

## BT-IT(BIT) 융합기술

김상규 | 정봉현

한국생명공학연구원, 과학기술연합대학원대학교

### 요약

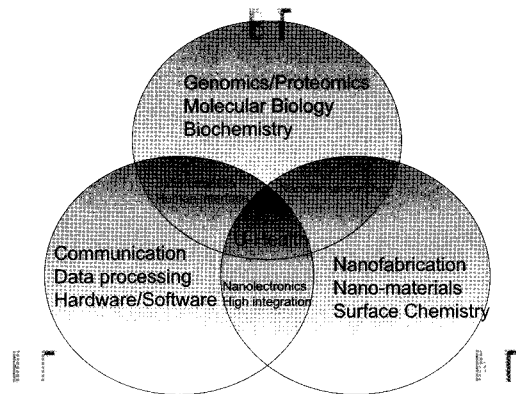
본고에서는 최신 과학기술 분야의 화두가 되고 있는 생명공학(BT)과 정보통신(IT)의 융합기술에 대해서 소개한다. 대표적인 기술로 바이오인포매틱스, 바이오칩, 바이오센서, 그리고 이들의 총체적인 기술인 유비쿼터스 헬스케어 시스템에 대해서 알아본다. BT, IT 융합기술을 통해 과학기술 분야에 새로운 연구분야와 효율적인 분석 기술을 제공해줌으로써, 인류의 건강에 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

### 1. 서론

최근 과학기술의 화두는 단연 융합기술이다. 서로 다른 분야의 학문들 사이의 벽을 허물고 이들의 융합을 통해 시너지 효과를 얻으려는 노력이 한창이다. 한 가지 분야만을 고집하지 않고 다른 분야와의 융합을 통해 기존에 접근하기 어려웠던 부분에 좀 더 쉽게 다가갈 수 있을 뿐 아니라 새로운 분야의 학문을 만들어 내기도 한다.

특히 최첨단 기술을 바탕으로 비교적 단시간 내에 상업화가 가능한 IT 기술을 기반으로 한 융합기술에 대한 관심이 높다. 그 중에서도 생명공학(BT) 분야와 정보통신기술(IT)의 융합에 많은 기대와 관심이 집중되고 있다. 생명공학 분야에서는 이미 인간 게놈 프로젝트에서 IT기술의 도움으로 인간유전자 완전해독이라는 쾌거를 이룬바 있다. BT와 IT 융합기술은 대표적으로 바이오인포매틱스(bioinformatics),

바이오칩(biochips), 바이오센서(biosensor), 유비쿼터스 헬스케어 시스템(ubiquitous healthcare system)이 있다(그림 1 참조).



(그림 1) 융합기술

일반적으로 생물정보학이라고 불리는 바이오인포매틱스는 컴퓨터를 이용하여 방대한 양의 생체정보를 처리하고 방대한 생체의 유전자 정보를 분석한다. 이를 통해 유전자의 유사성 연구, 단백질의 구조 예측 및 데이터 베이스 구축 및 다양한 정보를 얻을 수 있다.

바이오칩은 좁은 면적의 칩 위에 생체분자를 고밀도로 직접 접하고, 동시에 수많은 생체분자의 상호작용을 측정하는 소자를 말한다. 측정하고자 하는 종류에 따라 DNA칩(DNA chip), 단백질칩(protein chip) 등 다양하게 나뉠 수 있다. 바이오칩을 통해 신약 후보 물질 발굴 및 질병 진단 등 다양한 정보를 얻을 수 있다.

바이오센서는 생체분자의 상호작용을 측정하는 소자로 분자인식 층과 신호변화기로 구성된다. 바이오센서를 이용하여 극소량의 생체분자를 감지할 수 있다. 바이오센서는 DNA, 단백질, 효소 등 다양한 생체분자를 타겟으로 할 수 있으며 광학적, 기계적, 전기적 방법 등의 다양한 방법으로 측정할 수 있다.

유비쿼터스 헬스케어 시스템은 BT, IT 기술을 바탕으로 다양한 기술들이 총망라되어 있는 시스템으로 시간과 장소에 상관없이 생체 정보를 진단할 있는 시스템을 가리킨다. 특히, 병원에 가지 않고 질병을 가정에서 손쉽게 진단할 수 있으며, 이를 통해 질병의 조기 진단이 가능하여 질병이 치명적인 단계에 이르는 것을 사전에 예방할 수 있다.

본고에서는 BT, IT 융합기술의 대표적인 분야인 바이오인포매틱스, 바이오칩, 바이오센서, 유비쿼터스 헬스케어 시스템에 대해서 소개한다. BT, IT 융합기술을 통해 생체 정보를 더욱 효율적이고 체계적으로 처리 및 분석할 수 있어, 앞으로 인류의 건강한 삶에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

## II. 본 론

### 바이오인포매틱스(bioinformatics)

바이오인포매틱스 혹은 생물정보학은 생물(bio)과 정보학(informatics)이라는 서로 다른 분야의 만남을 통해 새롭게 태어난 학문이다. 인간 게놈 프로젝트 등 생물체의 유전자 정보를 해석하려는 연구자들의 노력으로 엄청난 양의 게놈 정보들을 얻을 수 있게 되었다. 게놈 정보의 근간이 되는 DNA는 아데닌(A), 구아닌(G), 시토신(C), 티민(T) 등 4개의 염기로 이루어져 있는데, 4개의 염기들이 무작위 배열되어 있다. 하지만 이런 배열 속에 생명체가 살아 움직이게 하는 모든 유전자 정보가 들어있을 뿐 아니라 생체 안에서 실질적인 기능을 하는 단백질을 만드는데 필요한 정보가 들어있기 때문에 중요한 의미를 갖는다. 따라서 DNA의 염기 서열을 분석하여 각 서열이 생체에서 어떤 역할을 하는지 분석하는 것은 매우 중요하다. 하지만 DNA는 방대한 양의 염기 서열과 정보를 가지고 있어 이를 좀 더 효율적으로 분석할 수 있는 기술이 필요하다. 이런 기술적인 요구를 충족시키기

위하여 생명공학과 정보를 다루는 정보학과 만나 바이오인포매틱스라는 학문이 새롭게 생겨났다.

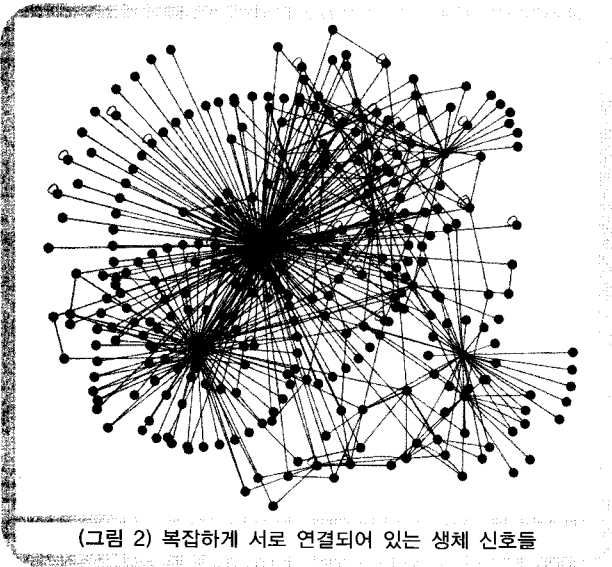
바이오인포매틱스는 방대한 양의 게놈 정보를 분석하기 위해 태어났지만, 그 응용분야는 다양하다.

인간 게놈 프로젝트를 성공적으로 마친 후, 포스트 게놈(post genome) 시대를 맞이하여 생체에서 실질적인 기능을 하는 단백질에 대한 연구가 최근에 활발하게 이루어지고 있는데, 단백질의 총체적인 연구를 한다고 하여 프로테오믹스(Proteomics)라고 한다. 단백질은 발현(expression)이란 과정을 거쳐 만들어지는데, DNA가 4개의 염기로 이루어진 반면, 단백질은 20가지의 아미노산(amino acid)로 이루어져 있어 더욱 복잡한 구조를 갖는다. 단백질은 구성하고 있는 아미노산 종류와 배열에 따라 폴딩(folding)이란 과정을 거쳐 다양한 3차원 구조를 갖는다. 단백질의 아미노산의 구성과 3차원 구조에 따라 다양한 기능을 하기 때문에 단백질을 구조를 분석하는 연구 또한 중요한 의미를 갖는다. 일반적으로 단백질의 구조 분석은 엑스레이 결정학(x-ray crystallography)나 NMR(nuclear magnetic resonance) 등으로 분석하였으나 최근에는 바이오인포매틱스의 도움을 이용하여 단백질 구조 분석 및 기능을 예측하는 연구도 활발하게 진행되고 있다.

단백질은 한 가지 유전자에 의해서 발현되는 것이 아니라 생체 내의 복합적인 상호작용에 영향을 받아 다양하게 발현된다. 단백질뿐 아니라 생체에 발생하는 모든 생체 신호들이 복잡한 네트워크 안에서 다양한 얽혀있는 조건에 의해서 서로 상호작용을 한다(그림 2 참조). 이러한 복잡한 시스템을 포괄적으로 해석하고 원하는 정보를 얻기 위해서는 컴퓨터와 소프트웨어의 도움이 필수적이다.

이런 과정에서 얻어지는 방대한 양의 정보들을 가지고 데이터 베이스를 구축하는 것도 바이오인포매틱스의 한 영역이다. 방대한 양의 정보를 저장하고 있는 데이터 베이스를 구축한다면 이를 토대로 앞으로 새롭게 발견되는 정보와 비교 분석이 가능하여 유사한 배열을 찾고 그 기능을 비교하는데 있어 효과적인 도움을 줄 수 있다.

특히 바이오인포매틱스가 큰 관심을 받는 이유 중 하나가 신약 개발에 큰 도움을 준다는 것이다. 특정 질병에 걸린 사람들의 유전자를 분석하여 공통적으로 문제가 있는 부분을 찾아낸다면 신약을 개발하는데 큰 도움을 줄 것이다. 그대



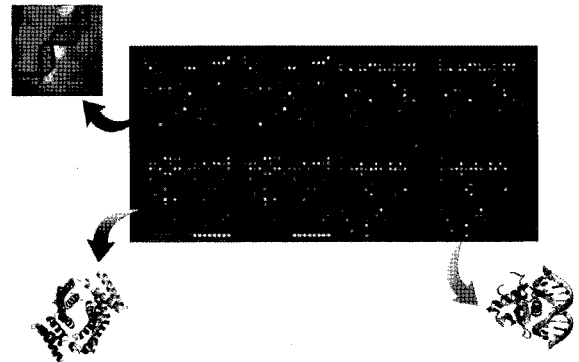
(그림 2) 복잡하게 서로 연결되어 있는 생체 신호들

표적인 예로 골다공증을 들 수 있다. 연구자들은 골다공증 환자에 공통적으로 나타내는 문제의 염기서열이 있다는 것을 발견했고, 그 염기서열을 데이터 베이스 검색을 통해 유사한 정보가 있는지 검색을 통해 그 유전자가 만드는 단백질은 카텝신-K라는 효소라는 것을 확인했다. 기존의 방법으로는 같은 사실을 알아내는데 수년간의 시간이 걸렸겠지만, 바이오인포매틱스의 도움으로 단 며칠 사이에 결과를 얻었다고 한다. 일반적으로 신약을 개발하는 데는 막대한 비용과 수년 이상의 시간이 걸린다. 하지만 컴퓨터와 정보학을 신약을 개발하는데 사용한다면 신약 개발을 위한 시간과 비용을 크게 줄일 수 있을 것이다.

**바이오칩(biochip)**

바이오칩은 좁은 면적의 칩 위에 수 많은 생체분자들을 고밀도로 배열하고, 그 위에서 일어나는 다양한 생체분자들 사이의 상호작용을 한꺼번에 분석할 수 있는 소자를 가리킨다. 바이오칩 기술은 생명공학, 물리, 화학, 반도체공학 등 다양한 학제간 융합을 필요로 하는데, 이렇게 만든 바이오칩은 생명현상을 규명하고, 신약 후보 물질을 찾는데 사용되거나, 질병을 진단하는데 유용하게 사용된다(그림 3 참조).

지난 첨단 생명공학 연구의 결실로 방대한 양의 생물학적 정보를 얻게 되었다. 따라서 포스트 게놈 시대에는 이런 많은 양의 정보를 효율적으로 사용하기 위해 수많은 생체분자



(그림 3) 바이오칩은 좁은 면적 위에서 수 많은 생체분자들의 상호작용을 분석할 수 있다.

들을 초고속, 고감도로 분석하는 새로운 기술이 필요하게 되었다. 이런 요구를 충족시켜줄 수 있는 기술이 바로 IT 기술과의 융합기술을 통해 얻을 수 있는 바이오칩 기술이다.

바이오칩은 분석하고자 하는 대상에 따라 DNA칩, 단백질칩, 세포칩 등 다양하다. DNA칩의 대표적인 사례는 Affymetrix의 DNA칩을 꼽을 수 있다. 일반적으로 컴퓨터에 들어가는 칩을 만들 때 사용하는 포토리소그래피(photolithography) 기술을 사용하여 서로 다른 수십만 개의 DNA를 하나의 유리기판 위에 합성하였다. 기존에 불가능했던 수십만 개의 유전자 양상 분석이 DNA칩을 통해 가능해져 생명공학에 엄청난 기여를 하게 되었다. 또한 융합기술을 중요성을 인식시켜주는 중요한 계기가 되었다.

과거에는 Affymetrix의 DNA칩을 중심으로 DNA를 분석하고 응용하는 연구가 활발했으나, 최근에는 생체에서 실질적인 기능을 수행하는 단백질에 대한 연구가 활발하다. 단백질은 DNA와는 크기나 구조, 생물학적인 특성이 다르기 때문에, 단백질칩은 DNA칩과 분석원리, 응용범위 등에서도 매우 다른 바이오칩이다. 특히, 질병진단을 위한 가장 중요한 기술로 인정받고 있는데, 단백질이 질병을 일으키는 직접적인 원인 제공을 하기 때문이다. 따라서 단백질칩을 이용하면 질병을 진단하는 동시에 신약을 찾는데 큰 도움을 줄 수 있다.

바이오칩을 구현하는데 반드시 필요한 기술이 어레이(array) 기술이다. 어레이 기술은 분석하고자 하는 샘플을 원하는 부분에 배열하는 기술로 수 많은 샘플을 좁은 면적의 칩 위에 배열할 수 있다. 기존에는 마이크로 어레이(microarray)라고 하여 샘플 사이의 간격이 수~수백 마이크

로 미터 간격을 두고 배열하였다. 이 기술을 통해 수많은 생체분자들을 하나의 칩 안에서 동시에 분석할 수 있었다. 최근에는 어레이 기술이 나노어레이(nanoarray)로 발전하고 있다. 나노어레이 기술은 마이크로 어레이 기술의 한계를 넘어 같은 면적에서 훨씬 더 많은 샘플을 동시에 분석할 수 있다. 또한 나노기술을 이용해 다양한 모양과 크기를 갖는 어레이를 만들 수 있어 바이오칩의 감도와 효율성을 향상시킬 수 있다[1].

바이오칩을 개발하는데 필요한 또 하나의 기술이 표면처리(surface modification) 기술이다. 바이오칩의 표면을 처리함으로써 생체분자들을 표면에 고정화시킬 수 있는데, 어떻게 고정화하느냐에 따라 바이오칩의 감도가 다르게 나타난다. 특히 단백질의 고정화 방법은 단백질 상호작용의 효율을 높이고 비특이적 결합(nonspecific interaction)을 방지하는데 매우 중요하다. 단백질의 대표적인 반응인 항원-항체(antigen-antibody) 반응은 주로 항원으로 타깃으로 측정을 하게 되는데 이때, 항원을 감지하는 항체를 표면에 일정한 방향으로 고정시키는 기술이 센서의 감도에 중요한 역할을 한다. 항체의 특정 영역 (Fab)만이 항원과 반응을 하기 때문에 그 영역을 노출을 시켜야 항원과 원활하게 반응을 시킬 수 있다[2]. 또한 비특이적 결합은 반응하지 않아야 할 표면과 반응하는 것을 말하는데 비특이적 반응이 크면 감도가 떨어질 뿐 아니라 분석 결과의 신뢰성마저 떨어트리는 결과를 초래한다. 따라서 표면처리 기술은 바이오칩을 제작하는데 매우 중요하다.

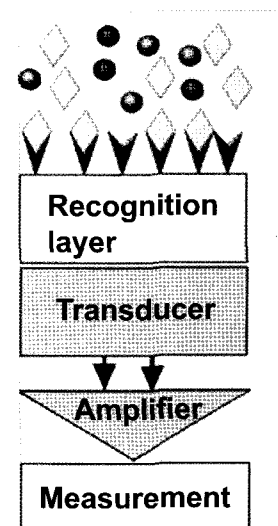
바이오칩을 분석하는 기술 또한 중요한 이슈가 되고 있는데, 바이오칩은 칩 하나에서 수많은 반응이 일어나기 때문에 동시에 분석할 수 있는 방법이 필요하다. 분석 방법에는 전기적 분석, 광학분석, 질량분석 등 다양한 방법이 있지만, 한꺼번에 많은 샘플을 분석하기 위해 일반적으로 광학분석 방법을 많이 사용하고 있다. 기존의 광학분석 방법은 형광 물질을 이용하여 분석하는 방법을 많이 사용하였는데, 이 방법은 생체분자에 형광물질을 균일하게 붙여야 하는 번거로움이 있다. 따라서 생체분자 그대로를 초고속으로 분석하는 방법이 개발되고 있는데, 대표적으로 표면공명현상(surface plasmon resonance)을 이용한 방법이 있다[3]. 이 방법은 생체분자를 처리 없이 있는 그대로 분석할 수 있기 때문에 많은 샘플을 분석하는데 유용하게 사용될 수 있다.

이렇듯 바이오칩 기술은 칩 제작, 표면처리, 생명공학적인 지식, 분석기술 등 매우 다양한 분야의 지식이 필요하기 때문에 각 학문간의 긴밀한 도움이 필요하다.

### 바이오센서(biosensor)

바이오센서란 몸 속의 단백질(protein), DNA, RNA, 효소(enzyme), 항원-항체(antigen-antibody) 등의 생체분자를 측정하는 소자를 가리킨다. 바이오칩과 비슷한 개념을 가지고 있지만, 바이오칩은 고밀도 직접화를 하여 다양하고 많은 샘플을 분석하는 반면, 바이오센서는 제한된 샘플을 좀 더 다양한 방법으로 분석한다는 특징이 있다. 최근에는 둘 사이의 경계가 모호해지고 있으며, 동일한 의미로 사용하는 경우도 많다.

바이오센서는 분자인식층(recognition layer)과 신호변환기(signal transducer)로 이루어져 있다(그림 4 참조). 분자인식층에서는 생체분자를 선택적으로 감지하는데, 분석하고자 하는 대상을 인식하는 수용체(receptor)를 표면에 처리함으로써 이루어진다. 분자인식 층에서 생체분자를 감지하게 되고 신호변환 층에서 어떤 특성을 측정하느냐에 따라 바이오센서의 종류가 결정된다. 예를 들어 굴절률이나 흡광도 등의 광학적 특성을 측정하게 되면 광학적 바이오센서라고 하고, 표면 전하나 저항 등 전기적인 특성을 측정하게 되면 전기적 바이오센서라고 한다. 측정된 신호는 하드웨어를 통해



(그림 4) 바이오센서는 분자인식층과 신호변환기로 이루어져 있다.

변환 또는 증폭되어 결과로 나타낸다.

바이오센서의 다른 분석 방법과는 다르게 측정하고자 하는 샘플과 빠르고 정확하게 분석할 수 있는데, 생체분자를 검출하기 위해 광학(optical), 질량(mass), 압전(piezoelectric), 전자(electric/electrochemical) 등 다양한 물리화학적 변화를 이용한다. 광학을 이용하는 방법은 형광(fluorescence), 굴절률(refractive index), 간섭효과(interferometry) 등을 이용하여 감도 높은 센서를 만들 수 있는 반면, 측정 장비가 거대하여 소형화에 적당하지 않다는 단점이 있다.

질량의 변화를 이용하는 센서는 주로 QCM(quartz crystal microbalance)를 이용하는데, 이것은 고유진동수를 갖는 얇은 수정 박막 위에 생체분자가 올라가면 진동수가 변하는 특성을 이용한다. 압전을 이용하는 방법은 캔틸레버(cantilever)를 이용하는 것이 대표적인데 캔틸레버 위에 생체분자가 올라가면 그 질량에 의해 캔틸레버가 휘게 되는데 휘는 정도에 따라 저항이 달라지는 특성을 이용한다.

최근에는 전기적인 방법으로 생체분자를 검출하는 방법에 대한 연구가 활발한데, 이 방법은 감도가 좋을 뿐 아니라 장비의 소형화가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 대표적으로 전계효과트랜지스터(field effect transistor, FET)의 특성을 갖는 나노와이어나 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)를 이용하는 방법이 있다(4기. 보통 메모리를 구성하는 소자로 유명한 FET는 그림과 같이 source, drain, gate 세 개의 전극으로 이루어져 있는데, source와 drain 전극 사이에 전압을 인가하여 흐르는 전류를 gate에 전압을 걸어줌으로써 조절

할 수 있다(그림 5). FET는 바이오센서로도 이용이 가능한데, 단백질이나 DNA와 같은 생체분자의 표면 전하가 gate 전압의 역할을 하게 되어 생체분자의 농도에 따라 source와 drain 사이에 흐르는 전류의 양이 변하게 된다. 흐르는 물의 양을 조절하는 수도꼭지의 역할을 하는 생체분자가 하게 되는 것이다.

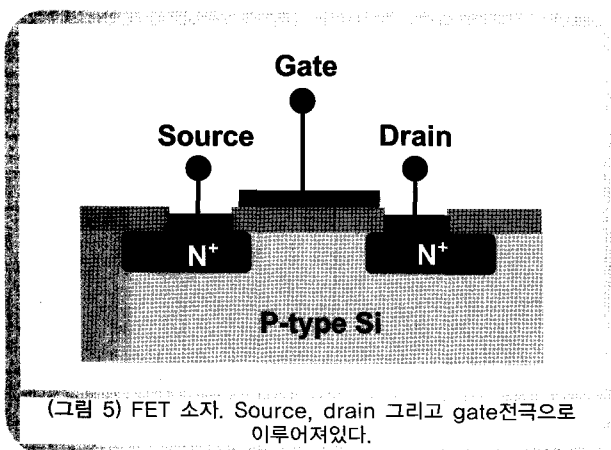
이런 전기적인 방법은 고감도의 특성을 갖는데다가 소형화가 가능해서 미래형 센서로 주목을 받고 있다. 바이오센서의 응용 범위는 다양한데, 생체분자의 상호작용을 분석하거나, 질병을 진단하는 의료 분야, 식품의 안정성 평가, 환경, 국방, 그리고 유비쿼터스 헬스케어 등 다양하게 사용될 수 있다.

### 유비쿼터스 헬스케어 시스템

#### (ubiquitous healthcare system)

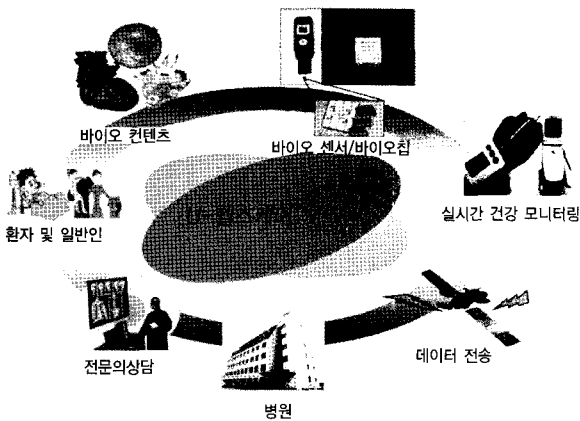
유비쿼터스(ubiquitous)란 '언제 어디에나 존재한다'라는 의미를 갖는 라틴어에서 왔다고 한다. 이러한 개념이 현재에 들어와서는 시간과 장소에 상관없이 네트워크에 접속할 수 있다는 것을 의미한다. IT 분야에서는 홈네트워킹 시스템이나 모바일 원격 조정 시스템 등을 선보이며 유비쿼터스 환경을 구축하는데 노력하고 있다. 최근에 눈부신 산업화의 발전과 경제 성장으로 사람들의 생활이 더 없이 풍요로워짐에 따라 사람들의 관심이 건강한 삶을 사는데 집중이 되고 있다. 이러한 변화의 일환으로 웰빙(well-being) 산업 등 인간의 건강을 상품으로 하는 산업들이 급속하게 발전을 하고 있다. 하지만 이런 사회적인 관심에도 불구하고 질병은 우리 몸 속에서 서서히 자라날 수가 있기 때문에 번거롭지만 병원에 찾아가서 주기적인 건강검진을 필수적이다.

하지만 앞으로 다가올 유비쿼터스 시대에는 유비쿼터스 헬스케어 시스템으로 인해 이런 번거로움마저 없어질 것으로 예상된다. 유비쿼터스 헬스케어 시스템은 말 그대로 언제 어디서나 질병을 진단할 수 있는 시스템을 뜻한다. 질병이 있는지 확인하기 위해 병원까지 갈 필요 없이 휴대용 진단기로 개인이 손쉽게 질병을 진단할 수 있다. 휴대용 진단기는 휴대폰이나 PDA 등 휴대용 단말기에 질병을 진단할 수 있는 바이오센서를 연결하여 사용할 수도 있고 진단기 자체를 가지고 진단할 수도 있다(그림 6 참조). 시간과 장소에 관계없이 질병을 진단하려면 반드시 진단기의 크기가 소



(그림 5) FET 소자. Source, drain 그리고 gate 전극으로 이루어져 있다.

형화되어야 한다. 일반적으로 광학적인 바이오센서를 이용하기 위해서는 측정 장비가 거대해질 수 밖에 없지만 전기적인 바이오센서는 소형화가 간단하다. 따라서 유비쿼터스 헬스케어 환경에 적합한 센서는 전기적으로 측정하는 바이오센서이기 때문에 앞에서 소개한 바이오센서들이 중요하다. 또한 이런 진단기는 모바일 장비와 연동하여 측정 결과를 웹을 통해 보호자나 병원 등으로 전송하여 체계적으로 질병 관리를 할 수 있다.



(그림 6) 유비쿼터스 헬스케어 시스템 개념도

실제로 이런 개념의 진단기가 개발이 되었는데, 대표적인 혈당 측정기이다. 국내외 여러 회사에서 소형 혈당 측정기를 개발하여 집에서 손 쉽게 혈당 측정을 해오고 있다. 국내의 한 회사는 휴대폰과 연동하여 혈당을 측정할 수 있는 시스템을 개발하였는데, 이 시스템을 이용하면 혈당 측정이 되는 동시에 측정 결과가 관리 서버로 전송이 되어 혈당의 변화를 확인할 수 있을 뿐 아니라 체계적으로 혈당 관리를 할 수 있다. 이런 시스템을 이용하면 식생활 등의 생활 패턴을 올바르게 유지할 수 있고 수시로 질병을 체크할 수 있기 때문에 건강한 생활을 유지할 수 있다는 장점이 있다.

한국생명공학연구원에서는 간기능 측정 시스템을 개발하였는데, 이 시스템은 간의 건강 상태를 나타내주는 효소인 GOT(glutamic oxaloacetic transaminase)와 GPT(glutamic pyruvic transaminase)를 동시에 측정하고 결과를 휴대폰의 디스플레이에 나타내도록 하였다. 이 시스템에는 스트립 센서가 사용되었는데 기질이 덮인 전극 위에 GOT, GPT를 반

응시켜 전자를 발생시킨다. 효소의 농도에 따라 발생하는 전기적인 신호를 휴대폰에 연결된 하드웨어를 통해 분석하고 그 결과가 휴대폰의 디스플레이에 나타난다.

이런 유비쿼터스 헬스케어 시스템의 지속적인 발전을 통해 앞으로의 우리 생활은 더욱 건강해질 것으로 예상된다. 가정에서 손 쉽게 질병을 진단하여 미리 질병을 예방할 수 있을 뿐 아니라 체계적인 관리를 통해 올바른 식생활 등의 생활 패턴을 유지할 수 있을 것이다. 이를 위해 IT와 BT 분야의 지속적인 협력을 통해 바이오센서 개발과 유비쿼터스 환경을 구축하는데 노력을 해야 할 것이다.

### III. 결 론

바이오센서는 BT, IT 융합기술의 핵심이다. 서로 다른 분야의 융합을 통해 전보다 뛰어난 성능의 소자를 개발하거나 체계적인 분석을 하는 등의 시너지 효과를 얻을 수 있다. 바이오인포매틱스를 통해 방대한 양의 정보를 효율적이고 체계적으로 분석할 수 있게 되어, 생체분자를 연구하거나 신약을 개발하는데 큰 도움을 줄 수 있게 되었다. 바이오칩은 포스트 게놈 시대를 맞이하여 수많은 생체분자들을 초고속, 고감도로 분석할 수 있는 새로운 기술로 떠올랐으며, 바이오센서는 질병을 진단하거나 식품의 안정성 평가, 환경 및 국방 분야에서도 유용하게 쓰일 것으로 기대된다. 특히 BT, IT 기술의 총체적인 기술이라고 할 수 있는 유비쿼터스 헬스케어 시스템을 통해 앞으로는 병원에 가지 않고 가정에서 손 쉽게 질병을 진단할 뿐 아니라 체계적이고 종합적인 건강 관리를 통해 더욱 건강한 생활을 유지하는 등 삶의 질을 향상시킬 것으로 기대된다. 이를 위해서는 BT, IT의 융합기술에 대한 더 많은 관심과 투자가 필요할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] Pompa, P. P, et al. "Metal enhanced fluorescence of colloidal nanocrystals with nanoscale control" Nat.

Nanotech. 1, 126-130, 2006

- [2] Lee, J. M. et al. "Direct Immobilization of Protein G Variants with Various Numbers of Cystein Residues on a Gold Surface" Anal. Chem. 79, 2680, 2007)
- [3] Ro, H.-S. et al. "SPR Imaging Protein Array for Analysis of Triple Protein Interactions of HPV E6, E6AP and p53" Proteomics 6, 2108-2111, 2006
- [4] Zheng, G., Patolsky, F., Cui, Y., Wang, W. U. & Lieber, C. M., " Multiplexed electrical detection of cancer markers with nanowire sensorarrays." Nat. Biotechnol. 23, 1294-1301, 2005
- [5] Stern, E. et al. "Label-free immunodetection with CMOS-compatible semiconducting nanowires" Nature 445, 519-522, 2007
- [6] So, H.-M. et al. "Single-Walled Carbon Nanotube Biosensors Using Aptamers as Molecular Recognition Elements" J. Am. Chem. Soc. 127, 11906-11907, 2005
- [7] Star, A. Gabriel, J. P., Bradley, K., and Gruner, G. "Electronic Detection of Specific Protein Binding Using Nanotube FET Devices" Nano Lett. 3, 459-463, 2003

약 력



2000년 ~ 2004년 한동대학교 전산전자공학부 학사  
2004년 ~ 현재 UST 나노바이오공학과 박사과정, 한국생명공학연구원 바이오나노연구단

김 상 규



1978년~1982년 서울대학교 공과대학 화학공학과 학사  
1982년~1984년 한국과학기술원 화학공학과 석사  
1983년~1987년 한국과학기술원 화학공학과 박사  
1990년~1991년 California Institute of Technology, Post-Doc  
1987년~1997년 한국생명공학연구원 선임연구원  
1997년~2002년 한국생명공학연구원 생물공정연구실 실장  
2002년~2003년 한국생명공학연구원 융합생명공학연구실 실장  
2003년~현재 한국생명공학연구원 바이오나노연구단 단장  
과학기술연합대학원대학교 나노바이오 전공책임교수

정 봉 현

