

전달망 기술 발전 추세에 따른 SDN 기반 지휘통제체계 및 통신체계 발전방향

이 규 민*, 최 은 호*, 조 봉 익*, 노 병 희°, 류 동 국**, 박 규 동**

SDN-Based Development Direction of C2 Network System According to Network Technology Development Trend

Gyu-min Lee*, Eun-ho Choi*, Bong-ik Cho*, Byeong-hee Roh°, Dong Kuk Ryu**,
Gyudong Park**

요 약

선진국과 우리 군은 빠르게 변화하는 전쟁환경에서 미래전의 핵심 요소인 지휘통제체계 체계를 중심으로 다양한 네트워크 기술을 적용하여 체계를 통합하는 노력을 진행하고 있다. 군사 선진국은 COTS를 적극적으로 활용하는 가운데 저비용, 고효율, 고생존성을 얻기 위해 제어부와 전송부를 분리한 SDN 기술을 적극적으로 도입하고 있다. 체계별 분리 운용으로 유연성과 생존성이 제한되는 한국군의 지휘통제체계와 통신체계의 문제해결을 위해 본 논문에서는 선진국의 차세대 지휘통제체계/통신체계 도입 현황과 전달망 기술 발전 추세를 살펴보고 현재 우리 군 구조의 제한사항을 살펴본 뒤 제한사항들을 해결하기 위한 지휘통제체계 및 통신체계 발전 방향을 제안한다.

키워드 : 지휘통제체계, 통신체계, SDN, 발전 동향, 통합구조

Key Words : Command and Control System, Communication Network, SDN, Evolving Trend, Integrated Structure

ABSTRACT

The advanced countries and the Korean military are making efforts to integrate the system by applying various network technologies centering on the command and control system, which is a key element of future war, in the rapidly changing war environment. Militarily advanced countries are actively using COTS and are actively adopting SDN technology that separates control and transmission for low cost, high efficiency and high survivability. In order to solve the problems of the command and communication system of the ROK military where flexibility and survivability are limited by separate system operation, this paper examines the current state of the introduction of the next-generation command and communication system and the development of transmission network technology in advanced countries and after reviewing the limitations of the current military structure, we propose the direction of development of command and communication systems to resolve the limitations.

* 본 연구는 국방과학연구소 주관 "국방 지휘통제 통합·연동 기반기술 특화연구실" 사업의 지원으로 수행되었습니다.(UD180013ED)

• First Author : Dept. of Computer Engineering, Ajou University, mybrand@ajou.ac.kr, 학생(박사과정), 학생회원

° Corresponding Author : Dept. of Computer Engineering, Ajou University, bhroh@ajou.ac.kr, 교수, 중신회원

* Ajou Jangwee Research Institute for National Defense, ehchoi@ajou.ac.kr, 연구교수; sigjo@ajou.ac.kr, 연구교수

** Agency for Defense Development(ADD), dkryu@add.re.kr, 책임연구원, 정회원; iobject@add.re.kr, 책임연구원, 정회원

논문번호 : 201911-314-0-SE, Received November 20, 2019; Revised February 10, 2020; Accepted February 18, 2020

I. 서론

미래 전장 환경은 우주사이버 공간 등 전장 공간의 확장, 새로운 타격체계 등장과 같은 전투 수단의 확대, 네트워크를 중심으로 한 전투 형태의 변화를 중심으로 빠르고 예측하기 어려운 형태로 변화하고 있다¹⁾.

예측이 어려운 전쟁환경에서 지휘통제체계는 군이 유연하게 대응할 수 있도록 신속한 지휘관의 의사결정과 전투원의 작전 수행을 가능하게 하는 미래전의 핵심 요소이다. 미국 등 주요 군사 선진국은 효과적인 정보전달과 지휘 전달구조를 확립하기 위해 지휘통제체계를 중심으로 각종 체계를 통합하는 움직임을 보인다.

우리 군도 지속해서 기존 체계 성능개량 및 신규 체계 개발을 통해 지휘통제체계를 발전시키는 노력을 기울이고 있다. 하지만 현재 우리 군이 운용 중인 지휘통제체계 및 통신체계는 육/해/공 각 군별로 독립적으로 운용하는 지휘통제체계와 도입 및 전력화 과정에서 상용 임대 회선 사용구간과 제조사에 종속적으로 구성된 통신체계로 환경 구성 시 유연성이 떨어지기 때문에 생존성이 제한되는 문제점이 존재한다.

미군 이스라엘 등 주요 선진국은 기민하고 견고한 네트워크 기능 구축을 위한 해법 중 하나로 상용기술을 도입하여 빠르고 유연한 네트워크를 구축하고 있다. 특히, 네트워크 트래픽의 제어기능과 전송기능을 분리하는 SDN 기술의 도입을 통해 네트워크 구축할 때의 저비용, 트래픽을 전송할 경우의 고효율, 네트워크 장치의 장애가 발생한 경우의 자동 장애 복구 기능을 통한 네트워크의 고생존성 달성을 목표로 하고 있다²⁾.

선진국 사례를 통해 우리 군의 문제를 해결하기 위해 우리 군 또한 상용기술을 적극적으로 사용하여 네트워크 유연성 및 생존성 확보가 필요하다.

본 논문에서는 선진국에서 지휘통제체계 발전 동향을 분석한 뒤 우리 군이 운용 중인 지휘통제체계, 통신체계의 문제점을 확인하고 네트워크 기술 발달에 따라 우리 군의 지휘통제체계와 통신체계의 발전 방향을 고찰한다.

본 논문은 다음과 같은 구성으로 진행된다. 2장에서 SDN 네트워크 기술 발달 동향에 따른 선진국 지휘통제체계 발전 추세에 관해 설명한다. 3장에서는 한국군의 지휘통제체계와 통신체계의 현황에 대해 분석한다. 4장에서는 2장과 3장을 바탕으로 우리 군의 지휘통제체계와 통신체계 성능 향상을 위하여 네트워크 기술 발전을 고려한 지휘통제체계 발전 방안을 설명

하고, 5장에서 결론 및 향후 연구로 마무리한다.

II. SDN 기술 발달 동향과 선진국 지휘통제체계 구축 사례

1998년 네트워크 중심전(NCW, Network Centric Warfare) 개념이 소개된 이후 정보 우위를 바탕으로 지휘관부터 말단 부대까지 효율적인 지휘를 위하여 지휘통제체계와 통신체계에 관한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 본 장에서는 SDN 네트워크 기술의 발달 동향과 이를 지휘통제체계 통합에 적용하고 있는 군사 선진국인 미국, 이스라엘, 영국의 지휘통제체계 구축 사례를 분석한다.

2.1 SDN 기술 발달 동향

정보통신기술의 발달과 더불어 전달망 장치는 그림 1과 같이 발전하고 있다³⁾. 유선 네트워크의 계층별 기술은 개별적으로 발전하면서 패킷 기술로 융합되는 추세이다. 특히 적응성과 확장성이 대폭 향상된 통신망의 필요성이 요구되는 추세에 따라 최근에는 소프트웨어 정의 네트워킹 (SDN: Software Defined Networking), 네트워크 기능 가상화 (NFV: Network Function Virtualization) 기술이 주목을 받고 있다. SDN 기술은 전송 평면 (Data Plane)과 제어 평면 (Control Plane)을 분리하여 데이터를 전달하는 역할은 전송 평면에 있는 하드웨어인 스위치가 수행하고, 라우팅 경로 계산 및 하드웨어 관리를 위한 기능은 제어 평면을 관리하는 컨트롤러의 소프트웨어가 수행하는 기술이다⁴⁾.

네트워크 망관리 및 제어 기술은 다계층, 이종 장비들로 구성된 네트워크를 중앙에서 효율적으로 통합·제어하기 위해 SDN 기술 기반으로 발전하고 있다. SDN 환경에서는 네트워크를 구성하는 통신장비를 컨

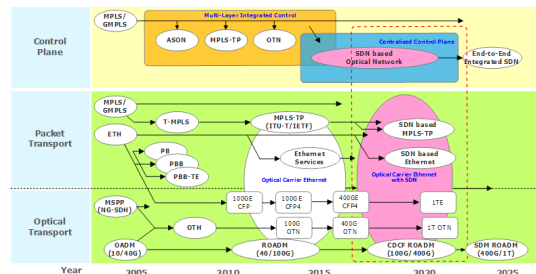


그림 1. 전달망 기술 발전 동향
Fig. 1. Transport Network Technology Development Trends

트롤러에서 설정하는 방법을 통해 관리할 수 있어서 전통적인 네트워크 관리 방법과 다르게 통합된 네트워크 관리를 지원한다. 또한, SDN 컨트롤러에서 네트워크 장치를 설정할 수 있도록 표준화된 인터페이스를 통해 네트워크 장치를 관리 할 수 있으므로 특정 장비에 대한 전문지식이 없어도 쉽게 장비의 운용이 가능하고, 제공되는 개방형(Open) API를 통해 더욱더 쉽고, 단순하게 물리적·논리적 통신망을 제어 및 관리함으로써 사용자의 요구에 따라 통신망을 유연하게 구성하고 최적화하여 운영할 수 있다.

국내에서는 IETF 주도로 광전송 영역(예, ROADM, OIN, PTN 제어)에 SDN 기술 중 T-SDN (Transport-SDN) 기술 표준화를 활발하게 진행하고 있다.

T-SDN 구조는 그림2와 같은 세 개의 SDN 컨트롤러 레벨로 정의하고 CNC (Customer Network Controller), MDSC (Multi Domain Service Coordinator), PNC (Physical Network Controller) CMI(CNC-MDSC Interface)가 CNC 컴포넌트들과 MDSC 사이의 인터페이스를, MPI (MDSC-PNC Interface)가 MDSC와 PNC 사이의 인터페이스로 구성된다.

T-SDN의 전송 영역에 서킷 기반 네트워크가 포함되어 있으므로 앞으로는 라우터 제어와 같은 패킷 영역까지 포함하는 SDN 기술이 적용되는 등 그 적용 범위가 확대될 전망이다. 국내 통신사업자 3사 모두 T-SDN 표준화 작업에 참여하고 있어 특정 통신사업자 또는 벤더에 독립적으로 기존 네트워크 환경 대비 네트워크 배치 및 관리가 용이할 것이다.

이러한 특성은 상용회선을 사용하는 우리 군의 통신체계 환경에서 네트워크 관리 및 체계 제어에도 통

신사업자의 종속성을 고려하지 않아도 된다는 점에서 추후 성능개량 및 네트워크 구축 및 통합작업에 유연하게 대응할 수 있을 것으로 기대된다.

2.2 미군의 지휘통제체계/통신체계 발전

미군은 막대한 인프라 투자를 통해 전략/전술/전투 C4I (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence) 체계를 개별사업이 아닌 통합사업 개념으로 추진한다^[5]. 본토의 국방정보체계망 (DISN: Defense Information System Network)을 중심으로 지휘통제체계를 운용 중이며, 그림 3과 같은 구조로 신속하게 정보공유체계를 구축하고 지휘관의 의사결정을 지원할 수 있는 구조로 설계하였다. 이러한 구조를 바탕으로 무기 체계 사이에 실시간으로 전략과 전술 정보를 공유하는 네트워크 중심 작전 환경 (NCOE: Network Centric Operational Environment) 을 효과적으로 구현하였다.

국방정보체계망을 중심으로 C4I 시스템들의 상호 운용성을 향상하기 위하여 GCCS (Global Command and Control System)을 통해 상호운용적인 C4I 전투 지원구조를 위한 공통운용환경을 구축하였으며 GCCS를 위한 사실상 표준을 규정한 표준 인터페이스를 이용해 유지관리비용 절감 및 광범위한 시스템 통합이 가능하다^[5].

미군은 SDN 기술을 국방정보체계망에 적용하기 위한 계획을 하고 있으며^[5] 특히 전송망 인프라 현대화의 전략적 요소 중 하나로 SDN 구현을 다루고 있다. 특히 다국적 연합군이 함께 작전을 하고있는 NATO의 경우 국가별 상이한 통신환경으로 인하여 T-SDN 기술을 전송계층에 적용하여 지휘통제체계를 통합하는 내용을 담은 기술 적용 로드맵을 발표하였 다^[7].

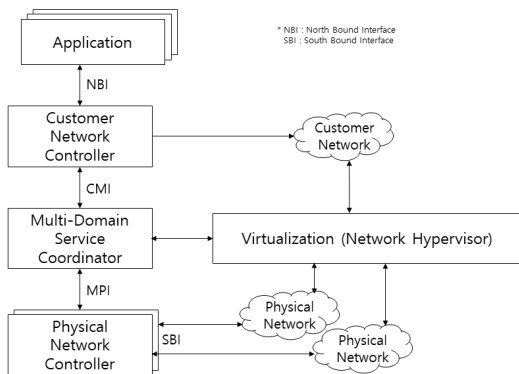


그림 2. T-SDN 아키텍처
Fig. 2. T-SDN Architecture

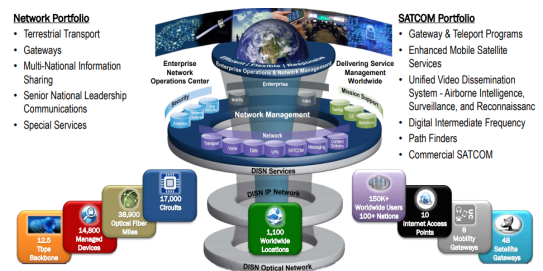


그림 3. DISN 네트워크 구조
Fig. 3. DISN Network Structure

2.3 이스라엘 지휘통제체계/통신체계 발전 추세

이스라엘 방위군 (IDF: Israel Defense Forces)은 2004년부터 네트워크 중심전을 대비하기 위한 지상군 디지털 프로그램인 자야드 (Tzayad) 프로그램을 진행하였다.

자야드 아키텍처는 기본적으로 TIGER (Tactical Intranet Geographic dissemination)로 부르는 소프트웨어 계층으로 구성되어 있다⁸⁾.

TIGER의 기본 능력은 그림 4와 같은 운용 구조를 바탕으로 모든 레거시시스템들을 통합하여 하나의 동적인 전술 인트라넷으로 구축하고 관심 기반 수준에서 지휘관의 실시간 의사결정 능력을 향상할 수 있다. 여기서 레거시시스템이란 우군 추적기(TORC2H 시스템), 전투 관리 시스템 (BMS: Battle Management System), 셀터기반 전술 작전센터, 다양한 종류의 지휘통신 애플리케이션들이 포함된다. 지상군 디지털 프로그램을 통해 2014년까지 모든 이스라엘 방위군에 자야드 시스템을 배치하였으며, 2015년 Elbit Systems에 차세대 디지털 C4I 네트워크 개발을 위한 계약을 완료하였다. Elbit System은 차세대 디지털 C4I 네트워크 개발을 통해 현장에 배치된 자야드 시스템들을 중앙 데이터 전송 네트워크에 연결하고 지원 대역폭을 향상해 공통 상황인식 능력 향상을 목표로 연구 개발을 진행하고 있다⁹⁾. 또한, Elbit System은 별도로 SDN 연구를 진행하는 벤처 컨소시엄을 통해 전술 SDN 관련 연구를 진행하였다¹⁰⁾.

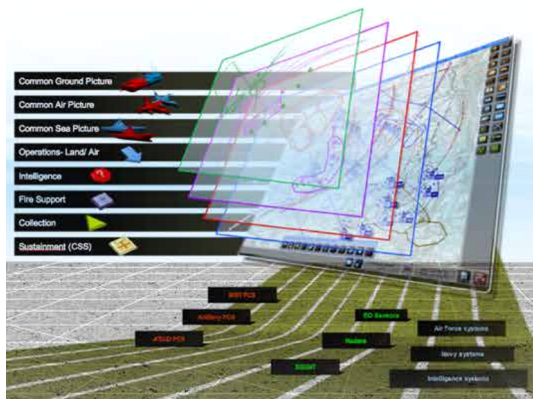


그림 4. 이스라엘 C2 운용 구조⁸⁾
Fig. 4. Israel C2 Operation Structure

2.4 영국 지휘통제체계/통신체계 체계 발전 추세

영국군은 자체적으로 정의한 네트워크 가능 능력 (NEC: Network Enabled Capability)인 올바른 정보, 올바른 장소, 올바른 시간을 지휘 통제임무에 활용하

기 위한 지휘통제체계를 구축하기 위해 2016년까지 바우만 프로그램을 진행하였다. 이후 바우만 시스템을 발전시킨 차세대 전술통신 시스템인 Morpheus 프로그램의 도입을 추진하였다¹¹⁾.

그림 5와 같이 전술 아키텍처 포럼 (Tactical Architecture Forum)을 도입하여 개방 표준을 구축하고 있으며 궁극적으로 DaaP (Defense as a Platform)의 개념을 구현하는 것을 목표로 한다. Morpheus 프로그램을 통해 옛부터 코어까지 공통 상황인식을 개선할 수 있으며, 대역폭 증가 및 네트워크의 탄력성을 향상해 적시에 필요한 정보를 얻을 수 있다. 또한, 전술 아키텍처 포럼을 통한 개방형 아키텍처를 도입함에 따라 소요군이 원하는 방식으로 응용프로그램을 개발 및 제공할 수 있다¹²⁾. 또한, 유럽 방위산업 개발 프로그램 (EDIDP)을 통해 SDN을 통해 사이버 보안을 포함한 기존 네트워크 문제를 해결하기 위한 연구를 진행하고 있다¹³⁾.

군사 선진국인 미국, 이스라엘, 영국의 사례에서 각국은 미래전을 대비하기 위해 다양한 기술적 특성을 갖는 네트워크를 통합하는 구조의 지휘통제체계를 개발하는 것을 확인할 수 있었다. 공통적인 속성으로 통합된 네트워크를 통해 군사 자원들을 동시에 운용하기 위한 지휘통제체계를 목표로 하고 있으며 미래 기술 후보로 SDN을 고려하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 국가별 작전 특성에 따라 세부적인 개발 범위가 달라지는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 비춰볼 때 우리 군도 선진국 수준 기술 확보를 위해 개발 목표를 두고 한국군 작전 환경을 고려한 구체적인 개발 요구

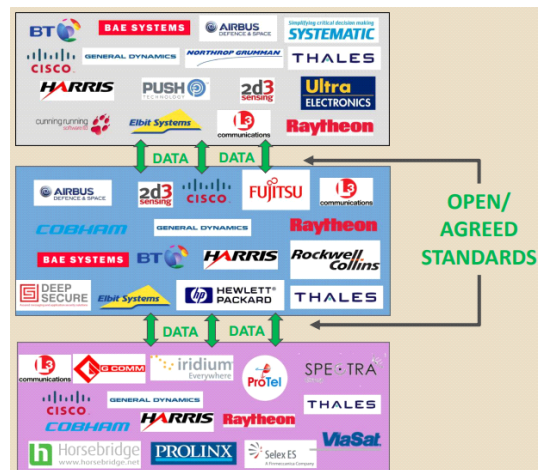


그림 5. 영국 모피어스 프로그램의 전술 아키텍처 포럼¹¹⁾
Fig. 5. British Tactical Architecture Forum of the Morpheus Program

사항을 수립하여 지속적인 연구 개발 투자가 필요할 것이다.

III. 한국군 지휘통제체계/통신체계 현황

한국군은 현재 합참을 중심으로 육·해·공군 및 작전사급 부대의 합동작전 수행을 위한 지휘통제 수단으로 운용을 하고 있으며, 각 군이 운용하는 전술 C4I 체계, 미군과의 연합작전을 위한 연합 C4I 체계, 지휘통제를 지원하기 위한 군사정보 제공을 위한 군사정보체계를 연동하여 그림 6과같이 합동지휘통제체계로 구성하여 운영하고 있다. 하지만 개발 및 운용과정에서 부대 형태를 고려하지 않아 필요한 정보 제공이 부족하여 구현기능 중 일부 기능만 활용하는 문제가 발생하거나, 국방부의 지침이 선행 체계 기술표준을 따르게 되어있으나 실제 개발 진행은 그렇지 못하여 체계간 연동이 제한되는 문제가 제기되어 성능개량을 통해 보완하고 있는 실태이다¹⁴⁾.

군 통신체계는 그림 7과 같은 고정통신체계를 포함하여 기동통신체계, 위성통신체계를 운용중이다. 고정통신체계는 국방광역 통합망 (Military Broadband convergence Network, MBcN)을 주 전송로로 사용하고 있으며 각 군 및 기능별로 개별 통신망을 MSPP 등 회선장비로 구성하고 있으므로 운영 및 유지 비용이 증가하고 있으며 특히 MBcN 유지보수를 민간사업자가 담당하고 있어 장애 복구시 적시성이 떨어지는 문제를 갖고 있으며, 2020년 12월 이후 유지보수 대상자가 정해져 있지 않기 때문에 통신체계 운용에 공백이 발생할 수 있다¹⁵⁾. 현재 기동통신체계는 음성통신 위주의 저용량 데이터 통신망을 지원하는 상태이기 때문에 고속 대용량 통신망 지원이 필요하다. 위성통신체계는 신속성 생존성이 우수한 전술통신망이지만 현재 사단급 부대 위주로 위성통신을 지원하고 있는 상태이며, 위성 주파수에 대한 재밍에 취약하고, 위성통신체계와 기동통신체계와의 연결성이 부족한

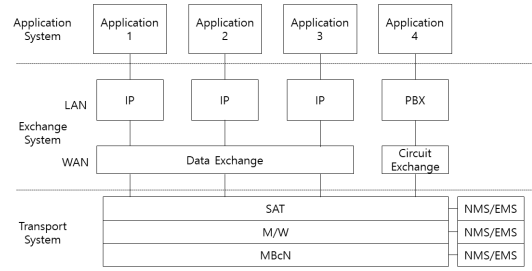


그림 7. 군 고정 통신체계 운용 구조
Fig. 7. Military Fixed Communication System operation Structure

단점이 존재한다. 특히 고정통신체계의 경우 고정망 연결 두절 시 지휘통제체계가 단절되는 상황이 발생할 수 있다. 대표적인 사례로 KT 아현지사 화재 당시 임대 회선이 단절되어 지휘통제 일부 기능이 마비되었다¹⁶⁾.

현재 우리 고정 통신체계 운용 구조는 그림7과 같이 통신체계별 NMS/EMS를 통해 모니터링하고 각각의 네트워크 구성 장치를 관리한다¹⁷⁾. 이런 구조에서 네트워크 장치나 환경변화가 발생하는 각 네트워크를 관리하기 위한 NMS/EMS를 새로 설정해야 하며, 각 NMS/EMS가 서로 정보를 공유할 수 있도록 유연한 구조로 연결되어 있지 않기 때문에 경우 변경된 환경에 빠르게 대응하기 어렵다. 따라서 운영 중인 망이 피격될 시에도 유연하게 네트워크를 운용할 수 있는 기술이 적용되어야 한다.

IV. 한국군 지휘통제체계 발전 방향

한국군 지휘통제체계, 통신체계의 발전 방향은 크게 지휘통제체계의 통합과 통신체계의 통합 관제를 통한 유연한 통신망 관리 및 제어를 들 수 있다.

먼저, 지휘통제체계 통합 측면에서 현재 각 체계 구조는 그림 8과 같이 체계별로 별도 회선을 사용하여 독립된 구조로 트래픽이 전달되기 때문에 A 네트워크에서 패킷 손실이 발생하더라도 B 네트워크 등 다른 네트워크는 가용 대역폭이 충분하지만 사용하지 못하고 낭비되는 구조이다. 따라서 체계별로 분리하여 운용 중인 구조를 통합하고 모든 체계의 데이터가 전달되는 구조가 적용되어야 한다. 이를 위해 통신체계는 분리된 회선구조를 통합하는 패킷 기반 네트워크의 구축이 필요하다. 특히 고정통신체계인 MBcN은 현재 관리 운영을 통신사업자가 구간을 나눠서 진행하고 있는 상황을 고려하여 국내 통신사가 모두 표준화에 참여하고 있는 점과 IETF 표준화가 진행되고 있는 기

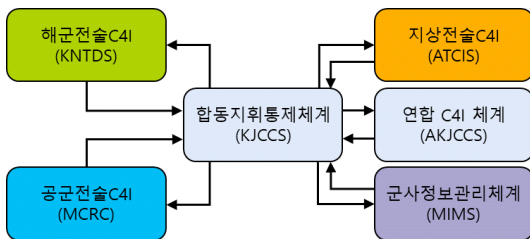


그림 6. 합동지휘통제체계 구축개념
Fig. 6. Concept of Joint Command Control System

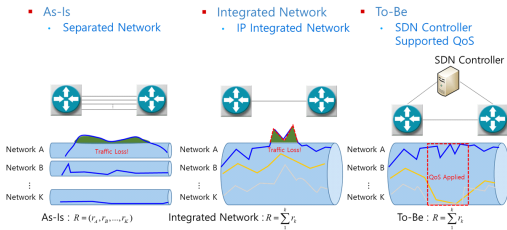


그림 8. 현재 네트워크 문제와 SDN 컨트롤러를 적용한 통합망 진화 방안
 Fig. 8. As-Is Network Problem and Evolving Integrated Network with SDN Controller

술이기 때문에 추후 네트워크 개선 및 확장을 고려했을 때 T-SDN을 적용하는 것이 타당하다. 이와 동시에 고려해야 할 사항으로 체계의 데이터 모델과 메시지 포맷을 통일해야 한다. 이를 통해 동일한 데이터 출처를 통해 공유된 체계내 데이터를 각 사용자들이 원하는 방식으로 가공할 수 있도록 도와주는 이상적인 공통상황 공유를 위해 필요하다.

통신체계 통합과 체계간 공통 데이터 모델 및 표준 메시지 포맷을 사용하여 현재 체계별 분리 사용에 따른 대역폭의 낭비와 체계 연동을 간접적으로 수행하는 구조를 효과적으로 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

네트워크 관리나 트래픽 제어 측면에서 통신체계의 통합만으로는 앞에서 언급한 바와 같이 NMS/EMS가 각각의 통신체계를 별도로 관리하는 환경에서 통신체계의 관제가 어려운 문제가 있기 때문에 이를 해결하기 위한 관제 구조가 필요하다. 현재 통신체계에서 각각 통신체계가 NMS/EMS를 통해 관리하고 있으므로 컨트롤러가 각 NMS/EMS를 통해 통신체계를 관리하는 구조가 필요하며 이때 SDN 구조에서 각 통신체계별 코디네이션을 위한 인터페이스를 정의해야 한다. 관제기 능과 더불어 지휘통제체계 메시지의 상황 및 전장 환경에 따른 효율적인 전달을 위해 QoS 도입이 필요하며 패킷 손실이 발생하는 네트워크 환경에서 긴급을 필요로 하는 메시지가 손실되는 경우 전투력에 상당한 손실이 발생할 수 있기에 지휘통제 우선순위를 고려한 트래픽 관리 방법이 필요하다. 이러한 트래픽 관리 기증 적용을 위해 앞으로 진화하는 네트워크 구조에서는 이기종 네트워크에서도 네트워크 구성 요소들의 관리 기능을 통해 복구 경로의 생성을 지원하거나 가용 대역폭 축소 등 네트워크 상황 변화에 따라 필수 데이터가 유통될 수 있는 QoS 지원 정책 적용 구조가 필요하다.

현재 우리 군은 지휘통제체계 운용 주체별로 합동

지휘통제체계와 각 군 지휘통제체계를 동일한 구간에 대하여 서로 독립적인 네트워크로 운용하고 있다. 이런 상황에서 통신을 위한 회선이 별도로 구축되고, 네트워크 구성을 위한 장비 및 보안기능을 제공하는 암호 장비를 포함한 보안장비들이 별도로 설치/유지관리를 하고 있으므로 중복된 투자가 발생하였고, 유지/관리에도 많은 인원과 노력이 필요한 실정이다. 이러한 구조에서 통합적인 관제구조가 필요하며, 이때, 레거시 네트워크를 한꺼번에 바꾸는데 예산 및 시간 등의 문제가 발생할 수 있으므로 레거시 네트워크를 지원하는 방법을 통해 통합을 진행하는 것이 현실적이다.

또한, 통합구조에서 고려해야 할 부분이 보안 측면으로 지휘통제체계와 통신체계 모두에서 보안을 고려해야 하며 지휘통제체계에서는 물리 장비 또는 소프트웨어적으로 암호화를 통한 트래픽 전달이 되어야 하며, 통신체계에서는 보안 우선순위에 높은 수준의 보안이 필요한 경우 통합 관제 기능과 연계한 논리적 네트워크 분리가 필요하다.

지휘통제체계와 통신체계 발전 방향을 종합해보면 표 1과 같이 정성적 특징을 도출할 수 있다. 체계 통합, 관제 기능 통합, 보안성 지원을 위해 선진국 지휘통제체계 및 통신체계 기술 발전 사례를 비추어 봤을 때 레거시 네트워크를 지원하는 동시에 네트워크를 통합적으로 관리할 수 있도록 SDN을 적용한 네트워크 도입이 필요하며, 국내환경을 고려한 경우 T-SDN 도입이 현실적이다. 이와 더불어 네트워크 속도에 따

표 1. 지휘통제체계와 통신체계 발전 방향의 정성적 특징
 Table 1. Qualitative characteristics of the Command and Control system and communication system development direction

Development Direction	Command and Control System	Communication System
System Integration	Common situation sharing by standardizing message format	Improvement of communication system use efficiency by integration of separation system
QoS Support	QoS by system based on situation and priority policy by message	Traffic QoS Considering Network Status and Efficiency
Security	Security through Scheme-based Encryption	Security through Logical Separation

라 각각 다른 암호 장비를 배치하는 현재의 암호 장비 설치방식에서 벗어나, 네트워크에서 허용 가능한 한도에서 통합 체계에 보안기능을 제공하는 통합 암호 장비 도입도 고려할 수 있고 논리적인 네트워크 분리도 고려할 수 있다.

군 체계 도입 특성에 따라 단일 제조사의 장비로 통신망 구성이 어려운 상황에서 네트워크 통합 및 관리를 위해 영국의 사례에서 볼 수 있는 바와 같이 제조사를 포함한 군 개방형 아키텍처를 도입하여 국내외 다양한 제조사가 함께 군 표준 규격을 마련하여 제조사 간의 호환성 문제를 해결하고 이를 중앙에서 집중적으로 운영·제어하기 위해 제어 중심 모델을 근간으로 하는 SDN 기술을 활용하여 다계층, 이중 장비들로 구성된 네트워크를 중앙에서 효율적으로 통합·제어하는 방법을 도입할 수 있다. 이러한 구조를 확장하여 장애 발생 시, 유·무선 구간별로 최적의 경로를 계산하여 복구하거나, 구간에 대한 우회경로를 제공하여 통신회선의 융통성과 생존성을 대폭 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결 론

우리 군의 지휘통제체계는 각 군별로 별도로 구축되고 연합작전을 위한 연동이 어려운 구조, 지휘통제 체계를 지원하는 고정통신체계가 네트워크별로 독립 운영하는 구조로 인하여 현실적으로 공통상황 인식을 위한 기능과 네트워크 생존성이 떨어지는 문제점을 가지고 있으며 이를 극복하기 위해 군사 선진국의 발전 동향을 살펴보고, 선진국의 지휘통제 체계는 체계 통합을 위한 아키텍처 도입, 공통작전 인식을 향상을 위한 체계설계를 진행하고, 체계 구성 장비간 유연성을 확보하기 위해 개방형 아키텍처 도입으로 통합과 상호운용성 확보를 위한 지휘통제체계 발전 동향을 확인할 수 있었다.

이를 바탕으로 우리 지휘통제체계/통신체계는 자가 설정 기능 및 네트워크 관리 기능을 적용할 수 있는 SDN 도입을 통해 유연한 네트워크를 구축해야 할 필요가 있으며, 운용되는 체계별로 OPEN API와 같은 메시지 형식의 통합이 요구된다. 또한, 장비의 유연한 도입을 위해 개방형 아키텍처를 도입함으로써 인프라 제조사 및 어플리케이션 제조사 간의 종속성을 없애는 방안도 고려할 수 있다. 지휘관으로부터 말단의 전투원까지 공통된 상황인식을 바탕으로 효율적인 전장 관리를 위한 지휘통제체계 확립을 위해서 기술 발전의 변화와 군 환경을 고려한 정책 설정을 통해 발전된

우리 군의 지휘통제체계/통신체계의 모습을 기대한다.

향후에는 제안한 통합 네트워크 구조에서 네트워크 환경변화가 동적인 트래픽 환경의 효율적인 네트워크 관리기법에 관한 연구를 수행할 예정이다.

References

- [1] J. Jung and J. Kye, "Aspect a future war and development direction of weapon-system," *The 8th Conf. National Defense Technol.*, pp. 306-318, Jul. 2012.
- [2] J. Sliwa, "SDN and NVF in support for making military networks more survivable," *2019 ICMCIS*, May 2019.
- [3] S. Lee and B. Roh, "An analytical traffic model of control plane and application plane in software-defined networking based on queuing theory," *The J. Korean Inst. Next Generation Computing*, vol. 15, no. 4, pp. 80-88, Aug. 2019.
- [4] S. Park, "Transport SDN-based optical network intelligence technology," *ETRI*, Jun. 2015.
- [5] Department of Defense (DoD), "*DoD Digital Modernization Strategy: DoD Information Resource Management Strategic Plan FY 19-23*," Jul. 2019.
- [6] C. Osborn, "*Defense Information Systems Network(DISN):An Essential Weapon for the Nation's Defense*," May 2018.
- [7] NATO Communications and Information Agency, "*NATO Communications Services (NCS) Roadmaps*," Mar. 2014.
- [8] Y. Katz and A. Bohbot, "*The weapon wizards: How Israel became a high-tech military superpower*," St. Martin's Press, Aug. 2017.
- [9] A. Dombe, "*Israel Launches Next-Generation C4I Network*," *Defensenews*, 15, Jan. 2015. [Online]. Available:<https://www.defensenews.com/land/2015/01/15/israel-launches-next-generation-c4i-network/>
- [10] *NEPTUNE Consortium Project*, Israel, <http://www.nep-tune.org/>.
- [11] G. H. Walker, N. A. Stanton, D. Jenkins, and

P. Salmon, "From clansman to bowman: HFI principles for NEC system design," *The Int. C2 J.*, vol 3, no. 2, pp. 1-33, Feb. 2009.

- [12] A. Marrone, M. nones, and A. R. Ungaro, "Technological innovation and defence: The forza NEC program in the Euro-Atlantic framework," Istituto Affari Internazionale, 2016.
- [13] EDIDP, "2019 calls for proposals, conditions for the calls and annex version 1.1," Jul. 2019.
- [14] E. Kim, "Korean army C4I system diagnosis and development direction," *KIDA Defense Weekly*, no. 1416, pp. 1-9, Jun. 2012.
- [15] S. Kim, "A study on the performance analysis of the defense broadband integrated network (M-BcN) project applying the private investment project promotion method," *KIDA Defense Weekly*, no. 1555, pp. 1-8, Feb. 2015.
- [16] E. Jung, "Military communications networks temporarily interrupted by KT building fire: report," Yonhap News Agency, 3, Dec. 2018. [Online]. Available: <https://en.yna.co.kr/view/AEN20181203008500325>
- [17] B. Ahn and B. Moon, "Development direction of military broadband integrated network management system," *KIDA Defense Weekly*, no. 1360(11-20), May 2011.

이 규 민 (Gyu-min Lee)



2014년 2월 : 아주대학교 컴퓨터공학과 졸업
 2016년 2월 : 아주대학교 컴퓨터공학과 석사
 2016년 3월~현재 : 아주대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야> 인지무선네트워크, 사물인터넷, 소프트웨어정의네트워킹, 기술통신네트워크

[ORCID:0000-0002-6384-795X]

최 은 호 (Eun-ho Choi)



1989년 8월 : KAIST 전자공학과 박사
 1989년 9월~2011년 2월 : KT 연구원
 2011년 3월~2012년 2월 : 미래인터넷 PM실 자문
 2012년 3월~현재 : 아주대학교 장위국방연구소 연구교수

<관심분야> 네트워크 아키텍처, 국방상호운용성, SoS 엔지니어링

조 봉 익 (Bong-ik Cho)



2017년 8월 : 아주대학교 NCW학과 박사
 1981년 9월~2015년 9월 : 육군 정보통신 장교/대령 전역
 2015년 10월~2018년 12월 : 국방NCW포럼 사무총장
 2016년 6월~2019년 2월 : 아주대학교 장위국방연구소 전임연구원

2019년 3월~현재 : 아주대학교 장위국방연구소 연구교수

<관심분야> 상호운용성, 서비스, Beyond 5G, 국방 지휘통제통신네트워크, 사이버전자전

노 병 희 (Byeong-hee Roh)



1998년 2월 : KAIST 전자공학과 박사
 1989년 3월~1994년 2월 : KT 연구원
 1998년 2월~2000년 2월 : 삼성 전자 연구원
 2014년 3월~2015년 2월 : ADD 책임연구원

2000년 3월~현재 : 아주대학교 교수

<관심분야> 이동멀티미디어통신, 사물인터넷, 국방 기술통신네트워크, 네트워크보안

[ORCID:0000-0003-2509-4210]

류 등 국 (Dong Kuk Ryu)



1994년 2월 : 중앙대학교 컴퓨
터공학과 졸업

1996년 2월 : 중앙대학교 컴퓨
터공학과 석사

2010년 8월 : 홍익대학교 컴퓨
터공학과 박사

현재 : 국방과학연구소 연구원

<관심분야> 전술 네트워크, SDN, 클라우드, C4I

박 규 등 (Gyudong Park)



1994년 2월 : 홍익대학교 컴퓨
터공학과 졸업

1996년 2월 : 홍익대학교 컴퓨
터공학과 석사

2014년 2월 : 홍익대학교 컴퓨
터공학과 박사

현재 : 국방과학연구소 연구원

<관심분야> C4I, 가상화, 클라우드, 네트워크