

# 3D 콘텐츠 깊이 측정기를 이용한 오브젝트의 돌출거리 측정

한동희<sup>†</sup>, 강행봉<sup>\*\*</sup>, 김석호<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

최근 들어 S3D 콘텐츠가 광범위하게 대중화되고 있다. 하지만, 일부의 사람들은 3D 정보를 정확하게 인지하지 못하고 있다. 기존의 입체시 검사 도구는 입체의 인지 여부를 판단하는 테스트만 수행하고, 피험자가 인지하는 정확한 깊이 정보를 측정할 수 없다. 따라서 정확하게 측정할 수 있는 검사도구가 필요하다. 본 논문에서는 3D 콘텐츠 깊이 측정기 및 측정기에 적합한 3D 콘텐츠를 제작하고, 3D 오브젝트의 양안시차(disparity)에 대한 피험자가 인지하는 3D 오브젝트의 돌출거리를 측정하고, 이론값(예측값)과 측정값을 비교 및 관계를 분석하였다. 그 결과 측정값은 이론값보다 약간 크게 나타났으며, 돌출거리가 클수록 편차가 크게 나타났다.

## Measuring Perceived Depth For The Object Using 3D Content Depth Measuring Instrument

Dong-Hee Han<sup>†</sup>, Hang-Bong Kang<sup>\*\*</sup>, Seok-Ho Kim<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Recently, stereoscopic three-dimensional(S3D) movie and video are becoming globally popular. However, there are some people who could not perceive 3D depth information well. Traditional stereopsis test tools could not analyze the subject's perceived depth accurately. Therefore, it is necessary to have a test tool that accurately measures the degree of perceived depth of subjects. In this paper, we suggested a 3D content depth measuring instrument and produced suitable 3D contents for the instrument. We measured subjects' perceived depth of 3D foreground objects in terms of +1°, -1°, -2° binocular disparity and compared the measured values with the theoretical values. Measured values were slightly bigger than the theoretical values. Deviation between the measured values and theoretical values increased with extrusion distances.

**Key words:** Depth measurement(깊이 측정), Stereoscopic 3D(스테레오스코픽 3D), Extrusion Distance (돌출거리)

※ 교신저자(Corresponding Author): 강행봉, 주소: 경기도 부천시 원미구 역곡2동 가톨릭대학교 디지털미디어학부(420-743), 전화: (02) 2164 - 4598, FAX: (02) 2164-4945, E-mail: hbkang@catholic.ac.kr

접수일: 2013년 4월 30일, 수정일: 2013년 8월 13일

완료일: 2013년 8월 31일

<sup>†</sup> 가톨릭대학교 디지털미디어학부

(E-mail: hdheng2011@gmail.com)

<sup>\*\*</sup> 가톨릭대학교 디지털미디어학부

(E-mail: hbkang@catholic.ac.kr)

<sup>\*\*\*</sup> 3D 엔터테인먼트

(E-mail: cgbox@naver.com)

※ 본 논문은 지식경제부 산업융합원천기술개발사업으로 지원된 연구결과입니다[10041937, 시정환경 적응적 3D 입체 저작도구 및 렌더링 프로세스 개발]

1. 서 론

전 세계적으로 S3D(Stereoscopic three-dimensional, 이하 3D) 콘텐츠에 대한 일반인들의 관심이 증가하고 있다. 일반적으로 시청자가 3D를 볼 때 폭주(Convergence)와 조절(Accommodation)을 동시에 수행한다. 두 과정을 동시에 수행하기 때문에 사람들은 3D 콘텐츠를 2D콘텐츠와 다르게 인지한다. 눈 폭주는 두 개의 2D 이미지를 하나의 3D 이미지로 융합하는 과정을 말하며, 조절은 눈의 초점 이동을 의미하는데, 이때 눈의 초점은 모니터에 맞춰있다. 그림 1은 3D를 인식할 때 눈의 기하학적 구조로써,  $\beta$ (조절의 각)와  $\alpha$ (폭주의 각)의 차를 양안시차라 한다. 돌출거리(깊이)는 양안시차에 영향을 받는데, 모니터의 위치를 0으로 두고, 모니터의 앞쪽이면 음의 양안시차(-), 뒤쪽이면 양의 양안시차(+) 값을 갖게 된다[1-5].

하지만, 사람들이 3D콘텐츠를 접하는 빈도가 늘어나면서 “3D콘텐츠는 어지럽다 혹은 피곤하다”라는 인식을 받는 경우가 많아지고 있다. 사람들에게 눈에 부적합한 양안시차(disparity)를 가진 3D콘텐츠를 접했기 때문이다. 이를 해결하기 위해 3D의 양안시차를 어느 정도 주어야 사람들이 편안하게 3D를 즐길 수 있는지에 대한 연구가 많이 진행되었고, 3D를 편하게 즐길 수 있는 편안한 시청영역(Comfort Zone)이 여러 연구에 의해 논의되고 있다. 하지만 편

안한 시청영역 안에서도 3D를 인식하지 못하는 사람들은 적지 않다. 편안한 시청영역과는 상관없이 눈에 이상이 있는 경우이다. 이런 사람들은 “자신의 눈”에 이상이 있는 것도 모른 채 무조건 3D 콘텐츠를 멀리 하게 되지만, 실제로는 양쪽 눈 시력차, 고도난시, 사시, 반사시, 백내장, 녹내장, 교정시력차 등 개인이 가진 눈 상태를 정확히 알지 못한데서 오는 오해에서 비롯되며, 간단한 안과적 조치, 난시교정, 양안시력 개선 등으로 상당부분 제거할 수 있다[6-9].

문제는 입체시 검안방법 및 장비의 부족이다. 티트무스 검사(Titmus Stereo Test), 무선점 입체도(Random-Dot Stereogram), 티엔오 검사(TNO Test) 등의 기존의 입체시 검사 도구는 단순히 입체시 여부만 검출하는 정도로, 눈의 왜곡 및 인지정도 등을 파악하기 힘들다. 따라서 세밀하게 측정할 수 있는 검사도구가 필요하다. 또, 3D콘텐츠에 대한 인지가 사람들마다 다르기 때문에, 개인 별로 입체 인지 정도를 척도화한 수치와 왜곡 및 실감 정도를 비교함으로써 관계를 찾는 것이 필요하다.

본 논문에서는 이런 문제를 해결할 수 있는 3D 콘텐츠 깊이 측정기를 제작하고, 측정을 위한 콘텐츠를 제작하였다. 측정기는 기능을 제어하는 제어 파트와 콘텐츠를 보여주는 입체 구현 파트로 구성되어 있으며, 측정기를 통해 3D 오브젝트의 깊이나 돌출거리와 같은 파라미터들을 측정할 수 있다. 콘텐츠 제작에 대해선, 오브젝트의 위치는 여섯 부분으로 분

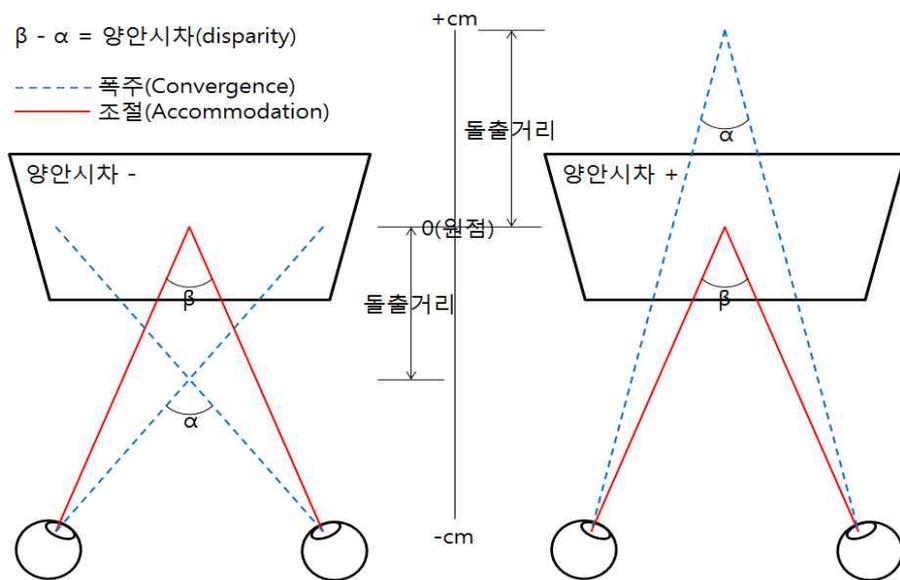


그림 1. 3D를 인식할 때, 눈의 기하학적 구조.

류하고, 양안시차(disparity)는  $+2^\circ$ 에서  $-3^\circ$  범위에  $1^\circ$  간격으로 6레벨로 구성하였다. 하나의 오브젝트에 대해 서른여섯개의 오브젝트를 제작하였고, 오브젝트의 조합을 통해 다양한 콘텐츠를 구성하도록 했다. 그리고 측정기를 통해 실험을 실시했다. 실험엔 안간거리(Interpupillary distance)가 6.5인 8명이 참여했고, 피험자들의 나이는 21세에서 27세 사이였다. 본 논문에서는 측정기를 통해 3D 오브젝트의 양안시차에 따라 피험자가 인지한 3D 오브젝트의 돌출거리를 측정하고, 이론값(예측값)과 측정값을 비교 및 관계를 분석하였다. 이론값은 눈의 기하학적 구조를 통해 피험자가 3D를 어느 정도로 돌출을 인지했을 지 예측한 값을 의미한다. 측정값과 이론값을 비교하여 사람들이 실제로는 어느 정도로 인지하는 지, 양안시차나 시거리 등의 파라미터들을 변화시켜주었을 때 이론값과 측정값은 어떤 관계를 가지는지 확인할 필요성이 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장은 관련 연구로써 기존의 입체시 검사 방식을 분석하였고, 3장은 3D 콘텐츠 깊이 측정기의 구성과 콘텐츠 제작 방식을 기술하였다. 4장은 돌출거리 실험 및 결과를 기술하였다. 5장은 결론부분이다.

## 2. 관련연구

기존의 입체시 검사 도구는 티트무스 검사(Titmus Stereo Test), 무선점 입체도(Random-Dot Stereogram), 티엔오 검사(TNO Test) 등 다양하다. 도구들은 두 가지의 요소를 가지고 있으며, 각 요소는 사람의 왼쪽·오른쪽 눈에 대응한다. 즉, 사람이 3D를 인지하는 방식대로 검사가 구성되어 있다. 그림 2는 기존의 입체도구의 사진들이다.

티트무스 검사는 3가지 부분으로 구성되어 있다. 첫째는 파리도형이다. 파리도형은 음의 양안시차(-)를 가지고 있어, 피험자에게 파리의 날개를 잡게 한다. 둘째는 4개의 원을 포함한 사각형이 총 9개로 구성되어 있는 도형 셋(set)이다. 하나의 사각형에 대해 4개의 원 중 하나만 음의 양안시차를 가지고 있으므로, 돌출된 하나의 원을 찾도록 한다. 마지막으로 동물 셋(set)으로, 도형 셋(set)이랑 방식이 동일하다. 각 열의 동물 중 하나의 동물만 돌출되어 있고, 돌출된 동물을 찾도록 한다. 티트무스 검사는 매우 간단하기 때문에 폭넓게 사용된다. 무선점 입체도는 무선점으로 이루어진 입체 그림으로, 한 장 혹은 두 장으로 구성되어 있다. 두 장으로 되어있을 경우, 첫 번째 그림을 만든 후, 첫 번째 그림의 영역을 일부 이동시켜 두 번째 그림을 만든다. 한 장인 경우는 요소들이 한 장에 포함되어 있고, 입체안경을 통해 보면 입체를 인지할 수 있다. 티엔오 검사는 적록안경과(입체)소책자를 이용한 입체시 검사로, 각 페이지는 입체이미지로 되어 있다. 입체이미지는 안경 없이 볼 수 있는 오브젝트와 안경을 써야 입체시로 보이는 오브젝트가 있다. 그래서 피험자에게 몇 개의 이미지가 있는지 물어보는 방식으로 검사가 진행된다[10-13].

위의 검사들은 책자를 보고 검사를 하는 방식으로, 다양한 입체시 측정을 위해서는 한계가 있다. 시거리(Viewing distance)가 작고, 제한적이다. 또, 피험자의 입체 인지여부를 판별할 뿐, 어느 정도 인지하는 지를 판별할 수는 없다. 예를 들어, 피험자가 3D 오브젝트를 1cm 돌출되었다고 인지했는지, 5cm 돌출되었다고 인지했는지 확인할 방법이 없다. 더욱이, 무선점 입체도의 경우는 검사를 수행하기 전에 훈련이 필요하다는 단점이 있다.

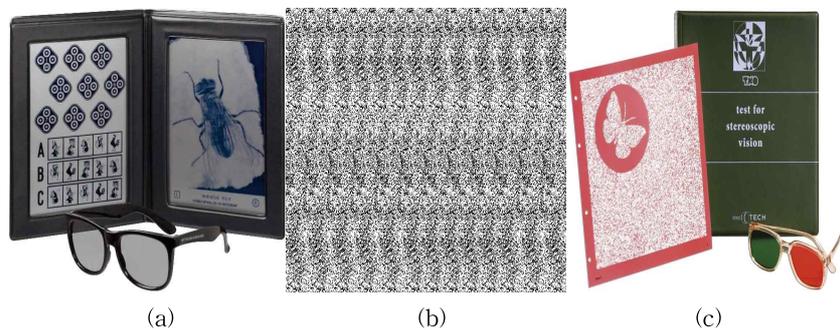


그림 2. 기존의 입체시 검사 도구. (a) 티트무스 검사, (b) 무선점 입체도, (c) 티엔오 검사이다.

### 3. 3D 콘텐츠 깊이 측정기

#### 3.1 3D 콘텐츠 깊이 측정기 구성

3D 콘텐츠 시청자들이 인지하는 물체의 돌출 또는 삽입 정도를 측정하고, 다양한 입체 콘텐츠 개발을 위한 다양한 사전 실험을 수행하기 위한 3D 콘텐츠 깊이 측정기를 제작하였다. 측정기는 3D 입체 영상 전용 시뮬레이션 장비로서, 크게 제어 파트와 입체 구현 파트로 구성되어 있다. 그림 3은 측정기의 내부 구성을 보여준다.

제어 파트는 측정기의 모든 기능을 콘트롤하는 부분으로써, 엘리베이터(①)와 콘트롤 스위치(②), 그리고 계측디스플레이(③)로 구성되어 있다. 엘리베이터는 반사거울을 싣고 위아래로 움직인다. 콘트롤 스위치는 엘리베이터를 조절 스위치로써, 입체시의 각종 입체요소 중 직접 측정하기 어려운 깊이 또는 돌출 거리 계측을 위해, 엘리베이터를 0.5mm씩 업-다운시켜 피험자가 느끼는 입체의 정도를 측정하도록 한다. 계측디스플레이는 피험자가 위치시킨 반사거울의 이동거리를 표시한다.

입체 구현 파트는 입체 관련 콘텐츠를 구현하는 디스플레이 시스템으로써, 3D 디스플레이 모니터(④)와 접안부(⑤)로 구성되어 있다. 3D 디스플레이 모니터는 두 개의 모니터로 되어있고, 3D 이미지 또는 2D 이미지를 보여준다. 모니터(FSM-250, First Semi)의 해상도는 1920\*1080, 크기는 25인치, 픽셀 피치(Pixel pitch)는 0.096\*0.228이다. 접안부는 2개의 구멍이 있는 전면 패널부으로써, 검시자의 정확한 측정거리와 중심위치를 확보하기 위해 안간거리를 고려하였다. 이때, 접안부(얼굴을 고정시키기 위한

고정대 포함)에서 모니터까지의 거리, 즉 시거리는 105cm이다.

#### 3.2 작동 원리

그림 4는 측정기의 작동원리를 보인 것이다. 시거리의 변화여부에 따라 고정 모니터(Base Monitor)와 유동 모니터(Changed Monitor)로 구분된다. 고정 모니터는 측정에 있어 기준을 잡아주는 역할을 하며, 시거리가 105cm로 고정되어 있다. 모니터에서 나오는 화면은 하프 미러(Half Mirror)를 그대로 통과해 실험자 눈에 닿게 된다. (하프 미러는 유동 모니터 아래에 대각선으로 설치된 거울로, 뒷면의 빛은 통과시키고 앞면의 빛은 반사시킨다.) 양의 양안시차(+)인 경우는 3D 오브젝트를 출력하고, 음의 양안시차(-)인 경우는 2D 오브젝트를 출력한다. 유동 모니터는 하프 미러를 통과했다가, 반사거울에서 반사되고, 다시 하프 미러에서 반사되어 피험자의 눈에 닿게 된다. 그림 4(b)는 유동 모니터의 시거리가 변화한 경우이다. 피험자가 콘트롤 스위치를 통해 엘리베이터를 움직이면, 엘리베이터에 실린 반사거울과 유동 모니터의 사이의 거리가 변동됨에 따라 시거리가 변화하게 된다. 엘리베이터는 0.5mm씩 움직이므로 실제론 1mm씩 시거리가 증감한다. 유동 모니터는 양의 양안시차인 경우는 2D 오브젝트를 출력하고, 음의 양안시차인 경우는 3D 오브젝트를 출력한다. 결과적으로, 피험자의 눈에는 두 모니터의 화면, 즉 2D 오브젝트와 3D 오브젝트가 혼합되어 보이게 된다.

#### 3.3 돌출거리 측정 방법

피험자의 눈에는 2D 오브젝트와 3D 오브젝트가

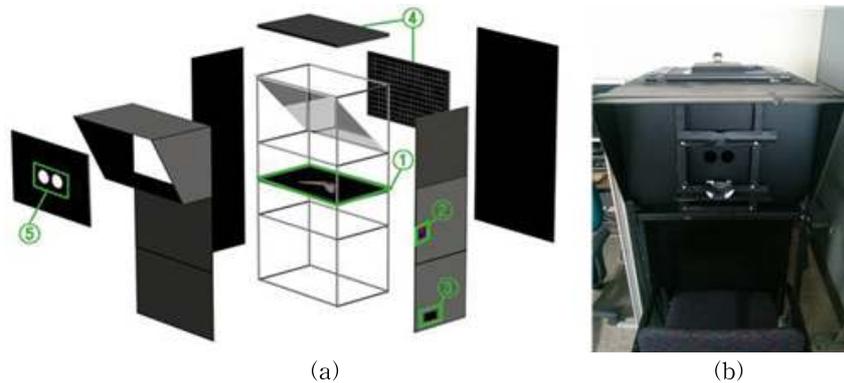


그림 3. (a) 3D 콘텐츠 깊이 측정기 내부 구성, (b) 장비 정면

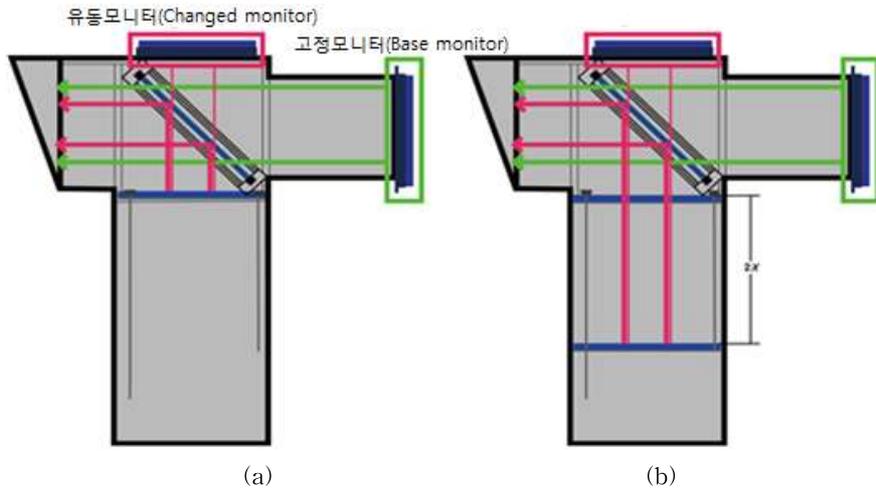


그림 4. 3D 콘텐츠 깊이 측정기 작동 원리. (a) 초기상태. (b) 유동 모니터의 시거리가 변화한 경우

혼합되어 보인다. 이때 3D 오브젝트를 2D 오브젝트에 맞추거나, 반대로 2D 오브젝트를 3D 오브젝트에 맞추으로써 3D 오브젝트의 돌출거리를 측정한다. 3D 오브젝트를 2D 오브젝트에 맞추는 경우는 음의 양안시차인 경우이고, 2D 오브젝트를 3D 오브젝트에 맞추는 경우는 양의 양안시차인 경우이다.

음의 양안시차(-)인 경우는 2D 오브젝트가 고정되어 있으므로, 3D 오브젝트가 움직인 거리가 측정값이다. 앞으로 돌출되어 있던 3D 오브젝트가 원점으로 이동하게 되는 데, 이때 3D 오브젝트에 대한 기하학적 구조가 변하게 된다. 그림 5은 3D 오브젝트에 대한 기하학적 구조 변화를 나타낸 것이다. x는 측정값\*2, y는 3D 오브젝트의 돌출거리, IPD는 안간거리/2, α는 초기상태의 폭주각, α'는 시행완료시의 폭주각을 의미한다.

돌출거리 y는 삼각형의 성질을 이용하여 다음과

같이 도출할 수 있다.

$$y = (x * \tan(\frac{\alpha'}{2})) / \tan(\frac{\alpha}{2}) \tag{1}$$

(1)수식에서  $\tan(\alpha/2)$ 와  $\tan(\alpha'/2)$ 를 알지 못하므로, 아래와 같이 도출하여야 한다.

$$\tan(\frac{\alpha'}{2}) = \frac{IPD}{105} \tag{2}$$

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha'}{2} - D \tag{3}$$

$$\tan(\frac{\alpha}{2}) = \frac{IPD}{105 - y} \tag{4}$$

여기서, D는 양안시차/2 이다. (4)에서 y를 구하는 식으로 정리를 하면, 아래와 같이 표현할 수도 있다.

$$y = \frac{105 * \tan(\frac{\alpha}{2}) - IPD}{\tan(\frac{\alpha}{2})} \tag{5}$$

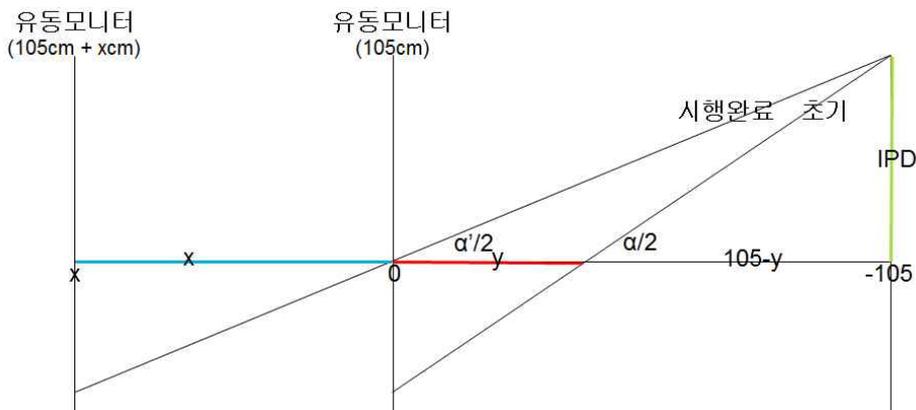


그림 5. 3D 오브젝트의 기하학적 구조

양의 양안시차(+인 경우는, 3D 오브젝트가 고정되어 있으므로 2D 오브젝트가 움직인 거리가 측정값이다. 원점에 있던 2D 오브젝트가 움직이므로, 3D 오브젝트에 대한 기하학적 구조가 변하지 않는다. x가 돌출거리가 된다.

### 3.4 콘텐츠 제작

측정기를 유용하게 사용하기 위해, 적합한 콘텐츠를 제작하는 것이 요구된다. 본 논문에서는 2D 오브젝트와 3D 오브젝트에 대한 콘텐츠를 제작하였다. 2D 오브젝트와 3D 오브젝트의 물체는 동일하다. 동일한 오브젝트에 대해, 0(zero) 양안시차를 부여하여 2D 오브젝트 만들고, 양의(+) 혹은 음의(-) 양안시차를 부여하여 3D 오브젝트를 만들었다. 그림 6은 오브젝트의 예를 보여준다. 오브젝트의 위치는 모니터를 여섯 부분(왼쪽 위·아래, 가운데 위·아래, 오른쪽 위·아래)으로 나누었고, +2°에서 -3° 범위에 1° 간격으로 제작하였다. 즉, 하나의 오브젝트에 대해 총 서른여섯개의 오브젝트를 제작하였다. 그림 7은 실험에 사용된 오브젝트의 위치의 예이다. 그래서 2D 오브젝트와 3D 오브젝트의 다양한 조합으로 콘텐츠를 구성했다. 이 콘텐츠들은 After effect로 제작하였으며, 모니터의 사양에 적합하도록 여러 파라메타들을 적용하였다[14-17].

## 4. 실험

### 4.1 실험 콘텐츠 구성

실험은 총 세 가지 세션(농구공, 육면체, 나비)으로 구성되어 있다. 그림 8은 실험에 사용된 콘텐츠들을 보여준다. 3D 오브젝트와 2D 오브젝트가 화면 가운데에 위아래로 배치되어 있다. 3D 오브젝트의 양안시차는 +1°(원점 뒤에 위치), -1°, -2°(원점 앞에 위치)으로 구성되어 있다.

### 4.2 실험 절차

먼저 실험 대상자를 안간거리가 6.5인 사람들로 한정하였기 때문에, 피험자의 안간거리를 측정하였다. 그리고 피험자가 3D 오브젝트에 익숙해지고, 실험을 진행할 수 있을 지 판단하기 위해, 깊이검사(Depth test)를 수행하였다. 깊이검사는 그림 9와 같이 4개의 다른 양안시차를 가진 3D 오브젝트 그룹을 보여주고, 실험자들이 피험자들에게 여러 가지 질문(가장 돌출된 오브젝트, 돌출된 오브젝트 순으로 나열, 돌출도가 같은 오브젝트 등)을 해서 3D 콘텐츠를 제대로 보고 있는지 확인한다.

실험에서는 3D 오브젝트의 양안시차에 따라 피험자가 인지한 3D 오브젝트의 돌출거리를 측정한다.

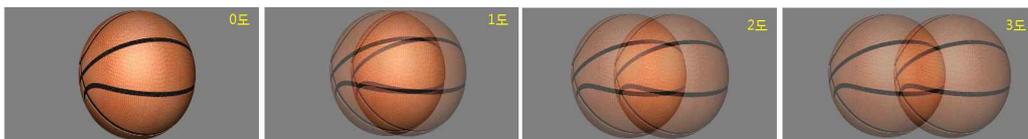


그림 6. 양안시차 범위의 예(0°에서 3°)



그림 7. 오브젝트의 위치(왼쪽 위·아래, 가운데 위·아래, 오른쪽 위·아래)



그림 8. 실험에 사용된 이미지의 예

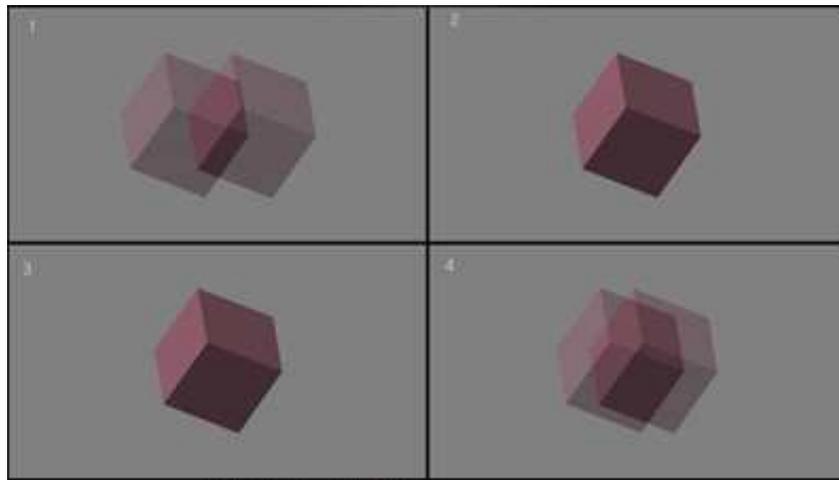


그림 9. 깊이검사의 예

시거리는 105cm이며, 2D 오브젝트와 3D 오브젝트를 동일 평면상에 위치하도록, 우측의 콘트롤 스위치를 조정하여 2D 오브젝트와 3D 오브젝트를 맞춘다. 하나의 세션에 대해, 각 양안시차마다 5번씩, 15번 시행한다. 이때, 세션의 순서와 양안시차 순서는 랜덤이다. 하나의 세션이 끝나면 5분간의 휴식 후, 다른 세션을 진행한다. 이런 식으로 총 45번 시행한다.

실험이 끝난 후 피로도와 세션에 대한 설문조사를 진행했다. 피로도와 관련하여 멍해짐, 이중상 등의 증상에 대해 1점(전혀 그렇지 않다)에서 5점(매우 그렇다)로 점수를 매기게 했으며, 세션 관련해서는 어떤 세션이 어려웠는지 또는 쉬웠는지를 조사했다.

#### 4.3 실험 결과 및 분석

실험은 안간거리가 6.5인 8명(남자 7명, 여자 1명)이 참여했으며, 피험자들의 나이는 21세에서 27세 사이(평균나이 23.4세)였다. 한번 시행에 돌출도 +1°는 1분 1초, -1°는 48초, -2°는 1분 19초정도 소요되었

다. -1°보다 +1°나 -2°가 더 오래 걸린 이유는 폭주하는 시간의 영향보다는 측정기의 반사거울이 작동하는 시간에 더 많은 영향을 받은 것으로 보인다. 총 실험시간은 평균적으로 1시간 30분이 소요되었다. 각 양안시차에 대해 5번씩 시행한 값들의 평균을 내어, 측정값을 구했다. 피험자 7명의 데이터 얻었고(깊이검사의 결과로 1명이 제외되었다), 이론값은 안간거리와 양안시차를 통해 구하였다. 그리고 7명의 데이터와 이론값과 비교·분석하였다.

표 1은 실험을 통해 얻어진 피험자 개개인의 데이터이다. 돌출거리가 클수록 편차가 크게 나타났다.

표 2는 세션별 평균 돌출거리 및 전체 평균 돌출거리를 표로 정리한 것이다. 표 2의 내용을 그림 10으로 도식화하였다. 그림10(a)는 세션별로 측정값과 이론값을 비교한 결과를 보인 것이다. 모든 세션에서 측정값은 이론값보다 크게 나타났다. 즉, 피험자들은 이론보다 3D 오브젝트를 더 가깝거나(-1°, -2°) 혹은 더 멀리 있다고(+1°) 인지했다. 3D 오브젝트 간에 측

표 1. 피험자의 평균 돌출거리

	농구공			육면체			나비		
	1	-1	-2	1	-1	-2	1	-1	-2
피험자(1)	50.50	-27.29	-43.63	51.20	-26.76	-44.84	46.60	-25.49	-43.69
피험자(2)	52.00	-26.12	-44.07	51.20	-26.51	-44.39	51.70	-26.51	-44.01
피험자(3)	41.00	-22.22	-37.24	41.10	-22.14	-38.13	41.80	-22.69	-38.51
피험자(4)	41.00	-21.36	-37.56	40.40	-22.06	-38.58	42.30	-22.61	-38.45
피험자(5)	44.67	-24.43	-40.35	40.00	-21.31	-37.69	43.34	-24.17	-40.45
피험자(6)	48.50	-25.34	-42.61	48.20	-25.34	-42.22	47.70	-24.25	-41.90
피험자(7)	45.00	-23.94	-40.50	45.30	-23.70	-40.37	45.60	-23.63	-41.07
표준편차	4.06	1.94	2.55	4.59	2.08	2.75	3.23	1.32	2.07

표 2. 세션별 평균 돌출거리 및 전체 평균 돌출거리

	1	-1	-2
이론값	41.28	-23.12	-37.91
농구공	46.10	-24.38	-40.85
육면체	45.34	-23.97	-40.89
나비	45.58	-24.19	-41.15
전체 평균	45.67	-24.18	-40.96

정값의 약간의 차이가 있었으나, 특정 오브젝트가 일방적으로 크게 측정되지는 않았다는 것을 근거로, 돌출거리에 대한 오브젝트 형태의 영향은 적었다. 그림 10(b)는 양안시차에 대한 측정값과 이론값을 전체적으로 비교한 것이다. 마찬가지로 측정값은 이론값보다 약간 크게 나타났으며, 돌출거리가 클수록 편차가

크게 나타났다. 즉, 돌출거리가 클수록 정확성이 떨어졌다.

그림 11는 설문조사의 결과를 보인 것이다. 피로도 관련해서는 멍해짐·이중상·눈 피로 등을 조사했고, 콘텐츠 관련해서는 어려운 콘텐츠와 쉬운 콘텐츠에 대해 조사했다. 설문조사결과에 의하면 피험자들이 눈의 피로와 멍해짐을 많이 겪었음을 발견할 수 있었다. 그리고 육면체를 어려운 콘텐츠, 나비를 쉬운 콘텐츠로 인지했다.

5. 결 론

본 논문에서는 사람들이 인지하는 깊이 정보를 정확하게 측정하기 위해 3D 콘텐츠 깊이 측정기와 측

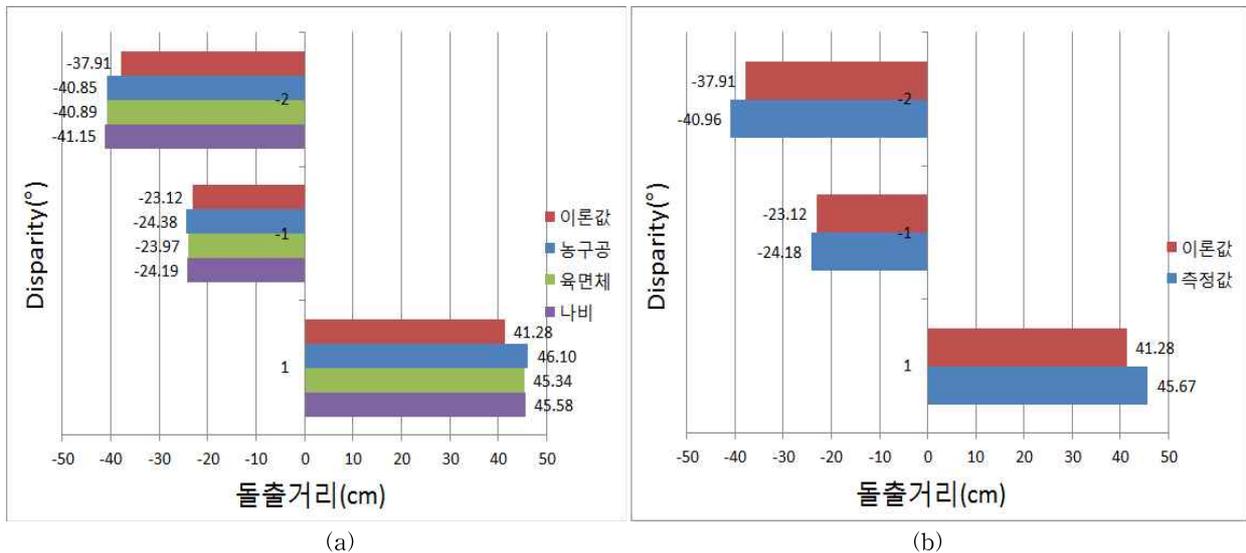


그림 10. 양안시차에 따른 돌출거리 그래프. (a) 세션, (b) 전체

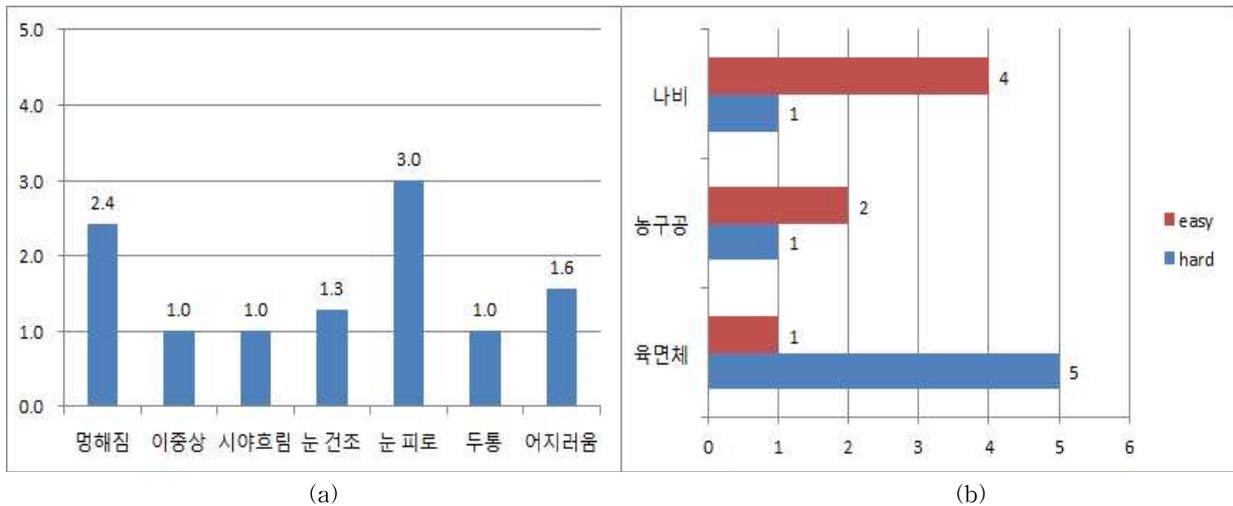


그림 11. 설문조사. (a) 피로 정도. (b) 콘텐츠 난이도.

정기에서 테스트로 사용할 콘텐츠를 제작하는 방법을 제안하였다. 아울러, 제안한 측정기를 구현하여 안간 거리가 6.5인 피험자들을 대상으로 돌출거리를 측정하였다. 안간 거리와 양안시차를 통해 이론값을 구하고, 측정기를 통해 피험자들이 인지하는 깊이 값을 측정하였다. 이론값과 측정값을 비교·분석한 결과, 돌출거리에 대한 오브젝트 형태의 영향은 적었다. 측정값은 이론값보다 약간 크게 나타났으며, 돌출거리가 클수록 그 편차가 크게 나타났다. 또, 오브젝트의 입체감이 심화될수록 피험자들이 어려움을 느낀 것을 확인할 수 있었다.

추후 연구과제로서, 많은 실험을 통해 입체시 검안용 기초요소 데이터를 확보하고 표본 DB 구축할 필요가 있다. 오브젝트의 위치나, 크기, 모양, 색상 등이 상이할 때 돌출거리에 어떤 영향을 끼치는 지, 피험자가 어떤 형태의 오브젝트를 편안하게 느끼는 지에 대한 다양한 실험이 수행되어야 한다. 이를 통해 표준 입체시 검안용 3D콘텐츠 및 관련 알고리즘을 개발하는 것이 앞으로의 목표이다.

참 고 문 헌

[1] Inoue T. and Ohzu H, "Accommodative Responses to Stereoscopic Three-Dimensional Display," Applied Optics. Vol. 36, No. 19, pp. 4509-4515, 1997.  
 [2] Tait E. F, "Accommodative Convergence," American Journal of Ophthalmology, Vol. 34,

No. 8, pp. 1093-1107, 1951.  
 [3] Hoffman D.M, Girshick A.R, Akeley K, and Banks M, "Vergence-Accommodation Conflicts Hinder Visual Performance and Cause Visual Fatigue," J. of Vision, Vol. 8, No. 3, pp. 33.1-30, 2008.  
 [4] Jin E.W, Miller M.E, Endrikhovski S, and Cerosaletti C.D, "Creating a Comfortable Stereoscopic Viewing Experience: Effects of Viewing Distance and Field of View on Fusional Range," Proc. SPIE 5664, pp. 10-21, 2005.  
 [5] 이준상, 박성대, 김치용, 한수환, "모션 타이포그래피를 이용한 3차원 입체영상 제작방법에 관한 연구," 한국멀티미디어학회논문지, 제14권, 제8호, pp. 1070-1081, 2011.  
 [6] Shibata. T, Kim. J, Hoffman. D.M, and Banks, M.S, "The Zone of Comfort: Predicting Visual Discomfort with Stereo Displays," Journal of Vision, Vol. 11, No. 8, pp. 1-29, 2011.  
 [7] Lambooij M, Fortuin M, IJsselsteijn W.A, and Heyndrickx I, "Visual Discomfort Associated with 3D Displays." SPIE Proce. Stereoscopic Display and Applications, pp. 1-12, 2009.  
 [8] Lambooij M, Fortuin M, Heynderickx I, and IJsselstein W, "Visual Discomfort and Visual Fatigue of Stereoscopic Displays: A Review." Journal of Imaging Science and Technology,

Vol. 53, No. 3, pp. 1-14, 2009.

- [9] Kooi, F. L., Lucassen, M., "Visual Comfort of Binocular and 3D Displays," Progress in Biomedical Optics and Imaging, Vol. 4299, pp. 586-592, 2001.
- [10] Marie Banich, Cognitive Neuroscience and Neuropsychology, Houghton Mifflin, 2003.
- [11] Goldstein E. Bruce, Sensation and Perception, Wadsworth Cengage Learning, California, 2007.
- [12] 조윤애, 조성원, 노경환, "Titmus-fly, Randot 및 TNO 입체시검사에서 입체시력의 기준평가," 대한안과학회지, 제40권, 제2호, pp. 532-538, 1999.
- [13] Erkelens C.J, "Fusional Limit for a Large Random-Dot Stereogram," Vision Res, Vol. 28, No. 2, pp. 345-353, 1988.
- [14] De Silva D.V.S.X, Fernando W.A.C, Worrall S.T, Yasakethu S.L.P, and Kondo A.M, "Just Noticeable Difference in Depth Model for Stereoscopic 3D Displays," IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 1219-1224, 2010.
- [15] De Silva D, Fernando A, Worrall S, Arachchi H, and Kondo A, "Sensitivity Analysis of Humans for Depth Cues in Stereoscopic 3D Displays," IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 13, No. 3, pp. 498-506, 2011.
- [16] Lebreton P, Raake A, Barkowsky M, and Le Callet P, "Evaluating Depth Perception of 3D Stereoscopic Videos," IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Vol. 6, No. 6, pp. 710-720, 2012.
- [17] 최지혜, 김치용, "디지털 3차원 입체콘텐츠 제작기법 연구," 한국멀티미디어학회, 2010년도 추계 학술발표논문집, pp. 550-553, 2010.



한 동 희

2013년 가톨릭대학교 미디어공학과 졸업  
 2013년~현재 가톨릭대학교 디지털미디어학과 석사 과정  
 관심분야: 컴퓨터 비전, 패턴인식, Human factor



강 행 봉

1980년 한양 대학교 전자공학과 졸업  
 1986년 한양대학교 대학원 전자공학과 석사  
 1989년 Ohio State Univ. 컴퓨터공학 석사

1993년 Rensselaer Polytechnic Institute 컴퓨터공학 박사  
 1994년~1997년 삼성종합기술원 수석연구원  
 1997년~현재 가톨릭대학교 디지털미디어학부 교수  
 2005년 UC Santa Barbara Visiting Professor  
 관심분야: 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽스, HCI, 인공지능, 기계학습



김 석 호

1994년 단국대학교 전기공학과 졸업  
 1999년~2001년 (재)한국사진문화재단 멀티미디어개발팀장 /이사  
 2000년~디폼미디어 대표

2008년 영상편집실무 (특성화고 교과서 /서울교육청)  
 2009년 3D컴퓨터애니메이션 (특성화고교과서 /서울시교육청)  
 2011년~3D엔터테인먼트(주) 기술감독  
 관심분야: 특수촬영, 컴퓨터그래픽스, 3D Stereoscopic, VFX