

## 힘판을 이용한 가상현실 체험 전후 신체동요의 측정

### Measurement of postural instability before and after experiencing a VR system by using a force platform

박재희\* · 김영윤\*\* · 김은남\*\* · 김현택\*\* · 고희동\*\*\*

Jae-Hee Park, Eun-Nam Kim, Young-Yoon Kim, Hyun-Taek Kim, Hee-Dong Ko

Abstract : Recently, virtual environment systems are used in various application fields such as industry, medicine, and training and education. However, the negative effect, cybersickness including nausea, visual fatigue, and disorientation, could be happened while using VR systems. It prevents VR system from spreading much more. To control the cybersickness, first of all, the objective measurement method should be established. As one of alternative methods, the postural instability could be a measure of cybersickness. In this study, 45 participants' postural sway before and after experiencing a VR driving simulator was measured by using a force platform. Especially, we examined if two factors, motion and feedback, could affect on the postural instability. The results showed the postural instability slightly increased after experiencing the VR driving simulator. For the factors, the providing of motion synchronized to visual display showed statistical significant decrease in postural sway along lateral side. To check the effectiveness of postural instability as a cybersickness measure, further studies are needed.

Key words : cybersickness, motion sickness, virtual reality, body sway, force platform

요 약 : 가상환경시스템은 매우 현실감 있는 정보를 제공할 수 있다는 점에서 산업, 의료, 교육훈련 등에 널리 사용되고 있다. 그러나 아직 많은 가상환경 시스템에서 부정적 요인으로 멀미, 시각피로, 방향감각 상실로 대표되는 cybersickness 증세를 수반하고 있어 그 사용과 확산에 제약이 되고 있다. 이러한 cybersickness 문제에 대응하기 위해서는 우선 이것을 객관적으로 측정, 평가할 수 있는 방법의 개발이 필요하다. 이러한 방법들 중의 하나로 신체동요의 정도를 평가 지표로 사용할 수 있다. 이번 연구에서는 45 명의 피실험자들을 대상으로 가상현실 운전시뮬레이터를 운전하기 전과 후의 신체동요 정도를 힘판(force platform)을 이용해 측정하였다. 특히 본 실험에 사용된 가상현실 운전시뮬레이터는 피실험자에게 운동판(motion platform)을 이용해 운동감을 제공할 수 있었고, 피실험자의 멀미 현상이 검지되면, 시야각을 1/3 로 줄여주는 멀미 완화 피드백(feedback) 시스템이 연결되어 있었다. 그래서 motion의 제공 여부와 feedback의 제공 여부도 실험의 독립변수로 추가하였다. 실험 결과, 가상현실 체험 후 유의한 차이는 아니나 피실험자들의 신체동요가 약간 증가하는 것이 관측되었다. motion과 feedback에 대한 분석에서는, 유일하게 motion을 제공하는 것이 제공 안할 때에 비해 좌우 방향의 신체동요가 더 적어지는 것으로 나타났다. 신체동요를 cybersickness의 지표로 사용하기 위해서는 추후연구가 더 요청된다.

주요어 : cybersickness, motion sickness, 가상현실, 신체동요, 힘판

### 1. 서론

가상환경시스템이 교육/훈련, 문화/오락, 산업현장

등에 잘 적용되기 위해서는 현실감(presence), 인간성능(human performance)의 측면에서 좋은 성능을 가지고 있어야 한다. 반대로 가상환경시스템에서 멀미,

\* 한경대학교 안전공학과, \*\* 고려대학교 심리학과, \*\*\* 한국과학기술연구원 영상미디어센터

시각피로, 방향감상실 등을 통칭하는 cybersickness 현상은 최소화되어야 한다.

cybersickness에 대한 측정과 평가는, 최근 가상현실 시스템 평가의 중요 항목으로 대두되고 있는 현실감(presence)에 비해서는 상대적으로 많은 평가 방법들이 적용될 수 있다. 우선 생리신호 측정을 이용하는 평가방법이 있다. 뇌파(EEG), 심전도(ECG), 안전도(EOG), 위전도(EGG) 등의 생리신호 변화는 멀미 현상과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다[1] 생리신호 측정 외의 방법으로는 설문지 방법이 있는데 Kennedy(1993)의 SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) 설문지가 가장 널리 사용되고 있다[2].

이 외에 cybersickness의 직접적 지표는 아니나 관련 있는 지표로 신체동요(body sway)를 측정해 cybersickness 를 평가할 수도 있다[3]. 전통적으로 신체동요에 대한 연구는 의학분야에서 환자의 전정기관의 이상 진단을 위해 활발했다[4]. 또한 인간공학 분야에서도 신체능력과 작업설계와 관련한 연구를 수행해 왔다[5][6].

최근에는 가상현실시스템과 관련해 신체동요를 측정, 평가하는 연구들이 늘고있다. Cobb(1999)은 가상현실 체험 후 신체동요를 측정해 일부 차이가 있다는 것을 밝혔다[7]. 그러나 Ehrlich(1998)은 신체동요에 차이를 발견하지 못했다[8]. Kolasinki(1996)의 연구에서도 신체동요의 차이는 발견되지 못했다[9]. Owen 등(1998)은 대신 신체동요가 심한 피실험자가 멀미도 쉽게 유발한다는 것을 밝혔다[10]. 그 외에도 가상현실시스템과 신체동요의 관계를 밝히는 연구들이 몇 가지 더 있으나 아직 명확한 결론이 난 상태는 아니다[3].

이렇듯 기존의 연구에서 가상현실 체험 전후의 신체동요에 대한 평가 결과가 상반되게 나타나고 있는 것은, 우선 실험에 사용한 가상현실 시스템과 신체동요를 증폭시킬 가상세계의 자극강도에 차이가 있기 때문일 것으로 판단된다. 또한 신체 동요의 분석에 있어서도 사용한 기기나 분석 척도에 의해서도 결과가 다르게 나올 수도 있었다고 판단된다. 이처럼 아직 이 분야에 대한 연구는 표준적, 효과적인 연구방법론을 정립하려는 단계의 연구가 대부분이라 할 수 있다.

이에 본 연구에서도 가상현실 체험 전후의 신체동요의 변화를 측정해, cybersickness의 정량화가 가능한 지를 확인하는 것을 연구 목표로 하였다. 또한 본 연구에서는 기존의 다른 연구에서 고려하지 못했던 새로운 독립변수로 가상현실 시스템이 제공하는 기계적 운동인 Motion의 존재 유무와 피험자의 멀미감소를 위한 Feedback system의 동작 유무를 추가해, 이것들이 신체동요 변화에 어떤 영향을 끼치는 지를 알아보고자 하였다.

## 2. 방법

대학생과 대학원생 45 명(남자 26 명, 여자 19명)으로 이루어진 피실험자 집단에 대한 가상현실 시스템 경험 전후의 신체동요를 측정하였다.

가상현실시스템으로는 한국과학기술연구원(KIST) 영상미디어센터에서 개발한 자동차운전 시뮬레이터가 사용되었다. 이 시스템의 영상은 곡면으로 연결된 3개의 대형 스크린에 3대의 프로젝터에 의해 만들어졌다. 영상의 내용으로는 KIST의 건물과 내부도로가 표시되었다. 스크린의 시야각(FOV; Field of View)은 약 150도로 설정되었다(그림 1 참조).

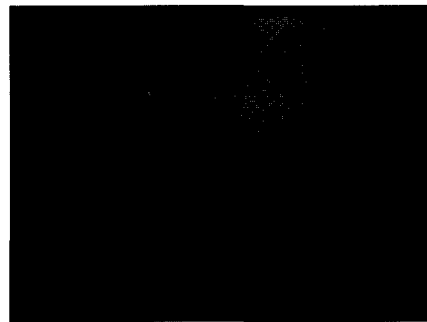


그림 1. 자동차 드라이빙 시뮬레이터

피실험자는 6 자유도의 motion을 줄 수 있는 platform 위에 설치된 운전석에 올라 모형 steering wheel과 pedal 을 이용해 KIST 내부를 가상의 자동차로 운항하며 쓰레기통을 찾아내는 임무를 수행하도록 했다.

이때 피실험자들은 주어진 실험 조건에 따라 시각

정보와 일치된 motion을 제공받거나, 전혀 제공 안 받는 그룹으로 나누었다. motion은 6축의 운동이 가능한 모션 시뮬레이터에 의해 발생이 되며 가상환경의 시각적 내용과 동기화 되었다.

동시에 피실험자들은 멀미탐색 시스템에 의한 멀미 감소 feedback 장치가 가동되기도 하고[11], 가동 안 되는 두 그룹으로 다시 나누어져 실험이 진행되었다. 멀미감소 feedback의 주요 내용은 피실험자의 생리신호에 의거 멀미가 나타났다고 판단되는 경우, 가상현실의 영상 중 중앙의 한 프로젝터 부분의 영상만 보여주는 것이다. 이 경우 시야각은 약 50도 정도로 멀미를 완화시켜준다.

신체동요 측정은 AMTI 사의 OR6-5 모델의 힘판(force platform)을 사용하였다. 힘판은 사각형의 강판 아래 네 코너에 설치된 로드셀과 이에 부착된 스트레인게이지(strain gauge)에 의해 세 방향의 힘과 각 축에 대한 모멘트를 측정하게 된다. 피실험자들은 가상현실 체험 전 힘판에 올라서 편안한 각도로 다리를 벌리고 눈을 뜬 상태에서 20초 간 측정되어졌다. 동일한 요령으로 가상현실을 체험 한 후에도 신체동요 정도가 측정되었다(그림 2 참조).

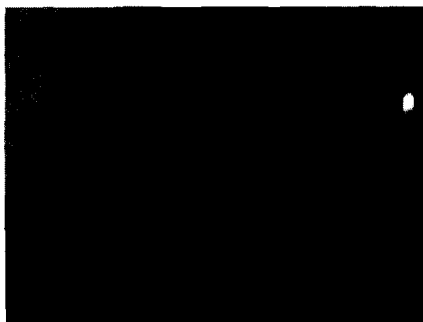


그림 2. 힘판을 이용한 신체동요 측정

신체동요의 정도는 여러 지표로 평가되어질 수 있다. 동요의 범위(range), 표준편차 등이 가장 기본적으로 많이 활용되나, 이 외에도 동요면적(sway area), 동요거리(sway distance) 등이 민감도가 좋은 지표로 알려져 있다[5]. 그러나 본 연구에서는 우선 표준편차에 대한 분석만 실시하였다.

본 연구의 실험계획을 요약하면 독립변수로 가상현

실 체험전후, motion 유무, feedback 유무가 고려되었다. 종속변수로는 X, Y 방향에 대한 신체압력중심(COP; Center of Pressure)의 표준편차가 고려되었다. 실험의 주 가설은 가상현실 체험이 신체동요를 증가시킬 것이라는 것과, motion과 feedback의 제공이 신체동요 정도를 완화시킬 것이라는 것이다.

### 3. 결과

#### 3.1 가상현실체험 전후 비교

가상현실을 체험하기 전후에 대한 신체동요 결과는 그림 3과 같다. 쌍체비교 t-검정 결과, 가상현실의 체험 전후에 관계 없이 피실험자들의 좌우의(lateral) 신체동요가 전후의(ante-posterior) 신체동요에 비해 큰 것으로 나타났다(체험전  $t=4.117$ ,  $p=0.000$ , 체험후  $t=4.990$ ,  $p=0.000$ ).

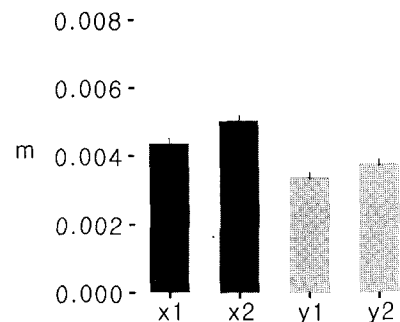


그림 3. 가상현실 체험전후의 신체동요변화  
X: 좌우, Y:전후방향, 1:체험전, 2:체험후

그러나 가상현실 체험 후가, 체험 전에 비해 X, Y 축 모두 평균으로 비교할 때 증가한 것으로 나타났으나, t-검정 결과로는 유의수준 0.05에서 유의할 정도의 차이는 보이지 못했다. (X 방향  $t=1.329$   $p=0.188$ , Y 방향  $t=0.837$ ,  $p=0.411$ )

#### 3.2 Motion과 Feedback의 신체동요 효과

가상현실 체험 후의 신체동요 데이터(X2,Y2)에 국한해, motion의 유무와 feedback 유무가 신체동요에 미치는 영향을 분산분석(ANOVA)을 통해 알아보았다.

X축에 대한 분석 결과 motion ( $F_{1,41}=1.847$ ,  $p=$

0.181)과 feedback ( $F_{1,41}=1.766, p=0.191$ ) 어느 것도 신체동요에 통계적으로 유의한 차이는 주지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 motion과 feedback간의 교호작용은 있는 것으로 나타났다( $F_{1,41}=5.108, p=0.029$ ) (그림 4 참조).

Y 축에 대한 분석 결과에서는 feedback에 의한 영향은 있는 것으로 나타났다. 즉, feedback을 제공하는 경우가 그렇지 않은 경우보다 크게 줄어드는 것으로 나타났다( $F_{1,41}=5.168, p=0.028$ ). 그러나 motion은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못했다( $F_{1,41}=0.679, p=0.415$ ). X 축과 달리 motion과 feedback의 교호작용은 없는 것으로 나타났다( $F_{1,41}=0.933, p=0.340$ ) (그림 4 참조).

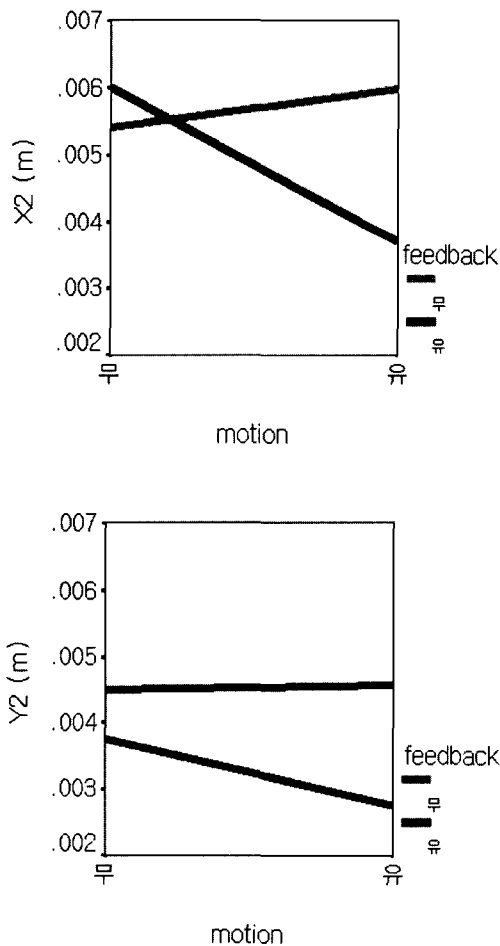


그림 4. motion과 feedback의 영향

#### 4. 토의 및 추후연구

가상현실을 체험하면 신체동요가 더 증가할 것이라는 가설은 유의수준 0.05에서 입증되지는 못했다. 다만 증가하는 경향은 전후방향, 좌우방향 둘 다 어느 정도 나타났다. 따라서 추후 연구에서 피실험자의 수를 충분히 더 늘린다면 그러한 가설이 입증될 수도 있을 것이다.

그러나 다른 측면에서는 가상현실 시스템의 운영이나 내용이 아주 격한 운동을 제공하거나 급격한 방향 혼란을 제공하지 않는 이상, 신체동요 지표로는 그 차이를 찾아내기가 어려울 것이라는 판단도 든다. 이는 다른 연구자들의 연구 결과에서도 비슷한 내용들이 지적된 바 있다[9]. 그러나 아직 충분한 증거는 없으므로 가상현실 시스템의 운동성 혹은 운항속도 정도를 독립변수로 한 상태에서의 실험이 이루어진다면 신체동요의 변이도 예상해 볼 수 있을 것이다. 이것은 추후 연구의 과제이기도 하다.

가상현실시스템이 신체동요의 증가를 수반한다는 것은, 시각정보와 전정기관의 평형감각 정보의 불일치를 나타내는 'vection' 현상에 의해 설명할 수 있다. 인간은 시각적 정보와 전정기관에서의 신체평형 정보가 불일치하게 되면 방향감 상실과 어지러움증 등을 느끼게 된다. 따라서 motion을 주지 않는 상태에서의 시각적 정보는 신체운동감각과 불일치를 보이게 되어 더욱 멀미도 느끼고 신체동요도 더 크게 나타난 것이라고 볼 수 있다

그래서 가상현실이 어쩔 수 없이 멀미와 신체동요를 증가시키지만, 가상현실 시스템 설계를 적절히 하면 그 정도를 줄일 수 있을 것으로 판단하고 본 실험도 계획되었던 것이다.

그러나 이러한 가설에 근거한 motion과 feedback에 대한 실험도 역시 명확하게 통계적으로 유의한 결과를 얻지는 못했다. 단 몇 가지 통계적으로 유의한 차이를 보인 부분적 결과에 대한 토의를 하면 다음과 같다.

우선, Y축 방향에 있어서 feedback을 제공한 경우가 신체동요에 있어 감소를 보인 것은 앞에서 언급한 vection 현상으로 설명할 수 있을 것이다. 지금까지

알려진 바로는vection에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 시야각을 꼽고 있다. 즉 시야각을 만족하는 대형스크린의 아이맥스(Eyemax) 영화관 등은 motion을 주지 않고도 상당한 수준의 운동감을 느끼게 하고 이때vection 현상이 크게 발생하게 된다. 따라서 일차적으로 멀미탐지에 의한 시야각의 제어가 신체동요의 감소를 가져온 것으로 판단된다.

X 축 방향에 있어 motion과 feedback의 교호작용은 motion을 줄 경우, feedback을 통한 시야각의 감소를 허용할 경우와 결합해야 신체동요를 더욱 줄일 수 있다는 것을 보여주고 있다. 반대로 motion Platform에 의해 유발되는 과도한 motion 노출이 멀미 검출에 의한 시야각 (field of view) feedback 등 적절한 보완장치가 없으면 신체동요가 더 증가할 수도 있다는 것을 의미하기도 한다.

추가로 본 연구의 후속으로 이루어져 할 내용으로는 분석에 있어 더 다 다양한 척도를 사용한 분석을 실시하는 것이다. 본 연구에서는 X, Y 축에 대한 COP(Center of Pressure) 값의 표준편차에 대한 분석만 실시되었는데, 더 민감한 것으로 알려진 동요면적 (sway area)과 동요거리(sway distance)에 대한 분석이 이루어진다면 더 의미 있는 결과를 얻을 수도 있다고 생각된다. 특히 이 측정지표들은 X, Y 축을 나누지 않고, 절대 동요거리나 동요면적을 사용하기에 X, Y 축의 결과를 종합적으로 판단 할 수 있을 것이다.

실험 내용 면에서도 motion 의 강도를 몇 단계로 구분한 상태에서 신체동요가 급격히 존재하는 지에 대한 추후 연구가 요청되고 있다.

### 참고문헌

[1] 김영윤, 김은남, 김현택 (2002), 가상현실에서 심리생리학적 연구의 조망, 한국 실험 및 인지 심리학회 2002년 여름학술대회 발표 논문집, 59-69.

[2] Kennedy, R.S., Lane,N.E., Berbaum, K.S., Lilienthal, M.G.(1993), Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness, *The Int'l J. of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220.

[3] Nichols,S and Patel,H. (2002), Health and safety implications of virtual reality: a review of empirical evidence, *Applied ergonomics*, 33, 251-271.

[4] Tosnerova, V. et al (2000), An attempt to standardize force platform clinical examination, *Physiology of behavior*.

[5] Jeong, B.Y. (1995), Evaluation of body balance system using postural sway data, *PhD Thesis*, KAIST.

[6] 김운희 (1998), 자세 제어 체계의 2차원 자동 제어 모델링에 관한 연구, 박사학위논문, 한국과학기술원.

[7] Cobb,S.V.G.(1999), Measurement of postural stability before and after immersion in a virtual environment, *Applied ergonomics*, 30,47-57.

[8] Enrlich,J.A., Singer,M.J.and Allen,M.J. (1998), Relationships between head-shoulder divergences and sickness in a virtual environment, *Proc. of Human Factors and Ergonomics*.

[9] Kolansinki,E.M.(1996), Prediction of simulator sickness in a virtual environment, *PhD Thesis*, University of Central Florida.

[10] Owen,N., Leadbetter,A.G., and Yardley,L. (1998), Relationship between postural control and motion sickness in healthy subjects, *Brain Res. Bull.*, 47(5), 471-474.

[11] Park,N.Y.. et al (2001), Automatic detection of nausea using bio-signals during immersing in a virtual reality environment, *Proc. of IEEE EMBS*.