



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월05일  
(11) 등록번호 10-1814727  
(24) 등록일자 2017년12월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06T 17/20 (2006.01) G06T 15/08 (2011.01)  
(52) CPC특허분류  
G06T 17/205 (2013.01)  
G06T 15/08 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0097751  
(22) 출원일자 2016년08월01일  
심사청구일자 2016년08월01일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020040049261 A\*  
JP2004185626 A  
KR101442042 B1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
상명대학교산학협력단  
서울특별시 종로구 홍지문2길 20 (홍지동, 상명대학교)  
(72) 발명자  
홍일우  
서울특별시 종로구 자하문로 240, 402호  
김중원  
서울특별시 강동구 동남로49길 57 12동 802호 (문촌동, 현대1차아파트)  
(74) 대리인  
특허법인세원

전체 청구항 수 : 총 4 항

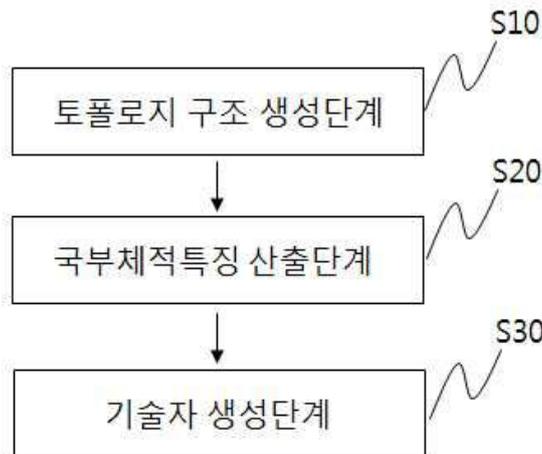
심사관 : 이병우

(54) 발명의 명칭 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법 및 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법

(57) 요약

본 발명은 입력된 3D 메쉬(Mesh) 모델에서 토폴로지 구조를 생성하고, 생성된 토폴로지 구조에 포함된 토폴로지 노드 각각에 대한 국부체적특징을 산출하여 3D 메쉬 모델의 기술자(descriptor)를 생성하는 기술자 생성하는 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법 및 상기 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법에 따라 생성된 기술자들의 비교를 통하여 3D 메쉬 모델의 포즈 변형 여부를 인식하는 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06T 2219/004 (2013.01)

G06T 2219/2004 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711035383

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 기술확산지원(정보통신)

연구과제명 마이크로 라이선싱 기반의 3D 프린팅 디지털 저작물 보호 및 관리 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)마크애니

연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

입력된 3D 메쉬(Mesh) 모델에서 2 이상의 토폴로지 노드 및 토폴로지 스트링을 포함하는 토폴로지 구조를 생성하는 토폴로지 구조 생성단계;

생성된 토폴로지 구조에 포함된 토폴로지 노드 각각에 대한 국부체적특징을 산출하는 국부체적특징 산출단계; 및

산출된 각 토폴로지 노드의 국부체적특징을 이용하여 상기 3D 메쉬 모델의 기술자(descriptor)를 생성하는 기술자 생성단계; 를 포함하며,

상기 토폴로지 구조 생성단계는,

입력된 3D 메쉬 모델 상의 각 정점에서 다른 정점까지의 표면 거리의 합을 의미하는 IGD(Integral Geodesic Distance)를 계산하는 IGD 계산단계;

최소의 IGD를 가지는 정점을 중심으로 추출하고, 일정한 영역 내에서 극댓값의 IGD를 가지는 2 이상의 정점들을 끝점으로 추출하는 중심점 및 끝점 추출단계;

패스트 마칭 방법(Fast Marching Method)을 이용하여 각 상기 끝점에서 상기 중심점까지의 최단 경로를 생성하는 최단경로 생성단계; 및

생성된 각 최단 경로 상에서 일정 거리마다 한 점을 선택하여 토폴로지 노드로 지정하고, 동일한 최단 경로 상에 존재하는 토폴로지 노드를 연결한 토폴로지 스트링을 산출하는 토폴로지 노드 및 스트링 산출단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법.

#### 청구항 3

제2항에서,

상기 국부체적특징 산출단계는,

대상 토폴로지 노드가 위치한 에지(edge)를 형성하는 2개의 정점 중 하나 이상을 포함하는 주위의 면(one vertex-ring faces)들을 산출하는 주위의 면 산출단계;

산출된 주위의 면들 각각에 대해 해당 주위의 면의 중심에서 상기 3D 메쉬 모델 내부로 원추형상을 이루며 진행하는 다수개의 반직선들을 상정하여 상기 다수개의 반직선들이 상기 3D 메쉬 모델의 표면과 만나는 교점들과 해당 주위의 면의 중심 사이의 거리들의 평균값인 SDF(Shape Diameter Function)값을 산출하는 SDF값 산출단계;

산출된 SDF값들의 평균을 계산하여 SDF평균값을 산출하는 SDF평균값 산출단계; 및

산출된 SDF평균값을 정규화하는 SDF평균값 정규화단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법.

#### 청구항 4

제3항에서,

상기 기술자 생성단계는 각 토폴로지 스트링을 행으로 하고, 각 토폴로지 노드의 국부체적특징을 열로 하는 2차

원 행렬을 상기 3D 메쉬 모델의 기술자로 생성하여 행하는 것을 특징으로 하는 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법.

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

비교대상이 되는 2개의 3D 메쉬 모델을 입력받는 입력단계;

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항의 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법에 따라 상기 2개의 3D 메쉬 모델의 기술자를 각각 생성하는 기술자 생성단계;

상기 2개의 3D 메쉬 모델의 기술자를 비교하여 비유사도를 산출하는 비유사도 산출단계; 및

산출된 비유사도를 설정된 임계값과 비교하여 산출된 비유사도가 설정된 임계값 이하인 경우에는 상기 2개의 3D 메쉬 모델을 동일한 모델이라고 판단하고, 산출된 비유사도가 설정된 임계값을 초과할 경우에는 상기 2개의 3D 메쉬 모델을 서로 다른 모델이라고 판단하는 동일성 판단단계; 를 포함하되,

상기 비유사도 산출단계는,

상기 2개의 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 각 토폴로지 스트링 간의 비유사도를 산출하여 토폴로지 스트링 비유사도 행렬을 산출하는 단계;

산출된 토폴로지 스트링 비유사도 행렬이 정방형 행렬인 경우 바로 헝가리안(Hungarian) 알고리즘을 적용하여 최적 매칭 인덱스를 산출하고, 산출된 토폴로지 스트링 비유사도 행렬이 정방형 행렬이 아닌 경우 행이나 열을 추가하되 행 추가의 경우 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 각 열의 평균값으로 이루어진 행을 1 이상 추가하고, 열 추가의 경우 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 각 행의 평균값으로 이루어진 열을 1 이상 추가하여 정방형 행렬로 만들고 헝가리안 알고리즘을 적용하여 최적 매칭 인덱스를 산출하는 단계; 및

산출된 최적 매칭 인덱스에 포함된 토폴로지 스트링 비유사도의 평균값을 산출하여 비유사도로 결정하는 비유사도 결정단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법.

**청구항 8**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법 및 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 입력된 3D 메쉬(Mesh) 모델에서 토폴로지 구조를 생성하고, 생성된 토폴로지 구조에 포함된 토폴로지 노드 각각에 대한 국부체적특징을 산출하여 3D 메쉬 모델의 기술자(descriptor)를 생성하는 기술자 생성하는 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법 및 상기 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법에 따라 생성된 기술자들의 비교를 통하여 3D 메쉬 모델의 포즈 변형 여부를 인식하는 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 근래 3D 모델링, 3D 프린팅, 3D 스캐닝 등 3D 기술의 발전과 인터넷의 보편화로 인하여 3D 모델들이 다양한 분야에 걸쳐 널리 활용되고 있다. 이와 같이 3D 모델의 광범위한 활용과 더불어 3D 모델에 관한 저작권 침해 문제가 발생하고 있다. 3D 모델링 기술은 [도 1]에 나타난 바와 같이 한 3D 모델의 포즈를 쉽게 변형시킬 수 있는데, 누군가가 저작권이 있는 3D 모델의 포즈를 변형시키고 그 변형물을 불법적으로 배포했을 경우 그 파악

이 쉽지 않다.

[0004] 기존의 2D 이미지 기반의 3D 모델 인식 방법(3D 모델의 2D 이미지를 찍은 후 그 2D 이미지들에서 특징을 추출하여 인식하는 방법)들로는 이러한 문제를 해결하기 어렵다. 예를 들면, [도 1]의 왼쪽에서 첫번째와 같이 사지를 짝 펴고 있는 사람의 3D 모델을 [도 1]의 왼쪽에서 세번째와 같은 온몸이 웅크려져 있는 포즈로 전환한 경우 종래의 2D 이미지 기반의 방법으로는 그 웅크려져 있는 모델을 단순히 등근모양의 임의의 모델로 인식할 가능성이 높다. 따라서 포즈 변형된 3D 모델이 어느 원본 3D 모델을 변형시킨 것인가를 높은 정확성을 가지고 판단해줄 수 있는 기술의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0006] (특허문헌 0001) 등록특허 제0969764호 "메쉬 모델로 구현된 3차원 데이터의 부호화 및 복호화 방법", 2010. 07. 13.

(특허문헌 0002) 등록특허 제1409842호 "근육 및 외형 곡면 기반 개체 표준 메쉬 모델의 파라메트릭 제어를 통한 자동 리깅 및 형상 전이 방법", 2014. 06. 20.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명은 입력된 3D 메쉬(Mesh) 모델에서 토폴로지 구조를 생성하고, 생성된 토폴로지 구조에 포함된 토폴로지 노드 각각에 대한 국부체적특징을 산출하여 3D 메쉬 모델의 기술자(descriptor)를 생성하는 기술자 생성하는 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법 및 상기 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법에 따라 생성된 기술자들의 비교를 통하여 3D 메쉬 모델의 포즈 변형 여부를 인식하는 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 전술한 과제의 해결을 위해 본 발명은, 입력된 3D 메쉬(Mesh) 모델에서 2 이상의 토폴로지 노드 및 토폴로지 스트링을 포함하는 토폴로지 구조를 생성하는 토폴로지 구조 생성단계; 생성된 토폴로지 구조에 포함된 토폴로지 노드 각각에 대한 국부체적특징을 산출하는 국부체적특징 산출단계; 및 산출된 각 토폴로지 노드의 국부체적특징을 이용하여 상기 3D 메쉬 모델의 기술자(descriptor)를 생성하는 기술자 생성단계; 를 포함하는 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법을 제공한다.

[0011] 이때, 상기 토폴로지 구조 생성단계는, 입력된 3D 메쉬 모델 상의 각 정점에서 다른 정점까지의 표면 거리의 합을 의미하는 IGD(Integral Geodesic Distance)를 계산하는 IGD 계산단계; 최소의 IGD를 가지는 정점을 중심점으로 추출하고, 일정한 영역 내에서 극댓값의 IGD를 가지는 2 이상의 정점들을 끝점으로 추출하는 중심점 및 끝점 추출단계; 패스트 마칭 방법(Fast Marching Method)을 이용하여 각 상기 끝점에서 상기 중심점까지의 최단 경로를 생성하는 최단경로 생성단계; 및 생성된 각 최단 경로 상에서 일정 거리마다 한 점을 선택하여 토폴로지 노드로 지정하고, 동일한 최단 경로 상에 존재하는 토폴로지 노드를 연결한 토폴로지 스트링을 산출하는 토폴로지 노드 및 스트링 산출단계; 를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 국부체적특징 산출단계는, 대상 토폴로지 노드가 위치한 에지(edge)를 형성하는 2개의 정점 중 하나 이상을 포함하는 주위의 면(one vertex-ring faces)들을 산출하는 주위의 면 산출단계; 산출된 주위의 면들 각각에 대해 해당 주위의 면의 중심에서 상기 3D 메쉬 모델 내부로 원추형상을 이루며 진행하는 다수개의 반직선들을 상정하여 상기 다수개의 반직선들이 상기 3D 메쉬 모델의 표면과 만나는 교점들과 해당 주위의 면의 중심 사이의 거리들의 평균값인 SDF(Shape Diameter Function)값을 산출하는 SDF값 산출단계; 산출된 SDF값들의 평균을 계산하여 SDF평균값을 산출하는 SDF평균값 산출단계; 및 산출된 SDF평균값을 정규화하는 SDF평균값 정규화단계; 를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 기술자 생성단계는 각 토폴로지 스트링을 행으로 하고, 각 토폴로지 노드의 국부체적특징을 열로 하는 2차원 행렬을 상기 3D 메쉬 모델의 기술자로 생성하여 행하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명은, 비교대상이 되는 2개의 3D 메쉬 모델을 입력받는 입력단계; 상기 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법에 따라 상기 2개의 3D 메쉬 모델의 기술자를 각각 생성하는 기술자 생성단계; 상기 2개의 3D 메쉬 모델의 기술자를 비교하여 비유사도를 산출하는 비유사도 산출단계; 산출된 비유사도를 설정된 임계값과 비교하여 산출된 비유사도가 설정된 임계값 이하인 경우 입력받은 3D 메쉬 모델과 비교대상 3D 메쉬 모델을 동일한 모델이라고 판단하고, 산출된 비유사도가 설정된 임계값을 초과할 경우 입력받은 3D 메쉬 모델과 비교대상 3D 메쉬 모델을 서로 다른 모델이라고 판단하는 동일성 판단단계; 및 산출된 비유사도를 설정된 임계값과 비교하여 산출된 비유사도가 설정된 임계값 이하인 경우에는 상기 2개의 3D 메쉬 모델을 동일한 모델이라고 판단하고, 산출된 비유사도가 설정된 임계값을 초과할 경우에는 상기 2개의 3D 메쉬 모델을 서로 다른 모델이라고 판단하는 동일성 판단단계; 를 포함하되,

상기 비유사도 산출단계는, 입력받은 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 각 토폴로지 스트링과 비교대상 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 각 토폴로지 스트링 사이의 비유사도를 산출하여 토폴로지 스트링 비유사도 행렬을 산출하는 토폴로지 스트링 비유사도 행렬 산출단계; 산출된 토폴로지 스트링 비유사도 행렬이 정방형 행렬인 경우 바로 헝가리안(Hungarian) 알고리즘을 적용하여 최적 매칭 인덱스를 산출하고, 산출된 토폴로지 스트링 비유사도 행렬이 정방형 행렬이 아닌 경우 행이나 열을 추가하되 행 추가의 경우 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 각 열의 평균값으로 이루어진 행을 1 이상 추가하고 열 추가의 경우 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 각 행의 평균값으로 이루어진 열을 1 이상 추가하여 정방형 행렬로 만들고 헝가리안 알고리즘을 적용하여 최적 매칭 인덱스를 산출하는 최적 매칭 인덱스 산출단계; 및 산출된 최적 매칭 인덱스에 포함된 토폴로지 스트링 비유사도의 평균값을 산출하여 비유사도로 결정하는 비유사도 결정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법을 함께 제공한다.

[0018] 삭제

[0019] 삭제

[0020] 삭제

[0021] 삭제

[0023] 또한, 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬 산출단계는, 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 행렬값을 이루는 각 토폴로지 스트링 사이의 비유사도를 산출할 때, 입력받은 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 어느 하나의 토폴로지 스트링과 비교대상 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 어느 하나의 토폴로지 스트링이 같은 개수의 토폴로지 노드를 포함하고 있는 경우 서로 대응되는 토폴로지 노드의 국부체적특징의 차이값들의 평균을 두 토폴로지 스트링 사이의 비유사도로 산출하고, 입력받은 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 어느 하나의 토폴로지 스트링과 비교대상 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 어느 하나의 토폴로지 스트링이 서로 다른 개수의 토폴로지 노드를 포함하고 있는 경우 적은 개수의 토폴로지 노드를 가지는 토폴로지 스트링을 연장하여 연장된 부분에 벌칙가중치를 가한 후,

$$Dis(p, q) = \frac{\left( \frac{\sum_{k=1}^{len(q)} |p[k].sdf - q[k].sdf| + \sum_{l=len(q)+1}^{len(p)} |p[l].sdf - q[len(q)].sdf|}{\times w_{l-len(q)}} \right)}{len(q)}$$

$$w_t = 1 + t \times \alpha, \quad t = 1, \dots, len(p) - len(q)$$

[0025]

[0027] (p[i].sdf는 p 토폴로지 스트링의 끝점으로부터 i번째 토폴로지 노드의 국부체적특징, len은 토폴로지 스트링의 길이, w는 벌칙 가중치) 과 같은 식에 따라 두 토폴로지 스트링 사이의 비유사도를 산출하여 행하는 것을 특징으로 할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0029] 본 발명은 입력된 3D 메쉬(Mesh) 모델에서 토폴로지 구조를 생성하고, 생성된 토폴로지 구조에 포함된 토폴로지 노드 각각에 대한 국부체적특징을 산출하여 3D 메쉬 모델의 기술자(descriptor)를 생성하는 기술자 생성하는 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법 및 상기 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법에 따라 생성된 기술자들의 비교를 통하여 3D 메쉬 모델의 포즈 변형 여부를 인식하는 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법을 제공한다.
- [0030] 본 발명에 의하면 3D 메쉬 모델을 그 모델을 표현하는 기술자로 파악할 수 있게 되고, 이를 이용하여 원본 3D 메쉬 모델의 포즈 변형 여부를 높은 정확성을 가지고 판단할 수 있게 된다. 그 결과 3D 모델의 저작권 침해 파악 등을 용이하게 할 수 있게 된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0032] [도 1]은 3D 모델의 다양한 포즈 변형의 예시들이다.
- [도 2]는 본 발명에 따른 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법의 흐름도이다.
- [도 3]은 토폴로지 구조 생성단계의 상세한 흐름도이다.
- [도 4]는 3D 메쉬 모델의 토폴로지 구조 생성의 구체적인 실시예이다.
- [도 5]는 국부체적특징 산출단계의 상세한 흐름도이다.
- [도 6]은 3D 메쉬 모델의 국부체적특징 산출단계에 사용되는 개념의 구체적인 실시예이다.
- [도 7]은 3D 메쉬 모델의 기술자의 구체적인 실시예이다.
- [도 8]은 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법의 일 실시예의 흐름도이다.
- [도 9]는 비유사도 산출단계의 상세한 흐름도이다.
- [도 10]은 두 토폴로지 스트링 사이의 비유사도 산출 과정의 실시예이다.
- [도 11]은 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 산출 실시예이다.
- [도 12] 및 [도 13]은 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식의 구체적인 실시예들이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0033] 이하에서는 본 발명에 따른 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법 및 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법에 관하여 첨부된 도면들을 참조하면서 상세하게 설명한다.
- [0035] **1. 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법**
- [0037] [도 2]에는 본 발명에 따른 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법의 흐름도가 도시되어 있다.
- [0039] [도 2]를 통해 확인할 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 3D 메쉬 모델의 기술자 생성방법은, 토폴로지 구조 생성단계(S10), 국부체적특징 산출단계(S20) 및 기술자 생성단계(S30)를 포함하여 이루어진다.
- [0041] 상기 토폴로지 구조 생성단계(S10)는 입력된 3D 메쉬(Mesh) 모델에서 2 이상의 토폴로지 노드 및 토폴로지 스트링을 포함하는 토폴로지 구조를 생성하는 단계로서, [도 3]에는 상기 토폴로지 구조 생성단계(S10)의 상세한 흐름도가 도시되어 있고, [도 4]에는 3D 메쉬 모델의 토폴로지 구조 생성의 구체적인 실시예가 나타나 있다.
- [0043] [도 3]을 참조하면, 상기 토폴로지 구조 생성단계(S10)는 IGD 계산단계(S11), 중심점 및 끝점 추출단계(S12), 최단경로 산출단계(S13) 및 토폴로지 노드 및 스트링 산출단계(S14)를 포함하여 수행될 수 있다.
- [0045] 상기 IGD 계산단계(S11)는 입력된 3D 메쉬 모델 상의 각 정점에서 다른 정점까지의 표면 거리의 합을 의미하는 IGD(Integral Geodesic Distance)를 계산하는 단계이다. 여기서 3D 메쉬 모델은 정점, 상기 정점들이 연결된 선인 에지(edge)들을 포함하여 구성된 3D 모델을 의미하며, 그 형식은 stl, obj, ply 등 다양하게 이루어질 수 있다.
- [0046] 구체적으로 IGD는  $g(p, q)$ 가 정점  $p$ 와  $q$  사이의 표면에서의 가장 짧은 거리를 나타내고,  $IGD(p)$ 는 정점  $p$ 로부터

$$IGD(p) = \sum_{q \in S} g(p, q)$$

표면 S에 있는 모든 정점 q까지의 표면에서의 거리의 합을 나타낸다고 할 때,

와 같이 계산될 수 있다. 한 정점으로부터 다른 정점까지의 표면 거리 계산은 독립적이므로 병렬 컴퓨팅(parallel computing)을 이용하여 빠르게 계산할 수 있다.

- [0047] [도 4]의 (a)가 입력된 3D 메쉬모델이라고 하면, (b)는 표면에서의 거리 적분이 이루어진 결과를 나타내는데, 상기 IGD 계산단계(S11)에서는 [도 4]의 (b)에 나타난 것과 같은 결과를 얻기 위한 과정이 수행된다.
- [0049] 상기 중심점 및 끝점 추출단계(S12)는 상기 최소의 IGD를 가지는 정점을 중심점으로 추출하고, 일정한 영역 내에서 극댓값의 IGD를 가지는 2 이상의 정점들을 끝점으로 추출하는 단계이다. 상기 중심점은 IGD가 최소값인 정점이고, 상기 끝점은 일정 영역에서 IGD가 극대값을 가지는 정점들을 의미하는데, [도 4]의 (c)에서 3D 메쉬 모델의 등 부분에 표시된 파란색 점이 상기 중심점이 되고, [도 4]의 (c)에서 3D 메쉬 모델의 말단 부분들에 표시된 빨간색 점들이 상기 끝점이 된다.
- [0051] 상기 최단경로 생성단계(S13)는 패스트 마칭 방법(Fast Marching Method)을 이용하여 각 상기 끝점에서 상기 중심점까지의 최단 경로를 생성하는 단계이다. 본 단계에서 생성된 최단 경로는 토폴로지 노드가 지정되는 경로로 사용된다. [도 4]의 (d)에는 [도 4]의 (a)에 나타난 3D 메쉬 모델로부터 추출된 중심점 및 끝점들을 연결하여 생성된 최단경로들이 나타나 있다.
- [0053] 상기 토폴로지 노드 및 스트링 산출단계(S14)는 생성된 각 최단 경로 상에서 일정 거리마다 한 점을 선택하여 토폴로지 노드(topology node)로 지정하고, 동일한 최단 경로 상에 존재하는 토폴로지 노드를 연결한 토폴로지 스트링(topological string)을 산출하는 단계이다. [도 4]의 (e)를 살펴보면 [도 4]의 (d)에 나타난 최단경 상에 일정 거리마다 토폴로지 노드가 지정되어 있는 것을 확인할 수 있다. 토폴로지 노드가 지정되면 토폴로지 스트링도 자연스럽게 함께 생성된다. 본 단계를 거치면 토폴로지 노드와 토폴로지 스트링으로 이루어진 3D 메쉬 모델의 토폴로지 구조를 얻을 수 있게 된다.
- [0055] 상기 국부체적특징 산출단계(S20)는 생성된 토폴로지 구조에 포함된 토폴로지 노드 각각에 대한 국부체적특징을 산출하는 단계로서, [도 5]에는 상기 국부체적특징 산출단계(S20)의 상세한 흐름도가 도시되어 있고, [도 6]에는 상기 국부체적특징 산출단계(S20)에 사용되는 개념의 구체적인 실시예들이 나타나 있다.
- [0057] [도 5]를 참조하면, 상기 국부체적특징 산출단계(S20)는, 주위의 면 산출단계(S21), SDF값 산출단계(S22), SDF 평균값 산출단계(S23) 및 SDF평균값 정규화단계(S24)를 포함하여 수행될 수 있다.
- [0059] 상기 주위의 면 산출단계(S21)는 대상 토폴로지 노드가 위치한 에지(edge)를 형성하는 2개의 정점 중 하나 이상을 포함하는 주위의 면(one vertex-ring faces)들을 산출하는 단계이다. 상기 주위의 면이란 각 토폴로지 노드가 놓이는 에지(edge)를 이루는 2개의 정점 중 하나 이상을 포함하고 있는 면들을 의미하며, [도 6]의 (b)에서 빨간색 점으로 표시된 것이 대상 토폴로지 노드가 되고, 파란색 점으로 표시된 2개의 정점이 에지를 형성하는 정점이며, 노란색으로 표시된 부분이 대상 토폴로지 노드의 주위위 면들이 된다.
- [0061] 상기 SDF값 산출단계(S22)는 산출된 주위의 면들 각각에 대해 해당 주위의 면의 중심에서 상기 3D 메쉬 모델 내부로 원추형상을 이루며 진행하는 다수개의 반직선들을 상정하여 상기 다수개의 반직선들이 상기 3D 메쉬 모델의 표면과 만나는 교점들과 해당 주위의 면의 중심 사이의 거리들의 평균값인 SDF(Shape Diameter Function)값을 산출하는 단계이다. SDF는 3D 메쉬 모델 표면에서 정의되는 하나의 스칼라 함수로서 주어진 한 면의 중심과 그곳에서부터 상기 3D 메쉬 모델 내부로 원추형으로 방사되는 반직선들이 상기 3D 메쉬 모델의 표면과 만나는 교점들 사이의 거리들의 평균값을 의미한다. [도 6]의 (a)를 살펴보면 산출된 주위의 면들 각각에 대해 해당 주위의 면의 중심에서 상기 3D 메쉬 모델 내부로 원추형상을 이루며 진행하는 다수개의 반직선의 구체적인 예를 확인할 수 있다.
- [0063] 상기 SDF평균값 산출단계(S23)는 산출된 SDF값들의 평균을 계산하여 SDF평균값을 산출하는 단계이다. 특정 토폴로지 노드에 대해 산출된 SDF평균값은 해당 토폴로지 노드에 부여된 스칼라값이 된다.
- [0065] 상기 SDF평균값 정규화단계(S24)는 산출된 SDF평균값을 정규화하는 단계이다. 본 단계는 상기 SDF평균값을 국부체적특징을 나타내는 함수값인데, 상기 3D 메쉬 모델의 스케일 변화에 불변하도록 정규화해주는 단계로서 sdf(TN)과 nsdf(TN)이 각각 토폴로지 노드에 부여된 원 SDF평균값과 정규화된 SDF평균값을 의미하고, area(S)는

$$nsdf(TN) = \frac{sdf(TN)}{\sqrt{area(S)}}$$

상기 3D 메쉬 모델의 표면적을 의미할 때, 와 같이 얻어질 수 있다.

[0067] 상기 기술자 생성단계(S30)는 산출된 각 토폴로지 노드의 국부체적특징을 이용하여 상기 3D 메쉬 모델의 기술자(descriptor)를 생성하는 단계이다. [도 7]의 실시예를 통해 알 수 있는 바와 같이, 각 토폴로지 스트링을 행으로 하고, 각 토폴로지 노드의 국부체적특징을 열로 하는 2차원 행렬을 상기 3D 메쉬 모델의 기술자로 생성하여 행하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0069] **2. 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법**

[0071] [도 8]에는 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법의 일 실시예의 흐름도가 도시되어 있다.

[0073] [도 8]의 실시예에서, 본 발명에 따른 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법은, 입력단계(S100), 기술자 생성단계(S200), 비유사도 산출단계(S300) 및 동일성 판단단계(S400)를 포함하여 수행된다. 이때, 상기 동일성 판단단계(S400)는 선택적인 단계로서 비교대상이 되는 2개의 3D 메쉬 모델의 동일성 여부를 동일 또는 비동일로 범주화하여 판단할 필요가 있는 경우에 추가적으로 수행되는 단계이다.

[0075] 상기 입력단계(S100)는 3D 메쉬 모델을 입력받는 단계로서 입력받는 3D 메쉬 모델은 정점, 상기 정점들이 연결된 선인 에지들을 포함하여 구성되며, 그 형식은 stl, off, ply 등 모든 종류의 3D 파일이 될 수 있다.

[0077] 상기 기술자 생성단계(S200)는 입력받은 3D 메쉬 모델의 기술자를 상기 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법에 따라 생성하는 단계로서, 그 구체적인 방법은 위에서 설명한 바와 같다. 본 단계를 통해 입력받은 3D 메쉬 모델의 형상을 나타내는 기술자를 생성하게 되며, 생성된 기술자는 비교대상 3D 메쉬 파일과의 입력된 3D 메쉬 모델 사이의 유사성을 판단하는 기준이 된다.

[0079] 상기 비유사도 산출단계(S300)는 생성한 3D 메쉬 모델의 기술자를 상기 3D 메쉬 모델의 기술자 생성 방법에 따라 생성된 비교대상 3D 메쉬 모델의 기술자와 비교하여 비유사도를 산출하는 단계로서 [도 9]에는 [도 8]의 비유사도 산출단계의 상세한 흐름도가 나타나 있다. [도 9]를 참조하면, 상기 비유사도 산출단계(S300)는, 토폴로지 스트링 비유사도 행렬 산출단계(S310), 최적 매칭 인덱스 산출단계(S320) 및 비유사도 결정단계(S330)를 포함하여 수행될 수 있다.

[0081] 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬 산출단계(S310)는 입력받은 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 각 토폴로지 스트링과 비교대상 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 각 토폴로지 스트링 사이의 비유사도를 산출하여 토폴로지 스트링 비유사도 행렬을 산출하는 단계이다. 만약, 입력받은 3D 메쉬 모델의 기술자에 토폴로지 스트링이 n개 포함되어 있고, 비교대상 3D 메쉬 모델의 기술자에 토폴로지 스트링이 m개 포함되어 있다면 n개의 토폴로지 스트링 각각에 대해 m개의 토폴로지 스트링과 유사성을 판단하게 되므로 총 n×m개의 비유사도가 산출되고 그 결과 n×m크기의 토폴로지 스트링 비유사도 행렬이 산출된다.

[0082] 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 행렬값을 이루는 각 토폴로지 스트링 사이의 비유사도를 산출할 때, 입력받은 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 어느 하나의 토폴로지 스트링과 비교대상 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 어느 하나의 토폴로지 스트링이 같은 개수의 토폴로지 노드를 포함하고 있는 경우 서로 대응되는 토폴로지 노드의 국부체적특징의 차이값들의 평균을 두 토폴로지 스트링 사이의 비유사도로 산출하고, 입력받은 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 어느 하나의 토폴로지 스트링과 비교대상 3D 메쉬 모델의 기술자에 포함된 어느 하나의 토폴로지 스트링이 서로 다른 개수의 토폴로지 노드를 포함하고 있는 경우 적은 개수의 토폴로지 노드를 가지는 토폴로지 스트링을 연장하여 연장된 부분에 벌칙 가중치를 가한 후,

[0083]

$$Dis(p, q) = \frac{\left( \frac{\sum_{k=1}^{len(q)} |p[k].sdf - q[k].sdf| + \sum_{l=len(q)+1}^{len(p)} |p[l].sdf - q[len(q)].sdf|}{\times w_{t-len(q)}} \right)}{len(q)}$$

$$w_t = 1 + t \times \alpha, \quad t = 1, \dots, len(p) - len(q)$$

[0084]

[0085] (p[i].sdf는 p 토폴로지 스트링의 끝점으로부터 i번째 토폴로지 노드의 국부체적특징, len은 토폴로지 스트링의

길이,  $w$ 는 별칭 가중치)

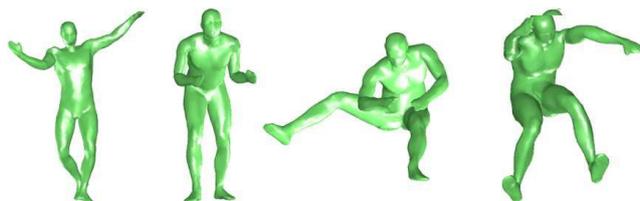
- [0086] 과 같은 식에 따라 두 토폴로지 스트링 사이의 비유사도를 산출할 수 있다. [도 10]을 살펴보면, 서로 다른 개수의 토폴로지 노드를 포함하고 있는 토폴로지 스트링  $p$  및  $q$  사이의 비유사도 산출과정의 실시예를 확인할 수 있다.
- [0088] 상기 최적 매칭 인덱스 산출단계(S320)는 산출된 토폴로지 스트링 비유사도 행렬이 정방형 행렬인 경우 바로 헝가리안(Hungarian) 알고리즘을 적용하여 최적 매칭 인덱스를 산출하고, 산출된 토폴로지 스트링 비유사도 행렬이 정방형 행렬이 아닌 경우 행이나 열을 추가하되 행 추가의 경우 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 각 열의 평균값으로 이루어진 행을 1 이상 추가하고 열 추가의 경우 상기 토폴로지 스트링 비유사도 행렬의 각 행의 평균값으로 이루어진 열을 1 이상 추가하여 정방형 행렬로 만들고 헝가리안 알고리즘을 적용하여 최적 매칭 인덱스를 산출하는 단계이다.
- [0089] 산출된 토폴로지 스트링 비유사도 행렬이 정방형 행렬이 아닌 경우 이를 정방형으로 만들어 주는 구체적인 실시예는 [도 11]에 나타나 있다. [도 11]의 토폴로지 스트링 비유사도 행렬은 입력된 3D 메쉬 모델의 토폴로지 구조가 4개의 토폴로지 스트링을 가지고, 비교대상 3D 메쉬 모델의 토폴로지 구조가 6개의 토폴로지 스트링을 가지는 경우에 도출된 토폴로지 스트링 비유사도 행렬로서 파란색으로 표시된 부분은 각 토폴로지 스트링 비유사의 계산값이고, 하얀색 부분은  $6 \times 6$ 의 정방형 행렬을 만들기 위해 각 열의 평균값들이 2개씩 추가된 것이다.
- [0091] 상기 비유사도 결정단계(S330)는 산출된 최적 매칭 인덱스에 포함된 토폴로지 스트링 비유사도의 평균값을 산출하여 비유사도로 결정하는 단계이다. 본 단계를 통해 결정된 비유사도를 가지고 입력된 3D 메쉬 모델과 비교대상 3D 메쉬 모델 사이의 비유사도를 정량적으로 판단할 수 있게 된다.
- [0093] 상기 동일성 판단단계(S400)는 산출된 비유사도를 설정된 임계값과 비교하여 산출된 비유사도가 설정된 임계값 이하인 경우 입력받은 3D 메쉬 모델과 비교대상 3D 메쉬 모델을 동일한 모델이라고 판단하고, 산출된 비유사도가 설정된 임계값을 초과할 경우 입력받은 3D 메쉬 모델과 비교대상 3D 메쉬 모델을 서로 다른 모델이라고 판단하는 단계이다. 본 단계를 통해 비교대상 3D 메쉬 파일이 저작권 있는 원 파일인 경우 입력받은 3D 메쉬 모델이 비교대상 3D 메쉬 파일의 포즈 변형 파일인지 여부를 판단할 수 있게 된다.
- [0095] [도 12] 및 [도 13]에는 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식의 구체적인 실시예들이 나타나 있는데, 이를 통해 확인할 수 있는 바와 같이 본 발명에 따른 포즈 변형된 3D 메쉬 모델 인식 방법에 의하면, 비교대상 3D 메쉬 파일의 기술자가 DB에 저장되어 있는 상태에서 다수개의 3D 메쉬 파일을 입력받아 유사한 정도에 따라 순위를 매겨줌으로써 포즈 변형 3D 메쉬 파일을 효율적으로 판별할 수도 있다.
- [0097] 이상에서 본 발명에 대하여 구체적인 실시예와 함께 상세하게 살펴보았다. 그러나 본 발명은 위의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니며 요지를 벗어남이 없는 범위에서 수정 및 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 청구범위는 이와 같은 수정 및 변형을 포함한다.

**부호의 설명**

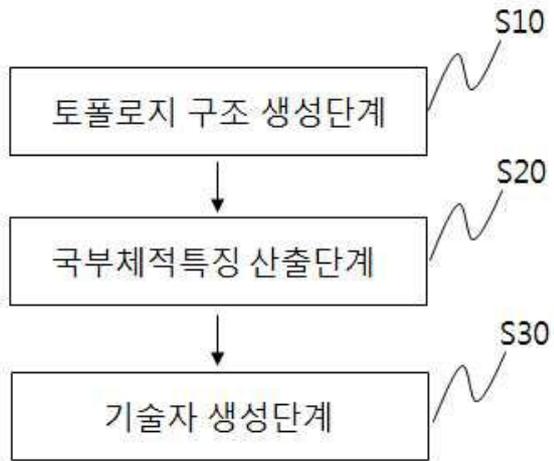
[0099] 없음

**도면**

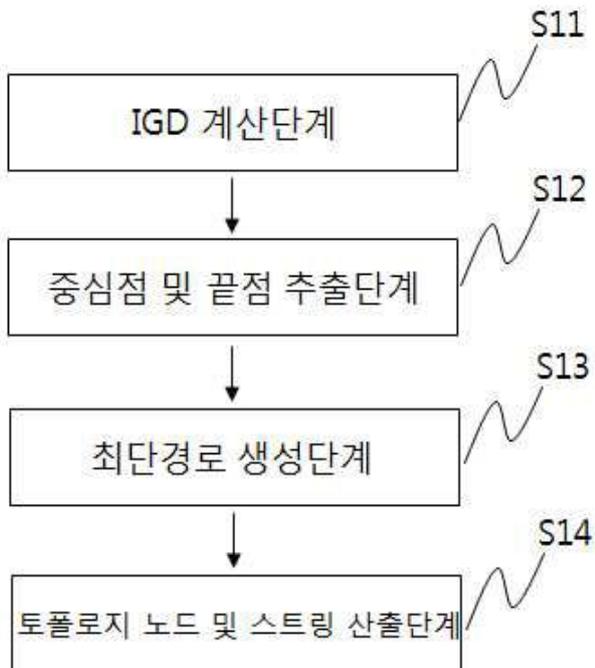
**도면1**



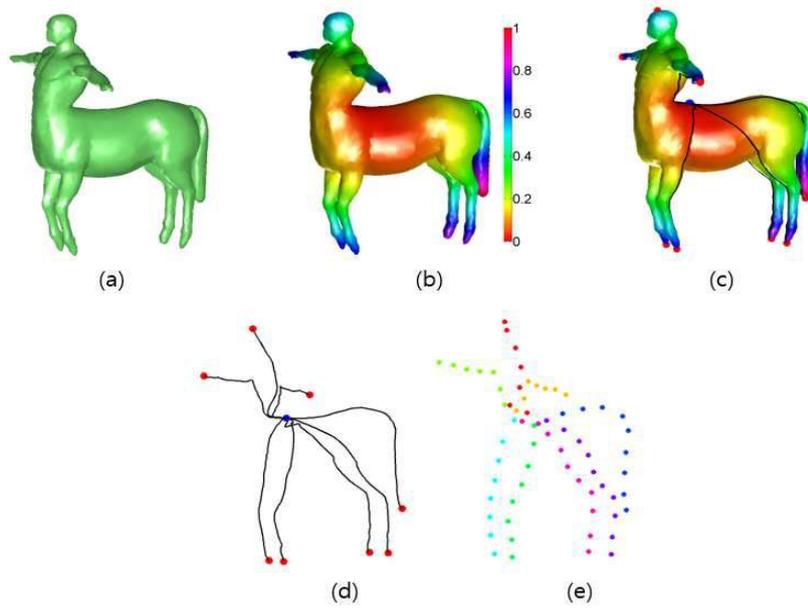
도면2



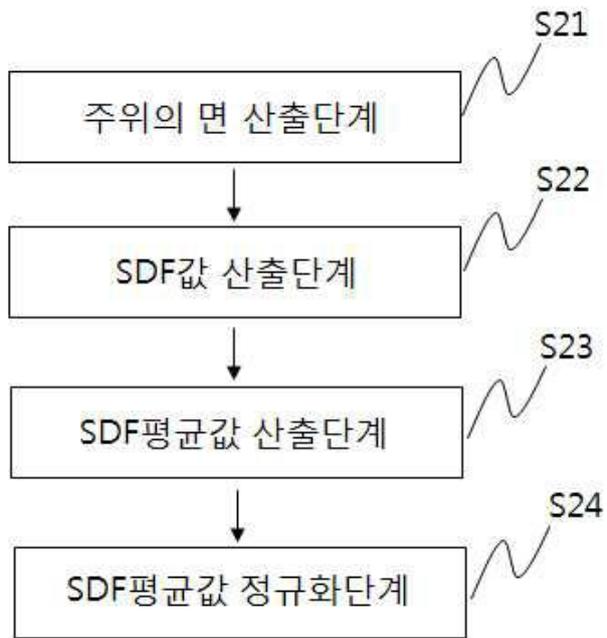
도면3



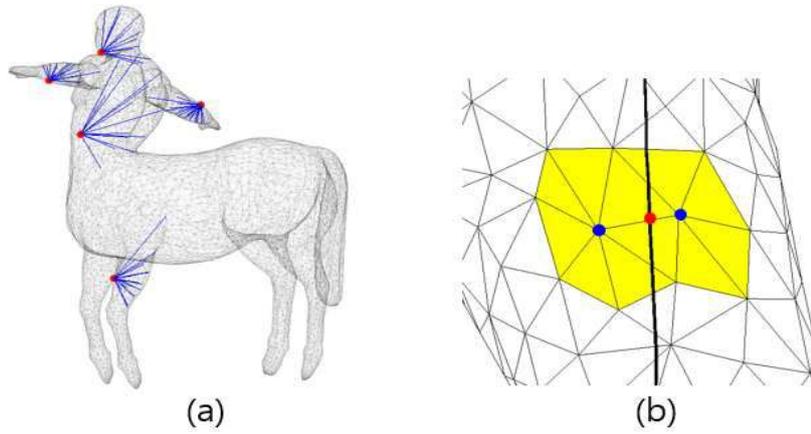
도면4



도면5



도면6

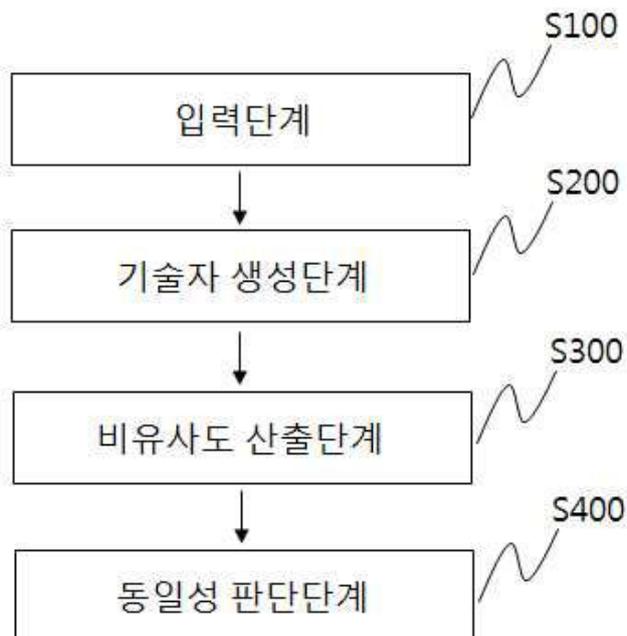


도면7

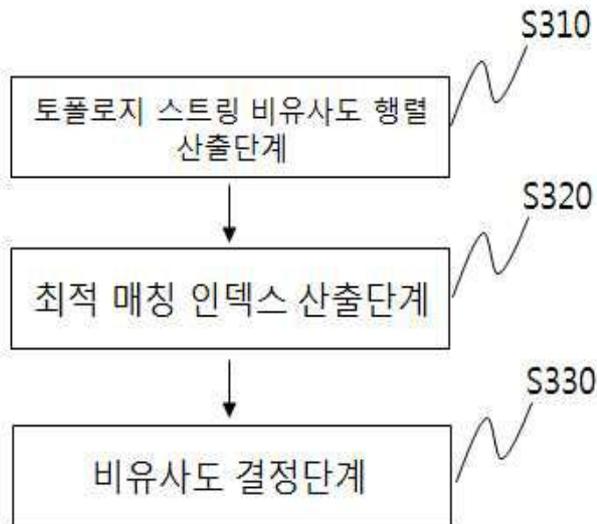
Topological node에 부여된 Sdf 값

Topological string	1.85	2.32	2.33	NaN	NaN	NaN
Topological string	7.47	6.21	5.33	3.57	NaN	NaN
Topological string	4.64	4.32	6.21	5.98	6.87	NaN
Topological string	3.42	3.62	4.66	NaN	NaN	NaN
Topological string	3.93	5.63	5.36	5.21	4.56	3.21
Topological string	5.88	1.65	3.26	5.11	3.65	NaN

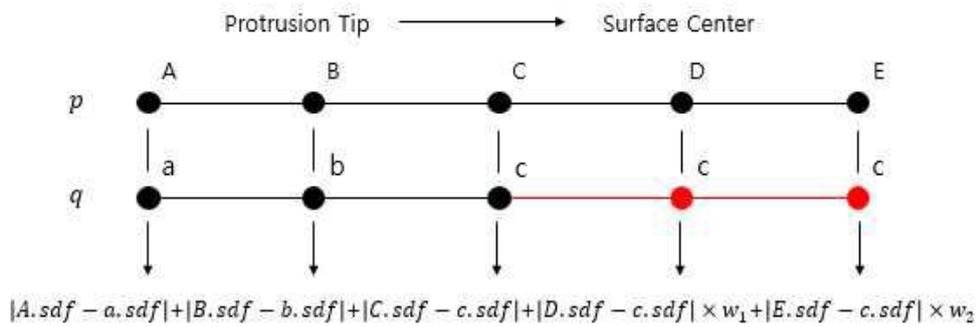
도면8



도면9



도면10



도면11

비유사도 거리 행렬

0.23	0.42	0.64	0.24	0.43	0.18
0.66	0.24	0.52	0.12	0.51	0.49
0.36	0.54	0.13	0.13	0.72	0.41
0.42	0.84	0.61	0.49	0.32	0.52
0.4175	0.51	0.475	0.245	0.495	0.4
0.4175	0.51	0.475	0.245	0.495	0.4

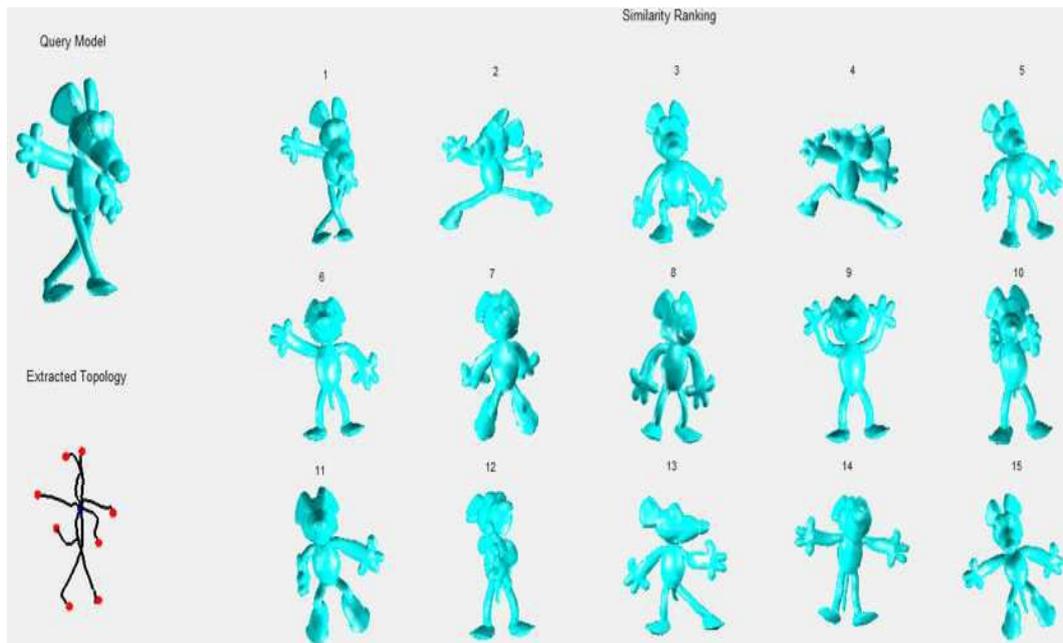
topological string간의 비유사도(파란색)

헝가리안 알고리즘 적용

→ 최종 비유사도

평균값으로 패딩한 값들

도면12



도면13

