

유비쿼터스 건강관리를 위한 무자각 생체계측 기술

• 박광석 / 서울대학교 생체계측 신기술 연구센터

서론

건강관리(Healthcare)는 “의료진을 통한 질병의 예방 또는 치료 및 정신적 육체적 건강상태의 관리”로 정의되어 있다. 즉 건강의 관리는 질병(illness)을 극복하기 위하여 적절하게 조치하는 부분과 건강상태(Wellness)를 유지하기 위하여 적합한 방법을 사용하는 두 부분으로 나뉘어 질 수 있다. 그 동안 건강관리가 주로 질병을 극복하는 부분에 비중을 두어 발전되었으나, 경제적 수준의 향상과 건강에 대한 욕구의 증대에 따라 점차 건강 상태의 적절한 관리와 유지에 대한 비중의 증대로 나타나고 있다.

최근의 정보 통신 기술의 발전으로 건강관리를 위한 의료체계는 대형의료기기를 갖춘 대학 병원급의 의료기관을 중심으로 하는 의료체계에서, 의료기관간에 환자의 자료를 전자적으로 교환하고 원격 진료를 가능하게 하는 수준으로 이미 발전하였고, 나아가 병원과 떨어진 우리 생활 주변에서 지속적으로 건강 상태를 모니터링 하는 유비쿼터스 건강관리의 방향으로 발전하고 있다.

기존 병원에서의 진료 형태를 살펴보면 몇 가지 한계점을 갖고 있다. 첫째로 환자는 정해진 시간에 병원이라는 장소를 방문해야 하기 때문에 진료라는 행위를 시간적 공간적으로 구속하여 가능하게 한다. 두 번째로 환자에 대한 데이터는 환자가 병원을 방문하는 동안에만 얻을 수 있어, 환자가 이상상태를 나타내고 있을 시점과는 데이터와 다를 수도 있으며, 또한 장시간

의 기록을 요구하는 데이터들을 기록하기 어렵다. 세 번째로 치료의 경우에도 현재에는 병원의 공간을 벗어나서는 어렵기 때문에 지속적이고 장기적인 치료에 불편함과 어려움이 따르고 있으며, 병원 운영의 전체적인 효율성을 떨어뜨리고 있다. 네 번째로 환자가 병원을 방문하는 시점이 이미 늦는 경우가 많다. 본인이 자각 증세가 있어야 비로소 병원을 방문하고, 또는 자각 증세가 있어도 질병이 상당히 진행되어 고통스러운 정도가 되어야 방문하는 경우도 많다. 즉 질병을 조기에 진단하여 치료하기 어려우며, 응급 상황에 신속하게 대처할 수 있는 상황이 아니다.

따라서 앞으로의 의료방향은 병원을 중심으로 하는 현재의 의료 시스템이 갖는 이러한 한계성을 극복하는 방향으로 나아가 병원뿐만 아니라 언제, 어디에서든지 환자의 건강상태를 모니터링하고 적절한 조치를 취할 수 있게 하는 유비쿼터스 건강관리의 형태로 발전할 것이다. 이러한 유비쿼터스 건강 관리 시스템이 개발 되면, 병원이외의 임의의 장소와 임의의 시간에서 진료를 할 수 있어 시간적 공간적 한계성을 극복하며, 환자의 데이터를 지속적으로 장기간 기록할 수도 있고, 만성질환자를 집에서 적절하게 치료하고 관리 할 수 있도록 지원하여 주며, 질병을 가능한 조기에 진단하여 낼 수 있어, 환자의 상태가 더 나빠지기 전에 치료를 할 수 있는 등 기존 병원을 중심으로 한 의료 시스템이 갖는 많은 한계성을 극복하여 줄 수 있다.

유비쿼터스 건강관리를 위하여서는 크게 가정을 중심으로 한 병원 이외에서의 건강관리에 초점을 맞추고

있는 “재택 진료시스템 기술” 부분과 환자의 위치에서 종속되지 않고 이동 중에도 환자의 건강 상태를 수시로 모니터링 하여 적절하게 조치하여 주는 “이동형 또는 휴대형 진료 시스템 기술”로 나누어 질 수 있다. 특히 이러한 기술이 우리의 일상생활에 실용적으로 활용되기 위하여서는 이러한 계측 기술의 우리의 일상생활에 불편함을 주거나 신경을 쓰게 하면 안 되기 때문에, 일상생활 중에서 우리가 계측이 진행되고 있다는 사실을 의식하지 않는 상태에서 자연스럽게 건강을 모니터링 하는 무자각적 생체 계측 기술이 유비쿼터스 건강 관리를 위한 핵심 기술로 떠오르고 있다.

배 경

고령화된 미래 사회에서 요구되는 의료기술

우리나라는 2000년에 65세의 인구가 7%를 초과하여 이미 고령화 사회(Aging Society)에 진입하였고, 2019년경에는 65세 이상의 인구가 14%에 도달하는 고령사회(Aged Society)로의 진입이 예상되고 있다. 특히 최근의 서구 선진국을 능가하는 급속한 출산율 감소는 우리나라의 고령화를 더욱 가속 시키고 있다. 사회의 고령화는 단순한 고령인구의 증가로 인한 사회의 활동성 감소뿐만 아니라, 고령 인구를 지원하기 위한 사회적 비용의 증가를 의미한다. 이러한 사회적 비용의 증가는 결국 20대부터 60대까지의 활동성 인구의 부담으로 돌려지게 된다.

이 중에서 대표적인 것이 노인들의 건강에 관련된

문제들이다. 노인들의 건강 유지와 질병의 치료를 위하여서는 경제적인 비용과 함께 많은 인력 지원을 요구하고 있다. 노인들의 경우 만성적 질환을 갖고 있는 경우가 대부분이기 때문에, 건강에 대한 지속적인 관리와 점검이 요구되고 있다. 이러한 질환의 관리를 위하여서는 노인들이 병원을 수시로 방문하든지, 의료 인력이 노인이 거주하는 가정을 방문하든지, 또는 가정에서 누군가가 노인의 건강을 지속적으로 점검하여야 한다. 어떠한 경우에도지 활동성 인력의 참여 없이 수행되기는 어렵기 때문에, 노인의 수는 증가하고 활동성 인구의 수는 상대적으로 더욱 급격하게 감소하는 사회적 상황 하에서는 다가오는 고령사회에 대비하여 보다 적극적인 대처방안이 요구되고 있는 부분이다.

이에 대한 방안으로 대두되고 있는 것이, 유비쿼터스 건강 모니터링 기술이다. 집안에서 거주하는 노인의 건강 상태를 지속적으로 모니터링 할 수 있다면, 노인들이 정기적으로 병원을 방문하지 않고도, 의료 인력이 수시로 가정을 방문하지 않고도, 집안에 노인의 건강관리를 위한 가족이나 인력이 없어도 노인들의 건강 상태를 유지 할 수 있으며, 건강 상태의 이상 및 응급상황을 조기에 진단할 수 있을 것이다. 이러한 기술은 노인들의 건강관리에 요구되는 많은 의료 인력을 대체할 수 있으며, 노인들의 병원 방문이나 의료 인력의 가정 방문을 최소화하여 의료 시스템의 효율화를 실현할 수 있을 것이다. 특히 급속한 고령화와 함께 나타나고 있는 혼자 사는 노인 인구의 증가는 특별한 관심을 요구하고 있으며, 노인의 건강 모니터링 기술의 발전은 혼자 사는 노인들에게도 유용한 방법으로 적용될 것이다.

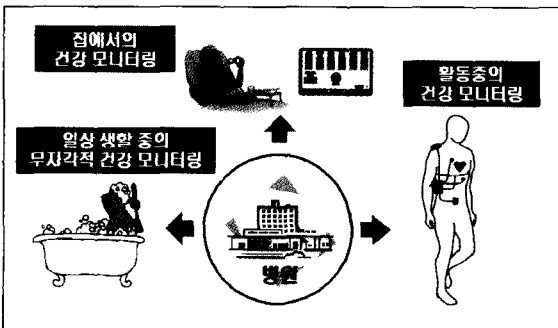


그림 1 유비쿼터스 시대의 건강 모니터링 방향

의료 시스템의 효율화 증대

현재의 의료 시스템의 효율성을 높이기 위하여서는, 환자의 병원 방문에 대한 효율성을 높여야 한다. 환자가 별다른 이상 없이 병원을 너무 자주 방문하여 실제 진료를 필요로 하는 다른 환자의 방문을 지연 시키는 것이나, 방문하여 진료를 받아야 하는 시점임에도 방문하지 않는 등의 비효율성은 환자의 질병 및 건강상태 관리와 병원의 경영적 관점에서 모두 부정적인 요소이다.

또한 환자가 병원에 입원하여 있는 재원기간을 줄일 필요가 있다. 환자가 병원에 입원하여 있는 동안에는 상대적으로 의료비의 지출이 크게 나타나고 있으며, 병원의 입장에서 환자의 평균 재원일수를 줄이는 것이 병원의 운영상 효율성을 높이는 방향이기 때문에 퇴원하여 집에서 요양과 치료가 가능한 환자들을 조기에 퇴원시키려는 방향으로 노력하고 있다. 영국의 경우의 한 병원에서의 보고에 의하면, 실제로 집에서 요양하거나 치료가 가능한 노인 환자들이 병상을 50% 이상 차지하고 있어 병원의 효율성을 크게 저하시키고 있는 경우도 있다.

환자의 건강 상태를 유지하는 것 이외에 환자의 건강을 책임지고 있는 가족 또는 의료진의 입장을 매우 편하게 하여 준다. 환자가 집에서 지속적으로 모니터링 되고 응급 시에는 신속하게 조치 될 수 있다는 상황이 가족들이 환자와 같은 집에 거주하지 않고도 안심하고 생활을 할 수 있도록 하여줄 수 있다. 특히 고령화로 인한 노인, 신체 부자유자, 그밖에 혼자 생활하는 가족들을 위하여 이러한 기술은 매우 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

우수한 정보 통신 기반

진료의 개념을 병원의 바깥의 우리 생활주변으로 확장하여 연속적이고 신속하게 환자의 상태를 모니터링 하기 위하여서는 이를 뒷받침해줄 수 있는 정보 통신의 기반이 절대적으로 필요하다. 이러한 관점에서 우리나라의 경우는 서구의 다른 선진국들과 비교하여보아도 우수한 정보 통신 기반을 확보하고 있다고 할 수 있다. 국내 각 가정에도 보급된 컴퓨터의 보급률이 80% 수준에 이르고 있으며, 보급된 PC의 90%정도가 이미 인터넷에 접속되어 있다. 또한 인터넷 접속도 ADSL, VDSL 등 초고속화 되어있어, 초고속 인터넷의 보급율에 있어서는 세계 최고를 나타내고 있다. 이것은 국내의 주택 형태가 단독 주택 위주의 선진국과는 다른 아파트 중심의 집단 거주 형태로 바뀌면서 광 통신망 등 초고속 통신망의 설치에 경제성이 확보되었기 때문이라고도 볼 수 있다. 또한 급속하게 보급된 휴대전화 및 PDA는 휴대 중의 건강을 모니터링하기 위한 시스템의

기반을 확보하여 주고 있다.

이러한 우리나라의 정보 통신 기반은 유비쿼터스 시대에 건강을 연속적으로 모니터링하기 위한 기반을 잘 마련해주고 있다.

무자각적 건강 모니터링 시스템

유비쿼터스 건강관리를 위한 채택 진단 시스템과 휴대형 또는 이동형 모니터링 시스템은 병원 바깥의 범위에서 노인들의 건강 상태를 모니터링 하여 줄 수 있는 기능은 보유하고 있지만, 일반적인 경우에는 환자에 전극 또는 센서를 부착하여 측정하여야한다. 정기적으로 신체 상태를 모니터링 하는 경우에는 별도의 센서들을 부착하여야하는 모니터링 방법들은 대상이 되는 노인 또는 환자의 적극적인 의지와 참여 없이는 정상적으로 수행되기 힘들다. 이러한 관점에서 유비쿼터스 건강관리가 실용적인 기술로 발전하기 위하여서는 생체 계측 기술을 한 단계 높게 발전시켜 대상자가 의식하지 않는 상황에서 생체의 신호를 측정하는 무자각적 생체 계측에 대한 기술 개발이 필요하다. 이러한 무자각 생체계측 기술의 최근 연구 동향을 인 몇 가지의 사례를 통하여서 설명하고자한다.

침대에서 무자각적 생체 신호 계측

우리는 일생 동안 전체 시간의 약 1/3 정도를 수면으로 보낸다. 수면은 낮 동안의 정신적 육체적 피로를 회복 시켜주는 기능을 갖고 있으며, 이러한 상태가 수면 중에 일정한 패턴을 가지고 나타나기 때문에, 수면상태를 정확하게 모니터링 한다면 환자의 건강 상태에 관한 여러 가지 유용한 정보를 얻을 수 있다. 즉 수면 동안에 발생하는 다양한 생체 신호들을 환자의 수면을 방해하지 않고 자연스럽게 계측 할 수 있다면, 수면과 관련된 여러 질환은 물론 환자의 건강 상태를 지속적으로 모니터링 하는 데에 매우 유용하게 활용할 수 있을 것이다. 수면 중에 자연스럽게 생체 신호를 측정하게 하기 위하여서는 침대에 여러 가지 센서를 장착하는 것이다. 환자가 침대에서 보통 때처럼 잠을 자기만 하면 장착된 센서가 환자의 상태를 나타내는 여러 가

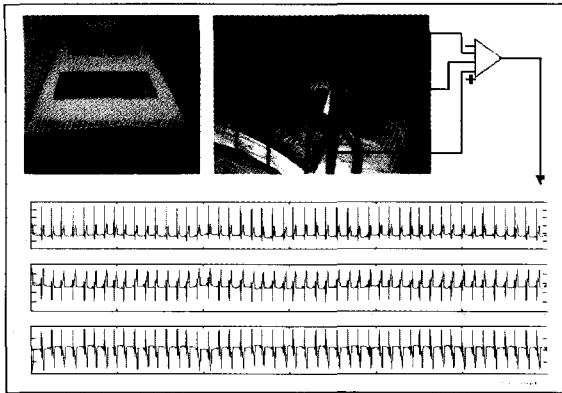


그림 2 수면 중의 무자각적인 심전도 모니터링 시스템의 센서 및 측정된 신호.

지 신호들을 지속적으로 측정하여 내는 것이다.

수면 중에 측정할 수 있는 대표적인 신호가 환자의 심장 및 순환기 상태를 나타내어주는 심전도 신호이다. 이를 위하여 침대에 전도성이 있는 시트를 설치하여 심전도 전극을 대체하여주면 수면 중의 환자로부터 심전도를 자연스럽게 모니터링 할 수 있다. 환자가 평상시와 같이 침대위에 누워서 잠을 자게 되면, 신호는 환자 밑에 깔려 있는 시트를 전극으로 하여 측정되게 된다. 물론 환자가 측정에 전혀 신경을 쓰지 않는 상황이기 때문에 접촉이 좋지 않은 경우도 있으며, 움직임 등으로 인한 잡음도 많이 발생하나, 수면 중의 대부분의 시간 동안에는 양질의 심전도신호를 기록하여 낼 수 있으며, 이를 직접 집안에 설치된 컴퓨터에서 처리할 수도 있으며, 병원이나 의료정보 센터로 실시간 전송할 수도 있다. 그림 2에는 침대에 설치된 시트형 전극, 잠을 자고 있는 동안 심전도가 계속되는 모습 그리고 이렇게 계속된 3 채널의 심전도 신호를 보여주고 있다.

심전도 신호와 함께 의학적으로 중요한 생체 신호가 호흡 신호인데, 수면 중의 호흡 신호를 이렇게 측정할 심전도 신호에서 도출할 수 있다. 이것은 호흡에 따라서 가슴 부분에서의 운동이 발생하며 이것이 심장의 위치에 변화를 주기 때문에 기록된 심전도에서도 그 영향을 받아 신호가 호흡에 따라서 미세하게 변화하기 때문이다. 측정된 심전도 신호에 적절한 신호 처리 방법을 적용하면 호흡상태를 나타내는 신호부분만 분리

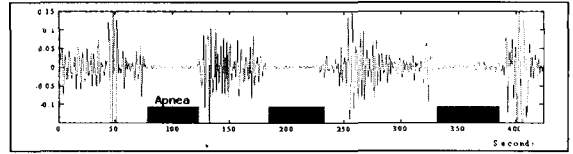


그림 3 침대 위에 장착한 전도성 시트를 이용하여 측정된 심전도로부터 추출된 호흡신호

하여 나타낼 수 있다. 그림 3은 이와 같이 무자각적으로 측정된 심전도로부터 추출된 호흡신호인데, 수면 중에 환자가 호흡을 하고 있지 않는 무호흡 구간을 잘 나타내어 주고 있다. 수면 무호흡증은 수면시 발생하는 가장 대표적인 이상 상태로 환자의 건강 상태에 결정적 영향을 주기 때문에 정확한 모니터링이 매우 중요하게 요구되고 있는 질환이다.

변좌를 이용한 생체 신호 모니터링

변좌는 우리가 일상생활 중에서 매일 접하는 것이고, 신체를 노출시켜 변좌 표면에 접하게 하기 때문에 무자각적으로 신체와 접촉하여 건강상태를 정기적으로 점검하기 매우 좋은 장치이다. 변좌에 장착할 수 있는 센서는 여러 종류가 있다. 그림 4는 변좌의 하부에 로드셀을 장착하여 중량의 변화를 모니터링하기 위한 측정 장치를 보여주고 있다. 이러한 방법을 이용하면, 매일 환자의 체중은 물론 대소변 량을 측정할 수 있고, 심장의 박동시에 수반하는 운동에 의한 체중의 변화를 나타내는 심탄도(ballistocardiogram)를 모니터링 할 수도 있다. 심탄도를 이용하면 심전도와 같이 심장의 상태를 나타내는 신호를 얻기는 어려우나 심박동 주기를 정확하게 측정할 수 있어, 이를 이용하면 심기능을 나타내는 여러 가지 파라미터를 도출할 수 있다. 그림 5에 이와 같이 측정된 신호들을 보여주고 있다.

또한 변좌에 전도성 시트를 장착하여 침대의 경우와 유사하게 심전도를 측정할 수도 있으며, 미세한 전류를 흘려주는 전극을 설치하여 체지방을 모니터링하기도 한다.

변좌를 이용한 무자각적 측정 중에서 가장 기대를 모으고 있는 부분이 혈압의 측정이다. 혈압은 우리의 건강 상태를 모니터링 하는 생체신호 중에서 가장 중

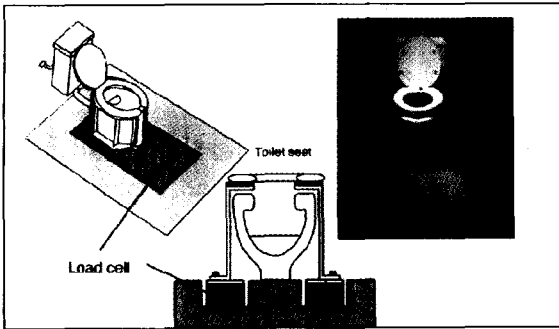


그림 4 로드셀을 변좌에 장착하여 체중의 변화를 모니터링하는 장치

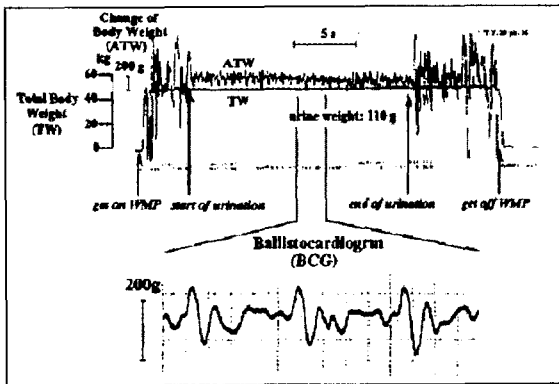


그림 5 변좌에 장착한 로드셀을 이용하여서 체중의 변화를 모니터링한 결과, 환자의 체중, 소변량 및 심장의 운동에 의하여 나타나는 심탄도를 보여주고 있다.

요한 신호 중의 하나이다. 현재 혈압을 측정하기 위하여서는 공기주머니를 팔뚝 주위에 둘러야하는 과정을 거쳐야 하는데, 이와 같은 과정 없이 번거롭고, 사용자의 의도적인 협조가 없이는 불가능하기 때문에, 무자각적 생체신호의 계측을 위하여서는 극복하여야 할 부분이다. 공기주머니 등 환자의 도움을 필요로 하는 별도의 장치를 사용하지 않고 자연스럽게 혈압을 측정하고자 하는 연구가 시도되고 있는데, 가장 대표적인 것이 변좌에 가압 장치를 장착하여 변좌에 앉아 있는 동안에 혈압을 측정하려는 시도이다. 아직 신뢰도가 높은 연구결과가 나오지는 않고 있으나, 혈압의 무자각적 계측을 위하여 가장 가능성이 높은 시도로 인식되고 있다. 이 밖에도 광학적 방법을 이용하여, 소변 내의 혈당의 양과 같이 소변 중에 포함된 각종 성분들을

분석하기 위한 기술 개발이 시도되고 있으며, 이 경우에는 당뇨병 환자 등 만성질환자의 소변 내 주요 성분도 정기적으로 모니터링할 수 있다.

욕조에서의 생체 신호의 모니터링

목욕중에 건강 상태를 모니터링 하려는 기술도 시도되고 있다. 목욕하는 동안에는 일정한 온도의 물속에 환자가 일정기간 들어가 있는 상황이 되어 진단을 위한 유용한 정보를 제공할 수 있다. 물이 빛을 통과시키기 때문에 광학적 방법을 이용하여 신체의 호흡 및 심박동에 의한 용적 변화가 시도된다. 또한 물이 전기를 전도시키는 특성도 있기 때문에 욕조에 그림 6과 같이 전극을 설치하면 신체에 전극을 직접 붙인 것과 유사하게 목욕 중에 발생하는 환자의 심전도를 측정할 수 있다. 그림 7은 욕조에 들어가는 과정에서 움직임에 의한 잡음과 목욕을 하고 있는 동안에 기록된 심전도 상태를 보여주고 있다.

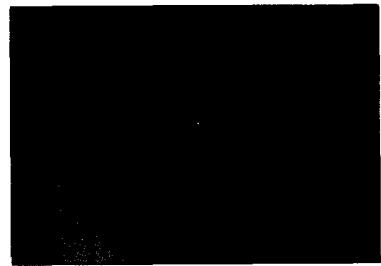


그림 6 욕조 내 설치된 전극



그림 7 욕조에서 목욕 중 기록된 심전도 신호 전반부에 움직임에 의한 잡음, 후반부는 목욕시 기록된 심전도를 보여주고 있다.

집안에서의 활동도 모니터링 기술

집안에서 활동도는 환자의 응급상태를 파악 하게해주고 환자의 일상생활의 패턴을 통하여 환자의 건강상태에 관한 중요한 정보들을 제공하여준다. 이러한 목

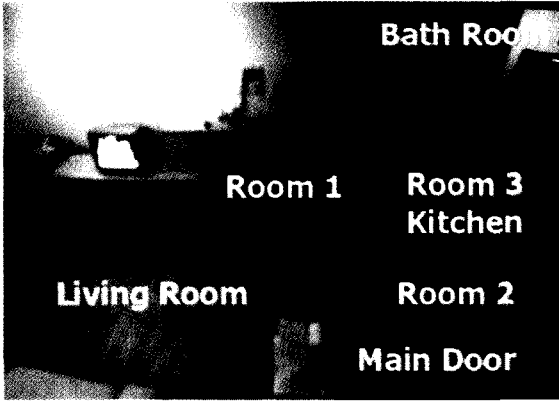


그림 8 CCTV를 이용한 집안에서의 거주자의 활동도 분석 방법. 집 안 내 각 위치를 나타내는 부분을 선정하여 이 부분의 시간에 따른 변화로 환자의 이동상태를 검출한다.

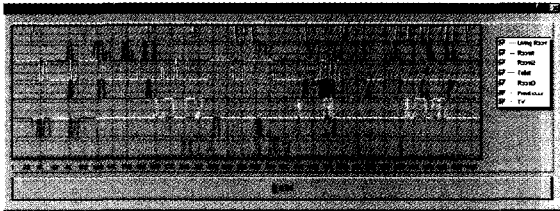
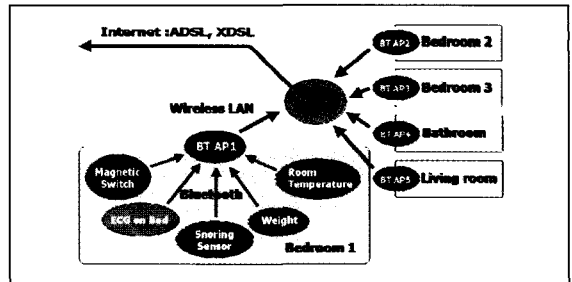


그림 9 CCTV 방법을 이용하여 추출한 환자의 집안에서의 이동 상태를 나타내주는 그래프. 거실, 침실1, 침실2, 화장실, 침실3, 현관문, TV등의 이용 상태를 나타내 주고 있다.

적으로 환자의 집안에서의 활동 상태를 모니터링하기 위하여서 다양한 방법들이 시도되고 있다. 적외선 움직임 센서를 이용한 침실과 거실에서 움직임 모니터링, 마그네틱 센서를 이용한 문의 열림과 닫힘 확인, CO2 센서를 이용한 침실 등 폐쇄된 공간에서의 사람의 존재 확인, 마이크로폰을 이용한 응급상황 검출 및 환경 모니터링 등의 기술이 개발 되어 적용되고 있다. 그림 8은 CCTV 카메라를 이용한 거실에서의 활동 모니터링을 보여주고 있다. 화면내의 특정 부위의 변화를 통하여서 집안 내에서의 환자의 이동 상태를 지속적으로 관찰할 수 있다. 그림 9는 이 방법을 이용하여 계측한 집안에 거주하는 환자의 활동 상태를 보여 주고 있다. 환자가 어디에 있었는지, 어디에서 어디로 이동하였는지를 알 수 있으며, 이 패턴을 분석하여 환자의 하루의 일상생활의 중요한 정보를 도출할 수 있다.

계측된 생체 신호 데이터의 전송 및 처리

무자각적 계측 방법으로 계측된 신호들은 센싱 모듈을 통하여서 증폭되고 디지털 신호로 변환되어 집안에 설치된 홈서버로 전송된다. 각각의 센싱 모듈로부터 홈 서버로의 전송은 유선을 이용하여서도 가능하겠지만, 최근의 여러 가지 근거리 무선 통신 기술을 이용하는 방법들이 연구되고 있다. 아래의 그림은 각 방에 설치된 다양한 센싱 모듈에서 측정된 생체 신호들이 블루투스 통신 방법과 Wireless LAN을 통하여 홈서버로 전송되는 과정을 나타내어 주고 있다. 홈서버로 전송된 계측된 신호들은 홈서버에서 일차적으로 신호처리가 되어 신속한 조치를 하기도 하고, 필요한 경우 바로 접속된 ADSL 또는 고속의 XDSL등의 인터넷 접속라인을 통하여 중앙의 의료기관으로 데이터를 전송할 수 있다.



결론

무자각 생체 계측 기술을 적용하면, 가까운 미래에 주택에서는 침실, 거실, 화장실, 현관, 부엌 등에 다양한 센서가 장착되어 우리의 건강 상태 측정하고 추정할 수 있어 유비쿼터스 시대에 우리의 건강을 향상 시켜줄 건강 모니터링 기반을 마련 할 것으로 예상된다. 이러한 기술은 정보 통신 기술, 컴퓨터 기술, 의료공학 기술 등 관련된 기술을 기반으로 하여 지속적으로 발전 할 것이며, 건강한 삶을 유지하고자 하는 우리의 욕구와 부합하여 일상생활에 점차 가깝게 다가와, 언제 어디서든지 우리의 건강을 지속적으로 관리하여 주는 "유비쿼터스 건강관리"의 이상을 점차 구체화 시켜 주고 있다.