

군 저궤도위성통신체계 운영개념과 운영효과도 분석

김 동 우[°]

Operational Concept of Military Low Earth Orbit Satellite Networks and Operational Effectiveness Analysis

Dongwoo Kim[°]

요 약

본 논문에서는 미래 전장환경에서 우리 군이 필요로 하는 저궤도위성통신체계의 운영개념을 제안한다. 제안하는 운영개념은 위성통신 네트워크를 기반으로 기존의 지상 네트워크를 통합하는 방안이다. 저궤도위성통신체계의 운영효과도를 분석하기 위해 군 작전환경을 고려한 네트워크 트래픽 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 저궤도위성통신 네트워크는 기존 지상 네트워크보다 네트워크 트래픽 측면에서 효과적임을 확인하였다.

Key Words : Low Earth Orbit(LEO) Satellite Network, Operational Concept, Operational Effectiveness Analysis, Network traffic, Modeling and Simulation(M&S)

ABSTRACT

This paper proposes an operational concept of the low Earth orbit(LEO) satellite communication system, which is required by the ROK military in the future battlefield environment. The proposed operational concept is to integrate the existing terrestrial network based on the satellite communication network. Considering the military operational environment, network traffic simulations were performed to analyze

the operational effectiveness of the LEO satellite network. As a result of the simulations, it was confirmed that the LEO satellite network is more effective than the existing terrestrial network in terms of network traffic.

I. 서 론

4차 산업혁명 시대의 특징은 초연결, 초지능, 초융합이라고 할 수 있다. 미래전에서 각각의 무기체계는 초연결될 것이며, 모든 전장상황은 Big-Data에 기반을 둔 인공지능에 의해 자동으로 처리될 것이다¹⁾. 또한, 유·무인 복합운용체계(MUM-T, Manned-Unmanned Teaming)가 보편화 될 것이며, 궁극적으로는 무인체계가 전장의 중심으로 부상할 것이다²⁾. 이와 같은 초연결, Big-Data 및 광범위한 무인체계의 운용을 위해서는 위성통신체계가 필요하다.

저궤도위성통신과 정지궤도위성통신은 우주공간에서 통신 중계를 수행하는 비지상네트워크(NTN, Non-Terrestrial Network)이다. 저궤도위성통신은 정지궤도위성통신에 비해 많은 장점이 있어 군사적으로 활용가치가 높다³⁾. 첫째, 저궤도위성통신은 신호세기가 강하고 통신 지연시간이 짧다. 정지궤도위성의 통신 지연시간(0.5sec 이상)은 유·무인복합체계 및 무인체계를 원격 통제하는 데 있어 어려움을 초래한다. 특히, 이동속도가 빠른 드론, 유·무인 항공체계 등을 정밀하게 통제할 수 없다. 둘째, 저궤도위성통신은 대용량의 전송능력을 보유하여 Big-Data 운용 등을 가능하게 한다. 셋째, 저궤도위성통신은 경량화된 소형 송수신기를 활용할 수 있어 드론과 소형로봇 등의 무인전투체계를 통제하고 IoT(Internet of Things) 단말을 운용하는 데 적합하다. 탑재중량과 전력이 제한되는 드론, 정찰 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 등에 정지궤도 위성단말을 장착하는 것은 비효율적이다.

본 논문의 목적은 미래 전장환경에서 우리 군이 필요로 하는 저궤도위성통신체계의 운영개념을 제시하는 것이다. 제안하는 저궤도위성통신체계는 위성통신을 기반으로 기존의 지상 네트워크를 통합하여 지상·해상·공중·우주 전 영역의 플랫폼을 연결한다.

본 논문에서는 실제 소요군 관점에서 중요한 지상국과 송수신 단말부의 주요 운영개념을 제시한다. 아

※ 본 연구는 2022년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(2600-2636-300)

•° First and Corresponding Author : (ORCID:0000-0003-3792-6520)Defense Force Research Center, Agency for Defense Development, eastlight3@gmail.com, 연구원, 정회원

논문번호 : 202302-017-C-LU, Received January 30, 2023; Revised February 15, 2023; Accepted February 15, 2023

올리, 미래 군 작전환경을 고려하여 저궤도위성통신체계의 네트워크 트래픽을 예측한다. 네트워크 트래픽 분석을 위한 M&S(Modeling & Simulation) 시나리오와 네트워크 모델링을 제시한다. 저궤도위성통신체계의 운영효과도를 살펴보기 위해 기존 지상전술통신망(TICN, Tactical Information Communication Network)과 저궤도위성통신망의 네트워크 트래픽을 비교 분석한다.

II. 저궤도위성통신체계 운영개념

본 논문에서 제시하는 저궤도위성통신체계는 전군 차원에서 감시정찰자산과 정밀타격자산 간의 정보교환 및 전술기동 간 지휘통제를 보장하는 체계이다. 저궤도위성통신체계는 통신위성군, 지상국, 송수신 단말부로 분류될 수 있다. 본 논문에서는 지상국과 송수신 단말부의 운영개념을 중심으로 기술한다. 통신위성군의 운영개념은 별도의 궤도분석과 위성체 설계를 위한 기술 분석이 필요하므로 논외로 한다. 그림 1은 저궤도위성통신체계 지상국 및 송수신 단말부의 운영개념을 보여준다.

2.1 지상국

지상국은 관제국과 게이트웨이국으로 구성된다. 관제국은 제어링크(Control link)를 통해 위성체에 대한

원격측정, 추적 및 명령(TT&C, Telemetry, Tracking & Control) 임무를 수행한다. 제어링크는 위성체의 궤도 및 통신서비스를 위한 중계기 제어를 수행하므로 다른 링크에 비해 강인성과 보완성이 요구된다. UHF 또는 S대역을 활용하여 전방향 안테나를 주와 부로 운용할 수 있다. 관제국은 차량형으로 운용하여 전시 생존성을 향상시키고, 다수 개의 위성을 동시에 제어할 수 있도록 구축한다.

게이트웨이국은 피더링크(Feeder link)를 통해 통신위성과 지상 네트워크를 연결한다. 차량형 게이트웨이국으로 운용하여 전시 생존성을 향상시키고, 국방망 데이터센터와 연동하는 Hub 게이트웨이를 구축한다. 게이트웨이국은 한반도 서비스 지역에 있는 통신위성 간의 핸드오버(Handover) 기능을 제공해야 한다. 그림 1에서 점선으로 표시된 피더링크는 위성 간 핸드오버 전의 상태를 보여주고, 굵은 실선의 피더링크는 핸드오버 후 실제적으로 통신서비스를 지원하는 상태를 나타낸다.

2.2 송수신 단말부

송수신 단말기는 사용자링크(User link)를 통해 위성망에 접속하며, 전송속도별로 다양하게 구성한다. 다종의 송수신 단말기를 부대별(합참~분대) 연동대상 체계와 작전환경 등을 고려하여 선택적으로 배치한다. 중·대형 차량단말, 이동기지국 차량, OTM(On The

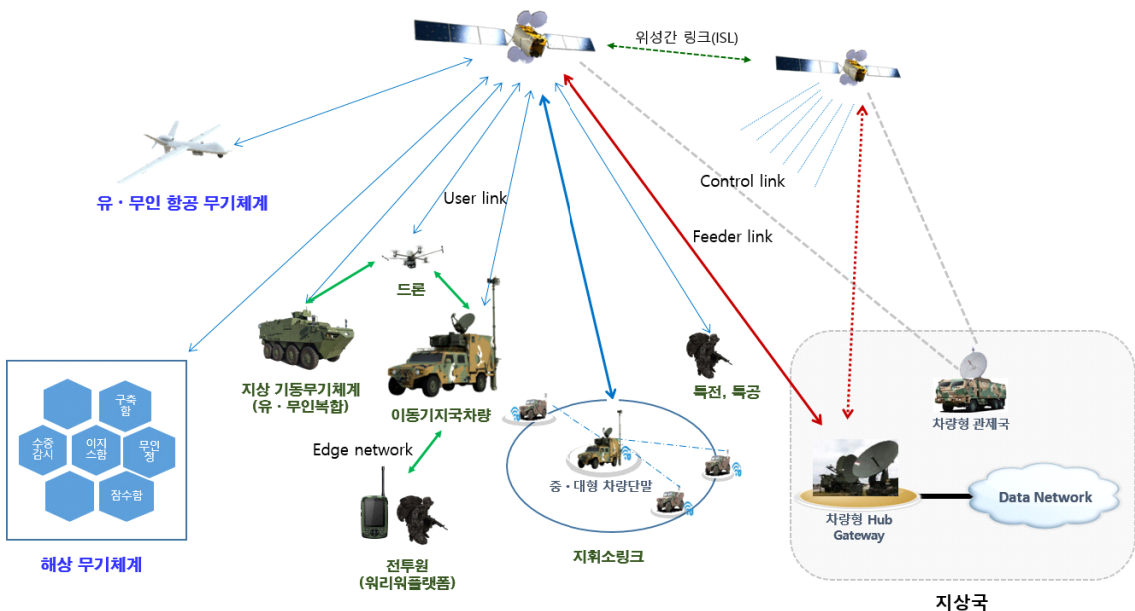


그림 1. 저궤도위성통신체계 운영개념도(네트워크 토폴로지)
Fig. 1. Operational concept of low Earth orbit satellite networks(network topology)

Move) 단말 등은 엣지 네트워크(Edge network)를 구성할 수 있도록 중계기능을 갖는다. 송수신 단말기의 주요 운영개념은 다음과 같다.

- 1) 중·대형 차량단말, 이동기지국 차량, OTM 단말, OTW(On The Walk) 단말, IoT 단말 등으로 구분한다. 그림 1에서 굵은 실선의 사용자링크는 중·대형 차량단말을 이용하여 대용량 전송이 가능한 링크를 나타내고, 가는 실선의 사용자링크는 이동기지국 차량, OTM 단말 등 전송용량이 작은 링크를 나타낸다.
- 2) 지휘소에는 초고속·대용량 전송이 가능한 중·대형 차량단말을 운용한다.
- 3) 지상 기동무기체계(전차, 장갑차, 자주포), 항공기, 함정, 잠수함 등에는 탑재 가능한 OTM 단말을 운용한다.
- 4) 개별 전투원(위리어플랫폼)은 위성통신이 가능한 차량단말, 이동기지국 차량, OMT 단말 등의 엣지 네트워크에 접속하여 전술인터넷을 사용한다.
- 5) 무인플랫폼(무인차량, 드론, 로봇, 각종 센서)에 사물인터넷(IoT)을 제공한다.
- 6) 기존의 정지궤도 위성단말, 지상 네트워크와의 통합운용을 위해 차량단말 및 이동기지국 차량에 통합라우팅 환경을 구축한다.

III. 저궤도위성통신체계 운영효과도 분석

저궤도위성통신체계의 운영효과도를 살펴보기 위해 미래 지상작전 환경에서 M&S 분석을 수행하였다. 동일한 조건에서 기존 육군의 지상전술통신망과 저궤도위성통신망에 대한 네트워크 트래픽(Network traffic)을 비교 분석하였다. 네트워크 트래픽은 M&S 분석 시나리오에서 부대 간에 서로 송수신한 정보의 양을 의미한다. 현재 운용 중인 정지궤도위성통신망의 네트워크 트래픽 분석은 논외로 한다. 정지궤도위성통신은 앞에서 살펴본 바와 같이 저궤도위성통신에 비해 미래 전장환경에서의 군사적 활용가치가 낮다. 또한, 정지궤도위성통신 단독망은 본 논문에서 제시하는 미래 군구조 기반의 M&S 시나리오를 분석하는 데 제한된다.

3.1 M&S 시나리오 및 네트워크 모델링

M&S 분석을 위한 모의 규모는 Army TIGER에서 제시하는 부대편성(안)을 적용하였고, 최하위 모의 부대는 대대급이다. 군단의 작전지역은 50km×80km로

표 1. 군단편성(안) 및 통신 네트워크 시나리오
Table 1. Corps organization(draft) and communication network scenarios

항목	구성	
부대 배치	1개 가상 군단 예하 총 145개 부대 * 지작사(1), 군단(1), 사단(2), 여단(15), 대대(126)	
통신망 구성	지상전술통신망	전부대 노드통신소로 연결
	저궤도위성통신망	전부대 위성통신망에 연결
링크 설정	지상전술통신망	200Mbps
	저궤도위성통신망	지작사(100Mbps), 군단(45Mbps), 사단(24Mbps), 여단(12Mbps), 대대(2Mbps)

설정하였다. 무기체계는 미래 Army TIGER¹⁾에서 계획하고 있는 드론봇체계, 정찰 UAV 등을 포함하였다. 군사작전 시나리오는 방어작전의 초기 단계인 부대전개 및 다영역 통합작전 준비 등으로 가정하였다. M&S 도구로는 Riverbed사의 Riverbed Modeler 17.6 PL6을 활용하였다.

지상전술통신망에서 대대급 이상 부대는 군단 및 사단 예하 노드통신소에 의해 격자로 연결된다. 저궤도위성통신망에서는 모든 부대가 위성단말을 보유하고, 앞서 제시한 단말부 운영개념에 따라 위성통신망에 직접 연결된다. 부대편성(안) 및 통신 네트워크 시나리오는 표 1과 같다.

3.2 M&S 결과

표 2는 지상전술통신망과 저궤도위성통신망에 대한 네트워크 트래픽 총량을 보여준다. 본 연구에서 네트워크 트래픽 총량은 네트워크를 구성하는 링크별 트래픽 평균값의 총합을 의미한다.

지상전술통신망의 총 네트워크 트래픽은 저궤도위성통신망 대비 1.9배 이상이다. 이러한 이유는 지상전술통신망의 전송 홉 수가 평균 3인 반면, 저궤도위성통신망의 전송 홉 수는 2이기 때문으로 분석된다. 저궤도전술통신체계는 동일 조건에서 기존의 지상전술통신체계에 비해 네트워크 트래픽을 획기적으로 줄이며, 실시간 정보전송이 가능하다고 할 수 있다.

표 2. 네트워크 트래픽 분석 결과
Table 2. Analysis results of network traffic

구분	지상전술통신망	저궤도위성통신망
네트워크 트래픽	925.8Mbps	476.7Mbps

1) 모든 전투플랫폼을 기동화·네트워크화·지능화하는 미래 지상 전투체계의 지향점

IV. 결 론

본 논문에서는 저궤도위성통신체계의 군사적 운영 개념을 제안하였다. 제안하는 운영개념은 저궤도위성 통신 네트워크를 기반으로 기존의 지상 네트워크를 통합하여 지상·해상·공중·우주 전 영역의 플랫폼을 연결하는 것이다. 저궤도위성통신체계의 운영효과도를 살펴보기 위해 미래 군 작전환경에서의 네트워크 트래픽을 분석하였다. 분석 결과 저궤도위성통신체계는 기존 지상전술통신체계보다 트래픽 부하 측면에서 효과적임을 확인하였다.

본 연구에서는 저궤도위성통신망과 지상전술통신 망에 대한 네트워크 트래픽을 각각 예측하고 이를 비교 분석하였다. 궁극적으로 저궤도위성통신, 정지궤도 위성통신, 지상전술통신 등 모든 네트워크를 통합하고, 미래 군사작전 환경에서 통합네트워크에 대한 네트워크 트래픽을 분석하는 후속연구가 필요하다.

References

- [1] J. Lee, "Direction of Korea RMA(Revolution in Military Affairs) in the forth industrial revolution," *KRINS Quart.*, vol. 5, no. 2, pp. 81-105, 2020.
(<http://www.riss.kr/link?id=A106972186>)
- [2] D. Kim and I. Choi, "A study on requirement analysis of unmanned combat vehicles: Focusing on remote-controlled and autonomous driving aspect," *J. KOSSE*, vol. 18, no. 2, pp. 40-49, Dec. 2022.
(<https://doi.org/10.14248/JKOSSE.2022.18.2.040>)
- [3] H. Cha, J. Kim, B. Lim, J. Lee, and Y. Ko, "A survey on inter-satellite links for low-earth orbit satellite networks," *J. KICS*, vol. 47, no. 10, pp. 1508-1518, Oct. 2022.
(<https://doi.org/10.7840/kics.2022.47.10.1508>)