

# 전술정보통신체계에서의 공중전술망 운용 방안과 효과 분석

박 상 준\*, 박 호 현\*, 안 효 춘\*\*, 김 용 철<sup>o</sup>

## Operational Concept and Effectiveness for Aerial Tactical Network in TICN

Sangjun Park\*, Hohyun Park\*, Hyochun Ahn\*\*, Yongchul Kim<sup>o</sup>

### 요 약

최근 드론 관련 기술의 급격한 발전으로 드론을 활용한 다계층 공중 네트워크 구축을 위한 기술 연구가 진행되고 있다. 이에 따라서 군에서도 드론의 활용 방안에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 육군에서는 미래 전장환경의 변화에 대비하기 위해 지상 위주 전술정보통신체계의 다계층 통합통신망 구조로 발전에 대한 요구가 제기되고 있다. 그러나 지상에서 통신 제약사항을 해소하고 제대간의 실시간 지휘통제 및 상황인식을 보장하기 위해서 공중중계용 드론을 이용한 전투무선망의 운용, 성층권 비행선을 이용한 백본간선망의 운용 방안에 대한 연구나 이에 대한 효과 분석 등에 대한 연구는 부족한 상황이다. 본 논문은 지상의 전술정보통신체계의 부체계인 전투무선망과 지상백본간선망의 운용환경을 분석하고 이들의 문제점을 해소하기 위해 소형 드론을 활용한 공중전술기동망과 성층권 비행선을 활용한 공중백본간선망의 운용 방안을 제시하였다. 또한 전술적 시나리오를 적용하여 공중전술기동망과 공중백본간선망의 미운용시와 운용시 각각 패킷 전송성공률의 증가와 전송지연의 감소 효과를 Riverbed Modeler를 이용하여 분석한 결과를 제시한다.

**Key Words** : airborne tactical network, airborne backbone network, drone, stratosphere airship, effectiveness

### ABSTRACT

Due to the rapid development of drone-related technologies, technical research is underway to establish a multi-layer airborne network that utilizes drones. The military is actively discussing how to use drones. Especially, the Army is demanding for the development of a ground-based tactical information communication system into a multi-layer integrated network structure in order to prepare for future changes in the battlefield environment. However, research on operation of combat radio network using airborne drones, operation of backbone network using stratosphere airships, or analysis of the effectiveness of those systems are insufficient to overcome communication constraints on the ground and ensure real-time command-control and situational awareness. This paper analyzes the operational environment of the combat wireless network and ground backbone

\* 본 연구는 국방과학연구소가 지원하는 미래 전술망의 통합네트워킹 구조 및 상호연동 Gateway 기술연구과제의 일환으로 수행되었음(UE181014ED)

\*\* 본 연구는 육군사관학교 화랑대연구소의 연구활동비 지원을 받아 연구되었음

• First Author : Korea Military Academy, Department of Electronic Engineering, sigpsj13438@naver.com, 정희원

<sup>o</sup> Corresponding Author : Korea Military Academy, Department of Electronic Engineering, kyc6454@mnd.go.kr, 종신회원

\* Solvit System, 2hpark@solvitssystem.co.kr

\*\* Korea Military Academy, Department of Electronic Engineering, sun38@mnd.go.kr, 정희원

논문번호 : 201911-263-C-RE, Received October 30, 2019; Revised December 7, 2019; Accepted December 9, 2019

network, which are sub-systems of the tactical information communication network(TICN) on the ground, and introduces how to operate the airborne backbone network using small drones and stratosphere airships to solve their problems. In addition, the results of the analysis using Riverbed Modeler are presented for increasing packet transmission success rate and decreasing transmission delay when not operating an aviation tactical network and when operating an aviation tactical network, respectively.

## I. 서 론

최근 드론 관련 기술의 급격한 발전으로 드론을 활용하여 다계층의 공중 네트워크 구축을 위한 기술 연구가 진행되고 있다<sup>1-3)</sup>. 이에 따라서 군에서는 드론의 활용방안에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 육군에서는 미래 작전환경의 변화에 대비하기 위하여 지상 위주의 전술정보통신체계를 공중 및 위성을 포함한 다계층 통합통신망 구조로 발전시켜야 한다는 요구가 증가하고 있다. 또한 통신기술의 발달로 다영역작전이 이루어지는 작전환경에서 전술통신 네트워크의 중요성을 인식함에 따라 육군의 전술정보통신체계(TICN : Tactical Information Communication Network)의 변화가 필요하다는데 공감대가 형성되고 있다. 즉, 지상 위주의 네트워크에서 벗어나 독립성, 보안성을 기반으로 높은 이동성, 연결성, 전송률, 그리고 넓은 커버리지를 제공하기 위해 다계층 통합통신망 구조로 발전이 요구되고 있는 것이다<sup>4)5)</sup>. 뿐만 아니라 최근에는 이기종 네트워크 구조에 대한 연구도 진행되고 있다<sup>6)</sup>.

이기종의 다계층 통합 네트워크를 운용하기 위해 고려할 수 있는 요소 중에는 드론과 성층권 비행선 등이 있다. 드론은 그 목적에 따라서 다양하게 활용할 수 있으나 전술정보통신체계의 부체계 중 전투무선망 커버리지 확장과 통신 음영지역의 극복을 위해 활용할 수 있으며, 성층권 비행선은 비행체에 전술정보통신체계의 전술백본간선장비를 탑재하여 특정 지역에서 지상전술백본망을 지원하는 노드통신소와 노드통신소, 그리고 대대급 이상의 부대통신소와 부대통신소 간 장거리 무선 간선 전송로 구성을 지원할 수 있다. 뿐만 아니라 지상의 노드통신소에 기능 장애가 발생할 경우 즉각적인 간선 링크 수용과 중계를 지원하여 적시적인 전술백본간선망을 제공함으로써 통신 서비스 영역을 확장하고 통신 과부하를 제어할 수 있다. 이를 통해 작전 수행 간 빠른 템포를 유지함으로써 작전 기세 유지 등 우위를 점할 수 있는 지휘통제통신 수단으로 대두되고 있다.

최근 한국군의 전술정보통신체계는 진화적인 발전

을 위해 미래 다계층 전술통신망 구조 및 공중통신망 발전방향과 관련기술<sup>7-9)</sup>에 대한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 한국 육군의 작전환경을 고려한 공중중계 드론을 활용한 전투무선망 운용개념과 그 효과에 대한 연구 사례는 부족한 실정이다. 또한 노드통신소 기반의 지상백본간선망 단절에 대비하고 작전부대의 이동성을 지원하기 위한 백본간선망용 공중중계장비를 운용하는 방안 등에 대한 연구도 부족한 실정이다. 따라서 미래 다계층 전술통신망 운용의 안정성과 효율성을 확보하기 위하여 한국 육군의 작전환경에 대한 고려를 바탕으로 드론과 성층권 비행선 등을 이용한 공중 전투무선망 및 백본간선망 운용개념과 효과에 대한 연구가 필요한 상황이다.

본 논문에서는 먼저 한국 육군의 전술정보통신체계의 부체계 중 전투무선망과 백본간선망의 운용 환경을 분석하고 미래 작전환경에서 전술 제대간 적시적인 정보유통 보장을 위해 소형드론을 이용한 공중전술기동망과 성층권 비행선을 이용한 공중백본간선망의 운용방안을 살펴본다. 이후 공중전술기동망과 공중백본간선망을 운용하는 특정한 작전상황 하에서 공중망을 운용했을 대와 운용하지 않았을 때의 효과도를 네트워크 성능 측면에서 한반도 지형을 반영한 시뮬레이션 환경을 통해 분석한 결과를 각각 제시한다.

## II. 공중전술망의 운용방안

지상전술망인 전술정보통신체계는 작전간 이동하면서 소용량 정보를 유통시키기 위해 사용하는 전투무선망과 대대급 이상 제대의 지휘소와 지휘소 간 대용량 정보를 안정적으로 유통시키기 위해 고정 시설 및 장비를 운용하기 위한 지상전술백본망으로 크게 구분할 수 있다. 본 장에서는 전투무선망과 지상전술백본망에 소형드론이나 성층권 비행선을 추가적으로 운용함으로써 지상전술망을 공중전술망으로 확장하여 운용하는 방안을 제시한다.

### 2.1 공중전술기동망 운용방안

공중전술기동망은 지상의 전투무선망과 소형드론

을 활용한 공중중계망을 통합한 네트워크를 의미한다. 전술다대역다기능무전기(TMMR: Tactical Multiband Multirole Radio)를 이용하는 지상의 전투무선망의 운용환경은 다음과 같다.

첫째, 지상전을 수행하는 제작전 요소들은 이동 간 또는 백본망에 연결되지 않은 상황에서 근실시간 상호 정보유통을 위하여 전술다대역다기능무전기를 활용하여 무선통신을 한다. 둘째, 전술다대역다기능무전기는 사람이 휴대하여 운용하는 휴대형과 전술차량, 장갑차, 전차 및 자주포 등 다양한 플랫폼에 설치하여 운용하는 장착형으로 구분하여 운용된다. 이외에도 통신보안을 위해 암호장비나 암호 및 음어자재 등을 사용하기도 하지만 본 논문에서 통신보안과 관련한 사항은 다루지 않는다.

앞에서 언급한 두 가지 운용환경 중에서 두번째 환경으로 인해 여러가지 문제점과 제약사항이 발생한다. 휴대형 전술다대역다기능무전기를 사용하는 전투원들은 약 4km/h의 속도로 이동하고 전술차량, 전차 등 지상장비는 수십 km/h의 이동속도를 갖는다. 헬리콥터나 전투기 등 비행체는 100km/h 이상의 이동속도를 갖는다. 전투원부터 비행체에 이르기까지 임무에 따라서 상호 무선통신을 통해 정보를 유통해야 임무를 완수할 수 있으나 이러한 이동속도의 차이는 기동간 통신(OTM: On The Move) 운용에 제약사항을 발생시킨다. 이는 전술다대역다기능무전기의 통달거리와도 연계되어 있는 문제로 그림 1과 같이 휴대형과 차량 장착형 전술다대역다기능무전기의 전송 거리의 비대칭성으로 인해 발생하는 제약사항이다. 또한 그림 2와 같은 야전 환경에서는 무선통신 전파의 신호세기 감쇠와 지형 등 장애물의 영향으로 무선통신의 단절과

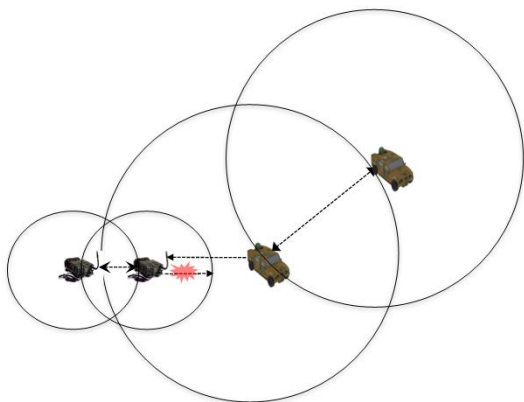


그림 1. TMMR 사용 형태에 따른 전송거리의 비대칭성  
Fig. 1. Asymmetry of transmission coverage according to TMMR usage type

연결이 반복되는 현상이 빈번하게 발생되며 이로 인해 통신 서비스의 품질이 떨어지고 작전 요소 간 원활한 정보유통을 어렵게 하는 요인이 된다.

이러한 지상 전투무선망 운용에 있어서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방안으로 본 논문에서 제시하는 전술다대역다기능무전기를 탑재한 소형드론을 이용한 공중전술기동망 운용방안은 첫째, 작전부대의 소요에 따라서 기동 중에도 지속적으로 통신 서비스를 제공하기 위한 ‘On The Move 통신지원’을 위한 운용방안, 둘째 전투무선장비 간 통달거리의 연장, 난청지역을 극복하기 위한 ‘통신 커버리지 확대’를 위한 운용방안을 제시한다.

먼저, ‘On The Move 통신지원’을 위한 운용방안은 작전부대가 전투무선망을 운용함에 있어 제한사항이 발생할 가능성이 예측되거나 지상전술백본망 사용 제한으로 인하여 상·하급 제대간 정보유통 수단으로 전투무선망을 이용해야 하는 경우에 공중전술기동망을 운용하는 것이다. 그림 3에서 보는 바와 같이 작전부대 중 하나인 2대대 통신소의 지상전술백본망 장비

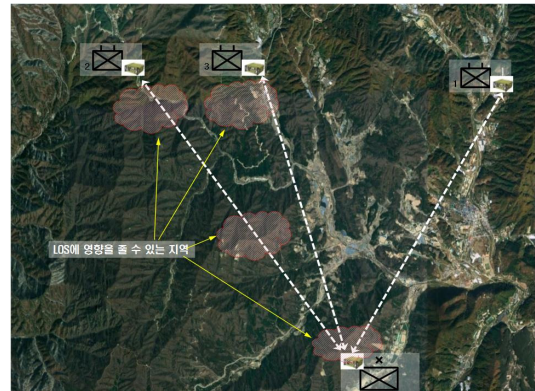


그림 2. 지형적 영향으로 인한 난청지역 발생 가능성  
Fig. 2. Possibility of N-LOS due to Geographical Features

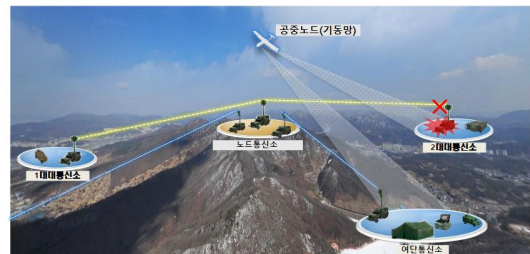


그림 3. On-Demand 통신지원을 위한 공중전술기동망 운용 방안  
Fig. 3. Operation Case for On-Demand Communication Service

가 피해를 입었을 경우 그 상급부대인 여단지휘소와 정보유통을 위해서 공중전술기동망을 활용할 수 있다. 또한, 전차나 장갑차를 운용하는 기계화부대처럼 수십 Km/h의 고속으로 기동하는 부대의 경우 고정 설치하여 운용하는 백본망을 운용할 수 없기 때문에 공중전술기동망을 활용하여 작전부대가 요구하는 통신 백홀과 핸드오버 등의 ‘On-Demand 통신지원’을 제공할 수 있다.

다음으로 ‘통신 커버리지 확대’를 위한 운용방안이다. 지상에서 운용하는 전투무선망은 자연 및 인공 장애물로 인해 통신이 가능한 서비스 영역이 좁아진다. 특히 고층건물들이 밀집되어 있는 대도시는 전쟁시 파괴되지 않은 고층건물들이 인공 장애물로 통신 서비스에 영향을 줄 수 있으며, 한반도의 산악지형은 자연 장애물로 통신 서비스에 영향을 줄 것이다. 이러한 인공 및 자연 장애물은 통신 음영지역을 발생시켜 작전부대 간 정보유통을 제한하게 되는데 소형드론을 활용한 공중전술기동망 운용을 통해 통신 음영지역을 해소할 수 있다. 그림 4는 통신 커버리지 확장의 또 다른 예를 보여주고 있다. 휴대형 전술다대역다기능무전기의 데이터 정보유통 가능거리가 4km이고 지휘소와 작전병력 간의 거리는 6km인 상황이라면 작전병력과 지휘소 간 데이터 정보유통은 불가능한 상황이 된다. 이 때 공중전술기동망을 운용하여 공중중계를 해줌으로써 통신 커버리지가 확장되고 데이터 정보유통이 가능해진다.

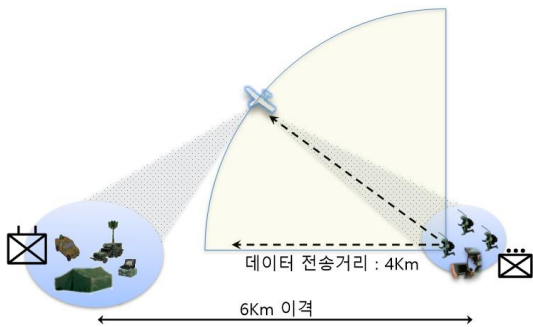


그림 4. 통신 커버리지 확대를 위한 공중전술기동망 운용방안  
Fig. 4. Operation Case for Communication Coverage Expansion

## 2.2 공중백본간선망 운용방안

성층권은 지상으로부터 약 20km 상공에 위치하고 있다. 2000년대 들어 태양광 등 에너지기술이 발달함에 따라서 성층권 무인기를 개발하여 이를 무선인터넷망 구축에 활용하려는 연구들이 진행되고 있다<sup>10)</sup>.

본 절에서는 현재 다양한 연구가 진행되고 있는 성층권 비행선을 이용하여 지상전술백본망을 보다 안정적이고 효율적으로 운용하기 위한 공중백본간선망 운용 방안을 제시하고자 한다.

성층권 비행선은 비행체의 길이가 150 ~ 250m, 무게 약 1톤 정도의 통신 장비 탑재체로 통신 서비스 수요가 많은 지역 상공의 일정 위치에 체공하면서 각종 무선통신 서비스를 제공하고 디지털 무선채널을 이용하여 방송 및 양방향 통신이 가능하게 하는 것을 목적으로 운용될 수 있다. 성층권의 공간은 기상이 비교적 안정적이어서 비행선의 장시간 체공이 용이한 조건을 가지고 있고 위성통신의 광역성, 동보성, 유연성 등의 장점과 위성통신에 비해 상대적으로 짧은 전송거리, 단말의 소형화와 저전력화, 시설 유지보수 용이성 등의 장점을 보유하여 전술통신 서비스 영역을 확장하고 연결성을 보장하는 통신시스템으로 활용이 가능하다<sup>11,12)</sup>.

한편 지상에서 운용되는 전술정보통신체계에서 백본망을 구성하는 무선전송체계장비인 대용량무선전송체계(HCTRS: High Capacity Trunk Radio System)와 소용량무선전송체계(LCTRS: Low Capacity Trunk Radio System)를 이용한 지상의 백본간선망 운용 환경은 다음과 같다.

첫째, 지상전을 수행하는 대대급 이상의 부대통신소들은 무선간선장비를 이용해서 그림 5와 같이 고지대에 운용되는 노드통신소에 무선 장거리 백본간선링크를 연결하여 소규모의 근거리 통신망(LAN) 또는 지선 근거리 통신망(Branch LAN)을 구축한다. 이때, 부대통신소와 이를 지원하는 전술통신망 기반장비는 작전수행 간 기동을 해야 하는 상황이 발생한다. 기동할 때 부대통신소의 백본간선링크는 ATH(At The



그림 5. 전술정보통신체계의 지상 무선백본 간선망 운용개념도  
Fig. 5. Operation Concept of Ground Wireless Backbone Network

Halt) 개념으로 링크의 설치 ~ 개통 ~ 유지 ~ 철수의 절차로 노드통신소에 접속하여 백본간선링크를 운용한다. 둘째, 백본간선링크 주파수는 상대적으로 전파(propagation)의 특성이 우수한 U/VHF 대역을 이용하므로 반치각(Half power beam width)이 작은 지향성 안테나 간 LOS(Line Of Sight: 가시거리) 조건의 개방된 접속 경로를 확보하여야 고용량 고품질의 무선통신 서비스가 가능하고, 백본링크 구성은 점대점(Point to Point), 중계(Repeater), 점대다점(Point to Multipoint)으로 구성되어 운용된다. 이때 노드통신소는 다수의 부대통신소 점대점 링크를 수용하여 점대다점의 링크를 수용하는 무선국(Radio station)의 역할을 수행한다. 부대통신소와 노드통신소간의 링크 경로가 LOS 형성이 되지 않을 때는 중계통신소를 경유하여 중계링크를 추가하여 통신링크를 구성한다.

그러나 신악이 많은 작전지역에서 운용되는 지상 백본간선망은 지형의 차폐 및 음영지역으로 인해 노드통신소가 먼저 전개하여 부대통신소의 접속을 수용할 준비가 선행되어야 한다. 또한 노드통신소와 부대통신소 사이의 무선전송로 LOS의 조건이 충족되지 않으면 즉각적인 링크 접속이 어려워 백본간선망 접속지연시간이 발생한다. 접속지연시간이 발생하는 주요 요인은 부대통신소가 백본간선망 개통의 경로 확보를 위한 통신소 위치 점령 소요시간과 망 개통을 위한 설치 소요시간으로 구분되며 이로 인해서 부대통신소의 즉각적인 통신 요구에 부응해야 하는 상황이나 부대통신소가 기동을 해야 하는 상황에서 즉각적인 임무 전환과 빠른 템포의 작전 수행을 어렵게 만든다.

또한 특정 노드통신소의 기능에 장애가 발생하였을 때는 인접한 노드통신소가 대체하거나 예비 노드통신소가 후속 전개하여 해당 지역 부대통신소의 백본간선망 접속 수요를 수용해야 하나 링크접속 수의 한계나 예비 노드통신소 전개 소요 시간 등으로 인해 현실적으로 즉각적인 대체에는 많은 어려움이 발생한다. 그리고 특별한 상황에서 특정 노드통신소에 과다한 부대통신소가 접속하게 되면 원활한 통신 과부하 처리가 제한되는 상황이 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 성층권 비행선에 무선간선장비를 탑재하여 공중백본간선망 운용이 필요하다.

성층권 비행선을 이용한 공중백본간선망에 적용할 수 있다. 공중백본간선망 운용개념은 먼저 작전부대의 통신지원 수요에 즉각적으로 통신을 지원할 수 있는 개념의 'On-demand 통신지원'과 지형적인 영향으로 발생하는 Non-LOS를 극복하고 특정 지역에서

의 통신 과부하 해소를 위한 '통신 커버리지의 확대 및 전송용량 증대'를 위한 운용방안을 제시한다.

먼저, 'On-demand 통신지원'은 그림 6과 같이 공중에 성층권 비행선을 운용하여 작전부대의 무선 백본간선링크의 접속 수용 수요가 발생하였을 때 필요한 통신지원을 할 수 있는 수단을 제공하는 것이다. 그림 6에서 보듯이 특정 지상 노드통신소인 태화산 노드통신소에 피해가 발생하여 여러 개의 지상백본간선망이 두절되는 상황이 발생했을 때 성층권 비행선을 활용한 공중백본간선망을 즉각적으로 운용하여 다른 노드통신소 간 백본간선망과 작전부대의 부대통신소 백본간선망 접속을 수용함으로써 지상의 통신 요구에 즉각적으로 부응할 수 있게 된다. 이러한 운용개념은 노드통신소의 파괴 뿐만 아니라 기능장애가 발생한 경우에도 동일하게 적용할 수 있다.

다음은 '통신 커버리지의 확대 및 전송용량 증대'를 위한 운용방안이다. 그림 7에서 보는 것 같이 작전부대가 밀집되어 있는 지역에 하나의 지상의 노드통신소만 있다면 이 노드통신소에 통신 과부하가 발생한다. 이러한 경우 성층권 비행선을 이용한 공중백본간선망 운용을 통해 통신 용량을 증대시키는 효과를 달성하는 방안이다. 또한 성층권 비행선을 활용하여 공중백본간선망을 운용하면 작전부대가 전술적인 이동이나 기동을 할 경우에 요구되는 통신 백홀(Backhole)과 핸드오버(Handover)의 서비스를 적시에 제공하여 통신 커버리지도 확대할 수 있다. 이렇게 함으로써 통신 신뢰성 측면에서 작전부대에 지속적인 통신 서비스를 제공하는 측면에서 긍정적인 효과를

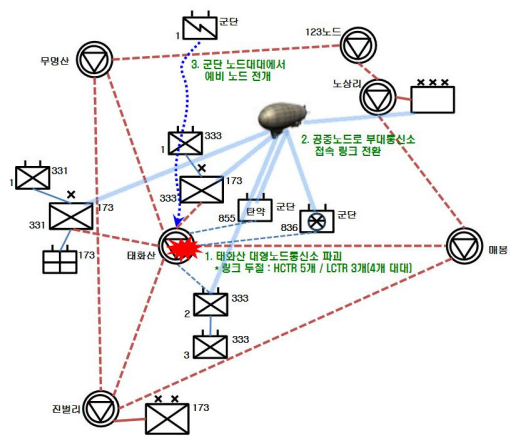


그림 6. On-Demand 통신지원을 위한 성층권 비행선 활용 방안  
Fig. 6. Stratosphere Airship Operation Case for On-Demand Communication Service

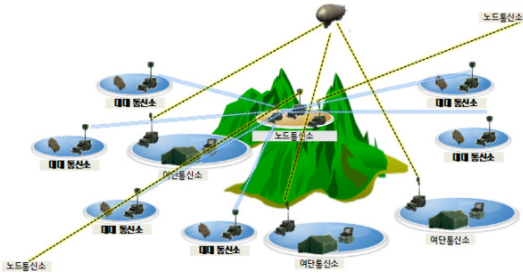


그림 7. 통신 과부하 지역의 성층권 비행선을 활용한 통신 용량 증대 방안  
 Fig. 7. Improvement of Communication Capacity using Airship in Communication Overloaded Area

달성 할 수 있다.

### III. 공중전술망 운용 효과도 분석

공중전술망 운용의 효과도 분석은 공중전술기동망과 공중백반간선망을 각각의 전술적 시나리오 기반하에 한반도의 지형조건을 반영한 Riverbed Modeler를 활용하여 전송성공률과 전송지연 감소효과를 분석하였다.

#### 3.1 공중전술기동망 운용 효과도 분석

공중전술기동망은 방어작전 중인 대대의 대대장과 3명의 중대장이 최초 위치에서 후방 지역으로 철수하면서 전술대대역다기능무전기를 사용하여 음성통신 및 데이터 정보유동을 할 수 있는 상황을 가정하였으며 공중전술기동망 장비는 소형 드론 1대를 운용하는 조건으로 실험을 진행하였다. 실험을 통해서 공중전술기동망을 운용하지 않았을 때와 운용했을 때의 전송성공률, 중단간 전송 지연을 분석하였다. 대대장과 중대장 무전기 사이의 최초 이격거리와 이동속도는 표 1에서 보는 바와 같으며, 이동로와 이동 시작 시간을 다르게 하고 최종적으로 한 지역으로 집결하는 시나리오를 구성하였다. 공중전술기동망 장비의 고도를 100m 단위로 구분하여 각각 1시간 썩의 시뮬레이션을 10회 반복하여 평균값을 산출하였다.

표 1. 공중전술기동망 실험 환경변수  
 Table 1. Simulation Parameters of Aerial Combat Net Radio

구분	대대장과 1,2,3중대장 간 최초 이격거리	대대장과 중대장의 이동속도	공중중계 드론 고도
내용	8, 3, 2km	30km/h	100m ~ 400m

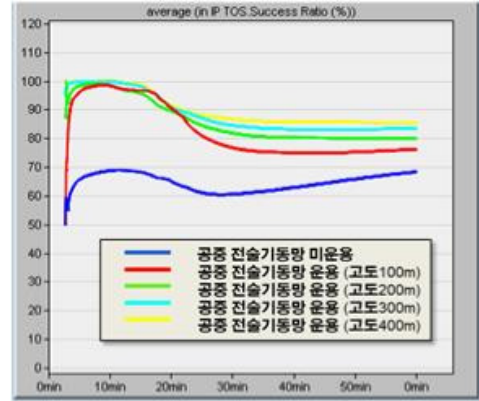


그림 8. 공중전술기동망 고도별 전송성공률 분석 결과  
 Fig. 8. Communication Success Ratio of Aerial Relay using Drone

그림 8에서 시뮬레이션 초기인 0 ~ 20분까지 결과를 보면 공중전술기동망 미운용시 전송성공률은 70% 미만이었으나 공중전술기동망을 운용했을 때에는 운용고도별로 다소 차이는 있으나 90% 이상의 전송성공률을 보이고 있다. 이후 공중전술기동망을 운용함에도 시간이 지나면서 전송성공률이 감소하는 이유는 동일한 지역으로 집결하기 위해 고속으로 이동하는 상태에서 지형적인 영향을 받기 때문인 것으로 분석하였다.

고도별 전송지연 분석결과는 그림 9에서 보여주고 있다. 공중전술기동망 운용고도가 400m인 경우에 전송지연이 가장 낮은 것을 볼 수 있으며, 미운용시에 비하여 최소 12% ~ 최대 24%의 전송지연 감소효과가 있음을 확인할 수 있었다. 이는 공중전술기동망을 운용함으로써 지형적인 영향으로 인해 발생하는 지상

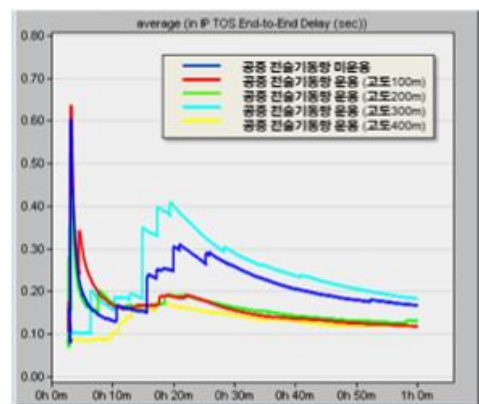


그림 9. 공중전술기동망 고도별 전송지연 분석 결과  
 Fig. 9. Communication Delay of Aerial Relay using Drone

전술기동망의 링크의 단절 발생과 이로 인한 경로 재 탐색 시간이 감소하기 때문인 것으로 확인하였다.

### 3.2 공중백본간선망 운용 효과도 분석

‘공중백본간선망 운용 효과도 분석을 위한 시나리오’는 기계화여단이 이동할 때 여단지휘소와 대대지휘소 간 백본간선망 유지 효과를 확인하였다. 시나리오에서 공중백본간선망의 효과도 분석을 위해서 시나리오에서 설정한 부대의 수, 이동속도 및 거리, 성층권 비행선의 높이 등은 표 2에서 보여주고 있으며, 공중전술기동망과 마찬가지로 1시간 동안의 시뮬레이션을 10회 반복하여 그 평균값을 산출하였다.

그림 10은 공중백본간선망을 운용하지 않을 때와 운용할 때의 전송성공율을 보여주고 있다. 그림 10 하단의 파란색 선이 공중백본간선망을 운용하지 않을 때의 전송성공율이다. 즉 지상노드통신소를 기반으로 하는 지상백본간선망만을 운용할 때 여단지휘소와 대대지휘소 간 데이터의 전송성공율은 25% 미만으로 매우 낮을 뿐만 아니라 중간 중간 링크가 단절되고 있음을 알 수 있다. 이는 고속으로 장거리를 이동하는 지상백본간선망 장비의 링크 유지 효율이 매우 떨어 진다는 것을 나타내는 것이다. 반면에 공중백본간선망을 운용할 때의 전송성공율을 보여주고 있는 그림 10 상단의 빨간색 선은 80% 이상임을 알 수 있다. 이는 지상 20km 상공에 성층권 비행선을 이용한 공중백본간선망을 운용할 경우 이동 중에도 지형과 관계없이 거의 전 지역에서 여단 및 대대 지휘소와 성층권 비행선 간 LOS 확보가 용이하기 때문으로 분석할 수 있다.

그림 11은 공중백본간선망 운용에 따른 전송지연 시간 분석 결과를 보여주고 있다. 파란색으로 표시된 부분이 공중백본간선망을 운용하지 않았을 때의 전송 지연 시간을 나타내고 있는데 1 ~ 4msec의 분포를 나타내고 있으며 평균 1.8msec의 전송지연이 발생하였다. 전송성공율과 마찬가지로 링크 단절에 의하여 전송지연이 분석되지 않는 경우도 다수 발생하였음을 알 수 있다. 반면 빨간색으로 표시된 공중백본간선망

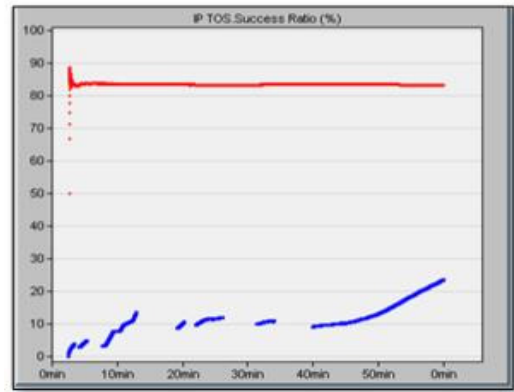


그림 10. 공중백본간선망 전송성공률 분석 결과  
Fig. 10. Communication Success Ratio of Aerial Relay using Airship

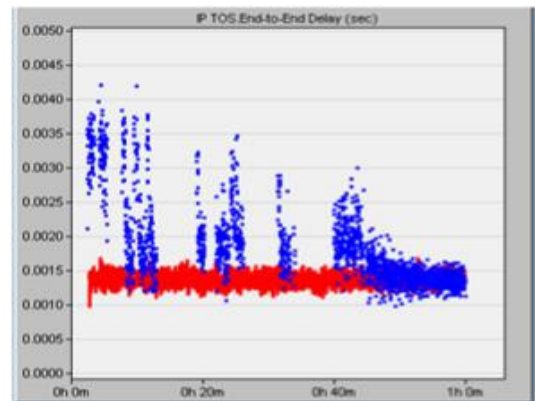


그림 11. 공중백본간선망 전송지연 분석 결과  
Fig. 11. Communication Delay of Aerial Relay using Airship

운용시 전송지연 시간은 1 ~ 1.5msec 사이에 분포되어 있고 단절 구간 또한 발생하지 않음을 볼 수 있다. 이는 공중백본간선망을 운용하지 않을 경우 여러 개의 지상 노드통신소를 경유하여 통신을 유지하는 데 반해 성층권 비행선을 이용한 공중백본간선망을 운용할 경우 ‘대대 ↔ 성층권 비행선 ↔ 여단’의 경로로 1 홉만 경유하는 백본간선망 유지가 가능하기 때문이다.

## IV. 결 론

지상의 전술정보통신체계에서 전술대역다기능무선전기를 이용한 전투무선망과 대용량 및 소용량무선전송체계를 이용한 백본간선망은 한반도의 지형적 특성 및 유사시 노드통신소의 기능 장애 발생 시 제약사항이 발생한다. 그 제약사항은 통달거리의 제한, 음영지

표 2. 공중백본간선망 실험 환경변수  
Table 2. Simulation Parameters of Aerial Backbone Network

구분	이동 부대수	이동 속도	출발시간 간격/거리	비행선 고도
내용	6개	60km/h	2분/45Km	20Km

역의 발생, 전술제대의 적시적인 백본간선링크의 접속 지원을 통한 적시적인 OTM(On The Move) 지원 지원 등 다양하다. 지상 전술정보통신체계에서 발생하는 이러한 제약사항을 해소하기 위해서는 드론을 이용한 공중전술기동망과 성층권 비행선을 이용한 공중백본간선망 운용에 대한 연구가 필요하다. 공중전술망의 운용은 지상에서 발생하는 통신의 제약사항을 보완하고 산악 지형과 노드통신소의 기능 장애에 구애받지 않고 임무에 따라서 불규칙적으로 기동하는 전술제대들이 빠른 템포를 유지하면서 보다 확장된 범위에서 성공적인 작전 수행을 할 수 있도록 지원을 가능하게 한다.

본 논문에서는 미래전에 대비하여 다계층 전술통신망 운용을 준비하기 위하여 공중전술기동망과 공중백본간선망 운용 방안과 한반도의 지형 조건이 반영된 Riverbed Modeler를 활용하여 전술적 시나리오 기반으로 그 효과를 분석하였다. 시뮬레이션을 통하여 공중전술망을 운용했을 때와 운용하지 않았을 때의 전송성공률 및 전송지연 감소 효과를 비교·분석한 결과 공중전술망 운용시에 전송성공률은 향상되고 전송지연은 감소함을 확인하였다. 차후에는 보다 많은 핵심 성능 지표를 적용하여 공중전술망 운용 효과에 대한 심층적인 연구가 더 필요하다.

### References

[1] H. C. Ahn, et al., "A study on the operational concept and effectiveness for aerial relay combat radio network by using small drones," in *Proc. Symp. KICS*, pp. 679-680, Pyeongchang, Korea, Jan. 2019.

[2] J. Li and Y. Han, "A traffic service for delay minimization in multi-layer UAV networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 67, no. 6, pp. 5500-5504, Jun. 2018.

[3] M. A. Khan, I. M. Qureshi, and F. Khanzada, "A hybrid communication scheme for efficient and low-cost deployment of future flying ad-hoc network(FANET)," *Drones*, vol. 3, no. 1, pp. 16-35, Feb. 2019.

[4] N. S. Seo, et al., "A study on the development direction and effectiveness of the airborne network using the UAV," *The Mag. IEIE*, vol. 44, no. 4, pp. 68-78, May 2017.

[5] J.-W. Cho, et al., "Key technologies of

Space/Air-Based mobile tactical network," *KICS Inf. Conf. Commun.*, vol. 33, no. 11, pp. 65-72, Nov. 2016.

[6] B. S. Roh, et al., "Heterogenous network gateway architecture and simulation for tactical MANET," *The J. Korea Soc. Simulation*, vol. 28, no. 2, pp. 97-105, Jun. 2019.

[7] H. C. Ahn, et al., "A study of capability-based assessment model for C2&SA circulation in tactical network," *J. Inf. Technol. and Architecture*, vol. 14, no. 2, pp. 129-137, Jun. 2017.

[8] J. H. Ghil, et al., "Operation scheme of aerial relay networks for improving degree of situation awareness in future tactical networks," *The J. Inf. Technol. and Architecture*, vol. 15, no. 4, pp. 509-520, Dec. 2018.

[9] H. Jee, et al., "Optimal airborne relay point selection scheme fo battlefields using single UAV," *J. KICS*, vol. 43, no. 6, pp. 1028-1036, Jun. 2018.

[10] W. Byun, J. Kim, and C. Hwang, "Development trend of solar powered UAVs for the stratosphere flight," *Current Ind. and Technological Trends in Aerospace*, vol. 13, no. 2, pp. 52-59, Dec. 2015.

[11] Y. W. Seo, et al., "Necessity and acquisition of stratospheric airships for communication relay," *SMI*, 2013.

[12] J. H. Ghil, et al., "Operation scheme of aerial relay networks and the analysis of its effectiveness against failures of terrestrial tactical networks," *J. KICS*, vol. 40, no. 1, pp. 172-180, Jan. 2017.



**박 상 준 (Sangjun Park)**



2000년 2월 : 육군사관학교 독일  
어과 졸업  
2010년 2월 : 한국과학기술원 정  
보통신공학과 석사  
2019년 11월~현재 : 육군사관학  
교 전자공학과 조교수

<관심분야> 센서 네트워크, 증강현실, 전술통신 네  
트워크

[ORCID:0000-0001-8190-9029]

**안 호 춘 (Hyochun Ahn)**



2000년 2월 : 금오공과대학교 전  
자공학과 졸업  
2010년 8월 : 뉴욕주립대학교 전  
기전자공학과 석사  
2015년 8월 : 아주대학교 NCW  
학과 공학박사  
2015년 10월 : 정보통신기술사

2018년 9월~현재 : 육군사관학교 전자공학과 조교수  
<관심분야> 전술통신 네트워크, IoT 네트워크, 이동  
통신

[ORCID:0000-0002-4951-1616]

**박 호 현 (Hohyun Park)**



2005년 8월 : 세종학교 정보통  
신공학과 졸업  
2007년 8월 : 세종대학교 정보  
통신공학과 석사  
2008년8월~2010년1월: FIHTK  
연구원  
2010년 1월~현재 : 솔빛시스템

책임연구원

<관심분야> 전술통신 네트워크, M&S

[ORCID:0000-0002-7163-0224]

**김 용 철 (Yongchul Kim)**



1998년 2월 : 육군사관학교 전  
자공학과 졸업  
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

[ORCID:0000-0003-1393-8711]