

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제19권 제1호, 2014년 1월 (JBE Vol. 19, No. 1, January 2014)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2014.19.1.44>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

스테레오 영상의 깊이감에 따른 프레즌스, 지각된 특성, 부정적 경험의 차이

이 상 욱^{a)}, 정 동 훈^{b)‡}

Influence of Depth Differences by Setting 3D Stereoscopic Convergence Point on Presence, Display Perception, and Negative Experiences

SangWook Lee^{a)} and Donghun Chung^{b)‡}

요 약

3D 영상의 궁극적인 목표는 부정적 경험을 최소화하면서 동시에 깊이감 정보를 추가하여 얻을 수 있는 더 큰 몰입감, 사실감과 같은 긍정적 경험을 극대화시키는 것이다. 본 연구는 3D 카메라의 컨버전스 레벨을 다르게 조절했을 때 나타나는 깊이감 차이가 긍정적 그리고 부정적 경험에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고, 최적의 파라미터를 찾는 것을 목적으로 하며 이를 위해 3D 뮤직 비디오를 5개의 다른 컨버전스 레벨에 따라 제작하고 100명을 대상으로 실험을 진행하였다. 연구 결과는 깊이감에 따라 프레즌스와 프레즌스의 하위차원인 공간관여, 몰입실재감 등에서 유의미한 차이가 있었으며, 지각된 특성과 지각된 특성의 하위차원인 깊이 지각감, 화면 전달감, 모양 지각감, 공간 확장감 역시 유의미한 차이가 있었다. 또한 부정적 경험 요인인 피로감과 부자연스러움도 그룹에 따라 각각 차이가 있음을 보여 주었다. 본 연구결과는 3D 영상 제작 시 카메라의 폭주각은 피사체 위치에서의 폭주각보다 0.17° 작게 하여 화면보다 18.66cm 돌출된 영상을 제작하는 것이 영상에 대한 프레즌스와 지각된 특성은 높이고 부정적 경험은 줄여주는 최적의 영상경험을 제공하는 것으로 나타났다.

Abstract

The goal of 3D stereoscopy is not only to maximize positive experiences (such as sense of realism) by adding depth information to 2D video but to also minimize negative experiences (such as fatigue). This study examines the impact of different depth levels induced by adjusting 3D camera convergences on positive and negative experiences and finds an optimal parameter for viewers. The results show that there are significant differences among depth levels on spatial involvement, realistic immersion, presence, depth perception, screen transmission, materiality, shape perception, spatial extension and display perception. There are also significant differences for fatigue and unnaturalness. This study suggests that reducing the camera convergence angle of an object by 0.17° behind the object is the optimal parameter in a 3D stereoscopic setting.

Keyword: 3D, convergence, display perceptions, fatigue, presence, unnaturalness

a) 광운대학교 신문방송학과(Dept. of Journalism and Communication, Kawngwoon University)

b) 광운대학교 미디어영상학부(School of Communications, Kawngwoon University)

‡ Corresponding Author : 정동훈(Donghun Chung)

E-mail: donghunc@gmail.com

Tel: +82-2-940-5584 Fax: +82-2-918-3258

※ 이 논문은 2011년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2011-32A-B00297)

· Manuscript received September 23, 2013 Revised November 11, 2013 Accepted December 13, 2013

I. 서론

2009년 영화 아바타의 성공 이후로 선풍적 인기를 끌어 왔던 3D 영상에 관한 관심이 뜨겁해지고 있다. 3D 방송을 해 왔던 우리나라의 KT스카이라이프, 미국의 ESPN, 영국의 BBC 등은 3D 방송 송출을 중단했고, 할리우드에서도 관심이 예전만 같지 않다. 3D 영상의 인기가 지속적으로 유지되지 못하는 원인으로서는 3D 안경착용의 불편함, 콘텐츠의 부족 등 여러 요인이 지적되고 있으며 시각피로와 같은 부정적인 휴먼팩터를 가장 중요한 이유로 들 수 있다. 특히, 3D 영상 시청자는 자연 상태가 아닌 인위적인 방식으로 제공되는 영상의 깊이감을 지각하면서 필연적으로 시각피로를 경험하기 때문에 3D 휴먼팩터와 관련된 대부분의 연구들이 3D 영상으로 유발되는 피로도 혹은 불편감 등을 어떻게 하면 최소화 시킬 수 있을 것인가에 집중하고 있다. 그러나 3D 영상의 궁극적인 목표는 부정적 경험을 최소화 하면서 동시에 깊이감 정보를 추가하여 얻을 수 있는 더 큰 몰입감, 사실감과 같은 긍정적 경험을 극대화시키는 것이다.

좌우 영상의 시차(disparity)에 따라 다르게 나타나는 깊이감 지각은 시차가 지나치게 클 경우 수렴-조절 불일치로 인해 피로도가 증가하거나 이중상이 관측되는 반면, 시차가 지나치게 작을 경우에는 2D와 다를 바 없이 평면으로 보이거나, 피사체의 볼륨감이 사라져 3D 영상만의 긍정적 효과를 얻기가 어렵다^{[1][2]}. 이처럼, 3D 시각피로를 최소화 유지하면서 3D 입체감을 유지하기 위한 양안시차(binocular disparity)의 양이 얼마인지를 결정하는 것은 중요한 문제이다^[3]. 3D 영상의 입체피로를 유발하는 요인들은 크게 디스플레이 요인, 콘텐츠 요인, 시청자 요인, 그리고 시청 환경으로 분류 할 수 있는데^[3], 본 연구는 이 중 콘텐츠 요인, 특히 카메라의 컨버전스 레벨을 다르게 조절했을 때 나타나는 깊이감 차이로 인하여 시청자들이 3D 영상에 대해서 어떠한 긍정적 경험과 부정적 경험을 갖는지를 알아보고 그에 따른 3D 영상을 시청하기에 가장 적절한 컨버전스 파라미터를 찾는 것을 목적으로 한다. 선행연구를 분석해보면 3D 이미지(사진)를 직접 만들어서 실험 처치를 조작화한 후 연구를 진행한 사례는 보이지만, 3D 영상(비디오)을 활용한 연구의 경우는 기존에 존재하는 영상물을

활용한 경우가 대부분이었다. 이러한 연구의 경우는 조작화(manipulation)가 제대로 되지 않기 때문에 연구문제의 한계, 가외변수 통제의 어려움, 허위변수(spurious variable)와 혼란변수(confounding variable) 존재 등의 문제점을 갖는다. 따라서 본 연구에서는 이러한 선행 연구의 문제점을 극복하고자 직접 영상을 제작함으로써 처치 조건을 조작화하고자 한다. 깊이감을 달리한 다수의 처치 조건을 통해 긍정적 경험과 부정적 경험을 실증적으로 연구하는 것은 외적 타당도를 높임으로써 이론과 실제에서 더 많은 함의를 줄 수 있을 것이다.

연구의 목적 달성을 위해 본 논문은 먼저 3D와 관련하여 프레즌스, 지각된 특성 그리고 부정적 경험들에 대한 선행 연구를 살펴보고, 본 연구의 실험을 위한 처치물의 제작이 어떻게 이루어졌으며 실험은 어떠한 방식으로 이루어졌는지를 연구방법에서 제시할 것이다. 끝으로 결론에서는 실험 결과를 바탕으로 본 연구의 함의와 학술적 그리고 실무적인 기여에 대해 논의하고자 한다.

II. 이론적 논의

1. 3D 영상에서의 프레즌스 경험

3D 영상의 최대 장점은 현실세계와 유사한 시청경험을 제공하는 것이다. 이러한 시청 경험을 측정하기 위한 다양한 이론이 존재하는데, 그 중 프레즌스(presence)는 최근 가장 활발하게 연구되는 이론 중의 하나이다. 프레즌스는 민스키(Minsky)^[4]에 의해 ‘피드백 시스템을 이용하여 다른 장소에서 일어나고 있는 일을 보고 느낄 수 있게 하는 원격조작’으로 처음 정의되었다. 이후 2000년에는 프레즌스를 연구하는 학자들이 모여 프레즌스란 ‘비록 개인의 일부 또는 모든 현재 경험이 테크놀로지에 의해 만들어지지만 개인은 이러한 테크놀로지의 역할을 잊게 되는 심리적 상태(psychological state) 혹은 주관적 지각(subjective perception)’이라고 정의를 내리면서^[5], 기존에 있던 여러 프레즌스 정의들을 포괄하고 통합하려는 시도를 했다.

프레즌스는 3D 영상평가에도 많이 적용되고 있는데, 특

히, 2D 영상과 3D 영상의 프레즌스를 비교한 많은 연구들은 시청자들이 3D 입체영상을 시청할 때 2D에 비해 더 높은 프레즌스를 지각하고 있음을 보여주고 있다^{[6][7]}. [8][9]는 3D 영상평가를 위해 공간관여(spatial involvement), 시간관여(temporal involvement), 몰입 역동감(dynamic immersion), 그리고 몰입 실재감(realistic immersion)의 네 개의 요인으로 구성된 프레즌스 척도를 개발하고 이를 통해 3D 영상의 효과를 측정한 바 있다. [6]의 연구는 3D 영상을 시청하면서 느끼는 신체적 불편감이라는 부정적 요인이 프레즌스와 일종의 상충적인 관계를 가질 수 있음을 암시한 바 있으며, 더 구체적으로 [10]은 프레즌스의 하위 요인 중 몰입 실재감은 시각피로도를 증가시키지만 시간 관여는 시각피로도를 감소시키는 결과를 나타냄으로써 프레즌스의 하위요인에 따라 시각피로도에 미치는 영향이 달라질 수 있음을 보여주었다. [11]은 지각된 깊이에 따른 프레즌스를 연구하였는데 그들의 연구결과는 지각된 깊이감이 클수록 프레즌스 감각이 향상하는 것으로 나타났으며 이러한 현상은 깊이감이 자연스러울 때 더 두드러졌다. [12]의 연구는 깊이감 수준을 없음, 중간, 높음으로 설정하고 이에 따른 시청경험, 자연스러움, 프레즌스 등을 조사하였다. 아쉽게도 그들은 연구에서 깊이감 수준을 구체적으로 밝히지 않았지만 그들의 연구결과는 깊이감 수준이 중간일 때 전반적으로 가장 좋은 시청경험을 제공하는 것으로 나타났다. 이와 같이 프레즌스는 긍정적 경험의 한 예로써 다양하게 연구되어 왔다. 따라서, 본 연구에서는 프레즌스를 3D 영상의 깊이감과 관련지어 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

연구문제 1. 컨버전스 레벨 조정으로 인한 3D 영상의 깊이감 수준에 따라 프레즌스 경험은 차이가 있는가?

2. 3D 영상의 지각된 특성

깊이감이 추가된 3D 영상은 2D 영상과는 다른 지각적 특성(display perceptions)을 제공할 수 있다. 3D 영상의 자연스러운 깊이감 표현은 시청자들로 하여금 더 나은 대상의 지각과 시청경험을 주지만^{[11][13]} 반대로 왜곡된 지각 특성은 오히려 2D 영상보다 더 부정적인 시청경험을 초래할

수도 있다. 따라서 3D 영상의 특성에 따라 시청자의 지각이 어떻게 달라지는지에 대해 연구하는 것은 3D 휴먼팩터 연구의 매우 중요한 부분이다. 인간이 3D 입체영상에서 대상을 지각하는 방식은 실제세계에서의 지각방식과 유사한 측면이 있다. 그러한 대표적인 예가 크기 항상성인데, [14]의 연구에 따르면, 실제세계에서 사물을 크기 항상성의 원리로 지각하는 것과 유사하게 3D 영상을 본 관찰자는 사물이 관찰자로부터 멀어져 화면으로부터 들어가 보일수록 크기를 실제보다 크게 인식했으며, 반대로 관찰자에게 가까워질수록 사물의 크기를 실제보다 작게 인식했다. 즉, 망막에는 같은 크기의 상이 맺히더라도 깊이감에 따라 사물의 크기를 달리 인식하는 크기 항상성의 원리가 3D 시청환경에서도 그대로 적용되어 나타났다. 그러나 크기 항상성과 같은 실제세계의 사물 지각원리가 3D 영상 환경에 적용된다는 것이 3D 입체영상이 실제세계와 유사한 지각경험을 제공한다는 의미는 아니다. 오히려 크기 항상성 때문에 사물이 실제보다 너무 작게 느껴지는 인형극장 효과(puppet theater effect)의 왜곡현상이 나타나기도 하며, 3D 디스플레이를 통하여 지각되는 3D 대상은 관찰거리, 관찰시점 및 관찰환경에 따라서 깊이감과 모양감이 체계적으로 왜곡되어 지각되는 등^[15] 3D 입체영상에서 실제세계와 유사한 지각경험을 제공하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 인간의 지각방식은 대상을 있는 그대로 지각하기보다는 기존에 자신이 가지고 있는 맥락이 반영되어 나타난 결과라고 할 수 있으며 이를 지각적 지능^[16]이라 하는데, 이러한 총합적인 반응으로 인해 3D 입체영상에 노출하여 경험하는 신체적, 심리적 반응은 현실세계의 그것과는 차이가 있다. 앞서 언급한 크기 항상성과 같은 현상도 이와 같은 지각적 지능이 반영된 결과라고 볼 수 있다. 망막에 맺히는 상의 크기가 같더라도 먼 거리에 있는 사물은 더 크게 지각하고 가까이 있는 사물은 더 작게 지각하는 것은 인간이 거리에 따른 크기에 대한 기존 지식을 무의식적으로 활용했기 때문이다. 따라서 인간의 지각이 지식에 기반 한다고 가정하면 3D 입체영상 환경에서 인간의 지식맥락에 부합하지 않는 왜곡된 지각 특성의 발현은 시청자에게 부정적인 시청경험을 제공할 것이고 반대로 지식맥락과 일치하는 자연스러운 지각 특성의 제공은 긍정적 시청경험을 제공하게 될 것이다.

비록 앞서 소개한 3D 지각과 관련한 연구들은 3D 영상 시청 시 크기, 깊이감, 모양감 등의 지각이 체계적으로 왜곡됨을 수치로 혹은 공식화 하여 객관적으로 나타내고는 있으나 시청자들이 3D 영상에 대해 주관적으로 느끼는 전반적인 인지적 차원의 특성을 설명하지는 못한다. [8][9]는 이러한 3D 입체영상의 지각된 특성을 영상 평가의 중요한 한 축으로 여기고 이에 대한 척도개발 연구를 진행한 끝에 근접감(proximity), 선명도(clarity), 실물감(materiality), 메시지 전달력(message transmission), 그리고 입체감(tangibility)을 하위요인으로 하는 지각된 특성을 제안한 바 있으며, [10]의 연구는 개발된 척도를 바탕으로 3D 영상에 대한 지각된 특성 요인 중 실물감이 프레즌스에 정적인 영향을 미치는 것을 검증하면서 사물의 질감 및 모양에 대한 인식이 프레즌스를 경험하는데 있어서 중요함을 보여주었다. 또한 [17]의 3D 게임 연구는 실험참가자들이 동일한 게임을 3D 디스플레이보다 2D 디스플레이에서 했을 때 더 높은 선명도를 지각했다고 나타냈다. 본 연구에서는 카메라의 컨버전스 조절을 통해 달리 나타나는 3D 영상의 깊이감에 따라 지각된 특성이 어떻게 달라지며, 어떠한 컨버전스 파라미터에서 최적의 지각된 특성 경험이 나타나는지를 살펴보고자 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

연구문제 2. 컨버전스 레벨 조정으로 인한 3D 영상의 깊이감 수준에 따라 영상의 지각된 특성은 차이가 있는가?

3. 3D 영상의 부정적 경험

자연의 3D 환경에서 수렴(convergence)거리와 조절(accommodation)거리는 일반적으로 일치하기 때문에 수렴과 조절이 서로 협응하여 작용하지만 인공적인 3D 디스플레이를 통해 자극이 제시되는 경우에는 수렴과 조절에 불일치가 발생하며^[3], 이는 3D 영상이 시각피로를 유발하는 주요 요인 중 하나로 지목되고 있다. 3D 영상에서의 수렴-조절 불일치는 3D 입체영상을 시청할 때 수렴은 디스플레이보다 돌출되는 대상이나 들어가는 대상에 맞추어 일어나는 반면, 조절은 여전히 디스플레이 평면상에 맞추어 일어나

기 때문에 발생한다. 특히, 3D 입체영상에서 과도한 깊이감은 수렴-조절 불일치와 운동시차(motion parallax)의 부자연스러움(unnaturalness)을 유발하기 때문에 적절한 수준으로 제한하는 것이 필요하다^[18]. 그렇다면 3D를 시청할 때 과연 어느 정도의 깊이감이 시각 피로와 불편감 등을 최소화하는 적절한 수준일까? 일반적으로 양안시차 1°내에서는 조절의 변화 없이 양안으로 선명한 하나의 단일 상을 지각할 수 있기 때문에 비교적 안전한 3D 시청감을 느낄 수 있으나 몇몇 연구결과들은 1°내에서도 시각적 불편감이 발생할 수 있음을 보고하기도 하고 1°를 벗어난 2.1°에서도 안정된 반응이 나타났음을 보고하기도 하는 등 아직 이에 대한 확실한 기준은 제시되지 않은 상태이다^{[19][20][21]}. 국내에서는 3D시청안전성협의회^[2]가 3D 콘텐츠 제작 가이드라인에서 양의 시차와 음의 시차를 각각 5단계의 수준으로 구분하여 평가한 결과 양의시차는 가로 디스플레이의 2.5%되는 48픽셀, 음의시차는 2.0%되는 36픽셀정도를 수용가능영역으로 제한한 바 있다. 수렴-조절 불일치 정도를 나타내는 지표로서 종종 활용되는 시차각은 3D 디스플레이에 대한 폭주각과 깊이감이 있는 3D 입체영상을 주시할 때의 폭주각의 차이로 정의되며, 3D 입체영상과 관련된 연구보고나 가이드라인 등에서는 시차각을 $\pm 1^\circ$ 이내로 유지할 것을 권고하고 있다^[22]. 또한 교차시차와 비 교차시차에 대한 연구들에 의하면 비 교차시차의 3D 영상합성의 허용범위가 교차시차의 합성 허용영역보다 비교적 더 넓음을 보고하고 있고, 일반적으로 교차시차보다 비 교차시차가 상대적으로 더 적은 입체피로를 유발하는 것으로 알려져 있다^{[3][23]}.

앞서 언급한 바와 같이 깊이감에 따른 3D 입체영상의 휴먼팩터와 관련한 여러 연구들의 시차와 깊이감에 대한 제언들은 아직 그 확실한 합의점이 제시되지 않은 상태이나 선행연구들은 영상의 시차가 커질수록 피로감이 증가한다는 공통된 의견을 내고 있다. 본 연구에서는 카메라의 컨버전스 조절로 유발되는 3D 영상의 깊이감 차이가 피로도를 비롯한 부정적 경험들에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보고자 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

연구문제 3. 컨버전스 레벨 조정으로 인한 3D 영상의 깊이감 수준에 따라 부정적 경험은 차이가 있는가?

- 연구문제 3-1. 컨버전스 레벨 조정으로 인한 3D 영상의 깊이감 수준에 따라 피로감은 차이가 있는가?
 연구문제 3-2. 컨버전스 레벨 조정으로 인한 3D 영상의 깊이감 수준에 따라 부자연스러움은 차이가 있는가?

앞서 언급한 3D 영상의 프레즌스와 관련하여, 긍정적 경험의 한 예인 프레즌스는 부정적 경험인 피로감, 부자연스러움과 일종의 상충관계(trade-off)라 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 프레즌스와 피로감 그리고 부자연스러움이 어떤 관계인지를 알아보고자 다음과 같은 연구가설을 제시하였다. 사실 프레즌스와 피로감 그리고 부자연스러움의 관계를 인과관계로 본다면 더욱 풍부한 논의가 가능할 것이다. 그러나 인과관계를 추론하기 위해서는 세 가지 기본 조건, 즉 시간의 우선성으로 원인이 되는 변인이 결과가 되는 변인에 시간적으로 앞서야 하고, 변인 간 상관관계가 존재해야 하며, 다른 변인에 의해 그 관계가 설명되지 않아야 한다는 조건이 있다. 긍정적 경험과 부정적 경험 중 어느 것이 시간 적으로 선행하는지를 밝히는 것은 불가능하기 때문에 그 상관성을 보는 것만으로 만족할 수밖에 없다.

- 연구문제 4. 3D 영상의 긍정적 경험과 부정적 경험은 상호 관련이 있는 것인가?
 연구가설 4-1. 3D 영상에서 경험한 프레즌스는 피로감과 부정적 상관관계가 있을 것이다.
 연구가설 4-2. 3D 영상에서 경험한 프레즌스는 부자연스러움과 부정적 상관관계가 있을 것이다.

III. 연구방법

1. 실험 처치물 제작

본 연구는 영상 깊이감 수준에 따른 반응을 검증하기 위해 실험 처치물로 쓰일 3D 영상을 직접 제작하였다. 실험에 쓰일 영상은 실제 공연을 하고 있는 밴드의 연주 및 공연 모습을 촬영하였으며, 잘 알려져 있지 않은 인디밴드를 섭외

하고 그들의 자작곡을 공연함으로써 3D 효과 외의 변인 효과를 최대한 통제하였다. 3D 뮤직비디오 영상 제작은 HD 동영상 촬영이 가능한 일안 반사식 디지털 카메라 캐논 7D 두 대를 미라큐브(MIRACUBE)의 수평식 스테레오리그(parallel stereo rig) CMT2000에 장착 한 후 트라이포트와 결합하여 촬영을 진행하였고, 미라큐브의 원편광 방식인 15.26인치 3D 모니터(3DVF-15D)를 통해 실시간으로 3D 영상의 깊이감에 따른 결과물을 모니터링하였다. 수평리그의 장착한 7D 카메라 두 대의 간격(inter-axial distance)은 11.55cm로 고정시켰으며 양쪽이 서로 다른 영상을 제공할 때 발생하는 잔상과 크로스토크(crosstalk)효과가 눈에 미치는 피로를 최대한으로 억제하기 위해 양쪽 카메라간의 화각과 초점거리(24mm)를 통일시켰다. 두 카메라의 조리개는 F7.1, 셔터속도는 1/60, ISO는 640, 색온도는 3000k로 통일하여 수동제어 하였으며, 카메라의 컨버전스 조절을 위해 주 시각 구성방식으로 교차식을 취하였다.

실험영상의 제작과정은 촬영에 앞서 섭외한 인디밴드와의 사전미팅을 통해 5분 분량의 뮤직비디오를 15초당 한 장면(scene)으로 정하여 총 19장면으로 구성하였으며, 실제 촬영간 오디오의 오차를 없애기 위해 곡을 19등분하여 각각 마디별 시작 후 5초와 끝나기 전 5초에 신호음을 삽입하였다. 촬영은 2일간 서울 소재 한 대학교의 전문 스튜디오에서 이루어 졌고, 촬영 후 3DTV의 상영을 위해 간단한 보정 및 편집으로 좌우 영상을 하나의 영상으로 합쳤다. 제작된 영상의 규격은 가로 1920픽셀, 세로 1080픽셀이고 좌우 영상을 하나의 영상으로 합쳤기 때문에 최종적으로 상영되는 영상의 화소는 가로 960픽셀, 세로 1080픽셀이다. 제작된 영상의 장면과 그 타임라인은 <그림 1>과 같다. 제작된 영상의 깊이감 수준은 총 5개로 <그림 2>와 같이 카메라와 피사체(밴드)의 거리를 417.5cm로 고정시키고 이 지점을 기준으로 전방으로 50cm, 100cm 그리고 후방으로 50cm, 100cm에 카메라 광축의 교차지점인 컨버전스 지점(convergence point)을 조정하였다. 즉, 카메라가 위치한 지점과 컨버전스 지점 사이의 거리를 뜻하는 컨버전스 거리(convergence distance)는 517.5cm, 467.5cm, 417.5cm, 367.5cm, 317.5cm가 되며 피사체가 위치한 417.5cm에서의 피사체의 시차는 0과 근사한 값을 갖으며, 517.5cm,



그림 1. 실험처치 영상의 타임라인
Fig. 1. Timeline of experimental treatment video

보다 들어가 보이는 양의 시차 값을 갖도록 하였다.

영상의 시차는 센티미터(cm)와 같은 길이 단위를 활용하는 것보다는 원본영상의 픽셀단위 시차로 환산하는 것이 적절한데^[1], 이러한 영상의 시차 추출 방법은 가변의 정합창(matching window)을 사용한 스테레오 정합 방법을 활용하여 5개의 각 처치영상의 첫 번째 타임라인인 피아노 독주 장면과 두 번째 타임라인인 솔로 노래 장면의 디스퍼티티 맵 값을 평균 낸 값을 활용하였다. 한편, 시청자가 3D 영상을 시청할 때 느끼는 지각된 깊이감(perceived depth)은 영상의 디스퍼티티 값, 시청 거리, 양 눈의 간격을 통해 산출할 수 있는데^[24], 선행연구에 기반 하여 본 실험 참가자들의 양 눈의 간격을 6.5cm로 가정하고 공식에 각각의 수치를 대입한 결과는 <표 1>의 지각깊이값과 같다.

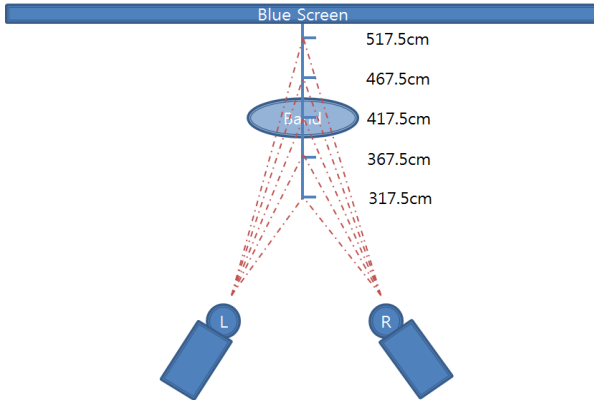


그림 2. 컨버전스에 따른 실험처치 영상 제작 개념도
Fig. 2. Convergence point in the experimental treatment video

2. 표집 및 실험 절차

실험 참여자는 서울 동북부 지역에 위치한 4년제 대학에 재학 중인 대학생으로 모집 공고를 통해 자발적으로 참가 신청을 지원한 사람 중 100명을 무작위 선정하였다. 이들의 평균 나이는 21.6세(SD=2.14)였으며, 성별의 분포는 남자가 57명, 여자가 43명이었다. 본 실험은 피험자 내 설계로 실험 참가자들은 컨버전스에 따라 처치 수준이 다른 다섯 개의 영상그룹(<표 1>의 그룹 번호 1~5)에 모두 노출되었으며, 영상의 순서효과를 상쇄시키기 위해 실험 참여자에 따라 영상의 제시순서를 달리하는 역균형화(counterbalancing)를 하였다. 실험 참가자는 영상 시청 전 간단한 사전 설문문을 작성하였고, 각 영상 시청 후에 설문작성을 반복하였다. 실험에 쓰인 3DTV는 삼성 UN46C7000으로 TV의

467.5cm에서는 피사체가 스크린보다 돌출되어 보이는 음의 시차 값을, 367.5cm와 317.5cm에서는 피사체가 스크린

표 1. 카메라 컨버전스 거리에 따른 영상의 시차 및 시야각 그리고 시청자의 지각 깊이감
Table 1. Camera convergence distance and stereoscopic disparity, angle of disparity and viewer's perceived depth

Group number	Camera convergence distance (cm)	Camera convergence angle (°)	Stereoscopic disparity (pix)	Angle of disparity (°)	Perceived depth (cm)
1	517.5	1.28	(-)20.67	0.27	33.24
2	467.5	1.42	(-)10.80	0.14	18.66
3	417.5	1.59	(-)0.84	0.01	1.57
4	367.5	1.80	(+)10.81	0.14	22.29
5	317.5	2.08	(+)29.10	0.39	71.77

디스플레이 크기는 가로 102cm, 세로 57.5cm의 46인치이며, 작동 방식은 셔터글래스(shutter glasses)를 통한 액티브 방식이다. 3DTV의 시청거리에 대해 국내 3D시청안전협회는 3DTV 화면 세로길이의 2배보다 먼 거리, 6배 보다는 짧은 거리에서 시청할 것을 권고하고 있는데^[25], 본 연구에서는 이 권고에 따라 실험 참가자들과 영상이 제시되는 3DTV의 거리를 안전영역대인 2.3m로 통제하였다.

본 실험연구의 측정은 [8][9]가 3D 영상평가를 위해 개발한 측정도구를 통해 이루어졌다. 그들은 3D 영상평가를 위한 요인으로 프레즌스, 지각된 특성, 그리고 인상을 제안하고 각 요인들의 신뢰도와 타당도를 검증한 바 있다. 이 측정도구에서 프레즌스는 공간 관여, 시간 관여, 몰입 역동감, 그리고 몰입 실재감의 네 개 요인으로 이루어져 있고, 지각된 특성은 근접감, 선명도, 실물감, 메시지 전달력, 그리고 입체감의 다섯 개 요인으로 구성되어 있다. 인상은 긍정적 여덟 개의 요인으로 구성되어 있으나 본 연구에서는 이 중 부정적 요인인 피로감과 부자연스러움만을 차용하여 이를 측정도구로 활용하였다. 또한 기존의 지각된 특성을 구성하는 다섯 개의 요인에 대한 명칭이 그 의미를 적절히

반영하고 있지 않다고 판단하여 근접감은 깊이 지각감(depth perception)으로, 선명도는 화면 전달감(screen transmission)으로, 실물감(materiality)은 모양 지각감(shape perception)으로, 입체감은 공간 확장감(spatial extension)으로 메시지 전달감(message transmission)을 제외한 네 개의 요인에 대한 명칭을 변경하였다. 모든 문항은 5점 리커트 척도로 구성하였으며, 각 그룹별 측정변인의 신뢰도와 평균 그리고 표준편차는 <표 2>와 같다.

IV. 연구결과

연구문제를 검증하기 위해 반복 측정 변량분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 분석결과에 제시된 다변량 분석에서 가장 많이 활용되는 윌스 람다(Wilks' Lambda)의 값을 활용하였다. 먼저, 프레즌스의 분석결과는 실험 집단 간의 차이가 유의미함을 나타냈다. 집단 간의 차이를 보다 구체적으로 살펴보기 위해 실시한 본페로니(Bonferroni)의 중다 비교 검증결과는 두 번째 그룹과 다섯

표 2. 요인별 신뢰도와 평균 및 표준편차
Table 2. Reliability, mean and standard deviation of the dependent variables

Factor		Chronbach's alpha	M	SD	The number of questions
presence	spatial involvement	.93	2.79	.88	6
	temporal involvement	.90	2.56	.85	4
	dynamic immersion	.89	2.33	.79	4
	realistic immersion	.90	3.16	.87	3
perceived characteristic	depth perception	.90	3.59	.61	6
	screen transmission	.90	3.75	.74	3
	shape perception	.80	3.25	.62	4
	message transmission	.94	3.21	.78	3
	spatial extension	.78	3.20	.76	3
fatigue		.93	2.84	.83	8
unnaturalness		.90	2.95	.76	3

번째 그룹만이 프레즌스에서 유의미한 차이가 있음을 보여주었다($p < .01$). 프레즌스의 하위차원인 공간관여, 시간관여, 몰입 역동감, 몰입 실제감에 대해 반복 측정 변량분석을 실시한 결과는 공간관여와 몰입 실제감에서 그룹별로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 시간관여와 몰입 역동감은 차이가 나타나지 않았다. 공간관여와 몰입 실제감의 본페로니 중다 비교 검증결과는 공간관여의 경우 두 번째 그룹과 세 번째 그룹($p < .05$) 그리고 두 번째 그룹과 다섯 번째 그룹($p < .001$)이 유의미한 차이가 있음을 보여주었으며, 몰입 실제감의 경우 두 번째 그룹과 첫 번째 그룹은 유의미한 경향성을 보였고($p = .051$), 두 번째 그룹과 다섯 번째 그룹은 유의미한 차이를 나타냈다($p < .01$). 프레즌스, 공간관여 그리고 몰입실제감의 그룹별 평균을 그래프로 표현하면 <그림 3>과 같다.

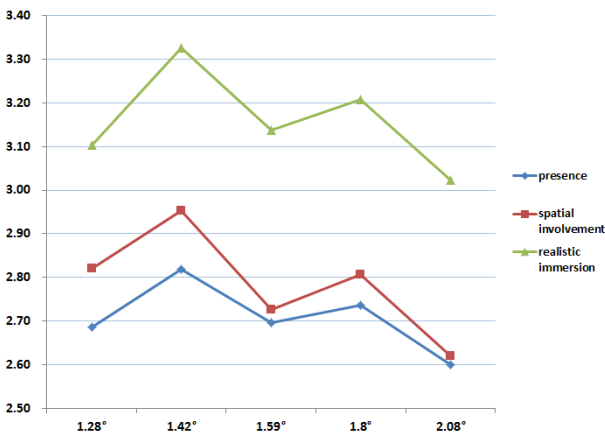


그림 3. 카메라 폭주각에 따른 프레즌스와 유의미한 하위차원들의 평균
Fig. 3. Mean scores of presence and its significant subfactors based on camera convergence angle

지각된 특성에 대한 분석결과 역시 컨버전스 레벨에 따라 그룹별로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 구체적인 그룹 비교를 위해 실시한 본페로니 중다 비교 검증결과는 두 번째 그룹과 네 번째 그룹($p < .01$), 그리고 두 번째 그룹과 다섯 번째 그룹($p < .001$)의 차이가 있음을 보여주었다. 지각된 특성의 하위차원에 대한 분석결과는 메시지 전달감을 제외한 깊이 지각감, 화면 전달감, 모양 지각감 그리고 공간 확장감에서 컨버전스 레벨에 따른 차이가 있음을

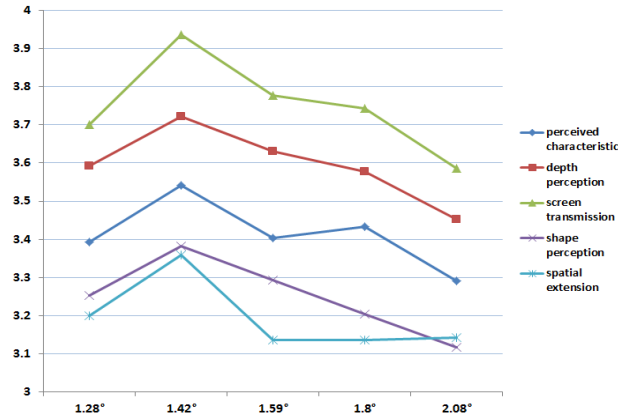


그림 4. 카메라 폭주각에 따른 지각된 특성과 유의미한 하위차원들의 평균
Fig. 4. Mean scores of display perception and its significant subfactors based on camera convergence angle

나타났으며, 그룹별 비교검증결과는 깊이 지각감($p < .01$), 화면 전달감($p < .01$) 그리고 모양 지각감($p < .05$)은 두 번째 그룹과 다섯 번째 그룹이 유의미한 차이를 보였고, 공간 확장감은 두 번째 그룹과 세 번째 그룹($p < .05$), 그리고 두 번째 그룹과 네 번째 그룹($p < .05$)이 유의미한 차이를 나타냈다. 지각된 특성을 포함한 깊이 지각감, 화면 전달감, 모양 지각감 그리고 공간 확장감의 그룹별 평균 그래프는 <그림 4>와 같다.

부정적 요인인 피로감의 반복 측정 분석결과 역시 그룹별로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났고, 구체적으로

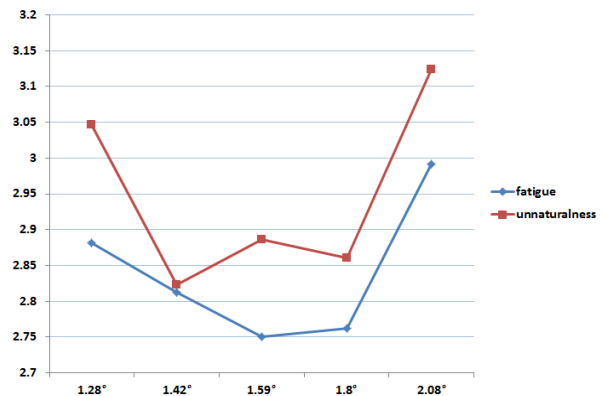


그림 5. 카메라 폭주각에 따른 피로감과 부자연스러움의 평균
Fig. 5. Mean scores of fatigue and unnaturalness based on camera convergence angle

세 번째 그룹과 다섯 번째 그룹이 유의미한 차이가 있었다 ($p < .01$). 또 다른 부정적 요인인 부자연스러움도 그룹별로 유의미한 차이가 나타났고, 중다 비교 검증결과는 두 번째 그룹과 다섯 번째 그룹에서 유의미한 차이가 있음을 보여주었다 ($p < .01$). 구체적인 요인별 반복 측정 분석결과는 <표 3>과 같다.

마지막으로 프레즌스와 부정적 경험 간의 상관성을 검증하기 위해 프레즌스의 하위차원인 공간 관여, 시간 관여, 몰입 역동감, 그리고 몰입 실재감과 부정적 요인인 피로감과 부자연스러움 간 상관관계를 조사하였다. 변인들의 상관관계를 살펴본 결과는 <표 4>와 같다.

V. 결론 및 함의

2D 영상에 비해 양안시차에 의한 깊이감 정보가 추가된 3D 입체영상은 우리에게 필연적으로 시각피로와 같은 부정적인 영향을 미치지만 이와 동시에 프레즌스 경험과 같은 긍정적인 효과를 높이기도 한다. 특히, 3D 영상에서 시청경험의 증진은 양안시차를 기반으로 하기 때문에^[23], 이에 따른 시청경험요인들을 살펴보는 것은 중요하다. 본 연구는 카메라의 컨버전스 거리를 조절하여 영상시차가 다르게 제시되는 3D 뮤직비디오를 제작하였고 이에 대해 실험 참가자의 영상에 대한 프레즌스, 지각된 특성 그리고 부정

표 3. 요인별 반복 측정 변량분석 결과
Fig. 3. The results of repeated measure ANOVA

Factor		df_1	df_2	F	η_p^2
presence		4	96	2.88*	.11
presence's subfactor	spatial involvement	4	96	5.39***	.18
	realistic immersion	4	96	3.94**	.14
display perception		4	96	5.93***	.20
display perception's subfactor	depth perception	4	96	4.22**	.15
	screen transmission	4	96	5.46***	.19
	shape perception	4	96	3.42*	.13
	spatial extension	4	96	3.47*	.13
fatigue		4	96	3.90**	.14
unnaturalness		4	96	5.05***	.17

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

표 4. 프레즌스와 부정적 경험 요인간의 상관관계
Table 4. Partial correlation coefficient among presence and negative experiences

	fatigue	unnaturalness	spatial involvement	temporal involvement	dynamic immersion
unnaturalness	.62**				
spatial involvement	-.18	-.31**			
temporal involvement	-.50**	-.44**	.59**		
dynamic immersion	-.20*	-.24*	.59**	.61**	
realistic immersion	-.10	-.29**	.89**	.51**	.45**

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

적 요인들이 어떠한지를 살펴봄으로써 시청에 가장 적합한 컨버전스 파라미터 값을 찾고자 했다.

먼저 프레즌스와 프레즌스를 구성하는 공간관여, 몰입 실재감은 카메라의 컨버전스를 실제 피사체에 위치시킬 때 보다 폭주각을 0.17° 작게(그룹 2) 혹은 0.216° 크게(그룹 4) 조정하여 컨버전스를 위치시킬 때 높게 나타났다. 즉, 3D 영상 시청 시 대상이 3DTV로부터 약 20cm 돌출되거나 들어가 보이는 깊이감을 지각한 실험 그룹이 다른 그룹들보다 더 높은 프레즌스를 경험하였다. 특히 피사체가 화면보다 약 20cm 돌출되어 보이도록 한 교차시차 영상에서 실험 참가자들은 가장 높은 프레즌스 경험을 보고하였다. 지각된 깊이감이 클수록 프레즌스가 증가하는 것은 선행연구를 통해 보고된 바 있으며^[11], 본 연구 결과도 피사체가 평면 부근에 위치하는 경우보다는 어느 정도 깊이감이 있을 때 실험 참가자들은 더 높은 프레즌스를 경험하여 이를 일정 부분 지지 하였다. 하지만 피사체의 위치로부터 카메라의 컨버전스 지점이 지나치게 벗어나면서 영상의 시차가 커지게 되면 오히려 프레즌스 경험이 감소하는 것으로 나타났다(그룹 1과 그룹 5). 지각된 특성과 그 하위차원들에 대한 연구결과 또한 프레즌스와 유사하게 카메라의 폭주각을 피사체 위치의 폭주각 보다 0.17° 작게 하여 돌출된 영상을 시청한 그룹 2에서 3D의 효과를 가장 높게 인지하는 것으로 나타났다. 또한 지각된 특성의 중다 비교 검증결과는 통계적으로 몇몇 그룹에만 유의한 차이를 보여주었으나 전반적으로 그룹 2를 중심으로 카메라의 컨버전스 지점이 멀어질수록 영상의 지각감이 감소하는 경향성을 보여주었다. 이러한 결과는 3D 영상 시청 시 20cm 돌출된 영상을 지각한 참가자들이 영상의 원근감을 더 잘 느끼고, 화질이 선명하며, 대상의 모양 등을 더 또렷하게 지각함을 나타낸다.

부정적 요인인 피로감의 연구결과는 카메라의 컨버전스가 피사체에 위치하여 영상 시청 시 지각된 깊이감이 화면 부근에 있는 그룹 3이 가장 낮게 나타났으며, 상대적으로 컨버전스 지점이 피사체로부터 멀어 제시된 영상의 지각 깊이감이 화면부근으로부터 30cm이상 떨어진 그룹 1과 그룹 5에서 높게 나타났다. 즉, 카메라의 컨버전스 조절로 인해 화면시차가 커질수록 실험 참가자가 느낀 피로감은 높아지는 경향성을 보여주었다. 또 다른 부정적 요인인 부자

연스러움은 그룹 2에서 가장 낮게 나타났고, 피로감과 유사하게 그룹 1과 그룹 5에서 높게 나타났다. 이러한 결과는 본 실험에 사용된 모든 영상의 시차가 시야각 1° 미만으로 3D 시청을 비교적 안전하게 느낄 수 있는 시차 영역 내에서 이루어졌음에도 불구하고 카메라 컨버전스의 조절로 인해 다르게 나타나는 깊이감에 따라 부정적 요인의 경험이 달라질 수 있음을 보여주었다. 특히, 교차와 부 교차 모두에서 영상의 시차에 비례하여 피로감이 증가한다는 선행연구들의 공통된 보고^[3]는 본 연구결과에서도 유사하게 나타났으며, 이는 시청거리의 고정으로 조절은 일정한 반면 시차가 커짐에 따라 수렴-조절 불일치 현상은 심화됐기 때문이라고 해석할 수 있다. 다만, 피로감과 부자연스러움 두 요인에 대한 전체 평균이 보통 이하였고, 최대로 부정적 경험을 한 그룹 5의 평균들이 보통정도로 나타난 점은 전반적으로 실험 참가자들이 영상에 대해 피로감 혹은 부자연스러움을 심각하게 느끼지는 않은 것을 암시하였다. 이는 실험에 사용한 컨텐츠가 5분이 되지 않는 뮤직비디오이며, 실험영상의 시차가 시야각 1° 미만으로 안전영역에 있었기 때문이라고 추측할 수 있다. 마지막으로 프레즌스와 부정적 경험들의 상관관계를 살펴본 결과는 피로감의 경우, 프레즌스의 시간관여 그리고 몰입역동감과 유의미한 부적 상관관계를 나타냈으며, 부자연스러움은 프레즌스의 네 하위요인 모두와 부적 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 특히, 시간의 흐름을 지각하지 못할 정도의 몰입감을 나타내는 시간관여와 영상을 보면서 자신의 몸을 움직여야 할 것 같은 정도의 몰입감을 의미하는 몰입 역동감은 부정적 경험 두 요인에 걸쳐 유의미한 부적 상관관계를 보여주어 프레즌스의 다른 요인들보다 더 주목할 필요가 있다.

본 연구결과를 요약하자면 3D 영상 제작 시 카메라의 폭주각은 피사체 위치에서의 폭주각 보다 0.17° 작게 하여 화면보다 18.66cm 돌출된 영상을 제공하는 것이 영상에 대한 프레즌스와 지각된 특성은 높이고 부정적 경험은 줄여주는 최적의 영상경험을 제공하는 것으로 나타났으며, 반대로, 카메라의 폭주각을 피사체 위치에서의 폭주각 보다 0.31° 줄여 영상이 화면으로부터 33.24cm 돌출되거나 0.5° 증가시켜 촬영 하여 71.77cm 들어간 경우에는 프레즌스와 지각된 특성은 낮고 부정적 경험들은 높게 나타났다. 추가적으

로 본 연구결과에 제시하지는 않았지만 프레즌스, 지각된 특성, 그리고 부자연스러움에 대해 4차 방정식 함수를 도출하고 미분하여 해를 얻은 결과는 교차 시차 영상의 경우 카메라의 폭주각을 1.36°~1.40°, 비 교차시차 영상의 경우 1.82°~1.89° 정도로 조정하는 것이 시청자들에게 더 나은 시청경험을 제공해 줄 것을 예측하였는데 이를 그래프로 나타내면 <그림 6>과 같다.

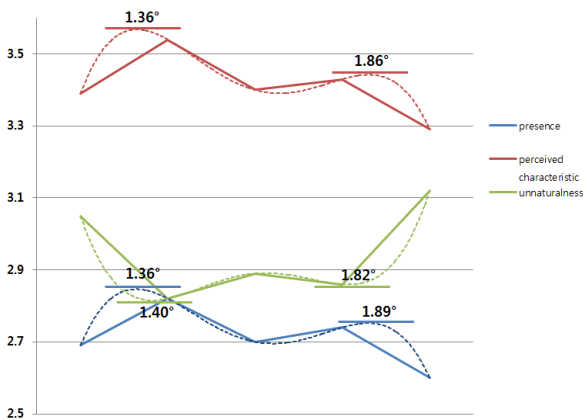


그림 6. 데이터 피팅 결과
Fig. 6. The result of data fitting

3D 영상의 피로를 감소시키기 위해서는 양안시차를 줄이는 방안이 있지만, 양안시차를 줄이게 되면 입체감이 감소하여 3D 영상의 특징이 발견되기 어려우며^[3], 본 연구결과도 지각된 깊이감이 화면상에 위치할 때 부정적 경험은 낮았지만 프레즌스와 같은 긍정적 경험 또한 높게 나타나지 않아 3D 영상의 특성을 잘 반영하지 못하는 것을 보여주었다. 따라서, 3D 영상을 촬영할 때 이러한 연구결과를 고려한다면 시청자들에게 보다 높은 시청경험을 제공할 수 있을 것이다. 본 연구는 크게 세 가지 함의를 갖는데, 첫째, 실험연구를 위하여 사전에 실험 처치물로 쓰일 3D 영상 콘텐츠를 직접 제작함으로써 다른 가외변인들의 영향력을 통제하고, 무선점 입체도(random-dot stereogram)와 같은 인위적 실험 영상이 아닌 시청자들이 자연스럽게 느낄 수 있는 뮤직비디오를 촬영하여 연구의 실무적 기여를 높일 수 있었다. 둘째, 3D 휴먼팩터에 영향을 미치는 요인들은 제작 환경부터 시청환경에 이르기까지 다양한 요인들이 존재하

는데, 본 연구는 카메라의 컨버전스 파라미터를 조절하여 영상을 제작하고 이를 실험참가자들에게 보여 주었기 때문에 제작환경과 시청환경을 아우르는 데이터들을 객관적이고 체계적으로 수집하여 보다 타당하고 풍부한 논의를 가능하게 하였다. 마지막으로, 기존의 3D 영상의 깊이감과 관련된 대부분의 연구는 부정적인 측면 혹은 긍정적인 측면을 각각 살펴보았지만 본 연구는 깊이감에 따라 3D 영상의 긍정적인 경험과 부정적인 경험을 함께 고려하여 최적의 시청경험을 제공하는 제작 파라미터를 제안하였다는 점에서 학술적 그리고 실무적 의의가 있다. 본 연구에서는 5분 정도의 짧은 뮤직비디오 콘텐츠를 사용했는데, 추후 연구에서는 장르와 시간 변인의 중요성을 언급한 선행 연구^[26]에 따라 다양한 장르와 시간 그리고 컨버전스 레벨을 통해 시청자 반응을 연구한다면 3D 영상 효과에 관한 깊이 있는 정보를 제공해 줄 수 있을 것이다.

참 고 문 헌(References)

- [1] B. Park, J. Jung, and S. Park "Maximum Positive/Negative Screen Parallax for Creation of High quality Stereoscopic 3D Contents", Proceedings of Korean Broadcast Engineering, vol. 2011, no. 11, pp. 333-336, 2011.
- [2] S. Jung, G. Choi, J. Sim, K. Pho, J. Lee, H. Jang, Y. Choi, S. Kim, B. Park, J. Park, M. Lee, H. Kim, D. Jeon, W. Jang, T. Jung, C. Kim, Y. Jung, D. Choi, C. Seo, and H. O. "The Guidebook for Stereoscopic 3D Contents Production (Ver. 2.0)", Seoul: Korea Communications Commission, 2012.
- [3] H. O. Li, "3D stereoscopic video and human factor", Journal of the Korean Institute of Electronics Engineers, vol. 37, no. 9, pp. 84-92, 2010.
- [4] M. Minsky, "Telepresence", Omni, vol. 2, no. 9, pp. 45-52, 1980.
- [5] International Society for Presence Research, "The Concept of Presence: Explication Statement", Retrieved from: <http://ispr.info/>, 2010.
- [6] H. Kuem, "3D Effect: Presence, Identification and Enjoyment of The Movie 'Avatar'", Korean Journal of Journalism & Communication, vol. 54, no. 4, pp. 27-48, 2010.
- [7] Y. So, "Impact of the Audience experienced the Presence of Levels and Arousal, Memory, Impressive Effects on 3D Stereoscopic Image", Journal of Digital Design, vol. 13, no. 1, pp. 89-98, 2013.
- [8] D. Chung, and H. Yang, "Exploratory analysis in 3D Video Measurement", Journal of Digital Industry Information, vol. 6, no. 4, pp. 225-235, 2010.
- [9] D. Chung, and H. Yang, "Reliability and Validity Assessment in 3D

- Video Measurement", JBE, vol. 17, no. 1, pp. 49-59, 2010.
- [10] D. Chung, and H. Yang, "Influence of 3D Characteristics Perception on Presence, and Presence on Visual Fatigue and Perceived Eye Movement", JBE, vol. 17, no. 1, pp. 60-72, 2012.
- [11] W. IJsselsteijn, H. de Ridder, R. Hamberg, D. Bouwhuis, and J. Freeman, "Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV", Displays, vol. 18, no. 4, pp. 207-214, 1998.
- [12] P. Seuntjens, I. Vogels, and A. van Keersop, "Visual experience of 3D-TV with pixelated ambilight", Proceedings of PRESENCE, pp. 339-344, 2007.
- [13] J. Freeman and S. Avons, "Focus group exploration of presence through advanced broadcast services", Proceedings of the SPIE, pp. 530-539, 2000.
- [14] Y. Sin, H. O. Li, and S. Kim, "3D Displays: Development and Validation of Prediction Function of Object Size Perception as a Function of Depth", JBE, vol. 17, no. 2, pp. 400-410, 2012.
- [15] H. O. Li, "Measurement of the perceptual distortion of 3D depth/shape in realistic broadcasting", JBE, vol. 14, no. 2, pp. 210-218, 2009.
- [16] E. B. Goldstein, "Sensation and perception", (J. Kim, Trans.), Sigmapress, Seoul, 2010.
- [17] H. Lee and D. Chung, "Influence of Gaming Display and Wearing Glasses on display perception, Presence, and Fatigue", JBE, vol. 17, no. 6, pp. 1004-1013, 2012.
- [18] S. Reichelt, R. Häussler, G. Fütterer, and N. Leister, "Depth cues in human visual perception and their realization in 3D displays", Proceedings of SPIE, vol. 7690, 2010.
- [19] K. Ukai and Y. Kato, "The use of video refraction to measure the dynamic properties of the near triad in observers of a 3 D display", Ophthalmic and Physiological Optics, vol. 22, no. 5, pp. 385-388, 2002.
- [20] 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, no. 4, pp. 191-201, 2002.
- [21] M. Lambooi, M. Fortuin, I. Heynderickx, and W. IJsselsteijn, "Visual discomfort and visual fatigue of stereoscopic displays: a review", Journal of Imaging Science and Technology, vol. 53, no. 3, pp. 030201-030201-14, 2009.
- [22] T. Kawai, H. Morikawa, K. Ota, and N. Abe, "From the basic principle of 3D stereoscopic expression to the production technique", (S. Kim, Trans.), Sungandang, Paju, 2011.
- [23] M. Lambooi, W. IJsselsteijn, and I. Heynderickx, "Visual discomfort of 3D TV: Assessment methods and modeling", Displays, vol. 32, no. 4, pp. 209-218, 2011.
- [24] G. Sun and N. Holliman, "Evaluating methods for controlling depth perception in stereoscopic cinematography", Proceedings of SPIE, vol. 7237, 2009.
- [25] 3D Viewing Safety Association, "Practical Recommendation for 3D image Safety Ver. 3.0", 3D Viewing Safety Association, Seoul, 2012.
- [26] M. Lee and D. Chung, "Influence of 3D Stereoscopic Video Running Time on Audience Perceptions", JBE, vol. 17, no. 4, pp. 551-564, 2012.

저 자 소 개



이 상 욱

- 2012년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 신문방송학과 석사과정
- 2012년 3월 ~ 현재 : Comm & Tech Lab. 연구원
- 주관심분야 : 디지털미디어이용, HCI(Usability), 디지털마케팅



정 동 훈

- 2004년 8월 : 미시간 주립대 커뮤니케이션학과 박사
- 2004년 9월 ~ 2005년 5월 : 오하이오대학 커뮤니케이션학부 연구원
- 2005년 6월 ~ 2007년 8월 : 아칸사대학 커뮤니케이션학과 교수
- 2007년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 미디어영상학부 교수, Comm & Tech Lab. 소장
- 2013년 2월 ~ 현재 : 컬럼비아대학교 컴퓨터 사이언스학과 방문 연구원
- 주관심분야 : 디지털미디어이용, HCI(Usability), 디지털마케팅