

3D 복셀맵에서의 GMRF 기반 지면 분리

송웨이*, 조성재*, 조경은*, 엄기현*, 원치선**, 심성대***

*동국대학교 멀티미디어공학과

**동국대학교 전자전기공학부

***국방과학연구소

교신저자 e-mail : cke@dongguk.edu

GMRF-Based Ground Segmentation in 3D Voxel Map

Wei Song*, Seongjae Cho*, Kyungeun Cho*, Kyhyun Um*, Cheesun Won** and Sungdae Sim***

*Department of Multimedia Engineering, Dongguk University

**Division of Electronics and Electrical Engineering, Dongguk University

***Agency for Defense Development

e-mail : cke@dongguk.edu

요 약

원격 환경에서 작동하는 원격 로봇을 조종하기 위해서는 조종사가 빠르게 계획을 세워야 한다. 이를 위해 GPS, 자이로스코프, 비디오 카메라, 3D 센서 등에서 획득한 2D 및 3D 데이터셋으로 복셀맵을 구성한다. 지형 모델의 각 복셀은 이웃하는 복셀에 큰 영향을 받는다. 그러므로 깁스-마르코프 랜덤 필드 모델(GMRF, Gibbs-Markov Random Field) 을 사용하여 복셀맵에서 이동 가능한 영역을 탐색하는 방법을 제안한다.

1. 서론

지면 분리 기술은 원격 로봇을 이용한 측량, 지도 제작, 항법 자동화 등의 분야에서 널리 연구되었다[1]. 이러한 기술은 주위 지형에 대한 정보를 빠르고 정확하게 파악하여 로봇이 처한 환경을 탐험하거나 상호 작용할 수 있도록 한다.

로봇에는 2D 영상, 3D 포인트 클라우드, 로봇 항법 정보 등을 획득하는 다중 센서가 탑재된다[2]. 3D 포인트 클라우드로 구성된 지형에서 이동 가능한 영역을 원격에서 판단하는 것은 쉽지 않다. 원격 조종 응용프로그램에서 이동 가능한 영역을 파악하기 위해서는 지면 분리가 필수이다. 우선 다중 센서에서 획득한 데이터셋을 융합하여 복셀맵을 생성한다. 지형 모델의 각 복셀은 이웃하는 복셀에 큰 영향을 받기 때문에 GMRF 모델을 사용하여 복셀맵에서 지면을 분리한다.

본 논문에서 2 장은 지면 분리와 관련된 연구를 기술하며, 3 장은 GMRF 기반 지면 분리 방법을, 4 장은 지면 분리 결과의 분석을 각각 기술하며, 5 장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

지면 분리는 지형에서 이동 가능한 영역을 파악하기 위해 폭넓게 연구되고 있다.

Conrad 는 각각의 스테레오 영상에서 일치하는 픽셀을 찾기 위해 SIFT(Scale-invariant feature transform) 알고리즘을 적용하였다[3]. 또한 찾은 픽셀을 지면과

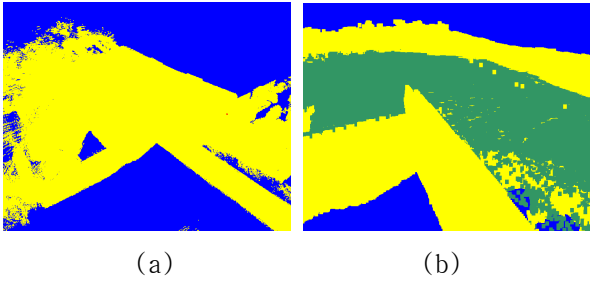
비지면으로 분류하기 위하여 수정된 기대값 극대화(Modified Expectation Maximization) 알고리즘을 사용하였다. 이 연구에서는 오직 일치하는 픽셀들만 분류가 가능하다.

Vernaza 는 DARPA 그랜드 챌린지(DARPA Grand Challenge) 를 위해 구조적 예측을 기반으로 하는 지형 분류를 발표하였다[4]. 그는 2D 영상을 장애물 및 지면 영역으로 분류하기 위해 MRF(Markov Random Field) 모델을 사용하였다. 이 방법은 영상처리에 많은 연산이 필요하기 때문에 실시간으로 2D 영상에서 지면을 분류하지 못한다. 본 논문에서는 3D 지형 맵에서 영상처리 없이 지면을 분리하는 방법을 제안한다.

3. GMRF 기반 지면 분리

지면을 분리하기 위해 우선 로봇 차량의 고도값 h 를 기준으로 3D 복셀에서 지면 복셀을 분리한다. 이 복셀들의 속성은 GMRF 모델에서 높은 확률로 지면으로 분류될 가능성을 내포한다. 한 3D 복셀의 높이 값 y 가 $-h-\Delta$ 부터 $-h+\Delta$ 사이의 값일 경우, 지면으로 분류된다.

한 복셀은 이웃 복셀들과 연결되어 있으므로, GMRF 를 사용하여 각 복셀을 지면 및 비지면으로 분류한다[5]. 그림 1. (a) 는 복셀맵을 나타내며 그림 1. (b) 는 지면 분리 결과를 녹색으로 표현한다.

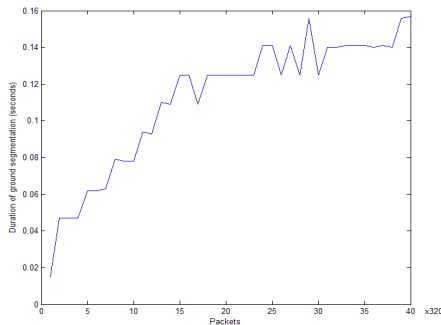


(그림 1) 지면 분리 결과; (a) 재구성한 복셀맵;
(c) 지면 분리 결과

4. 실험 결과

이 장에서는 지면 분리 알고리즘의 성능을 분석한다. 실험은 Velodyne 센서, GPS 수신기, 자이로스코프, 그리고 3 대의 비디오 카메라 등의 다중 센서를 탑재한 원격 로봇을 사용하여 진행하였다. 실험 장소는 건물과 나무가 존재하는 약 100 m²의 옥외 공간이다.

GMRF 모델에서 분리된 각 복셀들의 속성은 위에서 아래로, 원점에서 원거리의 순서대로 계산하였다. 그림 2 는 지면 분리에 소요된 시간을 나타낸다. 한 프레임에 320 개의 패킷을 획득하는데 0.177 초가 소요되지만, 지면 분리에는 0.16 초 미만이 소요된다. 실시간으로 지형을 모델링하기 위해 멀티쓰레드 프로그래밍을 적용하여 복셀맵을 구성하고 지면 분리를 구현하였다.



(그림 2) 지면 분리 소요 시간

5. 결론

지면 분리는 지면과 비지면 오브젝트를 분리하기 위해 필수지만, 2D 영상을 통한 이전의 방법들은 매 순간의 영상에 대해 매번 계산해야 하므로 연산량이 매우 큰 문제가 있었다. 이를 극복하기 위해 재구성한 지형 복셀맵에서 높이값 히스토그램과 GMRF 모델을 사용하여 지면을 분리하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 LiDAR(Light Detection And Ranging) 센서, 비디오 카메라, GPS 수신기, 자이로스코프 등의 다중 센서가 탑재된 로봇 차량에서 효과적으로 적용되는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 국방과학연구소의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] Matsushita, Y., Miura, J.: On-line Road Boundary Modeling with Multiple Sensory Features, Flexible Road Model, and Particle Filter, J. Robotics and Autonomous Systems, Vol.59, No.5, 2011, pp.274-284.
- [2] Kelly, A., Chan, N., Herman, H., Huber, D., Meyers, R., Rander, P., Warner, R., Ziglar, J., Capstick, E.: Real-Time Photorealistic Virtualized Reality Interface For Remote Mobile Robot Control, J. Robotics Research, Vol.30, No.3, 2011, pp.384-404.
- [3] Conrad, D., DeSouza, G.N.: Homography-based ground plane detection for mobile robot navigation using a Modified EM algorithm. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2010, pp.910 – 915.
- [4] Vernaza, P., Taskar, B., Lee, D.: Online, Self-supervised Terrain Classification via Discriminatively trained Submodular Markov Random Fields. in: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2008, pp.2750-2757.
- [5] Angelo, A., Dugelay, J.L.: A Markov Random Field Description of Fuzzy Color Segmentation, Proceedings of the 2nd International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications, 2010, pp.270-275.