Journal of Convergence for Information Technology
Vol. 11. No. 6, pp. 14-23, 2021
e-ISSN 2586-4440
DOI : https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2021.11.06.014

미래 전술통신체계의 발전 방안

김준섭[1], 박상준[2], 차진호[3], 김용철[2*]
[1]육군사관학교 전자공학과 강사, [2]육군사관학교 전자공학과 교수,
[3]육군사관학교 수학과 교수

Future Tactical Communication System Development Plan

Junseob Kim[1], Sangjun Park[2], Jinho Cha[3], Yongchul Kim[2*]
[1]Lecturer, Department of Electrical Engineering, Korea Military Academy
[2]Professor, Department of Electrical Engineering, Korea Military Academy
[3]Professor, Department of Mathematics, Korea Military Academy

요 약 육군은 4차 산업혁명과 관련된 기술들을 국방분야에 접목시켜 전투력을 증대시키기 위한 노력을 하고 있다. 초지능, 초연결 기동화 부대 양성을 목표로 Army TIGER 4.0 체계 구축을 추진하고 있으며, 육군비전 2050에서는 인공지능 기반의 미래 지휘통제체계 및 감시정찰체계 운용 개념을 제시하였다. 이러한 기술들을 활용하기 위해서는 지휘통제체계 및 무기체계간 데이터를 유기적으로 송수신할 수 있도록 하는 군의 전술통신체계를 발전시켜나가야 한다. 따라서 본 논문에서는 해외의 전술통신체계를 분석하고 현재 군에서 운용하고 있는 전술통신체계의 제한사항을 도출하여 우리 군의 미래 전술통신체계에 접목시킬 수 있는 요소들을 제시한다. 이를 토대로 위성 중심의 다계층 통합운용 구조 및 소규모 부대에 기동간통신을 제공하기 위한 방안들에 대해 살펴보고, 미래에 활용될 무기체계들로부터 발생될 데이터의 양을 예측하여 대용량 전송능력이 확보되어야 하는 필요성을 제시하며 지능형네트워크 기술을 활용하여 네트워크를 효율적으로 관리하는 방안을 제시하고자 한다.

주제어 : 4차 산업혁명, 전술통신체계, 다계층, 기동간통신, 지능형네트워크

Abstract The Army is making efforts to increase combat power by incorporating technologies related to the Fourth Industrial Revolution into the field of defense. In order to utilize these technologies, it is necessary to develop a military tactical communication system that enables transmission and reception of data between command and control system and weapon systems. Therefore, in this paper, we analyze the tactical communication systems of the other countries, derive the limitations of the tactical communication system currently operating in the military. And, a multi-layered integrated operation structure centered on satellites and plans to provide communication on the move to small units are reviewed. Then, we present the necessity of a large-capacity transmission speed by predicting the amount of data that will be generated from weapon systems of the future, and a plan to efficiently manage the network using intelligent network technology.

Key Words : The Fourth Industrial Revolution, Tactical Communication System, Multi-Layer, Communication On The Move, Intelligent Network

1. 서론

4차 산업혁명 기술이 빠르게 발전함에 따라 5G 기반의 네트워킹 기술의 상용화 뿐 아니라 인공지능, 빅데이터/클라우드, 사물인터넷(IoT) 기술 등 다양한 기술의 국방 분야 적용을 위한 정책들이 추진되고 있다. 특히 육군은 드론봇 전투체계, 워리어 플랫폼과 함께 Army TIGER 4.0 체계 구축을 통해 초지능, 초연결 기동화부대를 양성하기 위해 노력하고 있다[1]. 특히, 대대급 이하 제대에서는 UAV, 무인전투차량, 정찰/공격

*This work was supported by Agency for Defense Development(ADD) under Grant(UE201124AD)
*Corresponding Author : Yongchul Kim (kyc6454@kma.ac.kr)
Received April 29, 2021 Revised June 2, 2021
Accepted June 20, 2021 Published June 28, 2021

드론 등의 다양한 신규 무기체계가 운용되어 전투력이 극대화 될 것으로 예상된다. 육군비전 2050에서는 인공지능 기반의 미래 지휘통신체계 및 감시정찰체계 운용 개념을 제시하고 있으며[2], 이러한 지휘통제체계가 정확하고 신속한 판단을 내리기 위해서는 많은 양의 데이터를 필요로 할 것이다. 향후 도입될 다양한 무기체계와 작전 개념의 변화는 필연적으로 제대간 송수신 되는 데이터의 양을 증가시킬 것이다.

또한 작전환경 측면에서 미래전의 양상은 지상, 해상, 공중 외에도 도시화로 인한 지하철, 지하상가, 공동구 등의 지하작전, 네트워크 내에서 이루어지는 사이버전, 우주공간에서 이루어지는 우주전 등 복잡하고 광범위하게 변화될 것으로 예상된다. 특히 한강, 대동강 등 하폭이 넓고 수심이 깊은 하천이 많은 지형적 특성을 고려하였을 때 수상 및 수중에서의 작전에도 대비하여야 한다. 즉, 미래에는 지상/지하, 공중, 수상/수중(해상/해중), 우주, 사이버 등 다양한 영역에서 작전이 수행될 것이다.

한편, 육군은 지휘통제 및 무기체계를 격자망으로 연결한 네트워크중심작전환경(NCOE: Network-Centric Operational Environment) 구축을 위해 지상 전술통신기반체계 TICN(Tactical Information Communication Network)을 운용하고 있다. 또한 2020년 7월 군전용 통신위성인 ANASIS(Army Navy and Air-force Satellite Information System) 2호의 발사 및 궤도 안착 이후 ANASIS-Ⅰ에서 ANASIS-Ⅱ로 체계 전환을 준비하고 있으며, 2020년 8월에는 후방지역 위성통신체계가 전력화되어 운용 중이다[3]. 군은 네트워크중심전 (NCW: Network Centric Warfare) 수행을 위해 다양한 노력을 기울이고 있지만, 4차 산업혁명 기술과 무기체계의 발전으로 인해 증대될 정보유통량에 대한 분석과 미래의 작전환경에 적합한 통신 체계에 대한 연구는 부족하다. 따라서 본 논문에서는 현재 군이 운용하고 있는 전술통신체계의 제한사항을 바탕으로 미래 작전환경 및 기술들에 적합한 전술통신체계의 발전방안에 대해 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 미국, 영국, 프랑스 등 해외 선진국의 전술통신체계를 분석하여 우리 군의 전술통신체계에 접목시킬 수 있는 요소들을 살펴본다. 3장에서는 현재 군의 통신체계인 TICN 및 ANASIS의 운용개념 및 제한사항을 도출한다. 4장에서는 위성 중심의 다계층 통합운용구조 도입 등 한국군의 미래 전술통신체계의 발전방안을 제시하고, 5장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 해외 전술통신체계

미국을 비롯한 해외의 선진국들은 빠른 상황판단과 지휘결심을 통한 전투력 증대를 위해 전술통신체계를 발전시켜 나가고 있다. 특히 최근에는 4차 산업혁명 관련 기술을 활용하고 보안을 비롯한 각종 이슈에 대비하는 등 활발한 연구와 논의가 진행되고 있다[4].

미국은 2001년 9·11 테러 이후 전술통신체계 WIN-T (Warfighter Information Network-Tactical) Increment 1 (Inc. 1)을 개발하였다. WIN-T Inc. 1은 최초로 대대급 부대가 고속 데이터 통신을 가능하게 하였고 다양한 작전에서 활용되었지만 정지간 통신만을 지원하기 때문에 2012년부터 국경수비대나 예비군 부대에서 활용되고 있다[5]. WIN-T Inc. 2는 WIN-T Inc. 1을 통해 입증된 기술들의 이점을 극대화하고 네트워크 처리율을 증대시켰으며 자동화된 네트워크 관리기술을 추가하였다. WIN-T Inc. 2는 중대급 제대에서 SNE(Soldier Network Equipment), 대대급 이상 제대에서 TCN(Tactical Communication Node)을 운용하며 SATCOM(Satelite Communications) OTM(On The Move)을 채택하여 기동간통신이 가능하다. 향후 전력화 될 WIN-T Inc. 3은 우주-공중-지상망을 연동하여 'Full Mobile Network'를 구축하는 것을, Inc. 4는 항재밍 능력을 갖춘 보안성이 강화된 위성통신체계를 추가로 구축하는 것을 목표로 개발되고 있다. WIN-T는 많은 장점이 있음에도 불구하고 대형 장비로 구성되어 생존성이 약하며 빠른 기동이 제한되고 재밍과 해킹에 취약하다는 문제점이 꾸준히 제기되었다[6]. 이를 해결하기 위해 미군은 2030년까지 51억 달러의 예산을 투입하고 22개의 민간 기업과 협력함으로써 최신 기술을 도입하여 X-Band 등 다양한 주파수를 사용하는 위성중심 통신체계인 GTACS (Global Tactical Advanced Communication System) Ⅱ 체계 개발을 추진하고 있다[7].

영국은 차세대 전술통신체계로서 LE TacCIS (Land Environment Tactical Communications and Information Systems) 체계를 발전시켜나가고 있다[8]. LE TacCIS는 Trinity, Morpheus 등의 부체계로

구성되어있는데, 현재의 FALCON 시스템과 비교하여 대역폭과 정보유통량을 대폭 증대시킨 데이터의 무결성과 가용성을 보장하는 플랫폼이다. 영국 육군은 인공위성, 무인기 및 레이더 등으로부터 획득한 정보를 공유함으로써 다양한 작전환경 구현에 기여하고 보다 효율적인 작전을 수행하는 것을 목표로 하고 있다. LE TacCIS는 'AI READY' Network 등 미래 기술을 도입하고 사이버 보안 위협에 대비하며 타 통신체계 및 연합군과의 호환성, 사용자 중심 인터페이스 등을 고려하는 미래 지향적 통신체계이다. 또한 영국은 위성통신체계로서 2018년 10월 Spectra社에서 음성 및 데이터통신과 원격생체분석, 화력임무 계획, 합동작전 등 전술데이터 통신 기능을 추가한 SlingShot을 공개했다[9]. Inmarsat社의 글로벌 상용 위성 14대를 이용함으로써 전세계 어디에서든 작전을 수행할 수 있도록 BLOS (Beyond Line Of Sight) COTM (Communications On The Move)을 제공한다. SlingShot은 Applique 안테나를 활용하여 1000km 이상 떨어진 거리에서도 전투원간의 통신이 가능하게 한다.

프랑스는 정보중심(info-centré) 작전 수행에 있어 많은 양의 데이터를 확보하고 송수신하는 것이 필수적이라고 판단하여 프랑스 합동군의 성공적 임무수행을 위해 합동통신수단 제공 및 다른 국가와 연합작전을 위한 디지털 통신 프로그램을 개발해야 한다는 필요성을 제기하였다. 이에 프랑스는 우리나라 육군의 Army TIGER 4.0과 가장 유사한 Scorpion 프로그램을 2010년부터 추진하였다. Scorpion 합동전술그룹 내 모든 구성요소는 신형 전술무기체계(CONTACT)와 전투정보체계(SICS: Systeme d'Information du Combat SCORPION)를 통해 효과적인 네트워크 연결이 가능한데, 프랑스군은 이를 위해 2019년 9월에 Thales社와 계약을 통해 CONTACT 프로그램을 진행하고 있다. CONTACT 프로그램은 Scorpion 프로그램에 통합되어 정보체계로 통합된 합동 전투 수행에 크게 기여하였으며, 미래 전술 교환 신경망 시스템으로서 장소와 무관하게 작전 수행 부대를 총체적으로 연결시켜 정보중심 합동작전의 핵심적인 역할을 수행한다. 지휘소 및 예하 부대는 정보처리 용량을 증가시킬 수 있게 되어 약 2000명의 보병이 동시에 무선 통신이 가능하다는 특징도 갖고 있다. CONTACT 프로그램은 유럽의 6개국 (프랑스, 스페인, 핀란드, 이탈리아, 폴란드, 스웨덴)의 유럽 보안 소프트웨어 기반 무전기 ESSOR(European Secured Software defined Radio) 프로젝트 및 미국 표준 SCA와 호환되는 형태로 운용되고 있기 때문에 NATO의 표준화된 무선 통신 프로토콜과 상호운용이 가능하여 합동 및 연합작전을 수행하는데 큰 역할을 수행하고 있다.

이처럼 해외 선진국들의 군은 위성 중심의 전술통신체계를 운용하고 있으며 지상망과 위성망을 연동하여 BLOS, COTM을 지원할 수 있도록 이를 발전해나가고 있다. 또한 대용량의 데이터를 전송할 수 있도록 대역폭을 확보해나가고 있으며 보안, 연합작전 등의 요소도 고려하고 있다.

3. 국내 전술통신체계 제한사항

한국군은 정보전 위주의 통합 전투개념을 구현함으로써 전투력을 향상시키기 위해 노력하고 있다. 이를 위해 육군은 지상공간에서의 무선 네트워크 기반체계인 TICN 및 위성통신체계 ANASIS를 운용하고 있으며 생존성 및 안전성 향상을 위해 다수의 노드통신소와 중계소를 운용하고 있다. TICN은 대용량전송체계(HCTRS: High Capacity Trunk Radio System), 소용량전송체계(LCTRS: Low Capacity Trunk Radio System), 전술이동통신체계(TMCS: Tactical Mobile Communication System), 망관리체계(NCS: Network Control System) 등 4개의 부체계로 이루어져있다. 대용량전송체계는 여단급 이상 부대의 통신소간 대용량 링크를 구성하는 체계로 TICN의 기반망을 구성하며, 소용량전송체계는 대대급 이하의 부대통신소 간 전송로를 구성하는 체계로 1:N 구조를 갖는 접속망을 구성한다. 전술이동통신체계는 이동기지국(MSAP: Mobile Subscriber Access Point) 및 휴대용 단말기(TMFT: Tactical Multi-Funtional Terminal)를 이용하여 지휘소 지역과 전투 부대를 위한 이동통신을 제공하며, 망관리체계는 네트워크 상태관리 및 제어, 주파수와 IP 등 자원관리 및 가입자 관리를 하는 체계이다.

TICN은 과거 SPIDER 체계에 비해 많은 성능 개량이 이루어졌으나, 미래 변화될 전장 환경과 발전될 기술들을 고려하였을 때 다음과 같은 개선 요구사항이 존재한다. 첫째, 고정통신체계로 운용이 되며, 기동간통신을 제공하지 않는다. TICN은 단일 계층에서 지향성 안

테나를 활용하여 1:1 고속링크를 운용하는데, 고정통신소를 지원하기 위한 것이며 무지향성 안테나를 활용하여 1:N의 저속링크를 운용하고 있어 이동하면서 작전을 수행하는 기동부대 및 자율무기체계의 이동간 고속 데이터통신은 지원하지 못한다. 특히 전술이동통신체계 TMCS는 이동기지국 주변 2 ~ 3km 반경에 있는 스마트폰 형태의 이동 통신을 지원하지만, 이동기지국과 지휘소간의 외부링크가 단절되었을 때 이동기지국과 연결되어있던 통신 단말기와의 내부링크 또한 단절되어 실제 기동간 통신을 제공하는 데에는 제한사항이 있다.

둘째, 대용량의 데이터를 많은 가입자에게 동시에 전송하는 데에 제한사항이 있다. TICN은 노드 통신소를 중심으로 격자망과 트리형 토폴로지를 구성하여 수 Mbps ~ 수십Mbps의 전송속도로 데이터 통신을 지원하고 있는데[10], 간단한 텍스트 및 사진 형태의 데이터 전송이 가능한 수준이다. 드론을 활용해 전장 상황을 실시간 동영상으로 전송하고, 전시에 원격 화상회의를 스트리밍 방식으로 진행하는 등의 서비스 제공은 제한된다. 이동기지국 장비는 최대 수십Mbps의 전송속도로 수십명의 가입자에 대해 통신을 제공하는데[10], 다양한 무기체계 및 장비에 센서와 통신 기능을 내장하는 사물인터넷 기술을 적용하기 위해서는 더 많은 노드들과 동시에 데이터 송수신이 가능해야 한다. 그 외에도 TICN은 다른 통신체계와 연동은 가능하나 별도의 회선으로 접속이 필요하고, 망관리체계를 통해 네트워크 관리는 하고 있으나 수작업에 의한 관리요소가 다수 있어 운용자에 의한 시스템 오류의 발생 가능성이 상존하고 있으며, SDN(Software Defined Network)/CR(Cognitive Radio) 기술 적용이 되지 않은 체계로 효율적인 네트워크 운용이 제한된다는 문제점을 가지고 있다.

지상영역, 특히 산악지형에서는 그림 1과 같이 가시거리(LOS: Line of Sight)가 확보되지 않으면 전파의 음영지역이 발생하여 통신이 제한되기 때문에 산악지형이 많은 한반도에서는 다수의 중계소를 운용하는 것이 불가피하며, 기동성과 생존성을 보장할 수 없다. 위성통신체계는 지상망으로 이루어진 통신체계가 가지고 있는 다양한 한계점을 극복할 수 있다는 점에서 활발한 연구가 진행되고 있다. 이에 군은 2006년 무궁화 5호 위성의 발사를 시작으로 군 위성통신체계 ANASIS를 운용해왔다. ANASIS를 활용하여 기존 지상 전술통신체계의 제한사항을 일부 극복할 수 있었으나, 무궁화 5호 중계기 12기의 대역폭은 총 536Mbps로 고용량의 데이터를 전송하기에는 제한이 있었으며[11], 군 전용 위성이 아니었기 때문에 재밍(jamming)을 비롯한 전자공격과 보안에 취약하였다. 이로 인해 ANASIS는 주로 지상 전술정보통신체계 두절 시 등에 대비하여 예비 통신망으로 운용되었다.

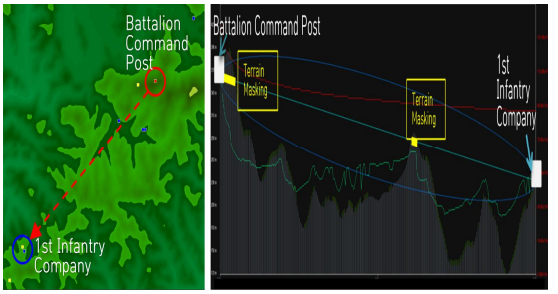

Fig. 1. Example of NLOS between battalion command post and 1st infantry company

기존 무궁화 5호의 노후화, 제한된 대역폭, 취약한 보안성 등의 문제를 해결하기 위해 군은 2020년 대한민국 최초의 군사용 전용 위성인 아나시스 2호를 발사하였고 ANASIS-Ⅱ로 체계 전환을 준비중이다. 아나시스 2호는 기존 무궁화 5호 대비 전파교란에 대한 회피성능이 약 3배 이상 강화되었으며 통신 전송용량도 2배 이상 증가되었지만 소부대 제대의 단말과 연동 되기에는 여전히 대역폭이 제한되기 때문에 주로 사단급 이상 제대와 제한적으로 대대급 부대에서 운용될 것으로 예상된다. 또한 ANASIS-Ⅱ는 TICN과 직접적인 연동이 되지 않고 별도의 체계로 운용된다는 제한사항이 있다.

이러한 기존의 군 통신체계에 대한 문제점, 특히 현재 무기체계와 전술정보통신체계 및 위성통신체계와의 상호운용 측면에서 개선 요구사항을 바탕으로 미래 무기체계의 정보유통을 보장하고 중대급 이하 소규모 제대의 기동간통신을 지원할 수 있도록 하는 기술적 요소에 대한 분석이 필요하다. 해외의 사례 및 현 전술통신체계의 문제점을 바탕으로 다음 장에서는 한국군의 미래 전술통신체계의 발전방안을 제시한다.

4. 미래 전술통신체계 발전방안

4.1 위성 중심의 다계층 통합운용 구조

그림 2는 미래 지휘통신 및 감시정찰체계를 우주-공

중-지상 영역의 다계층에서 운용하는 모습을 보여준다.

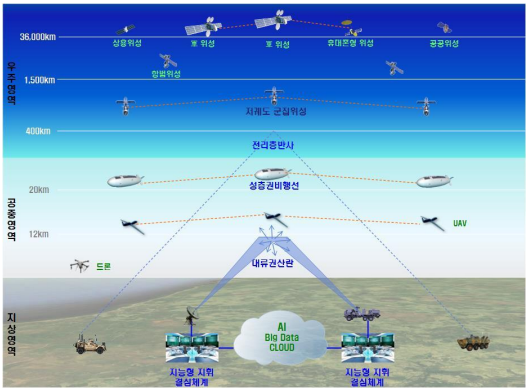

Fig. 2. Multi-layered tactical network of the future[12]

다계층 전술네트워크는 드론, UAV 등을 활용하여 저고도, 중고도, 고고도의 다양한 고도에서 공중중계를 함으로써 지상-공중-우주를 유기적으로 연결하는 개념이다[13, 14]. 위성 중심의 다계층 통합운용 구조에는 다양한 이점들이 있는데 첫째, 전파의 음영지역을 극복할 수 있다. 한반도의 대부분은 산악 지형으로 이루어져 있을 뿐 아니라 미래전의 핵심 전장은 건물, 지하철 등의 사회기반시설이 집중되어 있는 도심지역이 될 것이다[15]. 한편, VR, AR 등 고용량의 데이터를 전송해야하는 기술을 군 지휘통신체계에 활용하기 위해서는 넓은 대역폭을 확보하여 mmWave 이상의 고주파의 전파를 활용해야 한다. 하지만 높은 주파수의 전파를 사용할수록 통달거리가 짧아져 전파의 음영지역이 많아질 것이고, 특히 도심지역 작전에서는 이러한 제한사항들이 더욱 부각 될 것이다. 지상에 많은 수의 기지국과 중계소를 운용하는 것이 전파의 음영지역을 줄이기 위한 가장 간단한 방법이겠지만 상용통신망과는 다르게 전술통신네트워크는 기동성 및 생존성이 보장되어야 하기 때문에 지상에서 많은 수의 중계소를 운용하는 것은 제한된다. 따라서 드론, UAV 등 공중계층을 저고도, 중고도, 고고도로 나누어 공중망을 구성하고 다양한 주파수 대역을 활용하여 전파를 중계한다면 기동성과 생존성을 보장하면서 통신 음영지역을 극복할 수 있다. 또한 비행체들에 다중빔 안테나를 탑재하여 여러 개의 전파 신호를 송출한다면 적은 수의 비행체로도 전파를 효율적으로 중계할 수 있을 것이다.

둘째, 통신 두절 상황에 대비할 수 있다. 현재 TICN의 트리형 토폴로지를 지원하는 노드통신소가 파괴될 경우 해당 트리에 연결되어 있는 통신네트워크의 모든 정보 유통이 끊어지는 상황이 발생한다[16]. 2018년 KT 아현지사 화재로 군 통신망 42건이 불통이 되었는데, 지진·해일 등 재난이 발생하거나 실제 전시에는 이보다 더욱 심각한 통신 두절이 발생할 것이다. 즉, 지상의 전술통신망은 지상의 기지국이 외부 요인에 의해 영향을 받았을 때 망 전체가 두절되는 문제점이 발생하기 때문에 비행체를 메쉬형 토폴로지로 완전연결 혹은 부분연결하여 공중 중계망을 운용한다면 지상의 통신망이 두절되어도 공중 중계망을 통해 데이터 전송을 중단 없이 할 수 있다. 그 외에도 기존 위성통신체계는 지상-정지궤도간 36,000km의 거리로 인해 필연적으로 지연이 발생하였는데, 공중망을 포함하여 다계층으로 운용함으로써 전파의 지연시간을 줄일 수 있는 등 다양한 장점들이 있다.

하지만 정지궤도에 있는 아나시스 2호 위성 1대로 고용량의 정보를 소규모의 제대까지 전송하기에는 충분한 대역폭을 확보하지 못하는 제한사항이 있다. 영국의 SlingShot 체계에서도 보았듯, 미래의 위성통신체계에서는 충분한 대역폭을 확보할 수 있도록 수십 대의 통신위성을 운용하여 개인 단말까지 데이터의 송수신이 가능하도록 지원해야한다. 따라서, 상용 인공위성을 활용하거나, 국내 기술로서 중형급 위성을 개발하여 많은 수의 군 통신 위성을 궤도에 안착시킴으로써 대역폭에 대한 제한사항을 극복하여야 한다[17]. 즉, 미래의 군 통신체계는 저, 중, 고궤도에서 수십 대의 위성을 운용하고 공중에서는 고도별 비행체들을 운용하여 지상망과의 통신을 중계하는 위성 중심의 다계층 통합운용 구조가 되어야 할 것이다.

4.2 기동간통신(Communication On The Move)

우주-공중-지상망 통합 운용구조에는 기동간통신 지원이 중요한 이슈이다. 미국 등의 선진국에서는 위성통신체계를 활용하여 COTM을 수행하기 위한 다양한 노력을 기울이고 있으며, 외국군의 사례를 바탕으로 기동간통신을 가능하게 하는 방안들을 도출해낼 수 있을 것이다. 첫째, 영국군이 운용하고 있는 SlingShot의 Applique 안테나와 같은 장비를 활용하여 위성통신체계와 지상 전술통신체계에서 사용되는 주파수 대역을 연동할 수 있어야 한다. 즉, UHF, VHF 등 지상 전술통

신체계에 사용되는 주파수와 위성통신체계에서 사용되는 L-Band 이상 대역의 주파수를 상호 변환하여 넓은 범위의 지역에 대해 기동간통신을 지원할 수 있어야 한다.

둘째, 이동무선백홀(MHN: Mobile Hotspot Network) 기술을 활용하여 분대급 개인인 전투원까지도 LOS를 확보하고 기동성을 증대시키는 방안이다. 전술이동통신체계 TMCS는 대대 지휘차량이 기지국 역할을 하기 때문에 산악 및 도심 지역에서 분대급 부대 및 개인 전투원간에 LOS를 확보하는 데에 어려움이 있다. 또한 기지국과 TMFT는 1:N의 트리형의 저속링크로 연결되어 있기 때문에 기동간 고용량의 데이터를 송수신할 수 없다. 이동무선백홀 기술은 mmWave의 광대역 주파수 스펙트럼을 활용하여 고속으로 이동하면서 고용량의 데이터를 빠른시간내에 전송할 수 있도록 하는 기술이다[18]. 그림 3은 현재 운용되고 있는 TMCS와 이동무선백홀 기술을 활용한 미래의 전술통신체계를 비교하고 있다. 대대부터 분대까지 각 제대의 전술차량들이 이동무선백홀로 연결되고, 분대전술차량과 개인전투원이 메쉬형으로 연결되어 작전을 수행한다면 소규모 부대 및 개인간 LOS를 보장할 수 있을 뿐만 아니라 고용량의 데이터를 전송할 수 있기 때문에 동영상 등 멀티미디어를 활용하여 기동간 작전을 수행할 수 있을 것이다.

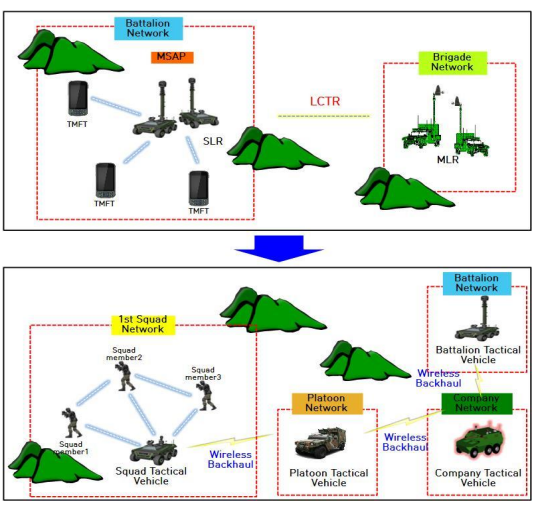

Fig. 3. A plan to increase mobility using wireless backhaul

4.3 대용량 전송능력

민간 분야의 혁신적 기술들은 국방 분야에도 접목되어 전투력 증대에 획기적으로 기여할 것이다. 미래에는 드론봇, 무인차량 등 센서를 탑재한 다양한 무기체계들이 네트워크에 연동되고, XR 기술을 활용한 원격 지휘통제체계 구축, 홀로그램 기술을 활용한 초현실 작전지형도 및 개인병사체계 등의 활용이 가능할 것이다[19]. 실제로 미 육군은 AR 기술을 국방분야에 적용하여 훈련을 하고 전시에는 지휘통제체계 등에 활용하기 위해 2021년에 Microsoft 社로부터 12만대의 HoloLens를 구매하는 계약을 체결하였다[20]. 육군은 4차 산업혁명의 기술을 국방분야에 효과적으로 접목시키기 위해 2018년 AI기반의 초연결 지상전투체계인 Army TIGER 4.0의 개념을 제시하였는데 기동화, 네트워크화, 지능화를 3대 핵심요소로 하고 있다[1]. 그중 네트워크화는 기존의 C4I 체계를 유기적으로 연결하여 통합 지휘망을 구축하는 것을 목표로, 지능화는 빅데이터와 딥러닝을 통해 지휘관이 최적의 판단을 할 수 있도록 하는 것을 목표로 하고 있다. 미래전장에서 운용이 될 것으로 예상되는 무기체계가 표 1에 정리되어 있는데[1], 감시/정찰드론을 비롯하여 대드론레이더 등 기존에는 사용되지 않았던 다양한 무기체계들이 활용될 것으로 예상되며, 이는 필연적으로 네트워크에 유통되는 데이터의 양을 증가시킬 것이다.

따라서 군 전술통신체계는 미래의 다양한 기술들을 활용하기 위해 대용량의 데이터를 빠른 시간 내에 송수신할 수 있도록 개선되어야 할 것이다. 특히, 현재의 TICN체계는 1:1 고속 전송링크에서는 수십 Mbps로 데이터를 전송할 수 있지만, 1:N의 저속 전송링크에서는 수 Mbps로 데이터를 전송하기 때문에 다수의 단말기에 동영상 등의 고용량 데이터를 전송하기 위해서는 개선 요구사항이 존재한다. 이를 위해 미래 육군 무기체계의 변화를 예측하고 변화된 무기체계가 발생시키는 정보교환요구량(IER, Information Exchange Requirement) 분석을 통해 미래 전술통신체계가 갖추어야 할 능력에 대한 분석이 선행되어야 한다. 육군 드론봇 전투체계 대대의 임무수행 책임구역을 600m x 300m라고 가정하고, 10개소의 반드시 감시해야 할 중요감시지역을 지정하여 드론이 4m/s의 속도로 1시간의 임무를 수행하였을 때, 실제 임무 환경을 바탕으로 Brute Force 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과 감시/정찰 임무에만 최소 4대의 드론이 필요할 것이고[21], 군사보안의 문제로 정확히 제시하지는 않았지만

수십 대의 공격드론이 운용될 것이다. 정찰드론은 SD급 영상을 1회 60초 촬영하여 시간당 30회 전송하고, 공격형드론은 타격 전 정지영상을 1초동안 촬영하여 시간당 1회 전송한다고 가정했을 때 정찰드론 5대는 4.08Mbps, 공격드론 10대는 0.47Mbps의 데이터를 발생시킬 것이다[22]. 미국의 초소형 정찰드론 Blackhornet3의 최고 속도가 6m/s이고 배터리 성능이 최대 25분인 것을 고려하였을 때[23], 앞에서 가정한 정찰드론의 기동속도 및 영상 촬영시간에 대한 데이터는 타당하다. 미래에는 드론 뿐만 아니라 지상정찰로봇, 대드론레이더 등 수십 대의 장비와 정보 교환을 해야할 것이며 VoIP, 실시간 스트리밍 화상회의 등의 데이터 전송량까지 고려한다면 미래 전술통신체계는 대대급에서 50Mbps, 여단, 사단 및 군단급에서는 그 이상의 데이터 전송 능력을 갖추어야 한다. 특히 XR, 홀로그램 등의 기술이 적용될 미래에는 이보다 더 향상된 데이터 전송능력을 갖추어야 할 것이다.

Table. 1. Example of future weapon system of the army brigade

C2[1] System	• Network Operational System • Cyber Operational System • Communication Relay Drone • C2A[3] • ATCIS • B2CS • Mortar Sections Controller • Drone Monitoring System
ISTAR[2] System	• ISTAR Drone • Drone Detection Radar • Ground Reconnaissance Robot • Multifunctional Radar • Long-range Target Acquisition System • Engineer Reconnaissance Vehicle • Small Reconnaissance Drone • Ground Surveillance Radar • Thermal Image Monitoring Equipment
Strike System	• Reconnaissance Armored Vehicle • 120mm Self-Propelled Artillery • Armed Drone • Anti-Drone Weapon • Unmanned Self-Propelled Artillery • Portable Electronic Warfare Equipment • CRAM[4]
Combat Support System	• Frequency Operation Support System • ASAS[5] • Service Support Information System • Rescue Vehicle • Medical Service Vehicle • Bridge Construction Equipment • Water Purification Equipment • Obstacle Avodiance Tank • Multifunctional Engineer Combat Vehicle • CBRN[6] Detection Drone/Robot/Vehicle • CBRN Decontamination Drone/Robot/Vehicle

1) Command and Control
2) Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance
3) Command Control and Alert
4) Counter Rocket, Artilliery, and Mortar
5) All Source Analysis System
6) Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Weapons

4.4 지능형 네트워크

지능형 네트워크 기술은 지능 기반의 4차 산업혁명 및 혁신성장을 위해 공통으로 사용될 소프트웨어정의 네트워크(SDN) 기술, NFV(Network Functions Virtualization) 기술, 네트워크 지능 기술, 양자 정보통신 기술 등 네트워크 및 인프라 기술들을 총칭하는 개념이다[24].

미래 무기체계와 부대들은 현재보다 기동속도가 빨라질 것이며, 많은 양의 데이터가 복잡하게 송수신 될 것이다. 예를 들어, 감시/정찰드론이 평균 4m/s 정도로 기동한다고 가정하였을 때[21], 사단의 작전 반경이 대략 수십km x 수십km인 것을 고려한다면 2시간이면 사단의 작전 반경을 벗어난다. 이러한 장비들의 IP 주소 할당, 변경 등을 수동으로 하게 된다면 기동성을 보장하지 못할 뿐만 아니라 오류가 발생할 확률이 높을 것이다.

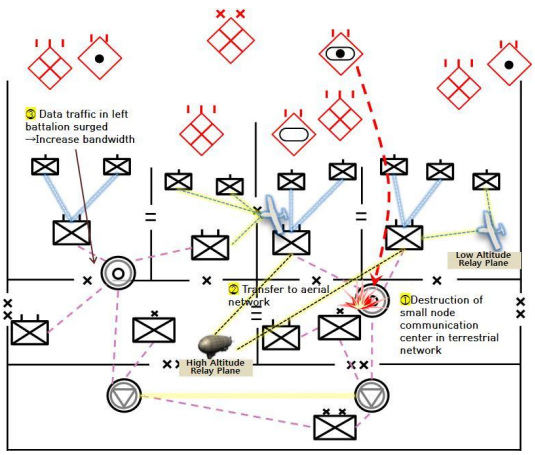

Fig. 4. Example of intelligent network application

우주 · 공중 · 지상망을 통합하고 기동간통신을 지원하기 위해 개별 무기체계가 차기 전술통신체계에 '접속-접속해제-재접속'의 과정을 신속하고 정확하게 할 수 있도록 개발되어야 한다. 즉, 접속하는 무기체계의 운용부대, 장비명, IP 주소 등 다양한 정보를 스스로 분석하고 판단할 수 있어야 하는데, 이를 위해서는 망관리체계에 인공지능 등의 기술을 접목하여 네트워크를 효율적으로 관리하여야 할 것이다. 다시 말해, 운용부대, 장비의 종류, 정보유통량 등을 토대로 전송 대역폭, IP 주소 등을 유기적으로 조정 및 관리 할 수 있는 기술의

적용이 필요하다. 그림 4는 지능형 네트워크관리 어플리케이션에서 전송 대역폭을 조정할 수 있는 가변형 네트워크 슬라이싱 기술 등을 적용한 예시이다. 지능형 네트워크 기술들을 활용하여 사단 작전지역 우측에 있는 지상망의 소형노드통신소가 파괴되었을 때 자동으로 공중망으로 전환을 하고, 좌측에 위치한 대대의 정보유통량이 급증할 것에 대비하여 대역폭을 증가시킴으로써 네트워크를 효율적으로 관리할 수 있을 것이다.

해외 사례에 대한 분석 및 국내 전술통신체계의 제한사항을 바탕으로 우리 군의 미래 전술통신체계의 발전 방안에 대해 표 2에 제시하였다.

Table. 2. Future tactical communication system development plan based on the other countires and current cases

Tactical communication systems of the other countries	· Satellite-centered communication system GTACS II is in operation (US) · Interworking between terrestrial and satellite networks through Applique antenna (UK)
	· A 'full mobile network' of WIN-T Inc.3 (US) · BLOSCOTM through SlingShot system (UK)
	· Utilizing 14 commercial satellites (UK) · 2000 infantry units can simultaneously communicate with CONTACT radios (FR)
	· Automated network management technology of WINT Inc.2 (US) · 'AI READY' Network of LE TacCIS(UK)
Restrictions on the current tactical communication system	· ANASIS-II and TICN are not directly linked · Limited capacity with a small number of satellites, operated as a reserve communication network
	· Restrictions on using LCTR, TMCS, and ANASIS-II satellite to support COTM
	· The 1:N low-speed link has limited transmission speed to utilize future technology
	· Possibility of errors due to manually performing network management
Future tactical communication system development plan	· Multi-layered tactical network by operating a large number of satellites and aircrafts at different altitudes
	· Development of equipment that can link terrestrial and satellite networks and using MHN technology for COTM
	· Transfer large amounts of data, such as having a data transfer capability of 50Mbps at battalion level
	· Efficient network management using intelligent network technologies such as SDN, NFV

5. 결론

우리 군은 4차 산업혁명 관련 기술들을 국방 분야에 활용함으로써 전투력을 극대화하기 위한 노력을 하고 있다. 특히 드론봇 등 다양한 유·무인 무기체계를 네트워크에 연동하여 이를 효율적으로 운용하고, AI가 지휘관의 의사결정을 돕는 등 미래 전장에서 우리가 활용할 수 있는 기술들은 무궁무진하다. 이러한 기술들을 완벽히 활용하기 위해서는 다양한 선행조건들이 필요하지만, 현재의 전술통신체계는 미래 기술들과 연계하여 운용되기에는 기동간통신을 제공하지 않고 대역폭의 제한이 있어 고용량의 데이터를 전송하지 못하는 등의 여러 제한사항이 있다. 본 논문에서는 미국, 영국 등 외국군의 동향에 대해 살펴보고 현재 육군의 전술통신체계 TICN 및 위성통신체계 ANASIS의 제한사항에 대해 분석하였다. 이를 바탕으로 지상-공중-우주를 유기적으로 연결하는 위성 중심의 다계층 통합운용 구조와 기동하는 소규모 부대에 대해 기동간통신을 제공하기 위한 방안들에 대해 살펴보았고, 미래에 활용될 무기체계들과 송수신하게 될 데이터의 양을 예측함으로써 대용량 전송속도에 대한 필요성을, 사례를 통해 지능형네트워크 기술을 활용하여 네트워크를 효율적으로 관리하는 방안에 대해 제시하였다.

이러한 미래 기술들을 접목시킴으로써 군의 전투력을 향상시키기 위해서는 군 전술통신체계의 발전 방안에 대한 학술적 연구와 정책적 노력이 진행되어야 할 것이다. 특히, 미래 기술과 무기체계들, 위상-공중-지상망의 연계 등 제시된 조건들을 바탕으로 제대별 소요되는 대역폭과 정보유통량에 대해 Riverbed Modeler, OMNeT++등의 시뮬레이터를 활용하여 정량적인 분석이 이루어져야 할 것이다. 또한 제시된 방안들이 실현 가능하도록 예산 확보, 민간 기업과의 협력 등의 실질적 노력이 필요할 것이다. 본 논문에서 제시한 방안들을 시작으로 다양한 의견이 제기되어 한국군의 전술통신체계가 한층 발전하는 계기가 되기를 기대한다.

REFERENCES

[1] B. Ahn & S. Cho. (2019). A Study on the Development Plan of the Army TIGER 4.0 Command Control Communication System. *Defense & Technology*, *479*, 76-83.

[2] W. Lee et al. (2020). 2020 KARCFI Research Report. *Korea Army Research Center for Future & Innovation.*

[3] Training Circular 19-1-2. (2019). Rear Regional Satellite Communication System. *Republic of Korea Army.*

[4] Defense Science & Technology Agency. (2018).

Impact of the 4th Industrial Revolution on Defense and Security. *Singapore Defense Technology Summit*.

[5] Headquarters Department of the Army. (2019). Tactical Networking Techniques for Corps and Below. *Army Techniques Publication*, 6(02.06).

[6] B. Gay et al. (2016). WIN-T Commander's handbook. *General Dynamics*.

[7] Jane Edward. (2020). *22 Firms Land Spots on $5.1B Army GTACS II Contact*. Govconwire(Online). https://www.govconwire.com/2020/01/22-firms-land-spots-on-51b-army-gtacs-ii-contract/

[8] UK Ministry of Defence. (2020). *LE TacCIS Programme*. UK Government Website(Online). https://www.gov.uk/guidance/le-taccis-programme

[9] Spectra Gropup. (2020). *Slingshot in Defense and Security*. Spectra Group Website(Online). https://spectra-group.co.uk/defence-2/

[10] Field Manual Reference-1-2 (2017). TICN, *Republic of Korea Army*.

[11] M. Roh et al. (2013). A Plan to Foster Information-Oriented Professionals for Realization of Digital Battlefields. *Korea National Defense University Industry-Academic Coopeeration Group*.

[12] ROK Army Headquarters. (2020). *Army's Hyperconnected Network System*. ROK Army Naver Blog(Online). https://blog.naver.com/armynuri2017/222026923215

[13] G. Lee et al. (2020). Airborne Relay Network Technology Trend Analysis and Evolution Strategy, *The Journal of Korean Institute of Next Generation Computing*, *16(5)*, 73-90.

[14] J. Gil et al. (2017). Operation Scheme of Aerial Relay Networks and the Analysis of Its Effectiveness against Failures of Terrestrial Tactical Networks, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Science*, *42(1)*, 172-180.

[15] D. Baek & Y. Yoon. (2015), A Research for conducting successful Urban Operation in Korean peninsula, *Convergence Security Journal*, *16(3)*, 53-62.

[16] J. Gil et al. (2018). Operation Scheme of Aerial Relay Networks for Improving Degree of Situation Awareness in Future Tactical Networks, *The Journal of Information Technology and Architecture*, *15(4)*, 509-520. DOI : 10.7840/kics.2017.42.1.172

[17] H. Woo, D. Lee & S. Han. (2016). A Study of Mid-sized Communication Satellite in Korea, *Journal of Satellite, Information and Communications*, *11(3)*, 104-109.

[18] I. Kim et al. (2016). mmWave Moving Wireless Backhaul Technologies for Mobile Hotspot Networks, *Electronics and Telecommunications Trends*, *31(5)*, 31-40.

[19] G. Lee. (2019). Understanding of hologram technology and service examples, *NIPA Issue Report, 24*.

[20] W. Tom & H. Sean. (2021). *Microsoft is supplying 120,000 HoloLens-based headsets to the US Army*. The Verge Website (Online). https://www.theverge.com/2021/3/31/22360786/microsoft-hololens-headset-us-army-contract

[21] D. Cha. (2019). A Study on the Requirement of Drone Acquisition for the Efficient Dronebot Combat System, *Journal of the Korea Convergence Society, 10(3),* 31-37. DOI : 10.15207/JKCS.2019.10.3.031

[22] S. Yoon & Y. Choi. (2020). Network Construction Direction for Dronebot Combat System. *Korean Journal of Military Art and Science, 76(3).* 435-454.

[23] FLIR Systems. (2018). *Black Hornet Airborne Personal Reconnaisance System*. Black Hornet Brochure(Online). https://www.equipnor.com/media/2934/black-hornet-prs-brochure-web.pdf

[24] J. Lee, M. Shin, et al. (2019). Future Communication · Electromagnetic Wave-Intelligent Network, *ICT Standardization Strategy Map*.

김 준 섭(Junseob Kim) [정회원]

· 2016년 2월 : 육군사관학교 전자공학(학사)
· 2020년 7월 : Texas A&M University 전자및컴퓨터공학과(석사)
· 2020년 8월 ~ 현재 : 육군사관학교 전자공학과 강사

· 관심분야 : 안테나 및 레이더, 전술통신 네트워크
· E-Mail : junseobkim@mnd.go.kr

박 상 준(Sangjun Park) [정회원]

· 2000년 2월 : 육군사관학교 독일어과(학사)
· 2010년 2월 : 한국과학기술원 정보통신공학(석사)
· 2016년 7월 ~ 2018년 12월 : 육군사관학교 전자공학과 강사/조교수
· 2018년 12월 ~ 2019년 11월 : 육군미래혁신연구센터 MOVES 연구장교
· 2019년 11월 ~ 현재 : 육군사관학교 전자공학과 조교수
· 관심분야 : IoT, 전술통신 네트워크, 증강현실
· E-Mail : sigpsj13438@naver.com

차 진 호 (Jinho Cha) [정회원]

· 1999년 2월 : 육군사관학교 전자공학(학사)
· 2007년 8월 : Texas A&M University 산업공학과 (석사)
· 2015년 8월 : Clemson University 산업공학과 (박사)
· 2017년 7월 ~ 현재 : 육군사관학교 수학과 조교수
· 관심분야 : Statistical Inference, Military M&S
· E-Mail : jinhocha7@gmail.com

김 용 철(Yongchul Kim) [정회원]

· 1998년 2월 : 육군사관학교 전자공학(학사)
· 2001년 11월 : University of Surrey 전자공학과 (석사)
· 2012년 1월 : North Carolina State University 전자공학과 (박사)
· 2012년 6월 ~ 현재 : 육군사관학교 전자공학과 교수
· 관심분야 : Ad-hoc Network, 전술통신 네트워크
· E-Mail : kyc6454@mnd.go.kr