

유비쿼터스 환경에서 고위험군 환자의 생체신호를 이용한 실시간 신경망 기반의 질병징후탐지시스템(CAD) 및 예측시스템(CAP)의 프레임워크 연구

A study of CAD(Computer Aided diagnosis) and CAP(Computer Aided Prediction) Frameworks for high-risk patients in ubiquitous environment using Neural Network

정인성*, 김철환*, 박승찬*, 왕지남**

* 아주대학교 산업정보시스템공학과

** 아주대학교 산업정보시스템공학과 교수

ABSTRACT

현재 국내외에서는 유비쿼터스에 대한 연구 및 의료도메인에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존의 연구들은 전체적인 시스템에 대한 연구가 대부분이어서 실제 환경을 구축하는데 상당한 어려움이 따르고 있다.

본 연구에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위하여 고위험군 환자를 대상으로 다음과 같은 시나리오를 작성하였다. 시나리오는 Home-medical 서비스, Emergency call center 서비스 그리고 응급차량 서비스로 구성하였다. 본 연구에서는 위와 같은 시나리오를 기반으로 고위험군 환자의 생체 신호를 획득한 후 신경망을 이용하여 생체 신호 데이터를 학습한 후 환자의 이상 징후를 진단하는 CAD시스템의 프레임워크와 환자의 위험 수위를 단계별로 분류하는 알고리즘을 제시한다. 또한 과거의 데이터를 이용하여 미래의 환자상태를 예측하는 CAP시스템의 프레임워크를 제시하고 프레임워크에 대한 타당성을 검증하고자 한다.

1. Introduction

현재 우리나라는 의료기술이 점차 발달함에 따라 1960년부터 2000년대에 이르기까지 65세 이상의 노인인구가 지속적으로 증가하는 반면 사회적으로는 자녀에 대한 의식전환으로 인하여 저 출산 현상이 발생하고 있다. 이러한 문제들은 현재 우리나라의 인구구조가 점차 고령화 되어가는 요인이 되고 있다. 또한 최근 핵가족화 현상으로 인하여 독고 노인의 수가 크게 증가되고 있으며 이러한 노인들의 약 70%

정도가 대부분이 관상동맥 환자 또는 고위험군 환자(당뇨, 고혈압, 폐질환 등의 만성질환)로 분류되고 있으며 이러한 환자들은 1시간이내에 응급 서비스를 받지 못하게 될 때 돌연사로 사망하게 된다고 한다. 본 연구에서는 위와 같이 돌연사가 발생 가능한 고위험군 환자를 효율적 관리하고 돌연사를 미연에 방지하는 시스템의 프레임워크를 구성하는데 초점을 두어 연구하였으며 그 내용은 다음과 같다.

본 연구는 1단계 시나리오인 Home-medical서비스를 중심으로 시작하게 된다. Home-medical서비스에서는 환자의 생체신호를 Bio센서를 통하여 획득하고 AGENT기반의 질병징후탐지(CAD)시스템을 통하여 진단하게 되며 또한 환자의 과거자료와 비교하여 질병징후를 예측하는 (CAP)시스템을 통하여 현재의 환자상태를 확인하게 된다. 이러한 결과 및 대처사항은 뷰어 혹은 PDA로 전송되어 환자가 확인하고 조치가 가능하게 한다. 2단계인 Emergency Call Center서비스는 환자의 진단 결과의 그룹이 위험수위에 도달하였을 때 환자의 과거 1달치 기록과 최근 기록을 Call Center와 주치의에게 전송하게 되며 이를 확인한 주치의와 의료시설에서는 환자와의 직접적인 통화를 통하여 최근 건강상태와 현 상태를 파악하고 그에 따른 대처방안 및 처방을 전송하게 된다. 본 시나리오의 마지막 단계인 3단계에서는 환자의 상태가 극도로 심각함을 예측한 Home Medical Server가 과거 환자의 기록을 Emergency Call Center에 전송하고 센터내의 서버가 위험수위로 판단하게 되면 즉각적으로 구급차를 호출하고 필요한 구급장비 및 처방을 소지하고 환자에게 가정방문하는 서비스를 제공할 수 있어 기존의 의료 시스템보다 한 차원 높은 의료 서비스를 제공할 수 있게 된다.

기존의료 서비스에서는 환자 자신이 건강상태의 이상유무를 판단 후 의료시설에 직접 방문하여 건강을 체크하고 진료하였으므로 질병의 초기징후를 간과하게 되었으며 뿐만 아니라 위급상황에 대한 대처

에 큰 어려움을 겪고 있으며 현재 위와 같은 시스템의 문제를 해결하기 위해서 국내 및 국외에서 많은 연구가 수행중이다. 그러나 현재 연구되어지고 있는 감시 장치에 관한 연구들 중 측정장비의 경우에는 일상생활에서 착용하여 사용하기 힘들거나 혹은 파형의 분석은 가능하지만 외부와의 통신이 불가능하여 응급조치사항을 제시해주지 못하는 문제점을 지니고 있으며 진단장비의 경우에는 다양한 형태의 신호가 아닌 단일한 형태의 신호만을 이용하여 진단에 반영할 수 있으며 사용자의 환경(환자)에 적응하지 못하고 일반적인 수치만을 적용하여 진단 할 수 있었다.

그러나 본 연구에서 제시한 유비쿼터스 환경에서 고위험군 환자의 생체신호를 이용한 AGENT 기반의 질병징후탐지시스템(CAD) 및 예측시스템(CAP)의 프레임웍은 다양한 형태의 신호를 이용하여 진단하고 사용자(환자)중심적인 관점에 기준으로 학습하여 진단함으로써 기존의 연구 및 시스템보다 위험수위에 대한 신뢰도가 뛰어나고 과거의 데이터를 이용하여 예측할 수 있을 뿐만 아니라 의료기관과 연계된 서비스를 기본 시나리오로 설정하였으므로 실제 환경에서 구축 가능한 시스템 프레임웍이라 할 수 있다. 또한 본 연구에서는 본 연구에서 제시한 프레임웍의 요소기술이 실제 구현의 가능성을 판단하기 위하여 DEMO를 통하여 검증함으로써 의료서비스에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다.

2. 고위험군 환자 응급의료서비스 Scenario

2.1 대상자 설정 및 주요데이터 설정

고위험군 환자는 60세 이상의 연령 중 표1과 같은 질환을 앓고 있거나 앓았던 경험이 있는 환자로 정의 하였으며 병을 만성폐쇄성 폐질환, 심장질환, 당뇨, 고혈압으로 정의 하였으며 주요 데이터를 설정하였다.

대상 질병	주요 정보
만성폐쇄성 폐질환(COPD)	폐음, PaO2 (산소포화도), 비만도
심장질환	혈압, 심전도, 가족력, 비만도, 콜레스테롤 수치
당뇨	혈당, 체중, 가족력, 비만도, 콜레스테롤 수치
고혈압	혈압, 체중, 가족력, 비만도, 콜레스테롤 수치

표 1. 고위험군 환자에 대한 중요 신호 정의

2.2 응급의료서비스 Scenario

응급의료서비스 시나리오는 그림1과 같이 크게 3 단계로 구성되어 있으며 각 단계는 환자로부터 생체신호를 측정하였을 때의 환자의 위험수위에 따라 적용되게 되며 그 내용은 다음과 같다.

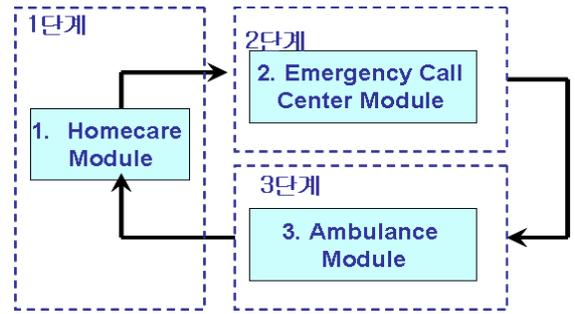


그림 1. 응급의료서비스 시나리오

2.2.1 환자의 질환 시나리오

당뇨환자의 급성 저혈당성 쇼크 시나리오

환자의 생체신호를 파악한 결과 맥박 120회(정상 60회), 혈압 90/60mmHg (정상 120/80mmHg), 혈당 30mg/dL (정상 70~140mg/dL), 심전도상 특이소견 없으며, 호흡음은 느리고 불규칙 적이었다.

심근경색 시나리오

명치부위의 극심한 흉통을 호소하여 u-단말기를 통해 call center로 구조 요청. 호흡수 40회(정상 12회)로 증가, 맥박수 120회로 증가, 혈당은 정상, 혈압110/80으로 약간 낮지만 정상으로 유지.

COPD

호흡 곤란이 심해진 것을 느끼고 u-단말기를 이용하여 측정하게 된다. 단말기는 환자의 폐호흡음(수포음, 천명음, 통음 등)을 청취하여 분석하여 환자의 폐상태를 파악. 이 때 환자의 체온을 측정하여 고열이 있는지 유무와 심박수를 같이 측정한다. 이어서 환자가 손가락을 단말기에 대면 산소포화도(SpO2) 및 이산화탄소 포화도를 측정하여 환자 상태의 심각도를 측정

2.2.2 환자의 상태별 모듈

단계 1: Home-medical 서비스 모듈

A씨는 현재 70세이며 고혈압으로 인한 심혈관질환과 뇌졸중을 지니고 있으며 A씨의 처 B씨(65세)는 현재 당뇨병을 앓고 있다. A씨부부는 매일 3회 자신의 생체신호를 식전에 측정한다. 일반적으로 측정 후에는 PDA를 통하여 자신의 건강상태를 Home Server를 통하여 전송받게 된다. 그러나 그들의 건강상태가 평소상태(Level 1)보다 좋지 못하다는 진단(Level 2)이 PDA를 통하여 전송되면 CAD(Computer Aided Diagnosis)와 CAP (Computer Aided Prediction)AGENT 서버에서는 그에 따른 적절한 조치를 PDA에 전송하게 된다. 그러나 건강진단 정보가 경고(Level 3)를 표시하게 되면 Server에서는 단계 2에 대한 Emergency call center 모듈 서비스를 실시하게 된다.

단계 2: Emergency call center 모듈

단계2에서는 건강에 이상증후가 발견되었고 위험수위가 경고(Level 3)이상이면 Home 서버에서 개인용 PDA에 경고 메시지를 발송하면서 그에 따른 조치사항과 조치 방법을 발송하게 되며 동시에 Emergency call center로 최근 1주일에 해당되는 데이터를 전송 및 환자의 PDA와 집 전화번호를 전송하게 된다. 위와 같은 자료를 송신 받은 후 Call Center에서는 자동으로 송신 받은 번호에 긴급전화를 연결하여 현재 환자의 상태를 점검하고 그에 따른 조치를 하게 된다. 만약 환자의 상태가 LEVEL 3이지만 위급한 상태로 판단되면 응급차량에 현재의 데이터를 전송하고 지속적으로 환자 혹은 환자주변의 사람과 통화하여 응급조치를 취하게 된다.

단계 3: 응급차량 서비스 모듈

Emergency call center로부터 긴급출동을 연락받은 응급차량은 현재 환자상태에 대한 데이터를 기본으로 환자에게 필요한 응급처치도구와 구급약을 준비하여 환자의 위치로 출동하여 환자의 상태를 점검하고 응급처치 후 가까운 의료시설로 이동한 후 임무를 수행하게 된다.

3. Framework

본 연구에서 제시하는 AGENT 기반 CAD 시스템 프레임웍은 그림 2와 같으며 프레임웍에는 4개의 AGENT와 1개의 DB로 구성되어 있다.

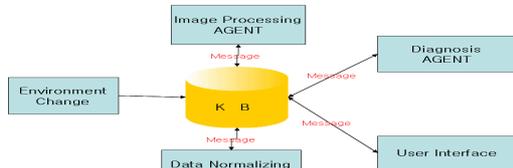


그림 2. 전체 시스템 프레임웍

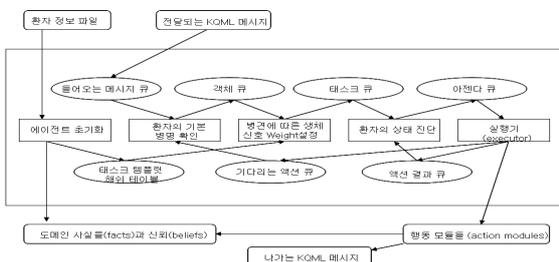


그림 3. DECAF 프레임웍

1. Image Processing AGENT
2. Data Normalizing AGENT
3. Diagnosis AGENT
4. User Interface AGENT
5. KBD(Knowledge Bank Database)

3.1 Image Processing Agent

Image Processing Agent는 입력 벡터를 위한 초음파 영상 특정 영역 추출 및 데이터 추출 AGENT로써 KB의 업데이트로 환경의 변화를 감지한다. 또한 본 AGENT를 이용하여 CCD를 이용한 환자의 상태를 파악하는 수단으로 사용하고자 한다.

- 1) Action Message
 - KB로부터 업데이트 감지
- 2) Action
 - KB로부터 새로운 입력 데이터 수집.
 - Image Processing 과정을 통한 결과 출력



그림 4. Image Processing 과정

- 3) Reaction
 - KB에 수행 종료 메시지
 - KB에 출력 데이터(형태 분류, 밝기 비율, 절대 크기 등) 입력
- 4) Action During Waiting
 - 새로운 출력에 대한 정합용 템플릿 검사
 - KB 업데이트 여부 검사

3.2 Data Normalizing AGENT

Data Normalizing AGENT는 입력 벡터를 위한 신호 표준화 및 데이터 추출하여 AGENT로써 KB로부터 업데이트 정보를 Action 신호로 입력받게 된다.

- 1) Action Message
 - KB로부터 업데이트 감지
- 2) Action
 - KB로부터 새로운 입력 데이터 수집
 - Data 표준화 과정을 통한 결과 출력



그림 5. Data Normalizing 과정

- 3) Reaction
 - KB에 수행 종료 메시지

- KB에 출력 데이터(혈압, 비만도, 콜레스테롤 수치, 혈중 당도, 가족력) 입력
- 4) Action During Waiting
- KB 업데이트 여부 검사
 - 과거 데이터를 통한 미래 상태 예측(개인별)

3.3 Diagnosis AGENT

Diagnosis AGENT는 KB로부터 Action 신호를 입력 받아 다차원 입력데이터를 이용하여 관상 동맥질환(고혈압, 당뇨)과 유방암에 대한 진단 및 상태를 보여주는 진단 시스템이다.

1) Action Message

- KB로부터 업데이트 감지
- Image Processing AGENT 수행 종료 메시지
- Data Normalizing AGENT 수행 종료 메시지

2) Action

- Signal Processing AGENT로부터의 출력 결과 입력 벡터로 이용
- Data Normalizing AGENT로부터의 출력 결과 입력 벡터로 이용
- Diagnosis AGENT 수행 과정

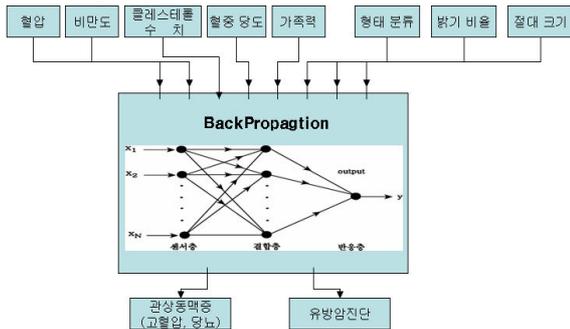


그림 6. Diagnosis AGENT 수행 과정

3) Reaction

- KB에 수행 종료 메시지
- KB에 출력 데이터(고혈압, 당뇨, 유방암에 대한 진단 결과) 입력

4) Action During Waiting

- KB 업데이트 여부 검사
- 새로운 데이터에 대한 학습 실시

3.4 User Interface AGENT

User Interface AGENT는 KB로부터 Action 신호를 입력받아 각 AGENT의 출력 값을 사용자에게 보여주는 AGENT 이다.

1) Action Message

- KB로부터 업데이트 감지
- Diagnosis AGENT의 수행 종료 메시지

2) Action

- Signal Processing에 이용되었던 Image 자료 Viewer
- Signal Processing AGENT로부터의 출력 결과 Viewer

- Data Normalizing AGENT로부터의 출력 결과 Viewer
- Diagnosis Processing으로부터의 출력 결과 Viewer
- 전문가로부터 수정 및 확인
- User Interface AGENT 수행 과정

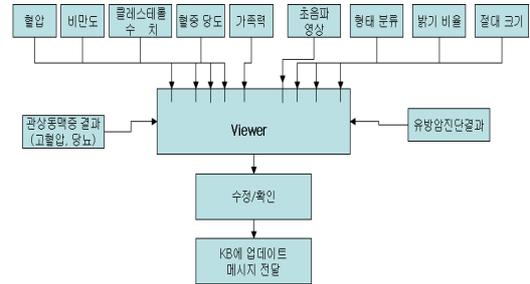


그림 7. User Interface AGENT 수행 과정

3) Reaction

- KB에 수행 종료 메시지
- KB에 업데이트 메시지 전달

4) Action During Sleep

- KB 업데이트 여부 검사
- 사용자의 호출 여부 검사

3.5 KBD(Knowledge Bank Database)

KBD에서는 크게 2가지의 역할을 수행하게 된다. 첫째 생체신호에 대한 정보를 입력받고 저장하는 Database의 역할 둘째 의사의 전문지식을 저장하고 있는 지식저장소의 역할이다.

모든 AGENT는 KBD로부터 메시지의 전송을 받은 후 그 역할을 수행하게 된다.

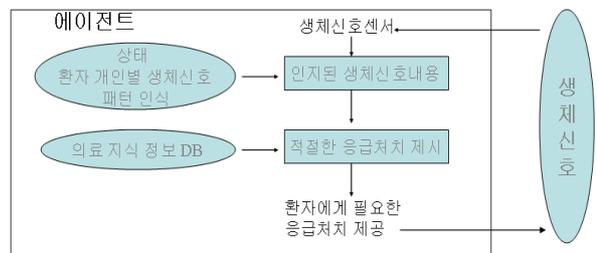


그림 8. AGENT와 DB의 관계

4. Framework 의 요소기술

본 연구에서 제시한 프레임웍에 사용되는 주요기술은 다음과 같다.

4.1 Noise Filtering

이미지 혹은 시그널로부터 노이즈를 제거하여 선명한 영상 혹은 필터링된 시그널을 얻게 한다. 노이즈를 제거하는 알고리즘으로는 중간값 필터(Median filter), Order-Statics, Adaptive 등이 있다. 이러한 알고리즘을 생체신호 및 영상이미지에 적용하여 최상의 영상을 얻어 낼 수 있는 알고리즘을 채택한다. 그림 9는 노이즈가 있는 사진에 중간값 필터를 적용한 결과이다.

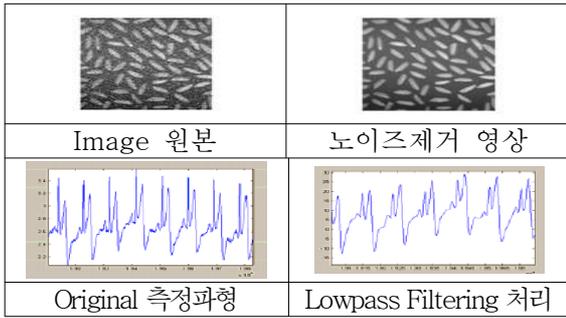


그림 9. 신호의 필터링

4.2 관심영역 획득(ROI)

이미지 혹은 시그널은 중복되어 있는 신호 및 영상을 가지고 있다. 이때 ROI를 획득하여 원하는 영상 혹은 신호만을 획득하게 된다. ROI획득과정에는 데이터의 특성을 기준으로 분류해야한다. 이미지의 경우에는 진단을 기초로 한 특성을 기준으로 분류하여야 하며 폐음과 같은 Wave파를 분류할때는 펄스의 크기와 주기를 이용하여 분류해야 한다.

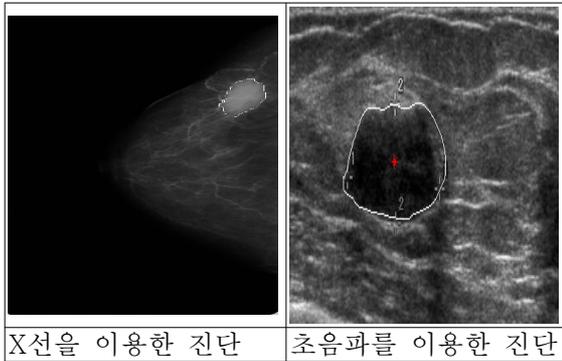


그림 10. 이미지에서의 의심영역 감지

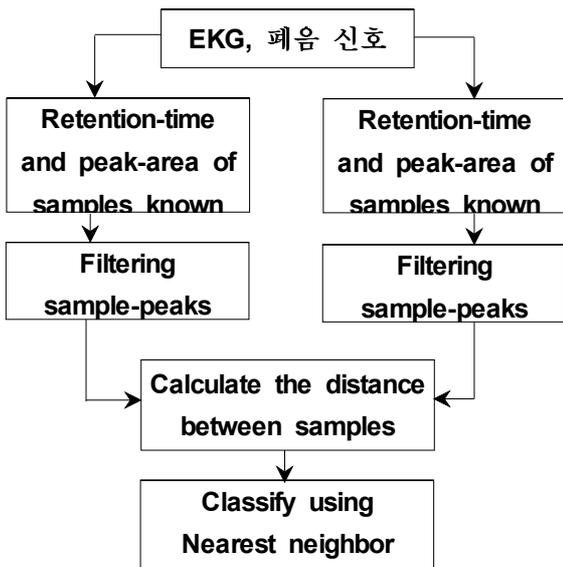


그림 11. 청음과 폐음의 분리 방법

4.3 신경망을 이용한 진단 및 예측

Clustering/Classification/Prediction에 주로 이용되는 인공 신경망 알고리즘은 K-means, SOFM (Self-Organizing Feature Map), LVQ(Learning Vector Quantization), BP(Back Propagation)이다.

K-means 알고리즘은 평균으로 집단의 중심이 수렴하여 Clustering 된다.

SOFM은 식 (1)와 같이 학습률 α 을 통해 집단의 중심이 이동하게 된다.

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \alpha(x_i(t) - W_{ij}(t)) \quad \dots (1)$$

LVQ는 이미 학습 데이터의 Group을 알고 있을 때, 지도학습을 통해 본래 부류와 같을 때에는 식(2)을 통해 중심 이동을 하고, 다를 때에는 식 (3)에 의해 중심이 이동한다.

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \alpha(x_i(t) - W_{ij}(t)) \quad \dots (2)$$

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) - \alpha(x_i(t) - W_{ij}(t)) \quad \dots (3)$$

BP는 Multi layer 지도 학습을 이용하여 연결 강도를 조정함으로써 학습한다.

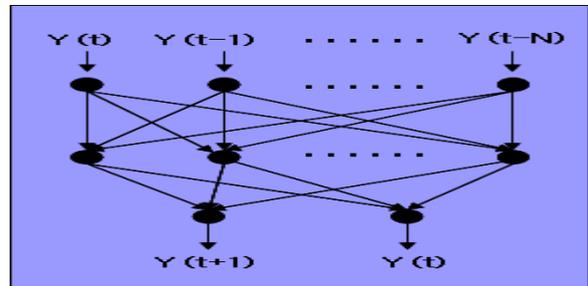


그림 12. 예측 알고리즘

5. Result & Discussion

본 연구에서 제시한 프레임워크가 실제 상황에서 구현이 가능함을 판단하기 위하여 각 AGENT에 꼭 필요한 필수 요소기술을 대상으로 DEMO를 작성하여 구현해 보았다.

Diagnosis에서 유방암 영상을 이용하여 직접 구현하여 하였던 결과 그림 13과 같은 결과를 얻을 수 있었으며 그 결과를 영상을 이용하여 진단하는 것은 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다. 생체신호 중 수치적으로 접근할 수 있는 신호를 이용하여 진단하는 부분에서는 신경망(SOFM/BP)를 이용하여 진단하였던 결과 SOFM보다는 BP(Back propagation)을 이용하여 분류하고 진단하는 방법이 더욱 높은 적중률을 유지할 수 있었으며 질환에 대한 이상징후를

예측하기 위하여 사용한 BP는 90%이상의 적중률을 보였다. 따라서 신경망을 이용하여 환자의 상태를 진단하고 예측하는 부분 또한 해당그룹에 대한 대처사항을 분류하는 부분에 대해서는 본 논문에서 제시한 기술을 응용한다면 큰 어려움 없이 구현 할 수 있을 것이라 판단된다.

6. Conclusion & Further study

현재 국내외에서는 유비쿼터스에 대한 연구 및 의료도메인에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

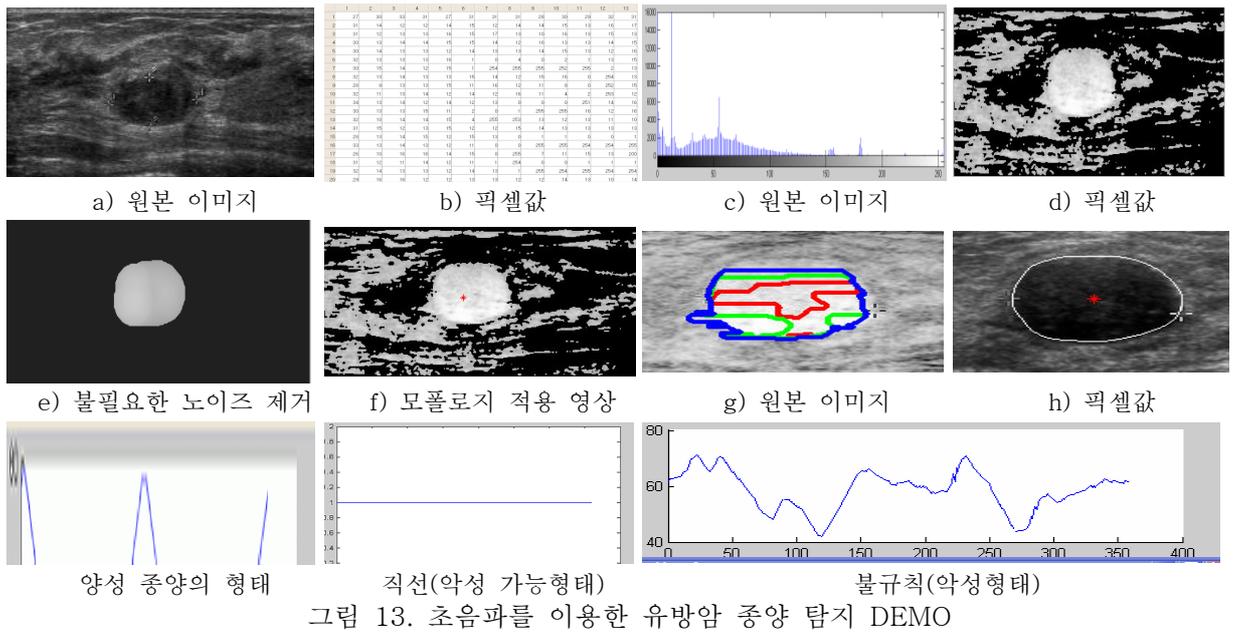


그림 13. 초음파를 이용한 유방암 종양 탐지 DEMO

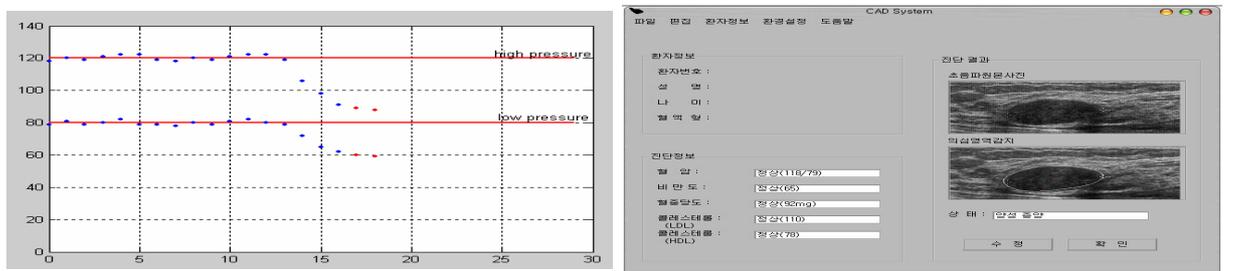


그림 14. 초음파를 이용한 유방암 종양 탐지 DEMO

	K-MEANS	KOHONEN	LVQ	BP
INPUT 개수	1000	1000	1000	1000
적중률	86.5	83.5	94.4	95.7
ERROR RATE	13.5	16.5	5.6	4.3

그림 15. 신경망 알고리즘에 대한 적중률

그러나 기존의 연구들은 전체적인 시스템에 대한 연구가 대부분이어서 실제 환경을 구축하는데 상당한 어려움이 따르고 있다. 그러나 본 연구는 대학내부의 의료기관이 직접 작성한 의료시나리오를 바탕으로 연구되어 졌기 때문에 기존의 시스템 보다 효율적이라고 할 수 있다. 그 예로 본 시나리오에서 설정한 그룹인 고위험군 환자는 응급상황에 대한 신속한 대처를 해야 했고 만약 응급상황을 신속하게 하지 못하면 돌연사가 발생 할 수 있다. 그러나 본 연구에서 제시한 유비쿼터스 환경에서 고위험군 환자의 생체 신호를 이용한 실시간 신경망 기반의 질병징후탐지 시스템(CAD) 및 예측시스템(CAP)의 프레임워크에 따른 시나리오(시나리오는 Home-medical 서비스, Emergency call center 서비스 그리고 응급차량 서비스)를 전개하게 된다면 고위험군 환자의 돌연사를 미연에 방지할 수 있어 기존의 의료시스템 체계보다 우수한 성능을 발휘 할 수 있다. 또한 본 연구에서 제시한 프레임워크의 실현 가능성을 확인하여본 결과 신경망을 기반으로 한 AGENT의 성능평가를 보면

사용자 개인에 대한 진단과 예측이 가능하므로 기존의 연구를 한층 향상 시켰다고 볼 수 있다. 그러나 본 논문은 의료사례에 대한 한 단편적인 부분을 시나리오화 하여 수행한 프레임워크이며 이를 현실화 시키는 데는 상당히 오랜 기간과 연구가 필요할 것으로 예상된다. 특히 U 단말기의 경우에는 인체에 접촉하여 유지하며 생활함에 있어 불편함을 해소해야 하며 진단의 경우에는 기존의 의료진단방법에 대하여 구체적으로 기술한 후 수치화시키고 표준화 시켜야 할 필요가 있다고 생각된다. 또한 사람과 같이 생각할 수 있는 인공지능이 생성된다면 이와 같은 연구는 더욱 발전할 수 있을 것이라 판단된다.

7. Reference

[1]. Laurene Fausett, "Fundamentals of Neural Networks(Architectures, Algorithms and Applications)", Prentice-Hall, pp.289-333, December, 1994

- [2]. Simon Haykin, "Neural Networks", Prentice-Hall, pp.156-317, May, 1999
- [3]. Voros. T, Keresztesyi. Z, Fazekas. Cs, Laczko. J, "Computer Aided Interactive Remote Diagnosis Using Self-Organizing Maps", Engineering in Medicine and Biology Society(EMBC. Conference Proceedings. 26th Annual International Conference), December, 2004
- [4]. Hongbing Lu, Zhengrong Liang, Bin Li, Xiang Li, Xin Liu, "Mixture-Based Bone Segmentation and Its Application in Computer Aided Diagnosis and Treatment Planning ", IEEE Third International Conference on Image and Graphics (ICIG'04), pp.507-510, December, 2004
- [5]. M.Yaffe, "Digital Mammography," RSNA Categorical Course in Physics, Technical Aspects of Breast Imaging, 1999
- [6]. L.Shen, R.M.Rangayyan, and J.E.L.Desautels, "An Automatic Detection and Classification System for Calcifications in Mammograms," Proc. SPIE, 1993
- [7]. Zümray Dokur, Mehmet Nadir Kurnaz, Tamer Ölmez, "Segmentation of Ultrasound Images by Using Quantizer Neural Network", IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'02), pp.257, June, 2002
- [8]. Lenka Lhotská, Tomáš Vlcek, "Efficiency Enhancement of Rule-Based Expert Systems", IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'02), pp.53, June, 2002