

# 신기술의 융합 유형에 관한 실증 분석

차원용<sup>1\*</sup>, 이선규<sup>2</sup>

## A Research Analysis on the Convergence Type of New Technology

Won-Yong Cha<sup>1\*</sup> and Seon-Gyu Yi<sup>2</sup>

**요약** 본 연구는 최근 차세대 성장 동력으로 등장하고 있는 바이오기술(BT), 정보기술(IT), 그리고 나노기술(NT)의 새로운 신기술 융합 유형 및 발전 방향에 관한 연구로 융합의 학문적 의미, 융합의 촉발 요인과 향후 전개방향을 살펴보고, 선행연구를 통해 기존의 바이오기술, 정보기술 및 나노기술들의 한계와 문제점을 도출하여, 그 한계와 문제점을 극복하는 방안으로서의 융합의 필요성을 제시하였다. 또한 다양한 융합 유형 중 바이오기술(BT) 기반의 정보기술 융합인 BIT 융합기술과 나노기술 융합인 BNT 융합기술에 한하여 선행연구 및 델파이 실증 분석을 통해 차세대 기술로 등장할 7개의 BIT 및 10개의 BNT 세부 융합기술을 도출하여 제시하였다. 따라서 본 연구의 결과는 각각 융합기술을 연구하는 연구소, 기업, 및 학계에 융합의 필요성에 따라 상호 이해도를 높이고 산학간 협력할 수 있는 기회를 제공할 것으로 기대한다.

**주제어** : 바이오기술, 나노기술, 정보기술, 융합기술, 컨버전스, 융합유형, BIT, BNT, 산학협력

**Abstract** Recently the convergence of Bio technology(BT) and Information technology(IT) based on Nano technology has just emerged into several types of convergence technologies, therefore, this research paper examined and suggested the needs of why BT, IT and NT should be converged into new types technologies through analyzing the existing papers and documents. Among the several types of convergence technologies, this study focused on the types of BIT and BNT only through Delphi research method, and finally laid out the most important 7 specific kinds of technologies of BIT and 10 of BNT, which will give insights of cross-understanding and cross-imagination to institute side, business side, and academic side when they do research and business development of future convergence technologies together as cooperation between.

**Keywords** : Bio technology, Nano technology, Information technology, Convergence technology, Convergence, Convergence Type, BIT, BNT, Cooperation between Industry and Academic

## 1. 서론

### 1. 연구 배경 및 목적

최근 나노기술(Nano technology, NT)을 바탕으로 바이오기술(Bio technology, BT) 및 정보기술(Information technology, IT)의 융합(Convergence)이 가속화되면서 새로운 형태의 기술과 서비스가 등장하고 있다. 기존 IT 산업의 일반적인 온도나 압력을 감지하는 센서(Sensor)에 BT 산업의 유전자(DNA)나 분자(Molecular)들의 상호작용

을 감지하는 기술이 융합된 바이오센서(Biosensor)가 등장하고[1], 화학/의학/제약 산업의 BT 기술인 반응(Reaction) 및 분석(Analysis) 실험실(Lab)이 NT 기술과 IT 기술과 융합되어 실험실(Lab)이 하나의 칩(Chip) 위에 올려지는 ‘칩 안의 실험실’을 의미하는 랩온어칩(Lab-on-a-chip, LOC)이 등장하며[2], NT 산업의 나노 입자(Nano particle)들이 IT 산업의 냉장고나 세탁기에 융합되는가 하면, 화장품에 융합되어 나노 화장품이 개발 판매되고 있다. 따라서 정부나 각 관련 산업 및 연구소들은 이들 새로운 성장 동력의 융합기술 선점 및 새로운 부가가치 창출을 위해 BT+IT+NT기술의 융합을 적극적으로 추진하고 있다[3]. 그러나 BT+IT+NT의 융합은 새로운

<sup>1</sup>서울벤처정보통신대학원대학교 정보경영학과 박사과정 수료

<sup>2</sup>서울벤처정보통신대학원대학교 정보경영학과 교수

\*교신저자:차원용(wycha@nuri.net)\*,

융합기술 분야이어서 대부분 아직은 연구개발단계로, 융합기술 유형 및 세부 융합기술 분류에 대한 체계적인 연구가 미흡하다[4]. 따라서 본 연구에서는 바이오 기술, 정보기술, 나노기술 등과 같은 기존의 기술들에 대한 개념과 지금까지의 연구 현황을 문헌을 통해 알아 보고, 문헌에 나타난 개별적인 기술들이 안고 있는 문제점이나 한계를 통해 융합의 필요성을 살펴 보고, 문헌에 예측된 미래 융합기술들을 바탕으로 델파이 조사를 통해 세부 융합기술들을 포괄적으로 도출하고 그 중 가장 중요한 세부 융합기술들을 도출하고자 한다.

## 2. 연구의 범위

본 연구에서는 바이오기술 기반의 융합기술에 국한하였다. 바이오기술도 그 영역이 생물학, 유전학, 분자생물학, 화학 및 의학 등으로 그 범위가 워낙 넓으므로, 그 중에서도 인간 중심적인 부분, 즉, 인간의 질병 퇴치, 건강 유지 및 장수에 관련된 융합기술에 국한하였다. 즉, 바이오기술을 기반으로 정보기술이 융합되는 BIT와 역시 바이오기술을 기반으로 나노기술이 융합되는 BNT 융합기술에 대해서 구체적인 세부 융합기술들이 어떻게 예측되고 있는지를 조사하고 연구 분석하였다. 또한 미래의 융합기술을 도출하는 것이므로 사회적, 환경적, 경제적 관점이 아닌 기술적 관점에서 연구 조사하기로 한다.

## 3. 연구 방법

연구 목적을 위해, 융합기술의 정확한 정의, 융합기술의 미래 발전 유형, 융합유형의 영역 등을 문헌 연구를 통해 살펴보고, 관련 영역별 미래 융합기술에는 어떤 것이 있는지를 검증하기 위하여 델파이(Delphi) 방법을 이용하여 미래의 세부 융합 기술을 도출하였다. 델파이 방법은 전문 기술 분야의 전문가의 의견을 수립할 때 사용할 수 있는 유용한 기법이다[5].

## II. 이론적 고찰 및 선행연구

본 장에서는 융합에 대해서 이론적으로 살펴 보고 바이오기술, 정보기술, 나노기술 등 기존 기술에 대한 개념과 현재 연구되고 있는 내용들을 문헌 중심으로 살펴 보면서, 구체적으로 융합의 유형과 관련된 융합기술들에 대해서 살펴 보고자 한다.

### 1. 융합의 개념

융합(Convergence)의 어원은 후기 라틴어인 'Convergere'라는 동사에서 유래한 것으로, 함께(together)라는 뜻의 'Con'과 '어떤 방향 또는 상태로 향하다(bend) 또는 기울어지다(incline)'라는 뜻인 'vergere'가 합쳐진 명사로, 그 의미는 (1) 어느 한 점이나 다른 점으로 다 같이 향하고 움직이는 것(to tend or move toward one point or one another : come together), (2) 어떤 공동의 이익이나 집중에 다같이 참여하고 통합하는 것(to come together and unite in a common interest or focus), (3) 수많은 수단들의 각각의 한계에 접근하여 궁극적으로 그 한계를 없애고 각각의 수단들의 기능을 증가시키는 것 등으로 Merriam-Webster 사전은 정의하고 있다 (<http://www.m-w.com/>, as of 30 Dec 2006).

일본의 Kodama[6]는 최초로 기술융합(technology fusion)이라는 용어를 사용했다. 그는 기술혁신에는 두 가지가 있는데 하나는 기존 기술의 혁신(breakthrough)이고 다른 하나는 여러 기술의 혁신이 동시에 일어나면서 융합(fusion)하는 것이라고 하면서 융합형 기술혁신이 점점 더 많은 비중을 차지한다고 주장했다. Kodama는 기계기술과 전자기술의 융합으로부터 생성된 수많은 메커트로닉스(Mechatronics) 제품으로부터 이런 인식을 갖게 되었다. 이보다 앞서 Rosenberg[7]는 기술융합(technological convergence)이란 용어를 사용했다. 그는 기술융합을 다양한 산업이 각자의 기술적 문제를 해결해 나가는 과정에서 일어나는 공동 기술혁신 현상이라고 정의하였다.

### 2. 신기술의 이론적 고찰

본 절에서는 신기술의 융합과 관련하여 바이오기술, 정보기술, 나노기술들에 대한 이론적 배경과 지금까지의 중요 연구 현황을 살펴 보고, 이러한 기술들의 융합의 필요성과 향후 전개 방향에 대해 살펴 보고자 한다.

#### 2.1 바이오기술의 개념과 연구 현황

##### 2.1.1 바이오기술의 개념

연구자들은 바이오 기술에 대해서 다양하게 정의를 하고 있다. Canton[8]은 유전자 해독, 생명과학, 게놈 연구의 발전으로 인간 건강 증진, 생명 연장, 의학 발전 등이 가능한 기술로 정의하고 있고, 이동일 등[9]은 생체나 생체유래 물질 또는 생물학적 시스템을 이용하여 산업적으

로 유용한 제품을 제고하거나 또는 공정을 개선하는 기술이라고 설명하고 있다. 또, 안두현 등[10]은 하나의 세포에서 유전자를 떼어내 다른 세포에 이식하는 재조합기술 또는 잠종세포를 생산하기 위한 융합기술에서 사회적, 경제적 수요에 맞도록 생물의 유전암호를 다시 프로그램하는 아래로부터 위로의 빌딩블록 기술인 상향식(Bottoms-up) 기술로 정의하고 있다.

2.1.2 바이오기술의 세분류

바이오기술의 구체적인 세부 기술로는 다음 <표 II-1>에서 보는 바와 같이 유전체학(Genomics), 분자생물학, 단백질체학(Proteomics), 조직공학, 세포기술, 바이오장기, 신약, 생물학, 화학, 의학 등의 세부 기술들이 있다.

<표 II-1> 바이오기술의 세부 기술 분류

기술 분류	연구 자
유전체학, 분자생물학.	이동일 등(2002)[9], 정보통신부(2005)[26], 서울대 의공학과(2007)[27], 서갑양(2006)[3]
단백질체학, 조직공학, 세포기술.	이동일 등(2002)[9], 서울대 의공학과(2007)[27], 서갑양(2006)[3]
바이오장기, 신약.	정보통신부(2005)[26]
생물학, 화학, 의학.	한국정보산업연합회(2004)[11]

2.1.3 바이오기술 발전 방향과 융합의 필요성

바이오기술의 적용분야는 모든 산업에 해당되며[3], 그 영역은 기존의 화학, 생물학, 의학의 영역을 넘어 세포생물학(Cell biology), 유전체학(Genomics), 전사체학(Transcriptomics), 단백질체학(Proteomics), 대사체학(Metabolomics) 등으로 확장되면서[11], 현재 생물학의 데이터는 홍수를 이루고 있다[12]. 이들 데이터들은 더욱 풍부해질 것이고, 대단위 규모의 분석 샘플 방법들인, DNA 염기서열(DNA sequencing), 마이크로어레이(microarrays), 마이크로반응기(Microreactors), 랩온어칩 연구 등에 의해 이미 새로운 데이터 정보들도 넘쳐 나고 있다. 따라서 이 엄청난 양의 분자 데이터를 다루려면 IT의 시스템이나 통신 인프라가 융합되어야 한다[8]. 이는 미래 기술로써 개념이 정립되고 있는 'BT+IT+NT'의 융합이 필요함을 의미한다.

2.2 정보기술(IT)의 개념과 연구 현황

정보기술이란 정보를 다루는 기술, 즉 정보의 취득, 저

장, 전송, 처리, 표시 및 보호에 관련된 기술로 이에 필요한 물질을 더욱 작게 자르고 나누어 그 위(안)에 더욱 작은 선을 식각하고 더욱 많은 디바이스를 집적하여, 전자(Electron)를 제어하는, 위에서 아래로의 하향식(Top down, Downstream) 방법을 적용하는 기술이다[9, 12, 14, 15]. 또, Canton[8]은 컴퓨터, 마이크로 칩, 인터넷이 직업, 통신, 일, 창의성, 엔터테인먼트에 막강한 영향력을 행사하는 기술로 정의하고 있다. 그 구체적인 세부 기술로는 다음 <표 II-2>에서 보는 바와 같이 컴퓨터, 반도체 칩, 통신, 디스플레이, 인터넷, 정보 보호, 전산학 등이 있다.

<표 II-2> 정보 기술의 세부 기술 분류

기술 분류	연구 자
컴퓨터(H/W, S/W), 반도체, 통신.	이동일 등(2002)[9], 정보통신부(2005)[26], 서울대 의공학과(2007)[27], 서갑양(2006)[3]
디스플레이, 인터넷.	이동일 등(2002)[9], 서울대 의공학과(2007)[27], 서갑양(2006)[3]
정보보호	정보통신부(2005)[26]
전산학, 수학, 통계학.	한국정보산업연합회(2004)[11]

융합기술의 가장 기본적인 기술은 정보기술이다. 다양한 정보의 가공을 통해 다른 기술들과의 융합을 도모할 수 있기 때문이다. 정보기술은 크게 4가지 핵심 기술로 나누어 설명할 수 있는데, 반도체/컴퓨터 기술과 관련된 분야는 무어의 법칙(Moore's law)으로 설명할 수 있고, 통신기술과 관련한 분야는 메트칼프 법칙(Metcalfe's law)으로 설명할 수 있다. 또, 컨텐츠 기술과 관련한 분야는 길더 법칙(Gilder's law)으로 설명할 수 있으며, 기업의 비용절감을 위한 IT 인프라 구축기술과 관련해서는 코우즈 법칙(Coase's law)으로 설명할 수 있다[16].

2.3 나노기술의 개념과 연구 현황

나노기술은 정보기술의 하향식 기술과 바이오기술의 상향식 기술을 연결하여 융합시키는 중개매체 기술로[17], 나노의 개념을 살펴보고, 그 다음 타 기술과의 융합이 왜 필요한지 간단히 살펴 보겠다.

2.3.1 나노기술의 개념

나노기술은 나노 세계를 다루는 기술이다. 물리적인 세계에서 보면 나노세계는 곧 원자나 분자세계이다. 나노

기술이란 이러한 원자 하나하나를 기계적으로 빠르게 제어할 수 있는 기술로, 궁극적으로 원자를 상향식으로 쌓아올려 분자세계를 만들고 다시 분자를 쌓아 올려 새로운 물질을 만들고자 한다. 연구자들은 나노기술에 대해서 다음과 같이 정의하고 있다. Canton[8]은 원자 수준에서 물질을 조작해 새로운 약품, 연료, 원료, 기계 등의 생산이 가능한 기술로 정의하고 있고, 이동일 등[9]과 안두현 등[10]은 물질의 특성을 분자 또는 원자 단위 수준(1-100 나노)에서 탐구, 규명, 제어하여 유용한 물질, 재료, 소자 및 시스템을 창출하는 초극미세 기술이라고 정의하고 있다.

2.3.2 나노기술의 세분류

나노기술은 나노 소재(재료), 나노 공정, 나노 구조, 나노 기계/디바이스, 정보저장, 나노소자 및 시스템 등으로 분류할 수 있다. 구체적인 세부 기술로는 다음 <표 II-3>에서 보는 바와 같다.

<표 II-3> 나노기술의 세부 기술 분류

기술 분류	연구자
나노 소재(재료), 나노 공정	이동일 등(2002)[9], 정보통신부(2005)[26], 서울대 의공학과(2007)[27], 서갑양(2006)[3], 안두현 등(2002)[10], 윤문섭 등(2003)[28], 한국특허정보원(2005)[29]
나노 구조	이동일 등(2002)[9], 정보통신부(2005)[26], 서울대 의공학과(2007)[27], 서갑양(2006)[3], 정보통신연구진흥원(2002)[15]
나노 기계/디바이스	이동일 등(2002)[9], 서울대 의공학과(2007)[27], 서갑양(2006)[3], 윤문섭 등(2003)[28]
정보저장	정보통신부(2005)[26], 정보통신연구진흥원(2002)[15]
나노소자 및 시스템	서울대 의공학과(2007)[27], 안두현 등(2002)[10], 윤문섭 등(2003)[28], 정보통신연구진흥원(2002)[15], 한국특허정보원(2005)[29]

2.3.3 나노기술의 발전 방향과 융합의 필요성

미래의 나노기술은 스스로 자기조립되는 상향식 방법이 가미된 혁신적인 연구방법이 필요하다. 이미 생물학의 융합이 시작되었다. 불도마뱀(salamander)은 심각하게 손상된 꼬리를 스스로 대체할 수 있는 능력이 있는데, 이 유전학적 메커니즘을 나노기술이나 바이오기술에 응용하

는 것이다[18]. IBM은 도마뱀의 스스로 고치고(Self-healing), 스스로 구성하며(Self-configuring), 스스로 방어하고(Self-protecting), 스스로 최적화하는(Self-optimizing) 메커니즘을 활용해 2005년에 e-Liza라는 도마뱀 서버를 개발하여 시판하고 있으며, 도마뱀과 같은 자율지능적 컴퓨팅(Autonomic computing) 개발에 도전하고 있다.

2.4 융합기술의 접근 방식

지금까지 바이오기술, 정보기술, 나노기술 각각의 개념 및 연구현황을 살펴보고 극복해야 할 과제를 살펴 보았는데, 이러한 기술들이 융합하기 위해서는 하향식 방식과 상향식 방식이 만나야 한다.

정보기술의 하향식 방식은 기존의 공정기술인 다양한 식각기술을 최대한 활용하여 물질(지금까지는 대부분 실리콘)의 선폴을 아주 작게 만들고 이에 맞는 나노미터 영역의 소자 특성 크기를 만드는 것이다. 반도체 공정기술인 130나노-> 90나노-> 65나노-> 45나노->32나노->22나노->16나노처럼 하향식으로 계속 작게 만들어 가다 보면, 거기에는 불확정성의 원리, 터널링효과, 그리고 단채널효과라는 극복해야 할 과제를 만나게 된다. 여기서 중요한 것은 이러한 하향식으로 나노크기의 반도체를 만들면 그것은 실제 눈으로 볼 수 없는 분자기계체인 MEMS(Micro Electromechanical Systems)나 NEMS(Nanoscale Electromechanical Systems)를 만들게 된다는 점이다. 따라서 그 다음의 방법은 분자의 메커니즘인 자기복제(Self replication)와 자기조립(Self assembly)의 자기조직화(Self organization)가 적용되어야 한다. 그러므로 결국 하향식 방법의 기술들은 나노기술을 바탕으로 상향식의 기술이 융합되어야 한다.

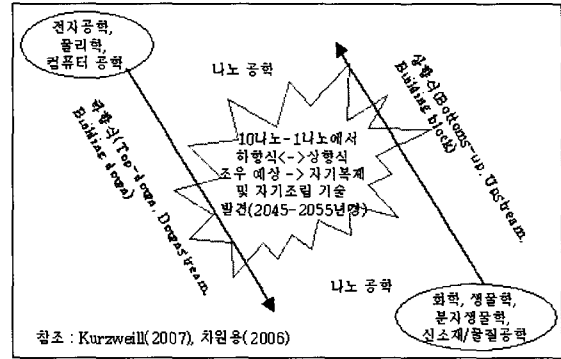
바이오기술의 상향식 방식은 원자를 융합시켜 분자를 만들고, 분자들의 자기복제와 자기조립의 자기조직화라는 상호작용 메커니즘을 이용하여 새로운 물질과 조직을 만드는 것이다. 그런데 다양한 바이오 프로젝트를 통해 획득한 상향식의 정보들은 이미 홍수를 이루고 있고, 세포와 유전자의 상호작용 및 세포와 바이러스의 상호작용도 1:1 발현이 아니라 멀티-발현이라는 점을 감안하여, 인간 질병을 치료하고 바이러스를 박멸할 새로운 물질이나 신약을 발견하려면, 정보기술의 칩(chip)이 융합된 마이크로어레이 칩, 컴퓨팅 기술, 고속처리검색(HTS: High

throughput screening) 시스템, 그리고 네트워크 시스템을 활용하지 않고는 이들 엄청난 바이오 데이터들을 연결하여 활용할 수없다[8]. 그러므로 시스템 생물학이 필요하고[12], 생물(생명)정보학기술(Bioinformatics)이 필요하다[11]. 또한 상향식의 기술에서는 물질의 기본 단위인 원자나 분자들의 합성 방법이나 합성 조건의 적절한 조절을 통해 원하는 크기와 형상의 새로운물질을 만들 수 있고, 그리고 결정 성장 방향으로 소재를 만들 수 있으며, 2차원 3차원적인 구조의 소재를 자유자재로 만들거나 성장시킬 수 있다. 그러나 그러한 분자들을 반응/조합/분석하려면 과거의 플라스크(flask)베이스의 *in vivo*나 *in vitro* 실험으로는 감당하기 어렵다. 따라서 정보기술이 융합된 *in silico* 방식이 되어야 한다[11, 19].

Kurzweill[20]은 하향식의 전자공학 기술이 효율적으로 전개되려면 나노기술을 기본으로 그 반대 개념인 상향식의 자기조직력을 갖춰야 한다고 설명하고 있다. 자기조직이란 비둘게 형성된 부품들을 알아서 폐기 할 수 있게 함으로써 수조 개의 회로 부품들이 저절로 올바른 조직을 갖추게 하는 것이다. Diehl *et al*[21]은 기존의 식각 기술이 아닌 화학을 이용하여 공장이 아니라 시험관에서 스스로 자기조직하는 대규모 회로를 만들 수 있을 것이라고 설명했다. 이는 기존의 하향식 방법은 그 반대의 상향식과 만나야 함을 의미하는 것이며, 또한 기존의 상향식 방법은 그 반대의 하향식과 만나야 함을 의미하는 것이다. Mulhall[22]은 분자혁명이 주도하는 분자경제가 도래할 것을 예고하면서, 분자들의 순서 배치(positioning), 스스로 복제하는 분자, 그리고 세포의 유전자 명령에 따라 다른 세포나 단백질을 만드는 세포내의 분자공장인 리보솜과 같은 자기조직이 가능한 분자 디바이스나 분자 제조기에 도전하려면 하향식과 상향식의 조우가 필요함을 강조하면서, 이를 달성하려면 유전공학(Genetics), 로봇공학(Robotics), 인공지능(AI: Artificial Intelligence), 그리고 나노기술이 융합되어야 함을 강조하고 있다.

결론적으로 나노기술을 중심으로 상향식과 하향식의 조우가 필요하다, 즉, 나노기술은 상향식과 하향식의 한계를 극복할 수있는 기술이다[17, 23]. 하향식으로 내려가다 보면 부딪치는 문제들은 상향식의 화학, 생물학, 분자생물학에서 그 답을 제공하게 될 것이고, 상향식으로 올라가다 보면 부딪치는 문제들은 기존의 물리학, 전자공학이나 컴퓨터 공학에서 그 답을 제공해줄 것이라는 점

이다. 이를 하나의 그림으로 도식화하면 <그림 II-1> 같은데, 나노기술은 상향식 방법과 하향식 방법을 연결하는 기술임을 알 수 있다.



<그림 II-1> NT를 중심으로 상향식+하향식의 조우[20, 24]

### 3. 융합 유형에 대한 이론적 고찰

본 절에서는 선행 연구를 통하여 융합 유형에 대해서 살펴 보겠다. 국내에서 융합 유형에 대한 연구들은 주로 연구의 주체나 기관, 단체의 입장들이 많이 고려되어 연구되어 왔다. 따라서 선행 연구 결과들은 다소 다른 주장들이 제시되고 있는데, 이러한 측면에서 볼 때 이 분야에 대한 연구가 향후에는 활발하게 이루어져야 할 것으로 판단된다. 선행 연구에서는 개별 기술을 바이오기술, 정보기술, 나노기술 등 3개의 기술 영역으로 분류하고, 이들 각각의 기술 영역들을 세부적으로 다시 분류하였다. 또, 개별 기술이 다른 기술과 접합되는 분야에 대해 그 융합기술을 정의하면서 각각의 융합 유형을 제시하고 관련된 세부 융합기술들을 분류하고 있다.

#### 3.1 융합 유형과 관련 융합기술

Canton[25]은 바이오기술, 정보기술, 나노기술의 융합을 예측하였다. 그는 향후 100년간의 미래 과학기술 아키텍처로 기존의 비트(bits)베이스 정보기술에 유전자를 바탕으로 하는 바이오기술과 원자를 바탕으로 하는 나노기술이 융합될 것임을 예측하였다.

##### 3.1.1 바이오기술 기반의 융합

바이오기술 기반 중심의 정보기술과 나노기술의 융합 기술에 대한 연구는 한국정보산업연합회[11]에 의해서

수행되었다. 한국정보산업연합회의 보고서에 따르면 생명공학에 정보기술이 융합되는 바이오인포매틱스(Bioinformatics(생물 또는 생명정보학)의 향후 융합기술에 대해서 그 정의를 생물학(Biology)에 정보학(Science of Information = Informatics)이 융합되는 바이오정보기술(Bioinformatics = BIT)로 정의하고 최초로 BIT라는 새로운 용어를 사용하였으며, 그 응용 분야로 유전체학, 단백질체학, 약리유전체학 등으로 분류하면서 이들 기술을 통해 바이오신물질을 만들 수 있다고 설명하고 있다. 특히 BIT의 융합 필요성에 대해, 홍수같이 폭발적으로 쏟아져 나오는 생물학적 데이터를 처리하려면 정보기술의 도움 없이는 불가능하기 때문에 반드시 융합되어야 함을 설명하고 있다.

### 3.1.2 정보기술 기반의 융합

이동일 등[9]은 미래의 융합 모델을 정보기술을 기반으로 해서 융합될 것이라고 설명하면서 미래의 IT-BT-NT 융합 기술 개념을 제시하였다. 이들은 미래의 융합 모델은 정보기술, 바이오기술, 나노기술 등 3개의 개별 기술들이 융합하여 새로운 기술을 요구할 것이라고 설명하면서, 구체적으로 정보기술은 컴퓨터, 반도체, 통신, 음영상 디스플레이 및 인터넷 등으로 분류하였으며, 바이오기술로는 유전체학, 단백질체학, 분자생물학, 조직공학 및 세포기술 등으로 분류하였다. 나노기술은 나노소재, 나노구조, 나노공정 및 나노기계 등으로 분류하였다. 그리고 개별 기술이 서로 융합되는 융합 모델에 대해서도 정보기술 중심의 나노기술이 융합되는 기술을 IT-NT로 정의하고 그 구체적인 세부 융합기술로는 나노컴퓨터, 나노모터 및 나노센서로 분류하였으며, 정보기술 중심의 바이오기술이 융합되는 기술을 IT-BT로 정의하면서 그 구체적인 세부 융합기술로는 생물(생명)정보학, 바이오전자, 인간 인터페이스, 바이오컴퓨터, 바이오센서, 바이오칩 및 원격의료 등으로 분류하였다.

### 3.1.3 나노기술 기반의 융합

서갑양[3]은 처음으로BIT, NBT, NIT라는 용어와 함께 가운데의 공통집합융합기술을 NBIT로 정의하였다. 그는 정보기술을 기반으로 하는 생명현상과 관련 생체 콘텐츠의 개발, 공유 및 서비스를 제공하기 위한 핵심 원천 및 응용기술을 BIT로 정의하였으며, 나노기술 또는 바이오기술 분야의 고도로 발전된 기술을 채용하여 상호

기술 발전의 문제점을 극복하거나 새로운 기술 분야를 창출하는 기술을 NBT로 정의하였다. 또, 기반적 특성이 강한 나노 기술과 시스템적 성격이 강한 정보통신 기술을 접목하여 반도체, 생명공학, 환경, 정보 통신 등 여러 분야에 활용될 수 있는 신기술의 창출이 가능한 영역을 NIT로 정의하였으며, 나노 수준의 물질제어를 바탕으로 바이오기술, 정보기술을 전혀 새로운 형태의 기술로 발전시키고, 이들 기술 상호간의 작용 과정에서 파생되는 기술변화가 궁극적으로 사회 및 문화 패러다임까지 변화시킬 수 있는 첨단 신생 기술을 NBIT로 도출하여 새로운 융합 모델을 제시하였다.

## 4. 예측된 BIT/BNT 세부 융합기술의 도출

본 절에서는 실제 나타날 미래의 BIT와 BNT의 세부 융합기술들을 살펴 보았다. 융합기술은 데이터가 충분하지 않고, 전문가들조차 융합기술의 미래를 정확히 예측할 수 없는 상황이며, 또 매우 가변적인 미래 융합기술에 대한 연구이기 때문에 기존의 전문가들의 연구 결과를 통해 예측된 융합기술들을 도출하였다.

### 4.1 예측된 미래 BIT 세부 융합기술

선행연구의 문헌에서 예측된 7개의 미래 BIT의 세부 융합기술을 다음과 같이 도출하였다.

4.1.1 바이오센서(Biosensor) : 관련된 기술은 혈당센서, 알코올센서, 유기산 센서, 면역 센서, 각종 질병을 진단하는 센서 등으로, 생체분자들의 물리적/화학적/생물학적 생체신호를 전기적/광학적/기타(열,압전,탄성파 등) 방식의 신호로 변환하여 감지하거나 측정/분석/진단할 수 있는 연구용이나 분석/진단용 휴대용 센서의 활용이 기대된다.

4.1.2 생물(생명)정보학 기술(Bioinformatics) : 관련 기술은 데이터베이스, 시스템, 소프트웨어, 인프라 등을 포함한 생리체학(Physiome) 및 시스템생물학기술 등으로, 계층이나 분자들의 상호작용 관련 대용량의 생물(생명)정보를 IT를 이용하여 고속처리검색진단(HTS)할 수 있을 것으로 기대된다.

4.1.3 원격의료기술(Telemedicine) : 지금은 핸드폰이나 모바일을 이용한 원격의료 단계로, IT를 이용하여 원격으로 측정/진단/치방/예방 등이 가능할 것으로 예측된다.

4.1.4 인공장기(Artificial Organs) : 인공심장, 인공 눈, 인공 코 및 기타 생체모방기술을 이용한 생체공학 기술로 IT베이스 생체공학(Bionics)을 활용하여 손상된 장기를 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

4.1.5 인공조직(Artificial Tissue) : 관련 기술로는 줄기세포 배양 기술, 조직 이식 기술 등으로 IT베이스 인공생물학(Synthetic Biology)을 활용하여 손상된 조직을 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

4.1.6 맞춤형 의학/치료 : 담배 끊기, 술 끊기, 마약 끊기, 다이어트 프로그램, 운동 프로그램, 키 키우기 등과 같이 개인의 건강상태에 따라 휴대용 유전자나 단백질을 활용해 맞춤형 서비스가 가능할 것으로 기대된다.

4.1.7 라이프 셔츠(Life Shirt) : 관련 기술로는 센서, 전도성의 폴리아닐린 및 기타 인체매질 통신이나 생체신호 통신기술 등으로 심장의 박동, 뇌파, 통증, 감정 등의 생체신호를 측정 분석할 수 있는 기술로 기대된다.

선행연구의 문헌에 나타난 이상의 내용을 정리하면 다음 <표 II-4>와 같다.

**4.2 예측된 미래 BNT 세부 융합기술**

선행연구의 문헌에 예측된 10개의 미래 BNT의 세부 융합기술을 다음과 같이 도출하였다.

4.2.1 마이크로어레이(Microarray) : 칩에 부착된 물질에 따라 DNA 칩, 단백질 칩, 세포 칩, 신경 칩, 탄수화물 칩, 펩타이드 칩 등으로 분류할 수 있는데, 패턴화된 생체분자들을 일정간격으로 칩 위에 고집적으로 배열하고, 분석 대상의 생체분자들의 상호작용을 칩상에서 고감도/초고속으로 반응/합성/측정/분석/진단 할 수 있는 기술로 기대된다.

4.2.2 나노약물전달시스템(Drug delivery system) : 나노캡슐, 나노리포터, 나노트럭 등의 나노분자기계 등으로 나노 극미세 도구를 이용해 바이오 물질이나 시료(약)를 코팅하거나 삽입하여 생체 내의 질병 부위나 암세포에 전달할 수 있도록 하는 기술로 활용될 것으로 기대된다.

4.2.3 랩 온어 칩(Lab on a chip) : 생체분자들을 흘러 보내면서 상호작용을 분리/정제/반응/조합/검출/측정/분석/진단 할 수 있는 실험실(Lab)을 칩(Chip) 위에 올려 놓은 초소형 바이오 실험실로 Microfluidics 및 Micro-TAS 라고도 한다. 미세유체채널, 유리/실리콘/금속의 칩, 센서, 밸브, 펌프 등이MEMS(Micro Electromechanical Systems)로 융합되어 이루어진 장치로 병의 진단이나 신물질/신약 개발에 활용될 것으로 기대된다.

4.2.4 나노바이오로봇 : 관련 기술은 나노봇, 심장근육을 이용한 머슬봇, 내장형 수술 로봇 등으로 혈관 속을 다니며 바이러스(암세포)나 세균을 조기에 발견 측정/분

**<표 II-4> 문헌에 예측된 7개의 미래 BIT 세부 융합기술**

세부 기술 명	연구 자
바이오센서(Biosensor)	윤현철 등(2001)[30], 이동일 등(2002)[9], 김윤태(2002)[31], Georgescu 등(2004)[32], 윤문섭 등(2003)[28], 임용택 등(2005)[33], 박승창(2006)[34], ETRI(2006)[35], 정태형(2006)[36], 정보통신부(2006.05)[37], 정보통신부(2006.12)[38], 서울대 의공학과(2007)[27]
생물(생명)정보학기술(Bioinformatics)	이동일 등(2002)[9], 김연배(2002)[13], 김윤태(2002)[31], 이윤호(2005)[39], 서갑양(2006)[3], ETRI(2006)[35], 정보통신부(2006.05)[37], 서울대 의공학과(2007)[27]
원격의료기술(Telemedicine)	이동일 등(2002)[9], 김윤태(2002)[31], 윤문섭 등(2003)[28], 산업연구원(2005)[17], 정보통신부(2005)[26], 이윤호(2005)[39], 서울대 의공학과(2007)[27]
인공장기(Artificial Organs)	김윤태(2002)[31], 산업연구원(2005)[17], 하권수 등(2004)[40], 서갑양(2006)[3], 서울대 의공학과(2007)[27]
인공조직(Artificial Tissue)	정보통신부(2005)[26], 서갑양(2006)[3]
맞춤식 의학/치료	Georgescu 등(2004)[32], 이윤호(2005)[39], 정보통신부(2006.12)[38]
라이프셔츠(Life shirt)	윤현철 등(2001)[30], 김윤태(2002)[31]

석/진단/치료/청소/수술할 수 있는 인체 내장형 로봇으로 응용될 것으로 기대된다.

4.2.5 나노바이오센서(Nano-Biosensor) : 빛만 쬐이면 질병의 유무를 알 수 있는 나노바이오진단기 등으로 생체 분자들의 상호작용을 전기적/광학적 신호로 변환하여 감지할 수 있는 나노베이스의 연구용이나 휴대용의 고감도 센서 기술이다.

4.2.6 나노바이오멤스(NanoBioMems) : 실리콘/글라스/플라스틱이 융합된 칩, 구동체, 구조, 임베디드 SW 등이 포함된 바이오 마이크로 기기로 이러한 기기는 바이러스의 무게를 달 수 있는 나노저울 등으로 활용될 것으로 예측되며, 생체분자들의 물리적/화학적/생물학적 상호작용을 즉시 감지/측정/분석/진단할 수 있는 지능화 및 자동화 마이크로기계 의료기기 및 화학기기 분야에 응용될 것으로 기대된다.

4.2.7 나노생체 이미징 기술(NanoBio imaging) : 관련 기술로는 나노입자 조영제를 활용한 MRI, 생체조직진단 기술(Biopsy) 등으로 생체분자들의 상호작용 및 구조를 실시간으로 영상화(imaging)시킬 수 있는 기술로 응용될 것으로 기대된다.

4.2.8 나노 화장품 : 화장품의 물질을 나노입자로 미세화하여 담구멍을 통해 영양분을 공급하여 피부의 노화를 방지할 수 있는 기술로 기대된다.

4.2.9 나노-항생제/항암제/백신/신약 : 암세포만을 선택적으로 죽이는 나노 폭탄(Nanogenerator) 및 나노마커(Nano Marker) 등을 포함한 기술로 나노입자에 새로운 약이나 물질을 넣어 선택적으로 질병 부위를 공격하고 치료할 수 있는 새로운 항생제, 항암제, 백신 및 신약 개발에 응용될 것으로 기대된다.

4.2.10 나노인공감각 : 인공 코, 인공 혀, 인공 눈 등을 이용하여 감각기관에 이식된 나노기계가 감각신경 역할을 대신하여 장님이 사물을 보고 청각장애인이 소리를 들을 수 있을 것으로 기대된다.

선현연구의 문헌에 나타난 이상의 내용을 정리하면 다음 <표 II-5>와 같다.

### III. 조사 방법 및 분석

본 장에서는 조사 방법 및 분석 방법에 대해서 설명하고 분석 결과를 정리하였다. 본 연구에서는 연구범위의 방대성과 선행 연구의 미흡으로 앞 절의 융합유형에 대

<표 II-5> 문헌에 예측된 10개의 미래 BNT 세부 융합기술

세부 기술 명	연구자
마이크로어레이(Microarray)	윤현철 등(2001)[30], 이동일 등(2002)[9], Georgescu 등(2004)[32], 윤문섭 등(2003)[28], 정보통신부(2005)[26], 과학기술부(2005)[41], 이윤호(2005)[39], 이대식 등(2005)[42], 서갑양(2006)[3], ETRI(2006)[35], 서울대 의공학과(2007)[27]
나노약물전달시스템(Drug delivery system)	Georgescu 등(2004)[32], 김운태(2002)[31], 안두현 등(2002)[10], 김사혁(2002)[43], 유규하(2004)[23], 하권수 등(2004)[40], 임용택 외(2005)[33], 서갑양(2006)[3]
랩 온어 칩(Lab on a chip)	윤현철 등(2001)[30], 이동일 등(2002)[9], 김운태(2002)[31], 이대식 등(2005)[42], 서갑양(2006)[3], ETRI(2006)[35]
나노바이오로봇	Georgescu 등(2004)[32], 윤문섭 등(2003)[28], 유규하(2004)[23], 임용택 등(2005)[33], 서갑양(2006)[3]
나노바이오센서(Nano-Biosensor)	이동일 등(2002)[9], 유규하(2004)[23], 임용택 등(2005)[33], 서갑양(2006)[3], 정보통신부(2006.12)[38], 서울대 의공학과(2007)[27]
나노바이오멤스(NanoBioMems)	김사혁(2002)[43], 유규하(2004)[23], 이윤호(2005)[39], 이대식 등(2005)[42], 서갑양(2006)[3], 서울대 의공학과(2007)[27]
나노생체이미징 기술(NanoBio imaging)	하권수 등(2004)[40], 산업연구원(2005)[17], 정보통신부(2005)[26]
나노 화장품	Georgescu 등(2004)[32], 안두현 등(2002)[10], 하권수 등(2004)[40]
나노-항생제/항암제/백신/신약	과학기술부(2005)[41], 서갑양(2006)[3], 유규하(2004)[23]
나노인공감각	윤현철 등(2001)[30], Georgescu 등(2004)[32]



한 이론적 고찰에서 살펴본 바이오기술 기반의 융합기술에 대해서만 연구하였다. 조사의 신뢰성을 위하여, 앞서 기존 선행연구의 문헌에서 도출한 BIT 및 BNT 융합기술들을 바탕으로, 델파이 그룹에게 ‘세부 융합 기술항목 보기’를 제시하여 조사하였다.

### 1. 조사 방법 및 절차

본 연구의 목적을 위하여 2 차례의 델파이 조사를 실시하였다. 1차 조사에서는 조사의 객관성을 위해 학계, 연구기관, 관련 기업 및 과학전문가들을 대상으로 <표 II-4>와 <표 II-5>에서 제시한 바 있는 7개의 BIT와 10개의 BNT 세부 융합 기술 항목 보기를 제시하여, 항목 보기에 제시되지 않은 세부 융합 기술들을 2개 이상 제시할 수 있도록 하였다. 2차 조사는 1차 조사에서 응답한 델파이 그룹 전문가를 대상으로, 본 연구에서 선행연구를 통해 도출한 ‘세부 융합기술 항목 보기’와 델파이 1차 조사에서 추가로 도출된 세부 융합기술을 포함하여 새로운 ‘종합 세부 융합기술 항목 보기’를 제시하고, 중요도 및 우선순위를 담하도록 하여 BIT와 BNT 분야의 융합 기술

에 대하여 10위까지 세부 융합 기술을 도출하여 분석하였다.

## 2. 조사 결과 및 분석

### 2.1 1차 설문 조사 및 분석

2007년 4월 20일부터 4월 26일까지, 조사의 객관성을 유지하기 위해 대상을 학계, 연구기관, 관련 기업 및 과학전문가들을 대상으로 총 150명의 전문가들에게 설문지를 이메일로 발송하여 2개 이상의 BIT 및 BNT 세부 융합기술을 작성해줄 것을 요청하였다. 이 중 응답자는 40명으로 응답율이 27%였다. <표 III-1>은 설문 참여자의 분포 현황이다.

<표 III-1> 델파이 참여자의 분포

학계	연구소	기업/공공	전문가	총
8	15	14	3	40
20%	37%	35%	8%	100%

1차 조사 결과 BIT 융합 기술은 <표 III-2>에서 보는

<표 III-2> BIT의 종합 세부 융합기술 항목 보기

번호	세부 기술명	번호	세부 기술명	번호	세부 기술명
1	바이오센서(Biosensor)	2	생물(생명)정보학기술	3	Medical Informatics
4	바이오 시뮬레이션	5	생체 감지 시뮬레이션 기술	6	원격의료기술(Telemedicine)
7	Death or Life Safe Guard Alert 또는 Emergency Checker	8	치매 예방 바이오 게임	9	라이프타임 종합 의료 서비스
10	자가진단 치료기	11	인공 지능	12	인공장기(Artificial Organs)
13	인공조직(Artificial Tissue)	14	뇌에 신경세포 이식	15	맞춤식 의약/치료
16	맞춤형 의료시스템 기술	17	휴대용 My DNA	18	바이러스 감지 경보 기술
19	감성 모니터링 및 감성 치료 기술	20	스마트 웨어(Smart Wear)	21	Emergency Clothes
22	유전자 조작 상품(생명체) 식별(identification) 기술	23	뇌파 인식 원격 제어기	24	뇌파이용 자동차 자동운행
25	초음파/뇌파이용 오감 복구 재생	26	수면 뇌파 분석 진단기	27	정신 타자기(Mental Typewriter) 또는 마인드 타자기(Mind Typewriter)
28	기억 삭제 및 이식 기술	29	뇌와 컴퓨터와의 다운 및 업로드	30	인공 뇌 메모리
31	마인드 컨트롤 브레인게이트(Brain Gate)	32	생체 의도 파악 기술	33	뇌에서 학습/체험하는 가상현실
34	성격 및 개성 개조기	35	생체정보 기반 자동진단 시스템	36	바이오 렌즈(Bio Lens)
37	맞춤식 조리/음식	38	맞춤식 환경	39	입모양 또는 공기진동 감지기술(시공간축 감지기술)
40	Helping Handicapped Person	41	시각장애인용 지팡이	42	생체공학적 재활로봇
43	입는 로봇	44	바이오시맨틱(Bio Semantic)	45	바이오 변기
46	동서의학융합 기술	47	앤드رويد(Android, 인조인간)	48	바이오 피아식별 시스템
49	동물 사이보그(Animal Cyborg) 구조대/군대				

바와 같이 선행연구에서 예측된 7개 세부 융합기술과 추가적으로 응답한 42개의 융합기술을 합쳐 총 49개로 도출되었다. 또, BNT 융합 기술은 <표 III-3>에서 보는 바와 같이 선행연구에서 예측된 10개 세부 융합기술과 추가적으로 응답한 33개의 융합기술을 합쳐 총 43개로 도출되었다.

2.2 2차 설문 조사 및 분석 결과

2차 설문 조사는 1차 조사시 회수된 40명의 응답자를 바탕으로 하여 1차 조사에서 도출된 49개의 BIT 융합기술과 43개의 BNT 융합기술로 구성하여 실시하였다. <표 III-2>와 <표 III-3>은 2차 설문 조사에 제시했던 BIT와 BNT의 종합 세부 융합기술 항목 보기 내역이다.

2차 조사는 2007년 5월 1일부터 5월 7일까지 실시하였다. 델파이 1차 그룹 응답자 40명을 대상으로 BIT와 BNT 각각의 ‘종합 세부 융합기술 항목 보기’를 발송하여, 기대 가치가 근시일 내에 상용화되어 차세대 성장 엔진 기술로 등장하거나, 미래의 부를 창출할 매우 중요한 세부 융합기술이라고 판단되는 15개 융합기술을 각각 선

정해줄 것과 그 중 5개에 대해서 중요도를 1 - 5 점까지 부여토록 하였다. 1 - 5까지의 중요도는 15개의 융합기술 중 가장 중요한 융합기술을 1번(5점), 가장 덜 중요한 융합기술을 5번(1점)으로 하여 5개 중요 융합기술을 선정하여 줄 것을 요청하였다. 2차 설문에 참여한 응답자는 36명으로 90%의 응답율을 보였다.

2.2.1 세부 융합 기술에 대한 빈도 분석

세부 융합 기술에 대한 빈도 분석 결과는 다음과 같다. <표 III-2>와 <표 III-3>의 ‘종합 세부 융합기술 항목 보기’를 통해서 선정한 15개의 융합기술 중, 응답 빈도가 50% 이상인 기술 항목을 취합하였다. <표 III-4>와 <표 III-5>에서 보는 바와 같이 BIT 분야에서는 10개의 세부 융합 기술이 도출되었고, BNT 분야에서는 13개의 융합 기술이 도출되었다.

BIT 부분에서는 분석 결과 바이오센서가 빈도수 1위로 도출되었으며, 그 뒤를 이어 인공장기가 2위, 원격의료기술이 3위로 나타났다.

<표 III-3> BNT의 종합 세부 융합기술 항목 보기

번호	세부 기술명	번호	세부 기술명	번호	세부 기술명
1	마이크로어레이(Microarray)	2	나노약물전달시스템(Drug delivery system)	3	랩 온어 칩(Lab on a chip):
4	나노바이오로봇	5	생활지원 나노 바이오 로봇기술	6	나노 바이오 이동체
7	나노바이오센서(Nano-Biosensor)	8	나노바이오멤스	9	나노생체이미징 기술
10	먹는 내시경	11	나노 영상 로봇	12	나노메디컬 영상
13	뇌촬영(MRI)으로 IQ 측정	14	나노 화장품	15	Nano Beauty
16	나노 스마트 의류	17	나노-항생제/항암제/백신/신약	18	나노생체재료
19	인공 나노 DNA	20	뇌에 나노 메모리 지식 이식	21	나노 두뇌 칩 이식 기술
22	나노 인공감각	23	나노 인공근육(Nano	24	나노 유기체 재생/복구 기술
25	나노-치료제	26	나노-Tissue	27	Nano Rayban
28	나노바이오 시맨틱(Nano Bio Semantic)	29	3차원 나노-바이오 학습 솔루션	30	3차원 두뇌해부 학습 프로그램(3D Blue Brain)
31	3차원 몸의 구조/기능 학습 프로그램	32	나노-Food	33	나노 건강 보조식품(Nano Health Food)
34	나노 음료수	35	식품의 안전관리 및 대체식품 개발기술	36	나노바이오필터(Nano-biofilter)
37	공기 오염물질 자동 제거기	38	수질 오염물질 자동 제거기	39	유해물질 환경 감지 센서
40	나노바이오 미생물분해 시스템	41	나노 운동 효과기	42	나노 조인트 로봇
43	나노 골격 강화 기술				

〈표 III-4〉 BIT 세부 융합기술의 빈도 분석 결과(응답빈도 50%이상)

번호	세부 융합기술	빈도	순위	%
1	바이오센서(Biosensor)	32	1	89
2	인공장기(Artificial Organs)	30	2	83
3	원격의료기술(Telemedicine)	26	3	72
4	의료정보학기술(Medical Informatics)	24	4	67
5	생물(생명)정보학기술	23	5	64
6	스마트 웨어(Smart Wear)	22	6	61
7	인공조직(Artificial Tissue)	20	7	56
8	맞춤식 의약/치료	20	7	56
9	자가진단 치료기	19	9	53
10	맞춤형 의료시스템 기술	19	9	53

BNT 부분에서는 분석 결과 나노-항생제/항암제/백신/신약이 빈도 1위로 도출되었고, 그 뒤를 이어 나노약물전달시스템과 나노바이오센서가 각각 2위로 도출되었다. 4 위로는 나노바이오로봇과 먹는 내시경이 각각 도출되었다.

〈표 III-5〉 BNT 세부 융합기술의 빈도 분석 결과(응답빈도 50%이상)

번호	세부 융합기술	빈도	순위	%
1	나노-항생제/항암제/백신/신약	28	1	78
2	나노약물전달시스템	26	2	72
3	나노바이오센서	26	2	72
4	나노바이오로봇	23	4	64
5	먹는 내시경	23	4	64
6	나노 화장품	21	6	58
7	마이크로어레이(Microarray)	20	7	56
8	랩 온어 칩(Lab on a chip)	19	8	53
9	나노인공근육	19	8	53
10	나노바이오 미생물분해 시스템	19	8	53
11	나노바이오멤스(NanoBioMems)	18	10	50
12	나노생체이미징 기술	18	10	50
13	나노 스마트 의류	18	10	50

2.2.2 세부 융합 기술에 대한 중요도 분석

중요도 분석에서는 빈도 분석 결과와 비교하기 위해서 빈도 분석을 위해 설정한 기준(응답 빈도 50% 이상: BIT 분야 10개, BNT 분야 13개)에 맞추어 융합 기술 항목을 도출하였다. 다음 <표 III-6>과 <표 III-7>은 중요도 분석 결과이다.

〈표 III-6〉 BIT 세부 융합기술의 중요도 분석

번호	세부 융합기술	중요도 (점수)	순위
1	바이오센서(Biosensor)	87	1
2	인공장기(Artificial Organs)	56	2
3	생물(생명)정보학기술	54	3
4	원격의료기술(Telemedicine)	45	4
5	의료정보학기술(Medical Informatics)	30	5
6	인공조직	25	6
7	맞춤식 의약/치료	23	7
8	인공지능	19	8
9	감성 모니터링 및 감성 치료	17	9
10	라이프타임 종합 의료 서비스	13	10

〈표 III-7〉 BNT 세부 융합기술의 중요도 분석

번호	세부 융합기술	중요도(점수)	순위
1	나노약물전달시스템	65	1
2	나노바이오로봇	43	2
3	마이크로어레이(Microarray)	43	2
4	랩 온어 칩(Lab on a chip)	41	4
5	먹는 내시경	35	5
6	나노바이오센서	30	6
7	나노-항생제/항암제/백신/신약	26	7
8	나노바이오필터	23	8
9	공기오염물질 자동제거기	22	9
10	나노 화장품	18	10
11	나노생체이미징 기술	17	11
12	나노 스마트 의류	14	12
13	수질 오염물질 자동 제거기	14	12

2.2.3 빈도 분석과 중요도 분석의 비교

도출된 기술항목에 대해서 연구 성과를 높이기 위해서 빈도 분석 결과와 중요도 분석 결과를 비교하였다. BIT 분야의 비교 분석 결과는 다음과 같다. 빈도 분석 결과를 기준으로 해서 상위 10개 기술 항목들은 그 중에서 중요도 분석에 7개 기술 항목이 포함되어 있는 것으로 나타났다. 특히 빈도 분석에 나타난 1위 ~ 5위의 기술 항목들은 다소 순위의 변동은 있었지만 중요도 분석에서도 역시 5 위 안에 있음을 보여 주고 있었다<표 III-8>.

〈표 III-8〉 BIT 세부 융합 기술 항목의 빈도 및 중요도 분석 비교표

번호	세부 융합 기술	빈도 분석		중요도(점수)분석		비고
		빈도	순위	중요도	순위	
1	바이오센서(Biosensor)	32	1	87	1	
2	인공장기(Artificial Organs)	30	2	56	2	
3	원격의료기술(Telemedicine)	26	3	45	4	
4	의료정보학기술(Medical Informatics)	24	4	30	5	
5	생물(생명)정보학기술	23	5	54	3	
6	스마트 웨어(Smart Wear)	22	6			중요도 낮음
7	인공조직(Artificial Tissue)	20	7	25	6	
8	맞춤식 의약치료	20	7	23	7	
9	자가진단 치료기	19	9			중요도 낮음
10	맞춤형 의료시스템 기술	19	9			중요도 낮음
11	인공지능			19	8	응답빈도 낮음
12	감성 모니터링 및 감성 치료			17	9	응답빈도 낮음
13	라이프타임 종합 의료 서비스			13	10	응답빈도 낮음

〈표 III-9〉 BNT 세부 융합 기술 항목의 빈도 및 중요도 분석 비교표

번호	세부 융합기술	빈도 분석		중요도(점수)분석		비고
		빈도	순위	중요도	순위	
1	나노-항생제/항암제/백신/신약	28	1	26	7	
2	나노약물전달시스템	26	2	65	1	
3	나노바이오센서	26	2	30	6	
4	나노바이오로봇	23	4	43	2	
5	먹는 내시경	23	4	35	5	
6	나노 화장품	21	6	18	10	
7	마이크로어레이(Microarray)	20	7	43	2	
8	랩 온어 칩(Lab on a chip)	19	8	41	4	
9	나노인공근육	19	8			중요도 낮음
10	나노바이오 미생물분해 시스템	19	8			중요도 낮음
11	나노바이오멤스(NanoBioMems)	18	10			중요도 낮음
12	나노생체이미징 기술	18	10	17	11	
13	나노 스마트 의류	18	10	14	12	
14	나노바이오필터			23	8	응답빈도 낮음
15	공기오염물질 자동제거기			22	9	응답빈도 낮음
16	수질 오염물질 자동 제거기			14	12	응답빈도 낮음

BNT 분야의 비교 분석 결과는 다음과 같다. 빈도 분석 결과를 기준으로 해서 상위 13개 기술 항목들은 그 중에서 중요도 분석에 10개 기술 항목이 포함되어 있는 것으로 나타났다. 특히 빈도 분석에 나타난 1위 ~ 8위의 기술 항목들은 다소 순위의 변동은 있었지만 중요도 분석에서도 역시 10위 안에 있음을 보여 주고 있었다<표 III-9>.

그러나 BNT 분야에서는 BIT 분야와 달리 빈도 분석에 나타난 상위 기술 항목과 중요도 분석에서 나타난 상위 기술 항목들의 순위가 다르게 나타나고 있는 것을 알 수 있었다. 이는 적어도 BNT 분야에서는 전문가들도 관련 융합 기술이 근시일 내에 상용화되어 차세대 성장 엔

진 기술로 등장하거나 미래의 부를 창출할 수 있는 중요한 융합 기술이라고 판단은 했지만 그러한 융합 기술들의 중요성에 대해서는 충분한 근거를 가지고 있지 못하다라는 결론을 조심스럽게 제시 할 수 있었다.

### 2.3 분석의 요약

2 차례에 걸친 델파이 조사와 세부 융합 기술의 빈도 분석과 중요도 분석을 통하여 본 연구에서는 빈도의 항목과 중요도의 항목이 같은 부분을 미래의 차세대 성장 엔진을 주도할 세부 융합기술로 보고 다음과 같은 분석 결과를 얻을 수 있었다. BIT 분야에서 세부 융합 기술로 7개의 세부 융합기술이 도출되었다. BNT 분야에서는 세부 융합기술로 10개의 세부 융합기술이 도출되어, BIT

세부 융합 기술과 더불어 근시일 내에 상용화되어 차세대 성장 엔진 기술로 등장하거나 미래의 부를 창출할 때 우 중요한 세부 융합 기술이라는 결론을 얻을 수 있었다. 다음 <표 III-10>은 본 연구에서 최종적으로 도출된 바이오기술 기반의 세부 융합기술들을 정리한 자료이다.

<표 III-10> 최종 세부 융합기술 도출 내역

번호	BIT 세부 융합기술	BNT 세부 융합기술
1	바이오센서(Biosensor)	나노약물전달시스템
2	인공장기(Artificial Organs)	나노바이오로봇
3	생물(생명)정보학기술	마이크로어레이(Microarray)
4	원격의료기술(Telemedicine)	랩 온어 칩(Lab on a chip)
5	Medical Informatics	먹는 내시경
6	인공조직	나노바이오센서
7	맞춤식 의약/치료	나노-항생제/항암제/백신/신약
8		나노 화장품
9		나노생체이미징 기술
10		나노 스마트 의류

#### IV. 결론

##### 1. 연구결과 요약

본 연구는 바이오기술, 정보기술, 나노기술의 다양한 융합 유형 중 바이오기술 기반의 정보기술 융합인 BIT 융합기술과 나노기술 융합인 BNT 융합기술에 관련된 연구로, 실제로 BIT 융합기술 및 BNT 융합기술들의 융합 유형에 따라 구체적인 세부 융합기술들에는 어떤 것들이 예측되고 있는지를 연구 조사하였다. 그러나 BIT와 BNT 융합기술은 새로운 융합기술이어서 세부 융합기술을 구체적으로 예측하는 것은 그리 쉽지 않다. 데이터가 충분하지 않고, 델파이 그룹에 참여하는 전문가들조차 융합기술의 미래를 정확히 예측할 수 없는 상황이며, 매우 가변적인 미래 융합기술에 대한 예측이기 때문이다. 따라서 선행 연구결과를 통해 7개의 BIT 세부 융합기술과 10개의 BNT 세부 융합기술을 도출할 수 있었고, 이를 델파이 1차 그룹에 제시하여, 제시된 항목 보기 이외의 세부 융합기술을 추가로 작성토록 하여, 총 49개의 BIT 세부 융합기술과 총 43개의 BNT 융합기술을 도출하였다. 이를 델파이 2차 그룹에 제시하여 응답한 자료들을 빈도 분석과 중요도 분석을 통해 차세대 성장 엔진 기술로 등장할 최종 7개의 BIT 및 10개의 BNT 세부 융합기술을 도출하

였다.

##### 2. 시사점/의의

BT+IT+NT의 융합은 새로운 융합기술 분야이어서 대부분 아직은 연구개발단계 또는 랩(Lab) 수준에서의 프로토타입(Prototype) 단계이고, 융합기술 관련 연구가 미흡하며, 기존 문헌도 기업이나 단체에 의해 수행되어진 것들이라 다소 자기 중심적인 산업 또는 기술 관점에서 융합기술들을 다루고 있어, 바이오기술, 정보기술 및 나노기술을 모두 아우르는 다차원적으로 접근하는 연구가 미흡한 실정이었다.

본 연구는 바이오기술, 정보기술 및 나노기술을 모두 아우르는 체계적이고 다차원적인 방법으로 융합 유형에 따라 차세대 성장 엔진 기술로 등장할 최종 7개의 BIT 및 10개의 BNT 세부 융합기술을 기존 문헌 연구와 델파이 방법이론이라는 하이브리드 연구 방법으로 접근하여 도출하고 제시하였다. 따라서 본 연구의 결과는 각각 기술을 연구하는 연구소, 기업, 및 학계에 융합의 필요성에 따라 상호 이해도를 높이고 산학간 협력할 수 있는 기회를 제공할 것으로 기대한다.

##### 3. 연구 한계 및 향후 연구 과제

본 연구는 융합기술에 관련된 융합기술의 융합유형 및 세부 융합기술을 구체적으로 도출한 연구 내용이지만 다음과 같은 연구의 한계를 갖고 있다.

첫째, 본 논문에서 다루고 있는 다양한 영문 및 한글의 기술 용어들은 표준화된 용어가 아니라 일부 용어들이 연구자의 의도대로 표현되었다는 한계가 있다.

둘째, 기술적인 내용을 깊이 다루어야 하는 내용인데도 바이오기술, 정보기술 및 나노기술 등의 각각 기술들을 구체적으로 다루지 못했다. 즉, 구체적인 기술의 문제와 한계점을 깊이 있고 폭 넓게 다룰 수 없었다는 점이다.

셋째, 선행 연구를 통해서 제시된 다양한 융합 유형 및 기술의 정의, 그리고 융합기술의 정의는 되도록이면 최근의 문헌을 바탕으로 정리 정립하였으나 아직은 학문적으로나 기술적으로 표준화된 것은 아니라는 점이다.

한편, 본 연구의 본 향후 연구과제는 다음과 같다.

첫째, 본 논문에서 최종 도출된 7개의 미래 BIT 및 10개의 BNT 세부 융합기술들이 실제로 기업이나 연구소 또는 학교에서 개발되고 있는지, 외국이나 국내에 발표된

논문 등의 문헌 분석이나 델파이 조사 분석을 통해 검증할 필요가 있다.

둘째, 정보기술을 기반으로 NT가 융합되는 INT 융합 기술 및 BT가 융합되는 IBT 융합기술에 대해서도 같은 연구가 필요하다.

셋째, 나노기술을 기반으로 IT가 융합되는 NIT 융합 기술 및 BT가 융합되는 NBT 융합기술에 대해서도 같은 연구가 필요하다.

넷째, BT+IT+NT가 완벽하게 융합되는 융합 유형에서의 가운데 공통집합융합기술들인 INBT, NBIT, 그리고 BINT 융합기술에 대해서도 같은 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] Scheller, Frieder W., Ulla Wollenbergera, Axel Warsinke and Fred Lisdata, "Research and development in biosensors", *Curr. Opin. Biotechnol.*, Vol 12, No. 1, 2001, pp. 35-40.
- [2] Daw, R.(Ed.) & Finkelstein, J.(Ed.), "Lab on a chip", *Nature*, Vol. 442, No. 7101, 2006, pp. 367-418.
- [3] 서갑양, *NT/BT/IT 기술의 융합 트렌드, I장* "NBIT 융합기술의 과학기술적 의미와 파급효과", 화학공학연구정보센터, 2006 - 다음 사이트의 연구 내용을 참조. <http://www.cheric.org/ippage/ip.php?code=p200604>
- [4] 전황수, 허필선, "IT-BT-NT 기술 융합에 따른 산업육성전략", *전자통신동향분석*, 제21권 제2호, 2006년 4월, pp. 21-23.
- [5] Buckley, C., "Delphi : Methodology for Preferences More than Predictions", *Library Management*, Vol. 16, No. 7, 1995, pp.16-19.
- [6] Kodama, F., *Emerging Patterns of Innovation : Source of Japan's Technological Edge*, Boston : Harvard Business School Press, 1995.
- [7] Rosenberg, Nathan, "Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840-1910", *Journal of Economic History*, Vol. 23, No. 4, Dec 1963, pp. 414-443.
- [8] Canton, James, *The Extreme Future: The Top Trends That Will Reshape the World for the Next 5, 10, and 20 Years*, Dutton Adult, September 21, 2006[김민주.송희경 옮김, 극단적 미래 예측(서울 : 김영사, 2007). p. 100-103.]
- [9] 이동일, 홍승표, 이성휘, *IT-NT 및 IT-BT 융합기술의 개요 및 시장 전망*, IITA 기술정책정보단, 2002년 10월 30일.
- [10] 안두현, 엄미정, 이광호, 김석관, 배용호, 정교민, 박정규, *주요 신기술의 혁신추이 및 경쟁력 분석 - BT,ET,NT를 중심으로*, 과학기술정책연구원, 정책연구 2002-20, 2002년 12월, pp. 30, 130, 153.
- [11] 한국정보산업연합회, *정보산업 민간백서*, 제3부 정보산업 이슈와 전망, 제1절 바이오인포매틱스, 2004, pp. 157 & 163.
- [12] Pennisi, Elizabeth, "How Will Big Pictures Emerge From a Sea of Biological Data?", *Science*, Vol. 309, No. 5731, 2005, p. 94.
- [13] 김연배, *IT-BT/NT 융합산업의 정의 및 범위*, IITA 기술정책정보단, 2002. 11. 20.
- [14] 정태형, *한국전자통신연구원(ETRI), IT-NT 융합기술 기획보고서*, 2002. 04.30.
- [15] 정보통신연구진흥원, *IT-NT 융합기술 기획보고서*, 2002.
- [16] 차원용, 강태운, 김종석, 조혜순, 손형수, *솔루션 비즈니스 마케팅*, 서울 : 굿모닝미디어, 2002, 1장 6절 <무어-메트칼프-길더-코우즈 법칙>, pp. 41-50.
- [17] 산업연구원, *나노기술산업 기초분석*, 2005.07.11, p.1, 7-9, 10-35.
- [18] Davenport, R. John, "What Controls Organ Regeneration?", *Science*, Vol. 309, No. 5731, 2005, p. 84.
- [19] Hogan, J., "A little goes a long way", *Nature*, Vol, 442, No. 7101, 2006, pp. 351-352.
- [20] Kurzweil, Ray, *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*, Viking Adult, September 22, 2005[김명남, 장시형 옮김, *특이점이 온다*(서울 : 김영사, 2007), pp. 152-153, 155-157, 183.]
- [21] Diehl,Michael R., Sophia N. Yaliraki, Dr., Robert A. Beckman, Mauricio Barahona, Dr., James R. Heath, Prof., "Self-assembled Deterministic Carbon Nanotube Wiring Networks", *Angewandte Chemie International Edition*, Vol. 41, No. 2, 2002, pp. 353-356.
- [22] Mulhall, Douglas, *Our Molecular Future : How Nanotechnology, Robotics, Genetics and Artificial Intelligence will Transform our World*, Prometheus Books, July 2002[노용환 옮김, *분자혁명과 준비된 미래*(서울 : 한티미디어, 2004), pp. 48-85.]
- [23] 유규하, "나노기술 의료기기의 발전 방향", *e-생물산업*, 2004. 11. 23, pp. 1 & 19.
- [24] 차원용, *미래기술경영 대예측 : 매트릭스 비즈니스*, 서울 : 굿모닝미디어, 2006, pp. 364 & 504.
- [25] Canton, James, *Technofutures: How Leading-Edge Technology Will Transform Business in the 21st Century*, Hayhouse, 1999.

[26] 정보통신부, *IT 기반 융합기술 발전 전략*, 2005년 9월, p.10-16.

[27] 서울대 의대 의공학과 홈페이지에서 발췌 참조 (As of 05 Mar 2007) - <http://melab.snu.ac.kr/dokuwiki/doku.php?id=research:whatisbme>

[28] 윤문섭, 이광호, *나노기술 정책 동향 과학기술정책 연구원, 신기술경제성연구센터*, 2003년 3월, p. 64.

[29] 한국특허정보원, *미국특허중심 - 기술별 나노기술 특허동향*, 2005. 03. 17.

[30] 윤현철, 양해식, 전치훈, 김운태, *바이오 정보통신기술 연구 동향 IITA 기술정책정보단*, 2001. 11. 14.

[31] 김운태, *바이오 정보통신기술*, 정보통신연구진흥원, 2002. 03. 01.

[32] Georgescu, Vlad and Marita Volbom, *Nanobiotechnology*, Campus Verlag, 2002[박진희, 나노바이오테크놀로지(서울 : 생각의 나무, 2004년 5월)]

[33] 임용택, 정봉현, "나노보건기술 분야의 연구동향", *보건산업기술동향*, 2005. 겨울, pp. 3-16.

[34] 박승창, *바이오 센서 관련 최근 기술 및 수요동향* IITA 기술정책정보단, 2006. 07. 12.

[35] 한국전자통신연구원(ETRI), *IT-BT 융합기술기획보고서(초안)*, 2006. 06. 21. p. 31.

[36] 정태형, "IT-BT-NT 산업간 융합 표준화 전략", *TTA Journal*, No. 106, 2006, pp. 14-20.

[37] 정보통신부(2006.05) 보도자료, *2015년까지 IT융합부품소재 육성에 4,802억원 투입*, 2006. 05. 30.

[38] 정보통신부(2006.12), 정보통신연구진흥원, *IT 기술 예측(Technology Foresight) 2020*, 기획보고서 2006-01, 2006. 12, p. 10-26, 67-139.

[39] 이윤호(LG경제연구원 원장), *미래 트렌드와 제약산업 발표자료*, 2005. 10. 21. p. 23.

[40] 하권수, 육종철, "나노바이오기술과 단백질 칩", *생화학-분자생물학 소식*, 2004, Vol. 11, No. 5, p. 9.

[41] 과학기술부, *과학기술예측조사(2005-2030) - 미래사회 전망과 한국의 과학기술*, 2005년 5월.

[42] 이대식, 최창역, *IT-BT 융합기술 : P-라이프케어와 바이오칩*, ETRI CEO Information, 제29호, 2005, pp. 1-22.

[43] 김사혁, "나노기술의 이해와 정책적 시사점", *정보통신정책*, 제14권 17호, 통권 309호, 2002, pp. 18-19.

차 원 용(Won-Yong Cha)

[정회원]



- 1982년 2월 : 공주사범대학 영어교육과 (문학사)
- 2000년 2월 : 연세대학교 경영대학원 경영학과 (경영학석사)
- 2007년 2월 : 서울벤처정보대학원대학교 정보경영학과 박사과정 수료
- 1991년 12월~현재 : 아스팩미래기술경영연구소 대표 소장
- 2002년 3월~현재 : 한국사이버대학 벤처경영학과 겸임교수
- 2006년 4월~현재 : 테라급나노소재개발사업단 실용화추진위원
- 2007년 4월~현재 : SK 그룹 u-City 추진위원회 자문위원

<관심분야>

나노기술+바이오기술+정보기술의 융합, 유비쿼터스 기술, 미래기술예측, 미래기술예측 방법론, 신상품기획, 신사업전략, 감성마케팅, 감성공학, 두뇌인지과학 등

이 선 규(Seon-Gyu Yi)

[정회원]



- 1978년 2월: 중앙대학교 문리대 (문학사)
- 1987년 2월: 중앙대학교 국제경영대학원(경영학석사)
- 2004년 2월: 건국대학교 대학원 경영학과(MIS전공) 경영학박사
- 77.12-82.10: 한국전력공사전자계산소
- 82.10-93.07: 엘지칼텍스가스(주)전산부
- 93.12-95.04: (주)한국컴퓨터솔루션
- 95.05-99.12: 한진정보통신(주)
- 2005년 3월 ~ 현재: 서울벤처정보대학원대학교정보경영학과교수

<관심분야>

MIS, ERP, SCM, e-Biz, 시스템 분석 및 설계, 프로젝트관리 등