

## 버티포트 효율적 운용을 위한 UAM 시간정보 공유체계 개발방안

# Developing UAM Time Data Sharing System for Efficient Operation of Vertiport

심영민<sup>1</sup> · 황예승<sup>2</sup> · 전재욱<sup>2</sup> · 이민재<sup>3</sup> · 문우춘<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>항공우주산학융합원 연구기획팀 · <sup>2</sup>항공우주산학융합원 첨단항공우주기술연구소 · <sup>3</sup>네이버시스템 UAM사업파트

Yeong-min Sim<sup>1</sup> · Ye-seung Hwang<sup>2</sup> · Jae-wook Chun<sup>2</sup> · Min-jae Lee<sup>3\*\*</sup> · Woo-choon Moon<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>R&D Planning Team, Institute for Aerospace Industry-Academia Collaboration, Incheon, 21999, Korea

<sup>2</sup>Advanced Aerospace Technology Center, Institute for Aerospace Industry-Academia Collaboration, Incheon, 21999, Korea

<sup>3</sup>UAM Business Part, Neighbor System, Incheon, 21999, Korea

### [요 약]

현재 공항에서는 이해관계자들의 정보공유 체계를 토대로 상호 협업 기반을 제공하는 A-CDM(공항 협력적 의사결정체계) 구축 후 운항 정시성 및 운영 효율성 향상을 기대할 수 있게 되었다. A-CDM 체계의 중요한 요소는 공항 운영에 있어서 중요한 항공기 도착부터 지상 조업을 거쳐 항공기 출발까지 이해관계자별로 생성되는 시간정보를 공유함으로써 적시에 항공기의 출도착 및 조업을 지원하여 공항운영의 효율성과 목표시간 대비 정시성 향상을 도모하는데 있다. UAM 체계에서 공항과 같은 역할을 하는 버티포트 또한 한정된 자원의 효율적 운영을 위해 이해관계자별 생성되는 시간정보를 상호 공유하는 체계의 구축이 필요하며, 이러한 측면에서 이해관계자별 공유가 필요한 시간정보를 식별하고 이를 공유하는 기술을 적용하는 방안이 필요하다. 본 논문에서는 버티포트 운영 관련 이해관계자별 생성되는 시간정보를 데이터 특성에 따라 구분하고, 상호 공유하는 시스템 기술에 대한 적용 방안을 제시하고자 한다.

### [Abstract]

Currently, the airport is expected to improve flight punctuality and operational efficiency after establishing A-CDM, which provides a foundation for mutual cooperation based on an information sharing system among stakeholders. An important element of the A-CDM is to share time information generated by each stakeholder from the arrival of an aircraft to ground operations and departure of the aircraft, thereby supporting timely arrival and departure of aircraft and improving the efficiency and punctuality of airport operations. In the UAM system, a vertiport that plays a role similar to an airport also needs to establish a system to share time information generated by each stakeholder for efficient operation of limited resources. In this regard, a method is needed to identify time information that needs to be shared by each stakeholder and apply technology to share it. In this paper, we propose an application method for system technology that classifies and mutually shares time information generated by stakeholders related to Vertiport operation according to data characteristics.

**Key word** : UAM, Vertiport, V-CDM, Time Information Sharing, Vertiport operation efficiency.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2024.28.4.408>



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 31 July 2024; Revised 20 August 2024

Accepted (Publication) 25 August 2024 (30 August 2024)

\*Corresponding Author, Woo-choon Moon

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

E-mail: moon@jaiac.or.kr

## I. 서론

현대 사회는 기술 발전의 가속화로 인해 전세계적으로 도시화가 급속히 진행되고 있다. 도시집중화 현상은 교통혼잡과 환경오염을 야기하는 등 많은 사회적 비용의 발생으로 이어졌다. 이러한 교통혼잡을 개선하고 사회적 비용을 감소시키기 위해 혁신적인 교통체계의 도입은 필수적이며, 이에 미래항공교통 수단인 UAM (urban air mobility)의 도입이 대두되고 있다.

UAM은 전동 수직 이착륙기(eVTOL; electric vertical take-off and landing) 기체를 기반으로 도심 내 사람과 화물을 운송하는 새로운 도심교통체계를 의미하며, 기존 항공교통체계와 유사하게 기체, 판매 서비스, 이착륙 시설 및 항행장비 등을 필요로 하지만 도심 내에서 비행하는 UAM의 특성상 세밀한 구

성요소는 기존 체계와 상이한 부분이 존재한다. 그렇기에 UAM 이착륙 시설인 버티포트 내에서 eVTOL 기체를 효율적으로 운용할 수 있는 체계의 구축이 필요하다[1].

현재 공항에서는 A-CDM (airport collaborative decision making)이라는 협업적 의사결정 지원체계를 도입하여 공항의 효율적 운영을 도모하고 있으며, 공항운영 관련 항공기 교통흐름에 따라 생성되는 이해관계자별 시간정보를 공유하여 공항 운영에 필요한 이해관계자들 간의 협업을 원활하게 지원하여 상호 상황인식 개선을 통해 예측가능한 공항운영 및 항공기 출도착 정시성을 도모하고 있다.

특히, 고밀도로 항공교통흐름관리가 필요한 공항에서는 공항 내 항공기 정시성 확보와 공항운영 효율성을 확보하기 위해 항공교통관리자, 공항운영자, 항공사, 조업사 등의 이해관계자가 상호간의 업무 협력에 필요한 시간정보를 공유함으로써 각자가 보유한 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 A-CDM 체계를 바탕으로 공항 내 Airside 운영을 의존하고 있다.

UAM 체계에 있어 버티포트는 공항과 같은 역할을 하며, 고밀도의 UAM 운항 시 버티포트는 과거 공항이 겪어왔던 혼잡 상황과 불필요한 지연 등으로 인한 시간적 비용과 승객 및 UAM 기체 운항자의 불편에 직면할 것으로 예상된다.

따라서, 효과적인 UAM 서비스 제공을 위해 UAM 교통흐름과 버티포트 지상운영 상황에서 발생하는 시간정보를 버티포트 운영자, UAM 교통관리자, UAM 운항자 등 이해관계자들이 적시에 공유함으로써 각 이해관계자들의 업무 간 유기적 협력이 가능한 체계적 기반 조성이 필요하다.

본 연구에서는 공항의 A-CDM 시스템 운영 모델을 토대로 버티포트 운영 이해관계자들이 협업을 통해 향후 고밀도 UAM 운항 상황에서도 효율적이며 최적화된 버티포트 운영성을 확보할 수 있도록 버티포트 운영 이해관계자별 생성되는 시간정보의 공유체계 구성에 있어 V-CDM(vertiport collaborative decision making) 마일스톤 체계와 같은 운영요소 이외에 필요한 데이터 인터페이스 측면의 기반적 기술요소와 적용 방안을 제시하고자 한다.

## II. 버티포트 이해관계자별 시간정보 식별 및 마일스톤 운용 모델

### 2-1 버티포트 운영 관련 시간정보 및 V-CDM 정의

한국형 도심항공교통(K-UAM) 운용개념서 1.0에 따르면 버티포트 운영은 UAM 운항자, UAM 교통관리서비스 제공자, 버티포트 운영자가 협력하여 UAM 기체가 착륙 후 이륙할 때까지의 지상운용을 의미하며, UAM 기체의 안전한 운용을 위해 버티포트 권역을 감시하고 관리하는 개념까지 포함한다[2].

버티포트의 지상 운용은 UAM의 지상관제 및 조업, 이착륙 FATO(final approach and take-off) 배정, 주기장 배정, FATO에서 주기장까지의 경로 배정, 지상지원장비 배정 및 운용 등의 업무로 구성된다[3]. 버티포트 내에서 UAM 기체의 안전하고 효율적인 지상운용을 위해 버티포트 운영자는 버티포트 자원관리, 운용 감시, 위험도 관리 체계 및 버티포트 운용현황 등의 정보를 UAM 운항자, 교통관리 서비스 제공자 및 타 버티포트 운영자 등 버티포트 이해관계자들간의 협업을 중요하며, 이를 위해서는 이해관계자별 생성되는 정보의 공유가 필요하다[3].

특히, 버티포트 운영 측면에서 UAM 기체의 교통흐름의 최적화를 통한 운용 효율화를 도모하기 위해서는 각 이해관계자가 생성하는 시간정보의 공유 체계가 필요하다.

버티포트 상에서의 UAM 기체 이동과 관련하여 생성되는 시간정보는 공항의 A-CDM 체계 운영 모델과 종합적으로 고려할 때 표 1과 같은 마일스톤 단위의 시간정보 생성이 예상된다[4].

UAM에 대한 시간정보 생성 구조는 운항을 시작하기 전 최종적인 비행계획을 제출하는 단계에서부터 도착 버티포트에 착륙하여 운항을 종료하는 시점까지를 기존 항공운송사업 항공기와 UAM 운용환경의 차이 및 관리 필요성을 고려하여 운항 단계를 순항, 접근/착륙, 지상이동 및 접현, 지상조업, 이현 및 지상이동, 이륙상승 등으로 구분하고, 단계별 생성되는 시간정보를 8개 핵심 마일스톤과 7개 시간정보 단위로 버티포트 내 UAM 교통흐름을 관리할 수 있도록 그림 1과 같이 V-CDM 마일스톤 시간

표 1. V-CDM 마일스톤 시간정보

Table 1. V-CDM milestone time information.

Acronym	Definition
ACGT	Actual commence of ground handling time
AFIT	Actual FATO In time
AFOT	Actual FATO out time
AIBT	Actual in block time
ALDT	Actual landing time
AOBT	Actual off block time
ATOT	Actual take off time
AVZT	Actual vertiport zone in time
EIBT	Estimated in block time
EOBT	Estimated off block time
ETOT	Estimated take off time
PTOT	Proposed take off time
TLDT	Target landing time
TOBT	Target off block time
TTOT	Target take off time

정보 흐름을 정의하였다[4].

그리고, V-CDM 마일스톤 시간정보 흐름과정에서 획득되는 actual time을 바탕으로 estimated time 및 target time의 산출하기 위해 필요한 버티포트 공역 입출항 시간 (VDAT), 기체 시동종료 소요시간(SDT), 견인장비 연결/분리 시간(TCT/TDT), 가변 지상이동소요시간(VTT), 승객하기/화물하역소요시간(PCUT), 최소지상조업소요시간(MTTT), 기체 시동소요시간(SRT) 등 기준시간정보를 V-CDM 기준관리 측면에서 표 2에서 정의하였으며, 소요시간 추정은 회전의 항공기 및 K-UAM GC (grand challenge) 1단계에서의 실증 당시 소요시간을 일부 참조하여 추정하였다.

V-CDM 체계는 8개 핵심 마일스톤을 기준으로 이를 뒷받침하는 7개의 시간정보 및 이를 바탕으로 의사결정을 지원하는데 필요한 estimated time 및 target time 산출에 필요한 기준시간정보가 유기적으로 연계된 시스템 기능을 바탕으로 V-CDM 운영절차에 활용하게 된다.

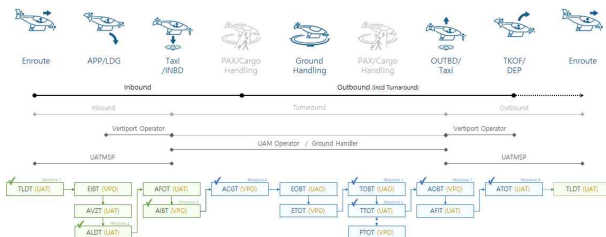


그림 1. V-CDM 마일스톤 시간정보 흐름 개념도[4]  
 Fig. 1. V-CDM milestones time information flow concepts[4].

표 2. V-CDM 마일스톤 시간정보  
 Table 2. V-CDM milestone time information.

Acronym	Definition	Time
VDAT	Vertiport airspace: A cylindrical reference space with a radius of 3.7 km (2 nm) from the center of the vertiport and an AGL of 1,000 ft. - Ascent/Approach Speed : 60kts - Rise and fall rate : 500fpm	2min
SDT	After landing, equipment handling and system inspection, and time required for engine shutdown	2min
TCT/TDT	Use of towing device when moving on the ground within the Vertiport - TCT : Device & person access + Connecting - TDT : Disconnect + Device & person evacuation	2min
VTT	Ground movement(1 min estimate) + variable elements such as entry permits(1 min estimate) - Ground speed 8km, range 58m(small) / 69m(medium) - Expected deviation in towing car/equipment operation time depending on aircraft type	2min
PCUT	Passanger 4 ~ 6(Baggage within 15KG) assume cargo 450 ~ 590kg assume	3min
MTTT	Battery 30% charging(10 min estimate)+UAM inspection & passanger/cargo handling process +TCT(7min estimate) - Expected deviation depending on charging status and charging rate	17min
SRT	Time to check for abnormalities in engine start and system inspection	5min

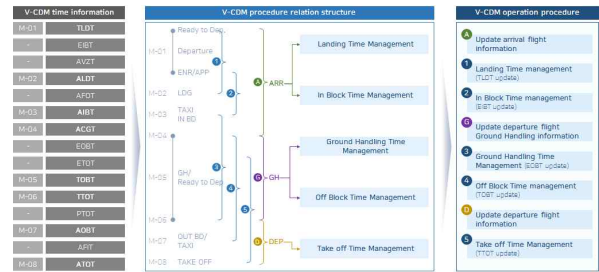


그림 2. V-CDM 마일스톤 운영절차  
 Fig. 2. V-CDM milestones operation procedure.

V-CDM 마일스톤 시간정보 흐름에 대한 정의과정에서 도출한 UAM 운항단계별 시간정보 흐름을 바탕으로 V-CDM 절차 연관성을 고려한 이해관계자들의 역할과 각 이해관계자 사이에 실시간으로 이루어지는 상호작용을 착륙시간관리, 접현시간관리, 지상조업시간관리, 이현시간관리, 이륙시간관리, 도착편 운항정보 갱신, 출발편 조업정보 갱신, 출발편 운항정보 갱신 등 총 8개 단위 V-CDM 운영절차를 그림 2와 같이 구성하였다.

### 2-2 이해관계자별 생성되는 시간정보 식별

이해관계자별 생성되는 시간정보를 식별하기 위해서는 각 마일스톤 시간정보가 어떠한 이해관계자로부터 생성되고 활용되는지 식별하는 시간정보 흐름 구조에 대한 식별이 중요하다.

버티포트 운영 측면에서 시간정보를 바탕으로 버티포트 내 UAM 교통흐름의 최적화를 도모하는 V-CDM 체계의 운영 주체는 버티포트 운영자(VPO)이며, UAM 교통관리자(UATMSP), UAM 운항자(UAO) 및 UAM 기체 조종자 등의 이해관계자들간 협업을 통해 체계가 운영될 수 있다.

버티포트 운영자 측면에서 V-CDM 체계의 효율적 운영을 위해서는 UAM 체계 운영상에서 구성되는 버티포트 운영 시스템 이외에 UAM 교통관리자가 운영 중인 UATM 시스템, UAM 운항자가 기체 운항 및 운영에 활용하는 UAO 시스템 등으로부터 시간정보를 공유받아 산출되는 예측 시간정보를 바탕으로 버티포트 운용 효율성을 지원하는 시스템 구조로 운영되어야 한다.

이러한 시스템 운영 구조에 대한 접근을 위해 우선적으로 이해관계자별 운영 시스템에서 생성되는 시간정보를 식별하고 시간정보 공유를 위해 시스템 측면에서의 인터페이스 구성 방안을 정의할 필요가 있다.

그림 3은 V-CDM 체계 운영 이해관계자별로 생성되는 시간정보를 구성하였다. 15개의 마일스톤 및 시간정보를 기준으로 버티포트 운영자(VPO)가 5개, UAM 교통관리자(UATMSP)가 6개, UAM 운항자(UAO)가 4개의 시간정보를 생성하는 주체로서 역할을 한다.

버티포트 상에서의 UAM 지상이동 관련 운영 역할 측면에서 ATOT, AVZT, ALDT 등의 시간정보는 UAM 교통관리자와 UAO 운항자가 공통으로 생성 가능한 정보이며, AIBT, AOBT

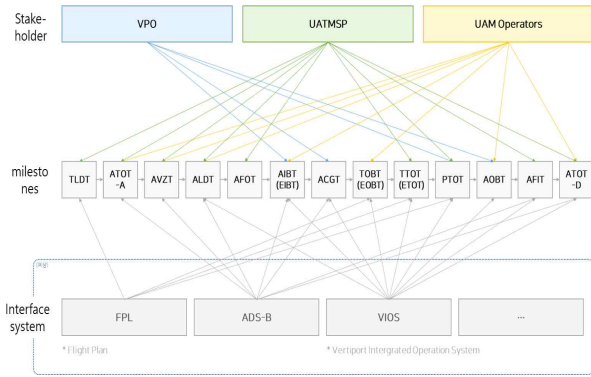


그림 3. 이해관계자별 V-CDM 시간정보 구성  
 Fig. 3. V-CDM time information generation structure for each stakeholder.

등의 시간정보는 버티포트 운영자와 UAM 운항자가 공통으로 생성 가능한 시간정보로 V-CDM 시스템의 핵심 운영 주체에 따라 활용 대상 시간정보를 식별할 수 있다.

본 연구에서는 기존 공항의 A-CDM 체계 운영 사례를 참조하여 V-CDM 시스템의 운영 주체를 버티포트 운영자 관점에서 시간정보 마일스톤별 생성 주체를 정하는 방향으로 접근하였다.

따라서, 버티포트 운영 이해관계자별 공유 대상 시간정보에 대해 표 2와 같이 시간정보에 대한 생성 주체를 두고 생성되는 시간정보의 획득 및 V-CDM 체계에서 예측 산출되어야 하는 시간정보를 정의하였다.

대부분의 actual time의 경우 이해관계자로부터 생성되는 시간정보로 구성하여 입력되는 시간정보를 바탕으로 공유하는 개념으로 정의하였으며, estimated time의 경우 actual time 생성에 따라 갱신이 요구되는 예상 시간을 지속 업데이트 관리하고 이를 공유하는 방향의 개념으로 접근하였다. target time은 목표 시간 개념으로 최소 계획된 시간을 우선 설정 후 관련된 estimated time이 갱신되는 시점에서 업데이트된 목표 시간을 관리하고 공유함으로써 이해관계자가 상황에 따라 변경되는 시간에 유연성 있게 대응 가능한 체계적 기반을 제공하도록 하였다. 다만, 목표시간 가운데 TOBT의 경우 업데이트 횟수에 제한을 두어 무분별한 계획변경으로 지상조업 및 UAM 출발 운영에 혼선을 주지 않도록 구성하였다.

### III. UAM 시간정보 공유체계 구성 방안

#### 3-1 공유대상 V-CDM 시간정보 구성 정의

V-CDM은 15개의 마일스톤 및 시간정보를 버티포트 운영 관련 이해관계자들 상호 공유함으로써 협업 기반의 시간적 효율성을 도모하는 체계로 이해관계자별 생성되는 시간정보 공유를 위한 기술과 V-CDM 시스템상에서 산출 관리되는 estimated time 및 target time을 실시간으로 공유할 수 있는 데이

표 3. V-CDM 이해관계자별 생성 시간정보  
 Table 3. V-CDM creation time information by stakeholder.

Time Information	Creation Stakeholder	Procedure
ACGT	VPO	AIBT + PCUT
AFIT	UATMSP	Enter FATO in start time of UAM
AFOT	UATMSP	Enter FATO out start time of UAM
AIBT	VPO	Enter the UAM's stand arrival time
ALDT	UATMSP	Enter FATO landing time of UAM (ATA)
AOBT	VPO	Enter the UAM's stand departure time
ATOT	UAO	Enter FATO take off time of UAM
AVZT	UAO	TLDT+VDAT
EIBT	VPO	TLDT+SdT+TCT+VTT+TDT (Update after ALDT creation) ALDT+SdT+TCT+VTT+TDT (Update after AFOT creation) AFOT+VTT
EOBT	UAO	ACGT+MTTT
ETOT	UATMSP	EOBT+VTT+TDT+SRT
PTOT	VPO	Enter adjustment time according to UAM ground operation situation
TLDT	UATMSP	Receive FPL ETA
TOBT	UAO	(First) ETD-SRT-TDT-VTT / Update after EOBT creation
TTOT	UATMSP	Receive FPL ETD /Update after ETOT creation

터 인터페이스 기술이 요구된다.

초도 계획과 관계된 초기 target time의 경우 비행계획 및 스케줄 생성에 따라 배치 방식의 인터페이스 기술 적용이 가능하지만 UAM 교통흐름에 따라 실시간으로 변동되는 actual time 및 estimated time의 경우 실시간 인터페이스가 가능한 기술 적용이 필요하므로 인프라 측면에서 인터페이스 기술을 두고 공항정보화 및 정보기술 전문가들의 의견을 바탕으로 UAM 교통흐름 및 버티포트 운영측면에서 V-CDM 체계에 적절한 인터페이스 기술 적용 방안을 검토할 필요가 있다.

버티포트 운영 측면에서 생성 및 공유되어야 하는 정보로는 실시간 비행정보(예상도착, 출발시간 등), 비행계획 정보, UAM 감시정보, 운항안전정보(기상, 공역 등), UAM 기체 운용상태, 버티포트의 자원배정 및 운용상황을 포함하는 실시간 수용량 변화정보, 버티포트 권역 감시현황과 운영 정보 등이 있으며 관련하여 시간정보와 관계되는 V-CDM 관련 15개 마일스톤 및 시간정보는 V-CDM 체계와 연계되도록 시간정보 공유체계를 구성하여야 한다. 본 연구에서는 V-CDM 시스템 관점에서 시간정보 공유체계 구성을 위한 인터페이스 기술에 대한 적용성 평가를 통해 적절한 인터페이스 기술을 도출하고 적용 방안을 도출하고자 한다.

#### 3-2 V-CDM 시간정보 공유기술 적용성 평가 및 기술 적용방안

시스템 관점에서 정보공유를 위한 인터페이스 기술로는 대표적으로 다양한 방식에 대응이 가능한 확장성에 강점이 높은 EAI 방식과 메시지 송수신을 통한 인터페이스에 강점이 높은 MQ 방식, 그리고 특정 장치 시설에서의 통신 신호를 메시지 데이터화를 통해 전송하는 socket 방식, 다양한 엔터프라이즈의

데이터를 오픈소스 기반의 분산형 스트리밍 방식으로 실시간 공유할 수 있는 kafka 플랫폼 방식, 데이터베이스 상의 데이터를 직접적으로 연계하여 표출하는 DB link 방식 등이 있으며, 주요 기술에 대한 정의는 표 4와 같다[5].

본 연구에서는 V-CDM 시간정보 관련 이해관계자별 시스템과의 인터페이스 기술 적용 관점에서 적용성 검토를 위해 공항 정보화 관련 전문가 및 시스템 인터페이스 기술 관련 전문가의 평가를 토대로 버티포트 시간공유 체계를 구현을 위한 인터페이스 기술의 적용 방향을 도출하고자 하였으며, 전문가 대상 평가 개요는 표 5와 같다.

V-CDM 시간정보 관련 이해관계자별 시스템과의 인터페이스 기술 적용 관점에서 적절한 기술 도출을 위해 기술용이성, 구현가능성, 안정성, 확장성, 비용 등 5개 지표를 두고 지표별로 5점 척도로 평가를 하였으며 점수가 높을수록 지표별 적정성이 높은 것으로 평가하였다.

평가에 대한 응답을 종합한 결과 표 6 및 그림 4와 같이 MQ 방식이 적절한 것으로 평가된 바, 버티포트 특성에 따라 현재 공항에서 활용되는 인터페이스 기술이 높은 것으로 나타난 것

표 4. 시스템 인터페이스 기술 현황[5]

Table 4. System interface technology definition[5]

Tech.	Definition	Application
EAI (Enterprise application interface)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A method of Interface processing using an interface server that monitors and controls the actual transmission and reception processing and progress status and an adapter installed in the transmission and reception system.</li> <li>- Interface processing method through conversion and analysis of data of Application</li> </ul>	Government administrative network, Major government agencies, IIAC
MQ (Message queue)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Similar to EAI interface technology in terms of structure for linkage processing through interface server and adapter utilization</li> <li>- Interface processing in a message conversion processing manner rather than a data conversion/analysis method</li> </ul>	IIAC, KAC, Aviation Meteorological Agency, MOLIT etc
socket	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Create a socket, assign a port, connect the client's request, and process communication.</li> <li>- File interface processing using network program-based technology</li> <li>- Utilization of conversion and interface processing of communication signals such as radar</li> </ul>	KAC, MOLIT etc
kafka	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Platform technology that processes data streams from multiple sources and simultaneously transmits and processes large amounts of data to multiple link points</li> <li>- An alternative to traditional enterprise messaging systems, it links large amounts of data to multiple points through open source-based streaming processing.</li> </ul>	Private enterprise data management department, Big Data Related Government Agencies
DB link	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Using objects provided by the database</li> <li>- After creating a DB link object accessible from the sending system in the receiving system database, direct reference linking from the sending system to the DB link network is processed.</li> </ul>	Use when linking within the system

표 5. V-CDM 시간정보 공유기술 적용 관련 전문가 평가

Table 5. Evolution of V-CDM time information interface technology implementation.

Evolution duration	2024.06.24.~2024.07.19
Average experience	More than 10 years of experience related to airport information / Information Technology
Evolution collected	8 people
Evolution Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 point scoring evaluation of V-CDM time information Interface Technology</li> <li>- Evolution Index :Tech, difficulty, Implementation possibility, stability, extended, cost</li> </ul>

표 6. V-CDM 정보공유 체계의 인터페이스 기술 적용 평가결과 종합

Table 6. Evaluation results of V-CDM information sharing interface technology application.

Interface Tech.	Tech, difficulty	Implementation possibility	Stability	Extended	Cost	Total Evolution
EAI	4.8	3.9	5.0	5.0	2.0	4.13
MQ	4.8	4.0	5.0	4.1	3.0	4.18
SOCKET	2.3	3.3	4.0	2.0	3.5	3.00
Kafka	4.0	2.9	2.8	3.3	3.0	3.18
DB LINK	4.0	2.0	2.3	1.0	4.9	2.83

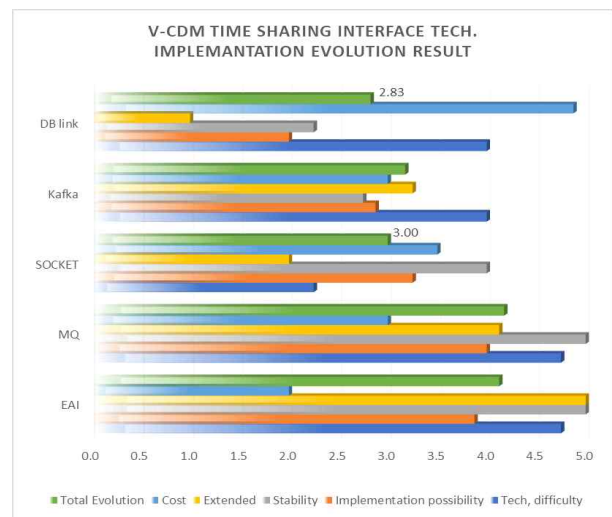


그림 4. V-CDM 시간정보 공유 기술 평가 결과

Fig. 4. Evaluation results of V-CDM time information sharing interface technology.

으로 확인되었다.

기술 적용 관점에 버티포트의 경우 기존 공항과 유사성이 높으며 현재 인천국제공항의 경우 주로 EAI 및 MQ를 혼용하고 있고 레이더 시설에 대해 socket 방식의 인터페이스 기술을 적용하고 있고, 한국공항공사의 경우 주로 메시지 변환 연계 시 활용하는 MQ 방식의 인터페이스 기술을 적용하고 있다. 또한, 전국 항공로와 ADS-B 감시자료를 종합적으로 통제하는 항공교통본부의 감시자료처리(SDP) 시스템 및 비행자료처리(FDP) 시스템, 그리고 항공교통흐름관리(ATFMS) 시스템 등의 외부

인터페이스 기술 역시 MQ 방식의 기술을 적용하고 있어, 항공 교통 및 공항운영 측면에서의 외부 인터페이스 방식은 MQ 기술이 폭넓게 적용되고 있는 편이며, 이러한 측면에서 전문가의 적합성 평가에서도 상대적으로 MQ 방식의 인터페이스 기술이 적정하다는 의견이 도출된 것으로 판단된다[5].

MQ 방식의 인터페이스 기술은 adapter 및 연계서버를 활용하는 기술 구조적 측면에서 EAI 방식과 유사하지만 데이터를 메시지 포맷 형식으로 변환 처리를 통해 연계 전달하는 구조로 연계처리를 위해 메시지와 데이터간의 상호 변환 및 인터페이스 처리 순서 제어 역할을 하는 연계 처리 도구인 agent queue manager를 adapter 상에서 구현하여 이종간 데이터를 연계처리하는 기술로서 그림 5와 같다[5].

MQ 방식의 인터페이스 구조는 그림 6과 같이 연계대상 데이터가 변환된 메시지를 MQ agent를 통해 정보가 수록된 메시지를 송수신 처리하며, 상호 간의 송수신된 메시지를 MQ 서버의 agent queue manager에서는 메시지와 데이터 간 상호 변환 처리하여 상호간의 application의 데이터베이스에 적용한다[5].

MQ 연계 대상 시스템에 대해서는 연계 대상 시스템에서 운영 중인 연계 adapter와 동일한 방식의 adapter 및 연계서버를 구성하는 연계 구조의 시스템 인프라를 조성하고 연계 대상 데이터 그룹 및 항목에 대한 indexing 및 selection을 통해 해당 데이터를 메시지로 상호 변환하여 송수신 할 수 있도록 adapter 설정하여 적용하므로, V-CDM 시간정보 공유를 위한 인터페이스 기술 적용 시 이해관계자별 대상 시스템과의 메시지와 데이터 간 상호 변환 처리를 위한 adapter를 pair로 적용하고 중간에 연계서버를 두고 제어하는 구조로 구성되어야 한다.

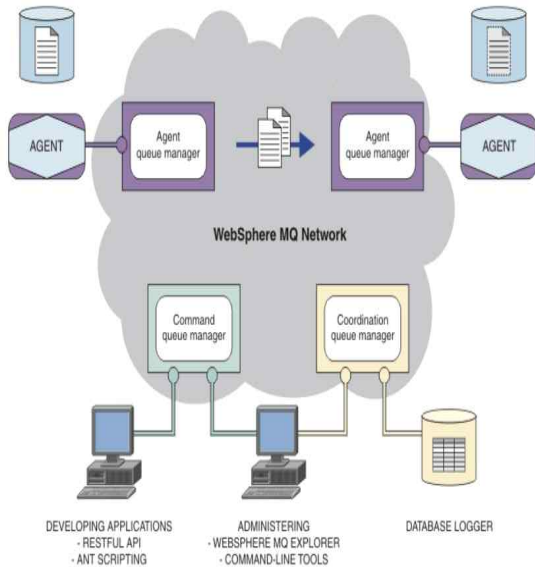


그림 5. MQ 인터페이스 기술 구조[5]  
Fig. 5. MQ interface technology structure[5].

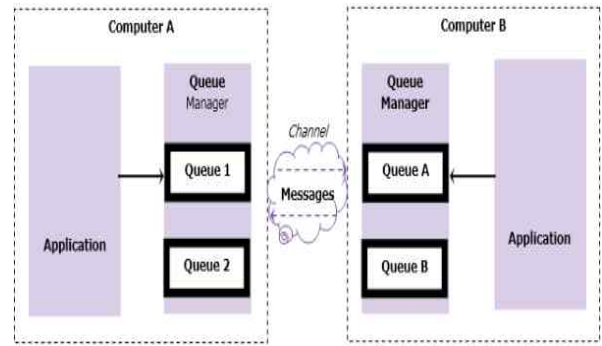


그림 6. MQ 인터페이스 아키텍처 정의[5]  
Fig. 6. MQ interface architecture definition[5].

### 3-3 시간정보 공유를 위한 인터페이스 데이터 구성 방안

버티포트 운영 측면에서 V-CDM 체계와 관계된 이해관계자별 시간정보 공유를 위한 인터페이스 체계를 식별 가능한 5개의 인터페이스 code로 구분하여 표 7과 같이 정의하였다[6].

공유 대상 시간정보를 이해관계자별 운영 시스템과 인터페이스 처리되는 code 연계 구조 체계는 표 8과 같이 정의된다.

버티포트 운영자를 비롯한 이해관계자부터 V-CDM 체계에서 공유되어야 할 정보는 이해관계자별 인터페이스 code에서 정의되는 데이터 항목을 기준으로 구조화 되어 MQ adapter의 메시지 변환 처리 단계에서 상호 인터페이스를 위한 데이터 스키마 단위의 변환 처리를 통해 연계 처리하여, 각 요소에 필요한 데이터 항목별 정보를 표출하도록 구성한다.

표 7. V-CDM 이해관계자별 생성 시간정보[6]

Table 7. V-CDM creation time information by stakeholder[6].

Creation stakeholder	Interface code	Define
VPO	Vertiport operation time	In relation to the operation of the Vertiport, visual information on major events occurring or expected during the departure/arrival and operation process of each UAM is generated and provided to UATMSP.
UATMSP	UATM service	The UATMSP system generates UATM service information and delivers it to UAO and VPO.
	Approved FPL	The UATMSP system (UAT) transmits approved flight plan information to the UAO, UTS, ATC, and VPO.
UAO	Flight status	The UAM flight control system generates UAM aircraft flight status information and transmits it to UATMSP and VPO.
	SKD operation	UAO generates information related to the flight schedule of UAM aircraft (TOBT, Target off block time) and provides it to VPO and UATMSP.

표 8. V-CDM 체계 시간정보별 인터페이스 적용 구성[6]

Table 8. V-CDM creation time information by stakeholder[6].

Time information	Creation stakeholder	Interface code	Linked stakeholder
ACGT	VPO	- Vertiport operation time	
AFIT	UATMSP	- UATM service	
AFOT	UATMSP	- UATM service	
AIBT	VPO	- Flight status - Vertiport operation time	UATMSP
ALDT	UATMSP	- Flight status - UATM service	UAO
AOBT	VPO	- Flight status - Vertiport operation time	UATMSP
ATOT	UAO	- Flight status	
AVZT	UAO	- Flight status - UATM service	UATMSP
EIBT	VPO	- Vertiport operation time	
EOBT	UAO	- Approved FPL - Flight status - Vertiport operation time - SKD operation	UATMSP VPO
ETOT	UATMSP	- UATM service - Vertiport operation time	
PTOT	VPO	- Vertiport operation	
TLDT	UATMSP	- Approved FPL - UATM service	
TOBT	UAO	- Approved FPL - Flight status - SKD operation	UATMSP VPO
TTOT	UATMSP	- UATM service	

V-CDM 체계 상의 시간정보 공유를 위한 인터페이스는 vertiport operation time(버티포트 운영 시간), UATM sevice(UAM 교통관리 서비스), approved FPL(승인된 비행계획), flight status(비행상태), SKD operation(스케줄 운영) 등으로 각 인터페이스 code에서는 V-CDM 시간정보 공유를 위한 데이터 스키마를 포함하고 있으며, 각 인터페이스 code별 데이터스키마는 기존 항공정보 데이터 표준화 코드인 AIXM, FIXM, IWXXM 등과 동일한 xml 기반의 표준화 code로 설계함으로써 확장성과 호환성을 갖고 데이터 교환이 가능하도록 표 9와 같이 구성하여야 한다[6].

#### IV. K-UAM GC 1단계 실증을 통한 시간정보 공유기술 적합성 평가

##### 4-1 K-UAM GC1 단계 실증시험 개요

K-UAM GC(grand challenge)는 한국형 UAM 체계를 구성하는 UAM 기체를 비롯하여 UAM 운항 시스템, 버티포트 운영 시

표 9. V-CDM 시간정보 공유 체계 인터페이스 데이터스키마 요약[6]

Table 9. V-CDM time information interface data schema summary[6].

Interface schema	Items included in the interface data schema	Interface cycle
Vertiport Operation Time _xml	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertiport ID</li> <li>- Flight ID (Aircraft ID, Departure Vertiport, Destination Vertiport, EOBT)</li> <li>- Estimated In Block Time (EIBT)</li> <li>- Actual In Block Time (AIBT)</li> <li>- Actual Commence of Ground handling Time (ACGT)</li> <li>- Target Off Block Time (TOBT)</li> <li>- Estimated Take Off Time (ETOT)</li> <li>- Proposal Take-Off Time (PTOT)</li> <li>- Actual Off Block Time (AOBT)</li> </ul>	Create and update
UATM Service _xml	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UATMSP ID</li> <li>- UAM Operator ID</li> <li>- Disapproval FPL info (Aircraft ID, Departure vertiport, Destination vertiport, EOBT, Reasons for disapproval, Replacement FPL ID)</li> <li>- Replacement FPL ID (Enroute Adjustment, Enroute speed Adjustment, EOBT Adjustment, ETA Adjustment)</li> <li>- Estimated off block time (EOBT), Estimated take off time (ETOT), Estimated vertiport zone time(EVZT), Estimated landing Time (ELDT), Target take off time (TTOT), Target landing time(TLDT))</li> <li>- Update when actual time creation (Actual vertiport zone time(AVZT), Actual take off time (ATOT), Actual landing time (ALDT), Actual FATO in time(AFIT), Actual FATO out time (AFOT))</li> </ul>	Create and update
Approved FPL _xml	<ul style="list-style-type: none"> <li>Types of flight plan submission</li> <li>- Flight plan submission time</li> <li>- UAM operator ID</li> <li>- UATMSP ID</li> <li>- Aircraft ID</li> <li>- Reg no.</li> <li>- Aircraft type</li> <li>- Departure vertiport</li> <li>- Destination vertiport</li> <li>- Average enroute speed</li> <li>- Route</li> <li>- Fleet classification</li> <li>- EDD/ETD</li> <li>- EDA/ETA</li> <li>- Alt. vertiport (ENR)</li> <li>- Alt. vertiport (Departure)</li> <li>- Alt. vertiport (Destination)</li> </ul>	Create and update
Flight Status _xml	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aircraft ID</li> <li>- Flight Initialization Time</li> <li>- Taxi-out (off-block) Time (AOBT)</li> <li>- Actual take-off time (ATOT)</li> <li>- Actual landing time (ALDT)</li> <li>- Actual In-block time (AIBT)</li> <li>- Battery residual or residual fuel amount</li> <li>→ Periodic reporting every 30 seconds</li> <li>- Aircraft position (latitude, longitude, altitude)</li> <li>→ Periodic reporting every 30 seconds</li> <li>- Airspeed</li> <li>→ Periodic reporting every 30 seconds</li> <li>- Abnormalities by gas system</li> <li>→ Periodic reporting every 30 seconds</li> </ul>	Create and update
SKD operation _xml	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operator ID</li> <li>- Vertiport ID</li> <li>- Flight ID (Aircraft ID, Departure vertiport, Destination vertiport, EOBT)</li> <li>- Target off block time (TOBT)</li> </ul>	Create and update

스텝 및 V-CDM, UAM 교통관리 시스템 등의 체계에 대한 종합적인 실증을 토대로 UAM 상용화를 추진하는 프로젝트로 대한항공, 인천국제공항공사, KT 등이 참여하는 K-UAM One Team의 경우 한국항공우주연구원 국가종합비행성능시험장(고흥 소재)에서 UAM 구성하는 체계에 대한 1단계 실증을 추진하였으며, 실증 기체는 한국항공우주연구원의 OPPAV를 활용하였다.

K-UAM One Team에서 주로 실증한 사항은 고흥의 실증용 버티포트 상의 비행 중인 기체에서 ADS-B, RTK GPS, 5G 항공망 및 VHF통신망을 토대로 표 10의 실증 대상 시스템으로 정의된 UAM 교통관리 시스템(UATM)과 버티포트 운영 시스템(VPO), UAM 운항관리 시스템(UAO) 및 V-CDM 시스템 등 UAM 체계를 구성하는 이해관계자 시스템 간의 정상적인 데이터 송수신 및 시스템 간의 데이터 인터페이스 기술에 대한 실증을 추진하였다.

V-CDM 시스템의 경우 버티포트 운영 시스템과 같은 공간에서 운용되어 항공우주산학융합원 및 네이버시스템에서 표9의 인터페이스 데이터 스키마 설계 사항을 바탕으로 구성된 데이터 인터페이스 체계를 토대로 UAM 교통관리 시스템(UATM)과 UAM 운항자 시스템(UAO) 및 버티포트 운영 시스템(VPO) 간의 정보공유 기술과 관련하여 비행시험을 통해 실증한 바 있으며, 버티포트 운영 시스템(VPO)의 정보 공유 기능 실증 범위에 V-CDM 시스템 운영을 포함하였다.

실증을 위한 비행 시나리오는 표 13과 같이 추진하였으며, 종합적인 UAM 체계 구성 시스템 간의 필요한 데이터 인터페이스를 위해 ICD(interface control documents) 설계를 토대로 인터페이스가 요구되는 데이터 스키마를 구성하였으며, 표 9와 같이 V-CDM 시스템 인터페이스에 요구되는 데이터 스키마를 적용한 인터페이스 기술을 토대로 K-UAM GC 1단계에서 V-CDM 시스템과 이해관계자간 시스템과의 원활한 시간정보 공유기술 적용에

표 10. K-UAM GC1 실증대상 시스템

Table 10. K-UAM GC1 demonstration target system.

Target system	System definition
UATM	UAM traffic management system
UAO	UAM operating system
VPO	Vertiport operating system
V-CDM	Vertiport-collaborate decision making

표 11. K-UAM GC1 버티포트 운영 실증대상 기능 범위

Table 11. K-UAM GC1 vertiport operation verification target function range.

Business scope	Scope of system function demonstration
VertiPort Operation	Receiving, reviewing, and responding to flight plans and operational plans
	Airplane ground support before and after flight (movement, charging, boarding, ground inspection)
	Review and approve take-off and landing plans
	Vertiport area, nearby weather, connected transport system monitoring
	Sharing information across Vertiport stakeholder systems
	Monitor and manage terminals and support facilities
	Carriage allocation and ground aircraft

대해 K-UAM GC 1단계 실증에서 표 12와 같은 기준으로 적합성 평가를 받고 한국항공우주연구원의 GC 사무국 평가위원으로부터 확인을 받은 바 있다.

4-2 K-UAM GC 1단계 실증 비행시험 시나리오

K-UAM One Team은 한국항공우주연구원 국가종합비행성능 시험장에서 약 5주간 실제 기체 비행을 통해 UAM 체계를 구성하는 각 시스템별 운용 및 CNSI 데이터 연동에 대한 실증을 수행하였으며, 본 논문에서 제시된 시간정보 공유기술 및 데이터 구성 모델이 V-CDM 시스템에 적용되어 실증시험을 이행하였다.

OPPAV 기체를 이용한 시험비행은 정상시나리오 2가지와 비정상시나리오 8가지로 구성되었으며, 각 시나리오별 단거리/장거리 비행으로 구분하여 표 13과 같이 수행하였다.

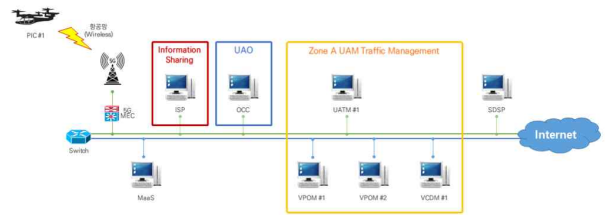


그림 7. K-UAM One Team GC 1단계 실증 시스템 인프라 구성

Fig. 7. K-UAM One Team GC 1 demonstration system infrastructure.

표 13. 실증기체 비행시험 시나리오

Table 13. Demonstration aircraft flight scenario.

No.	Mission description	Dist.	VCDM
FT#1	Short-distance normal flight	Short	O
FT#2	A long-distance normal flight	Long	O
FT#3	Change flight plan	Long	O
FT#4	Good round situation occurs	Short	O
FT#5	An aerial circuit, a communication failure		O
FT#6	Change of airspace, unexpected situation		O
FT#7	Lateral offset, unexpected situation		O
FT#8	Change of airspace		O
FT#9	Failed access, vertiport closed		O->X
FT#10	GNSS/Surveillance fail	O	



그림 8. 실증시험 비행경로(단거리/장거리)

Fig. 8. Demonstration flight path(short/long).



### 4-3 V-CDM 시스템 ICD 및 데이터 프로세스

V-CDM 시스템은 비행계획-지상이동-이륙-순항-착륙-비행종료 등 단계별 UAM 운항관리 시스템(UAO) · UAM 교통관리시스템(UATM) · 버티포트 운영 시스템(VPO) 에서 생성된 마일스톤 시간정보를 수신 및 공유하여 UAM 기체가 운용되는 시간동안 상호 공유할 수 있는 환경을 제공하며, 이를 위한 마일스톤 데이터 연동 규격은 그림 9 와 같이 구성되며, 데이터 프로세스는 그림 10 과 같이 구성되었다.

### 4-4 V-CDM 시스템 구성 및 실증시험 결과

V-CDM 메인화면은 버티포트 자원점유현황 및 TOBT 정시성에 대한 실시간 정보를 표출하며 그림11과 같이 구성되었다.

V-CDM 시스템 이해관계자 간 시간정보 공유기술은 K-UAM One Team을 구성하는 이해관계자별 시스템에서 생성되는 시간정보 연계를 위한 인터페이스 기술을 적용하여 K-UAM GC 1단계 실증과정에서 공유되는 시간정보 데이터의 무결성 및 신뢰성 등 적합성을 평가하였으며 GC 1단계 평가위원의 확인을 받은 바 있다.

표 12. K-UAM GC 1단계 시간정보 공유 데이터 적합성 평가 기준  
Table 12. K-UAM GC1 time information sharing data suitability verification criteria.

Classification	Scope of verification	Define	Verification method
Interface Data Conformity	Integrity	Check interface data accuracy, consistency, and validity	Check the GC Secretariat's evaluation committee
	Reliability	Continuous consistency and error-free maintenance of shared data to check data integrity and accuracy	

인터페이스 명	버티포트 CDM 마일스톤			
	VPO	자료 수신자	자료 수신자	ISP
자료 송신자	AMQP	데이터 연어	JSON	Pub
발생 주기	1Hz	API	Sample	
구분	항공알림명	연달결렬명	데이터명	Sample
비행계획식 식별자	FlightPlanIdentifier	string	e71af9d9-99e-46bd-9195-2657279100d1	
버티포트 식별자	vertiportId	string	J9H42	
현재시간	currentTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
항공편명 (플사인)	uamCallSign	string	KAL1234	
기단 관리 ID (식별부호)	registration	string	KL1231	
항공기종	aircraftType	string	Q11	
출발 버티포트 ID	departureVertiport	string	J9H42	
도착버티포트 ID	arrivalVertiport	string	J9H42	
TLOD	targetLandingTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
ELOB	estimatedBlockTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
AVIT	actualVoloInTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
ALOT	actualLandingTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
AFOT	actualFatoQueueTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
AIBT	actualInBlockTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
ACBT	actualCommenceOfBlockTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
EOBT	estimatedOffBlockTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
ETOT	estimatedTakeOffTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
TTOBT	targetOffBlockTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
TTOT	targetTakeOffTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
AOBT	actualOffBlockTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
AFIT	actualFatoInTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	
ATOT	actualTakeOffTime	string	2024-01-20T10:05:05Z	

그림 9. V-CDM 마일스톤 데이터 연동규격  
Fig. 9. V-CDM milestone data interface structure.

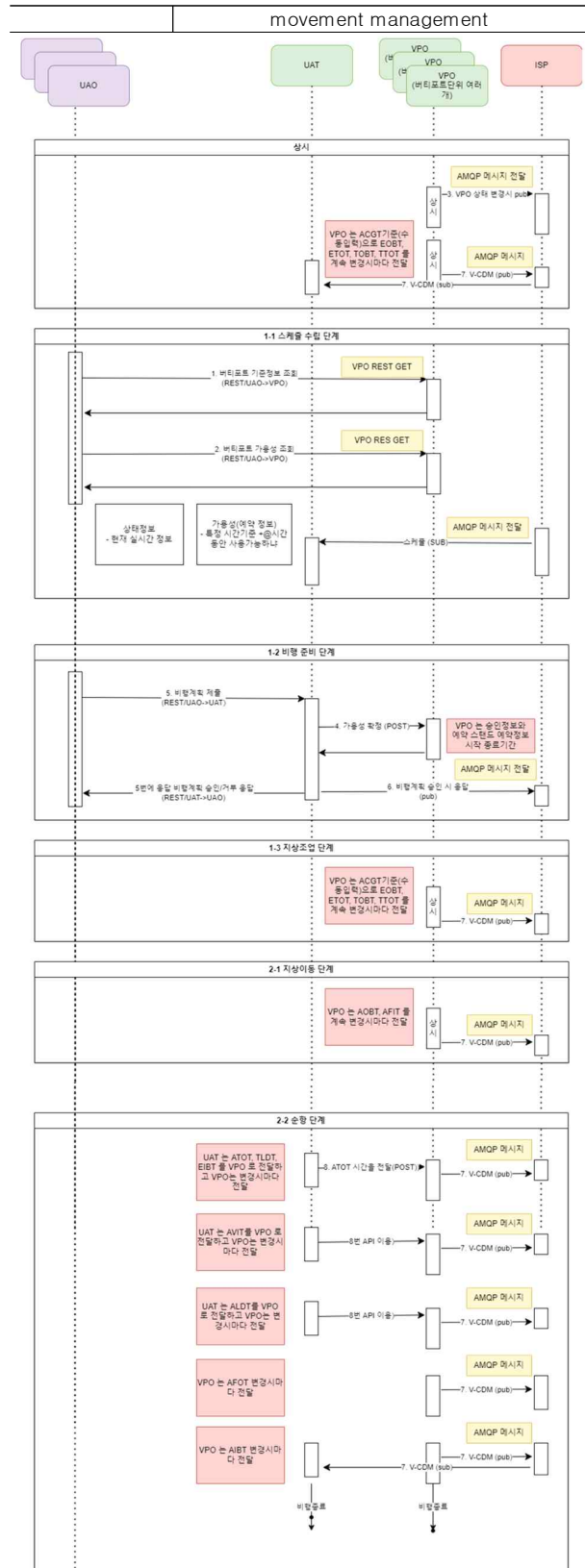


그림 10. V-CDM 마일스톤 시간 데이터 프로세스  
Fig. 10. V-CDM milestone time data process.

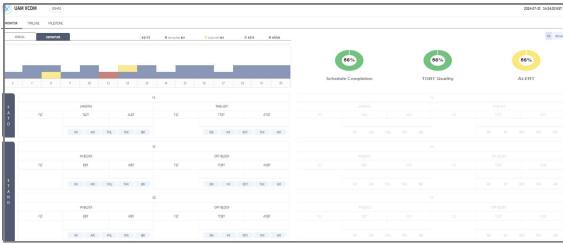


그림 11. V-CDM 메인화면 구성  
Fig. 11. V-CDM Main display structure

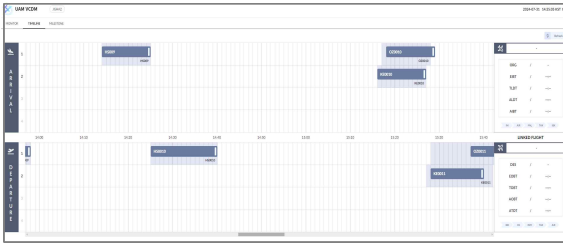


그림 12. V-CDM 타임라인 화면 구성  
Fig. 12. V-CDM Timeline display structure

FLIGHT STATUS	GATE		MTT		ACFT		DEPT		ARR		OUTBOUND		INBOUND		ON-GROUND		ARR		STATUS	
	NO.	NAME	NO.	NAME	NO.	NAME	TIME	TIME	TIME	TIME	TIME	TIME	TIME	TIME	TIME	TIME	TIME	TIME		
1	1	1	1	1	1	1	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00

그림 13. V-CDM 마일스톤 시간정보 공유화면 구성  
Fig. 13. V-CDM Milestones Time information sharing display structure

V-CDM 타임라인 화면은 버티포트 자원예약 대비 실제 점유시간을 비교하여 TOBT 정시성을 비교하도록 구현되었으며 그림 12와 같이 구성되었다.

V-CDM 마일스톤 시간정보 공유화면은 출발/도착 마일스톤으로 구분하여 각 단계별 UATM / UAO / VPO에서 생성되는 시간정보를 식별 및 공유된 정보를 표출하도록 구현되었으며, 그림 13과 같이 구성되었다.

#### 4-5 V-CDM 효율성 추정 결과

K-UAM GC 1 단계 실증비행 시험에서의 주요 목적성은 UAM 운항 및 교통흐름 그리고 버티포트 운영 관리 등의 체계에 대한 적합성과 적용 가능성을 평가하는데 목적을 두고 추진하였으며, 효율성을 입증하는 범위를 포함하지 않는다.

시간정보 공유체계를 기반으로 버티포트 내 의사결정 지원 체계 측면에서의 효율성을 추정하기 위해서는 먼저 V-CDM 체계의 사례가 되는 A-CDM 시스템 도입 이후 공항

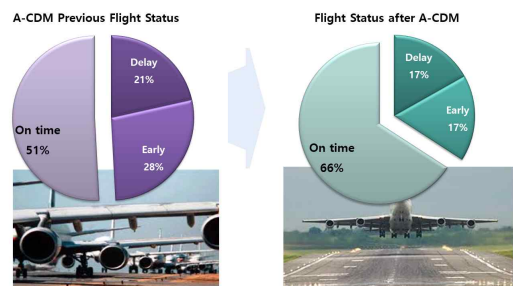
에서의 효율성을 고려하여 추정하는 방안이 적절할 것으로 판단된다. A-CDM 도입 효과 측면에서 미국 JFK 공항의 운영 사례를 들자면 출발유도로 대기시간이 14,800분이 절감되어 10~15만 달러 규모의 경비절감 효과를 가져온 것으로 확인되며, 브뤼셀 공항의 경우 출발시간지연이 15% 단축되는 효과를 가져왔고, 인천국제공항 역시 A-CDM 도입 전 효율성에 대한 시뮬레이션 분석 결과 15% 운항 정시성 개선 효과를 가져올 것으로 예상된 바 있다[7].

단계별 버티포트 운영 시나리오를 염두할 때 단일 회랑에 5대 이하의 저밀도 운항이 주로 이루어지는 초기 단계까지는 V-CDM 체계의 효율성이나 필요성이 높지 않을 수 있다. 하지만 단일 회랑 기준 10대 이상의 중밀도 또는 고밀도로 UAM 교통량이 증가하게 되는 성장기 및 성숙기 단계에서의 버티허브 및 버티포트에서는 A-CDM 도입 효과성과 유사한 출발 정시성 관점에서의 V-CDM 효율성을 추정할 수 있다.

실제 K-UAM GC 1단계 실증에서 지상에서의 기체 이동에 소요되는 시간은 1대의 기체를 활용한 최소 지상이동시간으로 측정되었으며 표2와 같다. 다만 2FATO 4GATE 이상급의 버티포트에서 6대 이상 기체가 동시 이동할 경우 혼잡 확률 증가가 예상되며, 버티허브급으로 규모가 확대되고 동시 이동 기체 수가 10대 이상이 될 경우 혼잡 확률은 급격히 증가될 것으로 예상된다. 따라서, UAM 이동 시간정보 공유 기반의 기체별 출도착 우선순위에 대한 의사결정을 지원하는 공항의 A-CDM 효율성과 유사한 방향의 V-CDM 효율성이 예상되며, 이러한 가정을 두고 표14와 같은 결과를 추정하였다.

버티포트 규모별 FATO 수 및 GATE 수를 바탕으로 동시 기체 수를 임의로 가정하여 동시 기체 수가 버티포트 내에 주기 중일 경우 출발대기시간을 추정하고, 이를 바탕으로 예상출발시간 산출하여, 기존 공항의 A-CDM 출발 정시성 효과를 고려하여 V-CDM 적용 시 예상되는 출발시간과 효과를 추정한 결과 평균 12.2%의 출발시간 단축효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

특히 A-CDM 도입 효과로 출발 정시성 관련 효율성을 놓고 봤을 때 V-CDM 체계 역시 출발 정시성 관련 시간정보 공유에 따른 효과성을 토대로 버티포트 운영 효율성을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.



< Changes in aircraft operation status after A-CDM (출처 : FAA) >

그림 14. 인천공항 A-CDM 도입 효과 시뮬레이션 결과[7]  
Fig. 14. IIAC A-CDM effect simulation results[7].

**표 14.** V-CDM 체계 효율성 추정 결과  
**Table 14.** V-CDM efficiency estimation results.

Vertiport Size	No. of UAM	Expected departure time	Depart ure waiting time	Departure waiting time (VCDM apply)	Estimate of VCDM effect
1FATO 1GATE	1	26	0	26	-
2FATO 4GATE	6	36.4	10.4	29.3	9.5%
2FATO 6GATE	8	36.4	10.4	29.3	9.5%
4FATO 8GATE	12	46.8	20.8	39.9	14.8%
4FATO 16GATE	20	46.8	20.8	39.9	14.8%

## V. 결 론

본 연구에서는 UAM 교통관리와 버티포트 운영 측면에서 이해관계자간의 시간정보의 공유체계를 기반으로 협업을 통한 효율성을 도모하는 V-CDM 체계 운영에 있어서 가장 중요한 8개 마일스톤 및 7개 시간정보에 대한 공유 인프라 구성 방안을 제시하였다.

버티포트를 중심으로 시스템적으로 접근하는 V-CDM 체계는 기존 공항의 A-CDM 시스템 운영 모델을 케이스로 구현하는 체계로 시간정보 공유체계에 요구되는 인터페이스 인프라 관련 적정한 기술 적용을 위해 공항 정보화 운영 및 정보기술 등의 관련 전문가들을 대상으로 기술 용이성, 구현 가능성, 안전성, 확장성, 비용 등의 지표 단위 평가 조사를 바탕으로 적정한 인터페이스 기술 적용 방안을 도출하였다.

또한, 해당 인터페이스 기술적 특성과 기존 항공 데이터 교환 표준과의 확장성 및 호환성을 고려한 V-CDM 마일스톤 단위 시간정보 공유체계 구현을 위한 데이터 스키마 등의 데이터 구조화 방안을 제시하였으며, 이를 K-UAM GC 1단계 실증을 통해 시간정보 공유기술 및 인터페이스 데이터 구성 방안과 관련하여 실제 기체의 비행시험을 통해 적합성을 평가하였다.

향후 본 연구 결과에서 제시된 시간정보 공유기술은 K-UAM 가상통합운용 및 검증기술 개발 사업에서 시험평가를 기반으로 하는 TRR(test readiness review) 과정과 실증시험을 통해 실용화 단계에 진입하기 위한 적합성을 평가함으로써 제시된 이해관계자간 시간정보 공유기술에 대한 버티포트에서의 활용 가능성을 검증하고 체계화를 추진할 예정이다. 또한, 이를 바탕으로 개발 및 검증된 UAM 시간정보 공유기술은 UAM 체계 가운데 버티포트 운영 시스템을 구성하는 한 축인 V-CDM 시스템의 마일스톤

운영 기능을 구현하고, UAM 이해관계자 간 협업적 의사결정을 지원하는 역할 관점에서 핵심적 기술이 될 것으로 기대된다.

## Acknowledgments

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 도심항공 모빌리티 가상통합운용 및 검증기술 개발 사업(RS-2022-00141166)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

## References

- [1] K. S. Yu, "UAM Vertiport operation model", *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, Vol. 39, pp. 69-75, Feb. 2022, Retrieved from <https://www.kics.or.kr/data/Magazine/2022-03/EBook/ICM202203.pdf>
- [2] UAM Team Korea, *K-UAM concept of operations*, MOLIT, Korea, v1.0, pp. 14-47, Sep. 2021. Retrieved from [https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m\\_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95086041](https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95086041).
- [3] W. C. Moon and Y. M. Sim, "A study on the implementation of the CDM system for the efficient operation of the urban air mobility (UAM) Vertiport," in *Proceeding of 2022 KSAS Fall Conference, The Korean Society for Aeronautical and Space Science*, Jeju: Korea, pp. 673-676, Apr. 2022. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11077058>.
- [4] J. W. Chun, Y. S. Hwang, G. S. Kim, E. Jang, Y. M. Sim and W. C. Moon, "A study on operation Vertiport cooperative decision making", *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 27, No. 6, pp. 690-698, Dec. 2023. DOI : <https://doi.org/10.12673/jant.2023.27.6.690>.
- [5] KIAST, KAU and IBLEADERS, *Research report on the establishment of a data based ATM system*, Research Project on Establishment of Data based Air Traffic Management System, MOLIT, Korea, 2019, pp. 238, 243-245, Dec. 2019.
- [6] IAIAAC, *V-CDM information sharing system research report 1,0*, UAM Virtual Integrated Operation & Platform R&D project Vol 3, 2023, pp. 13-18, 24-34, Oct. 2023.
- [7] ASIANA IDT, "IIAC A-CDM model report", IIAC The 3th Integrated Information System BPR & Primary Design Project, IIAC, Korea, 2013, pp. 63, 141-144, Dec. 2012.



**심 영 민 (Yeong-Min Sim)**

2001년 2월: 인제대학교 정보통신공학과 (공학사)  
2004년 2월: 아주대학교 경영학석사 (MBA)  
2015년 7월 ~ 2018년 9월: 브이티더블유 전략사업본부 이사  
2018년 9월 ~ 2019년 11월: 아이비리더스 전문위원  
2020년 5월 ~ 현재: 항공우주산학융합원 연구기획팀 팀장  
※관심분야: 공항운영, 항공안전, 항공 ICT, 도심항공교통모빌리티



**황 예 승 (Ye-Seung Hwang)**

2009년 2월: 연세대학교 경영학 (경영학사)  
2009년 3월 ~ 2021년 2월: 비행기-헬리콥터 조종사  
2021년 3월 ~ 현재: 항공우주산학융합원 첨단항공우주기술연구소 팀장  
※관심분야: 항공운항, 항공안전, 도심항공모빌리티



**전 재 옥 (Jae-Wook Chun)**

2022년 2월: 한국항공대학교 항공교통전공 (이학사)  
2023년 9월 ~ 현재: 한국항공대학교 항공교통물류학과 석사과정  
2022년 6월 ~ 현재: 항공우주산학융합원 첨단항공우주기술연구소 연구원  
※관심분야: 항공교통, 도심항공모빌리티, 항공교통시스템



**이 민 재 (Min-Jae Lee)**

2027년 8월: 중앙대학교 전자전기공학부 (공학사)  
2015년 7월: 고려대학교 컴퓨터정보통신공학 석사수료  
2015년 1월 ~ 2021년 12월: 율웨이브텍(주) 전파기술연구소 연구소장  
2022년 1월 ~ 현재: 네이비스시스템(주) 항공사업본부 파트장/부장  
※관심분야: 도심항공모빌리티, 버티포트 운영시스템, 디지털트윈 플랫폼



**문 우 춘 (Woo-Choon Moon)**

1994년 2월: 한국항공대학교 항공교통물류학부 (이학사)  
2004년 8월: 한국항공대학교 항공교통학과 (이학석사)  
2010년 2월: 한국항공대학교 항공교통학박사 (이학박사)  
2010년: Embry-Riddle Aeronautical University 박사후연구원  
2020년 5월 ~ 현재: 항공우주산학융합원 첨단항공우주기술연구소 연구소장  
※관심분야: 항공교통, 항공안전, 도심항공모빌리티, 미래항공교통모빌리티