

UAM 운항공역 감시 환경 분석 및 감시 시스템 구현

UAM Airspace Surveillance Environment Analysis and Surveillance System Implementation

허창환* · 강광천 · 윤형근

한화시스템

Chang-hwan Heo* · Kwang-chun Kang · Heung-keun Yoon

UAM Infrastructure Technology Development Center, Hanwha Systems, Gyeonggi-Do, 13524, Korea

[요 약]

도심 환경에서 교통 정체를 피하며 저고도에서 친환경적으로 비행할 수 있는 도심항공모빌리티(UAM; urban air mobility)는 미래 모빌리티의 중요한 해결책으로 주목받고 있다. UAM은 고도로 밀집된 도심 환경에서 운항하며, 이러한 환경적 특성으로 인해 공역에 대한 세밀한 관리와 감시 체계가 필수적이다. 특히, UAM 공역에서는 다수의 비행체가 동시에 운용되며, 협력적 비행체와 비협력적 비행체 모두를 통합적으로 감시하고 관리할 수 있는 시스템이 요구된다. 본 논문에서는 UAM 운항 공역 내에서 협력적 및 비협력적 비행체에 대한 감시 환경을 분석하고, 이를 기반으로 UAM 운항 감시 시스템의 요구사항을 도출하였다. 특히, 다수의 이중 센서를 기반으로 한 감시 데이터의 융합 처리와 비정상 비행 상황에 대한 실시간 대응 능력을 포함하여 중밀도 및 고밀도 운용 환경에서 원활한 공역 감시에 지원할 수 있는 시스템 설계 방안을 제시한다. 이러한 결과는 향후 UAM 시장이 성숙기에 도달했을 때, 도심 공역에서 안전하고 효율적인 운항 환경을 제공하는 데 이바지할 수 있다.

[Abstract]

Urban air mobility (UAM) has emerged as a key solution to address urban traffic congestion and enable environmentally friendly flight at low altitudes. Operating in densely populated urban environments, UAM requires precise airspace management and surveillance systems due to its unique operational characteristics. In particular, UAM airspace involves simultaneous operations of multiple vehicles, necessitating an integrated system capable of managing both cooperative and non-cooperative aircraft. This study analyzes the surveillance environment for cooperative and non-cooperative aircraft within UAM operational airspace and derives the requirements for UAM surveillance systems. Specifically, it proposes a system design that incorporates multi-sensor data fusion and real-time response capabilities for abnormal flight scenarios, supporting seamless airspace surveillance in medium- to high-density operational environments. These findings aim to contribute to the development of safe and efficient urban airspace management systems as the UAM market matures in the future.

Key word : UAM, AAM, Surveillance, V2V, UATM.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2024.28.6.872>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 29 November 2024; Revised 26 December 2024
Accepted (Publication) 30 December 2024 (31 December 2024)
*Corresponding Author; Chang-hwan Heo

Tel: *** - **** - ****

E-mail: ch82.heo@hanwha.com

I. 서론

도심 환경에서 모빌리티의 개념이 계속해서 발전 및 변화해 나가고 있다. 공유 자전거나 킥보드와 같이 사물인터넷(IoT; internet of things) 기술이 적용된 모빌리티의 경우 이미 상용화가 충분히 완료되어 다수 사용자의 운용이 현재에도 진행 중이며, 다수의 이종 센서를 기반으로 스스로 주행하는 자율주행 자동차와 같은 모빌리티도 현재 개발과 개선이 진행 중이다. 그러나 지상의 도로와 같은 제한적인 환경에서만 이동이 가능한 현재 모빌리티의 특성상 도심지 내의 만성적인 교통체증과 이 과정에서 함께 발생하는 환경오염과 같은 문제들이 여전히 존재한다.

이러한 도심 환경에서 교통 정체를 피하여 저고도에서 친환경적인 비행이 가능한 도심항공모빌리티(UAM; urban air mobility) 및 미래항공모빌리티(AAM; advanced air mobility)가 주목받고 있다. 드론과 같은 무인항공기의 최대 운용고도를 제외한 300m 이상 600m 이하의 고도에서 고층빌딩이 많고 인구가 밀집된 도심지 환경 내에서 비행하게 된다.

UAM 운용 환경 특성상 UAM이 운항하는 공역에 대한 세밀한 관리는 필수적이며, 특히 도심의 복잡한 환경에서 안전 운항을 보장하기 위한 정밀한 감시 체계가 필요하다[1]. 도심 환경에서는 고층 빌딩과 같은 장애물로 인해 전파 신호의 반사 및 차단 문제가 발생하며, 이는 기존 레이더나 ADS-B(automatic dependent surveillance-broadcast) 시스템의 안정적인 운용을 어렵게 만든다. 또한, 기존 레이더는 고출력 전파를 사용하기 때문에 도심 내 주민들의 전자파 노출에 대한 민원으로 설치 및 운용에 제약이 따르며, ADS-B 신호 역시 모든 비행체가 장착하고 있지 않아 비협력적 비행체를 탐지하기 어렵다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 도심 환경에 적합한 저출력 레이더, EO/IR(electro-optical/infrared) 센서, 그리고 수동형 레이더(PCL; passive coherent location)와 같은 대체 감시 기술이 고려되고 있다. 이러한 기술은 기존의 고출력 레이더와 ADS-B의 한계를 보완하면서 도심 공역 내 협력적 및 비협력적 비행체를 효과적으로 탐지하고 관리하려는 방안으로 고려되고 있다.

본 논문에서는 UAM 운항 공역 내 협력적 및 비협력적 비행체의 감시 환경을 분석하고, 이를 바탕으로 감시 시스템의 요구사항을 도출한다. 또한, 다수의 비행체가 동시에 운용되는 상황을 고려하여, UAM 시장이 성숙기에 도달한 이후 중밀도 및 고밀도 운용 환경에서도 안전하고 효율적인 공역 감시에 지원할 수 있는 감시 운용 시스템 설계 방안을 제시한다.

II. UAM 운항공역 감시 환경 분석

2-1 UAM 운항공역 감시 환경

UAM 및 AAM 운항 공역은 인구 밀집도가 높은 도심지 환경에서 운용되는 특성이 있다. 이 경우 도심 환경에서는 다중

표 1. K-UAM 단계별 발전에 따른 주요 지표
Table 1. key Indicator of K-UAM evaluation.

	initial phase (2025~)	progress phase (2030~)	advanced phase (2035~)
management of the PIC	on board	introducing remote pilot	introducing Autonomous
traffic management system	gradual increase of UAM air traffic management service providers' role, and reduction of air traffic controller engagement		
automation level of traffic management	introducing of automation	automation takes the initiative with human monitoring	complete automation
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

경로 신호를 유발하는 고층 빌딩 등의 장애물로 인해 UAM이 착륙 시 안정적인 신호를 수신하기 어렵다는 문제점이 발생한다[2]. 또한 탐지 범위가 넓은 고출력의 전파가 발생하는 레이더를 운용할 때 해당 지역에 거주 중인 인구가 전파에 노출되므로 레이더 설치 반대 민원 발생으로 인하여 설치 및 운용이 제한되는 특징이 있다.

비행체가 이착륙하는 버티포트는 협소한 부지 내 설치 가능성과 전자파 노출 부담을 최소화하기 위해 광학 영상 장비와 같은 대체 감시장비의 운용이 요구된다[3]. 이 장비는 영상 정보를 단순히 표시하는 것을 넘어, 영상 감시장비의 고각과 방위각, 레이저 레인지 파인더(LRF; laser range finder)를 활용하여 협력적 및 비협력적 비행체의 위치와 고도를 산정할 수 있다. 다만, 모든 버티포트에 영상 기반 감시장비가 설치될지는 향후 법과 제도 제정 여부에 따라 결정될 것으로 보인다.

K-UAM 운용개념서(ConOps; concept of operations)에서는 향후 UAM 기술 개발이 진행됨에 따라 표 1과 같이 운용 환경이 변화할 것으로 예상된다[1]. 특히 2030년 이후 성장기와 2035년 이후 성숙기에 도달 시 원격 운용 및 자율화 비행 환경에 도달할 것으로 예상된다. 운용개념서를 기반으로 한 동시 운용 용량은 초기 5대, 성장기 8대, 성숙기 16대로 증가할 것으로 예상되며[4], 성숙기로 발전할수록 감시 운용 수요는 급격히 증가할 것으로 보인다. 이에 따라 다수의 비행체 항적을 동시에 감시하고 이에 대한 비정상 상황을 감시 및 처리할 수 있는 기술이 요구된다.

UAM 운영 성숙기에 다수의 비행체가 공역 내에서 안전하게 운용되기 위해서는 비행체 간 통신(V2V; vehicle-to-vehicle)의 개발과 활용이 필수적이다. 미국 RTCA(radio technical commissions for aeronautics) SC(special committee)-228은 UAM 기체 간 통신을 위한 환경 분석을 수행하였으며[5] 협력적 비협력적 감시 환경의 통합환경 및 UAM 기체용 V2V 통신의 필요성을 제시하고 현재 항공 감시 체계로 활용 중인 ADS-B 규격 기반의 업그레이드를 통해 V2V 통신 규격 개발

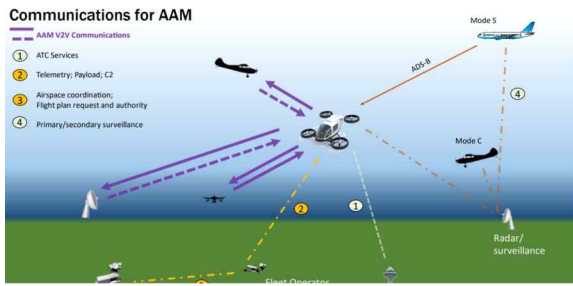


그림 1. AAM을 위한 감시 환경 예시
 Fig. 1. Example of surveillance environment for AAM.

가능성을 제시하였다. ADS-B는 V2V 링크를 위해 필요한 여러 요소를 포함하고 있지만, UAM 운항 구역에서 사용되는 도심 내에서는 주파수 혼잡 등의 링크 측면에서 제한이 있으며, 사이버 보안 및 의도 정보 미포함 등의 문제가 발생할 수 있다. 이에 유럽에서는 SRD(short range device) 860 주파수 대역에서 EASA(european aviation safety agency)를 중심으로 ADS-L(ADS-B “light”) 등의 사용을 고려하고 있으며, 이를 모바일 통신 네트워크를 통해 확장하는 방안도 검토하고 있다 [6].

도심지 환경에서 UAM은 인구 밀집도가 높은 도심지에서 운항하며, 건물 및 차량, 사람 등 다양한 장애물이 존재하고, 저고도 운항 특성상 기존 항공기와는 다른 감시시스템이 필요하다. 이를 극복하고 보완하기 위해 영상 기반 감시, 레이더를 활용한 감시 등 보완 방법들에 대한 연구가 진행되고 있으나, 도심지 내에서의 효율적인 비행경로 설정 및 관리, 충돌 회피를 위해 다양한 감시 데이터를 융합하여 통합된 정보를 제공하는 기술이 요구된다. UAM 성숙기의 안전한 관제를 위해서는 비행체의 현재 상태를 정확하게 추정하는 상태 추정 기술이 필요하며, 협력적 기체의 비정상 상황에서도 실시간으로 감시정보를 제공할 수 있어야 한다.

2-2 협력적 비행체 감시

협력적 비행체는 자신의 정보를 능동적으로 제공할 수 있는 비행체로, 감시 시스템이 위치, 고도, 식별자 등의 정보를 효과적으로 수집할 수 있는 대상을 의미한다. 현재 유인 항공기의 경우 ADS-B 신호가 대표적인 사례이며, K-UAM ConOps에서는 상용 이동통신 기반의 UAM 항공기 운항 정보 보고 시스템을 통해 협력적 비행체의 감시 정보를 확보하도록 정의하고 있다. 또한, 항공기 및 관련 시스템의 고장으로 항로를 벗어나는 상황에 대비하여 ADS-B out 기능을 지원하도록 명시하고 있다 [1]. 이러한 항적 데이터는 비행체 ID 등 식별 정보를 포함하고 있어 협력적 비행체의 위치와 고도를 정확히 파악할 수 있는 장점을 제공한다.

UAM 운용에서는 협력적 비행체가 V2V 통신을 통해 다른 비행체로부터 정보를 수신하고 공유할 수 있으며, UAM 운전자

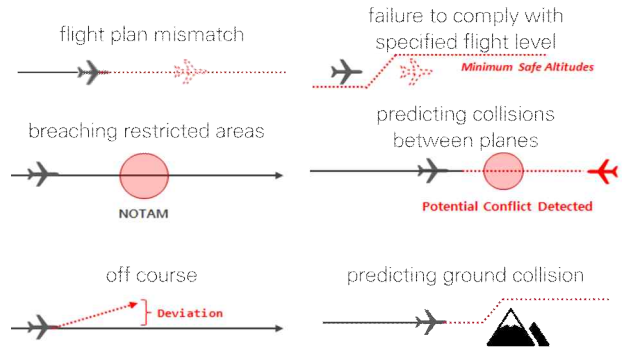


그림 2. 비정상 감시정보 예시
 Fig. 2. Example of abnormal surveillance data.

역시 해당 항공사의 비행체 정보를 실시간으로 획득할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 통신 기반 연계는 고밀도 구역에서의 안전한 운항을 보장하며, 협력적 비행체 간의 정보 교환은 필수적이다.

또한, 협력적 비행체는 정상적인 비행 상태를 유지하고 있는지 확인하기 위해 비행계획과 실제 비행 정보를 비교하여 비행 계획 불일치, 항로 이탈, 고도 미준수와 같은 비정상 비행을 식별해야 한다. 이를 위해 운항사로부터 비행계획 정보를 수신하고 승인 여부를 처리한 뒤, 관련 데이터를 PSU(provider of service for UAM)와 연동하여 이해관계자에게 제공하는 체계를 갖춰야 한다.

비정상 감시정보의 유형으로는 그림 2와 같이 비행계획 불일치, 항로 이탈, 고도 미준수, 비행체 간 충돌 가능성, 지상 충돌 가능성 등이 있으며[7], 이러한 상황을 신속히 탐지하고 관련 정보를 이해관계자에게 전달하는 체계적인 대응이 요구된다.

2-3 비협력적 비행체 감시

비협력적 비행체는 감시 대상의 정보가 불분명하거나 식별할 수 없는 비행체를 의미한다. 유인 항공기의 경우 레이더 신호가 대표적인 감시 방식으로, 지상에서는 해당 위치와 고도에 비행체가 존재한다는 점을 파악할 수 있으나, 비행체의 구체적인 정체를 알 수 없다는 한계가 있다. 또한, 상용 이동통신을 통해 식별자 없이 GPS 정보를 송출하는 비행체 역시 비협력적 비행체로 간주할 수 있다. 불법 드론, 조류, 납치된 항공기 등 통제 불가능한 비행체 또한 비협력적 비행체에 포함된다.

비협력적 비행체의 경우, 단순히 탐지하는 것을 넘어 적절한 대응 방안이 중요하다. 비협력적 비행체가 탐지되면, 현재 위치 정보와 이동 경로를 파악해 이해관계자에게 전파해야 하며, 예상 이동 구역을 통제하는 조치가 필요하다. 이를 위해 비협력적 비행체를 판별할 수 있는 기술과 더불어 대상 구역에 대한 통제를 수행할 수 있는 시스템이 요구된다.

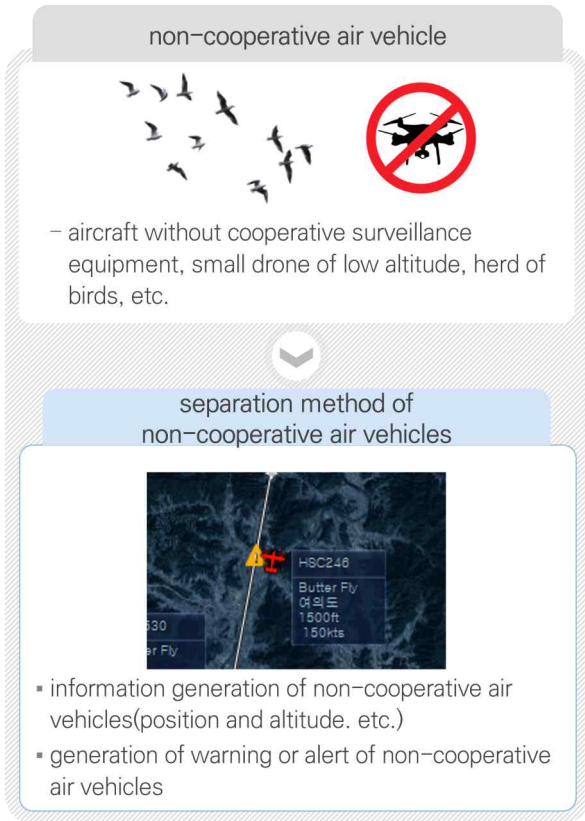


그림 3. 비협력적 비행체 예시 및 대응 방안
 Fig. 3. Example of non-cooperative vehicle and separation method.

특히 미등록 무인기나 승인되지 않은 상태로 비행하는 무인기의 경우, 지상 무인기 탐지 시스템과 향후 구축 예정인 UTM(unmanned aircraft system traffic management) 시스템과의 연계를 통해 등록된 무인기 정보와 미등록 무인기의 비행 현황을 공유할 수 있는 체계가 필요하다. 이를 통해 비협력적 비행체를 신속히 탐지하고 효과적으로 대응할 수 있을 것으로 기대된다. 그림 3은 비협력적 비행체의 유형과 이에 대한 대응 방안을 보여준다.

2-4 감시 시스템 요구사항 분석

지금까지 확인한 UAM 운항 공역 감시 환경과 협력적/비협력적 비행체 감시 환경을 바탕으로 시스템 요구사항 분석을 수행하였으며 분석 결과는 표 2와 같다.

UAM 비행체의 비행 단계에서의 안전성 확보를 위하여 비행체 탑재 장비를 기반으로 감시정보의 직접 확보가 필요하다. 이를 위하여 비행체 간 V2V 통신을 기반으로 신뢰성 높은 비행체 위치와 고도, 식별자 정보를 확보할 수 있어야 한다. 또한, 협력적 비행체 정보를 수신하기 위한 ADS-B와 같은 센서, 그리고 비협력적 비행체를 탐지하기 위한 레이더와 영상 감시 센서를 통해 취합된 항적 정보를 융합 처리하고, 이 데이터를 비행체

표 2. UAM 감시시스템 요구사항 도출 결과
 Table 2. Result of UAM surveillance system requirement.

	requirement
airspace	- mutual information acquisition between UAM aircraft based on V2V communication
	- surveillance result acquisition of cooperative air vehicle
	- surveillance result acquisition of non-cooperative air vehicle
	- detection result acquisition of airspace surveillance radar
vertiport airspace	- surveillance data send of UAM vehicle acquisition
	- acquisition of vertiport airspace radar detected information
	- acquisition of vertiport airspace video detected information
information summary	- surveillance data send of vertiport acquisition
	- surveillance data receive of UAM vehicle acquisition
	- surveillance data receive of airspace radar detected
track generation	- surveillance data receive of vertiport acquisition
	- surveillance fusion processing for UAM vehicle acquisition
	- surveillance fusion processing for UAM vehicle, radar and vertiport acquisition
	- stakeholder sharing of fusion track
alert generation	- abnormal flight of cooperative air vehicle
	- detection results of non-cooperative air vehicle

자체에서 활용하거나 지상으로 송신할 수 있는 기능이 요구된다.

지상 감시 시스템은 UAM 운항 공역과 버티포트 공역으로 구분된다. 운항 공역에서는 지상 감시 레이더를 활용하여 협력적 및 비협력적 비행체를 동시에 감시할 수 있어야 한다. 버티포트 공역에서는 버티포트 전용 감시 센서(예: 단거리 감시 레이더)와 함께 EO/IR(전자광학/적외선) 장비와 같은 영상 기반 감시 시스템이 추가로 활용된다. 이를 통해 버티포트 주변의 공역을 세밀히 감시하고, 협력적 및 비협력적 비행체를 식별할 수 있다.

모든 감시 정보는 융합 항적을 생성하기 위해 통합 처리되어야 한다. 이를 통해 전체 공역에서 단일화된 항적 데이터를 생성함으로써 정확한 상황 인식이 가능하다. 협력적 비행체의 경우, 식별 정보를 활용해 항적을 명확히 구분할 수 있어야 하며, 비정상 비행 여부를 판단하기 위해 사전에 제출된 비행계획 정보를 확보하고 이를 기반으로 비교 분석할 수 있어야 한다. 마지막으로, 융합된 항적 정보는 이해관계자들에게 실시간으로 전파되어야 하며, 비정상 비행 또는 비협력적 비행체의 탐지가 이루어질 경우, 신속한 주의 및 경고 체계를 통해 즉각적인 대응이 가능해야 한다.

III. UAM 감시 운용 시스템

앞서 살펴본 UAM 비행체 운항 공역에서의 협력적/비협력적 비행체에 대한 감시 운용 개념을 기반으로 UAM 감시 운용 시스템에 대한 개념 설계를 수행하였다. 전체 시스템 구성은 그림 4와 같다.

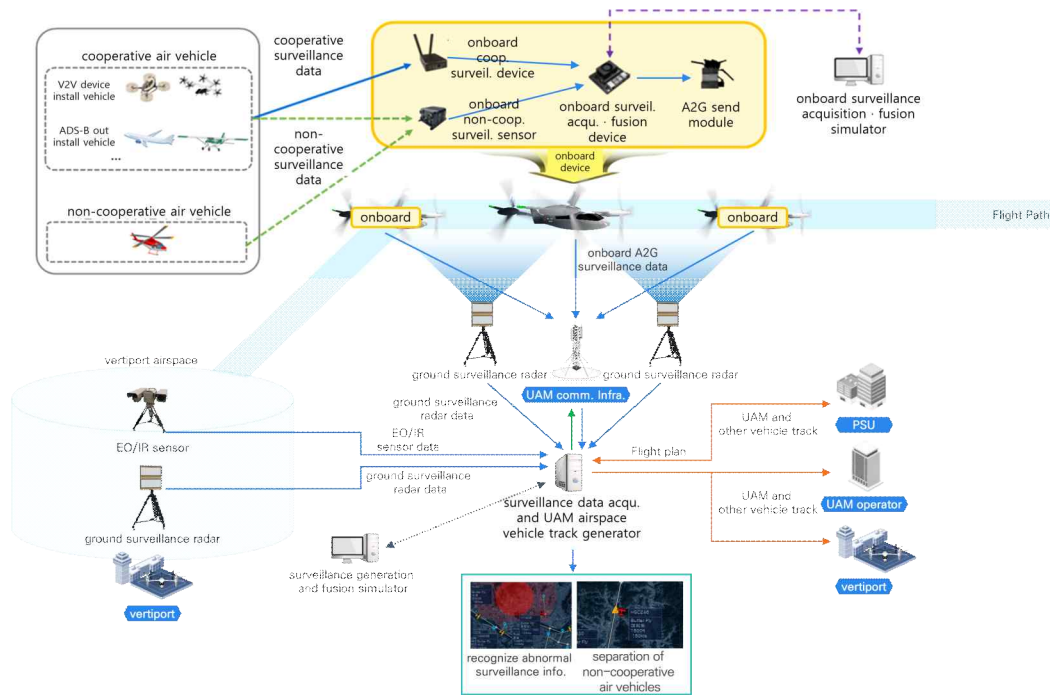


그림 4. UAM 감시 운용 시스템 전체 구성도
 Fig. 4. UAM surveillance operation system configuration diagram.

UAM 비행체에서는 협력적 비행체 감시 센서와 비협력적 비행체 탐지 센서, 해당 센서 정보를 취합 및 융합 처리를 수행하는 온보드 감시정보 획득 융합 장치를 탑재하도록 구성하였다. 협력적 비행체 감시 센서에서는 기본적으로 유인항공기에서 출력하는 ADS-B 신호를 수신하도록 구성되며, 기타 비행체 세부 정보를 출력하는 V2V 장치가 탑재된 비행체와 연동할 수 있는 V2V 통신 장비로 구성된다. 해당 비행체로부터 수신하는 비행체 위치와 고도, 속도, 방위 정보 등을 바탕으로 상대 비행체의 세부 위치 정보를 획득하게 된다. 비협력적 비행체 탐지 센서에서는 불법 드론과 같이 ADS-B나 V2V 통신 장비가 탑재되지 않은 비행체를 탐지할 수 있도록 구성하며, UAM 비행체의 위치와 고도를 기준으로 센서에서 측정되는 비협력적 비행체의 거리와 방위 정보를 바탕으로 해당 기체의 위치를 산정하게 된다. 단, 현재 UAM 비행체가 감항인증이 완료된 기체가 없으므로 UAM 비행체의 전력 소모와 장착 위치, 점유 공간 등을 바탕으로 세부 센서를 추후 선정하여 적용하고자 한다.

비행체 탑재 센서로부터 수신한 협력적/비협력적 비행체의 정보들을 비행체에 탑재된 온보드 감시정보 획득 융합 장치에서 취합하여 다중 센서에서 출력하는 항적을 단일 항적으로 융합 처리 후 해당 정보를 지상으로 송신하게 된다. 지상으로 송출하는 융합 항적의 경우 도심지에서 주로 사용하는 상용 통신망 또는 전용 통신망을 기반으로 지상의 비행체 트랙 생성 장치로 전송하도록 구성하였다.

지상에서는 비행체 비행 항로를 감시하는 레이더와 버티포

트 권역을 감시하는 레이더 및 EO/IR 센서, 해당 센서 출력 정보와 함께 비행체 송신 융합 항적 정보를 수신한 후 최종 단일 항적 생성 및 이해관계자 전파를 수행하는 감시정보 수집 및 UAM 운항 공역 비행체 트랙 생성 장치, 해당 장치에서 처리되는 결과를 현시하는 현시 워크스테이션으로 구성된다. 항로와 버티포트에 위치한 레이더의 경우 탐지 가능 범위 내에서 협력적/비협력적 비행체 모두 탐지를 수행하도록 구성된다. 특히 항로 내 감시 수행 시 고출력 레이더 전파 신호 송출을 수행할 때 레이더 설치 지역 주민 민원 발생 우려와 함께 공역 이외의 비행체까지 탐지되는 문제점이 있어 저출력 단거리 탐지가 가능한 다수의 레이더 활용 방안을 검토 중이다. EO/IR 센서의 경우 버티포트 권역 내 협력적/비협력적 비행체에 대하여 운용자가 확인할 수 있는 시각적 정보와 함께 영상 기반 위치 탐지 정보를 비행체 트랙 생성 장치로 송출할 수 있도록 구성하였다. 비행체로부터 수신한 융합 항적 정보와 지상 레이더 및 EO/IR 탐지 정보를 바탕으로 비행체 트랙 생성 장치에서는 전체 정보 취합 후 최종 비행체 트랙을 생성하여 다른 PSU와 운용자, 버티포트 등 이해관계자에게 전파를 수행하게 된다. 해당 처리 과정의 경우 다수의 비행체에서 동일한 비행체에 대한 정보를 출력하는 문제가 발생할 수 있는데, 협력적 비행체의 경우 비행체 식별 정보를 기반으로 중복 데이터의 경우 필터링 처리를 수행하며, 비협력적 비행체의 경우 동일 위치 인근 다수의 탐지 정보 발생 시 지상에서 단일 비행체로 융합 처리를 수행하되 융합 알고리즘에서 입력값으로 사용하는 데이터의 최대 수를 제한

하는 형태로 실제 시스템에서 발생할 수 있는 부하를 최소화할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

현재와 같이 구성한 감시 시스템의 경우 기존의 유인항공기 감시 시스템에서 레이더와 ADS-B와 같은 데이터뿐만이 아닌, 영상 또는 비행체 탐지 정보를 추가로 활용할 수 있다는 점에서 기존 유인항공기 감시 시스템보다 더 많은 정보를 획득할 수 있는 장점이 있다. 특히 도심지 환경에서 소출력 레이더로 다수의 비행체를 탐지하는 경우 기존의 유인항공기 감시 시스템보다 더 많은 비행체 항적을 처리하여야 하는 문제가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 동일 위치에서 탐지되는 다수의 항적에 대한 융합 처리 수행 전 사전 필터링을 통하여 중복 항적 데이터 제거 후 융합 처리를 수행하고자 하며, 해당 알고리즘의 경우 추후 연구를 통하여 개념 정립과 구현을 추진하고자 한다.

V. 결 론

지금까지 UAM 감시 운용 개념에 대한 분석을 수행하였으며, 이를 기반으로 다수의 UAM 비행체가 동시에 비행하는 환경에서 사용할 수 있는 감시 운용시스템 기본 개념 설계안을 제시하였다. 도심 환경에서 UAM 비행체의 안전 운항을 위해서는 협력적 및 비협력적 비행체의 탐지가 필수적이며, 이를 위해 V2V 통신과 지상 탐지 레이더의 활용이 중요하다. 특히, 비행체의 이륙 및 착륙 과정에서 버티포트 인근 공역의 세밀한 감시를 위해 지상 감시 레이더와 함께 EO/IR 센서를 추가 배치하여 운용 인원에게 더 구체적인 비행체 정보를 제공할 수 있다. 비행체에 탑재된 온보드 감시정보 획득 융합 장비에서 협력적 및 비협력적 비행체 항적을 획득함으로써 UAM 비행체 운용자의 더욱 빠른 주변 상황 관별이 가능하며, 동시에 지상 감시 레이더와 버티포트 권역 감시 레이더, EO/IR 센서 정보를 온보드 획득 항적과 최종 융합하여 PSU와 UAM 운용사, 버티포트 등으로 신뢰성 높은 항적 정보를 송출할 수 있는 구성으로 시스템 개념 설계를 진행하였다.

향후 연구에서는 다수의 이중 센서로부터 수신한 항적 데이터의 융합 처리 알고리즘 개발 및 고도화를 추진하고자 하며, 동시에 다수의 동일 비행체 항적에 대한 사전 필터링 알고리즘을 구현하고자 한다. 중밀도 및 고밀도로 운용하는 UAM 비행체를 포함하여 협력적 및 비협력적 비행체를 동시에 감시하기 위해서는 다수의 항적에 대하여 신뢰성 높은 항적 융합 처리 기술이 필요하며, 이를 위해서는 GNSS와 ADS-B, 레이더와 같은 이중의 다수 센서로부터 출력되는 데이터를 기반으로 융합 처리를 수행하는 알고리즘의 개발이 선행되어야 한다. 이 경우 신뢰성 확보뿐만이 아니라 다수 항적에 대한 동시 처리 연산 부하를 줄이는 방향에 대하여 함께 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

향후에는 UAM 운항사와 버티포트, PSU와 같은 이해관계자 외에도 무인기 탐지 시스템과 UTM, 유인항공기 관제시스템

(ATM; air traffic management), 방공 체계를 운용 중인 군과의 연계 방안에 대해서도 연동 데이터와 세부 연계 방안에 대한 개발도 함께 진행되어야 할 것으로 판단된다.

Acknowledgments

본 연구는 2024년~2026년 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행 중인 과제(과제명: UAM 운항공역 감시 정보 획득·융합 핵심기술 개발, 과제번호: RS-2024-00406112)의 연구 결과이며, 관계부처에 감사드립니다.

References

- [1] UAM Team Korea, *K-UAM Concept of Operations 1.0*, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Seoul, South Korea, 2021, Retrieved from <https://www.molit.go.kr/>.
- [2] D.Y. Jeong, UWB network optimization based on genetic algorithm for UAM landing support in urban environment and Hardware-in-the-loop simulation for positioning performance verification, M. S., Hongik University, Republic of Korea, 2023. Retrieved from <https://dcoll.hongik.ac.kr/>.
- [3] J.J. Jeon, D.G. Kim, J.H. Ko, W.C. Moon, "Optical equipment utilization technology for UAM vertiport final approach path monitoring," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 27, No. 6, pp.804-814, Dec. 2023. DOI: <https://doi.org/10.12673/jant.2023.27.6.804>.
- [4] WISERs Co., *A Study on Detailed Planning for Core Technology of K-UAM Final Report*, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Seoul, South Korea, 2023, Retrieved from https://www.molit.go.kr.
- [5] SC-228, Minimum Performance Standards for Uncrewed Aircraft Systems, Radio Technical Commissions for Aeronautics, *Vehicle to Vehicle Communications White Paper* (RTCA Paper No. 302-22/PMC-2350), 2022. Retrieved from <https://www.rtca.org/wp-content/uploads/2023/01/V2V-White-Paper-Final.pdf>.
- [6] European Aviation Safety Agency, *Technical Specification for ADS-L transmissions using SRD-860 frequency band* (ED Decision 2022/024/R), 2022. Retrieved from https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ads-l_4_srd860_issue_1.pdf.
- [7] Y. J. Eun, J. J. Jeon, C. H. Yeom, "Target tracking performance verification of surveillance data processing system for air traffic control," *Aerospace Engineering and*

Technology, Vol. 11, No. 2, pp. 171-181, Nov. 2012.
Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch>

[/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART001709476](#).



허 창 환 (Chang-Hwan Heo)

2010년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공우주 및 기계공학과 (공학석사)
2010년 1월~2022년 11월 : 유콘시스템 수석연구원
2022년 11월~현재 : 한화시스템 전문연구원
※관심분야 : UAM/AAM, 통합관제체계, 항법, 감시, 정보, 인프라



강 광 천 (Kwang-chun Kang)

2006년 2월: 한국항공대학교 대학원 컴퓨터공학과 (이학(응용소프트웨어)석사)
2006년 2월~2009년 9월: 네이블 전임연구원
2012년 3월 ~ 2023년 11월: 한진정보통신 공항사업팀
2023년 11월~현재: 한화시스템 수석연구원
※관심분야 : UAM/AAM, ATM/UATM, 항공S/W, 항공정보공유체계, SWIM



윤 형 근 (Chang-Hwan Heo)

2012년 2월: 아주대학교 대학원 유비쿼터스시스템/C4I (이학 석사)
1996년 3월~2009년 7월: 국방부
2009년 8월~현재: 한화시스템 수석연구원
※관심분야 : UAM/AAM, 항공정보공유체계, 통합관제체계, 체계통합