

지상 전술망 장애에 대비한 공중중계망 운용 방안 및 이의 효과도 분석

길 준 호*, 이 규 민*, 이승 운**, 노 병 희°,
 김 재 현***, 김 동 현****, 이 재 문****

Operation Scheme of Aerial Relay Networks and the Analysis of Its Effectiveness against Failures of Terrestrial Tactical Networks

Joon-ho Ghil*, Gyu-min Lee*, Seungwoon Lee**, Byeong-hee Roh°, Jae-hyun Kim***,
 Donghyun Kim****, Jaemoon Lee****

요 약

우리군에서는 지상공간에서의 TICN과 우주공간에서의 차기위성을 연동한 미래전술네트워크 구축을 추진하고 있다. 그러나, 위성의 낮은 대역폭과 높은 운영비용에 의하여, 위성을 통한 모든 전술 정보의 유통에는 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여, 공중망을 구축하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 지상 노드의 단절에 대응하여 공중중계망과 지상전술망을 효과적으로 연동하기 위한 구조와 운영하는 방안을 제안한다. 그리고, 이의 효과도를 분석하기 위한 방안을 함께 제안한다. 효과도 분석 실험 결과는 공중중계망의 운영은 지상전술망의 장애 상황에 효과적으로 대처 가능함을 보여준다.

Key Words : NCW, TICN, Airborne Relay Network, Effectiveness Analysis, Military IT Convergence

ABSTRACT

Korean army has been trying to construct a future tactical network in collaboration with TICN at the ground level and the next-generation military satellite system in the space level. However, due to the low bandwidth and high operational cost, the satellite system has the limitation to exchange all kind of tactical information through it. To overcome the limitation, there have been several researches to construct airborne networks. In this paper, we propose an effective interworking architecture and operation scheme between terrestrial tactical networks and aerial relay networks to counteract against the communication breaks of terrestrial terminals. And, we also propose a way to analyze its effectiveness. The experimental results show that the interworking of aerial relay networks can manage the failure situations in terrestrial tactical networks very effectively.

※ 본 연구는 국방과학연구소 선행핵심연구개발과제(912421101)의 지원으로 수행되었습니다.

♦ First Author : Ajou University, Department of NCW, caltec@ajou.ac.kr, 정회원

° Corresponding Author : Ajou University, Department of Computer Engineering, bhroh@ajou.ac.kr, 종신회원

* Ajou University, Department of Computer Engineering, mybrand@ajou.ac.kr, 학생회원

** Ajou University, Department of Software, Ajou University, swleeyg@ajou.ac.kr, 학생회원

*** Ajou University, Department of Electrical and Computer Engineering, jkim@ajou.ac.kr, 종신회원

**** Agency for Defense Development, {dh-kim, xhxhfh}@add.re.kr, 정회원

논문번호 : KICS2016-10-329, Received October 26, 2016; Revised January 2, 2017; Accepted January 12, 2017

I. 서 론

미래전은 네트워크 중심전(NCW, Network Centric Warfare)으로 발전하고 있다. NCW는 탐지, 지휘통제, 타격수단 등 전장의 여러 전투요소들을 네트워크로 연결하여 전장상황 공유를 통한 정보우위로 지휘 속도향상, 신속한 작전 전개, 결정적 타격, 생존성 향상 등 전투력을 대폭적으로 향상시키는 전쟁수행 개념이다^[1].

미래 전장환경이 NCW로 발전함에 따라서 주요 선진국들은 NCW의 핵심 역할을 하는 군 통신체계도 발전시켜가고 있는데, 미군은 WIN-T (Warfighter Information Network-Tactical) 를 이스라엘은 TIGER (Tactical Intranet Geographic disEmination in Real-time) 를, 프랑스는 RITA (Reseau Lntegre de Transmission Automatis)를, 네델란드는 TITAAN (Theater Independent Tactical Army Air Force Network) 를 미래 전술네트워크로 전개하고 있다^[2]. 이들 체계는 지상체계의 작전운용 환경 및 기능, 특성을 보완하는 개념으로 운용되고 있다.

우리나라에서는 지상체계를 담당하는 전술정보통신 체계인 TICN (Tactical Information Communication Network)을 구축하고 있다^[1,4]. TICN은 NCW 환경에서 감시정찰, 지휘통제, 정밀타격체계 (C4ISR-PGM)의 통합 전투력 발휘에 필요한 고속 대용량 정보를 기동 간에도 실시간 유통을 보장하는 것을 목표로 한다^[2]. 또한, 한국군은 TICN의 지상체계의 한계를 극복하기 위한 고속대용량, 생존성 보장, All IP 통신, 기동성 보장을 목표로 한국형 차기 군 위성통신 체계 (차기위성)을 개발하고 있다^[3]. 또한, 차기위성과 TICN을 연동하기 위한 운용개념을 정립중에 있다.

지상체계인 TICN와 차기위성의 연동은 이동성과 지형에 의한 연결 단절과 가시선 비확보의 문제를 해결하는데는 큰 기여를 할 수 있을것으로 기대한다. 그러나, 위성이 제공하는 대역폭은 모든 전술 정보를 유통시키기에는 한계를 갖으며, 군위성의 운용은 매우 비싼 비용이 요구되어 많은 개수의 군용 위성을 확보하는 것은 제한적일 수밖에 없다. 또한, 위성체계는 주파수 자원의 제한, 높은 지연시간 및 강우 영향등에 의한 성능저하, 위성링크에 재밍 공격등에 의한 위협요인의 잠재, 물리적 장애물에 의한 위성링크 단절등의 제약사항을 갖는다. 이를 해결하기 위한 방안으로 공중망을 운영하는 방안이 고려되고 있다^[4]. 그러나, 효과적 운영을 위한 실질적인 구조, 운영 방안이나 이의 운영에 따른 효과에 대한 분석은 제한적으로 수행

되고 있다.

본 논문에서는 무인 비행체와 자율 비행 기술의 발전 단계에 맞추어, 지상망과 공중망이 연계하여 운용되는 미래 전술네트워크 구조와 이를 기반으로, 지상 노드의 단절에 대응하여 공중망을 효과적으로 활용하기 위한 방안을 제안한다. 그리고, 이의 효과도를 미래 군단급의 지상 전술망 운영 시나리오를 기반으로 하여 분석하기 위한 방법을 제안하고, 이를 통한 효과도 분석 결과를 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 본 논문의 배경을 기술하고, 제3장에서는 제안하는 공중망 운용 구조와 이의 효과도를 분석하기 위한 방법을 설명한다. 제4장에서는 효과도 분석 실험결과를 제시하고, 제5장에서는 결론을 맺는다.

II. 배경

2.1 TICN 구조

TICN체계는 대용량 무선전송 체계 (HCTRS, High Capacity Trunk Radio System), 소용량 무선전송 체계(LCTRS, Low Capacity Trunk Radio System), 교환접속 체계(TIPS, Tactical Internet Protocol System), 전투무선 체계(CNRS, Combat Network Radio System), 전술 이동통신 체계(TMCS, Tactical Mobile Communication System), 망제어 체계(NCS, Network Control System) 등의 부체계들로 구성되어 있다. 그리고, 타체계와 연동을 위한 기능도 갖추고 있다^[1,4].

이들 부체계들 중에서 HCTRS와 LCTRS는 각각 여단(연대)급 이상과 대대급 부대통신소간의 고속 대용량 무선 전송 능력을 제공한다. 그리고, TMCS는 전장에서 직접 전투를 지휘하는 지휘관들과 전투원들 간에 정보를 주고받기 위해 대대역 다기능 무전기인 TMMR (Tactical Multi-band, Multi-role Radio)이 주 장비로 사용된다.

2.2 지상망과 공중망 연계 기술

무인 비행체와 자율 비행 기술의 발전 단계에 맞추어, 다기능 무인항공기 (UAV)가 지상체계와 위성체계의 한계를 극복하기 위한 공중체계를 구성하는 주요 요소가 될 것이다.

보고서^[5]에서는 UAV의 활용범위와 운용개념을 그림 1과 같이 제안하고 있다. 그림 1에서와 같이, 사단급과 군단급 이하까지는 지상 노드들간 통신을 중계하는 중계용 용도로서의 독립적인 운용개념이 제시

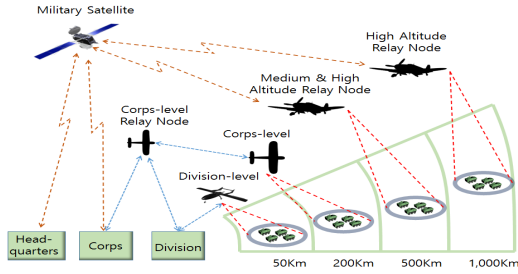


그림 1. 한국형 UAV 운영 개념[5]
Fig. 1. UAV Operation Scheme by Korean Army[5]

되어 있다. 군단급 이상에서는 위성과 연동되는 중·고고도급과 고고도급의 UAV를 활용한 한국군 합동 작전을 지원하는 운용개념이 제시되어 있다.

전장상황을 고려하여 TICN 체계와 위성통신체계를 연계한 상호 보완 수단으로서의 공중노드를 운용하는 기계화된 기동부대의 개념이 제시되었다^[6]. 전장상황에서 기계화된 기동 부대는 신속한 기동지원 및 대용량 전송통신이 요구되거나 지상체계는 기동간 지원이 제한되므로 공중중계 UAV를 활용하여 이동성과 신속성을 확보하게 된다. 이러한 운용개념하에서, 공중중계 UAV는 기계화 부대 대용량 정보전송 및 무선망 중계를 담당하고, TICN은 대용량 전송위주로 운용되며, 위성통신체계는 TICN의 보완적인 연동 전송로를 지원하게 된다.

미 공군에서는 공중망을 구축하여 GIG (Global Information Grid) 체계를 지상 중심에서 공중 및 우주 환경으로 확장하고 공중작전 수행 및 지·해상을 연결한 합동작전을 수행하려는 비전을 가지고 있다^[7]. 공중망은 망 접근성과 연결성을 비약적으로 높일 수 있는 이점을 제공할 수 있다 그림 2에는 미 공군의 지상망과 위성망을 연동하는 공중망의 기본 구조를 보

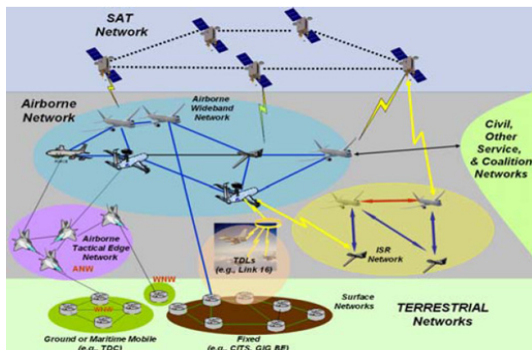


그림 2. 미 공군의 공중망 운용 개념도
Fig. 2. Operation Concept of Airborne Network by US Air Force

여주고 있다^[8].

공중망은 최소 1개 이상의 공중 비행이 가능한 공중노드를 통해 통신 서비스를 제공하는 기반시설로 정의되며, 공중 플랫폼들 간을 서로 연결하는 것뿐만 아니라 GIG 체계의 일부분으로서 위성(우주)망과 지상망을 연결하는 역할을 수행한다^{[7][8]}. 가장 본질적인 공중망의 목적은 다양한 종류의 플랫폼들을 포함한 서브망들이 필요로 하는 모든 서비스의 접근이 가능하도록 함으로써 유비쿼터스 환경과 네트워크 연결성을 보장하는 것이다. 이러한 상호 연결은 그림 2에서는 공중백분망 (Airborne Wideband Network)을 통하여 이루어진다.

III. 지상노드 단절에 대비한 공중중계망 운용 방법

3.1 TICN 구조

본 논문에서 제안하는 지상망과 공중중계망의 연동 구조를 그림 3과 같이 나타내었다. 지상망은 TICN을 기반으로 하는 군단급 토폴로지를 고려하였으며, 공중중계망은 저고도 공중 중계 노드인 LARN (Low Altitude Relay Node)와 중고도 공중중계 노드인 MARN (Medium Altitude Relay Node)로 구성된다.

지상망은 HCTRS의 고속 대용량 무선 전송능력을 제공하는 백본노드 (BN, Backbone Node) 들이 격자 형태로 연결되는 구조^{[10][11]}를 고려한다. 각 BN에는 LCTR과 같은 소용량의 무선 전송 능력을 제공하는 접속노드 (ACN, ACcess Node) 들이 연결되고, 각 ACN에 통신단말 (CT, Communication Terminal) 들이 연결된다.

공중중계망은 LARN과 MARN으로 구성된다. 그림 1의 개념을 확장하여, LARN은 저고도에서 운영되어, 각 여단(연대)마다 배치되어 해당 여단에 속한 CT 들의 지상 연결이 단절시 이들간의 통신을 중계하는 기능을 담당한다. 같은 여단에 속한 CT들간의 통신은

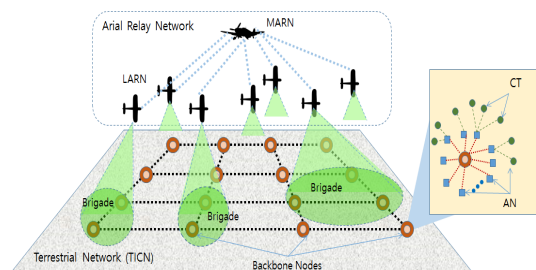


그림 3. 지상망과 공중중계망 연동 구조
Fig. 3. Interoperation Architecture of Terrestrial and Airborne Networks

LARN의 중계를 통하여 직접 이루어진다. 반면에, 서로 다른 여단에 속한 CT들간의 통신은 각 LARN들을 통하고 MARN을 경유하여 이루어진다. MARN은 군단에 한개만 존재하는 경우를 가정하여, 이 MARN이 전 군단내 LARN간 중계를 담당한다.

<CT(X.N)>을 여단 X에 속한 지상 통신단말 N, <TICN>은 지상망, <LARN(X)>는 여단 X를 담당하는 LARN, 그리고 <MARN>은 MARN을 나타내기로 한다. 이때, 이들간의 통신을 위한 상호 연동 관계를 다음에 나타내었다.

- 1) 지상망과의 연결이 확보된 동일 여단에 속한 <CT(X.i)>, <CT(X.j)> 간의 통신
 $CT(X.i) \leftrightarrow \langle TICN \rangle \leftrightarrow \langle CT(X.j) \rangle$
- 2) 지상망과의 연결이 확보된 다른 여단에 속한 <CT(X.i)>, <CT(Y.j)> 간의 통신
 $CT(X.i) \leftrightarrow \langle TICN \rangle \leftrightarrow \langle CT(Y.j) \rangle$
- 3) 지상망과의 연결이 단절된 동일 여단에 속한 <CT(X.i)>와 <CT(X.j)> 간의 통신
 $\langle CT(X.i) \rangle \leftrightarrow \langle LARN(X) \rangle \leftrightarrow \langle CT(X.j) \rangle$
- 4) 지상망과의 연결이 단절된 서로 다른 여단 X와 Y에 속한 <CT(X.i)>, <CT(Y.j)> 간의 통신
 $CT(X.i) \leftrightarrow \langle LARN(X) \rangle \leftrightarrow \langle MARN \rangle \leftrightarrow \langle LARN(Y) \rangle \leftrightarrow CT(Y.j)$

3.2 효과도 분석 모델

효과도 분석을 위하여는 우선적으로, 그림 3의 지상망 (TICN)에 연결되는 통신단말들의 배치 구조가 필요하다. 이를 위하여, 작전 책임구역 및 전투수행 방법을 고려하여 적절히 배치한 연구¹¹⁾와 미래지상군 기본 전술제대 편성 연구⁹⁾를 참조하고 군 관련자들과의 논의를 통하여 가상적인 군단급의 TICN 부대에 이에 따른 통신단말의 배치구조를 도출하였다.

TICN 기간망 내부에 흐르는 트래픽의 종류는 부대 통신단말들간에 이루어지는 P2P (peer-to-peer) 트래픽과 전장관리체계를 대상으로 하는 CS (Client-Server) 트래픽 두 종류로 분류할 수 있다. P2P 트래픽은 VoIP (Voice over IP), 이미지 등을 포함한다. CS 트래픽은 육군 전술지휘정보 체계인 ATICIS (Army Tactical Command Information System), 소부대 전투지휘체계인 B2CS (Battalion Battle Command System), 군사정보통합관리체계인

MIMS (Military Information Management System) 등 TICN 내부 전장관리체계 트래픽을 포함한다¹¹⁾이다.

풀-메시형태의 상용망에서의 정보 전달 형태와 달리, 전술네트워크에서의 정보 전달은 모든 통신단말들 간에서 수행 되지 않고, 부대내의 특정 통신단말 간, 특정 부대 간, 특정 계층 간에서와 같이 통신단말들 간에 논리적 관계가 미리 정의되고, 이와 같이 정의된 관계의 노드들 간에만 정보 교환이 허용된다. 이러한 구조를 반영하여, 송신 통신단말 i 와 수신 통신단말 j 간의 발생 트래픽의 총합을 t_{ij} 라고 할때, 두 통신단말들간의 연결관계인 c_{ij} 는 다음과 같이 정의된다¹²⁾.

$$c_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{for } t_{ij} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기에서 $i, j=1, 2, \dots, K$ 이고, K 는 TICN에 연결된 통신단말의 총 개수 이다.

앞서의 TICN 통신단말 배치 구조를 기반으로 하여, 모든 통신단말들간의 연결관계와 발생트래픽 양들을 나타내는 행렬인 $C_{MAP} = |c_{ij}|$ 와 $T_{MAP} = |t_{ij}|$ 을 도출하였다.

TICN은 기본 라우팅 프로토콜로서 OSPF (Open Shortest Path First)를 사용한다¹³⁾. 통신단말들의 배치구조, C_{MAP} 과 T_{MAP} 을 고려하여, $c_{ij} = 1$ 인 모든 $\langle i, j \rangle$ 쌍에 대하여, OSPF에서 최단경로탐색에 사용하는 Dijkstra 알고리즘을 적용하여 경로를 산출하게 된다.

HCTRS로 직접 연결된 백본노드 m 에서 백본노드 n 으로의 방향성을 갖는 링크를 $l_{TICN}(m, n)$ 이라 하고, 이 링크를 통하여 전달되는 총 트래픽 양을 $L_{TICN}(m, n)$ 이라 정의할 때, 이는 다음과 같이 구해진다.

$$L_{TICN}(m, n) = \sum_{\forall (i, j)} t_{ij} \times I(i, j; m, n) \quad (2)$$

여기에서 $m, n=1, 2, \dots, M$, M 은 백본노드의 개수를 의미하고, $I(i, j; m, n)$ 는 TICN을 통한 연결이 확보된 CT 쌍인 $\langle i, j \rangle$ 의 경로가 $l_{TICN}(m, n)$ 를 경유하는 경우에는 1이고, 그렇지 않은 경우는 0이 되는 인덱스 함수를 의미한다. $I(i, j; m, n)$ 는 Dijkstra 알고리즘을 통하여 최단경로를 계산하는 과정에서 구해진다.

$I_{LARN, up}(X, i)$ 와 $I_{LARN, down}(X, i)$ 를 각각 여단 X에 속한 CT i 가 TICN과의 지상망 연결이 단절되어

LARN을 통하여 송신하거나 수신하여야 하는 경우에는 1, 그렇지 않은 경우에는 0를 나타내는 인덱스 함수로 정의하기로 한다. 이로부터 <LARN(X)>를 통하여 전달 또는 수신되는 총 트래픽의 양은 각각 다음과 같이 구해진다.

$$L_{LARN}^{uplink}(X) = \sum_{\forall(i,j)} t_{ij} \times I_{LARN,up}(X,i) \quad (3)$$

$$L_{LARN}^{downlink}(X) = \sum_{\forall(i,j)} t_{ij} \times I_{LARN,down}(X,j) \quad (4)$$

$I_{MARN}(i,j)$ 를 CT i 와 CT j 가 모두 다른 여단에 속해있고, 이들 중의 최소한 어느 하나가 TICN과의 지상망 연결이 단절된 경우를 1, 그렇지 않은 경우를 0임을 나타내는 인덱스 함수로 정의하기로 한다. 이로부터, MARN을 통하여 전달되는 업링크의 총 트래픽의 양은 다음과 같이 구해진다. MARN은 LARN으로부터의 트래픽만 중계해 주므로, 다운링크 트래픽양은 업링크 트래픽 양과 같다.

$$L_{MARN} = \sum_{\forall(i,j)} t(i,j) \times I_{MARN}(i,j) \quad (5)$$

네트워크 생존성 (survivability)은 공격, 장애, 사고 등으로부터 적시에 미션을 완수하는 시스템(네트워크)의 능력으로 정의될 수 있다^[14]. 네트워크 생존성을 측정하기 위한 지표는 다양하다. 본 논문에서는, 여러 생존성 지표들중에서 연결성 (connectivity)을 다음과 같이 정의하여 사용한다.

C_{total} 을 CMAP에서 정의된 연결 관계를 갖는 모든 CT 쌍들의 총 개수로 정의하기로 한다. 즉, $C_{total} = \sum_{<i,j>} c_{ij}$. 그리고, C_{avail} 을 실제로 지상망 또는 공중중계망을 경유하여 연결이 가능한 CT쌍들의 총 개수로 정의하기로 한다. <Connectivity>를 모든 CT쌍들이 상호 연결되어 통신 가능한 정도를 나타내 주는 연결성 지표로 정의하고, 이는 다음과 같이 구해진다.

$$\langle Connectivity \rangle = \frac{C_{avail}}{C_{total}} \quad (6)$$

IV. 실험결과

실험을 위하여 그림 3에 나타난 기동망 토폴로지를

고려한다. 전술한 바와 같이, 지상망은 고속 대용량 무선 전송능력을 제공하는 16개의 백본노드(BN)들이 격자형으로 연결되는 구조를 고려한다. 각 BN에는 소용량의 무선 전송 능력을 제공하는 접속노드(ACN)들이 연결되고, 이를 통하여 각 부대의 통신단말 (CT)들이 연결된다. 전술한 바와 같이, 부대와 CT들의 배치 구조는 [10], [11]등 기존 연구들을 참고하고, 군 관련자들과의 논의를 통하여 도출하였다. 본 논문에서 고려하는 지상의 TICN의 기간망은 ATH (At The Halt)로 운용된다. 즉, 사전에 BN들이 설치된 후에 고정되며, 여기에 ACN들이 접속되고 각 노드들이 접속되어 통신이 수행된다. 따라서, 노드의 이동성은 고려하지 않으며, 장애는 BN 또는 ACN의 운용 장애 또는 전시 폭파에 의한 것에 기인하게 된다.

배치된 구조를 기반으로, [11]과 [12]의 기존 연구들을 참고하여, 통신 단말들간의 CMAP을 작성하고, 이를 기반으로 부대 통신단말들간에 P2P (peer-to-peer) 트래픽 발생용 TMAP과 전장관리체계를 대상으로 하는 CS (Client-Server) 트래픽 발생용 TMAP을 각각 작성하여, 트래픽 발생을 반영하였다.

지상망 토폴로지에서 여단의 수는 OO 개로 설정하였고, 한 개의 LARN은 지정된 여단을 독립적으로 담당하는 것으로 가정하였다. 전술한 바와 같이, 한 여단에 속한 부대 통신 단말들은 해당 여단이 관할하는 영역을 연결하는 여러 BN들을 통하여 상호 연결된다.

그림 4에는 전시의 공격, 이동에 의한 단절, 고장 등의 요소에 의하여 장애가 발생한 BN의 개수 변화에 따른 연결성 특성을 보여준다. 연결성은 식 (6)으로부터 구해진다. 그림 4에서 Best (Terrestrial Network)과 Worst (Terrestrial Network)은 TICN을 근간으로 하는 지상망만 운용할 경우, BN당 연결된 여단의 수

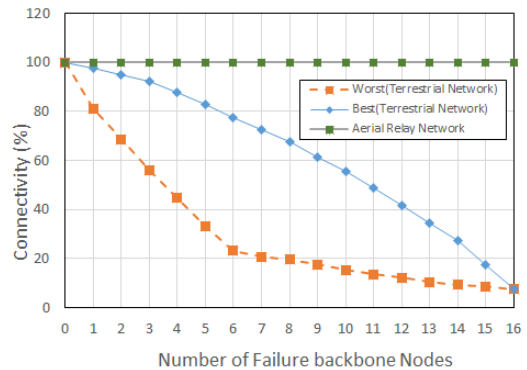


그림 4. 백본노드 장애에 따른 연결성 성능
Fig. 4. Connectivity Performances Due to Failures of Backbone Node

가 각가가 가장 적은 순서로, 그리고 가장 큰 순서로 BN에 장애가 발생한 경우를 의미한다. Worst(Terrestrial Network)의 경우는, 장애가 발생한 BN의 수가 3개 이상만 되어도 연결성이 60%이하로 저하됨을 알 수 있고, 이것은 NCW 운용에 치명적인 효과를 줄 수 있는 수준이다.

반면에, 그림 4의 Aerial Relay Network (공중중계망) 그래프는 LARN과 MARN으로 구성되는 공중중계망이 지상망과 연동하여 활용되는 경우의 연결성에 대한 것이다. 지상망의 연결이 단절된 통신단말들은 공중중계망을 통하여 상호 정보 교환이 가능하므로, 그림 4에서 보는 바와 같이, 연결성이 100%가 확보된다. 이것은 3.1절에서 기술한 공중중계망 운용 가정에서 LARN의 역할에 의한 것이다.

그림 5에는 장애 BN의 개수를 5개까지 증가시킨 경우에, 각 LARN이 연결성 100%를 제공하기 위하여, 처리해야 하는 uplink 트래픽 양의 최대값 특성을 보여준다. 그림 5에서의 Best와 Worst는 그림 4에서와 같이 가장 적은 수의 여단 또는 가장 많은 수의 여단이 연결된 해당 장애 BN들에 장애가 발생했을 경우, 각 LARN들이 처리해 주어야 하는 트래픽 처리량들 중 최대 값을 나타낸 것이다. LARN으로의 uplink 트래픽과 downlink 트래픽은 거의 유사한 값을 나타내어, 그림 5에는 uplink 트래픽양만 나타내었다. Best 경우인 경우에는 40Mbps의 트래픽 처리가 요구되고, Worst 경우에는 80Mbps의 트래픽 처리가 요구된다.

진시 상황이 되면, 적의 움직임에 대한 감시 정찰 정보의 증가, 전방에서 후방으로의 보고량의 증가, 부대 간 통신량의 증가 등 트래픽양이 기본 TMAP대비 현저하게 증가하게 될 것이다. 그림 6에는 트래픽 양이 기본 TMAP의 배수로 증가하는 경우, LARN이

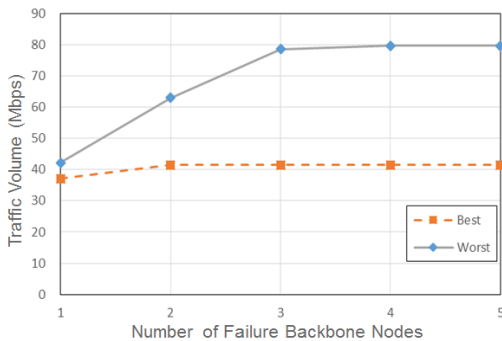


그림 5. 장애 백본노드의 수 변화에 따른 LARN의 최대 업링크 트래픽 양
Fig. 5. Maximum Uplink Traffic Volume of LARN Varying the Number of BNs

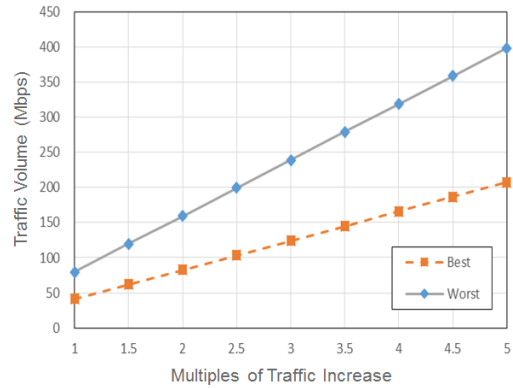


그림 6. 트래픽양 증가에 따른 LARN의 최대 업링크 트래픽 양
Fig. 6. Maximum Uplink Traffic Volume of LARNs Varying Traffic Increase

처리해야 할 최대 업링크 트래픽 양을 장애 BN의 수가 Best와 Worst인 경우에 대하여 구한 것을 보여준다. 트래픽양의 배수가 2배가 되어도 LARN의 업링크 트래픽 처리 용량은 Worst의 경우, 100Mbps 이상 되어야 함을 볼 수 있다. 트래픽양의 배수가 5배까지 증가할 경우에는 400 Mbps까지 지원되어야 함을 볼 수 있다.

그림 7에는 장애 BN의 수가 증가할 경우에 MARN이 처리해야 하는 업링크 트래픽 양을 나타내었다. 업링크와 다운로드 트래픽양의 결과가 매우 유사하여, 여기에서는 업링크만을 보인다. 장애 BN의 수가 증가할수록, Worst 경우가 Best의 경우에 비하여 현저하게 업링크 트래픽의 양이 증가함을 볼 수 있다. Worst의 경우, 장애가 발생하는 BN에 더 많은 여

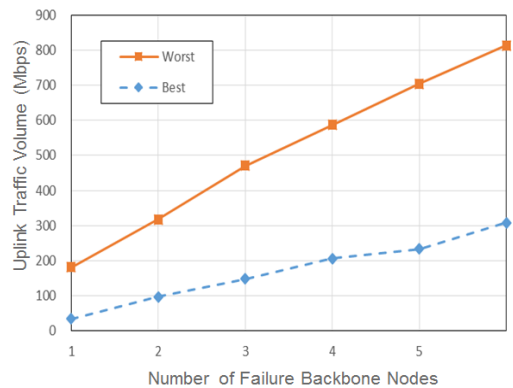


그림 7. 장애 BN 개수에 따른 MARN의 최대 uplink 트래픽 양
Fig. 7. Maximum Uplink Traffic Volume of MARN Varying the Number of BNs

단들이 연결되고, 이들 간에 상호 교환되어야 할 정보량도 많아지게 되므로, 이러한 트래픽들이 모두 MARN을 경유하게 되므로, 트래픽의 양이 현저하게 증가하게 되는 것이다. 반면에, Best의 경우에는 MARN을 경유하는 트래픽양의 증가가 크게 나타나지 않는다. 이것은 장애 BN들은 소수 여단과만 연결되어, 대부분 LARN을 통하여 트래픽이 전달되어, 상대적으로 MARN을 통하는 트래픽의 양보다 적게 되는 이유에서 기인하는 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 지상 노드의 단절에 대응하여 공중 중계망과 지상전술망을 효과적으로 연동하기 위한 구조와 운영하는 방안을 제안하였다. 그리고, 이의 효과도를 분석하기 위하여, 링크 사용량, 연결성지표, 신뢰성지표를 정의하였고, 다양한 지상망 백본 노드 장애 상황에서의 이들 지표들을 통한 효과도 분석을 실시하였다. 공중중계망의 운영은 지상전술망의 장애 상황에 효과적으로 대처 가능함을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 설정한 지상망 토폴로지, 그리고 연결관계와 트래픽을 나타내는 CMAP과 TMAP은 기존 연구 자료들과 군 관련자들과의 논의를 통하여 가상적인 군단급 전술 네트워크 가정을 통하여 구해진 것으로, 실제와는 많이 다를수 있음에 주의한다. 이러한 환경 변수들은 실제 운용개념과 네트워크 지원 능력에 따라 달라질 수 있다.

본 논문에서는 중고도 공중 중계노드인 MARN이 하나로 운영되는 상황을 가정하였으나, 효과적인 운영을 위하여는 사단급 단위로 MARN이 존재하고, 이들 간 상호 연결을 통한 운영을 통한 고도화가 가능할 것으로 예상된다. 이에 대한 연구가 더 필요한 것으로 본다.

References

[1] B. Kim, H. Ahn, and B. Roh, "Cyber attacks and defense technologies for tactical network and army management systems," *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 32, no. 10, pp. 24-30, Sept. 2015.

[2] J. Kim, J. Jung, and B. Roh, "Tactical communication networks and QoS technology," *IEIE Mag.*, vol. 35, no. 10, pp. 1144-1156, Oct. 2008.

[3] H. Noh, K. Go, K. Lee, J. Kim, J. Lim, and Y. Song, "Resource allocation and IP networking for next generation military satellite communications system," *J. KICS*, vol. 38C, no. 11, pp. 939-954, Nov. 2013.

[4] J. Cho, J. Oh, D. Kim, J. Lee, and J. Kim, "Core technologies for space/aerial-based tactical maneuver communications," *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 33, no. 11, pp. 65-72, Nov. 2016.

[5] C. Kim, et al., *Pre-analysis for project to develop high to medium altitude reconnaissance unmmanned drone*, Korean National Defense University, Report, Sep. 2003, http://www.pris m.go.kr/homepage/entire/retrieveEntireDetail.do;jsessionid=6AE0E90985FD8264D2ADF1F059C81820.node02?cond_research_name=&cond _research_start_date=&cond_research_end_date=&research_id=1290000-200300016&pageInd ex=2780&leftMenuLevel=160

[6] Y. Seo, et al., *Necessity of operations of stratosphere airships and its acquisition strategy and for communication relay*, Security Management Institute, Final Report, Aug. 2013, <http://www.kid.re.kr/board/include /download.php?no=259&db=business04&fileno =1>

[7] USAF ANSIG, *Airborne network architecture -System communicatios description & technical architecture profile*, Version 1.1, USAF Airborne network Special Interest Group, Oct. 2004

[8] N. Krishnamurthi, A. Ganguli, A. Tiwari, B. Shen, J. Yadegar, and G. Hadynski, "Topology control for future airborne networks," *IEEE MILCOM'2009*, Oct. 2009.

[9] Y. Noh, et al., *Study on unit organization for future ground forces*, Korea Defense Development Research Corp., Final Report, Sep. 2012, http://www.pris m.go.kr/homepage/t heme/retrieveThemeDetail.do?leftMenuLevel= 110&cond_brm_super_id=NB000120061201100032701&research_id=9800000-201200008

[10] B. Roh, et al., *Analysis on tendencies, modeling and simulation in cyber warfare*,

Final Report, Agency for Defence Development, Mar. 2016.

- [11] Y. Park, Y. Ha, and H. Park, "A study on the development of traffic load estimation model for tactical information communications network," *KICS Int. Conf. Commun.*, pp. 132-133, Jun. 2014.
- [12] B. Roh, B. Lee, M. Ahn, and Y. Kim, *Method for modeling information transmission network having hierarchy structure and apparatus thereof*, Korea Patent No. 10-1654734, Aug. 2016
- [13] S. Lee, B. Lee, B. Roh, M. Ahn, and Y. Kim, "Analysis on cyberwarfare threats by OSPF topology discovery in tactical networks," *J. Korean Inst. of Next Generation Comput.*, vol. 12, no. 1, pp. 75-83, Feb. 2016.
- [14] P. E. Heegaard and K. S. Trivedi, "Network survivability modeling," *Computer Netw.*, vol. 53, no. 8, pp. 1215-1234, Jun. 2009.

길 준 호 (Joon-ho Ghil)



1989년 2월 : 금오공과대학교 전자공학 학사
 1995년 2월 : 고려대학교 컴퓨터시스템 석사
 2010년 12월~2012년 12월 : 합참 합동 및 지상전력 상호 운용성 평가담당

2012년 12월~2013년 12월 : 육본 네트워크통제담당
 2012년 2월~현재 : 아주대학교 NCW학과 박사과정
 <관심분야> 전술통신 네트워크, 공중노드 네트워크, 무선통신, C4I 및 정보보호

이 규 민 (Gyu-min Lee)



2014년 2월 : 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학 학사
 2016년 2월 : 아주대학교 컴퓨터공학 석사
 2016년 2월~현재 : 아주대학교 컴퓨터공학 박사과정
 <관심분야> 모바일 멀티미디어 네트워크, 전술 통신 네트워크, 인지무선 (Cognitive Radio) 네트워크, 사물인터넷 (IoT)

이 승 운 (Seungwoon Lee)



2015년 2월 : 아주대학교 정보 컴퓨터공학 학사
 2015년 3월~현재 : 아주대학교 소프트웨어특성화학과 석사 과정
 <관심분야> 네트워크 보안, 국방 전술통신 네트워크, 미래 인터넷, 사물인터넷 (IoT)

노 병 희 (Byeong-hee Roh)



1987년 2월 : 한양대학교 전자공학 학사
 1989년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 석사
 1998년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학 박사
 1989년 3월~1994년 2월 : 한국통신 통신망연구소

1998년 2월~2000년 3월 : 삼성전자
 2000년 3월~현재 : 아주대학교 소프트웨어학과/대학원 컴퓨터공학과 교수
 <관심분야> IoT 플랫폼 SW 및 서비스, 모바일 멀티미디어 QoS/QoE, 미래 인터넷 기술, 국방 전술통신 네트워크, 네트워크 보안

김 재 현 (Jae-hyun Kim)



1996년 8월 : 한양대학교 전산
공학 박사
1997년 4월~1998년 6월 : UCLA
전기과 Post-doctoral fellow
1998년 11월~2003년 2월 : Bell
Labs, Lucent Technology,
Holmdel, NJ. USA 연구원

2003년 3월~현재 : 아주대학교 전자공학과 교수
<관심분야> QoE/QoS, 무선 MAC 프로토콜, IEEE
802.11/15, 5G 통신시스템, 국방 전술네트워크,
위성통신시스템, 공중 중계 시스템

이 재 문 (Jaemoon Lee)



2000년 2월 : 한양대학교 공학사
2002년 2월 : 한양대학교 공학
석사
2016년 8월 : 아주대학교 공학
박사
2002년 1월~현재 : 국방과학연
구소 2기술연구본부 선임연
구원

<관심분야> 공중 중계 시스템

김 동 현 (Donghyun Kim)



2009년 2월 : 연세대학교 공학
사
2011년 2월 : 연세대학교 공학
석사
2011년 6월~현재 : 국방과학연
구소 2기술연구본부 연구원

<관심분야> 공중 중계 시스템, 데이터링크