

적응적 가중치 보간법을 이용한 깊이 영상의 해상도 향상 기법

임 종 명, *유 지 상
*광운대학교 전자공학과
limjm@kw.ac.kr, *jsyoo@kw.ac.kr

Depth map resolution enhancement based on adaptive weighted interpolation

Jong Myeong Lim, *Jisang Yoo
Kwangwoon University

요 약

본 논문에서는 깊이 영상의 해상도를 향상시키는 기법을 제안한다. 최근 TOF(time-of-flight) 방식의 깊이 센서가 깊이 영상 획득에 많이 사용되고 있다. 그러나 TOF 깊이 센서가 제공하는 깊이 영상은 대부분 저해상도이기 때문에 고해상도의 콘텐츠 제작을 위해서는 깊이 영상의 해상도를 향상 시켜주는 것이 필수적이다. 본 논문에서는 깊이 영상의 해상도를 높이기 위하여 적응적 가중치 보간법을 적용한 후, Bilateral 필터링을 수행하여 품질을 높인다. 일반적으로 영상의 해상도를 높일 때 보간법을 많이 사용하는데, 본 논문에서는 이러한 보간법들을 사용하여 깊이 영상의 해상도를 높였을 때보다 제안하는 기법의 성능이 우수함을 실험을 통해 확인하였다.

1. 서론

최근 3D 서비스가 활성화됨에 따라 더 많은 3D 콘텐츠 수요가 발생하고 있으며 따라서 3D 콘텐츠 제작과 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다. 3D 입체 콘텐츠를 획득하는 방법으로 깊이 영상과 2D 컬러 영상을 이용할 수 있다. 하지만 이 경우 획득된 깊이 영상의 정확도에 따라서 생성되는 3D 입체 콘텐츠의 품질이 결정된다^[1].

깊이 영상을 획득하는 방법에도 여러 가지가 있는데 깊이 센서를 이용하여 깊이 정보를 얻는 방식이 최근 들어 많이 사용되고 있다. 그러나 깊이 센서로 획득된 깊이 영상의 경우, 그 해상도가 매우 낮다는 단점이 있다. 최근 깊이 영상의 해상도 및 품질을 개선하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

깊이 영상은 물체간의 경계면을 제외하고는 평활한 특성이 있다. 이런 특징 때문에 깊이 영상의 해상도를 향상시킬 때에는 물체 간의 경계를 보존해 주는 것이 중요하다.

본 논문에서는 획득된 깊이 영상의 해상도를 높이고, Bilateral 필터링을 수행하여 해상도가 향상된 깊이 영상의 품질을 향상시킨다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 제안하는 기법에 대해서 설명한다. 3 장에서는 보간법과 Bilateral 필터링을 활용한 방법과 제안한 기법들의 실험결과를 비교하고 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 제안하는 기법

그림 1 은 본 논문에서 제안하는 기법의 흐름도이다. 입력된 저해상도의 깊이 영상에 대하여 적응적 가중치 보간법과 Bilateral 필터링을 순차적으로 수행하여 향상된 해상도의 깊이 영상을 얻게 된다^{[2], [3]}.

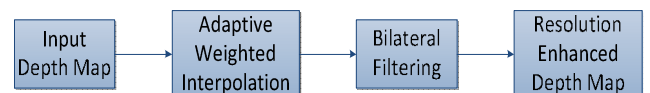


그림 1. 제안하는 기법의 흐름도

가. 적응적 가중치 보간법

기존에 많이 사용되는 보간법들은 구현이 간단하고 복잡도가 낮다는 장점이 있다. 하지만 기존의 보간법들은 고주파 성분의 손실로 인하여 영상에 존재하는 객체들의 경계 부분인 에지(edge)가 흐려지는 문제가 있고, 따라서 깊이 영상에 적용하기에는 무리가 있다. 따라서 본 논문에서는 에지 등의 객체 경계부분이 흐려지는 문제를 해결하고자 적응적 가중치 보간법을 제안한다. 보간 후에는 정제 작업을 위해 Bilateral 필터링을 수행하게 된다.

일반적으로 영상 내에서 하나의 화소는 주변에 있는 화소들의 선형 조합으로 나타낼 수 있다. 또한 이 선형 조합의 비율(가중치)은 대상 화소와의 거리 비율과

일치한다고 가정할 수 있다^[2].

그림 2는 제안하는 적응적 가중치 보간법을 1차원적으로 설명한 그림이며, 식 (1)~(4)는 이를 설명하는 수식이다. X는 저해상도 영상에서의 화소를, Y는 보간할 목표 대상인 고해상도 영상에서의 화소를 나타낸다. 식 (1)과 식 (2)는 저해상도 영상에서 좌, 우 화소들의 가중치 합으로 중앙의 화소를 나타낸 것이고, 식 (3)과 식 (4)는 그 가중치들을 활용하여 고해상도의 영상을 복원하는 과정을 나타낸 식이다.

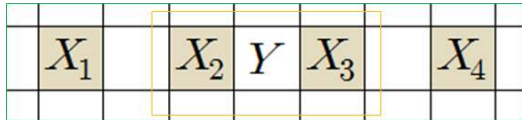


그림 2. 적응적 가중치 보간법

$$X_2 = \alpha_1 X_1 + (1 - \alpha_1) X_3 \quad (1)$$

$$X_3 = \alpha_2 X_2 + (1 - \alpha_2) X_4 \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (3)$$

$$Y = \alpha X_1 + (1 - \alpha) X_2 \quad (4)$$

식 (1)과 식 (2)에서 α 값은 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 중의 하나를 택하게 되는데, 이 이상으로 정밀해져도 효율성 면에서 크게 증가하지 않기 때문이다. 위의 다섯 개 값 중 가장 오차가 적은 값을 복원할 화소마다 적응적으로 사용하게 된다. 이 방식으로 가로 방향과 세로 방향에 적용하면 그림 3의 y1~y4에 해당하는 값들이 보간된다.

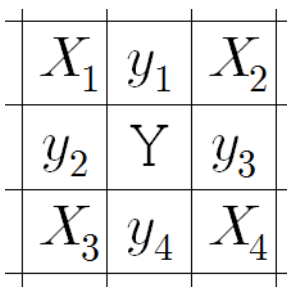


그림 3. 가로방향과 세로방향으로 적용한 결과

그림 3의 Y에 해당하는 위치를 보간할 때는 가로, 세로, 두 대각선 방향으로 주변의 방향성을 확인한 후, 최소의 에너지를 갖는 방향으로 적응적 가중치 보간법을 적용한다.

나. Bilateral 필터

1998년에 Tomasi 및 Manduchi에 의해 제안된 Bilateral 필터는 에지 구조를 보존하는 반면 잡음을 평활화시키는 비선형 필터이다^[3]. Bilateral 필터는 두 개의 가우시안 필터 즉, 도메인 필터(domain filter) 및 레

인지 필터(range filter)에 의해 동작하며 식 (5)로 정의된다.

$$I_p^b = \frac{1}{W_p^b} \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(|I_p - I_q|) \quad (5)$$

여기서 W_p^b 는 정규화 인자이며 식 (6)과 같이 정의된다.

$$W_p^b = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(|I_p - I_q|) \quad (6)$$

또한 식 (5)에서, I_p^b 와 I_p 는 각각 결과 영상과 입력 영상이다. $G_{\sigma_s}(\|p - q\|)$ 는 도메인 필터로 중앙 화소(p)로부터 공간적으로 가까운 화소들에게 가중치를 부여하는 역할을 한다. $G_{\sigma_r}(|I_p - I_q|)$ 는 레인지 필터로 중앙 화소값과 유사한 화소들에게 높은 가중치를 부여한다. σ_s 와 σ_r 는 각각의 필터의 폭을 의미하며 이 두 인자 값을 조정하여 에지 구조를 보존하면서 효율적으로 평활화를 시킬 수 있다^[4].

3. 실험 조건 및 결과

본 논문에서는 MPEG에서 제공하는 깊이 예측 참조 프로그램(Depth Estimation Reference Software, DERS)을 사용하여 획득한 깊이 영상에 대하여 가로와 세로의 길이를 1/4씩 줄인 후, 제안하는 기법과 보간법을 활용하여 원본 영상의 해상도로 복원한 후 그 결과를 비교한다.

표 1. 제안하는 기법의 성능 비교

보간법	PSNR[dB]
Nearest Neighbor	30.453
Bi-linear	31.780
Bi-cubic	31.437
제안하는 방법	35.388

표 1은 각각의 보간법과 제안하는 보간법을 적용한 후, Bilateral 필터링을 수행하여 원본 영상과의 PSNR을 측정된 결과이다. 표 1에서 제안하는 기법이 다른 보간법들에 비하여 약 4~5 dB 향상된 결과를 보여주고 있어, 다른 보간법들에 비하여 좋은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

그림 4에 실험에 사용한 Book_Arrival 영상의 깊이 영상을 보간법들과 제안된 기법을 이용하여 복원한 깊이 영상을 나타내었고, 그림 5는 그림 4에서 표시한 부분을 확대한 그림이다. 그림 5를 보면 제안된 기법이 기존의 보간법을 적용하여 영상을 확장한 후 Bilateral 필터링을 수행한 뒤의 결과에 비해 에지 성분들을 효율적으로 복원한 것을 시각적으로도 확인할 수 있다.

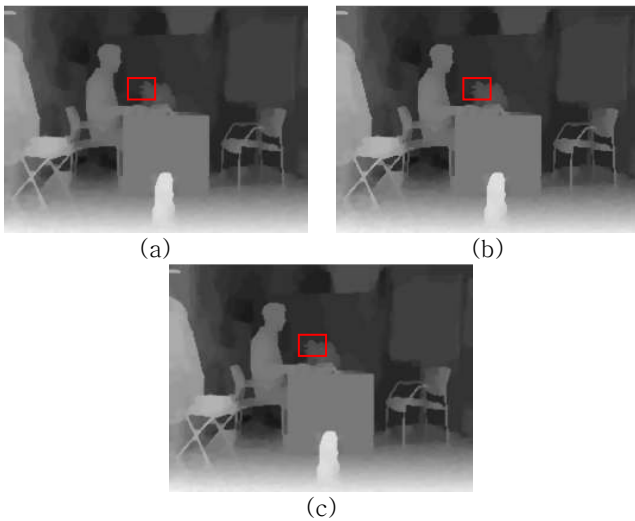


그림 4. 복원된 깊이 영상
(a)Bi-linear, (b)Bi-cubic, (c)제안된 기법

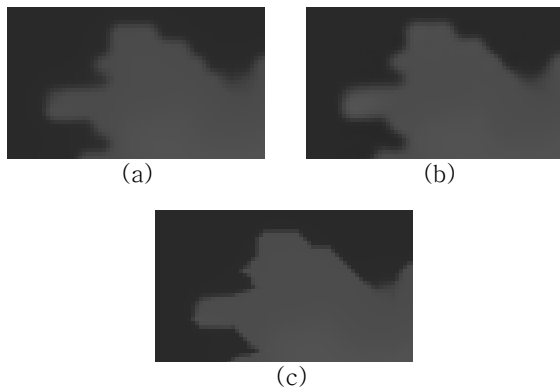


그림 5. 확대된 깊이 영상
(a)Bi-linear, (b)Bi-cubic, (c)제안된 기법

4. 결론

본 논문에서는 적응적 가중치 보간법을 활용하여 저 해상도의 깊이 영상의 해상도를 높이는 기법을 제안하였다. 제안하는 기법에서는 적응적 가중치 보간법을 적용한 후 후처리 작업의 하나로 Bilateral 필터를 적용하여 해상도가 증대된 깊이 영상의 화질 개선을 하였다. 제안하는 기법이 기존의 보간법들보다 성능이 우수하다는 것을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 적응적 가중치 보간법을 개선하여 고주파 성분인 영상의 에지 성분들을 좀 더 효율적으로 복원한다면 깊이 영상의 품질이 더욱 개선될 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리 요소 기술 및 하드웨어 IP 개발]

참고 문헌

- [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] Xin Li and Michael T.Orchard, "New edge-directed interpolation", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 10, no. 10, pp.1521-1527, Oct. 2001
- [3] C. Tomasi, and R. Manduchi, "bilateral filtering for gray and color images", *In Proc. IEEE Int. Conf. on Computer Vision*, pp.836-846, 1998
- [4] Sylvain Paris, and Fredo Durand, "A fast approximation of the bilateral filter using a signal processing approach", *Springer International Journal of Computer Vision*, pp.24-52, 2009