

# 철조망 경계 및 정찰 로봇 시스템 개발

유수형<sup>1</sup>, 추현규<sup>1</sup>, 정도현<sup>2</sup>, 이현지<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>중앙대학교 기계공학부 학부생

<sup>2</sup>홍익대학교 컴퓨터공학과 학부생

<sup>3</sup>인천대학교 임베디드시스템공학과 학부생

dbtngud@cau.ac.kr, choo043@cau.ac.kr, experijdh@g.hongik.ac.kr, sam7415@inu.ac.kr

## Development of unmanned reconnaissance system for wire fence

Su-Hyung You<sup>1</sup>, Hyun-Gyu Choo<sup>1</sup>, Do-Hyun Jung<sup>2</sup>, Hyeon-Ji Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Mechanical Engineering, Chung-Ang University

<sup>2</sup>Dept. of Computer Engineering, Hongik University

<sup>3</sup>Dept. of Embedded system engineering, Incheon National University

### 요 약

기존의 무인 경로 로봇 시스템은 지형 제약과 높은 가격으로 인해 범용성에 한계를 갖는다. 이러한 한계를 극복하기 위해 철조망 위를 자율 주행하는 로봇 시스템(FPS, Fence Patrol System)을 소개하고, 하드웨어와 소프트웨어 측면에서 FPS의 시스템 작동 원리를 설명한다. FPS는 철조망 위에서 진동이 감지된 지역으로 이동해 객체를 탐지하고 추적하면서 관리자에게 전송한다. FPS는 다양한 폭을 갖는 철조망 위에서 주행이 가능하고 완만한 곡률이 있는 철조망도 주행할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 지상 무인 경계 시스템의 한계를 해결하고 다양한 분야에 활용될 것으로 기대한다.

### 1. 서론

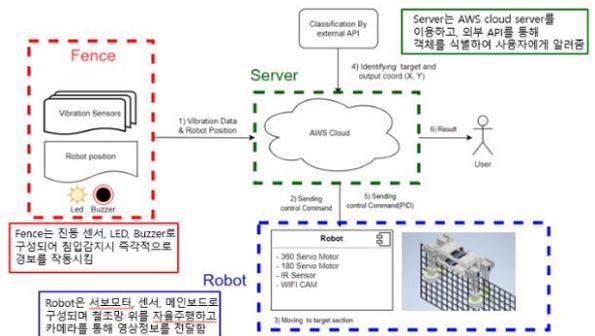
현대 사회에서는 병역자원 감소와 농작물 피해 등으로 철조망 경계 보안의 중요성이 높아지고 있다.[1][2] 또한, 무인 솔루션 증가 등으로 로봇 시스템의 필요성이 부각되고 있다.[3]

그러나, 기존의 무인 경로 로봇은 지형 제약과 높은 가격으로 인해 범용성에 한계를 갖는다. 철조망 위를 주행하는 FPS는 지형 상황에 독립적이며 경제적인 장점을 지닌다. 본 연구에서는 FPS 구성과 작동 원리, 개발 결과를 소개하고, 사회적으로 중요한 철조망 경계 보안 과제에 대한 해결책을 제시하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2-1. 시스템 설계

FPS 시스템은 Fence, Robot, Server로 이루어져 있다. Fence는 진동센서와 경보 시스템을 갖추어 침입을 감지하고 Server에 신호를 송신한다. Robot은 서보모터와 카메라를 활용하여 철조망 위에서 자율 주행하고 객체를 탐지하고 분석한다. Server는 AWS 클라우드 서버를 기반으로 작동하며 진동데이터를 분석하여 진원점을 파악해 로봇을 통제한다.



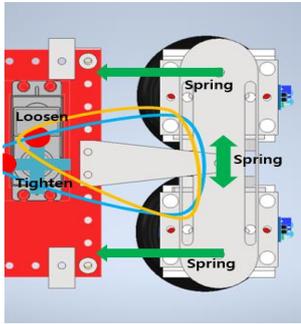
(그림 1) 시스템 구성도.

#### 2-2. 시스템 작동 원리

##### 1) 철조망 주행 및 정찰

철조망 진동 모니터링 중에 이상 패턴 감지되면, 서버는 로봇을 Driving mode로 전환하고 제어 명령을 전송한다. 로봇은 적외선 센서를 활용하여 도로 곡률을 감지하며 이 정보를 활용하여 용수철과 고무줄의 길이를 동적으로 조절한다. 탄성을 활용한 바퀴 간 거리 조절은 철조망의 두께 및 곡률에 관계없이 안정적인 정찰을 보장한다. 로봇은 폭이 다른 다양한 철

조망 위를 주행할 수 있도록 설계되었으며, 이를 통해 주행 환경 변화에 대응하며 철조망 주행을 성공적으로 수행할 수 있다.



(그림 2) 바퀴 간 거리 조절 원리

2) 이상 지역 촬영 및 객체 탐지

로봇이 목적지에 도착하면 Detecting mode 로 전환하여 타겟을 카메라 중앙에 위치시키는 작업을 시작한다. 카메라는 타겟의 위치를 파악하고 이를 기반으로 타겟을 추적한다. 타겟이 화면 중앙에 정렬되면 화면을 캡처하여 사용자에게 보여준다.

2-3. 프로토타입 제작 결과

철조망 위에서 안정적인 주행을 하기 위해 FPS 로봇은 3D 프린터를 이용해 직접 프로토타입을 제작했다. 로봇 설계는 경로 두께 변화와 곡률에 안정적으로 대응하는 것에 초점을 맞추었다. 최종적으로 용수철과 타이밍 벨트 길이 조절을 통해서 직/곡선 코스에서 조향을 고려한 주행을 가능하게 했다.

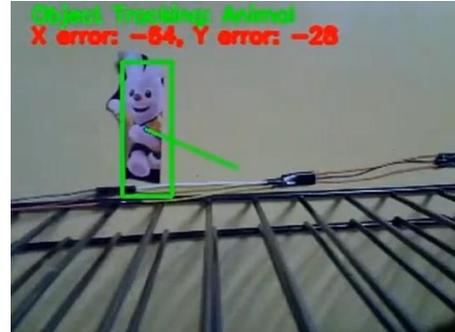


(그림 3) 철조망 직선 코스 주행하는 모습

(그림 4) 철조망 곡선 코스 주행하는 모습

로봇 주행 및 작동 제어를 위한 SW 는 3 개의 상태 (Rest State, Warning State, Patrol State)와 4 개의 제어 Mode(Rest Mode, Driving Mode, Detecting Mode, PID Control Mode)를 구분해 FPS 가 보다 체계적으로 주행할 수 있게 구성하였다.

(그림 4)는 Detecting Mode 에서 객체를 탐지하고 좌표값을 산출해 객체를 추적하기 위한 준비를 한 뒤, Tracking api 와 로봇의 pid 제어를 통해 객체를 추적하는 모습을 보여준다.



(그림 5) 객체를 탐지하고 추적하는 모습

3. 결론

본 논문에서는 철조망 위를 자율주행 하는 로봇 시스템인 FPS 에 대한 시스템 설계와 프로토타입 개발 결과를 소개하고 있다. 실제 환경과 유사하도록 실험 환경을 구축해 철조망 위 주행과 객체 탐지 기능 테스트하면서 설계변경과 개발을 반복하였다. 이를 통해 최종적으로 안정적인 주행과 보다 정확하게 객체를 탐지할 수 있는 FPS 를 개발하였다.

철조망 경계 및 보안에 적합한 FPS 는 국방 경찰 임무 보강과 보안 사각지대 최소화 등과 같은 기대효과를 갖는다. FPS 는 군사 경계 작전 지역, 경작지 및 묘지, 보호가 필요한 문화유산, 도로 중앙 분리대 등 다양한 분야에 설치된 철조망 환경에 적용하여 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

4. 감사의 글

본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신창의인 재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

[1] 조현규, 유원필, 임을균, 송수환, "동적/비정형 환경의 로봇 이동지능 기술 동향", [ETRI] 전자통신동향분석, 2022 - ettrends.etri.re.kr.

[2] 서동철, 이우찬, 황춘식, "군 경계 및 감시로봇 운용개념 연구", 한국군사과학기술학회지, vol.11, no.1, 2008.

[3] 장용, "미래 무인자율무기체계의 군사적 운용에 관한 연구", 한국군사 제 11 호.