

깊이영상 조작에 의한 스테레오 영상의 부분 시차 조정

*이재원, *배윤진, * 김강산, *이철희, *진경아, *서현교, *이호근, *김형석, ** 최현준, *서영호,
*유지상, *김동욱

*광운대학교, **안양대학교

*bbxx84@kw.ac.kr

Partial Parallax Adjustment of Stereo Image by Manipulating Depth Map

*Jaewon Lee, *Yun-Jin Bae, *Kang-San Kim, *Cheol-Hee Lee, *Kyung-A Jin, *Hyun-Kyo Seo,
* Ho-Keun Lee, *Hyung-Suk Kim, **Hyun-Jun Choi *Young-Ho Seo, *Ji-Sang Yoo
and *Dong-Wook Kim

*Kwang-woon University, ** An-Yang University

요약

최근 3D 영상에 대한 대중화가 급속히 진행되고 있음에도 불구하고 한 번 만들어진 영상/비디오를 재사용하거나 조작하여 다양한 형태의 콘텐츠를 만들지 못하고 있다. 본 논문에서는 깊이영상과 양안(스테레오) 영상 또는 깊이영상과 단안 영상이 주어졌다고 가정하고 깊이영상을 조작하여 양안 시차(parallax)를 변화시키는 방법을 제안한다. 시차변화의 대상은 부분영상이며, 특정 개체를 추출하여 깊이정보를 수정하고, 이를 바탕으로 스테레오 영상을 재구성한다.

본 논문에서는 정지영상만을 대상으로 하며, 동일한 방법을 동영상에 적용하면 동영상 또한 시차를 변화시킨 결과를 얻을 수 있다. 실험은 Middlebury의 테스트 영상들을 대상으로 제안한 방법을 적용하여 자연스러운 스테레오 영상을 얻을 수 있음을 보인다.

1. 서론

영화 ‘아바타’의 상영 이후 전 세계는 3D 열풍에 휩싸이고 있다. 그러나 수요자의 기대에 비해 3D 콘텐츠가 턱없이 부족하여 3D TV를 시판하고 있으나 3D 방송을 시험적으로 또는 일정 시간만 방송할 뿐 24시간 정상적으로 방송하고 있는 곳은 아직 없다.

3D영상은 현재 실사와 CG(computer graphic)영상을 따로 또는 혼합하여 완성하고 있다. 실사의 경우 대부분의 경우는 2D 또는 3D(스테레오 또는 다시점)카메라로 촬영한 영상을 사용하며[1], CG는 3D 기법을 사용하여 생성된 가상의 물체를 원하는 크기나 방향 또는 깊이로 변환하여 사용하고 있다[2논문]. 3D 콘텐츠를 생성하는 또 하나의 방법은 2D영상을 3D로 변환하는 것인데[3], 아바타의 상영 이후 지금까지 상영된 영화의 대부분이 이 방법으로 만들어진 영화이다. 그러나 이 기법은 기술적 한계로 상당부분 수동으로 이루어지고 있으며, 그나마 충분한 시간적 여유를 가지지 못해 대부분 실패작으로 끝나고 말았다.

3D영상의 가장 기본적인 형태는 스테레오 영상이며, 가장 기본적인 스테레오 영상의 형태는 좌안영상과 우안영상의 두 2D 영상이다 [4]. 그러나 최근 영상 내의 물체에 대한 깊이정보의 중요성과 필요성

이 대두되면서 깊이정보-기반 영상 렌더링(depth-based image rendering)[4]에 대한 연구가 활기를 띄고 있다. 이에 따라 깊이정보를 이용한 다양한 신호처리 기술을 바탕으로 2D를 3D로 변환하거나 중간 시점 영상을 생성하는 연구도 진행되고 있으며[4논문], 이에 따라 MPEG에서는 깊이정보를 포함한 스테레오/다시점 비디오의 데이터 압축을 표준화하기에 이르렀다[5].

본 논문에서는 스테레오 3D영상 콘텐츠 제작 및 저작 차원에서 기존의 실사 3D영상을 변화시키거나 2D영상을 스테레오 영상으로 변환하는 기법을 제안한다. 본 논문에서는 두 가지의 경우를 고려하는데, 스테레오 영상과 깊이영상이 주어진 경우와 2D영상(좌측영상)과 깊이 영상이 주어진 경우이다. 각 경우에서 특정 개체의 깊이를 조정하여 기존의 스테레오 영상을 조정하거나 그것에 맞는 스테레오 영상을 생성한다. 제안한 기법은 Middlebury 사이트[6]의 테스트 영상들로 실험을 수행하여 이 기법의 효용성을 보인다.

2. 스테레오 영상

그림 1은 두 개의 카메라(카메라 렌즈)로 스테레오 영상을 획득하

는 방법과 결과 영상들의 형태를 보이고 있다. 이 그림은 평행식 카메라를 사용한 예인데, 이 그림에서 결과 영상의 좌우영상이 바뀐 것이 유의하여야 한다. 이것은 카메라 센서에 맺히는 상은 렌즈의 초점을 지난 결과이기 때문에 실제로 우리 눈으로 보는 영상은 이 영상을 180° 회전한 것이다. 이 그림에서 z 는 초점거리, z_s 는 렌즈로부터 물체까지의 거리(깊이), b 는 두 카메라간의 거리를 각각 나타낸다.

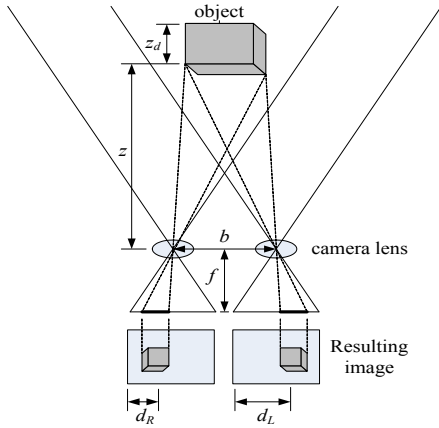


그림 1. 스테레오 영상 획득 및 결과 영상

결과 영상의 d_R 과 d_L 은 우영상과 좌영상의 영상의 맨 좌측에서 물체의 중앙까지의 거리를 나타내는데,

$$d = d_L - d_R \quad (1)$$

을 시차(disparity)라고 한다[4]. 즉 시차는 좌영상의 특정 점이 우영상에서 얼마나 좌측에 있는가를 나타내는 값이다. 이 시차와 깊이와의 관계는 식 (2)와 같다[4].

$$d = f \frac{b}{z} \quad (2)$$

식 (2)는 물체의 깊이와 시차, 그리고 카메라 간격과의 관계를 나타내고 있으므로 특정 물체가 카메라에 더 근접하거나 멀어질 경우 그 깊이에 따라 시차를 구할 수 있다. 물체의 크기가 변하지 않고 근접하거나 멀어지는 경우 영상에 나타는 물체의 크기 또한 커지거나 작아진다. 물체의 크기가 변화하는 양은 그림 2로 쉽게 확인할 수 있다. 그림 2에서 같은 카메라를 가정하면 초점거리가 같고($f_1 = f_2 = f$) 물체가 동일하다면 실제 물체의 크기는 같다($s_1 = s_2 = s$). 따라서 카메라로부터의 거리(깊이)가 변한 경우($z_1 \rightarrow z_2$) 변화 전후의 깊이와 물체 크기의 관계는 식 (3)과 같다.

$$x_1 z_1 = x_2 z_2 \quad (3)$$

따라서 식 (2)와 (3)을 이용하면 물체의 위치와 거리를 조정하여 원근감이 다른 스테레오 영상을 만들 수 있고, 또 특정 물체를 다른 스

테레오 영상과 합성하여 사용할 수도 있다.

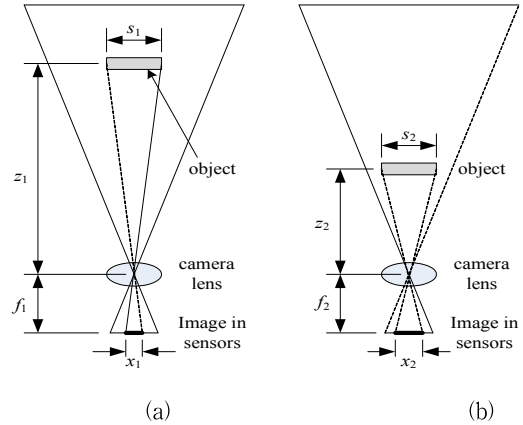


그림 2. 깊이에 따른 물체의 크기

3. 깊이정보를 이용한 스테레오 영상의 조작

서론에서 언급한 것과 같이 본 논문에서는 스테레오 영상과 깊이 영상(시차영상)이 주어진 경우와 2D영상과 그 깊이영상이 주어진 경우의 두 경우를 고려한다. 이 두 경우에 대해 본 논문에서 제안하는 조작방법을 그림 3에 나타내었다.

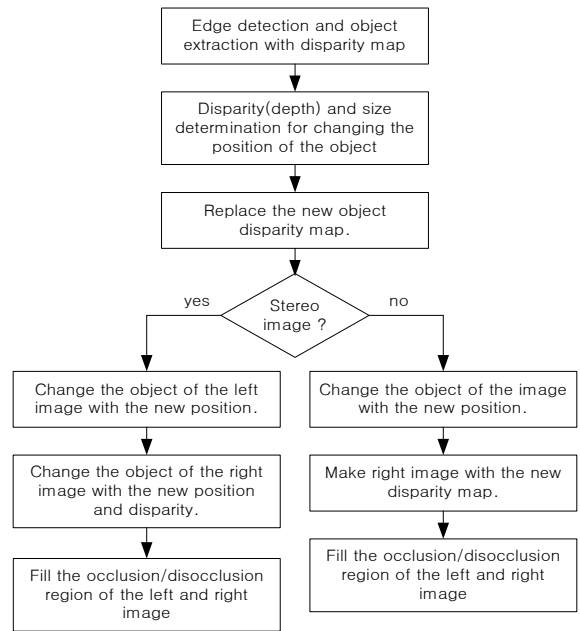


그림 3. 제안한 방법

A. 에지 및 물체 추출

본 논문의 목적이 특정 개체의 거리를 조절하는 것이기 때문에 영상에서 특정 개체를 추출하여야 한다. 본 논문에서는 실사 영상이 아닌 깊이(시차) 맵에서 물체를 추출하는데, 2차원 Sobel 필터와 low-pass filter를 사용하였으며, 구체적인 방법은 [7]을 참조하기 바란다.

B. 시차(깊이)와 위치변화 및 그에 따른 크기 변화

식 (2)에서 카메라 간격(b)과 초점거리(f)는 변화하지 않기 때문에 현재의 시차를 크게 하거나 작게 하는 것은 다음 식 (4)와 같이 변화 전(d_1, z_1)과 후(d_2, z_2)의 시차와 깊이에만 관여된다.

$$fb = d_1 z_1 = d_2 z_2 \quad (4)$$

따라서 시차의 변화에 대한 물체 크기를 식 (3)에 의해 조정하면 된다. 이 때 커지거나 작아진 물체의 화소가 원 물체의 화소와 1:1 대응되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 원 물체의 화소를 1/4 화소까지 interpolation하여 사용하였는데, 그 방법은 H.264/AVC에서 사용하는 방법[8]을 그대로 사용하였다. 물체의 위치는 수평 및 수직의 중심점으로 하였다.

C. 좌측 영상의 조정

스테레오 영상의 기준영상을 좌측영상으로 잡았기 때문에 좌측영상 조정부터 수행한다. 먼저 시차맵에서 추출된 물체와 대응되는 물체를 좌측영상에서 추출한다. 추출된 물체는 시차맵에서 크기, 깊이, 위치가 조정된 것에 따라 크기와 위치를 조정한다. 이 때 크기조정에 있어서 화소의 부대응은 시차맵 크기조정에서 사용한 방법을 그대로 사용하였다.

물체의 시차를 크게 하여 크기가 커지는 경우는 원래 물체가 차지하고 있는 공간보다 큰 공간을 차지하기 때문에 배경의 화소들을 잠식하여 문제가 없지만, 시차를 줄이는 경우 물체의 크기도 작아져 물체의 일부가 비게 된다. 이 부분은 해당 부분을 배경으로 채워야 하는데 (hole filling), 본 논문에서는 기본적으로 low-pass filtering과 inpaint 기법을 사용하는 [9]의 방법을 사용하였다.

D. 우측영상의 조정 또는 생성

이미 스테레오 영상을 있는 경우 기존의 우영상을 물체와 관련된 부분만 조정하면 된다. 먼저 좌영상의 해당 물체와 그 물체에 해당하는 시차 맵을 사용하여 우영상의 해당 물체를 추출한다. 그 방법에 있어서는, 좌영상 물체의 특정 화소에 대해 시차맵의 해당 시차값 만큼 우영상에서 이동된 화소를 찾고, 그 화소의 R, G, B값에 해당하는 SAD값 (SAD_{pixel} 식 (5))을 계산하여 주어진 문턱치(T_{SAD})를 넘지 않으면 그 화소가 대응화소로 간주한다.

$$SAD_{pixel} = \sum_k^{R,G,B} |k_L - k_R| < T_{SAD} \quad (5)$$

만약 SAD값이 문턱치보다 크면 좌영상과 우영상을 대상으로 스테레오 매칭을 수행하여 해당 화소를 찾는다.

우영상에서 추출한 물체에 대해 다시 크기와 시차가 조정된 좌영상과 조정된 시차맵을 사용하여 우영상 물체의 크기와 위치를 조정한다. 조정방법은 앞에서 설명한 시차맵의 조정방법이나 좌영상 물체의 조정방법을 그대로 사용한다. 조정된 결과에 대해 식 (5)와 동일한 방법으로 대응여부를 확인한다. 만약 값이 문턱치보다 크면 시차맵을 사용하여 좌영상의 화소를 우영상에 그대로 위치시킨다.

우영상이 없는 경우에는 조정된 좌영상과 조정된 시차맵으로 우영

상을 생성한다. 우영상이 있는 경우나 없는 경우 모두 배경이 없는 부분이 나타날 수 있는데, 이 경우도 좌영상과 같은 방법으로 그 부분을 채운다.

4. 실험결과

제안한 방법을 소프트웨어(C-언어)로 구현하여 이 방법의 효용성을 확인하였다. 실험에 사용한 영상은 Middlebury 사이트에서 제공하는 실험영상들[6]을 비롯하여 다수의 영상이었으나, 여기서는 그림 4의 Middlebury의 테스트 영상 3개를 대상으로 설명한다.

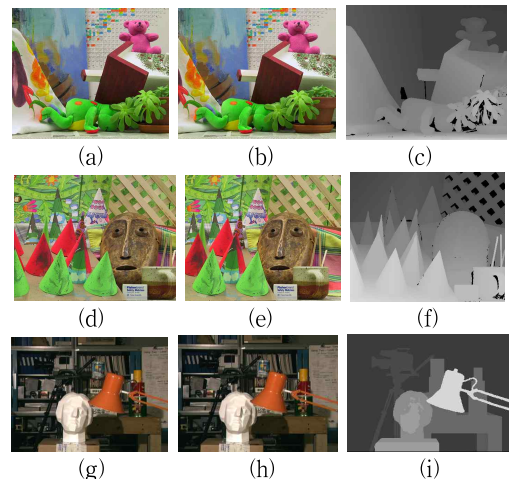


그림 4. Middlebury 사이트의 테스트 영상 원본; (a)(b)(c) Teddy, (d)(e)(f) Cones, (g)(h)(i) Tsukuba; (a)(b)(c) 좌영상, (b)(e)(h) 우영상, (c)(f)(i) 시차맵

먼저, 주어진 시차맵에서 특정 물체를 추출하여 그 물체의 시차와 크기를 조절된 결과를 그림 5에 나타내었다. 세 영상에서 시차를 기준으로 조정된 양을 표 1에 나타내었다. Teddy와 Cones는 두 경우 모두 동일하게 시차를 주고, 그에 따라 크기를 확대/축소하였으며, Tsukuba의 경우 스테레오 영상이 주어진 경우는 시차의 변화에 따라 크기도 변화시켰으나 좌영상만 주어진 경우는 크기를 변화시키지 않았다. 그림 5에서는 크기를 변화시킨 경우만 보이고 있는데, Cones의 탈과 Tsukuba의 조각상은 크기가 작아졌으므로 (b)와 (c)에서 시차가 비어 있는 곳을 (d)와 (f)와 같이 filling 하였다.

표 1. 영상별 시차 및 크기조정

영상	Teddy	Cones	Tsukuba	
경우	모두	모두	스테레오	좌영상
물체	곰인형	탈	조각상, 스텐드	
시차	+15	-25	조각상: -3, 스텐드: +15	
크기	확대	축소	축소/확대	무변

그림 6은 그림 5와 같이 시차맵을 조정된 후 그에 따라 좌/우영상을 조정하는 과정을 보인 것이다. 여기서는 좌영상만 주어진 경우만 보이고 있는데, 스테레오 영상이 주어진 경우는 우영상에 나타나는 비어 있는 부분이 대상 물체 부분을 제외하고는 나타나지 않는다. 이 그림들에서 우영상 우측에 나타나는 빈 영역들은 우영상의 해당 부분에 대한

정보가 없기 때문에 비워둔 부분이다.

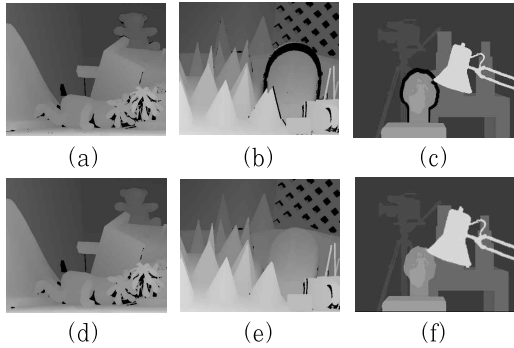


그림 5. 시차맵의 조정 및 filling; (a)(b)(c) 시차맵 조정, (d)(e)(f) filling 후.

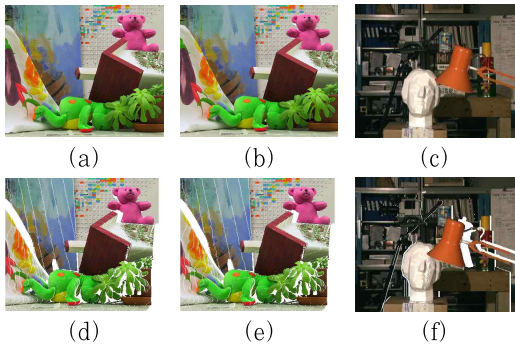


그림 6. 좌영상만 주어진 경우의 영상 조정; (a)(b)(c) 좌영상, (d)(e)(f) 우영상.

그림 7과 8은 세 영상에 대해 스테레오 영상이 주어진 경우와 좌영상만 주어진 경우를 각각 보이고 있다. 따라서 그림 8의 경우 시차맵에 따라 우영상이 좌로 이동한 결과 영상의 오른쪽 끝부분들이 모두 비어있는 것을 볼 수 있다. 이 부분을 제외하고는 두 경우 모두 육안으로 확인한 결과 깊이감을 자연스럽게 느낄 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 깊이정보가 주어졌다고 가정하고 스테레오 영상 또는 2D 영상의 특정 객체에 대한 깊이감을 조절하는 방법을 제시하였다. 깊이감의 조절은 깊이맵에서 수행하였고, 그에 따라 물체의 크기도 조절하였다. 스테레오 영상이 주어졌다고 가정하는 경우 좌영상을 기준영상으로 하여 좌영상부터 조정하고, 그에 따라 우영상을 조정하였다. 2D영상이 주어진 경우 그 영상의 물체의 크기를 조정하고, 깊이와 크기가 조정된 깊이 맵을 사용하여 우영상을 생성하였다.

소프트웨어적으로 실험한 결과, 비록 비교대상 영상이 존재하지 않아 정량적인 성능은 측정할 수 없었으나, 육안으로 볼 때 상당히 자연스러운 영상을 얻을 수 있었다.

따라서 본 논문에서 제시한 방법은 특정 스테레오 또는 2D 영상의 물체를 추출하여 깊이감을 조절하거나 그 물체를 다른 콘텐츠와 결합하여 새로운 스테레오 영상 콘텐츠를 제작할 때 유용하게 사용할 수 있으리라 생각된다.

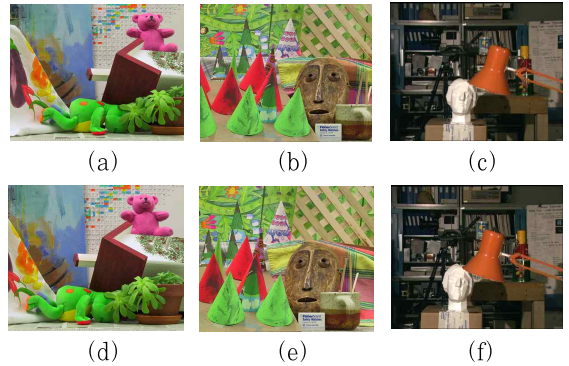


그림 7. 스테레오+시차맵이 주어진 경우 조정결과 예; (a)(b)(c) 좌영상, (d)(e)(f) 우영상; (a)(d) Teddy, (b)(e) Corn, (c)(f) Tsukuba.

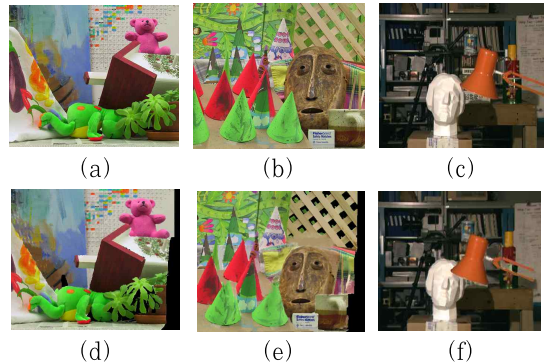


그림 8. 좌영상+시차맵이 주어진 경우 조정결과 예; (a)(b)(c) 좌영상, (d)(e)(f) 우영상 Teddy; (a)(d) Teddy, (b)(e) Cones, (c)(f) Tsukuba.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0012898).

참고 문헌

- [1] <http://superadopter.com/338>
- [2] <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID>
- [3] http://www.ddd.com/technology/tech_tridefrealttime.html
- [4] Edited by OliverSchree, et al., *3D Video Communication*, John Wiley & Sons, Ltd. 2005.
- [5] <http://www.mpeg.org/>
- [6] <http://vision.middlebury.edu/stereo>
- [7] R. C. Gonzales, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed., Pearson and Prectice-Hall, 2008.
- [8] 정제창 역, *H.264/AVC 비디오 압축 표준*, 홍릉과학출판사, 2004.
- [9] S. Zinger, L. Do, P.H.N. de With, "Free-viewpoint depth image based rendering", *J. of Vis. Commun. Image R.* Vol. 21 pp. 533 - 541, 2010.