

Visual SLAM의 건설현장 실내 측위 활용성 분석

Analysis of Applicability of Visual SLAM for Indoor Positioning in the Building Construction Site

김태진¹ · 박지원¹ · 이병민¹ · 배강민¹ · 윤세빈² · 김태훈^{3*}

Kim, Taejin¹ · Park, Jiwon¹ · Lee, Byoungmin¹ · Bae, Kangmin¹ · Yoon, Sebeen² · Kim, Taehoon^{3*}

Abstract : The positioning technology that measures the position of a person or object is a key technology to deal with the location of the real coordinate system or converge the real and virtual worlds, such as digital twins, augmented reality, virtual reality, and autonomous driving. In estimating the location of a person or object at an indoor construction site, there are restrictions that it is impossible to receive location information from the outside, the communication infrastructure is insufficient, and it is difficult to install additional devices. Therefore, this study tested the direct sparse odometry algorithm, one of the visual Simultaneous Localization and Mapping (vSLAM) that estimate the current location and surrounding map using only image information, at an indoor construction site and analyzed its applicability as an indoor positioning technology. As a result, it was found that it is possible to properly estimate the surrounding map and the current location even in the indoor construction site, which has relatively few feature points. The results of this study can be used as reference data for researchers related to indoor positioning technology for construction sites in the future.

키워드 : 비주얼 슬램, 실내 측위, 비주얼 오도메트리

Keywords : visual Simultaneous localization and mapping (vSLAM), indoor positioning, visual odometry (VO)

1. 서론

사람이나 사물의 위치를 측정하는 측위 기술은 디지털 트윈이나 증강현실, 가상현실, 자율주행 등과 같이 현실 좌표계의 위치를 다루거나 현실과 가상세계를 융합하는 기술들에 있어서 핵심적인 기술이다[1]. GPS와 같은 위성항법시스템 등을 통해 사용자의 위치정보 획득이 용이한 실외 건설현장과 달리, 실내 건설현장은 외부로부터 위치정보 수신에 불능하고 통신 인프라가 미흡하며 부가적인 장치를 설치하기 어렵다는 특징이 있다. 로봇틱스 분야에서 활발하게 연구되고 있는 visual Simultaneous Localization And Mapping (vSLAM) 기술은 영상 정보만을 이용해 모바일 시스템의 주변 지도와 현재 위치를 실시간으로 취득할 수 있어 실내 건설현장에서 사람 또는 사물의 측위에 활용할 수 있는 기술 중 하나이다. 실외 건설현장에서 UAV의 위치를 추정하는데 vSLAM 기술을 활용한 연구[2]가 있으나 아직까지 실내 건설현장에서 vSLAM을 이용한 측위 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 vSLAM 중 하나인 Direct Sparse Odometry(DSO)[3]를 이용해 실내 건설현장에서 테스트를 수행하고 실내 측위 기술로서의 활용성을 분석하고자 한다.

2. Visual SLAM(vSLAM) 및 Direct Sparse Odometry(DSO)

vSLAM은 SLAM 중에서도 카메라만을 사용하는 방식으로 크게 indirect 방식(feature-based method)와 direct 방식으로 분류할 수 있으며 다시 direct 방식은 맵 포인트의 밀도가 높은 dense 방식과 맵 포인트의 밀도가 낮은 semi-dense 또는 sparse 방식의 vSLAM으로 분류할 수 있다[4]. indirect 방식은 영상 상의 특징점에 기반한 방식으로 ORB-SLAM[5]이 대표적이며 무늬(texture)나 특징이 부족한 환경에서는 성능이 떨어진다는 단점이 있다. 반면에 direct 방식은 영상의 특징점을 검출하지 않고 영상정보 자체를 활용하며 semi-dense 맵을 생성하는 LSD-SLAM[6]과 sparse한 맵을 생성하는 DSO가 대표적이다. 본 연구에서는 무늬나 특징점이 상대적으로 부족한 실내 건설현장의 특징을 고려하여 direct 방식 중 높은 정확도를 보여주는 DSO를 활용하여 실내 건설현장에서의 테스트를 수행한다.

3. Visual SLAM 기술 테스트 및 활용성 분석

유인에 위치한 아파트 시공 현장 지하1층을 대상으로 테스트를 수행하였다. 이를 위해 그림 1과 같이 먼저 아이폰 12 mini 카메라의

1) 서울과학기술대학교, 학사과정

2) 서울과학기술대학교, 석사과정

3) 서울과학기술대학교, 조교수, 교신저자(kimth@seoultech.ac.kr)

칼리브레이션을 수행하고 해당 카메라로 현장의 영상을 수집완료 후 DSO를 실행하여 이동경로 및 3D sparse map (이하 3D map)을 생성하였다. 테스트 현장에서의 Trajectory 및 3D map 생성결과는 다음 그림 2와 같다.



그림 1. 테스트 프로세스

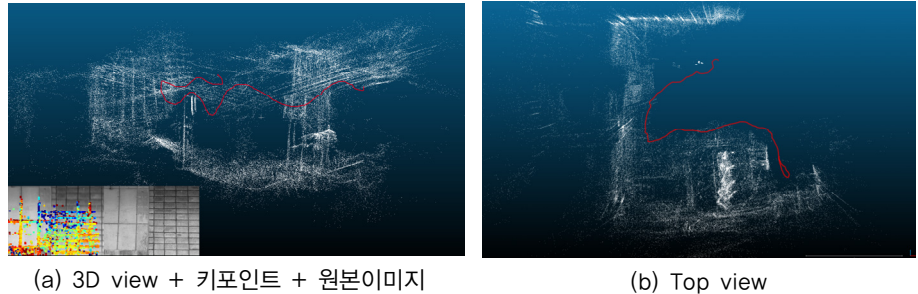


그림 2. 이동경로 및 3D sparse map 생성 결과

그림 2(a)의 좌측 하단부의 이미지에서 보듯이 영상의 픽셀 정보를 감지, 3D world 좌표계 상에서 픽셀의 위치를 추정한다. 해당 이미지는 콘크리트벽과 골조벽으로 콘크리트의 거푸집 탈형자국과 조적줄눈이 3D map 생성 및 이동경로 추정에 단서로 작용하며, 그 무늬가 3D map 상에 나타난 것을 볼 수 있다. Direct 방식의 DSO는 특징점이 상대적으로 부족한 공사현장에서도 3D map을 현실에 가깝게 추정하며, 실제 촬영자(시공자·감리자)의 움직임에 가까운 동선 기록이 가능하다. 다만, 영상정보만을 이용하기 때문에 스케일 정보를 알 수 없어, 이를 추정하기 위한 추가적인 기법이 요구된다.

4. 결론

실내 건설현장에서 사람이나 사물의 위치를 추정하는데 있어 외부로부터 위치정보 수신에 불가능하고 통신 인프라가 미흡하며 부가적인 장치를 설치하기 어렵다는 제약이 존재한다. 이에 본 연구는 영상 정보만을 활용하여 현재 위치와 주변 맵을 추정하는 vSLAM 중 하나인 DSO를 실내 건설현장에서 테스트해보고 실내 측위 기술로서의 활용가능성을 분석하였다. 그 결과, 상대적으로 특징점이 부족한 건설현장 실내에서도 주변 맵과 현재 위치를 적절히 추정할 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 향후 건설현장 실내 측위 기술 관련 연구자들에게 참고자료로 활용될 수 있다. 향후에는 vSLAM을 통해 얻은 3D map에 대한 수치적 정확도를 분석하는 한편 이를 바탕으로 도면 상에서의 위치를 추정하는 연구를 수행하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 디지털 기반 건축시공 및 안전감리 기술개발 사업의 연구비지원(1615012983)에 의해 수행됨. 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022R1A4A3026883).

참고문헌

1. 안현우, 문남미. 인공지능 기반 실내 측위 기술 동향 및 전망, 방송과 미디어. 2020. p. 75-82.
2. SHANG Zhexiong, SHEN Zhigang. Real-time 3D reconstruction on construction site using visual SLAM and UAV. Construction Research Congress. 2018.
3. ENGEL Jakob, KOLTUN Vladlen, CREMERS Daniel. Direct sparse odometry. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2017. 40(3). p. 611-625.
4. TAKETOMI Takafumi, UCHIYAMA Hideaki, IKEDA Sei. Visual SLAM algorithms: A survey from 2010 to 2016. IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, 2017 9(16). p. 1-11.
5. MUR-ARTAL Raul, MONTIEL Jose Maria Martinez, TARDOS Juan D. ORB-SLAM: a versatile and accurate monocular SLAM system. IEEE transactions on robotics. 2015. 31(5). p. 1147-1163.
6. ENGEL Jakob, SCHÖPS Thomas, CREMERS Daniel. LSD-SLAM: Large-scale direct monocular SLAM. In: European conference on computer vision. Springer, Cham, 2014. p. 834-849.