

유비쿼터스 라이프케어 기술 동향

Recent Trend in the Ubiquitous Life-Care Technology

IT 융합 · 부품 기술 특집

성건용 (G.Y. Sung)	바이오포토닉소자팀 팀장
장문규 (M.G. Jang)	나노바이오전자소자팀 팀장
정문연 (M.Y. Jung)	바이오MEMS팀 팀장
김승환 (S.H. Kim)	U-헬스인포매틱스팀 팀장
박수준 (S.J. Park)	라이프인포매틱스팀 팀장
박선희 (S.H. Park)	IT-BT그룹 그룹장

목 차

-
- I. 서론
 - II. 바이오 센서칩 기술
 - III. 헬스/리빙케어 기술
 - IV. 결론

유비쿼터스 라이프케어 기술이란 정보통신망을 이용하여 언제 어디서나 모든 사람이 의료서비스를 제공 받을 수 있고 나아가서는 생활관리서비스를 구현하기 위한 일체의 기술을 의미한다. 본 고에서는 고도화된 정보통신 기술을 바탕으로 인간의 삶의 질 향상이나 인간 능력의 극대화를 위하여 바이오 기술, 나노 기술 등 첨단기술이 접목된 메가 컨버전스 기술인 유비쿼터스 라이프케어에 관련된 최신 연구동향을 분석하고자 한다.

I. 서론

현재 정보통신기술(IT)의 추세는 유무선 통합, 통신방송융합 등의 정보통신 고도화를 위한 디지털 융합기술이 전개되고 있다. 미래에는 이렇게 고도화한 디지털 융합기술을 바탕으로 인간의 삶의 질 향상이나 인간 능력의 극대화를 위하여 생명공학기술(BT), 나노기술(NT) 등 첨단기술이 접목될 것으로 예상되고 있다. 삶의 질 향상에 대한 욕구와 고령화 사회로의 진입은 의료서비스 패러다임을 질병의 진단과 치료에서 예방과 관리로 자연스럽게 변화시키고 있으며, 언제 어디서나 누구든지 의료서비스를 원하는 곳에서 제공받는 유비쿼터스 헬스케어에 대한 요구를 증가시키고 있다[1]-[4]. 또한 질병의 예방, 진단, 치료 등 의료행위와 깊은 관련이 있는 식습관, 운동습관 등의 일상생활습관을 관리하는 전반적인 라이프케어 기술을 도입함으로써 더욱 효율적인 건강관리 서비스가 가능해진다.

유비쿼터스 라이프케어는 생체정보 센서, 생체정보 모니터링, 데이터 분석, 피드백 등의 4가지 기본 개념으로 구성되어 있다. 극미량의 혈액성분을 감지하는 센서부터 심장 등 인체의 기관으로부터 발생하는 각종 신호를 빠르고 정확하게 쉽게 감지하기 위하여 다양한 센서 개발이 이루어지고 있다. 감지된 생체신호를 유무선 통신 수단을 이용하여 컴퓨터, PDA, 핸드폰 등 헬스스테이션에 디스플레이하거나 간단한 신호처리를 통하여 그 결과를 알려주는 단계가 생체정보 모니터링이다. 헬스스테이션의 데이터들은 DB 서버 등의 데이터 집적소에 전송되게 되는데 전송된 데이터를 관리하고 마이닝하여 알고 싶은 정보로 가공해주는 각종 분석 기술이 필요하게 된다. 분석된 데이터는 의료인에게 전달되어 건강에 관한 조언이나 개선사항, 긴급통보, 운동, 음악 등 처방을 사용자나 보호자에게 피드백되게 된다. 앞서 언급된 4단계 중 생체정보 감지나 모니터링에서는 의료인들의 참여가 불필요하지만 생체정보 분석 및 피드백에서는 의료행위에 대한 권한을 갖는 의사 등의 참여가 필수적이라고 하겠다.

본 논문에서는 위에서 언급된 라이프케어의 4단계에서 국내외적으로 활발하게 연구가 진행되고 있는 핵심 요소 기술에 대해서 기술해 보고자 한다. II장에서는 극미량의 생체성분을 정확하고 빠르게 감지할 수 있는 포터블 바이오 센서칩 기술[5]-[7], III장에서는 인체에서 발생하는 각종 생체신호나 행위패턴을 감지하고 분석하여 피드백 할 수 있는 헬스케어 및 리빙케어 기술에 대하여 기술하고자 한다. 끝으로 IV장에서는 본 논문의 결론을 기술하고자 한다.

II. 바이오 센서칩 기술

병원에서 사용하고 있는 혈액 분석기의 도움을 받지 않고 실시간으로 소량의 생체성분을 감지할 수 있는 진단키트는 주로 항체와의 특이적 결합을 이용하는 면역 크로마토그래피의 방법으로 현재 국내외에서 상용화되어 있다[8]-[10]. 몇 가지의 암 마커 검출, 심근경색 마커, 조류독감 바이러스 등 다양한 콘텐츠를 대상으로 주로 정성적인 분석을 하며 콘텐츠의 종류에 따라 혈액이나 체액 속에 수 pg/ml의 극미량부터 $\mu\text{g/ml}$ 까지 감지하는 제품도 존재하고 있다. 향후에는 정성적인 정보에 정량적인 정보, 극미량 검출 등 고감도 센서가 요구되어지고 있다.

이러한 요구사항을 만족시키기 위하여 일반적으로 전혈(혹은 소변, 타액)과 같은 소량의 생체시료를 샘플링하고 이로부터 혈장 혹은 세포를 분리하여 정제하는 분리필터 기술, 미세유체제어 등의 전처리 기술과 형광, 화학발광, 색변화 등의 감지 기술이 필요하다. 또 반응을 일으킨 시료 성분을 정확하게 감

● 용어 해설 ●

전처리: DNA Lab. On a Chip에서 특정 DNA를 분석할 목적으로 혈액 내의 특정 혈구를 항체반응을 이용하거나 magnetic 입자를 이용하여 분리해내는 것. Protein Lab. On a Chip의 경우는 특정 protein을 분리해내기 위하여 필터를 이용하여 혈구를 제거하는 Lab. On a Chip의 일부 요소 기술

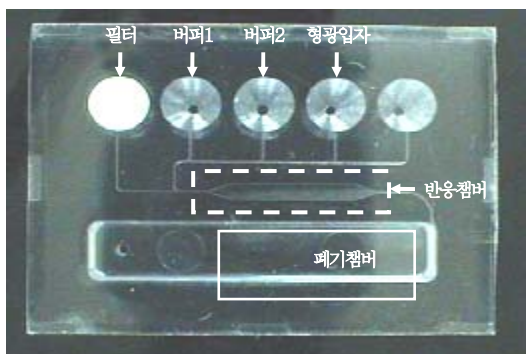
지하기 위하여 고감도의 신호 전환 기술이 필요하게 되는데 실리콘 반도체 기술, 광학 기술 등 다양한 IT 기술이 접목되어 성분을 감지하게 된다.

1. 시료 전처리 기술

전처리 기술은 스위스 Neuchâtel 대학의 E. Verpoorte 그룹, Nanogen의 M. Madou 그룹, 동경대학의 M. Yamada 그룹, ETRI 등 세계의 많은 연구 그룹에서 활발한 연구를 수행하고 있다[11]-[13]. (그림 1)은 전혈(whole blood)로부터 혈장(plasma)만을 얻기 위한 플라스틱 바이오칩의 한 예를 보여 준다.

전처리 기술은 그 대상에 따라 적용하는 기술의 종류와 난이도가 달라지는데, 크게 전혈로부터 혈장 혹은 세포를 분리, 용해하여 내부의 핵산을 추출, 정제하는 경우와 그 개수가 매우 적은 목표분자의 경우 이를 농축하는 경우로 대별된다. 예를 들어 1ml의 전혈로부터 HIV 바이러스 100개를 얻는다고 가정했을 경우, 수억 개의 적혈구와 수백만 개의 백혈구가 같이 존재하므로 이 혈구를 분리해내야 하고, 또한 목표 바이러스의 RNA를 바이러스 내부로부터 분리하여 농축하여야 하는 것이다.

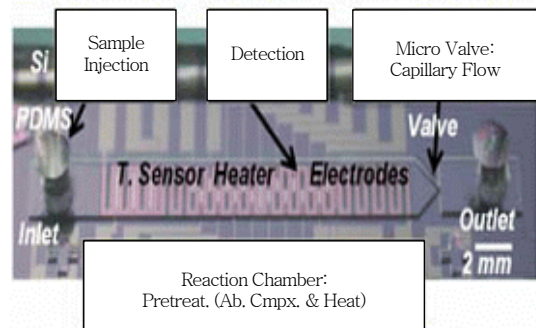
전술한 바와 같이 전혈로부터 세포 혹은 혈장을



(그림 1) 혈장 필터(전혈로부터 필터에서 혈장이 분리되고 혈장 중의 바이오마커가 반응챔버에 미리 고정된 항체에 결합하는 항원-항체 반응이 일어나고 버퍼용액의 투입으로 non-specific 결합의 항원을 폐기챔버에 이송하는 전 자동 플라스틱 단백질 칩, ETRI 제작)

분리하는 필터 기술과 이를 정제, 농축하는 기술은 목표 단백질의 종류와 개수에 따라 달라지는데, 혈장단백질을 목표분자로 하는 경우 필요한 핵심기술은 혈장을 전혈로부터 분리하는 혈장 필터 기술, 분리된 혈장으로부터 목표분자를 추출하는 분자 추출, 정제 및 농축 기술, 한 번에 여러 개의 목표 바이오마커를 감지하기 위하여 서로 다른 종류의 목표분자들을 칩 상에 따로 분리할 수 있는 제어 기술 등이 있다.

혈액으로부터 혈장을 분리하는 필터 기술은 유리 섬유(glass fiber) 필터, 혹은 마이크로 pillar 구조를 이용하여 혈장을 칩 상에서 분리하는 방법과 미세유로의 길이와 모양, 유로의 구조를 최적화하여 유로 내에서 혈구와 혈장의 전단력(shear force)의 차이를 이용하는 필터 방법이 있다. 분리된 혈장의 응고를 막기 위해 heparin 등의 항응고제 처리가 필요할 때도 있다. 또한 분리된 혈장으로부터 목표분자를 정제, 농축하는 방법은 기판 상에 독립적으로 열적 제어가 가능한 마이크로히터를 제작하고, 온도에 따라 그 길이가 변하는 열 민감형 고분자(PNIPAAm)를 이용하면 목표분자를 기판 상의 원하는 위치에 따라 개별적으로 분리, 농축할 수 있게 된다. (그림 2)는 효소(GOX)의 선택적인 고정화를 확인하기 위해 Si 기판 상에 개별적으로 열 조절이 가능한 마이크로히터를 제작하고, 열 민감형 고분자를 덴드리머+단분자 혼합물과 함께 히터 표면에 고정화한 후에 열 조절을 하면서 위치에 따른 단백질의 분리를



(그림 2) 목표 단백질의 선택적인 분리를 위한 미세유동부와 마이크로히터가 장착된 전처리 칩(ETRI 제작[13])

확인하는 미세유동부와 마이크로히터가 장착된 전처리 칩을 나타낸다. 현재 플라스틱과 같이 제작공정이 한층 어려운 기판상에서도 목표분자의 분리 및 제어를 가능하게 하는 기술의 연구와 개발이 수행되고 있다.

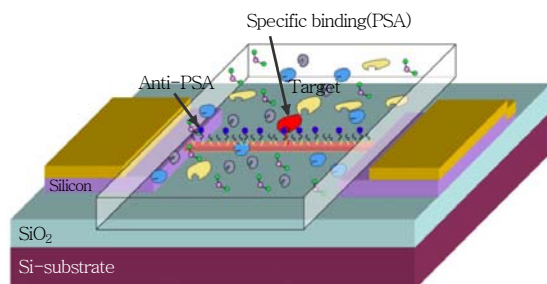
2. 전기적 감지 기술

바이오 신호의 전기적 방식에 의한 감지 기술은 바이오 물질과 반응하는 접촉표면에서의 화학적인 변화가 전도성 물질의 전기적 특성 변화를 유도하는 원리로 동작한다. 그런데, 주로 대상이 되는 바이오 물질(DNA, 단백질 등)은 고분자 물질로서 나노 구조체의 크기와 비슷하여 작은 변이로도 일반 저분자 물질에 비하여 나노 구조체에 큰 영향을 줄 수 있다. 또한, 나노선의 경우 나노구조의 특성상 표면적 대비 부피의 비율이 매우 커서 표면에서의 바이오 물질과의 반응이 나노선 전체의 전도특성에 큰 영향을 미친다. 따라서 나노 구조체, 즉 나노선[14] 및 나노점[15]을 검출 부분에 적용할 경우, 기존의 바이오 센서에서 찾아볼 수 없는 고감도의 신호 변환이 가능하다. 본 절에서는 전기적 신호변환 방식 중 현재 세계적으로도 활발하게 연구가 진행중인 나노바이오센서 기술에 대해서 기술한다.

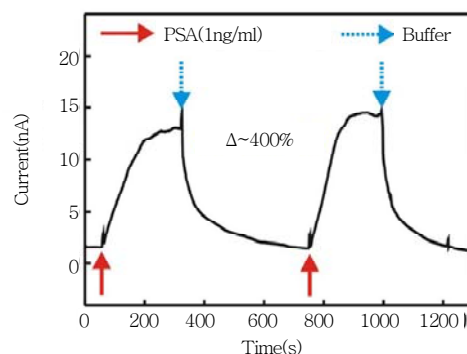
나노선 구조의 센서 기술은 Harvard 대학의 Lieber 교수 연구팀과[16] Hewlett-Packard의 Williams 연구팀에서[17] 활발하게 연구되고 있는데 이는 실리콘 나노선을 채널로 구성하고 그 표면에 바이오 물질을 고정하여 타깃 바이오 분자 결합에 의해 생성되는 전하에 의한 전계효과를 이용한 것이며, (그림 3)처럼 ‘나노 FET 바이오센서’를 제작하여 극미량(~pM)의 DNA, 단백질, 바이러스 등의 검출을 수행하였으며 탄소나노튜브를 이용한 바이오센서 연구는 Nanomix Inc.(미국)의 Gruner 연구팀과 Delft 대학(유럽)의 Dekker 연구팀 등에서 활발히 진행되고 있다[18],[19].

나노 바이오 전자 센서의 핵심 요소 기술은 나노 구조체의 제작, 구조체 표면의 바이오 활성화 및 다

중화 집적 시스템 기술로 나눌 수 있다. 나노 FET 바이오 센서의 경우, bottom-up 방식의 나노선을 이용하는 방법이 널리 연구되고 있으나 위치 제어가 어려워 대량생산이나 센서의 집적에는 많은 한계가 예상된다. 이를 타개할 수 있는 방법은 top-down 방식의 실리콘 제작 공정을 사용하는 것이며 이는 기존의 CMOS 공정을 그대로 활용할 수 있어 실용화에 매우 유리하다. 현재 ETRI에서 본 기술과 관련된 연구를 수행중에 있으며, 전립선암의 표지자로서 알려져 있는 PSA를 대상으로 항원-항체 반응을 이용한 센서 기술을 개발중에 있다. (그림 4)에 보이는 그래프는 CMOS 공정으로 제작한 나노 FET 구조체에 anti-PSA를 고정화시켜 센서를 제작하고, 여기에 buffer(0.05μM phosphate) 용액과 1ng/ml 농도의 PSA가 함유된 용액을 번갈아 가며 센서에 노출시켰을 때 센서 양단의 전기전도도의 변화를 측정 한 데이터이다. 여기서 알 수 있듯이 PSA 1ng/ml의



(그림 3) FET 소자를 이용한 나노 바이오센서 개략도



(그림 4) 실리콘으로 제작한 나노 FET 바이오센서 (ETRI 제작)에 대한 1ng/ml 농도의 PSA 검출 특성

농도에 대하여 signal-to-background 비율이 약 400%에 이르는 매우 명확한 검출 특성이 관측되었으며, 재현성 역시 우수함을 볼 수 있다.

한편 나노선 표면의 바이오 활성화 분야에 있어서도 일부 소수의 바이오 콘텐츠에 대한 관련 기술을 개발중이지만 아직 체계적이고 센서의 다중화에 요구되는 선택적 반응을 위한 기술 확보는 초보적인 수준이다. 그리고 다중 센서 어레이의 집적 기술이나 검출 신호의 처리 기술 등의 시스템 기술 역시 실용화에 시급히 요구되는 기술이다.

3. 광학적 감지 기술

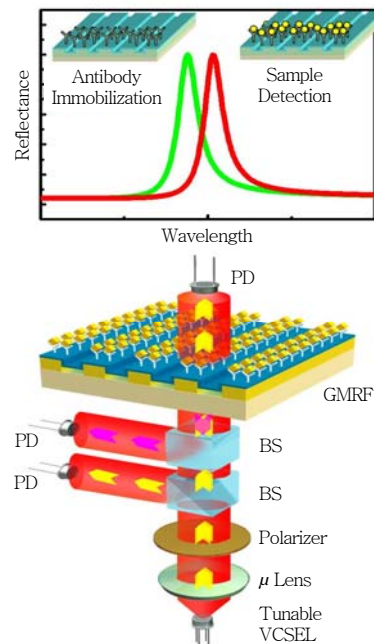
광학적인 측정방법을 이용하여 다양한 생화학물질들의 상호 반응을 검출하는 방법은 생화학 실험실에서 현재 널리 이용되고 있다. 일반적으로 형광물질, 인광물질, 발색물질, 방사선물질 등의 발광물질을 인식물질에 표지하여 인식물질과 분석물질과의 반응 유무를 표지된 발광물질의 광신호를 감지하여 검출해내는 표지식 바이오 포토닉 센서 기술이 상용화되어 현재 대부분의 생명 과학 연구와 제약의 선별이나 검사에 형광이나 발색이 가능한 화학적 표시자를 공통적으로 부착하여 사용하고 있다[20]. 그러나 이러한 분석 방법은 상당히 민감하지만 매우 느리고, 고가의 분석 장비가 있어야 한다는 단점들을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 생화학 반응 유무를 표지물질 없이 광학적 방식으로 직접 측정해내는 비표지식 바이오 포토닉 센서 기술이 최근 들어 많이 연구되고 있다.

대표적인 비표지식 바이오 포토닉 센서 기술로는 금속박막 표면상의 생화학 반응 유무에 따른 공명각의 변화를 측정하여 분석물질을 검출해내는 SPR [21] 기술이 개발되어 있으나 아직 소형화하기에는 어렵다는 단점이 있다. 비표지식 바이오 포토닉 센서 기술에는 SPR 기술 이외에도 전반사 타원편광 분석기(total internal reflection ellipsometry)[22] 나 reflectometric interference spectroscopy [23] 등을 이용한 비표지식 바이오 포토닉 센서들

이 보고되고 있으며 높은 신호대잡음비와 실시간 감지가 가능하고 반응이 일어나는 표면 변화에 대한 높은 민감성 등의 장점을 가지지만, 고가의 광분석 장비인 분광기가 필요하다는 단점이 있다.

비표지식이면서 분광기 없이 분석 가능한 예로써 공진 반사광 바이오센서 기술이 있는데 이는 광파장 이하의 주기를 가진 주기적 표면 격자구조에서 나타나는 예리한 공진반사를 이용하여 표면에서 일어나는 인식물질과 분석물질간의 결합에 의한 굴절률이나 두께의 변화를 고감도로 측정할 수 있다[24]. (그림 5)에 보인 예와 같이 상단 왼쪽 그림과 같이 공진 격자 표면에 항체를 고정화한 후 아래 그림의 구조와 같은 광학계를 이용하여 수직 입사광의 공진 반사 파장을 먼저 측정하고, 상단 오른쪽 그림과 같이 항원-항체 반응을 일으킨 후 다시 공진반사 파장을 측정하여 이 측정치의 차이로부터 표면상의 광학적 두께 변화를 검출하는데, 이론적으로 계산한 결과 1nm 이상의 두께 변화를 감지할 수 있다[25].

공진반사광 바이오센서의 핵심요소 기술은 공진 반사를 일으키는 나노급 격자 구조체인 공진반사 필터의 제작, 구조체 표면의 바이오물질 고정화, 파장



(그림 5) 공진반사광 바이오센서의 구조 및 측정원리

가변형 광원 및 고감도 수광소자 제작, 다중화 집적 시스템 기술로 나눌 수 있다. 센서의 감도를 높이기 위해서는 공진 반사 필터의 조절 가능한 파라미터에 따른 필터의 공진반사 파장의 변화를 확인할 필요가 있다. 공진반사 필터는 유리나 플라스틱 기판 위에 나노임프린트 방법으로 제작할 수 있기 때문에 저가이면서 일회용이고 환경 친화적인 바이오 센서의 구현이 가능하다. 나노미터급 회절격자는 자외선을 이용하여 임프린트하는 통상적인 나노임프린트 방법으로 제작 가능하다. (그림 6)은 4인치 유리 기판상에 공진반사광 필터 패턴(1×1cm²)이 38회 연속 나노임프린트된 직후 기판을 촬영한 사진이다.

(그림 7)의 왼쪽 이미지는 공진반사광 필터상에 고정화된 PSA 항체에 항원을 결합시킨 후 AFM으로 관찰한 필터 표면(항원-항체 반응 지점이 밝게 보임)이고, 오른쪽 이미지는 항원-항체 반응을 SEM으로 확인하기 위하여 항체에 결합된 항원에 다시 30nm Au 나노입자를 붙인 2차 항체를 결합시킨 후 관찰한 표면 사진이다. 기준 파장을 선정하기 위하여 PBS 용액을 투여한 후 측정된 공진반사광의 투과 스펙트럼을 먼저 측정하고, PSA를 농도별로

투여하여 공진반사 파장을 측정한다. 반응속도 차이에 의해서 시간에 따라 특정 파장의 위치가 지속적으로 변화하며, 고정화된 항체와 주입된 항원이 모두 반응하게 되면 더 이상 시간이 경과해도 peak의 위치가 변화되지 않는 saturation 영역에 도달하게 된다. 이러한 방법으로 1ng/ml의 PSA를 측정할 수 있다.

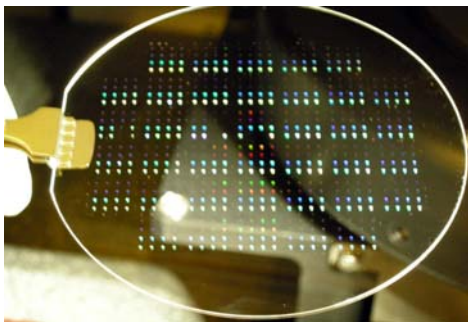
휴대 가능하고 저가의 공진반사광 바이오센서를 구현하기 위해서는 분광기를 대체할 수 있는 파장가변 광원 소자와 고감도 수광소자 그리고 다중화 센싱을 위한 신호처리 기술과 집적 시스템 기술도 함께 개발되어야 할 것이다.

Ⅲ. 헬스/리빙케어 기술

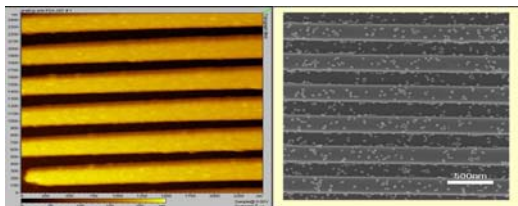
인체에서 자연적으로 발생하는 생체정보를 여러 가지 형태의 센서를 이용하여 측정하고 분석하여 인체에 대한 다양한 정보를 제공하는 기술은 유비쿼터스 헬스케어에 가장 가깝게 다가와 있는 기술이다 [26]. 인체에서 측정할 수 있는 생체정보에는 심전도, 호흡, 체온, 움직임신호, 혈압, 혈중산소포화도, 피부저항, 뇌파, 근전도, 폐음, 심음 등 매우 다양한 형태의 신호가 있으며, 이러한 생체정보들은 소형의 전위센서, 압력센서, 온도센서, 가속도센서, 광센서, 음향센서 등을 통하여 측정할 수 있다. 측정된 생체정보는 손목형 기기, 착용형 기기, 휴대형 기기, 헬스 스마트 의복, 헬스 스마트 홈 등의 단말기를 통하여 헬스스테이션에서 모니터링되며 일상생활 중 지속적으로 안정적으로 생체정보를 획득하기 위하여 많은 노력이 이루어지고 있다.

생체신호뿐 아니라 일반인의 일상생활에서 일어나는 각종 생활패턴도 리빙케어 서비스를 위한 중요한 데이터가 된다. 대상자의 일상행위를 추적하는 행위추적 기술은 리빙케어의 핵심 기술이다[27].

본 장에서는 생체신호나 행위 등에 관련된 정보를 감지하고 분석하여 건강이나 생활관리를 서비스할 수 있는 헬스케어, 리빙케어 기술에 대하여 기술하고자 한다.



(그림 6) 공진반사광 필터 패턴(ETRI 제작)



(그림 7) 공진반사광 필터의 AFM과 SEM 이미지

1. 생체신호기반 헬스케어 기술

일상생활 중 생체정보를 감지하고 모니터링 하기 위한 다양한 형태의 기술이 개발되고 있다. 핀란드의 IST Oy에서 개발한 Vivago는 손목착용형 활동수준 모니터링 시스템으로 착용한 사용자의 24시간 활동수준을 모니터링 하여 제공하고, 평균 활동수준과의 비교도 가능하다[28],[29]. 국내에서도 (주)LIG 넥스원에서 유사한 형태의 ActiMo라는 손목착용형 활동수준 모니터링 시스템을 개발하고 있다. 미국의 Vivometrics사에서 개발한 의복형 생체정보 모니터링 시스템인 LifeShirt는 Garment, Recorder, VivoLogic, VivoLog Digital Diary로 구성되어 있으며, LifeShirt Garment에는 호흡센서, 심전도센서, 가속도센서가 내장되어 있어 호흡 정보, 심박수, 자세와 활동수준을 측정한다. 측정된 생체정보는 LifeShirt Recorder에 저장되고 VivoLogic Software를 통해 PC에서 분석된다. 또한, VivoLog Digital Diary를 통해 사용자에게 발생하는 여러 가지 이벤트를 기록할 수 있도록 되어 있다. 미국의 Stanford University와 NASA에서 개발한 LifeGuard는 극한상황에서 생체정보를 모니터링 하기 위한 시스템이다[30]. LifeGuard는 심전도와 호흡을 측정할 수 있는 센서들과 측정된 생체정보를 처리하는 웨어러블 디바이스인 CPOD, 생체정보를 무선으로 전송받아 분석하는 base station으로 구성되며, 우주인, 군인, 응급환자, 소방관 등 극한상황에 처할 수 있는 사용자들을 대상으로 하고 있다.

최근, 센서를 내장한 의복을 이용하여 생체정보를 모니터링 하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 프랑스 MEDES 등 8개 기관이 컨소시엄을 이루어 연구 개발중인 VTAM 프로젝트에서는 섬유전극을 이용한 심전도, 호흡, 체온 센서를 의복에 내장하여 생체정보를 모니터링 하는 기술을 개발하고 있다[31]. 이태리 Milior 등에서도 piezoresistive sensor를 의복에 내장하여 생체정보를 모니터링 하는 기술을 개발하고 있다[32].

국내에서도 ETRI에서 생체정보를 모니터링 할 수 있는 바이오셔츠를 개발하고 있다(그림 8) 참

조). 바이오셔츠는 전도성천을 이용한 전위센서를 내장하고 있는 의복으로 심전도, 운동량, 체온, 호흡 등에 대한 정보를 측정할 수 있다. 바이오셔츠는 측정된 생체정보를 블루투스나 지그비 근거리 통신을 통하여 PDA나 휴대전화로 전송할 수 있으며, PDA나 휴대전화를 통해 서비스센터로 데이터를 전송할 수 있다.

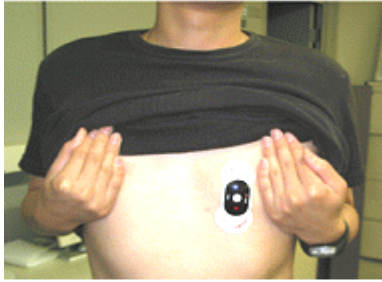
(그림 8)은 ETRI에서 개발한 바이오셔츠로 (그림 9)에서 보인 생체정보 처리 모듈을 이용하여 바이오셔츠에서 측정된 생체정보를 처리하고 블루투스 통신을 통해 PDA나 휴대전화로 데이터를 전송하도록 개발된 셔츠이다. 또한, 플래시 메모리가 내장되어 있어 측정된 정보를 저장할 수 있다. (그림 8)과 (그림 9)에서 보인 바이오셔츠를 이용하여 최대속도 시속 14.5km로 운동부하검사를 실시하였고, 운동부하검사 장비와 비교하였을 때 측정된 심



(그림 8) 바이오셔츠



(그림 9) 생체정보처리모듈



(그림 10) 바이오패치 부착 모습(ETRI)

박 수가 매우 잘 일치함을 볼 수 있었다.

또한, ETRI에서는 몸에 붙이는 형태의 패치형 생체정보 모니터링 시스템도 개발하고 있다. 패치형 생체정보 모니터링 시스템은 (그림 10)과 같이 몸에 붙여 심전도, 호흡, 운동량 등 생체정보를 실시간 측정하여 전송하는 형태로 개발되고 있다.

생체정보 모니터링을 통한 헬스케어 서비스에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 필립스, 에릭슨 등 주요 IT 기업이 참여하고 있는 모바일 헬스(mobile health care) 프로젝트에서는 측정된 생체정보를 body area network를 통해 휴대단말에 전송하고 무선통신망을 이용하여 헬스케어 서비스 제공자에게 전송하여 건강을 관리하는 서비스 시스템에 대한 연구를 진행중에 있다[33]. 프랑스, 이탈리아, 스웨덴 등의 다국적 컨소시엄에서 수행하고 있는 EPI-MEDICS 프로젝트에서는 PEM이라는 휴대단말을 이용하여 심전도 등 생체정보를 측정하고 측정된 생체정보를 서비스센터에 전송하여 헬스케어 서비스를 제공하는 시스템을 개발하고 있다[34].

2. 행위패턴 분석 기반 리빙케어 기술

리빙케어 기술의 근본적인 목적은 고령자로 하여금 건강하고 독립적인 일상생활을 할 수 있도록 도움을 주는 기술의 개발이다. 질병에 대한 치료와 관리도 중요하지만 일상생활의 습관이나 행동으로부터 위험인자를 찾아내고 건강한 생활을 유도하는 생활 교정도 건강한 삶을 영위하는 데 매우 중요하다.

대상자의 행위 및 일상생활에 기반한 건강관리의 예로는 미국 로체스터대학의 smart medical home

이 대표적이다. 이 연구에서는 센서와 카메라 등을 이용하여 실내에서 일상생활을 하면서 건강관리를 받도록 되어 있다. 예를 들어 거울을 통해 대상자의 얼굴에 나타난 변화를 감지 의사를 만나볼 것을 권하고, 고령자가 다량의 약을 복용한다는 점에서 어떤 약을 어떻게 먹을지를 안내해 준다. 스마트 밴드 기술은 상처부위의 감염정도를 감지한다. 대상자의 상태는 센서를 통하여 항상 모니터링되고 측정된 데이터는 의사나 간호사에게 제공되어 환자가 적절한 의료 서비스를 받을 수 있도록 해준다.

인텔사의 human activity recognition project에서는 다양한 인간의 행동을 자동으로 추론할 수 있는 시스템을 개발하여 필요시 적절한 도움을 줄 수 있도록 하는 기술을 개발중이다. 이때 적절한 도움은 소위 “proactive assistance”로 시스템이 적극적으로 개입하는 것을 의미한다. 예를 들어 치매 노인의 경우 시작한 일련의 행위를 마칠 수 있도록 도와준다. 이때 대상자가 어떠한 행동을 하는지를 자동으로 추론하는 기계학습(machine learning) 기술이 필요하다. 아울러 다양한 행위를 모델링하는 기술이 필요하다. 센서로부터 얻어지는 데이터를 저장하고 이를 추론엔진을 통해 분석을 하며 구축된 행위 모델과 비교를 하여 어떤 모델과 가장 비슷한지를 추론하게 된다.

대상자의 일상 행위를 인식하는 방법으로는 RFID나 가속도센서, 압력센서 등 다양한 센서들이 활용된다. 여기서 중요 연구는 다양한 센서를 조합하여 대상자의 행위를 정확히 인식하는 activity recognition 연구이다[35],[36].

사용자의 행위에 따라 반응을 하면서도 고령자에게 편안함을 주고 또한 사용자의 주의를 지나치게 집중시키지 않는 앰비언트 디스플레이 기술도 고령자를 위한 리빙케어의 요소기술이다. 조지아 공대의 AwareHome 프로젝트[37]에서는 digital family portraits라는 액자를 통하여 원격지에 있는 가족과 간접적인 인터랙션을 할 수 있다. 인텔에서 개발한 CareNet 디스플레이는 인터랙션이 가능한 액자형 디스플레이로 터치스크린의 메뉴 조작으로 원하는

정보로의 접근 및 사진 이미지 편집이 가능하다[38].

이 앰비언트 디스플레이 기술은 고령자에게 고독감을 해소시키고 항상 가족과 연결되어 있다는 유대감을 형성하여 심리적인 안정도 가져다 줄 수 있다.

대상자의 행위 패턴 추출을 위한 운동 및 보행 분석 기술은 많은 연구가 진행 중이다. 보행패턴을 분석하여 낙상과 같은 위급 상황을 감지하고 운동량을 측정하여 비만관리에도 활용이 가능하다.

노인 인구가 급격하게 증가함에 따라 노인 건강 관리가 사회의 중요한 문제로 대두되고 있으며 고령자에게 위급상황이 발생한 경우 신속한 구급을 통한 체계적인 대처는 사회 복지 서비스의 중요한 부분이다. 특히 갑작스러운 고령자의 낙상(落傷: 넘어져 다칩)은 일상생활을 하는 중에 매우 빈번하게 발생되고 있어 이에 대한 체계적인 대처가 필요하다. 통계 자료에 의하면 고령자의 30%가 일 년에 적어도 한번 이상 넘어지며, 75살 이상 고령자의 70%가 낙상으로 인하여 매우 위험한 결과에 이르게 된다.

낙상은 고령자들이 하체의 근력저하로 또한 신체적인 이상으로 쓰러지거나 넘어지는 것을 감지하는 것으로 3축가속도센서 등을 사용하여 감지가 가능하며 정확도를 높이기 위하여 3축가속도센서와 지자기센서, 풋 스위치, 압력 스위치 등의 센서를 함께 사용하는 추세이다. 이와 관련된 낙상 감지 알고리즘을 개발하는 연구가 현재 전세계적으로 진행 중이며 이 기술을 휴대폰과 연계하여 서비스하는 프로젝트도 진행 중이다. 휴대폰은 언제 어디서나 연결될 수 있는 특징이 있어 u-헬스케어 플랫폼으로는 매우 이상적이라 할 수 있다. ETRI에서도 (그림 11)과



(그림 11) 개인위급상황경보시스템(ETRI 개발)

같은 3축가속도센서를 이용하여 센서로부터 얻어진 데이터를 처리하여 낙상 유무를 판정하고 이를 휴대폰과 연동하여 구급을 할 수 있는 개인위급상황경보 기술(일명: 낙상감지폰)을 개발하였다.

비전기반 행위 추적 기술 개발은 카메라로부터 얻어진 영상 정보를 분석하여 실내 공간에서 이동 또는 정지하고 있는 대상의 위치 추적 및 행위를 분석하는 기술이다. 이를 위하여 동영상 내의 이동 물체를 감지하고 감지된 대상자의 이동경로 기록 및 위치 추적 알고리즘을 개발한다. 동영상 내의 인간 행위 패턴 분석 알고리즘을 개발하여 자세 및 움직임과 같은 행위 패턴을 추출한다. 이 기술을 이용하여 특정 행위 패턴을 인식하여 위급 상황 감지 등에 활용이 가능하다.

IV. 결론

이상과 같이 유비쿼터스 라이프케어 기술에는 거의 모든 IT가 접목되어 있다. 우리 생활에 편리함과 즐거움을 주는 IT가 이제는 우리의 삶의 질 향상에 기여하고 있고 또한 의료 서비스의 패러다임 자체를 바꾸고 있다. 수요자 중심의 의료에서 사용자 중심으로, 치료의학에서 예방의학으로, 질병중심에서 웰빙중심으로 건강관리의 패러다임이 바뀌고 있고 그 근간에는 인터넷, 모바일, 유비쿼터스와 같은 IT가 이러한 변화의 중심에 있다고 하겠다.

앞서 언급된 유비쿼터스 라이프케어 기술들 외에도 정확하고 재연성있는 생체정보를 획득함에 있어서 사용자의 불편함을 최소화시키고 비용의 경제성도 고려하는 방향의 연구도 매우 중요하다. 또한 획

● 용어해설 ●

바이오셔츠: 컴퓨팅 스포츠 웨어. 입는 것만으로 건강과 질병에 관련된 심박 수, 호흡 수, 체온, 운동량 등 자신의 신체 데이터를 측정하고, 이 정보를 토대로 신체조건에 적합한 체육활동과 건강관리, 불의의 사고방지가 가능한 최첨단 미래형 스포츠웨어(자료: TTA, IT Standard Weekly)

득된 정보가 프라이버시가 침해되지 않는 범위 내에서 언제 어디서나 공유되어 건강이나 생활 관리에 적절하게 피드백 되어야 하는 원칙도 강조되어야 한다. 그리고 무엇보다도 우선적으로 병원의 전자기록 시스템(electric medical record)이 도입되어 유비쿼터스의 더욱 효율적인 활용이 이루어져야 할 것이다.

우리나라의 강한 IT를 바탕으로 하는 유비쿼터스 라이프케어 시장을 활성화하기 위해서는 무엇보다도 의료서비스에 관련된 법, 제도의 개선이 필요하다는 것이 일반적인 시장의 의견이다. 아직 우리나라에서는 유비쿼터스 헬스케어 서비스는 합법적인 비즈니스모델로 성장되지 않은 관계로 시장이 열려 있지 않은 상태이지만 미국 등 선진국에서는 노령화 사회의 의료비 절감을 이유로 유비쿼터스 라이프케어 서비스를 장려하고 있는 상황이다.

마지막으로 유비쿼터스 라이프케어는 생명의 문제를 다루고 있는 분야인 만큼 기술적인 발전과 더불어 시민단체, 종교단체 등과의 긴밀한 협의를 통해 융합에 따른 종교적, 도덕적, 윤리적 문제에 대한 대응도 필요하다고 하겠다.

약 어 정 리

AFM	Atomic Force Microscopy
CMOS	Complementary Metal-Oxide Semiconductor
CPOD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
DNA	DeoxyriboNucleic Acid
FET	Field Effect Transistor
GOX	Glucose Oxidase
HIV	Human Immunodeficiency Virus
IST	International Security Technology
PBS	Phosphate-Buffered Saline
PDA	Personal Digital Assistant
PSA	Prostate Specific Antigen
RFID	Radio Frequency Identification
RNA	RiboNucleic Acid
SEM	Scanning Electron Microscopy
SPR	Surface Plasmon Resonance
VTAM	Vêtement de Télé-Assistance Medicale

참 고 문 헌

- [1] 정병주, “유비쿼터스사회연구시리즈 제17호 - 유비쿼터스 사회의 의료, 보건 비즈니스 트렌드,” 2006.
- [2] 한국전산원, “유비쿼터스 사회 새로운 희망과 도전,” 2005.
- [3] 전황수, “ETRI 정책지원자료 - 국내외 u-Health 서비스 시장 및 산업전망,” 2006.
- [4] MindBranch Asia Pacific Co. Ltd, “u-health 시장현황 및 전망,” 2005.
- [5] 김기일, 손종구, 박현우, “2005 미래유망 사업화 아이템 이슈분석, 바이오칩, 시장견인요인 및 전략,” 2005.
- [6] 구영덕, 권영일, 김민곤, “미래유망 사업화 아이템 이슈분석, 바이오센서, 시장성장 및 기술개발 방향,” 2005.
- [7] 한국보건산업진흥원, “바이오칩, 최근 기술이슈 및 시장 동향,” 2005.
- [8] <http://www.abbottpointcare.com/apoc/index.html>
- [9] http://www.lgls.co.kr/diagnostics/prod/product_view.jsp?ke_gubun=KO&prod_seq=29
- [10] <http://www.infopia21.com/product/product01.php>
- [11] Y. Huang et al., “MEMS-based Sample Preparation for Molecular Diagnostics,” *Anal. Bimanol. Chem.*, Vol.372, 2002, pp.49-65.
- [12] J. Lichtenberg, “Sample Pretreatment on Microfabricated Devices,” *Talanta* 56, 2002, pp.233-266.
- [13] D. Lee et al., “A Microfluidic Device Based on the Heatsensitive Structural Transition of Poly(nisopropylacrylamide) for Controlled Surface Patterning of Protein,” *Proc. of μ TAS Conf.*, Tokyo, Vol.1, 2006, pp.311-313.
- [14] Yi Cui, Qingqiao Wei, Hongkun Park, and Charles M. Lieber, “Nanowire Nanosensors for Highly Sensitive and Selective Detection of Biological and Chemical Species,” *Science*, Vol.293, 2001, pp.1289-1292.
- [15] So-Jung Park, T. Andrew Taton, and Chad A. Mirkin, “Array-Based Electrical Detection of DNA with Nanoparticle Probes,” *Science*, Vol.295, 2002, pp.1503-1506.
- [16] G. Zheng, F. Fatolsky, Y. Cui, W.U. Wang, and C.M. Lieber, “Multiplexed Electrical Detection of Cancer Markers with Nanowire Sensor Arrays,” *Nature Biotechnology*, Vol.23, 2005, pp.1294-1301.
- [17] Z. Li, Y. Chen, X. Li, T.I. Kamins, K. Nauka, and R.S. Williams, “Sequence-Specific Label-Free DNA Sensors Based on Silicon Nanowires,” *Nano Letters*, Vol.4, 2004, pp.245-247.

- [18] A. Star, J.P. Gabriel, K. Bradley, and G. Gruner, "Electrical Detection of Specific Protein Binding Using Nanotube FET Devices," *Nano Letters*, Vol.3, 2003, pp.459-463.
- [19] K. Besteman, J. Lee, F.G.M. Wiertz, H.A. Heering, and C.D. Dekker, "Enzyme-Coated Carbon Nanotubes as Single-Molecule Biosensors," *Nano Letters*, Vol.3, 2003, pp.727-730.
- [20] M.A. Cooper, "Optical Biosensors in Drug Discovery," *Nature Reviews-drug Discovery*, Vol.1, 2002, pp.515-528.
- [21] J. Homla, S.S. Yee, and G. Gauglitz, "Surface Plasmon Resonance Sensors: Review," *Sensors and Actuators B*, Vol.54, 1999, pp.3-15.
- [22] A.V. Nabok, A. Tsargorodskaya, A. Holloway, N.F. Starodub, A. Demchenko, and O. Gojster, "Registration of Low Molecular Weight Environmental Toxins with Total Internal Reflection Ellipsometry," *Sensors, Proc. of IEEE*, Vol.3, 2004, pp.1195-1198.
- [23] C. Hanel and G. Gauglitz, "Comparison of Reflectometric Interference Spectroscopy with Other Instruments for Label-free Optical Detection," *Analytical and Bio-analytical Chemistry*, Vol.372, 2002, pp.91-100.
- [24] B. Lin, J. Qiu, J. Gerstenmeier, P. Li, H. Pien, J. Pepper, and B. Cunningham, "A Label-Free Optical Technique for Detecting Small Molecule Interactions," *Biosensors and Bioelectronics*, Vol.17, 2002, pp.827-834.
- [25] Jongcheol Hong, Kyung-Hyun Kim, Jae-Heon Shin, Chul Huh, and Gun Yong Sung, "Prediction of the Limit of Detection of an Optical Resonant Reflection Biosensor," *Optics Express*, Vol.15, No.14, 9 July 2007, pp.8972-8978.
- [26] A. Dittmar, F. Axisa, G. Delhomme, and C. Gehin, "New Concepts and Technologies in Home Care and Ambulatory Monitoring," *Wearable eHealth Systems for Personalised Health Management*, Edited by A. Lymberis, D. de Rossi, IOS press, 2004.
- [27] M. Philipose et al., "Inferring Activities from Interactions with Objects," in *Proc. of the Conf. on Pervasive Computing*, 2004, pp.50-57.
- [28] <http://www.istsec.fi/>
- [29] <http://www.vivometrics.com/>
- [30] <http://lifeguard.stanford.edu/>
- [31] J.L. Weber, D. Blanc, A. Dittmar, B. Comet, C. Corroy, N. Noury, R. Baghai, S. Vaysse, and A. Blinowska, "VTAM - A New Biocloth for Ambulatory Telemo-nitoring," *Proc. of the 4th Annual IEEE Conf. on In-formation Technology Application in Biomedicine*, UK, 2003.
- [32] R. Paradiso, G. Loriga, and N. Taccini, "Wearable Health Care System for Vital Signs Monitoring," *Proc. of MEDICON 2004 Conf.*, Italy, 2004.
- [33] <http://www.mobihealth.org/>
- [34] <http://epi-medics.insa-lyon.fr/>
- [35] D.H. Wilson, A.C. Long, and C. Atkeson, "A Con-text-Aware Recognition Survey for Data Collection Using Ubiquitous Sensors in the Home," in *Proc. of CHI 2005: Late Breaking Results*, 2005, pp.1865-1868.
- [36] D.H. Wilson and C. Atkeson. "Simultaneous Track-ing and Activity Recognition(STAR) Using Many Anonymous, Binary Sensors," in *Proc. of PERVASIVE*, Munich, Germany, 2005.
- [37] E. Mynatt, J. Rowan, and S. Craighill, "Digital Family Portraits: Supporting Peace of Mind for Extended Family Members," in *Proc. of CHI '01*, ACM Press, 2001, pp.333-340.
- [38] S. Consolvo, P. Roessler, and B.E. Shelton, "The CareNet Display: Lessons Learned from an In Home Evaluation of an Ambient Display," *UbiComp, LNCS 3205*, 2004, pp.1-17.