



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0001484
(43) 공개일자 2015년01월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 1/00 (2006.01) G06T 7/00 (2006.01)
G01C 11/02 (2006.01) G09B 29/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0074787
(22) 출원일자 2013년06월27일
심사청구일자 2013년06월27일

(71) 출원인
남서울대학교 산학협력단
충남 천안시 서북구 성환읍 성산샘길 45, 내 (남서울대학교)
(72) 발명자
김의명
경기 화성시 동탄반석로 42, 603동 1902호 (반송동, 한화우림아파트)
조두영
충청남도 서산시 호수공원9로 32 서나무빌 503호
(74) 대리인
김견수

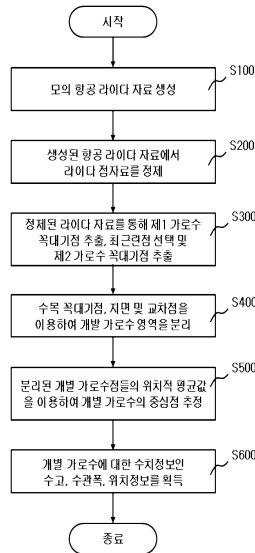
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법 및 그 장치**

(57) 요약

본 발명은 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 항공 라이다 자료는 지상에 존재하는 건물, 수목 등의 다양한 객체에 대한 3차원 위치정보를 점군 형태로 가지고 있다. 이러한 점군 자료에서 도시지역의 가로수를 추출하기 위해서는 개별 가로수의 꼭대기점과 가로수 영역을 분리하는 과정이 필수적이다. 이에 본 발명을 통해서 기존의 방법에 비해 개선된 가로수의 꼭대기점의 추출방법과 새로운 가로수의 영역을 분리하는 방법 개발하여 이를 통해 지자체에서 관리되고 있는 가로수의 수고를 자동화로 관리할 수 있도록 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법과 그 장치에 관한 것이다.

대표도 - 도8



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345173652

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원

연구과제명 라이다 및 멀티센서자료를 이용한 3차원 공간객체 추출 및 활용기술 개발

기여율 1/1

주관기관 남서울대학교

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

가로수의 위치, 수고, 수관폭 정보를 체계적으로 획득하기 위하여 점군 형태로 분포된 모의 항공 라이다 자료를 생성하는 수단;

상기 생성된 모의 항공 라이다 자료로부터 가로수 꼭대기 후보점을 추출하는 가로수 꼭대기점 정제 수단;

상기 정제된 가로수 꼭대기점을 추정된 꼭대기점으로 이용하여 개별 가로수의 영역을 분리하는 수단; 및

상기 영역이 분리된 개별 가로수 점들의 평면위치에 대한 평균값을 계산하여 가로수 수치정보를 추정하는 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 가로수 꼭대기점 정제 수단은,

제1 꼭대기 후보점 추출 수단;

최근린점 선택 수단; 및

제2 꼭대기 후보점 추출 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1 꼭대기 후보점 추출 수단은,

모의 항공 라이다 자료에서 가로수가 포함된 지면 및 비지면 정보로부터 비가로수 정보를 제거하여 제1 꼭대기 후보점을 추출하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 최근린점 선택 수단은,

비가로수 정보를 제거하여 추출된 제1 꼭대기 후보점에서 미리 정해진 개수의 적어도 하나 이상의 최근린점을 선택하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 제2 꼭대기 후보점 추출 수단은,

제1 꼭대기 후보점에서 선택된 최근린점으로부터 최근린점간의 높이 차이를 측정하고, 측정된 높이 차이의 평균

값 M_d 와 표준편차 S_d 를 계산하여 평균값 M_d 을 기준으로 표준편차가 2σ 이내에 있는 제1 꼭대기 후보점은 선택하고 그 외의 제1 꼭대기 후보점을 정제하여 제2 꼭대기 후보점을 추출하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 6

청구항 1항에 있어서,

상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 수단은,

우측 수목꼭대기점을 좌측 지면점에 이어 하나의 직선을 생성하고,
 좌측 수목꼭대기점을 우측 투영된 지면점에 이어 다른 하나의 직선을 생성하며,
 두 직선이 교차하는 교차점을 생성하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,
 상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 수단은,

교차점을 좌측 수목꼭대기점과 좌측 지면점을 잇는 직선에 투영하여 거리 d_1 를 계산하고,

교차점을 우측 수목꼭대기점과 우측 투영된 지면점을 잇는 직선에 투영하여 거리 d_2 를 계산하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,
 상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 수단은,

거리 d_1 및 d_2 를 계산하여 2차원 및 3차원 공간상에 개별 가로수의 영역 분리선 및 분리면을 생성하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 9

청구항 1에 있어서,
 상기 가로수 수치 정보를 추정하는 수단은,

개별 가로수가 포함하는 라이다 점들 중 최대 높이값을 수고값으로 추정하고, 개별 가로수 점을 이용하여 생성된 최대 원의 지름을 수관폭으로 추정하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치.

청구항 10

가로수의 위치, 수고, 수관폭 정보를 체계적으로 획득하기 위하여 점군 형태로 분포된 모의 항공 라이다 자료를 생성하는 단계;

상기 생성된 모의 항공 라이다 자료로부터 가로수 꼭대기 후보점을 추출하는 가로수 꼭대기점 정제 단계;

상기 정제된 가로수 꼭대기점을 추정된 꼭대기점으로 이용하여 개별 가로수의 영역을 분리하는 단계; 및

상기 영역이 분리된 개별 가로수 점들의 평면위치에 대한 평균값을 계산하여 가로수 수치정보를 추정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 가로수 꼭대기점 정제 단계는,

제1 꼭대기 후보점 추출 단계;

최근린점 선택 단계; 및

제2 꼭대기 후보점 추출 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제1 꼭대기 후보점 추출 단계는,

모의항공 라이다 자료에서 가로수가 포함된 지면 및 비지면 정보로부터 비가로수 정보를 제거하여 제1 꼭대기 후보점을 추출하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 최근린점 선택 단계는,

비가로수 정보를 제거하여 추출된 제1 꼭대기 후보점에서 미리 정해진 개수의 적어도 하나 이상의 최근린점을 선택하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

상기 제2 꼭대기 후보점 추출 단계는,

제1 꼭대기 후보점에서 선택한 최근린점으로부터 최근린점간의 높이 차이를 측정하고, 측정된 높이 차이의 평균

값 M_d 와 표준편차 S_d 를 계산하여 평균값 M_d 을 기준으로 표준편차가 2σ 이내에 있는 제1 꼭대기 후보점은 선택하고 그 외의 제1 꼭대기 후보점을 정제하여 제2 꼭대기 후보점을 추출하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

청구항 15

청구항 10항에 있어서,

상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 단계는,

우측 수목꼭대기점을 좌측 지면점에 이어 하나의 직선을 생성하고,

좌측 수목꼭대기점을 우측 투영된 지면점에 이어 다른 하나의 직선을 생성하며,

두 직선이 교차하는 교차점을 생성하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 단계는,

교차점을 좌측 수목꼭대기점과 좌측 지면점을 잇는 직선에 투영하여 거리 d_1 를 계산하고,

교차점을 우측 수목꼭대기점과 우측 투영된 지면점을 잇는 직선에 투영하여 거리 d_2 를 계산하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 단계는,

거리 d_1 및 d_2 를 계산하여 2차원 및 3차원 공간상에 개별 가로수의 영역 분리선 및 분리면을 생성하는 것을

특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

청구항 18

청구항 10에 있어서,

상기 가로수 수치 정보를 추정하는 단계는,

개별 가로수가 포함하는 라이다 점들 중 최대 높이값을 수고값으로 추정하고, 개별 가로수 점을 이용하여 생성된 최대 원의 지름을 수관폭으로 추정하는 것을 특징으로 하는 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 항공 라이다 자료를 이용하여 개별 가로수의 3차원 정보를 구축하기 위한 개별 가로수의 꼭대기점 추출 방법 및 가로수의 영역을 분리하는 방법과 그 절차 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 항공 라이다(LIDAR : LIght Detection And Ranging) 자료는 지상에 존재하는 모든 객체에 대한 3차원 위치 정보를 점 기반으로 가지고 있어 건물, 수목 등의 객체추출분야와 함께 다양한 분야에 활용되고 있다.

[0003] 도시의 주요 지상객체들 중에서 가로수는 이산화탄소를 저감하고 공해오염방지 등의 기능을 가지며, 녹지 공간을 제공하는 유용한 도시시설물 중의 하나이다. 또한 도시 내 녹색네트워크를 형성하는 중요한 선형녹지로서 효율적인 정보의 획득과 체계적인 관리가 필요하고, 일반적으로 지자체에서 관리되고 있으며 가로수의 위치, 수고, 수관폭 등의 정보를 체계적으로 획득하기 위하여 항공 라이다를 사용하는 것이 효율적이다.

[0004] 종래의 도시지역 가로수 정보의 추정과 관련한 수목정보의 추출에 관한 기술로는 산림지역을 대상으로 수목 추출을 용이하게 해주는 CHM(canopy height model)을 이용한 방법과 지상객체의 지면 높이값을 정규화하여 객체추출을 용이하게 해주는 NDSM(normalized digital surface model)을 이용한 방법을 주로 사용하였다.

[0005] 이와 함께 개별수목의 영역분리를 위해 수목의 꼭대기점을 추출한 후 K-Means Clustering 알고리즘을 사용한 연구와 점자료를 기반으로 지면 높이값의 정규화 과정을 수행한 후 꼭대기점에서부터 수평거리를 기준으로 설정한 임계값 이내의 점을 개별수목으로 선택하는 방법을 제안한 연구가 수행되었다.

[0006] 그러나 라이다 자료를 이용하여 수목정보를 추출하는 종래의 기술들에서는 수목만이 존재하는 산림지역과 도시 지역의 밀집된 수목을 주 대상으로 하였으며, 도시지역의 개별 가로수에 대한 수고, 수관폭, 위치 등의 수치정보 추정과 관련한 직접적인 연구개발은 아직 미흡하다.

[0007] 더불어 상기와 같이 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 기법이 요구됨에 따라 선행문헌으로서 한국특허공개번호 제2011-0027654호(2011.03.16)에는 케이스케이트형 카메라 및/또는 보정 특성을 포함하여 넓은 영역의 이미지를 상세하게 캡처하는 시스템 및 방법을 제안하였다. 상기 선행문헌은 대상 또는 넓은 영역과 관련한 이미지를 획득하는 것과 관련된 시스템 및 방법이 개시되고, 그 예시적인 일 실시예에 있어서, 하나 이상의 제1 이미지 캡처 장치를 포함하는 제1 시스템을 통해 제1 영역을 나타내는 개관 이미지를 획득하거나 캡처할 뿐만 아니라 복수의 이미지 캡처 장치를 포함하는 제2 시스템을 통해 이미지 축선을 따라 서로 관련되는 것을 특징으로 하는 상세 이미지를 획득하거나 캡처하는 방법을 특징으로 하나, 가로수 꼭대기 점을 추출하거나 개별 가로수의 영역을 분리할 수 없는 문제점이 있다.

[0008] 또한 다른 선행문헌으로서 한국특허등록번호 제1089361호(2011.11.28)에는 지형변화 감지를 통해 영상도화 이미지의 수정이 가능한 디지털 수치지도시스템을 제안하였다. 상기 선행문헌은 항공촬영시 표식의 기능을 대체할 수 있는 기준점의 위치 정보를 항공촬영이미지 내에 표시해서 작업자가 표식 확인을 위해 별도로 외근할 필요없도록 한 지형변화 감지를 통해 영상도화 이미지의 수정이 가능한 디지털 수치지도시스템의 제공하는 것을 특징으로 하나, 가로수 꼭대기 점을 추출하거나 개별 가로수의 영역을 분리할 수 없는 문제점이 있다.

[0009] 또한 국내외적으로 라이다 자료를 이용한 건물의 3차원 모형화에 대한 연구는 많이 진행되었으나 수목 그 중에

서도 개별 가로수의 정보를 3차원으로 구축하기 위한 영역 분리기법에 대해서는 연구가 아직 미진한 실정이다.

[0010] 따라서 라이다 자료를 이용하여 가로수의 꼭대기점을 추출하는 방법과 개별 가로수의 영역을 분리하는 방법에 관한 기술 개발이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창작된 것으로서, 항공 라이다 자료를 이용하여 개별 가로수의 3차원 정보를 구축하기 위해서 개별 가로수의 꼭대기점 추출 방법 및 가로수의 영역을 분리하는 방법과 그 절차를 제공하는 것을 목적으로 한다. 가로수의 개수, 수고, 수관폭 등을 수치적으로 정확하게 알 수 있는 모의 항공 라이다 자료를 생성하여 개별 가로수의 꼭대기점을 추출하고, 추출된 꼭대기점과 지면점을 서로 잇는 직선의 교차점을 이용하여 가로수 영역을 분리하여 제공함으로써, 점군 형태로 분포된 라이다 자료에서 개별 가로수의 영역을 분리할 수 있고, 개별 가로수의 수고에 해당하는 꼭대기점의 높이값을 보다 정확하게 추출할 수 있으며, 이를 통해 지자체에서 관리되고 있는 가로수의 수고를 자동화하여 관리할 수 있도록 항공 라이다 자료를 이용한 영역 분리 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명에 의한 일 실시예에 따른 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 장치는, 가로수의 위치, 수고, 수관폭 정보를 체계적으로 획득하기 위하여 점군 형태로 분포된 모의 항공 라이다를 생성하는 수단; 상기 생성된 모의 항공 라이다로부터 가로수 꼭대기 후보점을 추출하는 가로수 꼭대기점 정제 수단; 상기 정제된 가로수 꼭대기점을 추정된 꼭대기점으로 이용하여 개별 가로수의 영역을 분리하는 수단; 및 상기 영역이 분리된 개별 가로수 점들의 평면위치에 대한 평균값을 계산하여 가로수 수치정보를 추정하는 수단;을 포함하는 것을 특징으로 한다. 또한 상기 가로수 꼭대기점 정제 수단은, 제1 꼭대기 후보점 추출 수단; 최근린점 선택 수단; 및 제2 꼭대기 후보점 추출 수단;을 더 포함하고, 상기 제1 꼭대기 후보점 추출 수단은, 모의항공 라이다 자료에서 가로수가 포함된 지면 및 비지면 정보로부터 비가로수 정보를 제거하여 제1 꼭대기 후보점을 추출하는 것을 더 포함하며, 상기 최근린점 선택 수단은, 비가로수 정보를 제거하여 추출된 제1 꼭대기 후보점에서 미리 정해진 개수의 적어도 하나 이상의 최근린점을 선택하는 것을 더 포함하고, 상기 제2 꼭대기 후보점 추출 수단은, 제1 꼭대기 후보점에서 선택된 최근린점으로부터 최근린점간의 높이 차이를 측정하고, 측정된 높이 차이의 평균값 M_d

와 표준편차 S_d 를 계산하여 평균값 M_d 을 기준으로 표준편차가 2σ 이내에 있는 제1 꼭대기 후보점은 선택하고 그 외의 제1 꼭대기 후보점을 정제하여 제2 가로수 꼭대기 후보점을 추출하는 것을 더 포함하며, 상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 수단은, 우측 수목꼭대기점을 좌측 지면점에 이어 하나의 직선을 생성하고, 좌측 수목꼭대기점을 우측 투영된 지면점에 이어 다른 하나의 직선을 생성하며, 두 직선이 교차하는 교차점을 생성하는 것을 더 포함하고, 상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 수단은, 교차점을 좌측 수목꼭대기점과 좌측 지면점을 잇는 직선에 투영하여 거리 d_1 를 계산하고, 교차점을 우측 수목꼭대기점과 우측 투영된 지면점을 잇는 직선에 투영하여 거리 d_2 를 계산하는 것을 더 포함하며, 상기 개별 가로수의 영역을 분리하는 수단은, 거리 d_1 및 d_2 를 계산하여 2차원 및 3차원 공간상에 개별 가로수의 영역 분리선 및 분리면을 생성하는 것을 더 포함하고, 상기 가로수 수치 정보를 추정하는 수단은, 개별 가로수가 포함하는 라이다 점들 중 최대 높이값을 수고값으로 추정하고, 개별 가로수 점을 이용하여 생성된 최대 원의 지름을 수관폭으로 추정하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법은, 가로수의 위치, 수고, 수관폭 정보를 체계적으로 획득하기 위하여 점군 형태로 분포된 모의 항공 라이다를 생성하는 단계; 상기 생성된 모의 항공 라이다로부터 가로수 꼭대기 후보점을 추출하는 가로수 꼭대기점 정제 단계; 상기 정제된 가로수 꼭대기점을 추정된 꼭대기점으로 이용하여 개별 가로수의 영역을 분리하는 단계; 및 상기 영역이 분리된 개별 가로수 점들의 평면위치에 대한 평균값을 계산하여 가로수 수치정보를 추정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명은 항공 라이다 자료에서 가로수 정보를 데이터베이스로 구축하기 위해서 개별 가로수를 분리하는 것으로, 점군의 형태로 분포된 라이다 자료에서 개별 가로수의 영역을 분리할 수 있으며, 개별 가로수의 수고에 해당하는 꼭대기점의 높이값을 보다 정확하게 추출할 수 있으며, 항공 라이다 자료를 이용하여 지자체에서 관리되고 있는 가로수의 수고를 자동화하여 관리할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법을 보인 블록도.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 모의 항공 라이다 자료를 2차원 및 3차원으로 보인 예시도.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 꼭대기 후보점에서 최근린점을 선택하여 평균거리를 보인 예시도.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 개별 가로수 영역 분리의 흐름을 보인 블록도.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가로수 영역 설정을 보인 예시도
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원 및 3차원 공간에서 개별 가로수 영역의 구분을 보인 예시도.
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 가로수 수치정보의 추정을 보인 예시도.
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법을 보인 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법 및 그 장치의 일 실시예를 설명한다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법을 보인 블록도로서, 모의 항공 라이다 자료 생성(100), 가로수 꼭대기점 정제(200), 개별 가로수 영역 분리(300) 및 가로수 수치 정보(400) 수단을 포함하여 구성된다.

[0018] 먼저 모의 항공 라이다 자료(100)는 가로수 정보의 추정치를 검증하기 위해 생성된 점자료를 말한다.

[0019] 모의 자료를 생성하기 위해서는 항공기 및 레이저 스캐너에 대한 환경의 설정과 준비가 우선적으로 실시되어야 하며, 본 발명에서는 연구자의 라이다 자료 처리와 관련한 다수의 연구를 바탕으로 직접 상용소프트웨어로 수동 제작 하였다. 또한 본 발명의 모의자료 생성방법과 달리 인공위성 영상, 원격탐사 영상 등의 다양한 방법을 통해 모의자료를 생성할 수 있으며 모의자료 생성에 대한 제한은 없다.

[0020] 본 발명에서 모의자료 생성방법은 수관폭을 가정한 개별 가로수의 영역을 설정한 후 영역 내부에 가로수의 점을 생성하고, 수관형에 따른 높이값을 부여하여 개별 가로수를 생성한다.

[0021] 참고로 수관폭이란 수목의 녹엽 부분을 수평면에 수직으로 투영한 최대 지름으로 즉, 수관의 직경을 말하며, 수관형은 수관이 갖은 형태를 가리킨다.

[0022] 더불어 모의자료의 사용 목적은 결과 검증을 위한 기준값 확보와 실험과정에서 선행연구 방법의 개선을 위해 제안한 꼭대기점의 정제와 영역분리 방법의 적용성을 검토하기 위함이다.

[0023] 가로수의 영역선정, 지면높이의 정규화, 낮은 높이의 비가로수 정보의 제거과정은 실험에서 수행하지 않는다. 이때 지면의 높이는 정규화가 완료되었다는 가정하에 0m로 설정하고, 실제 도시 지역의 가로수는 도로시설물, 자동차 등의 다양한 정보가 존재하지만 가로수의 추정에 있어 비슷한 높이의 가로등과 전력선은 가장 큰 오류를 발생시킬 수 있는 객체로 선정하여 모의자료에는 가로등과 전력선의 정보를 포함하며, 지상에서 낮은 높이를 가지는 객체는 포함하지 않는다.

[0024] 다음으로 가로수 꼭대기점 정제(200)는 꼭대기점의 추정과정에서 가로수의 최대 높이와 비슷한 값을 가지는 가로등, 전신주 등 비가로수 정보를 제거하는 것을 말한다. 오추정된 꼭대기점의 정제를 위해 본 발명에서는 실제 수목을 구성하는 라이다 점의 꼭대기점과 다음 점은 높이 차이가 상대적으로 작다는 특성을 이용한다.

[0025] 이러한 비가로수 정보는 가로수 꼭대기점으로 오추정 될 수 있으므로 상기 가로수 꼭대기점 정제과정에서 제거

되어야 하고 입력자료는 이러한 비가로수 정보가 제거된 점자료이다.

- [0026] 가로수 꼭대기점 정제는 라이다 점 자료의 정제 및 가로수 꼭대기점의 추정으로 구성된다.
- [0027] 라이다 점 자료의 정제는 지면과 비지면을 분리하고 건물, 가로등, 자동차 등을 포함한 비가로수의 정보를 제거하는 과정을 말한다.
- [0028] 라이다 모의자료에서 가로수가 포함된 비지면의 정보를 추출하기 위해 프로그래시브 모폴로지(progressive morphology) 알고리즘을 포함한 다양한 알고리즘을 사용하여 필터링한다. 이때 비지면의 정보에는 가로등, 전력선을 포함한 높은 객체와 자동차를 포함한 낮은 객체를 설정한 높이(예: 높은 객체 10m이상, 낮은 객체 2m이하)를 기준으로 각 객체를 제거하여 할 수 있으며, 상기 설정 높이는 정해져 있지 않음으로 임의로 다양하게 설정할 수 있다.
- [0029] 가로수 꼭대기점의 추정은 꼭대기점 후보점을 추정하는 것으로 수목의 형태와 유사한 원형 필터를 적용한 국지적 최댓값 필터링방법을 사용한다.
- [0030] 참고로 국지적 최댓값(local maximum)은 주어진 정의역의 값에 가까운 값을 만족하는 함숫값을 의미하며, 이때 국지적 최댓값은 가까운 값에 대해서만 필터링하여 나타낼 수 있다.
- [0031] 실제 자료처리에서는 건물 등의 비가로수 객체가 제거된 비지면 점자료를 보간하여 생성한 정규화된 수치표면모델(NDSM: normalized digital surface model)이 사용된다.
- [0032] 참고로 정규화된 수치표면모델은 건물, 수목 등의 인공지물의 높이값이 지형의 높고 낮음에 따라 상대적으로 다를 수 있기 때문에 비지면점의 높이값에서 지면점의 높이값을 빼서 인공지물의 높이값을 지형의 변화에 관계없이 일정하게 정규화 시킨 것을 나타낸다.
- [0033] 또한 도면에는 도시 되지 않았지만 모의자료를 이용한 실험에서는 정제된 비지면 점자료를 점간평균거리의 해상도로 최근린 보간법(Nearest Neighbor Interpolation)을 사용하여 보간한다.
- [0034] 참고로 최근린 보간법은 점 기호 사이의 거리에 기초한 공간적 접근방법으로 출력 픽셀들로 생성된 위치에 가장 가까운 원시 픽셀을 출력 픽셀로 할당하는 것이다. 즉, 이웃하는 최근접의 픽셀을 이용해 빈 픽셀을 채움으로써 보간할 수 있다.
- [0035] 이와 같이 라이다 점 자료 정제 및 가로수 꼭대기점의 추정을 통해 제1 가로수 꼭대기점을 추출할 수 있다.
- [0036] 다음으로 개별 가로수 영역 분리(300)는 꼭대기점 추출 후 개별 가로수의 수치적인 정보 계산을 위해 영역을 분리하는 것을 말한다.
- [0037] 본 발명에서는 가로수의 영역 분리를 위하여 인접 가로수간의 꼭대기점과 지면점을 생성할 수 있는 교차점을 사용한다.
- [0038] 아울러 가로수 수치 정보 추정(400)은 가로수의 위치, 수고 및 수관폭을 포함한 가로수 수치 정보 항목을 설정하고, 영역이 분리된 개별 가로수의 점들의 평면위치에 대한 평균값을 계산하여 추정하는 것을 말한다.
- [0039] 이하 상기 간단하게 설명한 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법에 대해서 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [0040] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 모의 항공 라이다 자료를 2차원 및 3차원으로 보인 예시도이다.
- [0041] 상기 항공 라이다 모의자료는 도 2에 도시된 바와 같이 가로수(110), 가로수 중심(120), 지면(130), 가로등(140) 및 전력선(150)을 포함하여 구성되며, 각 객체에 따라 점, 삼각형, 사각형, 원형을 포함한 모양, 무늬 및 색상으로 함께 표시하여 나타낸다. 이는 라이다 모의자료의 각 객체가 포함되는 각 영역에 상응하여 색상을 설정할 수 있으며, 동일한 색상이나 무늬(문채, 모양, 패턴)를 이용하여 상이하게 표시할 수 있다.
- [0042] 가로수(110)와 공존하는 가로등(140) 및 전력선(150)의 정보가 가로수 추출에 미치는 영향을 분석하기 위해 생성한 모의자료의 3번과 4번 영역의 가로수 객체에는 가로등(140)과 전력선(150)의 정보가 비슷한 위치와 높이에 존재한다.
- [0043] 1번 내지 4번 영역의 가로수는 불규칙적인 식재간격을 가지도록 배치하고, 1번과 2번 영역은 비슷한 수고를 가지며 가로수의 영역이 중복되도록 한다. 이때 수고란 가로수의 높이를 말한다.
- [0044] 5번 내지 9번 영역의 가로수는 가로수의 인접성에 따른 추출 영향 분석을 위해 식재간격이 점진적으로 커지도록

한다.

[0045] 특히 모의자료에서 가로수의 수관폭은 도 2에서 큰 원의 지름값을 나타내며, 1번 내지 4번 영역 가로수의 경우 불규칙적인 수관폭값을 적용하도록 하고, 5번 내지 9번 영역 가로수의 경우 비슷한 수관폭값을 가지도록 한다.

[0046] 또한 도 2의 모의 라이다 자료에서 개별 가로수에 대한 수치적인 기준값의 항목은 가로수의 개수, 개별 가로수가 포함하는 라이다 점의 개수, 중심점 위치, 수고 및 수관폭으로 구성되며 상기 기준값은 본 발명의 가로수 수치정보 추정치를 검증하기 위해 사용된다.

[0047] 도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 꼭대기 후보점에서 최근린점을 선택하여 평균거리를 보인 예시도이다.

[0048] 도시지역의 가로수는 기본적으로 보도상에 위치하며 식재간격이 고려되어 가로수가 식재된다.

[0049] 이때 가로수의 꼭대기점간의 간격과 위치는 일정한 패턴을 가지며, 추정된 꼭대기점의 정제를 위해 가로수의 꼭대기점은 근접한 주변 점들과 높이 차이가 크지 않다는 가정하에 추정된 꼭대기 후보점(210)에서 최근린점을 선택하고 높이 차이의 평균값과 표준편차를 계산한다.

[0050] 이때 추정된 꼭대기 후보점은 상기 가로수 꼭대기점의 정제에서 추출된 제1 가로수 꼭대기 후보점(210)이다.

[0051] 제1 가로수 꼭대기 후보점(210)을 기준으로 도 3과 같이 일정한 영역에 있는 가로수 추정점간의 평균거리를 계산한다. 이때는 수식 (1)과 같이 계산할 수 있다.

$$d_A = (d_{A1} + d_{A2} + \dots + d_{An}) / n \tag{1}$$

[0052] 선택된 꼭대기 후보점(210)들의 각각에 대하여 도3과 같은 수평거리를 기준으로 최근린에 존재하는 3점을 선택하고, 최근린 3점의 높이 차이를 측정하여 평균을 계산한다.

[0054] 이와 같은 자료처리과정에서는 제1 가로수 꼭대기 후보점(210)을 기준으로 가장 가까운 가로수 추정점 또는 평균거리 계산의 대상이 되는 최단거리점을 임의로 3점 내지 5점을 선택하여 1차적으로 평균거리를 계산할 수 있다.

[0055] 또한 각 제1 가로수 꼭대기 후보점(210)을 기준으로 계산된 가로수 추정점간의 평균거리 d_A, d_B, d_C 에 대한 평균값 M_d 와 표준편차 S_d 를 계산하여 일정한 범위에 들어오는 가로수 꼭대기 후보점을 선택한다.

[0056] 이때 각 가로수 꼭대기 후보점과 가로수 추정점간의 평균거리에 대한 평균값 M_d 을 기준으로 표준편차가 2σ 이내에 있는 가로수 꼭대기 후보점을 선택하고, 2σ 이내에 포함되지 않는 값을 오류점으로 선택하여 가로수 꼭대기점을 정제함으로써 제2 가로수 꼭대기 후보점이 추출된다.

[0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 개별 가로수 영역 분리의 흐름을 보인 블록도로서, 도3의 가로수 꼭대기점을 정제한 후 최종 결정된 가로수 꼭대기점 즉 제2 가로수 꼭대기 후보점(211)의 개별 가로수 영역을 분리하기 위하여 2차원 또는 3차원 공간상에 나타낸 것이다.

[0058] 가로수 영역 분리 방법은 직사각형 생성, 지면점의 좌표 결정, 교차점 계산 수단을 포함하여 구성되며, 가로수에 대한 수치정보의 계산을 위해 추정된 꼭대기점을 이용하여 개별 가로수의 영역을 구분하여 나타낸 것이다.

[0059] 이때 입력자료는 정제된 꼭대기점들과 비지면점 자료이며, 제안한 영역분리방법은 추출된 꼭대기점과 도로 등의 선형정보를 활용하여 가로수가 존재하는 영역선정과정은 선행된다.

[0060] 먼저 전체영역을 포함한 직사각형 생성은 입력자료인 정제된 비지면점들을 포함하는 직사각형의 영역을 생성하는 것을 말한다.

[0061] 이때 가로수의 영역은 가로수 추정점들의 X, Y의 최솟값과 최댓값을 이용하여 2차원 공간상에 생성한다.

[0062] 도면에 도시된 바와 같이 삼각형은 가로수의 꼭대기점으로 상기 제2 가로수 꼭대기 후보점(211)을 나타내고, 선의 직사각형은 생성한 직사각형의 영역을 나타내며, 수많은 점들은 인접한 가로수(110)들을 나타낸다.

- [0063] 다음으로 지면점의 좌표 결정은 추정된 각각의 꼭대기점(211)에서 수직으로 내린 지면점(310)의 좌표를 계산하는 것을 말한다. 이때 삼각형은 각 가로수의 꼭대기점(211)을 나타내고, 꼭대기점에서 수직으로 연결된 원형은 지면점(310)을 나타내며, 각 꼭대기점과 지면점은 실선을 포함한 다양한 방법으로 3차원 공간상에 표현할 수 있다.
- [0064] 다음으로 교차점 계산은 가로수 꼭대기점(211)과 지면점(310)을 이용하여 계산하는 것을 말한다.
- [0065] 좌우 수목꼭대기점(213, 215)과 좌우 지면점(311, 313)의 좌표 4점을 입력자료로 사용하며, 영역분리의 기준이 되는 교차점(320)을 생성하기 위해 4점을 이용한 임의의 평면을 3차원 공간상에 생성한다.
- [0066] 이때 도 4에는 도시되지 않았지만 3차원 공간상의 임의의 4점은 평면을 구성할 수 없기 때문에 좌우 수목꼭대기점과 한 점의 지면점자료를 이용하여 평면을 구성하고, 나머지 지면점을 생성한 평면을 투영하는 방법을 사용한다.
- [0067] 또한 좌측 수목꼭대기점과 우측 투영된 지면점으로 생성한 직선과 우측 수목꼭대기점과 좌측 지면점으로 생성한 직선이 교차하는 교차점(320)을 결정한다.
- [0068] 이때 좌우 수목꼭대기점과 좌우 지면점 사이 가운데에 형성된 사각형은 교차점을 나타내고, 실선은 각 수목꼭대기점과 지면점의 연결선을 나타낸다.
- [0069] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가로수 영역 설정을 보인 예시도로서, 개별 가로수의 영역 분리를 위한 알고리즘은 다음과 같다.
- [0070] 먼저 좌우 수목꼭대기점 LT(213), RT(215)와 좌우 지면점 LB(311), RB(313)의 자료 4점이 입력 자료로 들어오면 좌우 수목꼭대기점과 한 점의 지면점 자료를 이용하여 평면의 방정식을 구성하고 나머지 지면점 자료를 이 평면에 투영한다. 도 5에서 좌우 수목꼭대기점 LT(213), RT(215)와 좌우 지면점 LB(311), RB(313)를 이용하여 평면을 구성한다고 가정하면 우측 지면 RB(313)점을 평면에 투영한 RB'(315)이 생성된다.
- [0071] 동일 평면상에 존재하는 좌우 수목꼭대기점 LT(213), RT(215)와 좌우 지면점 LB(311), RB'(315)에서 좌측 수목꼭대기점 LT(213)와 우측 투영된 지면점 RB'(315)을 하나의 직선으로 생성한다. 유사한 방법으로 우측 수목꼭대기점 RT(215)와 좌측 지면점 LB(311)를 하나의 직선으로 생성하고 두 직선이 교차하는 교차점 IP(320)를 결정한다.
- [0072] 이때 교차점 IP(320)를 좌측 수목꼭대기점 LT(213)와 좌측 지면점 LB(311)를 잇는 직선에 투영하여 거리 d_1 (321)을 계산할 수 있다. 또한 유사한 방법으로 교차점(320)을 우측 수목꼭대기점 RT(215)와 우측 투영된 지면점 RB'(315)를 잇는 직선에 투영하여 거리 d_2 (323)를 계산할 수 있다.
- [0073] 이와 같이 좌우 수목꼭대기점에 투영된 교차점의 거리를 이용하여 일종의 영역을 설정하고 각 수목꼭대기점에 포함되는 라이다 점자료를 추출할 수 있다.
- [0074] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원 및 3차원 공간에서 개별 가로수 영역의 구분을 보인 예시도로서, 2차원 공간상에 9개의 수목꼭대기점 중에서 4개의 개별 가로수 영역을 3차원 공간상에 나타낸 것이다.
- [0075] 영역 분리면 생성은 꼭대기점 중 일부 영역의 2차원 및 3차원의 영역 분리면을 생성하는 것을 말한다.
- [0076] 도면에 도시된 바와 같이 전체영역을 포함하는 직사각형 생성에서 생성한 외곽선과 교차점을 지나며 2차원 X, Y 상에서 직교하는 영역 분리선(340)을 생성할 수 있으며, 3차원 상에서는 영역 분리면(330)을 생성하여 개별 영역을 구분할 수 있다.
- [0077] 이때 2차원에서 교차점을 지나는 직선은 영역 분리선 X, Y축이며, 영역 분리선 X, Y축은 직교하여 나타내고, 3차원상의 교차점을 포함하여 생성된 면이 영역 분리면을 나타내며 총 개별 가로수의 영역은 도시되지 않았지만 꼭대기점의 개수와 같은 9개로 분리되어 나타낸다.
- [0078] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 가로수 수치정보의 추정을 보인 예시도로서, 개별 가로수에 대한 영역을 분리한 후 가로수의 평균위치값 즉 중심점을 위치정보로 하여, 해당점들로부터 생성 가능한 가장 큰 원의 지름값을 수관폭으로 설정한다. 이때 가로수 중심점은 개별 가로수점들의 평면위치 평균값(X, Y)으로 계산하고, 계산된 개별 가로수의 중심점 결과를 2차원 형태로 나타낼 수 있다.

[0079] 아울러 개별 가로수의 수관폭 계산을 위하여 개별 가로수를 포함하는 최대원을 생성하고 원의 지름을 수관폭으로 계산한다.

[0080] 개별 가로수 점들을 이용하여 계산되는 가로수 수치정보 추정의 개념도로, 가로수 수치정보 항목은 가로수의 위치, 수고 및 수관폭을 포함하여 설정한다.

[0081] 위치 정보 추정은 영역이 분리된 개별 가로수점들의 평면위치에 대한 평균값

$$\left(\sum_{i=1}^n [X_i, Y_i] / n, n = \text{점의 개수} \right)$$

으로 계산하여 결정된다.

[0082] 수고는 개별 가로수가 포함하는 라이다 점들 중 최대 높이값으로 추정하고, 수관폭은 개별 가로수 점들을 사용해 생성되는 최대 원의 지름으로 추정한다.

[0083] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 항공 라이다 자료를 이용한 가로수 영역 분리 방법을 보인 순서도로, 항공기 및 레이저 스캐너를 포함한 다양한 방법으로 모의 항공 라이다 자료를 생성(S100)한다. 이때 생성된 모의 항공 라이다 자료를 2차원 및 3차원으로 각각 표현할 수 있으며, 모의 항공 라이다 자료에서 가로수가 포함된 비지면의 정보의 분리를 위하여 필터링을 통해 지면 정보 및 비지면 정보를 포함한 라이다의 점자료를 정제(S200)한다. 이때 비지면 정보에서는 가로등, 전력선 등의 높은 객체와 자동차 등의 낮은 객체를 설정한 높이를 기준으로 비가로수 정보를 제거하여 제1 꼭대기 후보점을 추출한다. 추출된 제1 꼭대기 후보점에서 미리 정해진 개수의 적어도 하나 이상의 최근린점을 선택한다. 이때 선택된 최근린점의 높이 차이를 측정하여 평균을 계산하고,

각 제1 꼭대기 후보점을 기준으로 계산된 최근린점들을 사용하여 전체적인 평균값 M_d 와 표준편차 S_d 를

계산하며, 평균값 M_d 를 기준으로 표준편차 2σ 이내에 있는 제1 꼭대기 후보점을 선택하고, 표준편차 2σ 를 벗어나는 제1 꼭대기 후보점은 제거하여 제2 꼭대기 후보점을 추출(S300)한다.

[0084] 추출된 제2 꼭대기 후보점을 토대로 수목꼭대기점과 지면을 잇는 직선 및 교차점을 이용하여 인접가로수의 영역을 구분하고, 개별 가로수의 수치적인 정보 계산을 위해 개별 가로수 영역을 분리(S400)한다. 또한 분리된 개별 가로수점들의 위치적인 평균값을 이용하여 개별 가로수의 중심점을 추정(S500)하고, 개별 가로수에 대한 수치정보인 수고, 수관폭 및 위치정보를 획득(S600)하여 개별 가로수에의 수치정보를 계산함으로써 개별 가로수의 수고에 해당하는 꼭대기점의 높이값을 보다 정확하게 추출할 수 있으며, 항공 라이다 자료를 이용하여 지자체에서 관리되고 있는 가로수의 수고를 자동화하여 관리할 수 있다.

[0085] 본 발명은 항공 라이다 모의자료를 이용하여 가로수 꼭대기점을 정제하고 개별 가로수 영역을 분리하는 알고리즘을 제안하고 다음과 같은 결과를 도출할 수 있다.

[0086] 첫째 도시지역에서 가로수 꼭대기점은 전선, 전신주 등을 포함한 인공시설물에 의해 영향을 받을 수 있으나 가로수는 식재간격이 일정하고 인접한 주변 점들과 높이 차이가 크지 않다는 가정을 통하여 추정된 가로수 꼭대기점을 정제할 수 있다. 이를 위해 추정된 가로수 꼭대기 후보점에서 최근린에 존재하는 점들과의 높이차에 대한 평균과 표준편차를 사용한다.

[0087] 둘째 개별 가로수 영역의 구분을 위하여 각 가로수의 꼭대기점과 지면점을 이용하여 평면의 방정식을 구성하고 서로 대각방향에 있는 가로수 꼭대기점과 지면점 자료를 잇는 직선을 생성한 후 교차점을 결정한다. 결정된 교차점은 수직 방향에 있는 가로수의 꼭대기점과 지면점에 각각 투영하여 개별 가로수 영역을 설정한다.

[0088] 셋째 모의 항공 라이다 자료를 이용한 실험을 통하여 제안한 방법론을 적용한 결과 가로수의 개수, 수고는 정확한 결과를 얻는다. 총 9그룹의 가로수에서 3개의 가로수는 라이다의 점의 개수, 위치, 수관폭 정보가 기준값과 차이를 보일 수 있으나 이는 가로등, 전선 등을 포함한 비가로수 객체정보가 가로수의 높이값과 수관폭에 근접한 범위 내에 존재하기 때문이다. 또한 가로수의 식재 간격이 좁아 인접 가로수간 라이다 점들이 중복하여 존재하는 경우에도 발생할 수 있다.

[0089] 넷째 제안한 가로수의 영역분리 방법을 실제 라이다 데이터에 적용하기 위해 가로수가 존재하는 영역 선정과정이 선행되어야 하는 한계를 가질 수 있다.

[0090] 따라서 본 발명은 항공 라이다 자료에서 가로수 정보를 데이터베이스로 구축하기 위해서 개별 가로수를 분리하

는 것으로, 점군의 형태로 분포된 라이다 자료에서 개별 가로수의 영역을 분리할 수 있으며, 개별 가로수의 수고에 해당하는 꼭대기점의 높이값을 보다 정확하게 추출할 수 있으며, 항공 라이다 자료를 이용하여 지자체에서 관리되고 있는 가로수의 수고를 자동화하여 관리할 수 있는 효과가 있다.

[0091]

상기에서는 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 위주로 상술하였으나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정 되는 것은 아니며 본 발명의 각 구성요소는 동일한 목적 및 효과의 달성을 위하여 본 발명의 기술적 범위 내에서 변경 또는 수정될 수 있을 것이다.

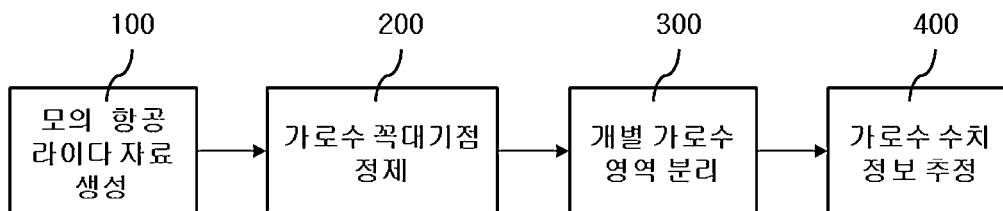
부호의 설명

[0092]

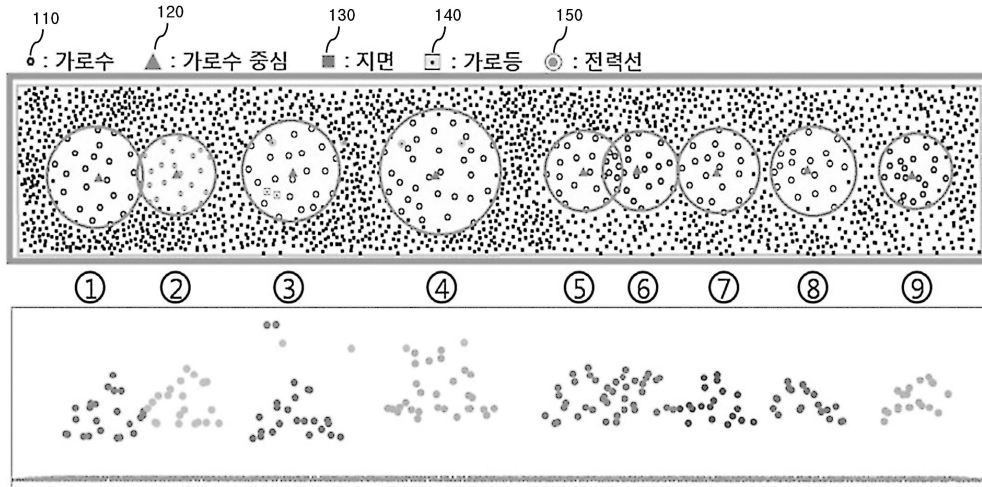
- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 100 : 모의 항공 라이다 생성 | 110 : 가로수 |
| 120 : 가로수 중심 | 130 : 지면 |
| 140 : 가로등 | 150 : 전력선 |
| 200 : 가로수 꼭대기점 정제 | 210, 211 : 제1, 제2 가로수 꼭대기 후보점 |
| 213 : 좌측 수목꼭대기점 LT | 215 : 우측 수목꼭대기점 RT |
| 300 : 개별 가로수 영역 분리 | 310 : 지면점 |
| 311 : 좌측 지면점 LB | 313 : 우측 지면점 RB |
| 315 : 투영된 우측 지면점 RB' | 320 : 교차점 |
| 321 : d_1 | 323 : d_2 |
| 330 : 영역 분리면 | 340 : 영역 분리선 |
| 400 : 가로수 수치 정보 추정 | |

도면

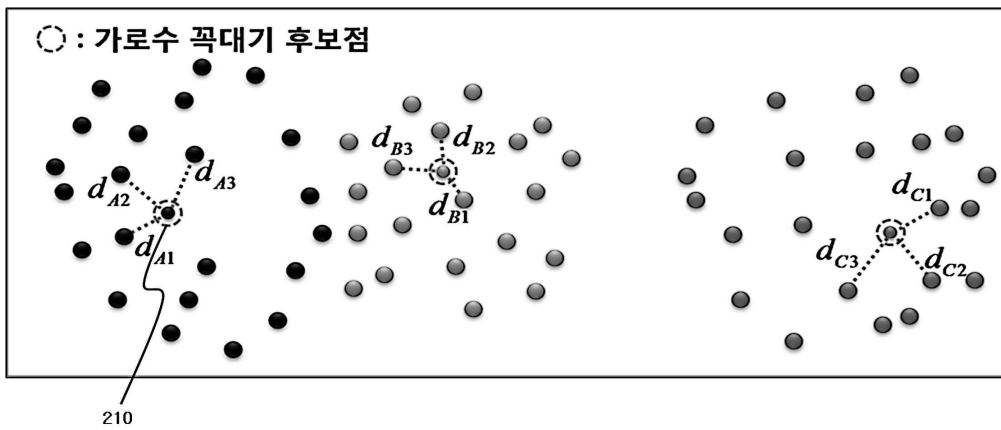
도면1



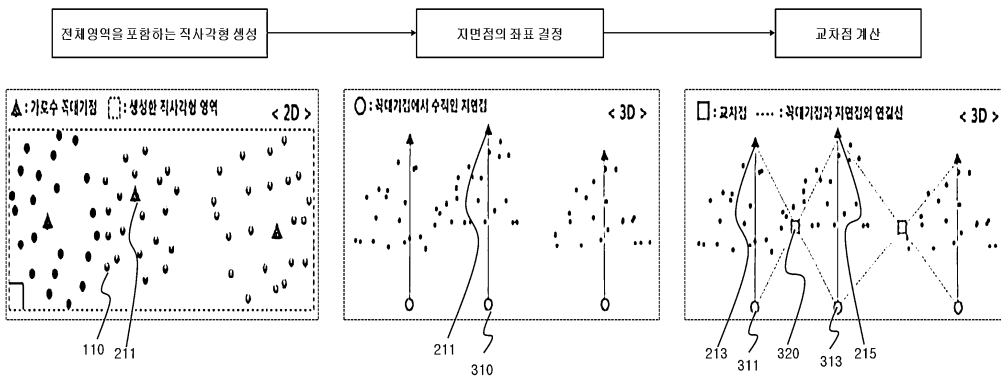
도면2



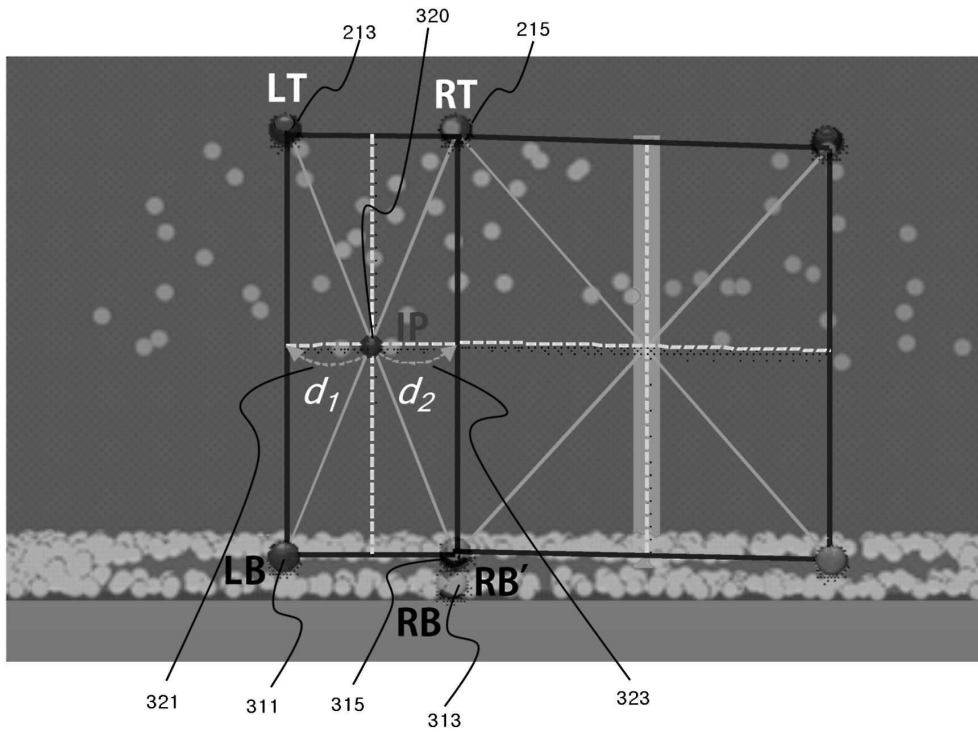
도면3



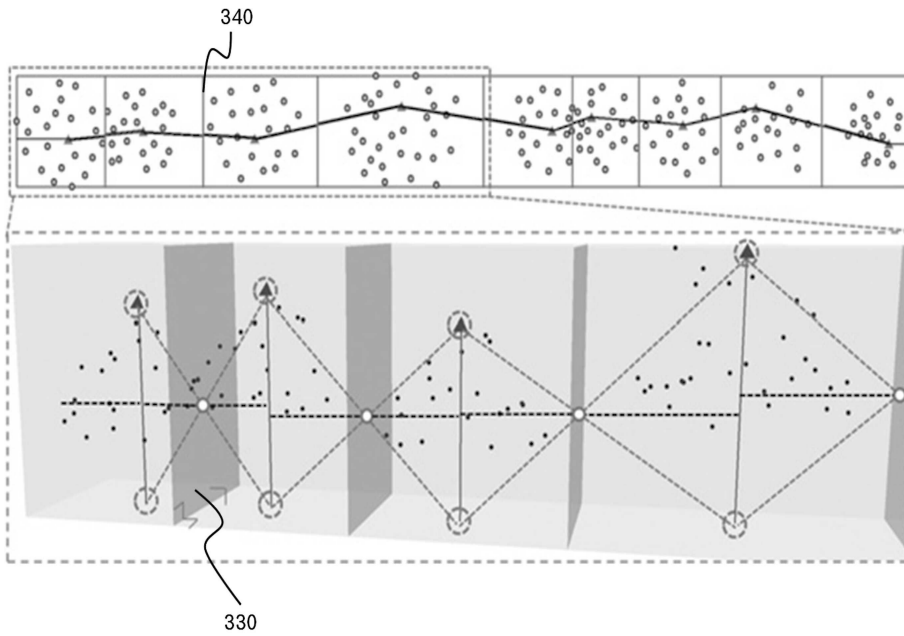
도면4



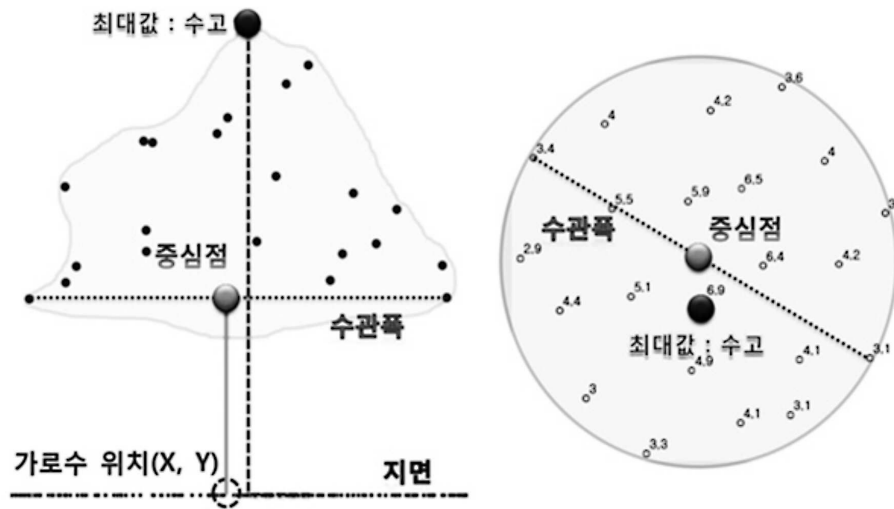
도면5



도면6



도면7



도면8

