한국감성과학회2000추계
학술대회발표논문집

가상현실환경 노출이 인체에 미치는 영향에 관한 연구

김종윤*, 기호성*, 송철규**, 김남균**

*전북대학교 대학원 의용생체공학과, **전북대학교 공과대학 생체공학과

A Study of Human Factor induced by Exposure to Virtual Environment

Jong Yun Kim*, H. S. Kim*, C. G. Song**, N. G. Kim**

*Dept. of Biomedical Eng., Graduate School, Chonbuk National University
**Dept. of Bionics, College of Eng., Chonbuk National University

Abstract

본 논문은 가상환경 노출에 따른 가상멀미를 포함한 인체의 영향을 평가하기 위한 연구이다. 이를 위해 20명의 피험자를 대상으로 하여 30분 동안의 가상현실 환경 노출 전과 노출 후에 나타나는 인체의 영향을 분석하였다. 실험평가를 위한 파라미터로는 SSQ test, COP, flicker test, 체온변화, 그리고 심박수 변화, 눈 깜빡임 값들이 이용되었다. 3D 입체영상의 제시는 LSG에 의해서 이루어졌으며, 특히 flicker test시에서는 모니터, LSG, HMD를 모두 사용하여 피로도를 측정, 비교하였다. 본 연구결과, 가상현실 환경의 노출 전 보다 노출 후에서 SSQ score, COP, 체온, 눈 깜빡임, 심박수가 증가함을 알 수 있다.

Keywords: Virtual Reality, cybersickness, SSQ, COP, flicker

1. 서론

가상현실 전반의 기술 발달로 현실세계와 거의 흡사한 체험이 가능해졌고 저변인구가 증가했지만, 최근 가상환경 멀미로 안면 창백, 식은 땀, 두통, 타액분비 증가, 구역질, 하품, 졸림, 현기증, 구토, 기절, 시각적, 육체적 피로 및 여러 VR sickness 현상들이 가상현실을 체험하는 이들에게 발생되어진다는 보고들이 있다[1]. 따라서 인공현실감 기술의 문제점과 부작용에 대한 평가와 원인규명이 이루어져야 하겠고 그에 대한 대책을 마련하여야 할 것이다. 그리고 인공현실 사용에 관한 장비 및 가상환경 제시에 대한 규정과 사용기준을 확립하여야 할 것이다. 하지만 가상환경 영향평가에 관한 기존의 연구들이 거의 전무한 상태이고 연구들 대부분이 SSQ같은 설문지법에 의존하고 있어 심도있는 영향평가가 이루어지지 못하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 인공현실감 기술의 보급과 대중화를 앞두고 있는 시점에서 가상현실기술의 사용이 인체에 미치는 영향들을 SSQ, COP, flicker test, ECG, EOG, 눈깜박임, 체온변화의 다각적인 방법을 사용하여 정량적으로 분석, 평가하고자 하였다.

본 연구는 과학기술부에서 주관한 98년도 국제공동연구사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(과제번호: 98-I-01-04-A-029)

2. 본론

2.1 시스템의 구성

본 시스템은 VR 3D 입체영상을 제시하고 동시에 생체신호 데이터를 획득할 수 있는 시스템으로 그림 1과 같이 구성되어졌다. 생체신호를 측정할 때 외부 환경에 의한 영향을 최소로 줄이기 위하여, 방음암실 내부에 데이터 전송 시스템, 생체신호 증폭기, VR 3D 입체영상 제시 시스템 등을 연결하여 전체 시스템을 구성하였다. 생체 신호 데이터 획득 시스템은 Biopac 사의 MP100WS와 AcqKnowledge Ⅲ를 이용하였으며, 획득된 생체신호 데이터를 수집, 컴퓨터에 저장하였다.

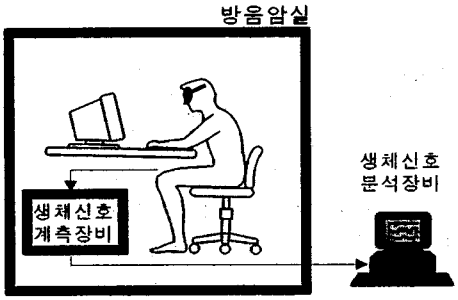

그림 1. VR 입체영상 제시 및 생체신호 계측 시스템

2.2 VR 입체영상 제시

본 연구에서 사용한 컴퓨터(Intel MMX Pentium Ⅱ 333 Processor)는 IBM-PC 호환기종으로서 64MB의 RAM을 장착하였다. VR 입체영상을 제시하기 위한 장치로는 WOOBOO사의 VR-JOY를 사용하였다. VR-JOY는 LSG의 일종으로서 PC사용자들에게 모니터에 표시되는 입체영상들을 LCD 입체안경을 이용하여 가상현실 입체영상으로 볼 수 있게 만들어주는 가상현실 시뮬레이터이다. 그리고 VR-JOY를 통해서 볼 모니터는 삼성의 17인치 모니터를 사용하였다. 그리고 VR 3D 입체영상을 제공하진 않지만 개방형 HMD인 Sony사의 Glasstron을 모니터 사용시와 VR-JOY사용시의 피로도를 비교하기 위해서 flicker test에 사용하였다.

가상환경제시를 위해서는 VR-JOY와 호환성이 있는 컴퓨터 게임을 사용하였다. 여러 게임들 중에서 인간생활과 가장 밀접하면서도 화면구성이 역동적이고 특히 사람과 똑같은 관찰시점(view point)을 가질 수 있는 축구게임을 사용하였다. 본 연구에서는 VR환경 노출동안 계속하여 ECG, EOG의 생체신호를 측정하기 때문에 피험자들의 게임의 숙련도나 게임시간 등의 영향을 배제시키고 실험조건을 표준화하기 위하여 피험자가 게임을 직접하지 않고 동일시간에 두 팀간의 컴퓨터에 의한 시뮬레이션 게임을 관전하도록 하였다.

2.3 실험의 진행과정

그림 2는 실험의 진행과정을 그림으로 나타낸 것이다. 피험자들은 20대의 대학생 20명을 대상으로 실험을 하였다. 적합한 피험자 선정을 위하여 18세 이상이고, 과거 간질의 경험이 없고 색맹이 아니며, 과거 30일 동안 가상환경이나 가상환경 시스템에 대한 경험이 없고 알코올이나, 진정제, 안정제, 소염제, 항히스타민제 등의 약을 복용하지 않았으며, 건강이 양호한 상태인지 등을 실험전 설문지를 통해서 확인하고 이 선정기준에 적합하면 연구의 배경 및 취지를 설명하고 실험에 참가하도록 하였다.

가장 먼저 힘판(force plate)에 올라가 1분동안 COP(center of pressure)를 측정한다. 그런 다음에 적외선 체열사진을 촬영하고, flicker test를 3회 실시하였다. 그리고 SSQ(simulator sickness questionnaire) test를 실시하였다. 그런 다음 VR-JOY를 이용한 VR 3D 입체영상을 체험하게 되며, 이때 30분간 VR 게임을 체험한다. 30분간의 VR환경 체험이 끝나면 COP를 1분간 측정하고, 다시 적외선 체열사진을 촬영하고, flicker test를 3회 실시한 다음에 마지막으로 SSQ test를 하게된다.

그리고 VR 3D 입체영상을 제공하는 30분동안의 ECG신호와 EOG신호를 모니터링하고 컴퓨터에 저장한다. 특히 flicker test같은 경우는

모니터 주시, VR-JOY, HMD 세가지 경우에 노출된 전후의 피로도를 측정하였다. 이 경우 VR-JOY나 HMD에 대한 적응으로 인체평가에 영향을 미칠 수 있으므로 30일 이후에 각각 실험이 진행되어졌다.

3. 결과 및 고찰

가상환경 노출 전후의 SSQ score의 결과들이 그림 2에 나타나 있다. 그림에서 나타나듯이 "메스꺼움", "안구운동불편", "방향감각 상실"과 "total score"값이 가상환경 노출전에 비해서 후가 현저하게 증가한 것을 알 수 있었다.

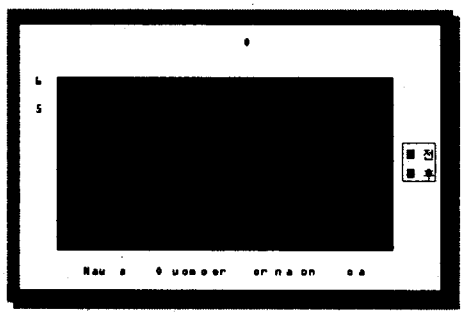

그림 2. SSQ Score

가상환경 노출전후의 인체의 평형감각 평가를 위한, 신체동요도 변화를 보기 위하여 사용한 COP의 총 누적거리를 이용하였다. 가상환경 노출전후의 COP의 총 누적거리를 보면 가상환경 노출전보다 후에 더 증가하였음을 알 수 있다. 또한, 가상환경 노출 후의 신체동요도가 노출전보다 1.13배 증가한 것을 알 수 있다.

이 COP 총 누적거리의 증가는 신체동요도가 증가했다는 의미로서 인체의 평형감각의 실조를 가져왔다는 것을 의미한다. 이 결과는 SSQ test에서의 방향감각 상실 Score의 증가와도 같은 결과이다.

가상환경 제시 전후의 피로도의 측정 및 평가를 위하여 flicker test를 실시하였다. 가상환경 전후의 3D 입체영상을 위한 디스플레이 장치인 VR-JOY의 flicker 치의 변화만을 알아보기 전에 먼저 일반 모니터만을 사용했을 때와 3D 입체영상을 제시하진 않지만, 모니터를 사용하지 않고 몰입감을 증가시킬 수 있는 mono type HMD를 사용하여 VR 영상을 적용한 결과를 조사하였다.

17인치 모니터만 가지고 동일한 실험을 했을 경우에는 가상환경 제시 전후의 flicker치의 차이가 불과 0.16밖에 되지 않는다. 위의 모니터 실험과 동일한 환경에서 같은 모니터를 사용하여 LSG형의 VR-JOY를 사용하여 3D 입체영상을 사용하였을 때에는 flicker치가 가상환경 노출 전보다 후가 낮아졌고 그 차이는 1.87이다. 이는 노출후가 전보다 피로도가 증가하였다고 말할 수 있다. LSG형 VR장비들이 입체영상을 제공하기 위하여 좌우눈을 빠르게 단속하는데 이것이 심한 깜빡임을 동반하며, 피로의 원인을 제공하는 것 같다.

다음은 HMD의 경우에 대한 결과들이다. 본 연구에 사용한 HMD는 LSG형 VR-JOY처럼 3D 입체영상을 제공하지는 않는다. 여기서도 같이 가상환경 노출 전후의 flicker치를 비교해 보았다. flicker치가 가상환경 전보다 후가 작아졌고, 그 차이는 1.84이었다. 가상환경 제시 후가 전보다 피로도가 증가하였다고 말할 수 있다. 이는 VR-JOY와 거의 같은 수준의 피로도를 증가시키고 있음을 알 수 있다.

위의 결과에서 알아본 모니터, VR-JOY, HMD에 대한 가상환경 노출 전후의 flicker치의 변화에 대한 차이를 보면 각각 0.16, 1.87, 1.84로 모든 장비들이 가상환경 노출 전에 비해서 후에 flicker치가 감소하여 피로도가 증가한다는 수치를 나타내고 있다. 특히 같은 모니터를 사용해서 VR-JOY라는 효과 발생기를 사용하였을 때와 사용하지 않았을 때의 filcker치의 변화가 무려 1.71이나 됨을 알 수 있다. 이것은 같은 가상환경이더라도 3D 영상을 제공하는 효과발생기를 사용하였을 경우에 피로도가 더 증

가함을 나타낸다. 또 HMD의 경우도 모니터와 VR-JOY와 동등하게 비교하기는 어려우나 HMD가 주는 몰입감과 모니터보다 상대적으로 낮은 LCD의 해상도로 피로를 증가시킴을 알 수 있다.

이 가상환경 전후의 flicker치의 변화에 대한 결과들은 피로도를 눈이라는 작은 관점에서 보면 SSQ TEST에서의 안구운동 불편 Score의 증가와도 일맥상통하는 결과들임을 알 수 있다.

3D 입체영상을 위한 VR장비인 VR-JOY는 좌우 LCD의 단속을 통해서 입체영상을 제공한다. 이때 flicker를 일으키는데 이 것은 눈의 시신경을 자극시키고 눈주위 혈류를 변화시켜 눈주위의 온도변화를 일으키리라 생각하고 가상환경 노출 전후의 온도변화를 관측하였다. 그림 3은 가상환경 노출전후의 눈주위의 온도의 최소값과 최대값 그리고 평균값들의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 최소값, 최대값, 평균값 모두 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 SSQ TEST의 안구운동 불편 Score와 flicker치의 저하는 전혀 무관하지 않음을 알 수 있다. 가상환경 장비들이 심하게 시신경을 자극시켜 눈 주위의 온도를 증가시키고 가상환경 전후의 flicker치의 변화를 통해 알아 보았듯이 피로도를 증가시킴을 알 수 있다.

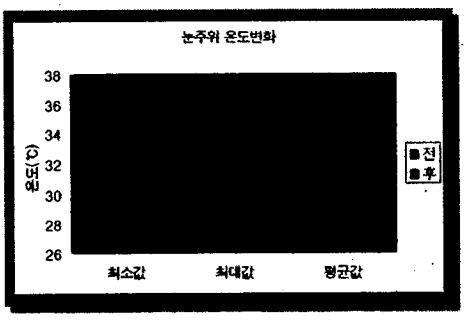

그림 3. 가상환경 노출 전후의
눈 주위의 온도변화

시각은 인간에게 있어서 제일 중요한 역할을 하고 있으며 그 처리하는 정보량도 가장 많아 정보인식에 있어서 시각정보가 차지하는 범위가 80~90%이다. 따라서 안구운동은 피험자가 VR 3D 입체영상에 노출되었을 때의 특성을 파악할 수 있는 중요한 단서가 된다.

본 논문에서는 처음과 끝의 눈깜박임 횟수를 분석하였다. 처음 3분간과 마지막 3분간의 구간을 나누어 각각 깜박임 수를 측정하였다. 그림 10은 VR 3D 입체영상 노출 처음과 끝의 깜박임 변화를 비교하고 있다. 측정결과 처음보다 끝이 깜박임 수가 증가함을 알 수 있다. 하지만 각 구간의 깜박임 수의 변화에 대한 유의성을 검증하기 위하여 쌍체비교 t-test를 통해 양측검정한 결과 P(T<=t) 양측검정 0.0895로 5% 유의수준에 들지 못했다. 하지만 거의 근접한 수준의 경향을 보임을 알 수 있다. 따라서 3D 입체영상이 주는 눈에 대한 피로감과 flicker로 인한 피로와 눈깜박임이 어느 정도 연관이 있음을 알 수 있다.

심전도의 분석은 심박수를 이용하였다. 심박수는 피험자의 피로도와 스트레스 등을 측정하는데 있어서 생리학적 지표로 널리 이용되어 왔다. 본 논문에서도 이 점을 착안하여 심박수를 이용하여 VR 3D 입체영상 제시 처음구간과 끝구간의 변화량을 측정하였다. VR 3D 입체영상 제시 시작구간에 비해서 끝이 심박수가 증가하였다.

신체움직임과 심장활동에 관한 가설은 심장-신체 연결가설과 심장-신체 해리가설로 구분해 볼 수 잇다. 전자는 운동을 하면 산소소비량과 신진대사량이 많아지고 그에 비례하여 심장박동이 빨라진다는 것을 그 예로 들 수 있다[2]. 그러나 해결하기 어려운 과제에 직면했을 때 그 과제 수행에 필요한 신진대사 요구량 이상으로 심장활동이 증가하기도 하는데 이것을 단순히 신체적 움직임만으로 설명할 수 없다. 이는 과제가 스트레스를 줄 때 신체대사량과 심장박동률이 무관하게 나타난다는 심장-신체 해리가설로 설명이 가능하다. 가령 피험자들이 전기쇼크를 회피하는 과제를 수행하는 동안 신체적 움직임이 적었음에도 불구하고 심장박동율

이 크게 증가하였음을 보고하였다. 또한 평상시의 산소소모량과 심장박동간의 관계를 기초로 조종사들의 비행 중 산소소모량과 심장박동간의 관계를 조사했을 때, 조종시 심장박동률이 훨씬 높게 나타났다. 이밖에도 산수과제와 비디오 게임이 스트레스 과제로 사용되었을 때에도 게임동안 피험자들의 심장박동은 신체운동량만으로 설명되기 보다 과도한 정신적 노력의 지표로 설명될 수 있다.

또한 심박수의 증가는 교감신경의 활성도에 의하고 심박수의 감소는 부교감신경의 활동성에 의하여 조절된다는 연구[3]와 멀미증이 교감신경의 활성화와 밀접한 관계를 갖는다는 보고[4]를 종합해보면 멀미증과 교감신경의 활성화와 관계가 있고, 교감신경의 활성화 또한 심박수의 증가와 관계가 있으므로 결과적으로 심박수의 증가와 멀미증과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 따라서 SSQ를 통해서 VR sickness가 증가한다는 결론을 생체신호인 심박수를 통해 다시 한번 확인해볼 수 있었다.

결과적으로 VR 3D 입체영상이 주는 시각적인 피로 및 스트레스, 감각모순에 의한 평형감각기관 상실등으로 심장박동률은 소모되는 신진대사량에 비해 더 크게 증가하는 것이다.

4. 결론

1. VR 3D 입체영상의 노출에 따라서 SSQ test를 통한 가상환경 노출전후의 메스꺼움 값(nausea score), 안구운동 불편값 (oculomotor score), 방향감각 상실값(disorientation score), VR sickness score를 비교해본 결과 VR 3D 입체영상 노출 후가 노출 전보다 각각 5.33배, 9.04배, 1.56배, 6.54배 증가함을 알 수 있었다.
2. COP를 통한 신체동요도 측정 결과 VR 3D 입체영상 노출 후가 노출 전에 비해 1.15배 증가했으며, 이를 통해서 VR 3D 입체영상이 인체의 평형감각에 영향을 미쳐 cyber sickness를 유발함을 알 수 있었다.
3. flicker test를 통해서 피로도를 측정한 결과, VR입체영상을 제시하지 않았을 때인 모니터의 경우 차이가 0.16으로 거의 없는데 비하여, VR-JOY와 HMD의 VR 시각디스플레이 장치를 사용하였을 경우엔 플리커치가 노출전보다 후에 각각 1.86, 1.84으로 감소하였는데 이를 통해서 VR 3D 입체영상에 노출되기 전보다 노출된 후에 피로도가 증가함을 알 수 있었고, 3D 입체영상 효과를 부여하는 효과발생기들의 사용이 피로도를 증가시킴을 알 수 있었다.
4. VR 3D 입체영상에 노출되고 나서 눈 주위의 온도상승이 일어남을 알 수 있었다.
5. VR 3D 입체영상에 노출된 초기보다 노출이 많이 된 후기가 눈깜박임과 심박수가 증가함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Kolasinski, E.M, "Simulator Sickness in Virtual Environments", U.S Army Research Insitute, Technical Report 1027, 1995
2. I. H. Lee, psychophysiology, Korea, Hakjisa, 1997
3. Guyton Ac, Hall, Textbook of medical physiology, Philadelphia, pp.769-781, 1996
4. Money KE, Lackner JR, Cheung SK, The autonomic nervous system and motion sickness, CRC Press, New York, pp.147-173, 1996