

Global Report

도심항공교통(UAM) 운영 개념 (UAM ConOps v1.0)

1. 소개
2. 주요 전제사항
3. UAM 운영 평가
4. UAM 운영 개념
5. 아키텍처
6. UAM 적용 사례 및 운영 시나리오
7. UAM 운영 개념 구현
8. 참고 문헌

1. 소개

본보고서는 미항공연방청(FAA) NextGen 부서에서 계획된 도심항공교통(Urban Air Mobility; 이하 UAM) 운영 환경을 설명하기 위해 UAM 운영 개념 버전 1.0 (UAM ConOps v1.0)을 개발하였는데, 이를 설명하기 위해 기술되었다. 초기의 UAM 운영은 현재의 운영규정과 환경에서 비행에 대해 인증된 새로운 기체 형태를 사용하였다. UAM 운영을 빨리 도입하기 위해 관련 규정의 혁신과 UAM 전용 항로(Corridors; 이하 비행 통로)를 도입할 수 있으며, 새로운 운영 규정과 인프라는 고도로 자유했던 교통관리를 가능하게 할 수 있도록 한다.

보고서에는 항공교통관리(Air Traffic Management; 이하 ATM), 무인항공시스템(Unmanned Aircraft System; 이하 UAS) 무인기교통관리(UAS Traffic Management; 이하 UTM)의 맥락에서 UAM 운영 환경을 정의하고 있다. 또한 UAM의 초기 운영을 지원하기 위해 항공교통관리(ATM)의 향후 비전을 제시하고 있다. 그러나 UAM ConOps v1.0에서는 자세한 해결방법, 운영 절차 혹은 세부적인 실행방법들에 대해서는 다루지 않고 보다 세부적인 계획을 수립하기에 앞서 산업체, NASA, FAA가 협심하여 어떻게 미래를 구상하고 필요한 시험, 평가 및 검증 방안 등을 수집하는 단계에 초점이 맞춰져 있다.

도심항공교통(UAM)은 도심 내외에서 고도화된 자동화, 승객과 화물-운송 항공교통 서비스를 가능하게 해준다. 도심항공교통은 NASA와 FAA 및 산업체에 의해 개발 중인 최신험공 모빌리티(Advanced Air Mobility; 이하 AAM)의 집합체이다. AAM은 지역, 지방, 국가간 및 도심환경에서 사람과 화물의 운송을 가능하게 하며, 그중 UAM은 도심과 교외 환경에 적합하도록 집중되어있다. 이 운영개념 v1.0은 국가공역시스템(NAS)안에서 UAM의 운영을 소개하고 구체화하기 위한 최초의 기본적인 관점을 제시하고 있다. 따라서 이 운영개념은 도전과 기술, 잠재성 및 국가공역시스템 내에서의 적용가능성에 대한 이해를 공감하여 FAA, NASA, 산업체와 이해관계자들이 결정을 내리는데 도움을 주는 목적으로 제공되고 있다.

매년 지상 교통량의 증가로 출퇴근 소요시간이 길어지고 이로 인하여 상당한 경제적 비용이 손실되고 있는 추세이다. 미국인의 경우 도로위에서 88억 시간을 낭비하고 있고, 이는 2023년까지 14%이상 증가할 것으로 예측된다. 도심 중심 항공교통의 개념으로 기존 헬리콥터 형태 수송의 한계는 오랫동안 존재해왔다. 결과적으로 운영, 고객 서비스의 높은 비용과 소음, 공해에 대한 대중의 부정적인 인식으로 인해 시장이 크게 성장되지 못했다. 이로 인하여 대체 운송 수단을 강구하게 되었으며 현대 기술의 진화로 인해 이 개념(UAM)의 발전을 뒷받침할 수 있게 되었다. 이러한 의미에서 UAM 개념의 도입은 도심지역내 대체 항공교통 수단으로 새로운 접근 방식을 제시한 것이다.

국가공역시스템 NAS의 운영환경에는 비행체 운영을 가능케 하도록 공역의 운영 형태, 규정 및 절차들이 포함되어있으며 UAM, UTM, ATM의 운영 환경에 따른 해당 공역은 다음과 같다.

- UAM: UAM 비행통로이며 UAM ConOps 1.0에 적용
- UTM: 무인항공시스템(UAS) 운영 영역 및 400피트 이하이며 UTM ConOps 2.0에 적용
- ATM: 전 공역에 해당하며 현재 규정은 UAM 환경 외의 모든 유인, 무인 항공기 운영을 위한 규정이 적용됨

UAM 항공기, 고정익 항공기, 헬리콥터와 UTM 항공기(UAS)들의 UAM 비행통로 내부와 외부의 운영에 대해 아래와 같이 설명하고 있다

- UAM 비행통로 내부에서 모든 항공기들은 UAM의 규정, 절차 및 성능 요구조건하에서 운영됨
- 고정익 항공기와 UTM 항공기(UAS)는 UAM 비행통로와 교차함

- 헬리콥터와 UAM 항공기들은 UAM 비행통로에서 운영됨
- 운영은 공역 등급(class)에 따라 달라지지 않음
- UAM 비행통로 외부에서의 운영은 운영형태, 공역 등급 및 비행고도에 대해 ATM과 UTM의 규정을 준수함

2. 주요 전제사항

UAM 운영환경과 발전 개념 개발 시 하기의 원칙과 가정을 따른다.

- UAM은 국가공역시스템 (National Airspace system; 이하 NAS)에 통합된 규제, 운영 및 기술적 환경에서 운영될 것임
- 규제 환경의 어떠한 평가들도 NAS에서 안전을 유지하여야 함
- UAM 서비스의 아키텍처(기술)는 유연하고 확장 가능함
- 미항공연방청(FAA)은 규제 당국을 유지하고 운영관련 변수들의 감독에 대한 계획을 수립할 책임이 있음
- FAA는 UAM 운영과 관련된 정보를 접근할 수 있는 권한이 있음
- 공역관리는 필요한 곳에서 구성될 수 있으며, 가능하면 융통성 있게 구성될 수 있음
- FAA는 공역구조의 활용 영역을 최적화하기 위해 개인용 항공기 운영 성능을 증대시킬 권리가 있음
- 이하 전체 항목은 보고서 본문 참조

3. UAM 운영 평가

UAM 운영 평가는 다음의 주요 지표들을 특징으로 하고 있다.

1. 운영 템포: UAM 운영의 밀집도, 빈도, 복잡성을 나타냄
2. UAM 구조(공역과 절차): UAM 운영환경을 지원하는 인프라와 서비스의 복합된 수준
3. UAM 규제 변화: UAM 운영의 구조 및 성능을 위해 필요한 현재 규정들의 발전 수준
4. UAM 커뮤니티 법령(Community Based Rules; 이하 CBR): UAM 운영과 서비스 제공자(Provider of Services for UAM; 이하 PSU)의 확장을 위해 UAM 추진 규정들을 보완
5. 항공기 자율화(Automation) 수준:
 - 휴먼 위던더 루프(HWTL): 사람이 직접 시스템을 조종하는 단계
 - 휴먼 온더 루프(HOTL): 사람의 감독 하에 조종되는 시스템 단계, 사람이 적극적 모니터링함
 - 휴먼 오버더 루프(HOVTL): 사람이 수동적으로 모니터링함.
6. PIC(Pilot in Command) 단계

	UAM 운영 초기단계	UAM 운영 개념 1.0 (ConOps 1.0)	최종 UAM 운영 개념
운영 템포	느림	느림	이전 단계에 비해 향상
UAM 구조	회전익기 인프라 실행, UAM 구조는 존재하지 않음	UAM 성능과 요구조건에 기초한 특정 항공공역 내에서 UAM 기체 운용	UAM 성능과 요구조건에 기초한 특정 항공공역 내에서 UAM 기체 운용되나 대단히 복잡해 지고 여러 변수가 증대함
UAM 규제 변화	현재의 법령, 규정등을 유지하여 실행	ATM 규정 변경, 운영 가능한 UAM 에 대한 새로운 규정	UAM 통로내의 운용이 가능하도록 추가적 규정들이 필요
UAM 커뮤니티규정	CBR 규정 없음	CBR 규정 있음	CBR의 복잡성 및 FAA의 지침들이 증대
항공기 자율화 수준	현재, 유인 회전익기 기술 유지	UAM 전용 기체로 PIC 조종 가능	자동화로 인해 HOVTL 이 가능
PIC 단계	온보드	온보드	원격 조종

4. UAM 운영 개념

4.1 개요

이 장에서는 UAM 운영의 역할과 책임, UAM 비행통로, 정보 및 권고, 운영계획에 대한 주요 정의와 UAM 운영 개념 (UAM ConOps 1.0)에 대한 개괄적인 내용을 제시하고 있다.

4.2 정의

본 절에서는 UAM 비행장, UAM 항공기, UAM 비행통로, UAM 운영, UAM 운영 계획(비행계획), UAM 운영자, UTM 운영자에 대한 정의를 설명하고 있다.

4.3 역할과 책임

본 절에서는 UAM 운영 관련 분야의 역할과 책임을 설명하고 있다. 관련분야는 크게 FAA, UAM 운영자, PIC(Pilot in Command), UAM 서비스 공급자(PSU), PSU 네트워크, UAM 비행장, UAS 서비스 공급자(USS)이며 이외 NAS 공역 사용자, 공적 관심 이해관계자등에 대한 역할과 책임을 구분하고 있다.

4.4 UAM 비행통로

UAM 비행통로(“통로(Corridor)”로 명칭)는 항공교통관제(ATC)의 기술적 분리 관제 서비스 없이(안전을 위한 타 비행체와의 간섭 관리를 의미함) UAM을 보다 안전하고 효과적으로 운영할 수 있도록 해준다. 또한 UAM 운영 능력, 구조, 절차등과 관련된 운영 템포를 가속시키는데 도움을 준다. UAM 비행통로를 정의함으로써 이해관계자들이 계획하고 운영할 수 있도록 한다. UAM 비행통로 설계시 다음의 사항들을 고려하여야 한다.

1. 기존 ATM과 무인항공기 교통관리 시스템(UAS Traffic Management; 이하 UTM) 운영의 영향성 최소화
2. 대중 이해관계자들의 요구 사항 (지역 환경, 소음, 안전, 보안)
3. 이해관계자들의 활용성 (고객 요구사항)

UAM 비행통로 유효성(availability)은 ATC 운영 설계와 부합되어야 한다. (예시: 인근 공항 이착륙(비행) 방향 변경) 우선적으로 UAM의 비행통로는 지점간(point-to-point) 연결을 위해 두 비행장간 위치끼리 연결하여야 한다.

4.5 UAM 비행통로 내에서의 분리

UAM 비행통로(통로)내에서의 UAM 항공기별 운영의 분리는 다양한 전략과 기술을 통해 명확히 할 수 있다. 주된 방법으로는 공동 비행 영역을 기반으로 전략적 충돌방지를 하는 것이다. 기술적 분리 방법으로는 UAM 운영자에게 할당하는 것인데, 여기에는 PIC와 항공기 성능 및 PSU 지원을 포함하고 있다. UAM 비행통로 내에서 운영될 때 FAA 규정, CBR 규정에는 전략적 충돌방지(deconfliction)와 전술적 분리 방식이 포함되며 전략적 충돌방지 규정은 PSU에 의해서 실행될 수 있다. 또한 UAM 운영자는 항공기, 날씨, 지형 및 위험과 관련된 운영을 안전하게 수행할 책임이 있다. 결과적으로 UAM 비행통로의 분리는 공유된 비행의도(Flight Intention), 인식, 비행의도에 전략적 충돌방지 및 절차 규정 정립을 통해 가능하다.

4.6 기상(Weather)과 장애

PSU와 보조적 데이터 서비스 제공자(Supplemental Data Service Provider; 이하 SDSP)는 UAM 운영을 위해서 기상, 지형 및 장애물 정보 데이터를 제공함으로써 UAM 운영자를 지원한다. 이 데이터들은 UAM 운영과 비행 중 업데이트된 전략적 관리를 보장하기 위해 비행계획 단계에서 얻어진다. UAM 운영자는 비행 중 기상을 지속적으로 모니터링 하여 비행통로 내에서 문제가 발생하지 않도록 전략과 기술적인 조치로 충돌방지(분리) 상태를 유지한다.

4.7 제한 정보 및 참고

UAM 운영자는 운영에 영향을 미칠 수 있는 운영 조건 또는 비행 위험을 식별 할 책임이 있다. 이러한 정보들은 안전한 비행을 보장하기 위해 비행 전과 비행 중에 수집되며, PSU는 아래의 사항들이 포함된 정보과 권고를 제공하여 UAM 운영자를 지원한다.

- UAM 비행통로 내에서와 교차 운영이 포함된 기타 항공교통 정보
- 기상, 풍속/풍향 정보
- 저고도 비행시 위험요소
- 특별한 공역 상태 정보
- UAM 비행통로 가용성 정보

4.8 UAM 운영시 가정 사항

UAM 운영시 다음의 가정들을 적용한다.

- UAM 항공기 식별 및 위치 정보는 UAM 운영자와 PSU 네트워크에서 사용할 수 있으며 ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)나 트랜스폰더에 의해 제공되지 않음
- 항공교통관제 (Air Traffic Control: 이하 ATC) 양방향 음성 통신은 정상 운영시 UAM 비행통로 내에서 작동되지 않음
- UAM 운영자는 비행통로 내에서 운영시 비행구역 소개(clearance) 혹은 항공관제 권한을 확보할 수 없음
- UAM 비행통로에서의 ATC 가용성은 UAM의 비행통로 내에서의 운용을 위해 긴급상황을 제외하고는 운용에 대한 개입이 제한적임

5. 아키텍처

FAA는 UAM 협력관리 환경 내에서 공역, 교통 운영에 대한 규정과 운영권한을 행사한다. UAM 운영은 상호 운용 가능한 정보시스템의 분산된 네트워크의 활용을 통해 조정과 관리를 수행하게 된다. 본문 그림 5.1에서는 국가적 UAM 아키텍처를 제시하고 있다. 이 아키텍처는 FAA의 UTM 개념 운영이 포함된 UTM 아키텍처의 패턴을 기반으로 하고 있으며 이하 보고서 본문에서는 이 아키텍처의 자세한 내용을 서술하고 있다.

5.1 지원 서비스

UAM 서비스 제공자(Provider of Service for UAM; PSU)와 보조적 데이터 서비스 제공자(Supplemental Data Service Provider; SDSP)가 제공하는 UAM 서비스는 모듈 방식이며 새로운 서비스의 설계와 실행을 유연하게 증대시킬 수 있다. 이 모듈에서 FAA는 UAM 운영의 맞춤형 감독을 제공하고 PSU와 SDSP는 비즈니스 모델과 고객의 요구사항에 맞는 서비스를 집중하게 된다. UTM과 유사하게 UAM 서비스는 다음과 같은 방법으로 특성화 시킬 수 있다.

1. 요구되는 서비스는 FAA 규정 혹은 FAA 시스템에 직접 연결할 수 있는 UAM 운영이어야 하며 FAA의 승인을 받아야 한다.
2. 서비스는 FAA의 규정 전체 혹은 일부를 충족시킬 수 있는 UAM 운영이어야 한다. 이러한 서비스는 적합성을 충족해야하며 개별적으로 자격을 갖추고 FAA의 승인을 받아야 한다.
3. 서비스는 UAM 운영자에게 보다 가치향상을 위한 도움은 제공하지만, FAA의 규정을 준수하도록 하지는 않는다. 또한 산업 표준을 충족할 수는 있지만 FAA의 인증 혹은 승인 획득을 의미하지는 않는다.

6. UAM 적용 사례와 운영 시나리오

이 장에서는 UAM 개념을 상세하게 설명하는 몇 가지 높은 수준의 적용 사례와 시나리오들을 소개하고 있다.

6.1 UAM 정상 적용 사례

정상(일반적) 적용 사례는 UAM 비행통로 내에서의 운영, 전략적 분리, 운영자간의 정보 교류 및 요구조건 정보들을 포함한 상위 수준의 UAM 운영을 분석한다. 운영은 비행계획, 출발, 비행경로, 도착 및 운영 이후의 단계로 구분할 수 있다.

비행에 앞서 비행장 A와 B사이의 비행 요구사항을 운영자가 접수하는 것으로부터 시작하며 이때 운영자는 SDSP 서비스(예: 기상, 상황인식, 운영 수요, UAM 비행장 가용 여부 및 기타 데이터)와 관련된 PSU로부터 현재 상태 정보를 입수하게 된다. 비행의 모든 단계에서 운영자와 PSU는 UAM 항공기의 식별과 위치정보를 활용할 수 있으며 PIC와 운영자는 항공기 성능을 모니터링 하여 비정상 상태를 식별할 수 있도록 되어있다. 이하 보고서 본문에서는 항공기 전 비행구간에 따른 정상적인 사례를 제시하고 있다.

6.2 UAM 비정상 적용 사례

비정상 적용 사례는 계획된 비행을 따르지 않는 운영 상황을 분석한다. 또한 우발상황에 대비한 분석도 포함된다. 비정상적인 적용 사례로는 2가지의 시나리오를 제시하고 있으며 첫 번째는 의도한 UAM 운영을 준수하지 않는 경우와 두 번째로는 우발적인 운영 상황이다.

1. 의도한(계획된) UAM 운영을 준수하지 않는 경우

- 이 시나리오는 UAM 운영이 성능 문제, 강풍, 내비게이션 불량(고장)등의 이유로 의도한 운영에서 벗어난 경우를 말함
- 그러나 이 경우 UAM 항공기는 비행통로 내에서 계획된 비행장까지 안전하게 도착할 수 있는 경우임
- 비정상 운영이 감지되면 PSU 네트워크를 통해 이에 대한 정보를 배포하게 되며 UAM 운영자와 PSU는 CBR 규정과 비행통로 성능 요구사항을 충족할 수 있는 새로운 UAM 운영 의도를 확인할 수 있도록 되어있음

2. 우발적인 UAM 운영 상황

- 이 시나리오는 강제적인 착륙(불시착)을 초래하는 문제로 인해 의도된 UAM 운영을 준수하지 못하는 경우임
- 이 경우 UAM 비행통로에서 벗어날 것으로 예상되며 결과적으로 비행 공역에서 ATC 서비스에 영향을 줄 것임
- 첫 번째 경우와 동일하게 PSU 네트워크를 통해 상황 정보를 배포하게 되고 PIC는 안전한 착륙에 집중할 것임 (비행통로 외부의 식별 및 통신 수단(ADS-B등)을 활용하고 최대한 다른 항공기에 피해가 발생하지 않도록 위험을 완화하는데 권고 또는 ATC 지침을 제공)
- PIC는 비행장이 아닌 안전하고 적절한 착륙 위치를 식별하여 정보를 제공할 것임

7. UAM 운영개념 구현

UAM ConOps 1.0 구현은 NASA, 산업체 및 기타 이해 관계자들이 협력하여 이루어낸 FAA 노력의 결과라 할 수 있으며 복잡성을 완화하고 더 높은 운영 템포 환경을 구축할 수 있도록 한다. 기존(Concept)은 분석, 시뮬레이션, 데모 시험 및 커뮤니티 참여를 통해 더욱 발전될 것이다. UAM 운영은 지상기반 시설과 항공기의 새로운 기술과 자동화에 적응할 것이며 UAM 요구, 비즈니스 모델, 애플리케이션 및 기술을 안전하고 효율적으로 지원할 것이다.

8. 참고 문헌

- 1) Federal Aviation Administration. (2020). Integration of Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System, Concept of Operations v2.0. Washington, DC: Federal Aviation Administration
- 2) Texas A&M Transportation Institute. (2019). 2019 Urban Mobility Report.
<https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/mobility-report-2019.pdf>

<원문제목> Urban Air Mobility (UAM) Concept of Operations v1.0

<원문출처> Federal Aviation Administration(FAA) NextGEN