

ROS 기반 군집로봇의 지능형 추적 알고리즘 설계

박중현*, 안성은*, 조우현*

*수원대학교 정보통신공학과

warren007@naver.com, ast3138@naver.com, skywoohyun@naver.com

Design of intelligent tracking algorithm for ROS-based swarm robot

Jong-hyun Park*, Seong-Eun Ahn*, Woo-hyun Cho*

*Dept. of Telecommunication Engineering, THE UNIVERSITY OF SUWON

요 약

기존의 침입자 대응방식을 보완하기 위해 지능형 관제 시스템과 CCTV 와 다수의 로봇들을 이용하여 객체 인식을 통해 침입자를 인식하고 추적하여 침입자의 좌표를 전송하고 시야에서 사라진 침입자의 위치를 추정하여 로봇들이 침입자의 퇴로를 차단하고 알고리즘을 통해 추정되는 위치를 순찰하며 침입자를 찾아내는 경비 시스템이다.

1. 서론

기존의 침입자 대응방식은 인력을 이용한 감시, 근무였다. 하지만 최근 침입자 대응방식은 CCTV 나 열상장비를 이용하여 소수의 관제인원으로 침입자를 탐색하고 탐지 시 보안업체 등을 통해 대처하는 방식으로 바뀌어 가고 있는 추세다. 문제는 이러한 장비들에 의해 탐지가 되었음에도 불구하고 1 인당 관제 대수가 많아 업무부하로 인해 관제 인원이 확인을 하지 못 한다거나 하는 문제가 있다. 사례를 예시로 2019년 동해안 목선 탈북 사건이나 2020년 태안 밀입국 사건 등이 있다.

이렇듯 관제만 하는 시스템은 기존의 사람의 육감으로 감지하고 대응하는 근무와 비교하여 탐지와 대응에서 큰 차이가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 객체인식 등을 통한 지능형 선별관제시스템을 도입하는 추세이지만 고정식 CCTV 는 한정된 지역에서의 위험상황만을 탐지할 수 있기 때문에 최근에는 도시전체의 안전을 담당하는 첨단 치안형태의 지능형 형태로 확대, 발전하고 있는 추세이다.[1]

따라서 본 논문에서는 지능형 관제시스템에 자율주행이 가능한 다수의 로봇들이 순찰을 하며 객체 인식을 통해 침입자나 위험상황을 탐지하고 시야에서 사라진 침입자의 위치를 추정하여 로봇들과 CCTV 가 협력하여 해당 경로의 퇴로 차단하고 남은 구역을 순찰하여 침입자를 찾아내어 좌표를 전송하고 나아가 대응까지 할 수 있는 시스템이다.

2. 적용 기술

2.1 ROS

ROS(Robot Operating System)는 로봇 개발을 위한 소프트웨어 플랫폼으로 서버와 각 로봇 간의 통신, 저수준 기기 제어, GUI 등 로봇 응용 소프트웨어 개발을 위한 다양한 기능들을 라이브러리 형태로 제공하고 있습니다. 본 논문에서 구현하고자 하는 기술들과 로봇개발 또한 ROS 환경 내에서 제작되었습니다. ROS 에서 제공하는 기술 중 사용된 것으로 서버와 로봇 간의 통신, 시각화 툴과 로봇의 위치추정을 위한 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping), 자율주행을 위한 DWA(Dynamic Window Approach)등 이 있다.

로봇들은 지도상에서 본인들의 위치를 알기 위해 엔코더 DC 모터를 통한 추측 항법(Dead reckoning)과 360 도 LiDAR 를 통한 보정을 이용합니다. DWA 로 자율주행이 가능하며 tf 를 이용하여 서로 다른 별개의 로봇들이 하나의 map server 에 붙어 있을 수 있다.

2.2 객체 인식과 좌표 전송

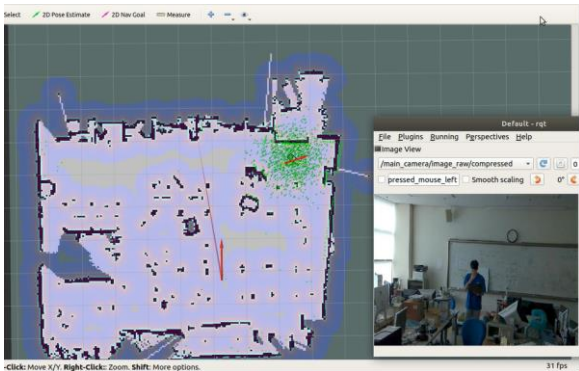
CCTV 와 각 로봇의 포탑에는 2 개의 서보모터(x, y 축)가 사용되는데 카메라와 LiDAR 가 장착되어 있다. NVIDIA 의 CUDA 를 이용할 수 있는 jetson nano 를 SBC 로 사용하여 객체인식(YOLO 이용)을 통해 침입자를 인식한다. 카메라가 인식한 바운딩

박스의 위치를 참조하여 포탑을 조정하고 해당 물체가 카메라 중앙에 오게 되면 LiDAR 로 거리를 알아내어 x, y 축 각도와 거리를 통해 삼각함수로 카메라가 바라보는 곳 중앙의 좌표를 서버로 전송한다.

$$\begin{aligned} X &= \text{range} * \cos(x) * \sin(y + \pi/2) \\ Y &= \text{range} * \sin(x) * \sin(y + \pi/2) \\ Z &= 0 \end{aligned}$$

<식 1> 거리, 각도를 통한 거리 계산식

이렇게 전송된 좌표는 지도(rviz)상에 표시하여 운용자에게 보여줄 수도 있고 로봇을 이동시키는 등 다양하게 사용할 수 있다.



<그림 1> 로봇, CCTV가 인식한 객체의 좌표를 서버에 전송

2.3 A* 알고리즘

A*알고리즘은 시작점과 목적지를 정확하게 알고 있는 상황에서 최단 거리를 구할 때 사용된다. 로봇의 현재 좌표와 목적지 좌표와 최단 거리를 구하는 상황에 사용되거나 사전에 저장된 좌표들 사이에서 최단거리를 구할 때 사용한다. 추적가능한 좌표들 사이에서 거리 비교를 통해 추적 순서를 정할 수 있다. ROS 에서 GlobalPlanner 이용해서 두 좌표사이의 최단 거리를 구할 수 있다.

2.4 BFS(Brute-Force-Search) 알고리즘

BFS 알고리즘은 가능한 모든 경우의 수를 모두 탐색하면서 요구조건에 충족되는 결과만을 가져온다. 사전에 좌표들 간의 연관 관계를 2 차원 배열로 만든다. 요구조건에는 CCTV 나 로봇으로 감시 가능한 구역과 추적에 사용될 시작 좌표가 주어진다.

2 차원 배열에서 CCTV 나 로봇으로 감시 가능한 구역을 MASKING 을 통해서 제외하고 시작 좌표를 기

준으로 BFS 알고리즘을 통해서 추적 가능한 모든 좌표를 구한다.

```
arr = [[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
       ,[0,0,1,0,1,0,0,0,0,0],
       ,[0,1,0,1,0,1,0,0,0,0],
       ,[0,0,1,0,0,0,1,0,0,0],
       ,[0,1,0,0,0,1,0,1,0,0],
       ,[0,0,1,0,1,0,1,0,1,0],
       ,[0,0,0,1,0,1,0,0,0,1],
       ,[0,0,0,0,1,0,0,0,1,0],
       ,[0,0,0,0,0,1,0,1,0,1],
       ,[0,0,0,0,0,0,1,0,1,0]]
```

<2 차원 배열의 연관 관계>
두 좌표의 인접한 정도를 0 과 1 로 구분한다.

0 은 두 좌표가 비인접
1 은 두 좌표가 인접

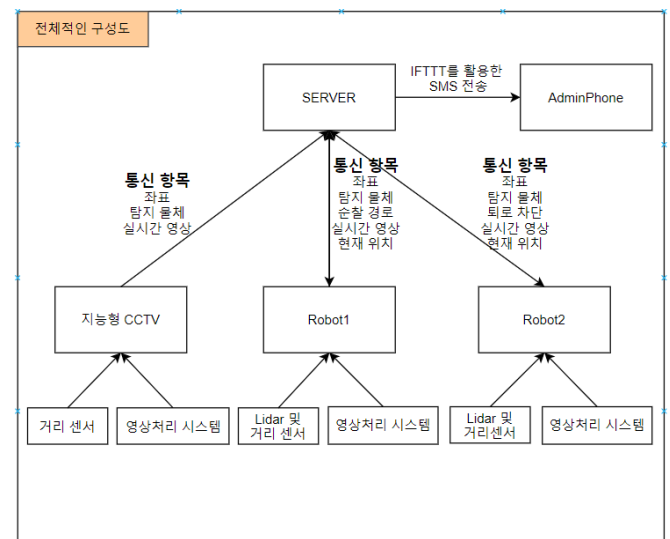
3. 제안 시스템

3.1 전체적인 구성도

구현에는 8m*8m MAP 에 침입자 역 로봇 1 대와 객체인식과 해당 물체 좌표를 전송할 수 있는 CCTV 1 대와 퇴로 차단과 순찰 역을 맡을 로봇 2 대가 사용되었다. CCTV 와 로봇들은 자신의 위치를 알고 객체인식과 좌표를 실시간으로 Server 로 송신한다.

Server 에서는 MAP 상에서 로봇의 실시간 위치, 로봇 제어, 실시간 영상을 모니터링 할 수 있는 화면을 제공한다.

그리고 관리자의 Endpoint 로 Web 통신을 통해서 실시간 상황을 SMS 로 제공한다.



<그림 2> 전체적인 구성도

3.2 추적 알고리즘

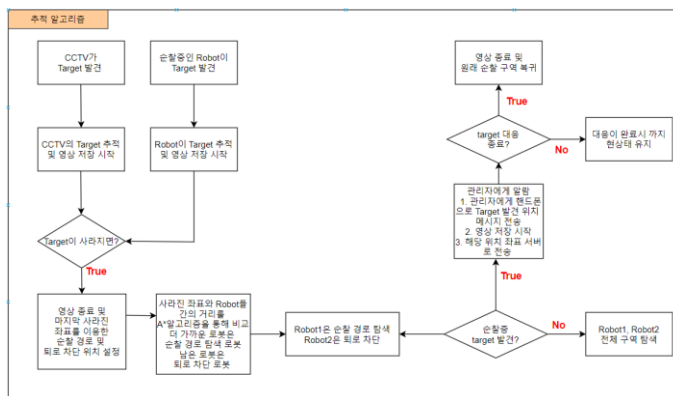
CCTV 나 로봇이 순찰을 돌고 있던 도중 침입자를 인식한 경우 침입자의 좌표를 전송하고 침입자가 시야에서 벗어난 경우 마지막에 발견된 장소를 기준으로

로 A*알고리즘을 적용하여 침입자가 갔을 것으로 추정되는 좌표들 중 가장 가까운 좌표를 초기 좌표인 START 변수에 저장한다. CCTV 나 로봇에 의해 감시되는 구역은 MASKING 하여 지우고 BFS 알고리즘을 통해 START 변수를 시작 위치로 침입자가 갈 수 있는 구역으로 추적 경로를 구한다.

침입자가 갈 수 있는 구역상에서 가장 많은 경로를 감시할 수 있는 한 곳을 BFS 알고리즘을 통해 찾아서 해당 좌표로 로봇 1 대를 보내 일시적인 CCTV 역할을 하도록 만든다.

그리고 침입자가 있을 것으로 추정되는 나머지 구역들을 로봇이 순찰을 시작한다. 순찰한 구역은 제외시키며 순찰 진행중에 침입자 발견 시 침입자의 좌표를 서버로 전송한다. 2 회 이상 순찰하였는데 미발견 시 로봇 2 대가 전체 구역을 순찰하도록 한다.

[2] <http://wiki.ros.org>



<그림 3> 추적 알고리즘

4. 결론

객체 인식, 침입자의 좌표를 보낼 수 있는 CCTV와 다수의 로봇, BFS 알고리즘 등을 이용하여 침입자가 있을 만한 구역을 추정하고 해당 구역 퇴로를 차단하고 직접 순찰까지 할 수 있는 시스템이다.

본 시스템을 CCTV 관제가 사용되는 곳에 적용하여 침입자가 있을 법한 구역을 제한함으로써 자원을 절약하고 객체 인식과 자동화를 통해 관제 인원의 업무 부하를 줄일 뿐만 아니라 경보와 위치전송으로 관리자의 신속한 대응이 가능하다.

이 논문은 2020년도 수원대학교 사제동행 프로그램 지원을 받아 수행된 결과물입니다.

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트의 결과물입니다.

'참고문헌'

[1] 국회입법조사처, CCTV 통합관제센터 운영실태 및 개선방안 2019.11.01