

BIM과 GIS 데이터 융합을 통한 실내외 3차원 모델 위치보정 방안 연구

김지은*, 홍창희
한국건설기술연구원 복합재난대응연구단

(A) study on location correction method of indoor/outdoor 3D model through data integration of BIM and GIS

Ji-Eun Kim*, Chang-Hee Hong

Multi Disaster Countermeasure Organization,
Korea Institute of Civil engineering and Building Technology

요 약 최근 3차원 공간정보에 대한 수요가 증가하면서 국토교통부, 서울시, 다음 카카오 등 여러 지자체 및 관련 업계에서 서비스를 구축하여 제공하고 있다. 이러한 지도 기반의 3차원 공간정보서비스에서 위치정확도는 특정 업무의 활용 가능성을 결정짓는 중요한 요소이다. 기존의 BIM 데이터는 상대좌표값으로 작성되어 절대좌표값을 갖는 GIS 데이터와 연계하는데 어려움이 있었다. 따라서 본 연구는 BIM/GIS 플랫폼 기반 모델링 데이터 구축을 통해 실내외 3차원 공간정보 간의 위치보정 방안을 제시하였다. 이를 위하여 플랫폼 테스트베드 대상을 선정한 후 데이터 구축 프로세스를 총 3단계로 진행하고, 실내공간정보를 다루는 BIM 모델과 실감형 가상화를 위한 정사영상 기반 3차원 텍스처링 모델 간 위치 불일치의 문제점을 파악하여 위치보정 알고리즘을 설계하였다. 단일 건물을 대상으로 상대좌표 기반의 BIM 모델 데이터를 절대좌표 기반의 텍스처링 데이터와 연계하기 위해 절대좌표 변환 알고리즘을 구현하여 건물의 절대위치를 1차 계산하고 BIM/GIS 플랫폼 지도상에서 텍스처링 데이터와 2차 매핑하여 3차원 모델 데이터의 최종 위치를 보정하였다.

Abstract As the need for 3D spatial information increases, many local governments and related industries are establishing map-based 3D spatial information services and offering them to users. In these services, positional accuracy is one of the most important factors determining their applicability to specific tasks. This study studied the location correction method between indoor and outdoor 3D spatial information through the construction of modeling data on a BIM/GIS platform. First, we selected the sites and processed the BIM/GIS data construction with 3 steps. When connecting the BIM model including indoor spatial data and 3D texturing model based on ortho images, mismatches occurred, so we proposed a location correction method. Using the conversion algorithm, the relative coordinate-based BIM data were converted to the absolute positions and then relocated by means of the texturing data on the BIM/GIS platform.

Keywords : Building Information Modeling, Geographic Information System, 3D modeling, UAV, Location correction

1. 서 론

최근 3차원 공간정보에 대한 수요가 증가하면서 국토

교통부, 서울시, 다음 카카오 등 여러 지자체 및 관련 업
계에서 서비스를 구축하여 제공하고 있다[1]-[3]. 이러한
지도 기반의 3차원 공간정보서비스는 사용자가 실제 현

본 논문은 국토부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구사업임(과제번호 : 17TBIP-C112968-02).

*Corresponding Author : Ji-Eun Kim(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

Tel: +82-31-910-0142 email: jekim@kict.re.kr

Received November 23, 2016

Revised (1st March 6, 2017, 2nd March 7, 2017)

Accepted March 10, 2017

Published March 31, 2017

장에 있는 듯 한 실감형 가상체험과 효과적 3차원 가시화를 통한 직관적 이해를 가능하게 한다.

현재 한국건설기술연구원에서는 객체 기반의 실내 공간정보를 다루는 BIM(Building Information Modeling) 데이터와 지역 단위의 실외 공간정보를 다루는 GIS(Geographic Information System) 데이터를 연계·구축하여 BIM/GIS 상호운용 개방형 플랫폼을 구현하고 있다[4]. 그 과정에서 상대위치정보를 갖는 BIM 데이터가 실제 해당위치의 절대좌표값으로 변환되어 정사영상 기반 3차원 텍스처링 모델과 매핑되기 위해서는 일련의 위치보정 작업이 요구된다. 이러한 위치정확도는 특정 업무의 활용 가능성을 결정짓는 중요한 요소가 된다[5].

본 연구의 프로세스는 다음과 같다. 먼저 3차원 공간정보 데이터의 위치보정에 대한 국내외 연구동향을 분석하여 연구의 주요 시사점을 도출하였다. BIM/GIS 플랫폼 기반 모델링 데이터 구축을 위하여 대상을 선정하고 데이터 구축 프로세스를 총 3단계로 구분하여 진행하였다. 3차원 모델링 데이터 구축 시 발생하는 텍스처링 모델과 BIM 모델 간 위치보정 이슈를 해결하기 위해, 실내외 3차원 공간정보 연계방안을 위치보정 프로세스와 함께 제시하였다.

2. 관련 연구동향

기존 측량분야에서 레이저 스캐닝을 통해 3차원 공간정보 데이터 구축 시 주요 이슈 가운데 하나로 언급되었던 위치보정은 최근 여러 GIS 관련 분야에서 3차원 모델링을 작성하고 활용하면서 그에 따라 데이터 특성이 고려된 다양한 방안으로 연구되고 있다. 본 장에서는 3차원 공간정보 데이터의 위치보정에 대해 국내외 연구동향을 살펴보았다.

Choi[6]는 신속하고 고품질의 3차원 공간정보 구축을 위해 지상 MMS(Mobile Mapping System)와 3차원 레이저 스캐너 데이터를 융합하여 3차원 공간정보를 구축하는 연구를 진행하였다. 정확도 검증을 통해 3차원 공간정보 객체모델 구현에 적합한 방안을 제시하였다. Park[7]은 GPS 오차가 크게 발생하는 도심에서 스마트폰 카메라와 상용 디지털 지도를 활용하여 위치를 보정하는 방안을 연구하였다. 서울 도심 지점 세 군데를 대상으로 위치 최적화를 통해 실외 증강현실에 필요한 위치정확도를 갖도록 사용자 위치 및 방향을 보정하였다.

Reitmay 외[8]는 비엔나 도심에서 운영 중인 관광 가이드 어플리케이션을 활용하여 대용량 3차원 geographic 모델 데이터 관리를 위한 효율적인 정합 알고리즘을 제안하였다. Choi 외[9]는 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 활용한 항공사진 측량 시 촬영영상 및 DSM(Digital Surface Model)의 위치정확도 분석을 위해 지상기준점들을 이용하여 소규모 지역을 대상으로 공간정보의 위치정확도 연구를 수행하였다. Kim 외[10]는 BIM 기반 실내공간정보 데이터 활용을 위해 서비스 모델, 측위기술, 활용 플랫폼 및 인터페이스 기술로 분류하여 분야별 동향을 제시하였다. Wagner 외[11]는 모바일 폰을 활용한 파노라마 이미지와 카메라 영상을 비교하기 위해 특징점을 찾고 이를 기준으로 descriptor 형태로 POI 정보를 정합하는 연구를 수행하였다.

상기 연구들은 대부분 레이저 스캐닝, 스마트기기를 통한 촬영이미지, 항공촬영영상 등을 통한 3차원 데이터의 위치정확도 확보를 위한 솔루션을 제시하고 있다. 3차원 공간정보 모델링의 활용목적 및 방법에 따라 환경에 맞는 구축방법을 적용하기 위해서는 각 특성에 적합한 방안을 분석하여 제시하는 것이 중요하다. 본 연구는 다양한 3차원 모델링 구축기법 가운데 BIM/GIS 플랫폼상의 3차원 모델링 데이터 구축 시 BIM 데이터와 3차원 텍스처링 데이터의 연계과정 시 발생하는 위치 불일치를 해결하기 위한 보정 방안을 제시하여 실내외 3차원 공간정보를 연계하고자 한다.

3. BIM/GIS 플랫폼 기반 모델링 데이터 구축

3.1 BIM/GIS 모델링 데이터 개요

BIM/GIS 상호운용 플랫폼은 BIM과 GIS 기술을 연계하여 기존 실내외 분리되어 제공되었던 공간정보를 seamless하게 하나의 플랫폼 상에서 운영·관리하고 3차원 모델링 데이터를 활용하여 효과적인 가시화 서비스를 제공하고 있다[4]. 본 연구범위는 테스트베드를 위한 데이터 구축으로, 한국건설기술연구원 사이트를 대상으로 BIM/GIS 모델링 데이터를 작성하였다.

우선 대상지역으로 선정된 일산 본원/화성/안동의 DSM 모델링으로 지형정보를 구축하고, 항공촬영 정사영상을 사용하여 보다 효과적인 가시화를 확보하고자 하였다. 이는 향후 기존 시설물 유지관리 데이터를 시스템

화하고 본 모델링 데이터와 연계하여, 시설물 유지관리, 화재대응 및 에너지 사용량 시각화까지 다양한 활용서비스 제공에 기반이 될 수 있다(Fig. 1).

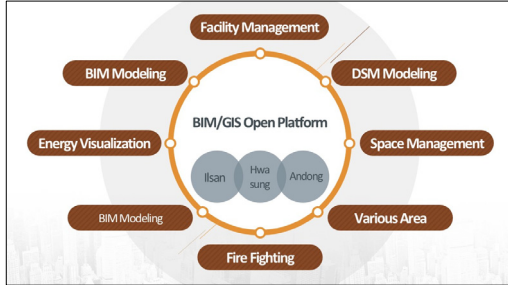


Fig. 1. Goal of BIM/GIS data application

3.2 BIM/GIS 모델링 데이터 구축 프로세스

BIM/GIS 모델링 데이터 구축 프로세스는 다음과 같이 크게 1) BIM/GIS 데이터베이스 구축, 2) BIM 형상/속성정보 모델링 구축, 3) UAV 촬영 및 정밀 정사영상 구축 3단계로 진행되었다.

3.2.1 BIM/GIS 모델링 DB 구축

DB는 플랫폼 내 기반이 되는 위성/항공영상 구축을 시작으로 대상부지와 주변과의 행정경계 및 명칭확인, POI 구축, 표준 분류체계 구축, 기본 속성정보 구축, 측량과 실사이미지 구축 등이 수행되었다(Fig. 2). 이후 정리된 데이터를 바탕으로 BIM 모델링이 진행되고, LOD에 따른 텍스처링을 위해 텍스처 작업과 외각 모델링이 진행되었다. 기본 설계작업 완료 후, 시설물 내 주요 MEP 모델링과 구조 모델링을 작업하고, 최종 BIM 표준 포맷인 IFC(Industry Foundation Classes)로 변환하여 데이터 검증을 수행하였다. 마지막으로 데이터 변환 모듈을 통해 BIM/GIS 플랫폼 내 상호운용성을 위한 내부 서비스 포맷으로 변환하여 플랫폼에 탑재하였다.

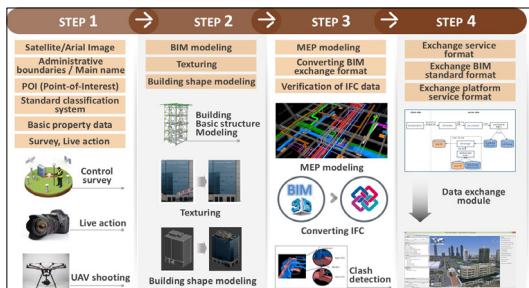


Fig. 2. Process of BIM/GIS DB construction

3.2.2 BIM 형상/속성정보 모델링

기존 건축도면 기반의 BIM 형상정보/속성정보 모델링 구축은 다음과 같이 진행되었다. 형상정보의 경우, 기존 연구원 내 시설물 유지관리 데이터와 2차원 도면을 바탕으로 3차원 BIM 데이터를 모델링하였다. 이때 신축, 증축, 제거, 리모델링 등 기존 건물의 수정사항이 반영되지 못한 부분은 실사촬영으로 진행하였다(Fig. 3).

속성데이터의 경우, 공간관리, 청소, 경비보안, 외주 용역관리, 에너지관리, 이사관리, 소방방재, 점검진단 등 다양한 유지관리 분야 내 주요 업무를 선정하여 운영-유지-자산관리에 해당하는 데이터를 유지관리 Code체계와 연계하여 관리하고자 하였다. 이는 최종적으로 Code 체계 기반의 위치정보, 공간정보, 속성정보, 장비/시설정보, 이력정보 등의 다양한 데이터가 객체와 공간개념으로 관리되면서 데이터베이스 체계가 구축되고 이는 곧 시설물 유지관리를 위한 통합 데이터베이스로 저장된다.

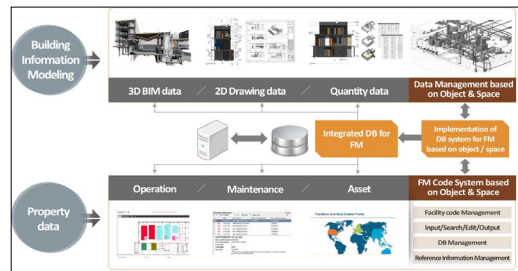


Fig. 3. Modeling of BIM/GIS geometry and property data

3.2.3 UAV 촬영 및 정밀 정사영상 구축

본 단계는 구글어스, V-World와 같이 기존 BIM 모델링 이미지에서 보다 실감나는 3차원 가시화를 위해 시설물 외관의 텍스처링을 작업하는 절차이다. 기준측량, 실사 현장촬영, UAV 촬영으로 대상부지를 측량/촬영한 데이터를 상기 BIM/GIS 모델링 데이터와 연계하기 위해 촬영이미지를 편집하고 왜곡 이미지를 처리하여 텍스처 맵을 제작하고 최종 텍스처를 매핑하여 완성시켰다(Fig. 4).

UAV 촬영은 다음과 같이 진행되었다. 대상부지 내 무선수신 제어범위와 UAV 최대최소 비행거리를 감안하여 비행영역을 설정하고 기체 최소화전반경 및 기상조건 확인 후 일정간격을 확장하여 설정하였다. 이후 촬영 대상지역의 도곽크기를 촬영면적으로 산정하고, 수치지도 DEM을 이용하여 표고 확인 후 적정 촬영고도 및 중복도를 설정하였다. 마지막으로 기상, 현장상황, 전파음영 지역 등을 고려하여 현장촬영을 실시하였다.

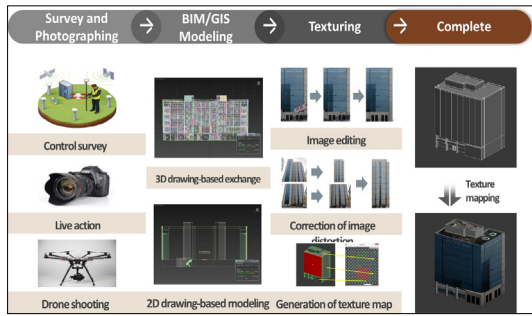


Fig. 4. Process of building shape texturing

앞서 촬영된 데이터가 취합된 이후, 원본 촬영영상을 바탕으로 촬영영상의 공간분포를 확인하여 지적 도곽영역과 확장 분석영역 차이 등 중복 또는 불필요한 영역 사진을 제거하였다. 1차 필터링 완료 후 지상 기준점을 이용하여 기하보정 및 부분보정을 실행하였다. 큰 오차가 발생하는 지역을 부분적으로 선택하여 보정하고, 영상분할 경계부분과 보정경계부분의 오차존재지역 사이에 지상기준점을 추가하여 타 지역으로부터의 영향을 최소화하였다.

3.3 모델링 데이터 구축 결과 및 시사점 분석

상기 프로세스를 통해, Fig. 5와 같이 구축된 모델링 데이터를 BIM/GIS 플랫폼 상에 업로드하고 가시화하였다. 본 3차원 데이터는 서울시 3차원 실내지도데이터, V-World 데이터와 달리, 실외 공간정보 뿐만 아니라 실내 공간정보 및 객체 기반의 형상/속성정보를 포함하여 실내외를 아우르는 데이터 가시화가 가능하다. 이에 실제 대상지역 내 시설물을 촬영하여 텍스처링 모델과 BIM 모델링 데이터를 서로 연계함으로써 실감형 3차원 데이터 구축 및 활용을 기대할 수 있다.

그러나 3차원 텍스처링 데이터의 경우 기준점을 활용하여 BIM/GIS 플랫폼 지도상의 절대좌표를 적용하고 배치하였으나, BIM 데이터의 경우 모델링 작성 시 일반적으로 상대좌표를 활용하여 작업하기 때문에 플랫폼 상의 텍스처링 모델과 연계시키는데 위치보정 작업이 필수로 요구되었다. 따라서 본 연구는 BIM 데이터와 3차원 텍스처링 데이터 간의 연계를 통한 실내외 3차원 공간정보 구축을 위해 위치보정 방안을 제시하고 프로세스를 설계하였다.



Fig. 5. (above) Real building images, (below) Result of BIM/GIS modeling data

4. 실내외 3차원 공간정보 연계방안 제시

본 장에서는 정투영법(Orthographic) 기반으로 구축된 3차원 데이터와 원근법(Perspective) 기반의 3D GIS (지리좌표계를 이용한 3차원 기반의 지형, 위성/항공영상, 벡터정보)와의 연계방안을 제시하고자 한다.

4.1 3차원 공간정보간 위치보정 프로세스

실내외 3차원 공간정보 간 위치보정 프로세스는 다음과 같다. 우선 BIM 모델 데이터인 IFC 파일을 로딩한다 (Fig. 6). 이는 Revit Architecture에서 작업되어 IFC로 export된 데이터로, 상대좌표 및 자체 원점을 기준으로 작성되어 실제 건물 위치 근방에 사용자가 임의로 배치하게 된다.

이후 IFC 데이터를 바탕으로 좌표변환 알고리즘을 작성하여 실제 위치에 해당하는 절대좌표로 다음과 같이 변환-매핑시킨다(Fig. 7). IFC 데이터 기반 좌표변환 알고리즘 프로세스는 다음과 같다. IFC 파일을 로딩하면 IFC에 설정된 상세정도와 기준점, 볼륨정보를 확인한다. 이때 기준점 변경이 필요하면 원점 좌표보정을 수행하여 경도, 위도, 회전각, 크기정보 등을 변경한다. 수정된 기준점 정보를 BIM/GIS 데이터 스키마 구조 내 updateHeader

를 통해 업데이트를 수행하고, 설정된 좌표값을 기준으로 자동으로 상세정도와 3차원 모델 가시화에 연관된 BoundingBox, OctreeBox를 계산한다. 마지막으로 좌표 설정창의 데이터를 바탕으로 좌표 자동변환을 수행한다.

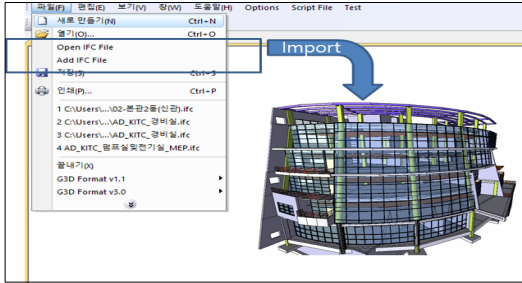


Fig. 6. IFC data loading

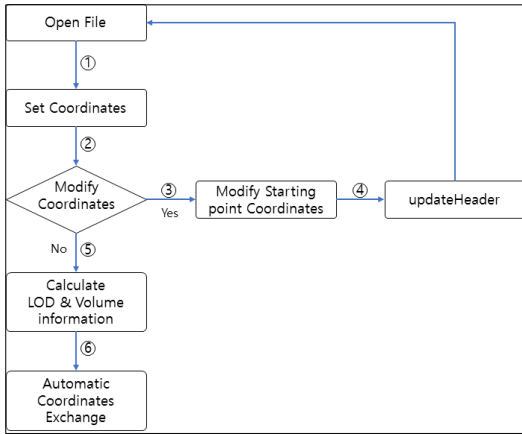


Fig. 7. Coordinate exchange algorithm based on IFC

이후 Fig. 8과 같이 DB 인덱스 정보와 LOD 레벨을 입력하고 마지막으로 IFC 내 기준 위치값(상대 기준점)을 입력하면 건물의 절대좌표 정보가 자동 계산되면서 실제 위치에 거의 가깝게 재조정된다.

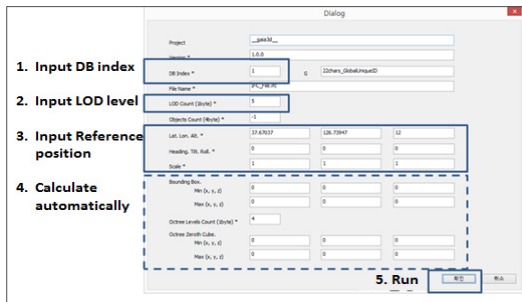


Fig. 8. Absolute coordinate mapping to IFC data

마지막으로, 사전에 측량점 기준으로 업로드된 3차원 텍스처링 데이터를 활용하여 수작업으로 IFC 데이터의 상세 위치를 정확하게 보정하는 작업을 진행한다. Fig. 9와 같이, 1차 위치조정된 IFC 모델을 실제 위치에 얹혀진 텍스처링 데이터와 매핑하여 최종 위치를 확정한다.

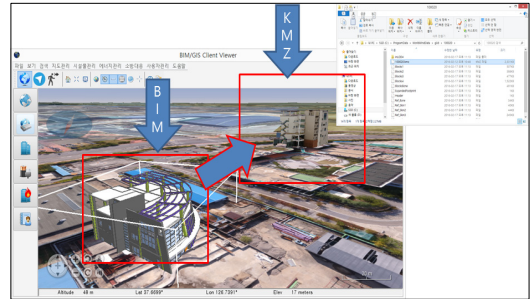


Fig. 9. Location correction based on position of 3D model data and Header update

4.2 위치보정 적용 결과 분석

IFC 데이터는 절대경위도 좌표계 정보가 없기 때문에 GIS 기반 뷰어나 데이터 연동 시 반드시 경도, 위도, 고도 등의 절대좌표값이 요구된다. 본 연구에서는 IFC와 GIS 정보와의 연계를 위해 UAV에서 취득한 고정밀 5cm급 항공영상을 기반으로 IFC 모델의 3차원 공간상에서 물체의 회전/이동/확대/축소를 통해 위치보정을 수행하였다. 이때 UAV에서 취득한 고정밀 항공영상은 최소 50개 이상의 GCP(Ground Control Point)를 통해 지리부호화하고 검증된 데이터이다. IFC는 공간지리참조점을 저장하는 스키마가 없기 때문에 절대좌표 기반의 GIS와 연계 시 수작업을 통한 작업이 필수적이다.

Table 1. Result of location correction

	Before	After
Latitude	0	127.4243
Longitude	0	38.458222
Elevation	0	18
Heading	32 degree	96 degree
Tilt	0	0
Roll	0	0
Scale X	1	1.2
Scale Y	1	1.2
Scale Z	1	1.2

4.1의 프로세스를 통해 위치보정 전과 변경 후의 값은 다음과 같다. 기존 IFC는 Table 1과 같이 상대좌표점을

기준으로 위치정보가 구성되어 방향만 가지고 있었으나, 본 연구에서 제시한 위치보정 알고리즘을 적용한 결과 실제 건물의 좌표값 및 실제 사이즈, 백터값을 오차 $\pm 5\text{cm}$ 로 보정할 수 있었다.

이는 UAV에서 훨씬 더 많은 수의 고정밀 항공영상을 획득한다면 오차범위를 더 줄일 수 있는 부분이다.

4.3 시사점 도출

상기 프로세스로 3차원 공간정보 위치보정을 실시하였을 때 다음과 같이 1) 3차원 텍스처링 모델과 BIM 모델간 Z-Fighting 문제해결과 2) 측량점이 없을 때 위치보정 방안에 대한 두 가지 이슈가 발생하였다.

Z-Fighting이란 두개의 폴리곤(Primitive)이 유사한 Z-Depth값으로 화면에 시각화할 때 노이즈가 발생한 것처럼 깜박거림이 발생하거나 폴리곤이 깨지고 랜덤하게 겹치는 현상을 말한다(Fig. 10). 보통 3차원 공간상에 두 개 이상의 폴리곤이 동일한 위치에 겹쳐있는 경우와 폴리곤이 서로 근접해있는 경우에 발생하는데, 화면 절두체(Frustum)의 근거리 및 원거리 간격 조절을 통해 대부분의 Z-Fighting 현상을 사전에 방지할 수 있다. 즉, 카메라에 근접할수록 Z-depth값에 대한 가중치가 높아지기 때문에 주로 near plane 값을 카메라로부터 멀리 조절하여 해결할 수 있다.

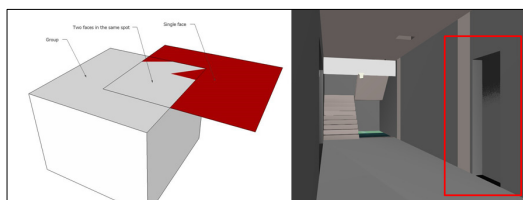


Fig. 10. Problem issue of Z-Fighting

하지만 BIM/GIS 상호운용 플랫폼의 경우, 제공되는 3차원 클라이언트의 시각화 영역이 매우 넓은 편으로, 지구부터 건물내부 좁은 영역까지 가시화하기 위해서는 near와 far plane 간의 간격조절만으로 해결이 불가능하다. 따라서 3차원 텍스처링 모델링 형상 크기를 BIM 보다 약 1~2%정도 크게 작성함으로써 Z-Fighting 문제를 해결할 수 있다(Fig. 11).

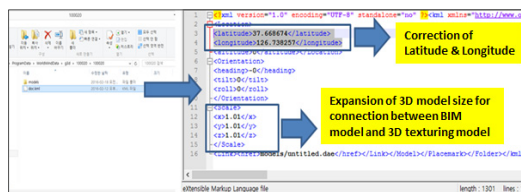


Fig. 11. Scaling X, Y, Z of 3D model to solve Z-Fighting issue

두 번째 이슈는 측량점이 없을 경우이다. 측량점이 없을 때 고해상도 항공영상을 이용한 3차원 텍스처링 모델 또는 BIM(IFC) 데이터의 절대위치보정 방안은 Fig. 12와 같다.



Fig. 12. Location error between BIM model data and 3D model data using 5cm high resolution aerial image

실내외 측량점이 존재하여 지리부호화를 통한 두 3차원 모델의 절대위치보정을 수행할 수 없을 때 고해상도 항공영상을 이용하여 위치보정을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig. 13). 이때 3차원 화면상에서 정북방향을 기준으로 위도(Longitude)는 오른쪽으로 갈수록 값이 증가, 경도(Latitude)는 위쪽(북쪽)으로 갈수록 값이 증가한다.



Fig. 13. Location correction between BIM model data and 3D model data using 5cm high resolution aerial image

5. 결론

본 연구는 BIM/GIS 플랫폼 기반 3차원 모델링 데이터 구축을 위해 BIM(IFC) 데이터와 정사영상 기반의 3차원 텍스처링 데이터를 작성하여 연계하고, 이 과정에서 두 모델 간 위치 불일치를 해결하기 위한 위치보정 방안을 제시하였다. 단일 건물을 대상으로 상대좌표 기반의 BIM 모델 데이터를 절대좌표 기반의 텍스처링 데이터와 연계하기 위해 절대좌표 변환 알고리즘을 구현하여 건물의 절대위치를 1차 계산하고 BIM/GIS 플랫폼 지도상에서 텍스처링 데이터와 2차 매핑하여 최종 위치를 보정하였다.

아직까지 넓은 지역을 대상으로 위치보정에 대한 여러 연구가 수행 중에 있다. 각 특성에 적합한 방안을 분석하여 3차원 공간정보 모델링의 활용목적 및 방법에 따라 환경에 맞는 구축방법을 구현하는 것이 중요하다. 향후 이러한 기술들을 확장하여 BIM/GIS 플랫폼 내 지하 시설물 연계, 실내의 공간정보 연계를 통한 시설물 유지관리 시스템 개발, 단지계획 재구성 등에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] VWorld, VWorld map 3D building, 2016. (<http://map.vworld.kr/map/maps.do>).
- [2] Seoul, Seoul Indoormap Open API, 2016. (<http://indoormap.seoul.go.kr/openapi/request.html>)
- [3] Daum kakaomap, <http://www.kakao.com/services/59>.
- [4] J. E. Kim, T. W. Kang & C. H. Hong, "Development of the Spatial Indexing Method for the Effective Visualization of BIM data based on GIS", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 15, no. 8, pp. 5333-5341, 2014. DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.8.5333>
- [5] G. S. Lee, Y. W. Choi, J. H. Lee, "Building of 3D Terrain Modeling and Evaluation of Location Accuracy using UAV in Beach Area", *Journal of the Korean Cadastre Information Association*, vol. 18, no. 2, pp. 207-216, 2016.
- [6] W. S. Yoo, "(A)3dimensional object modeling via integrated data processing of MMS and laser scanning data", Master thesis, University of Seoul, 2015.
- [7] J. S. Park, "How to correct the position in urban environments where the GPS error occurs largely using the camera and digital map", Doctors thesis, Hongik University, 2016.
- [8] G. Reitmayr & D. Schmalstieg, "Scalable Techniques for

Collaborative Outdoor Augmented Reality", *IEEE and ACM international symposium on mixed and augmented reality (ISMAR'04)*, 2004.

- [9] J. W. Choi, S. K. Choi, Y. H. Yoo & S. H. Jeong, "The Positioning Accuracy Estimation of Spatial Information from Fixed Wing Unmanned Aerial Vehicle based Imagery According to Overlap", *KSCCE 2015 CONVENTION 2015 CIVIL EXPO & CONFERENCE*, pp. 19-20, 2015.
- [10] M. C. Kim, M. K. Jang, S. M. Hong & J. H. Kim, "Practices on BIM-based indoor spatial information implementation and location-based services", *Korean Institute of Building Information modeling*, vol. 5, no. 3, pp. 41-50, 2015.
- [11] D. Wagner, A. Mulloni, T. Langlotz & D. Schmalstieg, "real-time panoramic mapping and tracking on mobile phones", *Virtual Reality Conference(VR)*, pp. 211-218, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1109/vr.2010.5444786>

김 지 은(Ji-Eun Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 경희대학교 건축공학 과(공학사)
- 2012년 8월 : 경희대학교 건축학과 (공학석사)
- 2013년 11월 ~ 현재 : 한국건설 기술연구원 연구원
- 2016년 1월 ~ 현재 : 경희대학교 건축학과 박사중

<관심분야>

BIM, GIS, BIM-GIS 데이터 통합, 건설 ICT 융합

홍 창 희(Chang-Hee Hong)

[정회원]



- 1999년 8월 : 인하대학교 일반 대학원 지리정보공학과 (공학석사)
- 2006년 8월 : 서울대학교 환경 대학원 환경조경학과 (박사수료)
- 1999년 10월 ~ 현재 : 한국건설 기술연구원 수석연구원
- 2015년 12월 ~ 현재 : 해양-극지 기초원천기술개발사업추진위원

<관심분야>

BIM/GIS 데이터 통합, 도로표지정보시스템, 건설ICT융합