

## 콘텐츠 중심 네트워크를 적용한 전술제대 네트워크 연구

우 태 희\*, 서 중 하\*, 이 창 훈°

A Study on the Tactical Echelon Network  
Applying a Content-Centric Networking

Taehee Woo\*, Junghaa Seo\*, Changhoon Lee°

## 요 약

NCOE의 요구와 4차 산업혁명 기술의 도입으로 미래의 전장은 현재보다 데이터가 빠르게 증가 할 것으로 예상된다. CCN은 급증하는 데이터 트래픽을 해결하기 위한 네트워크 아키텍처로, 전술적 환경에 적합한 군 네트워크 아키텍처로 제안한다. 특히 전장환경에서 지휘통제체계의 확장성, 적시성, 이동성, 보안성을 분석하여 적합성을 입증했다. 이 CCN의 특성은 군 환경에 맞게 조정되어 전술환경 네트워크에 적용하는 방안을 도출했다. 미래 전장의 확장, 인공지능 및 빅데이터 등 4차 산업혁명 기술의 발전에 따라 데이터 사용은 현재보다 훨씬 더 늘어날 것이다. 이때 CCN으로의 전환은 불가피하며, CCN을 지휘통제체계에 적용하기 위한 연구는 향후 활발히 진행되어야 한다.

**키워드** : 콘텐츠 중심 네트워크, 전술제대 네트워크, 군 통신, 이동 애드혹 네트워크

**Key Words** : Content-Centric Networking, Tactical Echelon Networks, Military Communications, MANET

## ABSTRACT

CCN is a network architecture to solve rapidly increasing data traffic, and it is proposed as a network architecture suitable for the tactical environment. In particular, it proved its suitability by analyzing the scalability, timeliness, mobility and security requirements of the command and control system in the battlefield environment. The characteristics of this CCN were tailored to the military environment to derive the future direction of the tactical environment network. With the expansion of the future battlefield, the advancement of the 4th industrial revolution technologies such as AI and Big data, the use of data will increase even more than the present. At this time, the transition to CCN is inevitable, and research to apply CCN to the command and control system should be actively conducted in the future.

## I. 서 론

2016년부터 국내외적으로 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등 4차 산업혁명에 대한 논의가 활발하게 이루어졌으며, 국방 분야에서도 이를 적용하기

위한 다양한 연구가 진행되고 있다<sup>1,2)</sup>. 특히, 4차 산업혁명의 대표되는 특성중 하나는 초연결성으로, 이는 컴퓨팅과 통신의 대상이 사람과 사람을 넘어 사람·사물·공간으로 확장되는 것을 말한다. 초연결성이 되려면 현실의 모든 사물이 디지털화가 되어 네트워크

• First Author : Chungnam National University Department of military science, seeles@naver.com, 학생회원

° Corresponding Author : ROK Army Signal School Department of Information Security, lookee@naver.com, 정회원

\* Korea Advanced Institute of Science and Technology, junghaa.seo@kaist.ac.kr, 학생회원

논문번호 : 202011-285-C-RN, Received November 15, 2020; Revised January 3, 2021; Accepted January 4, 2021

에 공유되어야 한다<sup>3)</sup>.

미래전은 현재보다 다양하고 넓은 전장에서 전투를 수행할 것이며, 지상, 해상, 공중, 사이버 영역이 모두 연결된 통합된 초연결 전장이 될 것으로 예상하고 있다<sup>4,5)</sup>. 또한 미래 합동작전은 네트워크 중심 작전환경(NCOE)을 조성하기 위한 방향으로 발전하고 있으며, 이 NCOE를 통해 4차 산업혁명 기술이 적용된 지휘 통제체계와 무인기 및 로봇, 개인전투체계 등 수많은 무기체계에서 발생하는 데이터들이 유통될 것이다<sup>6)</sup>.

4차 산업혁명 기술을 지원하는 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 고속화와 저지연화, 가상화, 지능화 등 특성을 갖는 초연결 지능망으로 고도화하여 네트워크 트래픽 폭증에 대비하기 위한 연구<sup>7)</sup>와 사물인터넷, 모바일 등 네트워크 연결성을 제 공해야 하는 기기의 증가에 따라 IP 주소 고갈, 이동성 지원방식 등 IP 네트워크의 문제점들을 해결하기 위한 연구<sup>8)</sup> 등이 있다. 그런데 이러한 연구들은 기존 IP 네트워크 아키텍처의 틀 안에서 연구가 되었기 때문에 실질적인 트래픽 개선을 위한 연구에 한계가 있다.

최근 인터넷 사용자의 급격한 증가에 따라 데이터 또한 기하급수적으로 급증하고 있는데, 이 데이터 트래픽을 해결하기 위한 새로운 네트워크 아키텍처로 콘텐츠 중심 네트워크(CCN)<sup>9)</sup>가 떠오르고 있다. 본 논문은 CCN을 미래 전술제대에 적합한 네트워크 아키텍처로 제시하고, 변화하는 미래 전장환경에 따라 요구되는 사항이 무엇인지 알아본 후, 이 요구사항에 적합한 네트워크를 분석하고 미래 전술제대 네트워크의 적용방안을 도출할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 CCN에 대해서 소개하고 전장환경에서 지휘통신체계 요구사항이 무엇인지 알아볼 것이다. 3장에서는 CCN을 지휘통신 체계 요구사항에 적합한지 분석하고, 전술제대 네트워크에 CCN을 적용한 사례를 알아볼 것이다. 4장에서 CCN을 전술제대 네트워크 시스템별 적용방안과 전환 방법에 대해서 제시한 후 5장에서 결론짓는다.

## II. 관련연구

### 2.1 CCN 소개

현재 인터넷 구조는 과거 고가의 제한된 네트워크 자원을 공유하며 소량의 데이터를 교환하는 것으로 설계되어 있으며, 현재 낮은 비용으로 제공 가능한 네트워크 자원을 이용하여 대량의 데이터 서비스를 효율적으로 지원하는 새로운 인터넷 구조로의 전이가 필요하다. CCN이 제안하는 배포의 방식은 현재 인터

넷 IP 주소를 이용하는 “어느 곳(when)” 대신, 데이터 이름(콘텐츠 네임)을 사용하여, 즉, “무엇을(what)”을 사용하여 네트워크에서 데이터 전달을 수행하고, 데이터 자체를 보완하는 새로운 방식이다.

CCN에서 사용하는 패킷은 Interest 패킷과 Data 패킷 두 개가 있다. Interest 패킷은 정보 요청자의 데이터 요청 패킷이고, Data 패킷은 요청된 데이터를 가진 임의의 노드가 요구된 데이터를 응답으로 전송하는 패킷이다. Interest 패킷과 데이터 패킷은 모두 콘텐츠 네임(content name)을 가지고 있다. 콘텐츠 네임은 /jfmul/text/cc.txt와 같이 도메인-파일종류-파일명의 계층적(hierarchical) 구조로 되어있으며, 사용자가 쉽게 읽고 이해할 수 있다.

CCN 라우터는 Content Store(CS), Pending Interest Table(PIT), Forwarding Information Base(FIB)라는 세 개의 주요 데이터 구조로 구성되며, 패킷 포워딩 절차는 그림 1과 같다. Interest 패킷 또는 Data 패킷이 도착하면, CS, PIT, FIB에 해당 패킷 또는 항목이 존재하는지에 따라 처리된다. 또한 CCN 라우터는 In-network 캐싱이 가능하여 정보 제공자(서버)가 아닌 중간 네트워크 라우터에서 중복적인 패킷 요청을 처리할 수 있다.

CCN은 식별자(콘텐츠 네임)과 콘텐츠의 관계를 인증하는 디지털 서명 방식을 제안하였다. 정보 제공자(P)가 콘텐츠(C)를 생성한 후 인증(N)하는 절차를 거쳐 콘텐츠 C의 네임임을 인증하는 과정이다. 이러한 방식은 무결성, 출처, 적절성 세 가지 요구사항을 만족한다. 또한, 악의적인 사용자가 네트워크에서 전송되는 데이터를 무단으로 이용하거나 배포하는 것을

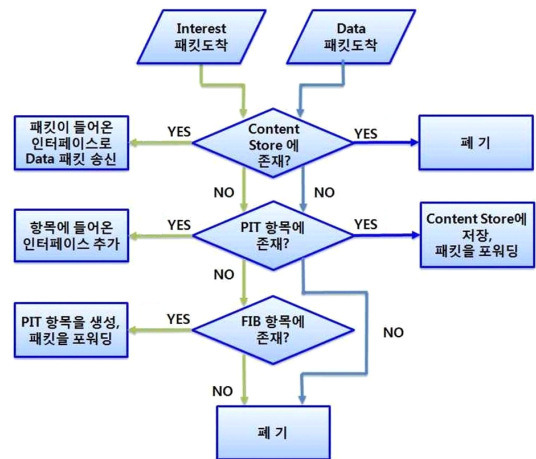


그림 1. CCN에서 패킷 포워딩 절차  
Fig. 1. Packet forwarding procedure in CCN

통제하기 위해서 CCN은 정보 제공자가 해당 데이터를 암호화(Encryption)하여 배포할 수 있도록 암호화 기반 접근제어(Encryption-based Access Control, EAC) 기능을 제공하고 있다.

CCN 라우팅 특징은 네트워크 공격으로부터 네트워크를 보호한다. 정보 요청자의 Interest 패킷에 대한 응답으로 Data 패킷으로 전송되므로 분산 서비스 거부공격(Distributed Denial of Service : DDoS) 공격을 쉽게 허용하지 않는다. 대응되는 Interest 패킷이 없는 Data 패킷은 삭제되고, Interest 패킷을 이용하여 flooding attack을 시도하는 경우, 광범위한 영역에서 많은 수의 Interest 패킷을 전송하면 다수의 Interest 패킷이 라우터에서 하나로 결합 되고, 하나의 데이터만 응답하여 DDoS 공격이 쉽지 않다. CCN은 모든 콘텐츠와 라우팅과 정책 정보를 포함하는 모든 콘텐츠를 인증하고, 데이터가 변조되지 않게 보호한다. CCN 메시지는 콘텐츠에 관해서만 기술하므로, 특정 호스트를 목표로 악의의 메시지를 보내는 것이 어렵다.

### 2.2 전술제대 네트워크 요구사항

미래 전장은 현재보다 확장된 작전지역에서 전투요소를 모두 네트워크로 연결하여 다양한 감시수단으로 작전지역의 적군 위치 및 규모를 파악하며, 실시간에 표적을 획득하고 타격하는 전투양상이 전개될 것이다. 그리고 대대급 전투지휘체계(B2CS)와 같이 소대급 제대에서도 C4I를 사용할 수 있으며<sup>10)</sup>, 더 나아가 개인 전투체계와 같이 병사 개개인 이 C4I를 통해 정보를 공유할 수 있게 될 것이다<sup>11)</sup>. 이처럼 전투원들은 미래 전장에서 거대한 양의 정보에 직면할 것으로 예상된다.

미래 전술제대 전장은 현재 전장과 비교하였을 때 4배 이상(보병대대 기준)의 확장된 작전책임지역을 가질 것이며, 지휘소와 전개된 부대들은 모두 네트워크를 통해 연결되어 정보공유와 전장가시화가 가능할 것이다<sup>10)</sup>. 확장된 전장과 개인전투체계, 수많은 전개된 부대들로 인해 이동성은 지휘통신체계에서 무엇보다 중요한 요소가 될 것으로 예상되며, 전술제대 전장의 특성상 제한된 대역폭을 사용하므로 효율적인 대역폭 관리로 적시적절하게 데이터를 사용자에게 전달하는 적시성(Timely delivery) 또한 요구될 것이다.

[12]는 지휘통신체계의 특성을 이동성(Mobility), 보안성(Security) 등으로 제시하고 있다. 이 지휘통신체계 특성과 전장에서의 다양한 수단들의 통합 운용, 전장의 초연결 및 초지능화, 개인별 네트워크의 사용, 사이버전 등의 예상되는 전장환경 및 양상을 보았을 때 지휘통신체계는 다음 표 1과 같은 요구사항이 필

표 1. 지휘통신체계 요구사항  
Table 1. Requirements for the command and communication system

요구사항	설 명
확장성 (Scalability)	확장된 전장의 수많은 단말이 전체 네트워크에 영향을 주지 않아야 한다.
적시성 (Timely delivery)	중요한 정보를 사용자 또는 그룹에게 신속히 전달되어야 한다.
이동성 (Mobility)	전술단말은 이동성으로 인해 네트워크 토폴로지의 잦은 변화를 초래한다.
보안성 (Security)	데이터 보안, 사이버공격에 영향을 받지 않는 강건성(Robustness)이 필요하다.

요하다.

## III. 전술제대 네트워크에 CCN 적용 분석

### 3.1 지휘통신체계 요구사항 분석

#### 3.1.1 확장성

IP 기반 네트워크는 계층적 구조를 가지므로 확장성 측면에서 좋은 특성을 띠고 있다. CCN은 IP 기반 네트워크와 같이 콘텐츠 네임이 계층적인 구조를 띤다. 예를 들어, jfmu.mil/videos/jfmu.mpg라는 콘텐츠 네임은 jfmu.mil이라는 도메인에서 많은 파일형식 중에 videos를 보여주며, videos 형식 아래 jfmu.mpg라는 파일이 존재한다.

이처럼 콘텐츠 네임은 계층적(hierarchical) 구조를 가지며, 이 콘텐츠 네임으로 라우팅하기 때문에 계층적 IP 주소로 라우팅을 하는 IP 기반 네트워크와 동일하게 확장성이 좋다. 미래에 많은 정보가 군 네트워크에 유통이 될 것으로 예측되므로 데이터가 기하급수적으로 증가하더라도 전체 네트워크에 영향을 주지 않는 CCN의 확장성은 지휘통신체계의 요구사항에 적합하다고 볼 수 있다.

#### 3.1.2 적시성

IP 기반 네트워크에서는 정보 제공자에 의해서 반드시 데이터가 전송되었지만, In-network 캐싱이 가능한 CCN은 중간 노드들도 데이터를 배포할 수 있으므로 데이터가 네트워크에서 반복되어 전송하는 횟수를 줄일 수 있게 된다. 가장 좋지 않은 상황을 보았을 때, 서버가 DDoS 공격 등 처리할 수 없는 요청으로 서비스를 제공하지 못하면 정보를 제공할 수 없게 된다. CCN은 이러한 중복적인 요청 횟수를 줄이고 DDoS

공격을 원천적으로 차단할 수 있으므로 정보 요청자는 더욱 빨리 정보를 받아 볼 수 있다.

즉, 적시성 측면에서 기존의 IP 기반 네트워크보다 성능이 뛰어나며, 열악한 전술제대 네트워크 환경에서 요구되는 정보를 시기적절하고 안정성 있게 정보를 전달할 수 있으므로 적합한 지휘통신체계라고 판단된다.

### 3.1.3 이동성

이동단말이 이동할 때, IP 기반의 무선 환경 네트워크에서는 새로운 위치로 변경되므로 IP를 변경하거나 연결해주는 절차가 필요하다. 그리고 2장 문제점 분석에 서도 알아보았듯이 더블 크로싱이나 삼각형 라우팅 등의 문제 발생으로 대역폭 사용의 비효율성을 증대시키고 처리시간 또한 증가하여 적시적인 이동성을 제공하기에 제한되었다. 하지만 CCN은 IP 주소와 같이 위치를 고려하지 않아도 되므로 이동과 동시에 요청 패킷을 전달하여 필요한 정보를 제공받을 수 있다. 한편 CCN의 이동성이 IP 기반 네트워크에 비해 좋은 성능을 보이는 연구<sup>[13]</sup> 또한 진행되었다.

미래 전술제대에서는 병사 개개인이 네트워크를 사용하여 빈번한 이동성이 발생 될 것으로 판단되므로, 토폴로지의 잦은 변화를 초래할 것이다. 그러므로 이동성에서 탁월한 성능을 보이는 CCN은 향후 전술제대 지휘통신체계로 적합하다고 판단할 수 있다.

### 3.1.4 보안성

전술 네트워크에서 사이버 공격 및 방어 기술을 연구한 논문[14]에서는 네트워크 계층에서 이루어지는 사이버 공격으로 도청과 트래픽 분석, 서비스 거부 공격(Denial of Service : DoS), 가장(Masquerade), 조작 등을 제시하였고, 이에 대한 대응 기술로 암호화, 인증, 보안 터널링 등을 제시하였다.

2장에서 알아본 것처럼 CCN은 EAC 등 자체 암호화 기술, 식별자(콘텐츠 네임)와 콘텐츠의 관계를 인증하는 기술을 가지고 있어서 악의적인 사용자의 도청, 트래픽 분석, 가장, 조작 등에 효과적이다. 또한, IP 기반의 네트워크는 구조적 결함이 있어 DDoS 공격에 노출되어 있지만, CCN은 위치정보를 식별자로 사용하지 않으므로 DDoS 공격과 같은 위협이 발생하지 않는다. 이러한 특성을 가진 CCN은 지휘통신체계에 적합하다고 판단된다.

위 내용을 정리하면, CCN은 계층성을 가지는 콘텐츠 네임으로 라우팅을 하므로 확장성에 적합하며, 중복된 요청에 대해 효율적으로 처리하여 열악한 대역폭을 효율적으로 사용하므로 요청된 정보를 적시 적

표 2. 지휘통신체계 요구사항 비교·분석  
Table 2. Comparison and analysis of requirements for command and communication systems

구분	IP	CCN
확장성	계층적인 구조를 가지므로 확장성이 좋음	
적시성	정보 요청자의 중복요청에 대한 많은 부하 발생	In-network 캐싱 기능을 통해 중복요청을 효율적으로 처리
이동성	위치정보(IP) 변경에 따른 오버헤드 발생	위치정보 처리를 위한 오버헤드 없음
보안성	별도 인증, 암호화 기술 필요	자체 인증, 암호화 기술이 존재

절하게 요청자에게 전달할 수 있다. 그리고 빈번한 이동에도 복잡한 절차 없이 즉시 연결하여 정보요청을 할 수 있으므로 이동성 측면에서도 적합하며, 마지막으로 위치정보를 요구하지 않는 특성으로 DDoS 공격에 영향을 받지 않고 패킷 자체적으로도 인증이 가능하므로 보안성이 좋다. 이처럼 CCN은 확장성, 적시성, 이동성, 보안성 측면에서 지휘통신체계 요구사항을 충족하므로 전술제대 네트워크로 매우 적합하다. IP 기반 방식과 CCN을 지휘통신체계 요구사항으로 비교·분석한 결과는 표 2에 정리하였다.

## 3.2 전술제대 네트워크의 CCN 적용사례 분석

군 전술환경에 CCN을 적용하는 것이 적합하다는 다양한 논문들이 연구되었다<sup>[14-19]</sup>. 이 연구사례들을 분석하여 전술제대 네트워크에 CCN을 적용할 수 있는지에 대해서 논의한다.

[15]는 군 전술제대 기반 네트워크에 NDN을 적용시 대역폭 보존 및 효율성 측면에서 큰 이점을 제공한다고 주장하였다. 이를 증명하기 위해 해상에서 사용되는 Hub-Spoke 네트워크 토폴로지와 육상에서 사용하는 계층적 네트워크 토폴로지를 중심으로 성능을 분석하였고, 실험을 통해 증명하였다. 이 분석을 통해 다양한 토폴로지에서도 군 전술제대 네트워크로 CCN이 효과적임을 알 수 있다.

또 다른 군 전술제대 기반 네트워크에 CCN 캐싱전략을 적용한 논문<sup>[16]</sup>은 기존 IP 기반하 동작되는 육군 전술정보통신체계(TICN : Tactical Information Communication Network)의 문제점을 제시하였고, 이를 해결하기 위해 동적 캐싱과 통계적 캐싱을 제안하였다. 동적 캐싱은 라우터가 상급부대로 가는 업링크 대역폭과 수신되는 데이터의 양을 측정하여 임계치에 도달할 경우 해당 정보를 캐싱한다. 통계적 캐싱은 사전에 축적된 데이터를 바탕으로 상급부대 전파사항에

대한 데이터를 사전 캐싱한다. 이 두 기법은 전통적인 IP방식에 비해 서버의 부하량, 전체 네트워크 통신량 측면에서 좋은 성능을 보였다. 이 연구는 군 전술환경에 따라 두 기법을 선택하여 적용할 수 있어서 전술제대 기반 네트워크에 적용시 효과적일 것으로 판단된다.

[17]은 Mobile Ad-Hoc Network(MANET)가 군 전술환경에 적합한 네트워크이며, 이 MANET에 CCN을 적용하고 간단한 토폴로지로 성능을 평가하였다. 그 결과 제어 메시지 오버헤드 수와 중단 간 전송 지연 시간 측면에서 기존 IP 방식보다 성능이 좋음을 증명하였다. 하지만 실질적인 군 전술환경에 적합한 토폴로지를 고려하지 않아 대규모의 군 전술환경에 그대로 적용하여 활용하는 것은 제한된다.

[18]에서는 CCN MANET을 적용하여 네트워크의 계층적 운용 방안을 제시하였고, 그림 2와 같이 군의 계층적 통신 환경을 고려한 확장성 있는 토폴로지를 제안하였다. 이 토폴로지로 실험한 결과 기존의 IP기반의 MANET보다 제어 메시지 오버헤드가 낮고, 콘텐츠 다운로드 속도가 빠름을 증명하였다. 이 방식은 군 전술제대에 적합한 토폴로지를 제시하여 이동성이 잦은 제대에 활용하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

[19]은 기존의 전술 네트워크에서 사용되던 IP 응용체계를 CCN 네트워크에 통합하기 위해 IAG(Information Access Gateways)를 소개하였다. IAG는 IP와 CCN 장치 사이에 위치하여 IP 패킷을 CCN 패킷으로 전환시키고 정보 요청자들의 데이터를 시기적절하게 동기화하며, 데이터에 대한 접근제어 기능, 데이터 전송 보안 기능을 제공한다. 이 IAG를 활용하면 현재 IP 기반 네트워크에서도 CCN을 활용할 수 있을 것이다.

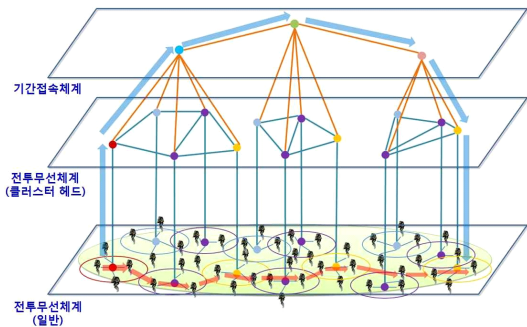


그림 2. 네트워크의 계층적 운용 방안[17]  
Fig. 2. Method of network hierarchical operation[17]

#### IV. 전술제대 네트워크에 CCN 적용방안

##### 4.1 시스템별 적용방안

전술제대 네트워크의 CCN 적용이 어떤 방향성을 가지고 시스템별 적용이 되어야 하는지 알아볼 것이다. 세부적으로 콘텐츠 네임 구성과 네트워크 구조(기간접속체계, 전투무선체계), 보안체계 적용 등에 대해서 설명할 것이다.

먼저 콘텐츠 네임은 그림 3과 같이, 첫 번째 부분은 생성한 제대의 도메인을 사용하고, 다음 부분은 비문과 평문으로 크게 구분하고, 그 다음은 전투수행기능으로 지휘통제, 정보, 기동, 화력, 방호, 작전지속지원으로 분류한다. 그 이후는 CCN과 동일하게 파일 형식, 파일명을 사용한다. 세부적으로 비문과 평문은 P(public), S2(secret), S3 (continental) 등, 전투수행기능은 C(지휘통제), I(정보), M(기동), F(화력), P(방호), S(작전지속지원) 등, 파일 형식은 TEXT, MOVIE, VOICE 등을 사용한다.

네트워크의 구조를 설명하기 전에 TICN에서 대용량 무선전송체계(High Capacity Trunk Radio System : HCTRS)와 소용량 무선전송체계(Low Capacity Trunk Radio System : LCTRS)를 사용하는 대형 및 중형 부대 중심의 전술 네트워크 체계를 기간접속체계라 분류하고, TMMR을 기반으로 하는 대대급 이하의 소부대 전술 네트워크 체계인 전투무선체계로 분류한다<sup>[4]</sup>. 네트워크 구조는 앞서 소개한 그림 2의 기존에 연구된 방안<sup>[17]</sup>과 같이 기간접속체계와 전투무선체계가 계층적으로 구성되어 운용하는 방안 적용을 제안한다.

기간접속체계의 구간은 대대급 이상 제대에서 주로 운용하며, 앞서 소개한 기반 네트워크에서 CCN을 적용한 연구<sup>[14]</sup>를 적용할 수 있다. 기본적으로 그 연구 결과에서 제안한 Dynamic CCN을 적용하여 각각의 노드들은 정보요청 건수를 카운팅하고 일정한 임계치를 넘으면 해당 정보를 캐싱하게 한다. 캐시의 크기는 무한적이지 않으므로 어떤 데이터를 캐싱하는지에 따라서 성능이 달라진다. 즉, 요청이 많은 데이터를 캐싱하게 되면 요청이 적은 데이터를 캐싱하는 경우보다 대역폭이 절약되고, 더 많은 에하노드들에게 자료

/ JFMU.mil / P / C / text / cc.txt



그림 3. 전술제대 지휘통신체계의 콘텐츠 네임 구조 예  
Fig. 3. Example of content name structure of tactical echelon command communication system

를 신속하게 전달할 수 있으므로 네트워크 성능이 향상될 것이다.

하지만 한 가지 고려해야 할 사항으로는 링크속도(대역폭)과 캐시의 크기이다. 통상 CCN 노드의 대역폭과 캐시크기는 위치에 상관없이 동일한 대역폭, 캐시를 사용한다. 하지만 TICN에서 운용하는 전송장비를 보았을 때, HCTRS는 노드통신소와 연대급 이상 부대통신소간 링크를 구성하는 체계이고, LCTRS는 노드통신소와 대대급 부대통신소간 전송로를 구성하는 체계이다. 즉, 제대에 따라서 링크의 속도가 다르므로 제대별 사용되는 캐시의 크기 또한 달리 적용해야 할 것이다. HCTRS가 LCTRS보다 약 3배가 빠른 링크속도를 가지기 때문에, 연대급 이상의 제대에서 운용되는 캐시의 크기는 대대급 제대의 3배로 운용되어야 한다. 하지만 많은 정보를 처리하는 임무를 수행하는 등 상황에 따라서 대대에서도 연대급 제대에서 사용하는 캐시를 운용할 수 있도록 한다.

전투무선체계는 대대급 이하 제대에서 주로 운용하며, 현재 TICN의 전투무선체계는 MANET을 구성하여 기지국과 같이 기반통신시설이 요구되지 않는 환경을 조성하며, 이에 따라 전술제대에 구축해야 할 시설을 감소시켰다. MANET 기반의 무선 환경의 특성상 노드별 처리율, 대역폭 등 제한된 네트워크 자원을 사용하므로 무분별하게 다른 제대의 네트워크로 집중된 접속을 통제해야 한다.

한편, 군 환경의 특성상 대부분의 제대가 그룹 이동을 하므로 이 특성에 부합되게 적용되어야 한다. 그룹 단위 이동성을 가지는 제대는 각각의 노드가 다른 제대에 이동할 경우, 각각의 노드가 이동할 제대에 접속하는 것보다 하나의 대표노드(클러스터 헤드)를 지정하고, 이 노드를 통해서 접속하면 보다 효율적인 네트워크 자원을 사용할 수 있을 것이다. 하지만 적용하는 제대가 너무 큰 규모가 되면 대표 노드보다 접속하려는 제대의 노드에 근접해 있는 노드까지도 대표 노드를 경유해서 가야하므로 불필요한 다중 홉 라우팅이 발생할 것이다. 뿐만 아니라 CCN의 이동성 특성 및 캐싱이 제대로 성능 발휘하지 못할 것이다. 그래서 기존의 그룹 이동성 연구결과<sup>20)</sup>에 따라 분대급 규모(10명)로 적용하는 것이 적절하다. 그룹 이동성을 적용하게 되면 대표노드가 다른 제대로 이동할 경우, CCN의 이동성 특성을 그대로 적용하여 이동하게 되고, 그룹의 다른 노드들은 별도의 동작 없이 이전 그대로 대표 노드를 경유하여 정보를 요청하게 된다. 이 특성은 군의 그룹 이동을 하는 특성을 적용하여 제안한 것이지만, 임무나 상황에 따라 그룹 이동성을 적용하지 않

을 수도 있다.

위치 중심의 IP 기반 네트워크와 달리 정보 중심의 CCN은 보안체계의 모습 또한 지금과 다른 모습이 되어야 한다. 현재 TICN 기반접속체계에서 운용되는 육군전술지휘정보체계(Army Tactical Command Information System : ATCIS)는 인가되지 않은 사용자의 접속을 차단하는 보안시스템인 방화벽(firewall), 침입방지시스템(IPS)을 운용하고 있다. CCN은 사용자가 자료를 제공받기 위해 특정 위치(서버 등)에 접속하지 않아도 되며, 임의로 접속할 수도 없기 때문에 이 암호체계는 필요성이 떨어질 것이다. 물론 일부 응용 프로그램(네트워크 전화 등)이나 정책에 따라 필요할 수 있겠지만, 기본적인 CCN 특성상 반드시 존재할 필요는 없다.

CCN은 콘텐츠를 널리 퍼트리려 사용자로 하여금 손쉽게 정보를 접촉할 수 있게 해준다. 하지만 보안성 측면에서 보면 비밀문서를 널리 퍼트리게 되면 보안상 문제가 발생하게 될 것이며, 특히 대대급 이하의 무선구간에서는 더욱 취약할 것이다. 그래서 CCN의 이 특성을 그대로 적용하지 않고 일부 수정사항이 반영되어야 할 것이다. 적용할 수 있는 방안으로는 대대급 이상 제대의 유선구간에서는 비밀문서를 캐싱할 수 있도록 설정하고, 그 외 구간은 평문만 캐싱할 수 있도록 설정한다. 유선 구간으로만 한정 지은 이유는 무선구간이 보안상 매우 취약하기 때문이며, 대대급 이상 제대를 기준으로 지정한 이유는 대대급 이상에서는 콘텐츠가 캐싱되는 라우터를 관리할 수 있는 담당자와 제한 및 통제구역이 존재하기 때문이다.

또 다른 방안으로는 비문패킷이 존재하는 시간을 제어하는 것이다. CCN의 패킷은 파일 유효기간(freshness)라는 옵션이 존재한다. 이 옵션은 콘텐츠가 영구적으로 캐싱된 상태로 존재하는 것이 아니라 유효기간을 설정함으로써 이 기간이 초과되면 자동 삭제가 된다. 이 기능을 이용하여 비문패킷에는 유효기간을 없애거나 짧은 시간을 부여하는 방안을 적용하면 콘텐츠 전파에 따른 보안상 문제를 해결할 수 있을 것이다.

#### 4.2 시스템 전환방법

1990년대 후반부터 도입된 전술통신체계(SPIDER)가 2010년대 후반부터 TICN으로 교체 중인 것을 고려하였을 때, 차기 지휘통신체계로 대략 15~20년 정도 소요될 것이다. 이를 고려하여 CCN이 적용된 지휘통신체계는 그림 4와 같이 3개 단계('21~'40년)로 구분하여 시스템을 전환하는 방법을 제시한다.

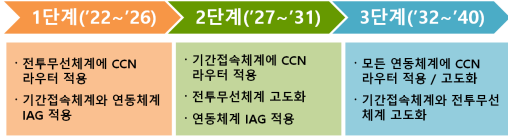


그림 4. CCN이 적용된 지휘통신체계의 시스템 전환방법  
Fig. 4. Method of system converting the command and communication systems applied with CCN

1단계는 '22년부터 개념연구 및 국방 중기계획 반영, 연구개발, 전력화 기간고려 5년('22~'26년)을 설정하였고, 이 기간동안 전투무선체계에 CCN 라우터를 우선 적용한다. 이때 기간접속체계와 연동체계와 통합을 위해 IAG를 적용한다. 전투무선체계에 우선 접속하는 이유는 기간접속체계에 비해 제한된 전송용량을 가지고 있어서 효율적인 전송용량 관리가 필요하기 때문이다. 또한 전투무선체계는 이동성을 위해 통상적으로 기간접속체계보다 시스템을 가볍고 간단하게 구현하기 때문에 최초 적용하기에 적합하다고 판단하였다. 1단계 시스템 전환에 대한 전력화 평가 등을 통해 야전에서 정상적으로 정착이 되었을 경우 2단계를 진행한다.

2단계는 '27년부터 전력화 및 고도화 기간을 고려하여 '31년까지 기간을 5년으로 설정하였다. 이 단계는 기간접속체계에 CCN 라우터를 적용하고 전투무선체계를 고도화 한다. 기간접속체계와 연동되는 체계는 IAG를 사용하여 통합 운용한다. 전투무선체계는 시스템 안정성, 신규 연동체계에 대한 상호운용성 등을 고려하여 고도화를 진행한다. 2단계도 마찬가지로 전력화 평가를 거쳐 3단계로 전환한다.

3단계는 '32년부터 모든 연동체계 CCN 라우터 적용과 고도화를 고려하여 '40년까지 전환기간을 설정하였다. 이때 연동체계에 각각 전환하는 기간이 다를 수 있으므로 IAG는 부분적으로 적용한다. 기간접속체계와 전투무선체계는 연동체계 CCN 라우터 적용과 연계하여 상호운용성, 시스템 안정성 등 고도화한다.

위에서 제시한 3단계를 적용하는 방법은 시간적 측면에서 많은 기간이 소요된다. 모든 체계를 한 번에 개발하고 적용하는 방법을 적용할 경우 보다 신속하게 CCN이 적용된 지휘통신체계를 사용할 수 있다. 즉, 연구개발(2~3년), CCN 라우터 적용(2~3년), 고도화(4~6년) 등으로 단계를 설정할 수 있다. 하지만, 군 지휘통신체계가 단순한 통신 서비스를 제공하는 것이 아닌, 사람의 생명과 국가의 안보와 연계되어 있기 때문에 보다 안정적인 시스템 구현이 필요하다고 판단하였다.

## V. 결 론

국방개혁 2.0<sup>[21]</sup>에서 제시된 바와 같이 4차 산업혁명 핵심기술을 국방 전 분야에 적용할 것이며, 이에 따라 미래에는 많은 데이터 트래픽이 국방 네트워크에 유동될 것이다. 또한 미래에는 현재보다 초연결·초지능화되고 광범위한 전장, 그리고 다양한 전투체계들이 복합적으로 운용됨에 따라 네트워크도 그 요구를 수용할 수 있도록 변화해야 한다.

미래 네트워크 아키텍처로 주목받고 있는 CCN은 동일한 콘텐츠에 대해서 중복적으로 전송하는 비효율적인 절차를 감소시켜 주어진 대역폭을 효율적으로 사용 가능하다. 그리고 위치를 반드시 알아야 콘텐츠를 찾을 수 있는 IP 방식과 달리 위치를 요구하지 않고 콘텐츠 자체를 찾는 방식을 갖는다. 이러한 CCN의 특징들은 IP 방식의 취약점을 해결할 수 있으며, TICN과 같이 IP 기반의 군 지휘통신체계 또한 이 취약점을 반드시 해결해야 한다.

CCN은 확장성, 적시성, 이동성, 보안성 측면에서 분석한 결과 향후 지휘통신체계로 적합하였다. 확장성 측면에서는 라우팅에 필요한 콘텐츠 이름이 계층적으로 구성되어 콘텐츠가 추가로 증가하여도 전체 네트워크에 영향을 미치지 않는다. 적시성 측면에서는 요구가 많은 콘텐츠의 반복적인 전송을 감소시키므로 상대적으로 사용자에게 적시적인 정보를 제공할 수 있다. 이동성 측면에서는 다른 네트워크로 이동에 따라 불필요한 절차를 생략하므로 이동과 동시에 데이터를 요청할 수 있는 장점이 있었으며, 마지막으로 보안성 측면에서는 특정 사용자의 위치를 드러내지 않아 DDoS 공격과 같은 위협에 강건성을 갖고 패킷의 보안을 위해 암호화 및 자체 인증기능을 보유하고 있다.

군 환경은 민간 환경과 일부 다른 부분이 존재하므로 민간에서 연구되고 있는 CCN을 그대로 적용하는 것은 제한이 된다. 콘텐츠 네임은 비문과 평균, 전투수행기능별 구분을 추가 도입하여 설계하고, 네트워크 구조는 기간접속체계와 전투무선체계를 계층적으로 구성하여 운용하는 모습이 효율적인 것이다. 그리고 연동체계와의 통합운용을 위해 IAG를 적용하는 방안 또한 적용되어야 한다. 보안 측면에서는 CCN 자체적으로 IP보다 보안성이 뛰어나므로 기존에 구성된 방화벽, IPS 등의 구성을 제거하는 것으로 재검토해야 한다.

CCN이 적용된 지휘통신체계를 현 시스템에서 전환하는 방법은 총 3개의 단계를 적용한다. 1단계는 전투무선체계에 CCN 라우터를 우선 도입하고, 기간접

속체계와 연동체계는 IAG를 적용한다. 2단계는 기간접속체계에 CCN 라우터를 도입하고, 3단계에서 모든 연동체계에도 CCN 라우터를 도입하여 전환을 완료한다.

현재 사용하고 있는 IP 체계는 많은 취약점에 있음에도 불구하고 아직도 전 세계에서 가장 많이 사용하고 있는 네트워크 체계이다. PC, 서버 등 컴퓨터 시스템들이 IP 체계를 중심으로 구성되었기 때문에 CCN으로 변화시키기에는 큰 비용과 시간이 소요될 것으로 생각된다. 하지만 미래 전장의 확장, NCOE 조성, 개인전투체계로의 변화와 함께 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등 4차 산업혁명 기술의 발달로 데이터의 사용은 현재보다 증가할 것이며, 이때 CCN으로 전환은 불가피할 것이다. 그러므로 앞으로 CCN을 지휘통신체계에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되어야 할 것이다.

## References

- [1] S. Seo, et al., "Innovative method of korean military force building system in the 4th industrial revolution period," *Res. National Defense Policy*, vol. 33, no. 1, pp. 171-201, 2017.
- [2] T. Ryu, et al., "The 4th industrial revolution technology and defense R&D approach," *Res. National Defense Policy*, vol. 25, no. 2, pp. 7-25, 2019.
- [3] J. Jang, "On the development of science and technology and the direction of our military innovation," *KIDA Defense Issues & Anal.*, no. 1807, pp. 1-9, 2020.
- [4] H. Son, "Factors of change in war patterns and future war," *Defense & Technol.*, vol. 500, pp. 56-63, 2020.
- [5] C. Lee, M. Jung, and S. Park, "Future warfare for hyper connected era," *JCCT*, vol. 6, no. 3, pp. 99-103, 2020.
- [6] W. Oh, "Appearance of smart battlefield applying 4th industrial revolution technology," *Defense & Technol.*, pp. 56-63, vol. 471, pp. 81-83, 2020.
- [7] B. Seo, et al., "Network development strategy for the era of intelligent information," *J. KICS*, vol. 34, no. 8, pp. 30-37, 2017.
- [8] K. Sun, et al., "Mobility management for ILNP-based tactical network," *J. Korea Inst. Military Sci. and Technol.*, vol. 23, no. 3, pp. 246-256, 2020.
- [9] V. Jacobson, et al., "Networking named content," in *Proc. 5th Int. Conf. Emerging Netw. Experiments and Technol. (CoNEXT)*, pp. 1-12, 2009.
- [10] T. Cho, et al., "Operation concept of the battalion command post linked to the deployment of the combat-level C4I system under NCOE," *Korea Assoc. Defense Ind. Stud.*, vol. 20, no. 2, pp. 78-100, 2013.
- [11] K. Kim, et al., "Concept of operation of unmanned ground combat systems according to future warfare patterns," *Defense & Technol.*, no. 479, pp. 63-70, 2019.
- [12] P. Kerr and J. McCarthy, "Application of COST communications services for command and control of military forces," *RTO IST Symp.*, pp. 1-2, 2000.
- [13] G. Tyson, et al., "A survey of mobility in information-centric networks," *Commun. ACM*, vol. 56, no. 12, pp. 90-91, 2013.
- [14] B. Kim, et al., "Tactical network and battlefield management system cyber attack and defense technology," *J. KICS*, vol. 32, no. 10, pp. 24-30, 2015.
- [15] B. Etefia, M. Gerla, and L. Zhang, "Supporting military communications with named data networking: An emulation analysis," *2012 IEEE MILCOM*, pp. 1-6, Oct. 2012.
- [16] H. Park and T. Kwon, "Caching strategies of content-centric networking for the performance of TICN backbone," *J. Korea Inst. Military Sci. and Technol.*, vol. 17, no. 5, pp. 637-642, 2014.
- [17] S. Y. Oh, D. Lau, and M. Gerla, "Content centric networking in tactical and emergency MANETs," *2010 IFIP Wireless Days Wireless Days(WD)*, pp. 1-5, Oct. 2010.
- [18] H. Park and T. Kwon, "Military routing scheme using content-centric mobile ad hoc networks," *J. Korean Inf. and Soc.*, vol. 39, no. 4, pp. 334-342, 2014.



- [19] T. Refaei and A. Afanasyev, "Enabling a data-centric battlefield through information access gateways," *2018 IEEE Military Commun. Conf.*, pp. 634-639, Oct. 2018.
- [20] K. Ko, K. Kang, and Y. Cho, "A scalable content-based routing scheme considering group mobility in tactical mobile ad-hoc networks," *J. Korea Inst. Military Sci. and Technol.*, vol. 25, no. 5, p. 729, 2010.
- [21] Republic of Korea Ministry of National Defense, "*Defense Reform 2.0*," Korea Armed Forces Printing & Publishing Depot, 2019.

**우 태 희 (Taehee Woo)**



2006년 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 졸업  
2014년 : 국방대학교 컴퓨터공학과 석사  
2020년 3월~현재 : 충남대학교 군사학과 박사과정

<관심분야> 군 통신체계, 콘텐츠 중심 네트워크, MANET, 인공지능  
[ORCID:0000-0003-1992-867X]

**서 중 하 (Junghaa Seo)**



2006년 : 육군사관학교 전자공학과 졸업  
2015년 8월 : KAIST 전산학부 석사  
2019년 3월~현재 : KAIST 전기및전자공학부 박사과정

<관심분야> 무선통신, 기계학습, 물리계층보안  
[ORCID:0000-0003-0231-4508]

**이 창 훈 (Changhoon Lee)**



2002년 2월 : 계명대학교 컴퓨터공학과 졸업  
2009년 2월 : 고려대학교 정보경영공학전문대학원 석사  
2020년 3월~현재 : 육군정보통신학교 정보보호학 교관

<관심분야> 정보보호, 사이버전