

위성-지상 통합 네트워크를 위한 이중망 채널 모델링 분석 및 SDN을 활용한 라우팅 경로 설계

류현호, 이상훈, 박경준*
대구경북과학기술원

ryuhyunho@dgist.ac.kr, leesh2913@dgist.ac.kr, *kjp@dgist.ac.kr

Channel modeling analysis in satellite-terrestrial integrated network using SDN based routing algorithm

Hyunho Ryu, Sanghoon Lee, Kyung-Joon Park*
DGIST.

요약

본 연구는 다양한 환경에서 저지연 무선 통신을 가능하게 하기 위한 위성-지상 이중망의 통합 네트워크 기술에 대해 제안한다. 위성-지상 통합 네트워크 기술은 다양한 요구사항을 가진 다중 임무 데이터들이 발생하며, 네트워크 트래픽이 실시간으로 급변하는 전술 환경과 통신 인프라가 부족한 도서 및 산간 지역에서도 안정적인 통신을 보장하기 위해 기존의 지상망과 함께 위성망을 활용하는 방식이다. 본 논문에서는 OMNeT++ 시뮬레이션 구성을 통해 기존 지상망 통신 시나리오와 이중망 활용 통신 시나리오의 종단간 지연율을 비교분석하고, 위성-지상망 네트워크 통합 연구의 필요성에 대해 제시한다.

I. 서론

위성 통신은 서비스 지역의 한계 없이 어디서나 통신 서비스를 제공받기 위해 최근 각광받고 있는 기술이다 [1-2]. 특히, 음성, 영상과 같은 멀티미디어 데이터가 생산되고, 트래픽이 시간에 따라 급변하는 전술 환경에서는 안정적인 통신을 보장해야만 한다. 또한 인적, 자연적 재해가 발생한 상황 또는 기술적 인프라가 구축되지 않은 열악한 네트워크 상황에서도 안정적인 데이터 통신을 제공해야 한다.

저궤도 위성 통신을 활용하면 지구 전반적으로 통신을 제공할 수 있다 [2]. 하지만, 위성의 빠른 이동성으로 인해 실시간에 가깝게 네트워크의 토폴로지가 변화한다. 안정적인 통신을 제공하기 위해서는 이러한 위성의 동적 토폴로지를 고려하여 적절한 경로 라우팅을 고려해야 하며, 실시간으로 토폴로지를 계산해야 한다.

본 연구에서는 위성과 지상망과의 네트워크 통합을 통해 통신이 불안정한 상황에서도 효율적인 데이터 전송이 가능함을 제시한다. 위성-위성, 위성-지상, 지상-지상 각각의 시나리오로 시뮬레이션을 구성하여 패킷 전송을 통해 종단간 지연율을 비교 분석한다.

II. 네트워크 시뮬레이션

위성과 지상망 통합을 위해 각각의 스위치들 간 네트워크 토폴로지를 적절히 정의하고 이들 간의 데이터 전송을 위한 링크를 구현해야 한다. 또한, 네트워크 환경의 동적인 특성을 고려하여 이를 적절히 모델링 데이터를 정의하고, 시뮬레이션을 진행하고자 한다.

위성과 지상망 통합을 통한 종단 간 지연율을 분석하기 위해 네트워크 망의 채널 모델을 Table.1 과 같이 조사하였다. 이를 바탕으로 각각의 링크 채널을 구성하였으며, 원활한 데이터 통신을 제안하고자 낮은 지연율과 높은 대역폭을 가진 저궤도 위성 군집을 활용하였다.

Table 1. 네트워크 통합 망 링크 모델

Channel	전송률	대역폭	통신 방법
위성-위성	10 Gbps	-	CONDOR
위성-지상	983 Mbps	400MHz	Ka band
지상-지상	16.384 Mbps	4.5MHz	X band

위성간 통신은 레이저 통신을 한다고 가정하며, 위성의 경우에는 저궤도 위성과 지상망의 스위치가 통신하는 것으로 설정한다. 위성 간 통신의 경우에는 10Gbps 전송률을 가지며, 위성과 지상의 통신에는 Ka band를 활용하여 최대 983Mbps 까지 지원한다 [3-4]. 지상망과 같은 경우에는 군용 네트워크로 가정하며 이는 X band를 활용하여 16,384Kbps의 속도를 지원한다 [5].

위성과 지상 스위치의 토폴로지를 시나리오에 맞춰 구성하여, Software Defined Networking(SDN) 기법을 활용하여 소프트웨어적으로 사전에 라우팅 테이블을 설정하여 경로를 지정한다. 데이터 통신에서의 SDN 활용은 패킷 손실률을 감소시킬 수 있어 특히 전술 환경의 경우, 안정적인 네트워크를 제공한다 [6]. 이를 구현하기 위해 OMNeT++ 시뮬레이션 환경과 OpenFlow 프레임워크를 활용하여 모뎀을 구성하였다. Fig.1 은 시뮬레이션을 진행하기 위해 앞서 언급한 내용을 바탕으로 위성과 지상망의 토폴로지를 구성해본 시뮬레이터이다. 아래는 지상과 위성 스위치의 모듈 구성도이다. 각각의 모듈은 라우팅과 큐로 구성하였으며, 특히 SDN 환경을 구성하기 위해 라우팅 모듈을 활용하여 연결된 토폴로지를 확인하여 패킷의 경로를 지정한다.

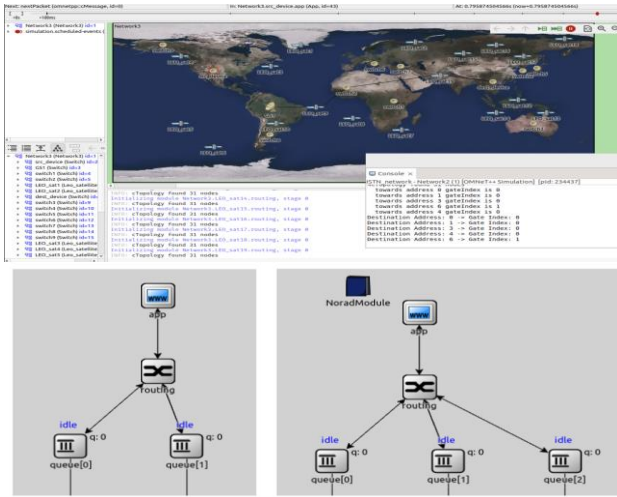


Figure 1. 지상과 위성 시뮬레이션 환경 모듈.

III. 네트워크 환경의 종단간 지연율 비교 분석

2 장의 모델링을 바탕으로 시뮬레이션 환경에서 각각의 위성-위성, 위성-지상, 지상-지상 망을 구현하였으며, 패킷 전송을 통해 종단간 지연율 분석을 진행한다. 시뮬레이션의 채널 모델링과 링크 구성은 2 장을 기반으로 한다. 라우팅 모듈에서 실시간으로 현재 네트워크의 토폴로지 상태 정보가 입력으로 들어가게 되며, 해당 정보를 통해 경로를 구성하여 패킷 전송 경로가 지정된다. 상태 정보는 연결된 링크의 활성화 여부, 가용 가능한 대역폭과 위성 및 지상 스위치 모듈 간 연결 정보가 포함된다. 이후 패킷이 지정된 경로대로 전송되며 도착지에 도달하게 된다.

위성과 지상망 통합 환경은 이중망을 활용하여 목적지로 보내는 과정에서 SDN 을 활용하여 라우팅 테이블을 생성하고 채널 연결 수가 가장 짧은 경로를 찾아 전송한다. 단일 망을 사용하는 것이 아닌 통합 네트워크 구성으로 데이터 전송의 효율성을 보장할 수 있으며, 특히, 지상의 통신 환경이 불안정한 상황에서도 네트워크 통합을 통해 적절한 위성과 지상 스위치 간의 링크 연결로 안정적인 전송을 보장한다.

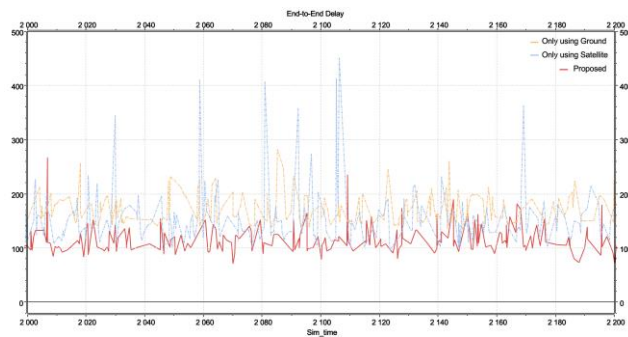


Figure 2. 네트워크 환경에 따른 지연율.

Fig.2 는 각 연결망에 대한 종단간 지연율을 시뮬레이션 환경에서 계산한 도표이다. 저궤도 위성은 낮은 지연율과 높은 대역폭을 가지고 있지만, 빠른 이동성으로 인해 토폴로지가 실시간으로 변화한다. 이로 인해 특정 시점에서는 위성이 받은 패킷을 연결 가능한 링크가 형성될 때까지 대기해야 하는 상황이 발생한다. 이 같은 현상으로 도표에서 볼 수 있듯, 지연율이 급증하는 구간이 발생한다. 하지만 단일 지상망에 비해 전송률이 높은 특성을 가지고 있다. 지상망의 경우 대역폭과 전송률이 낮으며

안정적으로 데이터가 전송된다는 장점이 있지만 전송 과정에 지연이 발생한다는 단점을 확인할 수 있다. 특히, 실험 환경에서 평균 지연율을 확인해보았을 때, 위성과 지상망을 함께 사용하였을 경우, 평균 128ms 의 지연율을 확인할 수 있다. 이는 지상망의 평균 198ms 과 위성망의 평균 285ms 지연율인 것을 볼 때, 낮은 지연율을 확인할 수 있다. 결론적으로, 단일망 만을 활용하는 것 보다 위성과 지상망을 통합하여 전송하였을 때 낮은 지연 시간을 유지하는 것을 알 수 있다. 각각의 장단점을 활용하여 제안하는 위성과 지상망 네트워크 통합 구성을 통해 낮은 지연으로 효율적인 데이터 전송을 제공하고자 한다.

IV. 결론

본 논문은 위성망을 활용하여 열악한 환경에서도 QoS 를 만족하기 위해 시뮬레이션을 통한 위성망의 활용 가능성을 제시하였다. 전시와 같은 네트워크 환경이 보장되지 않은 열악한 환경에서도 안정적인 통신을 제공하기 위해서는 단일 망을 활용하는 것이 아닌, 위성과 지상을 적절히 경로를 지정하여 전송하는 것이 더 낮은 데이터의 지연율을 유지한다는 것을 도출하였다. 이를 바탕으로 향후 안정적인 네트워크 구축을 위해 다양한 변수를 고려해야 할 필요가 있으며, 다중 경로 라우팅 알고리즘 개발을 통해 효율적으로 멀티 미션 데이터 전송을 위한 충분한 전송 용량을 보장하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement(KRIT) grant funded by the Korea government(DAPA(Defense Acquisition Program Administration)) (KRIT-CT-22-040, 이중 위성군 우주 감시정찰 기술 특화연구센터, 2022년)

참고 문헌

- [1] 전성호, 이수광. "저궤도 위성통신 현황 및 시장 동향," 한국통신학회지, vol. 41, no. 3, pp. 68-75, 2024.
- [2] 이병주, 이남윤, 김재현, 신원재. "차세대 저궤도 위성통신 망을 위한 채널 모델링 및 주요 기술 동향," 한국통신학회논문지, vol. 46, no. 7, pp. 1097-1108, 2021.
- [3] 조준녕, 이경민, 고영채. "위성통신용 RF 시스템 동향 조사," 한국통신학회지, vol. 39, no. 1, pp. 27-35, 2021.
- [4] 엄만석, 장동필, 이병선. "저궤도 군집 통신위성 탑재체 기술 동향," 전자통신동향분석, vol. 37, no. 3, pp. 41-51, 2022.
- [5] 황정섭, 백해현. "네트워크 중심전을 위한 군 정보 통신 장비 기술/발전 동향," 전자과기술, vol. 19, no. 4, pp. 15-32, 2008.
- [6] 이상홍, 박형석, 박경준. "미션 크리티컬 무인시스템을 위한 무선 SDN 라우팅 프로토콜," 한국통신학회논문지, vol. 47, no. 1, pp. 21-27, 2022.