

# 멀티 레이저 라인을 이용한 비등속 이동물체의 3차원 표면 모델링

\*이영열, 김효성, 변기원, 남기곤, \*\*이철현  
\*부산대학교 전자공학과, \*\*부산정보대학교 정보컴퓨터공학부  
e-mail : mustapha79@pusan.ac.kr

## 3D Surface Modeling of Moving Object Using Multi-Laser Lining

\*Young-Youl Yi, Hyo-Sung Kim, Ki-Won Byun, Ki-Gon Nam  
\*\*Chul-Hun Lee  
\*Department of Electronics Engineering,  
Pusan National University

### Abstract

We propose a surface modeling method using multi-laser lining. We can acquire 3D surface by analyzing projected laser lines on object. The laser lines reflect the surface curvature. In this paper, we show two novel approaches to reconstruct 3D shape of moving object. One is used for robust laser line extraction, and the other for registration between 3D shapes.

### I. 서론

물체의 3차원 형상 복원 기술은 대상 물체를 사실감 있게 표현해 줌으로써 사람에게 해당 물체에 대한 높은 이해를 가져다준다. 컴퓨터 비전을 이용한 3차원 형상 복원법은 크게 능동형 센싱법(active sensing)과 수동형 센싱법(passive sensing)으로 나눌 수 있다. 능동형 센싱법에 의한 3D 복원 방법은 물체에 구조화 조명(laser, pattern 등)을 조사하여 이의 변형 정도로부터 표면의 굴곡 정보를 검출해 내는 방법이다. 이 방법은 적용 대상의 표면 색상이나 반사도에 영향을 많이 받고 적용 장소의 제약성이 있다. 하지만 고정밀의 3차원 형상 복원이 가능하다는 이점이 있어 최근 널리 이용된다. Levoy[2]는 미켈란젤로 프로젝트(Michelangelo Project)에서 물체에 레이저를 조사하는 능동형 센싱법으로 다비드 상을

정밀 복원 하였다. 하지만 이 방법을 다양한 색상이 존재하는 일반물체에 적용할 때, 레이저 라인의 추출에 실패할 가능성이 크다. 또한 비등속 이동물체에 적용하기 위해서는 획득 영상 간에 동기를 맞추는 문제가 추가적으로 발생한다.

### II. 본론

라인 레이저 조사를 이용한 물체 표면의 3D 모델링 원리는 그림 1과 같다. 라인 레이저를 물체의 표면에 조사하고, 이를 레이저와 각도를 달리한 CCD 카메라로 영상 획득하면 조사된 레이저 라인이 물체의 표면 굴곡에 따라 휘어지는 현상이 나타난다.

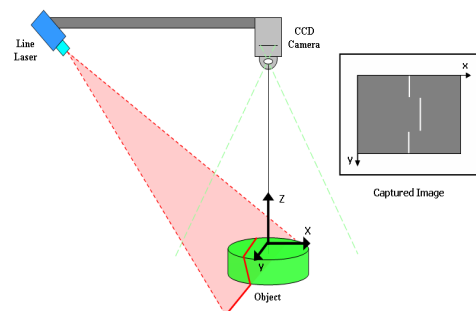


그림 1. 라인 레이저를 이용한 깊이 정보 획득 개념

동일한 방법으로 물체표면의 hole이나 crack을 관찰한다면 레이저 라인에 끊어짐 볼 수 있다. 이러한 현상을 이용하여, 영상에서 레이저 라인을 추출하고 이를

분석하면 표면의 3차원 정보의 획득이 가능하다. 표면 모델링의 단계는 크게 2단계로 구분된다. 1단계는 다시, 획득 영상으로부터 배경과 레이저 라인을 분리하여 이진화 하는 단계와 분리된 이진영상에서 레이저 라인의 위치 정보를 손쉽게 얻을 수 있는 형태로 enhancement 하는 단계로 나뉜다. 배경으로부터 레이저 라인을 분리하기 위하여 레이저 파장(650nm)의 색상 특성을 이용한다.

$$R - (0.7 * B + 0.3 * G) > Threshold \quad (1)$$

영상의 화소값이 조건식(1)을 만족하는 경우 레이저의 색상 특성을 보이는 영역이라고 간주하고 라인 후보영역으로 등록한다. 라인 후보영역은 R, G, B 채널(channel)별 에지(edge) 검출 기법을 이용하여 얻은 레이저 라인 에지 성분과 오버랩(overlap) 될 때 최종 레이저 라인으로 판단하고 배경과 레이저 라인으로 이진화 한다. Enhancement 단계에서는 결과영상에 포함된 노이즈 제거를 위해 마스크 연산을 실시하고 레이저 라인의 위치정보를 쉽게 파악하기 위하여 1픽셀(pixel) 라인으로 세선화(Thinning) 한다.

2단계는 추출된 레이저 라인 영상으로부터 표면을 3차원 모델링 하는 과정으로 그림 2. 과 같다.

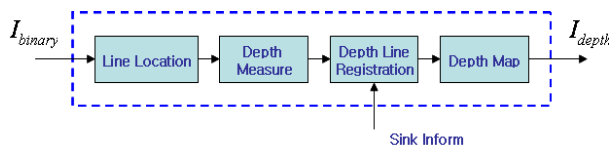


그림 2. Depth Modeling 과정

Line location 과정에서는 레이저 라인 추출된 이진화 영상을 위에서 아래로 매 라인 스캔(scan)하면서 레이저 라인의 넘버링(numbering)을 실시하고 라인 넘버와 함께 라인의 위치정보를 기록한다. 라인의 넘버링 과정에서 부분적인 표면 결함(hole)으로 인해 일부 라인이 사라진 경우는 정상적으로 검출해낸 라인의 넘버링 정보를 전파(propagation)해 나가는 방법으로 남아 있는 라인을 넘버링 한다. 거리를 알고 있는 표면에 조사한 레이저 라인이 영상에 나타나는 기준위치 정보와 획득한 영상에서 레이저 라인의 위치 정보를 비교함으로써 모델링 하고자 하는 물체 표면의 상대적 깊이 정보 획득이 가능하다. Depth line Registration 단계에서는 개별 프레임에서의 깊이 정보를 전체 영상으로 합성한다. 이때 필요한 프레임 간의 동기정보는 개별 프레임 간 특징점 매칭(matching)을 통하여 구할 수 있다. 본 논문에서는 특징 정보 추출을 위해 SUSAN 알고리즘을 이용하였고, RANSAC (random sample consensus) 알고리즘을 활용하여 가장 적합한 대응 관계를 찾아 동기화 정보를 구하

였다. 개별 프레임을 프레임 간 동기 정보를 이용하여 연결하고 라인의 깊이 정보를 선형 보간법을 이용하여 보간하면 전체 표면에 대한 깊이 맵을 얻을 수 있다.

### III. 실험결과 및 결론

10~30(m/s)로 비등속 이동하는 컨테이너 조각에 5개의 멀티라인 레이저를 조사하고 20(frame/s) 속도로 촬영한 연속 영상(160×480)을 3D 표면 모델링의 입력 영상으로 이용하였다.

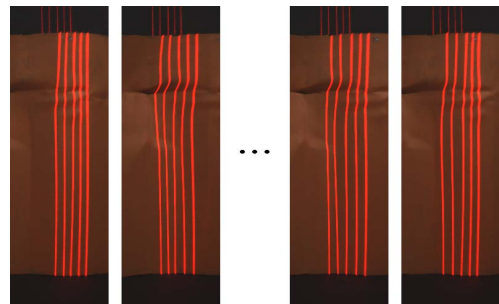


그림 3. 레이저 조사된 시퀀스 입력 영상

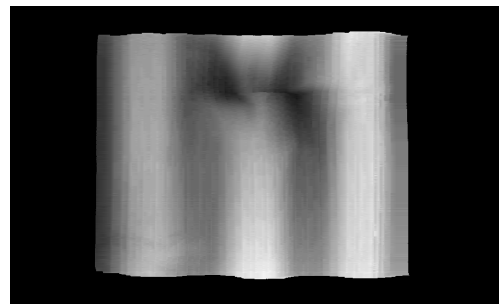


그림 4. 컨테이너 3차원 표면 복원 영상

전체적으로 복원된 컨테이너의 표면은 실제 컨테이너를 충실히 반영하고 있었다. 실험 환경의 조도 변화가 극심할 때, 레이저 라인의 추출에 실패하는 경우가 발생하였는데 이는 앞으로 개선해야 할 과제이다.

### 감사의 글

본 연구는 교육부에서 주관하는 "차세대물류IT기술 연구사업단"에 의해 지원 받은 연구임.

### 참고문헌

[1] Thomas P. Koninckx and Luc Van Gool, "Real-Time Range Acquisition by Adaptive Structured Light," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 28, no. 3, pp. 432-445, March 2006.  
 [2] M. Levoy, et al., "The Digital Michelangelo Project," *Proc. SIGGRAPH 2000*. pp. 131-144