



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0097315
(43) 공개일자 2011년08월31일

(51) Int. Cl.

G06T 17/05 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2010-0017101

(22) 출원일자 2010년02월25일

심사청구일자 2010년02월25일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

김창현

서울특별시 동대문구 제기동 안암골 벽산아파트
105-703

이성호

경기도 부천시 원미구 중2동 꿈마을아파트 1023동
2001호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

송경근

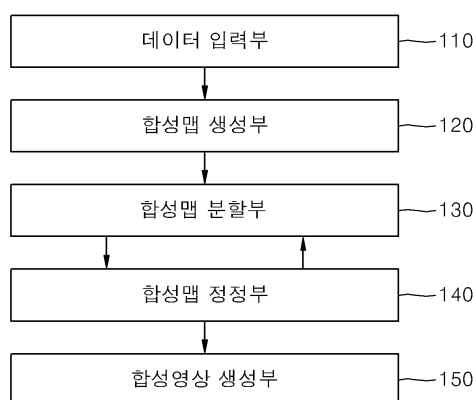
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치 및 방법

(57) 요약

거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치 및 방법이 개시된다. 데이터 입력부는 원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 최소 거리를 나타내는 연속적인 스칼라 거리값으로 이루어진 거리장 형태의 원본 데이터를 입력받아 저장한다. 합성맵 생성부는 원본영상이 확장되어 3차원 형상이 비주기적으로 포함된 합성영상을 생성하기 위해 합성영상과 크기가 동일하며 연속적인 각 좌표에 원본 데이터로부터 선택된 좌표정보가 매핑되는 합성맵을 생성한다. 합성맵 분할부는 합성맵을 사전에 설정된 최대레벨에 따라 반복적으로 분할한다. 합성맵 정정부부는 합성맵의 분할시마다 생성되는 각각의 셀로부터 선택된 정정지점에 대하여 원본 데이터 내에서 선택된 사전에 설정된 개수의 후보지점들 중에서 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 원본 데이터 내의 대응지점 및 후보지점들에 대해 각각 정의되는 벡터 형태의 이웃 정보 간의 차가 최소인 후보지점의 좌표정보를 매핑한다. 합성영상 생성부는 합성맵의 분할 및 좌표정보의 매핑이 완료되면, 합성맵의 각 좌표에 매핑된 원본 데이터의 좌표정보에 대응하는 거리값으로 이루어진 합성 데이터를 기초로 합성영상을 생성한다. 본 발명에 따르면, 원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 거리에 따라 적응적으로 합성맵의 샘플링 및 갱신을 수행함으로써 계산량을 줄여 빠르게 3차원 합성영상을 생성할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박대정

경기 고양시 일산동구 백석동 현대밀라트 C동 120
4호

김중현

경기 부천시 오정구 고강본동 423-1 미도빌라 B동
402호

특허청구의 범위

청구항 1

원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 최소 거리를 나타내는 연속적인 스칼라 거리값으로 이루어진 거리장 형태의 원본 데이터를 입력받아 저장하는 데이터 입력부;

상기 원본영상이 확장되어 상기 3차원 형상이 비주기적으로 포함된 합성영상을 생성하기 위해 상기 합성영상과 크기가 동일하며 연속적인 각 좌표에 상기 원본 데이터로부터 선택된 좌표정보가 매핑되는 합성맵을 생성하는 합성맵 생성부;

상기 합성맵을 사전에 설정된 최대레벨에 따라 반복적으로 분할하는 합성맵 분할부;

상기 합성맵의 분할시마다 생성되는 각각의 셀로부터 선택된 정정지점에 대하여 상기 원본 데이터 내에서 선택된 사전에 설정된 개수의 후보지점들 중에서 상기 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 상기 원본 데이터 내의 대응지점 및 후보지점들에 대해 각각 정의되는 벡터 형태의 이웃 정보 간의 차가 최소인 후보지점의 좌표정보를 매핑하는 합성맵 정정부; 및

상기 합성맵의 분할 및 상기 좌표정보의 매핑이 완료되면, 상기 합성맵의 각 좌표에 매핑된 상기 원본 데이터의 좌표정보에 대응하는 거리값으로 이루어진 합성 데이터를 기초로 상기 합성영상을 생성하는 합성영상 생성부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 데이터 입력부는 상기 원본 데이터를 팔진트리 기법에 의해 단계적으로 분할하여 계층적 데이터 구조로 저장하되, 각 단계의 분할에 의해 생성된 복수의 블록에 대한 다음 단계의 분할 여부는 각각의 블록에 포함된 거리값들의 분포를 기초로 개별적으로 결정되는 것을 특징으로 하는 거리장 합성장치.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 데이터 입력부는 상기 원본 데이터에서 사전에 설정된 기준거리 이상의 크기를 가지는 거리값을 사전에 설정된 변환크기로 변환하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성장치.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 합성맵 분할부는 반복적인 분할에 의해 생성된 셀들이 레벨에 따라 계층적으로 배치되는 트리 구조를 생성하며, 각각의 분할시마다 상위 레벨의 셀이 분할되어 생성되는 동일한 하위 레벨의 셀들은 동일한 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 거리장 합성장치.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 트리 구조의 각 노드에는 상기 정정지점에 매핑된 상기 원본 데이터의 좌표정보 및 상기 후보지점을 결정하기 위해 상기 원본 데이터 내에서 선택되는 탐색후보의 정보가 저장되는 것을 특징으로 하는 거리장 합성장치.

청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 합성맵 정정부는 상기 합성맵의 분할에 의해 생성된 복수의 셀 중에서 상기 각각의 셀로부터 선택된 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 상기 원본 데이터의 대응지점이 상기 3차원 형상에 인접하여 위치하는 셀을

상기 후보지점의 좌표정보의 매핑 및 상기 합성맵 분할부에 의한 분할의 대상으로 결정하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성장치.

청구항 7

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 합성맵 정정부는 상기 각각의 정정지점 중에서 상기 좌표정보를 매핑할 후보지점과의 좌표정보의 차가 사전에 설정된 기준 오프셋 값보다 큰 정정지점에 상기 후보지점의 좌표정보를 매핑하고 상기 합성맵 분할부에 의한 분할의 대상으로 결정하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성장치.

청구항 8

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 합성맵 정정부는 상기 각각의 정정지점 중에서 상기 좌표정보를 매핑할 후보지점과의 이웃 정보의 차에 의해 산출되는 정합 에너지가 사전에 설정된 기준 에너지보다 큰 정정지점에 상기 후보지점의 좌표정보를 매핑하고 상기 합성맵 분할부에 의한 분할의 대상으로 결정하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성장치.

청구항 9

원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 최소 거리를 나타내는 연속적인 스칼라 거리값으로 이루어진 거리장 형태의 원본 데이터를 입력받아 저장하는 데이터 입력단계;

상기 원본영상이 확장되어 상기 3차원 형상이 비주기적으로 포함된 합성영상을 생성하기 위해 상기 합성영상과 크기가 동일하며 연속적인 각 좌표에 상기 원본 데이터로부터 선택된 좌표정보가 매핑되는 합성맵을 생성하는 합성맵 생성단계;

상기 합성맵을 사전에 설정된 최대레벨에 따라 반복적으로 분할하는 합성맵 분할단계;

상기 합성맵의 분할시마다 생성되는 각각의 셀로부터 선택된 정정지점에 대하여 상기 원본 데이터 내에서 선택된 사전에 설정된 개수의 후보지점들 중에서 상기 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 상기 원본 데이터 내의 대응지점 및 후보지점들에 대해 각각 정의되는 벡터 형태의 이웃 정보 간의 차가 최소인 후보지점의 좌표정보를 매핑하는 합성맵 정정단계; 및

상기 합성맵의 분할 및 상기 좌표정보의 매핑이 완료되면, 상기 합성맵의 각 좌표에 매핑된 상기 원본 데이터의 좌표정보에 대응하는 거리값으로 이루어진 합성 데이터를 기초로 상기 합성영상을 생성하는 합성영상 생성단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 데이터 입력단계에서, 상기 원본 데이터를 팔진트리 기법에 의해 단계적으로 분할하여 계층적 데이터 구조로 저장하되, 각 단계의 분할에 의해 생성된 복수의 블록에 대한 다음 단계의 분할 여부는 각각의 블록에 포함된 거리값들의 분포를 기초로 개별적으로 결정되는 것을 특징으로 하는 거리장 합성방법.

청구항 11

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 데이터 입력단계에서, 상기 원본 데이터에서 사전에 설정된 기준거리 이상의 크기를 가지는 거리값을 사전에 설정된 변환크기로 변환하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성방법.

청구항 12

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 합성맵 분할단계에서, 반복적인 분할에 의해 생성된 셀들이 레벨에 따라 계층적으로 배치되는 트리 구조를 생성하며, 각각의 분할시마다 상위 레벨의 셀이 분할되어 생성되는 동일한 하위 레벨의 셀들은 동일한 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 거리장 합성방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 트리 구조의 각 노드에는 상기 정정지점에 매핑된 상기 원본 데이터의 좌표정보 및 상기 후보지점을 결정하기 위해 상기 원본 데이터 내에서 선택되는 탐색후보의 정보가 저장되는 것을 특징으로 하는 거리장 합성방법.

청구항 14

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 합성맵 정정단계에서, 상기 합성맵의 분할에 의해 생성된 복수의 셀 중에서 상기 각각의 셀로부터 선택된 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 상기 원본 데이터의 대응지점이 상기 3차원 형상에 인접하여 위치하는 셀을 상기 후보지점의 좌표정보의 매핑 및 상기 합성맵 분할부에 의한 분할의 대상으로 결정하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성방법.

청구항 15

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 합성맵 정정단계에서, 상기 각각의 정정지점 중에서 상기 좌표정보를 매핑할 후보지점과의 좌표정보의 차이가 사전에 설정된 기준 오프셋 값보다 큰 정정지점에 상기 후보지점의 좌표정보를 매핑하고 상기 합성맵 분할부에 의한 분할의 대상으로 결정하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성방법.

청구항 16

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 합성맵 정정단계에서, 상기 각각의 정정지점 중에서 상기 좌표정보를 매핑할 후보지점과의 이웃 정보의 차에 의해 산출되는 정합 에너지가 사전에 설정된 기준 에너지보다 큰 정정지점에 상기 후보지점의 좌표정보를 매핑하고 상기 합성맵 분할부에 의한 분할의 대상으로 결정하는 것을 특징으로 하는 거리장 합성방법.

청구항 17

제 9항 또는 제 10항에 기재된 거리장 합성방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 3차원 형상의 표면으로부터의 최소 거리를 나타내는 거리값으로 이루어진 거리장을 기반으로 하여 3차원 형상이 비주기적으로 반복되는 확장된 거리장을 합성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 예제 기반의 영상 및 텍스트 편집 기술에의 발전으로 인하여 초보적인 사용자들도 숙련된 기량으로 2차원 영상을 쉽게 다룰 수 있게 되었다. 그러나 3차원 모델을 위한 예제 기반 합성(example-based synthesis)에 대한 연구는 아직 많이 이루어지지 않았다. 몇몇 연구들은 예제 기반 합성 또는 3차원 영상의 편집에 초점을 맞추고 있다. 그러나 이러한 방법들은 특정한 응용에 대하여만 제한되어 있으며, 중앙 처리 장치(Central Processing Unit : CPU)의 연산시간뿐만 아니라 메모리를 포함하는 연산 자원의 방대한 양을 요구한다. 예를 들면, 기존의 방법들 중 하나를 사용하여 정밀도가 높은 예제(exemplar)를 합성하려고 한다면 3차원 데이터의 높은 차수로 인하여 빠르게 연산 자원의 한계에 도달하게 된다.

[0003] 기존 방법들 중에서 Lagae 등이 제안한 방법은 예제를 이용하여 기하학적 구조를 생성하기 위해 규칙적으로 샘플링된 입력 기하학적 구조의 거리장(distance field)을 계산하고, 트리 형태의 계층적 표현을 구성한다. 다음으로 트리 검색 알고리즘을 사용하여 거리장 샘플의 부분적으로 합성된 이웃에 대한 최적 정합을 검색하고, 합

생되지 않은 샘플을 최적 정합의 샘플로 대체한다. 그러나 이 방법은 거리장의 모든 좌표에 대하여 계산을 수행하여야 하기 때문에 연산량의 증가로 인해 처리속도가 저하된다는 단점을 가진다.

- [0004] 따라서 기존의 3차원 모델 생성방법에서 나타나는 위와 같은 단점을 극복하고 예제 데이터로부터 3차원 기하학적 구조를 실시간으로 빠르게 생성할 수 있는 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 예제 기반의 합성 방법을 3차원 거리장에 적용하여 멀티코어 환경에서 빠르게 3차원 합성영상을 생성할 수 있는 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

- [0006] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 예제 기반의 합성 방법을 3차원 거리장에 적용하여 멀티코어 환경에서 빠르게 3차원 합성영상을 생성할 수 있는 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치는, 원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 최소 거리를 나타내는 연속적인 스칼라 거리값으로 이루어진 거리장 형태의 원본 데이터를 입력받아 저장하는 데이터 입력부; 상기 원본영상이 확장되어 상기 3차원 형상이 비주기적으로 포함된 합성영상을 생성하기 위해 상기 합성영상과 크기가 동일하며 연속적인 각 좌표에 상기 원본 데이터로부터 선택된 좌표정보가 매핑되는 합성맵을 생성하는 합성맵 생성부; 상기 합성맵을 사전에 설정된 최대레벨에 따라 반복적으로 분할하는 합성맵 분할부; 상기 합성맵의 분할시마다 생성되는 각각의 셀로부터 선택된 정정지점에 대하여 상기 원본 데이터 내에서 선택된 사전에 설정된 개수의 후보지점들 중에서 상기 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 상기 원본 데이터 내의 대응지점 및 후보지점들에 대해 각각 정의되는 벡터 형태의 이웃 정보 간의 차가 최소인 후보지점의 좌표정보를 매핑하는 합성맵 정정부; 및 상기 합성맵의 분할 및 상기 좌표정보의 매핑이 완료되면, 상기 합성맵의 각 좌표에 매핑된 상기 원본 데이터의 좌표정보에 대응하는 거리값으로 이루어진 합성 데이터를 기초로 상기 합성영상을 생성하는 합성영상 생성부;를 구비한다.

- [0008] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성방법은, 원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 최소 거리를 나타내는 연속적인 스칼라 거리값으로 이루어진 거리장 형태의 원본 데이터를 입력받아 저장하는 데이터 입력단계; 상기 원본영상이 확장되어 상기 3차원 형상이 비주기적으로 포함된 합성영상을 생성하기 위해 상기 합성영상과 크기가 동일하며 연속적인 각 좌표에 상기 원본 데이터로부터 선택된 좌표정보가 매핑되는 합성맵을 생성하는 합성맵 생성단계; 상기 합성맵을 사전에 설정된 최대레벨에 따라 반복적으로 분할하는 합성맵 분할단계; 상기 합성맵의 분할시마다 생성되는 각각의 셀로부터 선택된 정정지점에 대하여 상기 원본 데이터 내에서 선택된 사전에 설정된 개수의 후보지점들 중에서 상기 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 상기 원본 데이터 내의 대응지점 및 후보지점들에 대해 각각 정의되는 벡터 형태의 이웃 정보 간의 차가 최소인 후보지점의 좌표정보를 매핑하는 합성맵 정정단계; 및 상기 합성맵의 분할 및 상기 좌표정보의 매핑이 완료되면, 상기 합성맵의 각 좌표에 매핑된 상기 원본 데이터의 좌표정보에 대응하는 거리값으로 이루어진 합성 데이터를 기초로 상기 합성영상을 생성하는 합성영상 생성단계;를 갖는다.

발명의 효과

- [0009] 본 발명에 따른 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치 및 방법에 의하면, 원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 거리에 따라 적응적으로 합성맵의 샘플링 및 갱신을 수행함으로써 계산량을 줄여 빠르게 3차원 합성영상을 생성할 수 있다. 또한 원본 데이터 및 합성맵을 트리 형태의 데이터 구조로 저장함으로써 메모리 공간을 절약하고 처리속도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명에 따른 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치에 대한 바람직한 실시예의 구성을 도시한 블록도,

도 2는 합성맵의 샘플링 과정을 나타내는 소스코드를 나타낸 도면,
 도 3은 성긴 레벨로부터 미세한 레벨까지 적응적으로 샘플링된 탐색 후보를 나타낸 도면,
 도 4는 합성맵에 불연속 지점이 포함된 경우에 얻어지는 합성 데이터와 연속적인 합성 데이터를 나타낸 도면,
 도 5는 불연속 지점이 포함된 합성맵 및 적응적 오프셋 맵을 적용하여 연속적으로 얻어지는 합성 데이터를 나타낸 도면,
 도 6은 hasCrossing(x) 함수를 사용하여 각 레벨에 해당하는 중심지점을 결정하는 알고리즘에 대한 소스코드를 나타낸 도면,
 도 7은 정정지점의 범위 제한에 의해 얻어진 셀들을 나타낸 도면,
 도 8은 갱신 대상의 선택 과정을 수행하기 위한 알고리즘의 소스코드를 나타낸 도면,
 도 9는 레벨이 증가함에 따라 결정되는 원본 데이터의 거리값을 나타낸 도면,
 도 10은 원본 데이터의 변환 여부에 따라 합성 데이터의 각 좌표에 대해 얻어지는 에너지 및 합성영상을 나타낸 도면,
 도 11은 본 발명에 따른 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성방법에 대한 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도,
 도 12 및 도 13은 합성맵의 각 레벨에 대응하여 생성된 합성영상을 나타낸 도면,
 도 14는 본 발명의 병렬 처리에 의한 성능 이득을 도시한 그래프, 그리고,
 도 15a 내지 도 15c는 각각 서로 다른 3차원 형상이 포함된 원본영상으로부터 생성된 합성영상을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치 및 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0012] 도 1은 본 발명에 따른 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성장치에 대한 바람직한 실시예의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0013] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 거리장 합성장치는, 데이터 입력부(110), 합성맵 생성부(120), 합성맵 분할부(130), 합성맵 정정부(140) 및 합성영상 생성부(150)를 구비한다.
- [0014] 데이터 입력부(110)는 원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 최소 거리를 나타내는 연속적인 스칼라 값으로 이루어진 거리장 형태의 원본 데이터를 입력받아 저장한다.
- [0015] 본 발명에 따른 거리장 합성장치는 특정한 3차원 형상을 포함하고 있는 원본영상을 확장하여 3차원 형상이 비주기적으로 반복되는 합성영상을 생성하도록 구현된다. 이때 원본영상에 대응하여 입력되는 원본 데이터는 연속적인 거리값으로 이루어진 거리장 형태이다. 원본 데이터의 각각의 좌표에 대응하는 거리값은 3차원 형상의 표면으로부터의 거리를 나타내는 스칼라 값이며, 3차원 형상의 내부 또는 외부에 위치한다는 것을 나타내기 위해 부호를 가진다. 즉, 3차원 형상의 내부에 해당하는 좌표는 음수의 거리값을 가지며, 외부에 해당하는 좌표는 양수의 거리값을 가진다.
- [0016] 또한 원본영상에 대응하는 원본 데이터의 특징적인 점으로서, 기존의 다른 거리장 합성방법에서 사용된 거리장에 포함된 거리값들은 이산적인 분포를 가지는 반면, 본 발명에서 사용되는 원본 데이터에는 연속적인 거리값들이 포함되어 있다는 점이다. 연속적인 거리값은 일정한 간격으로 샘플링된 좌표에 대해 부여된 거리값들 사이를 보간함으로써 얻어진다. 또한 원본 데이터 뿐만 아니라 합성영상을 생성하기 위한 거리장 형태의 합성 데이터 역시 연속적인 거리값들로 이루어진다.
- [0017] 데이터 입력부(110)는 원본 데이터를 저장하기 위해 다양한 형태의 데이터 구조를 사용할 수 있다. 예를 들면, 다양한 데이터 구조 중에서 메모리 사용이 적고 검색이 빠른 압축 랜덤 액세스 트리(compressed random-access tree)를 사용하여 원본 데이터를 저장할 수 있다. 한편, 거리값의 정확도는 3차원 형상의 표면, 즉 거리값이 0인 지점으로부터 멀리 떨어진 지점에서는 중요도가 높지 않다고 할 수 있으므로 기존에 제안된 방법 중의 하나

인 적응적 샘플링 기법을 사용하여 원본 데이터를 샘플링하면 메모리 사용을 절약할 수 있다.

[0018] Frisken 등에 의해 제안된 적응적 샘플링 기법을 원본 데이터에 적용하면 원본 데이터는 팔진트리 기법에 의해 복수의 단계로 반복적으로 분할되어 계층적 구조로 저장된다. 원본 데이터는 3차원 형태이므로 한 번의 분할시마다 8개의 동일한 크기의 블록들이 생성된다. 따라서 각 단계의 분할시마다 하나의 상위블록이 8개의 하위블록으로 분할된다. 이때 적응적 샘플링 기법에서는 모든 블록을 동일하게 하위블록으로 분할하지 않고 각각의 블록마다 분할 여부를 개별적으로 결정한다.

[0019] 이때 분할 여부의 기준이 되는 것이 해당 블록에 포함된 거리값들의 분포이다. 즉, 블록 내의 거리값들 사이의 변화가 크지 않으면 3차원 형상의 표면으로부터 멀리 떨어진 지점에 해당하므로 해당 블록은 더 이상 분할되지 않고, 블록 내의 거리값들 사이의 차가 크면 3차원 형상의 표면에 근접한 지점에 해당하므로 해당 블록은 하위블록으로 분할된다. 원본 데이터가 분할되어 생성된 다양한 크기의 블록들의 정보(예를 들면, 각 블록의 대표 거리값)는 계층적 트리구조로 저장된다. 트리구조로부터 거리장을 재구성할 때에는 트리의 각 노드로부터 각 블록의 정보를 획득하고 나머지 좌표의 거리값들은 보간법에 의해 산출함으로써 원래 거리장의 형태와 거의 동일하게 복원할 수 있다.

[0020] 합성맵 생성부(120)는 원본영상이 확장되어 3차원 형상이 비주기적으로 포함된 합성영상을 생성하기 위해 합성영상과 크기가 동일하며 연속적인 각 좌표에 원본 데이터로부터 선택된 좌표정보가 매핑되는 합성맵을 생성한다.

[0021] 각 좌표에 거리값이 부여된 원본 데이터를 $E:R^3 \rightarrow R$ 이라 하면, 합성맵은 원본 데이터의 좌표정보를 매핑하는 $S:R^3 \rightarrow R^3$ 과 같이 나타낼 수 있다. 또한 합성맵의 각 좌표에 매핑된 원본 데이터의 좌표정보를 이용하여 생성되는 합성 거리장은 $(E \circ S)(x) = E(S(x))$ 로 표현된다. 즉, 합성 거리장은 합성맵과 동일한 크기를 가지며, 원본영상이 확장된 합성영상을 생성하기 위한 기초가 되는 데이터로 원본 데이터와 마찬가지로 연속적인 거리값으로 이루어진다. 이때 합성 거리장의 각 좌표에 부여되는 거리값은 합성맵에서 대응하는 좌표에 매핑된 원본 데이터의 좌표정보에 부여된 거리값이다.

[0022] 이와 같이 합성맵이 생성되면 합성맵 분할부(130)는 합성맵을 사전에 설정된 최대레벨에 따라 반복적으로 분할하며, 합성맵 정정부(140)는 합성맵의 분할시마다 생성되는 각각의 셀로부터 선택된 정정지점에 대하여 원본 데이터 내에서 선택된 사전에 설정된 개수의 후보지점들 중에서 정정지점에 대응하는 원본 데이터 내의 대응지점 및 후보지점들에 대해 각각 정의되는 벡터 형태의 이웃 정보 간의 차가 최소인 후보지점의 좌표정보를 매핑한다.

[0023] 합성영상 내지 합성 데이터와 동일한 크기로 생성된 합성맵을 구성하는 연속적인 좌표에는 초기에는 원본 데이터로부터 랜덤하게 선택된 좌표정보가 매핑되거나 사용자의 설정에 의해 선택된 좌표정보가 매핑된다. 이러한 성긴(coarse) 스케일의 초기 합성맵으로부터 미세한(fine) 스케일의 최종 합성맵을 생성하기 위해 복수의 단계로 이루어진 정정(correction) 알고리즘을 수행한다. 최상위 레벨에 해당하는 초기 합성맵은 먼저 규칙적인 격자에 의해 분할되어 복수의 셀이 생성되고, 초기 격자에서 각각의 셀의 중심은 $p \in D_1$ 와 같이 표현된다. 여기서 $D_1 = \{x | x = w(n+1/2), n \in \mathbb{Z}^3\}$ 이다. 또한 레벨 1에서 셀의 너비는 $w=2^{-1}$ 이다.

[0024] 각각의 정정 단계에서, 합성맵 S에서 정정 알고리즘을 수행하고자 하는 셀의 중심인 정정지점 p에 매핑된 좌표 정보는 원본 데이터 내에서 이웃 차분을 최소화하는 후보지점의 좌표정보로 대체된다. 정정지점 p에 대한 후보지점들의 집합은 다음의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

$$U_i(p) = \{q | q = C'_i(S(p + \Delta) - \Delta)\}$$

[0025]

[0026] 여기서, $U_i(p)$ 는 정정지점 p에 대해 원본 데이터 내에서 선택된 후보지점들의 i번째 집합, q는 원본 데이터 내에서의 후보지점의 좌표정보, C'_i 은 원본 데이터 내에서의 i번째 k-정합(coherence) 탐색후보이고, $(p + \Delta)$ 는 정정지점 p에 인접한 셀들의 중심을 나타낸다.

[0027] 즉, 원본 데이터의 후보지점들은 정정지점 p 에 매핑된 원본 데이터의 좌표정보를 기초로 i 의 값에 따른 탐색후보를 검색함으로써 얻어진다. 수학적 식 1과 같은 후보지점 집합이 결정되면, 정정지점 p 에 매핑된 좌표정보는 후보지점 집합으로부터 선택된 하나의 후보지점의 좌표정보로 다음의 수학적 식 2와 같이 대체된다.

수학적 식 2

[0028]
$$S(p) := S_{new}(p)$$

[0029] 여기서, $S_{new}(p)$ 는 앞에서 설명한 바와 같이 이웃 차분을 최소화하는 후보지점이며, 후보지점 집합으로부터 다음의 수학적 식 3에 의해 결정된다.

수학적 식 3

[0030]
$$S_{new}(p) = \underset{q \in U_i(p)}{\operatorname{argmin}} \|N_{E \circ S}(p) - N_E(q)\| \varphi(i)$$

[0031] 여기서, $N_{E \circ S}(p)$ 는 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 원본 데이터 내에서의 대응지점에 대해 정의된 이웃 정보, $N_E(q)$ 는 후보지점 집합에 속하는 후보지점에 대해 정의된 이웃 정보, 그리고 $\varphi(i)$ 는 도약 벌점자(jump penalizer)로서 i 번째 후보지점 집합에 대응하여 적용되는 값이다. 또한 $i \in \{1, 2\}$ 일 경우, $C'_1(p) = B$ 므로 $C'_1 = C'_2$ 에 대하여만 사전에 구할 수 있다.

[0032] 한편, 원본 데이터가 트리 구조로 저장될 수 있는 것과 마찬가지로 효율적인 메모리 사용을 위해 합성맵 S 와 k -정합 탐색후보 C 는 적응적 오프셋 맵(Adaptive Offset Map : AOM)의 형태로 저장될 수 있다.

[0033] 적응적 오프셋 맵은 옥트리 셀(octree cell)로 구성되며, 각각의 옥트리 셀 c 에는 벡터 $c.v$ 가 저장되어 있다. 각각의 벡터 $c.v$ 는 원본 데이터의 한 지점에 대한 좌표정보를 매핑한다. 옥트리 셀 c 의 한 지점 x 에 대해 샘플링하고자 하는 경우, 적응적 오프셋 맵은 x 와 셀의 중심 사이의 차와 함께 좌표정보가 매핑된 $c.v$ 의 값을 리턴한다. 도 2는 이러한 샘플링 과정을 나타내는 소스코드를 나타낸 도면이다.

[0034] 도 2의 샘플링 알고리즘에서 mag 의 값은 탐색후보나 합성맵을 저장할 때에는 1로 설정되며, 만약 mag 의 값이 0 이면 적응적 오프셋 맵은 보통의 최근접 이웃(nearest-neighbor: NN) 샘플링 옥트리가 된다. 또한 l_{max} 는 옥트리의 레벨, 즉 합성맵의 분할에 의해 생성되는 셀들의 레벨을 결정한다. 도 3에는 성긴 레벨($l_{max}=4$)로부터 미세한 레벨($l_{max}=6$)까지 적응적으로 샘플링된 탐색 후보가 도시되어 있다. 도 3을 참조하면, 하나의 적응적 오프셋 맵이 모든 레벨의 정보를 포함할 수 있으며, l_{max} 의 값이 높아질수록 특히 3차원 형상의 표면에 해당하는 부분이 미세하게 샘플링된다.

[0035] 한편, 합성맵 S 에 의해 R^3 에서 합성 데이터인 $E \circ S$ 가 생성되지만, 합성맵 S 에 불연속 부분이 포함되어 있는 경우에는 매끈한 컨투어가 얻어지지 않을 수 있다. 이를 해결하기 위해 합성맵 분할부(130)는 각 레벨의 셀로부터 선택되는 샘플링 지점 x 에 대해 8개의 최근접 지점 $p_i \in D_l$, 즉 인접한 8개 셀의 중심점 및 각각의 최근접 지점에 대한 오프셋 $\Delta_i = x - p_i$ 를 결정한다. 이와 같이 오프셋을 사용함에 따라 합성 데이터는 연속 거리장 형태를 가지게 되며, 연속적인 합성 데이터에서 x 지점에 대응하는 지점에 부여된 거리값은 다음의 수학적 식 4와 같이 얻어진다.

수학적 식 4

[0036]
$$M_{E,S}(x) = \sum_i E(S(p_i) + \Delta_i)(1 - \delta_{i1})(1 - \delta_{i2})(1 - \delta_{i3})$$

[0037] 여기서, $M_{E,S}(x)$ 는 연속적인 합성 데이터에서 x 지점의 값이고, $\Delta_i = (\delta_{i1} \ \delta_{i2} \ \delta_{i3})^T$ 이다.

[0038] 도 4는 합성맵에 불연속 지점이 포함된 경우에 얻어지는 합성 데이터와 위 방법에 의해 얻어진 연속적인 합성 데이터를 나타낸 도면이다. 도 4의 (a)는 불연속 지점이 포함된 합성맵을 나타낸 것으로, 이러한 합성맵에 의해 얻어진 합성 데이터는 도 4의 (b)와 같이 매끈하지 않은 곡면을 포함하고 있다. 그러나 오프셋을 결정하여 불연속 지점을 보정함으로써 도 4의 (c)와 같이 연속적인 곡면을 표현할 수 있게 된다.

[0039] 또한 도 5는 불연속 지점이 포함된 합성맵 및 적응적 오프셋 맵을 적용하여 연속적으로 얻어지는 합성 데이터를 나타낸 도면이다. 도 5의 (a) 및 (b)는 각각 반복적인 분할에 의해 얻어진 셀이 표시된 합성맵 및 셀이 표시되지 않은 합성맵을 나타낸 것이고, (c) 및 (d)는 이러한 합성맵으로부터 얻어진 합성 데이터를 나타낸 것이다. 도 5의 (d)를 참조하면, 3차원 형상의 표면으로부터 멀리 떨어진 영역에서는 불연속 지점이 일부 나타나지만, 3차원 형상의 표면에 근접한 영역은 연속적으로 표현되는 것을 확인할 수 있다.

[0040] 합성맵 정정부(140)가 정정지점에 매핑될 후보지점을 결정하기 위해 원본 데이터 내에서 샘플링된 각 좌표에 대응하는 k -정합 최근접 이웃 탐색후보 C 가 결정되어 있을 수 있다. 먼저 각각의 레벨 1에 대하여 합성맵 분할부(130)에 의해 생성된 각각의 셀의 중심인 정정지점 p 에 매핑된 원본 데이터 내의 대응지점의 이웃 정보인 $N_E(p)$ 를 샘플링한다. 앞에서 설명한 대로 이웃 정보는 벡터 형태로 표현되며, 각각의 이웃 정보는 지역 이웃 박스 내에서 너비 $w=2^{-1}$ 인 단위격자에 의해 규칙적으로 샘플링된다. 하나의 지역 이웃 박스 내에서 이웃점의 개수는 5^3 개로 설정될 수 있다.

[0041] 각 셀의 중심지점에 매핑된 대응지점에 대하여 이웃 정보가 샘플링되면, 합성맵 정정부(140)는 샘플링된 이웃 정보를 기반으로 kd-트리를 구축하고 각각의 셀에 대한 최근접 이웃 후보를 탐색한다. 그러나 균일한 격자에서의 후보 샘플링과 모든 셀에 대한 최근접 이웃 후보 탐색은 매우 느린 과정이다. 따라서 빠른 정합을 위해 대응지점에 대한 이웃들과 후보 이웃들을 3차원 형상의 표면 또는 표면에 근접한 영역으로 제한할 수 있다. 즉, 샘플링된 이웃 정보 $N_E(p)$ 내에 서로 다른 부호를 가지는 요소들이 존재하는 셀만을 고려할 수 있다. 또한 더 적은 메모리 사용을 위해 탐색후보들에 대한 이웃 정보만을 적응적으로 저장할 수 있다.

[0042] 위 과정을 정리하면, 레벨 1에서 합성맵의 분할에 의해 생성된 셀들 중 매핑된 좌표정보를 정정하고자 하는 정정지점 p 에 대한 탐색후보 C 는 다음의 수학적 식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 5

$$C^I(p) = \arg \min_{q \in Q_I(p)} \{ \|N_E(p) - N_E(q)\| \}$$

[0043]

[0044] 여기서, $N_E(p)$ 는 셀의 중심에 매핑된 좌표에 대응하는 대응지점에 대해 정의된 이웃 정보, $N_E(q)$ 는 탐색후보를 결정하기 위한 후보 이웃에 대해 정의된 이웃 정보이며, $Q_I(p) = \{q | \text{hasCrossing}(q), \|p-q\| > \varepsilon, q \in D_{l_q}\}$ 이다. 또한 ε 은 탐색후보를 구분하기 위한 거리이고, $\text{hasCrossing}(x)$ 함수는 다음의 수학적 식 6과 같이 표현되는 함수이다.

수학적 식 6

$$\text{hasCrossing}(x) = \begin{cases} \text{true} & \text{if } \exists x_i, \exists x_j \in N_E(x), x_i x_j \leq 0 \\ \text{false} & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0045]

[0046] 여기서, l_q 는 탐색후보가 샘플링되는 레벨을 나타내는 파라미터로서, 탐색공간의 크기 및 합성 데이터의 품질을 결정한다. l_q 의 값은 실험에 의해 결정될 수 있으며, $l_q=1+1$ 의 값으로 설정할 경우 좋은 결과를 얻을 수 있다.

[0047] 위와 같이 탐색후보의 결정 및 합성맵의 분할을 위해서는 3차원 형상의 표면인 $\Omega=\{p|E(p)=Q\}$ 에 근접한 후보들만을 고려하면 되므로, 샘플링 지점을 $p \in \{x|hasCrossing(x), x \in D_i\}$ 와 같이 정의할 수 있다. 즉, 각 레벨에 해당하는 셀의 중심지점들 중에서 hasCrossing(x) 함수에 해당하는 지점들만 샘플링 지점에 포함되는 것이다.

[0048] 이웃 정보에 직접 접근할 수 있는 2차원 비트맵 영상에 대한 합성 기법과 대비하여 볼 때, 본 발명에서는 3차원 공간에서 이웃 정보를 검색하므로 연산 비용이 높다. 이러한 문제는 앞에서 설명한 바와 같이 원본 데이터 E를 컴팩트하게 저장하기 위해 트리 형태의 데이터 구조를 사용함으로써 발생한다. 따라서 이웃 정보의 검색 및 탐색후보의 결정 속도를 높이기 위한 방법을 사용할 수 있다. 도 6에 hasCrossing(x) 함수를 사용하여 각 레벨에 해당하는 중심지점을 결정하는 알고리즘에 대한 소스코드를 나타내었다. 도 6의 알고리즘을 참조하면, 초기레벨로부터 최대레벨에 이르기까지 순차적으로 각 레벨마다 샘플링 지점들을 결정하되, p에 대하여 정의된 이웃 정보를 구성하는 모든 요소가 동일한 부호를 가지는 경우에만 탐색후보를 결정하고, 해당 p를 샘플링 지점에 포함시킨다.

[0049] 합성맵 S의 각 좌표에는 원본 데이터의 어떠한 좌표정보든지 매핑될 수 있기 때문에, 탐색후보 C 역시 파라미터 도메인 R^3 내의 어떠한 지점으로도 샘플링될 수 있다. 각각의 셀의 중심인 p에 대해서만 C를 결정하기 때문에 앞에서 설명한 적응적 오프셋 맵을 사용하여 특정 셀의 중심지점 p에 대해 결정된 탐색후보 C의 값을 해당 셀 전체를 구성하는 연속적인 지점들로 전파한다. 한 지점 $q=p+\Delta$ 에 대하여, Δ 는 작은 값의 서브셀 오프셋(subcell offset)이고, 이웃 차인 $\|N_E(C(p))-N_E(C(q)-\Delta)\|$ 는 보통 작은 값을 가진다.

[0050] 한편, 합성맵 정정부(140)에 의해 각각의 셀로부터 선택된 정정지점의 좌표정보를 후보지점의 좌표정보로 대체할 때, 모든 셀을 대상으로 하게 되면 계산량이 많아지며 속도가 느려질 수 있다. 값이 갱신된 정정지점을 가지는 셀은 합성맵 분할부(130)에 의해 하위 레벨의 셀들로 분할되기 때문이다. 따라서 갱신 대상의 범위, 즉 정정지점을 결정할 셀의 범위를 $p \in \{x|hasCrossing(x), x \in D_i\}$ 와 같이 3차원 형상의 표면 Ω 에 근접한 영역으로 제한함으로써 계산량을 감소시키고 속도를 향상시킬 수 있다. 정정지점의 범위를 제한하는 것은 앞에서 탐색후보의 결정 범위를 제한하였던 것처럼 hasCrossing(x) 함수를 사용하여 수행될 수 있다.

[0051] 위와 같이 정정지점을 결정할 셀의 범위를 좁힌 후, 각각의 정정지점에 좌표정보를 매핑할 후보지점을 결정하기 위해 사용되는 메모리를 줄이기 위한 부가적인 과정으로서 현재 정정지점 p에 매핑된 좌표정보 S(p)와 결정된 후보지점의 좌표정보인 $S_{new}(p)$ 를 비교하여 p 지점에 대한 좌표정보 대체 여부를 결정하는 과정을 수행할 수 있다. 즉, $\|S(p)-S_{new}(p)\| < \varepsilon_{offset}$ (여기서, ε_{offset} 은 사용자에게 의해 설정되는 기준 오프셋 값)을 만족하는 정정지점 p에 대하여는 원래 매핑된 좌표정보를 유지하는 것이다.

[0052] 한편, 제한된 범위의 셀들로부터 결정된 정정지점으로부터 불필요한 지점들을 제거하기 위해 다음의 수학적 7과 같이 표현되는 이웃 정합 에너지(neighborhood-matching energy)를 사용할 수도 있다.

수학적 7

$$\psi(p) = \min_{q \in U_i(p)} \|N_E(p) - N_E(q)\| \varphi(i)$$

[0054] 수학적 7의 이웃 정합 에너지는 수학적 3을 계산함으로써 얻어질 수 있으며, 현재 레벨의 각각의 셀로부터 결정된 정정지점들 중 이웃 정합 에너지의 값이 기준 에너지보다 큰 지점들만 좌표정보 갱신 및 다음 레벨로의 셀 분할의 대상으로 결정된다.

[0055] 도 7은 위에서 설명한 정정지점의 범위 제한에 의해 얻어진 셀들을 나타낸 도면이다. 도 7의 (a)는 첫 번째로 설명한 방법에 의해 3차원 형상의 표면에 인접한 영역에 포함된 셀들만 좌표정보의 갱신 및 하위 레벨로의 분할 대상이 되어 얻어진 결과를 나타낸 도면이다. 3차원 형상의 표면에 가까울수록 셀의 크기가 작아지는 것을 알 수 있다. 다음으로 도 7의 (b)는 두 번째 방법에 의해 얻어진 결과를 나타낸 도면으로, 3차원 형상의 표면에 인접한 셀들 중에서도 기준 오프셋 값을 사용하여 갱신 대상 셀들을 선택함으로써 셀들의 개수가 도 7의 (a)에 비해 감소한 것을 확인할 수 있다. 따라서 합성맵 분할부(130)에 의한 분할 과정 및 합성맵 정정부(140)에 의한

후보지점 결정 과정의 수행 횟수가 감소하므로 합성 데이터의 생성 속도가 향상될 수 있다.

[0056] 마지막으로 도 7의 (c)는 각각의 셀에서 결정된 정정지점 및 결정된 후보지점의 이웃 정보의 차로 나타내어지는 이웃 정합 에너지의 값을 나타낸 도면으로, 에너지의 값이 높아질수록 진한 색으로 표시된다. 도 7의 (c)를 참조하면, 근접 정합 에너지의 값은 p 지점과 q 지점에서의 이웃 정보의 차가 작은 지점에서 낮게 나타난다. 이는 곧 해당 지점에서는 다음 레벨에서 해당 지점을 갱신할 필요가 없다는 것을 의미한다. 따라서 $\psi(p)$ 의 값이 기준 에너지인 $\varepsilon_{\text{energy}}$ 보다 작은 지점은 다음 갱신 대상에서 제외된다. 도 8에는 이상에서 설명한 갱신 대상의 선택 과정을 수행하기 위한 알고리즘의 소스코드를 나타내었다.

[0057] 한편, 원본 데이터 E로부터 비슷한 이웃을 찾는 데 실패하여 이웃 정합 에너지 $\psi(p)$ 의 값이 높게 나타나는 경우, 합성 데이터의 품질이 크게 저하될 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위해 $\psi(p)$ 의 값을 높이는 원인이 되는, 3차원 형상의 표면으로부터 멀리 떨어진 지점의 거리값을 무시하는 방법을 사용할 수 있다. 이는 원본 데이터를 변환하는 방법을 통해 수행될 수 있다. 즉, 데이터 입력부(110)는 합성영상 생성부(150)로부터 합성 데이터를 생성하기 위한 원본 데이터의 값의 요청이 입력되면 요청된 원본 데이터의 값을 변환함수에 의해 다음의 수학적 식 8과 같이 변환하여 출력할 수 있다. 또한 특정한 원본 데이터의 값의 요청이 있을 때마다 해당 값을 변환하지 않고 사전에 모든 원본 데이터의 값을 변환하여 저장하였다가 요청이 있을 때마다 즉시 출력할 수도 있다.

수학적 식 8

[0058]
$$\hat{E}(p) = T(E(p))$$

[0059] 여기서, 변환함수 T는 다음의 수학적 식 9와 같이 원본 데이터를 구성하는 거리값을 적응적으로 변환한다.

수학적 식 9

[0060]
$$T(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x > 2w \\ -1 & \text{if } x < -2w \\ \frac{3x}{4w} - \frac{x^3}{16w^3} & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0061] 수학적 식 9에서 w는 x 지점이 포함된 블록의 너비를 말한다. 따라서 블록의 너비에 따라, 즉 원본 데이터가 저장된 트리의 레벨에 따라 거리값이 변환되는 범위가 달라진다. 샘플링된 트리구조의 원본 데이터에서 하위 레벨의 블록일수록 크기가 작아지므로 1과 -1로 변환되는 값들의 범위가 넓어진다. 도 9는 레벨이 증가함에 따라 결정되는 원본 데이터의 거리값을 나타낸 도면으로, (a) 내지 (c)는 각각 레벨 4, 5 및 6에 대한 원본 데이터이다. 도 9를 참조하면, 레벨이 증가함에 따라 블록의 크기가 작아지므로 -1과 1로 변환되는 범위가 넓어짐을 알 수 있다. 이와 같이 원본 데이터의 거리값을 변환하여 합성 데이터의 생성에 사용함으로써 3차원 형상의 일관성을 향상시킬 수 있다.

[0062] 또한 도 10은 원본 데이터의 변환 여부에 따라 합성 데이터의 각 좌표에 대해 얻어지는 에너지 및 합성영상을 나타낸 도면이다. 도 10의 (a) 및 (c)는 원본 데이터를 변환하지 않은 경우와 변환한 경우에 합성맵으로부터 얻어지는 합성 데이터를 나타낸 것이고, 도 10의 (b) 및 (d)는 각각의 합성 데이터에 대응하는 합성영상을 나타낸 것이다. 원본 데이터를 변환함으로써 거리장 형태의 합성 데이터에서 급격한 거리값의 변화를 방지할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0063] 마지막으로 합성영상 생성부(150)는 합성맵의 각 좌표에 매핑된 원본 데이터의 좌표정보에 대응하는 거리값으로 이루어진 합성 데이터를 기초로 합성영상을 생성한다.

[0064] 이상에서 설명한 바와 같이 합성맵의 반복적인 분할 및 각각의 분할시마다 정정지점에 후보지점의 좌표정보를 매핑하는 과정이 완료되어 최종적인 합성맵이 얻어지면, 합성영상 생성부(150)는 최종적인 합성영상의 각 좌표에 매핑된 원본 데이터의 좌표정보를 기초로 연속적인 거리값들로 이루어진 합성 데이터를 생성한다. 또한 합성 데이터를 시각화하여 원본영상과 대비하기 위해 기존의 각종 기법들을 사용하여 3차원의 합성영상을 생성할 수

있다. 합성영상을 생성하기 위한 방법의 일 예로서 마칭큐브를 사용하는 방법을 사용할 수 있다.

- [0065] 도 11은 본 발명에 따른 거리값에 기반한 적응적 거리장 합성방법에 대한 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도이다.
- [0066] 도 11을 참조하면, 데이터 입력부(110)는 원본영상에 포함된 3차원 형상의 표면으로부터의 최소 거리를 나타내는 연속적인 스칼라 거리값으로 이루어진 거리장 형태의 원본 데이터를 입력받아 저장한다(S1110). 이때 메모리 공간을 절약하기 위해 원본 데이터를 샘플링하여 트리 구조로 저장할 수 있다. 다음으로 합성맵 생성부(120)는 원본영상이 확장되어 3차원 형상이 비주기적으로 포함된 합성영상을 생성하기 위해 합성영상과 크기가 동일하며 연속적인 각 좌표에 원본 데이터로부터 선택된 좌표정보가 매핑되는 합성맵을 생성한다(S1120).
- [0067] 합성맵 분할부(130)는 합성맵을 사전에 설정된 최대레벨에 따라 반복적으로 분할하되, 상위 레벨의 셀 및 각각의 상위 레벨의 셀이 분할되어 생성된 복수의 하위 레벨의 셀이 계층적 구조를 이루는 트리 구조를 생성할 수 있다(S1130). 이때 트리 구조의 각 노드에는 각각의 셀로부터 선택된 하나의 지점, 예를 들면 중심지점의 정보가 저장될 수 있다.
- [0068] 합성맵 정정부(140)는 합성맵 분할부(130)에 의한 합성맵의 분할시마다 생성되는 각각의 셀로부터 선택된 정정 지점에 대하여 원본 데이터 내에서 선택된 사전에 설정된 개수의 후보지점들 중에서 정정지점에 매핑된 좌표정보에 대응하는 원본 데이터 내의 대응지점 및 후보지점들에 대해 각각 정의되는 벡터 형태의 이웃 정보 간의 차가 최소인 후보지점의 좌표정보를 매핑한다(S1140).
- [0069] 현재 합성맵의 분할에 의해 생성된 최하위 레벨이 사전에 설정된 최대레벨에 아직 도달하지 않은 경우에는 (S1150), 레벨은 1만큼 증가하고(S1160) 합성맵의 분할 및 정정 과정이 다시 수행된다. 이때 다음 레벨로 분할할 셀들은 연산량 감소 및 처리속도 향상을 위해 3차원 형상의 표면에 인접한 영역에서 적응적으로 선택할 수 있다.
- [0070] 이와 같이 합성맵 분할부(130) 및 합성맵 정정부(140)는 반복적인 분할 및 갱신 과정을 통해 최종적인 합성맵을 생성하고, 현재 레벨이 사전에 설정된 최대레벨에 도달하면(S1150), 합성영상 생성부(150)는 최종적인 합성맵의 각 좌표에 매핑된 원본 데이터의 좌표정보에 대응하는 거리값으로 이루어진 합성 데이터를 기초로 합성영상을 생성한다(S1170).
- [0071] 본 발명의 성능을 평가하기 위한 실험을 수행하였다. 먼저 도 12 및 도 13은 합성맵의 각 레벨에 대응하여 생성된 합성영상을 나타낸 도면이다. 도 12의 (a) 내지 (f)는 각각 레벨 2 및 4 내지 8에 해당하는 합성맵의 셀들을 기초로 생성된 합성영상으로, 레벨값이 커질수록, 즉 셀의 크기가 작아질수록 합성영상이 더 미세하게 표현되며, 포함된 3차원 형상들이 일관성을 가지는 것을 알 수 있다. 다음으로 도 13의 (a) 내지 (d)는 각각 레벨 4 내지 7에 해당하는 합성맵의 셀들을 기초로 생성된 합성영상이고, (e)는 합성맵에서의 불연속성이 제거된 결과를 나타내며, (f)는 원본영상의 일부를 나타낸 것이다. 합성맵에서의 불연속적인 지점에 의해 발생하는 화질 열화는 도 13의 (e)에서는 제거되었음을 알 수 있다.
- [0072] 도 14는 본 발명의 병렬 처리에 의한 성능 이득을 도시한 그래프이다. 도 14를 참조하면, 본 발명을 수행함에 있어서 연산에 소요되는 시간은 CPU 코어의 개수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보인다. 암달(Amdahl)의 법칙에 따라 병렬 처리에 따른 속도 향상은 다음의 수학적 식 10과 같이 표현된다.

수학적 식 10

$$Speedup = \frac{1}{1 - P(1 - \frac{1}{N})}$$

- [0073]
- [0074] 여기서, N은 프로세서의 개수이고, P는 모든 연산이 병렬처리되면 1, 모든 연산이 순차적으로 처리되면 0의 값을 가지는 파라미터이다. 본 실험에서는 16 코어의 환경에서 높은 병렬처리의 비율을 보여 P가 0.92의 값을 가진다.
- [0075] 도 15a 내지 도 15c는 각각 서로 다른 3차원 형상이 포함된 원본영상으로부터 생성된 합성영상을 나타낸 도면이다. 도 15a에서, 좌측 상단의 도면은 원본영상을 나타내며, 나머지 도면들은 원본영상으로부터 생성된 합성영상을 나타낸다. 또한 도 15b 및 도 15c는 좌측 상단의 원본영상을 확장하여 합성영상을 생성한 결과를 나타낸다.

것이다. 도 15a 내지 도 15c에 포함된 합성영상들을 생성하는 과정에서 얻어진 결과값들을 다음의 표 1에 나타내었다.

표 1

	원본영상의 해상도	원본영상의 크기	합성맵의 해상도	볼륨비	합성맵의 셀 개수	합성맵의 크기	합성시간
도 15a	512 ³	10MB	128 ³	1x	24K	730KB	35s
도 15b	1024 ³	21MB	256*256*32	64x	430K	12MB	11min
도 15c	512 ³	14MB	128 ³	8x	331K	9MB	4min 11s

표 1을 참조하면, 원본영상의 해상도에 관계없이 적은 연산자원으로 미세하게 표현된 합성맵을 얻을 수 있다. 또한 볼륨비가 64배인 3차원 합성영상을 생성하기 위해서도 원본영상의 크기가 21MB것과 대비하여 합성맵의 크기는 12MB에 불과한 것을 확인할 수 있다.

본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

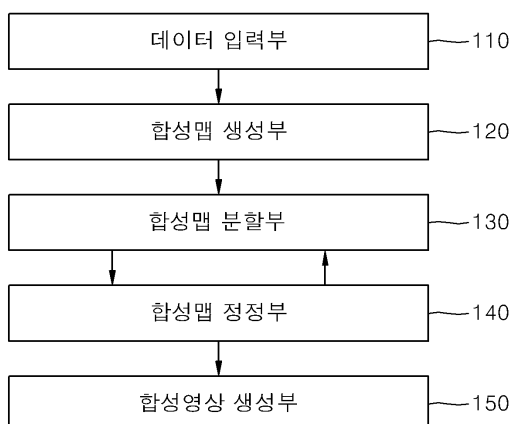
이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특정의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

- 110 - 데이터 입력부
- 120 - 합성맵 생성부
- 130 - 합성맵 분할부
- 140 - 합성맵 정정부
- 150 - 합성영상 생성부

도면

도면1



도면2

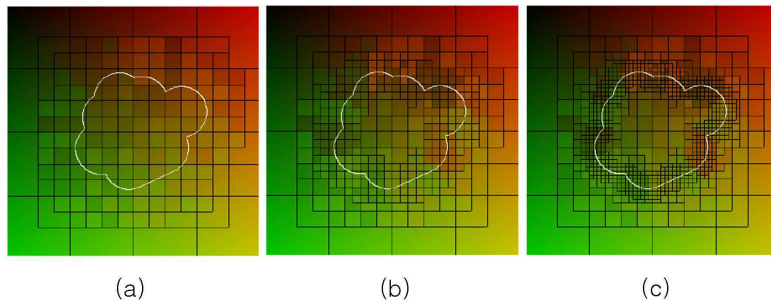
알고리즘 1 : SAMPLEOFFSETMAP(x, l_{max}, mag)

```

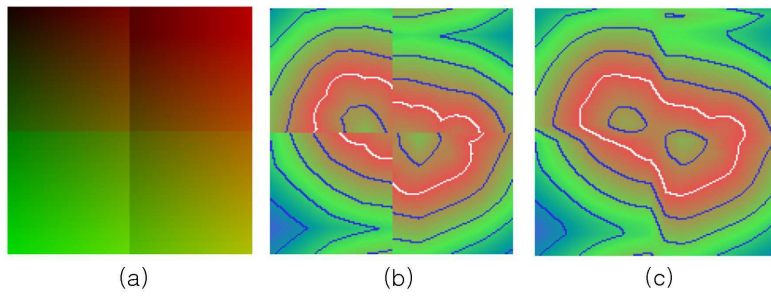
 $c \leftarrow rootCell$ 
 $l \leftarrow 0$ 
while  $l < l_{max}$ 
do
    if  $c.hasNoChild()$ 
    then  $break$ 
     $c \leftarrow c.getChildAt(x)$ 
     $w \leftarrow 2^{-l}$  // cell width at level  $l$ 
     $x \leftarrow x \bmod w/2$  // relative position at child level
     $l++$  // level up
 $cellCenter \leftarrow 2^{-(l+1)}$ 
return  $(c.v + (x - cellCenter) * mag)$ 

```

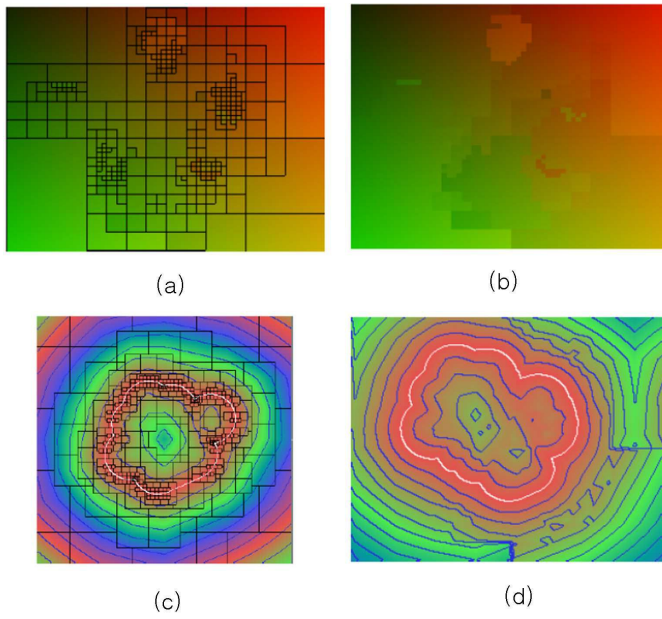
도면3



도면4



도면5



도면6

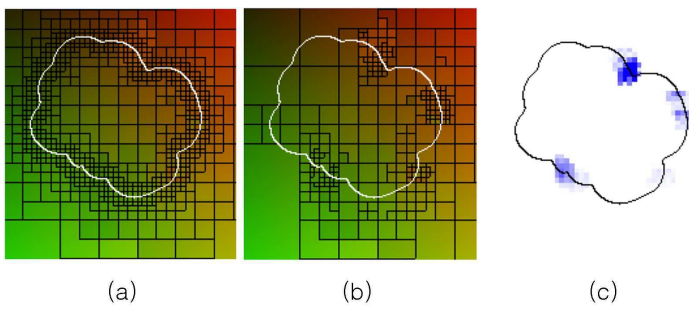
알고리즘 2 : EMPTYSPACECULLING (l_{start}, l_{max})

```

 $l \leftarrow l_{start}$ 
 $P \leftarrow \{x | x \in D_l\}$ 
while  $l < l_{max}$ 
do
     $P_{new} \leftarrow \emptyset$ 
    for each  $p \in P$ 
    do
        if not hasCrossing( $P$ )
        then break
        Calculate  $C'(p)$ 
         $P_{new} \leftarrow P_{new} \cup \{p\};$ 
     $P \leftarrow P_{new}$ 
     $l++$ 
return ( $C$ )

```

도면7



도면8

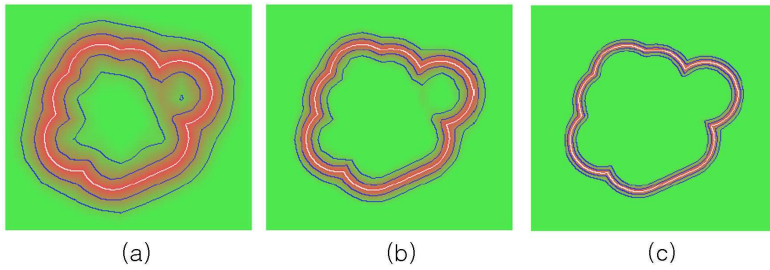
알고리즘 3 : ADAPTIVECORRECTION(S,P, I)

```

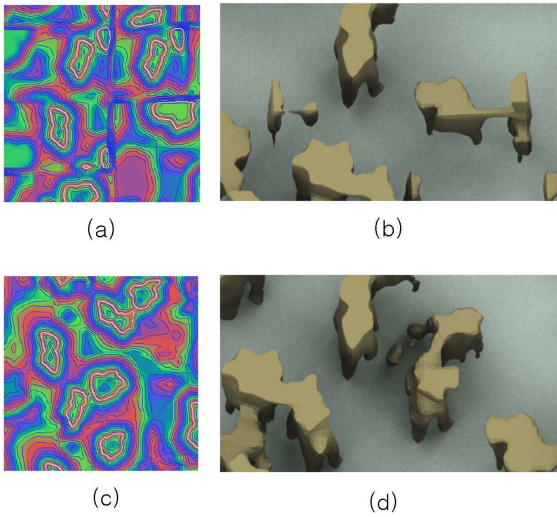
Pnew ← ∅
for each p ∈ P
while I < Imax
    {
    if not hasCrossing(P)
        then continue
    Calculate Snew(p) and ψ(p)
    do {
        if ψ(p) > εenergy
            then Pnew ← Pnew ∪ {p};
        if ||S(p) - Snew(p)|| > εoffset
            then S(p) ← Snew(p)
    }
return (S, Pnew)

```

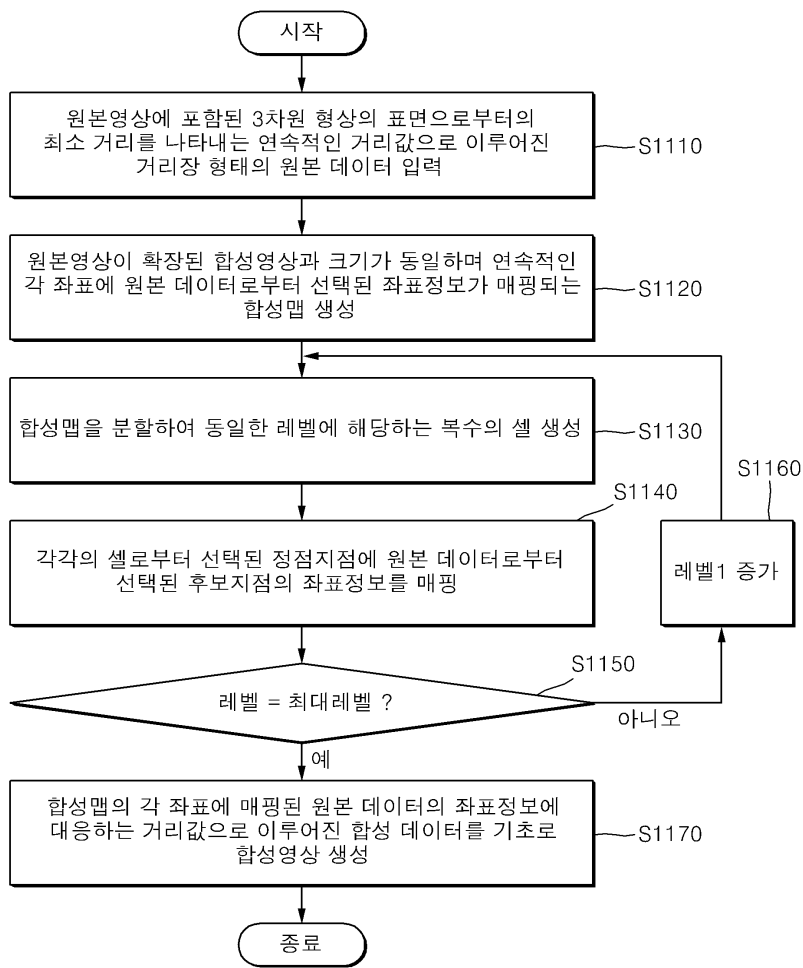
도면9



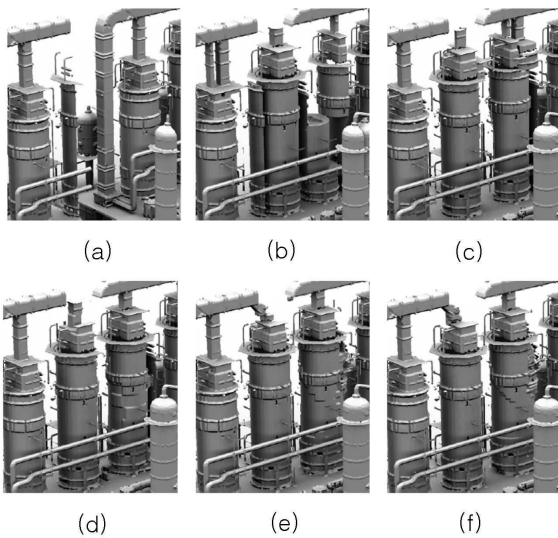
도면10



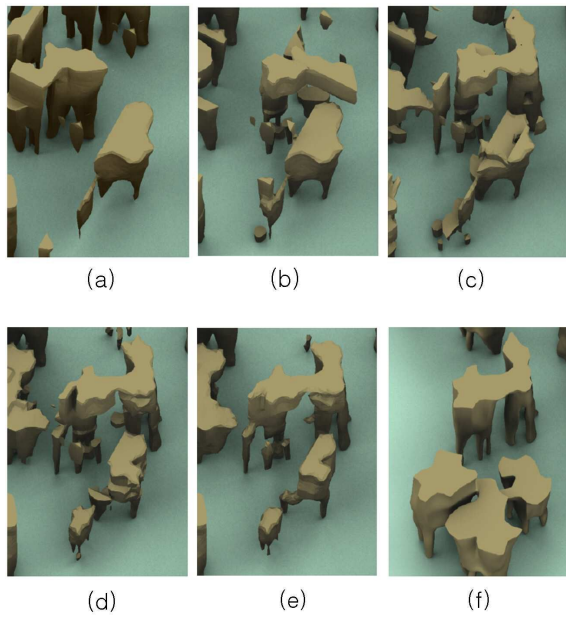
도면11



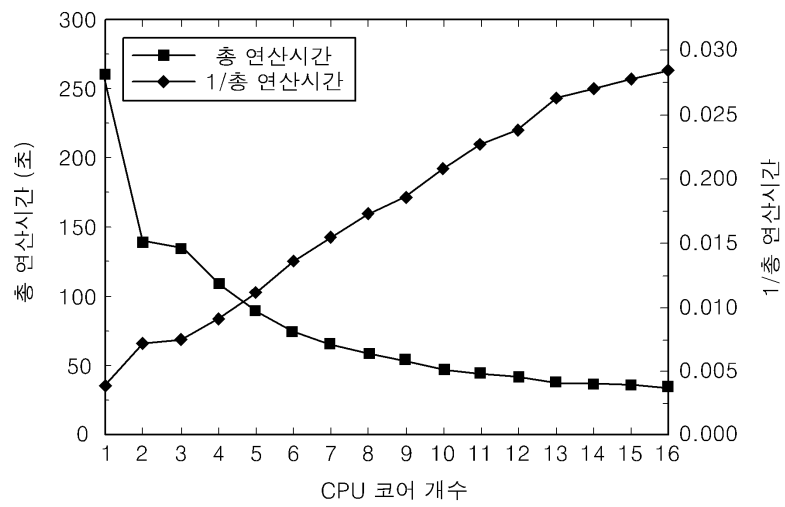
도면12



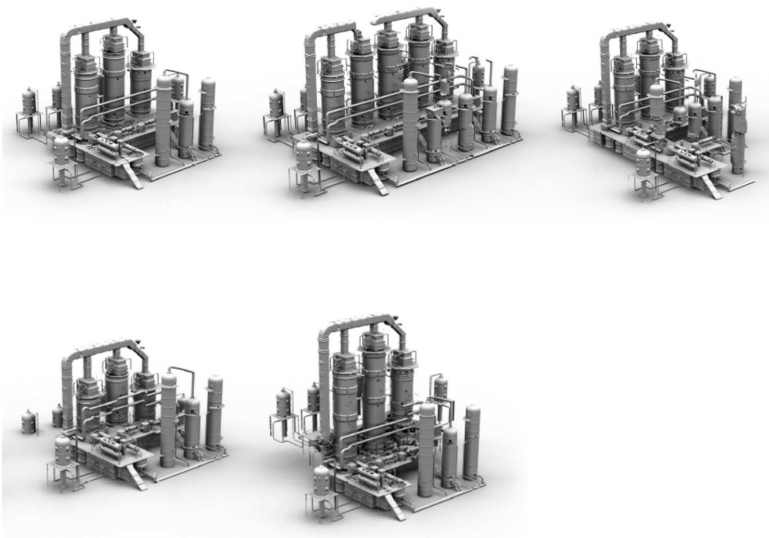
도면13



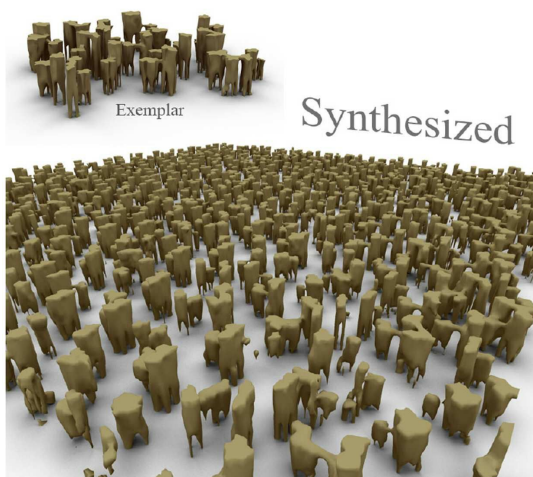
도면14



도면15a



도면15b



도면15c

