

## S3D 애니메이션 제작을 위한 입체 값 분석 기술

김상훈\*, 문석환\*\*

### 요약

본 논문에서는 완성도 높은 3D 콘텐츠가 부족한 상황에서 고품질의 3D 콘텐츠 제작을 위한 입체 값 분석을 통한 과도한 입체 장면 및 장면 전환 영상을 검출하여 3D 콘텐츠 제작 가이드라인에 맞는 안정적인 입체 영상을 제작할 수 있는 입체 값 분석 기술을 제안한다. 입력된 좌, 우 영상을 이용하여 탐색 범위 제한을 통하여 깊이 맵을 구하고 상영되는 스크린 크기에 맞춰 전경 및 배경의 대상 물체의 돌출 영역과 후퇴 영역의 입체 값을 계산한다. 돌출과 후퇴영역이 3D 입체 영상 제작 가이드라인에 벗어나는 장면 및 이전 장면과 과도하게 입체 값 변화가 일어나는 장면을 검출한다. 입체 값 분석 툴을 통해 검출된 장면은 후반 작업에서 입체 값 조절을 통해 안정적인 3D 입체 영상을 제작하는데 도움을 줄 수 있다.

키워드 : S3D 애니메이션, 깊이 값, 깊이 차트, 맵스 맵, 장면 검출

## A Study on depth analysis for S3D animation

Sang-hoon Kim\*, Moon suk hwan\*\*

### Abstract

In this paper, we propose the method for creating a stable stereoscopic 3D contents with the production guidelines by removing the excessive depth value and scene changes for high quality. We have developed a three-dimensional depth analysis tool for detecting the scene changes out of the production guidelines and the depth value changes excessively. The Scenes detected by depth analysis tool can be modified at the post production and it helps to make a stable stereoscopic 3D contents.

Keywords : S3D animation, depth value, depth chart, depth map, scene detection

### 1. 서론

최근의 3D 영상 콘텐츠는 주로 헐리우드에서

제작되고 상영된 극장용 영화 및 애니메이션 등이며, 국내에서는 완성도가 높은 영상을 제작하지 못하고 있다. 단순히 고가의 제작 장비와 관련 H/W 기술의 발전만으로 3D 영상 제작의 활성화나 영상물의 완성도를 기대하기 어렵다. 영화 “아바타”의 성공 이후, 3D 촬영 시스템과 디스플레이 장비가 활발히 보급되었음에도 불구하고, 완성도 높은 3D 콘텐츠가 국내에서 제작되고 성공한 경우가 없는 이유도 관람자에게 편안한 고품질의 3D 콘텐츠를 제작하지 못하고 있는 이유이다.

시청자에게 편안한 고품질의 3D 콘텐츠를 제공하기 위해서는 반드시 시각적 피로도를 고려해야한다. 시각적 피로의 대표적인 원인은 조절과 수렴의 불일치로 알려져 있다[1]. 또한, 시각

※ Corresponding Author: Moon suk hwan

Received : May 31, 2015

Revised : August 19, 2015

Accepted : August 31, 2015

\* Cheju Halla University Dept. of Broadcasting & Film

Tel: +82-64-741-7466, Fax: +82-64-741-7465

email: shkim0207@chu.ac.kr

\*\* Cheju Halla University, Dept. of Digital Contents

Tel: +82-64-741-7668, Fax: +82-64-741-7465

email: msh@chu.ac.kr

▣ 본 연구는 산업통상자원부의 2014년도 지역특화산업육성사업 기술개발 연구비 지원에 의해 수행되었음.

적 피로도의 원인은 이뿐만 아니라 다른 여러 가지 요소에 의해서 발생하며, 과도한 시차, 수직 시차, 크로스토크, 노이즈, 카메라의 비대칭 특성 등 다양한 원인에 대한 연구가 진행 중에 있다. 3차원 인지 범위를 벗어난 과도한 시차로 인하여 유발되는 시가 피로는 여러 논문에서 연구되었다[2][3]. 과도한 시차가 흔히 발생하는 이유는 영상 제작가가 3차원 효과를 더욱 극대화하기 위한 의도에서 기인한다. 또한 컷 전환 시 입체 값 변화를 충분히 고려하지 않은 이유도 이에 해당한다[4].

현재 가정용 3D TV가 보편화되면서 고품질의 3D 콘텐츠 부족현상은 더욱 심해지고 있으며, 다양한 연령층에 맞는 콘텐츠 확보가 힘든 상황이다. 과도한 입체 값 설정 및 장면 변화를 고려하지 않은 입체 값 설정은 장시간 3D 시청에 있어서 시각 피로도를 유발할 수 있다[5][6].

애니메이션의 경우 렌더링시 사용하는 가상 카메라의 위치와 특성을 바꿀 수 있어, 카메라간의 동기, 기하학적 배치, 카메라 파라미터, 광축(Optical-axis) 불일치 등의 문제는 시청 피로도를 유발하는 주요 요인이 되지 않는다[7][8][9]. 그러나 수렴(Convergence) 문제와 촬영 문법 문제는 여전히 고려해야 할 가장 큰 피로도 유발 요인이 된다[10]. 수렴 문제와 촬영 문법 문제를 분석하기 위해서는 좌우 영상을 분석하여 시차 범위(disparity range)를 정확히 계산해야 할 필요가 있다[11][12]. 시차 범위는 같은 피사체가 좌우 영상 내에서 떨어진 정도를 나타내며, 인간이 입체영상으로부터 느끼는 깊이와 밀접한 관계를 가진다.

논문에서는 완성도 높은 3D 콘텐츠가 부족한 상황에서 고품질의 3D 콘텐츠 제작을 위한 입체 값 분석을 통한 과도한 입체 장면 및 장면 전환 영상을 검출하여 3D 콘텐츠 제작 가이드라인에 맞는 안정적인 입체 영상을 제작할 수 있는 방법을 제안한다.

## 2. 입체 값 분석

### 2.1 Depth range estimation

(그림 1) 깊이 범위 추정 절차



(Figure 1) depth range estimation process

시차범위는 한 영상이 가지는 최대, 최소 시차를 파악할 수 있다. 해당 영상을 시청할 때 필요한 눈의 수렴범위를 예측할 수 있어 시청 피로도를 예측하기 위한 중요한 도구로 사용할 수 있다. 또한 입체 영상 제작의 문법을 분석할 때, 과도한 깊이 변화를 모니터링 할 수 있어 안전한 입체 애니메이션 제작에 꼭 필요한 분석 도구로 활용할 수 있다.

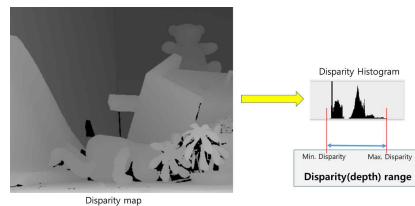
최대 시차, 즉 최대 입체 값을 알아내기 위해서는 먼저 좌, 우 영상의 시차 기반 한 깊이 범위(depth range)를 추정해야 한다. 먼저 낮은 계산 기반으로 시차(disparity)를 계산한다 [13][14][15]. 이때 초기 검색 범위는 [-영상의 너비/3, +영상의 너비/3]로 제한한다. 획득한 시차 맵(disparity map)을 기반으로  $T_h$ (문턱치)이하의 노이즈를 제거하고 깊이 범위를 계산한다. 검색 범위 SR은 다음과 같이 계산된다.

$$SR = \{n | MinRange \leq n \leq MaxRange, h[n] > T_h\} \quad (1)$$

$$T_h = \{MinRange < n < MaxRange, Max(h[n]) \times 0.05\} \quad (2)$$

아래 그림 2.에서 낮은 비용기반으로 계산된 시차 맵(disparity map)은 노이즈의 영향으로 매우 선명하지 않은 모습을 가지고 있으며 일정 비율(5%)이하의 빈도수를 가지는 시차는 노이즈로 판단하여 제거한다.

(그림 2) 깊이 맵과 깊이 범위



(Figure 2) depth map and depth range

본 논문에서 입체 값 분석을 위한 변이 탐색

방법은 간단한 변이 추정 알고리즘을 적용 후 전역적인 탐색 범위에 대하여 깊이 맵을 생성한다. 복잡도가 높은 변위 추정 알고리즘 대신 복잡도가 낮은 변위 추정 알고리즘을 이용하여 처리 속도를 향상시킨다. 위 조건을 충족시키기 위하여 Shiftable window 기반의 윈도우 정합 알고리즘을 이용하였다.

초기 깊이 맵을 통해 얻어진 깊이 맵을 이용하여 픽셀별로 변이 후보군 추출을 위한 히스토그램을 생성한다. 전역적인 탐색 범위를  $i$  라고 하고, 위에서 얻어진 깊이 맵을  $D_{pre}$  라고 할 때, 각 픽셀에 대한 히스토그램  $h_p$ 는 다음과 같다.

$$h_p[i] = \sum_{q \in N^w} f(i, D_{pre}(q)), \forall i \in S_{all} \quad (3)$$

$N^w$ 는 픽셀  $p$ 의 이웃하는 픽셀들로 이루어진 윈도우를 말하며,  $w$ 는 윈도우의 너비를 말한다.  $f(a, b)$ 는 이산 함수로써,  $a = b$  일때 1의 값을 갖고 다른 경우에 0의 값을 갖는다. 이와 같은 히스토그램을 이용하여 변이 후보군  $S_p$ 를 추출한다. 이를 위하여 임계 값  $k$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$k = \max(h_p[i]) * r, \forall i \in S_{all} \quad (4)$$

식 (3)에서 구한 임계 값  $k$ 를 이용하여 변이 후보군  $S_p$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S_p = \{i | h_p[i] \geq k\}, \forall i \in S_{all} \quad (5)$$

$r$ 은  $0 \leq r \leq 1$ 을 만족하는 값으로  $k$ 는 히스토그램의 최대 값에  $r$ 만큼 비례한다. 히스토그램의 최대 값이 크다는 것은 윈도우 내의 해당하는 변이 값을 갖는 픽셀이 많다는 것을 의미한다. 그만큼 변이 값에 대한 신뢰도가 높다는 말이 된다. 이렇게 구한 변이 후보군을 이용하여 복잡한 변이 추정 알고리즘을 이용하여 최종적인 신뢰도 높은 깊이 맵을 구할 수 있다.

## 2.2 depth perception 계산

깊이 범위 추정으로 획득한 깊이범위는 픽셀 단위로 표현되며, 실제 스크린에 표시되는 양안

시차를 구하기 위해서는 스크린 크기를 기반으로 픽셀 단위의 깊이범위의 비율을 조정해야 하며, 그 방법은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{(스크린 상의 양안 시차)} \\ & = \left( \frac{\text{상이 맺히는 유효 스크린의 가로 폭}}{\text{재생 콘텐츠의 가로 해상도}} \right) \times (\text{depth range}) \end{aligned}$$

여기서 유효 스크린의 가로 폭이란 스크린의 물리적 가로 크기가 아니라 재생시 실제 상이 맺히는 부분의 가로 폭을 의미한다. 또한,  $\text{depth range} = |\text{max. disparity} - \text{min. disparity}|$ 를 의미한다. 예를 들어, 유효 스크린 크기가 1000cm, 재생 콘텐츠의 가로 해상도가 1920, 깊이범위가 100px이라면,

$$\begin{aligned} & \text{(스크린 상의 양안 시차)} \\ & = (1000\text{cm}/1920\text{px}) \times (100\text{px}) \\ & = 52.083\text{cm} \end{aligned}$$

가 된다.

Screen의 양안 시차와 상이 형성되는 위치는 상이 돌출(- disparity)되는 경우 상의 위치  $D$ 는 스크린 면을 기준으로 삼각형의 비례식을 이용하여 다음과 같이 결정된다.

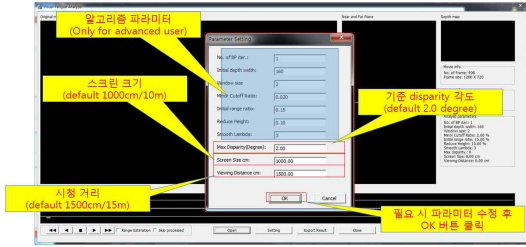
$$\text{front } D = (L \times S) / (S + IPD)$$

이 때,  $L$ 은 시청 거리,  $S$ 는 스크린 위의 시차,  $IPD$ 는 두 눈 사이의 거리(일반적으로 어른, 6.5cm, 아이, 5cm) 이다. 상이 스크린 뒤쪽으로 형성(+ disparity)되는 경우 상의 위치  $D$ 는 스크린 면을 기준으로 삼각형의 비례식을 이용하여 유사한 방식으로 다음과 같이 결정된다.

$$\text{back } D = (L \times S) / (IPD - S)$$

### 3. 실험결과

(그림 3) 시각 피로도 분석 툴

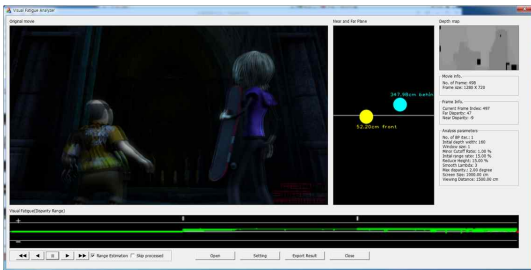


(Figure 3) visual fatigue analysis tool

제안된 방법은 좌, 우 영상 시퀀스로부터 얻어진 다수의 특징점을 참조하여 3D 공간을 모델링하며, 자동 생성된 2D 거리 맵을 기반으로 대상 물체의 돌출 값(negative depth)과 후퇴 값(positive depth)을 계산한다. 계산된 깊이 값이 사용자에게 의하여 설정된 깊이 범위를 초과하는 장면을 자동으로 검출한다. 검출된 장면은 이전 프레임과의 깊이 차가 심하거나 사용자에게 정의된 깊이 값을 초과하는 장면으로 시청자에게 시각적 피로도를 유발할 수 있다. 이렇게 검출된 장면은 후반 작업에서 깊이 값을 조절하여 시각 피로도를 줄이는데 활용된다.

그림 3.은 시각피로도 분석툴의 초기 설정 값 장면이다. disparity를 계산하기 위한 윈도우 사이즈와 disparity를 통한 depth map을 구하기 위한 BP(Back Propagation) 알고리즘 회수 설정 및 시청자의 시청 거리와 스크린 사이즈를 사용 환경에 맞게 설정할 수 있다.

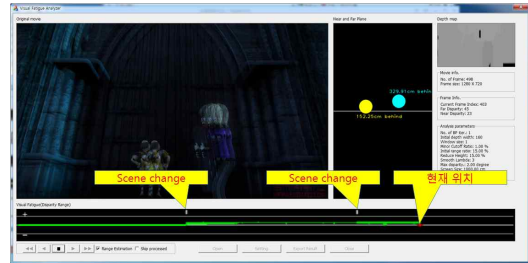
(그림 4) 깊이 범위 분석



(Figure 4) depth range analysis

(그림 4)는 입력된 스테레오 영상으로부터 깊이 맵을 통해 스크린으로부터 객체가 앞 위로 얼마 만큼 돌출 및 후퇴 되었는지를 확인할 수 있다.

(그림 5) 깊이 변화 및 장면 검출



(Figure 5) depth changes and scene detection

(그림 5)는 이전 프레임과 과도하기 입체 값 변화가 일어나는 장면을 검출한 결과를 나타낸다. 입체영상제작 가이드라인에 따른 면 돌출 영역 2%, 후퇴 영역 2.5% 를 넘지 않도록 권고하고 하고 있다. 이에 따라 이전 프레임에서 다음 프레임으로 전환될 때 최고 후퇴 영역에서 과도하게 돌출 영역으로 변화되는 장면을 검출하게 된다.

(그림 6) 테스트 영상



(Figure 6) test videos

(그림 6)은 본 연구에 활용된 실험영상이며 <표 1>은 실제 장면 전환이 이루어진 프레임을 보여주고 있다. 실험을 통하여 0~ 167프레임 까지 유사한 입체 값을 갖는 영상은 동일한 장면으로 그리고 168~338 프레임까지는 돌출과 후퇴 영역이 유사한 동일 장면으로 검출된 결과를 확인할 수 있다. 그리고 339~498 프레임까지 입체 값 변화가 거의 없는 동일한 장면으로 장면 검출한 결과를 확인할 수 있다.

<표 1> 테스트 영상의 장면 전환 실제 값

Scene #	start	end
1	0	167
2	168	338
3	339	498

<Table 1> ground truth of the test videos

<표 2> 실험 값

frame number	Max disparity	Min disparity	Near position	Far position	Scene dividing score
167	0	0	0	0	0
168	6	39	37.40648	306.1224	1
169	6	39	37.40648	306.1224	1
170	6	36	37.40648	276.0736	1
171	7	35	43.91468	266.3623	1
172	7	36	43.91468	276.0736	1
173	8	34	0	0	1
338	37	36	285.9351	276.0736	1
339	22	42	152.3546	337.6206	2
340	23	44	160.3905	359.4771	2
341	23	44	160.3905	359.4771	2
342	22	44	152.3546	359.4771	2
343	23	44	160.3905	359.4771	2
344	23	45	160.3905	370.6755	2
345	22	45	152.3546	370.6755	2
346	23	45	160.3905	370.6755	2
347	23	45	160.3905	370.6755	2
348	22	45	152.3546	370.6755	2
349	22	45	152.3546	370.6755	2
350	23	45	160.3905	370.6755	2
351	21	45	144.4292	370.6755	2
352	23	45	160.3905	370.6755	2
353	23	45	160.3905	370.6755	2
354	22	45	152.3546	370.6755	2
355	23	45	160.3905	370.6755	2
356	23	45	160.3905	370.6755	2
357	23	45	160.3905	370.6755	2

<Table 2> simulation results

### 4. 결론

본 논문에서는 고품질의 3D 콘텐츠 제작을 위한 입체 값 분석을 통한 과도한 입체 장면 및 장면 전환 영상을 검출하여 3D 콘텐츠 제작 가이드라인에 맞는 안정적인 입체 영상을 제작할 수 있는 입체 값 분석 툴을 개발하였다. S3D 애니메이션을 제작하는데 있어서 가상 카메라의 위치와 특성을 바꿀 수 있어 일반적인 실사 영상 제작 시 야기되는 시각적 피로도는 큰 문제가 되지 않지만 과도한 입체 값 설정이나 입체 값을 고려하지 않은 장면 전환 등은 여전히 고려해야 할 가장 큰 피로도 유발 요인이 된다.

좌, 우 영상을 분석하여 깊이 범위를 정확히 분석하고 이를 토대로 시각적 피로를 유발 시키는 과도한 입체 값이 설정된 장면을 자동으로 찾아 줌으로써 후반 작업을 통해 전반적으로 안정적인 깊이 차트(depth chart)를 구성할 수 있다.

제안된 방법을 활용하면 입체영상제작 가이드라인에서 제시하는 입체 값을 구성하여 장시간 입체영상을 시청하더라도 시각적인 피로도를 느끼지 않으면서 실감나는 영상을 제작할 수 있게 된다.

### References

- [1] D.M. Hoffman, A.R. Girshick, K.Akeley, M.S. Banks, "Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue," *Journal of Vision*, vol.8, no.3, pp.1-30, 2008
- [2] F. Kooi and A. Toet, "Visual comfort of binocular and 3d displays," vol.25, no.2, pp.99 - 108, 2004.
- [3] "3DC Safety Guidelines for Popularization of Human-friendly 3D," 3D Consortium, 2006.
- [4] Kwang-Ho Baek, Min Seo Kim, Myung Hee Han, "The study of stereoscopic editing process with applying depth information." *Journal of Digital Contents Society* Vol.13, No.2, pp. 225-233, Jun. 2012
- [5] Telecommunications Technology Association, "3DTV safety Guidelines for Broadcasting," TTA.KO-07. 0086, 2010.
- [6] L. B. Stelmach, W. J. Tam, F. Speranza, R. Renaud, and T. Martin, "Improving the visual comfort of stereoscopic images," *Proc. of SPIE*, vol. 5006, pp.269-282, 2003
- [7] H. Li, J. Seo, K. Kham and S. Lee, "Measurement of 3d visual fatigue using event-related potential (ERP) : 3D Oddball paradigm," *IEEE 3DTV-CON'08*, 2008.
- [8] D. Kim, D. Min, J. Oh, S. Jeon and K. Sohn, "Depth map quality for three-dimensional video," *Proc. of*

SPIE 7237, pp.723719-1-9, 2009.

- [9] J. Choi, D. Kim, K. Sohn, "Visual fatigue evaluation and enhancement for 2D-plus-depth video", Proc. IEEE ICIP 2010, 2010.
- [10] Nam-Gyu Kim. "Visual Discomfort Analysis of Binocular Depth Change on 3D Stereoscopic Imaging." Journal of Digital Contents Society Vol. 16, No.1, pp. 127-135, Feb. 2015
- [11] H. Shin and K. Sohn, "Real-time Depth Range Estimation and Its Application to Mobile Stereo Camera," Proc. CCNC 2012, Jan. 2012.
- [12] Li, Ruei-Hung, Choi, Sunghwan, Sohn, Kwanghoon, "Per-Pixel Search Range Reduction for Stereo Correspondence," The Korean Society of Broadcasting Engineers Conference, Proceedings, pp. 33-36, Nov. 2012.
- [13] Dongbo Min, Sehoon Yea, Zafer Arican, Anthony Vetro, "Disparity Search Range Estimation: Enforcing Temporal Consistency," IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Mar. 2010.
- [14] Li, Ruei-Hung, Ham, Bum-Sub, Kim, Bongjo, Kang, Minsung, Sohn, Kwanghoon, "Diffusion Distance Based Disparity Search Range Estimation for Stereo Video," The Korean Society of Broadcasting Engineers Conference, Proceedings, pp.87-90, July, 2012.
- [15] Kwak Noyoon, "An Object-based Stereo Matching Method Using Block-based Segmentation." Journal of Digital Contents Society, vol.5, no.4 pp.257-263, 2004

**김 상 훈**



1999년 : 인하대학교 전자공학과 (학사)  
 2002년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 (영상공학석사)  
 2008년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 (영상공학박사)  
 2008년~2009년: 성균관대학교 ISRC 연구원  
 2009년~2010년: 연세대학교 TMS기술사업단 연구원  
 2010년~현재: 제주한라대학교 방송영상학과 교수  
 관심분야 : 3D 입체영상, 증강현실(AR), 영상처리, 컴퓨터 비전 등

**문 석 환**



1991.3 (주)KCC중앙연구소연구원  
 2005.8. 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사수료  
 1999.3 ~ 현재 제주한라대학교 디지털콘텐츠과 부교수

관심분야 : 멀티미디어 응용, 임베디드, Human Computer Interaction