

깊이정보의 변형기법 이용한 홀로그램 콘텐츠 저작

*홍기성 **최현준 *서영호 *유지상 *김동욱

*광운대학교 **안양대학교

*kisung@kw.ac.kr

Hologram Contents Manipulation using Modification of Depth Information

*Ki-Sung Hong **Hyun-Jun Choi *Young-Ho Seo *Ji-Sang Yoo and *Dong-Wook Kim

*Kwangwoon University **Anyang University

요약

본 논문에서는 깊이정보를 조작하여 홀로그램 콘텐츠 내의 물체의 위치 및 원근감을 변화시키고, 추출한 객체의 깊이정보를 다른 콘텐츠와 결합하여 새로운 홀로그램 콘텐츠를 생성하는 방법을 제안한다. 또한 스테레오 정합방법과 깊이 카메라를 이용해 깊이정보를 획득하는 방법을 비교하고, 이를 변경하는 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 기법은 향후 다양한 홀로그램 콘텐츠를 확보하는 방법으로 사용될 수 있을 것이다.

1. 서론

최근 3차원 영상에 대한 관심이 급증하면서 3차원 영상에 대한 다음 기술에 대한 언급도 급물살을 타고 있다. 일반적인 견해로는 무안경식 3차원 영상이 가장 근접하고 있으며, 여기에는 다시점 영상도 포함되고 있다[1]. 다시점 영상은 세 개 이상의 영상 중 시점에 따라 인접한 두 영상을 스테레오 영상으로 받아들이는 방식이므로 현재 색차, 편광, 또는 액티브 방식의 안경식으로는 실현할 수 없다.

무안경식 스테레오, 다시점 영상의 뒤를 잇는 입체영상 디스플레이 기술로는 홀로그래피를 생각해 볼 수 있다[2]. 홀로그래피는 물체 각 점에서의 빛의 세기뿐만 아니라 그 위상까지 기록함으로써 3차원 정보를 2차원적으로 기록한 후 공간상에서 재생하는 방식이다. 따라서 홀로그래피는 공간상에 물체상을 복원할 수 있는 완전한 입체시를 구현할 수 있다는 점에서 3차원 영상의 최종 목표로 여겨지고 있다.

다시점 영상의 경우 시점 수에 비례하여 영상정보의 데이터 량이 비례적으로 증가하기 때문에 모든 시점의 영상정보를 모두 시청자 측으로 송신하기 보다는 적절한 시점의 정보를 공급하고 필요한 시점을 생성[3]하여 사용하는 방법이 연구되고 있다. 여기에 물체의 영상정보뿐만 아니라 깊이정보를 사용하는 방법(depth-base image rendering, DIBR)[4]이 최근 많이 연구되고 있다. 홀로그램의 경우 아날로그 홀로그램의 획득의 어려움과 데이터 전송의 문제점 때문에 디지털 홀로그램[5]이 연구되고 있으며, 그 중 연산에 의한 홀로그램 생성 방법(computer-generated hologram, CGH)[6]이 선호되고 있다.

따라서 다시점의 경우와 CGH의 경우 모두 깊이정보의 중요성이 크게 대두되고 있는데, 깊이정보를 획득하는 방법은 크게 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 스테레오 정합(stereo matching)에 의해 시차(disparity)를 구하고 이를 수정하여 구하는 방법이며[7], 두 번째 방법

은 최근 많이 출시되는 깊이 카메라로 촬영하여 얻는 방법이다[8].

본 논문에서는 깊이정보를 변화시켜 홀로그래피 복원영상에서의 객체의 위치를 변화시키거나 그 객체를 다른 콘텐츠와 결합하여 새로운 홀로그램 콘텐츠를 제작하는 방법을 제안한다. 이 때 깊이정보를 조작하는 방법뿐만 아니라 두 가지의 깊이정보 획득방법에서의 차이점을 분석하고, 이 두 방법을 홀로그램 생성에 사용하는 방법을 제안한다.

2. 컴퓨터 생성 홀로그램과 깊이정보

2.1 컴퓨터 생성 홀로그램

홀로그램의 생성 및 영상의 복원방법을 그림 1에 간략히 나타내었다. 홀로그램은 기준파(reference wave)와 물체에서 반사되는 물체파(object wave)의 간섭현상을 기록한 것이다(그림 1 (a)).

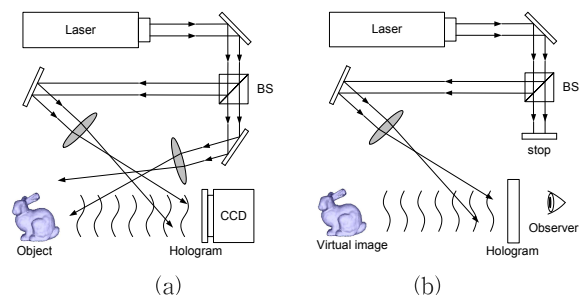


그림 1. 디지털 홀로그램; (a) 기록, (b) 복원.

기록된 물체를 복원하려면 기록된 홀로그램에 생성 때 사용한 기

준파를 같은 환경으로 조사하면 원래 물체가 있던 위치에 그 물체가 공간상에 맺힌다(그림 1 (b)).

그림 1은 CCD 카메라로 간섭패턴을 촬영하여 디지털 홀로그래프를 얻는 방법을 도시한 것인데, 이 간섭현상을 수학적으로 모델링하여 식 (1)과 같이 연산에 의해 홀로그래프를 생성할 수도 있다.

$$I_{\alpha j} = A_j \cos(k\sqrt{(px_{\alpha} - px_j)^2 + (py_{\alpha} - py_j)^2 + z_j^2}) \quad (1)$$

여기서 a 와 f 는 홀로그래프와 3차원 물체의 특정 좌표를 의미한다. k 는 기준파의 파수(wave number)로 $2\pi/\lambda$ 로 정의되고, p 는 홀로그래프와 물체의 화소크기(pixel pitch)(여기서는 물체와 홀로그래프의 화소크기를 동일한 것으로 간주함), (x_{α}, y_{α}) 는 홀로그래프의 좌표, (x_j, y_j, z_j) 는 3차원 물체의 좌표를 각각 나타낸다. 이 식에서 z_j 는 홀로그래프 평면과 물체의 특정 점까지의 거리, 즉 그 점의 깊이를 나타내는데, 따라서 CGH의 연산을 위해서는 물체의 깊이정보가 필수적으로 필요하다.

2.2 깊이정보의 획득

본 절에서는 깊이정보를 획득하는 두 가지 기법에 대해 설명하고, 이를 통해 획득한 깊이정보를 비교 분석한다.

2.2.1 깊이 카메라

물체 또는 특정 화면의 깊이정보를 얻는 방법은 여러 가지가 사용되어 왔으나, 최근 깊이정보에 대한 중요성이 대두되면서 상용 깊이카메라가 출시되고 있고, 그 제품들에서 사용하는 대표적인 방법이 TOF(time-of-flight) 방식이다. 이 방식은 카메라에서 특정 신호를 조사하고, 이 신호가 돌아오는 시간을 거리로 환산하는 방식이다.

그림 2에 이 방식으로 깊이를 측정하는 방법을 도식하였는데, O_1 과 O_2 는 동일한 물체이다. TOF 방식으로 측정된 특정 점까지의 거리는 사용하는 신호에 따라 차이가 있지만 비교적 정확하다. 일반적으로 측정된 거리는 그 값을 표현하기 위해 할당된 디지털 비트수에 따라 비례적으로 환산하여 나타내는데(그림 3 참조), 보통 가까운 점을 밝게 표시한다. 따라서 실제로 깊이 카메라로 촬영한 결과를 사용할 때는,

$$z = (2^n - 1) - k \quad (2)$$

으로 환산하여 사용하며, 여기서 z 는 깊이, k 는 측정치, n 은 할당된 디지털 비트수를 각각 나타낸다.

그림 3에서 TOF 방식으로 촬영한 영상에서 물체의 두께, 즉 $z_{1r} - z_{1f}$ 와 $z_{2r} - z_{2f}$ 는 같다. 깊이카메라로 깊이를 촬영한 결과는 3차원 공간을 2차원 평면에 기록하는 것이다. 따라서 일반 2차원 영상과 같이 생각하면 동일한 물체를 가까이로 이동시키면 물체의 크기가 커지는 것과 동시에 두께도 두꺼워져야 할 것이다. 그러나 깊이카메라는 물체의 크기는 원근에 따라 조정하지만 각 점까지의 거리는 실제의 거리를 측정하여 기록하며, 이 점이 일반 2차원 영상과의 차이이다.

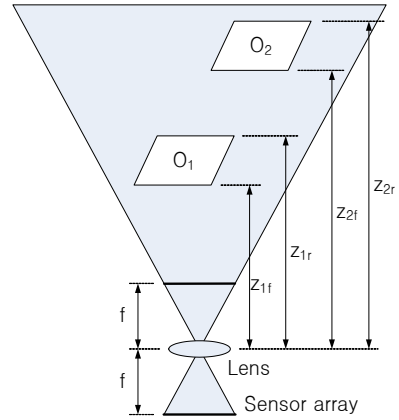


그림 2. 깊이 카메라에 의한 깊이정보

그림 3에 한 예를 보이고 있는데, 직육면체 상자를 1m(a), 1.5m(b), 2m(c)에서 각각 촬영한 결과이고, 그림 (d)는 촬영된 각 결과의 값들을 히스토그램으로 나타낸 것이다. 1m에서 촬영한 물체는 2m에서 촬영한 물체에 비해 크기는 상당히 작아졌으나 두께는 거의 동일하다.

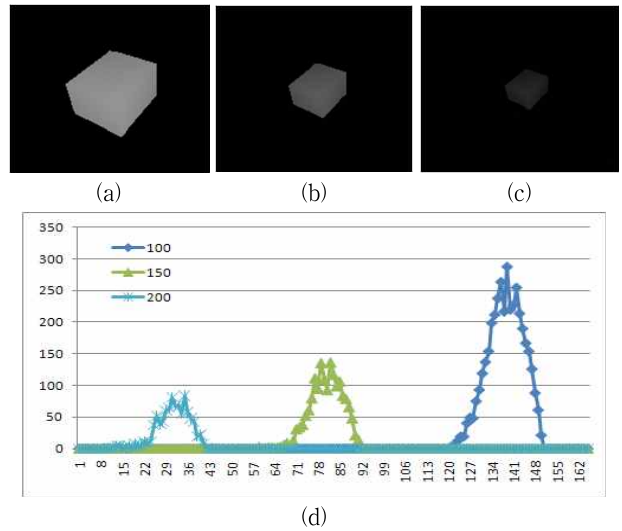


그림 3. 깊이 카메라로 측정한 물체 두께의 측정결과

2.2.2 스테레오 정합

깊이정보를 얻는 방법 중 지금까지 가장 일반적이고 많이 사용하는 방법은 스테레오 영상을 정합하는 방법이며, 그림 4에 간략히 나타내었다. 여기서는 표기방법을 간단히 하기 위해 물체를 특정영역에 정렬하였는데, 이것은 일반적인 경우로 그대로 적용된다. 스테레오 정합의 결과는 영상 특정 점에 대해 좌/우 영상에서의 가로방향 위치차이(시차, disparity) d 이며, 이것을 깊이정보 z 로 환산하면,

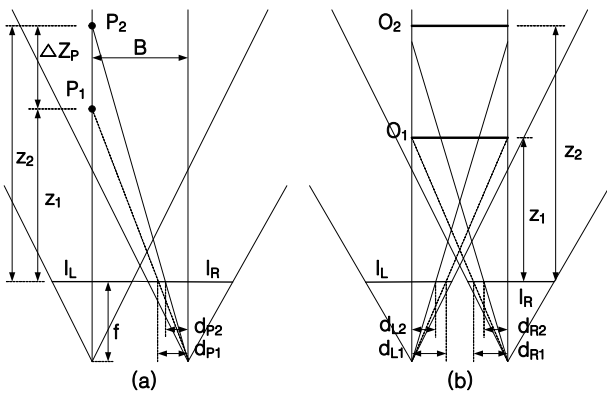


그림 4. 스테레오 매칭; (a) 깊이, (b) 크기

$$z = \frac{Bf}{d} \quad (3)$$

이고, 여기서 B 는 두 카메라간의 거리, f 는 카메라의 초점거리이다. 따라서 그림 4 (a)에서 두 점 P_1 과 P_2 에 대해 측정된 시차가 각각 d_{P1} 과 d_{P2} 일 때 두 점간의 깊이차이(P_1 과 P_2 를 물체의 맨 앞과 뒤의 점이라고 생각하면 두께)는,

$$\Delta z_P = z_{P2} - z_{P1} = Bf \left(\frac{1}{d_{P2}} - \frac{1}{d_{P1}} \right) \quad (4)$$

이 된다. 만약 동일한 간격의 두 점 Q_1 과 Q_2 가 이 스테레오 영상 내에 존재한다면 두 점간의 거리가 동일하기 때문에

$$\frac{1}{d_{P1}} - \frac{1}{d_{P2}} = \frac{1}{d_{Q1}} - \frac{1}{d_{Q2}} \quad (5)$$

의 조건을 만족할 것이다. 따라서 한 깊이영상 내에서 특정 물체를 이동시키거나 그 물체를 다른 시차영상과 결합할 때 식 (3)과 (4)의 성질을 이용하면 된다.

한편, 그림 4 (b)는 물체의 거리에 따른 크기의 변화를 나타내기 위한 그림인데, 여기서 그림의 복잡성을 줄이기 위해 물체의 크기를 두 카메라의 광축간 거리로 잡았으며, 일반적인 경우도 마찬가지로 적용된다. 이 그림에서 $d_{L1} = d_{R1} = d_1$, $d_{L2} = d_{R2} = d_2$ 이므로,

$$fB = d_1 z_1 = d_2 z_2 \quad (6)$$

의 관계를 갖는다. 이것은 한 시차맵(disparity map) 내에서 특정 물체를 당기거나 밀 때 식 (5)와 (6)의 관계를 이용하면 이동 후 물체의 크기와 시차를 구할 수 있고, 식 (2)에 의해 깊이맵(depth map)을 생성할 수 있다.

3. 실험

이 장에서는 앞에서 설명한 두 깊이정보 추출 방법을 혼용하여 홀로그래프를 생성하는 실험을 수행한다. 그림 5에 두 개의 테스트 영상을

나타내었는데, (a)는 본 연구실에서 직접 깊이 카메라로 촬영한 'woman'영상이고 (b)는 MPEG의 다시점 비디오 테스트 시퀀스인 '발레'에서 발레리나만 추출한 시차정보를 식 (3)으로 깊이정보로 바꾸고 식 (2)로 역 변환한 결과이다. (c)의 히스토그램을 거리 값으로 변환해 보면 현재 (a)는 중심은 약 125cm, (b)의 중심은 약 95m에 있음을 알 수 있다.

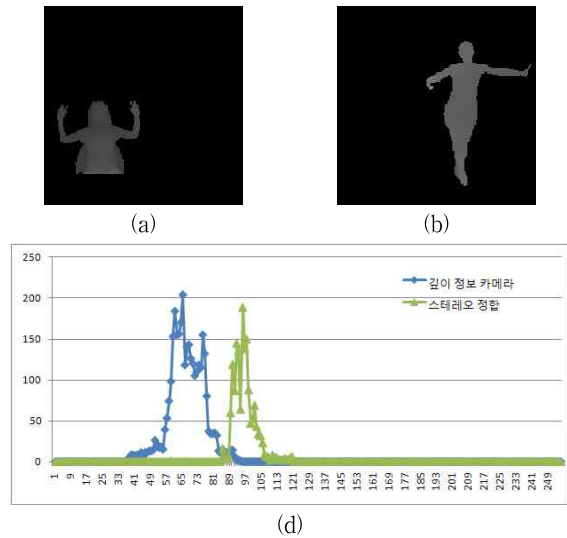


그림 5. 테스트 깊이정보; (a) 깊이 카메라로 획득한 정보, (b) 스테레오 정합으로 획득한 정보, (c) 두 깊이정보의 히스토그램.

그림 6은 그림 5 (b)의 발레리나를 그 중심이 각각 약 97cm, 110m, 132cm되도록 확대하고 축소한 결과를 나타내고 있다. (d)의 히스토그램을 보면 위치의 변화에도 불구하고 그 두께는 변하지 않은 것을 볼 수 있다.

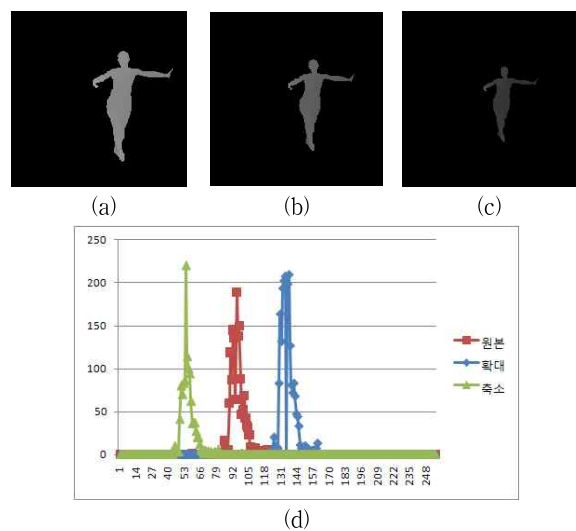


그림 6. 발레리나의 위치변경 결과

그림 6과 같이 위치를 변경한 세 발레리나와 'woman' 영상을 결합하고, 이를 홀로그래프로 만든 결과를 그림 7에 나타내었다.

'woman' 영상을 그대로 두고 발레리나 영상을 원본 그대로(b), 근거리로 당겨서(97cm)(a), 원거리로 밀어서(132cm)(c) 결합하였으며, 각 깊이영상을 기초로 홀로그램을 생성한 후 각 홀로그램을 특정한 위치에 맞추어 복원한 결과가 (d), (e), (f)이다. 복원 거리가 'woman' 영상과 거리가 먼 경우 'woman' 영상이 뚜렷이 나타나지 않으며, 'woman' 영상과 비슷한 거리인 132cm에서 복원한 영상만 'woman' 영상이 뚜렷이 나타는 것을 볼 수 있다.

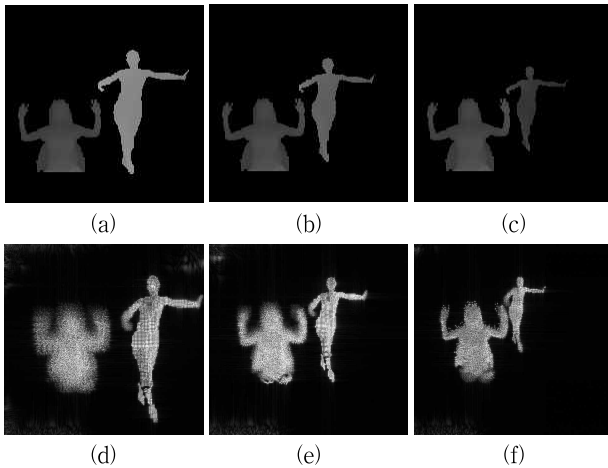


그림 7. 두 개의 깊이정보를 결합한 영상의 홀로그램 복원 결과; (a)(b)(c) 깊이정보 결합결과, (d)(e)(f) 홀로그램 복원 결과; (a)(d) 근거리 발레리나(92cm), (b)(e) 원본 발레리나(111cm), (c) 원거리 발레리나(135cm)

4. 결론

본 논문에서는 깊이정보와 CGH를 통해 생성해 복원한 홀로그래픽 복원영상간의 상관성을 분석하여 이중의 콘텐츠를 결합하고 복원하는 기법을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 깊이정보를 이용한 홀로그램 콘텐츠 제작 분야에 효과적으로 활용 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [KI002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합 서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리 요소 기술 및 SoC 개발]

참 고 문 헌

[1] 최현준, 서영호, 김동욱 " 디지털 홀로그래픽 디스플레이 연구개발 동향", 정보통신산업진흥원 주간기술동향 1406호 07. 2009.
 [2] S. A. Benton and V. M. Bove Jr., Holographic Imaging, Wiley and Sons Inc., 2008.
 [3] J. G. Lou, H. Cai, and J. Li, "A real-time interactive multi-view video system", Proc. ACM international conference on

Multimedia, 2005.

[4] L. Zhang, W. J. Tam, "Stereoscopic Image Generation Based on Depth Images for 3D TV", IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 51, No. 2, IEEE, JUNE 2005.
 [5] Y. H. Seo, H. J. Choi, J. W. Bae, J. S. Yoo, D. W. Kim, "Data Compression Technique for Digital Holograms using a Temporally Scalable Coding Method for 2-D Images", Signal Processing and Information Technology, IEEE, Aug 2006.
 [6] W. J. Dallas, "Digital Holography and Three-Dimensional Display", springer, 2006.
 [7] D. Scharstein and R. Szeliski, "A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms," IJCV, vol. 47, no. 1-3, pp. 7-42, Apr. 2002.
 [8] S. B. Gktrk, H. Yalcin, and C. Bamji. A time-of-flight depth sensor system description, issues, and solutions. In CVPR, page 35, 2004.