

# 무선 SDN 기반 FANET 관리

서동호, 박경준

대구경북과학기술원

{dhs, kjp}@dgist.ac.kr

## Wireless SDN for FANET Management

Dong Ho Suh and Kyung-Joon Park

Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST)

### 요약

최근 전장이나 구조 등의 목적으로 Unmanned Aerial Vehicle(UAV)이 활용되고 있다. UAV는 임무 수행을 위해 네트워크를 형성하고 필요한 정보를 주고 받게 된다. 본 논문에서는 UAV의 이동성이 높은 군집 Flying Ad-hoc Network에서 토폴로지의 변동성을 반영하고 네트워크의 경로를 빠르게 복구하기 위한 방법으로 Software Defined Networking(SDN)을 활용한 네트워크 관리 기법을 제안한다.

### I. 서론

Unmanned Aerial Vehicle(UAV)의 무인기는 산불, 지진 등 재난환경이나 군사적 목적 등으로 연구가 되고 있다. 무인기의 경우 사람의 동작 없이 동작을 하고 자율적으로 운용하기 위해서는 충돌회피 기술, 고장 진단 및 재형상 제어, 신호회로망 등 고수준의 제어 기술과 인공지능이 탑재되어야 한다[1]. 또한, 군집 무인기에서는 개체 간 협업해서 임무 수행하기 위한 네트워크 구축이 필요하다. 군집 무인기에서 사용되는 통신망은 무인기의 고수준 제어를 위해서 사용될 수 있으므로 빠르고 안정적으로 송·수신 될 수 있어야 한다. 그래서 통신망에 링크 단절과 같은 치명적인 문제가 발생하게 되면 무인기의 임무 수행이나 전체 시스템이 제대로 동작 하지 못하는 경우가 발생하게 된다[2].

Software Defined Networking(SDN)은 네트워크 리소스를 최적화하고 Qos 요구사항, 트래픽에 맞춰 네트워크를 신속히 적응시키기 위한 네트워크 가상화 접근 방식이다. SDN은 제어 평면과 데이터 평면을 분리하고, 물리적 장비와 구분되는 소프트웨어 프로그래밍 가능한 인프라를 생성함으로써 구현된다.

군집 무인 네트워크는 각 무인기의 기동성을 가정하므로 토폴로지에 변화가 빈번하다는 특징이 있고, 무인기간 협업 제어를 위해 네트워크의 실시간성을 보장해야 한다는 특징이 있다. 이러한 네트워크를 기존의 분산형 네트워크로 구성을 하면 각각의 장치가 네트워크 상태의 제한된 인식을 통해 자율적으로 작동하게 된다. 반면에 SDN 기반 네트워크에서 제공하는 중앙화된 제어를 사용하면 네트워크를 복원하고 네트워크 정책을 결정 할 때 고도로 지능화하고 최적화 할 수 있으며 네트워크를 전체적인 관점에서 파악할 수 있게 된다. 본 논문에서는 SDN을 무선 환경에서 구축하는 방법과 SDN 방법을 사용해서 네트워크의 경로를 빠르게 복구하는 방법을 제안한다.

### II. 본론

SDN은 이론적인 개념으로 구현을 위해서 OpenFlow가 필요하다[3]. OpenFlow는 SDN을 구현하기 위해 처음으로 제정된 표준 인터페이스이

며 일종의 라우팅 프로토콜이다. OpenFlow 스위치 내부에는 패킷 전달 경로와 방식에 대한 정보를 담고 있는 Flow table이 존재한다. 패킷이 발생하면 Flow table이 해당 패킷의 정보를 가지고 있는지 확인해서 정보가 존재하면 그에 맞춰 패킷을 처리하고, 정보가 존재하지 않으면 제어 방법을 OpenFlow 컨트롤러에 요청한다. 이러한 OpenFlow와 SDN은 주로 유선 네트워크에 초점을 맞추고 있다.

기존 유선 SDN에서 SDN의 컨트롤러의 경우 그림 1과 같이 경로 계산을 하고 복구에 필요한 Flow rule을 SDN 스위치에 내려주면 SDN 스위치에서는 여러 포트에서 각각의 포트가 룰에 따라 포워딩을 하는 방식으로 되어있다. 그런데 무선 SDN에서는 패킷이 들어오고 나가는 경로가 동일한 포트에서 일어나기 때문에 유선에서의 방식을 그대로 사용할 수가 없다. 그래서 포트를 지정하지 않는 방식으로 스위치가 동작해야 하고 제안하는 SDN 구조에서는 정해진 포트로 패킷을 보내는 것이 아니라 직접 목적지를 찾아 보내는 방식을 사용했다. 제어 영역과 데이터 영역은 멀티 채널로 채널을 분리해서 각각의 채널을 사용하게 된다. 제어 영역에서 ad-hoc 프로토콜을 이용해 제어 명령어가 이동할 경로를 계산하고, SDN 컨트롤러에서 내린 제어 명령어가 SDN 스위치로 이동하게 된다. 데이터 영역에서는 실제 데이터가 이동하게 되고 데이터 영역과 제어 영역의 채널을 분리해서 사용하기 때문에 경로를 찾는 데 드는 트래픽이 데이터 영역에서 대역폭 감소로 이어지지 않는다.

SDN에서 Flow rule을 적용하는 방법은 두 가지가 있다. Proactive 방법은 SDN 스위치로 패킷이 들어오기 전에 패킷에 대한 Flow rule을 미리 가지고 있다가 룰을 적용하는 방법이다. Reactive 방법은 가지고 있는 Flow table에 해당 패킷을 어떻게 처리해야 하는지 나와 있지 않았을 때 스위치가 컨트롤러로 Flow rule 변경을 요구하고 컨트롤러에서는 컨트롤러가 가지고 있던 테이블을 전송해주거나 테이블을 새로 생성해서 전송해 주는 방법이다. Reactive 방법의 문제가 컨트롤러와 스위치 사이의 데이터가 왕복하는데 걸리는 시간이 걸리고 연산시간이 추가되어서 걸리기 때문에 실시간성을 잘 반영하지 못한다는 것이다. 그래서 무인기와 같이 이동성이 크고 네트워크 변동성이 큰 경우 경로복구가 빠르게 이뤄지지 않아 무인기의 임무나 동작에 장애가 발생 할 수 있다. 그래서 제안하는 방법에서는 무인기 네트워크에서 무인기의 이동에 따라 경로 복구 방법을

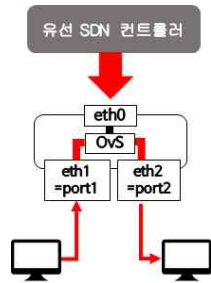


그림 1. 기존 유선

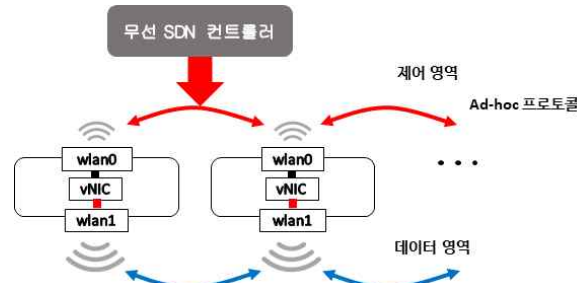


그림 2. 제안하는 SDN 구조

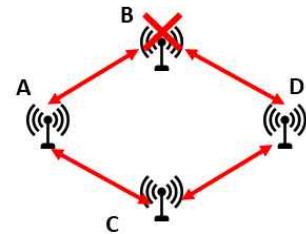


그림 3. 링크 단절 시나리오

SDN 구조 빠르게 하기 위해 미리 각 노드에 물을 가지고 있도록 하는 Proactive 방법을 사용했다.

제안하는 방법에 따라 멀티채널로 제어영역, 데이터 영역을 분리하는데, 제어 영역에서는 주기적으로 주변 무인으로 방송파를 전송하고 되돌아오는 정보를 통해 Flow table을 작성한다. 방송파를 통해 주변 노드의 정보를 얻고 Flow table을 두 가지 방법으로 작성을 한다. 첫 번째 방법은 경로에 대한 비용을 link quality를 기반으로 작성하는 것이다. Link quality는 패킷 전송 확률로, 방송파 대비 돌아오는 패킷을 확인해 링크의 전송 확률과 대역폭 사용률을 예측 할 수 있게 해준다. 두 번째 방법은 딜레이 기반으로 Flow table을 작성 하는 것으로 딜레이 측정을 통해 가장 빠른 경로를 확인 할 수 있다. Flow table을 두 가지 방법으로 작성 한 후에는 link quality의 최적 경로로 보낼 것인지, 딜레이의 최적 경로로 보낼 것인지 판단해야 하는데 그 판단 기준은 연속해서 패킷 손실이 일어나는지 여부와 table이 중복되는지 여부로 설정했다.

실험방법은 다음과 같다. 그림 3과 같이 4개의 무선 Wi-Fi가 연결 된 상태에서 A-D 간 통신에 중간노드 B를 거칠 때 최적경로인 상황에서 B노드의 전원을 끊으면 A-D 간 통신에 중간노드 C로 경로 우회가 잘 되는지 실험해보았다. 각 노드들은 ad-hoc 모드로 연결했고, 라우팅 프로토콜은 B.A.T.M.A.N.(Better Approach To Mobile Adhoc Networking)[1]을 사용했다. 기본적으로 link quality 기반으로 라우팅 경로를 설정하다가 방송

파 주기의 3배인 3t 시간동안 연속해서 재방송파를 받지 못하면 딜레이 기반 테이블로 바꾸도록 했는데 link quality는 링크의 현재 상태를 잘 알려 주지만 링크의 상태가 급격하게 좋아지지 않을 때 반영이 빠르지 않고 경로 우회가 빠르지 않다는 단점이 있기 때문이다. 연속해서 재방송파를 받지 못하면 딜레이 기반 테이블로 바꾸게 되는데 딜레이 기반 테이블은 각각의 인접한 노드에서 딜레이를 누적시켜서 빠르게 반영하기 때문에 경로를 빠르게 변경 할 수 있다. 하지만 예비경로가 같은 흡수를 갖을 때 딜레이 편차로 인해 문제가 생기지 않아도 경로가 바뀔 수 있다는 단점이 있다. 그래서 딜레이 기반 테이블에서 link quality 기반 테이블로 변경되는 기준은 연속한 시간 안에 재방송파를 다시 받고, link quality의 최적 경로와 딜레이의 최적경로가 같을 때로 설정해서 최적 경로의 급격한 링크변동이 없을 때를 기준으로 했다. 실험결과와 단일 그림 5와 같이 table을 다중으로 구성해서 가지고 있다가 적용하는 것이 그림 4의 기존 단일 table을 사용하는 것보다 경로복구 시간이 단축되는 것을 확인 할 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 MANET에 SDN을 적용하기 위해 데이터 평면, 제어 평면을 멀티채널로 구분해 무선 SDN 구현 하는 방법을 사용했다. 무선 SDN 개념을 사용하여 UAV의 변동성이 높은 네트워크에서 네트워크 변화를 빠르게 반영하고 경로우회 시간을 단축하는 방법을 제안했고 네트워크 경로복구의 시간 단축이 되는 것을 확인했다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 군집형 무인 CPS 특화연구실 사업의 일환으로 수행되었습니다.(UD190029ED)

### 참 고 문 헌

- [1] M. Saska, "Mav-swarms: Unmanned aerial vehicles stabilized along a given path using onboard relative localization", International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2015.
- [2] Young-Min Kwon and Kyung-Joon Park, "SDN-based controller switching for resilience of drones," The 23rd IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications (RTCSA 2017), Hsinchu, Taiwan, August 16-18, 2017.
- [3] I. F. Akyildiz, A. Lee, P. Wang, M. Luo and W. Chou, "A roadmap for traffic engineering in SDN-OpenFlow networks", Comput. Netw., vol. 71, no. 10, pp. 1-30, Oct. 2014.

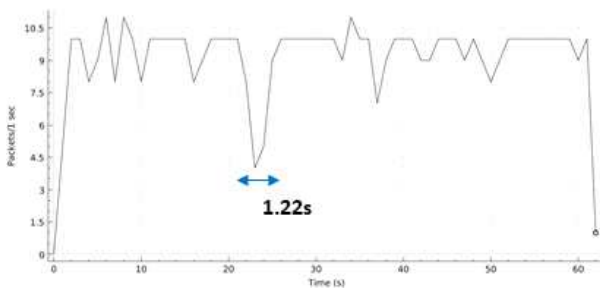


그림 4. 단일 table 사용

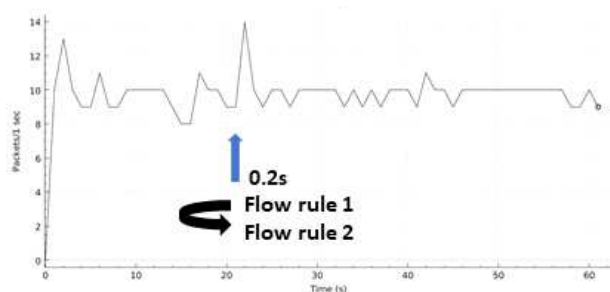


그림 5. 다중 table 사용