

군사용 군집 로봇 통신 체계를 위한 네트워크 구성 방안

김관혁, 김한진, 김원태*

한국기술교육대학교

friend2281@koreatech.ac.kr, gks359@koreatech.ac.kr, wtkim@koreatech.ac.kr

Network Configuration Method for Military Multi Robot Communication System

Gwanhyeok Kim, Hanjin Kim, Won-Tae Kim*

Korea University of Technology and Education

요약

군사 분야에서 군집 로봇은 협업을 통하여 화력 유도, 광역 감시 등의 다양한 임무를 수행할 수 있으며 이를 위한 연구가 국내외에서 진행되고 있다. 실제 전장은 열악한 통신 환경을 가지고 있으며 군집 로봇의 임무 실패는 전장에서 승패의 큰 영향을 끼치기 때문에 단일 장애점 문제가 발생하는 중앙 집중 방식의 통신 미들웨어는 제한된다. 본 연구에서는 분산 방식의 통신 미들웨어인 DDS를 통해 네트워크를 구성하며 TSN이라고 하는 데이터 링크 계층의 통신 표준을 통해서 로봇 간의 결정론적인 데이터 전송을 보장하는 구조를 제안한다. 네트워크를 구성하기 위하여 로봇 간 상호 식별 및 요구사항 협상을 수행하는 DDS의 Discovery Protocol과 실시간성, 신뢰성과 같은 사용자의 통신 요구사항을 만족시키고자 네트워크 장비에 스트림을 예약하는 TSN의 Stream Reservation Protocol을 결합한다. 해당 연구를 통해 군사용 군집 로봇의 임무를 위한 원활한 통신이 보장될 것으로 기대한다.

I. Introduction

군집 로봇은 기존의 단일 로봇이 수행하기 어렵거나 오랜 시간이 소요되는 임무를 팀을 이루으로써 효율적으로 수행할 수 있는 특징으로 인하여 건설, 보안 등의 다양한 산업 분야에서 연구 및 활용되고 있다[1]. 특히 군사 분야에서 활발히 연구되고 있으며 이를 통해 군집 로봇을 통한 적의 화력 유도, 협업 기반 표적 획득, 분산 광역 감시 등의 다양한 임무를 수행할 수 있다[2]. 군집 로봇을 개발하기 위해서는 군집 행동 제어, 군집 시스템 통합 등의 다양한 기술이 적용되어야 하는데 특히 통신이 열악한 전장에서 군집 로봇의 네트워킹 기술은 필수가 되는 기술이다.

군사 목적의 군집 로봇은 열악한 통신 환경 속에서도 상호 간 원활한 통신이 이루어져야 하며 임무의 실패가 전장의 승패에 크게 관여하기에 결정론적인 통신이 보장되어야 한다. 군집 로봇 간의 통신에서 하나의 브로커가 전체 통신을 중개하는 중앙 집중 방식의 통신은 단일 장애점 문제 등으로 인하여 전체 통신에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 분산 방식의 통신 미들웨어인 DDS(Data Distribution Service)를 통해서 로봇 간의 논리적인 네트워크를 구축한 후 TSN(Time Sensitive Networking)의 SRP(Stream Reservation Protocol)을 통해 결정론적인 통신을 보장하는 통신 체계를 제안한다.

II. DDS Discovery Protocol

DDS의 Discovery Protocol은 도메인 내의 Domain Participant를 인지하기 위한 PDP(Participant Discovery Protocol)과 일치하는 Endpoint 쌍을 찾기 위한 EDP(Endpoint Discovery Protocol) 과정이 존재한다. PDP는 브로드캐스트 통신을 통해서 도메인 내 전체 참가자에게 IP 주소, 포트 번호와 같은 자신의 정보를 전송한다. 모든 Domain Participant가 이 과정을 통해 다른 Domain Participant의 정보를 교류할 수 있다. EDP 과정에서는 PDP를 통해 식별한 상

대 Domain Participant에게 유니캐스트를 통해서 보유한 Endpoint(Data Writer, Data Reader)에 대한 정보를 전송한다. Endpoint 정보를 수신 받은 Domain Participant는 자신의 Endpoint가 발행 혹은 구독하는 토픽이 상대의 Endpoint가 구독 혹은 발행하는 토픽과 같을 경우 매칭된다. 이후 높은 품질의 통신 서비스를 제공하기 위해 QoS(Quality of Service) 협상을 진행함으로써 두 Domain Participant 간의 통신이 시작된다. PDP 및 EDP 과정은 Domain 내에서 지속적으로 발생하기 때문에 그림 1과 같이 작전 지역과 같은 기준으로 도메인을 축소하여 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 필요가 있다.

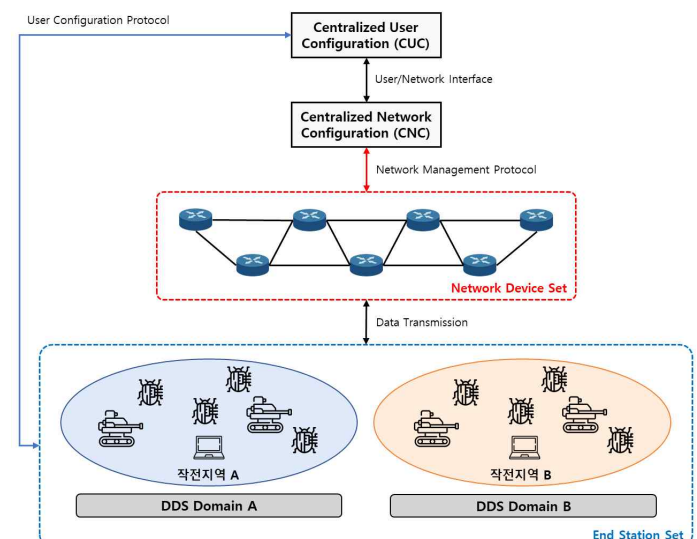


그림 1 Fully Centralized Network Configuration with DDS

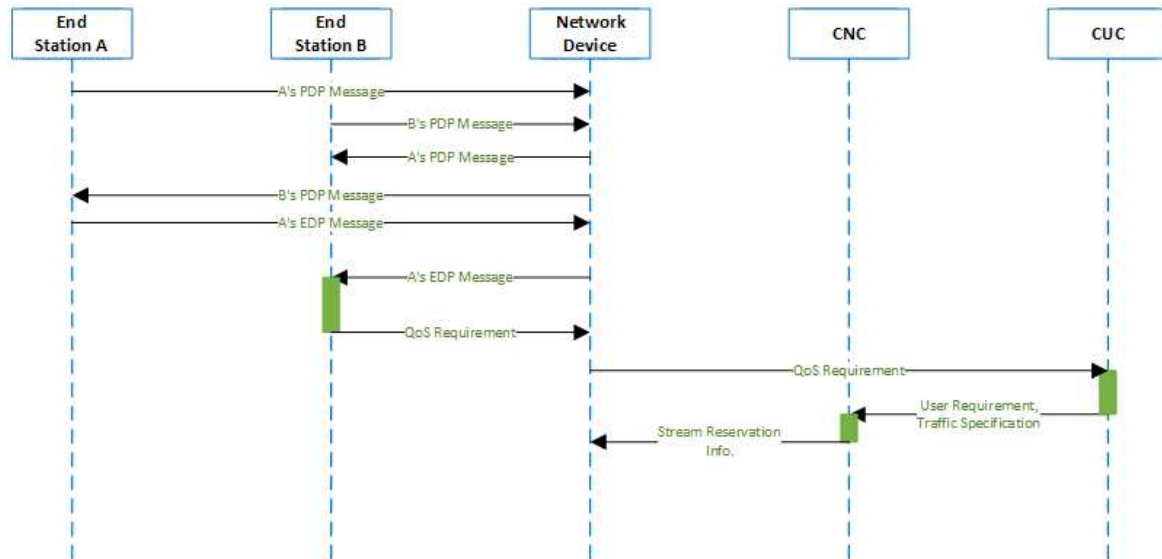


그림 2 DDS-TSN Network Configuration Sequence

III. TSN Stream Reservation Protocol

TSN에서는 통신의 참여자를 End Station으로 정의하며 각 End Station 간의 결정론적인 통신을 위하여 End Station 사이의 Network Device에 대하여 스트림을 예약한다[3]. 스트림을 예약할 수 있는 Stream Reservation Protocol은 중앙집중형, 부분집중형, 분산형이라는 3가지 방식을 지원하며 본 논문에서는 중앙집중형 방식을 중심으로 접근한다. 중앙집중형 방식의 구조는 그림1과 같으며 사용자의 요구사항과 트래픽의 특성을 수집하는 CUC(Centralized User Configuration)와 네트워크 장치의 구성 관리를 수행할 수 있는 CNC(Centralized Network Configuration)로 구성된다. End Station은 User Configuration Protocol을 통해서 CUC에게 트래픽에 대한 사양 정보와 데이터 전송 요구사항에 대한 정보를 전달한다. CUC는 User Network Interface를 통해서 사용자의 요구사항 및 트래픽 사양을 CNC에게 전달한다. CNC는 지속적으로 네트워크 토폴로지를 모니터링하고 있으며 전달 받은 End Station의 요구사항에 따라 네트워크 장비를 구성하여 스트림을 예약한다. 이러한 일련의 과정을 통해서 각각의 End Station은 결정론적인 데이터 전송을 보장받을 수 있다.

IV. DDS-TSN Network Configuration

DDS의 Discovery Protocol은 통신 참여자 식별 및 QoS 협상까지의 범위를 다루며 TSN의 Stream Reservation Protocol은 통신 참여자로부터 사용자 요구사항을 수집하여 네트워크 장비에 스트림을 예약하는 범위까지 다룬다. 따라서 DDS Discovery 과정에서의 QoS 요구사항이 TSN에서의 사용자 요구사항으로 적용될 수 있다면 그림 2와 같은 순서로 두 통신 기술 간의 연동이 가능하다. 두 프로토콜의 원활한 연동을 위해서는 사용자 요구사항을 전달하는 과정에서 TSN의 CUC가 요청하는 데이터 형식과 DDS가 제공하는 데이터 형식이 일치해야 한다.

TSN에서 CUC가 기본적으로 통신 참가자로부터 요청하는 데이터는 User Requirement와 Traffic Specification으로 나눌 수 있으며 User Requirement는 신뢰성을 위해 스트림에 대한 이중화를 제공할 수 있는 NumSeamlessTrees와 스트림의 최대 지연 시간인 MaxLatency가 존재한다. 각각의 요구사항은 DDS QoS 중 신뢰성 여부를 나타내는 Reliability QoS와 마감 기한을 나타내는 Deadline QoS를 통해 정보 전달이 가능하며 부가적인 정보에 대해서는 USER_DATA QoS를 통해서 전달이 가능하다.

V. 결론

본 연구에서는 군집 로봇을 군사 분야에 적용하는 데에 발생하는 통신의 문제를 해결하기 위하여 DDS의 Discovery Protocol과 TSN의 Stream Reservation Protocol 간의 연계를 제안하였다. DDS와 TSN을 연동하는 데에 있어 사용자 요구사항만으로는 결정론적인 데이터 전송을 보장하는 것은 어려운 일이다. CNC는 스트림을 예약하기 위해서 트래픽의 지터, 전송 주기, 프레임 사이즈 등의 정보를 포함하는 Traffic Specification을 인지해야 한다. 향후에는 Traffic Specification까지 고려한 DDS와 TSN의 보다 정교한 연동에 관한 연구를 수행할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 스마트엣지디바이스기술개발사업(2022-0-00454)의 지원으로 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] Schranz, Melanie, et al. "Swarm robotic behaviors and current applications." *Frontiers in Robotics and AI* 7 (2020): 36.
- [2] 최현호. (2018). 군사용 무인 로봇 트렌드(1) - 군집 로봇 기술. 국방과학기술, (473), 42-55.
- [3] 강태규, 강유화, 유연철, 정태식. (2019). 제4차 산업혁명 시대를 위한 초저지연 네트워킹 기술 동향. [ETRI] 전자통신동향분석, 34(6), 108-122.