

다시점 카메라와 저해상도 깊이 카메라를 이용한 효과적인 고해상도 변위 맵 생성 기술

강윤석, 호요성
광주과학기술원

{yunsuk, hoyo}@gist.ac.kr

Generation of High-resolution Disparity Map using Multiple Cameras and Low-resolution Depth Camera

Yun-Suk Kang and Yo-Sung Ho
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요 약

본 논문에서는 다시점 칼라 비디오 카메라와 한 대의 깊이 카메라를 사용하여 고해상도의 변위(disparity) 맵을 효과적으로 생성하는 방법을 제안한다. 일반적으로 신뢰 확산(belief propagation)을 이용한 스테레오 정합을 이용하여 고해상도 색상 영상에 대한 변위를 계산할 때, 물체에 의해 가려져 있던 부분이나 무늬가 없는 영역 등에서는 정확한 변위 정보를 얻기가 쉽지 않고, 연산의 복잡도도 매우 높다. 본 논문에서 제안하는 방법은 최종 결과의 품질 개선과 수행 시간의 단축을 위해 Time-of-Flight (TOF) 기술을 이용한 깊이 카메라를 사용하여 깊이의 평탄 영역 및 불연속 영역을 구분하고, 각 영역에 대해 깊이 카메라에서 획득한 초기 변위 정보를 바탕으로 스테레오 정합의 성능을 개선하여 기존의 방법보다 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

I. 서론

다시점 영상(multi-view image)는 인접한 여러 시점의 카메라로부터 장면에 대한 영상을 획득하기 때문에 양안식 영상에 비해 더 넓은 시야각과 생생한 입체감을 제공한다. 촬영된 다시점 영상으로부터 카메라와 카메라 사이의 좁은 공간에 새로운 시점을 만들어 내는 과정을 가상 시점 영상 생성이라고 하며, 가상 시점 영상 생성을 이용하여 궁극적으로는 마치 현장에 있는 것과 같은 자유시점(free viewpoint) 영상을 구현할 수 있다. 다시점 영상을 이용하여 가상 시점을 생성하기 위해서는 색상 영상과 함께 그에 해당하는 깊이 정보가 필요하다. 깊이 정보의 품질이 생성되는 가상 시점 영상의 품질과 연관되므로, 고품질의 깊이 정보를 구하는 작업이 매우 중요하다.

장면의 깊이 정보를 획득하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 크게 수동형과 능동형의 두 가지 방법으로 나눌 수 있다. 수동형 깊이 획득 방법은 색상 영상을 가지고 깊이 정보를 예측하는 방법으로써 스테레오 정합[1]과 2차원 영상의 3차원 변환 등이 이에 포함된다. 색상 영상만으로 깊이 정보를 얻을 수 있지만, 복잡도가 매우 높고 영상의 상태 및 적용하는 방법에 따라서 생성되는 깊이 정보의 품질이 많이 달라진다.

능동형 깊이 획득 방법은 하드웨어 기반의 방식으로 주로 깊이 카메라나 3차원 스캐너를 이용한다. 이 방법은 장비를 이용하여 장면의 깊이 정보를 영상으로 직접 획득하여 정확한 값을 구할 수 있는 장점이 있지만, 장비의 특성에 따라 사용 방법이 매우 까다롭고, 영상 내에 많은 잡음과 왜곡이 발생하는 등의 단점이 있다. 또한 동일 시점에서의 색상 정보가 제공되지 않는 경우에, 이를 별도로 찍어 영상을 서로 맞추는 일이 복잡하다.

최근에는 수동형 방식과 능동형 방식의 장단점을 서로 보완하며 함께 사용할 수 있는 혼합형 방법이 제안되었다. 이 방법은 양안식 혹은 다시점 카메라와 깊이 카메라를 함께 이용하여 장면의 깊이를 효율적으로 생성할 수 있다. 본 논문에서는 다섯 대의 다시점 카메라와 세 대의 깊이 카메라로 구성된 혼합형 카메라 시스템을 이용하여 촬영된 장면의 깊이 정보를 구하는 방법을 설명한다. 실험을 통해 제안하는 방법이 기존의 방법보다 빠른 시간에 더 정확한 깊이 정보를 생성함을 보였다.

II. 제안하는 방법

그림 1(a)는 촬영에 사용된 카메라 시스템을 보여 준다. 다섯 대의 색상 카메라와 세 대의 깊이 카메라가 배치되어 있다. 각 카메라에서 촬영된 영상은 그림 1(b)에 나타나 있다.

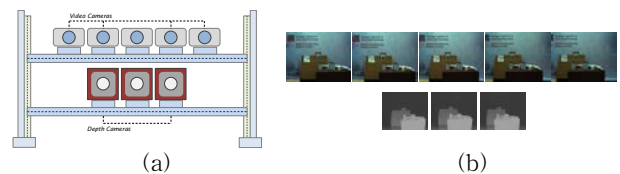


그림 1. 다시점 깊이 카메라 시스템

본 연구에서는 그림 1(b)와 같이 다시점 색상 영상과 깊이 영상을 촬영한 후, 촬영된 색상 영상에 대해 카메라 보정(camera calibration)과 영상 정렬 및 색상 보정을 수행한다. 또한 깊이 영상에 대해서는 렌즈 왜곡을 수정한 후에 카메라 보정을 수행한다 [2].

위 과정이 끝나면, 깊이 카메라 영상에서 Canny 방법을 이용하여 경계를 검출한다. 깊이 카메라 영상의 경계 정보란 객체와 객체 사이의 경계, 혹은 객체와 배경 사이의 경계를 의미한다. 검출된 경계 영역을 바로 위 색상 영상의 위치로 3차원 영상 투영(warping)을 통해 이동한 후, 팽창과 침식 연산을 이용하여 그림 2와 같은 깊이-불연속 맵을 생성할 수 있다. 깊이-불연속 맵은 색상 영상에서 깊이의 불연속 구간과 깊이의 연속 구간, 즉 깊이 값의 급격한 변화가 없는 부분을 구분해 준다.



그림 2. 색상 영상과 깊이-불연속 맵

이제 색상 영상에 대해 스테레오 정합을 수행하여 장면의 깊이 정보를 계산한다. 에너지 함수 최적화를 위한 데이터 항을 구하기 위해서 깊이 카메라 영상과 그림 2에서 구한 깊이-불연속 맵을 이용한다. 먼저 깊이 카메라에서 촬영한 깊이 영상은 3차원 투영을 통해 색상 영상의 위치로 이동된 후 색상 영상에서의 변위 값으로 변환된다 [3]. 이 정보를 기반으로 하여 데이터 항을 계산할 때 다음과 같은 기준으로 계산한다.

먼저 깊이의 변화가 없는 부분에 대해서는 해당 화소로부터 일정한 크기의 영역 내에 깊이 카메라에서 획득된 값이 있으면 데이터 항의 계산 없이 해당 화소의 초기 변위 값으로 그대로 사용한다. 깊이-불연속 구간에서는 현재 화소로부터 영역 내에 깊이 카메라에서 획득된 값이 있으면 그 값을 기준으로 짧은 탐색 영역을 할당하여 현재 화소로부터 일정한 크기의 영역 내에 있는 깊이 카메라의 값으로 초기 변위를 결정하고, 깊이 카메라에서 획득된 값이 없으면 전체 변위 영역에 대한 탐색을 수행한다. 이렇게 하면 측정된 값에 기반한 초기 변위를 빠르게 획득할 수 있다.

III. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 실험하기 위해 두 종류의 영상을 촬영하여 사용했다. 실험에 사용된 다시점 색상 영상의 크기는 1280x960이고, 깊이 카메라 모델은 Mesa Imaging 사의 SR4000을 사용하여 176x144의 작은 해상도의 영상을 촬영했다.

세 위치의 깊이 카메라 영상은 3차원 영상 워핑(warping) 방법을 이용하여 바로 위 시점의 색상 카메라 위치로 투영했고, 이때 얻은 변위 값을 스테레오 정합 과정의 초기 값으로 사용하여 계산 시간을 줄였다. 또한 왼쪽과 오른쪽 시점의 영상을 모두 사용해 스테레오 정합을 수행하여 물체의 가려짐 영역에 대해 강한 결과를 얻을 수 있었다.

그림 3은 실험에 사용된 영상에서 카메라 2번과 4번 시점에서 변위 맵 생성 결과를 보여 준다. 텍스처 정보가 약한 배경 부분이나 객체 경계 영역에서도 깊이 정보가 잘 생성된 것을 볼 수 있다.

본 실험에서 생성된 깊이 정보의 품질을 평가하기 위해서 카메라 2번과 4번 시점의 색상 영상과 구해진 변위 맵을 이용하여 3번 시점에서의 가상 시점 영상을 생성하고, 3번 시점에서 찍은 원본 영상과 비교한 결과를 표 1에 나타내었다.

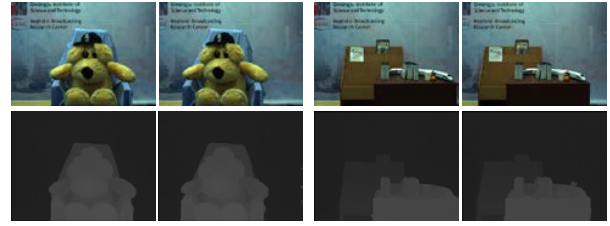


그림 3. 2번과 4번 시점에서의 변위 맵 생성 결과

표 1. 가상 시점 합성 결과

	영상 1		영상 2	
	PSNR (dB)	수행시간 (초)	PSNR (dB)	수행시간 (초)
신뢰확산	30.86	90.72	28.37	104.29
제안방법	32.59	64.53	32.25	73.24

실험 결과를 올바르게 비교하기 위해 신뢰확산 방법을 이용한 스테레오 정합 방법을 동일한 영상에 수행하고, 생성된 변위 맵을 이용해 3번 시점에서의 영상을 합성했다. 합성된 영상의 품질 평가를 위해서는 원본 영상과의 PSNR 값을 비교했고, 2번과 4번 시점의 변위 맵을 구하는 평균 시간을 나타내었다.

표 1에서 보는 것과 같이, 본 논문에서 제안하는 방법을 이용하면 기존 방법에 비해 수행 시간을 줄이고 더 정확한 깊이 정보를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 다시점 색상 카메라와 깊이 카메라로 촬영된 영상에서 장면의 깊이 정보를 효율적으로 구하는 방법을 제안했다. 깊이 카메라로부터 얻은 정보를 통하여 깊이-불연속 영역을 결정하고, 깊이 카메라 값의 신뢰도가 높은 영역에 대하여 변위 값을 직접 선택함으로써 스테레오 정합의 수행 시간을 줄이고, 더 정확한 깊이 정보를 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2012년도 콘텐츠산업기술지원사업으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] P.F. Felzenszwalb and D.P. Huttenlocher, "Efficient Belief Propagation for Early Vision," International Journal of Computer Vision, vol. 70, no. 1, pp. 41-54, Oct. 2006.
- [2] A. Wang, T. Qiu, and L. Shao, "A Simple Method of Radial Distortion Correction with Centre of Distortion Estimation," Journal of Mathematical Imaging and Vision, vol. 35, no. 3, pp. 165-172, 2009.
- [3] Y.S. Kang and Y.S. Ho, "Disparity Map Generation for Color Image Using a TOF Depth Camera," 3DTV Conference, pp. 46(1-4), May 2011.