

# 지상라이다와 디지털지상사진측량을 융합한 건축물의 3차원 정밀모델링 3D Precision Building Modeling Based on Fusion of Terrestrial LiDAR and Digital Close-Range Photogrammetry

사석재<sup>1)</sup> · 이임평<sup>2)</sup> · 최윤수<sup>3)</sup> · 오의종<sup>4)</sup>

Seokjae Sa · Impyeong Lee · Yunsoo Choi · Euijong Oh

<sup>1)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 석사과정 (E-mail : seokjae4@uos.ac.kr)

<sup>2)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 교수 (E-mail : implee@uos.ac.kr)

<sup>3)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 교수 (E-mail : choiys@uos.ac.kr)

<sup>4)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 석사과정 (E-mail : gps@uos.ac.kr)

## Abstract

The increasing need and use of 3D GIS particularly in urban areas has produced growing attention on building reconstruction. Nowadays, the use of close-range data for building reconstruction has been intensively emphasized since they can provide higher resolution and more complete coverage than airborne sensory data. We developed a fusion approach for building reconstruction from both points and images. The proposed approach was then applied to reconstructing a building model from real data sets acquired from a large existing building. Based on the experimental results, we assured that the proposed approach can achieve high resolution and accuracy in building reconstruction. The proposed approach can effectively contribute in developing an operational system producing large urban models for 3D GIS.

## 1. 서 론

차세대 첨단 주력산업으로 주목받고 있는 텔레메틱스(telematics), 위치정보서비스(location based service, LBS), 유비쿼터스(ubiquitous) 등의 발전과 더불어 3차원 지리정보시스템(GIS)의 활용이 급격히 증가할 것으로 기대된다. 특히 도시모델은 이러한 3D GIS의 근간을 이루며, 이에 도시모델의 획득과 지속적인 수정에 대한 수요 증가도 필연적이다. 이러한 도시모델은 건물과 도로 같은 인공구조물의 모델을 필수적인 요소로 포함하며 이러한 모델을 센서 데이터로부터 자동 또는 반자동으로 생성하는 연구들이 많이 진행되어왔다.

건축물의 3차원 모델링의 입력 데이터로는 주로 항공 영상 또는 항공라이다 데이터의 센서와 같이 원거리 센서로부터 얻어진 데이터가 사용되었다(Halla 등, 1999; Maas 등, 1999; Jung, 2004; Suveg 등, 2004). 원거리 센서는 데이터 획득에 소모되는 비용이나 시간이 작다는 장점이 있지만, 고정밀의 모델링을 위한 고해상도 데이터를 제공하기 어렵다는 단점이 있다. 이로 인해 이러한 원거리 데이터를 기반으로 하는 기존의 많은 연구들은 센서 데이터 자체의 한계로 인해 완전하고 정밀한 모델을 추출하는데 있어서 만족할만한 결과를 생성하지 못했다.

이에 따라 본 연구는 기존의 항공용 센서보다 더 조밀하고 정밀한 3차원 좌표를 생성하는 지상 라이다와 지상 디지털 사진측량을 융합하여 건축물의 정밀모델링을 수행한다. 그림 1은 본 연구의 체계(framework)를 나타내며 크게 데이터 획득과 데이터 처리의 두 단계로 구성된다. 각각의 근거리 센서로부터 데이터를 획득하고, 이 획득된 데이터는 처리과정을 거쳐 3차원 CAD모델로 추출된다.

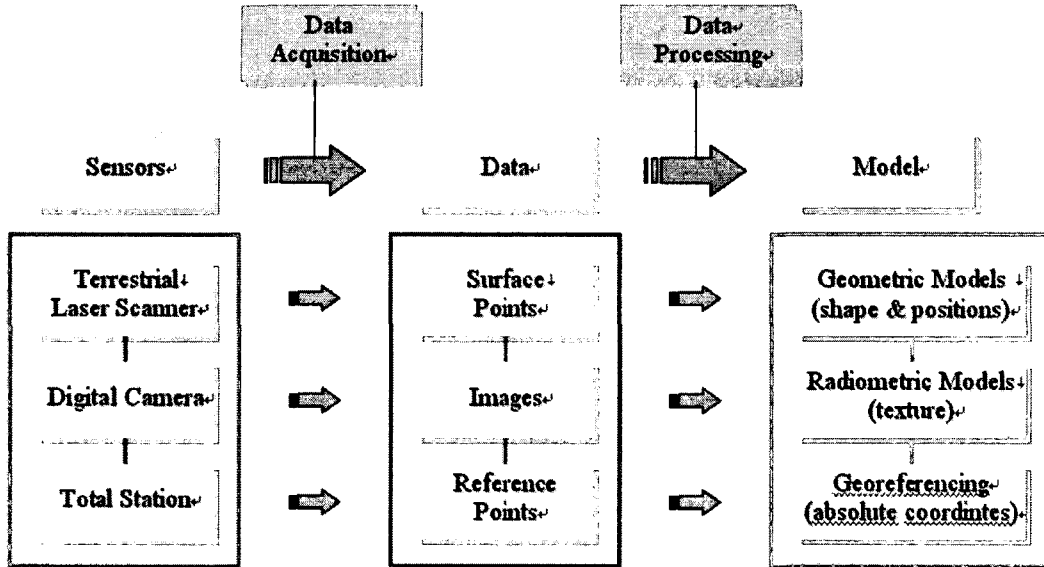


그림 1. 연구의 체계

## 2. 지상 센서를 통한 데이터 획득 방법

### 2.1 센서의 소개 및 역할

#### 2.1.1 지상 라이이다(ILRIS-3D)

레이저 스캐너를 사용하면 빌딩 표면의 수많은 포인트 데이터를 획득할 수 있다. 레이저 스캐너는 목표물에 레이저 펄스를 발사하여 그 목표물의 표면에서 반사되어 돌아오는 레이저를 수신한 후 이 펄스의 왕복 시간을 계산하여 레이저 스캐너에서 목표물까지의 거리를 결정한다. 좌표계는 레이저 스캐너가 위치한 점을 원점으로 하는 상대좌표계로 표현된다.

#### 2.1.2 디지털 카메라(SONY F828)

디지털 카메라를 사용해서 건축물의 texture를 획득한다. 본 연구에 사용된 카메라는 높은 정확도와 렌즈의 왜곡이 정의되어 있는 사진측량용 사진기가 아닌 일반적인 목적으로 사용되는 카메라로써, 획득된 영상으로부터 정확한 기하학적인 정보를 추출해 내기 위한 것이 아니라 건축물의 외형의 texture만을 얻어내기 위한 목적이다. 영상을 촬영하기 전에 먼저 실험실에서 카메라의 보정 과정을 수행하였다.

#### 2.1.3 Total Station (Trimble 5600)

Total Station을 사용하여 기준점의 정확한 절대좌표를 획득한다. 지상 라이이다와 디지털 카메라로 획득된 데이터를 데이터 처리 과정에서 절대좌표계로 정합하기 위해서 적어도 3개 이상의 기준점이 필요하다. 이를 위해 적절한 위치에 기준점을 설정하고, 설정된 위치에 타겟을 위치시킨다. 타겟이 위치한 곳이 기준점이 되며, 기준점들의 정확한 좌표를 Total Station을 사용하여 측량한다.

### 2.2 센서의 배치

건축물의 모든 면의 데이터가 적절한 중첩을 포함하도록 지상라이이다와 디지털카메라의 적절한 위치를 설정한다. 적어도 세 점 이상의 기준점이 하나의 데이터 셋에 포함되도록 기준점들의 위치를 설정한다. 또한 두 점 이상의 기준점이 인접한 데이터 셋에 중복되도록 관측한다. 그림 2는 센서의 배치의 예를 보여준다.

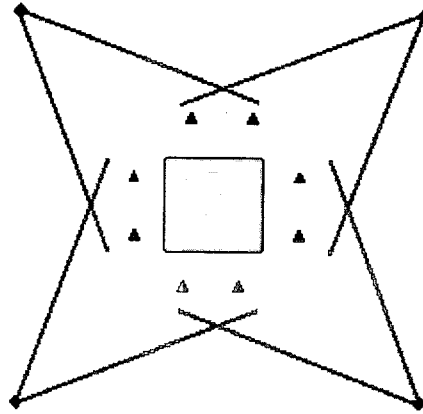


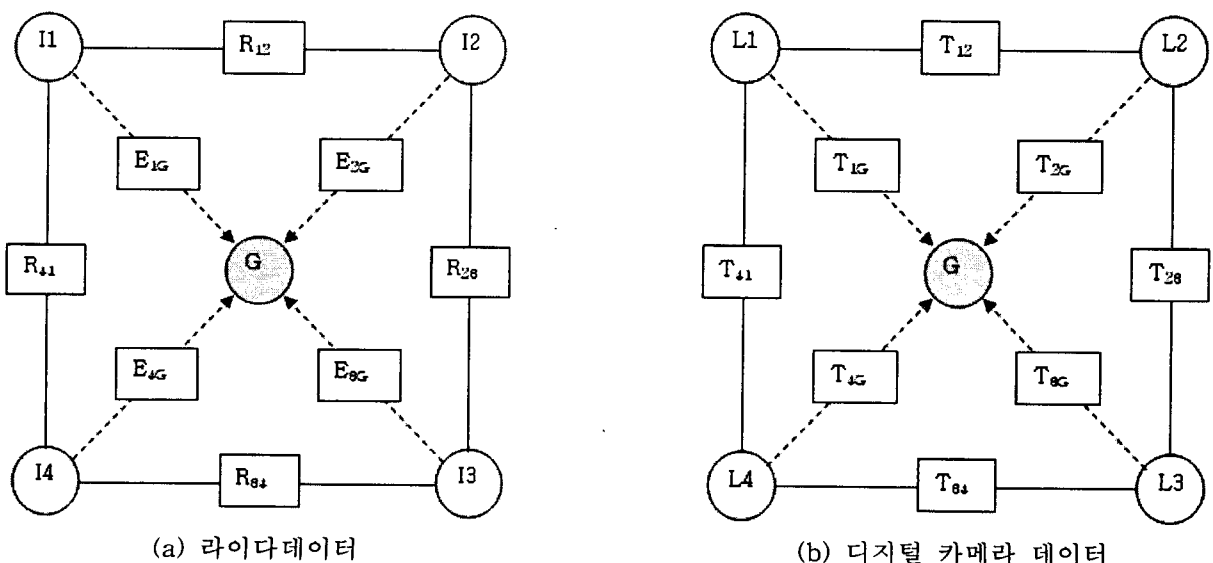
그림 2. 센서의 배치(세모는 기준점, 네모는 라이다와 카메라의 위치)

### 3. 획득된 지상 센서 데이터의 처리 방법

건물의 정밀 모델링을 위해 획득한 데이터를 처리하는 방법은 크게 여러 위치에서 획득한 라이다 데이터와 디지털 사진을 하나의 공통된 좌표계로 변환하는 데이터 정합 과정과 정합된 데이터로부터 건물의 CAD 모델을 추출하는 모델링 과정으로 구성된다.

#### 3.1 데이터 정합(Registration)

그림 3과 같이 각각의 위치에서 획득된 데이터 셋의 모델 그래프를 수립한다. 이러한 모델 그래프에서 노드(node)는 각각의 데이터 셋을 의미하고, 데이터 셋은 라이다 경우는 점의 집합이고, 디지털 카메라의 경우는 영상이다. 또한, 두 개의 데이터 셋이 중첩을 포함하면 링크(link)로 연결한다. 곧, 링크로 연결된 두 개의 데이터 셋은 서로 인접한 것을 의미한다. 각각의 라이다 데이터 셋에 포함된 점의 좌표는 센서의 위치를 원점으로 하는 임의의 좌표계를 기준으로 결정된다. 이로 인해 센서의 위치가 바뀔 때마다 저마다 상이한 좌표계를 사용하게 된다. 이러한 개별좌표계로 생성된 데이터 셋을 하나의 공통된 좌표계로 변환해야 한다. 개별 좌표계에서 공통 좌표계로의 변환은 3차원 similarity 변환을 통해 수행한다. 라이다 데이터와 비슷하게 각각의 영상도 저마다의 개별좌표계로 형성된다. 개별좌표계와 공통좌표계 사이의 관계를 설정해야 하는데 이는 사진측량에서 사용하는 공선방정식을 이용한다.



(a) 라이다데이터

(b) 디지털 카메라 데이터

그림 3. 데이터 정합을 위한 모델 그래프

### 3.2 데이터 모델링

모델링은 데이터 정합을 통해 하나의 공통된 좌표계로 변환된 데이터를 이용하여 건물의 정밀한 CAD 모델을 추출하는 것이다. 그림 5는 모델링의 전체 과정을 간략하게 보여준다. 점으로 구성된 라이다 데이터로부터 점의 그룹핑하여 평면 패치를 추출하고, 추출된 평면 패치 중에 인접한 패치들로부터 두 면의 교선을 구해서 edge를 형성한다. 이 과정은 저자가 개발한 이전의 연구에서(Lee and Schenk, 2001a; Lee and Schenk, 2001b; Lee and Schenk, 2002; Lee, 2002)로 개발한 인지적 구성(perceptual organization) 과정에 기반한다. 디지털 카메라로 획득된 영상에서는 LoG 또는 Canny 검출기와 같은 edge 검출기를 사용하여 edge를 추출하고, 추출된 edge들을 그룹핑하여 평면패치를 구성한다. 점으로부터 추출한 패치와 edge와 영상에서부터 추출한 edge와 패치를 상호비교하여 좀 더 세밀하게 조정한다. 조정된 패치와 edge를 그룹핑하여 다면체 모델을 형성한다. 형성된 다면체 모델의 각각의 면에 영상으로부터 texture를 추출하여 입혀 최종적인 3차원 CAD 모델을 구성한다.

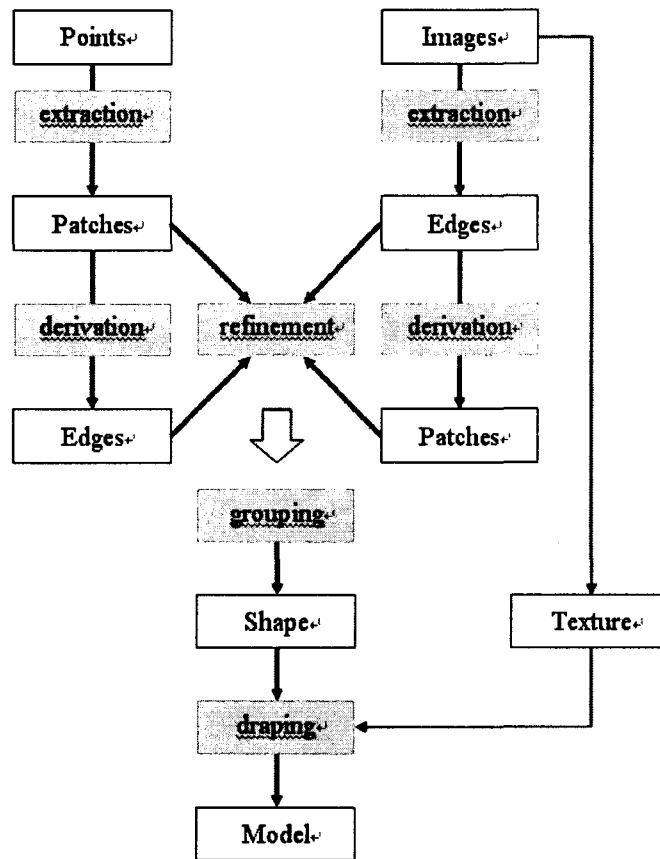


그림 5. 빌딩 모델링의 과정

## 4. 적용 및 결과 분석

### 4.1 적용 대상 및 데이터 획득 결과

실험의 대상은 서울시립대학교 21세기관 건물로서 독특하면서 복잡한 모양이어서 지상라이다와 디지털사진측량의 시험 대상지역으로 적합하고, 실험결과와 분석모델이 여러 가지로 산출될 수 있는 건축물이다. 지상 라이다로 44개의 위치에서 건물표면에서 약 6 cm 간격으로 전체적으로 650만개의 점을 획득했고, 디지털 카메라로 29개의 영상을 획득하였다.

## 4.2 모델링 결과 평가

획득된 데이터로 데이터 정합 및 모델링 과정을 수행하여 대상 건물의 정밀한 3차원 모델을 추출하였으며 추출된 모델의 정밀도를 정량적으로 평가하기 위하여 주어진 모델에서 단면도를 추출하여 추출된 단면도를 건물의 설계도면과 비교하였다. 단면도에서 각각의 edge의 길이에 대한 오차를 계산하였는데 약  $\pm 37$  cm 정도의 RMS 오차를 보였다. 이러한 오차의 히스토그램은 그림 6과 같다. 이는 라이다의 측정 정밀도( $\pm 1$  cm)와 비교해서 상당히 큰 값인데, 이는 몇몇의 에지(14, 16, 34)들이 1 m 이상의 상당히 큰 차이를 보였기 때문이었다. Total station을 이용한 직접 측량을 통해 이러한 edge들의 실제 길이를 측정한 결과 추출된 모델로부터 얻어진 edge의 길이와 거의 일치하였다. 이는 설계도면대로 실제 시공을 하지 않았기 때문에 발생한 오차로 결론지었다.

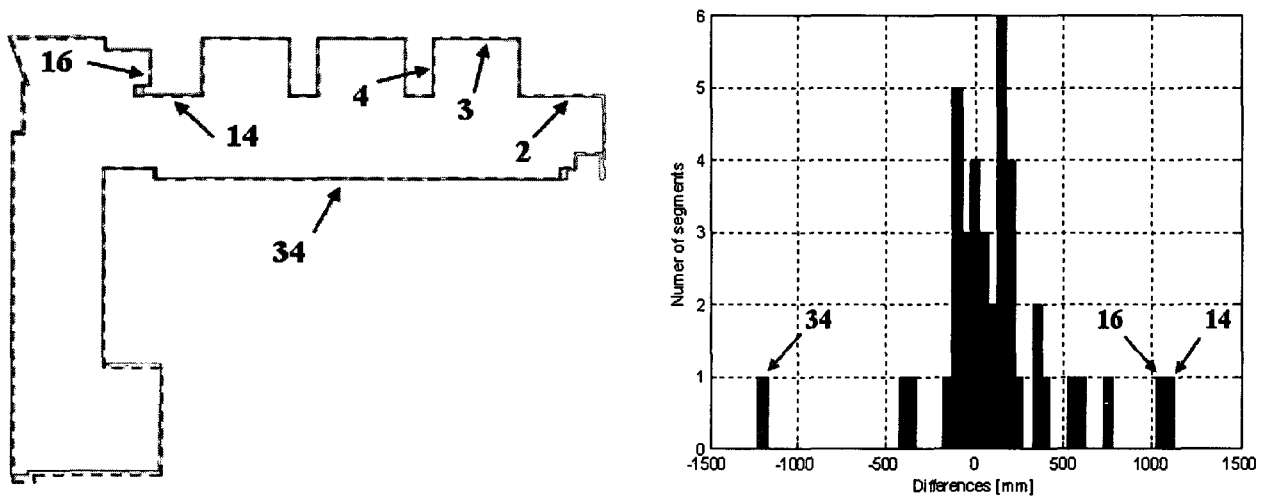


그림 6. 설계도면과 모델링된 CAD데이터와의 비교 및 오차에 대한 히스토그램

## 5. 결론

지상라이다와 디지털 지상사진측량을 융합하는 기본 개념을 제안하고 근거리 센서로부터 획득된 영상과 점으로부터 빌딩을 정밀하게 모델링하는 방법을 제시하였다. 제안된 방법을 부분적으로 구현하여 실측 데이터에 적용함을 통해서 제안된 방법을 검증하였다. 향후 좀 더 신속하고 편리하고 저비용으로 빌딩의 모델링을 수행하기 위하여 데이터 정합과 모델링에서 일부 과정을 자동화하는 연구를 수행할 예정이다.

### 감사의글

이 논문은 2003년도 서울시립대학교 학술연구용 첨단장비 지원에 의하여 이루어진 것이며 이에 학교당국에 감사드립니다.

### 참고문헌

- Halla, N. and Brenner, C. (1999), Extraction of buildings and trees in urban environments, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 54, No. 2-3, pp. 130-137.
- Jung, F. (2004), Detecting building changes from multitemporal aerial stereopairs, *ISPRS Journal of*

- Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 58, No. 3-4, pp. 187-201.
- Lee, I., and Schenk, T. (2001a), Autonomous extraction of planar surfaces from airborne laser scanning data, In: *ASPRS Annual Conference*, St. Louis-MO.
- Lee, I., and Schenk, T. (2001b), 3D perceptual organization of laser altimetry data, In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sensing*. Annapolis-MD, Vol. XXXIV, Part.3/W4, pp. 57-65.
- Lee, I., and Schenk, T. (2002), Perceptual organization of 3D surface points, In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sensing*. Graz-Austria. Vol. XXXIV, Part.3A, pp. 193-198.
- Lee, I. (2002), *Perceptual Organization of Surfaces*. Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, The Ohio State University, Columbus, OH.
- Maas, H. -G. and Vosselman, G. (1999), Two algorithms for extracting building models from raw laser altimetry data, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 54, No. 2-3, pp. 153-163.
- Suveg, I. and Vosselman G., (2004), Reconstruction of 3D building models from aerial images and maps, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 58, No. 3-4, pp. 202-224.