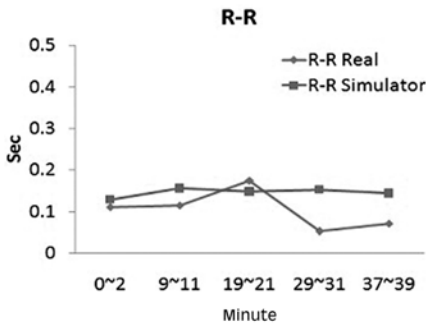


Fig. 15 R-R time results

#### 3.2.2 GSR(Galvanic Skin Response)신호

피부전기저항은 정신부하에 의한 피로감을 측정하는 또 다른 방법으로 피부의 전기 전도도의 변화를 살펴보는 것이다. 일반적으로 정신부하나 스트레스가 증가하면 피부의 저항이 증가한다. 본 연구에서는 GSR의 측정은 왼손 검지와 중지애 센서를 부착하였다.

Fig. 16을 보면 R-R Time신호와 마찬가지로 GSR

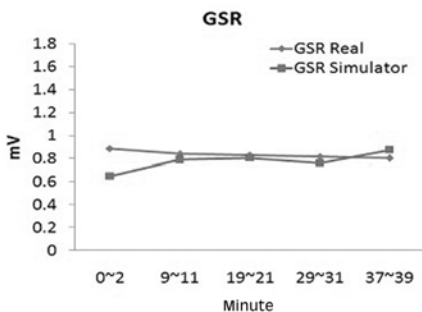


Fig. 16 GSR results

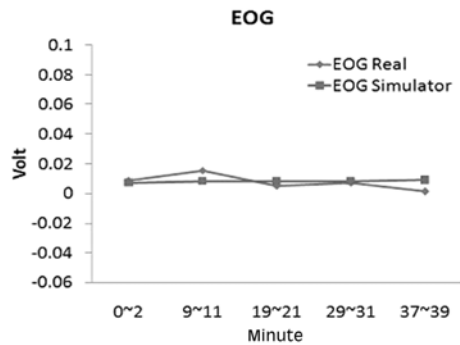


Fig. 17 EOG results

신호 역시 변화하지 않고 일정한 것을 확인할 수 있다. 이 때 SPSS 통계분석을 통한 시뮬레이터 실험과 실차 실험 간의 유의차(p-value < 0.05)는 발생되지 않았다. 이에 따라 시뮬레이터 실험과 실차 실험 간의 유의차는 발생하지 않았다고 판단할 수 있다.

#### 3.2.3 EOG(Electro-Oculography)신호

안구 운동도는 눈이 움직일 때 마다 생기는 전기적 파동을 기록한 것이다. 안구 운동도는 피로도가 증가하면 신호가 증가하고 정신적인 부하가 쌓이면 신호가 감소하는 경향을 보인다. 본 실험에서는 안구의 운동을 측정하기 위하여 양쪽 눈 위에 전극을 부착하였다.

Fig. 17을 보면 실차 실험의 경우 EOG신호가 시뮬레이터 실험보다 변동이 자주 일어난다. 이것은 실제 교통상황이 시뮬레이터 시나리오 상황보다 복잡하기 때문에 나타나는 것이다. 하지만 EOG신호도 R-R Time, GSR신호와 같이 실차실험과 시뮬레이터 실험과의 유의차(p-value<0.05)는 나타나지 않았다.

## 4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서, SKUD 는 새로운 방식의 모션 플랫폼인 Inverted-motion platform 시뮬레이터로 개발되었다. 또한 시뮬레이터 실험을 위한 가상환경을 구축하고 GPS 시뮬레이터를 개발하였다.

개발된 시뮬레이터의 평가를 위하여 생체신호 측정을 통한 물리적 측정 방법을 이용하여 실제 상황과 시뮬레이터의 상관관계를 분석하고자 했으나 결과간의 통계적 유의차는 발견되지 않았다. 이는 실차실험과 시뮬레이터의 피시험자가 각각 2명과 13명으로 통계적 분석을 하기에 다소 부족했던 것으로

로 사료된다. 향후 연구에서는 충분한 실험 인원과 다양한 도로에서의 실험을 통해서 본 연구에서 확인되지 않은 실차 실험과 시뮬레이터 실험 간의 상관관계를 확인할 수 있을 것으로 예상된다.

또한 본 연구를 통하여 향후 드라이빙 시뮬레이터를 이용한 텔레매틱스 평가 및 HMI 연구에 발전을 이룰 것으로 기대된다.

## 후 기

본 연구는 BK21 사업단 및 한국산업기술재단 최우수연구실 지원사업의 연구 결과입니다.

## References

- 1) H.-K. Kim and S.-Y. Lee, "Trend of Telematics Technology," Journal of the Korea Institute of Communication Science, Vol.20, No.12, pp.14-31, 2003.
- 2) W.-S. Lee and J.-H. Cho, "Introduction of Driving Simulator and Applications," Journal of KSME, Vol.41, No.4, pp.34-39, 2001.
- 3) K. Y. Cho, C. H. Bae, Y. Chu and M. W. Suh, "An Overview of Telematics: A system Architecture Approach," Int. J. Automotive Technology, Vol.7, No.4, pp.509-517, 2004.
- 4) J. G. Harper, R. Fuller, D. Sweeney and T. Waldmann, "Human Factors in Technology Replacement: A Case Study in Enterface Design for a Public Transport Monitoring System," Applied Ergonomics, Vol.29, No.2, pp.133-146, 1998.
- 5) F. Nachreiner, P. Nickel and I. Meyer, "Human Factors in Process Control System: The Design of Human-machine Interfaces," Safety Science, Vol.44, pp.5-26, 2006.
- 6) B. V. Dasarathy, "Information Fusion in the Context of Human-Machine Interfaces," Information Fusion, Vol.6, pp.117-118, 2005.
- 7) Z. Wang, W. P. He, D. H. Zhang, H. M. Cai and S. H. Yu, "Creative Design Research of Product Appearance Based on Human-Machine Interaction and Interface," Journal of Materials Processing Technology, Vol.129, pp.545-550, 2002.
- 8) K. Yi, "Human-in-the-Loop Evaluation of Advanced Safety Vehicles Using a Vehicle Simulator," Auto Journal, Vol.26, No.4, pp.6-10, 2004.
- 9) I.-K. Choi, "A Study on the Analysis of Interface Design on Car Navigation System," Proceedings of Conference of Korea Multimedia, pp.361-367, 2002.
- 10) T. Ross and G. Burnett, "Evaluating the Human-Machine Interface to Vehicle Navigation Systems as an Example of Ubiquitous Computing," International Journal of Human-Computer Studies, Vol.55, pp.661-674, 2001.
- 11) P. Park and D.-W. Cha, "Development of Human-Machine Interface Evaluation System and Simulator for Car Navigation System," Proceedings of the ESK Conference, pp.13-18, 1998.
- 12) U. Yuji, K. Shinichi, H. Takeru, T. Ryuta and W. Toshihiro, "Voice Infromation System that Adapts to Driver's Mental Workload," R&D Review of Toyota CRDL, Vol.39, No.1, pp.16-22, 2004.
- 13) Y. Takada and O. Shimoyama, "Evaluation of Driving-assistance System Based on Drivers' Workload," Proceedings of Int. Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, Vol.5, No.41, 2001.
- 14) H.-K. Nam, J.-Y. Lee and W.-S. Lee, "Evaluation of User Acceptance for an Adaptive Cruise Control Using a Driving Simulator," Fall Conference Proceedings, KSAE, pp.930-935, 2002.
- 15) N. A. Pouliot and C. M. Gosselin, "Motion Simulation Capabilities of Three-Degree-of-Freedom Flight Simulators," Journal of Aircraft, Vol.35, No.1, pp.9-17, 1998.
- 16) M.-W. Suh, T.-Y. Koo, S.-J. Kwon, Y.-S. Shin, K.-Y. Cho and D.-Y. Park, "Development of SVPG," Transactions of the KSAE, Vol.10, No.1, pp.195-202, 2002.
- 17) Y.-I. Choi, J. Suk, K.-H. Kim, S.-J. Kwon and M.-W. Suh, "A Study on the Improving the Rendering Performanse of the 3D Road Model for the Vehicle Simulator," Transactions of KSAE, Vol.12, No.5, pp.162-170, 2004.