

경계 보존 보간법을 이용한 깊이 영상의 해상도 및 품질 개선

김지현 최진욱 손광훈

연세대학교 전기전자공학과

khsohn@yonsei.ac.kr

Depth map Resolution and Quality Enhancement based on Edge preserving interpolation

Kim, Ji-Hyun Choi, Jin-Wook Sohn, Kwang-Hoon

Department of Electrical and Electronic Engineering

Yonsei University

요약

본 논문에서는 깊이 영상의 해상도와 품질을 향상시키는 방법을 제안한다. 일반적으로 2D-plus-Depth 구조의 3D 콘텐츠에서 깊이 영상의 품질이 매우 중요하다. 최근 들어 Time-of-Flight (TOF) 방식의 깊이 센서가 깊이 영상 획득에 많이 사용되고 있는데 TOF 깊이 센서가 제공하는 깊이 영상은 저해상도이기 때문에 고해상도 3D 콘텐츠를 제작하기 위해서는 깊이 영상의 해상도를 상향 변환하는 것이 필수적이다. 또한 고품질의 깊이 영상을 얻기 위해서는 물체 간의 경계를 정교하게 보존하는 것이 중요하다. 최근에는 깊이 영상의 해상도 상향 변환을 위해서 Joint Bilateral Upsampling(JBU) 방식이 많이 사용되고 있다. 본 논문은 깊이 영상의 해상도를 높임에 있어서 우선 보간법을 수행하여 영상의 상향 변환 시에 생긴 빈 홀들의 값을 채워준 후 Bilateral Filtering을 수행함으로써 성능을 높인다. 일반적으로 영상을 상향 변환을 할 때 다양한 방법들이 있는데 본 논문에서는 Nearest Neighborhood(NN), Gaussian과 경계 보존 보간법, 경계 보존 보간법과 Fast Curvature Based Interpolation(FCBI)를 결합한 보간법을 사용하였다. 실험 결과 제안 방법이 기존 방법보다 우수한 성능을 가짐을 보여준다. 또한 경계 보존 보간법과 FCBI를 결합한 보간법을 이용해서 상향 변환을 수행한 결과가 다른 보간법들에 의한 결과보다 우수하다는 점을 알 수 있다.

1. 서론

3D 산업이 발전함에 따라 3D콘텐츠의 부제가 큰 문제점으로 대두되고 있다. 2D-plus-Depth 구조의 3D 콘텐츠를 제작 하는데 있어서 무엇보다 중요한 것은 고품질의 깊이 영상의 구현이다. 3D 콘텐츠의 품질은 깊이 영상의 품질에 따라서 결정이 되기 때문에 정확한 깊이 영상이 요구된다. 깊이 영상을 획득하는 방법은 여러 방식들이 있는데 능동적 방식인 깊이 센서를 이용해서 깊이 영상의 정보를 얻는 방식이 최근 들어 많이 사용되고 있다. 깊이 센서로 얻은 깊이 영상은 해상도가 작고, 노이즈가 발생하는 단점이 있지만 실시간으로 정확한 깊이 영상을 얻을 수 있는 장점 때문에 현재 활발히 연구가 진행이 되고 있다.

깊이 영상은 물체 간의 경계면을 제외하고는 평활한 특성이 있다. 이런 점 때문에 깊이 영상을 상향 변환을 할 때에는 물체 간의 경계를 보존해 주는 것이 중요하다 [1].

[1]에서는 깊이 센서와 컬러 영상을 결합한 시스템을 기반으로 JBU방식을 활용해서 고품질 깊이 영상을 구현한다.

본 논문에서는 고해상도, 고품질 깊이 영상을 구현하기 위

해서 기존 JBU방식의 성능보다 우수한 경계 보존 보간법과 FCBI를 결합한 보간법 기반의 Bilateral filtering 방식을 제안한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 다양한 보간법들과 제안한 방법에 대해서 설명한다. 3장에서는 기존 방법과 제안한 방법의 실험결과를 비교해보고 4장에서는 결론으로 마무리 짓는다.

2. 본론

영상의 해상도를 상향 변환을 할 때 원 화소들 외에 값을 할당받지 못한 화소인 빈 홀들이 발생한다. 원하는 깊이 영상의 해상도가 커질수록 정보가 없는 화소들이 많아진다. 따라서 깊이 센서에서 얻은 깊이 영상의 해상도를 높일수록 활용할 정보의 양이 줄어들기 때문에 JBU 방식만을 통해서 깊이 영상을 상향 변환하면 문제점이 발생한다. 고해상도로 갈수록 오히려 기존의 영상과 다르게 영상을 왜곡시키는 블러 현상이 발생하고 정확한 경계를 얻을 수 없다. 본 논문에서는 이 문제점을 보완하고 경계를 보존하기 위해서 대표적인 4가지 보간법을 수행한 후 Bilateral filtering을 적용한다.

상향 변환을 할 때 발생하는 빈 홀들의 값을 추정하는 기술이 보간법이다. Nearest neighborhood 보간법(NN), Gaussian 보간법, Bilinear 보간법, Nonlinear 보간법 등 다양한 보간법이 있다. 간단

한 알고리즘으로 많이 활용되는 대표적인 보간법은 NN 보간법이
다. 이 방법은 보간이 되어야 할 화소에 가장 가깝게 이웃하고 있는
원 영상의 픽셀 값을 할당한다. 단순히 이웃한 화소의 값을 사용하
기 때문에 처리 속도가 빠르다는 장점이 있다. 하지만 고해상도의
이미지를 보간 할 경우 한 화소의 값을 가지는 보간 픽셀들이 많아
지기 때문에 블러 현상이 발생한다. Gaussian 보간법은 Gaussian
필터를 이용하기 때문에 이미지 영상을 흐릿해지는 현상이 나타나
다.

경계 보존 보간법은 비선형 필터를 기반으로 한 방법으로 이 필터
를 사용할 경우 다른 방법에 비해서 경계의 정보를 충분히 가질 수
있기 때문에 경계를 보존할 수 있다. Low Pass filter(LPF)를 적용
한 4개의 평행한 저해상도 깊이 영상의 화소들 a, b, c, d가 순서대로
주어졌을 때, 보간 될 화소는 (1)과 같이 구해진다. a와 b의 픽셀
값의 차와 c와 d의 픽셀 값의 차를 계산을 해서 경계의 위치를 확인
할 수 있다. 이 방식을 고해상도 영상의 수평 방향과 수직 방향으로
적용하여 정보가 없는 빈 홀들의 값을 채워준다. 수평 방향과 수직
방향으로 적용 후 남은 빈 홀들은 자신과 인접한 픽셀들의 평균값으
로 값을 정해준다.

$$x = \mu b + (1 - \mu)c$$

$$\mu = \frac{k(c-d)^2 + 1}{k((a-b)^2 + (c-d)^2) + 2} \quad (1)$$

이 방법은 매우 간단하지만 경계를 정확하게 보존해줄 뿐만 아니라
경계의 방향 특성을 고려할 필요가 없다. 영상의 수평방향과 수직방
향의 경계를 구분하고 LPF를 수행 후에 보간을 하기 때문에 대각선
방향의 경계 또한 잘 보존할 수 있다 [2].

FCBI 보간법은 먼저 보간 할 픽셀의 두 대각선 방향으로 이차 도
함수를 8개의 이웃한 픽셀들로 계산한다. 빈 홀은 두 대각선 방향의
이차 도함수 중 작은 이차 도함수의 방향에 있는 인접한 두 픽셀의
평균으로 채워준다. 이 보간법은 간단하고, 경계까지 보존해주는 장
점이 있다 [5].

본 논문에서는 경계 보존 보간법과 FCBI, 보간법 결합을 이용한 영
상의 상향 변환 방법을 제시한다. 고해상도 영상의 수평 방향과 수
직 방향의 빈 홀들은 경계 보존 보간법을 이용해서 채우고 남은 픽
셀들은 FCBI 보간법으로 채운다. 1차적으로 경계 보존 보간법으로
경계에 위치해 있는 픽셀들을 찾고, FCBI 보간법으로 남은 빈 홀들
을 채워주기 때문에 경계 보존 보간법을 통해서 보존하지 못한 경계
를 보완한다.

JBU를 바로 적용해서 고해상도의 깊이 영상을 획득하는 방법보다
는 우선 보간법을 통해서 최대한 많은 정보를 활용할 수 있는 깊이
영상을 얻은 후 Bilateral filtering을 통해서 고해상도, 고품질 깊이
영상을 획득한다. 깊이 영상에서 중요한 점은 영상의 경계는 정확하
게 부각하고 평활한 영역은 부드럽게 하는 것이므로 경계를 세밀하
게 보존하는 보간법을 통해서 깊이 영상의 해상도 개선 시 품질 개
선을 실현한다.

3. 실험 결과

제안한 방법은 다음의 환경에서 수행되었다. 실험을 한 모든 방법들
은 Visual Studio 2008에서 구현되었으며, 3D 영상 처리 분야에서 주
로 사용되는 “Cone”영상을 이용하였다. 원본 영상은 450*370 해상도
의 영상으로 원본 영상의 가로, 세로 크기의 1/10로 축소된 영상을 보
간 하였다. 결과 영상들에 대해서 객관적 지표인 Peak Signal to
Noise Ratio(PSNR)을 사용하여 결과 영상들 간의 품질을 비교하였
다.

그림 1에서는 원본 영상과 보간법 없이 JBU를 수행한 결과와 다양
한 방식의 보간법을 처리 후 Bilateral filtering을 처리한 결과를 확인
할 수 있다. 경계 보존 보간법과 FCBI 보간법을 적용 후에 Bilateral
filtering을 처리한 결과가 다른 방법들에 비해서 경계가 뚜렷한 깊이
영상을 얻음을 확인할 수 있다. 표 1에서 PSNR을 비교해보면 보간
법을 수행 한 후에 Bilateral filtering을 이용하는 것이 고품질 깊이
영상을 얻을 수 있다는 점을 알 수 있다. 또한 보간법들 중에서 경계
보존과 FCBI를 결합한 보간법의 PSNR이 가장 높다는 점을 확인할
수 있다.

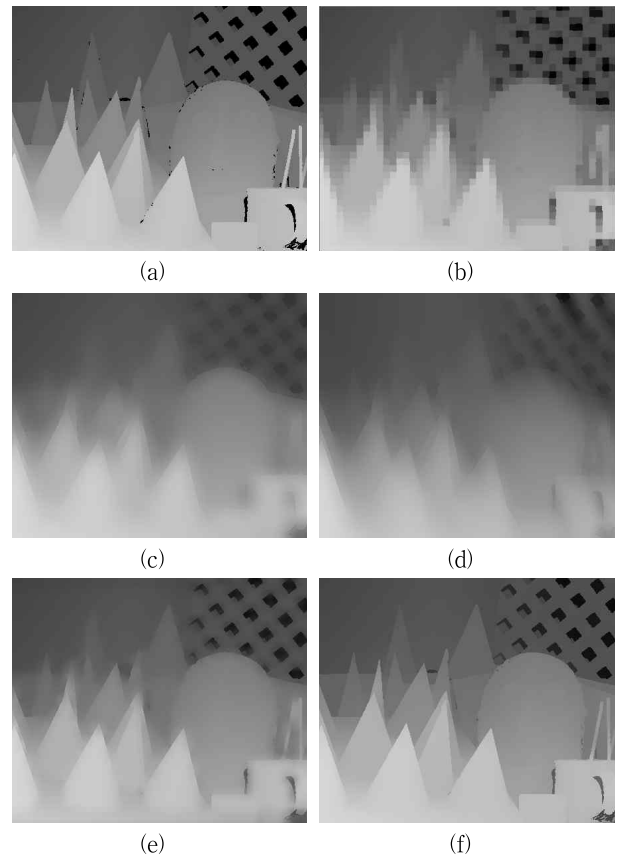


그림 1. (a) Ground truth, (b)보간법 없이 JBU, (c) NN 보간법 후 Bilateral filtering, (d) Gaussian 보간법 후 Bilateral filtering, (e) 경계 보존 보간법 후 Bilateral filtering, (f) 경계 보존과 FCBI 결합 보간법 후 Bilateral filtering

표 1. Ground truth 와 결과 영상들 간의 PSNR

JBU	18.834 [dB]
NN 보간법 후 Bilateral filtering	22.467 [dB]
Gaussian 보간법 후 Bilateral filtering	19.717 [dB]
경계 보존 보간법 후 Bilateral filtering	25.177 [dB]
경계 보존과 FCBI 보간법 후 Bilateral filtering	28.138 [dB]

4. 결론

깊이 영상의 해상도 개선 방법에 있어 기존 JBU방식보다 제안 방법이 높은 성능을 보임을 확인 하였다. 또한 경계를 보존해주는 보간법을 적용한 후에 Bilateral filtering을 처리한 것이 가장 뛰어난 품질의 고해상도 깊이 영상을 얻을 수 있다. 경계 보존의 성능이 뛰어난 보간법을 사용할수록 깊이 영상의 품질이 더욱 개선될 것이다.

5. 참고문헌

- [1] J. Choi, D. Min, B. Ham and K. Sohn, "Spatial and temporal up-conversion technique for depth video," in *Proc. IEEE Conf Image Processing*, pp. 3525-3528, 2009.
- [2] S. Carrato, G. Ramponi, and S. Marsi, "A simple edge-sensitive image interpolation filter," in *Proc. IEEE Int. Conf Image Processing*, vol. 3, 1996, pp. 711 - 714.
- [3] T. M. Lehmann, C. Gonner, K. Spitzer, "Survey: Interpolation Methods in Medical Image Processing", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 18, no. 11, 1999, pp. 1049-1075.
- [4] J. Kopf, MF. Cohen, D. Lischinski and M. Uyttendaele, "Joint bilateral upsampling," *ACM SIGGRAPH*, 2007.
- [5] Andrea Giachetti and Nicola Asuni, " Real time artifact-free image upscaling," *IEEE Transactions on, Image Processing*, 2011.