

다수의 무인이동체 정보교환을 위한 ROS2 기반 데이터 전달 구조 설계 및 개발

우경화, 최성찬

한국전자기술연구원

{kh.woo, csc}@keti.re.kr

Design and development of a ROS2-based data exchange structure for multiple unmanned vehicles

Kyung-Hwa Woo, Sung-Chan Choi (KETI)

요약

본 논문은 다수의 무인이동체 정보교환을 지원하는 통신장치를 기반으로 ROS2 프레임워크를 활용하여 ROS2 기반 무인이동체 데이터 송수신 구조를 설계하고 개발한 내용을 제시하였다. 이 시스템을 통해 무인이동체간의 센서 데이터 및 영상 이미지의 효율적인 송수신이 가능함을 확인하였으며, 이는 다수의 무인이동체를 활용하여 재난 관리, 환경 모니터링, 물류 운송 등 다양한 분야에서 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, ROS2의 Pub/Sub 구조에서 데이터 처리 속도와 네트워크 지연 최소화, AI 기술 통합에 대한 향후 연구의 필요성을 제시하였다.

I. 서론

현대 기술의 발전은 많은 산업 분야에서 무인이동체의 활용을 촉진하고 있으며, 이는 육상, 해상, 항공의 다양한 환경에서 스스로 작업을 수행할 수 있는 지능형 시스템으로 발전하고 있다. 이러한 무인이동체들은 인간이 접근하기 어려운 지역에서 재난 관리, 환경 모니터링, 물류 운송 등과 같은 중요한 역할을 수행한다. 특히, 4차 산업혁명의 추진력을 받아 무인이동체 기술은 빠르게 발전하고 있다.

무인이동체의 가장 큰 장점 중 하나는 다양한 센서와 장비를 탑재하여 원격지에서도 데이터를 수집하고 분석할 수 있다는 점이다. 예를 들어 드론은 인공지능 기반의 영상 분석을 통해 산불이나 홍수와 같은 재해의 초기 단계에서 신속하게 피해 상황을 평가하고 필요한 자원을 적절하게 배분하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 이와 같은 시스템의 효율성은 AI, 5G, IoT 센서 기술의 발전으로 더욱 향상되고 있다.

본 논문에서는 무인이동체 간의 효과적인 데이터 송수신을 위한 구조와 응용을 다룬다. 여기서, ROS2와 UVINet 통신 단말장치를 중심으로 한 시스템 구축을 통해, 무인이동체가 센서 데이터, 메시지, 이미지 등 다양한 형태의 정보를 효과적으로 주고 받을 수 있는 방법을 제시한다. 이는 무인이동체가 복잡한 임무를 수행하는 데 필수적인 동시에, 다양한 무인이동체가 협력하여 임무를 수행할 수 있는 기반을 마련한다.

이러한 접근 방식은 무인이동체가 단독으로 사용되는 시나리오뿐만 아니라 다수의 이종 무인이동체가 협력하는 임무 수행에도 중요하다. 본 연구에서는 무인이동체의 자율 협력을 지원하기 위해 필요한 네트워크 데이터 송수신에 대한 경험을 공유하며, 이를 통해 무인이동체가 군사용으로 사용되는 것을 넘어서 재해 관리, 방재, 방범 등 다양한 민간 분야에서도 효과적으로 활용될 수 있는 길을 제시한다.

II. 본론

1. 시스템 구조

본 논문에서는 UVINet 통신단말장치를 활용하여 ROS2 기반 데이터 송

수신 연구를 진행하였다. 표 1과 같이 해당 장치는 모바일(5G/LTE) 및 WLAN(802.11n 호환) 통신 기능을 갖춘 듀얼모뎀 구성을 특징으로 한다. 또한, NVIDIA Jetson Orin NX(16GB RAM)가 엣지 컴퓨팅 장치로 사용되었다. 이 장치는 GPU 기반의 계산을 지원하며, 단순한 이미지 분석을 넘어 HDMI 카메라를 통해 실시간으로 스트리밍되는 영상을 처리할 수 있다. 이 카메라는 1080p 해상도에서 30fps의 비디오 스트리밍 성능을 제공한다.

Module	NVIDIA Jetson Orin NX (16GB ram)
GPU	1024-core NVIDIA Ampere architecture GPU with 32 Tensor Cores
GPU Max Frequency	918MHz
AI Performance	100 TOPS
External Interface	HDMI camera port 2 RS-232 serial port 2 TTL serial port 1 USB interface port 2 Ethernet interface port 1

표1. NVIDIA Jetson Orin 통합보드

2. ROS2와 DDS

ROS(Robot Operating System)는 메타 운영체제로, 로봇 애플리케이션 개발을 지원하는 소프트웨어 프레임워크이다. ROS는 메시지 전달, 패키지 관리, 개발에 필요한 라이브러리와 도구를 제공하여 로봇 개발을 용이하게 한다. ROS2는 기존의 ROS의 구조를 개선하여 더 높은 수준의 보안, 실시간 처리 능력 및 시스템 간의 통합성을 제공하며, 데이터 통신 프로토콜로 DDS를 적용하였다.

DDS(Data Distribution Service)는 실시간 데이터 교환을 위한 표준 미들웨어 프로토콜이다. DDS는 다양한 QoS(Quality of Service) 설정을 제

공, 네트워크 변동성에 대응하고 데이터 전송의 신뢰성을 보장한다. 특히, RTPS 프로토콜을 통해 브로커 없이 직접적인 통신을 가능하게 하여, 통신 지연을 최소화하고 처리량을 최대화한다.

3. Publish-Subscribe(발행-구독) 메커니즘

Pub/Sub 구조는 ROS2의 기본 통신 메커니즘 중 하나이며 분산 시스템에서 데이터를 효율적으로 교환하기 위해 사용한다. 발행자(Publisher)는 특정 주제(topic)에 메시지를 발행(publish)하고, 구독자(Subscriber)는 해당 주제를 구독(subscribe)하고, 발행된 메시지를 수신한다. 발행자와 구독자는 노드(Node)로 구현되며, 주제는 발행자와 구독자가 데이터를 주고받는 통신 채널을 의미한다. 각 무인이동체는 ROS2 노드로 구현되며, 자신의 상태 정보, 센서 데이터 등을 발행하고, 다른 무인이동체들은 이를 구독하여 실시간으로 데이터를 수신, 처리할 수 있다. 이러한 데이터 교환 구조는 다수의 무인이동체의 협력과 효율성을 극대화하는 데 중요한 역할을 한다.

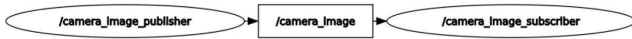


그림 2. 영상 이미지 데이터 송수신 노드 및 토픽

4. Sensor 및 Image 데이터의 포맷

본 논문에서는 ROS2 환경에서 센서 및 이미지 데이터를 효율적으로 교환하기 위한 표준메시지 포맷을 정의하였다. 센서 데이터는 sensor_msgs 패키지의 Temperature 메시지 타입을 사용하며, 이 메시지 타입은 header, 측정된 온도 값(temperature), 온도 측정의 분산 값(variance)으로 구성된다. header는 온도 측정 시간(stamp)과 보드 식별자(frame_id)가 포함된다.

이미지 데이터는 sensor_msgs 패키지의 Image 메시지 타입을 사용하였고, 이 메시지 타입은 header, height, width, encoding, is_bigendian, step, data 필드로 구성된다. header는 이미지 생성 시간(stamp)과 보드 식별자(frame_id)가 포함된다. height와 width 필드는 이미지의 높이와 너비를 나타내고, encoding 필드는 bgr8 인코딩 방식을 사용하였다. data 필드는 실제 이미지 데이터를 담고 있으며, OpenCV에서 캡처한 이미지 프레임을 CvBridge 라이브러리를 통해 변환하여 설정하였다.

5. 실험 방법

본 논문에서는 UVINet 통신단말장치를 활용하여 ROS2 기반의 데이터를 송수신하는 기술을 연구하였다. 각 보드는 다양한 센서들과 카메라를 통해 데이터를 수집하며, Ubuntu 20.04 운영체제와 ROS2 Foxy Fitzroy 버전을 사용하여 데이터를 처리하고 전송한다.

하나의 보드는 데이터의 송신자 역할로서 센서와 카메라로부터 주기적으로 데이터를 읽어와서 ROS2 메시지로 포맷하여 지정된 토픽을 통해 다른 보드로 데이터를 전송한다. 이 보드는 수신자 역할로서 해당 토픽을 구독하여 송신된 데이터를 수신하며, 수신된 데이터는 로컬 시스템에 저장된다.

6. 실험 결과

본 실험에서는 UVINet 통신단말장치 간의 데이터 송수신이 잘 이루어졌음을 확인하였다. 먼저, 그림 3을 보면 센서 데이터의 publisher 노드는 주기적으로 센서 데이터를 생성하여 이를 ROS2 메시지로 변환 및 발행하고, subscriber 노드는 발행된 센서 데이터를 실시간으로 수신, 처리했다.

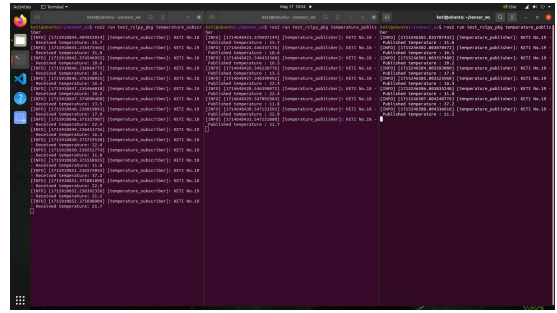


그림 3. 센서 데이터 송수신 메시지

그림 4를 보면 영상 이미지 데이터의 publisher 노드는 1초마다 카메라에서 영상을 캡처하여 'camera_image' 토픽에 발행하였다. publisher 노드 메시지에서 "Published camera image" 메시지를 통해 발행이 이루어졌음을 확인할 수 있다. subscriber 노드는 'camera_image' 토픽을 구독하여 영상 이미지를 수신하고 메시지를 통해 수신과 저장이 성공적으로 이루어졌음을 나타낸다.

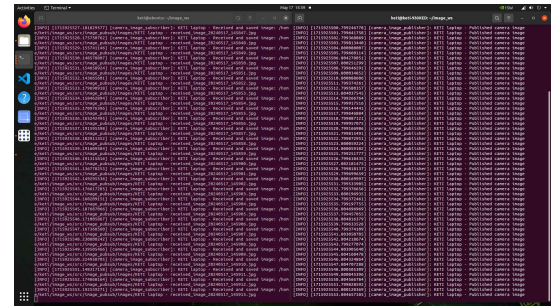


그림 4. 영상 이미지 데이터 송수신 메시지

III. 결론

본 논문에서는 UVINet 통신단말장치와 ROS2를 활용한 무인이동체 간의 데이터 송수신 시스템을 연구하였다. 실험 결과, 센서 데이터와 영상 이미지를 신속하고 정확하게 송수신할 수 있음을 확인하였다. 이는 무인이동체가 재난 관리, 환경 모니터링, 물류 운송 등 다양한 분야에서 효율적으로 활용될 수 있는 가능성을 제시한다.

향후 연구에서는 데이터 처리 속도와 네트워크 지연 최소화에 초점을 맞출 필요가 있으며, AI 기술을 통합하여 무인이동체의 자율성과 지능화를 더욱 강화할 수 있는 연구개발이 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) '산림과학기술 연구개발사업(2022A00-2224-0801)'의 지원과 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단, 무인이동체원천기술개발사업단의 지원을 받아 무인이동체원천기술개발사업을 통해 수행되었음. (NRF-2020M3C1C1A02086427)

참고 문헌

[1] Davies R. W. "The Data Encryption standard in perspective," Computer Security and the Data Encryption Standard, pp. 129-132.
 [2] Miles E. Smid, "From DES to AES," 2000, (<http://www.nist.gov/aes>).
 [3] Shamir, A. "On the security of DES," Advances in Cryptology, Proc. Crypto '85, pp. 280-285, Aug. 1985.