

# 컴퓨터 보조 진단 (Computer Aided Diagnosis, CAD)

엄 경 식, Ph. D.

서울대학교 의학연구원 의용생체공학연구소 선임연구원

Tel 02-760-1758

Fax 02-760-1762

E-mail: ksom@chollian.net

## 시대의 흐름

엘빈토플러의 3대 명서인 미래 충격(future shock), 제 3의 물결(the third wave), 권력이동(power shift)을 기반으로 살펴보면 현재까지와 미래의 시대의 흐름은 다음 표와 같이 요약해 볼 수 있다.

| 사회 기반 | 힘 이동                    | 산업 구조               | 신체 대응 | 의용 생체 산업             |
|-------|-------------------------|---------------------|-------|----------------------|
| 농경 사회 | 물리력<br>(physical power) | 노동 집약               | 뼈     | 의료 재료                |
| 산업 사회 | 부 (wealth)              | 자본 집약               | 근육    | 의료 장비                |
| 정보 사회 | 정보<br>(information)     | 정보 집약<br>(컴퓨터, 인터넷) | 신경    | 의료 정보<br>(PACS, HIS) |
| 지식 사회 | 지식<br>(knowledge)       | 지식 집약<br>(지능 시스템)   | 뇌     | 의료 지식<br>(CAD, CAS)  |

농경 기반 사회에서는 육체적 힘이 있는 자가 영토를 정복하고 선망의 남편감으로 여겨졌다면, 산업 기반 사회에서는 황금 만능 주의로 돈 있는 자가 힘(power)을 많이 가졌으며, 정보 기반 사회에서는 제 때 원하는 정보를 얻을 수 있고, 좋은 정보를 가진 자들이 힘을 발휘하게 된다. 일 예로 좋은 주식 정보를 가진 자는 일순간에 벼락부자가 되기도 하며, 정보로부터 거리가 먼 자는 점차 시대의 흐름에 따라갈 수 없게 된다. 정보 기반 이후의 산업 구조에서는 빠른 정보에 대응하고자 적기 생산 시스템 (Just In Time, JIT)의 구조를 가진 회사가 강자로 여겨지고 있으며, 이 개념은 생산 뿐만이 아니고 다른

모든 분야에도 적용되어야만 하는 중요 개념이라고 생각한다. 소비자의 변화가 매우 빠르고, 시대의 환경 변화도 매우 빠르므로 이 변화의 정보를 그 때 그 때 반영할 수 있는 JIT 구조의 조직체는 변화에 잘 적응하는 조직체이라 할 수 있겠다.

정보 기반의 국가적 인프라와 관련 산업의 융성 후에는 지식 기반 사회와 산업 구조가 예측되며, 과거에는 부를 갖고 있는 자가 기술자를 고용하는 것에서 정보와 지식을 갖고 있는 자가 부를 갖고 있는 자를 끌어 들이는 역현상을 요즘 산업 구조에서도 확인할 수 있다.

제 1 의 물결인 농경 사회, 제 2 의 물결인 산업 사회, 제 3 의 물결인 정보 사회의 시간 간격이 엄청나게 좁다는 특징이 있는데, 의료 환경에서도 의료 정보의 기반으로 대표되는 PACS(의료 영상 전송 저장 시스템, Picture Archiving and Communication System)와 HIS(병원 정보 시스템, Hospital Information System)의 제 3 의 물결이 전세계적으로 다가오고 있고, 의료 정보를 포함하여 정보 인프라가 앞서 있는 우리 나라는 정보 강국에 만족하지 말고, 제 3 의 물결 후의 제 4 의 물결을 생각해 볼 시점이다.

## 미래의 방사선학

W. R. Hendee 는 1992 년도의 논문에서 미래의 방사선학의 주안점 (future work of radiology)으로 크게 다음의 4 분야를 거론하면서 자신의 주관을 정보 관점으로 예측했다 [W. R. Hendee, et. al., "The information perspective of radiology," AJR, 1992; 158; 1387-1389].

- Technology perspective (No)
- Image perspective (No)
- Diagnostic perspective (No)
- Information perspective (Yes)

즉, 1990년대 초에 미래의 방사선학 분야로서의 주안점은 보다 낮은 기술적, 영상적, 진단적 측면보다는 방사선 의료 정보의 원활한 흐름에 주안점이 되어야 하며, 될 것이라 주장했으며, 이는 곧 10년이 지난 지금의 시점에서 돌이켜 볼 때 큰 시대적 흐름과 함께 PACS로서 예측이 일치했다.

그러면 지금의 정보 기반 사회의 시점에서 또 다시 미래의 방사선학 분야로 예측해 본다면 어떤 방향을 생각해 볼 수 있을까? 본인은 정보 기반 이후의 지식 기반 사회란 관점에서 컴퓨터 보조 진단(computer aided diagnosis, CAD)과 컴퓨터 보조 시술(computer aided surgery, CAS)이라 판단한다. 즉, 컴퓨터가 진단을 도와 주며, 컴퓨터가 수술을 도와 주는 꿈의 현실이 곧 물결칠 것으로 판단한다.

PACS 와 HIS 를 통하여 의료 정보의 자유로운 이동이 가능해진 후에는, 엄청난 의료 정보의 홍수로부터 도움을 필요로 하며, 이 필요는 CAD 의 활성화를 불러일으키는 추세다. 즉, 의사들의 지식이 컴퓨터로 구현이 되는 영화 속에서나 가능했던 꿈이 현실로 다가 오고 있다. 이 꿈은 그동안 말그대로 꿈으로 치부되었으나, 무어의 법칙에 기반한 컴퓨팅 파워의 지속적 증가와 인터넷으로 대표되는 네트워킹 파워의 수준이 이 꿈을 현실로 가능케 하는 시점에 도달한 것이다.

CAD는 컴퓨터가 정량적으로 분석한 결과를 토대로 이상 부위를 표시함으로써 영상판독 의사의 과다한 판독 업무를 줄여주며 이상이 있는 것으로 판단되는 영상에 대해서는 정량적 분석결과를 참고로 의사가 최종 진단을 내리게 하는 진단 시스템을 일컫는다. 첨단 의료 장비들은 이전에 비할 수 없는 고해상도의 다차원, 다중기법 영상들을 생성해내어 고도의 지능적인 컴퓨터 처리의 도움이 없이는 일일이 해석과 진단에 어려움을 겪는 문제가 대두되고 있다. 이같은 문제를 해결하기 위하여 다차원적 영상처리 및 영상인식 기술과 의사의 임상적 경험을 접목하여 컴퓨터 내에 전문가적인 수준의 영상 진단 보조 기능을 집약시켜 내장 하자는 것이 이 분야의 연구 목표이다.

이와같은 CAD 시스템이 개발되면, 현재 의사의 육안적 인식과 판별능력의 한계로 인해 피할수 없었던 진단의 불확실성이 상당히 개선될 수 있으며 국민적 폐암, 유방암 등 조기암 발견을 위한 스크리닝 사업에 따르는 국가적 의료 비용을 대폭 절감시킬 수 있어 향후 의료 기술의 중대한 전진이 될 것으로 전망되며 이에 따른 상당 규모의 시장형성도 예측되고 있다.

연구개발이 가장 앞선 미국에서는 R2 technology 사가 개발한 스크리닝 유방촬영술에서의 컴퓨터 보조진단을 이용한 병변 발견 프로그램이 1998년 미국 식약청(FDA)의 공인을 얻었으며 2000년에 일본 후생성으로부터도 승인을 받음으로서 컴퓨터 보조진단이 실제 환자진료에 이용될 가능성이 높아졌다. 미국, 일본 등 선진국에서는 정부주도로 일찌기 많은 연구투자가 이루어졌고 상당한 기술축적이 되어 업계에 기술이전이 이루어지고 있으나 국내에는 산발적인 연구에 그치고 있어 향후 집중적인 연구 육성이 필요하다.

## CAD란?

진정한 CAD 의 광의의 개념은 Computer Aided Diagnosis(진단)이나 아직까지는 의사들의 반감적 성격이 있어서, 현재 CAD 는 협의의 개념인 Computer Aided Detection (검출)이란 명칭으로 상용화에 활용되고 있다. CAD 의 장점은 판독 의사에게 second opinion (참고 의견)를 제시한다는 점과 double reading(의중 판독)의 역할을 수행하여 판독 오차를



**Artificial Second Radiologist**

줄일 수 있다는 점에 있고, 현재 미국에서 상용화에 성공하여 2001년 6월까지 전세계 200 군데 의료기관에 mammography CAD 시스템을 공급한 R2Technology 사의 ImageChecker 란 제품은 1998년 미국 FDA 에서 screening 용으로 공인을 받았고, 최근 2001년 중순에는 diagnosis 까지 역할의 활용을 FDA로부터 추가로 공인을 받았다.

CAD 의 장점은 판독 결과의 객관성이 있다는 점과(objectivity) 판독 의사의 숙련도에 따라 판독 결과가 달라지나, CAD 시스템은 판독 결과의 재현성 (reproducibility of the result)이란 장점이 있다.

## CAD의 공학적 관점

### (Engineering Perspectives for CAD technology)

CAD 시스템을 구현하는데 요구되는 공학적 기반으로 무엇이 필요할까? CAD 시스템의 솔루션으로 요구되는 공학적 기반은 크게 다음과 같이 4가지가 요구된다.

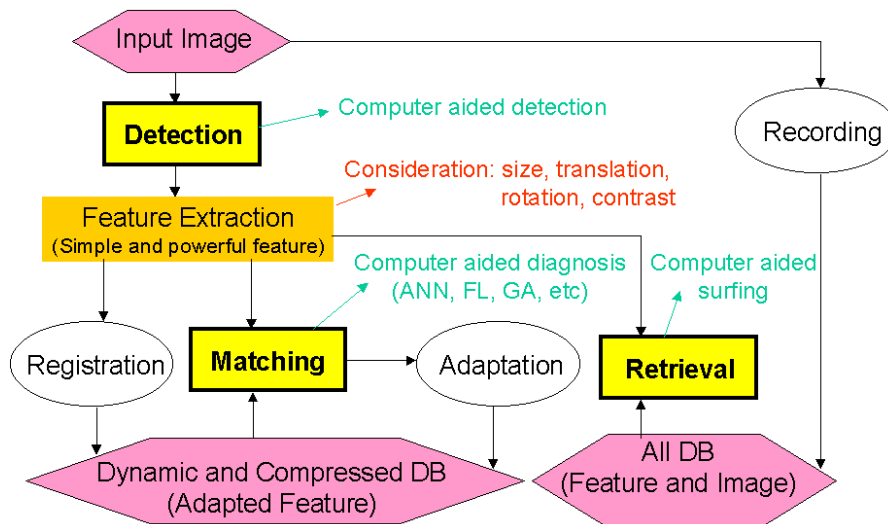
- 컴퓨터 시각 (computer vision)
- 인공 지능 (artificial intelligence, AI)
- 디지털 영상 처리 (digital image processing)
- 의공학 (biomedical engineering)



다른 것은 다 그렇다 치더라도 의공학의 기반은 광범위한 듯해 보이나 어찌 보면 다른 것보다 더 중요한 부분이라 할 수 있다. 의용 생체 산업은 진입하기는 힘드나 일단 진입하면 선진입자의 우월성으로 인하여 시장장벽이 매우 높게 형성되는 특성이 있는 것과 마찬가지로, 영상처리를 전공한 순수 공학진으로 구성된 팀은 의료 환경의 방향을 제대로 파악하기 힘들어 대부분 엉뚱한 방향으로 연구가 이루어 지거나 의사와의 대화(communication)의 부족으로 의사들이 보기에는 엉뚱한 결과를 향하여 시간과 역량을 소모할 가능성이 매우 크며 사실 대부분의 경우 그렇다. 즉, 다른 의용 생체 산업도 마찬가지인데, 특히나 CAD 분야는 의학과 공학의 학제간 학문과 환경에 길들여진 공학 연구진이 필요하다. 최근 스티브 스피버그 감독의 대작 영화 <AI>를 통하여 일반인에게 인공 지능의 호기심이 크게 일어났다. AI (artificial intelligence, 인공 지능)란 과연 가능할까? 그리고 가능하다면 과연 유익할까? 본인의 판단으로는 첫번째 물음에는 ‘Yes’라 자신있게 답할 수 있으며, 두번째 질문에는 원자력의 활용처럼 판단하여야 한다고 생각한다. 공학적으로 인공지능 기법을 분류하면 크게 인공신경망, 퍼지로지, 진화연산을 기반으로 하며, 이 3 가지 기법을 공학적으로는 soft computing, computational intelligence라 통칭한다.

1. **인공신경망 (artificial neural network)**
  - 생체의 신경망을 모방
  - 수치 데이터에 적합
  - 사전 지식 (a priori knowledge)이 존재하지 않는 경우에 적합
2. **퍼지로직 (fuzzy logic)**
  - 인간의 사고 방식을 모방
  - 언어 데이터에 적합
  - 사전 지식이 있는 경우에 적합
3. **진화 연산 (evolutionary computing)**
  - 적자 생존 등 생태계의 진화 과정을 모방
  - 유전자 알고리즘 (genetic algorithm, GA)이 대표적
  - 최적화 문제에 적합 (optimal solution problem)

컴퓨터 시각 (computer vision), 인공 지능 (artificial intelligence, AI), 디지털 영상 처리 (digital image processing) 등의 기술적 배경으로 한 분야의 CAD 시스템을 개발하려 한다면 다음의 블록 다이어그램을 기준으로 전체적으로 조망해 볼 수 있다.



위 블록 다이어그램을 잠시 살펴보자. 입력 영상(input image)가 들어오면 현재로서는 숙련된 판독 전문의가 종양 등의 위치를 검출하는데 이 부분을 컴퓨터가 담당하면 ‘computer aided detection’으로서 협의의 CAD로 볼 수 있다. 찾아진 관심 영역 (region of interest, ROI)로부터 적합한 특징을 뽑아서 기존의 여러 영상 DB로 구축된 인공 판단기를 통하여 악성, 양성을 구분 짓기도 하고, 좀 더 깊이 구별할 수도 있게 된다. 이 때 컴퓨터가 올바른 판단을 못한 영상이 발생하면 컴퓨터의 지식을 update시키는 과정이 요구된다.

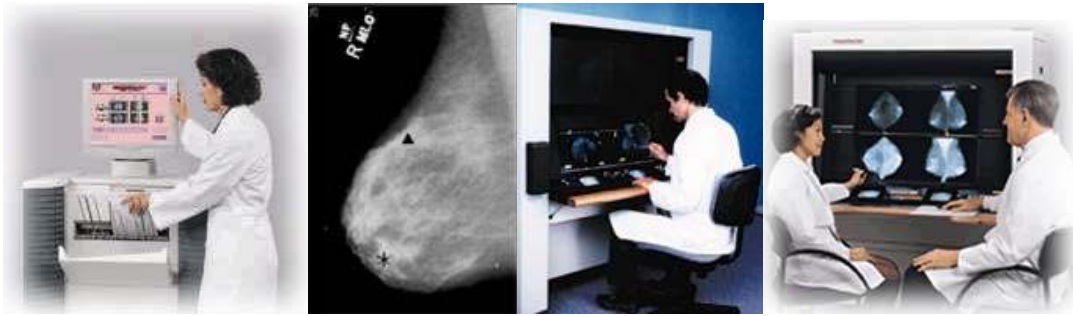
이 때, 컴퓨터와 전문의와의 의견 불일치의 경우가 발생할 수 있는데 이 경우는 어떻게 대처해야만 할까? 기본적으로 CAD는 의사 결정 보조 시스템 (decision support system) 개념으로 받아들여야 하며, 최종 판단은 역시 판독 전문의에게 달려 있다. 이와 같이 의견 불일치의 경우를 대비하여 컴퓨터는 입력 영상과 비슷한 과거의 여러 영상들을 순서대로 쭉 나열시켜 보여 줌으로써 판독 의사와의 의견 불일치의 경우 의사의 판단 결정에 도움을 주는 역할을 할 수 있도록 하는 영상 검색 시스템(image retrieval system)도 요구된다.

## 상용 CAD 시스템

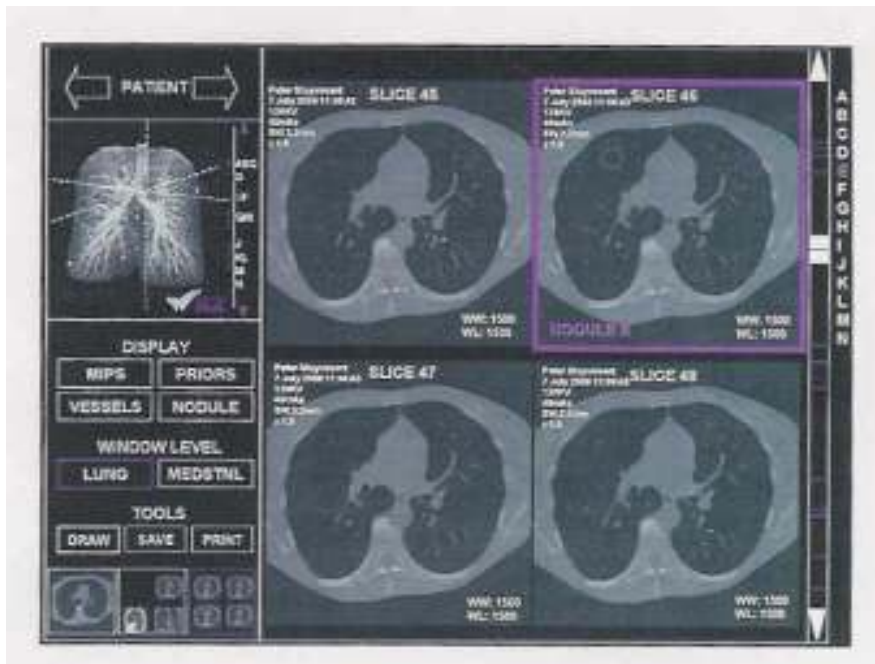
현재 전세계적으로 유방암과 폐암의 급증으로 이 분야의 국가 보건적 관심으로 인하여 유방 CAD와 폐 CAD의 연구가 활성화되고 있으며, 특히 과거에는 고가로 치부되던 MRI장비가 2000년 초 전세계적으로는 11,000대가 설치되었으며, 국내는 300개 정도가 설치된 상태며 국내는 매년 엄청난 숫자로 계속 MRI 보유 의료 기관 사이트가 늘어나는 추세다. 이 추세와 전세계적으로 뇌연구 및 노년층의 증가에 따른 알츠하이머 병과 같은 뇌관련 질환의 관심의 고조로 MRI 관련 CAD가 크게 붐을 일으킬 것으로 예측된다.

|                     | <b>R2 Technology Inc.</b>  | <b>Scanis Inc.</b>                                  | <b>CADx Medical System</b>                     |
|---------------------|--|---|--|
| <b>Product</b>      | <b>ImageChecker</b>  | <b>Mammex TR</b>                                    | <b>SecondLook</b>                              |
| <b>FDA approval</b> | <b>The only CAD company at this time to have FDA clearance to market</b> | <b>Pre-market approval (PMA) before the</b>         | <b>Awaits FDA approval to market</b>           |
| <b>Partner</b>      | <b>GE Medical Systems</b>  | <b>TRW</b>  | <b>Fischer Imaging</b>                         |
| <b>Selling</b>      | <b>Is selling the product internationally</b>                            | <b>Is marketed in Europe and</b>                    | <b>Is selling the product internationally.</b> |
| <b>Price</b>        | <b>\$169,000-\$239,000</b>   | <b>\$99,500 in the USA, \$105,000 in the Europe</b> | <b>\$159,000 outside the USA</b>               |

현재 mammography CAD 분야로 상용화를 하고 있는 대표적인 회사를 다음 표에 나타냈다. 미국의 R2Technology사가 가장 앞선 것으로 평가되고 있으며, 전세계적으로 2001년 6월까지 약 200개 정도의 의료 기관에서 R2technology사의 ImageChecker 유방 CAD시스템을 도입하였다. 국내에서는 본인이 속해있는 연구팀에서 왕성하게 CAD에 초점을 맞추어 연구에 몰입하고 있으며, 여러 연구 기관에서 관심을 갖고 연구를 추진 중에 있는 것으로 알고 있다.



R2Technology사의 mammography CAD 시스템



R2Technology사의 Lung CT CAD 시스템



CADxMedical System 사의 mammography CAD 시스템

## 결론

PACS를 기반으로 광대한 의료 영상 DB 축적 및 전송이 가능해진 이 시점과 컴퓨터 비전 (computer vision) 기술과 인공 지능 (artificial intelligence) 기술의 도움으로 의료 지식의 컴퓨터의 구현이 현실적으로 가능해진 시점이며, 일부 분야에서는 선진국에서는 상용화에 성공적으로 활용되고 있다. 국내 뿐 아니고 전세계적으로 CAD의 기술은 일단 screening 용으로는 2010년 이내에 보편적으로 크게 활용될 것으로 예측하며, 2020년까지는 의학의 거의 전 분야에서 진정한 의미이며 광의의 컴퓨터 보조 진단 (computer aided diagnosis, CAD)의 기술이 보편화될 것으로 예측된다.

의료 정보 강국에 우리 한국이 안주하지 말고 전세계적으로 불고 있는 CAD의 물결에 국가적 관심과 지원이 필요하며, 한편으로는 아직 생소한 CAD 분야에 의사들의 관심과 지원이 절실한 시점이라고 생각한다. 필름없는 디지털 병원이란 꿈은 이제 과거 속으로 곧 잊혀질 것이며, 이제 디지털 병원으로 전세계를 리드하는 우리 한국이 다음의 꿈인 CAD에도 앞설 수 있도록 모두의 관심과 지원 그리고 관련자들의 노력이 있어야 하겠다.