

우주/공중 기반 기동통신망 핵심기술

조준우*, 오지훈*, 김동현, 이재문, 김재현*
아주대학교*, 국방과학연구소

요약

네트워크 중심전의 승패는 전장 정보의 신속한 수집과 정보 전송 능력에 달려 있으며, 이를 위해 무인기를 포함한 기동통신망의 중요성이 대두되고 있다. 본 고에서는 우주/공중 기반 기동통신망의 운용 동향에 대해 살펴보고, 우주/공중 기반 기동통신망 구조 설계와 함께 기동통신망에 적용 가능한 통신 기술에 대해 살펴본다.

I. 서론

미래전의 양상이 과거 플랫폼 중심전(PCW: Platform Centric Warfare)에서 벗어나 모든 전투 요소가 복합 네트워크로 연결되어, 실시간 정보를 공유할 수 있는 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)으로 변화하고 있다. 전투 양상의 변화로 실시간 전장 정보 확보가 중요해짐에 따라, 주요 군 핵심노드(지역노드, 부대노드)와 기동 노드 간 통신 확보를 위한 연구들이 진행 되고 있다[1].

군에서는 전술통신망의 기동성을 확보하기 위해, 대용량 정보 전송이 가능한 TICN(Tactical Information Communication Network)을 개발 및 구축하고 있다. TICN은 미래형 군 전술 종합 정보 통신체계로, 망 관리/교환체계, 대용량 및 소용량 무선전송체계, 전술이동통신체계, 전투 무선체계 등을 포함하고 있다[2]. 하지만 TICN은 가시 통신(LoS: Line of Sight)으로 데이터를 교환하기 때문, 산악지형이 많은 곳에서는 통신 가시선 확보가 어렵고, 고지가 제한적이기 때문에 지상용 중계 장비를 설치할 수 있는 장소가 매우 제한적이다. 이를 극복하기 위해 무궁화 5호 위성을 기반으로 한 ANASIS (Army, Navy, Airforce Satellite Information System) 체계를 운용 하고 있으나, 데이터 전송 속도가 낮아 미래전이 요구하는 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 없으며, 고장 등으로 인한 체계 손실 가능성이 존재한다.

TICN과 군 위성통신체계의 단점을 극복하고 기동통신체계의 완성도 및 효과를 극대화하기 위해, 군에서는 항공 또는 공중 통신체계 구축을 계획하고 있으며, 공중 중계용으로 무인기(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)를 활용하는 방안을 고려하고 있다. 무인기는 인명 손실 위험이 적으며, 조작 또한 간편하기 때문에 실시간 전장 데이터 확보에 용이하다. 또한, 비 가시선(BLoS: Beyond Line of Sight) 통신이 가능해 산악지형과 같은 지리적 한계를 극복할 수 있어 위성 중계나 TICN 자체 통신에 비해 비용 대 효과 측면에서 효과적이다[3]. 미군에서는 유인-무인 전술 네트워크의 팀워크 작전 운영(MUSIC: Manned-Unmanned Systems Integration Capability)을 수립하여 무인기를 공중 중계용으로 활용하고 있다[4].

그러나 군은 무인기를 감시, 정찰 용도로만 활용하고 있으며, 기동통신망으로는 활용하고 있지 못하고 있다. 군이 무인기를 포함한 기동 통신망을 운용하기 위해서는 고속 이동 환경을 극복할 수 있어야 하고, 통신 단말의 이동성을 보장해야 하며, 전장 정보의 실시간 및 대용량 정보 전송이 가능해야 한다. 따라서 무인기를 포함한 기동통신망 운용 동향을 통해 기동 통신 체계를 수립해야 하며, 기동통신망에서 요구하는 QoS를 보장할 수 있는 통신 기술들에 대한 연구도 수행되어야 한다.

본 고에서는 우주/공중 기반 기동통신망의 운용 현황과 무인기의 특성을 살펴보고, 차기 군 기동통신망 체계를 위해 우주/공중 기동통신망 구조 및 기동통신망에 적용 가능한 통신 기술들에 대해 살펴본다.

II. 우주/공중 기반 기동통신망 운용 동향

우주/공중 노드를 포함한 기동통신망은 한국, 미국, 프랑스 등 세계 각국에서 개발 및 운용 중에 있으며, 대부분 위성망에 공중망을 추가하는 방식으로 개발되고 있다. 일례로 미 육군에서는 WIN-T (Warfighter Information Network-Tactical) Increment 3을 통해 2028년까지 공중망을 포함한 네트워크 규모 증가를 계획하고 있다[5].

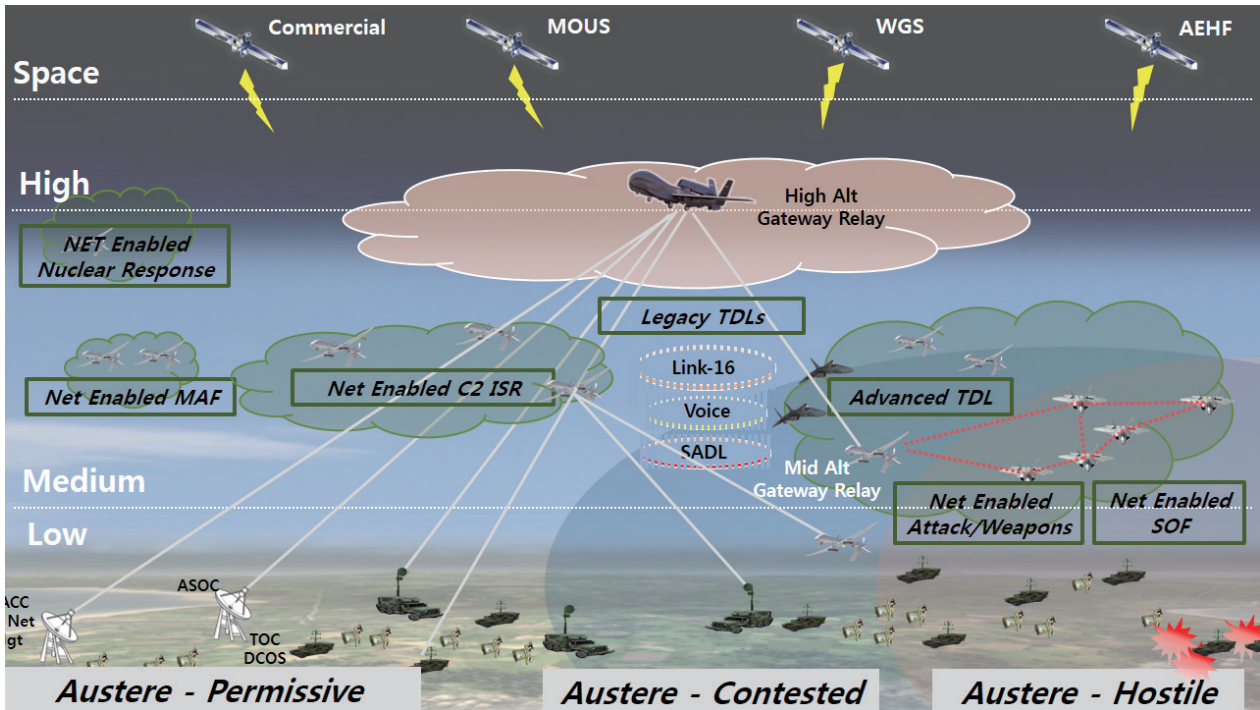


그림 1. JALN의 운용개념도

다음은 우주/공중 기반 기동통신망 운용 동향 및 주요 특징에 대해 조사한 것이다.

1. 기동 통신망 개발 및 운용 동향

(1) JALN(Joint Aerial Layer Network)

JALN은 미국 DoD(Department of Defence)에서 제안한 것으로, 작전 지역(JOA: Joint Operations Area) 중 통신 환경이 다소 좋지 않은 지역의 통신 지원을 위한 전술 네트워크의 확장을 의미한다. JALN은 OTM(On the Move)과 OTH(Over The Horizon) 등 단말의 이동성을 지원하며, BLoS 통신이 가능하다. <그림 1>은 JALN의 운용 개념도이다.

JALN ICD(Initial Capabilities Document)에서는 차세대 JALN의 타 통신 체계와의 호환을 고려하기 위해 각 통신 체계 간의 차이점을 4가지로 정의하고 있다.

- Network Capacity
- Network Connectivity
- Information Sharing
- Network Management

또한, 차세대 JALN이 제공해야 하는 3가지 핵심 기능을 제시하고 있다[6].

- HCB(High Capacity Backbone) : 대용량 정보 전송 기능 및 지상이나 위성을 통해 GIG(Global Information Grid)와 접속할 수 있는 능력 포함 된 기능

- DARE(Distribution/Access/Range Extension) : 각 계층(지상, 해상, 공중, 우주)의 맞춤형 접속 제공 기능 및 다양한 전술 통신망과의 호환성이 고려된 기능
- Transition : HCB와 DARE 기능 간의 정보와 웨이브폼의 변환 및 호환성이 가능한 기능

(2) BACN(Battle-Field Airborne Communication Node)
미 공군의 AFC2ISRC(Air Force Command and Control Integration Center)와 ESC(Electronic Systems Center)는 단일 전투지역 내에서 전투기 간의 음성 및 데이터 상호 교환을 위한 게이트웨이 시스템으로 BACN을 개발하였다.

BACN은 공중 통신 중계 시스템 및 게이트웨이 시스템을 의미한다. IP기반으로 설계되었으며, LoS나 BLoS환경에서 다양한 중계 방식을 통해 서로 다른 데이터 링크 시스템 간 실시간 정보 교환이 가능하다.

다음은 BACN의 4가지 핵심 원리이다[7].

- Radio agnostic : 통신 프로토콜의 다양성 지원
- Platform agnostic : 항공기의 다양성 지원
- Un-tethered : 전투 지역 내 이동성 지원
- Knowledge-based intelligence : 송수신, 라우팅 트래픽 특성 감지 능력

(3) RITA(Réseau Intégrée Transmissions Automatiques or Automated Integrated Co-mmunications Network)

프랑스의 전술 정보 통신망 체계인 RITA는 ATM 패킷 교환 기반으로 전술부대를 지원하는 백본 통신망이다. 현재 운용중인 RITA 2000은 패킷 교환 기반으로 여단-군단 이하의 전술 부대를 지원하는 통신망으로 백본 전송 속도는 8Mbps 이며, 부분적으로 34Mbps 전송 속도를 가지도록 발전시켰다. Post RITA 2000은 ALL-IP 개념을 적용하고 있으며 무선 LAN 시스템을 이용하여 이동하는 부대들 간 그룹 통신이 가능하도록 하였으며, 기동 간 간단없는 통신을 보장하기 위해 통신 위성 및 공중 중계 무인기를 활용하는 방안도 고려하고 있다[8].

2. 군용 무인기 개발 및 운용 동향

현재 개발 및 운용 중인 군용 무인기를 국가별로 구분하여 자세히 살펴본다.

(1) 국내 무인기 개발 및 운용 현황

국내 무인기 개발은 1970년대 ‘솔개 사업’을 통해 처음 진행되었다. 이후 한국 항공 우주산업 (KAI)에서는 단거리 군단급 무인항공기인 송골매를 개발하였으며, 대한항공에서는 차세대 전술 무인항공기인 KUS-9과 KUS-15를 개발 중에 있다[9].

송골매(RQ-101)는 이스라엘의 Searcher-II 를 모델로 개발된 한국산 최초의 무인정찰기이다. 1990년에 개발에 착수하였으며, 2004년에는 각 군단급 규모의 부대에 실전 배치되었다. 고도 4.5 km에서 운용하고 있으며, 탑재 장비로는 적외선 카메라(IR: Infrared) 및 합성개구레이더(SAR: Synthetic Aperture radar)가 있다[10].

KUS-9은 대한항공에서 개발 중인 사단/군단급 무인항공기로 4km 상공에서 임무를 수행하는 무인기이다. 발사대 운용 및 그물망 회수를 통해 야지 운용성을 향상 시켰으며, 첨단 비행 제어 기술을 적용하였다[11].

이 외에도 국내에서는 이스라엘의 Searcher-II 를 운용하고 있으며, 중고도 장기체공 무인기(MALE: Medium-Altitude, Long-Endurance)와 고고도 장기체공 무인기(HALE: High-Altitude, Long-Endurance) 도입(또는 개발) 계획을 추진 중에 있다.

〈표 1〉은 송골매와 KUS-9의 제원을 정리한 것이다.

표 1. 국내 무인기 제원(송골매, KUS-9)

기종		송골매	KUS-9
운영성능	고도(km)	4.5	4
	체공시간(h)	6	8
	작전반경(km)	200 (중계기)	80
비행체	최대중량(kg)	215	150
	폭/길이(m)	4.6/6.4	4.2/3.4
임무장비		IR, SAR	

(2) 국외 무인기 개발 및 운용 현황

무인기 개발의 선두주자인 미국은 조종사의 인명 손실을 줄이고 경제적으로 다양한 임무를 수행하기 위해, 무인 항공기 시스템 개발을 시작하였으며, 걸프전, 보스니아 내전, 코소보 전투 등에 무인기를 활용하여 정밀 타격 및 정찰 업무 등 다양한 군사작전을 수행하였다. 미국의 대표적인 무인기로는 Predator와 Global Hawk가 있다[12].

Predator는 중고도 장기체공 무인기로, 감시 정찰을 목적으로 개발되었다. 위성 데이터링크와 통제체계를 사용하여, 실시간으로 정찰 임무를 확인할 수 있다. 운용 고도는 모델에 따라 상이하나, 현재는 고도 14km에서 운용이 가능하다. 탑재 장비로는 전자광학 및 적외선 감지기(EO/IR: Electro-Optical /Infrared)와 합성 개구레이더가 있으며, 무기탑재가 가능하다[13].

Global Hawk는 고도 20km에서 운용하는 고고도 장기체공 무인기로, 정찰 목적으로 개발되었다. 하루에 한 번 작전 지역 상공에 체공하면서 지상의 모든 상황을 탑재 장비를 이용하여 정보를 수집하는 무인기이다. 탑재 장비는 Predator와 마찬가지로 전자광학 및 적외선 감지기와 합성개구레이더가 있다[14].

〈표 2〉는 Predator와 Global Hawk의 제원을 정리한 것이다.

이스라엘은 1970년대부터 무인기 개발 연구를 진행하였으며, 1970~1980년대 중동 전쟁에서 무인기를 활용하였다. 이스라엘은 무인기 운영개념을 4개의 그룹으로 분리하여 군사적인 임무를 복합적으로 수행하도록 하고 있다. 1그룹인 전술 무인기 그룹은 실시간 정찰정보 수집, 감시, 표적 획득, 전장 피해상황 평가, 육군 연대/여단 부대, 해병대 및 해군함대를 지원하는 임무를 수행하며, 2그룹인 전술운영 무인기 그룹은 1그룹의 기본 임무 외에도 전술 및 사단, 군단 작전수준의 전투에서 포병 탄착점 조정 및 전장피해 상황을 평가하는 임무를 수행한다. 3/4 그룹인 중·고고도급 무인기 그룹은 적 중심 침투, 장기체공, 광범위한 지역의 실시간 정보획득, 합참의장, 국가정보 기관을 지원하는 정보 지원 임무를 수행한다.

표 2. 미국 무인기 제원(Predator, Global Hawk)

기종		Predator	Global-Hawk
운영성능	고도(km)	13.7	20
	체공시간(h)	40	38
	작전반경(km)	740	5,556
비행체	최대중량(kg)	1,022	11,612
	폭/길이(m)	14.8/8.2	34.5/13.5
임무장비		EO/IR 및 SAR	

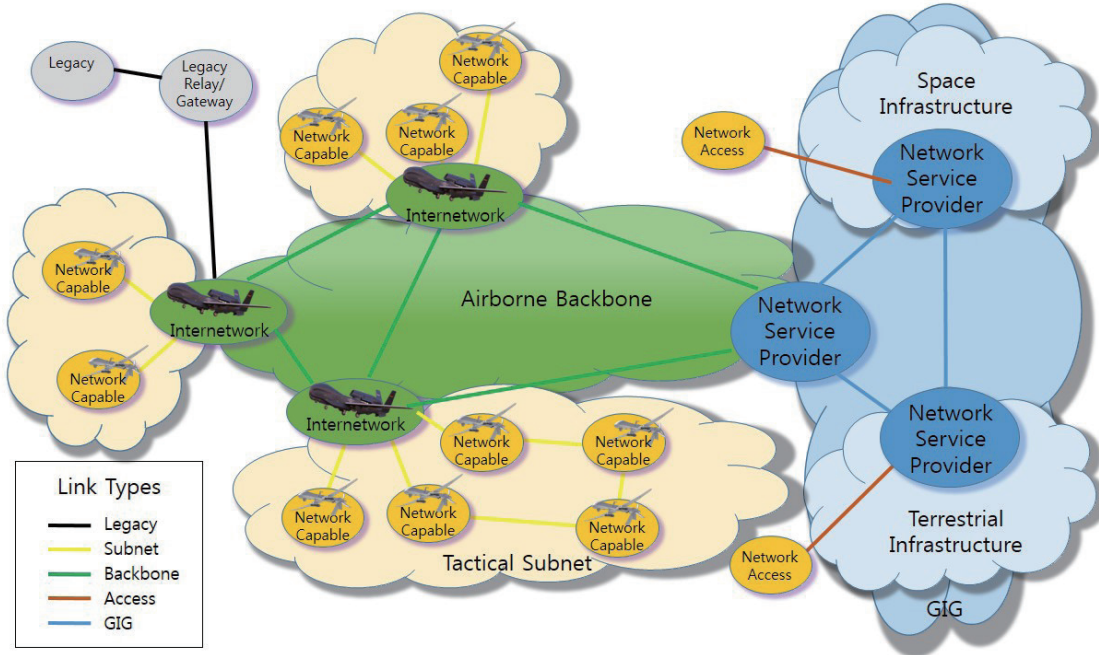


그림 2. 미군의 우주/공중 기동통신망 구조

표 3. 이스라엘 무인기 제원(Hunter, Heron)

기종		Hunter	Heron
운영 성능	고도(km)	4.5	7 ~ 13.3
	체공시간(h)	12	24 ~ 30
	작전반경(km)	200	300
비행체	최대중량(kg)	727	1650
	폭/길이(m)	8.9/6.9	26/13.1

이스라엘의 대표적인 무인기로는 Hunter와 Heron이 있으며, <표 3>은 Hunter와 Heron의 제원을 정리한 것이다[12].

III. 우주/공중 기반 기동통신망 구조 설계

우주/공중 기반 기동통신망 구조는 하나 이상의 공중 플랫폼을 통해 다양한 통신 서비스 제공이 가능해야 한다. 미 공군에서는 우주/공중 기반 기동통신망 구조 설계를 위해 공중망 구조 설계 가이드라인을 제시하였다. 이 가이드라인은 미군 통합형 통신 네트워크인 GIG와의 연동을 위한 노드 타입, 링크 타입, 공중 기동통신망 설계 표준 등의 내용을 포함하고 있다. 가이드라인에서 제시된 노드 타입에는 Legacy, Relay/Gateway, Network Access, Internetwork, Network Service Provider가 있으며, 링크 타입에는 Backbone, Subnet, Network Access, Legacy가 있다.

<그림 2>는 다양한 망 구성 요소와 다양한 링크를 포함하는 공중 기동통신망 구조를 나타낸 것이다.

우주/공중 기반 기동통신망 구조는 작전 임무와 플랫폼의 종류 그리고 전송량에 따라 변화할 수 있으며, 이에 따른 변화를 수용할 수 있어야 한다. 가이드라인에서는 공중 기동통신망 구조를 Space, Air, Ground Tether 구조, Flat Ad-Hoc 구조, Tiered Ad-hoc 구조, Persistent Backbone으로 구분하였다. 다음은 각 구조에 대한 설명을 나타낸 것이다.

1. Space, Air, Ground Tether 구조

테더링 항공기는 다른 항공기와 지상 노드와의 LoS 통신뿐만 아니라 위성을 통한 BLoS 통신이 가능하다. 테더링을 위해서는 미리 지정된 테더링 지점이 필요하다. <그림 3>은 Space, Air, Ground Tether 구조에 대한 설명을 나타낸 그림이다.

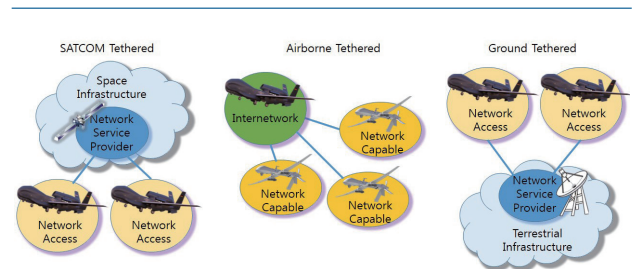


그림 3. Space, Air, Ground Tether 구조

2. Flat Ad-hoc 구조

Flat Ad-hoc 구조는 공중 기동통신망 노드의 필요에 따라 생성되고 소멸되는 비영구적인 망 구조이다. 이러한 구조는 임무 수행 공중 노드 수가 상대적으로 적을 때, 전송량이 비교적 낮을 때 효과적이다. <그림 4>는 Flat Ad-hoc 구조에 대한 그림이다.

3. Tiered Ad-hoc

Flat Ad-hoc 구조와는 달리 계층적인 구조를 가지고 있다. Flat Ad-hoc 구조에 비해 이동성이 상대적으로 낮고, 임무 수행 공중 노드 수가 많을 때, 전송량이 많을 때 효과적이다.

<그림 5>는 Tiered Ad-hoc 구조에 대한 그림이다.

4. Persistent Backbone

이 구조는 높은 우선순위를 가진 데이터를 전송하거나, 지연에 민감한 센서 데이터 및 명령 데이터를 지원할 때 사용한다. 백본 노드는 상대적으로 안정된 궤도를 비행하는 고가의 플랫폼이며, 백본망은 백본 노드뿐만 아니라 전술 서버넷들과 상호 연결이 되어 있다[15]. <그림 6>은 Persistent Backbone 구조에 대한 그림이다.

IV. 기동통신망 무선 통신 기술 개발 동향

본 장에서는 우주/공중 기반 기동통신망에 적용 가능한 무선 통신 기술들을 계층(layer)별로 구분하여 살펴본다.

1. 물리 계층(Physical layer)

물리 계층은 어떤 하나의 네트워크에서 기본 네트워크 하드웨어 전송 기술을 포함하는 계층으로, 안테나 기술과 변조방식, 다중 접속 기술에 관한 내용이 포함된다. 무인기에 적용 가능한 물리 계층 기술 연구 동향은 다음과 같다.

(1) 안테나

무인기 간 통신을 위한 안테나로 지향성 안테나를 활용한 연구가 있다. 지향성 안테나는 비 지향성 안테나에 비해 통신 거리가 길고, 통신 지연에도 강한 모습을 보이기 때문에 Ad-hoc 네트워크에서 활용 중인 안테나 기술이다[16].

또 다른 무인기 안테나는 적응 배열 안테나가 있다. 안테나의 개수만큼 심벌을 병렬로 전송할 수 있기 때문에 전력과 주파수 대역을 증가시키지 않으면서 최대 송신 안테나의 개수만큼 전송률을 최대로 증대시켜 사용하는 방식이다. 에너지를 특정 사

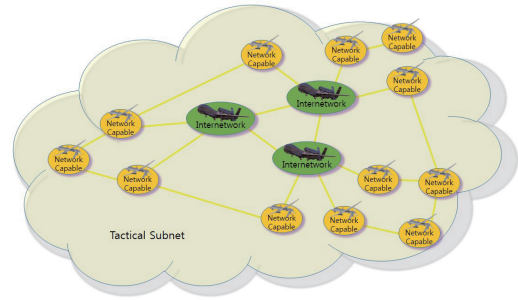


그림 4. Flat Ad-hoc 구조

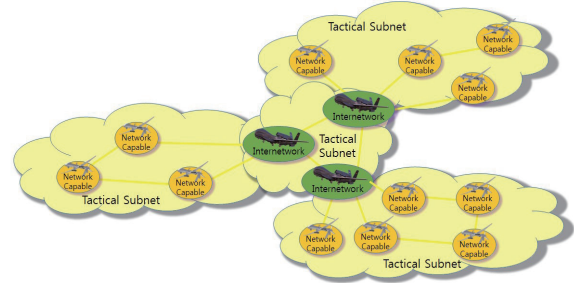


그림 5. Tiered Ad-hoc 구조

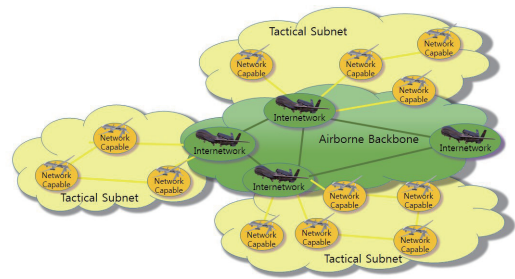


그림 6. Persistent Backbone 구조

용자에게만 향하도록 형성하면 송신 신호 전력이 집중되므로 안테나 배열 이득을 얻을 수 있어 수신 신호 대 잡음 비가 향상된다. 또한, 빔포밍을 통해 의도치 않은 간섭을 방지하여 항재밍 능력이 향상된다[17].

(2) mmWave

무인기의 높은 전송률을 위해서는 넓은 대역폭이 필요하며, 이를 위해 30GHz 이상의 높은 주파수 대역을 채택하여 수백 MHz 이상의 광대역 폭을 이용해 고속의 데이터 전송을 가능하게 한다. 또한, 직진성이 강한 고주파 특성상 공중과 지상 간의 통신에서는 저주파보다 유리하게 된다[18].

(3) 레이저 통신

레이저 통신은 레이저 광선에 각종 정보를 실어 전송하는 통

신으로 3 THz~3,000 THz 이내의 적외선 대역을 이용하며 강한 직진성 때문에 LoS 조건이 요구된다. 레이저 통신을 위한 장비는 운용 주파수 부족 문제를 해결할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 강한 직진성으로 인해 통신 보안에 우수하다[19].

(4) NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access)

기존의 OFDMA 방식이 갖고 있던 단말 간의 주파수 축에서의 직교성을 깨고, 같은 주파수상에 두 대 이상의 단말을 동시에 할당하는 다중 접속 방식이다. 기지국은 서로 채널 품질의 차가 큰 복수 개의 단말에 대하여 해당 데이터 심볼들을 중첩(superposition)하여 전송한다. 이때, 셀 중심 지역의 단말에는 작은 전력을, 셀 경계 지역의 단말에는 높은 전력을 할당할 수 있다. 셀 중심 단말은 순차적 간섭제거(SIC : successive interference cancellation) 방식에 따라 신호의 세기가 큰 셀 경계 단말의 간섭 신호를 먼저 복호하여 제거한 후 자신의 신호를 성공적으로 복호할 수 있고, 셀 경계 단말은 셀 중심 단말의 간섭 신호가 상대적으로 약하게 도달하므로 이를 간섭으로 간주한 채 자신의 신호를 복호할 수 있다[20][21].

2. 데이터 링크 계층(Data-link layer)

데이터 링크 계층은 물리 계층을 통해 주변 장치들 간 데이터를 전송하는 계층이다. 주요 기능으로는 주소 할당과 오류 감지가 있다. 무인기에 적용 가능한 데이터 링크 계층 기술 연구 동향은 다음과 같다.

(1) 전이중 통신방식(Full-Duplex)

전이중 통신방식은 동일한 주파수 대역에서 하나의 단말이 동시에 송수신이 가능한 방식을 의미한다. 기존에는 자가간섭을 제거할 수 없었기 때문에 반이중 통신방식을 사용하였지만, 최근에는 물리계층에서 자가간섭 제거기술의 발전으로 인해 실제로 전이중 통신의 구현이 가능해졌으며, 상위 계층인 데이터 링크 계층에서 전이중 통신방식을 사용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 여러 가지 전이중 MAC프로토콜이 제안되었는데, 크게 2가지로 나눌 수 있다. 우선 Centralized 방식은 네트워크에 있는 AP가 다른 단말로부터 데이터 크기나 간섭에 관한 정보를 수집한 후 최적의 성능이 나오는 형태로 스케줄링 하는 방식이다. Decentralized 방식은 Centralized 방식과는 달리 AP가 스케줄링하는 방식이 아니라 CSMA/CA 방식을 바탕으로 각 단말이 경쟁을 통해 채널을 사용하는 방식이다[22].

(2) CB-HARQ(Correlated Bit-error Hybrid ARQ)

CB-HARQ는 분석기의 출력 부분에서의 비트 오류들 사이의 연관성을 활용하고, 특정 확률로 전체 오류를 수정할 수 있는 패리티 비트의 최소 개수를 추정하여 패리티 비트들의 재전송을 요청하는 기술이다. 기존의 HARQ 방법보다 180% 정도의

성능 향상이 이루어졌으며, 군 통신에 사용되는 패킷 데이터 전송의 신뢰성을 높일 수 있다.

3. 네트워크 계층(Network layer)

네트워크 계층은 라우팅을 포함하여 패킷 포워딩을 담당하는 계층이다. 네트워크 계층에 대한 연구로는 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 대표적이며, 이를 무인기 간 Ad-hoc네트워크(FANET: Flying Ad-hoc Network)라 부른다.

공중 중계 라우팅 프로토콜에 대한 연구는 기존 MANET(Mobile Ad-hoc Network) 환경에서의 라우팅 프로토콜들을 공중 중계 라우팅에 단순 적용 및 수정·응용하는 방식으로 진행되고 있다. 공중 중계 라우팅 프로토콜에 적용 가능한 기존 MANET 라우팅 프로토콜들은 크게 4가지(Static, Proactive, Reactive, Hybrid) 단위로 분류되어 목록화되어 있으며, 이 외에도 군에서 사용하고 있는 위치 기반 라우팅 프로토콜도 있다.

(1) Static 라우팅 프로토콜

Static 라우팅 프로토콜은 Dynamic 라우팅 프로토콜과는 달리 통신망 운용 중에는 라우팅 테이블의 변경이 불가능하다. 따라서 Static 라우팅 프로토콜을 사용하는 네트워크들은 고정적인 망 구조를 가진다. Static 라우팅 프로토콜에는 LCAD(Load Carry and Deliver Routing), MLHR(Multi Level Hierarchical Routing), Data Centric 등이 있다[23][24][25].

(2) Proactive 라우팅 프로토콜

Proactive 라우팅 프로토콜은 각 노드마다 라우팅 테이블을 사용하여 다른 노드 또는 네트워크상의 특정 지역의 노드에 대한 모든 라우팅 정보를 저장한다. 항상 최신 라우팅 경로 정보를 유지하며, 라우팅 정보를 주기적으로 또는 네트워크 구조상의 변경이 있을 때마다 각 노드들이 자신의 라우팅 정보를 변경한다. 이 방식은 트래픽 발생 시 지연 없이 항상 최적의 루트를 통해서 라우팅을 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 네트워크 구조 변화가 심한 경우 라우팅 정보를 네트워크 전체로 전파하기 위한 라우팅 프로토콜 메시지의 오버헤드가 발생할 문제점이 있다. 또한, 트래픽이 발생하는 시점에서 루트를 탐색하기 때문에 루트 탐색에 추가적인 시간이 필요하며, 트래픽 전송 지연을 야기하는 단점이 있다. Proactive 라우팅 프로토콜에는 OLSR(Optimized Link State Routing), DSDV(Destination Sequenced Distance Vector), BABEL, OSPF(Open Shortest Path First)등이 있다[26][27][28].

(3) Reactive 라우팅 프로토콜

Reactive 라우팅 프로토콜은 노드 간 데이터가 송·수신될 때, 중간 노드들의 순서를 미리 결정하는 On-demand 방식이다. 이는 Proactive 라우팅 방식의 문제점인 오버헤드를 감소하기 위해 만들어진 방식으로, 주기적으로 메시지를 발생시키지 않기 때문에, 대역폭을 효과적으로 사용할 수 있다. 하지만 라우팅 경로 탐색이 오래 걸리기 때문에, 높은 지연이 발생할 수 있다. Reactive 라우팅 방식에는 소스 라우팅 방식과 홉 대 홉 라우팅 방식이 있다. 전자는 각각의 데이터 패킷이 전체적인 소스와 목적지 주소를 다 가지고 있어 중간 노드는 이 정보에 근거하여 포워드 패킷을 전송할 수 있다. 하지만 네트워크 규모가 커지면 라우팅에 실패할 확률이 높아지며, 패킷의 헤더사이즈가 증가를 하게 되어 오버헤드에 취약하다. 반면 후자는 목적지 주소와 함께 다음 홉 주소만을 가지고 있다. 이 방식의 장점은 라우팅 메트릭이 자주 변화하는 환경에서 사용하기에 적합하지만 각각의 중간 노드가 정보를 저장하고 유지해야 하기 때문에 이웃한 노드와 비콘 신호를 계속해서 받아야 한다. Reactive 라우팅 방식을 사용하는 프로토콜로는 DSR(Dynamic Resource Routing), AODV(Ad hoc On Demand Distance Vector)가 있다[29][30][31].

V. 결론

본 고에서는 우주/공중 기반 기동통신망의 운용 동향과 운용 구조 및 적용 가능한 통신 기술에 대해 알아보았다. 우주/공중 기반 기동통신망은 무인기의 빠른 이동성을 극복함과 동시에 대용량 전장 정보 전달이 가능해야 한다. 또한, 다른 통신체계와의 호환성이 필요하다. 따라서 차기 우주/공중 기반 기동통신망의 요구사항을 만족 하기 위해서 본 고에서 소개한 다양한 기술 들을 적용한다면 도움이 될 수 있을 것이다.

Acknowledgements

본 연구는 국방과학연구소 선행핵심연구개발과 제(912421101)의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] 노승희, "전술통신체계 개발동향 및 발전추세," 국방과학기술조사서, pp.88-99, 2015.

- [2] 권태욱, "TICN 전술백본망 최적의 프로토콜 분석 및 설계," 한국통신학회논문지, 제36권 12호, pp.1722-1727, 2011년 12월.
- [3] 하영석, 정영철, 임용한, 양현상, "전술정보통신 체계를 위한 공중중계용 UAV 개발에 관한 연구," 한국통신학회 하계종합학술발표회, 2009년 6월.
- [4] Department of Defence, "Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038," 2013.
- [5] WIN-T Increment 3, http://www.ndia.org/divisions/divisions/c4isr/documents/492c_brief.pdf
- [6] "Joint Concept for Command and Control of the Joint Aerial layer Network," Joint Chiefs of Staff, Mar. 2015.
- [7] BACN, <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/bacn/Pages/default.aspx>
- [8] 황정섭, 백해현, "네트워크 중심전을 위한 군 정보 통신 장비 기술/발전 동향," 전자파기술, 제19권 4호, pp.15-32, 2008년 7월.
- [9] 최영재, "무인항공기 안전관리제도 구축 연구," 국토해양부, 2009년 12월.
- [10] 송골매, <http://www.globalsecurity.org/military/world/rok/night-intruder.htm>
- [11] KUS-9, <http://techcenter.koreanair.com/Aero-Space/BusinessInfo/Uav01.aspx>
- [12] 김철환, "중·고고도 정찰용 무인항공기 사업 추진을 위한 사전 분석," 국방부, 2003년 9월.
- [13] http://web.archive.org/web/20030626100558/http://www.af.mil/factsheets/factsheet_print.asp?fsID=122&page=1
- [14] Northrop Grumman, http://www.northropgrumman.com/capabilities/rq4block20globalhawk/documents/hale_factsheet.pdf
- [15] USAF Airborne Network Special interest Group, "Airborne network architecture version 1.1, Oct. 2004.
- [16] S.Temel, I.Bekmezci, "Scalability analysis of Flying Ad Hoc Networks(FANETs): A directional antenna approach," IEEE International Black Sea Conference, May. 2014.
- [17] 현승현, 최승원, "적응형 배열 안테나를 위한 감소 차수 고유 공간 빔형성 알고리즘," 한국 통신학회 논문지, 제 33권 4호, pp.336-341, 2008년 4월.

- [18] 홍승은, “mmWave 기술 개발 및 표준화 동향,” 2009 WPAN/WBAN 핵심기술 Workshop, ETRI, 2009.
- [19] G.Yang, M.Krainak, X.Sun, “High-Precision ranging and range-rate measurements over free-space-laser communication link,” IEEE Aero-space Conference, Mar. 2016.
- [20] 고영조, 방승찬, “5G 무선 기술,” TTA Journal, 제152호, pp.40-45, 2014년 3월.
- [21] “Research on optimization of NOMA and SM for 5G and FRA,” WENS, 2015.
- [22] 김진기, 김재현, “Full Duplex 환경에서 Centralized/Decentralized MAC 프로토콜 성능 분석,” 한국통신학회 동계종합학술발표회, 2016년 1월.
- [23] C.M. Cheng, P. Hsiao, H. T. Kung, D. Vlah, “Maximizing Throughput of UAV-Relaying Networks with the Load-Carry-and-Deliver Paradigm,” IEEE Wireless Communications and Networking conference(WCNC), pp.4417-4424, Mar. 2007.
- [24] O. K. Sahingoz, “Networking Models in Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): Concepts and Challenges,” Journal of Intelligent Robotic Systems, vol.74, no.12, pp.513-527, 2014.
- [25] I. Bekmezci, O. K. Sahingoz, S. Temel, “Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): A survey,” Ad Hoc Networks, pp.1254-1270, 2013.
- [26] T.Clausen, “Optimized Link State Routing Protocol(OLSR),” RFC 3626, Oct. 2007.
- [27] 장재신, V. Ngo, 위성홍, “NS-3를 사용한 이동 애드혹 네트워크용 라우팅 프로토콜 성능 비교,” 한국정보통신학회 논문지, 19권 2호, pp.308~316, 2015년 2월.
- [28] J. Chroboczek, “The Babel Routing Protocol,” RFC 6126, Apr. 2011.
- [29] 박수현, 신수영, “MANET에서의 Reactive Routing Keyword 기반 라우팅 프로시듀어,” 한국시뮬레이션학회 논문지, 제 13권 4호, pp.55-69, 2004년 12월.
- [30] 고영웅, 마주영, 육동철, 박승섭, “Ad-hoc 무선망에서 AODV 라우팅 프로토콜을 이용한 TCP 트래픽 성능분석,” 인터넷정보학회논문지 2권 3호, pp.9-17, 2001년 8월.
- [31] J. Moy, “OSPF Version 2,” RFC 2328, Apr. 1998.

약 력



조 준 우

2015년 아주대학교 공학사
2015년~현재 아주대학교 석사과정
관심분야: 공중 중계 네트워크, 군 통신 네트워크 등



오 지 훈

2016년 아주대학교 공학사
2016년~현재 아주대학교 석사과정
관심분야: 공중 중계시스템, 위성 가속기 등



이 재 문

2000년 한양대학교 공학사
2002년 한양대학교 공학석사
2016년 아주대학교 공학박사
2002년~현재 국방과학연구소 2기술연구본부
선임연구원
관심분야: 공중 중계 시스템



김 동 현

2009년 연세대학교 공학사
2011년 연세대학교 공학석사
2011년~현재: 국방과학연구소 2기술연구본부 연구원
관심분야: 공중 중계시스템, 데이터링크



김 재 현

1996년 한양대학교 전산공학 공학박사
1997년~1998년 UCLA 전기과 Post-doctoral fellow
1998년~2003년 Bell Labs, Lucent Technology, Holmdel, NJ, USA 연구원
2003년~현재 아주대학교 전자공학과 교수
관심분야: QoS/QoE, 무선 MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15, 5G 통신시스템, 국방 전술 네트워크, 위성통신시스템, 공중 중계 시스템 등