

동역학 기반의 차량 시뮬레이터에 대한 감성공학적 접근

Human Sensibility Ergonomics Approach to Dynamics-Based Vehicle Simulator

손 권*, 최경현**, 엄성숙***
Kwon Son, Kyunhyun Choi, Sunguk Eom

ABSTRACT

Simulators have been used to evaluate drivers' reactions to various transportation products. Most researches, however, have been concentrated on their technical performance, thus this paper considers drivers' senses of moving on a vehicle simulator through the analysis of human sensibility ergonomics. A sensibility ergonomic method is proposed in order to improve the faithfulness of vehicle simulators. A simulator of passenger vehicle consists of such three modules as vehicle dynamics, virtual environment, and motion representation modules. To evaluate drivers' feedback, human feelings are categorized into a set verbal expressions collected and investigated to find the most appropriate ones for translational and angular accelerations of the simulator. The cut-off frequency of the washout filter in the representation module is selected as one sensibility factor. Sensibility experiments were carried out to find correlation between the expressions and the cut-off frequency of the filter. This study suggests a methodology to obtain an ergonomic database which can be applied to the sensibility evaluation of dynamic simulators.

주요기술용어 : Vehicle simulator(차량 시뮬레이터), Human sensibility ergonomics(감성공학), Motion perception(운동감), Vehical dynamics model(차량 동역학 모델), Virtual Environment(가상 환경)

1. 서론

차량 시뮬레이터는 운전자가 차량을 운전할 때 느끼는 승차감을 운동, 시각 및 음향 큐를 통해서 운전자에게 전달하여, 그로 하여금 실제로 차량을 운전하고 있다는 느낌을 갖게 하는 일종의 가상현실 장비이다.¹⁾

차량 시뮬레이터는 새로운 개념의 차량 개발

에서 위협하거나 위급한 상황 등을 안전하게 재현할 수 있기 때문에 이용 가치가 높아 수요도 증가하는 추세이다. 미국 아이오와 대학교에서 개발한 운전시뮬레이터는 자국의 자동차산업 경쟁력을 강화하는데 이바지하고 교통사고 연구에 효과적으로 이용할 수 있는 대규모의 시뮬레이터로 유명하다.²⁾ 일본 마쓰다 자동차회사에서도 병렬 컴퓨터를 이용한 시뮬레이터를 제작하여 사용하고 있으며,³⁾ 국내에도 자동차 업계에서 다양한 시뮬레이터를 개발하여 여러 가지 주

* 회원, 계명대학교 기계자동차공학부

** 회원, 계명대학교 기계자동차공학부

행상황과 차량설계시에 응용하고 있다.⁴⁾ 그러나 이러한 최첨단 기술이 집약된 시뮬레이터에 탑승한 피실험자는 운동감의 저하현상을 느끼게 되는 것을 확인하였고, 이에 대한 원인을 규명하고 개선하려는 노력이 시도되고 있다.⁵⁾ 또한 시뮬레이터의 기술개발에도 한계점을 가지고 있어, 운전자의 감성적인 필요욕구를 충족시킬 수 있는 시뮬레이터 개발기법이 요구된다.⁶⁾

본 논문에서는 차량 시뮬레이터를 이용한 운전자의 운동감에 대한 감성공학적 접근을 시도하였다. 이를 위해 기존의 감성공학적 방법들을 응용하여 운동감을 위한 감성공학 수법과 운동감에 대한 감성 어휘를 추출을 통해 연구를 수행하였다. 또한 시뮬레이터의 위시아웃 알고리즘에서 차단주파수를 감성 요인으로 설정하여 운동감에 미치는 영향에 대해 논하였다.

2. 차량 시뮬레이터

2.1 차량 시뮬레이터의 구성

시뮬레이터는 컴퓨터 그래픽으로 재생되는 가상 현실 환경과 운동감을 재현하여 주는 장치이다. 특히 차량에 대한 차량 시뮬레이터는 제어 힘 로딩 모듈, 운동해석 모듈, 시청각 재현 모듈, 그리고 운동재현 모듈로 구성되어지며, 각 모듈은 통신 시스템에 의해 통합된다.⁴⁾ 제어 힘 로딩 모듈은 운전자의 조작행위를 검출하여 이에 상응하는 적절한 반력을 재현하는 역할을 하는 부분이고, 운동해석 모듈은 차량의 거동을 해석하여 주행상황을 생성하는 부분이다. 그리고 시청각 재현 모듈은 주행 환경과 음향 정보를 담당하며, 운동재현 모듈은 차량의 거동을 운동생성기를 통해 재현함으로써 운전자가 실제 운동을 체험하도록 하는 것이다. Fig. 1은 본 연구를 위해 개발된 차량 시뮬레이터의 구성을 보여주고 있다.

2.2 주행기구의 동역학 해석

차량의 거동을 시뮬레이터가 운동재현기를 통한 재현과 그래픽 모듈의 개발에 있어서 차량의

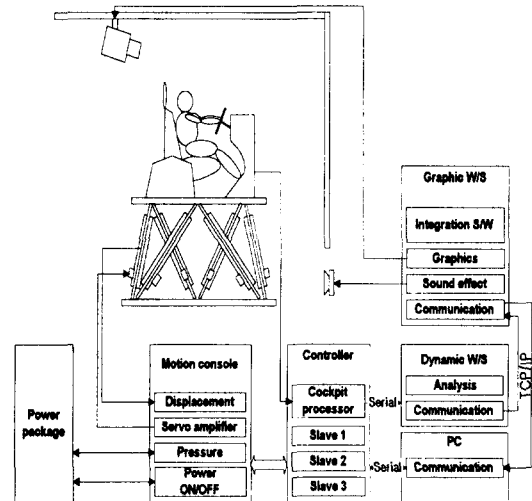


Fig. 1 Vehicle simulator structure

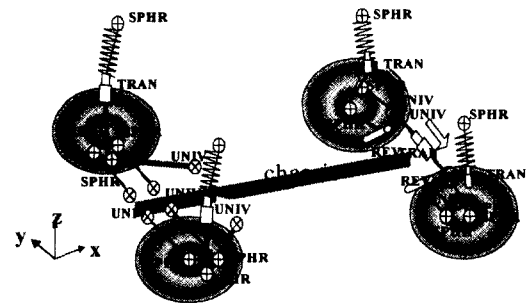


Fig. 2 Vehicle dynamics model

동역학 해석은 필수적인 요소이다.

본 논문에서는 동역학 기반의 차량 시뮬레이션을 구현하기 위해서 Fig. 2와 같이 맥퍼슨(McPherson) 현가장치를 장착한 차량을 대상으로 하여 차량 모델에 대한 동역학 해석을 하였다. 전차량 모델은 샤시의 질량이 1429kg으로 총 24물체로 구성되었으며, 물체들 사이에는 유니버설 조인트(universal joint) 8개, 회전 조인트(revolute joint) 6개, 구면 조인트(spherical joint) 14개, 병진 조인트(translational joint) 5개로 구성되어 있다. 자유도는 총 15자유도로서, 바퀴 4개의 회전과 상하운동 8개, 차체의 병진 및 회전운동 6개, 그리고 차량의 조향을 위한 운동 1개를 포함한다.

차량의 동역학 해석을 위해 상용 프로그램인

ADAMS를 사용하였다.⁷⁾ 좌표계 설정은 차량의 진행방향을 x, 차량의 측면방향을 y, 그리고 x와 y 평면에 대해 수직인 z축으로 구성된다. 차량의 동역학 시뮬레이션은 시뮬레이터의 구동을 통하여 가속도감과 회전감을 잘 느낄 수 있도록, 가속 구간, 차선변경 그리고 장애물 통과와 주행 상황을 설정하여 시뮬레이션하였다. 정지상태에서 출발하여 가속구간을 거쳐 일정속도(약 35 km/h)를 유지하여 차선을 변경한다. 너비 2m, 높이 0.1m의 반사인커브 모양의 범프를 일정속도(약 18km/h)에서 통과한다. Fig. 3은 차선변경의 주행상황을 나타내고 있는데, 진한점선은 차체의 진행방향의 속도를 나타내고 있으며, 옅은점선은 y축 방향의 변위를 표시하고 있다. 그리고 Fig. 4의 (a)는 장애물 통과시의 주행 상황을 (b)는 시간에 따른 z축으로의 가속도의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

2.3 가상주행환경

시뮬레이터의 구성요소 중 운전자에게 시각적 정보를 제공하는 그래픽 시뮬레이터를 제작하였다. 시각적 요소는 운전자가 속도감을 인지하는 데 중요한 성분이다. 이를 제작하기 위하여 PTC사의 가상현실제작도구인 dVISE를 사용하

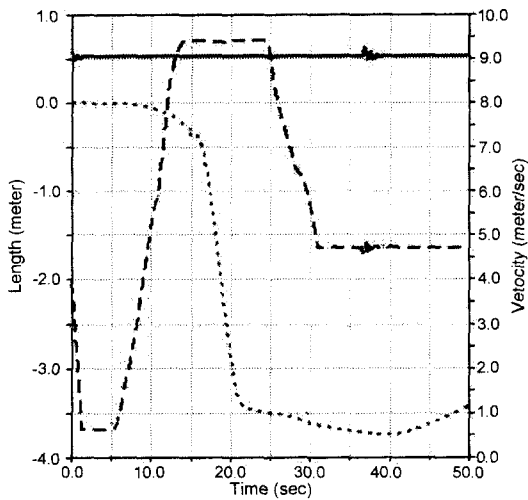
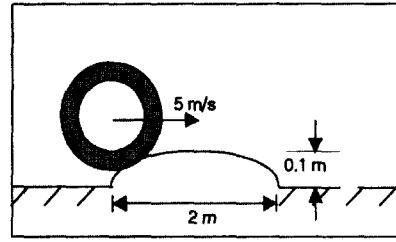
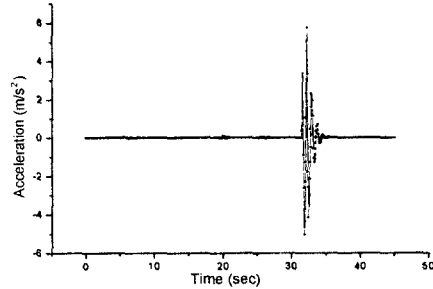


Fig. 3 Analysis results using ASDAMS



(a) Passing bump



(b) Chassis vertical acceleration corresponding time

Fig. 4 Analysis results of bump passing

였다.⁸⁾ 현실성을 극대화한 가상주행환경을 제작하기 위하여 실세계의 영상에서 추출한 텍스처 이미지를 CAD로 모델링한 환경에 맵핑하여 사용하였다. 또한 운전자가 제공받을 가상주행환경에 대하여 속도감을 높이기 위하여 주행성분 중 근경성분인 도로가의 건물을 중심으로 하여, 4차선의 직선도로를 대상으로 제작하였다.

그래픽 모듈의 주행은 동역학 해석모듈로부터 얻은 데이터를 기반으로 하였다. 주행 중인 상태에서의 가상주행환경은 이미지의 연속성을 보장하는 초당 프레임을 내는 성능을 가지도록 하였으며, 운동재현기와 가상 환경의 일치감을 최대로 하여 운전자로 하여금 멀미 등의 시뮬레이터병을 최소화하도록 하였다. Fig. 5는 본 실험에서 사용된 시각적 정보를 제공하는 가상주행환경을 나타내고 있다. 가상주행환경을 제작한 환경은 UNIX기반의 SGI사의 Octane이며, 4M byte의 텍스처 메모리를 가지고 있다. 제작된 가상주행환경은 PC 모니터를 통하여 빔프로젝터와의 직접 연결을 통하여 시뮬레이터의 정면의 스크린에 보여진다.

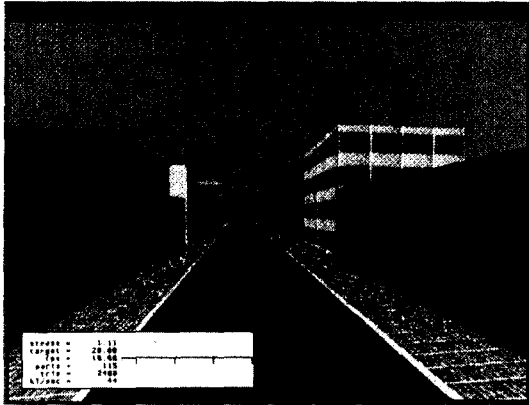


Fig. 5 Virtual driving environment

2.4 운동재현

시뮬레이터의 구성요소 중 운전자에게 운동을 직접 전달하는 운동재현을 구성하였다. 운전자가 시뮬레이터를 통해 운동감을 경험하는데 있어서 중요한 것은 동역학적 특성과 운전조건 변화를 실차에서와 같이 경험하도록 하는 것이다. 따라서 운동재현모듈에서 어떻게 현실감 있는 운동을 재현시키느냐는 매우 중요한 부분이다.

일반적으로 차량은 운동영역의 제한이 없지만 그 운동을 모사하는 운동시스템은 기구학적인 운동범위와 시스템의 동특성에 있어서 한계가 있으므로 완전한 운동의 재현이 어렵다. 그러므로 운동영역을 운동시스템의 물리적인 한계 내로 제한하고 운전자로부터 전달되는 명령 큐에 의한 결과를 인체의 감지영역 내로 유지시키는 위시아웃 알고리즘이 필요하다. 운동 플랫폼에서 모사하는 명령 큐는 운전자가 주행 시나리오를 민감하게 체험할 수 있도록 동역학 해석 결과로부터 얻어지는 운전석의 각 방향 선형가속도와 각속도를 위시아웃 알고리즘의 입력으로 주게 된다. 위시아웃 알고리즘은 고주파 필터와 저주파 필터로 구성되어 있다. 고주파 필터는 운동 플랫폼의 한계범위를 벗어나게 하는 운동큐의 저주파 성분을 제거하며 다음 명령처리를 위해 모션플랫폼을 원점으로 되돌린다. 저주파 필터는 지속적인 가속도를 재현하는 경사좌표계

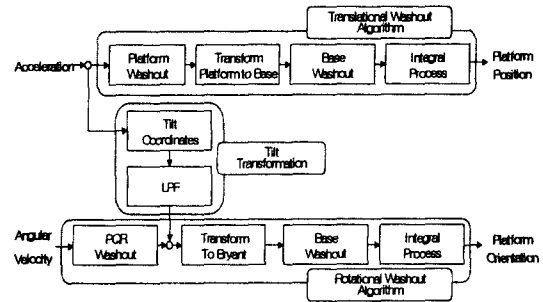


Fig. 6 Classical washout structure

(tilt coordination)의 역할을 한다. 명령 큐의 성분 중 저주파 신호는 운동 시스템이 기구학적인 한계 때문에 운동 재현이 불가능하게 하므로, 운전자가 감지할 수 있는 영역의 응답을 고주파 통과 필터로 재현한다. 고전적인 위시아웃 알고리즘의 구성도는 Fig. 6와 같다.⁹⁾

3. 감성평가

3.1 감성공학적 접근법

시뮬레이터의 감성공학적 평가를 위하여 기존의 여러 가지 감성공학 연구를 토대로 하여 동적인 시스템에 맞는 감성공학 접근법을 모색하였다.

기존의 대표적인 감성공학 접근법은 기능전개형, 감성공학시스템, 감성공학 모델링, 혼합형 감성공학, 가상현실형 감성공학, 원격 사용자 감성평가 등이 있다.¹⁰⁾ 이 중에서 다변량 해석형 수법과 기능 전개형 수법 그리고 가상현실 감성공학 등을 이용하여 시뮬레이터에 적용할 수 있는 감성공학 수법을 연구하였다. 이 감성공학 수법은 운전자의 감성에 대한 접근을 생체신호와 같은 정량적인 방법이 아니라, 어휘를 가지고 평가하는 정성적인 방법이다. Fig. 7은 통합 감성공학 수법의 일련의 과정을 정리하여 나타내었다.

감성공학 수법의 과정을 자세히 살펴보면, 먼저 시뮬레이터를 사용하는 운전자들의 감성을 대신하는 수단을 감성어휘로 보고, 운동감에 대한 감성어휘를 추출한다. 그리고 시뮬레이터를

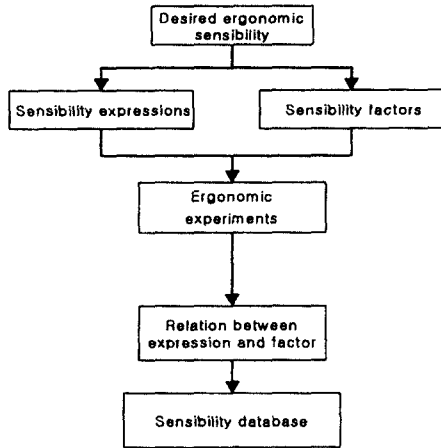


Fig. 7 Sensibility ergonomic method

분석하여 구성요소 중에서 운전자의 감성에 호소할 수 있는 지배적인 요인을 선정한다. 추출된 감성어휘와 감성요인간의 관계를 규명하기 위하여 구성된 차량 시뮬레이터를 이용하여 감성 실험을 실시하고 그 결과를 분석한다. 이러한 일련의 과정을 거쳐서 차량 시뮬레이터를 평가할 수 있는 감성공학 수법을 개발하였다.

3.2 감성어휘 추출

감성공학 수법에서 시뮬레이터의 운동감을 목표감성으로 하고, 운동감을 가속도감과 회전감으로 세분화하여 이에 해당하는 감성어휘를 추출하였다.

목표감성인 운동감은 신체의 일부를 움직이는 골격근의 수축에서 느끼는 감성이라기 보다는 신체를 하나의 강체로 보고, 여기에 고정되어 있는 좌표계가 신체외부에 고정되어 있는 기준 좌표계에 대하여 회전 및 병진운동을 할 때 인간이 느끼는 감성으로 정의하였다. 따라서 운동감을 세부적으로 회전요소와 병진요소로 나누었고, 이러한 요소들을 회전감과 가속도감에 대응시켰다.

정의된 운동감에 대한 운전자의 감성을 감성어휘를 통해 추출하였다. 구체적으로 회전감 및 가속도감에 대하여 조사하였다. 감성어휘는 먼

Table 1 Sensibility expressions

회전감 어휘	가속도감 어휘
돌아가다	느려지다
기울다	달려나가다
꺾다	당겨지다
물리다	힘차다
비스듬하다	밀린다
휘청하다	빨라지다
쏠리다	속도가 붙다
어지럽다	주춤하다
	탄력이 붙다
	튀어나가다

저 국어 사전을 통하여 1차 감성 어휘를 수집하였고, 동적인 시스템에 적용 가능한 어휘수의 부족과 모호성으로 인해 설문지를 통하여 추가 조사를 수행하였다. Table 1은 최종적으로 선정된 가속도감과 회전감에 관계된 어휘를 정리한 것이다.

3.3 감성요인 및 범주의 선정

운동재현 모듈은 플랫폼을 구동시켜 운동감을 전달하는 역할을 담당하며, 그 중에서 차량의 동역학 해석결과를 플랫폼의 운동 큐로 여과시켜주는 알고리즘이 가장 중요하다. 또한 스텔트 플랫폼의 신호의 생성을 위한 알고리즘인 고전적인 위시아웃 알고리즘에서 차단주파수, 크기조정계수 등의 여러 가지 운동감과 관련된 요소가 있다. 이중 차단주파수는 운동시스템의 운동영역과 운전자에게 제공되는 큐에 큰 영향을 미치는 요소이므로, 운동재현모듈에서 추출 가능한 여러 가지 감성요인 중에서 차단주파수를 감성요인으로 선정하였다.

감성요인인 차단주파수의 범주를 나누기 위하여 운동감이 신체가 공간의 어떠한 위치에 놓여지더라도 자세를 바로잡고 평형을 유지하려는 여러 종류의 체방위반사와 밀접한 관계가 있다는 것을 고려하였다.¹¹⁾ 체방위반사는 인체감각 기관 중 내이의 전정기관과 밀접한 연관성을 가지고 있다. 이외에도 근육의 체세포와 시각 수용기 등도 관계가 있으나 인체를 강체로 가정하

였으므로 생략하였다.

본 논문에서 선정된 감성요인인 차단주파수의 범주를 나누기 위하여 인체감각모델을 수학적으로 모델링하였다. 운동을 감지하는 기관은 내이에 위치한 전정기관이다. 전정기관의 요소 중 세반고리관(semicircular canal)은 회전 운동을 감지하는 역할을 하고, 이석(otolith)기관은 중력에 대한 두개골의 선형운동과 자세를 감지한다. 이 두가지 기관을 수학적으로 모델링하여 전달함수를 구하면 다음과 같다.¹²⁾

$$G_{otolith}(s) = \frac{k(1 + \tau_A s)}{(1 + \tau_L s)(1 + \tau_S s)} \quad (1)$$

$$G_{semi}(s) = \frac{-(1 + \gamma/\beta)s\lambda_1^2/8}{(s + T_1^{-1})(s + T_2^{-1})} \quad (2)$$

여기서, $k=0.17$, $\tau_A=13.2$, $\tau_L=5.33$, $\tau_S=0.66$, $T_1=7.6 \mu\text{Hz}$, $T_2=41\text{Hz}$, $\beta=1.4\pi$, $\gamma=0.42\pi$, $\lambda_1=2.405$ 이다.

감각기관의 전달 특성을 고려하여 감성 실험을 위한 범주를 저, 중, 고주파 특성을 알아보기 위하여 세 가지로 나누었다. 식(1)과 (2)에서 구한 인체모델의 전달함수에 대해서 이석기관의 전달 영역은 0.001-5Hz이고, 세반고리관의 전달 영역은 0.001-10Hz이다. 이석기관과 세반고리관의 영역을 공통적으로 고려할 때, 낮은 주파수 영역인 0.001Hz와 높은 주파수 영역은 5Hz이므로 이를 감성범주로 하였고, 그 중간값을 대략 0.016 Hz로 정하였다. 따라서 정해진 감성범주는 0.001 Hz, 0.016Hz, 그리고 5Hz이다.

3.4 감성실험

차량시뮬레이터를 대상으로 하여 통합 감성공학방법을 적용하여 감성실험을 수행하였다. 실험에 참가한 사람은 총 21명으로 20대 후반의 운전경력이 6개월 이상인 자들로 선정하여 실제 차량과의 차이를 감별할 수 있도록 하였다. 참가자의 표본의 크기는 유의확률 95%의 20% 이내의 추정오차를 가지도록 정하였다.¹³⁾

피실험자는 개발된 차량 시뮬레이터에서 운전석에서 바라본 주행상황이 빔프로젝터를 통

하여 시각적으로 제시되며, 6자유도를 가진 운동 플랫폼이 주행상황에 맞게 기동됨으로서 운동감이 전달된다. 주행시물레이터를 탑승한 피실험자는 여러 가지의 주행상황을 경험한 뒤, 설문지에 기재된 감성어휘와 감성요인과의 연관성에 대하여 기입한다. 피실험자에게 제공되는 이러한 실험환경은 사전에 충분한 안정성을 검토한 후 제공되었으며, 이를 피실험자들에게 숙지시켜주어 불안감을 배제시키려고 노력하였다.

본 실험에서는 가속도감과 회전감에 대한 평가를 수행하였다. 실험은 총 3회에 걸쳐, 감성요인으로 선정된 차단주파수를 정해놓은 세 가지의 범주에 따른 주행상황을 구성하여 실시하였다. 실험 I은 차단주파수 0.001Hz인 경우이고, 실험 II는 차단주파수 0.016Hz인 경우, 그리고 실험 III은 차단주파수 5Hz인 경우이다.

Fig. 8에서 보는바와 같이, 피실험자는 40km/s의 초기 속도로 45초간 직선의 편도 2차선 도로를 다양한 상황을 주행하는 것을 경험하는데, 최초 정지상태에서 출발하여 35km/h까지 가속한 후 일정속도를 유지한다. 그런 후 10초에 차선변경을 실시한 후, 20초에서 감속하기 시작하여 넓이 2m, 높이 0.1m의 범프를 18km/h의 저속으로 통과한다.

피실험자에게 제공된 설문지는 크게 네 가지 주요항목으로 나눌 수 있다. 첫 번째 항목은 실험의 목적과 안전에 대한 설명으로 이루어져 있고, 두 번째 항목은 개인적인 신상에 대한 항목으로 나이, 성별, 운전경력 등의 기본적인 사항들에 대한 질문이 있었다. 세 번째 항목은 설문에서 사용될 어휘들의 모호성을 없애기 위하여 사전적 의미

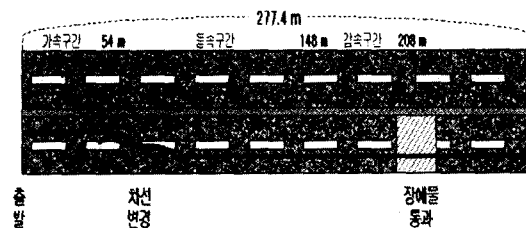


Fig. 8 Driving road for experiment

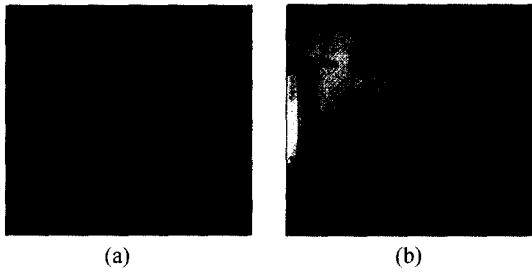


Fig. 9 Experiment scenes

와 예시를 명시해 놓았다. 마지막으로 네 번째 항목이 각 실험별로 느껴지는 감성의 정도를 감성 어휘로 평가하기 위하여 어휘별 5점 척도로 구성된 질문내용이다.¹⁴⁾ 5점 척도는 “정말 그렇다”인 5부터 “전혀 그렇지 않다”의 1로 질문되어진다. Fig. 9의 (a)는 주행 시뮬레이터 내부에 피실험자가 탑승한 모습이고, (b)는 피실험자가 탑승하여 주행 시뮬레이터가 구동중인 모습이다.

3.5 실험결과

Table 2는 SAS를 통해 분석한 분산분석의 결과를 나타내고 있다. 여기서 자유도는 평균을 유지하면서, 자유스럽게 어떤 값도 가질 수 있는 사례 수를 말한다. 예를 들어 Table 2에서 자유도 2는 피실험자들이 3회에 걸쳐 실험을 하여, 편차의 합이 0이 되게 하기 위해서는 2회는 자유스럽게 응답할 수 있으나 1회는 자유스럽게 가질 수 없다는 것을 말한다.

편차제곱의 합은 각 개인의 편차가 0이라고 하더라도 집단간 또는 실험간의 차이가 존재할 수 있으므로, 이에 대한 영향을 살펴보기 위한 항목이다.

F-값과 Pr>F는 집단간의 분산을 비교하여 정해놓은 가설의 검증하는 항목이다. 실제로 F-값보다 Pr>F은 설정한 유의수준에 대한 가설의 기각여부를 쉽게 판단할 수 있는 항목이다. 즉 정해진 유의수준에서 ‘감성어휘가 감성요인인 차단 주파수의 범주에 따라 차이를 보이지 않는다’는 가설의 기각 여부를 Pr>F의 값으로 쉽게 알 수 있다. 만약 95%의 유의수준으로 본다면, Table 2에

서 *로 표시된 Pr>F값이 0.05 이하인 값을 가진 어휘들(‘기울다’, ‘쏟린다’, ‘달려나가다’, ‘당겨지다’, ‘밀린다’, ‘빨라지다’, ‘속도가 붙다’, ‘주춤하다’, ‘탄력이 붙다’, ‘튀어나가다’, ‘힘차다’)의 감성 어휘는 감성요인의 범주에 따라서 민감한 차이를 가지는 단어들이라는 것을 알 수 있다.¹⁵⁾

요인에 따른 차이를 분석하여 집단을 나누는 사후비교분석(Scheffe)을 통해서 비교하였다. 이러한 사후비교 분석의 목적은 설문조사를 통해 얻은 자료에 대해서 평균간의 개별적 비교를 통하여 좀더 의미있는 차이를 찾아낼 가능성이 커짐으로 이를 분석해서 고려하기 위해서이다.

Table 3은 SAS를 이용하여 사후비교분석을 한 결과를 나타내고 있다. Table 3에서 그룹 1은 실험 I을 나타내고, 그룹 2는 실험 II를, 그리고 그룹

Table 2 ANOVA result

어휘	자유도	편차제곱합	F-값	Pr > F
기울다*	2	8.98	5.11	0.0089
꺾어지다	2	4.69	1.65	0.2000
돌아가다	2	2.38	1.36	0.2642
물리다	2	8.00	3.04	0.0551
비스듬하다	2	3.26	1.97	0.1479
쏟린다*	2	11.46	6.49	0.0028
어지럽다	2	3.26	2.00	0.1443
휘청하다*	2	24.66	8.10	0.0008
느려지다	2	5.17	1.62	0.2061
달려나가다*	2	24.00	10.29	0.0001
당겨지다*	2	16.88	7.36	0.0014
밀린다*	2	8.98	4.59	0.0139
빨라지다*	2	10.66	4.31	0.0178
속도가 붙다*	2	11.80	5.13	0.0088
주춤하다*	2	26.41	10.81	0.0001
탄력이 붙다*	2	18.31	8.08	0.0008
튀어나가다*	2	29.55	10.34	0.0001
힘차다*	2	13.93	4.92	0.0105

Table 3 Scheffe result

Scheffe Grouping	Mean	N	Group
A	2.3719	21	1
A	2.1224	21	2
B	1.5034	21	3

3은 실험 III을 표현하고 있다. 사후결과를 분석하여 보면 그룹 1과 그룹 2는 같은 그룹(세퍼그룹 A)로 나타내어지고, 그룹 3은 다른 그룹(세퍼그룹 B)으로 나타내어지고 있다. 이것은 감성어휘는 차단주파수의 세 가지의 범주 중 실험 I과 II 간에는 차이를 보이지 않고, 실험 III에는 차이를 보이는 것으로 설명되어진다.

이 분석을 통하여 그룹 A인 실험 I과 II, 그리고 그룹 B인 실험 III간 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 분석결과와 피실험자들의 실험후의 구두적인 감성적 표현을 고려하여 볼 때, 저주파수에서의 변화는 운동감에 민감한 영향을 미치지 못하고, 고주파수와 저주파수 사이의 변화는 운전자에게 영향을 미칠 수 있다는 것을 추론하여 볼 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 동적 시스템인 시뮬레이터를 이용하여 운동감에 대한 감성공학적인 접근법을 연구하였다. 이를 위하여 먼저 주행 시뮬레이터의 운동해석, 시각재현, 운동재현 등 각 모듈별로 연구를 수행하여 시스템을 구축하였다. 그리고, 기존의 정적인 제품 개발에 국한되었던 감성공학의 적용범위를 확대하여 동적인 시스템에 대한 감성공학 수법을 개발하였고, 운동감 중 가속도감과 회전감을 분석 평가를 가능하도록 하였다.

특히, 주행 시뮬레이터와 인체모델을 감성공학적으로 분석하여 운동기구로부터 운전자가 느낄 수 있는 대표적인 감성인 운동감과 관련된 여러 가지 지배적인 감성요인 중에서 차단주파수를 감성요인으로 선정하여, 인체감각모델을 바탕으로 세가지의 범주를 결정하였으며, 구축

된 주행 시뮬레이터와 감성요인의 범주에 따른 감성어휘의 차이를 알아보기 위하여 기계공학을 전공한 피실험자를 대상으로 하여 실험시간 총 3분이 소요되는 감성실험을 수행하였다. 감성실험을 통해 얻은 결과를 기초통계와 분산분석 등과 같은 통계학적 분석을 통하여 감성요인인 차단주파수와 연관성이 높은 어휘 10여 개를 선정할 수 있었으며, 또한 범주에 따른 차이를 알아볼 수 있었다.

향후 본 연구에서 제시한 감성공학적인 접근 방법으로 보다 많은 감성요인을 추출하고 감성실험을 수행하여 시뮬레이터에 대한 감성평가 데이터를 확보하는 것이 필요하다. 또한, 더 나은 결과를 위해 감성공학실험자의 감성에 대한 접근을 생체신호와 같은 정량적인 방법과 병행하는 연구가 요구된다. 또한, 차량뿐만 아니라 항공기 선박용 시뮬레이터를 위한 감성평가 전문가 시스템 구축할 수 있을 것이다. 시뮬레이터용 감성평가 전문가 시스템은 운전자와 시뮬레이터가 일체가 되는 시스템으로 발전할 것이다.

후 기

본 연구는 98년도 과학기술부 선도기술개발 사업비(가상 환경 제시 시스템 구축을 위한 감성 측정 및 평가 지원)의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- 1) 이운성, 김상섭, "차량 시스템 개발 도구로서의 운전시뮬레이터," 한국자동차공학회논문집, 제7권 제7호, pp.250-257, 1994.
- 2) J. Cremer, J. Kearney, Y. Papelis, "Driving Simulation: Challenges for VR Technology," IEEE Computer Graphics and Applications, pp.16-20, 1996.
- 3) T. Suetomi, A. Horiguchi, Y. Okamoto, S. Hata, "The Driving Simulator with Large Amplitude Motion System," SAE 910113, 1991.
- 4) 조준희, "실시간 차량시뮬레이터 개발," 국민대학교 석사학위논문, 1997.

- 5) H. K. Distler, K. R. Gegenfurtner, H. A. H. C. van Veen, M. J. Hawken, "Velocity Perception in 3D Environments," European Conference on Visual Perception '96, <http://www.mpik-tueb.mpg.de/people/personal/mad/ecvp96/>, 1996.
- 6) 한국표준과학연구원, <http://www.gamsung.or.kr>.
- 7) ADAMS Users' Manual, 1999.
- 8) Division Ltd. UK, dV/Reality for UNIX Workstations User Guide, 1997.
- 9) 김광석, 유완석, 이민철, 손권, 이장명, 최대형, 박민규, 박형호, "주행감각 재현을 위한 휠굴삭기용 Washout 필터 설계 및 한계값 추정," 한국정밀공학회, 제16권 제5호, pp.19-28, 1999.
- 10) Japanese Society of Kansei Engineering, <http://wwwsoc.nacsis.ac.jp/>
- 11) 김원식, 박세진, "운동감제시를 위한 시뮬레이터 연구," 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, pp.463-467, 1997.
- 12) R. Skalak, S. Chien, Handbook of Bioengineering, New York, McGraw-Hill, 1987.
- 13) 김우철, 김재주, 박병욱, 박성현, 송문섭, 이상열, 이영조, 전종우, 조신섭, 통계학 개론, 영지문화사, pp.203-204, 1999.
- 14) 최종후, 강현희, 설문조사-처음에서 끝까지, 자유아카데미, 1999.
- 15) 노형진, 다변량 데이터의 통계분석, 석정, pp.171-196, 1999.