

## 가상환경에서 사이버멀미 경감을 위한 독립적 시각 전경 효과\*

황 인 재<sup>1)</sup>      김 석 찬<sup>1)</sup>      장 은 희<sup>1)</sup>      전 현 진<sup>1)</sup>  
천 예 슬<sup>1)</sup>      박 창 훈<sup>2)</sup>      김 현 택<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup>고려대학교 심리학과

<sup>2)</sup>호서대학교 게임공학과

가상환경을 경험할 때 발생하는 사이버멀미는 일반적인 멀미와 유사한 증상으로 그 정확한 기저 원인 및 완전한 해결 방법은 현재까지 밝혀지지 않았다. 본 연구에서는 가상환경에서 안정적인 정지좌표계 선택에 도움을 주는 독립적 시각 전경(Independent Visual Foreground: IVF)의 사이버멀미 감소 효과를 검증하고자 한다. 이를 위해 22명의 피험자들은 약 2주 간격으로 독립적 시각 전경이 있는 조건(IVF 조건)과 없는 조건(No-IVF 조건)에서 모두 가상환경을 경험하였다. 각 조건에서 사이버멀미의 정도를 측정하기 위한 주관적인 지표로 자기보고와 Simulator Sickness Questionnaire(SSQ) 척도를 사용하였고 심리생리적인 지표로 위장전위(electrogastrogram: EGG)를 측정하였다. 또한 IVF가 가상환경에서의 현실감 변화에 미치는 영향을 Presence Questionnaire(PQ) 척도를 사용하여 평가하였다. 그 결과 가상환경 경험단계에서 IVF를 사용하였을 때 위장전위의 정상 주파수 대역 잔여비율은 유의미하게 높았고 위빈맥(tachygastria) 주파수 대역 잔여비율은 유의미하게 낮았다. 그리고 가상현실 경험단계에서 SSQ 점수와 각 EGG 주파수 대역 잔여비율은 유의미한 상관관계를 보여주었다. 하지만 조건 간의 PQ 점수는 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과들을 통해 EGG가 사이버멀미의 주요한 예측변인 중 하나이며 가상환경에서 IVF를 제시하였을 때 사이버멀미와 연관된 자율신경계 증상이 줄어들었음을 알 수 있다. 또한 본 연구의 결과들은 IVF가 가상환경의 현실감은 감소시키지 않으면서 사이버멀미를 경감시키는 효과적인 솔루션으로 이용될 가능성을 시사한다.

주요어 : 가상환경, 사이버멀미, 독립적 시각 전경, 정지좌표계, 위장전위

\* 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012-0007070).

† 교신저자 : 김현택, 고려대학교 심리학과, 서울특별시 성북구 안암동 5가 고려대학교 구법학관 205호  
E-mail : neurolab@korea.ac.kr

가상환경은 기술력의 한계와 높은 비용으로 산업, 의료 및 파일럿 비행 훈련 등과 같은 전문분야에서 주로 사용되었다. 하지만 최근 3D 영상 기술의 발전으로 3D 영화, 3D TV 등과 같이 가상환경이 활용되는 분야가 넓어지고 있으며 이를 경험하는 사람들도 증가하고 있다. 이렇듯 가상환경이 널리 활용됨에 따라 가상환경 사용 시 나타나는 부작용 역시 부각되고 있다. 특히 가상환경을 경험하는 도중이나 이후에 발생할 수 있는 사이버멀미(cyber-sickness)는 가상환경에 대한 경험의 질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 심각한 경우에 가상환경을 경험하는 것을 기피하게 만든다.

사이버멀미는 가상환경을 경험한 사람들에게 나타나는 구토, 두통 등의 증상을 일컫는다. 사이버멀미의 증상은 일반적인 멀미(motion sickness)와 유사하지만 유발원인, 세부적인 증상의 정도, 지속시간 등에서는 일반적인 멀미와 차이를 보인다(Kim, Kim, Kim, Ko, & Kim, 2005). 일반적인 멀미가 전정감각만으로 발생할 수 있는 반면 사이버멀미는 시각에 의해서만 발생한다. 또한 창백해짐, 땀과 침분비 증가, 두통, 구토감, 방향감각상실, 자세불안정 등의 증상이 사이버멀미에서 보다 뚜렷하게 나타난다. 그리고 사이버멀미는 가상환경에 매우 짧은 시간만 노출되어도 발생할 수 있다. 사이버멀미는 발생한지 몇 시간이 지나도 그 증상이 유지 혹은 심화될 수 있으며 많은 경우 며칠이 지나도 증상이 지속될 수 있다. 이러한 사이버멀미의 위험성 때문에 실제로 파일럿의 경우 가상환경 노출 이후 12~24 시간 동안 비행을 금지하는 규정이 있으며 가상환경 체험관에서는 가상환경 체험 후 최소

30~45분 동안은 운전을 하는 것을 자제하도록 권장하고 있다(LaViola, 2000).

사이버멀미의 유발 원인을 설명하는 전통적인 이론은 감각갈등이론(sensory conflict theory)이다. 감각갈등이론은 사이버멀미 유발에 관련된 중요한 두 가지 감각이 시각과 전정감각이라고 가정한다. 이 두 가지 감각이 전달하는 감각 정보가 이전 경험을 바탕으로 한 예상과 어긋날 때 감각갈등이 일어나며 이로 인해 사이버멀미가 발생한다고 설명한다(Reason & Brand, 1975; Reason, 1978; Griffin, 1990). 즉, 가상환경에서는 시각에 의해 발생하는 ‘움직이고 있다’는 감각(vection)과 전정감각에 의해 발생하는 ‘정지되어 있다’는 감각이 서로 감각갈등을 일으켜 사이버멀미가 발생한다. 하지만 감각갈등이론은 사이버멀미가 어떤 상황에서 어느 정도로 발생할지 예측할 수 없다. 뿐만 아니라 왜 일부 사람들에게만 사이버멀미가 발생하는지, 왜 감각갈등이 여러 증상을 일으키는지 설명할 수 없다는 한계점이 있다. 이러한 한계점을 보완하기 위해 Riccio와 Stoffregen(1991)은 자세불안정이론(postural instability theory)을 제안하였다. 이 이론은 생태심리학적 관점으로 동물들의 기본적인 행동 목적 중 하나가 안정적인 자세를 유지하는 것이라고 가정한다. 따라서 이전에 경험한 적이 없거나 안정적인 자세 유지를 위한 전략을 습득하지 못한 특수한 환경에서는 자세불안정 상태에 이르게 되고 이러한 자세불안정 상태가 지속되면 멀미의 증상들이 나타난다. 이 이론에 따르면 가상환경은 인간이 경험하지 못했던 새로운 환경이기 때문에 가상환경에서 균형을 유지하는 전략을 학습하기 전까지 사

이버멀미가 지속된다.

감각갈등이론에 기반을 둔 사이버멀미 감소 방법 중 하나는 백션(vection)을 줄이는 것이다. 이러한 시도 중 하나로 Kim 등(2008)은 바이오피드백(biofeedback)이 포함된 인공신경망(artificial neural network)을 이용하여 사이버멀미를 감소시키는 방안을 제시하였다. 이 연구에서는 도로를 주행하는 가상환경 경험 시 인공신경망에 사이버멀미의 심리생리적 지표가 탐지되면 시야각(field of view: FOV)과 주행속도를 줄였다. 이러한 피드백(feedback)을 통해 피험자가 느끼는 백션이 줄어들고 따라서 사이버멀미가 감소됨을 검증하였다.

자세불안정이론과 관련이 있는 사이버멀미 감소를 위한 새로운 방안으로 Prothero 등(1999)은 HMD(Head Mount Display)를 사용하여 가상환경을 체험하는 동안 전경감각 단서와 합치하는 독립적 시각 배경(Independent Visual Background: IVB)을 제시하여 사이버멀미 증상이 완화되는 것을 실험적으로 검증하였다. 이들은 다른 실험에서 시각 전경(visual foreground)에 주의를 주는 과제를 수행하는 동안에도 IVB를 제시하면 사이버멀미 증상이 완화됨을 보고하였다(Prothero et al., 1999). Prothero 등(2003)은 사이버멀미의 유발 원인이 가상환경 내부의 동작 단서(motion cue)들 사이에서 일어나는 충돌이라기보다 이러한 동작 단서들에 의해 결정되는 서로 다른 정지좌표계(rest frame)들의 충돌 때문이라는 가설을 제안했다. 정지좌표계란 공간에서 위치, 방향, 움직임을 인지하기 위해 사용하는 여러 참조틀(reference frame) 중에 관찰자가 정지되어 있다고 생각하는 참조틀이다. 신경계는 상대적

인 움직임을 최대한 간단하게 계산할 수 있도록 정지좌표계를 선택한다. 예를 들면 대부분의 관찰자는 지면 위를 달리는 기차를 볼 때, 지면과 철도가 정지해있고 기차가 움직인다고 인식하지 기차가 정지해있고 지면과 철도가 움직이고 있다고 인식하지는 않는다(Prothero, 1998). 뿐만 아니라 신경계는 효율적인 공간 인지를 위해 하나의 정지좌표계를 선택하지만 특수한 상황에서는 하나의 정지좌표계를 선택하지 못할 수도 있다. Prothero 등(2003)은 가상환경에서는 여러 가지 동작 단서들로 인해 서로 다른 정지좌표계가 선택될 수 있고 이 정지좌표계들의 충돌로 인해 사이버멀미가 발생한다고 주장했다. 따라서 정지좌표계가 안정적으로 선택된다면 사이버멀미가 감소될 수 있다. Duh 등(2004)은 이러한 가설에 따라 가상환경의 배경에 격자형 IVB를 제시함으로써 정지좌표계가 안정적으로 선택되게 하여 사이버멀미 경감 효과를 검증하는 실험을 진행하였다. 이 연구결과에서는 격자형 IVB를 제시하였을 때 가상환경에서 발생할 수 있는 자세 불안정 상태가 감소됨을 보고하였고 이로 인해 사이버멀미가 경감될 수 있음을 검증하였다.

시야각이나 가상환경 내의 변화 속도를 줄임으로써 피험자가 느끼는 백션을 줄이는 방법 혹은 투명한 스크린을 사용하여 실제 배경이 보이도록 하거나 가상환경 내의 배경전체에 특정한 무늬를 넣는 방식으로 IVB를 제시하는 방법은 가상환경을 광범위하게 변화시켜 몰입감(immersion)과 현실감(presence)을 감소시킨다는 한계점이 있다(Duh et al., 2004; Kim et al., 2008). 따라서 가상환경의 몰입감과 현실감

을 유지하면서 사이버멀미를 경감시킬 수 있는 새로운 방법을 고안할 필요가 있다. 신경계가 정지좌표계를 선택할 때 가장 우선시 하는 것이 공간인지를 위한 계산의 효율성임을 감안할 때 시각 배경(visual background)이 안정적인 정지좌표계 선택에 기여한다는 것은 잘 알려져 있다. 그런데, Prothero 등(1998)은 상황에 따라 시각 전경(visual foreground) 역시 안정적인 정지좌표계 선택에 기여할 가능성이 있다고 제안하였다. 독립적 시각 전경(Independent Visual Foreground: IVF)은 가상환경을 이루고 있는 다른 자극과는 연관이 없고 전정감각과는 합치하는 시각자극이라는 점에서 독립적 시각 배경(IVB)과 동일하지만, IVB가 가상환경의 후면에 제시되는 반면 IVF는 가상환경의 전면에서 제시된다는 차이점이 있다. 본 연구에서는 원래의 가상환경을 되도록 적게 변화시켜 몰입감과 현실감은 최대한 유지하면서 사이버멀미는 경감시키기 위해서 가상환경 배경에 광범위하게 IVB를 제시하는 대신 화면을 9등분하는 4개의 흰색 선들만 가상환경 최전면에 제시하는 IVF를 사용하여 사이버멀미 감소 효과를 검증하고자 한다.

사이버멀미의 경중에 따라 변하는 생리적 반응 중에 가장 손쉽게 관찰할 수 있는 것이 구토감인데, 이전의 여러 연구들이 위장전위(electrogastrogram: EGG)에서 위빈맥(tachygastric) 비율의 증가가 위장의 여러 병리적 증상, 특히 구토감과 연관되어 있음을 보고했다(Stern, Ray, & Quigley, 2001). 예를 들어 Stern 등(1985)은 시각성운동 원통(optokinetic drum) 안에 피험자를 두고 인위적으로 멀미를 일으켰을 때 21명의 피험자 중 멀미를 보고한 14명의 피험

자가 약 4분 이후에 EGG의 정상 주파수 대역(3 cpm)이 위빈맥 주파수 대역(4~6 cpm)으로 변하는 것을 보여주었고, 약 6분 이후에는 구토감을 호소하였다고 보고하였다. 또한 Kim 등(2005)의 연구에서는 도로주행 가상환경 경험 시 약 4분 이후에 EGG의 위빈맥 주파수 대역이 기저선 보다 유의미하게 증가하고 위빈맥 주파수 대역 비율이 Simulator Sickness Questionnaire(SSQ)의 구토감(nausea) 하위척도와 유의미한 상관관계가 있음을 보고하였다. 이러한 선행연구 결과들을 통해 위빈맥 주파수 대역 비율의 증가가 사이버멀미 증상의 심화를 예측할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 EGG의 주파수 대역 변화를 측정하여 사이버멀미 경감 정도에 대한 객관적인 척도로 사용하였다.

본 연구는 가상환경에 격자형 IVF를 사용하여 사이버멀미 경감 효과가 얼마나 나타나는지 살펴보고자 하였다. 이를 위해 피험자들은 격자형 IVF가 제시되지 않은 가상환경(No-IVF 조건)과 격자형 IVF가 제시된 가상환경(IVF 조건)을 모두 경험하였다. 각 조건에 대한 사이버멀미의 주관적 지표로 자기보고와 SSQ 척도를 사용하였고 객관적 지표로 EGG를 측정하였다. 또한 각 조건에서 피험자들이 경험한 가상환경의 현실감을 비교하기 위한 척도로 Presence Questionnaire(PQ) 척도를 사용하였다

## 실 험

## 방 법

**참가자** 시력에 이상이 없는 고려대학교 대학

생22명(남자 11명, 여자 11명, 나이: M=23.91, SD=1.88)이 실험에 참여하였다. 이들은 약 2 주 간격으로 각각 No-IVF 조건과 IVF 조건의 가상환경을 모두 경험하였다. 각 조건 간의 역균형화를 위해 12명(남자 6명, 여자 6명)의 피험자는 No-IVF 조건의 가상환경을 먼저 경험하였고 나머지 10명(남자 5명, 여자 5명)의 피험자는 IVF 조건의 가상환경을 먼저 경험하였다. 피험자 간 균일한 EGG 측정을 위해 실험 4시간 전에 취식을 통제하였고 실험에 참여하기 직전에 80g의 빵과 160ml의 음료를 제공하였다. 측정 장비 오작동으로 2명의 피험자(남자 1명, 여자 1명)가 분석에서 제외되었다.

**실험자극과 측정도구** 사이버멀미를 유발시키는 가상환경으로 호서대학교 게임공학과에서 개발한 톨리코스터 시뮬레이터(해상도: 1280×1024, frame rate: 75 Hz)를 사용하였다. 입체화상(stereoscopic image)을 구현하기 위해 두 대의 프로젝터(HITACHI CP-X605)와 수동적 편광안경(passive polarized glasses)을 사용하였다. 입체화상은 324.5×243cm 크기의 Cubic Viewer Screen(T-WORKS)에 투사되었었다(시야각: 56.8×44.1°). IVF는 가상환경의 변화와 무관한 4개의 흰색 선분(가로 선분: 324.5cm, 세로 선분: 243cm)들로 구성되어 있으며 각각의 선분들은 영상이 제시되는 화면의 면적을 9등분하는 격자형으로 배치되었다. IVF 역시 입체화상 방

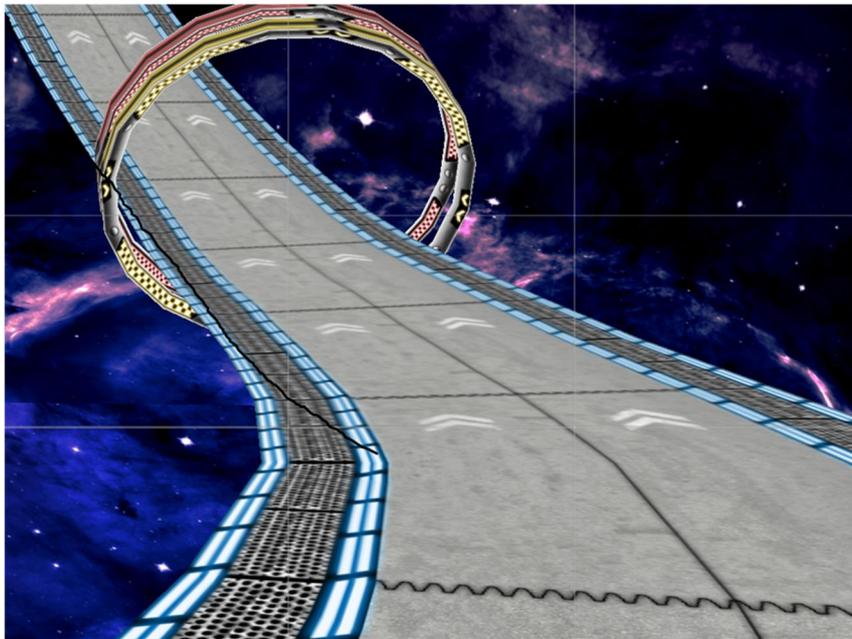


그림 1. 실험에서 사용된 가상환경과 격자형 독립적 시각 전경(IVF)의 2차원적 예시. 실제 실험에서는 위와 같은 영상이 입체감을 느낄 수 있는 3차원 입체영상으로 제시되었다. 흰색의 가로 선분 2개와 세로 선분 2개가 화면을 9등분하는 격자무늬를 이루고 있다. 이 격자무늬가 입체영상의 최전면에 제시되어 IVF 역할을 한다.

식으로 두 대의 프로젝터에서 각각 투사되었으며 입체화상 구현 시 최전면에 위치하도록 제시되었다(그림 1).

EGG를 측정하기 위해 BIOPAC사의 MP150과 EGG 100C amplifier, GRASS사의 Ag/AgCl Disc electrode를 사용하였다. 전극은 배꼽을 기준으로 상측으로 4cm, 좌측으로 3cm 지점(active electrode)과 오른쪽 옆구리(reference electrode)에 부착하여 신호를 측정하였다.

사이버멀미의 주관적 지표로 Simulator Sickness Questionnaire(SSQ) 척도를 사용하였다(Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal, 1993). 또한 가상환경 체험 중에 사이버 멀미를 경험할 경우, 피험자가 스스로 컴퓨터 키보드를 눌러 사이버멀미가 일어나는 시점과 지속 시간을 보고하게 하였다. 그리고 No-IVF 조건과 IVF 조건 사이의 가상환경에 대한 현실감 변화를 측정하기 위해 Presence Questionnaire(PQ) 척도를 사용하였다(Witmer & Singer, 1998).

**실험절차** 실험은 사전 설문지 작성단계, 적응단계, 기저선 측정단계, 가상환경 경험단계, 회복단계, 사후 설문지 작성단계를 포함한 6단계 절차로 이루어져 있으며 모든 피험자는 각 조건을 역균형화하여 약 2주 간격으로 IVF 조건과 No-IVF 조건에 모두 참여하였다. 적응단계에서는 안정적인 심리생리적 측정치를 얻기 위해 10분간 실험상황에 적응하는 시간을 가졌다.

기저선 측정단계에서는 5분간 정지된 가상환경을 경험하면서 후속 단계의 측정치들과 비교할 EGG의 기저선을 측정하였다. 가상환경 경험단계에서는 롤러코스터 시뮬레이터를

10분간 경험하면서 EGG를 측정하였고 사이버멀미가 느껴지면 키보드를 눌러서 보고하게 하였다. 또한 피험자가 가상환경에 몰입하도록 롤러코스터가 주행하는 바다에서 특정한 물체를 찾아 개수를 보고하는 과제를 수행하였다. 회복단계에서는 기저선 측정단계와 마찬가지로 5분간 정지된 가상환경을 경험하면서 EGG를 측정하였다. 사후 설문지 작성단계에서 SSQ와 PQ를 사용하였다.

**측정치분석** 가상환경 경험단계에서 수집한 사이버멀미 경험에 대한 자기보고는 최초 사이버멀미 보고 시점과 사이버멀미 총 지속 시간을 조건 별로 비교하였다.

각 조건 간의 EGG 주파수 대역 비율을 비교하기 위해 BIOPAC사의 AcqKnowledge 4.2 프로그램을 사용하여 파워 스펙트럼 밀도 분석(power spectral density analysis)을 실시하였다. 각 피험자의 개별 EGG는 2분 간격의 시간 창(time window)을 30초 단위로 이동시키면서 파워 스펙트럼 밀도 분석을 실시한 후 3차원 폭포형 그래프(3D waterfall graph)와 등고선 그래프를 그려서 관찰하였다(그림 2). EGG의 정상 주파수 대역(2.74~3.20 cpm)과 위빈맥 주파수 대역(3.66~6.86 cpm)의 백분율 비교를 위해서 기저선 측정단계, 가상환경 경험단계, 회복단계의 EGG 측정치 전체를 파워 스펙트럼 밀도 분석에 사용하였다. 각 주파수 대역의 백분율 증감을 알아보기 위해 각 피험자마다 가상환경 경험단계와 회복단계의 백분율에서 기저선 측정단계의 백분율을 뺀 값을 잔여비율로 분석에 사용하였다.

각 측정치에 대한 통계분석은 IVF 조건과

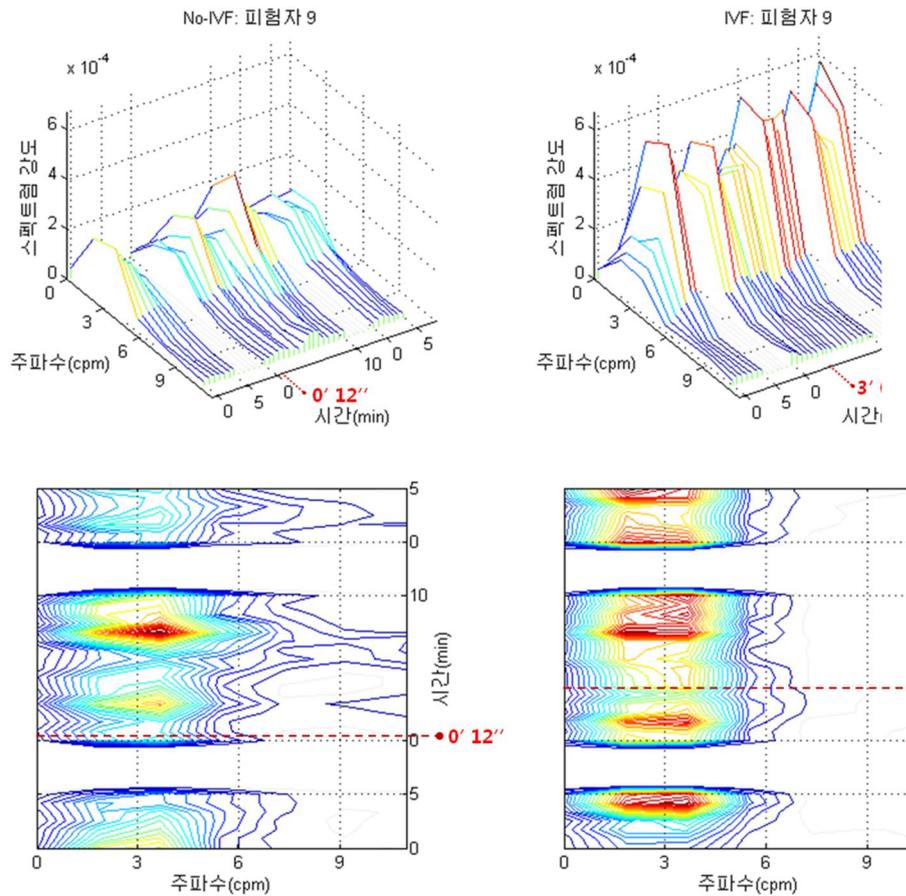


그림 2. 한 피험자의 ECG를 파워 스펙트럼 밀도 분석(power spectral density analysis)을 통해 나타난 3차원 폭포형 그래프(3D waterfall graph)와 등고선 그래프. 붉은색 점선과 숫자는 피험자의 최초 멀미보고 시점을 나타낸다. No-IVF 조건에서 최초 사이버멀미 보고 시점이 빠르고 멀미 보고 이후에 정상 주파수 대역(2.74~3.20 cpm)이 현격하게 줄어들었다. 또한 가상환경 경험단계 후반부에 위빈맥 주파수 대역(3.66~6.86 cpm)이 증가함을 보여주고 있다. 반면에 IVF 조건에서는 사이버멀미 보고 이후 정상 주파수 대역이 줄어들기는 하나 전반적으로 기저선 측정단계와 유사한 주파수 대역 분포를 유지하고 있는 경향을 보여주고 있다. 정상 주파수 대역의 감소 혹은 위빈맥 주파수 대역의 증가는 사이버멀미가 심화되는 현상과 상관이 있다.

No-IVF 조건으로 나누어 반복측정 변량분석(repeated-measures ANOVA)을 실시하였다. 또한 SSQ 점수와 EEG 주파수 대역 증감비율은 피어슨의 상관계수를 이용한 이변량 상관분석(bivariate correlation)을 실시하였다.

## 결 과

**조건 간 ECG 주파수 대역 잔여비율 비교**  
 기저선 측정단계에서 ECG의 정상 주파수 대역 비율과 위빈맥 주파수 대역 비율은 각 조

건 사이에 유의미한 차이가 없었다 [ $F(1, 19)=2.54, p>.05, F(1, 19)=2.69, p>.05$ ]. 하지만 가상현실 경험단계에서는 정상 주파수 대역 잔여비율이 IVF 조건에서 No-IVF 조건보다 유의미하게 높았고 [ $F(1, 19)=4.64, p<.05$ ], 위빈맥 주파수 대역 잔여비율은 IVF 조건에서 No-IVF

조건보다 유의미하게 낮았다 [ $F(1, 19)=6.46, p<.05$ ](그림 3). 회복단계에서는 EGG의 정상 주파수 대역 잔여비율과 위빈맥 주파수 대역 잔여비율이 각 조건 사이에 유의미한 차이가 없었다 [ $F(1, 19)=1.11, p>.05, F(1, 19)=1.26, p>.05$ ](표 1).

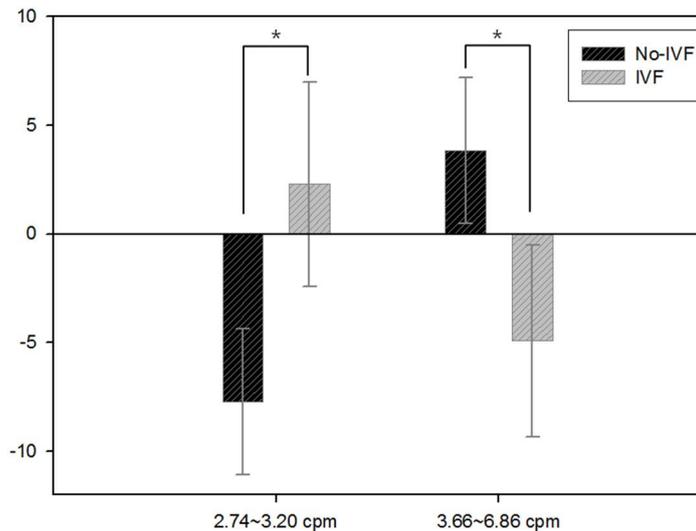


그림 3. 가상환경 경험단계에서 조건 간 EEG의 각 주파수 대역 잔여비율. 각 주파수 대역의 잔여비율은 가상환경 경험단계의 비율에서 기저선 측정단계의 비율을 빼서 계산하였다. IVF 조건에서 No-IVF 조건 보다 정상 주파수 대역(2.74~3.20 cpm) 잔여비율은 유의미하게 높았고 위빈맥 주파수 대역 잔여비율(3.66~6.86 cpm)은 유의미하게 낮았다. (\* $p<.05$ )

표 1. 조건 간 EEG의 각 주파수 대역 잔여비율 비교

		No-IVF (n=20)	IVF(n=20)
		M (SE)	M (SE)
가상현실 경험단계	정상 주파수 대역 잔여비율	-7.73 (3.35)*	2.26 (4.72)*
	위빈맥 주파수 대역 잔여 비율	3.83 (3.36)*	-4.92 (4.43)*
회복단계	정상 주파수 대역 잔여비율	-5.49 (2.88)	-1.26 (3.93)
	위빈맥 주파수 대역 잔여 비율	4.14 (3.91)	-1.42 (4.14)

주. \*  $p<.05$

각 단계의 잔여비율은 피험자마다 기저선 측정 단계의 각 주파수 대역의 비율을 빼서 계산하였다.

**조건 간 자기보고 비교** 사이버멀미의 주관적 지표로 사용된 SSQ 점수는 각 조건 사이에 유의미한 차이가 없었으며[F(1, 19)=0.21,  $p>.05$ ], 최초 사이버멀미 보고 시점과 사이버멀미 지속 시간 역시 각 조건 사이에 유의미한 차이가 없었다[F(1, 7)=3.45,  $p>.05$ , F(1, 19)=0.01,  $p>.05$ ]. 가상환경의 현실감 척도로 사용된 PQ

점수는 각 조건 사이에 유의미한 차이가 없었다[F(1, 19)=2.96,  $p>.05$ ](표 2).

**SSQ와 EGG 사이의 상관관계** SSQ 점수와 가상현실 경험단계의 정상 주파수 대역 잔여 비율 사이에 유의미한 부적 상관관계가 존재했다[r=-0.38,  $p<.05$ ](그림 4). 또한 SSQ 점수와

표 2. 조건 간 SSQ 점수, 최초 사이버멀미 보고 시점(sec), 사이버멀미 지속시간(sec), PQ 점수의 평균 비교

	No-IVF (n=20)	IVF (n=20)
	M (SE)	M (SE)
SSQ 점수	36.94 (5.94)	36.08 (6.35)
최초 사이버멀미 보고 시점 (sec)	195.11 (64.83) <sup>a</sup>	208.33 (48.80) <sup>b</sup>
사이버멀미 지속시간 (sec)	49.45 (24.16)	50.10 (25.23)
PQ 점수	128.15 (3.59)	132.5 (3.56)

주. SSQ = Simulator Sickness Questionnaire, PQ = Presence Questionnaire

<sup>a</sup>n = 11, <sup>b</sup>n = 10.

최초 사이버멀미 보고 시점의 경우 사이버멀미를 보고하지 않은 피험자들은 분석에서 제외하였다.

사이버멀미 지속시간의 경우 사이버멀미를 보고하지 않은 피험자들은 지속시간을 0초로 계산하였다.

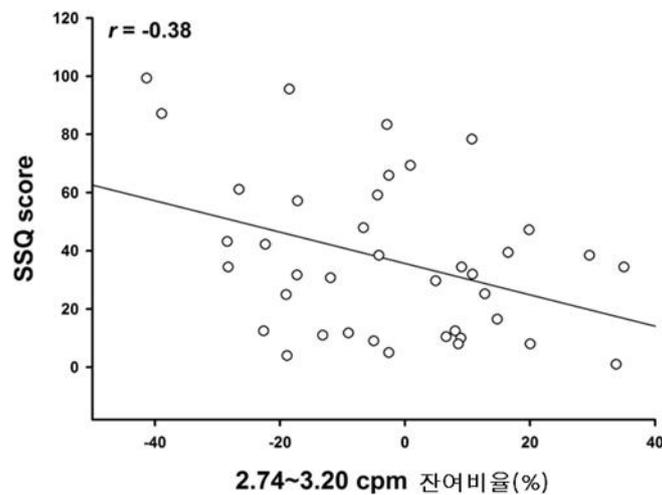


그림 4. 가상환경 경험단계에서 EGG의 정상 주파수 대역 잔여비율과 SSQ 점수 사이의 부적 상관관계. 자기보고한 사이버멀미의 정도가 심할수록 EGG의 정상 주파수 대역이 줄어드는 경향을 보여준다.

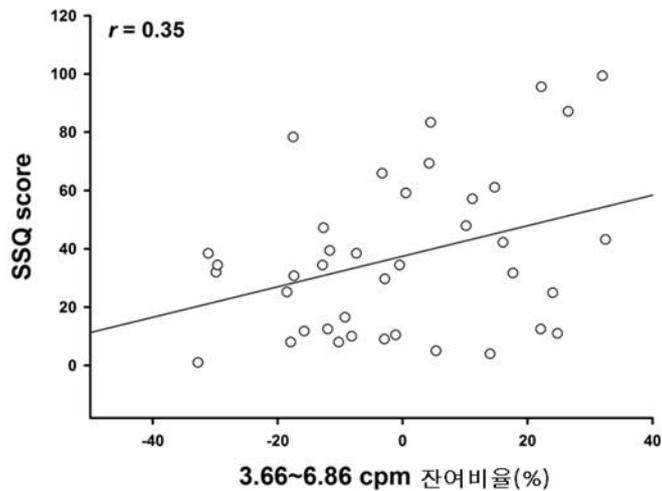


그림 5. 가상환경 경험단계에서 EGG의 위빈맥 주파수 대역 잔여비율과 SSQ 점수 사이의 정적 상관관계. 자기보고한 사이버멀미의 정도가 심할수록 EGG의 위빈맥 주파수 대역이 늘어나는 경향을 보여준다.

가상현실 경험단계의 위빈맥 주파수 대역 잔여비율 사이에는 유의미한 정적 상관관계가 존재했다( $r=0.35, p<.05$ )(그림 5).

### 논 의

본 연구에서는 독립적 시각 전경(IVF)의 사이버멀미 감소 효과를 검증하기 위해 사이버멀미의 심리생리적 지표인 위장전위(EGG)를 측정하였다. 그 결과 기저선 측정단계에서는 각 조건 사이에 EGG의 각 주파수 대역 비율이 유의미한 차이를 보이지 않았으며 가상환경 경험단계에서는 IVF 조건에서 No-IVF 조건보다 정상 주파수 대역(2.74~3.20 cpm) 잔여비율은 유의미하게 높게 유지 되고 위빈맥 주파수 대역(3.66~6.86 cpm) 잔여비율은 유의미하게 낮게 유지 되는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 IVF가 사이버멀미 감소에 효과

가 있다는 것을 시사한다.

Stern 등(1985)과 Kim 등(2005)의 선행연구 결과들을 통해 위빈맥 주파수 대역 비율의 증가가 사이버멀미 증상의 심화를 예측할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구 결과는 가상환경 경험단계의 IVF 조건에서 위빈맥 주파수 대역 잔여비율이 No-IVF 조건보다 유의미하게 낮았으므로 IVF 조건에서 No-IVF 조건보다 사이버멀미 증상이 가벼웠다고 볼 수 있다. 또한 본 실험에서 각 피험자의 개별 3차원 폭포형 그래프와 등고선 그래프(그림 2)를 면밀히 분석해 본 결과 사이버멀미 보고 이후에 위빈맥 주파수 대역이 극적으로 증가하기 보다는 정상 주파수 대역이 감소하는 경향이 관찰되었다. 이러한 경향은 피험자들의 멀미 보고 시점이 유사하고 피험자들이 실험 중단을 요청할 정도의 심각한 구토감(nausea)을 보고한 기존의 실험들과 달리 본 실험의 피험자들은

사이버멀미 보고 시점이나 지속 시간에서 큰 개인차를 보였고 실험 중단을 요청할 정도의 심각한 구토감을 보고하지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 이러한 차이는 본 실험에서 사용된 가상환경이 경미한 수준의 사이버멀미를 유발하기 때문에 발생했을 가능성이 있다. 또한 이런 경미한 수준의 사이버멀미를 경험할 때는 EGG의 정상 주파수 대역에서 위빈맥 주파수 대역으로 옮겨가는 중간 과정에 머물러 있는 상태이므로 정상 주파수 대역이 줄어드는 현상이 관찰되는 것으로 사료된다.

본 연구는 사이버멀미에 대한 주관적 지표(SSQ)와 심리생리적 측정치인 EGG 주파수 대역 사이의 상관관계를 분석했다. 그 결과 가상환경 경험단계에서 위빈맥 주파수 대역 잔여비율이 높아질수록 SSQ 점수도 높아지는 정적 상관관계를 보였다. 또한 정상 주파수 대역 잔여비율이 낮아질수록 SSQ 점수도 높아지는 부적 상관관계를 보였다. 이는 EGG 주파수 대역의 변화와 피험자가 실제로 느끼는 사이버멀미가 밀접하게 연관되어 있음을 의미한다. 이처럼 심리생리적인 지표와 주관적 지표 사이에 상관관계가 있음에도 불구하고 SSQ 점수의 조건 간 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 이러한 결과는 주관적 지표인 SSQ 점수의 개인차가 컸기 때문이라고 사료된다. 또한 SSQ의 작성 시점이 가상환경 경험단계가 끝난 직후가 아닌 회복단계 이후이므로 그 사이의 시간 간격 때문에 사이버멀미가 경감되었거나 왜곡된 보고를 했을 가능성이 있다. 또한 사이버멀미 최초 보고 시점과 사이버멀미 지속 시간의 조건 간 차이 역시 통계적으로 유의미하지 않았는데 이러한 현상은 사이

버멀미에 대한 개인적인 판단 기준이 현저한 차이를 보이기 때문이라고 사료된다.

지금까지 사이버멀미 감소를 위한 방법들은 가상환경을 광범위하게 변화시켜 가상환경에서의 현실감 및 몰입감을 떨어뜨린다는 한계점이 있었다. 본 실험에서는 IVF가 가상환경에서의 현실감에 미치는 영향을 알아보기 위해 각 조건 간에서의 PQ 점수를 비교분석하였다. 그 결과 각 조건 사이에 PQ 점수의 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 실제로 22명의 피험자 중 20명의 피험자들이 2회에 걸친 실험에서 IVF 유무를 인지하지 못하였다. 이는 IVF가 가상환경 자체에 주는 변화가 매우 경미함을 의미하며 IVF가 사이버멀미 경감 솔루션으로 활용될 수 있는 가능성이 매우 높다는 것을 시사한다.

본 연구의 실험 결과는 격자형 IVF가 가상환경의 현실감을 유지하면서도 충분히 사이버멀미 경감 효과를 낼 수 있다는 것을 시사하고 있다. 추후 진행될 연구에서는 다양한 형태의 IVF 역시 사이버멀미 감소 효과가 있는지 살펴보고 보다 효율적인 IVF 제시 시점에 대해 연구하여 실제 생활에 바로 적용시킬 수 있는 IVF 사이버멀미 경감 솔루션을 개발할 필요가 있다.

## 참고문헌

- Duh, H. B. L., Parker, D. E., & Furness, T. A. (2001). *An "Independent Visual Background" reduced balance disturbance evoked by visual scene motion: Implication for alleviating simulator sickness*. Paper presented at the Proceedings of

- the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Seattle, Washington, United States. 85-89.
- Duh, H. B. L., Parker, D. E., & Furness, T. A. (2004). An independent visual background reduced simulator sickness in a driving simulator. *Presence*, 13(5), 578-588.
- Griffin, M. (1990). *Handbook of Human Vibration*. London: Academic Press.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G., (1993). Simulator Sickness Questionnaire (SSQ): An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220.
- Kim, Y. Y., Kim, H. J., Kim, E. N., Ko, H. D., & Kim, H. T. (2005). Characteristic changes in the physiological components of cybersickness. *Psychophysiology*, 42(5), 616-625.
- Kim, Y. Y., Kim, E. N., Park, M. J., Park, K. S., Ko, H. D., & Kim, H. T. (2008). The application of biosignal feedback for reducing cybersickness from exposure to a virtual environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 17(1), 1-16.
- LaViola Jr., Joseph J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *SIGCHI Bulletin*, 32(1), 47-56.
- Prothero, J. D. (1998). *The role of rest frames in vection, presence and motion sickness*. Doctoral Dissertation, University of Washington.
- Prothero, J. D., Draper, M. H., Furness, T. A., Parker, D. E., & Wells, M. J. (1999). The use of an independent visual background to reduce Simulator side-effects. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70(3), 277-283.
- Prothero, J. D., & Parker D. E. (2003). A unified approach to presence and motion sickness, In L. J. Hettinger & M. W. Haas (Eds.), *Virtual and Adaptive Environments: Psychological and Human Performance Issues*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 47-66.
- Reason, J. T., & Brand, J. J. (1975). *Motion Sickness*. London: Academic Press, 135-173.
- Reason, J. T. (1978). Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 71(11), 818-829.
- Riccio, G. E., & Stoffregen, T. A. (1991). An ecological theory of motion sickness and postural instability. *Ecological Psychology*, 3(3), 195-240.
- Stern, R. M., Koch, K. L., Leibowitz, H. W., Lindblad, I. M., Shupert, C. L., & Stewart, W. R. (1985). Tachygastria and motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 56(11), 1074-1077.
- Stern, R. M., Ray, W. J., & Quigley, K. S. (2001). *Psychophysiological Recording*. New York: Oxford University Press.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.

1 차원고접수 : 2012. 6. 25  
수정원고접수 : 2012. 8. 1  
최종게재결정 : 2012. 9. 8

## Effect of an Independent Visual Foreground on Cybersickness in Virtual Environment

InJae Hwang<sup>1)</sup>   SeokChan Kim<sup>1)</sup>   EunHee Chang<sup>1)</sup>   Hyeonjin Jeon<sup>1)</sup>  
YeSeul Chun<sup>1)</sup>   Changhoon Park<sup>2)</sup>   Hyun Taek Kim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Psychology, Korea University

<sup>2)</sup>Department of Game Engineering, Hoseo University

Cybersickness accompanies a variety of autonomic symptoms that parallel symptoms of motion sickness. The underlying physiological mechanisms of cybersickness have been controversial and foolproof methods for elimination of cybersickness have not been introduced. This study investigated effects of an independent visual foreground (IVF) which could assist users in selecting a single rest frame in virtual environment (VE) to reduce cybersickness. Twenty-two subjects experienced a VE both with the IVF (IVF condition) and without the IVF (No-IVF condition) with counterbalancing for control of order effects at an interval of two weeks. Subjective indices of cybersickness were obtained from self-reports and a simulator sickness questionnaire (SSQ). Physiological indices of cybersickness were obtained from the frequency spectrum of electrogastrogram(EGG). A presence questionnaire (PQ) was used to compare the feeling of presence in each condition. The main findings were that the residual percent of normal frequency of EGG was maintained significantly higher level and the residual percent of tachygastria frequency of EGG was maintained significantly lower level in the IVF condition than those in the No-IVF condition. There was a significant correlation between SSQ scores and frequency spectrum of EGG. However, there was no significant difference in PQ scores between IVF and No-IVF conditions, which showed that IVF did not deteriorate the feeling of presence in the VE.. These results suggest that presentation of IVF in VE reduce autonomic symptoms of cybersickness and EGG can be an objective measure of cybersickness. We suggest that use of IVF can be a promising approach to alleviate cybersickness in VE.

*Key words* : virtual environment, cybersickness, independent visual foreground, rest frame, electrogastrogram