

LiDAR 3D 스캔 데이터를 이용한 보호수 관리기법

이성호*, 고대식**

Protective Tree Management Technique using LiDAR 3D Scan Data

Seong-Ho Lee*, Dae-Sik Ko**

요 약

본 논문에서는 라이다 3D 스캔 데이터를 이용하여 보호수의 흉고직경 및 수고를 측정하는 기법과 디지털 기술기반 통합적인 보호수 관리체계를 연구 분석하였다. 이를 위하여 보호수에 대하여 라이다를 이용하여 수집한 데이터를 전처리한 후, 지면과 수목객체 데이터의 분리, 여러개의 수목객체 중에서 측정대상 수목객체의 분리, 그리고 분리된 수목객체의 흉고직경 및 수고에 대한 자동측정 단계로 이루어지는 자동측정 알고리즘을 제안하였다. 실험을 위하여, 국내 A 지역의 보호수 군락지에 대하여 소나무, 잣나무, 낙엽송 각각 30본, 총 90본의 보호수에 대한 3D스캔 데이터를 수집하고 알고리즘을 구현하여 실험하였다. 실험결과, 제안된 라이다를 이용한 자동측정기법은 휴면에러 없이 수목객체에 대한 흉고직경과 수고에 대한 측정이 가능함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, the technique of measuring DBH(Diameter at Breast Height) and the height of protected trees using LiDAR 3D scan data and the integrated protected trees management system based on digital technology were studied and analyzed. For this purpose, an automatic measurement algorithm consisting of data collected using LiDAR was proposed for the protected tree, separating the ground and the wooden object data, separating the measured wooden object from the various wooden objects, and automatic measurement of the DBH and the labor of the separated tree object. For the purpose of the experiment, 3D scan data were collected and the algorithm was implemented and tested on the protected tree colonies in A region and 30 Pine, Nut Pine, Larch, and 90 pine trees, respectively. As a result of the experiment, the automatic measurement technique using the proposed LiDAR confirmed that the DBH and height of the wooden object can be measured without human error.

Keywords

LiDAR, 3D point cloud, prevention tree management, tree height measurement, tree diameter measurement

* 목원대학교 지능정보융합과 박사과정
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2529-8312>
** 목원대학교 전자공학과 교수(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6232-476X>

• Received: Jun. 29, 2020, Revised: Aug. 06, 2020, Accepted: Aug. 09, 2020
• Corresponding Author: Dae-Sik Ko
Dept. of Electronic Engineering, Mokwon University, 88 Doanbuk-ro,
Seo-gu, Daejeon, Korea.
Tel.: +82-42-829-7652, Email: kdsmok@gmail.com

1. 서 론

보호수란 역사적·학술적 가치가 있는 노목, 거목, 희귀목으로서 고사 및 전설이 담긴 나무나 특별히 보호 또는 증식 가치가 있는 나무를 일컫는다[1]. 보호수는 생태학적·유전적 연구 가치에서 나아가, 자연과 문화가 조화를 이룬 민족 유산으로써 살아 있는 생명문화재적 가치까지 지니고 있지만, 산업화와 도시의 무분별한 확장으로 생육환경이 날로 악화되고 있기 때문에 보호 및 관리가 필요한 상황이다. 산림청에 발표에 따르면 보호수로 지정된 숫자는 전국에 14,000에 이르며 대부분 지자체와 지방산림청에서 관리책임을 맡고 있다[2]. 우리나라 보호수 관리의 문제점을 요약하면 첫째로, 보호수의 중요성에 대한 정부 및 국민들의 인식 부족, 둘째로, 보호수 및 천연기념물을 통합하여 관리할 수 있는 국토의 유존목 보전관리와 활용 체계 부재, 셋째로, 보호수의 국가적 분포 실태 및 생육 상태 등 현황 정보 부족, 넷째로, 보호수에 대한 효율적 보존·관리방안 및 활용정책 미비, 마지막으로 보호수 및 유존목에 관한 다양하고 체계적인 데이터관리의 부족을 들 수 있다[3].

본 논문에서는 라이다 3D 스캔 데이터를 이용하여 보호수의 흉고직경 및 수고를 측정하는 기법과 디지털 기술기반 통합적인 보호수 관리체계를 연구 분석하였다.

보호수 관리 중 보호수의 흉고직경 및 수고를 측정하는 기법은 전문가에 의한 아날로그 방식을 활용한 측정방법과 잡목을 제거한 후, 라이다와 같은 디지털 스캔장비를 이용하여 데이터를 수집한 다음, 나무 둘레외형에 대한 가로 세로만의 평균을 수작업으로 측정하는 방법이 주로 활용되고 있다[4].

본 논문에서는 조사대상 보호수에 대하여 라이다를 이용하여 잡목을 제거하지 않은 자연상태로 라이다 스캔하고, 지면과 보호수를 분리하고 보호수 객체를 분리한 다음, 나무 둘레외형의 가로, 세로 길이만이 아닌 2개의 대각선 길이까지 함께 평균을 계산하는 방법으로 흉고직경을 계산하는 자동측정하는 과정을 처리하는 알고리즘을 제안하였다.

제안된 보호수 관리체계는 CCTV와 센서를 이용하여 실시간 모니터링 하는 서비스, 라이다 스캔데

이터를 이용하여 보호수의 훼손여부, 외형변화, 시기별 성장상태 및 변화추이를 분석서비스, 온도센서와 같은 다양한 환경센서와 바람과 같은 기상데이터의 실시간 센싱을 이용한 보호수 성장과 훼손에 영향을 미치는 요인들 분석서비스와 종합적인 빅데이터 분석서비스를 목적으로 하고 있다. 이외에도 VR·AR기술을 이용한 보호수 원격감상서비스와 빅데이터 기반 예측결과가 보호수 훼손으로 판정되는 경우에 실시간 대응이 필요한 부분은 실시간으로 대응할 수 있도록 설계하였다.

끝으로 제안된 보호수 관리기법의 장점을 비교분석하였고 유용성을 확인하기 위한 알고리즘 연구와 실험은 제안된 모델의 가장 중요한 부분 중의 하나인 고정밀 LiDAR를 이용하여 A지역의 보호수에 대한 흉고측정과 수고 측정하는 기법에 대하여 시행하고 그 결과를 분석하였다.

II. 라이다 스캔 데이터를 이용한 보호수 관리기법

2.1 보호수 관리기법

남부지방산림청이 관리하고 있는 보호수는 경북 봉화(550년 철쭉, 소나무), 울진(500년 소나무, 못난이소나무, 대왕소나무), 울릉(향나무)로 6본이다. 산림청에서는 주기적인 점검을 통하여 관리중인 보호수의 수고·흉고·둘레 등 개체정보와 활력도·훼손도·병충해 등 생육정보에 대한 조사를 실시하고, 안내판 등 주변 시설물도 점검하여 병충해 피해 등이 발견되면 적절한 조치를 취하는 것으로 관리하고 있다[5].

문화재청에서는 다양한 기술과 장비를 동원하여 노거수들에 대한 조사분석보고서를 발표한 바 있다. 수목의 흉고직경은 물론, 토양에 대한 조사도 실시하며 특히, 바람과 같은 기상정보조사와 음파를 이용하는 나무의 내부 비파괴검사도 실시하여 내부의 건강상태를 조사하는 기법을 제시하고 있다[6].

보호수 관리 중 보호수의 흉고직경 및 수고를 측정하는 기법은 전문가에 의한 아날로그 방식을 활용한 측정방법과 잡목을 제거한 후, 라이다와 같은 디지털 스캔장비를 이용하여 데이터를 수집한 다음,

나무 둘레외형에 대한 가로 세로만의 평균을 수작업으로 측정하는 방법이 주로 활용되고 있다. 하지만 수작업에 의한 보호수의 속성 측정은 휴먼에로 발생가능성이 있고 보호수의 훼손여부 판단에 도움이 되는 3D 형상데이터가 부족한 측면이 있다 [7]-[10].

2.2 디지털 기술을 이용한 보호수 관리기법

본 논문에서는 사물인터넷, 빅데이터 분석 그리고 고정밀 라이다와 같은 디지털 기술을 이용한 보호수를 관리체계를 제안하였다.

제안된 보호수 관리체계는 보호수의 훼손여부, 외형변화, 시기별 생장상태, 변화추이 등은 라이다 스캔데이터를 이용하여 관리하고 토양상태데이터와 온도, 습도, 바람, 강우, 강수량과 같은 기상 및 환경의 영향은 실시간 환경센서와 사물인터넷 그리고 빅데이터 분석을 이용하는 것이며, 빅데이터 분석결과, 실시간 대응이 필요한 부분은 실시간으로 대응할 수 있도록 설계하였다.

그림 1은 제안된 디지털 기술을 이용한 보호수 관리체계이다. 그림 1에서 입력으로는 아날로그 관

리도구와 디지털 관리도구로 정의하였다. 아날로그 도구로는 사람, 사진촬영, 아날로그 CCTV, 줄자와 같은 도구들이다. 사람은 보호수관리자, 지역민(이장등) 그리고 보호수사랑 동호회 등으로 설계하였다. 디지털 기술적 관리도구로는 센서 및 사물인터넷, 비파괴용 토모그래피, 라이다, VR, 항공사진, 위성사진 등으로 설계하고 디지털 데이터를 수집하는 통신기술로는 유선인터넷, BLE 등 IOT, 무선 LTE, 무선 LORA 등으로 설계하였다.

최종적으로 원하는 보호수 관리체계의 서비스로는 보호수 훼손위험 예측과 같은 빅데이터 분석서비스, CCTV 및 IoT 센싱을 활용한 실시간 모니터링 및 위험상황인지 서비스, LiDAR 및 비파괴검사를 이용한 보호수 3차원 형사 및 생장데이터 정밀 측정서비스, 그리고 VR, AR기반의 원격 보호수 감상서비스로 설계하였다.

또한, 기상데이터를 포함한 환경센싱 및 빅데이터 분석을 통하여 보호수가 훼손될 것으로 예측이 되면 지역관리자에게 안내 문자를 보내거나 매우 건조한 가뭄시기에는 물을 자동으로 뿌리거나 하는 등의 위험대응 제어신호를 송출할 수 있도록 설계하였다.

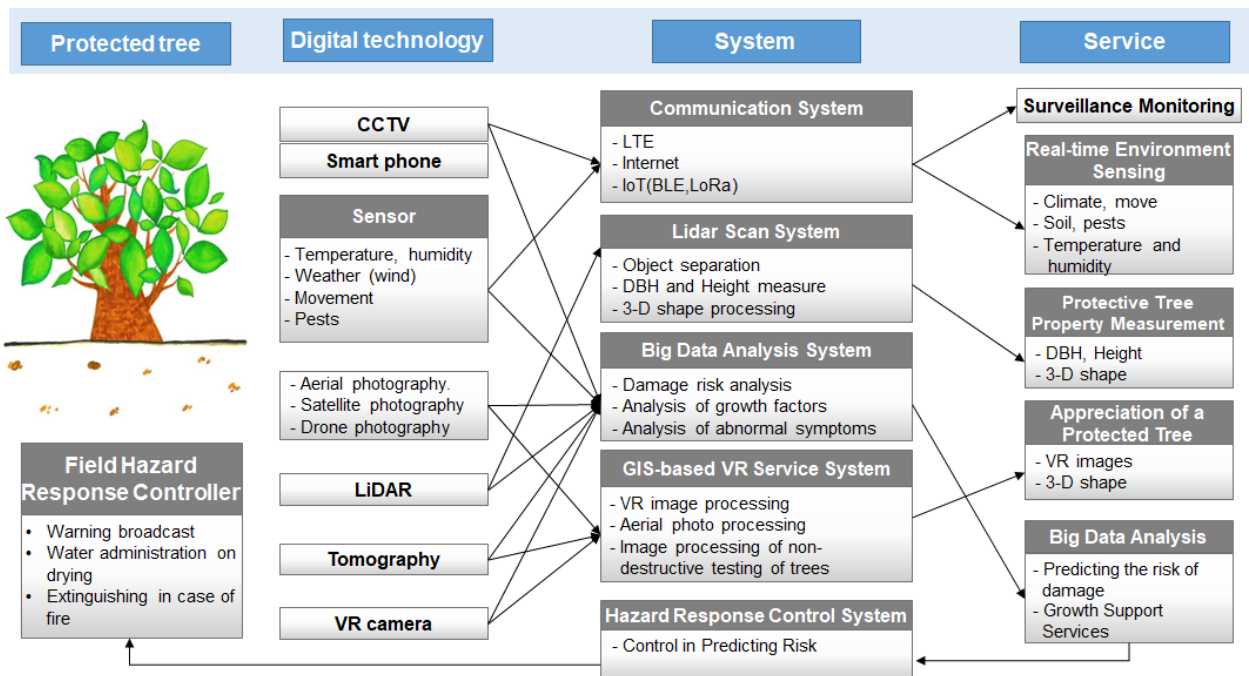


그림 1. 디지털 기술을 이용한 보호수 관리체계도
Fig. 1. Protective tree management system using digital technology

이와 같이 제안된 보호수 관리체계는 기존의 관리체계에서 불가능했던 훼손위험 예측과 같은 빅데이터 분석서비스와 LiDAR 및 비파괴검사를 이용한 보호수 3차원 형상 및 생장데이터 정밀 측정서비스가 가능한 것이 특징이다.

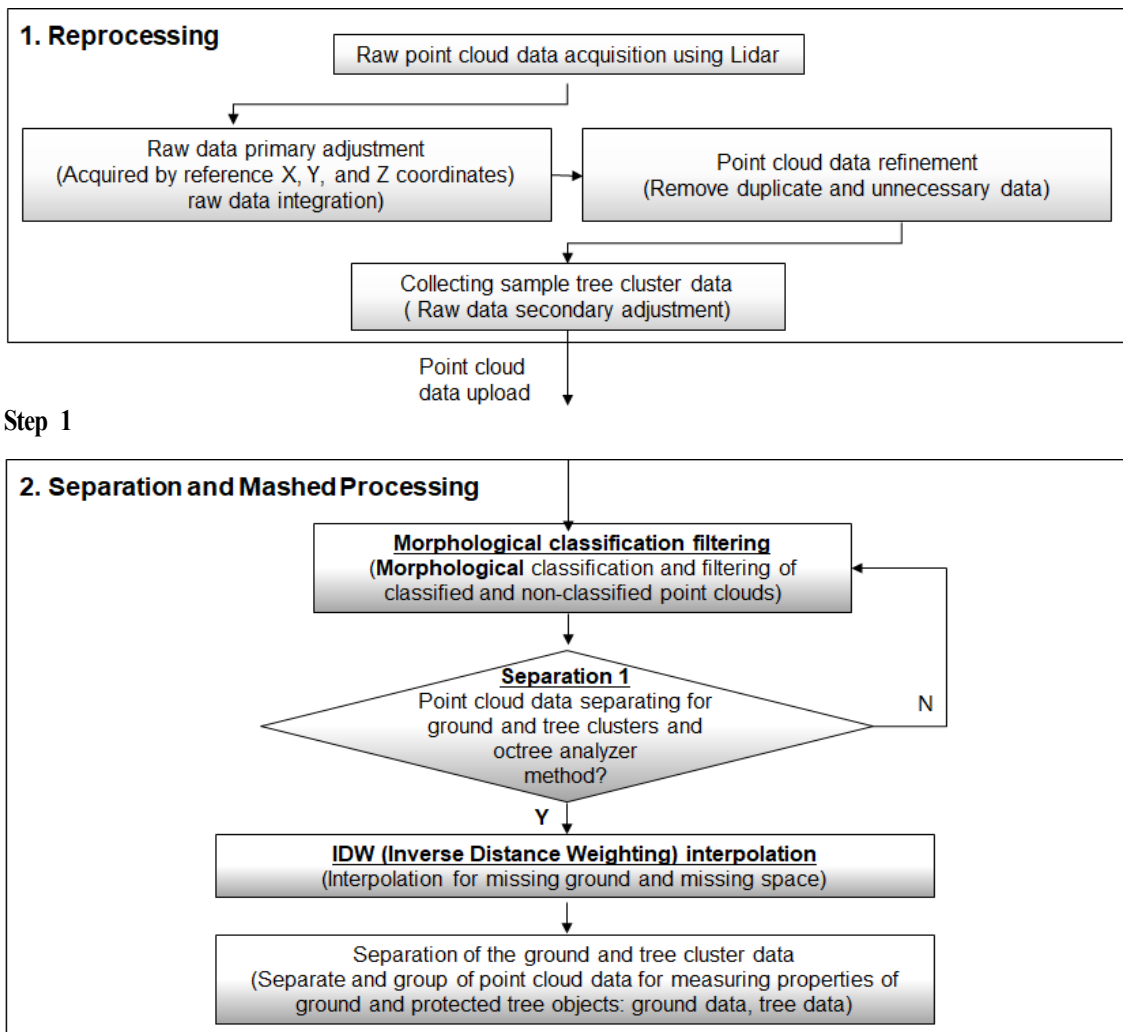
2.3 라이다 포인트 클라우드를 이용한 보호수 흉고직경 및 수고 측정

본 논문에서는 라이다 포인트 클라우드를 이용하여 보호수의 흉고직경 및 수고를 측정하는 기법을 중점적으로 연구 분석하였다. 제안된 라이다를 이용한 자동측정 방법은 잡목을 제거하지 않은 자연상태로 광대역 스캔한 다음, 지면과 보호수를 분리하

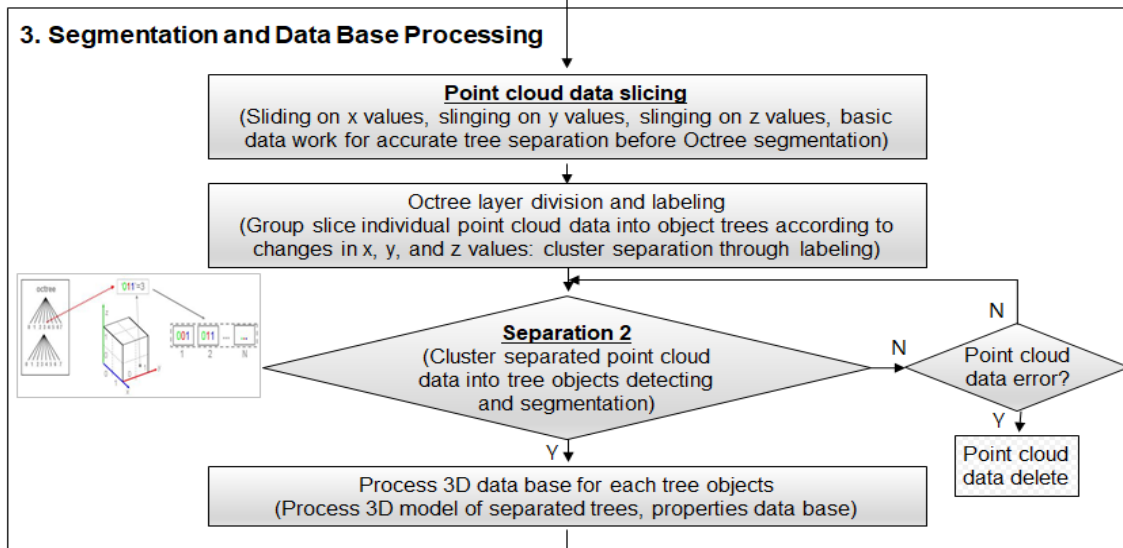
고 보호수 객체를 분리한 다음, 나무 둘레외형의 가로, 세로 길이만이 아닌 2개의 대각선 길이까지 함께 평균을 계산하는 방법으로 흉고직경을 계산하는 기법이다[11]-[14].

2.3.1 전처리과정

그림 2로 도식화된 라이다 포인트 클라우드를 이용한 보호수 흉고직경 및 수고 측정 알고리즘의 첫 번째 단계는 전처리 과정이다. 라이다 스캐너에 의하여 획득된 포인트 클라우드 데이터에는 중복성이 많기 때문에 데이터 추출 정확성 보장을 전제로 데이터 처리의 시간비용을 줄일 수 있도록 데이터 전처리를 수행하게 된다.



Step 2



Step 3

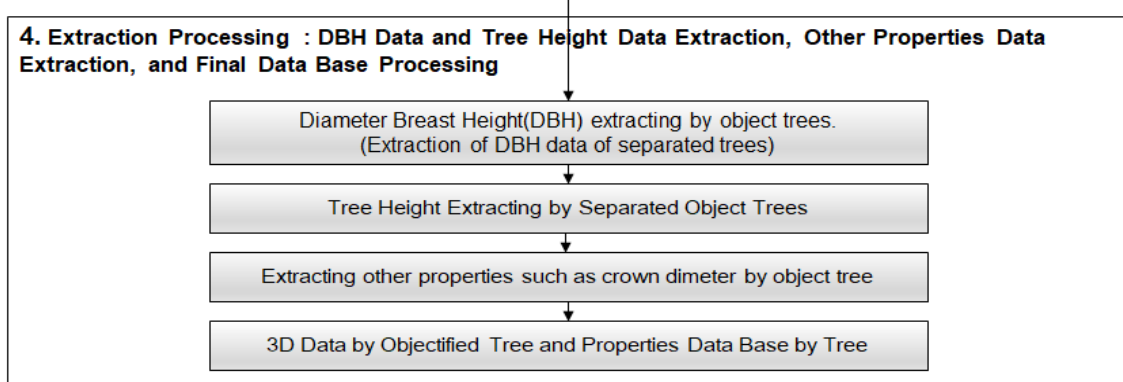


그림 2. 라이다를 이용한 나무의 흉고직경 및 수고 자동측정 알고리즘
Fig. 2. DBH and tree height automatic measurement algorithms for trees using Lidar

2.3.2 지면분리 과정

두 번째 단계는 나무객체와 지면의 분리과정이며 형태학적 필터링 방법은 지면으로부터 지면점을 분리하는 데 사용된다. 형태학적 필터링은 수학적 형태학을 이용한 영상처리에서 여러개의 작은 객체들을 제거할 때 사용하는 기법인 침식(Corrosion)연산 즉 open 필터링과 팽창(Expansion) 연산 즉 close 필터링을 이용하여 포인트 클라우드의 포인트 클라우드의 높은 클라우드를 제거하고 낮은 포인트 클라우드를 유지하여 지면의 포인트를 추출하게 된다. 만약에 누락된 지면 정보가 있다면 보간법을 이용하여 보상처리를 하며, 이때 사용하는 보상처리 기법은 IDW(Inverse Distance Weighting) 방법을 이용한다.

2.3.3 보호수 객체분리과정

세 번째 단계는 여러개의 보호수 중에서 측정하고자 하는 하나의 객체를 분리하는 과정이다. 여러 나무가 중첩되어 있거나 저성장으로 작은 관목이 있는 지역에서 3D 포인트 클라우드 데이터를 얻을 경우, 나무가 서로 차단되고 저성장 관목이 줄기를 차단하여 일정 높이에서 불완전한 포인트 클라우드 데이터를 생성하는 현상이 발생하기 때문에 나무가 없는 것으로 인식되거나 나무를 잘못 식별될 가능성이 높다. 옥트리(Octree) 분할법은 기존의 연구[11]에서 포인트 클라우드를 슬라이싱 하는 방법으로 나무객체 분리의 정확도를 효과적으로 향상시킬 수 있다는 것을 보여주었다. 옥트리는 3차원 공간에서 객체를 표현하기 위한 데이터구조이다.

본 연구에서는 보호수 객체들의 중복성을 제거하고 객체를 분리해내고 처리효율성을 개선하기 위하여 옥트리 분할과 연결된 구성요소 라벨링을 결합하여 포인트 클라우드를 슬라이싱하였다.

2.3.4 보호수 흉고직경 및 수고와 같은 속성 자동 측정과정

마지막 단계는 흉고직경 및 수고와 같은 속성을 자동으로 측정하는 과정이다. 전처리과정을 통하여 정규화된 데이터에서 포인트 클라우드 데이터를 추출하여 슬라이싱한 후 포인트 클라우드 각 계층별을 각각 별도로 처리한다. 각 계층의 포인트를 세분화하기 위해 옥트리 분할과 연결된 구성요소 라벨링 방법이 사용된다.

본 논문에서는 DBH의 정확성을 개선하기 위하여 스캔데이터로부터 구해진 흉고높이의 단면에 대한 가로세로, 좌우의 직경만이 아닌 2개의 대각선과 원둘레까지 포함하여 평균값을 취하는 방법에 제시하였다.

III. 실험 및 고찰

제안된 디지털 기술을 이용한 보호수 관리체계의 특징은 기존의 관리체계에서 불가능했던 훼손위험 예측과 같은 빅데이터 분석서비스와 LiDAR 및 비파괴검사를 이용한 보호수 3차원 형상 및 성장데이터 정밀 측정서비스가 가능한 것이 특징이다.

한편, 본 논문에서는 보호수 관리체계의 하나인 라이다를 이용한 보호수 3D 형상 재현과 속성자동 측정에 대한 알고리즘을 구현하여 실험하였다. 라이다를 이용한 보호수 속성자동 측정은 국내 A 지역의 보호수 군락지에 대하여 소나무, 잣나무, 낙엽송 각각 30분, 총 90분의 보호수에 대하여 시행하였다.

그림 3은 제안된 알고리즘 구현을 통하여 보호수 수고를 자동 측정한 결과와 전문가에 의한 수동측정 그리고 라이다 스캔 이후 수작업으로 측정결과를 비교한 것이다. 그림 3에서 전문가의 수작업과 제안된 라이다 스캔을 이용한 수고측정 결과의 차이는 크기는 3.48cm까지 나타났고 평균차이 값은 소나무는 1.18cm 낙엽송은 1.49cm, 잣나무는 1.3cm로 나타났다.

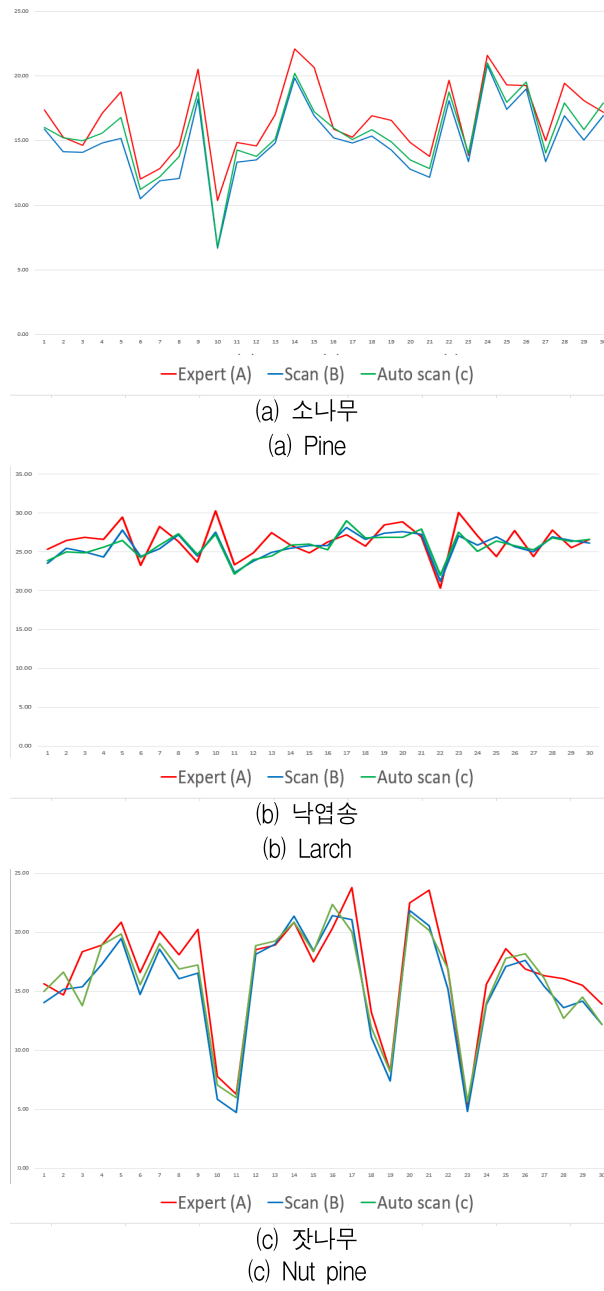


그림 3. 수작업과 라이다를 이용한 수고 자동측정 결과 비교

Fig. 3. Comparison of tree height automatic measurement results using manual and Lidar

마찬가지로 그림 4는 제안된 알고리즘을 이용하여 측정한 흉고직경을 자동 측정한 데이터와 수작업 그리고 라이다 스캔 이후 수작업으로 측정한 결과를 비교한 것이다.

그림 4에서 전문가의 수작업과 제안된 라이다 스캔을 이용한 DBH 측정값의 차이가 크기는 8.19cm까지 나타났으며 평균 차이값은 소나무가 2.53, 낙엽송이 1.93cm, 그리고 잣나무가 1.09cm로 분석되었다.

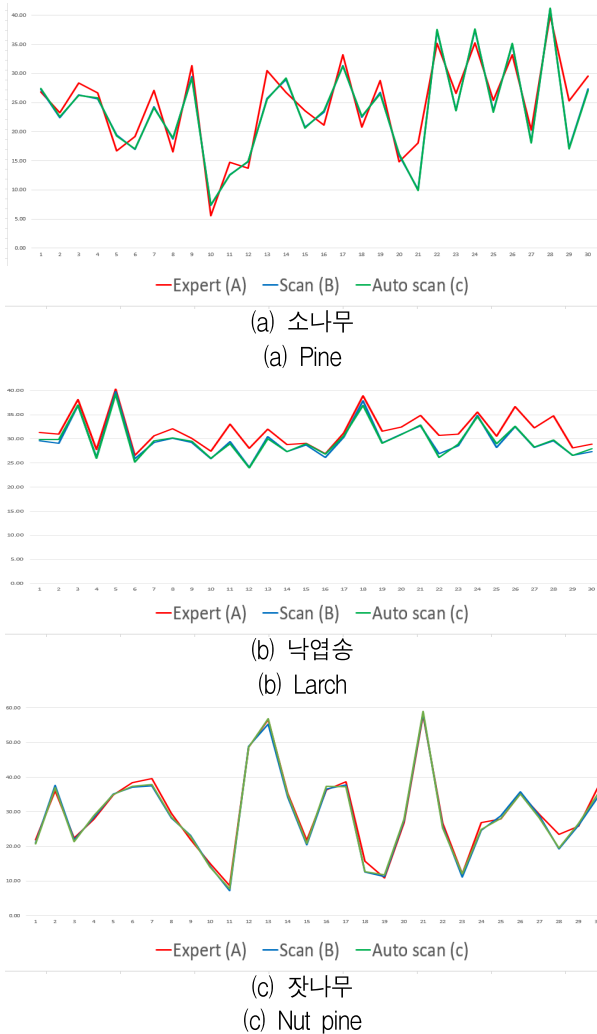


그림 4. 수작업과 라이다를 이용한 흉고직경 자동측정 결과 비교

Fig. 4. Comparison of DBH automatic measurement results using manual and Lidar

그림 3과 4의 결과에서 나타나는 수작업과 자동 측정과의 차이가 있는 부분은 수작업상의 휴면애러 일 것으로 추정된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 IoT 센싱기술과 라이다 그리고 빅 데이터 분석과 같은 디지털 기술을 이용하여 문화 재급의 보호수 관리체계를 제안하였다. 제안하는 디지털 기술을 이용한 보호수 관리체계는 기존의 보호수 관리체계와 비하여 다음과 같은 특징이 있는 것으로 분석되었다.

제안된 디지털 기술을 이용한 보호수 관리체계는 실시간 환경센싱과 빅데이터 분석을 통하여 보호수

의 훼손 위험성을 예측할 수 있고 실시간 모니터링이 가능하며 3차원 보호수 형상관리 데이터의 수집과 속성정보 측정 시 휴면애러를 최소화할 수 있는 특징이 있다. 아울러 VR 기술을 이용하여 전국의 보호수에 대하여 보호수 원격 감상서비스가 가능하며 빅데이터 분석을 통하여 발견된 이상징후와 보호수 훼손예측 정보를 가지고 원격에서 실시간으로 현장을 제어할 수 있는 특징까지 있다.

한편, 본 논문에서는 제안된 보호수 관리체계의 유용성을 확인하기 위하여 제안서비스중의 하나인 라이다 포인트 클라우드를 이용한 보호수 흉고직경 및 수고 자동측정 알고리즘을 연구 분석하였다. 제안된 알고리즘은 보호수에 대한 고정밀 라이다 3D 스캐닝 기술로, 보호수의 생육 및 환경변화를 mm 단위로 정밀하게 측정할 수 있는 수목의 현재 상태를 파악할 수 있고, 과학적 데이터를 기반으로 한 구조적 안정성 진단 및 사후 조치를 통해 효과적인 보호수 보존 및 관리에 활용할 수 있을 것으로 예측된다.

경기도 A 지역의 90개의 나무에 대한 라이다 포인트 클라우드 데이터를 수집하여 알고리즘을 실행한 결과, 지면과 수목분리, 여러개의 수목 중에서 수목객체를 분리, 그리고 흉고직경과 수고를 자동 측정하는 것이 가능하였으며 전문가에 의한 수작업 측정결과보다 휴면애러 없이 정확하게 측정되는 것을 확인하였다.

Acknowledgement

본 논문은 2020.8.31. 졸업예정인 이성호의 석사 논문을 요약 정리한 것임을 밝힙니다.

References

- [1] Forest Protection Act, Act on Protected Trees, [Enforcement 2020. 9. 25] [Act No. 17094, 2020.3 24, Partial Revision]
- [2] National Protective Tree Standard Data, data.go.kr
- [3] Forest Service, Research Report on Conservation and Management of Protected Water, 12 2007.
- [4] Jin-teak Kang, et. al., "Effective Investigation of Forest Resource Resources by Terrestrial Laser Scanning(TLS) in Pinus densiflora Stand", 2019

sept. International Symposium of Institute of Forest Science.

[5] Forest news, <https://www.gov.kr/portal/ntnadmNews/1868555>. [accessed: Jun. 01, 2020]

[6] National Research Institute of Cultural Heritage, "How to Investigate Natural Monuments (Old Water) and diagnose Trees (Focused on Internal Fault Diagnosis Using PiCUS Equipment)", 2019.

[7] Impyeong Lee et. al., "Detection of Individual Trees and Estimation of Mean Tree Height using Airborne LIDAR Data", Journal of the Korean Society of Spatial Information June 2012. <https://doi.org/10.12672/ksis.2012.20.3.027>.

[8] Eui Myoung Kim, "Extraction of the Tree Regions in Forest Areas Using LIDAR Data and Ortho-image", Journal of Korean Society for Geospatial Information Science, Vol. 21, No. 2, pp. 27-34, Jun. 2013.

[9] Young Rak Choi, "Extraction of Forest Resources Using High Density LiDAR Data", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 33, No. 2, pp. 73-81, 2015. <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.2.73>.

[10] Yun-Jae Choung, "Extraction of 3D Objects Around Roads Using MMS LiDAR Data", Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 20, No. 1. pp. 152-161, 2017, <https://doi.org/10.11108/kagis.2017.20.1.152>.

[11] Guangjie Liu et. al., "Estimating Individual Tree Height and Diameter at Breast Height (DBH) from Terrestrial Laser Scanning (TLS) Data at Plot Level", Forests, Vol. 9, No. 7, 398, Jul. 2018, <https://doi.org/10.3390/f9070398>.

[12] Andrew Burt, Mathias Disney, and Kim Calders, "Extracting individual trees from lidar point clouds using treeseg", Methods in Ecology and Evolution, pp. 438-445, Sept. 2018, <https://doi.org/10.1111/2041-10X.13121>.

[13] Jiarong Tian, et. al., "A Novel Tree Height Extraction Approach for Individual Trees by

Combining TLS and UAV Image-Based Point Cloud Integration", Forests, Vol. 10, No. 7, 537, Jun. 2019, <https://doi.org/10.3390/f10070537>.

[14] Bisheng Yang et. al., "Automatic Forest Mapping at Individual Tree Levels from Terrestrial Laser Scanning Point Clouds with a Hierarchical Minimum Cut Method", Remote sensing, Vol. 8, No. 5, 372, May 2016. <https://doi.org/10.3390/rs8050372>.

저자소개

이 성 호 (Seong-Ho Lee)



2020년 8월 : 목원대학교 지능정보 융합과(박사과정)
 2004년 3월 ~ 2006년 12월 : 한국 SCM협회 회장
 2004년 7월 ~ 2007년 11월 : 산업통상자원부 자문위원, ECRC 운영위원

2014년 5월 ~ 2015년 7월 : 축산물품질평가원 IT 자문위원
 2017년 1월 ~ 2017년 12월 : 한국플랜트산업협회 전문위원 /서울시 농수산식품 공사 자문위원
 2014년 1월 ~ 현재 : IT 기업 경영
 관심분야 : 디지털트윈, 빅데이터, 인공지능, 자율주행로봇

고 대 식 (Dae-Sik Ko)



1991년 2월 : 경희대학교 전자공학과(공학박사)
 1994년 1월 ~ 1995년 2월 : UCSB Post-Doc
 2008년 3월 ~ 2010년 : ETRI 초빙연구원
 2011년 1월 ~ 2012년 12월 :

한국정보기술학회 회장
 1989년 ~ 현재 : 목원대학교 전자공학과 교수 (학술정보처장, 공대학장, 산학협력단장역임)
 2019년 1월 ~ 현재 : 국가과학기술자문위원회 ICT융합전문위원
 관심분야 : IoT, 빅데이터플랫폼, 디지털트윈