

GNSS 기반 선도-추종 제어를 활용한 실외 군집주행 시스템 설계 및 구현

김성운, 이세호, 임형섭, 이관석,

이유진, 김윤성*, 김진성**, 한찬호

경북대학교, *영남대학교, **엘아이지넥스원(주)

gh8579@knu.ac.kr

GNSS-based Leader-Follower Control for Outdoor Platooning System Design and Implementation

Seongun Kim, Seho Lee, Hyungseob Lim, Kwansuk Lee,

Yujin Lee, Yunseong Kim, Jinseong Kim**, Chanhoo Han,

Kyungpook Nat. Univ., **LIGNEX1 Co., Ltd

요 약

본 논문은 미래 전장 환경(NCW, MUM)에 필수적인 군집주행 기술의 실증적 검증을 목표로, ROS 기반 Mesh Network 통신 구조를 갖춘 하드웨어 플랫폼을 설계 및 구현하였다. 기존 속도 기반 제어의 통신 불안정성 한계를 극복하고자 GNSS 데이터를 활용한 위치 중심 선도-추종 제어 기법을 적용하였으며, 초기 항법 시스템의 발산 문제를 해결하기 위해 위치는 DGNSS(RTCM 2.3)로 확보하고 IMU 센서는 칼만 필터 융합을 통해 주행 방향(Yaw) 안정화에 활용하는 전략을 채택하였다. 또한, 3m 이상 군집 이탈 시 최대 출력(PWM)으로 신속히 복귀하는 알고리즘을 포함하여, DGPS와 IMU 센서 융합 기반의 실외 군집주행 시스템을 성공적으로 구현하고 그 실증적 타당성을 검증하였다.

I. 서 론

미래 전장 환경은 네트워크 중심전(NCW)과 유·무인 복합 전투 체계(MUM)로 빠르게 변화하고 있다. 이러한 환경 속에서 다수의 자율 플랫폼이 실시간으로 정보를 공유하는 군집주행 기술[1]은 보급, 지원 등 다양한 분야의 핵심으로 주목받고 있다. 이러한 중요성에도 불구하고, 실제 차량이나 장비를 이용한 연구는 수많은 제약을 수반한다.

이에 본 연구는 제어기와 핵심 센서를 탑재한 맞춤형 하드웨어 플랫폼을 설계·제작하여, 군집주행 제어 알고리즘을 신속하게 검증할 필요가 있다. 또한, 저가형 GPS로부터 수신한 위치 좌표와 IMU 센서의 방위각 데이터를 융합해 신뢰도 높은 항법 정보를 생성할 필요가 있다.

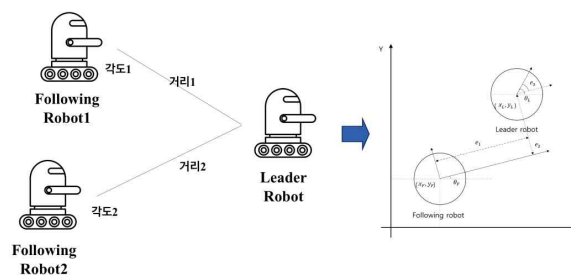
궁극적으로 본 연구의 필요성은 시스템 통합을 통한 실증적 타당성 검증에 있다. 본 연구의 최종 목표는 상용 하드웨어를 통합하여 실제 동작하는 군집주행 시스템을 설계, 구현 및 실증하는 것이다.

이를 위해, 맞춤 하드웨어를 제작하고 센서 융합에 기반한 실외 항법 시스템을 구축한다. 이후 모듈을 통합하여 HILS 환경에서의 군집주행 가능성을 검증한다.

치 정보를 수신하고 IMU 센서의 데이터를 Kalman Filter로 융합해 방향(Yaw)값을 계산한다. 이후 목표 위치와 현재 위치를 비교하여 PWM 제어 신호를 산출하고 모터를 구동한다.

선도 차량은 ROS 기반 Mesh Network를 통해 자신의 위치정보를 추종 차량으로 전송하여 자세를 유지하도록 제어한다. 또한, 네트워크 초기화, DGPS, PWM 보정 등은 시스템 구동 초기에 자동 수행되도록 설계하였다.

2.2 선도-추종 접근법을 활용한 군집제어



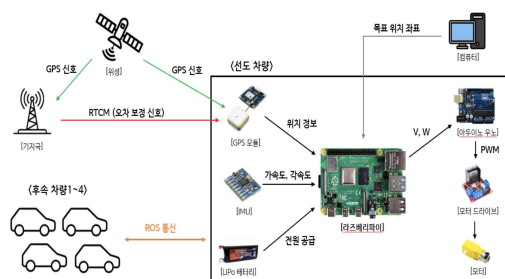
[그림 2] 선도-추종 접근법

기존의 선도 - 추종(Leader - Follower) 제어 방식은 선도 로봇의 선속도와 각속도 정보를 실시간으로 공유받아 추종 로봇의 주행 속도를 계산하는 속도 기반 제어(Velocity-based Control) 방식으로 설계된다. 그러나 이 방식은 통신이 불안정하면 동기화 주행이 어려운 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, GNSS(Global Navigation Satellite System) 데이터를 이용한 위치 중심 제어(Position-based Control) 방식[2]을 적용하였다. 각 로봇은 GNSS 모듈을 통해 실시간으로 자신의 위도, 경도를 수신하고, 이를 바탕으로 로봇 간의 거리와 방위각을 계산하여 상대 위치와 주행 방향을 인식한다.

II. 본 론

2.1 System Block Diagram



[그림 1] 실외 군집주행 시스템 블록 다이어그램

본 시스템의 전체 구조는 [그림 1]과 같다. 선도 차량은 DGPS를 통해 위

- [1] Shinsuke Oh-hara, Akihiro Fujimori, "A Leader-follower formation control of mobile robots by position-based visual servo method using fisheye camera," ROBOMECH Journal, vol. 10, article 30, 2023.
- [2] Sung-Jin Lee, "A compact RTK-GNSS device for high-precision localization of outdoor mobile robots," Journal of Field Robotics, vol. 41, no. 5, pp. 1349 - 1365, 2024.
- [3] Y. Zhu et al., "Multi-Sensor Information Fusion for Mobile Robot Indoor Localization." Electronics, 2025