



# 수도권 UAM 네트워크 구축 및 버티포트 규모 산정 연구\*

## Establishment of UAM (Urban Air Mobility) Network and Estimation of Vertiport Size in Seoul Metropolitan Area

손가영\*\* · 김규혁\*\*\* · 송태진\*\*\*\* · 홍성조\*\*\*\*\*  
Son, Gayoung · Kim, Kyu Hyuk · Song, Tai Jin · Hong, Sungjo

### Abstract

Urban Air Mobility (UAM) is attracting attention as a solution to the traffic congestion problem in large cities. To activate UAM, the appropriate location and size of the ground infrastructure must be set. Therefore, this study aims to establish a network of UAM in the Seoul Metropolitan Area (SMA) by determining the appropriate location and size of the ground infrastructure, such as vertiports. Based on previous studies, 28 vertiports were selected in the SMA, and the travel demand between them was estimated using Korea Transport Data Base (KTDB) data and UAM conversion rates. The centrality of each vertiport was analyzed by constructing a UAM travel network, revealing that locations in Seongdong-gu (V9), Songpa-gu (V7), and Yeongdeungpo-gu (V10) require the construction of hub-type vertiports. Furthermore, vertiport, which has the highest centrality, requires 10 takeoff/landing pads and 20 parking lots by 2040. This study provides insights for policymakers and planners seeking to develop UAM networks in urban areas, particularly in the SMA.

**주제어** 도심항공교통, 버티포트, UAM 네트워크, UAM 수요, 버티포트 이용권역  
**Keywords** Urban Air Mobility (UAM), Vertiport, UAM Network, UAM Demand, Vertiport Service Area

## 1. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

전 세계 도시들은 빠르게 도시화 되고 있다. 대도시권의 인구 집중과 교통 혼잡문제는 전 세계적으로 심화되고 있으며 우리나라 또한 인구집중화와 교통 혼잡문제가 심각하게 나타나고 있다 (최자성 외, 2021). 2018년 기준 국내의 교통 혼잡으로 인한 비용은 국내 총생산의 3.6%에 달하는 67조 7,631억 원이며 수도권의

교통혼잡비용은 35조 4,246억 원으로 전국의 52%를 차지한다(한국교통연구원, 2021).

교통혼잡 문제를 해결하기 위한 논의가 이루어지고 있으며 그 중 지상이 아닌 공중 공간을 활용한 교통수단에 대해 논의되고 있다. 공중공간을 활용한 도시 내 교통수단에 대한 논의가 시작된 것은 오래되었으나 기술적·비용적 한계로 인하여 진척이 크지 않았다. 최근 전기동력 수직이착륙기(Electric Vertical Take off & Landing, 이하 eVTOL) 기술이 빠르게 발전하고 있으며 이를 이용한 공중공간 교통수단 논의가 급격하게 진행되고 있다.

\* 이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2020R111A3070154). 또한, 2022년 한국도시계획학회 춘계학술대회에서 발표한 연구를 수정·보완하여 작성되었음.  
\*\* Master's Student, Department of Urban Engineering, Chungbuk National University (First Author: thsrkdud123@naver.com)  
\*\*\* Ph.D. Course Student, Department of Urban Engineering, Chungbuk National University (kyuhyuk@chungbuk.ac.kr)  
\*\*\*\* Assistant Professor, Department of Urban Engineering, Chungbuk National University (tj@chungbuk.ac.kr)  
\*\*\*\*\* Professor, Department of Urban Engineering, Chungbuk National University (Corresponding Author: sjhong@chungbuk.ac.kr)

eVTOL은 전기모터를 사용하여 소음이 작고, 대기오염물질을 배출하지 않으며, 수직이착륙을 통하여 좁은 공간에서도 활용 가능성이 크다(이재홍·홍성조, 2021). eVTOL을 활용하여 도심의 혼잡한 지상 교통문제를 해소할 수 있는 공중 교통수단인 도심항공교통(Urban Air Mobility, 이하 UAM)이 대두되고 있다(국토교통부, 2020). 우리나라에서도 2020년 한국형 도심 항공교통(K-UAM)로드맵을 시작으로 K-UAM 기술로드맵, K-UAM 운영 개념서 등을 발표하였으며 2025년 상용화와 2035년 100개 노선의 운영을 목표로 UAM 도입을 적극적으로 추진하고 있다(관계부처합동, 2020; 국토교통부 외, 2021; UAM Team Korea, 2021).

그러나 UAM의 상용화를 위해서는 제도·기술·인프라 등의 다양한 요소들을 고민해야 한다. 특히 도입 초기에는 UAM 이착륙을 가능케 하는 지상기반시설인 버티포트<sup>1)</sup>의 위치를 선정하는 것이 선제적으로 이루어져야 한다(김상현 외, 2022). 버티포트 등의 관련 인프라 시장은 UAM 전체시장에서 약 16%를 차지할 것으로 보이며, 향후 2040년에는 약 946억 달러의 규모로 성장할 것으로 추정하고 있다(국토교통부 외, 2021). 또한, K-UAM 기술 로드맵(국토교통부 외, 2021)에서도 UAM의 상용화가 진행될수록 노선 수와 UAM 이용자 수는 꾸준히 늘어날 것으로 예측하며 이에 맞는 수요 대응방안을 고민하고 있다. <Figure 1>은 국토교통과 학기술훈원(2022)에서 제시한 K-UAM 운용에 따른 수요예측을 도식화한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 성장기인 2030년 이후에는 UAM 이용자 수가 초기보다 약 300배 이상 증가한 약 15만 명/일에 도달할 것으로 예상된다. 이 같은 사용자 수의 증가를 위해서는 충분한 버티포트가 적절한 위치에 공급되어야 한다. 이 같은 지상인프라는 UAM 도입에 있어 가장 중요한 부분이며 이는 도시계획과 밀접하게 관련이 있다.

그러나 현재 UAM 관련 연구는 eVTOL 기체 및 운용, 관제 등의 기술적 연구를 중심으로 진행되고 있다. 최근 들어 버티포트

입지 관련 기발시설 유형화 및 영향요인 등을 제시하는 연구가 일부 진행되고 있으나, 아직까지 버티포트 입지에 관한 연구가 부족한 실정이다(김원진·박재홍, 2022). 특히 실제 버티포트의 위치를 설정하여 각 버티포트 간의 네트워크를 구성하고, 실질적인 버티포트의 필요 규모를 산정한 연구는 찾기 어렵다.

UAM 도입초기엔 버티포트의 적절한 입지 선정을 위한 기준을 마련해야 하며, 이 과정에서 도시와 UAM 특성을 고려한 계획적·설계적 해결책이 요구된다. 이후 상용화 단계로 갈수록 버티포트 간의 신규노선 개설, 기존노선 재편 등 효율적인 항공 운송시스템에 관한 연구도 필요하며 그에 맞는 장래 수요조사가 필요하다(김벽진·안승범, 2017). 이를 위해 각 버티포트 간의 이동 네트워크 구축 연구도 필요하다. 수요와 공급의 상호작용에 있어 버티포트 간의 네트워크 설계는 중요하게 고려되어야 할 사항이며(Wu and Zhang, 2021), 효율적인 네트워크 구축을 위해서는 정밀한 분석이 필요하다.

이 같은 상황에서 본 연구는 한국의 수도권을 대상으로, 버티포트의 입지를 선정하고, 이를 바탕으로 UAM 네트워크를 구축하는 것을 첫 번째 목적으로 한다. 이후 각 버티포트 사이의 UAM 이용량을 추정하고, 이를 통하여 버티포트의 중심성과 필요 규모를 산정하는 것을 두 번째 목적으로 한다.

## 2. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 국내에서 UAM 이용 수요가 가장 많을 것으로 예상되는 수도권(서울, 경기, 인천)이다. 시간적 범위는 2025년, 2030년, 2040년을 기준으로 네트워크의 이동량과 버티포트 규모를 산정하였다.

본 연구의 내용적 범위는 다음과 같다. 먼저 선행연구(이재홍 외, 2020)의 결과를 토대로 수도권 내 버티포트의 위치를 선정한다. 이후 각 버티포트의 이용권역을 도출하고, 버티포트 간의 이동량을 추정한다. 버티포트 사이의 이동량에 기반하여 사회연결망 분석(Social Network Analysis, SNA)을 통하여 중심성이 높은 버티포트를 확인하였다. 이후 각 버티포트의 UAM 도착량을 추정하고, 이를 바탕으로 버티포트의 규모를 추정하였다.

## II. 기존문헌 및 선행연구 고찰

### 1. UAM 버티포트 입지선정 및 요인 관련 선행연구

최근 UAM에 대한 관심이 높아짐에 따라 버티포트에 대한 관심도도 높아지고 있다. 이에 관련 선행연구를 고찰하였으며, 이를 정리한 게 <Table 1>이다.

정준영·황호연(2021)은 우리나라 수도권에서 UAM을 운용하기 위해 K-means 알고리즘을 활용하여 버티포트의 위치를 선정

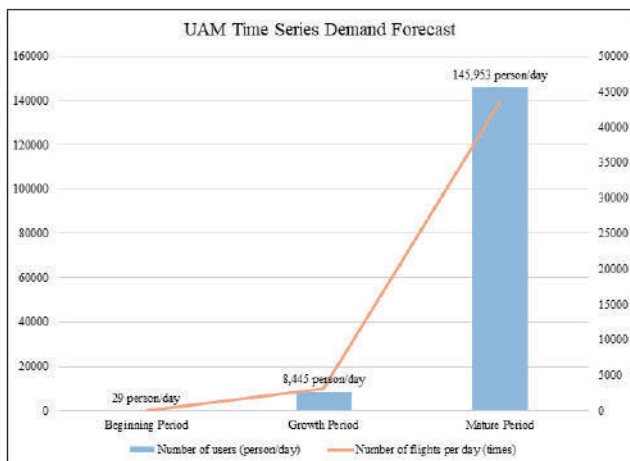


Figure 1. UAM time series demand forecast (Created by authors based on KAIA (2022))

**Table 1.** Summary of previous studies related to UAM site selection and factors

| Author (year)            | Research purpose                                                                                                                                                                  |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jeong and Hwang (2021)   | • Vertiport locations in the Seoul Metropolitan Area were selected through K-means cluster analysis                                                                               |
| Jung et al. (2021)       | • Develop criteria for location selection for Vertiport through expert survey and ANP analysis                                                                                    |
| Lee and Hong (2021)      | • Categorization of UAM operation model and ground infrastructure through literature review                                                                                       |
| Lee et al. (2020)        | • Development of evaluation indexes for Vertiport suitability through expert survey and AHP analysis<br>• Suitability evaluation for each grid within a radius of 160 km in Seoul |
| Min et al. (2020)        | • Vertiport location in Seoul is selected based on transportation performance                                                                                                     |
| Kim and Park (2022)      | • Through expert FGI and AHP analysis, the selection factors for Vertiport location were derived.                                                                                 |
| Willey and Salmon (2021) | • Using the census data, factors to be considered when selecting the Vertiport location were analyzed.                                                                            |
| Vitalle et al. (2020)    | • Determine location of Vertiport for Florida, USA                                                                                                                                |
| Roy et al. (2020)        | • Analysis of vertiport locations using existing helipads                                                                                                                         |

하고 평가하였다. 거주지, 통근·통학지별 통근통학 이동수를 활용하여 군집화하였다. 분석결과, 군집별 중심을 파악했으며 산이나 바다, 주거지역 내에 버티포트를 설치하는 것이 적합하지 않다고 판단하였다. 이에 위치를 조정하여 적합한 위치로 한강공원, 고속도로 나들목, 주차장 건물 옥상, 고층 건물 옥상에 위치한 헬리패드가 UAM 버티포트 역할로 적합하다고 판단하였다.

정민철 외(2021)는 UAM 이착륙장 입지선정을 위한 기준을 마련하였다. 국내 전문가를 대상으로 설문문을 통하여 자료를 구축하고 ANP분석을 통해 중요도를 도출하였다. 분석결과, UAM 이착륙장 입지선정 기준으로는 토지비용, 대중교통 접근성, 소음·환경, 법·제도, 전력원 공급 및 시공 용이성, 장애물·항로구성의 6개의 요인이 도출되었으며, 이 중 소음·환경, 법·제도의 요인의 중요도가 높게 나타났다.

이재홍·홍성조(2021)는 UAM 운영모델과 지상기반시설에 관한 선행문헌을 검토하고 이를 토대로 유형화하였다. 분석결과, 운영모델로 승객운송, 화물운송, 특수상황 세 가지로 분류하였으며, 지상기반시설의 경우 입지와 규모에 따라 옥상정거장형, 지상정거장형, 역사형, 차고지형, 터미널형으로 구분하였다.

이재홍 외(2020)는 전문가 설문과 AHP 분석을 통하여, 버티포트 입지적성 평가지표와 가중치를 도출하고, 서울시로부터 160km 이내의 범위를 대상으로 실제 자료를 바탕으로 입지 적정성 평가를 진행하였다. 이후 평가점수가 높은 격자를 대상으로 K-means 군집분석을 통하여 버티포트 입지가 적정한 지역을 도출하였다.

민재선 외(2020)는 서울시를 사례지역으로 서울교통공사 수송 실적 보고서와 국내·외 UAM보고서에 제시한 현황을 바탕으로 서울시 내 버티포트 입지 지역을 선정하였다. 분석결과, 서울시 버티포트 허브지역으로는 김포국제공항과 잠실로 선정되었다.

김원진·박재홍(2022)은 전문가 FGI와 AHP분석을 통하여 버티포트 입지 선정 영향요인을 도출하였다. 분석결과, 경제적입지 요인 중 건설 용이성보다 이용자의 니즈에 맞춰 입지를 결정하는

것이 중요하다는 응답 결과가 나타났으며, UAM이 기존 도시교통 문제를 해결하기보다 이용자 니즈를 충족시키는 요인으로 강하게 나타났다.

Willey and Salmon(2021)은 미국 내 Combined Statistical Areas(CSA)인 SFO, DFW, WBA를 대상으로 인구조사데이터를 활용하여 Vertiport 위치를 선정할 때 고려해야 할 요인을 분석하였다. 세 개의 CSA에서는 각각 883개, 1207개, 1142개의 허브 및 이착륙장 위치를 선정할 수 있었으며, 차량 속성, 잠재적 위치 및 네트워크 구조 등을 고려해야 한다고 나타났다.

Vitalle et al.(2020)은 허용 가능한 VTOL 궤적을 설계하기 위한 최적의 위치를 결정하기 위하여 미국의 플로리다를 대상으로 분석하였다. 분석결과, UAM은 이동성을 고려해 보았을 때 터미널 공역을 공유하도록 해야 하며, 잠재적 Vertiport 위치로는 총 3곳으로 플로리다 탬파국제공항 인근 지역인 것으로 확인되었다.

Roy et al.(2020)은 애틀랜타 지역의 공항 조사데이터를 활용하여 애틀랜타 국제공항(ATL)과 지역 공항(Vertiport) 간의 서비스를 운영하기 위한 최적의 Vertiport 위치로 애틀랜타 지역의 기존 헬기 착륙장 117개를 도출하였다.

## 2. UAM 이동네트워크 관련 선행연구

UAM은 도시와 도시, 지역과 지역 간을 원활히 연결하는 미래 교통수단(Kool, 2020)이므로, 각 출발지 도시(Origin)와 도착 도시(Destination)까지 이동하는 패턴을 분석하는 연구가 필요하다(조정정 외, 2020). 특히 이동수요에 기반한 버티포트 네트워크 구축 연구가 필요하다. 네트워크에서 중심성 지수가 높을수록 네트워크 내에서 중심허브의 성격을 강하게 가지기 때문에 이를 바탕으로 버티포트 허브 지역을 도출해낼 수 있다(오성열·박용화, 2010). 이에 따라 최근 UAM 네트워크 구축을 위한 연구가 이루어지고 있으며, 관련 선행연구를 고찰하여 <Table 2>에 정리하였다.

Wu and Zhang(2021)은 Vertiport의 위치와 잠재적인 UAM

**Table 2.** Summary of previous studies related to UAM movement networks

| Author (year)       | Research purpose                                                                                                          |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wu and Zhang (2021) | • Designing an on-demand network considering the interaction between vertiport location and potential UAM travel demand   |
| Peng et al. (2022)  | • A hierarchical network design method is proposed for the San Francisco Bay Area.                                        |
| Yun and Kim (2022)  | • Analysis of changes in the availability of UAM for emergency medical care according to the characteristics of Vertiport |

여행 수요 간의 상호작용을 고려한 UAM 주문형 서비스의 네트워크 설계를 연구하였다. 분석결과, Vertiport의 수를 늘리면 접근근성이 향상되어 UAM 이용률이 증가한다. 반면, UAM으로의 환승시간이 늘어나면 지상교통에서 UAM으로의 환승에 방해가 되어, UAM 이용률이 감소하는 것으로 나타났다.

Peng et al.(2022)은 버티포트 위치를 지정하여 버티포트를 배치하고 계층적 네트워크 설계 방법을 제안하고자 하였다. 6개의 주요 섹터와 116개의 버티포트가 있는 샌프란시스코 베이 지역을 분석대상으로 활용하였으며, 분석결과, 오전 5시에서 오후 12시 사이에 78%가 UAM을 통해 시간을 절약했으며, 운전에 비해 평균 27분을 절약하였다.

윤태경·김상현(2022)은 응급의료용 UAM 활용 가능성을 검증하고, UAM 네트워크 성능 분석 시뮬레이터를 통해 UAM 사업 모델 구성요소의 변경에 따른 성능 변화를 분석하였다. 분석결과, 충전설비의 용량이 커질수록 버티포트 내 게이트가 많을수록 UAM을 활용한 응급항공이송서비스의 신속성이 개선되는 것을 확인하였다.

### 3. 연구의 차별점

선행연구를 검토한 결과, UAM 지상 기반시설인 버티포트 설치기준 및 영향요인 분석에 관한 연구는 현재 활발히 진행되고 있다. 특히 UAM 도입이 예상되는 서울시를 대상으로 입지선정을 실시한 연구도 일부 진행되고 있다. 그러나 실제 사람의 이동수요나 통행을 고려하여 버티포트 입지를 선정한 연구는 부족하며 네트워크 기반으로 각 버티포트 간의 이동 네트워크를 구축한 연구도 부족한 실정이다.

본 연구는 선행연구에서 설정한 버티포트의 위치를 기본적으로 활용한다는 점에서 이재홍 외(2020)의 후속연구의 성격을 가진다. 선행연구의 결과물인 수도권 내 버티포트의 개략적 위치를 활용하여, 구체적인 버티포트 위치를 선정하고, 이를 중심으로 한 버티포트의 이용권역을 설정하였다. 이용권역 사이의 이동수요를 바탕으로 버티포트 간의 이동수요를 예측하고 버티포트의 필요 규모를 산정하였다는 점에서 기존 연구와는 차별점을 가진다.

## III. 분석의 틀

### 1. 분석과정

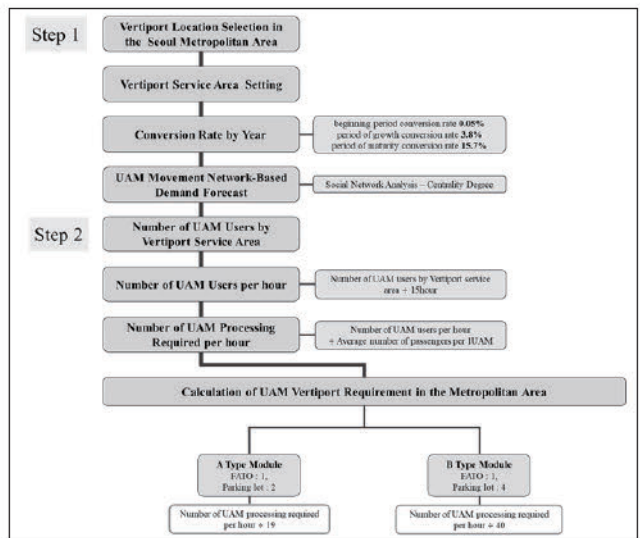
본 연구는 UAM 버티포트 필요량을 산정하기 위해 총 2단계의 분석과정이 이루어졌으며, 이를 도식화 한 것이 아래의 <Figure 2>이다.

그림과 같이 본 연구는 크게 ① 버티포트의 위치 설정, ② 각 버티포트의 이용권역 설정, ③ 버티포트 간의 UAM 이동량 추정, ④ SNA를 활용한 버티포트의 중심성 분석, ⑤ 버티포트별 시간당 이용자 수 추정, ⑥ 버티포트별 필요 규모 산정의 6단계로 이루어지며 구체적인 방법은 아래에서 설명한다.

#### 1) 버티포트의 위치 설정

분석의 첫 번째 단계는 수도권의 버티포트 입지를 결정하는 것이다. UAM은 기본적으로 버티포트에서 이착륙하며 따라서 UAM의 이용수요는 버티포트 간의 이동수요로 나타난다. UAM의 이용수요를 추정하기 위해서는 버티포트의 입지를 사전에 설정하는 것이 필수적이다.

본 연구는 선행연구(이재홍 외, 2020)에서 도출된 버티포트 입지적정성이 높은 버티포트 필요지역을 바탕으로 구체적인 버티



**Figure 2.** Analysis process

포트 입지를 선정하였다. 이재홍 외(2020)는 전문가 설문과 AHP 분석을 통하여 버티포트 입지적합성 평가지표와 가중치를 도출하였으며, 이를 바탕으로 500m×500m 격자단위로 버티포트 입지적합성 평가를 진행하였다. <Figure 3>은 격자단위의 버티포트 입지적합 평가 결과이며, 색깔이 진할수록 입지적합성 점수가 높은 격자이다. 여기서 입지적합성 점수가 높은 상위 10%의 격자를 도출하고 K-means Clustering을 통하여 가까운 지역에 입지한 적합성 높은 격자들을 군집하였다. 이를 나타낸 것이 <Figure 4>이며, 격자의 색은 군집을 나타내며 군집의 중심점과 표준거리를 표현하였다.

본 연구는 <Figure 4>에서 본 연구의 공간적 범위인 수도권만을 분석에 사용하였다. 버티포트의 위치는 해당 군집의 입지중심점을 기준으로 버티포트의 입지가 가능한 대형필지의 확보 가능성, UAM 도입 초기 주요 비행경로로 예상되는 하천 및 간선도로와의 접근성, 타 대중교통과의 접근성 등의 입지 조건을 정성적으로 고려하여 결정하였다. <Figure 4>의 수도권에는 28개의 군집이 존재하며, 이를 바탕으로 28개의 버티포트 입지를 결정하였다. 각 버티포트가 입지한 읍면동은 <Table 3>에서 확인할 수 있으며, <Figure 7>에서는 실제 위치를 확인할 수 있다.

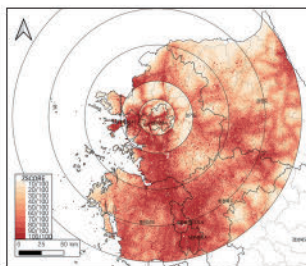
**2) 각 버티포트의 이용권역 설정**

본 연구는 미래의 UAM 이동량을 추정하기 위하여 국가교통DB(2022a)의 수도권 PA 목적별 OD자료를 활용한다. 이 자료는 읍면동단위의 미래 이동량을 추정하여 제공하며, 승용차, 버스, 철도/지하철, 도보/자전거 등 모든 수단의 통행량의 합으로 제공한다. 이 자료를 사용하기 위해서는 읍면동 단위의 버티포트 이용권 설정이 필요하다. 이에 앞에서 선정한 각 버티포트 위치를 중심으로 버티포트 이용권역을 설정하였다. 이용권역은 각 버티포트의 접근시간을 기준으로 설정하였는데, 본 연구에서는 K-UAM 기술로드맵(국토교통부 외, 2021)상의 초기년도 접근 소요시간(14분)을 참고하여 버티포트까지 차량으로 15분 이내 접근이 가능한 읍면동을 도출하였다. 도출방법은 View-T 3.0(국가교통DB, 2022b) 내 “출퇴근 차량 영향권 분석” 기능을 활용하여 28개의 버티포트 이용권역을 도출하였다. 이용권역을 도출하

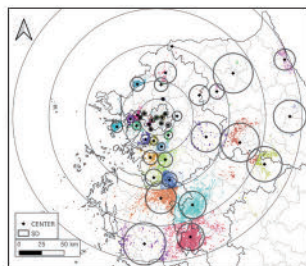
기 위해서는 기간·시간대를 설정해야 한다. 평일의 이동패턴을 주로 분석하기 위하여 기간은 평일, 시간은 0시부터 24시까지로 설정하고 이용권역을 도출하였다. “출퇴근 차량 영향권 분석” 메뉴를 활용하였으나, 전체 시간을 대상으로 하였기 때문에, 출퇴근에 한정된 것이 아닌 전체 차량 이동거리를 의미한다. 해당 기능은 특정한 위치로부터 특정 시간 내에 접근이 가능한 링크(도로)를 추정할 수 있다. 이 기능을 이용하여 각 버티포트 위치로부터 15분 내 접근이 가능한 링크를 도출하고, 해당 링크가 포함된 읍면동을 이용권역으로 도출하였다. <Figure 5>는 이를 예시한 것으로 붉은 점으로 표시된 버티포트로부터 차량으로 15분 이내 접근가능한 링크가 흰색으로 표시되어 있으며, 이 링크가 포함되는 행정동을 보라색으로 표시하였다.

이 같은 과정을 통하여 각 버티포트의 15분 내 도착가능 링크를 읍면동 단위의 영향권으로 변환하는 과정에서 특정한 읍면동이라도 다른 버티포트 영향권에 중복적으로 포함되는 경우가 발생한다. 이 같은 경우에는 수요가 중복으로 추정되는 문제가 발생할 수 있다. 이에 <Figure 6>의 예시와 같이 버티포트의 위치를 중심으로 보로노이 다이어그램을 작성하여 영향권을 분리하였다. 이를 통하여 하나의 읍면동은 하나의 버티포트 영향권에만 포함되도록 분리하였다.

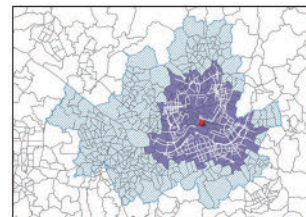
<Figure 7>은 위와 같은 과정을 통하여 각 버티포트 위치별로 15분 이용권역에 해당되는 읍면동을 구분한 것이다. 28개의 버티



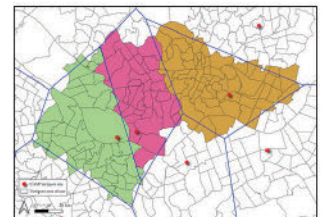
**Figure 3.** Vertiport location suitability analysis (Lee et al., 2020)



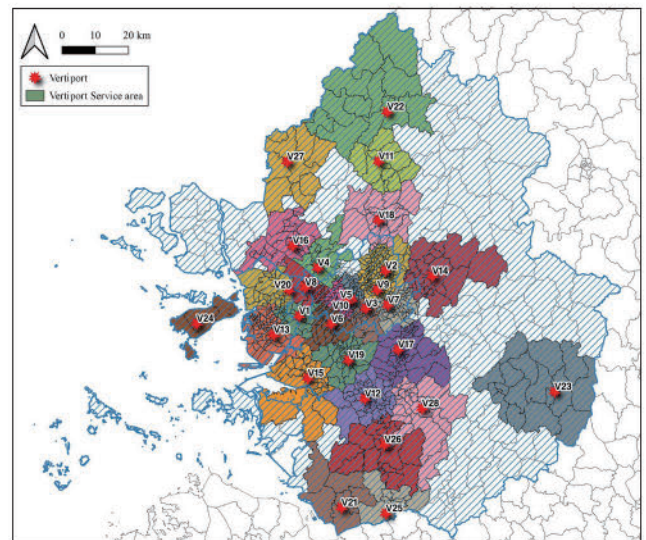
**Figure 4.** Clusters of Vertiport suitable areas (Lee et al., 2020)



**Figure 5.** Vertiport reachable EMDs within 15 minutes



**Figure 6.** Separation of Vertiport service areas



**Figure 7.** 28 Vertiport service areas

Table 3. Location and service areas of 28 Vertiports

| Vertiport zone | Vertiport location        |                         | Number of included EMD |
|----------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
|                | 시·군·구 (Si·Gun·Gu)         | 읍·면·동 (EMD)             |                        |
| V1             | 부천시(Bucheon-si)           | 대산동(Daesan-dong)        | 30                     |
| V2             | 서울시 동대문구(Dongdaemun-gu)   | 이문1동(Imun 1-dong)       | 88                     |
| V3             | 서울시 서초구(Seocho-gu)        | 반포4동(Banpo 4-dong)      | 37                     |
| V4             | 고양시 덕양구(Deogyang-gu)      | 행주동(Haengju-dong)       | 25                     |
| V5             | 서울시 용산구(Yongsan-gu)       | 한강로동(Hangangno-dong)    | 35                     |
| V6             | 서울시 금천구(Geumcheon-gu)     | 독산1동(Doksan 1-dong)     | 59                     |
| V7             | 서울시 송파구(Songpa-gu)        | 잠실2동(Jamsil 2-dong)     | 68                     |
| V8             | 서울시 강서구(Gangseo-gu)       | 공향동(Gonghang-dong)      | 35                     |
| V9             | 서울시 성동구(Seongdong-gu)     | 사근동(Sageun-dong)        | 59                     |
| V10            | 서울시 영등포구(Yeongdeungpo-gu) | 여의동(Yeoui-dong)         | 49                     |
| V11            | 동두천시(Dongducheon-si)      | 송내동(Songnae-dong)       | 15                     |
| V12            | 수원시 팔달구(Paldal-gu)        | 매산동(Maesan-dong)        | 57                     |
| V13            | 인천시 연수구(Yeonsu-gu)        | 선학동(Seonhak-dong)       | 84                     |
| V14            | 남양주시(Namyangju-si)        | 와부읍(Wabu-eup)           | 29                     |
| V15            | 안산시 단원구(Danwon-gu)        | 초지동(Choji-dong)         | 35                     |
| V16            | 고양시 일산서구(Ilsanseo-gu)     | 주엽1동(Juyeop 1-dong)     | 35                     |
| V17            | 성남시 분당구(Bundang-gu)       | 백현동(Baekhyeon-dong)     | 61                     |
| V18            | 의정부시(Uijeongbu-si)        | 의정부1동(Uijeongbu 1-dong) | 26                     |
| V19            | 군포시(Gunpo-si)             | 금정동(Geumjeong-dong)     | 49                     |
| V20            | 인천시 계양구(Gyeyang-gu)       | 계양1동(Gyeyang 1-dong)    | 33                     |
| V21            | 평택시(Pyeongtaek-si)        | 안중읍(Anjung-eup)         | 6                      |
| V22            | 연천군(Yeoncheon-gun)        | 전곡읍(Jeongok-eup)        | 12                     |
| V23            | 여주시(Yeouju-si)            | 중앙동(Jungang-dong)       | 19                     |
| V24            | 인천시 중구(Jung-gu)           | 운서동(Unseo-dong)         | 4                      |
| V25            | 평택시(Pyeongtaek-si)        | 팽성읍(Paengseong-eup)     | 10                     |
| V26            | 오산시(Osan-si)              | 남촌동(Namchon-dong)       | 27                     |
| V27            | 파주시(Paju-si)              | 문산읍(Munsan-eup)         | 9                      |
| V28            | 용인시 처인구(Cheoin-gu)        | 역삼동(Yeoksam-dong)       | 21                     |

포트 이용권역과 버티포트의 위치를 표시하였으며, 버티포트가 위치한 읍면동과 해당 이용권역에 포함된 읍면동 개수를 <Table 3>에 보고하였다.

### 3) 버티포트 간의 UAM 이동량 추정

28개의 버티포트 사이 UAM 이동량을 도출하기 위해 국가교통DB(2022a)에서 제공하는 수도권 PA 목적별 OD자료를 활용하였다. 해당 자료는 읍면동 단위로 제공되며, 장래 통행량을 예측하여 제시하고 있어 장래 수요 예측에 활용할 수 있다. 앞에서 도출한 각 버티포트의 이용권역을 이용하여, 다음과 같은 과정을 통하여 버티포트 간의 이동량을 집계하였다.

<Figure 8>에서 보는 바와 같이 V1에 위치한 버티포트에서

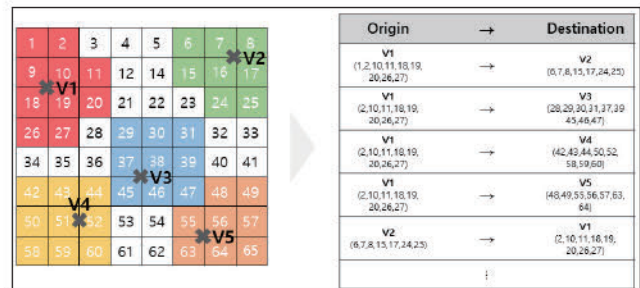


Figure 8. Vertiport demand aggregation by service area

V2에 위치한 버티포트로의 이동량은 이용권역 V1에 포함되는 10개 행정동에서 이용권역 V2에 포함되는 8개 행정동으로의 이동량을 모두 합산하였다. 이렇게 합산된 값을 V1과 V2 사이의

UAM을 이용가능한 잠재적 수요로 생각할 수 있다. 즉, 각 버티포트 이용권역별 읍면동 통행량 자료를 합산하고, 데이터 자료 형태를 OD 매트릭스 형태로 변형하였으며, 내부 통행은 0으로 처리하여 각 버티포트 간의 이동 네트워크를 구축하였다.

〈Table 4〉는 K-UAM 기술로드맵(국토교통부 외, 2021)에서 다른 교통수단에서 UAM으로의 전환율을 추정한 것이다. 표에서 보는 바와 같이, 기존 교통수단에서 UAM으로 전환되는 비율(전환율)을 초기 0.05%, 성장기 3.8%, 성숙기 15.7%로 예측·제시하고 있다. 본 연구에서는 앞에서 설명한 방법으로 도출된 버티포트 간의 이동량 예측치에 이 시기별 전환율을 적용하여 2025년, 2030년, 2040년의 버티포트 간 UAM 이동량을 추정하였다.

**4) SNA를 활용한 버티포트의 중심성 분석**

사회연결망분석(Social Network Analysis, 이하 SNA)은 네트워크 내의 연결점(Node)과 연결점 사이의 관계를 이용한 분석이다. 여기서 관계(Link)란 노드 간의 교류 또는 정보의 흐름을 의미하며, 본 연구에서는 28개의 버티포트가 노드가 되고, 각 버티포트 간의 UAM 이동량 추정치가 관계가 된다. 항공운송 및 항공 네트워크의 분석에도 SNA를 활용한 연구가 활발히 진행 중이다(김벽진·안승범, 2017; 오성열·박용화, 2010; 박성훈 외, 2018; 조정정 외, 2020).

본 연구에서도 각 버티포트 간의 이동 네트워크를 분석하고, 각 버티포트의 중심성을 확인하기 위해 SNA를 활용하였으며, 중심성 분석을 실시하였다. 중심성 분석은 각 노드가 네트워크상에서 차지하는 위치의 중요도를 확인하기 위한 분석이며, 중심성이 높은 노드는 해당 네트워크에서 중요한 위치를 차지하는 노드이다.

본 연구에서 다루는 28개의 버티포트로 이루어진 수도권 UAM 네트워크에서 중심성이 높은 것으로 분석되는 버티포트는 UAM 이동 네트워크 흐름에서 중요한 역할을 하는 곳이며 UAM을 통한 이동과 교류의 핵심이 되는 버티포트일 것으로 판단된다. 따라서 중심성이 높은 버티포트는 수도권 버티포트의 허브역할을 할 것으로 기대할 수 있다.

본 연구는 중심성 지표 중에서 가장 널리 활용되는 연결중심성 지표를 활용한다. 연결 중심성은 노드 간 관계의 방향에 따라 내향 중심성(Indegree Centrality)과 외향 중심성(Outdegree Centrality)으로 나눌 수 있다. 내향 중심성은 네트워크 내 특정 노드가 다른 노드로부터 받은 연결의 척도이며, 외향 중심성은 각 노드가 다른 노드에게 주는 연결의 척도를 의미한다(최정묵, 2016). 연결중심성 관련 수식을 표현하면 수식 (1)과 같다.

**Table 4.** Demand conversion rate to UAM

| Beginning period (2025~) | Growth period (2030~) | Mature period (2040~) |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0.05%                    | 3.8%                  | 15.7%                 |

Note: Refer to the MOLIT et al. (2021)

$$C_D(Ni) = \frac{\sum [wight\ of\ incident\ links]}{\#nodes - 1} \tag{1}$$

$C_D(Ni)$ : 각 노드의 연결 중심성  
 $\#nodes$ : 노드의 개수

본 연구는 버티포트를 노드로 하며, 버티포트 간의 UAM 이동량 추정치를 관계로 하기 때문에 각 버티포트의 외향중심성은 해당 버티포트로부터 출발하는 UAM 이동량의 총합을 자유도(버티포트개수-1)로 나눈 값이며, 내향중심성은 다른 버티포트로부터 해당 버티포트로 도착하는 UAM 이동량의 총합을 자유도(버티포트개수-1)로 나눈 값이다. 이동량 네트워크에서 외향 중심성과 내향 중심성의 차이는 크지 않으며, 본 연구는 내향 중심성을 이용하여 각 버티포트의 중심성을 확인하였다. 또한, 연구의 기준년도(2025년, 2030년, 2040년)별로 각 버티포트의 내향 중심성 지표를 도출하였다.

**5) 버티포트별 시간당 이용자 수 추정**

상술한바와 같이 도출된 각 버티포트의 내향 중심성 지표값은 해당 버티포트로 도착하는 UAM 이용자 수의 총합을 자유도(27)로 나눈 값이다. 따라서 내향 중심성 지표 값에 다시 27을 곱하면 각 버티포트의 UAM 이용자 도착량을 도출할 수 있다. 국가교통 DB 자료가 일평균 이동량을 기준으로 작성되어 있기 때문에 이 값은 해당 버티포트에 하루에 UAM을 이용하여 도착하는 사람 수를 의미하며, 2025년, 2030년, 2040년의 각 버티포트의 일평균 UAM 도착자 수를 추정할 수 있다.

본 연구에서는 해당 일 평균 이용자가 버티포트의 운영시간(15시간, 6시부터 21시까지 운영하는 것으로 가정)에 균일하게 도착하는 것으로 가정하였다.<sup>2)</sup> 따라서 일평균 도착자수를 15로 나누어 시간당 이용자 수를 추정하였다.

**6) 버티포트 필요량 산정**

버티포트는 이용자가 아닌 UAM 기체 단위로 이착륙을 처리하기 때문에 버티포트의 필요량을 산정하기 위해서는 시간당 이용자 수를 시간당 UAM 기체 대수로 변환하여야 한다. 앞에서 도출한 시간당 UAM 이용자 수를 UAM의 평균 탑승자수로 나누어 시간당 처리가 필요한 UAM 대수를 산정할 수 있다. K-UAM 기술로드맵(국토교통부 외, 2021)에서는 〈Table 5〉와

**Table 5.** Average number of passengers per UAM by periods

|                       | Beginning period (2025~) | Growth period (2030~) | Mature period (2040~) |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| # of passenger seats  | 4 seat                   | 4 seat                | 5 seat                |
| Average boarding rate | 67.0%                    |                       |                       |
| # of people / flight  | 2.7                      | 2.7                   | 3.4                   |

Note: Refer to the MOLIT et al. (2021)

같이 시기별로 1대당 평균 탑승객수를 추정하고 있다. 초기(2025년~)는 1대당 평균 2.7명, 성장기(2030년~)도 2.7명, 성숙기(2035년~)에는 3.4명을 제시하고 있다. 해당 자료에서는 평균 탑승률은 67%로 모든 시기에 동일할 것으로 가정하였으나, 성숙기에는 자율비행이 일반화되고, 이에 따라 승객이 이용가능한 좌석수가 5석으로 늘어나기 때문에 평균 탑승객 수가 증가하는 것으로 추정하였다.

〈Table 6〉은 한국형 버티포트 구축 및 운용을 위한 안내서(UAM Team Korea Vertiport Working Group, 2021)에서 버티포트의 형태에 따라 시간당 처리가능한 UAM의 대수를 추정한 것이다. 버티포트의 형태는 이착륙장(FATO)과 주기장(Parking Lot)의 조합으로 이루어진다. 1번의 처리 과정에는 UAM의 착륙과 이륙을 포함하며, 따라서 도착과 출발을 모두 처리한다.

이착륙장 1개-주기장 7개로 이루어진 모듈은 충전시간을 포함하여 시간당 40회를 처리할 수 있다. 이착륙장 1개-주기장 4개의 모듈은 충전시간을 포함하지 않고 시간당 40회를 처리할 수 있다. 이착륙장 1개-주기장 2개로 이루어진 모듈은 충전시간을 포함하지 않고 시간당 19회를 처리할 수 있다. 주기장 없이 이착륙장만 1개 있는 모듈은 충전시간을 포함하지 않고 시간당 9회를 처리할 수 있다. 본 연구에서 설정한 28개 버티포트 입지의 대지면적, 입지조건 등을 검토한 결과, 이착륙장 1개-주기장 7개의 대형 모듈을 설치할 수 있는 후보지는 극히 한정되어 있다. 또한 이착륙장 1개로만 이루어진 버티포트는 UAM이 충분히 활성화된 이후 개별적으로 설치될 것으로 예상되어, 초기의 적용 대상으로는 적절치 않다. 이에 본 연구에서는 이착륙장 1개-주기장 2개로 구성된 모듈을 A타입, 이착륙장 1개-주기장 4개로 구성된 모듈을 B타입으로 설정하고 분석대상에 포함하였다. 이 2가지 타입은 충전시간을 포함하지 않고 있기 때문에 교외지역 등에 별도의 충전 시설이 필요할 것으로 예상된다. 또는 향후 시설의 입체화를 통해 주기장을 확충하고, 충전기능을 포함할 수도 있을 것이다.

앞에서 도출한 시간당 UAM 기체대수를 버티포트 타입에 따른 시간당 처리량으로 나누면, 버티포트의 필요량을 산정할 수 있다.

**Table 6.** Composition of each module and throughput per hour

| FATO | Parking lot | Throughput per hour | Charging time | Module |
|------|-------------|---------------------|---------------|--------|
| 1    | 0           | 9                   | Not included  | -      |
| 1    | 2           | 19                  | Not included  | A type |
| 1    | 4           | 40                  | Not included  | B type |
| 1    | 7           | 40                  | Included      | -      |

Note: Refer to UAM Team Korea Vertiport Working Group (2021)

## IV. 분석결과

### 1. 수도권 UAM 네트워크 분석결과

〈Table 7〉은 버티포트 간의 UAM 이동량의 추정치를 바탕으로 구축한 네트워크를 이용하여 각 버티포트의 내향연결중심성 분석 결과를 보고한 것이다. 상술한 바와 같이 내향연결중심성은 하나의 버티포트가 다른 버티포트로부터 얼마나 많은 유입량을 가지는지를 의미하는 지표이다. 따라서 많은 연결 관계를 갖는지 알 수 있는 지표이다.

연결중심성이 가장 높은 버티포트는 성동구에 위치하는 V9로 2025년에는 35.28, 2030년에는 2652.16, 2040년에는 10214.43으로 나타난다. V9는 3개 연도(2025년, 2030년, 2040년)에서 모두 내향 연결중심성이 가장 높은 버티포트이다. 송파구에 위치하는 V7, 서초구에 위치하는 V3이 다음으로 높은 연결중심성을 나타낸다.

반면 연천군에 위치한 V22는 2025년에는 0.23, 2030년에는 17.20, 2040년에는 68.16로 연결중심성이 가장 낮게 나타난다. 해당 지역은 다른지역과의 이동량이 작으며, 따라서 UAM의 이용량도 적을 것으로 예상된다.

연결중심성이 높은 버티포트들은 다른 버티포트와의 연결관계가 강하며, 이동량이 많은 버티포트이다. 따라서 대규모의 버티포트 허브의 위치로 적합하다고 판단된다. 반면 연결 중심성이 낮은 버티포트들은 소규모 버티포트의 공급이 필요한 지역으로 판단할 수 있다.

〈Figure 9〉, 〈Figure 10〉, 〈Figure 11〉은 연도별로 각 버티포트 간의 UAM 이동량과 버티포트의 중심성을 지도화한 것이다. 모든 이동량이 표현될 경우 가독성이 매우 낮기 때문에 버티포트 간의 이동량을 내추럴 브레이크(Natural Breaks)로 5등급으로 나누어 상위 3등급 이상인 것만을 표현하였다. 링크(Link)의 색 깔이 진해질수록 크기가 굵어질수록, 이동량이 많이 발생하는 지역이며, 노드(Node)의 크기가 크고 색이 진할수록 중심성이 높은 버티포트이다.

3개의 그림에서 버티포트 간의 상대적인 중심성과 버티포트 간의 상대적인 이동량은 유사하게 나타난다. 이는 수도권에서 지역 간의 이동량이 2040년까지 큰 변화는 없기 때문이다. 그러나 UAM으로의 전환을 변화에 따라 중심성의 절대적인 크기와 이동량은 증가하는 것을 확인할 수 있다.

버티포트들의 중심성을 보면, 서울시 내부에 있는 버티포트들의 중심성이 다른 버티포트들에 비해 높으며, 네트워크 상에서 중요한 역할을 하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 서울시와 인접한 지역의 버티포트들이 다음으로 중심성이 높고, 수도권 외곽지역으로 갈수록 버티포트의 중요성이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

버티포트 간의 이동량은 서울 내부, 서울로부터 인천 서쪽 방



Table 7. Degree centrality of Vertiports

| Vertiport zone | Vertiport location         | 2025                 | 2030                 | 2040                 |
|----------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                |                            | In degree centrality | In degree centrality | In degree centrality |
| V1             | 부천시 (Bucheon-si)           | 9.22                 | 685.34               | 2664.01              |
| V2             | 서울시 동대문구 (Dongdaemun-gu)   | 26.92                | 1996.45              | 7508.07              |
| V3             | 서울시 서초구 (Seocho-gu)        | 30.18                | 2274.19              | 8828.06              |
| V4             | 고양시 덕양구 (Deogyang-gu)      | 9.13                 | 687.39               | 2646.59              |
| V5             | 서울시 용산구 (Yongsan-gu)       | 20.99                | 1577.54              | 6097.28              |
| V6             | 서울시 금천구 (Geumcheon-gu)     | 21.33                | 1592.69              | 6168.98              |
| V7             | 서울시 송파구 (Songpa-gu)        | 32.55                | 2452.14              | 9513.66              |
| V8             | 서울시 강서구 (Gangseo-gu)       | 13.95                | 1042.97              | 4023.62              |
| V9             | 서울시 성동구 (Seongdong-gu)     | 35.28                | 2652.16              | 10214.43             |
| V10            | 서울시 영등포구 (Yeongdeungpo-gu) | 31.99                | 2392.84              | 9293.62              |
| V11            | 동두천시 (Dongducheon-si)      | 2.86                 | 222.65               | 901.28               |
| V12            | 수원시 팔달구 (Paldal-gu)        | 13.49                | 1043.24              | 4226.35              |
| V13            | 인천시 연수구 (Yeonsu-gu)        | 11.30                | 862.96               | 3407.59              |
| V14            | 남양주시 (Namyangju-si)        | 9.23                 | 708.40               | 2805.93              |
| V15            | 안산시 단원구 (Danwon-gu)        | 7.34                 | 574.17               | 2437.69              |
| V16            | 고양시 일산서구 (Ilсанseo-gu)     | 10.76                | 830.11               | 3343.70              |
| V17            | 성남시 분당구 (Bundang-gu)       | 18.26                | 1396.15              | 5471.61              |
| V18            | 의정부시 (Uijeongbu-si)        | 6.56                 | 486.82               | 1857.61              |
| V19            | 군포시 (Gunpo-si)             | 11.83                | 901.69               | 3512.56              |
| V20            | 인천시 계양구 (Gyeyang-gu)       | 9.77                 | 733.34               | 2903.32              |
| V21            | 평택시 (Pyeongtaek-si)        | 1.62                 | 125.07               | 499.02               |
| V22            | 연천군 (Yeoncheon-gun)        | 0.23                 | 17.20                | 68.16                |
| V23            | 여주시 (Yeosu-si)             | 0.79                 | 61.19                | 243.07               |
| V24            | 인천시 중구 (Jung-gu)           | 2.63                 | 203.35               | 841.54               |
| V25            | 평택시 (Pyeongtaek-si)        | 3.46                 | 270.09               | 1129.16              |
| V26            | 오산시 (Osan-si)              | 7.79                 | 600.78               | 2403.50              |
| V27            | 파주시 (Paju-si)              | 2.00                 | 156.63               | 638.17               |
| V28            | 용인시 처인구 (Cheoin-gu)        | 4.33                 | 331.93               | 1317.45              |

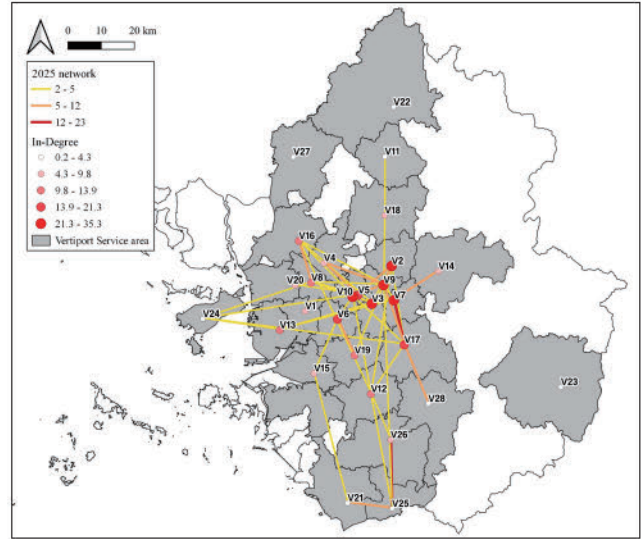


Figure 9. 2025 mobile network

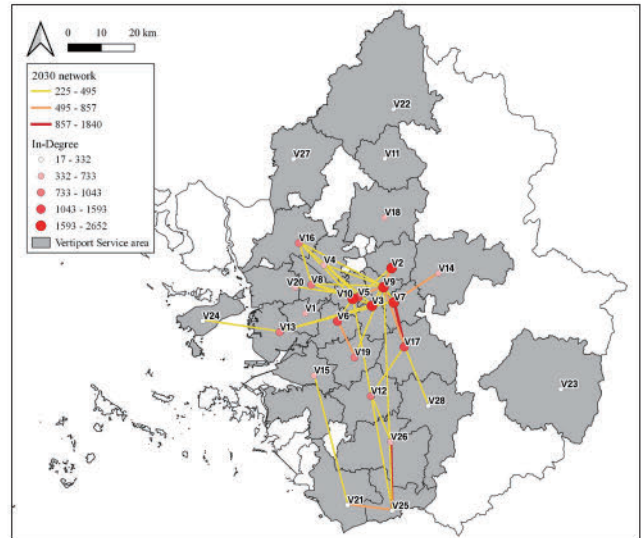


Figure 10. 2030 mobile network

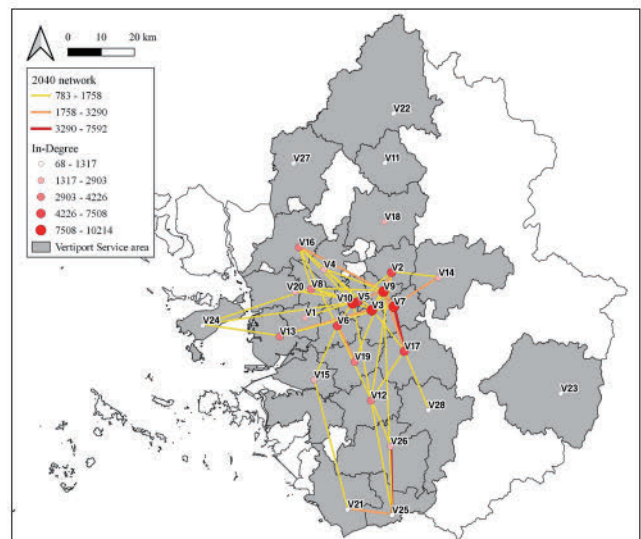


Figure 11. 2040 mobile network

향, 서울로부터 경부축을 따른 남쪽 방향으로의 이동량이 많이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 서울과 인접한 지역 중 대부분 수도권 북쪽으로는 동두천시와 의정부에 위치한 V11과 V18의 통행이 비교적 많은 것으로 나타났다. 또한, 서울시 서북쪽에 위치한 고양시(V16)와 동북쪽에 위치한 남양주시(V14), 그리고 남쪽에 위치한 성남시(V17)로의 통행이 비교적 많이 나타난다. 이는 서울과 인접한 지역임으로 통행이 많이 발생하는 것으로 파악된다. 수도권과 인접한 북쪽으로는 의정부시(V18)가 위치하고 있으며, 점차 시간이 흐를수록 통행이 비교적 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 더불어 수도권 남부의 V26(오산시)과 V25(평택시 팽성읍

사이, V21(평택시 안중읍)과 V25(평택시 팽성읍) 사이에서도 많은 통행이 발생하는 것을 알 수 있다.

## 2. 버티포트별 UAM 이용자 수 도출

3장에서 설명한 바와 같이 버티포트별 내향 연결중심성 지수에 자유도(27)를 곱하면 각 버티포트에 들어오는 일평균 UAM 이용자 수의 총합을 도출할 수 있다. 도출된 UAM 이용자 수에서 버티포트 운영시간으로 가정한 15시간으로 나누면 시간당 이용자 수를 도출할 수 있다. <Table 8>은 UAM 이용자 수와 시간당 이

Table 8. Number of UAM users by Vertiport service area

| Vertiport zone | Vertiport location        | 2025          |                | 2030           |                | 2040             |                |
|----------------|---------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
|                |                           | Users per day | Users per hour | Users per day  | Users per hour | Users per day    | Users per hour |
| V1             | 부천시(Bucheon-si)           | 249           | 17             | 18,504         | 1,234          | 71,928           | 4,795          |
| V2             | 서울시 동대문구(Dongdaemun-gu)   | 727           | 48             | 53,904         | 3,594          | 202,718          | 13,515         |
| V3             | 서울시 서초구(Seocho-gu)        | 815           | 54             | 61,403         | 4,094          | 238,358          | 15,891         |
| V4             | 고양시 덕양구(Deogyang-gu)      | 246           | 16             | 18,560         | 1,237          | 71,458           | 4,764          |
| V5             | 서울시 용산구(Yongsan-gu)       | 567           | 38             | 42,593         | 2,840          | 164,627          | 10,975         |
| V6             | 서울시 금천구(Geumcheon-gu)     | 576           | 38             | 43,003         | 2,867          | 166,563          | 11,104         |
| V7             | 서울시 송파구(Songpa-gu)        | 879           | 59             | 66,208         | 4,414          | 256,869          | 17,125         |
| V8             | 서울시 강서구(Gangseo-gu)       | 377           | 25             | 28,160         | 1,877          | 108,638          | 7,243          |
| V9             | 서울시 성동구(Seongdong-gu)     | 953           | 64             | 71,608         | 4,774          | 275,790          | 18,386         |
| V10            | 서울시 영등포구(Yeongdeungpo-gu) | 864           | 58             | 64,607         | 4,307          | 250,928          | 16,729         |
| V11            | 동두천시(Dongducheon-si)      | 77            | 5              | 6,011          | 401            | 24,334           | 1,622          |
| V12            | 수원시 팔달구(Paldal-gu)        | 364           | 24             | 28,168         | 1,878          | 114,111          | 7,607          |
| V13            | 인천시 연수구(Yeonsu-gu)        | 305           | 20             | 23,300         | 1,553          | 92,005           | 6,134          |
| V14            | 남양주시(Namyangju-si)        | 249           | 17             | 19,127         | 1,275          | 75,760           | 5,051          |
| V15            | 안산시 단원구(Danwon-gu)        | 198           | 13             | 15,503         | 1,034          | 65,818           | 4,388          |
| V16            | 고양시 일산서구(Ilsanseo-gu)     | 291           | 19             | 22,413         | 1,494          | 90,280           | 6,019          |
| V17            | 성남시 분당구(Bundang-gu)       | 493           | 33             | 37,696         | 2,513          | 147,734          | 9,849          |
| V18            | 의정부시(Uijeongbu-si)        | 177           | 12             | 13,144         | 876            | 50,156           | 3,344          |
| V19            | 군포시(Gunpo-si)             | 319           | 21             | 24,346         | 1,623          | 94,839           | 6,323          |
| V20            | 인천시 계양구(Gyeyang-gu)       | 264           | 18             | 19,800         | 1,320          | 78,390           | 5,226          |
| V21            | 평택시(Pyeongtaek-si)        | 44            | 3              | 3,377          | 225            | 13,474           | 898            |
| V22            | 연천군(Yeoncheon-gun)        | 6             | 0              | 464            | 31             | 1,840            | 123            |
| V23            | 여주시(Yeaju-si)             | 21            | 1              | 1,652          | 110            | 6,563            | 438            |
| V24            | 인천시 중구(Jung-gu)           | 71            | 5              | 5,491          | 366            | 22,721           | 1,515          |
| V25            | 평택시(Pyeongtaek-si)        | 94            | 6              | 7,293          | 486            | 30,487           | 2,032          |
| V26            | 오산시(Osan-si)              | 210           | 14             | 16,221         | 1,081          | 64,894           | 4,326          |
| V27            | 파주시(Paju-si)              | 54            | 4              | 4,229          | 282            | 17,231           | 1,149          |
| V28            | 용인시 처인구(Cheoin-gu)        | 117           | 8              | 8,962          | 597            | 35,571           | 2,371          |
| <b>Total</b>   |                           | <b>9,607</b>  | <b>640</b>     | <b>725,747</b> | <b>48,383</b>  | <b>2,834,085</b> | <b>188,942</b> |

용자 수를 정리한 것이다. 먼저 28개 버티포트의 하루 UAM 이용자 수는 일평균 2025년에는 9,607명, 2030년에는 725,747명, 2040년에는 2,834,085명으로 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 각 연도별로 28개의 버티포트 이용자 수를 확인해본 결과, 공통적으로 3개연도 모두 성동구에 위치한 V9의 이용자 수가 가장 많았으며, 다음으로는 송파구에 위치하는 V7이 2번째로 UAM 이용자 수가 많았다.

2025년 기준 이용자 수를 확인해본 결과, V9(성동구)가 일평균 953명으로 가장 많았으며, V7(송파구)이 879명으로 두 번째로 많았다. 2025년에는 UAM 전환율이 매우 낮으며, 이에 따라 일평균 이용자 수는 최대 1,000명 미만이며, 시간당 이용자 수는 최대 64명에서 0명 수준으로 매우 낮다. 수요에 기반한 버티포트 운영은 상당히 어려울 것으로 판단되며, 초기 인프라 투자의 개념으로 접근해야 함을 알 수 있다.

2030년 기준, 이용자 수는 2025년에 비하여 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있다. V9(성동구)가 71,608명으로 가장 많았으며, V7(송파구)이 66,208명으로 두 번째로 많았다. 시간당 이용자 수도, V9(성동구)의 경우 시간당 4,774명까지 증가하는 것을 확인할 수 있다.

2040년 기준 이용자 수는 2025년에 비해 전체적으로 약 295배 늘어나며, 2030년에 비해 약 4배 정도 늘어나는 것을 알 수 있다. 2040년에도 V9(성동구)가 가장 많은 이용자를 보유하며, 일평균 약 275,790명이 이용할 것으로 추정된다. 가장 이용객 수가 적은 V22(연천군)의 경우도 2025년에 비해 약 306배 정도 늘어나 일평균 1,840명이 이용할 것으로 추정된다.

### 3. 버티포트별 필요 규모 산정

〈Table 9〉는 3개 연도별 버티포트의 시간당 UAM 처리 필요 대수(vehicle/hour)와 이를 처리하기 위한 버티포트의 타입 개수를 타입별로 제시한 것이다. 시간당 UAM 처리 필요대수는 〈Table 8〉의 시간당 승객수를 평균 탑승객 수로 나누어 산출한 것이며, 타입은 〈Table 6〉과 같이 이착륙장 1개-주기장 2개로 구성된 A타입과 이착륙장 1개-주기장 4개로 이루어진 B타입으로 나누어 결과를 제시하였다.

먼저, 2025년의 경우, 모든 버티포트들은 1시간에 1대 미만의 UAM만을 처리하면 되는 것으로 분석된다. 이는 A타입과 B타입 어떠한 경우라도 1개만 있어도 처리가 가능하다. UAM 도입 초기시점이기때문에 UAM 이용객은 많지 않을 것으로 판단된다. 따라서 비교적 이용자 수가 많은 V7(송파구), V9(성동구), V10(영등포구) 등을 중심으로 먼저 버티포트를 입지시키고 상용화 방안을 검토하는 게 적절할 것이다.

2030년의 경우, UAM의 이용자 수가 급격하게 증가하면서, 대부분의 버티포트에서 시간당 1대 이상의 UAM 이착륙의 처리가

필요하다. UAM 이용자 수가 가장 많은 V9(성동구)의 경우 시간당 약 66대의 UAM 이착륙 처리가 필요하다. 이는 시간당 19회 처리가 가능한 A타입으로 구성할 경우 총 3개의 모듈이 필요하며, 시간당 40회 처리가 가능한 B타입으로 구성할 경우 총 2개 모듈이 필요하다. 이는 상당히 대용량의 버티포트로서 다수의 FATO와 주기장으로 구성된 HUB형의 버티포트 도입이 요구되는 것을 알 수 있다. 2030년 이후에는 이 같은 HUB형 버티포트를 중심으로 UAM 네트워크가 구축되어야 할 것으로 판단된다.

2040년의 경우, V9(성동구)은 시간당 약 200대가 넘는 UAM의 이착륙이 필요할 것으로 예상되며, 이를 처리하기 위해서 A타입으로는 10개, B타입으로는 5개 모듈이 필요한 것으로 추정된다. 두 번째로 이용자 수가 많은 V7(송파구)의 경우에도 시간당 처리 필요 대수가 약 187대로 추정되며, 이를 위하여 A타입으로는 10개, B타입으로는 5개 모듈이 필요할 것으로 예상된다. 이외에도 2030년까지는 1개 미만의 모듈이 필요했던 V1(부천시), V4(고양시 덕양구) 등도 2040년이 되면 1개 이상의 모듈이 요구되며, 실질적인 버티포트 수요가 발생할 것으로 예상된다. 이 시기에는 전 단계의 HUB형 대형 버티포트들과 연계한 중소규모의 버티포트들이 적극적으로 공급되어야 할 것이다.

## V. 결론

버티포트는 UAM 활성화에 있어 가장 중요한 요소이며, 복잡한 도심 한복판에 버티포트를 설치하여 교통수단으로 활용할 수 있다는 것이 UAM의 큰 장점이다(김원진·박재홍, 2022). 그렇기에 버티포트는 UAM에 있어 가장 필수적인 요소 중 하나이다.

본 연구는 UAM 수요가 높을 것으로 예상되는 수도권을 대상으로 버티포트의 구체적인 위치를 설정하고, 각 버티포트의 이용권역을 설정하여, 버티포트 간의 이동량을 추정하고, 이를 바탕으로 버티포트의 이용자 수와 필요 규모를 산정하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

버티포트 필요량을 산정한 결과, 2025년, 2030년, 2040년에 공통적으로 서울시에 위치한 버티포트 중들이 UAM 이용자 수가 많았으며 그중 성동구에 위치한 V9에서의 UAM 이용자 수요가 가장 많은 것으로 확인되었다. 다음으로는 V7(송파구)과 V10(영등포구)의 UAM 이용자 수요가 가장 많은 것으로 나타났다. V7은 잠실종합운동장이 위치한 곳이며 V10은 여의도 주변지역이다. 이들은 인구 및 고용 밀도가 높은 지역에 있는 버티포트 중들이며, 서울시 내에서도 가장 이동수요가 많은 지역이다.

수도권 버티포트의 일평균 이용자 수(도착인원 기준)는 초기 2025년에는 약 343명이며 성장기인 2030년에는 약 26,000명, 성숙기인 2040년에는 약 100,000명으로 나타났다. 즉, 시간이 지남에 따라 버티포트 이용자 수는 빠르게 증가하는 것을 알 수 있으며, 안정성 향상, 편리성 향상, 법 제도의 안정화에 따라 이용자

Table 9. The required size of Vertiports

| Vertiport zone | Vertiport location        | 2025           |        |        | 2030           |        |        | 2040           |        |        |
|----------------|---------------------------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|                |                           | Vehicle / hour | A type | B type | Vehicle / hour | A type | B type | Vehicle / hour | A type | B type |
| V1             | 부천시(Bucheon-si)           | 0.2            | 0.01   | 0.01   | 16.9           | 0.89   | 0.42   | 52.2           | 2.75   | 1.31   |
| V2             | 서울시 동대문구(Dongdaemun-gu)   | 0.7            | 0.03   | 0.02   | 49.3           | 2.59   | 1.23   | 147.2          | 7.75   | 3.68   |
| V3             | 서울시 서초구(Seocho-gu)        | 0.7            | 0.04   | 0.02   | 56.2           | 2.96   | 1.40   | 173.1          | 9.11   | 4.33   |
| V4             | 고양시 덕양구(Deogyang-gu)      | 0.2            | 0.01   | 0.01   | 17.0           | 0.89   | 0.42   | 51.9           | 2.73   | 1.30   |
| V5             | 서울시 용산구(Yongsan-gu)       | 0.5            | 0.03   | 0.01   | 39.0           | 2.05   | 0.97   | 119.6          | 6.29   | 2.99   |
| V6             | 서울시 금천구(Geumcheon-gu)     | 0.5            | 0.03   | 0.01   | 39.3           | 2.07   | 0.98   | 121.0          | 6.37   | 3.02   |
| V7             | 서울시 송파구(Songpa-gu)        | 0.8            | 0.04   | 0.02   | 60.5           | 3.19   | 1.51   | 186.5          | 9.82   | 4.66   |
| V8             | 서울시 강서구(Gangseo-gu)       | 0.3            | 0.02   | 0.01   | 25.8           | 1.36   | 0.64   | 78.9           | 4.15   | 1.97   |
| V9             | 서울시 성동구(Seongdong-gu)     | 0.9            | 0.05   | 0.02   | 65.5           | 3.45   | 1.64   | 200.3          | 10.54  | 5.01   |
| V10            | 서울시 영등포구(Yeongdeungpo-gu) | 0.8            | 0.04   | 0.02   | 59.1           | 3.11   | 1.48   | 182.2          | 9.59   | 4.56   |
| V11            | 동두천시(Dongducheon-si)      | 0.1            | 0.00   | 0.00   | 5.5            | 0.29   | 0.14   | 17.7           | 0.93   | 0.44   |
| V12            | 수원시 팔달구(Paldal-gu)        | 0.3            | 0.02   | 0.01   | 25.8           | 1.36   | 0.64   | 82.9           | 4.36   | 2.07   |
| V13            | 인천시 연수구(Yeonsu-gu)        | 0.3            | 0.01   | 0.01   | 21.3           | 1.12   | 0.53   | 66.8           | 3.52   | 1.67   |
| V14            | 남양주시(Namyangju-si)        | 0.2            | 0.01   | 0.01   | 17.5           | 0.92   | 0.44   | 55.0           | 2.90   | 1.38   |
| V15            | 안산시 단원구(Danwon-gu)        | 0.2            | 0.01   | 0.00   | 14.2           | 0.75   | 0.35   | 47.8           | 2.52   | 1.19   |
| V16            | 고양시 일산서구(Ilsanseo-gu)     | 0.3            | 0.01   | 0.01   | 20.5           | 1.08   | 0.51   | 65.6           | 3.45   | 1.64   |
| V17            | 성남시 분당구(Bundang-gu)       | 0.5            | 0.02   | 0.01   | 34.5           | 1.81   | 0.86   | 107.3          | 5.65   | 2.68   |
| V18            | 의정부시(Uijeongbu-si)        | 0.2            | 0.01   | 0.00   | 12.0           | 0.63   | 0.30   | 36.4           | 1.92   | 0.91   |
| V19            | 군포시(Gunpo-si)             | 0.3            | 0.02   | 0.01   | 22.3           | 1.17   | 0.56   | 68.9           | 3.62   | 1.72   |
| V20            | 인천시 계양구(Gyeyang-gu)       | 0.2            | 0.01   | 0.01   | 18.1           | 0.95   | 0.45   | 56.9           | 3.00   | 1.42   |
| V21            | 평택시(Pyeongtaek-si)        | 0.0            | 0.00   | 0.00   | 3.1            | 0.16   | 0.08   | 9.8            | 0.51   | 0.24   |
| V22            | 연천군(Yeoncheon-gun)        | 0.0            | 0.00   | 0.00   | 0.4            | 0.02   | 0.01   | 1.3            | 0.07   | 0.03   |
| V23            | 여주시(Yeju-si)              | 0.0            | 0.00   | 0.00   | 1.5            | 0.08   | 0.04   | 4.8            | 0.25   | 0.12   |
| V24            | 인천시 중구(Jung-gu)           | 0.1            | 0.00   | 0.00   | 5.0            | 0.26   | 0.13   | 16.5           | 0.87   | 0.41   |
| V25            | 평택시(Pyeongtaek-si)        | 0.1            | 0.00   | 0.00   | 6.7            | 0.35   | 0.17   | 22.1           | 1.17   | 0.55   |
| V26            | 오산시(Osan-si)              | 0.2            | 0.01   | 0.00   | 14.8           | 0.78   | 0.37   | 47.1           | 2.48   | 1.18   |
| V27            | 파주시(Paju-si)              | 0.0            | 0.00   | 0.00   | 3.9            | 0.20   | 0.10   | 12.5           | 0.66   | 0.31   |
| V28            | 용인시 처인구(Cheoin-gu)        | 0.1            | 0.01   | 0.00   | 8.2            | 0.43   | 0.20   | 25.8           | 1.36   | 0.65   |

요는 더욱 높아질 것으로 예상된다(이종욱 외, 2022). 또한, 서울에 위치한 V2(동대문구), V3(서초구), V5(용산구), V7(송파구), V8(강서구), V9(성동구), V10(영등포구)들은 다른 버티포트 존들에 비해 연결중심성 값이 매우 높으며, 따라서 허브형 버티포트를 조성하기에 적합한 지역이다. 각 버티포트에서 평균적으로 2025년에는 A타입 또는 B타입 1개, 2030년에는 A타입으로는 4개, B타입으로는 1~2개, 2040년에는 A타입으로는 10개, B타입으로는 5개로 시간당 UAM 이용수요를 처리할 수 있을 것으로 보인다.

현재 UAM 지상기반시설의 입지선정 방법에 관한 연구가 주로 이루어지고 있다. 하지만 본 연구는 실제 버티포트의 위치를

설정하고 이를 바탕으로 UAM 네트워크를 구축하여 이용량과 버티포트 규모를 추정하는 초기 연구라는 점에서 의의가 있다. 그러나 본 연구에서는 다음과 같은 한계점이 존재한다. 첫 번째, 설정한 버티포트의 위치가 변경되거나 모두 건설되지 못하면 UAM 이용량은 추정한 수요에 비해 매우 작게 나타날 수 있다. 이미 일정수준의 도로 등이 구축되어 있는 지상교통수단과는 달리 신규로 도입되는 UAM은 버티포트가 구축되지 못하면 이용량이 전혀 발생하지 않는다. 따라서 추정된 이용량의 차이가 더 커질 수 있다.

두 번째, 기존의 이동수요에 UAM 전환율을 동일하게 적용한 점도 한계로 지적될 수 있다. 이는 도입되는 UAM의 특성, 지상

교통 수단 대비 시간의 감소수준, 편리성, 가격 등에 따라 구간·지역별로 전환율이 다를 수 있다. 본 연구는 개별적인 구간의 전환수요를 추정하는 것이 아닌 수도권 전체적인 네트워크를 분석하는 것이기 때문에 공적문서(국토교통부 외, 2021)에서 제시하고 있는 전환율을 적용하였다. 향후 각 구간별로 UAM과 지상교통수단의 비교, 소비자 선호 등에 대한 연구가 추가될 경우 보다 구체화된 연구가 가능할 것으로 판단된다.

세 번째, UAM의 이용 목적에 따른 수요의 차이를 분석에 포함하지 못하였다.

네 번째, 버티포트의 위치선정 시 군사시설 및 비행금지구역 등을 고려하지 못하였다. 본 연구는 수도권 전체의 광역 네트워크를 분석대상으로 하며, 따라서 개별 버티포트 및 버티포트 사이의 회랑의 직접적인 규제사항은 고려하지 못하였다. 이 같은 문제는 현재 진행 중인 관련 법제화가 완료된 이후에 구체적인 논의가 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 여러 가정에 의하여 미래의 수요를 추정하는 것이기 때문에 본 연구에서 활용된 가정이 변화될 경우 추정치는 변화될 수 있는 근본적인 한계를 가진다. 향후 다양한 가정과 구체적인 노선의 상황에 기반한 후속연구가 이루어지기를 기대한다.

주1. UAM의 이착륙, 충전, 정비 등을 위한 지상기반시설을 부르는 용어는 규모에 따라 버티허브, 버티포트, 버티스탑 등으로 나뉘기도 하며, 스카이 포트 등의 용어도 혼용되고 있다. 그러나 최근 정부에서 한국형 버티포트 구축 및 운영을 위한 안내서(UAM Team Korea Vertiport Working Group, 2021)를 출간하는 등 국내에서는 버티포트라는 용어가 가장 널리 쓰이고 있다. 이에 본 연구에서도 UAM을 위한 지상기반시설을 총칭하여 버티포트라는 용어를 활용한다.

주2. 다른 교통수단과 마찬가지로 UAM의 이용도 첨두시간의 이용량이 다른 시간보다 많을 것으로 예상된다. 그러나 UAM 이용의 첨두시간과 집중률을 추정하기 위한 자료가 충분치 않아 본 연구에서는 균일하게 분산되는 것으로 가정하였다. 또한 지상교통과는 달리 UAM은 버티포트의 시간당 처리량 이상 운영할 수 없기 때문에 시간당 이용자 수의 차이가 커지기 어려워 시간당 이용자 수의 차이가 지상교통에 비하여 크지 않을 것으로 예상된다. 특히, 첨두시간 이용자 수를 추정하더라도 이를 모두 처리할 수 있는 규모의 버티포트를 조성하는 것은 과도한 투자로 현실적으로 불가능할 것이다.

## 인용문헌 References

1. 관계부처합동, 2020. 「한국형 도심항공교통 (K-UAM) 로드맵」 Related Ministries Joint, 2020. *Korean Urban Air Mobility (K-UAM) Roadmap*.
2. 국토교통부, 2020. 「2025년, 교통체증 없는 '도심 하늘길' 열린다」, 세종. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020. *In*

2025, a Traffic-free 'City Sky Road' Will Be Opened, Sejong.

3. 국토교통부·과학기술정보통신부·산업통상자원부·중소벤처기업부·기상청·국토교통과학기술진흥원·한국연구재단, 2021. 「한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵」. MOLIT, MSIT, MOTIE, MSS, KMA, KAIA, and NRF, 2021. *K-UAM Technology Roadmap*.
4. 김벽진·안승범, 2017. “SNA를 이용한 국제 항공화물의 네트워크 구조 분석”, 「로지스틱스연구」, 25(3): 59-82. Kim, B.J. and Ahn, S.B., 2017. “Analysis on the Structure of International Air Cargo Network Using SNA Methodology”, *Korean Journal of Logistics*, 25(3): 59-82.
5. 김상현·박병탁·김휘양, 2022. “최적 버티포트 네트워크 선정 기초연구”, 한국항공우주학회 2022 춘계학술대회, 159-160. Kim, S.H., Park, B.T., and Kim, H.Y., 2022. “A Preliminary Study on the Optimal Vertiport Network”, Paper presented at KSAS 2022 Spring Conference, 159-160.
6. 김원진·박재홍, 2022. “도심항공교통(UAM) 버티포트(Vertiport) 입지선정 영향요인 연구”, 「도시부동산연구」, 13(2): 119-137. Kim, W.J. and Park, J.H., 2022. “A Study on the Factors affecting UAM Vertiport Location Selection”, *Journal of Urban Studies and Real Estate*, 13(2): 119-137.
7. 민재선·강병엽·이영재·정봉철·이재우, 2020. “도심항공교통(UAM) 운용을 위한 버티포트(Vertiport) 구축에 관한 연구”, 한국항공우주학회 2020년도 추계학술대회, 681-682. Min, J.S., Kang, B.Y., Lee, Y.J., Chung, B.C., and Lee J.W., 2020. “Establishment of Vertiport for Urban Air Mobility(UAM) Operations”, Paper presented at KSAS 2020 Fall Conference, 681-682.
8. 박성훈·주동영·오재균·남태현·여기태, 2018. “SNA 방법을 통한 연안해운 승객 중심성 이동변화 분석”, 「해운물류연구」, 34(4): 527-544. Park, S.H., Ju, D.Y., Oh, J.G., Nam, T.H., and Yeo, G.T., 2018. “A Study on Changes in the Centrality Movement of Coastal Shipping Passengers Utilizing the SNA Method”, *The Journal of Shipping and Logistics*, 34(4): 527-544.
9. 오성열·박용화, 2010. “아시아 주요국가의 공항네트워크 구조 및 집중도 분석”, 「한국항공경영학회지」, 8(2): 43-58. Oh, S.Y. and Park, Y.H., 2010. “An Analysis for the Framework and Centralization of Airport Network in the Major Asian Countries”, *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, 8(2): 43-58.
10. 윤태경·김상현, 2022. “가상 UAM 네트워크 성능 분석 시뮬레이터: 전남 응급 의료 운송용 UAM 적용”, 한국항공우주학회 2022년도 추계학술대회, 1152-1153. Yun, T.G. and Kim, S.H., 2022. “Virtual Urban Air Mobility Network Performance Analysis Simulator for Emergency Medical Service In Jeonnam”, Paper presented at KSAS 2022 Fall Conference, 1152-1153.
11. 이재홍·김혜림·송태진·홍성조, 2020. “도시형 공중 모빌리티(UAM) 지상기반시설의 입지선정 방법 개발”, 대한국토·도시계획학회 2020 추계학술대회. Lee, J.H., Kim, H.L., Song, T.J., and Hong, S.J., 2020. “Development of Selecting Location Method for Ground Infra-

- structure of Urban Air Mobility”, Paper presented at 2020 Fall Congress of Korea Planning Association.
12. 이재홍·홍성조, 2021. “도시형 공중 모빌리티(Urban Air Mobility: UAM) 운영모델과 지상기반시설의 유형화”, 「도시정책연구」, 12(1): 89-111.  
Lee, J.H. and Hong, S.J., 2021. “Classification of Operation Model and Ground Infrastructure for Urban Air Mobility (UAM)”, *Journal of Urban Studies and Real Estate*, 12(1): 89-111.
  13. 이종욱·최현정·홍성조, 2022. “도시형 공중 모빌리티(UAM) 이용자의 의사와 지상기반시설 수용성의 영향요인”, 「국토계획」, 57(4): 25-36.  
Lee, J.W., Choi, H.J., and Hong, S.J., 2022. “Factors Influencing the Intention to Use UAM(Urban Air Mobility) and Acceptance of Ground Infrastructure(Vertipoint)”, *Journal of Korea Planning Association*, 57(4): 25-36.
  14. 정민철·유금식·유문길, 2021. “ANP 모형을 이용한 UAM 이착륙장(Vertipoint) 입지선정 요인 및 중요도 분석 연구”, 「한국항공경영학회지」, 19(5): 3-19.  
Jung, M.C., Yu, K.S., and Yoon, M.G., 2021. “UAM Vertipoint Site Selection Criteria and Importance Analysis Based on ANP Model”, *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, 19(5): 3-19.
  15. 정준영·황호연, 2021. “K-means 알고리즘을 활용한 수도권 도심항공 모빌리티(UAM) 수직이착륙장 위치 선정 및 평가”, 「한국항공학회지」, 25(1): 8-16.  
Jeong, J.Y. and Hwang, H.Y., 2021. “Selection and Evaluation of Vertipoints of Urban Air Mobility (UAM) in the Seoul Metropolitan Area using the K-means Algorithm”, *The Journal of Korea Navigation Institute*, 25(1): 8-16.
  16. 조정정·윤경준·진무위·이향숙, 2020. “SNA기법을 활용한 일대일로 항공네트워크 분석 연구 -중국 화물공항도시를 중심으로-”, 「물류학회지」, 30(2): 127-135.  
Zhao, T.T., Yun, K.J., Chen, M.W., and Lee, H.S., 2020. “Belt and Road Network Analysis using SNA Method -Focusing on China’s Freight Airport City-”, *Korea Logistics Review*, 30(2): 127-135.
  17. 최자성·이석현·백정선·황호원, 2021. “드론택시(UAM)의 수직이착륙장(Vertipoint) 설치기준 연구”, 「한국항공운항학회지」, 29(1): 74-81.  
Choi, J.S., Lee, S.H., Baek, J.S., and Hwang, H.W., 2021. “A Study on Vertipoint Installation Standard of Drone Taxis (UAM)”, *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 29(1): 74-81.
  18. 최정목, 2016. “중심성지수를 이용한 행정학·정책학 관련 학술지의 상호인용 네트워크 분석”, 「디지털융복합연구」, 14(9): 301-308.  
Choi, J.M., 2016. “Investigating Regional Citation Network with Centrality Measures in the Public Administration and Policy Field”, *Journal of Digital Convergence*, 14(9): 301-308.
  19. 한국교통연구원, 2021. 「2018년 교통혼잡비용, 명목 GDP의 3.6%에 달해」, 세종.  
Korea Transport Institute, 2021. *Traffic Congestion Costs Reached 3.6% of Nominal GDP in 2018*, Sejong.
  20. 국토교통과학기술진흥원, 2022. 「K-UAM 핵심기술 개발사업 추진 기술분야」.  
KAIA, 2022. *K-UAM Promotion Technology Field of K-UAM Core Technology Development Project*.
  21. Kool, M., 2020. “The Future of Electric Passenger Drones: A Roadmap towards the Community Integration of Urban Air Mobility”, Master’s Dissertation, Construction Management and Engineering Faculty of Civil Engineering and Geoscience Delft University of Technology.
  22. Peng, X., Bulusu, V., and Sengupta, R., 2022. “Hierarchical Vertipoint Network Design for On-Demand Multi-modal Urban Air Mobility”, Paper presented at 2022 IEEE/AIAA 41st Digital Avionics Systems Conference (DASC), 1-8.
  23. Roy, S., Kotwicz Herniczek, M.T., Leonard, C., Jha, A., Wang, N., German, B., and Garrow, L., 2020. “A Multi-commodity Network Flow Approach for Optimal Flight Schedules for an Airport Shuttle Air Taxi Service”, Paper presented at AIAA Scitech 2020 Forum, 1-19.
  24. UAM Team Korea, 2021. 「한국형 도심항공교통(K-UAM)운용 개념서 1.0」.  
UAM Team Korea, 2021. *K-UAM Concept of Operations 1.0*.
  25. UAM Team Korea Vertipoint Working Group, 2021. 「한국형 버티포트 구축 및 운용을 위한 안내서」.  
UAM Team Korea Vertipoint Working Group, 2021. *Guidance for K-UAM Vertipoint Design and Operation*.
  26. Vitale, R., Zhang, Y., Normann, B., and Shen, N., 2020. “A Model for the Integration of UAM Operations In and Near Terminal Areas”, Paper presented at AIAA Scitech 2020 Forum, 1-13.
  27. Willey, L.C. and Salmon, J.L., 2021. “A Method for Urban Air Mobility Network Design using Hub Location and Subgraph Isomorphism”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 125: 1-23.
  28. Wu, Z. and Zang, Y., 2021. “Integrated Network Design and Demand Forecast for On-Demand Urban Air Mobility”, *Engineering*, 7(4): 473-487.
  29. 국가교통DB, 2022a. “교통분석자료 신청 -여객OD자료 (수도권 PA 목적 OD)”, 2022.5.21. 읽음. <https://www.ktdb.go.kr/www/con-tents.do?key=202>  
KTDB, 2022a. “Application for Traffic Analysis Data -Passenger OD Data (OD for PA Purposes in the Metropolitan Area)”, Accessed May 21, 2022. <https://www.ktdb.go.kr/www/contents.do?key=202>
  30. 국가교통DB, 2022b. “View-T 3.0 Expert 출퇴근 차량 영향권 분석”, 2022.5.20. 읽음. [https://viewt.ktdb.go.kr/cong/map/second\\_map.do](https://viewt.ktdb.go.kr/cong/map/second_map.do)  
KTDB, 2022b. May 20. “View-T 3.0 Expert Impact Analysis of Commuter Vehicles”, Accessed May 20, 2022. [https://viewt.ktdb.go.kr/cong/map/second\\_map.do](https://viewt.ktdb.go.kr/cong/map/second_map.do)

Date Received 2023-03-10  
Date Reviewed 2023-05-30  
Date Accepted 2023-05-30  
Date Revised 2023-08-04  
Final Received 2023-08-04