

BT-IT-NT 융합기술의 현재와 미래

주재범 (한양대학교)

I. 서론

최근 학계와 산업계의 중요한 트렌드 중의 하나는 융합기술이다. 융합기술이란 나노기술 (NT), 바이오기술 (BT), 정보기술 (IT) 등의 첨단기술간에 이루어지는 상승적 결합으로 기존의 기술 한계를 극복할 수 있는 최첨단 기술이다. 융합기술은 경제적인 측면에서도 중요하지만 유비쿼터스화, 에너지소비의 효율화, 환경오염물질의 배출 감소, 의료 신기술을 통한 삶의 질 향상에 크게 기여하며, 풍요로운 나라의 건설에 절대적 역할을 할 것이다. 미래학자 패트릭 디슨 (Patrick Dixon)은 지난해 지식경제부에서 주최한 “기술융합과 미래사회에 대한 국제회의”의 기조연설에서 기술의 융합과 확산이 경제성장의 견인차 역할을 하게 될 것이라고 전망하였다.

미국, 일본, 유럽 등의 선진국에서는 바이오 산업을 21세기의 핵심 첨단 산업으로 지정하여 지원을 강화함으로써 국제 경쟁력 강화를 꾀하고 있다. 특히, BT-IT-NT 융합 기술은 자체적인 기술 및 제품 개발을 통하여 신산업을 창출하는 효과뿐만 아니라 그 파생 기술로 기존의 기계, 전자, 의료, 소재 산업을 고도화시켜 부가가치를

창출하는 경제적 파급 효과가 있을 것으로 예상된다. 본고에서는 BIT 융합과 NBT 융합 기술의 정의와 미래 발전 비전 및 산업화 방향에 대하여 고찰해 보기로 한다.

II. BIT 융합 기술의 발전과 비전

1. BIT 기술의 정의

BIT 기술은 생명체의 유전, 번식, 성장, 제어, 대사 등의 기능과 정보를 다루는 생명공학 (BT) 과 인터넷, 정보통신 등에 기여하는 정보공학 (IT)간의 융합 기술을 이용하여 인간에게 유익한 물질과 서비스를 제공하는 고부가가치 기술이다. 현재 BT 산업은 생물학, 기초의학 분야 뿐만 아니라 물리, 화학, 공학 분야 등의 다양한 분야의 기술과 융합되어 다양하게 발전되어 가고 있다. 특히, 생활수준의 향상과 사회의 고령화 추세로 인하여 보다 손쉽게 가정에서 의학정보를 획득하여 원격 진료를 구현하는 POC (point-of-care) 및 원격 진료 기술, 의료정보의 디지털화 및 무선통신 기술, 생물 정보학 기술 등은

매우 높은 부가가치를 가진 미래의 기술로 인식되고 있다. 특히, 최근에는 시스템 이론을 이용하여 생체현상을 모델링하고 분석하는 바이오정보(Bioinformatics) 분야에 대한 활발한 개발과 기술 투자가 이루어지고 있다. 최근 발전하고 있는 BIT 기술의 필요성은 Genomics, Proteomics, Bioinformatic Manipulation Systems 등의 세 가지 분야의 비약적인 발전에 기반하고 있다.

Genomics: 다양한 유전체 염기서열 프로젝트인 Genome Project의 성공은 이로부터 발생되는 막대한 데이터를 신속하고 정확하게 분석할 수 있는 시스템의 개발을 필연적으로 요구하게 되었다. 즉, 이러한 Genome project의 성공은 이제까지 수행되어 왔던 개별 유전자의 단편적인 연구를 전체 유전체를 포괄적으로 분석하고 이해하는 방향으로 변화시켰다. 이로 인하여, 과거에는 불가능하였던 초고속 스크리닝 기술을 이용한 신약후보 물질의 발굴 및 검증 등이 가능하게 되었으며, 이로 인한 유전체 관련 시장은 급속하게 발전하고 있다.

Proteomics: 단백질체에 대한 연구는 Genomics의 발전이후에 빠르게 성장하고 있는 신규 분야로, 유전자의 기능을 밝힌다는 측면에서는 Genomics와 같으나 유전자의 산물인 단백질을 대상으로 조직이나 세포, 채액과 같은 시료를 대상으로 이들을 분석하여 궁극적으로 특정 단백질과 이를 만드는 유전자의 기능을 동시에 밝혀내는 기술이다. 이 기술의 의료 산업에 미치는 파급효과는 막대할 것으로 예상되며 관련 산업도 신기술이 개발되면서 매우 빠른 속도로 성장할 것으로 예상된다.

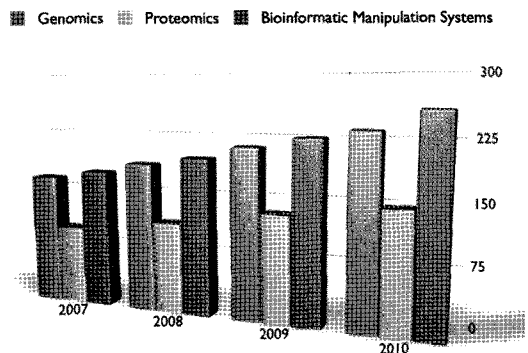
Bioinformatic Manipulation Systems: 전 세계적으로 Genomics와 Proteomics의 급속한 발

전으로 얻어지는 막대한 분자생물/생화학 데이터가 증가하고 있으며, 이러한 데이터를 효율적으로 분석하고 관리할 수 있는 소프트웨어에 대한 요구가 급속히 증가하고 있다. 이러한 각종 바이오 데이터는 각종 소프트웨어 툴에 의하여 분석되고 데이터베이스에 저장되어 공유된다. 또한, 이러한 데이터의 관리와 분석을 위한 바이오 정보 분야의 요구도 극대화되고 있는 실정이다.

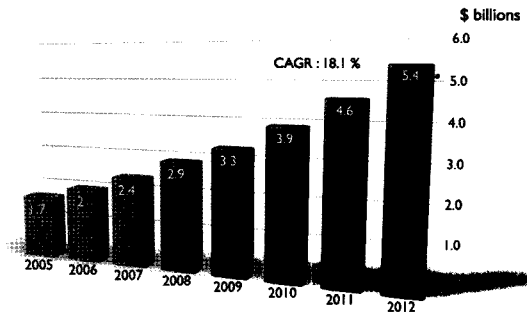
2. 시장 예측 및 산업 발전 전망

앞에서 언급한 바와 같이 Genomics와 Proteomics, 그리고 Bioinformatics의 빠른 발전과 더불어 생명정보 분야는 폭발적으로 시장 수요가 현실화되는 추세에 있으며, IT 기술을 도입한 생명정보 분석 관련 프로그램들이 매우 빠른 속도로 증가하는 추세에 있다. 전 세계 바이오정보 시장의 현황을 보면, 2005년부터 연평균 18.1% 이상의 시장 성장을 기록하였으며, 2012년에는 54억불 이상의 매출 시장이 형성될 것으로 예상된다.

지역별 바이오 정보시장을 분석해 보면, 미국의 경우 바이오 정보도구 및 서비스 시장이 전 세계에서 가장 큰데 그 이유는 거대한 제약 시장



〈그림 1〉 바이오정보시장의 분야별 매출 동향



〈그림 2〉 바이오정보시장의 연도별 매출 현황

자료출처: Visiongain, Bioinformatics Report – The Forecasts and Future of the Market 2006–2011

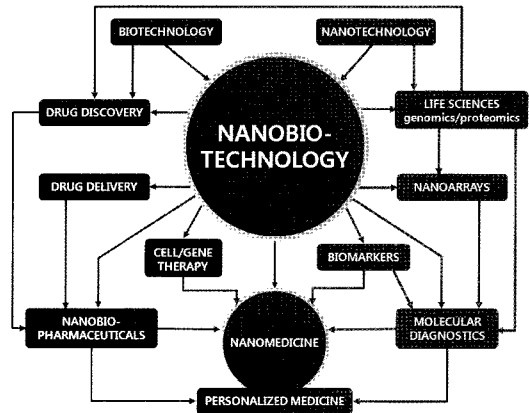
때문인 것으로 추정된다.

유럽은 바이오정보 분야에서 미국 다음으로 큰 시장을 형성하고 있으며, 이러한 성장의 배경에는 강력한 정부의 지원, 신약개발 활성화, 그리고 데이터 관리의 효율성 등을 들 수 있다. 한국, 일본, 중국, 인도와 같은 아시아 지역은 앞으로 발전 가능성이 가장 큰 지역이며, 가장 중요한 원인 중 하나는 IT 산업의 발전과 이 분야의 숙련된 기술자가 많다는 사실이다. 국내의 경우 바이오정보 시장이 아직은 시작단계에 머물러 있으나 정부 및 기업들의 연구 개발 투자자 점차적으로 확대되고 있는 추세이므로 국내의 시장 규모 또한 빠른 속도로 성장할 것으로 예상된다.

III. NBT 융합 기술의 발전과 비전

1. NBT 기술의 정의

나노바이오 융합 기술을 정의하는 것은 매우 어려운 일이지만, 이 기술은 이미 헬스케어 산업, 나노의학, 약물전달 분야에 큰 영향력을 끼치고 있다. 바이오시스템에 대한 나노 스케일의 연구



〈그림 3〉 나노바이오 기술의 상관관계도

자료출처: A Jain PharmaBiotech Report – Nanobiotechnology, 2010

는 물리학, 분자공학, 생물학, 생물공학, 의학 등이 서로 융합된 새로운 학문 분야를 창출하고 있다. 특히, 신약개발과 약물전달 시스템 등에 미치는 나노기술의 영향력을 매우 크다고 할 수 있다. 나노바이오기술과 헬스케어 산업 분야의 상관관계도를 〈그림 3〉에 나타내었다.

바이오산업 분야에서는 신약 개발 분야와 약물 전달 분야에 나노 기술이 도입되어 세포/유전체 치료 분야나 나노바이오 의약 분야에 기여할 것으로 예상되며, 나노 기술의 경우에는 생명공학기술 및 바이오마커 진단 분야 등에서 마커진단 기술 및 분자진단 분야와 융합되어 나노 의료 분야에 기여할 것으로 예상된다. 궁극적으로 이러한 나노바이오 융합 기술은 신약 개발이나 맞춤형 진단 분야의 개발과 밀접한 연관관계가 있을 것으로 판단된다.

나노바이오 융합기술의 응용 범위 또한 매우 광범위하여 현재 나노 기술로 창출되는 마켓보다 기존의 산업 기술과 연관된 시너지 효과가 매우 클 것으로 전망된다. 예측 가능한 나노바이오 융합 기술의 응용범위는 다음과 같다.

생명과학 분야: 나노기술을 이용한 단일분자 수준의 검출 및 분자영상 분야로의 발전이 기대된다. 다양한 광학 영상 장비 및 표면 분석 장비를 이용한 고감도 영상 획득 및 유전체/단백질의 기능성 규명 분야에서 획기적인 발전이 이루어질 것으로 전망된다.

나노분자 진단 분야: 기능성 나노입자 또는 nanoarray 기술과 바이오센서 기술을 이용한 분자 수준의 초고감도 조기 질병진단의 실현이 가능할 것으로 예상된다.

신약 개발 분야: Nanofluidics와 나노입자를 이용한 초고속 단백질 스크리닝 기술 및 세포 기반 초고속 에세이 기술이 개발되어 기존의 신약 개발 과정보다 수백 배 빠른 스크리닝 시스템이 개발될 것으로 예상된다.

약물전달시스템 분야: 다양한 고분자 물질 및 hybrid 물질로 구성된 표적 지향적 나노입자 기반의 약물 전달시스템 기술이 개발되어 암과 같은 난치병 치료에 획기적인 변화가 있을 것으로 예상된다.

나노메디슨 분야: 캡슐내시경, 조기 암진단을 위한 나노조영제 기반 분자영상, 세포치료제, 나노스카폴드를 이용한 인공 생체조직 개발, 나노튜브 기반의 인공 근육 개발, 나노재료를 이용한 인공 장기 개발 등의 다양한 분야에 나노기술이 도입될 것으로 예상된다.

이와 같이 다양한 분야에 걸쳐 나노기술이 응용될 것으로 예상되며, 시장성 또한 폭발적으로 증가될 것으로 예상된다. 그런데, 한 가지 중요한 문제점은 나노물질의 안전성에 관한 이슈이다. 현재 시중에 판매되는 나노바이오제품의 종류는 단지 몇 종류에 불과하므로 이에 관한 특별한 안정성 규제에는 아직 확립되지 않은 상황이다. 그러

나 미국 FDA는 현재 폭발적으로 증가하게 될 나노바이오 기술 제품의 안전성 기준에 관한 연구를 시작하였으며, 이에 대한 표준화 작업도 병행하여 진행될 전망이다. 최근에 미국 메릴랜드주에 의료 전임상 단계의 나노입자 독성에 관한 검사를 위하여 Nanotechnology Characterization Laboratory (NCL)이 개설되었으며, 노르웨이의 오슬로에는 나노입자의 제조 과정에서 야기되는 환경 영향 평가를 위하여 Det Norske Veritas라는 연구소가 설립되었다. 즉, 나노 기술의 성공적인 사업화가 이루어지기 위해서는 이러한 나노 물질의 위해성 평가가 반드시 필요하다고 판단되며, 이러한 기술 또한 매우 중요한 시장을 형성할 것으로 예상된다.

2. 시장 예측 및 산업 발전 전망

현재 미국에서는 300여개의 회사가 나노바이오 융합 기술과 관련된 분야로 등록되어 있으며, 약 40여종의 헬스케어 관련 제품이 시장에서 판매되고 있다. FDA에서는 현재 9개의 의료진단이나 치료용 나노 물질을 승인하였다. 미국 NSF (national science Foundation)에서는 나노바이오융합기술 시장이 2014년에 250억불 규모이고, 2019년에는 800억불 규모로 증가될 것이라고 예상하고 있다.

이중에서 나노의학 분야의 제품, 시험관 진단 (in vitro diagnostics), 나노제약 제품들의 시장이 빠르게 성장할 것으로 예상된다. 나노 진단 분야에서는 바이오칩 기반의 진단 기술 시장이 지속적으로 커질 것으로 예상되며, 분자영상을 위한 조영제의 시장도 급속하게 증가할 것으로 예측된다. 제약 시장에서는 신약개발과 약물 전달 분야에서 지속적으로 시장이 확장될 것으로 예

〈표 1〉 2009-2019 응용분야에 따른 나노바이오 융합기술시장 규모

응용분야	2009년	2014년	2019년
나노의학	8억	50억	215억
시험관 진단	13억	27억	100억
조영제	6억	19억	55억
제약	15억	66억	170억
기능식품과 약용 화장품	6억	18억	57억
생명과학연구	16억	24억	82억
화생방	13억	24억	50억
동물 생명공학	3억	5억	20억
환경 분석 응용	5억	9억	26억
과학 수사 응용	5억	8억	25억
총계	90억	250억	800억

단위 \$

자료출처: A Jain PharmaBiotech Report - Nanobiotechnology, 2010

상되며, 생명과학 연구 분야에도 확장적으로 시장성이 성장할 것으로 판단된다.

〈표 2〉에는 기술 범주에 따른 나노바이오 융합 기술 시장에 관한 예측이다.

나노바이오 융합 시장에서 Quantum Dot 이나 금 나노입자와 같은 기능성 나노입자, 나토티브 및 와이어나와 같은 나노재료 시장이 가장 큰 점유를 나타낼 것으로 예상된다. 나노바이오센서와 같은 디바이스도 나노재료만큼의 시장성은 확보하지 못하겠지만 지속적인 시장의 확대가 기대된다. 특히, 나노재료 및 랩온어칩, 광학 센

〈표 2〉 2009-2019 기술범주에 따른 나노바이오융합기술시장 규모

기술범주	2009년	2014년	2019년
나노재료	63억	187억	570억
바이오메디컬 나노디바이스	21억	54억	210억
나노물	6억	9억	20억
총계	90억	250억	800억

단위 \$

자료출처: A Jain PharmaBiotech Report - Nanobiotechnology, 2010

싱 등의 기술이 융합된 나노바이오 센서 기술은 소형화에 따른 민간도의 한계성 등을 극복 할 수 있다면 폭발적으로 시장성이 확장될 것으로 예상된다. SPM, SEM, TEM과 같은 나노재료의 확인에 활용되는 나노 측정용 분석 툴 또한 지속적으로 시장이 확대될 것으로 예상된다.

마지막으로 국가별 나노바이오 융합 기술 시장의 성장을 〈표 3〉에 나타내었다.

2009년의 경우 미국과 중국이 점유하는 시장은 각각 62%와 3%로 미국이 압도적인 시장 점유율을 보이고 있으나 2019년에는 점유율이 각각 51%와 5%로 아시아권 국가들의 시장 점유율이 점차 확대될 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 미국이 전반적으로 큰 시장 점유율을 가지는 이유는 관련 산업의 발달과 관련 기술 분야의 활발한 기술 이전 등에 기인한 것으로 분석된다. 유럽의 경우에는 2004년부터 이 분야에 대한 활발한 투자가 이루어지고 있으며, 교육과 연구 개발 등의 분야에서 점차 활발한 움직임이 보이고 있다. 한국의 경우에는 2001년부터 10개년 계획으로 지속적인 정부 투자가 이루어지고

〈표 3〉 2009-2019 국가별 나노바이오융합기술시장 규모

국가/지역	2008	2013	2019
미국	55억	140억	410억
유럽	19억	57억	243억
일본	5억	10억	35억
중국	3억	16억	40억
기타국가	8억	27억	72억
총계	90억	250억	800억

단위 \$

자료출처: A Jain PharmaBiotech Report - Nanobiotechnology, 2010

있으며, 약 20억불의 예산이 투입되어 특히 core technology의 개발에 많은 예산과 인력이 투입되고 있다. 그러나 한국의 경우에는 주로 반도체, IT 기술에 기반을 둔 나노재료 및 시스템에 관한 분야에 집중적인 투자가 이루어지고 있다고 판단되나 바이오산업의 후진성으로 인하여 아직 나노바이오 융합 분야에는 효율적인 투자가 이루어지지 못하고 있는 실정이라고 판단된다.

III. 융합 기술의 향후 발전 전망

본고에서는 BT-IT-NT 융합 기술의 발전 동향과 향후 시장성에 관한 고찰을 하였다. BT-IT 융합 기술은 가정에서 자가진단을 할 수 있는 바이오센서 기반의 POC 시스템과 원격 진료 기술을 가능하게 하는 e-헬스케어 기술 등의 융합 기술과 Genomics, Proteomics 기술 등의 급속할 발전으로 파생되는 막대한 생물학적 정보를 처리하여 유용한 바이오 정보를 신속하고 정확하게 제공해 줄 수 있는 Bioinformatics 분야의 발전이 예상된다.

반면, NT-BT 융합 기술은 신약개발, 약물전달, 세포치료, 바이오마커 발굴/검출, 의료 진단/치료 분야 등에 나노 입자나 측정과 같은 나노 기술이 도입되어 기존에는 불가능하였던 단일 바이오 분자 수준의 검출 및 조기 진단 등의 의료 기술이 비약적으로 발전될 것으로 예상되며, 이러한 발전은 결국 신개념의 의료기술과 환자의 개인별 맞춤형 진단을 가능하게 하는 기술적 혁신을 가져올 것으로 판단된다. 따라서 이러한 융합 분야는 아직 큰 시장이 형성되지 않은 초기 단계이지만 향후 10년 내에 큰 시장이 형성되어 융합 신기술 개발에 가속화가 진행 될 것으로 예

상된다.

앞에서 국가별 기술 시장 규모의 연도별 변화에서 고찰하였듯이 전 세계적으로 볼 때 아직까지 한국은 이러한 융합 분야에서 선두 그룹을 형성하고 있지 못하고 있는데, 그 주된 이유는 아직 바이오 분야의 선도적 기업체 및 시장이 형성되지 않았으며, 이 분야의 전문 인력을 양성할 수 있는 교육 시스템도 미비한 상태이고, 이러한 융합 분야에 대한 국가 차원의 지원도 아직 부족한 상태라고 판단된다.

그러나 한국은 다른 선진 국가들과 비교하여 우수한 IT 분야의 경쟁력을 확보하고 있으며, 최근 융합 관련 학과 및 연구 조직이 자생적으로 많이 만들어 지고 있는 추세이다. 따라서 이러한 장점을 보다 적극적으로 활용하고 대학-연구소-회사 등이 보다 활발한 산-학-연 협동 연구 체제를 구성하여 연구 개발을 진행하는 동시에, 여러 분야 (NT-BT-IT)의 연구자들이 자주 모여 자연스러운 융합연구를 수행할 수 있는 제도적 시스템을 활성화한다면 선진국과의 경쟁에서 우위에 설 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] K. K. Jain, A Jain PharmaBiotech Report - Nanobiotechnology, 2010.
- [2] Nanomedicine: A Global Strategic Business Report, Global Industry Analysts, Inc., 2010.
- [3] BIT 기반 융합기술개발 및 산업화 전략분석, 산업자원부 정책보고서, 한국 나노바이오 시스템 연구조합, 2002.
- [4] Tuan Vo-Dinh, Nanotechnology in

Biology and Medicine, CRC Press, 2007.

- [5] G. E. Fryxell and G. Cao, Environmental Applications of Nanomaterials, Imperial College Press, 2007.
- [6] Visiongain, Bioinformatics Report - The Forecasts and Future of the Market, 2006.
- [7] 슈퍼컴퓨팅 기반 시스템생물학 정보기술, 최종연구보고서, 한국과학기술정보연구원, 2007.

저자소개



주 재 범

1984년 2월 한양대학교 학사
 1986년 2월 한양대학교 석사
 1994년 5월 Texas A&M Univ. Ph.D.
 2009년 8월~현재 통합형 휴먼센싱 시스템 개발 센터 (ERC) 센터장
 2009년 7월~현재 나노센서 연구소 소장
 2009년 8월~현재 한양대학교 생명나노공학과 학과장
 2003년 7월~2004년 8월 토론토대학 의공학과 방문 교수
 1995년 3월~현재 한양대 조교수, 부교수, 교수 J. Mol. Struct.; J. Opt. Soc. Kor. Editorial Board 대한화학회지 상임편집위원

주관심 분야: 나노바이오 광센서, 광학분자영상, 옵토플루이딕 광센서, 의료진단 시스템, 실시간 환경센서 개발, 랩온어칩