

# 드론의 비가시비행을 위한 통신 기술 비교 분석

김신의, 김규범, 정갑주, 서일수

건국대학교, 가톨릭관동대학교, 명지대학교

sukim@konkuk.ac.kr, jeongk@konkuk.ac.kr, dronekim@cku.ac.kr, eaglezzang1@naver.com

## A Comparison and Analysis of Communication Technologies for Beyond Visual Line of Sight (BVLoS) Drone Operations

Shinui Kim, Gyou Beom Kim, Karpjoo Jeong, Ilsoo Seo

Konkuk Univ. Univ., Catholic Kwangdong Univ., Myongji Univ.

### 요약

본 논문에서는 드론의 비가시비행(BVLoS)을 지원하는 다양한 무선통신 기술을 비교 분석하였다. 비가시비행은 드론이 조종자의 시야 밖에서 운영되는 상황을 의미하며, 이는 드론 배송, 재난 구조, 감시 작업 등 다양한 분야에서 필수적인 기술이다. 본 연구에서는 RF 통신, LTE/5G 통신, 위성 통신, FANET 등 주요 무선통신 기술을 조사하고, 각 기술의 장단점을 평가했다. 각 기술의 특성을 바탕으로 드론 비가시비행에 적합한 통신 기술 적용 방안을 제시하며, 통합통신모듈(ICM)기반 네트워크 선택의 자동화와 안정성을 확보하는 방안을 제안한다.

### I. 서론

드론의 비가시비행(BVLoS: Beyond Visual Line of Sight)이란 드론조종자가 육안으로 보이지 않은 거리에서 비행을 수행하는 것을 의미한다. 드론 배송, 불법 어업 감시, 광역 인프라 점검과 같은 서비스는 비가시비행 능력이 필수적이다[1]. 특히 최근 우크라이나 전쟁에서 다양한 비가시비행 드론이 활용되며, 그 중요성이 입증되었다[2]. 이러한 비가시비행을 가능하게 하는 핵심 요소 중 하나는 무선통신기술이다. 조종자가 드론을 시야 밖에서 운영할 때, 신뢰성 높은 통신은 실시간 제어와 데이터를 송수신하는 데 필수적이다. 그러나 드론의 비행 고도나 운영 지역의 특성에 따라 통신이 불안정해질 수 있으며, 이러한 기술적 한계를 해결해야만 원활한 비가시비행이 가능하다.

본 연구의 목적은 드론 비가시비행에서 사용 가능한 다양한 통신 기술을 비교 분석하고, 각 기술의 장단점과 적용 가능성을 평가하여 실질적인 운용 방안을 제시하는 것이다.

### II. 비가시비행을 위한 무선통신 기술 현황

일반적으로 드론을 제어하는 통신 방식에는 RF(Radio Frequency) 통신, LTE/5G 통신, 위성 통신 등이 있으며, 최신 방식으로는 FANET(Flying Ad-hoc Network)이 있다.

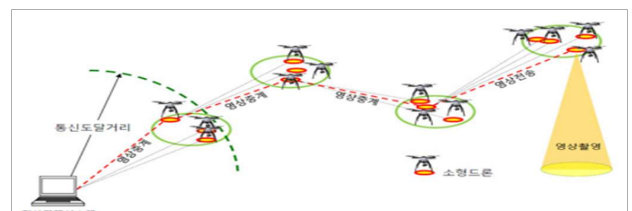
**RF 통신** 국내 출시되는 대부분의 드론은 ISM밴드(2.4GHz 또는 5.8GHz) 대역의 주파수를 사용하며 약 1~2km 거리까지 제어가 가능하다. RF통신은 전송속도가 빠르고 직진성이 우수하나 장애물을 통과하지 못하기 때문에 LoS(Line of Sight), 즉 송/수신 안테나가 서로 보이는 최대거리가 확보되지 않으면 통신 거리가 줄어들 수 있다. 그 외 보안성이 낮아 혼선에 취약하고 암호화 등의 보안대책이 필요하다.

**LTE 및 5G 통신** LTE(Long Term Evolution)는 4G 이동통신 표준으로 드론에 장착된 모듈을 통해 지상국과의 통신을 수행하며 고속 데이터 전송이 가능하다. 우리나라 전역에 구축된 LTE 기지국을 이용해 LTE 신호를 송수신할 수 있으나, 대다수의 중계기 위치가 건물 또는 통신탑을 기

으로 지상으로 지향되어 있는 관계로 150m 이상으로 상승하면 통신 품질이 저하될 수 있다[3-4]. 5G인 경우 데이터의 고속(평균 10Gbps), 대용량 전송이 가능하므로 초고속, 초저지연 전송의 장점이 있다. 그러나 현재의 일부지역 기지국 미설치로 인한 커버리지 한계와 네트워크 슬라이싱 구조로 인한 취약한 보안이 단점으로 작용하여 드론의 군사작전 등 영역에서 제한적이다.

**위성 통신** 지구 전역에서 통신이 가능하며, 약 25-150 Mbps의 다운로드 속도를 제공한다. 정지궤도 위성을 사용하는 인텔샷(Intelsat), 텔레샷(Telesat), 아시아샷(AsiaSat), 인마샷(Inmarsat)과 같은 기업과 조직들이 있으며, 저궤도로는 스타링크(Starlink), 원웹(OneWeb), 아마존(Amazon) 등이 있다. 특히, 스타링크는 저궤도에 수천 개의 위성을 배치하고 있으며, 저궤도 위성을 많이 투입하는 이유는 고도가 낮을수록 통신 지연이 적고 전력 소비가 줄어들기 때문이다. 위성통신은 넓은 통신 범위를 제공하는 장점이 있지만, 높은 비용이 주요한 제약 요소로 작용한다[5].

**FANET** 비교적 느린 속도로 이동하는 지상 이동체에 적용되었던 MANET(Mobile Ad-hoc Network) 기술을 빠른 속도로 이동하는 드론에 적용한 기술이다. FANET은 무인항공기(UAV)와 같은 비행 노드간의 고정 네트워크 인프라가 없는 상태에서 데이터 전송하는 동적 네트워크이다(그림 1). 국방과학연구소 산하 민군협력진흥원에서 민군기술 협력 과제로 군사용 드론에 적합한 통신 모듈을 개발하였으며, 현재 5대의 드론 간 3-Hop 통신이 가능하다. 그러나, 데이터 용량과 패킷 처리 문제로 인해 현재는 SD(표준화질)급 영상만 송수신할 수 있으며, 향후에는 Full HD급 영상 송수신이 가능하도록 개발이 진행 중이다[6].



<그림1> FANET 개념도

각 무선통신 기술의 특성을 비교하면 다음 표1과 같다.

구분	내용	통신거리	장점	단점
RF	라디오 주파수 이용한 통신	출력 이상 따라 이	전송속도가 빠름	주파수 혼 선 조래
LTE	통신사 기반 광대역 주파수 활용, 고속 모 바일 데이터 통신	중계기 구축된 전지역	비행거리 무 제한, 고속 대용량	통신사 연 계 발생, 지 역/고도 제 한
5G	통신사 기반 초고속, 초지 연, 차세대 이 동통신	중계기 구축된 전지역	초고속, 초 저지연, 초 연결성	커버리지 부족, 보안
위성	인공위성을 활 용, 장거리 통 신방식	제한없음	재해·진시에 사용 가능 등	예산과 다. 수명이 짧 수명, 부속 제
FA NET	드론을 통한 Ad-hoc 전용 통신	드론 라우터 구축 범위	다중 hop 라 우터, 독립 자 망 형성, 자 동 통신 경로	대역폭 제 한을 받는다 드론 영상 상 제

<표 1> 드론 무선통신방식 특성 비교

### III. 무선 통신 기술의 적용 방안

#### 환경별 통신 기술 적용

드론의 가시비행에서 통신 방식은 환경에 따라 다르게 적용된다.

도시 환경은 고층 건물과 복잡한 인프라로 인해 RF 통신의 직진성이 방해 받아, 장애물로 인한 통신 두절 가능성이 크다. 따라서 도시에서는 LTE/5G 통신이 가장 적합하다. 비용 측면에서는 이미 상용화된 인프라를 활용할 수 있기 때문에 추가 구축 비용이 적게 들어 효율적이다.

산악 환경은 지형적인 장애물로 인해 통신이 불안정해질 수 있으므로 위성통신이 적합하다. 위성통신은 지형에 영향을 받지 않고 광범위한 통신 커버리지를 제공하며, 재난 구조나 산물 감시와 같은 상황에서 효과적이다. 다만 비용 측면에서 높은 구축비와 운영비가 요구된다.

해양 환경에서는 광대한 지역을 커버할 수 있는 통신 기술이 필요하다. 이때 위성통신과 FANET이 적합한 해결책이 될 수 있다. 해양에서는 지상 기지국이 없기 때문에 위성통신을 통해 안정적인 연결을 유지할 수 있다. 또한, 군집 드론을 운용하는 경우, FANET을 활용하여 드론 간 통신을 통해 데이터 전송 범위를 확장할 수 있다.

#### 비용 및 인프라 구축

각 통신 기술은 비용 및 인프라 구축 측면에서 차이가 있다. RF 통신은 설비 구축 비용이 상대적으로 낮고, 단거리 통신에 적합하지만, 장거리 통신에는 제한적이다. LTE/5G통신은 상용 인프라를 활용할 수 있기 때문에 도심 지역에서 추가적인 비용이 적게 들지만, 기지국 커버리지에 따라 산악이나 해양 지역에서는 한계가 있다. 위성통신은 높은 구축비와 운영비를 수반하지만, 넓은 범위에서 안정적인 통신을 제공하므로 산악 및 해양 지역에서 필수적이다. FANET은 다수의 드론 간 네트워크를 구성하여 추가적인 인프라 없이 통신 범위를 확장할 수 있어, 비용 효율적이지만, 데이터 전송 속도가 느리고 보안성이 약한 단점이 있다.

### IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 드론의 비가시비행(BVLoS)을 지원하는 다양한 통신 기술을 비교 분석하였다. 드론의 비가시비행을 위한 통신 기술로는 RF 통신, LTE/5G통신, 위성 통신, 그리고 FANET 등 다양한 기술들이 존재하며, 각 기술은 특정 환경과 용도에서 장단점을 가지고 있다.

현재까지 드론은 지상관제국(GCS: Ground Control Station)과 1대1 네트워크로만 연결되고 1~2개 주파수 대역의 RF통신을 사용하고 있다. 통신 품질을 확보하기 위해서는 가시선(LoS) 확보가 필수적이며, 주파수 혼선으로 인해 정보 전달에 어려움이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 다중 통신 경로를 이용하여 통신의 신뢰성과 안전성을 확보하는 통합통신 모듈(ICM: Integrated Communication Module)을 제안한다. 이를 위해서 통신 모듈의 소형화와 경량화가 전제되어야 하고, 순차적으로 충분히 성숙한 이동통신 기술(LTE/5G)부터 FANET, 위성통신 순으로 통합할 필요가 있다. 통합통신모듈을 탑재하면 드론은 적절한 네트워크를 자동으로 선택하여 보다 안정적이고 효율적인 비가시권 비행이 가능할 것으로 판단된다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-학·석·사연계ICT핵심인재양성 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2024-RS-2020-II201834)

### 참 고 문 헌

- [1] Lee D. G, Moon S. T, Kim D. Y, "Development of Swarm Flight Reconnaissance System," Conference of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, 2019.11, pp. 558-559.
- [2] Mun-Guk Kim, In-Tae Shin, & Jae-Guk Lee (2023). A Study on the Development Direction of Next Generation Drone Through Analysis of the Role of Drones Used in Warfare : From Gulf War to Ukraine War. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 24(10), 656-664, 10.5762/KAIS.2023.24.10.656
- [3] Soyeon Koo, Kyubeom Lee, Kuk-Kwon Park, Sang-Gyun Woo, Dong-II You, & Jihun Cha (2023-11-15). A Research on the Swarm Drone System Using 5G/LTE and Wi-Fi. 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, 강원.
- [4] Kang, Seong In, & Gil, Heung Bea (2021-10-20). Development Trends of Drones using 5G Networks. 대한토목학회 학술대회, 광주.
- [5] 이정훈 (2023). 하늘 위 영토 놓고 싸우는 미국과 중국...갈등의 핵으로 떠오른 '스타링크' 왜?. 한경 BUSINESS,(1444), 30-31.
- [6] Jae-Hyun Lee, Jae-Min Lee, & Dong-Seong Kim (2021-06-16). UAV Control and Monitoring System for FANET-Based Battlefield Environment. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences