유비쿼터스 하에서의 바이오 정보시스템(BT+IT+NT) 융합기술의 조화와 산업화 접근체계 연구

A study on the Bio Information System(BT+IT+NT) about Accordance of Fusion Technology and Process of Industrialization In Ubiquitous Society

투 고 자 : 성 호 준 (리크루트 개발연구원)
원고매수 : 표지(1), 본문 및 참고문헌(15), 저자약력(1)
표의 수 : 10 개
그림의 수 : 2개

유비쿼터스 하에서의 바이오 정보시스템(BT+IT+NT) 융합기술의 조화와 산업화 접근체계 연구

성호준

A study on the Bio Information System(BT+IT+NT) about Accordance of Fusion Technology and Process of Industrialization In Ubiquitous Society

Ho-Jun, Sung

- abstract -

전체적으로 우리나라의 IT-BT-NT 융합기술에 대해 융합기술 개발이 미래의 성장동력 창출에 매우 중요함에도 불구하고 융합기술 개발면에서 IT-BT는 선진국에 비해 65~80%, NT-BT는 60~65%, IT-NT는 50~80%로 열세를 보이고 있다. 그러므로 융합기술개발에 기반한 신산업 육성을 위해서는 먼저 정부측에서 연구개발 예산의 확대와 자금지원, 종합적인 융합기술개발전략의 수립, 관련부처간 역할분담과 조정, 법·제도 정비 및 역기능 방지대책의 마련이 필요하다.

1. 서 론

생명공학(biotechnology)이란 생명현상들의 과정을 의미하는 「bio」와 목표를 위해 도구 및 기술을 사용한다는「technology」의 합성어로서 미국의회의 기술평가국에서 생명공학이란「식물과 동물을 개량하거나 또는 특별한 사용목적을 가진 미생물을 개발하기 위하여 생물체나 생물체의 물질을 사용하는 기술」이라고 정의하였다. 이러한 생명공학에는 재조합 DNA(recombinant DNA) 기술이 포함되어 있다[김남수 외 2003].
즉 구체적으로 포괄적 의미의 생명과학(Life Science)에는 기초생물학, 기초 의학, 기초 농학, 생화학 및 생명공학을 모두 포함하며 생명공학은 주로 발효공학기술, 효소공학기술, 동식물세포배양기술, 단백질공학기술, 수정란 미세조작 기술, 생물공정기술 및 유전공학기술 분야 등을 포함하고 유전공학(Genetic Engineering)은 세포융합, 핵치환기술 및 유전자 재조합기술 분야를 포함한 가장 핵심적인 기초 단위는 유전자재조합기술(recombinant DNA technology)이다[정상기, 명해진 2003].[1)]
바야흐로 생명공학은 과거의 발효식품제조기술(발효공학기술, 효소공학기술), 가축·식물의 육종기술(동·식물 수정란 이식기술)등의 전통적 생명공학(conventional biotechnology)에서 최근에는 생물공정기술, 동·식물세포배양기술, 세포융합기술, 핵치환기술, 단백질공학기술, 유전자재조합기술 등의 신생명공학(New biotechnology)으로 발전해가고 있다.
이 중 가장 인권과 관련하여 논란이 심한 분야가 인간의 생명과 관련이 있는 인간생명공학(Human biotechnology)으로 인간생명공학이 인간의 유전자 질환을 치료하거나(유전자 치료) 나아가 유전자 지도를 이용하여 원하는 대로의 유전자설계도에 따른 인위적인 조작(인간복제)에 이르기까지 일정한 목적을 가지고 난자, 정자, 배아, 태아 및 신체를 조작하는 일체의 조작기술을 말한다[Berra et al. 2003].

1) 생명공학의 개념을 이처럼 구체적이고 단계적으로 정의하는 견해.

최근 인간 유전자 서열(Human Geonme Project)이 대부분 밝혀지면서, 향후 게놈 연구는 그 서열의 기능이나 구조를 제대로 해독하여 어떻게 하면 삶의 질을 향상시킬 수 있을까에 초점이 맞추어 지고 있다. 궁극적으로 바이오 기술은 그에 이바지하는 선두에서 역할을 할 것이다. 새로운 미래에는 생명 현상의 기본 원리를 이용한 바이오 기술이 새로운 산업분야를 창출하고 인류의 문명을 또 한 차례 혁신적으로 발전시킬 것이라고 전망하고 있다.
이러한 바이오 기술이 제대로 발전하기 위해서는 정보기술과의 통합이 필수적이다. 예를 들어 유전자의 기능 규명과 조절을 위해서는 엄청난 양의 서열 및 구조 데이터를 처리해야 하므로 컴퓨터 기술의 지원 없이는 불가능하다. 또한 고집적도의 바이오칩을 제작하기 위해서는 반도체 제작기술과 같은 정교한 전자공학 기술을 활용해야 한다.

본 연구에서는 위와 같이 빠르게 발전하고 있는 BT(Biotechnology) - IT(Information Technology) - NT(Nano Technology) 융합 기술의 현황과 앞으로의 발전방향에 대하여 논의함으로써 BT와 IT, NT가 단순히 독립적인 영역에서 진행되는 분야만이 아니라 상호보완적이며 소통 가능한 연구 영역으로 기능하는 상호 체계를 제안하고자 한다.

2. BT+IT+NT 융합의 범위와 체계 분류

2.1. IT-BT/NT 융합산업의 정의와 범위

바이오 테크놀로지(Bio-Technology : 이하 BT) 및 NT(Nana-Technology : 이하 NT)는 IT(Information-Technology)와 함께 21세기를 이끌어갈 주요한 기술로 주목받고 있다. 더구나 이러한 기술들은 향후 독자적으로 발전해 나가기보다는 기술간 산업간의 결합과 융합을 통해 발전해 나갈 것으로 예상되고 있다. 즉 IT와 BT 그리고 IT와 NT간의 융합화가 새로운 이슈로 등장한 것이다.
IT산업은 먼저 정보를 (전자적으로) 인식, 감지하고 (전자적으로) 생성하는 정보 생성이 있고 생성된 정보를 (전자적으로) 처리하고, 저장하는 정보처리 및 저장 그리고 정보를 (전자적으로) 전송, 교환, 전달하는 정보전송, 마지막으로 정보를 (전자적으로) 표시하는 정보표시가 그것이다[한국전자통신연구원 2002].
IT-BT, IT-NT 융합은 IT산업을 정의하는 주요 구성 요소 중 적어도 하나 이상과 관련된 산업 또는 기술부문이 BT 또는 NT 산업부문과 다양한 형태의 기술적, 경제적 융합을 통해 새로운 시장을 창출하는 산업이라고 할 수 있다. 물론 융합을 하는 형태는 각 부문마다 차이가 있다. IT-BT/NT 융합은 먼저, IT-NT융합산업에 있어 정보통신 시스템의 초소형화, 초고속화, 저소비 전력화, 고성능화를 이루기 위해 정보저장, 정보처리, 정보전송, 정보표시 등 각 정보통신 시스템 분야의 “기반 기술”의 일부 또는 전부가 “NT(나노기술)”로 대체되면서 성립되는 산업을 의미한다. IT산업의 측면에서는 IT산업의 새로운 영역으로의 확장이라고 이야기하기는 어렵고 기반이 되는 기술의 새로운 기술로의 대체라는 측면이 강하다고 할 수 있으며, 다른 의미로는 IT산업이 NT를 흡수하여 IT산업의 한계를 돌파하는 것을 의미한다고 할 수 있다. 이러한 측면에서 보았을 때 NT가 IT산업에서 가지는 의미는 매우 크다고 할 수 있으며, NT가 IT에 효율적으로 응용되려면 IT산업 발전이라는 관점에서 IT-NT융합기술의 기초, 응용, 개발 연구 추진을 장기적으로 체계적이며 종합적으로 수행해야 할 것임을 알 수 있다. IT-NT 융합산업의 분류는 <표 1>에서와 같이 정보저장, 정보전송, 정보처리, 정보표시 등 IT산업 각 부문별로 주요 기술의 NT기술로의 대체 형태에 따라 구분될 수 있다.

<표 1> IT-NT 융합산업의 범위

분 야	설 명
정보저장	기존 정보저장 장치의 기술적 한계를 극복한 대용량 고밀도 저장 기술
정보전송	미래 광통신에서 요구되는 광대역성을 성취하기 위하여 고전적 동작원리의 한계를 극복하는 양자광 통신소자의 기초기술 등
정보처리	기존의 반도체 트랜지스터 소자의 기술적 한계를 극복하기 위해서 실리콘 나노소자, 분자 트랜지스터 등의 신기능 나노 전자소자 기술이 개발되고 있음
정보표시	휴대성과 이동성이 요구되는 정보표시 단말기를 위한 분자 수준의 나노소재를 이용한 초저전력 구부림 가능, 월등한 표시력을 가지고 있는 정보 표시소자개발

자료 : 한국전자통신연구원, 2002.

다음은 IT-BT 융합산업에 대해 IT-BT 융합산업은 IT-NT융합산업에서와 달리 융합의 형태가 크게 다른 두 가지 하부 산업으로 이루어져 있다. 그 하나는 BT산업의 기반으로서 IT(IT기반의 BT)이고 다른 하나는 IT기반으로의 IT-BT이다.

BT기반으로의 IT는 BT산업(바이오산업)이 IT(정보통신기술)를 통해 BT산업의 한계를 돌파하기 위해 생성되는 신산업으로 바이오 애플리케이션 시스템의 주요 기반 기술(산업)로 IT(산업)가 응용되는 것을 의미한다. 이것은 다시 어떠한 IT(정보통신기술)가 기반기술이 되느냐에 따라 바이오인포매틱스(Bio-Informatics)와 바이오 전자소자로 구분된다.[2] 바이오 인포매틱스가 발전함에 따라 BT 연구소에 소요되는 시간과 비용을 대폭 절감시켜 BT관련 산업의 획기적 성장을 가능하게 할 것으로 예상되고 있다. 바이오 전자 소자는 IT를 기반으로 높은 분자량과 복잡한 분자구조를 가진 생체분자와 전자 또는 광학 신호변환장치를 결합하여 바이오칩과 바이오센서 등과 같이 생물정보를 감지 또는 인식하는 제품을 만들어 매거나 인식된 인체 및 생물정보를 처리하는 e-health system을 구성하는 핵심소자를 만들어 내는 산업을 의미한다. 이는 IT산업의 소자관련기술이 BT산업의 기반기술이 되는 것을 의미한다. 이러한 IT기반의 BT는 IT의 새로운 영역으로의 확장이라고 말할 수 있을 것이다.

다음으로 IT기반으로의 IT-BT를 보면 이것은 정보통신 시스템이 인체관련 기술 및 정보를 흡수하여 인간 친화적인 정보통신시스템(IT 시스템)을 만들어 내는 것을 의미한다. 향후 IT산업의 발전 방향 중 하나는 인간 친화적인 시스템의 개발이다[한국전자통신연구원 2002].[3]

IT기반으로의 IT-BT는 크게 두 가지로 나누어진다. 먼저 휴먼인터페이스가 있다. 의사, 감성, 생리상태 등 인체 정보를 인식 처리하여 인간 친화적인 사용자 인터페이스를 제공하는 것이 휴먼인터페이스이다. 즉 인간 친화적 정보통신 애플리케이션 시스템을 구성하는 기반으로서의 역할을 할 것으로 기대되는 분야이다. 다음으로는 바이오 정보단말 소자가 있다. 이것은 차세대 인체 장착형 정보통신단말기를 구성하는 ASIC, MEMS 트랜시버, 초소형 음성전달 및 감지 소자 관련 기술 및 산업을 의미하는 것으로 인체에 장착할 수 있는 초소형 정보통신단말기를 구현하기 위한 정보처리 기술 관련 산업을 의미한다.

위의 IT-BT 융합산업의 분류는 산업적인 측면에 중점을 둔 것이다. 하지만 기술적인 측면에 중점을 둔 분류도 있을 것이다. 즉 바이오 전자소자와 바이오 정보단말 소자의 경우에는 소자기술이라는 측면에서 유사점이

2) 바이오인포매틱스는 이미 알려져 있는 유전자, 단백질 서열 데이터베이스나 단백질 구조나 기능에 대한 정보 및 각종 문헌 정보를 통합적으로 관리, 분석, 처리하는 것을 의미하는 것으로, IT산업의 정보처리 및 저장 부문 기술이 BT산업의 기반 기술이 되는 것을 의미한다. 즉 정보처리 및 저장관련 기술이 생체 시스템 관련 기술 및 정보를 흡수하여 신약개발 및 의료진단 등 바이오 애플리케이션 시스템의 기반으로의 역할을 하는 것을 의미한다.

3) 즉 시각, 음성, 촉각, 후각, 언어 등의 각종 인체 정보를 인식, 처리하는 정보통신 시스템에 대한 요구가 증대하고 이에 따라 음성정보, 언어정보, 시각정보 등 각종 인체 정보에 대한 디지털화와 잡음처리, 정보질의 개선, 특징 분석기술이 필요하게 되는 것이다. 이것은 IT산업이 생체관련기술 및 정보를 흡수하여 내부적 확장을 시도하는 것이라 할 수 있다

크다. 따라서 이 두 부문을 묶어 하나의 독립된 산업(기술)으로 분류할 수도 있다.

<표 2> IT기반으로의 IT-BT

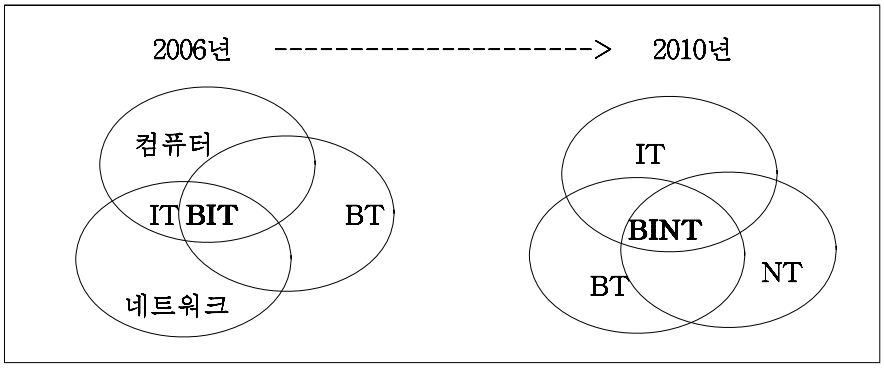
분류	세분류	설명
정보통신 시스템과 인체관련기술 및 정보의 융합 -정보통신 시스템이 인체관련기술 및 정보를 흡수하여 인간 친화적인 정보통신시스템을 만들어 내는 것 -시각, 음성, 촉각, 후각, 언어 등의 각종 인체정보를 인식, 처리하는 정보통신 시스템의 주요 구성 요소	휴먼 인터페이스	의사, 감성, 생리상태 등 인체 정보를 인식 처리하여 인간 친화적인 사용자 인터페이스를 제공하는 것이 휴먼인터페이스
	바이오 정보단말 소자	차세대 인체 장착형 정보통신단말기를 구성하는 ASIC MEMS 트랜시버, 초소형 음성전달 및 감지 소자 관련 기술 및 산업으로 인체에 장착할 수 있는 초소형 정보통신단말기를 구현하기 위한 정보처리 기술

자료 : 한국전자통신연구원, 2002.

<표 3> BT기반으로의 IT

분류	세분류	설명
바이오 애플리케이션 시스템(신약개발, 의료진단, 농산물 계량 등)과 IT의 융합	바이오 인포매틱스	-이미 알려져 있는 유전자, 단백질 서열 데이터베이스나 단백질 구조나 기능에 대한 정보 및 각종 문헌 정보를 통합적으로 관리, 분석, 처리하는 것 -정보통신산업의 정보처리 부문이 생체 관련 기술 및 정보를 흡수하여 신약개발 등에 소요되는 시간과 비용을 대폭 절감시키는 바이오 산업 기반의 역할을 함
	바이오 전자소자	-IT기술을 기반으로 높은 분자량과 복잡한 분자구조를 가진 생체분자와 전자 또는 광학 신호변환장치를 결합하여 바이오 칩과 바이오 센서 등과 같이 생물정보를 감지 또는 인식하는 제품을 만들어 내는 것 -감지 또는 인식된 인체 및 생물정보를 처리하여 e-health system을 구성하는 핵심 소자

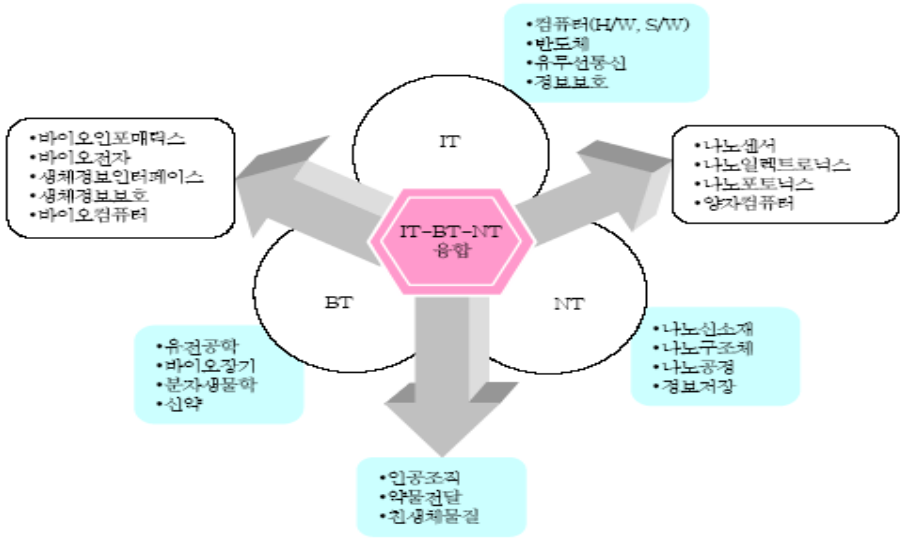
자료 : 한국전자통신연구원, 2002.



(그림 1) 3대 기술의 융합에 의한 미래과학기술 발전 전망

2.2. IT-BT-NT 융합기술의 동향

IT-BT-NT 융합기술은 (그림 2)와 같이 크게 IT-BT, IT-NT, BT-NT로 구분할 수 있다. 요소기술로는 IT에서 컴퓨터(하드웨어, 소프트웨어), 반도체, 유무선통신, 정보보호 등이 있으며, BT에서 유전공학, 바이오장기, 분자생물학, 신약 등이 있고, NT에서는 나노신소재, 나노구조체, 나노공정, 정보저장 등이 있다[전황수, 허필선, 2006].



(그림 2) 융합기술의 범위
자료 : 정보통신부, IT기반 융합기술 발전전략, 2005.9, p.10.

융합기술로는 IT-BT에서 바이오인포매틱스, 바이오센서칩, 이오컴퓨터, 생체인식/보호 등이 있고, IT-NT에서는 양자컴퓨팅, 나노일렉트로닉스, 나노포토닉스, 난센서 등이 있으며, NT-BT에서는 나노바이오센서, 인공조직, 약물전달, 친생체물질 등이 있다.
서비스/제품으로는 IT-BT에서 원격진료/자가진단, 맞춤의약, 생체인식시스템, 바이오컴퓨터 등이 있고, IT-NT에서는 인공장기/근육, 유전자치료, 지능형약물전달시스템, 입은 바이오센서 등이 있으며, NT-BT에서는 인체내장형로봇, 교감형단말, 정보 저장기기, 정보처리부품 등이 있다[정보통신부 2005].

2.2.1. IT-BT 융합기술

IT-BT 융합기술은 기존 정보통신기술을 생명체현상(BT)과 접목하여, 생물학적인 원리와 특성을 활용한 새로운 IT 제품/서비스(하드웨어, 소프트웨어, 응용분야)를 창출하는 기술이다. IT-BT 요소기술은 <표 4>에서 보듯이 바이오인포매틱스, 바이오전자, 생체정보인터페이스, 생체정보보호, 바이오컴퓨터 등 5개 분야로 구분된다.

<표 4> IT-BT 융합기술의 범위 및 분류체계

대분류	중분류	소분류	기술 내용
IT-BT 융합 기술	바이오 인포매틱스	바이오정보분석 S/W 기술	신약 발견 및 개발을 지원하기 위하여 바이오 데이터를 분석하여 고부가가치 정보를 생성하는 소프트웨어 기술
		바이오정보관리 S/W 기술	분산된 대용량의 바이오 데이터를 효율적으로 검색하고 관리하는 S/W기술
		의료유전정보분석 S/W 기술	질병과 약물 반응의 유전적 요인을 추출하고 검색하는 S/W 기술
		디지털셀기술	세포 내의 유전자, 단백질 및 각종 화합물의 시공간적 기작을 컴퓨터로 모델링하고 시뮬레이션 하는 기술
	바이오 감지 소자	전기화학센서	생체 정보를 전기적 신호로 검출하는 센서
		광학센서	생체정보를 광학적 신호로 검출하는 센서
		기타(압전, 탄성파, 열)	생체신호를 기타 방식으로 검출하는 센서
		마이크로어레이칩	DNA, 단백질, 세포, 신경 등과 같은 생체 물질을 반도체와 같은 무기물 위에 조합하여 기존의 반도체칩형태장치
		랩온어칩	센서 어레이와 혈액과 같은 생체샘플을 처리하고, 가공할 수 있는 유체제어 기술, MEMS 기술이 칩상에서 모두 결합되어 이루어지는 장치
	생체 정보 인터페이스	뇌-컴퓨터인터페이스	뇌파를 이용한 컴퓨터 인터페이스
		정서(감성)인터페이스	생체정보를 이용한 정서(감성) 인식 및 표현
		생체신호인터페이스	생체신호를 이용한 인체정보의 획득, 처리, 인식
	생체 정보 보호	바이오데이터 보호	바이오 물질 암호추출, 암호처리 및 유출 방지
		바이오정보관리	바이오 정보관리 및 바이오 키 생성 생체정보보호
		생체정보보호	바이오 정보 암호화, 인증기술 및 BAN 정보보호
	바이오 컴퓨터	연산용 바이오컴퓨터	DNA를 이용하여 연산모델 기술개발 등을 통한 정보처리, 정보저장, 분자 진단 및 치료 등에 응용 가능한 기술
		분석용 바이오컴퓨터	질병진단 규칙을 용액상 DNA 데이터로부터 학습하여 분자 진단 및 치료 등에 응용 가능한 기술

자료 : ETRI, IT-BT 융합기술기획보고서, 2006.6.21, p.31.

2.2.2 IT-NT 융합기술

IT-NT 융합기술은 원자 또는 분자 레벨의 나노 기술을 IT 기술에 주목하여, 고성능/소형화/이동성 등을 획기적으로 높인 새로운 핵심 원천기술이다. IT-NT 융합 요소기술은 <표 5>에서 보듯이 나노센서, 나노일렉트로닉스, 나노포토닉스, 양자컴퓨터 등 4개 분야로 구분된다.

나노센서는 나노급 정보를 감지할 수 있게 구조체를 제작 및 제어할 수 있는 기술을 의미하며, 나노 센서기술, MEMS 기술, 구조체 기술 및 어기술 등이 포함된다.

나노일렉트로닉스는 기존의 반도체 트랜지스터 소자의 기술적 한계를 극복하기 위해 실리콘나노소자, 분자트랜지스터, 전이트랜지스터, 스핀트랜지스터 등의 신기능 나노전자소자기술과 나노공정기술, 나노 SoC 기술

등이 포함된다. 나노포토닉스는 기록밀도 면에서 한계에 다다르는 CD, DVD 등 기존의 광디스크 기술의 한계를 대비한 신개념의 초분해능광메모리기술 및 나노입자 형광광저장기술 및 나노광전변환기술 등으로 전자기계식저장기술, 고체매상저장기술 등이 포함된다.
양자컴퓨터는 기존 기술의 한계를 극복하고 초고성능, 광대역성을 성취하기 위해 양자를 이용한 컴퓨터 및 통신기술로 10~20 나노 크기의 미세구조를 이용해 큐빗을 만드는 기술로 양자컴퓨터기술, 양자점광통신소자기술, 양자통신기술 등이 포함된다[ETRI 2005].

<표 5> IT-NT 융합기술의 범위 및 분류체계

대분류	중분류	소분류	기술 내용
IT-NT 융합 기술	나노 소재/ 공정 기술	나노신소재기술	나노소자의 구현 및 나노소자에 적용 가능한 다양한 신소재 관련 기술
		나노에칭기술	나노미터 크기의 미세패턴 형성에 적용되는 손상을 최소화하는 식각기술
		나노박막기술	나노미터 두께의 박막의 증착 및 특성을 제어하는 기술
		나노리소그라피기술	광, 전자빔, 이온빔 등을 사용하는 리소그라피기술
		NEMS 제작공정기술	나노미터 크기의 기계적 구조물을 형성하기 위한 다양한 공정기술
	반도체 나노 소자 기술	SOI MOSFET	SOI를 기판으로 이용한 나노급 트랜지스터기술
		Strained MOSFET	Strained Si/SiGe을 채널로 이용하는 트랜지스터기술
		SB MOSFET	Silicide와 Silicon과의 Schottky Barrier 구조에서의 전자 이동을 제어하는 트랜지스터기술
		다중게이트 MOSFET	채널의 전자를 다수의 게이트를 이용하여 제어하는 3차원 구조의 나노급 트랜지스터기술
		나노광전소자기술	나노 particle 등 나노미터 크기의 물질을 이용하여 제작하는 소자로서 광전특성을 나타내는 소자기술
	유기 반도체 나노 소자 기술	유기반도체 트랜지스터기술	트랜지스터의 채널재료로 유기물 반도체를 이용하는 소자기술
		분자소자기술	나노미터 크기인 유기분자를 자기집합체 방식으로 유기반도체 전자소자를 구현하는 기술
		탄소나노튜브기술	탄소나노튜브의 전기적 특성을 이용한 나노소자로서 트랜지스터소자 및 전자방출소자기술
	금속 나노 소자 기술	스핀트랜지스터기술	스핀주입에 따른 스핀분극의 차이를 이용하여 구동하는 트랜지스터소자
		Mott 트랜지스터기술	트랜지스터의 채널재료로서 Mott transition에 의한 전도특성을 제어하여 구동하는 트랜지스터기술
		단전자소자기술	금속 양자점을 이용하여 단일전자의 흐름을 제어하여 구동하는 소자기술
	나노 기반 SoC 기술	나노소자모델링기술	다양한 나노소자의 전기적 특성을 통계적/수학적으로 모델링함으로써 소자를 제작하지 않고도 성능을 예측하게 하는 기술
		나노급 SoC 설계기술	나노소자를 이용하여 SoC를 설계할 때 필요한 기술로서 기능/성능 향상, 설계 생산성 혹은 설계 재현성을 높이는 기술
		나노급 SoC 집적화기술	나노급 능동/수동소자, 인터커넥션 등의 소자/공정 기술과 시스템 아키텍처 기술을 융합하여 IT 시스템을 단일 칩에 집적화하는 기술
		나노급 SoC 검증기술	나노소자를 이용하여 제작되는 SoC의 기능이나 성능을 검증하기 위해 활용되는 기술

자료 : ETRI, IT-BT 융합기술기획보고서, 2006.6.21, p.26.

2.2.3. NT-BT 융합기술

나노기술을 이용한 바이오기술은 나노기술에 의한 극미세 도구를 이용하여 바이오 물질의 이송, 조작, 검출, 인식과 바이오 정보의 분석 및 재합성을 통해 생명현상의 원리와 기저에 관한 새로운 지식탐구와 관련 바이오기술의 개발에 목적을 두고 있다.

이러한 나노도구는 많은 양의 바이오 관련 정보를 짧은 시간 내에 정확하게 수집 및 분석하고 안정적으로 재합성하기 위한 것으로, 이를 사용한 바이오 물질의 조작을 통해 나노영역에서의 바이오 연구를 가속화할 수 있다.

나노도구를 이용한 유전체 구조와 기능을 분석하고 결함을 치료하고자 하는 유전체학, 유전자 정보를 이용한 단백질 합성 및 분석에 관한 단백질공학, 줄기 세포의 배양과 장기 및 조직의 복제, 그리고 바이오 물질 대사 및 조립에 관한 대사공학 등이 나노 바이오기술과 관련된다. 이러한 첨단 나노기술을 이용하여 생명 현상의 근본 단위인 유전체를 다루는 극미세 도구를 만들 수 있게 됨에 따라 이를 이용한 극미세 바이오연구와 관련된 기술개발이 급속히 추진되고 있다. 나노기술을 이용한 바이오정보의 분석과 조작 기술개발의 대표적인 예가 바이오칩이며, 이는 크게 DNA 칩, 단백질칩, Lab 칩으로 구분된다[ETRI 2005].

3. BT+IT+NT 융합산업추이 및 경쟁력 수준

3.1. BT+IT+NT 융합산업 현황

먼저 기존 IT산업에 바이오테크의 기술 및 특성을 적용시킴으로써 새로운 융합분야가 생겨나게 되는 바이오테크를 응용한 IT산업 영역의 확대를 통해 보면 현재 Bio-IT 산업의 대표 분야인 바이오칩, 바이오인포매틱스, 생체인식 등을 대상으로 세계산업동향 및 국내현황을 볼 때 바이오칩은 생물에서 유래된 생체 유기물과 반도체와 같은 무기물의 조합으로 이루어진 hybrid device로 현재 Bio-IT를 적용한 분야 중 가장 시장 규모가 크고 그 기술의 활용 영역이 다양한 분야로 확대 중이다. 그리고 바이오 인포매틱스에서는 생명공학과 정보기술이 융합되어 생명현상 연구에서 나오는 다양한 생물정보를 다루는 기술로 대용량 바이오 데이터의 분석 및 가공, 생체 기능 예측 등 생명공학 관련 연구 방법론 변화에 기본적으로 적용되는 기술로 인지되고 있다.

또한 생체인식에서는 생체인식시스템을 말하며 사람마다 다른 생물학적 또는 행동 특성을 측정하여 개인을 식별하는 기술로 생체기능 및 정보에 대한 이해가 필수적으로 요구되는 대표적 Bio-IT기술로 요약된다[LG경제연구원 2005].

<표 6> 대표적 IT+BT/NT 산업 현황

	세분류	설명
생체기능의 단순한 이해 및 모방 -생물체가 가진 형태 및 특징을 활용하여 IT기술과 접목 -대표적인 예 : 의료기기, 바이오 컴퓨터 등	생체기능의 활용	-단지 생체 기능을 이해하는 것에서 벗어나 생체의 기능을 IT기기 및 서비스에 직접 활용 -대표적인 예 : 생체인식 시스템
	생체기능의 개선 및 대체	-기존의 생체 기능을 개선시킬 수 있는 기기 및 부품 등 더 나아가서는 대체 물질을 이식하는 것 -대표적인 예 : 인공 장기, 생체 이식용 칩, 사이보그 등

자료 : LG경제연구원, 국내Bio-IT 산업의 현황과 과제, 2005.9, p.6.

3.2. 국내 BT+IT+NT 산업의 현황 및 경쟁력 수준

국내의 바이오칩 시장은 연구개발 인프라 등이 취약하여 아직 선진국의 개발 동향을 탐색하는 단계에 그치고 있다. 즉, 국내 바이오칩 시장현황에 있어 2004년 국내 바이오칩 시장규모는 약 250억원 규모, 전세계 시장의 0.8%에 그치고 있으며, 연구용 바이오칩, 바이오센서를 포함하고 있다. 그리고 시장구성은 대부분의 국내 바이오칩 연구는 DNA칩 위주로 이루어지고 있으며, 단백질 칩, 진단용 랩온어칩의 경우 전세계 시장과 마찬가지로 초보 단계에 있고 따라서 현재 형성된 시장은 거의 DNA칩 위주로 형성되어 있다. 또한 바이오칩의 주요 수요층인 제약 및 바이오벤처의 성장이 예상보다 더딘 관계로 본격적인 시장형성이 늦춰지고 있으며, 원천기술 및 전문가의 부족과 시장 지향적인 연구개발, 시스템 부재로 한계에 봉착해 있다[Zhang et al. 2003].

국내 바이오칩 제조 및 분석기술은 국제적인 수준에 도달한 것으로 평가되나, 칩 컨텐츠 개발에 있어서는 선진국에 많이 뒤떨어지고 있다. 또한 바이오칩 개발에 있어 삼성전자 등을 제외하고는 소수의 신생 벤처기업 위주로 연구개발에 참여하고 있는 실정이다.

<표 7> 국내 바이오칩 산업 SWOT 분석

	내 용
S(strong)	-기존 반도체 제조 기술을 활용, 가격 경쟁력 확보 -우수한 임상연구 능력 (선진국 대비 저임금 인력) -한국인 특이적 임상 검체 기반 연구 가능
W(Weakness)	-칩 생산 분석 기반기술 취약(원천 특허 미확보) -연구개발 및 사업화 자금부족 -분야별 전문가 부족 -낮은 국제적 신인도
O(Opportunity)	-IT, NT등 타 분야와의 새로운 기술 접목 -질병 관련 유전자 마커 정보의 급격한 확대 -진단용 바이오칩 분야의 활성화
T(Threat)	-칩 기술 관련 특허 분쟁 -대체 기술의 등장 -관련 법규 및 제도 미비 -인허가 및 평가 시스템 미비 -해외 업체와의 경쟁

자료 : LG경제연구소, 2005.9.

또한 국내 바이오인포매틱스 시장은 초기이나 생명과학 관련 산업의 발달과 바이오인포매틱스 수요의 증가로 차차 확대될 전망인데 국내 시장 현황을 보면 국내 바이오인포매틱스 시장은 현재 극히 초기 단계에 머물러 있고, 바이오인포매틱스 전문기업 또한 아직 극소수에 불과하다. 주요 제약기업이나 생명공학기업들도 관련 인프라 구축 및 활용이 미흡한 상태이며, 현재 진행중인 바이오인포매틱스 기업들은 생물정보 서비스 기업들이 대부분을 차지하고 있다. 최근 들어 생물정보 소프트웨어 분야의 기업들이 많이 나타나고 있는 추세이다.

전체적으로 국내 바이오인포매틱스 시장은 국내 바이오산업의 발전 전망과 제약 등 관련 기업의 바이오인포매틱스 기술 확보 노력 정도와 생물정보 생산 체제의 혁신 정도에 따라 향후 그 시장 규모가 크게 달라질 것으로 보인다.

반면, 국내 생체인식 시장은 테러 위협 증가와 보안에 대한 인식강화로 정부와 금융권 등을 중심으로 그 수

요가 급증하고 있다. 특히 국내 시장현황의 경우 국내 생체인식 시장은 2005년부터 조성되기 시작하여 1999년부터 본격 성장기에 진입한 것으로 추정되고 2006년 현재도 초기 단계 시장이다.
2006년 현재 국내 생체인식 시장 규모는 약 370억원 규모로 예상되고 국내 생체인식 시장은 지문인식이 절반정도(52%)를 차지하며, 그 외에 얼굴, 홍채, 정맥인식 순의 구성과 최근에는 얼굴, 홍채, 정맥 인식 시장도 급성장 중이다[전황수, 허필선 2006].
전체적으로 선진국과의 기술격차가 상당히 존재하며 국내는 주로 중소벤처업체 위주의 시장 형성과 지문, 홍채, 얼굴 인식 등의 구현 기술은 보유하고 있으나, 객관적 성능 평가 시스템의 부재로 제품의 신뢰성 확보에 어려움이 있다.

이상의 내용을 볼 때 현재 국내 생체인식 관련 기술은 단일 생체 인증 분야 이외에서는 선진국과의 기술 격차가 큰 것으로 나타나고 있다.

<표 8> 국내기술개발 동향

핵심기술		국내기술현황
입출력 장치	-입력장치 -출력장치 -성능평가기술	-초소형 지문센서 기술 확보 및 상용화 -지문 데이터 포맷 국내 표준화 진행 중 -입출력 장치 관련 국내 규격, 인증 기준 미비 -> 국내외 수준 상호 비교 : 대등
1:1비교	-알고리즘 고도화 -성능평가기술	-지문 위주의 생체 인증 기술 확보 -정맥 기술 확보 및 상용화 -국제 특허 확보 부족(미국 대비 0.1%) -3차원 영상, 잡음 처리 기술 미흡 -> 국내외 수준 상호 비교 : 다소 열위
1:N검색	-다중생체 알고리즘 -실시간 검색 -DB, 생체정보관리 -성능평가기술	-다중 생체 인식을 이용한 검색 기술 부재 -경찰청 AFIS(Automated Fingerprint Identification System) 운영 중 -실시간 검색 기술, 전용 하드웨어 기술 미확보 -지문 영상 압축/복원 기술 표준 활용 -> 국내외 수준 상호 비교 : 열위

자료 : ETRI CEO Information, 2004.

국내 산업은 아직까지 선진국에 비해 기술 경쟁력이 취약한 편이며 전반적으로 시장 초기 단계에 머물러 있는 것을 알 수 있다[ETRI 2006].

<표 9> 국내외 경쟁력 분석

분야	기술명	단계	국내현황	해외현황	기술 수준
IT-BT	바이오센서칩	도입기	프론티어사업단 및 ETRI 중심	미국: 기업(Agent) 및 정부(NIH)주도 *DNA 칩초기상품화 주도	70%
	바이오인포매틱스	도입기	부처별 소규모 연구중	미국: 정부(NIH) 주도, 기업은 소요기술 자체개발	80%
	바이오컴퓨터	발아기	산자부 차세대 신기술사업 - 바이오분자 컴퓨팅칩개발	미국: DNA 바이오 컴퓨터칩 개별 기반기술	65%
	생체인식/보호	도입기	정통부 및 ETRI 중심 추진	미국/유럽/동남아 주도 공공분야 필드시험 진행	80%
	휴먼인터페이스	도입기	부처별 소규모 연구중	유럽: 정부 주도, 기업 소요기술자체개발	75%
NT-BT	나노바이오센서	발아기	과기부 주도 기초중심 연구개발(논문발표순위13위)	미국: 정부(NSF) 주도 유럽: EU 6차 PW 주도	65%
	약물전달	발아기	과기부 주도 기초중심연구	미국: 정부(NIH) 주도	60%
IT-NT	나노일렉트로닉스	성장기(메모리) 도입기(SoC)	산업체 중심으로 활발히 진행 (메모리)프론티어 사업단 및 ETRI 중심(SoC)	미국: NNI 주도 일본: MIRAI(MITI) 중심 유럽: ESPRIT 중심	80%
	나노포토닉스	도입기	대학 및 연구소 중심 연구	대학 기초연구 중심	70%
	나노센서/MEMS	도입기	대학 및 연구소 중심 연구	대학 기초연구 중심	70%
	양자컴퓨터	발아기	대학 중심 기초연구	미국: IBM, 국방부 일본: NEC, 이화학연구소	50%

자료 : 융합기술 기획위원회(IT-BT, IT-NT), 자체 분석, 정보통신부, IT 기반 융합기술 발전전략, 2005. 9., p.16.

3.3. 융합 기술 발전 및 접근체계

3.3.1. 바이오 정보 감지

바이오 정보 감지 기술은 생체로부터 도출되는 각종 정보를 획득하기 위한 기술을 말한다. 이때 획득되는 정보는 이후 정보처리 기술을 통하여 의미있는 파라미터로 변환되어 응용되므로 정보감지기술에서의 목적하는 정보는 처리가 가능한 수준의 전압, 전류, 형광, 플라즈몬 등의 형태로 획득된다. 바이오 정보 감지 기술은 우선 기존의 연구가 수행하여 왔던 바이오 센서에 관련된 기술로 대표된다. 그리고 비교적 최근에 이르러 대량의 결과분석을 목표로 하는 DNA 칩, 그리고 여기에서 발전된 Protein 칩에 관한 개념이 제시되고 관련된 연구가 활발히 수행되고 있다. 또한 바이오 멤스(BioMEMS) 기술, 특히 미소 유체이송(microfluidics)에 기반한 Lab-on-a-chip을 이 분류에 포함시킬 수 있는데 그 대표적인 융합기들을 살펴보면 다음과 같다[Tolgay et al. 2003].

(1) 바이오 센서 : 통상 센서란 분석대상의 원하는 특성 값을 측정하는 장치를 의미한다. 바이오 센서는 특

성 값을 측정하기 위해 배타적 생화학 반응을 이용한다. 즉, 측정대상과 배타적으로 반응하는 효소, 항체 등의 기능성 생체 분자를 이용하여 혼합물로부터 원하는 측정 대상을 선택적으로 측정하는 원리이다. 가장 널리 알려진 바이오 센서인 혈당 측정 장치의 동작을 보면, 혈당 측정 바이오센서는 포도당 산화효소가 배치된 생체막을 이용하여 혈액에 포함된 포도당의 양을 측정한다. 혈액 속의 포도당은 포도당 산화효소에 의해 과산화수소와 포도당산으로 분해된다. 이때 발생되는 과산화수소의 양은 혈액 속의 포도당 양과 비례하므로 과산화수소의 양을 측정함으로서 간접적으로 포도당의 양을 알아내게 된다. 측정된 양을 신호변환기가 전기적 신호로 바꾸어 시스템에 전달하게 된다.[4)]

(2) DNA Chip Informatics : 최근 자동 DNA 서열분석기(automatic DNA sequencer)와 Shotgun Method 같은 서열 분석법이 발달함에 따라 인간을 비롯한 각 생물체의 유전체(genome)의 서열분석(sequencing)이 가속화되고 있다. 인간 지놈 프로젝트가 실질적으로 완료되었다는 발표가 있었으며, SARS(Severe Acute Respiratory Syndrome)의 병원균으로 의심되고 있는 코로나 바이러스의 서열은 수주 만에 분석이 완료되었다. 한편, 유전체의 서열정보만으로는 복잡한 생명현상의 규명이 어려우며, 단백질-단백질 상호작용, 유전자 발현 등의 다른 정보들 역시 필요하다. 현재 복잡한 생명현상의 규명에 관한 연구 중 유전체의 기능을 밝히려는 기능 유전체학(functional genomics)이 활발히 연구되고 있으며, 이를 위한 주요 도구 중 하나가 DNA 칩이다[Schena 2000; Baldi & Hatfield 2002; Kohane et al. 2003].

3.3.2. 바이오 정보처리

최근 의공학 분야에서는 컴퓨터 기술, 신호처리 기술을 비롯한 정보처리 기술을 이용한 의료기기의 개발과 원격의료 등의 의료 서비스의 첨단화가 시도되고 있고, 이러한 필요성에 의하여 실험실 단계에 있던 생명공학기술을 정보처리기술과 융합하여 실제 의료분야에 응용하고자 하는 연구가 이루어지고 있다.

특히 HGP(Human Genome Project)를 통해 유전자 정보가 규명되어 가면서 컴퓨팅 기술 등과의 접목이 가속화되고 있고, 인간의 유전자 정보를 활용한 새로운 의약품과 유전자 진단 기기의 개발이 추진되고 이에 따라 의료 시술이 발달하고 있다. 이러한 기술혁신을 위해서는 엄청난 양의 생체정보를 신속하게 수집하고 처리할 수 있는 기술의 필요성이 대두되며, 따라서 기존 정보처리기술의 적용 내지 생체정보에 적합한 새로운 개념의 기술 개발이 요구된다. 현재까지 정보처리기술과 생명공학기술이 접목되는 기술영역은 그 개념정립의 단계에 있으며 향후 기술개발의 속도에 따라 시장창출과 선점, 그리고 인류복지를 위하여 크게 기여할 수 있는 기술영역이 될 것이다.

(1) 생물정보학(Bioinformatics) : 생물정보학은 게놈 프로젝트 등의 대규모 유전체 연구를 통하여 얻어진 데이터를 의미있는 형태의 정보로 가공하여 응용하기 위한 컴퓨터 기술이라고 할 수 있다. 좀 더 넓게 해석하면, 생명현상과 관련된 정보데이터를 저장, 분석, 검색, 가공하기 위한 제반 컴퓨터 기술이라고 할 수 있고, 이때는 이공학 분야의 생체신호 처리기술을 일부 포함하는 개념이 된다.

생물정보학은 컴퓨터 기술을 기반으로 유전체, 프로테옴, 신약물질 등 생물정보에 대한 광범위한 데이터를 저장, 분석, 검색, 가공, 응용하기 위한 기술로써 데이터베이스, 지식관리 및 검색, 데이터 연동, 사용자 인터페이스 등의 기술을 포함한다[Yoshimura 2003].

생물정보학은 크게 개발 생물정보학과 응용 생물정보학으로 나누어 볼 수 있다. 개발 생물정보학은 바이오정보를 위한 데이터베이스 시스템의 구축이나 분석 소프트웨어 개발 등 바이오 정보의 저장 및 관리를 위한 통합 데이터베이스 기술, 정보검색을 위한 데이터 마이닝 기술, 색인 기술 등으로 구성되어 있다.

응용 생물정보학은 구축된 데이터베이스와 분석 소프트웨어를 효과적으로 활용하여 생물학 연구에서 발생하는 개별적인 문제를 해결하는 분야로서 DNA 칩, 프로테인 칩, 2-D PAGE(이차원 단백질 전기영동) 등으로부터 얻어지는 데이터를 이용한 신규 단백질 또는 신약의 기능-효용 예측기술, 정보 분석을 통한 의료진단 기술 등이 포함된다.

(2) 바이오정보 데이터베이스 : 분자 생물학에서 다루는 데이터의 유형은 DNA나 RNA와 같은 핵산 서열, 단

4) 이러한 과정에서 가장 중요한 점은 혈액 속에는 여러 가지 물질이 섞여 있지만, 포도당 산화효소에는 오직 포도당에만 반응하는 생화학적 특성이 있다. 기존에는 혈액을 채취하여 실험실에서 다양한 정체처리를 해야만 포도당 양을 알 수 있었지만, 산화효소를 이용한 바이오 센서를 이용하면 신속하고 간단히 포도당 양을 측정할 수 있다.

백질 서열, 단백질 구조, 모티프(motif), 유전자 발현 데이터, 관련 문헌 등 매우 다양하다. 역사적으로 새로운 유형의 데이터가 필요할 때마다 별도로 데이터베이스가 구축된 경우가 많고, 동일한 유형의 데이터에 대해서도 서로 다른 주체에 의해 복수 개의 데이터베이스가 구축, 운영되고 있다. 따라서 Molecular Biology Database Collection에 등록된 데이터베이스만 하더라도 200여종이 넘고, 계속 새로운 데이터베이스가 출현하고 있다.

일부는 Oracle이나 Sybase와 같은 관계형 DBMS로 구축된 것도 있고, 일부는 보통 파일로 구축된 것도 있다. 더욱이 서로 독립적으로 구축되었기 때문에 구조적으로 상이함은 물론 채택하고 있는 온톨로지(ontology)도 다르다. 하지만 유전체 연구를 위해서는 여러 데이터베이스에 저장된 정보를 종합적으로 활용해야 한다.[5)]

(3) 생체 신호 처리 : 생체신호처리기술의 분야는 의료기기나 바이오 센서 등의 바이오 정보감지기술을 통하여 얻어진 생체정보를 전송에 용이한 신호로 변형하고, 전송된 정보를 수집, 계측 및 분석하는 기술로서 의공학의 중요한 분야를 차지한다. 이 기술을 통하여 기존의 생체계측 기술에 더 나아가 병원용 계측기의 공간적-시간적 한계를 벗어나 일상생활에서 상시 적용할 수 있는 시스템을 현실화할 수 있다는 의미가 있다.

생체신호 처리분야에서는 선진국의 경우 일찍이 기술개발 연구가 활성화되어 있으며, 대부분의 의료기기산업체의 경우 부속연구소를 통해 연구와 제품 개발을 병행하고 있다. 또한 이 분야의 특성상 연구, 개발, 응용 등 일련의 과정이 의학계, 공학계, 산업계간의 유기적인 협력관계를 통하여 진행되고 있다. 이러한 생체신호 처리기술의 발전에 의해 의료의 고급화 및 고급의료 서비스 제공이 현실화되고 있다[Zhang et al. 2003].[6)]

3.3.3. 유비쿼터스 바이오 정보 시스템

바이오정보 감지기술을 통하여 획득된 생체정보를 처리단계에서 전송하기 위해서는 기존의 CDMA나 무선망, 무선 LAN망 등을 통한 송수신이 필요하다. 특히 바이오 정보통신용 단말기에 사용되는 인체 적응형, 초소형, 저전력의 트랜시버 기술개발이 필수적이다. 이러한 생체신호 통신기술로는 생체신호 송수신 서비스가 가능한 이동통신용 IC와 RF IC의 집적화가 매우 중요하며, 이를 위한 구체적인 방안으로서 RF(radio Frequency) MEMS 기술의 개발에 많은 연구 노력이 투입되고 있다. 단말기를 구성하는 기존의 RF반도체 중에서 스위치, 튜너블, 컴포넌트, 필터 등이 MEMS로 대체될 경우, 저가격, 낮은 삽입손실, 양호한 소자분리, 광대역, 칩 크기의 소형화, 작은 중량과 저전력 소모, 그리고 단순한 회로설계 등 많은 장점을 가지고 있다. RF응용을 포함하는 MEMS 소자의 집적도는 현재 매우 낮은 수준에 불과하지만, 가까운 장래에 각각의 응용분야별로 크게 발전할 것으로 예상된다.[7)]

4. 결 론

전체적으로 우리나라의 IT-BT-NT 융합기술에 대해 융합기술 개발이 미래의 성장동력 창출에 매우 중요함에도 불구하고 융합기술개발면에서 IT-BT는 선진국에 비해 65~80%, NT-BT는 60~65%, IT-NT는 50~80%로 열세를 보이고 있다.

그러므로 융합기술개발에 기반한 신산업 육성을 위해서는 먼저 정부측에서 연구개발 예산의 확대와 자금지원, 종합적인 융합기술개발전략의 수립, 관련부처간 역할분담과 조정, 법·제도 정비 및 역기능 방지대책의 마련이 필요하다. 특히 바이오 기술은 IT와 같은 편리성과 효율성뿐만 아니라 생명과 밀접히 연관된 산업이므

---

5) 예를 들어 특정 유전자를 GenBank와 GSDB에서 찾고, 그에 해당하는 단백질 서열과 구조를 각각 SWISS- PROT과 PDB에서 찾은 다음, 해당 유전자의 기능을 설명한 논문을 PubMed를 통해 찾아야만 하는 경우가 있는 것이다. 따라서 구조와 내용면에서 매우 이질적인 바이오 데이터베이스를 논리적으로 통합하기 위한 연구가 최근 활발히 이루어지고 있다.

6) 생체신호처리기술분야의 대표 연구기관으로 미국 MIT의 d'Arbeloff lab을 꼽을 수 있으며, 이 연구소의 주도하에 Home Automation and Healthcare Consortuim이 조직되어 다기능 센서, 건강 모니터링 시스템, 홈 오토메이션 시스템 개발을 그 목표로 연구를 수행하고 있다. 이 연구 과제를 통하여 맥박, 혈중산소농도, 혈류, 혈압 등을 측정할 수 있는 반지 형태의 센서를 MEMS 기술을 이용하여 개발하고 이를 초소화하는 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다.

7)

로 향후 수요확대와 발전 가능성이 무한하다고 할 수 있을 것이다.
따라서 최근에 개발되고 있는 바이오 정보단말의 형태는 무선통신을 이용해 단순히 손과 손목에 장착하는 형태의 단말기에서 점차 인간 친화적인 형태로 발전하고 있으며, IT 기반 기술을 바탕으로 인체 장착형 바이오 정보단말 기술 원천 연구의 초석이 되는 인체 장착형의 MEMS 트랜시버 기술의 경쟁력 확보를 통하여, BT+NT 기술과의 융합을 이루며, 기술적 시너지 발생을 유도하는 방향으로 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] 김남수, 박철호, 신영범, 안철, 왕명현, 이해익, 임학태, 정연호, 조동하, 차상훈, 최용순, 홍순관, 「생명공학개론」, 강원대학교 출판부, 2003.
[2] 데이코산업연구소(편), 「한국바이오산업연감」, 데이코산업연구소, 2005.
[3] 벤처아이, 「바이오 생명공학 : 벤처기업 103 현황」, 벤처아이, 2004.
[4] 사단법인 한국바이오벤처협회, 「한국바이오산업총람」, 사단법인 한국바이오벤처협회, 2005.
[5] 산업자원부, “대통령주제 바이오산업 발전방안 보고회의 자료”, 2002.
[6] 전황수, 허필선, “IT-BT-NT 기술융합에 따른 산업육성전략”, 전자통신연구소 전자통신동향분석, 2006.4, pp.15-24.
[7] 전황수, 허필선, “IT-BT-NT 융합기술”, ETRI기획보고서, 2006.1, pp.188-193.
[8] 정보통신부, “IT기반 융합기술 발전전략”, 2005.9, p.4.
[9] 정상기, 명재진, “생명과학기술의 응용과 기본권 보호적 한계”, 「아산재단연구총서」, 제 139집, 2003. pp.23-24.
[10] 한국전자통신원, “IT-BT 융합기술 기획보고서”, 2002.
[11] 한국전자통신원, “IT-NT 융합기술 기획보고서”, 2002.
[12] Baldi, P. and G.W. Hatfield, 「DNA Microarrays and Gene Expression : From Experiments to Data Analysis and Modeling」, Cambridge University Press, 2002.
[13] Berrar, D.P., W. Dubitzky and M. Granzow(eds.), 「A Practical Approach to Microarray Data Analysis」, Kluwer Academic Publishers, 2003.
[14] ETRI, “IT-BT 융합기술기획보고서”, 2005.6.21, pp.28-32.
[15] ETRI, “IT-NT 융합기술기획보고서”, 2005.6.20, pp.17-20.
[16] Schena, M.(ed.), 「Microarray Biochip Technology」, Eaton Publishing, 2000.
[17] Tolgay, O.I., M. Dolled-Filhart, T.G. D'Aquila, R.L. Camp and D.L. Rimm, “Tissue Microarry-based Studies of Patients with Lymph node negative breast Carcinoma show that met expression

<표 10> 바이오 BT+IT결합응용범위

분야	범 위
생체정보 감지기술	-인간의 각종 생체정보를 고효율, 간편 그리고 정확하게 감지 및 측정하는 기술 -생체 또는 의료용 바이오 센서, 화학 센서 및 고밀도 센서 어레이, 초소형 액추에이터 및 이것들의 마이크로시스템화 기술
생체정보 인터페이스 및 송수신 기술	-감지된 생체정보의 송수신을 위한 RF송수신 단말기 제조 기술 및 인터페이스 기술 -근거리 통신 기술, 무선 미세전원 기술, RF 통신용의 초미세 소자 기술 등 -무선 또는 공중망을 통한 생체정보의 미세신호를 실시간으로 송수신할 수 있는 통신기술
생체정보 처리 기술	-인체로부터 감지, 전송된 생체정보와 유전자, 단백질 정보 등을 수집, 저장, 분류, 분석하는 기술 -생체 데이터의 처리를 통한 질환 및 검체상태에 따른 파라미터 추출 기술 등
생체정보 응용 및 통합기술	-질환 및 검체 상태에 따른 생체신호를 이용한 자동진단 및 결정지원시스템 기술 -질환에 따른 생체 데이터 처리 통합 기술

is associated with worse outcome but is not correlated with epidermal growth factor family receptors", 「Genes Chromosomes Cancer」, Vol. 97, No. 8, 2003, pp.1841-1888.
[18] Yoshimura, A., A. Gemma, Y. Hosoya, E. Komaki, Y. Hosomi, T. Okano, K. Takenaka, K. Matuda, M. Seike, K. Uematsu, S. Hibino, M. Shibuya, T. Yamada, S. Hiroshshi and S. Kudoh, "Increased Expression of the LGALS3(Galectin 3) Gene in Human non0small0cell lung Cancer", 「Genes Chromosomes Cancer」, Vol. 37, No. 2, 2003, pp.159-164.
[19] Zhang, B.T. and K.B. Hwang, "Bayesian network Classifers for Gene Expression Analysis", 「A Practical Approach to Microarray Data Analysis」, Berrar, D.P., W. Dubitzky and M. Granzow(eds.), Kluwer Academic Publishers, 2003, pp. 150-165.
[20] Zhang, B.T., J. Yang and S.W. Chi, "Self-organizing Latent-lattice Models for Temporal Gene Expression Profiling", 「Machine Learning」, Vol. 52, 2003, pp.67-89.