

## 드론을 이용한 3차원 실내 지도 생성 기법 설계

양승영\*, 이진수\*, 양준현\*, 최정환\*, 손윤식\*

\*동국대학교 컴퓨터공학과

e-mail : yang35483@gmail.com

Design of 3D Indoor Map Generation Technique  
Using DroneSeong-Young Yang\*, Jin-Soo Lee\*, Jun-Hyeon Yang\*, Jeong-Hwan Choi\*,  
Yunsik Son\*

\*Dept. of Computer Science and Engineering, Dongguk Univ., Seoul, Korea

## 요 약

현재 드론의 발전과 더불어 센서, 무선통신 등 다양한 기술이 발전함에 따라 많은 산업분야에서 드론을 활용하려는 움직임이 있다. 특히 사람이 직접 접근하기 힘든 공간에 대한 데이터 수집을 위해 드론 탐사 분야 기술의 필요성이 제시되고 있다. 따라서 실제 현장에 투입되어 안정적인 실내 공간 탐사를 통해 정확한 실내 공간 정보를 수집할 수 있는 드론 모델을 설계하고, 수집된 데이터를 효율적으로 저장, 관리할 수 있는 3차원 실내 지도 생성 기법을 제안한다.

## 1. 서론

군사목적으로 처음 사용된 드론은 센서, 무선통신 등의 기술이 발전하고, 접목됨에 따라 다양한 분야로 확대되고 있는 추세이다. 드론의 활용 분야로는 시설물 안전점검, 화재 진압, 무인 배달시스템, 수색 및 구조 작업, 측량 분야 등이 있으며, 향후 드론의 비행시간 증가, 자율비행, 센서의 고도화, 소형화 등 관련된 기술이 발전함에 따라 더욱 다양한 분야에 활용되고 상용화될 수 있다. 또한, 국내에선 드론의 활용범위를 넓히고, 드론 산업을 활성화시키고자 관련 규제를 지속적으로 정비하고 있다[1].

최근 화재, 건축물의 붕괴와 같은 갑작스러운 안전사고의 빈도는 이상기후로 인한 자연재해 발생 및 건축물의 노후화 등으로 증가하고 있으며, 이는 막대한 경제적, 인명적 피해를 야기하고, 사람이 직접 접근하기 힘들거나 위험한 재난 지역에서의 인명 구조는 2차 피해를 발생시키기도 한다.

이에 본 논문에서는 시설물 안전 점검, 수색 및 구조 작업 등 사람이 접근하기 어려운 장소를 드론을 활용하여 보다 정확하게 실내 공간을 탐사하고, 3차원 실내 지도를 생성하는 방법을 제안한다. 2장에서는 실내 공간을 탐사하고 3차원 실내 지도 생성에 관련해 기존에 진행되었던 연구들을 간략하게 소개하며, 3장과 4장에서는 기존의 연구들을 발전시킨 제안하는 방법에 대해 소개한다. 끝으로 5장에서는 결론과 향후연구 및 기대효과에 대해 소개한다.

## 2. 관련연구

## 2.1. 로봇의 위치 추정과 환경 맵핑

로봇의 위치를 정확하게 파악하려면 환경(맵)에 대한 정보가 필요하며, 정확하게 환경을 탐지하기 위해서는 로봇의 위치정보가 정확해야 한다. 이는 로봇공학의 오래된 문제이며, 이를 해결하기 위한 다양한 연구가 진행되었다. 이 중 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 알고리즘은 로봇의 위치추정과, 맵핑을 동시에 진행한다. SLAM은 주로 확률적 도구를 이용하여 설명할 수 있다. 로봇의 궤적(백터값)을  $X_{1:T} = x_1, \dots, x_T$ , 로봇이 움직일 때 얻는 Odometry Measurement를  $u_{1:T} = u_1, \dots, u_t$ , 로봇이 인지하는 환경정보를  $z_{1:T} = z_1, \dots, z_T$ 라 할 때 SLAM 문제를 해결하는 것은  $x_{1:T}$ 와 맵  $m$ 의 사후확률을 추정하는 것으로 구성되어있다.

$$p(x_{1:T}, m | z_{1:T}, u_{1:T}, x_0) \quad (\text{수식 1})$$

SLAM 과정을 Dynamic Bayesian Network로 표현하면 다음 그림 1과 같다.

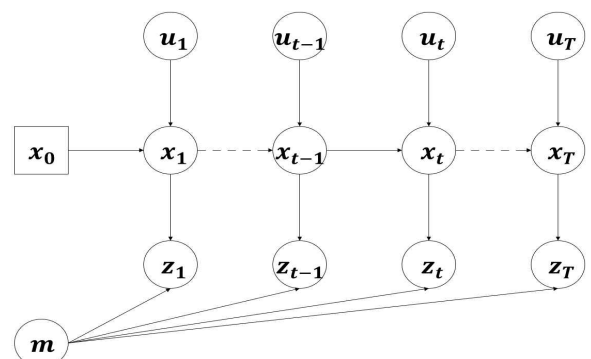


그림 1. Dynamic Bayesian Network of the SLAM process

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음”

(2016-0-00017)

맵 m은 주로 비전 기반 SLAM의 경우 랜드마크로 나타내며, 거리 측정 센서 기반인 경우 Dense Representation로 나타낸다[2].

## 2.2 RGB-D 카메라 SLAM

SLAM의 방법은 크게 Kalman Filter, Particle Filter, Graph-based로 나눌 수 있으며, RGB-D 카메라를 이용하여 환경정보를 얻는 경우 주로 Graph-based SLAM을 이용한다. Graph-based SLAM에서 알고리즘은 최초의 센서 측정에서 그래프를 구성한다. 그래프의 각 노드는 로봇 위치와 그 위치에서 획득한 측정치를 나타낸다. 두 노드 사이의 엣지는 연결되는 두 노드 사이의 공간 제약을 나타낸다. 공간 제약은 두 노드 사이의 상대적인 변화에 대한 확률 분포로 나타나며, 이러한 변화는 로봇 간의 주행 거리를 측정하거나(odometry), 두 로봇에서 얻은 관측치를 정렬하여 결정한다. 따라서 Graph-based SLAM은 최초 센싱을 통하여 그래프를 만드는 Front-end와 주어진 측정값을 최적화하는 Back-end로 구성된다[2].

현재 구축되어있는 대표적인 RGB-D 카메라를 이용한 Graph-based SLAM 시스템에서는, Front-end는 SIFT나 SURF를 이용하여 연속된 두 이미지의 특징점을 찾아 이미지 사이의 특징점을 매칭하며, 이를 깊이 정보와 결합한 후 RANSAC(Random Sample Consensus)을 통하여 노이즈를 필터링한다. 찾아진 특징점의 측정값과 일치하는 노드가 그래프에 존재하는 경우 기존의 노드를 유지하고, 새로운 측정값은 그래프의 새로운 노드가 된다. Back-end는 그래프 기반의 비선형 오류를 최적화하기 위한 오픈소스 프레임워크인  $g^2o$ 를 이용하여 그래프 최적화 과정을 수행한다[3].

## 2.3 Octree 공간 분할 알고리즘

생성된 3차원 실내 지도를 효율적으로 저장하고 관리하기 위한 방법으로 활용되는 Octree 공간 분할(Octree Space Partitioning, OSP) 알고리즘은 하나의 3차원 공간을 다시 8개의 공간으로 나누는 방식으로, 재귀적 호출을 이용하여 3차원 공간을 계속 분할하는 방식이다[4]. Tree 구조를 갖는 Octree는 최대 8개의 자식 노드를 가지며, 전체 형상에 대한 바운딩 박스를 생성하고 반복적으로 세분화할 수 있다. Octree를 인코딩하는 방법으로는 대표적으로 DF-Representation이 있으며, 이는 Octree를 깊이우선 탐색하여, 만나는 노드의 정보들을 순차적으로 저장하는 방법이다. 각 노드는 Black, White, Gray로 표현될 수 있는데, Black 노드는 해당 영역이 가득 차있음을 나타내고, White 노드는 완전히 비어있음을 나타낸다. 그리고 Gray 노드는 부분적으로 차있는 경우이며, 이는 추가적인 분할이 필요함을 의미한다[5].

## 3. 드론을 이용한 실내 공간 탐사

드론이 실내 공간을 탐사하고 3차원 실내 공간 데이터

를 수집하기 위한 방법은 크게 초음파, LRF(Laser Range Finder), Lidar 등의 센서를 이용하는 센서 기반 방법과 RGB-D 카메라 등의 카메라를 이용하는 비전 기반 방법이 있다. 본 연구에서는 LRF 센서와 RGB-D 카메라 2개를 이용하여 드론의 3차원 실내 공간 탐사를 진행한다. 탐사에 사용되는 드론은 Walkera사의 QR X350 Quadcopter 이고, 표 1은 QR X350의 명세이다.

|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| Dimensions     | 29×28×18 (cm)              |
| Weight         | 2.8 kg                     |
| Battery        | 25C 3S 2200 mAh 11.1v LiPo |
| Flight Time    | 12 minutes                 |
| Hover Accuracy | N/A                        |
| Flight Speed   | 12 m/s                     |

표 1. QR X350 Quadcopter configuration

LRF 센서는 드론의 실내 호버링(Hovering)에 문제가 없다면 실내 공간 정보를 수집하는데 사용이 가능하지만, 실내 GPS의 오차에 관한 문제로 드론이 자율주행 시 장애물을 탐지하고 회피하는데 사용한다. RGB-D 카메라는 2개를 이용하여 측정 각도를 넓히고, 측정한 실내 공간의 데이터에 대한 오차를 줄인다. RGB-D 카메라로 얻은 데이터는 직렬통신(Serial Communication)을 통해 드론으로 전송되고, 드론은 다시 데이터를 무선통신(Blue-tooth 또는 Wi-Fi)을 통해 서버로 전송한다.

## 4. 3차원 실내 지도 생성

서버에서는 Front-end와 Back-end, OSP 알고리즘을 이용해 드론으로부터 전송받은 데이터를 실내 지도로 만든다.

Front-end에서는 데이터들의 특징점들을 매칭하고 노이즈 필터링을 수행한다. 일반적으로 데이터의 특징점을 찾아 특징점들을 매칭하는 방법으로는 Laser scanner 등을 이용하는 센서 기반 시스템에서는 주로 ICP(Iteratively Closet Point) 알고리즘을 이용하고, 카메라를 이용하는 비전 기반 시스템에서는 전송받은 이미지의 특징점을 얻기 위하여 주로 SIFT나 SURF를 이용한다. 하지만 SIFT와 SURF는 특허권이 있어서 자유롭게 사용하기 힘들기 때문에, SIFT와 SURF를 대체할 수 있도록 OpenCV Labs에서 개발한 이미지 특성 검출 알고리즘인 ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)를 사용하여 드론으로부터 전송받은 RGB 데이터 사이의 특징점을 매칭한다. 그 후 Depth 데이터와 결합해 노드를 만들고 RANSAC을 통해 데이터에 있는 노이즈들을 필터링하여 그래프로 만든다. 다음으로 Back-end에서는 Front-end에서 만들어진 그래프를  $g^2o$  프레임워크를 이용해 최적화한다.

Front-end와 Back-end를 거쳐 최적화가 완료된 데이터들은 Octree Data 구조로 변환하는 프로세스를 이용하여, Octree의 Root 노드를 시작으로 Octree 내부에서의 세부

분할 작업 후 내부노드에 실내 공간 데이터를 저장함과 동시에 비어있는 영역을 제거하며 3차원 실내 지도를 가시화 한다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 드론을 이용한 3차원 실내 지도 생성 과정이다.

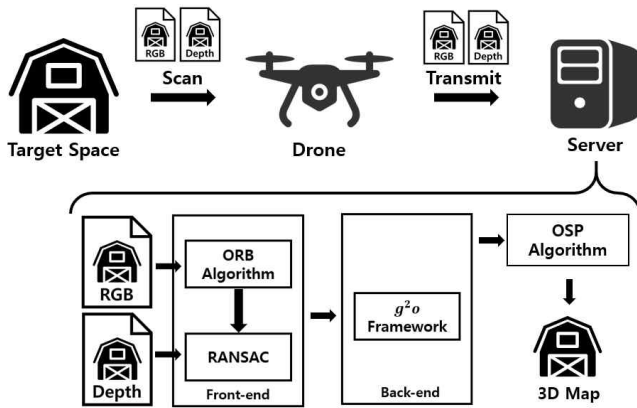


그림 2. 3D Indoor Map Generation process

## 5. 결론

본 논문에서는 드론을 활용한 3차원 실내 지도 생성 기술을 다양한 산업 분야에서 활용할 수 있도록 보다 정확하게 실내 공간을 탐사하고, 3차원 실내 지도를 생성하는 방법을 제안하였다. 드론을 활용함으로써 사람이 직접 접근하기 힘들거나 위험한 장소를 탐사하기에 적합하며, 보다 안전하고 정확한 작업이 가능하다. 더 나아가 3차원 공간을 탐사하는 드론을 중심으로 서버에서는 3차원 실내 지도를 생성하고 송신해 다른 드론들이 그 데이터를 수신하며 서로의 위치 공유를 통한 드론 군집제어에도 활용이 가능할 것으로 예상된다.

향후 제안된 방법을 이용하여 3차원 실내 지도에 대한 효율적인 실시간 동기화 시스템을 설계할 것이고, 3차원으로 시각화하는 프로그램 개발하고자 한다. 3차원 시각화 프로그램을 활용한다면 일반적인 건물 내부 또는 사람이 들어가기 어려운 공간의 구조를 3차원으로 보다 쉽게 파악할 수 있고, 뿐만 아니라 위급한 상황의 재난재해 지역(무너진 건물 등)에서도 내부 상황을 정확하게 파악하여 인명 구조를 체계적이고 안전하게 수행할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] 김대중, 임룡혁, “국토관리를 위한 무인항공기 활용사례”, 국토정책 Brief, 제 578호, 2016.
- [2] Giorgio Grisetti, Rainer Kümmerle, Cyrill Stachniss, Wolfram Burgard, “A tutorial on graph-based SLAM”, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine 2(4), pp.31-43, 2010.
- [3] Felix Endres, Jürgen Hess, Nikolas Engelhard, Jürgen Sturm, Daniel Cremers, Wolfram Burgard, “An Evaluation of the RGB-D SLAM System”, IEEE International Conference

on Robotics and Automation, 2012.

[4] 임석현, “옥트리를 이용한 3차원 물체추출에서의 모델링 향상 기법”, 仁荷大學校 大學院 : 電子計算工學科 학위논문(석사), 2001.

[5] 차기춘, 이동환, 박승희, “3D레이저스캐닝을 이용한 옥트리 기반 구조물 형상정보 가시화” 한국산학기술학회 논문지 제17권 제8호, pp.8-16, 2016.