

전자파 인체 진단 기술 동향

전순익 · 김혁제 · 이종문 ·
손성호 · 이윤주
한국전자통신연구원

I. 서 론

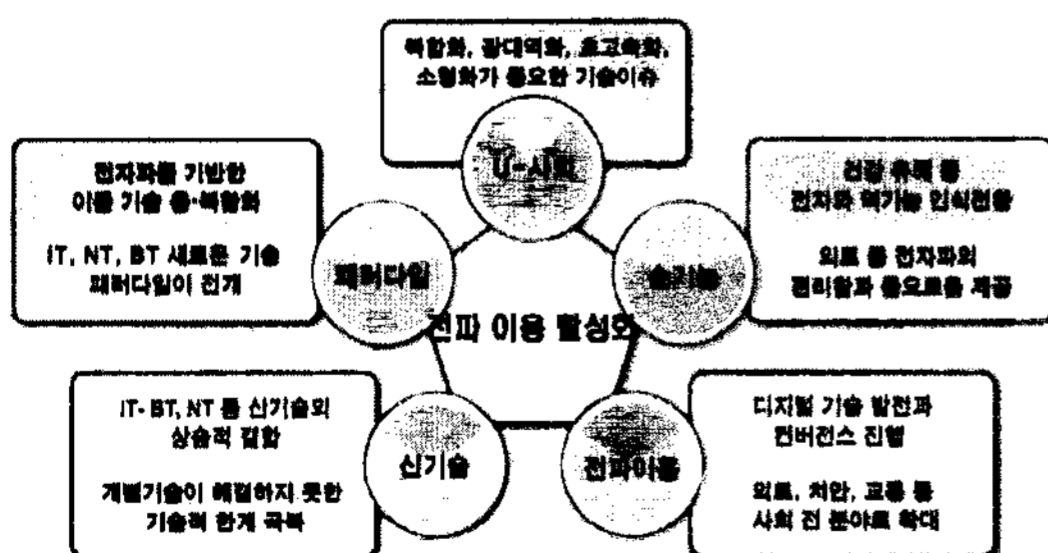
다양한 방송통신 서비스들의 출현에 따른 전파 사용량의 증가는 전파에 대한 국민들의 불안감을 발생시키기도 한다. 그러나 실제로는 전파가 많은 이로움은 제공하고 있으며, 이러한 객관적 진실은 대중의 막연한 불안감과 다소 거리가 있다. 최근 국내에서는 전파에 대한 부정적 인식을 전환하고자 연구원과 학계에서 전자파 순기능을 이용하여 인체 종양을 진단하는 원천 기술과 기초 기술이 연구되고 있다. 전자파 인체 진단 기술 연구는 기존 전파 무선 통신 이외에 전자파가 국민 복지에 기여하는 순기능을 입증하고 기술을 제공하므로, 전파 사용에 대한 일반의 긍정적 인식이 확산되고 전파 사용을 더욱 활성화시킬 것으로 기대된다.

전파는 인류에게 산업 사회에서 뿐만 아니라 정

보화 사회와 지식 기반 사회에 이르기까지 수많은 편리함과 풍요로움을 제공하는 긍정적인 효과, 즉 전파 순기능을 제공하고 있으며, 전파 이용에는 여러 가지 순기능을 가진 기술들이 있다. 이들 중에서 전자파를 이용한 의료 진단 및 치료 분야가 최근 국내외에서 활발히 연구되고 있다. 인체 진단에서 전자파를 이용하여 구현할 수 있는 기술에는 인체 영상 진단 기술이 있다. 이미 의료 분야의 선도 국가들은 인체 종양 진단에서 전자파를 이용한 차세대 영상 진단 기술에 대하여 많은 관심을 보이고 있다. 선진국인 미국, 독일, 네덜란드, 일본 등에서는 고기능, 고해상도의 차세대 영상 진단 기기 연구에 많은 투자를 하고 있으며, 미국은 의료 영상 분야에 있어서 가장 높은 기술 수준을 보유하고 있다^[1]. 본 기고에서는 현재의 인체 영상 진단 기술을 소개하고, 새롭게 연구되고 있는 전자파를 이용한 인체 진단 기술을 소개하며, 기술 연구 동향을 소개한다.

II. 인체 진단 기술

인체 영상 진단 기술들에는 X-선 촬영, 초음파, CT (Computed Tomography), MRI, PET 등 다양한 기술들이 현재 사용되고 있다. 인체 영상 진단 기술들에서 가장 보편적으로 이용되는 기술은 X선을 이용한 인체 영상 기술이다. X-선 촬영은 인체 내부의 뼈나 장기의 X선이 흡수되는 정도가 다른 점을 이용하여 장기나 조직의 밀도에 따른 영상 사진을 얻는 기술이

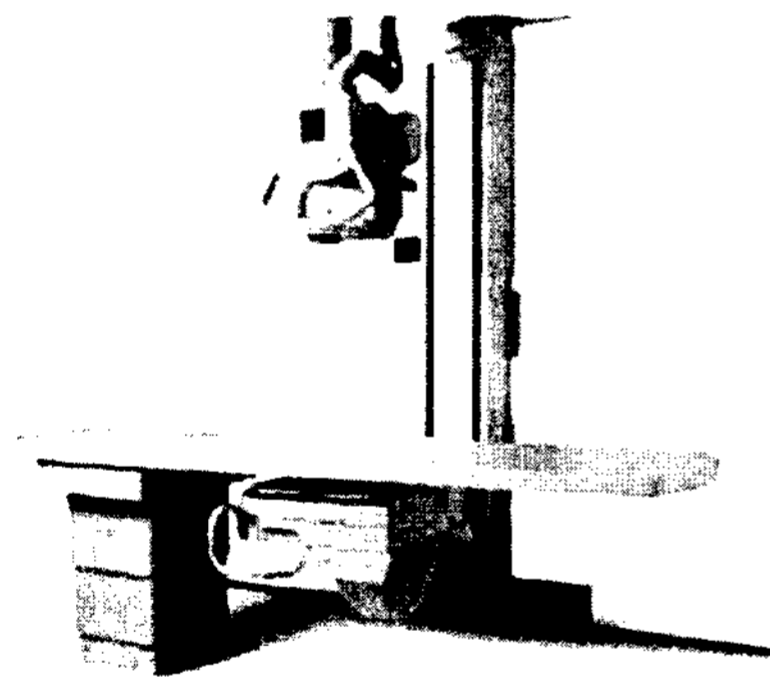


[그림 1] 전파 순기능 활성화 측면의 전자파 이용 의료 기술

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 원천기술개발 사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-043-02, 전자파 기반 진단 및 방호 기술 연구]

다. 초기 X선은 골절, 결핵, 폐렴 등을 진단하는 데 사용되었으며, 인체 내부를 투과하는 X선은 의료 진단 기술 발전에 크게 기여하였다. 최근에는 디지털 X선 촬영 장치(DR: Digital Radiography)가 부각되고 있다. DR은 필름을 사용하는 대신 영상의 전기적 신호 데이터로 바뀌어서 저장하고 컴퓨터 모니터를 통하여 영상을 보여준다. DR은 필름을 사용하지 않고도 높은 해상도와 신속한 판독이 가능하게 하여 기존 아날로그 방식의 X선 촬영 장치와 차별화하였다^[2]. X선 진단에서 마모그래피(mammography) 기술은 유방암 진단을 위한 기술이다.

2차원 X선 영상을 3차원으로 발전시킨 기술에는 컴



Philips Digital Room

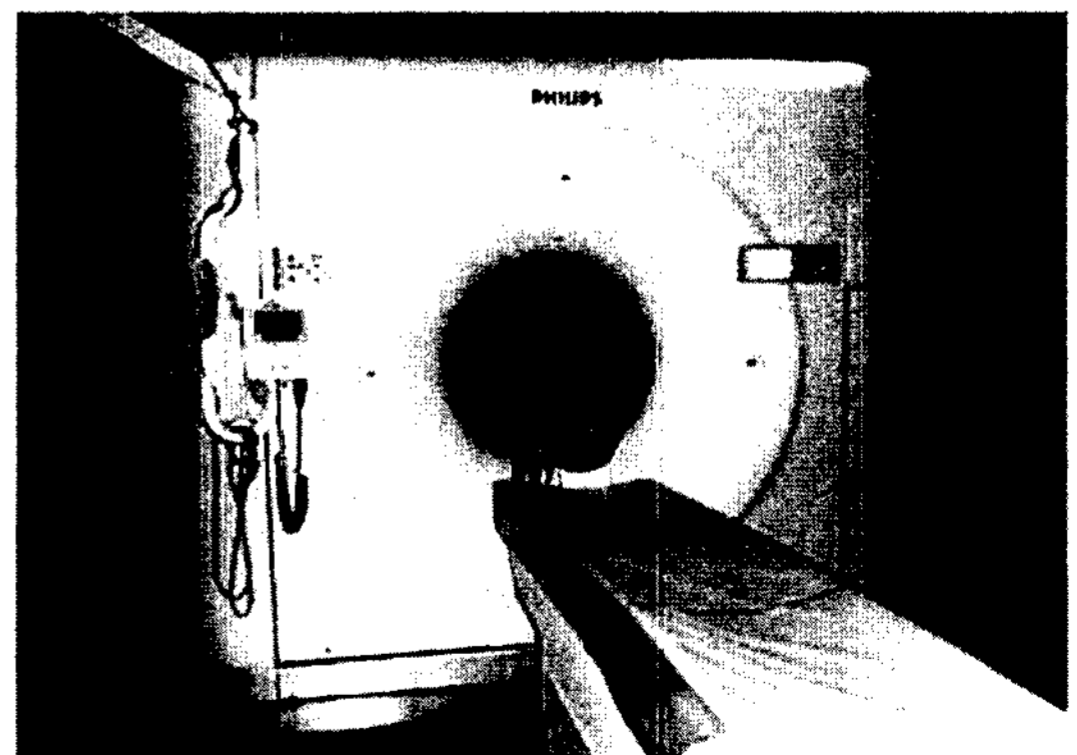


Mammography

[그림 2] X-선 촬영기와 유방암 진단을 위한 mammography 촬영

퓨터 단층 촬영(CT: Computed Tomography or Computed axial Tomography)이 있다. CT는 인체의 한 단면 주위를 돌면서 X선을 투사하고, 인체를 통과하면서 X선이 감소되는 양을 측정한다. 인체 내부의 간이나 신장 같은 장기들의 밀도는 약간의 차이가 있으므로 X선이 투사된 방향에 따라 흡수하는 정도가 서로 다르게 나타난다. 이렇게 각 방향에서 X선이 투과된 정도를 컴퓨터로 분석하여 내부 장기의 밀도를 가늠하고, 내부의 자세한 단면을 영상으로 나타나게 할 수 있다. 신체의 여러 각도에서 투과시킨 X선을 컴퓨터로 측정하여 단면에 대한 흡수치를 재구성하는 기술이다^[3].

X선과 CT는 모두 빛이 몸속을 직진하는 성질을 이용해 질병을 진단한다. 그러나 두 장비 모두 인체에 유해한 방사선에 환자가 노출되는 문제점을 갖고 있다. 이와 비교하여 자기공명 영상 진단 장비(MRI: Magnetic Resonance Imaging)는 방사선을 사용하지 않고 강력한 자기장을 사용하는 영상 장비이다. MRI는 '핵자기 공명'이란 물리 현상을 이용한다. 강력한 자석을 인체에 가져가면 이때 몸속에 있는 구성 물질이 자성에 반응하는 정도로부터 영상을 얻는다. 인체의 70%를 차지하는 물 분자 속에는 수소 원자핵(양성자)



A Multislice CT Scanner: Philips 'Brilliance' 64-channel thin-slice

[그림 3] 컴퓨터 단층촬영(CT) 기기

이 자성에 반응하는 역할을 한다. 인체는 부위와 조직에 따라 물의 분포가 다르기 때문에 이를 이용하면 밀도에 대한 영상 정보를 얻을 수 있다. 예로서 근육과 뼈는 물의 함량은 크게 다르다. 인체를 MRI 장치의 강력한 자기장 속에 놓힌 후 수소 원자핵만 공명시키는 고주파를 순간적으로 발사하면 해당 조직의 수소 원자핵이 고주파를 흡수하게 된다. 이후 고주파를 끊으면 수소 원자핵이 흡수된 고주파를 역 방출함으로써 이 고주파를 검출하여 영상으로 얻는다.

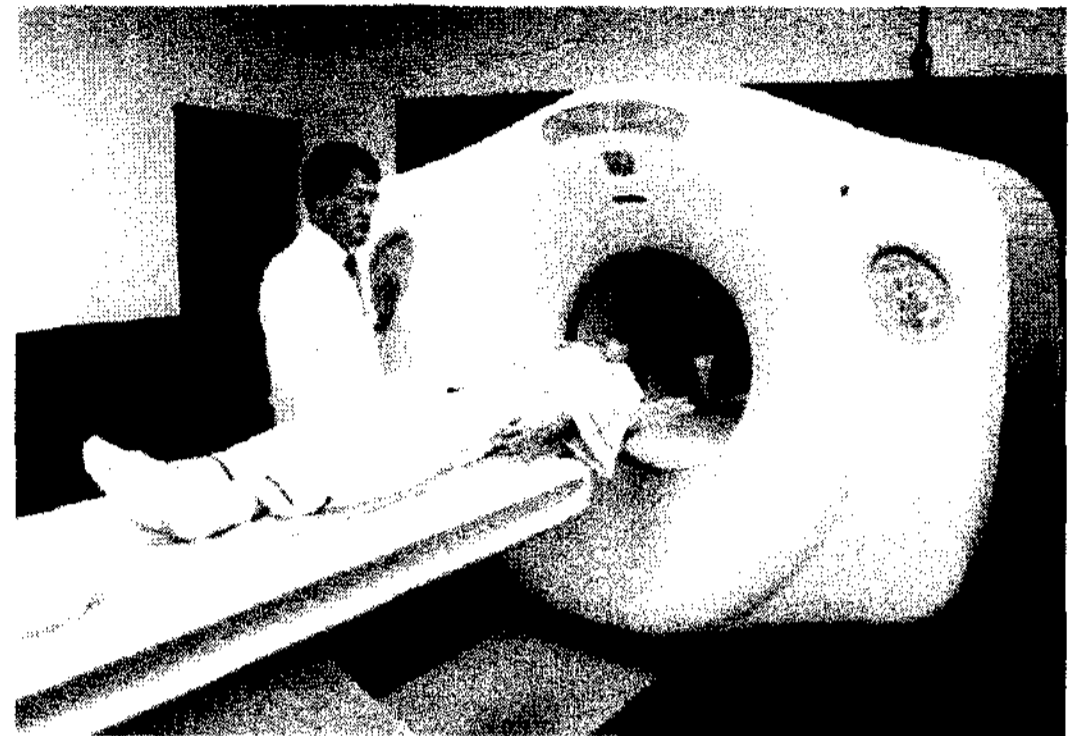
4세대 의료 영상 기술에는 양전자 방출 단층 촬영(PET: Positron Emission Tomography)이 있다. PET는 방사선 물질을 포도당이나 당·단백질 등에 섞어 주사한 뒤 그것이 인체 내에서 어떻게 이용되고 합성되는지를 관찰 영상화하는 기술이다. 암 세포는 정상 세포보다 훨씬 성장이 빨라 영양분을 많이 소모한다. 암 세포가 영양분을 소비하면 양전자가 나오는데, PET는 이것을 감지하여 영상으로 변화시킨다. PET 장비를 쓰면 X선이나 CT, MRI와 달리 암이 눈에 보이게 자라기 이전인 활동 초기 단계에 암을 진단할 수 있다. PET는 초기 질병 세포에서 일어나는 분자 단위의 움직임을 감지하는 장점이 있다.

그러나 기존 기술들을 살펴보면 장점이 있지만 단



Modern 3 tesla clinical MRI scanner

[그림 4] 자기공명 영상 진단(MRI) 장비



4세대 의료 영상기기 양전자방출단층촬영기(PET)

[그림 5] 양전자 방출 단층 촬영(PET) 장비

점도 있다. X-선 촬영, CT 등의 경우는 방사선 노출에 대한 위험이 있다. MRI는 강한 자기장에 대한 위험이 있다. MRI의 경우는 지구 자기장이 0.3 T인파 비교하여 최대 7 T의 강력한 자기장을 형성하여 이용하며, CT의 경우는 인체 한계치인 500 mrem과 비교하여 1회 진단에서 인체를 30 mrem의 방사선에 노출시킨다. 이들 기술은 인체 조직 밀도에 대한 정보를 제공하므로, 암과 같은 특이 물질의 특성에 대한 정보를 제공하는데 어려움이 있다. 양전자에 의해 물질 특성 판단이 가능한 PET는 해상도가 낮다는 단점이 있다. X-선 mammography의 경우는 방사선 문제 외에도 유방을 압박하여 촬영하므로 환자에게 일시적인 고통을 주는 불편함이 있다. 그리고 이들 장비들은 X-선을 제외하면 경제적으로 진단 비용이 높다. 특히 유방암 진단의 경우에 미국의 IOM 보고서는 기존 진단 기술에 대하여 대체 기술 개발 필요성과 대체 기술에 대한 다양한 요구 사항을 제시하고 있다. 이러한 측면에서 전자파를 이용한 인체 진단 기술은 밀도에 대한 정보가 아닌 인체 조직의 물질 특성에 영상 정보를 제공하므로 정상 조직과 비정상 조직을 판단할 수 있다. 그리고 영상 방사선이나 강한 자기장에 대한 노출 위험이 없으며, 상대적으로 경제적인 진단이 가능하다.

Ⅲ. 마이크로파 이미징 기술

전자파를 이용한 이미징(imaging) 기술은 이전부터 기술적 관심 대상이었다. 최근에는 알고리즘과 연산 기술 및 하드웨어의 기술 발전으로 전자파 이미징 기술을 인체 진단에 적용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 이 기술에서 전자파를 이용하여 역산란 영상 복원(image reconstruction)을 하는 tomography 기술의 경우는 인체의 유전율과 전도율을 측정할 수 있다. 전자파를 이용한 유방암 진단 기술의 경우에는 IOM의 요구 조건을 만족하고 있다. 이 방법은 안전하면서도 편안하며 작은 크기의 종양 진단이 가능하면서도 저렴하다는 장점이 있다. 전자파 tomography 기술을 위한 인체 조직의 유전율 특징에 대한 연구는 지난 수십 년간 연구가 진행되어 왔다^{[4]-[6]}. 특히 유방은 정상세포와 종양 사이의 물질 특성차가 분명하고 유방 조직이 다른 신체 부위와 비교하여 균일한 특징을 가지고 있으므로 전자파를 이용한 이미징 기술의 적용에 매우 적합한 대상으로 평가되고 있다^[7].

마이크로파 대역에서의 이미징 기술은 passive, hybrid 그리고 active 방식으로 분류된다. Passive 방식은 예로서 조직의 체온 증가를 검출하는 방식과 같은 기술이다^{[8],[9]}. Hybrid 방식은 마이크로파 신호로 종양의 온도를 증가시키고 이에 따라 증가하는 종양의 초음파 반응을 초음파로 검출하는 방식의 기술이다^{[10]-[13]}. Active 방식은 인체 조직에 마이크로웨이브를 송신하고 조직을 통과하거나 반사된 신호들을 이

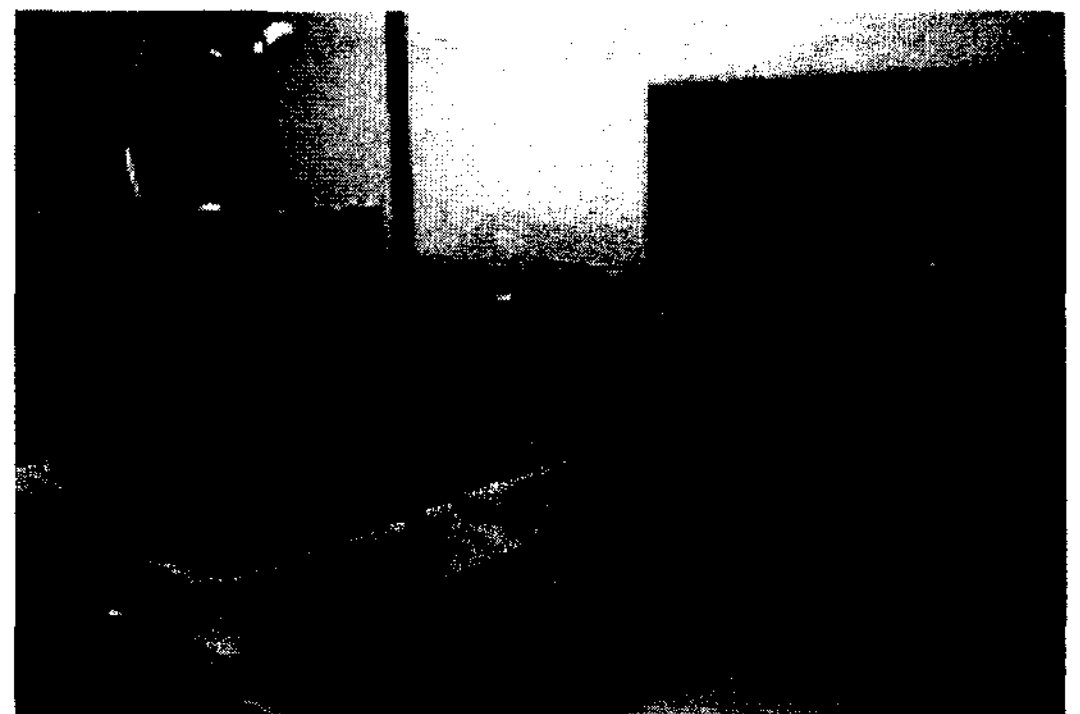
용하여 영상을 만들어 진단하는 방식이다. 이 방식에는 backscattered reflection을 이용하는 radar-based Microwave Imaging(MI)과 inverse scattering에 기초한 Microwave Tomography(MT)가 있다. 마이크로파 이미징 기술에서는 현재 active 방식이 가장 많이 연구되고 있다.

3-1 레이더 기반 마이크로웨이브 이미징(MI)

레이더 기반의 MI는 종양의 위치를 찾기 위하여 신체로부터 반사되는 신호에 집중하는 기술이다. 진단을 위한 전파 주파수는 주로 1 GHz에서 10 GHz까지 광범위하게 사용되고 있다. 세부 기술에는 MI via space time beamforming(MIST) 방식과 tissue sensing adaptive radar(TSAR) 방식이 있다. 레이더 기반의 MI 기술은 Hagness 교수 등이 유방암 진단 기술로 소개하고 있다^[14]. 유방암 진단의 경우에 MIST 시스템은 환자의 등을 눕히고 안테나가 유방 횡단면을 스캔하는 방식을 적용하고 있다. 반면에 TSAR 방식은 환자의 등이 위로 가게 옆드려서 유방의 주위를 스캔하는 방식을 사용하고 있다. 레이더 기반 MI의 confocal microwave imaging(CMI) 기법은 큰 반사 신호가 발생하는 경우에 더욱 분명한 진단이 가능하다. 초고주파에 대하여 심한 종양은 정상적인 조직과 비교하여 보다 큰 scattering cross section을 가진다. CMI를 이



[그림 6] HF와 초음파를 이용한 하이브리드 진단 기술

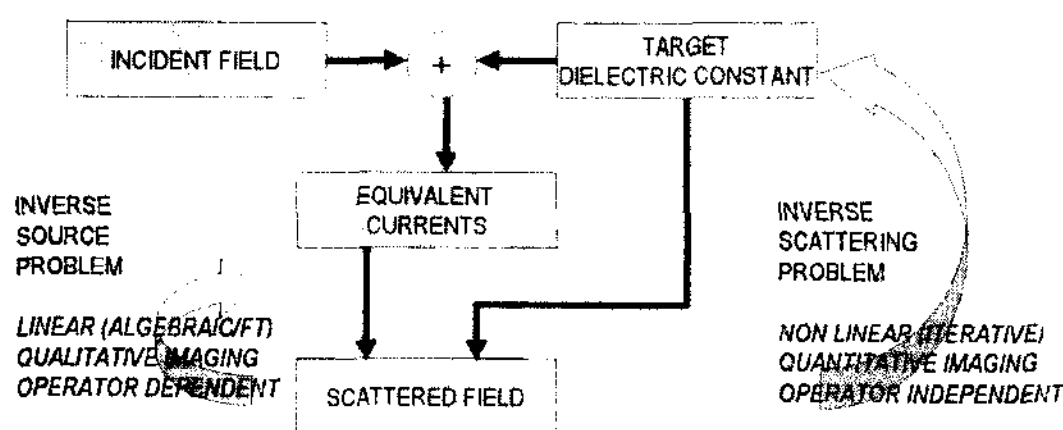


[그림 7] TSAR 진단 기술의 실험

용하여 공간적으로 집중된 focusing은 적절한 주파수의 선택에 따라 mm 단위까지의 종양 진단이 가능하게 한다. CMI 등 레이다 기반의 MI 연구에서는 주로 이상적인 환경에서의 팬텀을 이용한 모의 시험 결과가 주로 보고되고 있다. MI 인체 진단 기술에서 임상 실험이나 임상 실험 직전 단계의 연구 결과는 아직 발표되지 않고 있다.

3-2 마이크로웨이브 토모그래피(MT)

Microwave tomography는 인체 조직 진단에서 영상을 얻기 위하여 inverse scattering 기술을 이용한다. Inverse scattering은 진단 목표로부터의 reflection에 기반한 CMI와는 달리 영상 목표로부터 diffraction을 포함한 모든 scattering 신호 정보를 얻고, 이 정보를 역산하여 목표의 유전율과 전도율 영상 지도를 만드는 기술이다. MT 영상은 조직 내부의 물질 특성에 대한 영상 정보를 제공한다. 이러한 특징은 단순히 신호 감쇄로부터 조직 내부 물질 분포에 따른 명암 정보를 제공하는 기존의 기술과는 차이가 있다. MT는 이러한 특징으로 기존 기술을 보완하는 기술로 사용할 수 있다. 또한, MT는 간단한 구조로 마이크로파를 사용하므로 성능 대비 비용이 경제적이면서도 기존 장비의 기능을 제공할 수 있다. 그리고 무엇보다 미약 전파를 사용하는 경우에 영상 진단 기술로서 안전하다는 장점이 있다. 지금까지 몇 개의 연구 그룹이 MT 기술에 대한 연구를 수행하였다. 미국 Dartmouth 대학은



[그림 8] 전자파를 이용 토모그래피 진단 기술의 영상 복원 알고리즘

현재 2D FEM 방식 MT 기반 유방암 진단 시스템 시제품을 제작하여 임상 실험을 수행하였다^{[15]-[17]}. Dartmouth의 임상 실험은 미국 정부기관 NIH의 지원으로 연구되었다.

IV. 유방암 진단 MT 기술

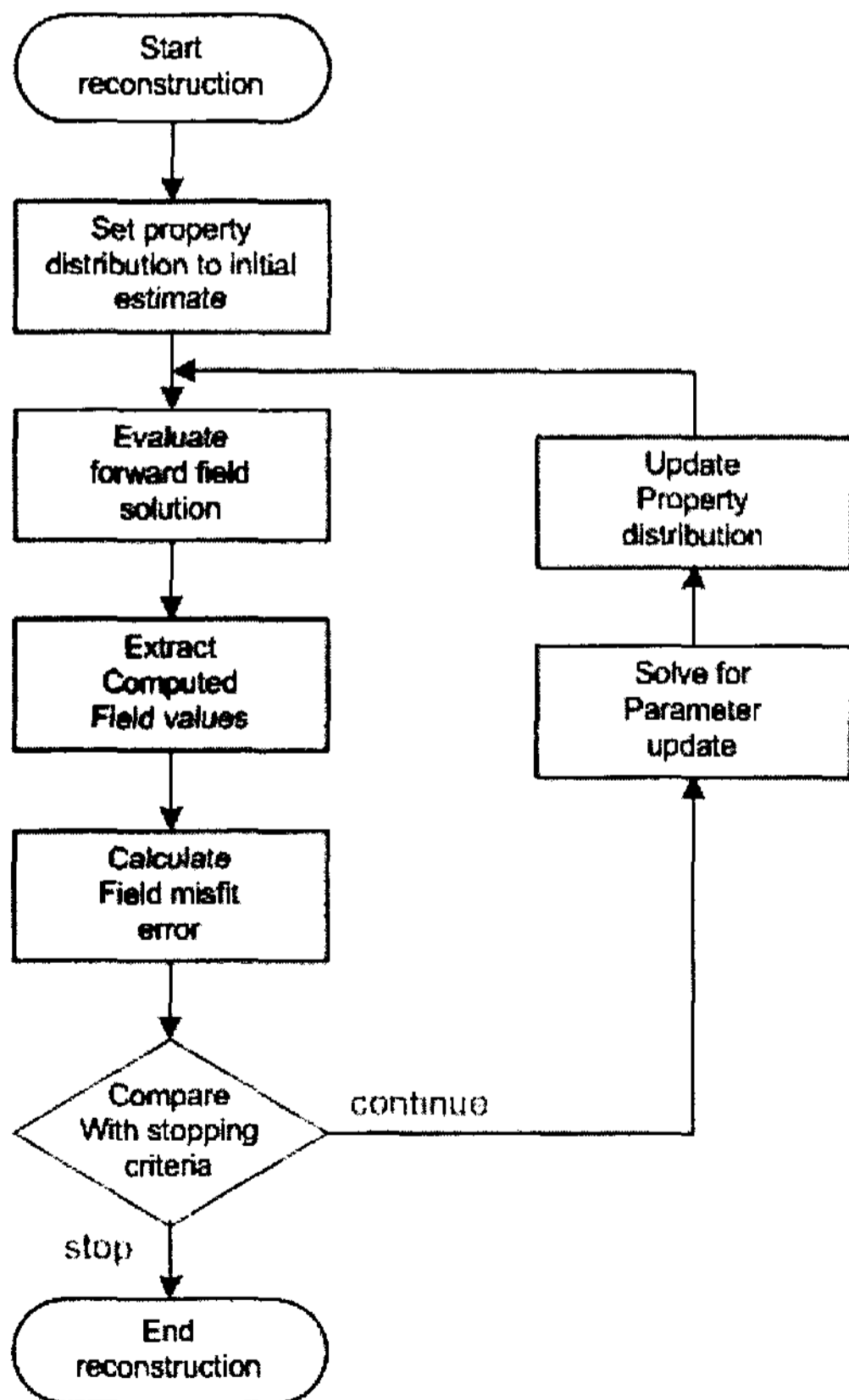
전자파 인체 진단 기술에서 주목하는 적용 분야는 유방암 진단이다. 유방암은 국내 여성에 있어 약 만명에 한 명 수준으로 주로 30~40대에서 발생하고 있으며, 그 비율은 계속 증가하고 있다. 최근에는 생활의 서양화 추세에 따라 20대의 젊은 층에서도 발병률이 증가하고 있는 실정이다. 그리고 전자파 진단 기술을 적용함에 있어 조직 특성이 대체로 균일하여 상대적으로 빠른 진단 수치 해석이 가능하고 진단 오류가 적은 장점이 있다. 국내에서 MT 유방암 진단 기술은 ETRI에서 500 MHz에서 3 GHz까지의 마이크로파 신호를 사용하여 연구되고 있다. 연구는 전자파의 순기능 확보를 위한 국책 연구로 수행되고 있으며, 현재 유방암 진단 기술 연구를 진행하기 위한 기술 검증용 테스트베드를 개발하였다. 테스트베드에서의 영상 복원 기술에는 FDTD 방식을 forward solver로 적용하고 있으며, nonlinear inverse problem의 최



[그림 9] 유방암 진단 MT기술 검증 테스트베드(ETRI)

적화에는 Newton-Raphson iterative method를 사용하였다. 기술 검증 테스트베드는 피 시험체에 전자파를 노출시키는 장치, 전자파를 송신 수신하는 장치 및 역산란 해석 알고리즘으로 구성된다. 피시험체에 전자파를 노출시키는 장치는 여기서 bath로 표현되고, 내부에는 피 시험체가 위치하도록 하고 있다. 역산란 해석 알고리즘에서는 측정된 신호로부터 피 시험체 내부의 유전율 및 도전율 정보를 계산하여 이미지로 출력한다. MT 기술 연구에서 시뮬레이션에 의한 검증은 잡음 상태의 실제 환경과는 차이가 있으므로, 이러한 테스트베드를 이용하면 연구된 MT 기술을 직접 검증할 수 있다.

ETRI 테스트베드 시스템에서 피 시험체 내부의



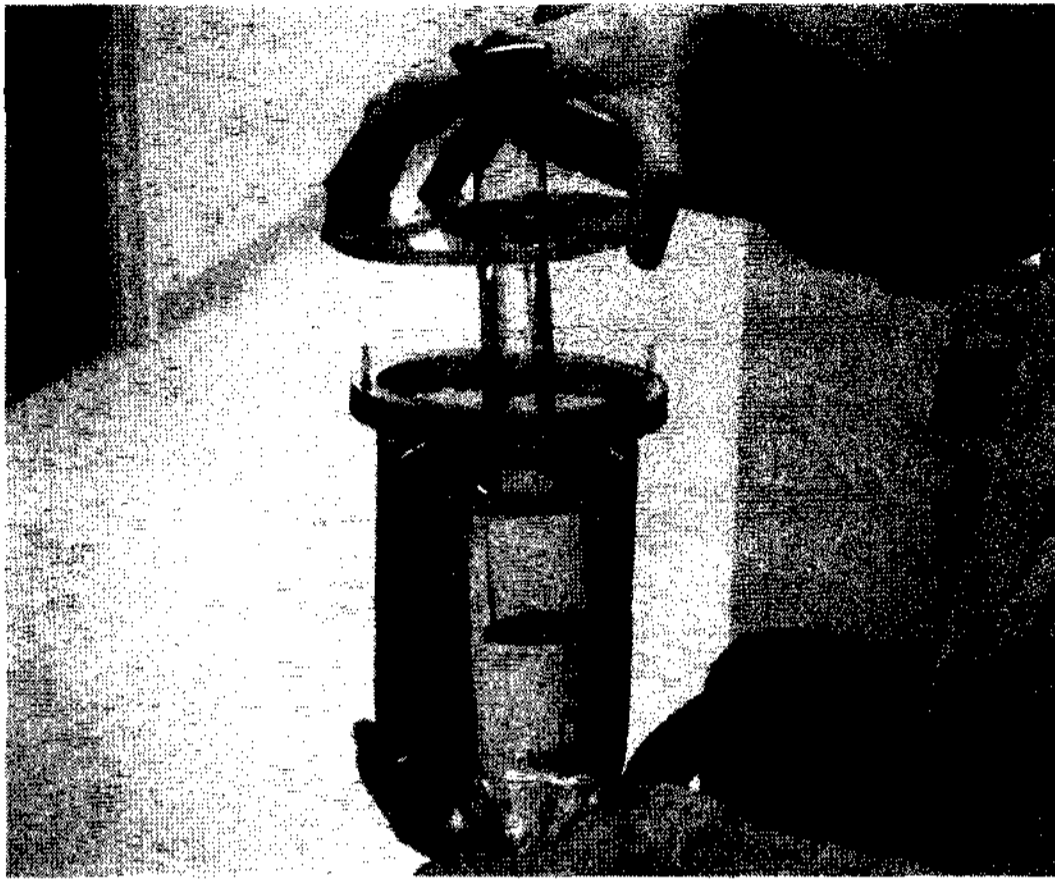
[그림 10] 테스트베드 시스템의 역산란 해석 알고리즘

유전율과 도전율을 얻는 역산란 해석 알고리즘은 [그림 10]과 같다. 테스트베드 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 값을 비교하여 그 오차가 일정 범위 내에 오도록 유전율과 도전율의 값을 변화시키면 최적의 값을 찾아갈 수 있다.

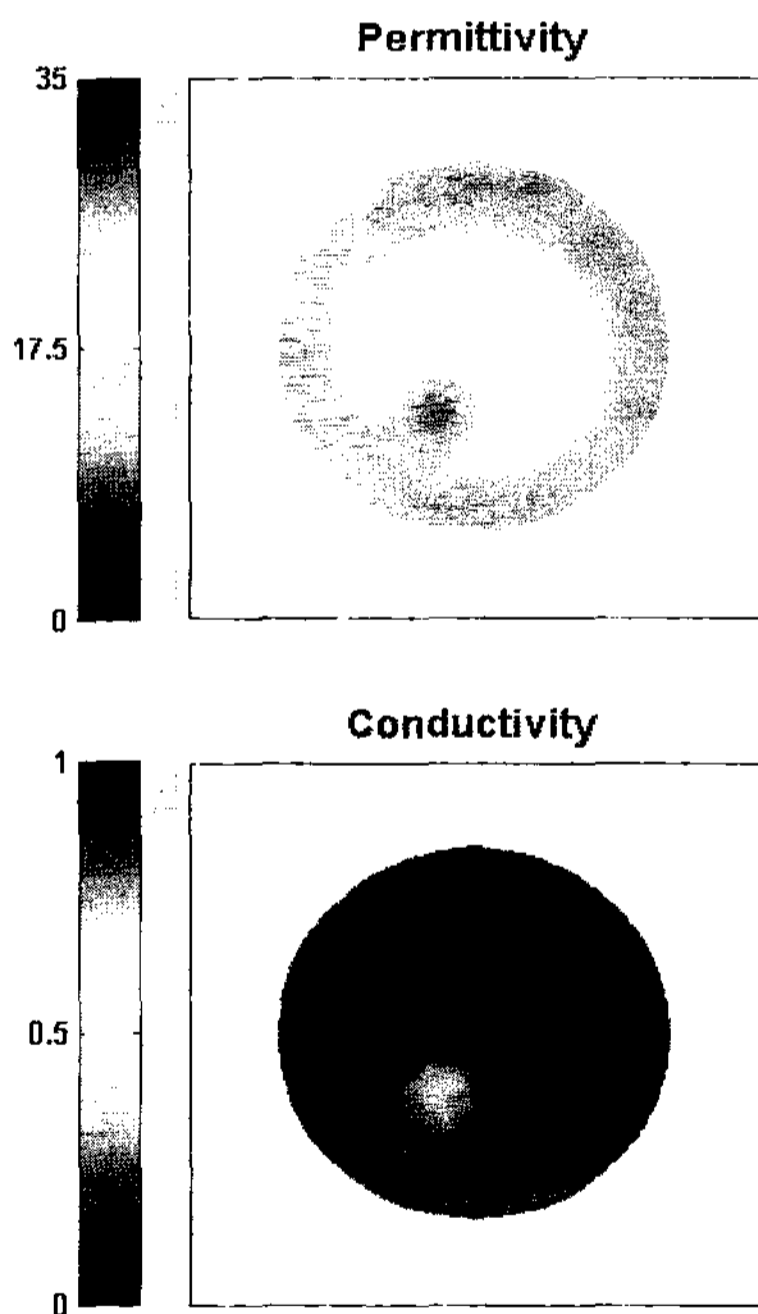
전자파 이용 유방암 진단 테스트베드에서는 모의 팬텀을 사용하여 측정시험을 행할 수 있다. [그림 11]은 측정에 사용된 유방을 모사한 직경 108 mm 실린더 통안에 직경 25 mm 암 조직 팬텀을 삽입한 팬텀 구조를 보여준다. 실험에서 Bath 안에는 전파를 위한 매질 액체를 채우고 유방 실린더와 암 팬텀은 해당 조직 유전율의 용액을 채워 실험을 행한다. ETRI 전자파 이용 유방암 진단 테스트베드 팬텀 측정 결과는 [그림 12]와 같으며, 팬텀의 모양 및 유전율 정보를 비교적 정확하게 영상 복원하는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

전술한 바와 같이 전자파 이용 인체 진단 기술은 기존 인체 영상 진단 기술과 비교하여 물질의 유전율과 전도율 특징 진단 영상을 제공하는 것에서 차이가 있다. 그리고 이 기술은 MT의 경우에 미약한 전파를 사용하여 영상을 복원할 수 있으므로 방사선이나 강 자계를 이용하는 인체 영상 기술과 비교하여 인체에 무해하다는 장점이 있다. 최근에는 각종 의료 영상 기기들 간의 단점을 보완하기 위하여 기술 융합이 이루어지고 새로운 흐름이 되고 있다. 예로서 지멘스와 GE는 2000년대초 PET 기술과 CT 기술을 결합한 융합 기술을 채택함으로써 현재 세계 의료 영상 기기 기술 분야를 이끌 수 있었으며, 최대 수입원이 되고 있음을 주목해야 할 것이다. 전자파 이용 인체 진단 기술은 현재 연구 단계이지만 이러한 의료 영상기기 기술의 융합 추세로 볼 때 향후 기존 장비의



[그림 11] 측정에 사용된 유방과 유방암 팬텀



[그림 12] 전자파 이용 유방암 진단 테스트베드의 측정 결과

단점을 보완하는 주요 기술이 될 것으로 판단된다.

한편으로, 지금까지는 전자파에 대한 관심은 무선 통신에서의 전파 사용과 같은 경우를 제외하고는 대

부분 전자파의 유해성에 대한 연구가 주를 이루었다. 이런 점에서도 최근의 전자파를 인체 진단에 이용하는 연구는 전자파의 긍정적 측면 발굴 측면에서 매우 바람직하다고 할 수 있다. 특히 유방암 진단 분야에서의 연구는 유방암의 증가 추세와 높은 발생 비율을 고려할 때 전자파의 사회 복지에 기여가 클 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 전순익 외 2인, "전자파를 이용한 유방암 진단 연구", 한국전자과학회지, 18(3), pp. 36-44, 2007년.
- [2] http://news.chosun.com/site/data/html_dir
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Computed_tomography.
- [4] 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.
- [5] S. Gabriel, R. W. Lau, and C. Gabriel, "The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements on the frequency range 10 Hz to 20 GHz", *Phys. Med. Biol.*, vol. 41, pp. 2251-2269, 1996.
- [6] 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.
- [7] X. Li, S. C. Hagness, "A confocal microwave imaging algorithm for breast cancer detection", *IEEE Microwave Wireless Components Lett.*, vol. 11, pp. 130-132, Mar. 2001.
- [8] S. Mouty, B. Bocquet, R. Ringot, N. Rocourt, and P. Devos, "Microwave radiometric imaging for the characterisation of breast tumors", *Eur. Phys. J.: Appl. Phys.*, vol. 10, pp. 73-78, 2000.
- [9] K. L. Carr, P. Cevasco, P. Dunlea, and J. Shaeffer,

- "Radiometric sensing: An adjuvant to mammography to determine breast biopsy", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, vol. 2, pp. 929-932, 2000.
- [10] R. A. Kruger, K. K. Kopecky, A. M. Aisen, D. R. Reinecke, G. A. Kruger, and W. L. Kiser, Jr., "Thermoacoustic CT with radio waves: A medical imaging paradigm", *Radiology*, vol. 211, pp. 275-278, 1999.
- [11] R. A. Kruger, W. L. Kiser, Jr., D. R. Reinecke, G. A. Kruger, and R. L. Eisenhart, "Thermoacoustic computed tomography of the breast at 434 MHz", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, vol. 2, pp. 591-594, 1999.
- [12] L. V. Wang, X. Zho, H. Sun, and G. Ku, "Microwave-induced acoustic imaging of biological tissues", *Rev. Sci. Instrum.*, vol. 70, pp. 3744-3748, 1999.
- [13] G. Ku, L. V. Wang, "Scanning thermoacoustic tomography in biological tissue", *Med. Phys.*, vol. 27, pp. 1195-1202, 2000.
- [14] S. C. Hagness, A. Taflove, and J. E. Bridges, "Two-dimensional FDTD analysis of a pulsed microwave confocal system for breast cancer detection: Fixed-focus and antenna-array sensors", *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 45, no. 12, pp. 1470-1479, Dec. 1998.
- [15] P. M. Meaney, K. D. Paulsen, and T. P. Ryan, "Two-dimensional hybrid element image reconstruction for TM illumination", *IEEE Trans. Ant. and Prop.*, vol. 43, pp. 239-247, 1995.
- [16] P. M. Meaney, M. W. Fanning, T. Raynolds, C. J. Fox, Q. Fang, C. A. Kogel, S. P. Poplack, and K. D. Paulsen, "Initial clinical experience with microwave breast imaging in women with normal mammography", *Academic Radiology*, vol. 14, pp. 207-218, 2007.
- [17] P. M. Meaney, K. D. Paulsen, M. W. Fanning, and A. Hartov, "Nonactive antenna compensation for fixed-array microwave imaging: Part II-Imaging results", *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol. 18, pp. 508-518, Jun. 1999.

≡ 필자소개 ≡

전 순 익



1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
1996년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
1990년 9월 ~ 현재: 한국전자통신연구원

안테나기술연구팀장

[주 관심분야] 안테나, 전자파 이용 진단 및 치료

손 성 호



1997년 2월: 부산대학교 제어기계공학과 (공학사)
1999년 2월: 포항공과대학교 기계공학과 (공학석사)
2006년 3월 ~ 현재: 포항공과대학교 기계공학과 박사과정
2001년 3월 ~ 현재: 한국전자통신연구원

선임연구원

[주 관심분야] 위상배열 시스템, 스마트 스킨 안테나, 최적화 알고리즘

김 혁 제

1995년: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
1995년 ~ 현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
[주 관심분야] RF 시스템, 디지털 시스템, 영상복원알고리즘

이 윤 주



2005년 2월: 명지대학교 전자공학과 (공학사)
2007년 8월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
2007년 10월 ~ 현재: 한국전자통신연구원 연구원
[주 관심분야] 영상복원알고리즘, 안테나

이 종 문



1996년 2월: 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
1999년 8월: 충북대학교 전파공학과 (공학석사)
2005년 2월: 충북대학교 전파공학과 (공학박사)
2000년 4월 ~ 현재: 한국전자통신연구원

선임연구원

[주 관심분야] 안테나, RF 회로설계, RF 시스템, 영상복원알고리즘