정규논문(Regular Paper)

방송공학회논문지 제17권 제5호, 2012년 9월 (JBE Vol. 17, No. 5, September 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.5.789>

ISSN 1226-7953(Print)

스테레오스코픽 비디오의 시청안전성에 영향을 미치는 변위 및 화면 특성

서 영 호^{a)}, 배 윤 진^{a)}, 김 우 열^{a)}, 김 동 욱^{a)†}

Disparity and Image Characteristics of Stereoscopic Video Affecting on Viewing Safety

Young-Ho Seo^{a)}, Yun-Jin Bae^{a)}, Woo-Youl Kim^{a)}, and Dong-Wook Kim^{a)†}

요 약

본 논문은 시청안전성을 위한 콘텐츠 제작 가이드라인을 최종 목표로 하여, 콘텐츠의 내용이나 정황과 함께 시청자의 불편감을 유발하는 변위(disparity)의 다양한 요인들을 찾아내는 것을 목적으로 한다. 그 방법으로 네 가지의 스테레오스코픽 콘텐츠를 피험자들이 시청하게 하고 시청자로 하여금 불편감을 느끼는 기간 동안 키를 누르게 하여 실험적인 데이터를 획득한다. 콘텐츠에 대해서는 초점과 그 주위(관심영역, region of interest), 그리고 화면전체에 대하여 변위의 크기와 변화 정도에 대한 데이터를 도출한다. 각 콘텐츠에 대하여 준비한 두 종류의 데이터를 갖고 실제로 콘텐츠를 시청하면서 피험자들이 불편감을 느낀 부분을 분석하여 그 요인들을 찾는다. 모든 콘텐츠에 대한 요인들을 종합적으로 분석하여 요인별 강도를 도출한다. 분석결과는 강도가 큰 요인일부터 실제 콘텐츠의 내용과 더불어 설명한다. 그 결과는 이미 짐작할 수 있는 요인들뿐만 아니라 알려져 있지 않은 요인들까지 실증적으로 보인다.

Abstract

The purpose of this paper is to find various disparity factors in conjunction with situations and contexts of the contents that cause viewer's discomfort, which is to make a content production guideline for viewer's safety, eventually. As a methodology, we extract the experimental data by letting various viewers push a pre-defined key as long as they feel discomfort during watching stereo 3D contents. For each contents, we extract the disparities and disparity changes for the focal point, vicinity of the focal point (ROI, region of interest), and the whole image. For each contents, each point or part of contents is analyzed to find the factors causing discomfort with the two prepared data with watching the contents in 3D. Then, all the analyzed data are re-analyzed to find the strength of each factor. The results from the analyses are explained from the factors having relatively high strength first. It includes the factors that are not known as well as the ones that we can already guess.

Keyword : stereo 3D, disparity and disparity change, contexts of contents, viewing safety, guideline in producing contents

a) 광운대학교 전자재료공학과 (Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon University)

† 교신저자 : 김동욱 (Dong-Wook Kim)

E-mail: dwkim@kw.ac.kr

Tel: +82-2-940-5167 Fax: +82-2-919-3940

※ 이 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012-0004985)

· Manuscript received April 30, 2012 Revised 1st July 3, 2012 2ed July 23, 2012 Accepted August 5, 2012

1. 서론

2009년 말 영화 ‘아바타(Avatar)’가 상영되면서부터 본격화된 3D영상/비디오 열풍은 현 시점에서 볼 때, 과거에 몇 번 발생하였던 비슷한 열풍과는 달리, 돌이킬 수 있는 상황이 아니라는 것에 대부분의 관계자들은 동의하고 있다. 그것은 과거와는 달리, 결정적인 촉매인 영화 아바타가 상영되기 훨씬 전부터 전 세계의 많은 연구자들이 3D영상에 대한 연구와 준비를 해왔고, 이 촉매제가 발표되면서부터 영화뿐만 아니라 3D영상/비디오 콘텐츠를 획득하고 편집하기 위한 장비 및 도구, 디스플레이를 위한 장치 등 거의 모든 분야에 대한 도구를 전 세계의 많은 기업체가 곧바로 출시하였기 때문이다.

3D영상의 구현 기술은 스테레오 영상에서부터 초다시점 영상, 오토스테레오스코피(auto-stereoscopy)까지 연구되고 있으며, 디스플레이 및 시청기술은 안경식과 무안경식, 안경방식으로는 액티브방식과 편광방식 등으로 분류되고 있고, 중국에는 무안경식의 오토스테레오스코피로 발전해갈 것이다. 물론 완전한 입체시를 위해서 이와는 또 다른 방식인 홀로그래피에 대한 연구도 최근 매우 활발히 진행되고 있다. 이 홀로그래피를 제외한 3D기술은 기본적으로 스테레오스코피이고, 현재 이들은 인간의 좌안과 우안에 해당하는 각각의 영상을 강제로 주입시키는 방식을 택하고 있다. 따라서 현존 3D영상을 시청할 때, 사람에게 따라서 그리고 상황에 따라서 달라지겠지만, 원하는 깊이감 정도에서 벗어나 불편감, 현기증, 나아가 구토증까지 유발되는 부작용이 많이 보고되어 왔다. 따라서 최근까지 3D영상 생성에서부터 디스플레이까지 서비스 제공과 관련된 기술적 개발이 주로 이루어졌다면, 근래에는 깊이감과 관련된 시청자 측면의 연구도 병행되고 있다.

표 1은 3D영상과 관련된 연구를 개괄적으로 분류한 것이다. 연구의 목적에 있어서는 3D효과의 증가와 시청안전성 확보로 구분하였고, 방법론적으로는 기술적 연구개발과 휴먼팩터에 대한 연구로 분류하였다. 표에서 A는 3D효과를 최대한 증가시키기 위한 기술 개발, B는 3D효과에 대한 시청안전성을 확보하기 위한 기술적 연구이며, 인간의 인지, 감성, 생체적으로 3D 효과를 최대한 하기 위한 연구가 C이

고, 불편감, 현기증 등의 부작용에 대한 휴먼팩터의 반응을 연구하여 안전한 시청을 하도록 하는 연구가 D라 할 수 있다. 그러나 A, B, C, D가 완전히 독립적인 분류는 아니고 서로 상당한 연관성을 가지고 있다. 즉, 3D효과를 최대화하면서 생체적, 감성적으로 안전한 시청을 위한 가이드라인(guideline)을 만들고, 이에 맞춰 콘텐츠를 생성하고 디스플레이하는 것이 표 1 전체의 궁극적인 목표인 것이다. 본 논문의 기본적인 목적은 D이며, 이를 바탕으로 하는 C를 추가적인 목적으로 한다. 즉, 3D 영화나 비디오를 볼 때 불편감을 느끼게 하는 요인을 찾는 것이 본 논문의 목적이기는 하지만, 불편감이 강한 입체감과 상당한 개연성을 갖는 경우가 많기 때문에 입체감 증강과도 무관치 않는 것이다.

표 1. 3D영상 관련 연구의 개략적 분류

Table 1. Rough classification of the researches about 3D images

목적 \ 방법	기술	휴먼팩터
3D효과 증가	A	C
시청안전성 확보	B	D

본 논문이 기술적 측면을 다루지 않기 때문에 휴먼팩터에 대한 기존 연구들을 간략히 소개한다. 휴먼팩터에 대한 연구 또한 C영역에 해당하는 3D효과, 즉 3D 인지(perception) 증가를 위한 연구와 3D 영상에 대한 부작용을 나타내는 휴먼팩터에 대한 연구, 즉 D영역으로 나눌 수 있는데, 이 또한 분명한 경계를 이루는 것이 아니라 두 영역이 공유하는 측면을 많이 보이고 있다. 따라서 최근의 이슈가 시청 안정성 문제로 많이 귀착되기 때문에 다수의 논문들이 이 문제에 초점을 맞추고 있다. 또한 이 영역들에는 생명공학, 인지과학, 심리학, 의학 등 다양한 학문분야가 서로 연관성을 보이고 있다.

3D효과의 인지도 향상에 대한 연구는 가상현실 환경에서 영상의 크기, 조명상태, 다양한 영상의 종류가 입체감, 사실감, 몰입감에 미치는 영향 및 휴먼팩터^[1], 인간의 감성적 요인들 즉, 인지된 기능성, 인상, 프레즌스(presence, 몰입감) 등의 요인들이 3D 효과에 어느 정도 영향을 미치는가에 대한 연구^[2] 등이 진행되었다. 또한 2D 또는 3D 영상

서비스를 위한 처리과정(delivery chain) 각 단계에서 시각적 주의력 모델(visual attention modeling)을 설정하고, 주의력을 향상시키기 위한 요인들을 분석한 연구^[3]도 진행되어 왔다.

시청안전성을 위한 연구는 상대적으로 최근 더욱 활발히 진행되고 있는데, [4]에서는 시각피로의 요인이 시각적 스트레스, 안구통증, 신체통증, 상 호흡의 네 요인임을 주관적 측정방법으로 측정하였으며, [5]는 시각적 피로 유발요인으로 최대시차, 시차범위, 깊이영상의 움직임으로 정의하여 이를 확인하고, 이 세 요인으로 시각적 피로도를 예측할 수 있음을 보였다. [6]에서는 [5]와 같이 콘텐츠에서의 요인을 분석하였는데, 개체 수에 따른 복잡도, 텍스처의 양에 따른 표현정도, 물체 움직임의 수평 및 수직방향이 사실감과 몰입감은 물론 시각피로를 유발하는 요인이라는 것을 밝혔다. 시청안전성에 대한 연구의 결과는 일본에서 가장 먼저 발표되었으며^[7], 우리나라도 최근 ‘방송 안전가이드’라는 이름으로 시청안전성을 위한 시청 및 콘텐츠 제작 가이드라인을 발표한 바 있다^[8]. 이 외에도 지금까지 유사한 연구는 많으며, 이런 연구의 궁극적인 목표는 3D효과를 증진하는 요인은 증가시키고 피로도 등의 부작용을 유발하는 요인은 억제시키는 것이다. 이를 위해서는 3D영상의 3D효과를 원하는 대로 조절할 수 있는 기술이 필요한데, 근래 월트디즈니사에서 이론 기술이 개발되었다고 보고하기도 하였다^[9].

본 논문과 좀 더 깊은 연관성을 갖는 기존 연구로는, [10]에서 9단계의 변위크기 단계, 5단계의 배경 상 호흡 정도로 구분하여 실험한 결과, 시청 불편감(피로감)이 변위의 크기가 증가할수록 증가하고 배경영상의 선명도가 낮을수록 감소한다는 것을 실험적으로 밝혔다. 또한 [11]에서는 두 개의 스테레오스코픽 비디오 콘텐츠를 대상으로, 시청 불편감을 평가 값으로 한 SSCQE^[12]를 수행해 콘텐츠 전체에 대한 불편감 정도를 구하고 눈의 조절(accommodation) 정도를 측정하여 2D에 비해 3D를 시청한 후 눈의 조절반응 차이가 매우 크게 나타났고, 변위가 큰 장면에서 큰 불편감을 느낀다는 것을 보였다. [13]에서는 주관적 평가와 조절반응을 실험한 결과 스크린보다 초점이 앞 또는 뒤로 움직일수록 시청 불편감을 많이 느낀다는 것을 보였다.

지금까지 3D영상에 대한 휴먼팩터 연구 중 디스플레이 측면이 아닌 콘텐츠 측면의 연구들을 분석해보면, 가장 중요한 요인으로 변위(disparity, ‘시차(視差)’라고도 함)를 꼽으며, 이것은 분명한 사실이다. 큰 변위가 입체감을 크게 하지만, 불편감/현기증 또한 유발하는 것으로 인식되고 있는데, 어느 정도의 변위 또는 변위의 변화가 어느 정도의 불편감/현기증을 일으키는지, 변위와 그 외의 불편감/현기증을 일으키는 요인들이 복합적으로 작용하여 어느 정도의 불편감을 유발하는지 등에 대해서는 아직도 연구가 부족한 상태이다.

따라서 본 논문에서는 현재까지 많은 연구에서 다루었던 요인들 중에 불편감 등의 부작용에 가장 큰 영향을 미친다고 알려진 변위를 다루고자 한다. 즉, 큰 변위가 큰 입체감과 줌과 동시에 불편감을 준다는 단순한 개념적 근거에서 좀 더 세밀하게 들어가서, 콘텐츠의 내용을 포함하여 콘텐츠 내의 어떤 상황에서 어떤 변위의 특성들이 어느 정도의 불편감을 유발하는지에 주목하고자 한다. 물론 콘텐츠의 구성요소 중 이 외의 요인들 또한 불편감을 유발할 수도 있으나, 너무 많은 요인들을 한꺼번에 고려하는 것이 현실적으로 용이하지 않기 때문에 본 논문에서는 콘텐츠의 내용, 화면 특성, 변위의 상황적 특성 정도를 다루고자 한다.

본 연구팀은 휴먼팩터를 지속적으로 연구해오던 팀이 아니다. 따라서 이 분야에서 지금까지 해오던 연구방법과 본 논문의 연구방법은 다를 수 있으며, 요인을 분석하고 검증하는 과정 또한 본 연구팀의 방법이 타당한지를 확인할 수는 없다. 그러나 본 논문의 목적이 변위와 관련된 요인들을 좀 더 상세히 다루는 것이고, 이런 문제를 제기함과 동시에 이런 요인들에 대해서 보다 전문적인 연구진들이 더욱 심도 있게 연구를 진행하기를 바라는 목적도 있음을 미리 밝힌다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 3장에서 사용할 데이터들을 획득하는 실험과 분석하는 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 분석한 결과 시청자의 불편감에 영향을 미치는 요인들을 실증적 데이터들을 기반으로 설명한다. 이 분석결과를 토대로 이 논문의 결론을 4장에서 맺고, 아울러 이 논문과 관련된 향후 연구에 대한 제언을 같이 기술한다.

II. 실험 및 분석 방법

이 장에서는 본 논문에서 사용한 실험방법과 분석방법에 대해 설명하며, 그 절차는 그림 1에 나타내었다. 본 논문에서는 피험자들이 대상 3D 비디오 콘텐츠를 시청하면서 불편감을 느끼는 곳을 직접 지적하는 실험을 진행하여 어떤 콘텐츠의 어떤 위치에서 몇 명의 피험자가 불편감을 느꼈는지의 데이터를 획득한다. 이와 동시에 각 대상 콘텐츠에서 본 논문에서 필요로 하는 변위정보를 추출한다. 분석자는 이 두 데이터 세트를 갖고 해당 콘텐츠를 직접 시청하면서 두 세트의 데이터와 콘텐츠의 연관성 등에 대해서 분석하여 불편감을 느끼게 하는 요인들을 추출한다. 이 분석 결과는 모든 콘텐츠에 대해서 종합하고, 마지막으로 요인별로 요인의 강도와 전체 콘텐츠에 걸친 빈도수 등을 분석한다.

그림 1. 실험 및 분석과정

Fig. 1. Experiment and analysis procedure

1. 사용 콘텐츠

본 연구는 3D 콘텐츠에서 입체감, 사실감, 몰입감을 넘어 피로감, 불편감, 현기증 등의 부작용을 유발하는 변위 관련 요인들이 무엇인지, 그리고 각각의 요인뿐만 아니라 그들의 조합이 영향을 미치는지를 실제 데이터를 통하여 확인하는 것을 목적으로 한다. 따라서 먼저 불편감을 느끼는 위치와 정도에 대해 필요한 데이터를 획득하여야 하는데, 이를 위하여 본 논문에서는 표 2의 콘텐츠들을 사용하였다.

총 네 개의 콘텐츠를 사용하였으며, 그 중 둘은 애니메이션이고 둘은 실사였다. 애니메이션은 콘텐츠 전문 업체에서, 실사는 대학에서 비전문가들이 각각 제작한 것이다. 모든 콘텐츠의 해상도는 full-HD(1,920×1,080)이었으며, 초당 프레임 수는 애니메이션이 30, 실사가 24이었다.

‘햇님달님’은 전래동화 햇님달님 이야기이며, 모든 물체는 뜨개질한 것과 같은 표면(울의 굴기는 다름)으로 처리하였다. ‘안동’은 후삼국시대의 고창전투 이야기를 애니메이션으로 만든 것으로, 전투장면이 많으며 등장인물도 매우 많다. ‘어글리 코리언’은 신입사원 면접을 주제로 한 단막극으로, 등장인물은 면접관 2명과 피면접관 2명이 주로 나오고, 초기에 거리풍경이 잠깐 나온다. 이 단막극은 한국인의 배타성을 꼬집는 주제를 다루고 있다. ‘보물’은 두 검객이 보물 때문에 전투(칼싸움)를 하는 장면들이 대부분이고, 주제는 한 번 보물의 주인이 되었다고 해서 영원히 주인이 될 수는 없다는 것이다. 이 콘텐츠에는 두 검객만 출현한다. 네 개의 콘텐츠 중 ‘안동’과 ‘보물’은 전쟁 또는 전투장면이 많아 상대적으로 동적인 반면, ‘햇님달님’과 ‘어글리 코리언’은 상대적으로 정적인 장면이 많다.

표 2. 사용한 콘텐츠 정보

Table 2. The information for the contents used

이름	해상도	상영시간	frames/sec	영상종류	제작사
햇님 달님	1,920×1,080	15분 54초	30	애니메이션	빅아이
안동	1,920×1,080	17분 39초	30	애니메이션	빅아이
어글리 코리언	1,920×1,080	11분 43초	24	실사	동아방송예술대학
보물	1,920×1,080	12분 33초	24	실사	동아방송예술대학

2. 데이터의 추출

불편감/현기증 유발에 변위와 관련 특성이 미치는 영향을 분석하기 위하여 본 논문에서는, 표 3에 나타난 바와 같이, 각 화면에 대하여 초점, 관심영역(region of interest, ROI), 화면전체로 구분하여 변위를 계산하였다. 초점은 그 자체의 변위만 존재하며, ROI와 전체화면은 최대변위, 최소변위, 그리고 최대변위와 최소변위의 차이(변위차이)를 구하였다.

표 3. 사용한 콘텐츠의 화면 당 변위 요인들
Table 3. The used disparity factors in each image of each contents

영역	측정요인
초점	변위
관심영역	최대변위
	최소변위
	변위차이
화면전체	최대변위
	최소변위
	변위차이

- ① 초점: 화면 중에 눈의 초점이 갈 가능성이 가장 높은 지점을 초점으로 선택하였다. 그러나 특정 화면에서는 초점의 위치가 분명치 않은 경우도 있으며, 본 연구에서 선정한 초점 이외의 지점을 특정인이 바라볼 수도 있다. 또한 사람에 따라 초점을 달리할 수 있는 콘텐츠들이 있는데, 예를 들어 걸 그룹이 등장하는 화면에서는 사람마다 주시하는 멤버가 다를 수 있기 때문에, 이런 콘텐츠는 피하였다. 본 논문에서 초점을 선정한 방법은 다음과 같다. 다음 절에 설명할 콘텐츠 시청 실험과는 별도로 각 콘텐츠를 9명의 시청자가 시청하면서 스스로 자신의 초점을 마우스로 가리키도록 하였다. 9명의 데이터 중 가장 근접한 5명의 데이터를 추출하고, 그 데이터를 평균하여 초점으로 선정하였다.
- ② 관심영역: 관심영역은 초점 주위의 영상 영역을 뜻한다. 이 영역은 초점을 중심으로 가로, 세로 크기가 전체 영상의 1/4(480×270, 좌우 각 영상에서는 240×270)로

잡으며, 이 영역의 데이터의 중복을 피하기 위해서 초점을 제외한 화소들만 사용하였다. 이 영역은 초점 주위에서 인간이 인식할 수 있는 정도의 크기로 간주하였으며, 이 영역의 요인이 인간의 감성에 영향을 줄 수 있는지를 확인하고자 본 연구팀이 임의로 설정하였다.

- ③ 전체: 화면 전체 또한, 큰 작용을 하지 않을지라도, 인간의 감성에 영향을 줄 수 있는지를 확인하고자 하였다. 전체 화면은 데이터의 중복을 피하기 위해 관심영역을 제외한 전체화면 영역으로 잡았다.

3. 콘텐츠 시청 실험

불편감/현기증을 느끼는 피험자 수를 측정하기 위하여 실험을 진행하였다. 실험방법은 피험자가 편광방식의 47인치 TV를 통해 표 2의 3D 콘텐츠를 2~2.5m 거리에서 보면서 현기증 등 불편감을 느끼면 특정키를 누르게 하였으며, 불편감을 느끼는 동안은 계속 누르도록 하였다. 한 명의 피험자는 최고 2개의 콘텐츠까지만 실험에 응하도록 하였고, 2개의 콘텐츠를 실험하는 피험자는 반드시 실사와 애니메이션을 하나씩 보도록 하였다. 또한 2개의 콘텐츠를 시청하는 경우 한 콘텐츠를 시청한 후 최소 30분을 휴식한 후에 다른 콘텐츠를 시청하도록 하였다. 콘텐츠별 피험자 수는 표 4와 같다.

표 4. 콘텐츠 별 피험자 수
Table 4. Number of subjects for each contents

이름	피험자 수
햇님 달님	31
안동	25
어글리 코리안	30
보물	27

실험으로 생성된 키누름(key stroke) 데이터는 1/100초 단위로 측정하였으나, 피험자의 반응속도를 감안하여 초단위로 환산하였다. 즉, 특정 초에서 다음 초 사이에 키를 누른 경우는 그 특정 초에 키를 누른 것으로 하였으며, 그

초 단위에 키를 몇 번 눌렀던지 상관없이 키를 눌렀으면 한 번으로 계산하였다. 따라서 특정 시간의 키누름 횟수는 그 시간에 불편감을 느낀 피험자 수가 된다.

4. 분석 방법

이상에서 준비한 데이터들을 그림 2에서 그림 5에 각 콘텐츠 별로 나타내었다. 그림 2부터 그림 5에서 (b), (c), (d)의 변위에 대한 그래프는 스크린보다 튀어나와 보이는 경

우를 -(negative disparity), 더 멀리 들어가 보이는 것을 +(positive disparity)로 하여 측정한 것이다. 이 데이터에 대한 분석은, 먼저 각 콘텐츠 별로 3D 콘텐츠를 시청하면서 불편감 키누름 데이터가 있는 부분에 대해 초점, ROI, 전체의 변위 값, 변위 변화, 최대/최소 변위 값 및 변화정도, 화면의 형태 및 구성, 콘텐츠의 주제 및 내용 등을 분석하였다. 모든 콘텐츠에 대한 분석이 끝난 다음 모든 콘텐츠에 대해 공통적인 현상이나 상황을 비롯하여 특이사항 등을 다시 분석하고 종합하였다.

(a)

(b)

(c)

(d)

그림 2. '햇님달님' 콘텐츠의 데이터; (a) 키누름 횟수, (b) 초점의 변위, (c) 관심영역의 변위, (d) 전체영역의 변위

Fig. 2. Data for the 'Sun-and-Moon' contents; (a) number of key strokes, (b) disparity at focal point, (c) disparities in ROI, (d) disparities in the whole image

(a)

(b)

(c)

(d)

그림 3. '안동' 콘텐츠의 데이터; (a) 키누름 횟수, (b) 초점의 변위, (c) 관심영역의 변위, (d) 전체영역의 변위

Fig. 3. Data for the 'An-Dong' contents; (a) number of key strokes, (b) disparity at focal point, (c) disparities in ROI, (d) disparities in the whole image

(a)

(b)

(c)

(d)

그림 4. '어글리 코리안' 콘텐츠의 데이터; (a) 키누름 횟수, (b) 초점의 변위, (c) 관심영역의 변위, (d) 전체영역의 변위

Fig. 4. Data for the 'Ugly Korean' contents; (a) number of key strokes, (b) disparity at focal point, (c) disparities in ROI, (d) disparities in the whole image

(a)

(b)

그림 5. '보물' 콘텐츠의 데이터; (a) 키누름 횟수, (b) 초점의 변위, (c) 관심영역의 변위, (d) 전체영역의 변위
Fig. 5. Data for the 'Treasure' contents; (a) number of key strokes, (b) disparity at focal point, (c) disparities in ROI, (d) disparities in the whole image.

III. 분석 결과

이 장에서는 II장에서 설명한 분석 결과를 콘텐츠의 내용, 변위와 변위변화의 정도, 변위변화의 상황 등에 따라 분류하여 기술하며, 콘텐츠 별로 기술하지 않고 상황이나 요인별로 기술한다. 그림 2에서 그림 5를 보면 알 수 있듯이, 피험자 수에 비해 키누름 횟수가 상대적으로 적은 콘텐츠도 있고 많은 콘텐츠도 있다. 또한 상황에 따라 많은 피험자가 키를 누른 곳도 있고 아주 적은 수의 피험자만 불편감을 느낀 곳도 있다. 시청자 안전성을 고려한다면 적은 수의 피험자가 불편감을 느낀 경우도 중요한 데이터임에 분명하나, 일일이 그런 곳까지 다 기술하는 데는 너무 방대한 설명이 필요하기 때문에, 본 논문에서는 각 콘텐츠 별로 어느 정도 이상의 피험자가 불편감을 느낀 곳이나 불편감을 느낀 피험자 수는 적지만 아주 많이 나타나는 경우를 위주로 기술한다.

1. 전체적인 콘텐츠의 특징 및 키누름 횟수

표 5에 각 콘텐츠에 대해서 그림 2에서 그림 5까지의 (a) 키누름 횟수를 전체 시퀀스에 대해 누적한 횟수와 그 수를

피험자수로 나눈 1인당 평균 키누름 횟수를 나타내었다. 예상한 바와 같이 동적인 콘텐츠('안동', '보물')가 정적인 콘텐츠('햇님달님', '어글리 코리언')보다 키누름 횟수가 많았다. 또한 대체적으로 애니메이션('햇님달님', '안동')이 실사('어글리 코리언', '보물')보다 많은 키누름 결과를 보였는데, 이것은 애니메이션이라는 특징과 함께 이 콘텐츠들이 콘텐츠 전문 업체에서 제작되었다는 것이 그 이유일 수도 있다. 즉, 애니메이션이기 때문에 변위의 크기를 자유롭게 조절할 수 있었을 것이고, 전문업체이기 때문에 어떤 곳에 어떻게 변위를 넣어야 자극적일 수 있는지를 잘 알고 제작하였을 것이다. 실제 콘텐츠를 보면 시청자를 깜짝 놀라게 하는 부분이 여러 곳에서 나타나고, 이 장면들은 지금까지 테마파크 등에서 많이 접했던 장면들과 유사하다.

표 5. 콘텐츠별 키누름 횟수
Table 5. Number of key strokes for each contents

콘텐츠	총 키누름 횟수	1인당 키누름 횟수
햇님 달님	1,452	46.84
안동	1,653	66.12
어글리 코리언	645	21.50
보물	1,209	47.78

전체적으로 볼 때 큰 변위(-쪽으로)가 애니메이션에서 더 많이 발견되었고 변위의 변화도 두 애니메이션에서 더욱 심한 것을 알 수 있으며, 이것이 키누름 횟수가 더 많은 것과 무관하지 않다. ‘햇님달님’이나 ‘안동’(‘햇님달님’보다는 덜 알려져 있지만)의 경우 이미 알려진 스토리이기 때문에 어느 정도는 다음 장면이 예측 가능하여 키누름 횟수가 적을 것이라고 예상할 수 있는데, 그럼에도 불구하고 다른 두 콘텐츠보다 키누름이 많다는 것은 그 만큼 불편감이 크다는 뜻으로 해석된다.

네 콘텐츠 모두의 변위들을 보면 대부분의 시간이 +변위이고, 아주 짧은 구간만 -변위를 가지는 것을 볼 수 있다. 장시간 -변위를 가지는 경우 불편감이 더욱 커질 것으로 예상되나, 이런 장면이 없어서 본 논문에 이에 대한 데이터를 제시하지 못함을 아쉽게 생각한다. 전반적으로 큰 변위가 발생하는 곳에 키누름 횟수가 큰 것은 분명하다. 그러나 네 콘텐츠 모두에서 큰 변위 대부분은 급격한 변위의 변화가 동반되기 때문에 변위의 크기에만 의존하는 것은 아닌 것으로 판단되며, 이것에 대한 내용을 뒤에서 다시 다루기로 한다. 또한 변위가 큰 부분임에도 불구하고 키누름은 상대적으로 적거나 거의 없는 경우도 발생했으며, 이에 대해서도 뒤에서 좀 더 자세히 실제의 예를 통해서 언급하도록 한다.

2. 화면의 구성 및 촬영 위치와 조건

본 절에서는 전체적인 화면의 구성이나 촬영(애니메이션의 경우 실제 촬영한 것은 아니지만, 실사와 같은 용어를

사용하기로 한다) 환경 또는 조건, 상황 등이 불편감에 어떤 영향을 미치는지를 다룬다.

2.1 화면의 흔들림

화면의 흔들림에 대해서는 [11]에서도 다른 바가 있는데, 안정된 화면보다 흔들리는 화면에서 불편감을 더 많이 느끼는 것으로 보고되었다. 본 실험에서도 화면 자체가 흔들리거나 떨리는 경우 불편감을 느끼는 경우가 많았다. 특히 ‘보물’의 경우 두 명의 촬영자가 촬영한 것으로 짐작되는데, 두 명 모두 카메라를 고정시키지 않고 직접 들고 촬영한 것으로 보인다. 두 명 중 특히 한 명이 촬영한 장면이 상대적으로 많이 흔들리는 것을 볼 수 있고, 이런 현상은 콘텐츠 전반에 걸쳐 나타난다. ‘보물’의 키누름을 보면, 변위에 비해 전체적으로 작은 값들이 분포하고 있는 것을 볼 수 있는데, 많은 부분이 이것 때문인 것으로 판단된다. 예를 들면, 120초에서 150초 사이에 3명 정도의 키누름에서 시작하여 7명 정도의 중간크기의 피크(peak)와 11명의 꽤 큰 피크로 이어진다. 이 장면은 한 검객이 숲에서 걸어 나와 다른 검객을 만나는 장면인데, 두 검객을 번갈아가며 비추고, 두 검객을 점차 가까이에서 촬영한 장면이다. 이 부분의 초점, ROI, 전체의 변위를 보면 크기가 크거나 변화가 심하지 않음에도 불구하고 불편감을 느끼는 피험자가 꽤 많았다. 이런 상황은 이 외에도 여러 곳에서 볼 수 있는데, 키누름이 작지만 25~50초, 180초 근처, 270~300초 등은 다른 요인을 크게 발견할 수 없고, 특정 촬영자가 촬영한 부분에서 특히 키누름이 크게 나타났다.

이런 현상은 다른 콘텐츠에서도 나타났다. ‘어글리 코리

(a)

(b)

그림 6. 화면 흔들림의 예: (a) ‘어글리 코리안’의 540초 근처, (b) ‘안동’의 690초 근처

Fig. 6. Examples of shaking image: (a) near 540[sec] in ‘Ugly Korean’, (b) near 690[sec] of ‘An-Dong’

언'의 540초 근처에서 7명 정도의 중간 크기의 키누름이 보이는데(그림 6 (a)), 이 장면은 피면접인 중 한 명이 면접을 끝내고 거리를 걷는 장면인데, 촬영자가 카메라를 직접 들고 이 사람을 따라가면서 촬영한 장면이다. 당연히 화면이 불규칙적으로 흔들리나, 초점, ROI, 전체의 변위가 크거나 심하게 변화하지는 않는다. '안동'의 270~300초, 690~720초(그림 6 (b))에 3, 4명의 중간크기 값들과 5~7명의 피크들, 그리고 10명의 큰 피크가 있는데, 이 장면은 말을 타고 달리는 장면으로, 말을 타고 촬영한 것과 같이 화면이 흔들린다. 710초 근처에 큰 변위 피크(이 부분은 아주 가까이로 군사 한 명이 휙 지나가는 장면으로, 이런 경우에 대해서는 뒤에 다시 언급하기로 한다)를 제외하면 변위의 크기나 변화의 크기도 크지 않다.

2.2 사람의 시각으로 볼 수 없는 각도의 장면

보통의 장면들은 사람이 서거나 앉아서 보는 정면의 장면들이다. 그러나 이런 각도가 아닌, 위에서 내려 보거나 아래에서 위로 쳐다보는 방향으로 촬영한 경우는 사람에게 흔하지 않은 경우이고, 이런 경우 3D 콘텐츠가 아닌 실제의 경우에도 불편감을 느낄 수 있다. 이런 경우는 실험대상 콘텐츠에도 있었는데, 예를 들면 '햇님달님'의 630~645초 사이의 3, 4명의 작은 키누름은 나무에서 떨어진 호랑이를 위에서 아래로 찍은 것으로, 화면이 회전하는 장면이다. 이 경우 변위는 +이었으나 불편감을 느끼는 피험자들이 있었다.

'보물'의 370초 근처의 11명과 12명의 키누름 피크 또한 두 검객이 싸우는 장면을 위쪽에서 아래로 찍은 장면이다

(그림 7 (a)). 이 경우 변위의 크기나 변위의 변화가 거의 없음에도 불구하고 키누름 횟수가 많은 것은 카메라의 위치가 큰 영향을 준 것으로 판단된다. 550~565초 구간은 검객 중 한 명이 칼을 맞고 쓰러진 장면을 위에서 아래로 찍은 장면이며, 이 경우에도 변위의 크기나 변화의 크기가 아주 작으나 9명이 키를 눌렀다. '안동'의 경우 590~630초 구간에서 안중할멈이 걸어오다가 쓰러진 장면(그림 7 (b))인데, 처음에는 정면으로 보이다가 위에서 찍은 장면으로 바뀌고, 피크에서는 위에서 찍은 장면을 클로즈업(close-up)하는 장면이다. 클로즈업 속도가 그리 크지 않지만, 위에서 아래로 카메라가 움직이는 것에 익숙하지 않기 때문에 불편감을 상대적으로 많은 7명이 느낀 것으로 판단된다. '보물'의 400초 근처의 5명의 꽤 큰 키누름 피크는 몇 가지 요인이 복합된 경우로 볼 수 있는데, 이 장면은 말을 탄 군사들이 우측에서 좌측으로 달리는 장면이다. 말을 탄 사람들이 꽤 가까이에 있기는 하지만, 상당히 낮은 곳에서 위쪽을 바라보고 찍은 듯한 장면이다. 즉, 변위의 변화에 더하여 카메라의 위치가 불편감을 더 증가시켰다고 볼 수 있다.

2.3 예상치 못한 장면의 변화

특정 상황이 전개됨에 따라 나타나는 장면들은 일반적으로는 예측이 어느 정도는 가능하다. 이런 상황에서 예상 밖의 장면이 등장하면 변위의 크기나 변화의 크기가 크지 않더라도 불편감을 꽤 많이 느끼는 것으로 나타났다. '햇님달님'의 360초 근처에 8명의 중간크기 키누름이 보이는데, 이 구간에서 변위의 절대적인 크기나 변화의 크기가 아주 작다. 이 장면을 그림 8 (a)에 보이고 있는데, 두 아이가 방안

(a)

(b)

그림 7. 위에서 촬영한 예: (a) '보물'의 370초 근처, (b) '안동'의 600초 근처

Fig. 7. Examples of images captured downward at a high position: (a) near 370[sec] in 'Treasure', (b) near 600[sec] of An-Dong'

그림 8. 예상치 못한 장면의 예: (a) '햇님달님'의 360초 근처, (b) '안동'의 940초 근처

Fig. 8. Examples of unpredictable scene: (a) near 360[sec] in 'An-Dong', (b) near 940[sec] of 'Sun-and-Moon'

에서 노는 장면으로, 오빠가 여동생에게 꿀밤을 주고, 마치 만화처럼 큰 별모양이 두 번 번쩍인다.

‘안동’ 콘텐츠에서는 625초 정도에 7명의 중간 정도 키누름 피크가 있는데, 이 장면은 왕건이 망루에서 연설하는 장면인데, 연설도중에 갑자기 잠깐 군사들이 행진하는 장면이 나온다. 그 군사들의 변위가 큰 것도 아니고 장면 간 변위의 변화가 큰 것도 아니지만 꽤 많은 피험자가 불편감을 느꼈다. 930~945초 사이에도 3~5명이 불편하다고 키를 눌렀는데, 이 장면은 건훤이 전사하는 장면이다. 건훤이 칼을 맞자 갑자기 하늘에서 불기둥이 내려오고 건훤이 불기둥을 따라 하늘로 올라가는데(그림 8 (b)), 여기에서도 약간의 - 변위가 나타나기는 했지만, 전체적으로 판단하건데 불편감을 느낄 정도는 아님에도 불구하고 꽤 많은 피험자가 키를 눌렀다.

3. 초점 변위의 크기 및 변화

일반적으로 3D 영상에서 초점에 큰 변위(-로)가 있는 경

우 입체감을 크게 느끼고, 또한 불편감을 많이 느낄 것이라고 짐작할 수 있고, 또 기존 연구에서 여러 방법으로 검증한 바 있다^{[11][12]}. 본 절에서도 초점 변위의 크기와 변위 변화의 크기 등이 불편감에 어떤 영향을 미치는지에 대해 다룬다. 그러나 단순히 변위 그 자체만이 아니라 콘텐츠의 여러 특성을 같이 고려한다. 순서에 있어서는 대체로 많은 피험자가 불편감을 느낀 경우부터 다루기로 한다.

3.1 예상치 못한 큰 변위의 물체

이런 경우는 일반적으로 3D 효과를 극대화할 수 있는 상황으로 판단되며, 더불어 불편감을 가장 많이 느끼는 상황 중 하나이다. ‘안동’의 135초 근처의 9명과 10명의 키누름 피크를 예로 들 수 있는데(그림 9 (a)), 이 장면은 화면 전체에 깃발이 휘날리고 있고, ‘고창전투’라는 글자가 한자씩 나타나는데, 글자가 나타나면서 아주 가까이까지 다가왔다가 다시 어느 정도의 거리에서 안정된다. 이 부분의 변위변화를 보면 초점, ROI, 전체 모두 상당히 큰 변위변화가 아

그림 9. 예상치 못한 큰 변위 물체의 예: (a) '안동'의 135초 근처, (b) '안동'의 400초 근처

Fig. 9. Examples of unpredictable scene: (a) near 135[sec] in 'An-Dong', (b) near 400[sec] of 'An-Dong'

주 자주 일어나는 것을 볼 수 있다. 또한 400초 근처의 8명의 키누를 피크는 계곡사이로 새 한 마리가 멀리서부터 가까이로 날아오는 장면이다(그림 9 (b)). 그런데, 새가 지속적으로 가까이로 날아오는 상황임에도 불구하고 단순하게 다가오는 것이 아니라 멀어졌다가 가까이로 오는(카메라가 뒤로 갔다가 앞으로 오는 듯한) 장면이 두세 번 일어난다. 일반적으로 새가 날아오는 장면은 변위가 지속적으로 커질 것이라는 것으로 예측할 수 있으나, 실제의 경우 그 예상과는 많이 다르기 때문에 많은 피험자가 불편감을 느낀 것으로 판단된다.

‘보물’에서도 이런 형태의 장면이 있는데, 380초에 있는 11명과 12명의 큰 키누를 피크는 두 검객이 싸우는 중에 특정 검객을 갑자기 클로즈업하는 장면이다. 이 부분에 - 변위 피크가 있지만 아주 크지 않은데, 이 피크의 크기에 비한 많은 키누름은 예상치 못한 장면이기 때문인 것으로 생각된다. ‘햇님달님’의 510초 근처의 18명의 큰 키누를 피크는 갑자기 호랑이가 다리를 문창살 사이로 들이미는 장면이다. 스토리에 손을 보여주도록 되어 있지만, 갑작스런 장면에 극도의 불편감을 느낀 것으로 판단된다. 이 외에도 많은 부분에서 이런 장면이 발생하는데, 이런 상황은 3D 효과를 극대화하는 방법이기도 하지만 이것이 극도의 놀람 등의 불편감을 유발하는 요인이기도 하다.

3.2 큰 변위 물체의 움직임

큰 - 변위(가까이 위치한)의 물체에 대한 3D 효과가 크

고, 따라서 이런 경우에도 강한 불편감을 나타낸다는 것은 널리 알려져 있고, 기존 연구에서도 이를 실증적으로 보였었다^[11]. 그러나 실제의 경우 큰 변위라 하더라도 움직이지 않는 경우보다 움직이는 경우 불편감을 더욱 많이 느끼는 것으로 나타났다. 예를 들어, ‘어글리 코리언’에서 120초 근처의 2~3명의 키누를 피크는 면접관이 피 면접인의 얼굴을 대조하는 부분에서 피면접인의 얼굴을 갑자기 아주 가까이에서 찍은 장면이다. 갑작스런 장면 변화이고 또 꽤 큰 - 변위임에도 불구하고 불편감을 느끼는 정도는 그리 크지 않았다. ‘보물’의 경우 310초 근처의 큰 - 변위는 검객 중 한 명을 갑자기 가까이에서 찍은 장면이다. 그러나 검객이 움직이지 않고 가만히 있기 때문에 불편감을 전혀 느끼지 않았다. ‘햇님달님’의 경우에도 125초 근처의 - 변위는 호랑이가 갑자기 어머니 앞에 나타나는 장면(그림 10 (a))으로, 변위가 꽤 크고 급하게 변화하였지만, 2~3명 정도만 불편감을 느꼈다.

변위가 큰 물체가 뾰족하거나 해서 시청자를 해할 수 있는 물체이면 3D 효과가 더 클 것이고 또한 불편감도 커질 것이다. 그러나 이런 물체의 경우에도 물체가 움직이는 것과 그렇지 않는 것에는 차이가 있었다. ‘안동’의 100초 근처에 있는 - 변위 피크는 전쟁터에서 죽은 시신들을 비추다가 갑자기 방패에 꽂혀 있는 화살과 땅에 꽂혀 있는 칼이 나타나는 장면이다. 피크가 아주 크지는 않지만 급작스러운 장면이기 때문에 상당한 불편감을 느낄 것으로 예상하였으나, 화살이나 칼끝이 고정되어 있어서 그 효과가 작아

(a)

(b)

그림 10. 움직이는 큰 변위 물체의 예: (a) 큰 변위 물체가 움직이지 않는 경우(‘햇님달님’의 125초 근처), (b) 큰 변위의 물체가 움직이는 경우(‘안동’의 715초 근처)

Fig. 10. Examples of moving object with large disparity: (a) still object with large disparity (near 125[sec] in ‘Sun-and-Moon’, (b) moving object with large disparity (near 715[sec] of ‘An-Dong’)

저 4명만 불편감을 느낀 것으로 판단된다. 그러나 715초 근처의 10명의 큰 키누름은 장수의 칼끝이 화면 쪽으로 튀어나오는 장면(그림 10 (b))이고, 그 끝이 고정되지 않고 흔들리는 장면이다. 840초 근처의 6명의 피크는 창끝이 화면을 향하고 흔들리는 장면이고, 870초 근처의 19명의 피크는 창들을 쫓은 전차가 화면으로 흔들리면서 점점 가까이 다가오는 장면이다. 특히 870초 근처에는 - 변위도 크지 않음에도 불구하고 상당한 불편감을 느낀 결과를 보였다. ‘햇님 달님’의 경우 810초에 있는 13명의 상당히 큰 키누름 피크는 호랑이가 밧줄을 타고 그네를 타듯이 왔다 갔다 하다가 화면 가까이로 접근하면서 손을 내밀어 ‘어흥’하는 장면이다. 변위의 크기에 비해 키누름 횟수가 큰 것을 알 수 있다. 이 외에도 이와 유사한 많은 장면들을 특히 전쟁이나 전투가 벌어지는 콘텐츠에서 많이 볼 수 있는데, 이 장면들 대부분에서 상당한 불편감을 느끼는 것으로 조사되었다.

3.3 다수의 물체들이 시청자 쪽으로 급격히 다가오는 경우

이런 경우는 주로 전쟁장면에서 화살 등이 화면 쪽으로 날아오는 경우에서 볼 수 있고, 이런 경우 3D 효과가 크고 따라서 불편감도 클 것으로 생각되지만, 실제로는 경우에 따라 차이가 있었다. 콘텐츠의 특성상 ‘안동’에서만 나타났는데, 255~270초 사이에는 많은 불화살들이 화면을 향해 날아오는 장면이다. 이 장면의 변위가 - 의 작은 피크가 있고 상황적으로 불편감을 크게 느낄 수 있지만, 2~3명만 키를 눌렀다. 300~330초 구간은 군사들의 훈련장면이다. 당연히 많은 움직임이 있고 칼이나 창끝이 화면을 향하는 경우가 많으며, 초점의 변위도 - 로 꽤 큰 피크들이 보이고 있다.

그러나 여기서도 5명 이내만 불편감을 느낀 것으로 나타났다. 460초 근처에 작은 키누름 피크가 있는데, 이 장면 또한 많은 수의 화살이 정면으로 날아오는 장면이다. 변위 또한 큰 - 피크를 보이지만 3명 정도만 키를 눌렀다. 745초 근처에는 독을 허무는 장면이 나오는데, 처음 독에 금이 가면 서부터 물이 세어 나와 화면 쪽으로 뿜어지고(그림 11 (a)), 이 때 - 의 큰 변위가 발생하지만 2명 정도만 키를 눌렀다. 반면, 765초 근처의 큰 키누름 피크는 독이 무너져 파편들이 화면 쪽으로 달려드는 장면(그림 11 (b))이다. 이 장면에서의 변위의 크기는 745초 근처보다 오히려 작으나 키누름 수는 10명이었다.

이들 결과는 다음과 같이 해석할 수 있다. 다수개의 작은 물체가 빠른 속도로 변위를 증가(화면 쪽으로 가까워짐)시켜도 시선을 특정 물체에 고정시킬 수 없는 경우에는 화면에서 나타나는 변위를 그대로 느끼지 못하는 것으로 생각된다. 반면 다수개의 물체 각각을 인지할 수 있는 경우는 화면에서 나타나는 변위를 그대로 인지하여 3D 효과나 불편감을 그대로 느끼는 것으로 사료된다.

3.4 초점근처에 초점보다 가까운 물체가 움직이는 경우

이런 장면은 흔히 있는 장면이며, 극도의 3D 효과나 불편감을 느끼지는 않지만 꽤 많은 피험자들이 불편감을 느끼는 것으로 나타났다. 가장 대표적인 예가 그림 12 (a)에 보인 ‘보물’의 415초 근처이며, 이 경우 5명이 불편감을 느꼈다. 이 피크는 대나무 숲에서 한 검객이 움직이는 장면으로 카메라는 검객을 따라 움직인다. 초점은 검객에 맞춰져 있지만, 그 근처에 검객보다 가까운 곳에 대나무들이 있고 화

(a)

(b)

그림 11. 다가오는 다수의 물체: (a) ‘안동’의 260초 근처, (b) ‘안동’의 765초 근처

Fig. 11. Examples of multiple objects getting closer: (a) near 260[sec] in ‘An-Dong’, (b) near 765[sec] of ‘An-Dong’

면이 움직임에 따라 이 대나무들도 움직인다. 변위를 보면 초점의 변위보다 훨씬 큰 변위가 ROI와 전체에서 나타나고 있다.

‘어글리 코리언’의 150초 근처에 2명 정도의 약한 키누름 피크는 해당 초점의 변위가 +변위이다. 그러나 ROI와 전체에는 초점에는 없는 - 변위가 나타나고 있다. 이 장면은 두 면접관을 비추고 있는 장면인데, 말을 하고 있는 면접관은 멀리 있는 면접관이다. 가까이 있는 면접관이 거의 움직이지 않기 때문에 키누름 횟수가 상대적으로 적다. 그러나 500초에 9명의 꽤 큰 키누름 피크가 있는데, 이 장면은 피면접인 두 명을 비스듬히 비추는 장면이며, 멀리 있는 피면접인이 대답을 하고 있고, 가까이 있는 피면접인도 어느 정도 움직임을 보이고 있다. 변위를 보면 초점의 변위는 +로 피크가 있기는 하지만 이 구간 전체가 +인데, ROI와 전체에서 - 변위를 보이고 있다.

‘햇님달님’에서도 이런 경우가 종종 나타나는데, 170초 정도에 7명의 중간정도 크기의 키누름 피크는 어머니 앞에 호랑이가 나타나는 장면이다. 여기서 호랑이는 두 다리만 보이고 다리사이로 어머니가 보이는데, 초점은 어머니에게 있으므로 +변위를 보이고 있으나 ROI나 전체에는 거의 0인 것을 볼 수 있다. 그림 12 (b)에 보이고 있는 장면은 270에서 300초 사이에는 나쁜 요정이 나타나서 호랑이에게 어머니를 잡아먹으라고 종용하는 장면이다. 이 때 11명의 키누름 피크에 해당하는 장면은 호랑이가 말을 하고 있는데, 요정이 호랑이보다 가까운 곳에서 떠다니는 장면이다. 변위를 보면 물론 초점에 해당하는 호랑이도 -의 꽤 큰 변위를 가지고 있지만, ROI와 전체에 더 큰 - 변위가 나타나고 있다.

3.5 카메라의 빠른 움직임

불규칙적이지는 않지만 카메라가 빠른 속도로 일정한 방향으로 또는 방향을 바꾸면서 움직이는 경우에도 꽤 많은 피험자들이 불편감을 느낀 것으로 조사되었다. 이런 상황은 그 특성 상 거의 ‘안동’에서만 나타나는데, 일반적으로 영화나 TV에서 종종 나타나는 장면이다. ‘안동’의 135초의 10명의 큰 피크는 안개가 낀 숲속을 카메라가 빠르게 전진하는 장면이다. 이 경우 카메라가 전진함에 따라 주위의 나무들이 빠르게 지나가기 때문에, 주변의 큰 변위의 물체가 움직이는 경우로도 볼 수 있으나, 카메라의 빠른 전진 때문에 보는 것이 더욱 타당한 것으로 판단된다. 이와 유사한 장면으로 690초 정도에 4명의 키누름이 나타나는데, 이 장면은 계곡위에서부터 계곡 아래의 군사들을 향해 카메라가 빠르게 하강하다가 군사들을 따라 전진하는 장면이다. 이 장면은 초점, ROI, 전체의 변위가 크지 않고 변화도 거의 없는 것으로 보아 카메라의 급격한 움직임 때문인 것으로 생각된다.

3.6 배경의 고주파 성분

‘햇님달님’ 콘텐츠는 등장인물도 많지 않고 상대적으로 격동적인 장면이 적은 콘텐츠이다. 그럼에도 불구하고 표 9의 1인당 키누름 횟수는 전쟁을 소재로 한 ‘안동’까지는 아니지만 ‘보물’에 버금간다. 앞에서 언급한 바와 같이 ‘햇님달님’의 모든 물체와 사람은 마치 뜨개질한 것과 같은 표면을 가지고 있다. 더구나 특정 물체는 울의 크기가 커서 눈으로 인식할 수 있다. 620~645초는 호랑이가 나무위에 있는 아이들을 잡으려고 폴짝폴짝 뛰다가 바닥에 누워버리는 장면인데, 그 바닥이 상당히 큰 울로 짜여진 것처럼 보

(a)

(b)

그림 12. ROI에 있는 초점보다 가까운 물체의 예: (a) ‘보물’의 415초 근처, (b) ‘햇님달님’의 270초 근처

Fig. 12. Examples of object(s) in ROI closer than focal point: (a) near 415[sec] in ‘Treasure’, (b) near 270[sec] of ‘Sun-and-Moon’

인다.(그림 13 (a)) 또한 730~750초는 나무위의 아이들이 호랑이가 도끼로 나무를 찍으면서 올라오자 하늘을 향해 밧줄을 내려달라고 하는 장면인데, 그 나무 또한 상당히 큰 울로 짜여 진 것이다. 이 두 경우 변위의 변화가 거의 없고 크기도 아주 작지만 불편감을 느낀 피험자가 3, 4명 정도 있는 것으로 나타났다. 이런 경우는 ‘보물’에서도 볼 수 있는데, 그림 13 (b)에 보이고 있는 570초 근처의 9명의 꽤 큰 피크는 앞에서 위에서 아래로 찍은 장면이라고 설명한 바 있다. 그러나 이에 더하여 이 장면은 잔디밭 같이 작은 풀들이 촘촘히 나 있는 바닥에 검객이 칼을 맞고 쓰러져 있다가 상반신을 일으키면서 다른 검객에게 총을 쏘는 장면이다. 이 근처의 변위를 보면 거의 변위가 ‘0’이고 변화도 거의 없으나 상당히 많은 인원이 불편감을 느낀 것으로 나타났다.

이와 같이 배경이 고주파 성분을 많이 가지고 있고 주시하는 물체가 그 배경과 변위차이가 크지 않는 경우 물체와 배경의 변위를 잘 구분할 수 없다. 따라서 이런 경우는 상당

히 혼돈스럽고 자연스럽지 못한 느낌을 꽤 강하게 받아 불편감이나 현기증을 일으킬 수 있는 것으로 판단된다.

3.7 초점이 분명치 않은 불특정 다수의 물체

‘안동’의 경우 군사들의 행군이나 훈련모습이 종종 나온다. 이 때 아주 가까이에서 촬영한 경우는 큰 변위의 물체가 움직이는 경우로, 앞에서 설명한 바와 같이 불편감을 상당히 강하게 느꼈다. 그러나 군사들이 아주 멀리 있고, 각 개인 보다는 전체적인 움직임이 있는 경우 많지는 않지만 불편감을 느끼는 것으로 조사되었다. ‘안동’의 320~330초에는 군사들의 대열을 멀리서 카메라가 서서히 움직이면서 찍은 장면(그림 14 (a))이고, 415~425초에는 계곡 위에서 계곡 아래의 군사들이 대열훈련을 하는 장면(그림 14 (b))인데, 이 경우 대열을 겹쳤다가 다시 분리하는 장면이 나온다. 이런 경우 초점의 변위가 +이지만, 특정 군사에게 초점을 두지 못한 채 화면이 움직이면 불편감을 느끼는 사람이 4, 5명이나 있는 것으로 조사되었다.

(a)

(b)

그림 13. 배경의 고주파 성분 예: (a) ‘햇님달님’의 620초 근처, (b) ‘보물’의 570초 근처

Fig. 13. Examples of high-frequency background: (a) near 620[sec] in ‘Sun-and-Moon’, (b) near 570[sec] of ‘Treasure’

(a)

(b)

그림 14. 초점이 분명치 않은 불특정 다수의 예: (a) ‘안동’의 320초 근처, (b) ‘안동’의 420초 근처

Fig. 14. Examples of uncertain many objects: (a) near 320[sec] in ‘An-Dong’, (b) near 420[sec] of ‘An-Dong’

3.8 반복되거나 예측 가능한 장면

동일하거나 비슷한 장면이 반복되는 경우 비슷한 변위의 크기와 변화라도 불편감을 느끼는 정도는 많이 줄어드는 것으로 나타났다. 예를 들어, ‘햇님달님’에서 요정이 나와서 호랑이 얼굴주위를 왔다 갔다 하는 장면이 많이 나오는데, 280초 근처의 11명의 큰 키누를 피크는 나쁜 요정이 처음 나타난 장면이다. 그러나 그 뒤 이와 유사한 장면들이 여러 번 나오지만 처음처럼 큰 키누를 피크는 발생하지 않았다. 380~390초, 480~500초 등이 유사한 장면인데, 키누를 횡수는 2~4명 정도로 현저히 적다.

뿐만 아니라 변위가 -로 크게 변화하는 경우라도 예측이 가능한 경우는 불편감을 훨씬 덜 느끼는 것으로 조사되었다. ‘안동’의 460초 근처에 있는 초점의 - 변위 피크는 석공의 시위를 당기는 장면으로 화살 끝이 화면 쪽을 향하는 장면이다. 변위의 크기가 크지는 않지만, 이 경우 화살 끝이 화면 쪽으로 나올 것이라는 것을 예측할 수 있기 때문에 단 2명만 불편감을 느꼈다. 915초 정도에 - 변위의 큰 피크가 있는데, 이 장면은 견훤과 세 장수가 말을 타고 가면서 싸우는 장면이며, 이 피크는 칼끝이 화면을 향하는 화면이다. 그러나 변위피크의 크기에 비해 키누를 횡수가 1~2명으로 상당히 적는데, 이 장면은 칼끝이 화면 쪽을 행할 것이라는 것을 충분히 예측할 수 있다. 또한 ‘보물’에서 510초 정도에 초점의 큰 - 변위가 있는데, 이 장면은 두 검객 중 한 사람이 화면 정면으로 걸어와 카메라를 넘어가는 장면이다. 변위의 크기나 변화의 크기로 보아 상당한 키누를 예상되나, 이 경우 예측이 가능하기 때문에 2~3명만 키를 눌렀다.

3.9 실제 변위는 크지 않지만 정황적으로 변위가 클 것으로 생각되는 장면

‘안동’의 780~800초 정도에는 독이 무너져서 물이 쏟아져 나와 많은 물이 화면을 덮치는 장면(그림 15)이다. 이 정도면 상당한 크기의 - 변위가 있어야 하고, 또 변위의 변화도 매우 큰 것이 보통이다. 그러나 실제 화면에서는 변위가 거의 +이고, 아주 약하게 - 변위피크가 한 두 개 정도 있을 뿐이다. 그러나 이 장면에서 불편감을 느낀 피험자가 5명 정도나 된다. 그림 7 (a)에서 보인 ‘햇님달님’의 360초

근처는 오빠가 여동생에게 꿀밤을 주는 장면이다. 이 장면은 앞에서 예상치 못한 장면으로 설명한 바가 있다. 이 때 화면 전체를 덮을 정도의 큰 별이 나타나는데, 이 경우도 변위의 크기나 변화가 그렇게 뚜렷이 나타나지 않았다. 그럼에도 불구하고 불편감을 느낀 사람이 8명이나 되는데, 이것은 예상치 못하게 만화와 같이 별모양이 나타난 이유도 있지만, 별이 앞으로 갑자기 다가오는 상황이므로 변위가 크게 변하고 크기도 클 것이라 예상했기 때문에 실제의 상황과는 달리 많은 피험자가 불편감을 느낀 것으로 판단된다.

이와 같이 실제 변위가 크지 않거나 변화가 심하지 않더라도 정황적으로 그럴 것으로 판단되는 경우 불편감을 느끼는 사람이 꽤 많았다. 이것은 3D 비디오의 특성상 이런 장면들에 큰 변위가 있을 것으로 예측하기 때문인 것으로 생각된다.

그림 15. 정황적으로 변위가 클 것으로 예상되는 장면의 예(안동의 785초 근처)
Fig. 15. Example of the scene that is expected to have large disparity (near 785[sec] of ‘An-Dong’)

3.10 비스듬히 찍은 장면

‘어글리 코리언’과 ‘안동’에서 자주 나타나는 장면인데, 여러 명이 횡 또는 종으로 서 있고, 그것을 비스듬히 찍은 경우 2~3명 정도가 불편감을 느꼈다. 이런 장면에서의 특징은 화면 가까이 있는 사람이 아닌 먼 쪽에 있는 사람에게 초점이 간다는 것이다. 즉, 먼 쪽에 있는 사람이 말을 하거나 주시할 만한 행동을 하는 경우이다. 이 경우는 큰 불편감을 주지는 않지만, 이런 장면이 나올 때마다 2~3명 정도는 반드시 불편감을 느낀 것으로 조사되었다.

IV. 결론 및 향후 연구에 대한 제언

본 논문에서는 실제 스테레오 3D 콘텐츠를 시청하는 실험과 콘텐츠의 변위 관련 요인들을 분석하여 콘텐츠의 내용, 정황적 상태, 초점 뿐 만 아니라 그 주위 변위의 크기 및 변화 등이 불편감에 어느 정도 영향을 미치는지를 분석하였다. 분석 결과 중에 초점의 물체가 아주 가까이 다가오는 경우나 급격한 변위의 변화 등은 이미 강한 불편감을 줄 것으로 예측된 요인들이다. 그러나 큰 변위의 물체라 하더라도 가만히 있는 경우보다 움직이거나 흔들리는 경우, 초점주위에 초점보다 더 큰 변위를 가진 물체가 움직이는 경우 등이 아주 큰 불편감을 유발하는 요인이라는 것을 실증적으로 밝혔다. 또한 일반적으로 강한 불편감을 느낄 것이라고 생각하는 경우 중 불특정 다수가 급하게 변위를 증가시키는 경우나 정황적으로 예측이 가능한 상황이면 큰 변위나 큰 변위변화에도 불구하고 큰 불편감을 느끼지 못한다는 것도 밝혔다. 또한 카메라의 위치가 정면을 보는 것이 아니라 위에서 아래로 또는 아래에서 위로 보는 경우 불편감을 훨씬 많이 느꼈으며, 화면 전체가 불규칙적으로 흔들리는 경우 강한 불편감의 요인이 된다는 것을 보였다.

그 외에도 강한 요인은 아니지만, 실제 변위나 변위변화가 크지 않더라도 정황적으로 그런 상황, 배경에 인지할 수 있는 고주파 성분이 많고 초점의 물체와 큰 변위의 차이를 보이지 않는 경우 등의 요인도 실증적으로 보였다. 그러나 3장에서 설명한 요인들이 모두 단독적이지 않고 복합적이며, 본 논문에서 언급하지 않은 많은 요인들이 있을 수 있다는 것도 밝히고자 한다. 본 논문에서 사용하지 않은 요인들, 즉 화면이나 초점의 색깔, 명도, 채도 또한, 그 자체로 불편감을 느끼게 하는 요인일 수도 있지만, 변위 요인들과 결합하여 더 강한 자극의 요인이 될 수도 있을 것으로 판단된다.

향후 이런 요인들을 변위요인들과 더불어 분석할 필요가 있으며, 이것이 본 연구팀의 향후연구이기도 한다. 본 논문은 시청안전성을 위한 콘텐츠 제작 가이드라인을 궁극적인 목적으로 한다. 이 목적으로 비추어볼 때 본 논문의 내용은 미완성이며 초보적인 단계임을 인정한다. 이런 목적을 달성하기 위해서는 본 논문에서 언급한 여러 가지 상황이나 요인들을 더욱 정밀하게 실험하고 분석할 필요가 있을 것

으로 생각된다. 예를 들면, 어느 정도의 변위를 가진 물체가 초점에서 어느 정도 시간동안 지속되면 어느 정도의 불편감을 느끼는지 등이다. 즉, 본 논문에서 언급한 거의 대부분의 상황이나 요인들에 대해서 그 정도와 시간적 지속정도에 대해서 면밀한 실험과 분석이 필요하리라 생각된다. 이런 데이터들을 근거로 시청안전성을 위한 콘텐츠 제작 가이드라인을 만들 수 있으며, 이런 데이터들을 기초로 한 가이드라인이 진정한 가이드라인이라고 생각한다. 따라서 본 논문의 연구팀은 해당 전문연구팀들이 더욱 전문적인 연구를 통하여 이런 정량적 데이터를 충분히 도출해 줄 것을 또한 요청하는 바이다.

참 고 문 헌

- [1] T. Inoue, K. Uehira, K. Komiya, and M. Suzuki, "Human factors of 3-D Displays for Visual Reality," IEEE Industrial Application Society Annual Meeting, pp. 1-4, Oct. 2008.
- [2] D. H. Chung, H. C. Yang, "Exploratory analysis of 3D stereoscopic video measurement", J. KSDIM, Vol. 6, No. 4 pp. 225-235, December 2010.
- [3] Q. Huynh-Thu, M. Barkowsky, and P. Callet, "The Importance of Visual Attention in Improving the 3D-TV Viewing Experience: Overview and New Perspectives," IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 57, No. 2, pp. 421-431, June 2011.
- [4] H. Lee, "Human Factor Research on the Measurement of Subjective Three Dimensional Fatigue," Korean J. of Broadcasting Engineering, Vol. 15, No. 5, pp. 607-616, Sept. 2010.
- [5] D. Kim, S. Choi, K. Son, "Visual Fatigue Prediction for Stereoscopic Video Considering Individual Fusional Characteristics," Korean J. of Broadcasting Engineering, Vol. 16, No. 2, pp. 331-338, March 2011.
- [6] N. K. Kim, "Human Factors for 3D Stereoscopic Images," KIISE, Vol. 29, No. 8, pp. 48-54, August 2011.
- [7] 3D Consortium, "3DC Safety Guideline for Popularization of Human-friendly 3D," 2006.
- [8] Telecommunications Technology Association (TTA), "3DTV Broadcasting Safety Guideline" TTA-KO-07.0086, December 2010.
- [9] <http://www.3dfocus.co.uk/3d-news-2/3d-technology/disney-rd-create-real-time-tool-to-improve-3d-perception/6373>.
- [10] M. Wöping, "Viewing Comfort with Stereoscopic Pictures: An Experimental Study on the Subjective Effects of Disparity Magnitude and Depth of Focus," J. of the Society for Information Display, 3/3, pp. 101-103, 1995.
- [11] S. Yano, S. Ide, T. Mitsuhashi, and H. Thwaites, "A Study of Visual Fatigue and Visual Comfort for 3D HDTV/HDTV Images," Displays, Vol. 23, pp. 191-201, 2002.

[12] T. Alpert and J. Evain, "Subjective Quality Evaluation - The SSCQE and DSCQE Methodologies," EBU Technical Review pp. 12-20, Spring 1997.

[13] S. Yano, M. Emoto, and T. Mitsuhashi, "Two Factors in Visual Fatigue caused by Stereoscopic HDTV Images," Displays, Vol. 25, pp. 141-150, Oct. 2004.

저 자 소 개

서 영 호

- 1999년 2월 : 광운대학교 전자재료공학과 졸업(공학사)
- 2001년 2월 : 광운대학교 일반대학원 졸업(공학석사)
- 2004년 8월 : 광운대학교 일반대학원 졸업(공학박사)
- 2005년 9월 ~ 2008년 2월 : 한성대학교 조교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 교양학부 부교수
- 주관심분야 : 실감미디어, 2D/3D 영상 신호처리, 디지털 홀로그램, SoC 설계

배 윤 진

- 2010년 2월 : 광운대학교 전자재료공학과 졸업(공학사)
- 2012년 2월 : 광운대학교 일반대학원 졸업(공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 다물멀티미디어(주) 주임연구원
- 주관심분야 : 홀로그램, SVC, Tracking, HCI, Stereo Vision

김 우 열

- 2012년 2월 : 안양대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자재료공학과 석사과정
- 주관심분야 : 3D 영상처리, Tracking, Stereo Vision

김 동 욱

- 1983년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1985년 2월 : 한양대학교 공학석사
- 1991년 9월 : Georgia공과대학 전기공학과(공학박사)
- 1992년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자재료공학과 정교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 실감미디어 연구소 연구소장
- 주관심분야 : 3D 영상처리, 디지털 홀로그램, 디지털 VLSI Testability, VLSI CAD, DSP설계, Wireless Communication