

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2010-0078353 (43) 공개일자 2010년07월08일
(51) Int. Cl. <i>G06T 7/40</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2008-0136591 (22) 출원일자 2008년12월30일 심사청구일자 2008년12월30일	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내 (72) 발명자 김창현 서울특별시 동대문구 제기동 안암골 벽산아파트 105-602 이성호 경기도 부천시 원미구 중동 705-8 박한욱 서울특별시 도봉구 창4동 현대4차아파트 402동 501호 (74) 대리인 송경근	

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 밝기 독립적인 텍스처 합성 장치 및 방법

(57) 요약

밝기 독립적인 텍스처 합성 장치 및 방법이 개시된다. 영상합성부는 주어진 예제 텍스처로부터 얻어진 패치들을 밝기의 상대적인 변화값으로 표현되는 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 패치들 사이의 정합 에러가 가장 작은 패치들이 서로 이웃하도록 결합하여 합성 영상을 생성한다. 영상보정부는 합성 영상 및 예제 텍스처를 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 예제 텍스처 내의 점 중에서 합성 영상 내의 임의의 점에 이웃하는 이웃 픽셀들과 대응하는 이웃 픽셀들 사이의 이웃 거리가 최소가 되도록 하는 점에 의해 합성 영상을 보정한다. 본 발명에 따르면, 각 패치들의 밝기와 관계없이 일관성 있는 이웃을 찾을 수 있으며, 가시적인 단절이 적고 기존 기법보다 높은 동적 영역을 갖는 결과를 얻을 수 있다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

주어진 예제 텍스처로부터 얻어진 패치들을 밝기의 상대적인 변화값으로 표현되는 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 패치들 사이의 정합 에러가 가장 작은 패치들이 서로 이웃하도록 결합하여 합성 영상을 생성하는 영상합성부; 및

상기 합성 영상 및 상기 예제 텍스처를 상기 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 예제 텍스처 내의 점 중에서 상기 합성 영상 내의 임의의 점에 이웃하는 이웃 픽셀들과 대응하는 이웃 픽셀들 사이의 이웃 거리가 최소가 되도록 하는 점에 의해 상기 합성 영상을 보정하는 영상보정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 보정된 합성 영상의 업샘플링에 대응하여 오프셋 영상을 생성하고, 생성된 오프셋 영상을 상기 보정된 합성 영상과 결합하여 상이한 패치들 사이의 밝기 변화가 보상된 최종적인 표현 영상을 생성하는 밝기보상부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 밝기보상부는, 업샘플링 이전의 상기 표현 영상 내의 임의의 점에 이웃하는 픽셀들의 평균값과 업샘플링 이전의 상기 예제 내의 상기 표현 영상 내의 임의의 점에 대응하는 점에 이웃하는 픽셀들의 평균값을 합하여 상기 보정된 합성 영상의 업샘플링에 대응하는 오프셋 영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 장치.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 영상합성부는 다음의 수학적식에 의해 상기 결합 에러를 산출하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 장치:

[수학적식 A]

$$\| \hat{N}_E[p] - \hat{N}_E[q] \|^2$$

여기서, $\hat{N}_E[p]$ 와 $\hat{N}_E[q]$ 는 각각 밝기 불변 도메인으로 변환된 예제 E 내의 점 p와 q 주변의 이웃 픽셀들을 포함하는 벡터이다.

청구항 5

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 영상보정부는 다음의 수학적식에 의해 상기 이웃 거리를 산출하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 장치:

[수학적식 B]

$$\| \hat{N}_S[p] - \hat{N}_E[q] \|^2$$

여기서, $\hat{N}_S[p]$ 와 $\hat{N}_E[q]$ 는 각각 밝기 불변 도메인으로 변환된 합성 영상 내의 점 p와 예제 E 내의 q 주변의 대응하는 이웃 픽셀들을 포함하는 벡터이다.

청구항 6

주어진 예제 텍스처로부터 얻어진 패치들을 밝기의 상대적인 변화값으로 표현되는 밝기 불변 도메인으로 변환한

후 패치들 사이의 정합 에러가 가장 작은 패치들이 서로 이웃하도록 결합하여 합성 영상을 생성하는 영상합성단계; 및

상기 합성 영상 및 상기 예제 텍스처를 상기 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 예제 텍스처 내의 점 중에서 상기 합성 영상 내의 임의의 점에 이웃하는 이웃 픽셀들과 대응하는 이웃 픽셀들 사이의 이웃 거리가 최소가 되도록 하는 점에 의해 상기 합성 영상을 보정하는 영상보정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 보정된 합성 영상의 업샘플링에 대응하여 오프셋 영상을 생성하고, 생성된 오프셋 영상을 상기 보정된 합성 영상과 결합하여 상이한 패치들 사이의 밝기 변화가 보상된 최종적인 표현 영상을 생성하는 밝기보상단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 밝기보상단계에서, 업샘플링 이전의 상기 표현 영상 내의 임의의 점에 이웃하는 픽셀들의 평균값과 업샘플링 이전의 상기 예제 내의 상기 표현 영상 내의 임의의 점에 대응하는 점에 이웃하는 픽셀들의 평균값을 합하여 상기 보정된 합성 영상의 업샘플링에 대응하는 오프셋 영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 방법.

청구항 9

제 6항 내지 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 영상합성단계에서 다음의 수학적식에 의해 상기 결합 에러를 산출하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 방법:

[수학적식 A]

$$\| \hat{N}_E[p] - \hat{N}_E[q] \|^2$$

여기서, $\hat{N}_E[p]$ 와 $\hat{N}_E[q]$ 는 각각 밝기 불변 도메인으로 변환된 예제 E 내의 점 p와 q 주변의 이웃 픽셀들을 포함하는 벡터이다.

청구항 10

제 6항 내지 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 영상보정단계에서 다음의 수학적식에 의해 상기 이웃 거리를 산출하는 것을 특징으로 하는 텍스처 합성 방법:

[수학적식 B]

$$\| \hat{N}_S[p] - \hat{N}_E[q] \|^2$$

여기서, $\hat{N}_S[p]$ 와 $\hat{N}_E[q]$ 는 각각 밝기 불변 도메인으로 변환된 합성 영상 내의 점 p와 예제 E 내의 q 주변의 대응하는 이웃 픽셀들을 포함하는 벡터이다.

청구항 11

제 6항 내지 제 8항 중 어느 한 항에 기재된 텍스처 합성 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 텍스처 합성 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 예제 기반의 텍스처 합성 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지금까지 이루어진 텍스처 합성에 관한 연구는 크게 매개변수를 이용한 방법(Parametric Approach)과 예제에 기반한 방법(Example-based Approach)으로 나눌 수 있다. 텍스처는 일반적으로 어떠한 객체가 지닌 특유한 재질감을 말한다.

[0003] 매개변수를 기반으로 한 방법은 주어진 몇 가지의 변수를 미리 정해진 함수에 입력하여 나온 결과를 바탕으로 텍스처를 합성하는 방법으로서, 합성에 필요한 입력의 정보량이 적어 용량에서의 이득을 얻을 수 있으며, 어떠한 재질에 대해 잘 만들어진 합성 함수가 존재한다면 그에 대해 꽤 자연스러운 결과를 비교적 빠른 시간에 얻어낼 수 있다는 장점이 있다. 그러나 각 생성 함수는 특정 종류의 재질에 맞추어져 만들어져 있기 때문에 범용적인 합성에는 사용하기 어려운 문제점이 있다. 매개변수 기반의 방법은 주로 구조성을 가지지 않은, 통계적 불규칙성을 가진 텍스처의 합성에 이용된다.

[0004] 예제를 기반으로 한 텍스처 합성은 입력으로 하나의 이미지를 사용하는데, 매개변수 기반보다 좀 더 일반적인 경우에서 사용이 가능하며 결과의 품질도 뛰어나다. 예제 기반 텍스처 합성 기법에 의해 얻어진 결과적인 합성 영상은 텍스처 매핑 또는 지형 생성에 사용될 수 있다. 이러한 예제 기반 텍스처 합성 기법과 관련하여 반복적인 결함의 제거, 연산 비용의 절감 및 텍스처 합성의 사용자 제어에 대해 많은 연구가 진행되어 왔다.

[0005] 한편 각 픽셀의 절대 색상값이 전체 텍스처 구조보다 덜 중요한 많은 텍스처가 존재한다. 이때 포획된 텍스처 영상의 밝기는 장면의 광원, 인근 사물로부터의 주변광 및 노출에 의해 영향받는다. 그러므로 동일한 물리적 텍스처의 사진이라 할지라도 텍스처 획득상황에 따라 매우 다른 밝기값을 가질 수 있다. 그러나 대부분의 텍스처 합성 기법들은 예제의 밝기 변화를 고려하지 않으며, 이는 두 개의 텍스처 패치들이 상이한 밝기값을 가지면 비록 유사하게 보일지라도 이들은 다른 것으로 고려됨을 의미한다.

[0006] 이러한 문제의 본질은 디지털 높이 맵(Digital Elevation Map : DEM)을 합성할 때 보다 명확해진다. 도 1에 도시된 예제는 오른쪽 상위 지역에서 가장 높은 밝기 강도를 갖는다. 이러한 높은 부분은 이미지의 오른쪽 상단에 위치하기 때문에 남쪽과 서쪽으로 갈수록 점차 낮아지는 패치를 얻을 수 있지만, 북쪽과 동쪽으로는 이렇게 점차 변화하는 패치가 존재하지 않는다. 따라서 단지 색상 차이만을 고려하는 종래의 알고리즘은 이 경우 적절하게 변화하는 이웃을 찾을 수 없으며, 이는 결과적으로 DEM에 중대한 단절이 나타나는 것을 피할 수 없게 만든다. 도 2a 및 2b에는 종래의 텍스처 합성 기법에 의해 얻어진 DEM이 도시되어 있으며, 도 3에는 도 2a에 도시된 DEM으로부터 렌더링된 영상이 도시되어 있다. 도 3에서 알 수 있듯이 부분적인 단절이 존재하는 DEM으로부터 렌더링된 영상에는 예상치 못한 절벽이 나타나게 된다.

[0007] 예제 기반 2차원(2-Dimension : 2D) 텍스처 합성 기법은 사용되는 합성 방법에 따라 패치 기반, 이웃 매칭 및 타일링으로 분류될 수 있다. 르페브르(Sylvain Lefebvre) 등의 "병렬 제어가능한 텍스처 합성"이라는 논문에는 이러한 세 가지 분류에 대해 잘 기술되어 있다. 병렬처리와 공간적 결정기법은 GPU(Graphic Process Unit)를 사용하여 합성 시간을 크게 줄일 수 있고, 시각창에서 영상의 부분이 요구에 따라 합성될 수 있기 때문에 중요하다. 많은 알고리즘들은 공간적으로 결정론적이며, 병렬처리가 가능하다.

[0008] 한편 입력 영상으로부터 추출한 그래디언트 필드에 의해 영상을 편집하는 기법을 적용하면 통상적으로 밝기와 색상 톤의 차이에 영향을 덜 받으며, 따라서 상이한 톤의 영상 패치들을 단절없이 합성할 수 있다. 조우(Zhou) 등은 이러한 기법을 DEM 합성에 적용하였다. 이들은 그래프 컷 텍스처로 DEM을 합성하고, 단절 결함을 그래디언트 도메인 영상 편집 기법으로 은닉한다. 그러나 편집된 그래디언트 필드를 생체 영상으로 변환하기 위해서는 포아송 방정식의 해를 구하는 것과 같은 전역적인 연산이 요구된다. 이는 일반적으로 연산에 오랜 시간이 소요되며, 연산이 시각 창에 대해 필요한 결과를 산출하는 것에 한정되지 못한다는 문제가 있다. 또한 한(Han) 등은 예제 기반 텍스처 합성에서 톤과 밝기의 문제에 대해 언급하였다. 그러나 이들은 단지 상이한 예제들에 대해서만 고려하였으며, 동일한 크기 레벨을 갖는 가우시안 스택 예제 사이의 톤 차이를 보상하지는 않았다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 획득상황에 따라 매우 다른 밝기값을 가진 텍스처들의 밝기와 관계없이 일관성 있는 이웃 패치들을 검색하여, 검색된 이웃 패치들에 의해 단절없는 합성 영상을 생성할 수 있는 텍스처 합성 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.
- [0010] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 획득상황에 따라 매우 다른 밝기값을 가진 텍스처들의 밝기와 관계없이 일관성 있는 이웃 패치들을 검색하여, 검색된 이웃 패치들에 의해 단절없는 합성 영상을 생성할 수 있는 텍스처 합성 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

- [0011] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치는, 주어진 예제 텍스처로부터 얻어진 패치들을 밝기의 상대적인 변화값으로 표현되는 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 패치들 사이의 정합 에러가 가장 작은 패치들이 서로 이웃하도록 결합하여 합성 영상을 생성하는 영상합성부; 및 상기 합성 영상 및 상기 예제 텍스처를 상기 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 예제 텍스처 내의 점 중에서 상기 합성 영상 내의 임의의 점에 이웃하는 이웃 픽셀들과 대응하는 이웃 픽셀들 사이의 이웃 거리가 최소가 되도록 하는 점에 의해 상기 합성 영상을 보정하는 영상보정부;를 구비한다.
- [0012] 상기의 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 텍스처 합성 방법은, 주어진 예제 텍스처로부터 얻어진 패치들을 밝기의 상대적인 변화값으로 표현되는 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 패치들 사이의 정합 에러가 가장 작은 패치들이 서로 이웃하도록 결합하여 합성 영상을 생성하는 영상합성단계; 및 상기 합성 영상 및 상기 예제 텍스처를 상기 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 예제 텍스처 내의 점 중에서 상기 합성 영상 내의 임의의 점에 이웃하는 이웃 픽셀들과 대응하는 이웃 픽셀들 사이의 이웃 거리가 최소가 되도록 하는 점에 의해 상기 합성 영상을 보정하는 영상보정단계;를 갖는다.

효 과

- [0013] 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치 및 방법에 의하면, 크게 변하는 밝기를 가진 시각적으로 유사한 텍스처를 합성할 수 있다. 또한 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치 및 방법은 대부분의 예제로부터 텍스처의 합성에 사용될 수 있으며, DEM 영상과 같이 큰 밝기 변화를 갖는 경우에 보다 양호한 효과를 보인다. 특히 건본 텍스처를 획득할 때의 조명 환경은 항상 이상적이지는 않기 때문에 본 발명은 예제 전체에 걸쳐 광범위한 밝기변화에 기인하여 예제 기반 텍스처 합성이 양호하지 않은 경우에도 텍스처 예제의 합성이 가능하다는 이점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하에서 첨부 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치 및 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0015] 도 4는 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치의 바람직한 실시예의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0016] 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치는, 영상합성부(410), 영상보정부(420) 및 밝기보상부(430)를 구비한다.
- [0017] 영상합성부(410)는 주어진 예제 텍스처로부터 얻어진 패치들을 결합하여 합성 영상을 생성한다. 합성 영상을 구성하는 예제 텍스처는 도 1에 도시된 바와 같으며, 각각의 패치는 예제 텍스처로부터 추출된다. 이때 영상합성부(410)는 패치들 사이의 결합 에러가 가장 작은 패치들을 서로 이웃하도록 결합한다. 종래의 텍스처 합성 기법에서는 일반적으로 거리 제곱의 합에 의해 이웃하는 패치들의 결합 에러는 산출하며, 이는 다음의 수식식과 같다.

수학식 1

- [0018]
$$\| N_E[p] - N_E[q] \|^2$$

[0019] 여기서, $N_E[p]$ 는 예제 E 내의 점 p 주변의 이웃 픽셀들을 포함하는 벡터이고, $N_E[q]$ 는 예제 E 내의 점 q 주변의 이웃 픽셀들을 포함하는 벡터이다.

[0020] 그러나 수학식 1에 의해 산출된 결합 에러에 의해 이웃하는 패치들을 결정하여 합성을 수행할 경우에 도 5a에 도시된 바와 같이 패치들의 경계영역에서 밝기의 변화가 초래된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치의 영상합성부(410)는 패치들을 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 이웃하는 패치들 사이의 결합 에러를 산출한다. 이때 밝기 불변 도메인으로의 변환은 각각의 패치들에 대해 상대적인 밝기변화만을 고려하기 위한 것으로, 도 5a에 도시된 바와 같은 밝기 값을 갖는 이웃 픽셀들을 도 5b에 도시된 바와 같이 상대적인 강도만을 나타내도록 하는 과정이다. 이와 같은 밝기 불변 도메인으로의 변환은 두 개의 패치 $N_E[p]$ 와 $N_E[q]$ 사이의 에러값은 크게 감소하며, 도 6a 및 도 6b에 도시된 고원 상의 패치들이 어느 하나가 보다 낮은 평평한 영역을 가진다 해도 유사한 것으로 고려될 수 있으며, 따라서 이들은 단절없이 합성될 수 있다. 한편 포아송 방정식의 해를 푸는 방식의 텍스처 합성 기법은 밝기에 독립적인 합성이 가능하게 하지만, 공간 결정성(Spatial Determinism)을 보장하지 못하기 때문에 전체 합성 영역 중에서 보여지는 부분만을 계산하는 방식에 응용할 수 없는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하여 공간 결정성을 보장하기 위해 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치의 영상합성부(410)는 다음의 수학식에 의해 결합 에러를 산출하게 된다.

수학식 2

$$\| \hat{N}_E[p] - \hat{N}_E[q] \|^2$$

[0022] 여기서, $\hat{N}_E[p]$ 와 $\hat{N}_E[q]$ 는 각각 밝기 불변 도메인으로 변환된 예제 E 내의 점 p와 q 주변의 이웃 픽셀들을 포함하는 벡터이다.

[0023] 수학식 2에서 밝기 불변 도메인으로의 변환은 스칼라 값, 즉 $\hat{N}_E = N_E - \mu_E$ 에 의한 간단한 해석으로 가정하고, N_E 의 평균값으로 μ_E 를 취하면 수학식 2가 최소화되며, 그 이유는 다음과 같다.

[0024] 도메인 a로부터 b까지에서 정의된 두 개의 함수 f(x)와 g(x) 사이의 밝기 독립 거리를 산출하기 위해 오프셋 상수 c를 도입하면 거리는 다음의 수학식으로 정의될 수 있다.

수학식 3

$$D = \int_a^b \| f(x) - g(x) + c \|^2 dx$$

[0026] 밝기에 독립적인 거리 측정은 수학식 3의 거리 D를 최소화하는 상수 c를 구하는 것으로 모델링될 수 있다. 수학식 3은 2차식의 형태이므로, c의 최소값은 다음의 수학식에 의해 계산될 수 있다.

수학식 4

$$\begin{aligned} \frac{\partial D}{\partial c} &= \frac{\partial}{\partial c} \int_a^b \| f(x) - g(x) + c \|^2 dx = 0, \\ \int_a^b 2(f(x) - g(x) + c) dx &= 0, \\ c &= \frac{\int_a^b g(x) dx}{b-a} - \frac{\int_a^b f(x) dx}{b-a}, \\ c &= \mu_g - \mu_f \end{aligned}$$

[0028] 여기서, μ_f 는 함수 f의 평균값이고, μ_g 는 함수 g의 평균값이다.

[0029] 수학식 4를 수학식 3에 대입하면 다음의 수학식을 얻을 수 있다.

수학식 5

$$D = \int_a^b \|f(x) - g(x) + \mu_g - \mu_f\|^2 dx,$$

$$D = \int_a^b \|\hat{f}(x) - \hat{g}(x)\|^2 dx$$

[0030]

여기서, $\hat{f}(x) = f(x) - \mu_f$ 이고, $\hat{g}(x) = g(x) - \mu_g$ 이다.

[0031]

수학식 5로부터 이웃의 평균을 이웃 거리 오프셋으로 선택하면 거리 제곱 합의 최소값을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 수학식 3 내지 수학식 5에서 연속적인 스칼라 함수를 상정하였지만, 이는 불연속적인 벡터 함수에도 동일하게 적용할 수 있다.

[0032]

이상의 결과로부터 N_E 의 평균으로 μ_E 를 취하면 수학식 2를 최소화할 수 있으며, 이에 의해 전체적인 계산이 간소화되면서 양호한 결과를 얻을 수 있다.

[0033]

영상보정부(420)는 합성된 영상 N_S 의 점 p 의 이웃 픽셀들과 예제 텍스처 N_E 의 점 q 의 대응되는 이웃 픽셀들 사이의 최소 차이에 대응하는 후보 q 를 검색한다. 그리고 영상보정부(420)는 검색된 후보 q 에 의해 합성된 영상을 보정한다. 이때 영상보정부(420)는 종래의 텍스처 합성 기법과 달리 최소 차이를 다음의 수학식으로 표현되는 밝기 독립 이웃 거리로 측정한다.

[0034]

수학식 6

$$\|\hat{N}_S[p] - \hat{N}_E[q]\|^2$$

[0035]

여기서, $\hat{N}_S[p]$ 와 $\hat{N}_E[q]$ 는 각각 밝기 불변 도메인으로 변환된 합성 영상 내의 점 p 와 예제 E 내의 q 주변의 대응하는 이웃 픽셀들을 포함하는 벡터이다.

[0036]

이러한 계산을 적절하게 하기 위해, 본 발명에서는 RGB 채널 영상 E 를 다른 공간(즉, 공간 투영된 2채널 PCA 또는 표현(appearance) 공간)으로 투영하지 않는다. 이때 k -연관 검색 알고리즘을 이용하면 사전 연산에 의해 보다 신속하게 연관 패치를 찾을 수 있다. 본 발명에서는 수학식 2와 같은 새로운 거리 방정식에 의해 연관 패치를 사전에 연산함으로써 동일한 최적화를 얻을 수 있다.

[0037]

밝기보상부(430)는 합성 영상을 오프셋 영상과 결합하여 최종적인 합성 영상을 생성한다. 본 발명에서의 밝기보상과정은 기본적으로 르페브르 등이 2005년에 발표한 "병렬 제어 텍스처 합성"이란 제목의 논문에 기재된 텍스처 합성 기법(이하, '종래기술 1'이라 함)을 기반으로 한다. 종래기술 1은 텍스처 합성의 병렬처리를 위해 열악한 단계로부터 양호한 단계의 순서로 영상 피라미드 $S_0, S_1, \dots, S_L$ (여기서, $S_L = S$ 이고, $L = \log_2^m$)을 생성한다. 그리고 각각의 피라미드 레벨에 대해 업샘플링, 지터 및 정정을 수행한다. 도 7에는 각각의 피라미드 레벨에서 합성의 세 가지 처리의 수행과정이 도시되어 있다. 도 7을 참조하면, 종래기술 1은 업샘플링시 보다 양호한 영상을 생성하기 위해 개별적인 합성 경로를 사용하기 보다는 부모 픽셀의 좌표를 단순히 업샘플링한다. 이때 네 개의 자식 픽셀 각각에 부모 픽셀의 좌표에 자식 픽셀에 따른 오프셋을 더하여 할당한다. 다음으로 공간 결정성에 무작위성을 부여하기 위해 해쉬 함수와 사용자가 설정한 레벨별 랜덤 변수를 곱한 지터 함수에 의해 각각의 레벨에서 업샘플링된 좌표를 섞는다. 마지막으로 정정 처리 과정에서 지터 처리된 좌표를 취하고, 이들을 예제의 대응되는 이웃 픽셀과 유사하게 이웃 픽셀들을 재생성한다. 이때 출력 픽셀들은 정정된 이웃들을 동시에 고려할 수 없기 때문에 양호한 결과를 얻기 위해서는 각각의 레벨에서 이웃 매칭의 몇가지 경로들이 필수적으로 요구된다.

[0038]

도 8에는 도 6a에 도시된 DEM을 기초로 렌더링된 영상이 도시되어 있다. 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치는 밝기에 독립적으로 이웃 패치를 매칭하므로, 밝기 차이를 가지고 있는 패치들을 함께 결합할 수 있다. 그러나 이

[0039]

는 합성 영상 N_s 에 바람직하지 않은 밝기 차이를 낳을 수 있으므로, 정정 단계의 결과가 악화될 수 있다. 즉, 종래기술 1과 같이 업샘플링, 지터 및 정정과정을 수행하면, 업샘플링 절차에서 패치들의 경계영역에서 밝기의 변화가 발생하는 문제가 있다. 따라서 본 발명에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 오프셋 영상의 업샘플링 절차에서 패치들을 밝기 불변 도메인으로 변환한 후 최소 이웃 거리를 산출한다. 이를 위해 먼저 본 발명은 패치들의 경계영역에서의 밝기 차이를 보상하기 위해 단일 채널 오프셋 영상 F 와 합성 영상 $E \cdot S$ 를 결합한 표현 영상 (appearance image) A 를 정의한다. 표현 영상 A 를 수학식으로 나타내면 다음과 같다.

수학식 7

$$A[p] = F[p] + E[S[p]]$$

도 9에는 오프셋 영상 F 와 합성 영상 $E \cdot S$ 를 결합하여 표현 영상 A 를 생성하는 과정이 도시되어 있다. 이러한 표현 영상 A 는 이웃 거리 $\| \hat{N}_A[p] - \hat{N}_E[q] \|^2$ 를 생성하는 보정 단계에서 사용된다. 이때 $\hat{N}_A$ 는 표현 영상 A 의 밝기 독립 이웃이다. $\hat{N}_E$ 는 사전에 계산될 수 있으나, $\hat{N}_A$ 는 실시간으로 계산하여야 한다. 그러나 예제 E 에서 각 픽셀의 밝기는 사전에 계산할 수 있으므로, 이웃 픽셀을 5×5 (픽셀) 내에서 결정할 경우에 μ_A 의 평가는 25개 숫자의 평균이 된다.

이와 같이 본 발명에 있어서 상이한 패치들 사이의 밝기 차이는 합성 영상에 오프셋 F 를 합성하여 보상된다. 이를 위해 밝기보상부(430)는 업샘플링과 정정 과정을 사용하여 오프셋 F 의 합성을 수행한다. 레벨 0에서, F_0 는 0에서 시작되며, $E \cdot S$ 에 어떠한 바이어스도 걸리지 않는다. 합성 영상 S 가 업샘플링되면, 오프셋 영상 F 역시 최근접 이웃 기법에 의해 업샘플링된다. 이때 표현 영상 A 로부터 취해진 패치에 존재하는 픽셀은 동일한 오프셋값을 가짐이 보장된다. 이와 달리 다른 보간 기술(즉, 바이 리니어 또는 바이 큐빅)은 패치 경계에서 그렇지 않다. 이때 최근접 이웃 업샘플링에 기인한 에일리어싱(aliasing) 패턴은 정정 과정에서 제거된다. 정정 과정에서, 오프셋 영상 F 역시 합성 영상 S 의 갱신된 픽셀이 이웃들과 단절없이 통합됨을 보장하기 위해 갱신되어야 한다.

합성 영상 $S[p]$ 가 예제 E 의 조정자 q 와 함께 갱신된다고 가정하면 갱신된 합성 영상 S^{new} 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 8

$$S^{new}[p] = q$$

위의 수학식은 $\hat{N}_A[p] = N_A[p] - \mu_A[p]$ 와 $\hat{N}_E[q] = N_E[q] - \mu_E[q]$ 사이의 거리가 다른 후보 패치들 사이의 거리보다 작다는 것을 의미한다. $N_A[p]$ 와 $N_E[q]$ 는 각각 $-\mu_A[p]$ 와 $-\mu_A[q]$ 로 대체되기 때문에 갱신된 표현 값 $A^{new}[p]$ 는 다음의 수학식과 같이 대체 이후에 $E[q]$ 와 동일한 것으로 정의할 수 있다. 이러한 과정은 도 10에 도시되어 있다.

수학식 9

$$A^{new}[p] - \mu_A[p] = E[q] - \mu_E[q]$$

수학식 7로부터 갱신된 오프셋 영상 F^{new} 는 다음과 같이 정의된다.

수학식 10

$$F^{new}[p] = A^{new}[p] - E[S^{new}[p]]$$

[0049] 수학식 8과 수학식 9를 수학식 10에 대입하면 다음의 수학식을 얻을 수 있다.

수학식 11

$$F^{new}[p] = (E[q] - \mu_E[q] + \mu_A[p]) - E[q]$$

$$\Rightarrow F^{new}[p] = \mu_A[p] - \mu_E[q]$$

[0050]

[0051] 수학식 11에 따르면, 오프셋 영상의 갱신을 위해 단지 표현 영상 A와 예제 E의 이웃 픽셀들의 평균만 요구된다. 그리고 $\mu_E[q]$ 는 사전에 계산될 수 있고, $\mu_A[p]$ 는 후보 매칭 과정에서 이미 계산되므로, 갱신된 표현 영상 F'를 구하기 위해 단지 두 개의 사전에 계산된 변수에 대한 한 번의 덧셈 연산만 수행하면 된다.

[0052] 이상에서 설명한 바와 같이 밝기보상부(430)는 합성 영상과 오프셋 영상을 합성하여 최종적인 합성 영상인 표현 영상을 출력한다. 도 11에는 합성 영상 E*S, 오프셋 영상 F, 그리고 표현 영상 A가 도시되어 있다. 도 11에서 알 수 있듯이 밝기에서 단절이 존재하는 합성 영상에 오프셋 영상을 적용하면 밝기 차이가 개선된 표현 영상을 얻을 수 있다.

[0053] 한편, 일부 합성 조건에 대해 오프셋 영상 F는 표현 영상 A에 대해 과다 및/또는 과소 노출을 야기할 수 있으며, 이는 종종 불만족스러운 결과를 낳게 된다. 이러한 문제를 방지하기 위해 밝기보상부(430)는 오프셋 영상의 갱신시 억제계수에 의해 밝기보상정도를 제한한다. 이는 다음의 수학식으로 표현될 수 있다.

수학식 12

$$F^{new}[p] = \alpha(\mu_A[p] - \mu_E[q])$$

[0054]

[0055] 여기서, α 는 억제계수이다.

[0056] 도 12에는 주어진 예제를 기초로 합성된 영상에 대해 각각 1.0과 0.9의 억제계수를 적용하였을 때 결과 영상이 도시되어 있다.

[0057] 상술한 바와 같은 과정을 통해 예제를 기반으로 단절없는 합성 영상을 생성할 수 있다. 이러한 합성 영상 과정에서 최종적인 단계는 텍스처의 완성단계이다. 텍스처의 완성은 불완전한 원 영상을 단절없이 결합하여 이루어진 마스킹된 텍스처를 합성하는 기술이다. 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치는 밝기 독립적으로 예제를 주어진 제한된 영상과 합성한다. 이 과정에서 르페브르 등이 제안한 관심 영역 선택(Drag and drop)에 의한 텍스처 합성 기법과 유사한 접근법을 적용한다. 다만, 본 발명에서는 르페브르 등이 제안한 특징 조정 대신에 입력으로 색채 영상을 취한다. 이를 위해 제한된 영상 C와 그의 마스크 M의 가우시안 피라미드를 구축하고, 각각의 정정 반복을 수행하기 전에 제한된 영상을 표현 영상 A에 중첩시킨다. 그리고 초기 레벨에서 보다 넓은 적용을 위해 가우시안 피라미드의 각 레벨을 구축하기 전에 마스크 M의 가우시안 피라미드를 두개의 픽셀에 축적적으로 확장시킨다. 도 13에는 도 1에 도시된 예제에 대해 제한 마스크의 가우시안 피라미드가 도시되어 있으며, 도 14에는 종래기술 1에 의해 합성된 영상 및 본 발명에 따라 합성된 영상에 각각 도 13에 도시된 가우시안 피라미드를 적용하여 완성한 텍스처 합성 결과가 도시되어 있다.

[0058] 도 15는 본 발명에 따른 텍스처 합성 방법의 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 도면이다.

[0059] 도 15를 참조하면, 영상합성부(410)는 주어진 예제 텍스처로부터 얻어진 패치들을 밝기 독립 도메인으로 변환한다(S1500). 이 과정에서 영상합성부(410)는 예제 텍스처 E 내의 점 p와 점 q 주변의 이웃 픽셀들의 밝기값의 평균값을 산출하고, 각각의 이웃 픽셀들의 밝기값에서 산출된 평균값을 감하여 상대적인 밝기값을 얻는다. 다음으로 영상합성부(410)는 패치들 사이의 결합 에러가 가장 작은 패치들을 서로 이웃하도록 결합한다(S1510). 다음으로 영상보정부(420)는 합성된 영상 내의 점 p의 이웃 픽셀들과 예제 텍스처 내의 점 q의 대응되는 이웃 픽셀들 사이의 최소 차이에 대응하는 후보 q를 검색하고, 검색된 후보 q에 의해 합성된 영상을 보정한다(S1520). 이때 영상보정부(420) 역시 종래의 텍스처 합성 기법과 달리 합성 영상과 예제 텍스처를 밝기 독립 도메인으로 변환한 후 최소 차이를 계산한다. 마지막으로 밝기보상부(430)는 합성 영상과 오프셋 영상을 결합하여 밝기 변화가 보상된 최종적인 표현 영상을 생성한다(S1530). 이 과정에서 밝기보상부(430)는 합성 영상의 업샘플링에 대응하여 오프셋 영상을 갱신한다. 갱신된 오프셋 영상 내의 점 p는 업샘플링 이전의 표현 영상 내의 점 p에 이웃하는 픽셀들의 평균값과 업샘플링 이전의 예제 내의 점 p에 이웃하는 픽셀들의 평균값의 합이다.

[0060] 다중 레벨 정정 구조로 인해 합성된 오프셋 F는 패치 내의 부드러운 그라데이션 패턴과 패치들의 경계에 걸쳐 날카로운 불연속영역을 갖는다. 이러한 패턴은 시각적으로 포아송 방정식의 해를 이용한 기법과 유사하며, 나아가 본 발명은 전체 합성 영역 중에서 보여지는 부분만을 계산하는 것이 가능하다는 이점이 있다. 이하에서는 도 16에 도시된 바와 같이 변하는 밝기를 가진 영상을 이용하여 종래의 예제 기반 텍스처 합성 알고리즘과 본 발명을 비교한다. 도 15를 참조하면, 종래기술 1과 르페브르 등이 2006년에 발표한 "표현 공간 텍스처 합성"이란 제목의 논문에서 기재된 텍스처 합성 기법(이하, '종래기술 2'라 함)은 텍스처 단절을 제거하지 못하는 반면, 본 발명은 보다 적은 시각적 결함을 갖는 결과를 얻는다. 표 1에는 이웃 매칭의 RMSE(Root Mean Squar Error) 평균에 의해 종래의 텍스처 합성 기법과 본 발명 사이의 양적 비교 결과가 기재되어 있다.

표 1

방법	종래기술 1	종래기술 2	본 발명
RMSE	1.335	1.583	0.836

[0062] 표 1에 의하면 본 발명이 보다 적은 에러를 가지고, 보다 적은 단절 결함을 가짐을 알 수 있다. 본 발명은 또한 결합될 때 경계에 명확한 비연속영역을 갖는 비 도넛형의 예제를 합성할 수 있다. 또한 본 발명은 패치의 경계에서 보다 부드러운 변화를 얻을 수 있는 효과 이외에 큰 밝기 변화없이 텍스처를 처리할 수 있다. 따라서 종래 기술에 비해 본 발명이 훨씬 넓은 범위의 밝기를 낳는 것을 알 수 있다.

[0063] 본 발명은 특히 DEM 텍스처 합성에 유용하다. 디지털 깊이 맵은 고도값의 범위를 가진 지역을 기술하고, 밝기에 서 큰 변화를 보이는 경향이 있는 고도 맵의 일종이다. 기존의 이웃 매칭 합성 기법을 사용하면 부드럽고 단절 없는 고도 맵을 생성하는 것은 거의 불가능하다. 이와 같은 밝기 불변의 이점은 도 14에 도시된 텍스처 완성 결과로부터 명확하게 알 수 있다. 르페브르 등의 알고리즘은 영상에 걸쳐 다수의 단절이 나타나며, 본 발명에 의해 얻어진 영상과 같은 결과를 얻을 수 없다. 반면에 본 발명에 의해 생성된 영상은 훨씬 고품질고, 단절이 거의 없으며, 제한된 영상의 형태를 적절히 따르고 있다.

[0064] 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.

[0065] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특징의 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.

도면의 간단한 설명

- [0066] 도 1은 오른쪽 상위 지역에서 가장 높은 밝기 강도를 갖는 예제의 예를 도시한 도면,
- [0067] 도 2a 및 2b에는 종래의 텍스처 합성 기법에 의해 도 1에 도시된 예제로부터 얻어진 DEM을 도시한 도면,
- [0068] 도 3은 도 2a에 도시된 DEM으로부터 렌더링된 영상을 도시한 도면,
- [0069] 도 4는 본 발명에 따른 텍스처 합성 장치의 바람직한 실시예의 구성을 도시한 블록도,
- [0070] 도 5a 및 도 5b는 각각 패치들의 한 점에 인접하는 이웃 픽셀들의 밝기값을 도시한 도면 및 각각 패치들의 한 점에 인접하는 이웃 픽셀들의 밝기값을 밝기 독립 도메인으로 변환하여 도시한 도면,
- [0071] 도 6a 및 도 6b는 본 발명에 따른 텍스처 합성 기법에 의해 도 1에 도시된 예제로부터 얻어진 DEM을 도시한 도면,
- [0072] 도 7은 종래기술 1에서 각각의 피라미드 레벨에서 합성의 세 가지 처리의 수행과정을 도시한 도면,
- [0073] 도 8은 도 6a에 도시된 DEM을 기초로 렌더링된 영상을 도시한 도면,

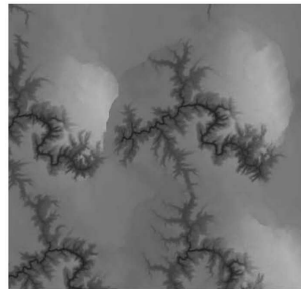
- [0074] 도 9는 오프셋 영상 F와 합성 영상 $E \cdot S$ 를 결합하여 표현 영상 A를 생성하는 과정을 도시한 도면,
- [0075] 도 10은 오프셋 영상 F를 갱신하는 과정을 도시한 도면,
- [0076] 도 11은 합성 영상 $E \cdot S$, 오프셋 영상 F, 그리고 표현 영상 A를 도시한 도면,
- [0077] 도 12는 주어진 예제를 기초로 합성된 영상에 대해 각각 1.0과 0.9의 억제계수를 적용하였을 때 결과 영상을 도시한 도면,
- [0078] 도 13은 도 1에 도시된 예제에 대해 제한 마스크의 가우시안 피라미드를 도시한 도면,
- [0079] 도 14는 종래기술 1에 의해 합성된 영상 및 본 발명에 따라 합성된 영상에 각각 도 13에 도시된 가우시안 피라미드를 적용하여 완성한 텍스처 합성 결과를 도시한 도면,
- [0080] 도 15는 본 발명에 따른 텍스처 합성 방법의 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 도면, 그리고,
- [0081] 도 16은 변하는 밝기를 가진 영상을 이용하여 종래의 예제 기반 텍스처 합성 기법과 본 발명에 따른 텍스처 합성 기법에 의해 얻어진 결과 영상을 도시한 도면이다.

도면

도면1



도면2a



도면2b



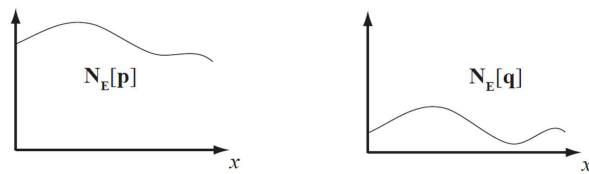
도면3



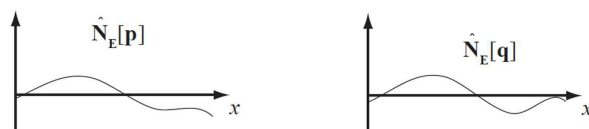
도면4



도면5a



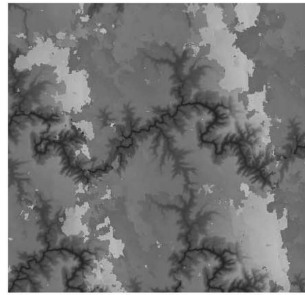
도면5b



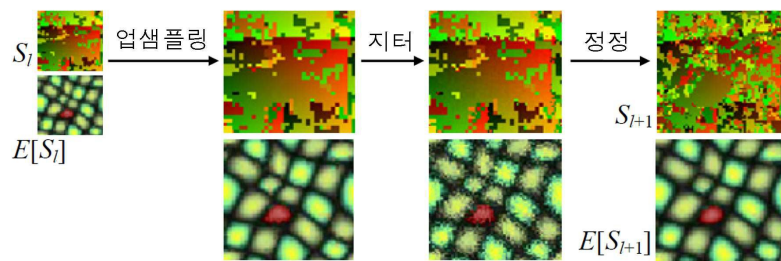
도면6a



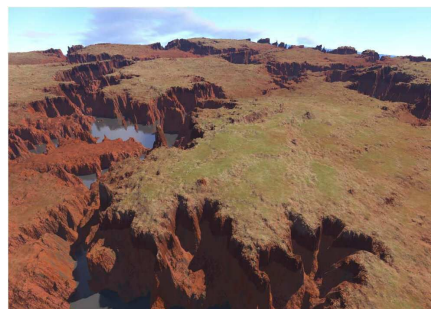
도면6b



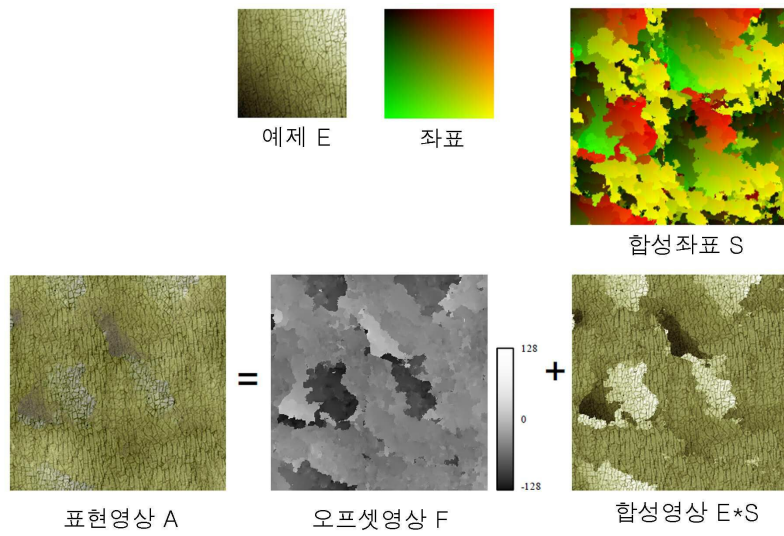
도면7



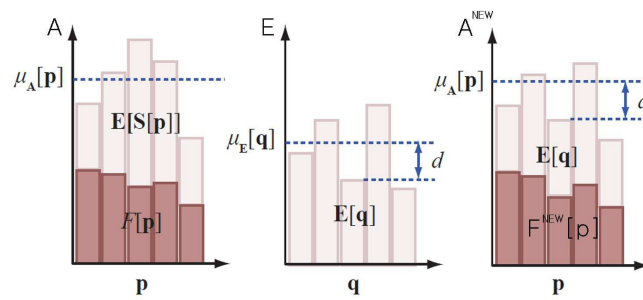
도면8



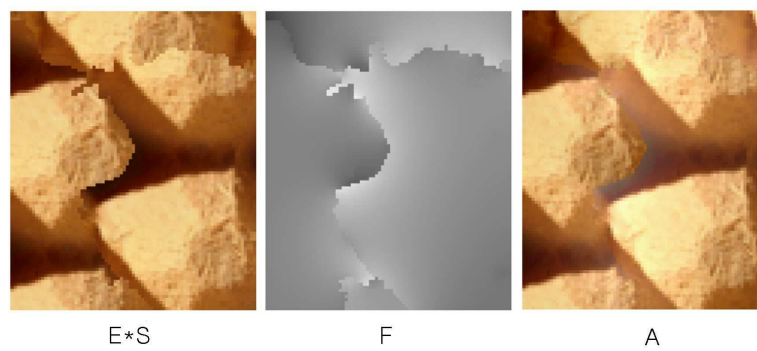
도면9



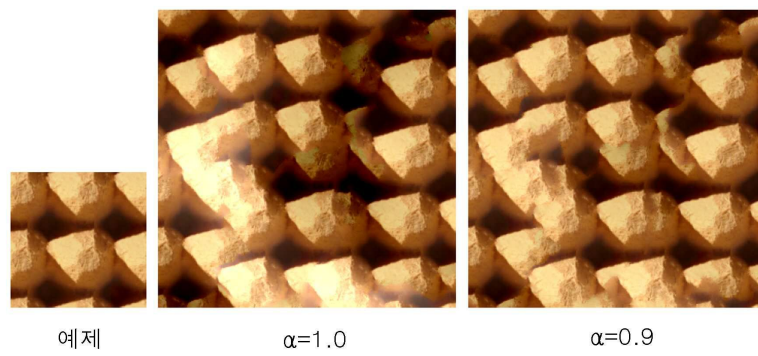
도면10



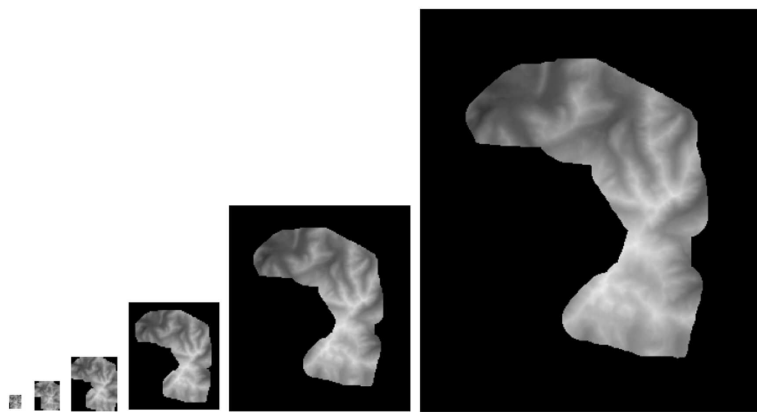
도면11



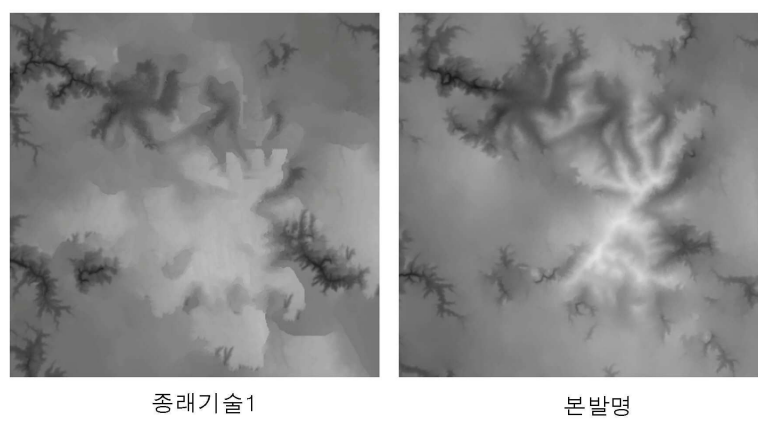
도면12



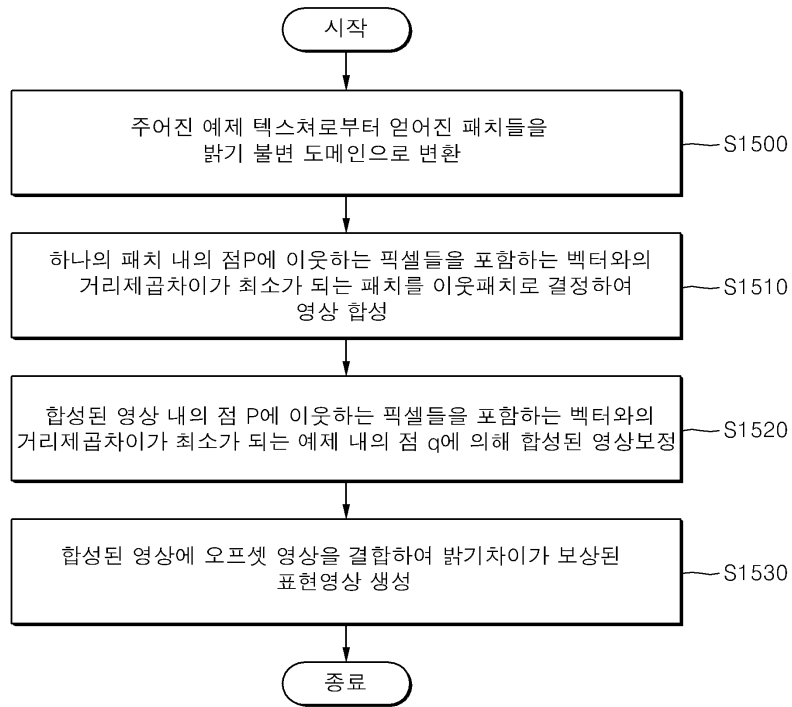
도면13



도면14



도면15



도면16

