



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년06월28일  
(11) 등록번호 10-1634461  
(24) 등록일자 2016년06월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06T 13/40 (2011.01) G06T 19/20 (2011.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0194789  
(22) 출원일자 2014년12월31일  
심사청구일자 2014년12월31일  
(56) 선행기술조사문헌  
김현중, 신일규, 강대영, 최수미, '특수분장 아티스트를 위한 노역분장용 얼굴 주름 생성 기술', 방송공학회지 제19권 제3호, 2014.7, 76-87 (12 pages)\*  
KR1020080050284 A  
KR100942026 B1  
KR101284446 B1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
세종대학교산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
최수미  
서울특별시 송파구 토성로 38-6, 106동 1501호 (풍납동, 한강극동아파트)  
김현중  
서울특별시 성동구 성수이로6길 4-17, 201호 (성수동2가, 퍼시픽하우스)  
신일규  
서울특별시 강서구 공항대로48길 12, 1003동 401호 (화곡동, 화곡보람아파트)  
(74) 대리인  
송인호, 민영준, 최관락

전체 청구항 수 : 총 10 항

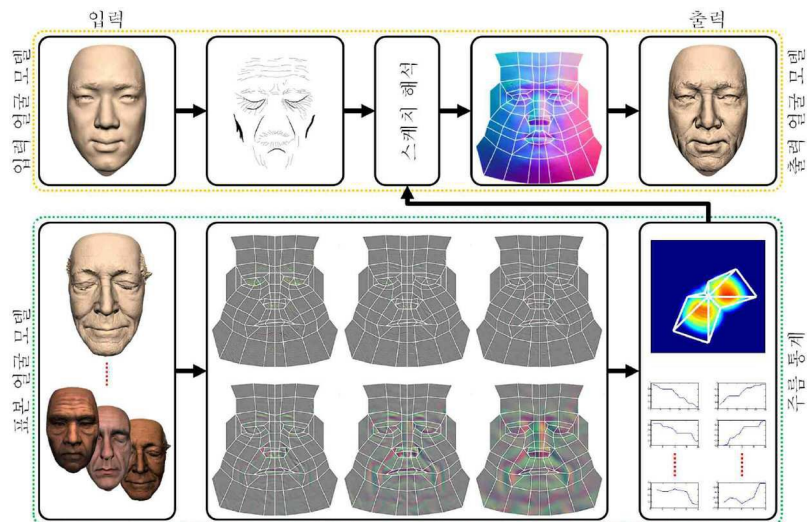
심사관 : 조우연

(54) 발명의 명칭 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치 및 방법

(57) 요약

스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치 및 방법이 개시된다. 개시된 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치는 입력 얼굴 모델에 그려지는 주름 스케치를 입력받는 입력부 - 상기 주름 스케치는 복수의 선으로 구성됨 - ; 상기 선의 필압의 세기 및 상기 선의 덧칠 중 적어도 하나와 대응되는 주름 깊이 및 상기 선의 방향과 대응되는 주름 방향을 분석하는 분석부; 및 주름 통계 데이터를 이용하여 상기 주름 세기 및 상기 주름 방향을 증강시켜 출력 얼굴 모델을 출력하는 출력 얼굴 모델 생성부;를 포함한다.

대표도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711008254  
부처명 미래창조과학부  
연구관리전문기관 한국연구재단  
연구사업명 국가간협력기반조성  
연구과제명 얼굴노화 시뮬레이션을 위한 스케치 기반의 주름 및 피부합성  
기 여 율 60/100  
주관기관 세종대학교 산학협력단  
연구기간 2013.04.01 ~ 2014.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711016338  
부처명 미래창조과학부  
연구관리전문기관 한국연구재단  
연구사업명 중견연구자지원  
연구과제명 사실적인 얼굴 형상 및 움직임 데이터 분석에 의한 3차원 인공피부의 모델링 및 실물 제작  
기 여 율 30/100  
주관기관 세종대학교 산학협력단  
연구기간 2014.11.01 ~ 2017.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711015789  
부처명 미래창조과학부  
연구관리전문기관 정보통신산업진흥원  
연구사업명 정보통신기술인력양성  
연구과제명 엔터테인먼트 소프트웨어 융합인재 양성사업  
기 여 율 10/100  
주관기관 세종대학교 산학협력단  
연구기간 2014.07.01 ~ 2018.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 정점으로 이루어진 직사각형 형태의 면을 타원형으로 만든 입체인 타원체를 생성하고, 상기 타원체 상의 상기 복수의 정점 각각에 대해, 상기 정점의 노멀 벡터의 방향으로 기 입력된 입력 얼굴을 향해 레이(ray)를 발사하고, 상기 복수의 정점에서 발사된 레이가 상기 입력 얼굴의 표면에 닿는 경우 상기 복수의 정점 각각과 상기 입력 얼굴의 변위(displacement) 정보를 측정하고, 상기 측정된 변위 정보를 이용하여 상기 복수의 정점을 상기 입력 얼굴의 표면과 동일한 위치로 이동시켜 입력 얼굴 모델을 생성하는 입력 얼굴 모델 생성부;

상기 입력 얼굴 모델에 그려지는 주름 스케치를 입력받는 입력부 - 상기 주름 스케치는 복수의 선으로 구성됨 - ;

상기 선의 필압의 세기 및 상기 선의 덧칠 중 적어도 하나와 대응되는 주름 깊이 및 상기 선의 방향과 대응되는 주름 방향을 분석하는 분석부; 및

주름 통계 데이터를 이용하여 상기 주름 깊이 및 상기 주름 방향을 증강시켜 출력 얼굴 모델을 출력하는 출력 얼굴 모델 생성부;를 포함하되,

상기 분석부는 상기 주름 스케치를 구성하는 복수의 선이 그려지는 순서, 필압의 세기 및 방향에 대한 히스토리를 저장하고, 상기 출력 얼굴 모델 생성부는 상기 입력 얼굴 모델이 아닌 다른 입력 얼굴 모델이 입력되는 경우, 상기 저장된 히스토리 및 주름 통계 데이터를 이용하여 상기 다른 입력 얼굴 모델에 대한 출력 얼굴 모델을 출력하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 얼굴 주름 생성 장치는 노화된 표본 얼굴 모델을 이용하여 상기 주름 통계 데이터를 생성하는 주름 통계 데이터 생성부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 입력 얼굴 모델은 3차원의 타원체를 이용해 3차원의 입력 얼굴을 매개변수화하여 생성된 3차원의 입체 형상이고,

상기 분석부는 상기 입력 얼굴 모델을 이용하여 2차원의 입력 이미지 버퍼를 생성하고, 상기 입력 이미지 버퍼 상에 입력된 주름 스케치의 선의 필압의 세기 및 방향을 이용해 상기 주름 깊이 및 상기 주름 방향을 분석하고,

상기 주름 통계 데이터 생성부는 3차원의 타원체를 이용해 상기 표본 얼굴 모델을 매개변수화하여 2차원의 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 상기 표본 얼굴 노멀 맵을 통해 상기 주름 통계 데이터를 생성하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 주름 통계 데이터 생성부는 상기 표본 얼굴 노멀 맵을 단계적으로 스무딩하여 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 상기 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵의 차이를 이용하여 주름의 형상이 표시된 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 생성하고, 상기 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 이용하여 상기 주름 통계 데이터를 생성하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치.

#### 청구항 5

삭제

## 청구항 6

삭제

## 청구항 7

삭제

## 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 입력부는 입력용 터치 펜 및 터치 디스플레이를 포함하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치.

## 청구항 9

복수의 정점으로 이루어진 직사각형 형태의 면을 타원형으로 만든 입체인 타원체를 생성하고, 상기 타원체 상의 상기 복수의 정점 각각에 대해, 상기 정점의 노멀 벡터의 방향으로 기 입력된 입력 얼굴을 향해 레이(ray)를 발사하고, 상기 복수의 정점에서 발사된 레이가 상기 입력 얼굴의 표면에 닿는 경우 상기 복수의 정점 각각과 상기 입력 얼굴의 변위(displacement) 정보를 측정하고, 상기 측정된 변위 정보를 이용하여 상기 복수의 정점을 상기 입력 얼굴의 표면과 동일한 위치로 이동시켜 입력 얼굴 모델을 생성하는 입력 얼굴 모델을 생성하는 단계;

상기 입력 얼굴 모델에 그려지는 주름 스케치를 입력받는 단계 - 상기 주름 스케치는 복수의 선으로 구성됨 - ;

상기 선의 필압의 세기 및 상기 선의 덧칠 중 적어도 하나와 대응되는 주름 깊이 및 상기 선의 방향과 대응되는 주름 방향을 분석하는 단계; 및

주름 통계 데이터를 이용하여 상기 주름 깊이 및 상기 주름 방향을 증강시켜 출력 얼굴 모델을 출력하는 단계;를 포함하되,

상기 분석하는 단계는 상기 주름 스케치를 구성하는 복수의 선이 그려지는 순서, 필압의 세기 및 방향에 대한 히스토리를 저장하고, 상기 출력 얼굴 모델을 출력하는 단계는 상기 입력 얼굴 모델이 아닌 다른 입력 얼굴 모델이 입력되는 경우, 상기 저장된 히스토리를 이용하여 상기 다른 입력 얼굴 모델에 대한 출력 얼굴 모델을 출력하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 방법.

## 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 얼굴 주름 생성 방법은 노화된 표본 얼굴 모델을 이용하여 상기 주름 통계 데이터를 생성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 방법.

## 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 입력 얼굴 모델은 3차원의 타원체를 이용해 3차원의 입력 얼굴을 매개변수화하여 생성된 3차원의 입체 형상이고,

상기 분석하는 단계는 상기 입력 얼굴 모델을 이용하여 2차원의 입력 이미지 버퍼를 생성하고, 상기 입력 이미지 버퍼 상에 입력된 주름 스케치의 선의 필압의 세기 및 방향을 이용해 상기 주름 깊이 및 상기 주름 방향을 분석하고,

상기 주름 통계 데이터를 생성하는 단계는 3차원의 타원체를 이용해 상기 표본 얼굴 모델을 매개변수화하여 2차원의 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 상기 표본 얼굴 노멀 맵을 통해 상기 주름 통계 데이터를 생성하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 방법.

## 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 주름 통계 데이터를 생성하는 단계는 상기 표본 얼굴 노멀 맵을 단계적으로 스무딩하여 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 상기 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵의 차이를 이용하여 주름의 형상이 표시된 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 생성하고, 상기 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 이용하여 상기 주름 통계 데이터를 생성하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 방법.

### 청구항 13

제9항 내지 제12항 중 어느 하나의 방법에 따른 프로그램 코드를 기록한 기록매체.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 3차원 얼굴 위에 스케치를 그림으로써 사실적인 주름을 생성할 수 있는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 사람의 얼굴은 의료 및 생체공학, 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전, 화장품, 컴퓨터 게임, 영화 등 다양한 분야에서 매우 큰 관심을 기울이는 주제이다. 하지만 사람의 시지각은 얼굴에 극히 민감하게 반응할 뿐만 아니라 복잡한 해부학적 구조를 가지고 있기 때문에 이를 이해하고 합성하는 것은 매우 어려운 과제로 남아 있다.

[0003] 최근 몇 년간 사람의 3차원 얼굴의 모델링과 렌더링 기술이 크게 발전하였다. 얼굴을 모델링할 때, 사용자는 얼굴에 영향을 주는 물리적, 해부학적, 환경적 요인과 더불어 사람의 이력과 성격을 고려한다. 따라서 고품질의 얼굴 디테일을 합성하기 위해서는 이러한 얼굴 특징에 대한 사용자의 관점을 자유롭게 표현할 수 있는 접근 방법이 필요하다. 그러나, 그래픽스를 이용한 대부분의 방법들은 이러한 디테일들을 2차원 영상 또는 3차원 얼굴 스캔 데이터로부터 합성하거나 전이시키는 것에만 초점을 맞추고 있다. 더욱이 얼굴의 세밀한 형태나 질감, 측정된 외관 데이터는 사실적인 디지털 얼굴을 생성하기 위해 사용될 수 있으므로, 처리될 데이터의 양은 늘어나게 되고, 더 많은 데이터의 획득은 또한 최종 이미지에 영향을 주지 않는 쓸모없거나 필요 이상의 정보를 포함할 여지가 있다.

[0004] 한편, 디지털 얼굴 생성 기술 중에서도 얼굴 노화 시뮬레이션은 컴퓨터 그래픽스 및 비전 분야에서 각광받는 주제이며, 특히 공상과학 영화와 같은 디지털 엔터테인먼트 분야에서는 중요한 시각효과로써 사용되고 있다.

[0005] 도 1 내지 도 3는 종래의 얼굴 노화 시뮬레이션의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0006] 먼저, 도 1은 물리 기반의 얼굴 주름 생성 방법의 개념을 설명하기 위한 도면이다. 도 1을 참조하여 물리 기반의 얼굴 주름 생성 방법을 설명하면 아래와 같다.

[0007] 얼굴의 주름들은 진피층과 얼굴 근육 등 피부의 물리적 다층 구조의 탄력성과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 이 때문에 다수의 기존 연구들은 얼굴의 구조를 단순화한 물리적 모델을 사용해서 주름이나 얼굴의 표정에 의해 생기는 특정한 피부의 변형을 추론하기 위해 제안되었다. 이들 가운데 몇몇은 노화에 의해서 생기는 주름을 정확하게 재구성하고자 하였고, 다른 몇몇은 애니메이션에서 사용하기 위한 표정에 의해서 생기는 주름을 연구하였다.

[0008] 이러한 물리적 모델은 사실적인 주름을 생성할 수 있지만, 얼굴의 구조 외에는 주름을 생성하는 다른 요인에 대해서 고려하지 않았으며, 생성된 주름의 형상을 결정하거나 수정하기 매우 어려운 단점이 있다.

[0009] 다음으로, 도 2은 기하 주름 생성 방법의 개념을 설명하기 위한 도면이다. 도 2을 참조하여 기하 주름 생성 방법을 설명하면 아래와 같다.

[0010] 주름을 생성하기 위한 다른 연구들에서는 특정 함수나 에너지를 정의하여 주름의 형상을 결정하거나 매개변수를 통해 주름의 형상을 제어하였다. 이들 가운데 일부 연구들에서는 커브나 매개변수에 의해 제어 가능한 에너지만을 사용하였다. 다른 연구들에서는 주름의 형상을 정의하는 함수와 더불어 스케치나 이미지에서 추출한 커브를 이용하여 보다 직접적으로 주름의 형상을 제어하였다.

[0011] 하지만 주름을 제어하기 위해서 매개변수를 주정하는 과정이 비직관적 이어서 사용자가 원하는 표현성이나 사실

성을 보장할 수 없는 단점이 있다.

- [0012] 다음으로, 도 3은 통계적 얼굴 모델을 이용한 주름 생성 방법의 개념을 설명하기 위한 도면이다. 도 3을 참조하여 기하 주름 생성 방법을 설명하면 아래와 같다.
- [0013] 3차원 모퍼블 모델을 이용하여 얼굴 기하정보를 정확하게 근사할 수 있다. 이는 피부의 처짐이나 얼굴형의 변화처럼 큰 스케일의 노화현상을 시뮬레이션하기 위해 활용되고 있다.
- [0014] 하지만 이렇게 생성된 결과는 오로지 큰 스케일의 특징들만 획득할 수 있기 때문에 얼굴을 사실적으로 표현하는데 매우 중요한 디테일들을 표현할 수가 없는 단점이 있다.
- [0015] 또한, 디테일이나 주름을 획득하고 합성하기 위해서는 얼굴 표면의 국부적인 통계를 활용할 수 있다. 이러한 연구들은 얼굴 인식에 기반하여 디테일들을 전이시킬 수 있지만, 생성된 주름을 제어할 수 없기 때문에 생성된 결과에 대해 사용자의 의도를 반영할 수 있어야만 하는 목적에는 부적합한 단점이 있다.
- [0016] 정리하면, 종래의 방법의 경우, 3차원 얼굴의 사실적인 주름을 합성하기 위해서는 디지털 조각 어플리케이션을 사용하여 수동으로 주름 형상을 하나하나 조각하거나, 사용자의 예술적 표현을 고려하지 않고 자동으로 주름 패턴을 생성하는 방법을 사용하는 단점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0017] 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명에서는 3차원 얼굴 위에 스케치를 그림으로써 사실적인 주름을 생성할 수 있는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치 및 방법을 제안하고자 한다.
- [0018] 본 발명의 다른 목적들은 하기의 실시예를 통해 당업자에 의해 도출될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0019] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 입력 얼굴 모델에 그려지는 주름 스케치를 입력받는 입력부 - 상기 주름 스케치는 복수의 선으로 구성됨 - ; 상기 선의 필압의 세기 및 상기 선의 덧칠 중 적어도 하나와 대응되는 주름 깊이 및 상기 선의 방향과 대응되는 주름 방향을 분석하는 분석부; 및 주름 통계 데이터를 이용하여 상기 주름 세기 및 상기 주름 방향을 증강시켜 출력 얼굴 모델을 출력하는 출력 얼굴 모델 생성부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치가 제공된다.
- [0020] 상기 얼굴 주름 생성 장치는 노화된 표본 얼굴 모델을 이용하여 상기 주름 통계 데이터를 생성하는 주름 통계 데이터 생성부;를 더 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 입력 얼굴 모델은 3차원의 타원체를 이용해 3차원의 입력 얼굴을 매개변수화하여 생성된 3차원의 입체 형상이고, 상기 분석부는 상기 입력 얼굴 모델을 이용하여 2차원의 입력 이미지 버퍼를 생성하고, 상기 입력 이미지 버퍼 상에 입력된 주름 스케치의 선의 필압의 세기 및 방향을 이용해 상기 주름 깊이 및 상기 주름 방향을 분석하고, 상기 주름 통계 데이터 생성부는 3차원의 타원체를 이용해 상기 표본 얼굴 모델을 매개변수화하여 2차원의 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 상기 표본 얼굴 노멀 맵을 통해 상기 주름 통계 데이터를 생성할 수 있다.
- [0022] 상기 주름 통계 데이터 생성부는 상기 표본 얼굴 노멀 맵을 단계적으로 스무딩하여 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 상기 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵의 차이를 이용하여 주름의 형상이 표시된 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 생성하고, 상기 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 이용하여 상기 주름 통계 데이터를 생성할 수 있다.
- [0023] 상기 분석부는 상기 주름 스케치를 구성하는 복수의 선이 그려지는 순서, 필압의 세기 및 방향에 대한 히스토리를 저장할 수 있다.
- [0024] 상기 입력 얼굴 모델과는 다른 입력 얼굴 모델이 입력되는 경우, 상기 출력 얼굴 모델 생성부는 상기 저장된 히스토리를 이용하여 상기 다른 입력 얼굴 모델에 대한 출력 얼굴 모델을 출력할 수 있다.
- [0025] 상기 출력 얼굴 모델 생성부는 상기 저장된 히스토리와 함께 상기 주름 통계 데이터를 이용하여 상기 입력 얼굴 모델에 대한 상기 출력 얼굴 모델을 출력할 수 있다.

[0026] 상기 입력부는 입력용 터치 펜 및 터치 디스플레이를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 입력 얼굴 모델에 그려지는 주름 스케치를 입력받는 단계 - 상기 주름 스케치는 복수의 선으로 구성됨 - ; 상기 선의 필압의 세기 및 상기 선의 덧칠 중 적어도 하나와 대응되는 주름 깊이 및 상기 선의 방향과 대응되는 주름 방향을 분석하는 단계; 및 주름 통계 데이터를 이용하여 상기 주름 세기 및 상기 주름 방향을 증강시켜 출력 얼굴 모델을 출력하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 방법이 제공된다.

### 발명의 효과

[0028] 본 발명에 따르면, 3차원 얼굴 위에 스케치를 그림으로써 사실적인 주름을 생성할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0029] 도 1 내지 도 3는 종래의 얼굴 노화 시뮬레이션의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치 및 방법의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 입력 얼굴 모델 생성부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 8 내지 도 14은 본 발명의 일 실시예에 따른 주름 통계 데이터 생성부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 15 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 출력 얼굴 모델 생성부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 방법의 전체적인 흐름을 도시한 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0031] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0032] 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치 및 방법의 개념을 설명하기 위한 도면이다.

[0033] 도 4를 참조하면, 본 발명은 3차원의 얼굴 위에 주름에 대한 스케치를 그림으로써 사실적인 주름을 생성할 수 있는 얼굴 주름 생성 장치 및 방법으로서, 사용자는 주름의 형상을 자유롭게 스케치할 수 있으며, 그려진 스케치의 모든 정보를 활용하여 사실적인 주름을 생성한다. 여기서, 도 4의 (a)는 주름을 합성할 대상이 되는 3차원 입력 얼굴 모델을 나타내고, 도 4의 (b)는 합성하고자 하는 주름의 정보를 추출하기 위한 3차원 표본 얼굴 모델을 나타낸다. 또한, 도 4의 (c)는 노화 주름을 표현한 사용자의 주름 스케치를 나타내고, 도 4의 (d)는 입력된 주름 스케치와 표본 얼굴 모델에서 분석한 통계를 이용한 주름 합성 결과를 의미한다.

[0034] 이를 위해서, 도 5를 참조하면, 본 발명에서는 주름의 기하정보에 대한 통계적 측정 방법과 사용자 스케치의 해석 방법을 제안하였다. 다중 스케일 주름 통계와 연계된 스케치 해석 방법을 개발한 결과, 기존 연구들과는 달리 사용자 스케치를 해석하기 쉬운 형상으로 클리닝 하는 과정을 수행할 필요가 없어졌다. 주름 통계는 먼저 합성하고자 하는 얼굴 디테일을 가진 표본 얼굴 모델들을 이용해 학습한다. 그 후, 사용자가 그린 스케치를 해석하고, 주름 통계로부터 2차원 스케치의 3차원 정보를 보완하여 증강시킨 후 입력 얼굴 모델에 적용한다.

[0035] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 장치의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.

[0036] 도 6를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 얼굴 주름 생성 장치(600)는 입력 얼굴 모델 생성부(610), 주름 통계 데이터 생성부(610), 입력부(630), 분석부(640) 및 출력 얼굴 모델 생성부(650)를 포함한다. 이하, 각 구

성요소 별로 그 기능을 상세하게 설명하기로 한다.

- [0037] 입력 얼굴 모델 생성부(610)는 사용자의 주름 스케치를 입력받기 위한 입력 얼굴 모델을 생성한다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입력 얼굴 모델 생성부(610)는 3차원의 타원체를 통해 3차원의 입력 얼굴(도 7의 (d) 참조)을 매개변수화하여 입력 얼굴 모델을 생성할 수 있다.
- [0039] 여기서, 타원체는 복수개의 정점으로 이루어진 직사각형 형태의 면을 타원형으로 만든 입체를 의미한다. 일례로서, 도 7의 (a)에서는 가로 897개 및 세로 1121개의 정점(총 1,005,537개)으로 이루어진 타원체를 도시하고 있다. 한편, 타원체 해상도는 여러 해상도로 조절할 수 있다.
- [0040] 또한, 매개변수화는 타원체의 각 정점으로부터 각 정점의 노멀 벡터의 방향으로 입력 얼굴을 향해 레이(ray)를 쏘며(도 7의 (b) 참조), 타원체로부터 출발한 레이가 입력 얼굴의 표면(surface)에 닿으면, 그 거리(displacement)정보를 이용하여 타원체 상의 각 정점을 입력 얼굴의 표면과 같은 위치로 이동시킴으로써(도 7의 (c) 참조) 입력 얼굴 모델을 생성할 수 있다. 따라서, 상기의 과정을 거친 타원체 즉 입력 얼굴 모델은 3차원의 입력 얼굴과 같은 형상을 가진다.
- [0041] 주름 통계 데이터 생성부(620)는 노화된 표본 얼굴 모델을 이용하여 주름 통계 데이터를 생성한다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 주름 통계 데이터 생성부(620)는 3차원의 타원체를 이용해 표본 얼굴 모델을 매개변수화하여 2차원의 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 표본 얼굴 노멀 맵을 통해 상기 주름 통계 데이터를 생성할 수 있다.
- [0043] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 주름 통계 데이터 생성부(620)는 표본 얼굴 노멀 맵을 단계적으로 스무딩하여 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵의 차이를 이용하여 주름의 형상이 표시된 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 생성하고, 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 이용하여 주름 통계 데이터를 생성할 수 있다.
- [0044] 이하, 도 8 내지 도 14를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 주름 통계 데이터 생성부(620)의 동작을 상세하게 설명하기로 한다.
- [0045] 먼저, 주름 통계 데이터 생성부(620)는 얼굴 기하정보에 대한 효율적이고 강인한 처리과정을 위해서, 3차원 표본 얼굴 모델의 일관된 매개변수화를 통해 생성된 2차원이 표본 얼굴 노멀 맵을 생성한다.
- [0046] 이를 위해, 먼저 도 8의 (a)와 같은 3차원 표본 얼굴 모델을 도 8의 (b)와 같은 타원체 위에 매개변수화하여, 도 8의 (c)와 같은 매개변수화된 영역 위에 하나의 2차원 이미지로 표시되는 2차원의 표본 얼굴 노멀 맵을 생성한다. 마지막으로 매개변수화된 모델들은 도 8의 (d)와 같이 얼굴 토폴로지 템플릿을 이용하여 정렬된다. 여기서, 타원체를 이용하는 구성은 상기 입력 얼굴 모델 생성부(610)에서 설명한 바와 유사하므로, 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0047] 이 토폴로지 템플릿은 한 얼굴을 의미론적으로 구분한 영역으로 나누어 각각 다른 패치로 할당하고 이 점들의 위치를 조정함으로써 각 얼굴 모델 사이의 자연적으로 대응하는 점 들을 제공한다. 이 때, 본 발명에서는 패치 단위의 통계를 계산하기 위해 각 패치의 정보를 평균화하므로 각 점들의 위치를 정밀하게 정렬할 필요는 없다.
- [0048] 또한, 앞서 설명한 바와 같이, 3차원 얼굴 모델의 노화 정도는 원 얼굴 모델의 스무딩 방법을 적용한 결과를 항노화된 결과로 가정하고 두 얼굴간의 기하적 차이를 계산함으로써 획득할 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 이러한 관점에서 시작하여 얼굴의 세부정보를 표현하였다. 즉, 포인트의 위치정보를 수정하는 대신 얼굴의 세부 정보와 특징들을 정확하게 표현하는 노멀 맵을 사용하여 주름을 생성한다. 각기 다른 깊이와 스케일을 가지는 주름의 정보를 획득하기 위해, 주름 통계 추출과 주름 증강 방법에 맞춤형 다중 스케일 디테일 맵(도 5 참조)을 사용한다. 또한, 스무딩 과정은 얼굴 모델의 실제 물리적으로 정확한 항노화 버전을 만들지 못하지만, 이 과정으로 계산된 복수의 표본 얼굴 디테일 맵은 강인한 주름통계 측정값을 만들기엔 충분한 만큼 정확한 주름의 형상을 가지고 있다.
- [0049] 이를 위해, 주름 통계 데이터 생성부(620)는 다중 스케일로 나눈 얼굴 디테일을 획득하기 위해, 먼저 노멀 맵  $n_s$ 를 생성한다.  $n_s$ 는 표본 얼굴 모델의 스무딩된 버전의 노멀 맵으로써  $s = 1, 2, \dots, m$ 까지 매개변수화된 기하 정보에 가우시안 필터의 표준편차  $\sigma_s$ 를 증가시키며 컨볼루션을 적용함으로써 계산할 수 있다.

[0050]

이렇게 생성된 노말맵들은  $\mathbf{n}_s(i,j) \leftarrow \mathbf{R}_s(i,j)(\mathbf{n}(i,j) - \mathbf{n}_s(i,j))$  수식을 사용하여 원 얼굴모델의 노말맵과의 차이를 기준으로 인코딩된다. 이 때,  $\mathbf{n}_s(i, j)$ 는 노말 맵  $\mathbf{n}_s$ 의 2차원 좌표 위에서 저장된 법선벡터이고,  $\mathbf{R}_s(i, j)$ 는 법선벡터  $\mathbf{n}_s(i, j)$ 를 z축으로 회전시키기 위한 회전행렬이다.  $s = 0, 1, \dots, m$ 는 범위를 가지며, 따라서 원본 얼굴모델의 노말 맵은  $\mathbf{n}_0 = \mathbf{n}$  처럼 표현할 수 있다.

[0051]

이렇게 획득한 노말 맵에서 각 스케일을 분리하기 위해서는 전 과정과 유사한 방법을 사용한다. 먼저,  $\Delta \mathbf{n}_s(i,j) = \mathbf{R}_s(i,j)(\mathbf{n}_{s-1}(i,j) - \mathbf{n}_s(i,j))$  수식처럼 각  $\mathbf{n}_s(i, j)$  사이의 차이를 계산한 뒤에 이를 회전한다. 이 때, 보다 더 스무딩된 쪽의 법선벡터를 z축으로 정렬하기 위하여, 계산된 회전행렬을 적용한다.

마지막으로 2차원 정보  $\theta_s$ 는  $\Delta \mathbf{n}_s(i,j)$ 와 z 사이의 각도(즉,  $\mathbf{n}_s(i, j)$ 와  $\mathbf{n}_{s-1}(i, j)$ 의 각도)를 저장한다.

그리고 2차원 정보  $v_s$ 는 2차원 벡터를 저장한 이미지로서, 이 2차원 벡터는  $\Delta \mathbf{n}_s(i,j)$ 를 xy 평면에 투영시킨 결과이다. 만약, 각도가 0이면 영벡터가 저장된다.

[0052]

도 9에서는 이러한 과정과 결과를 나타낸다. 이미지  $\theta_s$ 와  $v_s$ 는 노말 맵  $\mathbf{n}$ 에서 특정 주파수의 세부정보를 담고 있다. 이것은 기본적으로 주름에 의해 변경되는 정도이다. 더 스무딩된 노말 맵  $\mathbf{n}_s$ 로의 회전  $\mathbf{R}_s$ 는 국부적으로 적응 종속성(orientation dependency)를 상쇄한다. 따라서, 결과로 생성된 특성들을 왜곡없이 3차원 입력얼굴에 전이시킬 수 있다. 이 때, 한 쌍의  $\mathbf{n}_{s-1}$ 와  $\mathbf{n}_s$ 는 각각 같은 3차원 얼굴 모델의 원본과 향노화 버전처럼 취급될 수 있다. 따라서, 세부정보들은 향노화 버전에 의해서 인코딩된다. 따라서, 본 발명에서는 이러한 가정을 바탕으로 생성된 디테일들을 새로운 얼굴 모델에 전이하여 노화된 버전의 출력 얼굴 모델을 생성한다.

[0053]

또한, 맵  $\theta_s$ 와  $v_s$ 는 위에서 언급된 것처럼 쉽고 효율적으로 주름의 형상을 묘사하는 함수를 만들 수 있게 한다. 도 9에서 볼 수 있듯이,  $v_s$ 의 벡터의 방향은 주름을 향하여 주름의 중심선과 수직하는 경향이 있고,  $\theta_s$ 의 각도는 주름의 횡단면에서의 굴곡에 대한 정보를 가지고 있다. 따라서, 이 두 정보로부터 주름의 중심선을 추출 하고 횡단면의 굴곡에 대한 프로파일을 학습할 수 있다. 즉, 본 발명에서는 얼굴의 다른 부분 영역별로 국부화된 사실적인 주름 형상을 데이터드리븐 방식으로 획득할 수 있다.

[0054]

이를 위해, 본 발명에서는 함수  $\theta_s(\mathbf{x}, d, r)$ 을 이용하여 특정 스케일에서의 각도를 추산한다. 여기서  $\mathbf{x}$ 는 도 10의 주름의 중심선 위의 한 점을 나타내고,  $d$ 는 국부적 주름조각의 방향을 정의하며,  $r$ 은 중심선으로부터의 거리를 나타낸다. 이 함수는 모든 주름의 중심선위에 위치한 점들에서 계산되고, 그 밖의 점에서의  $\theta_s(\mathbf{x}, d, r)$ 의 결과는 0으로 계산된다.

[0055]

또한, 함수  $\theta_s(\mathbf{x}, d, r)$ 을 계산하기 위해서, 본 발명에서는 먼저 주름의 중심선(즉, 주름의 가장 깊은 부

분)위의 점들을 정의한다. 이 중심선은 임의의 가중치  $w_s$ 를 이용하여 평균화된 벡터  $\bar{\mathbf{v}} = \sum_{s=1}^m \mathbf{v}_s w_s$ 의 방향

을 따라감으로써 찾을 수 있다. 각 맵 위의 점  $\bar{\mathbf{v}}$  위의 점  $\mathbf{x}$ 에서 작해서, 이 알고리즘은  $\bar{\mathbf{v}}(\mathbf{x})$ 의 방향을 따라

다음 진행 방향을 결정한다. 이는  $\|\bar{\mathbf{v}}(\mathbf{x})\| < h$  조건을 만족시킬 때까지 반복된다. 이렇게 도달한 점은

주름의 중심선으로 표시된다.  $\bar{\mathbf{v}}$ 의 모든 점에 대해 알고리즘을 사용하면 주름의 중심선위의 한 점인  $\mathbf{x}_i$ 의 집합을 얻게 된다. 이 때, 얼굴 모델의 주름 바깥쪽의 평평한 영역의 많은 점들 역시 이 알고리즘으로 찾아낼 수

있으므로,  $\|\bar{\mathbf{v}}(\mathbf{x})\| < h$  조건만으로는 주름의 중심선을 결정할 수 없다. 도 11에서는 임의의 얼굴 모델에

대한 주름 중심선 추출 방법과 사용되는 데이터  $v_s$ 와  $\theta_s$ 의 예를 나타낸다. 이러한 선의 일부는 주름이 아닌 미세한 얼굴 디테일을 나타낸다. 도 12에서는 각 스케일 별 주름의 중심선 추출 결과를 나타낸다. 여기서 붉은 선과 푸른 선은 각각 주름의 가장 높은 점과 낮은 점의 위치를 나타낸다.

[0056] 또한, 각 중심선 위의 점  $x_i$ 를 위해서, 국부적 방향  $d_i$ 는  $x_i$ 에 도달할 때까지의 벡터의 평균  $\bar{v}$ 로 세팅된다. 따라서, 각 스케일  $s$ 와 각 점  $x_i$ 에 대해서, 맵  $\theta_s$ 는  $d_i$ 를 추적하여  $\theta_s$  안의 한 점  $x_i$ 를 추적하기 위한 샘플  $\theta_s(x_i, d_i, \|x_i - x_j\|)$ 을 획득할 수 있다. 이 추적은  $\|\bar{v}(x)\| < h$ 의 조건을 만족할 때까지 진행한다. 도 12에서는 이 함수의 고정된 점  $x$ 의 다른 두 스케일에서의 결과를 확인할 수 있다.

[0057] 한편, 앞서 설명한 바에 따르면, 주름 형상 함수는 주어진 표본 얼굴 모델의 특정 부분에서 주름이 어떠한 형상을 가지는 지에 대해서 묘사한다. 이것은 이전 연구들과 같은 방법으로 주름 합성을 위해 사용자의 선 즉, 스트로크(stroke)를 증강시킬 수 있다. 하지만 이전 연구들의 주름 형상 함수는 사용자가 스케치를 그리는 와중에 그려진 결과물에서 또 다른 중심선 찾기 과정을 필요로 한다. 반면에 이 주름 형상 함수를 모든 스트로크에 대해 클리닝과 추출과정 없이 직접적으로 적용하게 되면 다수의 독립된 주름 세그먼트와 횡단면 프로파일이 누적될 것이고, 이 누적된 결과는 원하는 결과 밖의 비사실적인 결과를 유도할 것이다. 이러한 결과는 횡단면 함수를 더 이상 사용할 수 없게 만든다. 다시 말해서, 표본 얼굴 모델의 주름과 사용자가 스케치를 그리는 입력 얼굴 모델 위에 사용자 스트로크에 의해 생성된 주름은 다른 위치와 형상, 방향을 가질 수 있으므로, 표본 얼굴 모델의 주름 중심선과 입력 얼굴 모델에 그려진 스트로크 사이의 매핑을 정의하기 쉽지 않다.

[0058] 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 발명에서는 얼굴 토폴로지에 의한 시맨틱 분할을 사용한다. 이것은 주름 형상 함수  $\theta_s(x, d, r)$ 의 총합에 의한 패치 단위의 주름 통계를 계산하기 위함이다. 각 토폴로지 패치  $P$ 의 총합은 하기의 수학적 식 1가 같이 패치 안의 좌표  $x$ 에서의 함수의 평균을 구함으로써 수행된다.

### 수학적 식 1

$$\theta_s^P(d, r) = \int_{x \in P} \theta_s(x, d, r) dx$$

[0059]

[0060] 또한 본 발명에서는 함수  $\theta_s(x, d, r)$ 와 사용되는 맵의 해상도에 따른 수치적 총합을 근사한다. 또한,  $\theta_s^P$ 의 결과값들을 극좌표계의 선형보간을 통해 보간하며, 각 패치의 통계 결과는 2차원 이미지에 저장한다. 얼굴 토폴로지의 임의의 패치에 대한 주름 통계는 도 13와 같이 표현될 수 있다. 도 13를 참조하면,  $\theta_s^P(d, r)$ 는 얼굴의 각기 다른 부분의 다양한 스케일의 주름의 다른 프로파일을 정확하게 획득할 수 있다. 이 패치 경계 주변에서의 비연속성을 피하기 위해서, 도 14에 표시되는 바와 같이 주름 통계는 실시간으로 토폴로지 템플릿의 두 그래프에 양선형 보간을 수행한다. 본 발명에서는 점  $x$ 에서 보간된 주름 통계를  $\theta_s^{P(x)}(d, r)$ 으로 표기한다.

[0061] 이하, 다시 도 6를 참조하여, 본 발명이 일 실시예에 따른 얼굴 주름 생성 장치(600)를 설명한다.

[0062] 입력부(630)는 입력 얼굴 모델에 그려지는 주름에 대한 스케치를 입력받는다.

[0063] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입력부(630)는 입력용 터치 펜 및 터치 디스플레이를 포함할 수 있다. 일례로, 입력용 터치 펜은 타블렛 펜일 수 있다.

[0064] 그리고, 분석부(640)는 입력된 주름 스케치의 선(스트로크)의 필압의 세기(strength) 및 선의 방향 중 적어도 하나와 대응되는 주름 깊이(depth) 및 선의 방향과 대응되는 주름 방향을 분석한다.

- [0065] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 분석부(640)는 주름 스케치가 그려진 입력 얼굴 모델을 이용해(매개변수화함) 2차원의 입력 이미지 버퍼를 생성하고, 입력 이미지 버퍼에 입력된 주름 스케치의 선의 필압의 세기 및 방향을 이용하여 주름 깊이 및 주름 방향을 분석할 수 있다.
- [0066] 그리고, 출력 얼굴 모델 생성부(650)는 주름 통계 데이터를 이용하여 주름 깊이 및 주름 방향을 증강시켜 출력 얼굴 모델을 출력한다.
- [0067] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 출력 얼굴 모델 생성부(650)는 주름 통계 데이터에 존재하는 주름과 대응되는(즉, 깊이 또는 방향이 오차 범위 안에서 유사한) 선에 의한 주름 깊이 및 방향에 대해서는 길게 주름을 표시하고, 주름 통계 데이터에 존재하지 않는 주름과 대응되는(즉, 깊이 또는 방향이 오차 범위 밖에서 벗어나는) 선에 의한 주름 깊이 및 방향에 대해서는 연하게 주름을 표시할 수 있다.
- [0068] 보다 상세하게, 입력 이미지 버퍼 및 표본 얼굴 노멀 맵은 동일한 개수의 정점, 일례로,  $897 \times 1121$ 을 가지는 2차원 맵으로 표현이 가능하며, 출력 얼굴 모델에 포함된 각각의 픽셀들은 각 정점들과 1:1로 매칭된다. 이 때, 주름 스케치의 경우,  $897 \times 1121$ 의 해상도의 입력 이미지 버퍼 상에 스트로크가 그려지고, 스트로크를 구성하는 각 픽셀은 필압 정보를 포함하고 있다. 이 때, 입력 이미지 버퍼는 입력 얼굴 모델과 1:1로 매칭이 가능하며, 입력 이미지 버퍼 상의 픽셀들과 필압 정보를 고려하여 인접한 노멀 벡터들을 스트로크를 향해 수렴하도록 회전시켜 주름을 표현할 수 있다. 노멀 벡터의 회전 시에는 미리 분석해둔 주름 통계 데이터를 토대로 주름의 깊이 및 방향을 증강시키는 과정을 수행한다.
- [0069] 또한, 분석부(640)는 주름 스케치를 구성하는 복수의 선이 그려지는 순서, 필압의 세기 및 방향에 대한 히스토리를 저장할 수 있다.
- [0070] 이 경우, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입력 얼굴 모델과는 다른 입력 얼굴 모델이 입력되는 경우, 출력 얼굴 모델 생성부(650)는 상기 저장된 히스토리를 이용하여 다른 입력 얼굴 모델에 대한 출력 얼굴 모델을 출력할 수 있다. 즉, 실제 아티스트인 사용자가 그린 스케치를 미술적 이론을 모르는 일반 사용자가 그대로 재현하여 일반 사용자의 입력 얼굴에 대한 출력 얼굴을 생성할 수 있다.
- [0071] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 출력 얼굴 모델 생성부(650)는 상기 저장된 히스토리와 함께 주름 통계 데이터를 이용하여 입력 얼굴 모델에 대한 출력 얼굴 모델을 출력할 수 있다. 즉, 저장된 히스토리를 일부만 이용하고, 사용자가 그 뒤를 이어 새롭게 자신의 스케치를 추가할 수 있다. 이에 따라, 빠른 완성품을 생산할 수 있다는 장점이 있다.
- [0072] 이하, 도 15 내지 도 17를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 출력 얼굴 모델 생성부(650)의 동작을 상세하게 설명하기로 한다.
- [0073] 각 패치의 주름 통계는 그 패치 안에 있는 주름들의 다른 방향과 다른 스케일에 대해 평균화된 프로파일로 인코딩된다. 그러므로, 스트로크에 의해 의도된 주름의 국부적인 방향과 스케일을 평가하여 스트로크 주변의 포인트들의 법선벡터를 주름 통계에 따라 조절한다.
- [0074] 각 스트로크는 상호작용 가능한 인터페이스를 사용하여 입력 모델 위에 투영되어 그려지고, 와 대응되는 포인트의 노멀 맵이 계산된다. 스트로크 위의 각 포인트는 노말 맵 위의 포인트 좌표  $x$ 표와 포인트를 그리기 위해 사용한 필압이 저장된다. 필압값은  $\{1, m\}$ ( $m$ 은 스케일의 크기) 범위 안으로 선형적으로 맵핑된다. 본 발명에서 각 스트로크는 간단한 조각 단위의 선형적 커브로 구성되어 있다고 가정한다. 렌더링 과정에서는 필압값을 선(스트로크)의 각기 다른 부분별 두께를 정의하기 위해 사용한다. 도 15에서는 필압에 따른 스케치의 변화를 나타낸다. 좌측부터 우측까지 필압이 증가함에 따라 스트로크의 두께를 굵게 표현한다.
- [0075] 사용자가 그린 각 스트로크는 주름의 부분별로 각기 다른 깊이와 주름이 영향을 미치는 영역의 넓이를 결정한다고 상정한다. 스트로크 영향 범위 안쪽의 법선벡터는 주름 통계를 이용하여 조절된다. 입력 얼굴 모델의 노멀 맵 위의 포인트  $y$ 의 표면 법선벡터  $n(y)$ 가 스트로크에 의하여 어떻게 변형되는지 정의하기 위하여, 스트로크의 각 부분은 각기 다른 스트로크 스케일 별로 나뉜다. 각 스케일  $s$ 별로 스트로크의 한 부분 위의  $y$ 의 가장 가까운 포인트  $x_s$ 가 계산된다. 그 후,  $y$ 의 새로운 표면 법선 벡터는 수학식 2와 같이 계산된다.

## 수학식 2

$$R_{\theta_m(y), a_m(y)} \cdots R_{\theta_1(y), a_1(y)} n(y)$$

[0076]

[0077] 여기서, 회전형렬  $R_{\theta, a}$ 는 회전축  $a$ 와 회전각  $\theta$ 에 의해서 결정되고, 각각은  $a_s(y) = \widehat{y - x_s}$  ( $x_s$ 에서  $y$ 로의 단위 벡터)와  $\theta_s(y) = \theta_s^{P(x_s)}(\widehat{y - x_s}, \|y - x_s\|)$ 으로 정의된다. 이러한 정의는 주어진 스트로크의 부분 주변의 다른 스케일의 주름통계를 합성한 결과와 같다. 필압값  $p(x)$ 는 주름 주변의 부분 스케일에 대한 변형 정도를 효과적으로 정의한다. 주름 통계는 각기 다른 스케일의 주름의 형상을 획득하기 위해 계산되므로, 이들을 합성한 결과가 최종적인 주름의 형상을 나타낸다.

[0078] 사용자의 스케치가 2차원 이미지 버퍼에 입력되면 스트로크를 구성하는 각 픽셀을 중심으로 하는 원형의 2차원 벡터 필드를 구성한다. 각 벡터 필드 크기는 중심 픽셀에 저장된 필압값에 의해 결정되고, 이것이 주름의 영향 범위를 결정한다. 중첩된 2차원 벡터들은 평균하여 스트로크를 중심으로 수렴하는 주름의 2차원 필드를 계산할 수 있게 된다. 도 16에서는 스트로크를 중심으로 하는 벡터 필드의 형태를 나타낸다.

[0079] 2차원 벡터의 보간으로 인해 스케치를 중심으로 수렴하는 주름의 방향과 넓이를 계산할 수 있지만, 주름의 깊이는 구할 수 없다. 이 주름의 깊이를 결정하기 위해 주름 통계를 이용하여 2차원 벡터를 3차원으로 증강시킨다. 이는 도 17과 같이 표현된다.

[0080] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 스케치를 이용한 얼굴 주름 생성 방법의 전체적인 흐름을 도시한 순서도이다. 이하, 각 단계 별로 수행되는 과정을 설명하기로 한다.

[0081] 먼저, 단계(1810)에서는 사용자의 주름 스케치를 입력받기 위한 입력 얼굴 모델을 생성한다.

[0082] 그리고, 단계(1820)에서는 노화된 표본 얼굴 모델을 이용하여 주름 통계 데이터를 생성한다.

[0083] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 단계(1820)에서는 3차원의 타원체를 이용해 표본 얼굴 모델을 매개변수화하여 2차원의 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 표본 얼굴 노멀 맵을 통해 상기 주름 통계 데이터를 생성할 수 있다.

[0084] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 단계(1820)에서는 표본 얼굴 노멀 맵을 단계적으로 스무딩하여 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵을 생성하고, 복수의 스무딩된 표본 얼굴 노멀 맵의 차이를 이용하여 주름의 형상이 표시된 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 생성하고, 복수의 표본 얼굴 디테일 맵을 이용하여 주름 통계 데이터를 생성할 수 있다.

[0085] 다음으로, 단계(1830)에서는 입력 얼굴 모델에 그려지는 주름에 대한 스케치를 입력받는다.

[0086] 그리고, 단계(1840)에서는 입력된 주름 스케치의 선의 필압의 세기 및 선의 방향 중 적어도 하나와 대응되는 주름 깊이 및 선의 방향과 대응되는 주름 방향을 분석한다.

[0087] 마지막으로, 단계(1850)에서는 주름 통계 데이터를 이용하여 주름 깊이 및 주름 방향을 증강시켜 출력 얼굴 모델을 출력한다..

[0088] 지금까지 본 발명에 따른 얼굴 주름 생성 방법의 실시예들에 대하여 설명하였고, 앞서 도 6 내지 도 17에서 설명한 얼굴 주름 생성 장치(600)에 관한 구성이 본 실시예에도 그대로 적용 가능하다. 이에, 보다 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0089] 또한, 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광

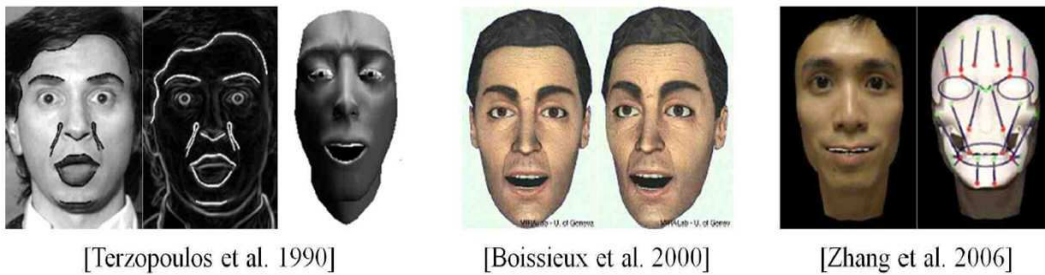
매체(magneto-optical), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 일 실시예들의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0090]

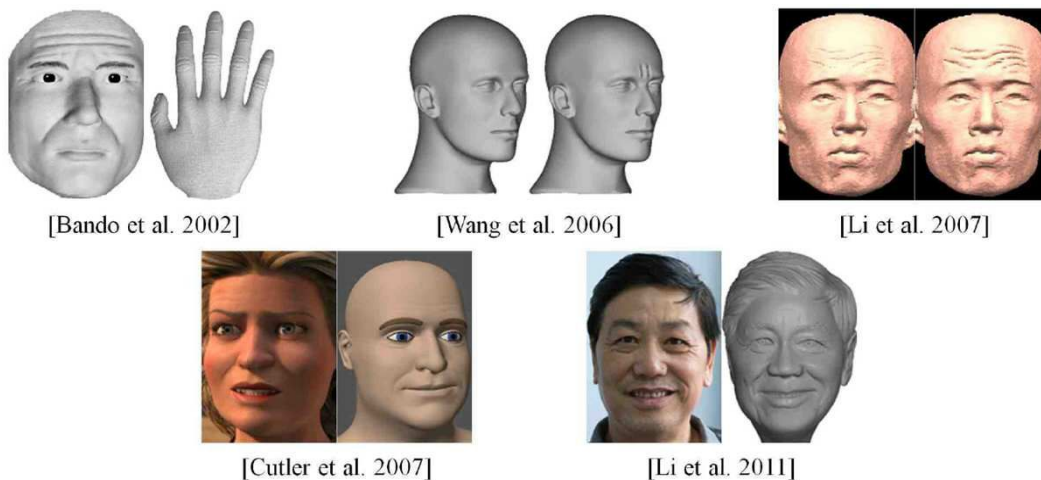
이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

## 도면

### 도면1



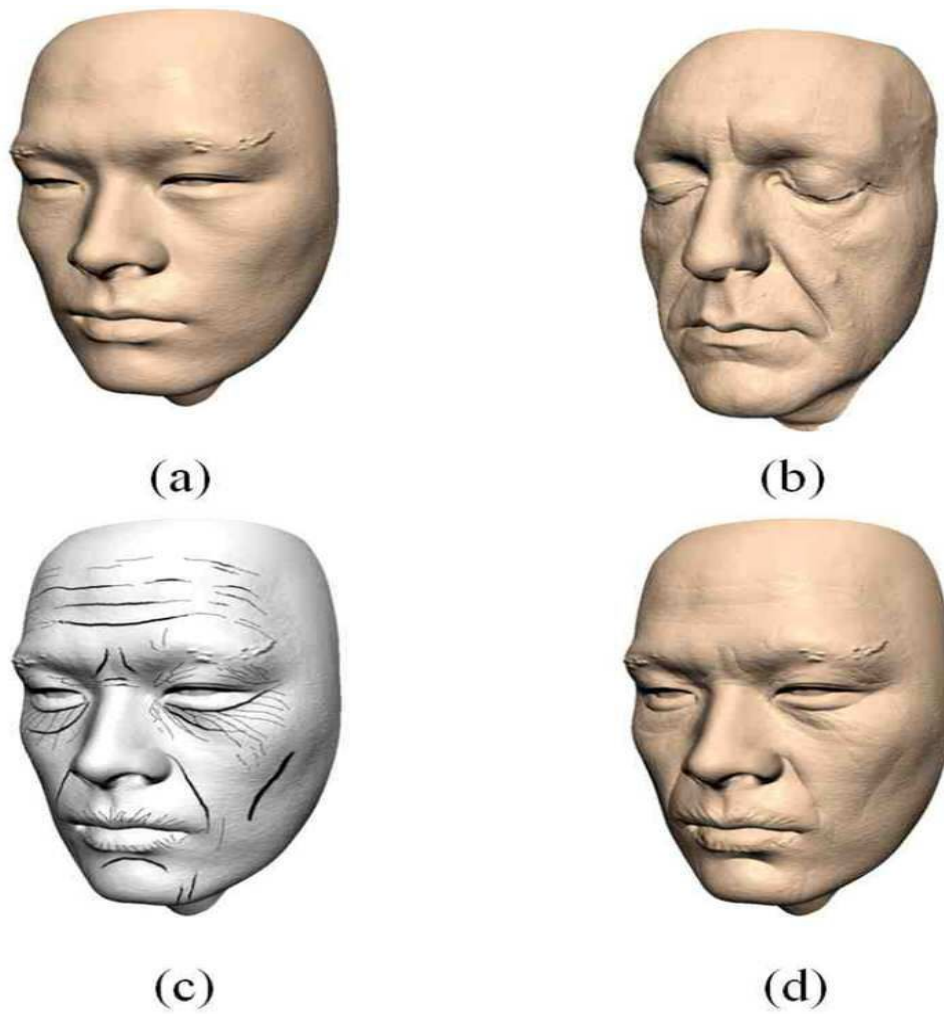
### 도면2



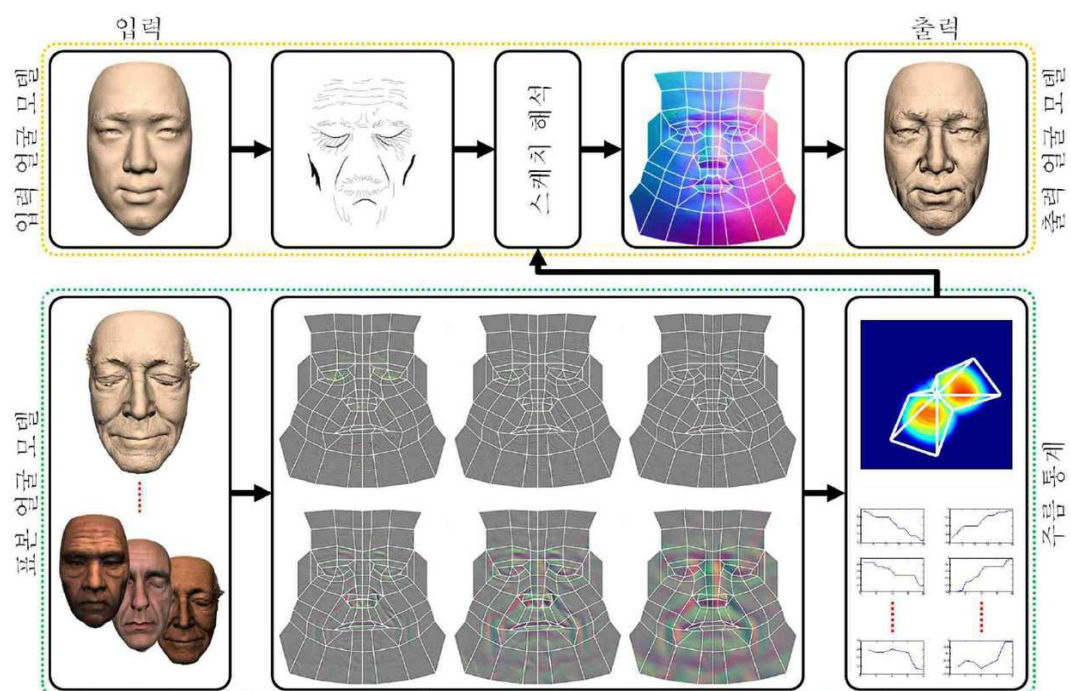
### 도면3



도면4

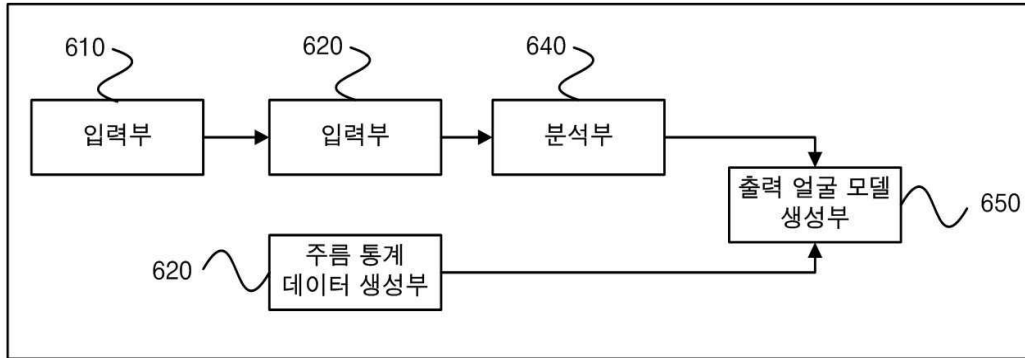


도면5

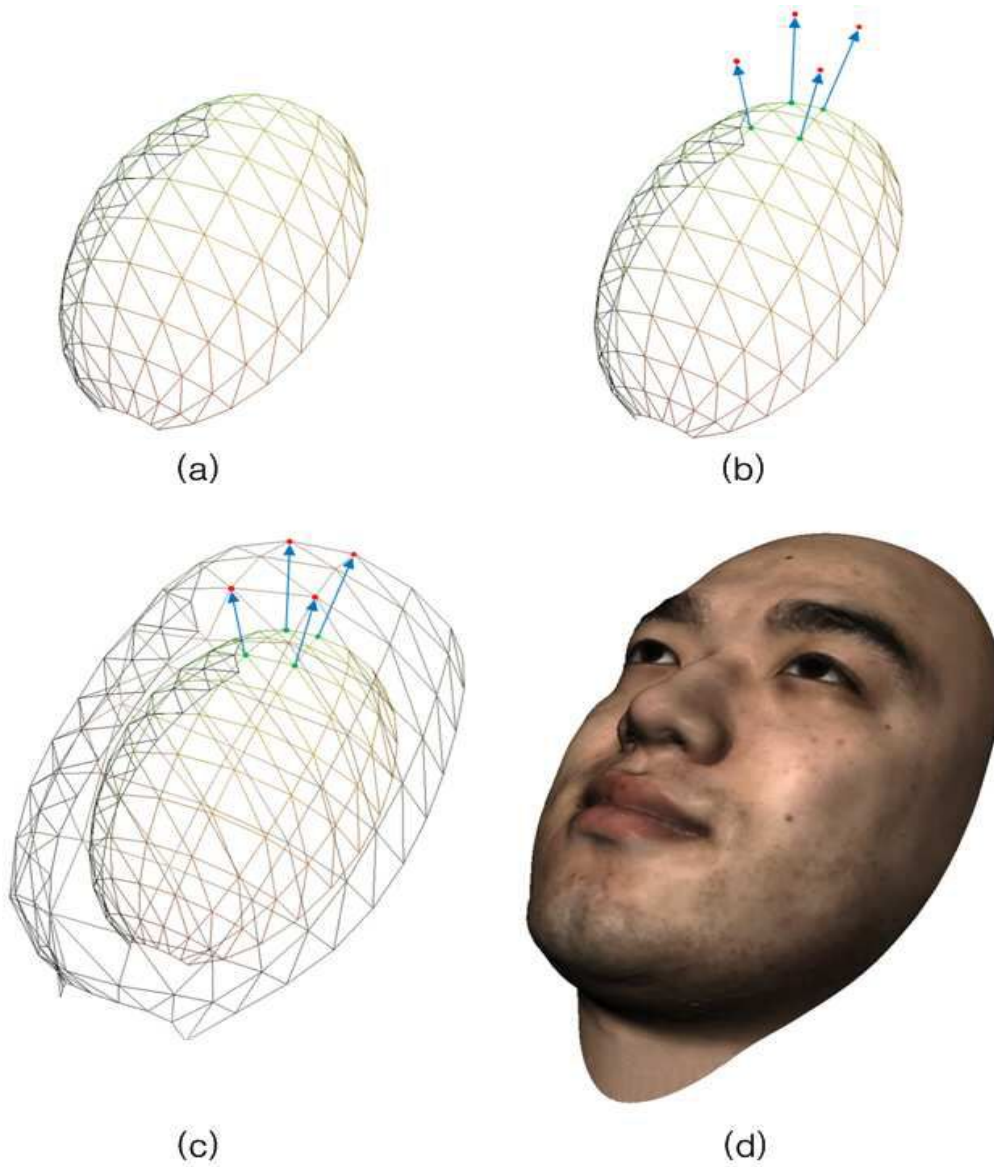


도면6

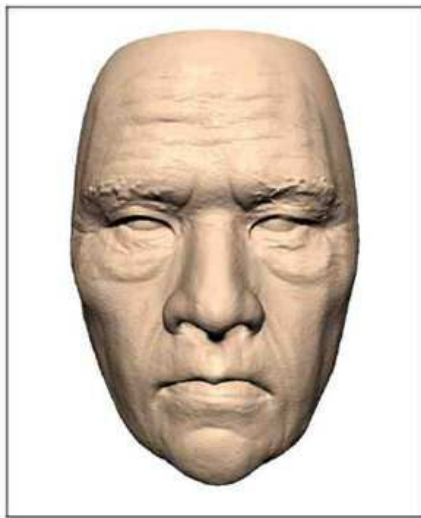
600



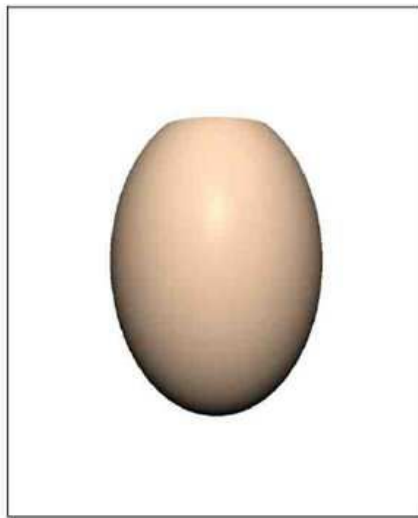
도면7



도면8



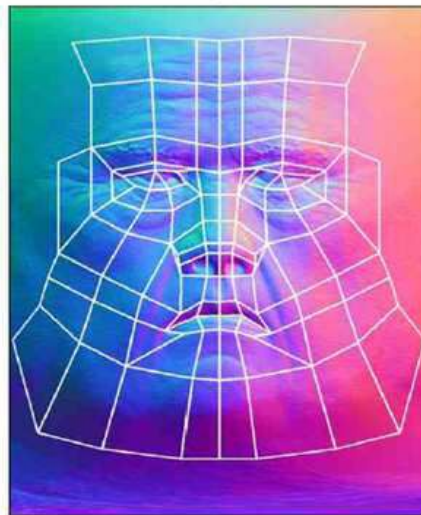
(a)



(b)

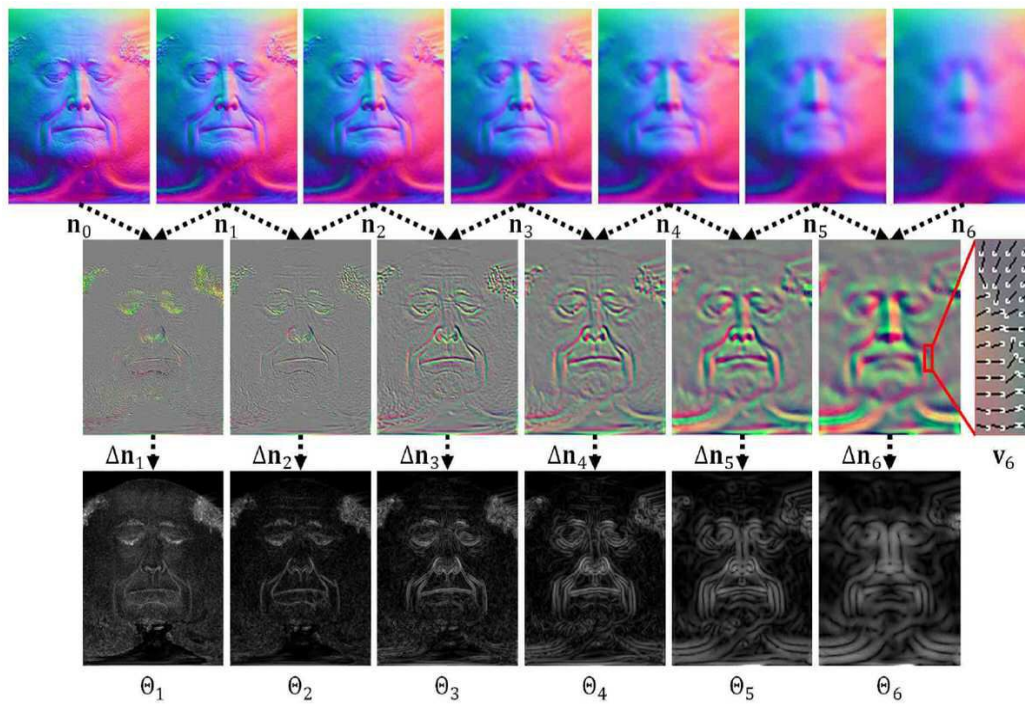


(c)

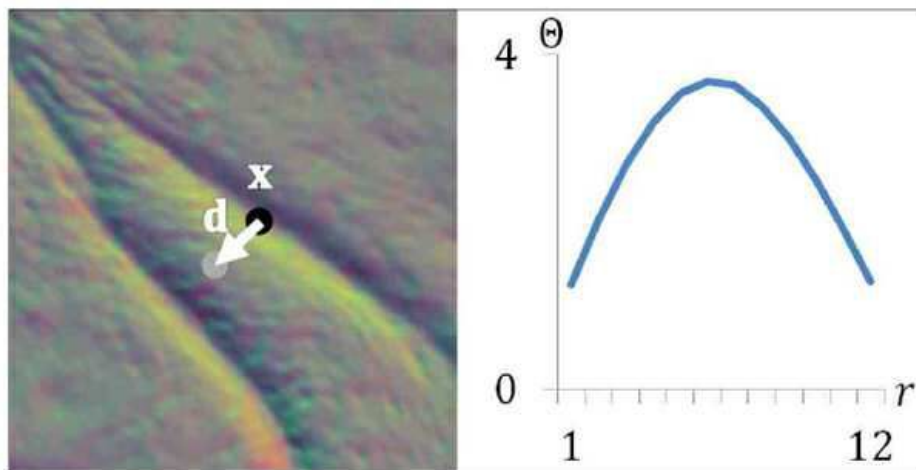


(d)

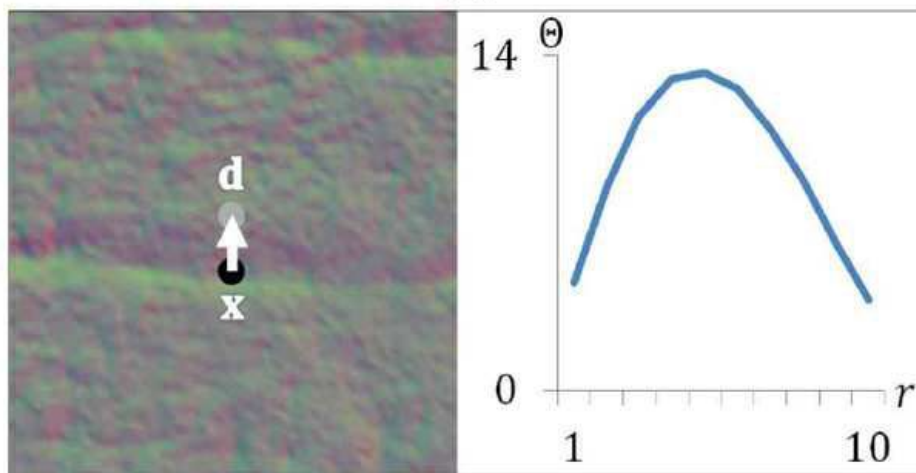
도면9



도면10

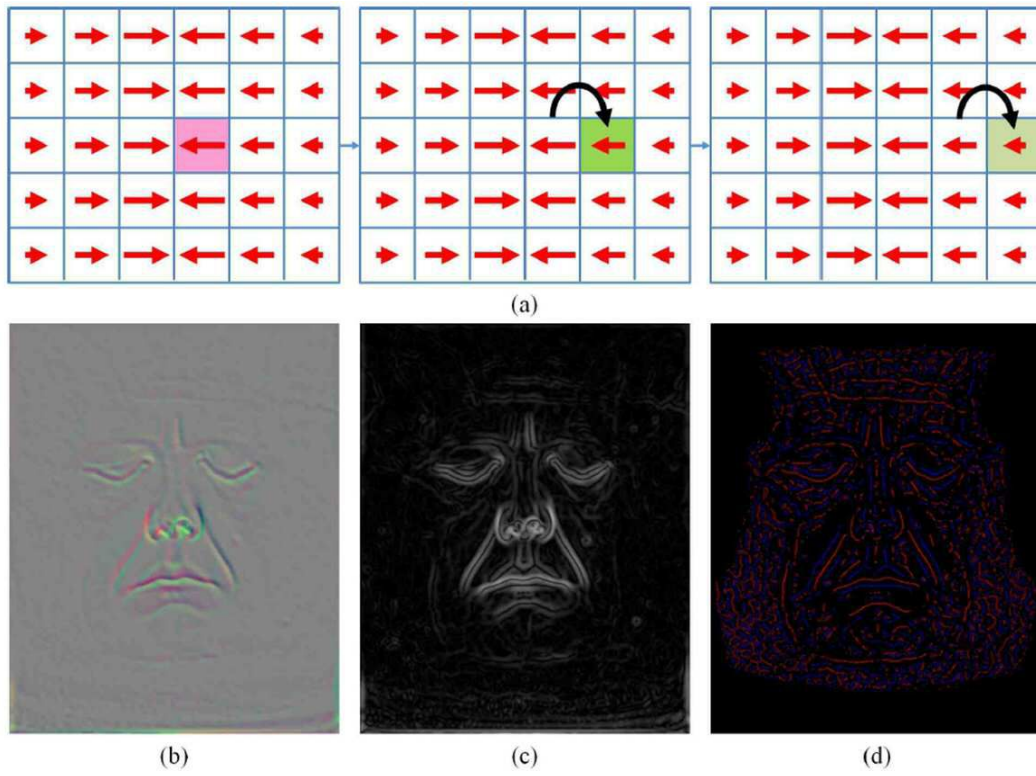


(a)

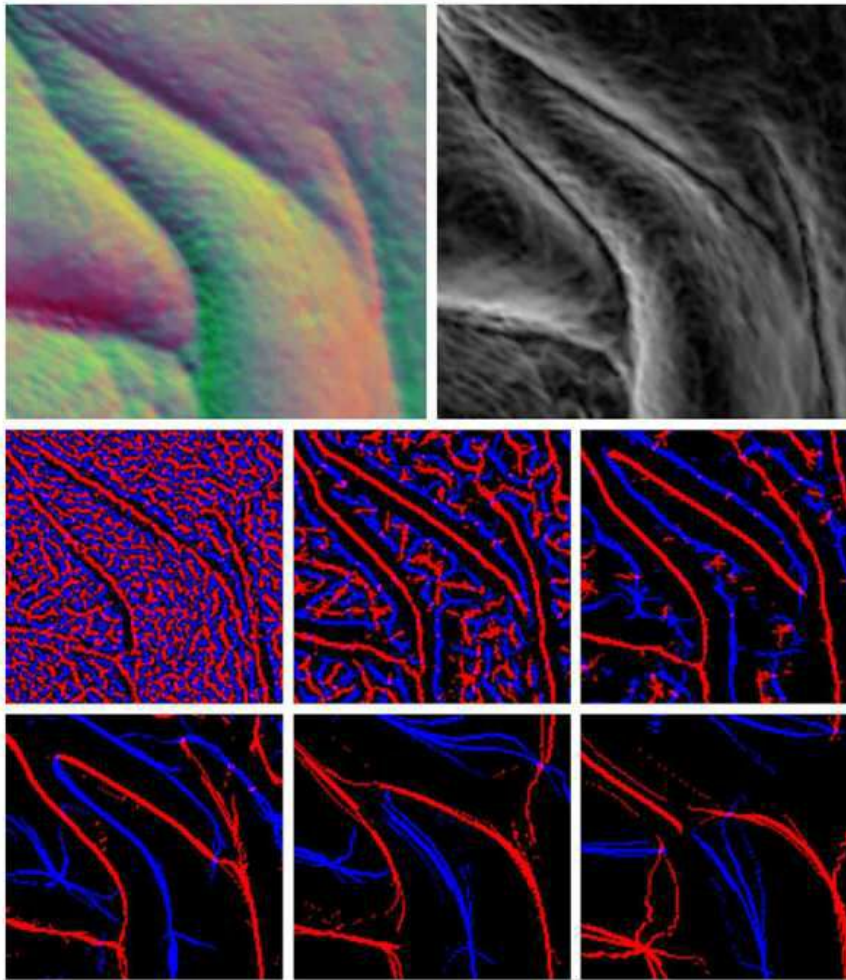


(b)

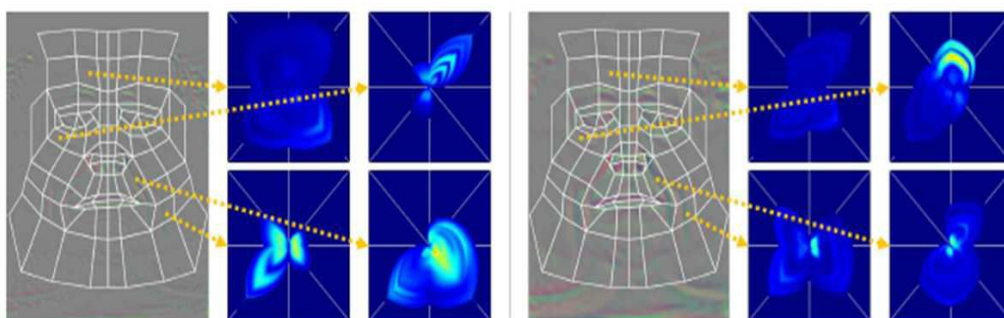
도면11



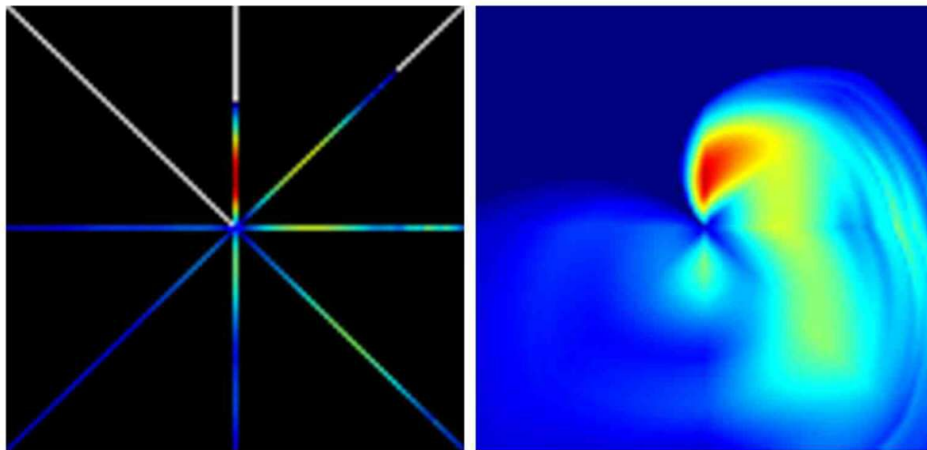
도면12



도면13



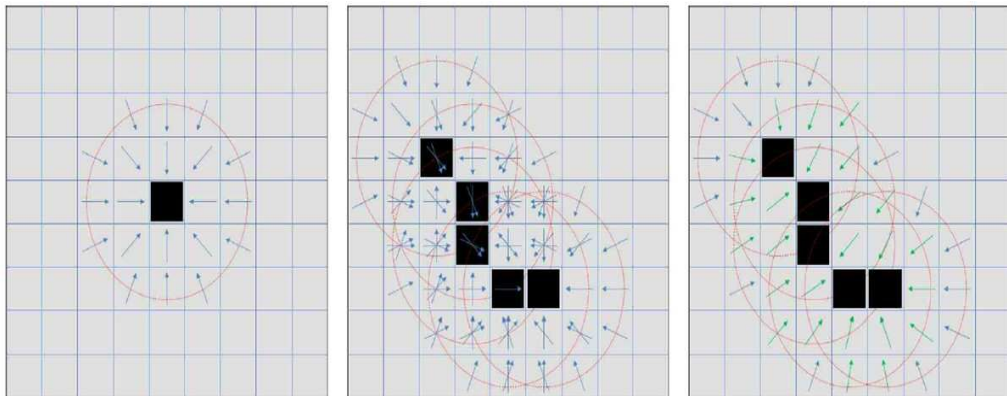
도면14



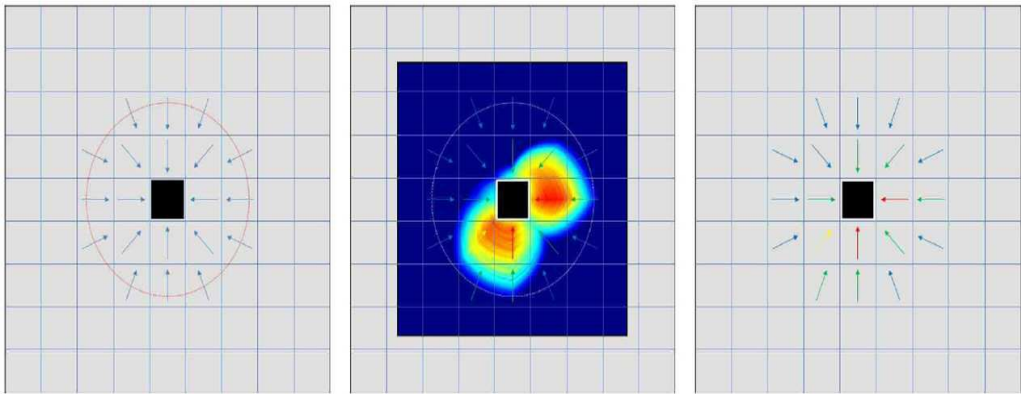
도면15



도면16



도면17



도면18

