

전자파 기반 유방암 진단을 위한 토모그램 분석 시스템

Microwave Tomography Analysis System for Breast Cancer Detection

권기철*, 류관희*, 김 남*, 손성호**, 전순익**
충북대학교*, 한국전자통신연구원**

Ki-Chul Kwon(kwon@osp.chungbuk.ac.kr)*, Kwan-Hee Yoo(khyoo@chungbuk.ac.kr)*,
Nam Kim(namkim@chungbuk.ac.kr)*, Seong-Ho Son(shs@etri.re.kr)**,
Soon-Ik Jeon(sijeon@etri.re.kr)**

요약

전자파를 사용한 유방암 진단을 위한 전자파 노출장치는 RF 송수신 장치와 여러 개의 안테나로 구성된 다. 전자파 노출장치를 통해 얻어진 피시협체의 전자파 특성 데이터는 역산란 해석 알고리즘을 통해 유전율과 도전율을 계산 할 수 있다. 본 논문에서는 시험체 내부에 대한 유전율 및 도전율 정보의 분석을 통해 유방암 세포의 유무를 판단하거나, 유방암 세포의 분포에 대한 정보를 쉽게 분석 수 있도록 전자파 기반 유방암 진단 소프트웨어를 개발 하였다. 개발된 소프트웨어는 얻어진 유전율과 도전율 정보를 2D 혹은 3D의 컬러 영상으로 가시화할 수 있는 기능을 제공해 줌으로써 사용자들이 암세포의 유무를 쉽게 판단할 수 있다. 또한 제안한 소프트웨어에서는 정밀한 토모그램 영상의 분석을 위해 영상의 단면 뿐만 아니라 특정 영역 위치와 크기 정보를 표시해주는 기능을 제공한다.

■ 중심어 : | 전자파 토모그램 | 유방암 검출 | 유전율 | 도전율 |

Abstract

The microwave exposure device for microwave breast cancer detection consists of RF transceiver and several antennas. The microwave information of object acquired from the microwave exposure device can be calculated permittivity and conductivity by using the inverse scattered analysis. In this paper, we have developed the software for detecting breast cancers based on microwave tomography, by which users not only can check out the existence of breast cancers through the permittivity and conductivity information analysis of the object's internal, but also can analysis easily information for distribution of breast cancers. The developed software provides the function for visualizing the captured permittivity and conductivity information as 2D or 3D color images on which users can easily detect the existence of breast cancers. For more detailed analysis of tomography images, the proposed software also has provided the functions for displaying their cutting profiles as well as position and size information of special area in them.

■ keyword : | Microwave Tomography | Breast Cancer Detection | Permittivity | Conductivity |

* "본 연구는 지식경제부 및 정보통신진흥원의 IT 원천기술개발 사업 [2007-F-043-03, 전자파 기반 진단 및 방호 기술 연구]와 2008년 정부(교육과학기술부)의 지역거점연구단육성사업 / 충북BIT연구중심대학육성사업단의 일환으로 수행하였음" 접수번호 : #081230-003 심사완료일 : 2009년 03월 13일
접수일자 : 2008년 12월 30일 교신저자 : 류관희, e-mail : hkyoo@chungbuk.ac.kr

I. 서론

현재 유방암 진단에 가장 많이 사용되고 있는 유방 린트겐 조영법(mammography)의 경우 연구 보고서에 의하면, 15% 이상의 진단 오류가 발생하며, 밀도 높은 유방조직에 대한 영상일 경우 더욱더 판단에 어려움이 있다고 한다[4]. 이러한 경향은 초음파 진단 방법에서도 유사한 결과를 보이고 있다. 다른 방법으로는 MRI와 CT가 사용되고 있으며 이러한 기술은 매우 정밀한 진단 결과를 제공하지만 유방 린트겐 조영법과 함께 강한 자계 및 방사선에 대한 환자의 노출이라는 단점이 있다. 또한, 유방 린트겐 조영법은 방사선의 노출에 대한 문제 외에도 유방을 압박하여 촬영함으로써 환자에게 일시적인 고통과 불편함을 주고 있는 실정이다. 이에 따라 IOM (Institute Of Medicine)은 유방암 검진을 위한 대체 기술의 필요성과 대체 기술에 대한 다양한 요구가 제시되고 있다. 전자파를 이용한 영상 복원의 이미징 기술은 IOM의 요구조건을 만족하고 있어 의학적 이용 분야에서 기술적 관심의 대상이 되고 있다. 이 방법은 안전하면서도 편안하며, 저렴하게 진단 할 수 있는 장점 있다.

인체 조직의 유전율 특징에 대한 연구는 지난 수십 년간 진행되어 왔다[1-3]. 유방암은 정상 세포와 종양 사이의 물질 특성차가 분명하고 유방 조직이 다른 신체 부위와 비교하여 균일한 특성을 가지고 있어 전자파를 이용한 이미징 기술의 적용에 매우 적합한 대상이 되고 있다[7]. 전자파 기반 유방암 진단 방법은 전자파를 이용한 정상 세포와 암세포 사이에 유전율 특성 차이를 영상화하는 것으로써 기존의 X-선 촬영법에의 단점인 촬영시 환자의 고통과 불편함을 보완 할 수 있다. 또한, X-선 촬영 장치보다 가격이 저렴하여 초기 진료 (screening) 등에 활용 될 수 있다[7][8]. 기존 혹은 현재 진행되고 있는 전자파 기반 유방암 진단과 관련된 연구는 대부분 진단장치의 하드웨어적인 성능을 개선 혹은 관련 전문가를 위한 데이터 분석 알고리즘 소프트웨어 개발에 대한 연구들이 대부분이다[4-8]. 다시 말해 진단기기 하드웨어 기술이 완성단계에 있는 반면, 사용자 소프트웨어의 개발은 거의 이루어지고 있는 않는 상태

이다. 이러한 이유로 본 논문에서는 전자파에 의해 얻어진 자료를 이용하여 유방암을 진단할 수 있는 소프트웨어를 개발하기 위한 특징들을 기술하고, 이를 기반으로 사용자가 쉽게 이용할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II 절에서는 전자파 기반 유방암 진단을 위한 유전율 및 도전을 데이터 획득 시스템과 획득 데이터의 구조에 대해 서술한다. 제 III 절에서는 전자파 토모그램 데이터를 이용한 2D 혹은 3D 영상의 가시화 과정과 영상 분석 기능의 구현에 대해 기술하며, 제 IV 절에서는 팬텀 측정실험을 통한 유방암 진단 실험에 관한 내용을 설명한다. 마지막으로 제 V 절에서는 본 논문의 결론에 대해 기술한다.

II. 유전율 및 도전을 데이터 획득 시스템

1. 데이터 획득 시스템 구성

전자파를 이용한 유방암 진단을 위한 데이터 획득 장치의 하드웨어의 구성은 [그림 1]과 같이 전자파 노출 장치, 다채널 전자파 송수신 장치, 그리고 역산란 해석 알고리즘으로 구성된다[4]. 데이터 획득 하드웨어 시스템을 통한 피 시험체의 유전율과 도전을 데이터의 획득 과정은 다음과 같다. 먼저, 다채널 전자파 송수신 장치에서 RF신호를 생성하여 여러 개의 모노폴 안테나로 구성된 전자파 노출 장치의 안테나 중 하나로 송신하고, 나머지 안테나들로 RF신호를 수신한다. 그리고, 수신된 RF신호의 데이터로부터 역산란 해석 알고리즘을 통해 피 시험체 내부의 유전율 및 도전을 정보를 계산하는 것이다.

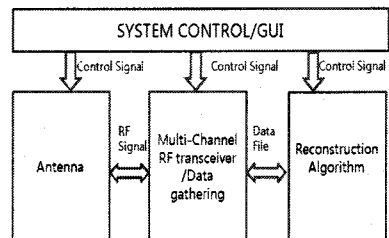


그림 1. 전자파를 이용한 유방암 진단 하드웨어 구성

전자파 노출장치(bath)는 전자파 송수신 장치의 채널 수 만큼의 모노폴 안테나를 원형으로 배치하고, 그 중앙에 피 시험체가 위치하도록 구성되어 있다.

또한, 다채널 송, 수신 장치는 신호 발생원, 분배기, 채널 스위치 등으로 구성되며, 한 채널에서 송신하고 나머지 채널에서 수신하는 검출 하는 방법으로 운영되며, 다채널 전자파 송수신 장치에서는 500MHz에서 3GHz 신호를 발생하여 Bath 내의 안테나로 송신한다. 안테나로부터 방사된 RF 신호는 피 시험체 내부를 통과하거나 산란되어 Bath 내의 안테나를 통해 다채널 송수신 장치로 수신되어 하향 변조된다. 하향 변조된 신호 데이터로부터 각 신호의 채널 통과 시 매칭액체와 피 시험체에 의해 변형된 신호 정보를 얻는다. Bath 내에 원형으로 배치된 모든 안테나에 대해 위의 과정을 반복하여 채널 통과 정보를 얻는다. 즉 n개의 채널로 구성되는 경우 $n*(n-1)$ 개 수신 신호에 대한 채널 통과 정보를 측정한다. 설계 제작한 유방암 진단 테스트베드는 2차원 구조의 토모그래피 시스템이고 여러 위치에서의 이미지를 얻기 위해서는 안테나의 위치를 변경하면서 측정하여 데이터를 얻는다. 또한 해상도를 높이기 위해 높은 주파수를 사용할 수 있다. 따라서 P개 안테나 위치 및 M개의 주파수에서 측정을 한다면 $P*M*n*(n-1)$ 수신 신호에 대해 채널 통과 정보를 수집함을 의미한다.

마지막으로 다채널 전자파 송수신 장치로부터 수집한 수신 신호의 채널 통과 정보로부터 피 시험체 내부의 유전율과 도전율을 얻는 역산란 해석 알고리즘은 피 시험체 해당 부분을 메쉬(mesh)로 나누어 각 메쉬에 임의의 유전율 및 도전율을 할당하여 전자장 해석한다. 전자장 해석 결과와 측정된 결과 값과 비교하여 그 오차가 일정범위 내에 오도록 유전율과 도전율의 값을 변화하면서 최적의 값을 찾아가는 방식이다.

2. 전자파 토모그램 데이터 구성

역산란 해석 알고리즘을 통해 얻어지는 데이터의 구성은 기본적인 인덱스 데이터와 [그림 2]의 점선으로 표시된 사각형안의 데이터와 같이 X축과 Y축의 좌표 값, 유전율과 도전율 값, 그리고 삼각 포인트(set of

triangles) 좌표 값으로 이루어져 있다. 이러한 데이터의 구성은 또한, 피시험체를 입체적으로 측정하기 위해 7개의 층 구조로 구성 되어 있다. 즉 피시험체에 대한 유전율과 도전율에 대한 데이터는 7층으로 구분하여 얻어 짐으로 [그림 2]와 같은 데이터 구조가 7번을 반복하여 획득되어 진다.

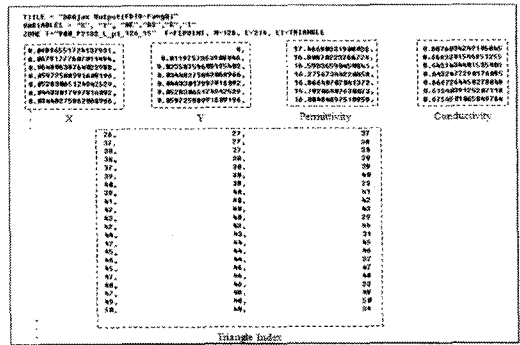


그림 2. 전자파 토모그램 데이터 구성의 예

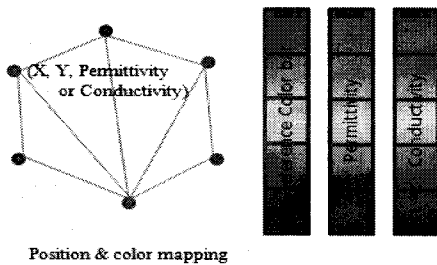
III. 전자파 토모그램 영상 분석 시스템

전자파 토모그램 영상 분석 시스템은 전자파를 이용한 유방암 진단 하드웨어로부터 획득된 데이터를 이용하여 피검진자의 신체에 존재하는 종양의 종류, 크기, 위치 등의 정보를 정확하기 판단하기 위해 개발된 전자파 토모그램 영상 가시화 및 분석 소프트웨어 이다.

1. 전자파 토모그램 영상 구현

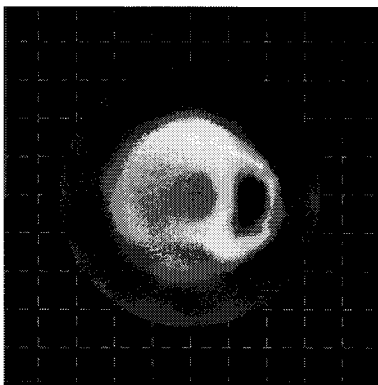
유전율과 도전율에 각각의 정보에 대한 2D 영상 가시화 방법은 얻어진 데이터들에 대한 삼각 포인트(set of triangular) 좌표에 따른 위치 매핑(position mapping)과 데이터 값들에 대한 색상 매핑(color mapping)으로 구현 하였다. 이는 획득된 데이터에서 각각의 삼각형 인덱스 좌표위에 순서대로 X, Y축 좌표와 일치하는 점 위에 유전율 혹은 도전율 값을 매핑을 한 후 미리 정해진 기준 색상 테이블의 최소, 최대 값과 유전율 혹은 도전율 값의 최소, 최대 값을 비교하여 색상 정보를 표시하였다. 또한, 3D 영상으로의 가시화 방법은 유전율 혹은 도전율 데이터 값을 좌표에서 Z축으로

가정하여 피 시험체의 3차원 정보를 확인 할 수 있도록 구현 하였다. [그림 3](a)는 위치 및 색상 매핑 과정에 대한 예를 보여주며, [그림 3](b)(c)는 각각 위치 및 색상 매핑 방법을 적용한 전자파 토모그램 획득 데이터의 2D 영상과 3D 영상의 가시화의 예를 보여준다.

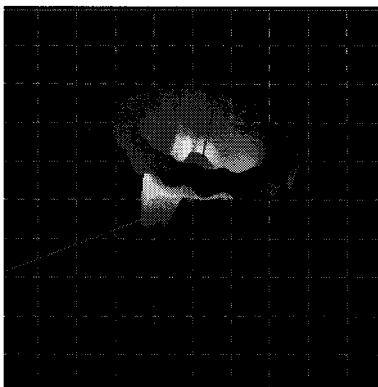


Position & color mapping

(a) 위치 및 색상 매핑 과정



(b) 2D 영상 가시화의 예



(c) 3D 영상 가시화의 예

그림 3. 유전율과 도전을 데이터를 이용한 2D/3D 영상 가시화의 예

2. 전자파 토모그램 영상 가시화 및 데이터 분석 소프트웨어

전자파 토모그램 데이터 분석을 위한 소프트웨어의 개발은 Microsoft Visual Studio 2003 프로그램을 기반으로 구현 하였으며, 가시화에 사용된 그래픽은 OpenGL 기반의 Glut라이브러리를 사용하여 구현하였다[9-11].

본 논문에서 구현된 전자파 토모그램 분석 소프트웨어는 피시험체에 대한 유전율과 도전에 대한 7층의 데이터를 읽어서 전체 화면에 14개의 2D 토모그램 영상을 표시해주는 주 표시창을 기반으로 선택된 특정 2D 토모그램 영상에 대한 분석 기능을 구현 하였다. 선택된 특정 2D 영상의 분석 기능은 영역의 분석과 중단면에 대한 분석, 그리고 선택된 영상의 3D 토모그램 영상 분석 기능 갖도록 구현하였다. [그림 4]는 개발된 전자파 기반 유방암 진단을 위한 토모그램 분석 소프트웨어의 주 표시창의 예를 보여준다.

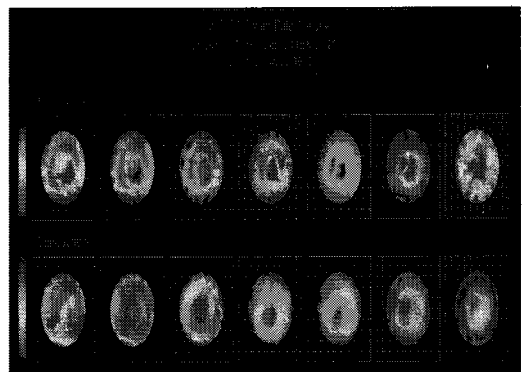


그림 4. 전자파 기반 유방암 진단을 위한 토모그램 분석 소프트웨어의 주 표시창

선택된 토모그램 영상에 대한 특정 영역의 분석 기능은 등고선형 평면도 부분, 컬러바 표시부분, 축 범위 표시 부분, 최대 값 표시부분, 그리고 사용자 인터페이스를 통해 이동이 가능한 점, 원형 마커 부분 등이 자동으로 디스플레이 되도록 하였다. 먼저, 등고선형 평면도 부분은 측정물의 유전율 크기에 따라 색상을 달리 표시하여 측정물 내에 존재하는 악성종양 조직의 대략적인 위치, 크기 등을 확인할 수 있도록 표현한 부분이다. 이

러한 등고선형 평면도에는 등고선형 평면도 위에 겹쳐지고 좌표 판독을 용이하게 하며, 미리 결정된 간격을 가지는 눈금과 사용자 인터페이스를 통해 이동이 가능한 원형 마커, 그리고 임의의 두 점간의 길이를 표시하는 기능을 포함한다. 컬러바 부분은 등고선형 평면도의 색상에 따른 유전율(Z축)을 숫자로 표현한 것이다. 이는 검진자가 종양 조직이 있을 것으로 예상되는 지점의 색상과 컬러바를 비교하여 그 지점의 유전율을 예상할 수 있다. 축 범위의 표시부분은 등고선형 평면도의 축(X, Y)과 유전율(Z)을 표현한 부분이다. 이는 변경이 가능하며, 축과 유전율이 변경되면, 변경된 축과 유전율에 따라 등고선형 평면도의 확대/축소가 될 수 있다. 최대 값 표시 부분은 등고선형 평면도에서 최대의 유전율을 갖는 부분의 위치와 그 위치에서 최대 유전율을 자동으로 표현한 부분이다. 또한, 점 마커 위치부분은 검진자에 의해 등고선형 평면도 내에서 움직일 수 있는 점마커 위치정보와 유전율 정보를 표현한 부분이다. 마지막으로, 원형 마커 표시부분은 검진자에 의해 등고선형 평면도 내에서 움직일 수 있는 원형 마커의 반경을 자동으로 표현하는 부분이다. [그림 5]는 선택된 토모그램 영상에서 특정영역의 분석을 위한 디스플레이 기능의 예를 보여준다.

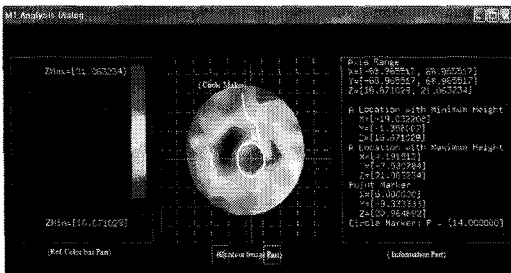


그림 5. 전자파 토모그램 영상에 대한 특정영역 분석

선택된 하나의 전자파 토모그램 영상의 단면에 대한 분석을 위한 기능의 구현은 [그림 6]과 같이 단면 각도(cutting angle)를 등고선형 평면도에서 X축으로부터 반시계 방향으로의 소정 각도를 표시하였다. X축에 대하여 유전율(Z)을 그래프로 표시하는 기능을 추가하고 그래프에 대한 좌표 값 정보를 쉽게 볼 수 있는 기능을

추가 하였다. 이는 수직 단면선에서 최대 유전율 값을 갖는 점에 대한 좌표를 자동으로 찾아 표시하는 기능을 추가 하였으며, 단면 각도의 변경이 가능하고, 변경에 따라 수직 단면에 대한 그래프가 동시에 변경 된다.

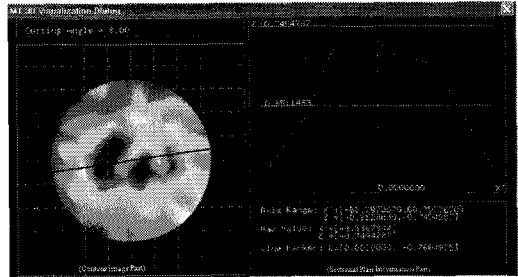


그림 6. 전자파 토모그램 영상의 특정각에 대한 단면분석 창

마지막으로 토모그램 3D 영상 분석 기능은 선택한 특정 토모그램 영상에 대해 Z축을 유전율 혹은 도전율 값으로 표현하여, 3차원 토모그램 영상을 디스플레이 할 수 있도록 구현 하였다. 이는 3D 영상에 대한 통째 확대, 축소, 회전 등의 기능을 사용함으로써, 시험체의 전체적인 형태 분석 혹은 특정 정보 값의 위치 분포를 한 눈에 볼 수 있도록 한 것이다. [그림 7]은 마이크로파 토모그램 3D 영상의 예를 보여준다.

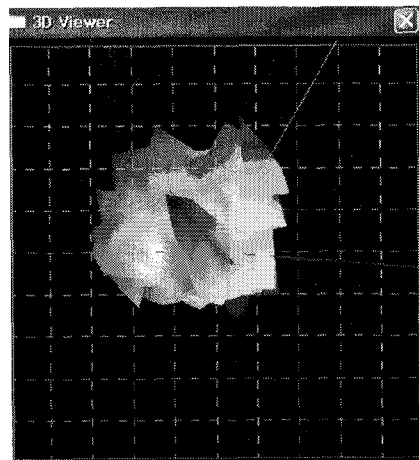
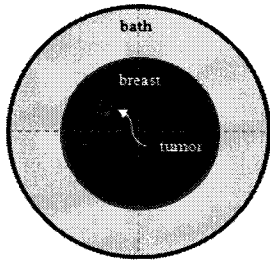


그림 7. 전자파 토모그램 3D 영상 가시화의 예

IV. 팬텀 측정 실험 및 결과

개발된 소프트웨어의 검증을 위해 팬텀 측정을 통해 토모그램 영상을 위한 데이터를 획득하고, 획득된 데이터의 분석 실험을 수행 하였다. 측정에 사용된 팬텀은 [그림 8]과 같이 유방을 모사한 직경 108mm, 유전율 20의 실리콘 통 안에 직경 25mm, 유전율 61의 암 패턴을 삽입하고 bath안에는 유전율 31의 매칭 액을 채우고 전자파 데이터를 획득하였다. 획득한 데이터를 본 연구를 통해 개발된 소프트웨어에 적용하여 유전율과 도전율에 관한 토모그램 영상을 디스플레이 하였다. 그림 9는 전자파 이용 유방암 진단을 위한 팬텀의 측정 결과를 보여준다. 이는 7개의 층으로 구성된 유전율과 도전율 데이터를 각각 토모그램 영상으로 표현한 것이다. 유전율 및 도전율을 표현한 토모그램 영상을 실험을 위한 팬텀의 모양 동일한 형태로 표현된 것을 확인할 수 있다.



	Permittivity	Conductivity
bath	31	1.07
breast	20	0.86
tumor	61	0.79

그림 8. 측정에 사용된 유방암 팬텀 및 유전율과 도전율 (900MHz) 정보

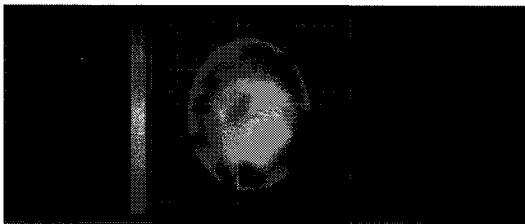


그림 9. 실험용 팬텀의 유전율 및 도전율에 대한 토모그램 영상

V. 결론

정상세포와 암세포의 유전율은 특정 주파수에서 5~10배의 차이가 있음을 확인하고, 전자파 기반 유방암 진단을 위한 소프트웨어를 개발하였다. 이는 전자파 측정 장치로부터 획득되는 시험체의 유전율과 도전율에 대한 데이터를 2D 혹은 3D의 컬러 토모그램 영상으로 표현하고, 이를 정확히 분석할 수 있는 기능을 추가 하였다.

2D 토모그램 영상은 획득되는 유전율 혹은 도전율 데이터를 삼각형 인덱스에 맞추어 X, Y 좌표에 매핑하는 방법으로 구현 하였으며, 3D 토모그램 영상의 경우 유전율 혹은 도전율 값을 Z축의 값으로 표현하는 방법으로 구현하였다. 분석기능에는, 기준 색상과 토모그램 영상과의 색상을 비교하여 쉽게 이상 세포의 위치 혹은 크기 등을 비교할 수 있도록 하였으며, 부분적으로 정밀한 분석을 위한 단면적을 그래프로 표현하는 프로파일 데이터 분석 기능을 구현하였다.

유방암 진단 소프트웨어의 평가를 위해 실험용 팬텀을 만들어 측정 데이터를 획득하고, 이를 개발된 소프트웨어를 통해 분석한 결과 실험용 팬텀의 정보와 거의 동일한 분석 결과를 확인할 수 있었다. 이는 전자파를 이용한 진단 장치의 개발을 위한 유전율 및 도전율 정보를 획득 하는데 있어서 채널간의 간섭 혹은 측정오차를 줄이는데 보완이 된다면 더욱더 정확성을 갖는 진단 소프트웨어가 될 것으로 기대되며 추후 초기 진단 장치로 적용하기 위한 더 많은 조건을 갖는 측정 팬텀에 대한 실험 및 보완에 대한 연구가 요구된다.

참고 문헌

- [1] C. Gabriel, S. Gabriel, and E. Corthout, "The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey," *Phys. Med. Biol.*, Vol.41, pp.2231-2249, 1996.
- [2] S. Gabriel, R. W. Lau, and C. Gabriel, "The dielectric properties of biological tissues: II. Measure

ments on the frequency range 10 Hz to 20 GHz," Phys. Med. Biol., Vol.41, pp.2251-2269, 1996.

[3] S. Gabriel, R. W. Lau, and C. Gabriel. "The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues," Phys. Med. Biol., Vol.41, pp.2271-2293, 1996.

[4] 전순익, "전자파를 이용한 유방암 진단 연구", 한국전자파 학회지, 제18권, 제3호, pp.36-44, 2007.

[5] P. M. Meaney, "A Clinical prototype for active microwave imaging of the breast," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.48, pp.1841-1853, 2000(11).

[6] C. F. Elise, "Enhancing Breast Tumor Detection with Near-Field Imaging," IEEE Microwave Magazine, pp.48-56, 2002(3).

[7] X. Li and S. C. Hagness, "A confocal microwave imaging algorithm for breast cancer detection," IEEE Microwave Wireless Components Lett., Vol.11, pp.130-132, 2001(3).

[8] D. Paquette, "Performance of screening mammography in organized programs in Canada in 1996," Can. Med. Assoc. J., Vol.163, pp.1133-1138, 2000.

[9] <http://www.microsoft.com/>

[10] <http://www.opengl.org/>

[11] <http://www.opengl.org/resources/libraries/glut/>

- 2008년 ~ 현재 : 충북대학교 연구교수
- <관심분야> : 디지털 영상처리 및 의료영상처리, 입체 영상 처리 시스템

류 관 희(Kwan-Hee Yoo)

정회원



- 1985년 2월 : 전북대학교 전산통계학과(이학사)
- 1987년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학학사)
- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
- 1988년 1월 ~ 1997년 8월 : 데이콤선임연구원
- 1997년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 컴퓨터교육학과 및 정보산업공학과 교수
- <관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 인공지능아모델링, 3차원게임, 교육용콘텐츠

김 남(Nam Kim)

정회원



- 1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1988년 8월 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)
- 1992년 8월 ~ 1993년 8월 : 미국 Stanford 대학교 방문교수
- 2000년 3월 ~ 2000년 2월 : 미국California Technology Institute 방문교수
- 1989년 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
- <관심분야> : 광정보처리, 광통신, 이동 통신 및 전파 전파, 마이크로파 전송 선로 해석, EMI/EMC 및 전자파 인체보호 규격

저 자 소 개

권 기 철(Ki-Chul Kwon)

정회원



- 1996년 2월 : 상주대학교 전기전자공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 충남대학교 전자공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)
- 2002년 ~ 2008년 : 프리즘테크 부설연구소 연구원

손 성 호(Seong-Ho Son)

정회원



- 1997년 2월 : 부산대학교 제어기
계공학과(공학사)
- 1999년 2월 : 포항공과대학교 기
계 공학과(공학석사)
- 2009년 2월 : 포항공과대학교 기
계공학과(공학박사)

▪ 1999년 3월 ~ 2001년 3월 : 대우자동차 기술연구소
연구원

▪ 2001년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
<관심분야> : 안테나 시스템 및 제어, 최적화 알고리즘

전 순 익(Soon-Ik Jeon)

정회원



- 1984년 2월 : 고려대학교 전자
공학과(공학사)
- 1996년 2월 : 고려대학교 전자
공학과(공학석사)
- 2003년 8월 : 충남대학교 전자공
학과(공학박사)

▪ 1984년 3월 ~ 1990년 8월 : 삼성전자 중앙연구소 주
임연구원

▪ 1990년 9월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구
원(안테나연구팀 팀장)

<관심분야> : 안테나시스템, 전자파 이용 진단 및 치료