

비행체의 특징을 고려한 공중중계 무인기 다중빔 안테나 운용 방안

박상준¹, 이원우^{1*}, 김용철¹, 김준섭¹, 조오현²

¹육군사관학교 전자공학과 교수, ²충북대학교 소프트웨어학과 교수

A Study on the Operation of Multi-Beam Antenna for Airborne Relay UAV considering the Characteristics of Aircraft

Sangjun Park¹, Wonwoo Lee^{1*}, Yongchul Kim¹, Junseob Kim¹, Ohyun Jo²

¹Professor, Department of Electrical Engineering, Korea Military Academy

²Professor, Department of Computer Science, Chungbuk National University

요약 4차 산업혁명 시대의 미래 전장은 초연결, 고속기동화된 무기체계로 다영역작전을 수행할 것이다. 이러한 미래전 양상의 변화에 대비하기 위해 우리군은 다양한 유·무인 무기체계를 개발하고 이들의 기동간 통신 지원이 가능한 다계층 전술네트워크 구성을 위하여 노력하고 있다. 그러나 현재의 전술네트워크는 단일 계층에서 단일빔 안테나를 활용한 1:1 고속링크 또는 무지향성 안테나를 활용한 1:N 저속링크를 운용하고 있어 기동간 통신 지원이 제한된다. 즉 미래전 대비를 위한 다계층 전술네트워크를 효율적으로 구성하기 위해서 다중빔 안테나의 운용이 필요하다. 특히 공중중계의 공중중계 무인기는 비행체 특징에 따라 다중빔 안테나의 운용 방법이 달라진다. 따라서 본 논문에서는 다계층 전술네트워크의 효율적인 운용을 위하여 공중중계에 필요한 다중빔 안테나 운용 시나리오와 고려 요소, 회전익과 고정익 비행체의 특징을 살펴보고 이를 토대로 다중빔 안테나의 공중중계 무인기 설치 위치 및 운용 방안을 회전익과 고정익 비행체로 구분하여 제시한다.

주제어 : 다계층, 전술네트워크, 공중중계, 무인기, 다중빔 안테나, 비행체

Abstract In the era of the Fourth Industrial Revolution, the future battlefield will carry out multi-area operations with hyper-connected, high-speed and mobile systems. In order to prepare for changes in the future, the Korean military intends to develop various weapons systems and form a multi-layer tactical network to support On The Move communication. However, current tactical networks are limited in support of On The Move communications. In other words, the operation of multi-beam antennas is necessary to efficiently construct a multi-layer tactical network in future warfare. Therefore, in this paper, we look at the need for multi-beam antennas through the operational scenario of a multi-layer tactical network. In addition, based on development consideration factors, features of rotary-wing and fixed-wing aircraft, we present the location and operation of airborne relay drone installations of multi-beam antennas.

Key Words : Multi-Layer, Tactical Network, Airborne Relay, UAV, Multi-beam Antenna, Aircraft

1. 서론

4차 산업혁명 기술의 발달과 네트워크중심전, 다영역작전 등 여러 가지 작전 수행 개념의 변화는 미래 전

쟁 양상의 변화를 가져오고 있다[1]. 특히 4차 산업혁명 기술 중 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 및 클라우드, 모바일 등 정보통신기술은 드론, 로봇 등의 제작기술과

*This work was supported by Agency for Defense Development(ADD) under Grant(UD190011ED)

*Corresponding Author : Wonwoo Lee(wlee01@mnd.go.kr)

Received March 15, 2021

Revised April 5, 2021

Accepted April 20, 2021

Published April 28, 2021

더불어 새로운 무기체계에 적용되어 전쟁 양상이 변화하는 중심에 있다고 할 수 있다.

이러한 변화 가운데 우리군은 다양한 4차 산업혁명 기술을 적용하기 위한 무기체계 관련 핵심기술 개발 뿐 아니라 드론, 로봇 등 유·무인 무기체계를 개발하고자 노력을 기울이고 있다[2]. 또한 이렇게 개발되는 미래 무기체계들은 고속으로 이동하며, 필수적으로 실시간 영상전송을 동반한다. 이러한 이유로 네트워크중심작전 환경 구현을 위해 기동간(OTM, On The Move) 통신이 가능한 다계층 전술네트워크에서 고속 데이터통신을 지원하기 위한 연구 또한 진행하고 있다. 그러나 현재의 전술네트워크는 단일 계층에서 지향성 단일빔 안테나를 활용하여 1:1 고속링크를 운용하거나, 무지향성 안테나를 활용하여 1:N의 저속링크를 운용하고 있어 기동간 통신 지원이 제한된다. 즉 다양한 영역에서 작전을 수행하며 고속으로 기동하는 가운데 대용량 정보를 전송하는 미래 무기체계들의 기동간 통신을 지원하기 위해서는 모든 계층에서 통신링크를 효과적으로 지원할 수 있는 다중빔 안테나의 운용이 필요하다. 이에 지상-공중-우주 계층을 통합하는 다계층 전술네트워크 구축 및 공중중계 기술에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다[3-5].

다계층 전술네트워크는 기계화부대, 보병부대 등 다양한 유형의 부대가 지상-공중, 공중-공중, 지상-우주, 공중-우주 등 여러 계층을 통합하여 운용하는 네트워크이다. 지상부대가 기동할 때 통신링크를 유지하기 위해서는 지상부대와 지상, 공중, 우주 등 각 계층에 위치한 중계노드의 안테나 모두 지향하는 방향을 바꾸어야 한다. 안테나의 지향 방향을 바꾸지 않는 경우 지상부대는 접속하는 중계노드를 변경하여 새로운 통신링크를 구성해야 한다. 공중에서 운용하는 감시정찰용 군집드론 또는 무인공격헬기 또한 이동할 때 위치와 진행 방향이 지속적으로 바뀌게 되므로 통신링크를 유지하기 위해서는 안테나의 지향 방향을 지속적으로 변경해야 한다. 중계노드의 경우 동시에 여러 대의 다른 중계노드 또는 부대 및 무기체계와 통신링크를 구성해야 한다. 특히 공중 중계노드의 경우 비행체의 크기, 비행속도 등에 의해 안테나 설치에 제한을 받는다. 따라서 다중빔 안테나 운용을 통해 네트워크 운용의 효율을 높여야 한다. 또한 지상-공중, 저고도 공중-고고도 공중 계층 등 다른 계층과의 통신링크 유지를 위해서는 안테나

를 비행체 어느 부위에 설치할 것인지에 대해 고려가 필요하다.

그러나 통신장비를 탑재하는 공중중계용 무인기 자체의 개발 고려 요소에 대한 분석이나 안테나 탑재 방안 등에 대한 연구는 부족한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 미래의 기계화여단, 보병여단 및 군단의 작전 운용 시나리오와 회전익 및 고정익 비행체의 특성 분석을 통해 지상-공중-우주를 연결하는 다계층 전술네트워크 중에서 공중중계 무인기용 다중빔 안테나 운용 방안을 제시한다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기존의 연구를 분석하고, 3장에서 다계층 전술네트워크가 운용되는 다양한 시나리오를 제시한다. 4장에서는 회전익 및 고정익 비행체의 특성에 대해 비교하고, 5장에서 비행체의 특성을 고려할 때 다중빔 안테나의 설치 위치와 운용 방안을 제시한 후 6장에서 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

2. 관련 연구

2장에서는 공중 네트워크 및 안테나에 대한 기존의 연구결과를 살펴본다.

국내 연구에서는 공중중계망 운용방안과 기술 동향 분석, 위상배열 안테나 및 데이터링크 안테나 시스템에 대한 연구 등이 진행되고 있다. 먼저 신뢰성 있는 UAV 통제 및 상황인식을 위한 미래 UAV 중계 전술데이터링크 설계 연구에서는 UAV를 신뢰성 있게 통제하고 상황 인식하기 위한 요구사항을 분석하고 이를 위한 네트워크 구조와 지상에 있는 다수의 가입자를 지원하기 위한 다중접속 채널 기법을 제시하였다[5]. 미래전술네트워크에서 상황인식을 개선하기 위한 공중중계망 운용 방안에서는 지상 전술망 구조의 제약사항을 분석하고 지상망 두절시 공중중계망을 운용하는 방안에서 상황인식을 분석하였다[6]. 초연결 미래전에 대비한 위상배열 안테나 기술 연구에서는 미래전장에서 초연결 네트워크에서 운용하기 위한 위상 배열 안테나의 빔 조향 원리 및 설계 기법에 대한 이론적인 연구 결과를 제시하였다[7]. 무인기용 탑재 데이터링크 안테나 시스템 연구에서는 해외의 무인기 탑재 안테나 기술현황을 분석하고 설계 검토사항을 제시하였다[8]. 그러나 이 연구에서 제시한 해외 무인기는 RQ-4 글로벌 호크 및 MQ-1 프레데터 등 고정익 비행체이며 1축 및 2축 안

테나와 비행체 내장형 안테나 등의 기술을 분석, 연구하였다. ITU 모델을 이용한 공중데이터링크 기반의 공중중계 시스템의 커버리지 예측 연구에서는 ITU(국제전기통신연합, International Telecommunication Union)에서 제시한 경로손실 예측 모델을 활용하여 공대지 및 공대공 채널의 경로손실을 고도별로 구분하여 예측하고 이에 따른 공중중계 시스템의 통신 커버리지를 분석한 결과를 제시하였다[9]. 또한 공중 네트워크에서 활용하기 위한 채널 접속 알고리즘으로 기계학습을 이용한 Learning Backoff 기반 무선 채널 접속 방법이 제시되기도 하였다.[10]

국의 연구로는 공중 네트워크 평가를 위한 도전요소를 분석하고 다양한 공중 네트워크 운용 시나리오를 통해 성능을 평가할 수 있는 에뮬레이션을 개발, 제안한 연구가 있으며[11], 미국의 공중 네트워크인 JALN(Joint Aerial Layer Network)과 BACN(Battle-Field Airborne Communication Node) 등에서 공중 네트워크에서 필요한 핵심 원리 등이 제시되고 있다[12, 13]. 또한 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 활용한 Ad-Hoc 네트워크를 구성하여 통신을 보다 효율적으로 하기 위한 개념으로 블루투스의 저전력 기술과 Wi-Fi의 전송 거리를 복합적으로 활용하는 하이브리드형 FANET(Flying Ad-Hoc Network) scheme이 제시되기도 하였다[14]. 다중빔과 단일빔 안테나를 활용한 다계층 공중 네트워크에서의 체계적인 매체접근제어에 관한 연구에서는 다계층 공중네트워크의 구조를 제시하고 다중빔 안테나를 사용하는 비행체와 단일빔 안테나를 사용하는 비행체 간의 통신링크 구성을 위한 매체접근제어 방법을 제안하였다[15]. 마지막으로 다중빔 지향성 안테나를 활용한 공중 네트워크를 위한 강화된 OLSR(Optimized Link State Routing) 라우팅 연구에서는 안테나에서 방사되는 빔을 탐지하여 지향성을 강화하고 네트워크의 성능을 향상시키기 위한 라우팅 기법을 제안하였다[16].

이렇듯 기존 연구들은 주로 공중 네트워크의 구조, 운용방안을 제시하거나 통신 커버리지 분석, 채널의 다중접속 및 라우팅 기술 등에 대한 연구를 하였으며, 회전익과 고정익 비행체의 특징 분석을 통한 공중중계 무인기의 다중빔 안테나 운용 방안을 제시하는 연구는 미흡하다.

3. 다계층 전술네트워크 운용 시나리오

다계층 전술네트워크는 지상-공중-우주를 유기적으로 연결하는 것이며, 이중 공중 네트워크는 저고도, 중고도, 고고도 노드 등 다양한 고도에서 공중중계가 이루어질 수 있다[4]. 3장에서는 미래전에서 무인무기체계를 지원하기 위한 다계층 통합 전술네트워크 운용 시나리오를 제시한다.

3.1 기계화여단 다계층 전술네트워크 운용 시나리오

미래의 기계화여단의 작전에 따른 다계층 전술네트워크 운용 시나리오는 Fig. 1과 같다. 유·무인 공격헬기 중대가 적 후방지역에 위치한 자주포대대 및 전차대대를 타격하기 위해 수십 ~ 수백 km를 이동하고, 지상의 보병대대는 1개 중대가 공중기동차량으로 신속하게 이동하여 특정 지역을 선점한 후 하차하여 적과 교전한다. 보병대대는 경우에 따라서 전술차량으로 이동하여 적과 교전하기도 한다. 이렇듯 미래의 기계화여단이 다양한 방식과 속도로 이동하여 작전을 수행할 때 다중빔 안테나를 사용하여 지상-공중-위성 계층에 있는 모든 노드에 통신링크를 구성한다. 즉, 지상-지상, 지상-공중, 저고도 공중-중고도 공중-고고도 공중 간 다계층 전술네트워크를 운용함으로써 기동간 통신을 지원한다. 특히 유·무인 공격헬기 중대처럼 공중에서 고속으로 이동하는 부대를 지원하기 위해서 중고도의 공중중계 노드 간 핸드오버를 통해 끊김 없는 통신링크를 제공한다.

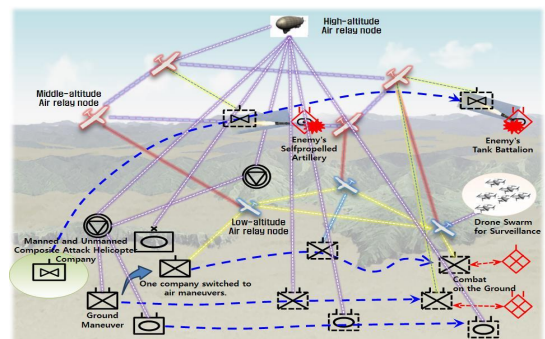


Fig. 1. Multi-Layer Tactical Network Operation Scenario of Mechanized Brigade

3.2 보병여단 다계층 전술네트워크 운용 시나리오

미래의 보병여단은 다양한 드론 및 로봇이 활용되는 초연결 네트워크 환경하에서 작전을 수행하기 위해 전

력화를 추진하고 있다[17]. 이러한 드론봇 전투체계를 활용하는 보병여단의 작전 간 다계층 전술네트워크를 운용하는 시나리오를 Fig. 2에서 보여주고 있다. Fig. 2에서 보병여단의 지휘소와 저고도 공중노드는 지상-공중 간 네트워크를 운용하고, 공중기동부대는 저고도 공중노드와 공중-공중 간 네트워크를 운용한다. 특히 공중기동부대의 기동간 통신을 지원하기 위해서 공중노드와 공중기동부대 사이의 신호세기에 따른 자동 핸드오버 기능을 통해 보다 안정적인 네트워크 운용이 필요하다. 저고도 공중노드는 적 지역을 감시하는 감시정찰 군집드론과의 통신링크를 통해서 수집된 정보를 지휘소로 전달하고 보병여단 지휘소에서 전송하는 지휘통제 명령을 감시정찰 군집드론에 중계해 주는 역할도 수행한다. 이러한 시나리오 외에도 보병여단의 다계층 전술네트워크는 중·고고도 공중노드 및 위성노드 또한 활용한다.

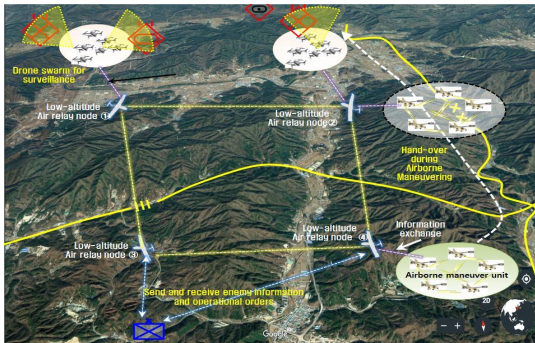


Fig. 2. Multi-Layer Tactical Network Operation Scenario of Infantry Brigade

3.3 군단 다계층 전술네트워크 운용 시나리오

군단은 여러 개의 기계화여단, 보병여단 및 사단 등으로 구성되어 작전을 수행한다. 따라서 여단급 제대의 작전범위보다 수 배 이상의 작전범위를 갖는다. 또한 다양한 유형의 부대를 활용하여 작전을 수행한다. 본 논문에서는 군단 예하의 다양한 부대 유형 중에서도 무인정찰기와 무인공격헬기를 활용한 공격작전을 지원하는 다계층 전술네트워크 운용 시나리오를 Fig. 3에서 제시한다. Fig. 3의 중앙 상단은 군단 무인정찰기가 적 중심지역에서 적 기계화부대를 식별하고, 이동 정보 등을 수집하여 공중노드를 통해 군단 지휘소와 무인공격헬기에 동시에 전송하는 모습을 보여주고 있다. 적과

관련된 정보를 수신한 군단 지휘소에서는 공격작전 명령을 수립하여 무인공격헬기중대에 전송한다. 군단의 좌측지역에서 대기하던 무인공격헬기중대는 공격작전 명령을 수령한 후 군단의 우측지역으로 기동하여 공격 목표가 있는 적 지역까지 이동한다. 이 때 공중중계 노드는 핸드오버 기능을 통해 무인공격헬기중대가 지휘소와 끊김 없는 통신을 지원한다. 공격작전 지역에 도착한 후 적에게 1차 타격을 가한 무인공격헬기는 그 결과를 군단 지휘소로 전송하고 필요한 경우 추가적인 공격작전을 수행한다. 이 시나리오는 지상-공중, 공중-공중 간 네트워크 운용을 보여주고 있으며, 보병여단 시나리오와 마찬가지로 무인공격헬기중대가 기동하면서 접속하는 공중노드를 변경하는 핸드오버 기능을 운용해야 함을 제시하고 있다. 공중중계 노드가 적의 공격에 의해 파괴되는 등 기능을 상실한 경우 무인공격헬기중대는 위성노드로 통신링크를 전환하여 운용한다.



Fig. 3. Multi-Layer Tactical Network Operation Scenario of Corps

4. 회전익과 고정익 비행체의 특징 비교

비행체는 날개의 형태에 따라서 회전익과 고정익, 그리고 회전익과 고정익을 같이 사용하는 혼합형 비행체로 구분한다. 본 논문에서는 다중빔 안테나의 특성 비교가 제한되는 혼합형 비행체는 제외하고 회전익 비행체와 고정익 비행체의 특성을 다중빔 안테나 운용과 관련하여 비교하여 제시한다.

4.1 안테나 설치 측면에서의 특징 비교

다계층 전술네트워크에서 운용하는 공중중계 노드에 사용하는 비행체는 회전익과 고정익 비행체 모두 고려해야 한다. Table 1에서는 다중빔 안테나의 설치 측면

에서 회전익 비행체(Rotorcraft)와 고정익 비행체(Fixed wing aircraft)의 장·단점을 비교하여 보여 주고 있다.

Table 1. Comparison of Advantages and Disadvantages of Rotorcraft and Fixed wing aircraft

	Rotorcraft	Fixed Wing Aircraft
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> ·Constant flight behavior ·Hoverable ·Various Tasks ·Relatively constant beam phase adjustment time interval 	<ul style="list-style-type: none"> ·High speed flight for a long time ·Suitable for reconnaissance and strike missions ·Maintain relatively easy survivability ·Various antenna installation locations
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> ·Slow flight speed ·Short operating distance ·Maintain difficult survivability ·Limited antenna installation locations 	<ul style="list-style-type: none"> ·Significant flight behavior ·Limited Tasks ·Short beam phase adjustment time interval

Table 1에서 보는 것처럼 회전익 비행체는 비행 거동이 일정하고, 제자리 비행이 가능하며 다양한 임무수행에 활용이 가능하다[18]. 이러한 이유로 안테나 빔의 위상조절에 소요되는 시간간격도 비교적 일정하게 유지할 수 있는 장점을 갖는다. 반면에 고정익 비행체에 비해 비행속도가 느리고 운용거리가 짧으며, 프로펠러의 영향으로 안테나의 설치 위치가 제한되는 단점이 있다. 고정익 비행체는 장시간 고속 비행이 가능하고 생존성 유지가 비교적 쉬우며, 안테나 설치 위치를 다양하게 선정할 수 있는 장점이 있다. 그러나 비행 거동이 상당히 크며 다양한 임무를 동시에 수행하는 것은 제한되는 단점이 있다. 또한 빠른 비행속도로 인해서 다른 노드와 통신링크를 유지하기 위해서는 안테나 빔의 위상조절 시간간격이 짧아지게 되어 안테나 설계의 복잡성을 증가시키는 요인으로 작용한다. 이렇게 회전익과 고정익 비행체의 특성은 안테나 설치 측면에서 서로 대비되고 있어 공중중계 노드를 개발할 때 중요한 고려요소이다.

4.2 안테나 운용 측면에서의 특징 비교

다중빔 안테나를 운용하는 측면에서 회전익과 고정익 비행체의 특징을 살펴보면 통신링크의 유지, 다중빔 안테나의 설계 복잡도, 비행체 특성에 의한 주파수 간섭, 운용고도에 따른 안테나의 안정성 등에 대한 상호 비교가 필요하다.

먼저 통신링크 유지 측면에서 회전익과 고정익 비행체의 상호 비교는 제한된다. 안테나를 설치하는 위치에 따라서 단일 계층 네트워크로 운용하는지 또는 다계층 네트워크로 운용하는지 결정되기 때문이다. 다만 공중에서 운용하는 시간을 고려하면 보다 장시간 운용이 가능한 고정익 비행체가 유리하다.

다중빔 안테나의 설계 복잡도는 Table 1에서 제시한 바와 같이 안테나 빔의 위상을 조절하는 시간간격에 따라서 달라지며, 동일 계층 네트워크만을 지원할 것인지 또는 다계층 네트워크를 지원할 것인지에 의해서도 안테나의 설계 복잡도가 달라진다. 그럼에도 불구하고 제자리 비행을 통해서 동일한 방향을 지속적으로 유지할 수 있는 회전익 비행체의 경우가 안테나 설계 복잡도는 낮아진다.

비행체 특성에 따른 주파수 간섭에 대한 고려가 필요하다. 특히 회전익 비행체의 경우 안테나를 설치할 수 있는 위치는 로터의 상부, 비행체의 하부 및 측면 중 일부이다. 회전익 비행체가 비행 중일 때 로터가 고속으로 회전한다. 따라서 로터의 회전에 의한 주파수 간섭 발생 여부에 대한 시뮬레이션 및 시험평가 후에 다중빔 안테나의 설치 위치를 판단해야 한다. 반면에 고정익 비행체는 로터가 없으므로 이로 인한 주파수 간섭은 고려요소가 아니다.

운용고도에 따른 안테나 운용의 안정성 또한 고려요소이다. 대표적인 회전익 비행체인 공격헬기 아파치(AH-64A/D)의 경우 운용고도가 약 6km이며[19], 고정익 비행체인 감시정찰무인기 RQ-4 글로벌호크는 운용고도가 약 20km이다[20]. 대륙권의 기온은 고도 1,000ft가 상승할 때 1.98℃ 하락하고 성층권에 해당하는 11km ~ 20km 구간에서는 영하 56℃ 정도가 유지된다[19]. 따라서 다중빔 안테나를 운용하는 비행체의 운용고도에 따라 안테나의 성능 유지 및 안정성에 대한 추가적인 고려가 필요하다.

4.3 비행체의 운용 환경 비교

회전익과 고정익 비행체에 통신장비 및 안테나를 탑재하기 위해서는 비행체 자체의 운용 환경에 대한 고려 또한 필요하다. 먼저 Table 2에서 회전익 비행체(Rotorcraft) 중 대표적인 미국의 공격헬기 AH-64와 국산 수리온 헬기의 비행속도, 운용고도, 탑재 가능 중량 등의 운용 환경을 비교하여 보여주고 있다[19,22].

Table 2. Operating Environment of Rotorcraft

	AH-64	Surion
Max. Speed	293km/h	290km/h
Cruise Speed	265km/h	283km/h
Service Ceiling	6,100m	4,595m
Empty Weight	5,165kg	5,136kg
Gross Weight	8,006kg	8,709kg

Table 2에서 보는 것 같이 AH-64의 순항속도는 265km/h, 수리온은 283km/h 이다. 탑재중량은 AH-64와 수리온 모두 승무원, 무장 등을 포함하여 약 3,000kg 정도임을 알 수 있다. 이는 공중노드를 무인으로 운용하는 것으로 가정한다면 통신장비 및 안테나를 충분히 탑재할 수 있는 환경이다.

고정의 비행체(Fixed wing aircraft)의 운용환경은 Table 3에서 보는 바와 같이 대표적인 감시정찰용 무인기인 이스라엘 IAI사의 헤론과 노스롭 그루먼사의 글로벌 호크를 비교하여 제시한다[20,23].

Table 3. Operating Environment of Fixed Wing Aircraft

	Heron	Global Hawk
Max. Speed	207km/h	629km/h
Endurance	52hours	32hours+
Service Ceiling	10,000m	18,000m
Capacity	250kg	1,360kg

헤론의 경우 최고속도가 Table 2에서 제시한 회전익 비행체보다 느리지만 글로벌 호크는 2배 이상의 최고속도를 가짐을 알 수 있으며, 탑재중량은 헤론이 250kg, 글로벌 호크가 1,360kg임을 보여주고 있다. 헤론과 글로벌 호크 모두 통신장비 및 안테나를 탑재할 수 있는 환경을 갖추고 있음을 알 수 있다.

5. 공중노드 다중빔 안테나 운용 방안

지금까지 다계층 전술네트워크를 구성하는 요소 중 하나인 공중네트워크 운용을 위한 시나리오와 통신장비 및 안테나를 탑재할 비행체의 특성을 살펴보았다. 5장에서는 이러한 운용 시나리오와 회전익 및 고정의 비행체의 특징들을 통해서 도출한 공중노드의 다중빔 안테나의 운용 방안을 제시한다. 현재 운용하고 있는 전술정보통신체계(TICN, Tactical Information Communication Network)의 부체계인 소용량 전송장비(LCTR, Low

Capacity Trunk Radio)의 기지국장비에서 다링크 송수신장치, 무선처리장치, 브라켓, 안테나 및 케이블 등 주요 부품들의 무게는 약 50kg이다. 따라서 회전익 및 고정의 비행체 모두 충분한 탑재중량을 가지고 있으므로 통신장비 탑재에는 제한이 없는 것으로 가정한다.

5.1 회전익 비행체의 다중빔 안테나 운용 방안

다계층 전술네트워크를 지원하기 위해서 회전익 비행체를 운용하는 경우 안테나의 설치 위치에 대한 고려가 가장 우선되어야 한다. 회전익 로터에 의한 주파수 간섭이 발생할 수 있을 뿐 아니라 로터의 운용으로 안테나 설치에 상당한 제한을 받기 때문이다. 이러한 점을 고려하여 Fig. 4에서 수리온에 다중빔 안테나를 설치하는 방안을 제시한다. 로터 상단에 설치하는 다중빔 안테나는 동일 및 상위 고도에서 운용되는 통신링크에 접속하고, 기체 하부에 설치하는 안테나는 지상 통신링크에 접속하는 방안이다. Fig. 5에서는 이렇게 설치한 다중빔 안테나를 이용하여 다계층 전술네트워크를 운용하는 방안을 제시하고 있다. Fig. 5에서 보는 것처럼 회전익 비행체는 제자리 비행이 가능하기 때문에 생존성을 위해서 Rolling, Pitching을 통해 일정 범위 내에서 움직이면서도 지원하고자 하는 플랫폼이 있는 방향으로 자세를 유지할 수 있다. 따라서 다중빔 안테나의 최대 빔폭은 180도 이내에서 설계가 가능하다.

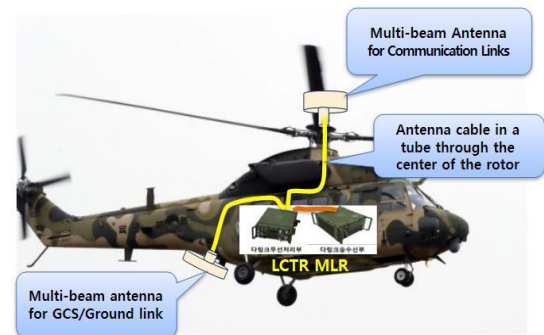


Fig. 4. Installation of a multi-beam antenna on a Surion

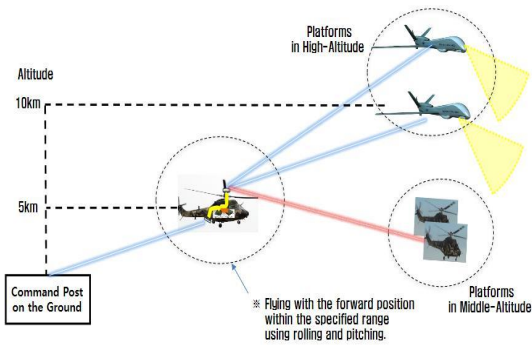


Fig. 5. Operation of multi-layer networks using a Rotorcraft

5.2 고정의 비행체의 다중빔 안테나 운용 방안

다계층 전술네트워크에서 고정의 비행체를 이용하는 경우 다중빔 안테나를 설치할 수 있는 부분은 비행체의 상단, 하단 및 날개 부분이다. 이 중에서 비행체의 상단 및 하단에 다중빔 안테나를 설치하는 경우 기계적으로 빔의 진행 방향에 영향을 주게 된다. 즉, 비행체 상단에 안테나를 설치하는 경우 지상 방향의 통신링크 접속이 제한되고 비행체 하단에 설치하는 경우 상위 고도의 공중 및 우주 방향의 통신링크 접속이 제한되는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 고정의 비행체 중 감시정찰 무인기의 날개 부분에 다중빔 안테나를 설치하여 운용하는 방안을 Fig. 6과 Fig. 7에서 제시한다.

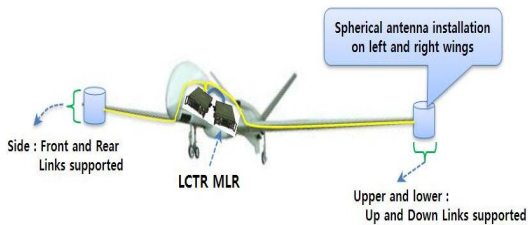


Fig. 6. Installation of a multi-beam antenna on UAV

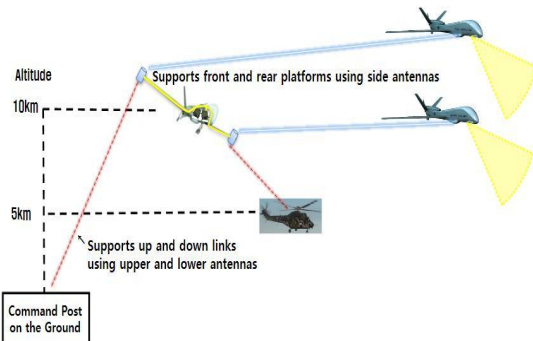
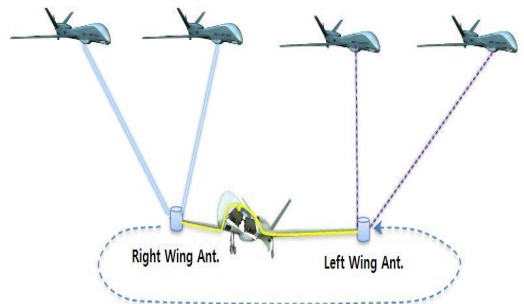


Fig. 7. Operation of multi-layer networks using a UAV

고정의 비행체인 UAV에 다중빔 안테나는 Fig. 6에서처럼 양 날개의 끝단에 설치하면 모든 계층에서 운용되는 통신링크에 접속할 수 있다. 그러나 본 논문에서는 다중빔 안테나의 측면 부위에는 동일 계층의 통신링크를 접속하고, 상단 부위는 상위 계층, 하단 부위는 지상 계층의 통신링크에 접속하는 방안을 제시한다. Fig. 7에서 이러한 다중빔 안테나의 전술적 운용 방안을 보여주고 있다. 고정의 비행체 날개의 끝 부분에 원통형의 안테나를 장착한다. 측면 부위는 동일 계층의 네트워크를 지원하고, 안테나의 상·하부는 상위 또는 하위 계층에 있는 네트워크 링크를 지원하는 방식이다. 여기서 추가로 고려할 사항은 고정의 비행체는 제자리 비행이 불가능하므로 지속적으로 회랑 내에서 비행을 유지해야 한다는 것이다. 이 때 좌·우측 날개의 안테나에 각각 링크를 연결하고 있던 다른 플랫폼들의 통신 링크 단절을 방지하기 위해서 Fig. 8과 같이 좌·우측 날개에 장착된 안테나 간 핸드오버 기능을 적용함으로써 모든 상황에서 단절 없는 통신링크의 유지가 가능해진다.



Perform handover between right-wing and left-wing antennas in accordance with corridor flight

Fig. 8. Handover of multi-layer networks using a UAV

6. 결론

미래 전장에서 사용될 무기체계는 지상, 해상, 공중, 우주 및 사이버 공간 등 다양한 영역에서 운용되며, 초연결 네트워크 내에서 고속, 대용량 정보를 유통하게 될 것이다. 그러나 현재의 전술네트워크는 단일 계층의 1:1 또는 1:N 통신링크를 지원하지만 기동간 고속, 대용량 통신 지원이 제한된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 지상-공중-우주 영역을 유기적으로 연결할 수 있는 다계층 전술네트워크의 구성이 필수적이다. 본 논문에서는 다중빔 안테나 운용이 필요한 미래 기계화

여단, 보병여단 및 군단의 다계층 전술네트워크 운용 시나리오를 제시하고, 다중빔 안테나를 설치하게 되는 회전익과 고정익 비행체의 특징을 비교하여 살펴보았다. 이후 회전익 비행체와 고정익 비행체에 다중빔 안테나를 설치하는 방안과 이를 이용한 다계층 전술네트워크 운용 방안에 대하여 각각 제시하였다. 실질적인 다계층 전술네트워크 구축을 위해서는 본 논문에서 제시한 다중빔 안테나의 구체적인 설계 기술, 그리고 회전익 비행체의 로터 회전에 따른 주파수 간섭 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 또한 본 논문에서 제시한 방안을 시작으로 미래 다계층 전술네트워크 구축을 위한 다중빔 안테나의 설치 및 운용과 관련한 다양한 의견이 제기되어 한국군의 지휘통제 및 통신체계가 한층 발전하는 계기가 되기를 기대한다.

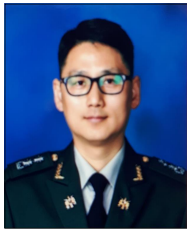
REFERENCES

- [1] C. Lee, M. Jung & S. Park. (2020). Future Warfare for Hyper Connected Era. *The Journal of th Convergence on Culture Technology*, 6(3), 99-103. DOI : 10.17703/JCCT.2020.6.3.99
- [2] S. H. Kim, S. W. Chey & S. P. Hong. (2019). Development Direction of Defense Weapon System for the 4th Industrial Revolution. *Journal of The Korean Society of Industry Convergence*, 22(2), 71-79. DOI : 10.21289/KSIC.2019.22.2.71
- [3] S. Park, H. H. Park, H. Ahn & Y. Kim. (2020). Operational Concept and Effectiveness for Aerial Tactical Network in TICN, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 45(2), 458-466. DOI : 10.7840/kics.2020.45.2.458
- [4] 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.
- [5] H. Baek & J. Lim. (2018). Design of Future UAV-Relay Tactical Data Link for Reliable UAV Control and Situational Awareness, *IEEE Communications Magazine*, 56(10), 144-150. DOI : 10.1109/MCOM.2018.1700259
- [6] J. Chil, G. Lee, S. Lee & B. Roh. (2018). Operation Scheme of Aerial Relay Networks for Improving Degree of Situation Awareness in Future Tactical Networks, *Journal of Information Technology and Architecture*, 15(4), 509-520.
- [7] Y. H. Cho. (2019). Phased Array Antenna Technology for Hyper-connected Future Warfare, *Korea Institute of Information Technology Magazine*, 17(1), 11-20.
- [8] S. C. Yeo, B. W. Kang, K. H. Bae & C. B. Yoon (2020). Study on Data-Link Antenna System for UAV, *Journal of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, 15(1), 9-14. DOI : 10.13067/JKIECS.2020.15.1.9
- [9] J. S. Park et al. (2020). Coverage Prediction for Aerial Relay systems based on the Common Data Link using ITU Models, *Journal of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, 15(1), 21-30. DOI : 10.13067/JKIECS.2020.15.1.21
- [10] J. H. Byun et al. (2021). Learning-Backoff based Wireless Channel Access for Tactical Airborne Networks, *Journal of Convergence for Information Technology*, 11(1), 12-19. DOI : 10.22156/CS4SMB.2021.11.01.012
- [11] K. Kwak et al. (2014). Airborne Network Evaluation: Challenges and High Fidelity Emuation Solution, *IEEE Communications Magazine*, 52(10), 30-36. DOI : 10.1109/MCOM.2014.6917398
- [12] Joint Chiefs of Staff. (2015). *Joint Concept for Command and Control of the Joint Aerial layer Network*. Washington D. C.
- [13] Wikipedia. (15. Feb. 2021). *Battlefield Airborne Communications Node*. https://en.wikipedia.org/wiki/Battlefield_Airborn_e_Communications_Node#BACN_as_a_concept
- [14] M. A. Khan, I. M. Qureshi & F. Khanzada, (2019). A Hybrid Communication Scheme for Efficient and Low-Cost Deployment of Future Ad-Hoc Network(FANET), *drones*, 1-20. DOI : 10.3390/drones3010016
- [15] X. Li, F. Hu, J. Qi & S. Kumar (2019). Systematic Medium Access Control in Hierarchical Airborne Networks With Multibeam and Single-beam Antennas, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 55(2), 706-717. DOI : 10.1109/TAES.2018.2864468
- [16] L. Zhang, L. Hu, et al. (2020). Enhanced OLSR routing for airborne networks with multi-beam directional antennas, *Ad Hoc Networks*, 102, 1-13. DOI : 10.1016/j.adhoc.2020.102116
- [17] B. J. Ahn & S. Y. Jo. (2019). A Study on the Development of Army TIGER System 4.0 Environmental Command and Control

Communication System in Korea Army, *Defense and Technology*, (479), 76-83.

- [18] H. Han, (2020). Analysis of the Status of Basic Industries in Military Drone, *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 6(4), 493-498.
DOI : 10.17703/JCCT.2020.6.4.493
- [19] Wikipedia. (5. Mar. 2021). *Boeing AH-64 Apache*. https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_AH-64_Apache
- [20] Wikipedia. (20. Dec. 2020). *Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk*. https://en.wikipedia.org/wiki/Northrop_Grumman_RQ-4_Global_Hawk
- [21] Wikipedia. (2. Jan. 2021). *Lapse rate*. https://en.wikipedia.org/wiki/Lapse_rate
- [22] Wikipedia. (9. Mar. 2021). *KAI KUH-1 Surion*. https://en.wikipedia.org/wiki/KAI_KUH-1_Surion
- [23] Wikipedia. (18. Feb. 2021). *IAI Heron*. https://en.wikipedia.org/wiki/IAI_Heron

박 상 준(Sangjun Park) [정회원]



- 2000년 2월 : 육군사관학교 독일어 과(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, 전송통신 네트워크, 증강현실
- E-Mail : sigpsj13438@naver.com

이 원 우(Wonwoo Lee) [정회원]



- 1989년 2월 : 육군사관학교 전자공학(학사)
- 1993년 2월 : 서강대학교 전자공학(석사)
- 2001년 8월 : Sytacuse University 전자공학(박사)
- 1993년 9월 ~ 현재 : 육군사관학교 전자공학교수
- 관심분야 : 전자기파 해석, 마이크로웨이브 회로설계, 안테나 및 레이더
- E-Mail : wlee01@mnd.go.kr

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, 전송통신 네트워크
- E-Mail : kyc6454@mnd.go.kr

김 준 섭(Junseob Kim) [정회원]



- 2016년 2월 : 육군사관학교 전자공학(학사)
- 2020년 7월 : Texas A&M University 전자 및 컴퓨터공학과(석사)
- 2020년 8월 ~ 현재 : 육군사관학교 전자공학과 강사
- 관심분야 : 안테나 및 레이더, 전송통신 네트워크
- E-Mail : junseobkim@mnd.go.kr

조 오 현(Ohyun Jo) [정회원]



- 2005년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학(학사)
- 2007년 8월 : 한국과학기술원 전기및전자공학(석사)
- 2011년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학(박사)
- 2011년 4월 ~ 2016년 2월 : 삼성전자 DMC 연구소
- 2016년 3월 ~ 2017년 7월 : 한국전자통신연구원
- 2017년 8월 ~ 2018년 2월 : 육군사관학교 조교수
- 2018년 3월 ~ 2020년 9월 : 충북대학교 조교수
- 2020년 10월 ~ 현재 : 충북대학교 부교수
- 관심분야 : IoT 융합, 정보통신 및 네트워크, 기계학습
- E-Mail : ohyunjo@chungbuk.ac.kr