

UAM 교통관제시스템 개발 동향 및 설계 개념 연구

허창환* · 강광천** · 윤형근***

A Study on UAM Traffic Management System Development Trends and Concept Design

Changhwan Heo* · Kwangchun Kang** · Heungkuen Yoon***

Abstract

In aviation, with the rapid transformation of the mobility industry, UAMs are emerging to operate green low-altitude airspace in urban environments. In order for UAM aircraft to fly safely transporting passengers and cargo in low-altitude urban airspace, a traffic control system that supports the safe operation of the aircraft is essential. In particular, traffic control systems that reflect the characteristics of the flight environment, such as operating at low altitude in urban environments for a short period of time, are required. In this study, we define the definition of UATM and its main services that perform traffic control for the safe operation of UAMs. In addition, we analyzed the development trends of UATM systems based on domestic and overseas cases. Based on these analyses, we present the results of the concept design of the UATM system. After analyzing UATM development cases, we found that there is no commercialized UATM system, but overseas development is focused on systems that can integrate ATM and UTM. And we identified key stakeholders and interface data, and performed UATM system architecture and functional design based on the identified data. Finally, as a necessary element for the future development of UATM systems, we propose the establishment and advancement of UAM traffic flow management systems, the establishment of integrated control systems, and the development of interface with aircraft operation systems in preparation for the unmanned UAM aircraft.

Keywords : UAM, ATM, UATM, PSU, Concept Design

Received : 2023. 11. 21. Revised : 2023. 12. 21. Final Acceptance : 2023. 12. 27.

※ This research was supported by "Development of CNSI acquisition and utilization system reliability verification technology for low-density urban air mobility(UAM) traffic management(RS-2022-00141758)" from Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA).

* First Author / Corresponding Author, Senior Engineer, Hanwha Systems, 188 Pangyoyeok-ro, Bundang-gu, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, 13524, Korea, Tel : +82-31-8097-7348, e-mail : ch82.heo@hanwha.com

** Co-Author, Chief Engineer, Hanwha Systems, e-mail : kckang@hanwha.com

*** Co-Author, Chief Engineer, Hanwha Systems, e-mail : hk34.yoon@hanwha.com

1. 서론

기존의 주요 교통수단인 자동차와 항공기를 중심의 모빌리티 산업의 개념이 새로운 형태로 급격히 변해가고 있다. 자동차 산업에서는 기존 내연기관의 화석연료 사용으로 인한 환경오염 문제 극복을 위하여 전기자동차 및 하이브리드 자동차, 수소자동차 등이 등장했으며, 정보통신기술(ICT, Information & Communication Technology) 융합 기반의 자율주행 자동차, 무인 자동차, 커넥티드 자동차 등의 스마트 자동차 형태로 급격한 기술 개발이 진행되고 있다[Lee, 2016].

이러한 동향은 항공 분야에서도 유사하게 적용이 진행 중이며, 전기에너지 기반의 친환경 및 저고도 상용 통신망 기반의 비행체에 대한 수요도 점차 늘어나는 추세이다. 이러한 배경을 기반으로 기존의 유인항공기가 운항하는 공역의 개념을 확장하여 도심 저고도 공역에서 비행이 가능한 친환경 전기동력 수직 이착륙기를 활용하여 승객 및 화물 운송 등을 목적으로 비행하는 도심항공교통(Urban Air Mobility, 이하 "UAM")이 대두되고 있다[UAM Grand Challenge Korea, 2022]. 이러한 UAM 기체가 저고도 도심 항공 영역을 승객 및 화물을 안전하게 운송하며 비행하기 위해서는 감항성을 확보한 기체와 더불어 기체의 안전 운항을 지원하는 교통관제시스템이 필수로 요구된다.

기존의 유인항공기 교통관제시스템(ATM, Air Traffic Management)이 관계 서비스를 제공하는 공역 영역과는 다른 범위의 공역을 사용하는 UAM 기체를 위해서는 기존의 관제시스템과는 다른 새로운 교통관리시스템의 개념이 필요하게 된다. 특히 600m 이하의 저고도에서 비행하는 비행 환경 특성상 VOR(VHF Omni-directional Range, 초단파 전 방향 무선표지) 및 DME(Distance Measuring Equipment, 거리 측정 장비) 같은 기존의 전파 기반 항법보다는 GPS와 같은 위성 항법 시스템, 저고도 환경에서 비행체 탐지가 가능한 레이더 시스템, 유인항공기와 비교하여 30분 이내의 짧은 구간을 비행하는 비행체 특성을 고려한 관제 및 운용 시스템이 필요하게 된다.

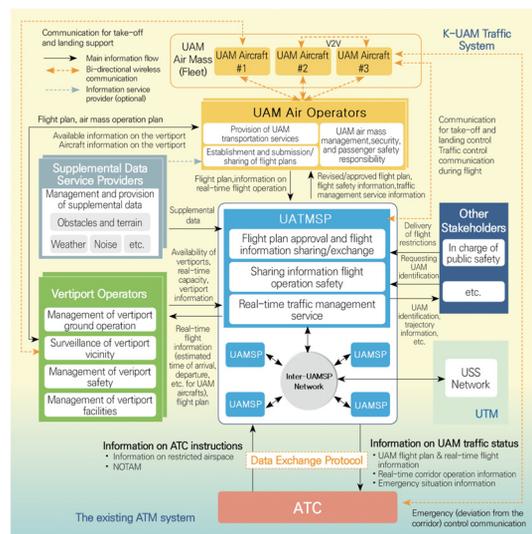
본 연구에서는 UAM의 안전한 운항을 위해 필요한 UATM(UAM Traffic Management, 도심항공교통관리)에 대한 정의 및 주요 서비스를 살펴보고자 하며, 또한 국내외 해외 사례를 기준으로 UATM 시스템 개발

동향을 분석하고자 한다. 아울러 이러한 분석 결과를 바탕으로 UATM 시스템의 기본 설계를 수행한 결과를 제시한다. 마지막으로 향후 UATM 시스템이 나아가야 할 방향을 제시하는 것으로 UAM 산업 전반의 발전을 도모하고자 한다.

2. UATM의 정의와 역할

2.1 UATM의 정의 및 주요 서비스

도심항공교통관리(UATM, UAM Traffic Management)는 기존 유인항공기 ATM과 유사한 시스템으로서 UAM 비행체의 안전 및 효율적인 운항을 위한 교통정보를 포함한 다양한 부가 서비스 제공 및 관리를 수행할 수 있는 시스템을 의미한다[Eun and Jeon, 2023]. UATM이 해당 기능들을 원활히 수행할 수 있게 하도록 국내외의 K-UAM ConOps에서는 다음과 같이 UAM 운용과 관련된 주요 이해관계자의 역할과 책임, 기본 연계 구조를 아래의 <Figure 1>과 같이 정의하였다[UAM Grand Challenge Korea, 2022].



<Figure 1> Structure of Initial K-UAM Air Traffic Management System[UAM Grand Challenge Korea, 2022]

주요 이해관계자는 UAM 비행체를 운용하며 UAM 운송 서비스를 제공하며 비행계획 작성 및 제출/공유, UAM 기단 관리, 보안 및 승객 안전 책임을 지는 UAM

운항사와 함께 운항 안전 정보 공유 및 교통흐름 관리, 비행계획 승인 및 항로 이탈 모니터링을 담당하는 UAM 교통관리 서비스제공자, 버티포트의 지상 운용 관리 및 버티포트 권역 감시, 버티포트 보안/안전 관리, 버티포트 시설 관리를 담당하는 버티포트 운영자, 안전 운항과 관련된 부가 정보인 장애물 및 지형 정보, 기상정보, 소음정보 등을 제공하는 운항 지원 정보 제공자, 제한공역 정보와 NOTAM(Notice to Airman) 정보를 제공하는 ATC(Air Traffic Control), 기타 무인기 관제 정보를 제공하는 무인항공기 교통관제시스템(UTM, UAS Traffic Management), 공공안전 담당 등으로 구성된다.

해외 사례 중 UATM 개발 과정에서 고려해야 할 사항과 관련하여 EMBRAER X社에서는 UATM 설계 원칙으로서 모든 이해관계자 간 공유되는 운항 상황정보, 모든 이해관계자의 동등한 공역 사용, 운용 안전 위험 최소화, 공역 사용 최적화, 공역 구조의 유연성 및 적응성 확보라는 5가지 원칙을 제시하였다. 또한 UATM에서 제공하여야 하는 서비스로서 UAM 운용 전 반드시 구축되어야 하는 기반 서비스로 공역 및 절차 설계와 정보 교환 2가지 서비스를, UAM 운용 과정에서 상시 제공되어야 하는 서비스로서 비행 승인, 교통흐름관리, 동적 공역 관리, 비행계획 기반 항로 준수 모니터링 4가지를 제시하였다(EMBRAER X, 2019). 주요 서비스에 대한 세부 사항은 아래의 <Table 1>과 같다.

<Table 1> EMBRAER X Suggest UATM Major Services
[EMBRAER X, 2019]

Service Type	UATM Service	Description
Foundational Services (Services that must be established before UAM operations begin)	Airspace and Procedure Design	Creating urban airspace routes, corridors, and procedures
	Information Exchange	Exchanging airspace and flight Information with all stakeholders
Operational Services (Services that are delivered on a daily basis to	Flight Authorization	Authorizing registered aircraft and pilots for flight in UATM airspace

Service Type	UATM Service	Description
manage airspace and flights)	Flow Management	Spacing aircraft to maintain the integrity of the UATM operation
	Dynamic Airspace Management	Managing routes, corridors, and airspace boundaries dynamically
	Conformance Monitoring	Ensuring flights conform to flight and assisting pilots during off-nominal situations

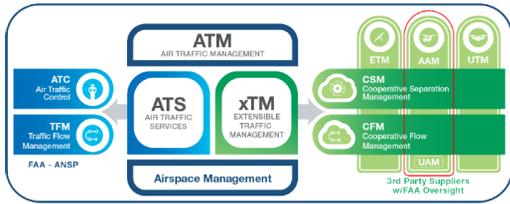
3. 국내 및 해외 UATM 개발 동향

3.1 해외 개발 동향

해외에서는 기존의 ATM 시스템 개발사와 더불어 UAM과 마찬가지로 새롭게 등장한 무인항공기 교통관제시스템(UTM, UAS Traffic Management) 개발사가 다수 포진해 있다. 그러나 UAM과 같은 신개념의 비행체에 대한 세부적인 규정 및 절차가 해외에서도 충분히 마련되지 못한 관계로 공식화된 UATM 시스템은 아직 출시되지 않는 상태이다.

해외 UATM의 경우 ATM의 정보 공유체계 및 UTM 데이터 중심의 데이터 공유체계를 기반으로 개발이 진행되고 있으며, 기존의 비행계획서, 감시정보, 공역 정보 등의 표준화된 데이터 정보와 더불어 유선통신(5G/6G), 클라우드, 카메라를 통한 감시 등의 새로운 요구에 대한 기술 도입을 점진적으로 도입하고 있다.

미국 연방항공청 FAA(Federal Aviation Administration)의 경우 UAM 관제공역에 대한 관제 방안 및 운영 개념을 서비스 네트워크 기반의 고도로 자동화된 협력 환경을 기반으로 하는 xTM(Extensible Traffic Management) 개념으로 제시하여, UAM과 이에 관한 연구 및 개발을 진행하고 있다[Federal Aviation Administration, 2023a]. 또한 미국 항공우주국(NASA)에서는 현재 개발 중인 드론 교통관리시스템을 고도화하여 분산형 교통관리 시스템 개발한 후 UAM 교통관제에 활용하는 방안을 우선 고려 중이다 [Federal Aviation Administration, 2023b].



〈Figure 2〉 Notional Overview of Future Complementary Service Environments(FAA)

특히 유럽의 경우 SESAR(Single European Sky ATM Research)를 중심으로 UATM 운영 환경 도입을 위한 연구 및 실증사업을 추진되고 있으며, 기존의 공항 중심의 운영에서 서비스 중심의 고도화 요소들을 개발하여 가상화(Virtualization), 연결성(Connectivity), 정보공유(Data Sharing), 항공 자동화(Airborne Automation), 지상 자동화(Ground Automation) 등의 고도화 요소들을 도입하여 통합정보 인터페이스 기반의 디지털화된 통합 공역(Digitalized & Integrated Airspace)을 지향하고 있다 [Single European Sky ATM Research, 2020].

해외 민간 기업의 경우 기존의 ATM 시스템 개발사들을 중심으로 UATM 개발이 진행 중인 상태이다. 스페인의 Indra 社의 경우 기존의 ATM 기술을 기반으로 UTM 솔루션 개발을 완료하였으며, 향후 UAM 교통관제를 위한 솔루션 개발이 진행 중이다.¹⁾ 유럽의 ANRA Technology 社는 UAM 교통관제시스템인 “SmartSkies”를 개발하였으며, UTM 및 UATM 종합 서비스를 구축 및 시험 중에 있다.²⁾ 벨기에의 Unify 社에서는 UTM 시스템을 기반으로 무인기와 UAM이 비행하는 공역 현황을 종합적으로 감시하는 솔루션 개발이 진행 중이다.³⁾

1) <https://www.indracompany.com/en/noticia/indra-lanches-air-drones-advanced-solution-organizing-ua-v-traffic>.

2) <https://www.anratechnologies.com/home/news/anra-technologies-powers-faa-uam-live-flight-tests/>.

3) <https://www.unify.aero/news/accomodating-urban-air-mobility-sesar3-eureka-project-paves-the-way-for-safe-and-efficient-vertiport-integration-in-the-european-airspace>.

3.2 국내 개발 동향

국내에서는 해외와 마찬가지로 공식화된 UATM 시스템은 현재 출시되지 않은 상태다. 단, 정부 주관의 국책 과제인 “저밀도 도심항공모빌리티 교통관리 CNSi 획득 활용 체계 신뢰성 검증 기술 개발” 연구 개발을 통하여 UATM 시스템 개발을 진행 중이며, 정부 주관의 K-UAM Grand Challenge에 참여하는 다수의 컨소시엄별로 UATM 시스템의 운영 개념 및 시스템 연구 개발이 진행 중이다. 향후 2025년에 계획된 1단계 고층 실증사업 및 2단계 도심지 실증에서 UAM 비행체 및 UATM 시스템에 대해 시나리오 기반 기능 및 운용성 검증 수행 예정이다.

국내 UATM 개발의 경우 항공 데이터의 통합 및 자동화를 고려하여 데이터 중심의 데이터공유 체계를 이용한 UATM 시스템 개발을 진행하고 있으며, 특히 ATM 시스템에 접진 적용 중인 차세대 항공 데이터 국제 표준인 SWIM(System-Wide Information Management) 방식을 이용하여 기존의 ATM 정보 공유체계와의 호환성 및 자동화, 확장성을 고려한 설계가 추진 중이다.

국내 민간 기업의 경우 현대차그룹에서는 유럽 ANRA Technology 社와 협업을 진행하여 UATM 개발을 추진 중이다.⁴⁾ 한국항공공사와 SK텔레콤, 한화시스템에서는 UAM Grand Challenge 참여 및 UATM 시스템 개발을 진행 중이며, 24년 하반기부터 고층 항공센터에서 실제 비행체를 기반으로 시스템 실증을 추진 중이다. 아래의 〈Figure 3〉은 UATM 개념 설계에서 도출된 사용자 인터페이스 화면 예시이다.



〈Figure 3〉 UATM Concept UI Design(Hanwha Systems)

4) https://www.hyundai.com/content/hyundai/ww/data/news/data/2021/0000016673/attach/ANRA%20Partnership%20Announcement_FINAL.docx.

4. UATM 기본 개념 설계

K-UAM ConOps에서는 아래의 <Figure 4>와 같이 단계별 발전 지표가 정의되어 있다[UAM Grand Challenge Korea, 2022]. 본 UATM 기본 개념 설계는 1단계인 초기 운용 단계를 기준으로 설계를 수행하였다.

	Initial Phase (2025~)	Progress Phase (2030~)	Advanced Phase (2035~)
Management of the PIC	On Board	Introducing Remoted pilot	Introducing Autonomous
Traffic Management System	Gradual increase of UAM air traffic management service providers' roles, and reduction of air traffic controller engagement.		
Automation level of Traffic Management	Introduction of automation	Automation takes the initiative with human monitoring	Complete automation
Operation Method of the Corridor	Fixed corridor	Fixed corridor network	Dynamic corridor network/Autonomous
Air Communication Network	Commercial mobile communication (4G, 5G) and aviation voice communication	Commercial mobile communication (5G, 6G), low-orbit satellite communication, C2 LINK, etc.	
Navigation System	Precision satellite navigation	Precision Satellite Navigation + Image-based Relative Navigation	Combination navigation
Position and Form of Vertiport	Vertiport focused on the center of the capital area	Vertiport focused on the center of capital and metropolitan area	Expansion to nationwide

<Figure 4> Key Indicators of K-UAM Evolution [UAM Grand Challenge Korea, 2022]

UATM의 정의와 주요 서비스, 그리고 K-UAM ConOps에서 제시하는 초기 운용 단계를 설계에 반영한 결과는 아래의 <Table 2>와 같다. UAM 초기 운용 환경에서 필수적인 이해관계자인 UAM 운항사와 버티포트 운용자 간 연동 데이터를 식별한 후 시스템 현시 방안을 적용하였다. 단, ATC 연동의 경우 데이터 제공 협조가 필요하여 현재 단계에서는 적용을 제외하였으며, UTM 시스템도 현재 구축이 진행 중이므로 추후 연동을 위하여 데이터 식별만 진행하였다. 또한 다른 UATM과의 연동은 UAM 시장 규모가 커지는 성장기 이후에 필요한 기능으로서 현재 시스템에는 적용하지 않았다.

서비스의 경우 기반 서비스인 공역 설계의 경우 사전에 설정된 공역 정보를 시스템에 반영해 두었으나 이에 대한 실시간 변경 관리 기능은 성숙기 이후에 적용할 예정이다. 데이터 교환 서비스는 SWIM을 기반으로 이해관계자간 데이터를 연동할 수 있도록 설계에 반영하였다. 비행 승인 서비스는 비행체와 조종사 정보를 사전에 UATM에 등록하여 허가된 인원들이 운용할 수 있도록 구성하며, 운항사에서 제출한 비행계획의 승인 처리를 수행할 수

<Table 2> UATM Design Application Result

	Item	Content	Design Application	Remark
Stakeholder	UAM Airline Operator	UAM Flight Plan, UAM Operation Info., etc	Data Identification and system applied	
	Vertiport	Vertiport Availability, Vehicle Flight Status	Data Identification and system applied	
	Other UATM	Vehicle Trajectory, Traffic Support Info., etc	Not applied	Progress phase apply
	ATM	ATC Order, Airspace Control Status, etc	Not applied	ATC data provision cooperation required
	UTM	UAM Management Info., Vehicle Flight Status	Not applied	Data provider identification required
	Supplement Data	Weather Info, Terrain, Obstacle, etc	Data Identification and system applied	
Service	Airspace and Procedure Design	Creating urban airspace routes, corridors, and procedures	Application of preset airspace data	
	Information Exchange	Exchanging airspace and flight Information with all stakeholders	SWIM-based network construction	
	Flight Authorization	Authorizing registered aircraft and pilots for flight in UATM airspace	Application of aircraft and pilot pre-registration and flight plan approval functions	
	Flow Management	Spacing aircraft to maintain the integrity of the UATM operation	Application of traffic flow management data display function	Data provider identification required
	Dynamic Airspace Management	Managing routes, corridors, and airspace boundaries dynamically	Not applied	Advanced phase apply
	Conformance Monitoring	Ensuring flights conform to flight and assisting pilots during off-nominal situations	Flight plan-based route compliance monitoring and off course warning generation function applied	

있도록 설계에 반영하였다. 항로 준수 모니터링 서비스는 제출된 비행계획 대비 현재 비행 상태를 기반으로 정상 비행 여부를 판별하며, 비행계획과 일치하지 않는 비행 또는 항로 이탈 시 경고 발생 기능을 설계에 적용하였다. 단, 교통흐름관리의 경우 현재 데이터 제공자가 없는 관계로 데이터 식별 후 현시할 수 있도록 제한적으로 설계에 반영하였다.

4.1 UTAM 연동 정보 식별

K-UAM ConOps에서 정의된 기본 연계 구성 및 이해관계자 간 역할과 책임 정보를 기반으로 UATM 시스템과 주요 이해관계자 및 각 이해관계자 간 예상되는 연계 데이터를 구체화하여 식별 후 정리한 결과는 아래의 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Major Stakeholder and Interface Data

Stakeholder	Send/Receive	Major Interface Data
UAM Airline Operator	Send	<ul style="list-style-type: none"> • UAM Flight Plan • UAM Operation Info. • Operator Messages
	Receive	<ul style="list-style-type: none"> • Flight Plan Approved Result • Operation Safety Info. • Traffic Management Info.
Vertiport	Send	• Vertiport Availability
	Receive	• Vehicle Flight Status
Other UATM	Send	<ul style="list-style-type: none"> • Vehicle ID • Vehicle Trajectory
	Receive	• Traffic Support Info.
ATM	Send	<ul style="list-style-type: none"> • ATC Order • Airspace Control Status
	Receive	• Vehicle Flight Status
UTM	Send	• UAM Management Info.
	Receive	• Vehicle Flight Status
Supplement Data	Receive	<ul style="list-style-type: none"> • Weather Info • Terrain • Obstacle

주요 이해관계자로서 식별된 대상은 운항사와 버티포트, 다른 UATM, ATM이 있으며, 기타 정보를 제공하는 보조데이터 제공자 및 UTM으로 식별되었다. 주요 이해관계자의 경우 UATM과의 상호 연계 데이터 및 운용

환경에서의 UAM 비행체 및 유인항공기의 안전한 운항을 위하여 밀접한 연관이 있는 이해관계자를 기준으로 선정되었다. 보조데이터의 경우 비행체 운용과 연관성은 높으나 현시점에서 데이터 제공 주체가 불명확한 관계로 기타 이해관계자로 분류하였으며, UTM의 경우 UAM 비행체와 인접한 공역 고도 범위에서 비행하기 때문에 UAM 비행체와 무인기 간 충돌 가능성 식별을 위하여 연관성은 높다고 판단되었으나 현재 국내에서 상용화되어 운용 중인 시스템이 없는 관계로 향후 연동 대상으로 판단되어 기타 이해관계자로 분류되었다.

4.2 UATM 아키텍처 설계

UATM 시스템과 연동하는 주요 이해관계자와 주요 데이터를 기반으로 시스템에 대한 아키텍처 설계를 적용한 결과는 <Figure 5>와 같다. 기본적으로 비행체와 이해관계자 간 데이터 연동 처리 및 전체 시스템 상태정보 현시 처리를 수행할 수 있는 구조로 설계가 진행되었다. 추가로 UAM 비행체 및 UATM 시스템의 사이버 보안 위협을 방지하기 위하여 구성 서버와 PC, 네트워크 장비에 대하여 사이버 보안 시스템을 별도로 적용하는 구조를 적용하였다.

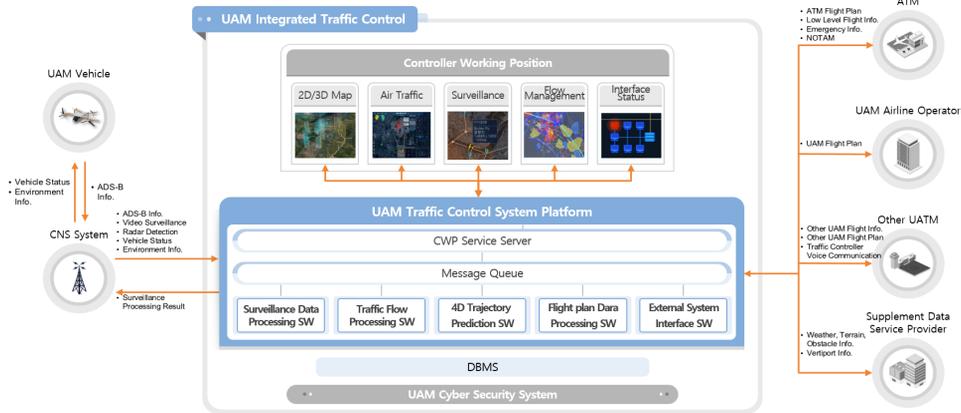
비행체와 이해관계자와 같이 시스템 외부와 연동하는 대상들과의 데이터 연계는 연동 정보 처리 소프트웨어를 통하여 수행할 수 있도록 구성하였으며, 내부 구성요소 간 데이터 연계 처리는 Message Queue가 담당하게 된다. 또한 시스템 내부의 주요 생성 정보 및 저장 필요 데이터는 DBMS를 통하여 저장할 수 있도록 구성하였다.

관계 운용자가 실제로 사용해야 하는 관계 현시 시스템에서 모든 시스템 내부 및 외부 연계 데이터를 확인할 수 있도록 관계 현시 시스템 서비스 서버에서 모든 데이터의 취합 및 운용자 인가 설정의 연계 처리를 수행할 수 있도록 구성하였다.

모든 시스템은 2대 이상의 다중 하드웨어로 구성하여 이미 구동 중인 하드웨어에서 고장이 발생하더라도 Hot Standby 상태로 대기 중인 다른 하드웨어로 즉시 전환 처리하여 시스템 중단이 발생하지 않도록 시스템 구성 설계 반영이 진행 중이다.

4.3 UATM 주요 기능 설계

연동 처리 소프트웨어에서는 UAM 비행체로부터 수



<Figure 5> Concept Design of UATM System Architecture

신한 비행체 위치정보를 포함한 지상 감시정보, 기존의 ATM 및 운항사, 다른 UATM 등으로부터 수신한 외부 연동 정보 전체를 수신 및 내부 배포 처리를 수행한다. 또한 UATM 시스템 내부에서 생성 및 외부 연동 이해관계자 측으로 송신하는 데이터의 취합 및 배포 처리도 함께 수행하게 된다.

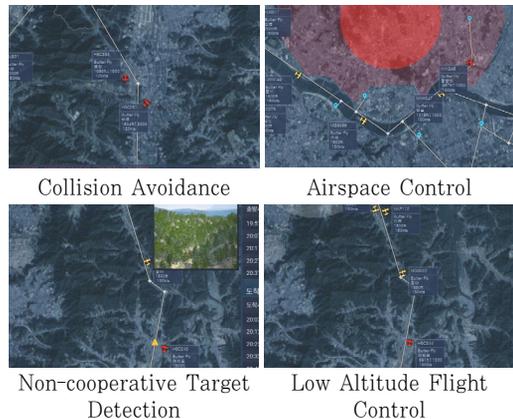
비행계획 처리 소프트웨어에서는 운항사 또는 타 UATM으로부터 수신한 비행계획의 수신 처리를 포함하여 운항사에서 제출한 미승인 비행계획에 대하여 다른 비행체, 지형고도, 제한구역 침입 등을 고려한 전략적 충돌 발생 여부를 기준으로 안전 비행 가능 여부를 검토하여 승인/불승인 처리를 수행하도록 구성하였다.

감시정보 처리 소프트웨어는 비행체에서 송신하는 ADS-B 신호를 포함한 위치 및 고도 정보를 포함하여 지상에 있는 레이더에서 측정된 탐지 Plot 정보 등을 FDP에서 수신한 기존 비행계획을 기반으로 항적 연관 처리 및 비행체 Track 정보를 생성 및 배포한다. 또한 비행체의 비행 중 상태정보를 기반으로 비행체 간 충돌 및 지형충돌과 같은 전술적 충돌 발생 여부를 판별하여 필요시 경고 정보를 생성할 수 있도록 구성하였다.

항적 예측 소프트웨어는 비행계획 정보를 사용하여 비행 중 전술적 분리 처리를 위하여 비행체가 계획된 비행경로를 예상 통과시간에 맞게 비행하는지를 확인하는 비행계획 기반 항로 준수 모니터링 처리를 수행한다. 추가로 공역 및 기상정보와 비행계획 정보를 비교하여 전략적 충돌 판별에 필요한 판별 처리 로직도 함께 수행하도록 구성되었다.

교통흐름관리 소프트웨어는 향후 운용이 예상되는 교통흐름관리 시스템과의 연동을 위하여 사전에 구성된 소프트웨어로서 교통흐름관리 관련 메시지의 수신 및 취합 처리를 담당한다. 또한 교통량 통계정보 관리 기능을 관계 운용자에게 제공할 수 있도록 구성되었다.

관계 현시 소프트웨어에서는 UAM 비행체 운용 간 발생할 수 있는 다양한 돌발 상황에 대한 실시간 모니터링 정보 현시를 포함하여 정보공유를 이용한 관계 기능을 제시하도록 구성되어 있다. 관계 현황 현시를 포함하여 충돌 위험 경고 및 방지, 공역 통제 및 비인가 구역 통제, 비협력적 장애물 탐지 및 경고, 악기상 발생 시 비행계획 변경, 저고도 비행 통제 기능을 수행하며, 사이버 보안 시스템과 연동하여 사이버 위협 관리 기능도 함께 수행할 수 있도록 구성하였다.



<Figure 6> Controller Working Position Major Function

5. 향후 발전 전망

UAM 비행체 및 UATM 시스템은 아직 시스템에 대한 세부적인 운용 절차 및 규정 등이 정의되지 않았으며, 이에 따라 현재 설계 진행 중인 사항에 반영할 수 있는 정보들을 제한적으로 설계에 반영할 수밖에 없는 특성이 있다. 특히 데이터의 생성 및 배포 주체가 현재까지도 결정되지 않은 교통흐름관리 시스템의 경우 유인항공기 교통흐름관리 시스템과는 달리 저고도 영역에서 고밀도 환경으로 운용될 것으로 예상되는 UAM 비행체와는 다른 운용 기준이 필요할 것으로 예상된다. 따라서 향후 UAM의 효율적인 운항을 위해서는 UATM 시스템 외에도 교통흐름관리 시스템 자체의 고도화가 필요하다.

해외의 UATM 개발 동향에서 확인되는 것처럼 UAM 교통관제와 유사하게 150m 이하 저고도 영역을 기준으로 무인기와 드론에 대한 교통관제를 수행하는 UTM 시스템과 UATM 시스템을 통합 운영하는 통합관제 시스템 개발 및 구성이 앞으로는 더욱 활발히 진행될 것으로 예상된다. 추가로 민간 영역 이외에 군에서 사용될 경우를 고려하여 민간과 공공기관, 군용 유인기와 무인기, UAM 기체를 종합적으로 관제할 수 있는 통합관제 체계로의 발전에 대한 대비도 필요할 것으로 예상된다.

현재 UAM 비행체의 경우 초기 운용 환경이라는 특성상 조종사가 탑승한 상태에서 비행을 수행하게 되어있다. 그러나 조종사 탑승에 따른 운용 비용 증가라는 부분과 더불어 향후 비행체 기능 고도화 및 안정성이 충분히 확보되는 경우 조종사가 지상에서 원격으로 비행체를 운용하는 환경도 점진적으로 적용될 가능성이 있다. 이 경우 관제시스템과 더불어 운항사의 비행체 운용 시스템과의 연동도 함께 고려가 필요하다.

6. 결 론

6.1 연구결과

본 연구를 수행한 결과 UAM 비행체의 안전 운항을 위하여 교통관제 서비스를 제공하는 시스템으로서 UATM을 정의하였으며, UATM 시스템에서 필요로 하는 기반 서비스 및 운용 서비스와 같은 주요 서비스에 관하여 확인하였다.

국내와 해외 UATM 개발 사례를 살펴본 결과 현재까

지 국내와 국외 모두 상용화된 UATM 시스템은 존재하지 않음을 확인할 수 있었다. 단, 해외에서는 UAM 비행체 외에도 무인기 및 유인항공기를 통합하여 관제를 수행하는 시스템 위주로 개발이 진행되고 있음을 확인하였다. 국내의 경우 K-UAM Grand Challenge 수행 컨소시엄별로 UATM 시스템 개발을 수행 중이며, 향후 진행 예정인 실증 시험 과정에서 UATM 시스템의 기능 검증이 수행될 예정이다.

UATM 시스템에 대한 정의 및 개발 동향 등의 정보를 기반으로 주요 이해관계자와 주요 연계 데이터를 식별하였으며, 식별된 정보를 바탕으로 UATM 시스템의 아키텍처 설계 및 기능 설계를 수행하였다. 주요 구성요소로서 연동 정보 처리, 감시정보 처리, 비행계획 처리, 교통흐름관리, 항적 예측, 관제 현시 소프트웨어와 더불어 외부 사이버 위협 대응을 위한 사이버 보안 시스템을 구성하였다. 추가로 UATM 시스템에 대하여 각 구성요소 별 세부 기능에 대하여 식별을 수행할 수 있었다.

마지막으로 향후 발전 필요 요소로는 교통흐름관리 시스템 구축 및 고도화, 유인기/무인기/UAM 비행체 통합 관제시스템 구축, UAM 비행체 무인화에 따른 비행체 운용 시스템과의 연계 방안 개발을 제시하였다.

본 연구에서는 기존의 전통적인 항공교통관제 시스템 개발 과정이 현존하는 항공기들의 성능정보 및 항전 장비 탑재 정보를 기반으로 수행되는 점과는 다르게 실제 비행체가 없는 상태에서 사전에 제시된 운용 개념과 서비스를 기반으로 시스템에 대하여 선제적으로 기본 설계를 수행한 점이 있어 차별성이 있다. 또한 기존의 레이더를 기반으로 관제를 수행하는 ATM과는 다르게 도심지 내의 저고도 환경에서 ADS-B 신호 및 상용 통신망을 활용하여 비행체 위치정보 수신 후 관제를 수행하는 신개념의 관제시스템을 구축한다는 점에서 그 의미가 있다고 할 수 있다.

현재의 UATM에 대하여 K-UAM ConOps에 부합하는지에 대한 평가는 2024년 하반기 진행 예정인 K-UAM Grand Challenge 1단계 수행을 통하여 고층에서 실제 비행체를 기반으로 운용성 및 데이터 정합성을 평가할 예정이다. 이후 2단계 실증은 2025년 상반기에 서울 도심지역에서 수행할 예정이며, 2단계 진입 전까지 1단계 수행 결과를 바탕으로 시스템의 운용 성과 성능 향상을 위한 시스템 수정도 함께 진행될 예정이다.

6.2 연구의 한계점 및 향후 연구 방안

현재 시점에서는 실제 UAM 비행체가 없는 관계로 K-UAM ConOps를 기반으로 UATM의 설계를 진행 하였으나, 기체의 이륙 착륙 방식 및 운용 성능 등은 개발되는 기체의 형태에 따라 서로 다를 가능성이 높다. 이러한 사항들은 실제 기체들의 성능정보가 제공된 이후에 UATM에 해당 정보들을 추가로 반영해야 한다는 점에서 한계점이 있다. 또한 현재는 저밀도 환경에서 단일 UATM이 가동되는 상황을 기반으로 연구가 진행되고 있으나 향후 고밀도 운용 환경을 대비하여 다수의 UATM이 상호 연계되어 운용되는 사항은 아직 연구에 반영되지 않은 점도 존재한다.

향후 연구에서는 현재까지 식별된 구성 소프트웨어별 세부 기능을 기반으로 상세설계를 진행할 예정이다. 구성 하드웨어와 소프트웨어의 상세 설계를 포함한 DB 테이블 구성, 인터페이스 세부 프로토콜 및 연계 세부 데이터 항목 식별, UAM 관제 운용자가 실제 운용 시 운용 편의 사항을 고려한 관제 현시 소프트웨어 화면 설계를 진행할 예정이다. 이후 시스템 구축 및 시뮬레이션 또는 실제 비행체를 사용하여 시스템의 실제 운용성 검증을 진행할 예정이다.

본 연구에서는 K-UAM ConOps에서 제시한 단계별 발전 지표 1단계인 초기 단계를 기준으로 설계 및 개발이 진행 중인 UATM 시스템을 제시하였다. 2030년 이후에는 2단계인 성장기 단계에 진입할 것으로 예상되며, UAM 비행체의 원격 제어 도입, 고정형 회랑 네트워크 운용, 저궤도 위성 통신 및 C2 링크 적용, 영상 기반 상대 항법 적용 등의 기술들이 적용될 예정이다[UAM Grand Challenge Korea, 2022]. 초기 UAM 운용을 위한 UATM 시스템 개발 완료 후 앞서 설명한 기술 기반 운용을 위한 시스템 개발을 진행하고자 한다.

References

- [1] EMBRAER X, "Flight Plan 2030", 2019, pp. 18-19.
- [2] Eun, Y. J. and Jeon, D. K., "Identification of Required Technologies for Urban Air Traffic Management (UATM) and Preliminary Design of UATM System", The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences 2023 Spring Conference Proceedings, 2023, pp. 608-609.
- [3] Federal Aviation Administration, "Unmanned Aircraft Systems (UAS) Traffic Management (UTM) Implementation Plan v1.8", 2023b, p. 18.
- [4] Federal Aviation Administration, "Urban Air Mobility(UAM) Concept of Operations v2.0", 2023a, p. 3.
- [5] Lee, B. Y., "Domestic and International Trends and Prospects of Autonomous Vehicle Technology Development", The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, Vol.33, Issue 4, 2016, p. 10.
- [6] Single European Sky ATM Research, "European ATM Master Plan 2020 edition", 2020, pp. VIII-XI.
- [7] UAM Grand Challenge Korea, "K-UAM Concept of Operations 1.0", 2022, pp. 10-32.

■ 저자소개



허 창 환

현재 한화시스템 UAM 인프라기술 개발센터 전문연구원으로 재직 중이다. 한국항공대 대학원에서 제어 및 동역학 석사학위를 취득하였으며, 주요 관심분야는 UAM 교통관제 및 무인항공기 지상통제 개발 등이다.



윤 형 근

현재 한화시스템 UAM 인프라기술 개발센터 수석연구원으로 재직 중이다. 현재 국토교통과학기술진흥원 주관 “저밀도 도심항공모빌리티 (UAM) 교통관리 CNSi 획득 활용 체계 신뢰성 검증 기술 개발” 연구개발과제의 한화시스템 연구책임자를 담당하고 있다.



강 광 천

현재 한화시스템 UAM 인프라기술 개발센터 수석연구원으로 재직 중이다. 한국항공대 대학원에서 석사 학위를 취득하였으며, 주요 관심분야는 UAM 교통관제시스템 개발 등이다.