



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0057145
(43) 공개일자 2012년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/40 (2006.01) G06T 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0118752
(22) 출원일자 2010년11월26일
심사청구일자 2010년11월26일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
김창현
서울특별시 동대문구 약령시로 25, 105동 703호
(제기동, 안암골벽산아파트)
박한욱
서울특별시 도봉구 노해로69가길 54, 현대4차아파트 402동 501호 (창동)
(74) 대리인
송경근

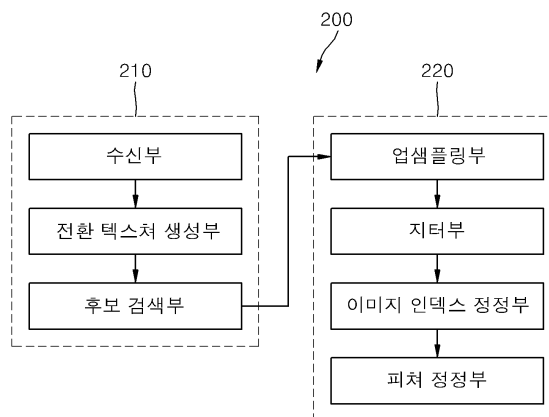
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치 및 방법

(57) 요약

복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치 및 방법이 개시된다. 전처리부는 복수의 입력 표본 중에서 두 개씩의 입력 표본으로 이루어진 각 입력 표본 쌍에 대하여, 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들로부터 각각 생성된 두 개의 이진 텍스톤 마스크 및 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들을 결합하는 기준인 그래프컷을 이용하여 일군의 전환 텍스처를 생성한다. 다중-표본 텍스처 합성부는 전환 텍스처들을 참조하고, 이미지 피라미드 및 입력 표본들을 이용하여 가우시안 스택에서 레벨이 증가할수록 세밀도가 증가하도록 합성 이미지를 반복적으로 정련하여 최종적으로 결과 합성 이미지를 출력한다. 본 발명에 따르면, 이진 텍스톤 마스크 및 그래프컷 기법을 이용하여 생성된 전환 텍스처를 도입함으로써, 입력 표본 패치들로부터 매우 부드러운 전환을 제공할 수 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2-09-1205-001-10985-05-003
부처명	문화체육관광부
연구사업명	콘텐츠산업기술지원사업 2010년도 문화콘텐츠산업기술지원사업
연구과제명	대규모 액체, 폭발, 입자형 자연현상 표현을 위한 시뮬레이션 기술 개발
주관기관	(주)에프엑스기어
연구기간	2010.03.01 ~ 2011.02.28이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	10035619
부처명	지식경제부
연구사업명	지식경제 기술혁신사업 산업원천기술개발사업
연구과제명	디지털 텍스타일 기반의 Around Body Computer 기술 개발
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2010.03.01 ~ 2011.02.28이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2010-0027656
부처명	교육과학기술부
연구사업명	기초연구사업 중견자지원사업 핵심연구사업
연구과제명	고품질 다상 유체 복합 시뮬레이션 기술
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2010.09.01 ~ 2011.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

복수의 입력 표본 중에서 두 개씩의 입력 표본으로 이루어진 각 입력 표본 쌍에 대하여, 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들로부터 각각 생성된 두 개의 이진 텍스톤 마스크 및 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들을 결합하는 기준인 그래프컷을 이용하여 일군의 전환 텍스처를 생성하는 전처리부; 및

상기 전환 텍스처들을 참조하고, 이미지 피라미드 및 상기 입력 표본들을 이용하여 가우시안 스택에서 레벨이 증가할수록 세밀도가 증가하도록 합성 이미지를 반복적으로 정련하여 최종적으로 결과 합성 이미지를 출력하는 다중-표본 텍스처 합성부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 전처리부는,

상기 입력 표본들을 수신하는 수신부;

상기 각각의 입력 표본 쌍에 대하여 상기 일군의 전환 텍스처를 생성하는 전환 텍스처 생성부; 및

상기 입력 표본들 및 상기 전환 텍스처들을 소스 텍스처로 결정하고, 상기 소스 텍스처들 중에서 상기 합성 이미지의 각 픽셀값에 해당하는 후보들을 검색하는 후보 검색부;를 포함하며,

상기 전환 텍스처 생성부는,

상기 입력 표본 쌍을 구성하는 두 개의 입력 표본으로부터 상기 이진 텍스톤 마스크들 및 상기 그래프컷을 생성하고, 상기 이진 텍스톤 마스크들을 상기 그래프컷을 기초로 통합하여 생성된 통합 텍스톤 마스크를 이용하여 상기 두 개의 입력 표본에 각각 대응하는 중간 텍스처들을 생성한 후 상기 중간 텍스처들을 선형 혼합하여 상기 전환 텍스처를 생성하되, 상기 전환 텍스처의 각 픽셀값은 픽셀 좌표 및 각 픽셀값이 유래된 입력 표본들을 나타내는 이미지 인덱스인 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 전환 텍스처 생성부는 상기 전환 텍스처의 생성을 위한 선형 혼합 동작을 수행하는 데 있어서,

상기 그래프컷을 이용하여 0 이상 1 이하의 값을 가지며 상기 전환 텍스처를 세 개의 영역으로 분리하기 위한 영역 마스크를 생성하는데 이용되는 가중치 맵을 생성하고, 상기 가중치 맵을 상보적으로 상기 중간 텍스처들에 적용함으로써 상기 전환 텍스처를 생성하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 후보 검색부는 상기 소스 텍스처들 중에서 현재 합성중인 텍스처와 관련된 소스 텍스처에 대해서만 k-코히어런스 검색(k-coherence search)을 수행하여 상기 후보들을 검색하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 다중-표본 텍스처 합성부는 각 픽셀이 상기 입력 표본들 중 선택된 하나로부터 유래된 픽셀값을 가지며 레벨 1-1에 대응하는 합성 이미지 S_{l-1} 에 대해 업샘플링을 수행하여 후속 레벨 1에 대응하는 합성 이미지 S_l 을 생성하고, 상기 합성 이미지 S_l 의 좌표를 무작위적으로 이동시키는 지터 동작에 의해 상기 합성 이미지 S_l 의 비주기성 및 피쳐 변화량을 증가시키고,

상기 합성 이미지 S_1 내의 충돌 영역에 존재하는 픽셀들의 이미지 인덱스를 상기 전환 텍스처들 중 하나의 이미지 인덱스로 대체함으로써 상기 합성 이미지 S_1 의 픽셀들이 이웃하는 픽셀들로 부드럽게 전환되도록 하는 이미지 인덱스 정정 동작을 수행한 이후에 상기 합성 이미지 S_1 에서 오배치된 피쳐들을 상기 입력 표본들 및 전환 텍스처들 중에서 검색된 최적 정합 이웃으로 정정하고,

상기 합성 이미지 S_1 의 레벨이 상기 가우시안 스택의 최고 레벨에 도달할 때까지 상기 동작들을 반복하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 다중-표본 텍스처 합성부는 상기 업샘플링을 수행하기 위하여 타일링, 미러링 또는 상기 전환 텍스처들의 수직 및 수평 방향 복제를 통하여 상기 합성 이미지의 크기를 두 배로 확대하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 다중-표본 텍스처 합성부는 상기 지터 동작을 수행한 이후에 상기 합성 이미지 S_1 의 이미지 인덱스를 공간 결정적인지터 함수를 이용하여 산개시키는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 8

제 5항에 있어서

상기 다중-표본 텍스처 합성부는 사전에 설정된 기준 레벨 이상의 레벨에 대응하는 합성 이미지에 대해서만 선택적으로 상기 이미지 인덱스 정정 동작 및 상기 최적 정합 이웃으로 정정하는 동작을 수행하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 9

제 5항에 있어서,

사용자로부터 상기 합성 이미지 S_1 의 텍스처를 변경하기 위한 명령을 입력받는 텍스처 디자인부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 장치.

청구항 10

(a) 복수의 입력 표본 중에서 두 개씩의 입력 표본으로 이루어진 각 입력 표본 쌍에 대하여, 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들로부터 각각 생성된 두 개의 이진 텍스톤 마스크 및 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들을 결합하는 기준인 그래프컷을 이용하여 일군의 전환 텍스처를 생성하는 단계; 및

(b) 상기 전환 텍스처들을 참조하고, 이미지 피라미드 및 상기 입력 표본들을 이용하여 가우시안 스택에서 레벨이 증가할수록 세밀도가 증가하도록 합성 이미지를 반복적으로 정련하여 최종적으로 결과 합성 이미지를 출력하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

(a1) 상기 각 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들로부터 상기 두 개의 이진 텍스톤 마스크 및 상기 그래프컷을 생성하는 단계;

(a2) 상기 두 개의 이진 텍스톤 마스크를 상기 그래프컷을 이용하여 통합하는 단계;

(a3) 통합된 텍스톤 마스크 및 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들을 이용하여 중간 텍스처들을 생성하

는 단계;

(a4) 상기 중간 텍스처들을 선형 혼합하여 상기 입력 표본 쌍에 대응하는 일군의 전환 텍스처를 생성하되, 상기 전환 텍스처의 각 픽셀값은 픽셀 좌표 및 각 픽셀값이 유래된 입력 표본들을 나타내는 이미지 인덱스로 이루어지는 단계; 및

(a5) 상기 입력 표본들 및 상기 전환 텍스처들을 소스 텍스처로 결정하고, 상기 소스 텍스처들 중에서 상기 합성 이미지의 각 픽셀값에 해당하는 후보들을 검색하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 (a4) 단계는,

(a41) 상기 그래프컷을 이용하여 0 이상 1 이하의 값을 가지며 상기 전환 텍스처를 세 개의 영역으로 분리하기 위한 영역 마스크를 생성하는데 이용되는 가중치 맵을 생성하는 단계; 및

(a42) 상기 가중치 맵을 상보적으로 상기 중간 텍스처들에 적용하여 상기 전환 텍스처를 생성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 (a5) 단계에서, 상기 소스 텍스처들 중에서 현재 합성중인 텍스처와 관련된 소스 텍스처에 대해서만 k-코히어런스 검색(k-coherence search)을 수행하여 상기 후보들을 검색하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 14

제 10항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

(b1) 각 픽셀이 상기 입력 표본들 중 선택된 하나로부터 유래된 픽셀값을 가지며 레벨 1-1에 대응하는 합성 이미지 S_{l-1} 에 대해 업샘플링을 수행하여 후속 레벨 1에 대응하는 합성 이미지 S_l 을 생성하는 단계;

(b2) 상기 합성 이미지 S_l 의 좌표를 무작위적으로 이동시키는 지터 동작에 의해 상기 합성 이미지 S_l 의 비주기성 및 피쳐 변화량을 증가시키는 단계;

(b3) 상기 합성 이미지 S_l 내의 충돌 영역에 존재하는 픽셀들의 이미지 인덱스를 상기 전환 텍스처들 중 하나의 이미지 인덱스로 대체함으로써 상기 합성 이미지 S_l 의 픽셀들이 이웃하는 픽셀들로 부드럽게 전환되도록 하는 단계;

(b4) 상기 합성 이미지 S_l 에서 오배치된 피쳐들을 상기 입력 표본들 및 상기 전환 텍스처들 중에서 검색된 최적 정합 이웃으로 정정하는 단계;를 포함하며,

상기 합성 이미지 S_l 의 레벨이 상기 가우시안 스택의 최고 레벨에 도달할 때까지 상기 (b1) 단계 내지 상기 (b4) 단계가 반복 수행되는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 (b1) 단계에서, 타일링(tiling), 미러링(mirroring) 또는 상기 전환 텍스처들의 수직 및 수평 방향 복제를 통하여 상기 합성 이미지의 크기를 두 배로 확대하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 16

제 14항에 있어서,

상기 (b2) 단계에서, 상기 지터 동작을 수행한 이후에 상기 합성 이미지 S_1 의 이미지 인덱스를 공간 결정적인 지터 함수를 이용하여 산개시키는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 17

제 14항에 있어서,

상기 (b3) 단계 및 상기 (b4) 단계는 사전에 설정된 기준 레벨 이상의 레벨에 대응하는 합성 이미지에 대해서만 수행되는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 18

제 14항에 있어서,

(b5) 사용자로부터 상기 합성 이미지 S_1 의 텍스처를 변경하기 위한 명령을 입력받는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비균질 텍스처 합성 방법.

청구항 19

제 10항 내지 제 18항 중 어느 한 항에 기재된 비균질 텍스처 합성 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 컴퓨터를 이용하여 복수 개의 입력 표본으로부터 반복이 없으면서 자연스러운 비균질 텍스처를 합성하기 위한 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에 제한된 범위의 입력 텍스처들로부터 임의의 크기를 가지는 텍스처를 생성하는 것도 가능하고 합성 제어 기법을 이용하여 텍스처를 디자인하기 위한 많은 표본-기반(exemplar-based) 텍스처 합성 기법들이 연구되어 왔다. 거의 모든 표본-기반 기법들은 시각적으로 주어진 입력 표본을 닮은 비주기적 합성 결과를 제공할 수 있다. 이러한 기법들의 특성에 따라서, 표본-기반 기법들은 또한 합성된 결과가 사실적이고 자연스러운 모양을 가진다는 장점을 가진다.

[0003] 이와 같은 종래의 기법들은 균질한 출력 텍스처를 생성하는데 중점을 두고 있다. 그러나 실제로는 비균질 텍스처들이 다양한 밀도, 형상 및 재질을 보이는 경우가 매우 흔히 발생하며, 자갈 또는 풀 같은 경우가 그 예이다. 비균질 텍스처를 합성하기 위하여 사용자는 비균질 표본에 종래의 합성 기법을 적용함으로써 결과를 얻을 수 있지만, 시각적으로 충분히 만족스러운 결과를 얻기는 쉽지 않다.

[0004] 도 1은 비균질 텍스처의 일 예를 나타낸 도면이다. 도 1의 중심에 위치한 도면은 주변의 네 개의 표본들로부터 합성된 비균질 텍스처를 나타낸 것이다.

[0005] 하나의 표본으로부터 비균질 출력을 합성해 내는 것은 매우 어려운 작업이다. 이와 같은 이유들 때문에 다중 표본으로부터 비균질 텍스처를 생성하기 위한 기법들이 제시되었다. 그러나 종래의 알고리즘을 이용하여 비균질 텍스처를 합성하는 것에는 아직 해결되지 않은 문제점들이 존재한다. 예를 들면, 종래 기술에 의한 이미지 합성 방법은 오직 한 가지 방향으로의 전환만을 다룰 수 있고 출력 결과물에 주기적 반복(periodic repetition)이 흔하게 발생한다. 또한 종래 기술에 의한 이미지 합성 방법에 따르면 입력 영상들의 개수가 증가할수록 이들 영상으로부터 비균질 텍스처를 합성하는데 걸리는 시간이 현저하게 증가한다.

[0006] 따라서 다수의 입력 표본들로부터 여러 방향으로의 전환을 다룰 수 있으면서도 반복이 없는 다양하고도 부드러운 비균질 텍스처를 고속으로 생성할 수 있는 기법이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 여러 개의 소스 입력을 고속으로 합성하여 비균질 텍스처를 생성할 수 있으며, 다방향 전환(multi-way transition)을 다룰 수 있고 주기적 반복현상을 방지할 수 있으면서도 입력 표본 패치들 간에 매우 부드러운 전환을 제공할 수 있는 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 여러 개의 소스 입력을 고속으로 합성하여 비균질 텍스처를 생성할 수 있으며, 다방향 전환(multi-way transition)을 다룰 수 있고 주기적 반복현상을 방지할 수 있으면서도 입력 표본 패치들 간에 매우 부드러운 전환을 제공할 수 있는 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치는, 복수의 입력 표본 중에서 두 개씩의 입력 표본으로 이루어진 각 입력 표본 쌍에 대하여, 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들로부터 각각 생성된 두 개의 이진 텍스톤 마스크 및 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들을 결합하는 기준인 그래프컷(Graphcut)을 이용하여 일군의 전환 텍스처를 생성하는 전처리부(preprocessor); 및 상기 전환 텍스처들을 참조하고, 이미지 피라미드 및 상기 입력 표본들을 이용하여 가우시안 스택에서 레벨이 증가할수록 세밀도가 증가하도록 합성 이미지를 반복적으로 정련하여 최종적으로 결과 합성 이미지를 출력하는 다중-표본 텍스처 합성부;를 구비한다.

[0010] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 방법은, (a) 복수의 입력 표본 중에서 두 개씩의 입력 표본으로 이루어진 각 입력 표본 쌍에 대하여, 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들로부터 각각 생성된 두 개의 이진 텍스톤 마스크 및 상기 입력 표본 쌍에 포함된 입력 표본들을 결합하는 기준인 그래프컷을 이용하여 일군의 전환 텍스처를 생성하는 단계; 및 (b) 상기 전환 텍스처들을 참조하고, 이미지 피라미드 및 상기 입력 표본들을 이용하여 가우시안 스택에서 레벨이 증가할수록 세밀도가 증가하도록 합성 이미지를 반복적으로 정련하여 최종적으로 결과 합성 이미지를 출력하는 단계;를 갖는다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따른 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치 및 방법에 의하면, 이론적으로 무한 개의 입력 표본으로부터 비균질 텍스처를 합성하기 위한 신규한 합성 프레임워크가 제공된다. 또한, 다방향 전환(multi-way transition)을 다룰 수 있으며, 주기적 반복 현상을 방지할 수 있으면서 불필요한 추가 입력을 필요로 하지 않는다. 나아가 이진 텍스톤 마스크(binary texton mask) 및 그래프컷(Graphcut) 기법을 이용하여 생성된 '전환 텍스처(transition texture)'를 도입함으로써, 입력 표본 패치들로부터 매우 부드러운 전환을 제공할 수 있고, '이미지 인텍스 정정' 기법을 이용하여 입력 표본의 개수와 무관한 합성 속도를 얻을 수 있다.

[0012] 더 나아가, 본 발명에 따르면 병렬 프로세서를 이용하여 가속화하는데 매우 적합하며, 공간 결정적(spatially deterministic)일 뿐만 아니라, 결과를 용이하게 제어할 수 있으므로 텍스처-디자인 목적에 매우 적합하다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 비균질 텍스처의 일 예를 나타낸 도면,

도 2는 본 발명에 따른 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치에 대한 바람직한 실시예의 구성을 도시한 블록도,

도 3은 본 발명에 의해 변경된 픽셀 좌표계를 설명하기 위한 도면,

도 4는 좌-우 전환 텍스처를 생성하기 위한 프로세스가 수행되는 과정을 도시한 도면,

도 5는 전환 텍스처를 이용하지 않는 경우와 이용하는 경우의 결과물을 비교한 도면,

도 6은 전환 텍스처의 확장 방법을 예시한 도면,

도 7은 본 발명에 따른 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 방법에 대한 바람직한 실시예의 수행

과정을 도시한 흐름도,
 도 8은 이미지 인덱스 정정 동작을 설명하는 도면,
 도 9는 충돌 영역을 시각화한 도면,
 도 10은 두 개 및 세 개의 입력 표본을 이용하여 합성된 결과를 나타내는 도면,
 도 11은 균질 표본들을 점진적으로 추가하여 생성된 결과를 도시한 도면, 그리고,
 도 12는 사용자가 직접 페인팅한 마스크 이미지를 이용한 결과를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치 및 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0015] 도 2는 본 발명에 따른 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스처 합성 장치에 대한 바람직한 실시예의 구성을 도시한 블록도이다. 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 비균질 텍스처 합성 장치(200)는 전처리부(210) 및 다중-표본 텍스처 합성부(220)를 구비한다. 여기서 전처리부(210)는 수신부(230), 전환 텍스처 생성부(240), 및 후보 검색부(250)를 구비하며, 다중-표본 텍스처 합성부(220)는 업샘플링부(260), 지터부(270), 이미지 인덱스 정정부(280), 및 피쳐 정정부(290)를 구비한다.
- [0016] 이하, 본 발명에 의한 비균질 텍스처 합성 장치(200)의 각 구성 요소의 동작에 대하여 상세히 설명한다.
- [0017] 본 발명은 병렬 텍스처 합성 기법에 기반하며, 입력 표본 E 및 이미지 피라미드를 이용하여 최저 레벨부터 최고레벨까지의 S_0 내지 S_L 을 합성함으로써 결과를 생성한다. 이미지 S_1 에서 합성되는 각 픽셀은 입력 E 내의 실제 컬러값의 위치를 지정하는 좌표를 포함한다. 최종 결과는 S_L 및 E로부터 재구성된다.
- [0018] 전처리부(210)는 다중 표본들 간의 패치 충돌 현상을 해결하기 위하여 새로운 집합의 '전환 텍스처(transition texture)'를 정의한다. 본 발명은 입력 표본들로부터 선택된 두 개씩의 입력표본으로 이루어진 각 쌍에 대해서 일련의 전환 텍스처를 준비하며, 이와 같이 생성된 텍스처를 뒤에서 설명할 후보 검색(candidate search) 동작을 위하여 이용함으로써 샘플들이 실제 합성 프로세스 도중에 이용될 수 있도록 한다.
- [0019] 기존의 뵘아송(Poisson) 이미지 편집 또는 색 이동 기법을 이용한 기술과 달리, 전처리부(210)는 상이한 입력 표본들로부터의 텍스처 요소들 간에 끊김 없는 전환을 생성하기 위하여 전환 텍스처를 이용한다. 이러한 전환 텍스처 준비 동작은 전처리부(210)에 의해 전처리 과정에서 이루어지기 때문에 실제 합성 시간에는 영향을 주지 않는다. 설명의 편의를 위하여 다중-표본 텍스처 합성부(220)의 동작에 대해서 먼저 설명한 후 전처리부(210)의 동작에 대해서는 후술한다.
- [0020] 복수의 입력 표본으로부터 실제 텍스처 합성을 수행하는 다중-표본 텍스처 합성부(220)는 가장 성긴 레벨 S_0 으로부터 가장 정밀한 레벨 S_L 까지의 모든 레벨에 대하여 반복적으로 결과를 정련(refine)한다. n개의 입력 표본들 E^n 을 효과적으로 처리하도록 병렬 합성 기법을 확장하기 위하여, 본 발명은 우선 좌표계를 2D로부터 3D로 변경한다.
- [0021] 도 3은 본 발명에 의해 변경된 픽셀 좌표계를 설명하기 위한 도면이다. 도 3을 참조하면, 좌표의 세 번째 요소가 해당 픽셀에 이용된 표본을 나타내기 위하여 이용된다. 본 발명에서 '이미지 인덱스'란 픽셀이 유래된(originated) 표본을 나타내는 것이다. 또한, 본 발명은 합성 반복(synthesis iteration) 단계를 다중 표본을 처리할 수 있도록 수정한다.
- [0022] 업샘플링부(260)는 더 정제된 이미지 S_i 를 합성하기 위하여, 이전의 성긴 이미지 S_{i-1} 의 크기를 두 배로 만든다. 그러면 지터부(270)는 공간 결정적 무작위성(spatially deterministic randomness)을 추가하기 위하여 지터 함수 및 사용자 파라미터를 이용하여 합성되는 d를 약간 변화시킴으로써, 결과의 주기적 반복을 방지한다. 또한 본 발명은 각 S_i 을 위한 이미지 인덱스들을 산개(scatter)시킴으로써, 결과의 비균질성을 증가시킨다.
- [0023] 텍스처의 개수가 증가하면 다음의 정정 단계에서 검색 공간의 크기가 커지게 되므로 전체 합성 시간이 늘어난다. 이미지 인덱스 정정부(280)는 합리적인 검색 공간과 합성 시간을 유지하기 위하여 픽셀마다 합성 후보들

의 개수를 증가시키는 대신에 '이미지 인덱스 정정' 동작을 수행한다. 피쳐 정정부(290)에 의한 정정 과정이 개시되기 이전에 이미지 인덱스 정정부(280)는 충돌하는 패치들을 검색하고, 전환 텍스처로부터의 샘플들을 충돌 지점에 배치한다. 이러한 이미지 인덱스 정정 동작은 출력 텍스처의 각 픽셀에 대해서 개별적으로 수행되기 때문에 병렬 처리에 적합하며, 성능에 최소한의 영향만을 줄 수 있다.

[0024] 피쳐 정정부(290)는 다중 소스 텍스처를 검색함으로써 이웃 매칭(neighborhood matching) 기법을 통하여 잘려진 피쳐(feature)들을 고침으로써 시각적으로 소스 텍스처와 유사한 텍스처를 생성한다.

[0025] 이하 전처리부(210)의 동작에 대해서 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0026] 전처리부(210)는 부드러운 전환 샘플로서 작용할 전환 텍스처를 준비하며, 정정 단계에서 이용될 합성 후보들을 준비한다. 전환 텍스처 생성 동작에 대해서 설명하면 다음과 같다.

[0027] 전환 텍스처들은 입력 표본들 간의 부드러운 전환을 가능하게 하며, 다양한 방법으로 생성될 수 있다. 엄격한 구조적 중요성을 가지는 피쳐를 포함하지 않는 거의 모든 텍스처들에 대하여 너비 m 을 가지는 E^0 및 E^1 에 대한 전환 텍스처 E'' 은 이진 텍스톤 마스크 M_0 및 M_1 을 이용하여 생성될 수 있다. 이진 텍스톤 마스크 기법은 기존에 제안된 바 있는 기법으로, 이를 이용하여 전환 텍스처를 생성하는 방법을 간략히 설명하면 다음과 같다.

[0028] - 두 표본 E^0 및 E^1 에 대한 두 개의 이진 텍스톤 마스크 M_0 및 M_1 을 획득한다.

[0029] - 텍스톤 마스크들을 선형적으로 혼합(blend)한 이후 고스팅 영역(ghosting region)을 억제하기 위하여 가우시안 블러(Gaussian blur)를 적용한다.

[0030] - 문턱치를 이용하여 모노톤 이미지를 생성한다.

[0031] - 생성된 텍스톤 마스크 및 표본 E^0 및 E^1 을 이용하여 두 개의 텍스처 E'^0 및 E'^1 을 합성한다.

[0032] - E'^0 및 E'^1 을 선형 혼합하여 다음 수학적 식 1과 같이 전환 텍스처 E'' 를 생성한다.

수학적 식 1

$$E''[p] = \frac{1-p_x}{m} E'^0[p] + \frac{p_x}{m} E'^1[p]$$

[0034] 그러나, 가이드선스 텍스톤 마스크(guidance texton mask)를 생성하는 프로세스는 맵의 가우시안 블러링 동작을 채택하며, 따라서 그 맵은 작은 피쳐와 같은 몇 가지 정보를 잃어버릴 수 있는데, 그 결과 결과의 전체 품질에 영향을 줄 수 있으며, 합성 결과의 품질이 열화될 수 있다. 따라서 본 발명에서는 이러한 방법을 이용하는 대신에 기존에 사용되어 왔던 min-cut max-flow 문제의 해를 구하여 두 텍스톤 마스크들을 하나로 통합하는 방법을 약간 수정함으로써 전환 텍스처를 생성한다. 이는 다음과 같다.

[0035] - 입력 표본 크기의 40% 크기인 텍스처 오버랩(texture overlap) 부분에 대응하는 노드 그래프를 구성하고, 두 개의 입력 표본 E^0 및 E^1 에 대해서 매칭 품질 비용(matching quality cost)을 산출함으로써 최소 비용의 경로를 결정한다.

[0036] - 생성된 경로, 즉 그래프컷(graphcut)을 이용하여 E^0 및 E^1 로부터 생성된 두 텍스톤 마스크들을 통합한다.

[0037] - 생성된 텍스톤 마스크 및 입력 표본들 E^0 및 E^1 을 이용하여 두 개의 텍스처들 E'^0 및 E'^1 을 합성한다.

[0038] - E'^0 및 E'^1 을 다음 수학적 식 2에 의해 선형 혼합하여 전환 텍스처 E'' 를 생성한다.

수학적 식 2

$$E''[p] = (1 - W[p]) E'^0[p] + W[p] E'^1[p]$$

- [0040] 여기서, W 는 그래프컷으로부터 생성된 가중치 맵(weightmap)이고, $W[p]$ 는 0 이상, 1 이하의 값을 가진다.
- [0041] 도 4는 좌-우 전환 텍스처를 생성하기 위한 프로세스가 수행되는 과정을 도시하는 도면이다. 도 4에서 알 수 있는 바와 같이, 입력 표본 E^0 및 E^1 에 대해서 그래프컷 텍스처가 결정되면, 이러한 그래프컷이 가중치 맵 W 를 구하는데 이용된다는 것을 알 수 있다. 가중치 맵은 또한 전환 텍스처 및 영역 마스크를 구하는데 이용된다.
- [0042] 본 발명에 의한 텍스톤 마스크 생성 기법은 가우시안 블러(Gaussian blur)를 포함하지 않기 때문에 작은 텍스톤 피처가 손실되지 않는다. 일반적으로는 텍스처 너비의 대략 30% 근방에 있는 영역을 혼합하도록 가중치 맵 W 를 생성하지만, 이러한 수치는 본 발명을 한정하는 것이 아니다. 오히려 사용자가 더 작은 영역이 혼합되기를 원하거나 또는 알파 혼합(alpha blend)을 아예 수행하지 않으려고 할 경우에는 거기에 맞도록 변경될 수 있음은 물론이다.
- [0043] 본 발명은 한 쌍의 입력 표본들로부터 네 개의 텍스처(상-하, 하-상, 좌-우, 그리고 우-좌의 전환들에 해당)들을 생성하고, 이들을 실제 합성 프로세스에서 소스 텍스처로서 이용한다. 도 4에 설명된 알고리즘은 좌측에서 우측으로의 전환에 해당하는 좌-우 전환 텍스처를 생성하기 위한 과정을 설명하지만, 다른 세 가지 방향에도 동일하게 적용될 수 있음은 물론이다.
- [0044] N 개의 입력 표본에 대하여 생성되는 전환 텍스처의 전체 개수는 $4 * N C_2$ 이다. 이하에서는 표본 E^a 및 E^b 에 대한 각 전환 텍스처를 $T_t^{a,b}$ 라고 하며, 여기서 t 는 0이상 3이하이고, b 는 a 보다 크다. 또한 t 는 전환 이미지 상의 표본 E^a 의 위치를 하측, 상측, 좌측, 및 우측의 순서로 나타낸다. 그러므로 도 4에 도시된 예시에서 생성된 전환 텍스처 E'' 는 $T_2^{0,1}$ 이다. 또한 $T_0^{a,b}$ 는 E^a 가 하측에 위치될 경우의 전환 이미지를 나타내고, $T_3^{a,b}$ 는 E^a 가 우측에 위치할 경우를 나타낸다. 그러나 이러한 표기법은 설명의 편의를 위한 것으로서, 본 발명을 한정하는 것으로 이해되어서는 안된다. 이러한 전환 텍스처 T 는 또한 소스 텍스처 E^n 의 일부가 된다(여기서 n 은 N 보다 크다).
- [0045] 입력 표본에 대한 상응하는 이진 텍스톤 마스크가 없는 경우에는 마스크를 생성하기 위하여 간단한 사용자 상호 작용이 필요하다. 이러한 경우에 사용자로 하여금 두 개의 컬러를 지정하기 위하여 입력 표본의 두 부분을 클릭하도록 유도하는 사용자 인터페이스를 제공할 수 있으며, 이러한 값들이 색상 경계화(color thresholding)을 통하여 이진 텍스톤 마스크를 생성하는데 이용된다.
- [0046] 입력 표본들을 혼합하는데 이용되는 가중치 맵 W 는 후처리되어 영역 마스크(area mask)를 생성하는데, 이것은 텍스처를 세 개의 구역(zone)으로 분할한다. 이들 중 두 개의 구역은 상응하는 입력 표본에 속하는 영역 내의 픽셀을 나타내고, 가운데 구역은 해당 영역을 전환 구역(transition zone)으로 마킹한다. 이 정보는 추후 이미지 인덱스 정정부(280)에 의해 이용된다. 또한 전환 텍스처는 입력 표본들 간의 부드러운 전환을 생성하기 위한 유효 샘플들을 제공하게 된다. 전환 텍스처가 없다면 도 5에 도시된 바와 같은 심각한 패치 충돌 현상이 발생한다.
- [0047] 도 5는 전환 텍스처를 이용하지 않는 경우와 이용하는 경우의 결과물을 비교한 도면이다. 후술할 '이미지 인덱스 정정' 동작과 더불어, 본 발명에 의한 처리 방법은 도 5의 (b)에 나타난 바와 같이 눈에 띄는 패치 간의 충돌이 나타나지 않는 결과를 효과적으로 생성할 수 있다.
- [0048] 네 가지 전환 방향 모두를 생성하기 위하여, 입력 표본들 모두는 환상면(toroidal)이어야 한다. 환상면이 아닌 입력 표본이 수신되면 종래의 합성 방법을 이용함으로써 그러한 입력으로부터 환상면의 텍스처를 간단하게 합성할 수 있다.
- [0049] 가우시안 이미지 피라미드(Gaussian image pyramid)를 이용하는 합성 방법을 이용하면 비주기적인 결과를 얻기 위하여 지터 제어 기법이 이용되어도 양자화된 위치에서 피처가 잘리는 부작용이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 종래의 병렬 합성 알고리즘은 '가우시안 스택(Gaussian stack)'을 이용하는데, 이것은 실질적으로 리사이징된 가우시안 피라미드로서 모든 레벨에 대하여 동일한 크기를 가지는 스택 상의 모든 이미지를 제공한다.
- [0050] 각 합성 피라미드에 대한 적절한 이웃(neighborhood)들을 제공하는 가우시안 스택을 생성하기 위하여, 본 발명에서는 텍스처를 킬링(환상면의 경우)하거나 미러링(환상면이 아닌 경우)함으로써 확장시켜 크기를 두 배로

만든다. 물론 킬링 또는 미러링 기법이 원본 입력 표본에 적용될 양호한 방법이지만, 이전에 생성된 전환 텍스트들은 다른 방식으로 확장될 수도 있다. 이에 대해서는 도 6을 이용하여 설명한다.

[0051] 도 6은 전환 텍스트의 확장 방법을 예시한 도면이다. 도 6을 참조하면, 전환 텍스트는 그들을 생성하는데 이용된 입력 표본들을 이용하여 경계 밖으로 확장될 수 있다. 이렇게 하면 입력 및 전환 텍스트들이 서로 달라붙게(cling) 되어서 무한대로 확장될 수 있는 하나의 큰 텍스트로 간주될 수도 있다. 이와 같은 입력 표본 및 전환 텍스트들의 집합을 하나의 커다란 비균질 입력 표본이라고 간주할 수 있기 때문에 결과의 비균질성을 보장할 수 있다.

[0052] 이하 후보 검색부(250)의 동작에 대해서 상세히 설명한다.

[0053] 후보 검색부(250)는 합성되는 각 픽셀에 대한 적절한 검색 공간을 정의하기 위하여 기존의 k-코히어런스 검색(k-coherence search) 기법을 수행한다. 어떤 픽셀 p에 대한 각 합성 후보들은 해당 픽셀 p 주위의 이웃들과 유사한 이웃을 가지는 소스 텍스트 E^n 으로부터의 위치 u가 된다. 하나의 표본(N=1)만을 이용하여 텍스트 합성을 수행하면 모든 후보들이 입력 표본 E 자체로부터 나오지만, 다중 소스 텍스트를 이용한 합성의 경우에는 그렇지 않다. 본 발명에서는 후보 검색을 전처리로서 수행하는 동안 사전 생성된 전환 텍스트 T를 포함하는 다중 소스 텍스트에 대해서 후보를 검색하고, 최적 결과를 소스 텍스트 내의 각 픽셀에 대한 후보로서 할당한다. 본 발명의 일 실시예에서, 입력 픽셀 p를 제1 후보 $C_1^{1,n}(p)$ 로서 할당하고 다른 표본들로부터 다른 두 개의 최적 정합되는 후보들을 검색한다.

[0054] 본 발명에서는, 후보 검색을 위한 시간을 줄이기 위하여 검색 공간을 현재 처리되는 텍스트와 직접 관련되는 텍스트들로 한정한다. 예를 들면, 만일 처리중인 텍스트가 원본 입력 표본($n \leq N$)으로부터 얻어진 것이라면, 후보를 원본 텍스트를 이용한 전환 텍스트로부터만 검색한다. 즉, 처리중인 텍스트가 E^a 라면 우리는 T^{E^a} 로부터 후보를 검색한다. 만일 텍스트가 $T_i^{a,b}$ 라면 해당 전환 텍스트를 생성하는 데 이용된 두 개의 원본 텍스트 E^a , E^b 및 해당 전환 텍스트와 형제 관계인 $T_q^{a,b}$ 에 대해서만 후보를 검색한다. 여기서 $T_q^{a,b}$ 는 동일한 원본 텍스트로부터 생성된 다른 세 개의 텍스트들을 나타낸다(이때 $q \neq i$ 이다).

[0055] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 피라미드에 기반한 인접 매칭 접근법을 이용하여 비균질 결과를 생성한다. 이 과정이 본 발명에 따른 텍스트 합성의 주된 프로세스이기 때문에 연산 비용이 고려 대상이 되는데, 본 발명에 따르면 다중 소스 입력을 처리하기에 적합한 합성 프로세스가 제공될 뿐 아니라, 후술할 '이미지 인덱스 정정' 단계를 통해 검색 공간이 다중 소스로부터의 샘플을 포함하도록 함으로써 연산 비용이 희생되는 것을 방지한다. 또한 사용자가 텍스트를 디자인하기 위한 목적으로 추가 정보를 제공할 경우에는 사용자 요청에 맞도록 결과를 제어할 수도 있다.

[0056] 도 7은 본 발명에 따른 복수의 입력 표본을 이용한 비균질 텍스트 합성 방법에 대한 바람직한 실시예의 수행 과정을 도시한 흐름도이다.

[0057] 도 7을 참조하면, 우선 비균질 텍스트를 합성하기 위한 복수의 입력 표본이 수신된다(S710). 그러면 수신된 입력 표본들의 각 쌍에 대하여 앞에서 설명한 이진 텍스트 마스크 및 그래프컷(Graphcut)을 이용하여 일군의 전환 텍스트들을 생성한다(S720). 이때 n번째 입력 표본을 E^n 이라고 표시하고, 레벨 l에서의 상응하는 가우시안 스택을 E_l^n 으로 표시한다. 합성되는 이미지 S에 대해서, 이미지의 첫 번째 두 채널(해당 이미지 픽셀의 기원(origin)의 좌표를 나타냄)을 $S[p]_c$ 라고 표시하고, 마지막 채널(해당 이미지 픽셀의 기원의 이미지 인덱스를 나타냄)을 $S[p]_z$ 라고 표시한다. 그러므로, S의 위치 p의 값을 나타내는 $S[p]$ 는 $S[p] = [S[p]_c | S[p]_z]$ 와 같이 표시된다. 또한 픽셀 p의 컬러는 $E^{S[p]_z}[S[p]_c]$ 와 같이 표시된다. 마지막으로 n번째 표본 E^n 으로부터의 레벨 l에서의 픽셀 u에 대한 k번째 후보를 S에 대한 첨자와 동일한 첨자를 이용하여 $C_k^{1,n}(u)$ 라고 표시한다.

[0058] 그러면 각 픽셀이 입력 표본들 중 선택된 하나로부터 유래된 픽셀값을 가지며 레벨 l-1을 가지는 합성 이미지 S_{l-1} 의 크기를 확장시켜 후속 레벨 l을 가지는 합성 이미지 S_l 을 생성하는 업샘플링 단계가 수행된다(S730).

이때 합성 이미지의 업샘플링을 위하여 타일링(tiling), 미러링(mirroring) 또는 전환 텍스처들의 수직 및 수평 방향 복제(duplication)가 이용될 수 있다.

- [0059] 업샘플링 단계는 합성되는 이미지의 콘텐츠를 손상시키지 않고 효과적으로 이미지의 크기를 두 배로 만들고, 그 결과로서 S_{l-1} 로부터 후속 피라미드 레벨 S_l 에 대한 이미지를 준비한다. 합성되는 이미지를 업샘플링하기 위하여 이미지 너비가 m 인 레벨 $l-1$ 에서 각 픽셀 p 에 대한 다음 수학식 3을 이용한다.

수학식 3

$$S_l[2p + \Delta]_c := (S_{l-1}[p]_c + \lfloor h_l(\Delta - \binom{5}{5}) \rfloor) \bmod m$$

$$S_l[2p + \Delta]_z := S_{l-1}[p]_z,$$

$$\Delta \in \left\{ \binom{0}{0}, \binom{0}{1}, \binom{1}{0}, \binom{1}{1} \right\}.$$

[0060]

- [0061] 여기서, $h_l = 2^{L-1}$ 은 레벨 l 에서의 스페이싱 인자(spacing factor)이다.

- [0062] 업샘플링된 합성 이미지가 생성되면, 합성 이미지 S_l 의 좌표를 무작위적으로 이동시켜 합성 이미지 S_l 의 비주기성(aperiodicity) 및 피쳐 변화량(feature variation)을 증가시킨다(S740).

- [0063] 합성되는 이미지 상에서 단지 업샘플링을 수행하고 정정 동작을 수행하면 매우 분할된 결과를 얻게 되는데, 이것은 바람직하지 않다. 지터 단계는 S_l 의 좌표를 무작위적으로 이동시켜 비주기적 결과를 얻게 하고, 추가적 피쳐 변화를 얻게 한다. 이는 다음의 수학식 4에 의해 설명될 수 있다.

수학식 4

$$S_l[p]_c := (S_l[p]_c + \lfloor J_l(p)b_l h_l \rfloor), \quad 0 \leq b_l \leq 1$$

[0064]

- [0065] 여기서, $J_l()$ 은 0 내지 1 사이에서 의사-무작위적인 숫자를 생성하는 공간 결정적(spatially deterministic) 지터 함수를 나타내고, b_l 은 레벨 l 에서 지터 강도(jitter strength)를 제어하기 위하여 사용자에게 의하여 제공되는 상수이다. 또한 다음 수학식 5를 이용하여 지터 단계 동안에 S 의 이미지 인덱스를 무작위적으로 초기화할 수도 있다.

수학식 5

$$S_l[p]_z := \lfloor J_l(p)N \rfloor$$

[0066]

- [0067] 본 발명에 의한 텍스처 합성에서 '인덱스 산개(index scatter)'는 정정 단계가 수행되지 않는 처음의 두 레벨에 대해서만 수행된다.

- [0068] 지터 동작이 수행되면 합성 이미지 S_l 중 충돌 영역(conflict area)에 존재하는 픽셀들의 이미지 인덱스를 전환 텍스처들 중 하나의 이미지 인덱스로 대체하는 이미지 인덱스 정정 단계(S750)가 수행된다.

- [0069] 소스 텍스처의 각 픽셀에 대해서 충분한 개수의 후보가 없으면 전환 텍스처는 입력 표본 패치들 간의 부드러운 전환을 효과적으로 얻어낼 수 없으며, 그 결과 상이한 입력 표본으로부터 생성된 텍스처 패치들 간에 시각적인 충돌이 야기될 수 있다. 그러나, 후보들의 개수가 증가하면 합성 시간이 증가된다. 그러므로, 후보의 개수를 증가시키는 대신에 본 발명에서는 각 정정 단계 직전에 '이미지 인덱스 정정' 동작을 수행한다. 이미지 인덱스 정정을 통하여, 합성되는 레벨에 적합한 전환 텍스처 샘플을 배치시킴으로써 부드러운 전환을 이루어낼 수 있다.

- [0070] 도 8은 이미지 인덱스 정정 동작을 설명하기 위한 도면이다. 이미지 인덱스 정정 동작을 수행하지 않으면 패

치 충돌 현상이 해소되지 않아서 결과에 커다란 아티팩트가 발생하게 된다. 도 8에서 위쪽에 위치한 결과가 아래쪽에 위치한 결과보다 훨씬 급격한 전환을 포함하고 있음을 알 수 있다.

[0071] 이미지 인텍스 정정을 위하여, 우선 각 픽셀 p 주위의 이웃들이 충돌 영역(conflict area)에 존재하는지 여부를 점검한다. 여기서 픽셀 u 주위에 5×5 크기의 이웃들에 대한 이미지 인텍스 $S[u]_z$ 를 모으고 인텍스의 각 타입에 대해 발견되는 개수를 카운팅한다. 이러한 동작을 수행하는 동안에, 이웃 픽셀 u 가 전환 텍스처들 중 하나에 속한다면($S[u]_z \geq N$), 상응하는 영역 마스크를 해당 픽셀이 입력 표본 영역들 중 하나에 속하는지 여부를 결정하는데 이용한다. 속한다면 해당 픽셀이 전환 텍스처가 아닌 입력 표본으로부터 나온 것이라고 간주한다. 이러한 동작의 알고리즘은 다음과 같다.

```

 $Q_{0 \dots N-1} \Leftarrow 0$ 
for each  $u \in 5 \times 5$  neighbor around  $p$ 
  do  $\begin{cases} \text{if } S[u]_z < N \\ \text{then } Q_{S[u]_z} \Leftarrow Q_{S[u]_z} + 1 \\ \text{else if } u \text{ is not from transition area} \\ \text{then } Q_{S[u]_z} \Leftarrow Q_{S[u]_z} + 1 \end{cases}$ 
return ( $Q_{0 \dots N-1}$ )

```

[0072]

[0073] 인텍스의 개수 Q_n 을 카운팅한 이후에 가장 많은 픽셀들을 가지는 두 개의 픽셀 집합들을 A 및 B 로 선택한다. Q_A 및 Q_B 가 각 집합 내의 픽셀들의 전체 개수이고 $a_i \in A$ 및 $b_i \in B$ 가 만족되면, 그에 따라

전환 텍스처 $T_{t_{max}}^{A,B}$ 의 픽셀들을 배치한다. 만일 Q_A 및 Q_B 가 6보다 크다면 다음 수학적 식 6이 이용된다.

수학적 식 6

$$S[p]_z := I(T_{t_{max}}^{A,B})$$

$$\text{where } t_{max} = \arg \max_{t \in 0 \dots 3} \delta(t) \cdot d$$

$$\text{in which } d = \sum_i^{Q_A} \frac{a_i}{Q_A} - \sum_j^{Q_B} \frac{b_j}{Q_B},$$

$$\delta(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix}, \delta(1) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \delta(2) = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}, \delta(3) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

[0074]

[0075] 여기서, 함수 $I()$ 는 입력의 이미지 인텍스를 반환한다. 수학적 식 6을 간단히 시각화한 결과가 도 9에 도시된다.

[0076] 도 9는 충돌 영역을 시각화한 도면이다. 도 9를 참조하면, 노란색 영역이 영역 마스크에 의하여 마킹된 전환 영역에 해당된다. 아래쪽 화살표는 영역 B로부터 A로의 중앙점(median point)으로부터 출발하는 벡터를 나타낸다. 또한 위쪽 화살표는 $\delta(t)$ 로부터 얻어지는 벡터를 나타내는데, 여기서 $t=3$ 이다.

[0077] 이미지 인텍스 정정 단계를 거치면 잠재적 충돌 영역 내에 존재하는 픽셀을 적절한 전환 텍스처로부터의 픽셀로 대체하게 된다. 전환 텍스처 $T_{t_{max}}^{A,B}$ 가 E^A 및 E^B 로부터 생성된 것이기 때문에 대체된 픽셀은 그 주위의 패치 내의 픽셀과 유사하게 된다. 그러므로 픽셀들로부터 이미지 인텍스를 대체하더라도 텍스처 구조에 심각한 열화가 발생하지 않는다. 이미지 인텍스 정정 동작은 정정 단계가 게시되는 레벨에 이를 때까지 시작되지 않는데, 그 이유는 정정 동작을 정정 단계가 게시되는 레벨 이전에 수행하면 전환 이미지로부터 생성된 너무 많은 패치가 발생되게 되어 결과의 품질을 열화시키기 때문이다.

[0078] 비록 입력 이미지들이 유사한 색상(hue) 값을 가진다고 하더라도 이미지의 채도(saturation)에 대한 실제 차이점이 시각적 패치 충돌을 야기함으로써 원치 않은 텍스처 심(texture seam)을 야기하게 된다. 또한, 충돌 영역은 이미지 인덱스 정정을 수행한 이후에 후보가 풍부하게 존재하는 영역이 된다. 그러므로 이러한 영역은 상이한 소스로부터 유래한 다수의 합성 후보들을 제공할 수 있기 때문에, 멀티-웨이 전환을 처리할 수 있다. 이미지 인덱스 정정 단계는 픽셀당 추가적인 후보들의 개수를 도입하지 않고서도 자유롭게 전환 샘플들을 이용할 수 있도록 한다. 따라서 본 발명에서는 정정 단계를 수행하는 동안에 바람직한 검색 공간을 유지할 수 있다. 그 결과 결과를 합성하는 시간이 입력 표본들의 개수와 무관하도록 한다.

[0079] 이미지 인덱스가 정정되면 합성 이미지 S_1 에서 오배치된 피쳐들(misplaced features)을 입력 표본들 및 전환 텍스처들 중에서 최적 정합되는 이웃(neighborhood)을 찾아내어 정정하는 피쳐 정정(feature correction) 단계(S760)가 수행된다.

[0080] 마지막으로 본 발명에 의한 영상 처리 방법은 상기 단계들로부터 얻어지는 잘못 위치된 피쳐들을 정정한다. 본 발명에서는 피쳐 정정 단계를 수행함으로써 전환 텍스처를 포함한 다중 입력 텍스처들 모두에 대해서 최적 매칭되는 이웃을 찾아낸다. 이는 다음 수학적 식 7에 의해 수행된다.

수학적 식 7

$$S_l[p] := C_{i_{min}}^{d, n_{min}}(S_l[p + \Delta_{min}]_c - h_l \Delta_{min}), \text{ where}$$

$$i_{min}, \Delta_{min} =$$

$$\arg \min_{\substack{i \in 1..k \\ \Delta \in \{(-1, -1), (-1, 0), \dots, (1, 1)\}}} \|N_{S_l}(p) - N_{E_l^n}(u)\| \varphi(i),$$

$$n_{min} = S_l[p + \Delta_{min}]_z$$

$$\text{in which } \varphi(i) = \begin{cases} 1, & i = 1 \\ 1 + k, & i > 1 \end{cases},$$

$$u = C_i^{d, S_l[p+\Delta]_z}(S_l[p + \Delta]_c - h_l \Delta)_c,$$

$$n = C_i^{d, S_l[p+\Delta]_z}(S_l[p + \Delta]_c - h_l \Delta)_z.$$

[0081]

[0082] 여기서, k는 사용자에게 의하여 입력된 점핑 패널티 상수(jumping penalty constant)이다. 정정 단계는 합성되는 이미지의 이웃 $N_{S_l}(p)$ 에 대한 동일한 크기인 최적 매칭되는 5x5 크기의 이웃을 표본 $N_{E_l^n}(u)$ 으로부터 찾아냄으로써 잘라진 구조를 고친다. 정정 단계는 세 번째 레벨 이후에서만 수행됨으로써 결과의 구조를 과도하게 한정하는 것을 방지하는 것이 바람직하다.

[0083] 피쳐 정정 단계가 수행되면 합성 이미지 S_1 의 레벨이 가우시안 스택의 최고 레벨에 도달하였는지를 판단하여(S770), 최고 레벨에 도달할 때까지 합성 동작을 반복(iteration)한다.

[0084] 또한 본 발명에 의한 텍스처 합성 방법은 사용자가 직접 합성 이미지의 텍스처를 변경시키도록 허용할 수도 있다. 이러한 텍스처 디자인(texture design) 단계에 대해서 설명하면 다음과 같다.

[0085] 즉, 본 발명은 어떤 영역에 있어서 바람직하다고 여겨지는 표본을 마스킹할 수 있는 다양한 크기의 브러시를 이용하여 합성 영역에 자유롭게 페인팅할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다. 이것은 기존에 제안된 바 있는 드래그-및-드롭(drag-and-drop)이라는 특징과 유사하다. 다만, 본 발명은 실제 좌표가 아니라 이미지 인덱스 성분만을 이동시킨다는 차이점을 가진다. 이미지 인덱스 정정 단계를 수행하기 직전에 각 픽셀의 값을 사용자가 페인팅한 마스크 이미지에 의하여 지정된 값으로 대체한다. 사용자가 스크린 상에서 페인팅한 이미지는 페인팅된 영역에 대한 이미지 인덱스 값을 가지게 될 것이며, 페인팅되지 않은 영역 내에서는 9999의 상수 값을 가질 것이다. 만일 사용자가 제공한 제어 이미지를 M이라고 표시한다면, 합성 피라미드의 각 레벨에 대해서 상응하는 리사이징된 M_1 을 생성할 수 있으며, 그 이후에 다음 수학적 식 8을 이용하여 S_1 내의 각 픽

셀 p의 인덱스 값을 제한한다.

수학식 8

$$S_I[p]_z := \begin{cases} S_I[p]_z, & M_I[p] = 9999 \\ M_I[p], & M_I[p] < 9999 \end{cases}$$

수학식 8을 이용하면 페인팅된 영역을 사용자가 선호하는 표본으로 제한할 수 있다. 공간 결정성(spatial determinism)을 유지하기 위하여 본 발명은 이미지 MI에 대해 적절한 오프셋을 제공한다. 또한 이미지 인덱스가 레벨 L-1 및 L-2 이상으로 가는 것을 방지하여 합성되는 이미지의 결과가 과도 제한으로 인하여 열화되는 것을 방지할 수 있다.

이하, 본 발명의 효과를 설명하기 위하여 Intel Q6600 쿼드 코어 시스템을 이용한 결과를 설명한다.

도 10은 두 개 및 세 개의 입력 표본을 이용하여 합성된 결과를 나타낸 도면이다. 모든 표본들은 128x128 크기이며 결과는 384x384 크기이다. 도 10을 참조하면, 본 발명에 의한 알고리즘은 두 개 이상의 표본을 이용하여 패치 충돌이 목격되지 않는 결과를 생성할 수 있다.

도 11은 균질 표본들을 점진적으로 추가하여 생성된 결과를 도시한다. 도 11로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명을 이용하면 결과의 비균질성을 효과적으로 증가시키면서 다중 표본들로부터 다양한 텍스처 피처가 발생되도록 할 수 있다. 하나의 표본만을 이용한 텍스처 합성 기법의 결과는 단조롭지만, 한 개의 추가적 표본만을 이용하더라도 결과의 전체 품질을 현저하게 향상시킬 수 있다.

다음으로 처리 속도에 관한 비교 실험 결과이다. 전처리가 완성되기 위하여 두 개의 입력 표본을 이용할 경우 시간은 90초가 걸리고, 세 개의 표본에 대해서는 4분이 걸리며, 네 개의 표본에 대해서는 8분이 걸린다. 각 입력 표본 쌍에 대해 4개의 텍스처를 생성하기 위해서는 입력 표본의 개수가 증가할수록 전처리를 위해 더 많은 시간 및 자원이 필요하다. 그러나 이것은 사용자가 합성을 위하여 네 개 이상의 입력 표본들을 원하는 드문 경우에만 그러하다. 또한 다음의 표 1에 나타난 바와 같이 실제 합성 시간은 입력 표본들의 개수에 의하여 영향받지 않으며, 전처리된 데이터는 후속 전처리 동작에 재사용되기 위하여 저장될 수 있다.

표 1

입력 표본 개수	2	3	4
전처리 시간 (분)	1.6	4	8
합성 시간 (초)	1.041	1.047	1.044

또한 멀티-코어 프로세서에서 CPU 쓰레드(thread)를 이용하여 본 발명의 이미지 인덱스 정정 방법의 가속화를 검사하기 위한 테스트도 수행한다. 이미지 인덱스 정정 동작은 다음의 표 2에 나타난 바와 같이 병렬 실행으로부터 많은 장점을 가진다는 것이 명백하다.

표 2

쓰레드 수	1	2	3	4
시간 (msec)	302	214	195	142

전술한 바와 같이 본 발명을 이용하면 사용자는 관심 영역 내에서 스크린에 페인팅을 수행함으로써 다중 표본들로부터 비균질 텍스처를 쉽게 디자인할 수 있다.

도 12는 사용자가 페인팅한 마스크 이미지를 이용한 결과를 도시한 도면이다. 도 12로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명을 이용하면 심각한 구조적 문제점이 발생하지 않으면서도 다중 표본들을 이용한 결과를 생성할 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, 플로피디스

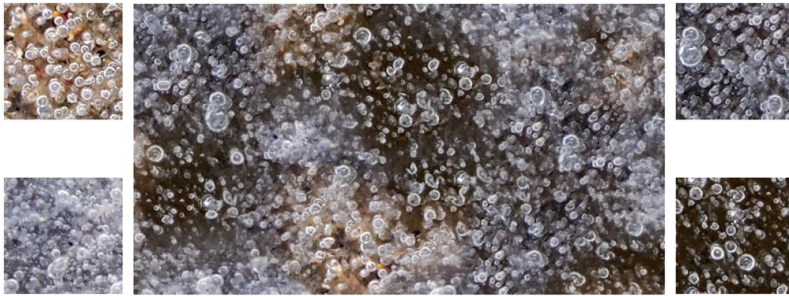
크, 광데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0098]

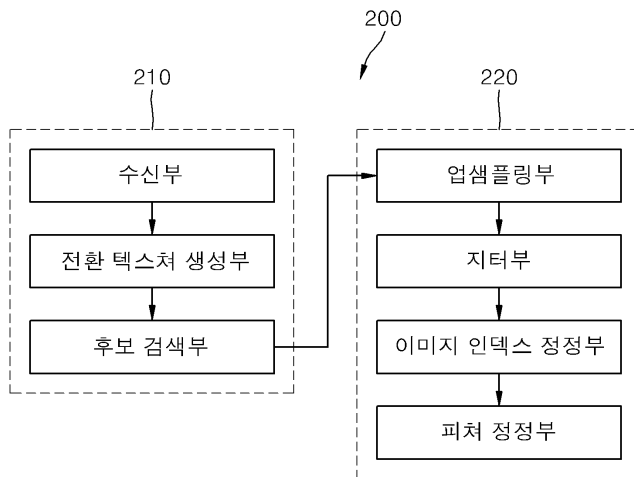
이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특정의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

도면

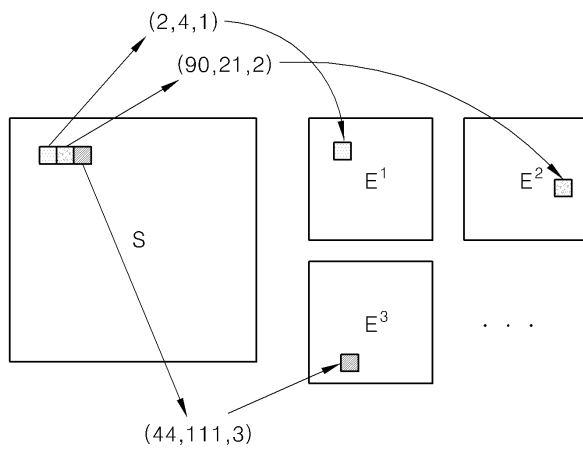
도면1



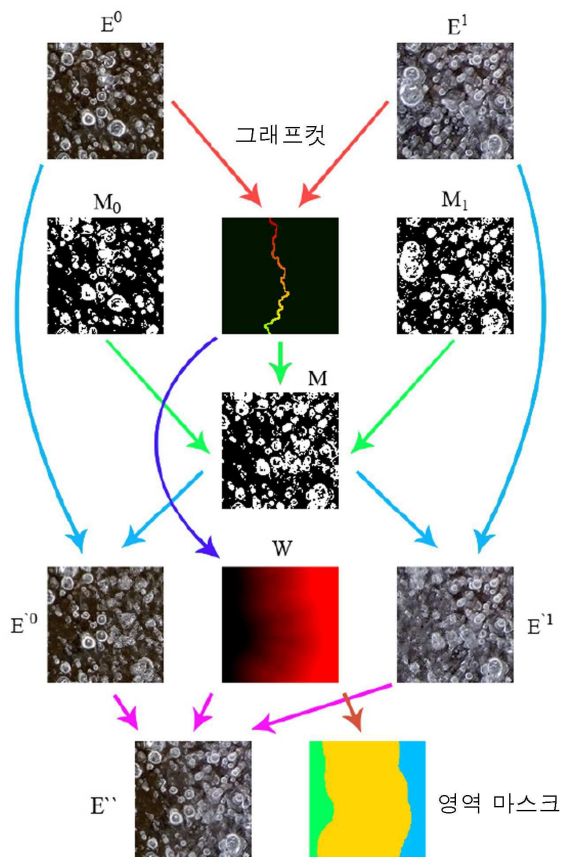
도면2



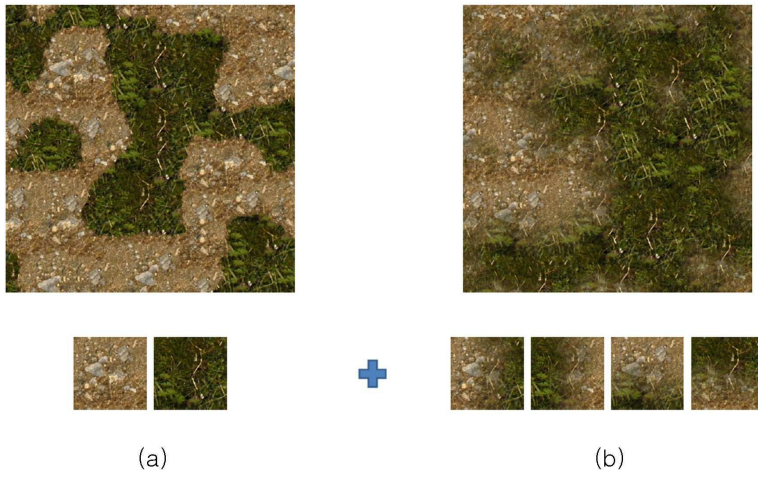
도면3



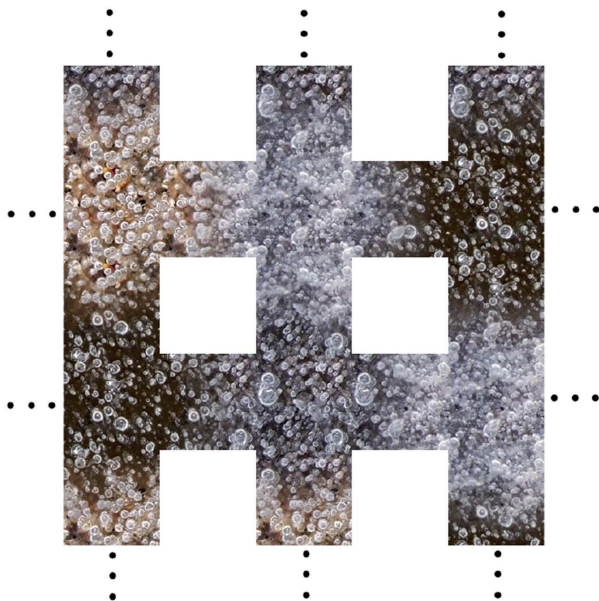
도면4



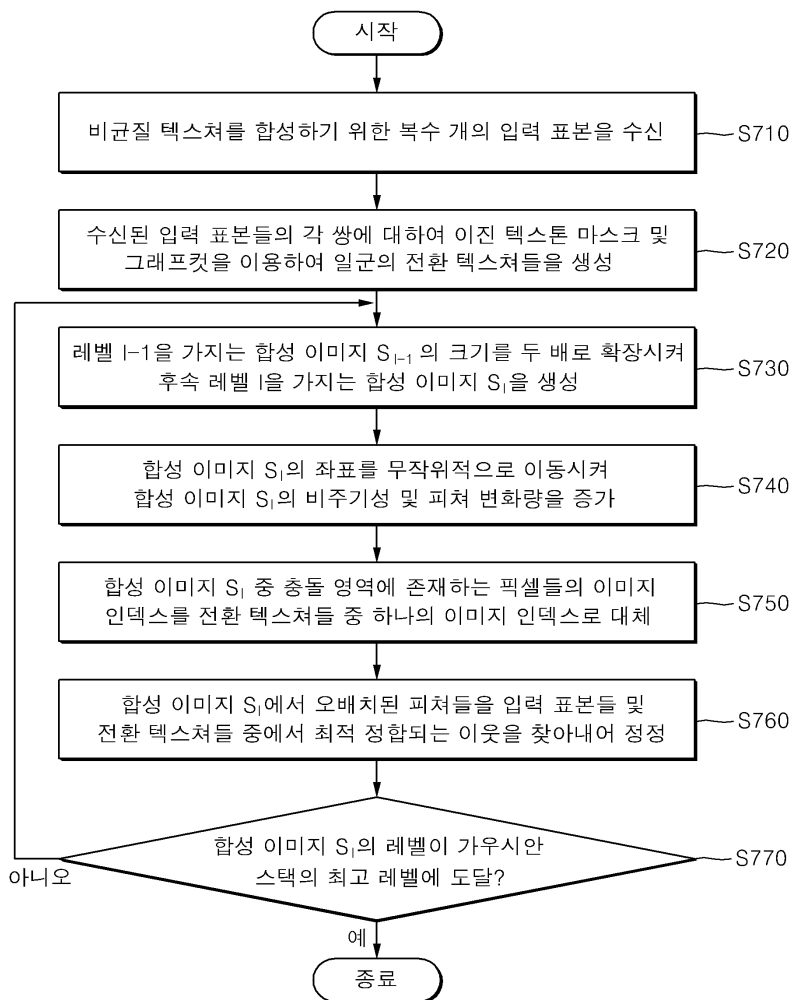
도면5



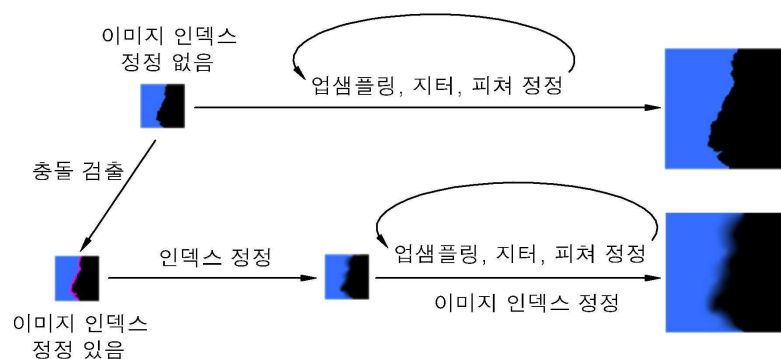
도면6



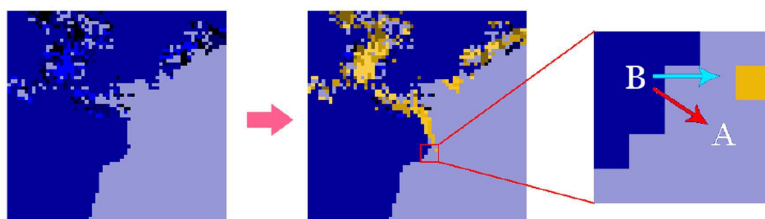
도면7



도면8



도면9



도면10



도면11



도면12

