

거리변환을 이용하는 고해상도 깊이맵 생성

*장성은 **김만배

강원대학교 IT대학 컴퓨터정보통신공학과

*jse4485@kangwon.ac.kr, **manbae@kangwon.ac.kr

Generation of high resolution depth map using distance transform

*Jang, Seong-Eun **Kim, Man-Bae

Kangwon National University

요약

최근 카메라와 디스플레이의 발전에 따라 고해상도 영상이 요구되고 있다. 하지만 깊이를 획득하는 깊이센서 장치는 색상 영상에 미치지 못하는 저해상도 깊이맵을 주로 제공한다. 이에 따라 저해상도의 깊이맵을 고해상도 깊이맵으로 상향변환이 필요하다. 하지만 대부분의 보간법들은 edge에서 blur가 발생하는 경우가 있다. 따라서 본 논문에서는 distance transform(DT)를 이용하여 edge의 선명도를 향상시킨 고해상도 깊이맵 생성 방법을 제안한다.

1. 서론

현재 카메라와 디스플레이의 발전에 따라 고해상도 영상이 요구되고 있다. 그러나 깊이센서를 통해 얻어지는 저해상도 깊이맵은 해상도가 낮기 때문에 고해상도로 상향변환이 필요하다. 깊이맵 보간법중 하나인 bilateral upsampling 방법은 edge를 보전하고 노이즈를 제거하기 때문에 깊이맵 보간에 주로 사용된다[1]. 하지만 기존의 bilateral upsampling은 낮은 gradient에서는 blur가 발생하는 한계가 있다. 하지만 깊이맵에서 edge는 객체와 배경의 경계를 구분하기 때문에 중요한 역할을 한다.

따라서 본 논문은 기존의 bilateral upsampling의 한계를 극복한 선명도가 향상된 고해상도 깊이맵 생성하는 방법을 제안한다. 고해상도 깊이맵 생성방법은 edge 추출, distance transform(DT)[2], DT based bilateral upsampling 단계를 수행한다. 본 논문의 구성은 2절에서 DT방법을 소개한다. 3절에서는 제안하는 DT 기반 bilateral upsampling 방법을 설명한다. 4절에서 실험결과를 분석한 후 5절에서 결론을 맺는다.

2. Distance transform

DT는 한 영상에서 추출한 edge들과 그 영상에 존재하는 픽셀 사이의 최단 거리를 나타낸다[2]. DT는 각 픽셀들의 edge위치를 바탕으로 시작 위치에서부터 근처에 있는 여덟 방향의 픽셀 중에서 edge에 가장 가까운 픽셀로 이동하는 동작을 반복하여 결국 최종적인 DT값을 가진다. a-b distance transform식은 다음과 같다.

$$p^k(i,j) = \min \begin{pmatrix} q^{k-1}(i-1,j-1)+b & q^{k-1}(i-1,j)+a & q^{k-1}(i-1,j+1)+b \\ q^{k-1}(i,j-1)+a & q^{k-1}(i,j) & q^{k-1}(i,j+1)+a \\ q^{k-1}(i+1,j-1)+a & q^{k-1}(i+1,j)+a & q^{k-1}(i+1,j+1)+b \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서, k는 반복 횟수 이고, a와 b는 DT의 강도를 조절하는 인수이다. edge에서의 DT값은 0으로, 에지에서 멀어질수록 큰 DT 값을 가진다.

3. DT기반 bilateral upsampling

제안하는 DT기반 bilateral upsampling은 그림 1과 같이 진행된다.

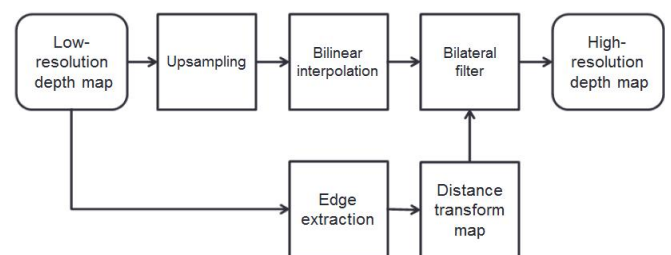


그림 1. DT-based bilateral upsampling

입력된 저해상도 깊이맵을 forward mapping하여 확대한다. 그림 다음 forward mapping시 발생하는 빈 픽셀을 bilinear interpolation으로 채운다. 다음 bilateral upsampling 단계에서 DT map을 사용하여 최종 고해상도 깊이맵을 생성한다.

DT기반 bilateral upsampling은 edge 추출, DT, upsampling의 단계를 거친다. 첫 번째로 edge를 추출하기 위해서 sobel edge 검출기를 이용한다. 저해상도 깊이맵의 edge를 추출, threshold를

적용하여 이진화된 edge map을 생성한다. 다음으로 생성된 edge map을 이용하여 2절에서 소개된 DT를 수행하여 DT map을 획득한다. DT map은 에지와 가까울수록 작은 DT값을, 멀수록 큰 DT값을 가지게 된다.

마지막으로 제안하는 upsampling을 수행한다. 식 (2)는 제안하는 DT 기반 bilateral upsampling을 표현한다.

$$D_{dt}^H = \frac{\sum_{q \in S} w_q \cdot D_q^L}{\sum_{q \in S} w_q} \quad (2)$$

여기서, D_{dt}^H 는 제안하는 방법으로 계산한 최종 픽셀값이고, S 는 저해상도에서의 필터 커널 크기이다.

가중치 w_q 는 다음과 같이 정의한다.

$$w_q = f(e_{dt} \cdot \|p - q\|) \cdot g(|D_p^L - D_q^L|) \quad (3)$$

식 (3)에서 f 는 공간 도메인 가중치 함수, g 는 범위 도메인 가중치 함수를 의미한다. 기존의 양측 필터는 edge인 경우와 non-edge인 경우에도 대해서, 거리에 비례하여 동일한 공간 도메인 가중치가 적용된다. 하지만 깊이맵은 중심픽셀이 edge의 위치에 따라서 값의 차이가 생기기 때문에 edge의 위치에 따라 참고하는 깊이값이 변화하도록 공간 도메인 가중치에 DT값을 적용하였다.

에지에 적응적인 f 는 식 (4)과 같이 정의한다.

$$f(e_{dt} \cdot \|p - q\|) = \exp\left(\frac{-e_{dt} \cdot \|p - q\|^2}{2\sigma_a^2}\right) \quad (4)$$

여기서, e_{dt} 는 DT값에 따라 범위 도메인 가중치 함수를 조절하는 가중치 조정 함수 (weighting control function)로 식 (5)와 같이 DT값 τ 의 지수함수로 계산한다.

$$e_{dt} = \exp(-\tau) \quad (5)$$

범위 도메인 가중치 함수 g 는 식 (6)과 같이 가우시안 함수로 계산한다.

$$g(|D_p^H - D_q^L|) = \exp\left(\frac{-|D_p^H - D_q^L|^2}{2\sigma_b^2}\right) \quad (6)$$

4. 실험 결과

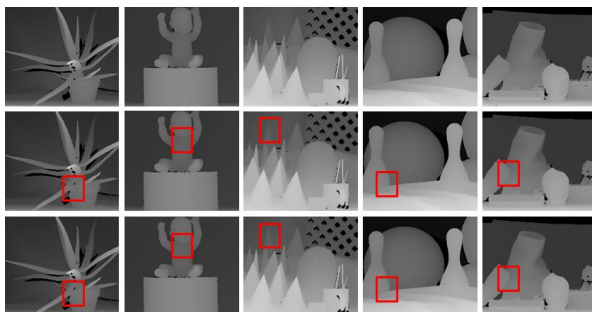


그림 2. 실험 결과. 위에서부터 왼 깊이맵, bilateral upsampling 깊이 맵, DT기반 bilateral upsampling.

그림 2는 실험 결과 영상이다. 실험 영상은 aloe, baby, cone, bowling, middro 420x370 해상도의 영상을 2배 downsampling한 후 2배 upsampling했다. 그림 2에서 영상에 표시된 box를 보면 기존의 bilateral upsampling에 비해 DT 기반 bilateral upsampling의 edge가 보전된 것을 알 수 있다.

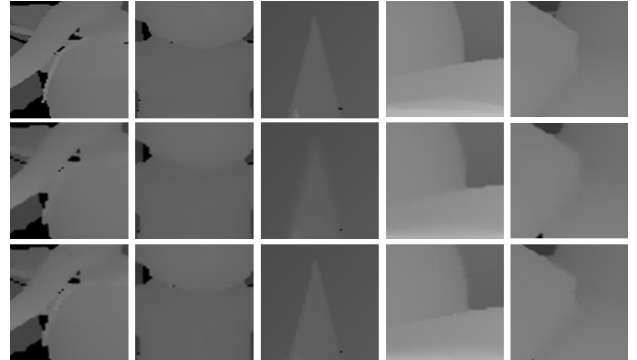


그림 3. 그림 2 확대 영상

그림 3은 그림 2의 box를 확대한 영상이다. 기존의 bilateral upsampling에서 흐려진 부분이 DT기반 bilateral upsampling에서 선명도가 향상 됐다.

5. 결론

본 논문은 선명도가 향상된 고해상도 깊이맵을 생성하기 위하여 DT를 bilateral upsampling에 적용하여 기존의 bilateral upsampling의 한계를 보완하였다. 저해상도 깊이맵에서 에지를 추출하고, 에지를 통해 DT map을 제작하였다. DT map을 기존의 bilateral upsampling의 공간도메인 가중치 함수에 적용하여 고해상도 깊이맵을 생성하였다. 생성된 깊이맵은 기존 bilateral upsampling보다 선명해 졌다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부 및 산업기술평가관리원의 산업융합 원천기술개발사업(정보통신) [KI002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리요소기술 및 하드웨어 IP 개발] 및 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 시스템반도체 상용화기술 사업 [10041082]의 지원을 받음

6. 참고문헌

[1] G. Borgefors, "Hierarchical chamfer matching: a parametric edge matching algorithm," IEEE T. Patten. Anal. Mach. Intell., 10(6), pp.849-865, 1988.
 [2] Tomasi, C., and Manduchi, R. "Bilateral filtering for gray and color images," In Proc. IEEE Int. Conf. on Computer Vision, 836-846, 1998.