

선명도를 향상시킨 고해상도 깊이맵 생성

장성은 김만배

강원대학교 IT대학 컴퓨터정보통신공학

{jse4485, manbae}@kangwon.ac.kr

Generation of High-Resolution Depth Map with Improved Sharpness

Jang, Seong-Eun Kim, Man-Bae

Dept. of Computer and Communications Eng., IT College, Kangwon National University

요약

본 논문은 선명도를 향상시킨 고해상도 깊이맵을 생성 방법을 제안한다. 현재 저해상도 깊이맵으로부터 생성되는 고해상도 깊이맵은 원 깊이맵과 유사도를 높이는 것에 초점이 맞춰져 있다. 본 논문은 기존 보간법들을 바탕으로 깊이맵에 고주파 성분을 사용하여 깊이맵의 선명도를 증가시킨다. 제안 방법은 저해상도 깊이맵으로부터 고주파 데이터를 생성 후, 깊이맵에 고주파 성분을 적용한 다음에 보간을 통하여 깊이맵을 고해상도 깊이맵으로 변환한다.

1. 서론

현재 다양한 3D 디스플레이 장치와 2D 영상의 3D 컨버전이 늘어감에 따라 깊이맵의 중요성이 더욱 커지고 있다. 하지만 현재 깊이맵 센서의 기술적 한계로 인하여, 얻을 수 있는 깊이맵의 해상도는 한정되어 있다. 또한 기존에 만들어진 저해상도 깊이맵들은 그대로 활용하기 어렵다. 이를 극복하기 위해 저해상도 깊이맵을 고해상도 깊이맵으로 상향변환이 필요하다.

저해상도 깊이맵을 고해상도 깊이맵으로 업샘플링(upsampling)하는 다양한 방법이 있다. 저해상도 깊이맵과 고해상도 칼라영상을 이용하여 고해상도 깊이맵을 만드는 JBU(joint bilateral upsampling)[1]와 저해상도 깊이맵으로부터 확률적 유사도를 고려하여 칼라 영상으로 불연속 정보를 이용하는 Markov 랜덤필드 보간법[2] 등이 있다. 이러한 방법들은 고해상도 칼라 영상을 사용하기 때문에 영상과 생성한 고해상도 깊이맵의 예지가 유사하다. 하지만 칼라 영상이 없는 영상에서는 사용할 수 없다는 단점이 있다. 저해상도 깊이맵만을 사용하는 방법은 bilinear 보간법, bicubic 보간법, bilateral 보간법등이 있다. 이와 같은 보간법은 깊이맵 한 장만 이용하여 업샘플링 가능하지만, 고주파 영역에서 열화 현상이 나타나는 단점을 가진다[3].

본 논문은 고주파 영역에서의 열화 현상을 뿐만 아니라 선명도를 향상시키는 고해상도 깊이맵 생성방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 깊이맵의 고주파 데이터를 생성하는 방법을 소개한다. 3절에서는 향상된 고해상도 깊이맵의 생성 방법을 제안한다. 4절에서 실험결과를 분석한 후 5절에서 결론을 맺는다.

2. 고주파 데이터 생성

저해상도 깊이맵의 고주파 성분을 추출하여 고주파 데이터를 생성한다. 고주파 성분을 추출하는 방법은 다음 식 1과 같다.

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

여기서, D 는 저해상도 깊이맵, G 는 Gaussian filter이다. D 와 G 의 convolution을 통해 고주파 성분인 ΔD 를 추출 할 수 있다. ΔD 를 저장하여 저해상도 깊이맵과 같은 크기의 고주파 데이터 생성한다.

3. 고해상도 깊이맵 생성

고해상도 깊이맵 생성 기법은 많은 연구가 있었지만, 본 논문에선 기본적인 bilinear interpolation, bicubic interpolation, bilateral upsampling을 이용한다. 그림 1은 고해상도 깊이맵을 생성하는 시스템이다.

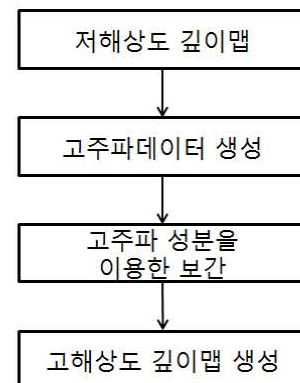


그림 1. 고해상도 깊이맵 생성 시스템

보간법에 따라 차이는 있지만 그림 1과 같은 순서로 고해상도 깊이맵을 생성한다. 저해상도 깊이맵이 입력되면 저해상도의 깊이맵을 토대로 고주파 데이터를 생성한 뒤에 고주파 데이터를 저해상도 영상

과 결합하여 보간하여 최종적인 고해상도 깊이맵 영상을 생성한다. 식 (2)는 주어진 영상을 보간하는 일반적인 과정을 나타낸 식이다.

$$\hat{f}(d) = \sum_k f(d_k) \beta(d - d_k) \quad (2)$$

식 (2)의 d_k 는 입력으로 주어진 저해상도 깊이맵 픽셀값 이고, $\hat{f}(d)$ 는 최종적인 고해상도 깊이맵 픽셀값이다. $\beta(d - d_k)$ 는 저해상도 깊이맵을 고해상도 깊이맵으로 변환해주는 일반적인 보간커널을 의미한다. $f(d_k)$ 와 $\beta(d - d_k)$ 의 convolution으로 고해상도 깊이맵 $\hat{f}(d)$ 를 생성한다. 본 논문에서는 선명도를 향상시키기 위한 방법으로 고주파 성분을 식 (3)과 같이 이용한다.

$$\hat{f}(d_s) = \sum_k f(d_k + \Delta D_k) \beta(d - (d_k + \Delta D_k)) \quad (3)$$

여기서, $\hat{f}(d_s)$ 는 선명도가 향상된 고해상도 깊이맵의 픽셀 값이다. 기존 저해상도 깊이맵의 픽셀값 d_k 와 고주파 데이터의 고주파 성분 ΔD_k 값을 결합하여 사용한다.

4. 실험결과

실험 결과 영상으로는 해상도가 420x370의 영상 bowling, cone, sawtooth를 이용하였다. 깊이맵을 2배 downsampling하여 해상도가 210x185인 저해상도 깊이맵을 제작했다. 실험 결과는 선명도를 측정하는 객관적 화질 평가의 하나인 SD(sharpness degree)[4]를 이용하였다. SD값이 크면 선명도가 높음을 나타낸다.

표 1. 선명도 성능 비교

실험영상 및 해상도 확대율	aloe	bowling	cone	sawtooth	평균
bilinear	74.76	47.77	54.37	9.61	46.63
bicubic	81.54	51.10	59.35	10.36	50.59
bilateral	78.11	49.18	57.71	10.19	48.80
proposed bilinear	157.13	87.24	97.32	29.04	92.68
proposed bicubic	171.36	92.11	105.58	31.01	100.02
proposed bilateral	161.34	82.60	100.96	29.02	93.48

표 1은 실험 영상에 대한 SD값을 보여준다. 선명도는 기존 보간법에 비해 제안된 보간법이 약 두 배 정도 향상함을 알 수 있다.

그림 2의 aloe의 실험 결과이다. 상단의 위치한 그림은 기존의 보간법을 사용한 고해상도 깊이맵이고, 하단의 깊이맵은 제안된 보간법을 사용한 고해상도 깊이맵이다. Red box로 표시된 부분의 경우 기존의 보간법의 경우 예지 부근에서 블러링이 발생했다. 하지만 제안된 보간법의 경우 예지 부근이 더욱 선명해 진 것을 볼 수 있다.

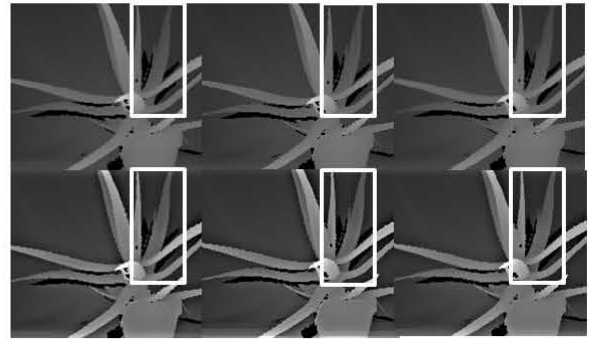


그림 2. Aloe 깊이맵의 실험 결과. 위는 기존 보간법을 아래의 제안된 보간법의 결과이다. (a) Bilinear interpolation, (b) Bicubic interpolation, (c) Bilateral interpolation.

5. 결론

본 논문은 선명도를 향상시킨 고해상도 깊이맵 생성 방법을 제안하였다. 저해상도 영상에서 고주파 성분을 추출하여 고주파 데이터를 제작하였다. 고주파 데이터를 이용하여 고주파 성분과 저해상도 깊이맵과 결합한다. 결합된 깊이맵을 보간하여 최종적으로 고해상도 깊이맵을 생성하였다. 제안된 방법으로 생성된 고해상도 깊이맵은 기존 보간 방법으로 제작된 깊이맵과 비교하여 블러링이 감소하고 선명도는 약 2배 이상 증가했다. 선명도는 객관적 화질평가인 SD를 이용하였다. 제안된 방법은 홀로그래프 같이 미래의 3차원 응용에서의 객체감 강조에 응용 될 수 있다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부 및 산업기술평가관리원의 산업융합 원천기술개발사업(정보통신)의 지원을 받았음 [KI002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리요소기술 및 하드웨어 IP 개발]

참고 논문

[1] J. Kopf, M. Cohen, D. Kischinski, and M. Uyttendaele, "Joint Bilateral Upsampling," ACM Trans. on Graphics, vol.23, no.3, article 96, pp.2:1-2:9, 2007.
 [2] J. Diebel and S. Thrun, "An application of markov random fields to range sensing," in NIPS, pp. 291 - 298, 2005.
 [3] S. Banerjee, "Low-power content-based video acquisition for super-resolution enhancement," IEEE Transactions on Multimedia, vol.11, Issue 3, pp.455-464, Apr. 2009.
 [4] C. Tsai, H. Liu, M. Tasi, "Design of a scan converter using the cubic convolution interpolation with canny edge detection," 2011 International Conference on Electric Information and Control Engineering (ICEICE), pp. 5813-5816, Apr. 2011.