

무인로봇기반 소총 원격제어기술 구현

권 동 욱*, 채 창 현*, 임 완 수^o

Implementation of Rifle Remote Control Using Unmanned Robot

Donguk Kwon*, Changhyun Chai*, Wansu Lim^o

요 약

본 논문은 무인로봇기반 소총 원격제어 시스템을 제안하고 구현하였다. 시스템은 소총 제어 시스템, 무인로봇, 영상 송신부로 구성된 무인로봇플랫폼과 영상 출력부, 조종기기로 구성된 원격제어플랫폼으로 구성하였다. 소총 제어 시스템은 세 개의 짐벌모터를 이용하여 소총의 상하좌우 움직임을 제어하고, 서보모터를 이용하여 소총의 격발을 수행한다. 무인로봇은 모터드라이버로 전달받은 신호에 따라 무인로봇플랫폼의 전후좌우 무인을 수행한다. 영상 송신부는 카메라의 영상 정보를 영상 출력부로 송신하고, 영상 출력부는 수신한 영상 정보를 출력하는 역할을 수행한다. 조종기기는 무인로봇플랫폼에 소총의 움직임, 소총의 격발, 무인로봇의 움직임을 제어하는 신호를 송신한다. 본 논문은 원격제어플랫폼의 모니터로 출력되는 영상 정보를 바탕으로 조종기기를 제어하여 소총의 움직임, 소총의 격발, 무인로봇의 제어 기능에 대하여 실험을 진행하였고, 시스템의 정상 동작을 확인하였다.

키워드 : 총 원격제어, 무인로봇, 격발제어, 짐벌모터 제어, 로봇제어

Key Words : Rifle remote control, unmanned robot, trigger control, gimbal motor control, robot control

ABSTRACT

In this paper, a novel remote-control technology for a rifle based unmanned robot is presented. The system consists on a unmanned robot platform with an embedded rifle control system, a video transmission unit, and a remote-control platform, consisting on a video output and control unit. The rifle control system uses three gimbal motors to control the movement of the platform, and performs the trigger control of the rifle using a servo motor. The unmanned robot is controlled according to the signals received by the motor driver. The video transmission unit outputs the video information to the remote-control platform, in order to perform the function of carrying and transmitting the image information wirelessly. The control unit is then used to transmit a control signal to the unmanned robot platform. In this paper, experiments on the trigger function, the rifle movement function, and the unmanned robot control function were conducted and the normal operation of the system was confirmed.

* 본 연구는 금오공과대학교 교수연구년제에 의하여 연구된 실적물입니다.

• First Author : Kumoh National Institute of Technology, Department of Electronic Engineering, ehddnr0408@kumoh.ac.kr, 학생회원

o Corresponding Author : Kumoh National Institute of Technology, Department of Aeronautics, Mechanical and Electronic Convergence Engineering, wansu.lim@kumoh.ac.kr, 정회원

* Kumoh National Institute of Technology, Department of Electronic Engineering, ccnyun@kumoh.ac.kr

논문번호 : 202008-199-D-RN, Received August 19, 2020; Revised October 19, 2020; Accepted October 21, 2020

I. 서론

국방 분야에서 로봇은 지능형 로봇이 가지는 무인성 및 지능을 포함하고, 군사용 목적을 고려하여 사람이 수행하기 위험성이 큰 임무나 기존에 불가능했던 임무를 인적 자원의 손실 없이 수행할 수 있는 군사용 로봇 시스템으로 정의한다¹⁻³⁾. 군사용 로봇 기술의 발전으로 인해 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle), 차량 로봇(Unmanned Ground Vehicle), 생체 모방형 로봇 등의 다양한 무인로봇이 개발 중이고, 아프가니스탄 전과 이라크 전쟁 같은 실제 전장에서 우수한 실적을 거두어 그 실효성이 입증되고 있다. 이와 관련하여 [4]는 실제 전쟁에서 사용한 군사용 로봇을 소개하고 로봇을 활용한 전투 성과를 정리했으며 한국군의 군사 로봇을 제안하였다. [5]는 무인항공기의 경로 탐색에 관한 최적화 알고리즘을 제안하였다.

군사용 로봇 기술 중 원격사격통체계(RCWS, remote controlled weapon station)는 기관총 또는 자동 유탄 발사기 등의 타격 체계와 감시체계를 통합한 무장 시스템이며, 전차와 장갑차에 운용하여 타격 체계를 사람이 직접 조작하지 않고 원격 통제로 제어하여 전투원의 생존성 보장 및 정밀타격을 위해 운용되는 시스템이다. RCWS는 적과의 교전과 장기 감시 활동에 유용하여 현대 보병 전에서 강조되고 있으며, 병사의 부담을 덜어주는 자동 표적화 시스템의 성능을 향상하는 데 주력하고 있다. 이와 관련하여 [6]은 미국과 일본의 RCWS와 우리나라 해병대 장비에 탑재하여 운영하는 RCWS를 소개하였다. [7]은 RCWS에서 원격 제어를 위한 통신 프로토콜과 전투 환경에 따른 탄착지점 계산 등에 관한 기술을 소개하였다. [8]은 대만에서 개발 중인 RCWS를 소개하고 목표물 조준과 target tracking에 대한 알고리즘을 제안하였다.

본 논문은 국산 RCWS 테스트베드 구현으로 무인로봇 기반 원격 소총제어 시스템을 제안한다. 시스템은 세 개의 짐벌모터를 이용한 소총의 움직임 제어 및 방아쇠의 서보모터를 이용한 격발 제어가 가능한 소총 제어 시스템, 차량 형태의 무인로봇, 소총 조준경에 장착된 카메라 및 무선 영상 송신기를 이용하여 영상 정보를 송신하는 영상 송신부, 영상 정보를 받아 영상을 출력하는 영상 출력부, 마지막으로 소총 제어 시스템과 무인로봇의 원격제어를 위한 조종기기로 구성되어 있다. 조종기기는 조이스틱과 안드로이드 애플리케이션 두 가지 종류가 있으며, 조이스틱은 소총 제어 시스템과 무인로봇에 모두 제어신호의 송신이 가능하고, 애플리케이션은 소총 제어 시스템에 제어신호

전송이 가능하다.

II. 무인로봇기반 소총 원격제어 시스템

2.1 시스템 개요

그림 1은 무인로봇기반 소총 원격제어 시스템의 구조도이며, 무인로봇플랫폼과 원격제어플랫폼으로 구성되어 있다. 무인로봇플랫폼은 그림 2 설계도와 같이 구현하였으며, 소총의 움직임 및 격발 제어를 담당하는 소총 제어 시스템, 네 개의 모터를 이용하여 전후 좌우 무인이 가능한 무인로봇, 카메라의 영상 정보를 무선으로 송신하는 영상 송신부, 제어신호의 수신을 위한 Arduino와 Lora로 구성한다. 원격제어플랫폼에는 영상 송신부에서 송신된 영상을 모니터로 출력하는 영상 출력부와 제어신호를 전달하는 조종기기가 위치한다.

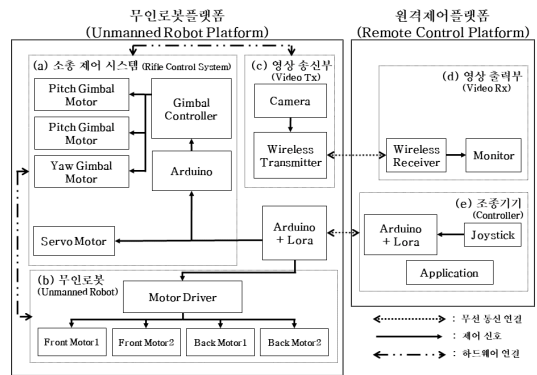


그림 1. 무인로봇기반 소총 원격제어 시스템 구조도
Fig. 1. Architecture of rifle control system using unmanned robot

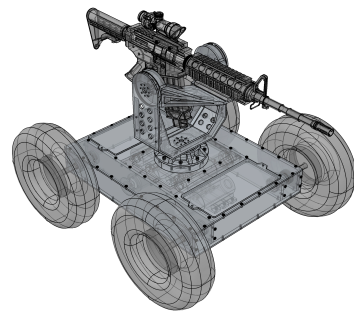


그림 2. 무인로봇플랫폼 설계도
Fig. 2. Design of unmanned robot platform

2.2 무인로봇플랫폼: 소총 제어 시스템

소총 제어 시스템(그림1. a)은 메인 프레임에 부착된 세 개의 짐벌모터를 이용하여 소총의 상하좌우 움직임 제어 기능을 수행하고 방아쇠에 부착된 서보모터를 통해 소총의 격발을 제어할 수 있도록 구현하였다.

2.2.1 하드웨어

소총 움직임을 제어하기 위한 하드웨어는 그림 3과 같이 메인 프레임, 소총 거치 프레임 그리고 두 개의 중축 짐벌모터와 횡축 짐벌모터로 구성된다. 횡축 짐벌모터는 메인 프레임 아래에 장착되어 소총의 좌우 움직임을 수행하고, 두 개의 중축 짐벌모터는 메인 프레임의 상단 양쪽에 장착되어 소총의 상하 움직임을 수행한다. 소총은 소총 거치 프레임에 위치한 클램프에 장착 할 수 있으며, 모터의 움직임에 따라 소총의 상하좌우를 제어한다.

소총의 격발장치는 그림 4 (a)와 같이 격발을 위한 서보모터와 서보모터를 방아쇠에 고정시키기 위한 격발 프레임으로 구성한다. 격발 프레임은 소총 규격에 맞게 3D프린터를 이용하여 제작하였으며, 그림 4 (b)와 같이 원격제어가 가능하도록 소총의 방아쇠에 장착하였다. 격발장치는 격발 명령 시 서보모터가 기울

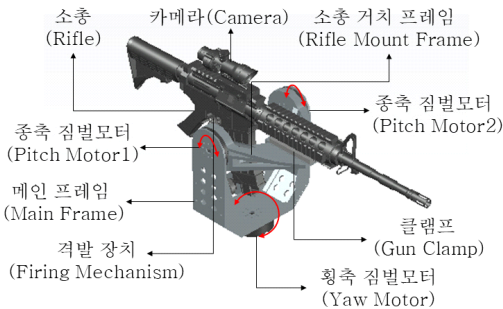


그림 3. 소총 움직임 제어를 위한 하드웨어
Fig. 3. System of rifle movement control

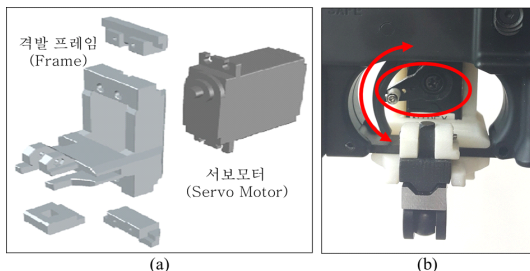


그림 4. (a)격발장치 구조도, (b)방아쇠에 장착한 소총 격발 장치
Fig. 4. (a)Trigger structure, (b)Trigger mounted rifle

여져서 방아쇠를 뒤로 밀어주는 구조이며, 방아쇠 위쪽을 기준으로 서보모터가 50°상태일 때를 격발 상태인 Operating Mode, 80°상태일 때를 대기 상태인 Default Mode로 정의하였다.

2.2.2 시스템 제어

소총 제어 시스템은 조이스틱과 안드로이드 애플리케이션을 이용하여 제어한다. 조이스틱을 이용하는 경우 조이스틱 상단의 지그 버튼을 이용하여 소총의 상하좌우 움직임을 제어하며, 트리거 버튼을 통해 격발 기능을 수행한다. 안드로이드 애플리케이션을 이용하는 경우 스크린의 UP, DOWN, LEFT, RIGHT, FIRE 버튼을 이용하여 소총의 움직임 및 격발기능을 수행한다. 조종기에서 전송한 소총 제어신호는 Arduino와 Lora에서 수신한 후 짐벌 컨트롤러와 서보모터로 제어신호를 전달하여 소총을 제어한다.

2.3 무인로봇플랫폼: 무인로봇

무인로봇(그림 1. b)은 배터리 전력을 소총 제어 시스템과 무인로봇에 전달하고 네 개의 모터를 이용하여 무인로봇의 전후좌우 무인이 가능하도록 구현하였다.

2.3.1 하드웨어

그림 5는 무인로봇 내부 구조이다. 4개 바퀴를 각각 제어하기 위해 4개 모터를 사용하였으며, 모터와 바퀴에 부착된 스프라켓에 체인을 연결하여 모터의 동력을 전달하도록 제작하였다. 바퀴와 모터의 연결은 그림 5 (b)에서 좀 더 자세히 도식화하였다. 그림 5 (b)는 무인로봇 연결부품을 AutoCAD로 설계한 도면이며, 무인로봇 연결부품의 연결 과정을 나타낸다. 무인로봇의 차체와 바퀴는 축으로 연결하고, 축에는 베어링, 샤프트칼라, 스프라켓이 부착된다. 샤프트칼라와 베어링은 축과 차체를 고정하는 역할을 하고, 모터와 바퀴에 하나씩 장착되어 있는 스프라켓을 체인으로

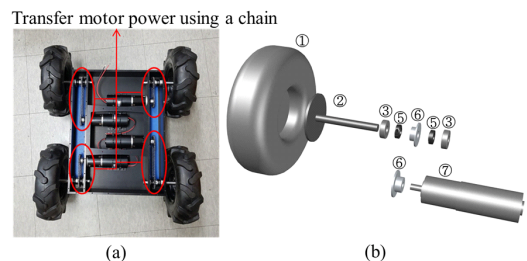


그림 5. (a)무인로봇 내부, (b)바퀴와 모터 연결 설계
Fig. 5. (a)Inside unmanned robot, (b)connection of wheel/motor



그림 6. 무인로봇 바퀴 연결부품
Fig. 6. Components of wheel connector

로 연결하여 모터의 동력이 바퀴에 전달 되도록 한다. 그림 6은 연결부품 실측사진이며, 축, 체인, 샤프트 칼라, 스프라켓은 차체에 맞게 제작하여 무인로봇의 완성도를 높였다. 무인로봇 내부는 탈부착 가능한 Poly-Tronics 배터리가 2개 위치한다. 배터리는 각각 5,200mA, 16,000mA의 용량을 가지며, 소총 제어 시스템과 무인로봇에 전력을 공급한다. 배터리의 전력을 통해 무인로봇플랫폼은 충전 없이 최대 2시간까지 운용할 수 있다.

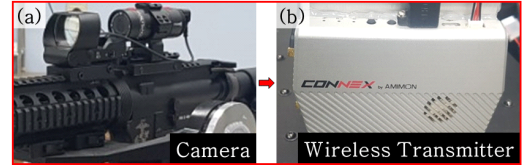
2.3.2 시스템 제어

무인로봇은 모터드라이버로 전송된 제어신호를 각 모터에 전달하여 무인로봇의 움직임 제어한다. 무인로봇의 제어는 원격제어플랫폼의 조이스틱을 통해서만 제어 가능하며, 조이스틱 핸들의 전후좌우 움직임에 따라 무인로봇의 전진, 후진, 좌회전, 우회전 제어가 가능하도록 구현하였다. 무인로봇의 좌회전과 우회전은 좌우 바퀴를 반대 방향으로 동작하게 하여 제자리에서 좌·우측으로 방향 전환이 가능하도록 구현하였다.

2.4 원격제어플랫폼: 조준 영상 출력

그림 7은 영상 송신부와 영상 출력부 간 영상 송수신 과정을 나타낸다. 그림 7 (a)의 카메라는 소총의 전방을 촬영하는 기능을 담당한다. 카메라의 전방에 위치한 조준경은 렌즈에 중앙을 표시 해주는 Red Dot Sight 기능이 있어서 정확한 조준을 할 수 있도록 한다. 그림 7 (b)의 무선 영상 송신기는 소총 제어 시스템의 메인 프레임 우측에 위치하고 있으며, 카메라로부터 받은 영상 정보의 송신을 담당한다. 전송되는 영상은 1080p 60fps를 지원하며, 최대 사거리 1km를 가진다. 5.1-5.8GHz의 주파수 대역을 사용하며, AFS방식으로 채널 선택하고 AES-128 및 RSA 1024 암호화를 지원하여 보안성을 높인다. 그림 7 (c)의 무선 영상 수신기는 부착된 다섯 개의 안테나를 이용하여 영상

Unmanned Robot Platform



Remote Control Platform

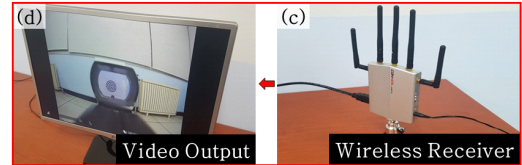


그림 7. 조준 영상 출력 과정
Fig. 7. Aiming video output process

정보를 수신하고 모니터로 영상 정보를 전달한다. 그림 7 (d)는 출력영상을 나타내며, 영상 정보를 통해 사용자가 무인로봇플랫폼의 상황을 인지한다.

2.5 원격제어플랫폼: 조종기기

무인로봇플랫폼의 제어를 위한 조종기기는 조이스틱을 이용한 방법과 안드로이드 애플리케이션을 이용하는 방법 두 가지를 구현하였다. 조이스틱은 소총 제어 시스템 및 무인로봇의 제어 모두 가능하며, Arduino+Lora를 이용하여 신호의 송신이 가능하도록 구현하였다. Lora는 RFMx 칩을 사용하였으며, RFMx는 표 1과 같은 기능을 제공한다. 안드로이드 애플리케이션은 소총 제어 시스템의 제어가 가능하며, 블루투스 통신을 통해 신호를 송신한다.

표 1. RFMx Lora 세부사항
Table 1. RFMx Lora specification

Feature	Value
Maximum link budget	168 dB
High efficiency PA	+14 dBm
High sensitivity	-148 dBm
Modulation	FSK, GFSK, MSK, GMSK, OOK
Dynamic Range RSSI	127 dB
Frequency range	433/868/915 MHz
Communication range	up to 2km

2.5.1 조이스틱

그림 8은 소총 제어 시스템 및 무인로봇의 제어를 위한 조이스틱이며, 지그 버튼, 트리거 버튼, 핸들로 구성한다. 조이스틱의 제어신호는 그림 8 (b)의 조이

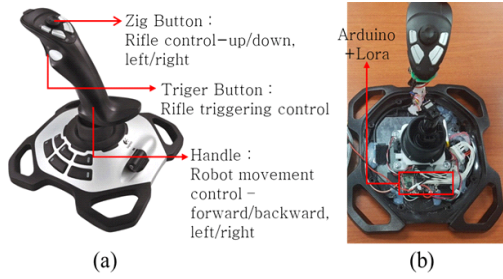


그림 8. (a) 조이스틱 구조, (b) 조이스틱 내부
 Fig. 8. (a) Joystick structure, (b) inside joystick

스틱 내부에 위치한 Arduino+Lora로 전송되며, 그림 9는 조이스틱 신호 흐름도를 나타낸다.

그림 10은 소총 제어 시스템 명령 처리 과정을 나타낸다. 소총의 상하좌우 움직임을 제어하기 위하여 조이스틱의 지그 버튼을 사용한다. 지그 버튼을 위쪽으로 올리면 두 개의 중축 짐벌모터가 아래로 무인, 아래로 내리면 두 개의 중축 짐벌모터가 위로 무인, 왼쪽으로 기울이면 횡축 짐벌모터가 왼쪽으로 무인, 오른쪽으로 기울이면 횡축 짐벌모터가 오른쪽으로 무인하는데, 세 개의 짐벌모터는 소총이 거치되는 소총 거치 프레임과 메인 프레임에 연결되어 있어 모터의 움직임에 따라 소총이 움직이게 된다. 소총의 격발은 조이스틱의 트리거 버튼을 이용하여 수행하며, 격발 대기 상태를 Default Mode, 격발 상태를 Operating Mode로 구분한다. Default Mode에서는 소총 방아쇠

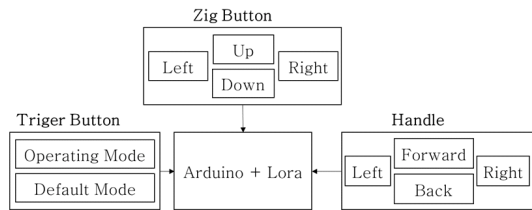


그림 9. 조이스틱 신호 흐름도
 Fig. 9. Joystick signal flow

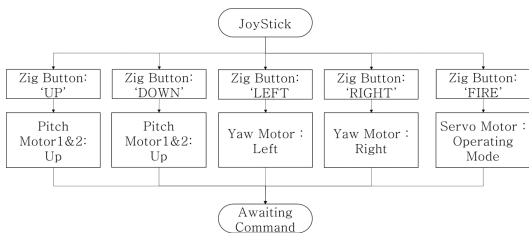


그림 10. 조이스틱을 이용한 소총 제어 시스템 명령 처리 과정
 Fig. 10. Rifle control command processing using joystick

에 장착된 서보모터의 기울기가 80°이나, 트리거 버튼을 누르면 서보모터의 기울기가 50°로 기울어져 방아쇠를 뒤로 밀면서 소총의 격발기능을 수행한다. 핸들을 누르는 강도에 따라 무인로봇의 속도 조절이 가능하며, 핸들의 전후좌우 움직임을 통해 무인로봇에 전진, 후진, 좌회전, 우회전 명령을 보낼 수 있다. 무인로봇은 좌우 바퀴를 반대 방향으로 동작 하도록 하여 제자리에서의 회전을 통해 좌회전과 우회전 기능을 수행한다. 핸들을 왼쪽으로 기울이면 왼쪽 앞바퀴와 왼쪽 뒷바퀴가 역방향, 오른쪽 앞바퀴와 오른쪽 뒷바퀴가 정방향으로 동작하여 왼쪽으로 회전, 핸들을 오른쪽으로 기울이면 왼쪽 앞바퀴와 왼쪽 뒷바퀴가 정방향, 오른쪽 앞바퀴와 오른쪽 뒷바퀴가 역방향으로 동작하여 오른쪽으로 회전한다. 조이스틱의 무인로봇플랫폼 제어신호는 조이스틱 내부 Arduino+Lora로 전송되며, Lora 통신을 통해 무인로봇플랫폼의 Arduino+Lora로 신호가 전송된다. 무인로봇플랫폼의 Arduino+Lora에서 수신된 신호가 격발을 위한 신호이면 서보모터로 전송, 무인로봇을 제어하기 위한 신호이면 모터드라이버로 전송되며, 소총 움직임 제어를 위한 짐벌모터 제어신호는 짐벌 컨트롤러를 통해 각각의 짐벌모터로 전송된다.

2.5.2 애플리케이션

그림 11은 소총 원격제어를 위한 안드로이드 애플리케이션이다. 인터페이스는 무인로봇플랫폼과의 블루투스 연결을 위한 블루투스 연결 버튼, 소총의 상하좌우 제어를 위한 소총 움직임 제어 버튼, 사격 명령을 위한 격발 버튼으로 구성되어 있다. 각 버튼은 터치형 버튼으로 구성하였으며, 사용자가 누르고 있는 상태일 때만 작동한다. UP버튼을 누르면 두 개의 중축 짐벌모터가 위로 무인하여 총구가 위로 향하게 되고, DOWN버튼을 누르면 두 개의 중축 짐벌모터가 아래로 무인하여 총구가 아래로 향하게 되며, LEFT버

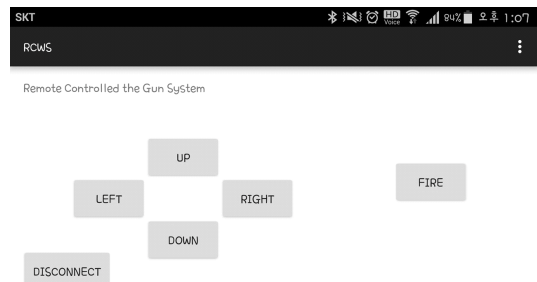


그림 11. 조종기 애플리케이션
 Fig. 11. Controller application

튼을 누르면 횡축 짐벌모터가 왼쪽으로 무인하여 총구가 왼쪽으로 무인, **RIGHT**버튼을 누르면 횡축 짐벌모터가 오른쪽으로 무인하여 총구가 오른쪽으로 향하게 된다. **FIRE**버튼을 누르면 서보모터의 **Operating Mode** 전환과 함께 격발기능을 수행하도록 하였다. 애플리케이션은 무인로봇플랫폼의 **Arduino**와 블루투스 통신을 통해 소총의 움직임을 제어할 수 있도록 하였다. 애플리케이션의 소총 움직임 제어 버튼과 격발 버튼에는 고유한 문자열 정보를 할당하였고, 문자열 정보를 짐벌모터와 서보모터의 제어를 담당하는 **Arduino**의 핀번호와 일치시켜 제어신호가 전송되도록 구현하였다.

III. 실험 결과

3.1 실험 환경 구축

실험을 위해 소총 제어 시스템, 무인로봇, 카메라, 무선 영상 송신기로 구성된 무인로봇플랫폼과 조이스틱, 무선 영상 수신기, 영상출력을 위한 모니터로 구성된 원격제어플랫폼을 구축하였다. 그림 12의 무인로봇플랫폼은 무인로봇으로 전후좌우 주행 기능을 수행하고, 소총 제어 시스템을 통해 소총의 상하좌우 움직임 및 격발기능을 수행한다. 시스템 제어신호는 **Arduino+Lora**를 통해 전달받으며, 짐벌 컨트롤러, 서보모터, 모터드라이버에 신호를 전달한다. 무인로봇플랫폼의 영상 정보 송신은 조준경에 위치한 카메라의 영상 정보를 무선 영상 송신기를 통해 원격제어플랫폼으로 전달한다. 그림 13의 원격제어플랫폼은 무선 영상 수신기를 통해 받은 영상 정보를 연결된 모니터에 전달하여 영상을 출력하고, 조이스틱의 지그 버튼

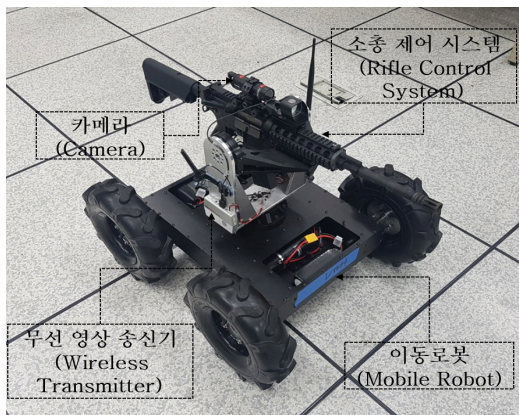


그림 12. 구현한 무인로봇플랫폼
Fig. 12. Unmanned robot platform implemented

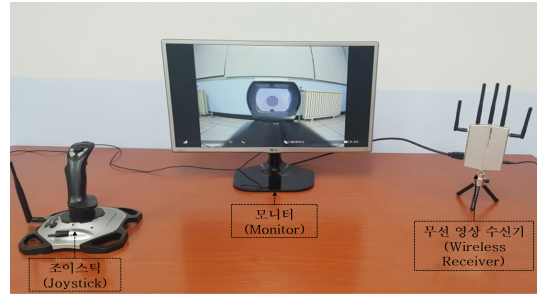


그림 13. 원격제어플랫폼
Fig. 13. Remote control platform

을 사용하여 소총의 움직임 제어, 트리거 버튼을 사용하여 소총의 격발 제어, 핸들을 사용하여 무인로봇의 제어를 수행한다.

3.2 소총 움직임 제어 실험

소총의 움직임 제어 실험은 조이스틱의 지그 버튼을 상하좌우로 움직여 원격제어플랫폼의 출력영상 변화 및 무인로봇플랫폼의 소총 움직임을 비교하는 방식으로 진행하였다. 표 3 (a)는 지그 버튼을 위쪽으로 누른 상태이며, 무인로봇플랫폼의 소총은 아래쪽으로 기울어진다. 표 3 (b)는 지그 버튼을 아래쪽으로 누른 상태이며, 소총은 위쪽으로 기울어진다. 지그 버튼을 왼쪽으로 누르면 표 3 (c)와 같이 소총이 왼쪽으로 회전하고, 지그 버튼을 오른쪽으로 누르면 표 3 (d)와 같이 소총이 오른쪽으로 회전한다. 조이스틱을 왼쪽 또는 오른쪽으로 계속 누르고 있으면 표 3 (e)와 같이 소총이 180° 회전한다.

3.3 격발 제어 실험

격발 실험은 원격제어플랫폼의 모니터에 출력되는 타겟을 지그 버튼과 조준경을 이용하여 조준한 후, 격발 명령을 수행하는 방식으로 진행하였다. 타겟은 가로 20cm 세로 20cm인 과녁과 가로 6.5cm 세로 12cm인 알루미늄 캔을 이용하였으며 10m 이격된 위치에서 각각 5번씩 격발 실험을 진행하였다. 표 4는 과녁을 타겟으로 한 무인로봇 기반 소총 원격제어 시스템의 사격 실험과 결과를 나타낸다. 표 4 (a)는 트리거 격발 전, 표 4 (b)는 트리거 격발 후의 조이스틱, 모니터, 타겟 상태를 나타낸다. 실험 결과 격발한 총알 5개 중 5개가 탄착군을 형성하며 모두 명중하였음을 확인할 수 있다. 표 5은 원통형 알루미늄 캔을 타겟으로 한 무인로봇 기반 소총 원격제어 시스템의 사격 실험과 결과를 나타낸다. 표 5 (a)는 트리거 격발 전, 표 5 (b)는 트리거 격발 후의 조이스틱, 모니터, 타겟 상태

를 나타낸다. 실험 결과 격발한 총알 5개 중 4개가 명중하였다.

3.4 무인로봇 제어 실험

무인로봇 제어 실험은 모니터로 출력되는 영상 정보를 바탕으로 조이스틱의 핸들을 전후좌우로 제어하여 핸들 움직임에 따른 무인로봇플랫폼의 움직임을 비교하는 방식으로 진행하였다. 무인로봇플랫폼 아래의 파란선은 출발선이며, 모든 무인로봇 제어 실험은 표 6 (a)의 정지 상태를 기준으로 진행하였다. 표 6 (b)는 핸들을 앞으로 기울인 상태이며, 무인로봇플랫폼의 무인로봇은 전방으로 무인한다. 표 6 (c)는 핸들을 뒤로 기울인 상태이며, 무인로봇은 뒤로 무인한다. 표 6 (d)는 핸들을 왼쪽으로 기울인 상태이며, 무인로봇은 왼쪽으로 방향을 전환한다. 표 6 (e)는 핸들을 오른쪽으로 기울인 상태이며, 무인로봇은 오른쪽으로 방향을 전환한다.

3.5 지연시간 측정 실험

지연시간 측정 실험은 원격제어플랫폼의 조이스틱에서 전송된 제어신호가 이동로봇플랫폼까지 도착하는 데 걸리는 시간을 측정하였다. 조이스틱과 이동로

표 2. 지연시간 측정 실험
Table 2. Experiment of communication delay

조이스틱 상태	지연시간
지그 버튼 위로	0.32초
지그 버튼 아래로	0.31초
지그 버튼 왼쪽으로	0.31초
지그 버튼 오른쪽으로	0.32초
트리거 격발	0.39초
핸들 앞으로	0.41초
핸들 뒤로	0.42초
핸들 왼쪽으로	0.42초
핸들 오른쪽으로	0.41초

봇플랫폼을 동시에 촬영하여 조이스틱의 신호에 따른 이동로봇플랫폼의 동작을 확인하는 실험을 진행하였고, 지그 버튼의 상하좌우 제어, 트리거 버튼의 격발 제어, 핸들의 전후좌우 제어에 따른 지연시간 측정 실험 결과를 표 2에 정리하였다.

표 3. 소총 움직임 제어 실험
Table 3. Experiment of rifle movement control









상태	조이스틱	원격제어플랫폼	무인로봇플랫폼
(a) 지그 버튼 위쪽으로			
(b) 지그 버튼 아래쪽으로			
(c) 지그 버튼 왼쪽으로			

표 3.의 계속
Table 3. Continued

상태	조이스틱	원격제어플랫폼	무인로봇플랫폼
(d) 지그 버튼 오른쪽으로			
(e) 소총 180도 회전			

표 4. 과녁 사격 실험
Table 4. Target shooting experiment


구분	조이스틱	모니터	타겟
(a) 트리거 격발 전			
(b) 트리거 격발 후			

표 5. 알루미늄캔 사격 실험
Table 5. Aluminum can shooting experiment





구분	조이스틱	모니터	타겟
(a) 트리거 격발 전			
(b) 트리거 격발 후			

표 6. 무인로봇 제어 실험
Table 6. Experiment of unmanned robot control

상태	조이스틱	원격제어플랫폼	무인로봇플랫폼
(a) 정지			
(b) 핸들 앞으로			
(c) 핸들 뒤로			

표 6.의 계속
Table 6. Continued

상태	조이스틱	원격제어플랫폼	무인로봇플랫폼
(d) 핸들 왼쪽으로			
(e) 핸들 오른쪽으로			

IV. 결론

본 논문은 이동로봇기반 소총 원격제어기술에 관한 연구를 진행하였다. 시스템은 소총 제어 시스템, 이동로봇, 영상 송신부로 구성된 이동로봇플랫폼과 영상 출력부와 조종기기로 구성된 원격제어플랫폼으로 구분한다. 소총 제어 시스템은 메인 프레임에 연결된 세 개의 집벌모터를 이용하여 소총의 상하좌우 움직임을 제어하고, 방아쇠에 부착된 격발장치를 이용하여 격발 제어를 수행한다. 이동로봇은 바퀴에 동력을 전달하는 네 개의 모터를 통해 이동로봇플랫폼의 전후좌우 이동을 수행한다. 영상 송신부는 소총 조준경에 위치한 카메라의 영상 정보를 영상 출력부로 전달하고, 영상 출력부는 영상 송신부에서 전송된 영상 정보를 전달받아 모니터로 영상을 출력하는 역할을 수행한다. 조종기기는 조이스틱 버전과 애플리케이션 버전을 개발하였으며, 이동로봇플랫폼에 제어신호를 전송한다. 본 논문은 원격제어플랫폼의 영상 출력부를 통해 전송되는 영상 정보를 바탕으로 조이스틱을 제어하여 소총 움직임 제어 실험, 격발 제어 실험, 이동로봇 제어 실험, 지연시간 측정 실험을 진행하였고, 시스템의 정상 동작을 확인하였다.

References

[1] Y.-H. Kim, J.-O. Kim, and Y.-H. Choi, "Study on the quantitative requirements raising method considering the characteristics of the

defense robot," *J. KICS*, vol. 43, no. 2, pp. 287-298, Feb. 2018.

[2] Y.-H. Kim and J.-O. Kim, "Study on quantifying the operational procedures for the concept design of defense robots," *J. KICS*, vol. 43, no. 7, pp. 1133-1136, Jul. 2018.

[3] H. Eom, "Methodology for establishment of operational concept for speed-up of defense robot and improvement direction of the defense acquisition system," *J. Korea Robotics Soc.*, vol. 13, no. 3, pp. 182-189, Mar. 2018.

[4] H. Jeong, "A study on how to use unmanned aerial vehicle in the korean arm," *Rev. Korean Military Stud.*, vol. 9, no. 1, pp. 137-164, Jan. 2020.

[5] J. Yoon and H. Lee, "A survey on approximation algorithms for path planning of UAVs," *J. KICS*, vol. 43, no. 1, pp. 161-167, Jan. 2018.

[6] H. Kwack and Y. Kim, "Consideration of the necessity installing the RCWS of current tanks and armored vehicles for the 4th industrial age," *J. Korean-Japanese Military and Culture*, vol. 29, pp. 181-205, Apr. 2020.

[7] I. M. Erwin and A. S. Prihatmanto, "Motor driver program on heavy machine gun model for remote controlled weapon station(RCWS)," *2013 Int. Conf. IEEE 213 ICT for Smart Soc.*

(*ICISS*), pp. 1-6, 2013.

- [8] H. C. Chang and T. M. Shih, "Visual servo control of a three degree of freedom robotic arm system," *2008 IEEE Wkshps. Advanced Robotics and Its Social Impacts*, pp. 1-6, 2008.

권 동 옥 (Donguk Kwon)

2016년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부 학사

2018년 2월~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 석사

<관심분야> 무인사격로봇, 지능형 제어

채 창 현 (Changhyun Chai)

1980년 : 연세대학교 전기공학과 학사

1982년 : 연세대학교 제어공학과 석사

1989년 : 연세대학교 제어공학과 박사

1988년 3월~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 교수

<관심분야> 전자공학, 전기공학, 제어공학

임 완 수 (Wansu Lim)

2006년 : 한국항공대학교 정보통신공학과 학사

2007년 : GIST 정보통신공학과 석사

2010년 : GIST 정보통신공학과 박사

2014년 9월~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 교수

<관심분야> 지능형 제어, 임베디드 시스템

[ORCID:0000-0003-2533-3496]