

# UAV를 활용한 통신 및 네트워크 기술의 최신 연구 동향

이원호, 이승주, 김태훈<sup>■</sup>

국립한밭대학교 컴퓨터공학과

{wonholee, seungjulee}@edu.hanbat.ac.kr {thkim}@hanbat.ac.kr

## Research Trends of UAV-aided Communication and Network Technology

Wonho Lee, Seungju Lee, Taehoon Kim<sup>■</sup>

Dept. of Computer Engineering, Hanbat National University

요 약

최근 무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicles, UAVs)의 활용이 급격히 증가하면서 다양한 분야에서의 응용 가능성이 주목받고 있다. 특히, UAV는 유동적으로 통신 네트워크를 구축하여 통신 서비스가 제공되지 않는 열악한 환경에도 통신 서비스를 제공할 수 있는 장점이 있다. UAV는 비행 기지국, 중계 노드, 모바일 엣지 컴퓨팅 서버 등으로 활용될 수 있으며, 이를 통해 커버리지, 전송 및 계산 용량, 신뢰성 및 에너지 효율성 등의 개선 효과를 기대할 수 있다. 본 논문에서는 UAV를 활용한 무선 통신 시스템의 설계, 분석 및 최적화 관련하여 포괄적인 동향을 제공하고, 현재의 기술적 진보와 미래의 연구 방향을 제시하고자 한다.

### I. 서론

최근 무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicles, UAVs) 또는 드론의 활용이 급격히 증가하면서 다양한 분야에서의 응용 가능성이 주목받고 있다 [1]. 특히, UAV는 유동적으로 통신 네트워크를 구축하여 통신 서비스가 제공되지 않는 열악한 환경에도 통신 서비스를 제공할 수 있는 장점이 있어 다양한 응용서비스에서 혁신적인 해결책을 제시하고 있다 [2]. 이러한 기술 발전은 통신 인프라가 부족한 지역에서의 네트워크 구축, 재해 발생 시 긴급 통신망 제공, 정밀 농업, 산업용 IoT 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대한다 [1]. 최근 활발히 연구되고 있는 6G 네트워크의 요구사항 중 하나는 지상으로부터 10km까지 통신 커버리지를 확장하는 것이다. 기존에도 위성 통신망과 고고도 플랫폼 시스템(HAPS)과 같은 비지상 네트워크가 존재하지만, 6G 네트워크에서는 이러한 비지상 네트워크가 더욱 통합되고 확장될 것으로 기대된다. 이에 따라, UAV(무인항공기) 및 드론 등의 역할이 통신 네트워크 분야에 미치는 영향이 상당할 것으로 예상된다. [3]. 본 논문에서는 UAV 활용과 관련된 통신, 네트워크 분야의 다양한 연구논문을 조사하고 요약하여 최신 연구동향을 파악하고자 한다.

### II. UAV 기반의 통신 및 네트워크 기술 동향

무인 항공기(UAVs)는 이동성, 유연성 및 적응형 고도의 특성 덕분에 무선 통신에서 높은 잠재력을 가지고 있다 [4]. UAV는 셀룰러 네트워크에서 비행 이동 단말기로 작동할 수 있으며, 이를 통해 실시간 비디오 스트리밍 및 물품 배송과 같은 다양한 응용 프로그램을 지원할 수 있다. 또한 UAV는 비행 기지국(Base Station, BS), 서버 또는 중계기로서 무선 네트워크를 향상시켜 커버리지, 용량, 신뢰성 및 에너지 효율성을 개선할 수 있다 [5]. 본 논문에서는 UAV의 다양한 역할과 그에 따른 기술적 진보 및 해결해야 할 문제들의 필요성에 관해 얘기한다.

### 가. UAV의 비행 기지국(BS)으로서의 역할

UAV는 지상 센서로부터 데이터를 수집하여 센서 네트워크의 연결성 및 에너지 효율성을 향상시킬 수 있다 [1]. 이는 센서 네트워크의 전송 범위를 최소화하고 에너지 절약을 통해 네트워크 수명을 증가시킨다. 이러한 기술을 통해 UAV는 센서와의 최적의 위치에서 데이터를 수집하고, 이를 중앙 클라우드로 전송하여 빅 데이터 분석을 할 수 있다 [5]. 그러나 데이터 보호와 프라이버시, 효율적인 데이터 수집 알고리즘 개발, 경로 계획 및 보안 문제와 같은 과제는 아직 해결해야 할 필요가 있다 [6].

### 나. 정보 방송

UAV는 공공 안전 및 긴급 대응과 같은 응용 프로그램을 위해 정보를 전파할 수 있다. UAV를 이용한 정보 방송 시스템은 높은 이동성을 활용하여 전파 성능을 극대화할 수 있다 [4]. 최근 연구들은 궤적 설계 및 전력/속도 할당 등의 기술을 통해 UAV의 정보 방송 능력을 향상시켰다. 그러나 효율적인 채널 상태 정보(Channel State Information, CSI) 추정, UAV의 자원 제약 및 빈번한 CSI 업데이트 등의 도전 과제가 있다. 이를 해결하기 위해서는 새로운 CSI 추정 방법과 UAV의 특성에 맞는 최적화된 에너지 소비 관리가 필요하다.

### 다. 에너지 전송

UAV는 에너지 제약 장치에 무선 전력을 제공하여 스마트 도시, 스마트 팩토리, 해상 통신 및 무선 센서 네트워크 등의 응용 분야에서 중요한 역할을 할 수 있다 [7]. UAV를 이용한 무선 전력 전송(Wireless Power Transfer, WPT)은 궤적 최적화와 에너지 수확 효율성을 통해 성능을 향상시킬 수 있다 [7]. 궤적 최적화는 UAV가 효율적으로 이동하면서 최대한 많은 지역에 전력을 공급할 수 있도록 하는 것을 의미하며 에너지 수확 효율성은 전력을 수확하는 장치가 효율적으로 동작하여 가능한 많은 에너지를 수집할 수 있도록 하는 것을 의미한다 [6].

그러나 다중 UAV 간의 협조, 임무 기간 설계 및 전력 수확기의 효율적인 교정 등의 과제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 UAV의 협력적 궤적 설계와 효율적인 자원 관리가 필요하다 [8].

■ Corresponding Author: Taehoon Kim (thkim@hanbat.ac.kr)

## 라. UAV의 중계 노드로서의 역할

UAV는 중계 노드로 작동하여 네트워크 커버리지를 확장하고 경로 손실을 보상하며 간섭을 완화할 수 있다. 중계 노드로서의 UAV는 이중 홉 및 다중 홉 중계를 통해 네트워크 성능을 최적화할 수 있다 [9]. 이중 홉 중계는 소스 노드와 목적지 노드 간의 채널을 두 개의 짧은 링크로 분할하여 네트워크 커버리지를 확장하고, 다중 홉 중계는 더 짧은 홉을 통해 네트워크 성능을 향상시킨다. 새로운 중계 방식으로는 버퍼 지원 중계 및 액세스 기술과 중계 결합 등이 있으며, 이를 통해 UAV 중계 시스템의 성능을 더욱 향상시킬 수 있다 [10]. 그러나 보안, 신뢰성, 궤적 설계 및 자원 최적화 등의 문제는 앞으로 해결되어야 할 문제이다 [11].

## 마. UAV의 모바일 엣지 컴퓨팅(MEC) 서버로서의 역할

UAV는 지상 사용자를 위한 엣지 컴퓨팅 작업을 수행하여 다양한 공중 오프로딩 모드를 지원할 수 있다. 단일 UAV 및 다중 UAV 오프로딩, 협력적 계산 오프로딩 등의 기술이 발전하고 있으며, 이를 통해 UAV는 데이터 처리 및 자원 최적화에 중요한 역할을 한다 [12]. 그러나 성능 특성화, 다중 액세스 관리, 지연 연 제어 및 작업 부하 균형 등의 도전 과제가 있다. 이를 해결하기 위해서는 UAV의 성능을 극대화하고, 다양한 응용 분야에서의 활용을 최적화할 필요가 있다.

## 바. UAV-지원 모바일 엣지 컴퓨팅 (MEC)에서의 계산 작업 오프로딩

사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기기의 급증으로 인해 효과적인 계산 성능이 중요한 문제가 되었다. 많은 IoT 서비스는 실시간 데이터 처리를 필요로 하며, 이는 강력한 계산 자원을 요구한다. 모바일 엣지 컴퓨팅(MEC)은 이러한 문제를 해결하기 위한 유망한 솔루션으로, IoT 기기로부터 계산 집약적인 작업을 오프로딩하는 데 도움을 준다 [7]. 그러나 통신 오버헤드와 지연 시간이 주요 단점이다. UAV는 높은 이동성과 저비용으로 이러한 문제를 완화할 수 있는 MEC 서버 역할을 할 수 있다.

## III. 결론

본 논문에서는 UAV 활용과 관련된 통신, 네트워크 분야의 다양한 연구 논문을 조사하고 요약하여, UAV를 활용한 무선 통신 시스템의 설계, 분석 및 최적화 관련하여 포괄적인 동향을 제공하였다. UAV는 비행 기지국, 중계 노드 및 모바일 엣지 컴퓨팅 서버로서 다양한 응용 분야에서 중요한 역할을 할 수 있으며, 이를 통해 무선 통신 시스템의 성능을 크게 향상시킬 것으로 기대한다. 이러한 기술의 발전에는 여전히 다양한 도전 과제가 존재한다. 데이터 보호와 프라이버시, 효율적인 데이터 수집 알고리즘 개발, 채널 상태 정보(CSI) 추정의 정확성과 효율성, 다중 UAV 간의 협조, 보안 문제 등이 그 중에 속한다. 따라서 앞으로의 연구 방향은 데이터 보호와 프라이버시를 고려한 효율적인 데이터 수집 및 전송 알고리즘의 개발, 채널 상태 정보 추정 및 관리 기술의 향상, 다중 UAV 간의 협력적인 궤적 설계 및 자원 관리 기술의 발전, 그리고 보안 및 프라이버시 보호를 위한 기술의 개발에 초점을 맞춰야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Zhang, G., & Gu, X. (2023). A survey on UAV-assisted wireless communications: Recent advances and future trends. *Computer Communications*, 208, 44-78.
- [2] Zhang, J., Zhang, Y., & Song, L. (2022). MEC-enabled UAV offloading: Challenges and research directions. *Journal of Communications and Networks*, 24(2), 123-135.
- [3] Sharma, V., & Kumar, R. (2021). Energy-efficient data collection in UAV-assisted wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, 5(1), 25-36.
- [4] Gupta, L., Jain, R., & Vaszkun, G. (2015). Survey of important issues in UAV communication networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- [5] Liu, J., Shi, Y., Fadlullah, Z. M., & Kato, N. (2018). Space-air-ground integrated network: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- [6] Lin, X., & Han, T. (2020). Trajectory optimization for data collection in UAV-assisted IoT networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(8), 7450-7461.
- [7] Mozaffari, M., & Saad, W. (2019). Mobile unmanned aerial vehicles (UAVs) for energy-efficient internet of things communications. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18(7), 3993-4007.
- [8] Mozaffari, M., & Saad, W. (2019). Mobile unmanned aerial vehicles (UAVs) for energy-efficient internet of things communications. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 18(7), 3993-4007.
- [9] Namuduri, K., Chaumette, S., Kim, J. H., & Sterbenz, J. P. (2018). *UAV Networks and Communications*. Cambridge University Press.
- [10] Fotouhi, A., Qiang, Z., & Ding, M. (2020). Survey on UAV cellular communications: Practical aspects, standardization advancements, regulation, and security challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(2), 1541-1574.
- [11] Li, X., & Wang, H. (2019). Secure communication for UAV networks: A comprehensive survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(4), 3389-3417.
- [12] Li, Y., & Lu, X. (2021). Mobile edge computing deployment in UAV networks: A survey. *IEEE Access*, 9, 35429-35448.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2022-0-01068)