

Home Healthcare Monitoring

신재우 (연세대학교), 윤형로 (연세대학교 의공학부), 윤영로 (연세대학교 의공학부)

1. 서론

최근 한국사회는 국민소득향상, 생활수준의 개선, 의학기술의 발달 등으로 평균수명을 연장시켰으며 이로 인해 고령화 사회로 발전되어 가고 있다. 평균수명이 짧았던 시대에는 고령화문제가 크게 중요시되지 않았으나 수명이 연장됨에 따라 노후에 대한 경제적, 사회적 보호문제 등이 대두되고 있다. 노인들의 기본욕구는 주로 소득 보전 주택 여가 등에 관한 것으로 어떻게 하면 노후에 경제적 안정을 누리며 일할 수 있고 일할 의지가 있는 한 일할 기회를 얻고 소득을 유지하며, 의료보장으로 건강한 노후를 보낼 수 있으며, 가족관계가 안정이 되고 자기발전을 기하며, 사회참여와 역할을 지속하며, 휴식과 오락을 즐기고 문화를 창출하며 삶의 보람을 찾을 수 있는가 하는 것이 문제이다. 특히 이중에서도 의료보장 및 건강관리에 대한 문제는 더 이상 가족단위의 책임부양이 아닌 국가적으로 해결해야 중대한 문제로 부각되었으며 이에 따라 보조적인 의료 서비스의 필요성이 증대되었다.

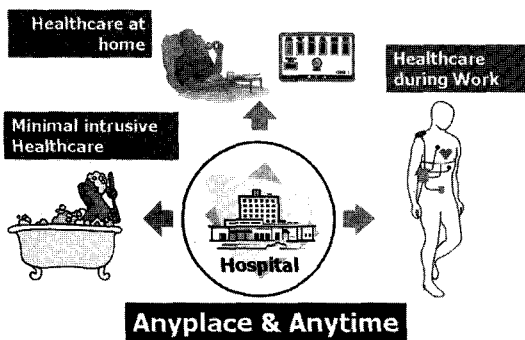
이러한 요구에 의해 1990년 초반 이후로 병

원내부 혹은 병원간의 원격진료(telemedicine) 뿐만 집에서 행해질 수 있는 재택 원격진료 필요성이 요구되어 여러 가지 다양한 형태의 기술과 접목하여 시도되어왔다. 하지만 원격진료의 경우 상담과 진료를 위해 의료전문가의 집중적인 개입이 필요하고 시스템 운영상 고비용을 부담해야 한다는 문제점이 있다. 또한 아직까지는 서비스 모델이 명확하게 정의되어있지 못하고 서비스 내용 자체도 제한적이며, 기존의 병원용 의료기기 기술을 그대로 적용한 단말기를 사용하기 때문에 일상생활에서 사용하기에는 부적절하다. 이러한 시스템의 문제를 보다 실용적으로 개선하기 위한 노력으로 현재에는 재택 건강관리(home healthcare)에 대한 기술 방향이 제시되고 있다. 비록 아직까지 건강관리와 원격진료의 개념이 혼용됨으로써 혼란을 겪고 있지만 맞춤형 서비스에 의한 새로운 가치 창조, 저가의 대량공급에 의한 사업성 확보 및 재택 원격진료의 기능을 점진적으로 추가함으로써 실용화가 가능할 것이다.

Home health monitoring 시스템은 일상 생활환경에서 쉽게 사용이 가능하고 남녀노

소 누구나 조작이 간편하도록 해야 하며 의료 전문가의 개입을 최소화하여 이에 따른 의료비용 및 의료시간을 줄이도록 하는 것이 필요하다. 특히, Home health monitoring 시스템은 단순히 질병발생에 따른 관리를 목적으로 하는 것이 아니라 질병의 예방과 조기발견 및 예후관리와 건강증진을 위한 시스템이 되어야 한다. 이를 위해서는 서비스를 공급받는 개인의 특성을 고려한 맞춤형 개인 건강관리 서비스가 이루어져야 하며 서비스 내용이 지속적으로 유지 및 관리가 되도록 해야 할 것이다.

그림 1과 같이 지역이나 시간에 구애받지 않는 유비쿼터스 재택 건강관리 체계가, 향후 미래의 재택 건강관리 체계의 기본적이고 보편적인 형태로 자리 잡을 것으로 전망된다. 재택 건강 관리를 위한 모니터링 환경은 무자각, 무구속 모니터링, 진료 모니터링, 일상 모니터링의 세 가지 영역으로 구성되며 각각에 대해 상세히 기술하기로 한다.



(그림 1) 유비쿼터스 재택 건강관리

II. 무자각 모니터링

무자각, 무구속 모니터링이란 생체정보가 측정되는지의 여부를 느낄 수 없을 정도로

측정 환경을 최소화시키고 불편을 없앤 모니터링 과정을 의미한다. 일반적으로 생체신호를 측정하기 위해서는 피부 표면에 전극 등의 센서를 부착하여 전기적인 신호를 얻어내야 하므로, 측정을 위해서는 인위적인 조작이 필수적이다. 재택 건강관리 모니터링에서 제시하고 있는 무자각 모니터링은 이러한 인위적인 조작을 하지 않고, 집안에서 이루어지는 일상적인 활동을 측정의 한 과정으로 활용하고자 하는 것이다.

무자각, 무구속을 위한 측정 단말기 구현을 위해 두 가지의 중요한 고려사항이 반영된다. 첫째는 인체에 고통이나 부담을 가하지 않고 인체의 표면 또는 외부에서 생체신호를 측정할 수 있는 비침습 생체계측 기술이며 둘째는 인체의 활동을 제한하지 않고 생체신호를 측정할 수 있는 생체계측 기술이다.^[1] 또한 수치적인 계측이 가능한 생체신호 뿐만 아니라 지금까지는 정량화가 어려웠던 감성이나 감정과 같은 정신과적인 부분의 건강관리를 위한 연구도 최근 활발히 진행되고 있다.^[2]

무자각 모니터링 분야에서 가장 활발하게 연구되고 있는 분야는 그림 2와 같은 변좌형 계측 장비 분야이다. 기본적인 정보인 체중, 체온 뿐만 아니라 변좌에 접촉한 피부를 통해 심전도와 체지방 정보도 획득할 수 있다. 또한 소변을 화학적으로 분석하여 당뇨병 등의 성인병도 진단이 가능하며 광학센서를 사용하여 혈중 산소포화도를 분석할 수도 있다.

변좌형의 경우 일상 생활에서 빈번하게 사용하는 변좌를 이용한 시스템 이므로 매일 주기적인 측정과 관리가 가능하다는 장점이 있기 때문에 향후 많은 연구와 제품 개발이

예상되며, 최근 비데 변기의 급속한 보급과 맞물려 개발이 더욱 가속화 될 것으로 보인다. 변좌형 계측 시스템의 경우 전원이 공급되어야 하고 시스템 회로가 탑재될 일정 공간이 필요하며, 비데 변기의 경우 이러한 기본적인 외형상의 요구 조건을 만족시키고 있으므로 변좌형 건강관리 시스템이 적용될 수 있는 유리한 환경을 모두 갖추었다고 볼 수 있다.

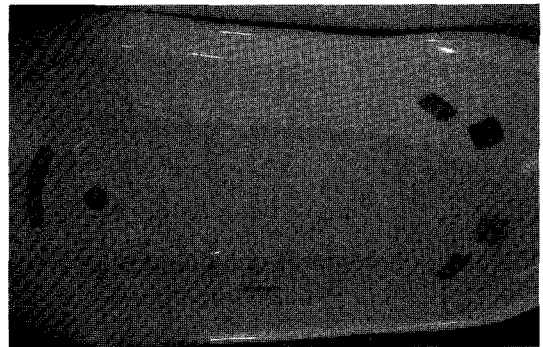


〈그림 2〉 변좌형 건강관리 시스템

그림 3은 욕조형 건강관리 시스템을 나타낸다. 욕조는 변좌와는 달리 물속에서 측정이 이루어져야 하므로 임피던스에 민감한 체지방과 같은 정보는 획득할 수 없다. 또한 센서를 적용할 경우 방수 처리가 완벽히 이루어져야 하므로 여러 가지 제약이 따르므로 주로 심전도만을 계측 대상으로 하고 있다. 심전도 전극의 경우 별도의 센서가 필요 없고 전도성이 좋은 금속 재질의 전극만 피부가 닿는 곳에 설치하면 되므로 욕조형 시스템에 가장 적합한 측정 항목이다.

욕조 내부에 전극이 설치되어 있고 욕조 내부에 채워진 물에 인체가 완전히 노출되어 있는 상태이므로 전기적인 안정성 확보를 위

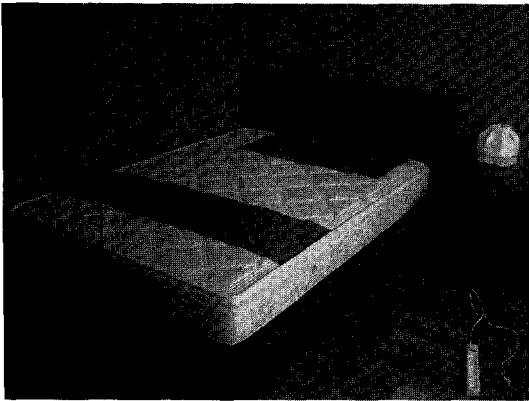
한 절연장치의 설계가 매우 중요하다. 또한 욕조의 물결 파동에 의한 신호의 왜곡이 발생되므로 적절한 회로 및 디지털 필터도 필수적인 설계 요소이다. 측정된 심전도는 진단용 심전도와 달리 크기가 상대적으로 매우 작아서 정밀한 진단은 어려우므로 QRS파 검출을 중심으로 하여 간단한 리듬 진단을 주된 목표로 한다. 욕조형 측정 시스템을 이용하면 심장의 비정상적인 리듬이 발생할 경우 외부에 적절한 경보조치를 취하여 신속한 응급 처치를 유도할 수 있을 것으로 기대된다.



〈그림 3〉 욕조형 건강관리 시스템

변좌와 욕조가 깨어서 활동하는 시간 동안의 건강관리 시스템으로 활용된다면 수면 시간 동안에는 그림 4와 같이 침대를 활용할 수 있을 것이다. 특히 수면을 취하는 동안에는 완벽한 무자각 환경이 구축되므로 피험자의 심리적인 상태에 대한 의존성을 상당부분 제거할 수 있는 장점이 있다. 침대의 경우 주 연구 대상이 되는 것은 체동(body movement)과 체온 및 심전도 신호이다. 수면 공학 분야에서는 수면 시 측정이 가능한 모든 생체신호를 측정하고 분석하여 수면관련 질환에 대한 연구를 하고 있다. 측정 항목으로는 뇌전도, 심전도, 근전도, 호흡, 체온, 혈압, 체동

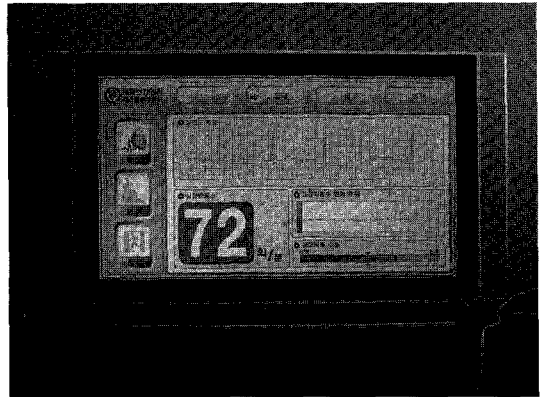
등이 있는데 이들 항목들을 측정하기 위해서는 수 십개의 전극이 부착되어야 하므로 측정 시 매우 불편한 단점이 있다. 따라서 침대를 재택 건강관리 시스템으로 활용하기 위해서는 측정 항목을 최소한으로 줄이고 전극을 부착하지 않는 무구속 및 무자각 형태로 구현해야만 한다. 그림 4에서 제시한 침대형 시스템은 전도성 직물을 베게와 다리 쪽에 적용하여 심전도를 구현한 것이다. 심전도의 경우 피크 간격을 검출하여 호흡성분을 유도해낼 수도 있는데 이를 활용하면 수면 무호흡(sleep apnea)과 같은 수면 호흡성 질환도 검출할 수가 있다. 수면 중 무호흡 상태가 일정 시간 동안 지속되면 이를 검출한 후 진동 모터 또는 알람 경보 시스템 등을 사용하여 수면 상태를 깨울 수도 있다.



〈그림 4〉 침대형 건강관리 시스템

변좌, 욕조, 침대 등의 재택 건강관리 측정 시스템에서 수집된 신호들은 각각의 시스템 내부에 있는 메모리와 저장장치에 보관이 되기도 하지만, 이들 정보를 필요할 때 살펴볼 필요도 있다. 각각의 시스템에 별도의 디스플레이 장치를 설치할 수도 있겠지만 최근 보급이 확산되고 있는 가정용 LCD 또는 PDP

텔레비전을 활용하는 방법도 활발히 연구되고 있다. 기존에는 가전제품과 컴퓨터 및 가정용 의료기기들이 별개의 독립적인 기능을 수행하였으나, 최근에는 이들 개념들이 합쳐지는 컨버전스 경향이 두드러지고 있다. 특히 LCD나 PDP 텔레비전의 경우 PC의 모니터와 같은 용도로도 활용할 수 있을 만큼 호환성과 가독성능이 좋기 때문에 컨버전스 시스템의 중추적인 모니터링 역할을 수행할 수 있다. 그림 5는 LCD 텔레비전을 활용한 생체 신호 디스플레이의 예를 나타낸다. 거실에 있는 LCD 텔레비전에서 리모컨을 이용하여 원하는 측정 항목과 내용을 모두 검색하고 디스플레이할 수 있다.



〈그림 5〉 LCD TV를 이용한 디스플레이

III. 진료 모니터링

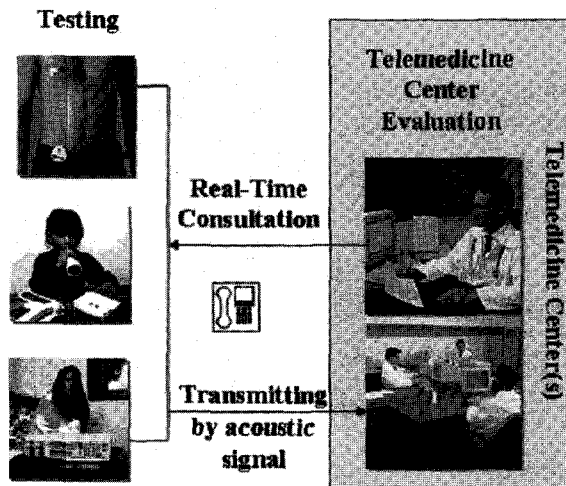
변좌, 욕조, 침대 등의 무자각 모니터링 장치들은 편리한 측정이 가장 큰 목적이므로 정밀한 계측은 어렵다. 재택 건강관리는 건강한 사람만을 대상으로 하지 않으며 특정 질환을 가지고 있는 환자들도 모두 건강관리의 범주에 포함된다. 건강지표의 변화추이

분석에 의한 허약상태의 조기경보 및 건강관리와 증진을 위한 조언이 가능하도록 해야 하며 산모나 운동선수 등 특수한 상황에 있는 사용자들에 대한 건강관리도 필요하다.⁶⁾

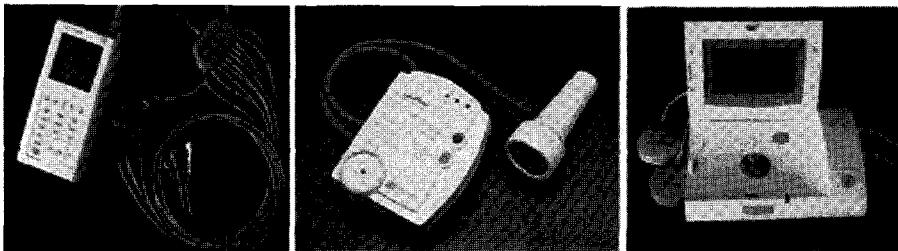
또한 건강상태가 아닌 허약상태 및 발병상태의 대상자들에 대해서는 발병상태의 조기 발견 및 진료추천과 축적된 건강정보를 의료 전문가에게 제공하며 만성질환자의 경우 질병을 관리하고 회복상태의 환자의 경우에는 예후관리가 가능하도록 해야 한다. 의료기관에서는 질병의 정확한 진단과 치료가 필요하며 진단 및 치료정보를 활용한 맞춤형 재택 건강관리 서비스가 지원되고 주기적인 건강

검진을 유도하여 온라인과 오프라인이 유기적으로 연결된 서비스가 이루어지도록 한다.

이를 위해서는 특정 질환에 대한 정밀한 진료를 위한 시스템이 필요하며, 병원에 가지 않고서도 일차적인 진료를 가능하도록 그림 6과 같이 가정용 진료 모니터링 시스템과 의료기관에서의 적절한 대응을 위한 체계들이 구축되어야 한다. 가정 내에서 진료 시스템을 통해 측정이 이루어지면 동시에 네트워크나 공중전화망을 통해 연결된 의료기관에서는 실시간으로 환자의 측정 데이터를 관찰하고 진료 내용을 화상이나 음성을 통해 전달해 주는 형태이다.



〈그림 6〉 재택 진료 모니터링 시스템 체계



〈그림 7〉 재택 진료 모니터링을 위한 의료장비

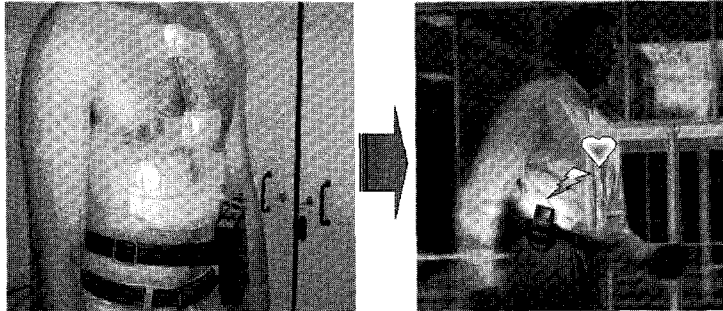
그림 7은 재택 진료 모니터링을 위한 의료 장비들의 예이다. 심장 질환자들을 위한 12채널 심전도는 수십 가지의 심장 이상 유무를 진단할 수 있으며, 기관지 질환자들은 호흡 진단 장비를 사용하여 천식 등의 호흡계통의 질병을 관리할 수 있다. 또한 산모는 태아 심음 진단기를 이용하여 병원에 직접 가지 않고서도 태아의 정보를 의료기관에 전송하고 진단 내용을 의사로부터 피드백 받을 수 있다.

IV. 일상 모니터링

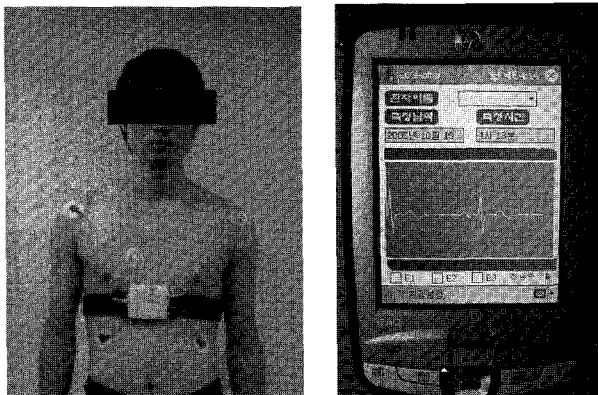
일상 모니터링은 집 내부 및 외부에서의

일상생활에서의 생체신호 측정과 건강관리를 목적으로 한다. 연구개발이 가장 활발히 이루어지는 분야는 홀터(holter) 심전도이다. 그림 8과 같이 기존에는 홀터 시스템 내부에 저장장치까지 모두 갖추어져 있어서 부피가 크고 전력소모가 커지는 단점이 있었다. 그러나 최근에는 그림 9와 같이 홀터 시스템을 최소화하여 무선 통신에 의해 데이터를 PDA나 핸드폰에 전송하는 시스템이 연구되고 있다. 부피를 줄여서 착용에 따른 불편함을 줄일 수 있고 전력 소모를 최소화 시킬 수 있는 장점이 있다.

홀터 심전도와 같은 이동형 측정 장치는



〈그림 8〉 홀터 심전도의 발전



〈그림 9〉 PDA 기반의 무선 홀터 심전도

재택 건강관리를 위한 기본적인 생체신호 데이터를 수집하기 위한 부분으로써 단말기의 구성상 센싱 기술, 저전력 기술 기반의 측정부 하드웨어 기술 뿐만 아니라 신호처리 및 통신 기반의 소프트웨어 기술이 접목된다. 이를 위해 생체신호를 검출하는 단말기에 있어서 시스템을 소형화하는 기술은 필수적이다. 소형화를 시켜야만이 무구속 및 무자각의 요구조건을 충족시킬 수 있기 때문이다. 소형화 기술에는 센서와 아날로그 및 디지털 신호처리의 ASIC 화 및 MEMS 기술, 신개념 단말기를 구현하기 위한 미세부품 및 소재 가공 기술, 저전력 생체계측 기술, 저전력 및 초소형 하드웨어에 실장 가능한 효율적인 신호처리 알고리즘, 휴먼 인터페이스 기술, 생체 적합 재료 및 초소형 기구 제작 기술 등이 요구된다.⁶⁴⁾

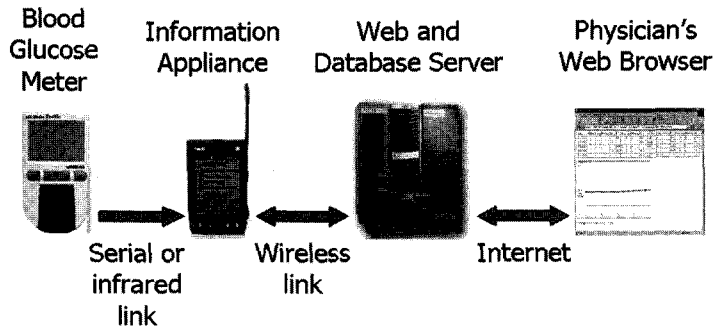
이러한 기술들이 집약적으로 구현되는 것이 SoC(system on chip) 기술이다. 기존에는 센서와 메인 프로세서와 무선 통신 모듈이 별개의 부품으로 나뉘어져 있어서 이들을 조합하는 형태의 시스템이 주류를 이루었으나 소형화와 저전력화를 달성하는데에는 한계가 있기 때문에 이들의 구성 요소들을 하나의 부품에 통합시키는 SoC 기술은 생체신호를 검출하는데 중요한 기술이 되고 있다. 또한 전자 부품들만 통합되는 수준을 넘어서 MEMS 기술을 이용한 극세 기계 부품들까지 SoC에 통합될 전망이다. SoC 기술과 같은 소형 저전력화 기술은 향후 ‘입고 다닌다’는 개념의 ‘wearable 형태’의 단말기로 발전될 전망이다. 각종 생체 수집 단말기를 별도로 휴대하지 않고 입고 다니는 옷에 장착하여 옷을 입는 것만으로도 생체 신호의 수집뿐만

아니라 무선 전송까지도 가능한 기술로써 재택 건강관리를 위한 미래 기술로 각광받고 있다.

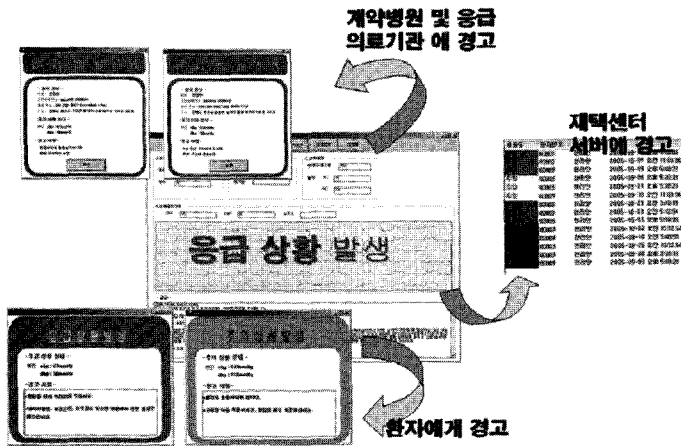
일상 모니터링 시스템의 하드웨어 적인 구성 외에 수집된 정보들을 의료기관에 전달하고 의료진이 모니터링 할 수 있는 그림 9와 같은 네트워크 시스템의 구축이 또한 필요하다.⁶⁵⁾ 홀터 심전도 외에 혈당계, 혈압계 등도 일상 모니터링 시스템에 사용되고 있으며 수집된 측정 정보는 PDA나 핸드폰에 저장되고 무선 통신망에 의해 의료기관의 웹서버에 전달이 된다. 웹서버의 정보들은 해당 의료진에 의해 웹브라우저로 검색하고 열람 할 수 있으며 이는 무선 네트워크가 가능한 PDA에 의해 장소에 제한받지 않고 의료정보들을 검색할 수 있음을 의미한다. 또한 단순히 데이터가 저장만 되는 것이 아니라 대상자의 이전 측정 데이터와 비교하여 각 항목에 대한 중증도(응급, 주의 비정상, 정상)를 설정하여 응급과 주의로 판단되었을 때에는 대상자에게 즉각 통보되는 시스템도 개발되고 있다.

또한 자동진단 알고리즘 개발에 필요한 기반 지식으로 여러 종류의 생체신호들을 포함하는 재택 건강관리 자동진단 알고리즘, 가정용 생체신호 정보처리 단말기에서 처리하는 1차 자동진단 알고리즘들이 요구된다. 이러한 1차 자동진단 알고리즘의 특성은 1차적인 스크리닝 및 데이터 압축을 목적으로 하기에 확실한 정상을 구분하는 것이 중요하다.

관제센터의 진단 서버에서 처리하는 2차 자동진단 알고리즘의 특성은 자동진단 알고리즘을 고성능 서버에서 가동하기 때문에 대용량의 데이터베이스를 활용할 수 있어야 하고 복잡한 알고리즘의 수행이 가능해야 하



〈그림 9〉 일상 모니터링 시스템의 중앙 진료 연계 시스템



〈그림 10〉 응급 상황 발생시의 즉각 통보 시스템

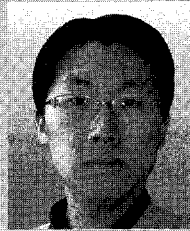
며, 의료전문가의 추가적인 진단에 대한 필요성을 정확히 판단하는 것이 중요하다. 또한 2차 자동진단 알고리즘에 의한 의료전문가의 판단이 필요하다고 출력된 경우, 수행된 자동진단의 모든 데이터 및 결과를 효율적인 방법으로 의료전문가에게 제공하는 기술이 요구되며, 장기간에 축적된 대용량 생체신호 정보와 과거의 진단결과를 바탕으로 자동진단 알고리즘의 성능을 개선하는 학습

알고리즘 또한 부가적으로 필요한 기술이다. 이 밖에도 일반인, 만성질환자, 산모, 노령자, 운동선수 등 대상별 신호처리 및 자동진단 알고리즘의 최적화 및 생체신호 검출 단말기 별 신호처리 및 분석 알고리즘의 최적화 및 건강정보 DB를 이용한 성능검증과 측정대상 및 측정상황과 시간에 대한 정보를 포함하는 장기간 축적된 생체신호 데이터를 관리하고 처리하는 기술들이 요구된다.

 참고 문헌

- [1] Jardine, I. and Clough K., The Impact of Telemedicine and Telecare on Healthcare, Internet in medicine: MEDNET 98; the third annual world congress on the internet in medicine on 1998, 1998, pp.7
- [2] Smithers C. R. and Hill N., Options for wireless technology in telemedicine and telecare applications, Telemedicine and telecare on 1999, 1999, pp.138
- [3] John L Nealon and Antonio Moreno, The Application of Agent Technology to Health Care, Volume 2 , Number 1, 2000, pp. 87
- [4] Lisetti C., Nasoz F, LeRouge C., Ozyer O., and Alvarez K., Developing multimodal intelligent affective interfaces for tele-home health care, International journal of human-computer studies, v.59 no.1/2, 2003, pp.245-255
- [5] Lisetti C. and LeRouge C., Affective computing in tele-home health, System Sciences, 2004. Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on 2004, 2004, pp.148-155
- [6] Barbara Johnston, Linda Wheeler, Jill Deuser, and Karen H. Sousa, Outcomes of the Kaiser Permanent Tele-Home Health Research Project, ARCH FAM MED/VOL 9, Jan 2000
- [7] Flammia G., The Web: a communication medium for health care, IEEE intelligent systems, v.17 no.2, 2002, pp.88-89

저자소개



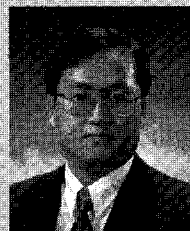
신재우

1997년 2월 연세대학교 의공학과 학사
 1999년 8월 연세대학교 의공학과 석사
 2000년 8월 - 현재 연세대학교 의용계측 및 재활공학
 학연구센터 연구원
 주관심 분야 홈 헬스케어 시스템



윤형로

1980년 9월 - 현재 연세대학교 의공학부 교수
 1996년 1월 - 1997년 12월 대한전자공학회 의용전자
 자 및 생체공학 연구회 위원장
 주관심 분야 생체신호 계측, 의료 전자



윤영로

1994년 9월 - 현재 연세대학교 의공학부 교수
 1995년 1월 - 1995년 12월 대한전자공학회 국제 협
 력 위원
 2002년 12월 - 현재 재택 건강관리 연구센터 센터장
 주관심 분야 재택 건강관리 시스템, 생체신호처리