

# 화상 시뮬레이터에서 Simulator Sickness에 관한 연구

김수진, 민병찬, 정순철, 김유나, 민병운,  
남경돈\*, 한정수\*\*, 김철중, 박세진  
한국표준과학연구원 인간공학연구실  
\*대전산업대학교 산업공학과  
\*\*한국과학기술원 전자전산학과

## A Study on Simulator Sickness in a Graphic Simulator

S.J. Kim, B.C. Min, S.C. Chung, Y.N. Kim, B.W. Min

\*K.D. Nam, \*\*J.S. Han, C.J. Kim, S.J. Park

Ergonomics Lab, Korea Research Institute of Standards and Science

\*Dept. of Electrical Engineering, Tae-Jon National University of Technology

\*\*Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, KAIST

### Abstract

본 연구의 목적은 Graphic Simulator를 이용한 감성자극제시 및 측정 연구에서 큰 변수로 작용하는 Simulator Sickness(SS)가 시간, 성별 그리고 Sick 와 Non-sick 그룹에 따라 어떻게 변화하는지를 알아보고자 한다. 피험자는 신체 건강한 남녀 10명(남자 5명, 여자 5명)을 대상으로 하였다. Simulator Sickness Questionnaire(SSQ)를 이용하여 16가지 SS증상을 측정하고, 메스꺼움, 안구운동불편, 방향감각상실, Total Simulator Sickness 점수를 계산하였다. 실험 결과, Simulator Sickness는 남녀 모두 시간에 따라 계속 증가하는 경향을 나타내었고, 성별에 따른 차이는 나타나지 않았다. 또한 Sick 와 Non-sick 그룹사이에 통계적 유의차( $p < 0.05$ )를 발견할 수 있었으며, Sick 그룹의 평균 점수가 더 높게 나타났다.

*Keyword : Simulator Sickness(SS), Graphic Simulator, Human Sensibility  
Time, Gender, Sick and Non-sick group*

### 1. 서론

최근 과학 기술의 발달로 가상 현실과 같

은 시뮬레이터 시스템이 교육, 의학, 군사, 영화, 오락분야 등 산업의 여러 부문에서 다양하게 이용되고 있다. 가상 현실 시스템은

시뮬레이션 훈련과 같은 넓은 적용범위를 가지고 있어, Driving Simulation, Flight Simulation, Sea Simulation 등에 이용되고 있다. 하지만 시뮬레이터를 사용하게 됨으로써 인체에 어떤 부작용을 일으킬 수 있는 단점을 가지고 있다. 이러한 부작용을 Simulator Sickness, Motion Sickness 혹은 Cybersickness라고도 한다(김도희, 박민용, 1998; Richard H. Y. so & W.T. Lo, 1999).

Kennedy 와 Fowlkes(1992)은 Simulator Sickness를 “Polysymptomatic(다증상성)”으로 묘사하였고, 주요 증상으로는 나른함, 혼란, 집중력 곤란, 머리가 팽 찬 느낌, 뿌연 시야, 눈의 피로 등이 있다고 보고하였다.

So(1994)는 피험자의 60%가 20분의 비행 시뮬레이션을 사용한 후, “일반적인 불편”을 경험하였다고 보고하였다. Regan(1995)은 피험자의 61%가 20분의 가상현실시스템을 사용한 후 현기증, 두통, 눈의 피로, 위의 불편, 격심한 메스꺼움을 느꼈다고 하였다.

이와 같이 Simulator를 사용함으로써 발생하는 Simulator Sickness로 인해 피험자는 신체적, 심리적 불편함을 호소하였다. Simulator Sickness로 유발되는 이러한 증상들은 향후 dynamic simulator에서의 여러 감성 관련 연구에 큰 노이즈로 작용할 것이므로 Simulator Sickness에 대한 체계적인 연구가 시급한 실정이다(정순철 외, 2000; 신정상 외, 2000).

그러므로 본 연구의 목적은 Graphic Simulator에서 일정한 속도(60km/h)로 60분간 주행하면서 시간, 성별, 그리고 Sick와 Non-sick 그룹에 따라 Simulator Sickness의 변화를 살펴봄으로써 향후 Simulator에서의 감성관련 연구에 Simulator Sickness가 미치는 영향에 대한 1차적인 결과를 도출하고자 한다.

## 2. 실험 방법

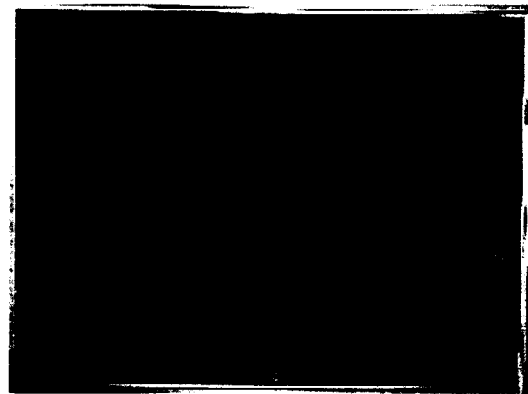
### 1) 실험대상

실험은 신체 건강한 성인 10명(남자 5명, 여자 5명)을 대상으로 이루어졌다. 실험시

간 24시간 전부터 실험에 영향을 미칠 수 있는 담배, 카페인, 약물, 음주의 섭취를 금하였다. 실험이 진행되는 동안 불필요한 움직임은 하지 말 것, 편안한 마음을 가질 것, 자극에 집중하고 잡념을 버릴 것 등의 주의사항을 꼭 지키도록 하였다. 피험자의 눈은 화면의 중앙에 위치하도록 운전대의 높이를 조정하였다.

### 2) Graphic Simulator

OpenGVS 4.2를 이용한 3D graphic을 사용하여 80 inch rear projection screen 위에 30(H)×25(V) FOV를 가지도록 영상을 초당 프레임 수 30 frame/sec로 투사하였다.

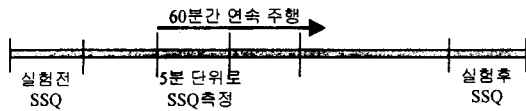


<그림 1> 가상 시뮬레이터 이미지

### 3) 실험과정

피험자에게 실험 전 Simulator 에 적응을 시키기 위해 10분 정도의 연습시간이 주어졌고, 연습 후에는 충분한 휴식과 안정을 취하도록 하였다.

실험 전 Simulator Sickness Questionnaire(SSQ)를 측정하였다. 피험자는 60분간 60km/h( $\pm 10$ km/h)로 주행하면서 16문항의 SSQ를 체크하였다. 이때 실험자가 5분 간격으로 구두로써 질문을 하였고, 피험자 역시 구두로써 답변을 하였다. SSQ 측정 시간은 30~45초이고, 피험자에게 자신의 상태를 정확하게 판단하여 빨리 응답하도록 주의를 주었다. 실험이 끝난 후 SSQ를 측정하였고, 시간에 따른 Simulator Sickness 변화를 살펴보았다. 아래 그림 2는 본 실험에 사용된 실험 프로토콜이다.



<그림 2> 실험 프로토콜

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

#### 4) Simulator Sickness Questionnaire(SSQ) 측정

Simulator Sickness를 정량화 하는데 현재 널리 사용되는 Kennedy & Fowlkes(1992)의 연구를 참조하여 16가지 Simulator Sickness 증상을 4점 척도(0점-아무렇지 않다, 1점-약간, 2점-보통, 3점-심하다)로 측정하였다.

<표 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 팽창 느낌			1
뿌연 시야		1	1
눈을 떴을때의 현기증			1
눈을 감았을때의 현기증			1
빙빙도는느낌의 어지러움			1
위에대한부담감	1		
트림	1		
합계	<1>	<2>	<3>
점수			
N=<1>x9.54			
O=<2>x7.58			
D=<3>x13.92			
TS = (<1>+<2>+<3>)x3.74	빈 칸의 가중치는 0		

SSQ의 각 증상군의 점수는 각 증상별로 0~3까지의 숫자로 레이팅 된 값에 각각의 가중치를 곱하여 그 합계를 구하고, 그 합계에 특정 계수를 곱하였다. 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 Sickness로 구성된다(표 1 참조).

통계 분석은 SPSS 8.0V를 사용하였고, T-Test, ANOVA를 실시하였다.

### 3. 실험 결과

실험 결과를 세 가지 경향으로 살펴보았다. 첫째, 시간에 따른 전체 피험자의 경향을 살펴보았다. 둘째, 피험자를 성별에 따라 분류하여, 남녀차이를 살펴보았다. 셋째, 피험자를 실험 마지막 60분의 Total simulator sickness점수의 평균을 기준으로 하여, 평균 이상이면 Sick 그룹으로, 평균 이하이면 Non-sick 그룹으로 분류하여 두 그룹의 차이를 살펴보았다.

먼저, 시간에 따른 전체 피험자의 경향을 살펴보면, Total simulator sickness(TSS)는 시간이 지남에 따라 계속 증가하는 경향을 나타내었다(그림 6 참조). 그리고 실험 전과 각 시간대별로 paired t-test를 실시한 결과, 실험 전과15분 이후부터는 통계적 유의차(p<0.05)가 나타났다. 또한 메스꺼움(N), 안구운동불편(O), 방향감각상실(D)의 항목에서도 계속적으로 증가하는 경향이 나타났다. 메스꺼움(N)에서는 실험 전과 20분 이후부터(p<0.05), 안구운동불편(O)에서는 실험 전과 10분 이후부터(p<0.05), 방향감각상실(D)에서는 실험 전과 15분 이후부터 통계적 유의차(p<0.05)가 나타났다(그림 3, 4, 5, 6 참조). 각 항목별로는 안구운동불편(O)>방향감각상실(D)>메스꺼움(N)의 순으로 나타났고, 이것은 선행연구(Richard H.Y. So & W.T. Lo, 1999)의 실험 결과와 일치하는 것이다. 또한 Graphic Simulator에 의한 시각적 자극으로 인해 안구운동불편(O)항목이 가장 크게

나타난 것으로 생각된다.

성별에 따른 Simulator Sickness의 차이를 살펴보면, 남녀 모두 Total simulator sickness(TSS)가 시간의 경과에 따라 계속 증가하는 경향을 나타내었고, 남녀의 평균 점수는 비슷하였다. 그리고 남녀사이의 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 각 항목별로 살펴보면, 메스꺼움(N)과 방향감각상실(D)에서는 남자의 평균점수가 여자의 평균점수보다 높게 나타났으며, 안구운동불편(O)에서는 여자의 평균 점수가 더 높게 나타났지만, 역시 통계적 유의차는 나타나지 않았다(그림 7, 8, 9, 10 참조).

마지막으로 전체 피험자를 Sick 그룹과 Non-sick 그룹으로 분류하여 두 그룹간의 차이를 살펴보았다. Total simulator sickness(TSS)를 보면, 두 그룹의 평균 점수의 차이는 매우 크게 나타났고, Sick 그룹의 평균 점수가 더 높게 나타났다. 두 그룹간의 통계적 유의차( $p < 0.05$ )는 대략 15분 이후부터 나타났다. 각 항목별로 살펴보면, 메스꺼움(N), 안구운동불편(O), 방향감각상실(D)에서도 두 그룹간의 평균 점수의 차이는 크게 나타났으며, Sick 그룹의 평균 점수가 더 높게 나타났다. 두 그룹간 통계적 유의차는 메스꺼움(N)은 40분 이후부터( $p < 0.05$ ), 안구운동불편(O)에서는 대략 15분 이후부터( $p < 0.05$ ), 방향감각상실(D)에서도 대략 15분 이후부터( $p < 0.05$ ) 유의차가 나타났다(그림 11, 12, 13, 14 참조).

결론적으로 Simulator Sickness는 시간에 따라 계속적으로 증가하는 경향이 나타났고, 몇몇 기존 연구와는 달리 성별에 따른 차이는 나타나지 않았으며, Sick와 Non-sick그룹간의 통계적 차이는 나타났다.

#### 4. 결론 및 토의

최근 기술 발달로 Simulator System의 현실감, 속도감 인자 등에 대한 전산 기술 측면에서 많은 연구가 이루어지고 있다. Simulator가 실제 상황을 유사하게 재현할 수 있다는 점을 이용하여 인간의 감성을 실

제 상황보다 노이즈없이 측정할 수 있다는 장점을 가지고 있지만, Simulator System를 사용한 후 인체에 미치는 부작용에 대한 연구는 국내에서 거의 없는 실정이므로 향후 Simulator Sickness에 관한 심도 깊은 연구가 시급하다.

본 연구의 결과에서 Total Simulator Sickness가 15분 이후부터 통계적 유의차가 나타나는 것으로 보아, Simulator에서 15분 이상의 실험은 감성 자극으로 유발되는 심리, 생리 데이터에 영향을 끼칠 소지가 크기 때문에 실험 시간 선정에 각별한 주의가 필요할 것이다. 또한, 피험자의 선정에 있어서 Simulator Sickness증상이 적은 피험자를 선택하여 감성 변화에 Simulator Sickness가 미치는 영향을 최소화시킬 필요가 있을 것이다.

앞으로는 감성 관련 측정 데이터에 Simulator Sickness가 어떤 영향을 미치는가를 구체적으로 진단할 수 있도록 더욱 정량화 되고 간편한 측정 Checklist가 필요할 것이다. 또한 Simulator를 사용함으로써 나타나는 또 다른 부작용이나 그에 해당하는 생리 신호를 측정하여 Simulator Sickness를 객관화할 수 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] 김도희, 박민용, “자동차모의실험장치를 이용한 Simulator sickness의 정량화에 관한 연구”, ‘98 대한 인간공학회 추계학술논문집, 1998, 279-284
- [2] 정순철, 민병찬, 김수진, 민병운, 남경돈, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진, “화상 시뮬레이터에서 속도변화에 따른 생리반응”, 국제 인간공학 심포지엄 및 대한 인간공학회 춘계학술대회 논문집, 2000, 23-26
- [3] 신정상, 민병찬, 정순철, 민병운, 김수진, 김유나, 김철중, “시뮬레이터에서 저속 운전 중 향에 따른 자율신경계 반응”, 국제 인간공학 심포지엄 및 대한 인간공학회 춘계

학술대회 논문집, 2000, 111-114

[4] 민병운, 민병찬, 김수진, 김혜주, 정순철, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진, "자동주관적 평가법을 이용한 감성 측정", 국제인간공학 심포지엄 및 대한 인간공학회 춘계 학술대회 논문집, 2000, 182-185

[5] Young H. Yoo, Gene H. Lee & Keun B. Lee, "Relationship between gender, vection and sickness in virtual environments", 228-232

[6] Richard H.Y. So and W.T. Lo, "Cybersickness: an experimental study to isolate the effect of rotational scene oscillations", Proceedings of the IEEE Virtual Reality, 1999, 237-241

[7] Kennedy, R. S, & Fowlkes, J. E, "Simulator sickness is polygenic and polysymptomatic: Implications for research", International Journal of Aviation Psychology, 2(1), 1992, 23-38

[8] Regan, E. C, "An investigation into nausea and other side-effects of head-coupled immersive virtual reality", Virtual Reality: research, development and applications, Vol. 1, No. 1, 1995, 17-32

[9] So, R.H.Y, "An investigation of the effect of lags on motion sickness with a head-coupled visual display", Proceeding of the United Kingdom Informal Group Meeting on Human Response to Vibration held at the Institute of Naval Medicine, Alverstoke, Gosport, Hants, PO12 2DL. 19th to 21st September 1994

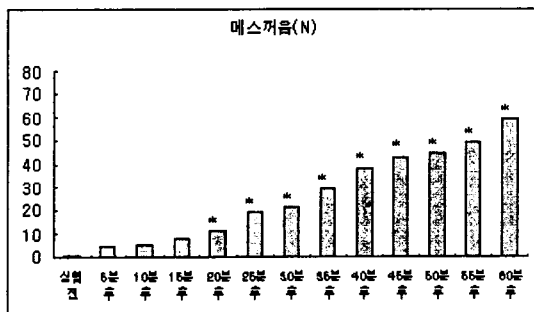


그림 3. 전체 피험자에 대한 시간에 따른 메스꺼움(N) \*p<0.05

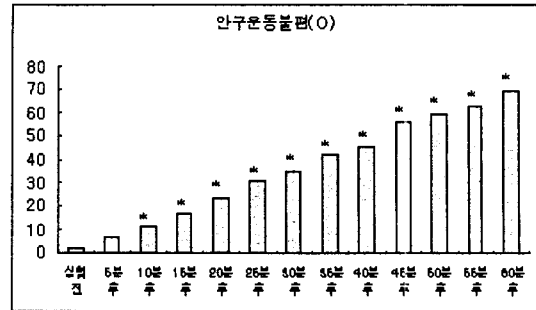


그림 4. 전체 피험자에 대한 시간에 따른 안구운동불편(O) \*p<0.05

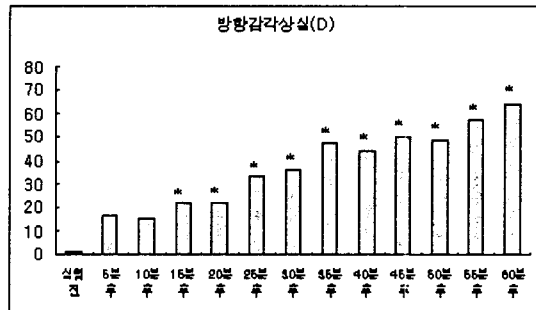


그림 5. 전체 피험자에 대한 시간에 따른 방향감각상실(D) \*p<0.05

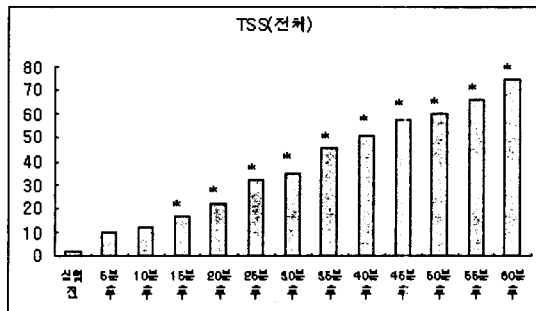


그림 6. 전체 피험자에 대한 시간에 따른 Total Simulator Sickness \*p<0.05

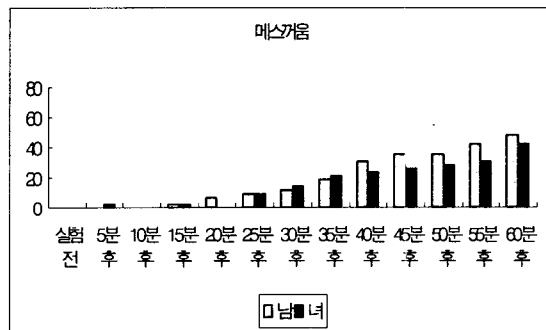


그림 7. 성별에 따른 메스꺼움(N)

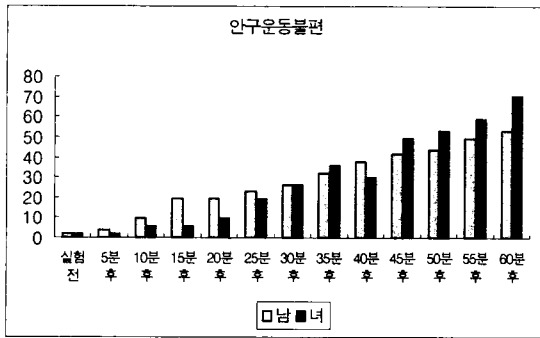


그림 8. 성별에 따른 안구운동불편(O)

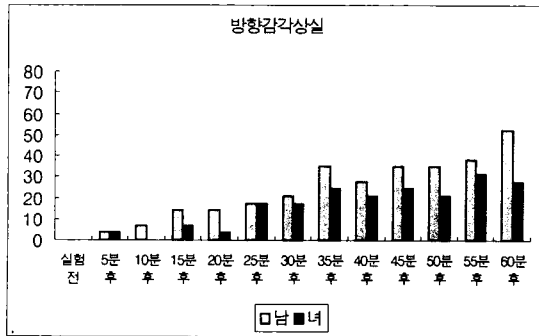


그림 9. 성별에 따른 방향감각상실(D)

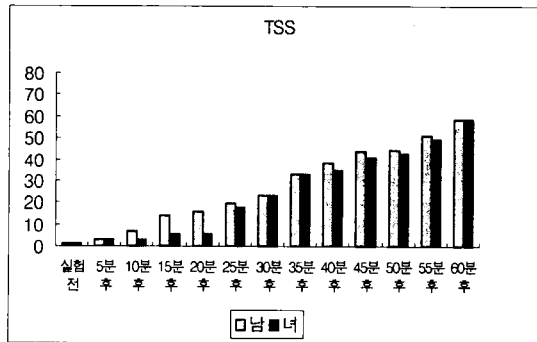


그림 10. 성별에 따른 Total Simulator Sickness

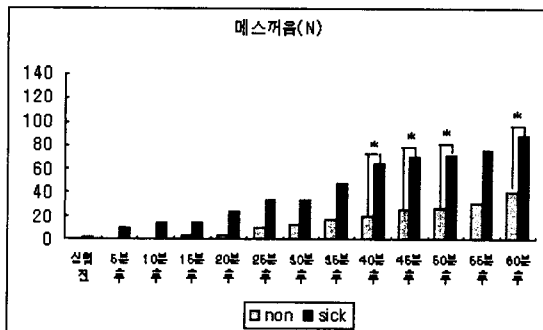


그림 11. 그룹(Sick 와 Non-sick)에 따른 메스꺼움(N) \*p<0.05

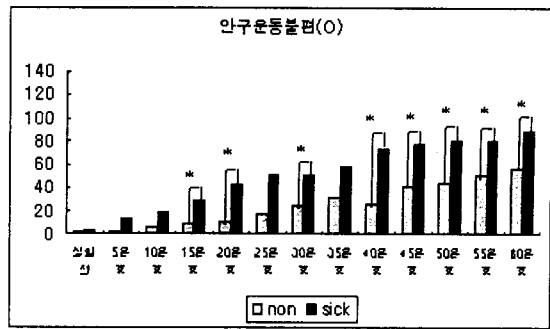


그림 12. 그룹(Sick 와 Non-sick)에 따른 안구운동불편(O) \*p<0.05

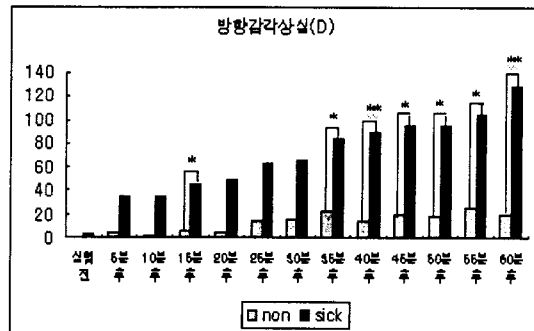


그림 13. 그룹(Sick 와 Non-sick)에 따른 방향감각상실(D) \*p<0.05 \*\*p<0.01

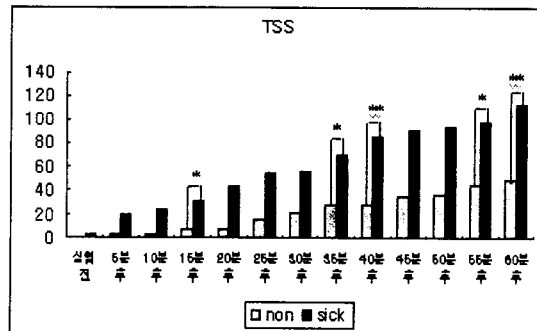


그림 14. 그룹(Sick 와 Non-sick)에 따른 Total Simulator Sickness \*p<0.05 \*\*p<0.01