한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집 제20권 제1호 (2012. 1)

3차원 복원 정밀도 향상을 위한 영상처리 연구

이숙윤°, 장석우*
°메트로비전
*안양대학교 디지털미디어학과
e-mail:uni7@metrovision.co.kr, swjang@anyang.ac.kr

A Study on Image Processing for the Accuracy Improvement of 3D Recovery

Suk-Yun Lee°, Seok-Woo Jang*
°MetroVision
*Dept. of Digital Media, Anyang University

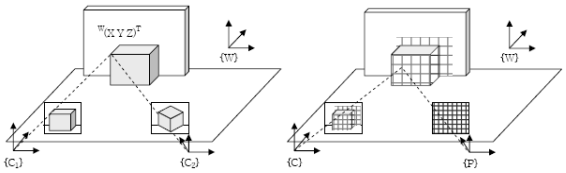
● 요 약 ●

본 논문에서는 구조광 3차원 시스템을 위하여 영상처리를 하여 3차원 정밀도를 높이는 방법을 제안한다. 구조광 기반의 3차원 시스템은 투사된 패턴을 특징점으로 하기 때문에 프로젝터와 카메라 사이에 정확한 대응점을 획득해야만 3차원 복원 신뢰성을 높일 수 있다. 그러나 환경에 따라 정확한 대응점 획득이 어려운 점이 많다. 실제 환경에서 물체들은 물체의 재질과 물체 표면의 색상 등의 이유로 서로 다른 반사율을 가지고 있어 여러 물체들이 혼재 되어 있는 환경에서 각각 물체에 투사된 패턴을 정확히 구별하는 일은 어려운 일이다. 따라서 패턴을 획득한 2차원 영상을 개선하여 패턴을 정확히 구별하여 프로젝터와 카메라 간의 화소 대응점의 정확도를 높여야만 3차원 복원 데이터의 신뢰도를 높일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 노이즈 제거 및 다양한 영상처리를 통하여 2차원 영상들에서 패턴을 정확히 구분하도록 하여 화소 대응점의 정확도를 높임으로써 최종적으로 3차원 정밀도를 개선할 수 있는 방법을 제공한다.

키워드: 3차원(3-dimension), 구조광(structured light), 정밀도(accuracy), 영상처리(image processing)

I. 서론

3차원을 복원하는 방식은 센싱 방법에 따라 능동 방식과 수동 방식으로 분류가 된다. 수동 방식은 인위적으로 물체에 에너지를 투사하지 않은 상태에서 촬영한 영상의 명암(intensity), 양안차 등을 이용하는 방식으로 가장 널리 알려진 방법으로는 스테레오 기법이 있다. 그러나 스테레오 기법은 장비가 간편하고 입력 영상으로부터 텍스처를 직접 획득할 수 있는 장점이 있지만, 텍스처가 존재하지 않은 벽면과 같은 물체에서는 대응점을 결정할 수가 없어 거리 정보를 얻지 못하게 되는 심각한 단점이 존재한다. 능동 방식은 미리 정의된 패턴 등을 물체에 투사된 에너지 또는 센서 파라미터의 제어를 통한 변화량을 측정하여 물체의 3차원 형상을 복원하는 방식으로 대표적인 기법으로 광파(light wave) 등의 에너지를 물체에 방사하고 되돌아오는 시간 차이로 거리를 측정하는 TOF(time of flight)과 구조광(structured light) 기법이 있다.



(a) 수동 방식 (b) 능동방식

그림 1. 3차원 획득 방식
Fig. 1. 3D Acquisition method

구조광 기법은 한쪽에서 광원을 사용하여 코드화된 패턴 영상을 연속적으로 투영하고 다른 한 쪽에서 카메라를 통해 패턴이 투영된 장면의 영상을 획득하여 삼각법으로 3차원의 거리를 계산하는 기법이다. 이는 텍스처가 존재하지 않는 물체는 3차원 측정이 불가능한 기존의 수동 스테레오 기법을 변형한 것으로 카메라와 프로젝터의 대응점을 추출함으로써 물체의 모양에 관계없이 3차원 측정이 가능하다.

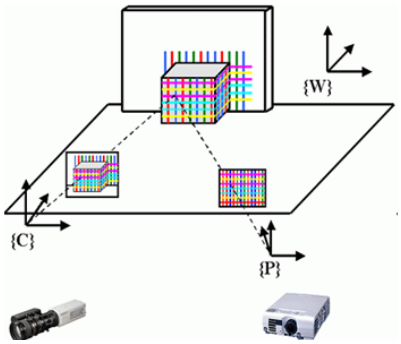


그림 2. 구조광 시스템 구조
Fig. 2. Organization of Structured Light Camera

II. 구조광 3차원 복원환경

1. 구조광 복원 환경

1.1 복원 물체의 반사

조명의 변화에 따라 신호의 강도 변화가 발생하게 되는데, 주변이 매우 밝은 환경에서는 획득된 패턴의 구분이 어렵게 되고, 매우 어두운 환경에서는 빛의 번짐 및 혼합으로 인하여 정확한 패턴의 획득이 어렵다. 또한, 패턴이 조사되는 물체의 표면 반사율에 의한 문제도 발생하게 되는데, 패턴이 조사되는 물질이 금속 물질과 같이 반사율이 높은 물질은 패턴이 번짐 현상이 심하게 발생되고, 반사율이 낮은 물질은 패턴을 흡수하기 때문에 패턴 영상 획득에 문제가 발생할 수 있다.

1.2 구조광 패턴

거리 측정의 정확성을 위해, 프로젝터와 같은 주사 수단에서 주사되는 광 패턴은 카메라와 같은 영상 수신 수단에서 검출된 신호의 공간 또는 시간적 주소가 대응하는 주사 수단의 픽셀 대응점을 유일하게 결정할 수 있도록 픽셀 어레이 상에 공간적으로 또는 시간 시퀀스에 따라 시간적으로 코딩된다.

본 논문에서는 여러 가지 코딩 기법 중 정확한 측정이 보장되는 시간 코딩 기법의 하나인 그레이 코드를 사용하여 DLP 기반의 프로젝터에서 패턴을 투사하였다.

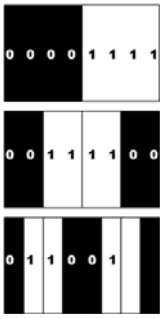
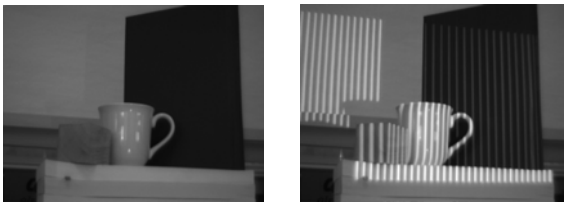


그림 3. 그레이 코드 패턴
Fig. 3. Gray Code Pattern

1.3 카메라 획득 영상

투사된 패턴에 따라 카메라에서 획득한 영상들은 카메라의 화소에 영향을 받게 된다. 고해상도의 카메라를 이용하여 획득한 영상은 영상이 우수한 반면 획득하고 처리하는 시간이 오래 걸리고, 저해상도를 사용하면 영상의 질은 낮으나 획득이나 처리하는 시간에서 이득이 된다.



(a) 원 영상 (b) 패턴이 투사된 영상

그림 4. 패턴 투사에 따른 영상의 차이
Fig. 4. Image Difference according to Projection

구조광 기법에서는 고해상도의 카메라가 패턴 구별에 장점이 있기 때문에 본 논문에서는 5M 해상도를 가지는 카메라를 사용하였다.

III. 영상처리

1. 패턴 구분을 위한 영상처리

패턴의 경계면을 정확히 구분하기 위해서는 획득한 영상 내에서 잡음을 올바르게 판정할 수 있어야 한다. 따라서 효과적으로 잡음을 제거하기 위하여 필터를 구현하는 방법을 사용하였다.

본 논문에서는 효과적으로 영상의 노이즈 제거를 위하여 가우시안 필터(Gaussian Filter)와 중간값 필터(Median Filter)를 이용하여 사용했다.

1.1 가우시안 필터(Gaussian Filter)

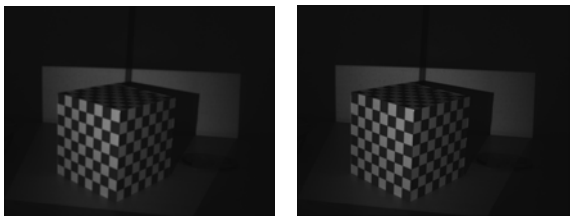
가우시안 필터링이란 마스크를 적용했을 때 카메라의 성능이나 다른 환경요인에 의해서 마스크의 중심 픽셀의 값이 나오지 않을 경우 주변 픽셀의 값들을 이용해서 중앙 픽셀의 값들을 구하는 과정이다. 이 때 마스크 중앙에 위치한 픽셀의 값은 마스크 크기의 가우시안 가중치 마스크의 콘볼루션에 의해서 구해지게 된다.

이 때 가우시안 가중치는 주변 픽셀의 값들의 존재 여부에 의해 결정되게 되는데 주변 픽셀의 값이 존재하면 중앙 픽셀의 값에 영향을 미치지만 존재하지 않을 경우 영향을 미치지 않는다. 본 논문에서는 3*3 마스크를 사용하여 실험하였다.

1.2 중간값 필터(Median Filter)

중간 값 필터는 말 그대로 주어진 마스크 영역의 값들을 크기 순서대로 정렬한 후 중간 크기의 값을 선택하는 방식이다. 중간값 필터를 사용하게 되면 연달아서 여러 개의 픽셀에서 발생한 노이즈를 제거하는데는 문제가 있을 수 있고, 픽셀값을 크기순으로 정

렬하다보면 특별히 문제가 없는 픽셀값도 바뀔 수 있다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이 문제점을 해결하기 위해 필터의 마스크 수를 변경하며 실험을 진행했고, 최종적으로 마스크 수는 5*5를 사용하였다.



(a) 영상처리 전 (b) 영상처리 후

그림 5. 필터링을 수행한 영상처리 결과
Fig. 5. Image Processing by Filtering

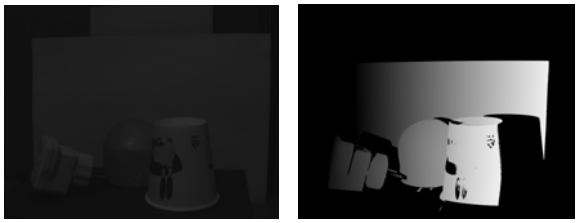
1.3 실험 결과

위의 1.1과 1.2에서 제시한 영상처리 기법을 이용하여 다음과 같은 환경에서 구조광 기법으로 3차원 복원을 수행하였다.

표 1. 실험 환경
Table 1. Experimental Environment

항목	값
Camera	2592*1944
Project	DLP 소형 프로젝터
측정거리	0.6m

그레이코덱을 이용하여 각각 패턴 영상 16장을 획득하여 영상처리를 수행한 이후, 카메라와 프로젝터 간의 대응점을 획득한 결과는 그림 6과 같다.



(a) 원 영상 (b) 대응점을 구한 영상

그림 6. 대응점 연산 결과
Fig. 6. Correspondence Operation

위 대응점을 기반으로 3차원 복원을 수행한 결과 3차원 정밀도는 다음과 같이 측정되었다.

표 2. 실험 결과
Table 2. Experimental Results

항목	영상처리 전	영상처리 후
측정거리(m)	0.6	0.6
측정회수(회)	20	20
정밀도(mm)	2	1.52

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 다양한 물체가 존재하는 실환환경에서 기존의 구조광 3차원 기법보다 정밀도를 높이기 위하여 획득한 패턴 영상의 2차원 영상처리 방법을 제안하였다. 구조광 카메라의 정밀도는 투사된 패턴의 정확한 구분에 달려있다. 본 논문에서 제안한 방법을 통하여 3차원 복원 정밀도가 20% 이상 향상됨을 확인할 수 있다. 향후 다양한 영상처리를 통하여 3차원 복원의 신뢰성을 높이는 방법을 연구하도록 한다.

Acknowledgements

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No. 47345)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

[1] P. M. Will and S. Pennigton, “Grid Coding : A Preprocessing Technique for Robot and Machine Vision,” Artificial Intelligence, Vol. 2, pp. 319-329, 1971.

[2] Emanuele Trucco and Alessandro Verri, “Introductory Techniques for 3-D Computer Vision,” Prentice Hall, 1998.

[3] J. Gühring, “Dense 3D Surface Acquisition by Structured Light Using Off-the-Shelf Components,” In the Proceedings of the Videometrics and Optical Methods for 3D Shape Measuring, SPIE, Vol. 4309, pp. 220-231, 2001.

[4] S. Lee, J. Choi, D. Kim, J. Na, and S. Oh, “Signal Separation Coding for Robust Depth Imaging based on Structured Light,” In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, 2005.

[5] J. H. Ryu, J.-D. Cho, and S.-H. Lee, “High Speed 3D IR Scanner for Home Service Robots,” IEICE Transactions on Fundamentals, Vol. E89-A, Issue 3, pp. 678-685, 2006.