

테이블 탑 시스템을 위한 깊이 카메라 보정 기법*

윤경담, 우운택
 광주과학기술원 U-VR 연구실
 e-mail : {kyun, wwoo}@gist.ac.kr

A Calibration Method for Depth Camera on Table-top System

Kyungdahm Yun and Woontack Woo
 GIST U-VR Lab.

Abstract

Integrating depth camera with table-top system has shown several difficulties mainly caused by inconsistent surface reflectance. The proposed method alleviates the problem by depth calibration process which consists of depth refinement, ground model estimation and update with hot spike removal.

I. 서론

최근 테이블 탑 기반 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되면서 사용자와 컴퓨터 간의 물리적인 상호작용이 부각되고 있다. TUI(Tangible User Interface)로 대변되는 이러한 시스템은 손이나 실제 물체 등을 이용하는 직접적이고 직관적인 인터페이스를 요구하며 영상 기반의 입력 장치를 주로 적용한다[1]. 특히 적외선으로 컬러와 깊이 영상을 동시에 획득할 수 있는 깊이 카메라(depth camera)[2]를 사용하면 기존의 2차원 평면에서 벗어나 3차원 공간을 활용하는 상호작용이 가능하다. 이때 적외선을 활용하는 카메라의 구조상 다량의 노이즈가 발생하고, 테이블 표면 자체의 반사 특성으로 인해 부정확한 깊이 정보가 획득되는 문제가 관측된다. 즉, 적외선 반사의 중심인 테이블 중앙을 기준으로 불룩하게 왜곡된 깊이 지도(depth map)가 형성되고, 주변의 강한 조명에 의해 일부 정보가 소실되며, 카메라

의 적외선 발광부가 테이블 표면에 투영되어 특이 영역이 형성되기도 한다.

본 논문에서는 테이블 탑 환경에 깊이 카메라를 적용할 때 발생하는 문제들을 해결하기 위한 보정 기법을 제안한다. 제안된 방법은 정제된 깊이 정보를 기반으로 곡면 형태의 깊이 왜곡 모형을 형성하여 원본 영상을 보정한다. 이 과정은 실시간으로 수행되고, 상호작용으로 인한 환경 변화에 동적으로 대응하며, 깊이 지도의 비균일성을 최소화한다.

II. 본론

2.1 시스템 개요

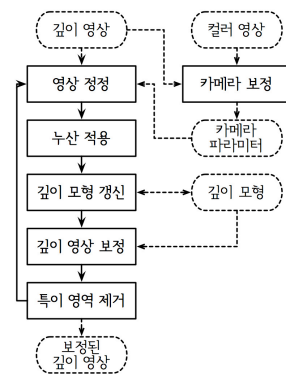


그림 1. 깊이 영상 보정 흐름도

시스템은 테이블 상단에 위치한 프로젝터와 테이블 표면을 일정 높이 상에서 평행하게 촬영하는 깊이 카메라

* 본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 연구결과로 수행되었음

라로 구성되어 그림 1의 과정을 수행한다. 시간 t 에서의 원본 깊이 영상 D_t 는 $\overline{D}_t = p(\widetilde{D}_t - M_t)$ 로 보정되며, 이때 $\widetilde{D}_t = f(D_t)$ 이다. f 는 카메라 파라미터를 이용한 영상 정정과 노이즈 제거를 위한 누산 과정, M_t 는 지면에 대한 깊이 왜곡 모형, p 는 특이 영역 제거를 위한 후처리를 의미한다.

2.2 깊이 모형 생성

물체가 놓이지 않은 테이블에서는 균일한 평면 형태의 깊이 지도가 관측되어야 하지만 서론에서 언급된 요인들로 인해 곡면 형태로 왜곡된다. 이를 보정하기 위해 시간 t 에서 관측된 테이블 표면에 대한 깊이 지도를 깊이 모형 M_t 로 활용한다.

초기 획득한 참조 영상 $M_0 = D_0$ 만 사용하는 방법도 있지만[3], 이후 동적인 갱신이 어렵고 주변 환경에 의해 발생하는 특이 영역을 제거하지 못한다는 단점이 있다. 제안하는 방법은 보다 일반적인 수치 모형으로 $M_t(x, y) = a_t x^2 + b_t y^2 + c_t x + d_t y + e_t$ 의 2차 곡면을 도입하고 각 픽셀 좌표와 해당 깊이를 대입한 최소제곱법(least squares)으로 추정한다.

2.3 깊이 모형 갱신

깊이 모형은 매 프레임 $M_t = m(M_{t-1}, f(D_t))$ 으로 갱신된다. m 은 위의 곡면 추정 과정으로 이전 프레임의 결과에 기반하며, 각 입력에 대한 경험적(heuristic)인 선별을 포함한다. 모형은 테이블 표면에 물체가 없는 상황을 가정하기 때문에 물체의 삽입은 해당 높이 h_t 만큼의 오차를 유발한다. 또한 물체와 주변 환경 간의 간접 반사 현상으로 깊이 지도가 미세하게 변화하는 경우도 있다. 이렇게 동적인 오차를 제거하기 위해 $|h_t - h_{t-1}| > \delta$ 인 경우에만 새로운 물체의 등장으로 판단하여 추정에 활용하고, 그외의 경우에는 관측 오차로 가정하여 무시한다. δ 는 역치로써 8비트의 256 단계중 약 10%인 25를 할당하여 실험하였다.

2.4 특이 영역 제거

깊이 지도에서의 특이 영역은 깊이 왜곡 모형으로 표현하기 어려울 정도의 큰 오차를 나타내는 부분으로, 테이블 주변 환경의 물리적인 영향으로 인해 발생하는 경우가 대부분이다. 예를 들어 테이블 표면에서 반사되는 적외선이 강한 조명에 의해 산란되거나 카메라의 적외선 발광부가 표면의 유리판에 집중 반사되기도 한다. 전자의 경우 깊이 계산이 어려워져 깊이 영상 속에 구멍이 난 것처럼 관측되는데, 그 영역이 크지 않다면 이

전 단계에서 추정된 모형으로 제거할 수 있다. 하지만 후자의 경우 극단적으로 높은 값으로 표현되어 별도의 제거 절차가 수반되어야 한다. 라플라시안(Laplacian) 변환 이후 인식(blob detection) 과정을 통해 해당 영역이 발견되면 영상 복원(inpainting) 기법을 적용한다.

III. 실험결과

그림 2는 깊이 영상 보정 결과를 보여준다. 상단은 테이블 위에 물체가 놓이지 않은 초기 상태의 결과이며, 하단은 상자 형태의 물체 3개가 배치된 상황이다. 원본 영상에서 곡면으로 왜곡된 지면이 평면으로 보정되었으며, 긴 막대로 표현되는 특이 영역이 사라졌다. 또한 물체가 있는 경우, 보정 후에도 그 윤곽을 명확하게 구별할 수 있었다.

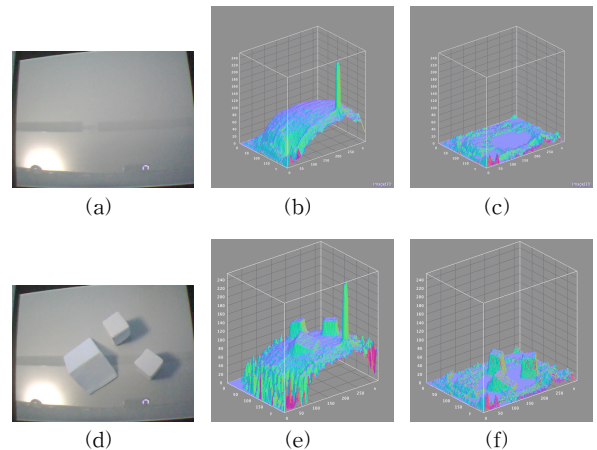


그림 2. 물체가 없는 경우(상단)와 있는 경우(하단) 각각의 깊이 영상 보정 결과
(a)(d) 원본 영상 (b)(e) 원본 깊이 영상 (c)(f) 보정 결과

IV. 결론 및 향후 연구 방향

제안된 보정 기법은 테이블 탐 시스템 상에서 실제 물체와의 상호작용 시 발생하는 오류를 제거하여 보다 정확한 깊이 영상을 제공한다. 향후 연구에서는 보정 결과에 대한 정량적인 평가가 이루어질 것이다.

참고문헌

[1] Ishii, H. and Ullmer, B., Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, CHI, pp. 234-241, 1997.
 [2] www.3dvsystems.com
 [3] Wilson, A., Depth-Sensing Video Cameras for 3D Tangible Tabletop Interaction, Tabletop, 2007.