

의학영상처리시스템

I. 서론

의학영상검사는 병변의 위치와 침범범위를 명확하게 구분할 수 있게 해줌으로써 현대의학에서 수많은 질병의 진단 및 치료의 근거자료로 활용되고 있으며, 의료에서 그 비중은 날로 커지고 있다. 근래 들어 의학영상진단분야의 큰 변화중 하나는, 종래의 정성적 진단에서 진일보하여 병변에 대한 정량적인 수치를 제시하여 보다 객관적인 지표로 활용하고자 하는 것이다. 예를 들어 종양의 영상진단에서 발견 당시 종양의 크기나 추적검사에서 증가율, 혈류공급 비율등을 기준으로 치료방침을 결정한다든지, 심혈관계 질환에서 혈관내 경화반의 크기나 경화반의 감쇠도를 측정함으로써 치료방침을 결정하는 등 다양한 경우에서 영상을 기반으로 하는 정량적인 병변지표가 활용되고 있다. 이와 같은 영상기반의 정량적 병변지표는 영상 바이오마커라고 불리우며 임상적 진료뿐 아니라 질병연구 및 신약 개발등 현대 의학의 미래를 개척하기 위한 많은 연구영역에서도 그 활용도가 활발히 연구되고 있다^[1].

이와같은 의학영상진단의 변화는 CT, MRI, PET등과 같은 영상기기 기술의 진전뿐 아니라, 영상데이터를 효과적으로 관리하고 이로부터 정교한 진단적 결과를 도출해 낼수 있게 해주는 의학영상처리시스템의 발전에 힘입은 바 크다. 현대적인 의학영상처리시스템은 진보된 컴퓨터 알고리즘을 이용함으로써 영상기기에서 발생하는 고용량의 데이터로부터 자동, 또는 반자동적이며 객관적으로 영상 바이오마커를 추출할 수 있게 해주는데 반해, 이러한 능력은 과거 인간 판독자들로부터는 얻을 수 없었기 때문이다.

이 글에서는 다양한 분야에서 연구 발전되고 있는 의학영상처리시스템의 기술적 구성을 바탕으로 몇 가지 임상적 응용분야를 소개



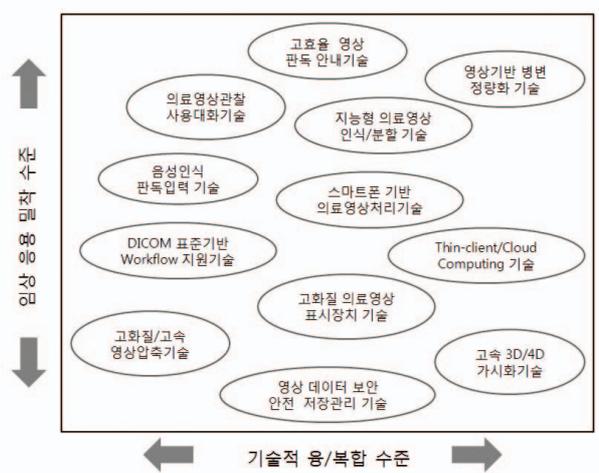
김 중 효
서울대학교
융합과학기술대학원

하고자 한다. 의학영상처리 시스템은 매우 다양한 방면에서 연구와 활용이 확대되고 있으므로, 이 글에서는 PACS, 암 진단에 있어서의 컴퓨터보조진단 시스템, 질병위험 예측 시스템등을 중심으로 기술하고자 한다.

II. 의학영상처리시스템의 분야와 기술적 구성

〈그림 1〉은 산업적 파급을 위주로 표현한 의학영상처리 시스템의 영역별 구분과 발전추이를 보여준다. 시장규모를 기준으로 볼 때 의학영상처리 시스템의 산업적 규모중에 가장 큰 몫을 차지하는 분야는 Radiology 및 Cardiology PACS 이며, 이와 연계되어 보다 지능적이고 고도화된 기술이 접목된 Advanced 3D/4D Visualization 시스템과 Intelligent Image Analysis System 등이 산업적 가치를 인정받으며 임상활용이 증대되고 있다.

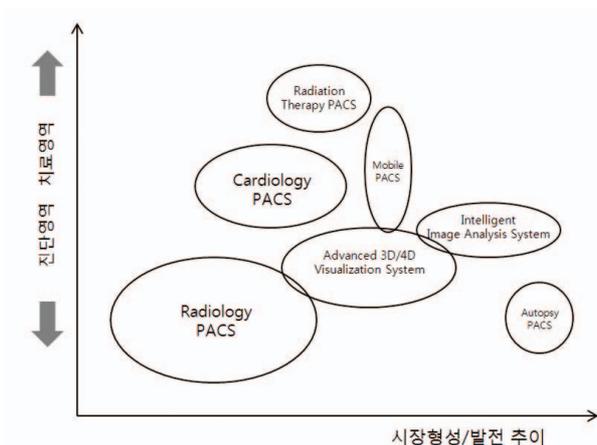
빠르게 발전하는 의학영상장치 기술과 의료분야의 정량적 진단의 수요에 따라 현재의 산업적 영역구분은 점차 지능적 영상처리기술들이 임상적 지식과 융복합적으로 결합하면서 더 많은 진료과에서 활용되는 방향으로 발전되어 갈 것으로 전망되고 있다. 〈그림 2〉에 의학영상처리



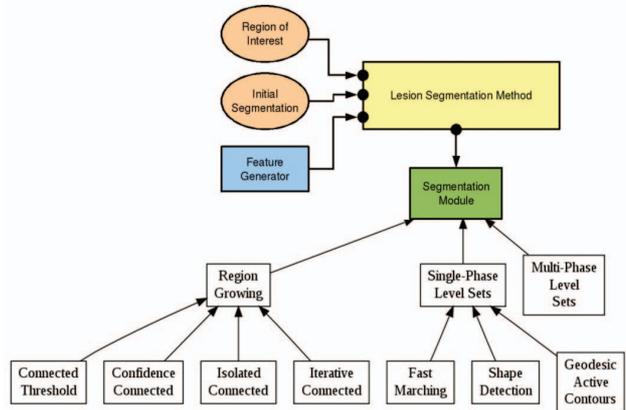
〈그림 2〉 의학영상처리 시스템분야의 다양한 기술요소들의 관계

**점차 지능적 영상처리기술들이
임상적 지식과 융복합적으로 결합하면서
더 많은 진료과에서 활용되는
방향으로 발전되어 갈 것으로 전망**

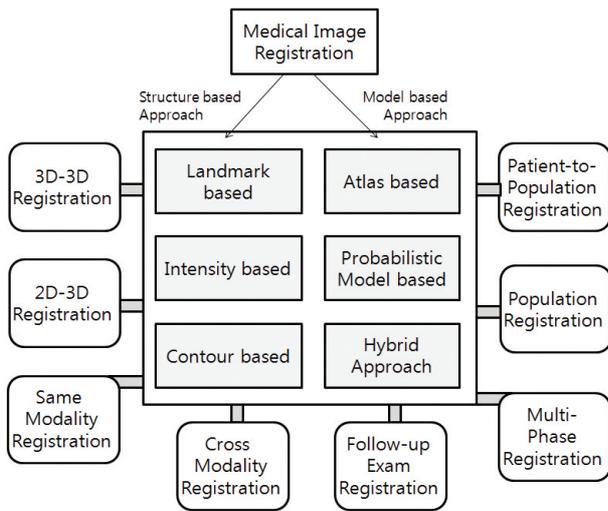
시스템 분야의 다양한 기술요소들 간의 관계를 보였다. 초기에는 DICOM 표준화, 영상 압축 및 전달 기술 등 기술적 융복합 수준이 낮고 임상응용보다는 데이터 시스템과의 밀착도가 높은 기술들이 주로 사용되었지만, 발전단계가 진화하면서 지능형 의료영상의 인식/분할 기술과 병변정량화 기술 등 기술적인 복잡도가 높으며 집약적 임상적 지식의 내포된 기술의 수요가 높아짐을 알 수 있다.



〈그림 1〉 산업적 파급을 위주로 표현한 의학영상처리 시스템의 영역별 구분과 발전추이



〈그림 3〉 의학영상에서 병변분할에 사용되는 기술 구성도의 예 (adapted from <http://public.kitware.com/LesionSizingKit>).



〈그림 4〉 의학영상의 정합기술의 갈래도

의학영상처리에서 병변분할은 가장 임상적인 수요가 높은 응용분야이다. 임상진단에서 질병의 중증도를 판단하는 기준으로 사용되기도 하며, 추적관찰에서 변화를 결정하는데 사용되는 등 다양한 용도에서 의사의 수고를 덜어주고 정확도를 향상시킬 수 있기 때문에 그 수요는 더욱 늘어날 것으로 여겨진다. 〈그림 3〉에 병변분할에 사용되는 세부기술들의 구성을 보였다. 전통적인 영역성장기반의 영상분할 기법과 아울러 single/multi-phase level set 기법이 기반을 이루고 있으면서, 임상 사용자의 사용자 입력을 받아들여 이로부터 얻은 정보를 최대한 활용하여 임상적 평가기준을 충족시키는 기법이 복합적으로 사용되고 있다^[2].

의학영상처리에 있어서, 영상분할과 더불어 그 중요성이 높아지고 있는 핵심기술이 영상정합기술이다. 동일 환자의 추적검사에 있어서 장기의 전체적 변화를 관찰하거나, 조영증강 검사시에 호흡에 의한 움직임을 보정할 때, 수술전 MRI와 수술중의 초음파등과 같이 이 기종의 영상간을 정합하고자 할 때, 특정장기에 대한 인구집단의 평균과 변이를 측정하거나 특정 환자가 인구 집단중에 점하는 위치를 알고자할 때 등 다양한 경우

에 있어서, 육안적으로는 파악할 수 없는 정교한 영상 특성을 추출하는데 유용하게 활용될 수 있다.

전통적으로는 특징점 추출을 기반으로 유사도를 추적하는 정합기법과 신호강도의 유사도를 사용하는 정합기법등이 사용되어 왔으나, 최근에는 보다 다양한 병리적인 장기의 변형까지를 고려하기 위해 Atlas 기반 또는 확률모형기반의 변형 모델등의 활용도 적극적으로 연구되고 있다^[2].

Ⅲ. 의학영상처리시스템의 활용예.

3.1. 의료영상저장전송시스템(PACS)

의료영상저장전송시스템(PACS)은 의료기관에서 환자 진료시 발생하는 영상데이터를 디지털 형태로 획득·저장하고, 판독과 진료기록을 관리·전송·검색하는데 필요한 기능을 통합적으로 제공하는 시스템으로서, 세계적으로 의료기기 감독관리 기관으로부터 승인을 득해야 하는 의료기기로 분류된다(식약청 2등급, FDA class II, CE class IIa/IIb등).

초창기의 PACS는 주로 기존의 필름의 보관 및 디스플레이 기능을 대체하기 위한 기술에 치중되었으나, 최근에는 MDCT의 등장등 의료영상장비의 고정밀화 고속화에 따라 3차원, 4차원 영상데이터를 효과적으로 관찰하거나 병소를 측정하는 등 보다 복잡하고 지능적인 영상처리 기능이 추가되어 종합적인 의료영상정보처리 시스템으로서 발전하는 양상이다.

PACS에는 IT분야의 주요핵심기술이 망라되어 있으며, 이와 동시에 의료분야의 특화된 지식과 전문성이 녹아있어 전형적인 IT-의료 융합산업으로 인식된다.

의료영상의 압축·전송·처리 등이 기본을 이루지만, 음성인식과 Thin-client, Cloud Computing 과 같은 다양한 IT 솔루션이 조화되어야 하며, 의료전문가의 전문성이 내포된 Ux 및 전문진료분야의 workflow 가 효율적으로 뒷받침 되어야 하는 등 다방면의 복합적인 기술이 집약되는 것이 필요하다.

더욱이 최근에는 인공지능적인 영상인식기술을 기반으로 하는 병변탐지, 측정, 추적등 숙련된 의료 전문가의 판독능력에 버금가는 고급 3차원/4차원 영상처리기술과 접목이 시도되고 있어 첨단 IT 기술들의 집약도가 높아지고 있다.

3.2. 암 진단에 있어서의 컴퓨터 보조진단 시스템

컴퓨터 보조진단(Computer Aided Diagnosis, CAD)이라 함은 영상데이터를 정량적으로 분석하는 컴퓨터 시스템의 출력을 참고로하여 의사가 진단을 내리는 것을 의미한다^[3].

컴퓨터 보조진단은 지난 30여년간의 꾸준한 연구 개발을 통해 CAD 관련 기술이 임상에서 활용될수 있는 수준으로 성숙된 기술적 기반이 뒷받침되었으며, 최근 몇몇 임상분야에서 CAD가 상업적으로 성공적으로 자리를 잡으면서 지속적인 학술적 연구와, 임상적 활용이 증대되고 있다.

CAD 가 처음 상용화된 것은 시카고대학과의 기술협약으로 탄생된 R2 Technology(미)사에서 1998년에 미국 FDA의 승인을 얻어 검진용 유방 X-선 영상에서 병변검출을 하는 CAD 제품을 출시하

였다^[4]. 이후 유방 CAD 시스템의 임상적 유용성이 입증되면서 현재 많은 의료기관에서 유방 CAD 시스템이 임상적으로 사용되고 있으며 유방암의 조기검출에 도움을 주고 있다^[2]. 이어서 2001년도에는 Deus Technologies(미)사에서 흉부 X-선 영상에서 폐결절을 검출하는 CAD 시스템에 대해 FDA의 승인을 받았고, 2004년에는 흉부 CT 영상에서 폐결절 검출을 하는 시스템이 R2 사에 의해 FDA 승인을 얻었으며, 2011년에는 대장 CT 영상에서 용종검출을 하는 CAD 시스템이 MedicSight에 의해 FDA 승인을 얻는 등 다양한 분야로 그 응용이 이어지고 있다.

〈그림 5〉에 폐암검출을 위한 CAD시스템의 화면 예를 나타내었다. CAD 시스템을 작동시키기 위해서는 상기한 바와 같은 모델기반의 3차원 영상분할과 병변 검출기술, 그리고 사용자와의 대화식 3D 가시화 기술 등 복합적인 영상처리 기술들이 사용된다.

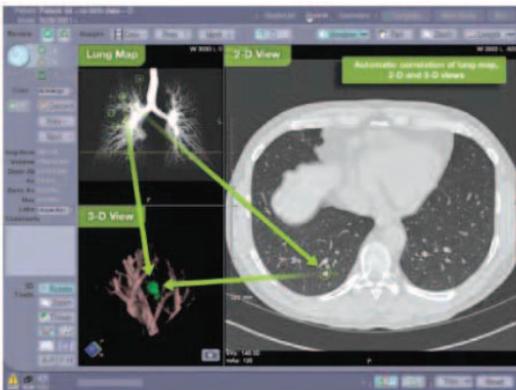
**질병위험도를 정량적으로 예측하는데
의학영상처리를 활용하는 노력이
활발히 이루어지고 있다.**

3.3. 질병위험 예측 시스템

의료비용의 절감과 삶의 질 향상을 위해 질병 위험군을 사전에

판별하고 선별적인 집중 모니터링이 유용함에 대한 인식이 높아지면서, 질병위험도를 정량적으로 예측하는데 의학영상처리를 활용하는 노력이 활발히 이루어지고 있다.

유방암의 위험인자로서 X-선 맘모그램에서 얻은 유방밀도가 유용하며, 유방밀도가 높은 군은 그렇지 않은 군에 비해 유방암 발병위험도가 4~6배가량 높다는 것이 알려져 있다^[5]. 따라서 캘리포니아, 텍사스등 미국의 일부 주에서는 환자에게 유방밀도를 알려주도록 하는 법안이 통과되는 등, 유방밀도의 정보에 대한 중요성이 대두되고 있다. 그러나 기존에 판독자의 육안으로 X-선 맘모그램에서 유방밀도를 판단하는 방법은 신뢰도가 매우 낮아 활용되기 어렵다고 알려져 있다. 따라서 X-선 맘모그램으로부터 영상처리기법을 통하여 자동적으로 유방밀도를 추출하는 기술이 개발되고 임상에 활용되기 시작했다^[6]. X-선 맘모그램으로부터 영역분



〈그림 5〉 R2사에 의해 상용화된 Lung CAD 프로그램의 화면 예. 컴퓨터에 의해 미리 검출된 폐결절이 CT 단면상에 표시되고, 동시에 전체 폐 구조상에서 결절의 상대적인 위치와 결절의 3차원적 확대영상이 함께 표시되어 판독자의 효율적인 판단을 돕는다.



할기법을 사용하여 추출한 유선조직의 비율을 percent density 로 표기하는 기법이 종래에 사용되었고, 최근에는 X-선 맘모그램을 3차원적인 구조로 모형화하고 이로부터 유추한 유선조직의 용적비율을 volumetric breast density 로 표기하는 방법도 개발되어 활용되고 있다.

치매위험 예측인자로서 뇌 MRI 영상에서의 정량적 특징을 활용하고자 하는 연구가 각국에서 축적되면서, 뇌의 특정부위 용적(내측두엽부위)의 위축이 알츠하이머병 치매와 연관되어 있으며 뇌 위축의 정도가 기억력 등 인지기능 장애정도와 높은 상관상을 보이는 등 치매 위험의 예측인자가 될 수 있다는 것이 받아들여지고 있다. 그러나 뇌 MRI 영상에서 부위별 용적을 수작업에 의존하여 정량적으로 측정하는 것은 매우 느리고 신뢰도가 떨어진다. 따라서 컴퓨터 알고리즘에 의해 자동적으로 뇌의 부위별 용적을 측정하고자 하는 노력이 여러 기관에서 기울여져왔다. MGH에서 개발된 FreeSurfer, 프랑스의 몇몇 국립연구기관에서 공동으로 개발한 BrainVISA등이 대표적인 뇌영상분석시스템으로서 뇌 MRI 영상에서 landmark의 추출과 인구기반 Atlas 에의 정합, 영상분할기법등이 종합적으로 활용된다^[8].

IV. 결론

의학영상기술은 지난 수십년간 혁신적인 발전을 거듭해왔으며, 의료현장에서의 응용분야도 폭넓게 확대되고 있다. 이같은 기술의 발전은 점점 더 정밀하고 풍부한 영상정보를 생성해내고 있으므로, 육안적 판단에 의존하는 기존의 영상진단방식의 한계를 극복하기위하여 의학영상처리 시스템의 발전과 응용에 매우 필요하다는 인식이 높아지고 있다.

의학영상시스템의 기술적 깊이와 다양성을 이 글에서 모두 다룰수 없기 때문에, 이 글에서는 의학영상처리시스템에서 사용되는 기술들의 핵심적 구조와 발전동향에 대해서 개괄적으로 설명하였다. 의학영상처리시스템은 점차 의학지식과 지능적 영상처리기술이 결합되고 진단

영역뿐 아니라 예방과 치료영역으로 그 응용영역이 확대 발전될 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] U.S. Department of Health and Human Services. Guidance for Industry Standards for Clinical Trial Imaging Endpoints. [http://www.fda.gov/Drugs/Guidance Compliance Regulatory Information/Guidances/default.htm](http://www.fda.gov/Drugs/Guidance%20Compliance%20Regulatory%20Information/Guidances/default.htm), 2011. 08.
- [2] Wikipedia. Medical image computing. http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_image_computing. 2013. 6
- [3] Doi K, MacMahon H, et al. Computer-aided diagnosis in radiology : potential and pitfalls. Eur J radiol 1999;31:97-109.
- [4] Doi K. Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. Br J Radiol 2005;78:S3-S19.
- [5] Boyd NF, et al., Mammographic density and the risk and detection of breast cancer. N Engl J Med 2007; 356:227-236.
- [6] Kim YW, Kim JH, Automated estimation of breast density on mammogram using combined information of histogram statistics and boundary gradients. Proc. SPIE 7624, 2010.
- [7] 구본대 등. 한국형 치매임상진료지침 소개. J Korean Med Assoc 2011 August; 54(8): 861-875.
- [8] Eggert LD, Sommer J, Jansen A, Kircher T, Conard C. Accuracy and Reliability of Automated Gray Matter Segmentation Pathways on Real and Simulated Structural Magnetic Resonance Images of the Human Brain. PLOS ONE. September 2012 | Volume 7 | Issue 9 | e45081.



김 종 효

- 1994년 8월 서울대학교 대학원 공학박사
(의공학전공)
- 1986년 2월 서울대학교 대학원 공학석사
(의공학전공)
- 1982년 2월 서울대학교 공과대학 공학사
(전자공학전공)
- 2011년 9월~현재 서울대학교 융합과학기술대학원
부교수
- 1995년 3월~현재 서울대학교 의과대학 조교수,
부교수
- 2011년 7월~현재 대한의학영상정보학회 회장

〈관심분야〉
의학영상처리시스템, 컴퓨터보조진단, 영상시스템
모델링, 영상바이오마커 정량화