



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년05월12일
(11) 등록번호 10-2396516
(24) 등록일자 2022년05월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06K 9/00 (2022.01) G06T 5/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G06V 40/13 (2022.01)
G06T 5/001 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0053252
(22) 출원일자 2021년04월23일
심사청구일자 2021년04월23일
(56) 선행기술조사문헌
JP2008517352 A*
KR1020180046679 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김준석
서울특별시 성북구 안암로 145, 아산이학관 611호 (안암동5가)
이채영
서울특별시 서초구 강남대로8길 22, 402호(양재동, 뉴아트빌라)
(74) 대리인
윤귀상

전체 청구항 수 : 총 5 항

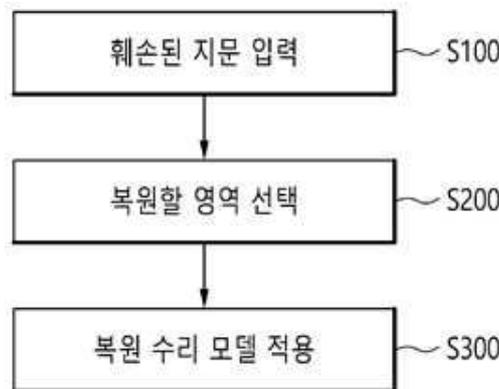
심사관 : 노용완

(54) 발명의 명칭 **훼손된 지문 복원 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치**

(57) 요약

본 발명에 따른 지문 복원 장치에 의한 지문 복원 방법은, 훼손된 지문 이미지를 입력하는 단계; 상기 훼손된 지문 이미지 상에서 복구대상 영역을 선택하는 단계; 및 선택된 영역의 지문을 복원 수리 모델에 기초하여 복원하는 단계를 포함한다. 이에 의해, 융선이 마모 또는 훼손된 상태로 지문이 채취되더라도 마모 및 훼손된 부분의 지문을 복원하는 것은 물론, 지문의 복원 시 별도의 빅데이터를 사용하거나 데이터를 추출하는 방식이 아닌, 선택된 부분을 오직 수리적 알고리즘만을 이용해 훼손된 지문을 복원할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06T 5/006 (2018.01)

(72) 발명자
김상권
서울특별시 동대문구 약령사로 117-7, 1층(제기동)
김현동
경기도 가평군 설악면 묵안로194번길 36

곽수빈

서울특별시 성북구 동소문로17길 18, 502호 (동소문동6가)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345330382
과제번호	4299990414342
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	BK21플러스사업(R&D)
연구과제명	4차 BK21 고려대학교 수리과학 미래인재 교육연구팀
기여율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

지문 복원 장치에 의한 지문 복원 방법에 있어서,

훼손된 지문 이미지를 입력하는 단계;

상기 훼손된 지문 이미지 상에서 복구대상 영역을 선택하는 단계; 및

선택된 영역의 지문을 복원 수리 모델에 기초하여 복원하는 단계를 포함하며,

상기 복원 수리 모델은,

상기 지문을 복원하기 위한 지배방정식을 포함하고, 상기 지배방정식은 하기 수학식으로 표현되는 수정된 오타-가와사키(Ohta-Kawasaki) 모델인 것을 특징으로 하는 지문 복원 방법.

$$\frac{\partial \phi(\mathbf{x}, t)}{\partial t} = \Delta(\phi^3 - \phi - \epsilon^2 \Delta \phi(\mathbf{x}, t)) - \alpha(\phi(\mathbf{x}, t) - \bar{\phi}) + \gamma(f(\mathbf{x}) - \phi(\mathbf{x}, t))$$

여기서 상태장 ϕ 는 어두운 색부터 밝은 색까지 나타내는 기준으로 최솟값이 -1, 최댓값이 1이며, $\bar{\phi}$ 는 선택된 영역에서 ϕ 의 평균, $f(\mathbf{x})$ 는 주어진 훼손된 지문의 이미지이고, ϵ 은 어두운 영역과 밝은 영역 사이의 경계 간격을 조절해주는 상수, α 는 선의 굵기를 표현하는 것으로 값이 크면 촘촘한 지문을, 값이 작으면 굵직한 지문을 잘 나타낼 수 있도록 조절해주는 상수이고 γ 는 훼손된 지문을 복원할 때 주어진 이미지에서 크게 벗어나지 않고 유지하면서 복원할 수 있게끔 보정해주는 상수이다.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복원 수리 모델은,

상기 지배방정식을 이산화하고 명시적 반복법을 적용해 수치해를 계산하는 것을 특징으로 하는 지문 복원 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 명시적 반복법은 하기 수학식으로 표현되는 가우스-세이델 반복법(Gauss-Seidel iteration)인 것을 특징으로 하는 지문 복원 방법.

$$\begin{aligned} \phi_{ij}^{n+1} = & \left[\frac{\phi_{ij}^n}{\Delta t} + \Delta_x \left((\phi_{ij}^n)^3 - 3\phi_{ij}^n \right) + 2(\phi_{i-1,j}^{n+1} + \phi_{i+1,j}^{n+1} + \phi_{i,j-1}^{n+1} + \phi_{i,j+1}^{n+1}) \right. \\ & - \epsilon^2 (\phi_{i-2,j}^{n+1} + \phi_{i+2,j}^{n+1} + \phi_{i,j-2}^{n+1} + \phi_{i,j+2}^{n+1} + 2(\phi_{i-1,j-1}^{n+1} + \phi_{i-1,j+1}^{n+1} + \phi_{i+1,j-1}^{n+1} + \phi_{i+1,j+1}^{n+1}) \\ & \left. - 8(\phi_{i-1,i}^{n+1} + \phi_{i+1,i}^{n+1} + \phi_{i,i-1}^{n+1} + \phi_{i,i+1}^{n+1}) \right] + \alpha \bar{\phi} + \gamma f / (1/\Delta t + 8 + 20\epsilon^2 + \alpha + \gamma). \end{aligned}$$

여기서 ϕ_{ij}^n 는 한 칸의 크기가 1인 격자로 이산화된 계산 영역에서 x 방향으로의 인덱스를 i , y 방향으로의 인덱스를 j 라 하였을 때, n 번째 시간 단계 Δt 에서 x_i 와 y_j 에 대응하는 상태장의 값 $\phi(x_i, y_j, n\Delta t)$ 를 간단하게 표현함.

$\Delta_d \phi_{ij}$ 는 이산 라플라스 연산자로 $\Delta_d \phi_{ij} = \phi_{i-1,j} + \phi_{i+1,j} + \phi_{i,j-1} + \phi_{i,j+1} - 4\phi_{ij}$ 를 의미함.

청구항 5

제1항에 따른 지문 복원 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

청구항 6

훼손된 지문 이미지를 입력하고, 상기 훼손된 지문 이미지 상에서 복구대상 영역을 선택하는 입출력부; 및 선택된 영역의 지문을 복원 수리 모델에 기초하여 복원하는 제어부를 포함하고,

상기 복원 수리 모델은,

상기 지문을 복원하기 위한 지배방정식을 포함하고, 상기 지배방정식은 하기 수학식으로 표현되는 수정된 오타-가와사키(Ohta-Kawasaki) 모델인 것을 특징으로 하는 지문 복원 장치.

$$\frac{\partial \phi(\mathbf{x}, t)}{\partial t} = \Delta(\phi^3 - \phi - \epsilon^2 \Delta \phi(\mathbf{x}, t)) - \alpha(\phi(\mathbf{x}, t) - \bar{\phi}) + \gamma(f(\mathbf{x}) - \phi(\mathbf{x}, t))$$

여기서 상태장 ϕ 는 어두운 색부터 밝은 색까지 나타내는 기준으로 최솟값이 -1, 최댓값이 1이며, $\bar{\phi}$ 는 선택된 영역에서 ϕ 의 평균, $f(\mathbf{x})$ 는 주어진 훼손된 지문의 이미지이고, ϵ 은 어두운 영역과 밝은 영역 사이의 경계 간격을 조절해주는 상수, α 는 선의 굵기를 표현하는 것으로 값이 크면 촘촘한 지문을, 값이 작으면 굵직한 지문을 잘 나타낼 수 있도록 조절해주는 상수이고 γ 는 훼손된 지문을 복원할 때 주어진 이미지에서 크게 벗어나지 않고 유지하면서 복원할 수 있게끔 보정해주는 상수이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 훼손된 지문 복원 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 입력된 이미지에서 훼손된 지문을 복원하기 위한 훼손된 지문 복원 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지문은 손가락 표면 피부가 불균일한 요철로 형성된 무늬로, 지문의 무늬는 유일성, 안정성인 특징을 갖기에 일반적으로 신분을 인식하기 위한 기초로 사용된다.

[0003] 보편적으로 대한민국의 행정안전부에서는 17세 이상의 대한민국 국민에게 관할구역의 주민임을 증명할 수 있도록 주민등록증을 발급하는 행정서비스를 제공한다. 주민등록증을 발급하는 과정에는 본인임을 증명하기 위해 증명사진과 십지지문 채취작업을 포함하고 있다.

[0004] 국가에 등록된 주민등록번호와 지문은 특별한 사유가 반영되지 않는 이상 불변하는 고유의 양이며, 지문과 같이 생물학적 특성을 가진 개개인의 생체고유주소는 신원확인이 필요한 작업에 자주 사용되고 있다.

[0005] 그러나, 신원확인을 위해 지문 채취 작업을 진행할 때 지문에 이물질이 묻어있는 자, 손을 사용하는 노동을 주로 하는 자, 손이 물에 접촉하는 일을 하는 자, 다한증을 보유한 자 및 노령자 등은 지문의 용선이 마모 및 훼손된 상태로 지문이 채취되기 때문에 신원조회가 곤란한 문제가 있다.

[0006] 또한 스마트폰, 태블릿 PC 등 개인 전자기기의 보안을 위해 지문을 사용할 때, 지문을 여러 번 입력하여 등록하는 번거로움이나, 이미 등록된 지문을 인식할 때 훼손된 지문은 인식의 정확도가 떨어지는 문제점들이 있다.

[0007] 또한 변사자 중 익사한 변사자의 손가락 피부 각질층이 물에 의해 부풀어 박리되거나, 부패하여 피부 표면이 이탈된 경우 등의 훼손된 지문은 신원확인이 어려운 문제가 있기에 훼손된 지문 이미지를 복원할 수 있는 기술의 필요성이 대두되고 있다.

[0008] 손상된 이미지를 복원하는 종래 기술 중 방정식만을 이용해 손상된 이미지를 복원하는 경우, 칸-힐리아드(Cahn-

Hilliard) 방정식을 적용해 손상된 이미지를 복원하는 방법이 제시되었으나, 칸-힐리아드 방정식의 특성상 분리된 상이 뭉쳐지는 과정(coarsening dynamics)에서 지문의 융선과 골, 분기점과 같은 라멜라 구조를 나타낼 수 없기 때문에 이는 훼손된 지문을 복원하는 데는 적용을 할 수 없다는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1995025호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 지문의 융선이 마모 및 훼손된 상태로 지문이 채취되더라도 마모 및 훼손된 부분의 지문을 복원할 수 있는 훼손된 지문 복원 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치를 제공하는 것이다.

[0011] 또한 본 발명의 다른 목적은 종래의 손상된 이미지를 복원함에 있어 별도의 빅데이터를 사용하거나 데이터를 추출하는 방식이 아닌, 오직 선택된 부분만을 수리적 알고리즘만을 이용해 훼손된 지문을 복원할 수 있는 지문 복원 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 지문 복원 장치에 의한 지문 복원 방법은, 훼손된 지문 이미지를 입력하는 단계; 상기 훼손된 지문 이미지 상에서 복구대상 영역을 선택하는 단계; 및 선택된 영역의 지문을 복원 수리 모델에 기초하여 복원하는 단계를 포함한다.

[0013] 여기서 상기 복원 수리 모델은, 상기 지문을 복원하기 위한 지배방정식을 포함하고, 상기 지배방정식은 하기 수학적식으로 표현되는 수정된 오타-가와사키(Ohta-Kawasaki) 모델일 수 있다.

[0014]
$$\frac{\partial \phi(\mathbf{x}, t)}{\partial t} = \Delta(\phi^3 - \phi - \epsilon^2 \Delta \phi(\mathbf{x}, t)) - \alpha(\phi(\mathbf{x}, t) - \bar{\phi}) + \gamma(f(\mathbf{x}) - \phi(\mathbf{x}, t))$$

[0015] 여기서 상태장 ϕ 는 어두운 색부터 밝은 색까지 나타내는 기준으로 최솟값이 -1, 최댓값이 1이며, $\bar{\phi}$ 는 선택된 영역에서 ϕ 의 평균, $f(\mathbf{x})$ 는 주어진 훼손된 지문의 이미지이고, ϵ 는 어두운 영역과 밝은 영역 사이의 경계 간격을 조절해주는 상수, α 는 선의 굵기를 표현하는 것으로 값이 크면 촘촘한 지문을, 값이 작으면 굵직한 지문을 잘 나타낼 수 있도록 조절해주는 상수이고 γ 는 훼손된 지문을 복원할 때 주어진 이미지에서 크게 벗어나지 않고 유지하면서 복원할 수 있게끔 보정해주는 상수이다.

[0016] 그리고 상기 복원 수리 모델은, 상기 지배방정식을 이산화하고 명시적 반복법을 적용해 수치해를 계산할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 명시적 반복법은 하기 수학적식으로 표현되는 가우스-세이델 반복법(Gauss-Seidel iteration)일 수 있다.

[0018]
$$\phi_{ij}^{n+1} = \left[\frac{\phi_{ij}^n}{\Delta t} + \Delta_d((\phi_{ij}^n)^3 - 3\phi_{ij}^n) + 2(\phi_{i-1,j}^{n+1} + \phi_{i+1,j}^{n+1} + \phi_{i,j-1}^{n+1} + \phi_{i,j+1}^{n+1}) - \epsilon^2(\phi_{i-2,j}^{n+1} + \phi_{i+2,j}^{n+1} + \phi_{i,j-2}^{n+1} + \phi_{i,j+2}^{n+1}) + 2(\phi_{i-1,j-1}^{n+1} + \phi_{i-1,j+1}^{n+1} + \phi_{i+1,j-1}^{n+1} + \phi_{i+1,j+1}^{n+1}) - 8(\phi_{i-1,j}^{n+1} + \phi_{i+1,j}^{n+1} + \phi_{i,j-1}^{n+1} + \phi_{i,j+1}^{n+1}) \right] + \alpha \bar{\phi} + \gamma f / (1/\Delta t + 8 + 20\epsilon^2 + \alpha + \gamma).$$

[0019] 여기서 ϕ_{ij}^n 는 한 칸의 크기가 1인 격자로 이산화된 계산 영역에서 x 방향으로의 인덱스를 i , y 방향으로의 인덱스를 j 라 하였을 때, n 번째 시간 단계 Δt 에서 x_i 와 y_j 에 대응하는 상태장의 값 $\phi(x_i, y_j, n\Delta t)$ 를 간단하게 표현함.

[0020] $\Delta_d \phi_{ij}$ 는 이산 라플라스 연산자로 $\Delta_d \phi_{ij} = \phi_{i-1,j} + \phi_{i+1,j} + \phi_{i,j-1} + \phi_{i,j+1} - 4\phi_{ij}$ 를 의미함.

[0021] 상기한 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체에는, 상기 지문 복원 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된다.

[0022] 상기한 본 발명의 또 다른 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 지문 복원 장치는, 훼손된 지문 이미지를 입력하고, 상기 훼손된 지문 이미지 상에서 복구대상 영역을 선택하는 입출력부; 및 선택된 영역의 지문을 복원 수리 모델에 기초하여 복원하는 제어부를 포함한다.

발명의 효과

[0023] 상술한 본 발명의 일측면에 따르면, 훼손된 지문 복원 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치를 제공함으로써, 용선이 마모 또는 훼손된 상태로 지문이 채취되더라도 마모 및 훼손된 부분의 지문을 복원하는 것은 물론, 지문의 복원 시 별도의 빅데이터를 사용하거나 데이터를 추출하는 방식이 아닌, 오직 선택된 부분만을 수리적 알고리즘만을 이용해 훼손된 지문을 복원할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 지문 복원 장치를 설명하기 위한 블록도,
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 지문 복원 방법을 설명하기 위한 흐름도,
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 주어진 훼손된 지문의 이미지를 설명하기 위한 도면,
 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 방정식에 사용되는 상수가 도식화된 도면,
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면,
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 서로 다른 모양의 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면,
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 하나의 지문에서 훼손된 부분이 복수 개인 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면, 그리고,
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 훼손된 부분의 크기가 다른 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예와 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0026] 이하에서는 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 지문 복원 장치를 설명하기 위한 블록도, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 지문 복원 방법을 설명하기 위한 흐름도, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 주어진 훼손된 지문의 이미지를 설명하기 위한 도면, 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 방정식에 사용되는 상수가 도식화된 도면, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 서로 다른 모양의 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 하나의 지문에서 훼손된 부분이 복수 개인 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 훼손된 부분의 크기가 다른 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면, 그리고, 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 지문 복원 장치를 설명하기 위한 블록도이다.

[0028] 본 발명에 따른 지문 복원 장치(100)는, 빅 데이터를 사용하거나 별도의 데이터를 추출하지 않고, 입력된 훼손된 지문 이미지에서 선택된 영역을 수학적 방정식만을 이용해 훼손된 지문을 복원하기 위해 마련되는 것으로,

통신부(110), 저장부(120), 입출력부(130) 및 제어부(140)를 포함한다.

- [0029] 본 발명의 지문 복원 장치(100)는 지문 복원 방법을 수행하기 위한 소프트웨어(애플리케이션)가(이) 설치되어 실행될 수 있으며, 통신부(110), 저장부(120), 입출력부(130) 및 제어부(140)의 구성은 지문 복원 장치(100)에서 실행되는 지문 복원 방법을 수행하기 위한 소프트웨어에 의해 제어될 수 있다.
- [0030] 지문 복원 장치(100)는 별도의 단말이거나 또는 단말의 일부 모듈일 수 있다. 또한 통신부(110), 저장부(120), 입출력부(130) 및 제어부(140)의 구성은 통합 모듈로 형성되거나, 하나 이상의 모듈로 이루어질 수 있는 것은 물론, 이와 반대로 각 구성은 별도의 모듈로 이루어질 수도 있다.
- [0031] 그리고 지문 복원 장치(100)는 이동성을 갖거나 고정될 수 있다. 지문 복원 장치(100)는 서버(server) 또는 엔진(engine) 형태일 수 있으며, 디바이스(device), 기구(apparatus), 단말(terminal), UE(user equipment), MS(mobile station), 무선기기(wireless device), 휴대기기(handheld device) 등 다른 용어로 불릴 수 있다.
- [0032] 지문 복원 장치(100)는 운영체제(Operation System; OS), 즉 시스템을 기반으로 다양한 소프트웨어를 실행하거나 제작할 수 있다. 운영체제는 소프트웨어가 장치의 하드웨어를 사용할 수 있도록 하기 위한 시스템 프로그램으로서, 안드로이드 OS, iOS, 윈도우 모바일 OS, 바다 OS, 심비안 OS, 블랙베리 OS 등 모바일 컴퓨터 운영체제 및 윈도우 계열, 리눅스 계열, 유닉스 계열, MAC, AIX, HP-UX 등 컴퓨터 운영체제를 모두 포함할 수 있다.
- [0033] 통신부(110)는 외부 서버 또는 외부 단말로부터 필요한 데이터나 복원을 필요로 하는 훼손된 지문 이미지에 대한 정보를 수신하거나, 복원된 지문 이미지를 외부 서버 또는 외부 단말로 전송하기 위해 마련될 수 있다.
- [0034] 또한 통신부(110)를 통해 훼손된 지문 이미지 또는 복원된 지문 이미지 이외에 필요한 데이터를 송수신할 수 있음은 물론이다.
- [0035] 저장부(120)는 지문 복원 장치(100)가 훼손된 지문 이미지를 복원하기 위해 필요한 소프트웨어(애플리케이션)이 저장되거나, 통신부(110)를 통해 송수신된 데이터가 저장될 수 있다. 그리고 제어부(140)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하며, 휘발성 저장매체 또는 비휘발성 저장 매체를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0036] 그리고 저장부(120)는 지문 복원 방법을 수행하면서 누적되는 데이터가 저장될 수 있다. 예컨대 저장부(120)에는 복원 수리 모델 등이 저장될 수 있다.
- [0037] 입출력부(130)는 복원을 필요로 하는 훼손된 지문 이미지를 입력한다. 그리고 사용자에게 의해 입력된 훼손된 지문 이미지 상에서 복구 대상 영역을 선택한다. 그리고 선택된 복구 대상 영역을 제어부(140)로 전달하고, 제어부(140)로부터 전달받은 복원된 이미지를 출력할 수 있다. 이러한 입출력부(130)는 터치스크린으로 구비되어 사용자로부터 정보를 직접 입력받거나 제어부(140)로부터 생성된 정보를 출력할 수도 있고, 별도의 입력 장치로 입력을 받거나 디스플레이를 통해 출력되도록 할 수도 있다.
- [0038] 한편 제어부(140)는 훼손된 지문을 복원하기 위한 지문 복원 방법을 제공하는 전체 과정을 제어하기 위해 마련되는 것으로, 훼손된 지문 이미지를 복원하기 위해 필요한 소프트웨어에 의해 통신부(110), 저장부(120) 및 입출력부(130)를 제어하고, 훼손된 지문 이미지가 입력되면 복원 수리 모델을 이용하여 선택된 영역의 지문이 복원되도록 한다.
- [0039] 그리고 제어부(140)는 입출력부(130)를 통해 훼손된 지문 이미지 상에서 복원을 필요로 하는 영역을 전달받으면, 복원 수리 모델을 적용하여 선택된 훼손 영역을 복원하고, 훼손 영역이 복원된 최종 복원 이미지를 입출력부(130)를 통해 출력되도록 한다. 여기서 제어부(140)는 입출력부(130)가 아닌 통신부(110)를 통해 훼손된 이미지를 입력받고, 복원을 필요로 하는 영역을 전달받으며, 복원된 최종 복원 이미지를 통신부(110)를 통해 전달할 수도 있을 것이다.
- [0040] 여기서 복원 수리 모델은 훼손된 지문을 복원하기 위한 방정식 및 수치기법을 포함하며, 이를 통해 본 발명에서의 제어부(140)는 빅 데이터를 이용하거나 데이터 추출과 같은 과정을 수행하지 않고, 오직 사용자에게 의해 선택한 부분을 이용해서 훼손된 지문을 복구하기 때문에, 지문 복원을 위해 소요되는 시간을 단축시킬 수 있는 것은 물론, 프로세스가 간단하고 복원 성능이 탁월하다는 장점이 있다. 또한 데이터 셋을 필요로 하지 않으므로 대용량의 저장공간을 요하지 않기 때문에 스마트폰과 같은 이동성 단말기에서도 충분히 사용 가능하다.
- [0041] 한편, 본 발명에 따른 지문 복원 장치(100)에 의한 지문 복원 방법은, 먼저 훼손된 지문 이미지를 입력한다(S100). 훼손된 지문 이미지는 통신부(110) 또는 입출력부(130)를 통해 입력받을 수 있고, 지문 복원 장치(100)

0)와 연동되는 지문 인식 센서 등을 통해 실시간으로 훼손된 지문을 입력받을 수도 있다. 도 6의 (b), 도 7의 (b), 도 8의 (a) 및 도 9의 (1)에 도시된 바와 같이, 제어부(140)는 통신부(110) 또는 입출력부(130)를 통해 훼손된 지문의 이미지를 입력받게 된다.

[0042] 도 6의 (a), 도 7의 (a)는 훼손되지 않은 원래의 지문 이미지로서 본 실시예에 따른 지문 복원 방법에 따라 복원된 이미지와 비교하기 위해 도시하였고, 본 실시예에 따른 지문 복원 방법을 적용하기 위해 훼손되기 전의 지문 이미지에서 일부 영역을 삭제, 즉 훼손시켜 얻은 이미지는 도 6의 (b), 도 7의 (b), 도 8의 (a) 및 도 9의 (1)에 도시된 바와 같다.

[0043] 그리고 훼손된 지문 이미지 상에서 복구대상 영역을 선택한다(S200). 상술한 바와 같이 지문 이미지 중에서 복구 즉 복원이 필요한 부분을 입력받을 수 있는데, 이는 입출력부(130) 또는 통신부(110)를 통해 사용자에게 의해 선택되는 영역이다. 도 6의 (b), 도 7의 (b), 도 8의 (a) 및 도 9의 (1)에 동그라미로 표시된 바와 같이 복원을 필요로 하는 부분이 선택되면, 제어부(140)는 선택된 지점을 전달받는다. 선택된 영역은 사용자에게 의해 특정 지점을 선택받되, 복구대상 영역은 특정 지점보다 넓은 범위로 훼손되지 않은 지문의 일부가 포함되도록 선택될 수도 있다.

[0044] 이후 선택된 영역의 지문을 복원 수리 모델에 기초하여 복원한다(S300).

[0045] 제어부(140)는 복구대상 영역의 선택이 완료되면, 복원 수리 모델에 기초하여 훼손된 지문을 복원하게 된다.

[0046] 여기서 복원 수리 모델은 훼손된 지문을 복원하기 위한 지배방정식을 포함하고, 이러한 지배방정식을 안정적으로 이산화하고, 간단한 명시적 반복법을 적용하여 수치해를 계산할 수 있다.

[0047] 훼손된 지문을 복원하기 위한 지배방정식은 하기의 수학식 1로 표현되는 수정된 오타-가와사키(Ohta-Kawasaki) 모델일 수 있다.

수학식 1

$$[0048] \frac{\partial \phi(\mathbf{x}, t)}{\partial t} = \Delta(\phi^3 - \phi - \epsilon^2 \Delta \phi(\mathbf{x}, t)) - \alpha(\phi(\mathbf{x}, t) - \bar{\phi}) + \gamma(f(\mathbf{x}) - \phi(\mathbf{x}, t))$$

[0049] 여기서 ϕ 는 최솟값을 -1, 최댓값을 1로 갖는 상태장의 값으로 이 값은 지문 이미지에서 어두운 색부터 밝은 색까지 나타내는 기준이다. 이는 도 3의 주어진 훼손된 지문의 이미지에서 높이에 해당하는 값이다. 그리고 $\bar{\phi}$ 는 선택된 영역에서 ϕ 의 평균, $f(\mathbf{x})$ 는 주어진 훼손된 지문의 이미지이다.

[0050] 또한 도 4는 색상에 따른 높이의 일부분을 확대한 바와 같이 ϵ 은 어두운 영역과 밝은 영역 사이의 경계 간격을 조절해주는 상수로 도 3에서 알 수 있듯이 최소 -1 부터 최대 1까지 색상에 따라 서로 다른 값들이 연속적으로 이어지기 때문에 경계 간격을 조절해주는 상수가 필요하다. 한편 α 는 선의 굵기를 표현하기 위한 상수로 도 5에 도시된 바와 같이 α 값이 크면 촘촘한 지문을, 값이 작으면 굵직한 지문을 나타낼 수 있도록 조절해주는 상수이다. 그리고 γ 는 훼손된 지문을 복원할 때 주어진 이미지에서 크게 벗어나지 않고 유지하면서 복원할 수 있게끔 보정해주는 상수로 이는 훼손되지 않은 부분은 원래의 이미지를 유지하면서 훼손부분만 복구할 수 있도록 하기 위함이다.

[0051] 본 발명의 지문 복원 방법은 시간에 대한 변화가 상술한 지배방정식에 의해 계산되고, 에너지가 작아지는 방향으로 최종 결정됨으로써 훼손된 영역의 지문이 복원되는 것이다.

[0052] 그리고 본 실시예에 따른 복원 수리 모델은 이렇게 지문을 복원하기 위한 지배방정식을 효율적으로 풀 수 있는 수치해 기법을 사용하는데, 도 3에 도시된 바와 같이 격자로 이산화된 계산 영역에서 선형 블록 분할 스킴 (liner convex splitting scheme)을 사용하여 안정적으로 이산화하고, 간단한 명시적 반복법으로 가우스-세이델 반복법(Gauss-Seidel iteration)을 적용하여 하기 수학식 2와 같은 수치해를 계산할 수 있다.

수학식 2

$$\begin{aligned} \phi_{ij}^{n+1} = & \frac{1}{r} \left[\frac{\phi_{ij}}{\Delta t} + \Delta_d((\phi_{ij}^n)^3 - 3\phi_{ij}^n) + \frac{2}{h^2} (\phi_{i-1,j}^{n+1} + \phi_{i+1,j}^{n+1} + \phi_{i,j-1}^{n+1} + \phi_{i,j+1}^{n+1}) \right. \\ & - \frac{\epsilon^2}{h^4} (\phi_{i-2,j}^{n+1} + \phi_{i+2,j}^{n+1} + \phi_{i,j-2}^{n+1} + \phi_{i,j+2}^{n+1} + 2(\phi_{i-1,j-1}^{n+1} + \phi_{i-1,j+1}^{n+1} + \phi_{i+1,j-1}^{n+1} + \phi_{i+1,j+1}^{n+1}) \\ & \left. - 8(\phi_{i-1,j}^{n+1} + \phi_{i+1,j}^{n+1} + \phi_{i,j-1}^{n+1} + \phi_{i,j+1}^{n+1}) \right] + \alpha \bar{\phi} + \gamma f \end{aligned}$$

[0053]

[0054]

여기서 도 3에 도시된 바와 같이 한 칸의 크기가 h 인 격자로 이산화된 계산 영역에서 x 방향으로의 인덱스를 i , y 방향으로의 인덱스를 j 라 하였을 때, n 번째 시간 단계 Δt 에서 x_i 와 y_j 에 대응하는 상태장의 값 $\phi(x_i, y_j, n\Delta t)$ 를 간단하게 ϕ_{ij}^n 으로 표현한다. 그리고, $r = 1/\Delta t + 8/h^2 + 20\epsilon^2/h^4 + \alpha + \gamma$ 으로, 계수를 간단하게 표기하기 위하여 도입한 문자이다. 여기서, 다섯점을 사용하여 계산하는 이산 라플라스 연산자 $\Delta_d \phi_{ij}$ 는 하기 수학식 3과 같다.

수학식 3

$$\Delta_d \phi_{ij} = (\phi_{i-1,j} + \phi_{i+1,j} + \phi_{i,j+1} + \phi_{i,j-1} - 4\phi_{ij})/h^2$$

[0055]

[0056]

이상의 수학식 2에서 수식을 보다 간편하게 하기 위하여 h 를 도 3의 가로 및 세로의 한 칸의 크기가 1인 격자로 상정하여 수치해를 계산하면 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$\begin{aligned} \phi_{ij}^{n+1} = & \left[\frac{\phi_{ij}^n}{\Delta t} + \Delta_d((\phi_{ij}^n)^3 - 3\phi_{ij}^n) + 2(\phi_{i-1,j}^{n+1} + \phi_{i+1,j}^{n+1} + \phi_{i,j-1}^{n+1} + \phi_{i,j+1}^{n+1}) \right. \\ & - \epsilon^2 (\phi_{i-2,j}^{n+1} + \phi_{i+2,j}^{n+1} + \phi_{i,j-2}^{n+1} + \phi_{i,j+2}^{n+1} + 2(\phi_{i-1,j-1}^{n+1} + \phi_{i-1,j+1}^{n+1} + \phi_{i+1,j-1}^{n+1} + \phi_{i+1,j+1}^{n+1}) \\ & \left. - 8(\phi_{i-1,j}^{n+1} + \phi_{i+1,j}^{n+1} + \phi_{i,j-1}^{n+1} + \phi_{i,j+1}^{n+1}) \right] + \alpha \bar{\phi} + \gamma f / (1/\Delta t + 8 + 20\epsilon^2 + \alpha + \gamma). \end{aligned}$$

[0057]

[0058]

그리고 이 때, 다섯점을 사용하여 계산하는 이산 라플라스 연산자 $\Delta_d \phi_{ij}$ 로 하기의 수학식 5를 사용하고, 계산을 진행할 때 디리클레 경계 조건(Dirichlet boundary condition)을 적용한다.

수학식 5

$$\Delta_d \phi_{ij} = \phi_{i-1,j} + \phi_{i+1,j} + \phi_{i,j-1} + \phi_{i,j+1} - 4\phi_{ij}$$

[0059]

[0060]

이렇게 구한 수치해는 지문 복원에 사용되는 주 알고리즘이고, 복원 대상 이미지가 주어지면 훼손된 부분을 선택한 뒤, 이상의 알고리즘을 적용하여 훼손된 부분의 지문을 복원할 수 있게 된다.

[0061]

도 6의 (d)는 시간에 따라 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면으로 도 6에 도시된 바와 같이 본 실시예에 따른 지문 복원 방법에 의해서 복원을 위해 선택된 대상 영역은 시간 t 의 흐름에 따라 훼손된 영역이 복원될 수 있다.

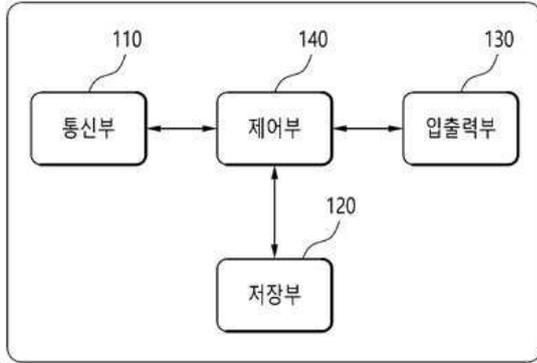
[0062]

그리고 도 7의 (c)는 상술한 알고리즘을 적용하여 복원하는 중간 단계의 결과이며, 도 8은 전체 지문 이미지 중에서 여러 군데가 훼손된 지문 이미지에 대해 본 실시예에 따른 복원 수리 모델에 기초하여 시간에 따라 훼손된 지문이 복원되는 과정을 설명하기 위한 도면이다. 본 발명의 알고리즘에 따라 훼손된 곳이 다수개인 경우에도

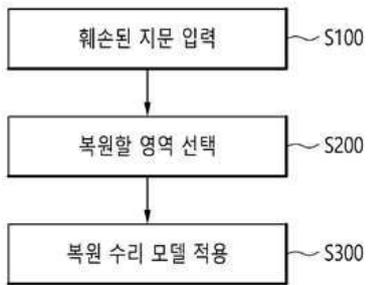
도면

도면1

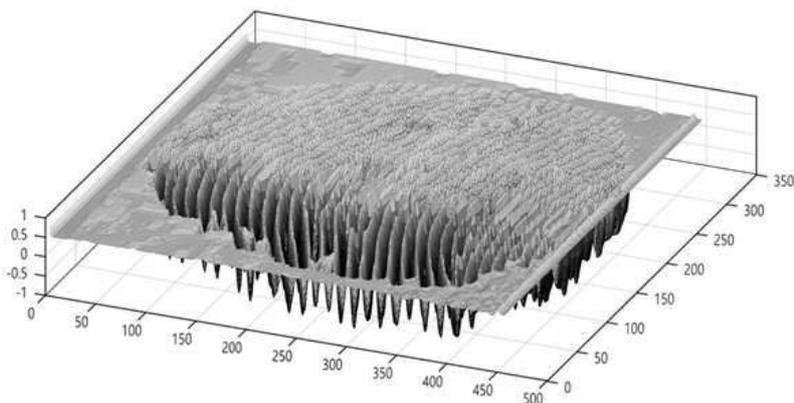
100



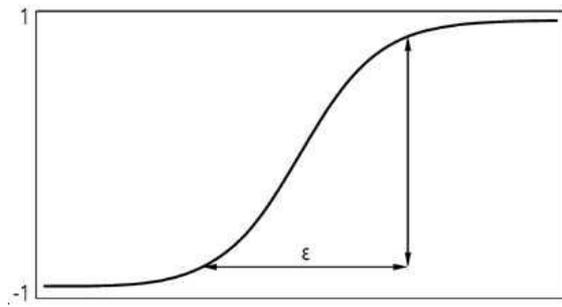
도면2



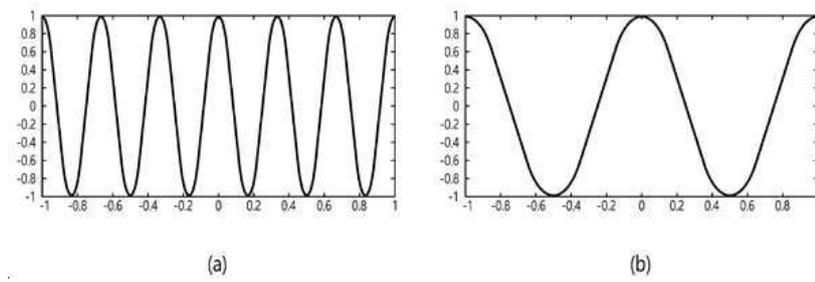
도면3



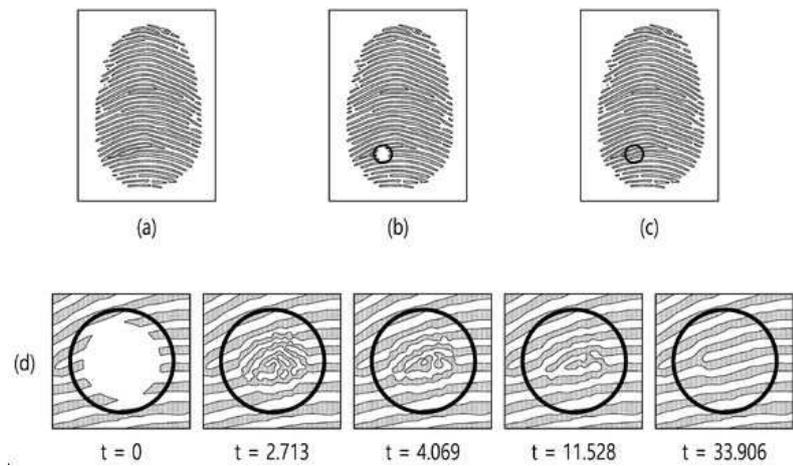
도면4



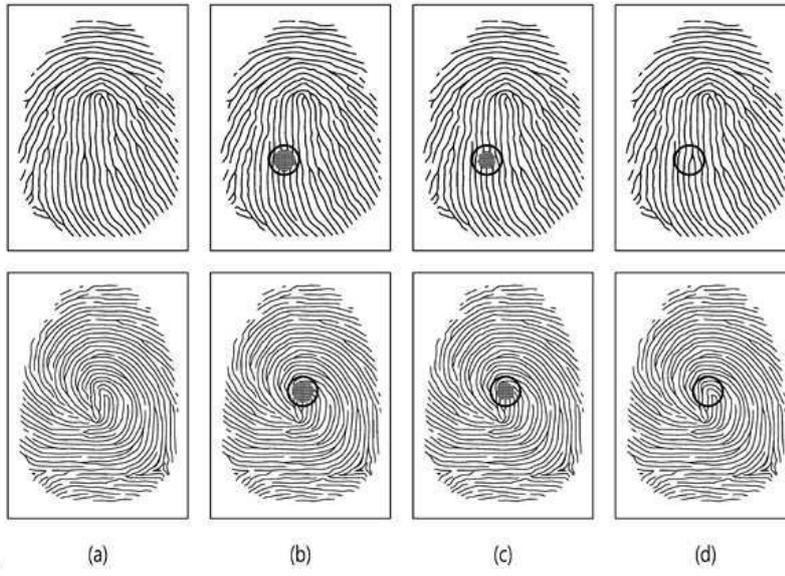
도면5



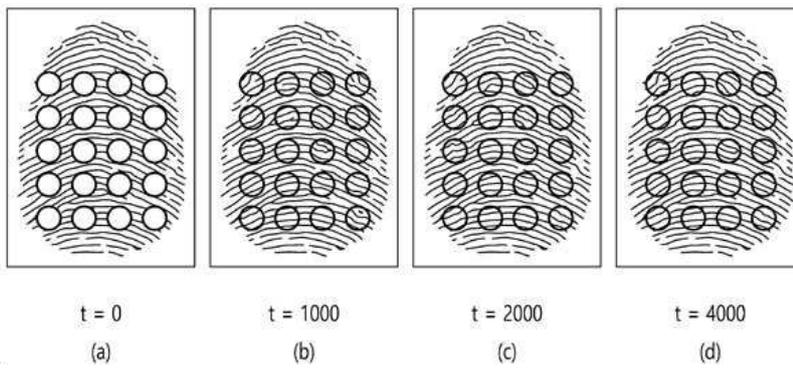
도면6



도면7



도면8



도면9

