

# 협력적 의사결정체계(CDM) 마일스톤 기반 도심항공교통(UAM) 흐름관리

## UAM Traffic Flow Management Based on Milestone in Collaborative Decision-Making

김도현 · 장효석\*

한서대학교 항공교통물류학과

Do-hyun Kim · Hyo-seok Chang\*

Department of Air Transportation and Logistics, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 32158, Korea

### [요약]

도심항공교통(UAM)은 전기동력 수직이착륙기(eVTOL)를 활용하여 도심 지역에서 승객 및 화물을 운송하는 혁신적인 항공교통관리 시스템으로, 희망은 비행체가 운항하는 네트워크이자 협력적으로 관리해야 하는 영역으로 정의할 수 있다. UAM의 안정적인 운용을 위해서는 전략적 분리 기법과 함께 협력적 의사결정체계(CDM)를 통한 이해관계자 간의 협력과 조정이 필수적이다. 본 연구는 전통적인 항공교통흐름관리에서 적용하는 CDM의 시간 기반 마일스톤을 UAM 체계에 적용하여 안전한 교통량 보장과 최적의 항공교통흐름을 확보하는 방안을 검토하였다. 교통흐름관리를 위해 마일스톤 시간정보는 UAM 이동 상태에 따라 총 13개 주요 마일스톤 시간정보로 구분하였고, 각 시간정보를 제공하는 공유 주체와 마일스톤 흐름을 정의하였다. UAM의 교통량과 수용량 균형을 위해 협력적 의사결정체계(CDM)의 필요성을 강조하며, 이를 통해 이해관계자 간의 마일스톤 정보 공유와 관리는 UAM 기체의 출발 흐름 개선과 운영 효율성 향상에 기여할 것으로 기대한다.

### [Abstract]

Urban air mobility (UAM) is an innovative air traffic management system that utilizes electric vertical take off and landing aircraft(eVTOL) to transport passengers and cargo in urban areas. The corridor can be defined as the airspace that the vehicle operates in and must be collaboratively managed. For the stable operation of UAM, it is essential to have strategic separation and a collaborative decision-making(CDM) system for cooperation and coordination among stakeholders. This study examines the application of time-based milestones from traditional air traffic flow management to the UAM system to ensure safe traffic volume and optimize air traffic flow. For traffic flow management, the milestone time information is categorized into a total of 13 key milestone time indicators based on the UAM movement status, and the sharing entities providing each time indicator and the flow of milestones are defined. Emphasizing the need for a CDM to balance UAM traffic and capacity, sharing and managing milestone information among stakeholders is expected to improve UAM aircraft departure flow and enhance operational efficiency.

**Key word** : Collaborative decision making, Estimated over fix time, Estimated total travel time, UAM traffic flow management, Urban air mobility.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2024.28.4.436>



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 1 August 2024; Revised 24 August 2024

Accepted (Publication) 27 August 2024 (30 August 2024)

\*Corresponding Author; Hyo-seok Chang

Tel: +82-41-671-6225

E-mail: [daniel.chang@hanseo.ac.kr](mailto:daniel.chang@hanseo.ac.kr)

## I. 서론

도심항공교통(UAM; urban air mobility)은 도심 지역에서 친환경 전기동력 수직이착륙기(eVTOL) 등을 이용하여, 승객 및 화물의 운송을 위해 600미터(2,000피트) 미만에 설정된 회랑(corridors)으로 버티포트 간을 연결하는 새로운 항공교통관리(ATM; air traffic management) 운영체계이다[1].

미국연방항공청(FAA; Federal Aviation Administration)에서 발간한 UAM 개념서인 ConOps(concept of operations) v2.0에서는 회랑을 항공교통관리와 협력적으로 관리되어 운용하는 협력 구역(cooperative area)이라고 정의하여 일종의 구역으로 기술하고 있다[2]. 이는 전략적 회랑 구축을 통해 관련 법에서 정하는 비행규칙에 따른 최저비행고도 규정을 위배하지 않으면서도 UAM 비행체를 운용할 수 있는 기회를 부여할 수 있기 때문이다[3].

UAM 회랑이라는 도심 내 협소한 구역에서는 기존의 전술적(tactical) 분리 기법, 즉 비행 중 회랑 내 UAM 기체 간 분리를 유지하기 위해 속도, 고도, 방향 등 변경, 기존 비행계획 수정 등을 수행[4]하는, 사람 중심의 항공교통관제(ATC; air traffic control) 방식으로는 복잡한 UAM 운용환경을 관리하기 어려울 것으로 판단된다.

UAM 비행체의 안정적 운용을 위해서는 항공교통흐름 정보, 항공고시보(NOTAM; notice to airmen) 및 기상정보, 항적정보 등과 같은 UAM을 위한 교통관리시스템(UATM; UAM traffic management) 기반의 전략적 분리(strategic deconfliction) 기법의 적용이 필요하다. 전략적 분리란 UAM 기체 간 충돌을 사전에 방지하기 위해 비행 전 제출된 비행계획 상의 회랑과 버티포트 등에서 기존에 제출된 다른 항공기들의 비행계획 간 충돌이 일어나지 않도록 이를 조정하는 것[4]을 말하며, 여기에는 UAM 회랑 구축과 같은 구역관리와 시간 기반 교통량의 배분과 같은 흐름관리가 포함된다.

UAM 교통량과 회랑 수용량의 균형, 불필요한 지연 감소와 질서 정연하고 신속한 흐름 촉진을 위해서는 UAM 운용에 참여하는 이해관계자 간의 협력과 이해관계 조정이 필요한데, 이를 협력적 의사결정체계(CDM; collaborative decision-making)이라 한다.

UAM 운용에서의 협력적 의사결정체계는 UAM 운항 관련 업무를 수행하는 협업기관 간 비행체의 이동 등의 시간(마일스톤; milestone)을 공유함으로써, 버티포트 및 회랑 주요 지점에서의 비행체 운항 시간을 사전에 예측하고 목표 시간을 산출·관리하여 교통흐름에 질서 및 안전을 부여할 수 있다.

본 연구는 안전한 수준의 교통량 보장과 밀집 최소화를 통한 항공교통 안전 향상 및 최적의 항공교통흐름 확보라는 전통적인 항공교통흐름관리(ATFM: air traffic flow management) 기법 중 CDM의 근간인 시간 기반의 마일스톤을 UAM 체계에 적용하는 방안을 검토하고자 한다.

## II. ATFM에서의 협력적 의사결정 체계

### 2-1 항공교통흐름관리

항공교통흐름관리(ATFM)는 공항 또는 구역에서 운항하는 항공기의 수가 관제기관이 허용할 수 있는 수용량을 초과하지 않도록 관리하여 항공기의 안전 운항을 확보하고 불필요한 지연을 최소화하는 역할을 수행하는 전략적 관리기법이다.

항공선진국들이 진행하는 시간 데이터 수집·활용 체계 및 항공 중합정보관리체계 구축에 발맞춰 정부는 2021년 국가항행 계획(NARAE; national ATM reformation and enhancement) 2.0을 수립하였다. 특히 비행계획, 구역 기상 등 실시간정보공유를 통해 비행경로 변경을 허용·감시하여 최적의 궤적으로 비행토록 지원하는 궤적기반운영(TBO; trajectory based operation)과 이를 위한 4대 핵심과제에 항공교통흐름관리 강화가 포함되어 있다(그림 1. 참조).

관제사의 경험과 능력에 의한 전술적 분리기법의 적용을 최소화하기 위한 시스템의 자동화와 비행계획 단계부터 비행종료 시까지 정밀하게 예측한 시간 기반으로 항공기 운항을 관리하는 TBO로의 전환은 운항 안전과 효율성을 개선하는데 필수적이다.

여기서 말하는 ‘정밀하게 예측한 시간 기반’을 위해서는 관제기관의 항공교통흐름관리 시스템과 공항의 협력적 의사결정 시스템(A-CDM; airport-CDM)의 연계를 통해 실시간 흐름관리 시간, 즉 마일스톤[6]을 효율적으로 구분하여 예측하고 이를 공유할 수 있어야 한다.

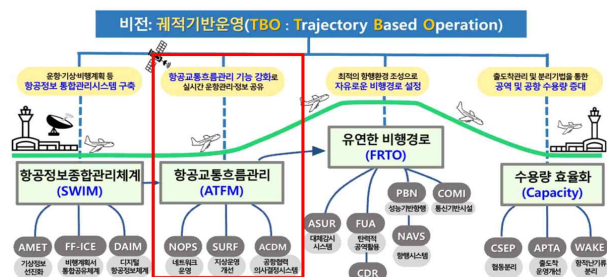


그림 1. ICAO 궤적기반운영 적용 개념[5]  
Fig. 1. ICAO concept of trajectory based operation[5].

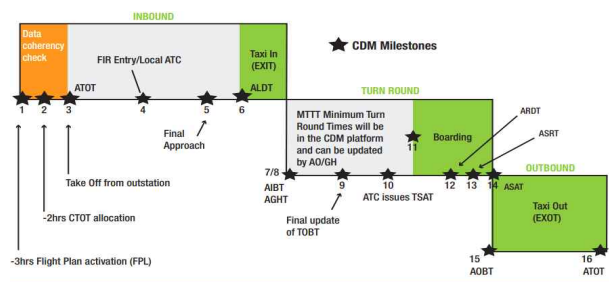


그림 2. 유로컨트롤 등의 A-CDM 16단계 마일스톤 개념[6]  
Fig. 2. Concept of A-CDM milestones by eurocontrol[6].

2-2 A-CDM 마일스톤

A-CDM은 공항 내 항공기 운항 관련 업무를 수행하는 협업 기관에게 항공기 이동 등의 시간정보를 공유하여 항공기 운항 시간을 사전에 예측하고 목표시간을 산출·관리하여 신속한 의사결정을 하는 체계이다[7].

이 체계는 기존에 항공사, 지상조업사, 공항운영자, 항공교통관제기관 등 각 협업기관이 개별적으로 관리하던 항공기 이동 및 준비 등의 시간정보를 공유하는 것이다. 사전에 계획된 항공기 목표시간을 공유하고, 공유된 시간정보를 기반으로 운항단계별로 예측시간을 산출 및 관리하여 신속하고 정확한 의사결정이 이루어지도록 한다[8].

A-CDM은 도착과 턴어라운드, 출발과정의 전체 16개 마일스톤(그림 3. 참조)에서 발생하는 필수적인 항공기 운항시간정보를 공유하고, 절차에 따라 각각의 이벤트 발생 정보를 협업기관에게 제공하도록 한다. 이를 통해 다른 협업기관들이 정확한 예측에 기반을 둔 의사결정을 통해 자원을 효율적으로 분배하고, 불필요한 항공기 이동 및 지연을 최소화하여 항공기의 흐름을 개선하는 등 공항의 운영 효율성을 향상시키고자 운용하고 있다.

III. 도심항공교통에서의 협력적 의사결정체계

3-1 UAM 운항정보 공유 및 교통흐름 관리

안전하고 효율적인 UAM 운용을 위해서는 수용량-수요의 균형 유지가 매우 중요하다. 즉, 구역 사용자가 언제, 어디서, 어떻게 운항할지 결정할 수 있도록 UATM 시스템 전체의 교통흐름과 버티포트 슬롯을 전략적으로 평가하고, 구역과 버티포트 수용량에 대한 상충되는 요구가 있으면 이를 조정해야 한다.

이러한 조정을 위해서 UAM 협업기관은 회랑, 버티포트 등 공유자원 운영현황을 수시로 확인할 수 있어야 하고, 필요시 전

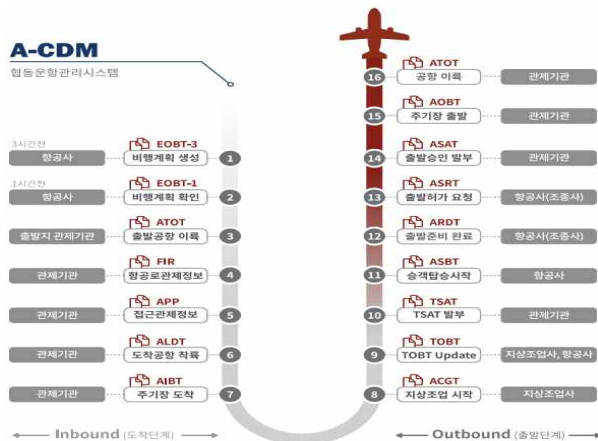


그림 3. 국내 비행단계별 A-CDM 16개 주요 마일스톤[7]  
Fig. 3. A-CDM milestones and process in Korea[7].

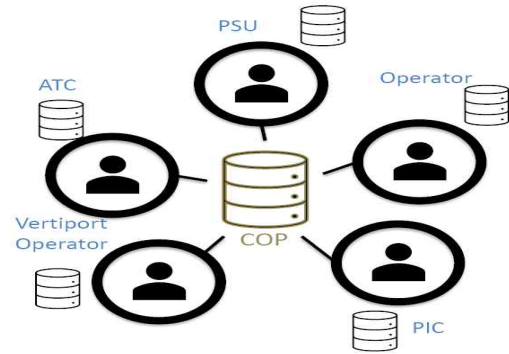


그림 4. NASA의 UAM 협력적 의사결정 개념  
Fig. 4. UAM CDM common operating picture of NASA.

략적 비행계획 조정을 위한 협력적 소통이 이루어져야 하며, 여기에는 기존의 ATM 이해관계자가 참여할 수도 있다.

UAM 교통흐름관리는 UAM 운용에 참여하는 이해관계자인 UAM 운항자(operator), 조종자(PIC; pilot in command), 교통관리서비스제공자(PSU; provider of services for UAM), 버티포트 운영자(vertiport operator) 간의 정보공유와 이에 따른 협력적 의사결정을 위해 각 UAM 시스템 참여자의 요구사항에 맞게 조정된 시간정보를 포함하는 공통 실시간 운영환경 모델에 대한 액세스가 필요하다. 이 모델(COP; common operating picture)에는 SWIM(system wide information management)과 유사한 비행계획 및 운항상태, 구역 상황을 포함하는 항공고시보, 이착륙장(FATO; final approach and take-off) 가용현황, 기상 및 지형, 장애물 등, 필요한 정보에 실시간 접근할 수 있는 기능을 포함한다[9](그림 4. 참조).

CDM은 시간을 포함한 필수 정보의 공유와 분산형 의사결정 원칙을 따른다. CDM의 주요 목표는 구역 사용자가 생성한 비행 데이터를 활용하여 더 나은 정보를 제공하고, 교통관리자와 구역 사용자 모두에게 동일한 운항 정보를 제공하여 공통의 상황 인식을 형성하는 것이다. 또한, 구역 사용자가 구역의 수용량과 수요의 불균형에 직접 대응하고 교통흐름관리자와 협력하여 흐름관리 조치를 수립할 수 있는 도구와 절차를 마련하는 것이다[10].

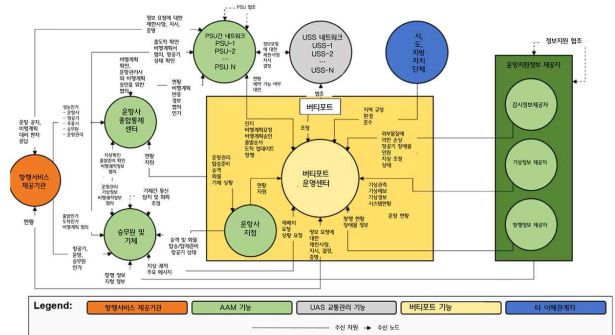


그림 5. UAM 운용 자동화시스템 개념; 국내 환경으로 재구성  
Fig. 5. UAM operation automation system diagram in Korea.

그림5는 NUAIR(northeast UAS airspace integration research alliance, inc.)에서 설명한 UAM 운용 자동화 개념을 보여준다. 이 개념은 모든 비행 및 지상 운용 과정을 자동으로 관리하여 실시간 데이터를 기반으로 최적의 운영 결정을 내리고, 인적 오류를 최소화한다. 자동화시스템은 비상 상황을 감지하고, 즉각적으로 대응할 수 있는 메커니즘을 갖추고 있다. 예를 들어 기상이 나빠지거나 기술적 문제가 발생하는 경우, 시스템은 대체 경로를 제시하거나 비행을 연기하는 등의 조치를 취할 수 있다 [11]. UAM 운용 중 위험 요소가 발견되면, 즉시 관련 이해관계자에게 알리고, 정보를 공유한다.

### 3-2 UAM 교통흐름

한국형 도심항공교통(K-UAM) 운용 개념서 1.0에서는 기존 ATM에 미치는 영향을 최소화하기 위해 PSU를 중심으로 협업 기관 간의 UAM 교통관리에 필요한 정보를 ATM 정보망과 별도로 수행하도록 제안하였다(그림 6. 참조).

해당 개념서에서 정의하는 UAM 비행 단계는 기존 항공기 운항체계와 유사하다. UAM 비행체는 비행계획 후 비행 전 단계에서 출발허가를 받고, 지상 이동 후 이륙단계를 거쳐 상승, 순항, 접근, 착륙의 과정을 거친다. 이후 지상을 거쳐 주기장 접현 후 비행을 종료하고 또 다른 운항 일정에 따라 이 단계가 반복된다. 이러한 비행단계에서 다수의 UAM 비행체 간 원활한 교통흐름관리를 위해 CDM 체계가 매우 중요한 역할을 한다. CDM은 UAM 운용에 참여하는 이해관계자들(UAM operator, PIC, PSU, vertiport operator, 지상조업사)이 실시간 간정보를 공유하고 상호 협업을 통해 최적화된 교통흐름관리를 할 수 있는 체계적 기반을 제공한다.

CDM 환경에서 공유되는 시간정보는 비행단계별로 예상되는 항공기 이동시간정보를 포함하여 지상조업 및 운영 시간을

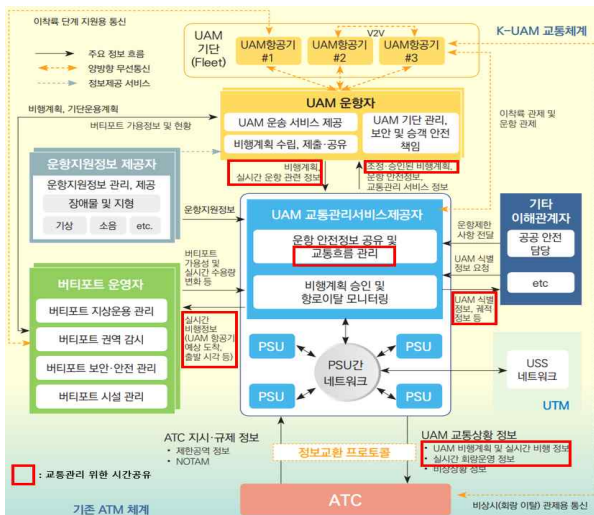


그림 6. K-UAM 내 시간 기반 교통흐름관리 (재구성)  
Fig. 6. Time-based traffic flow management in K-UAM.

마일스톤 단위로 구분한다. 해당 마일스톤은 목표시간(target time), 예상 시간(estimate time), 실행시간(actual time) 등으로 관리하여 공유하며, 현재 공항에서 적용하는 A-CDM의 경우 총 16개의 주요 마일스톤으로 나누어 운영하고 있다(그림3. 참조).

## IV. UAM 교통흐름관리 방안

### 4-1 교통흐름관리를 위한 UAM 마일스톤 구성

UAM 운용에 참여하는 이해관계자들은 UAM 정보 공유 인터페이스를 구축하여야 하며, 운용 관련 정보는 UAM 운항자, PSU 및 버티포트 운영자 등과 실시간으로 공유해야 한다.

UAM 이해관계자 간 공유되어야 하는 정보로는 비행계획 정보를 포함한 실시간 마일스톤 시간정보(출발시간, 도착시간 등), UAM 감시정보, 운항지원정보(기상, 소음, 공역 등), 비상 상황 정보 등 UAM 교통관리서비스 관련 정보와 UAM 비행체 운용 상태, 실시간 수용량 변화 정보(자원 배정 및 운용 상황 포함), 버티포트 권역 감시 현황 등 운영 정보 등이 있다.

버티포트 CDM(V-CDM) 관련 선행연구[8]에서는 UAM 비행체의 운항단계를 비행계획 제출 및 승인, 승객 탑승/화물 적재, 이륙/지상 이동 및 이륙, 상승 및 순항, 접근 및 착륙, 지상 이동/접현, 지상조업의 단계로 구분(그림 7. 참조)하였고, 이에 따른 V-CDM 마일스톤 시간정보를 총 15개로 제안하고 있다.

본 연구는 비행 단계의 시작이 수요자의 비행 요구 제기에서 시작됨을 강조하며, 이에 따라 UAM 운항자는 해당 요구에 따른 비행계획을 제출하게 된다. 이후 지상조업 및 이동 여건, 운항환경 등에 따라 목표시간과 실제시간 간에 차이가 발생할 수 있으므로 UAM 교통흐름관리를 위해서는 지속적인 예상 시간 업데이트가 필요하다.

기존의 A-CDM에 적용하는 마일스톤은 계획(S; scheduled), 목표(T; target), 예상(E; estimated), 산정(C; calculated), 실제(A; actual) 등으로 분류한 4자리 문자로 구성한다. 본 연구는 UAM 전략적 흐름관리를 위해 예상(E; estimated) 마일스톤 적용에 집중하고자 한다.

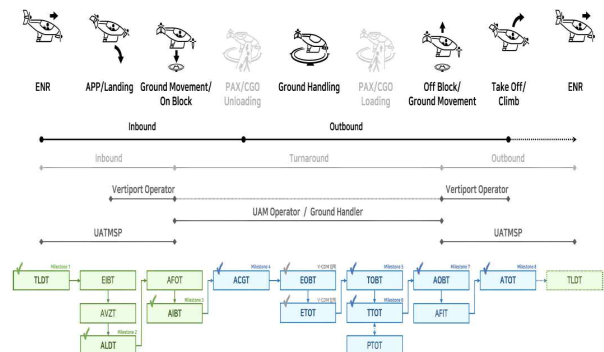


그림 7. V-CDM 마일스톤 개념도 [8]  
Fig. 7. V-CDM milestone concept[8].

단계	도착(Inbound)						출발(Outbound)						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
마일스톤	픽스도착 예정시간	착륙 예정시간	착륙 시간	주기관 도착 예정시간	주기관 도착시간	지상조업 시작시간	비행소요 시간	비행계좌	목표 이륙 예정시간	출발 승인발부	주기관 출발시간	이륙	
마일스톤	EOFT @---	ELDT	ALDT	EIBT	AIBT	ACGT	ETTT-1	EOBT-0.5	TTOT	ETOT	ASAT	AOBT	ATOT
운영주체	PSU	PSU	버티포트 운영자	(자항선) 버티포트 운영자	UAM 운영자 / 지상조업사	UAM 운영자 / 지상조업사	PSU	(자항선) 버티포트 운영자	PSU	(자항선) 버티포트 운영자	PSU	UAM 운영자 / 지상조업사	PSU

그림 8. K-UAM 주요 마일스톤 시간정보(도착/출발 구분)  
 Fig. 8. K-UAM milestone time data (arrival/departure).

비행 전체 단계에서 마일스톤은 UAM이 출발 버티포트에서 이륙·순항하여 도착 버티포트에 착륙하는 도착 단계(inbound)와 지상조업 및 승객 탑승 등의 과정(turn-around)을 포함하여 이륙하는 출발 단계(outbound)의 2개 과정으로 구분하였다. UAM 교통흐름관리를 위한 마일스톤 시간정보는 UAM 이동 상태에 따라 총 13개 주요 마일스톤 시간정보(그림 8. 참조)를 포함하도록 하고, 각 시간정보는 버티포트 운영자, PSU, UAM 운영자, 지상조업사 등을 통하여 제공할 수 있도록 제안한다.

4-2 운항단계별 마일스톤 적용 방안

CDM 도착 마일스톤 시간정보는 총 13개 마일스톤 중 6개로 구성하여 시간정보를 관리·공유하도록 하였고, 출발 마일스톤 시간정보는 7개로 구성하였다. 도착 단계(inbound)는 출발 버티포트에서 출발한 UAM 비행체가 주로 교차 회랑이 형성된 주요 픽스 지점 등의 예상 통과시간(EOFT@픽스; estimated over fix time)을 PSU에 의해 공유하며 운항하는 것으로 시작한다. 이후 최종 접근구역으로 진입하기 전에 도착 버티포트에 착륙할 것으로 예상되는 시간이 ELDT(예상착륙시간)로 제공되어야 한다.

UAM 비행체의 EIBT(예상주기관도착시간)는 UAM 착륙 전에는 사전 배정된 주기관까지의 EXIT(예상도착이동소요시간)와 ELDT를 더하여 산출하고, UAM이 착륙한 이후에는 버티포트 운영자의 감시시스템을 통하여 UAM 실제 이동 처리 속도를 기초로 산출하여 시간정보를 공유한다.

출발 단계(outbound)는 제기된 비행 소요 노선 구간의 예상 비행시간(ETTT; estimated total travel time)을 PSU가 제공하고, 이에 따라 EOBT(예상주기관출발시간) 30분 전에 비행계획을 수립·제출함으로 시작한다. PSU가 지상조업 및 승객 탑승 등에 소요되는 시간인 turn-around time을 고려하여 생성(그림 9. 참조)되는 TTOT(목표이륙시간)를 공유하고, UAM 운항자(또는 지상조업사)가 제공한 TOBT(목표주기관출발시간)를 기초로 자동 산출되는 ETOT(예상이륙시간)와 ATOT(실제이륙시간) 등이 공유되면서 출발 이후의 교통흐름관리를 위한 시간자료로 활용된다. turn-around time의 경우, K-UAM 미래 통합시나리오에서는 초기 15분, 성장기 13분, 성숙기 10분으로 성능 목표를 제시하고 있다.

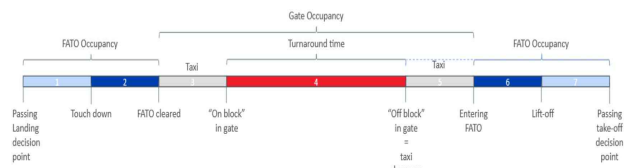


그림 9. Turn-around 절차 흐름[12]  
 Fig. 9. Overall turn-around procedure flow[12].

PSU가 협의 이륙 등(예; PSU 간)을 진행하는 경우, PSU는 TOBT를 고려하여 협의가 이뤄지는 시점에 TTOT를 제공한다. TTOT는 TOBT를 기초로 자동 산출되어 제공되나, PSU가 협의 이륙 등(예; PSU 간)을 진행하는 경우, PSU에서 제공한 TTOT와 예상출발이동소요시간의 차이가 발생할 수 있으며, 조종사는 수정된 TTOT를 버티포트 운영자 또는 UAM 운항자 주파수(운영 채널)를 통하여 확인할 수 있다.

UAM 운항자는 EOBT(예상주기관출발시간)를 참고하여 승객 탑승과 항공기 출발 관리를 하게 된다. 다만, 항로 상황 및 기상 변화에 따라 갑작스럽게 TTOT(목표이륙시간)가 변동될 수 있으므로 UAM 운항자는 PSU 및 버티포트 운영자가 제공하는 운항 정보 등을 모니터하며 이에 대응하여야 한다.

협업 기관들은 주체별로 담당하는 ASAT(실제출발승인시간), AOBT(실제주기관출발시간), ATOT(실제이륙시간) 등을 공유해야 한다. 각 실제 시간정보 사이에 예상(E; estimated) 시간정보 가령, ETOT(예상이륙시간) 등의 변동이 확인되면, 이 역시 공유 시스템상에 담당 주체별로 업데이트해야 한다. 이러한 시간 산정을 위해서는 마일스톤 기준시간정보의 자료 축적은 선행되어야 할 과제이다.

교통흐름관리를 위한 CDM은 마일스톤 시간정보 공유를 통한 의사결정이 시스템과 이해관계자에게 미치는 영향에 대한 인식을 기반으로 운영되는 패러다임이다. UAM 자원 사용에 대한 우선순위를 선정하기 위한 협력적 의사결정은 각 이해관계자의 목적 함수인 다양한 결과에 할당된 값을 공유하고 이를 통해 UAM 정시운항을 적극적으로 관리할 수 있을 것이다.

V. 결 론

UAM 교통량과 수용량의 균형, 불필요한 지연 감소와 질서 정연하고 신속한 흐름 촉진을 위해서는 UAM 운용에 참여하는 이해관계자 간의 협력과 이해관계 조정이라는 협력적 의사결정체계(CDM)가 필요하다. 항공교통흐름관리는 공항 또는 공역에서 운항하는 교통량이 해당 구간에서 허용할 수 있는 수용량을 초과하지 않도록 관리함으로써 안전 운항 확보와 불필요한 지연 감소 역할을 수행하는 전략적 관리기법이다.

본 연구는 전통적인 항공교통흐름관리 방법을 UAM 체계에 적용하고자 협력적 의사결정 체계의 근간인 마일스톤의 시간 정보 공유를 UAM 체계에 적용하는 방안을 검토하였다.

교통흐름관리를 위해 마일스톤 시간정보는 UAM 이동 상태에 따라 총 13개 주요 마일스톤 시간정보로 구분하였고, 각 시간정보를 제공하는 공유 주체와 마일스톤 흐름을 정의하였다. CDM 시스템 내 이해관계자 간 마일스톤 정보 공유와 관리는 UAM 기체의 출발 흐름 개선, 지연 관리 및 운영 효율성 향상을 가져오리라 기대한다.

## Acknowledgments

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행 되었으며(RS-2024-00398152), 이에 감사드립니다.

## References

[1] D. -H. Kim, K. -H. Lee, H. -S. Chang, and S. -J. Lee, "An empirical study on establishing the cross-track corridor dimension for UAM operations," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 28, No. 1, pp. 21-26, Feb. 2024. DOI: <https://doi.org/10.12673/jant.2024.28.1.21>.

[2] Federal Aviation Administration, *Urban air mobility(UAM) concept of operations v2.0*, Washington, DC, USA, 2023. Retrieved from [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/Urban%20Air%20Mobility%20%28UAM%29%20Concept%20of%20Operations%202.0\\_1.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/Urban%20Air%20Mobility%20%28UAM%29%20Concept%20of%20Operations%202.0_1.pdf)

[3] D. -H. Kim and D. -J. Lee, "A study on the establishment of minimum safe altitude and UAS operating limitations," *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, Vol. 29, No. 2, pp. 94-95, Jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.12985/ksaa.2021.29.2.094>.

[4] MOLIT, *K-UAM concept of operations 1.0*, UAM team korea, Sejong, Korea, Sep 2021. Retrieved from <https://www.kaia.re.kr/portal/cargos/attachFileDown.do?foSeqno=4020&seqno=7638>.

[5] Korea government, *National ATM reformation and enhancement(NARAE) 2.0*, Sejong, Korea, Aug 2021.

Retrieved from <https://katfm.molit.go.kr/bbs/boardView.do?bsIdx=94&bIdx=513&menuId=247>.

[6] Eurocontrol, ACI and IATA, *The manual; airport CDM implementation*, European organization for the safety of air navigation, Brussels, Mar 2017. Retrieved from <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/airport-cdm-manual-2017.pdf>.

[7] Korea airports corporation, *A-CDM Standard Operation Procedure (Manual)*, Gimpo, Korea, 2022.

[8] J. -W Chun, Y. -S. Hwang, G. -S Kim, E. Jang, Y. -M. Sim and W. -C Moon, "A study on operating vertiport cooperative decision making," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 27, No. 6, pp. 690-697, 2023. DOI: <https://doi.org/10.12673/jant.2023.27.6.690>.

[9] National aeronautics and space administration, *Discovery synchronization service for UAM technical interchange meeting; explore flight*, USA, Aug, 2022. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20220012812/downloads/DSS%20TIM%20with%20Industry%20v3.pdf>.

[10] M. O. Ball, R. Hoffman, C.-Y Chen, and T. Vossen, "Collaborative decision making in air traffic management :current and future research directions", Springer, 2001. DOI:10.1007/978-3-662-04632-6\_2.

[11] The National aeronautics and space administration, *High-density automated vertiport concept of operations, northeast UAS airspace integration research alliance (NUAIR)*, US, 2021. Retrieved from [https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210016168/downloads/20210016168\\_MJohnson\\_VertiportAtmtnConOpsRprt\\_final\\_corrected.pdf](https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210016168/downloads/20210016168_MJohnson_VertiportAtmtnConOpsRprt_final_corrected.pdf).

[12] Boeing, *Concept of operations for uncrewed urban air mobility 2.0*, The Boeing Company, 2023. Retrieved from <https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/innovation/con-ops/docs/Concept-of-Operations-for-Uncrewed-Urban-Air-Mobility.pdf>



**김도현 (Do-Hyun Kim)**

1997년 2월 한국항공대학교 항공교통학과 (이학사),  
2010년 8월 한국항공대학교 항공교통학과 (이학박사),  
2002년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공교통물류학과 교수  
\* 관심분야 : 공역, 비행장시설, 위험평가, 항공교통관리

2000년 2월 한국항공대학교 항공교통학과 (이학석사)  
2000년 6월 ~2002년 2월 인천국제공항공사 계류장관리



**장효석 (Hyoseok Chang)**

1997년 2월 한국항공대학교 항공교통학과 (이학사),  
2018년 2월 한국항공대학교 항공교통학과 (이학박사),  
2021년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공교통물류학과 교수  
\* 관심분야 : UAM, 항공교통, 항공사 경영, 항공사 연료관리

2010년 2월 한국항공대학교 항공교통학과 (이학석사)  
2000년 7월 ~2020년 8월 ㈜ 대한항공