

5G 기반 무인 비행체 운용 표준화 동향

Standardization Trends for Operation of Unmanned Aerial Vehicles based on 5G

이현 (H. Lee, hyunlee@etri.re.kr)

지능무선엑세스연구실 책임연구원

배정숙 (J.S. Bae, jsbae@etri.re.kr)

지능무선엑세스연구실 책임연구원/기술총괄

방승재 (S.J. Bahng, sjbahng@etri.re.kr)

지능무선엑세스연구실 책임연구원

이희수 (H.S. Lee, heelee@etri.re.kr)

지능무선엑세스연구실 책임연구원/실장

ABSTRACT

Among the activities of 3GPP for operating 5G-based unmanned aerial vehicles, we introduce several use cases of UAVs in 5G mobile communication such as radio access node onboard UAV, simultaneous support data transmission for UAVs and eMBB users, autonomous UAVs controlled by AI, isolated deployment of radio access through UAV, and separation of UAV service area. From this, we further summarize 5G mobile communication requirements for UAVs, including definition and operational criteria of UAS, UAS remote identification requirements, UAS usage requirements, and performance requirements. Finally, regarding 5G mobile communication-based UAS connectivity, identification and tracking support, we discuss the 3GPP UAV architecture, seven major problems, the proposed solutions to each problem, and propose the results for future specification work.

KEYWORDS 무인 비행체, 5G 이동통신, 무인 비행 트래픽 관리, 명령 및 제어 통신

1. 서론

드론 형태의 무인 비행체는 1.5km 이하의 저고도에서 동작하여 유연하게 커버리지를 제어하고, 신속하게 배치되고 자율 비행이 가능한 특징으로 물류 배송, 통신 비상망 구축, 정찰 등과 같은 분야에 활발히 활용되는 추세이다.

무인 비행체의 안전한 운용을 위해서 통신 시스

템은 필수적인 요소로, 5G와 무인 비행체의 융합은 5G 버티컬 산업의 한 축으로 진행되고 있다.

기존 통신 서비스 사용자에 대한 통신 품질을 유지하면서 안전한 무인 비행체 운용을 위하여 3GPP에서는 LTE에서 5G 시스템에 이르기까지 표준화를 진행하고 있다. 3GPP Rel.17까지 무인 비행체 운용을 위하여 진행된 주요 표준화 현황은 다음과 같다.

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2021.J.360402>

* 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임[No.2020-0-00045, 통신 재난 및 긴급구조/치안용 대용량 이동형 이동통신 인프라 기술 개발].



- Rel.15 “Enhanced LTE Support for Aerial Vehicles”[1]: LTE 네트워크를 기반으로 무인 비행체 서비스 능력, 다운링크 간섭 완화, 업링크 간섭 완화, 이동성 성능 및 공중 UE 식별에 대한 성능 향상 연구
- Rel.16 “Remote Identification of Unmanned Aerial Systems”[2]: 원격 식별을 위한 잠재적 요구사항, 사용 사례, UAS(Unmanned Aerial System)의 원격 식별을 기반으로 제공되는 서비스 연구
- Rel.17 “Study on supporting Unmanned Aerial Systems Connectivity, Identification, and Tracking”[3]: UAS를 식별하는 명령 및 제어 기능 구조와 시스템 측면 연구
- Rel.17 “Study on application layer support for Unmanned Aerial System(UAS)”[4]: UTM에 대한 애플리케이션 지원/활성화 기능, UAS와 UTM 간의 서비스 상호작용에 미칠 영향 검토
- Rel.17 “5G Enhancement for UAVs”[5,6]: 무인 비행체의 5G 연결 요구사항 충족을 위해 3GPP 네트워크에 가입한 무인 비행체의 성능 지표, 무인 비행체 통신 서비스 요구사항 도출

본고에서는 5G 기반 무인 비행체 운용을 위한 3GPP의 활동 내용 중 무선 접속 노드를 탑재한 무인비행체인 UxNB, eMBB(enhanced Mobile Broad-Band) 사용자를 위한 동시 데이터 전송, AI(Artificial Intelligence)가 제어하는 자율형 무인 비행체, 격리된 지역의 통신을 위한 무인 비행체 활용 및 무인 비행체 서비스 영역 분리 등 5G 이동통신에서의 무인 비행체 사용 사례를 소개하고, 이에 기반하여 UAS의 정의와 운용 기준, UAS 원격 식별 요구사항, UAS 사용 요구사항 및 성능 요구사항 등 무

인 비행체를 위한 5G 이동통신 요구사항을 정리한다. 마지막으로 5G 이동통신 기반 무인 비행 시스템 연결, 식별 및 추적 지원과 관련하여 3GPP 무인 비행체 아키텍처, 7개 주요 문제, 주요 문제와 제안된 해결 방법 간의 매칭 및 추후 규격 작업을 위해 제안된 결과를 소개한다.

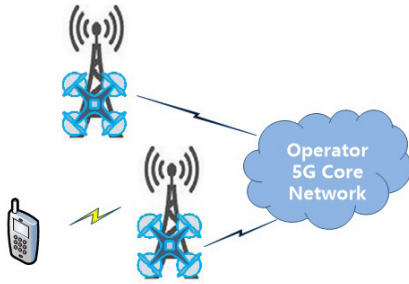
II. 3GPP의 5G 기반 무인 비행체 운용 표준화

1. 5G 이동통신에서의 무인 비행체 사용 사례

2018년 9월에서 2019년 12월까지 진행된 “Study on Enhancement Aerial Vehicles” SI(Study Item)에서는 5G를 포함하는 3GPP 네트워크에서의 무인 비행체의 사용 사례와 예상 요구사항 등을 “Enhancement for Unmanned Aerial Vehicles” 기술 보고서[7]에 반영하였다. 해당 기술 보고서에서 정의하고 있는 무인 비행체 사용 사례 중 비상망 구축 및 정찰 등과 관련된 5가지 대표 사용 사례를 소개한다.

가. 무선 접속 노드를 탑재한 무인 비행체

재난 상황 모니터링, 국경 감시, 긴급 지원 등의 경우에 무인 비행체는 배치의 용이성, 낮은 구매 및 유지보수 비용, 기동성, 그리고 공중에 정지할 수 있는 능력 때문에 상업적으로 활용 가치가 매우 높다. 특히, 빠른 투입과 배포가 가능하고 넓은 커버리지를 제공할 수 있는 UxNB는 긴급 상황 및 트래픽 밀집 지역에서 모바일 사용자에게 임시 커버리지를 제공하는 등 다양한 시나리오에서 응용이 가능하다. 보통 100m 내외의 낮은 고도에 투입되는 UxNB는 커버리지와 신속한 배치에 있어 기본 무인 비행 시스템보다 유연하다. UxNB는 그림 1과 같이 5G 이동통신 기지국 또는 중계기의 역할을 한다. 5G 시스템은 UxNB를 지원할 수 있는 고품질



출처 © 2019 - 3GPP™ deliverables and material are the property of ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA and TTC who jointly own the copyright in them. They may be subject to further modifications and are therefore provided to you "as is" for information purposes only. Further use is strictly prohibited.

그림 1 무선접속노드 탑재 무인 비행체

의 무선 백홀을 제공할 수 있어야 하며, 무인 비행체는 동작하기 전에 5G 시스템의 승인을 받아야 한다.

나. 무인 비행체 및 eMBB 사용자를 위한 동시 데이터 전송

한정된 대역폭의 기지국은 공중의 무인 비행체와 지상의 eMBB 사용자에게 동시에 데이터 전송을 지원해야 한다. 예를 들어, 생방송 시나리오에서 100m 상공에 위치한 무인 비행체는 촬영한 사진이나 영상을 기지국으로 실시간 전송해야 하므로 높은 전송률과 넓은 대역폭이 필요하고, 동시에 기지국은 지상의 사용자에게 품질 저하 없이 eMBB 서비스를 제공해야 한다.

다. 시가 제어하는 자율형 무인 비행체

송유관 순찰, 무인 비행체 합동 작전 등 무인 비행체 시나리오에 실시간 무인 비행체 제어가 가능하도록 AI 시스템을 적용할 수 있다. 네트워크 운영자는 무인 비행체에 대한 통신 커버리지와 무인 비행체와 AI 시스템 간의 연결을 제공한다. AI 시스템은 UTM(UAS Traffic Management) 또는 3GPP 시스템 외부의 다른 타사 장치에 위치할 수 있다.

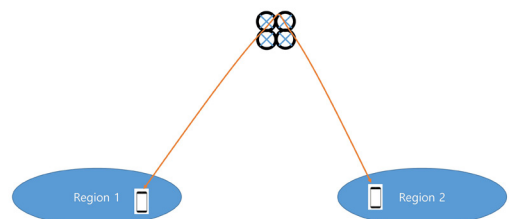
AI에 의한 무인 비행체 제어 단계의 한 예가 다음과 같다.

- 무인 비행체는 고정밀도 지형 데이터, 현장 사진 및 비디오 등 실시간 정보를 수집
- 수집된 정보는 5G 네트워크를 통해 AI 시스템으로 전송
- 고정 노선의 무인 비행체 비행경로는 AI 시스템에 의해 계산되고 만들어짐
- 5G 네트워크를 통해 비행경로 및 제어 정보를 무인 비행체로 전송

AI가 제어하는 무인 비행체의 경우 상향링크 고속 전송과 하향링크 저지연 전송에 대한 무인 비행체의 요구사항을 모두 고려할 필요가 있다. 추가적으로, 5G 네트워크는 무인 비행체의 비행경로 계산과 운행에 관련된 여러 가지 판단을 지원하기 위해 고정밀 위치 정보를 AI 시스템에 제공할 필요가 있다.

라. 격리된 지역의 통신을 위한 무인 비행체 활용

그림 2와 같이 원격의 격리된 지역과 같은 일부 시나리오에서 무인 비행체는 개인 사용자 그룹 간의 통신을 위해 백홀 연결이 필요하지 않은 영역에



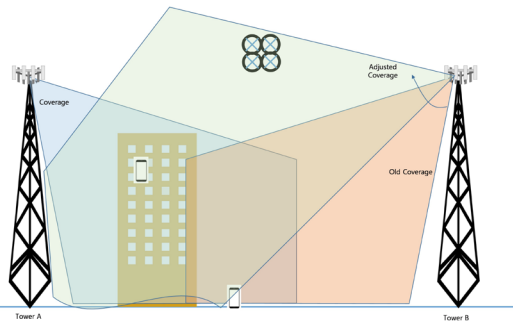
출처 © 2019 - 3GPP™ deliverables and material are the property of ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA and TTC who jointly own the copyright in them. They may be subject to further modifications and are therefore provided to you "as is" for information purposes only. Further use is strictly prohibited.

그림 2 격리된 지역의 통신을 위한 무인 비행체

배치될 수 있다. 예를 들어, 유선 통신 장비가 설치되어 있지 않은 서로 떨어진 외진 두 지역에서 건설 프로젝트를 수행 중일 때, 건설 장비와 근로자 간 통신을 지원하기 위해 공중 네트워크를 활용할 수 있다. 이때 무인 비행체에 탑재된 무선 접속 네트워크는 서비스하는 사용자 간 데이터 통신을 위한 로컬 라우팅을 지원할 수 있어야 하며, 불필요한 전송을 최소화하여 무선 접속 네트워크와 서비스하는 사용자들 간의 데이터 통신 및 전력 소비를 최적화할 수 있어야 한다.

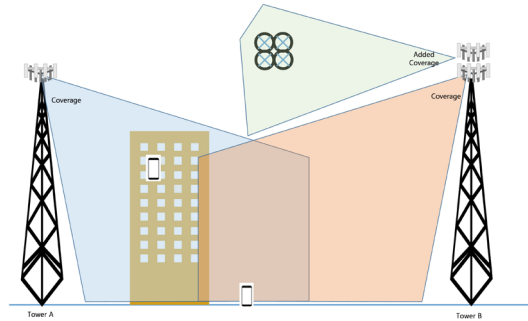
마. 무인 비행체 서비스 영역 분리

통상적으로 이동 통신용 안테나는 높은 위치의 셀 타워에 장착되고 약간 아래 방향으로 기울어져 있다. 이는 일반적으로 사람이 지상 위에 있거나 건물 안에 있기 때문이다. 무인 비행체를 위한 통신 서비스를 시작함으로써 일부 사용자는 기존 커버리지보다 높은 곳에 위치할 수 있다. 따라서 무인 비행체가 위치하는 높이까지 커버리지를 제공할 수 있도록 그림 3과 같이 안테나 방향을 조정할 필요가 있으며, 경우에 따라서는 그림 4와 같이 추



출처 © 2019 - 3GPP™ deliverables and material are the property of ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA and TTC who jointly own the copyright in them. They may be subject to further modifications and are therefore provided to you “as is” for information purposes only. Further use is strictly prohibited.

그림 3 무인 비행체를 위한 안테나 기울기 변화



출처 © 2019 - 3GPP™ deliverables and material are the property of ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA and TTC who jointly own the copyright in them. They may be subject to further modifications and are therefore provided to you “as is” for information purposes only. Further use is strictly prohibited.

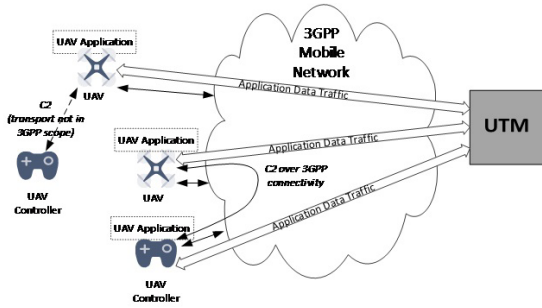
그림 4 무인 비행체를 수용을 위한 장비 추가

가 장비를 설치할 필요도 있다. 이 경우 다양한 사용자에게 제공되는 서비스를 차별화할 필요가 있다. 무인 비행체 사용자에게 제공될 수 있는 서비스는 무인 비행체가 아닌 일반 사용자에게 제공될 수 있는 서비스와는 다르다.

3GPP 네트워크는 고도를 포함한 사용자의 네트워크 기반 위치 서비스를 지원할 수 있어야 하며, 전송된 트래픽에 대한 위치 정보와 함께 공중 서비스에 가입한 사용자에 대한 과금 정보를 수집할 수 있어야 한다.

2. 무인 비행체를 위한 5G 이동통신 요구사항

SA1의 주도하에 2019년 6월에서 2019년 12월 까지 진행된 “5G Enhancement for UAVs” WI(Work Item)의 결과로 UAS를 위한 5G 이동통신 요구사항을 “Unmanned Aerial System(UAS) support in 3GPP” 기술 규격[5]에 반영하였다. 해당 기술 규격은 5G 이동통신 기반 UAS의 참조 모델, 무인 비행체와 무인 비행체 제어기 간 C2(Command and Control) 통신에 대해 소개하고, UAS의 원격 식별 요구사



출처 © 2019 - 3GPP™ deliverables and material are the property of ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA and TTC who jointly own the copyright in them. They may be subject to further modifications and are therefore provided to you “as is” for information purposes only. Further use is strictly prohibited.

그림 5 3GPP UAS 모델

항, 사용자 요구사항, 성능 요구사항 등을 다음과 같이 정리한다.

가. UAS의 정의와 운용 기준

그림 5는 3GPP 기반 5G 이동통신망을 활용한 UAS 모델을 보여 준다.

UAS는 1개의 무인 비행체 제어기와 1개 이상의 무인 비행체로 구성되며, 무인 비행체는 3GPP 이동통신망 또는 비 3GPP 범위 통신망의 C2 링크상에서 무인 비행체 제어기에 의해 제어된다. UAS의 관리를 위하여 UTM 간에 3GPP 이동통신 망을 경유하여 응용 데이터 트래픽이 교환된다.

UAS 서비스 지원을 위해 3GPP 망을 이용할 때, C2 통신에 대한 QoS를 보장하여 UAS 서비스를 제공할 수 있도록 표 1과 같이 3가지 방식이 고려된다.

나. UAS 원격 식별 요구사항

UAS의 원격 식별을 위하여 3GPP 시스템이 제공하여야 할 일반 요구사항, UTM 위주 요구사항, 보안 측면 요구사항을 표 2에 정리한다.

표 1 C2 통신방식

방식	특징
직접 명령 및 제어 통신	무인 비행체 제어기와 무인 비행체 간 통신용 C2 링크 생성, 직접 C2 통신을 위해 5G 망에서 구성 및 스케줄링된 무선 자원을 사용하여 모두 5G 망에 등록됨
망지원 명령 및 제어 통신	무인 비행체 제어기와 무인 비행체 각각 5G 망에 유니캐스트 C2 링크 등록/설정, 다른 NG-LAN 노드를 통해 5G 망에 등록될 수 있음
UTM-운항 명령 및 제어 통신	UTM이 무인 비행체에 자율 비행을 위한 사전 예약 비행 스케줄(예, 4D 다각형 배열)을 제공, 무인 비행체의 비행 상태를 정기적으로 모니터링, 최신 동적 제한 사항으로 비행 상태를 검증하여 경로 업데이트를 제공, 필요시 탐색을 위해 무인 비행체와 C2 링크 유지

표 2 UAS 원격 식별 요구사항

UAS 원격 식별 요구사항	
일반 요구사항	
<ul style="list-style-type: none"> • UAS로 취급되기 위해 UTM과 무인 비행체/무인 비행체 제어기 연결 • UTM에 UAS 식별자 제공 지원 • UAS와 UTM 간에 무인 비행체 데이터 전송 • UAS에 적용되는 인증 수준에 따라 UTM에 UAS 데이터 전송 • UTM 및 지원 애플리케이션의 진화에 따른 UAS 데이터 확장 지원 • 규정과 보안 보호에 따라, UAS가 식별자를 UTM에 전송 지원 • 이동통신 단말이 UTM에 식별자 전송 지원 • MNO의 UTM에 전송되는 데이터의 증강(네트워크 기반 위치 정보) 지원 • UTM 운전 허가 결과를 MNO에 통보 지원 • MNO의 가입 정보가 있는 UAS에 대한 허가 지원 • UAS의 실시간 위치 정보를 UTM에 업데이트 지원 • UTM에 UAS의 보완적 위치 정보를 제공 • 동시에 서로 다른 PLMN(Public Land Mobile Network)에 접속한 무인 비행체와 무인 비행체 제어기 지원 • UAS 정보의 획득 가능 • UAS 가능(불가능) 이동통신 단말을 구별할 수 있는 UAS 식별 및 가입 데이터 지원 • UTM에 문제가 있는 UAS의 검출, 식별 및 보고 지원 	
UTM 위주 요구사항	
<ul style="list-style-type: none"> • 무인 비행체에 비행 허가과 함께 경로 데이터를 제공 • UTM에서 수신한 경로변경 정보를 500ms 미만의 지연으로 UAS에 전달 • UTM에서 수신한 알람을 500ms 미만의 지연으로 무인 비행체 제어기에 전달 • MNO 정책/규제 요구사항에 기초하여 UTM의 무인 비행체 제어 통신 인계 지원 • 무인 비행체가 단거리 지역에서 충돌 회피를 위해 비행체 식별을 위한 정보 방송 지원 • 다른 무인 비행체에 식별을 위한 메시지를 전송 지원 • 무인 비행체의 식별 정보 방송 시 무인 비행체의 소유주, 무인 비행체 파일럿 및 무인 비행체 운영자 개인 정보 보호 지원 	

- 단거리에서 다른 무인 비행체의 지역 방송 통신 전송 서비스 수신 지원
- 무인 비행체의 3GPP 네트워크의 범위 또는 범위 밖에서 직접 무인 비행체 간 지역 방송 통신 전송 서비스 사용 지원
- 서로 다른 PLMN에 연결된 무인 비행체 간에도 직접 무인 비행체 간 지역 방송 통신 전송 서비스 사용 지원
- 최대 320kmph의 상대 속도까지 직접 무인 비행체 간 지역 방송 통신 전송 서비스 지원
- 보안 관련 메시지 구성요소를 제외하고 50~1,500byte 크기의 메시지는 직접 무인 비행체 간 지역 방송 통신 전송 서비스 지원
- 최대 600m의 통신 범위를 지원하는 직접 무인 비행체 간 지역 방송 통신 전송 서비스 지원
- 초당 최소 10개의 메시지 주파수로 메시지를 전송할 수 있는 직접 무인 비행체 간 지역 방송 통신 전송 서비스 지원
- 최대 100ms의 단대단 지연으로 메시지를 전송할 수 있는 직접 무인 비행체 간 지역 방송 통신 전송 서비스 지원

보안 측면 요구사항

- UAS와 UTM 사이의 데이터 전송 보호
- UAS 식별자의 속임(spoofer) 공격에서 보호
- 응용 계층에서 UAS와 UTM 사이에 전송된 데이터의 거부 비허용
- UAS와 UTM 사이의 복수 연결에서 전송되는 데이터에 대해 각각 다른 수준의 무결성 및 개인 정보 보호 제공 지원

다. UAS 사용 요구사항

UAS 사용을 위한 요구사항은 무인 비행체 서비스를 위한 망 익스포저, 무인 비행체 탑재 이동통신 단말에 대한 망 익스포저, 무인 비행체 탑재 이동통신 단말에 대한 서비스 제한

표 3 UAS 사용 요구사항

항목	특징
무인 비행체 서비스를 위한 망 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 제3자가 무인 비행체의 상태 정보를 실시간으로 요청하고 얻을 수 있는 수단 제공 • 운영자의 정책을 기반으로 특정 지역과 특정 시간에 무인 비행체의 서비스 상태 정보를 제3자에게 제공할 수 있는 수단 제공
무인 비행체 탑재 이동통신 단말에 대한 서비스 제한	<ul style="list-style-type: none"> • 이동통신 단말 탑재형 무인 비행체의 네트워크 기반 3D 공간 배치를 지원 • 무인 비행체 탑재 이동통신 단말에 대한 연결 서비스가 승인되지 않은 지역에 진입 전에 인증된 제3자에게 연결 서비스의 잠재적 중단을 통지
UxNB에 대한 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> • UxNB의 강화되고 유연한 무선 커버리지 제공 지원 • UxNB의 작동 제어 방법 제공 • UxNB 전력 소비량 최소화 방법 제공 • UxNB의 자세 변경에 의한 인한 간섭 최소화
명령 및 제어 통신	<ul style="list-style-type: none"> • 사전 정의된 C2 통신 모델에 필요한 QoS 지원 • C2 통신 모델 간 전환에 필요한 QoS 지원 • UTM에 사전 정의된 C2 통신 모델에 필요한 QoS에 대한 모니터링 요청 방법 제공

신 단말에 대한 서비스 제한, UxNB, C2 통신 측면에서 표 3과 같이 정리된다.

라. 성능 요구사항

표 4는 3GPP 기반 5G 시스템이 무인 비행체 응용에 제공하여야 하는 성능 요구사항을 대표 서비스와 성능 지표로 정리한다.

표 4 무인 비행체 응용 서비스 성능지표

사용 사례	서비스	전송율	중단 지연	지상 고도	지역 ^(주 4)
1	8K 비디오 실시간 방송	100Mbps 무인 비행체 송신	200ms	<100m	도심, 시골 지역
		600Kbps 무인 비행체 수신	20ms	<100m	
2	레이저 매핑/ HD 순찰 ^(주 4)	120Mbps 무인 비행체 송신 ^(주 1)	200ms	30~300m	도심, 시골 지역, 풍치 지역
		300Kbps 무인 비행체 수신	20ms	30~300m	
3	4*4K 시정찰	120Mbps 무인 비행체 송신	20ms	<200m	도심, 시골 지역
		50Mbps 무인 비행체 수신	20ms	<200m	
4	HD 비디오를 사용하는 원격 무인 비행체 제어기	≥25Mbps 무인 비행체 송신 ^(주 3)	100ms	<300m	도심, 시골 지역
		300Kbps 무인 비행체 수신	20ms	<300m	
5	실시간 비디오	0,06 Mbps 무인 비행체송신(비디오 데이터 없음)	100ms	-	도심, 시골 지역
6	비디오 스트리밍	4Mbps(720p 비디오 데이터) 9Mbps(1080p 비디오 데이터) 무인 비행체 송신	100ms	-	도심, 시골 지역
7	주기적인 정지 영상	1Mbps 무인 비행체 송신	1s	<120m	도심, 시골 지역

(주 1) 평균 비행 속도는 60km/h
 (주 2) 지연은 5G 시스템이 제3자에게 무인 비행체의 보다 정확한 위치 정보를 제공하는 데 소요되는 시간
 (주 3) 해당 지역에서 무인 비행체 비행 절대 속도는 160km/h
 (주 4) 동작 중인 무인 비행체의 밀도는 10/200km². 최대 고도는 300m. 평균 비행 속도는 60km/h

3. 5G 이동통신 기반 무인 비행 시스템 연결, 식별 및 추적 지원

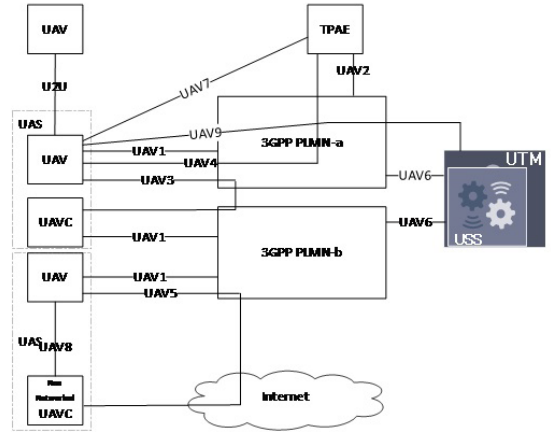
2018년 12월에서 2020년 12월까지 진행된 “Study on supporting Unmanned Aerial Systems Connectivity, Identification, and Tracking” SI의 결과로 “Study on supporting Unmanned Aerial Systems(UAS) connectivity, Identification and tracking(Release 17)” 기술 보고서[3]가 작성되었다. 이 기술 보고서에서 다룬 무인 비행 시스템의 연결, 식별 및 추적을 위한 3GPP 무인 비행체 아키텍처 및 요구사항, 해결해야 할 7가지 주요 문제, 제안된 27개의 해결 방법 및 향후 규격 단계에서의 고려 사항에 대하여 다음과 같이 정리하였다.

가. 3GPP 무인 비행체 아키텍처

그림 6은 3GPP 무인 비행체 아키텍처를 보여 주고 있고 표 5와 같은 참조점이 고려된다.

표 5 3GPP 무인 비행체 아키텍처 참조점

참조점	내용
UAV1	무인 비행체 및 무인 비행체 제어기를 3GPP 시스템과 인터페이스함
UAV2	제3자 인증 기관을 3GPP 시스템과 인터페이스함
UAV3	명령 및 제어 전송을 위한 3GPP 사용자 평면 연결
UAV4	제3자 인증기관과 무인 비행체와 인터페이스(C2와 무인 비행체 원격 식별 및 추적 용)
UAV5	비 3GPP 네트워크로 연결된 무인 비행체 제어기와 무인 비행체를 인터페이스함
UAV6	3GPP 시스템을 외부 USS(UAS Service Supplier)/UTM과 인터페이스함
UAV7	비 3GPP전송에서 브로드 캐스트로 전송되는 RID(Remote Identification) 정보를 위해 사용
UAV8	비3GPP 전송을 통해 명령 및 제어(C2)를 위해 사용
UAV9	무인 비행체 또는 3GPP 네트워크로 연결된 무인 비행체 제어기와 USS/UTM와 인터페이스함
U2U	무인 비행체 대 무인 비행체 인터페이스



출처 © 2021 - 3GPP™ deliverables and material are the property of ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA and TTC who jointly own the copyright in them. They may be subject to further modifications and are therefore provided to you “as is” for information purposes only. Further use is strictly prohibited.

그림 6 3GPP 무인 비행체 아키텍처

무인 비행 시스템 관리를 위한 3GPP 아키텍처 요구사항은 다음과 같다.

- 4G 시스템과 5G 시스템에 적용할 수 있어야 한다.
- 3GPP 시스템은 UTM이 무인 비행체와 무인 비행체 제어기를 연계시키고 3GPP 네트워크 무인 비행체 제어기와 비 3GPP 네트워크 무인 비행체 제어기 모두에 대해 식별할 수 있도록 해야 한다.
- 3GPP 네트워크는 무인 비행체의 서빙 PLMN

표 6 주요 문제

번호	주요 문제
1	무인 비행체 식별
2	UTM에 의한 무인 비행체 인가
3	무인 비행체 제어기 식별 및 인증/인가
4	무인 비행체와 무인 비행체 제어기 추적
5	무인 비행체 인가 취소 및 (재)인가 실패
6	무인 비행체 제어기와 무인 비행체 연계
7	무인 비행체를 위한 사용자 평면 연결

(Public Land Mobile Network)과 해당 무인 비행체 제어기의 서빙 PLMN이 다를 수 있도록 해야 한다.

- 해결 방법은 5G 시스템과 4G 시스템 프로토콜에 미치는 영향을 최소화해야 한다.

나. 주요 문제

3GPP 시스템에서 무인 비행 시스템 관리를 위하

여 해결해야 할 주요 문제는 표 6과 같이 7개로 정리된다.

다. 주요 문제와 제안된 해결 방법 간 매핑

표 7에는 제안된 해결 방법을 소개하고 각 해결 방법이 어떤 주요 문제를 다루는지에 대한 매핑 관계를 보여 준다.

표 7 주요 문제와 제안된 해결 방법 간 매핑

항목	제안된 해결 방법 내용	주요 문제						
		1	2	3	4	5	6	7
1	대상 지역 무인 비행체 식별				x			
2	무인 비행체 원격 식별을 위한 3GPP 참조 아키텍처	x	x	x	x	x	x	x
3	USS/UTM 탐색		x					
4	무인 비행체 식별 및 인가를 위한 사용자 평면 사용 해결 방법	x	x	x	x	x	x	x
5	NAS(Non-Access Stratum) 보조 및 2차 인증과 인가 절차 기반 USS/UTM에 의한 무인 비행체 인증 및 인가	x	x	x				x
6	제어 평면 지원 무인 비행체 인증 및 인가	x	x			x		
7	무인 비행체에 대한 개선된 2차 인증/인가	x	x			x		
8	5G 시스템에서 항공 단말 기능 지원	x						
9	원격 식별을 위한 무인 비행체 ID 할당 및 사용	x			x			
10	원격 식별 및 추적을 위한 제어 평면 기반 무인 비행체 등록 및 민간 항공 관리국 수준 무인 비행체 ID 발급		x					
11	네트워크 게시 서버 및 무인 비행체 비행 인가 표시		x					
12	무인 비행체 비행 경로 인가를 위한 제한 영역 노출		x					
13	UTM의 지오펜싱 지원을 위한 관심 영역				x			x
14	무인 비행체 및 무인 비행체 제어기 추적과 비행 경로 분석				x			
15	위치 서비스 메커니즘 기반 무인 비행체 및 무인 비행체 제어기 추적				x			
16	UTM/USS에 대한 위치 노출				x	x		
17	네트워크 지원 무인 비행체 확인 및 모니터링		x		x	x		
18	무인 비행체에 의해 설정된 PDU 세션 처리					x		
19	USS/UTM 트리거 C2 통신 인가 취소					x		
20	2차 인가를 사용하는 무인 비행체 및 무인 비행체 제어기 연계 및 연결 제어						x	
21	C2 통신을 위한 연결 설정 및 UAV와 UAVC 간의 연계						x	x
22	RID USS에 의한 무인 비행체 식별 및 인증	x	x			x		
23	USS/UTM에 의한 UAV/UAVC 인증/인가 및 C2 통신 설정		x	x		x	x	x
24	무인 비행체 재인증 및 재인가		x	x				
25	무인 비행체 및 무인 비행체 제어기 추적 지원 네트워크 노출				x			x
26	무인 비행체 동작에 대한 원격 식별 및 추적을 위해 사용자 평면 연결을 설정하는 UAV	x	x	x				x
27	무인 비행 시스템의 무인 비행체 제어기 교체			x			x	

라. 추후 규격 작업을 위한 제안 사항

이 기술 보고서에서는 제안된 해결 방법과 관련하여 추후 규격 작업을 위해 다음 사항을 제안하였다.

- 새로운 무인 비행 시스템 네트워크 기능을 표준화하는 데 해결 방법 5의 UFES(UAV Flight Enablement Subsystem)와 해결 방법 25의 UAVF(UAV Function)의 기능 정의를 기반으로 한다.
- 새로운 무인 비행 시스템 네트워크 기능은 무인 비행체 인증/인가, 무인 비행체 비행 인가, 무인 비행체-무인 비행체 제어기 페어링 인가 및 관련 취소, 위치 보고 및 C2 통신을 위한 QoS/트래픽 필터링 제어를 위해 기존 NEF(Network Exposure Function)/SCEF(Service Capabilities Exposure Function) 노출 서비스를 사용하며 개선 사항은 표준 작업 중에 정의될 수 있다.
- 무인 비행체와 3GPP 시스템이 USS/UTM과 인터페이스를 위한 제어 평면 연결 방법을 해결 방법 5와 23을 기반으로 표준화를 진행하였다.

III. 결론

본고에서는 무인 항공기 운용을 위하여 4G에서 5G에 이르기까지 3GPP에서 진행된 주요 표준화 내용을 설명하였고, 5G 기반 이동통신 시스템에서 무인 비행체 운용을 위한 사용사례를 소개하였다. 이에 기반하여 UAS 및 운용 기준을 정의하였고, UAS 원격 식별 요구사항, UAS 사용 및 성능 요구사항 등 무인 비행체를 위한 5G 이동통신 요구사항을 정리하였다. 마지막으로 5G 이동통신 기반 무인 비행 시스템 연결, 식별 및 추적 지원과 관련하여 3GPP 무인 비행체 아키텍처, 해결해야 할 7가지 주요 문제, 주요 문제와 제안된 해결 방법 간

의 매칭 및 추후 규격 작업을 위해 제안된 결과에 대하여 정리하였다.

현재 무인 비행체의 운용을 위해 가장 중요하게 고려되는 분야는 5G 시스템을 경유한 UTM과의 연계로, SA에서 정의된 구조를 바탕으로 이를 지원하기 위한 무선 접속망에서의 표준화가 진행될 전망이다.

용어해설

C2 무인 비행체 제어기 또는 UTM에서 무인 항공기로 작동을 위한 명령과 제어 정보가 포함된 메시지를 전송하는 사용자 평면 링크

UFES 3GPP 시스템을 USS와 인터페이스하고 UAV 원격 식별 및 추적을 수행할 때 해당 USS를 지원하는 3GPP 서버 시스템

USS 공역을 안전하고 효율적으로 사용할 수 있도록 지원하고 항공 관리국과 드론 운영자 간의 중간자 역할을 하며 공역 모니터링, 안전 임무 및 운항 데이터 관리를 수행함

UTM 무인 비행 시스템의 교통 관리를 위한 기능 및 서비스 수행

UxNB 무인 비행체에 탑재된 무선 액세스 노드. 사용자에게 이동통신 서비스를 제공할 수 있으며 무선 백홀을 통해 코어망과 연결되어 있음

약어 정리

AI	Artificial Intelligence
C2	Command and Control
eMBB	enhanced Mobile BroadBand
MNO	Mobile Network Operator
NAS	Non-Access Stratum
NEF	Network Exposure Function
PLMN	Public Land Mobile Network
RID	Remote Identification
SCEF	Service Capabilities Exposure Function
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UAVC	Unmanned Aerial Vehicle Controller
UAVF	UAV Function

UFES UAV Flight Enablement Subsystem
 USS UAS Service Supplier
 UTM Unmanned Aerial System Traffic Management

참고문헌

- [1] 3GPP TR 37.777 v15.0.0, "Study on enhanced LTE support for aerial vehicles (Release 15)," 2017. 12.
- [2] 3GPP TR 22.825 v16.0.0, "Remote identification of unmanned aerial systems," 2018. 9.
- [3] 3GPP TR 23.754 v17.1.0, "Study on supporting unmanned aerial systems (UAS) connectivity, identification and tracking (Release 17)," 2021. 3.
- [4] 3GPP TR 23.755 v17.0.0, "Study on application layer support for unmanned aerial systems (UAS)," 2021. 4.
- [5] 3GPP TS 22.125 v17.1.0, "Unmanned aerial system (UAS) support in 3GPP," 2019. 12.
- [6] 3GPP TS 22.261 v18.1.0, "Service requirements for the 5G system," 2019. 12.
- [7] 3GPP TR 22.829 v17.1.0, "Enhancement for unmanned aerial vehicles (Release 17)," 2019. 9.