

주행시뮬레이터에 대한 탑승자의 감성공학적 평가

엄성숙*, 이상철*, 손 권**, 최경현***
*부산대 기계설계공학과, **부산대 기계공학부, ***제주대 기계에너지생산시스템공학부

Ergonomic Sensibility Evaluation of a Driving Simulator for Passenger Vehicle

Sung Suk Eom*, Sang Chul Lee*, Kwon Son**, Kyun Hyun Choi***

*Dept. of Mechanical Design Eng., Pusan National Univ., **School of Mechanical Eng., Pusan National Univ.
***School of Mechanical Eng., Cheju National Univ.

Abstract

주행 시뮬레이터는 여러 가지 주행상황을 탑승자에게 전달하고자 하는 장치이다. 기존의 주행 시뮬레이터에 관한 대부분의 연구는 탑승자의 감성평가에 관해 이루어지지 않았다. 본 논문에서는 탑승자의 감성을 주행 시뮬레이터에 피드백하여 주행 시뮬레이터의 성능을 향상시키고자 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 다변량 해석형 수법, 기능 전개형 수법, 가상현실 감성공학 등을 응용하여 동적 시스템에 대한 측정 및 평가방안을 연구하였다. 설정된 목표감성인 운동감에 대한 20여개의 감성어휘 추출과 주행 시뮬레이터에 대한 분석을 통하여 차단주파수를 감성요인으로 정하였다. 감성어휘와 감성요인간의 관계를 평가하기 위하여 감성실험을 수행하였고, 그 측정결과를 통계학적으로 분석하였다.

Keywords: 주행 시뮬레이터, 감성공학, 인체모델

1. 서론

컴퓨터 그래픽으로 재생되는 가상 현실 환경과 운동감을 재현하여 주는 장치인 시뮬레이터는 새로운 개념의 제품 개발에 이용될 수 있으며, 위험하거나 위급한 상황 등을 안전하게 재현할 수 있다. 특히 자동차 산업에 있어서의 시뮬레이터의 파급효과는 제품개발의 단축, 개발비의 절감 등의 결과를 얻을 수 있어, 그 이용은 날로 증가하고 있다. 주행 시뮬레이터에 대한 연구는 국내외적으로 활발하게 진행되어 오고 있다. 대표적인 시뮬레이터로는 1980년대

의 차량 시뮬레이터에 대한 전 세계적인 관심을 증폭시킨 Daimler-Benz 시뮬레이터와 미국에서 자동차산업 경쟁력을 강화하는데 이바지하고 교통사고 연구에 효과적으로 이용할 수 있는 대규모의 운전시뮬레이터(NADS) 등이 있다.

국내에서도 한국항공우주연구소에서 개발한 3자유도 비행시뮬레이터를 필두로 하여 자동차 업계에서도 시뮬레이터에 대한 연구가 활발히 이루어져 오고 있다. 그러나 이러한 주행 시뮬레이터에 대한 연구는 기술적인 측면에서의 시뮬레이터의 개발에 치우쳐 있다. 따라서 실제로

탑승자에게 전달되어진 운동모사 신호에 대한 적합성에 대한 평가에 관한 연구는 많지 않았고, 본 논문에서는 이를 평가할 수 있는 주행시 물레이터의 모듈을 개발하고, 감성공학적 접근 방법을 이용하여 평가하였다.

2. 주행 시물레이터 개발

2.1. 시물레이터의 구성

차량 시물레이터는 운전자가 자동차를 운전하는 동안 수행하는 조향 휠 조작, 가감속 페달 조작 등을 통해 야기되는 차량의 운동을 실시간 시물레이션을 수행해 예측하고 그 결과를 운동, 시각 및 음향 큐를 통해 운전자에게 피드백하여, 차량 시물레이터에 탑승한 운전자가 실제로 자동차를 운전하고 있다는 느낌을 갖게 하는 가상현실 장비이다.

시물레이터는 제어 힘 로딩, 운동해석, 시청각 재현, 운동재현 등 4개의 모듈로 구성되며, 각 모듈은 통신 시스템에 의해 통합된다. 제어 힘 로딩 모듈은 운전자의 조작차량의 거동을 해석하여 주행상황을 생성하는 부분이다. 시청각 재현 모듈은 주행 환경과 음향 정보를 담당하며, 운동 재현 모듈은 차량의 거동을 운동생성기를 통해 재현함으로써 운전자가 실제 운동을 체험하도록 한다. 그림 1은 부산대학교에서 개발한 차량 시물레이터를 보여주고 있다.

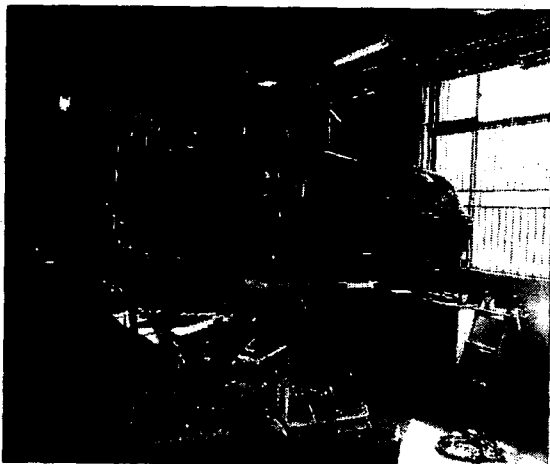


그림 1 부산대학교 시물레이터

2.2. 차량동역학 해석

플랫폼을 구동하기 위해서는 차량의 주행 해석 데이터가 필요하다. 동역학 기반의 차량 시물레이션을 구현하기 위해서 맥퍼슨 현가장치(전륜)와 쿼드라링크(후륜)를 장착한 차량을 대상으로 하여 차량 모델링을 수행하였다. 현가장치와 조향장치를 중심으로 한 차량 샤시 모델링을 수행하였고, 24개의 부품으로 구성된 차량 샤시 모델을 완성하였다. 자유도(15자유도)를 분석하면 바퀴 4개의 회전운동 4개, 차체의 운동 6개, 각 현가장치의 상하운동 4개, 차량의 조향을 위한 운동 1개를 포함한다. 동역학 해석 패키지인 ADAMS를 이용하여 주행 시에 일어나는 여러 가지 상황(장애물통과, 차선변경, 가감속)에 대한 해석을 수행하였다. 그림 2는 ADAMS에서 모델링한 차량의 모습을 나타낸다. 차량의 주행 상황은 높이가 0.16 m이고 너비가 2 m인 반사인 커브 형상의 장애물을 통과하는 시나리오로 선정하였다. 그림 3의 (a)는 장애물 통과 주행상황을 묘사하고 있고, (b)는 시물레이션의 해석 결과로 차체의 수직방향의 변위를 나타낸 것이다.

2.3. 그래픽 시물레이터

시각적 정보를 제공하는 그래픽 시물레이터의 제작을 PTC사의 가상현실제작도구인 dVISE를

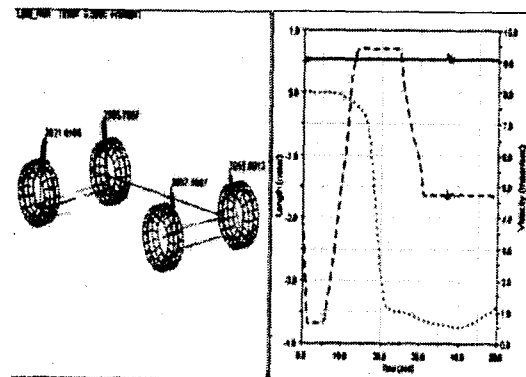
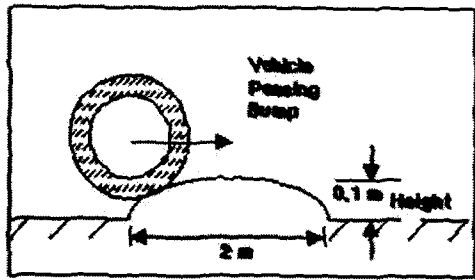
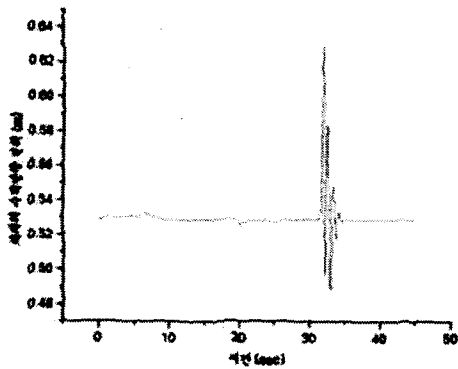


그림 2. ADAMS에서의 해석장면



(a)



(b)

그림 3. 범프 통과 해석결과

사용하였다. 현실성이 극대화한 가상주행환경을 제작하기 위하여 실제계의 영상에서 추출한 텍스처 이미지를 CAD로 모델링한 환경에 맵핑하여 사용하였다. 그림 4는 20 frames/sec를 유지하면서 시각적 정보를 제공하는 가상주행환경을 나타내고 있는 장면이다.

도를 입력요소로 하여 위시아웃 알고리즘을 거쳐서 운동시스템의 위치와 자세를 얻는다. 그림 5는 위시아웃 알고리즘의 구조를 나타내고 있으며, 실제로는 MATLAB을 이용하여 구성하였다.

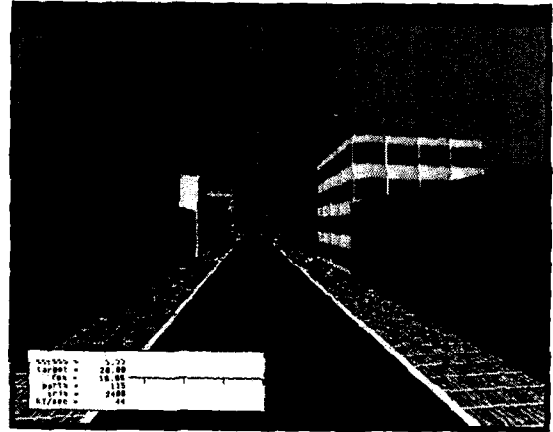


그림 4. 가상주행환경

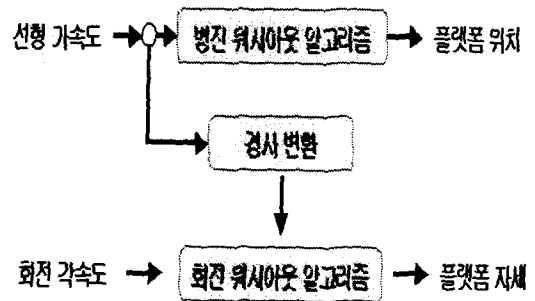


그림 5. 위시아웃 알고리즘 구성도

2.4. 운동재현모듈

차량은 운동영역의 제한이 없지만 그 운동을 모사하는 운동시스템은 기구학적인 운동범위와 시스템의 동특성에 있어서 한계가 있으므로 완전한 운동재현이 어렵다. 그러므로 운동영역을 운동시스템의 물리적인 한계 내로 제한하고 운전자로부터 전달되는 명령 큐에 의한 결과를 인체의 감지영역 내로 유지시키는 위시아웃 알고리즘이 필요하다. 위시아웃 알고리즘은 저주파 필터와 고주파 필터로 구성되어 있으며, 동역학 해석으로부터 얻은 선형가속도와 각속

3. 감성공학 평가

3.1. 감성공학 수법

시뮬레이터의 감성공학적인 평가를 위하여 기존의 여러 가지 감성공학 연구를 토대로 하여 동적인 시스템에 맞는 감성공학 접근법을 모색하였다. 이를 위하여 다변량 해석형 수법과 기능 전개형 수법 그리고 가상현실 감성공학 등을 이용하여 시뮬레이터에 응용하였다. 그림 6은 시뮬레이터에 적용하기 위해 응용된 감성평

가 수법의 일련의 과정을 나타내고 있다.

3.2. 조사목표 및 감성어휘

시뮬레이터의 운동감을 목표감성으로 하고, 이를 위해 운동 해석 및 재현 모듈에의 감성공학 수법 적용에 초점을 두었다. 운동감은 신체를 하나의 강체(rigid body)로 보고 여기에 고정되어 있는 좌표계가 신체외부에 고정되어 있는 기준 좌표계에 대하여 회전 및 병진운동을 할 때 인간이 느끼는 감성이라고 정의하였다.

주행시뮬레이터의 운동재현기로부터 얻을 수 있는 운동감을 세부적으로 나누어 보면 가속도감과 회전감이다. 따라서 본 논문에서는 가속도감과 회전감에 해당하는 어휘를 국어사전과 설문지를 통해서 추출하였다. 그리고 대응분석을 통하여 추출된 어휘들의 타당성을 검증하였다. 표 1은 최종적으로 선정된 어휘들을 보여 주고 있다.

3.3. 감성요인

운동재현 모듈에서는 여러 가지 요소들이 각각 중요한 역할을 담당한다. 그 중 차량의 동역학해석결과를 플랫폼의 운동 큐로 여과시켜 주는 알고리즘이 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 6자유도 스텐더트 플랫폼의 신호의 생성을 위하여 고전적인 워시아웃 알고리즘을 사용하였다. 워시아웃 알고리즘에서 차단주파수는 탑승자에게 영향을 주는 감성 요인은 운동재현 성능에 직접적인 관계가 있는 것으로 알려졌다. 또한 운동시스템의 운동영역과 탑승자에게 제공되는 큐에 가장 큰 영향을 미친다.

따라서 본 논문에서는 운동재현모듈 중에서 차단주파수를 감성요인으로 설정하였고, 인체모델에 대한 수학적 모델링을 통하여 범주를 정하였다. 인체모델의 수학적 모델은 운동감을 느끼는 중요한 감각을 귀의 전정기관에 대하여 모델링하여, 표 2와 같은 감성요인과 범주를 정하였다.

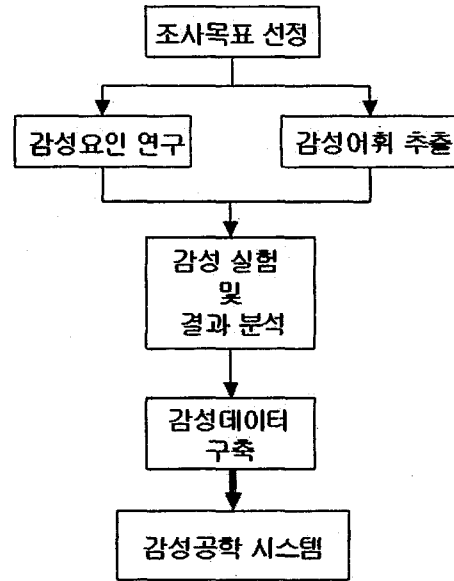


그림 6. 감성평가 수법

표 1. 감성어휘

| 가속도감 | 회전감 |
|--------|-------|
| 튀어나가다 | 어지럽다 |
| 기울다 | 휘청하다 |
| 돌다 | 물리다 |
| 미끄러지다 | 틀어지다 |
| 곤두박이다 | 비스듬하다 |
| 아찔하다 | 꺾어지다 |
| 밀리다 | 쏠리다 |
| 탄력이 불다 | 돌아가다 |

표 2. 감성요인 및 범주

| 감성요인 | 범주 |
|-------|----------|
| 차단주파수 | 0.001 Hz |
| | 0.016 Hz |
| | 0.5 Hz |

3.4. 감성실험

피실험자에게는 개발된 차량 시뮬레이터에서 운전석에서 바라본 주행상황이 빔프로젝터를 통하여 시각으로 제시되며, 6자유도를 가진 운동 플랫폼이 주행상황에 맞게 기동됨으로써 운동감이 전달된다. 주행시뮬레이터를 탑승한 피

실험자는 여러 가지의 주행상황을 경험한 뒤, 설문지에 기재된 감성어휘와 감성요인과의 연관성에 대하여 기입하였다.

기계공학을 전공한 20대 중반의 남자로서 운전경력이 6개월 이상인 피실험자 9명을 대상으로 실험을 하였다. 총 45초간 3회에 걸쳐서 수행하였으며, 피실험자의 안전을 고려하여 1회가 마칠 때마다 휴식시간을 15초간 가지도록 하였다. 그림 7은 실험장면을 나타내고 있다. 각 실험별로 느껴지는 감성의 정도를 감성어휘로 평가하기 위하여 어휘별로 5점 척도로 구성된 설문지를 사용하여 “정말 그렇다”인 1부터 “정말 그렇지 않다”의 5로 질문하였다.

4. 결과 및 검토

설문결과로 얻은 데이터는 분산분석을 통하여 운동감 중 가속도감을 나타내는 어휘와 범주별 차단주파수와의 관계를 알아보았다. 결과는 표 3과 같으며 유의 수준 95%를 기준으로 하여 볼 때, “당겨지다”, “주춤하다”, “탄력불다”, “튀어나가다”, “힘차다” 등과 같은 어휘들은 선정된 차단주파수에 민감하게 반응함을 볼 수 있다. 그리고 각 3개 정도로 분류된 범주에 대하여는 0.001 Hz와 0.016 Hz와는 감성의 차이가 거의 없었으며, 0.001 Hz와 10 Hz, 그리고 0.016 Hz와 10 Hz사이에는 큰 차이가 있었다. 이와 같이 감성평가를 위한 주행 시뮬레이터를 개발하였고, 개발된 시스템을 통하여 감성공학 수법을 적용하여 정성적인 평가를 수행하였다. 향후에는 주행 시뮬레이터에 관한 연구를 바탕으로 지속적인 운동재현 모듈과 운동해석에 관련한 감성요인의 연구와 감성실험을 통하여 감성데이터 확보에 노력할 것이다.

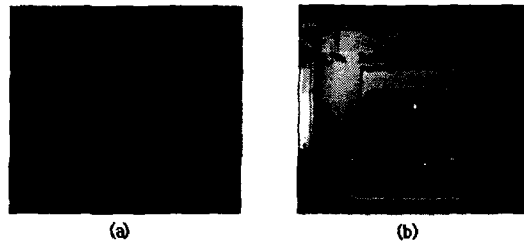


그림 7. 실험장면

표 3. 감성 실험 데이터의 분산분석 결과

| 유의수준 95% | | | | |
|----------|---------------|-------------|---------|--------|
| 어휘 | Sum of Square | Mean Square | F-value | Pr > F |
| 느려지다 | 0.22 | 0.11 | 0.05 | 0.94 |
| 달려나간다 | 4.74 | 2.37 | 1.63 | 0.22 |
| 당겨지다 | 3.63 | 1.82 | 1.81 | 0.18 |
| 밀린다 | 0.30 | 0.15 | 0.24 | 0.79 |
| 빨라진다 | 2.67 | 1.33 | 0.80 | 0.46 |
| 속도불다 | 1.85 | 0.93 | 0.64 | 0.54 |
| 주춤하다* | 6.74 | 3.37 | 3.28 | 0.06 |
| 탄력불다 | 3.19 | 1.59 | 2.39 | 0.11 |
| 튀어나가다* | 6.74 | 3.37 | 3.60 | 0.04 |
| 힘차다 | 2.77 | 1.39 | 2.38 | 0.11 |

후기

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

참고문헌

- 조준희(1997), 실시간 차량시뮬레이터 개발, 국민대학교 학위논문, 1~2
- 한국표준과학연구원(1998), 감성측정평가 시뮬레이터 설계기술개발, 과학기술부
- 이순요, 양선모, 가상현실형 감성공학, 청문각
- 서문기술주식회사(1999), ADAMS Users' Manual, 서문기술주식회사
- M. Nagamachi(1996), "Introduction of Kansei Engineering," JSA, Tokyo
- Richard Skalak, Shu Chien(1987), Handbook of Bioengineering, New York, McGraw-Hill