

스테레오 영상 생성을 위한 적응적 깊이 할당

김혜문, 박동권, 원치선
 동국대학교

baby1526@dongguk.edu, dkpark@dongguk.edu, cswon@dongguk.edu

An Adaptive depth assignment for generating stereo images

Hyemooon Kim, Dong Kwon Park, Chee Sun Won
 Dongguk University

요 약

본 논문에서는 2D-3D 변환 후, 입체감 수정에 관련한 피드백 시스템과 그에 맞게 적용되는 적응적 관계식을 제안한다. 2D-3D 변환을 통해 우선 깊이 영상을 생성하고 이를 이용하여 깊이 영상 기반 렌더링(DIBR)을 통해 수평방향의 이동을 계산하여 좌영상과 우영상을 생성한다. 그러나 깊이 정보 기반 렌더링 후 사용자 선호에 따라 입체감을 수정할 필요가 있을 때 깊이 영상을 재생성 해야 하는 문제점이 발생하며 이를 극복하고자 피드백 시스템을 통한 두 개의 조절 파라미터를 소개 한다. 즉, 'Pull-in' 혹은 'Push-away'의 입체감을 조절 할 수 있는 시차 이동식을 제안한다.

1. 서론

최근 3D 입체영상의 콘텐츠의 요구가 급속도로 증가하면서, 많은 전문가들이 기존에 있는 2D 영상을 이용하여 3D 입체 영상으로 변환하는 작업을 연구하고, 3D 입체영상으로 변환하는 방법들을 제안하고 있다. 하지만, 모든 변환방법에는 자동으로 혹은 반자동으로 먼저 깊이 영상을 생성하고, 그 깊이 영상의 깊이 정보를 이용해서 수평방향으로 픽셀을 이동하여 양안시차를 구하고 새로운 좌영상, 우영상을 생성한다[1]. 깊이 정보를 반영하여 양안시차만큼 픽셀을 수평방향으로 이동시키는 과정으로 깊이 정보 기반 렌더링(depth image based rendering, DIBR) [2] 방법이 널리 이용되고 있다. 깊이 정보 기반 렌더링 과정은 깊이 정보와 시차 이동량 사이에 비례관계를 기반으로 한다. 깊이 정보 기반 렌더링 방법을 이용하기 위해서는 [그림 1]과 같이 깊이 정보가 담긴 깊이 영상(depth map 혹은 depth image)을 생성해야 한다. 이 깊이 영상은 각 픽셀 마다 8 비트로 양자화된 깊이 정보를 담고 있고, 양자화된 깊이 정보는 0~255 의 깊이 값으로 높은 값일수록 음의 시차를, 낮은 값일수록 양의 시차를 갖는다.

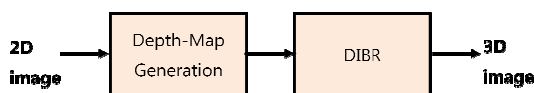


그림 1. 깊이 정보 기반 렌더링의 전형적인 2D-3D 변환

수평방향으로의 시차 이동은 여러가지 파라미터(화면까지의 거리, 화면 크기)가 비례상수로 관여하고, 이 파라미터들은 시청자와 시청 환경에 따라 달라질 수 있는

가변적인 값이므로 모든 상황에 적용될 수 있는 절대적인 값은 없다. 그렇기 때문에 일반적인 고정된 식으로 결정짓기에 어려움이 있다. 또한 깊이 정보 기반 렌더링의 정확성은 생성된 깊이 영상의 정확도에 상당히 의존적이지만 아직까지 깊이 측정의 정확도가 충분히 만족스럽지 않은 실정이다[3]. 따라서 깊이 영상으로부터 생성된 양안 영상도 만족스럽지 못할 수 있으며 그 결과를 보고 깊이 영상의 수정을 필요로 할 가능성이 높다.

본 논문에서는, 깊이 정보 기반 렌더링 후에 생성된 좌영상, 우영상에 대해서 [그림 2]와 같이 화면 앞으로 튀어나오는(Pull-in) 혹은 뒤로 들어가는(Push-away) 입체감 수정에 관한 것으로 깊이 영상을 재 생성하지 않고, 깊이 조절 파라미터를 통해 전체의 깊이를 적응적으로 조절하는 방법을 제안한다. 즉, 시차이동을 조절할 수 있는 문턱 깊이 변수를 추가하여 상호적인 피드백 시스템을 추가한다.

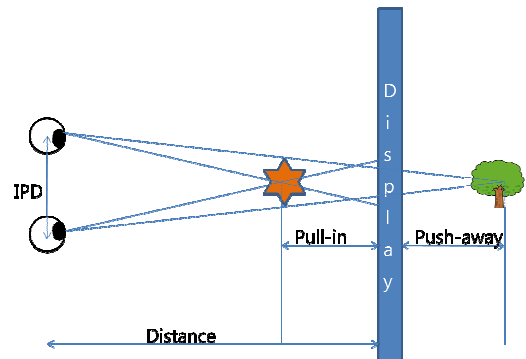


그림 2. 깊이 형태

2. 제안한 방법

본 장에서는 기존에 사용하는 시차 이동의 공식과 그 식에 관련한 시스템을 알리고, 제안한 방법을 소개하겠다.

우선 기존에 사용하는 시차이동 공식에 대해 설명한다. 2D-3D 변환을 위해, 픽셀 (x,y) 에서 8 비트로 양자화된 깊이 값, $d(x,y)$ 이 생성되면 그 다음 단계로 좌영상, 우영상의 스테레오영상을 생성하기 위해서 깊이 정보 기반 렌더링 단계에서 수평방향의 시차이동 $p(x,y)$ 를 생성한다. 현재 일반적으로 알려진 깊이 정보 $d(x,y)$ 와 $p(x,y)$ 의 비례관계는 다음과 같다.

$$p(x,y) = M \times \left(1 - \frac{d(x,y)}{255}\right) \quad (1)$$

여기서 양자화된 깊이 $d(x,y)$ 는 0 에서 255 사이의 값을 갖고, M 은 최대 이동할 수 있는 시차를 나타낸다. 식(1)은 음의 시차를 고려하지 않는다. 식(1) 대신에 음의 시차를 고려한 식은 다음과 같다. 여기서 최대 이동 가능한 양의 시차와 음의 시차는 상수 C 로 결정한다.

$$p(x,y) = C \times \left(0.5 - \frac{d(x,y)}{255}\right) \quad (2)$$

식(2)에서, $\left(0.5 - \frac{d(x,y)}{255}\right)$ 는 시차 이동 식의 정규화된 형태로 정의한다. 정규화된 깊이는 -0.5 에서 0.5 사이의 값을 갖는다. 여기서 '-'는 객체가 화면 앞에 있는 것을 의미하고 '+'는 객체가 화면 뒤에 있는 것을 의미한다[4] [5].

식(2)에서 비례상수 C 는 화면의 크기 S (cm), 화면의 수평방향의 해상도 H (pixel), 그리고 사람의 양안 사이의 거리 IPD (Interpupillary distance) (cm)의 함수로 재표현된 상수이다 [3] [4]. 일반적으로 어른인 경우 IPD 는 약 6.5cm 이다. 깊이 영상에서의 깊이 정보 말고도 위의 세 가지의 파라미터가 시차 이동에 영향을 주기 때문에 시차이동을 결정짓기 위해서는 모든 요소들을 함께 고려해야 한다. 하지만, 시차 이동에 관련된 요소(IPD, H, S)는 가변적이고, 시청자와 시청환경에 따라 시차 이동식에 영향을 많이 받는다. 따라서 C 를 하나의 상수로 고정하기는 어렵다. 이는 깊이 정보 기반 렌더링 후의 출력 영상들이 결코 완벽하지 않다는 것을 암시하고, 완벽하지 않은 출력 영상들을 사용자에게 맞게 사용자에게 따라 수정할 수 있는 방법을 필요로 한다.

식(2)에서, 깊이 값이 128 이면 $p(x,y) = 0$ 값을 갖고, 이는 화면을 기준으로 객체가 앞으로 나오지도, 뒤로 들어가지도 않은 화면 위에 있는 것을 의미한다. 깊이 값이 128 보다 크면, 앞으로 튀어 나오는 'pull-in' 입체감을 갖고, 반대로 128 보다 작으면 화면 뒤에 있는 'Push-away' 입체감을 갖는다(그림 2 참조).

본 논문에서는 깊이 정보 기반 렌더링 후에도 3D 입체감을 수정할 때 깊이 영상을 재 생성하지 않고 쉽게 수정하는 방법을 모색했고, 피드백 시스템을 이용하여 두 개의 문턱 깊이 파라미터를 조절하여 그림 2 의 'Pull-in', 'Push-away'의 입체감을 조절하는 방법을 제안한다(그림 3).

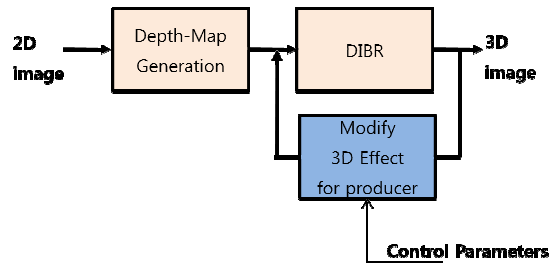


그림 3. 입체감 수정 가능한 제안한 피드백 시스템

조절 문턱 깊이 파라미터의 피드백 시스템을 제안하기에 앞서서, 본 논문의 선행연구에서는 입체감을 수정가능한 피드백 시스템을 제안하였다[6]. 이는 깊이 정보 기반 렌더링 후, 객체의 'Pull-in', 'Push-away' 입체감을 더욱더 '강조'하는 방법이다. 강조 하는 방법으로 사용한 식은 그림 4 와 같이 깊이와 시차의 비선형성의 관계 [7]를 이용하여 제안되었다.

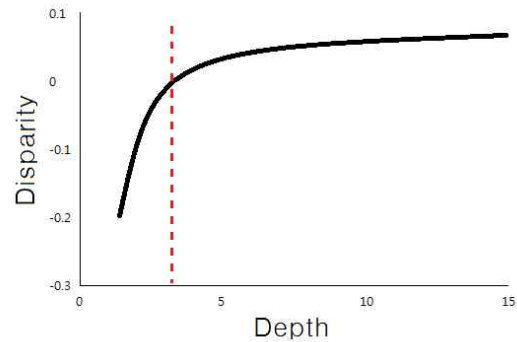


그림 4. 깊이 정보와 시차와의 관계(점선은 화면)

그림 4 에서 화면을 기준으로 화면 앞과 뒤의 입체감에 대해 비선형적으로 서로 다른 분포를 갖는 것을 볼 수 있다. 즉, 'Pull-in'의 음의 시차는 'Push-away'의 양의 시차보다 더 민감하게 변한다. 그리고 깊이와 시차 사이의 비선형적인 관계는 양 끝에 갈수록 기울기가 점차 줄어들어 어느 한 값에 가까워지는 포화형태를 갖는다.

이를 기반으로, 깊이 128 를 기준으로 앞으로 나온 입체감은 더 강조하고, 뒤로 들어간 입체는 더디게 하는 조절 파라미터 M_U 와 M_D 를 추가했고, 그림 5 는 렌더링 후 입체감 조절의 '강조'를 나타낸 그래프이다.

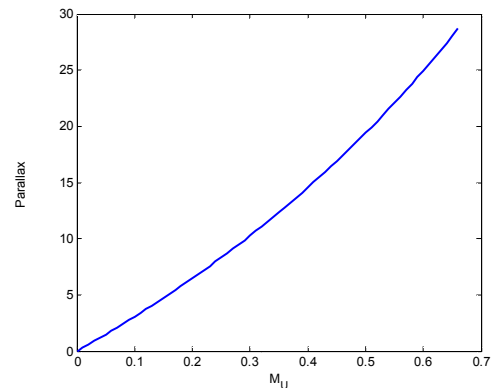


그림 5. M_U 와 시차에 따른 분포도

이와 같은 비선형성을 반영하여 논문에서 제안한 시차 이동 식은 식(4)와 같다.

$$p(x,y) = \begin{cases} d(D_{Lth}) - a \log(d(x,y) - D_{Lth} + 1) & d(x,y) < D_{Lth} \\ C \times \frac{d(x,y) - 128}{128} & D_{Lth} \leq d(x,y) \leq D_{Hth} \\ d(D_{Hth}) - a \log(d(x,y) - D_{Hth} + 1) & d(x,y) > D_{Hth} \end{cases} \quad (3)$$

여기서 D_{Lth} 와 D_{Hth} 는 깊이와 시차 사이의 비선형 관계에서 포화형태 영역을 조절하는 문턱 깊이 값이고, D_{Lth} 은 ‘Push-away’를 D_{Hth} 는 ‘Pull-in’을 조절해주는 문턱 깊이 파라미터이다. C는 시차 이동의 관련된 요소(S, H, IPD)들의 곱의 형태로 이루어진 함수이다. a는 로그함수의 비례상수이다. 이는 D_{Lth} 와 D_{Hth} 에서 나타나는 비선형 그래프와 D_{Lth} 와 D_{Hth} 사이의 선형그래프를 자연스럽게 이어주는 역할을 한다. 그 이유는 D_{Lth} 와 D_{Hth} 사이에 나타나는 선형 그래프가 요소 S, H, IPD 에 따라 그래프의 기울기가 달라지기 때문에 log 함수 앞에 있는 a로 비선형의 곡률을 고려해야 하기 때문이다.

깊이 정보 기반 렌더링 후, 입체감을 수정하기 위해 피드백 시스템에서 D_{Lth} 와 D_{Hth} 의 값을 조정하면 결과물로 전에 얻은 입체감과 다른 입체감을 갖은 영상을 얻을 수 있다. 그림 6은 제안한 시차 이동의 식을 이용하여 표현한 그래프이다.

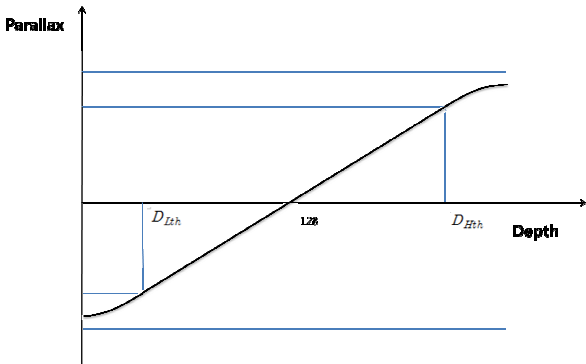


그림 6. 제안한 방법의 그래프

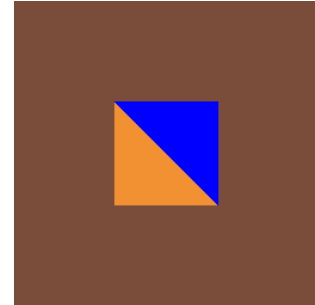
이로써 깊이 정보 기반 렌더링 후에 입체감 수정을 위해 사용한 피드백 시스템과 조절 파라미터, 그리고 제안한 시차 이동 식이 소개되었다.

3. 실험 결과

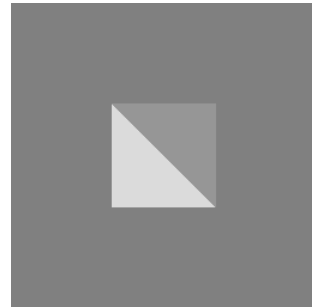
본 장에서는 제안한 시스템을 이용하여 출력된 영상물을 제시한다. 본 실험과정에서 쓰인 영상은 png 파일포맷 형태의 256x256 해상도를 갖는 테스트 영상으로 자체 제작했고, 깊이 영상 또한 자체로 제작했다(그림 7). 그림 7의 깊이 영상에서 파란색 영역(위쪽 삼각형)의 깊이는 150으로 값을 고정시켰고, 주황색영역(아래쪽 삼각형)은 두 개의 값(즉, 깊이 영상 1에는 220을, 깊이 영상 2에는 60)으로 설정했다.

깊이 정보 기반 렌더링한 후에 D_{Lth} 와 D_{Hth} 을 변화 시켰다. 기본값으로 D_{Lth} 와 D_{Hth} 에 각각 70과 180으로 고정했고, 후에 D_{Lth} 와 D_{Hth} 을 각각 70과 200으로 변화 시켰다. 그림 8은 D_{Lth} 와 D_{Hth} 의 변화 전과 후의 시차 이동 그래프를 나타낸다.

깊이 정보 기반 렌더링(DIBR)과 피드백 시스템을 거쳐 D_{Hth} 의 수정을 통해 얻은 각각의 좌영상, 우영상으로 적목방식의 3D 영상을 제작하였다. 시차 이동을 통해 나타난 홀에 대해서는 뒷배경의 칼라 값으로 대체시켰다.



(a) 테스트 영상

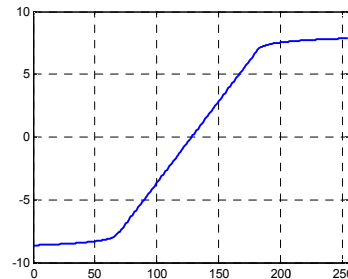


(b) 깊이영상 1

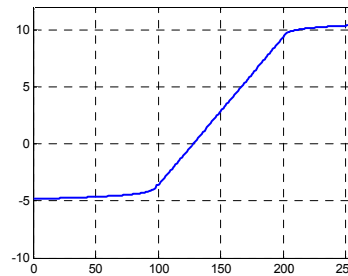


(c) 깊이영상 2

그림 7. 테스트 영상과 깊이영상



(a) $D_{Lth} = 70$
 $D_{Hth} = 180$

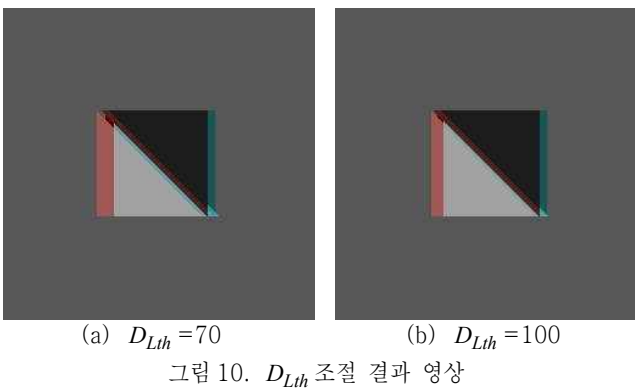
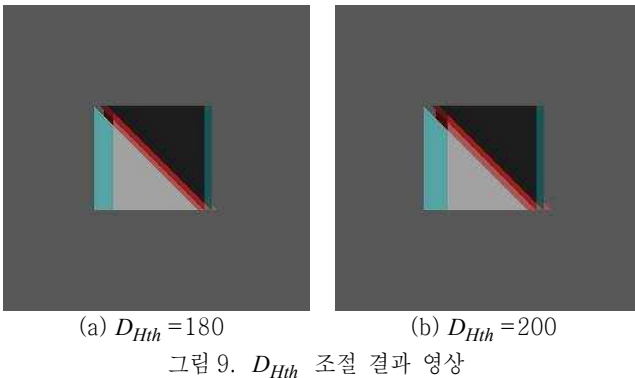


(b) $D_{Lth} = 100$
 $D_{Hth} = 200$

그림 8. D_{Hth} 변화 그래프

D_{Lth} 와 D_{Hth} 를 조절함에 따라 선형그래프의 시차 이동의 값이 변하고 그에 따라 포화영역에서 시차 영역의 값도 변함을 확인할 수 있다(그림 8). 그림 9와 그림 10은 D_{Lth} 와 D_{Hth} 값에 따라 다른 쪽으로 시차 이동한 결과 영상을 보여준다. 파란색 영역(위쪽 삼각형)의 깊이 값은 150으로 고정시켰고, 주황색영역(아래쪽 삼각형)의 깊이 값은 다르기 때문에 화면을

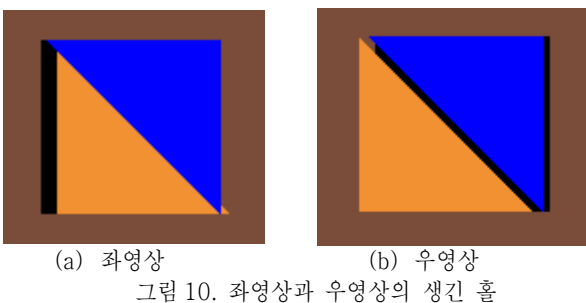
기준으로 그림 9 에서 주황생역역(아래쪽 삼각형)은 앞으로 나오고, 그림 10 에서는 뒤로 들어간 느낌을 받는다.



4. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 깊이 정보 기반 렌더링 후에 입체감 수정을 위한 피드백 시스템과 그 시스템 안에서의 간편한 입체감 수정을 위해 사용된 시차 이동식을 제안하였다. 두 개의 문턱 깊이 D_{Lth} 와 D_{Hth} 을 이용, 깊이와 시차 사이에서 생기는 선형적인 비례와 비선형적인 관계를 이용하면서 사용자와 그 환경에 따른 적응적 시차 이동식을 제안하였다.

본 과정에서 간단한 테스트 영상과 깊이 영상을 사용함으로써, 시차 이동의 이동을 쉽게 알아볼 수 있었으나, 간단한 테스트 영상에서도 깊이 정보 기반 렌더링에서 객체의 시차 이동후에 홀이 발생하였다(그림 10). 더욱 복잡한 영상에 대해 깊이 정보만으로 렌더링했을 때에 생기는 홀에 대해서는 렌더링 하면서 채워 넣거나 혹은 렌더링 후에 영상 패딩을 이용한 홀을 채워 넣는 방법을 모색한다면 보다 나은 결과를 얻을 수 있을 것이다.



감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2011-(C1090-1111-0003)).

참고문헌

[1] W.J.Tam, L.Zhang, "3D-TV CONTENT GENERATION : 2D-TO-3D CONVERSTION," *Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference on*, Publisher, pp1869-1872, July 2006.

[2] C. Fehn, "DEPTH-IMAGE-BASED RENDERING (DIBR)," *SPIE proc of Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XI*, Vol. 5291, pp. 93-104, 2004.

[3]A. Vetro, "Representation and Coding Formats for Stereo and Multiview Video," *Intelligent Multimedia Communication: Techniques and Applications Studies in Computational Intelligence*, 280, pp.51-73, Springer-Verlag, 2010.

[4] B. Mendiburu, "3D Movie Making: Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen," Elsevier Focal Press, 2009.

[5] M. DeJohn, W. Drees, D. Seigle, and J. Susinno, "Stereoscopic Geometry of 3D Presentation," Second in a Series of Technical White Papers from In-Three

[6] H. Kim, D. K. Park, and C. S. Won, "On Converting Depth to Horizontal Parallax," *Proc. of ITC-CSCC*, Gyeongju, Korea, June 2011.

[7] C.H.Chang, C.K.Liang, and Y.Y.Chuang, "Content-Aware Display Adaptation and Interactive Editing for Stereoscopic Images," *IEEE Tr. On Multimedia*, 2011