

# 생성형 AI 기능을 결합한 실내 자율주행 보안 로봇 시스템 설계

구혜서<sup>○</sup>, 유태흠, 연응진, 송해준, 윤태복  
서일대학교 AI게임융합학과  
e-mail: tbyoon@seoil.ac.kr

## Design of an Indoor Autonomous Security Robot System Integrated with Generative AI Functions

HaeSeo Gu<sup>○</sup>, TaeHeum Yu, Eung-jin Yeon, Haejun Song, Taebok Yoon  
\*Dept. of AI Game Convergence, Seoil University

### 요약

최근 스마트 빌딩과 무인 보안 시스템에 대한 수요가 증가함에 따라, AI 기반 자율주행 로봇을 활용한 지능형 보안 솔루션이 주목받고 있다. 본 논문에서는 실내 보안 강화를 위해 생성형 AI 기능을 결합한 자율주행 순찰 로봇 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 자율주행, 영상-음성 기반 상황 인식, 위험 판단, 긴급 대응, 실시간 알림, 생성형 AI 응답의 여섯 가지 핵심 기능으로 구성된다. 로봇은 사전에 설정된 경로를 따라 자율적으로 순찰하면서 수집한 영상과 음성 정보를 실시간으로 분석하여 일반 상황, 이상 상황, 긴급 상황으로 분류하고, 판단된 위험 수준에 따라 영상 기록, 사이렌 작동, 관리자 알림 등 단계적 대응을 자동으로 수행한다. 아울러 생성형 AI를 활용하여 사용자의 자연어 질문에 실시간으로 응답하고 비상 상황 발생 시 안내를 제공함으로써, 보안 감시와 사용자 응대 기능을 통합한 지능형 서비스 로봇으로의 확장 가능성을 제시한다.

## 1. 서론

최근 인공지능과 자율주행 기술의 발전으로 로봇은 산업 현장 뿐만 아니라 공공시설, 학교, 병원, 사무공간 등 다양한 실내 환경에서 활용되고 있다. 특히 건물 내부 보안 관리는 야간이나 시간 외에 인력 부족, 순찰 사각지대, 긴급 상황 대응 지연 등의 문제가 발생할 수 있어 이를 보완할 수 있는 지능형 순찰 시스템의 필요성이 증가하고 있다.

기존의 건물 보안 방식은 관리 인력의 직접 순찰이나 고정형 CCTV에 의존하는 경우가 많다. 그러나 인력 중심의 순찰은 지속적인 감시에 한계가 있으며, 고정형 CCTV는 설치된 위치를 중심으로만 감시가 가능하다는 제약이 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해 이동성을 가진 자율주행 로봇을 활용하면 실내 공간을 능동적으로 순찰하고, 이상 상황 발생 시 현장 정보를 수집하여 관리자에게 전달할 수 있다.

한편 생성형 AI는 사용자의 자연어 질문을 이해하고 상황에 맞는 응답을 제공할 수 있다는 점에서 로봇의 상호작용 기능을 확장하는 데 활용될 수 있다. 보안 로봇에 생성형 AI를 결합할 경우, 로봇은 단순한 감시 장비를 넘어 사용자 안내, 비상 상황 정보 제공, 관리자 호출 안내 등 서비스 기능을 함께 수행할 수 있다.

이에 본 연구에서는 건물 내부 보안 강화를 위한 생성형 AI 기반 실내 자율주행 보안 로봇 시스템을 설계한다. 제안 시스템은

자율주행, 영상-음성 기반 상황 인식, 위험 판단, 긴급 대응, 실시간 알림, 생성형 AI 응답 기능으로 구성된다. 이를 통해 기존 고정형 감시 시스템의 한계를 보완하고, 실내 환경에서 능동적으로 순찰 및 대응이 가능한 통합형 보안 로봇 시스템의 설계 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 자율주행 순찰 로봇

자율주행 로봇은 주변 환경을 인식하고 스스로 이동 경로를 결정하여 목적지까지 이동하는 시스템으로, 최근 제조, 서비스, 보안 분야에서 활용이 확대되고 있다. 특히 실내 환경에서는 경로 계획, 장애물 회피, 위치 인식 기술이 중요한 요소로 다루어지고 있으며, ROS2, SLAM, LiDAR, YOLO 등을 활용한 자율 순찰 및 위험 탐지 연구도 진행되고 있다[1][2].

기존 연구들은 자율주행 로봇이 단순한 이동 장치를 넘어 실내 공간을 인식하고 상황에 따라 경로를 조정할 수 있는 지능형 시스템으로 발전하고 있음을 보여준다. 그러나 자율주행 기능과 함께 사용자 응대, 관리자 알림, 긴급 대응 절차를 통합적으로 다루는 연구는 상대적으로 제한적이다.

## 2.2 이상 상황 인식 및 보안 로봇

보안 로봇 분야에서는 영상 인식 기술을 활용하여 사람, 객체, 움직임 등을 감지하는 연구가 이루어지고 있다. 선행연구에서는 CNN 기반 시각 인식 기술을 활용하여 움직임 감지, 추적, 얼굴 인식, 경로 계획, 장애물 회피 기능을 통합한 실내 보안 로봇 시스템이 제안되었다[3]. 이러한 연구는 보안 로봇이 정해진 경로를 순찰하는 수준을 넘어, 실내 환경에서 이상 상황을 능동적으로 인식할 수 있음을 보여준다.

다만 영상 기반 감지 기술만으로는 구조 요청 음성이나 비명과 같은 청각적 긴급 신호를 반영하기 어렵다. 따라서 실내 보안 로봇에는 영상 인식과 음성 인식을 함께 고려한 복합 상황 인식 구조가 필요하다.

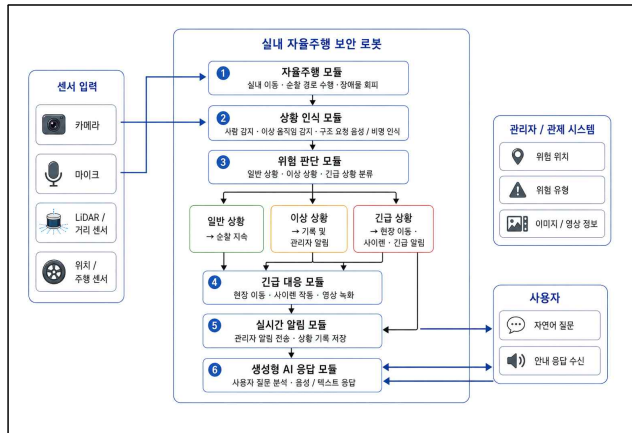
## 2.3 생성형 AI 기반 사용자 응답 기술

생성형 AI는 사용자의 자연어 입력을 이해하고 문맥에 맞는 응답을 생성할 수 있는 기술로, 교육, 서비스, 상담, 콘텐츠 생성 등 다양한 분야에서 활용되고 있다[4]. 서비스 로봇 분야에서도 생성형 AI를 적용하여 사용자와 자연스럽게 대화하고 상황에 맞는 정보를 제공하는 방안이 논의되고 있다[5].

기존 생성형 AI 기반 로봇 연구는 주로 사용자 응답이나 서비스 상호작용에 초점을 두고 있으며, 실내 보안 상황에서의 이상 감지, 긴급 대응, 관리자 알림 기능과의 통합에 대한 논의는 상대적으로 부족하다. 이에 본 연구에서는 자율주행 순찰, 영상·음성 기반 상황 인식, 긴급 대응, 실시간 알림, 생성형 AI 응답 기능을 통합한 실내 자율주행 보안 로봇 시스템을 설계한다.

## 3. 생성형 AI 기능을 결합한 실내 자율주행 보안 로봇 시스템 설계

본 연구에서는 건물 내부 보안 강화를 위해 생성형 AI 기능을 결합한 실내 자율주행 보안 로봇 시스템을 설계하였다. 제안 시스템은 자율주행, 영상·음성 기반 상황 인식, 위험 판단, 긴급 대응, 실시간 알림, 생성형 AI 응답 기능으로 구성된다.



[그림 1] 제안 시스템의 전체 구조

전체 시스템은 센서 입력, 상황 인식, 위험 판단, 대응 수행, 관리자 알림, 사용자 응답의 순서로 동작하도록 [그림 1] 구조와 같이 설계하였다.

## 3.1 시스템 구성

제안 시스템은 자율주행 모듈, 상황 인식 모듈, 위험 판단 모듈, 긴급 대응 모듈, 실시간 알림 모듈, 생성형 AI 응답 모듈로 구성된다. 자율주행 모듈은 건물 내부의 복도, 출입구, 로비 등 주요 공간을 순찰하고 장애물을 회피하는 역할을 수행한다. 상황 인식 모듈은 카메라와 마이크를 통해 사람, 이상 움직임, 구조 요청 음성, 비명 소리 등을 감지한다.

위험 판단 모듈은 감지 결과를 바탕으로 현재 상황을 일반 상황, 이상 상황, 긴급 상황으로 분류한다. 긴급 대응 모듈은 위험 상황 발생 시 현장 이동, 사이렌 작동, 영상 녹화를 수행하며, 실시간 알림 모듈은 감지 위치, 위험 유형, 이미지 또는 영상 정보를 관리자에게 전송한다. 생성형 AI 응답 모듈은 사용자의 자연어 질문을 분석하고 음성 또는 텍스트 형태로 응답을 제공한다.

[표 1] 제안 시스템의 구성 요소

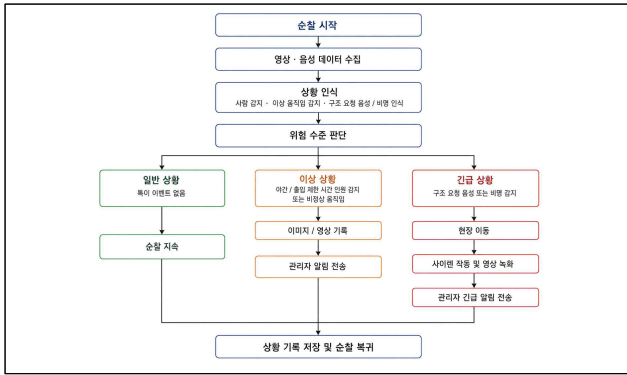
구성 요소	주요 기능
자율주행 모듈	실내 이동, 순찰 경로 수행, 장애물 회피
상황 인식 모듈	사람 감지, 이상 움직임 감지, 음성 및 비명 인식
긴급 대응 모듈	현장 이동, 사이렌 작동, 영상 녹화
실시간 알림 모듈	관리자 알림 전송, 상황 기록 저장
생성형 AI 응답 모듈	사용자 질문 분석 및 응답 제공

## 3.2 상황 판단 및 대응 절차

제안 시스템은 영상 및 음성 데이터를 기반으로 상황을 판단하고, 위험 수준에 따라 대응을 수행하는 절차를 제시한다. [그림 2]는 일반 상황, 이상 상황, 긴급 상황으로 분류되는 상황 판단 과정과 각 상황에 따른 대응 흐름을 나타낸 것이다.

일반 상황은 특이 이벤트가 감지되지 않은 경우이며, 이상 상황은 야간 또는 출입 제한 시간대에 사람이 감지되거나 비정상적인 움직임이 확인된 경우로 정의하였다. 긴급 상황은 “살려줘”, “도와줘”와 같은 구조 요청 음성이나 비명 소리 등 즉각적인 대응이 필요한 신호가 감지된 경우로 정의하였다.

이상 상황으로 판단될 경우 로봇은 현장 이미지 또는 영상을 기록하고 관리자에게 알림을 전송한다.



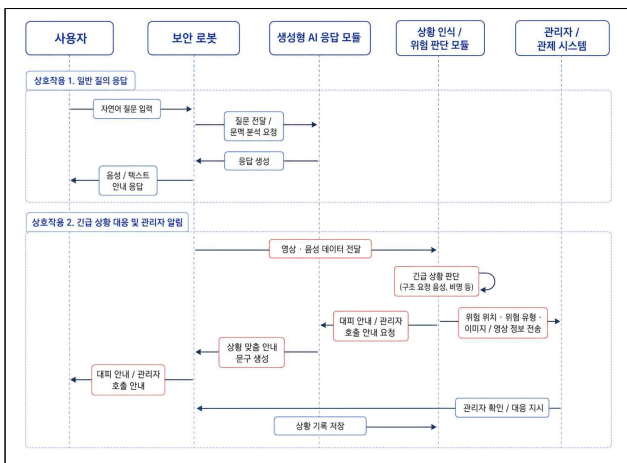
[그림 2] 상황 판단 및 대응 절차 흐름도

긴급 상황으로 판단될 경우에는 해당 위치로 이동하여 사이렌을 작동하고 영상 녹화를 수행하며, 동시에 관리자에게 긴급 알림을 전송한다. 이를 통해 제안 시스템은 단순히 실내를 순찰하는 장치가 아니라, 감지된 상황의 위험 수준에 따라 대응 절차를 수행하는 보안 시스템으로 동작한다.

### 3.3 생성형 AI 기반 사용자 응답

생성형 AI 응답 모듈은 사용자의 자연어 질문을 분석하여 상황에 맞는 응답을 제공하는 기능을 수행한다. 사용자가 로봇에게 건물 내 위치, 운영 시간, 비상 상황 대처 방법 등을 질문하면, 로봇은 음성 또는 텍스트 형태로 정보를 제공할 수 있다.

또한 긴급 상황 발생 시 사용자에게 대피 안내나 관리자 호출 여부를 안내하는 방식으로 활용될 수 있다. 이를 통해 제안 시스템은 감시 중심의 순찰 로봇을 넘어, 보안 대응과 사용자 안내 기능을 함께 수행하는 지능형 서비스 로봇으로 확장될 수 있다.



[그림 3] 생성형 AI 응답 및 관리자 알림 상호작용 구조

## 4. 결론 및 제언

본 연구에서는 건물 내부 보안 강화를 위해 생성형 AI 기능을 결합한 실내 자율주행 보안 로봇 시스템을 설계하

였다. 제안 시스템은 자율주행, 영상·음성 기반 상황 인식, 위험 판단, 긴급 대응, 실시간 알림, 생성형 AI 응답 기능을 통합하여 실내 환경에서 능동적인 순찰과 상황 대응이 가능하도록 구성하였다. 기존의 고정형 CCTV나 인력 중심의 순찰 방식은 사각지대 발생, 지속적 감시의 한계, 긴급 상황 대응 지연 등의 문제를 내포하고 있다. 본 연구에서 제안한 시스템은 이동성을 갖춘 자율주행 로봇이 실내 공간을 능동적으로 순찰하면서 영상과 음성 정보를 실시간으로 수집·분석함으로써 이러한 한계를 보완할 수 있다. 특히 감지된 상황을 일반 상황, 이상 상황, 긴급 상황의 세 단계로 분류하고, 위험 수준에 따라 영상 기록, 사이렌 작동, 관리자 알림 등의 대응 절차를 단계적으로 수행하는 구조를 제안했다는 점에서 의의가 있다. 또한 생성형 AI 응답 모듈을 시스템에 통합함으로써, 순찰 로봇이 보안 감시 기능에 그치지 않고 사용자의 자연어 질문에 실시간으로 응답하고 비상 상황 시 대피 안내 및 관리자 호출 안내를 제공할 수 있음을 제시하였다.

향후 연구에서는 실제 건물 환경에 시스템을 적용하여 자율주행 안정성, 이상 상황 감지 정확도, 긴급 알림 전송 속도, 생성형 AI 응답의 적절성 등을 실증적으로 검증할 필요가 있다. 아울러 다양한 실내 환경 조건, 예를 들어 조도 변화, 소음 환경, 복잡한 공간 구조 등에서의 시스템 성능과 강건성을 평가하는 연구도 병행되어야 한다. 나아가 영상과 음성 데이터를 수집하는 시스템의 특성을 고려하여, 개인정보 보호 및 데이터 보안 방안에 관한 법적·기술적 연구도 함께 이루어져야 할 것이다. 본 연구가 실내 보안 로봇 분야에서 생성형 AI를 접목한 통합형 시스템 설계의 기초 연구로서 활용될 수 있기를 기대한다.

### 참고문헌

- [1] 김백현, 김재윤, 강민정, 이상민, 임대은, 김해중, "자율주행로봇의 정제 회피를 위한 기계학습 기반의 경로선정", 한국전자거래학회지, Vol.28, No.1, pp.15-28, 2023.
- [2] 황동하, 김재용, 김동현, "4족 보행 로봇에서 WebRTC와 ROS2 기반 자율 순찰 및 위험 탐지 모듈 구현", Journal of Software Forensics, Vol.21, No.3, pp.99-112, 2025.
- [3] M. F. R. Lee and Z. S. Shih, "Autonomous Surveillance for an Indoor Security Robot", Processes, Vol.10, No.11, 2175, 2022.
- [4] 이성아, "생성형 AI의 교육적 활용에 대한 최신 경향 연구 분석", 기독교교육논총, No.79, pp.121-145, 2024.
- [5] J. Wirtz and R. Stock-Homburg, "Generative AI Meets Service Robots", Journal of Service Research, Vol.28, No.4, pp.527-543, 2025.