시설물의 4D 공정관리를 위한 3차원 실사모델 기반 변화탐지기법의 활용

엄대용*
*한국교통대학교 사회기반공학전공
e-mail:dyum@ut.ac.kr

Utilization of Change Detection Method Based on 3D Realistic Model for 4D Process Control of Facilities

Dae-Yong Um*
*Dept. of Civil Engineering, Korea National University of Transportation

요 약

본 연구에서는 디지털 트윈의 구현을 위해 3차원의 가시화와 모델링이 가능한 3차원 실사모델을 무인항공사진측량방법을 이용하여 제작하고 다시기 3차원 실사모델을 이용하여 시설물 건설과정에서의 변화를 탐지하였다. 3차원의 변화탐지 결과는 기존의 평면적인 변화탐지 결과와 비교하여 입체감, 시각화, 변화영역의 각종 속성값들을 추가적으로 획득할 수 있었으며, 시설물의 건설과정에서의 공정관리를 위한 3차원의 정보를 효과적으로 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서 론

최근 국토교통부는 드론, AI, 로봇, IoT 등 첨단기술을 활용해 건물의 기획, 설계, 시공, 유지관리를 하겠다는 '스마트 건설기술 로드맵'을 발표했다. 주요 내용은 2025년경까지 즉시 건설 현장 전반으로 보급 가능한 핵심기술 패키지를 확보하고 2030년까지 건설자동화를 완성함으로써 스마트 건설기술 선두국 반열에 진입하는 한편, 건설산업의 생산성을 25% 이상 향상하고 공사기간과 재해율은 25% 이상 감축하겠다는 것이다. 이미 일본은 'i-Construction' ,영국은 'Construction 2025' 계획을 수립하고 고령화와 숙련된 건설인력이 빠르게 줄어드는 건설 현장을 대비하고 있다. 특히 싱가포르는 BIM(Building Information Modeling)을 의무화하고 도시 전체를 3D 모델링을 추진하고 있으며, 미국은 스마트 건설기술의 스타트업을 활성화하는 등 국가 차원에서 적극적으로 추진되고 있다. 우리나라는 현재 미국, 영국 등 기술 선진국에 비해 초기 연구단계이거나 제한적, 시범적 수준으로 평가되고 있다. 이에 정부는 시설물의 설계, 시공 뿐 아니라 유지관리 단계까지 건설산업 전 공정의 스마트화를 위해 무인비행체를 이용한 측량을 통해 디지털트윈 기반 가상 시공 시뮬레이션, BIM 기반 모듈러 시공 등 주요 핵심기술에 대한 스마트 건설기술 개발사업을 추진할 계획이다[1].

현재 건설분야에서 무인비행체 기술은 건설사업 관리(안전, 품질, 공정관리 등)뿐만 아니라 유지보수 및 관리, 측량, 디자인 단계에서의 활용도 강조되고 있으며[2], 건설 현장의 자료용 영상 촬영 위주에서 측량, 토공량 측정, 시공현장 공정관리, 3D 모델링, 역설계(Reverse Engineering), 시설물 안전점검 등 그 활용 범위가 점차 확대되고 있다[1].

이에 본 연구에서는 시공현장에서의 4차원적 공정관리를 위해 무인항공사진측량 방법에 의해 시기별 3차원 실사모델을 제작하고 이를 기반으로 3차원 변화를 탐지하기 위한 연구를 진행하였다.

2. 다시기 3차원 실사모델 제작

2.1 영상촬영 및 기준점 성과 획득

본 연구의 대상지는 3차원의 변화가 뚜렷한 건축물의 시공현장을 선정하였다. 연구대상지에 대한 영상은 2019년과 2021년에 각각 촬영되었으며, 영상획득을 위해 DJI사의 Inspire-2 UAV를 활용하고 촬영계획은 Pix4Dcapture 어플리케이션을 이용하였다. 대상 건축물로 인한 폐색영역의 발생을 최소화하기 위하여 격자형 촬영경로를 설정하였으며, 중복도는 종방향 및 횡방향 모두 80% 이상으로 설정하였다. 3차원 실사모델의 제작을 위한 기준점 성과 역시 2019년과 2021년에 각각 측량을 수행하였으며, 대상지내 6점을 선정하여 GNSS RTK-VRS 측량에 의해 기준점 및 검사점에 대한 성과를 획득하였다.

2.2 3차원 실사모델 제작

3차원 실사모델의 제작은 본 연구자가 수행한 바 있는 "무인항공사진측량에 의한 공간 객체의 3차원 실사모델 생성 기술"의 연구 절차를 따랐다[2]. 3차원 실사모델의 제작을 위해

Pix4D社의 Pix4D mapper Pro를 사용하였다. 그림 1은 대상지에 대한 실감정사영상을 나타낸 것이며, 그림 2와 그림 3은 각각 2019년과 2021년 영상을 이용하여 제작한 3차원 실사모델을 나타낸 것이다.

[그림 1] Realistic ortho-image production

[그림 2] 3D realistic model production(2019.09)

[그림 3] 3D realistic model production(2021.04)

3. 시공 공정별 3차원 변화탐지

본 연구에서 3차원 변화탐지 및 시계열 모니터링 알고리즘은 2차원 실감 정사영상의 방사보정 및 기하보정, 영상 차분에 의한 2차원 변화영역 추출, 영상 및 점군자료 융합, 교차중첩, 3차원 점군자료 분류, 리모델링, 변화영역 3차원 실사모델 추출 등의 절차로 구성하였다.

그림 4는 기초공사단계에서의 연구대상지에 대한 3차원 실사모델을 나타낸 것이며, 그림 5는 약 20개월 경과 후의 3차원 실사모델을 나타낸 것으로 이종 시기 간 3차원적 변화탐지를 탐지한 결과이다.

[그림 4] Result of 2D change detection

[그림 5] Result of 3D change detection

연구를 통해 추출한 3차원 변화탐지 결과에 대한 정확도를 평가하기 위하여 GNSS RTK-VRS 측량에 의해 획득한 9점의 검사점을 이용하여 상호 매칭점들의 평균제곱근오차(RMSE)를 산출하였다. 표 1은 정확도 평가 결과를 나타낸 것으로 X와 Y좌표의 경우 10cm 내외 그리고 Z좌표의 경우 15cm정도의 정확도를 보였다. 이는 관련 규정에 부합하는 결과로서 3차원 실사모델을 기반으로 한 3차원 변화탐지 결과의 정확도를 검증할 수 있었다.

[표 1] Result of RMSE analysis

Root Mean Square Error (단위:m)		
X-Coord.	Y-Coord.	Z-Coord.
0.1012	0.0992	0.1513

그간 건설산업에서 무인비행체 항공영상을 이용해 제작되는 3차원 모델로는 point cloud model과 digital elevation model이 주로 사용되어 왔다. 이에 3차원 모델의 세밀도(LoD)수준은 1-2단계에 머물러 왔다고 할 수 있다. 그러나 본 연구에서 도출한 3차원 변화탐지 결과는 세밀도 수준을 향상시킬 수 있는 3차원 실사모델을 기반으로 한 것으로 기존의 방법과 비교하여 입체감 및 현실감 그리고, 변화영역의 다양한 속성값들을 추가적으로 획득할 수 있었다. 무인비행체는 사용자의 요구시기에 대해 효과적으로 영상을 획득할 수 있으므로 시공 기간 중 주기적인 촬영을 통해 대축척의 3차원 실사모델을 생성하고 3차원 변화를 탐지한다면 건설 프로젝트의 진행에 따른 4차원적 모니터링이 가능할 것으로 기대된다.

4. 결 론

본 연구에서는 건설 프로젝트에서 시설물의 시공 시기별 무인비행체 영상을 획득하여 세밀도의 수준을 향상시킨 3차원 실사모델을 제작하고 이를 이용하여 시기별 시설물의 변화를 3차원적으로 해석하였다. 본 연구에서 도출한 시설물의 시공시기별 3차원적 변화탐지 결과는 건설현장에서 시공 시기별 3차원 정보를 효과적으로 제공함으로써 4차원적 공정관리에 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 2021년 한국교통대학교의 지원을 받아 연구되었습니다.

참고문헌

[1] 국토교통부 보도자료, “2025년까지 스마트 건설 핵심 기술 사용화 실현”, 2020.1.17.

[2] 김성진, “건설산업에서의 드론 활용에 관한 최근 연구동향 및 시사점”, KICEM, 2020.

[3] 엄대용, “무인항공사진측량에 의한 공간 객체의 3차원 실감모델 생성 기술”, 방송과 미디어, 제22권 제2호, 한국방송미디어공학회, pp. 44-52, 4월, 2017년.

[4] Alizadehsalehi, S.; Yitmen, I.; Celik, T.; Arditi, D. The effectiveness of an integrated BIM/UAV model in managing safety on construction sites. International Journal of Occupational SAfety and Ergonomics, pp. 1 - 16, 2018.