# 실내 이상 징후 모니터링을 위한 드론 자율 정찰 시스템

김민지, 김유진, 이소현, 김재호*
세종대학교

{kmj.sejong, kimyj.sejong, sohyun.sejong}@gmail.com, *kimjh@sejong.ac.kr

# A Drone-Based Autonomous Reconnaissance System for Indoor Anomaly Monitoring

Kim Min Ji, Kim Yu Jin, Lee So Hyun, Kim Jae ho*
Sejong University

요 약

최근 메타버스 기술이 발전하면서 다양한 산업 분야에 새로운 패러다임을 제시하며 안전 및 재난 대응 분야에도 새로운 해결책으로 활용되고 있다. 본 논문에서는 메타버스 공간 검색 플랫폼과 드론의 자율주행을 이용하여 실내 이상징후 모니터링을 위한 자율 정찰 시스템을 제안한다. 이 시스템은 세종대학교 대양 AI 센터 5 층을 테스트베드로 검증을 수행하였고 향후 드론으로 정찰된 현장 상황 이미지에 인공지능 모델을 적용하여 상황에 대한 정보까지 소방 당국에 전달할 수 있을 것이라 기대한다.

## Ⅰ. 서 론

최근 현실과 동일한 3D 가상 세계를 구현해내는 메타버스 기술이 발전되면서 다양한 산업 분야에서 새로운 패러다임을 제시하고 있다[1][2]. 특히 공공 안전과 재난 대응 분야에서 메타버스 기술이 새로운 해결책을 제공할 수 있는 잠재력을 지니고 있다[3]. 안전 및 재난 분야에서는 사고 현장의 정확한 위치 파악과 신속한 현장 파악이 생명을 구하는 결정적인 요소이다. 기존의 GPS 기반 위치 추적 시스템은 건물 내부에서 위치 파악이 제한된다. 또한, 소방 당국은 사고 발생지에 도착하기 전 현장의 상황을 알 수 없어 골든 타임을 확보하는데 어려움을 겪는다. 이러한 문제를 해결하기 위해 메타버스를 활용하여 건물 내부에 대해 3D 가상공간을 모델링하고 실내 공간에 이상 징후가 발견되었을 경우 소방 당국이 현장에 도착하기 전 건물 내 사전 배치된 드론을 통해 사고 발생지의 정확한 위치와 현장의 상황에 대한 정보를 파악한다. 본 논문에서는 메타버스 공간 검색 플랫폼을 이용하여 이상 징후가 발생된 공간의 위치 좌표를 추출하고, 반환된 위치를 바탕으로 드론이 자율 비행을 통해 현장의 문제 상황을 정찰하는 시스템을 제안한다.

## Ⅱ. 본론

### 2.1 자율 정찰 시스템 구조

자율 정찰 시스템은 그림 1 과 같이 이상 징후가 발생한 공간 이미지를 입력 받아 실내 좌표를 반환하는 공간 검색 플랫폼과, 실내 위치 좌표를 받아 목적지까지 드론이 자율 비행하는 기술로 구성된다.

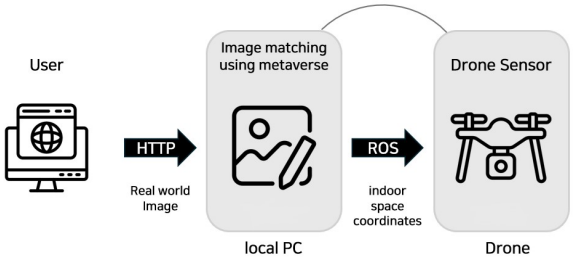


그림 1. 이상징후 예방 자율 정찰 시스템 구조도

메타버스를 이용한 공간 검색[4] 플랫폼은 크롤링, 인덱싱, 매칭 과정으로 구성된다. 가상 세계의 공간을 크롤링하고, 크롤링된 가상 세계의 이미지 데이터셋을 인덱싱하여 이미지의 시맨틱 정보를 데이터베이스(DB, DataBase)에 저장한다. 실제 공간 이미지가 streamlit[5]으로 구성된 웹에 입력되면 쿼리 이미지에 대한 시맨틱 정보와 특징 정보를 추출하여 DB에 저장된 크롤링 이미지와 매칭을 수행한다. 매칭을 수행할 때는 실내외 위치 측위 모델(Visual Localization model)인 Patch-NetVLAD[6]를 사용한다.

드론의 자율주행을 위해 드론에 장착된 Astra 3D Depth 카메라를 활용하여 Visual SLAM 종류 중 하나인 RTAB-MAP[7]을 사용한다. Visual SLAM은 카메라를 활용하여 시작한 지점을 기점으로 자신의 위치를 추정하고 실시간으로 주변의 지도를 작성(Mapping)하는 알고리즘이다.

### 2.2 자율 정찰 시스템 개발 및 검증

자율 정찰 시스템의 주요 구성 요소는 표 1과 같다. 공간 검색 및 드론 자율 주행 테스트 베드로 세종대학교 대양 AI센터 5층을 선정하였다. 공간검색 플랫폼을 구동하고 있는 환경은 Ubuntu 20.04의 ROS2 Foxy이며, 드론을 구동하고 있는 환경은 Ubuntu 20.04의 ROS1 Noetic이다. 서로 상이한 ROS 버전으로 인해 두 버전 간의 메시지를 변환하고 전달하고자 ROS Bridge[8]를 사용한다.

표 1. 자율 정찰 시스템 구동 환경

| 시스템 모듈 | 공간검색 플랫폼 | 드론 자율비행 |
|---|---|---|
| 테스트베드 | 세종대학교 대양 AI센터 5층 | |
| 운영체제 | Ubuntu 20.04 | |
| ROS 환경 | ROS2 Foxy | ROS1 Noetic |
| 소프트웨어 | Patch-NetVLAD | RTAB-MAP |

공간 검색을 위해 그림 2와 같이 대양 AI센터 5층을 3D 가상공간으로 모델링 하였다. 해당 가상공간에서 일정 간격으로 크롤링 포인트를 생성하고 각 포인트마다 회전하여 360° 이미지 데이터를 크롤링한다. 크롤링한 이미지 데이터셋을 인덱싱하여 공간 검색 플랫폼 DB에 저장한다. 공간 검색 플랫폼을 이용하여 사용자로부터 전달받은 현실 이미지를 매칭 기술을 통해 해당 공간의 위치를 파악한다.

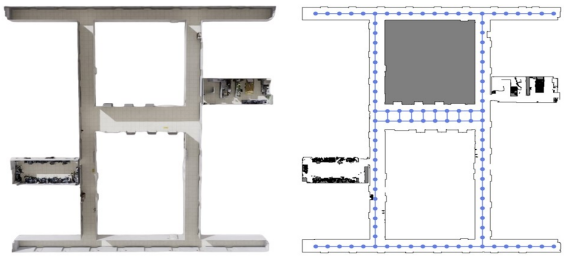

그림 2. 세종대학교 대양 AI 센터 5층 가상 공간 크롤링 (좌:AI센터 5층 3D 가상공간 이미지, 우: 크롤링 포인트)

공간 검색 플랫폼으로부터 실내 좌표값을 전달받은 드론은 자율비행을 시작한다. 그림 3과 같이 SLAM 알고리즘을 통해 목적지까지 도달할 수 있는 전역 경로(Global path)가 생성되어 경로대로 주행을 하며 장애물이 인식될 경우 수정된 경로인 지역 경로(Local path)를 생성하여 이를 기반으로 주행한다. 결과적으로 그림 4와 같이 드론이 해당하는 목적지까지 자율 비행을 수행하여 사용자로부터 입력 받은 이미지의 위치를 찾아내고 현장을 파악할 수 있다.

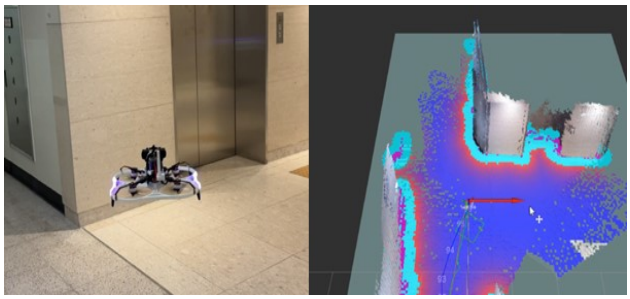

그림 3. 드론 자율주행 및 SLAM 시각화 (https://youtu.be/isGA4j-loio)

그림 4. 자율 정찰 시스템 결과
(좌: 드론이 자율 비행하여 도착한 목적지,
우: 상단은 실제 이미지, 하단은 가상공간 매칭 결과)

## Ⅲ. 결론

본 논문에서는 메타버스를 이용한 공간검색 플랫폼을 통해 이상 징후가 발생한 실내 이미지의 위치를 파악하고, 목적지를 설정하여 SLAM으로 드론이 자율 정찰하는 시스템을 개발하였다. 메타버스 공간 검색 플랫폼을 이용하여 방대한 실내 위치 탐색의 한계점을 극복할 수 있으며 자율 주행 드론을 이용하여 이상 징후가 발생한 현장의 상황을 신속하게 파악할 수 있다. 향후 정찰된 현장 상황의 이미지로부터 다양한 인공지능 모델을 통해 자세한 현장 상황을 소방 당국에 전달할 수 있다.


## ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2024 년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원 (KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (RS-2022-00154678)


## 참 고 문 헌


[1] Lik-Hang Lee, et al. (2021). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. arXiv preprint arXiv:2110.05352.

[2] Hang Wang, et al. (2023) A Survey on the Metaverse: The State-of-the-Art, Technologies, Applications, and Challenges. In IEEE Internet of Things Journal, vol. 10, no. 16, pp. 14671-14688.

[3] 박상진, 차남준, 최한별. (2023) 재난안전 분야 디지털트윈 시스템의 새로운 활용 전략 제안. KIPA ISSUE PAPER, vol. 136.

[4] Soorim Yang, Hyeongjun Joo and Jaeho Kim. (2023) Metaverse search system: Architecture, challenges, and potential applications. ICT Express, vol.10, issue 2, pp. 431-441.

[5] Streamlit [Website]. (2024. Mar 13). https://github.com/streamlit

[6] Stephen Hausler, et al. (2021). Patch-NetVLAD: Multi-Scale Fusion of Locally-Global Descriptors for Place Recognition. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.

[7] IntRoLab [Website]. (2024. Mar 13). https://github.com/introlab/rtabmap

[8] Nilaos [Website]. (2024. Mar 13). https://github.com/ros2/ros1_bridge