

자동차 시뮬레이터의 운동감에 대한 감성평가

오 상 민¹⁾ · 손 권²⁾ · 최 경 현³⁾ · 한 상 현¹⁾

부산대학교 대학원¹⁾ · 부산대학교 기계공학부²⁾ · 제주대학교 생산에너지시스템공학부³⁾

Human Sensibility Ergonomic Evaluation of Sense of Motion Perceived in a Vehicle Simulator

Sangmin Oh¹⁾ · Kwon Son^{*2)} · Kyung-Hyun Choi³⁾ · Sanghyun Han¹⁾

¹⁾Department of Mechanical Design Engineering, Pusan National University, Keumjeong-ku, Busan 609-735, Korea

²⁾School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Keumjeong-ku, Busan 609-735, Korea

³⁾Department of Mechanical, Energy and Production Engineering, Cheju National University, Jeju-do 690-756, Korea

Abstract : The vehicle simulator is a useful virtual reality system. The simulator enables engineers to effectively research and analyze various experiments. Therefore, the development of a specific vehicle simulator is required, and its performance must be verified. This paper verifies the performance of Pusan National University Vehicle Simulator. Human sensibility ergonomic tests of vehicle simulator were also executed. The sense of simulator motion was chosen as the standard of performance evaluation. The driver's senses were subdivided into senses of rectilinear and rotational velocities. This study extracted ergonomic sensibility words that can be used to evaluate the performance of the simulator. As a practical application of simulator, the relation was studied between the sense of simulator motion and the characteristics of drivers, who are classified into their sexes and driving careers. A statistical method was applied to human sensibility ergonomic tests of vehicle simulator.

Key words : Vehicle simulator(자동차 시뮬레이터), Virtual reality system(가상현실 시스템), Human sensibility Ergonomic test(감성공학적 평가), Ergonomic sensibility words(감성어휘)

1. 서론

자동차 시뮬레이터를 이용하면 실제 자동차를 운전하는 상황을 실험실 내에서 재현할 수 있다. 따라서 차량에 대한 인간의 감성 평가적인 측면에서 다양한 실험을 용이하게 수행할 수 있다. 그리고 여러 가지 주행환경에서 운전자의 안전에 관한 연구 수행의 유연성도 제공할 수 있다. 이러한 이유로 독자적인 시뮬레이터 개발의 필요성이 증가하고 있다.¹⁾

선진국에서 독자적인 시뮬레이터를 바탕으로 실

시된 연구들은 다양하다. UMTRI(University of Michigan Transportation Research Institute) 자동차 시뮬레이터는 주행 중 이동전화의 사용에 대한 연구²⁾와 차량 시뮬레이터에서 음향 시스템이 현실감에 미치는 영향에 관한 연구에 이용되었다.³⁾ 영국의 Leeds 대학의 시뮬레이터(LADS)는 실제 상황과의 비교를 통한 시뮬레이터 유효성 연구(certification of validity) 등의 목적에 이용되고 있으며, 특히 효과적인 경보 시스템의 개발과 도심 교통상황에 맞는 자동 속도 제어 시스템 개발의 연구 수행에 적용되기도 하였다.⁴⁾ 미국의 Iowa 대학의 시뮬레이터는 AHS(Automated Highway System)의 설계 및 충돌,

*To whom correspondence should be addressed.
kson@pusan.ac.kr

도로 이탈 경보 시스템 개발 등에 적용되고 있는 대표적인 시뮬레이터이다.^{5,6)}

본 논문에서는 부산대학교에서 개발된 독자적인 자동차 시뮬레이터의 속도감과 회전감을 포함하는 주행감각 성능을 감성실험을 통해 평가하였다. 시뮬레이터에 의해 구현되는 운동감은 스텈더트 플랫폼의 운동에 많은 영향을 받는 회전감과 가상환경과 사운드에 많은 영향을 받는 속도감으로 구분할 수 있다. 따라서 전체적인 자동차 시뮬레이터의 성능을 평가하는 기준으로 회전감과 속도감을 설정하였다. 회전감과 속도감에 대한 운전자의 평가를 위해 각각의 감각에 대한 감성어휘를 선택하였다. 이와 함께 시뮬레이터의 운동감이 운전자의 특성에 따라 차이를 보이는지를 감성공학적인 측면에서 조사하였다. 이를 위하여 운전자의 집단을 성별과 운전경력별로 구분하여 여러 가지 통계적 방법을 통해 집단에 따라 운동감에 차이가 있는지를 조사하였다.

2. 시뮬레이터의 구성

자동차 시뮬레이터는 운전 조작부를 통해 수행되는 차량의 운동을 실시간으로 예측하여야 하고, 그 결과는 운동재현기와 시각 및 음향을 통해 운전자에게 전달되어야 한다. 이와 같이 시뮬레이터에서는 여러 가지 서브시스템이 유기적으로 조합되어 있다. Fig. 1은 본 연구에서 개발된 자동차 시뮬레이터의 구성을 보여준다. 서브 시스템으로는 6자유도 병렬구조를 가지는 스텈더트 플랫폼 형태의 운동재현기와 이를 제어할 수 있는 전용제어기, 운전자와 운동재현기의 인터페이스 역할을 하는 운전 조작부와 운전 조작부의 출력 신호를 받아 차량의 동적 모델을 해석하는 컴퓨터, 시각 및 음향효과를 제공하는 시스템 등으로 분류할 수 있다.

2.1 차량 동역학 모듈

차량 모델은 탑승한 운전자가 행하는 모든 주행 조작으로 발생하는 차량의 운동을 예측하기 위해 모델링 되어야 한다. 부산대학교 자동차 시뮬레이터에 사용된 전차량 모델의 전륜은 맥퍼슨 현가장

치이고, 후륜은 트윈스트 액슬로 구성되어 있으며, 후륜 현가장치의 횡방향 힘을 잘 지지해주기 위해 래트럴로드(lateral rod)를 가지고 있다. 전륜의 맥퍼슨 현가장치에서 좌우 로우암(lower control arm)을 회전-구면 무질량 링크(revolute-spherical massless link)로, 좌우 타이로드(tie-rod)와 래트럴 로드를 구면-구면 무질량 링크(spherical-spherical massless link)로 교체한 것을 이용하였다. 또한 후륜의 래트럴로드를 무질량 링크로 모델링 함으로써 23개의 물체로 구성된 차량 시스템을 Fig. 2와 같이 14개의 물체와 5개의 무질량 링크로 모델링한 것을 사용했다.

통합 운영 프로그램의 모듈 중 차량 동역학 해석 모듈은 차량 동역학 해석 프로그램인 AutoDyn7이 Fortran으로 구현되었다.⁷⁾ 차량 동역학 해석 모듈은 15자유도 전차량 모델에 운전석 시스템에서 검출되는 신호를 입력으로 하여 실시간으로 전차량 모델을 해석하고, 10 Mbps의 전송속도를 갖는 네트워크 통신모듈과 직렬 통신 모듈을 이용해 각각 시각 시

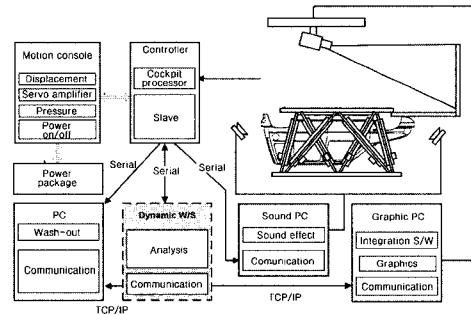


Fig. 1 Structure of vehicle simulator

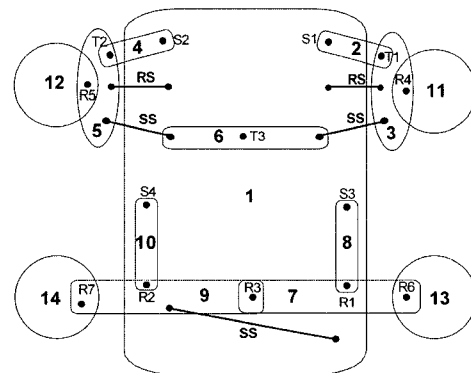


Fig. 2 Mechanism of simplified model

스텝과 운동 시스템에 데이터를 전송하게 된다.

2.2 그래픽 모듈

· 현실감 및 속도감 있는 가상공간의 제작을 위하여 항공사진을 사용하였다. 3차원 지형공간에 대한 도로 및 도로 주변 지형정보를 얻어 모델링을 수행하는 과정을 Fig. 3에서 보여주고 있다.

환경 모델링을 위하여 Pro/E와 라이노(Rhino)를 사용하였고, 각 건물들을 수치지도상의 정확한 위치에 좌표계를 부여하고 텍스처 맵핑을 수행하기 위하여 3D 맥스(3D MAX)를 사용하였다. 좌표계 설정 후 렌더링 서버에서 사용할 수 있는 다양한 그래픽 포맷들로 변환하여 영상 객체 데이터베이스를 구축하였다. 객체 모델은 단순화하여 모델링하고, 추출된 텍스처 맵핑 소스를 폴리곤 위에 전사함으로써 개체의 복잡성을 줄이고, 사실적인 3차원 객체를 얻었다.

시각적 요소는 운전자가 속도감을 인지하는데 중요한 요소이다. 따라서 모델링된 환경을 실시간으로 화면갱신을 시키기 위해 실시간 렌더링 프로그램을 개발하였으며, 쓰레드를 이용한 통신모듈의 개발로 스템 플랫폼의 운동감과 그래픽 사이의 통신상의 시간지연을 최소화하였다. 이를 위하여 실리콘 그래픽스사의 퍼포머(IRIS Performer)를 3차원 그래픽 라이브러리로 선정하였다. 퍼포머는 실시간 3차원 그래픽과 시각적인 시뮬레이션 응용프로그램 개발에 필요한 환경으로 실리콘 그래픽스사의 IRIS GL을 기반으로 제작되었다.⁸⁾

프로그램은 Fig. 4와 같이 두 개의 시뮬레이션 루프로 구성된다. 첫 번째 루프에서는 마우스 컨트롤을 통하여 주행환경을 미리 둘러볼 수 있는 임의의 주행환경을 제공하였다. 두 번째 루프에서는 전송된 차량의 위치 및 방향 데이터를 이용하여 프로젝트를 통해 투영될 주행화면이다.

운전 조작부의 정보를 이용하여 실시간으로 이루어진 차량 모델의 해석결과는 그래픽 모듈로 전송된다. 기존 좌표계에 대해 실제 차량의 3방향 병진운동과 2방향 회전운동이 전송되며, 진행방향에 대한 회전운동은 가상환경의 어지러움을 유발할 수 있으므로 플랫폼에서만 구현하도록 하였다. 10Mbps

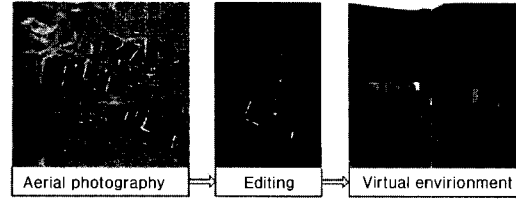


Fig. 3 Construction of virtual environment

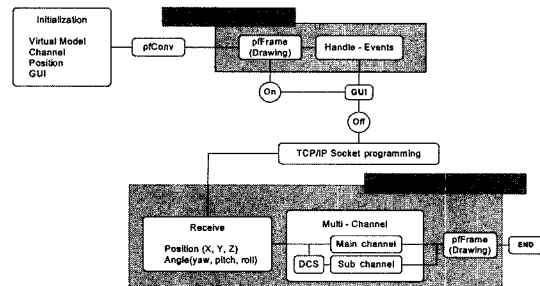


Fig. 4 Simulation loop

의 전송속도를 갖는 네트워크 통신모듈을 이용하여 데이터 전송에 걸리는 시간은 10 msec이며, 화면갱신률(frame rate)은 30 Hz로 통신 소켓 프로그램에 쓰레드를 적용함으로써 2배 정도의 화면갱신률 향상을 가져올 수 있었다. 그리고 이는 운전자가 가상 환경에서 현실감을 느낄 수 있는 재현물이다.⁹⁾

2.3 사운드 모듈

청각은 현실세계를 인지하는데 있어서 매우 중요한 감각으로 볼 수 있다. 따라서 자동차 시뮬레이터에 있어서 소리(sound)의 구현은 현실감을 증가시키는데 매우 중요한 요소이다.

사운드를 구현하기 위한 방법으로 마이크로소프트사의 DirectX 라이브러리 가운데 DirectSound를 사용하였다. DirectX는 윈도우 프로그래밍에서 사용하는 각종의 컨트롤을 쉽게 구현할 수 있고, 멀티미디어를 구현하기 매우 유용하다. 윈도우에서 사운드를 출력하기 위해서 사용해 왔던 기존의 응용 프로그램 인터페이스(API)들은 일반적인 방법으로는 한 번에 하나의 응용프로그램만을 지원할 수밖에 없고, 한 번에 하나의 오디오 스트림만을 가질 수 있었다. 또한 사운드가 들리기 전에 100~150 msec의 지연시간이 있었다. 이러한 문제점들을 해결하

여 보다 실제와 같은 사운드를 출력하기 위해 개발된 것이 DirectSound라는 API이다.

사운드를 구현하기 위해 저속, 중속 및 고속의 3구간으로 모델링하였다. 자동차의 사운드를 엔진속도가 1500 rpm 이하인 경우를 저속상태, 1500와 2500 rpm 사이를 중속상태, 2500 rpm 이상을 고속상태로 설정하였다. 그리고 총 3개의 중속구간과 3개의 감속 구간으로 설정하여 사운드의 단절을 제거하였다.

2.4 운전시스템 및 운전조작부 모듈

운동 시스템은 Fig. 5에서와 같이 유압시스템으로 구동되는 6자유도 스텐더트 플랫폼형태의 운동재현기로 구성되어 있다. 운동재현기는 하판(base plate), 상판(upper plate), 그리고 6개의 구동기로 구성되어 있다. 하판은 바닥에 고정되어 있고, 상판은 직선 운동만을 수행하는 6개의 유압 구동기에 의해서 움직이게 되어 있으며, 6개의 구동기와 하판의 연결부 및 상판의 연결부는 모두 유니버설 조인트로 연결되어 6자유도 운동을 수행할 수 있다. 각 구동기에는 제어를 위한 피드백 신호를 사용하기 위해 직선 변위를 검출할 수 있는 선형 변위 검출기가 장착되어 있다. 운동재현기의 운동사양은 실험을 통해서 주어진 사양 내에서의 운동재현이 가능함이 밝혀졌다.¹⁰⁾

차량 동역학 해석에 의해 얻어진 차량 좌표계의 운동 명령은 위시아웃 알고리즘을 거쳐 직렬 통신에 의해 구동 제어기에 데이터를 전송한다. TMS320C31 마이크로프로세서가 장착된 운동재현기의 구동 제어기는 스텐더트 플랫폼의 6개의 유압 실린더인 6축 제어 입력을 아날로그 출력단(DAC)을 거쳐 운동재현기에 주고, 실린더의 길이 정보를 아날로그 입력단을 거쳐 메인 컴퓨터로 전송해 준다. 메인 컴퓨터는 제어 결과를 이용해 운동재현기의 동작에 대한 3차원 그래픽 애니메이션을 수행한다.

실제 차량의 운전 조작부를 사용할 수 있도록 구성하였다. 조향 휠, 감속 페달 및 가속 페달 등을 조작하면 각 부분에 부착된 포텐쇼미터(potentiometer)에서 신호가 발생하고, 이 신호는 80C196KC 마이크로프로세서를 이용한 보드의 아날로그 입력(ADC)

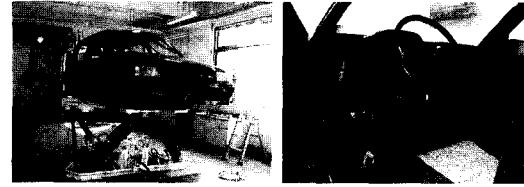


Fig. 5 Vehicle simulator of Pusan National University

을 거쳐 직렬 통신 방식으로 차량 해석을 할 수 있는 메인 컴퓨터로 입력된다.

2.5 통합운영 프로그램

각 서브 시스템간의 정보 및 데이터를 동적으로 상호 교환하고, 차량 운전 시뮬레이터의 효과적인 운영을 위해서는 각 시스템을 관리하고 통제하는 통합 운영 프로그램이 필요하다. 기본적인 사용자 인터페이스는 마우스만으로 가능하고, 최종 개발 사양은 동역학 해석 모듈이 시스템의 자원 소비를 99%까지 점유하도록 개발되었다. 이는 실시간 차량 시뮬레이터의 구현을 위하여 필수적인 요건이 된다. 각 모듈은 시스템 쓰레드, 어플리케이션 통신 및 메시지 등에 의해 처리되고 정보를 공유한다. 통합 소프트웨어는 기본적으로 윈도우 기반으로 구성되고 프로그램의 운용은 리모트 컨트롤 패널의 스위치 및 GUI 조작만으로 가능하다. 또한 처리된 데이터를 다양한 형태의 그래프로 확인할 수 있도록 지원한다. 통합 소프트웨어는 크게 차량동역학 해석 및 각 클라이언트(모션 및 콕핏제어기, 그래픽 및 사운드 클라이언트, 콕핏의 속도계)간의 인터페이스를 담당하고, 모션 제어기와의 연결상태, 각 시스템의 상태정보, 차량 운동 재현시 발생하는 동역학 해석 결과와 콕핏의 정보 등을 통합 및 관리 모니터링하는 윈도우용 전용 소프트웨어가 탑재되어 있다.

리모트 컨트롤 패널의 조작을 통해 현재 차량의 동역학 해석 시간, 운전자의 핸들, 브레이크, 엑셀 조작에 따른 콕핏 정보, 차량의 절대 위치 정보, 차량의 병진 가속도 및 회전 각속도 그리고 핸들의 반토크 및 차량의 현재 속도와 엔진 회전수 등을 실시간으로 확인할 수 있다. 그리고 OpenGL로 구현된 3D 뷰를 통해 차량의 운동과 스텐더트 플랫폼의 각 실린더 정보도 실시간으로 확인할 수 있다.

3. 감성평가

3.1 설문지 계획

설문지 계획은 자동차 시뮬레이터의 감성평가 과정에서 매우 중요한 단계이다. 따라서 설문지 문항은 응답자들이 정확하게 이해하도록 작성하여, 설문지를 작성하는데 있어서 혼동을 주지 않도록 해야 한다.

시뮬레이터에 의해 구현되는 운동감은 스텔트 플랫폼의 운동에 많은 영향을 받는 회전감과 가상 환경과 사운드에 많은 영향을 받는 속도감으로 구분할 수 있다. 따라서 전체적인 자동차 시뮬레이터의 성능을 평가하는 기준으로 회전감과 속도감을 설정하였다. 회전감과 속도감에 대한 운전자의 평가를 위해 각각의 감각에 대한 감성어휘를 선택하고, 운전자의 집단을 성별과 운전경력으로 구분하여 이에 따른 차이를 검증하고자 하였다. 감성어휘는 운동재현 모듈에서의 차단주파수 변화가 시뮬레이터의 운동감에 영향을 미치는 가를 분석한 자료에 근거하여 주파수의 변화에 민감하게 반응한 어휘를 추출하여 사용하였다.¹¹⁾

통계적 가설검증에서, 가설이 참인데도 불구하고 이를 기각하는 확률을 유의수준(significance level)이라 한다. 따라서 유의확률이 유의수준 0.05 (95% 신뢰구간)이하인 감성어휘를 운동감을 나타내는 단어로 선택하였다. 즉 선택된 감성어휘들은 유의수준 0.05 이하에서 최종적으로 운동감의 변화와 관계가 있다고 판단할 수 있는 어휘들이다. 선택된 어휘는 Table 1과 같이 회전감을 나타내는 5개의 어휘와 속도감을 나타내는 5개의 어휘로 분류하였으며, 응답자들이 정확하게 이해하도록 하기 위하여 각 어휘의 사전적인 의미들을 함께 제시하였다.

운동감의 측정은 계량화되어야 한다. 따라서 사실보다는 태도 또는 의견을 측정할 때 사용되는 5점 척도를 이용하여 '전혀 그렇지 않다(1)', '그렇지 않다(2)', '보통이다(3)', '그렇다(4)', '정말 그렇다(5)'의 5가지 문항을 제시하였다.

3.2 감성실험

시뮬레이터의 감성평가를 위해 가상으로 만들어진 부산대학교의 환경을 주행하도록 하였다. 운전자에게 주행코스를 익히도록 하기 위하여 동역학 시스템과 그래픽 시스템만으로 한 번 운전을 실시한 후에 본 실험에 임하였다. Fig. 6은 설정된 시나리오에 따른 차량의 주행경로를 나타낸다. 주행경로를 통해 평가하고자 하는 주행감각인 속도감과 회전감이 충분히 반영되도록 하기 위하여 가감속 구간을 설정하고 총 4번의 좌회전을 경험하도록 하였다. 제작된 주행노면에서 U턴이 불가능하므로 우회전을 통한 회전감은 제외시켰다.

운전 시나리오에서 차량의 초기속도는 22 km/h이며, 운전자는 1번 범퍼의 2m 후방에서 출발하여 8번 범퍼의 전방에서 정지하게 된다. 설정된 시나리오 상에서 운전자는 20~25 km/h로 서행하며 총 7개의 범퍼를 통과하고, 조향휠을 조작하여 4번의 좌회전을 경험하게 된다. 가감속감의 성능을 평가하기 위하여 4번 범퍼를 통과한 후 좌회전하고 이후 30~40 km/h로 가속하고, 6번 범퍼 전의 좌회전 코스에서 감속도록 했다. 시뮬레이터의 운동감에 영향을 줄 수 있는 요인으로 성별과 운전경력을 선정하여 집단별 차이와 집단 간의 관계성립 여부를 판단하였다. 이를 위하여 피실험자를 총 33명을 모집하였으며, 피실험자의 현황은 Table 2에서 도시하였다. 이들의 주행 시간은 1분 30초에서 2분 사이였다. Fig. 7은 실험 장면을 나타낸다.

Table 1 Ergonomic sensibility words

운동감	
회전감	속도감
기울다	달려나가다
쏟린다	당겨지다
어지럽다	주춤하다
휘청하다	탄력이 없다
물리다	튀어나가다

Table 2 Personal data of test drivers

운전경력 성별	운전경력				합계
	없음	1~2년	3~5년	5년 이상	
남	7	6	5	7	25
여	3	2	2	1	8
합계	10	8	7	8	33

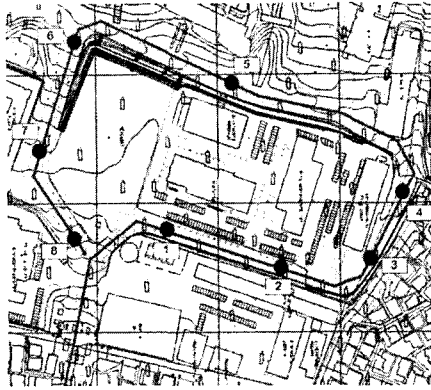


Fig. 6 Driving course of PNU map



Fig. 7 Experiment scenes

3.3 실험결과

부산대학교에서 개발된 자동차 시뮬레이터의 성능을 평가하기 위하여 탑승 운동감에 대한 감성평가를 실시하였다. 감성어휘에 따른 전체적인 만족도의 평균에서 회전감은 평균 2.6으로서 '보통이다' 이하로 조사되었다. 어휘별로 구분하여 보면 '쏟린다(2.91)', '기울다(2.79)', '휘청하다(2.76)', '몰리다(2.24)', '어지럽다(2.12)' 순서로 조사되었다. 회전감에 대한 평가가 낮게 측정된 이유는 스크린이 차체에 부착되지 않고 벽면에 부착되어 스텐더트 플랫폼과 가상환경간에 시각적인 불일치가 발생하였기 때문으로 생각된다.

속도감은 평균 3.08로서 '보통이다' 이상으로 조사되었으며, 어휘별로 구분하여 정리하면 '달려나아가다(3.24)', '탄력이 붙다(3.21)', '주춤하다(3.12)', '튀어 나가다(3.00)', '당겨지다(2.82)' 순서로 조사되었다. 대부분의 속도감을 나타내는 어휘들이 '보통이다(3)' 이상의 만족도를 보였다.

회전감과 속도감을 비교해 보았을 경우, 속도감에서 좀 더 높은 점수를 얻었음을 알 수 있는데, 이

는 시각적인 요소에 크게 좌우되는 속도감에서 가상환경에 대한 적응이 잘 이루어졌음을 짐작할 수 있다.

3.4 T-test 검정

감성공학적 측면에서 시뮬레이터의 운동감과 운전자 집단 간의 관계를 알아보기 위하여 데이터를 성별과 운전경력별로 구분하여 통계적 방법을 통해 객관적으로 분석하였다. 이를 위하여 새로운 학설이나 주장의 타당성을 알아보기 위한 방법인 가설검정을 실시하였다. 가설검정에서 새로운 주장에 해당하는 가설을 연구가설(research hypothesis)이라고 하며, 이러한 새로운 주장이 타당한 것으로 볼 수 없을 경우에는 현재 믿어지는 가설로 돌아가게 되는데 이를 귀무가설(null hypothesis)이라고 한다.

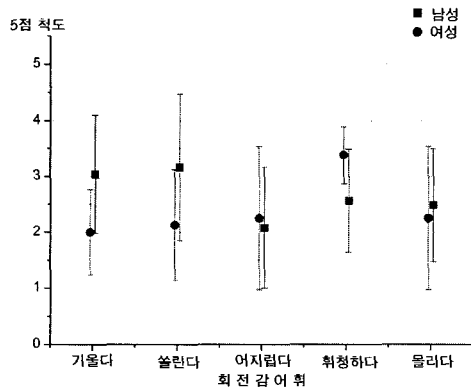
시뮬레이터의 운동감이 남녀 성별에 따라 차이가 있는지를 조사하기 위하여 T-test를 실시하였다. 2개의 집단 간에 차이가 나타나는지에 대해서 알아볼 때 T-test를 이용한 가설검정을 실시한다. T-test의 원리는 두 표본을 합한 전체 집단의 분산과 그 두 표본의 각 분산을 이용하여 두 집단의 평균의 차이가 통계학적으로 의미가 있는가를 검정하는 것으로 t 값은 비교대상 집단의 평균, 표준편차, 사례수로써 구할 수 있다. 즉 관련되는 두 집단의 평균의 차이를 검증하는 통계방법으로서 이를 이용하여 성별이 운동감에 영향을 줄 수 있는 요인인지를 검증하였다.

본 논문에서는 '운동감은 남녀 성별에 따라 차이가 없다'를 귀무가설로 설정하여 가설의 기각여부를 판단하였다. Table 3은 T-test검정 결과이다. 우선 두 집단의 분산의 동질성 가정을 검정해야 한다. 분산의 동질성 가정이란 표본이 무작위로 추출되었으며, 모집단의 분산이 동일하다는 가정을 말하며, 유의수준은 가설을 기각하게 되는 확률의 크기를 말한다. 운동감을 나타내는 각 어휘 5개의 데이터를 취합하여 회전감과 속도감으로 구분하여 살펴보았다. 속도감의 분산의 동질성 가정 결과 F-유의확률은 0.16으로 귀무가설을 받아들여 등분산을 가정 상태에서 T검정을 실시하였다. 여기에서 T값의 유의확률이 0.007로서 유의수준 0.05보다 작으므로 '속도감은 남녀 성별에 따라 차이가 있다'라고 할 수

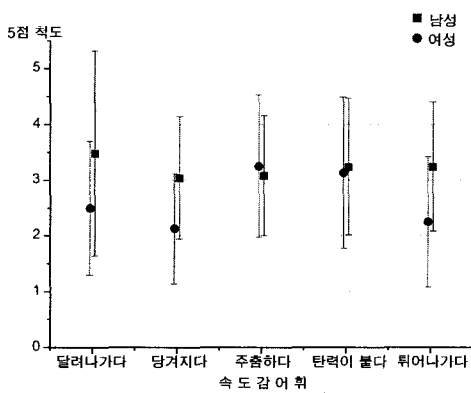
있다. 같은 방법으로 회전감에 대해 조사해 보면 F-유의확률이 0.869로서 귀무가설을 받아들일 수 있지만, T값의 유의확률이 0.197로서 유의수준 보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없다. 즉, '회전감은 성별에 따라 차이가 없다'라고 결론 내릴 수 있다. 따라서 회전감은 운전자의 성별과는 무관하게 작용한다고 볼 수 있다. 회전감과 속도감에 대한 성별 평균과 표준편차를 Fig. 8에서 나타내었다. 성별에 따른 회전감은 '남(2.66)', '여(3.22)'로 여성이 남성에 비해 회전감에 대해 '보통이다' 이상의 만족도를 나타내었으며, 속도감에서는 '남(3.22)', '여(2.65)'로 남성이 속도감에 대한 만족도가 높게 조사되었다. 속도감에서 여성이 남성에 비해 낮은 만족도를 보인 이유는 시뮬레이터의 운동에 여성 운전자들이 위험을 느끼고 속도를 충분히 내지 못하기 때문으로 판단된다.

Table 3 T-test results about a sex distinction

		등분산 검정		T-test		비 고
		F	유의 확률	t	유의 확률	
회 전 감	기울다	2.14	0.154	2.56	0.015	F: 0.027 F-유의확률: 0.869 t: 1.294 t-유의확률: 0.197
	쏟린다	1.77	0.194	2.04	0.050	
	어지럽다	0.48	0.492	-0.37	0.713	
	휘청하다	3.47	0.072	-2.38	0.024	
	물리다	0.93	0.341	0.53	0.602	
속 도 감	달려나가다	0.18	0.673	2.17	0.038	F: 1.988 F-유의확률: 0.160 t: 2.743 t-유의확률: 0.007
	당겨지다	0.36	0.552	2.10	0.044	
	주춤하다	0.20	0.659	-0.37	0.713	
	탄력이 붙다	0.28	0.601	0.24	0.813	
	튀어나가다	0.00	0.961	2.09	0.045	



(a) Sense of rotation



(a) Sense of speed

Fig. 8 Senses of simulator motion about a sex distinction

3.5 분산분석

시뮬레이터의 운동감이 운전경력에 따라 차이가 있는지를 조사하기 위하여 분산분석을 실시하였다. 분산분석은 T-test와 마찬가지로 집단간 평균의 차이를 알아보기 위해서 사용하는데, 두 집단 이상의 차이를 검증할 때 사용된다. 분산분석으로 가설을 검증한다는 것은 결국 표본에서 나타난 집단간 평균치의 차이가 표본에 의한 우연한 특성인지, 아니면 모집단 자체에 본질적으로 그러한 차이가 있기 때문에 표본에서도 그렇게 나타난 것인지를 분석하는 통계적 방법이다.

본 논문에서는 운동감과 운전경력의 차이를 알아보기 위하여 '운동감은 운전경력에 따라 차이가 없다'를 귀무가설로 설정하였다. 분산분석 검정 결과를 Table 4에서 정리하였다.

자유도는 주어진 조건에서 자유롭게 변화할 수 있는 사례수를 의미한다.

F값의 유의확률을 사용하여 가설의 기각여부를 판단할 수 있다. 운동감을 회전감과 속도감으로 구분하여 살펴보면, 역시 각각의 유의확률이 0.753, 0.473으로 유의수준 0.05보다 크다. 따라서 회전감과 속도감은 운전경력과 무관하다고 할 수 있다. 즉 운전경력에 따라서 운전자가 느끼는 주행감각은 차이가 없다.

운전경력에 따른 감성어휘의 평균과 표준편차를 Fig. 9에서 나타내었다. 운전경력에 따른 운동감의 평균에서 회전감은 운전경력이 '5년 이상(2.75)', '1~2년(2.63)', '3~4년(2.54)', '없음(2.50)' 순으로 '보통이다' 이하로 낮게 조사되었다. 속도감은 운전경력이 '없음(3.26)', '5년 이상(3.08)', '1~2년(3.05)', '3~4년(2.86)' 순으로 '보통이다' 이상으로 조사되었다.

구체적으로 각각의 집단들간에 차이가 있는지를 밝히기 위하여 사후검증을 실시하였으며, 사후분석(PHT: Post Hoc Tests)을 통해 집단 간의 차이를 검증한 결과 모든 집단들 간에서도 유의확률이 유의수준보다 높게 조사되었다. 즉 서로간에 차이가 없다고 해석할 수 있다.

Table 4 ANOVA results for various a driving careers

		자유도	F	유의확률	비고
회전감	기울다	3	0.184	0.906	자유도: 3 F: 0.401 유의확률: 0.753
	쏟린다	3	0.161	0.922	
	어지럽다	3	0.121	0.947	
	휘청하다	3	1.298	0.294	
	몰리다	3	0.937	0.436	
속도감	달려나가다	3	0.498	0.686	자유도: 3 F: 0.841 유의확률: 0.473
	당겨지다	3	0.244	0.865	
	주춤하다	3	0.411	0.746	
	탄력이 없다	3	1.187	0.332	
	뛰어나가다	3	0.360	0.782	

4. 결론

본 논문에서는 자동차 시뮬레이터의 성능을 감성공학적 수법을 이용하여 정량적으로 평가하였다. 속도감 인자에 영향을 주는 그래픽 처리와 관련하여 현실감을 향상시키기 위하여 실제 지도를 바탕으로 부산대학교의 가상환경을 제작하였다. 사운드 효과를 개발하여 엔진 회전수에 따른 소음을 발생시킴으로써 운전자가 느끼는 현실감을 증대시켰다.

운전자가 느끼는 속도와 회전을 나타내는 감성어휘를 선택하고 감성평가를 수행한 결과, 통계학적 분석을 통해 시뮬레이터에서는 속도를 회전에 비해 보다 실제에 가깝게 감지할 수 있음을 발견하였다. 회전감에서는 성별의 차이가 없다고 판단되었으나, 속도감에서는 남성이 여성보다 예민하다고 조사되었다. 시뮬레이터에서 운전자가 느끼는 속도감과 회전감은 운전경력과는 무관함을 보여, 운전자의 주행감각은 차량을 운전한 년수에 관계없이 동일하다고 간주할 수 있었다.

References

- 1) K. Son, K. H. Choi, S. S. Eom, S. J. Hong, "Factors Related to Velocity Perception in a Graphic Simulator," Transactions of KSAE, Vol.9, No.3, pp.121-130, 2001.
- 2) M. Reed, P. Green, "Validation of a Low-Cost Driving Simulator Using a Telephone Dialing

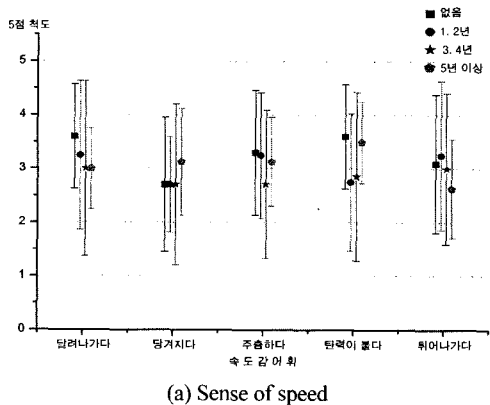
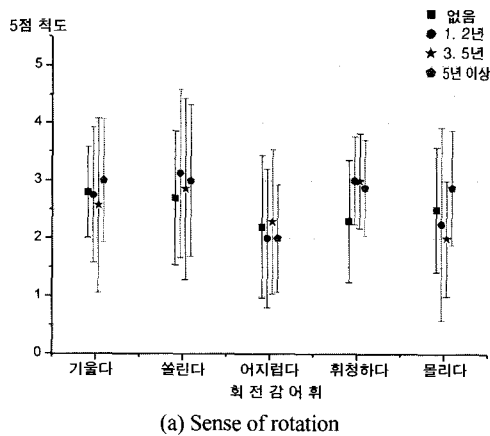


Fig. 9 Senses of simulator motion for various a driving careers

- Task," UMTRI-95-19, 1995.
- 3) B. T. Davis, P. Green, "Benefits of Sound for Driving Simulator: An Experimental Evaluation," Technical Report UMTRI-95-16, 1995.
 - 4) E. Blana, "The Leeds Advanced Driving Simulator: Three Years in Operation," Working Paper 472, Institute for Transport Studies, The University of Leeds, 1996.
 - 5) J. S. Freeman, G. Watson, Y. E. Papelis, T. C. Lin, A. Tayyab, R. A. Romano, J. G. Kuhl, "The Iowa Driving Simulator: An Implementation and Application Overview," SAE 950174, 1995.
 - 6) S. J. Lee, Y. S. Kim, D. C. Choi, J. H. Cho, W. S. Lee, 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.
 - 7) K. S. Kim, W. S. Yoo, S. S. Kim, S. S. Kim, "Development of Vehicle Dynamics Program AutoDyn7(1)-Structure and Algorithm," Transactions of KSAE, Vol.7, No.3, pp.321-330, 1999.
 - 8) G. Eckel, K. Jonse, OpenGL Performer Programmers Guide, Mountain View, SGI, 2000.
 - 9) M. J. Donahoo, K. L. Calvert, The Pocket Guide to TCP/IP Sockets: C Version, SciTechMedia, 2001.
 - 10) M. K. Park, M. C. Lee, S. J. Go, M. C. Han, "The Identification of Dynamics of Actuator for Hydraulic Simulator System Using Modified Signal Compression Method," KSME Spring Meeting, pp.162-165. 1999.
 - 11) K. Son, K. H. Choi, S. S. Eom, "Human Sensibility Ergonomics Approach to Dynamics-Based Vehicle Simulator," KSME, Vol.10, No.2, pp.123-131, 2002.