비콘을 이용한 로봇의 위치추정

박성현*, 김상훈*
*한경대학교 전기전자제어공학과
e-mail: kimsh@hknu.ac.kr

Robot Position Estimation Using Beacon

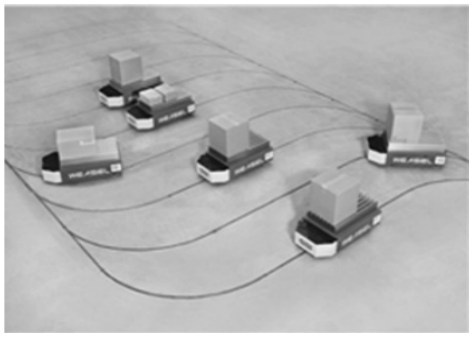
Sung-Hyun Park*, Sang-Hoon Kim*
*Dept. of Electrical, Electronic and Control Engineering, HanKyong Nation University

요 약

본 논문은 로봇의 위치추정에 관한 연구로서, 기존의 실내 자율주행은 탐색되지 않은 영역에서의 위치추정이 어렵다는 것을 보완하기 위해 Graph based SLAM 알고리즘을 이용하는 자율주행 로봇에 Beacon을 적용함으로써 보다 정확한 위치추정 능력을 향상하는 방법을 제시한다.

1. 서론

최근 실외에서의 자율주행이 빠르게 발전하고 있다. 이러한 실외에서의 자율주행은 위치 정보를 획득하기 위해서 GPS가 널리 사용되고 있다[1]. 하지만 빌딩이나 터널 등 장애물에 의한 신호가림이 발생하는 실내환경의 경우 정확도가 매우 떨어진다. 이처럼 GPS를 사용할 수 없는 공간에서도 로봇이 성공적인 자율주행을 수행하기 위해서는 로봇에 장착된 센서가 주변의 환경을 인식하여 위치추정을 할 수 있어야 한다. 기존의 실내 자율주행은 수행할 때 AGV(Autamated Guided Vehicles)와 같은 바닥의 테이프를 따라 주행하거나 레이저 반사판이나 QR코드와 같은 인공표식을 이용하여 자율주행을 하는 형태로 활용되었다[2]. 따라서 로봇이 처음 탐색하는 실내환경에서의 자율주행은 위와 같은 랜드마크 없이 정확한 위치추정의 한계가 발생한다. 그러므로 본 논문은 이러한 로봇의 자율주행 한계를 보완하기 위해서 랜드마크(Beacon)를 탑재하고 SLAM 알고리즘을 이용하여 자율주행하는 로봇의 개발을 제시한다.

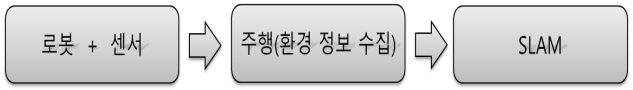


(그림 1) 바닥의 마그네틱 라인 형태의 AGV[2]

2. 본론

2.1 SLAM

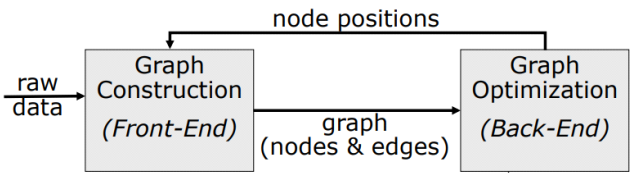
SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)은 로봇의 자율주행을 위해 가장 기초적이면서 필수적인 기술로써, 로봇이 이동하면서 로봇에 설치된 센서를 이용해서 주변의 공간 지형 또는 인공표식을 인식하고, 얻어진 정보를 이용하여 주변 환경의 지도를 만들면서 동시에 로봇의 상대적 위치를 알아내는 기법이다.



(그림 2) SLAM 개념도

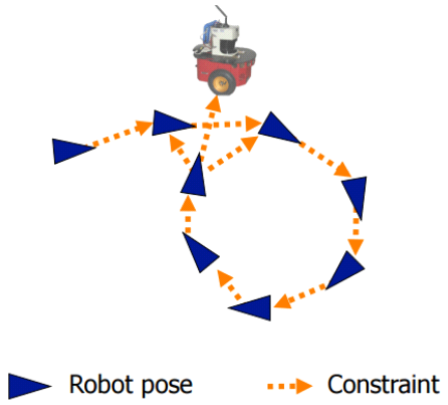
2.2 Graph-based SLAM[3]

SLAM의 방법은 Kalman Filter, Particle Filter, Graph-based로 크게 3가지로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 Graph-based SLAM을 이용해 설명한다. Graph-based SLAM은 (그림 3)와 같이 Front-end와 Back-end로 나뉜다. Front-end의 경우 로봇의 센서로부터 Raw Data를 얻고, 이를 통해 Sub-map을 만들어 저장한다. 그 후 만들어진 Sub-map으로 로봇이 재방문한 공간을 인식함으로써, 각 node 사이의 constraint를 생성하는 과정이다. 이렇게 생성된 constraint와 node들의 정보를 이용해 최적화된 node의 위치를 계산하는 과정은 Back-end에서 수행된다.



(그림 3) Graph-based SLAM 시스템[3]

이러한 과정을 실행하면 (그림 4)와 같이 로봇이 움직인 모든 위치를 node와 edge로 표현하여 생기는 정보를 저장하고, 로봇이 이 위치를 다시 재방문할 경우 주변 환경에 대한 정보를 이용하여 자신의 위치를 인식하고 불연속적인 node 사이에 constraint를 추가하여 로봇의 경로를 최적화함으로써 로봇의 위치를 계산한다. 여기에서 node는 로봇의 위치를 뜻하고, edge는 로봇의 Odometry정보이며 constraint라고 한다.



(그림 4) Graph-based SLAM의 주행원리[3]

2.3 무선통신 기반의 실내 위치추정

무선통신 기반의 실내 위치추정에 사용되는 기술은 대표적으로 WLAN, UWB(Ultra-Wideband), RFID(Radio-Frequency Identification), BLE Beacon(Bluetooth Beacon)이 있다[4]. 아래 <표 1>은 실내 위치추정에 사용되는 기술들의 간략한 특징을 나타낸다. 본 논문에서는 저전력 블루투스 기반의 Beacon을 이용하여 실내 위치추정을 수행한다.

<표 1> 실내 위치추정을 위한 무선통신 기술[4]

위치 추정 기술	문제점	분류	정확도
WLAN	위치 데이터베이스 구축 필요	RSSI	5m
UWB	트랜스시버 모듈 필요	Time	15cm
RFID	트랜스시버 모듈 필요	ID	Range
블루투스 비콘	위치 데이타베이스 구축 필요	RSSI	1m

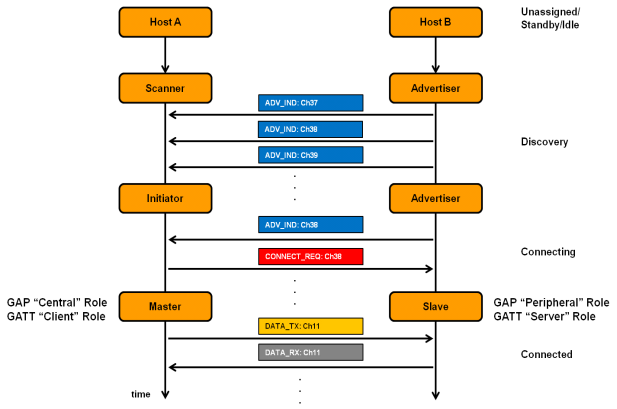
2.4 BLE Beacon

저전력 블루투스는 저전력을 최우선시하는 무선통신 기술로 기존 BT Classic과 비교하면 전력 소모를 1/10 정도로 낮춘 장점이 있다. 아래 <표 2>는 블루투스의 버전별 성능 비교를 나타낸다.

<표 2> 블루투스 버전별 성능[5]

	블루투스1.0	블루투스2.0	블루투스3.0	블루투스4.0
개발시기	1998	2001	2009	2010
전송 속도	500Kbps	1~3Mbps	1~3Mbps(최대24Mbps)	1Mbps
전력소모	많다	적다	많다	매우적다
보안	낮다 ----------> 매우높다			

블루투스는 간단히 2가지 모드 Advertise Mode와 Connection Mode로 나뉜다. Advertise Mode에서는 Beacon이 보내는 Packet 신호를 감지하는 과정을 수행한다. 그 후 Connection Mode에서 알게 된 기기 중에서 하나를 선택해서 1:1로 연결하는 과정을 수행한다.

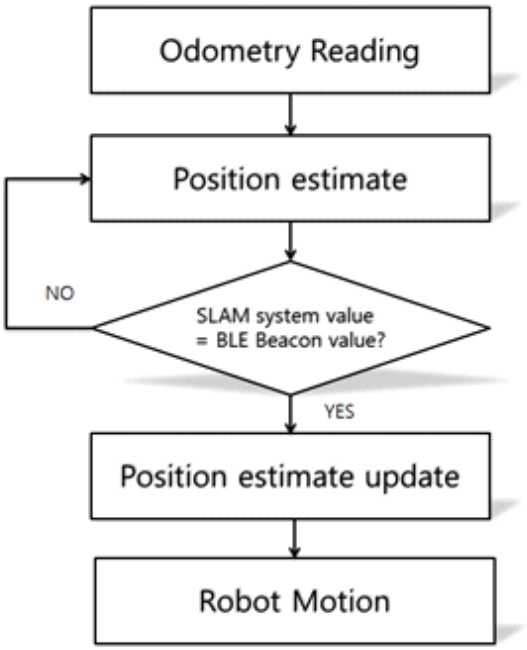


(그림 5) BLE Connection Phases (Host A : Robot, Host B: Beacon)[6]

2.5 BLE Beacon을 통한 Graph-based SLAM

본 시스템은 실내환경에서 기존의 Graph-based SLAM을 기반으로 자율주행하는 로봇의 위치추정 방식을 보완하는 방법을 제시한다. SLAM은 예측할 수 없는 요소들이 많으므로 정확한 위치추정과 맵핑에 한계가 있다. 또한, 텅 빈 공간과 같은 실내 환경의 특징이 나타날때는 더욱더 한계에 부딪히게 된다. 따라서 자율주행이 가능한 로봇 자체에 Beacon을 도킹 시스템 형식으로 적용하여 실내 공간에 들어가게 되었을 때 Beacon을 출발하는 위치에 설치를 한 후, Beacon을 중심으로 위치를 정보로 주고받아 실내에서의 정확한 위치추정이 가능하도록 구성한다. 이렇게 랜드마크를 설치함으로써 로봇은 Beacon과 로봇사이의 거리 데이터를 토대로 SLAM을 통해 예측된 이동 경로를 수정함으로써 개선된 자율주행 환경을 구축할 수 있다. 다

음 (그림 6)은 본 논문에서 제안하는 SLAM의 개념을 알고리즘으로 나타낸다.



(그림6) 개선한 SLAM 알고리즘

본 알고리즘은 기존의 Graph based SLAM 알고리즘에 BLE Beacon으로 측정한 데이터값과 SLAM 시스템으로 측정한 데이터값을 비교하여 비교 결과에 따른 피드백을 통해 추정된 위치의 값을 보정시키는 시스템을 구성한다. 기존 SLAM 알고리즘을 통해 로봇의 주행기록의 정보를 읽어 위치를 추정하고, SLAM 시스템을 이용한 측정값과 BLE Beacon 시스템을 이용한 측정값을 비교한 후 비교한 값이 어느 정도 오차범위를 수용하여 차이가 없으면 로봇의 위치추정값을 보정시키지 않고 업데이트 시킨 후 로봇이 업데이트된 정보를 통해 임무를 수행한다. 만약 SLAM 시스템과 BLE Beacon 시스템을 비교한 값이 서로 차이가 난다면, 비교의 이전 과정인 위치 추정단계를 다시 재구성하여 비교 값이 차이가 없을 때까지 로봇의 위치를 추정한다.

3. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 자율주행 로봇의 실내환경에서의 위치추정 방법을 Beacon이라는 랜드마크를 적용하여 보다 정확한 위치추정 방법을 제시하였다. 이러한 방법을 사용해도 BLE Beacon의 느린 수신속도, Beacon과 로봇 사이의 장애물에 의한 노이즈 문제, 평평하지 않은 환경에서의 불안정한 Beacon 설치 또는 Odometry의 비정확한 측정오차로 인한 문제점은 발생한다. 향후 연구에서는 BLE Beacon 보다 빠르고 오래가는 랜드마크의 연구와 Beacon 설치의 위치를 장애물에 간섭받지 않는 위치에 설치하는 방법 그리고 불안정한 실내환경에서의 자율주행을 소프트웨어적 해결방법이 우선적인 연구 방향이라고 생각된다.

참고문헌

[1] 염정남, 이금분, 박정진, 조범준, “GPS와 가속도계를 이용한 이동 물체의 위치 추정 시스템”, 멀티미디어 학회
[2] 김경훈, 서일홍, 명현, 정우진, "자율주행 로봇을 위한 SLAM 기술 동향과 산업전망", [한국산업기술평가관리원] 이슈리포트 2019-4월호
[3] Wolfram Burnard, “Introduction to Mobile Robotics”, Available at : http://ais.informatik.uni-freiburg.de/teaching/ss13/robotics/slides/16-graph-slam.pdf (Accessed: 19 September 2019).
[4] 최형우, “Indoor Location Estimation System using Bluetooth Low Energy Beacon Landmark”, 學位論文(碩士) - 高麗大學校 大學院 : 通信시스템技術協同科程 2016. 2
[5] Available at : http://www.beaconi.co.kr/bluetooth.htm
[6] Available at : https://microchipdeveloper.com/ble:bm70-ble-connection-states