(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0002157
(43) 공개일자 2015년01월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2006.01) *G06T 17/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0075640
(22) 출원일자 2013년06월28일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
네이버 주식회사
경기도 성남시 분당구 불정로 6, 그린팩토리 (정자동)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
배민수
경기 성남시 분당구 불정로 6, NHN 그린팩토리 (정자동)
박인규
경기 성남시 분당구 불정로 6, NHN 그린팩토리 (정자동)
(74) 대리인
특허법인충정

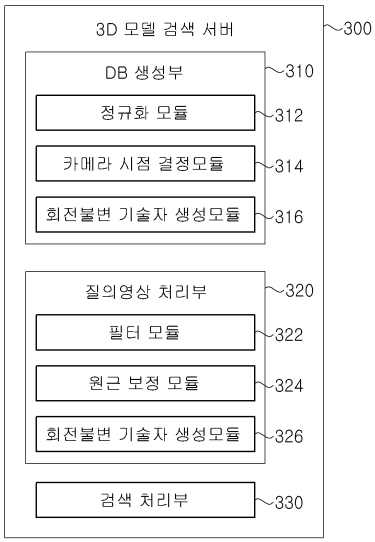
전체 청구항 수 : 총 40 항

(54) 발명의 명칭 **단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법, 이를 수행하는 3차원 모델 검색 서버 및 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체**

(57) 요 약

본 발명은 한 장의 깊이 영상을 이용한 효율적인 내용기반 3차원 모델 검색 기법에 관한 것이다. 본 발명은 한 장의 깊이 영상만을 질의 영상으로 이용하여 3차원 모델 검색을 수행할 수 있도록, 하나의 3차원 모델에 대하여 중요도에 기반하여 깊이 영상을 획득하기 위한 카메라 시점들을 적응적으로 샘플링하고, 샘플링된 카메라 시점들 각각에서 깊이 영상을 획득함으로써 해당 3차원 모델을 복수의 깊이 영상들로서 표현할 수 있는 데이터베이스 구축 방법을 제안한다. 또한, 본 발명은 전술한 바와 같이 구축된 데이터베이스를 이용하여, 입력된 질의 영상과 데이터베이스 내에 저장된 깊이 영상들 간의 유사도를 비교함으로써, 질의 영상에 매칭되는 3차원 모델을 검색할 수 있는 3차원 모델 검색 방법을 제안한다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

3차원 모델 검색 서버에 의해 수행되는 3차원 모델 검색 방법에 있어서,

(A) 사용자 단말기로부터 전송되는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 수신하는 단계;

(B) 수신된 질의 영상으로부터 회전불변 기술자를 생성하는 단계;

(C) 상기 질의 영상의 회전불변 기술자와 미리 저장된 회전불변 기술자들의 유사도를 계산하는 단계; 및

(D) 상기 계산된 유사도를 기초로 적어도 하나 이상의 3차원 모델을 선택하고, 선택된 3차원 모델에 대한 정보를 포함하는 검색 결과를 상기 사용자 단말기로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 (A) 단계는,

(A-1) 사용자 단말기로부터 전송되는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 수신하는 단계; 및

(A-2) 수신된 질의 영상을 전처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 (A-2) 단계는,

(A-2-1) 상기 질의 영상의 3차원 카메라 잡음을 필터링하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 (A-2-1) 단계는 양방향-필터링(bilateral-filtering) 기법을 통해 상기 질의 영상을 필터링하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 (A-2) 단계는,

(A-2-2) 상기 질의 영상의 원근 성분을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 (A-2-2) 단계는 상기 질의 영상의 모든 화소를 3차원 공간의 점군(point cloud)로 표현하고, 상기 3차원 공간의 점군을 직교투영(orthogonal projection)하여 깊이 영상을 다시 획득함으로써 원근 성분을 제거하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 미리 저장된 회전불변 기술자들은 3차원 모델의 깊이 영상들 각각에 대하여 저니크 모멘트를 이용해 생성되어 저장되며,

상기 (B) 단계는 상기 질의 영상에 대해 저니크 모멘트를 이용해 상기 질의 영상의 회전불변 기술자를 생성하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 (C) 단계에서 상기 질의 영상과 3차원 모델 간의 유사도는, 상기 3차원 모델의 깊이 영상들 각각에 대한 저니크 모멘트들과 상기 질의 영상에 대한 저니크 모멘트와의 차이들 중 최소 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 (C) 단계에서 3차원 모델들 각각의 깊이 영상들 각각에 대한 저니크 모멘트들과 상기 질의 영상에 대한 저니크 모멘트와의 차이는 독립적으로 병렬로 계산되는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 미리 저장된 회전불변 기술자들을 저장하는 3차원 모델 검색 데이터베이스는 상기 3차원 모델 검색 서버에 의해 수행되는 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축 방법에 의해 구축되며,

상기 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축 방법은,

(a) 3차원 모델을 정규화하는 단계; 및

(b) 정규화된 상기 3차원 모델에 대하여 초기 카메라 시점에 대한 중요도를 계산하고, 계산된 중요도에 기초하여 상기 3차원 모델에 대한 카메라 시점을 적응적으로 샘플링하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 (a) 단계는,

(a-1) 상기 3차원 모델의 중심이 좌표계의 중심에 오도록 상기 3차원 모델을 이동시키는 이동 정규화 단계; 및

(a-2) 상기 이동된 3차원 모델이 단위 구면체에 내접하도록 상기 3차원 모델의 크기를 조정하는 크기 정규화 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 (b) 단계는,

(b-1) 상기 단위 구면체에 내접하는 l면체(l은 4 이상의 양의 정수)를 설정하고, 상기 l면체를 구성하는 각각의 정점을 상기 정규화된 3차원 모델에 대한 초기 카메라 시점으로 설정하는 단계;

(b-2) 상기 초기 카메라 시점들 각각에 대한 중요도를 계산하는 단계; 및

(b-3) 상기 계산된 초기 카메라 시점들의 중요도들에 기초하여 상기 3차원 모델에 대한 카메라 시점을 적응적으로 샘플링하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 (b-2) 단계에서, 상기 초기 카메라 시점의 중요도는 면적 중요도, 곡률 중요도 및 카메라 자세 중요도 중 적어도 하나 이상에 기초하여 계산되는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 면적 중요도는 특정 카메라 시점에서 투영된 3차원 모델의 면적이 클수록 높게 계산되는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 곡률 중요도는 특정 카메라 시점에서 투영된 상기 3차원 모델 영역의 표면이 상대적으로 큰 곡률을 많이 포함할수록 더 높게 계산되는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 16

청구항 13에 있어서,

상기 카메라 자세 중요도는 특정 카메라 시점에서 상기 3차원 모델을 바라보는 시선의 위치를 향하는 방향과 상기 3차원 모델의 상부를 가리키는 방향(수직 방향 : upright direction)과의 사이 각도가 작을수록 높게 계산되는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 17

청구항 12에 있어서,

상기 (b-2) 단계는,

(b-2-1) 상기 1면체를 구성하는 각각의 면에 대하여 해당 면을 구성하는 각 카메라 시점들의 중요도에 기초하여 해당 면의 중요도를 계산하는 단계;

(b-2-2) 상기 계산된 면들 각각의 중요도에 기초하여 미리 설정된 조건이 충족될 때까지 상기 1면체에 대한 메시 분할(mesh division)을 수행하는 단계; 및

(b-2-3) 상기 (b-2-2) 단계에서 최종적으로 메시 분할된 각각의 정점을 상기 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 획득하기 위한 적응적 카메라 시점으로 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 18

청구항 10에 있어서,

상기 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축 방법은,

(c) 상기 적응적으로 샘플링된 카메라 시점들 각각에서 상기 3차원 모델의 깊이 영상을 획득하는 단계;

(d) 상기 획득된 깊이 영상들 각각에 대한 회전불변 기술자를 생성하는 단계; 및

(e) 상기 생성된 회전불변 기술자들의 집합으로써 상기 3차원 모델을 표현 및 저장하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 (d) 단계에서, 상기 회전불변 기술자는 저니크(Zernike) 모멘트를 사용하여 생성되는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 R_{km}은 저니크 모멘트의 차수 k 및 m에 따른 방사 다항식이며,

상기 방사 다항식은 동일한 해상도의 깊이 영상에서 대해서 한번만 계산되어 스펙트럼으로서 저장되는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법.

청구항 21

청구항 1 내지 청구항 20 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하기 위한 컴퓨터로 판독이 가능한 기록매체.

청구항 22

3차원 모델 검색 서버에 있어서,

사용자 단말기로부터 전송되는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 수신하고, 상기 수신된 질의 영상으로부터 회전불변 기술자를 생성하는 질의 영상 처리부; 및

상기 질의 영상의 회전불변 기술자와 미리 저장된 회전불변 기술자들의 유사도를 계산하고, 상기 계산된 유사도를 기초로 적어도 하나 이상의 3차원 모델을 선택하고, 선택된 3차원 모델에 대한 정보를 포함하는 검색 결과를 상기 사용자 단말기로 전송하는 검색 처리부를 포함하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 질의 영상 처리부는,

상기 질의 영상의 3차원 카메라 잡음을 필터링하는 필터 모듈;

상기 질의 영상의 원근 성분을 제거하는 원근 보정 모듈; 및

상기 수신된 질의 영상으로부터 회전불변 기술자를 생성하는 회전불변 기술자 생성모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 24

청구항 23에 있어서,

상기 필터 모듈은 양방향-필터링 기법을 통해 상기 질의 영상을 필터링하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 25

청구항 23에 있어서,

상기 원근 보정 모듈은 상기 질의 영상의 모든 화소를 3차원 공간의 점군로 표현하고, 상기 3차원 공간의 점군을 직교투영하여 깊이 영상을 다시 획득함으로써 원근 성분을 제거하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 26

청구항 23에 있어서,

상기 미리 저장된 회전불변 기술자들은 3차원 모델의 깊이 영상들 각각에 대하여 저니크 모멘트를 이용해 생성되어 저장되며,

상기 회전불변 기술자 생성모듈은 상기 질의 영상에 대해 저니크 모멘트를 이용해 상기 질의 영상의 회전불변 기술자를 생성하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 27

청구항 23에 있어서,

상기 검색 처리부는, 3차원 모델의 깊이 영상들 각각에 대한 저니크 모멘트들과 상기 질의 영상에 대한 저니크 모멘트와의 차이들 중 최소 값으로서 상기 질의 영상과 3차원 모델 간의 유사도를 계산하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 28

청구항 27에 있어서,

상기 검색 처리부는, 3차원 모델들 각각의 깊이 영상들 각각에 대한 저니크 모멘트들과 상기 질의 영상에 대한 저니크 모멘트와의 차이를 독립적으로 병렬로 계산하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 29

청구항 22에 있서,

상기 3차원 모델 검색 서버는,

하나 이상의 3차원 모델을 적응적 시점 샘플링 기법을 통해 생성된 깊이 영상들 각각에 대한 회전불변 기술자들의 집합으로써 구조화하여 저장하고 있는 3차원 모델 검색 데이터베이스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 30

청구항 29에 있어서,

상기 3차원 모델 검색 서버는,

3차원 모델을 정규화하고, 정규화된 상기 3차원 모델에 대하여 초기 카메라 시점에 대한 중요도를 계산하며, 계산된 중요도에 기초하여 상기 3차원 모델에 대한 카메라 시점을 적응적으로 샘플링하는 데이터베이스 생성부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 31

청구항 30에 있어서,

상기 데이터베이스 생성부는,

상기 3차원 모델의 중심이 좌표계의 중심에 오도록 상기 3차원 모델을 이동시키고, 상기 이동된 3차원 모델이 단위 구면체에 내접하도록 상기 3차원 모델의 크기를 조정하는 정규화 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 32

청구항 31에 있어서,

상기 데이터베이스 생성부는,

상기 단위 구면체에 내접하는 l면체(l은 4 이상의 양의 정수)를 설정하고, 상기 l면체를 구성하는 각각의 정점을 상기 정규화된 3차원 모델에 대한 초기 카메라 시점으로 설정하며, 상기 초기 카메라 시점들 각각에 대한 중요도를 계산하고, 상기 계산된 초기 카메라 시점들의 중요도들에 기초하여 상기 3차원 모델에 대한 카메라 시점을 적응적으로 샘플링하는 카메라 시점 결정모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 33

청구항 32에 있어서,

상기 카메라 시점 결정모듈은, 면적 중요도, 곡률 중요도 및 카메라 자세 중요도 중 적어도 하나 이상에 기초하여 상기 초기 카메라 시점들 각각에 대한 중요도를 계산하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 34

청구항 33에 있어서,

상기 면적 중요도는 특정 카메라 시점에서 투영된 3차원 모델의 면적이 클수록 높게 계산되는 것을 특징으로 하

는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 35

청구항 33에 있어서,

상기 곡률 중요도는 특정 카메라 시점에서 투영된 상기 3차원 모델 영역의 표면이 상대적으로 큰 곡률을 많이 포함할수록 더 높게 계산되는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 36

청구항 33에 있어서,

상기 카메라 자세 중요도는 특정 카메라 시점에서 상기 3차원 모델을 바라보는 시선의 위치를 향하는 방향과 상기 3차원 모델의 상부를 가리키는 방향(수직 방향 : upright direction)과의 사이 각도가 작을수록 높게 계산되는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 37

청구항 32에 있어서,

상기 카메라 시점 결정모듈은,

상기 l면체를 구성하는 각각의 면에 대하여 해당 면을 구성하는 각 카메라 시점들의 중요도에 기초하여 해당 면의 중요도를 계산하고,

상기 계산된 면들 각각의 중요도에 기초하여 미리 설정된 조건이 충족될 때까지 상기 l면체에 대한 메시 분할을 수행하며, 및

최종적으로 메시 분할된 각각의 정점을 상기 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 획득하기 위한 적응적 카메라 시점으로 결정하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 38

청구항 32에 있어서,

상기 데이터베이스 생성부는,

상기 적응적으로 샘플링된 카메라 시점들 각각에서 상기 3차원 모델의 깊이 영상을 획득하고, 상기 획득된 깊이 영상들 각각에 대한 회전불변 기술자를 생성하며, 상기 생성된 회전불변 기술자들의 집합으로써 상기 3차원 모델을 표현 및 저장함으로써 상기 3차원 모델 데이터베이스를 구성하는 회전불변 기술자 생성모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 39

청구항 38에 있어서,

상기 회전불변 기술자 생성모듈은, 상기 획득된 깊이 영상들 각각에 대하여 저니크(Zernike) 모멘트를 사용하여 상기 회전불변 기술자를 생성하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

청구항 40

청구항 39에 있어서,

상기 R_{km}은 저니크 모멘트의 차수 k 및 m에 따른 방사 다항식이며,

상기 방사 다항식은 동일한 해상도의 깊이 영상에서 대해서 한번만 계산되어 스펙트럼으로서 저장되는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법, 이를 수행하는 3차원 모델 검색 서버 및 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에 관한 것이다. 더욱 상세하게, 본 발명은 3차원 모델에서 중요도가 높은 시점들을 결정하기 위하여 카메라 시점을 적응적으로 샘플링하고, 적응적으로 샘플링된 각각의 시점의 깊이 영상에 대하여 회전불변 기술자를 생성 및 저장함으로써 해당 3차원 모델을 깊이 영상의 집합으로써 표현할 수 있는 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축 방법 및 이를 수행하는 3차원 모델 검색 서버에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 전술한 바와 같이 구성되는 3차원 모델 검색 데이터베이스를 이용하여 사용자 단말기로부터 전송되는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로 수신하고, 질의 영상과 3차원 모델 검색 데이터베이스 내에 저장된 3차원 모델들 각각의 회전불변 기술자를 비교하여, 질의 영상과 유사한 회전불변 기술자를 갖는 3차원 모델들을 검색결과로써 제공할 수 있는 3차원 모델 검색 방법 및 이를 수행하기 위한 3차원 검색 서버에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 애니메이션, 영화, 게임, 웹 서비스 등의 발전으로 3차원 모델 데이터의 수요가 급격히 증가하고 있다. 따라서 멀티미디어 및 엔터테인먼트 시장을 비롯한 각종 어플리케이션에서 3차원 모델의 필요성이 점차 증대되고 있다. 또한 현재 2차원 영상 검색을 위한 다양한 형태의 질의(query) 입력 기반 서비스는 이미 각종 포털 사이트를 통해 제공되고 있으나 Google 3D Warehouse와 같은 텍스트 기반의 3차원 모델 검색 엔진 외에 보편화된 3차원 모델 검색(3D model retrieval) 시스템은 온라인상에 거의 존재하지 않는다. 따라서 사용자와 상호 대화형의(user-interactive) 3차원 모델 검색을 위하여, 텍스트 외에도 영상의 입력을 통한 내용 기반(content-based) 3차원 모델 검색 시스템의 알고리즘 개발이 필요하다.

[0003] 이러한 필요성에 의해 내용 기반 3차원 모델 검색 기법에 대한 다양한 연구들이 진행되었다. 3차원 모델 검색이란 입력 질의(query)에 대해 그와 유사하거나 같은 분류에 속하는 3차원 모델을 데이터베이스에서 검색하는 것을 의미하며, 특히 내용기반 검색은 텍스트 키워드 대신 2차원 영상 또는 3차원 모델 자체를 입력으로 하여 유사한 형상의 3차원 모델을 검색하는 것을 말한다. 종래의 내용 기반 3차원 모델 검색 기법들을 살펴보면, 종래의 내용 기반 3차원 모델 검색 기법들은 유사 3차원 모델 검색을 위한 기술자의 특징에 따라 크게 특징(feature) 기반 방식, 그래프(graph) 기반 방식, 시점(view) 기반 방식으로 분류될 수 있다.

[0004] 종래기술에 따른 특징 기반 방식의 3차원 모델 검색은 3차원 모델 자체의 기하학적, 위상학적 특징 기술자를 추출하여 유사도를 측정하는 방법이다. 3차원 모델 표면의 법선 벡터를 이용하여 그 각도를 기술자로 추출하거나 가우시안 구면체로 매핑시키는 기법이 연구되었으며, 이러한 방법은 쉽게 기술자를 생성할 수 있지만 3차원 모델 구성의 정밀도가 검색 성능에 큰 영향을 끼칠 수 있다. 또한 3차원 모델의 형태를 하나의 함수로 표현하고 그에 따른 확률 분포를 생성하여 유사도를 측정하는 히스토그램 방식이 특징 기반 방식의 검색 기법에 포함된다. 히스토그램을 이용한 기법들은 작은 왜곡에 강건하고 3차원 모델의 변형에 강인하다는 장점이 있으나 전역적 방법이기 때문에 유사한 3차원 모델의 세부적인 구분이 어려우며 유사도를 파악하기 위한 히스토그램의 분석과 계산이 복잡한 단점이 있다.

[0005] 종래기술에 따른 그래프 기반의 방식은 3차원 모델 자체를 검색에 용이하게 가공하거나 새로운 데이터를 생성하여 검색에 사용한다는 점에서 벡터 기반 기술자 방식(vector-based descriptor method)인 특징 기반 방식이나 시점 기반 방식과 구분된다. 그래프 기반 방식은 3차원 모델의 골격 구조를 파악하여 리브(Reeb) 그래프를 구성하며 노드와 노드 사이의 관계를 비교하여 유사도를 계산하거나, 뼈대 형태 그래프(skeletal graph)를 형태 기술자로 생성하여 3차원 모델의 위상정합을 통해 기하학적인 변형에 강건한 검색을 할 수 있는 기법이 연구되었다. 그래프 기반 검색 방식들은 비강체(non-rigid)의 검색이 가능하고 비교적 뛰어난 검색 성능을 기대할 수 있는 장점이 있지만 3차원 모델을 그래프 형식으로 변환하는 과정에서의 연산이 어렵고, 다양한 3차원 모델의 표

현 방법에 적용하기 어려운 큰 문제를 가지고 있다.

[0006] 종래기술에 따른 시점 기반의 검색 방식이란 3차원 모델은 수 개의 2.5차원 깊이 영상으로 표현될 수 있다는 깊이 영상 기반 표현(depth image-based representation)기법을 바탕으로 하며, 3차원 모델에 대한 특정 시점을 샘플링(sampling)하여 양상-관계 그래프(aspect-relation graph)로 표현하고 입력 영상과의 정합으로 유사도를 측정하는 기법이다. 3차원 모델의 실루엣 영상을 생성하여 푸리에 변환하고, 그 계수를 기술자로 나타내어 3차원 모델의 유사도 계산에 사용하거나 3차원 모델을 둘러싼 구면체 상에 균일하게 생성된 시점에서 깊이 영상을 생성하고 이에 대한 기술자를 통해 유사도를 측정하는 기법이 연구되었다. 이와 유사하게 SIFT (Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘을 통해 3차원 모델로부터 생성한 깊이 영상의 지역적 특징(local feature)를 파악하여 유사3차원 모델을 검색하는 기법이나 3차원 모델을 복셀 형태로 표현하여 간략화시킨 기술자를 사용하는 기법이 제안되었다. 추가적으로 컬러 및 깊이 영상, 3차원 모델을 모두 질의로 사용 가능한 포괄적인 시점 기반 검색 기법이나 사용자의 이진 스케치(binary sketch)를 입력으로 하는 간편한 검색 기법도 존재한다. 이러한 종래기술에 따른 시점 기반 방식의 검색 기법은 3차원 모델을 2차원 영상으로 투영시키는 과정에서, 3차원 모델의 미세한 다각형의 누락, 구멍 등에 의한 영향을 크게 줄일 수 있으므로 3차원 모델의 완성도에 구애받지 않는 강건한 검색을 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 적은 수의 영상 샘플을 사용할 경우 자기 폐색(self-occlusion)으로 인한 3차원 정보의 손실을 막기 힘들다는 단점이 존재한다. 또한 3차원 모델에 대한 깊이 영상 취득에 있어서 사용자가 촬영할 확률이 높은 부분, 3차원 모델의 많은 정보를 포함하고 있는 부분에서 시점이 샘플링되지 않는다면 검색에 실패할 확률이 높다는 문제점이 있다.

[0007] 따라서 전술한 바와 같은 종래기술에 따른 내용 기반 3차원 모델 검색 기법들의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 3차원 모델 검색 기법의 개발이 필요하다.

[0008] 한편 Microsoft Kinect와 같은 보급형 3차원 카메라가 급속히 보급되고 있다. 이는 가격 대비 양질의 깊이 영상 취득환경 구축을 가능하게 하였으며, 이러한 시스템을 이용하여 검색에 필요한 입력 데이터를 실시간 컬러 영상 및 깊이 영상으로 확장하는 것이 용이해졌다. 그러나 현재로서는 이러한 보급형 3차원 카메라를 3차원 모델 검색에 사용하고 있는 기술이 존재하지 않는다. 따라서, 보급형 3차원 카메라를 3차원 모델 검색에 사용할 수 있는 새로운 3차원 모델 검색 기법의 개발이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 위에서 언급한 종래기술의 문제점을 해결하는 것이다.

[0010] 본 발명의 일 목적은, 3차원 모델에 대하여 사용자가 질의 영상으로서 촬영할 확률이 높은 부분과 3차원 모델을 대표할 수 있는 부분에 대한 카메라 시점들을 적응적으로 샘플링하고, 샘플링된 카메라 시점들을 해당 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 획득하기 위한 카메라 시점들로 설정할 수 있는 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축 방법, 이를 수행하는 검색 서버 및 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체를 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 다른 일 목적은, 적응적으로 샘플링된 복수의 카메라 시점들 각각에서 획득한 복수의 깊이 영상들의 집합으로서 3차원 모델을 표현하고, 3차원 모델의 기하학적 특징이 검색에 활용되도록 3차원 모델 검색 데이터베이스를 구성할 수 있는 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축 방법, 이를 수행하는 검색 서버 및 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체를 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 일 목적은, 보급형 3차원 카메라를 통해 획득된 단일 깊이 영상을 질의 영상으로 활용하여 이에 매칭되는 3차원 모델을 검색 및 제공할 수 있는 내용기반 3차원 모델 검색 방법, 이를 수행하는 검색 서버 및 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체를 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 또 다른 일 목적은, 질의 영상과 3차원 모델 검색 데이터베이스 내에 저장되어 있는 모든 3차원 모델의 깊이 영상들 각각에 대한 유사도를 병렬로 동시에 측정할 수 있는 내용기반 3차원 모델 검색 방법, 이를 수행하는 검색 서버 및 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기한 바와 같은 본 발명의 목적을 달성하고, 후술하는 본 발명의 특유의 효과를 달성하기 위한, 본 발명의 특징적인 구성은 하기와 같다.

[0015] 상기한 바와 같은 본 발명의 목적을 달성하고, 후술하는 본 발명의 특유의 효과를 달성하기 위한, 본 발명의 특징적인 구성은 하기와 같다.

[0016] 본 발명의 일 태양에 따르면, 3차원 모델 검색 서버에 의해 수행되는 3차원 모델 검색 방법에 있어서, (A) 사용자 단말기로부터 전송되는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 수신하는 단계; (B) 수신된 질의 영상으로부터 회전불변 기술자를 생성하는 단계; (C) 상기 질의 영상의 회전불변 기술자와 미리 저장된 회전불변 기술자들의 유사도를 계산하는 단계; 및 (D) 상기 계산된 유사도를 기초로 적어도 하나 이상의 3차원 모델을 선택하고, 선택된 3차원 모델에 대한 정보를 포함하는 검색 결과를 상기 사용자 단말기로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법이 제안된다.

[0017] 또한, 본 발명의 다른 일 태양에 따르면, 3차원 모델 검색 서버에 있어서, 사용자 단말기로부터 전송되는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 수신하고, 상기 수신된 질의 영상으로부터 회전불변 기술자를 생성하는 질의 영상 처리부; 및 상기 질의 영상의 회전불변 기술자와 미리 저장된 회전불변 기술자들의 유사도를 계산하고, 상기 계산된 유사도를 기초로 적어도 하나 이상의 3차원 모델을 선택하고, 선택된 3차원 모델에 대한 정보를 포함하는 검색 결과를 상기 사용자 단말기로 전송하는 검색 처리부를 포함하는 것을 특징으로 하는, 3차원 모델 검색 서버가 제안된다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 3차원 모델에 대한 복수의 카메라 시점들 각각에 대한 중요도를 판단하고, 판단된 중요도에 기초하여 3차원 모델에 대한 카메라 시점들을 적응적으로 샘플링함으로써, 사용자가 질의 영상으로서 촬영할 확률이 높은 부분과 3차원 모델을 대표할 수 있는 부분에 대한 카메라 시점들을 설정할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명에 따르면, 중요도가 높은 카메라 시점들을 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 획득하기 위한 카메라 시점들로 설정함으로써 3차원 모델 검색의 정확도와 속도를 향상시키는 효과를 기대할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명에 따르면, 적응적으로 샘플링된 복수의 카메라 시점들 각각에서 획득한 복수의 깊이 영상들의 집합으로서 3차원 모델을 표현함으로써, 3차원 모델의 기하학적 특징을 3차원 모델 검색에 효율적으로 이용할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 따르면, 보급형 3차원 카메라를 통해 획득된 단일 깊이 영상을 질의 영상으로 활용하여 이에 매칭되는 3차원 모델을 검색 및 제공할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따르면, 3차원 모델 검색 데이터베이스 내에 저장되어 있는 모든 3차원 모델의 깊이 영상들 각각에 대하여 질의 영상과의 유사도를 병렬로 측정함으로써, 3차원 모델 검색 속도를 향상시키는 효과를 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버를 포함하는 전체 시스템의 구성 블록도.

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버의 구성 블록도.

도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버에서 수행되는 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축과정을 도시한 순서도.

도 4는 종래기술에 따른 20면체의 메쉬 분할 결과를 나타낸 예시도.

도 5a 및 도 5b는 카메라 시점에 따른 중요도 변화결과를 나타낸 예시도.

도 6a 내지 도 6d는 중요도를 계산하기 위한 가중치들의 변화에 따른 카메라 시점 샘플링 결과를 비교한 예시도.

도 7은 본 발명에 따라 소정의 가중치를 사용하여 카메라 시점을 샘플링한 결과를 나타내는 예시도.

도 8은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버에서 수행되는 3차원 모델 검색과정을 도시한 순서도.

도 9는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 이용한 3차원 모델 검색 방법을 사용한 검색 결과를 나타낸 예시도.

도 10은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 이용한 3차원 모델 검색 방법을 사용한 검색 결과와 종래기술에 따른 3차원 모델을 질의 영상으로서 이용한 3차원 모델 검색 방법을 사용한 검색 결과를 나타내는 예시도.

도 11은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 적응적 시점 샘플링을 적용한 검색결과와 렌더링한 시점을 적용한 검색결과의 성능을 비교한 검색성능 비교 그래프.

도 12는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 방법과 다른 검색 방법의 성능을 비교한 검색성능 비교 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는 적절하게 설명된다면 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0025] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0026] [본 발명의 바람직한 실시예]

[0027] 본 발명의 실시예에서, 용어 '3차원 모델의 다중 깊이 영상 기반 표현'이란 3차원 형상이 복수의 깊이 영상으로부터 생성될 수 있다는 개념에 기초하여, 3차원 모델을 각각의 다른 시점에서 획득한 복수의 깊이 영상들의 집합으로서 표현하는 방법을 의미한다.

[0028] 또한, 본 발명의 실시예에 있어, 용어 '카메라 시점의 중요도'란 해당 카메라 시점에서 획득한 깊이 영상이 해당 3차원 모델을 대표할 수 있는 정도를 소정의 알고리즘에 따라 수치화한 정보를 의미한다. 즉, 중요도가 높은 시점이란 다른 시점에 비하여 해당 시점에서 획득된 깊이 영상이 질의 영상으로서 입력될 가능성이 높거나 및/또는 해당 3차원 모델을 대표할 수 있는 부분을 많이 포함하고 있다는 것을 의미할 수 있다. 카메라 시점의 중요도는 면적 중요도, 곡률 중요도, 카메라 자세 중요도 중 하나 이상의 중요도에 기초하여 산출될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0029] 또한, 본 발명의 실시예에 있어, 초기 카메라 시점이란, 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축의 대상이 되는 3차원 모델에 대하여 카메라 시점을 적응적으로 샘플링하기 위하여 최초로 설정되는 카메라 시점을 의미한다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 있어, 해당 3차원 모델의 단위 반지름 크기의 구에 내접하는 20면체가 설정되고, 해당 20면체의 각 정점들이 초기 카메라 시점으로 설정될 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며 다양한 방식으로 초기 카메라 시점이 설정될 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 실시예에 있어, 용어 '카메라 시점의 적응적 샘플링'이란, 초기 카메라 시점들의 중요도에 기초하여 카메라 시점을 샘플링하는 것을 의미한다. 즉, 본 발명에 있어 '카메라 시점의 적응적 샘플링'이란 상대적으로 높은 중요도를 갖는 부분에서 더 많은 카메라 시점을 샘플링하기 위하여 안출된 개념으로서, 예를 들어, 전술한 바와 같은 20면체의 각 정점의 중요도에 기초하여 20면체에 대한 메쉬 분할을 수행함으로써, 카메라 시

점의 적응적 샘플링이 수행될 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예들에 대한 다양한 변형 및/또는 변용이 이루어질 수 있고, 이러한 변형 및/또는 변용에 불구하고 카메라 시점의 중요도에 따라 적응적 샘플링이 수행된다는 본 발명의 기술적 사상을 그대로 포함하고 있는 한 본 발명의 권리범위에 속함은 당업자에게 자명할 것이다.

[0031] **I. 3차원 모델 검색 서버를 포함하는 3차원 모델 검색 시스템의 구성과 기능**

[0032] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)를 포함하는 전체 시스템의 구성 블록도이다. 이하에서, 도 1을 참조하여 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)를 포함하는 전체 시스템의 구성과 기능에 대하여 개략적으로 설명하도록 한다.

[0033] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 시스템은 3차원 카메라(110)를 구비한 사용자 단말기(100), 네트워크(200) 및 3차원 모델 검색 서버(300)를 포함할 수 있다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 단말기(100)는 사용자의 조작에 따라 연결된 3차원 카메라(110)를 통해 검색하고자 하는 객체에 대해 한 장의 깊이 영상을 획득하고, 획득된 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 3차원 모델 검색 서버(300)로 전송하는 기능을 수행하도록 구성된다. 또한, 사용자 단말기(100)는 전송된 질의 영상에 대응하여 검색된 3차원 모델 검색 결과를 3차원 모델 검색 서버(300)로부터 수신하고, 수신된 검색 결과를 디스플레이부(미도시)를 통해 출력하게 된다. 이러한 사용자 단말기(100)는 데스크톱 컴퓨터뿐만 아니라 노트북 컴퓨터, 워크스테이션, 팜톱(palmtop) 컴퓨터, 개인 휴대 정보 단말기(personal digital assistant: PDA), 웹 패드, 네비게이션 장치, 스마트 폰을 포함하는 이동 통신 단말기 등과 같이 메모리 수단을 구비하고 마이크로 프로세서를 탑재하여 연산 능력을 갖춘 디지털 기기라면 얼마든지 본 발명에 따른 사용자 단말기(100)로서 채택될 수 있다. 다만, 본 발명에 따른 사용자 단말기(100)가 3차원 모델 검색을 수행하기 위한 구성요소이므로, 사용자 단말기(100)는 사용자의 조작에 의해 특정 객체의 깊이 영상을 획득할 수 있는 3차원 카메라(110)를 포함하거나 또는 3차원 카메라(110)에 연결된 디지털 기기로 제한될 수 있다.

[0035] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 단말기(100)에 연결된 3차원 카메라(110)는 사용자의 조작에 따라 특정 객체의 컬러 영상과 이에 대하여 등록된 깊이 영상을 촬영하여 사용자 단말기(100)로 출력하도록 구성된다. 이러한 3차원 카메라(110)로서 다양한 보급형 3차원 카메라들 중 하나가 채택될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 사용자 단말기(100)에는 마이크로소프트사의 키넥트(kinect)가 3차원 카메라(110)로서 연결될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0036] 질의 영상의 획득과정을 보다 구체적으로 살펴보면, 먼저 사용자 단말기(100)는 특정 객체의 3차원 모델 검색에 필요한 실제 객체의 정확한 분할을 위해, 3차원 카메라(110)를 제어하여 획득된 컬러 영상에 대하여 깊이 영상을 등록한다. 즉. 사용자 단말기(100)는 3차원 카메라(110)를 통해 획득된 물체의 컬러 영상과 깊이 영상이 연관되도록 한다. 이러한 방식으로 검색 대상 객체에 대한 컬러 영상과 등록된 깊이 영상이 함께 획득되면, 사용자 단말기(100)는 디스플레이부를 통해 획득된 컬러 영상을 출력한다. 사용자는 디스플레이부를 통해 출력되는 컬러 영상을 확인하고, 마우스(미도시) 등의 입력수단을 조작하여 3차원 모델 검색에 필요한 객체를 선택한다. 이러한 과정에 있어, 본 발명에 따른 사용자 단말기(100)는 그랩컷(GrabCut) 기법을 사용하여 컬러 영상에 대한 객체 분할을 수행하도록 구성될 수 있다. 사용자 단말기(100)는 사용자의 선택에 따라 컬러 영상 상에서 객체 분할을 위한 마스크를 생성하며, 이렇게 생성된 마스크에 기초해 대응되는 깊이 영상의 특정 영역을 질의 영상으로서 결정하도록 구성된다. 깊이 영상의 특정 영역이 질의 영상으로서 결정되면, 사용자 단말기(100)는 결정된 깊이 영상을 질의 영상으로서 3차원 모델 검색 서버(300)로 전송하게 된다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 네트워크(200)는 유선 및 무선 등과 같은 그 통신 양태를 가리지 않고 구성될 수 있으며, 단거리 통신망(PAN; Personal Area Network), 근거리 통신망(LAN; Local Area Network), 도시권 통신망(MAN; Metropolitan Area Network), 광역 통신망(WAN; Wide Area Network) 등 다양한 통신망으로 구성될 수 있다.

[0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 크게 2가지 기능을 수행하도록 구성될 수 있다. 첫째, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로 사용하여 3차원 모델의 검색을 수행할 수 있도록, 복수의 3차원 모델들에 대한 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)를 구축하는 기능을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0039] 즉, 전술한 바와 같이, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 사용자 단말기(100)에 연결된 보급형 3차

원 카메라(110)로부터 취득된 한 장의 깊이 영상을 이용하여 내용기반 3차원 모델 검색을 수행하도록 구성된다. 따라서, 본 발명에 따르면 3차원 모델 데이터 자체를 질의로 사용하는 종래기술들에 비해 매우 간편히 질의 데이터를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그러나 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 시스템이 한 장의 깊이 영상만을 검색에 사용하므로, 3차원 모델 자체를 질의로 사용하는 종래기술들에 비해 유사도 비교에 필요한 정보가 현저히 부족해질 수 있다는 문제점이 있을 수 있다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 질의 영상인 한 장의 깊이 영상과 데이터베이스(350)에 저장된 3차원 모델의 깊이 영상들 간의 효율적인 매칭이 이루어지도록 해야할 필요성이 있다. 3차원 모델을 렌더링하여 z-버퍼를 통해 얻을 수 있는 깊이 영상은 카메라의 위치에 따라 다양하게 변할 수 있기 때문에, 사용자가 촬영할 확률이 높은 부분과 3차원 모델을 대표할 수 있는 부분에서 카메라 시점이 샘플링되어야 한다. 따라서 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 3차원 모델의 곡률, 투영된 면적, 카메라 자세 등의 요소들을 고려하여 특정 카메라 시점이 가지는 해당 3차원 모델에 대한 중요도를 판단하고, 판단된 중요도에 따라 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 획득하기 위한 카메라 시점들을 적응적으로 샘플링하도록 구성될 수 있다. 중요도에 기초하여 카메라 시점들이 적응적으로 샘플링되기 때문에, 사용자가 촬영할 확률이 높은 카메라 시점들 및/또는 3차원 모델의 많은 정보를 포함하고 있는 카메라 시점들이 적응적으로 결정될 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 3차원 모델에 대하여 상대적으로 중요한 카메라 시점들을 적응적으로 결정하고, 결정된 카메라 시점들 각각에서 해당 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 획득하며, 획득된 복수의 깊이 영상들로서 해당 3차원 모델을 표현함으로써 3차원 모델 데이터베이스(350)를 구축할 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 1개의 3차원 모델을 적응적으로 샘플링된 카메라 시점들에서 획득된 100개의 깊이 영상들로써 표현하고, 이를 데이터베이스(350)에 구조화하여 저장하도록 구성될 수 있다. 한편, 실시예를 구성하기에 따라, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 획득된 깊이 영상들 자체를 데이터베이스(350)에 저장하는 대신, 소정의 알고리즘에 따라 획득된 깊이 영상으로부터 유사도 비교에 필요한 정보(예를 들어, 회전불변 기술자)를 생성하고, 생성된 정보를 데이터베이스(350)에 저장하도록 구성될 수도 있다. 전술한 바와 같은 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)의 데이터베이스(350) 구축 기능에 대해서는 도 2 내지 도 7을 참조하여 더 구체적으로 설명하도록 한다.

[0040] 따라서, 전술한 바와 같은 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)에 의해 구축되는 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)에는 복수의 3차원 모델들 각각이 복수의 깊이 영상들(또는 유사도 비교에 필요한 깊이 영상으로부터 획득될 수 있는 정보들)로서 구조화되어 저장된다. 실시예를 구성하기에 따라, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)는 3차원 모델 자체를 저장하도록 구성될 수도 있으며, 또는 3차원 모델에 해당되는 깊이 영상들의 집합만을 저장하도록 구성될 수도 있다.

[0041] 또한, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 사용자 단말기(100)로부터 전송되는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 수신하고, 수신된 질의 영상과 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)에 저장되어 있는 깊이 영상들의 유사도를 비교하며, 유사도 비교결과에 따라 질의 영상에 매칭되는 3차원 모델(들)의 정보를 추출하여 사용자 단말기(100)로 전송하도록 구성될 수 있다. 실시예를 구성하기에 따라, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 질의 영상과 데이터베이스(350)에 저장되어 있는 깊이 영상들 자체를 비교하도록 구성될 수도 있다. 또는, 전술한 바와 같이, 깊이 영상들로부터 생성된 회전불변 기술자가 데이터베이스(350)에 저장되어 있는 경우, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 데이터베이스 구축시 사용된 회전불변 기술자를 생성 알고리즘을 질의 영상에 적용하여 질의 영상에 대응되는 회전불변 기술자를 생성하고, 이를 데이터베이스(350)에 저장되어 있는 회전불변 기술자들과 비교함으로써 유사도를 판단하도록 구성될 수도 있다. 전술한 바와 같은 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)의 3차원 모델 검색 기능에 대해서는 도 2, 도 8을 참조하여 더 구체적으로 설명하도록 한다.

[0042] 한편, 도 1에서 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)가 3차원 모델 데이터베이스 구축 및 3차원 모델 검색 기능을 모두 수행하는 것으로 도시되어 있으나, 실시예를 구성하기에 따라 물리적으로 및/또는 논리적으로 분리된 별개의 서버들이 각각의 기능을 수행하도록 구성될 수 있음은 당업자에게 자명할 것이다. 또한, 전술한 바와 같은 3차원 모델 검색 서버(300)의 3차원 모델 데이터베이스 구축 기능을 초기에 데이터베이스 구축시 오프라인 상에서 1회 수행될 수 있으며, 추후 3차원 모델이 추가되는 경우 그때마다 추가되는 3차원 모델에 대하여 수행될 수 있다. 한편, 전술한 바와 같은 3차원 모델 검색 서버(300)의 3차원 모델 검색 기능을 온라인 상에서 실시간으로 수행된다.

[0043] **II. 3차원 모델 검색 서버의 구성과 기능**

[0044] 도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)의 구성 블록도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 전술한 바와 같은 3차원 모델 데이터베이스(350)를 구축하기 위한 데이터베이스 생성부(310)와, 3차원 모델 검색 기능을 수행하기 위한 질의영상 처리부(320) 및 검색처리부(330)를 포함할 수 있다.

[0045] **1. 3차원 모델 검색 데이터베이스의 구축 - 3차원 모델의 다중 깊이 영상 기반 표현**

[0046] 이하에서, 3차원 모델의 다중 깊이 영상 표현(multple depth image-based representation)을 위한 적응적 시점 샘플링 기법을 설명한다. 다중 깊이 영상 기반 표현이란 3차원 형상이 복수의 깊이 영상으로부터 생성될 수 있다는 개념에 기초하여, 3차원 모델을 각각의 다른 시점에서 취득한 수개의 깊이 영상 집합으로 표현하는 방법이다. 본 발명에서는 3차원 카메라를 통해 취득한 질의 깊이 영상과 3차원 모델 간의 비교를 위하여 데이터베이스(350)에 저장되는 각각의 3차원 모델을 다중 깊이 영상 기반으로 표현하였다. 하지만 기존의 깊이 영상 기반 검색 알고리즘이 3차원 모델을 둘러싼 구면체상에 균일하게 샘플링된 시점에서 3차원 모델을 렌더링한 것과 달리 본 발명에서는 3차원 모델의 기하학적 형태를 고려한 적응적 시점 샘플링을 통해 단 한 장의 질의 깊이 영상을 이용한 3차원 모델 검색이 보다 효과적으로 이루어질 수 있도록 하였다.

[0047] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 데이터베이스 생성부(310)는 정규화 모듈(312), 카메라 시점 결정모듈(314), 및 회전불변 기술자 생성모듈(316)을 포함할 수 있다. 또한, 도 3은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버에서 수행되는 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축과정을 도시한 순서도이다. 이하에서, 도 2의 데이터베이스 생성부(310)의 구성 블록도 및 도 3의 순서도를 참조하여, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)에서 수행되는 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)의 구축과정에 대하여 상세하게 살펴보도록 한다.

[0048] 먼저, 도 3에 도시되어 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 데이터베이스 생성부(310)는 3차원 모델 검색 데이터베이스를 구축하기 위하여, 복수의 3차원 모델들 중 하나를 선택한다(S300). 데이터베이스 생성부(310)는 선택된 3차원 모델에 대하여, 3차원 모델 정규화 단계(S302), 초기 카메라 시점 설정 단계(S304), 중요도 계산 단계(S306), 카메라 시점의 적응적 샘플링 단계(S308), 및 회전불변 기술자 생성 및 저장 단계(S310)를 수행하여, 선택된 3차원 모델을 복수의 회전불변 기술자들의 집합으로써 표현 및 저장하도록 구성된다. 전술한 바와 같은 S302 단계 내지 S310 단계는 3차원 모델 검색 데이터베이스 구축의 대상이 되는 모든 3차원 모델들에 대하여 반복적으로 수행된다. 이하에서 각각의 단계를 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0049] **1-1. 3차원 모델의 정규화 단계(S302)**

[0050] 데이터베이스(350)의 3차원 모델들은 지역 좌표계에서의 크기, 원점, 방향이 모두 다르다. 따라서 3차원 모델의 다중 깊이 영상 표현에 앞서 데이터베이스(350)의 모든 3차원 모델에 대해 정규화 과정이 필요하다. 따라서, 본 발명에 따른 정규화 모듈(312)은 선택된 3차원 모델에 대하여 적어도 하나 이상의 정규화를 수행하도록 구성된다. 실시예를 구성하기에 따라 이러한 3차원 모델의 정규화 단계(S302)는 선택된 3차원 모델에 대하여 개별적으로 수행될 수도 있으며, 또는 데이터베이스(350) 내의 모든 3차원 모델들에 대하여 정규화 단계를 미리 수행하도록 구성될 수도 있다. 보다 구체적으로, 본 발명에 따른 정규화 모듈(312)은 먼저 3차원 모델의 중심이 좌표의 중심에 오도록 3차원 모델을 이동시킴으로써 이동 정규화를 수행한다. 한편, 본 발명에서 제안하는 회전불변 기술자는 회전의 변화에는 강인하지만 크기 변화에 민감하다. 따라서 본 발명에 따른 정규화 모듈(312)은 3차원 모델이 단위 구면체에 내접하도록 3차원 모델의 크기 정규화를 수행한다.

[0051] **1-2. 1면체를 통한 초기 카메라 시점 설정 단계(S304)**

[0052] 시점 기반 방식 유사도 측정을 위한 회전불변 기술자 생성에 앞서, 데이터베이스 내의 3차원 모델을 특정 카메라 시점에서 렌더링하고 깊이 영상을 취득해야 한다. 따라서, S302 단계에서 3차원 모델에 대한 정규화가 완료되면, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 초기 카메라 시점을 설정하기 위하여, 크기 정규화 과정에서 사용된 단위 구면체에 내접하는 1면체(1은 4 이상의 양의 정수)를 설정하고, 1면체를 구성하는 각각의 정점을 초기 카메라 시점으로 설정하도록 구성될 수 있다. 이때, 1면체는 바람직하게 20면체로 설정될 수 있으며, 또한 20면체를 구성하는 각각의 면은 삼각면으로 구성될 수 있다. 이하에서, 이해 및 설명의 편의를 위하여, 20면체를 설정하여 초기 카메라 시점을 결정하고, 이를 중요도에 따라 적응적으로 샘플링하도록 구성된 실시예를 기준으로 설명하나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0053] 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 단위 반지름 크기의 구에 내접하는 20면체(icosahedron)에 대해 메쉬 분할 기법(mesh subdivision)을 적용하여 카메라 시점을 샘플링하도록 구성될 수 있다. 도 4는 종래기술에 따른 20면체의 메쉬 분할 결과를 나타낸 예시도로서, 좌측에는 설정된 20면체가 도시되어 있으며, 우측에는 종래기술에 따라 20면체를 메쉬 분할한 결과가 도시되어 있다. 20면체의 모든 정점에 대해 메쉬 분할을 적용하는 경우, 도 4의 우측에 도시된 바와 같이 표면에 균일한 정점을 가진 단위 구면체를 만들어낼 수 있으며 각 정점은 구의 중심을 바라보는 카메라의 시점을 의미한다. 하지만 이와 같은 방법, 모든 정점에 대하여 균일하게 메쉬 분할을 수행하는 경우, 3차원 형상의 특징을 고려하지 않았으므로 단 한 장의 부분 깊이 영상을 질의 데이터로 사용하는 알고리즘으로의 적용에 비효율적이다. 균일한 시점의 샘플링으로 인하여 유사도 비교에 불필요한 시점들이 샘플링 될 수 있으며, 이는 검색 정확도의 저하와 함께 데이터의 낭비를 또한 가져올 수 있기 때문이다. 따라서 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 3차원 모델 각각의 기하학적 형태를 고려하여 유사도 검색에 적절한 시점들을 적응적으로 샘플링하도록 구성될 수 있다. 이하에서, 이러한 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)에 의해 수행되는 카메라 시점의 적응적 샘플링에 대해 구체적으로 살펴본다.

[0054] **1-3. 서로 다른 카메라 시점에 대한 깊이 영상의 중요도 계산 단계(S306)**

[0055] 초기 카메라 시점이 설정되면, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 설정된 초기 카메라 시점들 각각에서 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 획득하고, 획득된 깊이 영상들 각각에 대한 중요도를 산출하도록 구성될 수 있다. 깊이 영상의 중요도란, 특정 카메라 시점에서 획득된 깊이 영상이 해당 3차원 모델을 얼마나 잘 표현하고 있는지, 및/또는 사용자가 질의 영상으로서 촬영할 깊이 영상과 유사할 가능성이 얼마나 높은지를 정규화하여 수치적으로 나타낸 것이다. 따라서, 중요도가 높은 깊이 영상은 중요도가 낮은 깊이 영상에 비하여 해당 3차원 모델의 특징적인 부분을 상대적으로 더 많이 포함하고 있거나, 및/또는 사용자가 질의 영상으로서 촬영할 확률이 상대적으로 높다는 것을 의미한다. 또한, 깊이 영상의 중요도는 해당 깊이 영상이 획득된 카메라 시점의 중요도와도 혼용될 수 있다. 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 카메라 위치에 따라 달라지는 3차원 모델의 중요도(saliency)를 계산하여 카메라 시점의 적응적 샘플링을 수행하도록 구성될 수 있다. 중요도는 카메라 시점에 따라 달라지는 3차원 모델의 투영된 면적(area), 곡률(curvature) 그리고 카메라의 자세(pose) 중 적어도 하나 이상에 기초하여 결정될 수 있다. 각각의 중요도 요소는 0.0 ~ 1.0 사이의 정규화 된 값을 갖게 되며, 카메라 시점 v에 따른 전체 중요도 S(v)는 다음의 수학식 1과 같이 각각의 가중치가 적용된 세 가지 중요도 요소의 합으로 계산될 수 있다.

수학식 1

[0056] $$S(v) = \alpha \cdot Area(v) + \beta \cdot Curvature(v) + \gamma \cdot Pose(v)$$

[0057] 중요도를 계산하기 위한 가중치들은 필요에 따라 다양하게 설정될 수 있다. 예를 들어, 3차원 모델에 따라 면적이 중요한 경우 면적에 부여되는 가중치가 다른 가중치들에 비하여 상대적으로 높게 설정될 수 있다. 보다 바람직하게, 본 발명의 일 실시예에 있어 각각의 가중치는 α=1.0, β=1.5, γ=0.8로 설정될 수 있으며, 이러한 경우 최적의 검색 성능을 보일 수 있다.

[0058] **1-3-1. 면적(area) 중요도**

[0059] 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 특정 카메라 시점에서 투영된 3차원 모델의 면적이 클수록 면적 중요도를 높게 계산하도록 구성될 수 있다. 일반적으로 투영된 물체의 면적이 클수록 물체의 특징을 잘 표현할 수 있는 시점이라고 할 수 있다. 그러나, 각각의 3차원 모델이 나타낼 수 있는 최대 면적은 모두 다르기 때문에, 투영된 면적을 절대적인 수치로 표현하여 중요도로 사용할 수는 없다. 따라서 면적 중요도를 정규화시키는데 사용하기 위해 단위 구면체 상의 균일한 시점을 샘플링하고, 해당 시점에서 투영된 객체의 면적을 비교하여 각각의 3차원 모델이 투영되어 나타날 수 있는 최대 면적을 추정하도록 구성될 수 있다. 따라서 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)에서, 최종적인 면적 중요도 Area(v)는 다음의 수학식 2와 같이, 카메라 시점 v에서 투영되는 물체의 전경 영역을 F(x)라 했을 때, 이에 포함되는 화소의 총 개수와 해당 3차원 모델이 나타낼 수 있는 최대 화소수의 비로 계산될 수 있다.

수학식 2

$$Area(v) = \frac{n\{x \mid x \in F(v)\}}{Area_{max}}$$

[0060]

[0061] 수학식 2에서, $Area_{max}$는 투영된 3차원 모델이 나타날 수 있는 최대 면적을 의미한다.

[0062] **1-3-2. 곡률(curvature) 중요도**

[0063] 또한, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 특정 카메라 시점에서 투영된 3차원 모델의 표면이 큰 곡률을 많이 포함하고 있을수록 곡률 중요도를 높게 계산하도록 구성될 수 있다. 면적 중요도와 함께 투영된 물체 영역의 표면에서 큰 곡률을 많이 포함하고 있을수록, 이는 3차원 모델의 특징을 잘 나타내는 시점이라고 할 수 있다. 면적 중요도와 마찬가지로 절대적인 수치를 그대로 사용할 수 없으므로, 균일하게 샘플링된 시점에서 투영된 3차원 모델의 평균 곡률 합을 비교하여 최대 평균 곡률 합을 추정하고, 이를 정규화시키는데 사용하였다. 따라서 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)에서, 곡률 중요도 Curvature(v)는 다음의 수학식 3과 같이 카메라 시점 v에서 투영되는 물체의 표면 F(x)에 속하는 모든 화소 x에서의 평균 곡률 C(x)의 절대값의 총 합과 앞서 구한 최대 평균 곡률 합의 비로 계산될 수 있다.

수학식 3

$$Curvature(v) = \frac{\sum_{x \in F(v)} |C(x)|}{Curvature_{max}}$$

[0064]

[0065] 수학식 3에서, $Curvature_{max}$는 투영된 3차원 모델이 나타날 수 있는 최대 곡률 합이며, 평균 곡률 C(x)는 다음의 수학식 4와 같이 인접 정점 과와의 주 곡률(principal curvature)인 최소 곡률 k_{min}과 최대 곡률 k_{max}의 평균으로 계산될 수 있다.

수학식 4

$$C(x) = \frac{1}{2}(\kappa_{min} + \kappa_{max})$$

[0066]

[0067] **1-3-3. 카메라 자세(pose) 중요도**

[0068] 또한, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 특정 카메라 시점에서 상기 3차원 모델을 바라보는 방향과 상기 3차원 모델의 상부가 가리키는 방향(수직 방향 : upright direction)과의 사이 각도가 작을수록 상기 카메라 자세 중요도를 높게 계산하도록 구성될 수 있다. 보다 구체적으로, 실세계에 존재하는 물체에 대한 영상을 취득한다고 가정할 때, 물체의 상부가 가리키는 방향을 수직 방향(upright direction)이라고 한다. 카메라가 바라보는 방향과 수직 방향의 사이 각도가 작을수록 영상이 취득될 확률이 높음과 동시에 물체의 특징을 많이 보유하고 있을 확률이 높다. 이는 대체로 평탄한 면에 놓여져 있는 일반적인 물체는 상부에 많은 특징을 갖고 있기 때문이다. 따라서 다음의 수학식 5에 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 카메라의 방향과 수직 방향 사이의 각 Θ_v에 따라, 물체의 가장 아래 부분에서 최소, 수직 방향과 카메라 방향이 동일할 때 최대의 값을 갖도록, 카메라 자세 중요도를 계산하도록 구성될 수 있다.

수학식 5

$$Pose(v)=\frac{1+\cos\theta_v}{2}$$

[0069]

[0070] 도 5a 및 도 5b는 카메라 시점에 따른 중요도 변화결과를 나타낸 예시도이다. 도 5a 및 도 5b에는 이상에서 설명한 세가지 중요도의 카메라 시점에 따른 변화를 종합한 두 가지 3차원 모델이 도시되어 있다. 도 5a 및 도 5b에 있어, 3차원 모델의 색상은 표면에서의 평균 곡률을 나타내며, 붉은색 영역은 큰 곡률을, 초록색 영역은 낮은 곡률을 갖는 것을 의미한다.

[0071] **1-4. 카메라 시점의 적응적 샘플링 단계(S308)**

[0072] 각 카메라 시점에서의 중요도를 구한 후, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 20면체를 이루는 각각의 면에 대하여 해당 면을 구성하는 각 카메라 시점들의 중요도에 기초하여 해당 면의 중요도를 계산하도록 구성될 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 가장 높은 중요도를 갖는 부분에서 보다 많은 카메라 시점을 샘플링하기 위해 다음의 수학식 6을 사용하여 삼각형(즉, 20면체의 각 면)을 이루는 모든 정점 집합의 중요도 S(i,j,k)를 계산한다. 이러한 방식으로 계산된 면의 중요도는 20면체를 적응적으로 메쉬 분할하기 위하여 사용될 수 있다.

수학식 6

$$S(i,j,k)=\lambda^n\left\{\frac{S(i)+S(j)+S(k)}{3}\right\}$$

[0073]

[0074] 즉, 각 시점의 중요도만을 이용해 메쉬 분할을 수행하게 되면, 분할된 시점에서의 중요도 역시 매우 높은 값을 갖게 되기 때문에 어느 한 부분에서만 집중적으로 정점 분할이 이루어질 수 있다. 따라서 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 이를 방지하기 위해 분할된 깊이만큼의 가중치를 추가적으로 적용하도록 구성될 수 있다. n은 정점들이 분할된 최대 깊이를 나타내며, 초기값은 0으로 설정된다. 예시적인 일 실시예에 있어, 가중치는 λ=0.8로 설정될 수 있으며, 이를 통해 20면체의 메쉬 분할이 어느 한쪽으로만 집중되지 않게 된다. 따라서, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 전술한 바와 같은 수학식 6을 이용하여 각 면의 중요도를 계산하고, 계산된 면의 중요도에 기초하여 미리 설정된 조건이 충족될 때까지 20면체의 메쉬 분할을 수행하도록 구성된다. 예를 들어, 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)은 100개의 카메라 시점이 획득될 때까지 메쉬 분할을 수행하여 카메라 시점을 적응적으로 샘플링하도록 구성될 수 있다.

[0075] 도 6a 내지 도 6d는 중요도를 계산하기 위한 가중치들의 변화에 따른 카메라 시점 샘플링 결과를 비교한 예시도이다. 도 6a 내지 도 6d에 지금까지 설명한 가중치 α, β, γ, λ의 변화에 따른 적응적 샘플링 결과가 도시되어 있다. 도 6a는 다른 가중치들을 β=0.1, γ=0.1, λ=0.8로 설정한 상태에서, α를 0.1, 0.3, 1.0, 2.0으로 변화시킨 카메라 시점 샘플링 결과를 나타낸다. 도 6a에서 확인될 수 있는 바와 같이, 면적 중요도의 가중치 α가 커질수록 보다 큰 면적이 투영될 수 있는 카메라 위치(3차원 모델 좌·우측)에 많은 시점들이 샘플링된다. 또한, 도 6b는 다른 가중치들을 α=0.1, γ=0.1, λ=0.8로 설정한 상태에서, β를 0.1, 0.3, 1.0, 2.0으로 변화시킨 카메라 시점 샘플링 결과를 나타낸다. 도 6b에서 확인될 수 있는 바와 같이, 곡률 중요도의 가중치 β가 커질수록 곡률 변화가 많은 부분(3차원 모델 좌·우측)에 보다 많은 시점이 샘플링되는 것을 확인할 수 있다.

[0076] 또한, 도 6c는 다른 가중치들을 α=0.1, β=0.1, λ=0.8로 설정한 상태에서, γ를 0.1, 0.3, 1.0, 2.0으로 변화시킨 카메라 시점 샘플링 결과를 나타낸다. 도 6c에서 확인될 수 있는 바와 같이, 카메라 자세 중요도의 가중치 γ가 커질수록 수직 방향 근처에서 많은 시점이 샘플링되는 것을 확인할 수 있다. 마지막으로, 도 6d는 다른 가중치들을 α=0.1, β=1.5, γ=0.8로 설정한 상태에서, λ를 0.7, 0.8, 0.9, 1.0으로 변화시킨 카메라 시점 샘플링 결과를 나타낸다. 도 6d에서 확인될 수 있는 바와 같이, 순환 분할 깊이에 따른 가중치 λ가 작아질수록

균일한 시점 샘플링에 가까워지고, 반대로 λ가 커질수록 특정 부분으로 수렴하여 20면체의 메쉬 분할이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 도 7은 본 발명에 따라 소정의 가중치를 사용하여 카메라 시점을 샘플링한 결과를 나타내는 예시도이다. 도 7에는 최종적으로 본 발명의 일 실시예에서 사용한 가중치(α=1.0, β=1.5, γ=0.8, λ=0.8)를 적용한 카메라 시점 샘플링 결과를 도시하였다.

[0077] **1-5. 깊이 영상들에 대한 회전불변 기술자 생성 단계(S310)**

[0078] 본 발명에 따른 카메라 시점 결정모듈(314)이 전술한 단계들(S304 내지 S308)을 수행하여 카메라 시점들을 적응적으로 샘플링하고 샘플링된 카메라 시점들을 해당 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 획득하기 위한 카메라 시점들로 결정하면, 본 발명에 따른 회전불변 기술자 생성모듈(316)은 샘플링된 카메라 시점들 각각에서 깊이 영상을 획득하고, 획득된 깊이 영상에 대한 회전불변 기술자를 생성하도록 구성된다.

[0079] 사용자 단말기(100)의 3차원 카메라(110)로부터 입력받은 질의 깊이 영상과 다중 깊이 영상으로 표현된 영상은 카메라의 회전에 대한 정보를 포함하지 않는다. 따라서 렌더링된 모든 깊이 영상에 대해 회전불변 기술자를 생성하여 유사도 측정이 이루어져야 한다. 이를 위해 본 발명에 따른 회전불변 기술자 생성모듈(316)은 저니크(Zernike) 모멘트를 사용하여 깊이 영상에 대한 회전불변 기술자를 생성하도록 구성될 수 있다. 다만, 본 발명이 저니크 모멘트를 사용하는 것에 한정되는 것은 아니며, 회전불변 특성을 갖는 소정의 정보를 생성할 수 있는 다양한 공지된 기법들이 필요에 따라 채택되어 사용될 수 있으며, 이러한 경우에도 본 발명의 기술적 요지를 포함하고 있는 한 본 발명의 권리범위에 속함은 당업자에게 자명할 것이다. 저니크 모멘트는 단위 원 안에서 직교하는 복소 다항식(complex polynomials)들의 집합이므로 회전불변 특성을 갖고 있으며, 다음의 수학식 7에 제시한 바와 같이 영상 f(x,y)를 직교 기저함수로 투영함으로써 얻을 수 있다. N은 영상의 해상도를 나타내며 k와 m은 저니크 모멘트의 차수를 나타낸다. 차수 k는 $k \in N^{+}$를 만족하는 자연수이며, m은 $0 < m < |k|$이고, $k-|m|$가 짝수임을 만족시키는 모든 자연수이다. 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따른 회전불변 기술자 생성모듈(316)은 차수 k를 13까지 계산하여 하나의 깊이 영상당 56개의 저니크 모멘트를 생성하도록 구성될 수 있다.

수학식 7

[0080]
$$Z_{km} = \frac{2(k+1)}{\pi(N-1)^2} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} R_{km}(r_{xy}) e^{-jm\theta_{xy}} f(x,y)$$

[0081] 수학식 7에서, 차수 k와 m에 따른 방사 다항식(radial polynomial) R_{km}은 다음의 수학식 8과 같이 정의된다.

수학식 8

[0082]
$$R_{km}(r) = \sum_{s=0}^{(k-|m|)/2} (-1)^s \frac{(k-s)!}{s!((k+|m|)/2-s)!((k-|m|)/2-s)!} r^{k-2s}$$

[0083] 이는 차수 k에 대해 $O(K^3)$의 복잡도를 가지므로 모든 깊이 영상의 기술자를 생성하는 데에 있어, 매번 연산하는 것은 매우 비효율적이다. 한편 동일한 해상도의 영상에서의 다항식 R_{km}은 모두 동일한 크기를 가지므로, 본 발명에 따른 회전불변 기술자 생성모듈(316)은 단 한번의 연산 후 스펙트럼을 저장해 두고 이를 다른 영상의 기술자 생성에 재활용하여 연산을 최소화하도록 구성될 수 있다.

[0084] 전술한 바와 같은 과정을 통해, 하나의 3차원 모델이 중요도에 기초하여 적응적으로 샘플링된 복수의 카메라 시점들에서 획득된 복수의 깊이 영상들로서 표현되어 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)에 구조화되어 저장될 수 있으며, 보다 바람직하게 복수의 깊이 영상들 각각으로부터 생성되는 복수의 회전불변 기술자로서 3차원 모델이 표현되어 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)에 구조화되어 저장될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 데이터

베이스 생성부(310)는 하나의 3차원 모델에 대하여 적응적으로 샘플링된 100개 카메라 시점들 각각에서 깊이 영상들을 획득하고, 각각의 깊이 영상마다 56개의 저니크 모멘트들을 생성하여 3차원 모델을 표현하도록 구성될 수 있다. 이러한 경우, 하나의 3차원 모델은 5600개의 저니크 모멘트들로 표현될 수 있다.

[0085] **2. 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색**

[0086] 다시 도 2를 참조하면, 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)는 사용자 단말기(100)로부터 전송된 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 수신하고, 수신된 질의 영상에 매칭되는 3차원 모델 검색을 수행하기 위한 질의영상 처리부(320) 및 검색 처리부(330)를 포함할 수 있다. 본 발명에 따른 질의영상 처리부(320)는 수신된 질의 영상을 3차원 모델 검색에 적합하도록 처리하는 기능을 수행하도록 구성되며, 검색 처리부(330)는 질의영상 처리부(320)로부터 출력되는 처리된 질의 영상과 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)에 저장된 깊이 영상 간의 유사도를 비교하여 검색을 수행하도록 구성될 수 있다. 또한, 전술한 바와 같은 기능을 수행하기 위하여, 본 발명에 따른 질의영상 처리부(320)는 필터 모듈(322), 원근보정 모듈(324), 및 회전불변 기술자 생성모듈(316)을 포함할 수 있다. 한편, 도 8은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 서버에서 수행되는 3차원 모델 검색과정을 도시한 순서도이다. 이하에서, 도 2 및 도 8을 참조하여, 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 서버(300)에서 수행되는 내용기반 3차원 모델 검색과정에 대하여 상세하게 살펴보도록 한다.

[0087] **2-1. 질의 영상의 필터링 단계(S802)**

[0088] 본 발명에 따른 질의영상 처리부(320)는 사용자 단말기(100)로부터 전송되는 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 수신하고(S800), 수신된 질의 영상을 3차원 모델 검색에 적합하도록 처리하는 기능(S802, S804)을 수행하도록 구성될 수 있다. 이러한 기능을 수행하기 위하여, 본 발명에 따른 질의영상 처리부(320)는 수신된 질의 영상에 대해 3차원 카메라의 잡음을 제거하는 필터 모듈(322) 및 질의 영상의 원근성분을 제거하는 원근보정 모듈(324)을 포함할 수 있다.

[0089] 먼저 질의 영상의 필터링에 대하여 구체적으로 살펴보도록 한다. 본 발명에서 제안하는 3차원 모델 검색 알고리즘은 질의 데이터로서 잡음을 포함한 한 장의 깊이 영상만을 사용하므로 정제된 깊이 영상이 반드시 필요하다. 따라서 본 발명에 따른 필터 모듈(322)은 외곽선이 보존되는 평활화 필터인 양방향-필터링(bilateral-filtering) 기법을 통해 수신된 질의 영상의 3차원 카메라의 잡음을 제거하도록 구성될 수 있다. 즉, 화소의 위치 p에서의 필터링 결과 $I_{bilateral}(p)$는, 마스크 S에 포함되는 주변 화소 q에 대해 화소간의 공간적 거리($\|p-q\|$)와 화소의 밝기(intensity) 차이($|I_p - I_q|$)에 따라 변화하는 가우시안 가중치(Gaussian weight) G_{σ_s}와 G_{σ_r}를 화소 p의 I_q에 곱하고, S 내부 화소의 수 $|S|$에 의해 정규화 함으로서 얻을 수 있다. 이를 수식으로 표현하면 다음의 수학식 9와 같다.

수학식 9

[0090]
$$I_{bilateral}(p) = \frac{1}{|S|}\sum_{q\in S} G_{\sigma_s}(\|p-q\|)G_{\sigma_r}(|I_p - I_q|)I_q$$

[0091] 이러한 방식으로, 본 발명에 따른 필터 모듈(322)은 화소간의 공간적 거리와 화소의 밝기 차이를 함께 고려하여 영상을 필터링함으로써 깊이 영상의 잡음을 효과적으로 제거함과 동시에 객체의 윤곽을 유지할 수 있다.

[0092] **2-2. 질의 영상의 원근보정 단계(S804)**

[0093] 본 발명에 따른 원근보정 모듈(324)은 필터링된 질의 영상에 대하여 원근성분을 제거하도록 구성될 수 있다. 시점기반의 3차원 모델 검색을 위해서는 모든 깊이 영상에서 동일한 투영이 이루어져야 한다. 이를 위해 데이터베이스(350)의 3차원 모델의 깊이 영상을 질의 영상과 동일한 원근(perspective) 성분을 가진 환경에서 취득하거나, 또는 질의 영상의 원근성분을 제거하고 데이터베이스(350)의 3차원 모델의 깊이 영상을 직교투영(orthogonal projection)하여 취득하는 두 가지의 방법을 사용할 수 있다. 본 발명에서는 데이터베이스(350)의

3차원 모델의 깊이 영상이 직교 투영되도록 하고, 3차원 카메라(110)로부터의 질의 깊이 영상은 원근 성분을 제거하여 두 영상에서 동일하게 직교투영이 이루어지도록 하였다. 따라서, 본 발명에 따른 원근보정 모듈(324)은, 질의 깊이 영상의 모든 화소를 3차원 공간의 점군(point cloud)로 나타내고, 이를 다시 직교투영(orthogonal projection)하여 깊이 영상을 다시 취득함으로써, 질의 깊이 영상의 원근 성분 제거를 수행하도록 구성된다. 여기서 깊이 영상의 화소를 점군으로 나타내기 위해서는 2차원 영상에서가 아니라 실제 3차원 공간에서 화소의 좌표를 구해야 하며 이는 다음의 수학식 10을 통해 수행된다.

수학식 10

$$x(u,v) = \frac{d(u,v)}{F}(u - C_x)$$

$$y(u,v) = \frac{d(u,v)}{F}(v - C_y)$$

$$z(u,v) = d(u,v)$$

[0094]

[0095] 수학식 10에 있어, (u,v)는 취득된 깊이 영상에서 화소의 좌표이며, x, y, z는 각각 실제 3차원 공간의 세 주축에 대한 점군의 좌표를 의미한다. 그리고 C_x, C_y는 카메라의 주점(principal point)을 뜻하며, F는 카메라의 초점 거리, d(u,v)는 깊이 영상 화소의 좌표 (u,v)에서의 깊이값이다.

[0096] **2-3. 질의 영상의 회전불변 기술자 생성 단계(S806)**

[0097] 한편, 본 발명에 따른 질의영상 처리부(320) 내에 포함되는 회전불변 기술자 생성모듈(326)은 데이터베이스(350) 내에 저장된 3차원 모델들에 대한 회전불변 기술자들과의 질의 영상을 비교하기 위하여, 필터링되고 원근 성분이 제거된 질의 영상에 대하여 회전불변 기술자를 생성하도록 구성된다. 질의영상 처리부(320) 내에 포함되는 회전불변 기술자 생성모듈(326)은 전술한 바와 같은 데이터베이스 생성부(310) 내의 회전불변 기술자 생성모듈(316)과 실질적으로 동일한 알고리즘을 이용하여 질의 영상에 대한 회전불변 기술자를 생성하므로, 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 또한, 질의영상 처리부(320) 내에 포함되는 회전불변 기술자 생성모듈(326)과 데이터베이스 생성부(310) 내의 회전불변 기술자 생성모듈(316)과 실질적으로 동일하므로, 3차원 모델 검색 서버(300)가 데이터베이스 구축 기능과 3차원 모델 검색 기능을 모두 수행하도록 구성되는 경우, 2개의 회전불변 기술자 모듈들(316, 326) 중 하나가 생략될 수 있다. 본 발명에 따른 질의영상 처리부(320) 내에 포함되는 회전불변 기술자 생성모듈(326)은 질의 영상에 대한 회전불변 기술자, 즉, 저니크 모멘트들을 생성하여 검색 처리부(330)로 출력하게 된다.

[0098] **2-4. 유사도 비교 및 검색결과 생성단계(S808 내지 S812)**

[0099] 본 발명에 따른 검색 처리부(330)는 질의영상 처리부(320)로부터 출력되는 질의 영상에 대한 회전불변 기술자들을 입력받고, 질의 영상의 회전불변 기술자와 데이터베이스(350) 내에 저장되어 있는 3차원 모델들에 대한 회전불변 기술자를 비교함으로써 유사도를 비교하도록 구성된다.

[0100] **2-4-1. 기술자를 통한 유사도 계산**

[0101] 본 발명에 따른 검색 처리부(330)에 의해 최종적으로 질의 영상의 기술자와 데이터베이스(350) 내의 모든 3차원 모델에 대한 기술자가 각각 비교된다. 다음의 수학식 11에 나타낸 바와 같이 각 모델의 차이(dissimilarity) D는 n개의 카메라 시점들에 대해 질의 데이터와의 저니크 모멘트 차이를 최소화하는 시점과의 차이 값이 되며, D가 작을수록 질의 영상에 대한 해당 3차원 모델의 유사도가 높은 것으로 판단된다.

수학식 11

$$D = \min\{\sum_{k=0}^{p}\ \sum_{m=0}^{q} | Z_{km}^{query} - Z_{km}^{nth\ view} |\}$$

[0102]

[0103] 최종적으로 본 발명에 따른 검색 처리부(330)는 D가 작은 순서대로 3차원 모델들을 선택하고, 선택된 3차원 모델들에 대한 정보를 포함하는 검색결과를 생성하여 사용자 단말기(100)로 전송함으로써 3차원 모델 검색 방법을 종료하게 된다.

[0104] **2-4-2. 유사도 측정의 병렬화**

[0105] 한편 보다 바람직하게, 본 발명에 따른 검색 처리부(330)는 유사도 측정을 위한 이상의 수학식 11에 대해 NVIDIA CUDA(compute unified device architecture)를 적용하여 GPGPU(general purpose GPU)를 통한 병렬화 연산을 수행하도록 구성될 수 있다. 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 알고리즘을 데이터가 매우 방대한 웹 서비스로 확장할 경우 실시간으로 유사모델 검색이 가능해야 하며, 이를 위해서는 병렬화를 통한 연산의 고속화가 반드시 필요하기 때문이다. 또한 수학식 11은 동일한 입력 데이터(즉, 질의 영상으로부터 생성된 동일한 회전불변 기술자) Z_{km}^{query} 에 대해 모든 스레드(thread)에서 독립적으로 연산이 수행될 수 있기 때문에 병렬화에 적합하다.

[0106] 유사도 측정의 병렬처리 과정을 보다 구체적으로 살펴보도록 한다. 우선 데이터베이스(350) 내에 저장된 모든 3차원 모델들 및 시점들에 대한 기술자 Z_{km}^{n-view} 와 질의 영상에 대한 기술자 Z_{km}^{query} 를 GPU 메모리로 복사한다. 데이터 복사가 완료되면, pqn개의 스레드를 생성하고, 각각의 스레드 내부에서 수학식 11의 질의 데이터의 기술자와 각 모델과 시점에 대한 기술자 간 차이 $Z_{km}^{query} - Z_{km}^{n-view}$ 를 계산한다. 이 과정의 결과로서 각각의 스레드에서는 질의 데이터의 km차 기술자와 데이터베이스(350)의 동일 차수 기술자간의 차가 구해진다. 그리고 스래드의 총 개수가 i라고 하였을 때 ni번째 해당하는 스레드에서 ni+pq 스레드까지 결과값의 합을 구하면 이것이 최종적인 n-view에서의 유사도가 된다.

[0107] **III. 본 발명에 따른 단일 깊이 영상을 이용한 내용기반 3차원 모델 검색 방법의 성능 평가**

[0108] 이하에서 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 방법을 이용한 3차원 모델의 검색 결과 및 성능 분석을 제시한다. 2.5GHz Intel Core2 Quad CPU, NVIDIA GeForce GTX570 GPU, 2GB 메모리의 Windows 7 환경에서 Visual Studio 및 C언어를 사용하여 3차원 모델 검색 인터페이스를 구현하였다. 실험에 사용된 3차원 모델로는 PSB (Princeton Shape Benchmark) 검색 엔진 테스트용 3차원 모델 데이터베이스를 사용하였다. PSB는 907개의 3차원 모델과 131개의 클래스(class)로 구성되어 있다. 또한 OpenGL 환경에서 64*64 해상도로 데이터베이스의 3차원 모델을 렌더링하여 다중 시점 깊이 영상을 취득하였으며, 다중 깊이 영상 기반 표현을 위한 3차원 모델의 중요도 파악 과정은 512*512 해상도에서 3차원 모델을 렌더링하여 이루어졌다.

[0109] 먼저, 3차원 모델 검색 데이터베이스(350)를 구축해 놓은 상태에서, 질의 영상이 3차원 모델 검색 서버(300)에 입력되었을 때 3차원 모델 검색에 소요되는 시간을 표 1에 나타내었다.

표 1

[0110]

수행 단계	수행 시간(msec)	
입력 질의 영상의 전처리 과정	14.3	
기술자 생성 과정	109.8	
유사도 비교 과정	GPU	400.4
	CPU	1381.6
전체 수행시간	GPU	524.5
	CPU	1505.7

[0111] 표 1에 나타난 바와 같이, GPU를 통한 병렬처리를 이용함으로써 CPU 사용대비 약 30%로 검색 시간을 단축할 수 있음을 확인할 수 있다. 이는 데이터베이스(350)의 규모가 커질수록 더욱 큰 효율을 주게 될 것이다.

[0112] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 방법의 성능 분석을 위하여 정밀도-재현률(precision-recall) 측정을 수행하였다. 정밀도-재현률 측정법은 검색 성능 비교에서 가장 일반적인 척도로 사용되는 방법이며, 재현률(recall)이란 검색 모델에 대응하는 클래스에 속한 전체 모델 중 실제 검색에 사용된 모델의 비율로서 클래스의 전체 모델 중 검색을 통해 찾고자 하는 모델의 개수의 비율에 해당하는 수치이다. 또한 정밀도(precision)는 검색된 모델들이 질의에 사용된 모델에 대응하는 클래스에 속하는 비율을 나타내며, 다시 말하여 모델을 검색한 결과가 사용자의 원하는 클래스에 속한 비율이 된다. 즉 정밀도-재현률 그래프는 일반적으로 재현률 수치가 증가할수록 수치가 감소하게 되는데, 곡선이 위쪽에 위치하며 재현률 증가에 따른 정밀도 수치의 감소량이 적을수록 우수한 성능의 검색 알고리즘이라고 할 수 있다.

[0113] **1. 실제 물체의 영상을 통한 성능 분석**

[0114] 보급형 3차원 카메라(110)로서 Kinect를 이용하여 실제 물체를 통한 유사 3차원 모델 검색 성능을 실험하였다. 도 9는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 이용한 3차원 모델 검색 방법을 사용한 검색 결과를 나타낸 예시도이다. 도 9를 통해 나타난 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 방법을 통해 보급형 3차원 카메라(110)로부터 한 장의 깊이 영상을 취득하고, 이를 입력 질의로 사용하여 기하학적으로 유사한 모델들을 쉽고 정확하게 검색할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0115] **2. 데이터베이스 모델의 깊이 영상을 이용한 성능 분석**

[0116] 3차원 모델 검색 방법의 정확한 성능 분석은 데이터베이스(350)에 속하는 3차원 모델에 대한 깊이 영상을 질의로 하여 이루어져야 한다. 하지만 모든 3차원 모델과 유사하거나 같은 클래스에 속하는 모든 실제 물체의 영상을 취득하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 본 발명에서는 PSB 검색 엔진 테스트용 3차원 모델 데이터베이스의 3차원 모델 중 25개 클래스의 총 211개의 3차원 모델에 대해 사용자 분석을 거쳐 중요하다고 판단되는 시점에서의 깊이 영상을 취득하고 이를 입력 질의로 사용하여 제안하는 알고리즘의 정성적인 분석과 정량적인 분석을 각각 수행하였다.

[0119] **2-1. 알고리즘의 정성적 성능 분석**

[0120] 도 10은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 단일 깊이 영상을 질의 영상으로서 이용한 3차원 모델 검색 방법을 사용한 검색 결과와 종래기술에 따른 3차원 모델을 질의 영상으로서 이용한 3차원 모델 검색 방법을 사용한 검색 결과를 나타내는 예시도이다. 도 10에 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 방법을 통해 3차원 모델을 검색한 결과와 Princeton University에서 제공하는 3차원 모델 검색 엔진(3D model search engine)을 사용해 검색한 결과를 비교하여 도시하였다. 종래기술에 따른 3차원 모델 검색 엔진에서는 PSB 3차원 모델을 입력 질의로 사용하였으며, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 방법에서는 동일한 3차원 모델을 통해 취득된 한 장의 깊이 영상을 질의로 사용하였다. 검색 결과 비교에 있어 3차원 모델 검색 엔진은 PSB 뿐만 아니라 36000여개의 방대한 3차원 모델을 데이터베이스로 사용하고 있기 때문에 제안하는 알고리즘을 통한 결과와는 정확히 일치하지 않지만, 단 한장의 깊이 영상을 질의로 사용함에도 비슷한 수준의 결과를 보여주는 것을 정성적으로 파악할 수 있다.

[0121] **2-2. 알고리즘의 정량적 성능 분석**

[0122] 도 11은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 적응적 시점 샘플링을 적용한 검색결과와 렌더링한 시점을 적용한 검색결과의 성능을 비교한 검색성능 비교 그래프이다. 도 11에 렌더링한 시점을 통한 검색 결과와 적응적 시점 샘플링을 적용한 검색 결과를 정밀도-재현률 수치를 통해 정량적으로 비교하였다. 이상에서 설명된 수학식 1의 면적, 곡률, 카메라 자세의 가중치는 $\alpha=1.0$, $\beta=1.5$, $\gamma=0.8$로 설정하였으며, 수학식 6의 메쉬 분할 깊이에 따른 가중치는 $\lambda=0.8$로 설정하였다. 결과적으로 적응적 시점 샘플링의 통해 전체적으로 더욱 우수하고 안정적인 검색성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 적응적 시점 샘플링을 통해 검색에 불필요하거나 중요하지 않은 부분에서의 시점 샘플링을 줄이고, 중요한 부분에서는 조밀한 시점을 샘플링함으로써 나타나는 결과라 할 수

있다.

[0123] 도 12는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 3차원 모델 검색 방법과 다른 검색 방법의 성능을 비교한 검색성능 비교 그래프이다. 마지막으로 도 12에 다른 3차원 모델 검색 알고리즘과의 성능 비교를 도시하였다. 성능 비교는 질의 데이터를 손쉽게 취득한다는 점에서 본 발명과 유사하다고 할 수 있는 사용자의 스케치 영상을 질의로 사용한 시점 기반 방식의 알고리즘과, 3차원 모델 자체를 질의 데이터로 사용하며 시점기반 방식, 히스토그램 기반 방식의 검색 기법을 적용한 알고리즘들과의 정밀도-재현률 평가로 이루어졌다. 도 12을 통해, 부분 깊이 영상만을 입력 질의로 사용함에도 불구하고 3차원 모델 자체를 입력 질의로 사용하는 종래기술에 따른 다른 알고리즘들에 근접한 성능을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 특히 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 알고리즘은 낮은 재현률에서 매우 높은 수준의 정밀도를 나타내고 있는데, 이는 유사도 비교에 있어 최상위에 속하는 3차원 모델들의 출력이 주요 기능이라 할 수 있는 각종 어플리케이션으로의 적용에 본 발명에서 제안하는 알고리즘이 충분한 경쟁력을 가지고 있음을 뒷받침한다. 또한 스케치 기반 방식보다 다량의 정보를 포함한 깊이 영상을 입력 질의로 사용함으로써 그에 비해 월등한 검색 성능을 나타내고 있는 것에 주목할 필요가 있다. 결과적으로 본 발명에 따른 3차원 모델 검색 알고리즘은 3차원 카메라(110)를 통해 매우 간편한 질의 데이터를 취득할 수 있을 뿐만 아니라, 높은 정확도의 3차원 모델 검색 성능을 제공하고 있음을 파악할 수 있다.

[0124] **IV. 결론**

[0125] 본 발명에서는 3차원 카메라로부터의 깊이 영상을 이용한 3차원 모델 검색 기법을 제안하였다. 입력 질의 영상의 전처리 과정으로 양방향-필터링을 통해 질의 영상으로서 입력된 깊이 영상의 잡음을 제거하였으며 깊이 영상의 원근 성분을 제거하였다. 또한 3차원 모델의 다중 깊이 영상 기반 표현 과정에서 3차원 모델의 곡률, 투영된 면적, 카메라의 자세를 고려한 모델의 중요도에 따라 적응적으로 카메라 시점을 샘플링하였다. 이렇게 샘플링된 카메라 시점에서의 깊이 영상에 대해 회전불변 기술자를 적용 및 비교함으로써 부분 깊이 영상만으로 정확한 유사 모델 검색 성능을 얻을 수 있었으며 추가적으로 GPU를 통한 병렬화를 통해 검색시간까지 단축시켜, 향후 온라인 서비스 또는 대량의 데이터 서비스로의 적용에 큰 효율을 가져올 수 있도록 하였다.

[0126] 본 발명에서 제안한 내용기반 3차원 모델 검색 기법은 단일 깊이 영상만을 질의 입력으로 사용하므로 3차원 카메라뿐만 아니라 스테레오 영상 기기, 모바일 기기 등 다양한 환경으로 확장 및 적용이 가능하다는 것에 주목해야 한다. 따라서, 본 발명은 3차원 카메라를 사용하는 예시적인 실시예에 한정되지 않으며, 이를 적용할 수 있는 다양한 디바이스 및/또는 분야들에 광범위하게 적용될 수 있다.

[0127] 본 발명에 따른 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(Floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media) 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동되도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지다.

[0128] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0129] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

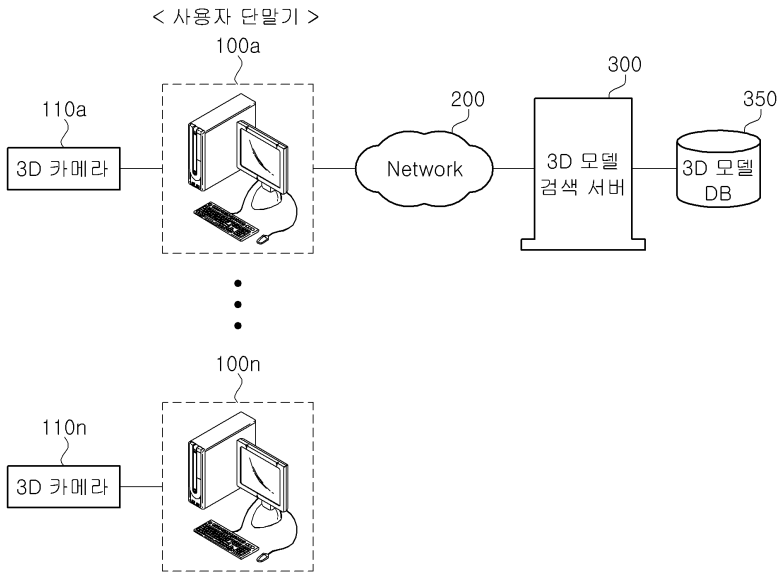
부호의 설명

[0130]

100 : 사용자 단말기
110 : 보급형 3차원 카메라
200 : 네트워크
300 : 3차원 모델 검색 서버
350 : 3차원 모델 검색 데이터베이스
310 : 데이터베이스 생성부
312 : 정규화 모듈
314 : 카메라 시점 결정모듈
316 : 회전불변 기술자 생성모듈
320 : 질의 영상 처리부
322 : 필터 모듈
324 : 원근보정 모듈
324 : 회전불변 기술자 생성모듈
330 : 검색 처리부

도면

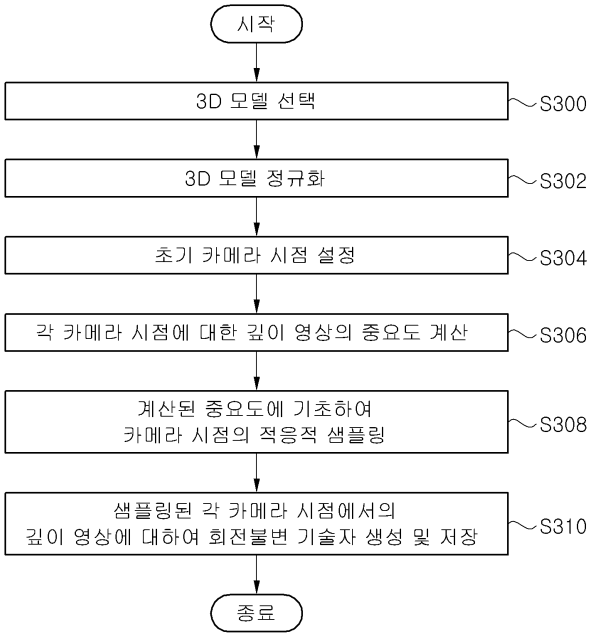
도면1



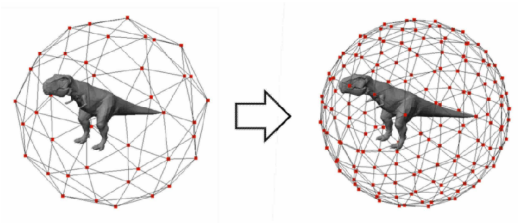
도면2


3D 모델 검색 서버
300
DB 생성부
310
정규화 모듈
312
카메라 시점 결정모듈
314
회전불변 기술자 생성모듈
316
질의영상 처리부
320
필터 모듈
322
원근 보정 모듈
324
회전불변 기술자 생성모듈
326
검색 처리부
330

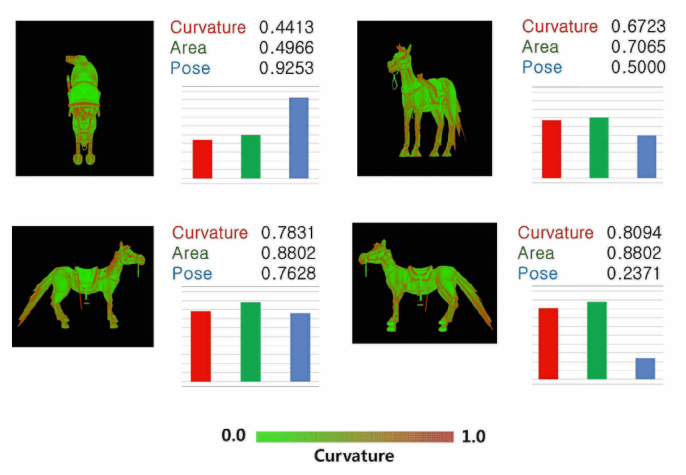
도면3


시작
3D 모델 선택
S300
3D 모델 정규화
S302
초기 카메라 시점 설정
S304
각 카메라 시점에 대한 깊이 영상의 중요도 계산
S306
계산된 중요도에 기초하여
카메라 시점의 적응적 샘플링
S308
샘플링된 각 카메라 시점에서의
깊이 영상에 대하여 회전불변 기술자 생성 및 저장
S310
종료

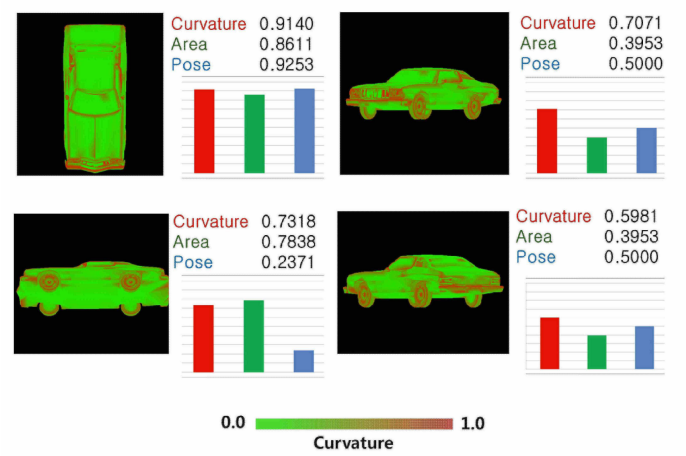
도면4



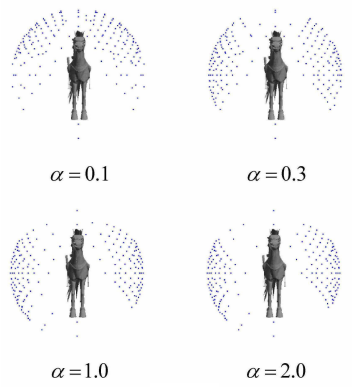
도면5a



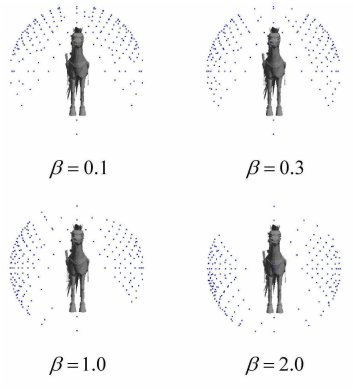
도면5b



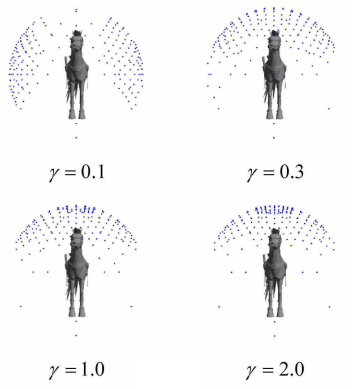
도면6a



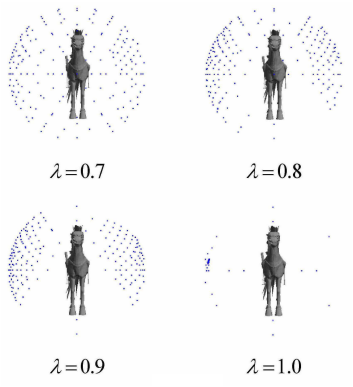
도면6b



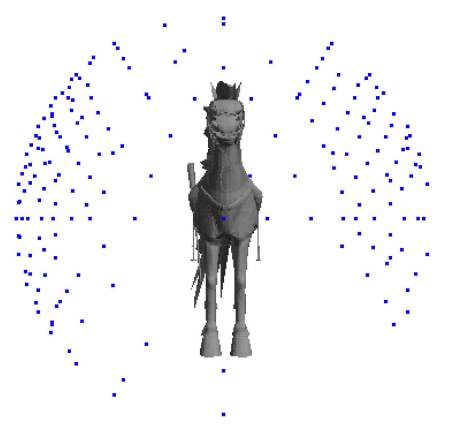
도면6c



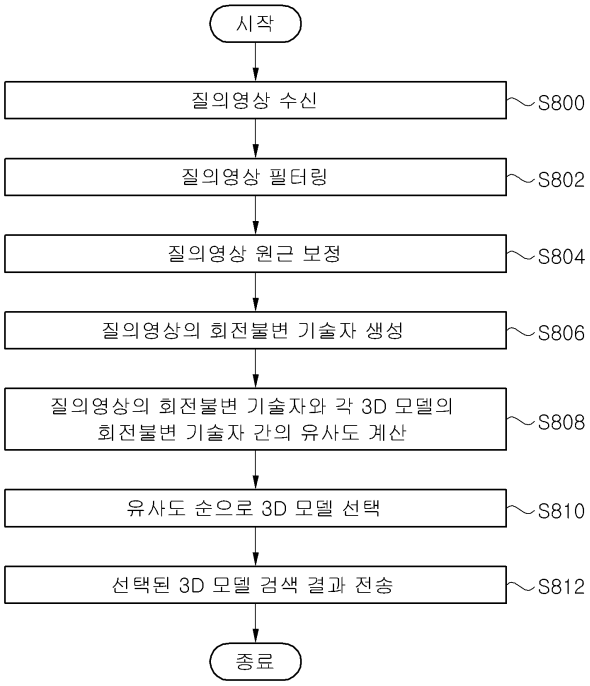
도면6d


λ=0.7
λ=0.8
λ=0.9
λ=1.0

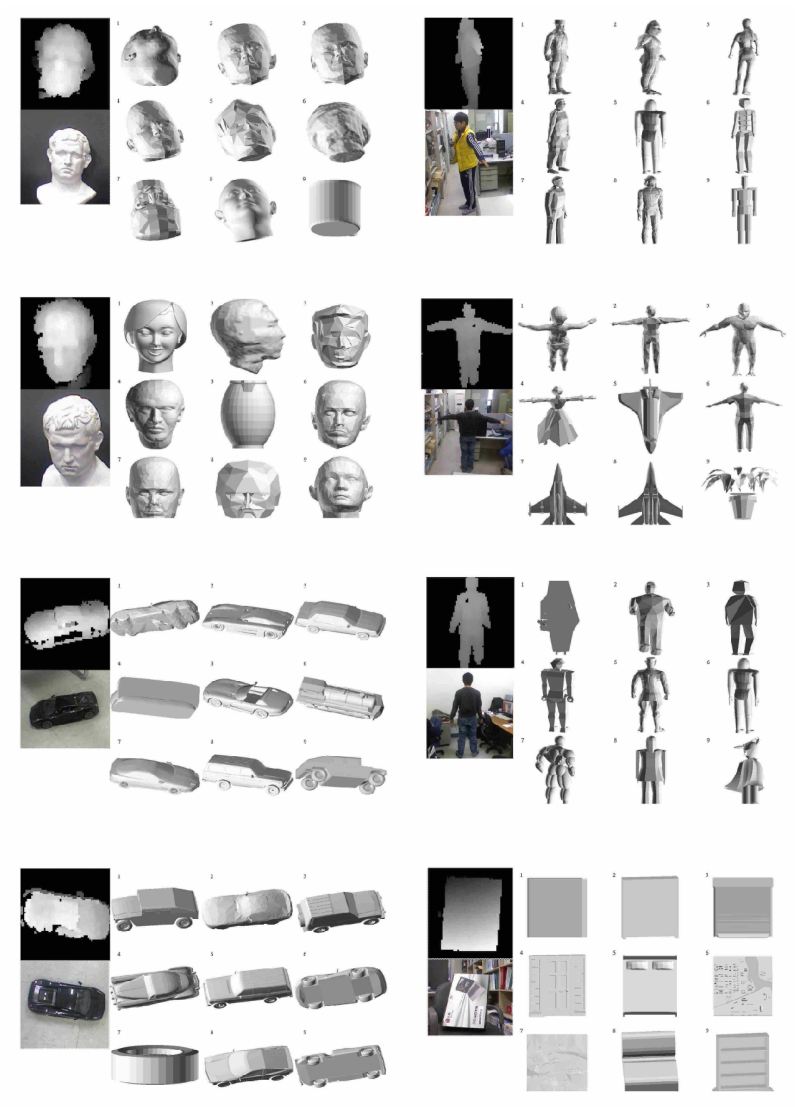
도면7



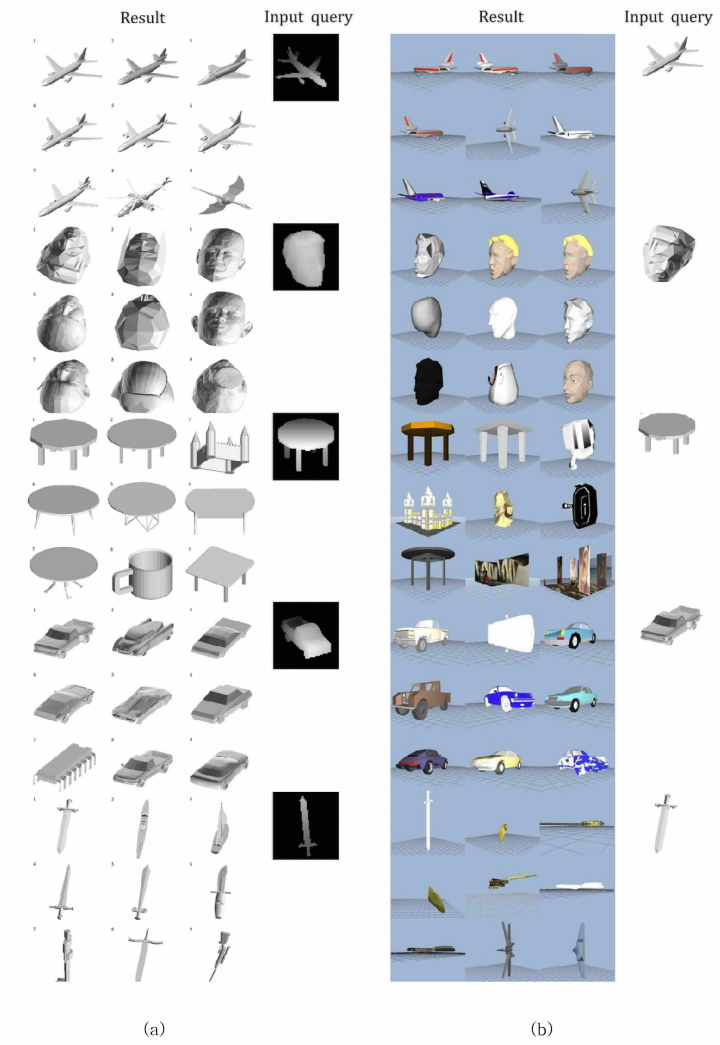
도면8


시작
질의영상 수신
S800
질의영상 필터링
S802
질의영상 원근 보정
S804
질의영상의 회전불변 기술자 생성
S806
질의영상의 회전불변 기술자와 각 3D 모델의 회전불변 기술자 간의 유사도 계산
S808
유사도 순으로 3D 모델 선택
S810
선택된 3D 모델 검색 결과 전송
S812
종료

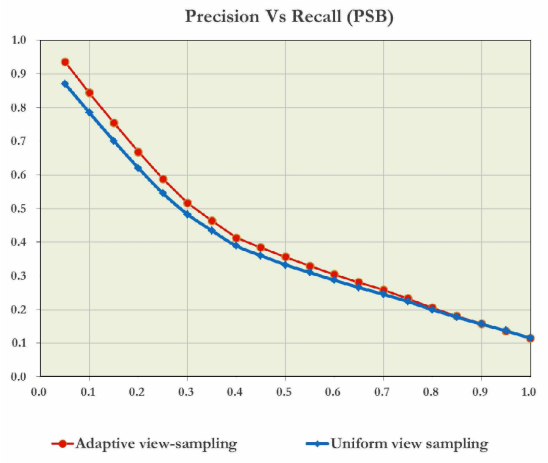
도면9



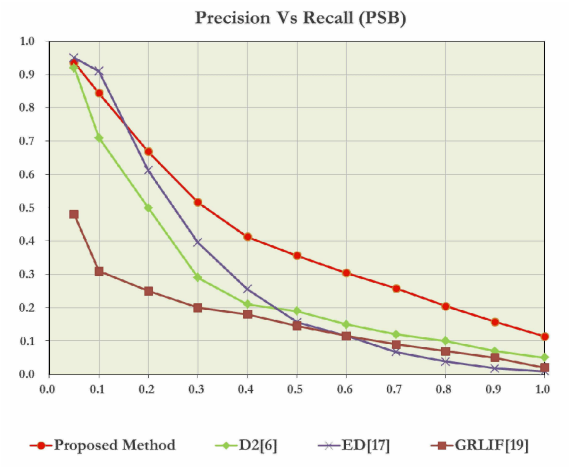
도면10


Result
Input query
Result
Input query
(a)
(b)

도면11


Precision Vs Recall (PSB)
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
Adaptive view-sampling
Uniform view sampling

도면12


Precision Vs Recall (PSB)
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
Proposed Method
D2[6]
ED[17]
GRLIF[19]