

# 시청자의 불편감을 유발하는 스테레오 3D 영상 콘텐츠 요소 분석

김우열\*, 서영호\*, 김동욱<sup>o</sup>

## Analysis of Stereo 3D Content Factors Causing Viewer's Discomfort

Woo-Youl Kim\*, Young-Ho Seo\*, Dong-Wook Kim<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문에서는 3D 스테레오 콘텐츠를 시청할 때 시청자의 불편감을 유발하는 요인들을 정성적으로 분석한다. 이를 위해 실제 3D 스테레오 콘텐츠를 시청하면서 불편감을 느끼는 곳을 표시하는 주관적 평가 실험을 수행하여 불편감을 느끼는 위치와 불편감 정도에 대한 데이터를 얻고, 그 콘텐츠에서 다양한 요인들에 대한 정량적인 데이터를 추출하여, 두 세트의 데이터를 대상으로 실제 불편감을 느끼게 하는 요인들을 분석한다. 분석대상은 시차의 크기와 시차변화의 크기를 비롯하여, 콘텐츠의 내용, 정황이나 상황, 화면의 움직임, 카메라의 위치와 움직임, 색상, 화면밝기 등이다. 기존 연구는 시청자의 불편감을 유발하는 개개 요인들에 대해 다루어 왔는데, 본 논문에서는 단일 요인보다는 그 요인들의 복합적인 작용에 더욱 초점을 맞춘다. 즉, 지금까지 주로 다루어왔던 큰 시차뿐만 아니라 불편감을 유발하는 크고 작은 요인들과 그 복합요인이 어느 정도의 불편감을 느끼는지를 분석한다.

**Key Words** : viewer's safety, content production guideline, discomfort factors, stereo 3D contents, disparity

시청안전성, 콘텐츠 제작 가이드라인, 불편감 요인, 스테레오 3D 콘텐츠, 시차

### ABSTRACT

This paper qualitatively analyzes the stereo 3D content factors causing viewer's discomfort. For this, we perform a subjective test that each subject strokes a specific key whenever he or she feels discomfort during watching stereo 3D contents. Also we extract the quantitative values of the factors in the 3D contents to obtain the temporal changes of the factors. Those two sets of data are used to analyze the contents to find the content factors which cause viewer's discomfort. The factors to be considered are the amount and the frequency of the disparity change, story of the contents, situation or environments of a scene, movement and position of the image or camera, color and luminance information as well as disparities themselves. Most researches have dealt with each factor causing viewer's discomfort but this paper focuses on the composite factors rather than each of them. That is, this paper deals with the various strong and weak factors and their composites causing viewer's discomfort in addition to the big disparities which have been mostly so far.

※ 본 연구는 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2011-32A-B00297).

◆ 주저자 : 광운대학교 전자재료공학과, wykim@kw.ac.kr, 준회원

◦ 교신저자 : 광운대학교 전자재료공학과, dwkim@kw.ac.kr, 종신회원

\* 광운대학교 교양학부, 종신회원

논문번호 : KICS2012-05-264, 접수일자 : 2012년 5월 26일, 최종논문접수일자 : 2012년 10월 4일

## I. 서론

영화 ‘Avatar’의 흥행으로 촉발된 3D 영상/비디오의 열풍은, 이전의 3D에 대한 짧은 지속성과는 달리 3년을 넘도록 그 열기가 식지 않고 있으며, 걸으로 들어나지는 않지만 오히려 더 질 좋은 3D에 대한 열망으로 발전되어 가고 있다. 이것은 Avatar가 상영되기 훨씬 전부터 세계 굴지의 유관 기업체들이 3D에 대한 준비를 꾸준히 해왔고, 대중들이 Avatar에 뜨거운 반응을 보이자 축적된 기술을 기반으로 상당한 수준의 제품들을 출시해 왔기 때문이다. 이 제품들은 3D 콘텐츠뿐만 아니라 3D 영상/비디오를 획득할 수 있는 도구로부터 디스플레이, 심지어 3D 콘텐츠를 저작하고 편집하는 도구까지 무수한 기업체에서 출시함으로써 3D에 대한 시장이 급속히 형성되었기 때문이며, 그 정도가 돌이킬 수 없는 지경에 이른 것이다.

3D 영상물은, 홀로그래피(holography)라는 특수한 기술에 의한 것을 제외하고는 모두 스테레오스코프(stereoscope)의 범주에 속한다<sup>[1]</sup>. 스테레오스코프는 우안과 좌안을 위한 단 두 개의 시점을 갖고 있는데, 현재 우리가 시청하고 있는 일반적인 3D 영상물이 스테레오스코프(stereoscopic 3D, S3D)이며, 주로 안경을 착용하고 시청하고 있다. 이런 방식이 안경 방식이며, 여기에는 능동형(active, 셔터글래스 방식)과 수동형(passive, 편광 방식)이 있다. 그러나 시청자들은 안경을 착용하는 것에 대한 강한 거부감을 나타내고 있을 뿐만 아니라, 간혹 부자연스러움, 어지러움 등의 불편감을 호소하기도 한다<sup>[1,2]</sup>. 이런 불편감은 인간이 실제 사물을 볼 때와는 달리 두 개의 시점을 강제로 해당 눈에 주입하는 방식이기 때문이며, 이것은 무안경 방식에서 더욱 두드러진다. 한편, 안경식 S3D의 발전방향으로 대부분의 관계자들은 다시점(multiview), 초다시점(ultra multiview), 자유시점(auto-stereoscope)으로 발전할 것으로 예측하고 있다. 이들 대부분은 무안경 방식이며, 데이터양의 증가에 따른 문제점들을 제외하고는 현재 기술적으로 상당한 수준에 있다고 볼 수 있다. 그러나 강제 주입식의 불편감이 무안경식에서 더욱 두드러지는 점을 감안하면 이 문제를 해결하지 않고는 서비스를 할 수가 없다. 본 논문에서는 현재 널리 상용화되어 있는 안경식 스테레오 3D 콘텐츠를 대상으로 하나, 이 결과는 무안경식에도 그대로 적용할 수 있다.

3D 영상물에 대한 불편감이나 어지러움증 등을

해소 또는 축소하기 위한 노력이 전 세계적으로 경주되고 있는데, 2005년에 ISO에서 발표한 시청물 안전성에 관한 문서<sup>[3]</sup>를 기반으로, 시청자 측면에서 3D 영화/비디오를 시청하는 안전 가이드라인을 일본에서 가장 먼저 발표한 바 있다<sup>[4]</sup>. 우리나라에서도 2010년 일본의 시청 안전성 가이드에서 진일보하여 시청자의 측면뿐만 아니라 시청환경, 콘텐츠 제작, 영상물의 디스플레이에 대한 가이드라인을 TTA에서 ‘3DTV 방송 안전 가이드라인’이라는 이름으로 발표한 바 있다<sup>[5]</sup>. 이들 소위 ‘시청 및 방송 안전성 가이드’는 시청자가 3D 영화/비디오를 시청할 때 일반적인 주의사항을 피력하고 있다. 그러나 시청안전에 앞서 콘텐츠 자체가 시청에 적합하도록 제작되는 것이 필요하며, 이를 위한 연구가 최근 많이 진행되고 있다. 기존 연구들에 대해서는 II장에서 상세히 다루기로 한다.

본 연구는 시청자의 불편감을 최소로 하고 입체감을 최대로 할 수 있는 3D 콘텐츠 제작 및 저작을 궁극적인 목표로 하고 있다. 이를 위해서 콘텐츠가 갖고 있는 다양한 요인들이 시청 불편감을 어느 정도 유발하는지를 정성적으로 규명하는 것이 본 논문의 목적이다. 즉, 지금까지 콘텐츠의 요인 각각이 시청자의 불편감에 미치는 영향을 규명하는 것에 치중하였다면, 본 논문은 단일 요인보다는 복합 요인에 대한 연구에 치중하고자 한다. 연구 방법은 대상 S3D 콘텐츠들에 대해 주관적 불편감 평가를 실시하고 그 콘텐츠들의 요인들을 추출하여, 불편감을 느끼는 부분의 요인들을 분석한다.

본 연구팀은 본 논문에서 다루고자 하는 내용에 대해서 최근에 연구를 시작하였기 때문에 이 분야에서 지금까지 해오던 연구 방법과 본 논문의 연구 방법이 다소 차이를 보일 수 있다. 또한 요인을 분석하고 검증하는 방법과 과정이 기존 방법에 비해 적절한 타당성을 갖고 있는지도 확신할 수는 없다. 그러나 본 논문의 목적이 불편감을 유발하는 요인들을 각 개개가 아니라 복합적인 상황을 좀 더 상세히 다루는 것이고, 이런 문제를 제기함과 동시에 이런 요인들에 대해서 전문적인 연구진들이 더욱 심도있는 연구를 진행하기를 바라는 목적도 있다는 것을 미리 밝힌다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 시청 안전성과 관련한 기존 연구에 대하여 설명하고, III장에서는 본 논문의 분석에 사용할 데이터를 획득하는 실험 방법과 내용, 이 데이터들을 사용하여 불편감을 유발하는 요인들을 분석하는 방법과 절차에

대해 설명한다. IV장에서는 분석결과를 요인별로 분류하여 실제 데이터를 실증적으로 보이면서 설명하고, 이 분석결과를 토대로 V장에서 결론과 함께 향후 연구에 대해 제한다.

## II. 시청안전성 관련 기존 연구

3D 영상물은 입체감/몰입감/현장감을 극대화하는데 그 목적이 있다. 그러나 이런 효과 때문에 시청자가 불편감을 느끼는 것 또한 사실이며, 입체감과 불편감은 상보적인 관계를 갖는다. 따라서 관련 연구들의 목적은 서로 다를 수 있어도 그 내용은 서로 깊은 연관성을 갖는다. 기술적인 문제를 제외한 3D 관련 연구는 입체감을 증강시키는 연구와 3D 영상이 유발하는 피로감/현기증 등의 불편감과 관련된 연구로 크게 나누어 볼 수 있다. 이들 연구는 공학 분야뿐만 아니라 의학, 심리학, 영상 미디어학, 생체공학 등과도 밀접한 연관이 있으며<sup>[4-5]</sup>, 실제 이들 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다<sup>[5-11]</sup>.

3D 영상의 입체감 증강에 대한 연구는 인간의 인지, 감성 등이 강하게 반응하는 3D 효과와 그 정도에 대한 것이다<sup>[6-8]</sup>. [6]은 가상현실 환경에서 영상의 크기, 조명상태 및 영상의 종류가 입체감, 사실감, 몰입감에 미치는 영향 및 휴먼팩터(human factor)를 연구하였고, 인간의 감성적 요인들(인지된 기능성, 인상, 프레즌스(몰입감))이 3D 효과에 미치는 영향에 대한 연구<sup>[7]</sup>도 진행되었다. 또한 2D 또는 3D 영상 서비스를 위한 처리과정의 각 단계에서 시각적 주의력 모델(visual attention model)을 설정하고, 주의력을 향상시키기 위한 요인들을 분석한 연구<sup>[8]</sup>도 진행되어 왔다.

시청 불편감 관련 연구는 시청자가 불편함을 느낄 때의 생체적 반응과 그 정도에 대한 연구가 진행되고 있는데<sup>[9-11]</sup>, 이들 연구는 상대적으로 최근에 더욱 활발히 진행되고 있다. [9]에서는 주관적 측정 방법을 사용하여, 시각적 스트레스, 안구 통증, 신체 통증, 상 호흡의 네 요인이 시각피로의 주된 요인임을 보였고, [10]에서는 최대시차(視差) (disparity, '변위(變位)'라고도 함), 시차 범위, 깊이영상의 움직임 시각적 피로 유발요인임을 확인하고, 이 세 요인으로 시각적 피로도를 예측할 수 있음을 보였다. [11]에서도 콘텐츠에서의 요인을 분석하였는데, 개체 수에 따른 복잡도, 텍스처의 양 및 수평 또는 수직 방향의 물체 움직임이 사실감 및 몰입감은 물론 피로도를 유발하는 요인이라는 것을 밝혔다. 또

한 [12]에서는 시차를 중심으로 콘텐츠 다양한 상황이나 정황, 그리고 변화가 복합적으로 시청자의 불편감을 유발한다는 것을 보였다.

본 논문의 궁극적인 목표가 시청안전성을 위한 콘텐츠 제작이므로, 기존에 발표된 문서 중 우리나라 TTA에서 발표한 '3DTV 방송 안전 가이드라인'<sup>[14]</sup>을 좀 더 살펴보자. 이 문서에서 가이드라인은 '시청 환경 관련 가이드라인', '시청자 관련 가이드라인', '콘텐츠 관련 가이드라인', '디스플레이 관련 가이드라인'의 네 가지를 제시하고 있다. 시청환경 관련 가이드라인에는 시청 시간과 휴식 시간, 시청 거리, 시청 자세 등을 기술하고 있고, 시청자 관련 가이드라인은 시청을 중지해야 하는 증상들, 입체맹과 입체시 이상, 시청자의 질환, 시청 연령에 따른 문제 등을 기술하고 있다. '콘텐츠 관련 가이드라인'에서는 스테레오 카메라의 설정, 입체영상의 촬영, 자막의 시차, 스크린 시차 등을 언급하고 있으며, '디스플레이 관련 가이드라인'에서는 디스플레이 크로스토크(cross-talk), 디스플레이 주사율, 3D 안경 등을 기술하고 있다. TTA의 다음 작업은 3D 콘텐츠 제작 가이드라인이라고 하며, 본 논문의 목표 또한 이것이므로, [4]에서 제시한 '콘텐츠 관련 가이드라인'을 좀 더 살펴볼 필요가 있다.

근본적으로 이 가이드라인 전체가 정성적이며 개괄적이고, 콘텐츠 관련 가이드라인 또한 그렇다. 여기에서는 시청자의 불편감을 유발할 수 있는 여러 가지 경우를 간략히 기술하고 있는데, 예를 들면 '짧은 시간 동안 빠른 시차의 변화가 없도록 촬영하여야 한다.'라던가, '줌이나 페닝 등의 여러 가지 화면의 연출에 있어서도 부드러운 카메라의 연출을 통해 시각피로를 방지하는 것이 바람직하다.' 정도로 기술하고 있다. 그러나 실제적인 제작 가이드라인이 되기 위해서는, 비록 정량적인 데이터를 제시하지 않더라도 좀 더 구체적인 기술이 필요하다. 짧은 시간에 시차가 빨리 변화한다고 해서 항상 불편감을 주는 것인지, 아니면 특정한 정황이나 상황에서 서만 불편감을 유발하는지, 줌이나 페닝 또한 어느 정도의 속도가 불편감을 유발하는지, 이와 관련 카메라의 어떤 움직임이 불편감을 유발하는지 등의 규명이 필요하다.

최근 시청자의 불편감 등을 고려하여 시차를 변경하는 기술<sup>[13]</sup>이 발표되기도 하였는데, 이와 같이 본 연구의 궁극적인 목표는 시청 안전성을 위한 3D 콘텐츠의 제작 가이드라인을 제시하는 것이다. 그러나 본 논문에서는 이 연구의 초기단계로서 시청자

의 불편감을 유발하는 콘텐츠의 요인을 정성적으로 찾는 것을 목표로 한다. 본 논문의 목표인 불편감과 관련된 지금까지의 연구들을 분석해 보면, 가장 중요한 요인으로 시차를 꼽으며, 이것은 분명한 사실이다. 그러나 불편감/현기증을 일으키는 시차의 절대적인 크기, 시차의 변화 정도, 초점과 주위의 시차차이 등이 어떤 영향을 미치는지, 시차 이외에 불편감/현기증을 일으키는 요인들이 있는지 등에 대해서는 [12]의 연구 정도가 고작이다.

따라서 본 논문에서는 현재까지 많은 연구에서 다루었던 요인들 중에 불편감 등의 부작용에 가장 큰 영향을 미친다고 알려진 시차를 위주로 하여, 콘텐츠의 내용과 정황, 카메라의 움직임, 색상과 명도/채도가 불편감에 영향을 미칠 수 있는지를 실증적으로 다루고자 한다. 이에 대해서는 [12]의 연구결과와 다소 중복될 수 있으나, [12]의 내용을 제외한 부분만을 포함하면 논문의 내용을 이해하는데 어려움이 있을 수 있으므로, 본 논문의 내용에 [12]의 내용을 간략히 포함하여 다른 측면으로 재정리하여 기술한다.

### III. 실험 및 분석 방법과 절차

본 연구의 목적은 시청자의 불편감을 유발하는 복합 요인들을 찾는 것이기 때문에 실제 3D 영상물을 피험자들에 대해 주관적 평가 실험을 기반으로 그 영상물들의 어떤 요인들이 불편감을 유발하는지를 분석하였다. 그 방법과 절차는 [12]와 동일하나, 그림 1에 좀 더 상세히 나타내었다. 각 절차에 대해서 여기서는 간략히 설명하고, 상세한 내용은 [12]를 참조하기 바란다.

#### 3.1. 사용한 S3D 비디오 콘텐츠

그림 1의 실험 및 분석에 사용한 스테레오 3D 콘텐츠는 표 1에 보인 것과 같이 모두 네 가지이었으며, [12]에서와 동일하다. 그 중 둘은 애니메이션이고 둘은 실사이었으며, 애니메이션 콘텐츠는 3D 콘텐츠 전문업체가 제작한 시제품이고, 실사는 전문가 교육을 받고 있는 대학생들이 제작한 것이다. 모든 콘텐츠의 해상도는 HD이었으며, 상영시간은 조금씩 달랐고, 애니메이션은 초당 30 프레임이었으나, 실사 콘텐츠는 초당 24 프레임으로 제작되었다.

각 콘텐츠의 특성은 다음과 같다. ‘해님 달님’은 전래동화를 각색한 것으로, 등장인물은 어머니, 호랑이, 아들과 딸, 그리고 착한 요정과 나쁜 요정뿐

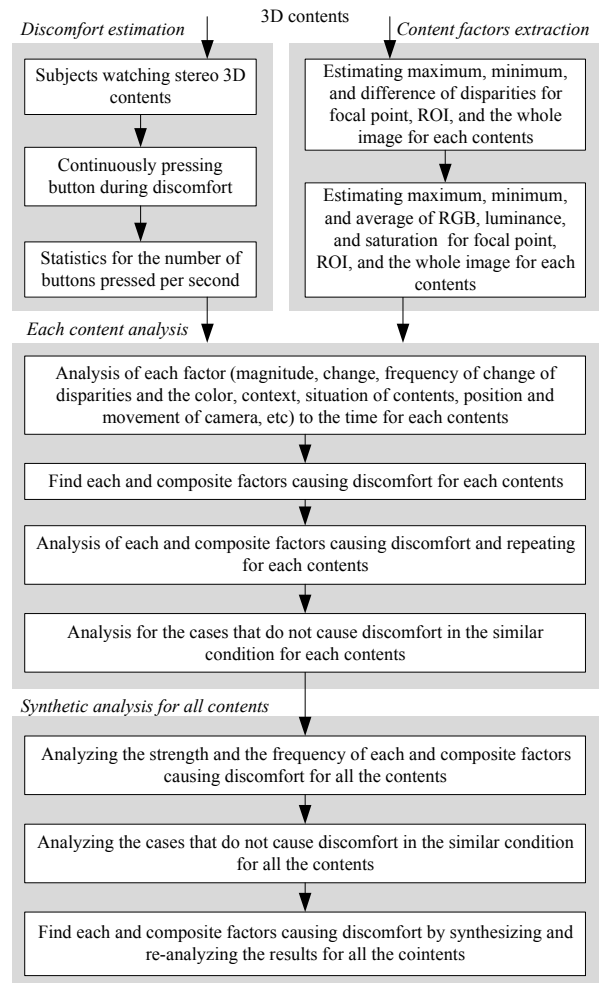


그림 1. 실험 및 분석 절차  
Fig. 1. Procedure of experiments and analyses

표 1. 사용한 3D 콘텐츠들  
Table 1. The 3D contents used.

name of contents	resolution	time [sec]	frames/sec	type of image
Sun-and-Moon	full HD	954	30	animation
An-Dong	full HD	1,059	30	animation
Ugly Korean	full HD	703	24	real
Bo-Mool	full HD	755	24	real

이다. 특이한 것은 모든 물체 표면이 뜨개질한 것처럼 표현되어 있고, 울의 크기는 물체마다 다르다. ‘안동’은 후삼국시대의 고창전투를 애니메이션으로 제작한 것이다. 따라서 전쟁장면이 많고 등장인물도 매우 많다. 애니메이션이기 때문에 화면의 각도나 카메라의 위치를 마음대로 조정할 수 있어서 다양한 화면과 움직임을 많이 포함하고 있다. ‘어클리 코리언’은 두 명의 면접관이 두 명의 입사 지원자를 면접하는 내용이며, 우리의 배타적인 성향을 꼬집는

주제를 담고 있다. 초기에 차이나타운 거리를 보여 주는 장면을 제외하고는 등장인물이 4명이다. ‘보물’은 두 사람이 보물을 차지하기 위해 칼싸움을 벌이는 내용이며, 보물은 한 사람에게만 소유되는 것이 아니라는 주제를 암시적으로 다루고 있다. ‘안동’과 ‘보물’은 전쟁 또는 전투장면이 많이 나오기 때문에 상대적으로 동적인 콘텐츠이고, ‘해님 달님’과 ‘어글리 코리아’는 상대적으로 정적이다.

3.2. 콘텐츠 요인 데이터의 추출

시청 불편감을 일으키는 요인들을 찾기 위해서 각 콘텐츠에 대해 표 2에 나열한 요인들을 추출하였다. 각 화면을 초점 부분과 그 주위의 영역(관심영역(region of interest, ROI)), 그리고 화면전체로 구분하였다. ROI는 초점을 중심으로 전체화면의 1/4 크기(480×270, 좌우 각 영상에서는 240×270)의 영역이며, 이 영역에 초점은 포함되지 않는다. 전체 화면 또한 ROI와 초점을 제외한 나머지 영역으로 하였다. ROI는 초점 주위의 변화가 인간의 인지나 감성에 영향을 미칠 수 있다고 가정하여 설정하였으며, 그 크기는 특정한 이론적 근거가 없어서 전체 영상의 1/4로 하였다. 전체 화면은 큰 영향이 없을 것으로 추측되나, 참고적으로 데이터를 추출하였다.

표 2. 추출한 각 콘텐츠의 화면 당 요인들  
Table 2. The extracted content factors in each image of each contents

region	factors extracted	
	type	factor
focal point	disparity	disparity
	RGB	R, G, B value
	L / S	luminance, saturation
region of interest (ROI)	disparity	difference, max., min.
	RGB	R, G, B (max., min., mean for each)
	L / S	luminance, saturation (max., min., mean for each)
whole image	disparity	difference, max., min.
	RGB	R, G, B (max., min., mean for each)
	L / S	luminance, saturation (max., min., mean for each)

본 논문에서는 스크린을 기준으로 스크린보다 튀어나와 보이는 시차를 -시차(negative disparity, TTA 문서에는 교차시차로 명명하였음), 들어가 보이는 시차를 +시차(positive disparity, TTA 문서에서는 비교차시차로 명명하였음)로 하였다<sup>2)</sup>. 본 논문

에서의 시차 추출 방법은 가변의 정합(matching window)창을 사용한 스테레오 정합 방법을 사용하였다. 각 영역은 시차뿐만 아니라 색깔정보와 명도(luminance), 채도(saturation)정보도 추출하였는데, 색깔은 빨간색(red, R), 녹색(green, G), 파란색(blue, B) 성분을 그대로 사용하였다. 명도는 YUV형식의 Y 성분 또는 HSI(hue, saturation, intensity)형식의 I 성분이며, 채도는 HSI형식의 S 성분이다<sup>14)</sup>. 초점은 아주 작은 영역이기 때문에 초점에 대해서는 이들 각각의 값을 추출하였다. 그러나 ROI와 전체 화면에 대해서는 최대 시차값, 최소 시차값, 그리고 최대시차와 최소시차의 차이값을 각각 구했으며, RGB와 명도, 채도는 각각의 최고값, 최소값, 평균값을 구하였다.

3.3. 주관적 불편감 평가 실험

시청자가 불편감을 느끼는 콘텐츠의 부분과 몇 명이나 불편감을 느꼈는지를 확인하기 위하여 주관적 평가 실험을 수행하였다. 각 콘텐츠 별 실험에 참가한 피험자 수는 표 3과 같으며, 실험은 다음과 같이 진행하였다.

표 3. 콘텐츠 별 피험자 수  
Table 3. Number of testees for each contents

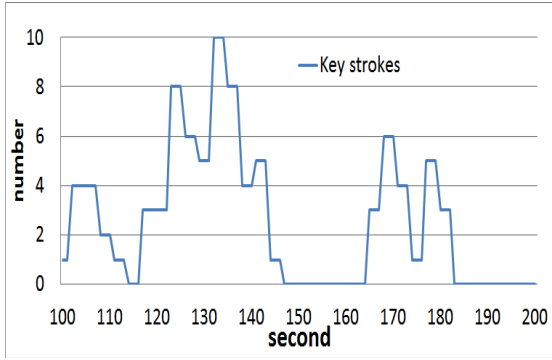
Name of contents	Number of subjects
Sun-and-Moon	31
An-Dong	25
ugly Korean	30
Bo-Mool	27

① 피험자가 편광방식의 47인치 3DTV를 통해 표 3의 콘텐츠를 2~2.5m 거리에서 시청하면서 불편감을 느끼는 동안 특정기를 지속적으로 누르도록 하였다.

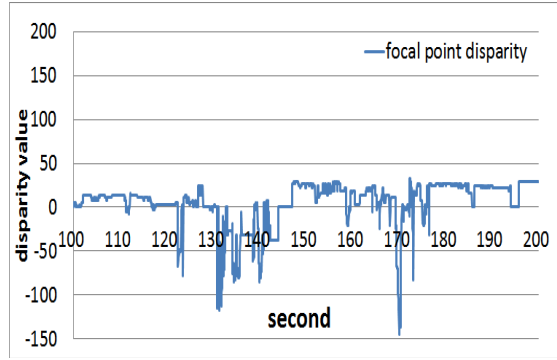
② 한 명의 피험자는 최대 2개의 콘텐츠까지만 시청하게 하였으며, 2개의 콘텐츠를 시청하는 피험자는 첫 번째 콘텐츠를 시청한 후 최소 30분을 휴식한 후 두 번째 콘텐츠를 시청하게 하였다.

③ 두 개의 콘텐츠를 시청하는 피험자는 실사와 애니메이션을 하나 씩 시청하도록 하였으며, 그 순서와 콘텐츠는 무작위로 선정하였다.

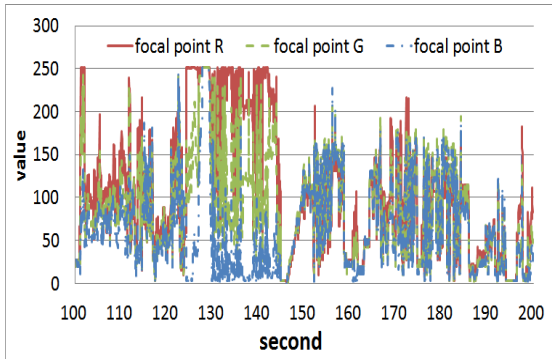
④ 피험자들의 키누름 횟수는 피험자의 반응속도를 감안하여 초 단위로 환산하였는데, 특정 피험자가 특정 초에서 그 다음 초단위에 한 번이라도 키를 눌렀으면 그 초에 키누름 1번으로 계산하였다. 특정 콘텐츠에 대해 모든 피험자에 대한 결과를 더



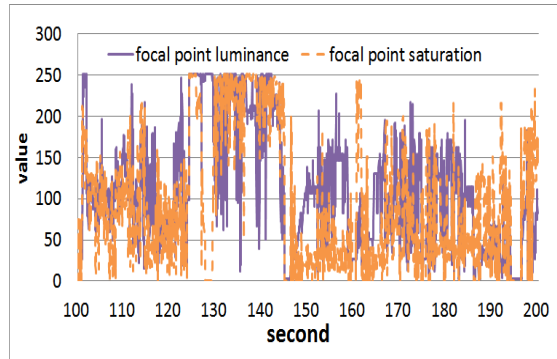
(a)



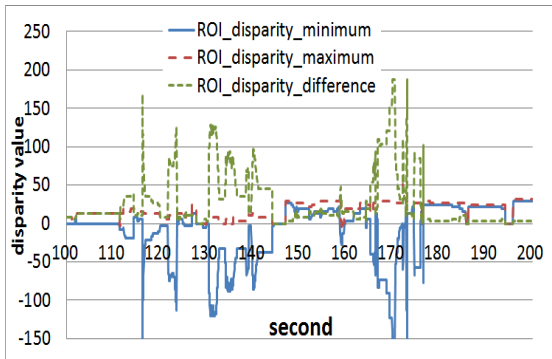
(b)



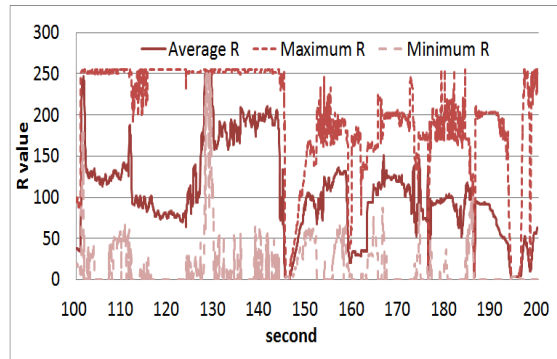
(c)



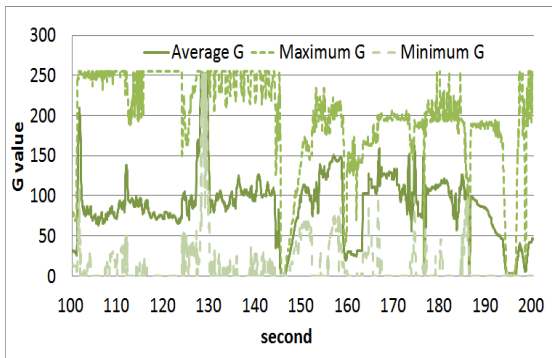
(d)



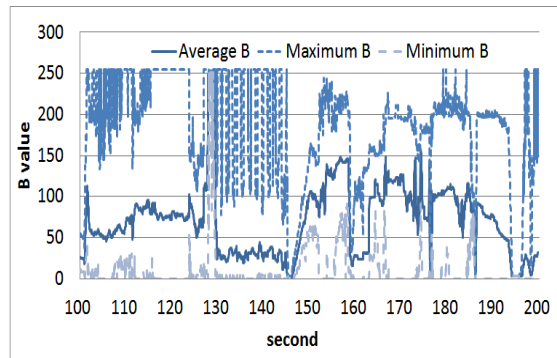
(e)



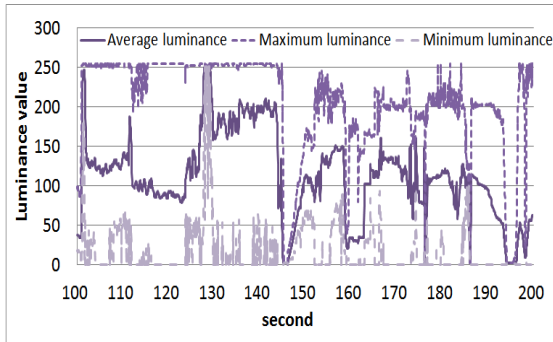
(f)



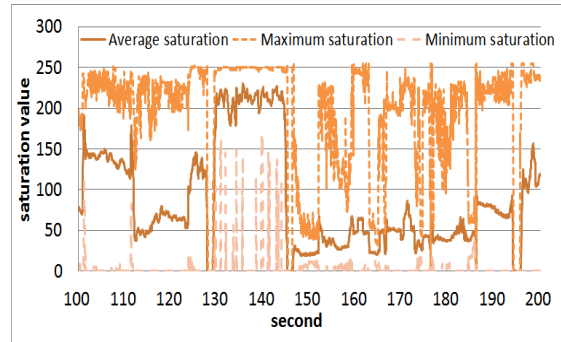
(g)



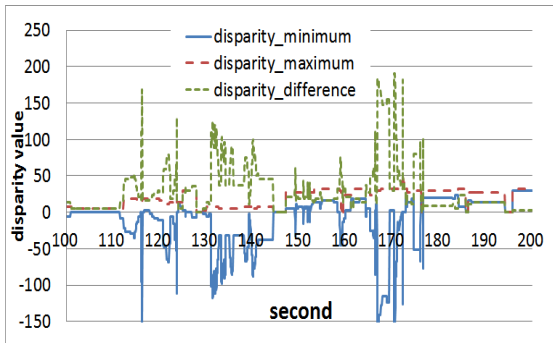
(h)



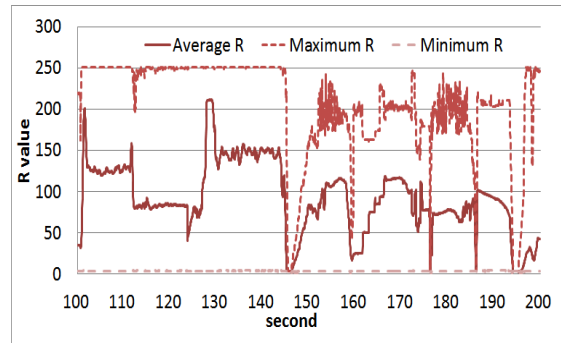
(i)



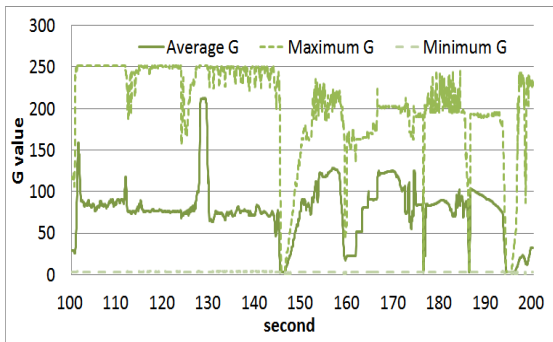
(j)



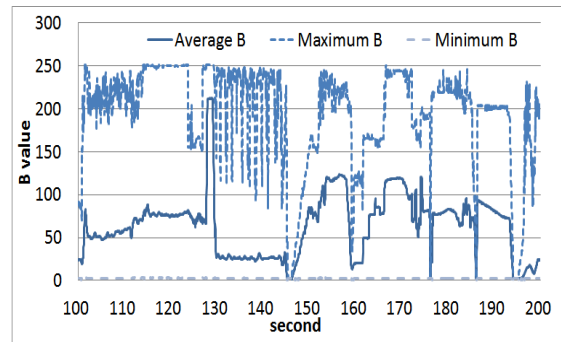
(k)



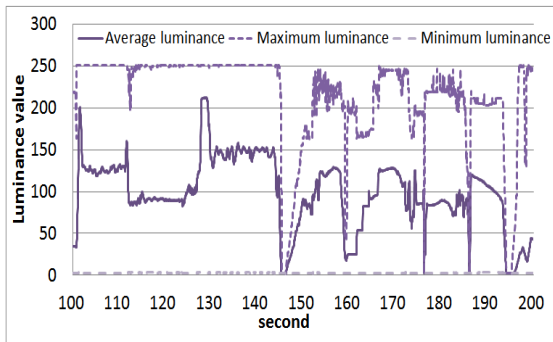
(l)



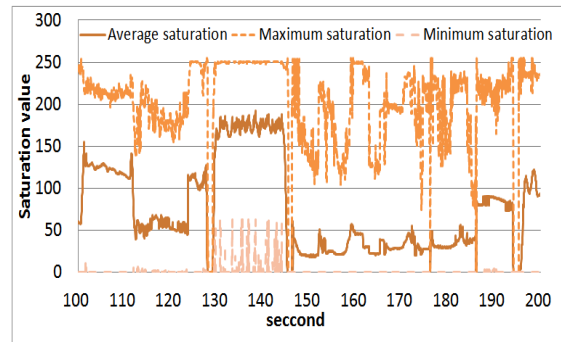
(m)



(n)



(o)



(p)

그림 2. ‘안동’ 콘텐츠 중 100~200초 사이의 분석 데이터: (a) 키누름 횟수, 초점에서의 (b) 시차, (c) RGB, (d) 명도와 채도; ROI 의 (e) 시차, (f) R, (g) G, (h) B, (i) 명도, (j) 채도; 전체화면의 (k) 시차, (l) R, (m) G, (n) B, (o) 명도, (p) 채도  
 Fig. 2. Data for analyses of the ‘An-Dong’ contents between 100[sec] and 200[sec]: (a) number of key strokes; for the focal point (b) disparity, (c) RGB, (d) intensity and saturation, for ROI (e) disparity, (f) R, (g) G, (h) B, (i) intensity, (j) saturation; for the whole image (k) disparity, (l) R, (m) G, (n) B, (o) intensity (p) saturation



하여 최종 키누름 데이터를 산출하였으며, 이 값은 특정 콘텐츠에 대해 특정 초단위에 키를 누른 피험자 수에 해당한다.

위의 실험으로 얻은 데이터와 앞 절에서 설명한 분석데이터를 ‘안동’ 콘텐츠에서 추출한 결과를 그림 2에 보였다. 이 그림은 100~200초 사이만을 나타낸 것이다.

### 3.4. 분석 방법 및 절차

그림 1에 나타낸 것과 같이 먼저 각 콘텐츠 별로 분석한 다음 그 결과들을 종합하는 순서로 진행하였다. 각 콘텐츠에 대한 분석은 다음의 순서와 내용으로 진행하였다.

① 키누름 데이터와 콘텐츠의 요인 분석 데이터들을 참조하고 콘텐츠를 3D로 시청하면서 시간적으로 키누름이 있는 모든 시간영역의 내용적 상황과 정황, 모든 요인에 대한 특이한 데이터 값의 변화, 카메라의 위치 및 움직임 등을 모두 기록하였다.

② ①의 결과에 대해 콘텐츠를 다시 시청하면서 동일 또는 유사한 요인 값의 변화가 있는 영역들의 정황을 다시 분석하였다.

③ ①과 ②의 결과를 참조하여 콘텐츠를 다시 시청하면서 동일 또는 유사한 요인 값의 변화가 있음에도 불구하고 키누름 횟수가 적거나 없는 경우를 다시 분석하였다.

콘텐츠별로 분석한 결과를 바탕으로 네 콘텐츠에 대해 종합적인 분석을 다음의 방법과 순서로 진행하였다.

① 콘텐츠의 내용이나 정황 또는 상황이 유사한 경우들을 모아 분석 데이터 값의 변화에 동질성이 있는지 분석하고 분류하였다.

② 단일 요인이 아닌 다중 요인이 관여된 경우라고 판단되면 각 요인이 미치는 영향의 경중을 분석하였다.

③ 분석 요인의 값이나 변화가 비슷함에도 불구하고 키누름의 차이를 보이는 영역들과 키누름이 많은 영역을 비교 분석하여 더욱 정확한 요인을 규명하였다.

④ 위의 ①, ②, ③을 종합하여 불편감에 영향을 주는 요인별로 분류하여 정리하였다.

## IV. 분석 결과

본 장에서는 앞 장에서의 분석 결과에 대해 설명한다. 이장의 설명에서는 콘텐츠의 실증을 제시하는

데, 모든 경우의 모든 데이터를 보이기에 분량이 너무 주요 부분의 자료만을 제시하도록 한다. 전체적인 불편감 정도를 보이기 위해서 그림 3에 그 시간에 따른 키누름 횟수의 변화만을 보였다.

본 장의 내용 중 [12]와 중복되는 부분이 꽤 많은데, 그 중 상당 부분은 이 논문에서 더욱 상세하게 분석하였다. [12]와 내용이 흡사한 부분은 간략히만 기술하였으며, 이런 부분에 대해서는 [12]를 참조하기 바란다.

### 4.1. 콘텐츠의 특징

표 4에 콘텐츠별 키누름 횟수를 누적횟수(총 횟수)와 함께 보다 객관적인 평가를 위하여 한 사람이 1분당 누른 횟수를 같이 보이고 있다. 표 4에 의하면, 콘텐츠에 따라 키누름 횟수에 많은 차이를 보이는 것을 알 수 있는데, 앞에서 설명한 각 콘텐츠의 특징에 비추어볼 때 먼저 키누름 결과는 다음의 특징들을 보인다.

1) 대체적으로 애니메이션 영상물이 실사보다 더 많은 키누름을 보이고 있다. 이것은 영상물 제작 특성상 애니메이션은 제작 후에 화면의 구성이나 시차의 크기 등을 더 쉽게 조정할 수 있기 때문에 3D 효과를 극대화한 것으로 판단된다.

2) 극히 상식적이지만, 동적인 콘텐츠(‘안동’과 ‘보물’)가 정적인 콘텐츠(‘해님 달님’, ‘어글리 코리언’)보다 높은 키누름 횟수를 보였다.

표 4. 콘텐츠별 키누름 횟수  
Table 4. Number of key strokes for each contents

contents name	# of accumulated key stokes	# of key stokes/person/min
Sun-and-Moon	1,452	2.946
An-Dong	1,653	3.746
ugly Korean	645	1.835
Bo-Mool	1,209	3.568

### 4.2. 카메라의 움직임과 위치

카메라가 의도적 비의도적으로 움직이는 많은 경우나 일반적이지 않은 위치에서 촬영한 경우 시청 불편감을 가중시키는 것으로 조사되었다.

#### 4.2.1. 화면의 의도적 비의도적 흔들림

##### 1) 의도적인 화면의 흔들림

화면전체를 의도적으로 잠깐씩 규칙적 또는 불규



칙적으로 흔들리는 경우가 종종 있는데, 주로 애니메이션에서 볼 수 있다. 예를 들면 큰 물체가 떨어졌을 때 이런 효과를 화면에 많이 포함시킨다.

‘안동’의 270~300초, 690~720초에 중간정도의 키누름 값들과 피크들이 있는데, 이들 장면은 말을 타고 달리는 장면으로, 말을 타고 촬영한 것과 같이 화면이 흔들린다. 즉, 의도적인 화면의 흔들림이 현장감을 증가시키고 또한 어느 정도의 불편감을 유발한다. 그러나 작고 빠른 흔들림 보다는 느리지만 큰 흔들림이 더 큰 3D 효과나 불편감을 유발하는 것으로 보인다.

2) 비의도적인 화면의 불규칙적인 흔들림

제작자가 의도하지 않은, 또는 제작환경이나 상황 때문에 불규칙적으로 화면이 흔들리는 경우는

애니메이션보다는 실사에서 나타날 수 있다. 특히 촬영자가 카메라를 직접 들고 촬영하는 경우 심하게 나타날 수 있다. ‘보물’의 경우 두 명의 촬영자가 촬영한 것으로 짐작되며, 그 중 특히 한 명이 촬영한 부분이 상대적으로 많이 흔들리는 것을 볼 수 있다. 이런 현상은 콘텐츠 전반에 걸쳐 나타나는데, ‘보물’의 키누름을 보면, 작지만 전체적으로 키누름이 분포하고 있는 것을 볼 수 있다.

이런 흔들림은 불편감을 크게 유발할 수도 있는데, 예를 들면, 120초에서 150초 사이에 작은 키누름 값에서 시작하여 중간크기의 피크(peak)와 꽤 큰 피크로 이어진다. 이 장면은 한 검객이 숲에서 걸어 나와 다른 검객을 만나는 장면인데, 두 검객을 번갈아가며 비추고, 두 검객을 점차 가까이로 클로즈업(close-up)하는 장면이다. 이 부분의 초점, ROI, 전

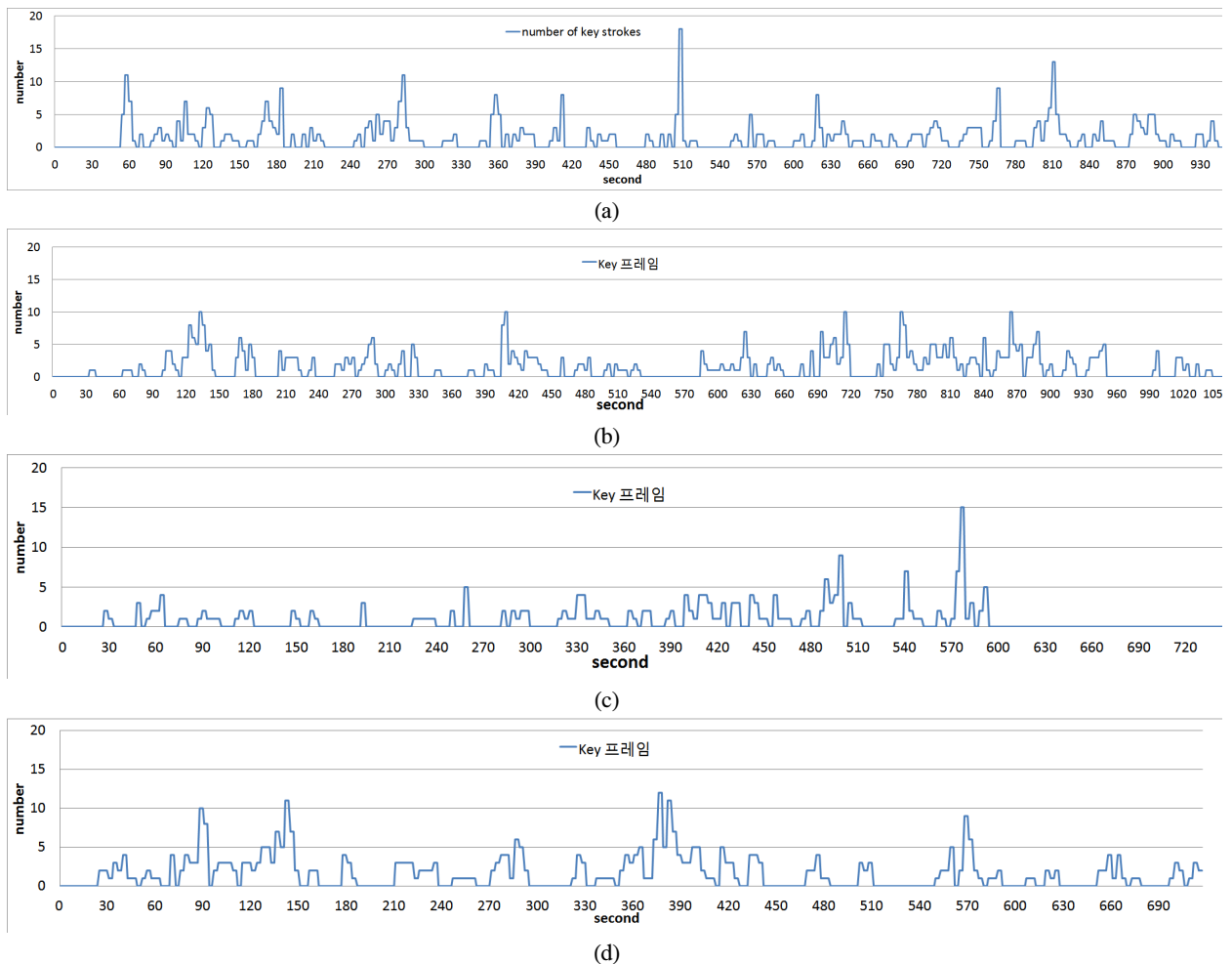


그림 3. 각 콘텐츠의 키누름 변화; (a) 해님 달님, (b) 안동, (c) 어글리 코리아, (d) 보물  
 Fig. 3. key stroke change for each content; (a) Sun-and-Moon, (b) An-Dong, (c) Ugly Korean, (d) Treasure.

체의 시차는 크기가 크거나 변화가 심하지 않음에도 불구하고 불편감을 느끼는 피험자가 꽤 많았다.

이런 현상은 ‘어글리 코리안’의 540초 근처에서 중간정도 크기의 키누름에서도 나타난다. 이 장면은 피면접인 중 한 명이 면접을 끝내고 거리를 걷는 장면으로, 촬영자가 카메라를 들고 이 사람을 따라가면서 촬영한 장면이다. 당연히 화면이 불규칙적으로 흔들리는데, 초점, ROI, 전체의 시차가 크거나 심하게 변화하지는 않는다.

이런 경우들은 위에서 언급한 의도적인 흔들림 중 크게 흔들리는 경우와 유사해 보이나, 그런 경우보다 더욱 큰 불편감을 느끼는 것으로 나타났다. 즉, 이런 경우는 입체감이 강하여 느끼는 것이 아닌, 안정되지 못한 화면으로 느끼는 강한 불편감으로 볼 수 있다.

### 3) 수평 또는 수직방향의 빠른 카메라 움직임

카메라가 움직이는 경우는 흔히 볼 수 있다. 이것은 실사와 애니메이션에서 모두 볼 수 있으며, 빠르지 않은 움직임의 경우는 불편감을 느끼지 못한다. 그러나 불규칙적이지는 않지만 카메라가 빠른 속도로 일정한 방향으로 또는 방향을 바꾸면서 움직이는 경우에는 꽤 많은 피험자들이 불편감을 느낀 것으로 나타났다.

그 특성 때문에 본 논문의 대상 콘텐츠 중에서는 ‘안동’에서만 나타나는데, 145~150초의 큰 피크는 안개가 낀 숲속을 카메라가 빠르게 전진하는 장면이다. 이와 유사한 장면은 680초 정도에 4명의 키누름이 나타나는데, 이 장면은 계곡위에서부터 계곡 아래의 군사들을 향해 카메라가 빠르게 하강하다가 군사들을 따라 수평으로 전진하는 장면이다. 이 장면은 초점, ROI, 전체의 시차가 크지 않고 변화도 거의 없는 것으로 나타났으므로 카메라의 급격한 움직임 때문에 작은 시차에도 꽤 큰 불편감을 느끼는 것으로 판단된다.

카메라가 빠르게 움직이는 경우는 움직이는 방향에 따라 초점 주위의 물체들이 카메라 움직임의 반대 방향으로 움직이는 것으로 보인다. 특히 카메라가 전진하는 경우 주변의 물체가 동일한 속도로 화면 쪽으로 움직이는 효과가 있어서, 뒤에서 설명한 ROI에 시차가 큰 물체가 움직이는 경우와 복합된 요인으로 나타나는 경우가 많다.

### 4) 카메라의 회전

화면이 회전하는 경우도 종종 나타난다. 회전 또

한 화면의 물체를 인식할 수 없을 정도로 빠른 회전과 물체를 인식할 수 있는 느린 회전으로 나누어 볼 수 있다. 빠른 회전은 장면이 바뀔 때 주로 사용하며, 물체 자체를 인식할 수 없기 때문에 3D라 해도 불편감을 잘 느끼지 못한다. 그러나 상대적으로 천천히 회전하여 물체를 인식할 수 있는 경우 많지는 않지만 일부 피험자는 불편감을 느낀 것으로 조사되었다. 예를 들면 ‘해님 달님’의 630~645초 사이의 작은 키누름은 나무에서 떨어진 호랑이를 위에서 아래로 찍은 것으로, 화면이 회전하는 장면이다. 이 경우 시차는 +이었으나 불편감을 느끼는 피험자들이 있었다. 이런 경우는 다음에 설명할 카메라의 위치 요인과 복합적으로 나타난 것으로 판단하는 것이 타당할 것으로 보인다.

### 4.2.2. 카메라의 위치

보통의 장면들은 사람이 서있거나 앉아서 보는 정도의 높이에서 촬영한 장면들이다. 그러나 이러 각도가 아닌, 위에서 내려 보거나 아래에서 위로 쳐다보는 경우는 일반적이지 않다. 이런 경우는 일상에서도 불편감을 느낄 수 있으며, 높은 곳에서 아래를 내려다보면 현기증을 느끼는 것과 유사하다. 이런 경우는 실험 대상 콘텐츠에서도 나타나는데, ‘보물’의 370초 근처의 키누름 피크는 두 검객이 싸우는 장면을 위쪽에서 아래로 찍은 장면이다. 이 근처의 초점과 ROI의 시차변화(화면전체는 대체로 ROI와 유사함)를 그림 4에 나타냈는데, 이 근처에서 시차의 크거나 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 것이며, 이 경우에도 시차의 크거나 변화의 크기가 아주 작다. 그 외에도 ‘안동’의 경우 590~630초 구간에서 안중할멈이 쓰러진 장면, ‘안동’의 400초 근처의 말을 타고 달리는 군사를 낮은 곳에서 위로 촬영한 장면 등에서 같은 현상을 볼 수 있다.

위 또는 아래에서 촬영된 장면들은 특별한 경우를 제외하고는 시차의 변화를 증폭해서 느끼는 효과를 발휘하여 시차에 비해 큰 불편감을 느끼는 것으로 판단된다.

### 4.3. 장면의 변화

장면이 바뀔 때 예측 가능 여부에 따라 두 가지로 나눌 수 있다.

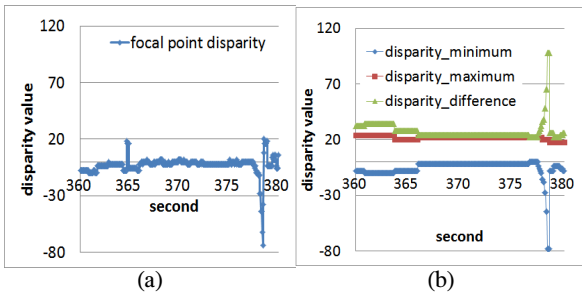


그림 4. ‘보물’ 370초 근처의 시차변화; (a) 초점, (b) ROI.  
Fig. 4. Disparity changes near 370[sec] of ‘Treasure’; (a) focal point, (b) ROI.

4.3.1. 예측할 수 없는 장면의 변화

스토리를 알고 있는 콘텐츠의 경우라도 예상치 못한 장면의 변화가 발생하는 경우는 시차의 크기나 그 변화의 크기가 크지 않더라도 불편감을 꽤 많이 느끼는 것으로 나타났다. ‘해님 달님’의 360초 근처에 중간크기의 키누름이 보이는데, 초점과 ROI의 시차변화를 그림 5에 나타내었다. 그림 5에 의하면 시차의 크기나 변화가 그리 크지 않다. 이 장면은 두 아이가 방에서 놀다가 오빠가 여동생에게 꿀밤을 주자 큰 별모양이 두 번 번쩍인다. 애니메이션이기는 하지만 만화와 같은 이런 장면이 나오리라 예측하지 못했기 때문에 꽤 큰 불편감을 느낀 것으로 판단된다.

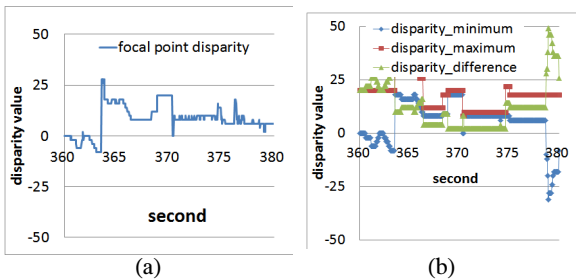


그림 5. ‘안동’ 370초 근처의 시차변화; (a) 초점, (b) ROI.  
Fig. 5. Disparity changes near 360[sec] of ‘An-Dong’; (a) focal point, (b) ROI.

이런 장면은 ‘안동’의 625초 정도에 왕건이 망루에서 연설하는 도중에 갑자기 잠깐 군사들이 행진하는 장면, 930~945초 사이에 견원이 칼을 맞자 갑자기 하늘에서 불기둥이 내려와서 견원이 불기둥을 따라 하늘로 올라가는 장면 등에서 볼 수 있다.

이런 장면에서도 시차의 변화에 비해 큰 시차를 시청자가 느껴 실제 시차의 크기에 비해 훨씬 큰 불편감을 느끼는 것으로 판단된다.

4.3.2. 반복되거나 예측 가능한 장면

그러나 당연한 얘기이지만, 예측 가능한 경우는 시차가 큰 -로 변화하더라도 불편감이 훨씬 줄어드는 것으로 나타났다. ‘안동’의 460초 근처에 있는 초점의 -시차 피크는 석궁의 시위를 당기는 장면으로, 화살 끝이 화면 쪽을 향하는 장면이다. 그림 6에 보인 바와 같이 시차가 갑자기 크게 변화하지만, 이 경우 화살 끝이 화면 쪽으로 나올 것이라는 것을 예측할 수 있기 때문에 단 2명만 불편감을 느꼈다. 915초 정도에서 초점에 -시차의 큰 피크가 있는데, 이 장면은 견원과 세 장수가 말을 타고 가면서 싸우는 중에 칼끝이 화면을 향하는 화면이다. 또한 ‘보물’에서 510초 정도에 초점의 큰 -시차가 있는데, 이 장면은 두 검객 중 한 사람이 정면으로 걸어와 카메라를 넘어가는 장면이다. 시차의 크기나 변화의 크기로 보아 상당한 키누름이 예상되나, 이런 경우는 예측이 가능하기 때문에 2~3명만 키를 눌렀다.

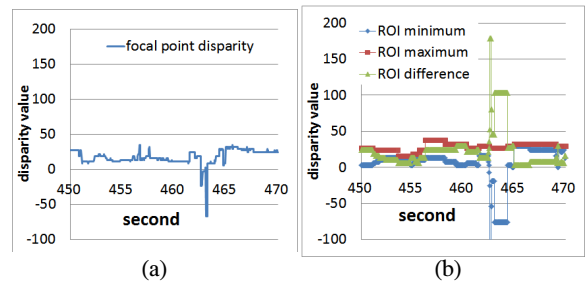


그림 6. ‘안동’ 463초 근처의 시차변화; (a) 초점, (b) ROI.  
Fig. 6. Disparity changes near 463[sec] of ‘An-Dong’; (a) focal point, (b) ROI.

동일하거나 비슷한 장면이 반복되는 경우에도 비슷한 시차의 크기와 변화에도 불구하고 불편감을 느끼는 정도는 많이 줄어드는 것으로 나타났다. 예를 들어, ‘해님 달님’에서 요정이 나와서 호랑이 얼굴주위를 왔다 갔다 하는 장면이 여러 번 나오는데, 280초 근처의 큰 키누름 피크는 나쁜 요정이 처음 나타난 장면이다. 그러나 그 뒤 80~390초, 480~500초, 등이 유사한 장면들이지만 키누름 횟수는 현저히 준 것을 알 수 있다.

4.4. 시차

본 절에서는 일반적으로 입체감과 더불어 불편감에 가장 많은 영향을 끼친다고 알려진 시차를 다룬다. 상식적이거나 일반적으로 알려진 경우는 가능하면 배제하고, 그리 잘 알려지지 않은 경우들과 시차와 다른 요인들이 복합적으로 영향을 미치는

경우들을 위주로 기술한다.

#### 4.4.1. 시차의 전체적인 고려

전체적으로 볼 때 큰 시차(-쪽으로)가 애니메이션에서 더 많이 발견되었고 시차의 변화도 두 애니메이션에서 더욱 심하였는데, 이것이 키누름 횟수가 더 많은 것과 무관하지 않다. 표 4를 참조하면, ‘해님 달님’이나 ‘안동’의 경우 이미 알려진 스토리이기 때문에 어느 정도는 다음 장면들이 예측 가능하여 키누름 횟수가 적을 것으로 예상할 수 있음에도 불구하고 키누름 횟수가 많다는 것은 그만큼 불편감을 유발하는 요인들이 많다는 뜻으로 해석된다.

#### 4.4.2. 초점 시차의 크기 및 변화

일반적으로 3D 영상에서 초점에 큰 -시차가 있는 경우 입체감을 크게 느끼고, 또한 불편감을 많이 느낄 것이라고 보고되고 있다. 본 절에서는 단순히 초점의 큰 시차에서 벗어나서 다른 요인이 복합하여 불편감에 어떤 영향을 미치는지에 대해 다룬다.

##### 1) 큰 시차를 가진 물체가 움직이지 않는 경우

큰 -시차의 물체가 3D 효과가 크고, 따라서 강한 불편감을 나타낸다는 것이 지금까지의 정설이었다. 그러나 실제의 경우 큰 시차를 갖고 있거나 시차변화가 크다고 하더라도 움직이지 않는 경우보다 움직이는 경우 불편감을 훨씬 많이 느끼는 것으로 나타났다. 예를 들어, ‘어글리 코리안’의 315초 근처에 있는 초점의 -시차 피크는 면접관이 손으로 지시하면서 말하는 장면을 가까이에서 촬영한 것이다. 갑작스런 장면 변화이고 또 꽤 큰 -시차의 변화가 몇 초 동안 지속됨에도 불구하고 손을 움직이지 않기 때문에 불편감을 느끼는 정도는 그리 크지 않았다. 시차가 큰 물체가 뻗죽하거나 해서 시청자를 해할 수 있는 물체이면 불편감이 커질 것이다. 그러나 이런 물체의 경우에도 물체가 움직이는 것과 그렇지 않는 것에는 차이가 있었다. ‘안동’의 80초 근처에 있는 -시차 피크는 병사가 칼에 맞아 쓰러져 있고, 병사의 머리가 화면 쪽을 향하고 있어 -시차가 꽤 컸으나 불편감을 느낀 사람은 한 두명 정도이었다.

그러나 ‘안동’의 122초 정도의 -시차 피크는 전 쟁터에서 시신 근처를 찍은 장면인데, 칼끝이 화면을 향하고 있고, 폭음 소리와 함께 화면이 흔들려 자연스럽게 칼끝이 흔들린다. 그림 7에서 보는 바와 같이 초점에서 -시차의 크기가 아주 크지 않음에도 불

구하고 키누름 횟수는 거의 최고에 이른다. 715초 근처의 큰 키누름도 장수의 칼끝이 화면 쪽으로 흔들리면서 튀어나오는 장면이다.

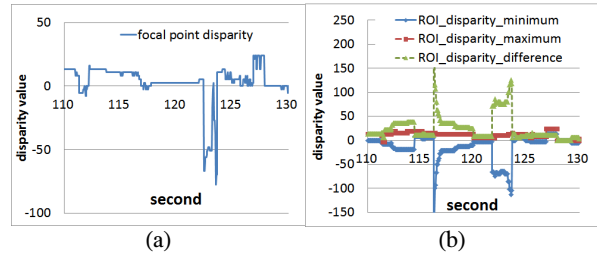


그림 7. ‘안동’ 122초 근처의 시차변화; (a) 초점, (b) ROI.  
Fig. 7. Disparity changes near 122[sec] of ‘An-Dong’; (a) focal point, (b) ROI.

##### 2) 물체가 예상치 못하거나 일반적이지 않은 형태로 움직이는 경우

이런 경우는 일반적으로 3D 효과를 극대화할 수 있는 상황으로 판단되며, 더불어 불편감을 가장 많이 느끼는 상황 중 하나이다. ‘안동’의 135초 근처의 키누름 피크를 예로 들 수 있는데, 근처의 시차변화를 그림 8에 보였다. 이 장면은 화면 전체에 깃발이 휘날리고 있고, ‘고창전투’라는 글자가 한자씩 나타나는데, 글자가 단순히 나타나는 것이 아니라 아주 가까이까지 다가왔다가 다시 어느 정도 멀어져서 정지한다. 이 부분의 시차 변화를 보면 초점, ROI 모두 상당히 큰 시차 변화가 아주 자주 일어나는 것을 볼 수 있다.

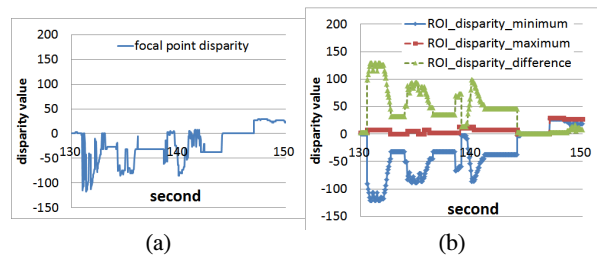


그림 8. ‘안동’ 135초 근처의 시차변화; (a) 초점, (b) ROI.  
Fig. 8. Disparity changes near 135[sec] of ‘An-Dong’; (a) focal point, (b) ROI.

또한 400~405초 근처의 키누름 피크는 계곡사이로 새 한 마리가 멀리서부터 가까이로 날아오는 장면이다. 그런데, 새가 지속적으로 가까이로 다가오는 상황임에도 불구하고 멀어졌다가 가까이로 오는(카메라가 뒤로 갔다가 앞으로 오는 듯한) 장면이 두세 번 일어난다. 일반적으로 새가 날아오는 장면은 시차가 지속적으로 커질 것으로 예측할 수 있으나, 이 경우 그 예상과는 다르기 때문에 많은 피험

자가 불편감을 느낀 것으로 판단된다. 그 외에도 ‘보물’의 380초의 큰 키누름 피크는 두 검객이 싸우는 중에 특정 검객을 갑자기 클로즈업하는 장면이고, ‘해님 달님’의 510초 근처의 키누름 피크는 갑자기 호랑이가 손을 문창살을 뚫고 들이치는 장면이다.

위 1)과 2)를 종합해 보면, 단순히 큰 시차를 갖고 있다고 해서 큰 불편감을 느끼는 것은 아니다. 큰 시차를 가진 물체가 움직이는 경우 더 큰 불편감을 느끼는 것을 알 수 있고, 특히 시청자가 예측하지 못하는 형태로 움직이는 경우 극도의 불편감을 느끼는 것을 알 수 있다.

4.4.3. 다수의 물체들이 시청자 쪽으로 급격히 다가오는 경우

이런 경우는 주로 전쟁 장면에서 화살 등이 화면 쪽으로 날아오는 경우에서 볼 수 있고, 이런 경우 3D 효과가 크고 따라서 불편감도 클 것으로 생각되지만, 실제로는 경우에 따라 차이가 있었다.

1) 개개 물체에 초점을 고정시킬 수 없는 경우

이런 경우는 그 특성 상 ‘안동’에서만 나타나고, 255~270초 사이와 460초 근처에는 많은 불화살들이 화면을 향해 날아오는 장면이 좋은 예이다. 이 장면의 시차가 -의 작은 피크가 있고 상황적으로 불편감을 느낄 수 있지만, 2~3명만 키를 눌렀다.

2) 개개 물체를 인식할 수 있는 경우

반면, 765초 근처의 큰 키누름 피크는 독이 무너져 파편들이 화면 쪽으로 달려드는 장면이다. 이 장면에서의 시차의 크기는 745초 근처보다 오히려 작으나 키누름 수는 10명이었다. 이 장면에서 각 파편들은 시청자가 인지할 수 있는 정도이었다.

이들 결과는 다음과 같이 해석할 수 있다. 다수 개의 작은 물체가 빠른 속도로 -시차를 증가(화면 쪽으로 가까워짐)시켜도 시선을 특정 물체에 고정시킬 수 없는 경우에는 화면에서 나타나는 시차를 그대로 느끼지 못하는 것으로 판단된다. 반면 다수 개의 물체 개개를 인지할 수 있는 경우는 화면에서 나타나는 시차를 그대로 인지할 뿐만 아니라 그 물체가 시청자를 위협하는 상황이면 3D 효과나 불편감은 실제의 크기보다 훨씬 커지는 것을 알 수 있다.

4.4.4. ROI 또는 화면 전체에 초점보다 가까운 물체가 움직이는 경우

이런 장면은 흔히 있는 장면이며, 극도의 3D 효과나 불편감을 느끼지는 않지만 경우에 따라서는 상당한 불편감을 느끼는 것으로 나타났다. 가장 대표적인 예가 ‘보물’의 415초 근처의 키누름 피크이다. 이 장면은 대나무 숲에서 한 검객이 움직이는 장면으로 카메라는 검객을 따라 움직인다. 초점은 검객에 맞춰져 있지만, 그 근처에 검객보다 가까운 곳에 대나무들이 있고 화면이 움직임에 따라 이 대나무들도 움직인다. 그림 9의 시차를 보면 초점의 시차보다 훨씬 큰 시차가 ROI와 전체에서 나타나고 있다.

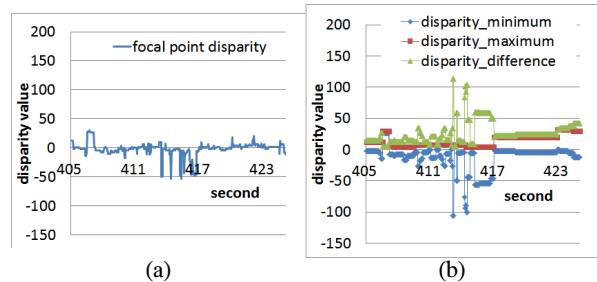


그림 9. ‘보물’ 415초 근처의 시차변화; (a) 초점, (b) ROI. Fig. 9. Disparity changes near 415[sec] of ‘Treasure’; (a) focal point, (b) ROI.

이와 유사한 경우는 대상 콘텐츠의 많은 곳에서 볼 수 있으며, 대부분 크기의 차이는 있지만 불편감을 느낀 것으로 조사되었다. 특히 초점보다 가까이 있는 물체가 -시차를 크게 가질수록, 그리고 움직이지 않는 경우보다 움직이는 경우 더 큰 불편감을 느낀 것으로 나타났다.

4.4.5. 물체와 가까운 배경의 고주파 성분

물체와 가까운 배경이 고주파 성분을 많이 갖고 있는 경우 시차의 크기나 변화의 크기, 빈도에 비해 큰 불편감을 느끼는 것으로 조사되었다. 가장 좋은 예로, ‘보물’의 570초 근처에 꽤 큰 키누름 피크가 있는데, 이 장면은 앞에서 위에서 아래로 찍은 장면이라고 설명한 바 있다. 그러나 카메라가 정면을 보는 중에도 상당히 큰 키누름이 나타났는데, 이 장면은 풀밭에 검객이 칼을 맞고 쓰러져 있다가 상반신을 일으키면서 다른 검객에게 충을 쏘는 장면이다. 이 근처의 시차를 보면 거의 시차가 ‘0’이고 변화도 거의 없으나 상당히 많은 인원이 불편감을 느낀 것으로 나타났다. 이런 경우는 ‘해님 달님’에서 많이 나타나는데, 앞에서 언급한 바와 같이 ‘해님 달님’의 모든 물체는 마치 뜨개질한 것과 같은 표면을



가지고 있고 이것은 배경도 마찬가지로여서 이런 효과가 많이 나타난다.

이와 같이 배경이 고주파 성분을 많이 가지고 있고 주시하는 물체가 그 배경과 시차차이가 크지 않은 경우 물체와 배경의 시차를 잘 구분할 수 없다. 이런 경우 상당히 혼돈스럽고 자연스럽지 못한 느낌을 꽤 강하게 받아 시차성분보다 강한 불편감을 일으키는 것으로 판단된다.

4.4.6. 실제 시차는 크지 않지만 정황적으로 시차가 클 것으로 추측되는 장면

‘안동’의 780~800초 정도에는 독이 무너져서 물이 쏟아져 나와 많은 물이 화면을 덮치는 장면이다. 이 정도면 상당한 크기의 -시차가 있어야 하고, 또 시차의 변화도 매우 큰 것이 보통이다. 그러나 그림 10에 보이고 있는 실제 화면에서는 시차가 거의 +이고, 아주 약하게 -시차 피크가 한 두 개 정도 있을 뿐이다. 그러나 이 장면에서 불편감을 느낀 피험자가 5명 정도나 된다.

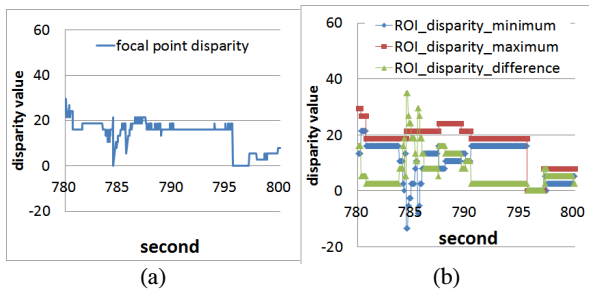


그림 10. ‘안동’ 780초 근처의 시차변화; (a) 초점, (b) ROI. Fig. 10. Disparity changes near 780[sec] of ‘An-Dong’; (a) focal point, (b) ROI.

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

4.5. 색상요인의 영향

몇 년 전 일본의 한 어린이가 포켓몬스터 만화영화를 보다가 혼절하여 사회적인 이슈가 된 적이 있다. 이 만화 영화는 3D가 아닌 2D임에도 불구하고 이런 일이 발생한다는 것은 3D 입체감이 없는 색상 요인 등이 피로감이나 현기증 등의 불편감을 줄 수 있다는 뜻이다. 따라서 본 절에서는 3D효과와 관련된 색상 요인의 효과에 대해서 설명한다. 그러나 시차 등의 3D요인에 비하면 색상 요인의 효과가 그리

크지 않고, 이미 3D로 제작된 콘텐츠에서 색상 요인만의 효과를 규명하는 것이 쉽지 않은데, 이것은 입체감이나 불편감이 3D 효과와 복합적으로 작용하기 때문이다. 따라서 본 절에서는 뚜렷이 나타나는 현상에 대해서만 기술한다.

색상요인은 불편감을 증가시키기도 하고 감소시키기도 하는 것으로 조사되었다. 불편감을 증가시키는 경우는 실사 콘텐츠에서 주로 나타났는데, 이것은 실사의 경우 색상을 조정하기 쉽지 않기 때문인 것으로 사료된다. 반면 색상 요인이 불편감을 감소시키는 경우는 실사와 애니메이션에서 모두 나타났다. 이 두 경우를 분석 자료의 예를 들어 설명한다.

4.5.1. 색상 요인이 불편감을 유발하는 경우

RGB의 색상요인이 불편감을 유발하는 경우는 간간히 나타나는데, 대표적인 곳이 ‘보물’ 콘텐츠의 70초 근처에 4명이 불편감을 느낀 곳이다. 이 부분은 한 검객이 카메라 가까이에서부터 먼 쪽으로 뛰어가는 장면으로, 이 근처의 분석 데이터를 그림 11에 보이고 있다. 이 그림에서 전체 화면에 대해서는 명도와 채도만 보였다. 먼저 이 부분에서 초점과 ROI, 화면 전체의 시차를 보면 어느 곳도 큰 시차나 큰 시차변화가 없다. 그러나 초점의 RGB값을 보면 70초 근처에서 급격한 피크를 보이고 있으며, 따라서 명도도 같은 추이를 보이고 있다. ROI의 RGB를 보면 최고값들이 70초 이전에서 변화가 심하고(특히 R), 평균값을 보면 RGB 모두(명도도 마찬가지로) 70초에서 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 이 장면에서 정황적인 요인과 시차 요인이 전혀 작용을 하지 못하지만, 4명의 피험자가 불편감을 느낀 것은 RGB 색상 요인의 급격한 증가로 밖에 해석할 수 없다.

180초 근처의 4명의 키누름 역시 초점, ROI, 화면 전체의 시차가 거의 0이고 변화도 거의 없다. 이 장면은 서 있는 한 검객을 비추다가 다른 검객을 비추는 장면인데, 한 검객을 비추는 장면만 햇빛이 비치기 때문에 RGB의 값(명도)가 급격하게 변한다. 그냥 서 있는 사람을 비추는 것이므로 정황적 요인이나 시차 요인의 작용이라고 볼 수는 없다. 앞에서 이 구간을 화면 전체가 불규칙적으로 흔들리는 경우로 설명한 바가 있는데, 이 요인과 더불어 색상 요인의 급격한 변화의 복합 요인으로 해석하는 것이 타당할 것으로 보인다. ‘안동’의 525초 근처에 2명이 불편감을 느꼈는데, 이때도 초점, ROI, 화면 전체의 시차를 감안하면 불편감을 느낄 정도

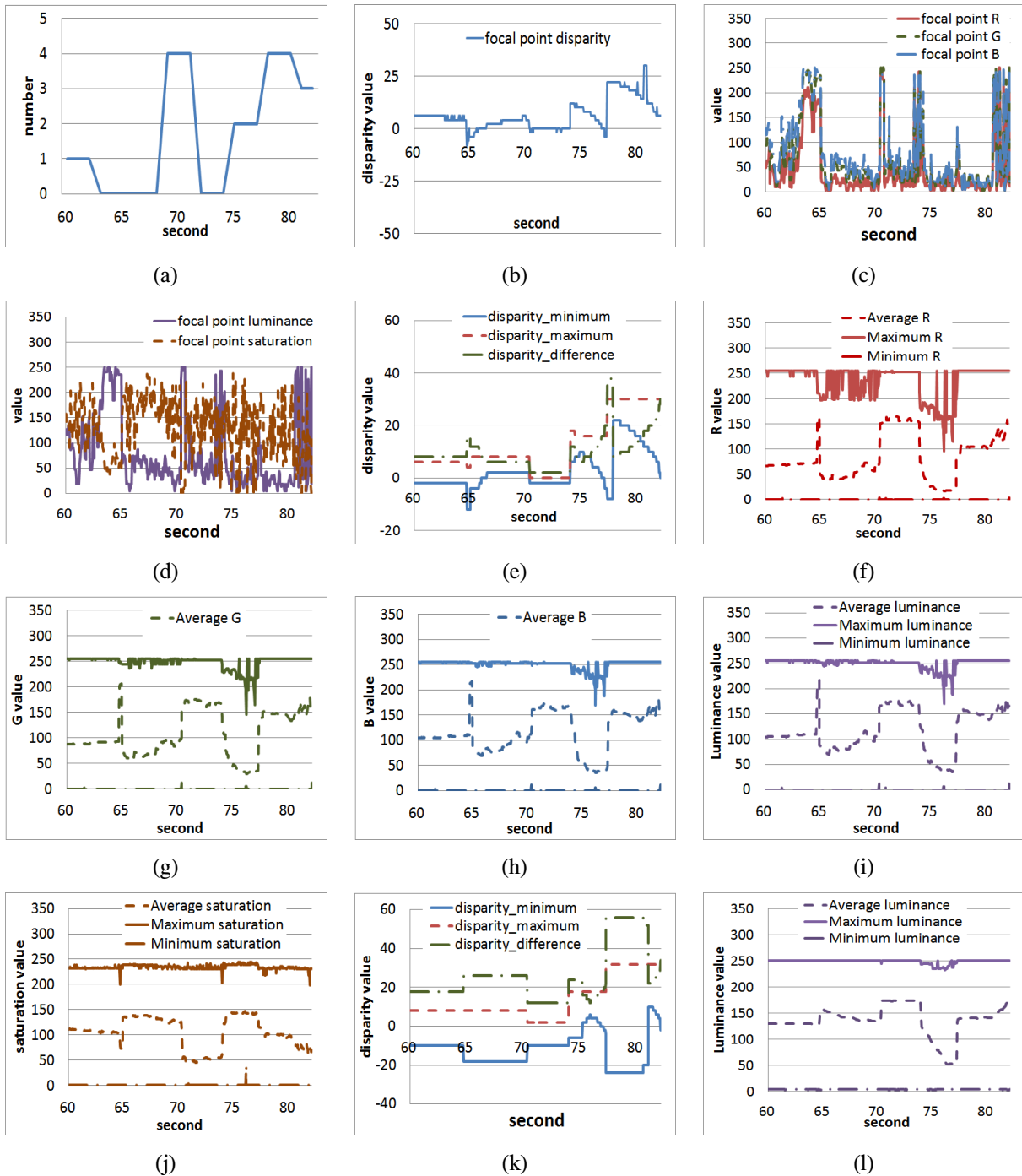


그림 11. ‘보물’ 콘텐츠 60~82초의 분석 데이터: (a) 키누름 횟수, 초점의 (b) 시차, (c) RGB, (d) 명도와 채도; ROI의 (e) 시차, (f) R, (g) G, (h) B, (i) 명도, (j) 채도; 화면 전체의 (k) 시차, (l) 명도  
 Fig. 11. Analysis data during 60~82[sec] of ‘Bo-Mool’ contents: (a) number of key strokes; at the focal point (b) disparity, (c) RGB, (d) luminance and saturation; at ROI region (e) disparity, (f) R, (g) G, (h) B, (i) luminance, (j) saturation; for the whole image (k) disparity, (l) luminance

가 아니다. 이 장면은 막사 가운데 모닥불을 피워놓은 것을 비추는 장면인데, 당연히 초점과 ROI의 RGB 값과 명도가 상당히 높다.

#### 4.5.2. 색상 요인이 불편감을 감소시키는 경우

색상 요인이 오히려 입체감 또는 불편감을 감소시키는 경우도 나타났다. 예로써, ‘어글리 코리언’의 90초 근처에 2명의 키누름을 살펴보자. 이 부근의 분석 데이터를 그림 12에 보였는데, 시차와 함께 초점과 ROI는 RGB만, 화면 전체는 명도와 채도만



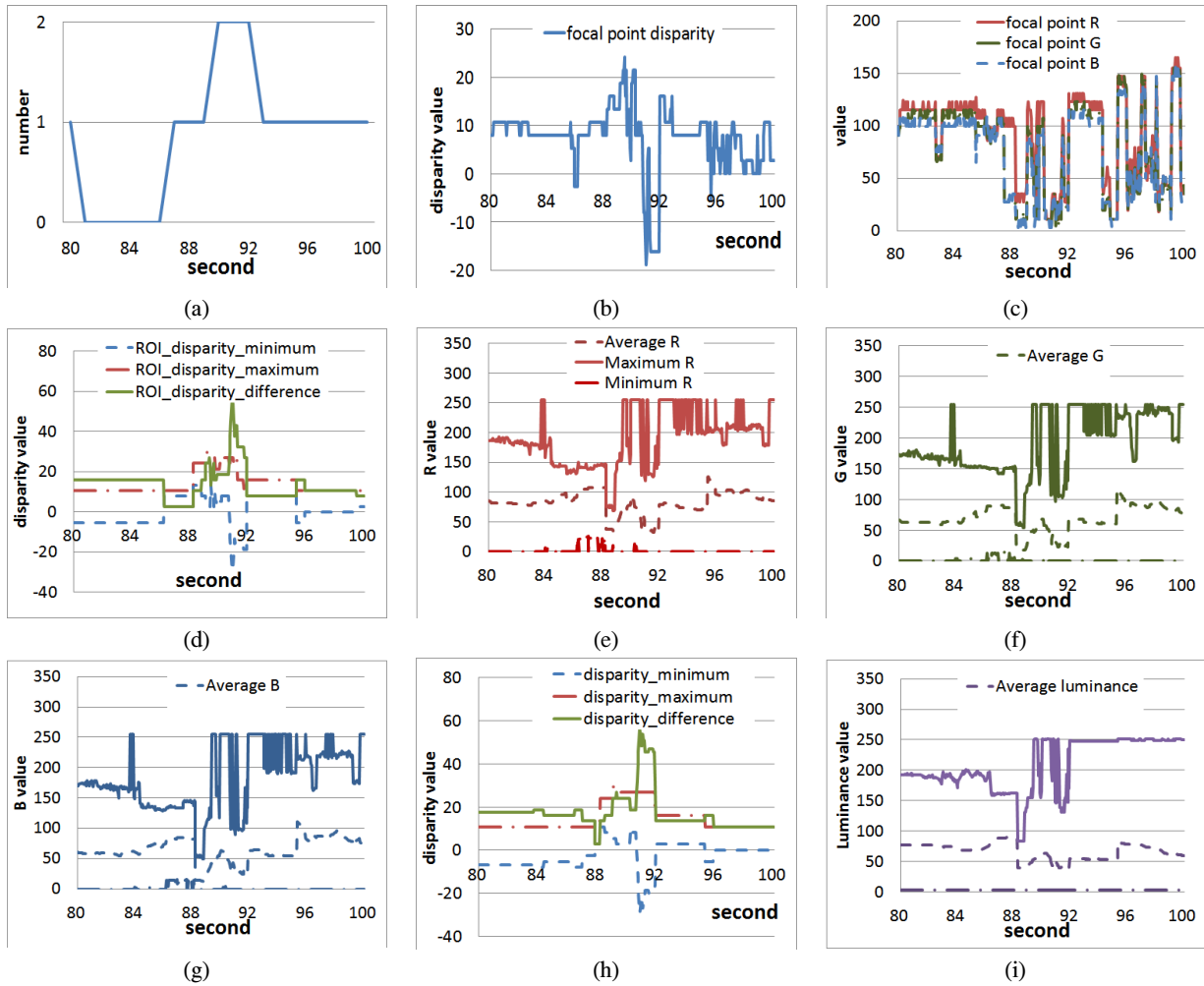


그림 12. ‘어글리 코리언’ 콘텐츠 80~100초의 분석 데이터: (a) 키누름 횟수, 초점의 (b) 시차, (c) RGB; ROI의 (d) 시차, (e) R, (f) G, (g) B; 화면 전체의 (h) 시차, (i) 명도와 채도  
 Fig. 12. Analysis data between 80 and 100[sec] of ‘Ugly Korean’ contents: (a) number of key strokes; at the focal point (b) disparity, (c) RGB; at ROI region (d) disparity, (e) R, (f) G, (g) B; for the whole image (h) disparity, (i) luminance and saturation

을 나타내었다. 초점, ROI, 화면 전체의 시차를 보면 90초에서 큰 시차 변화가 발생하여 92초까지 큰 -시차를 보이고 있는데, 이런 시차의 변화에 비해 키누름 횟수는 아주 작다. 그림 12 (c)의 초점의 RGB 변화를 보면 90~92초 사이에 RGB 모두 매우 낮은 값을 보이는 것을 알 수 있다. 이 장면은 면접관들이 문을 열고 들어오는 장면으로, 문의 아래쪽을 비추어 면접관들의 발이 들어오는 장면이다. 그러나 전체적으로 화면이 상당히 어두워 실제의 시차를 거의 느끼지 못하는 것으로 생각된다. (d), (e), (f), (i)의 ROI의 RGB와 화면 전체의 명도를 보면 각 요인의 최고치는 상당히 높으나, 평균값을 보면 여전히 낮은 값을 유지하는 것을 볼 수 있다.

이런 경우는 곳곳에서 나타났는데, 또 하나의 좋은 예가 ‘보물’의 510초 근처인데, 여기에는 큰 -

시차가 있다. 이 장면은 검객이 화면으로 달려들어 카메라를 넘어가는 장면이다. 따라서 초점, ROI, 화면 전체에 큰 -시차와 시차의 큰 변화가 나타난다. 그러나 이 장면은 검객이 카메라를 등지고 있기 때문에 역시 화면이 전체적으로 어두워 시차의 변화나 크기를 피험자들이 인지하지 못한 것으로 판단된다. ‘해님 달님’의 480초 근처도 꽤 큰 시차변화와 -시차를 가지고 있지만, 키누름 횟수는 2명에 지나지 않는다. 이 장면은 호랑이 손에 밀가루를 묻히는 장면인데, 요정이 밀가루를 호랑이에게 뿌려 화면 전체가 밀가루로 반투명하게 덮여진다. 이 화면에서 밀가루의 색깔이 회색 정도이어서 화면 전체가 어두워 피험자들이 그 시차나 시차 변화를 느끼지 못한 것으로 판단된다.

## V. 결론 및 향후 연구에 대한 제언

본 논문에서는 주관적 평가 실험에서 얻은 불편감 정도에 대한 데이터와 콘텐츠에서 추출한 요인들을 비교분석하여 스테레오 3D 콘텐츠의 피로감이나 현기증 등의 불편감을 유발하는 요인들을 규명하였다.

불편감에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 시차이었다. 그러나 실제 불편감을 유발하기 위해서는 물체의 움직임이 시차 못지않은 작용을 하는 것으로 나타났다. 즉, 단순히 초점의 시차가 크다고 큰 불편감을 느끼는 것이 아니고 초점의 물체 또는 그 주위의 물체가 움직일 때 큰 불편감을 느꼈다. 또한 큰 시차를 가지거나 시차가 증가하는 물체의 경우에도 시청자가 각각의 물체를 인지할 수 있을 때만 불편감을 느꼈다. 또한 시차를 급격히 증가하는 물체가 있어도 그 물체가 시청자를 해칠 수 있는 정도의 물체인 경우가 더욱 큰 불편감을 느꼈다. 따라서 시차의 크기와 변화정도, 물체의 움직임, 인지가능성, 그리고 해할 수 있는 물체의 복합적인 요인이 가장 큰 불편감을 느끼게 한다는 결과를 얻을 수 있다.

화면 전체가 예측할 수 없게 떨리거나 흔들리는 경우에도 큰 불편감을 느꼈으며, 정상적이지 않은 카메라의 위치나 움직임도 큰 불편감의 원인으로 나타났다. 그리고 초점 주위에 고주파의 배경이 있을 경우 초점의 시차에 비해 훨씬 큰 불편감을 느꼈다. 또한 실제 시차의 크기는 그리 크지 않지만 정황적으로 시차가 클 것으로 예상되는 장면에서는 시차의 크기나 변화 크기에 비해 큰 불편감을 느끼는 것으로 나타났다. 그러나 유사한 상황이 반복되는 경우 처음에 비해 반복될수록 불편감을 감소하였다. 색상 요인 또한 급작스런 변화를 동반한 큰 값의 경우 불편감을 유발하는 것으로 나타났으나, 큰 시차를 가진 경우라도 어둡거나 흐린 경우 실제 보다는 시차를 덜 느끼는 것으로 조사되었다.

이상의 결과로, 단순히 시차요인이 입체감이나 불편감에 영향을 미치기 보다는 복합적인 요인들이 더욱 큰 영향을 미친다는 결론을 내릴 수 있다. 또한 불편감이 시차의 크기 반드시 비례하는 것이 아니며, 시차 변화의 크기와 빈도에 민감하게 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 시차뿐만 아니라 콘텐츠의 내용, 정황이나 상황, 카메라의 위치와 움직임, 심지어 색상 요인까지 불편감에 영향을 미치며, 이들 요인이 시차와 복합적으로 작용하면 더욱 큰 입

체감과 불편감을 느끼는 것으로 결론지을 수 있다.

본 논문에서는 언급한 요인들의 정성적 분석에 주력하였다. 그러나 3D 콘텐츠 제작 가이드라인을 제시하기 위해서는 이들 각 요인들과 복합적 요인들의 정량적 분석이 필요하다. 즉, 특정 요인 또는 복합 요인이 어느 정도 강도로 얼마간 지속되면 어느 정도의 불편감을 느끼는지 정량적으로 분석할 필요가 있다. 이를 위해서는 각 요인 및 복합 요인을 실험적으로 검증할 수 있는 콘텐츠의 제작이 필요하고, 본 논문에서의 방법보다 더욱 면밀한 실험이 필요하며, 아울러 보다 객관적인 해석과 분석이 요구된다. 또한 이와 관련된 연구는 다양한 학문 분야에서의 접근이 필요하며, 본 논문을 통해 많은 전문 연구팀들이 더욱 전문적인 연구를 통해 입체감/불편감을 유발하는 요인들의 정량적 분석 결과를 발표해 주기를 기대한다.

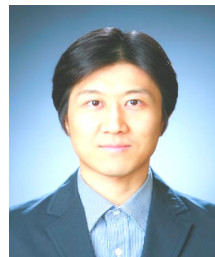
## References

- [1] O. Schreer, P. Kauff, and T. Sikora, *3D Video Communication*, John Wiley & Sons Inc., Atrium, England, 2005.
- [2] Daniel Minoli, *3DTV Content Capture, Encoding and Transmission*, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, 2010.
- [3] ISO IWA3, *Image Safety - Reducing the Incidence of Undesirable Biomedical Effects caused by Visual Image Sequences*, 2005.
- [4] C. Shigeru, "3D Consortium Safety Guideline for Popularization of Human-friendly 3D," *J. Eizo Joho Media Gakkai Gijutsu Hokoku*, Vol. 30, No. 34, pp. 21-24, 2006.
- [5] Telecommunications Technology Association (TTA), "3DTV broadcasting safety guideline" TTA.KO-07.0086, Dec. 2010.
- [6] 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.
- [7] D. H. Chung, H. C. Yang, "Exploratory analysis of 3D stereoscopic video measurement", *J. KSDIM*, vol. 6, no. 4 pp. 225-235, Dec. 2010.
- [8] Q. Huynu-Thu, M. Barkowsky, and P. L. 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.

- [9] H. C. Li, “Human factor research on the measurement of subjective three dimensional fatigue,” *J. The Korean Society of Broadcast Engineers(KSBE)*, vol. 15, no. 5, pp. 607-616, Oct. 2010.
- [10] D. H. Kim, S. H. Choi, and K. H. Sohn, “Visual fatigue prediction for stereoscopic video considering individual fusional characteristics,” *J. The Korean Society of Broadcast Engineers(KSBE)*, vol. 16, no. 2, pp. 331-338, Apr. 2011.
- [11] N. K. Kim, “Human factors for 3D stereoscopic images,” *J. KIISE*, vol. 29, no. 8, pp. 48-54, Aug. 2011.
- [12] Y. H. Seo, Y. J. Bae, W. Y. Kim, and D. W. Kim, “Disparity and image characteristics of stereoscopic video affecting on viewing safety,” *J. of Broadcast Engineering* vol. 17, no. 5, pp. 79-97, Sept. 2012.
- [13] Disney Research Centre, ETH Zurich, Black Rock Studios and Disney Interactive Studios, Disney R&D Create Real-Time Tool to Improve 3D Perception(2011), Retrieved April, 20, 2012, from <http://www.3dfocus.co.uk/3d-news-2/3d-technology/disney-rd-create-real-time-to-improve-3d-perception/6373>
- [14] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd Ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2008, pp. 416-482.

**서 영 호 (Young-Ho Seo)**



1999년 2월 광운대학교 전자재료공학과 졸업(공학사)  
 2001년 2월 광운대학교 일반대학원 졸업(공학석사)  
 2004년 8월 광운대학교 일반대학원 졸업(공학박사)  
 2005년 9월~2008년 2월 한성

대학교 조교수

2008년 3월~현재 광운대학교 교양학부 부교수  
 <관심분야> 실감미디어, 2D/3D 영상 신호처리, 디지털 홀로그램, SoC 설계

**김 동 욱 (Dong-Wook Kim)**



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  
 <관심분야> 3D 영상처리, 디지털 홀로그램, 디지털 VLSI Testability, VLSI CAD, DSP설계, Wireless Communication

**김 우 열 (Woo-Youl Kim)**



2012년 2월 안양대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)  
 2012년 3월 광운대학교 전자재료공학과 석사과정  
 <관심분야> 3D 영상처리, Tracking, Stereo Vision