

도심항공교통 활용을 위한 3D 공간정보 신속 구축 기법 연구

A Study on Rapid Construction Technique for 3D Spatial Information in UAM Application

연성현* · 남광우**
Yeon, Sung-Hyun · Nam, Kwang-Woo

Abstract

The traditional methods of constructing 3D spatial information have involved obtaining spatial data through MMS or remote sensing based on aerial and satellite platforms, followed by post-processing. However, when applying the existing semi-automatic post-processing methods to urban areas with numerous geographical features such as buildings, the costs can become excessively high. As a result, there is a growing demand for more efficient technologies to construct 3D spatial information. This study explores a cost-saving method by mapping newly constructed 3D spatial information—based on drone data or the Building Height Database—onto pre-existing 3D models established by local governments. Additionally, the study investigates potential applications in the field of UAM.

Keywords: 3D Geospatial Information, Information, Building Object Model, National Base Map, UAM

1. 서론

스마트시티, 디지털트윈, 도심항공교통 등 대내외적으로 3D 공간정보 수요가 급증함에 따라 과거 과도한 제작 비용 발생과 서비스 모델 발굴에 어려움을 겪으며 중단되었던 국가 주도의 3D 공간정보 구축 방향 또한 변화하고 있다. 브이월드와 건물입체모형 갱신이 중단된 이후 3차원 공간정보 확산을 위한 제도화 연구(국토지리정보원, 2021), 3차원 공간정보(입체모

형) 제도 개선 연구(국토지리정보원, 2022), 3차원 공간정보 구축개선 및 예비타당성조사 기획연구(국토지리정보원, 2023)가 수행되었으며 앞으로 3차원 입체모형의 구축 방안 보완 및 관련 시범제작 사업이 추진될 예정이다. 이와 같이 국가적으로도 높아진 기술적 성숙도와 늘어난 수요처에 대응하기 위한 작업을 단계별로 진행하고 있다. 특히, 최근 3D 공간정보는 현실 세계를 가상화하는 디지털 트윈(Digital Twin)과 미래 모빌리티 기술인 도심항공교통(UAM)의 필수 구

* 공간정보대학교 선임연구원, 군산대학교 컴퓨터정보공학과 박사과정 LX Spatial Information Research Institute, Department of Computer Information Engineering, Kunsan University (first author: yeon@lx.or.kr)

** 군산대학교 컴퓨터정보공학과 교수 Department of Computer Information Engineering, Kunsan University(kwnam@kunsan.ac.kr)

성요소로 각광받고 있다. 2023년, 국토교통부가 발표한 제7차 국가공간정보정책 기본계획에서는 다양한 형태의 3D모델과 센싱데이터가 도시나 국가 차원의 디지털 트윈으로 연결될 수 있도록 지형, 건물, 도로 등에 대한 3차원 공간정보 구축과 갱신 체계 마련의 필요성을 언급하였다(국토교통부, 2023). 또한 도심항공교통 국가협의체(UAM Team Korea)에서는 한국형 도심항공교통 운용 개념서(Concept of Operation)와 K-UAM 기술로드맵을 발표하며 3D 공간정보에 대한 필요성을 강조하였다. 이 보고서에서는 UAM 운항에 필요한 공간정보 특성을 초기는 정밀, 성장기·성숙기에는 초정밀·실시간으로 정하고 있으며 도심 데이터 취득을 통한 3차원 지도 구축·제공 기술과 3차원 지도 상에 가상 등 운항보조정보 공유 기술, 회랑 및 버티포트(Vertiport) 주변 장애물 관리체계 구축 기술 등 3D 공간정보를 기반으로 한 기술 개발을 권고하고 있다(국토교통과학기술진흥원, 2021). 현재 우리나라는 한국형 도심항공교통 실증사업(Grand Challenge)을 단계별로 추진하며 2025년 도심항공교통 초기 상용화를 목표로 전남 고흥지역 및 수도권 한강벨트와 같은 실증노선에 대한 3D 공간정보를 구축하고 있다.

한편, 과거 한국형 구글어스를 표방한 공간정보오픈플랫폼 '브이월드'는 국가가 보유한 공간정보를 통합 서비스하여 누구나 쉽게 다양한 분야에서 공간정보를 이용할 수 있도록 지원하였다. 2012년부터 서비스를 시작한 브이월드는 2023년 8월 고도화 서비스를 개시하고 고도 제한 분석 기능, 특정지점 간 평균고도 산출, 사용자 보유 건물 입체모형의 가시화, 3차원 가상 건물 생성 및 가시화 등의 기능이 추가되었다. 특히, 입체모형이라고 불리는 3차원 건물정보를 Open API로 제공하였으나 2019년 7월에 공개 제한 공간정보 보안정책에 따라 3차원 데이터 API 서비스가 중단되었으며 2014년을 기점으로 국가가 주도하는 3차원 공간정보 제작을 중단하고, 지방자치단체에 이를 위임하였다. 현재는 서울시 Virtual Seoul(이하

S-MAP)과 같이 개별 지자체가 비용을 들여 필요한 3차원 데이터를 구축하고 있다.

'S-Map'은 서울시 전역을 3차원으로 구현한 가상의 공간에 행정, 환경 등의 정보를 결합한 3차원 공간정보 서비스로 지상 건축물 60만동과 교량, 육교 등 시설물 및 약 600제곱킬로미터의 지형정보를 구축하였고, 상·하수도, 가스, 전기, 통신 난방 등 6종의 지하 시설물과 지질도, 등고선, 측량기준점 등의 공간사상을 보유하고 있다. 또한 2년마다 항공영상을 통해 서울시 전역에 대한 3차원 공간정보를 일괄 갱신하고자 하는 계획을 수립하고 있으나 비용 문제로 실효성에 의문이 드는 상황이다. 따라서 유인항공기를 이용한 3D 공간정보 구축은 많은 시간과 비용이 소요되기 때문에 3D 공간정보의 저비용·고효율 구축과 정보의 최신성 제고 방안을 마련할 필요가 있다. 미래 항공 모빌리티 기술 분야인 UAM 또한 중국에는 기장이 없는 자율비행을 목표로 하고 있기 때문에 고정밀 3D 공간정보가 필요하며, 저고도 비행 시 검토되어야 할 항공장애물 정보 등 안전운항에 필수적인 공간정보를 지속적으로 갱신하고 관리해야 한다.

2. 공간정보 구축 및 관리 현황

2.1. 선행연구 검토

3D 공간정보 구축 및 갱신 기법과 관련된 선행연구는 다음과 같다. 김원대(2023)는 디지털 트윈 제작을 위한 3차원 공간정보 구축 방법으로 항공사진과 Lidar 데이터를 활용한 정밀도 비교를 통해 객체 모형화 기법과 도시 관리 활용성을 제시하였고, (김승엽 외 2020)은 디지털 트윈을 구현하기 위해 전주시의 건물, 수자원 시설, 교통시설물을 국내 3차원 공간정보구축 작업 규정에 따라 CityGML 포맷으로 구축하는 연구를 수행하였다. 또한 이종서(2021)는 디지털 트윈 기반의 지하 시설물 3D 모델링 자동화 기법을 제안하고

세밀도 기반의 시각화 효율성을 강조하였고(서민재 외 2022)는 디지털 트윈 관리 및 관제를 위해 계층적 공간정보 설계 방법을 제안하고 통합적이고 세분화된 공간정보의 구성 가능성을 보여줬다.

드론과 같은 무인항공기로 이용하여 공간정보 구축 및 활용한 연구를 살펴보면(이재원 외 2020)은 무인 항공사진측량으로 제작된 3D 모델의 세밀도(LOD)와 위치 정확도를 분석하고 디지털 트윈, BIM, 사면 경사도 분석 등에 활용 가능성을 제시하였고, 드론을 교량 점검에 활용하기 위해 3D 모델링 시스템을 설계하여 유지관리의 효율성을 높이고 3차원 비행 경로 연구로의 확장을 고려하였다(김지은·윤준희, 2022). (김재학 외 2021)은 드론 영상 기반의 3D 건물 모델링 과정에서 데이터를 확인하고 분석할 수 있는 뷰어의 필요성을 강조하였고, (박진욱·김영표, 2021)는 드론과 사진 측량 기법으로 수목의 3D 모델링을 구축하고 정밀도를 분석하였으며(이근왕·박준규, 2018)은 3D레이저 스캐너와 무인항공기로 취득한 수치고도 자료의 정확도를 분석하고 10cm 이내의 정확도로 공간정보 구축 가능성을 확인하였고, (박준규·정갑용, 2019)은 경사 사진으로 3D 모델을 생성하고 최대 오차 0.19m의 정확도를 평가하고 포인트 클라우드 데이터 활용 가능성을 제시하였다. 또한(이기림·이원희, 2017)는 수직 영상과 고경사 영상을 비교하여 정사영상 및 3D 모델의 정확도를 평가하였다. 또한 항공촬영으로 생성한 3차원 점군데이터는 고정밀, 고비용이 특징인 라이다를 활용한 레이저 스캐닝과 고속, 저비용이 특징인 사진 정합 기술로 획득하여 건설정보 모델링에 활용하였다(백장운, 2024).

이와 같이 3차원 공간정보 구축 및 갱신에 관한 선행연구들은 크게 무인항공기를 이용한 입체모형 구축 기술과 드론을 활용한 3D Mesh 구축 연구로 구분할 수 있으며 도시모델 전체 구축 혹은 교량이나 수목, 건물, 시설물 등 특정 객체에 대한 모델링으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 세움터와 도로명주소건물정보

등 국가 행정정보를 통해 지역별 연면적과 준공시기에 맞는 입체모형(건물)을 우선 선별하는 데 차이점이 있다. 그리고 특정한 대상 객체를 모델링 할 때 항공촬영을 최소화하는 등 비용 효율적인 구축 기법을 제안하고자 한다.

2.2. 기존 3D 공간정보 구축 방법

초기 공간정보는 지형의 추상적 도형화로 설명할 수 있는 지적도, 지형도 제작과 같이 지상측량을 통한 벡터(Vector) 형식의 자료를 구축하였다. 그 후 2000년대까지 1, 2, 3차 국가지리정보체계(NGIS) 구축 사업을 통해 아날로그 항공사진, 항공사진 스캐너, 디지털카메라와 라이다(Lidar) 등의 디지털 센서 등을 차례대로 활용하며 아날로그 항공사진을 벡터나 레스터(Raster) 형태의 데이터 구조로 전산화하였다. 항공측량용 카메라 또한 아날로그 촬영에서 라인방식의 디지털 촬영, 프레임 디지털카메라 촬영 등으로 발전하며 흑백영상과 컬러영상, 근적외선 영상을 동시에 취득할 수 있었으며 단일 촬영 코스의 복수 프레임을 취득하고, 스캐닝 과정 없이 빠르게 후처리할 수 있게 되었다. 또한 위성을 통해서도 고해상도 영상 취득을 하였으며 항공레이저 측량 기술을 통해 정밀한 수치표면모델(Digital Surface Model)과 수치지형모델(Digital Terrain Model)을 구축해 왔다. 항공레이저 측량은 라이다가 발사되고 수신되는 순간 GPS로부터 취득한 비행기의 위치정보와 관성항법장치로부터 취득한 비행기의 자세(roll, pitch, yaw) 정보를 함께 취득하여 공간정보의 위치 정확도를 향상시킨다.

2002년부터는 국가적으로 3차원 공간정보구축 계획을 수립하였고, 2004년 대전시가 약 50억의 예산으로 3차원 공간정보 구축 시범사업을 추진한 이래 2008년까지 여러 지자체가 3차원 공간정보를 구축하였다. 그리고 2008년 12월 3차원 공간정보 구축 방법 및 절차, 표준화 등을 담은 공간정보구축사업 관리지

침과 항공레이저 및 3차원 공간정보작업규정이 제정되었다. 당시 구축 사업 예산은 지방자치단체와 매칭 펀드 방식으로 20개 시에 약 121억 정도의 예산이 소요되었으며 DEM, 정사영상, 3차원 입체모형 등이 구축되었다. 현재 3D 공간정보 구축은 정사영상과 경사영상 촬영이 가능한 5방향 카메라를 기본으로 영상정보를 동시 취득하여 미국 로체스터 사의 ‘Pictometry’와 같은 전용 프로그램을 통해 자료를 구축하고 있다. 또한 도엽 단위 1:1000의 기하학적 정확도를 보장하며 현실감 있는 가시화 자료를 제공한다. 유인항공기 기반 3D 공간정보 제작 방법은 Table 1과 같이 정리할 수 있다.

Table 1. Method for Constructing 3D Spatial Information Based on Aircraft. Source: NGII web site.

phase	procedures	feature
1	Aerial Photography	Consistent Overlap
		Cross-directional Photography (East-West and North-South)
2	Aerial LiDAR Survey	Extraction of Surface Elevation Values
		Acquisition of 3D Terrain Data
		Terrain Scanning
3	3D Visualization Model	Shape-based Modeling of Structures, Including Buildings
		Extraction of 3D Visualization Images
4	Realistic Orthophoto Images	Error Removal in Terrain and Building Structures
		DEM, Utilization of 3D Visualization Models
		High-Precision Image Map Production
5	3D Spatial Information Construction	Input of Aerial Photographs
		Generation of Point Clouds via Image Matching

phase	procedures	feature
		3D Model Creation (DEM and Building Models)
		Integration of Building Wall and Roof Textures

2.3. 3D 공간정보 관리 방식

공간정보를 필요로 하는 사용자가 모니터 상에 공간정보 영상을 가시화하기 위해서는 GIS나 자체 지도 가시화 엔진을 설치한 PC와 원본 영상 파일이 필요하다. 다른 방법으로는 HTTP 기반의 데이터 서비스를 제공하기 위해 필요한 지역의 영상과 해상도 등 품질 기준을 사용자가 요청(Request)하고 GIS 서버 측에서는 Map Service 요청을 통해 필요한 Map Product를 응답할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 기본적으로 데이터와 이미지를 저장하고 있는 지도 저장소(Map Repository) 구축이 선행되어야 한다. 저장소에는 벡터와 래스터 등 두 가지 형태로 표현될 수 있는 공간정보를 저장한다. 기본적으로 공간데이터는 그래픽 파일로 저장되고, 속성데이터는 DBMS에 저장되는데 벡터 모델에 저장된 데이터는 공간데이터와 속성데이터 사이를 연결하는 소프트웨어가 필요하다. GIS 소프트웨어 개발회사인 ESRI 사에서는 벡터데이터를 shape 파일 형태로 관리하는데 좌표 정보를 저장하는 ‘.shp’ 파일과 사상의 속성을 저장하는 dBASE 테이블인 ‘.dbf’ 파일 그리고 ‘.shp’ 파일과 dBASE 파일을 연결하는 인덱스 파일인 ‘.shx’ 등 세 가지 필수 파일을 포함한다.


현재 서울시 S-Map의 경우, 자체 통합공간정보시스템(Spatial Data Warehouse)을 통해 통합 데이터베이스 관리체제로 데이터를 수집·저장·관리하며 2D·3D 공간정보와 웹 서비스용 3D 타일맵(Tile Map) 데이터베이스 관리체계를 이원화하였다. 3차원 공간정보는 시계열 변화를 누적 관리하고 있으며 서비스 타일맵은 최종 버전만 관리하고 있다.



3. 신규 3D 공간정보 구축

3.1. 건물 객체 갱신 테스트

현재 일부 지방자치단체에서 스마트시티나 디지털 트윈과 같은 시범사업을 진행하기 위해 개별적으로 3차원 공간정보를 구축하고 있다. 그러나 대다수 지방자치단체의 3차원 구축사업은 2014년 이후로 중단된 상태인데 경기도 성남시의 경우도 그러하다. 1997년 4월 준공된 (구) 성남시청 청사는 성남시 수정구 태평로 3309번지에 위치하고 있으며, 2008년 6월에는 성남시의 예측행정시스템 구축사업의 일환으로 3차원 데이터를 구축하였다. 이후 2015년 브이월드 구축 사업으로 새롭게 입체모형을 갱신하였다. 그러나 해당 위치는 현재 2015년 6월 건축허가를 받은 성남의료원이 자리잡고 있으며 카카오 지도의 스키이뷰 서비스를 확인한 결과, 현재까지도 성남의료원 입체모형으로 현행화 하지 않고 2015년 브이월드 사업으로 구축한 3차원 정보를 사용하고 있음을 확인할 수 있다 (Table 2).

Table 2. Examples of Missing 3D Modeling Data in the Construction and Demolition Projects

Year	Yearly 3D Object Visualizations of Seongnam City Hall's Location
2008	 <p>Source: Seongnam City Predictive Administration System</p>

Year	Yearly 3D Object Visualizations of Seongnam City Hall's Location
2015	 <p>Source: V-World</p>
2024	 <p>Source: Kakao Map 3D Skyview</p>

비단 성남의료원 뿐만 아니라 2015년부터 신규로 준공된 다수의 건물이 현재 3차원 공간정보 서비스에서는 반영되지 않은 상황이다. 따라서 필요한 지역을 대상으로 2015년 이후 사용 승인이 이루어진 건물을 추출할 필요가 있다. 이를 위해서 첫 번째로 건축데이터 민간개방 시스템인 세움터에서 동 단위의 건축물 대장 정보를 연계한다. 두 번째로 필요지역(동 단위)에 도로명주소를 통해 건물지도를 수집하고, 건축물 대장 정보와 융합할 수 있는 테이블을 구성한다. 주소 코드가 매칭되는 경우도 있지만 누락 되었을 때는 면적, 층수, 건물명 등의 속성을 비교하여 융합 대상을 선별한다(이인수 외, 2022). 이와 같은 방법으로 테스트 한 결과는 Figure 1과 같으며 전주시 덕진구 덕진동의 도로명주소 건물지도와 건축물대장의 연계 결과를 확인할 수 있다. 해당 법정동은 세움터의 건축물대장에 사용승인일이 2015년 이후인 건물 수가 1506동이고 이 중 도로명주소의 2D 건물모형과 매칭이 된 건물 수는 1181동으로 약 82%의 갱신 대상 정보 매칭률을 보이며 같은 방식으로 전국 법정동의 3차원 지도가

없는 갱신 대상 건물 수를 추출할 수 있다.

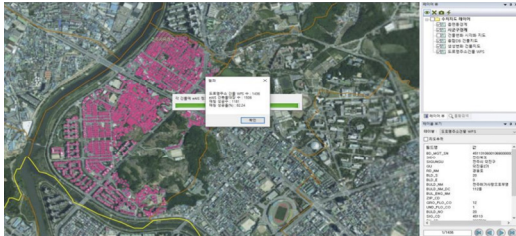


Figure 1. List of Buildings Constructed After 2015 and Their Matching (Deokjin-dong 2-ga, Deokjin-gu, Jeonju, Jeollabuk-do)

Source: Author

3.2. 국가기본도 활용 3D 공간정보 생성

항공기나 드론을 직접 띄우지 않고도 지형 및 건물에 대해 가장 최신의 3차원 공간정보를 구축하는 방법은 국가기본도를 활용하는 것이다. 그 중 ‘건물높이 DB’는 국가주도의 디지털 트윈 사업 추진의 일환으로 국토지리정보원에서 제작한 공간정보인데 다양한 분야에서 건물 입체모형에 대한 수요가 증가함에 따라 국가기본도DB와 항공측량 결과의 높이정보를 융·복합하여 제작한다. 국토지리정보원에서 생산되는 도화원도, 현황측량 성과, 수치표고모형(DEM) 자료를 활용하여 건물의 높이 정보를 추출하고 전 국토 모든 건물(약 1,900만동)에 대한 건물높이DB를 제공한다. 해당 데이터의 구조는 2D 도형 포맷(shp)에 높이 속성 값을 입력한 자료이며 요약하면 수치도화 성과와 수집된 표고값이라고 볼 수 있다. 건물높이DB는 건물지반높이, 건물기본높이를 제공하고 있으며 향후 고도화를 통해 건물최고높이와 건물시설물 최고높이 등도 함께 제공될 예정이다(국토지리정보원, 2021).

본 연구에서는 전국 단위 3차원 지형 및 건물 모델링을 빠르게 구축하기 위해 지리원에서 제공받은 DEM 정보와 최신 건물높이DB를 활용하였다. 먼저

3D 지형데이터 생성을 위해 전국 평탄화 DEM(격자 간격 5m 이상)을 OGC 표준에 따라 타일셋 표준모델로 변환하였다(Figure 2).

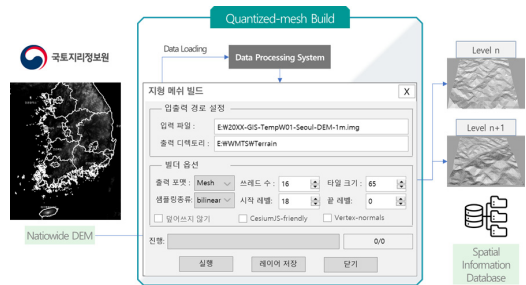


Figure 2. Input of Digital Elevation Model (DEM) and Conversion to Tileset Standard Model

Source: Author

TMS(Tile Map Service)는 정적인 이미지들을 모아 둔 저장소를 이용해 빠르게 지도 서비스를 수행하는 서비스로 지도 이미지 저장소는 특정 축척별로 지도 영역을 Tile 이미지로 저장한 디렉토리 구조이다. DEM 파일은 좌표와 높이값의 밴드(Band)를 가진 래스터(Raster) 파일이므로 2차원의 이미지(.img 파일 포맷)이며 이것을 Figure 2와 같이 Quantized-mesh 형식(terrain 파일 포맷)의 레벨별 3D 지형메쉬(Mesh)로 변환 처리하고 지형 메쉬 TMS에 활용하였다.

두 번째로 활용한 국가기본도는 2022년 국토지리정보원이 제작한 건물높이DB이다. 이 데이터의 구조는 2D 도형 포맷(shp)에 높이 속성 값을 입력한 자료이며 ArcGIS나 QGIS 등 GIS 솔루션을 통해 3차원 가시화와 활용이 가능하다. 본 연구에서는 국가기본도 DB 중 건물 테이블 명세서 파일(TN_BULD.gpkg)을 활용하여 건물에 대한 3차원 모델링을 진행하였다. Figure 3은 종로구 청원동을 대상으로 3D 지형메쉬와 세밀도(Level of Detail, 이하 LOD) 1 수준의 건물 모델링 처리 결과이다.



Figure 3. Building Modeling Results on 3D Terrain Mesh Using National Base Map DB (Cheongun-dong, Jongno-gu).

Source: Author

3.3. 3D 정보 신속 구축을 통한 UAM 분야 활용

앞서 3.1에서는 3차원 공간정보 구축 갱신 시간을 단축하기 위해 갱신이 필요한 건물을 행정정보를 가지고 우선하여 선별하는 방법을 제시하였다. 그리고 3.2에서는 촬영 없이 국가기본도를 바탕으로 3차원 건물 입체모형과 3D 지형을 생성하는 방법을 제시하였다. 이러한 방법론을 바탕으로 세부 구축 절차를 정리하면 Figure 4와 같다. Figure 4는 세움터 건축물대장 정보와 도로명주소 정보를 바탕으로 1) 국가 주도의 3차원 입체모형이 마지막으로 구축된 이후 사용 승인된 건축물 정보를 취득하고 2) 변화된 건축물 연면적이 크거나 개수가 많은 지역을 선정하여 기준에 따라 국소지역 드론 영상 촬영 계획을 수립하며 만일 촬영 비용이 없을 경우, 3) 건물높이DB와 같은 국가기본도 산출물을 통해 필요 지역의 대상 객체를 취득하며 마지막으로 4) 대상 객체 모델링 후 브이월드 혹은 S-Map과 같은 지도상에 갱신하는 방법이다.

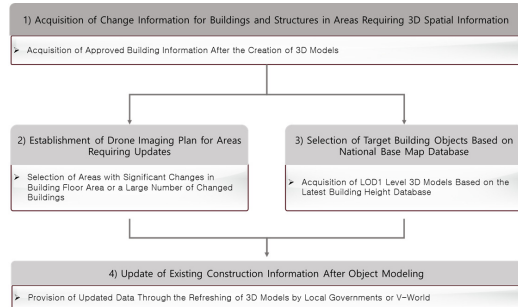


Figure 4. Low-Cost and High-Efficiency Methods for Constructing and Updating 3D Spatial Information

Source: Author

이러한 신속 구축 방식은 K-UAM 기술로드맵에서 제시한 3차원 지도 기반 운항정보 수집 분석 및 공유 시스템의 2가지 필요 요소(도심데이터 기반 3차원 지도 및 항공장애물 관리 체계)를 구축하는데 활용될 수 있다. 그 중 항로상 현존하는 항공장애물 정보와 도심지 신규 장애물에 대한 구축은 항행 안전과 밀접한 연관이 있으므로 신속한 지도 구축 및 갱신이 요구된다(국토교통부, 2021). 특히, UAM 기체는 최고 600미터 이하의 저고도 도심지 비행이 특징으로 기존 항공체계와 다르게 이착륙장 주변뿐만 아니라 UAM 기체가 이동하는 회랑에 대한 장애물 관리도 안전을 위해 필요하다. 또한 법령(도심항공교통 활용 및 촉진에 관한 법률 제2조 제10호)에서 명시하고 있는 도심항공교통 공간정보의 요소 중 기상, 소음 정보를 예측할 수 있는 데이터 생성도 안전 운항을 위해 필요한 요소다. 도심항공교통공간정보 중 기상, 소음 관련 예측 데이터를 도출하기 위해서는 분석을 지원할 수 있는 3D 지도가 있어야 한다. 그리고 국소기상, 환경소음 분석을 위해서는 계산 자원이 많이 필요하지 않은 LOD1 수준의 3D 지도가 요구된다(정기훈 외, 2021). 따라서 전통적인 3차원 지도 구축 방식보다는 국가기본도를 활용한 3D 공간정보 구축 방식이 비용 효율적이라 하겠다.

UAM은 저고도 도심지 비행이라는 차이점 외에 기존 항공체계와 유사한 이해관계자(UAM 운항자, 교통 관리서비스 제공자, 버티포트 운영자, 운항지원정보 제공자 등)들이 존재한다. 그리고 UAM 이해관계자가 안전 운항을 위해 활용해야 할 공간정보 요소를 세분화하면 도심형항공기의 이착륙을 위한 시설인 버티포트 정보와 버티포트 주변 혹은 회랑 구간 내 항공장애물정보, 그리고 기상, 소음, 전파 등 항행지원 공간정보, 마지막으로 기존 3차원 공간정보에 해당하는 3D 지형 및 건물정보로 나눌 수 있다. 이러한 분류체계 형태의 도심항공교통공간정보는 기존 항공체계가 3D 공간정보를 아직 활용하지 않고 있다는 점과는 별개로 향후 각각 특화된 3D 공간정보로 구축될 것이다. 이 중 기술과 서비스의 발전에 따라 분명히 높은 수준의 위치정확도와 세밀도가 요구되는 도심항공교통공간정보 요소가 존재하겠지만 초기 상용화 시점부터 반드시 구축되어야 하는 공간정보인 항공장애물 정보와 기상, 소음 등의 분석을 지원하는 공간정보는 높은 세밀도가 요구되는 것은 아니다. 따라서 높이 정보를 포함한 건물 및 시설물 정보, 텍스처 없이 단순하게 구현된 3차원 객체와 3차원 지형정보로 이활용이 가능하다.

결과적으로 앞서 제시한 1) 건물높이DB 기반의 3D 공간정보 도시모델 구축과 2) 신속하게 갱신이 필요한 대상 객체를 특정하고 입체모형의 수시 구축을 지원하는 방식은 UAM 필수 응용 분야(장애물관리, 소음·기상 분석 시뮬레이션) 적용에 적절하다.

4. 결론

본 연구에서는 3차원 공간정보 구축 갱신 시간을 단축하고, 저비용으로 빠르게 건물 입체모형을 생성할 수 있는 방안을 제시하고 UAM 분야 접목 가능성을 검토하였다. 도심항공교통 체계는 항공 관제시스템이나

조종석 시뮬레이션, 운항지원정보시스템 등 다양한 기술분야에서 3D 공간정보를 필요로 한다. 이때 드론으로 필요 지역을 촬영하여 모델링한 실감형 3D 공간정보를 기반으로 UAM 공간정보 가시화에 활용할 수 있다. 또한 기상, 소음, 전파 등 항행에 영향을 주는 요소를 3D 지도 상에서 분석할 수 있도록 지원한다. 이러한 구축 기법은 3D 지도 기반의 사전분석과 모의실험을 위해 국가기본도(건물높이DB)로 구축한 세밀도 1 수준의 3D 공간정보 구축과 도심항공교통 항공 장애물제한표면 높이를 침범하는 건축물, 시설물 모니터링과 부분 갱신에도 유용하게 활용될 수 있다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부 도심항공교통 가상 통합운용 및 검증 기술개발 과제의 연구비 지원(RS-2022-00145965)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

References

- 국토교통부. 2021. 한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2021. K-UAM Technology Roadmap.
- 국토교통부. 2023. 국가공간정보정책 기본계획.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2023. The 7th National Spatial Information Policy Basic Plan.
- 국토지리정보원. 2021. 국가기본도 건물높이 DB 활용 가이드.
Guidelines for Utilizing the National Base Map Building Height Database.
- 김승엽, 이호현, 최은수, 고재웅. 2020. 디지털트윈 구

- 현을 위한 3차원 공간정보 구축사례 연구. 한국지리정보학회지. 23(3):146-160.
- Kim SY, Lee HY, Choi ES, Ko JU. 2020. A Case Study on the Construction of 3D Geo-spatial Information for Digital Twin Implementation. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies. 23(3):146-160.
- 김원대. 2023. 디지털트윈 제작을 위한 3차원 공간정보 구축 기법. 대한토목학회 정기학술대회
- Kim YD. 2023. 3D Spatial Information Construction Technique for Digital Twin Production. KSCE Journal of Civil Engineering. 김재학, 김윤형, 노수래. 2021. 3D 건물 모델링 지원을 위한 3차원 뷰어 개발. 대한공간정보학회. 29(4):47-53.
- Kim JH, Kim YH, No SL. 2021. 3D Viewer Development to Support 3D Building Modeling. Journal of Korean Society for Geospatial Information Science. 29(4):47-53.
- 김지은, 윤준희. 2022. 효율적 UAV 기반 교량 점검을 위한 3차원 모델링 시스템 구축. 한국산학기술학회논문지. 23(10):719-727.
- Kim JE, Youn JH. 2022. A Study on Construction of 3D Modeling System for Efficient UAV-Based Bridge Inspection. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 23(10):719-727.
- 박진욱, 김영표. 2021. 드론 사진측량 자료를 활용한 수목 3D 모델링 구축. 한국산업휴양학회지. 25(1):77-85.
- Park JY, Kim YP. 2022. 3D Modeling Construction of Tree using Data of Drone Photogrammetry Method. The Journal of Korean institute of Forest Recreation. 25(1):77-85.
- 박준규, 정갑용. 2019. 무인항공 경사사진을 이용한 3차원 모델 생성 및 정확도 평가. 한국산학기술학회. 20(3):587-593.
- Park JK, Jung KY. 2019. 3D Model Generation and Accuracy Evaluation using Unmanned Aerial Oblique Image. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 20(3):587-593.
- 서민재, 전지혜, 강석호, 유진희, 백종호. 2022. 디지털 트윈 기반 3D 모델링 공간정보 구성을 위한 계층적 공간정보 설계. 한국통신학회 하계종합학술발표회.
- Seo MJ, Jeon JH, Kang SH, Yoo JH, Baek JH. 2022. Design of Hierarchical Spatial Information for the Construction of 3D Modeling Spatial Information based on Digital-twin. The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences. 이근왕, 박준규. 2018. 3차원 공간 모델링을 위한 수치 고도자료의 특징 및 정확도 분석. 한국산학기술학회. 19(11):744-749.
- Lee KW, Park JK. 2018. haracteristic and Accuracy Analysis of Digital Elevation Data for 3D Spatial Modeling. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 19(11):744-749.
- 이기림, 이원희. 2017. UAV로 촬영한 수직 영상과 고경사 영상을 이용한 정사영상 및 3차원 모델링 비교. 지형정보학회지. 25(4):35-45.
- Lee KR, Lee WH. 2017. Comparison of Orthophoto and 3D Modeling using Vertical and High Oblique Images taken by UAV. Journal of Korean Society for Geospatial Information Science. 25(4):35-45.
- 이종서. 2021. 3차원 공간 데이터를 활용한 지하시설

- 물의 효율적인 3D 모델링 자동화 기법. 한국정보통신학회논문지. 25(11):1670-1675.
- Lee JS. 2021. Efficient 3D Modeling Automation Technique for Underground Facilities Using 3D Spatial Data. Journal of Information and Communication Convergence Engineering Science. 25(11):1670-1675.
- 이인수, 연성현, 정호현. 2022. 기구축 공간정보를 활용한 건물객체 변화 탐지 연구-도로명주소건물 DB를 중심으로-, 지적과 국토정보. 52(1):105-118.
- Lee IS, Yeon SH, Jung HY. 2022. A Study on Building Object Change Detection using Spatial Information -Building DB based on Road Name Address-. Journal of Cadastre & Land InformatiX. 52(1):105-118.
- 이주연, 최강혁. 2023. 효율적인 3차원 공간정보 생성을 위한 드론 이미지 페어링 방법론. 대한토목학회 정기학술대회
- Lee JY, Choi KH. 2023. Drone Image Pairing Method for Efficient 3D Reconstruction. KSCE Journal of Civil Engineering.
- 이재원, 김두표, 성상민. 2020. 무인항공영상 기반 3D 모델의 세밀도와 위치정확도 평가. 한국산학기술학회논문지. 21(10):197-205.
- Lee JW, Kim DP, Sung SM. 2020. Assessment of LODs and Positional Accuracy for 3D Model based on UAV Images. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 21(10):197-205.
- 정기훈. 2021. K-UAM 로드맵 이행을 위한 세부과제 연구. 한국항공우주연구원.
- Jung KH. 2021. A Study on Detailed Tasks for Implementing the K-UAM Roadmap. Korea Aerospace Research Institute
-
- 2024년 10월 25일 원고접수(Received)
 2024년 11월 8일 1차심사(1st Reviewed)
 2024년 11월 22일 2차심사(2st Reviewed)
 2024년 12월 6일 게재확정(Accepted)

초 록

기존 3D 공간정보 구축 방식은 이동형 측량시스템(Mobile Mapping System, MMS)을 이용하거나 항공, 위성 기반의 원격탐사를 통해 공간정보를 취득하여 후처리 하는 방식으로 수행 되어왔다. 그러나 건물 등 객체화 할 지형지물이 많은 도심지를 대상으로 기존 반자동, 후처리 방식을 적용할 경우, 과도한 비용이 요구되는 점에서 효율적인 3D 공간정보 구축 방법에 대한 수요가 증가하고 있는 추세다. 본 연구는 3D 공간정보 구축 비용 절감을 위해 지방자치단체가 기 구축한 3차원 입체모형 상에 드론이나 국가기본도(건물 높이DB)를 기반으로 새롭게 구축한 3D 공간정보를 맵핑(Mapping)하는 기법을 제시하고, 도심항공교통(Urban Air Mobility, 이하 UAM) 분야에서의 활용처를 모색하였다.

주요어 : 3D공간정보, 입체모형, 국가기본도, 도심항공교통