

▣ 응용논문

동적 시뮬레이터에서 속도와 운전 형태 변화에 따른 운전자의 감성 평가
**Assessment of the Drivers Sensibility due to the Changes on Speed
 and Driving Mode of a Vehicle in a Dynamic Simulator**

정순철¹⁾
 S.C. Chung
 민병찬²⁾
 B.C. Min
 신미경²⁾
 M.K. Shin
 김철중²⁾
 C.J. Kim

Abstract

The present experiment investigated the possibility of evaluating of the human sensibility contingent on the speed and modes of driving using the responses from the autonomic nervous system, subjective assessments, Simulator Sickness (SS) in dynamic simulator. The three conditions of the speed of driving were 40 ± 10 km/h, 100 ± 10 km/h, 160 ± 10 km/h, and the participant was instructed to drive the car for three minutes on the elliptical track. It is programed in such a way that the modes of driving can be changed smoothly using road DB in Dynamic Simulator, and for signifying the change of the condition the road signs were used. The instruction was given to the participant to drive the car on the fixed speed of 20km/h for 30 seconds, then to drive the car on sudden-start mode of driving from the 20 km/h to 160km/h within 10 seconds. For the sudden-stop mode of driving, it was instructed that stop the car from the speed of 160km/h to 20km/h within 10 seconds when the subject see the road sign, then drive the car at the fixed speed of 20 km/h for 30 seconds. The results of the subjctive assessment showed that the level of pleasantness and the tension was increased, and physiological response showed that the level of activity of the autonomic responses were also increased as the speed of the car increased. Also, for results on the driving modes showed that the level of pleasantness was highest for the sudden-stop, next highest was sudden-start, and the lowest was 20 km/h fixed speed condition for the subjective assessment, and the order of the level of activation of the autonomic nervous system showed the same results as above. From the results of the present study it was concluded that the presentation and evaluation of the stimulus for the human sensitivity is possible in dynamic simulator.

1. 서론

많은 연구자들은 인간의 감성을 연구하기 위하여 행동 변화, 주관적 평가, 생리적 반응을 포함하는 다양한 측정 방법을 사용한다 (손진훈 등, 1998; 정순철 등, 1999a). 지금까지 심리학

1) 건국대학교 의과대학 의학공학부
 2) 한국표준과학연구원 인간정보그룹

자들을 중심으로 인간의 감성에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔고, 최근에는 이를 토대로 외부의 다양한 자극에 대해 인간 내부에서 발생하는 감성의 실체를 파악하고자 하는 연구가 심리학, 생리학, 인간공학 등의 여러 분야에서 연구가 확대되고 있다 (Ekman, et al., 1983; Elul, 1972; Fox, 1991; Hinrichs and Machleidt, 1992; Kostunina and Kulikov, 1996; Levenson, et al., 1990). 실험실에서의 감성유발은 노이즈 없는 감성 생리적 데이터를 제공하는 데에 중요한 역할을 하므로 지금까지는 연구자의 실험 목적에 맞도록 자극을 유발하기 위해 제한된 실험실에서 연구가 수행되어져 왔다. 근래에는 이러한 정적환경에서의 결과를 기반으로 해서 인간의 감성을 보다 자연스러운 상황에서 측정하기 위하여 여러 동적 환경에서 연구가 수행되고 있다. 자동차 속도를 변화시키면서 속도 증가에 따른 긴장도의 변화를 자율신경계의 분석으로부터 추출하고자 하는 연구 (김철중 등, 1999), 정속 주행과 급가속, 급감속을 했을 때 자율신경계 반응의 차이 연구 (민병찬 등, 1999), 동적 시각 자극과 도로굴곡 변화에 따른 자율신경계 반응 연구 (정순철 등, 1999b) 등 근래에 실제 동적 환경에서 생리신호를 측정하여 감성의 변화를 추출하고자 하는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 이러한 결과들로부터 실제의 동적 환경에서도 생리신호를 측정할 수 있다는 가능성을 확인하였고 긴장/이완 또는 쾌/불쾌의 감성 자극에 따라 여러 생리 신호가 차이가 난다는 사실을 검증하였다. 그러나 동적 환경에서의 실험들은 자극제시를 엄격히 할 수 없는 제한점이 있고, 돌발 사태와 같은 위험요소도 함께 내포하고 있다. 또한 뇌파나 PPG, 근전도 등의 신호들은 동적 환경의 심각한 노이즈의 영향을 받기 때문에 분석하기가 어렵다는 단점도 포함한다. 이러한 한계점들을 해결하면서 동시에 동적 자극에 따른 인간의 감성 변화를 연구하기 위해서 최근에는 시뮬레이터를 구축하여 이곳에서 인간의 감성을 연구하고자 하는 여러 시도를 하고 있다 (고정훈 등, 1999; 정순철 등, 2000a; 정순철 등, 2000b; 정영훈 등, 1999).

본 연구팀에서는 앞으로 자동차 주행 시뮬레이터를 구축하여 여러 주행 상황에 따른 운전자의 감성연구를 수행하고자 한다. 이를 위하여 가상 자극만으로 또는 가상 자극과 더불어 motion 자극이 함께 하는 Dynamic simulator 에서 속도 변화와 운전 형태 변화에 따른 운전자의 감성 변화에 대한 연구를 수행중이다 (김유나 등, 2000; 정순철 등, 2000a; 정순철 등, 2000b). 실제 자동차를 이용한 속도 변화 실험에서 속도가 증가할수록 피험자의 긴장도의 증가를 주관적 평가와 자율신경계 반응으로 도출하였다 (김철중 등, 1999). 또한 실제 자동차를 이용한 운전 형태 변화 실험에서 급가속, 급감속 일 때가 정속 주행이나 정차시 보다 피험자의 긴장도가 증가했다는 주관적 평가 결과를 도출하였고 이와 함께 교감신경계의 활성화를 자율신경계의 생리 신호로부터 추출할 수 있었다 (민병찬 등, 1999). 본 연구에서는 실제 상황에서 수행했던 속도 변화와 운전 형태 변화의 동적 자극을 Dynamic simulator에서 제시했을 때 운전자의 감성 변화를 추출할 수 있는지에 대해 연구하였다. 그러나 Simulator에서의 감성 연구는 위에서 언급했듯이 실제 동적 환경에서의 감성 연구에 비해 여러 장점들도 있지만, Simulator Sickness (SS)를 유발할 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 즉, Simulator를 사용하게 됨으로써 인체에 부작용을 일으킬 수 있는데, 이러한 부작용을 Simulator Sickness (SS), Motion Sickness 혹은 Cybersickness 라고 한다 (Kennedy and Fowlkes, 1992; Regan, 1995). Kennedy 와 Fowlkes (1992)은 SS를 "Polysymptomatic (다증상성)"으로 묘사하였고, 주요 증상으로는 구토, 메스꺼움, 창백, 식은 땀, 나른함, 혼란, 집중력 곤란, 머리가 팽 찬 느낌, 뿌연 시야, 눈의 피로 등이 있다고 보고하였다. Regan (1995)은 피험자의 61%가 20분의 가상 현실시스템을 사용한 후 현기증, 두통, 눈의 피로, 위의 불편, 격심한 메스꺼움을 느꼈다고 보고하였다. SS가 발생하는 몇 가지 요인에는 나이와 성별과 같은 개인적 요인과, 화면 지연과 같은 시뮬레이터 요인, 통제 정도와 같은 작업수행 관련요인, 그리고 잔상의 지속, 후유증, 눈의 피로 등과 같은 시뮬레이터를 탐으로써 생기는 부수적인 영향 등이 있다는 사실이 밝혀졌다 (김도희와 박민용, 1998; 김도희 등, 1998). 이와 같이 Simulator를 사용함으로써 발생하는

SS로 인해 피험자는 신체적, 심리적 불편함을 호소할 수 있고, 이러한 불편함은 감성 자극 제시와 결과 분석에 큰 영향을 끼칠 가능성이 있다 (김수진 등, 2000a; 김수진 등, 2000b). 현재 SS에 대한 연구는 국내외에서 활발히 수행이 되고 있지만, Simulator에서 수행되는 감성 평가 연구에 있어서 SS의 영향에 대한 분석은 미진한 실정이다. 그러므로 본 논문에서는 우선적으로 실험 전, 후에 SS를 4점 척도로 측정하여 Simulator를 사용 후 SS 값이 심각하게 증가하는 피험자는 데이터 분석에서 제외시켜, SS가 감성 평가 결과에 미치는 영향을 최소화 하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험 장치 및 측정 부위

측정 장비로는 Biopac System의 Biopac MP100을 사용하였고, 분석 소프트웨어는 Acqknowledge 3.5.2를 이용하였다. 생리 신호는 심전도: 1 channel (lead II), 피부온도 (Skin temperature): 1 channel (왼손 새끼), 피부 전도도 (Galvanic Skin Response): 1 channel (왼손 인지와 중지)을 측정하였고 모든 생리신호의 sampling rate는 256Hz로 설정하였다.

2.2 Dynamic Simulator

Graphic 정보는 OpenGVS 4.2를 이용한 3D graphic engine과 NEC MT-1030+ LCD projector를 사용하여 80 inch rear projection screen 위에 30(H) X 25(v) FOV를 가지도록 영상을 초당 30 frame으로 투사하였다. 3축의 motion 유압시스템의 자세한 사양은 다음과 같다.

Mechanical Part

- Payload : 500kg
- Dimensions : 800 × 2700 × 1900 (H × L × W, mm)
- Weight : 1400kg

Electical System

- Electric Motor : 3Phase, 220V, 60Hz, 2.2KW
- Hydraulic Servo Valve : TSS
- System Power : 100 - 240VAC, 50/60Hz

Dynamics

- Limits of Motion
 - Roll : 18 deg, Pitch : 20 deg, Heave, (Up/Down) : 160mm
- Velocity
 - Roll : 30 deg/sec, Pitch : 30deg/sec, Heave (Up/Down) : 160mm
- Acceleration
 - Roll : 60 deg/sec², Pitch : 60deg/sec², Heave (Up/Down) : 0.6g/sec²

2.3 실험 대상

본 실험은 건강한 20대 성인 20명 (남자 : 11, 여자 : 9, 평균 연령 : 23.6±2.6)을 대상으로 이루어졌다. 이중 10명은 (남자 : 6, 여자 : 4, 평균 연령 : 23.2±3.1) 속도 변화 실험에 참여하였고, 나머지 10명은 (남자 : 5, 여자 : 5, 평균 연령 : 23.7±2.2) 운전 형태 변화 실험에 참여하였다. 각 피험자는 현재 운전을 하고 있으며, 운전 경력이 1년 이상인 사람으로 선택하였고, simulator sickness 증상이 적은 피험자를 선택하였다. 각 피험자는 실험 24시간 전부터 자율신경계에 영향을 미칠 수 있는 담배, 카페인, 약물, 음주의 섭취를 금하였다. 실험이 진행되는 동안에는 움직이지 말 것, 편안한 마음가짐을 가질 것, 자극에 집중하고 잡념을 버릴 것 등의 주의 사항을 꼭 지키도록 하였고, 전극을 부착하여 운전석에 편안한 자세를 취할 수 있도록 위치하였다.

2.4 실험 과정

속도 변화 실험 피험자를 운전석에 편안한 자세로 앉히고, 10분 동안 안정을 취하였다. 3분간의 안정상태에서의 생리 신호 (reference signal)을 측정하고, SS가 실험 결과에 미치는 영향을 분석하기 위해 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)를 주행 전에 실시하였다. 각각의 속도에서 (40 ± 10 km/h, 100 ± 10km/h, 160 ± 10km/h) 타원형의 트랙을 3분간 주행하면서 생리 신호를 측정하였다 (그림 1 참조). 이때 속도 변화 자극 제시는 랜덤하게 제시하였고 주행시 차선의 변경을 금지시켰다. 각 속도의 주행이 끝나친 후 SSQ를 다시 한번 측정하여 시뮬레이터에서의 주행으로 발생한 SS를 계산하였다. 마지막으로 속도 관련 주관적 평가를 실시하였다.

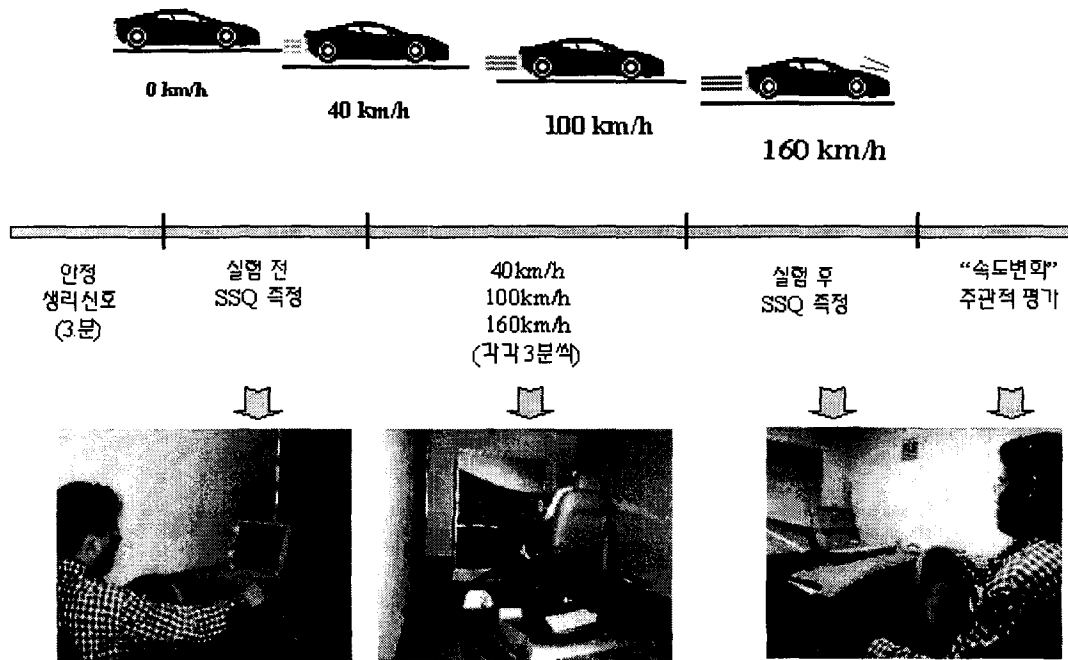


그림 1. 속도 변화 실험 과정

운전 형태 변화 실험 피험자를 운전석에 편안한 자세로 앉히고 10분 동안 안정을 취하게 하였다. 3분간 안정의 생리 신호(reference signal)를 측정하고 SSQ를 주행 전에 실시하였다. 자동차 주행은 Dynamic Simulator에서 도로 DB를 구축하여 주행하는 동안 각 상황이 자연스럽게 이어지도록 하였다. 각 상황의 변경은 도로 표지판을 이용하였다. 실험 전에 피험자에게 도로 표지판에 대한 설명을 충분히 주지시켰고, 예비 실험을 통해 각 상황의 변경에 적응하도록 하였다. 즉, 먼저 도로 표지판을 이용하여 30초간 정속 주행 (20km/h)을 하도록 명령하였고, 그 다음 상황은 역시 도로 표지판을 이용하여 10초 이내에 급가속 (20km/h → 160km/h)을 하도록 하였다. 급감속 (160km/h → 20km/h) 역시 도로 표지판을 이용하여 10초 이내에 수행하도록 하였고, 마지막으로 30초간 정속 주행 (20km/h)을 하도록 하였다. 자세한 실험 프로토콜은 그림 2에 나타내었다. 주행이 끝난 후 곧바로 SS를 다시 한번 측정하여 실험 전, 후를 비교하고자 하였다. 그리고 80초간의 운전 형태 변화에 관련된 감성의 변화를 측정하기 위해 실험이 종료된 후 각 상황에 대해 주관적 평가를 실시하였다.

실험 중에는 실험 챔버 내부의 온도(26°C)와 습도(44~50%)를 일정하게 유지할 수 있도록 하였다. 이와 같이 피험자에게 쾌적한 상태를 유지하도록 하여 다른 간섭요소에 의해 유발되는 감성의 변화를 최대한 억제토록 하였다.

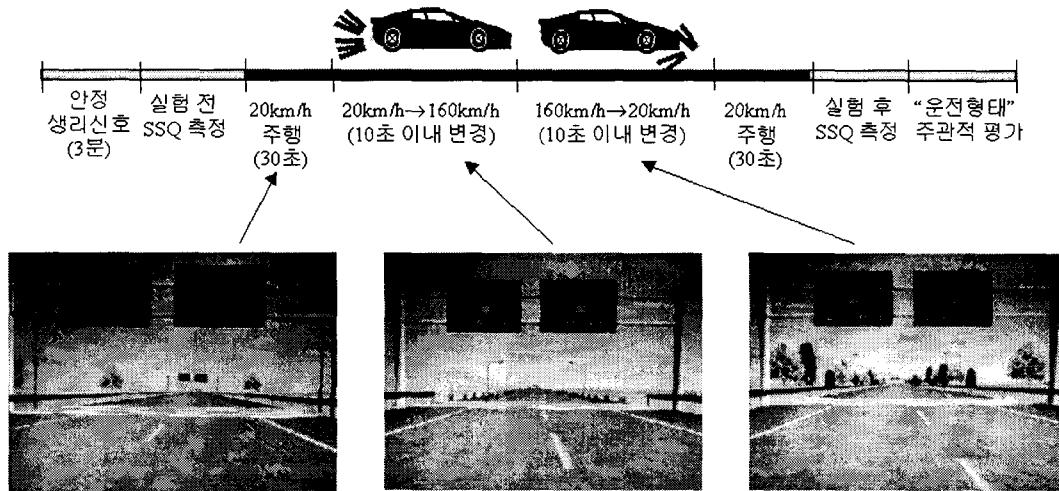


그림 2. 운전 형태 변화 실험 과정

2.5 SSQ 측정

SS를 정량화 하는데 현재 널리 사용되는 Kennedy and Fowlkes (1992)의 연구를 참조하여 16가지 SS 증상을 4점 척도 (0점-아무렇지 않다, 1점-약간, 2점-보통, 3점-심하다)로 측정하였다. SSQ의 각 증상군의 점수는 각 증상별로 0~3까지의 숫자로 레이팅 된 값에 각각의 가중치를 곱하여 그 합계를 구하고, 그 합계에 특정 계수를 곱하였다 (Table 1. 참조). 또한 종합 점수는 그 합계들을 모두 더한 후에 특정 계수 값을 곱하여 구하도록 하였다. SSQ는 메스꺼움(N), 안구운동불편(O), 방향감각상실(D)의 항목과 이 3가지 항목을 종합한 Total Simulator Sickness (TSS)로 구성된다.

2.6 주관적 평가

주관적 평가를 위해서는 신동윤 등 (1998)의 연구 결과와 우리말 큰 사전에서 이해가 가능한 어휘 1653개중 속도변화와 운전 형태 변화에 따른 감성 평가에 적합하다고 생각되는 어휘 총 99개의 형용사를 일차적으로 추출하였다. 20세에서 44세 사이의 남녀 총 42명 (남자 : 20명, 여자 : 13명)을 대상으로 1차 적으로 추출된 형용사를 속도 및 운전 형태 변화 실험에 적절한지를 묻는 적합성 평가를 7점 척도 (1점 : 매우 부적합함, 7점 : 매우 적합함)로 수행하였다. 그 결과 평균 이상인 형용사 42개가 추출되었다. 2차 적으로 추출된 형용사 중 서로 유사하다고 판단되는 형용사 19쌍을 유사성 평가를 5점 척도 (1점 : 전혀 유사하지 않음, 5점 : 매우 유사함)를 이용하여 전문가 14명을 대상으로 실시하였다. 그 결과 평균 이상의 유사성이 높은 형용사가 7쌍으로 추출되었고, 반대어 (빠르다 - 느리다)는 긍정적인 형용사 (예 : 빠르다)를 사용하였다. 이러한 절차를 거쳐 가장 적절하다고 판단되는 형용사 총 35개가 선정되었고, 단극 5점 척도로써 주관적 평가를 각 실험을 끝마친 후 수행하였다. 선정된 35개의 형용사군은 Table 2에 나타내었다.

Table 1. SSQ 계산표

증상	각 증상에 대한 가중		
	N (메스꺼움)	O (안구운동불편)	D (방향감각상실)
일반적인 불편	1	1	
피로		1	
두통		1	
눈의 피로		1	
눈의 초점을 맞추기가 어려움		1	1
침 분비의 증가	1		
발한	1		
메스꺼움	1		1
집중하기 곤란함	1	1	
머리가 맑아 느낌			1
뿌연 시야		1	1
눈을 떴을때의 현기증			1
눈을 감았을때의 현기증			1
빙빙도는느낌의 어려움			1
위에대한부담감	1		
트림	1		
합계	<1>	<2>	<3>
점수			
N=<1>x9.54			
O=<2>x7.58			
D=<3>x13.92			
TSS = (<1>+<2>+<3>)x3.74			빈 칸의 가중치는 0

Table 2. 주관적 평가에 사용된 35 개의 형용사군

빠르다	유쾌하다	스포티하다	평생이다
답답하다	상쾌하다	농속하다	늪늪하다
신난다	피곤하다	느긋하다	개질다
기분좋다	풍분하다	날쌘다	역시롭다
재미있다	저투하다	경난다	편안적이다
안정감있다	짜증난다	단조롭다	
간광된다	즐리다	머리가 멍하다	
위압적이다	역티브하다	알기쉽다	
풍미진전하다	서늘하다	서두르다	
난폭하다	편만하다	들뜬다	

2.6 데이터 분석

심전도에서 R포인트를 1차 미분에 의한 zero-crossing 방법을 사용하여 검출하였다. 검출된 R포인트로부터 각 실험 상황에서 평균 R-R 간격을 계산하였다. 피부 온도와 피부 저항의 분석은 각 실험 상황에서 신호 진폭의 평균을 계산하였다. 각 생리 신호 분석 결과를 아래와 같은 식 (1)을 사용하여 normalized sensitivity (NS)를 구하였다.

$$NS (\%) = (\text{자극} - \text{안정}) / \text{안정} \times 100 \tag{1}$$

3. 실험 결과

심전도, 피부저항, 피부온도의 자율신경계 반응을 측정하고 SSQ와 주관적 평가를 함께 하여 동적 시뮬레이터에서 속도 변화와 운전 형태 변화에 따른 인간의 감성 변화를 평가하고자 하였다.

3.1 SS 평가

속도 변화 실험에서는 각 속도별로 구분하여 SS가 측정되었고, 실험 전후를 비교하였다 (Table 3 참조). 그러나 운전 형태 변화 실험은 각 상황 (정차, 20km/h 정속 주행, 급가속, 급감속, 20km/h 정속 주행)이 연속적으로 이어지므로 실험 전, 후로만 측정이 되었다 (Table 3 참조). SS 측정 결과 실험 전에 비해 실험 후의 SS (메스꺼움(N), 안구운동불편(O), 방향감각 상실(D), TSS)의 평균 점수가 대부분의 피험자에 있어서 증가하였다. 하지만 각 피험자들간의 표준편차가 커서 실험 전과 후의 통계적 유의차는 없었기 때문에($p>.05$) 본 실험에서 유발하고자 하였던 속도 변화와 운전 형태 변화에 따른 감성 변화에는 그다지 큰 영향은 미치지 않는 것으로 간주하였다. TSS의 증가율은 (실험후 TSS - 실험전 TSS)/(실험전 TSS) × 100 (%)로 정의하였고, 속도 변화 실험은 평균 50 % 이상의 TSS 값의 증가를 보였고, 운전 형태 변화 실험은 평균 20 % 이상의 TSS 값의 증가를 보였다. 이것은 운전 형태 변화 실험 (80 sec)이 속도 변화 실험 (240 sec)에 비해 상대적으로 짧은 기간 동안 수행되어서 SS의 유발 효과가 작았기 때문이라고 생각된다.

Table 3. 각각의 속도 변화와 운전 형태 변화 실험 전, 후의 SS 값의 변화

SSQ 실험 종류	메스꺼움		안구 운동 불편		방향 감각 상실		TSS		
	실험 전	실험 후	실험 전	실험 후	실험 전	실험 후	실험 전	실험 후	증가율
40 km/h	9.5±11.9	18.1±31.9	15.1±8.3	23.5±24.1	16.7±21.6	25.1±38.7	16.1±11.2	25.4±33.0	57.8 %
100 km/h	6.7±9.1	12.4±9.1	12.9±11.3	17.4±9.5	7.0±9.8	12.5±13.8	10.8±10.9	16.8±8.7	55.6 %
160 km/h	17.2±22.4	21.0±25.8	25.0±21.7	34.9±25.8	16.7±25.2	36.2±45.1	23.6±24.4	35.5±32.2	50.4 %
운전 형태 변화	6.7 ± 10.1	12.4 ± 15.6	7.6 ± 6.2	6.8 ± 5.6	5.6 ± 7.2	5.6 ± 7.2	7.9 ± 6.0	9.7 ± 9.2	22.8 %

3.2 주관적 평가

주관적 평가의 통계분석은 SPSS V 8.0을 사용하였고, 요인분석, t-test, ANOVA 등의 분석 방법을 사용하였다. 속도 변화 실험의 주관적 평가에서 주요인 기법과 Varimax 회전을 이용하여 대표적인 요인을 추출한 결과 총 5개의 요인으로 분류되었으나 제 5요인은 설명력이 그다지 높지 않아 4요인으로 분류하였고, 81.56%를 나타내고 있다. 제 1요인은 전체 변량의 45.79%를 설명하고 있으며 재미있다, 흥미진진하다, 기분좋다, 상쾌하다, 환상적이다, 시원하다, 활기차다, 들뜨다의 8개 문항의 형용사로 주로 <쾌활성>을 반영하는 어휘들로 판단된다. 제 2요인은 전체 변량의 16.26%를 설명하고 있으며, 난폭하다, 겁난다, 스포티하다, 빠르다, 거칠다, 위험하다, 서두른다의 7문항의 형용사로 주로 <긴장감>을 반영하였다. 제 3요인은 전체 변량의 9.51%를 설명하고 있으며, 머리가 멍하다, 짜증난다, 피곤하다, 지루하다, 어지럽다, 답답하다의 6문항의 형용사로 주로 <불쾌감>을 반영하였고, 제 4요인은 전체 변량의 5.59%를 설명하고 있으며, 능숙하다, 안정감 있다, 졸리다의 3문항의 형용사로 주로 <이완감>을 반영하였다. 각 요인별 속도에 따른 차이를 살펴보면 <쾌활성>을 반영한 제 1요인에서 40 km/h와 100 km/h (* $p<.05$), 40 km/h와 160 km/h (** $p<.01$)에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 속도가 증가할수록 평균점수가 높아졌다. <긴장감>을 반영한 제 2요인에서는 40 km/h와 100km/h (* $p<.05$), 40 km/h와 160 km/h(** $p<.01$), 100 km/h와 160 km/h (* $p<.05$)에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 나타냈고, 속도가 증가할수록 평균 점수가 높았다. 또한 <불쾌감>을 반영한 제3요인과 <이완감>을 반영한 제4요인에서는 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 속도가 증가할수록 불쾌감과 이완감은 감소하였다. 결과적으로 피험자들은 안정일 때와 비교해서 속도가

증가할수록 더 쾌하고 긴장되었다는 주관적 평가를 하였다 (그림 3 참조).

운전 형태 변화 실험의 주관적 평가에서도 속도 변화의 주관적 평가와 거의 유사한 결과를 추출할 수 있었다. 대표적인 4 요인을 추출한 결과 제 1요인은 전체 변량의 35.45%를 설명하고 <쾌활성>을 반영하는 어휘들로 판단되었고, 제 2요인은 전체 변량의 34.36%를 설명하고 있으며 <긴장감>을 반영하였다. 제 3요인은 전체 변량의 6.55%를 설명하고 있으며 <불쾌감>을 반영하였고, 제 4요인은 전체 변량의 2.21%를 설명하고 있으며 <이완감>을 반영하였다. 각 요인별 운전 형태에 따른 차이를 살펴보면 <쾌활성>을 반영한 제 1요인에서는 처음 20 km/h 정속주행과 급가속 (*p<.05)에서, 처음 20 km/h 정속주행과 급감속 (*p<.05)에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 처음 20 km/h 정속주행, 나중 20 km/h 정속주행, 급가속, 급감속 순서로 평균점수가 높아졌다. <긴장감>을 반영한 제 2요인에서는 처음 20 km/h 정속주행과 급가속 (**p<.01)에서, 처음 20 km/h 정속주행과 급감속 (**p<.01)에서, 급출발과 나중 20 km/h 정속주행 (*p<.05)에서, 급감속과 나중 20 km/h 정속주행 (**p<.01)에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 또한 <불쾌감>을 반영한 제3요인과 <이완감>을 반영한 제4요인에서는 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 처음 20 km/h 정속주행, 나중 20 km/h 정속주행, 급가속, 급감속 순서로 불쾌감과 이완감은 감소하였다. 속도 실험과 마찬가지로 피험자들은 안정일 때와 비교해서 처음 20 km/h 정속주행, 나중 20 km/h 정속주행, 급가속, 급감속 순서로 더 쾌하고 긴장되었다는 주관적 평가를 하였다 (그림 3 참조).

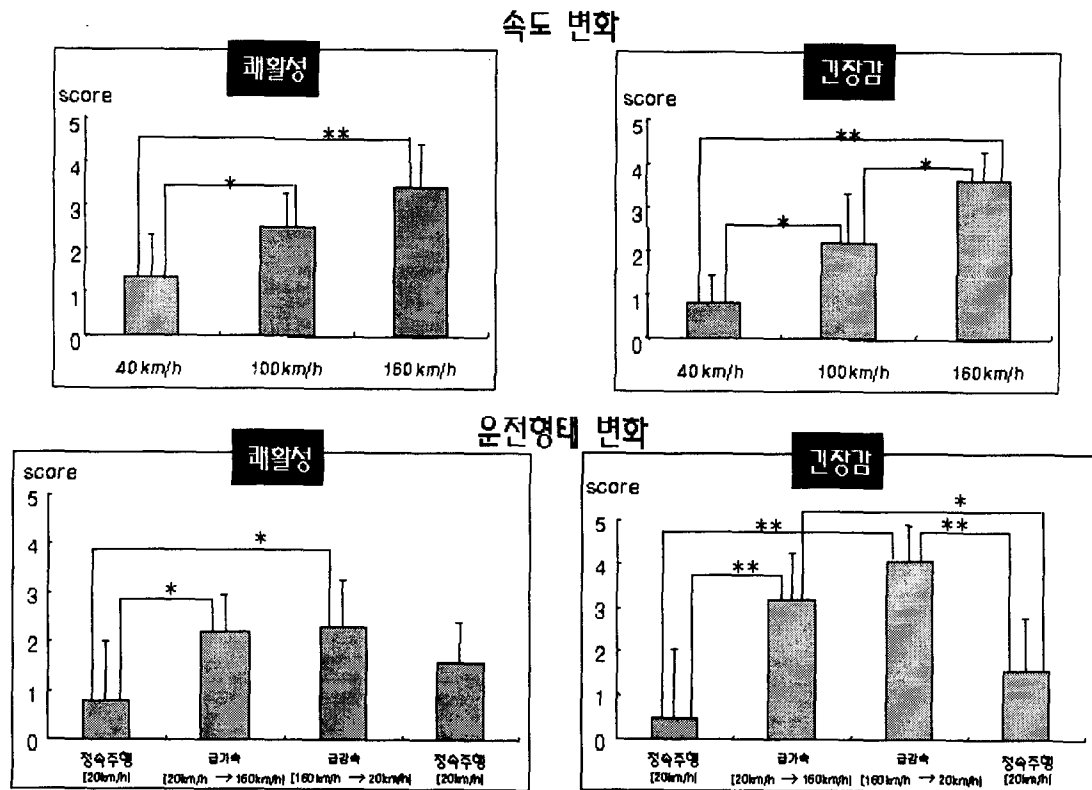


그림 3. 속도 및 운전 형태 변화 실험의 주관적 평가 결과

3.3 자율신경계 반응

심전도는 motion으로 인한 노이즈의 영향 때문에 분석이 불가능하여 데이터 분석에서 제외

시켰다. 속도 변화 실험에서 피부전도도는 안정과 100 km/h (*p<.05), 안정과 160 km/h (*p<.05)에서 각각 통계적으로 유의하게 평균 진폭이 증가하였다 (그림 4 참조). 피부온도는 안정과 160 km/h (*p<.05)에서만 통계적으로 유의하게 평균 진폭이 감소하였다 (그림 4 참조). 그러나 각 속도별 유의미한 차이는 관찰하지 못했다. 이와 같이 자율신경계의 반응은 속도가 증가할수록 교감 신경계의 활성화가 증가함을 나타내고, 이는 주관적 평가의 결과와 일치하며, 실제 차량을 이용한 선행연구의 결과와도 일치하는 것이다 (김철중 등, 1999).

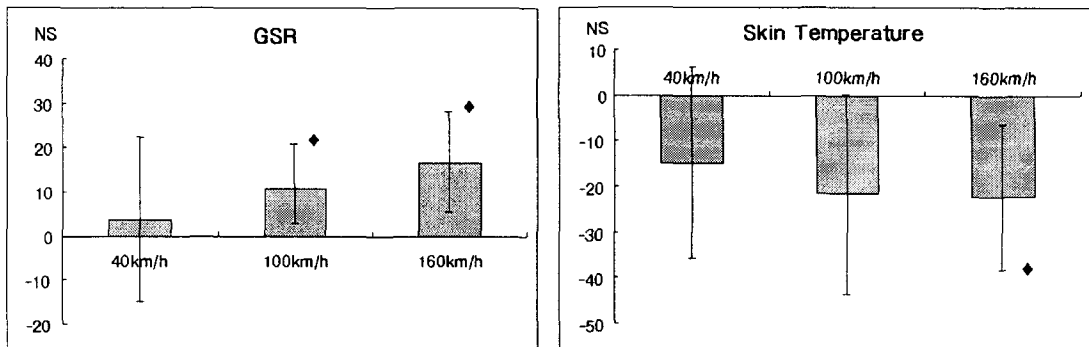


그림 4. 속도 변화에 따른 GSR 및 skin-temperature 변화.

◆ 기호는 안정 (x-축)과 각 속도 별 유의차를 나타낸다. ◆ (p<0.05)

운전 형태 변화 실험에서도 자율신경계 반응 역시 주관적 평가 결과와 유사한 경향을 보였다. 그림 5는 한 명의 피험자의 순수한 raw 데이터를 나타낸 것인데, 20 km/h 정속 주행, 급가속, 급감속 순서로 피부 전도도는 증가하였고 피부 온도는 감소하였다. 각 운전 상황은 안정에 비해 모두 통계적 유의도가 관찰되었고, 속도 변화 실험 결과와는 틀리게 각 상황 사이에서도 통계적 유의도가 관찰되었다 (그림 6 참조). 이와 같이 각 상황별 운전 형태 변화에 따라 피험자의 긴장도의 변화를 주관적 평가로부터 확인할 수 있었고, 객관적인 비교 지표로 자율신경계의 반응을 통해 교감신경계의 활성화를 관찰할 수 있었다.

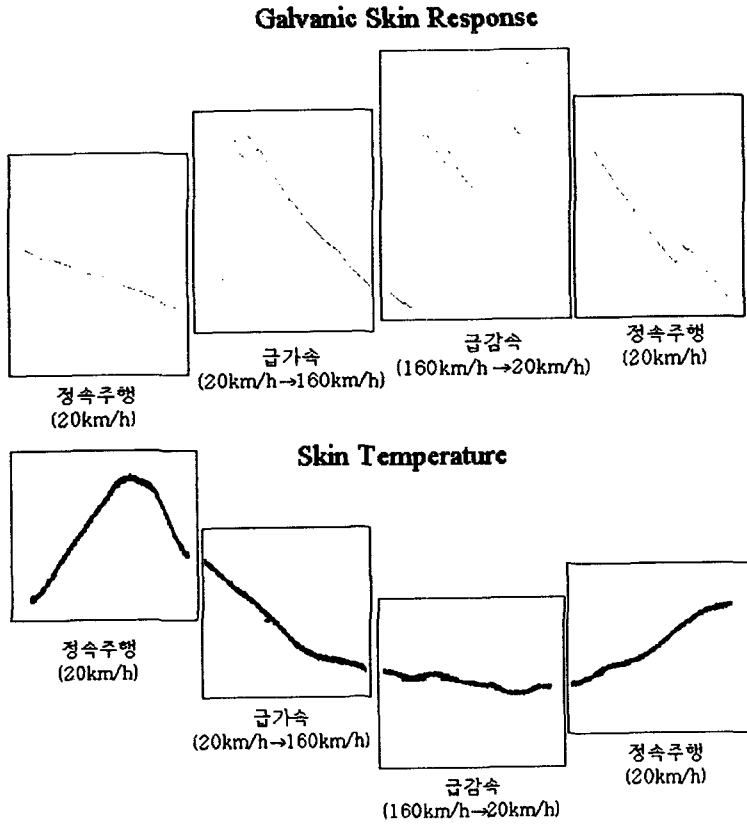
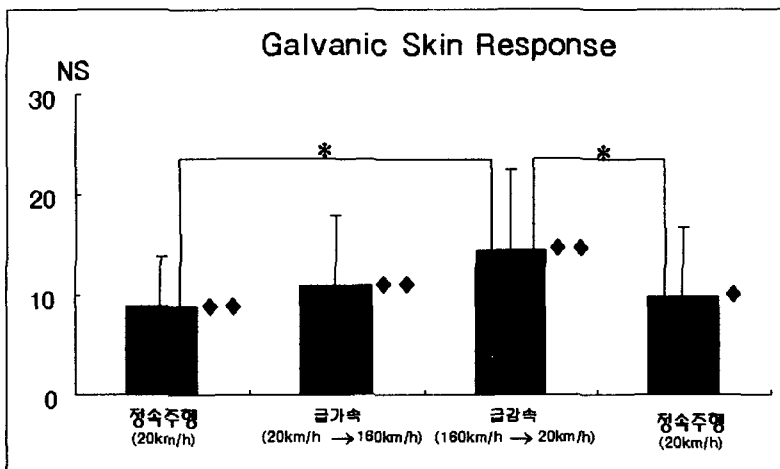


그림 5. 운전 형태 변화에 따른 GSR 및 skin-temperature의 raw 데이터 (대표적인 한 명의 피험자)



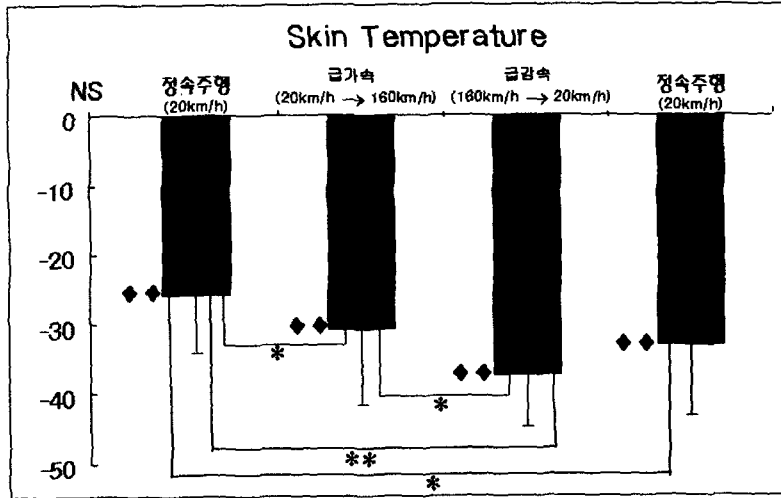


그림 6. 운전 형태 변화에 따른 GSR 및 skin-temperature 변화.

- ◆ 기호는 안정 (x-축)과 각 상황 별 유의차를 나타낸다. ◆ (p<0.05), ◆◆ (p<0.01)
- * 기호는 각 상황 사이의 유의차를 나타낸다. * (p<0.05), ** (p<0.01)

4. 결론 및 토의

동적 환경에서의 여러 실험들은 많은 제한점과 위험 요소를 내포하고 있다. 이러한 단점들을 해결하면서 동시에 동적 환경 자극에 따른 인간의 감성 변화를 연구하기 위해서 시뮬레이터를 구축하여 이곳에서 인간의 감성을 연구하고자 하는 여러 시도가 있어 왔다. 본 연구는 동적 시뮬레이터에서 자율신경계 반응과 주관적 평가를 실시하여 동적 자극에 따른 인간의 감성 평가의 가능성에 대하여 연구를 수행하였다.

속도 증가에 따라 쾌활성과 긴장감이 증가한다는 주관적 평가와 교감 신경계가 활성화된다는 자율신경계의 반응을 통해 Dynamic Simulator에서 속도 변화에 따라 인간의 감성 변화를 추출할 수 있음을 보였다. 그러나 주관적 평가에서는 각 속도 별로 쾌활성 및 긴장감이 유의한 차이를 보였지만, 생리 반응 결과에서는 각 속도별로 통계적인 유의차를 발견할 수 없었다. 즉, 단지 속도 증가에 따라 교감 신경계가 활성화되는 경향만을 보여주었고, 안정에 비해 고속인 경우에만 유의한 변화를 관찰할 수 있었다. 또한 본 연구에서는 현실적이고 보편적인 속도의 적용을 통한 연구가 미진하였다. 즉, 속도 변화에 따른 인간의 감성 변화를 추출하기 위해 대표적인 세 가지 속도만을 선택하여 의도적으로 감성의 차이를 유발시키고자 하였다. 추후 이러한 사항을 보완하여 보다 실제 상황의 재현을 위한 기초 자료를 획득하기 위해서는 실제 보편적인 속도의 변화에 따른 감성 평가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

운전 형태 변화 실험에서는 안정일 때와 비교해서 20 km/h 정속주행, 급가속, 급감속 순서로 더 쾌하고 긴장되었다는 주관적 평가를 하였고, 자율신경계의 반응 역시 일치된 결과를 보였다. 그리고 주관적 평가에서 각 상황 별로 쾌활성 및 긴장감이 유의한 차이를 보였고, 생리 반응 결과에서도 각 상황 별로 통계적인 유의차를 발견할 수 있었다.

두 가지 실험에서 주관적 평가는 같은 정도의 쾌활성과 긴장감을 유발하였다고 보고하였지만, 자율신경계 반응에서는 각 속도별 차이가 없었던 것에 반해 운전 형태 변화 실험은 각 상황별 차이가 발생하였다. 이것은 속도 변화가 유발시키는 실제 감성량의 변화가 운전 형태의 각 상황이 유발시키는 감성량 보다 작음에 기인할 수도 있을 것이다. 또는, 속도 변화 실험은 단순히 타원형 트랙을 주행시킨데 반해, 운전 형태 변화 실험은 건물, 나무, 도로 표지판 등을 포함한 일반적인 도로를 주행시켰기 때문에 현실감의 부족으로 차이가 발생할 수도 있다. 또는

생리 신호 자체의 변별력의 부족, 피험자 수의 부족 등이 이유가 될 수 있을 것이다. 향후 피험자 수를 증가시켜 충분한 데이터를 확보하고, 동적 Noise를 차단할 수 있는 기술을 확보하여 생리 신호의 변별력을 높이고, 보다 현실감 있는 가상 현실을 제시한다면 실제 동적 환경에서의 감성 평가와 같은 정도의 감성 평가가 가능하리라 사료된다.

본 연구에서는 실험 전과 후에 SS 값의 통계적 유의차는 없었기 때문에 본 실험의 결과에는 큰 영향은 미치지 않았다고 가정하였다. 즉, 본 연구에서와 같이 짧은 Dynamic Simulator 자극 (3분 이하)은 SS의 변화에 큰 영향을 미치지 않았다고 가정하였다. 그러나 실험 전에 비해 실험 후에 SS 값은 증가하였고, 분명히 직, 간접적으로 감성 평가에 있어 왜곡 요소로 작용하였을 것이다. 이를 극복하기 위해서 본 연구에서는 특별히 SS 증상이 큰 피험자는 데이터 분석에서 제외시켰지만 궁극적인 해결 방법은 될 수 없을 것이다. 그러므로 향후 SS의 영향을 최소화 할 수 있는 실험 시간 및 패러다임의 선정에 대한 연구가 필요할 것이고, SS의 유발을 최소화시킬 수 있도록 각 단위 감각 자극 제시 장치의 H/W 및 S/W의 최적화 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 SS에 대한 연구는 국내외에서 활발히 수행이 되고 있지만, Simulator에서 수행되는 감성 평가 연구에 있어서 SS의 영향에 대한 분석은 전무한 실정이므로 향후 Simulator에서의 감성 평가 결과가 신뢰성을 확보하기 위해서는 SS가 인간의 감성 변화에 미치는 영향에 대한 연구가 필연적일 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] 고정훈, 손권, 최경현; “승용차의 가상프로토타이핑”, 자동차공학회논문집, 7(5): 230-239, 1999.
- [2] 김도희, 박민용; “자동차모의실험장치를 이용한 Simulator sickness의 정량화에 관한 연구”, 대한인간공학회 1998년도 추계학술논문집, pp. 279-284, 1998.
- [3] 김도희, 박민용, 이근희; “자동차 모의운전환경에서 Simulator Sickness의 예측에 관한 연구”, 한국시뮬레이션학회 1998년도 추계학술대회 논문집, pp. 170-173, 1998.
- [4] 김수진, 민병찬, 정순철, 김유나, 민병운, 김철중, 박세진; “Graphic Simulator에서 생리신호와 주관적 평가를 통한 Simulator Sickness의 변화”, 대한인간공학회 2000년도 추계학술대회 논문집, pp. 10, 2000.
- [5] 김수진, 민병찬, 정순철, 김유나, 민병운, 김철중, 박세진; “Graphic 시뮬레이터에서 Simulator Sickness의 변화: 남녀와 그룹의 차이”, 한국산업경영시스템학회 2000년도 추계학술대회 논문집, pp. 27-37, 2000.
- [6] 김유나, 민병찬, 정순철, 김수진, 김철중, 박세진; “동적 simulator에서 속도 변화에 따른 감성평가”, 대한인간공학회 2000년도 추계학술대회 논문집, pp. 10.5, 2000.
- [7] 김철중, 민병찬, 정순철, 김상균, 오지영, 민병운, 김유나; “자동차 속도 변화에 따른 자율신경계의 반응 연구”, 공업경영학회지, 22(52): 203-210, 1999.
- [8] 민병찬, 정순철, 김상균, 민병운, 오지영, 장진경, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진; “운전 및 도로 상황에 따른 자율신경계의 반응”, 한국감성과학회지, 2(1): 61-68, 1999.
- [9] 손진훈, Estate M. Sokhadze, 이임갑, 이경화, 최상섭; “정서시각자극에 의해 유발된 자율신경계 반응 패턴: 유발정서에 따른 피부전도반응, 심박률 및 호흡률 변화”, 한국감성과학회지, 1(1): 79-91, 1998.
- [10] 신동윤, 이세한, 송재복, 김용일; “운동감의 정량화를 위한 감성공학적 기법 개발에 관한 연구”, 대한인간공학회지, 17(1): 11-22, 1998.
- [11] 정순철, 민병찬, 민병운, 김상균, 오지영, 김유나, 김철중, 박세진; “시각자극에 대한 실시간 및 비실시간 주관적평가와 생리반응과의 상관관계”, 대한인간공학회지, 18(3): 27-39, 1999.

- [12] 정순철, 민병찬, 김상균, 민병운, 오지영, 김유나, 김철중; “동적 시각자극과 도로 굴곡 변화에 따른 자율신경계 반응”, 한국감성과학회지, 2(2): 75-82, 1999.
- [13] 정순철, 민병찬, 김수진, 민병운, 남경돈, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진; “화상 시뮬레이터에서 속도변화에 따른 생리반응”, 국제인간공학 심포지엄 및 대한인간공학회 2000년도 춘계학술대회 논문집, pp. 23-26, 2000.
- [14] 정순철, 민병찬, 김유나, 김수진, 김철중; “화상 시뮬레이터에서 운전형태에 따른 생리반응”, 한국산업경영시스템학회 2000년도 추계학술대회 논문집, pp. 329-334, 2000.
- [15] 정영훈, 엄성숙, 손권, 최경현; “시뮬레이터의 속도감에 대한 감성인자 분석”, 한국감성과학회 1999년도 추계학술대회 논문집, pp. 105-110, 1999.
- [16] Ekman, P., Levenson, R.W., and Friesen, W.V.; “Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions“, *Science*, 22: 1208-1210, 1983.
- [17] Elul, M.R.; “The genesis of the EEG“, *International Review of Neurobiology*, 15: 227-272, 1972.
- [18] Fox, N.A.; “If its not left. Its right, Electroencephalograph asymmetry and the development of emotion“, *American Psychologist*, 46: 863-872, 1991.
- [19] Hinrichs, H., and Machleidt, W.; “Basic emotions reflected in EEG-coherences“, *International Journal of Psychophysiology*, 13(3): 225-232, 1992.
- [20] Kennedy, R. S., and Fowlkes, J. E.; “Simulator sickness is polygenic and polysymptomatic: Implications for research“, *International Journal of Aviation Psychology*, 2(1): 23-38, 1992.
- [21] Kostunina, M.B., and Kulikov, M.A.; “The frequency characteristics of EEG spectra in the emotions“, *Neuroscience Behavioral Physiology*, 26(4): 340-343, 1996.
- [22] Levenson, R.W., Ekman, P., and Friesen, W.V.; “Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity“, *Psychophysiology*, 27: 363-384, 1990.
- [23] Regan, E. C.; “An investigation into nausea and other side-effects of head-coupled immersive virtual reality“, *Virtual Reality: research, development and applications*, 1(1): 17-32, 1995.