

증강현실-IoT 융합 어플리케이션을 위한 UWB 태그 기반 상대 측위의 Tracking Loss 복원 기법

최 홍 범*, 임 근 우*, 고 영 배^o

Tracking Loss Recovery for Relative UWB Tag Positioning in AR-IoT Applications

Hong-Beom Choi*, Keun-Woo Lim*,
Young-Bae Ko^o

요 약

본 논문에서는 증강 현실 어플리케이션 환경에서 vSLAM 기술과 UWB를 이용한 실내 측위 기술을 융합한 태그상대 측위 시스템을 가정한다. 이때 vSLAM에서 발생할 수 있는 Tracking Loss를 태그 상대 측위 시스템을 이용하여 복구하는 3가지 방법을 제시하고 이를 구현 및 실험하였으며 각 방법의 성능을 분석하였다.

Key Words : Relative Positioning, Indoor Positioning, Augmented Reality, UWB, vSLAM, Internet of Things

ABSTRACT

In this paper, we assume a tag relative positioning system that combines vSLAM technology and indoor positioning technology using UWB in augmented reality application environment. In this case, we presented three methods to recover the tracking loss that can occur in vSLAM using the tag relative positioning system, and implemented and tested them.

I. 서 론

증강 현실 어플리케이션(AR)은 사이버 공간의 다양한 정보를 현실 공간을 비추는 이동 단말 화면상에 증강하여 보여주는 기술이다. 최근 이동 단말의 비약적인 성능 향상과 vSLAM(Visual Simultaneous Localization and Mapping)^[1]과 같은 기술의 등장으로 카메라 앞의 물리적 공간에 대한 인지가 가능해짐에 따라 이를 활용하는 다양한 증강 현실 어플리케이션이 등장하고 있다. 이 중 사물 인터넷 단말의 센싱 정보와 그 위치를 증강현실 어플리케이션의 화면 상에 적절히 표시하여 사용자에게 직관적이고 편리한 유저 인터페이스를 제공하려는 시도 또한 다방면에서 이루어지고 있다^[2].

본 논문에서는 vSLAM과 UWB(Ultra Wideband)를 활용한 거리 측정(Ranging) 기반의 다변측량(Multi-lateration) 알고리즘^[3]을 활용한 태그 상대 측위 시스템^[4]을 가정한다. 이를 이용하면 단말 기준의 상대 위치 지도를 정의하고, 해당 지도의 좌표계에서 UWB가 장착된 태그의 위치를 지정할 수 있다.

vSLAM은 카메라를 이용하여 이미지에서 특징점을 추출하고 이것의 연속적인 위치 변화를 단말의 위치를 추적하는데, 이때 카메라의 흔들림 혹은 저조도 등의 이유로 인해 Tracking Loss가 발생하고 지도 정보가 저장된 세션이 초기화되면, 이를 복구하고 기존 세션에 단말의 위치를 재정의하기 위한 Relocalization 알고리즘을 포함한다. 그러나 이는 기존 세션에서 관찰한 특징점을 다시 감지하여야 한다. 본 논문에서는 상술한 Relocalization 알고리즘을 수행하지 못하는 경우에도 태그 상대 측위 기반 시스템을 이용하여 세션을 복구하는 방법을 제안한다.

II. 태그 상대 측위 기반 시스템

2.1 태그 상대 측위 시스템

그림 1은 해당 시스템의 개념도를 보여주고 있다. 먼저, 측위의 대상이 되는 태그는 특정 위치에 고정되어 있으며 이동 단말의 거리 측정을 위한 UWB 기반 거리 측정 모듈이 탑재되어 있다고 가정한다. 측위를

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2020-2018-0-01431)

• First Author : (ORCID:0000-0002-2551-0010)Ajou University, credtiger96@ajou.ac.kr, 학생(박사), 학생회원

o Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-8799-1761)Ajou University, youngko@ajou.ac.kr, 정교수, 종신회원

* (ORCID:0000-0002-5301-7987)Telecom Paristech, keunwoo.lim@telecom-paristech.fr, 조교수

논문번호 : 202001-002-A-LU, Received December 23, 2019; Revised March 26, 2020; Accepted March 27, 2020

수행하는 이동 단말은 장착된 카메라를 기반으로 vSLAM의 VIO(Visual Inertial Odometry)를 수행할 수 있으며 태그와의 거리 측정이 가능하다고 가정한다.

이동 단말은 그림 1의 ①과 같이 태그 주변의 특정 위치에서 VIO를 통해 생성한 지도에서의 현재 단말의 좌표와 해당 좌표에서 태그까지의 거리를 기록하며 이를 Virtual Anchor(VA)라 칭한다. 이동 단말은 ②와 같이 태그 주변을 이동하며 ①과 같은 방식으로 VA를 생성한다. 이 때 단말의 변위는 VIO를 이용하여 측정한다. 이와 같은 과정을 반복하여 최소 4회 이상 VA를 생성할 시 ③과 같이 다변측량을 이용하여 vSLAM으로 생성된 상대 위치 지도 내에서의 태그의 위치를 계산할 수 있다. 마지막으로 위 과정을 통하여 추정된 위치를 ④와 같이 증강 현실 어플리케이션의 화면 상에 렌더링 할 수 있다. 또는 다양한 위치 기반 어플리케이션에 활용될 수 있다.

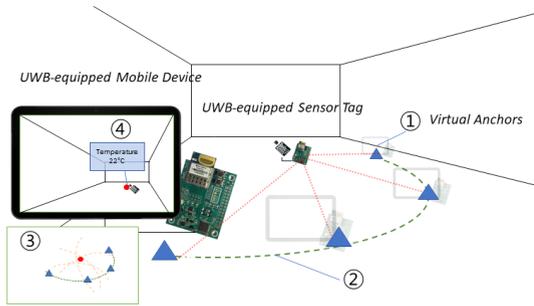


그림 1. 태그 상대 측위 시스템 개념도
Fig. 1. Conceptual Diagram of Relative Positioning system

2.2 Tracking Loss 복구 기술

그림 1에서 보인 과정 2와 같이 이동 단말이 이동하는 과정에서 카메라 흔들림, 저조도 환경으로 인해 vSLAM의 Tracking Loss가 발생하여 생성된 상대 좌표 지도가 초기화 될수 있다. 본 논문에서는 상술한 센서 상대 측위 시스템을 활용하여 초기화되어 새로 생성된 상대 좌표 지도와 실제 이전의 기존 상대 좌표 지도를 병합하여 이를 복구하는 기술에 대하여 논하고자 한다. 이를 이용하면 vSLAM에서 Relocalization 알고리즘을 수행할 수 없는 경우에도 단말의 상대 위치를 복구할 수 있으며 컴퓨팅 비용 또한 상대적으로 적다는 이점이 있다.

본 논문에서 제안하는 기술은 배치되어 있는 공간에 다른 단말이 동시에 존재할 때, 또한 단말 간의 상대 위치 지도를 병합하는 경우에도 활용이 가능하다. 이러한 경우 다중 단말의 다양한 각도에서 측정된 태

표 1 세 가지 방법의 비교
Table 1. Comparison of Three methods

방법	필요 태그	추가 사용 센서	3차원 측위
SR	1	VIO, Magnetometer	×
MR	2	VIO	○
MUL	4	×	○

그 측위 결과를 통해 정확도를 향상 시킬 수 있을 뿐만 아니라 단말 간의 실시간 상대 위치를 측정하는 데에도 활용이 기대된다. 이를 위한 세 가지의 기본적인 방법을 아래에 나타내었다.

- **SR(Single Reference):** 2.1의 과정 반복을 통해 상대 좌표 지도를 재생성한다. 이 때, 새로 생성된 지도와 기존 지도에는 한 개 이상의 태그가 공통적으로 측위된다고 가정한다. 이 경우 두 지도를 병합하기 위하여 각 지도에서 측정된 태그의 위치와 두 지도의 방향을 맞추기 위하여 지자기계에서 측정된 단말의 방향이 사용된다. 오직 하나의 태그만이 사용된다는 장점이 있으나 지자기계 오차로 인하여 오차가 누적될 수 있다. 또한 지자기계는 지면 기준에서의 방향만을 제공하므로 3차원에서의 측위는 불가능하다.
- **MR(Multi-Reference):** SR과 유사하나 병합하고자 하는 두 지도의 방향을 맞추기 위해 SR 방법에서의 지자기계를 사용하는 대신 두 개 이상의 태그를 사용하여 그 과정을 수행한다는 차이가 있다. 세 개 이상의 태그를 사용한다면 SR 방법과 달리 3차원에서의 측위가 가능하다.
- **MUL(Multi-Lateration):** 기존 지도 상에 존재하는 네 개 이상의 태그가 Ranging 범위 내에 존재함을 가정한다. 이 경우 단말은 새로운 상대 좌표 지도를 사용할 필요 없이 일반적인 UWB 기반 실내 측위와 같이 네 개 이상의 태그와 Ranging을 수행하고 이를 기반으로 다변측량을 수행하여 기존 지도 상에서 단말의 위치를 추정한다. 2.1과 같은 과정을 수행할 필요가 없이 즉시 수행될 수 있으며 누적 오차가 없다는 장점이 있으나 4개 이상의 태그가 통신 범위 내에 있기 힘들다는 단점이 있다.

III. 실험 결과 및 분석

3.1 구현 및 실험

시스템의 구현을 위하여 단말과 태그에 탑재되는 UWB Ranging을 위해 Decawave 사의 DWM1001

모듈을 이용하였으며, 이와 함께 증강 현실 프레임워크 구글의 ARCore를 활용하여 Android 태블릿 PC인 Samsung Galaxy Tab S4에 실험을 위한 어플리케이션을 구현하였다.

실험은 NLOS(Non-Line-of-Sight)와 부분적인 LOS(Line-of-Sight)가 혼재하는 6m * 6m 크기의 사무실 환경에서 진행하였으며 이동 단말은 중앙에 설치된 태그 주변을 2m/s 속도로 1분간 순회한다. 이때 VA는 1초 간격으로 생성한다. 이와 같은 과정을 반복하여 20개의 상대 좌표 지도를 생성하였으며 Tracking Loss로 인한 지도 초기화 상황을 가정하여 두 상대 좌표 지도를 병합할 때의 누적 오차를 보였다. 이때 오차는 단말 기준의 태그 상대 위치 좌표와 직접 측정된 태그의 Ground Truth 좌표와의 Euclidean 거리로 정의한다.

3.2 결과 분석

그림 2에 각각 SR, MR, ML 방법을 적용하여 지도를 병합하고 단말이 이동한 거리에 따른 누적 오차를 나타내었다. SR과 MR 방법은 지도 병합 시 발생하는 오차 뿐만 아니라 두 지도 사이의 방향을 맞추는 과정에서의 오차로 인해 단말의 이동시에 오차가 추가로 누적되게 된다. 특히 MR은 SR에 비하여 더 많은 태그를 필요로 함에도 불구하고 전반적으로 큰 오차를 보여주었다. 반면 ML은 추가 지도 생성 없이 다변측량 기반으로 즉시 기존 지도에 단말을 위치시키므로 상대적으로 정확도가 높으며 오차가 누적되지 않는다는 장점이 있으나 4개의 태그가 범위 내에 있는 것을 보장하기 힘들다는 단점이 있다. 따라서 측정 범위 내에 태그가 3개 이하인 경우에는 SR 방법을 사용하고, 4개 이상인 경우에는 SR 방법과 함께 ML 방법을 혼용하여 누적 오차를 제거하는 방식이 고려될

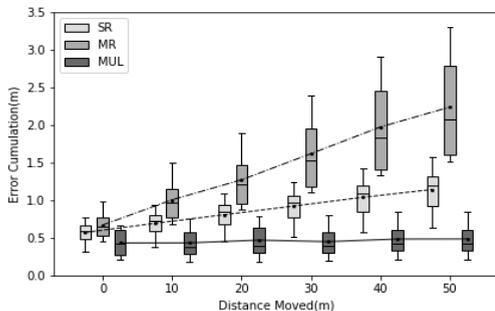


그림 2. 단말 이동 거리에 따른 누적 오차
Fig. 2. Error Accumulation according to the device moving distance

수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 vSLAM의 Tracking Loss 상황에서 세션을 Relocalization 알고리즘을 사용하지 않고 UWB 태그 상대 측위 시스템을 이용하여 복구하는 세 가지 방법인 SR, MR, MUL 방법을 각각 실험을 통해 분석하였다. SR 방법은 1개의 태그만을 필요로 하면서 MR에 비해 성능이 우수했고, MUL 방법은 가장 정확하고 오차 또한 누적되지 않았으나 네 개 이상의 태그가 통신 범위 내에 들어와야 한다는 단점이 있었다. 향후 연구에서는 제안된 방법 중 환경에 따른 적합한 복구 방법 및 재난 환경과 같은 특수한 환경에의 적용에 대하여 분석하고자 한다.

References

- [1] T. Taketomi, H. Uchiyama, and S. Ikeda, "Visual SLAM algorithms: A survey from 2010 to 2016," *IPSI T Comput. Vis. Appl.*, vol. 9, no. 1, pp. 16, Dec. 2017.
- [2] Y. Park, S. Yun, and K. H. Kim, "When IoT met Augmented Reality: Visualizing the source of the wireless signal in AR view," in *Proc. MobiSys '19*, pp. 117-129, Seoul, Korea, 2019.
- [3] Y. T. Chan and K. C. Ho, "A simple and efficient estimator for hyperbolic location," *IEEE Trans. Sign. Process.*, vol. 42, no. 8, pp. 1905-1915, Aug. 1994.
- [4] H. B. Choi, K. W. Lim, and Y. B. Ko, "Sensor localization system for ar-assisted disaster relief applications," in *Proc. MobiSys '19*, pp. 526-527. Seoul, Korea, Jun. 2019.