지상라이다를 이용한 지하철 역사의 3D 실내공간정보 구축방안 연구

A Study on the Construction of Indoor Spatial Information using a Terrestrial LiDAR

고 종 식* 정 인 훈** 신 한 섭*** 최 윤 수**** 조 성 길*****
Jong Sik Go In Hun Jeong Han Sup Shin Yun Soo Choi Seong Kil Cho

요 약 최근 공간정보 서비스 대상 영역의 범위가 실외 공간에서 실내 공간으로 급속하게 확대되어 가고 있으며, 이러한 변화는 IT·모바일 등 첨단기술의 발달과 함께 다양한 분야와의 융·복합을 통한 연계 활용으로 향후 실내공간정보의 다양한 서비스 수요를 창출하게 될 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 현재 활용 가능한 실내공간정보 구축방법에 대해 살펴본 후, 서울 시청 지하철 역사를 대상으로 실내 고정밀 레이저 측량 및 3차원 벡터 가공기술을 활용하여 정밀 3차원 실내공간정보를 구축하였다. 구축된 정밀 3차원 실내모델은 1:1000 수치지도와의 중첩분석을 통해 정확도 평가를 실시하였으며 그 결과, X축으로 최대 0.04m Y축으로 최대 0.06m 이내의 위치정확도를 확보할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 향후 실내공간정보 구축 및 실내외 공간정보 연계활용을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 실내공간정보, 3차원 시각화, 서울 시청역사, 지상라이다

Abstract Recently, importance of indoor space is on the rise, as larger and more complex buildings are taking place due to development of building technology. Accordingly, range of the target area of spatial information service is rapidly expanding from outdoor space to indoor space. Various demands for indoor spatial information are expected to be created in the future through development of high technologies such as IT·Mobile and convergence with various area. Thus this research takes a look at available methods for building indoor spatial information and then builds high accuracy three-dimensional indoor spatial information using indoor high accuracy laser survey and 3D vector process technique. The accuracy of built 3D indoor model is evaluated by overlap analysis method refer to a digital map, and the result showed that it could guarantee its positional accuracy within 0.04m on the x-axis, 0.06m on the y-axis. This result could be used as a fundamental data for building indoor spatial data and for integrated use of indoor and outdoor spatial information.

Keywords : Indoor Spatial Information, 3D visualization, Seoul City Hall Subway Station, Terrestrial LiDAR

1. 서 론

공간정보는 단순히 위치정보의 전달 수준을 넘어 인간의 실생활에 깊이 개입되어 생활의 일부로 인

식되어가고 있으며, 공간정보 기술은 다양한 정보를 제공하는 기술을 넘어 인간 개개인의 생활방식을 바꿔주는 생활 밀착형 기술로 진화·발전하고 있다. 이러한 공간정보에 대한 인식변화를 통해 최근

[†]This article is developed by 'Study on Precision Indoor Spatial Positioning and Leverage' which is published in 2013 KSGPC spring conference.

[†]The work was researched by the supporting project to educate GIS experts.

* Jong Sik Go, Ph.d. Candidate, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, jump-go@caas.co.kr

** In Hun Jeong, Ph.d. Candidate, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, easystudio@uos.ac.kr (Corresponding author)

*** Han Sup Shin, Senior researcher, ChungAng-AeroSurvey CO., LTD., coscill@naver.com

**** Yun Soo Choi, Professor, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, choiys@uos.ac.kr

***** Seongkil Cho, Associate Professor, Dept. of Geoinformatics, University of Seoul, skcho@uos.ac.kr

건설기술 발달 및 대도시 인구밀도의 증가 등으로 건축물이 대형화·복합화 되고 있는 환경에서 시민들이 80%이상의 시간을 보내는 실내공간에 대한 중요성이 대두되고 있다.

이에 따라 공간정보 서비스 대상 영역의 범위가 실외 공간에서 실내 공간으로 급속하게 확대되어 가고 있으며, 이러한 변화는 IT·모바일 등 첨단기술의 발달과 함께 다양한 분야와의 융·복합을 통한 연계 활용으로 향후 실내공간정보의 실내포털, 시각장애인 지원, 컨벤션서비스, 재난대응, 지하철 환승, 실내보안 등 다양한 서비스 수요를 창출하게 될 것으로 판단된다.

Figure 1. Research flowchart

따라서 본 연구에서는 실내공간정보 표준 및 구축대상 그리고 현재 활용 가능한 모델 구축방법에 대해서 살펴본 후 그 중 지상라이다를 활용한 3D 스캔 방식을 활용하여 서울시청 지하철역을 대상으로 3차원 정밀 실내공간정보 모델을 구축하였다.

본 연구의 구축방식인 지상라이다를 통한 3D 스캔으로 데이터를 구축할 경우, 많은 데이터량으로 인해 구현 시 속도저하 및 활용성 제한과 같은 문

제점이 발생할 것을 고려하여 벡터모델링 수행을 통해 위의 문제점을 개선하였고 구축된 정밀 3차원 실내공간정보 모델은 1:1,000 수치지도와의 중첩분석을 통해 정확도를 평가하였으며, 연구의 진행순서는 위의 Figure 1과 같다.

2. 실내공간정보 기술요소 및 구축대상

2.1 실내공간정보 기술요소

실내공간정보는 실외공간정보의 개념인 유클리디언 공간과 달리 실내의 구조물에 의하여 거리가 정의되는 특성을 가지고 있다. 이는 공간정보이론의 중요한 기초가 변경되어야 된다는 것을 의미한다.

또한, 실내공간은 (x, y, z) 좌표만으로 위치를 결정하는 것이 아니라, 공간의 기호적 위치(층수, 아파트 호수 등)를 통한 위치 지정도 가능하다. 실제로 실내공간정보 서비스에서는 좌표공간보다는 기호적 공간의 사용이 사용자의 활용성, 편의성을 증가시킬 수 있다. 이러한 실내 공간정보는 Figure 2와 같은 생애주기(Life Cycle)을 가지고 있으며, 이를 통해 생애주기가 정의 될 수 있다[9].

Figure 2. Technical Factors of Indoor spatial information

실내공간정보 기술은 제약공간, 기호공간, 실내측위 이 세 가지 핵심적 요소를 기반으로 정의할 수 있다. 제약공간은 벽, 계단 등 실내구조물로 제약을 받는 비유클리디언 공간이며, 기호공간은 기호적 방

법으로 실내공간의 위치를 표현하는 것이다. 마지막으로 실내측위는 실외와 다른 측위방법론이 요구되는 기술이다. 실내공간은 이러한 핵심요소를 통해 실외공간과 다른 방법으로 데이터모델이 정의된다.

실내공간에 대한 데이터모델은 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 표준화한 CityGML의 LoD 4 (Level of Detail 4)에서 정의되어 있다[2].

이 모델에서는 실내공간에 대하여 기하적, 속성적, 가시화적 요소와 실내가구를 정의하고 있다. 기하적 요소는 방, 복도 등 실내공간 도형의 기하 정보이며, 속성적 요소는 실내공간 객체에 대한 추가적 분류 및 속성정보를 말한다. 가시화 요소는 실내공간을 가시화하기 위한 요소(텍스처 이미지 등)를 말하며, 그 외의 이동 가능한 가구 등의 객체를 실내가구로 정의하고 있다. 그러나 이러한 요소는 실내공간의 중요한 요소인 이동을 위한 연결성에 관한 요소와 기호적 공간의 요소를 포함하지 못하고 있다. 이를 보완하기 위하여 현재 OGC에서는 IndoorGML 표준을 만들고 있다. 이 표준은 실내공간의 연결성과 다중공간모델을 제공하고 있다[9].

CityGML에서 제공되는 기하 요소, 속성요소, 가시화요소 등과 결합하여 보다 완벽한 정보를 제공할 수도 있으며, IndoorGML은 CityGML 뿐만 아니라 Figure 3과 같이 다양한 방법으로 구축 변환과정을 거쳐 표현될 수 있으며, 다른 다양한 3차원 또는 2차원 공간정보와 결합하여 사용하기 위한 연구가 지속되고 있다.

Figure 3. Relationship between IndoorGML and CityGML(OGC)

2.2 실내공간정보 구축대상

실내공간정보 서비스 제공을 위해 많은 비용과

시간이 소요되고 구축 후 활용단계에서 서비스의 질을 결정짓는 요소는 실내공간정보 모델이다. 따라서 경제적이고 정확한 실내공간정보의 구축을 위해 구축되는 대상과 내용의 범위 설정은 매우 중요한 요소이다[14].

Figure 4. Two Components of IndoorGML [8]

실내공간정보의 구축은 그 요소에 따라서 다양하게 이루어지며, 구축 대상의 종류는 2차원 평면도, 3차원 기하 모델링, 3차원 이미지텍스처, 실내공간 연결정보, 실내공간 객체분류 및 속성정보, 실내 POI 정보, 측위 정보로 구별하며, 이에 대한 정의는 위의 Table 1과 같다[9].

Table 1. Indoor spatial information construction objects and its contents

Construction Object	Content
2D floor plan	construct indoor spatial information of a building as a form of multi-floor structure by distinguishing each floor
3D geometric model	construction using various positioning equipments
3D Image texture	Combine 3D images acquired to 3D models
Indoor space connectivity information	Mainly express it by the IndoorGML
Spatial object Classification / Attribute	Information of classification of each space (Room, Corridor, floor, Door)
Indoor space POI information	Mainly done by manual labor, or subsidiary data
Indoor location determination	Additional information for indoor positioning

3. 실내공간정보 모델 구축 방법

3.1 실내측위를 통한 구축 방법

실내측위를 통한 구축 방법은 본 연구에서 서울시청 지하철 역사의 실내공간정보를 구축한 방법으로 기준점 측량, 지상라이다 측량, 시설물 조사(POI), 실사촬영, 원시자료 전처리, 지리부호화, 모델링 및 도면화, 사진 편집 및 매핑, 검수 및 수정 그리고 구조화 및 표준형식 포맷(CityGML) 저장의 과정을 거쳐 실내공간정보 모델을 구축하였다.

실내측위를 통한 실내공간정보 구축방법은 정밀 3차원 실내공간정보 모델 및 문화재와 같은 높은 정확도가 요구 되는 모델 구축에 활용이 적합하다.

실내측위를 통한 구축방법은 4장에서 데이터 구축과정에 대해 다루기로 한다.

Figure 5. 3D scan image(Palac Potockich Radzyn Podlaski, 3Deling)

3.2 건축도면 또는 BIM 정보를 이용한 구축 방법

모든 건축물 및 토목구조물은 시공 및 인허가 등을 위한 설계도서가 작성된다. 그리고 설계도서는 건축(토목), 구조, 기계설비 등의 도면으로 구분되어 각 분야의 전문가들에 의해 작성된다. 2000년대 초반까지는 대부분이 2D CAD를 활용하여 작성되어왔으며, 공사의 규모나 건축주들의 요청에 따라 3D 모델을 구축 조감도나 시뮬레이션 부분에 활용되었다.

또한 2005년 이후 BIM(Building Information Modeling) 기술이 도입되고 정부의 도입 계획(2012년부터 500억 이상, 2013년 300억 이상, 2016년 모든 공사에 BIM 설계 의무도입)이 발표됨에 따라

대형 건설사 및 설계사무소를 중심으로 BIM 도입을 진행하고 있는 실정이다. 이렇게 구축된 BIM 데이터는 건축물에 대한 풍부한 정보를 담고 있어 최근 BIM과 GIS의 융복합 활용을 통한 공간정보 범위의 확장을 위한 연구 및 프로젝트가 이루어지고 있다.

3.2.1 건축도면 활용

CAD로 작성된 2차원 준공도면을 기반으로 3차원 모델링 저작도구(3D MAX 등)로 모델 제작 후 3차원 가시화 데이터를 제작 텍스처링, 구조화 편집 표준 형식 포맷(CityGML)으로 저장하여 데이터 저장하여 실내공간정보 데이터베이스 구축이 가능하다.

Figure 6. 2D Architectural drawing(CAD)

Figure 7. 3D Indoor modeling using 2D Architectural drawing(Sketch up)

3.2.2 BIM 정보 활용

BIM은 Building Information Modeling 또는 Model(s)의 약자로 두 가지의 의미를 가지고 있다.

Building Information Model(s)은 대상(객체)의 의미로 쓸 수 있으며, building을 건축물로만 해석하는 것이 아니라 '짓는 정보 모델'로 해석할 수 있으며, BIM은 건축분야 뿐만 아니라 모든 건조 환경

을 대상으로 하기 때문에, 미국 등에서는 토목 및 플랜트 분야에서도 BIM이라는 용어가 일반화 되어 있다[5]. 그리고 Building Information Modeling의 경우는 대상보다는 행위(건설정보 모델링 하는 것)를 중심으로 기술, 따라서 단순히 S/W 기술이나 단위의 객체보다는 프로세스의 개념을 포함하고 있다[1, 5]. 그 외 국내외의 주요 기관과 주요 BIM 벤더사에서는 다음과 같이 BIM을 정의하고 있다(Table 2, [5]).

Table 2. Definition of BIM[5]

Organization	Definition
NIBS	A computable representation of the physical and functional characteristics of a facility and its related project/life-cycle information using open industry standards to inform business decision making for realizing better value.
AEC Infosystems	Information use, reuse, and exchange with integrated 3D-2D model-based technology, of which electronic documents are just a single component.
Graphisoft	A single repository including both graphical documents - drawings -and non-graphical documents - specification, schedules, and other data.
Bentley	A modeling of both graphical and non graphical aspect of the entire Building Life cycle in a federated database management system.
Autodesk	A building design and documentation methodology characterized by the creation and use of coordinated, internally consistent computable information about a building project in design and construction.

BIM의 일반적인 속성으로는 건축물의 객체들(벽, 슬래브, 창, 문, 지붕, 계단 등)이 지니고 있는 각각의 속성(기능, 구조, 용도 등)을 표현하며 매개변수에 의해 상호 유기적인 관계를 인지하여 건축물 모델의 정보를 구축하며 모든 객체들은 각각 자체 속성들에 의해 식별 및 표현된다[5].

BIM 데이터는 개방형 BIM 활용을 위해 단일의

Figure 8. IFC Object Definition(door)

통합모델을 제공, 건축물 및 관련 도메인에 대한 데이터를 저장하고 교환할 수 있는 틀인 IFC (Industry Foundation Classes) 표준 데이터 셋으로 실세계에 존재하는 건물 객체들에 대해 정의하며 표준 데이터 셋은 BIM 응용도구들 간의 BIM 객체를 교환하기 위해 이용되며, BIM 객체는 IFC 객체 인스턴스로 변환하여 활용한다[5].

현재까지 BIM 데이터를 구축하고 있는 건축물이나 구조물이 많지 않지만 BIM 설계 의무도입으로 인해 향후 대형복합건축물에 대해 BIM 데이터가 구축될 경우, 실내공간정보 분야에서 많은 활용이 가능할 것으로 판단된다.

또한 해외 대형건설사 및 국내 일부 건설현장에서는 로봇 측량장비에서의 BIM 데이터를 활용한 시공 측량방법을 도입 대형복합건축 시공에 활용을 하고 있다. 이는 계획·시공단계에서부터 BIM 데이터를 적용, 준공 후 실내공간정보 구축의 신뢰성 및 효율적인 관리가 가능할 것이다.

Figure 9. Royal London Hospital case(HOK and Skanska)

Figure 10. Comparison between BIM constructed Model and real image (HOK and Skanska)

3.3 다층 2차원 도면을 이용한 구축 방법

디지털 지도 서비스는 기존의 자동차용 내비게이션 지도인 1.0에서 스마트폰 기반의 디지털 지도 2.0시대로 넘어오면서 적용공간, 활용분야, 지도 데이터베이스 구축이라는 3가지 차원에서 변화가 발생하고 있다.

쇼핑센터, 문화시설, 주거 및 사무공간이 모인 초대형 복합단지가 늘어나면서 길찾기, 매장안내 등 실내지도 서비스의 수요가 증가하고 있으며, 2차원 도면을 활용하여 다층의 각층마다 호, 실의 위치에 속성을 부여하여 실내지도를 구축하여 사용하는 다층 2차원 도면(Multi-Level 2D)을 이용한 실내지도는 최근 구글의 실내지도나 오픈스트리트맵의 실내지도 등에서 활용되고 있다.

현재는 웹서비스용으로 많이 사용되며 스마트폰을 이용해 휴대폰 중계기, 와이파이 등을 통해 사용자의 위치파악이 가능하도록 제작되고 있다. 데이터의 무게가 가벼우며 내부 평면도만으로 제작이 가능하다는 장점이 있다.

Figure 11. Multi-Level 2D(Image) + Indoor GML[8]

Figure 12. Google Indoor map(MOMA, NY)

3.4 SLAM을 이용한 구축 방법

SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)은 맵이 알려지지 않은 미지의 공간에서 이동 로봇(또는 자동차, 비행체 등 스스로 운행을 조절하는 기구)이 자신의 위치를 인식(Localization)하고 동시에 주변 환경에 대한 지도를 작성(Mapping)하는 기법을 말한다.

Figure 13. A vehicle taking relative measurements to environmental landmarks

3.4.1 Localization

기존의 위치추적(Pose tracking)과 다른 것은 SLAM의 경우 로봇의 초기 위치를 알 수 없기 때문이다. 낯선 곳에서 처음 눈을 뜬 사람과 마찬가지로 시야(Image frame)에 들어오는 시각적 정보를 바탕으로 위치를 추정한다. 사람은 거리나 방위에 대해 절대적인 감각을 가지고 있는 것이 아니라 상황에 따라 판단하므로 종종 착각을 하거나 길을 헤매기도 한다. 로봇 역시 자신이 이동해 나가는 진행 방향과 경로를 주변 환경에 대해 상대적으로 계산한다. 그러므로 지도가 잘 만들어져야 자신의 위치를 정확히 파악할 수 있다[7].

Figure 14. Location tracking process[7]

3.4.2 Mapping

카메라를 센서로 사용하는 비전 기반 SLAM에서는 영상 처리(Image processing)의 필수 과정인 특징점 검출(Feature detections)을 통해 실제 공간에서는 하나의 점이라고 생각되는 각 이미지 프레임상의 점들을 매칭한다. 이때 각 이미지가 찍힌 위치, 즉 로봇의 위치 정보를 근거로 한다. 그러므로 위치 인식과 지도 작성의 문제는 상보적이다[7].

다시점 기하학에 바탕을 두고 움직이는 물체의 구조를 알아내는 SfM(Structure from Motion) 등 컴퓨터 비전의 3차원 복원(3D Reconstruction) 기술은 보통 오프라인으로 진행되는 과정이었으나, SLAM에 적용되면서는 실시간으로 변하는 위치 인식 정보와 더불어 결과가 나와야하기 때문에 온라인으로 처리되어야 한다. 따라서 컴퓨터의 계산 속도나 성능, 알고리즘의 복잡성, 정확도를 높이기 위한 최적화 등을 효율을 높이는 것이 관건이다. SLAM의 각 과정의 처리 속도는 현재 수 천 분의 일 초(ms)로, 실시간을 지향한다[7].

4. 실내공간정보의 구축 실험 및 분석

4.1 구축절차

본 연구에서 정밀 실내공간정보의 구축과정은 외업과 내업으로 구분할 수 있으며, 외업은 기준점 측량을 위한 계획을 수립한 후 GPS와 T/S(토탈스테이션)를 이용하여 기준점 측량을 실시하였다. 자료처리가 완료되면 측량좌표 값을 추출하고 지상레이저 3D스캔 계획을 수립한다. 스캔위치 선점 및 상대좌표를 설정하고 3D스캐너를 이용하여 지상레이저 측위를 실시한다.

시설물 조사와 실사촬영이 완료되면 내업으로 처리 하게 된다. 원시자료 전처리 과정에서는 Point Cloud 처리와 데이터 정합 및 좌표계를 통일하게 되며 지리부호화 과정에서는 원시자료의 부호체계를 확립하고 모델링 및 도면화 과정에서는 도화작업, 3차원 모델링, 3차원 가시화 데이터 제작 등이 이루어지게 된다.

Figure 15. Work flow of indoor spatial information positioning

Figure 16. Construction object of indoor spatial information(geom map)

1차 검수과정에서는 모델의 형상 및 좌표를 우선 검수하여 사진 편집 및 매핑을 하게 되며 최종 검수과정에서는 매핑 이상 유무를 확인 하고 최종적으로 구조화 및 저장을 하게 되고 전체 절차는 Figure 15와 같다. 본 연구에서는 서울 시청역 지하철 1호선과 2호선 역사를 대상으로 정밀 실내 공간정보를 구축 하였으며 대상지역은 Figure 16과 같다.

4.2 자료조사

정밀 실내공간정보의 시설물 및 위치공간의 속성 정보를 구축하기 위하여 시설물에 대한 조사를 실시하였으며, 시설물조사는 소방, 안내, 편의 등의 시청역사 내의 시설물에 대한 정보를 수집하기 위해 시설물조사를 수행하였다. 지하시설물 POI의 항목은 Table 3과 같으며, 현지조사를 통하여 위치 및 개수에 대한 조사를 수행 하였으며 역사 내 시설물에 대한 조사 업무를 중점적으로 수행하였다.

Table 3. List of Point of Interest(POI)

Classification		List
Inside of the station		External wall, Floor, Ceiling, Stairs, Escalator, Elevator, Column, Exit No., Shopping area
Facilities in the station	Fire Facilities	Sandbox, First aid box, Hydrant, Fire extinguisher, Emergency Call
	Ticketing Facilities	Fare adjustment and card reload device, T-money card vending machine and charger, Ticket vending and card reload machine, Deposit refund device, Coupon tray, Ticket gate, Emergency exit
	Accommodations	Toilet, Bench, Wastebasket, Vending machine
	Guidance Facilities	Gide map, Passenger guide indication device, Wheelchair boarding position gide

4.3 기준점 및 지상레이저 측량

정밀 실내공간정보를 구축하기 위하여 지상레이저 측량을 할 경우 상대좌표를 절대좌표로 변환하기 위해 GPS 측량을 통하여 기준점이 되는 절대좌표를 추출하였으며 위성 기준점을 활용 하였다. 측량은 가장 가까이 있는 보조기준점의 위치를 확인하여 보조기준점 으로부터 GPS와 T/S를 이용하여 기준점 측량을 실시하였다. GPS측량을 통해 실내공간측위정보를 구축하기 위하여 시청역 5번과 12번 출입구의 양측에 절대좌표를 추출하여 시청역 양쪽의 절대기준점을 구축하여 지상레이저측량 정보로 이용하였다.

시청역 내부 공간 및 시설의 실내 공간에 대한 고품질의 정확한 데이터를 취득하기 위해 Figure

Table 4. Acquirement of absolute coordinates from GPS receiver

Station	N(X)	E(Y)	Z(H)
The left of Exit no.5	551826.383	198004.43	30.005
The right of Exit no.5	551827.438	198010.898	29.918
The left of Exit no.5	551633.504	197924.874	30.647
The right of Exit no.5	551634.475	197921.582	30.681

15와 같이 지상레이저 측량을 실시하였다. 시청역의 역사 내부 및 시설에 대한 모든 정보를 얻기 위해 조사대상에 대한 측정위치를 선정하여 169개 지점에서 20개의 방향으로 스캔을 실시하였다.

설치지점은 대상으로부터 하부 45도를 제외한 360도 스캔이 가능한 지점으로 선정하였으며, 사전 스캔 지점 분석 및 범위를 지정하여 유동인구 등의 외부 위험 요소를 배제한 작업시간대를 선정하여 협조공문을 통하여 현지 작업을 협의 하였다. 현장 작업시간은 저녁 11시부터 오전 5시까지 6시간정도 씩 작업 하였으며 총 754,835,041 Point, Point Cloud 1, Gps 4 포인트를 취득 하였다.

3차원 지상레이저 스캔을 통하여 획득한 원시자료의 상대좌표를 GPS 측량 기준의 절대좌표로 매칭하기 위한 지리부호화 작업을 수행하였다. GPS 측량 결과물의 절대좌표를 추출하고 3D 스캔된 원시자료의 상대좌표를 추출하였다. Geo-Referencing을 통하여 상대좌표로 잡혀있던 원시자료를 절대좌표로 변환하였다. 라이다 측량시 획득되는 상대좌표는 mm이기 때문에 이를 m 단위로 환산 후 세계측지계(WGS84)의 평면직각좌표계(TM, 중부원점)로 변환 하였다.

라이다측량을 통하여 구축된 3차원모델링에 텍스처매핑을 하여 고품질의 데이터를 얻기 위해 구축 대상에 대한 실사 촬영 업무를 조사항목을 구분하여 Figure 17과 같은 과정으로 수행하였다. 역사 내부에 대해서는 3차원 모델링 및 텍스처링이 실시되어야 하므로 모든 시설에 대한 모든 실내정보를 촬영하였다.

4.3 3차원 모델 구축

지상레이저측량을 통하여 얻은 점밀도 데이터를 기초로한 3차원 객체모델 제작 모델링 및 도면화

Figure 17. Process for giving absolute coordinate

제작 작업은 Figure 18과 같이 모델링을 실시하였으며, 그 방법은 기하모델에 의한 Edge Detection을 처리하여 Vector 자료의 외곽모델을 생성하여 3차원 폴리곤을 형성 하였다. 이는 신규객체의 3차원 모델을 생성하기 위하여 점데이터의 선형화 작업을 실시하고, 이를 통해 표면 모델링 작업을 실시하여 면처리를 실시하였다.

면처리 작업을 통해 Fitting Surface Modeling 한 모델을 레이어별 분리하였으며, 저용량 표면정보 포맷으로 압축하여 변환 작업을 실시하였다. 마지막으로 격자 구조의 Surface Model의 구조를 단순화하여 저용량 모델링 제작하여 구축하였다.

제작된 3DS(3D Studio) 파일의 Texture 영상 고도화를 위한 사진편집 및 매핑작업을 실시한다. 매핑작업을 위하여 고해상도 사진 시설별 유형을 분류하고 주변 사물에 의한 왜곡 현상은 주변 사진과의 관계와 특성을 고려하여 수작업으로 수행하였다. 또한 왜곡현상을 처리하는 수준에 따라 정밀화의 차이가 발생함으로 3차원 모델링 활용 목적을 고려하여 적정수준의 처리방안을 결정하여 작업 하였다.

사진 편집 작업은 3DS파일용 Texture 영상 제작을 위해 Figure 19와 같이 현지사진을 활용하여 편집 하였다. 3차원 모델링 영상정보 구축시 고품질의

① POI acquirement

② Input POI data

③ Add omitted data

④ Giving coordinate

Figure 18. Process of building POI

Layers of modelling

Delete unnecessary data

Surface Modeling

Structure Modeling

Facilities Modeling

Figure 19. Process of data modelling

Figure 20. Final result of indoor spatial information construction

영상을 획득하기 위한 실사수준의 영상이 필요하였으며 이미지의 크기는 용량의 적정성을 고려하여

최대 40%이하 크기로 작업 하였다. 레이저 모델과 영상 Texture를 융합한 3차원 실내공간정보 구축 데이터는 Figure 20과 같이 구축하였다.

본 연구에서 구축한 시청역의 실내공간정보 데이터는 외벽, 바닥, 천장, 기둥, 교통카드매표, 개찰구, 등의 시설을 확인할 수 있다. 또한, 역사에서 필요로 하는 각종 사고예방 및 안내, 장애인의 동선과약 등으로 활용 될 수 있으며 새로운 방식의 가상현실 서비스가 가능할 것으로 판단된다.

4.4 정확도 분석

본 연구에서 구축한 시청역 실내공간정보와 1/1000 수치지도를 Figure 21과 같이 중첩분석을 통해 실시하였다.

위치정확도 평가를 위해 본 연구에서 구축한 실내공간정보 데이터와 1/1,000 수치지도의 X, Y값에 대하여 비교한 결과 Table 5와 같은 결과를 취득하였다. 그 결과 X축으로 최대 0.04m Y축으로 0.06m 이내의 위치 정확도를 보였다. 이는 1/500 수치지도의 정확도 범위 내에 포함되는 성과로서 본 연구에서 구축한 실내공간정보 데이터는 실제의 위치정보와 거의 동일함을 알 수 있다.

또한, 실내 공간정보 구축결과와 실제 지상촬영정보와 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 실내측위 정보를 기반으로 선형정보를 이용하여 Surface 객체와 지상사진정보를 모델링하여 신뢰성 있는 정보를 구축할 수 있었다.

Figure 21. Comparison between indoor spatial information of City Hall station and 1/1000 digital map by overlapping

Table 5. Comparison between indoor spatial information and 1/1000 digital map by overlapping

Station No.	Indoor spatial information		1/1000 Digital map		Intersect	
	X	Y	X	Y	DX	DY
1	198012.17	551844.91	198012.19	551844.88	0.02	-0.03
2	198001.25	551852.89	198001.26	551852.93	0.01	0.04
3	197992.63	551857.94	197992.61	551857.97	-0.02	0.03
4	197993.47	551831.46	197993.51	551831.51	0.04	0.05
5	197992.63	551795.33	197992.59	551795.31	-0.04	-0.02
6	197988.22	551748.27	197988.23	551748.22	0.01	-0.05
7	197970.57	551692.59	197970.54	551692.57	-0.03	-0.02
8	197953.34	551635.23	197953.37	551635.29	0.03	0.06
9	197909.48	551596.94	197909.46	551596.95	-0.02	0.01
10	197868.83	551584.97	197868.81	551585.00	-0.02	0.03
11	197864.89	551591.09	197864.93	551591.07	0.04	-0.02
12	197869.50	551595.70	197869.51	551595.71	0.01	0.01
13	197857.71	551592.16	197857.75	551592.13	0.04	-0.03

Figure 22. Comparison between constructed data and real image

5. 결 론

본 연구에서는 향후 수요가 급증할 것으로 예상되는 실내공간정보의 효율적인 구축 및 활용을 위해서 먼저 실내공간정보 표준 및 구축대상과 현재 활용 가능한 구축방법에 대해 살펴본 후, 서울시청 지하철 역사를 대상으로 실내 고정밀 레이저 측량 및 3차원 벡터 가공기술을 활용하여 정밀 3차원 실내공간정보를 구축하였다. 이렇게 구축된 정밀 3차원 실내모델은 1:1000 수치지도와의 중첩분석을 통해 정확도 평가를 실시하였으며 그 결과, X축으로 최대 0.04m Y축으로 최대 0.06m 이내의 위치정확도를 확보할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

또한 이번 연구를 통해 구축한 실내공간정보모델은 단순 2차원 사진정보가 아닌 구축대상을 미리 정의하고 지하철 이용자들에게 필요한 POI 정보(외벽, 바닥, 천장, 기둥, 교통카드매표, 개찰구, 등)를 입력하여 3차원 실내공간정보모델을 구축하였기 때문에 각종 사고예방 및 안내, 장애인의 동선과악 등으로 활용이 가능할 것으로 판단되며, 이러한 결과는 향후 실내공간정보 구축 및 실내외 공간정보 연계활용을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

하지만, 현재까지 구축기술, 실내측위기술, 응용기술 등 실내공간정보 요소기술의 충분한 검증과 기술통합 및 사례별 적합한 구축방법에 정의가 미흡한 실정으로 향후 이 부분에 대한 연구와 더불어 서비스를 위한 플랫폼 마련이 필요하다.

References

- [1] Choi, C. S; Kim, I. H. 2011, Interoperability Tests of IFC Property Information for Open BIM based Quality Assurance, Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, 16(2):92-103.
- [2] Hagedorn, B; Trapp, M; Glander, T; Dollner, J. 2009, Towards an Indoor Level-of-Detail Model for Route Visualization, 2009 Tenth International Conference on Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware, 692-697.
- [3] Henry, P; Krainin, M; Herbst, E; Ren, X; Fox, D. 2010, RGB-D Mapping: Using depth cameras for dense 3D modeling of indoor environments, in Proceedings of the 12th International Symposium on Experimental Robotics(ISER).
- [4] Huang, A; Bachrach, A; Henry, P; Krainin, M; Maturana, D; Fox, D; Roy, N. 2011, Visual odometry and mapping for autonomous flight using an RGB-D camera, in Proceedings of the International Symposium of Robotics Research(ISRR), Flagstaff, USA.
- [5] Kim, I. H; Choi, J. S. 2010, BIM and IFC Standard International Situation, 36th KSCE Annual Conference.
- [6] Lee, H. J; Lee, Y. W. 2013, Implementation of Geo-Semantic App by Combining Mobile User Contexts with Geographic Ontologies, Journal of Korea Spatial Information Society, 21(1):1-13.
- [7] Lee, Y. M; Seo, Y. D. 2009, SLAM Vision-Based SLAM in Augmented/Mixed Reality, Journal of Korea Multimedia Society, 13(3):12-20.
- [8] Li, K. J. 2012, IndoorGML", 80th OGC Technical Committee Austin, Texas(USA).
- [9] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2012, A Research on the Technology of Integrated Management System for Localization and Indoor Spatial information 2012.
- [10] Moustafa A; Moustafa Y. 2012, CrowdInside: Automatic Construction of Indoor Floorplans, Proceedings of the 20th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems.
- [11] Peter, M; Haala, N; Fritsch, D. 2011, Using photographed evacuation plans to support MEMS IMU navigation, in Proceedings of the 2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN2011), Guimarães, Portugal.
- [12] Yoo, C. H; Choi, Y. S; Kim, J. M. 2008, Analysis of Slope Fracturing using a Terrestrial LiDAR, Journal of Korea Spatial

Information Society, 16(3):279-290.

[13] <http://aecbytes.com>.

[14] <http://aia.org>.

[15] BuildingSmart Alliance, <http://buildingsmart.org>.

[16] <http://maps.google.com>.

[17] <http://opengeospatial.org>.

논문접수 : 2013.05.03

수정일 : 2013.06.25

심사완료 : 2013.06.27