

포인터 레이저를 이용한 휴대용 3D 스캐너

이경미 장현수 *유훈

상명대학교 디지털미디어 학과

*hunie@smu.ac.kr

A Portable 3D Scanner using Single Point Laser

Kyungme Lee Hyunsoo Jang *Hoon Yoo

Dept. Digital Media , Sangmyung University

요약

본 논문은 포인터 레이저를 이용한 3D 스캔 방식을 제안한다. 3D 스캔이란 물체의 3차원 정보(x, y, z)를 추정하는 기술이다. 3D 스캔 기술은 과거에서부터 많은 연구가 진행 되었으며 스테레오 카메라, 패턴 인식 등 다양한 방식으로 3차원 정보를 추정 한다. 기존의 방식들은 물체의 표면 정보를 정확하게 스캔하는 장점을 가졌지만, 스캐너의 비용이 비싸고, 그 부피가 크다는 단점 때문에 상용화에 어려움이 많다. 본 논문은 기존 방법보다 부피가 작고 가벼우며 시스템 비용이 적은 포인터 레이저를 이용하여 3차원 정보를 추정하는 방법에 대하여 설명한다. 물체의 깊이 정보(z)에 따른 포인터 레이저의 영상에서의 위치 변화를 통하는 방식으로 3차원 정보 추정을 구현 하였다. 실험을 통하여 포인터 레이저만으로도 3차원 정보가 추정 되는 것을 확인 한다. 위 방법은 3D 스캐너의 부피가 최소화 되므로 다양한 제품에 부착되어 3D 스캐너의 상용화를 기대한다.

1. 서론

3D 스캔이란 물체의 3차원 정보를 획득하는 기술이다. 3차원 정보는 물체의 밀도 등 내부의 3차원 화소(voxel)를 추정 하는 기술과 물체의 표면 정보를 획득하는 기술로 구분된다[1]. 3차원 화소를 추정하는 기술은 주로 CT(Computed Tomography), MRI(Magnetic Resonance Imaging) 등에서 사용 되고 3D 스캔 에서는 물체의 표면 정보를 획득 하는 기술이 사용된다.

3D 스캔을 통해 물체의 표면 정보를 획득 하는 방법은 여러 가지 방법이 존재한다. 레이저를 이용하는 방식과 패턴을 이용하는 방식, 그리고 스테레오 카메라 방식 등이 물체의 표면 정보를 획득하는 대표적인 방식이다[3]-[6]. 레이저를 이용한 방식이 가장 정확하게 표면 정보를 획득 하지만 비용적 문제 때문에 상용화 되지 못하였다[8]. 그래서 레이저를 이용한 방식보다 효율적인 패턴 프로젝션 방식과 스테레오 방식이 연구 되었다. 이 두 방식은 높은 정확도를 가지지만, 시스템의 복잡도가 높고 부피가 크다는 단점 때문에 상용화 되지 못하고 스마트폰과 같은 휴대형 제품에 적용시킬 수 없다.

제안하는 방법은 포인터 레이저와 단일 카메라를 사용한다. 물체와 카메라의 거리 변화에 따라 레이저 포인터의 위치가 변화 하는 것을 기반으로 하여 실시간으로 표면 정보를 추정한다. 최소 자승법(Least squares solution)을 통해 레퍼런스 영상(Reference image)에서 물체의 깊이 정보와 레이저 포인터의 위치 사이의 관계식을 찾고, 이진화와 레이블링을 통해 물체의 깊이 정보를 추정한다. 또한 제안하는 방법은 기존의 방식이 가지는 시스템의 복잡도와 부피 문제를 해결하여 상용화에 큰 장점을 가진다.

2. 기존방법

3D 스캐너는 물체의 표면 정보를 획득하는 것이다. 물체의 표면 정보를 획득하는 방법은 크게 스테레오 카메라 방식과 프로젝션 방식으로 나뉜다. 스테레오 카메라 방식은 다른 각도에서 입력받은 두 장의 사진에서 나타나는 물체의 위치 차이(disparity)를 통해 정합하여 3D 표면 정보를 추출한다.

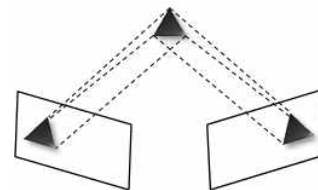


그림 1 스테레오 카메라

스테레오 카메라 방식은 다른 각도에서 촬영된 영상에서 나타난 물체의 위치 차이를 가지고 에피폴라 기하학을 이용한다. 먼저, 카메라를 통하여 영상을 얻을 때 생기는 기하학적 왜곡(geometric distortion)을 해결해야 한다. 왜곡은 두 영상 사이의 기하학적 관계를 통해 구할 수 있는 기본행렬(fundamental matrix)이나 카메라의 내부 파라미터를 이용하여 구할 수 있는 핵심행렬(essential matrix)를 이용한다. 행렬을 이용하여 영상의 왜곡을 해결하면, 물체의 깊이정보 $Z = \frac{f \times e}{p \times \sigma}$ 를 이용하여 구한다. f 는 카메라 렌즈의 초점거리, e 는 카메라 사이의 거리, p는 영상의 가로 길이, σ 는 영상에서 나타나는 물체의 위치 차이를 나타낸다.[12]

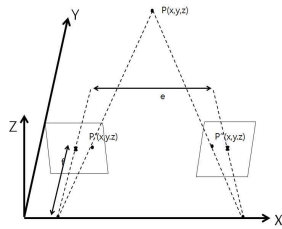


그림 2 스테레오 카메라 방식의 기본 원리

패턴 프로젝션 방식은 측정하고자 하는 물체에 빛을 투사하여 정보를 추출해 낸다. 평면에 빛을 투사하고 카메라를 통해서 입력받으면, 영상에 나타나는 빛의 패턴은 물체의 굴곡에 따라 왜곡이 생긴다. 영상에 나타나는 왜곡을 통해서 물체의 깊이정보를 추정하게 된다.

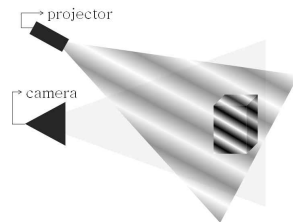


그림 3 패턴 프로젝션

프로젝션 방식은 이원 패턴(binary pattern), 회색 단계 패턴(grey-level pattern), 격자무늬 패턴(grid pattern)등 다양한 패턴이 사용되고, 그림 3의 삼각 함수를 이용하여 깊이정보(Z)를 획득한다. 삼각형의 카메라와 프로젝터 사이의 거리(B)와 왜곡된 정도(d)의 비를 이용하여 깊이정보 $Z=(L-Z)d/B$ 로 구한다.[1]

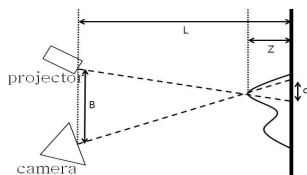


그림 4 패턴 프로젝션 방식의 기본원리

3. 제안하는 방법

본 논문에서 제안하는 방법은 포인터 레이저와 단일 카메라를 사용한다. 전처리를 통하여 깊이 정보에 대한 매핑 테이블을 만들고, 매핑 테이블을 이용하여 물체의 깊이 정보를 추정하는 것이다. 물체의 표면 정보를 획득하는 과정은 그림 5의 순서로 진행된다.

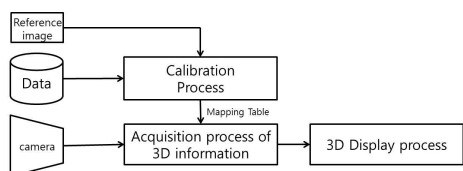


그림 5 제안하는 방법의 시스템 흐름

전처리 과정에서는 레퍼런스 영상을 가지고 매핑테이블을 만든다. 매핑 테이블은 영상에서 카메라와 물체 사이의 거리 변화에 따라 나타나는 포인터 레이저의 위치 변화를 이용한다.

매핑 테이블을 이용하여 3차원 정보를 추정하는 과정은 물체의 표면정보(x, y, z)중 (x,y)를 구하는 과정과, z를 구하는 과정으로 나눌 수 있다. (x, y)를 구하는 방법은 카메라의 움직임에 따라 나타나는 물체의 위치 변화를 이용한다.

z를 구하는 방법은 전처리 과정에서 구한 매핑 테이블을 이용한다. 매핑테이블은 포인터 레이저의 위치에 따른 물체의 깊이정보를 나타내므로, 영상에 나타나는 포인터 레이저의 위치를 추출해내게 된다.

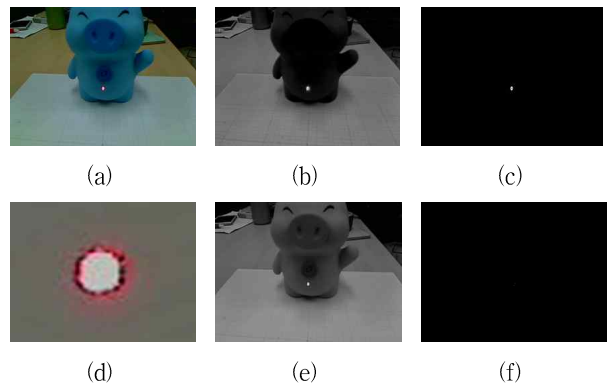


그림 6. 흑백 평면과 Red 평면 이진화 비교

- (a) 원본 영상 (b) R 평면 영상 (c) Red 평면 이진화
- (d) 포인터 레이저 (e) 흑백 영상 (f) 흑백 영상 이진화

포인터 레이저의 위치를 추출하기 위해서 영상에 레이저 포인터에 대한 정보만을 남긴다. 영상에 나타나는 포인터 레이저는 그림 6(d) 같이 중심부가 하얗고 주변부가 빨갛다. 따라서 R plane 만 획득한 영상을 가지고 이진화를 수행하여 포인터 레이저의 위치를 찾는다. 레이저 포인터의 위치 중 y값을 가지고 매핑 테이블에 대입 시켜 물체의 깊이 정보를 추정한다.

4. 실험 결과 및 토의

제안된 방법을 이용하여 전처리 과정인 매핑 테이블을 구성하고, 매핑 테이블을 이용하여 깊이 정보들을 제시한다. 하드웨어는 카메라에 포인터 레이저를 부착하여 구성하고, 입력받는 영상의 크기는 800×600을 사용하고 카메라는 2차원으로만 움직인다고 가정하였다.

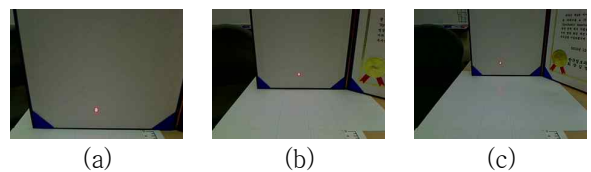


그림 7 매핑 테이블을 구하기 위한 실험 영상

- (a) 20cm (b) 35cm (c) 50cm

그림 7 은 전처리 과정으로 매핑테이블을 만들기 위한 실험 영상이고, 초기에 한번만 수행하여 설정한다. 물체와 카메라 사이의 거리를

일정하게 증가시키면서 영상을 얻고, 영상에 나타난 포인터 레이저의 위치와 거리의 상관관계를 구하였다. 완성된 매핑테이블은 $y = 14042.016/x - 10.826$ 이다.

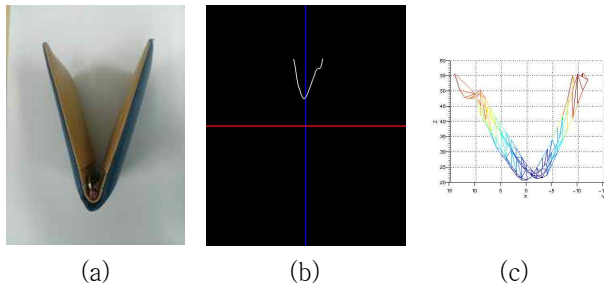


그림 8 물체 스캔 결과

그림 8은 (a)의 물체를 스캔하여 나타낸 결과 영상이다. (b)는 top view 영상으로 물체의 윤곽선 V가 잘 나타난 것을 확인할 수 있고 (c)는 물체의 스캔결과를 mesh로 나타낸 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 물체의 표면 정보를 포인터 레이저와 단일 카메라로 인식하는 방법을 제시하였다. 전처리 과정을 통해 매핑테이블을 구한다. 물체의 표면정보를 획득할 때에는 포인터 레이저의 위치를 이용하고, 제안하는 방법의 3D 스캐너는 원본 물체의 표면 정보와 유사한 영상을 획득하였다. 기존 방법보다 연산량이 줄고 하드웨어 구성에 있어 간단하므로 다양한 제품에 확장하여 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] J. Geng, "Structured-light 3D surface imaging: a tutorial," *Advances in Optics and Photonics*, pp.128-160 2011.
- [2] C. Rocchini, P. Cignoni, C. Montani, P. Pingi and R. Scopigno., "A low cost 3D scanner based on structured light," *Computer Graphics Forum*, Vol. 20, NO. 3, pp.299 - 308, September 2001.
- [3] J. Battle, E. Mouaddib, and J. Salvi, "Recent progress in coded structured light as a technique to solve the correspondence problem: A survey," *Pattern recognition*, Vol.31, NO 7, pp.963-982, July 1998.
- [4] F. Blais, "Review of 20 years of range sensor development," *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 5013, pp.62-76, January 2003.
- [5] T. Higo, Y. Matsushita, N. Joshi and K. Ikeuchi, "A hand-held photometric stereo camera for 3-D modeling," *Computer Vision, 2009 IEEE 12th International conference*, pp.1234-1241, September 2009.
- [6] D. Scharstein and R. Szeliski. "A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms." *International journal of computer vision*, Vol. 47, NO. 1-3, pp.7-42, April 2002.
- [7] M. Levoy, K. Pulli, B. Curless, S. Rusinkiewicz, D. Koller, L. Pereira, M. Ginzton, S. Anderson, J. Davis, J. Ginsberg, J. Shade, D. Fulk "The digital Michelangelo project: 3D scanning of large

statues," *SIGGRAPH '00 Proceedings of the 27th annual conference Computer graphics and interactive techniques*, pp.131-144, 2000.

[8] M. MORIMOTO and K. FUJII "A portable 3D scanner based on structured light and stereo camera," *Communications and information Technology*, Vol.1, pp.569-572, October 2005.

[9] J. Salvi, J. Pages and J. Battlle, "Pattern codification strategies in structured light systems," *Pattern Recognition*, Vol. 37, NO. 4, pp.827-849, April 2004.

[10] R. A. Moraqno and C. Ozturk, "Structured light using pseudorandom codes," *Pattern Analysis and Machine Intelligence IEEE Transaction*, Vol.20, No.3, pp.322-328, March 1998.

[11] T. Weise, B. Leibe and L. VanGool, "Fast 3D scanning with automatic motion compensation", *Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR'07. IEEE Conference* pp.1-8 June 2007.

[12] A. Bensrhair, M. Bertozzi, A. Broggi, P. Miche, S. Mousset and G.Toulminet, "A Cooperative Approach to vision-based Vehicle Detection", *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings*, pages 209-214, August 2001.