



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0035124  
(43) 공개일자 2010년04월02일

(51) Int. Cl.

G06F 17/00 (2006.01) G06F 17/50 (2006.01)

G06F 17/30 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0090608

(22) 출원일자 2009년09월24일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

12/552,775 2009년09월02일 미국(US)

61/100,143 2008년09월25일 미국(US)

(71) 출원인

지멘스 프로젝트 라이프사이클 매니지먼트 소프트웨어 인크.

미합중국 텍사스 (우편번호 75024) 플라노 그레이트 파크웨이 5800 스위트 600

(72) 벌명자

라쎄니에르, 세바스티앙 에이치.에이.

영국 엔더블유11 8에스티 런던 더 벨 화이트 런지 8

(74) 대리인

양영준, 백만기

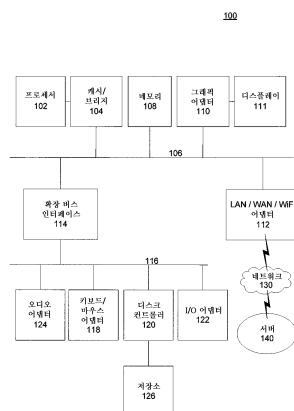
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 3차원 객체 모델들의 래디얼 함수들 및 분포들을 위한 시스템, 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품

### (57) 요 약

3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포를 결정하기 위한 시스템, 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품이 개시된다. 한가지 방법은 CAD 시스템에서 3차원 객체 모델을 검색하는 단계 및 객체 모델의 표면 상의 랜덤 포인트들을 샘플링하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 랜덤 포인트들의 각각에 대응하는 법선 벡터를 결정하는 단계, 및 개별적인 랜덤 포인트 및 각각의 법선 벡터에 대응하는 래디얼 함수를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 CAD 시스템에 의해 래디얼 함수들 중 적어도 2개의 래디얼 함수에 대응하는 래디얼 분포를 결정하는 단계 및 CAD 시스템에서 래디얼 함수들의 래디얼 분포 및 평균값들을 저장하는 단계를 포함한다.

### 대 표 도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

3차원 객체 모델(object model)의 래디얼 함수 및 분포(radial function and distribution)를 결정하는 방법으로서,

CAD 시스템에서 3차원 객체 모델을 검색하는 단계;

상기 CAD 시스템에 의해, 상기 객체 모델의 표면 상의 랜덤 포인트들(random points)을 샘플링하는 단계;

상기 CAD 시스템에 의해, 상기 랜덤 포인트들의 각각에 대응하는 법선 벡터(normal vector)를 결정하는 단계;

상기 CAD 시스템에 의해, 개별적인 랜덤 포인트 및 각각의 법선 벡터에 대응하는 래디얼 함수를 결정하는 단계;

상기 CAD 시스템에 의해, 상기 래디얼 함수들 중 적어도 2개의 래디얼 함수에 대응하는 래디얼 분포를 결정하는 단계; 및

상기 CAD 시스템에서 상기 래디얼 함수들의 상기 래디얼 분포 및 평균값들을 저장하는 단계

를 포함하는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

CAD 객체 디스크립터(descriptor)로서 상기 객체 모델과 상기 래디얼 분포를 연관시키는 단계를 더 포함하는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 랜덤 포인트들은 균일한 분포를 이용하여 샘플링되는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 래디얼 함수는 구체(sphere) 상에의 상기 랜덤 포인트의 투영(projection)에 따라 결정되는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 래디얼 함수를 결정하는 단계는, 보정 항(correcting term)을 이용하여 구체 상에 투영되는 바와 같은 샘플링된 포인트들의 비-균일 분포를 조정하는 단계를 포함하는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 래디얼 함수는 3차원 공간에 대한 함수 및 상기 3차원 객체 모델과 연관되는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

### 청구항 7

제1항에 있어서,

원점(origin)으로부터 미리 선택된 법선 거리(normal distance) 내의 샘플 포인트들이 무시되는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 래디얼 분포는 제1 래디얼 함수와 제2 래디얼 함수의 지수(quotient)로서 3차원 공간에 대한 함수 및 상기 3차원 객체 모델과 연관되며, 상기 제2 래디얼 함수는, 상수이고 1인 3차원 공간에 대한 함수와 연관되는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 객체 모델에 대응하는 상기 래디얼 함수들 및 상기 래디얼 분포는 구체의 파티션(partition)의 요소들에 대한 평균값들로서 상기 CAD 시스템에 저장되는, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포 결정 방법.

**청구항 10**

프로세서 및 액세스 가능한 메모리를 포함하는 데이터 처리 시스템으로서,

상기 데이터 처리 시스템은 CAD 시스템을 구현하며,

3차원 객체 모델을 검색하는 단계;

상기 객체 모델의 표면 상의 랜덤 포인트들을 샘플링하는 단계;

상기 랜덤 포인트들의 각각에 대응하는 법선 벡터를 결정하는 단계;

개별적인 랜덤 포인트 및 각각의 법선 벡터에 대응하는 래디얼 함수를 결정하는 단계;

상기 래디얼 함수들 중 적어도 2개의 래디얼 함수에 대응하는 래디얼 분포를 결정하는 단계; 및

상기 래디얼 함수들의 상기 래디얼 분포 및 평균값들을 저장하는 단계

를 수행하도록 구성되는 데이터 처리 시스템.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

CAD 객체 디스크립터로서 상기 객체 모델과 상기 래디얼 분포를 연관시키는 단계를 수행하도록 더 구성되는 데이터 처리 시스템.

**청구항 12**

제10항에 있어서,

상기 랜덤 포인트들은 균일한 분포를 이용하여 샘플링되는 데이터 처리 시스템.

**청구항 13**

제10항에 있어서,

상기 래디얼 함수는 구체 상에의 상기 랜덤 포인트의 투영에 따라 결정되는 데이터 처리 시스템.

**청구항 14**

제10항에 있어서,

상기 래디얼 함수를 결정하는 단계는, 보정 항을 이용하여 구체 상에 투영되는 바와 같은 샘플링된 포인트들의 비-균일 분포를 조정하는 단계를 포함하는 데이터 처리 시스템.

**청구항 15**

제10항에 있어서,

상기 래디얼 함수는 3차원 공간에 대한 함수 및 상기 3차원 객체 모델과 연관되는 데이터 처리 시스템.

#### 청구항 16

제10항에 있어서,

원점으로부터 미리 선택된 범선 거리 내의 샘플 포인트들이 무시되는 데이터 처리 시스템.

#### 청구항 17

제10항에 있어서,

상기 래디얼 분포는 제1 래디얼 함수와 제2 래디얼 함수의 지수로서 3차원 공간에 대한 함수 및 상기 3차원 객체 모델과 연관되며, 상기 제2 래디얼 함수는, 상수이고 1인 3차원 공간에 대한 함수와 연관되는 데이터 처리 시스템.

#### 청구항 18

제10항에 있어서,

상기 객체 모델에 대응하는 상기 래디얼 함수들 및 상기 래디얼 분포는 구체의 파티션의 요소들에 대한 평균값들로서 상기 CAD 시스템에 저장되는 데이터 처리 시스템.

#### 청구항 19

실행될 때, 데이터 처리 시스템으로 하여금,

3차원 객체 모델을 검색하는 단계;

상기 객체 모델의 표면 상의 랜덤 포인트들을 샘플링하는 단계;

상기 랜덤 포인트들의 각각에 대응하는 범선 벡터를 결정하는 단계;

개별적인 랜덤 포인트 및 각각의 범선 벡터에 대응하는 래디얼 함수를 결정하는 단계;

상기 래디얼 함수들 중 적어도 2개의 래디얼 함수에 대응하는 래디얼 분포를 결정하는 단계; 및

상기 래디얼 함수들의 상기 래디얼 분포 및 평균값들을 저장하는 단계

를 수행하게 하는 컴퓨터 실행 가능한 명령어들로 인코딩된 물리적 컴퓨터 판독 가능한 매체.

#### 청구항 20

제19항에 있어서,

실행될 때, 상기 데이터 처리 시스템으로 하여금, CAD 객체 디스크립터로서 상기 객체 모델과 상기 래디얼 분포를 연관시키는 단계를 수행하게 하는 컴퓨터 실행 가능한 명령어들로 더 인코딩된 물리적 컴퓨터 판독 가능한 매체.

### 명세서

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술 분야

[0001] 본 출원은 2008년 9월 25일자로 제출된 미국 특허 출원 61/100,143의 우선권을 주장하고, 이는 참고로 본원에 포함된다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 컴퓨터 보조 설계, 드래프팅(drafting), 제조 및 시각화 시스템(개별적으로 및 집합적으로, "CAD 시스템")에 관한 것이다.

##### 배경 기술

[0003] CAD 시스템은 종종 2차원(2D) 및 3차원(3D) 모두의 기하학 모델들의 데이터베이스들을 이용한다.

## 발명의 내용

### 과제 해결수단

[0004]

각종 실시예들은 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포를 결정하기 위한 시스템, 방법 및 컴퓨터 프로그램 제품을 포함한다. 한가지 방법은 CAD 시스템에서 3차원 객체 모델을 검색하는 단계 및 객체 모델의 표면 상의 랜덤 포인트들을 샘플링하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 랜덤 포인트들의 각각에 대응하는 법선 벡터를 결정하는 단계, 및 개별적인 랜덤 포인트 및 각각의 법선 벡터에 대응하는 래디얼 함수를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 CAD 시스템에 의해 래디얼 함수들 중 적어도 2개에 대응하는 래디얼 분포를 결정하는 단계 및 CAD 시스템에서 래디얼 함수들의 래디얼 분포 및 평균값들을 저장하는 단계를 포함한다.

[0005]

일부 실시예들은 또한 CAD 객체 디스크립터로서 객체 모델과 래디얼 분포를 연관시키는 단계를 포함한다. 다양한 실시예들에서, 랜덤 포인트들은 균일한 분포를 이용하여 샘플링되고, 래디얼 함수는 구체 상의 랜덤 포인트들의 투영에 따라 결정되고, 및/또는 래디얼 함수 결정 단계는 보정 항을 이용하여 구체 상에 투영된 샘플링된 포인트들의 비-균일 분포에 대해 조정하는 단계를 포함한다. 다양한 실시예들에서, 래디얼 함수는 3차원 공간에 대한 함수 및 3차원 객체 모델과 연관되고, 원점에서 미리 선택된 법선 거리(normal distance) 내의 샘플 포인트들은 무시되고, 래디얼 분포는 제1 래디얼 함수 및 제2 래디얼 함수의 지수(quotient)로서 3차원 객체 모델과 3차원 공간에 대한 함수와 연관되고, 제2 래디얼 함수는 상수이고 0인 3차원 공간에 대한 함수와 연관되고, 및/또는 객체 모델에 대응하는 래디얼 분포 및 래디얼 함수들은 구체의 파티션(partition)의 요소들에 대한 평균값들로서 CAD 시스템 내에 저장된다.

[0006]

본 기술 분야의 통상의 기술자가 이어지는 상세한 설명을 더 잘 이해할 수 있도록 본 발명의 특징 및 기술적 이점을 더욱 넓게 전술했다. 청구범위의 내용을 이루는 본 발명의 추가적인 특징들 및 이점들이 후술될 것이다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 본 발명의 동일한 목적들을 수행하기 위해 다른 구조들을 변경하거나 설계하는 기초로서 개시된 특정 실시예 및 개념을 용이하게 이용할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 또한 그러한 등가 구조들은 넓은 형태에서 본 개시물의 정신 및 범위로부터 벗어나지 않는다는 것을 이해할 것이다.

[0007]

이하의 상세한 설명에 앞서, 본 특허 문헌에 걸쳐 사용되는 특정 단어들 또는 어구들을 정의하는 것이 바람직할 수 있다. 용어 "포함하다(include)" 및 "이루어지다(comprise)"뿐만 아니라 그 파생어들은 제한 없이 포함함을 의미하고, 용어 "또는"은 포괄적으로 '및/또는'을 의미하고, 어구 "~와 연관되는(associated with)" 및 "그와 연관되는(associated therewith)"뿐만 아니라 그 파생어들은 포함하는, 내부에 포함되는, 함께 상호접속되는, 함유하는, 내부에 함유되는, 접속하는, 결합하는, 함께 통신가능한, 협동하는, 삽입하는(interleave), 병치하는, 근접하는, 뮤어 있는, 갖는, 속성을 갖는 것 등을 의미할 수 있고, "컨트롤러"라는 용어는 적어도 하나의 동작을 제어하는 임의의 디바이스, 시스템 또는 그 일부를 의미하는데, 그러한 디바이스는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 그들 중 적어도 2개의 몇몇 조합으로 구현되며 관계없다. 임의의 특별한 컨트롤러와 연관된 기능성은 국부적으로 또는 원격으로 중앙화되거나 분산될 수 있음을 주의해야 한다. 특정 단어나 어구들의 정의가 본 특허 문헌 전반에 걸쳐 제공되며, 이 기술분야의 통상의 기술자라면 그러한 정의가 대부분은 아니더라도 많은 경우에 그러한 정의된 단어들 및 어구들의 장래 사용뿐만 아니라 이전 사용에 적용되는 것을 이해할 것이다. 몇몇 용어들은 다양한 실시예들을 포함할 수 있지만, 첨부된 청구범위는 이러한 용어들을 특정 실시예들로 특별히 제한할 수도 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0008]

본 발명, 및 그 이점들의 보다 완전한 이해를 위해, 동일한 요소에 동일한 부호를 부기한 첨부 도면과 함께 이하의 설명들이 참조된다.

[0009]

후술되는 도 1 내지 도 4, 및 본 특허 문헌 내의 본 발명의 원리들을 설명하기 위해 사용되는 각종 실시예들은 단지 예일 뿐 어떤 방식으로든 발명의 범위를 제한하도록 해석되어서는 안된다. 이 기술분야의 통상의 기술자라면 본 발명의 원리들은 임의의 적절히 구성된 디바이스로 구현될 수 있음을 이해할 것이다. 본 발명의 여러 진보적인 교시들은 예시적으로 제한되지 않는 실시예들을 참조하여 설명될 것이다.

[0010]

데이터베이스 내의 3D 모델들의 고속 검색은 디스크립터(descriptor)에 의해 이들 모델들을 표현하는 것을 요구한다. 연관된 래디얼 함수들 및 분포들이 그러한 디스크립터들이다. 그러한 디스크립터들은 이 기술분야의 통상의 기술자들에게 알려져 있고 예를 들어, 카즈단 논문[Rotation Invariant Spherical Harmonic

Representation of 3D Shape Descriptors, M. Kazhdan, T. Funkhouser, Szymon Rusinkiewicz; Eurographics Symposium on Geometry Processing (2003)]에 개시되어 있고, 이는 참조로 본원에 포함된다.

[0011] 이들 디스크립터들을 스케일(scale) 및 병진(translation) 불변으로 만드는 것은 일반적이지만 이들을 회전 불변으로 만드는 것은 더 어렵다. 카즈단 논문은 이들 디스크립터들을 회전 불변의 것으로 변환하는 방법을 증명한다. 이 방법은 전형적으로 구체 상의 래디얼 함수 또는 분포의 값을 아는 것을 요구한다. 종종 구체 상의 포인트들의 집합에서의 래디얼 함수 또는 분포의 값을 아는 것이면 충분하다. CAD 시스템이 구체 상의 소위 N 포인트들에서의 래디얼 분포의 값을 알 필요가 있으면, 그리고 표면이 소위 T 삼각형들의 집합으로 주어지면, N 값을 계산하는 직접적이고 단순한 접근법은  $O(N \times T)$  동작들을 요구할 것이다(각각의 삼각형은 원점 및 N 포인트들의 각각에 의해 정해지는 광선들에 대한 교점에 대해 테스트된다). 개시된 실시예들은 이러한 수의 동작들을 보다 고속의  $O(N + T + K)$ 로 대체하는 프로세스, 데이터 처리 시스템 및 컴퓨터 프로그램 제품을 포함한다. 여기서, K는 N 및 T와 독립적인 고정된 수이다.

[0012] 도 1은 실시예가 예를 들어 본원에 개시된 방법들, 프로세스들 및 기능들을 수행하도록 구성된 특정 머신 또는 CAD 시스템으로서 구현될 수 있는 데이터 처리 시스템의 블록도를 나타낸다. 도시된 데이터 처리 시스템은 레벨 2 캐시/브리지(104)에 접속된 프로세서(102)를 포함하고, 캐시/브리지(104)는 다시 로컬 시스템 버스(106)에 접속된다. 로컬 시스템 버스(106)는 예를 들어 PCI(peripheral component interconnect) 아키텍처 버스일 수 있다. 또한 도시된 예에서의 로컬 시스템 버스에는 메인 메모리(108) 및 그래픽 어댑터(110)가 접속된다. 그래픽 어댑터(110)는 디스플레이(111)에 접속될 수 있다.

[0013] LAN(local area network)/WAN(wide area network)/무선(예를 들어 WiFi) 어댑터(112)와 같은 다른 주변기기들이 로컬 시스템 버스(106)에 접속될 수도 있다. 확장 버스 인터페이스(114)는 로컬 시스템 버스(106)를 입출력(I/O) 버스(116)에 접속시킨다. I/O 버스(116)는 키보드/마우스 어댑터(118), 디스크 컨트롤러(120) 및 I/O 어댑터(122)에 접속된다. 디스크 컨트롤러(120)는 저장소(126)에 접속될 수 있고, 저장소(126)는 ROM(read only memory), 또는 EEPROM(erasable, electrically programmable read only memory), 자기 테이프 저장소와 같은 불휘발성, 하드 코딩된 유형의 매체들, 및 플로피 디스크들, 하드 디스크 드라이브들 및 CD-ROM(compact disk read only memory) 또는 DVD(digital versatile disk), 및 다른 알려진 광학, 전기, 또는 자기 저장 디바이스들과 같은 사용자 기록가능한 유형의 매체들을 포함하나 이에 제한되지 않는 임의의 적합한 머신 사용가능하거나 머신 판독가능한 저장 매체일 수 있다.

[0014] 또한, 도시된 예에서의 I/O 버스(116)에 오디오 어댑터(124)가 접속되는데, 오디오 어댑터(124)에는 사운드를 재생하기 위한 스피커(도시하지 않음)가 접속될 수 있다. 키보드/마우스 어댑터(118)는 마우스, 트랙볼, 트랙포인터 등과 같은 포인팅 디바이스(도시하지 않음)에 대한 접속을 제공한다.

[0015] 이 기술분야의 통상의 기술자들은 도 1에 도시된 하드웨어가 특정한 경우에는 변할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 광 디스크 드라이브 등과 같은 다른 주변 디바이스들은 또한 도시된 하드웨어에 부가하여 또는 그 대신에 사용될 수 있다. 도시된 예는 단지 설명을 위해 제공되며 본 발명에 대해 구조적인 제한을 암시하도록 의도되지 않는다.

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 데이터 처리 시스템은 그래픽 사용자 인터페이스를 채용하는 오퍼레이팅 시스템을 포함한다. 오퍼레이팅 시스템은 다수의 디스플레이 윈도우들이 그래픽 사용자 인터페이스에 동시에 제시되게 하며, 각 디스플레이 윈도우는 상이한 애플리케이션 또는 동일한 애플리케이션의 상이한 인스턴스(instance)에 대한 인터페이스를 제공한다. 그래픽 사용자 인터페이스 내의 커서는 포인팅 디바이스를 통해 사용자에 의해 조작될 수 있다. 커서의 위치는 변경될 수 있고, 및/또는 마우스 버튼을 클릭하는 것과 같은 이벤트가 발생되어 원하는 응답을 활성화시킬 수 있다.

[0017] 각종 상업적인 오퍼레이팅 시스템들 중 하나, 예를 들어 워싱턴주 레드몬드에 위치된 마이크로소프트사의 제품인 Microsoft Windows™ 버전이 채용될 수 있고 적합하다면 수정될 수 있다. 오퍼레이팅 시스템은 개시된 본 발명에 따라 수정되거나 생성될 수 있다.

[0018] LAN/WAN/무선 어댑터(112)는 네트워크(130)(데이터 처리 시스템(100)의 일부가 아님)에 접속될 수 있고, 네트워크(130)는 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 알려진 바와 같이, 인터넷을 포함하는 임의의 공중 또는 사설 데이터 처리 시스템 네트워크 또는 네트워크들의 조합일 수 있다. 데이터 처리 시스템(100)은 네트워크(130)를 통해 서버 시스템(140)과 통신할 수 있고, 서버 시스템(140)은 또한 데이터 처리 시스템(100)의 일부가 아니라 예를 들어 별도의 데이터 처리 시스템(100)으로서 구현될 수 있다.

- [0019] CAD 시스템이 기존의 파트(part)들을 효율적으로 검색할 수 있게 하는 툴들은 매우 유용하다. 전통적으로, 그러한 툴들은 텍스트 기반이고 복잡한 파트들에서 작용하거나 단순히 다중 언어 환경에서 작용하는 경우에 한계가 빨리 도달된다.
- [0020] 파트들 자체의 기하학을 검색하는 것은 가능하지만 이것은 매우 기술적인 해결책을 요구하는 어려운 문제이다. 여기서 한가지 어려움은 한 파트의 기하학이 그 파트가 병진되거나, 회전되거나 또는 심지어 때로 스케일링되는 경우에 변하지 않는 것으로 고려되어야 한다는 점이다. 그러한 가능한 변형들의 수는 무한하기 때문에, 병진, 회전 또는 스케일링시 모든 그들의 가능한 변형들을 고려함으로써 2개의 기하학을 비교하는 효율적인 알고리즘을 설계하기를 바랄 수는 없다.
- [0021] 상기 문제점에 대한 한가지 해결책은 병진, 회전 또는 스케일링시 그 자체가 불변인 기하학들로부터 디스크립터를 추출한 후 이를 디스크립터들을 사용하여 기하학들을 인덱싱하는 것을 포함한다. 이 해결책은 2가지 양상, 즉 기하학으로부터 디스크립터의 추출을 포함하는 오프라인 양상(off-line phase), 및 디스크립터들의 비교를 포함하는 온라인 양상(on-line phase)으로 작업을 효과적으로 분할하기 때문에 매력적이다.
- [0022] 3D 형상으로부터 디스크립터를 추출하는 오프라인 양상은 다소 느린 동작이다. UGS Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.의 "Geolus Search" 소프트웨어 컴포넌트와 같은 3D 기하학 검색 엔진을 이용할 수 있도록, 고객들은 그들이 소유하는 모든 단일 파트로부터 디스크립터들을 추출할 필요가 있다. 때로 수십만개 또는 그 이상의 파트들로 운영되는 데이터베이스들에 의해, 이것은 매우 저속의 프로세스가 될 수 있고 디스크립터들의 추출을 가능한 빠르게 하기 위해 모든 신경을 써야 한다. 특히,  $O(N \times T)$ 의 계산 시간을 선형  $O(N + T + K)$ 로 대체하는 본원에 기술된 프로세스는 매우 유용한 툴인데, 여기서 K는 상수이고 N과 T에 독립적이다.
- [0023] 각종 개시된 실시예들에 따르면,
- [0024]  $\text{space}$ 를 벡터 공간  $\mathbb{R}^3$ 로 정의한다.
- [0025]  $\text{dist}$ 를 유클리드 거리(Euclidean distance)로 정의한다.
- [0026]  $\text{norm}$ 을 유클리드 놈(Euclidean norm)으로 정의한다.
- [0027]  $\langle \cdot, \cdot \rangle$ 를 유클리드 스칼라 곱으로 정의한다.
- [0028]  $S^2$ 를  $\mathbb{R}^3$ 에서의 단위 구체로 정의한다.
- [0029] 집합(set)  $\sigma$ 가 주어지면, # $\sigma$ 를 그것의 기수(cardinal)로 정의한다.
- [0030] 파티션(partition)  $\Omega = \{\omega, \omega \in S^2\}$ 을, 부분집합들의 경계(closure)의 합집합(union)이  $S^2$ 인 속성을 갖는,  $S^2$ 의 서로 공통 원소를 갖지 않는 개방형(open) 부분집합들의 집합이라고 정의한다.
- [0031] 공간에 포인트  $p$ 가 주어지면, 그것의 광선(ray)을 아래와 같이 정의하여  $p$ 를 통한 광선은 종점이 원점이고  $p$ 를 통과하는 하프 라인이 되도록 한다.
- $$\rho(p) = \{\lambda \rho, \lambda > 0\}$$
- [0032]  $\mathbb{R}^3$  내의 표면  $\Delta$ 이 선택된 것으로 가정한다.  $f$ 를  $\mathbb{R}^3$ 에 대한 함수라고 하자. 그것의 연관된 래디얼 함수  $\Phi_f$ 를, 광선  $\rho(p)$ 를 갖는 표면의 교점에서의  $f$ 의 값들의 합을 모든 포인트  $p$ 에 연관시키는  $S^2$ 에 대한 함수로 정의한다.
- $$\varphi_f(p) = \sum_{q \in \Delta \cap \rho(p)} f(q)$$
- [0033]  $\mathbb{R}^3$  내의 표면  $\Delta$ 이 선택된 것으로 가정한다.  $f$ 를  $\mathbb{R}^3$ 에 대한 함수라고 하자. 연관된 래디얼 함수를  $\Phi_f$ 라고 하자.  $\omega$ 에서의  $\Phi_f$ 의 평균값을  $\phi_f(\omega)$ 라고 정의한다. 즉, 다음과 같다.

## 수학식 1

$$\varphi_f(\omega) = \frac{\int_{\omega} dp \varphi_f(p)}{(\omega \text{의 영역})} = \frac{\int_{\omega} dp \varphi_f(p)}{\alpha_{\omega}}$$

[0036]

[0037] 여기서  $\alpha_{\omega}$ 는  $\omega$ 의 영역(area)이다.

[0038]  $R^3$ 의 표면  $\Delta$ 가 선택된 것으로 가정한다.  $f$ 는  $R^3$ 에 대한 함수라 하자. 그것의 연관된 래디얼 분포  $\Psi_f$ 는 광선  $\rho(p)$ 와, 표면과의 교점에서의  $f$ 의 평균값을 모든 포인트  $p$ 에 연관시키는,  $S^2$ 에 대한 함수로 정의한다.

$$\Psi_f(p) = \frac{\sum_{q \in \Delta \cap \rho(p)} f(q)}{\#\{q \in \Delta \cap \rho(p)\}}$$

[0039]

[0040]  $R^3$ 의 표면  $\Delta$ 가 선택된 것으로 가정한다.  $f$ 는  $R^3$ 에 대한 함수라 하자. 연관된 래디얼 함수는  $\Psi_f$ 라 하자.  $\Psi_f(\omega)$ 는  $\omega$ 에 대한  $\Psi_f$ 의 평균값으로 정의한다. 즉, 아래와 같다.

$$\Psi_f(\omega) = \frac{\int_{\omega} dp \Psi_f(p)}{(\omega \text{의 영역})}$$

[0041]

[0042]  $\omega$ 가 충분히 작으면,

$$\Psi_f(\omega) \approx \frac{\varphi_f(\omega)}{\varphi_1(\omega)}$$

[0043]

[0044] 이고, 여기서 1은 1과 동등한 상수 함수를 지칭한다.

[0045]

[0045]  $R^3$ 의 표면  $\Delta$ ,  $R^3$ 에 대한 함수  $f$  및 구체  $S^2$ 의 파티션  $\Omega$ 를 고려하면, 개시된 실시예들은  $\Omega$ 의 각각의 요소에 대한 연관된 래디얼 함수 및 분포의 평균값을 추정하는 고속 프로세스를 포함한다. 래디얼 함수  $\varphi_f$  및 래디얼 분포  $\Psi_f$ 를 계산하기 위한 직접 접근법은 구체 상의 다양한 포인트들  $p$ 에 대한 집합들

$$\{q \in \Delta \cap \rho(p)\}$$

[0046]

[0047] 을 알아내는 것을 수반한다. 이것은,  $N$ 개의 포인트들이 존재하고,  $T$  삼각형들에 의해 표면  $\Delta$ 가 주어지면,  $O(N \times T)$  연산들이 필요할 것이므로, 느린다.

[0048]

[0048] 광선을 고려하면, 그 광선과 표면과의 교점을 찾는 것은 비용이 요구되는 연산이다. 그러나, 표면 상의 포인트를 고려하면, 이 포인트를 통한 광선을 찾는 것은 별것 아닌 연산이다. 개시된 실시예들은 이 사실을 이용하여 연관된 래디얼 함수/분포를 신속하게 계산한다.

[0049]

[0049] 도 2는 개시된 실시예에 따른 프로세스의 흐름도를 도시한다.

[0050]

[0050] 우선, CAD 시스템은 데이터베이스로부터 3D 객체 모델을 검색한다(단계 205).

[0051]

[0051] 다음으로, CAD 시스템은 3D 객체 모델의 표면  $\Delta$  상에서 랜덤으로 (바람직하게는 균일한 분포를 이용하여)  $K$ 개의 포인트들  $\{p_k, k=1, \dots, K\}$ 을 샘플링한다(단계 210).

[0052]

[0052] 다음으로, CAD 시스템은 이를 포인트들에서  $\Delta$ 에 대한 법선 벡터들(normal vectors)  $\{v_k, k=1, \dots, K\}$ 을 결정한다(단계 215).

[0053]

[0053] 다음으로, CAD 시스템은 샘플링된 포인트들 및 법선 벡터들을 이용하여  $\Omega$ 에서의 각각의 투영된 아크  $\omega$  (arc

$\omega$ )에 대한 래디얼 함수  $\Phi_f$ 의 평균을 결정한다(단계 220). 일부 실시예들에서, 래디얼 함수는 구체 상의 랜덤 포인트의 투영에 따라 결정되며, 보정 항(correcting term)을 이용하여 구체 상에 투영된 샘플링된 포인트들의 비-균일 분포를 조정하는 것을 포함한다.

[0054] CAD 시스템은, 3D 객체 모델과 연관된 래디얼 분포  $\Psi$ 로서, 데이터베이스의  $\Omega$ 에서의 각각의  $\omega$ 에 대해  $\Phi_f$ 의 평균을 저장한다(단계 225). 래디얼 함수 및 분포는 저장될 수 있으며, 데이터베이스에서의 3D 객체 모델을 식별하는 객체 디스크립터로서 이용될 수 있다(단계 230). 래디얼 분포는 래디얼 함수들  $\Phi_f$  중 적어도 2개에 대응한다. 래디얼 분포 및 래디얼 함수들의 평균값들은 객체 모델에 대응하는 CAD 시스템에 저장될 수 있다.

[0055] 일부 실시예들에서, 래디얼 함수는, 위에서 결정된, 구체 상의 포인트들의 집합에서의 래디얼 함수의 값 또는 분포에 기초하여, 3D 객체 모델에 대한 회전 불변 디스크립터(rotation-invariant descriptor)를 계산하는 데 또한 이용될 수 있다.

[0056] 다양한 단계들이 이하에 더욱 상세하게 설명된다.

[0057] 표면 상의 포인트들의 샘플링: 표면 상에서 K개의 랜덤 포인트들을 찾는 것은 본 기술분야의 통상의 기술자에게는, 주지된 해결책을 갖는 주지된 문제이다. 표면이 T 삼각형들로 표현되면, 샘플링은  $O(T+K)$  연산들로 행해질 수 있다.

[0058]  $\Phi_f$ 의 계산:  $N$ 을  $\Omega$ 의 기수(cardinal)라 하자.  $p_k$ 가 표면  $\Delta$  상의 포인트이면,  $p_k$ 에서 이 표면에 대한 법선은  $v_k$ 로 표기된다는 것을 상기한다.

[0059] 도 3은 모든  $\Phi_f(\omega)$ 를 결정하기 위해 CAD 시스템에 의해 행해지는 프로세스의 흐름도를 도시한다.

[0060] CAD 시스템은 먼저 모든 래디얼 함수들  $\Phi_f(\omega)$ 를 제로(zero)로 초기화한다(단계 305).

[0061] 다음으로, 객체 모델의 각각의 부분집합  $\omega$ 에 대해, CAD 시스템은  $\omega$ 의 영역과 동등하게  $\alpha_\omega$ 를 설정한다(단계 310).

[0062] 다음으로, CAD 시스템은 선택된 표면 부분  $\Delta$ 의 영역과 동등하게  $\alpha_\Delta$ 를 설정한다(단계 315).

[0063] 다음으로, CAD 시스템은 카운터  $k=1$ 을 설정한다(단계 320).

[0064] 다음으로,  $p_k$ 가 원점이면(단계 325), CAD 시스템은 이하의 단계 340을 스킵한다. (단계 325에서)  $p_k$ 가 원점이 아니면, CAD 시스템은  $\rho(p_k)$ 가  $\omega$ 와 교차하도록 투영된 아크  $\omega$ 를 찾는다(단계 330).

$$f(p_k) \frac{|\langle v_k, p_k \rangle|}{\text{norm}(p_k)^3}$$

[0065] 다음으로, CAD 시스템은  $\Phi_f(\omega)$ 에 보정 함수

[0066] CAD 시스템은  $k = k + 1$ 을 설정한다(단계 340).

[0067] 시스템은  $k < K$  인지의 여부를 테스트함으로써 모든 포인트가 처리되었는지를 판정한다(단계 345). 만약 그렇지 않다면( $k < K$ 이 참이면), 시스템은 단계 325로 되돌아간다.  $k \geq K$ 이면, 각각의  $\omega$ 에 대해서, 시스템은 아래 수학식과 같이 설정함으로써,

$$\varphi_f(\omega) = \varphi_f(\omega) \frac{\alpha_\Delta}{K \cdot \alpha_\omega}$$

[0068]

[0069] 정규화 항(normalizing term)을 적용하여, 모든 부분집합들  $\omega$ 에 대해 래디얼 함수를 결정하고(단계 350), 프로세스가 종료된다(단계 355).

[0070]

위의 단계 335는 일반적으로 일정 시간에, 특히, 예를 들어,  $\Omega$ 가 구체의 단순한 복셀화(voxelisation)인 경우에 달성될 수 있다는 것에 주목한다. 단계 335가 일정 시간에 수행될 수 있는 경우, 전술한 프로세스는  $O(N+K)$  연산들만을 요한다.

[0071] 래디얼 분포  $\psi_f$ 를 계산하기 위해, 간단히  $\omega$ 가 충분히 작은 경우,

$$\psi_f(\omega) \approx \frac{\varphi_f(\omega)}{\varphi_i(\omega)}$$

[0072] [0073] 임을 주목한다.

[0074] 본 기술분야의 통상의 기술자는 본 명세서에서 개시된 프로세스에 대한 분석적 기초를 이해할 것이다.  $\Phi_f(\omega)$ 의 정확한 값은 위의 수학식 1에 정의된다. 일부 실시예들에서, 래디얼 분포는 제1 래디얼 분포 및 제2 래디얼 함수의 지수로서 3차원 객체 모델 및 3차원 공간에 대한 함수와 연관되며, 제2 래디얼 함수는, 상수이며 1인, 3차원 공간에 대한 함수와 연관된다. 이러한 적분은  $\omega$ 에 대해서 M개의 랜덤하게 생성된 포인트들  $q_1, \dots, q_M$ 을 선택하여, 아래의 값을 취함으로써 근사화될 수 있다.

$$\varphi_f(\omega) \approx \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \varphi_f(q_m)$$

[0075] [0076] 개시된 프로세스의 근본적인 접근법은  $\omega$ 에 대한 수학식 1의 적분을,  $\omega$  아래에 놓인  $\Delta$ 의 부분, 즉, 꼭지점에 대한 원점과, 그것의 베이스에 대한  $\omega$ 를 갖는 원뿔과  $\Delta$ 와의 교점에 대한 적분으로 대체하는 것이다.

[0077] 기술적인 용어로는, 이것은 구체 상의 적분으로부터 표면  $\Delta$  상의 적분으로의 풀-백(pull-back)이다. 이것을 달성하기 위해, 각각의  $\omega$ 에 대해서,  $\omega$ 에서 랜덤하게 포인트들을 선택하는 대신에, 프로세스는 표면  $\Delta$  상의 랜덤 포인트들  $p_1, \dots, p_K$ 를 선택하고, 구체  $S_2$  상으로의 그 포인트들의 투영들을 이용한다. 투영된 포인트들의 이러한 집합은 구체에 대해 랜덤하게 분포되지 않는다.

[0078] 일부 실시예들에서, 객체 모델에 대응하는 래디얼 함수들 및 래디얼 분포는, 구체의 파티션의 요소에 대한 평균 값으로서 CAD 시스템에 저장된다.

[0079] 도 4a 및 4b는 구체(420) 상으로 투영된 표면  $\Delta$ (415)의 포인트들(410)의 비-랜덤 분포(405)를 도시한다. 도 4a에 도시된 바와 같이,  $\Delta$ 에 대한 법선이 원점과 포인트들  $p$ 에 의해 형성된 라인과 평행한  $\Delta$ 의 영역들 내에 있는 포인트들  $p$ 는 다른 포인트들보다 덜 밀집되어 분포된 영역으로 투영된다. 도 4b에 도시된 바와 같이, 원점에 가까운 포인트들은 다른 포인트들보다 덜 밀집되어 분포된 영역들에 투영된다.

[0080] 이러한 2개의 효과는, 단계 335에서의 보정 항  $\frac{\left| \langle v_k, p_k \rangle \right|}{\text{norm}(p_k)^3}$  및 단계 350에서의 정규화 항  $\frac{\alpha_\Delta}{K \cdot \alpha_\omega}$ 의 원인이다.

[0081] 물론, 본 기술분야의 통상의 기술자는 위의 프로세스의 변경들 및 변형들이 고려될 수 있으며, 개시된 실시예들의 범주 내에 있는 것으로 의도된다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어,  $p_k$ 가 원점에 가깝다면, 위의 프로세스에서의 단계 335는 수치적 불안정성(numerical instability)을 야기할 수 있다.

[0082] 이것을 보정하기 위해, 원점 근처에 '블랙 박스(black box)' 효과를 부가할 수 있다. 보다 정확하게는,  $\varepsilon$ 을  $\text{norm}(p_k)$ 가 문제를 야기할 값으로 정의한다. 다음으로, 단계 305 이전에, CAD 시스템은  $L=K$ 를 설정할 것이다 (단계 302, 도시되지 않음). 단계 325는,  $p_k$ 가 원점인 경우,  $\text{norm}(p_k) < \varepsilon$  이면, 단계 340으로 전너뛰기 전에  $L=L-1$ 을 설정하도록 변경될 것이다. 그리고 나서, 단계 350은, 각각의  $\omega$ 에 대해서, CAD 시스템이 이하와 같이 설정하도록 변경될 것이다.

$$\varphi_f(\omega) = \frac{\varphi_f(\omega) \cdot \alpha_\Delta}{L \cdot \alpha_\omega}$$

[0083] [0084] 이것은  $\varepsilon$  보다 작은  $\text{norm}$ 을 갖는 모든 포인트들을 무시하는 효과를 갖는다.

[0085] 다양한 실시예들은, 3차원 객체 모델의 래디얼 함수 및 분포를 결정하기 위한 시스템, 방법, 및 컴퓨터 프로그램 제품을 포함한다. 일 방법은, CAD 시스템에서 3차원 객체 모델을 검색하고, 객체 모델의 표면 상의 랜덤 포

인트들을 샘플링하는 것을 포함한다. 본 방법은 또한, 랜덤 포인트들 각각에 대응하는 법선 벡터를 결정하고, 개별적인 랜덤 포인트 및 각각의 법선 벡터에 대응하는 래디얼 함수를 결정하는 것을 포함한다. 본 방법은 또한 객체 모델에 대응하는 정상 분포(normal distribution)로서 CAD 시스템에 래디얼 함수들의 평균을 저장하는 것을 포함한다.

[0086] 본 기술분야의 통상의 기술자는, 단순함 및 명료함을 위해, 본 개시내용과 사용하기에 적절한 모든 데이터 처리 시스템들의 완전한 구조 및 동작들이 본 명세서에서 도시되거나 설명되고 있지 않다는 것을 인지할 것이다. 그 대신에, 본 개시내용에 고유하거나, 본 개시내용의 이해를 위해 필요한, 다수의 데이터 처리 시스템만이 도시되고 설명된다. 데이터 처리 시스템(100)의 나머지 구성 및 동작은 이 기술분야에 알려진 다양한 현재의 구현들 및 실시들 중 임의의 것에 따를 수 있다.

[0087] 본 개시는 완전하게 기능하는 시스템의 맥락에서의 설명을 포함하나, 본 기술분야의 통상의 기술자는 본 개시의 메커니즘의 적어도 일부분들은, 임의의 다양한 형태의 머신-이용가능, 컴퓨터-이용가능, 또는 컴퓨터 판독가능 매체 내에 포함된 명령어들의 형태로 배포될 수 있으며, 본 개시는, 실제로 배포를 수행하는데 이용되는, 특정 유형의 명령어 또는 신호 담지(bearing) 매체 또는 저장 매체와 상관없이 동등하게 적용한다는 것을 이해할 것이다. 머신 이용가능/판독가능 또는 컴퓨터 이용가능/판독가능 매체들의 예들은, ROM들(read only memories) 또는 EEPROM들(erasable, electrically programmable read only memories)과 같은 불휘발성, 하드 코딩된 유형의 매체들, 및 플로피 디스크들, 하드 디스크 드라이브들 및 CD-ROM들(compact disk read only memories) 또는 DVD들(digital versatile disks)과 같은 사용자 기록가능한 유형의 매체들을 포함한다.

[0088] 본 개시의 예시적인 실시예가 상세하게 설명되었으나, 본 기술분야의 통상의 기술자는, 본 명세서에서 개시된 다양한 변경들, 대체들, 변형들 및 개선들이, 본 개시의 사상 및 범주를 벗어나지 않으면서 그것의 가장 광범위한 형식으로 이루어질 수 있음을 이해할 것이다.

[0089] 본원의 설명 중 어떤 것도, 임의의 특정 요소, 단계, 또는 기능이 청구항의 범주에 포함되어야만 하는 필수 요소임을 의미하는 것으로서 읽혀져서는 안되며, 특히 대상의 범주는 오직 허가된 특허청구범위에 의해서만 정의된다. 또한, 정확하게 "~하는 수단"이라는 용어들 다음에 분사가 뒤따르지 않으면, 이들 특허청구범위 중 어느 것도 35 USC § 112의 패러그래프 6을 적용하도록 의도되지 않는다.

## 도면의 간단한 설명

[0090] 도 1은 실시예를 구현할 수 있는 데이터 처리 시스템의 블록도.

[0091] 도 2 및 도 3은 개시된 실시예들에 따른 프로세스들의 흐름도.

[0092] 도 4a 및 도 4b는 투영된 포인트들의 비-균일 분포들을 도시하는 도면.

[0093] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0094] 102: 프로세서

[0095] 104: 캐시/브리지

[0096] 108: 메모리

[0097] 110: 그래픽 어댑터

[0098] 111: 디스플레이

[0099] 114: 확장 버스 인터페이스

[0100] 112: LAN/WAN/WiFi 어댑터

[0101] 130: 네트워크

[0102] 140: 서버

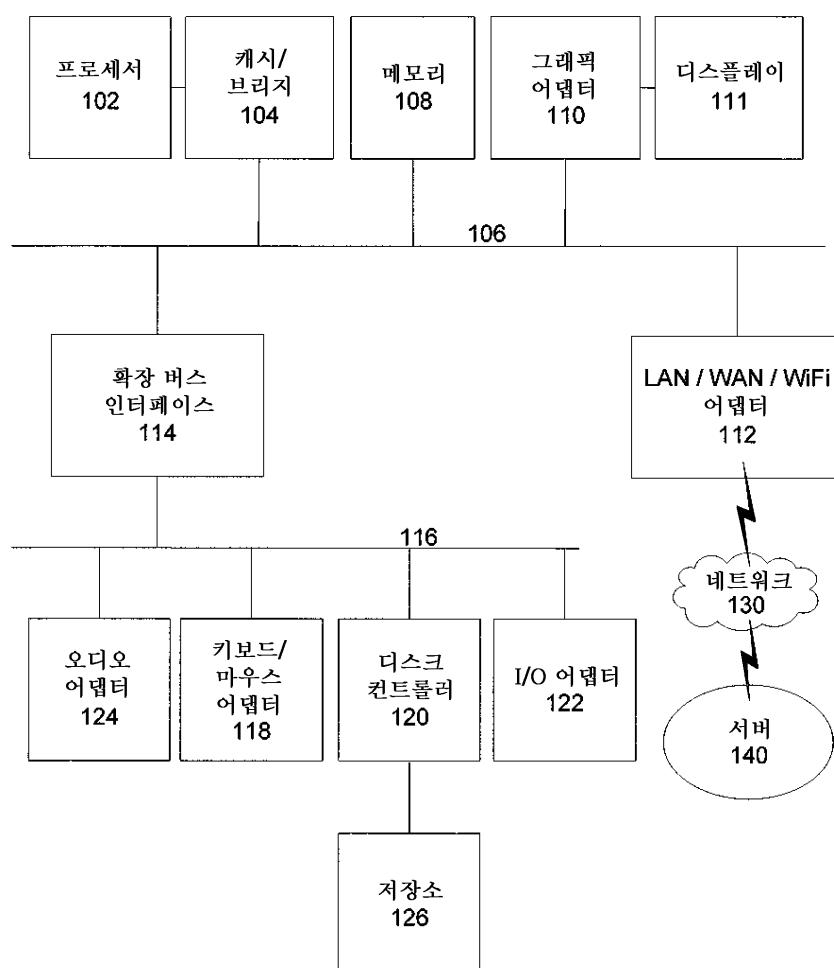
[0103] 124: 오디오 어댑터

[0104] 118: 키보드/마우스 어댑터

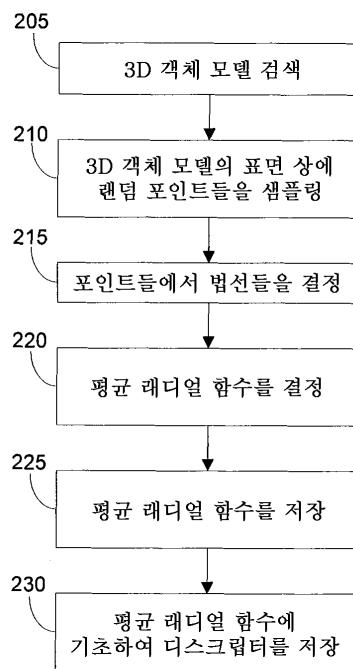
[0105] 120: 디스크 컨트롤러

[0106] 122: I/O 어댑터

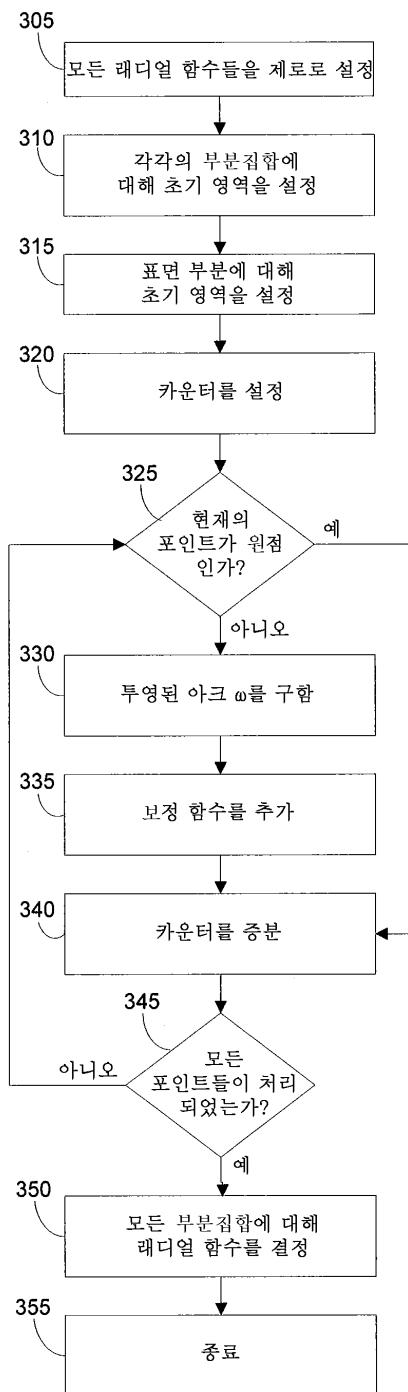
[0107] 126: 저장소

**도면****도면1**100

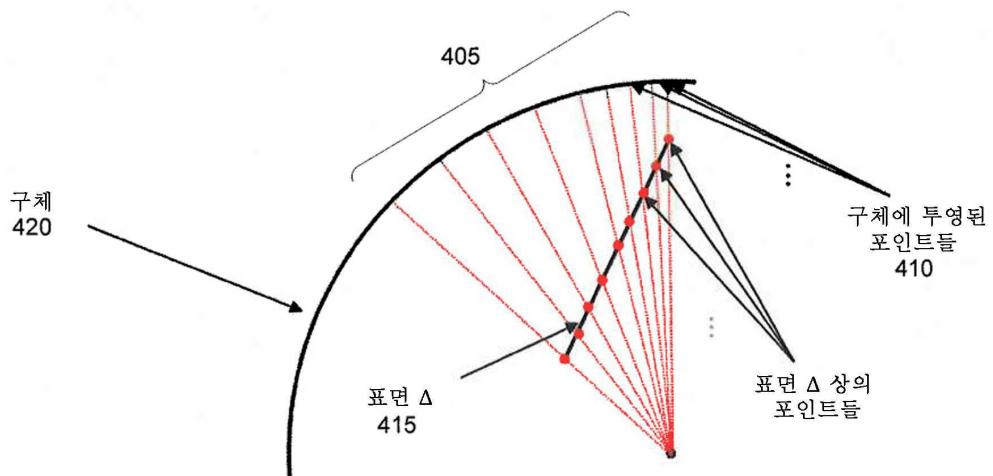
## 도면2



## 도면3



도면4a



도면4b

