



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년02월25일
 (11) 등록번호 10-1494975
 (24) 등록일자 2015년02월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G06T 7/00 (2006.01) A61B 8/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0134735
 (22) 출원일자 2013년11월07일
 심사청구일자 2013년11월07일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020100094045 A
 기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(73) 특허권자
 서울여자대학교 산학협력단
 서울특별시 노원구 화랑로 621 (공릉동, 서울여자대학교)
 (72) 발명자
홍헬렌
 서울 서초구 서초대로65길 13-10, 103동 1501호 (서초동, 서초래미안아파트)
김한나
 서울특별시 강동구 성내로14길 42-32, 402호(성내동, 세원빌라)
 (74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 15 항

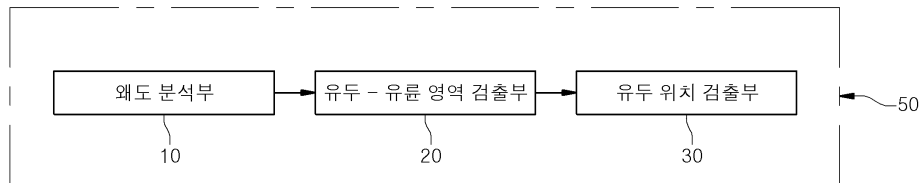
심사관 : 박금옥

(54) 발명의 명칭 **3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템 및 그 검출 방법**

(57) 요약

본 발명은 3차원 자동 유방 초음파 영상에서 관상면 슬랩-평균투영과 확률누적맵을 이용하여, 정확한 유두 위치를 검출하는 시스템 및 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템은 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 왜도 분석으로 유두 검출을 위한 영상 슬라이스를 선별하고 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 왜도분석부, 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 관하여, 허프 변환으로 유두-유륜 영역을 검출하는 유두-유륜 영역 검출부 및 유두가 포함된 영상 슬라이스에 관하여, 유두 확률누적맵을 생성하여 최종 유두 위치를 검출하는 유두 위치 검출부를 포함하는 것을 기술적 특징으로 한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012K001524

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신기술융합형성장동력산업

연구과제명 움직임 보정과 비강체 정합을 통한 영상 융합

기여율 1/1

주관기관 서울대학교

연구기간 2009.07.10 ~ 2014.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 왜도 분석으로 유두 검출을 위한 영상 슬라이스를 선별하고 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 왜도분석부;

상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 관하여, 허프 변환으로 유두-유륜 영역을 검출하는 유두-유륜 영역 검출부 및

유두가 포함된 영상 슬라이스에 관하여, 유두 확률누적맵을 생성하여 최종 유두 위치를 검출하는 유두 위치 검출부를 포함하며,

상기 유두 위치 검출부는,

상기 유두-유륜 영역이 검출된 영상슬라이스에 대하여, 누적 히스토그램을 생성하여 3D 오즈 임계값 기법을 적용하는 오즈 임계값 적용부;

유두 확률누적맵에서 누적확률 값이 가장 큰 화소들을 유두 후보 화소로 선정하여, 유두 후보 영역을 검출하는 유두 후보 검출부;

형태학적 연산의 침식 기법으로 유두가 아닌 영역을 제거하는 침식기법 적용부;

형태학적 연산의 확장 기법으로 유두 영역의 침식된 외곽 부분을 복원하여, 최종 유두 영역을 검출하는 최종 영역 검출부 및

상기 최종 유두 영역에서 화소들의 중심점을 산출하여 최종 유두점을 검출하는 최종 유두 검출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 왜도분석부는

3D 자동 유방 초음파 영상에 대하여, 관상면 영상 슬라이스 내에 잡음을 제거하는 잡음제거 필터부;

잡음 제거된 영상 슬라이스에 관하여, 영상 왜도 분석을 수행하는 영상왜도 분석부;

상기 영상 슬라이스의 왜도를 계산하여, 특정 왜도 임계값 이하의 영상슬라이스를 선별하는 영상 슬라이스 선별부 및

선별된 영상 슬라이스에서 대하여, 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 관상면 영상 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 왜도는 영상 밝기값의 비대칭적 확률분포를 나타내는 지표로, [수학식 1]을 통해 산출되는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템.

[수학식 1]

$$\gamma_1 = E \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^3 \right]$$

이때, 확률변수 X 의 평균 μ , 표준편차 σ 에 대한 왜도 r_1 은 확률분포의 비대칭성을 나타내는 지표임.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 관상면 슬랩-평균투영 영상은

관상면 방향으로 추적되는 각 화소들의 밝기값을 누적해 더한 후 선별된 영상 슬라이스의 장수로 나누어 생성되는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유두-유륜 영역 검출부는,

상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 소벨 연산자를 사용하여, 에지를 검출하는 에지검출부 및

에지 검출 영상에 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용하여, 유두-유륜 영역을 검출하는 타원검출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 타원 검출 알고리즘은,

상기 에지 검출 영상의 상하 일부 영역을 제외한 중심 영역 범위에서 적용되는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 타원 검출은

타원의 방정식을 매개변수 공간으로 변환하여, 타원을 구해 타원의 둘레에 존재하는 에지 화소의 수를 누적하여, 최대 에지 화소를 포함하는 타원을 유두-유륜 영역으로 검출하며, 타원의 매개변수 방정식은 [수학식 2]로 산출되는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템.

[수학식 2]

$$X(t) = X_c + A \cdot \cos(t)\cos(\theta) - B \cdot \sin(t)\sin(\theta)$$

$$Y(t) = Y_c + A \cdot \cos(t)\sin(\theta) + B \cdot \sin(t)\cos(\theta)$$

이때, (X_c, Y_c) 는 타원의 중심점, A 는 장축 길이의 1/2, B 는 단축 길이의 1/2, θ 는 타원의 회전각을 나타낸다. t 는 0에서 2π 사이의 값이며, $(X(t), Y(t))$ 는 타원을 이루는 한 점의 좌표임.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 오즈 임계값 기법은,

설정 밝기값 이하 영역에 화소에 확률값을 부여하고, 다수의 영상 슬라이스에 누적시켜 유두 확률누적맵을 생성하는 것이며, 상기 유두 확률누적맵에 속하는 누적 확률 값은 [수학식 3]으로 산출되는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템.

[수학식 3]

$$p(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^n f_b(x,y)}{n}$$

이때, n은 유두가 충분히 포함되는 상위 영상 슬라이스의 장수, f_b 는 3D 오즈 임계값 기법을 수행한 결과 영상 임.

청구항 10

(a) 왜도분석부를 이용하여, 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 왜도 분석으로 유두 검출을 위한 영상 슬라이스를 선별하는 단계;

(b) 선별된 영상 슬라이스에 관한 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 단계;

(c) 유두-유륜 영역 검출부를 이용하여, 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 관하여, 허프 변환으로 유두-유륜 영역을 검출하는 단계 및

(d) 유두 위치 검출부를 이용하여, 유두가 포함된 영상 슬라이스에 관하여, 유두 확률누적맵을 생성하여 최종 유두 위치를 검출하는 단계를 포함하며,

상기 (d) 단계는,

(d-1) 오즈 임계값 적용부를 이용하여, 상기 유두-유륜 영역이 검출된 영상슬라이스에 대하여, 누적 히스토그램을 생성하여 3D 오즈 임계값 기법을 적용하는 단계;

(d-2) 유두 후보 검출부를 이용하여, 유두 확률누적맵에서 누적확률 값이 가장 큰 화소들을 유두 후보 화소로 선정하여, 유두 후보 영역을 검출하는 단계;

(d-3) 침식기법 적용부를 이용하여, 형태학적 연산의 침식 기법으로 유두가 아닌 영역을 제거하는 단계;

(d-4) 최종 영역 검출부를 이용하여, 형태학적 연산의 확장 기법으로 유두 영역의 침식된 외곽 부분을 복원하여, 최종 유두 영역을 검출하는 단계 및

(d-5) 상기 최종 유두 영역에서 화소들의 중심점을 산출하여 최종 유두점을 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

(a-1) 영상왜도 분석부를 이용하여, 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 영상 왜도 분석을 수행하는 단계 및

(a-2) 영상 슬라이스 선별부를 이용하여, 상기 영상 슬라이스의 왜도를 계산하여, 특정 왜도 임계값 이하의 영

상슬라이스를 선별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 (a-1) 단계 이전에

(a-3) 가우시안 잡음 제거 필터로 왜도 분석된 관상면 영상 슬라이스의 잡음을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

관상면 방향으로 추적되는 각 화소들의 밝기값을 누적해 더한 후 선별된 영상 슬라이스의 장수로 나누어 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

(c-1) 에지검출부를 이용하여, 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 소벨 연산자를 사용하여, 에지를 검출하는 단계 및

(c-2) 타원검출부를 이용하여, 에지 검출 영상에 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용하여, 유두-유륜 영역을 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 (c-2) 단계는,

에지 검출 영상의 상하 일부 영역을 제외한 중심 영역 범위에서 적용되는 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 (d-1) 단계는,

설정 밝기값 이하 영역에 화소에 확률값을 부여하고, 다수의 영상 슬라이스에 누적시켜 유두 확률누적맵을 생성하는 단계인 것을 특징으로 하는 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 3차원 자동 유방 초음파 영상에서 유두 위치를 자동으로 검출하는 기술에 관한 것이며, 더 상세하게는 3차원 자동 유방 초음파 영상에서 관상면 슬랩-평균투영과 확률누적맵을 이용하여, 정확한 유두 위치를 검출하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 유두는 유방에서 신뢰할 수 있는 랜드마크(landmark) 중 하나로, 유방의 좌우 대칭을 비교하거나 [1] 유방암 진단 시 암의 위치를 설명하기 위한 기준으로 사용된다[2]. 또한 유방암 진단 및 추적에 위하여 서로 다른 모달리티(modality) 영상 간 정합 시 중요한 특징 점으로 이용된다[3, 4].

[0003] 종래 유두 검출을 위한 연구는 X-선 유방 영상, 유방 MR 영상과 유방 초음파 영상에서 이루어지고 있다. X-선 유방 영상과 유방 MR 영상에서의 유두 검출 연구는 다음과 같다.

[0004] S. D. Tzikopoulos[5] 등은 X-선 유방 영상에서 유방 경계에서 유두가 불룩하게 나타나는 특성을 이용하여, 유방 경계 부분으로부터 10mm 지점까지를 협대역(narrowband)으로 정의한 후 협대역 내에서 반복적으로 임계값 기법을 수행해, 논리 곱 연산자를 적용한 이진 영상에서 허프 변환을 통해 타원 형태로 유두를 검출하였다. Chandrasekhar[6] 등은 X-선 유방 영상에서 유방 경계부분의 기울기 벡터가 균일하게 유방 안쪽 방향으로 나타나다가 유두가 존재하는 지점에서 방향이 급변하는 특성을 이용하여 유두를 검출하였으며, S. Petroudi[7] 등은 X-선 유방 영상에서 유방 경계부분에 위치한 지방층을 적응적 임계값 기법을 통해 분할한 뒤, 지방층 안쪽과 바깥쪽 경계의 곡률이 급변하는 지점을 유두의 위치로 검출하였다. C. Zhou[8] 등도 Chandrasekhar[6] 등이나 S. Petroudi[7] 등과 유사하게, X-선 유방 영상에서 유방 경계부분의 곡률 변화가 큰 지점을 유두로 검출하였으며, 곡률 변화가 뚜렷하지 않은 데이터의 경우 밝기값 변화가 큰 지점을 유두로 검출하였다. M. Jas[9] 등은 X-선 유방 영상에서 흉근 영역과 유방 영역을 다중 임계값 기법을 통해 각각 분할한 후, 유방 영역의 중심점을 기준으로 하여 흉근의 경계와 수평을 이루는 스트립(strip)을 설정하여 유방 경계 방향으로 이동시키며 처음 만나는 유방 경계부분을 유두의 위치로 검출하였다. M.Karnan[1] 등은 X-선 유방 영상에서 유전 알고리즘을 이용해 유방 경계부분을 검출한 후 경계부분 화소의 밝기값을 해집단으로 사용한 유전 알고리즘을 통해 적합 값이 최소화 되는 위치를 유두의 위치로 검출하였다. M. Frandkin[10] 등은 유방 MR 영상에서 적응적 임계값 기법을 적용하여 피부 표면을 추출한 후, 피부 표면 인근 지역에 대하여 헤시안 기법 기반의 구형 강화 필터를 통해 유륜 영역을 구형의 관심영역으로 설정하고, 관심영역 내부에서 허프 변환을 적용하여 타원 형태로 유두 영역을 최종 검출하였다.

[0005] [도 15]는 유방 영상별 특성을 나타낸 그림으로, [도 15]의 (a), (b)와 같이 X-선 유방 영상과 유방 MR 영상에서는 유방의 둥근 형태나 유두의 불룩한 형태가 유지되기 때문에, 상기에서 제시한 관련 연구들에서는 이와 같은 특성을 이용하여 유두의 위치를 검출하였다.

[0006] 하지만, 3D 자동 유방 초음파 영상은 유방을 신체 앞 쪽에서 등 쪽 방향으로 압박하여 획득되므로, [도 15]의 (c), (d)에서 볼 수 있듯이 유방의 둥근 형태나 유두의 불룩한 구형 형태가 유지되지 않기 때문에 유방 X-선 영상이나 유방 MR 영상에서의 유두 검출 방법들과 같이 유방의 형태적 특성을 이용한 방법으로는 유두를 검출하기 어렵다. [도 15]의 (c)와 같이 3D 자동 유방 초음파의 관상면 영상에서 피부 영역은 밝은 밝기값을 가지며, 유두를 포함한 유륜은 어두운 밝기값의 타원 형태로 나타난다. 영상 슬라이스에 따라 유두 및 유륜 영역과 피부 영역 간 밝기값 차이가 상이하게 나타나며, 피부에서 유방 내부로 이동할수록 유두와 비슷하게 어두운 밝기값을 가지는 지방 조직이 많이 나타나는 특성이 있다.

[0007] 종래 3D 자동 유방 초음파 영상에서의 유두 검출 연구는 다음과 같다. Y. Ikedo[4] 등은 물이 채워진 막 위로 얹드려 유방의 둥근 형태를 유지하며 영상을 획득할 수 있도록 제작된 3D 자동 유방 초음파 기기의 영상에서, 유방의 가장 높은 지점에 유두가 위치한다는 해부학적 정보를 이용해 유두의 위치를 검출하였다. 3D 자동 유방 초음파의 횡단면 영상(Axial image)에서 유방 경계 중 가장 높은 지점에 유두를 포함하는 관심 영역을 설정하고, X-방향과 Z-방향의 밝기값 프로파일을 통해 밝기값이 가장 낮은 위치를 유두의 위치로 검출하였다. 하지만 일반적인 3D 자동 유방 초음파 기기에서 획득된 영상에서는 유방의 둥근 형태가 유지되지 않으므로 위와

같은 방법으로 초기 관심영역을 설정하기 어렵다.

[0008] L. Wang[12] 등은 3D 자동 유방 초음파 영상에서 초음파가 유두를 통과하지 않아 유두 후면에 튜브 형태의 그림자가 형성되는 특성을 이용한 유두 검출 방법을 제안하였다. 어두운 밝기값의 튜브 형태의 경우 3×3 헤시안 행렬을 이용해 3개의 고유값을 구하였을 때, 2번째로 큰 고유값이 큰 값을 가지는 특성을 이용해 2번째로 큰 고유값을 누적해 누적 값이 가장 큰 위치를 유두의 위치로 검출하였다. 그러나 초음파는 유방 조직 깊이 들어갈수록 약해지므로 유두 그림자 또한 약화되며, 유두 그림자의 튜브 형태가 뚜렷하게 나타나지 않는 측면(LAT: lateral)촬영 영상에서 정확성이 떨어지는 한계점이 있다.

[0009] T. Tan[13] 등은 3D 자동 유방 초음파의 관상면 영상에서 피부는 밝게 나타나고 유두를 포함한 유륜은 어두운 원형으로 나타나는 특성을 이용하여 허프 변환을 통해 유두 영역을 원으로 검출하였다. 하지만 3D 자동 유방 초음파의 관상면 영상에서 유두는 정확한 원형이 아닌 타원형으로 나타나 원 검출 알고리즘으로는 정확한 유두 검출이 어렵다. 또한 유두와 유륜은 모두 어두운 밝기값을 가져 둘 사이에 에지가 형성되지 못하고 밝은 밝기값을 가지는 피부와 유륜 사이에 에지가 형성되므로, 원 뿐만 아니라 타원 형태로 검출하더라도 유륜의 경계부분을 유두의 경계로 잘못 검출하는 한계가 있다. 뿐만 아니라 영상 슬라이스에 따라 유두-유륜 영역과 피부를 포함한 기타 영역 간 밝기값 차이 정도가 다르며, 유두-유륜 영역의 크기와 형태가 다르게 나타나 영상 슬라이스에 따라 상이한 유두 검출 결과를 나타내는 문제점이 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0010] (비특허문헌 0001) [1] M. Karnan, K. Thangavel, "Automatic detection of the breast border and nipple position on digital mammograms using genetic algorithm for asymmetry approach to detection of microcalcifications", Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol.87, issue 1, pp. 12-20, 2007.
- (비특허문헌 0002) [2] A. Karanikolic, V. Katic, M. Pesic, N. Djordjevic, S. Filipovic, R. Ilic, "Risk factors for nipple involvement in breast cancer patients", Asia-Pacific Journal of Clinical Oncology, vol. 1, pp.53-56, 2005.
- (비특허문헌 0003) [3] W. Y. Moon, Y-W. Shen, C-S. Huang, S-C. Luo, A. Kuzucan, J-H. Chen, R-F. Chang, "Comparative study of density analysis using automated whole breast ultrasound and MRI", Medical Physics, vol. 38, issue 1, pp. 382-389, 2011.
- (비특허문헌 0004) [4] Y. Ikedo, D. Fukuoka, T. Hara, H. Fujita, E. Takada, T. Endo, T. Morita, "Computerized mass detection in whole breast ultrasound images: Reduction of false positives using bilateral subtraction technique", Proc. of the SPIE Medical Imaging 2007: Computer-Aided Diagnosis, vol. 6514, 6514IT, 2007.
- (비특허문헌 0005) [5] S. D. Tzikopoulos, M. E. Mavroforakis, H. V. Georgiou, N. Dimitropoulos, S. Theodoridis, "A fully automated scheme for mammographic segmentation and classification based on breast density and asymmetry", Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol. 102, issue 1, pp. 47-63, 2011.
- (비특허문헌 0006) [6] R. Chandrasekhar, Y. Attikiouzel, "A simple method for automatically locating the nipple on mammograms", IEEE Transactions on Medical Imaging, vol. 16, no. 5, pp. 483-494, 1997.
- (비특허문헌 0007) [7] S. Petroudi, M. Brady, "Automatic Nipple Detection on Mammograms", Proc. of MICCAI 2003, vol. 2879, pp. 971-972, 2003.
- (비특허문헌 0008) [8] C. Zhou, H-P. Chan, C. Paramagul, M. A. Roubidoux, B. Sahiner, L. M. Hadjiiski, N. Petrick, "Computerized nipple identification for multiple image analysis in computer-aided diagnosis", Medical Physics, vol. 31, issue 10, pp.2871-2882, 2004.
- (비특허문헌 0009) [9] M. Jas, S. Mukhopadhyay, J. Chakraborty, A. Sadhu, N. Khandelwal, "A Heuristic Approach to Automated Nipple Detection in Digital Mammograms", Journal of Digital Imaging, 2013.

(비특허문헌 0010) [10] M. Fradkin, J-M. Rouet, H. Buurman, "Automatic nipple detection on breast MRI", Proc. of CARS' 2010, vol. 5, pp. 368-369, 2010.

(비특허문헌 0011) [11] H. Jo, H. Hong, "Nonrigid Registration with Tumor Rigidity constraint in Dynamic Contrast-Enhanced Breast MR Images", Journal of KIISE : Software and Applications, vol. 38, no. 12, pp. 606-612, 2011.

(비특허문헌 0012) [12] L. Wang, F. Zoehrer, O. Friman, H. Hahn, "A fully automatic method for nipple detection in 3D breast ultrasound images", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, vol. 6, pp. S191-S192, 2011.

(비특허문헌 0013) [13] T. Tan, B. Platel, R. Mus, N. Karssemeijer, "Detection of breast cancer in automated 3D breast ultrasound", Proc. of SPIE Medical Imaging 2012: Computer-Aided Diagnosis, vol. 8315, 831505, 2012.

(비특허문헌 0014) [14] [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Skewness> (downloaded 2013, May. 10)

(비특허문헌 0015) [15] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital image processing, 2nd Ed., p.175, Prentice-Hall, New Jersey, 2002.

(비특허문헌 0016) [16] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital image processing, 2nd Ed., p.578, Prentice-Hall, New Jersey, 2002.

(비특허문헌 0017) [17] H. K. Yuen, J. Illingworth, J. Kittler, "Detecting partially occluded ellipses using the Hough transform", Image and Vision Computing, vol. 7, pp. 31-37, 1989.

(비특허문헌 0018) [18] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. SMC-9, no. 1, pp. 62-66, 1978.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템의 목적은, 관상면 슬랩-평균투영과 확률누적맵을 이용하여, 유두의 위치를 검출하여, 유방 관련 질병 진단 및 추적에 특징점으로 활용하도록 하는데 있다.
- [0012] 다른 목적은, 왜도분석부를 포함하여, 유두 검출에 적합한 영상 슬라이스를 선별하는데 있다.
- [0013] 또 다른 목적은, 유두-유륜 영역 검출부를 포함하여, 3차원 자동 유방 초음파의 정면촬영 영상과 유두 그림자가 약한 측면 촬영 영상에서 지방 및 유선 조직으로의 번짐 없이 유두-유륜 영역을 검출하는데 있다.
- [0014] 또 다른 목적은, 유두 위치 검출부를 포함하여, 유두-유륜 영역에서 유륜 및 주변 조직으로부터 유두를 분리시키는 데 있다.
- [0015] 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법의 목적은, 관상면 슬랩-평균투영과 확률누적맵을 적용하여, 유두-유륜 영역의 크기 및 형태 변화에 대한 영향력을 감소시키고, 정면촬영 영상을 비롯한 측면 촬영 영상에서도 정확한 유두 위치를 검출할 수 있는 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템은 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 왜도 분석으로 유두 검출을 위한 영상 슬라이스를 선별하고 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 왜도분석부, 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 관하여, 허프 변환으로 유두-유륜 영역을 검출하는 유두-유륜 영역 검출부

및 유두가 포함된 영상 슬라이스에 관하여, 유두 확률누적맵을 생성하여 최종 유두 위치를 검출하는 유두 위치 검출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 왜도분석부는 3D 자동 유방 초음파 영상에 대하여, 관상면 영상 슬라이스 내에 잡음을 제거하는 잡음제거 필터부, 잡음 제거된 영상 슬라이스에 관하여, 영상 왜도 분석을 수행하는 영상왜도 분석부, 상기 영상 슬라이스의 왜도를 계산하여, 특정 왜도 임계값 이하의 영상슬라이스를 선별하는 영상 슬라이스 선별부 및 선별된 영상 슬라이스에서 대하여, 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 관상면 영상 분석부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 유두-유륜 영역 검출부는 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 소벨 연산자를 사용하여, 에지를 검출하는 에지검출부 및 에지 검출 영상에 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용하여, 유두-유륜 영역을 검출하는 타원검출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 유두 위치 검출부는 상기 유두-유륜 영역이 검출된 영상슬라이스에 대하여, 누적 히스토그램을 생성하여 3D 오즈 임계값 기법을 적용하는 오즈 임계값 적용부, 유두 확률누적맵에서 누적확률 값이 가장 큰 화소들을 유두 후보 화소로 선정하여, 유두 후보 영역을 검출하는 유두 후보 검출부, 형태학적 연산의 침식 기법으로 유두가 아닌 영역을 제거하는 침식기법 적용부, 형태학적 연산의 확장 기법으로 유두 영역의 침식된 외곽 부분을 복원하여, 최종 유두 영역을 검출하는 최종 영역 검출부 및 상기 최종 유두 영역에서 화소들의 중심점을 산출하여 최종 유두점을 검출하는 최종 유두 검출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법은 (a) 왜도분석부를 이용하여, 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 왜도 분석으로 유두 검출을 위한 영상 슬라이스를 선별하는 단계, (b) 선별된 영상 슬라이스에 관한 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 단계, (c) 유두-유륜 영역 검출부를 이용하여, 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 관하여, 허프 변환으로 유두-유륜 영역을 검출하는 단계 및 (d) 유두 위치 검출부를 이용하여, 유두가 포함된 영상 슬라이스에 관하여, 유두 확률누적맵을 생성하여 최종 유두 위치를 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법에 있어서, (a) 단계는 (a-1) 영상왜도 분석부를 이용하여, 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 영상 왜도 분석을 수행하는 단계 및 (a-2) 영상 슬라이스 선별부를 이용하여, 상기 영상 슬라이스의 왜도를 계산하여, 특정 왜도 임계값 이하의 영상슬라이스를 선별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법은 (a-1) 단계 이전에 (a-3) 가우시안 잡음 제거 필터로 왜도 분석된 관상면 영상 슬라이스의 잡음을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법에 있어서, (c) 단계는 (c-1) 에지검출부를 이용하여, 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 소벨 연산자를 사용하여, 에지를 검출하는 단계 및 (c-2) 타원검출부를 이용하여, 에지 검출 영상에 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용하여, 유두-유륜 영역을 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법은 (d) 단계는 (d-1) 오즈 임계값 적용부를 이용하여, 상기 유두-유륜 영역이 검출된 영상슬라이스에 대하여, 누적 히스토그램을 생성하여 3D 오즈 임계값 기법을 적용하는 단계, (d-2) 유두 후보 검출부를 이용하여, 유두 확률누적맵에서 누적확률 값이 가장 큰 화소들을 유두 후보 화소로 선정하여, 유두 후보 영역을 검출하는 단계, (d-3) 침식기법 적용부를 이용하여, 형태학적 연산의 침식 기법으로 유두가 아닌 영역을 제거하는 단계, (d-4) 최종 영역 검출부를 이용하여, 형태학적 연산의 확장 기법으로 유두 영역의 침식된 외곽 부분을 복원하여, 최종 유두 영역을 검출하는 단계 및 (d-5) 상기 최종 유두 영역에서 화소들의 중심점을 산출하여 최종 유두점을 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0025] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템은 관상면 슬랩-평균투영과 확률누적맵을 이용함으로써, 유두의 정확한 위치를 검출할 수 있으며, 유방암 진단 시, 암의 위치를 설명하기 위한 기준으로 사용하며, 유방암 진단 및 추적에 위한 영상 정합 시, 특징점으로 활용하여, 유방암 진단 및 치료의 정확성 및 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0026] 또한, 관상면 영상 슬라이스의 왜도 분석을 통해 유두 검출에 적합한 영상 슬라이스를 선별할 수 있으며, 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성함으로써, 유두-유륜 변화에 대한 영향력을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 유방 경계나 유선 조직 및 지방 조직으로의 번짐을 방지할 수 있는 효과가 있다.
- [0027] 또한 관상면 슬랩-평균투영 영상에서 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용함으로써, 정면촬영 영상과 측면촬영 영상에서 지방 및 유선 조직으로의 번짐을 방지할 수 있으며, 이를 통해 유두 위치 검출의 정확성을 크게 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0028] 또한, 유두 확률누적맵을 통해 최종 유두 영역에서 정확한 최종 유두 위치를 검출할 수 있는 효과가 있다.
- [0029] 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법은, 관상면 슬랩-평균투영과 확률누적맵을 적용함으로써, 유두-유륜 영역의 크기 및 형태 변화에 대한 영향력을 감소시킬 수 있으며, 관상면 영상의 정면 촬영 영상을 비롯한 측면 촬영 영상에서도 정확한 유두 위치를 검출할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템의 전체 구성을 나타내는 구성도.
- 도 2는 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 왜도분석부의 상세 구성을 나타내는 구성도.
- 도 3은 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 밝기값 히스토그램에 따른 왜도 변화를 나타내는 실시예 화면 및 그래프.
- 도 4는 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 유두-유륜 영역 검출부의 상세 구성을 나타내는 구성도.
- 도 5는 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 단일 슬라이스 영상과 슬랩-평균투영 영상에서의 타원 검출을 나타내는 실시예 영상.
- 도 6은 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 유두 위치 검출부의 상세 구성을 나타내는 구성도.
- 도 7은 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템에 있어서, 유두 확률누적맵이 적용된 실시예 영상.
- 도 8은 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법의 전체 흐름을 나타내는 흐름도.
- 도 9는 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법에 있어서, S10 단계의 상세흐름을 나타내는 흐름도.
- 도 10은 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법에 있어서, S20 단계의 상세흐름을 나타내는 흐름도.
- 도 11은 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법에 있어서, S30 단계의 상세흐름을 나타내는 흐름도.
- 도 12는 3차원 자동 유방 초음파 정면 촬영 영상에서 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법과 종래 유두 검출 방법을 비교하는 실시예 화면.
- 도 13은 3차원 자동 유방 초음파 측면 촬영 영상에서 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법과 종래 유두 검출 방법을 비교하는 실시예 화면.

도 14는 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 방법과 종래 유두 자동 검출 방법의 유두 검출율을 비교하는 결과 그래프.

도 15는 일반적인 유방 영상별 특성을 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템 및 그 검출 방법을 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명하면 다음과 같다.

[0032] 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템(50)[도 1]에 도시된 바와 같이, 왜도분석부(10), 유두-유륜 영역 검출부(20) 및 유두 위치 검출부(30)를 포함한다.

[0033] 상기 왜도분석부(10)는 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 왜도 분석으로 유두 검출을 위한 영상 슬라이스를 선별하고 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 역할을 하며, 상기 왜도분석부(10)는 [도 2]에 도시된 바와 같이, 잡음제거 필터부(11), 영상왜도 분석부(12), 영상 슬라이스 선별부(13) 및 관상면 영상 분석부(14)를 포함한다.

[0034] 상기 잡음제거 필터부(11)는 관상면 영상 슬라이스 내에 잡음을 제거하는 하는 역할을 하며, 본 발명에 따른 상기 잡음제거 필터부(11)는 가우시안(Gaussian) 잡음 제거 필터를 적용하여, 유두가 포함된 영상 슬라이스의 잡음을 제거한다.

[0035] 상기 영상왜도 분석부(12)는 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 영상 왜도 분석을 수행하는 역할을 하며, 왜도는 확률분포가 얼마나 비대칭적으로 분포되어 있는지를 나타내는 지표로서 확률분포가 왼쪽으로 치우칠수록 큰 양수 값을, 오른쪽으로 치우칠수록 큰 음수 값을 가지며, 다음 [수학식 1]을 통해 구할 수 있다.

수학식 1

$$r_1 = E \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^3 \right]$$

[0036]

[0037] 이때, 확률변수 X의 평균 μ , 표준편차 σ 에 대한 왜도 r_1 은 확률분포의 비대칭성을 나타내는 지표이며, [도 3]은 밝기값 히스토그램에 따른 왜도 변화를 나타내는 것으로 [도 3]의 (a)와 같이 피부 조직이 많이 나타나는 영상 슬라이스의 경우, 밝은 밝기값의 영역이 많이 나타나 히스토그램이 오른쪽으로 치우친 형태를 보여 왜도가 음수로 나타나는 반면, [도 3]의 (b)와 같이 3D 자동 유방 초음파 영상의 영상 슬라이스는 일반적으로 어두운 밝기값의 영역이 많이 나타나 밝기값 히스토그램이 왼쪽으로 치우친 형태를 보여 왜도가 양수로 나타난다.

[0038] 상기 영상 슬라이스 선별부(13)는 상기 영상 슬라이스의 왜도를 계산하여, 특정 왜도 임계값(T_{skew}) 이하의 영상 슬라이스를 선별하는 역할을 한다.

[0039] 본 발명에 있어서, 왜도 분석을 통해 선별한 영상 슬라이스들에서도 유두-유륜 영역의 크기 및 형태가 다르게 나타나므로, 본 발명에 있어서, 관상면 영상 분석부(14)를 이용하여, 상기 영상 슬라이스 선별부(13)에서 선별된 영상 슬라이스들에 대하여 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하도록 한다.

[0040] 본 발명에 있어서, 관상면 슬랩-평균투영 영상은 [도 3]의 (c)와 같이, 관상면 방향으로 추적되는 각 화소들의 밝기값을 누적해 더한 후 선별된 영상 슬라이스의 장수로 나누어 생성되도록 한다.

[0041] 일반적으로 3D 자동 유방 초음파 영상의 관상면에서 유두-유륜 영역은 어두운 밝기값의 타원 형태로 나타나지만, 피부로부터 유방 내부로 이동 할수록 밝은 밝기값을 가지는 피부 조직이 덜 나타나고 어두운 밝기값을 가지는 지방 조직들이 많이 나타나게 되어 유두-유륜 영역과 주변 영역 간 밝기값이 유사해진다. 또한 영상 슬라이스에 따라 유두-유륜 영역과 피부를 포함한 기타 영역 간 밝기값 차이 정도가 다르며, 유두-유륜 영역의 크기와 형태가 다르게 나타나, 유두 검출에 적합한 영상 슬라이스 선정이 어려우며 영상 슬라이스에 따라 상이한 유두 검출 결과를 나타낼 수 있다.

[0042] 따라서 본 발명에 따른 상기 왜도분석부(10)를 통해, 유두 검출에 적합한 영상 슬라이스를 자동으로 선정하는 것이 가능하고, 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성함으로써 각 영상 슬라이스에서 나타나는 유두-유륜 영역의 변화에 대한 영향력을 감소시킬 뿐 아니라 유두-유륜 영역 검출 단계에서 유방 경계나 유선 조직 및 지방 조직으로의 번짐을 방지할 수 있는 것이다.

[0043] 상기 유두-유륜 영역 검출부(20)는 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 관하여, 허프 변환으로 유두-유륜 영역을 검출하는 역할을 하며, 본 발명에 따른 상기 유두-유륜 영역 검출부(20)는 [도 4]에 도시된 바와 같이, 에지검출부(21) 및 타원검출부(22)를 포함한다.

[0044] 상기 에지검출부(21)는 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 소벨 연산자를 사용하여, 에지를 검출하는 역할을 하며, 본 발명의 실시예에서 유두-유륜 영역을 이루는 에지가 소실되지 않고 충분히 검출되도록 기울기 영상에서 임계값인 T_{edge} 를 20으로 설정하여 밝기값 변화량이 20보다 큰 에지를 검출하도록 하였다.

[0045] 상기 타원검출부(22)는 에지 검출 영상에 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용하여, 유두-유륜 영역을 검출하는 역할을 한다.

[0046] 또한, 본 발명에 있어서, 3D 자동 유방 초음파 영상의 관상면 영상 슬라이스에서 유두는 영상의 좌우로 치우칠 수 있지만 상하로는 크게 치우치지 않으므로, 타원 검출 알고리즘의 적용 범위를 줄이고 유방 경계로의 번짐을 방지하기 위해, 본 발명의 실시예에서는 에지 검출 영상의 상하 25% 영역을 제외한 중심 50% 범위 내에서 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용하였다.

[0047] 또한, 본 발명에 있어서, 상기 타원검출부(22)의 허프 변환을 이용한 타원 검출은 타원의 방정식을 매개변수 공간으로 변환하여 타원을 찾는 방법으로, 매개변수를 변화시키며 타원을 구해 매개변수들에 따른 각 타원의 둘레에 존재하는 에지 화소의 수를 누적하여 가장 많은 에지 화소를 포함하는 타원을 유두-유륜 영역으로 검출하며, 다음 [수학식 2]는 타원의 매개변수 방정식을 나타낸다.

수학식 2

$$X(t) = X_c + A \cdot \cos(t) \cos(\theta) - B \cdot \sin(t) \sin(\theta)$$

$$Y(t) = Y_c + A \cdot \cos(t) \sin(\theta) + B \cdot \sin(t) \cos(\theta)$$

[0048]

[0049] 이때, (X_c, Y_c) 는 타원의 중심점, A는 장축 길이의 1/2, B는 단축 길이의 1/2, θ 는 타원의 회전각을 나타낸다. t 는 0에서 2π 사이의 값이며, $(X(t), Y(t))$ 는 타원을 이루는 한 점의 좌표를 말한다.

[0050] [도 5]는 본 발명에 있어서, 단일 슬라이스 영상과 슬랩-평균투영 영상에서의 타원 검출 결과로, 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 통해 검출된, 누적 에지 화소수가 많은 50개의 타원을 붉은색으로 보여주는 실시예 화면으로, [도 5]의 (a)는 단일 슬라이스 영상에서의 타원 검출 결과, 유선 조직으로 인해 발생한 에지에도 타원이 검출된 반면, [도 5]의 (b) 슬랩-평균투영 영상에서는 유선 조직의 에지가 약화되어 검출된 50개의 타원이 모두 유두-유륜 영역에 적합된 것을 확인할 수 있다.

[0051] 이처럼 본 발명에 따른 상기 유두-유륜 영역 검출부(20)는 관상면 슬랩-평균투영 영상에서 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용함으로써 3D 자동 유방 초음파의 정면촬영 영상과 유두 그림자가 약한 측면촬영 영상 모두에서 지방 및 유선 조직으로의 번짐 없이 유두-유륜 영역을 검출할 수 있도록 한다. 또한 이를 통해 검출된 유두-유륜 영역을 유두 위치 검출 단계의 관심영역으로 사용함으로써 유두 위치 검출 단계의 정확성을 높일 수 있는 효과가 있다.

[0052] 상기 유두 위치 검출부(30)는 유두가 포함된 영상 슬라이스에 관하여, 유두 확률누적맵을 생성하여 최종 유두 위치를 검출하는 역할을 하며, 본 발명에 따른 상기 유두 위치 검출부(30)는 [도 6]에 도시된 바와 같이, 오즈 임계값 적용부(31), 유두 후보 검출부(32), 침식 기법 적용부(33), 최종 영역 검출부(34) 및 최종 유두 검출부

(35)를 포함한다.

[0053] 상기 오즈 임계값 적용부(31)는 상기 유두-유륜 영역 검출부(20)에 의해 검출된 유두-유륜 영역에 대하여, 누적 히스토그램을 생성하여 3D 오즈 임계값 기법을 적용하는 역할을 한다.

[0054] 즉, 유륜이나 유선 조직은 영상 슬라이스에 따라 위치나 형태가 변하는 반면, 유두는 유두 뒤에 유두 그림자가 형성되기 때문에 여러 영상 슬라이스에 걸쳐 같은 위치에 유사한 형태로 나타난다. 이와 같은 특성을 이용하여 타원 형태의 관심영역 범위 내에서 유두가 충분히 포함되는 상위 영상 슬라이스에 대하여 누적 히스토그램을 생성해 3D 오즈 임계값 기법을 수행한다. 오즈 임계값 기법을 수행하여 어두운 밝기값을 가지는 그룹에 속한 화소에 높은 확률값을 부여하고, 여러 영상 슬라이스에 대하여 누적시켜 유두 확률누적맵을 생성하며, 다음 [수학식 3]은 유두 확률누적맵에 속하는 누적 확률 값을 구하는 식이다.

수학식 3

$$P(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^n f_b(x,y)}{n}$$

[0055]

[0056] 이때, n은 유두가 충분히 포함되는 상위 영상 슬라이스의 장수, f_b는 3D 오즈 임계값 기법을 수행한 결과 영상을 나타낸다.

[0057] 상기 유두 후보 검출부(34)는 유두 확률누적맵에서 누적확률 값이 가장 큰 화소들을 유두 후보 화소로 선정하여, 유두 후보 영역을 검출하는 역할을 하며, 유두 확률누적맵에서 누적확률 값이 가장 큰 화소들을 유두 후보 화소로 선정함으로써, 밝은 밝기값을 가지는 유선 조직과 어두운 밝기값을 가지지만 여러 영상 슬라이스에 걸쳐 나타나지 않은 유륜 영역으로부터 유두 후보 영역을 구한다.

[0058] 유두 확률누적맵을 통해 구한 유두 후보 영역의 화소 중에는 어두운 밝기값을 가지는 지방 조직이나, 유륜의 일부가 포함되어 있을 수 있으므로, 본 발명에서는 상기 침식 기법 적용부(33)로 5×5 크기의 원형 구조를 이용하여 형태학적 연산의 침식 기법을 수행해 유두가 아닌 작은 기타 영역을 제거하거나 유두 후보 영역으로부터 분리한다.

[0059] 또한, 침식 기법 적용 과정에서 제거되지 않은 기타 영역을 제거하고, 유두 영역만 추출할 수 있도록 하기 위하여 연결요소 레이블링을 통해 연결 요소들을 구하여 가장 큰 연결 요소만 남기고 제거하는 것이 바람직하다.

[0060] 더불어, 침식 기법 적용 과정에서 유두 영역의 외곽 부분의 화소가 소실되었으므로, 본 발명은 상기 최종 영역 검출부(34)로 5×5 크기의 원형 구조를 이용하여 형태학적 연산의 확장 기법을 수행해 유두 영역의 침식된 외곽 부분을 복원시켜 최종 유두 영역을 구하고, 상기 최종 유두 검출부(35)를 이용하여, 최종 유두 영역에서 영역 내에 속한 화소들의 중심점을 구함으로써 최종 유두 검출점을 구한다.

[0061] [도 7]은 본 발명에 따른 유두 확률누적맵을 나타내는 그림으로 [도 7]의 (a)는 관상면 슬랩-평균투영 영상에서의 타원 검출 결과(녹색 곡선)를 나타내고, 그림 [도 7]의 (b)는 유두를 충분히 포함하는 영상 슬라이스들에 대하여 관심영역(녹색 영역) 내에서 3D 오즈 임계값 기법과 유두 확률누적맵을 통해 구한 유두 영역(붉은색 영역)을, [도 7]의 (c)는 최종 유두 검출점(붉은색 점)을 나타낸다. 관심영역 내에서 3D 오즈 임계값 기법과 유두 확률누적맵을 적용시킴으로서 [도 7]의 (b)와 같이 관심영역 내에 존재하는 유륜 및 기타 영역들로부터 유두 영역만 검출된 것을 확인 할 수 있으며, 이를 통하여 [도 7]의 (c)와 같이 최종 유두 검출점이 유두의 중심에 가깝게 검출된 것을 확인할 수 있다.

[0062] 이처럼 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상을 이용해 구한 유두-유륜 영역 내부에는 유두 외에 유륜이나 주변 유선 조직이 포함되어 있을 수 있어, 유두 위치 검출의 정확성을 감소시킬 가능성이 있는데, 본 발명에 따른 유두 위치 검출부(30)를 통해 유두 확률누적맵을 적용함으로써, 여러 영상 슬라이스에 걸쳐 나타나지 않는 유륜과 밝은 밝기값을 가지는 유선 조직 및 기타 영역으로부터 유두 영역만을 분리시켜 유두 위치 검출의 정확성을 높일 수 있는 것이다.

- [0063] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템을 적용 시, 관상면 슬랩-평균투영과 확률누적맵을 이용함으로써, 유두의 정확한 위치를 검출할 수 있는 효과가 있는 것이다.
- [0064] 나아가 검출된 유두의 위치는 유방암 진단 시, 암의 위치를 설명하기 위한 기준으로 사용하며, 유방암 진단 및 추적에 위한 영상 정합 시, 특징점으로 활용하여, 유방암 진단 및 치료의 정확성 및 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0065] [도 8]은 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템을 이용한 유두 자동 검출 방법의 전체 흐름을 나타내는 흐름도로, 상기 왜도분석부(10)를 이용하여, 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 왜도 분석으로 유두 검출을 위한 영상 슬라이스를 선별하는 단계(S10)를 수행한다.
- [0066] [도 9]는 상기 S10 단계의 상세 흐름을 나타내는 도면으로, 영상왜도 분석부(11)를 이용하여, 3D 자동 유방 초음파 영상에 관하여, 상기 잡음제거 필터부(11)를 이용하여, 관상면 영상 슬라이스의 잡음을 제거하는 단계(S11)를 수행하고, 상기 영상왜도 분석부(12)로 영상 왜도 분석을 수행하는 단계(S13)를 수행하고, 한다.
- [0067] 다음으로, 상기 영상 슬라이스 선별부(13)를 이용하여, 상기 영상 슬라이스의 왜도를 계산하여, 특정 왜도 임계값 이하의 영상 슬라이스를 선별하는 단계(S15)를 수행하고, 상기 관상면 영상 분석부(14)를 통해 선별된 영상 슬라이스에 관한 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 단계(S15)를 수행하며, 상기 S15 단계는 관상면 방향으로 추적되는 각 화소들의 밝기값을 누적해 더한 후 선별된 영상 슬라이스의 장수로 나누어 관상면 슬랩-평균투영 영상을 생성하는 단계이다.
- [0068] 이러한 본 발명에 따른 상기 S10 단계를 통해, 유두 검출에 적합한 영상 슬라이스를 선정하고, 유방 경계나 유선 조직 및 지방 조직으로 인해 발생하는 잘못된 검출되는 에지의 영향력을 감소시킬 수 있는 것이다.
- [0069] 다음으로, 상기 유두-유륜 영역 검출부(20)를 이용하여, 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 관하여, 허프 변환으로 유두-유륜 영역을 검출하는 단계(S20)를 수행한다.
- [0070] [도 10]은 본 발명에 따른 상기 S20 단계의 상세 흐름을 나타내는 도면으로, 상기 에지검출부(21)를 이용하여, 상기 관상면 슬랩-평균투영 영상에 소벨 연산자를 사용하여, 에지를 검출하는 단계(S21) 및 상기 타원검출부(22)를 이용하여, 에지 검출 영상에 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘을 적용하여, 유두-유륜 영역을 검출하는 단계(S23)를 포함하며, 본 발명에 있어서, 상기 S23 단계는 에지 검출 영상의 상하 일부 영역을 제외한 중심 영역 범위에서 적용되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0071] 다음으로, 상기 유두 위치 검출부(30)를 이용하여, 유두가 포함된 영상 슬라이스에 관하여, 유두 확률누적맵을 생성하여 최종 유두 위치를 검출하는 단계(S30)를 수행한다.
- [0072] [도 11]은 본 발명에 따른 상기 S30 단계의 상세 흐름을 나타내는 도면으로, 상기 오즈 임계값 적용부(31)를 이용하여, 상기 유두-유륜 영역이 검출된 영상슬라이스에 대하여, 누적 히스토그램을 생성하여 3D 오즈 임계값 기법을 적용하는 단계(S31)를 수행하고, 본 발명에 있어서, 상기 S31 단계는 설정 밝기값 이하 영역에 화소에 확률값을 부여하고, 다수의 영상 슬라이스에 누적시켜 유두 확률누적맵을 생성하는 단계를 말한다.
- [0073] 다음으로, 상기 유두 후보 검출부(32)를 이용하여, 유두 확률누적맵에서 누적확률 값이 가장 큰 화소들을 유두 후보 화소로 선정하여, 유두 후보 영역을 검출하는 단계(S33)를 수행하고, 상기 침식 기법 적용부(33)를 이용하여, 형태학적 연산의 침식 기법으로 유두가 아닌 영역을 제거하는 단계(S35)를 수행한다.
- [0074] 또한, 상기 최종 영역 검출부(34)를 이용하여, 형태학적 연산의 확장 기법으로 유두 영역의 침식된 외곽 부분을 복원하여, 최종 유두 영역을 검출하는 단계(S37)를 수행하고, 상기 최종 유두 검출부(35)를 이용하여, 상기 최종 유두 영역에서 화소들의 중심점을 산출하여 최종 유두점을 검출하는 단계(S39)를 수행한다.
- [0075] 이러한 S30 단계를 통해 유두 확률누적맵을 적용함으로써 여러 영상 슬라이스에 걸쳐 나타나지 않는 유륜과 밝은 밝기값을 가지는 유선 조직 및 기타 영역으로부터 유두 영역만을 분리시켜 유두 위치 검출의 정확성을 높일 수 있는 것이다.

- [0076] 본 발명에 따른 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템 및 그 검출 방법의 성능을 확인할 수 있는 실험 및 그 결과는 다음과 같다.
- [0077] 실험을 위해 사용된 데이터는 6명의 환자로부터 SonoVu ScanStation(U-system, SanJose, USA)에서 획득한 3D 자동 유방 초음파 영상으로, 정면촬영(AP) 영상 11개, 측면촬영(LAT) 영상 7개이다. 영상 해상도는 595×210부터 950×210 사이이며, 영상 슬라이스 장 수는 197장부터 266장 사이이다. 실험은 모두 볼륨데이터의 관상면에서 수행되었으며, 각 볼륨데이터에서 유두가 충분히 포함되는 상위 8장의 영상 슬라이스 영역 내에서 수행되었다. 실험에 사용된 영상 슬라이스 장수는 총 144장이다.
- [0078] 실험으로는 육안 평가와 정확성 평가를 수행하였다. 종래 방법은 허프 변환을 이용한 타원 검출 알고리즘으로 유두를 검출한 방법이며, 관상면 슬랩-평균투영 영상 생성 후 허프 변환을 적용해 유두를 검출하는 본 발명의 방법과, 유두 확률누적맵까지 적용한 본 발명의 방법을 함께 비교하였다. 비교 방법의 실험은 제안 방법과 같은 잡음 제거와 에지 검출을 수행한 영상에서 이루어졌으며, 허프 변환의 수행 범위도 동일하게 적용되었다.
- [0079] [도 12]는 정면촬영 영상에서, [도 13]은 측면촬영 영상에서 종래 방법과 본 발명의 방법들을 적용한 유두 검출 결과를 비교한 것으로, 녹색 곡선으로 허프 변환을 통해 검출한 타원을 표시하고, 붉은 점으로 최종 유두 위치 검출점을 표시하였다. [도 12]의 (a)와 [도 13]의 (a)는 3D 자동 유방 초음파 데이터에서 각 영상 슬라이스 별로 허프 변환을 통해 검출한 타원의 중심점을 유두의 위치로 검출한 결과이며, [도 12]의 (b)와 [도 13]의 (b)는 관상면 슬랩-평균투영 영상에서 허프 변환을 적용해 구한 타원의 중심점을 유두의 위치로 검출한 결과이다. [도 12]의 (c)와 [도 13]의 (c)는 관상면 슬랩-평균투영 영상에서 허프 변환으로 검출한 타원 영역 안에서 유두 확률누적맵을 적용하여 유두 영역만을 분리한 후 유두 영역의 중심점을 유두의 위치로 검출한 결과이다.
- [0080] [도 12]의 (a)는 Data 1, 2, 3 모두에서 유선 조직이나 피부 조직까지 타원이 확장되어 검출되거나, 유선 조직에 타원이 검출되어 최종 검출점이 유두 영역 내부에 속하지 못한 영상 슬라이스를 확인 할 수 있으며, 영상 슬라이스 따라 유두 검출 결과가 상이하게 나타났다.
- [0081] 반면, [도 12]의 (b)에서는 관상면 슬랩-평균투영 영상을 사용함으로써 Data 1, 2, 3 모두에서 영상 슬라이스에 따른 검출 결과의 차이 없이, 허프 변환을 통해 검출한 타원이 유선 조직에서 검출되지 않고 유륜-유두 영역에 검출되었다. 하지만 [도 12]의 (b)는 Data 2에서 타원이 유륜에 적합해 유두보다 크게 검출되었기 때문에 최종 검출점이 유두의 경계에 위치하였고, Data 3에서는 검출점이 유두 영역 내부에 속해 검출에 성공하였지만 유두의 중심보다는 유두 경계에 가깝게 검출되었다.
- [0082] 그러나 [도 12]의 (c)에서는 유두 확률누적맵을 적용해 유두나 기타 조직 영역으로부터 유륜 영역만 검출함으로써, [도 12]의 (b)에서 잘못 검출되거나 유두의 경계에 가까운 검출점이 유두의 중심에 가깝게 보정된 것을 확인할 수 있다.
- [0083] 또한, [도 13]의 (a)는 Data 1, 2에서 유선 조직이나 피부 조직에 타원이 검출되어 최종 검출점이 유두 영역 내부에 속하지 못한 영상 슬라이스를 확인 할 수 있으며, Data 3에서 유선 조직이나 피부 조직까지 타원이 확장되어 검출되었고, Data 1, 2, 3 모두에서 영상 슬라이스 따라 유두 검출 결과가 상이하게 나타났다.
- [0084] 반면, [도 13]의 (b)에서는 관상면 슬랩-평균투영 영상을 사용함으로써 Data 1, 2, 3 모두에서 영상 슬라이스에 따른 검출 결과의 차이 없이, 허프 변환을 통해 검출한 타원이 유선 조직에서 검출되지 않고 유륜-유두 영역에 검출되었다. 하지만 [도 13]의 (b) Data 1에서 타원이 유방 경계까지 확장되어 검출점이 유두 경계 가까이에 검출되었고, Data 2에서는 유륜에 적합해 유두보다 크게 검출되었기 때문에 최종 검출점이 유두 내부에 속하기는 하지만 유두 중심보다는 경계에 가깝게 검출되었다. 또한 Data 3에서는 타원이 유선 조직으로 인해 발생한 에지까지 확장되어 최종 검출점이 유두 경계에 위치한 것을 확인할 수 있다. 유두 확률누적맵을 적용해 유두나 기타 조직 영역으로부터 유륜 영역만 검출한 [도 13]의 (c)의 경우, Data 1, 2, 3 모두에서 [도 13]의 (b)에서 잘못 검출되거나 유두의 경계에 가까운 검출점이 유두의 중심에 가깝게 보정된 것을 확인할 수 있다.
- [0085] 정확성 평가는 유두 검출점의 위치가 유두 영역 내에 포함되는지 여부를 측정하였으며, 검출점이 유두 경계에 위치하는 경우는 검출 성공으로 인정하지 않았다. [도 14]는 종래 유두 검출 방법과 본 발명의 유두 검출 방법들을 전체(total) 144장의 영상, 정면촬영(AP) 영상 및 측면촬영(LAT) 영상에서 유두 검출율을 비교한 것으로, (a)는 허프 변환을 이용한 종래 유두 검출 방법이며, (b)는 슬랩-평균투영을 이용한 종래 유두 검출 방법이며, (c)는 본 발명의 슬랩-평균투영 및 확률누적맵을 이용한 본 발명의 유두 검출 방법으로, 전체 영상 슬라이스에 대해서는 (a) 허프 변환을 이용한 유두 검출 방법보다 (c)는 본 발명의 유두 검출 방법이 51.64% 향상된 검출율을 보였고, (b) 슬랩-평균투영 영상을 이용한 종래 유두 검출 제안 방법보다 (c)는 본 발명의 유두 검출

방법이 21.78% 향상된 검출율을 나타내었다.

[0086] 또한 정면촬영(AP) 영상 보다 측면촬영(LAP)에서 (c)는 본 발명의 유두 검출 방법이 더 높은 검출율 향상을 보였다. 측면촬영 영상의 경우, 유방 경계의 에지가 여러 영상 슬라이스에 걸쳐 강하게 나타나며, 유두가 유방 경계에 가깝게 치우쳐져 있어 (a) 허프 변환을 이용한 종래 유두 검출 방법이나 (b) 슬랩-평균투영 영상에서 허프 변환을 이용해 유두를 검출한 종래 발명의 방법에서 에지가 강한 유방 경계에 타원이 걸쳐져 검출됨을 알 수 있었다. 반면, (c) 슬랩-평균투영 영상과 유두 확률누적맵을 이용해 유두를 검출한 본 발명의 방법의 경우, 유방 경계에 타원이 걸쳐 검출되더라도 유두 확률누적맵을 통해 확률이 높은 유두 영역을 정확하게 검출하기 때문에, (a) 허프 변환만을 이용한 종래 방법과 (b) 슬랩-평균투영 영상에서 허프 변환을 통해 유두를 검출한 종래 방법보다 각각 57.13%, 28.57% 향상된 검출율을 나타냈다.

[0087] 이를 통해 본 발명에 따른 슬랩-평균투영 영상과 유두 확률누적맵을 이용해 유두를 검출 방법을 적용할 경우, 유두가 유방 경계로 치우친 측면촬영 영상에서도 정확하게 유두의 위치를 검출할 수 있음을 확인할 수 있었다.

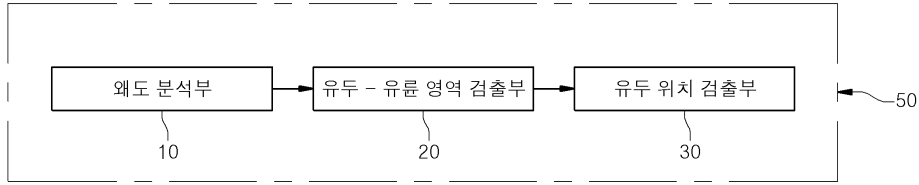
[0088] 이상 본 발명의 실시예로 설명하였으나 본 발명의 기술적 사상이 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범주에서 다양한 3차원 자동 유방 초음파 영상의 유두 자동 검출 시스템 및 그 검출 방법으로 구현할 수 있다.

부호의 설명

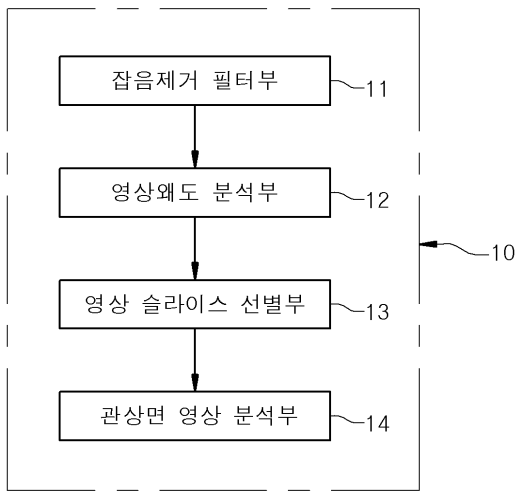
- [0089]
- 10 : 왜도분석부
 - 11 : 잡음제거 필터부
 - 12 : 영상왜도 분석부
 - 13 : 영상 슬라이스 선별부
 - 14 : 관상면 영상 분석부
 - 20 : 유두-유륜 영역 검출부
 - 21 : 에지검출부
 - 22 : 타원검출부
 - 30 : 유두 위치 검출부
 - 31 : 오즈 임계값 적용부
 - 32 : 유두 후보 검출부
 - 33 : 침식 기법 적용부
 - 34 : 최종 영역 검출부
 - 35 : 최종 유두 검출부
 - 50 : 유두 자동 검출 시스템

도면

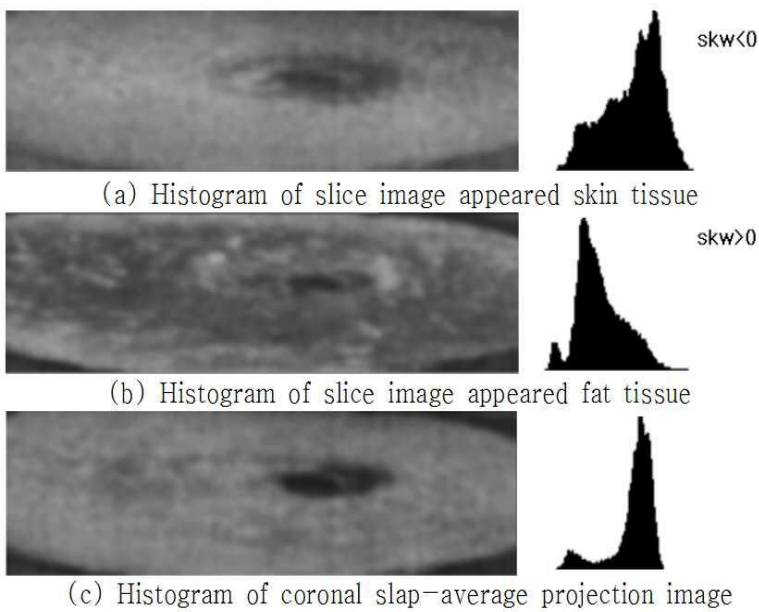
도면1



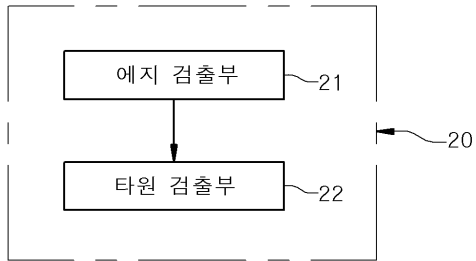
도면2



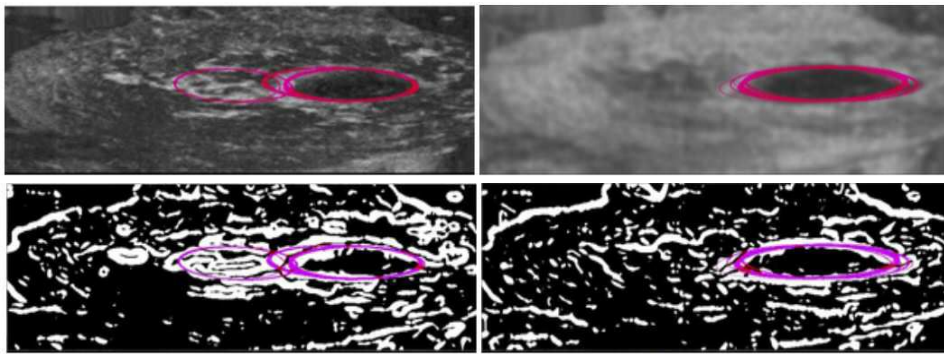
도면3



도면4



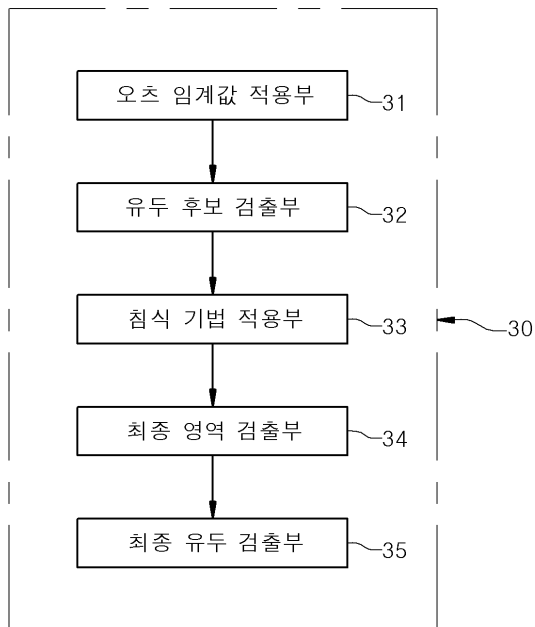
도면5



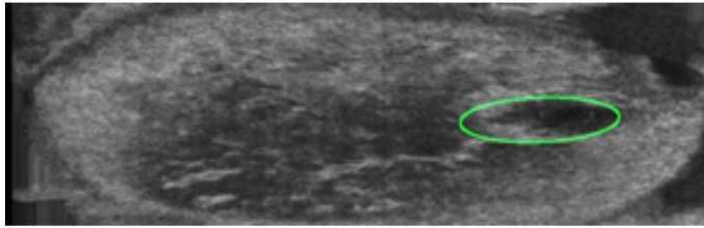
(a) Ellipse detection in single slice image

(b) Ellipse detection in slab-average projection image

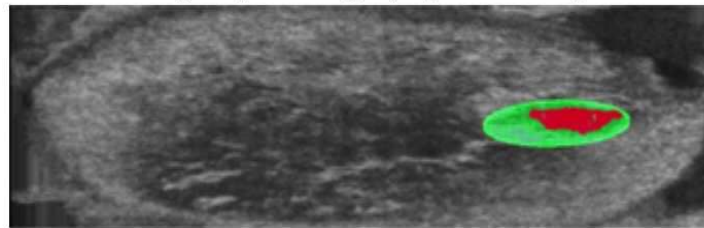
도면6



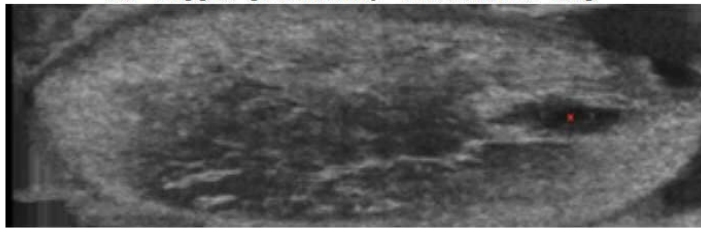
도면7



(a) Nipple-Areola detection
using slap-average projection image

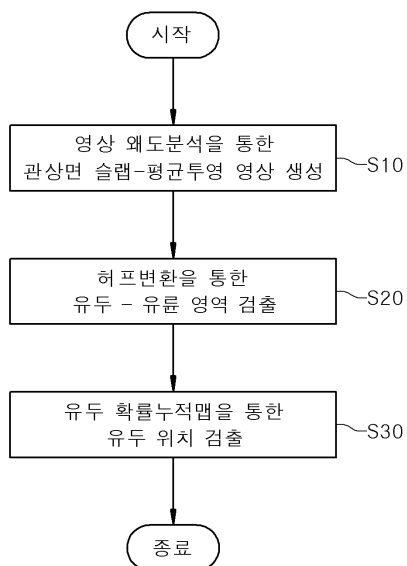


(b) Nipple probability cumulative map

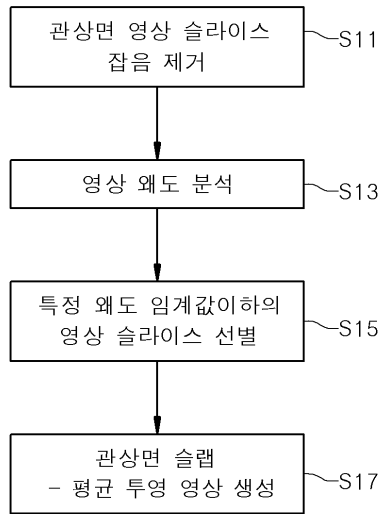


(c) Nipple detection

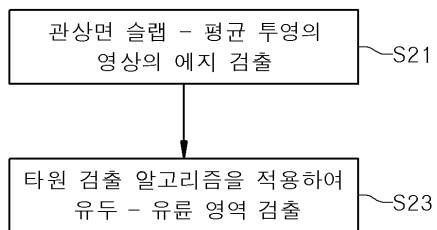
도면8



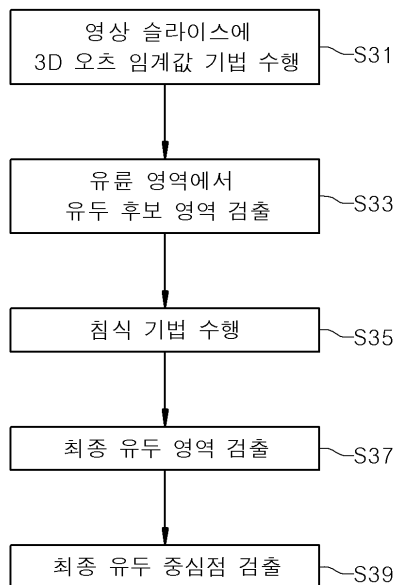
도면9



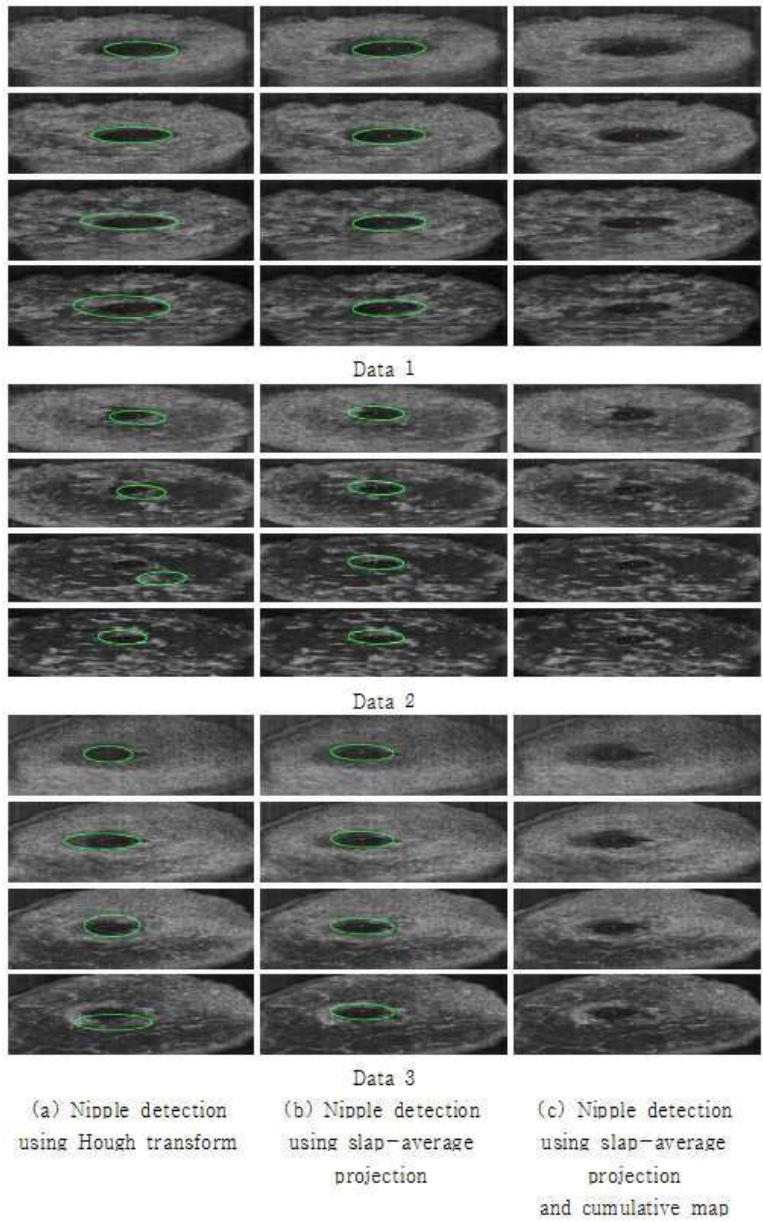
도면10



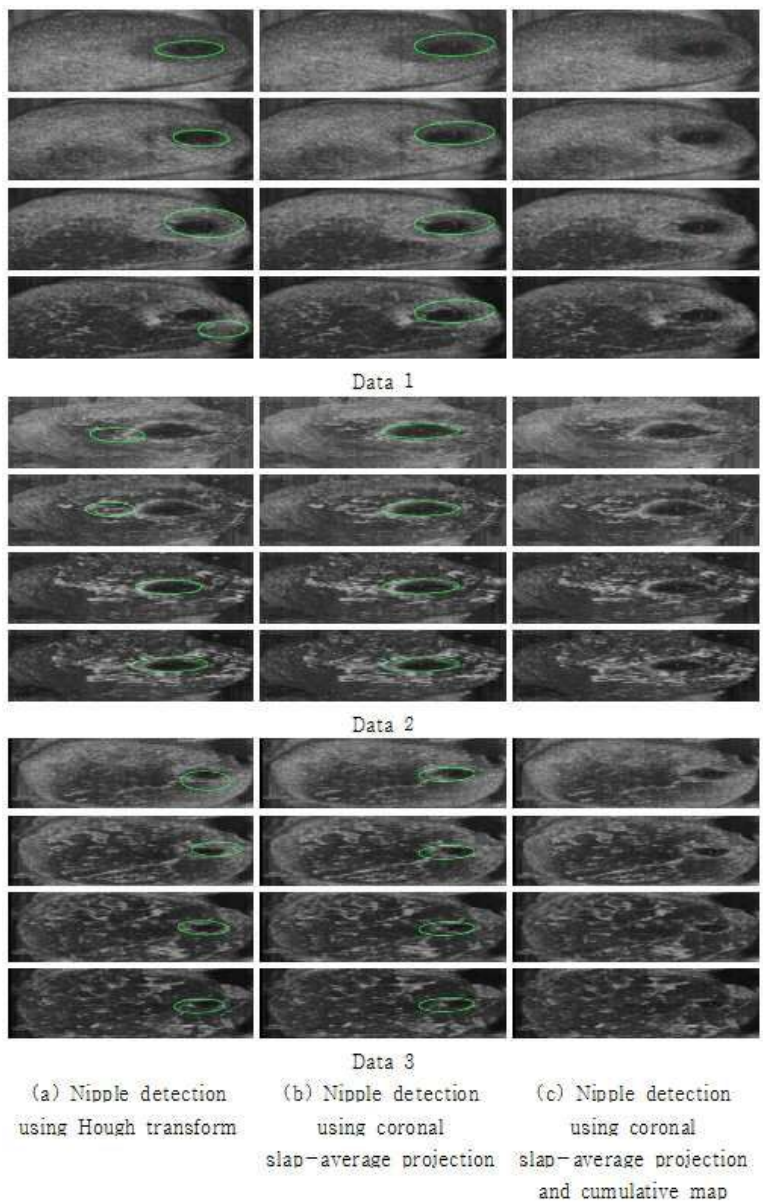
도면11



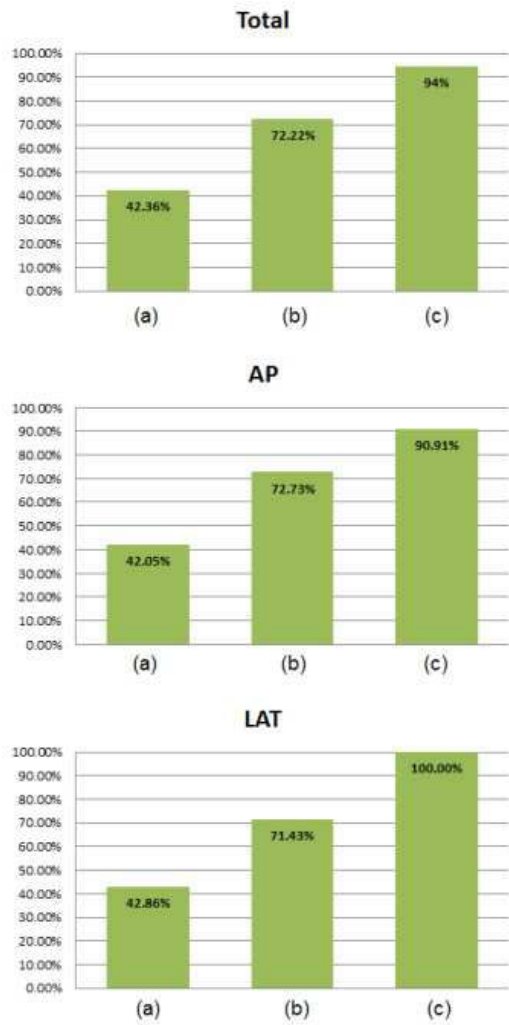
도면12



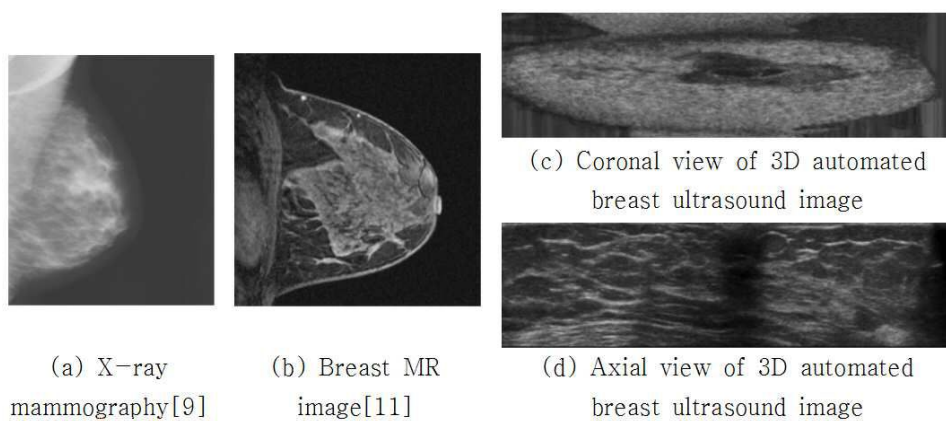
도면13



도면14



도면15



专利名称(译)	标题：用于检测三维自动乳房超声图像的自动乳头检测系统和方法		
公开(公告)号	KR101494975B1	公开(公告)日	2015-02-25
申请号	KR1020130134735	申请日	2013-11-07
[标]申请(专利权)人(译)	首尔WOMENS UNIV UNIV IND合作FOUND		
申请(专利权)人(译)	首尔女子大学产学合作基金会		
当前申请(专利权)人(译)	首尔女子大学产学合作基金会		
[标]发明人	HONG HELEN KIM 홍헬렌 KIM HAN NAH 김한나		
发明人	홍헬렌 김한나		
IPC分类号	G06T7/00 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/0825 G01S7/52077 G01S15/8993		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及一种使用三维自动乳房超声图像中的冠状平板投影和概率累积图来检测精确乳头位置的系统和方法，检测系统包括失真分析单元，用于选择用于检测乳头的切片并相对于3D自动乳房超声图像生成冠状平板投影图像，乳头用于检测乳晕区域乳头Hough变换相对于包含该检测部分和该乳头图像切片乳晕区，并产生一个乳头概率累积图包括乳头位置检测单元，用于检测最终乳头位置作为技术特征。支持本发明的国家研发项目 作业号码 2012K001524 Bucheomyeong 教育，科学和技术部 研究管理专业 韩国研究基金会 研究项目名称 新技术融合增长动力产业 研究项目名称 通过运动补偿和非刚体匹配的图像融合率 1.1 主要组织 首尔国立大学 研究期 2009.07.10~2014.06.30

