



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0023417
(43) 공개일자 2016년03월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/00 (2006.01) G06T 1/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0109807
(22) 출원일자 2014년08월22일
심사청구일자 2014년08월22일

(71) 출원인
군산대학교산학협력단
전라북도 군산시 대학로 558 (미룡동,
군산대학교)
(72) 발명자
주영훈
서울특별시 서초구 서운로 221 102동 604호(서초
동, 래미안서초스위트아파트)
김성관
전라북도 남원시 운봉읍 삼산길 23
(74) 대리인
특허법인충현

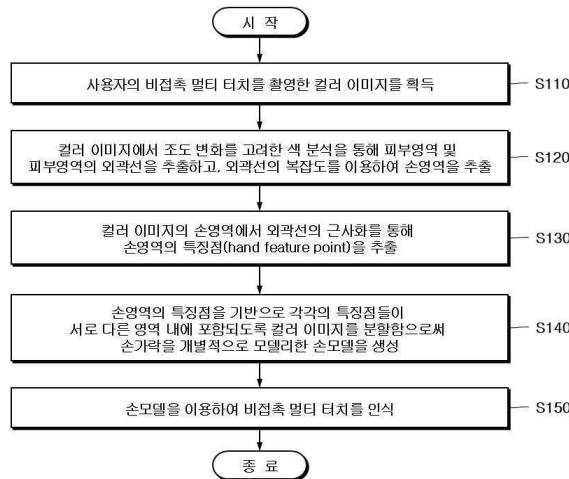
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 컬러 이미지 분석을 이용한 비접촉 멀티 터치 인식 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 컬러 이미지 분석을 이용한 비접촉 멀티 터치 인식 방법 및 시스템에 관한 것으로, 사용자의 비접촉 멀티 터치를 촬영한 컬러 이미지를 획득하는 단계; 컬러 이미지에서 조도 변화를 고려한 색 분석을 통해 피부영역 및 피부영역의 외곽선을 추출하고, 외곽선의 복잡도를 이용하여 손영역을 추출하며, 추출된 손영역에서 외곽선의 근사화를 통해 손영역의 특징점(hand feature point)을 추출하는 단계; 손영역의 특징점을 기반으로 각각의 특징점들이 서로 다른 영역 내에 포함되도록 컬러 이미지를 분할함으로써 손가락을 개별적으로 모델링한 손 모델을 생성하는 단계; 및 손모델을 이용하여 비접촉 멀티 터치를 인식하는 단계;를 포함하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법을 제안한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

사용자의 비접촉 멀티 터치를 촬영한 컬러 이미지를 획득하는 단계;

상기 컬러 이미지에서 조도 변화를 고려한 색 분석을 통해 피부영역 및 상기 피부영역의 외곽선을 추출하고, 상기 외곽선의 복잡도를 이용하여 손영역을 추출하는 단계;

상기 컬러 이미지의 손영역에서 외곽선의 근사화를 통해 손영역의 특징점(hand feature point)을 추출하는 단계;

상기 손영역의 특징점을 기반으로 각각의 특징점들이 서로 다른 영역 내에 포함되도록 상기 컬러 이미지를 분할함으로써 손가락을 개별적으로 모델링한 손모델을 생성하는 단계; 및

상기 손모델을 이용하여 상기 비접촉 멀티 터치를 인식하는 단계;를 포함하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 손영역을 추출하는 단계는

RGB(Red-Green-Blue) 컬러 모델과 HSI(Hue-Saturation-Intensity) 컬러 모델을 이용하여 피부색을 분류함으로써 피부영역을 추출하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 손영역을 추출하는 단계는

캐니 에지 검출기(Canny Edge Detector)를 사용하여 피부영역의 외곽선을 추출하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 손영역을 추출하는 단계는

상기 추출된 외곽선에 대하여 공간 주파수 기법을 사용하여 분석된 상기 외곽선의 복잡도에 따라 상기 손영역을 추출하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 손영역의 특징점을 추출하는 단계는

더글라스 파커(Douglas Peucker) 알고리즘을 이용하여 손 외곽선에 대하여 미리 설정된 임계치 범위 내에서 근사화하여 상기 손영역의 특징점을 추출하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 손모델을 생성하는 단계는

상기 손영역의 특징점들에 대하여 보로노이 테셀레이션(Vornoi tessellation)을 적용하여 상기 컬러 이미지를

분할하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 손모델에서 상기 특징점은 보로노이 셀(cell)이 되고, 상기 분할된 영역은 보로노이 다각형이 되는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 모든 보로노이 셀들은 서로 간섭하지 않으며, 상기 보로노이 다각형은 상기 보로노이 셀들이 서로 간섭하지 않는 한 최대의 영역을 가지는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 비접촉 멀티 터치를 인식하는 단계는

상기 특징점 중 손가락의 끝점에 해당하는 특징점을 포함한 보로노이 다각형의 내각의 변화를 이용하여 상기 비접촉 멀티 터치를 인식하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

청구항 11

사용자의 비접촉 멀티 터치를 촬영한 컬러 이미지를 입력받는 입력부;

상기 컬러 이미지에서 조도 변화를 고려한 색 분석을 통해 피부영역 및 상기 피부영역의 외곽선을 추출한 후 상기 외곽선의 복잡도를 이용하여 손영역을 추출하여 상기 손영역에서 외곽선의 근사화를 통해 손영역의 특징점(hand feature point)을 추출하는 분석부;

상기 손영역의 특징점을 기반으로 각각의 특징점들이 서로 다른 영역 내에 포함되도록 상기 컬러 이미지를 분할함으로써 손가락을 개별적으로 모델링한 손모델을 생성하는 손모델 생성부; 및

상기 손모델을 이용하여 상기 비접촉 멀티 터치를 인식하는 판단부;를 포함하는 비접촉 멀티 터치 인식 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 분석부는 RGB(Red-Green-Blue) 컬러 모델과 HSI(Hue-Saturation-Intensity) 컬러 모델을 이용하여 피부색을 분류함으로써 피부영역을 추출하고,

캐니 에지 검출기(Canny Edge Detector)를 사용하여 피부영역의 외곽선을 추출하며 상기 추출된 외곽선에 대하여 공간 주파수 기법을 사용하여 분석된 상기 외곽선의 복잡도에 따라 상기 손영역만을 추출하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 시스템.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 분석부는 더글라스 파커(Douglas Peucker) 알고리즘을 이용하여 손 외곽선에 대하여 미리 설정된 임계치 범위 내에서 근사화하여 상기 손영역의 특징점을 추출하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 시스템.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 손모델 생성부는 상기 손영역의 특징점들에 대하여 보로노이 테셀레이션(Vornoi tessellation)을 적용하여 상기 컬러 이미지를 분할하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 특징점은 보로노이 셀(cell)이 되고, 상기 분할된 영역은 보로노이 다각형이 되며,

상기 모든 보로노이 셀들은 서로 간섭하지 않으며, 상기 보로노이 다각형은 상기 보로노이 셀들이 서로 간섭하지 않는 한 최대의 영역을 가지는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 시스템.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 판단부는 상기 특징점 중 손가락의 끝점에 해당하는 특징점을 포함한 보로노이 다각형의 내각의 변화를 이용하여 상기 비접촉 멀티 터치를 인식하는 것을 특징으로 하는 비접촉 멀티 터치 인식 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 컬러 이미지 분석을 통해 사용자의 비접촉 멀티 터치를 인식하는 방법 및 시스템에 관한 것으로, 구체적으로는 컬러 이미지를 색 분석하여 손영역을 추출하고, 추출된 손영역의 특징점으로부터 보로노이 테셀레이션을 적용하여 손가락을 개별적으로 모델링한 손모델을 생성하고, 손모델을 이용하여 비접촉 멀티 터치를 인식하는 방법, 그 기록매체 및 비접촉 멀티 터치 인식 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

최근 컴퓨터 정보기기(PC, 스마트폰 등)의 급격한 발전과 범용화에 따라, 마우스와 키보드를 대체할 더욱 자연스러운 입력 장치의 도입이 필요해졌다. 일반적으로, 기존의 정보기기의 입력장치는 키보드, 마우스, 터치펜 등이 있다. 이러한 입력 장치는 컴퓨터의 보급이 급격히 확산됨에 따라 상당히 많이 보급되었으며 현재도 가장 일반적으로 쓰이고 있는 컴퓨터 입력 장치이다. 하지만 최근 컴퓨터의 소형화 및 스마트폰의 등장으로 인해 사용 환경이 극히 제한적이고, 휴대가 불편하다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 스마트 TV, 스마트 폰 등의 고성능 컴퓨터 정보기기들은 NUI(Natural User Interface)를 사용하고 있다. NUI는 사용자가 컴퓨터 환경에서 현실과 더 가깝게 다가가기 위해서 나온 개념으로서, 신체의 일부분을 사용하는 기존의 입력 장치를 대체하기 위하여 사람의 손, 얼굴, 음성 등을 사용하는 차세대 입력 장치를 일컫는다. 차세대 입력 장치 중 하나로 사람의 손은 관심이 집중되고 있으며, 손을 인식하여 입력 장치로 사용하는 비접촉 멀티 터치 분야에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.

[0003]

사람의 비접촉 멀티 터치를 인식하는 방법에는 크게 센서를 이용하는 방법과 비전을 이용하는 방법이 있다. 센서를 이용하는 방법 중 가장 대표적인 장치는 데이터 글로브(data glove)를 사용하는 방식과 동작 인식센서를 사용하는 방식이 있다. 데이터 글로브를 이용하는 방식은 측정이 쉽고 자기센서와 조합하여 사용하면 손의 방향과 대략적인 3차원 위치를 알 수 있으므로 가상현실 시스템과 같은 정보 시스템의 입력 장치로 각광받고 있으며, 동작 인식센서를 이용하는 방식은 손의 움직임을 그대로 이해하여 입력 장치로 사용할 수 있는 방식으로 최근 3차원 동작 인식 분야에서 활발한 연구가 진행되고 있다. 하지만 데이터 글로브를 사용하는 방법과 동작인식 센서를 사용하는 방법은 사용자의 신체나 주변 환경에 센서를 부착해야만 한다는 불편함이 있다. 다음으로 비전을 이용하는 방법에는 3D 모델링, 스켈레톤 모델링, 확장 신경망 모델링 등이 있다. 3D 모델링 방법은 손의 전체 형상을 3차원으로 모델링하여 손의 모양과 동작을 세부적으로 표현할 수 있으며, 스켈레톤 모델링은 인간의 손 스켈레톤 모델을 구성하여 손동작을 기하학적인 측면에서 분석할 수 있다. 마지막으로 확장 신경망 모델링 방법은 손영역 내부에서 임의의 두 점으로부터 신경망을 확장하여 손영역을 인식한다.

[0004]

하지만 비전을 이용하는 방법은 손의 모델링을 구체화 시킬수록 연산량이 급격히 늘어나 실시간 처리에 부적합하다는 문제점이 있으며, 반대로 실시간 처리에 적합한 비접촉 멀티 터치를 인식하는 장치는 대체로 인식률이

저하된다는 문제점을 가지고 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0005] (비특허문헌 0001) B. Loureiro and R. Rodrigues. "Multi-touch as a natural user interface for elders: A survey." Information Systems and Technologies (CISTI), 2011 6th Iberian Conference on. IEEE, pp. 1-6, 2011.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 종래의 비전을 이용하여 비접촉 멀티 터치를 인식하는 방법에서 손 모델링의 구체화에 비례하여 증가하는 연산량의 문제점을 해결하고, 비접촉 멀티 터치를 통해 기기를 실시간 제어하는 목적 달성 측면에서 실시간 처리를 보장하는 동시에 인식률의 정확도를 유지할 수 있는 비접촉 멀티 터치 인식 방법 및 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법은 사용자의 비접촉 멀티 터치를 촬영한 컬러 이미지를 획득하는 단계; 상기 컬러 이미지에서 조도 변화를 고려한 색 분석을 통해 피부영역 및 상기 피부영역의 외곽선을 추출하고, 상기 외곽선의 복잡도를 이용하여 손영역을 추출하는 단계; 상기 컬러 이미지의 손영역에서 외곽선의 근사화를 통해 손영역의 특징점(hand feature point)을 추출하는 단계; 상기 손영역의 특징점을 기반으로 각각의 특징점들이 서로 다른 영역 내에 포함되도록 상기 컬러 이미지를 분할함으로써 손가락을 개별적으로 모델링한 손모델을 생성하는 단계; 및 상기 손모델을 이용하여 상기 비접촉 멀티 터치를 인식하는 단계;를 포함한다.
- [0008] 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서, 상기 손영역을 추출하는 단계는 RGB(Red-Green-Blue) 컬러 모델과 HSI(Hue-Saturation-Intensity) 컬러 모델을 이용하여 피부색을 분류함으로써 피부영역을 추출할 수 있다.
- [0009] 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서, 상기 손영역을 추출하는 단계는 캐니 에지 검출기(Canny Edge Detector)를 사용하여 피부영역의 외곽선을 추출할 수 있다.
- [0010] 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서, 상기 손영역을 추출하는 단계는 상기 추출된 외곽선에 대하여 공간 주파수 기법을 사용하여 분석된 상기 외곽선의 복잡도에 따라 상기 손영역만을 추출할 수 있다.
- [0011] 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서, 상기 손영역의 특징점을 추출하는 단계는 더글라스 퍼커(Douglas Peucker) 알고리즘을 이용하여 손 외곽선에 대하여 미리 설정된 임계치 범위 내에서 근사화하여 상기 손영역의 특징점을 추출할 수 있다.
- [0012] 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서, 상기 손모델을 생성하는 단계는 상기 손영역의 특징점들에 대하여 보로노이 테셀레이션(Vornoi tessellation)을 적용하여 상기 컬러 이미지를 분할할 수 있다.
- [0013] 상기된 실시예에서, 상기 손모델에서 상기 특징점은 보로노이 셀(cell)이 되고, 상기 분할된 영역은 보로노이 다각형이 되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0014] 상기된 실시예에서, 상기 모든 보로노이 셀들은 서로 간섭하지 않으며, 상기 보로노이 다각형은 상기 보로노이 셀들이 서로 간섭하지 않는 한 최대의 영역을 가지는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 상기된 실시예에서, 비접촉 멀티 터치를 인식하는 단계는 상기 특징점 중 손가락의 끝점에 해당하는 특징점을 포함한 보로노이 다각형의 내각의 변화를 이용하여 상기 비접촉 멀티 터치를 인식할 수 있다.
- [0016] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에서에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 시스템은 사용자의 비접촉 멀티 터치를 촬영한 컬러 이미지를 입력받는 입력부; 상기 컬러 이미지에서 조도 변화를 고려한 색

분석을 통해 피부영역 및 상기 피부영역의 외곽선을 추출한 후 상기 외곽선의 복잡도를 이용하여 손영역을 추출하여 상기 손영역에서 외곽선의 근사화를 통해 손영역의 특징점(hand feature point)을 추출하는 분석부; 상기 손영역의 특징점을 기반으로 각각의 특징점들이 서로 다른 영역 내에 포함되도록 상기 컬러 이미지를 분할함으로써 손가락을 개별적으로 모델링한 손모델을 생성하는 손모델 생성부; 및 상기 손모델을 이용하여 상기 비접촉 멀티 터치를 인식하는 판단부;를 포함한다.

[0017] 다른 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 시스템에서 상기 분석부는 RGB(Red-Green-Blue) 컬러 모델과 HSI(Hue-Saturation-Intensity) 컬러 모델을 이용하여 피부색을 분류함으로써 피부영역을 추출하고, 캐니 에지 검출기(Canny Edge Detector)를 사용하여 피부영역의 외곽선을 추출하며 상기 추출된 외곽선에 대하여 공간 주파수 기법을 사용하여 분석된 상기 외곽선의 복잡도에 따라 상기 손영역만을 추출할 수 있다.

[0018] 다른 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 시스템에서 상기 분석부는 더글라스 파커(Douglas Peucker) 알고리즘을 이용하여 손 외곽선에 대하여 미리 설정된 임계치 범위 내에서 근사화하여 상기 손영역의 특징점을 추출할 수 있다.

[0019] 다른 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 시스템에서 상기 손모델 생성부는 상기 손영역의 특징점들에 대하여 보로노이 테셀레이션(Vornoi tessellation)을 적용하여 상기 컬러 이미지를 분할할 수 있다.

[0020] 상기된 실시예에서 상기 특징점은 보로노이 셀(cell)이 되고, 상기 분할된 영역은 보로노이 다각형이 되며, 상기 모든 보로노이 셀들은 서로 간섭하지 않으며, 상기 보로노이 다각형은 상기 보로노이 셀들이 서로 간섭하지 않는 한 최대의 영역을 가지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 상기된 실시예에서 상기 판단부는 상기 특징점 중 손가락의 끝점에 해당하는 특징점을 포함한 보로노이 다각형의 내각의 변화를 이용하여 상기 비접촉 멀티 터치를 인식할 수 있다.

[0022] 한편, 이하에서는 상기 기재된 비접촉 멀티 터치 인식 방법들을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예들에 따르면, 컬러 이미지에 대한 분석을 통해 사용자가 디스플레이 되고 있는 사물과 자연스럽게 상호작용할 수 있도록 사용자의 비접촉 멀티 터치를 인식할 수 있다. 또한, 카메라로부터 얻어진 연속적인 입력 영상에서 RGB/HSI 컬러 모델을 적용하여 조도에 민감한 단점을 해결하고, 공간주파수 기법을 적용함으로써 손영역이 얼굴영역의 크기와 관계없이 분리될 수 있으며, 보로노이 테셀레이션을 적용하여 생성한 손 모델을 이용하여 자연스러운 비접촉 멀티 터치 인식 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법의 흐름도이다.
- 도 2는 RGB 컬러 모델과 HSI 컬러 모델의 스펙트럼을 도시한 그림이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따라 입력받은 컬러 이미지(a)와 추출된 피부영역 이미지(b)이다.
- 도 4는 도 1에서 S120단계의 세부단계를 나타낸 흐름도이다.
- 도 5는 도 4의 추출된 피부영역 이미지(b)로부터 추출된 피부영역의 외곽선 이미지(c)이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서 공간주파수를 이용하여 손영역을 추출하는 과정을 도시한 그림이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서 손 외곽선에 대하여 더글라스 파커 알고리즘을 이용하여 근사화되는 과정의 예시를 나타낸 그림이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따라 추출된 손영역 이미지(a), 외곽선 근사화 이미지(b), 특징점 추출결과(c)를 개념적으로 나타낸 그림이다.
- 도 9는 입력된 컬러 이미지에 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따라 추출된 특징점을 표시하고, 보로노이 테셀레이션의 각 구성요소를 도시한 그림이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따라 인식된 3 종류의 손동작을 나타낸 그림이다.

도 11a는 손이 얼굴보다 큰 컬러 이미지에 대하여 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따른 분석 과정을 나타낸 실험예이다.

도 11b는 손이 얼굴보다 큰 경우에 연속적으로 촬영한 컬러 이미지에 대하여 본 발명의 일 실시예에 따라 비접촉 멀티 터치를 인식한 결과를 프레임 순으로 나타낸 캡처 화면이다.

도 12a는 손이 얼굴보다 작은 컬러 이미지에 대하여 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따른 분석 과정을 나타낸 실험예이다.

도 12b는 손이 얼굴보다 작은 경우에 연속적으로 촬영한 컬러 이미지에 대하여 본 발명의 일 실시예에 따라 비접촉 멀티 터치를 인식한 결과를 프레임 순으로 나타낸 캡처 화면이다.

도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 시스템을 나타낸 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.

[0026] 비접촉 멀티 터치를 이용하여 사람이 기기를 제어할 수 있다. 비접촉 멀티 터치란, 기기를 사람이 직접 접촉하여 작동시키는 것이 아니라 기기를 직접 접촉하지 않고 임의의 공간(예를 들어, 허공 등)에 사용자가 터치하는 듯한 손가락의 움직임만으로 기기를 작동시킬 수 있는 인터페이스를 말한다. 시각적으로 기기를 터치한다는 점에 초점을 두어 이를 비주얼 터치(visual touch)라 정의할 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 비접촉 멀티 터치를 비주얼 터치라 설명하기로 한다.

[0027] 사람의 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식하는 방법에는 크게 센서를 이용하는 방법과 비전을 이용하는 방법이 있다. 본 발명과 관련하여 비전을 이용하는 방법에는 3D 모델링, 스켈레톤 모델링, 확장 신경망 모델링 등이 있는데, 이들 방법은 손의 모델링을 구체화 시킬수록 연산량이 급격히 늘어나 실시간 처리에 부적합하다는 문제점이 있으며, 반대로 실시간 처리에 적합한 비주얼 터치 시스템은 대체로 인식률이 저하된다는 문제점을 가진다. 즉 정확한 인식을 위해서 보다 구체화된 모델링이 필요한데, 모델링을 구체화 시킬수록 연산량이 증가하여 실시간 처리가 불가능해지는 트레이드 오프가 발생하게 된다.

[0028] 따라서 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 보로노이 테셀레이션(Voronoi tessellation)을 이용하여 컬러 이미지를 분석함으로써 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식하는 방법을 제안한다. 본 발명에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법은 실시간 처리가 가능하면서 기존 방법보다 안정적으로 비접촉 멀티 터치를 인식을 할 수 있다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법의 흐름도이다. 이하 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0030] S110 단계에서 사용자의 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 촬영한 컬러 이미지를 획득한다. 사용자가 직접 기기를 터치하는 움직임이 아니라, 임의의 공간에서 손을 이용하여 마치 기기를 터치하는 듯한 움직임을 촬영한 컬러 이미지를 말한다. 컬러 이미지를 촬영할 수 있는 다양한 종류의 카메라를 통해 비접촉 멀티 터치를 촬영한 컬러 이미지를 획득할 수 있다. 연속된 컬러 이미지로써 복수 개의 컬러 이미지를 획득하는 경우 본 발명의 실시예들은 실시간으로 각각의 컬러 이미지에 대하여 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식하게 된다.

[0031] S120 단계에서 입력된 컬러 이미지에서 조도 변화를 고려한 색 분석을 통해 피부영역 및 상기 피부영역의 외곽선을 추출하고, 상기 외곽선의 복잡도를 이용하여 손영역을 추출한다. 그 과정을 상세히 설명하면, 먼저 컬러 이미지에 대하여 RGB(Red-Green-Blue) 컬러 모델과 HSI(Hue-Saturation-Intensity) 컬러 모델을 이용하여 피부색을 분류함으로써 피부영역을 추출한다. 입력 영상인 컬러 이미지에서 피부색을 분류하는 방법 중 하나는 어떤 색상 공간에서 피부색 영역의 경계선을 명확히 정의하는 것이다. 본 발명의 실시예에서는 가장 단순하고 빠른 피부색 검출이 가능한 RGB 컬러 모델과 조도의 변화에 대한 강인함을 위하여 HSI 컬러 모델을 사용한다.

[0032] RGB 컬러 모델에서 피부영역은 수학적 1과 같이 정의한다.

수학식 1

$$R > 95 \text{ and } G > 40 \text{ and } B > 20 \text{ and}$$

$$\max[R, G, B] - \min[R, G, B] > 15 \text{ and}$$

$$|R - G| > 15 \text{ and } R > G \text{ and } R > B$$

[0033]

[0034]

HSI 컬러 모델은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)를 기반으로 한 컬러 모델이다. HSI 컬러 모델은 정규화된 R, G, B값을 이용하여 각 성분 값을 구할 수 있다. 정규화된 RGB컬러 모델에서 색상 성분을 구하는 식은 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right]$$

[0035]

[0036]

본 발명의 실시예에서는 HSI 컬러 모델에서 조도에 강인한 색상 성분을 사용한다. 색상 성분의 피부영역과 RGB 컬러 모델의 피부영역을 이용하여 양자의 교집합인 최종 피부영역을 추출한다. 도 2는 본 발명의 실시예에서 사용하는 RGB 컬러 모델(a)과 HSI 컬러 모델(b)의 스펙트럼을 도시한 그림이다.

[0037]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따라 입력받은 컬러 이미지(a)와 추출된 피부영역 이미지(b)이다. (a)는 사용자가 다섯 손가락을 펼친 비주얼 터치를 촬영한 컬러 이미지이다. 도 3의 (a)에서 RGB 컬러 모델과 HSI 컬러 모델을 이용하여 피부색을 분류한 결과를 나타낸 것이 도 3의 (b)의 이미지이다. 도 3의 (b)는 피부색으로만 분류한 피부영역 이미지에 해당하기 때문에, 얼굴 부분과 손 부분이 피부영역에 포함되어 있고 컬러 이미지 내의 실제 사용자의 피부가 아닌 영역도 피부영역으로 판단된 결과를 가진다. 비주얼 터치의 객체인 손을 컬러 이미지에서 분리하기 위해서는 추출된 피부영역 내에서 손영역만을 분리해야 한다.

[0038]

본 발명의 실시예에서는 추출된 피부영역에서 손영역을 분리하기 위하여 캐니 에지 검출기(Canny Edge Detector)를 사용하여 피부영역의 외곽선에 해당하는 에지(Edge) 정보를 추출한다.

[0039]

캐니 에지 검출기는 탐지성(good detection), 국부성(good localization), 응답성(clear response)을 만족하는 에지를 찾는 방법을 제시한다. 탐지성이란 실제 모든 에지를 탐지하는 능력, 국부성은 실제 에지와 탐지된 에지의 차이를 최소화하는 능력, 응답성은 각 에지에 대하여 단일한 응답을 가지는 능력을 말한다. 이와 같은 에지(피부영역의 외곽선)를 분리하기 위해서 에지 정보를 추출하는 과정은 도 4와 같다.

[0040]

도 4는 도 1의 S120 단계에서 캐니 에지 검출기를 이용하여 외곽선을 분리하는 과정을 세분화하여 흐름도로 나타낸 것이다.

[0041]

피부색으로 분류하여 이진화된 피부영역 영상을 입력받아서(S121), 영상에 대한 잡음의 영향을 최소화하기 위해 가우시안 스무딩 필터링을 수행한다(S122).

수학식 3

$$V(x, y) = G(x, y; \sigma) * I(x, y)$$

[0042]

[0043]

가우시안 스무딩 필터링은 수학식 3과 같이 연산할 수 있다. 여기서 $G(x, y; \sigma)$ 는 가중치 σ 를 사용하여 (x, y) 위치에 적용되는 가우시안 함수를 의미하며, $I(x, y)$ 는 (x, y) 위치의 픽셀 값을 의미하며, $V(x, y)$ 는 가우시안필터를 적용한 결과를 의미한다. 가우시안 필터링을 적용한 $V(x, y)$ 에 1차 미분 연산자를 통한 에지검출은 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$P(x, y) = (V(x, y+1) - V(x, y) + V(x+1, y+1) - V(x+1, y))/2$$

$$Q(x, y) = (V(x, y) - V(x+1, y) + V(x, y+1) - V(x+1, y+1))/2$$

[0044]

[0045]

여기서 $P(x, y)$ 는 1차 미분 연산자를 통해 x축 에지를 검출한 결과이며, $Q(x, y)$ 는 y축 에지를 검출(S123)한 결과이다. 각 화소에 대한 기울기와 크기는 수학식 5와 같이 계산된다(S124).

수학식 5

$$\angle : \theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{Q(x, y)}{P(x, y)}$$

$$M(x, y) = \sqrt{P^2(x, y) + Q^2(x, y)}$$

[0046]

[0047]

여기서, $\theta(x, y)$ 는 최종적으로 임계치(S125)를 통하여 피부영역의 에지정보를 추출(S126)할 수 있다. 도 5는 도 4의 추출된 피부영역 이미지(b)와 그로부터 상기 과정에 의해 추출된 피부영역의 외곽선 이미지(c)를 나타낸 것이다.

[0048]

다음으로, 추출된 외곽선에 대하여 공간 주파수 기법을 사용하여 상기 외곽선의 복잡도를 분석하여 피부영역으로부터 손영역만을 분리한다.

[0049]

기존의 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서는 피부 영역 추출 영상에서 손과 얼굴을 분리하는 방법으로 레이블링 방법(Labelling method)이 주로 사용되었다. 레이블링 방법은 연결성을 가지는 픽셀들을 그룹화하는 방법으로 간편하게 손영역을 추출할 수 있다. 하지만 손과 얼굴을 분리하기 위하여 손영역이 얼굴영역보다 커야만 하는 제한조건이 있다. 이런 제한조건을 해결하기 위해 본 발명의 실시예에서는 공간 주파수 기법을 이용하여 피부영역 추출 영상에서 손과 얼굴을 분리하는 방법을 제안한다.

[0050]

본 발명의 실시예에 따른 공간주파수 기법은 2차원 공간에서 영상의 변화를 주파수적인 특징으로 표현한 방법으로, 추출된 피부 영역의 에지영상에서 가로방향의 공간주파수와 세로방향의 공간 주파수에서 가장 높은 주파수 영역은 피부 영역의 에지영상에서 에지정보가 가장 복잡한 영역을 의미한다. 제안한 공간주파수 기법은 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$\mathbf{x} = \{ \text{Max}(D(\mathbf{w})), \text{Max}(D(\mathbf{h})) \}$$

[0051]

[0052] 여기서, $\mathbf{x} = \mathbf{R}^2$ 이며, $D(\mathbf{w})$ 는 가로방향의 공간주파수를 의미하며, $D(\mathbf{h})$ 는 세로방향의 공간주파수를 의미한다. 일반적으로 사람의 손영역은 얼굴영역보다 더 복잡한 에지 정보를 가지고 있으므로 가로방향과 세로 방향의 공간 주파수가 가장 높은 부분을 손영역으로 정의함으로써 효과적으로 손영역의 위치를 검출할 수 있다. 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)의 종류에 따라서 복잡도의 정도, 복잡도의 범위를 정의한다면, 본 발명의 상기 실시예에서 설명하고 있는 손가락으로 화면의 특정 영역을 터치하는 듯한 움직임을 식별하는 외에도 특징적인 손가락 제스처를 식별할 수 있을 것이다.

[0053]

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서 공간주파수를 이용하여 손영역을 추출하는 과정을 도시한 그림이다. 도 6을 참조하면, 피부영역 내에서 손영역이 얼굴보다 큰 경우(a)와 손영역이 얼굴보다 작은 경우(b)를 모두 분석하고 있다. 기존의 레이블링 방법에서 손과 얼굴을 분리하기 위하여 손영역이 얼굴영역보다 커야만 하는 제한과 달리, 본 발명의 일 실시예에 따른 공간주파수를 이용한 방법은 손영역이 얼굴영역보다 작은 경우에도 손영역을 분리할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0054]

보다 상세히 도 6의 (a)을 보면, 손영역이 얼굴영역보다 큰 경우로 피부영역 추출 영상에서 종 방향 공간주파수와 횡방향 공간주파수를 적용시킨 히스토그램을 도시하고 있다. 종·횡 방향의 공간주파수가 가장 높은 부분은 얼굴영역보다 복잡한 손영역임을 알 수 있다. 도 6의 (b)는 손영역이 얼굴보다 작은 경우에 공간주파수를 적용시킨 히스토그램 결과를 나타낸 것으로 도 6의 (a)와 마찬가지로 손영역에서 종·횡 방향 공간주파수가 가장 높은 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예의 공간주파수를 이용하여 손영역을 추출하는 단계에 따라 입력영상에서 손영역과 얼굴영역을 간단히 분리할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 외곽선의 복잡도를 공간주파수 분석을 통해 복잡도가 높은 영역을 손영역으로 추출하는 것이다.

[0055]

S130 단계에서는 추출된 컬러 이미지의 손영역에서 외곽선의 근사화를 통해 손영역의 특징점(hand feature point)을 추출한다. 더글라스 파커(Douglas Peucker) 알고리즘을 이용하여 손 외곽선에 대하여 미리 설정된 임계치 범위 내에서 근사화하여 손영역의 특징점을 추출할 수 있다. 손영역의 특징점은 비접촉 멀티 터치를 인식하기 위하여 손가락을 모델링하는데 의미있는 정점을 말한다. 예를 들어, 추출된 특징점은 손가락 끝점 등이 될 수 있다.

[0056]

S120 단계에서 추출된 컬러 이미지는 손 외곽선이 곡선으로 이루어져 있기 때문에 특징점을 추출하기 위해 먼저, 더글라스 파커 알고리즘을 적용한다. 더글라스 파커 알고리즘은 복잡한 선형 자료를 설정된 임계치 범위 내에서 근사화를 수행하는 알고리즘이다. 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서 손 외곽선에 대하여 더글라스 파커 알고리즘을 이용하여 근사화되는 과정의 예시를 나타낸 그림이다.

[0057]

도 7의 (a)는 최초의 임계치 설정을 의미하며 시작점 pt0에서 소지의 끝점 pt15까지의 단순화 과정을 나타낸다. 임계치를 설정하고 임계치에 속한 pt1-pt14는 제거한다. 도 7의 (b)에서도 앞선 도 7의 (a)와 마찬가지로 pt15-pt22에 임계치를 설정하여 임계치에 속한 pt16-pt21은 제거한다. 이와 같은 과정을 반복하면 최종적으로 손의 특징점을 추출할 수 있다. 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따라 추출된 손영역 이미지(a), 외곽선 근사화 이미지(b), 특징점 추출결과(c)를 개념적으로 나타낸 그림이다.

[0058]

도 8의 (c)와 같이 손영역의 특징점을 집합 S 의 원소 $z_i (i = 1, 2, \dots, K)$ 로 정의한다. 여기서,

S 의 원소 중 $z_i (i = 1, 3, 5, 7, 9)$ 는 손가락 끝점에 해당하는 특징점으로 비주얼 터치 인식과정에서 중요하게 사용된다. 본 발명에 따른 실시예들은 추출된 손영역 특징점을 입력으로 보로노이-테셀레이션 손모델을 생성하고, 최종적으로 손가락 끝점에 해당하는 손모델의 특징점을 이용하여 손가락 끝점의 터치를 인식함으로써 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식하게 되기 때문이다.

[0059]

S140 단계에서는 손영역의 특징점을 기반으로 각각의 특징점들이 서로 다른 영역 내에 포함되도록 컬러 이미지

를 분할함으로써 손가락을 개별적으로 모델링한 손모델을 생성한다. 추출된 손영역의 특징점들에 대하여 보로노이 테셀레이션(Voronoi tessellation)을 적용하여 컬러 이미지를 분할한다. 보로노이 테셀레이션은 보로노이 셀(Voronoi cell), 보로노이 다각형(Voronoi polygon), 보로노이 공간(Voronoi space) 및 보로노이 정점(Voronoi vertex)을 포함하는데, 생성된 손모델에서 특징점들은 각각 보로노이 셀이 되고, 분할된 영역은 보로노이 다각형이 될 수 있다.

[0060] 보로노이 테셀레이션은 이웃들과의 선분을 이등분한 선들로 이루어진 다각형의 집합을 의미한다. 테셀레이션은 집합 S 가 있을 때, 한 부분집합 S_i 에 속하는 원소는 다른 부분 집합 S_j 에 속하지 않고, 집합 S 의 모든 원소는 임의의 한 부분집합 S_i 에 반드시 속하는 성질을 가지는 부분집합 $\{S_1, S_2, \dots, S_K\}$ 을 말한다.

[0061] 보로노이 테셀레이션을 정의하면 다음과 같다. 집합 S 의 원소를 $z_i (i = 1, 2, \dots, K)$ 라 하자. 집합 S 의 원소 z, w 에 대한 유클리디언 거리함수 $d(z, w)$ 일 때, 보로노이 부분집합 V_j 는 수학적 7을 만족하는 S 에 속하는 모든 원소의 집합이다.

수학식 7

$$V_j = \{w \in S \mid d(w, z_j) < d(w, z_i), i = 1, 2, \dots, K, i \neq j\}$$

[0062] 보로노이 부분집합들의 집합 $\{V_1, V_2, \dots, V_k\}$ 를 의 보로노이 테셀레이션이라 정의한다. 이때, $z_i (i = 1, 2, \dots, K)$ 의 집합을 보로노이 테셀레이션의 생성자(Generators) 또는 보로노이 셀이라 한다. 보로노이 부분집합 V_j 는 보로노이 다각형이라 한다.

[0064] 도 9는 입력된 컬러 이미지에 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따라 추출된 특징점을 표시하고, 보로노이 테셀레이션의 구성요소를 도시한 그림이다. 도 9에서 보로노이 테셀레이션은 보로노이 셀, 보로노이 다각형, 보로노이 공간과 보로노이 정점으로 구성되어 있다. 보로노이 공간은 보로노이 다각형 내의 공간을 의미하며, 보로노이 정점은 임의의 정점을 포함한 영역에서 다른 두 개 이상의 정점이 가지는 영역들과 만나는 점을 의미한다.

[0065] 보로노이 테셀레이션 알고리즘은 임의의 시작점을 중심으로 각 정점이 다른 정점에 영향을 주지 않고 최대로 가질 수 있는 범위를 표현하기에 적합하므로, 본 발명의 실시예에서 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치) 인식을 위한 손영역 분할 단계에 적용하게 된 것이다.

[0066] 도 8의 (c)에서 단순화된 손영역의 특징점 집합 S 를 보로노이 테셀레이션 알고리즘의 입력 데이터로 사용한다. 그리고 입력데이터에 보로노이 테셀레이션을 적용시킨다. 적용된 결과로 컬러 이미지에서 특징점을 기반으로 각각 특징점들이 서로 다른 영역 내에 포함되도록 컬러 이미지를 분할할 수 있다. 분할된 컬러 이미지를 통해 손가락을 개별적으로 모델링한 손모델이 생성되는 것이다.

[0067] 본 발명의 일 실시예에 따라 생성된 손 모델은 다음과 같은 특징을 가진다. 먼저 손모델은 손가락 끝점을 포함한 손영역의 특징점들의 집합을 입력 데이터로 사용한다. 다음으로 모든 보로노이 셀들은 서로 간섭하지 않는다.

또한, 보로노이 다각형은 보로노이 셀이 서로 간섭하지 않는 한 최대의 영역을 가진다. 마지막으로 보로노이 다각형의 경계선은 마주한 보로노이 공간의 균형점이다. 이를 보로노이 규칙이라 정의할 수 있다.

[0068] S150 단계에서 손모델을 이용하여 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식한다. 특징점 중 손가락의 끝점에 해당하는 특징점을 포함한 보로노이 다각형의 내각의 변화를 이용하여 비접촉 멀티 터치를 인식하게 된다. 이는 보로노이 규칙을 이용한 것이다. 보다 자세히 설명하면 보로노이 다각형 내각의 변화에 따른 손가락의 구부림의 각도를 연산함으로써 어떠한 비주얼 터치인지를 판단하게 되는 것이다.

[0069] 즉, 본 발명의 실시예에서는 기기를 직접 접촉하는 것이 아니라 스크린에서 손가락으로 화면을 터치하는 듯한 움직임(비주얼 터치)을 촬영한 컬러 이미지를 분석하여 비주얼 터치를 인식하는데 보로노이 테셀레이션 기반의 손모델을 이용한다. 보로노이 테셀레이션의 특징을 이용하는 방법은 앞서 언급한 보로노이 테셀레이션의 특징 중 보로노이 다각형은 보로노이 셀들이 서로 간섭하지 않는 한 최대의 영역을 가진다는 규칙을 이용하는 것이다.

[0070] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따라 인식된 3 종류의 손동작 나타낸 그림이다. 도 10의 (a)는 손 모델을 표현한 것으로 다섯 손가락을 펼친 손동작을 나타낸다. 도 10의 (b)는 검지를 구부린 손동작을, 도 10의 (c)는 중지를 구부린 손동작의 경우를 나타낸다.

[0071] 도 10의 (b)에서 검지 손가락을 구부릴 때 검지의 끝점 Z_3 을 포함하는 보로노이 다각형은 내각이 좁아지는 특성을 보인다. 이는 손가락의 구부림으로 인해 보로노이 셀 Z_3 과 Z_4 의 거리가 근접할수록 Z_3 과 Z_5 와의 거리는 멀어지기 때문이다. Z_3 과 Z_5 와의 거리가 멀어질수록 보로노이 다각형의 최대 영역을 확보하기 위해 Z_3 의 내각이 좁아지게 된다. 보로노이 다각형의 내각 변화는 다음 수학적 식 8과 같이 제 2 코사인법칙을 이용한다.

수학적 식 8

[0072]
$$\cos B = (c^2 + a^2 - b^2) / 2ca$$

[0073] 동일하게 도 10의 (c)에서 중지손가락을 구부릴 때 중지의 끝점 Z_5 를 포함하는 보로노이 다각형도 내각이 좁아지는 특성을 보인다. 손가락 특징점 $(Z_1, Z_3, Z_5, Z_7, Z_9)$ 을 포함한 보로노이 다각형 내각의 변화를 계산하여 구부림에 따른 각도 B 를 계산함으로써 화면을 터치하는 듯한 비주얼 터치를 판단한다. 이와 같이 손가락 하나 하나의 움직임을 구분하여 비주얼 터치를 인식하기 때문에 자연스러운 인터페이스로써 역할할 수 있으며, 생성된 손모델에 따라 비주얼 터치를 인식하는 연산이 비교적 기존의 방법에 비하여 간단해 연속적인 컬러 이미지를 입력받아도 실시간 처리가 가능하다.

[0074] 이하에서는 본 발명에 대한 보다 상세한 설명을 위해, 본 발명의 일 실시예를 적용한 두 가지 실험예를 설명하고자 한다. 실험환경은 i5-3570 3.4GHz CPU, 4GB RAM의 PC에서 수행하였으며, 640x480 픽셀, 초당 12 프레임의 웹 카메라를 사용하였다.

[0075] 실험은 손이 얼굴보다 큰 경우(실험1)와 손이 얼굴보다 작은 경우(실험2)로 나누어 진행하였으며, 웹 카메라로부터 RGB 컬러 영상을 입력받아 손영역을 인식하고, 다음으로 인식된 손영역을 이용하여 컴퓨터 환경에서의 자연스러운 비주얼 터치 인터페이스에 적용하는 실험을 하였다. 실험 과정은 보로노이-테셀레이션 손 모델 생성, 그리고 손동작 인식 실험 순으로 구성하였다.

[0076] 도 11a는 손이 얼굴보다 큰 컬러 이미지에 대하여 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에

다른 분석 과정을 나타낸 실험예이다. 이는 실험(1)을 통하여 보로노이 테셀레이션을 적용하여 손 모델 생성 과정을 도시한 그림이다. 도 11a를 참조하면, 손이 얼굴보다 큰 경우의 컬러 이미지(①)에 대하여, 피부영역을 추출하고(②), 본 발명의 일실시에에 따른 공간 주파수 기법을 적용하여 손영역만을 추출하며(③), 추출된 손영역에서 더글라스-파커 알고리즘을 적용하여 손 특징점을 추출하고(④), 마지막으로 추출된 특징점을 입력으로 보로노이 손 모델을 생성한 결과(⑤)를 나타낸다.

[0077] 도 11b는 손이 얼굴보다 큰 경우에 연속적으로 촬영한 컬러 이미지에 대하여 본 발명의 일 실시예에 따라 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식한 결과를 프레임 순으로 나타낸 캡처 화면이다. 각 10 프레임, 230 프레임, 350 프레임, 420 프레임, 610 프레임, 705 프레임에 대하여 비주얼 터치를 인식하였고, 그 결과 캡처 화면에서 연속 동작에 해당하는 도형을 그리는 비주얼 터치를 추정할 수 있다.

[0078] 도 12a는 손이 얼굴보다 작은 컬러 이미지에 대하여 본 발명의 일 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 방법에 따른 분석 과정을 나타낸 실험예로써, 실험(2)의 과정 및 결과를 나타낸다. 도 12a를 참조하면, 손이 얼굴보다 큰 경우의 컬러 이미지(①)에 대하여, 피부영역을 추출하고(②), 본 발명의 일실시에에 따른 공간 주파수 기법을 적용하여 손영역만을 추출하며(③), 추출된 손영역에서 더글라스-파커 알고리즘을 적용하여 손 특징점을 추출하고(④), 마지막으로 추출된 특징점을 입력으로 보로노이 손 모델을 생성한 결과(⑤)를 나타낸다.

[0079] 도 12b는 손이 얼굴보다 작은 경우에 연속적으로 촬영한 컬러 이미지에 대하여 본 발명의 일 실시예에 따라 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식한 결과를 프레임 순으로 나타낸 캡처 화면이다. 각 30 프레임, 270 프레임, 380 프레임, 510 프레임, 660 프레임, 745 프레임에 대하여 비주얼 터치를 인식하였고, 도 11b와 마찬가지로 연속 동작에 해당하는 도형을 그리는 움직임 추정을 추정할 수 있다.

[0080] 도 11a, 도 11b와 도 12a 및 도 12b에서 볼 수 있듯이, 손이 얼굴보다 큰 경우(실험 1)와 손이 얼굴보다 작은 경우(실험 2) 모두에서 검지 손가락의 움직임을 실시간으로 정확하게 인식함으로써 본 발명의 실시예가 자연스러운 터치 동작을 인식하는 방법을 제안하고 있음을 알 수 있다.

[0081] 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비접촉 멀티 터치 인식 시스템(1)을 나타낸 개념도이다. 비접촉 멀티 터치 인식 시스템(1)은 컬러 이미지를 입력받아 인식된 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 출력하며, 그 구성요소로서 입력부(10), 분석부(20), 손모델 생성부(30) 및 판단부(40)를 포함한다. 비접촉 멀티 터치 인식 시스템(1)의 각 구성은 도 1의 비접촉 멀티 터치 인식 방법의 각 단계와 대응되는데, 구체적인 설명은 중복되어 기재하지 않고 대응관계를 중심으로 이하 설명한다.

[0082] 입력부(10)는 사용자의 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 촬영한 컬러 이미지를 획득한다. 다양한 종류의 카메라를 비접촉 멀티 터치 인식 시스템(1)과 유선 또는 무선으로 연결하여 컬러 이미지를 입력받을 수 있다. 이는 도 1의 S110 단계와 대응되는 구성이다.

[0083] 분석부(20)는 입력받은 컬러 이미지에서 조도 변화를 고려한 색 분석을 통해 피부영역 및 피부영역의 외곽선을 추출하고, 외곽선의 복잡도를 이용하여 손영역을 추출한다. RGB(Red-Green-Blue) 컬러 모델과 HSI(Hue-Saturation-Intensity) 컬러 모델을 이용하여 피부색을 분류함으로써 피부영역을 추출하고, 캐니 에지 검출기(Canny Edge Detector)를 사용하여 피부영역의 외곽선을 추출하며, 추출된 외곽선에 대하여 공간 주파수 기법을 사용하여 외곽선의 복잡도를 분석하는 것을 특징으로 한다. 이때 기존의 비접촉 멀티 터치 인식 방법에서 레이블링 방법을 사용하는 것과 달리 본 발명의 실시예에서 공간 주파수 기법을 이용하여 다수의 영역을 포함하는 피부영역에서 손영역과 얼굴영역을 정확하게 분리해낼 수 있게 된다.

[0084] 컬러 이미지의 손영역에서 외곽선의 근사화를 통해 손영역의 특징점(hand feature point)을 추출한다. 더글라스-파커(Douglas Peucker) 알고리즘을 이용하여 손 외곽선에 대하여 미리 설정된 임계치 범위 내에서 근사화하여 손영역의 특징점을 추출한다. 이는 도 1의 S120 단계 및 S130 단계를 포함하는 구성이다.

[0085] 손모델 생성부(30)는 손영역의 특징점을 기반으로 각각의 특징점들이 서로 다른 영역 내에 포함되도록 컬러 이미지를 분할함으로써 손가락을 개별적으로 모델링한 손모델을 생성한다. 구체적으로 손영역의 특징점들에 대하여 보로노이 테셀레이션(Vornoi tessellation)을 적용하여 상기 컬러 이미지를 분할할 수 있다.

[0086] 생성된 손모델은 보로노이 셀(cell), 보로노이 다각형, 보로노이 공간 및 보로노이 정점을 포함한다. 특징점은 보로노이 셀이 되고, 분할된 영역은 보로노이 다각형이 되며, 이때 모든 보로노이 셀들은 서로 간섭하지 않으며, 보로노이 다각형은 보로노이 셀들이 서로 간섭하지 않는 한 최대의 영역을 가지는 것을 특징으로 할 수 있다. 이는 도 1의 S140 단계와 대응되는 구성이다.

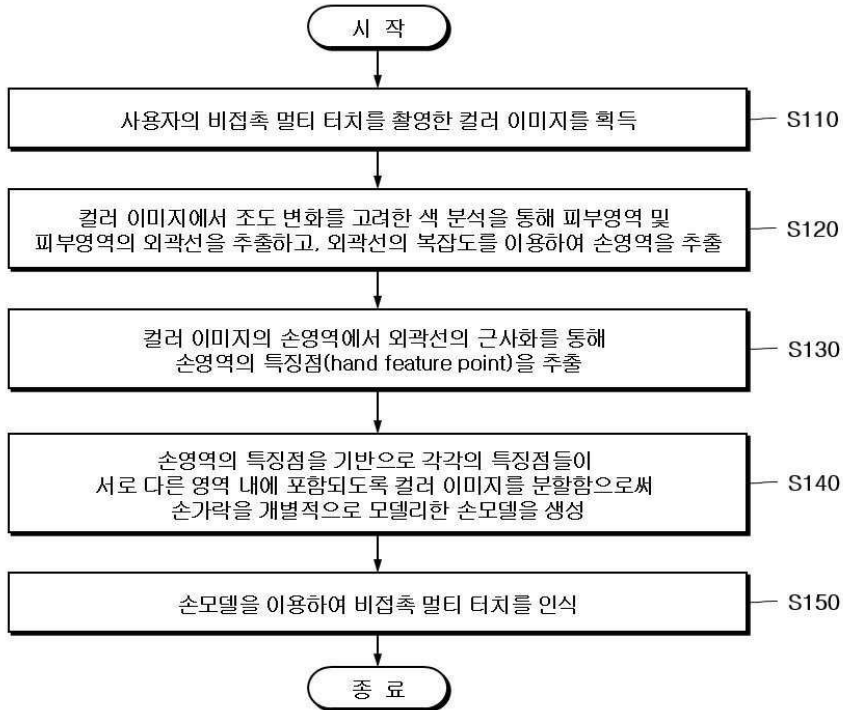
- [0087] 판단부(40)는 손모델을 이용하여 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식한다. 특징점 중 손가락의 끝점에 해당하는 특징점을 포함한 보로노이 다각형의 내각의 변화를 이용하여 비주얼 터치를 식별하게 된다. 구체적으로 보로노이 다각형 내각의 변화에 따른 손가락의 구부림의 각도를 연산함으로써 비접촉 멀티 터치가 화면을 터치하는 듯한 움직임에 해당하는 것인지를 판단할 수 있다. 이는 도 1의 S150 단계와 대응되는 구성이다.
- [0088] 본 발명의 실시예들은 컬러 이미지인 영상 정보를 기반으로 사용자가 디스플레이 되고 있는 사물과 자연스럽게 상호작용할 수 있는 NUI를 위한 비접촉 멀티 터치(비주얼 터치)를 인식하는 방법 및 시스템을 제안하였다. 이에 따라 사용자들이 자신의 손가락을 임의의 공간에서 움직이면 해당 동작을 인식하고 이를 해석함으로써, 기존의 컴퓨터의 동작을 지시하는 마우스의 역할을 할 수 있다. 즉 어떠한 접촉기기 없이 원격으로 컴퓨터를 조작할 수 있는 자연스러운 인터페이스를 구현할 수 있을 것이다.
- [0089] 또한, 본 발명의 실시예들은 카메라로부터 얻어진 연속적인 입력 영상에서 RGB/HSI 컬러 모델을 적용하여 조도에 민감한 단점을 해결하고, 공간주파수 기법을 제안하여 손이 얼굴보다 커야만 손영역을 추출하던 기존방식의 단점을 개선하였으며, 보로노이 테셀레이션 알고리즘을 통해 생성한 손 모델을 이용하여 자연스러운 비주얼 터치 인식을 구현하였다.
- [0090] 한편, 본 발명의 실시예들은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다.
- [0091] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현하는 것을 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의하여 용이하게 추론될 수 있다.
- [0092] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 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.
- [0093] 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.

부호의 설명

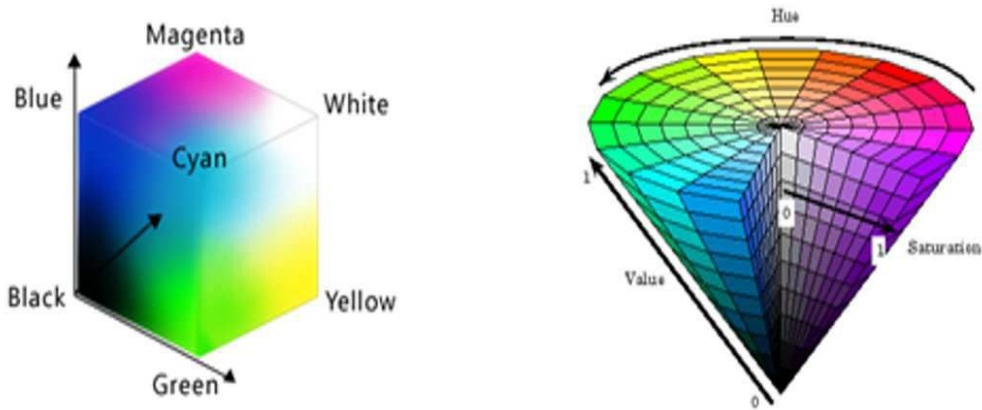
- [0094] 1: 비접촉 멀티 터치 인식 시스템
- 10: 입력부
- 20: 분석부
- 30: 손모델 생성부
- 40: 판단부

도면

도면1



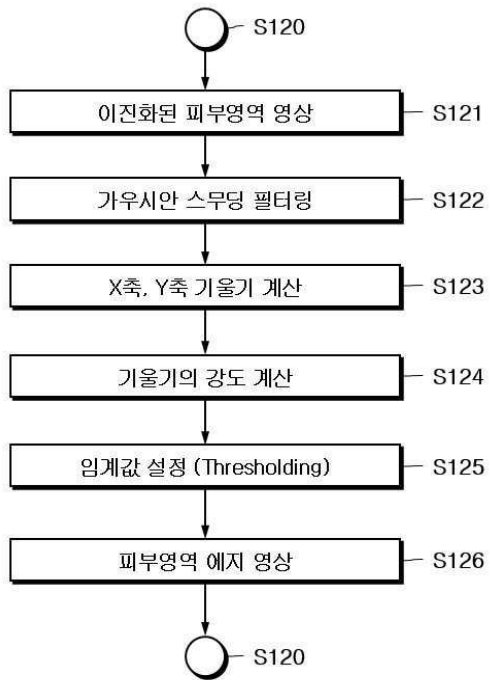
도면2



(a) RGB 컬러 모델

(b) HSI 컬러 모델

도면3



도면4



도면5

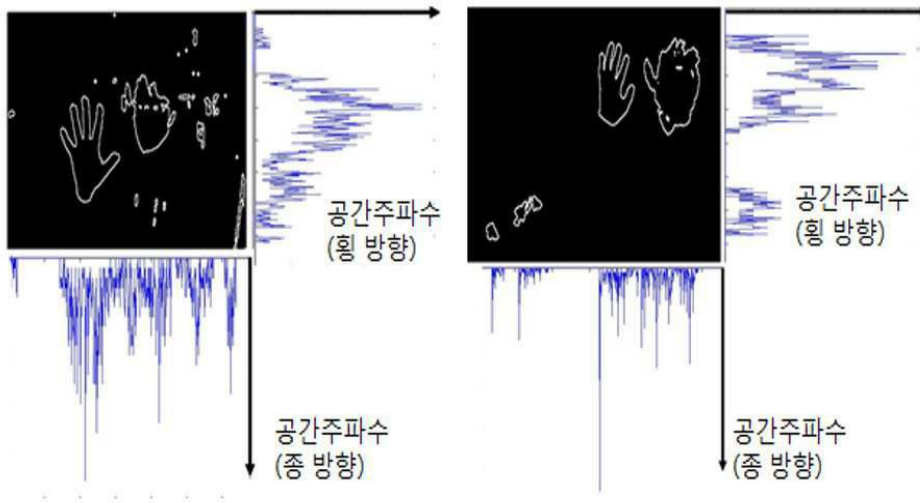


(b) 피부영역 추출 이미지



(c) 피부영역의 외곽선 이미지

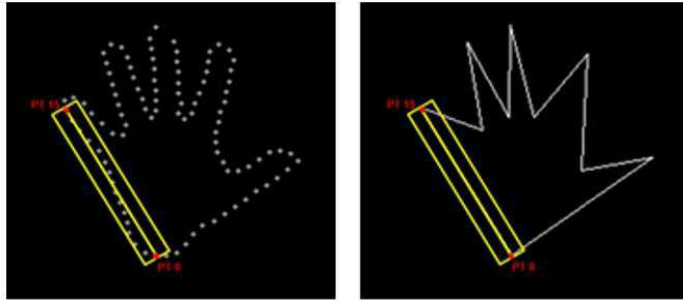
도면6



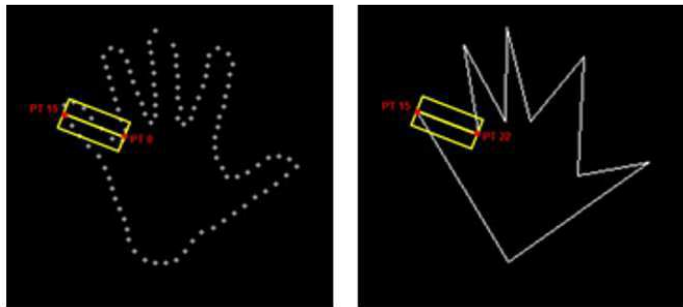
(a) 손영역이 얼굴보다 큰 경우

(b) 손영역이 얼굴보다 작은 경우

도면7



(a) Pt0 - Pt15



(b) Pt15 - Pt22

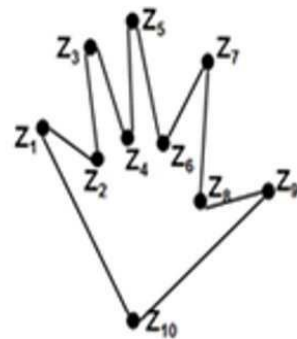
도면8



(a) 손영역

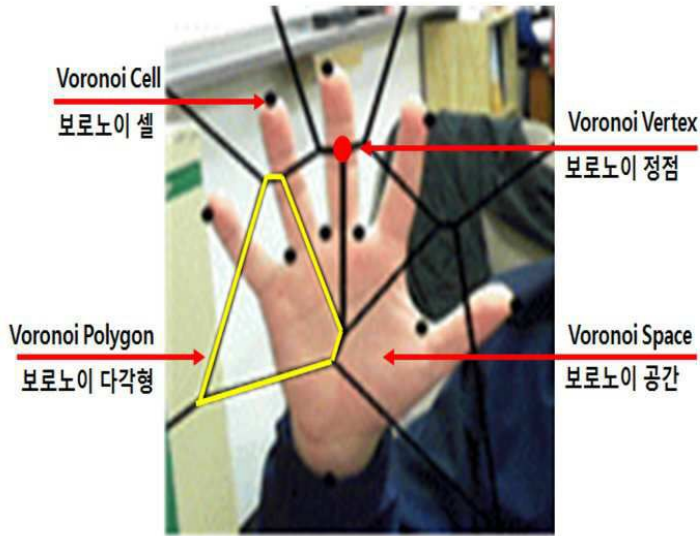


(b) 외곽선 근사화

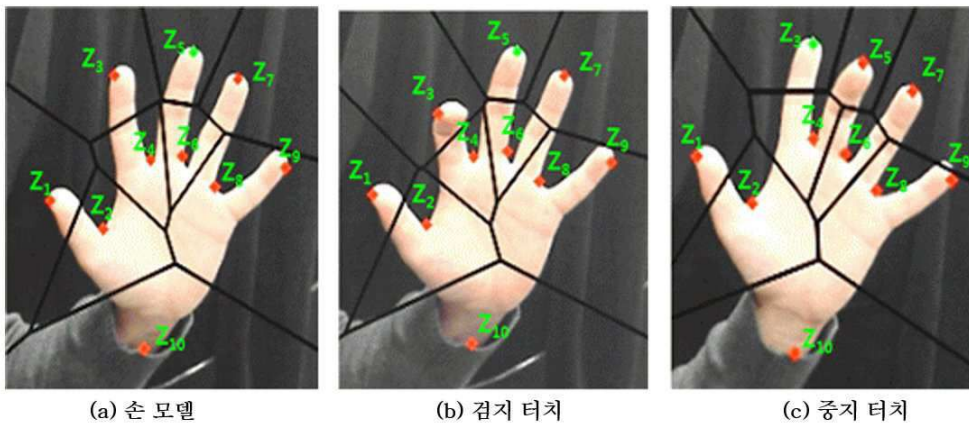


(c) 특징점 추출결과

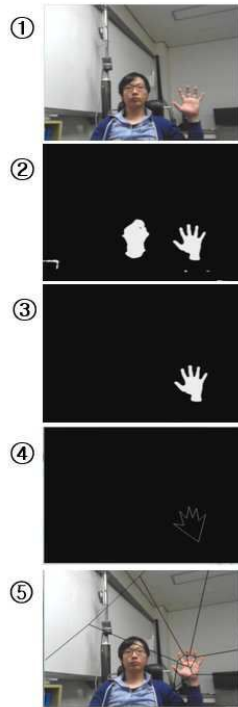
도면9



도면10



도면11a



도면11b



(a) 10 frame



(b) 230 frame



(c) 350 frame



(d) 420 frame

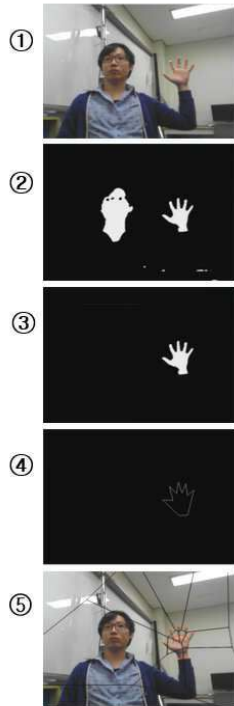


(e) 610 frame



(f) 705 frame

도면12a



도면12b



(a) 30 frame



(b) 270 frame



(c) 380 frame



(d) 510 frame



(e) 660 frame



(f) 745 frame

도면13

