

가상현실과 사용 부작용에 관한 조사 연구

이 창 민*

1. 서 론

오늘날 가상현실에 몰입하는데 사용되는 장비에 관련된 심리적인 여러 부작용에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 이러한 연구들은 시뮬레이터를 사용하게 됨으로써 인간의 자극 또는 인지과정에서 일어나는 “simulator sickness” 증상과 PDS의 일종인 Head Mounted Display (HMD)를 사용하여 VR 환경에 몰입하게 되어 발생하는 “Visual changes”에 관련된 연구들이다. 이것은 우리가 흔히 말하는 멀미(motion sickness: MS)의 증상들과도 매우 유사하며, 그 밖에도 여러 증상들을 수반한다. 이에 관련된 연구들은 이미 1950년대 초반부터 시작되었으며 Reason과 Brand (1975)는 “사람이 의도하지 않은 상태에서 움직이는 차나 수동적으로 운반하는 장치를 타고 나아갈 때 멀미를 일으킬 위험성이 있다.”고 말하였다. Crampton과 Young(1953)은 실제 물리적 운동이 없는 self-motion을 묘사하는 video display 장치를 볼 때도 멀미가 일어날 수 있다고 하였으며 1957년 Havron과 Butler는 멀미와 비슷한 현상이 비행기(헬리콥터) 시뮬레이터와 연관됐을 수도 있다고 하였다. 최근의 연구들(Kner, Lampton, Bliss, Moshell & Blau. 1993; Regan. 1993)에서는 SS로 알려진 이러한 현상이 컴퓨터로 생성된 3차원 입체영상의 가상 환경에서도 일어날 수 있

며, 그에 따라 가상현실(Virtual Reality)이라는 새로운 기술의 궁극적 유용성에 위협을 줄 수 있다고 말하고 있다. 최근의 연구들은 3차원 입체영상의 시뮬레이터나 가상현실에서의 SS를 정량화하고 예측하는(Kolasinski, 1996) 연구들이 진행되고 있다.

국내에서도 이와 연관된 연구들이 군사, 항공, 교통, 오락 분야를 중심으로 개발이 진행 중에 있고, 일부는 현재 상용화 단계에 있지만 SS에 대한 연구들은 거의 진행되고 있지 않고 있다.

따라서, 본 연구조사에서는 시뮬레이터나 가상현실 환경에서 일어날 수 있는 SS 현상에 관하여 기 연구된 이론들 그리고 SS를 유발하는 요인, 정량화 방법 등에 관한 연구 내용 등에 대하여 조사 하고자 한다.

2. Side - Effect(부작용)의 종류 및 증상

가상현실 시스템 사용상의 부작용의 하나인 SS는 여러 가지 복합적인 요소에 기인하여 발생하지만 이는 하나의 MS로써 실제 몸의 여러 감각 기관과 실제 motion 사이의 차이에서 혼돈이 일어나고 있는 것이다(그림 1).

SS는 그 증상에 따라 다음과 같이 3가지로 발생 특성에 따라 분류한다.

(a) eyestrain, blurred vision and fatigue와 같은 시각적인 문제

*중신회원, 동의대학교 산업공학과 교수

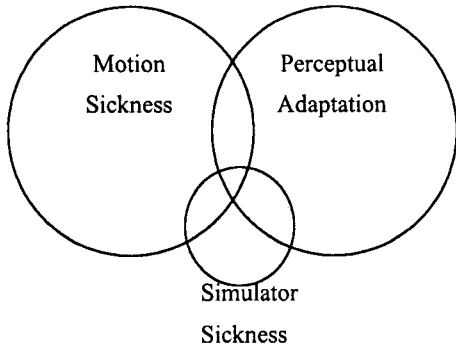


그림 1. MS와 SS의 관계(Kennedy et al. 1985)

- (b) disorientation (방향 자세 감각의 상실)
- (c) nausea (메스꺼움)

visual flashbacks(잔상)과 balance disturbance (균형감의 혼란)와 같은 사후증상은 때때로 가상 환경(VE)에 노출된 12시간 후에도 종종 발생하는데 이는 매우 심각한 문제이다. MS와 자세의 혼란(postural disturbance) 증상은 고정된 CRT display 나 dome-base projection system(항공기용 시뮬레이터)을 이용한 simulator 보다 HMD를 착용하는 PDS의 일종인 space-stabilized simulators에서 많이 더 보고되어 있다.

2.1 Disorientation, nausea and cue conflict in VEs

(VE내의 방향 및 자세 감각 상실, 메스꺼움, 신호체계의 충돌)

가상환경 시스템 내에서 simulators의 자세감각 상실(disorientation)과 메스꺼움(nausea) 증상은 MS에서 두 개나 그 이상의 지각기관(sensory systems)으로부터 정보를 받을 때 일반적으로 생기는 충돌 증상과 유사하다. 지각기관의 혼돈(sensory conflict)은 인체의 적응 능력을 평가할 수 없기 때문에 그것 자체로만은 SS의 단계를 설명하기엔 충분하지는 않다. motion sickness를 아

기하는 모든 상황들은 눈이나, 전정기관(vestibular system), 비 전정기관의 사전 인식된 정보(non-vestibular proprioceptors)에 의해 신호가 전달된 후 sensory rearrangement에 의해 사전에 경험한 다양한 정보에 의존하여 지각하게 된다. 이 이론에 의하면 SS를 일으키는 2가지 근본적인 원인은 시각과 전정기간의 정보의 상이 즉, inter-modality인 전정기관내의 canal과 otolith들간의 충돌인 intra-modality로 나누어진다. 다시 말해서 사용자의 머리 움직임과 display image의 움직임의 대응관계의 차이는 self-motion의 시각과 전정기관의 인식 사이에서 충돌을 일으키게 원인이 된다는 것이다.

전정기관과 시각정보 사이의 충돌은 다음과 같은 때 발생 가능하다.

1. vestibular stimulation의 부족에 의한 visual stimulation (vection 이라고도 하는데, 전정기간의 자극이 없기 때문에 시각적 자극을 받는 것 : 실제로는 움직이지 않지만 움직이고 있다는 느낌을 받는 것)
2. motion의 vestibular sensations(전정기관)과 대응하는 visual scene의 움직임 사이의 지연
3. visual scene의 움직임과 머리의 움직임을 비교할 때 비틀어졌을 때 등이다.

2.2 부작용에 의한 증상

예를 들면 배 멀미와 같이 배의 선실에 있을 때 실제 눈으로 보는 상황은 배의 움직임을 거의 볼 수 없지만 실제로 배는 Rolling & Pitching에 의하여 좌우 전후로 움직이고 있어 자세를 감지하는 전정기관은 실제로 움직이는 만큼의 변화를 느끼고 있어 시야에 의한 정보와 자세 정보와는 사이에는 오차가 있어 판단기관에서 혼돈을 일으키게 되는 것이다. Kennedy와 Fowlkes(1992)는

그 현상이 갖가지 징후와 증세를 나타내기 때문에 증후군이라고 부르는 것이 바람직하다고 하였다. 그 증세의 다양함 때문에 Kennedy와 Fowlkes는 SS를 “다증상성(Polysymptomatic)”, “다원인적(Polygenic)”이라고 표현하였다. 중요한 징후로는 구토, 메스꺼움, 창백, 식은땀 등 멀미와 비슷하며, 그 밖의 증세로는 나른함, 혼란, 집중력 곤란, 머리가 터질 것 같은 느낌(fullness of head), 뿌연 시야, 눈의 피로 등이 포함된다. 지금까지 확인된 여러 요인들에는 나이나 성별과 같이 개인과 관련된 요인과 화면 지연, 시야와 같이 시뮬레이터와 관련된 요인, 노출시간과 통제성과 같이 작업 수행과 관련된 요인들로 나누어 볼 수 있다.

이러한 부작용들은 개인에 대한 잠재적 불편함은 shift in dark focus(Fowlkes, Kennedy, Hettiger & Harm, 1993), 눈의 피로(예: Stone, 1993), 그리고 수평도 변화(Kennedy, Fowlkes & Lilienthal, 1993)등의 증상에 의하여 시뮬레이터 사용의 기피, 혼란의 손실, 그리고 지상에서나 비행시에 안전문제 뿐이 아니라 여러 가지 운영상의 영향을 준다.

시뮬레이터를 탑승함으로써 생기는 또 하나의 심각한 영향은 보행실조(ataxia)라고 불리우는 자세의 불안정이다. Baltzley et al.(1989)는 자세의 불안정과 보행실조는 그 후유증이 6시간이상 지속되고, 어떤 경우에는 12시간이상 지속되기 때문에 안전과 가장 크게 관련된다고 하였다. 비록 ataxia는 항상 존재하는 것은 아니지만 노출시간이나 postural test의 민감성에 기인한다. 특히 잔상(flashbacks)이나 보행실조와 같은 것들은 시뮬레이터의 사용자들뿐만 아니라 그 외의 사람들에게도 위협이 될 수 있다.

특히 근래에 몰입간의 증대를 위하여 발전하여 온 Head Mounted Display(HMD)는 제한된 공간

내에서의 입체감을 느끼게 하는 효과를 가져오나 그 부수적인 역효과는 매우 심각하게 대두되고 있다. 그 사용자들에게서 나타나는 두 눈에 대한 스트레스(Binocular stress)나 Nausea/headache/tied eyes등, 어린이의 경우에는 사시의 위험성도 있다고 한다.

3. side - effect와 관련된 연구

SS에 관련된 MS의 이론들을 정리하여 보면 아래와 같다(Kennedy와 Frank, 1983).

- (1) Vestibular overstimulation theory : MS가 전정기관에 지나친 자극으로 인해 발생한다는 이론(McNally and Stuart, 1942).
- (2) Fear/anxiety theory : 개인의 공포와 걱정이 MS가 일어날 가능성을 증가시키는 직접적인 역할을 한다는 이론(Benson, 1978)
- (3) Balance of autonomic activity postulate : MS 증세가 교감신경계와 부교감 신경계의 동원기능 불균형으로 일어날 수 있다는 이론(Tang, 1970)
- (4) Toxic reaction theory : Motion에 의해 일어나는 불편이 있다면 그것을 제거하기 위해 토하는 반응을 한다는 이론(Treisman, 1977).
- (5) Fluid shift theory : Motion 자극 및 또는 무중력 때문이나 대뇌순환의 불충분이나 과잉으로 인해 신체내의 유동체 부피의 비정상적인 변화가 MS를 유발한다는 이론(Lackner and Graybiel, 1983; Steele, 1968)
- (6) Sensory conflict theory : MS는 다양한 감각 기관에 의해 지각된 정보들 가운데서 감각의 불일치에 의한 현상으로 기대된 감각 입력과 경험한 감각 입력간의 차이로 인해 일어날 수 있다. 우리의 지각 기관은 전정기관과, 운동감

각, 시각체계로 느낀 운동정보가 참조체계에 입력되고 그것에 의하여 입력정보는 과거의 경험이나 자연적으로 부여된 체계선에 기초한 예상정보의 신경 저장소의 정보와 비교된다(Kennedy and Frank, 1983).

이 이론은 Claremont (1931)에 의해 처음으로 제안된 perceptual conflict theory, sensory rearrangement, cue conflict theory 또는 neural mismatch theory로도 알려진 감각기관의 충돌이론이 SS를 설명하는 이론으로 발전되었다. 이 이론은 서로 다른 감각기관과 단일 감각기관내의 입력 패턴이 과거 경험에 기초하여 저장된 입력 패턴과 일치하지 않을 때 sickness가 일어난다고 제안하였다.

SS를 일으킨다고 생각되는 두 가지 근본적인 원인은 시각과 전정기관간의 충돌(즉, intersen-

sory conflict)과 전정기관내의 canal들과 otolith들간의 충돌(즉, intrasensory conflict)이다(Guedry, 1968). 두 번째 충돌은 자기 자극 감수 proprioception)에 의해 온다. 이들 충돌이 (감각기관 충돌이론에 따라) sickness를 일으키는 것뿐만 아니라 충돌 자극에 대한 시각과 전정 적응이 균형과 정합(整合)을 혼란시킬 수 있으면, 보행실조증(ataxia)을 일으킬 수 있다(Fregly, 1974).

(7) 자세 불안정 (Postural instability) :

SS의 다음 이론은 Riccio and Stoffregen (1991)에 의해 제안되었다. 이 생태학적 이론은 개개인이 기능적으로 효과적인 자세제어(postural control)를 유지하는 방법을 지니지 못했거나 아직 배우지 못한 상황에서 sickness가 일어난다고 제안했다. 이 이론은 시각, 전정, 자기수용 감각사이나 그 내에서의 redundancy가 기대되지만 자극의 수용시

Table 1. 가상환경내의 simulator sickness에 영향을 미치는 요소들

User characteristics	System characteristics	Task characteristics
<p>physical characteristics</p> <ul style="list-style-type: none"> · age · gender · ethnic origin · postural stability · state of health 	<p>display</p> <ul style="list-style-type: none"> · contrast(대비, 비교) · flicker(깜박임) · luminance level(수평면의 휘 정도) · phosphor lag(느린 인광체) · refresh rate(화면의 스러짐을 방지하기 위한 비율) · resolution (해상도) 	<p>movement through virtual environment</p> <ul style="list-style-type: none"> · control of movement · speed of movement
<p>experience</p> <ul style="list-style-type: none"> · with virtual reality system · with corresponding real-world task 	<p>system lags</p> <ul style="list-style-type: none"> · time lag · update rate 	<p>visual image</p> <ul style="list-style-type: none"> · field of view · scene content · vection · viewing region · visual flow
<p>perceptual characteristics</p> <ul style="list-style-type: none"> · flicker fusion frequency(깜박임의 빈도) · mental rotation ability(정신적인 순환 능력) · perceptual style(지각 유형) 		<p>interaction with task</p> <ul style="list-style-type: none"> · duration(지속 기간) · head movements · sitting vs. standing

redundancy의 부족으로 인해 sickness가 발생한다고 하여 기준 감각기관 충돌이론의 기초 가정에 이의를 제기했다. 그러나 Stoffregen and Riccio (1991)에 따르면 그러한 redundancy는 반드시 기대되는 것은 아니며, 그러므로 감각충돌을 결정하는데 믿을 만한 기준이 되지 못한다고 하였다.

비록 생태학적 이론이 sensory conflict theory와 상충된다 하더라도, sensory conflict theory는 현재 가장 널리 알려진 이론이며, 문헌을 통해서 많은 지지를 받고 있다.

4. Factors influencing side effects of VEs

가상 환경 시스템에서 부작용을 일으키는 요소는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 즉 사용자의 특성과 구성 시스템의 특성 그리고 작업 내용에 따라서 달라 질 수 있는 것이다.

1) User characteristics

(a) physical characteristics

- age : MS는 2세에서 12세가 가장 크게 나타나고 12세에서 21세까지는 급격히 감소하다가 그 이후 완만히 감소한다.
- gender : 여성의 경우가 남성보다 MS에 더 민감하다. 호르몬이나 신체적인 차이점으로 여겨진다.
- ethnic : 시각적인 것에 대해 MS의 발생가능성에 대해 중국, 유럽계 미국인, 아프리카계 미국인의 차이점은 중국계 여성이 다른 집단보다 MS 유발 가능성이 높다.
 명확하지는 않지만, 환경적 요인과 유전적 요인에 의해 영향을 받는다.
- postural stability : 자세의 안정은 시뮬레이터

에 노출시 안정성이 감소되는 것을 알아보기 위해 simulator 노출 전후에 측정되곤 하는데, 시뮬레이터 탑승 전의 자세 안정성과 탑승 후 SS 사이에 관계가 있다. 자세가 덜 안정되어 있는 사람은 자세가 안정된 사람보다 사람은 SS를 더욱 더 경험하기 쉽거나 심한 통증을 경험하였다.

- state of health : 개인적인 건강 상태는 SS에 영향을 준다.

(b) experience :

시뮬레이터 경험이 많을수록 일반적으로 sickness 발생이 줄어든다. 비행 경험은 많으나, 시뮬레이터 시간이 적은 조종사가 비행시간은 적지만 시뮬레이터 경험이 많은 조종사보다 SS에 걸리기 쉽다고 한다. 처음 모의 비행을 한 조종사가 그 다음 모의 비행에 빨리 적응할 수 있고, 그러므로 시간이 갈수록 sickness가 덜 일어난다는 것을 발견하였다.

(c) perceptual characteristics :

perceptual style(지각 타입), field independence, mental rotation ability(정신적 회전 능력), concentration의 level(집중 정도)에 따라 simulator sickness에 영향을 준다.

2) system characteristic

(a) characteristics of the display :

luminance(광도), contrast(대비), resolution(해상도)은 작업을 수행하는데 균형이 맞아야 한다. flicker는 시뮬레이터와 관련된 요인들 중의 하나로 display 장치의 특성을 나타낸다. 개인의 특성인 flicker와 관련된 또 다른 쟁점은 flicker를 시각적으로 지각할 수 있는 지점(the flicker fusion frequency threshold)으로 정의한다는 것이다. 인

간의 flicker fusion frequency threshold는 주간에 증가하고, 야간에는 감소한다고 한다. 또한 성별, 나이, 지능과 같은 여러 차원에 따라 역치의 개인차는 크다

(b)system lag :

Wioka는 VE내의 몰입하여 긴 lag이 시작되기 때문에 결합된 image motion으로부터 subject의 움직임 분리를 위한 illusion을 지속하기 위해서는 300ms 보다 적은 lag를 제안하였다. 가상 현실 시스템 내의 총 시스템 지연은 300ms로 보고되었다.

3) Characteristics of the task

(a) Movement through the virtual environment:

- motion이상의 각도 초과 조정은 SS에 영향을 준다는 것이다.
- VE를 통한 움직임의 속도는 전체 visual flow를 결정한다. (visual scene 을 통한 object flow의 비율) visual flow의 비율은 vection에 영향을 주어 SS의 범위와 관련되는 것을 보여준다.

(b) Visual image :

넓은 field-of-view는 simulator 내에서 performance에 영향을 주지만, SS의 돌입할 위험을 증가시키기도 한다.

(c) Interaction with the task :

VE에 10분 이상 노출되면 메스꺼움, 방향, 자세 감각 상실,의 결과를 가져온다. VE에 오래 노출되면 sickness의 범위가 증가하거나 더 오랜 적응기간을 요구하는 결과를 가져온다. 적어도 6시간 이상 동안 VE에 노출되면 sickness 증상을 유발하는 피로움이 증가한다는 것을 보여준다.

5. Simulator sickness 정량화 기법

5.1 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)

지금까지는 SS를 측정하기 위하여서는 설문이나 증상에 대한 질문지가 가장 보편적인 측정 수단이다. 이는 SS의 다 증상적(polysymptomatic) 특성 때문에 한가지 신호나 증상을 측정하는 것으로는 충분치 않기 때문이다(Kennedy & Fowlkes, 1992). 90년대 이전까지, 가장 자주 사용되어온 설문은 Pensacola Motion Sickness Questionnaire (MSQ) (Kellogg, Kennedy & Graybiel, 1965)이었으나, 이 설문은 28개의 증상에 대해 심한 정도를 4점 척도로 레이팅을 하여 자가진단 하는 방식으로 되어있다. 비록 MSQ의 다 증상 점수가 다 증상성(polysymptomaticity)을 고려하고 있지만 SS 연구에 응용하기에 부족한 점은 단일 결과점수로써 sickness의 복잡적이고 분리가 가능한 차원에 대한 조사는 하지 못하고 있다는 것이다. 이러한 이유에서 SSQ가 개발되었다.

SSQ는 10가지 시뮬레이터에서 수집된 1119개의 MSQ를 요인을 분석하였으며, SSQ의 증상들은 4점척도(0=아무렇지도 않다, 1=약간, 2=보통, 3=심하다)로 레이팅된 16가지 증상으로 줄였다. 요인분석결과를 종합점수(Total Severity score) 뿐만 아니라 3가지의 증상군 점수들(메스꺼움, 안구운동 불편, 방향감각상실)로 표현하였다. 그 3가지증상군의 점수를 구성하는 증상들은 Table 2와 같다.

앞에서도 다루었지만 정상적인 건강상태에 있지 않은 사람들은 SS에 걸릴 가능성이 높아질 수 있다. 그렇기 때문에 SSQ를 관리하는데 있어서 그러한 사람들은 샘플에 포함시켜서는 안 된다
종합점수는 증상의 전반적인 심한 정도를 나타

내고 주어진 시뮬레이터가 sickness 문제를 가지고 있는지를 판별하는 최적의 지표를 제공할 것이다. 추가적으로 각 증상군의 점수는 sickness 결과의 특정한 특성에 대한 진단적 정보를 제공할 수 있다. 그래서 그 자료들은 4가지 점수 모두는 0값(아무 증상도 없음)을 가지고 있고 그 값이 증가할수록 심한 정도가 증가하기 때문에 단독으로 고찰 될 수 있다. 또한 한 데이터에 기초해서 새로운 점수의 백분위 점이 결정될 수 있고 평균과 표준편차가 비교될 수 있도록 데이터를 제공하였다. 따라서 최근의 SS 연구들에서 SSQ가 가장 보편적으로 사용되어지고 있다. 그러나 SSQ에도 몇 가지 문제점을 가지고 있다.

첫째, SSQ에 사용된 증상들에는 인간의 신체나 Simulator 운영에 치명적인 영향을 미치거나 SS를 대표할 수 있는 중요한 증상들이 있을 수 있다. 이러한 증상의 중요도가 계량화 과정에 꼭 포함되어야 하는데 기존의 SSQ 계량화 과정에는 이를 무시하고 다른 증상들과 똑같이 취급하였다.

두 번째, SSQ의 증상들을 추출해 내기 위해서 MSQ의 28가지 증상에 바탕을 두었지만 현재까

지 알려진 SS 관련 증상들 중에서 MSQ의 28개 증상들에 포함되지 않은 증상들이 있다. 예를 들어, 창백, 보행실조증(Ataxia) 등이 있다. 또한 MSQ에는 포함되었지만 SSQ에서는 제외시킨 증상들 중에는 SS를 대표할 만한 증상들도 포함되어 있다. 그 예가 구토증상이다.

세 번째, SSQ의 점수화 과정에 사용된 데이터는 특정 계층(군인)층에서 얻어진 것이기 때문에 일반인을 대상으로 하였을 때는 다른 결과를 가져올 수 있다.

네 번째, 사용된 시뮬레이터가 서로 다른 속성들을 가지고 있기 때문에 단순히 요인 분석을 취해서 얻은 결과로 점수화 해서는 안 된다. 예를 들면 10가지 종류의 시뮬레이터의 임무시간이 틀림없이 동일하지 않을 것이므로 그에 따른 노출시간이 서로 다르므로 각 시뮬레이터 종류간의 편차가 클 것이다.

다섯 번째, 그 밖의 SS에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 설명이 부족하다. 예를 들면 한 피실험자가 시뮬레이터를 여러 차례 탔었는지, 처음 한번만 탔었는지에 대한 설명이 없다.

Table 2. 요인분석에 의해 형성된 증상

메스꺼움(Nausea)	안구운동불편(Oculomotor)	방향,자세감각상실(Disorientation)
일반적인 불편 (General Discomfort)	일반적인 불편 (General Discomfort)	눈을 떴을 때의 현기증 (Dizziness ; eyes open)
메스꺼움 (Nausea)	피로 (Fatigue)	눈을 감았을 때의 현기증 (Dizziness ; eyes closed)
위에 대한 부담감 (Stomach awareness)	눈의 피로 (Eyestrain)	비 정상자세 인식 (Vertigo)
침분비의 증가 (Increased salivation)	눈의 초점 맞추기가 어려움 (Difficulty focusing)	눈의 초점 맞추기가 어려움 (Difficulty focusing)
트립 (Burping)	뿌연 시야 (Blurred vision)	메스꺼움 (Nausea)
발한 (sweating)	두통 (Headache)	머리가 팽찬 느낌 (fullness of head)
집중하기 곤란함 (difficulty concentrating)	집중하기 곤란함 (difficulty concentrating)	뿌연 시야 (Blurred vision)

따라서 위와 같은 문제점들을 보완하고 실험 대상을 일반인을 포함한 결과로 다시 분석하여야 할 것이다.

5.2 자세유지에 의한 실험(Postural Test: PT)

일부 연구들은 보행실조증(ataxia)을 평가하는 수단으로 자유응답조사를 사용해왔다(Baltzley et al., 1989). 보행실조증은 PT방법으로도 측정할 수 있다. 선호하는 쪽 다리를 중심으로 서있는 것, 선호하지 않는 쪽 다리를 중심으로 서있는 것, 발가락 끝으로 까치발로 서있는 것, 발가락 끝으로 까치발로 서서 걷는 것이 기본적인 4가지 테스트이다. 피험자는 어떤 특정한 시간 동안 서 있거나, 특정한 걸음 수만큼 걸을 수 있어야 한다. 자세측정은 피험자가 서있을 수 있는 (최대)시간이나 피험자가 걸을 수 있는 (최대)걸음이다. 또한 자세 테스트는 눈을 뜨는 것과 감는 것, 팔을 뻗치는 것과 팔짱끼는 것 등 서있는 자세를 다양하게 변화를 시킴으로써 이 기본 4가지에 추가해서 실험할 수 있다. 다른 연구로는 반복된 보행실조증의 측정에 대하여 4개의 기본 테스트의 신뢰도를 평가했는데(Thomley et al. 1986), 그들은 30분 동안 video games을 즐기게 한 전후를 기본으로 한 실험을 하였다. 게임의 사용은 다른 실험적 목적을 위한 것이고, 자세 효과를 기대한 것은 아니다. 모든 테스트에 대하여, 피 실험자는 팔을 엇갈리게 하고(팔짱끼고) 눈은 감게 하였다. 상관분석 뿐만 아니라 평균과 분산에 기초하여 선호하지 않는 쪽 다리를 중심으로 서있는 것이 선호하는 쪽 다리를 중심으로 서있는 것보다 우수하다고 분석하였다.

5.3 생리신호에 의한 측정법

생리학 적 척도는 자주 사용되지 않는데, 아마

도 장비의 비용이나 사용에 따르는 노력이 크고, 신뢰성과 민감성이 낮거나 입증되지 않은 경우도 종종 있기 때문일 것이다. Money(1970)은 멀미의 징후와 증상에 대한 포괄적인 고찰에서 생리학 적 척도를 사용해 보았지만 그와 관련된 뚜렷한 결과를 발견하지 못했다. Miller 등은 육군 헬기조종사로부터 자가 진단된 SS의 심한 정도에 대한 생리학 적 척도의 민감성을 입증하였다. 여기에는 tachygastria(急速 : 위유문동에서 대단히 빠른 속도의 전압변동이 발생하는 것), normal myoelectrical gastric activity, skin conductance level, vagal tone(미주신경의 활동상태; HRV(Heart Rate Variability(심장박동변화율)이라고도 알려져 있음), 그리고 heart period 등 5가지 생리학 적 척도가 적용되었다. Tachygastria과 normal myoelectrical gastric activity는 둘 다 Electrogastragram(EGG) 데이터를 discrete Fourier-transform 해서 얻을 수 있다. tachygastria는 분당 4에서 9 cycle (cpm)이고, normal myoelectrical gastric activity는 3cpm이다. Skin conductance level은 팔뚝의 flexor 부분에 2개의 전극을 붙여 측정하였다. vagal tone은 심전계(ECG) 데이터를 Fourier-transform해서 얻을 수 있고 부교감신경 활동의 지표를 제공해주며, respiratory sinus arrhythmia(호흡성 동성부정맥)의 중간요소(0.12에서 0.4Hz)를 측정한다. ECG데이터를 심장박동의 역수를 취해 심장박동 주기를 얻을 수 있다. 생리학 적 결과치를 비교해 보면, vagal tone이 normal myoelectrical gastric activity보다는 심장박동 주기, tachygastria, skin conductance level이 더 민감하다고 하였다.

만약 생리학 적 척도가 신뢰할 수 있고, 타당하다면 SS의 객관적 척도를 제공할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구 조사에서는 SS 현상과 그 관련 이론들 및 SS를 유발하는 요인, SS 정량화 기법 등에 대하여 알아보았다. 연구 결과들은 가상현실은 우리에게 장비운영, 훈련 등의 분야에서 많은 시간과 비용을 절감시켜 줄 수 있어 매우 유익한 기술이지만 SS라는 부작용을 수반하고 있어 새로운 기술의 유용성에 위협을 줄 수도 있을 것이다. 따라서, 시뮬레이터나 가상현실 기술과 병행하여 사용자 측면의 PDS에 대한 연구도 활발히 이루어져야 할 것이다. 아무리 좋은 시스템도 인간이 사용하는 데 생리적·정신적인 문제점을 가진다면 인간신체에 적합한 시스템으로 바뀌어지는 것이 타당할 것이다.

결론적으로 향후 연구에서는 SS의 정량화 및 예측기법과 함께 예방법의 연구가 체계적으로 이루어져 사용자에게 올바른 PDS의 사용법을 제시하여야 할 것이다. 그러기 위해서는 앞에서 논한 SS의 정량화 기법 중 생리적 척도와 주관적 척도 간의 상관관계가 성립되는 실험들과 함께 이루어져야겠고, 또한 이러한 실험치를 기반으로 현재 사용중인 PDS 시스템의 제한성을 제시하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Reason, J. T. and Brand, J. J. Motion Sickness, academic Press, 1975
- [2] Tom Piantanida, What wrong with your head mounted display?, CyberEdge Journal No.17, Sept/Oct 1993
- [3] Baltzley, D. R, Kennedy, R. S., Berbaum, K. S., Lilienthal, M. G. & Gower, D. W.(1989). The time course of postflight simulator sickness symptoms. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 60(11), 1043-1048.
- [4] Benson, A. J. (1978). Motion sickness. In G. Dhenin, G. R. Sharp & J. Ernstring (Eds.), Aviation medicine: Physiology and human factors (Ch. 22). London: Tri-med Books Limited
- [5] Claremont, C.A. (1931) The psychology of sea-sickness. Psyche, 11, 86-90.
- [6] Fowlkes, J. E. Kennedy, R. S. Hettinger, L. J. & Harm, D. L. (1993). Changes in the dark focus of accommodation associated with simulator sickness. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 64(7), 612-618.
- [7] Fregly, A. R. (1974) Vestibular ataxia and its measurement in man. In H.H. Kornhuber(Ed.), Handbook of sensory physiology, part 2, psychophysics and general interpretation(Ch. V). New York: Springer-Verlag.
- [8] Guedry, F. E. (1968). Conflicting sensory orientation cues as a factor in motion sickness. Fourth Symposium on The Role of the Vestibular Organs in Space Exploration, Naval Aerospace Medical Institute, Pensacola, FL. 24-26 September, 1968, 45-51, U.S. Government Printing Office: Washington, D.C
- [9] Havron, M. D. & Butler, L. F. (1957, April). Evaluation of training effectiveness of the 2FH2 helicopter flight trainer research tool (Tech. Report NAVTRADEVECN 1915-00-1). Port Washington, NY: Naval Training Device Center.
- [10] Kellogg, R. S. Kennedy, R. S. & Graybiel, A. (1965). Motion sickness symptomatology of labyrinthine defective and normal subjects during zero gravity maneuvers. Aerospace Medicine, 4, 315-318
- [11] Kennedy, R. S. & Fowlkes, J. E. (1992). Simulator sickness is polygenic and polysymptomatic: Implications for research., International Journal of Aviation Psychology, 2(1), 23-38.
- [12] Kennedy, R. S., Fowlkes, J. E. & Lilienthal, M. G.(1993). Postural and performance changes following exposures to flight simulators. Avia-

- tion, Space, and Environmental Medicine, 64 (10), 912-920
- [13] Kennedy, R. S. & Frank, L. H. (1983) A review of motion sickness with special reference to simulator sickness. Paper presented at the National Academy of Sciences/National Research Council Committee on Human Factors, Workshop on Simulator sickness, 26-28 September 1983, Naval Post-Graduate School, Monterey, CA.
- [14] Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S. & Lilienthal, M. G. (1993). A simulator sickness questionnaire (SSQ): A new method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3) 203-220.
- [15] Kennedy, R. S., Lilienthal, M. G., Berbaum, K. S., Baltzley, D. R. & McCauley, M. E. (1989). Simulator sickness in U.S. Navy flight simulators. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 60(1), 10-16.
- [16] Kner, B. W., Lampton, D. R., Bliss, J. P., Moshell, J. M. & Blau, B. S. (1993, July). Human performance in virtual environments: Initial experiments. *Proceedings of the 29th International Applied Military Psychology Symposium*. Wolfson College, Cambridge, UK.
- [17] Kolasinski, E.M. (1996). Prediction of Simulator Sickness in a Virtual Environment. Unpublished doctoral dissertation, University of Central Florida, Orlando, Florida.
- [18] Miller, J. C., Sharkey, T. J., Graham, G. A. & McCauley, M. E. (1993). Autonomic physiological data associated with simulator discomfort. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 64(9), 813-819.
- [19] Money, K. E. (1970). Motion sickness. *Physiological Reviews*, 50(1), 1-39.
- [20] Reason, J. T. & Brand, J. J. (1975). Motion sickness. London: Academic Press.
- [21] Regan, E. C. (1993). Side-effects of immersion virtual reality. Paper presented at the International Applied Military Psychology Symposium, July 26-29.
- [22] Riccio, G. E. & Stoffregen, T. A. (1991). An ecological theory of motion sickness and postural instability. *Ecological Psychology*, 3(3), 195-240
- [23] Stoffregen, T. A. & Riccio, G. E. (1991). An ecological critique of the sensory conflict theory of motion sickness., *Ecological Psychology*, 3(3), 15-194.
- [24] Stone, B. (1993, October/November). Concerns raised about eye strain in VR systems. *Real Time Graphics*, 2(4), 1-3, 6, 13.
- [25] Thomley, K. E., Kennedy, R. S. & Bittner, A. C. (1986). Development of postural equilibrium tests for examining environmental effects. *Perceptual and Motor Skills*, 63, 555-564.
- [26] Treisman, M. (1977). Motion sickness: An evolutionary hypothesis. *Science*, 197, 493-495.



이 창 민

- 현재, 동의대학교 산업공학과 교수
 - 공군사관학교(학사), 테네시공대 대학원(석사)
고려대학교 대학원(박사), 공군사관학교 교수부장,
Pennsylvania State University 객원교수
 - 관심분야 : HCI, Virtual reality, Ergonomics, 산업안
전등
-
-