
Global Report

UAM(도심형 항공교통수단) 공역 통합의 개념

1. 개요
2. 공역 통합의 프레임워크
3. UAM 공역 통합을 위한 원칙
4. UAM 공역 통합 활성화를 위한 운영개념의
구성요소
5. 공역 통합 개념 예시
6. 요약

1. 개요

도심항공교통수단은(이하 UAM, Urban Air Mobility) 승객 또는 화물 운송 항공 운송 서비스를 가능하게 하는 고도화된 시스템을 의미한다. UAM의 등장으로 새로운 운송시스템 및 항공교통 운영개념, 운송 서비스 네트워크와 서비스 경제 등에서 혁신이 일어날 것으로 예상된다. 항공기 제조사와 운항사는 활주로 없이 이륙할 수 있는 전기 수직이착륙(eVTOL) 기술을 활용할 것으로 기대하고 있다. 또한 완전 자율주행이 가능한 수준의 항공기를 기대하고 있다. 최고 고도 5,000피트, 최고 150노트까지 속도를 내는 항공기는 단거리 여행시 1~5명의 승객을 수송할 것이다(100km 미만). 하지만 UAM은 기존의 인프라(영공 절차, 법령·제도, 시설물)에서 운영이 어렵기 때문에 즉각적인 UAM 운용을 하기는 어려울 것이다. 예를 들어, 파일럿이 없다면 항공기 운항시 비행 규칙, 요건 확인, 회피 준수 등은 현실적으로 불가능 할 것이다.

본 문서는 고도화된 UAM 운영을 위해 국가공역시스템에 통합하는 과제를 탐구한다. 그리고 UAM을 국가 공역시스템에 안전하게 통합할 수 있는 몇 가지 운영 개념을 제시한다. UAM 업계는 UAM 통합 과제를 중심으로 아이디어를 발굴하고 관련 사업을 추진하고 있다. 향후 통합 원칙을 제시하고 특정 항공 개념을 활용하여 안전하고 효율적인 영공 통합이 가능하도록 가정된 운영 체계를 제시한다.

본 문서에서 기술된 개념은 향후 운영을 위한 솔루션을 정의하기 위한 것이 아니다. 그러나 이 프레임워크는 UAM에 대한 운영개념 평가의 출발점이 될 수 있으며, 이는 초기 운영을 위한 시스템과 솔루션의 개발에 필수적이다.

2. 공역 통합의 프레임워크

기존 국가공역시스템(NAS, National Airspace System)에 UAM 시스템을 통합하는 것은 매우 어렵지만 불가능하지는 않다. 다음의 메커니즘은 새로운 규칙 제정이나 미국연방항공청(FAA, Federal Aviation Administration) 정책 변경 같은 절차 없이 공역 통합을 가능하게 할 수 있다.

- 기존 절차 구조 활용 / 추가 의사결정 지원 서비스 / 기존 규정·절차의 의도를 유연하게 활용할 수 있도록 허용

이러한 메커니즘은 초기 UAM 운영시, 기존 운영자와 교통관리 관계자에게 악영향을 주지 않으면서 안전하고 효율적으로 국가공역시스템과 통합하는데 도움을 줄 수 있다. 국가공역시스템 설계에 여러 중요한 사항들은 UAM 운영에 유연성을 더하고 자율비행 운영을 촉진시킬 수 있지만, 이러한 내용은 본 문서에서는 자세히 설명하지 않을 것이다. 중요한 사항의 예로는 공역 단계를 재정의하고 유무인 항공교통을 하나의 교통관리시스템으로 통합하는 것이 있다. 탐색연구에서는 국가공역시스템에 대한 주요 변경사항을 고려한 솔루션을 식별해야 하지만, 이러한 변경사항에 대한 규칙 제정과 정부투자는 UAM 시스템에 대한 비전, 미래상 등이 확정된 후 추진해야 한다.

3. UAM 공역 통합을 위한 원칙

아래의 원칙은 UAM 공역 통합을 위한 잠재적 운용 개념에 기반이 되었다.

- 기존 IFR¹⁾ 및 VFR⁽²⁾ 트래픽은 현재와 동일한 규칙에 따라 운영되어야 한다.
- 현재 기준 항공교통관제(ATC, Air Traffic Control) 서비스에 요구사항 추가시 최소화 해야한다.
- 공역 요구 사항을 수용할 수 있는 유연성, 빠르게 변화하는 운영환경에 대응할 수 있는 확장성을 제공해야 한다.
- UAM 운영자가 선호하는 라우팅 방식을 반영하기 위해 법령 및 접근 절차 수립은 공정하게 추진해야 한다.

1) IFR : Instrument Flight Rules(계기 비행 규칙, 비행자세 ·비행지점 ·항로 등을 자체에 장비된 계기에만 의존하여 비행하거나 착륙하는 방식)

2) VFR : Visual Flight Rules(가시 비행 규칙: 조종사가 시각으로 지상을 관찰하면서 행하는 비행방식)

4. UAM 공역 통합 활성화를 위한 운영개념의 구성요소

본 절에서는 통합 원칙 및 현재 상황을 토대로 하여, 기존 항공교통운영 방식에서 변화를 최소화하고, UAM 운영자와 국가공역시스템을 효과적으로 통합할 수 있는 항공교통 운영개념의 구성요소를 제안한다. 그리고 각 구성요소에 대한 소개 및 향후 연구방향에 대해서도 기술하였다.

역할, 책임, 인터페이스 및 인프라와 같은 주제에 관해 많은 고찰이 필요한데, 네 가지 주요 개념 요소 각각을 아래에서 더 자세히 살펴보기로 한다. 각각의 주요 개념 구성요소 아래에는 향후 연구와 분석을 위한 공개 질문과 고려사항을 식별하는 일련의 박스가 있는 글머리 기호들이 있다. 본 논문에서 보다 자세히 논의되는 4가지 주요 개념 구성요소 및 주요 내용은 아래와 같다.

< 증강 비행 규칙 >

증강 VFR은 현재 VFR을 이용해 조종된 항공기처럼 UAM 항공기가 운항할 수 있도록 하는 개념이다. 증강 VFR은 기능적으로 동등한 감각을 통해 확인하고 피할 수 있으며, 파일럿이 없는 경우 14 CFR(미국 연방 규정) Part 91.113으로 업데이트해야 한다. 즉, Part 91의 의도는 그대로 유지되지만, 원래의 메커니즘(인간의 눈과 뇌)은 이제 동일한 목적을 달성하는 자율주행기술로 대체될 수 있다. 인증된 시스템은 안전한 분리 및 회피 등이 가능하지만 모니터링 및 오버라이드 기능은 구현이 어려울 수 있다.

항공기의 비행 경로와 회피 등을 모니터링하는 제3자는 항공기에 조종사가 있는지 인증된 증강 VFR 장비를 사용하고 있는지 알 수 없어야 한다. 감지 및 회피 능력은 단순히 항공기에 탑재된 자금식 시스템일 수도 있고 지상의 구성품을 포함한 분산형 시스템의 입력을 활용하는 시스템 일 수도 있다. 이러한 시스템은 미국연방항공청에 의해 인증된 업계 합의 성능 표준에 따라 구축될 것이며, 현재 파트 914에 정의되어 있는 시각 비행 규칙의 취지를 충족시킬 것이다. 증강 VFR과 관련된 감지 및 회피 기능을 가능하게 하는 기술을 본 논문에서 감지 및 회피(이하 DDA, Detect and Avoid)라고 한다.

< 항로 동적 위임 (DDC) >

항로 동적 위임(이하 DDC, Dynamic Delegated Corridors) 개념은 IFR 비행 규칙에 따라 운항하는 기존 항공기와는 절차적 분리가 가능한 특정 항로를 정의함으로써 UAM 항공기가 분주한 공역에서 운항할 수 있도록 하기 위한 것이다. 또한 이 개념은 해당 항로 내의 트래픽 흐름을 조정하는 데 도움이 되는 일련의 규칙과 절차를 정의한다. DDC는 정해진 절차와 규칙을 사용하여 비행을 위해 지정된 공역이다. DDC는 VFR 항로와 VFR 항로의 개념과 유사하지만 오늘날의 VFR 항로와 플라이웨이는 다소 정적인 것을 제외한다. DDC의 상태는 시간이 지남에 따라 달라지므로 환경 조건(예: 바람, 날씨), UAM 교통 밀도/수요, 공항 구성 및 레거시 항공 교통량에 따라 개폐가 가능하다. 이들의 설계는 이를 이용하는 항공기에 기존 항공기와는 다른 절차적 메커니즘을 가능하게 하는 비행 자동화 기술이 탑재될 것으로 가정한다. DDC는 또한 UAM 항공기가 현재 VFR 항로로 정의된 위치로 제한되지 않도록 사용 가능한 항로 세트를 확장한다.

< 자동화를 위한 의사 결정 지원 서비스 >

UAM 항공기는 안전하고 효율적인 트래픽 흐름을 가능하게 하기 위해 다양한 협업 의사결정 지원 정보에 접근할 필요가 있을 것이다. 의사결정 지원 서비스는 개방형 아키텍처 정보 교환을 통해 제공되며 안전 중요 정보와 안전 강화 정보를 모두 전달할 수 있다. 예를 들어 교통 위치, DDC 상태, 기상 정보, 장애물 위치, 교통 조정, 착륙지 정보 등이 있다. 서비스 제공을 위한 아키텍처는 무인 항공 시스템(UAS) 트래픽 관리 시스템(UTM³⁾) 아키텍처의 요소와 유사할 수 있으며 공유될 수 있다. UTM과의 주요 차이점은 400피트 미만의 가시적 운영 라인을 넘어 비승객 운송에 초점을 맞춘 기존 UTM 서비스보다 더 긴 비행거리, 더 높은 고도, 더 엄격한 안전 보장 애플리케이션을 가진 자동화된 항공기 운영에 UAM 서비스가 적용

3) UTM : UAS Traffic Management(저고도 항공교통관리 시스템)

될 것이라는 점이다. 위치 및 운용 유형에 따라 자동화된 항공기는 정보 교환 링크를 통해 식별, 의도 및 원격 측정 정보를 제공해야 할 수 있다.

< 성능기반 운영 >

성능 기반 운영은 항공기의 기술수준 향상에 따른 UAM 운영의 유연성을 위한 것이다. 최고의 기술을 갖춘 UAM 사업자는 경우에 따라 가장 효율적인 노선을 비행할 수 있게 된다. 장비 차별화 기술의 예로는 항법 정밀 기술, DAA 기술, 소음 감소 기술, 차량 간 통신 기술(V2V, Vehicle to Vehicle) 등이 있다.

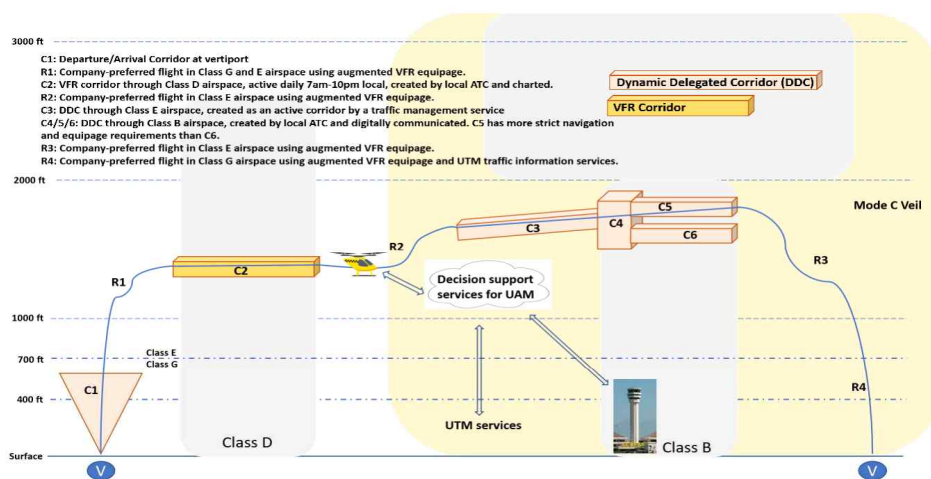
성능 기반 운영은 일정 수준의 장비를 갖춘 UAM 항공기로의 일부 비행 구역과 일부 DDC를 개방할 수 있다. 일부 DDC는 특정 레벨의 항공기에 개방될 수 있다.

항법 정밀도. 이 항공기에 더 직접적인 경로 옵션을 제공한다. 예를 들어 좁은 경로를 통한 비행 운항을 가능하게 하려면 항법 정밀도가 더 높아야 할 수 있다. 일부 DDC는 지정된 도착 정밀도를 갖춘 항공기에 개방되어 경로를 통한 높은 처리량 운용이 가능하다. 속도 기능이 상당히 다른 항공기는 DDC를 통한 처리 성능을 결정할 수 있다.

DAA 및 V2V 기술을 더 잘 수행하면 주어진 비행 영역 내에서 낮은 분리 요건을 충족할 수 있다. 예를 들어 고성능 V2V 장비를 갖춘 항공기는 동일한 장비를 갖춘 다른 항공기로부터 100피트 이내에 비행할 수 있지만 성능이 낮은 장비를 갖춘 다른 항공기로부터 최소 1,000피트 떨어진 곳에 있어야 할 수 있다. 미래에는 항공기 성능이 동적 분리 표준을 가능하게 할 수 있다.

5. 공역 통합 개념 예시

그림 1은 다양한 공역 등급과 DDC를 통해 운항하는 자동화된 UAM 항공기의 비행 경로를 보여준다. 표시된 각 비행 구간에 대해 상세한 개념 설명이 제공된다. 구간에는 경로를 통과하는 비행을 나타내기 위한 설명적 표시 C#와 경로를 벗어난 회사에서 선호하는 경로를 따라 비행하는 R#가 제공된다.



[그림 1 : 통합 공역 개념도]

C1) 항공기는 G 등급 공역에 있는 Vertiport에서 출발하여 도착한다. Vertiport 사용량이 많고 여러 UAS 및 UAM을 운영 하는 경우, Vertiport 내외의 교통관리 서비스를 제공하는 의사결정 지원 시스템이 있다. 시스템은 지역 내 무인 항공기 사이의 분리를 위해 출발·도착에 대한 DDC를 정의할 수 있다. DDC내에서 비행을 계획하는 항공기는 의사 결정 지원 시스템과 함께 의도 및 궤적을 조정하고 해당 항로에 대해 설정된 해당 절차를 따라야 한다.

R1) UAM 항공기는 고도를 높이고 출발 DDC를 빠져나와 G등급 공역으로 진입한다. 이 항공기는 계속

상승하여 700피트를 지나가면서 E등급 영공으로 진입하여 1500피트의 순항 고도에 도달한다. 이 항공기는 증강 VFR 기술을 탑재하고 있으며, 선호하는 노선으로 기존의 VFR 항로를 향해 비행한다. 비행규칙에 따라 조종된 항공기처럼 다른 항공기를 피하기 위해 DAA 장비를 사용한다. 모드 C 베일 아래, UAM 항공기는 ADS-B⁴⁾를 방송하고 있다. 방송은 이 항공기에 인간 조종사가 탑승하지 않고 증강 VFR 기술을 사용하고 있다는 것을 보여준다.

C2) UAM 항공기는 D등급 영공을 비행하거나, 현지 항공 교통 관리자가 개발한 VFR 항로를 비행할 수 있는 옵션이 있다. 이 항로 내의 비행은 항공교통관제통신을 필요로 하지 않지만, 정해진 일련의 절차를 따라야 한다.

R2) UAM 항공기는 VFR 항로를 빠져나와 E등급 영공을 재진입한다. 이전과 마찬가지로 증강 VFR 기술을 사용하고 목적지를 향해 계속 기업 우선 노선을 비행한다. 그런 다음 '모드 C 베일'에 따라 E등급 공역의 분주한 구역에 접근한다.

C3) E등급 공역 일부(예: 모드 C 베일 내)에서는 자동화된 의사결정 지원 시스템이 동적으로 DDC를 구축하여 공표하였다. 항공기는 교통 흐름을 조정하고 원활하게 하기 위해 이 항로를 따라가는 특정 절차와 속도를 따른다. 의사결정 지원 시스템은 항공교통관제에 경로가 구축되었음을 통지하며, 항공교통관제는 그러한 경로를 회피하는 IFR 항공기를 지원할 수 있다. UAM 항공기가 DDC의 출구 지점에 가까워짐에 따라, 등급 B 공역에 접근하여 경로 결정을 내려야 한다.

C4/5/6) UAM 항공기는 B등급 영공을 비행하거나 DDC를 통해 B등급 영공으로 진입할 수 있다. 최소 항법 정밀도 요건 및 이 DDC와 관련된 모든 절차를 준수할 수 있는 지식과 역량을 포함하여 이 DDC에 진입하기 위해 특정 장비 요건이 마련되어 있다. 항공기는 항공교통관제에 통보하지 않고 DDC에 진입해 목적지를 향해 계속 비행한다. 그런 다음 DDC는 서로 다른 두 개의 경로로 분할된다. 항로 C5는 항법 성능 요구사항이 더 엄격하며 코리더 C6보다 더 짧은 비행 경로를 가능하게 한다. UAM 항공기는 C5에서 비행하는 데 필요한 장비를 갖추고 있기 때문에, 그 경로를 선택하고 목적지를 향해 계속 간다. 그러면 항공기는 경로 끝에 도달하고 B등급 영공을 다시 E등급 영공으로 빠져나간다.

R3) UAM 항공기는 증강 VFR 기술을 사용하여 목적지를 향해 계속 회사 우선 항로를 비행한다.

R4) UAM 항공기는 Vertiport 쪽으로 하강하여 E등급 공역에서 G등급 공역으로 전환한다. 이 Vertiport에는 DDC가 설치되어 있지 않으며 UAM 항공기는 증강 VFR 기술과 UTM 교통 정보 서비스를 사용하여 해당 지역의 다른 UAM 항공기 및 기타 소형 UAS를 피한다.

6. 요약

본 문서에서는 기존 규칙, 정책, 절차 및 기존 운항에 대한 최소한의 변경으로 기존 공역에서 UAM 교통의 통합을 가능하게 하는 4가지 개념 구성요소를 제시하였다. 그러나 그러한 개념의 타당성을 더욱 발전시키고, 평가하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

<원문제목> Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts

<원문출처> The MITRE Corporation

4) ADS-B : Automatic Dependent Surveillance - Broadcast(자동종속감시시설 방송)