(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0056750
(43) 공개일자 2025년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/70 (2024.01) *G06T 3/40* (2024.01)
G06T 5/40 (2024.01) *G06V 10/762* (2022.01)
(52) CPC특허분류
G06T 5/70 (2024.01)
G06T 3/4015 (2024.01)
(21) 출원번호 10-2024-0035811
(22) 출원일자 2024년03월14일
심사청구일자 2024년03월14일
(30) 우선권주장
1020230140046 2023년10월19일 대한민국(KR)

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김정렬
경기도 고양시 일산서구 강선로 164, 1406동 901호 (일산동, 후곡마을14단지아파트)
배성재
인천광역시 미추홀구 경인남길 62, 602호 (용현동)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

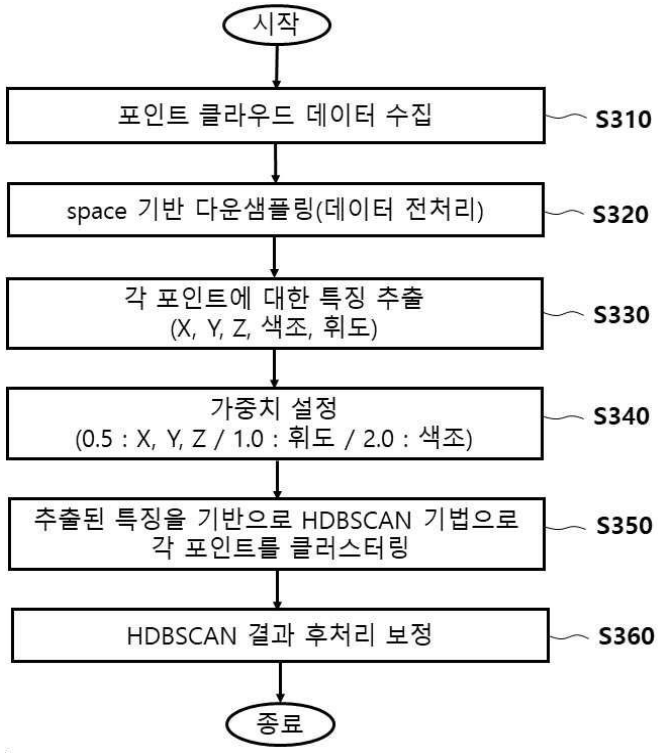
(54) 발명의 명칭 **외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법에 있어서, 외부 시설물에 대한 포인트 클라우드 데이터를 수집하여 다운샘플링하는 단계; 다운샘플링된 포인트 클라우드 내 각 포인트에 대한 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값을 포함한 특징을

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



각각 추출하는 단계; 및 각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 상기 포인트 클라우드 내 각 포인트를 설정 기법을 통해 군집화하여 객체 별 구분된 복수의 클러스터를 도출하는 단계를 포함한다.

본 발명에 따르면, 외부 시설물의 포인트 클라우드 데이터로부터 각 포인트의 좌표, 색조 및 휘도와 같은 객체 특징을 종합적으로 고려하여 객체 별로 구분된 군집을 도출할 수 있고, 이와 같은 군집화 결과로부터, 불필요한 객체들의 데이터를 군집 단위로 쉽게 제거할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G06T 5/40 (2024.01)
G06V 10/762 (2023.08)
G06T 2207/10028 (2013.01)
G06T 2207/20032 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615013246
과제번호	00142566
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	기반시설첨단관리(Totalcare)기술개발
연구과제명	기반시설 첨단관리(Total care) 기술개발
과제수행기관명	국토안전관리원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법에 있어서,

외부 시설물에 대한 포인트 클라우드 데이터를 수집하여 다운샘플링하는 단계;

다운샘플링된 포인트 클라우드 내 각 포인트에 대한 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값을 포함한 특징을 각각 추출하는 단계; 및

각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 상기 포인트 클라우드 내 각 포인트를 설정 기법을 통해 군집화하여 객체 별 구분된 복수의 클러스터를 도출하는 단계를 포함하는 포인트 클라우드 정제 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값에 각각 기 지정된 가중치를 개별 적용하는 단계를 더 포함하며,

상기 군집화하는 단계는,

상기 가중치가 개별 적용된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 상기 포인트 클라우드의 각 포인트에 대한 군집화를 수행하는 포인트 클라우드 정제 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 가중치를 개별 적용하는 단계는,

상기 3차원 좌표 값을 구성한 X값, Y값, Z값에 각각 0.5의 가중치를 적용하고, 상기 색조 값에 2의 가중치를 적용하고, 상기 휘도 값에 1의 가중치를 적용하는 포인트 클라우드 정제 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 각 포인트의 특징을 추출하는 단계는,

상기 3차원 좌표 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트의 3차원 좌표에 대한 X값, Y값, Z값을 0과 1 사이의 값으로 각각 정규화하는 포인트 클라우드 정제 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 각 포인트의 특징을 추출하는 단계는,

상기 색조 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트의 색조 값을 0과 1 사이의 값으로 정규화한 후에 색조 값의 빈도수에 대한 색조 히스토그램을 얻고, 색조 히스토그램을 최소 빈도수의 색조 값만큼 원형 시프트(Circular shift)한 결과로부터 각 포인트의 색조 값을 보정하는 포인트 클라우드 정제 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 각 포인트의 특징을 추출하는 단계는,

상기 휘도 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트에 대해 취득된 0과 1 사이의 휘도 값에 대해 평균 필터링(mean filtering)을 적용하여, 설정 반경 이내의 포인트들에 대한 평균 휘도 값을 상기 포인트에 대한 휘도 값으로 변경하는 포인트 클라우드 정제 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 군집화하는 단계는,

상기 포인트 클라우드의 각 포인트를 계층적 밀도 기반 클러스터링 기법(HDBSCAN)을 통해 군집화하되, 각 포인트의 X값, Y값, Z값, 색조 값, 휘도 값을 포함한 다차원 특징에 기반한 유클리드 거리를 이용하여 HDBSCAN 기반의 군집화를 수행하는 포인트 클라우드 정제 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 복수의 클러스터 중 노이즈로 판단된 클러스터 내 각 포인트에 대해, 전체 포인트 클라우드를 기준으로 해당 클러스터 내 포인트에서 설정 반경 이내의 포인트들의 클러스터 번호를 확인한 후에 최다 빈도의 클러스터 번호를 도출하여, 해당 포인트를 최다 빈도의 클러스터 내로 이동시켜서 군집화 결과를 보완하는 단계를 더 포함하는 포인트 클라우드 정제 방법.

청구항 9

외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 장치에 있어서,

외부 시설물에 대한 포인트 클라우드 데이터를 수집하여 다운샘플링하는 다운샘플링부;

다운샘플링된 포인트 클라우드 내 각 포인트에 대한 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값을 포함한 특징을 각각 추출하는 특징 추출부; 및

각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 상기 포인트 클라우드 내 각 포인트를 설정 기법을 통해 군집화하여 객체 별 구분된 복수의 클러스터를 도출하는 클러스터링부를 포함하는 포인트 클라우드 정제 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 특징 추출부는,

상기 각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값에 각각 기 지정된 가중치를 개별 적용하며,

상기 클러스터링부는,

상기 가중치가 개별 적용된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 상기 포인트 클라우드의 각 포인트에 대한 군집화를 수행하는 포인트 클라우드 정제 장치.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 특징 추출부는,

상기 3차원 좌표 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트의 3차원 좌표에 대한 X값, Y값, Z값을 0과 1 사이의 값으로 각각 정규화하고,

상기 색조 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트의 색조 값을 0과 1 사이의 값으로 정규화한 후에 색조 값의 빈도수에 대한 색조 히스토그램을 얻고, 색조 히스토그램을 최소 빈도수의 색조 값만큼 원형 시프트(Circular shift)한 결과로부터 각 포인트의 색조 값을 보정하고,

상기 휘도 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트에 대해 취득된 0과 1 사이의 휘도 값에 대해 평균 필터링

(mean filtering)을 적용하여, 설정 반경 이내의 포인트들에 대한 평균 휘도 값을 상기 포인트에 대한 휘도 값으로 변경하는 포인트 클라우드 정제 장치.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

상기 복수의 클러스터 중 노이즈로 판단된 클러스터 내 각 포인트에 대해, 전체 포인트 클라우드를 기준으로 해당 클러스터 내 포인트에서 설정 반경 이내의 포인트들의 클러스터 번호를 확인한 후에 최다 빈도의 클러스터 번호를 도출하여, 해당 포인트를 최다 빈도의 클러스터 내로 이동시켜서 군집화 결과를 보완하는 후처리부를 더 포함하는 포인트 클라우드 정제 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 외부 시설물의 포인트 클라우드를 객체 별로 구분하여 군집화할 수 있는 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] As-Built BIM(준공 BIM)이란 건축물의 실제 시공되어 있는 상태의 모습을 BIM(Building Information Modeling)화 한 것이다. 이러한 As-Built BIM은 건설사업 관리에 있어 진도율 관리, 품질 관리, 검측, 유지관리, 안전관리 등에 활용될 수 있다.

[0003] 최근 소규모 시설물(3종 시설물)에 대한 안전 관리의 중요성이 강조되고 있다. 시설물의 유지관리를 위해서는 정확한 도면 정보가 필요하나, 3종 시설물의 경우 노후화되어 도면이 정확하지 않거나 부재한 경우가 빈번히 존재한다.

[0004] 따라서, 시설물에 대한 역설계의 필요성이 증대되고 있다. 최근 시설물이나 건축물의 역설계 기술은 2D 도면을 넘어 BIM화가 가능하며, 이러한 As-built BIM을 생성하는 과정을 Scan-to-BIM이라고도 표현한다. Scan-to-BIM의 방법론은 연구마다 다양하지만, As-Built BIM의 생성을 위해서는 시설물의 정보를 포인트 클라우드로 취득하는 방법이 일반적으로 적용되고 있다.

[0005] 그런데, 스캐닝 시에는 스캔 범위 내의 모든 객체의 정보가 포인트 클라우드로 취득된다. 따라서, 외부 시설물(예: 방음벽, 옹벽 등)의 Scan-to-BIM을 위해서 취득한 포인트 클라우드에는 사람, 자동차, 식생 등의 불필요 객체 정보가 함께 포함된다.

[0006] 따라서, Scan-to-BIM의 자동화를 위해서는 주요 구조체(예: 방음벽, 옹벽 등)를 제외한 불필요 객체(노이즈)들의 제거가 필요하다. 그러나, 아직까지는 포인트 클라우드에서 불필요한 객체들을 자동으로 제거하는 시스템의 개발 사례가 미흡하며 상용 SW에서 외부 객체들의 데이터를 군집화 해주는 기능에 대한 성능도 그다지 만족스럽지 못한 실정이다.

[0007] 도 1은 상용 SW를 이용한 포인트 클라우드 군집화 결과를 예시한 도면이다. 군집화된 객체 중에서 식생은 불필요 객체이고, 철골 구조체와 옹벽은 주요 구조체에 해당한다. 도 1의 경우, 상용 SW 툴에서 포인트 클라우드에서 식생에 해당한 불필요 객체는 비교적 잘 구분하였으나 방음벽을 구성하는 철골 구조체를 옹벽과 동일 객체로 잘못 묶은 사례를 보여준다. 이처럼 상용 SW를 통한 객체 군집 결과는 신뢰성이 다소 떨어지는 것을 알 수 있다.

[0008] 따라서, 외부 시설물에 대한 포인트 클라우드 데이터로부터 보다 개선된 군집화를 수행할 수 있는 기술의 개발이 요구된다.

[0009] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국공개특허 제10-2022-0099473호(2022.07.13. 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 객체의 특성을 고려하여 효율적인 객체 군집화가 가능한 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법 및 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은, 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법에 있어서, 외부 시설물에 대한 포인트 클라우드 데이터를 수집하여 다운샘플링하는 단계; 다운샘플링된 포인트 클라우드 내 각 포인트에 대한 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값을 포함한 특징을 각각 추출하는 단계; 및 각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 상기 포인트 클라우드 내 각 포인트를 설정 기법을 통해 군집화하여 객체 별 구분된 복수의 클러스터를 도출하는 단계를 포함한다.

[0012] 또한, 상기 포인트 클라우드 정제 방법은, 상기 각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값에 각각 기 지정된 가중치를 개별 적용하는 단계를 더 포함하며, 상기 군집화하는 단계는, 상기 가중치가 개별 적용된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 상기 포인트 클라우드의 각 포인트에 대한 군집화를 수행할 수 있다.

[0013] 상기 가중치를 개별 적용하는 단계는, 상기 3차원 좌표 값을 구성한 X값, Y값, Z값에 각각 0.5의 가중치를 적용하고, 상기 색조 값에 2의 가중치를 적용하고, 상기 휘도 값에 1의 가중치를 적용할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 각 포인트의 특징을 추출하는 단계는, 상기 3차원 좌표 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트의 3차원 좌표에 대한 X값, Y값, Z값을 0과 1 사이의 값으로 각각 정규화할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 각 포인트의 특징을 추출하는 단계는, 상기 색조 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트의 색조 값을 0과 1 사이의 값으로 정규화한 후에 색조 값의 빈도수에 대한 색조 히스토그램을 얻고, 색조 히스토그램을 최소 빈도수의 색조 값만큼 원형 시프트(Circular shift)한 결과로부터 각 포인트의 색조 값을 보정할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 각 포인트의 특징을 추출하는 단계는, 상기 휘도 값에 대한 특징 추출 시, 상기 각 포인트에 대해 취득된 0과 1 사이의 휘도 값에 대해 평균 필터링(mean filtering)을 적용하여, 설정 반경 이내의 포인트들에 대한 평균 휘도 값을 상기 포인트에 대한 휘도 값으로 변경할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 군집화하는 단계는, 상기 포인트 클라우드의 각 포인트를 계층적 밀도 기반 클러스터링 기법(HDBSCAN)을 통해 군집화하되, 각 포인트의 X값, Y값, Z값, 색조 값, 휘도 값을 포함한 다차원 특징에 기반한 유클리드 거리를 이용하여 HDBSCAN 기반의 군집화를 수행할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법은, 상기 복수의 클러스터 중 노이즈로 판단된 클러스터 내 각 포인트에 대해, 전체 포인트 클라우드를 기준으로 해당 클러스터 내 포인트에서 설정 반경 이내의 포인트들의 클러스터 번호를 확인한 후에 최다 빈도의 클러스터 번호를 도출하여, 해당 포인트를 최다 빈도의 클러스터 내로 이동시켜서 군집화 결과를 보완하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0019] 그리고, 본 발명은, 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 장치에 있어서, 외부 시설물에 대한 포인트 클라우드 데이터를 수집하여 다운샘플링하는 다운샘플링부; 다운샘플링된 포인트 클라우드 내 각 포인트에 대한 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값을 포함한 특징을 각각 추출하는 특징 추출부; 및 각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 상기 포인트 클라우드 내 각 포인트를 설정 기법을 통해 군집화하여 객체 별 구분된 복수의 클러스터를 도출하는 클러스터링부를 포함한다.

[0020] 또한, 상기 포인트 클라우드 정제 장치는, 상기 복수의 클러스터 중 노이즈로 판단된 클러스터 내 각 포인트에 대해, 전체 포인트 클라우드를 기준으로 해당 클러스터 내 포인트에서 설정 반경 이내의 포인트들의 클러스터 번호를 확인한 후에 최다 빈도의 클러스터 번호를 도출하여, 해당 포인트를 최다 빈도의 클러스터 내로 이동시켜서 군집화 결과를 보완하는 후처리부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따르면, 외부 시설물의 포인트 클라우드 데이터로부터 각 포인트의 좌표, 색조 및 휘도와 같은 객체 특징을 종합적으로 고려하여 객체 별로 구분된 군집을 도출할 수 있다. 아울러, 이와 같은 군집화 결과로부터, 불필요한 객체들의 데이터를 군집 단위로 쉽게 제거할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 상용 SW를 이용한 포인트 클라우드 군집화 결과를 예시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 장치의 구성을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법을 설명하는 도면이다.

도 4는 도 3에 대응되는 프로세스 플로우를 보여주는 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 다운샘플링 과정을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 6은 일반적인 원형 좌표계 기반의 HSV 색공간을 설명한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에서 색조 히스토그램에 대해 원형 시프트를 적용하여 히스토그램을 보정한 결과를 예시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에서 각 포인트의 휘도 값을 평균 필터링 기법으로 보정한 결과를 보여주는 도면이다.

도 9는 도 8에서 평균 필터링 전후의 휘도 데이터의 히스토그램을 보여주는 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 HDBSCAN 결과를 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 11은 HDBSCAN 결과를 후처리한 모습을 예시적으로 보여주는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0025] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 장치의 구성을 나타낸 도면이다.

[0026] 도 2에 나타낸 것과 같이, 본 발명의 실시예에 따른 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 장치(100)는 다운샘플링부(110), 특징 추출부(120), 클러스터링부(130)를 포함하며, 후처리부(140)를 더 포함할 수 있다. 여기서 각 부(110~140)의 동작과 각 부 간의 데이터 흐름은 제어부(미도시)에 의해 제어될 수 있다.

[0027] 포인트 클라우드 정제 장치(100)는 외부 시설물(예: 3종 시설물)에 대한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 3D 스캐너를 통해서 획득하고 포인트 클라우드 데이터를 분석하여 객체 별로 구분된 군집을 효율적으로 도출할 수 있다.

[0028] 포인트 클라우드 정제 장치(100)는 노후된 외부 시설물의 유지관리를 위한 As-Built BIM의 구축에 활용될 수 있다. 여기서 외부 시설물은 대표적으로 토목 분야의 3종 시설물 범위에 속하는 옹벽, 방음벽, 교량, 육교, 터널 등이 해당될 수 있으나, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0029] 포인트 클라우드 정제 장치(100)는 네트워크 연결된 3D 스캐너로부터 관련 데이터를 수신하거나, 3D 스캐너의 스캔 데이터를 저장한 서버나 저장 장치로부터 관련 데이터 수신할 수 있다. 물론, 포인트 클라우드 정제 장치(100)는 3D 스캐너를 포함하여 구현될 수도 있다.

[0030] 본 발명의 실시예에서 포인트 클라우드 정제 장치(100)는 물리적으로 구성되어 프로세서, 메모리, 유저 인터페이스 입출력 장치 및 저장 장치, 네트워크 입출력부 등을 포함하는 컴퓨터 장치로 구현될 수도 있고, 컴퓨터 장치나 사용자 단말에 실행되는 응용 프로그램 등으로 구현될 수도 있다.

[0031] 먼저, 다운샘플링부(110)는 외부 시설물을 스캔한 포인트 클라우드 데이터를 수집하여 다운샘플링할 수 있다. 다운샘플링 과정을 통해서 경량화된 데이터는 특징 추출부(120)로 제공될 수 있다.

[0032] 특징 추출부(120)는 다운샘플링된 포인트 클라우드 내 각 포인트에 대한 3차원 좌표 값(X,Y,Z), 색조 값(H;

Hue) 및 휘도 값(I; Intensity)을 포함한 특징을 각각 추출할 수 있다. 3D 스캐너에 의한 포인트 클라우드 데이터를 분석하면 각 점들에 대한 3차원 좌표값, 색조값, 휘도값(반사율)를 확인할 수 있다.

[0033] 이와 같이, 특징 추출부(120)는 다운샘플링이 완료된 포인트 클라우드의 각 점마다 다차원의 특징(X, Y, Z, H, I)을 추출하고 이를 클러스터링부(130)로 제공할 수 있다.

[0034] 여기서, 특징 추출부(120)는 각각의 특징(X, Y, Z, H, I)을 0과 1 사이의 값으로 정규화한 후에 특징 별로 기 설정한 가중치를 적용(곱셈)할 수 있다. 이때, 유클리드 거리 연산 시에 높은 영향이 부가되는 특징에 대해 보다 높은 가중치를 적용할 수 있다. 예를 들어, X값, Y값, Z값에는 0.5의 가중치를 각각 적용하고, 색조 값에는 2의 가중치를 적용하고, 휘도 값에는 1의 가중치를 적용할 수 있다.

[0035] 물론, 특징 추출부(120)는 3차원 좌표 값을 구성한 X값, Y값, Z값에 각각 1보다 1/N 배(N은 2 이상의 정수) 작은 가중치를 적용하고, 상기 색조 값에 1보다 N배 큰 가중치를 적용하고, 휘도 값에 1의 가중치를 적용할 수 있다.

[0036] 특징 추출부(120)는 이와 같이 각각의 특징에 기 설정된 가중치를 적용한 후에 클러스터링부(130)로 전달할 수 있다.

[0037] 클러스터링부(130)는 각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 포인트 클라우드 내 각 포인트를 설정 클러스터링 기법을 통해 군집화하여 객체 별 구분된 복수의 클러스터를 도출할 수 있다.

[0038] 이때, 클러스터링부(130)는 계층적 밀도 기반 클러스터링 기법(HDBSCAN; Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)을 이용하여 점군에 대한 군집화을 수행할 수 있다. 아울러, 클러스터링부(130)는 클라우드 포인트 내 각 포인트에서 도출한 다차원 특징(X값, Y값, Z값, 색조 값, 휘도 값)을 활용한 유클리드 거리를 바탕으로 HDBSCAN 기반의 군집화를 수행할 수 있다.

[0039] 후처리부(140)는 클러스터링부(130)에서 도출된 복수의 클러스터 중 노이즈(불필요 객체)로 판단된 클러스터를 대상으로 HDBSCAN 결과를 후처리 및 보완할 수 있다.

[0040] 구체적으로, 후처리부(140)는 노이즈로 판단된 클러스터 내 각 포인트에 대해, 전체 포인트 클라우드를 기준으로 해당 클러스터 내 포인트에서 설정 반경 이내의 포인트들의 클러스터 번호를 확인한 후에 최다 빈도의 클러스터 번호를 도출하여, 해당 포인트를 최다 빈도의 클러스터 내로 이동시켜서 군집화 결과를 보완할 수 있다. 예를 들어, 노이즈 클러스터 내에는 실제 주요 객체에 해당한 점이 일부 섞여 있을 수 있는데, 이러한 과정을 통해 실제 주요 객체 성분에 해당한 점을 원래의 주요 객체의 클러스터 내로 이동시켜 보완할 수 있다.

[0041] 여기서 물론, 해당 포인트를 기준으로 설정 반경 내의 포인트들에 의해 분석된 최대 빈도의 클러스터 번호가 자신이 속한 클러스터 번호와 동일하다면 해당 포인트를 그대로 노이즈 클러스터 내에 유지시키도록 한다.

[0042] 이와 같이, HDBSCAN 결과에 대한 후처리를 수행하면 보다 신뢰성 있는 객체의 군집화가 가능해지며, 최종적으로는 불필요한 객체들의 데이터(노이즈 클러스터)를 군집 단위로 쉽게 제거할 수 있도록 한다.

[0043] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법을 보다 구체적으로 설명한다.

[0044] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 방법을 설명하는 도면이고, 도 4는 도 3에 대응되는 프로세스 플로우를 보여주는 도면이다.

[0045] 먼저, 다운샘플링부(110)는 외부 시설물에 대한 포인트 클라우드 데이터를 수집한다(S310). 이러한 S310 단계는 시설물의 정보를 포인트 클라우드로 취득하기 위한 3D 스캐너에 의해 이루어질 수 있다.

[0046] 이후, 다운샘플링부(110)는 3D 스캐너를 통해 수집한 포인트 클라우드 데이터를 다운샘플링하여 데이터를 경량화할 수 있다(S310~S320).

[0047] 도 5는 본발명의 실시예에 따른 다운샘플링 과정을 예시적으로 보여주는 도면이다. 이러한 도 5는 외부 시설물을 스캔한 포인트 클라우드에서 동그라미 지점에 대한 데이터를 space 기반 다운샘플링을 통해 경량화한 모습을 예시적으로 보여준다.

[0048] 포인트 클라우드는 기본적으로 과도하게 높은 용량을 가지고 있어, 데이터의 경량화가 요구된다. 또한, 국부적으로 다른 밀도로 데이터가 취득되기 때문에, 밀도 기반의 클러스터링 기법인 HDBSCAN의 성능에 영향을 미칠 수 있다.

[0049] 이에 따라, 다운샘플링부(110)는 space 기반 다운샘플링 기법을 통해 포인트 클라우드 데이터의 경량화를 수행할 수 있다. space 기반 다운샘플링은 기 알려진 바와 같이 포인트 클라우드 데이터를 구성하는 점들 간의 간격이 사전에 설정하는 값이 되도록 점을 재추출하는 기법에 해당한다. 본 발명의 실시예에서는 0.02m 간격(점간 거리)으로 데이터의 경량화를 수행하였다.

[0050] 다음으로, 특징 추출부(120)는 다운샘플링된 포인트 클라우드 내 각 포인트에 대한 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값을 포함한 특징을 각각 추출할 수 있다(S330).

[0051] 각 항목에 대한 특징 추출 과정을 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0052] 먼저, 특징 추출부(120)는, 3차원 좌표 값에 대한 특징 추출 시, 각 포인트의 3차원 좌표에 대한 X값, Y값, Z값을 0과 1 사이의 값으로 각각 정규화함으로써, 각 포인트의 X, Y, Z값에 대한 특징을 추출할 수 있다. 정규화 처리 과정은 일반적인 내용에 해당하므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0053] 다음으로, 색조 값에 대한 특징 추출 시, 특징 추출부(120)는, 각 포인트의 색조 값을 0과 1 사이의 값으로 정규화한 후에 색조 값의 빈도수에 대한 색조 히스토그램을 얻고, 색조 히스토그램을 최소 빈도수를 나타낸 색조 값만큼 원형 시프트(Circular shift)한 결과로부터 각 포인트의 색조 값을 보정함으로써, 각 포인트의 색조 값에 대한 특징을 추출할 수 있다.

[0054] 도 6은 일반적인 원형 좌표계 기반의 HSV 색공간을 설명한 도면이다. 색조(Hue) 값은 RGB에서 계산해낼 수 있는 값으로, 인간 인지에 보다 가까운 HSV 색공간에서 채도와 명도를 제외한 색 고유의 값을 나타낸다. 도 6에 보이는 바와 같이 색조 값은 원형 좌표계를 가지며, 0과 1 사이의 값으로 정규화되어 계산될 수 있다.

[0055] 도 7은 본 발명의 실시예에서 색조 히스토그램에 대해 원형 시프트를 적용하여 히스토그램을 보정한 결과를 예시한 도면이다.

[0056] 도 7의 좌측 그림은 콘크리트의 색조 분포에 대한 초기 히스토그램으로 원형 쉬프트 전의 히스토그램을 나타낸다. 색조 히스토그램은 0과 1 사이 범위에서 색조 값에 따른 빈도수를 그래프로 표현한 것이다.

[0057] 관심 객체에 해당한 콘크리트의 색조가 0의 근처에 분포할 경우 양 극단으로 색조값이 분포될 수 있으며, 이는 밀도 기반 클러스터링에 있어 매우 불리한 조건에 해당한다. 따라서, 색조 히스토그램을 0.1의 간격으로 10개 구간으로 구분하여 색조값의 빈도수를 확인하였으며, 이중에서 색조값의 빈도수가 가장 낮은 구간을 활용하여 원형 쉬프트를 적용할 수 있다. 예를 들어, 0.4~0.6 범위 구간에서 색조 분포가 가장 작으면 그 중앙 값인 0.5의 값이 0의 값에 위치하도록 원형 시프트를 적용할 수 있다.

[0058] 도 7의 우측 그림은 도 7의 좌측 그림에 대해 최소 빈도수의 색조 값 0.5 만큼 원형 시프트를 적용한 결과를 보여준다. 이와 같이 원형 시프트를 통해서 최소 빈도수의 색조 값이 히스토그램 상의 양측 가장자리인 0과 1의 값에 가까이 분포하게 되고 최대 빈도수의 색조 값이 히스토그램의 중앙부 근방에 놓여질 수 있게 된다.

[0059] 이와 같이, 특징 추출부(120)는 초기 구해진 색조 히스토그램을 최소 빈도수의 색조 값만큼 원형 시프트한 결과로부터 각 포인트의 색조 값을 보정할 수 있다.

[0060] 다음으로, 휘도 값에 대한 특징 추출 시, 특징 추출부(120)는 각 포인트에 대해 취득된 0과 1 사이의 휘도 값에 대해 평균 필터링(mean filtering)을 적용하여, 설정 반경 이내의 포인트들에 대한 평균 휘도 값을 상기 포인트에 대한 휘도 값으로 변경함으로써, 각 포인트의 휘도 값을 추출할 수 있다.

[0061] 휘도(Intensity) 값은 대상의 반사율의 값을 기록한 값으로 0과 1 사이의 값으로 취득된다. 다만, 휘도는 대상과의 거리, 스캐너와의 입사각 등에 의해 값이 변하게 되어, 취득된 휘도 값을 그대로 머신러닝 알고리즘의 특징으로 활용하기는 어렵다.

[0062] 따라서, 특징 추출부(120)는 한 점에서 반경 0.2m 내에 존재하는 점들의 Intensity의 평균값을 해당 점의 Intensity 값으로 변경하는 평균 필터링을 수행할 수 있다.

[0063] 도 8은 본 발명의 실시예에서 각 포인트의 휘도 값을 평균 필터링 기법으로 보정한 결과를 보여주는 도면이다. 좌측 그림은 원 데이터이고 우측 그림은 평균 필터링 적용 후 결과 데이터를 나타낸다. 도 9는 도 8에서 평균 필터링 전후의 휘도 데이터의 히스토그램을 보여주는 도면이다. 평균 필터링에 의해, 데이터의 스무딩이 적용되면 이상치의 영향을 최소화할 수 있다.

[0064] 특징 추출부(120)는 이와 같은 방식으로 각 포인트에 대해 추출된 특징 데이터들(X, Y, Z, 색조(H), 휘도(I))을

클러스터링부(130)로 전달할 수 있다. 이때, 위의 모든 값들은 0~1 사이의 값으로 정규화되어 있기 때문에 해당 특징에 가중치를 설정해 곱하는 것이 가능하다.

[0065] 본 발명의 실시예에서, 특징 추출부(120)는 각 포인트에 대해 추출된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값(X, Y, Z, 색조, 휘도)에 대해 각각 기 설정된 가중치를 개별 적용할 수 있다(S340).

[0066] 구체적으로는, 3차원 좌표 값을 구성한 X, Y, Z 값에는 각각 0.5의 가중치를 적용하고, 색조 값에는 2의 가중치를 적용하고, 휘도 값에 1의 가중치를 적용할 수 있다. 이러한 결과로부터 색조 값의 경우 높은 강도의 가중치가 적용되고, 좌표 값의 경우 낮은 강도의 가중치가 적용된 것을 알 수 있다.

[0067] 본 발명의 목적은 재료적 특성을 기반으로 객체들 간의 군집화를 수행하는 것으로, 재료적 특성을 나타내는 대표적인 속성인 색상(Hue)와 레이저 반사율 기반의 휘도(Intensity)에 대한 가중치를 좌표 값보다 높게 설정해야 부재들이 접해 있는 상황에서도 성공적으로 군집화를 수행해낼 수 있다.

[0068] 이와 같이 각 특징 별로 개별 가중치를 적용하여 부재들이 접하는 경우에도 보다 명확하게 다른 종류의 객체들을 구분할 수 있다.

[0069] 보다 쉬운 이해를 위해, x,y 평면 상의 2차원 공간을 가정하여 설명한다. 이하의 수학식 1의 설명에 사용된 가중치 예시는 단지 발명의 이해를 돕기 위한 것으로 본 발명에 적용된 가중치와 무관하다.

[0070] 우선, 두 점 p와 q가 각각 (p_x,p_y)의 좌표를 가질 때, 각 점의 y값에 2.0의 가중치를 부여하고 x값에 1.0의 가중치를 부여하면, 계산되는 유클리드 거리는 아래 수학식 1과 같이 표현된다.

수학식 1

[0071] $$\text{유클리드거리} = \sqrt{(1\times(p_x-q_x))^2+(2\times(p_y-q_y))^2}$$

[0072] 이에 따라, 유클리드 거리 값에 더 많은 영향을 미치는 특징은 y값이 된다. 두 점 사이에 y 값 간의 차이가 크다면 두 점 간 거리가 더욱 크게 멀어지고, y값의 차이가 작다면 두 점 간의 거리는 더욱 크게 가까워진다.

[0073] 본 발명의 실시예에서 적용된 가중치는 실제 실험적 과정을 통해 적절한 출력을 도출할 수 있는 값을 탐색한 것으로, 시설물의 크기 등을 고려하였을 때, 3차원 좌표 (X,Y,Z) : 0.5, Hue(색조) : 2.0 / 평균 휘도(Mean Intenstiy) : 1.0이 가장 적절한 것으로 도출되었다.

[0074] 이 경우 두 점간의 유클리드 거리는 후술하는 수학식 2의 원리와 같이 5차원 특징 벡터에 각각의 가중치를 적용 후 거리 차의 제곱을 모두 합산한 후에 루트를 적용하면 된다.

[0075] 다음으로, 클러스터링부(130)는 이와 같이 가중치가 개별 적용된 3차원 좌표 값, 색조 값 및 휘도 값의 특징을 기반으로 포인트 클라우드의 각 포인트에 대한 군집화를 HDBSCAN 기법을 통해 수행할 수 있다(S350).

[0076] 이와 같이, 클러스터링부(130)는 포인트 클라우드 내 각 포인트를 HDBSCAN 기법을 통해 군집화하여 객체 별 구분된 복수의 클러스터를 도출할 수 있다.

[0077] 이때, 클러스터링부(130)는 포인트 클라우드의 각 포인트를 HDBSCAN을 통해 군집화하되, 각 포인트의 X값, Y값, Z값, 색조 값, 휘도 값을 포함한 다차원 특징에 기반한 점 간의 유클리드 거리를 이용하여 HDBSCAN 기반의 군집화를 수행할 수 있다.

[0078] 앞서 수학식 1은 이용하면 다차원 특징 공간에서의 두 점 p와 q 간의 유클리드 거리는 아래의 수학식 2으로 간단히 표현될 수 있다.

수학식 2

[0079] $$\text{유클리드거리} = \sqrt{\sum(w_j\times(p_j-q_j))^2}$$

[0080] j는 5가지 특징 요소의 인덱스로서, j={x,y,z,h,i} 일 수 있다. 이때, wj는 각 특징 요소에 적용된 가중치를 나

타낸다. 본 발명의 실시예에서, w_x, w_y, w_z=0.5, w_h=2, w_i=1이 각각 적용되었다.

[0081] 일반적으로 HDBSCAN은 DBSCAN과 유사한 구동원리를 가지나, 계층적 데이터 구조화를 통해 다차원의 데이터에 잘 수행될 수 있으며, 컴퓨터 부담도 적은 편이다.

[0082] HDBSCAN에서 설정되는 파라미터로는 min points(eps 내의 최소 포인트 개수)와 min cluster size(cluster의 최소 크기)가 있다. min points와 min cluster size의 파라미터 값은 사용자가 소규모 부재들도 군집화를 원하면 낮게 설정할 수 있고, 큰 규모의 객체들의 구분을 원하는 큰 값으로 설정할 수 있다.

[0083] 이러한 HDBSCAN의 기법은 기 공지된 것에 해당하지만, 그 원리를 간략히 설명하면 다음과 같다.

[0084] 먼저, 초기 Input으로 들어오는 Feature를 토대로 다차원 거리 공간에 데이터를 분포시킨다.

[0085] 이후, 상호 도달 거리(mutual reachability distance)를 계산한다. 상호 도달 거리란 앞서 생성한 공간에서 가장 인접한 점까지의 거리와 사전에 설정하는 min_points의 조건을 만족하는 최소 크기의 반경의 거리 중 큰 값을 채택한다.

[0086] 이렇게 계산된 상호 도달 거리를 토대로 Prim's algorithm을 적용하여 MST(Minimum Spanning Tree)를 생성할 수 있다. 생성된 MST 내의 모든 점들은 선으로 연결되어 있는데, 연결된 선 중에서 가장 길이가 긴 선(간선)을 끊으면서 데이터를 계층적으로 분할해 나가며, 이때 모든 점이 끊어질 때까지의 과정을 거치면서, 각 단계 별 군집들의 안정성과 생명주기가 계산될 수 있다. 여기서, 안전성은 데이터간의 밀도가 높은 것을 대변하는 값이며, 생명주기는 앞서 간선을 끊으면서 오랫동안 보존된 군집들의 정보를 대변한다. 최종적으로 마지막 점까지 분할하게 되면 계층도가 얻어질 수 있다. 이러한 계층도를 이용하면 초기 군집을 생성할 수 있다. 이때, min_cluster_size를 만족 못하는 군집은 노이즈로 판별될 수 있다.

[0087] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 HDBSCAN 결과를 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 10의 (a)는 HDBSCAN 결과의 예시로서, 총 3가지 군집이 도출된 결과를 보여주며, (a)는 클러스터 1(1번 레이블), (b)는 클러스터 2(2번 레이블), (c)는 클러스터 -1(-1번 레이블)을 나타낸다. HDBSCAN 결과에서 -1번 레이블에 해당한 클러스터 -1은 노이즈 데이터들(불필요 객체 관련 데이터)을 묶어 놓은 데이터의 군집에 해당한다.

[0088] 후처리부(140)는 이러한 HDBSCAN 결과에서 노이즈로 판단된 클러스터를 후처리하여 HDBSCAN 결과를 보완할 수 있다(S360). 이는 노이즈 데이터들에는 불필요 객체가 아닌 실제 주요 객체와 관련한 점 성분들이 함께 섞여 있을 수 있기 때문이다.

[0089] 이를 위해, 후처리부(140)는 노이즈로 판단된 클러스터 -1에서, 전체 포인트 클라우드를 기준으로, 클러스터 #-1 내의 각 점에서 반경 20cm 이내의 점들을 추출한다. 그런 다음, 추출된 점의 Cluster 번호를 확인하고 최빈값인 번호를 도출한다. 이후에, 해당 기준 점(클러스터 -1 내의 점)을 최빈값 번호(n번)인 클러스터 n으로 이동한다.

[0090] 도 11은 HDBSCAN 결과를 후처리한 모습을 예시적으로 보여주는 도면이다.

[0091] 이러한 도 11의 (a)는 HDBSCAN 결과의 1번 레이블의 데이터(클러스터 -1)를 나타내며, 실제 외부 시설물을 구성한 주요 구조체(옹벽, 철제 구조물 등)에 해당한 주요 부재와 부속 부재의 가장자리(Edge) 부분에 해당한 점들의 데이터가 다수 포함된 것을 확인할 수 있다. 도 11의 (b)는 후처리 이후의 1번 레이블의 데이터(클러스터 -1)로, 후처리를 통해서 주요 부재와 부속 부재의 가장자리(Edge) 부분에 해당한 점들의 데이터가 사라진 것을 알 수 있다.

[0092] 도 11의 (c)는 점들의 이동 전후의 n번 레이블의 데이터(클러스터 n)를 보여주며 (d)는 그에 대한 일부분의 확대도를 보여준다. 이러한 결과로부터, 기존에 누락된 Edge부의 데이터가 후처리 과정을 통해 클러스터 n의 내부로 이동하면서 Edge부의 데이터의 보완이 이루어진 것을 확인할 수 있다.

[0093] 이와 같은 본 발명에 따르면, 객체가 지닌 색조, 휘도 및 위치 등과 같은 객체 특성을 종합적으로 고려하여 포인트 클라우드 데이터를 객체 별로 구분하여 군집화할 수 있다. 또한, 이와 같은 군집화 결과로부터, 불필요한 객체들의 데이터를 군집 단위로 쉽게 제거할 수 있다.

[0094] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

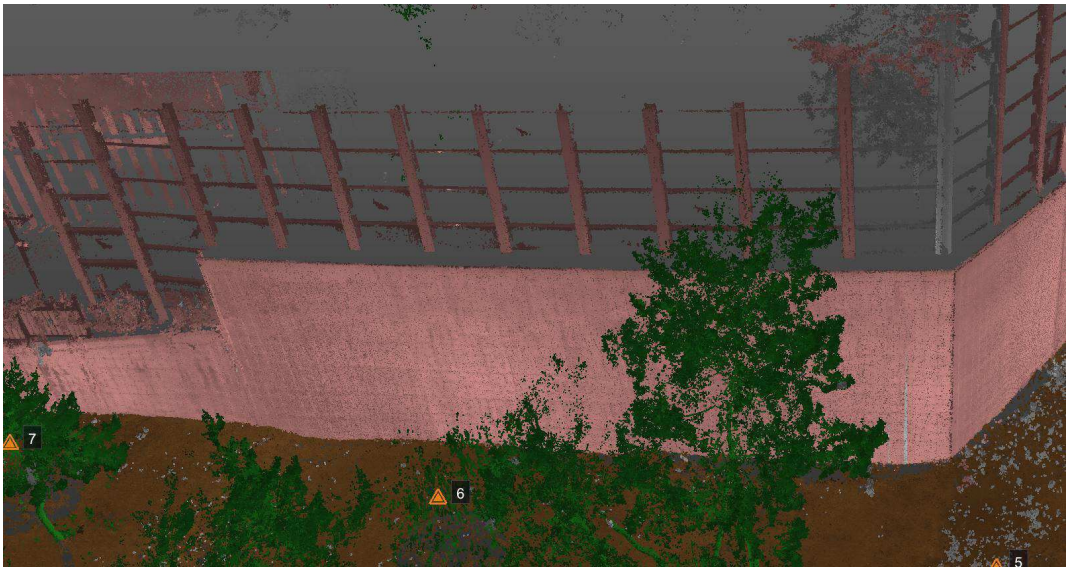
[0095] 100: 외부 시설물의 포인트 클라우드 정제 장치

110: 다운샘플링부 120: 특징 추출부

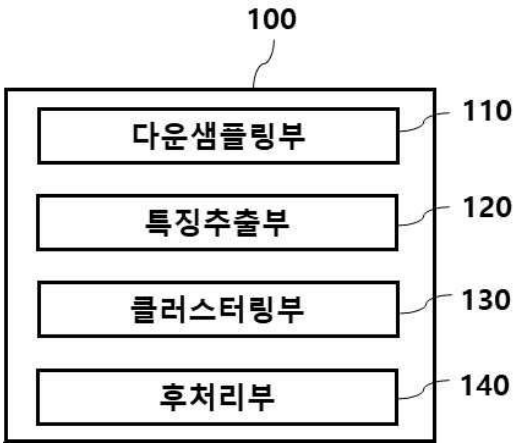
130: 클러스터링부 140: 후처리부

도면

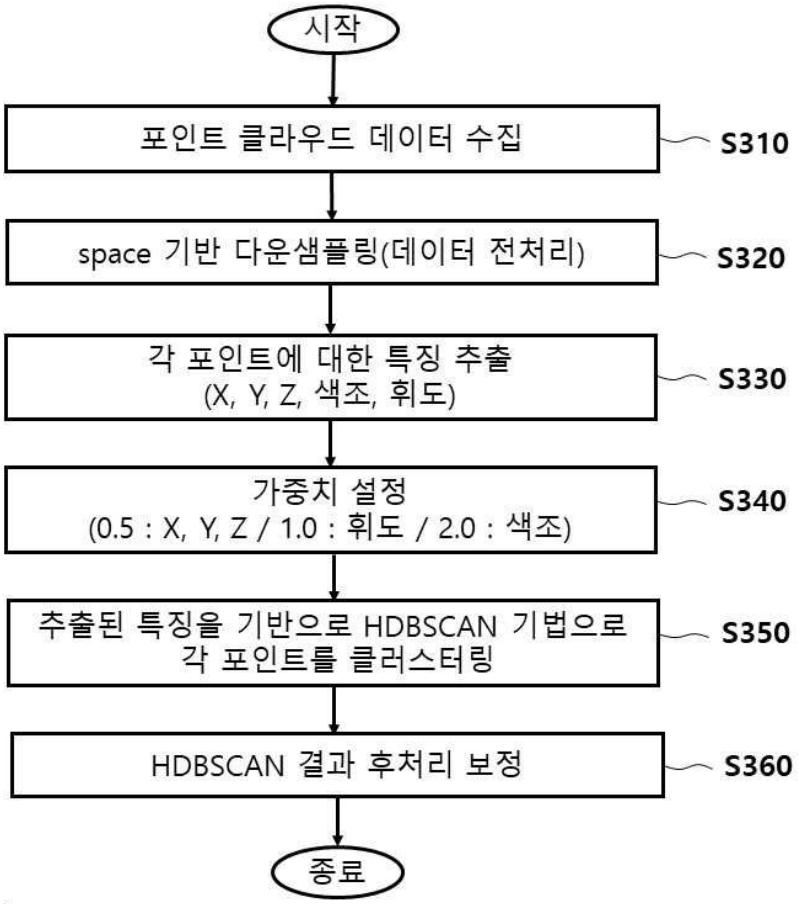
도면1



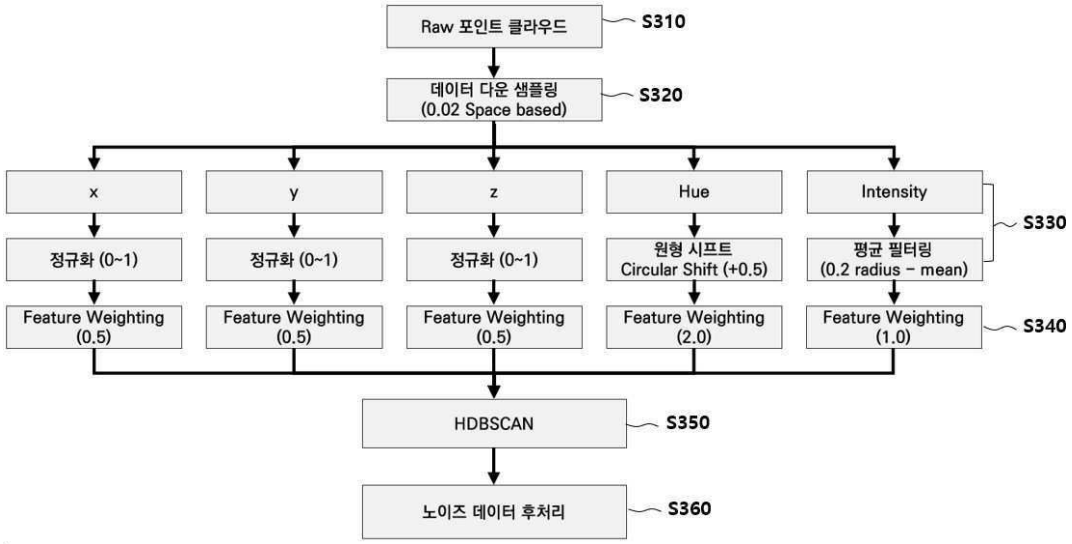
도면2



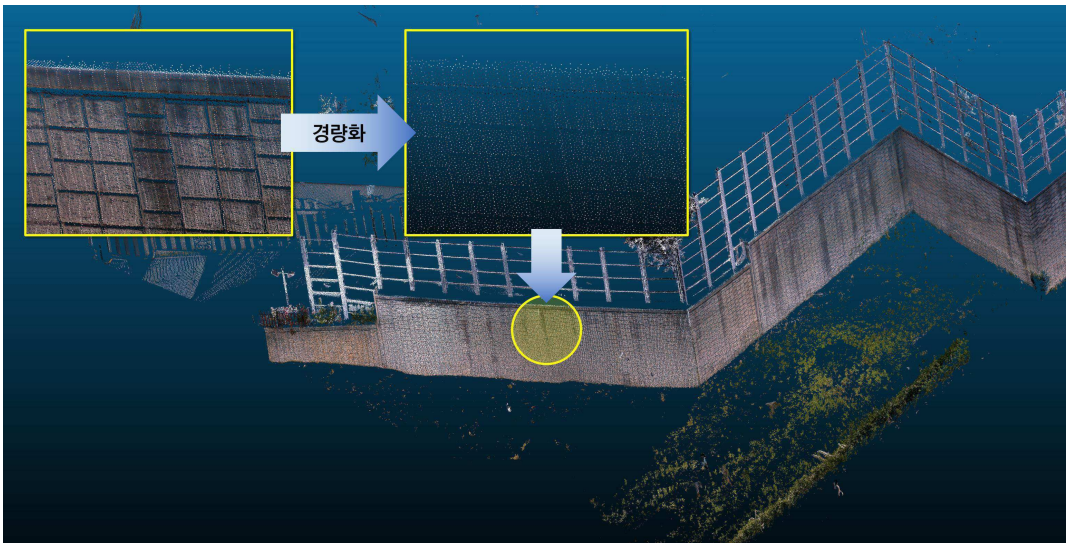
도면3


시작
포인트 클라우드 데이터 수집
S310
space 기반 다운샘플링(데이터 전처리)
S320
각 포인트에 대한 특징 추출
(X, Y, Z, 색조, 휘도)
S330
가중치 설정
(0.5 : X, Y, Z / 1.0 : 휘도 / 2.0 : 색조)
S340
추출된 특징을 기반으로 HDBSCAN 기법으로
각 포인트를 클러스터링
S350
HDBSCAN 결과 후처리 보정
S360
종료

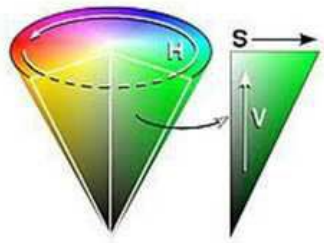
도면4


Raw 포인트 클라우드
S310
데이터 다운 샘플링
(0.02 Space based)
S320
x
y
z
Hue
Intensity
S330
정규화 (0~1)
정규화 (0~1)
정규화 (0~1)
원형 시프트
Circular Shift (+0.5)
평균 필터링
(0.2 radius - mean)
Feature Weighting
(0.5)
Feature Weighting
(0.5)
Feature Weighting
(0.5)
Feature Weighting
(2.0)
Feature Weighting
(1.0)
S340
HDBSCAN
S350
노이즈 데이터 후처리
S360

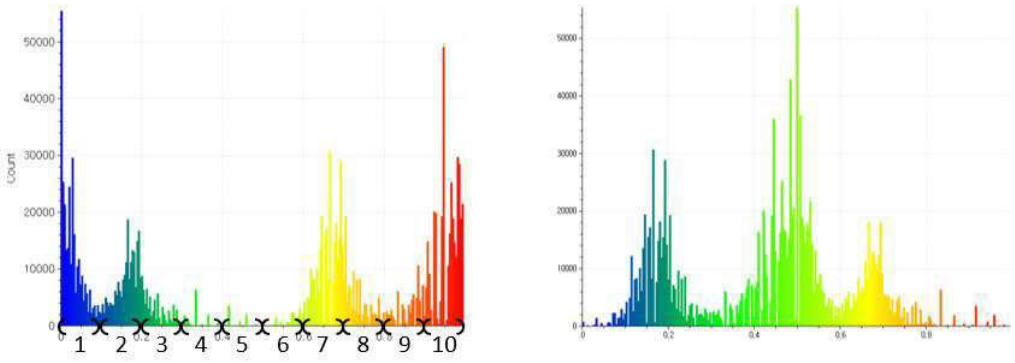
도면5


경량화

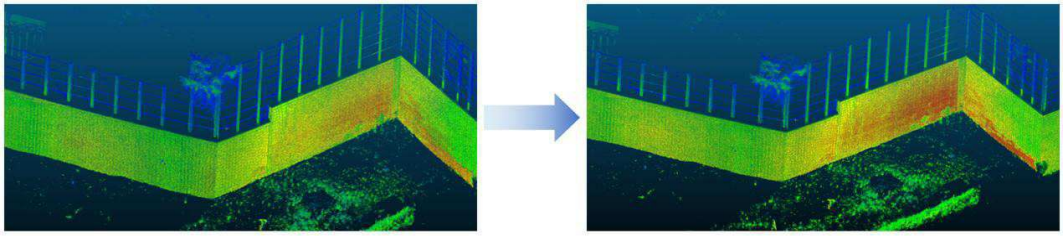
도면6


H
S
V

도면7

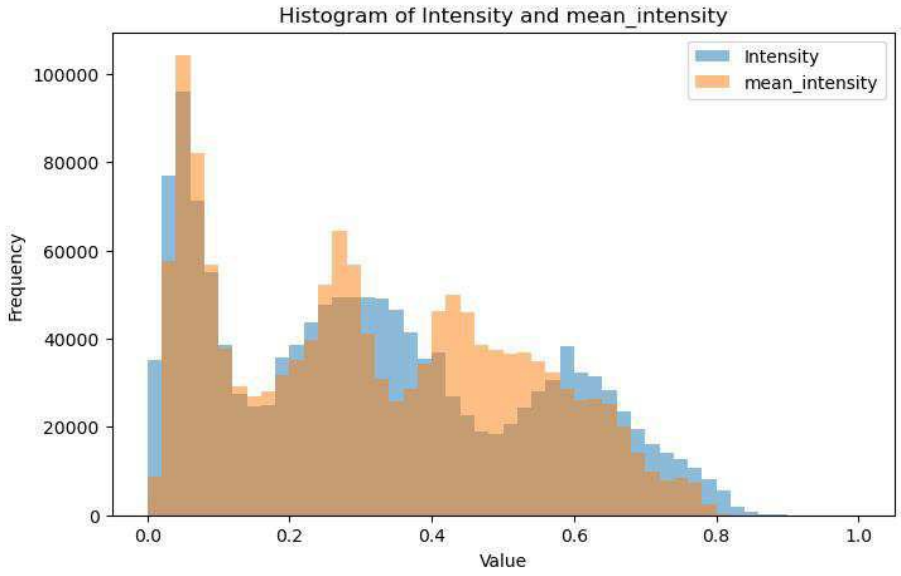

Count
50000
40000
30000
20000
10000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
0.1 간격으로 영역 지정
가장 개수가 낮은 영역의 중앙값이
0이 되도록 circular shift
(ex. 5번 영역이 가장 개수가 적음으로,
0.4~0.6의 범위인 5번 영역의 중앙값인
0.5가 0이 되도록 circular shift 적용)

도면8

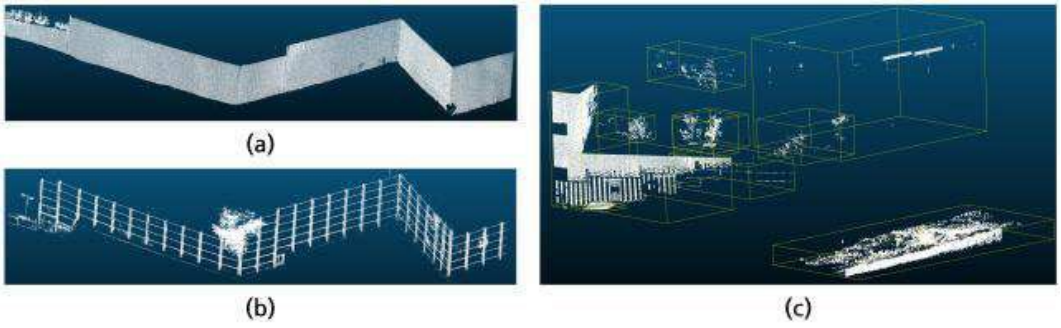


[Raw Intensity] [Mean Intensity]

도면9

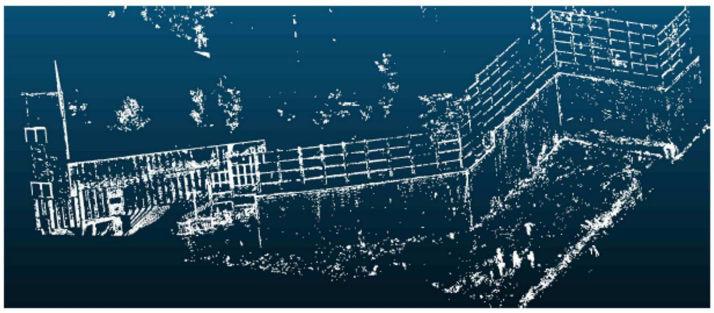


도면10



도면11

(a)

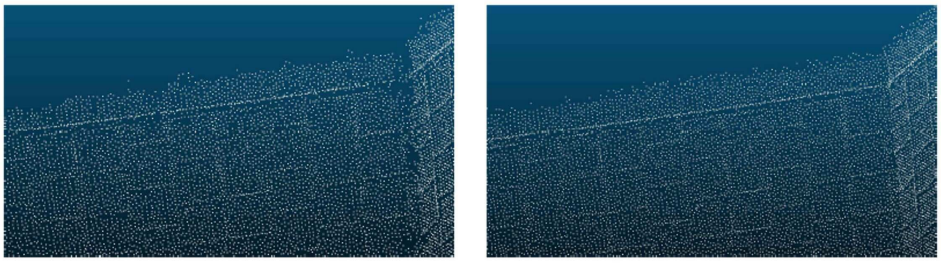


[HDBSCAN 결과의 -1번 Label 데이터]

(b)

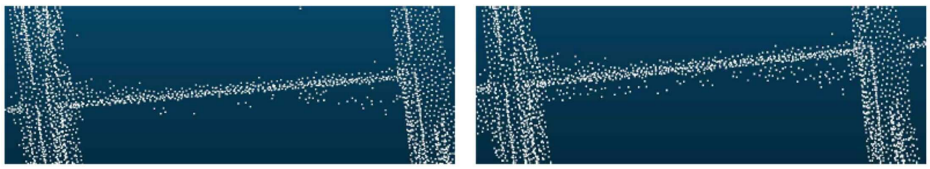
[Edge Correction 이후 주요 부재와 부속 부재 등의 Edge 부 데이터가 사라진 -1번 label cluster]

(c)



[(좌) Edge부 누락된 point 존재, (우) Edge Correction 후 Edge부 데이터 보완]

(d)



[(좌) 부속부재 부 누락된 point 존재, (우) Edge Correction 후 Edge부 데이터 보완]