



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0001864
(43) 공개일자 2023년01월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/11 (2017.01) G06F 18/00 (2023.01)
G06T 3/00 (2019.01) G06T 5/00 (2019.01)
G06T 7/50 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/11 (2017.01)
G06F 18/2413 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2021-0084934
(22) 출원일자 2021년06월29일
심사청구일자 2021년06월29일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한
국기술교육대학교내)
(72) 발명자
최강선
충청남도 천안시 동남구 용곡2길 43-11 용곡한라
비발디아파트 109동 1704호
최예찬
경기도 고양시 일산서구 일현로 128 탄현마을8단
지아파트 805동 1402호
(74) 대리인
특허법인주원

전체 청구항 수 : 총 12 항

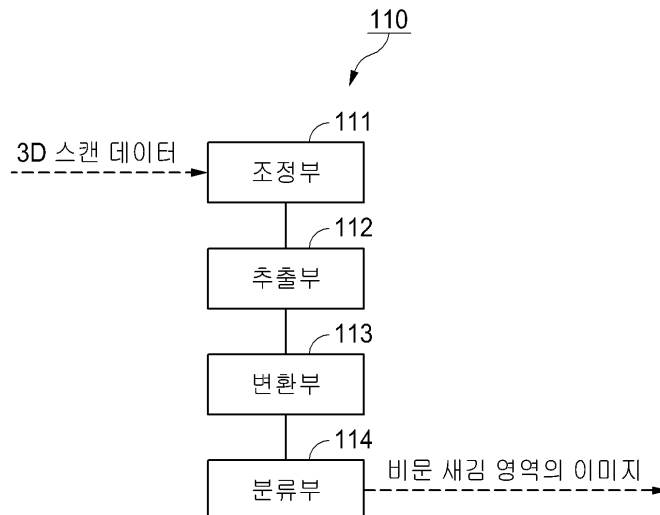
(54) 발명의 명칭 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법 및 시스템에 관한 것이다.

또한, 본 발명은 비석의 3D 스캔 데이터를 대상으로 메쉬 세분화를 수행하여 메쉬를 형성하는 점들의 분포를 균 등하게 조정하는 조정 단계와, 세분화된 3D 스캔 데이터로부터 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 추출 하는 추출 단계와, 추출된 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 화소 밝기(intensity)에 대응시켜서 세분 화된 3D 스캔 데이터를 2D 비문 이미지로 변환하는 변환 단계와, 딥러닝 기반의 분류 모델을 이용하여 2D 비문 이미지에서 비문의 획을 구성하는 비문 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역을 분류하는 분류 단 계를 구비함으로써, 풍화되거나 거친 표면을 갖는 비석에 새겨진 비문을 정확하고 효과적으로 분류할 수 있고, 새김 영역과 유사하게 풍화되어 있는 비새김 영역과 실제의 새김 영역을 분류할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06T 3/0031 (2013.01)

G06T 5/002 (2023.01)

G06T 7/50 (2017.01)

G06T 2207/20081 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

비석의 3D 스캔 데이터를 대상으로 메쉬 세분화(subdivision)를 수행하여, 메쉬를 형성하는 점(vertex)들의 분포를 균등하게 조정하는 조정 단계;

세분화된 3D 스캔 데이터로부터 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 추출하는 추출 단계;

상기 추출된 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 화소 밝기(intensity)에 대응시켜서, 상기 세분화된 3D 스캔 데이터를 2D 비문 이미지로 변환하는 변환 단계; 및

딥러닝 기반의 분류 모델을 이용하여, 상기 변환된 2D 비문 이미지에서 비문의 획을 구성하는 비문 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역을 분류하는 분류 단계;를 포함하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 조정 단계는,

선형 삼각 보간(linear triangular interpolation)을 이용하여, 3D 스캔 데이터에 존재하는 비균등 분포의 메쉬를 그리드 형태의 메쉬로 변환하는 것을 특징으로 하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 추출 단계는,

상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 좌표축들 중에서 어느 한 좌표축의 값을 깊이값으로 정의하고, 해당 깊이값을 정규화하여 깊이 특징을 추출하는 단계;

표면 노이즈를 필터링하고, 주곡률의 비율과 크기를 이용하여 상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에서 계곡 형태로 패인 정도를 나타내는 계곡 특징을 추출하는 단계; 및

상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에 대한 스핀 이미지를 국소 표면 특징으로 추출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 깊이 특징을 추출하는 단계는,

주성분 분석(principal component analysis)을 이용하여, 상기 세분화된 3D 스캔 데이터를 x-y 평면으로 근사화하고 z축의 값을 깊이값으로 정의하는 것을 특징으로 하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 계곡 특징을 추출하는 단계는,

가우시안 스무딩을 이용하여 표면 노이즈를 필터링하고, 프랜지 필터(Frangi filter)를 이용하여 계곡 특징을 추출하는 것을 특징으로 하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법.

청구항 6

제 3항에 있어서,

상기 국소 표면 특징을 추출하는 단계에서 상기 스핀 이미지는,

각각의 점에 이웃한 점들의 분포를 나타내는 히스토그램인 것을 특징으로 하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 변환 단계는,

래스터화를 수행하여 상기 세분화된 3D 스캔 데이터를 변환하고, 서브 샘플링 방식으로 2D 비문 이미지를 생성하는 것을 특징으로 하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 분류 단계는,

FC-DenseNet 103을 분류 모델로 사용하여 비문 새김 영역과 비새김 영역을 분류하고, 선형 삼각 보간을 이용하여 비문 새김 영역의 이미지를 3D 데이터로 복원하는 것을 특징으로 하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법.

청구항 9

비일시적 저장매체에 저장되고, 프로세서를 포함하는 컴퓨터에서 실행되어, 제 1항 내지 제 8항 중 어느 한 항의 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법을 수행하는 컴퓨터 프로그램.

청구항 10

프로세서; 및

상기 프로세서에 의해 실행 가능한 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리;를 포함하고,

상기 프로세서는, 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써,

비석의 3D 스캔 데이터를 대상으로 메쉬 세분화(subdivision)를 수행하여, 메쉬를 형성하는 점(vertex)들의 분포를 균등하게 조정하고,

세분화된 3D 스캔 데이터로부터 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 추출하며,

상기 추출된 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 화소 밝기(intensity)에 대응시켜서, 상기 세분화된 3D 스캔 데이터를 2D 비문 이미지로 변환하고,

딥러닝 기반의 분류 모델을 이용하여, 상기 변환된 2D 비문 이미지에서 비문의 획을 구성하는 비문 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역을 분류하는, 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 시스템.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써,

상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 좌표축들 중에서 어느 한 좌표축의 값을 깊이값으로 정의하고, 해당 깊이값을 정규화하여 깊이 특징을 추출하며,

표면 노이즈를 필터링하고, 주곡률의 비율과 크기를 이용하여 상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에서 계곡 형태로 패인 정도를 나타내는 계곡 특징을 추출하며,

상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에 대한 스핀 이미지를 국소 표면 특징으로 추출하는, 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 시스템.

청구항 12

제 10항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써,

FC-DenseNet 103을 분류 모델로 사용하여 비문 새김 영역과 비새김 영역을 분류하고, 선형 삼각 보간을 이용하여 비문 새김 영역의 이미지를 3D 데이터로 복원하는, 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 컴퓨터 그래픽과 컴퓨터비전 분야의 발전과 함께 응용 범위가 넓어짐에 따라 3D 스캔을 기반으로 하는 판독 기술이 문화 유적 조사와 복원 분야에 적극적으로 활용되고 있다.

[0004] 일 예로, 비석에 새겨진 비문을 판독하는 경우 기존에는 주로 탁본을 사용하였는데, 이 경우 탁본의 숙련도에 따라 결과물이 달라질 수 있고 탁본을 얻기 위해서 비석 표면에 직접 접촉해야 하기 때문에 비석을 훼손할 수 있는 우려가 있지만, 3D 스캔에 의한 3D 스캔 데이터를 이용하여 비문을 추출하게 되면, 비석의 표면을 훼손할 우려가 없고, 비석에 새겨진 문자와 배경을 고유하게 식별할 수 있으며, 비석에서 획득한 모든 정보를 디지털 데이터로 저장할 수 있다.

[0005] 이러한, 3D 스캔을 기반으로 하는 판독 기술은 판독에 용이하도록 시각화하는 방법과 비문의 획을 구성하는 새김 영역을 자동으로 추출하는 방법으로 나눌 수 있다.

[0006] 전문한 시각화 방법은 셰이딩 기반 시각화 방법, 다항식 근사 셰이딩 방법, 곡률 기반 시각화 방법, 수정된 곡률 기반 시각화 방법 및 모폴로지 기반 방법을 포함한다.

[0007] 셰이딩 기반 시각화 방법은 3D 스캔 데이터의 메쉬에 명암을 적용 제어하여 표면의 굴곡을 강조하는 것으로, 명암의 동적 변화를 통해 비문의 미세한 획을 판별하는데 도움을 줄 수 있으며, 다항식 근사 셰이딩 방법은 메쉬의 각 점의 지역적 표면을 3차 다항식으로 근사하여 표면의 볼록, 오목, 변곡 영역을 찾아 셰이딩을 적용할 수 있다.

[0008] 곡률 기반 시각화 방법은 메쉬의 표면 곡률을 추정하여 표면의 볼록한 정도와 오목한 정도를 컬러로 나타내어

시각화하는 것이고, 수정된 곡률 기반 시각화 방법은 개선된 곡률을 사용하여 메쉬 표면의 골짜기-능선을 추정하고 적응 필터링과 컬러화를 통해 표면의 골짜기와 능선을 강조할 수 있다.

- [0009] 모폴로지 기반 방법은 메쉬의 표면을 라플라시안 필터로 평탄화한 다음 모폴로지 결과와 차이 영역을 컬러화하여 패임 영역을 강조할 수 있다.
- [0010] 다만, 시각화 방법은 비문의 판독을 돕는 것에 불과하며, 실질적인 판독은 고고학적 지식을 가진 자의 주관적인 평가에 의존하여야 하는 문제점이 있다.
- [0011] 한편, 새김 영역을 자동으로 추출하는 방법은 골짜기-능선 기반 새김 추출 방법, 상대 깊이 기반 새김 추출 방법, 곡률 기반 새김 추출 방법, 텍스처 기반 새김 추출 방법, 편차 맵 기반 새김 추출 방법 및 세그먼트 기반 새김 추출 방법을 포함한다.
- [0012] 골짜기-능선 기반 새김 추출 방법은 메쉬에서 직접적으로 골짜기와 능선을 추출하는 방법으로 이를 통해 새김 영역을 추정할 수 있고, 상대 깊이 기반 새김 추출 방법(DRE)은 메쉬에서 법선 벡터의 적응 필터링을 통해 기초 표면을 추정하여 각 점의 상대적인 깊이를 추정한 뒤 가우시안 혼합 모델(Gaussian mixture model)과 EM(expectation maximization) 알고리즘을 통해 새김 영역을 분리할 수 있다.
- [0013] 곡률 기반 새김 추출 방법은 의료 이미지에서 곡률을 이용하여 혈관을 찾기 위한 프랜지 필터를 이용하여 새김 영역을 추정할 수 있다.
- [0014] 텍스처 기반 새김 추출 방법은 국소 표면의 텍스처 특징을 추출하고 서포트 벡터 머신을 이용하여 새김 영역을 분류하고 컨투어를 이용하여 새김 영역의 경계를 최적화할 수 있다.
- [0015] 편차 맵 기반 새김 추출 방법은 계산 복잡성을 줄이기 위해 3차원 메쉬를 2차원 이미지 차원으로 투사하여 강조된 편차 맵을 생성하고, 강조된 편차 맵의 국소 표면 패치에 대해 랜덤 포레스트를 이용하여 픽셀 단위 세그먼트이션을 수행할 수 있다.
- [0016] 세그먼트 기반 새김 추출 방법은 수정된 곡률 기반 새김 추출 방법을 이용하여 새김 후보 영역을 얻고, 각 영역에 대한 특징들을 추출한 뒤 서포트 벡터 머신을 이용하여 새김 영역과 비새김 영역을 분류할 수 있다.
- [0017] 다만, 새김 영역을 자동으로 추출하는 방법은, 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역이 혼재되어 있는 경우 비새김 영역을 정확하게 배제하지 못하고, 국소적인 표면 정보를 이용하기 때문에 새김 영역과 유사하게 풍화되어 있는 비새김 영역을 구분하지 못하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0019] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 감안하여 안출된 것으로, 풍화되거나 거친 표면을 갖는 비석을 대상으로, 해당 비석에 새겨진 비문을 정확하고 효과적으로 분류할 수 있는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법 및 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0020] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0022] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 비석의 3D 스캔 데이터를 대상으로 메쉬 세분화(subdivision)를 수행하여, 메쉬를 형성하는 점(vertex)들의 분포를 균등하게 조정하는 조정 단계; 세분화된 3D 스캔 데이터로부터 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 추출하는 추출 단계; 상기 추출된 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 화소 밝기(intensity)에 대응시켜서, 상기 세분화된 3D 스캔 데이터를 2D 비문 이미지로 변환하는 변환 단계; 및 딥러닝 기반의 분류 모델을 이용하여, 상기 변환된 2D 비문 이미지에서 비문의 획을 구성하는 비문 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역을 분류하는 분류 단계;를 포함하는 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법을 제공한다.

- [0023] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 조정 단계는, 선형 삼각 보간(linear triangular interpolation)을 이용하여, 3D 스캔 데이터에 존재하는 비균등 분포의 메쉬를 그리드 형태의 메쉬로 변환한다.
- [0024] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 추출 단계는, 상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 좌표축들 중에서 어느 한 좌표축의 값을 깊이값으로 정의하고, 해당 깊이값을 정규화하여 깊이 특징을 추출하는 단계; 표면 노이즈를 필터링하고, 주곡률의 비율과 크기를 이용하여 상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에서 계곡 형태로 패인 정도를 나타내는 계곡 특징을 추출하는 단계; 및 상기 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에 대한 스핀 이미지를 국소 표면 특징으로 추출하는 단계;를 포함한다.
- [0025] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 깊이 특징을 추출하는 단계는, 주성분 분석(principal component analysis)을 이용하여, 상기 세분화된 3D 스캔 데이터를 x-y 평면으로 근사화하고 z축의 값을 깊이값으로 정의한다.
- [0026] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 계곡 특징을 추출하는 단계는, 가우시안 스무딩을 이용하여 표면 노이즈를 필터링하고, 프랭지 필터(Frangi filter)를 이용하여 계곡 특징을 추출한다.
- [0027] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 국소 표면 특징을 추출하는 단계에서 상기 스핀 이미지는, 각각의 점에 이웃한 점들의 분포를 나타내는 히스토그램이다.
- [0028] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 변환 단계는, 래스터화를 수행하여 상기 세분화된 3D 스캔 데이터를 변환하고, 서브 샘플링 방식으로 2D 비문 이미지를 생성한다.
- [0029] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 분류 단계는, FC-DenseNet 103을 분류 모델로 사용하여 비문 새김 영역과 비새김 영역을 분류하고, 선형 삼각 보간을 이용하여 비문 새김 영역의 이미지를 3D 데이터로 복원한다.
- [0031] 또한, 본 발명은 비밀시적 저장매체에 저장되고, 프로세서를 포함하는 컴퓨터에서 실행되어, 제 1항 내지 제 8항 중 어느 한 항의 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 방법을 수행하는 컴퓨터 프로그램을 제공한다.
- [0033] 또한, 본 발명은 프로세서; 및 상기 프로세서에 의해 실행 가능한 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리;를 포함하고, 상기 프로세서는, 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, 비석의 3D 스캔 데이터를 대상으로 메쉬 세분화(subdivision)를 수행하여, 메쉬를 형성하는 점(vertex)들의 분포를 균등하게 조정하고, 세분화된 3D 스캔 데이터로부터 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 추출하며, 상기 추출된 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 화소 밝기(intensity)에 대응시켜서, 상기 세분화된 3D 스캔 데이터를 2D 비문 이미지로 변환하고, 딥러닝 기반의 분류 모델을 이용하여, 상기 변환된 2D 비문 이미지에서 비문의 획을 구성하는 비문 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역을 분류하는, 거친 표면을 갖는 비석의 비문 새김 영역 분류 시스템을 제공한다.

발명의 효과

- [0035] 전술한 과제해결 수단에 의해 본 발명은 비석의 3D 스캔 데이터에서 기본적인 깊이 특징뿐만 아니라, 프랭지 필터와 스핀 이미지를 이용하여 계곡 특징과 국소 표면 특징을 추출하여 2D 비문 이미지로 변환한 후 딥러닝 기반의 분류 모델을 이용하여 비문 새김 영역을 분류함으로써, 풍화되거나 거친 표면을 갖는 비석에 새겨진 비문을 정확하고 효과적으로 분류할 수 있는 효과가 있다.
- [0036] 또한, 본 발명은 새김 영역과 유사하게 풍화되어 있는 비새김 영역과 실제의 새김 영역을 명확하게 분류할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템을 설명하기 위한 도면.
 도 2 및 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템의 프로세서에 의해 수행되는 기능을 설

명하기 위한 도면.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 메쉬 세분화를 수행하기 이전과 이후의 3D 스캔 데이터를 나타내는 도면.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 스핀 이미지를 나타내는 도면.

도 6은 무술오작비의 탁본 사진을 나타내는 도면.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템에서 분류한 무술오작비의 비문 새김 영역을 나타내는 도면.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 방법을 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 하기의 설명에서 본 발명의 특정 상세들이 본 발명의 전반적인 이해를 제공하기 위해 나타나 있는데, 이들 특정 상세들 없이 또한 이들의 변형에 의해서도 본 발명이 용이하게 실시될 수 있다는 것은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.
- [0040] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도 1 내지 도 8을 참조하여 상세히 설명하되, 본 발명에 따른 동작 및 작용을 이해하는데 필요한 부분을 중심으로 설명한다.
- [0042] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0043] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템(100)은 퍼스널 컴퓨터 및 노트북을 포함하는 범용통신단말에 탑재되거나, 해당 범용통신단말에 설치되는 프로그램으로 구현될 수 있다.
- [0044] 이러한, 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템(100)은 비석의 3D 스캔 데이터로부터 비문의 획을 구성하는 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역을 분류하기 위한 것으로, 특히, 풍화되거나 거친 표면을 갖는 비석에 새겨진 비문의 새김 영역을 분류하는 용도로 활용될 수 있다.
- [0045] 한편, 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템(100)은 하드웨어 구성으로, 프로세서(110) 및 메모리(120)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0046] 프로세서(110)는 하나 이상으로 포함될 수 있고, 메모리(120)에 저장된 하나 이상의 인스트럭션 또는 프로그램들을 실행할 수 있으며, 아울러, 비문 새김 영역 분류 시스템(100)의 전반적인 동작을 제어할 수도 있다.
- [0047] 메모리(120)는 프로세서(110)에 의해 실행 가능한 하나 이상의 인스트럭션을 저장하거나 프로세서(110)에 의해 실행되는 프로그램들을 저장할 수 있고, 입/출력되는 데이터들을 저장할 수도 있다.
- [0048] 구체적으로, 메모리(120)는 프로세서(110)의 적어도 하나의 구성요소에 관계된 명령 또는 데이터를 저장할 수 있다. 메모리(120)는 소프트웨어 및/또는 프로그램을 저장할 수 있다. 메모리(120)는 커널, 미들웨어, 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API), 및/또는 어플리케이션 프로그램 등을 포함할 수 있다. 커널, 미들웨어, 또는 API의 적어도 일부는, 운영 시스템으로 지칭될 수 있다. 커널은, 예를 들면, 다른 프로그램들(예: 미들웨어, API, 또는 어플리케이션 프로그램)에 구현된 동작 또는 기능을 실행하는 데 사용되는 시스템 리소스들(예: 버스, 프로세서, 또는 메모리 등)을 제어 또는 관리할 수 있다. 또한, 커널은 미들웨어, API, 또는 어플리케이션 프로그램에서 서버의 개별 구성요소에 접근함으로써, 시스템 리소스들을 제어 또는 관리할 수 있는 인터페이스를 제공할 수 있다.
- [0049] 이하에서는, 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템(100)에서 프로세서(110)에 의해 수행되는 기능들을 구체적으로 설명한다.
- [0051] 도 2 및 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템의 프로세서에 의해 수행되는 기능을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 메쉬 세분화를 수행하기 이전과 이후의 3D 스캔 데이터를 나타내는 도면이며, 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 스핀 이미지를 나타내는 도면이고, 도 6은 무술오작비의 탁본 사진을 나타내는 도면이며, 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템에서 분류한 무술오작비의 비문 새김 영역을 나타내는 도면이다.

- [0052] 참고로, 도 2 및 도 3에 도시된 블록들의 일부 또는 전부는, 특정 기능을 실행하는 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성들로 구현될 수 있다. 도 2 및 도 3에 도시된 블록들이 수행하는 기능들은, 하나 이상의 마이크로프로세서에 의해 구현되거나, 해당 기능을 위한 회로 구성들에 의해 구현될 수 있다. 도 2 및 도 3에 도시된 블록들의 일부 또는 전부는 프로세서(110)에서 실행되는 다양한 프로그래밍 언어 또는 스크립트 언어로 구성된 소프트웨어 모듈일 수 있다.
- [0053] 먼저, 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템(100)의 프로세서(110)는 조정부(111), 추출부(112), 변환부(113) 및 분류부(114)를 포함할 수 있다.
- [0054] 상기 조정부(111)는 비석의 3D 스캔 데이터를 입력받아 메쉬를 형성하는 점(vertex)들의 분포를 균등하게 조정한다.
- [0055] 참고로, 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 전술한 3D 스캔 데이터는 스캔이 잘 이루어진 영역은 메쉬를 형성하는 점들이 조밀하고 촘촘하게 형성되어 있으나, 스캔이 잘 이루어지지 않은 영역의 경우에는 점들이 형성되지 못한 빈 공간이 나타나며 점들 간의 거리나 분포가 균등하지 못한 상태가 된다.
- [0056] 따라서, 조정부(111)는 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, 비석의 3D 스캔 데이터를 대상으로 메쉬 세분화(subdivision)를 수행하여 점(vertex)들의 분포를 균등하게 조정한다.
- [0057] 이때, 조정부(111)는 선형 삼각 보간(linear triangular interpolation)을 이용하여, 3D 스캔 데이터에 존재하는 비균등 분포의 메쉬를 그리드 형태의 메쉬로 변환할 수 있다.
- [0058] 상기 추출부(112)는 세분화된 3D 스캔 데이터로부터 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 추출한다.
- [0059] 먼저, 추출부(112)는 세분화된 3D 스캔 데이터의 좌표축들 중에서 어느 한 좌표축의 값을 깊이값으로 정의하고, 해당 깊이값을 정규화한 깊이 특징을 각 점마다 추출할 수 있다.
- [0060] 또한, 추출부(112)는 주성분 분석(principal component analysis)을 이용하여 세분화된 3D 스캔 데이터를 x-y 평면으로 근사화하고 z축의 값을 깊이값으로 정의할 수 있으며, z축의 최소값을 이용하여 깊이값을 정규화할 수 있다.
- [0061] 예컨대, 추출부(112)는 아래의 수학식 1을 이용하여 깊이값의 정규화를 수행할 수 있다.
- [0063] [수학식 1]
- [0064]
$$D_i = s \cdot (z_i - z_{\min})$$
- [0066] 여기서, D_i 는 깊이값이고, s 는 사전에 설정된 파라미터이며, z_i 는 정규화하고자 하는 z축의 값이고, $z_{\min}$ 은 z축의 최소값이다.
- [0067] 또한, 비문마다 깊이의 편차가 크고 비문이 새겨진 위치에 따라 깊이가 급격하게 감소할 수도 있으므로, 추출부(112)는 아래의 수학식 2를 이용하여 깊이값의 범위를 제한할 수 있다.
- [0069] [수학식 2]
- [0070]
$$D_i = \max(0, D_i + (1 - D_{\max}))$$
- [0072] 여기서, D_i 는 깊이값이고, $D_{\max}$ 는 깊이값의 최대값으로 사전에 설정될 수 있다. 아울러, 본 발명의 일실시예에서는 깊이값의 최대값을 1로 설정하여, 깊이값의 분포를 [0, 1]의 범위로 조정하였다.
- [0073] 그리고, 추출부(112)는 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에서 계곡 형태로 패인 정도를 나타내는 계곡 특징을 추출할 수 있다.

[0074] 구체적으로, 추출부(112)는 세분화된 3D 스캔 데이터의 표면 노이즈를 가우시안 스무딩을 이용하여 필터링하고 메쉬의 주곡률을 추출한 후, 주곡률의 비율과 크기를 이용하는 프랭지 필터(Frangi filter)를 통해 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에서 계곡 형태로 패인 정도를 나타내는 계곡 특징을 각 점마다 추출한다.

[0075] 이때, 추출부(112)는 주곡률의 비율을 기반으로 각 점이 계곡과 닮은 정도를 산출하고, 주곡률의 크기를 기반으로 각 점의 깊이를 산출할 수 있다.

[0076] 또한, 추출부(112)는 아래의 수학적식 3을 이용하여 각 점의 계곡 특징을 계산할 수 있다.

[0078] [수학적식 3]

$$C_i = \begin{cases} \exp(-\frac{(k_2/k_1)^2}{2\alpha^2}) \cdot (1 - \exp(-\frac{k_1^2 + k_2^2}{2\beta^2})), & \text{if } k_1 \geq 0, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0081] 여기서, C_i 는 계곡 특징을 나타내는 값이고, k_1 과 k_2 는 주곡률로서, k_1 의 절대값이 k_2 보다 큰 값을 가지며, α 와 β 는 사전에 설정된 파라미터이다.

[0082] 그리고, 추출부(112)는 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에 대한 스핀 이미지를 국소 표면 특징으로 추출할 수 있다.

[0083] 여기서, 전술한 스핀 이미지는, 3차원 물체의 형태를 나타내는 3차원 국소 기술자로서, 각각의 점에 이웃한 점들의 분포를 나타내는 히스토그램이며, 추출부(112)는 스핀 이미지를 정규화하여 국소 표면 특징을 얻을 수 있다.

[0084] 또한, 추출부(112)는 도 5에 도시된 바와 같이, 평평한 영역에 위치하는 점으로부터 일자 형태의 스핀 이미지(601)를 획득하고, 볼록한 영역에 위치하는 점에서는 아래로 내려가는 형태의 스핀 이미지(602)를 획득하며, 오목한 영역에 위치하는 점에서는 위로 올라가는 형태의 스핀 이미지(603)를 획득할 수 있고, 볼록하거나 오목한 형태가 혼합된 영역에 위치한 점에서는 혼합된 형태의 스핀 이미지(604)를 획득할 수 있다.

[0085] 아울러, 추출부(112)는 아래의 수학적식 4를 이용하여 각 점과 이웃점을 맵핑하여, 스핀 이미지를 획득할 수 있다.

[0087] [수학적식 4]

$$S_i \rightarrow (p, r) = (\sqrt{|v_i - v_j|^2 - (n \cdot (v_i - v_j))^2}, n \cdot (v_i - v_j))$$

[0090] 여기서, p 와 r 은 스핀 이미지 S_i 의 인덱스이고, v_i 는 맵핑하고자 하는 점의 좌표값이며, v_j 는 이웃점의 좌표값이고, n 은 v_i 의 법선 벡터이다.

[0091] 또한, 추출부(112)는 아래의 수학적식 5와 수학적식 6을 이용하여 스핀 이미지를 정규화할 수 있다.

[0093] [수학적식 5]

$$S_i(n) = \frac{S_i(n)}{2\pi n_r \Delta r (2n-1) (\Delta \rho)^2}, n \in \{1, 2, \dots, n_\rho\}$$

[0096] [수학식 6]

$$S_i : S_i^{1 \times 2n_r n_p} \leftarrow S_i^{2n_r \times n_p},$$

$$S_i = \frac{S_i - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}}$$

[0097]

[0099] 여기서, S_i 는 국소 표면 특징을 나타내는 값이고, Δr , Δp , n_r 및 n_p 는 스핀 이미지의 높이와 반경을 설정하기 위한 파라미터이며, $S_{\max}$ 는 국소 표면 특징을 나타내는 값들 중 최대값이고, $S_{\min}$ 는 국소 표면 특징을 나타내는 값들 중 최소값이다.

[0100] 이러한 과정을 통해 추출된 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징은, 후술하는 변환부(113)에 제공될 수 있다.

[0101] 상기 변환부(113)는 래스터화를 수행하여 세분화된 3D 스캔 데이터를 2D 비문 이미지로 변환한다.

[0102] 이러한, 변환부(113)는 세분화된 3D 스캔 데이터를 래스터화할 때, 메쉬의 각 점에 대한 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 화소 밝기(intensity)에 대응시켜서 2D 비문 이미지로 변환할 수 있다.

[0103] 아울러, 세분화된 3D 스캔 데이터의 해상도 그대로 유지하면서 2D 비문 이미지를 생성하는 경우, 많은 화소 수로 인해 후술하는 분류부(114)의 연산량이 증가할 수 있으므로, 변환부(113)는 서브 샘플링 방식으로 이미지의 크기를 감소시켜서 2D 비문 이미지를 생성한다.

[0104] 상기 분류부(114)는 딥러닝 기반의 분류 모델을 이용하여, 2D 비문 이미지에서 비문의 획을 구성하는 비문 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역을 분류한다.

[0105] 이러한, 분류부(114)는 FC-DenseNet 103을 분류 모델로 사용하여 비문 새김 영역과 비새김 영역을 분류하고, 비문 새김 영역의 이미지를 3D 데이터로 복원할 수 있다.

[0106] 전술한 FC-DenseNet 103은 인코더-디코더 구조를 기반으로 하는 분류 모델로서, 5번의 수축 경로를 갖는 인코더와 5번의 확장 경로를 갖는 디코더로 구성되며, 인코더를 통해 비문 새김 영역과 비새김 영역이 분류되고, 디코더를 통해 비문 새김 영역의 이미지가 3D 데이터로 복원되는데, 이때, 디코더는 선형 삼각 보간을 이용할 수 있다.

[0107] 참고로, 전술한 FC-DenseNet 103은 이미지 세그멘테이션(image segmentation) 분야에서 사용되고 있는 분류 모델이므로, 더 구체적인 설명은 생략한다.

[0108] 한편, 도 6에는 보물 제516호 무술오작비의 탁본 사진이 도시되어 있는데, 무술오작비는 풍화로 인해 표면이 마멸되어 거친 표면이 형성되고 새김 영역과 유사하게 풍화되어 있는 비새김 영역이 존재하기 때문에, 탁본 사진을 통해서는 무술오작비에 새겨진 비문을 확인하기가 어려운 것을 확인할 수 있다.

[0109] 그러나, 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 분류부(114)는 2D 비문 이미지에 포함된 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 이용하여 비문 새김 영역과 비새김 영역을 분류할 수 있기 때문에, 풍화되거나 거친 표면을 갖는 비석에 새겨진 비문 새김 영역도 정확하고 효과적으로 분류한 것을 확인할 수 있다.

[0110] 아울러, 분류부(114)는 분류 모델의 특성 상 지역적 맥락(local context)과 전역적 맥락(global context)을 모두 활용할 수 있기 때문에, 새김 영역과 유사하게 풍화되어 있는 비새김 영역과 실제의 새김 영역을 명확하게 분류한 것을 확인할 수 있다.

[0111] 이와 같은, 본 발명은 프로세서(110)가 메모리(120)에 저장된 적어도 하나의 실행 가능한 명령어 또는 적어도 하나의 실행 가능한 프로그램을 실행함으로써 구현될 수 있으며, 후술하는 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 방법의 경우에도 동일하게, 메모리(120)에 저장된 적어도 하나의 실행 가능한 명령어 또는 적어도 하나의 실행 가능한 프로그램을 프로세서(110)가 실행함으로써 구현될 수 있다.

- [0113] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0114] 도 10을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 비문 새김 영역 분류 시스템(100)의 프로세서(110)는, 먼저, 비석의 3D 스캔 데이터가 입력되면, 비석의 3D 스캔 데이터를 대상으로 메쉬 세분화(subdivision)를 수행하여 메쉬를 형성하는 점(vertex)들의 분포를 균등하게 조정한다(S100).
- [0115] 이때, 프로세서(110)는 메쉬 세분화의 수행 시, 선형 삼각 보간(linear triangular interpolation)을 이용하여 3D 스캔 데이터에 존재하는 비균등 분포의 메쉬를 그리드 형태의 메쉬로 변환할 수 있다.
- [0116] 다음, 프로세서(110)는 세분화된 3D 스캔 데이터로부터 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 추출한다(S200).
- [0117] 이때, 프로세서(110)는 세분화된 3D 스캔 데이터의 좌표축들 중에서 어느 한 좌표축의 값을 깊이값으로 정의한 후 해당 깊이값을 정규화하여 깊이 특징을 추출하고(S210), 주곡률의 비율과 크기를 이용하여 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에서 계곡 형태로 패인 정도를 나타내는 계곡 특징을 추출하며(S220), 세분화된 3D 스캔 데이터의 각 점에 대한 스핀 이미지를 국소 표면 특징으로 추출할 수 있다(S230).
- [0118] S210 단계에서 프로세서(110)는, 주성분 분석(principal component analysis)을 이용하여, 세분화된 3D 스캔 데이터를 x-y 평면으로 근사화하고 z축의 값을 깊이값으로 정의한 후, z축의 최소값을 이용하여 깊이값을 정규화할 수 있다.
- [0119] 아울러, 프로세서(110)는 전술한 수학식 1을 이용하여 깊이값의 정규화를 수행하고, 전술한 수학식 2를 이용하여 깊이값의 범위를 제한할 수 있다.
- [0120] S220 단계에서 프로세서(110)는, 가우시안 스무딩을 이용하여 표면 노이즈를 필터링하고, 주곡률의 비율과 크기를 이용하는 프랑지 필터(Frangi filter)를 통해 계곡 특징을 추출할 수 있다.
- [0121] 이때, 주곡률의 비율을 기반으로 각 점이 계곡과 닮은 정도를 산출하고, 주곡률의 크기를 기반으로 각 점의 깊이를 산출할 수 있다.
- [0122] 또한, 프로세서(110)는 전술한 수학식 3을 이용하여 각 점의 계곡 특징을 계산할 수도 있다.
- [0123] S220 단계에서 스핀 이미지는, 각각의 점에 이웃한 점들의 분포를 나타내는 히스토그램이며, 프로세서(110)는 각 점의 스핀 이미지를 획득한 후, 획득한 스핀 이미지를 정규화하여 국소 표면 특징을 얻을 수 있다.
- [0124] 또한, 프로세서(110)는 전술한 수학식 4를 이용하여 각 점과 이웃점을 맵핑함으로써, 스핀 이미지를 획득할 수 있고, 전술한 수학식 5와 수학식 6을 이용하여 스핀 이미지를 정규화할 수 있다.
- [0125] 그 다음, 프로세서(110)는 추출된 깊이 특징, 계곡 특징 및 국소 표면 특징을 화소 밝기(intensity)에 대응시켜서 세분화된 3D 스캔 데이터를 2D 비문 이미지로 변환한다(S300).
- [0126] 이때, 프로세서(110)는 래스터화를 수행하여 세분화된 3D 스캔 데이터를 2D 비문 이미지로 변환할 수 있으며, 2D 비문 이미지의 과도한 화소 수로 인한 연산량 증가를 방지하기 위해 서브 샘플링 방식으로 이미지 크기를 감소시켜서 2D 비문 이미지를 생성할 수 있다.
- [0127] 그 다음, 프로세서(110)는 딥러닝 기반의 분류 모델을 이용하여, 2D 비문 이미지에서 비문의 획을 구성하는 비문 새김 영역과 비문의 획이 존재하지 않는 비새김 영역을 분류한다(S400).
- [0128] 이때, 프로세서(110)는 FC-DenseNet 103을 분류 모델로 사용하여 비문 새김 영역과 비새김 영역을 분류하고, 선형 삼각 보간을 이용하여 비문 새김 영역의 이미지를 3D 데이터로 복원할 수 있다.
- [0129] 여기서, 전술한 FC-DenseNet 103은 인코더-디코더 구조를 기반으로 하는 분류 모델로서, 인코더를 통해 비문 새김 영역과 비새김 영역을 분류하고, 디코더를 통해 비문 새김 영역의 이미지를 3D 데이터로 복원한다.
- [0131] 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다.
- [0132] 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체

에 상주할 수 있다.

[0133] 본 발명의 구성 요소들은 비일시적 저장매체에 저장되고, 프로세서를 포함하는 컴퓨터에서 실행되어 전술한 방법 또는 알고리즘의 단계들을 수행하며, 하드웨어인 컴퓨터와 결합되어 실행되기 위해 컴퓨터 프로그램(또는 애플리케이션)으로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장될 수 있다. 본 발명의 구성 요소들은 소프트웨어 프로그래밍 또는 소프트웨어 요소들로 실행될 수 있으며, 이와 유사하게, 실시 예는 데이터 구조, 프로세스들, 루틴들 또는 다른 프로그래밍 구성들의 조합으로 구현되는 다양한 알고리즘을 포함하여, C, C++, 자바(Java), 어셈블리(assembler) 등과 같은 프로그래밍 또는 스크립팅 언어로 구현될 수 있다. 기능적인 측면들은 하나 이상의 프로세서들에서 실행되는 알고리즘으로 구현될 수 있다.

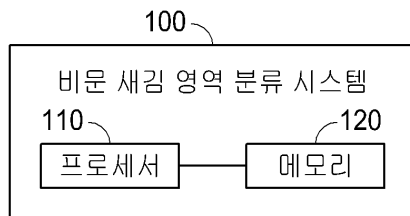
[0134] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명하였으나, 본 발명의 범위는 이와 같은 특정 실시예에만 한정되는 것은 아니며, 특허청구범위에 기재된 범주 내에서 적절하게 변경 가능한 것이다.

부호의 설명

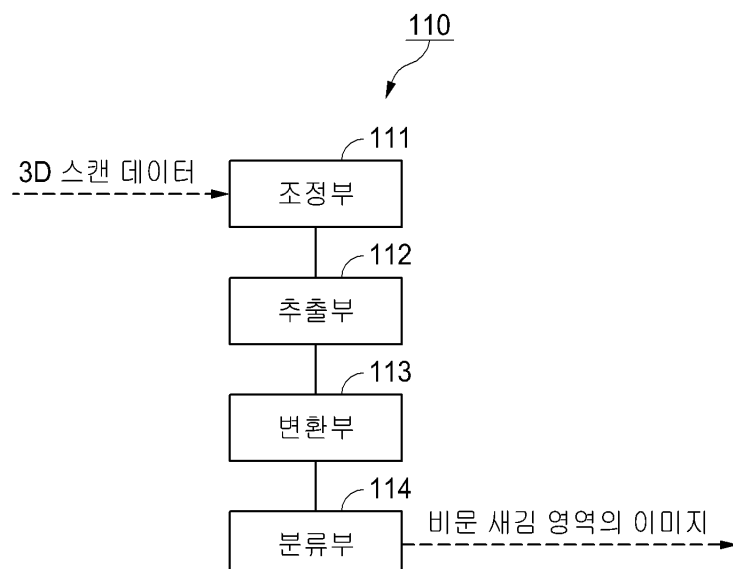
[0136] 100 : 비문 새김 영역 분류 시스템
110 : 프로세서
111 : 조정부 112 : 추출부
113 : 변환부 114 : 분류부
120 : 메모리

도면

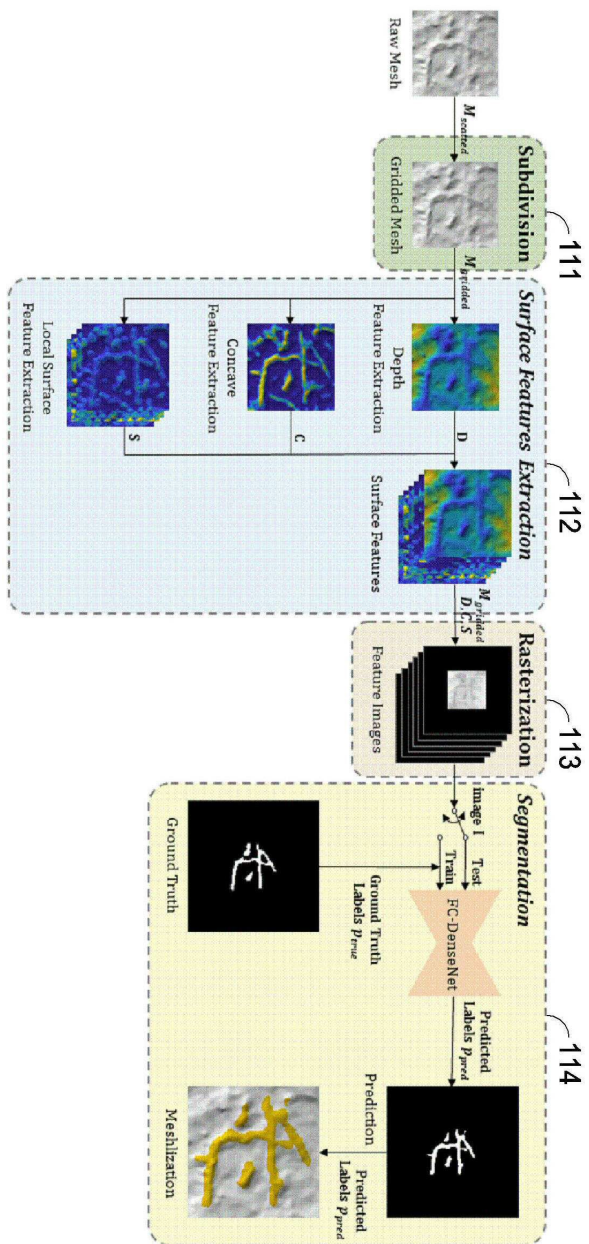
도면1



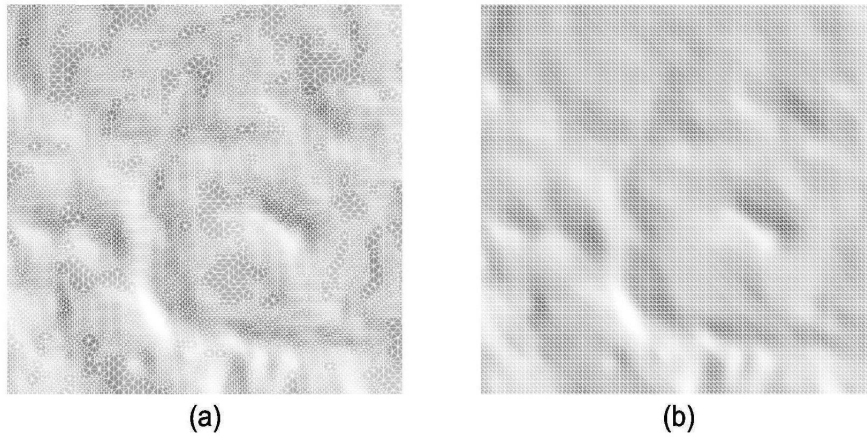
도면2



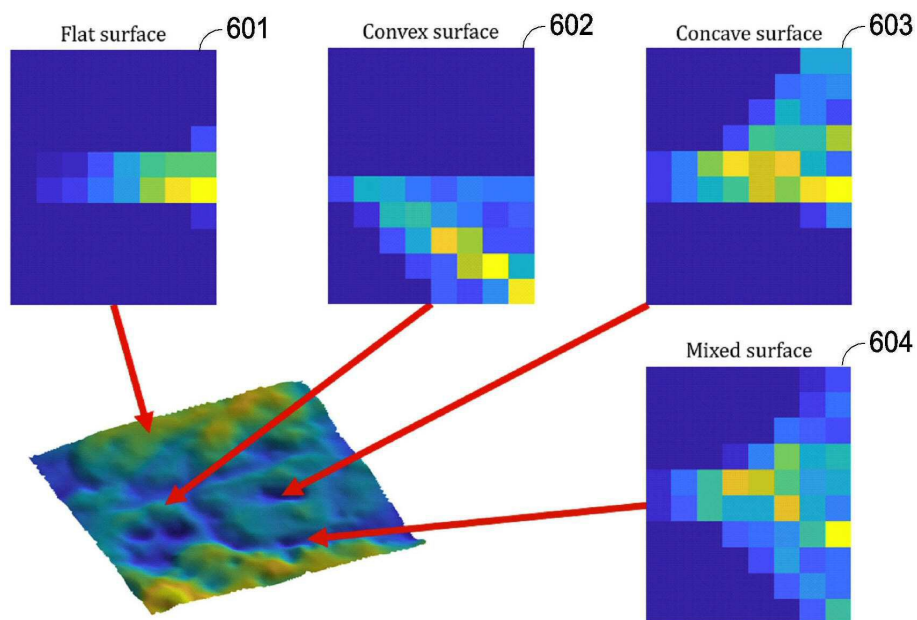
도면3



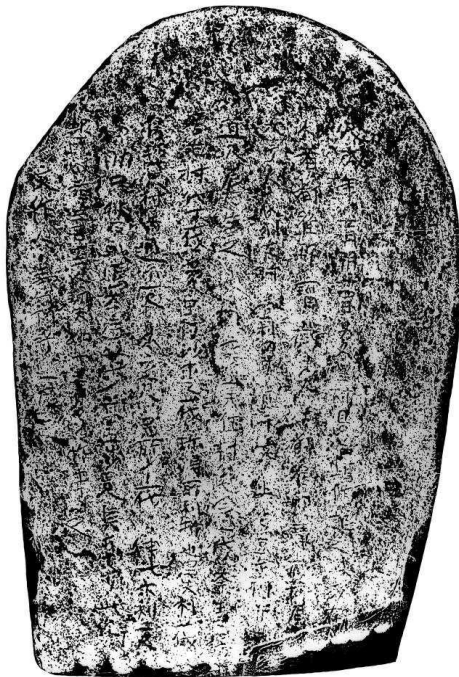
도면4



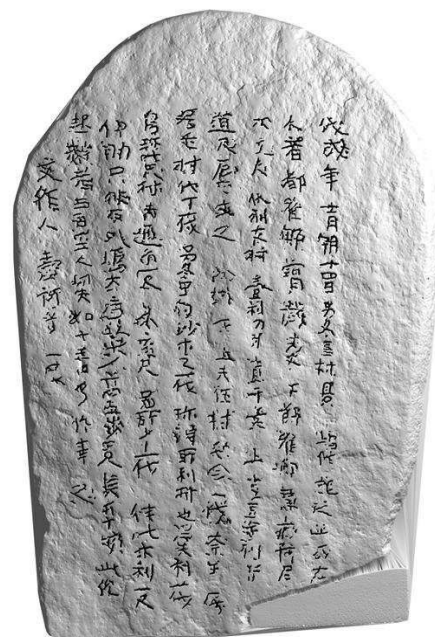
도면5



도면6



도면7



도면8

