한국지형공간정보학회
(Journal of the Korean Society for Geospatial Information System)
Vol.21 No.2 June 2013 pp.99-105

ISSN: 1598-2955 (Print)
ISSN: 2287-6693(Online)
http://dx.doi.org/10.7319/kogsis.2013.21.2.099

연구논문

지상 라이다의 점군 데이터를 이용한 2차원 및 3차원 실내 GIS 도면 반자동 구축 기법 개발

Semi-Automatic Method for Constructing 2D and 3D Indoor GIS Maps based on Point Clouds from Terrestrial LiDAR

홍성철* · 정재훈** · 김상민*** · 홍승환**** · 허 준*****
Hong, Sung Chul · Jung, Jae Hoon · Kim, Sang Min · Hong, Seung Hwan · Heo, Joon

要 旨

도시의 발전 및 성장으로 인해 건물은 고층화, 대형화, 복잡화 되고 있으며, 효율적인 공간정보의 활용 및 공유를 위해 실내외 GIS의 중요성은 증가되고 있다. 하지만 도면 생성기술은 지형 및 도시의 2차원 및 3차원 도면 생성에 대해서 주로 선행되었으며, 건물 실내공간의 도면 구축 기술에 대한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 지상 라이다로부터 취득된 실내 점군데이터를 이용한 2차원 및 3차원 실내 도면 반자동 구축 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 전처리, 2차원 도면생성, 3차원 도면생성 단계로 이루어진다. 전처리 단계는 실내 공간의 높이를 측정하고 점군데이터의 노이즈를 식별한다. 2차원 도면 생성 단계에서는 외곽선 추출격자와 정제과정을 이용하여 평면도를 생성한다. 3차원 도면 생성 단계에서는 전처리 과정에서 측정된 높이와 평면도를 이용하여 3차원 와이어프레임 모델을 생성한다. 전처리 과정에서 식별된 노이즈 데이터는 3차원 와이어 프레임 모델과 함께 3차원 실내 도면의 세부 모델링에 이용된다. 제안한 기법은 실내 복도를 측량한 점군데이터에 적용하여 결과를 확인하였으며, 향후 실내 GIS 구축을 위한 2차원 및 3차원 도면 생성에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 지상 라이다, 정규화, 실내 2차원 및 3차원 모델, 실내 GIS

Abstract

In rapidly developing urban areas that include high-rise, large, and complex buildings, indoor and outdoor maps in GIS become a basis for utilizing and sharing information pertaining to various aspects of the real world. Although an indoor mapping has gained much attentions, research efforts are mostly in 2D and 3D modeling of terrain and buildings. Therefore, to facilitate fast and accurate construction of indoor GIS, this paper proposes a semi-automatic method consisting of preprocessing, 2D mapping, and 3D mapping stages. The preprocessing is designed to estimate heights of building interiors and to identify noise data from point clouds. In the 2D mapping, a floor map is extracted with a tracing grid and a refinement method. In the 3D mapping, a 3D wireframe model is created with heights from the preprocessing stage. 3D mesh data converted from noise data is combined with the 3D wireframe model for detail modeling. The proposed method was applied to point clouds depicting a hallway in a building. Experiment results indicate that the proposed method can be utilized to construct 2D and 3D maps for indoor GIS.

Keywords : Terrestrial LiDAR, Regularization, 2D and 3D Indoor Models, Indoor GIS

2013년 5월 7일 접수, 2013년 6월 3일 수정, 2013년 6월 13일 채택

* 정회원 · 연세대학교 토목환경공학과 박사 후 연구원(Member, Research Associate, School of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, sungchul@hotmail.com)
** 정회원 · 연세대학교 토목환경공학과 박사과정(Member, Ph.D. Student, School of Civil and Environmental Engineering, lionheart_kr@yonsei.ac.kr)
*** 정회원 · 연세대학교 토목환경공학과 박사과정(Member, Ph.D. Student, School of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, netgo82@hanmail.net)
**** 연세대학교 토목환경공학과 석사과정 (M.S. Student, School of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, hotaeim@nate.com)
***** 교신저자 · 정회원 · 연세대학교 토목환경공학과 부교수(Corresponding author, Member, Associate Professor, School of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, jheo@yonsei.ac.kr)

1. 서 론

도시의 발전 및 성장과 더불어 건물은 대형화, 복잡화 되고 있으며 효율적인 정보의 표현 및 공유를 위해 실내외 공간 모델의 중요성은 증가되고 있다. 지리정보시스템(GIS)에서 공간모델은 공간 및 비공간 데이터와 함께 현실 세계를 묘사함으로써 건설관리, 재난관리, 관광, 부동산 등 다양한 부분에서 활용되고 있다 (Ahn et al. 2010, Coors 2003, Kim et al. 2008, Schilling et al. 2005). 하지만 공간 모델링 기법에 대한 연구는 지형모델과 도시모델에 대해서 주로 선행되었으며 실내 공간 모델링에 대한 연구는 미비한 실정이다.

과거에는 전통적인 측량방법을 이용하여 실내데이터를 취득하였으며 수작업에 의해 실내 모델을 구축하였다. 따라서 공간 데이터를 빠르고 정확하게 취득하기 위해 다양한 측량 기술이 제안되었다 (Furukawa et al. 2009, Henry et al. 2012, Kersten et al. 2005). 이러한 측량기술은 크게 수동 센싱기술과 능동 센싱기술로 구분이 된다 (Chu et al. 2007). 거리 카메라와 지상 라이다와 같은 능동 센싱기술은 센서에서 발생되는 에너지를 이용하여 직접 공간데이터를 취득한다. 반면 광학 카메라와 같은 수동 센싱기술은 외부 에너지를 이용하여 다수의 2차원 이미지를 취득하고 스테레오 모델을 생성하여 간접적으로 공간데이터를 취득한다. 수동 센싱기술은 2차원 이미지를 빠르고 저렴하게 취득할 수 있다는 장점이 있지만 촬영당시 실내 환경에 쉽게 영향을 받으며 고밀도의 공간 데이터의 취득이 어렵다는 단점이 있다. 능동 센싱기술 중에서 지상 라이다는 고가의 장비와 휴대성의 제약이 있지만 시간과 인력의 소모를 절감하면서 고밀도의 점군 데이터를 취득할 수 있으므로 건축 및 토목 구조물의 도면 생성, 건설관리, 문화재 관리를 위한 기반 자료로 이용되고 있다 (Barber and Mills 2007, Han et al. 2012, Tang et al. 2010).

실내 도면 생성에 대한 연구는 로보틱스 (Robotics) 분야에서 주로 선행되어왔다. 하지만 로봇의 위치 표시와 항법을 위한 평면도 구축에 한정되었으며, 낮은 정확도와 완결성으로 인해 건축도면 구축 및 건설관리에 활용될 수 없다는 제약이 있다(Adan 2011).

대부분의 실내 도면은 기존의 CAD도면을 이용하거나 여전히 수작업에 의해 구축되고 있으며, 3차원 실내 도면 구축을 위해서는 많은 인력과 시간이 필요하다 (Giel and Issa 2011). 기존의 실내 3차원 도면 구축은 지상 라이다로부터 취득된 점군 데이터를 메쉬 데이터로 변환하고, 변환된 메쉬데이터를 이용하여 수작업을 통해 3차원 도면을 생성한다. 하지만 건물의 실내공간은 좁고 복잡하며, 위치를 바꾸어가며 여러 방향에서 라이다 측량을 해야 하므로 대용량의 점군데이터를 취득하게 된다(Hong et al. 2012a). 따라서 효율적인 작업을 위해 10%에서 50% 내외로 줄인 점군데이터를 메쉬데이터로 변환하여 3차원 모델링 작업을 수행한다. 하지만 측량 당시의 폐색 영역과 데이터 저감에 의한 점군데이터의 부족으로 정밀한 메쉬 데이터를 얻을 수 없다. 이러한 메쉬 데이터를 기반으로 3차원 도면을 생성할 경우, 실내 구조물의 정확한 경계 확인이 어려움은 물론 세밀한 형상을 추출할 수 없는 단점을 가진다 (Hong et al. 2012b). 또한 실내 노이즈 데이터들은 실내 공간을 감싸는 벽, 천장, 바닥 등의 구조물 등으로 인해 시간적으로 확인하기 어려우며 제거를 위해서는 비효율적인 수작업을 동반한다.

최근 정보통신 기술 발전으로 인한 건설 산업의 정보화와 공간 서비스의 다양화로 인해 실내 모델의 필요성이 커지고 있다. 따라서 본 논문에서는 지상 라이다에서 취득된 점군 데이터를 이용하여 2차원 및 3차원 실내 도면을 반자동적으로 구축하는 기법을 제안하고자 한다. 제안한 기법은 기존 수작업의 문제점인 실내 객체 확인 및 노이즈 제거의 비효율성과 실내 모델의 낮은 정확도를 개선하고자 하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2단원에서는 제안한 기법을 소개하며 3단원에서는 실험과 실험 결과에 대해서 설명한다. 그리고 4단원에서는 결론과 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 2차원 및 3차원 실내 도면 반자동 구축기법

본 논문에서 제안한 기법은 전처리, 2차원 도면 생성, 그리고 3차원 도면 생성 단계로 이루어진다. 전처리 과정에서는 천장과 바닥의 평면 모델을 생성하여 실내 높이를 측정하며 점군데이터의 노이즈를 제거한다. 두 번째 단계에서는 점군데이터를 2차원 평면에 투영하고 평면도(Floor map)를 추출한다. 추출된 평면도는 분류(Segmentation)와 정규화(Regularization)를 포함하는 정제과정(Refinement process)을 통하여 정확도를 향상 시킨다. 세 번째 단계에서는 전처리 과정에서 측정된 높이와 평면도를 이용하여 3차원 와이어프레임 모델(Wireframe model)을 생성한다. 전처리 과정에서 분리된 노이즈는 실내 환경 및 구조물 표현하므로 3차원 실내 도면의 세부 모델링(Detail Modeling)에 이용된다.

2.1 전처리

라이다 측량을 통해 취득된 실내 점군데이터는 실내

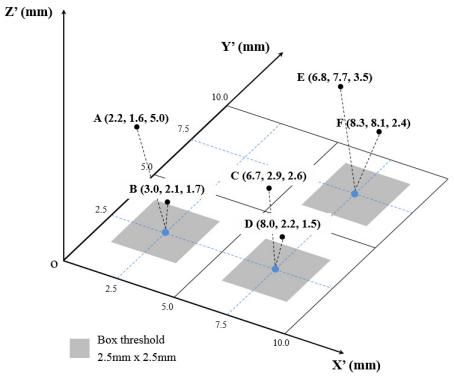


Figure 1. Pseudo Point Creation

공간을 감싸는 천장, 벽, 바닥 등의 외부구조물로 인해 실내 시설물 및 노이즈를 시각적으로 확인하기 어려우며, 제거를 위해서는 비효율적인 수작업이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 3차원 실내 도면을 생성하기 위해 실내공간의 높이를 측정하고 노이즈를 제거하기 위하여 수도 포인트 (Pseudo-point)를 개발하였다.

수도 포인트는 실내 공간을 일정한 간격으로 분할하고, 분할된 공간 내의 포인트 데이터들의 3차원 좌표 값들을 저장한다.

$$X_{ps} = Round(X_{pc}/SI) \times SI$$
$$Y_{ps} = Round(Y_{pc}/SI) \times SI \quad (1)$$

식 (1)에서 X_{pc}와 Y_{pc}는 포인트 데이터들의 좌표 값을 나타낸다. X_{ps}와 Y_{ps}는 수도 포인트의 좌표 값이고, SI (Spacing Interval)은 수도 포인트의 간격이다. 라이다 측량을 통하여 취득되고 정합 과정을 거친 점군데이터들을 주로 직교 좌표계를 참조한다. 식(1)을 이용하여 생성된 수도 포인트들은 입력된 포인트 데이터들의 3차원 좌표 값을 저장한다(Figure1). 정의된 점 간격으로 생성된 수도 포인트는 가까운 포인트 데이터들의 3차원 좌표를 저장하므로, 실내 공간을 동일한 폭을 가지는 박스모양의 단위 공간 (box threshold)으로 분할하는 효과가 있다. 따라서 전처리 단계에서 수도 포인트는 분할된 공간에 속한 포인트 데이터들의 높이 값을 이용하여 실내 공간의 높이를 측정하고, 실내 공간의 특성을 이용하여 노이즈 제거에 활용될 수 있다.

2.1.1 높이 모델링

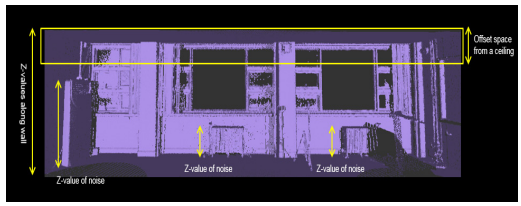
실내 공간에서 바닥과 천장은 주로 평면체이며 동일한 위치에서 각각 최소, 최대 높이 값을 가지는 포인트 데이터로 구성된다(Fig. 2(a)). 실내 공간의 높이는 천장과 바닥 모델의 높이 차로 정의된다. 실내 높이를 측정하기 위해 수도 포인트로부터 최대 높이 값과 최소 높이 값을 가지는 포인트 데이터들을 추출하고 RANSAC (RANdom and SAmpling Consensus)을 이용하여 천장과 바닥의 평면 모델을 구축한다.

RANSAC은 노이즈를 포함하는 점군데이터로부터 정의된 모델을 구축하기 위한 정상치(inlier)를 찾는 기법이다(Fischler and Bolles 1981). 천정의 평면모델을 구축하기 위해서 각각의 수도 포인트로부터 최대 높이 값을 가지는 포인트 데이터를 추출하며, 바닥의 평면모델을 생성하기 위해서는 최소 높이 값을 가지는 포인트 데이터들을 추출한다. RANSAC은 가설과 검정단계를 반복하여 평면 모델을 생성한다(Fig. 2(b)). 가설단계에서는 추출된 포인트 데이터로부터 일정 크기의 샘플(P)을 구성하고, 평면 모델(M)을 생성하기위해 3개의 포인트(S)를 무작위로 선택한다. 평면모델은 함수(f_M)와 변수(θ)에 의하여 결정되며, 검정단계에서는 평면모델을 기준으로 포인트 데이터들의 오차를 계산하여 모델의 적정성을 평가한다.

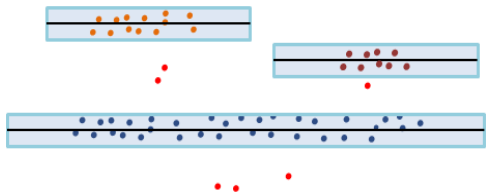
$$P = \{d \in R^3 | d_{1,\ldots,} d_n\} \quad (2)$$

$$M = \{s_n \in P | f_M(s_n;\theta) = 0\} \quad (3)$$

포인트 데이터들은 생성된 모델로부터 일정한 경계값(δ)이내에 존재할 때 정상치로 분류되며 Consensus Set(CS)으로 표현된다.



(a) Floor and ceiling in indoor space



(b) RANSAC process

Figure 2. Height modeling and Filtering processes

$$CS(\theta) = \{d \in D | e(d, M) \leq \delta\} \quad (4)$$

실내 공간은 다양한 크기와 형태의 노이즈를 포함하므로 천장 또는 바닥의 평면모델을 생성할 때 여러 개의 CS를 가질 수 있다. 높이 모델링에서는 최대 크기를 가지는 CS가 천장 또는 바닥을 표현한다고 가정한다. Fig. 2(b)는 바닥의 평면모델을 생성하는 과정을 보여주며 3개의 CS와 빨간색으로 표시된 노이즈를 보여준다. 3개의 CS중 최대 크기를 가지는 CS를 이용하여 평면 모델을 생성하였다. 생성된 천장과 바닥 평면 모델은 평면 좌표를 입력변수로 해당 지점의 바닥과 천장의 높이를 계산하며, 해당 지점의 높이는 두 값이 차이 값(Difference value)이다.

2.1.2 필터링

실내 공간에서 벽면은 주로 수직 평면체로 최소 높이 값과 최대 높이 값 사이의 포인트 데이터들로 이루어진다(Fig. 2(a)). 반면 책상, 의자, 책장 등의 사무용품과 가전제품 등의 노이즈 는 대부분 바닥위에 존재하며 최대 높이 값을 가지는 포인트 데이터를 포함하지 않는다. 따라서 천정 평면 모델로부터 일정한 거리를 가지는 오프셋 공간(Offset space)을 생성하여 노이즈 식별의 기준으로 설정한다.

노이즈 제거 과정에서는 각각의 수도 포인트들로부터 바닥과 천장 평면모델 사이의 포인트 데이터들을 추출하고, 오프셋 공간 내에 포인트 데이터들의 존재 유무를 확인한다. 포인트 데이터들이 오프셋 공간 내에 존재할 경우 벽으로 간주되며, 반대로 포인트 데이터가 존재하지 않은 경우 노이즈로 간주하여 바닥과 천장 평면모델 사이의 포인트 데이터들을 제거함으로써 노이즈를 제거한다.

2.2 2차원 도면 생성

2차원 도면 생성 단계에서는 2차원 평면에 투영된 점군데이터에 외곽선 추출격자를 이용하여 평면도를 생성한다. 하지만 격자를 이용해 추출된 평면도의 외곽선은 다수의 선분(Line segments)으로 구성되며 톱니모양의 형상을 가지므로 도면의 정형화를 위한 정제과정이 필요하다.

제안된 기법에서의 정제과정은 분류 과정과 정규화 과정으로 구성된다. 분류는 초기 평면도의 선분들을 동일 평면에 속하는 선분들로 분류하는 과정이다. 정규화는 분류과정에서 재구성된 평면도의 선분들이 평행성, 직교성, 교차성 등의 제약 조건을 만족하도록 조정(Adjustment)하는 과정이다.

분할은 Douglas-Peucker 알고리즘의 기본 원리를 이용하였으며 (Douglas and Peucker 1973), 실린더를 생성하여 포함된 선분들을 동일평면 상의 선분으로 간주하여 분류한다. 외곽선의 선분들은 격자를 이용하여 순차적으로 추출되었으므로 외곽선을 구성하는 점들은 인덱스를 가진다. 따라서 외곽선의 시작점과 종점을 이용하여 생성된 실린더는 횡축에서 가장 멀리있는 점을 임의 종점으로 외곽선을 분할하며, 순차적으로 점들을 실린더 내에 포함할 때까지 반복적으로 생성된다. 분류과정을 통해서 그룹 지어진 선분들을 하나의 선분으로 통합시키기 위해 다음과 같은 선형 방정식이 이용된다.

$$l_i = f_i(\theta_{1i}, \theta_{2i}) = \theta_{1i} x_{ij} + \theta_{2i} y_{ij} + 1 = 0,$$
$$i = 1,2,...,n;\ j = 1,2,...,m \quad (5)$$

식(5)에서 평면도 선분, l_i,은 i 번째 선분 그룹의 j 번째 포인트의 x와 y좌표로 구성된다. θ_{1_i}, θ_{2_i} 는 이들 포인트로부터 유도된 선분의 계수이다. 또한 직교제약 조건을 부가하여 인접한 선분들이 직교성을 가지도록 한다(식(6)).

$$c_i(\theta_{1_i}, \theta_{2_i}, \theta_{2_{i+1}}, \theta_{2_{i+1}}) = \theta'_{1_i}\theta'_{2_i} + \theta'_{2_{i+1}}, \theta'_{2_{i+1}} = 0,$$
$$i = 1,2,...,n-1 \quad (6)$$

정규화 과정을 통해 계산된 평면도의 선분은 식(5)과 (6)을 동시에 만족하도록 직교 제약 조건을 가지는 최소 제곱법을 이용하여 유도된다. 정제된 평면도의 코너는 인접한 선분들의 교점을 이용하여 구축된다.

2.3 3차원 도면 생성

3차원 실내 도면은 이전 단계에서 구축된 평면도와 전처리과정에서 측정된 높이 값과 노이즈 데이터를 이용하여 생성된다. 전처리 과정에서는 높이 값 측정을 위해 천장과 바닥의 평면모델을 생성했다. 평면모델 들의 입력변수는 평면도 코너의 평면좌표 값으로 해당 지점의 천장과 바닥의 높이를 계산한다. 3차원 프레임 모델은 2차원 평면도의 코너에서 계산된 높이를 이용하여 생성될 수 있다.

하지만 3차원 와이어프레임 모델은 실내 내부공간의 외부면 만을 표현한다. 전처리 과정에서 식별된 노이즈 데이터는 실내공간을 묘사함을 물론 창문, 문 등의 실내 객체의 형상과 위치를 표현하므로 와이어 프레임 모델과 결합되어 세부 모델링에 이용된다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험 대상

본 연구에서는 위상차 기반의 라이다 장비인 FARO사의 Focus3D를 이용하여 연세대학교 공학원 복도의 점군 데이터를 취득하였다 (Fig. 3). 취득된 점군데이터는 데이터 저감을 위해 Leica사 Cyclone의 Unification 기능을 이용하여 1cm 간격을 가지도록 조정되었다. 제안한 기법은 매트랩(Matlab)의 스크립트를 이용하여 구현하였으며, 취득된 점군데이터에 적용하여 전처리, 2차원 도면, 3차원 도면 생성 결과를 확인하였다.

3.2 변수설정 및 실험결과

본 연구에서 제안한 반자동 기법은 변수에 의해서 제어된다. 전처리 단계는 수도 포인트 간격과 노이즈를 제거하기 위한 오프셋 공간의 범위를 입력 변수로 사용하며, 2차원 도면 생성 단계는 2차원 평면에 투영된 점군데이터의 외곽선을 추출하기 위한 그리드 크기와 분류 실린더의 폭을 입력변수로 이용한다. Table 1은 본 실험에서 설정된 변수 값을 보여준다.

전처리 단계에서 수도 포인트는 분할된 단위 공간 내의 포인트의 좌표를 저장하므로 바닥과 천장의 평면모델을 생성하기 위한 샘플 데이터들을 제공한다. 또한 노이즈 제거 단계에서는 설정된 오프셋 공간을 이용하고 단위 공간에 속한 포인트 데이터의 높이 값을 검사하여 노이즈를 제거한다. 따라서 수도 포인트의 간격이 좁으면 높이 모델을 생성하는데 많은 샘플 데이터를 제공하므로 정확한 높이 모델링이 이루어지며 엄밀하게

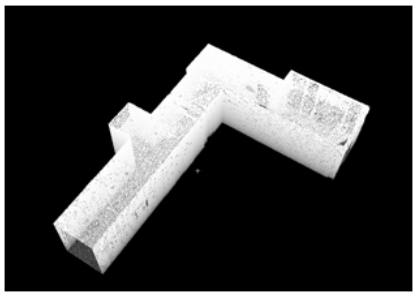


Figure 3. Point Clouds (Hallway)

Table 1. Parameters

Parameters	Value
Pseudo Point Interval (SI)	5 cm
Offset Space	Min: 2 cm, Max: 7cm
Tracing Grid Size	4 cm
Cylinder Width	10 cm

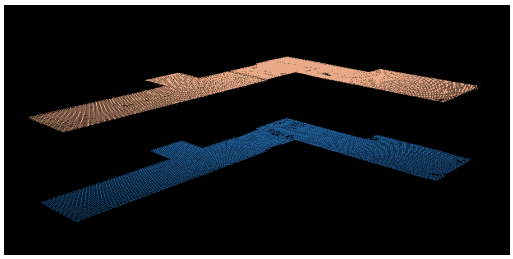


Figure 4. Point Clouds (Hallway)

노이즈가 제거될 수 있지만, 전처리 과정에서 많은 시간이 소요된다. 반면 수도 포인트의 점 간격이 넓으면 전처리 시간은 단축되지만 높이 모델과 노이즈 제거의 정확도는 낮아진다.

본 실험에서 측량된 점군 데이터는 1cm의 간격을 가지도록 조정되었으므로, 수도 포인트의 간격(SI)을 5cm로 설정하였다. 또한 노이즈를 제거하기 위해 오프셋 공간을 천장으로 부터의 2cm와 7cm로 설정하였다. Fig. 4는 RANSAC을 이용하여 추출된 천장과 바닥 모델의 CS를 보여주며, 각각의 CS는 천장과 바닥 평면모델을 생성하기 위해 이용되었다.

2차원 도면 생성 단계에는 외곽선 추출 격자의 크기를 4cm로 설정했으며 분할을 위한 실린더의 폭은 10cm로 설정하였다. 외곽선 격자의 크기가 작으면 연산시간은 증가하지만 세밀한 외곽선 추출이 가능하다. 반대로 외곽선 격자의 크기가 커지면 연산시간은 단축되지만 추출된 외곽선은 단순해진다. 측량된 복도는 주로 긴 직선으로 구성되어있으며 최소 직선의 길이가 15cm 이상이므로 외곽선 추출 격자의 크기를 4cm로 설정하였다. 또한 초기 추출된 외곽선은 톱니모양의 외곽선을 가지므로 10cm의 폭을 가지는 실린더를 생성하여 외곽선을 분할하였으며 정규화를 수행하였다. Fig. 5는 분류된 외곽선을 보여주며 Fig. 6은 정규화를 통하여 정제된 외곽선을 가지는 평면도를 보여준다.

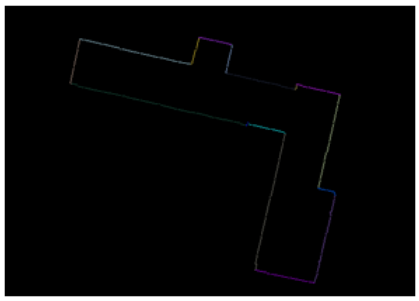


Figure 5. Segmentation Result

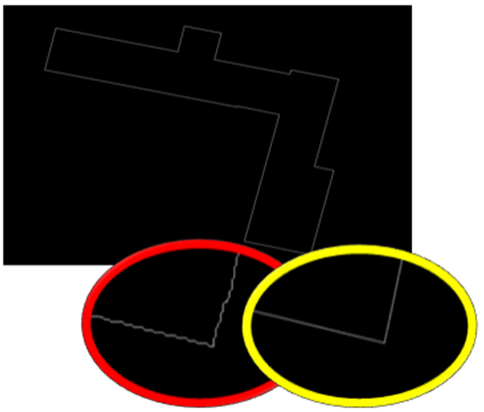


Figure 6. Regularization Result

3차원 와이어 프레임 모델 생성을 위해 평면도와 바닥과 천정의 평면모델에서 계산된 평면도 코너의 높이 값을 이용하였다. 또한 전처리 과정에서 식별된 노이즈는 실내 환경을 묘사함은 물론 창문, 문과 같은 실내 객체의 형상과 위치를 표현하므로 메쉬데이터로 변환하여 세부 모델링에 활용되었다. Fig. 7은 3차원 메쉬데이터로 변환된 노이즈 데이터와 결합된 3차원 와이어

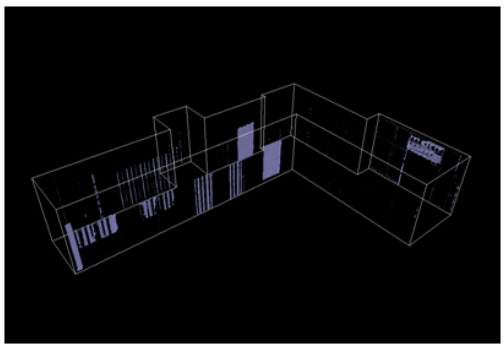


Figure 7. 3D Wireframe Model with Noise Data

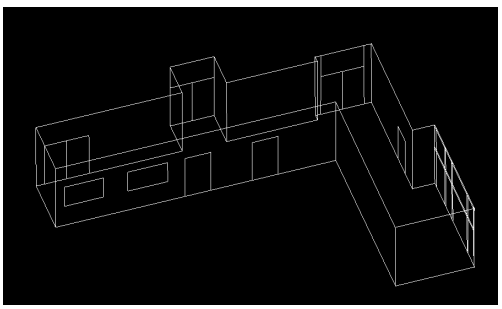


Figure 8. 3D Indoor Map

프레임 모델을 보여준다. 3차원 GIS의 실내 도면 생성을 위해 CAD를 이용하였으며, Fig. 8은 메쉬데이터를 활용하여 생성된 3차원 실내 도면을 보여준다.

4. 결 론

정보 통신 기술의 발달로 인한 공간정보 서비스의 다양화로 인해 실외 공간모델과 더불어 실내 공간 모델의 필요성은 점차 커지고 있다. 또한 실내 공간모델의 정확도 및 완성도를 정의하기 위해 국제적으로 표준화가 진행되고 있으며, 활용분야에 따라 다양한 LOD(Level of Detail)가 제안되고 있다. 하지만 대부분의 연구는 지형 모델 및 도시 지도 구축에 대해서 주로 선행되었으며, 실내 도면 구축에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 지상 라이다에서 취득된 점군데이터를 이용하여 실내 2차원 및 3차원 도면을 생성을 위한 반자동 기법을 제안하였으며 연세대 공학관 복도를 측량한 점군 데이터에 적용하였다.

제안한 기법은 2차원 평면도와 3차원 실내 도면을 생성하므로, 향후 실내 GIS 구축에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 실내 공간의 주 구조물인 바닥, 천장, 벽 등이 평면체로 구성되어있으며 직각 제약 조건을 만족할 때 적용될 수 있는 제약이 있다. 또한 3차원 실내 도면 생성을 위한 세부 모델링은 수작업에 의존한다. 자동 구축된 2차원 및 3차원 실내 도면의 완결성을 높이기 위해서는 세부 모델링의 자동화와 복잡한 구조물에 적용가능 한 정제기법의 개발이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발 연구개발사업의 연구비지원(11첨단도시G11)에 의해 수행되었습니다.

References

1. Adan, A., Xiong, X., Akinci, B. and Huber, D., Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data. ed. Proceedings of the 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 2011, 343-348.
2. Ahn, J., Choi, J., Kwon, S., Song, D., and Ock, J., 2010, A study on the development of the project management system based on augmented reality, The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 18, 8, pp. 3083-3093.

3. Barber, D., Mills, J. and Heritage, E., 2007, 3D laser scanning for heritage: advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture. English Heritage.
4. Chu, C., Park, J., Kim, H., Park, J., Lim, S., and Koo, B., 2007, Recent trends of 3D reconstruction technology, Electronics and Telecommunication Trends, 22, 4,
5. Coors, V. 2003. 3D-GIS in networking environments. Computers, Environment and Urban Systems, 27(4), 345-357.
6. Douglas, D. H. and Peucker, T. K. 1973. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 10(2), 112-122.
7. Fischler, M. A. and Bolles, R. C., A RANSAC-based approach to model fitting and its application to finding cylinders in range data. Proc. 7th Joint Conference Artificial Intelligence, 1981, pp.637-643.
8. Furukawa, Y., Curless, B., Seitz, S. and Szeliski, R., Reconstructing building interiors from Images. IEEE 12th International Conference on Computer Vision, 2009, pp. 80-87.
9. Giel, B. and Issa, R., 2011, Using laser scanning to access the accuracy of as-built BIM, Proceedings of the 2011 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering, Florida, U.S.A, pp. 665-681
10. Han, S., Cho, H., Kim, S., Jung, J. and Heo, J. 2012. Automated and efficient method for extraction of tunnel cross-sections using terrestrial laser scanned data. Journal of Computing in Civil Engineering.
11. Henry, P., Krainin, M., Herbst, E., Ren, X. and Fox, D. 2012. RGB-D mapping: using kinect-style depth cameras for dense 3D modeling of indoor environments. The International Journal of Robotics Research, 31(5), 647-663
12. Hong, S., Kim, S, Jung, J., Heo, J., and Choi, H., Registration and georeferencing method for indoor terrestrial LiDAR data, Korean Society for Geospatial Information System, Cheong-ju, Korea, May 2012, pp. 133-134
13. Hong, S., Park, I., and Heo, J., and Choi, H., 2012, Indoor 3D modeling approach based on terrestrial LiDAR, Korean Society of Civil Engineering, 32(5D), pp. 527-532
14. Kersten, T., Sternberg, H. and Stiemer, E. 2005. First experiences with terrestrial laser scanning for indoor cultural heritage applications using two different scanning systems. Proceedings of the ISPRS working group, 5, 24-25.
15. Kim, K., Kim, H. and Jun, C., 2008, Developing a 3D indoor evacuation simulator using a spatial DBMS, Journal of the Korean Society of Geospatial Information System, 16, 4, ,pp. 41-48
16. Schilling, A., Coors, V. and Laakso, K., 2005. Dynamic 3D maps for mobile tourism applications. Map-based Mobile Services. Springer, 227-239.
17. Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R. and Lytle, A. 2010. Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: a review of related techniques. Automation in construction, 19(7), 829-843.