한국심리학회지 : 인지 및 생물
The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology
2011, Vol. 23, No. 2, 287-299

사이버멀미의 유발원인과 감소방법*

한 경 훈
고려대학교 행동과학연구소

김 현 택†
고려대학교 심리학과

현실과 유사한 환경을 구현할 수 있다는 장점으로 산업, 의료, 및 파일럿의 비행훈련 등에 전문분야에서 주로 사용되었던 3D 가상환경은 3D 영상 미디어의 기술 발달과 함께 3D TV와 3D 영화 등으로 생활 엔터테인먼트로 자리 잡고 있다. 그러나 3D 가상환경을 경험한 상당수의 사용자가 사이버멀미를 경험하는데, 이는 3D 가상환경 기술 산업이 해결해야할 주요한 문제이다. 사이버멀미의 증상은 현기증, 어지러움, 두통, 구토감 등으로 기존의 멀미와 그 증상은 유사하나, 가상환경에서 유발되는 멀미의 원인은 일반적인 멀미 유발과는 다르다. 연구자들은 사이버멀미를 감소시키는 여러 가지 방법들을 제시하고 있으나 사이버멀미를 완전히 해결할 수 있는 방법은 현재까지 개발되지 않았다. 현 논문에서는 가상환경 경험 시 사이버멀미가 발생하는 원인을 설명하기 위해 제안된 멀미 관련 이론인 감각갈등이론과 자세불안정이론을 소개하고, 기존의 연구들에서 제시된 대표적인 사이버멀미 경감 방법인 시야각 축소, 모션플랫폼과 정지좌표계 사용에 대해 논의하고자 한다.

주요어 : 사이버멀미, 가상환경, 감각갈등, 정지좌표계

* 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0025563)

† 교신저자 : 김현택, 고려대학교 심리학과, 서울특별시 성북구 안암동 5가 1
E-mail : neurolab@korea.ac.kr

www.kci.go.kr

최근 가상환경(virtual environment, VE)은 내비게이션, 모바일폰 및 게임기기와 같은 디지털기기를 통해 우리 생활에 소개되었으며, 3D 영화 아바타를 계기로 일반인들에게도 친숙해지고 있다. 이처럼 가상환경 기술을 이용한 제품들이 광범위하게 개발되고 사용자들의 생활 속에 급속하게 침투하고 있음에도 불구하고 가상환경이 인체에 미치는 영향과 안전성에 대한 고려는 거의 없는 실정이다.

3D 가상환경이 인체에 미치는 영향 중 가장 두드러진 현상은 두통, 눈의 피로, 메스꺼움, 어지러움, 구토, 위에 대한 부담감, 현기증 등의 증상을 포함하는 사이버멀미(cybersickness)이다. 연구에 따르면, 사이버멀미는 시각기관으로 들어오는 입력과 전정기관으로 들어오는 입력 사이의 불일치로 인해 발생한다(Kennedy 등, 1992; Strauss, 1995). 또한 IMAX와 같은 시야각(Field of View, FOV)이 큰 디스플레이는 가상현실의 몰입감(immersion)과 현실감(presence)을 증가시키는 반면, 전이성 착각(vection illusion)을 일으켜 사이버멀미를 더욱 증가시킨다고 한다(Kennedy 등, 1989; 김영윤 등, 2002; Kim 등, 2008).

3D 가상환경의 발전에 있어 사이버멀미와 같은 부정적 요소를 감소시키는 것이 중요해짐에 따라, 가상환경과 인적요소에 관한 일련의 연구들이 진행되었다. 예를 들어, Knight와 Arns(2006)은 450명의 피험자를 대상으로 한 연구에서 가상현실 경험 시 노년층의 사이버멀미 발생률이 높으며 그 정도도 심한 것으로 보고하였으며, Regan(1995)은 가상현실 몰입 후 10분에서 20분 사이에 구토와 현기증을 동반한 멀미증상이 심했다고 보고하였다. 또한, 광장공포증 환자의 경우 다중감각 통합의 어려움으로 인해 가상현실에서 쉽게 멀미가 발생하고(Viaud-Delmon 등, 2006), 사이버멀미가 심리적 불안과 상관이 높아 가상환경에 대해 불안을 느끼면 멀미가 생긴다고 보고하였다(Owen 등, 1998).

사이버멀미는 일반적으로 교통수단 등을 통해 발생하는 일반 멀미(motion sickness)와는 다르다고 알려져 있다(Mccauley & Sharkey, 1992; Wilson, 1996). 예를 들어, Arns와 Cerney(2005)는 사이버멀미와 멀미가 유발되는 연령의 특성을 보고하였는데, 사이버멀미는 일반 멀미와 다르게 중장년층에서 발생빈도가 더 높은 것으로 보고하였다. 또한, Stanney와 Kennedy(1998)는 가상환경과 가상비행 시뮬레이터를 통해 유발된 멀미의 빈도를 각각 분석한 결과 가상환경에서 멀미의 발생률이 시뮬레이터에 의해 유발된 멀미보다 3배 높은 것으로 보고하였다. 사이버멀미가 일반 멀미와 유사한 증상을 공유함에도 불구하고, 이 둘이 유발되는 원인은 각기 다른 것으로 알려져 있다. Money (1970)의 연구에 따르면 일반 멀미는 온전히 전정감각과 같은 하나의 감각적 원인에 의하여 발생할 수 있는 반면, 사이버멀미는 운동(motion)과 시각적 자극의 부조화로 인해 발생한다(Kolasinski, Goldberg & Hiller, 1995).

본 논문에서는 3D 가상환경의 경험할 때 발생하는 사이버멀미의 원인을 규명하기 위해 제시된 멀미 관련 이론들 그리고 기존의 연구들에서 제시된 사이버멀미 경감 해결방법들에 대해 논의하고자 한다.

www.kci.go.kr

시지각과 전정감각

사이버멀미가 유발되는 한 가지 원인은 시각 정보와 전정 정보가 괴리되어 두 감각간의 갈등이 발생하기 때문이다. 따라서 사이버멀미의 유발요인에 대해 잘 이해하기 위해서는 시각체계와 전정체계에 대한 이해가 필수적이다. 전정체계는 일차적으로 우리 눈과 머리의 움직임과 관련된 정보를 신경계에 전달하고 우리가 직립할 수 있도록 근육으로도 신호를 보내 시각과 우리의 자세를 일치시키는 데 중요한 역할을 한다. 가상환경에서는 발생한 시각적 자극에 대한 물리적인 움직임이 동반되지 않기 때문에 전정기관이 적절하게 작용하지 않아 사이버멀미가 유발될 수 있다.

시지각 시지각이란 우리 눈에 들어오는 시각 정보들을 인식하고 변별하여 기존에 습득한 정보들과 연합하는 과정을 이른다. 인간의 시지각은 사물의 형태, 깊이에 대한 지각뿐만 아니라 시각과 운동감각 간의 협응을 통해 공간 안에서 자신의 위치와 방향을 정하는 일련의 과정에 매우 중요한 역할을 한다.

3D 영상의 디스플레이는 여러 가지 시지각 현상을 이용한 기술의 통합체라고도 할 수 있다. 예를 들어, 애니매이션 영상에는 깊이 지각, 운동 지각, 그리고 착시 현상과 같은 지각 심리학적 지식들이 포함되어 있다. 3D 영상에서 경험하는 대표적인 착시 현상으로는 전이성 착각(vection illusion)이 있다. 전이성 착각이란 외부환경이나 물체의 움직임 때문에 자신이 움직인다고 생각하는 현상으로, 다시 말하면 시각자극에 의해서만 발생하는 자기운동(self-motion)이다. 예를 들면, vection은 정지되어 있는 자동차에 앉아 있을 때 주위의 다른 사물이나 자동차가 한 방향으로 움직이는 동안 발생하는데, 정지된 차에 앉아 있는 운전자가 자신이 움직이는 것으로 착각하는 것이다. 실제 운동에서는 항상 전정감각의 정보가 수반되지만 vection에 의한 운동감각 입력은 시각흐름(optic flow)에 의한 것으로 전정감각 정보를 수반하지 않는다. 이러한 부조화된 시각과 전정의 관계로 인해 감각갈등이 발생한다. 특히 이러한 vection 현상은 IMAX와 같이 시야각이 큰 디스플레이 일수록, 그리고 3D영상 내의 시각흐름의 비율이 증가할수록 빈번하게 발생한다.

전정감각 전정기관은 우리의 자세 균형 및 움직임, 그리고 동작의 평형, 방향감각 등에 대한 정보를 제공한다. 내이에 위치하고 있으며 중력, 움직임, 탐색, 그리고 머리의 위치변화에 반응하며, 세 개의 반고리관(semicircular canal)과 두 개의 이석기관(otolith organ), 구형낭(saccule)과 난형낭(utricle)으로 구성되어 있다. 세반고리관은 두뇌의 세 주요 면에 따라 배열되어 외측, 상측, 후측으로 구성되어 각가속(angular acceleration)을[1] 탐지한다. 각 고리관 내에는 내임파액(endolymph)이 흐르고 있으며, 머리가 회전하면 그 방향에 따라 내임파액이 반고리관 내에 흐르게 되고, 이 흐름은 팽대부(ampulla)내에 있는 팽대정(cupular)을 구부려 유모세포에 전단력이 가해진다. 뇌의 오른쪽,

1) 각가속이란 각속도가 증가하는 것을 말하며, 가속도란 특정 축을 기준으로 각이 돌아가는 속력을 나타내는 벡터이다.

www.kci.go.kr

왼쪽에 각각 위치한 세반고리관은 서로 쌍으로 연결되어 푸시-풀(push-pull) 방식으로 작용한다. 푸시-풀 방식이란 하나의 고리관이 활성화되면 이와 쌍을 이룬 반대편의 다른 고리관은 억제됨을 의미한다. 예를 들어, 머리를 좌측으로 회전하는 동안에는 좌측 외측반고리관이 활성화(push)되고 반대편의 우측 외측반고리관은 억제(pull)된다. 이러한 푸시-풀 방식이 작용하지 않고, 양측 모두 활성화되어 반응하면 현기증을 일으킨다.

전정기관은 또한 이석기관을 통해 위치변화나 직선가속(linear accerlation)[2]에 반응한다. 이석기관인 구형낭과 난형낭의 수용기 섬모는 젤라틴 덩어리로 묻혀 있고 이 안에 탄산칼슘 입자인 청사(otoconia)가 들어있다. 이러한 탄산칼슘 입자들은 머리 움직임의 방향에 따라 움직여 유모세포에 전단력을 가한다. 난형낭은 수평(horizontal) 움직임을 탐지하고 구형낭은 상하 및 앞뒤의 중력에 따른 수직적(vertical) 움직임을 탐지한다. 또한 이석기관을 저빈도로 자극하면 구토감이 유발된다.

우리는 전정기관을 통해 우리가 어느 위치에 있는지 지각하며 환경에 따라 안정적 자세를 유지한다. 이러한 기능을 수행하기 위해 전정기관에서의 감각정보는 시각 및 청각 정보 등과 같은 다른 감각정보들과 통합된다. 특히 시각적 대상에 초점을 두는 것과 몸의 위치, 자세 유지, 방향감각 등은 전정감각과 시각과의 협응으로 이루어진다. 가상환경에서는 이러한 감각들 간의 협응이 이루어지지 않기 때문에 사이버멀미가 유발된다.

2) 직선가속이란 물체가 한 방향으로 이동하는 동안 직선속도가 증가하는 것을 말하며, 직선속도란 물체가 한 방향으로 이동하는 속도를 말한다.

사이버멀미 이론

사이버멀미의 유발 원인을 설명하는 여러 이론 중 감각갈등(sensory conflict)이론과 자세불안전성(postural instability)이론은 각각 여러 연구를 통해 지지되고 검증되고 있다.

감각갈등이론(sensory conflict theory)

인간은 시각, 청각, 후각, 체감각, 및 운동감각(self- motion)과 같은 시·공간적으로 다른 속성을 가진 감각들이 신경계를 통해 통합됨으로써 하나의 응집된 지각적 경험(coherent perception)을 하게 된다. 다중감각갈등(multi-modal sensory conflict)이란 시각, 청각, 체감각, 전정감각 등의 개별감각들이 뇌에서 통합(integration)되지 못하여 와해된 지각적 경험을 말한다(그림 1).

인간은 실제 환경에서 시각체계와 전정체계의 협응을 통해 적절한 자세를 잡고 균형을 잡으며 움직일 수 있다. 그러나 가상환경에서는 이러한 두 감각기관의 협응이 실제 환경에

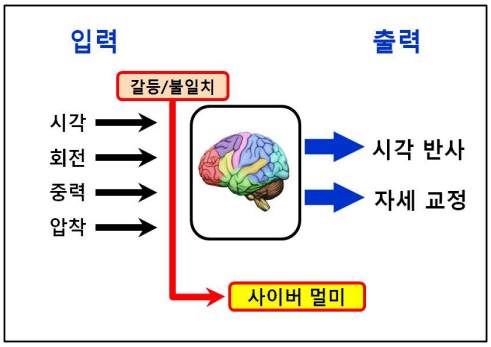

그림 1. 감각갈등에 따른 사이버멀미 유발

www.kci.go.kr

서 경험한 값과 다르기 때문에 부조화를 이루어 감각 간의 갈등이 발생하기 쉽다. 다시 말해, 가상환경 안에서 피험자는 시각적 자극에 의해서만 특정 방향으로 움직인다는 신호를 받지만 전정에 들어오는 각가속과 직선가속의 입력 정보가 없기 때문에 시각정보에 따른 실제 물리적 움직임이 없는 상태, 즉 두 감각 사이의 갈등현상이 극대화되어 멀미감을 느끼게 된다. 예를 들어 가상환경에서 경험하는 주행경험과 실제 주행경험의 차이를 비교해 보자. 실제 주행에서 운전자가 경사로나 요철 등의 장애물을 지각하게 되면 이에 대한 예측(expectation)이 일어나고 자극에 대한 물리적인 반응이 동반된다. 그러나 가상환경에서는 이러한 장애물을 시각적으로 지각하는 데만 그치고 물리적 움직임을 동반하지는 않기 때문에 피험자는 어색한 느낌을 가지게 되는 것이다. 따라서 일부 연구에서는 가상환경을 경험할 때 모션플랫폼(motion platform)을 사용하여 물리적 움직임을 줌으로써 멀미를 경감시킬 수 있다고 하였다(김영윤 등, 2003). 그러나 이 또한 피험자가 실제 환경에서 경험해 온 시각과 전정의 통합과는 다른 수준에서 인위적인 통합을 시도할 경우 이 또한 충돌이 발생되어 멀미가 유발된다고 보고되었다.

감각갈등이론은 멀미를 유발하는 원인을 설명하는 이론으로, 이를 지지하는 많은 증거들이 제시되었다. 예를 들어, Kiryu 등(2005)은 다중감각갈등이 멀미감의 자율신경적 조절(autonomic regulation)에 부정적인 영향을 미쳐 멀미의 증상이 심화된다며 감각갈등이론을 지지하였다. Viaud-Delmon 등(2006)은 심리적 요인이 아닌 생리적 요인인 다중감각 통합 손상에 의한 광장공포증 환자를 대상으로 시각자극만 제시되는 가상환경과 시각과 청각자극이 함께 제시되는 가상환경을 경험하게 하였다. 실험결과, 시각과 청각 자극이 함께 제시된 가상환경은 정상인의 경우 가상환경에 더 잘 몰입하게 만들었지만, 환자의 경우 멀미 유발을 증가시켰다.

감각갈등이론은 사이버멀미의 유발원인을 가장 잘 설명하며 이를 증명하기 위한 많은 연구들이 이루어졌지만 실제 가상환경에서 발생하는 사이버멀미는 다른 원인으로도 유발될 수 있다. La Viola(2000)는 감각갈등이론이 사이버멀미 발생의 개인차와 구토, 현기증, 두통과 같은 멀미의 병리적 증세를 왜 동반하는지 설명하지 못한다고 지적하였다. 즉 특성 가상환경이 감각간의 갈등을 유발하는 요소를 가지더라도, 이 가상환경을 경함한 모든 사용자가 사이버멀미를 보고하지는 않는다. 또한 감각갈등이론은 감각갈등이 왜 멀미와 같은 증상을 유발하는지에 대한 명쾌한 답을 주지는 못한다.

자세 불안정성(Postural instability) 자세 불안정성 이론은 움직임의 기본은 환경에 맞게 자세를 안정시키는 것이라고 하는 가정에서 출발하였다(Riccio & Stoffregen, 1991). 겨울에 빙판길을 걷거나 매우 좁은 평균대 위를 걸어갈 때를 상상해보라. 우리는 평소 콘크리트길을 걷는 방법과는 다른 방식으로 전략을 수정함으로써 넘어지지 않게 되는데, 이는 경험의 축적에 의해 자세 안정성을 획득하였기 때문에 가능하다. 연구자들에 따르면, 자세불안정성을 일으키는 상황은 가상환경을 경험하는 동안에도 발생할 수 있는데, 예를 들면 가

www.kci.go.kr

상환경에서 비행기를 타고 날아다니는 느낌을 주는 플라잉 카메라 효과를 경험할 때가 그러하다. 이러한 가상환경 안에서 종종 사람들은 시각적으로 회전하는 영상을 보면서 자신의 몸을 자발적으로 기울이기도 하고, 몸에 힘을 주어 근육을 경직시키는 행동을 한다. 우리 몸은 항상 균형을 잡아 자세의 안정성을 유지하려 하는데, 가상환경과 같이 익숙하지 않은 환경에서는 기존의 자세 제어 전략이 능력을 발휘하지 못하게 된다. 가상환경에 특성화된 가속과 회전 등이 존재하기 때문에 기존의 방식으로 우리 몸과 자세를 제어할 수 없게 된다. 실제 현실에서 빙판길을 걷는다거나 경사로를 내려오는 비교적 짧은 시간동안 일어나는 자세 불안정으로는 멀미가 발생하지 않으나, 가상환경이나 강도가 강한 놀이기구 등과 같이 자세 불안정이 오래 지속되면 이로 인해 멀미가 발생한다.

기존 연구들에서는 가상환경에서 발생하는 멀미가 온전히 시각적 정보에 의한 것이라고 생각했기 때문에 멀미와 자세조절(postural control)의 관계는 중요하게 여겨지지 않았다. 그러나 Riccio와 Stoffregen(1991)는 특정 환경에서 우리 몸의 자세가 불안정하여 이를 제어할 수 없게 되면 멀미가 유발되는 것이라고 주장하였다. 가상환경으로 움직이는 방(moving room)을 만들어 사이버멀미를 검증한 연구에 따르면, 피험자는 실제 물리적 요동이 없음에도 불구하고 몸이 동요하고 자세를 적절하게 제어하지 못하는 등의 자세 불안정이 지속되면서 멀미가 증가하였다고 보고하였다(Stoffregen & Smart, 1998). 이 이론은 사이버멀미 유발 원인을 설명하는데 감각갈등 이론으로 설명되지 않은 개인차, 즉 가상환경에서 제시되는 시각적 자극으로 인해 자세 불안정이 발생하더라도 사용자에 따라 가상환경에 빠르게 적응하여 자세를 안정화하면 멀미가 유발되지 않다는 것을 설명한다. 그러나 두 이론은 사이버멀미의 근본적인 원인을 시지각과 물리적 운동감각으로 설명하는 것에 있어서 많은 부분이 유사하다.

사이버멀미 감소 방법

3D 가상환경에서 발생하는 사이버멀미를 감소시키는 가장 대표적인 방법은 반복적 노출을 통한 적응이다. 그러나 3D 영화 및 3D TV와 같은 생활 엔터테인먼트를 즐기기 위해 적응 훈련을 받고자 하는 사람은 많지 않을 것이기 때문에, 이는 실제적인 해결책이 될 수 없다.

시야각의 크기 조절 사이버멀미를 감소시키는 가장 효율적인 방법 중에 하나는 디스플레이의 시야각(FOV)을 줄이는 것이다. 디스플레이 시야각이 클수록 vection이 더 잘 유발되고 그만큼 감각갈등이론에 따른 시각과 전정감각과의 갈등이 커지기 때문이다. Kiryu 등(2004)은 전이성 착각과 화면의 크기 등이 가상현실 멀미를 유발하는 주요 원인임을 시사하였다. IMAX와 같은 시야각이 큰 디스플레이는 몰입감과 현실감을 증가시키지만, 전이성 착각을 크게 일으켜 사이버멀미를 증가시킨다는 연구가 있다(Kennedy 등, 1989; 김영윤 등, 2002). Kim 등(2008)은 생리적 신호의 피드백을 통해 가상환경 노출 시 멀미의 생리적 증상이 탐지

www.kci.go.kr

될 때 물리적으로 시야각의 크기를 줄이고 운전(navigation) 속도를 줄이는 조작을 함으로써 사이버멀미가 감소된다는 결과를 얻었다. 이와 같이 가상환경 경험 시 멀미와 관련된 생리적 증상이 탐지될 때 시야각을 줄이게 되면, vection이 줄어들게 되어 고조된 감각 간의 갈등이 줄어들거나 사라지는 것으로 추정된다.

이러한 조작은 사이버멀미를 감소시키는 한 가지 방법이 될 수 있으나, 시야각을 작게 하면 몰입감과 현실감을 저하시킬 수 있다는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 물리적으로 화면의 크기를 줄이는 방법 외에 영상내의 양측 끝을 어둡게 하거나 영상 내에 건물이나 나무처럼 같은 정지된 사물을 배치하는 방법이 효과가 있을 것으로 제안한다. 이러한 방법은 시야각을 줄이는 효과를 유발하면서 몰입감과 현실감이 저하되는 현상을 막을 것으로 생각된다(그림 2).

모션플랫폼의 사용 가상환경 경험 시 모션플랫폼을 사용하여 멀미감을 감소시킬 수 있다. 모션플랫폼은 실제 물리적인 움직임을 부여하기 때문에 감각갈등이론에서 말하는 시각과 전정감각간의 갈등을 최소화할 수 있기 때문이다. 김영윤 등(2003)은 3D 가상환경에서 모션플랫폼을 사용하였을 때 사용자의 심리생리적 변화를 관찰하였다(그림 3). 그 결과, 모션플랫폼을 사용할 때 사용하지 않을 때에 비해 생리적으로 보다 안정적이고, 몰입감이 증대되며, 동시에 멀미감이 감소하였다. 비록 모션플랫폼을 사용할 때의 멀미감이 감소하기는 하지만, 모션플랫폼을 사용한 가상주행이나 가상비행 시뮬레이터 등을 사용할 때 멀미가 유발되지 않는 것은 아니다. 오히려 가상환경에서 부여되는 시각적 영상에 수반되어야할 움직임을 모션플랫폼이 정확히 일치시키지 못하는 경우, 사용자는 기존의 현실에서 경험한 시지각과 운동감각간의 통합과 차이에서 어색함을 느끼고 멀미감을 호소한다. 실제 3D 가상환경과 모션플랫폼의 움직임을 최적화하여

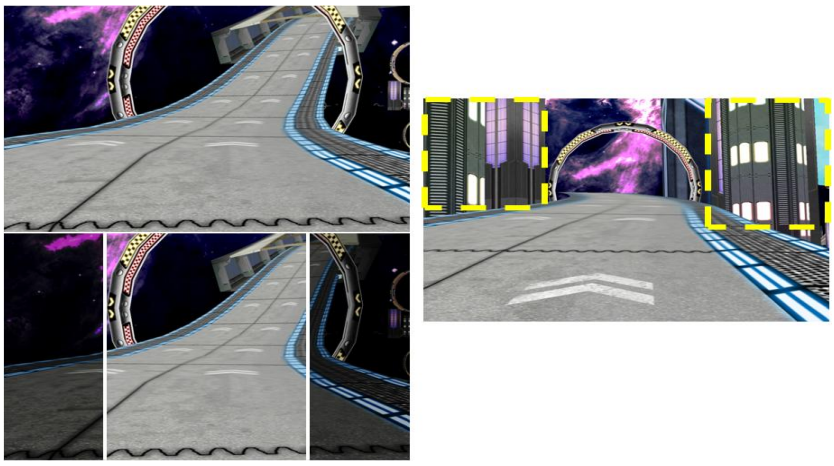

그림 2. 좌) 영상의 양측을 어둡게 하여 시야각을 줄이는 방법
우) 영상의 양측에 정지된 사물인 건물을 배치하여 시야각을 줄이는 방법

www.kci.go.kr

그림 3. 모션플랫폼
(출처: 김영윤 등, 2003)

일치시키는 일은 그리 간단하지 않다. 또한 모션플랫폼의 부피와 비용을 고려할 때 다소 효율성과 경제성이 다소 떨어진다는 단점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 La Violar (2000)는 전정에 전기자극을 주어 모션플랫폼과 같은 효과를 발생시키는 방법을 제안하였다. 이는 8번 뇌신경에 약한 전류를 흘려보냄으로써 전정기관이 각가속과 직선가속이 발생한 것처럼 느끼도록 하는 방법이다. 이러한 방법은 모션플랫폼에 비해 효율성은 높으나 상용화되기 위해서는 몇 가지 쟁점이 있다. 예를 들어, 전정기관에 어느 정도의 전기자극을 가해야 우리의 뇌가 자기운동감(self-motion)을 가질 것인지, 그리고 시각적 자극에 맞춰 전기 자극을 정확하게 제시할 수 있을지 등의 문제가 해결되어야 한다. 이에 더하여 전기자극의 안전성 및 인체에 미치는 영향이 검증되어야 한다.

정지좌표계(rest frames)의 활용 정지좌표계 또한 사이버멀미를 감소시킬 수 있는 유력한 방법으로 제시되었다(Pathero, 1998). 정지좌표계란 가상공간에서 현재 자신의 위치가 어디인지 공간적인 판단을 할 수 있도록 고안된 일종의 참조틀(reference frame)이다(Harm 등, 1998)(그림 4). 우리가 사는 현실에도 정지좌표계가 존재한다. 예를 들어, 우리는 움직이는 지구에 살고 있고 자전하는 지구 위의 많은 사물들은 저마다의 방향으로 움직이고 있다. 그러나 우리는 지구를 중심(reference)으로 움직이는 사물의 상대적인 운동 방향과 위치를 지각하므로, 사실은 지구가 정지좌표계가 되는 것이다. 가상환경에서 정지좌표계를 투사할 경우 사용자는 정지좌표계가 없는 경우보다 안정감을 느끼게 된다. 자세불안정성이론에서 주장하는 것처럼 익숙하지 않은 가상환경을 처음 경험하게 되면 사용자는 자세조절에 어려움을 겪게 되며 이로 인해 사이버멀미를 경험하게 된다. 정지좌표계는 가상환경 안에서 사용자에게 상대적 안정감을 부여함으로써 사용자가 보다 빨리 그리고 안정적으로 자세를 조절할 수 있게 하는 중요한 역할을 한다.

Duh 등(2004)은 가상환경에 격자형태의 정지좌표계를 적용하면 시각적 영상 변화에 의해 일어나는 멀미감이나 불균형감을 감소시키는 동시에 몰입감과 현실감을 감소시킨다는 결론을 얻었다. 또한 정지좌표계의 적용이 멀미감에 영향을 미치는 방식에는 개인차가 있음이 보고되었는데, 예를 들어 일부 피험자는 사각형을 이루는 격자 안에서 동작유도(motion induction)가 발생하여 멀미가 증가하기도 하고, 다른 피험자의 경우에는 정지좌표계가 고정되

www.kci.go.kr

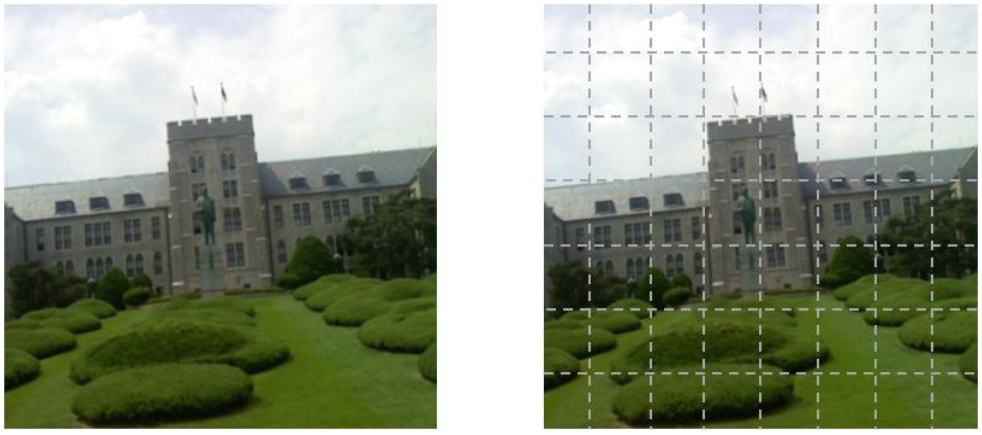

그림 4. 격자형 정지좌표계

지 않고 움직이는 것으로 지각되어 멀미를 증가시킨다고 보고하였다(Duh 등, 2001; Kim, 2001). Kim과 Lin(2002)은 구름과 같은 자연형 정지좌표계를 적용하면 격자형 정지좌표계가 가진 문제를 해결할 수 있다고 가정하였다. 연구 결과, 자연형 정지좌표계로 멀미감소 효과를 보기 위해서는 상당히 많은 수의 자연형 정지좌표계가 필요한데, 이들을 지나치게 많이 적용할 경우 오히려 몰입감과 현실감을 떨어뜨린다는 결론을 얻었다. 이러한 자연형 정지좌표계는 배경의 변화가 크지 않은 운전주행 및 가상비행 시뮬레이터에는 적용이 가능하지만, 영화나 게임처럼 수없이 많은 영상을 포함하는 엔터테인먼트용 양안부등(binocular disparity) 3D 영상에는 적용하기 힘들다는 현실적인 문제도 있다.

기존의 연구에서 사용된 정지좌표계는 양안부등 3D 가상환경이 아닌 3D 입체 효과가 있는 2D 디스플레이에서 개발된 것으로, 양안부등을 이용한 3D 디스플레이에 최적화된 정지좌표계의 개발 및 타당성에 대한 검증이 필요하다. 이에 따라, 한경훈 등(2010)은 3D 사각터널형 정지좌표계를 개발하고 이것의 효과를 검증하기 위한 실험을 하였다(그림 5). 실험결과 정지좌표계의 멀미 경감 효과는 발견되지 않았는데, 이러한 결과는 다음과 같은 가능성을 시사한다. 첫째, 3D 사각터널형 정지좌표계의 격자들로 인해 동작유도가 발생하였거나, 일반 정지좌표계를 적용하거나 정지좌표계를 적용하지 않는 조건에 비해 속도가 더 빠른 것으로 지각했을 가능성이 있다. 또한

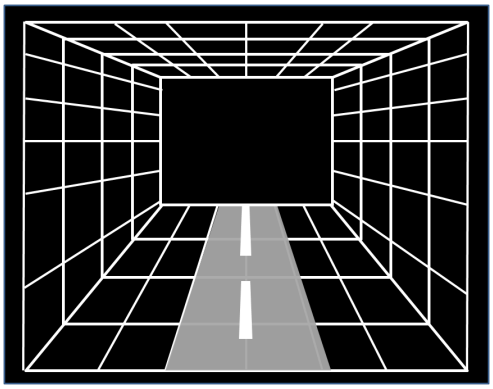

그림 5. 3D-사각터널형 정지좌표계

www.kci.go.kr

3D 사각터널형 정지좌표계는 스크린의 외벽 사면에 고정되어 있어 사용자가 정지좌표계를 잘못 활용할 경우 정지좌표계 전체가 움직이는 것으로 지각하게 되어 멀미를 가중시킬 수 있다는 가능성을 발견하였다. 따라서, 몰입감과 현실감은 유지하면서도 사이버멀미를 감소시키는 최적의 정지좌표계를 개발하고 이를 효과적으로 제시하는 방법을 연구하는 것이 매우 중요하다.

결 론

가상환경은 실제 환경과 흡사한 환경을 만들어 사용자에게 간접적인 경험을 제공한다는 장점을 가지고 의료, 산업 분야에서 광범위하게 적용되고 있다. 예를 들어, 의료 분야에서 가상환경은 외상후 스트레스장애(post-traumatic stress disorder, PTSD)나 고소공포증 환자를 치료하기 위한 심리치료에 활용되고 있다. 또한 가상환경은 게임, 3D TV, 3D 영화와 같은 산업영역에도 광범위하게 적용되고 있는 실정이다. 3D 산업의 질적 발전을 위해 극복해야 할 가장 큰 장벽은 사이버멀미 문제를 해결하는 것이다.

사이버멀미의 유발 원인을 설명하는 두 가지 이론이 있다. 첫째, 감각갈등이론에 따르면 시각, 청각, 후각, 체감각, 미각 및 운동감각(self-motion)과 같은 개별감각들이 뇌에서 통합을 형성하지 못하면 와해된 지각적 경험을 하게 되는 감각갈등현상이 발생한다. 전형적으로 가상환경에서의 지각적 경험은 실제 환경보다 인위적이기 때문에 시각과 전정감각이 갈등을 일으켜 사이버멀미가 유발되기 쉽다는 것이다. 둘째, 가상환경에서 지속적인 자세의 불안정이 사이버멀미의 원인이라 주장하는 자세불안정 이론도 제기되었다. 인간은 기본적으로 환경에 맞게 자세를 안정시키는 방향으로 움직임을 수정하는데, 가상환경과 같이 익숙하지 않은 환경에서는 기존의 자세 제어 전략이 능력을 발휘하지 못하고 불안정성이 지속되기 때문에 이로 인해 멀미가 발생한다는 것이다. 이 이론은 멀미의 유발이 자세조절과 관련되어 있음을 강조하고 있기는 하지만, 멀미의 원인이 시각자극에 따른 전정기관의 반응이 원활하게 이루어지지 않기 때문이라고 설명하는 점에서 유사점이 관찰된다.

이러한 이론들이 사이버멀미의 유발 원인을 완전히 규명하지는 못하지만, 이러한 이론들을 토대로 가상환경 디스플레이의 시야각 크기 조절, 모션플랫폼을 이용한 운동감각 부여 및 정지좌표계 제시 등, 사이버멀미를 감소시키는 방법에 대한 연구들이 지속되었다.

현재까지 제안된 멀미감소 방법들은 실용화되기가 어렵거나(예, 반복적 사전노출), 가상환경의 다른 질적 요소인 몰입감과 현실감을 감소시킨다는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 사이버멀미는 단순히 3D 가상환경 디스플레이의 기술의 발전으로 해결될 수 있는 요소가 아니라는 점을 고려할 때, 인적요인(human factor)을 고려하여 인간친화적인 3D 가상환경을 개발하는 일이 매우 중요하다. 추후 연구에서는 사이버멀미를 유발하는 물리적 요인 및 인적 요인에 대한 연구가 병행되어야 하며, 이를 바탕으로 멀미를 감소시키는 다양한 솔루션에 대한 집중적인 탐색이 필요하다.

www.kci.go.kr

참고문헌

김영윤, 김은남, 정찬용, 고희동, 김현택 (2002). 생체신호 피드백을 적용한 가상 주행환경에서 사이버멀미 감소 효과. 한국감성과학회지 5, 29-34.

김영윤, 김은남, 고희동, 김현택 (2003). 가상주행에서 모션플랫폼의 긍정적인 효과. 한국감성과학회지 6, 11-16.

한경훈, 박창훈, 김응석, 김대근, 우성호, 김현택 (2011). 뇌기반 3D 가상환경 멀미 경감 솔루션 개발. 2011년도 공동학술대회 회보: 한국문화경제학회, 한국문화산업학회, 한국문화예술경영학회, 139-144.

Arns, L. L., & Cerney, M. M. (2005). The relationship between age and incidence of cybersickness among immersive environment users. *Paper presented at the IEEE Virtual Reality 2005.*

Duh, H. B., Parker, D. E., & Furness, T. A. (2001). An "independent visual background" reduced balance disturbance envoked by visual scene motion: implication for alleviating simulator sickness. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Seattle, WA, March/31 - April/5, pp.85-89.*

Duh, H. B., Parker, D. E., & Furness, T. A. (2004). An independent visual background reduced simulator sickness in a driving simulator. *Presence, 13(5),* 578-588.

Harm, D. L., Parker, D. E., Reschke, M. F., & Skinner, N. C. (1998). Relationship between selected orientation rest frame, circular vection space motion sickness. *Brain Research Bulletin, 47(5),* 497-50.

Kennedy, R. S., Lane, N. E., Lilienthal, M. G., Berbaum, K. S., & Hettinger, L. J. (1992). Profile analysis of simulator sickness symptoms: Application to virtual environment systems. *Presence, 1(3),* 295-301.

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.

Kim, D. H. (2001). Effect of user expectation on independent visual background efficacy. *Journal of Industrial and Systems Engineering, 24(68),* 31-36.

Kim, D. H. & Lin, J. W. (2002). Effect of natural independent visual background for reducing simulator sickness. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, 25(3),* 28-33.

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, 17(1),* 1-6.

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,* 616-625.

Kiryu, T., Yamada, H., Jimbo, M. & Bando, T. (2004). Time-varying behavior of motion vectors in vection-induced images in relation to

www.kci.go.kr

autonomic regulation. *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS*.

Kiryu, T., Iijima, A. & Bando, T. (2005). Relationships between sensory stimuli and autonomic regulation during real and virtual exercises. *Engineering in Medicine and Biology Society. 5,* 4994-4997.

Knight, M. M. & Arns, L. L. (2006). The relationship among age and other factors on incidence of cybersickness in immersive environment users. *Poster at IEEE VR 2006*.

Kolasimski, E. M., Goldberg, S. L., & Hiller, J. H. (1995). Simulator sickness in virtual environments. *Technical report No. 1027. Alexandria, VA: U. S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences*.

La Viola, J. (2000). A Discussion of Cybersickness in Virtual Environments. *SIGCHI Bulletin*, *32(1)*, 47-56.

McCauley, M. E., & Sharkey, T. J. (1992). Cybersickness-perception of self-motion in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(3)*, 311-318.

Money, K. E. (1970). Motion sickness. *Physiological Review, 50(1)*, 1-39.

Owen, N., Leadbetter, A.G. & Yardley, L. (1998). Relationship between postural control and motion sickness in healthy subjects. *Brain Research Bulletin, 47(5)*, 471-474.

Prothero. J. D. (1998). *The role of rest frames in vection, presence and motion sickness.* Unpublished doctoral dissertation, University of Washington, Seattle, Washington.

Regan, C. (1995). An investigation into nausea and other side-effects of head-coupled immersive virtual reality. *Virtual Reality, 1(1)*, 17-32.

Riccio, G. E. & Stoffregen, T. A. (1991). An ecological theory of motion sickness and postual instability. *Ecological Psychology, 3,* 195-240.

Rock, I., Hill, A. L. & Fineman, M.(1968). Speed constancy as a function of size constancy. *Perception & Psychophysics, 4(1),* 37-40.

Stanney, K. M., Mourant, R. R., & Kennedy, R. S. (1998). Human factors issues in virtual environments: A review of the literature. *Presence,* 7(4), 327-351.

Strauss, S. (1995). Virtual reality too real for many. *Globe & Mail, A1-A8.*

Stoffregen, T. A., Hettinger, L. J., Haas, M. W. Roe, M. & Smart, L. J. (2000). Postural instability and motion sickness in a fixed-base flight simulator. *Human Factors, 42,* 458-469.

Stoffregen, T. A., & Smart, L. J. (1998). Postural instability precedes motion sickness. *Brain Research Bulletin, 47*(5), 437-448.

Wilson, J. R. (1996). Effects of participating in virtual environments: A review of current knowledge. *Safety Science, 23(1),* 39-51

Viaud-Delmon, I., Warusfel, O., Seguelas, A., Rio, E. & Jouvent. R. (2006). High sensitivity to multisensory conflicts in agoraphobia exhibited by virtual reality. *European Psychiatry, 21(7)*, 501-508.

1 차원고접수 : 2011. 6. 4
수정원고접수 : 2011. 6. 12
최종게재결정 : 2011. 6. 19

www.kci.go.kr

한국심리학회지 : 인지 및 생물
The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology
2011, Vol. 23, No. 2, 287-299

The Cause and Solution of Cybersickness in 3D Virtual Environments

KyungHun HAN

Behavior Research Centre, Korea University

HyunTaek KIM

Department of Psychology, Korea University

Virtual environments have been used in practice for industry, medicine, and education. Their best known utilizations are flight-training for pilots and driving simulation for various purposes such as research on assistive systems because the main advantage of virtual environments is that they construct a close to reality. Nowadays, we can easily experience the virtual environment in our living room with 3D TV and in neighborhood theater with real 3D movie. However, there are several reports about people who have claimed some symptoms of motion sickness during exposure to a virtual environment. This kind of motion sickness is called 'cybersickness'. The general symptoms of cybersickness such as vertigo, headache, and nausea are quite similar to the ones of motion sickness. In contrast to motion sickness the user is stationary but the moving visual imagery induces the sensation of self-motion in virtual environment. Several studies suggested methods for reducing cybersickness, but due to diverse factors in exposure to virtual environments there is no key method for eliminating cybersickness so far. In this report we discuss the reasons for cybersickness induced by exposure to 3D virtual environments depicting sensory conflict theory and postural instability theory for cybersickness. Possible methods such as reducing field of view and using motion platform and rest frame, which have been suggested from previous studies for reducing this kind of sickness in exposure to 3D virtual environments are discussed.

Key words : Cybersickness, Virtual Environment, Sensory conflict, Rest frame

www.kci.go.kr