

깊이 센서를 이용한 등고선 레이어 생성 및 모델링 방법*

정 훈 조**·이 동 은***

A Method for Generation of Contour lines and 3D Modeling using Depth Sensor

Jung Hunjo · Lee Dongeun

〈Abstract〉

In this study we propose a method for 3D landform reconstruction and object modeling method by generating contour lines on the map using a depth sensor which abstracts characteristics of geological layers from the depth map. Unlike the common visual camera, the depth-sensor is not affected by the intensity of illumination, and therefore a more robust contour and object can be extracted.

The algorithm suggested in this paper first abstracts the characteristics of each geological layer from the depth map image and rearranges it into the proper order, then creates contour lines using the Bezier curve. Using the created contour lines, 3D images are reconstructed through rendering by mapping RGB images of the visual camera. Experimental results show that the proposed method using depth sensor can reconstruct contour map and 3D modeling in real-time. The generation of the contours with depth data is more efficient and economical in terms of the quality and accuracy.

Key Words : Depth Sensor, Contour Map, Kinect Sensor, 3D Modeling

I. 서론

최근 3차원 프린터와 HMD(Head Mounted Display)가 보급화됨에 따라 보다 신속하고 정확한 3차원 공간 모델링 또는 객체 모델링에 대한 요구가 증가하고 있으며, 소형 무인 항공기와 자율 주행 로봇의 발전으로 이를 이용하여 사람이 직접 접근하기 어려운 지역에 대해 원격 탐사를 통한 지형공간정보

의 획득이 편리해졌다[1]. 또한 최근에는 3D 응용기술을 통한 정보기술이 기존 산업과 융합되면서 새로운 패러다임을 창출하는 신성장 동력산업으로 급부상하고 있다[2].

지형공간정보 분야에서는 지도 제작 과정의 자동화와 데이터 처리속도의 단축을 위한 연구가 진행되고 있으며, 이 결과 수치사진측량 워크스테이션, GPS/INS 기술, 위성영상의 활용기술, 자동정보추출 및 항공 라이다(LiDAR) 시스템이 개발되었다[3]. 항공 라이다 데이터로부터 자동으로 건물을 추출하고 등고선을 생성할 수 있는 가능성에 많은 관심이 집중

* 이 논문은 2015년도 한서대학교 교비 학술연구 지원 사업에 의하여 연구되었음

** 한서대학교 항공소프트웨어공학과 정교수

*** LG CNS 정보기술연구원 선임연구원(교신저자)

되고 있다. 그러나 대용량 라이다 데이터에 의해 등고선의 도형이 복잡해지고 용량이 비효율적으로 증가하는 문제점이 있다[4].

항공 라이다와 같이 레이저 측량 기술을 이용한 3차원 기반 모델링 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. Schenk[5]는 3차원 인지구조를 기반으로 불규칙한 항공 라이다 데이터를 분할하여 패치를 생성하고 동일 속성의 패치들을 병합한 표면을 구성하여 다면구조물을 추출하는 방법을 제안하였다. Schwalbe[6]는 항공 라이다 데이터를 일정한 면에 투영하여 개략적인 지붕의 형상을 추정한 후 수학적인 매개변수를 구하여 세밀하게 건물을 모델링하는 방법을 제안하였다. 조홍범[7]은 항공라이다 데이터를 옥트리 분할을 기반으로 3차원 공간상에서 재귀적으로 분할하여 패치를 구성하고, 동일한 속성을 갖는 패치들을 병합하여 건물의 구성요소를 추출하여 모델을 생성하였다. Tseng[8] 또한 옥트리 구조를 기반으로 항공라이다 데이터를 분할하고 동일한 평면을 구성하는 점들로 병합하여 지형 및 지물을 분류하는 방법을 제안하였다.

이와 같이 항공 라이다 데이터는 정확도와 효율성으로 많은 연구가 진행되고 있지만 데이터 획득이 어렵고 고비용으로 일반인이 접하기 쉽지 않다. 본 논문에서는 적외선 스캔 카메라와 RGB 카메라가 일체형인 듀얼 카메라를 이용하여 등고선 이미지를 생성하고 3차원 영상을 재구성하는 기술을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 깊이 센서에 대한 이해와 깊이맵 이미지 추출에 대해 서술하고 III장에서는 II장에서 추출된 객체 데이터를 이용하여 특징점을 추출하여 등고선 지도를 생성하고 3차원 모델링 방법을 설명한다. IV장에서는 실험 결과를 정리하고, 마지막으로 V장에서 결론을 제시한다.

II. 깊이 센서 및 깊이맵 추출

II장에서는 깊이맵의 동작 원리와 깊이맵 생성하는 방법에 대해 간단히 알아보고 이를 이용하여 깊이 정보를 추출할 수 있는 3D 기반의 영상 획득 방법을 서술한다.

2.1 깊이 센서 구성

깊이맵 데이터를 획득하기 위하여 키넥트(kinect for windows)라는 장치의 깊이 센서를 이용하였다. 이 센서는 실공간상의 오브젝트와 센서와의 거리 값을 실시간으로 측정하는 깊이맵 센서로서, 구조광 방식의 IR(Infrared) 빛을 공간상에 투사한 후, 오브젝트에 반사되어 돌아오는 패턴을 분석하여, 얼마나 원래의 패턴으로부터 이동되어 있는지를 계산함으로써 거리 값을 측정한다[9]. <그림 1>과 같이 적외선 카메라를 사용하면 적외선 레이저 프로젝터로부터 투사된 적외선을 볼 수 있다. 하지만 이러한 적외선 스캐닝 방식은 빛을 반사하는 물체 또는 흡수하는 물체에 대해서는 해당 화소에 대한 데이터를 획득할 수 없고 앞의 물체에 의해 가려지는 부분에 대해 보상할 수 없다는 단점이 있다. 또한 아직까지는 획득 거리가 짧아서 주로 NUI(Natural User Interface)로 많이 이용되고 있다. 하지만 비교적 저렴한 가격과 높은 성능으로 많은 영역에서 다양한 활용이 시도되고 있다.



<그림 1> IR 레이저 프로젝터의 IR 투사 영상

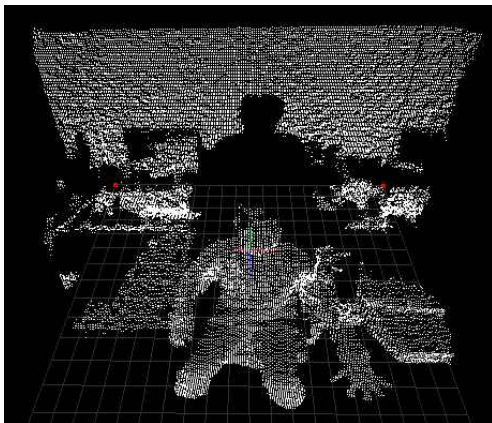
2.2 3차원 영상 구성

깊이 정보는 화소당 2바이트로 구성되어 있으며, 이를 그레이 값으로 변환하여 출력하면 <그림 2>와 같이 나타난다. <그림 2>의 좌측의 (a)는 RGB 이미지이고 우측의 (b)는 깊이맵 이미지를 보여준다. 깊이맵 이미지는 카메라에서부터 멀어지는 부분을 밝은 색으로 표현하였다.



<그림 2> (a) RGB 이미지, (b) 깊이맵 이미지

키넥트의 적외선 센서의 해상도는 320x240이고 깊이 정보는 약 40cm에서 최대 8m까지 지원하며, 권장하는 거리는 4m정도이다. <그림 4>는 보다 가시적인 화면 표출을 위하여 3차원 화면으로 구성하였다. 3차원 이미지 맵의 x와 y는 각각 640, 480 크기이며, z는 800으로 구성하였다.



<그림 3> 깊이맵 센서의 3차원 화면

III. 등고선 지도 생성

본 장에서는 II장에서 구성한 3D 영상을 이용하여 특징점을 추출하고 여러 층의 레이저별 등고선을 생성하는 방법에 대해 설명한다.

3.1 등고선 특징점 추출

한 레이저의 등고선을 생성하기 위해서는 연속적인 객체의 동일한 높이에 위치하는 점의 좌표를 추출해야 한다. 깊이맵 이미지에서 동일한 z값을 가지는 좌표 정보를 추출하고 적절한 좌표를 선별하여 이를 선으로 연결함으로써 등고선을 생성한다.



<그림 4> (a) RGB 이미지, (b) 깊이맵 이미지

본 논문에서는 실험을 위해 <그림 4>의 (a)와 같은 형태의 유사하도록 천을 이용하여 모형을 만들었으며, 이를 이용하여 (b)와 같은 깊이맵 이미지를 획득하였다.

깊이맵 이미지를 이용하여 가장 높이 위치하는 z축을 찾고 이를 중심으로 한 단계 낮은 z축에서 동일한 z축을 가지는 (x, y) 집합을 수집한다. 수집된 좌표의 순서는 적외선 카메라가 스캔한 순서로 이를 등고선을 만들기 위해서는 면이 되도록 좌표를 재정렬해야 한다.

먼저 z축의 중심이 되는 점의 좌표를 알아내기 위해 다음과 같이 면적을 구한 후,

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i), \quad (1)$$

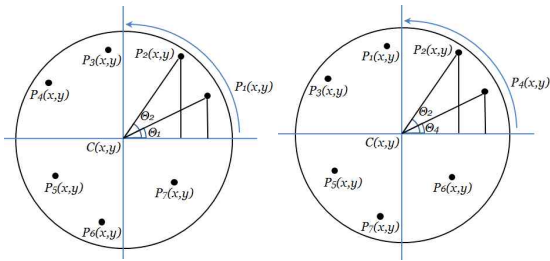
면적 A 를 이용하여 무게중심을 구한다.

$$C_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i + x_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i), \quad (2)$$

$$C_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (y_i + y_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i), \quad (3)$$

무게중심을 이용하여 양의 x축으로부터의 모든 점들의 각도를 구한다.

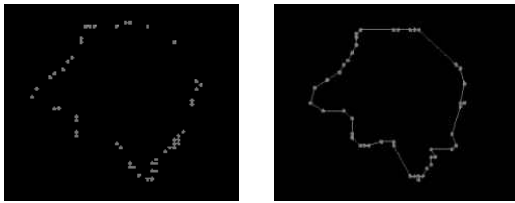
$$\theta = \tan^{-1} \frac{C_y - P_y^1}{C_x - P_x^1}, \quad (4)$$



<그림 5> (a) 원본 좌표, (b) 재구성된 순서 좌표

모든 점들의 x축으로부터의 각도를 구하여 재정렬 하면 <그림 5>의 (b)와 같이 양의 x축부터 시계방향으로 순서가 배치된다.

<그림 6>은 (a)는 실험 모형의 한 z축 단면에 위치한 점들을 2차원으로 나타낸 이미지이다. 재배치된 순서대로 점을 연결하면 (b)와 같이 하나의 면을 생성할 수 있다.



<그림 6> (a) 원본 점 위치, (b) 순서대로 연결된 이미지

3.2 등고선 생성

베지어 곡선은 다항식 함수에 기반을 두고 자유곡선의 표현에 전형적으로 사용되는 방법으로 김해정 [10]은 연결이 끊어진 등고선을 부드럽게 연결하는데 사용하였다.

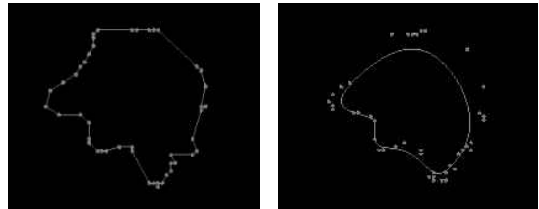
추출한 N개의 점에 대하여 다음과 같이 곡선을 생성한다. 조절점 B_0, B_1, \dots, B_{N-1} 에 대해 베지어 곡선은

$$P(t) = \sum_{i=0}^{N-1} B_i J_{ii}(t), \quad (5)$$

로 나타내며, 여기서 $J_{ii}(t)$ 는 다음과 같다.

$$P(t) = \sum_{i=0}^{N-1} B_i J_{ii}(t), \quad (6)$$

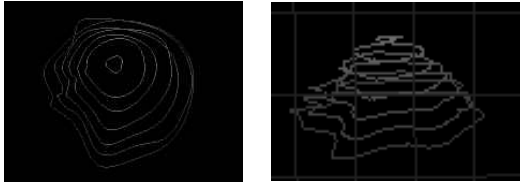
t가 0부터 1까지 변화할 때, B_0 부터 B_{N-1} 로 끝나는 곡선을 그리게 되며, 0.01의 스텝을 사용하였다. 이와 같은 베지어 곡선을 연결하면 <그림 7>의 (b)와 같이 부드러운 곡선을 그리는 등고선을 생성하게 된다.



<그림 7> (a) 선으로 연결, (b) 베지어 곡선으로 연결

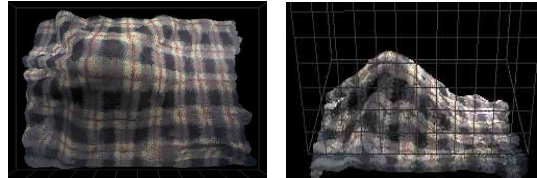
3.3 등고선 지도 생성

등고선 지도를 생성하기 위해 깊이맵의 깊이를 다수의 레벨로 나누어 각 레이어별 등고선을 표출한다. 이미지 맵의 깊이 정보를 최대값과 최소값을 추출하여 8단계로 분리하여 등고선을 추출하였으며, 결과는 <그림 8>와 같이 나타난다.



<그림 8> (a) 등고선 지도 상단부, (b) 등고선 지도 측면부

RGB 이미지의 텍스처 렌더링이 가능하다. <그림 10> 과 <그림 11>는 3차원 모델링에 RGB 이미지의 텍스처를 삽입한 화면이다.

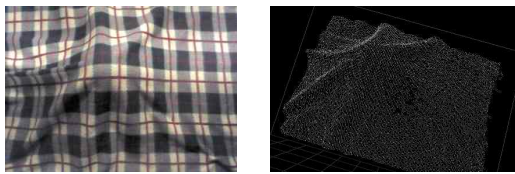


<그림 10> (a) RGB 렌더링 상단부, (b) RGB 렌더링 측면부

IV. 실험 결과

실험을 위해 키넥트의 깊이맵 센서를 이용하여 데이터를 취득하였다. 이 센서는 320×240 해상도의 깊이맵 데이터 획득이 가능하다. 기본적으로 이 센서를 구동하기 위해서는 키넥트 깊이 센서의 원천기술 보유사인 프라임센스사가 제공하는 Open-NI 또는 마이크로소프트사가 제공하는 개발용 SDK를 통해 PC와 인터페이스해야 한다. 이러한 SDK를 사용하면 기본적으로 제공하는 골격 추적, 얼굴 추적 등 다양한 기능을 손쉽게 사용할 수 있다. 본 실험에서는 순수 깊이맵과 RGB 카메라 정보만을 이용하여 객체를 추출하고 추적하기 위해 영상 획득 함수를 제외하고는 SDK를 사용하지 않았다.

본 논문에서는 실험을 위해 <그림 9>의 (a)와 같은 산의 형태와 유사하도록 천을 이용하여 모형을 만들었으며, 이를 이용하여 (b) 3차원 이미지를 획득하였다.



<그림 9> (a) 원본 RGB 이미지, (b) 깊이맵 3차원 화면

키넥트는 적외선 센서부와 일반 RGB 신호를 입력 받는 비주얼 카메라가 내장되어 있어 3D 모델링에



<그림 11> (a) RGB 이미지, (b) 3차원 모델링, (c) 렌더링된 화면

실험 결과와 같이 키넥트의 적외선 카메라를 이용하여 깊이 정보를 추출하고 이를 통해 3차원 영상을 재구성하고 RGB 이미지의 텍스처를 삽입함으로써 비교적 간단하게 지형지물 또는 객체의 모델링이 가능하였다.

V. 결론

본 논문에서는 깊이 센서를 이용하여 등고선 지도를 생성하고 3차원 모델링하는 방법을 제안하였다. 깊이 센서는 2차원 적외선 센서로 조도에 영향이 없

어 다양한 환경에서 깊이 정보를 획득하는데 효과적이다. 예를 들어 사람이 접근하기 어려운 동굴에 자율 주행 로봇 또는 드론과 같은 소형 무인 항공기에 센서를 장착하여 원격탐사를 통해 해당 지형의 정확한 데이터 획득이 가능하며, 촬영한 지역의 위치 정보를 활용하여 통합함으로써 전체 지역의 모델링이 가능하다. 또한 3차원으로 모델링된 데이터는 최근 확산중인 3차원 프린터에도 적용이 가능하다. 이처럼 다양한 영역에서 활용이 가능하지만, 현재 깊이를 센서는 짧은 적외선 거리 대역과 USB 인터페이스로 인하여 공간의 제약이 크다는 단점이 있다.

깊이 센서를 활용한 3차원 모델링 방법은 기존의 항공라이더 데이터와 유사한 정보를 사용하지만, 데이터 획득 및 처리의 용이성과 저렴한 비용으로 다양한 시도가 가능하다. 또한 깊이를 센서는 NUI, 행동 인식, 로봇 비전, 모션 캡처 등 다양한 분야에서 많은 발전과 연구가 진행될 것이다.

참고문헌

[1] 윤홍근, "드론의 문화산업분야 활용방안에 관한 연구," 디지털산업정보학회, 제11권, 제4호, 2015, pp. 99-112.

[2] 최병관, "다면기법 SPFACS 영상객체를 이용한 AAM 알고리즘 적용 미소검출 설계 분석," 디지털산업정보학회, 제11권, 제3호, 2015, pp. 99-112.

[3] 이동천·염재홍, "LiDAR 데이터를 이용한 수치 지도의 건물 및 등고선 레이어 생성," 한국측량학회지, 제23권, 제3호, 2005, pp. 313-322.

[4] 위광재·김은영·강인구·김창우, "등고선 제작을 위한 라이다 데이터의 필터링 알고리즘 개발 및 적용," 한국측량학회지, 제27권, 제4호, 2009, pp. 469-476.

[5] I. Lee, T. Schenk, "3D Perceptual Organization of Laser Altimetry Data," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIV-3, 2001, pp. 57-65.

[6] E. Schwalbe, "3D building model generation from airborne laser scanner data by straight line detection in specific orthogonal projections," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Commission III, 2004.

[7] 조홍범·조우석·박준구·송낙현, "항공 LiDAR 데이터를 이용한 3차원 건물 모델링," 대한원격탐사학회지, 제24권, 제2호, 2008, pp. 141-152.

[8] M. Wang, Y. Tseng, "Lidar data segmentation and classification based on octree structure," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Commission III, 2004.

[9] 성만규, "깊이맵 센서를 이용한 3D캐릭터 가상공간 내비게이션 동작 합성 및 제어 방법," 한국멀티미디어학회, 제15권, 제6호, 2012, pp. 827-836.

[10] 김해정·김준식, "등고선 지도를 기반으로 한 수치 지형도 자동생성에 관한 연구," 한국정보처리학회 논문지, 제7권, 제2호, 2000, pp. 558-568.

■ 저자소개 ■



정 훈 조
Jung Hunjo

1993년 10월~현재
한서대학교 항공소프트웨어공학과
교수
1993년 2월 동국대학교 통계학과(이학박사)
1987년 2월 동국대학교 통계학과(이학석사)
1984년 2월 동국대학교 통계학과(이학사)
관심분야 : 데이터마이닝
E-mail : hjjung@hanseo.ac.kr



이 동 은
Lee Dongun

2008년~현재 LG CNS 정보기술연구원
신입연구원
2007년 중앙대학교 첨단영상대학원
영상공학과 (공학석사)
2005년 한서대학교 컴퓨터과학과(이학사)
관심분야 : 영상처리, 객체추적
E-mail : ehddms98@gmail.com

논문접수일: 2016년 2월 20일
수 정 일: 2016년 3월 10일
게재확정일: 2016년 3월 17일