

# CGH 홀로그램 개선을 위한 입력 데이터 전처리

길종인, 정다운, 김만배

강원대학교 IT대학 컴퓨터정보통신공학과

manbae@kangwon.ac.kr

## Post-processing of Input Data for Improving CGH Hologram

Jong In Gil, Daun Jeong, and Manbae Kim

Dept. of Computer and Communications Engineering, Kangwon National University

### 요약

깊이데이터는 CG 또는 실사 영상에서 획득되는데 입체 영상 분야에서 활용도가 높다. 예를 들어 2D영상의 3D화질 개선, 입체영상의 입체감 개선 등의 활용이 되고 있다. 본 논문에서는 이러한 추세에 맞추어 홀로그램을 생성하는 입력 데이터의 전처리과정으로 통하여 CGH 홀로그램을 개선하는 영상처리 기술을 제안한다. 입력 데이터의 전처리를 통해 생성된 홀로그램 영상의 화질 개선을 제안하고, 실험을 통해 제안 방법의 우수성을 보여준다.

## 1. 서론

홀로그램 기술은 디지털 미래의 주요 구성 요소 중의 하나이다 [1]. 홀로그램은 다양한 모양과 형태로 디지털 응용분야에 광범위하게 사용된다. CGH(Computer Generated Hologram)는 컴퓨터 처리에 의해 제작되는 홀로그램이므로, 가상물체를 상상해서 작성하고, 그것을 입체적으로 재생활 수 있다. CGH의 제작방법에는 1) 광학적으로 홀로그램 면 위에 기록된 간섭 패턴을 계산으로 구하고, 간섭패턴을 정확히 그리는 방식, 및 2) 재생용 조명과가 홀로그램 건판에 기록된 홀로그램을 통과한 직후의 파면을 계산으로 구하고, 그 복소 진폭분포를 만들어 내는 방식, 어느 정도의 재생영상을 얻을 수 있으면 좋겠다는 생각으로 재현해야하는 복소 진폭분포 가운데 위상 성분에만 주목하고 합성하는 방식 등이 있다 [2-5].

또한 단순히 격자벡터의 방향과 주기가 다른 격자의 조각으로 합성시킨 격자 홀로그램도 CGH의 하나이다. Phase 방식의 경우, 파면의 간격이 시간과 공간에 걸쳐 일정하게 유지되는 가 간섭성 광이 어떤 형태를 가진 물체에 부딪쳐 반사될 때는 그 반사된 광의 파면은 물체의 형태에 비례하여 달라진다. 즉 파면의 위상 변화가 물체의 형상에 따라 변화하게 된다. 그러므로 물체의 형상에 관한 좌표의 정보가 있으면, 형상에 따라 변화하는 파면의 위상 변화는 기하 광학적인 광선 추적에 의해 쉽게 계산된다. 그 계산 과정의 순서는 다음과 같다. ① 계산하고자 하는 물체의 표면을 3차원 좌표 내에 나열된 점들로 표시하고, 각 점에서부터 홀로그램판 상의 각 점까지의 거리를 계산한다. ② 호이겐스 원리에 따라 물체 표면의 한 점에서 고유 위상을 가진 광파가 나온다고 가정할 수 있다. 홀로그램 상의 한 점에 입사하는 물체로부터의 광파는 물체의 전 표면에서 오게 된다. 먼저 계산한 물체의 각 점에서 이 점까지의 거리를 각 광파의 위상으로 변환하여, 각 점으로부터의 광파를 합치게 되면 홀로그램의 한 점에서 물체과가 계산된다. ③ 기준파의 경우는 평면 기준파가 홀로그램의 수직 방향에 대해서는 수직으로 입사하고, 수평 방향에 대해서는 어떤 각을 가지고 입사한다고 가정한다. 따라서, 기준파는 수평 방향으로만 위치별로 위상차를 가지게 된다.

본 논문에서는 RGB 또는 깊이맵 등의 입력데이터의 전처리과정

을 홀로그램에 적용 및 개선하여 홀로그램의 화질 향상을 얻고자 한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 데이터의 전처리 과정 및 홀로그램 생성 방법을 소개한다. 3절의 실험에서는 얻어진 홀로그램 영상의 화질 개선을 검증하고, 마지막으로 4절에서는 결론을 맺는다.

## 2. 입력 데이터 전처리

CGH 홀로그램을 얻기 위해서, 보통 RGB 영상 또는 깊이맵을 활용하는데, 여기에서는 후자인 깊이데이터를 활용한다. 깊이 데이터 D와 깊이 데이터에 고주파 필터를 적용한  $G \otimes D$ 를 이용하여 다음 식에서  $\Delta D$ 를 구한다.

$$\Delta D = D - G \otimes D \quad (1)$$

$\Delta D$ 의 범위는 다음과 같다. 깊이 데이터는 가까운 픽셀은 큰 값이 값을, 먼 픽셀은 작은 값이 값을 가진다.

$$\Delta D = [-D_{\max}, +D_{\max}] \quad (2)$$

$\Delta D$  신호의 평균 엔비로프(average envelope)  $D_{\text{envelope}}$ 을 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$D_{\text{envelope}} = 2 G_{\text{envelope}} (|\Delta D|) \quad (3)$$

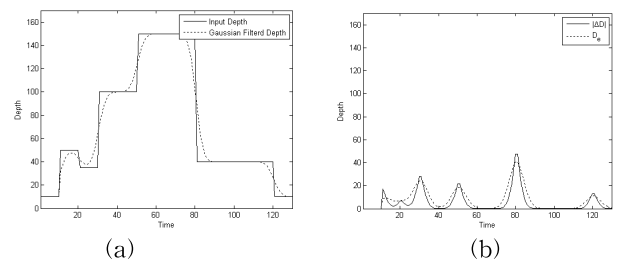
다음 식을 이용하여,  $D_S$ 를 구한다.

$$D_S = D_{\max} \frac{\Delta D}{D_{\text{envelope}}} \quad (4)$$

마지막으로, 입체영상생성에서 사용되는 최종 깊이 데이터  $D_F$ 는  $D$ 에  $D_S$ 를 합하여 구해진다.

$$D_F = D + D_S \quad (5)$$

그림 1은 식 (1)-(5)의 그래프를 보여준다.



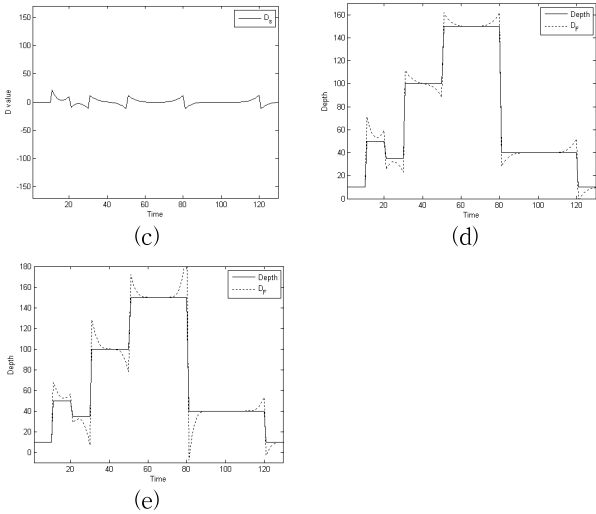


그림 1. 깊이데이터 및 생성 값들의 그래프

깊이 데이터로부터 CGH는 다음과 같이 얻어진다.  $D[i][j]$ 는 해상도가  $W \times H$ 인 깊이데이터이고, CGH(Computer Generated Hologram) 출력데이터로, 컴퓨터생성 홀로그램이다. Wave number,  $k = 2\pi/\lambda$ 이고, 여기서 RGB 파장중 Red 파장  $\lambda$ 는 9926043.4154818337이다. 또한 pixel pitch  $P$ 는 0.0000104 이다. 식 (6)-(8)은 CGH 홀로그램을 얻는 식이다.

$$z = (1 - \frac{D[i][j]}{255}) + 0.5 \quad (6)$$

$$R = \sqrt{(x \cdot P - i \cdot P)^2 + (y \cdot P - j \cdot P)^2 + z^2} \quad (7)$$

$$CGH[x][y] = \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} D[i][j] * \cos(k \cdot R) \quad (8)$$

식 (6)에 식 (5)을 대입하면, 식 (6)은 다음과 같이 계산된다.

$$z' = (1 - \frac{D[i][j] + D_s}{255}) + 0.5 = z - \frac{D_s}{255} \quad (9)$$

식 (9)를 (7)에 대입하면,

$$R' = \sqrt{(x \cdot P - i \cdot P)^2 + (y \cdot P - j \cdot P)^2 + (z - \frac{D_s}{255})^2} \quad (10)$$

$D_s \ll 255$ 이므로, 이를 무시하면,  $R' = R$ 로 가정할 수 있다. 따라서, 새로 구해지는 CGH는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} CGH'[x][y] &= \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} (D[i][j] + D_s[i][j]) * \cos(k \cdot R) \\ &= \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} D[i][j] * \cos(k \cdot R) + \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} D_s[i][j] * \cos(k \cdot R) \\ &= \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} D[i][j] * \cos(k \cdot R) + \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} D_s[i][j] * \cos(k \cdot R) \end{aligned}$$

위식에서 CGH 데이터에 2번째 항이 영향을 준다는 것을 알수 있다.

CGH를 이용하여 파장(wavelength) 영상을 생성한다. 파장은 Red는 633nm, Green은 532nm, Blue는 472nm로 설정된다. CGH는 한 장의 입력 깊이 데이터를 texture image와 depth로 사용한다. 즉, grayscale 깊이 데이터가 texture image로도 사용되는 것이다. 파장 홀로그램 데이터의 복원 객체영상을 생성하기 위하여 Hologvision[6]을 사용한다. 이 프로그램은 RGB 파장에 따라 생성된 데이터를 입력으로 사용하여 distance, wavelength등을 각 데이터에 맞게 설정한 후 실행을 하여 복원영상을 얻게 된다. Distance는 실제 공간상

에서 복원시킬 영상의 초점 거리이다. 따라서 distance를 변경하면 초점 거리가 틀려져 복원되는 영상에서 조금씩 차이가 발생한다.

### 3. 실험 결과

실험에서는 2개의 기계작된 깊이 데이터를 사용하였다. 실험 데이터는 bunny 및 ballet 깊이데이터이다. 실험에서는 Red의 파장 값을 이용한 홀로그램 영상을 위주로 결과를 보여준다. 그 이유는 CGH를 이용하여 파장별로 분리하면 최종적으로 홀로그램 영상을 생성하였을 때 Red의 파장 값을 사용하였을 때가 가장 화질이 우수하기 때문이다.

그림 2에서는  $D_p$  데이터를 CGH를 이용하여 생성한 파장영상과 Hologvision에서 생성된 복원 영상을 보여준다. 깊이 데이터를 변환하였을 때 토끼의 다리부분 윤곽이 더 뚜렷하게 나타난다. 또한 그림 3은 ballet 깊이데이터에 적용한 두 결과를 보여준다.

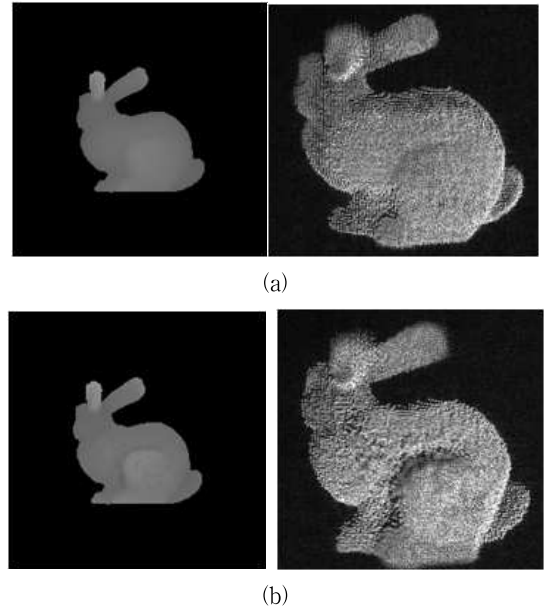


그림 2. bunny의 실험 결과. (a) 원 깊이 데이터 적용 (b) 변환된 깊이 데이터 적용

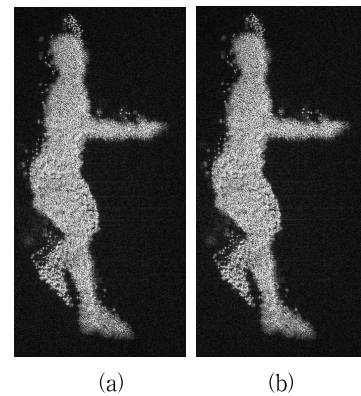


그림 3. Ballet의 실험 결과. (a) 원 깊이 데이터 적용 (b) 전처리된 깊이 데이터 적용

### 4. 결론

본 논문에서는 홀로그램 영상의 화질 개선을 위한 입력 데이

터의 전처리 기술을 제안하였다. 실험에서는 변환된 깊이 데이터를 사용하였을 때 홀로그램의 화질이 향상된 것을 확인하였다. 하지만 그에 반해 문제점도 있는 것이 확인되어 깊이 데이터 변환 알고리즘의 개선이 요구된다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과 (NIPA-2010-(C1090-1011-0003)) 및 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [KI002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리 요소 기술 및 SoC 개발]

### 참고 문헌

- [1] John R. Vacca, *Holograms & Holography: Design, Techniques, & Commercial Applications*, CHARLES RIVER MEDIA, INC. 2001.
- [2] O. Matoba, T. J. Naughton, Y. Frauel, N. Bertaux, B. Javidi, "Three-dimensional object reconstruction using phase-only information from a digital hologram", *Proc, SPIE* 4864, 2002, pp.122-128
- [3] A. Redert, "Visualization of arbitrary-shaped 3D scenes on depth-limited 3D displays," In *Proceedings of 3DPVT*, pp. 938-942, 2004.
- [4] Y. H. Seo, H. J. Choi, D. W. Kim, "Lossy coding technique for digital holographic signal", *Optical Engineering*, 45, 2006,5802, 1-10.
- [5] T. Ito, N. Masuda, K. Yoshimura, A. Shiraki, T. Shimobaba, and T. Sugie, "Special-Purpose computer HORN-5 for a real-time electroholography," *Optics Express*, Vol.13, No.6, March 2005.
- [6] <http://www.edge.no/projects/holovision>