

FANET 기반의 전장 환경을 위한 UAV 제어 및 모니터링 시스템

이재현¹, 이재민², 김동성*

금오공과대학교 {IT융복합공학과^{1,2,*}}

{antigen47¹, ljmpaul², dskim*}@kumoh.ac.kr

UAV Control and Monitoring System for FANET-Based Battlefield Environment

Jae-Hyun Lee¹, Jae-Min Lee², and Dong-Seong Kim*

Dept. of IT Convergence Engineering,, Kumoh National Institute of Technology

요 약

본 논문은 전장 환경에서 중계 통신 노드로 다수의 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 사용하는 FANET(Flight Ad-hoc Network)기반의 드론 제어 및 모니터링 시스템을 제안한다. 재난 구역, 오지와 같은 지역에 통신 인프라를 구축하기 위한 FANET 중계 통신망에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 통신 인프라가 적은 전장 환경은 작전 수행을 위한 FANET기반의 중계 통신망이 적합하다. FANET 통신망을 적용하기 위해서는 작전에 따라 요구되는 FANET의 토폴로지 및 노드의 스펙을 다르기 적용하여야 한다. 그렇기 때문에 최적의 통신을 위해 요구되는 라우팅 프로토콜 및 UAV제어 방식이 달라야 하며 기존의 설정된 하나의 라우팅 프로토콜만을 사용하는 경우에는 환경에 따라 최적의 성능을 보장하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 전장 환경에서 ROS(Robot Operating System)기반으로 FANET의 라우팅 프로토콜 및 비행 방식을 제어하고 통신망과 노드의 상태를 모니터링 하는 시스템을 제안한다.

I. 서 론

UAV(Unmanned Aerial Vehicle)는 데이터를 수집하는 정찰기 또는 통신 인프라가 파괴된 재난구역에 네트워크를 구축하는 통신 릴레이 노드로 활용되고 있다[1]. 또한 최근 군에서 발표한 UAV기반의 차세대 전투체계인 드론봇 전투체계에서는 통신용 저궤도 위성의 대안으로 고고도 장기체공 UAV를 통신 중계용으로 사용하는 연구가 진행되고 있다[2].

FANET(Flight Ad-hoc Network) 구축을 위해서는 통신망이 사용될 환경 분석, 각 노드의 이동경로, 망 전개 방식, 라우팅 프로토콜의 적절한 선정 및 설계가 중요하다. 따라서 특정 환경에 대한 분석으로 적합한 라우팅 프로토콜을 제안하는 연구들이 진행되었다. 효율적인 에너지 소비가 가장 중요한 환경에서는 두 번째로 인접한 노드의 에너지 잔량까지 고려한 라우팅 프로토콜이 제안되었다[3]. FANET 구성 노드들의 움직임이 활발한 환경에서 Q-learning기반으로 매혹마다 이웃노드에 대한 연산을 하는 연구도 진행되었다[4].

하지만 기존의 설계 및 설정된 프로토콜은 환경 변화에 따라 최적의 성능을 보장할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 여러 가지 상황에 적합한 라우팅 프로토콜 및 UAV노드의 이동을 제어하고 통신망을 모니터링 하는 시스템을 제안한다.

II. 전장 환경을 고려한 FANET 구성

제안하는 전장 환경을 위한 FANET은 그림1과 같이 다수의 UAV중계노드와 하나 이상의 soldier노드와 하나의 commander노드로 구성되어 있다. 기본적으로 commander및 soldier 노드가 각자의 통신장비만을 이용한 통신거리를 극복하고 통신하기 위해 FANET 중계 네트워크를 사용하므로, 적어도 하나의 soldier노드는 commander노드의 통신거리 밖에 있어야 한다.

또한 UAV 중계노드들은 비행제어를 위한 비행 제어장치와 정찰임무를 위한 센서, 그리고 FANET 구축 및 UAV 중계노드의 제어명령을 처리하기 위한 companion board로 구성된다. UAV 중계노드 간에는 802.11.n을

지원하는 무선통신 어댑터를 사용하여 연결하며, 802.11b/g/n 무선통신 어댑터를 이용하여 UAV 중계노드 근처의 commander 또는 soldier 노드들이 UAV 중계노드에 접속할 수 있도록 Access Point를 제공한다. FANET 중계망은 UAV 노드가 일정고도 이상에서 LoS(Line of Sight) 상에 있도록 하여 5GHz 주파수로 연결하며, Access Point는 2.4GHz로 운용하여 접속할 수 있도록 한다. 이는 주파수대역을 달리하여 통신망을 구축함으로써 서로에 대한 간섭을 최소화하기 위함이다.

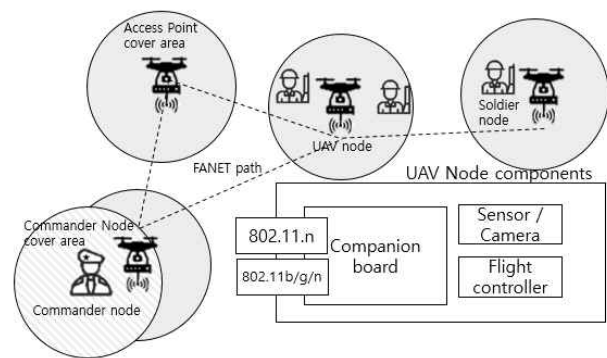


그림 1. FANET 및 노드의 구성

III. 전장환경을 고려한 FANET 라우팅 프로토콜 선정 및 적용

FANET의 라우팅 프로토콜은 네트워크의 목적 및 사용 환경, 구성에 따라 Static, Reactive, Proactive, Hybrid, Hierarchical 방식으로 분류할 수 있다[5]. 다양한 제한을 가지는 전장 환경에서 FANET을 운용하기 위해서는 해당 작전환경에 알맞은 라우팅 프로토콜이 요구된다. 일정 구역에 적군이 밀집되어 회피를 위한 노드 위치이동이 많이 요구되는 경우에는 경로설정 요구가 있을시 망 검색을 하는 Reactive방식의 라우팅 프로토콜이 적합하며, 넓은 지역에서 정찰작전을 수행하는 경우에는 중계노드의 이동이 상대적으로 적기 때문에 라우팅 경로를 미리 수집하는 Proactive 방식의 라우팅 프로토콜이 적합하다[6].

제안하는 시스템에서는 지휘권자는 FANET의 라우팅 프로토콜을 변경

하는 권한을 가진다. Commander노드에서 작전의 지휘권자가 해당 작전에 맞는 프로토콜로 변경 명령을 접속 중인 UAV 중계노드에 전송하면 각 UAV 중계노드는 수신한 변경 명령을 인접노드에 전파한 뒤, 자신의 노드에 적용시킨다. 변경 후 노드들을 탐색하며 FANET망을 복구하는 순서로 진행된다.

IV. ROS기반의 제어 및 모니터링 시스템

ROS(Robot Operating System)는 로봇의 어플리케이션을 개발을 위한 미들웨어이며, 제안하는 시스템의 UAV노드 제어 구현에 도움이 되는 오픈소스 라이브러리를 제공한다. ROS는 그림2와 같이 노드의 companion board에 적용되어 통신 미들웨어로 동작한다. UAV의 비행 제어장치는 companion board와 직렬통신을 하며, 소형 무인기의 제어를 위한 Mavlink 프로토콜을 사용한다. ROS는 Mavros를 제공하여 Mavlink와 메시지형태의 변환을 하여 companion board가 flight controller와 원활하게 통신하도록 돕는다.

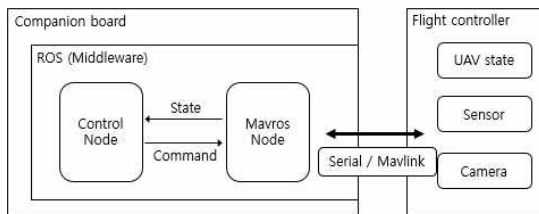


그림 2. ROS기반의 UAV노드 구성

ROS는 메시지 기반의 통신을 하며, 이는 FANET망에 UAV중계노드의 추가와 제거를 용이하게 한다. ROS의 메시지통신은 새로운 노드가 네트워크에 참여할 때 같은 내용의 메시지를 다루는 노드들을 서로 인식하도록 하여 정보를 송신할 목적지를 미리 알고 통신 하게 된다. 이 구조는 군집로봇 운용에 효과적이다[7].

표 1. ROS기반의 노드 및 메시지 설계

ROS	타입	메시지 내용	UAV노드	Commander노드
Topic		UAV 상태(관제)	Publisher	Subscriber
		UAV노드 제어	Subscriber	Publisher
		중계망 성능	Publisher	Subscriber
Service		라우팅 프로토콜 제어	Server	Client
		센서 데이터 요청	Server	Client
Action		특수 임무 할당	Server	Client

ROS의 메시지 종류는 Topic, Service, Action이 있으며 그 특징에 따라 제안하는 시스템에서 표1과 같이 설계한다. Topic의 경우 단방향의 비동기 통신으로, Publisher로 등록된 노드들이 주기적으로 Subscriber로 등록된 노드들에게 메시지를 전송한다. UAV의 GPS값, 9DoF(Degrees of Freedom)센서 값과 같은 UAV 노드 상태 관련 정보는 UAV 노드가 주기적으로 생산하고 commander노드가 수집하여 관제한다. 망 전개 또는 작전지역 이동으로 인한 이동명령과 같은 UAV 이동에 관한 정보의 경우 상태 관련 정보와 반대로 전송 된다. 또한 중계망의 성능을 모니터링하기 위한 UAV 노드간의 전송 지연, 링크상태 또는 각 노드의 처리지연과 같은 정보는 각 UAV에서 연산하여 주기적으로 commander노드로 전송한다. Service의 경우 양방향 동기 통신을 하며 Client노드의 요청에 따라 Server노드가 응답한다. 이는 UAV의 정찰과 같은 임무에서 부착된 센서 데이터 요청이나 라우팅 프로토콜을 변경요청에 사용되며, 변경요청의 응답으로 변경 완료 및 현재 라우팅 프로토콜 상태를 전송하는 형태로 구성한다. Action 메시지는 양방향 비동기 통신으로, Client의 요청에 server가 응답한다는 Service와 비슷한 구조이나, Service는 sever의 response를

다른 Service가 대기하는 반면 Action에서는 대기하지 않고 다른 Action이 수행가능하며, 중간 결과값인 feedback을 받는 구조이다. 적군의 추적이나 격추로부터 회피하기위해 UAV중계노드에게 일정시간동안 무작위 이동을 하거나 설정된 범위 내를 정찰하는 것과 같은 특수 임무가 할당되면 Action메시지 방식을 사용하여 중간보고를 지속적으로 수신 받도록 설정한다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 다양한 전장 환경에서 최적의 FANET중계망을 위해 ROS기반의 UAV 제어 및 모니터링 시스템을 제안했다. 자유로운 라우팅 프로토콜의 변경으로 작전 중에도 여러 작전환경에 적합하게 FANET을 수정할 수 있으며, FANET 통신망 상태 데이터를 수집하여 이후 데이터 기반의 연구에 사용할 수 있게 했다.

향후 제안하는 시스템을 실제로 구현하고 시뮬레이션을 통해 환경에 따른 라우팅 기법들 및 노드 토폴로지들의 성능 데이터를 수집할 것이다. 또한 수집된 데이터로 동적으로 최적의 기법을 선정하고 적용하기 위하여 딥러닝 기법을 적용할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2018R1A6A1A03024003), 정부(과기정통부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(2019R1F1A1064055)와 과기정통부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2021-2020-0-01612).

참 고 문 헌

- [1] W. Ejaz, A. Ahmed, A. Mushtaq, and M. Ibnkahla, "Energy-efficient task scheduling and physiological assessment in disaster management using UAV-assisted networks", Computer Communications, Vol. 155, pp. 150-157, Apr. 2020
- [2] S-J Yoon and Y-H Choi, "Network construction direction for dronebot combat system", Korean Journal of Military Art and Science, Vol. 76, No. 3, pp.435-454, Oct. 2020
- [3] E. D. Tita, W. P. Nwadiugwu, J. M. Lee, and D. S. Kim, "Real-time optimizations in energy profiles and end-to-end delay in WSN using two-hop information", Computer Communications, Vol. 172, pp.169-182, Apr. 2021
- [4] Jianmin Liu et al., "QMR:Q-learning based Multi-objective optimization Routing protocol for Flying Ad Hoc Networks", Computer Communications, Vol. 150, pp.304-316, Jan. 2020
- [5] A. Nadeem et al., "A Review and Classification of Flying Ad-Hoc Network (FANET) Routing Strategies", Journal of Basic and AppliedScientific Research, Vol. 8, No. 3, pp.1-8, Mar. 2018
- [6] P. T. M. Thu, N. T. Tien, and D.-S. Kim, "Geographical Awareness Hybrid Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Networks", Wireless Networks, Vol. 23, No. 1, pp. 1-13, Nov. 2017.
- [7] K. M. Yang et al., "An Integrated Multi-robot Control System based on ROS for Autonomous Exploring Disaster Environment", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 25, No. 6, pp.534-540, 2019