

라이다 자료를 이용한 수목추출 자동화 Automatic Tree Extraction Using LIDAR Data

이수지* · 김의명**

Lee, Su Jee · Kim, Eui Myoung

要 旨

도시지역에서 산소를 발생하고 이산화탄소를 감소시킬 수 있는 중요한 지상객체로 수목을 뽑을 수 있다. 이러한 수목의 관리를 위하여 라이다 자료를 이용한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 국내에서 라이다 자료처리 소프트웨어가 미비하여 국외 소프트웨어에 의존하고 있다. 이에 본 연구에서는 라이다 자료에서 수목을 자동으로 추출할 수 있는 자동화 공정을 제안하였다. 제안한 공정에는 라이다 자료의 분류, 건물영역, 수목 등을 자동으로 추출할 수 있는 기능이 개발되었다. 제안한 공정은 용인지역의 연구대상지에 적용하여 실험을 수행하였으며 약 88%의 수목이 자동화 공정을 통해서 추출되었다.

핵심용어 : 라이다, 수목추출, 자동화 공정, 소프트웨어, 지상객체

Abstract

Trees are important ground objects that cause oxygen and reduce carbon dioxide in urban areas. For management of the trees, many studies using LIDAR data have been conducted. But, they rely on overseas developed LIDAR data processing software applications because there is a lack of domestically developed software applications. Therefore, this work was intended to propose an automation process that helps to extract trees automatically from LIDAR data. The proposed process has the function to classify LIDAR data and to extract building regions and trees automatically. It was applied to a study place in Yongin to conduct a test. As a result, about 88% of trees were extracted from the automation process.

Keywords : LIDAR, Tree Extraction, Automation Process, Software, Ground Objects

1. 서 론

도시지역에서 3차원 모델링을 위해서 사용되는 대표적인 객체에는 건물과 수목이 있다. 이 중에서 수목은 도시에서 녹지공간을 제공하고 산소를 발생시키고 이산화탄소를 감소시킬 수 있는 중요한 지상객체이다. 이러한 수목의 3차원 공간정보를 구축할 때 기존에는 주로 항공사진측량에 의한 방법을 이용하였으나 라이다(LIDAR : Light Detection And Ranging) 장비의 도입으로 인하여 이러한 수목정보를 라이다를 이용하여 추출할 수 있다.

라이다는 지상객체에 대한 3차원 좌표정보를 효율적으로 획득할 수 있는 장비이다. 라이다를 이용한 자료처리를 위해서는 국내에서 개발된 소프트웨어가 미비하여 대부분 국외 소프트웨어에 의존하고 있는 실정이다.

국내에서는 라이다 시스템의 원리 및 구조 분석을 통해서 라이다 데이터를 시뮬레이션 하기 위한 소프트웨어를 설계한 사례가 있다(Min et al., 2008).

건물, 수목 등의 지상객체를 추출하기 위해서 스캔라인을 이용하여 필터링 방법을 제안한 연구가 있다(Lee et al., 2005).

Li et al.(2012)은 나무 사이의 상대적인 간격을 활용하여 포인트 집합에서 순서대로 나무를 구분하는 방법을 제안하였다.

라이다 자료처리를 위해 대표적으로 사용되고 있는 국외 소프트웨어에는 TerraScan 또는 LIDAR Analyst 등이 있다. TerraScan은 국내외적으로 가장 많이 사용되고 있는 라이다 소프트웨어로서 Microstation기반에서 라이다 자료를 시각화할 뿐만 아니라 Adaptive TIN 알고리즘에 기반하여 빠르게 지면 및 비지면점을 분류

2013년 2월 4일 접수, 2013년 3월 14일 수정, 2013년 3월 26일 채택

* 남서울대학교 GIS공학과 석사과정(Department of GIS Engineering, Namseoul University, su-ji4456@nate.com)

** 교신저자 · 정회원 · 남서울대학교 GIS공학과 부교수(Corresponding Author, Member, Department of GIS Engineering, Namseoul University, kemyoung@nsu.ac.kr)

할 수 있고 대용량 자료를 처리할 수 있는 특징이 있다 (TerraScan).

LIDAR Analyst는 라이다 자료 파일을 입력받아 지면, 건물, 나무 및 삼림 지역을 자동으로 추출하는 프로그램이다. LIDAR Analyst는 자동화된 자료처리에 초점을 맞추고 있기 때문에 사용자가 자료처리를 위한 다양한 매개변수의 설정에 대해 이해도가 필요하다 (LIDAR Analyst).

본 연구에서는 기존의 상업용 소프트웨어를 사용하지 않고 자동화된 자료처리를 수행할 수 있는 방법론과 자료처리 프로그램의 개발에 목적을 두었다. 특히 국내 외적으로 많이 사용되고 있는 ESRI사의 ArcGIS에서 작동할 수 있는 방법론을 개발하고 기능을 구현하고자 한다.

2. 수목추출 방법

본 연구의 흐름도는 Figure 1과 같으며 크게 4단계로 분류할 수 있다.

가장 먼저 라이다 자료에서 지면점과 비지면점을 분리하는 분류과정이 있다. 지면점과 비지면점을 분류하는 방법에는 다양한 종류가 있으며 각각의 특징에 대한 연구는 Kim and Cho (2012)의 연구에 나타나 있다. 두번째는 비지면점에서 건물영역을 추정하는 과정이다. 세번째는 비지면점에서 건물영역을 제거하는 것이다. 이렇게 건물영역이 제거되면 비지면점에는 주로 수목에 해당하는 점들이 남게 된다. 마지막 단계는 수목점들을 이용하여 수목영역을 추정한다.

2.1 지면점과 비지면점 분류

라이다 자료에서 비지면점에 해당하는 수목영역을 추출하기 위하여 라이다 점자료를 필터링하여 지면점과 비지면점으로 분류하는 것이 필요하다. 라이다자료의 필터링에 대한 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구

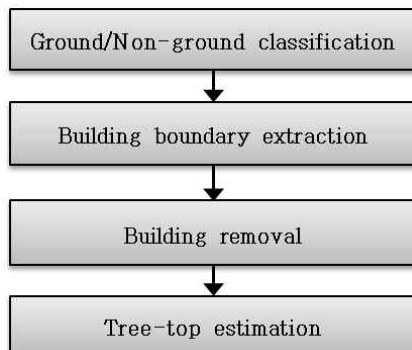


Figure 1. Flow chart for tree extraction

에서는 PCFA(Perspective Center based Filtering Algorithm)를 이용하였다(Habib et al., 2009).

PCFA 방법은 라이다 자료를 일정한 격자로 나누어 보간한 후 가상의 투영중심을 설정하고 이로부터 각도 기반의 폐색영역을 찾아서 지면과 비지면을 분류하는 기법이다. 분류된 지면과 비지면 자료는 각각 수치표고 모델(DEM : Digital Elevation Model)과 정규화된 수치표면모델(NDSM: Normalized Digital Surface Model)로 변환하였다.

DEM은 지물의 높이값이 제외된 순수 지형의 높이값만 표현된 모델인 반면 수치표면모델(DSM : Digital Surface Model)은 지면에 인공지물과 자연지물을 포함한 모든 지물의 높이값이 표현된 모델을 나타낸다. 또한 NDSM은 DSM에서 DEM의 높이값을 빼주어 지상에 존재하는 객체를 추출하는데 사용되는 자료이다 (Cho and Kim, 2010). 따라서 지상의 주요 공간객체인 건물과 수목을 찾기 위해서 비지면 자료를 이용하여 NDSM을 생성한다.

2.2 건물영역 추정 및 제거

건물영역의 추정을 위해서 사용되는 입력자료는 비지면점에서 지면점이 제거된 NDSM 자료를 사용한다. 건물영역의 추정을 위한 매개변수로는 건물의 높이와 크기에 대한 대략적인 최소 및 최대값을 이용한다. 동일한 위치의 지면점과 비지면점의 높이값 차이가 설정한 최소 및 최대높이값 이내에 들어오면 건물추정점으로 간주하여 이를 폴리곤 형태의 면으로 처리한다. 그리고 나서 건물영역의 크기가 설정한 최소 및 최대크기 이내에 들어오는지 판단하여 최종적인 건물영역을 결정한다.

물론 이러한 방법으로 건물에 해당하는 모든 영역을 추출할 수 있는 것은 아니지만 본 연구에서 목표로 하는 수목을 자동으로 추출하기 위해서 먼저 제거할 대략적인 건물영역을 찾는 데에는 자료처리의 문제가 없다.

건물영역은 일종의 폴리곤 형태의 면으로 처리되었기 때문에 비지면점 자료에서 건물영역을 제거하면 남아있는 대부분의 비지면점은 주로 식생에 해당하는 수목점들로 구성되어 있다.

2.3 수목추출

수목은 식생자료에서 일정한 크기를 갖는 자료로 간주할 수 있다. 일정한 크기를 갖는 식생자료인지를 구분하기 위해서 본 연구에서는 국지적 최대값(local maxima) 필터링을 사용하는 방법으로 진행되었다. 국지적 최대값 필터링은 최소 수목의 높이계값을 설정

하고 높이 임계값 이하인 영역에 대해서는 null값이 할당하고 설정한 임계값 이상인 지역에 대해서는 필터 범위내의 값들 중 최대값을 할당하는 방법이다. 국지적 최대값 필터링에는 삼각형, 사각형, 원형 등 다양한 구조형태를 적용할 수 있으나 수목을 추출할 목적이므로 원형을 적용하였던 Cho and Kim(2010)의 방법으로 연구를 수행하였다.

국지적 최대값 필터링을 사용한 수목 1차 추정 후 건물영역으로 추정되어 있는 점자료가 추출될 수도 있다고 가정하여 건물영역을 제거한 NDSM과 1차 추출된 수목으로 2차 수목을 추정할 수 있다.

3. 수목추출을 위한 자동화 공정개발

3.1 수목추출 자동화 공정

기존의 상업용 소프트웨어에서 자료처리를 위한 공정이 개발되어 있으나 본 연구에서는 국내외적으로 가장 많이 사용되고 있는 ArcGIS에 기반하여 자료처리를 자동화할 수 있는 기능구현에 초점을 맞추었다. 이를 위해 수목추출과정을 먼저 ArcGIS의 모델빌더(Model Builder)를 이용하여 자료처리 방법론을 적용하였다.

3.1.1 건물 추출

NDSM에서 높이값의 최소 및 최대 높이값을 이용하여 비지면에서 수목이나 건물 등에 해당하는 일종의 지상객체를 추출한다. 지상객체에서 면적을 계산하여 1차 건물 영역을 추정한다. 래스터 파일로 생성된 1차 추정 건물은 격자 모양 형태이며 이것을 부드럽게 외곽선 보정하여 건물 모양과 가장 근접한 사각형 모양으로 2차 건물 영역을 추정한다. 2차 건물 추정 후 하나의 벡터 형태로 결합되어 있는 건물을 하나의 객체로 분리시켜 주어 최종 건물영역을 추출한다. 추출된 건물영역을

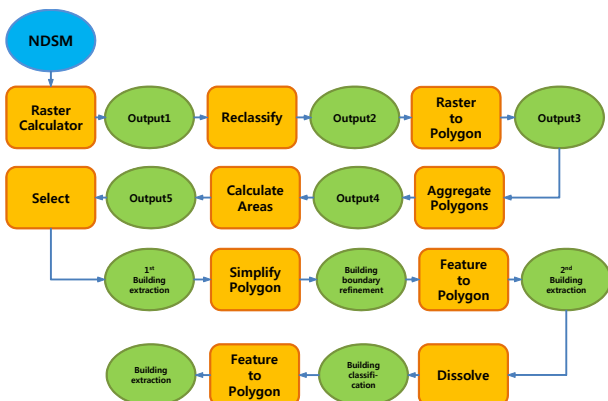


Figure 2. Automatic process of building extraction

NDSM에서 제거하면 비지면 자료중에서 수목에 해당하는 자료가 주로 남게 된다.

Figure 2는 건물추출을 위한 자동화 과정을 모델빌더로 표현한 것이다. NDSM과 건물 추출(Building extraction) 결과를 제외한 원형의 결과는 건물추출과정의 중간 산출물이며 둥근 사각형은 건물 추출을 위한 ArcGIS의 기능을 의미한다.

3.1.2 건물제거

건물 제거의 편리성을 위하여 NDSM의 외곽을 생성해준다. 즉, 건물 영역이 벡터형태로 되어 있기 때문에 외곽도 벡터형태로 맞추어 준다. 그 후 건물영역을 기존의 건물 영역보다 약간 확장하여 벡터형태의 건물영역을 제거한다. 그리고 나서 건물이 제거된 자료를 래스터형태로 바꿔주는 작업을 진행한다. 건물영역이 제거된 벡터형태의 영역에 NDSM으로 채워주기 위해서이다.

건물 제거 과정의 자동화 과정은 Figure 3과 같다. NDSM, Building, 건물 제거(Building Removal) 결과를 제외한 원형은 건물을 제거하기 위한 중간 산출물을 나타내며 둥근 사각형은 건물제거를 위해 사용된 기능을 의미한다.

3.1.3 수목추출

수목이 추출되는 자동화 과정은 Figure 4와 같다. Figure 4의 건물 제거(Building Removal) 결과와 수목추출(Tree Extraction) 결과를 제외한 원형은 수목추출을 위한 중간 산출물이며 둥근 사각형은 수목추출을 위해 사용된 기능이다.

Figure 4에 나타난 것과 같이 건물이 제거된 지역을 사용하여 1차 수목 추정을 진행한다. 수목 추정은 국지

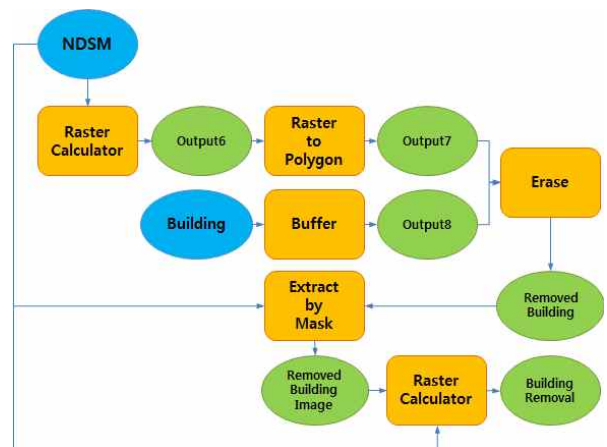


Figure 3. Automatic process of building removal

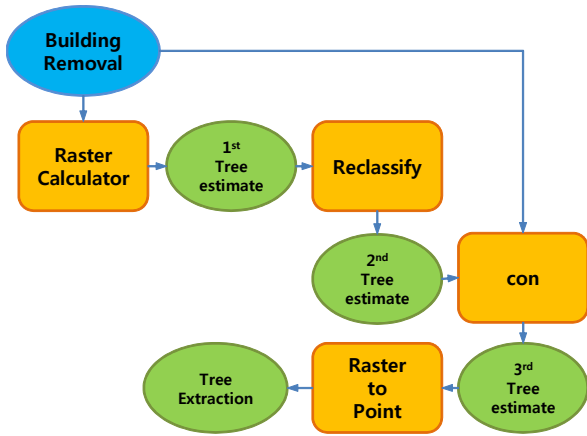


Figure 4. Automatic process of tree extraction

적 최대값 필터링을 사용하여 자료처리를 수행한다. 이때 임계값의 설정은 대략적인 수목의 최소, 최대 높이 값을 이용한다.

1차적으로 수목이라고 추정되는 점에 건물영역이 포함되어 있을 수 있기 때문에 추정된 수목은 건물이 제거된 NDSM과 다시 2차 추정을 수행한다.

이렇게 추정된 수목은 벡터형태로 변환하여 최종 수목으로 추출한다. 벡터형태로 변환하면 일종의 GIS 데이터로서 바로 활용할 수 있기 때문이다.

4. 실험

4.1 실험대상지역

실험대상지역은 Figure 5와 같이 경기도 용인시의 일부분이다. 2010년 9월 동일한 시기에 정사영상과 라이다 데이터가 취득되었으며 이 지역은 주택가, 아파트 단지, 놀이터 및 공원지역이 공존하고 있는 지역으로 면적은 약 28793.17m²이다.

4.2 라이다 분류 및 NDSM 생성

연구 대상지역의 항공라이다 데이터는 Figure 6과

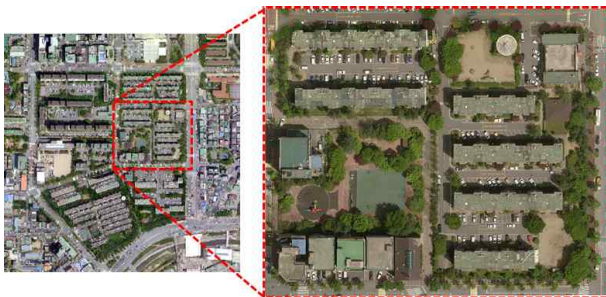


Figure 5. Study area

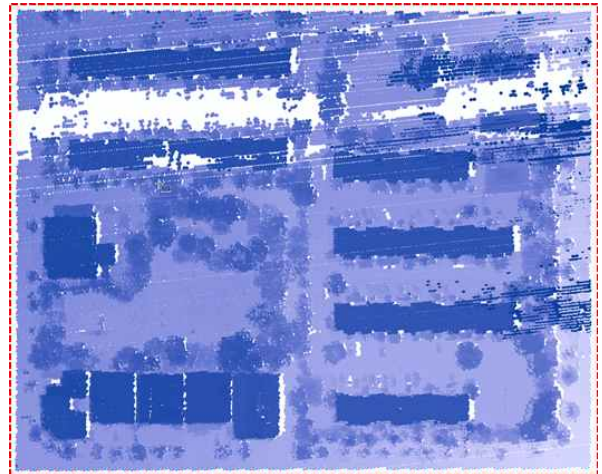
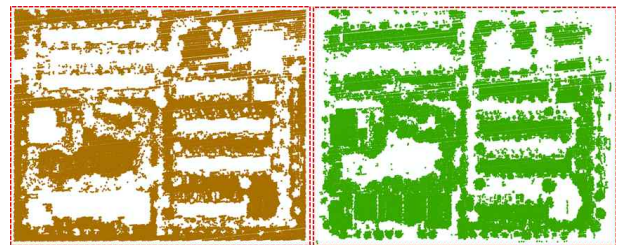


Figure 6. LIDAR data of study area



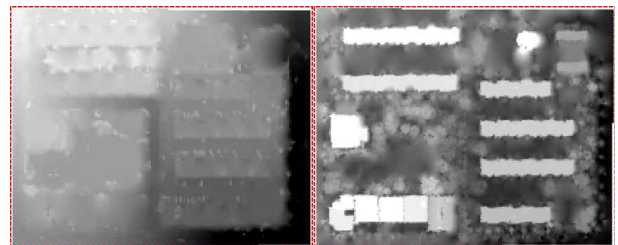
a) Ground points b) Nonground points

Figure 7. Classification of LIDAR data

같으며 점밀도는 약 2.64개/m²이고 점의 개수는 총 75,939개로 이루어져 있다.

항공라이다자료에서 수목을 추출하기 위하여 지면과 비지면을 분류해야한다. 본 연구에서는 지면과 비지면 분류작업에 PCFA 필터링을 사용하였다. PCFA 필터링은 임의의 투영중심을 이용하여 각도를 기반으로 폐색영역을 이용하는 방법이다. PCFA 필터링을 이용하여 분류한 지면은 Figure 7의 a)와 같으며 비지면은 Figure 7의 b)와 같다.

라이다 데이터에서 지면점으로 분류된 비율은 43.12%이고 비지면점으로 분류된 비율은 56.88%로 나타났다.



a) DEM b) NDSM

Figure 8. DEM and NDSM of study area

Figure 8에서 DEM과 NDSM의 생성을 위한 격자간격은 라이다 점자료의 평균 점간거리인 0.61m로 하였으며 보간법은 최근린보간법을 적용하였다.

4.3 건물 추출 및 제거 실험

건물추출을 위한 입력자료로 Figure 8의 NDSM를 이용하여 건물을 추출하였다. 실험지역에서 건물을 추출하기 위해 입력 매개변수로 높이 임계값이 필요하며 실험지역이 아파트 단지 주변이므로 약 10m 이상으로 설정하여 건물 형태의 객체를 추출하였다. 이렇게 추출된 객체를 건물로 인식하기 위해서는 건물의 최소 면적값 이상을 갖는 객체를 추출하는 것이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 법정 주택 면적값인 40m²을 최소값으로 건물을 추정하였다.

래스터파일로 추정된 건물을 벡터파일로 변환하여 비지면지역이라고 추정되는 지역과 중첩하여 교집합부분을 건물이라고 추정하였다. 또한, 수목의 효율적인 추출을 위하여 보도에 수목이 없다는 가정을 하였으며 법정 보도폭 2m를 건물에서 확장하여 최종 건물영역으로 추출하였다. 건물영역을 추출한 결과는 Figure 9와 같다.

수목을 효율적으로 추출하기 위하여 비지면점에서 건물을 제거한다. 건물이 제거된 결과는 Figure 10과 같다.



Figure 9. Building area

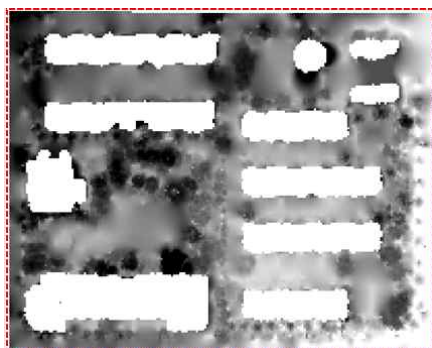


Figure 10. Building boundary removal

4.4 수목 추출 실험

건물이 제거된 비지면점에서 수목을 추정하고 추출하는 작업을 하였다. 일정한 크기를 갖는 식생자료의 구분을 위하여 국지적 최대값 필터링을 사용하여 3m 원형에서의 최소 높이값을 1차 수목으로 추정하였다.

수목 추출 결과는 Figure 11의 삼각형과 같다. 또한 수목추출결과와의 정확도를 평가하기 위해서 본 연구에

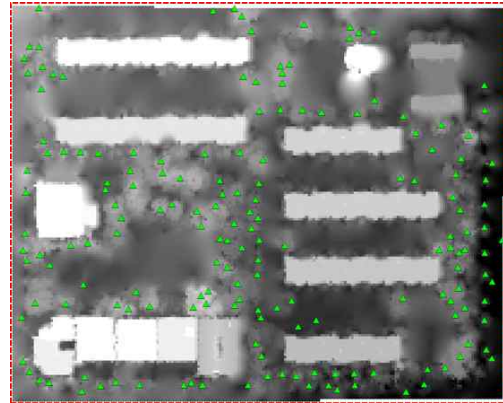
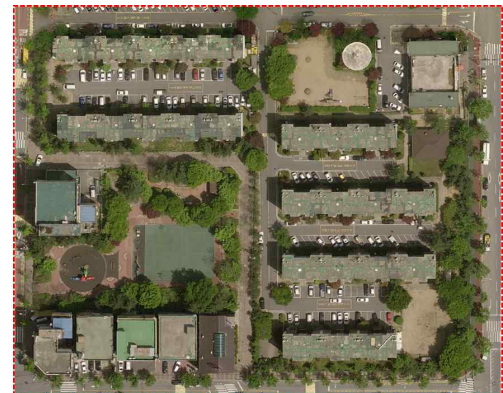
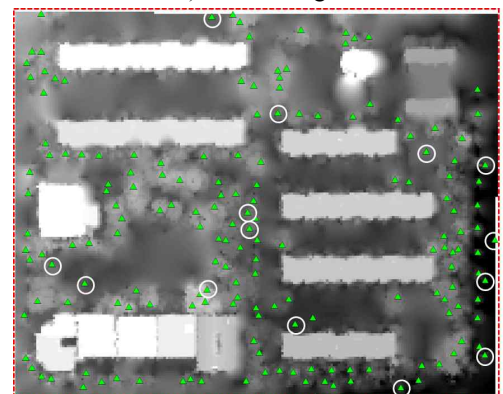


Figure 11. Extracted tree-tops



a) ortho image



b) Incorrectly extracted tree-tops

Figure 12. Comparative evaluation

서는 정사영상을 통하여 육안으로 수목을 추출하였으며 총 195그루가 식별되었다. 자동화 과정을 통하여 수목이라고 추출된 점은 총 172그루이다.

Figure 12는 정사영상(a)과 정사영상을 통해 수목의 오류를 검사한 결과(b)이다. 추출된 수목은 정사영상 위에 폴리곤 형태의 수목점을 중첩시켜 육안으로 검증하였다. 수목점으로 추출된 172곳을 정사영상과 비교하여 확인한 결과 Figure 12 b)와 같이 14곳(등근원)이 오추출되었다. 오추출된 지역의 형태는 가로등, 놀이터의 높은 놀이기구, 지붕이 가파른 건물의 꼭대기점, 자동차 지붕위의 짐칸 등으로 인한 영향으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 라이다 자료를 이용하여 지상객체중에서 수목을 자동으로 추출하는 연구를 수행하였으며 이를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 라이다 자료에서 일관성있고 객관적인 자료처리를 위해서는 자동화된 공정의 개발이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 라이다 자료의 분류, 건물영역의 추출 그리고 수목을 자동으로 추출하는 방법론을 개발하였다.

둘째, 자료처리 공정을 자동화하기 위해서 모델빌더를 이용하여 라이다자료 처리 소프트웨어를 구현하였다. 또한 용인지역을 연구대상지로 설정하여 개발된 소프트웨어를 통해서 자료처리를 수행하여 적용성을 평가하였다.

셋째, 실험대상지역에서 자동화된 자료처리를 통해서 수목을 추출할 수 있었으며 정사영상과 중첩 비교하여 약 81%의 추출율을 나타내었다.

향후 실험대상지역 뿐만 아니라 여러 대상지에 적용하여 모델빌더로 개발된 소프트웨어를 검토할 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것(No. 2012-0001518)이며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Cho, D., Kim, E., 2010, Extraction of spatial information of tree using LIDAR data in urban area, Journal of The Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 18, No. 4, pp.11-20.
2. Habib, A., Chang Y., Lee, D. 2009, Occlusion-based methodology for the classification of lidar data, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 75, No. 6, pp.703-712.
3. Kim, E., Cho, D., 2012, Comprehensive comparisons among LIDAR filtering algorithms for the classification of ground and non-ground points, Korean Journal of Geomatics, Vol. 30, No. 1, pp.39-48.
4. Lee, J., Choi, J., Yu, K., 2005, LIDAR data filtering using scanline, Geographic Information Systems Association Of Korea 2005 GIS/RS Joint Conference, pp.293-298.
5. Li, W., Guo, Q., Jakubowski, M., Kelly, M., 2012, A new method for segmenting individual trees from the lidar point cloud, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 78, No. 1, pp.75-84.
6. Min, S., Kim, S., Lee, I., 2008, Software design for airborne lidar data simulation, Geographic Information Systems Association Of Korea 2008 Joint Conference, pp.265-268.
7. LIDAR Analyst :
http://www.overwatch.com/products/lidar_analyst.php.
8. TerraScan :
http://www.terrasolid.fi/system/files/TerraScan_eng_2.pdf.