(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0049683
(43) 공개일자 2020년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/08 (2006.01) *A61B 5/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/08 (2013.01)
A61B 5/0077 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0137813
(22) 출원일자 2019년10월31일
심사청구일자 2019년11월01일
(30) 우선권주장
1020180131494 2018년10월31일 대한민국(KR)

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
신중수
경기도 성남시 분당구 서판교로 73 판교원마을10단지아파트1008동 302호
김정민
경기도 용인시 수지구 신봉1로 11 우남아파트 502동 1604호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
민혜정

전체 청구항 수 : 총 24 항

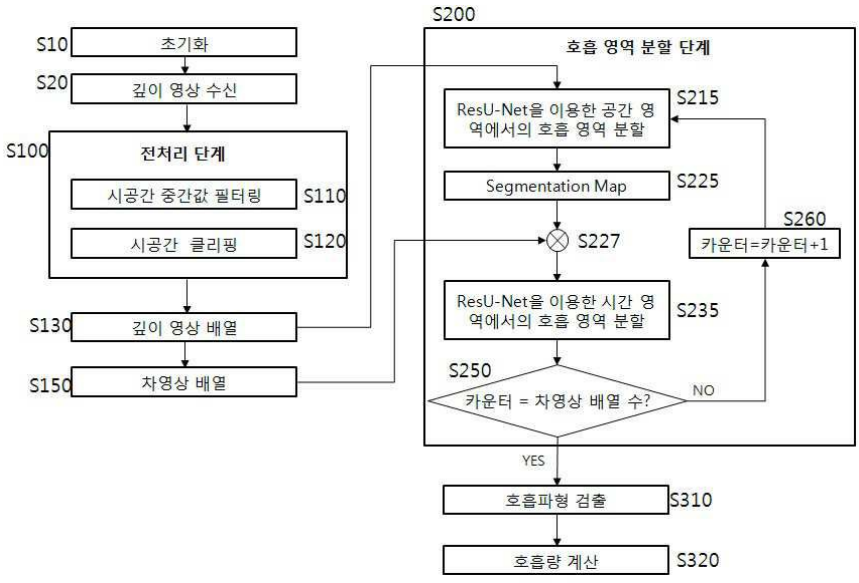
(54) 발명의 명칭 **깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 깊이(Depth) 카메라를 이용하여 피검자의 호흡시를 촬영하고, 획득된 깊이 영상 배열에서 서로의 차(Difference)를 계산한 차 영상 배열을 구하고, 차영상의 호흡영역을 분리하기 위해. 차영상에서, 형상 사전정보 및 영역정보 함수를 이용하여 레벨 셋을 진행하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하하거나, 또는 차영상과, 깊이 영

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도16



상 배열단계에서 메모리부에 저장된 연속적인 깊이 영상을 기 학습된 ResU-net(Residual U-net)에 적용하여, 차영상에서 호흡 영역을 분리하고, 분리된 호흡영역에서 호흡량을 계산하여, 비침습적, 무구속적이며 높은 정확도로, 호흡량을 측정할 수 있는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정방법은, 연산처리부가 깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는, 전처리단계; 연산처리부는, 전처리 단계에서 잡음이 제거된 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장하는. 차영상 배열 단계; 차영상 배열 단계에서 구한 차영상에서, 형상 사전정보 및 영역정보 함수를 이용하여 레벨 셋을 진행하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는, 호흡영역 분리단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정방법은, 연산처리부가 깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는 전처리를 행하는, 전처리단계; 연산처리부는, 전처리단계에서 잡음이 제거된 연속적인 깊이 영상을 메모리부에 순차적으로 저장하는, 깊이 영상 배열단계; 연산처리부는, 전처리 단계에서 잡음이 제거된 연속적인 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장하는. 차영상 배열 단계; 차영상 배열 단계에서 구한 차영상과, 깊이 영상 배열단계에서 메모리부에 저장된 연속적인 깊이 영상을 기 학습된 ResU-net(Residual U-net)에 적용하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는, 호흡영역 분리단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

(72) 발명자

유선국

서울시 중구 퇴계로90길 74, 101동 1002호 (신당동, 래미안신당하이베르아파트)

오경택

전라남도 무안군 삼향읍 남악2로74번길 13 오룡마을휴먼시아아파트 202-303

명 세 서

청구범위

청구항 1

연산처리부가 깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는, 전처리단계;

연산처리부는, 전처리 단계에서 잡음이 제거된 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장하는. 차영상 배열 단계;

차영상 배열 단계에서 구한 차영상에서, 형상 사전정보 및 영역정보 함수를 이용하여 레벨 셋을 진행하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는, 호흡영역 분리단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 2

연산처리부가 깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는 전처리를 행하는, 전처리단계;

연산처리부는, 전처리단계에서 잡음이 제거된 연속적인 깊이 영상을 메모리부에 순차적으로 저장하는, 깊이 영상 배열단계;

연산처리부는, 전처리 단계에서 잡음이 제거된 연속적인 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장하는. 차영상 배열 단계;

차영상 배열 단계에서 구한 차영상과, 깊이 영상 배열단계에서 메모리부에 저장된 연속적인 깊이 영상을 기 학습된 ResU-net(Residual U-net)에 적용하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는, 호흡영역 분리단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 3

제1항에 있어서, 호흡영역 분리단계는,

연산처리부가, 흉곽 및 복부 영역인 몸통 영역만을 분리하기 위한 형상 사전 정보를 이용하여, 깊이 영상에서 흉곽 및 복부 영역을 분리하는, 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 단계;

연산처리부가, 연이은 전 프레임의 호흡관련 영역의 영상을 이용하여, 0에서 1사이의 값을 가지는 가중치를 계산하고, 영역정보함수를 적용한 형상 사전정보에, 상기 가중치를 적용하여, 적응적 영역정보 함수를 검출하는, 영역정보함수 획득단계;

연산처리부가, 차영상 배열 단계에서 획득된 차영상에 영역정보 함수 및 CVM(Chan-Vese model, 찬 베세 모델) 기법을 이용하여, 차영상의 호흡영역을 분리하는, 영역 정보 함수를 이용한 레벨 셋 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 4

제1항 또는 제2항 중 어느 한 항에 있어서, 전처리 단계는

연속적인 깊이 영상들에서, 시간 영역에 따른 각 픽셀의 깊이 값들에서 중간값 필터링을 행하고, 공간 영역에 따른 각 픽셀의 깊이 값들을에서 중간값 필터링을 행하는, 시공간 중간값 필터링 단계;

시공간 중간값 필터링 단계에서 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링된 연속적인 깊이 영상들에서, 시간 영역에 따른 각 픽셀의 깊이 값들에서 시간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행하고, 공간 영역에 따른 각

픽셀의 깊이 값들에서 공간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행하는, 시공간 클리핑단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 5

제3항에 있어서, 영역정보함수 획득단계는,

연산처리부가, 형상 사전 정보를 이용하여 분리한 영역에 대해, 부호를 가지는 거리 함수(Signed Distance Fuction, SDF)를 적용하면, 경계선을 0으로서 기준으로 하고, 상기 기준에서 멀어질수록 분리한 영역의 내부 영역은 양수의 값을 가지게 되며, 분리한 영역의 외부 영역은 음수의 값을 가지게 되며, SDF 함수가 적용된 영역에서, 일정한 문턱치를 넘는 값 또는, 소정 크기단위 내의 값을, 같은 값으로 처리하며, 외부 영역을 단위 계단함수(Heaviside) 함수를 적용하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 6

제2항에 있어서, 호흡영역 분리단계는,

연산처리부는, 메모리부로부터 깊이 영상 배열단계(S130)에서 저장된, 전처리된 깊이 영상을 수신하여, 기 학습된 제1 ResU-Net에 입력하고, 제1 ResU-Net으로부터 출력된, 흉곽 및 복부 영역인 몸통 영역만을 분리한 세그멘테이션 맵을, 수신하는, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계;

연산처리부는, 제1 ResU-Net으로부터 수신한 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을 메모리부에 순차적으로 임시저장하는, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵 배열단계;

연산처리부는, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계에서 출력된, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵에, 차영상 배열 단계에서 구하여진 차영상을, 픽셀단위로 곱하는, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계;

연산처리부는, 기학습된 제2 ResU-Net의 입력으로서, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계에서 출력된, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상의 곱을 입력하고, 제2 ResU-Net의 출력으로서, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 세그멘테이션 맵인, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상을 수신하는, ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 7

제6항에 있어서,

제1 ResU-Net은, 사전에, 전처리단계에서 잡음이 제거된 깊이 영상들과, 상기 잡음이 제거된 깊이 영상에서 몸통 영역만을 분리한 영상을 레이블로 사용하여, 기계학습된 인공신경망인 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 8

제7항에 있어서,

제2 ResU-Net은, 사전에, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계에서 출력된, 차영상과, 몸통 영역만을 분리한 영상을, 픽셀단위로 곱한 영상과, 상기 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상을 레이블로 사용하여, 기계학습된 인공신경망인 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 9

제8항에 있어서,

제1 ResU-Net의 기계학습시 사용되는 레이블은 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋을 이용하여 레이블 영상이 생성된 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 10

제9항에 있어서,

제2 ResU-Net의 기계학습시 사용되는 레이블은 영역정보 함수를 이용한 레벨 셋을 이용하여 레이블 영상이 생성된 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 11

제6항에 있어서,

연산처리부는, 카운터의 값이, 기 설정된 차 영상 배열 수와 같은지를 확인하고, 만약 아니면, 카운터를 1증가하고, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계로 되돌아가는, 호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 12

제5항에 있어서,

연산처리부는, 카운터의 값이, 기 설정된 차 영상 배열 수와 같은지를 확인하고, 만약 아니면, 카운터를 1증가하고, 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 단계로 되돌아가는, 호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 13

제11항 또는 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계에서, 카운터의 값이, 기 설정된 차 영상 배열 수와 같다면, 연산처리부는,

호흡영역 분리단계단계에서 구하여진, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상들의 프레임들에서, 각 프레임의 호흡영역의 깊이 값을 합산하여 프레임별 호흡관련 신호로써 구하고, 현재의 프레임 호흡관련 신호에서 연이은 전 프리엠 호흡관련 신호를 차감하여 프레임별 호흡 변화량으로써 구하고, 프레임별 호흡 변화량에 기설정된 픽셀의 단위 부피값을 곱하여, 실제의 크기로 환산된 프레임별 호흡 변화량을 구하고, 환산된 프레임별 호흡 변환량을 시간순서에 따라 그래프로 표시하여 호흡 파형을 나타내는, 호흡파형 검출단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 14

제13항에 있어서,

호흡 파형에서 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 검출하고, 검출된 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 이용하여 호흡량 및 호흡수를 계산하는, 호흡수 및 호흡량 검출단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 15

제14항에 있어서, 호흡수 및 호흡량 검출단계는

연산처리부가, 호흡파형 검출단계에서 구하여진 호흡신호를 1차 미분하여 변곡점을 구하고, 변곡점을 이용하여 피크(peak)와 밸리(valley)를 검출하는, 피크 및 밸리 검출단계;

연산처리부가, 피크 및 밸리 검출단계에서 검출된 피크(peak)와 밸리(valley)들에서, 소정 시간간격 동안에, 피크와 밸리가 순차적으로 연이어서 나타나는 피크와 밸리의 쌍의 개수를, 호흡수로서 검출하는, 호흡수 검출단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 16

제15항에 있어서, 호흡수 및 호흡량 검출단계는,

연산처리부가, 피크와 밸리가 순차적으로 연이어서 나타나는 피크와 밸리의 쌍의 진폭을, 피크와 밸리의 쌍이 포함되는 호흡주기의 호흡량으로 검출하는, 호흡량 검출단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 17

제15항에 있어서, 호흡수 및 호흡량 검출단계는,

피크와 밸리가 순차적으로 연이어서 나타나는 피크와 밸리의 쌍으로 호흡주기를 검출하고, 각 호흡주기의 호흡신호를, 연이은 전 호흡주기의 호흡신호에서 차감하여 각 호흡주기별 변화량을 구하고, 각 호흡주기별 변화량을 시간에 따라 합산하여 호흡량으로서 구하는, 호흡량 검출단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 18

제9항에 있어서,

각 호흡주기별 변화량을 시간에 따라 합산시, 연산처리부는 각 호흡주기의 시작점을 기준으로 합산하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법,

청구항 19

제1항 내지 제3항, 제5항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법에 대한 컴퓨터 프로그램 소스를 저장한 기록매체.

청구항 20

깊이 카메라, 상기 깊이 카메라로부터 수신된 피검자의 상체의 깊이 영상을 분석하여 호흡신호를 검출하는 연산처리부를 포함하는 영상분석부를 포함하는 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템에 있어서,

연산처리부는,

깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서, 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는 전처리를, 행하고,

전처리된 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상 배열을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장시키고,

깊이 영상의 차영상 배열에, 형상 사전정보 및 영역정보 함수를 이용하여 레벨 셋을 진행하여 호흡 영역을 분리하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템.

청구항 21

깊이 카메라, 상기 깊이 카메라로부터 수신된 피검자의 상체의 깊이 영상을 분석하여 호흡신호를 검출하는 연산처리부를 포함하는 영상분석부를 포함하는 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템에 있어서,

연산처리부는,

깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서, 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는 전처리를 행하고, 전처리된 연속적인 깊이 영상 배열을 메모리부에 순차적으로 저장하고,

전처리된 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상 배열을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장시키고,

차영상 배열과, 메모리부로부터 수신된 전처리된 연속적인 깊이 영상을 기 학습된 ResU-net(Residual U-net)에 적용하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템.

청구항 22

제20항에 있어서,

레벨 셋을 행하여 호흡 영역을 분리하기 위해, 연산처리부는,

깊이 영상의 차영상 배열에서, 흉곽 및 복부 영역만을 분리하기 위한 형상 사전 정보를 이용하여, 깊이 영상에서 흉곽 및 복부 영역인 몸통영역을 분리하고,

연이은 전 프레임의 호흡관련 영역의 영상을 이용하여 0에서 1사이의 값을 가지는 가중치를 계산하고, 영역정보 함수를 적용한 형상 사전정보에, 상기 가중치를 적용하여, 적응적 영역정보 함수를 검출하고,

차영상 배열에 영역정보 함수 및 CVM(Chan-Vese model, 찬 베세 모델) 기법을 이용하여 차영상의 호흡영역을 분리하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템.

청구항 23

제21항에 있어서,

차영상 배열과, 전처리된 연속적인 깊이 영상을 기 학습된 ResU-net(Residual U-net)에 적용하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는 위해, 연산처리부는,

메모리부로부터 수신된 전처리된 깊이 영상을, 기 학습된 제1 ResU-Net에 입력하고, 제1 ResU-Net으로부터 출력된, 흉곽 및 복부 영역인 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을, 수신하고, 제1 ResU-Net으로부터 수신한 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을 메모리부에 순차적으로 임시저장하고,

몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵에, 차영상을, 픽셀단위로 곱하고,

기학습된 제2 ResU-Net의 입력으로서, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상의 곱을 입력하고, 제2 ResU-Net의 출력으로서, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 세그멘테이션 맵인, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상을 수신하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템.

청구항 24

제22항 또는 제23항 중 어느 한 항에 있어서, 연산처리부는

분리한 호흡 파형에서 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 검출하고, 검출된 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 이용하여 호흡량 및 호흡수를 계산하는 것을 특징으로 하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 깊이(Depth) 카메라를 이용하여 피검자의 호흡시를 촬영하고, 획득된 깊이 영상 배열에서 서로의 차(Difference)를 계산한 차 영상 배열과 영역 정보 함수를 이용하여, 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 적용하여, 깊이 영상에서 호흡에 의해 변화가 존재하는 부분만을 호흡 영역으로 분리하고, 분리된 호흡영역에서 호흡량을 계산하여, 비침습적, 무구속적이며 높은 정확도로, 호흡량을 측정할 수 있는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 폐는 산소를 섭취하고 체내에서 생긴 탄산가스를 배출하는 역할을 한다. 호흡기 질환의 진단을 위해서는 여러 영상검사(CT, MRI, PET, perfusion scan)과, 혈액 검사(동맥혈 가스 검사, 종양지표검사, 일반 혈액검사)등을 시행할 수 있다. 그러나 폐의 기능적인 평가를 위해서는 폐기능 검사만이 현재 유일하게 폐의 기능적인 측면을 객관화한 지표로 평가하는 도구로써 재현성이 검증되어 있다.

[0003] 그 중 폐활량검사는 환자가 최대한 숨을 들이마신 후 내쉴 수 있는 공기량을 측정하는 검사법으로서, 폐기능검사가 어떤 한 질병을 특정하여 진단해주는 것은 아니지만 질환에 따른 고유한 특징적인 양상을 보이므로 질환을 조기에 진단하거나, 임상적 진행을 단계별로 평가하는데 도움을 준다. 또한 측정치의 변화로 질환의 경중의 변화를 반영하여 여러 폐질환에서 임상적 상황들에 대한 해법을 제시 해 주고 치료 전후의 효과 판정이나 치료의 가역성 여부를 판단하는데 도움을 줄 수 있다. 대표적인 예로, 폐기능 검사는 천식이나 만성폐쇄성폐질환

(chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 같은 호흡기질병의 진단에 도움을 주며, 이외에도 호흡기계의 건강상태를 점검하여 이상 유무를 판정하는 방법으로도 활용된다. 여기서 측정하는 주요 지표로는 노력호기 중에 배출되는 유량을 측정하는 노력폐활량(forced vital capacity, FVC)과 FVC 측정 과정 중 처음 1초간에 배출되는 유량을 측정한 1초 노력호기량(forced expiratory volume in one second, FEV1)이 있다. 또한 기관지 확장제 흡입 후 측정치의 변동을 관찰하는 기관지 확장제 검사가 있다.

[0004] 일반적으로, 폐활량 측정기는 기계에 연결된 관의 끝에 있는 마우스피스를 입에 대고 숨을 들이쉬거나 내쉬도록 이루어져 있다.

[0005] 건강인들도 최근에 폐활량 측정기에 대한 관심이 급증하고 있으며, 이미 시판되어 있는 제품들은 기존의 폐기능 검사기를 휴대 가능하게 만든 것으로 기본 작동 원리는 동일하다. 마우스 피스를 물고 노력폐활량을 측정하고, 반복훈련을 통해 호흡능력을 향상시키려는 목적으로 사용한다.

[0006] 그러나, 이러한 폐활량 측정기는 사용상의 제한점이 있다. 예를 들면, 환자의 호흡기매개 전염력을 지닌 병을 진단받은 경우, 마우스피스를 입에 물 수 없는 경우, 협조가 불가능하거나 의식저하인 경우는 폐기능 검사를 진행할 수 없다. 또한 일반적으로 앉아있는 상태에서 검사가 진행되므로, 앉을 수 없는 환자의 경우는 검사가 어려울 수 있다.

[0007] 따라서, 비침습적, 무구속적으로, 호흡량을 측정할 수 있는, 호흡량 측정 시스템이 요망된다.

[0008] 선행기술로, 국내 공개특허 제10-2016-0126238호는 깊이 카메라를 이용한 수면 중 호흡률 모니터링 장치에 대한 것으로, 취침자 흉부의 좌/상단으로부터 150 * 75 픽셀을 ROI(관심영역)로 지정하며, ROI에서 깊이 값의 평균을 구하여 호흡률을 추정한다. 그러나, 이와 같이 관심영역을 지정할 경우, 호흡과 관련되지 않은 부분이 반영되어 정확한 결과를 얻을 수 없으며, 또한, 단순하 깊이 값의 평균을 구하여 호흡률을 추정하는 것만으로는 호흡량 등을 정확하게 알 수 없다.

[0009] 따라서 본 발명은, 비침습적, 무구속적이며, 보다 높은 정확도로, 호흡량을 측정할 수 있는, 호흡량 측정 시스템을 제안한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 깊이(뎁스) 카메라를 이용하여 피검자의 호흡시를 촬영하고, 획득된 깊이 영상 배열에서 서로의 차(Difference)를 계산한 차 영상 배열과 영역 정보 함수를 이용하여, 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 적용하여, 깊이 영상에서 호흡에 의해 변화가 존재하는 부분만을 호흡 영역으로 분리하고, 분리된 호흡영역에서 호흡량을 계산하는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템에서, 획득된 깊이 영상의 전처리과정에서, 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터(Median Filter)와 클리핑(Clipping) 기법을 이용하여 깊이 영상 데이터에서 오류 값을 제거하는 것이다.

[0012] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 깊이 영상에서 호흡에 의해 영향을 받는 영역만을 Level Set 방법을 이용하여 분리하며, Level Set 은 영역 정보 함수와 사전 정보 함수를 결합한 방법 사용하는 것이다.

[0013] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 분리한 호흡 영역을 호흡량 계산식에 적용해 호흡량 파형(Volume Waveform) 계산하고, 호흡량 파형에서 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 찾아 호흡량을 계산하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법의 제1실시예는, 연산처리부가 깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는, 전처리단계; 연산처리부는, 전처리 단계에서 잡음이 제거된 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장하는. 차영상 배열 단계; 차영상 배열 단계에서 구한 차영상에서, 형상 사전정보 및 영역정보 함수를 이용하여 레벨 셋을 진행하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는, 호흡영역 분리단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법의 제2실시예는, 연산처리부가 깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는 전처리를 행하는, 전처리단계; 연산처리부는, 전처리단계에서 잡음이 제거된 연속적인 깊이 영상을 메모리부에 순차적으로 저장하는, 깊이 영상 배열단계; 연산처리부는, 전처리 단계에서 잡음이 제거된 연속적인 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장하는. 차영상 배열 단계;차영상 배열 단계에서 구한 차영상과, 깊이 영상 배열단계에서 메모리부에 저장된 연속적인 깊이 영상을 기 학습된 ResU-net(Residual U-net)에 적용하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는, 호흡영역 분리단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 제1실시예의 호흡영역 분리단계는, 연산처리부가, 흉곽 및 복부 영역인 몸통 영역만을 분리하기 위한 형상 사전정보를 이용하여, 깊이 영상에서 흉곽 및 복부 영역을 분리하는, 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 단계; 연산처리부가, 연이은 전 프레임의 호흡관련 영역의 영상을 이용하여, 0에서 1사이의 값을 가지는 가중치를 계산하고, 영역정보함수를 적용한 형상 사전정보에, 상기 가중치를 적용하여, 적응적 영역정보 함수를 검출하는, 영역정보 함수 획득단계; 연산처리부가, 차영상 배열 단계에서 획득된 차영상에 영역정보 함수 및 CVM(Chan-Vese model, 찬 베세 모델) 기법을 이용하여, 차영상의 호흡영역을 분리하는, 영역 정보 함수를 이용한 레벨 셋 단계;를 포함할 수 있다.

[0017] 제1실시예 또는 제2실시예에서 전처리 단계는 연속적인 깊이 영상들에서, 시간 영역에 따른 각 픽셀의 깊이 값들에서 중간값 필터링을 행하고, 공간 영역에 따른 각 픽셀의 깊이 값들을에서 중간값 필터링을 행하는, 시공간 중간값 필터링 단계; 시공간 중간값 필터링 단계에서 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링된 연속적인 깊이 영상들에서, 시간 영역에 따른 각 픽셀의 깊이 값들에서 시간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행하고, 공간 영역에 따른 각 픽셀의 깊이 값들에서 공간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행하는, 시공간 클리핑 단계; 를 포함할 수 있다.

[0018] 제1실시예의 영역정보함수 획득단계는, 연산처리부가, 형상 사전 정보를 이용하여 분리한 영역에 대해, 부호를 가지는 거리 함수(Signed Distance Fuction, SDF)를 적용하면, 경계선을 0으로서 기준으로 하고, 상기 기준에서 멀어질수록 분리한 영역의 내부 영역은 양수의 값을 가지게 되며, 분리한 영역의 외부 영역은 음수의 값을 가지게 되며, SDF 함수가 적용된 영역에서, 일정한 문턱치를 넘는 값 또는, 소정 크기단위 내의 값을, 같은 값으로 처리하며, 외부 영역을 단위 계단 함수(Heaviside) 함수를 적용하는 것을 포함한다.

[0019] 제2실시예의 호흡영역 분리단계는, 연산처리부는, 메모리부로부터 깊이 영상 배열단계(S130)에서 저장된, 전처리된 깊이 영상을 수신하여, 기 학습된 제1 ResU-Net에 입력하고, 제1 ResU-Net으로부터 출력된, 흉곽 및 복부 영역인 몸통 영역만을 분리한 세그멘테이션 맵을, 수신하는, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계; 연산처리부는, 제1 ResU-Net으로부터 수신한 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을 메모리부에 순차적으로 임시저장하는, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵 배열단계; 연산처리부는, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계에서 출력된, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵에, 차영상 배열 단계에서 구하여진 차영상을, 픽셀단위로 곱하는, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계; 연산처리부는, 기학습된 제2 ResU-Net의 입력으로서, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계에서 출력된, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상의 곱을 입력하고, 제2 ResU-Net의 출력으로서, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 세그멘테이션 맵인, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상을 수신하는, ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할단계;를 포함한다.

[0020] 제1 ResU-Net은, 사전에, 전처리단계에서 잡음이 제거된 깊이 영상들과, 상기 잡음이 제거된 깊이 영상에서 몸통 영역만을 분리한 영상을 레이블로 사용하여, 기계학습된 인공신경망이며, 제2 ResU-Net은, 사전에, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계에서 출력된, 차 영상과, 몸통 영역만을 분리한 영상을, 픽셀단위로 곱한 영상과, 상기 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상을 레이블로 사용하여, 기계학습된 인공신경망이다.

[0021] 제1 ResU-Net의 기계학습시 사용되는 레이블은 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋을 이용하여 레이블 영상이 생성될 수 있으며, 제2 ResU-Net의 기계학습시 사용되는 레이블은 영역정보 함수를 이용한 레벨 셋을 이용하여 레이블 영상이 생성될 수 있다.

[0022] 제2실시예에서 연산처리부는, 카운터의 값이, 기 설정된 차 영상 배열 수와 같은지를 확인하고, 만약 아니면, 카운터를 1증가하고, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계로 되돌아가는, 호흡영역 분리과정

종료여부 판단단계;를 더 포함할 수 있다.

[0023] 제1실시예에서 연산처리부는, 카운터의 값이, 기 설정된 차 영상 배열 수와 같은지를 확인하고, 만약 아니면, 카운터를 1증가하고, 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 단계로 되돌아가는, 호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계;를 더 포함할 수 있다.

[0024] 제1실시예 및 제2실시예에서, 호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계에서, 카운터의 값이, 기 설정된 차 영상 배열 수와 같다면, 연산처리부는, 호흡영역 분리단계단계에서 구하여진, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상들의 프레임들에서, 각 프레임의 호흡영역의 깊이 값을 합산하여 프레임별 호흡관련 신호로써 구하고, 현재의 프레임 호흡관련 신호에서 연이은 전 프리엠 호흡관련 신호를 차감하여 프레임별 호흡 변화량으로써 구하고, 프레임별 호흡 변화량에 기설정된 픽셀의 단위 부피값을 곱하여, 실제의 크기로 환산된 프레임별 호흡 변화량을 구하고, 환산된 프레임별 호흡 변환량을 시간순서에 따라 그래프로 표시하여 호흡 파형을 나타내는, 호흡파형 검출단계; 호흡 파형에서 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 검출하고, 검출된 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 이용하여 호흡량 및 호흡수를 계산하는, 호흡수 및 호흡량 검출단계; 를 더 포함할 수 있다.

[0025] 호흡수 및 호흡량 검출단계는, 연산처리부가, 호흡파형 검출단계에서 구하여진 호흡신호를 1차 미분하여 변곡점을 구하고, 변곡점을 이용하여 피크(peak)와 밸리(valley)를 검출하는, 피크 및 밸리 검출단계; 연산처리부가, 피크 및 밸리 검출단계에서 검출된 피크(peak)와 밸리(valley)들에서, 소정 시간간격 동안에, 피크와 밸리가 순차적으로 연이어서 나타나는 피크와 밸리의 쌍의 개수를, 호흡수로서 검출하는, 호흡수 검출단계;를 포함할 수 있다.

[0026] 호흡수 및 호흡량 검출단계는, 연산처리부가, 피크와 밸리가 순차적으로 연이어서 나타나는 피크와 밸리의 쌍의 진폭을, 피크와 밸리의 쌍이 포함되는 호흡주기의 호흡량으로 검출하는, 호흡량 검출단계;를 포함할 수 있다.

[0027] 호흡수 및 호흡량 검출단계는, 피크와 밸리가 순차적으로 연이어서 나타나는 피크와 밸리의 쌍으로 호흡주기를 검출하고, 각 호흡주기의 호흡신호를, 연이은 전 호흡주기의 호흡신호에서 차감하여 각 호흡주기별 변화량을 구하고, 각 호흡주기별 변화량을 시간에 따라 합산하여 호흡량으로서 구하는, 호흡량 검출단계;를 포함할 수 있다.

[0028] 각 호흡주기별 변화량을 시간에 따라 합산시, 연산처리부는 각 호흡주기의 시작점을 기준으로 합산할 수 있다.

[0029] 본 발명에서의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 방법에 대한 컴퓨터 프로그램 소스를 저장한 기록매체를 특징으로 한다.

[0030] 또한, 본 발명의 제1실시예의 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템은, 깊이 카메라, 상기 깊이 카메라로부터 수신된 피검자의 상체의 깊이 영상을 분석하여 호흡신호를 검출하는 연산처리부를 포함하는 영상분석부를 포함하는 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템에 있어서, 연산처리부는, 깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서, 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는 전처리를, 행하고, 전처리된 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상 배열을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장시키고, 깊이 영상의 차영상 배열에, 형상 사전정보 및 영역정보 함수를 이용하여 레벨 셋을 진행하여 호흡 영역을 분리하는 것을 특징으로 한다.

[0031] 또한, 본 발명의 제2실시예의 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템은, 깊이 카메라, 상기 깊이 카메라로부터 수신된 피검자의 상체의 깊이 영상을 분석하여 호흡신호를 검출하는 연산처리부를 포함하는 영상분석부를 포함하는 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템에 있어서, 연산처리부는, 깊이 카메라로부터 피검자의 상체의 깊이 영상 배열을 수신하고, 수신된 깊이 영상 배열들에서, 임펄스 노이즈를 포함하는 잡음을 제거하는 전처리를 행하고, 전처리된 연속적인 깊이 영상 배열을 메모리부에 순차적으로 저장하고, 전처리된 깊이 영상 배열의, 각 프레임의 각 화소의 깊이 값에서, 시간적으로 연이은 전 프레임에서 해당 화소의 깊이 값의 차를, 차감하여 차영상 배열을 구하여, 메모리부에 순차적으로 저장시키고, 차영상 배열과, 메모리부로부터 수신된 전처리된 연속적인 깊이 영상을 기 학습된 ResU-net(Residual U-net)에 적용하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 제1실시예의 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템에서 레벨 셋을 행하여 호흡 영역을 분리하기 위해, 연산처리부는, 깊이 영상의 차영상 배열에서, 흉곽 및 복부 영역만을 분리하기 위한 형상 사전 정보를 이용하여, 깊이 영상에서 흉곽 및 복부 영역인 몸통영역을 분리하고, 연이은 전 프레임의 호흡관련 영역의 영상을 이용하여 0에서 1사이의 값을 가지는 가중치를 계산하고, 영역정보함수를 적용한 형상 사전정보에, 상기 가중치를 적용하여,

적응적 영역정보 함수를 검출하고, 차영상 배열에 영역정보 함수 및 CVM(Chan-Vese model, 찬 베세 모델) 기법을 이용하여 차영상의 호흡영역을 분리한다.

[0033] 제2실시예의 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템에서 차영상 배열과, 전처리된 연속적인 깊이 영상을 기 학습된 ResU-net(Residual U-net)에 적용하여, 차영상의 호흡 영역을 분리하는 위해, 연산처리부는, 메모리부로부터 수신된 전처리된 깊이 영상을, 기 학습된 제1 ResU-Net에 입력하고, 제1 ResU-Net으로부터 출력된, 흉곽 및 복부 영역인 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을, 수신하고, 제1 ResU-Net으로부터 수신한 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을 메모리부에 순차적으로 임시저장하고, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵에, 차영상을, 픽셀단위로 곱하고, 기학습된 제2 ResU-Net의 입력으로서, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상의 곱을 입력하고, 제2 ResU-Net의 출력으로서, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 세그멘테이션 맵인, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상을 수신한다.

발명의 효과

[0034] 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템은, 깊이(뎁스) 카메라를 이용하여 피검자의 호흡시를 촬영하고, 획득된 깊이 영상 배열에서 서로의 차(Difference)를 계산한 차 영상 배열과 영역 정보 함수를 이용하여, 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 적용하여, 깊이 영상에서 호흡에 의해 변화가 존재하는 부분만을 호흡영역으로 분리하고, 분리된 호흡영역에서 호흡량을 계산하여, 비침습적, 무구속적으로, 정확하게 호흡량을 획득할 수 있다.

[0035] 또한, 본 발명은 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템에서, 획득된 깊이 영상의 전처리과정에서, 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터(Median Filter)와 클리핑(Clipping) 기법을 이용하여 깊이 영상 데이터에서 오류 값을 제거한다.

[0036] 또한, 본 발명은 깊이 영상에서 호흡에 의해 영향을 받는 영역만을 Level Set 방법을 이용하여 분리하며, Level Set 은 영역 정보 함수와 사전 정보 함수를 결합한 방법 사용한다.

[0037] 또한, 본 발명은 분리한 호흡 영역을 호흡량 계산식에 적용해 호흡량 파형(Volume Waveform) 계산하고, 호흡량 파형에서 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 찾아 호흡량 계산한다.

[0038] 따라서 본 발명에서는 오류 값을 제거하고, 호흡에 의해 영향을 받는 영역만을 추출하여, 호흡량을 계산하기 때문에, 비침습적, 무구속적이면서, 보다 정확하게 호흡량을 검출할 수 있다.

[0039] 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템은 비침습적인 방법으로 환자의 호흡패턴, 일회 호흡용적, 노력 폐활량, 약물 전후 치료의 효과 비교, 호흡재활치료를 가능하게 할 수 있다.

[0040] 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템의 사용 가능성 있는 영역으로 첫째, 폐기능 검사를 시행할 수 없는 환자들에게 폐기능 검사를 대체할 수 있는 검사로 사용 가능하다. 마우스피스를 물 수 없는 기관지 절개 환자, 앉아 있을 수 없는 환자, 메르스등의 호흡기매개 전염병으로 치료중인 환자 등 기존에 방법으로는 폐기능 검사가 불가능 했던 환자들에게 비접촉 비침습적, 상대적으로 저렴한 비용으로 폐기능 검사를 대신 할 수 있다.

[0041] 둘째, 진정하 시술을 받는 환자들에게 호흡 모니터링을 위한 목적으로 사용 가능하다. 위장관 내시경 시술, 30분 이상 영상을 얻어야 하는 MRI 등의 이미지 검사 등 최근 의료분야에서는 환자의 편안함과 시술의 용이함을 목적으로 모니터링 하 진정제를 투약하는 빈도가 증가하고 있다. 과진정으로 인한 호흡저하를 모니터링하기 위해 말초 동맥 산소 포화도를 측정하고 있으나, 정확도와 신속도가 떨어져서 모니터링의 한계가 있다. 본 발명으로 비침습적으로 실시간 호흡을 모니터링할 수 있어 환자 안전 측면에서 도움이 될 수 있다.

[0042] 셋째, 의료분야에서 호흡근의 능력이 감소되어 호흡재활치료가 필요한 경우, 정량적으로 호흡을 측정하는 것이 도움이 될 수 있다. 특히 본 발명을 재활 운동 장비, 모바일 기기에 접목하여, 호흡재활 치료 시 biofeedback을 통해 운동의 효과를 증진시키는데 사용할 수 있으며, 장소의 제약이 없어, 재택 치료 모니터링 시스템에도 활용 가능성이 있다.

[0043] 넷째, 호흡기 질환의 진단의 스크리닝 도구로서 활용 가능성이 있다. 현재 국민 건강 보험 건강검진 항목에는 진찰, 상담, 흉부방사선촬영 외에는 호흡기 질환을 스크리닝 할 수 있는 검사가 없다. 본 기술의 알고리듬을 분석하여 질병 진단 전 단계에서 환자를 스크리닝 하는데 사용할 수 있다.

[0044] 또한, 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템은 의료 환경 외에도 일반인을 대상으로 하는 헬쓰

디바이스 개발에도 활용 가능하다. 최근 대형 인명 사고로 이어진 광역버스 졸음 운전 사고 이후, 졸음운전 방지 장치가 다시 세간의 주목을 받고 있다. 본 발명을 이용하면, 운전자의 호흡 패턴을 분석하고 모니터링 목적으로서 활용 또한 가능하다.

[0045] 또한, 매일 일기예보에서 미세먼지지수를 발표하는 환경에 살면서 현대인들은 호흡기 질환 이환과 악화를 염려할 뿐 아니라, 호흡 능력을 향상시키기 위해서 여러 관심을 기울이고 있다. 미밴드등 피트니스 밴드가 헬스시장에서 저변을 확대하고 있어 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템을 연동하면 운동 전 중 후 폐활량을 측정하는데 이용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0046] 도 1은 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템을 개략적으로 설명하기위한 개념도이다.

도 2는 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 블럭도이다.

도 3는 도 2의 연산처리부에서 시간 영역에서의 데이터 전처리를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 2의 연산처리부에서 공간 영역에서의 데이터 전처리를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 형상 사전정보를 설명하기 위한 도면이다.

도 6는 도 2의 연산처리부에서 CVM과 영역 정보 함수를 이용한 레벨 셋 방법을 적용하여 호흡 영역의 분할을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 도 2의 연산처리부에서 호흡관련 영역을 이용한 영역정보함수를 설명하기 위한 설명도이다.

도 8은 도 2의 연산처리부에서 호흡관련 영역을 이용한 영역정보함수의 생성과정을 설명하기 위한 설명도이다.

도 9는 도 2의 영상분석부에서 깊이 카메라로부터 수신된 깊이 영상을 이용하고 등위 집합(Level Set) 방법을 적용하여 호흡량을 검출하는 방법을 개략적으로 설명하는 흐름도이다.

도 10은 도 9의 호흡영역 분리단계를 설명하는 흐름도이다.

도 11은 기존 방법의 호흡영역분리의 예와, 본 발명의 호흡영역 분리의 예를 나타낸다.

도 12는 정상적(momal) 환경에서 기존 방법의 호흡영역분리 방식, 본 발명의 호흡영역분리 방식 및 호흡기(ventilator)를 각각 적용한 경우의 호흡량 파형의 비교예이다.

도 13는 팔 움직임이 있는 환경에서 기존 방법의 호흡영역분리 방식, 본 발명의 호흡영역분리 방식 및 호흡기(ventilator)를 각각 적용한 경우의 호흡량 파형의 비교예이다.

도 14는 ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할과정을 설명하기 위한 설명도이다.

도 15는 ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할과정을 설명하기 위한 설명도이다.

도 16은 도 2의 영상분석부에서 깊이 카메라로부터 수신된 깊이 영상을 이용하고 ResU-net(Residual U-net) 방법을 적용하여 호흡량을 검출하는 방법을 개략적으로 설명하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0047] 이하, 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템을 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0048] 도 1은 본 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡량 측정 시스템을 개략적으로 설명하기위한 개념도이고, 도 2는 발명의 깊이 카메라를 이용한 호흡 측정 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 블럭도이다.

[0049] 도 1의 (a)는 피검자(50)가 누워있는 상태에서 호흡량 측정 시스템을 이용하여 호흡을 측정하는 것을 나타내며, 도 1의 (b)는 피검자(50)가 앉아있는 상태에서 호흡량 측정 시스템을 이용하여 호흡을 측정하는 것을 나타낸다.

[0050] 도 1에서는 누워있거나 앉아 있는 경우의 호흡을 측정하고 있으나, 이로써 본 발명을 한정하기 위한 것이 아니며, 피검자의 상반신을 연속적으로 촬영할 수 있는 자세라면 어떠한 자세라도 상관없다.

[0051] 피검자(50)는 깊이 카메라(100)의 정면에서 앉은 자세 또는 누은 자세로 호흡을 행하며, 깊이 카메라(100)에서 호흡하는 것을 촬영하여 얻은 깊이 영상을 영상분석부(200)로 전송한다.

[0052] 깊이 영상은 16 frame 속도로 깊이 카메라(100)에서 측정된다. 즉, 1초에 16장의 깊이 영상이 획득되므로 영상

의 개수는 촬영 시간이 길어질수록 증가하게 된다.

[0053] 영상분석부(200)의 연산처리부(210)는, 깊이 영상들을, 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터(Median Filter, 메디안 필터)와 클리핑(Clipping) 기법을 이용하여 깊이 영상 데이터에서 오류 값을 제거하는 전처리 과정을 거친다. 즉, 시간 영역에서 중간값 필터링과 클리핑(Clipping)을 행하며, 또한, 공간 영역에서 중간값 필터링과 클리핑(Clipping)을 행한다. 이는 공간 영역에서 중간값 필터링과 클리핑(Clipping)을 행하고, 시간 영역에서 중간값 필터링과 클리핑(Clipping)을 행하여도 상관없다.

[0054] 깊이 카메라를 이용하여 사람이 호흡하는 것을 촬영하여 시간에 따른 연속적인 깊이 영상을 획득하게 된다.

[0055] 이렇게 연속적인 깊이 영상에서 특정 픽셀 A에서 깊이 값을 시간에 따라 순차적으로 표시하게 되면, 특정 픽셀(예를들어 도 3의 A)에 대한 시간에 따른 깊이 값들의 데이터들을 얻을 수 있다. 다시말해, 시간이 지남에 따라 같은 영역의 픽셀값(즉, 깊이값)을 차례대로 저장한다. 즉, 특정 픽셀에 대한 시간에 따른 깊이 값들의 데이터들이, 나열되어 저장되고, 이 저장된 데이터(즉, 특정 픽셀에 대한 시간에 따른 깊이 값들의 데이터)에서, 기설정된 소정 크기의 윈도우를 사용하여, 중간값 필터를 통해 중간값 필터링, 즉, 시간영역에서의 중간값 필터링을 행하고, 시간영역에서의 중간값 필터링이 행하여진 결과에서 임펄스 등을 제거하는 클리핑, 즉, 시간영역에서의 클리핑을 행한다.

[0056] 또한, 시간영역에서 클리핑된 연속적인 깊이 영상 각각에서, 각 픽셀에 대한 깊이값(즉, 각 픽셀의 값)들에서, 기설정된 소정 크기의 윈도우를 사용하여, 중간값 필터를 통해 중간값 필터링, 즉, 공간영역에서의 중간값 필터링을 행하고, 이렇게 공간영역에서의 중간값 필터링이 행하여진 결과(즉, 영상)에서 임펄스 등을 제거하는 클리핑,즉, 공간영역에서의 클리핑을 행한다.

[0057] 여기서, 중간값 필터(Median Filter)는 시간적으로 또는 공간적으로 배열된 픽셀(영상소)들에서, 소정 크기의 윈도우를 가지고, 다시말해 시간적 또는 공간적으로 배열된 윈도우 크기에 따라 기설정된 소정 개수의 픽셀들에서, 소정 픽셀(영상소)의 주변의 중앙 값을 계산하고, 계산된 중앙값 픽셀(영상소)을 대표 밝기 값으로 하여 손상되거나 잃어버린 각 픽셀(영상소)의 점에 적용하는 것으로, 이는 네이버 지식백과 등에 공지된 것으로 보다 상세한 설명은 생략한다.

[0058] 여기서, 클리핑은 시간 또는 공간영역에서의 중간값 필터링이 행하여진 결과인, 시간 또는 공간영역에서의 픽셀들의 깊이값들에서, 기설정된 소정 크기 이상의 임펄스들을 제거한다.

[0059] 도 3은 도 2의 연산처리부에서 시간 영역에서의 데이터 전처리(즉, 중간값 필터링 및 클리핑)를 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 도 2의 연산처리부에서 공간 영역에서의 데이터 전처리를 설명하기 위한 도면이다.

[0060] 도 3의 (a)는 깊이 카메라를 이용하여 사람이 호흡하는 것을 촬영하되, 시간에 따라 연속적으로 촬영된 깊이 영상을 나타낸다. 도 3의 (b)는 도 3의 (a)의 시간에 따른 깊이 영상들에서, 특정 픽셀(A)의 깊이값을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 도 3의 (c)는 도 3의 (b)에서 특정 픽셀(A)의 깊이 값을 시간에 따라 나타낸 그래프이다.

[0061] 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링에 대해 부연 설명하면, 깊이 카메라를 이용하여 사람이 호흡하는 것을 촬영하면 시간에 따른 연속적인 깊이 영상을 도 3의 (a)와 같이 획득하게 된다. 이때 획득한 깊이 영상에는 오류 값들이 포함되어 있다. 이를 제거하기 위해서 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터와 클리핑 기법을 이용하여 오류값을 제거해 주게 된다. 예를들어, 도 3의 (a)의 연속적인 깊이 영상에서 특정 픽셀 A에서 깊이 값을 시간에 따라 표시하게 되면 도 3의 (b)와 같이 표시한다. 시간 영역에서의 중간값 필터링은, 특정 픽셀 A에서 깊이 값을 시간에 따라 표시하게 된 값들에서 소정 크기의 윈도우를 씌우서, 상기 윈도우내에서 크기순으로 정렬하고, 정렬된 값중 중간값을 구하여, 상기 윈도우 내의 값들을 상기 중간값으로 한다. 시간 영역에서의 데이터 전처리 시에 중간값 필터를 이용하여 모든 픽셀에 대하여 해당 픽셀 위치의 깊이 값의 변화를 나타내는 1차원 신호, 즉 도 3의 (b)와 같은 신호를 중간값 필터링 처리해주는 것을 말하며, 필터링 처리 시, 상기 신호, 즉, 도 3의 (b)와 같은 신호에서 보이는 임펄스 노이즈가 제거되어 도 3의 (c)와 같이 노이즈 값이 제거된 신호를 획득하게 되며, 이 신호는 호흡에 따른 깊이 영상의 변화를 나타내므로, 여기서 이 신호를 호흡신호라 한다. 시간 영역에서는 시간에 따른 깊이 값의 변화를 나타내고 있다면, 공간 영역의 경우는 특정 시점의 깊이 영상에 2차원 메디안 필터를 적용하여 영상의 공간상의 오류 값을 제거해 주는 것이다.

[0062] 클리핑은 시간 및 공간 영역 필터링에서의 중간값 필터링 처리에서 제거되지 않은 오류 값을 0으로 만들어주는 것을 말한다. 오류 값의 경우 도 3의 (b)에서 볼 수 있듯이 매우 큰 깊이 값(예를들어 12000㎜ 등)을 가지게 된다. 이러한 오류 값을 시간 및 공간 영역에서의 중간값 필터링을 해준 이후에, 제거되지 않은 오류 값을 검출하

여 0으로 값을 대신 채워준다.

[0063] 영상분석부(200)의 연산처리부(210)는, 전처리 과정을 통해 전처리된 영상들, 즉 깊이 영상들을 차례대로(배열하여) 메모리부(220)에 임시 저장한다.

[0064] 또한, 영상분석부(200)의 연산처리부(210)는, 전처리 과정을 통해 전처리된 영상들에서, 시간적으로 연이은 영상들에서 소정 화소의 깊이 값의 차, 즉, 현재의 영상에서 화소의 깊이 값에서, 연이은 전의 영상의 해당 화소의 깊이 값을, 차감하여 차영상들을 구하여 메모리부(220)에 임시 저장한다.

[0065] 그리고, 영상분석부(200)의 연산처리부(210)는 전처리과정에 의해 전처리된 깊이 영상에서 호흡에 의해 영향을 받는 영역만을 분리하는 데. 이는 호흡영역 분리과정이라 할 수 있다. 호흡영역 분리과정은, 등위 집합(Level Set) 방법을 이용하여 분리하는 방법과, ResU-net(Residual U-net, 잔류 U-net)을 이용하여 분리하는 방법이 있다.

[0066] 우선, 등위 집합(Level Set) 방법을 이용한 호흡영역 분리과정을 설명한다.

[0067] 즉, 전처리과정에 의해 전처리된 깊이 영상에서 호흡에 의해 영향을 받는 영역만을 등위 집합(Level Set) 방법을 이용하여 분리한다. 이 호흡영역 분리과정은, 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 과정과, 적응적 영역 정보 함수 생성과정과, 영역기반 정보를 이용한 레벨 셋 과정을 순차적으로 진행한다.

[0068] 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 과정을 설명하면, 전처리 과정 후에, 기 저장된 형상 사전 정보(즉, 일정한 형태의 몸통 형태의 형상)를 이용하여 깊이 영상에서 흉곽 및 복부 영역을 분리하는 레벨 셋을 진행한다. 이렇게 함으로써 호흡관련 영역, 즉, 흉곽 및 복부 영역만을 분리하여 메모리부(220)에 저장한다. 즉, 형상 사전 정보를 이용한 레벨 셋 방법은 미리 일정한 형태의 몸통 형태의 형상을 입력으로 주고 이를 이용하여 깊이 영상에서 흉곽과 복부 영역을 분리한다.

[0069] 여기서, 형상 사전 정보는 도 5와 같이 호흡에 의해 변화가 일어나는 가슴과 복부를 포함한 영역을 나타내며, 이는 공장 출하시 저장된 정보이거나, 사용초기에 사용자가 저장한 정보일 수 있다. 도 5의 (a)는 형상 사전 정보의 일예로, 흉곽과 복부(즉, 몸통)을 나타내는 형상을 제외한 부분은 검정색으로 이루어진 영상이다. 도 5의 (b)는 형상 사전 정보의 적용을 설명하기 위한 도면이다.

[0070] 다음으로, 적응적 영역 정보 함수 생성과정을 설명하면, 연이은 전 호흡관련 영역의 영상을 읽어들이고 이를 이용하여 가중치를 계산하고, 영역정보함수를 적용한 형상 사전정보에 상기 가중치를 반영하여, 적응적 영역정보 함수를 검출한다.

[0071] 여기서, 영역정보 함수의 적용은, 소정 영상에 대해, 부호를 가지는 거리 함수(Signed Distance Fuction, SDF)를 적용하여, 경계선을 0으로 기준으로 하고, 상기 기준에서 멀어질수록 내부 영역은 양수, 외부 영역은 음수의 값을 가지게 하며, 이렇게 SDF 함수가 적용된 영역의 영상에서, 일정한 문턱치를 넘는 값(또는, 소정 크기단위 내의 값)을 같은 값으로 처리한 후, 외부 영역을 단위 계단 함수(Heaviside) 함수를 사용하여, 일정하게 감소하는 값을, 급격한 기울기를 가지고 감소하도록 변형한다.

[0072] 여기서, 가중치는 0 내지 1 사이의 값으로, 사용자에 의해 경험적으로 정해지는 값이다. 예를들어, 현 호흡관련 영역의 영상관련 가중치(예로 a라 하면)와 전 호흡관련 영역의 영상관련 가중치(예로 1-a)를 합하여 1이 되도록 할 수 있다.

[0073] 그 다음으로, 영역기반 정보를 이용한 레벨 셋 과정을 설명한다. 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 과정을 통해 분리한 흉곽 및 복부 영역 영상에서 실제로 호흡에 의해 깊이 값의 변화가 일어나는 영역만을 분리하기 위해 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 사용한다. 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋은 깊이 영상에 적용하는 것이 아닌, 깊이 영상의 차를 계산한 영상에 적용한다. 즉, 상술한 차영상에, 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 적용하여, 호흡관련 영역(즉, 호흡에 의해 깊이 값의 변화가 일어나는 영역)만을 추출하여 메모리부(220)에 저장된다. 여기서 레벨 셋(Level Set)은 영역 정보 함수와 사전 정보 함수를 결합한 방법을 사용한다. 이렇게 분할한 호흡 영역은 다음 차(Difference) 영상에서 호흡 영역을 분할할 때 사전 정보로 사용되어 영역 정보 함수를 생성할 때 가중치를 반영하여 적응적 영역 정보 함수를 생성하게 된다.

[0074] 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법은 형상 사전 정보를 이용한 레벨 셋을 이용해 분리한 호흡 관련 영역을 이용하여, 상술한 영역 정보함수를 에너지 함수에 추가하게 된다.

[0075] 도 6는 도 2의 연산처리부에서 CVM(Chan & Vese model)과 영역 정보 함수에 따른 영역 기반 레벨 셋 방법을 적

용하여 호흡 영역의 분할을 설명하기 위한 도면이다.

[0076] 도 6의 (a)는 흉곽 및 복부의 깊이 영상의 차를 구한 영상, 즉, 차 영상이다. 도 6의 (a)의 차 영상은, 깊이 값의 변화가 크게 일어나는 영역은 흰색으로 표시되고 변화가 작은 영역은 검은색으로 표시된다. 도 6의 (a)의 영상에서 호흡 관련 영역 내부에 호흡에 의해 변화하는 영역만을 추출해야 하는 데, 도 6의 (b)는 도 6의 (a)의 영상에 CVM(Chan & Vese model, 찬 베세)의 기법을 적용시켜 호흡 영역을 분리한 결과의 일예다. 도 6의 (c)와 (d)는 도 6의 (a)의 영상에 CVM(Chan & Vese model, 찬 베세)의 기법을 적용시켜 호흡 영역을 분리하되, 영역 기반 정보의 내부 함수를 다르게 하여 호흡 영역을 분할한 결과들이다.

[0077] 도 6의 (c) 내지 (d)에서와 같이, 호흡 관련 영역 내부에서 호흡에 의해 변화가 일어나는 영역만을 분리한 것을 볼 수 있다. 즉, 형상 사전 정보를 이용한 레벨 셋 방법으로 분리한 호흡 관련 영역을 이용하여 영역 정보 함수를 만들게 되고 이를 이용하여 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 적용하여 호흡 영역을 분리하게 된다.

[0078] 화상의 세그멘테이션 레벨 셋 법의 실장(Chan-Vese)은, 레벨 셋 법을 이용하여 화상의 세그멘테이션을 행하는 것으로, 여기서 세그멘테이션은 화상(이미지)에서 주목받는 영역을 잘라내는 것으로, 레벨 셋(Level set)법은, Osher와 Sethean에 의해 개발된, 세그멘테이션의 틀이다. 이 틀에서, 영역의 내부, 외부를 레벨 셋 함수라 불리는 음(陰)함수 ϕ의 부호에 의해 다음과 같이 표현된다.

$$\phi(r,t) < 0 \quad r \in \Omega$$

$$\phi(r,t) = 0 \quad r \in \partial\Omega$$

$$\phi(r,t) > 0 \quad r \notin \Omega$$

[0079]

[0080] 여기서, r은 픽셀위치(좌표의 거리)이고, t는, CVM의 기법, 즉 찬 베세 알고리즘의 반복회수로, 시간적인 개념을 가지므로, 시간을 나타낸다고도 할 수 있다. 또한, Ω은 분할하고자 하는 영역, 즉, 호흡관련 영역의 경계(즉, 포물선 또는 찬 베세 알고리즘의 포물선)이다. 즉, 시간 t에서 픽셀위치 r에 위치한 화소의 레벨셋 함수 $\phi(r, t)$는 픽셀위치 r이 호흡관련 영역 Ω 내에 속하면 0보다 작은 값(음의 값)을 가지며, 픽셀위치 r이 호흡관련 영역 Ω의 경계선이면 0의 값을 가지며, 픽셀위치 r이 호흡관련 영역 Ω에 속하지 않으면(즉, Ω의 외측에 속하면) 0보다 큰값(양의 값)을 갖는다.

[0081] 이미지 영역에서 형상 사전 정보는 수학식 1과 같이 기존의 Chan-Vese의 레벨 셋 방법의 에너지 항에 형상 사전 정보 에너지 항을 추가함으로써 레벨 셋 방법에 적용이 되는 것이다. 즉, 이미지 영역에서 형상 사전 정보를 적용한 경우에 레벨셋 함수 ϕ에 따른 전체 영상의 에너지($E_{total}(\phi)$)는 수식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0082]
$$E_{total}(\phi) = E_{cv}(\phi) + aE_{shape}(\phi) = E_{cv}(\phi) + ad^2(\phi, \phi_0)$$

[0083] 여기서, ϕ는 흉부 및 복부의 깊이 영상에서 현재 시점의 분할 곡선이고, ϕ_0가 입력된 형상 사전 정보이고, $E_{cv}(\phi)$는 기존의 Chan-Vese의 레벨 셋 방법으로 분할된 영상의 에너지(즉, Chan-Vese의 레벨 셋 방법에 의한 영상의 에너지 항)이고, $E_{shape}(\phi)$는 형상 사전 정보 에너지(즉, 형상 사전 정보 에너지 항)이며, a는 가중치이다. $d(\phi, \phi_0)^2$는 흉부 및 복부의 깊이 영상에서 현재 시점의 분할 곡선과 형상 사전 정보의 모양(shape)의 거리 함수를 나타내며, 즉, $d(\phi, \phi_0)$는 흉부 및 복부의 깊이 영상에서 현재 시점의 분할 곡선과 형상 사전 정보의 모양(shape)의 거리 를 나타낸다. 수학식 1에서와 같이, 형상 사전 정보 항에 가중치 a가 곱해진 형태의 식으로 나타내어져 있다. 가중치 a에 값을 큰값을 부여하거나, 아니면 작은값을 부여하느냐에 따라 기존 Chan-Vese의 방법이 주는 에너지가 크게 적용되기도 하고 작게 적용되기도 한다.

[0084] $d(\phi, \phi_0)^2$는 수학식 2와 같이 나타내진다.

수학식 2

[0085] $$d^2(\phi(\vec{x}),\phi_0(\vec{x})) = \int_{\Omega}(H(\phi(\vec{x})) - H(\phi_0(\vec{x})))^2 d\vec{x}$$

[0086] 여기서, $\vec{x}$ 는 분할곡선에서 해당 픽셀 위치(픽셀 좌표)이며, $\phi(\vec{x})$ 는 현재시점의 분할곡선을 나타내며, $\phi_0(\vec{x})$ 는 입력한 형상 사전정보의 분할곡선을 나타낸다.

[0087] 또한, 스텝 함수(즉, H(x))는 다음과 같이 정의할 수 있다.

[0088] $$H(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0089] H(x)는 각 영상의 내부영역만 발췌하여 뺀 것을 말한다.

[0090] 수학식 2에서와 같이, ϕ_0가 입력된 형상 사전 정보이고 ϕ가 현재 시점의 분할 곡선이다. 현재 분할 곡선과 형상 사전 정보의 형태가 같은 경우 형상 사전 정보 항의 에너지가 발생하지 않는다. 분할 곡선과 형상 사전 정보의 형태가 다른 경우 에너지가 발생해 분할 곡선이 에너지를 발생시키는 형태로 변형되며, 즉, 이 경우에, 분할 곡선이 형상사전 정보와 같도록 에너지를 발생시키는 형태로 변형된다. 이 분할곡선의 형태를 반복적으로 변형시킴으로써 입력한 형상 사전 정보의 형태와 비슷한 형상을 분할하게 된다. 즉, 획득한 깊이 영상에, 입력한 형상 사전 정보를 이용하여 형상 사전 정보를 이용한 레벨 셋 방법으로 호흡 관련 영역을 분리한다.

[0091] 본 발명에서, 전처리 과정을 거친 깊이 영상에서 호흡에 의해 영향을 받는 영역만을 등위 집합(Level Set) 방법을 이용하여 분리하되, 등위 집합(Level Set) 방법은 영역 정보 함수와 사전 정보 함수를 결합한 방법을 사용하는, 호흡영역 분리과정을 거친다.

[0092] 일반적으로, 등위 집합(level set)는, 주어진 사상(寫像)이 정해진 값을 얻도록 하는 정의역에 속하는 원전체가 이루는 집합을 말한다. 예를 들면, n-변수의 실수치 함수 f에 대해, 실수치 c에 대한 등위 집합은 Lc(f)= {(x1,…,Xn) | f(x1,…,Xn) =c} 로 주어진다. 2 변수의 경우에는, 등위 집합은 곡선을 그려, 등위 곡선(level curve), 등고선(contour line), 등치선(isoline) 등으로 불리며, 3 변수 때의 등위 집합은, 등위 곡면(level surface), 등치면(isosurface)이라고 말하며, 또 한층 더 고차원의 경우를 등위초곡면(level hypersurface)이라고 부른다.

[0093] 또한, CVM(Chan & Vese model)과 영역 정보 함수에 따른 영역 기반 레벨 셋 방법을 적용하여 소정 영역의 분할에 대해서는, 이미 공지된 기술로, 보다 상세한 설명은 생략한다. 예를들어, Siqi Chen, Radke R.J에 의해, 2009년 IEEE에서 발표한 "Level set segmentation with both shape and intensity priors"에 공지되어 있다.

[0094] 본 발명은, 깊이 영상에서 호흡에 의해 영향을 받는 영역만을 Level Set 방법을 이용하여 분리하는 것이다. 일반적으로, 신체에서 호흡에 관련된 주요 신체 부위는 기도, 폐, 및 폐에 연결된 혈관, 그리고 호흡에 연관된 근육이다. 이 기관중에서 호흡에 연관된 근육은 카메라에서 관측할만한 변화를 일으키게 된다. 호흡에 연관된 근육은 횡격막, 늑간근, 그리고 호흡을 보조하는 근육들이 있다. 호흡 과정 중 흡기의 시작 시점에 흉강은 횡격막과 늑간근의 수축에 의해서 커진다. 돔 모양의 횡격막이 수축될 때 그 모양이 평평하게 되고 늑간근은 갈비뼈를 들어 올려 흉곽의 부피를 팽창시킨다. 이때 횡격막이 수축되어 평평하게 되면서 복강의 장기들이 일부 밀려나게 된다. 밀려난 장기들은 등에 있는 척추와 아래쪽의 골반뼈가 버티고 있으므로 옆구리와 배 쪽으로 밀려나 복부가 부풀어 오르게 된다. 반대로 호기에는 늑간근이 이완하여 늑골이 내려가고 횡격막도 이완하여 본래대로 올라가 흉강의 부피가 줄어들고 횡격막의 수축에 의해 부풀어 올라있던 복부도 원래대로 돌아오게 된다. 호흡 과정에서 이러한 부피의 변화는 깊이 카메라에서 관측이 가능할만한 변화를 보이게 된다. 따라서 본 발명에서는 깊이 영상에서 호흡에 연관된 근육에 의해 부피가 변하게 되는 흉곽과 복부 영역을 호흡 관련 영역으로 정의한다.

[0095] 적응적 영역 정보 함수에 대해 부연 설명하면, 도 7은 도 2의 연산처리부에서 호흡관련 영역을 이용한 적응적 영역정보함수를 설명하기 위한 설명도이고, 도 8은 도 2의 연산처리부에서 호흡관련 영역을 이용한 영역정보함

수의 생성과정을 설명하기 위한 설명도이다.

[0096] 도 8의 (a)의 좌측 좌표는 등위 정도를 나타내며, 즉, 형상사전 정보를 이용한 레벨 셋 분할 방법을 적용한 결과로, 1로 표시된 영역이 분리된 영역이다. 여기서 부호를 가지는 거리 함수(Signed Distance Fuction, SDF)을 사용하게 되면 도 8의 (a)의 경계선을 0으로 기준으로 잡고 기준에서 멀어질수록 내부 영역은 양수, 외부 영역을 음수의 값을 가지게 된다. 이를 표현한 것이 도 8의 (b)이다. 도 8의 (b)에서 내부 영역에서 일정 문턱치 값을 넘는 값은 같은 값으로 처리해준 결과가 도 8의 (c)이다. 도 8의 (d)는 외부 영역을 Heaviside 함수를 사용해 일정하게 감소하는 값을 급격한 기울기를 가지고 감소하도록 변형한 결과로 도 8의 (d)가 최종적 영역 정보 함수로 사용된다. 도 8의 (d)에서 양의 값을 가진다는 의미는 호흡에 관련된 영역으로 간주해 레벨 셋 분할을 실시 할 때 호흡 영역으로 분리하도록 힘을 받게 한다는 의미이다. 도 8의 (d)를 보면 분리한 호흡 관련 영역은 양의 값을 가지게 되고 그 외부값은 호흡 관련 영역과 멀어질수록 큰 음의 값을 가지게 된다.

[0097] 차 영상을 보게 되면 호흡 영역을 제외한 다른 영역에도 팔의 움직임이나 노이즈에 의해 깊이 값의 차가 발생하여 흰색으로 표시되는 것을 볼 수 있다. Chan&Vese의 방법으로 분할 시 이런 영역을 다 분할하지만 도 8의 (d)를 이용하여 영역 기반 정보 함수를 이용한 레벨 셋 분할을 할 경우 외부 영역을 제외한 내부 영역을 분할하고 Chan&Vese의 에너지 함수와 결합되어 내부 영역에서 변화가 없는 곳은 분할 영역에서 제외하게 된다.

[0098] 본 발명은 깊이 영상 배열에서 서로의 차(Difference)를 계산한 차 영상 배열과 영역 정보 함수를 이용하여 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 적용하며, 결과적으로, 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 통해, 깊이 영상에서 호흡에 의해 영향을 받은 영역인 호흡 영역을 분리하게 된다. 즉, 본 발명에서, 형상 사전 정보를 이용한 레벨 셋 방법은, 위에서 정의한 호흡 관련 영역인 가슴과 복부 영역을 분리한다는 의미이고, 호흡 영역은 실제 호흡을 하면서 부피의 변화가 발생한 영역으로 깊이 영상에서는 이러한 변화가 깊이 값의 변화로 나타나게 된다. 따라서 시계열에 따라 깊이 영상의 차 영상을 계산하게 되면 부피의 변화가 있는 곳은 흰색으로 표시되고 부피 변화가 없는 곳은 검은 색으로 표시된다. 하지만, 도 6의 (a)에서와 같이, 노이즈와 팔의 움직임 때문에, 다른 영역 또한 흰색으로 표시되는 것을 볼 수 있다. 여기서 호흡에 의해 영향을 받은 영역은 깊이 영상의 차 영상에서 가슴과 복부 부분에 깊이 값의 변화가 나타나는 영역을 의미한다.

[0099] 본 발명에서는, 분할한 호흡 영역은 다음 차(Difference) 영상에서 호흡 영역을 분할할 때 사전 정보로 사용되어 영역 정보 함수를 생성할 때 가중치를 반영하여 적응적 영역 정보 함수를 생성하게 된다. 즉, 차 영상에서 호흡 영역을 분할하게 되면, 그 결과는 도 7의 (a)와 같다. 도 7의 (a)를 이용하여 다음 차 영상에서 호흡 영역을 분할 할 때의 가중치를 계산하여, 도 7의 (b)와 같이, 분할 영역에 특정 가중치를 생성한 것을 볼 수 있다. 도 7의 (c)는 형상 사전정보를 이용한 레벨셋 방법으로 검출한 호흡관련 영역이고, 이 호흡관련 영역에, 부호를 가지는 거리 함수(SDF)와 단위 계단 함수(Heaviside) 함수를 적용하면 도 7의 (d)와 같이 되며, 형상 사전정보에 영역정보함수를 적용한 결과인 도 7의 (d)와 상기 가중치를 반영하여, 적응적 영역정보 함수를 검출한다.

[0100] 깊이 영상에서 호흡에 의한 부피 변화는 갑자기 생기는 것이 아니라 특정 영역(가슴, 복부)에서 변화가 점진적으로 나타났다 사라졌다가를 반복하게 된다. 이러한 특징을 반영하기 위해서 이전에 호흡 영역으로 분할한 결과를 가중치로 사용하여 적응적 영역 정보 함수를 생성한다. 가중치를 반영 안한다면 도 7의 (c)에서 (d)를 계산하고 이를 이용해 영역 정보 함수를 생성하겠지만 이전에 분할한 정보를 가중치로 반영하여 이전 분할 결과 호흡 영역으로 분리를 하였다면 다음 영상에서도 해당 영역이 호흡 영역일 가능성이 높다는 것을 반영한다.

[0101] 본 발명에서는 연속적인 깊이 영상을 획득하고, 시계열에 따라 각각의 깊이 영상의 차 영상을 계산하게 된다. 이렇게 연속적인 깊이 영상마다 계산된 차 영상은 차 영상 배열을 생성하게 된다. 각 차 영상마다 영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋 방법을 이용하여 호흡 영역을 분할한다. 다시말해, 모든 차 영상 배열에 대하여 일련의 과정을 반복하여 호흡 영역을 분리한다. 즉, 차 영상에 대한 호흡영역을 분리한다.

[0102] 전처리과정에 의해 전처리된 깊이 영상에서 호흡에 의해 영향을 받는 영역만을 등위 집합(Level Set) 방법을 이용하여 분리하는 데. 이는 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 과정과, 적응적 영역 정보 함수 생성과정과, 영역기반 정보를 이용한 레벨 셋 과정을 순차적으로 진행한다.

[0103] 다음은, ResU-net(Residual U-net, 잔류(잔여) U-net)을 이용한 호흡영역 분리과정을 설명한다.

[0104] 이 호흡영역 분리과정은 깊이 카메라에서 획득한 깊이 영상에서 호흡과 관련된 영역만 Segmentation 하기 위해서 Deep Learning 기법을 이용한다. 즉, 이 호흡영역 분리과정은 분할 작업(Segmentation Task)에서 많이 사용되는 U-net과 콘볼루션 레이어(Convolution Layer)를 깊게 쌓는 방식인 Resnet (Residual net)을 혼합한 ResU-net 기법을 이용한다.

[0105] U-Net은 딥러닝(Deep learning) 기술 중의 하나이며, 의학적 이미지 분할을 위해 개발된 컨볼루션 신경망으로, U자형태의 망구조를 가진다. ResU-net(Residual U-net)은 U-Net에 Residual Network의 기능을 추가한 것으로, 의료영상 세분화에 대한 정밀도 및 정확도를 높인 것이다. ResU-net(Residual U-net)에 대해서는 널리 공지된 기술로 상세한 설명은 생략한다. 예를들어, ResU-net(Residual U-net)에 대해서, Ivana Shopovska 등이 2019년에 IEEE에 게제한 "RGB-NIR Demosaicing Using Deep Residual U-Net"에 공지되어 있으며, 또한, 2019년 1월의 의학영상 학술지(J. of Medical Imaging)에 Alom MZ 등에 의해 게제된 "Recurrent residual U-Net for medical image segmentation"에 공지되어 있으며, 또한, 2019년 1월의 의학영상 학술지(J. of Medical Imaging)에 Alom MZ 등에 의해 게제된 "Recurrent Residual Convolutional Neural Network based on U-Net (R2U-Net) for Medical Image Segmentation"에 공지되어 있다.

[0106] 영상 분석부(200)의 연산처리부(210)는, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할과정, 세그멘테이션 맵과 차영상 배열과의 승산과정, ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할과정을 수회 반복하는 과정을 포함한다.

[0107] ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할과정 (Spatial Segmentation using ResU-Net)에서, ResU-Net의 입력으로서, 메모리부(220)로부터 수신된, 전처리된 깊이 영상 (배열)이 입력되며, ResU-Net의 출력으로서, 공간 영역에서의 호흡 영역(호흡 영역의 경계선)의 세그멘테이션 맵(Segmentation Map), 즉, 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을 출력한다. 즉, 깊이 영상에서 사람의 몸통만을 분리함으로써 공간 영역(Spatial Domain)에서 호흡과 관련된 영역만을 추출한다.

[0108] ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할과정에 적용된 인공신경망(제1 ResU-Net)은, 사전에, 전처리된 깊이 영상 (배열)들과, 상기 깊이 영상에서 사람의 몸통 영역만을 분리한 영상을 레이블로 사용하여, 기계학습된 인공신경망으로, 학습된 것일 수 있으며, 도 14에서와 같이, 이미지를 점점 줄여나가는 부분인 수축 경로(contracting path)와, 이미지를 키워나가는 부분인 확장 경로(expanding path)를 가진다.

[0109] 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산과정은, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할과정의 출력, 즉, 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과, 메모리부(220)로부터 수신된 차영상을 픽셀단위로 곱한다.

[0110] ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할과정 (Time Segmentation using ResU-Net)에서, ResU-Net의 입력으로서, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산과정의 출력 (즉 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상의 곱)을 입력하고, ResU-Net의 출력으로서, 이 입력에 대한 시간 영역에서의 호흡 영역(호흡 영역의 경계선)의 세그멘테이션 맵(Segmentation Map), 즉, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 세그멘테이션 맵을 출력한다.

[0111] 여기서, 연산처리부(210)는 메모리부(220)로부터 수신된 차 영상(Difference Image)과, 몸통 영역만을 분리한 영상을, 픽셀단위로 곱하여 다시 ResU-Net의 입력으로 사용하는데, 이는 차 영상에서 몸통 영역에 해당하는 영역이 ResU-Net의 입력으로 들어가는 것이다. 그리고 ResU-Net에서 출력되는 영상은 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상이다.

[0112] ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할과정의 ResU-Net(제2 ResU-Net)은, 사전에, 차 영상에서 몸통 영역에 해당하는 영상 (즉, 차 영상과, 몸통 영역만을 분리한 영상을, 픽셀단위로 곱한 영상)과, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상을 레이블로 사용하여, 기계학습된 것일 수 있으며, 도 15에서와 같이, 이미지를 점점 줄여나가는 부분인 수축 경로(contracting path)와, 이미지를 키워나가는 부분인 확장 경로(expanding path)를 가진다.

[0113] 기계학습시 사용되는 레이블은 상술한 Level Set 방법을 이용하여 레이블 영상을 생성한다.

[0114] 이렇게, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할과정, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산과정, ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할과정을 수회 반복하는 과정을 통해, 최종적으로 차 영상에서 호흡과 관련된 영역을 분리한 세그멘테이션 맵을 생성하게 되고, 이를 이용하여 호흡량 계산하게 된다.

[0115] 결과적으로, 등위 집합(Level Set) 방법을 이용한 호흡영역 분리과정에서, 또는 ResU-net(Residual U-net, 잔류 U-net)을 이용한 호흡영역 분리과정에서, 차 영상에 대한 호흡영역을 분리한다.

[0116] 등위 집합(Level Set) 방법을 이용한 호흡영역 분리과정에서, 또는 ResU-net(Residual U-net, 잔류 U-net)을

이용한 호흡영역 분리과정에서, 분리한 호흡 영역을 호흡량 계산식에 적용해 호흡량 파형(Volume Waveform)을 검출하고, 호흡량 파형에서 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 찾아 호흡량 및 호흡수를 계산한다. 예를들어 각 영상(각 프레임)에서 호흡영역의 깊이 값을 합산하여 이를 프레임별 합산된 깊이 값을 프레임별 호흡관련 신호로써 구하고, 현재의 프레임 호흡관련 신호에서 연이은 전 프리엠 호흡관련 신호를 차감하여 프레임별 호흡 변화량으로써 구하고, 구하여진 프레임별 호흡 변화량에 기설정된 픽셀의 단위 부피값을 곱하여, 실제의 크기로 환산된 프레임별 호흡 변화량을 구하고, 환산된 프레임별 호흡 변환량을 메모리부(220)에 순차적으로 저장하고, 저장된 프레임별 호흡 변환량을 시간순서에 따라 읽어들여 그래프로 표시하여 호흡 파형을 나타낼 수 있다.

[0117] 여기서, 프레임별 호흡 변화량은 픽셀들을 이용하여 구한 것이므로, 프레임별 호흡 변화량을 실제의 크기로 환산할 필요가 있다. 프레임별 호흡 변화량을 실제의 크기로 환산하기 위해서, 프레임별 호흡 변화량에, 픽셀의 단위 부피(즉, 픽셀의 실제의 부피)를 곱하여 구한다. 픽셀의 단위 부피(즉, 픽셀의 실제의 부피)는, 픽셀의 실제의 가로 길이 및 실제의 세로길이 (즉, 픽셀이 나타내는 실제의 가로 길이 및 실제의 세로길이)를 곱한 값이다.

[0118] 프레임별 호흡 변화량에 곱하여, 실제의 크기로 환산한 프레임별 호흡 변화량을 구한다.

[0119] 연산처리부(210)는 호흡신호를 1차 미분하여 변곡점을 구하고, 이로부터 피크(peak)와 밸리(valley)를 검출하고, 검출된 피크(peak)와 밸리(valley)들에서, 소정 시간간격 동안(1초당, 또는 1분당 또는 30초당)에, 연이은 피크와 밸리의 쌍의 개수, 즉, 피크에서 밸리로 바뀌는 회수를, 호흡수(respiration rate, RR)로서 검출한다.

[0120] 호흡량은 2가지 방법으로 구할 수 있다.

[0121] 첫번째 방법은, 호흡신호에서, 연이은 피크와 밸리의 쌍의 진폭, 즉, 피크에서 밸리로 바뀌는 신호의 진폭 크기를, 그 주기의 호흡량으로 검출한다.

[0122] 두번째 방법에서는, 호흡파형에서 한 피크에서 연이은 다음 피크까지를 한 호흡 주기로 하며, 각 호흡주기의 호흡신호를, 연이은 전 호흡주기의 호흡신호에서 차감하여 각 호흡주기별 변화량을 구하고, 각 호흡주기별 변화량을 합산하여 호흡량을 구한다. 경우에 따라서 호흡주기는 하나의 피크와 밸리의 쌍에서, 연이은 전의 피크와 밸리의 쌍까지의 시간 간격일수 있다.

[0123] 즉, 호흡주기별 변화량은, 현재의 호흡주기의 호흡신호(각 샘플)를, 연이은 전 호흡주기에서 대응되는 각 호흡신호(각 샘플)에서 차감하여 호흡 변화량을 구한다. 예를들어 현 호흡주기의 첫번째 호흡신호(샘플)에서, 연이은 전 호흡주기의 첫번째 호흡신호(샘플)을 차감하여 현 호흡주기의 첫번째 호흡 변화량을 구하며, 이렇게 각 호흡주기의 시작 샘플로부터 마지막 샘플까지 적용하여 각 주기의 호흡 변화량을 구한다. 이렇게 구하여진 각 주기의 호흡 변화량을 시간대별로 합산하여 호흡량을 구한다. 여기서, 각 주기의 호흡 변화량을 시간대별로 합산한다는 것은, 각 주기의 첫번째 호흡 변화량 신호를 합산하여 첫번째 호흡량 신호로 하고, 각 주기의 두번째 호흡 변화량 신호를 합산하여 두번째 호흡량 신호로 하며, 이렇게 하여 각 주기의 호흡 변화량 신호를 합산하여 호흡량을 구한다.

[0124] 메모리부(220))는 연산처리부(210)로부터 수신된 호흡량 및 호흡수를 저장한다.

[0125] 출력부(230)는 연산처리부(210)로부터 수신된 호흡량 및 호흡수를 출력한다.

[0126] 키입력부(250)는 시작/정지 스위치 등을 포함하고 있다.

[0127] 도 9는 도 2의 영상분석부(200)에서 깊이 카메라로부터 수신된 깊이 영상을 이용하고 등위 집합(Level Set) 방법을 적용하여 호흡량을 검출하는 방법을 개략적으로 설명하는 흐름도이고, 도 10은 도 9의 호흡영역 분리단계를 설명하는 흐름도이다.

[0128] 초기화 단계(S10)로, 카운터 등을 초기화 한다.

[0129] 깊이영상 수신단계(S20)로, 영상분석부(200)의 연산처리부(210)는 깊이 카메라(100)로 부터 피검자의 상체의 깊이 영상을 수신하여 메모리부(220)에 임시저장한다. 깊이영상 수신단계(S10)에서는 각 프레임당 깊이영상을 수신하되, 한번에 한프레임씩의 깊이영상을 수신하거나, 아니면 기설정된 시간동안의 프레임들의 깊이영상을 수신할 수 있다.

[0130] 시공간 중간값 필터링 단계(S110)로, 연속적인 깊이 영상들에서 각 픽셀의 시간에 따른 깊이 값들을 중간값 필터를 이용하여 중간값 필터링을 행하고, 또한, 연속적인 깊이 영상들에서 각 픽셀의 공간에 따른 깊이 값들을

중간값 필터를 이용하여 중간값 필터링을 행하여, 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링을 행한다.

[0131] 시공간 클리핑단계(S120)로, 시공간 중간값 필터링 단계에서 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링된 연속적인 깊이 영상들에서, 각 픽셀의 시간에 따른 깊이 값들을 시간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행하고, 또한, 상기 연속적인 깊이 영상들의 각 픽셀의 공간에 따른 깊이 값들에서 공간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행하여, 결과적으로 시공간에서 클리핑을 행한다.

[0132] 즉, 시공간 클리핑단계(S120)는, 시공간 중간값 필터링 단계에서 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링된 연속적인 깊이 영상들에서, 시간영역 및 공간영역에서 깊이 값이 시간영역 클리핑 문턱치 및 공간영역 클리핑 문턱치 이상인 경우, 그 깊이 값을 0으로 한다.

[0133] 여기서, 시공간 중간값 필터링 단계(S110) 및 시공간 클리핑단계(S120) 대신에, 시간영역의 중간값 필터링 및 클리핑 단계와, 공간영역의 중간값 필터링 및 클리핑 단계를 가질 수 있다.

[0134] 시간영역의 중간값 필터링 및 클리핑 단계는, 연속적인 깊이 영상들에서 각 픽셀의 시간에 따른 깊이 값들을 중간값 필터를 이용하여 중간값 필터링을 행하고, 또한, 연속적인 깊이 영상들에서 각 픽셀의 시간에 따른 깊이 값들이 시간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행한다. 여기서, 시간영역의 중간값 필터링은, 연속적인 영상들에서 특정 영역의 화소값을 읽어들여 시간에 따라 나열하고, 이 나열된 화소값들에서 중간값 필터링을 행한다. 그리고 시간영역의 클리핑은 연속적인 영상들에서 특정 영역의 화소값을 읽어들여 시간에 따라 나열하고, 이 나열된 화소값에서 시간영역 클리핑 문턱치에 따라 클리핑을 행한다.

[0135] 공간영역의 중간값 필터링 및 클리핑 단계는, 연속적인 깊이 영상들에서 각 픽셀의 공간에 따른 깊이 값들을 중간값 필터를 이용하여 중간값 필터링을 행하고, 또한, 연속적인 깊이 영상들에서 각 픽셀의 공간에 따른 깊이 값들이 공간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행한다. 여기서, 공간영역의 중간값 필터링은, 연속적인 영상들에서 각 프레임의 특정 영역의 화소값을 읽어들여 각 프레임별 영상의 공간에 따라 나열하고, 각 프레임에서 나열된 화소값들에서 (즉, 각 프레임내에서) 중간값 필터링을 행한다. 그리고 공간영역의 클리핑은 연속적인 영상들에서 각 프레임의 특정 영역의 화소값을 읽어들여 각 프레임별 영상의 공간에 따라 나열하고, 각 프레임에서 나열된 화소값에서 (즉, 각 프레임내에서) 공간영역 클리핑 문턱치에 따라 클리핑을 행한다.

[0136] 본 발명에서, 시공간 중간값 필터링 단계와 시공간 클리핑단계 (또는 시간영역의 중간값 필터링 및 클리핑 단계 및 공간영역의 중간값 필터링 및 클리핑 단계)를 전처리 단계(S100)라 할 수 있다.

[0137] 차영상 배열 단계(S150)로, 시공간 중간값 필터링 단계에서 출력된 영상(프레임)들에서, 시간적으로 연이은 영상들에서 소정 화소의 깊이 값의 차, 즉, 현재의 영상에서 화소의 깊이 값에서, 연이은 전의 영상의 해당 화소의 깊이 값을, 차감하여 프레임별 차영상을 구하고, 구하여진 프레임별 차영상을 메모리부(220)에 순차적으로 배열하여 저장한다.

[0138] 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 단계(S210)로, 기 저장된 형상 사전 정보(즉, 일정한 형태의 몸통 형태의 형상)를 이용하여 깊이 영상에서 흉곽 및 복부 영역을 분리하는 레벨 셋을 진행한다. 이렇게 함으로써 호흡관련 영역, 즉, 흉곽 및 복부 영역만을 분리한다.

[0139] 영역정보함수 획득단계(S220)로, 연이은 전 호흡관련 영역의 영상을 읽어들이고 이를 이용하여 가중치를 계산하고, 영역정보함수를 적용한 형상 사전정보에 상기 가중치를 반영하여, 적응적 영역정보 함수를 검출한다. 여기서 영역정보 함수의 적용은, 형상 사전 정보를 이용하여 분리한 영역에 대해, 부호를 가지는 거리 함수(Signed Distance Fuction, SDF)를 적용하면, 경계선을 0으로서 기준으로 하고, 상기 기준에서 멀어질수록 내부 영역은 양수, 외부 영역은 음수의 값을 가지게 하며, 이렇게 SDF 함수가 적용된 영역에서, 일정한 문턱치를 넘는 값(또는, 소정 크기단위 내의 값)을 같은 값으로 처리한다. 외부 영역을 단위 계단 함수(Heaviside) 함수를 사용하여, 일정하게 감소하는 값을, 급격한 기울기를 가지고 감소하도록 변형한다.

[0140] 영역 정보 함수를 이용한 레벨 셋 단계(S230)로, 차영상 획득단계에서 획득된 차영상에 영역정보 함수 및 CVM(Chan-Vese model, 찬 베세 모델) 기법을 이용하여 호흡영역을 분리하는 레벨 셋(영역 기반 레벨 셋)을 진행한다.

[0141] 호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계(S250)로, 기 설정된 차 영상 배열 수 만큼 호흡영역 분리과정이 반복되었는지 확인하고, 만약 아니면, 카운터를 1증가하고 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 단계(S210)로 되돌아가고, 만약 기 설정된 차 영상 배열 수 만큼 호흡영역 분리과정이 반복되었다면, 호흡파형 검출단계(S310)로 간다.

[0142] 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋 단계(S210), 영역정보함수 획득단계(S220), 영역 정보 함수를 이용한 레벨 셋

단계(S230) 및 호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계(S250)는 호흡영역 분리단계(S200)라 할 수 있다.

[0143] 호흡파형 검출단계(S310)로, 각 영상(각 프레임)에서 호흡영역의 깊이 값을 합산하여 프레임별 호흡관련 신호로써 구하고, 현재의 프레임 호흡관련 신호에서 연이은 전 프리엠 호흡관련 신호를 차감하여 프레임별 호흡 변화량으로써 구하고, 구하여진 프레임별 호흡 변화량에 기설정된 픽셀의 단위 부피값을 곱하여, 실제의 크기로 환산된 프레임별 호흡 변화량을 구하고, 환산된 프레임별 호흡 변환량을 메모리부(220)에 순차적으로 저장하고, 프레임별 호흡 변환량을 시간순서에 따라 읽어들여 그래프로 표시하여 호흡 파형을 나타낸다.

[0144] 호흡량 계산단계(S320)로, 호흡 파형에서 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 찾아 호흡량 및 호흡수를 계산한다.

[0145] 도 11은 기존 방법의 호흡영역분리의 예와, 본 발명의 호흡영역 분리의 예를 나타내고, 도 12는 정상적(momal) 환경에서 기존 방법의 호흡영역분리 방식, 본 발명의 호흡영역분리 방식 및 호흡기(ventilator)를 각각 적용한 경우의 호흡량 파형의 비교예이고, 도 13는 팔 움직임이 있는 환경에서 기존 방법의 호흡영역분리 방식, 본 발명의 호흡영역분리 방식 및 호흡기(ventilator)를 각각 적용한 경우의 호흡량 파형의 비교예이다.

[0146] 도 11의 (a)는, 기존 영역분리 방법을 적용하여 호흡영역을 분리하는 경우로, 깊이 영상에서 고정된 사각 박스에 사람의 상체를 위치시켜 호흡 영역을 분리한다. 기존 방법은 분리 영역이 고정되어 있어 상체의 움직임이나 팔의 움직임이 있을 시에 호흡량의 오차가 커진다는 한계점이 존재한다.

[0147] 도 11의 (b)는, 본 발명을 적용하여 호흡영역을 분리한 경우로, 형상 사전 정보와 영역 기반 정보를 이용함으로써 깊이 영상에서 호흡에 의해 변화가 존재하는 부분만을 호흡 영역으로 분리하여 기존 방법의 한계를 극복할 수 있다.

[0148] 본 발명에 의한 호흡영역 분리 방법은 호흡에 의해 실제 변화하는 부분만을 분리하여 호흡량을 계산하기 때문에, 전반적인 상체 영역을 이용해 호흡량을 계산하는 기존 방법보다 호흡량을 정확하게 측정할 수 있다.

[0149] 정상적(momal) 환경 및 팔 움직임이 있는 환경에서, 기존 방법의 호흡영역분리 방식, 본 발명의 호흡영역분리 방식 및 호흡기(ventilator)를 각각 적용하여 비교하는 실험을 행하였다. 10명의 피험자에 대해서 기존 방법과 제안한 방법에 대해서 호흡량을 계산하여 정확도를 비교한 결과 기존 방법의 호흡량 오차는 실제 호흡량에 대하여 14.10%이고 본 발명의 방법은 8.41%로, 본 발명의 방법이 기존 방법보다 더 호흡량을 정확하게 측정하는 것을 확인하였다.

[0150] 도 16은 도 2의 영상분석부(200)에서 깊이 카메라로부터 수신된 깊이 영상을 이용하고 ResU-net(Residual U-net) 방법을 적용하여 호흡량을 검출하는 방법을 개략적으로 설명하는 흐름도이다.

[0151] 호흡영역 분할단계(S200)을 제외하고, 나머지는 도 9와 대부분 동일하다.

[0152] 초기화 단계(S10)로, 카운터 등을 초기화 한다.

[0153] 깊이영상 수신단계(S20)로, 영상분석부(200)의 연산처리부(210)는 깊이 카메라(100)로 부터 피검자의 상체의 깊이 영상을 수신하여 메모리부(220)에 임시저장한다. 깊이영상 수신단계(S10)에서는 각 프레임당 깊이영상을 수신하되, 한번에 한프레임씩의 깊이영상을 수신하거나, 아니면 기설정된 시간동안의 프레임들의 깊이영상을 수신할 수 있다.

[0154] 시공간 중간값 필터링 단계(S110)로, 연산처리부(210)는, 연속적인 깊이 영상들에서 각 픽셀의 시간에 따른 깊이 값들을 중간값 필터를 이용하여 중간값 필터링을 행하고, 또한, 연속적인 깊이 영상들에서 각 픽셀의 공간에 따른 깊이 값들을 중간값 필터를 이용하여 중간값 필터링을 행하여, 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링을 행한다.

[0155] 시공간 클리핑단계(S120)로, 연산처리부(210)는, 시공간 중간값 필터링 단계에서 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링된 연속적인 깊이 영상들에서, 각 픽셀의 시간에 따른 깊이 값들을 시간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행하고, 또한, 상기 연속적인 깊이 영상들의 각 픽셀의 공간에 따른 깊이 값들에서 공간영역 클리핑 문턱치를 기준으로 클리핑을 행하여, 결과적으로 시공간에서 클리핑을 행한다.

[0156] 즉, 시공간 클리핑단계(S120)는, 시공간 중간값 필터링 단계에서 시간 및 공간 영역에서 중간값 필터링된 연속적인 깊이 영상들에서, 시간영역 및 공간영역에서 깊이 값이 시간영역 클리핑 문턱치 및 공간영역 클리핑 문턱치 이상인 경우, 그 깊이 값을 0으로 한다.

[0157] 본 발명에서, 시공간 중간값 필터링 단계와 시공간 클리핑단계 (또는 시간영역의 중간값 필터링 및 클리핑 단계

및 공간영역의 중간값 필터링 및 클리핑 단계)를 전처리 단계(S100)라 할 수 있다.

[0158] 깊이 영상 배열단계(S130)로, 연산처리부(210)는, 시공간 클리핑단계(S120)의 출력, 즉, 전처리된 연속적인 깊이 영상들을 메모리부(220)에 순차적으로 배열하여 저장한다.

[0159] 차영상 배열 단계(S150)로, 연산처리부(210)는, 시공간 중간값 필터링 단계에서 출력된 영상(프레임)들에서, 시간적으로 연이은 영상들에서 소정 화소의 깊이 값의 차, 즉, 현재의 영상에서 화소의 깊이 값에서, 연이은 전의 영상의 해당 화소의 깊이 값을, 차감하여 프레임별 차영상을 구하고, 구하여진 프레임별 차영상을 메모리부(220)에 순차적으로 배열하여 저장한다.

[0160] ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계(S215)로, 연산처리부(210)는, 메모리부(220)로부터 깊이 영상 배열단계(S130)에서 저장된, 전처리된 깊이 영상을 수신하여, 제1 ResU-Net에 입력하고, 제1 ResU-Net으로부터 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을 수신한다.

[0161] 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵 임시저장단계(S225)로, 연산처리부(210)는, 제1 ResU-Net으로부터 수신한 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵을 메모리부(220)에 임시저장한다.

[0162] ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할과정에 적용된 인공신경망(제1 ResU-Net)은, 사전에, 전처리된 깊이 영상들과, 상기 깊이 영상에서 사람의 몸통 영역만을 분리한 영상을 레이블로 사용하여, 기계학습된 인공신경망이다.

[0163] 기계학습시 사용되는 레이블은 상술한 Level Set 방법, 즉, 형상 사전정보를 이용한 레벨 셋을 이용하여 레이블 영상을 생성할 수 있다.

[0164] 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계(S227)로, ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할과정의 출력, 즉, 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵에, 메모리부(220)로부터 수신된 차영상, 즉, 차영상 배열 단계(S150)에서 구하여진 차영상을, 픽셀단위로 곱한다.

[0165] ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할단계 (S235)에서, 제2 ResU-Net의 입력으로서, 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계(S227)의 출력 (즉 사람의 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상의 곱)을 입력하고, ResU-Net의 출력으로서, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 세그멘테이션 맵을 출력한다.

[0166] 여기서, 연산처리부(210)는 메모리부(220)로부터 수신된 차 영상(Difference Image)과, 몸통 영역만을 분리한 영상을, 픽셀단위로 곱하여 다시 ResU-Net (즉, 제2 ResU-Net)의 입력으로 사용하는데, 이는 차 영상에서 몸통 영역에 해당하는 영역이 ResU-Net의 입력으로 들어가는 것이다. 그리고 ResU-Net(즉, 제2 ResU-Net)에서 출력되는 영상은 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상이다.

[0167] ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할과정의 ResU-Net(제2 ResU-Net)은, 사전에, 차 영상에서 몸통 영역에 해당하는 영상 (즉, 차 영상과, 몸통 영역만을 분리한 영상을, 픽셀단위로 곱한 영상)과, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상을 레이블로 사용하여, 기계학습된 것이다.

[0168] 기계학습시 사용되는 레이블은 상술한 Level Set 방법, 즉, 영역정보 함수를 이용한 레벨 셋을 이용하여 레이블 영상을 생성할 수 있다.

[0169] 호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계로, 기 설정된 차 영상 배열 수 만큼 호흡영역 분리과정이 반복되었는지 확인하고(S250), 만약 아니면, 카운터를 1증가하고(S260), ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계(S215)로 되돌아가고, 만약 기 설정된 차 영상 배열 수 만큼 호흡영역 분리과정이 반복되었다면, 호흡파형 검출단계(S310)로 간다.

[0170] ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할단계(S215), 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵 임시저장단계(S225), 몸통 영상만을 분리한 세그멘테이션 맵과 차영상과의 승산단계(S227), ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할단계(S235) 및 호흡영역 분리과정 종료여부 판단단계(S250)는 호흡영역 분리단계(S200)라 할 수 있다.

[0171] 호흡파형 검출단계(S310)로, 각 영상(각 프레임)에서 호흡영역의 깊이 값(즉, 차 영상에서 호흡과 관련된 영역만을 분리한 영상에서 호흡영역의 깊이 값)을 합산하여 프레임별 호흡관련 신호로써 구하고, 현재의 프레임 호흡관련 신호에서 연이은 전 프리엠 호흡관련 신호를 차감하여 프레임별 호흡 변화량으로써 구하고, 구하여진 프레임별 호흡 변화량에 기설정된 픽셀의 단위 부피값을 곱하여, 실제의 크기로 환산된 프레임별 호흡 변화량을

구하고, 환산된 프레임별 호흡 변환량을 메모리부(220)에 순차적으로 저장하고, 프레임별 호흡 변환량을 시간순서에 따라 읽어들여 그래프로 표시하여 호흡 파형을 나타낸다.

[0172] 호흡량 계산단계(S320)로, 호흡 파형에서 피크(Peak)와 밸리(Valley)를 찾아 호흡량 및 호흡수를 계산한다.

[0173] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 이는 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 아래에 기재된 특허청구범위에 의해서만 파악되어야 하고, 이의 균등 또는 등가적 변형 모두는 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0174] 50 : 피검자 100 : 깊이 카메라

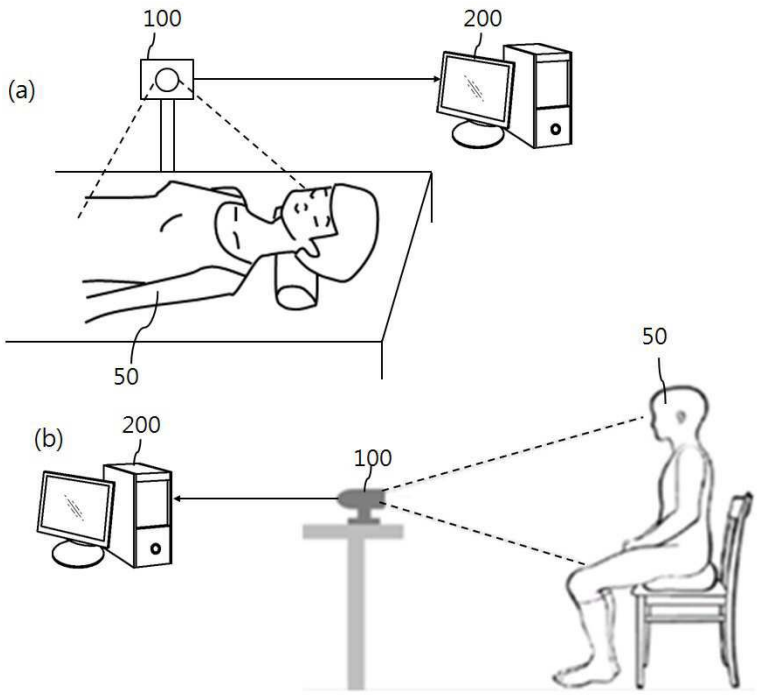
200 : 영상 분석부 210 : 연산 처리부

220 : 메모리부 230 : 출력부

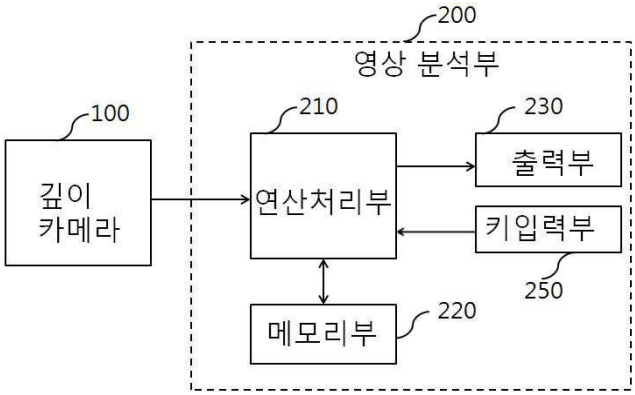
250 : 키입력부

도면

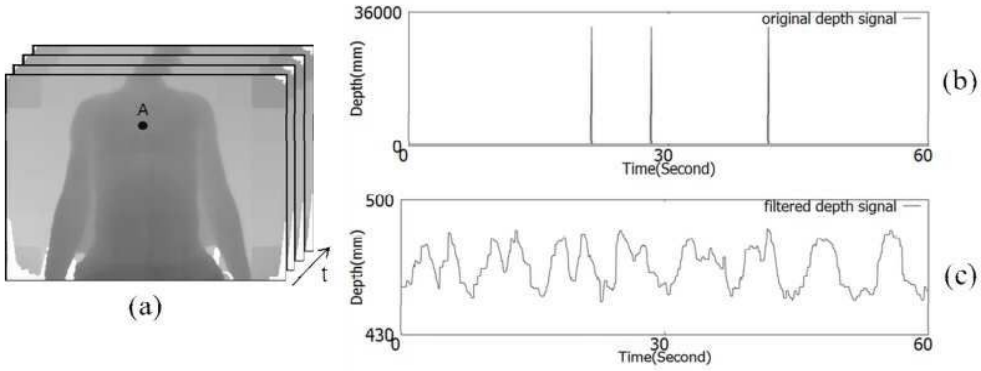
도면1



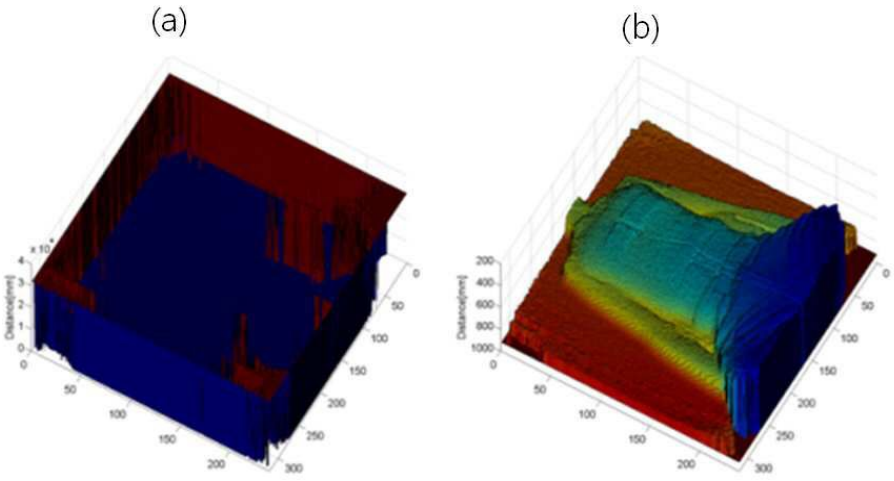
도면2


200
영상 분석부
100
깊이
카메라
210
연산처리부
230
출력부
키입력부
250
220
메모리부

도면3


A
t
(a)
36000
original depth signal
Depth(mm)
0
30
60
Time(Second)
(b)
500
filtered depth signal
Depth(mm)
430
0
30
60
Time(Second)
(c)

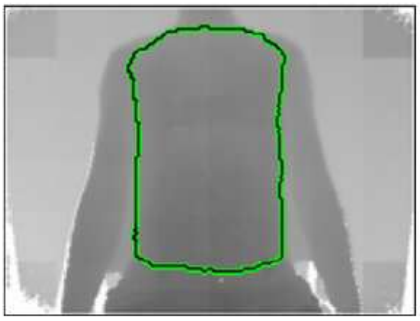
도면4


(a)
(b)

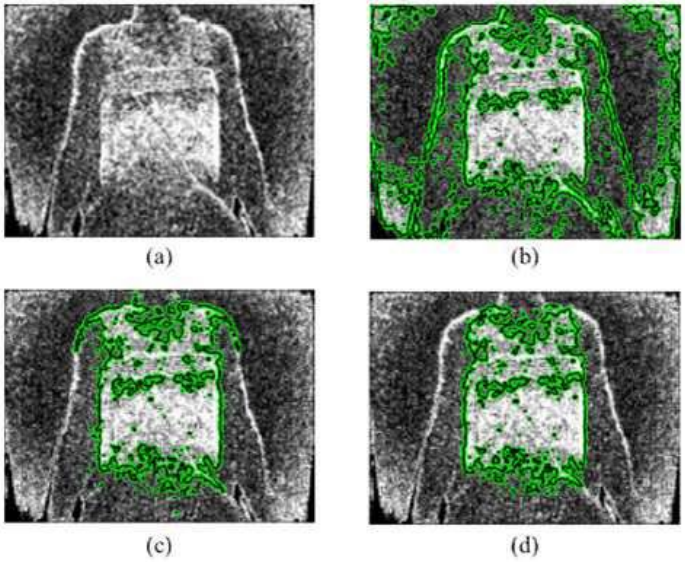
도면5

(a)

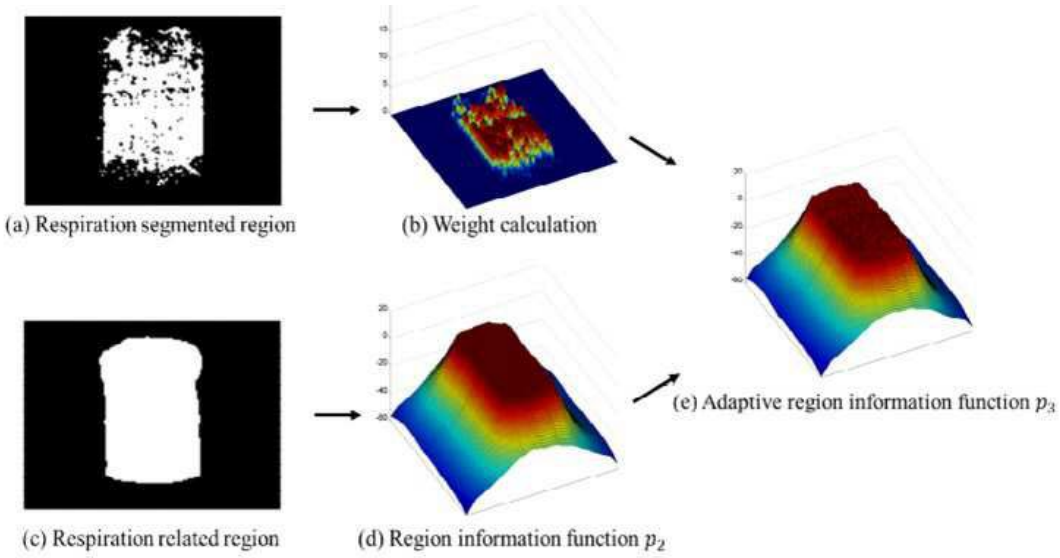
(b)



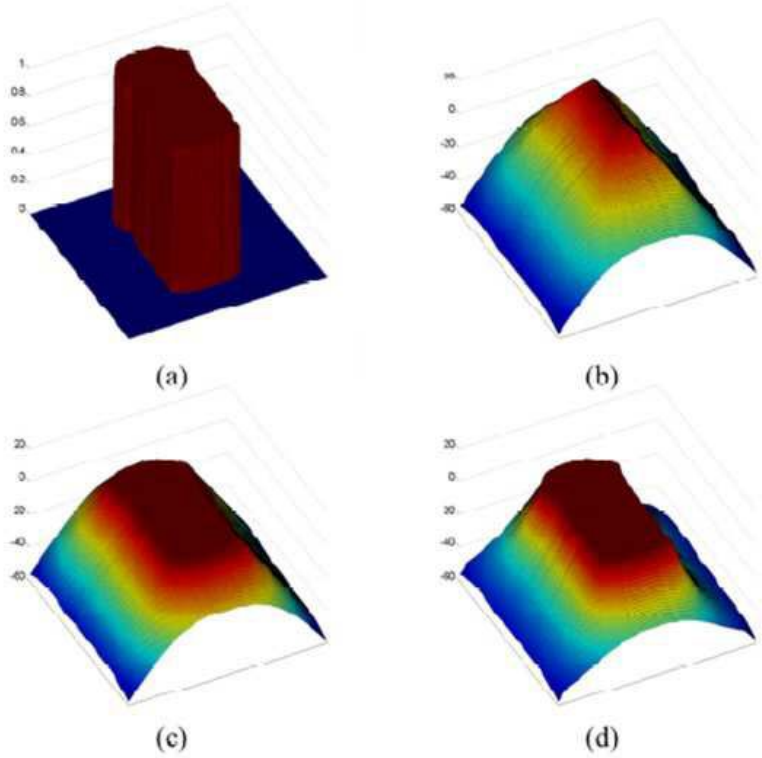
도면6



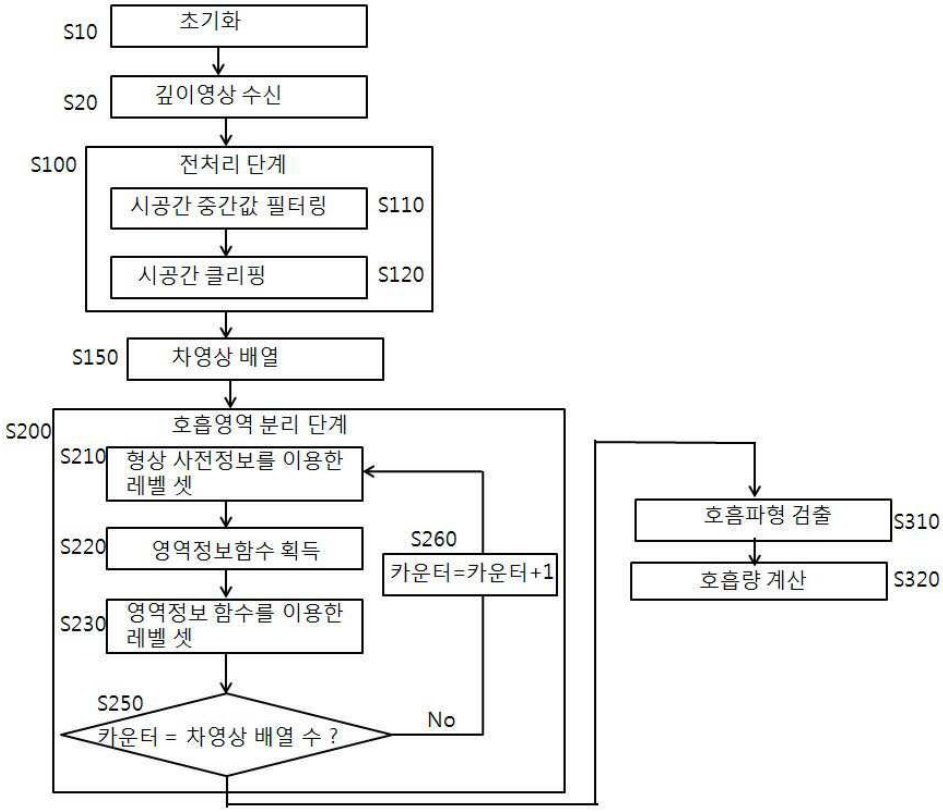
도면7


(a) Respiration segmented region
(b) Weight calculation
(c) Respiration related region
(d) Region information function p_2
(e) Adaptive region information function p_3

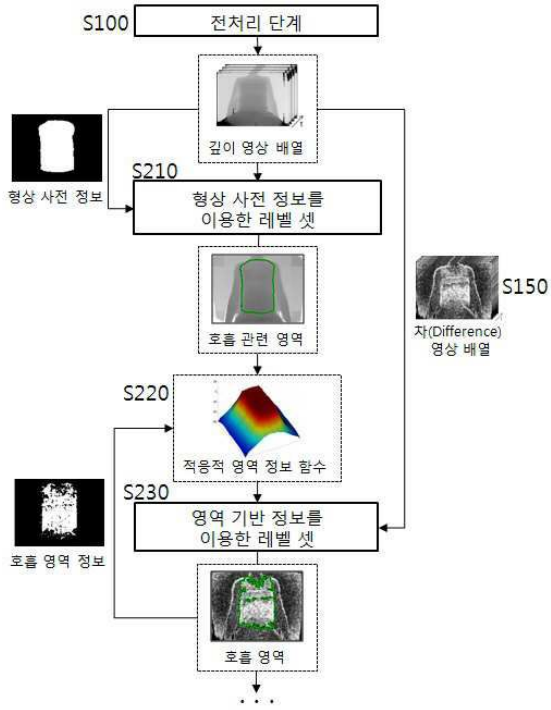
도면8


(a)
(b)
(c)
(d)

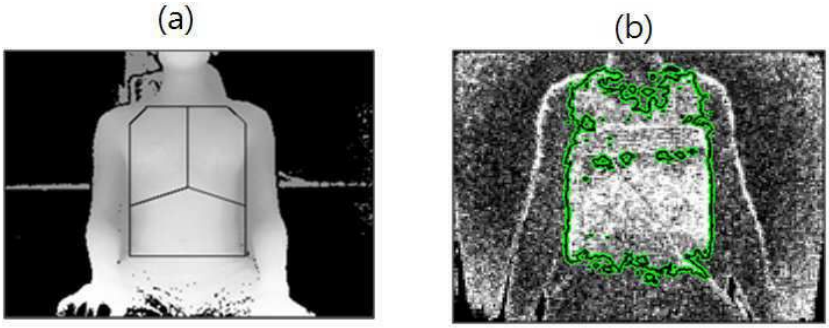
도면9


S10
초기화
S20
깊이영상 수신
S100
전처리 단계
시공간 중간값 필터링
S110
시공간 클리핑
S120
S150
차영상 배열
S200
호흡영역 분리 단계
S210
형상 사전정보를 이용한 레벨 셋
S220
영역정보함수 획득
S230
영역정보 함수를 이용한 레벨 셋
S250
카운터 = 차영상 배열 수 ?
No
S260
카운터=카운터+1
호흠파형 검출
S310
호흡량 계산
S320

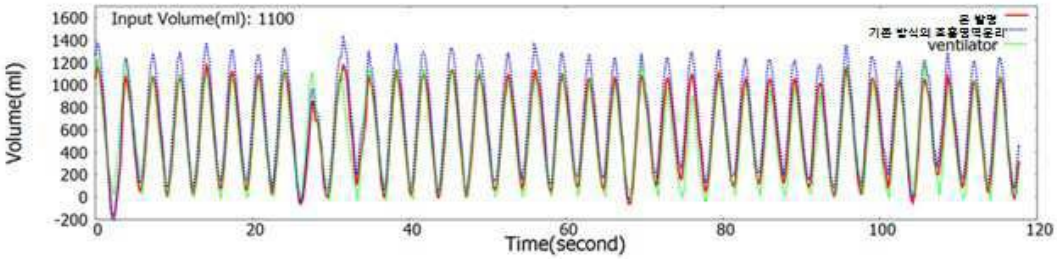
도면10


S100
전처리 단계
깊이 영상 배열
형상 사전 정보
S210
형상 사전 정보를 이용한 레벨 셋
호흡 관련 영역
S150
차(Difference) 영상 배열
S220
적응적 영역 정보 함수
S230
영역 기반 정보를 이용한 레벨 셋
호흡 영역 정보
호흡 영역

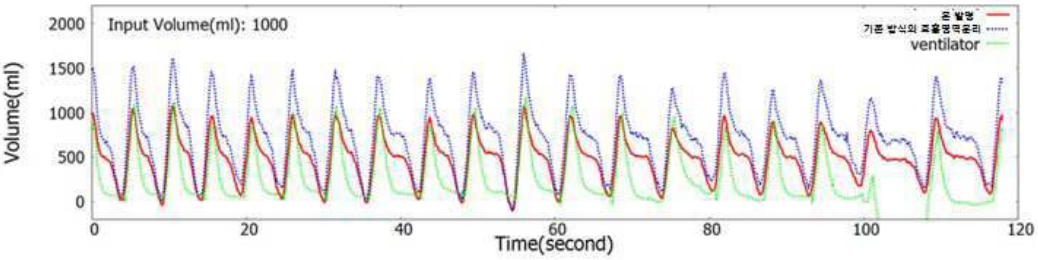
도면11



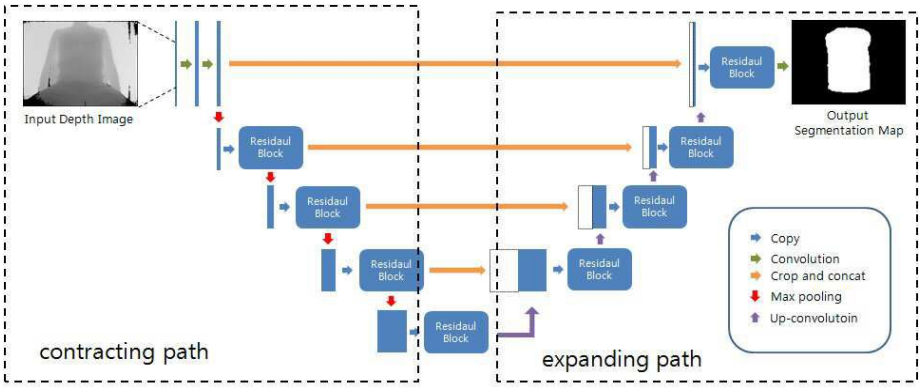
도면12



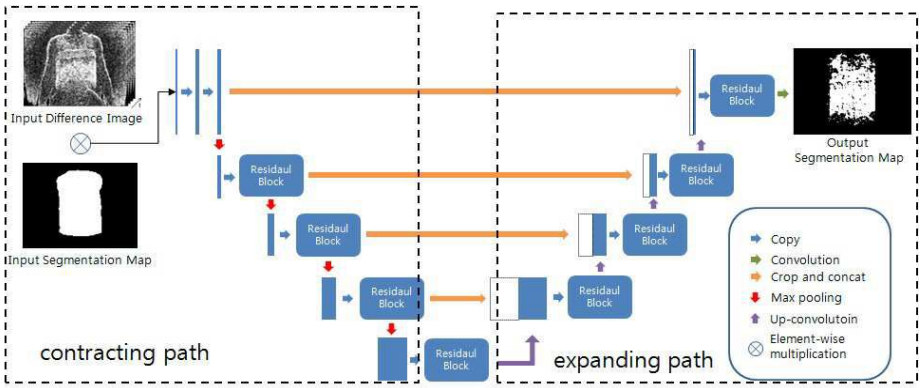
도면13



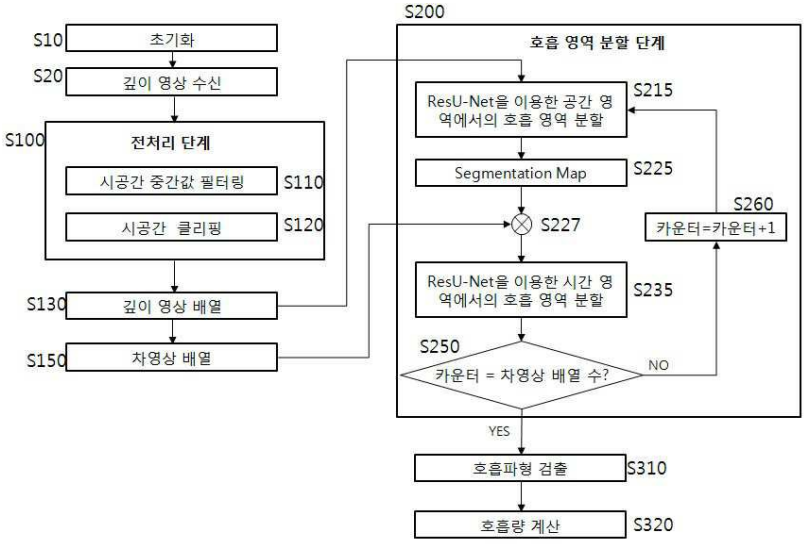
도면14



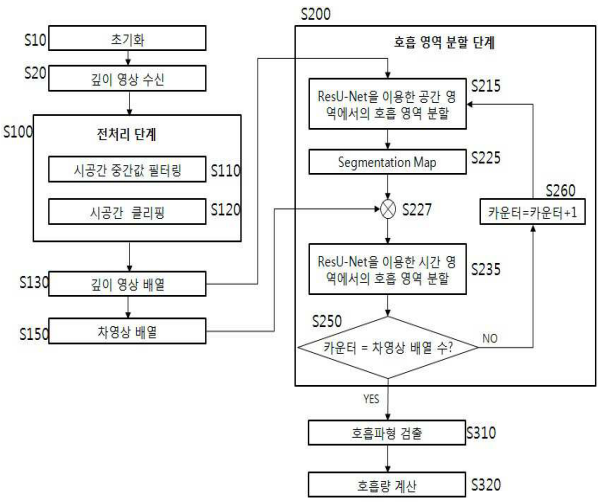
도면15


Input Difference Image
Input Segmentation Map
Residaul Block
Output Segmentation Map
contracting path
expanding path
Copy
Convolution
Crop and concat
Max pooling
Up-convolutoin
Element-wise multiplication

도면16


S10
초기화
S20
깊이 영상 수신
S100
전처리 단계
시공간 중간값 필터링
S110
시공간 클리핑
S120
S130
깊이 영상 배열
S150
차영상 배열
S200
호흡 영역 분할 단계
ResU-Net을 이용한 공간 영역에서의 호흡 영역 분할
S215
Segmentation Map
S225
S227
S260
카운터=카운터+1
ResU-Net을 이용한 시간 영역에서의 호흡 영역 분할
S235
S250
카운터 = 차영상 배열 수?
NO
YES
호흡파형 검출
S310
호흡량 계산
S320

专利名称(译)	使用深度摄像头的呼吸测量系统		
公开(公告)号	KR1020200049683A	公开(公告)日	2020-05-08
申请号	KR1020190137813	申请日	2019-10-31
[标]申请(专利权)人(译)	延世大学校产学协力团		
申请(专利权)人(译)	产学合作基金会，延世大学		
[标]发明人	신증수 김정민 유선국 오경택		
发明人	신증수 김정민 유선국 오경택		
IPC分类号	A61B5/08 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/08 A61B5/0077		
代理人(译)	Minhyejeong		
优先权	1020180131494 2018-10-31 KR		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明使用深度相机来拍摄对象的呼吸时间，获得差图像阵列，其中根据所获取的深度图像阵列计算彼此之间的差，并且分离差图像的呼吸区域。 在差异图像中，通过使用形状字典信息和区域信息功能设置级别，以分隔差异图像的呼吸区域，或将存储在存储单元中的连续深度图像写入差异图像和深度图像之间的差异中。 通过将学习的ResU-net（Residual U-net）应用于呼吸区域和差异图像，并从分离出的呼吸区域计算出呼吸量，从而可以无创，无约束且高精度地测量呼吸量。 用深度相机测量呼吸量的系统和方法技术领域本发明涉及一种使用深度相机测量呼吸量的系统和方法。 使用本发明的深度照相机测量呼吸量的方法包括：预处理步骤，其中，计算处理单元从深度照相机接收对象的上身的深度图像阵列，并从所接收的深度图像阵列中去除包括脉冲噪声的噪声；以及 计算处理单元通过从在预处理步骤中去除了噪声的深度图像阵列的每帧中的每个像素的深度值中，从时间上连续地相继减去前一帧中的对应像素的深度值与存储单元之间的差，来获得差分图像。 顺序存储。 差异图像排列步骤； 它的特征在于包括：在通过汽车图像布置步骤获得的汽车图像中，通过执行使用形状字典信息和区域信息功能设置的级别，以分离汽车图像的呼吸区域，呼吸区域分离步骤。 另外，在本发明的使用深度照相机的呼吸量测量方法中，计算处理单元从深度照相机接收被检体的上身的深度图像阵列，并进行预处理以从所接收的深度图像阵列中去除包括脉冲噪声的噪声。 ，预处理步骤； 运算处理部将在预处理步骤中去除了噪声的深度图像依次存储在存储部中。 计算处理单元通过从在预处理步骤中去除了噪声的连续深度图像阵列的每个帧中的每个像素的深度值中，从时间上连续地减去前一帧中的相应像素的深度值之间的差来获得差分图像， 顺序存储在内存中。 差异图像排列步骤； 通过将在差异图像布置步骤中获得的差异图像和在深度图像布置步骤中存储在存储单元中的连续深度图像应用于先前学习的ResU-net（残余U-net），从而将差异图像的呼吸区域分开。 其特征在于它包括域分离步骤。