

## 바이오인포매틱스 제품의 상용화 : 외부통합의 중요성

소홍석\* · 정재용\*\*

〈 목 차 〉

1. 서 론
2. 이론적 논의
3. 실증분석
4. 결론 및 정책적 함의

**Summary** : To promote successful bioinformatics commercialization in terms of CoPS, we try to explore a commercialization process based on the characteristics of the product. Our study shows that external integration with sector-specific infrastructure is a critical factor to obtaining a knowledge base for CoPS commercialization, and that sector-specific local infrastructure is useful resource for early commercialization stages(imagining, incubating, and demonstrating stages). This paper analyzes Ensoltek's commercialization process on the basis of analysis of bioinformatics industry and Daeduck Science Park. This leads us to suggest the following policy implication for supporting commercialization activities in bioinformatics industry ; long-term investment policy towards infrastructure and software R&D, promotion policy for collaboration, and introduction of commercialisation based industry-university-public research institute cooperation.

키워드 : 바이오인포매틱스, 상용화, 복합제품, 외부통합, 산업인프라

\* 한국정보통신대학교 IT경영학부 석사 (e-mail : ywam1977@icu.ac.kr)

\*\* 한국정보통신대학교 IT경영학부 조교수 (e-mail : jychoong@icu.ac.kr)

## 1. 서론

20세기 후반부터 생명공학, 나노과학 등 돌파형 기술혁신 (breakthrough innovation)과 함께 로봇틱스 (robotics)나 바이오인포매틱스 (bioinformatics)와 같이 요소기술을 활용해 새로운 기술을 탄생시키는 융합기술혁신 (fusion innovation)의 발전이 가속화 되고 있다. 융합 기술은 기존산업을 변화시킬 뿐만 아니라, 새로운 산업을 출현시키기도 한다. 앞으로 이러한 융합기술은 산업 내, 산업 간에 더 활발하게 이루어 질 것이며, 기업의 기술전략에 매우 중요한 위치를 차지하게 될 것으로 예상 되고 있다 (Kodama, 1992).

생명과과학과 정보기술의 융합으로 탄생한 바이오인포매틱스는 인간지놈프로젝트 (Human Genome Project)로 인해 방대한 양의 생명정보데이터가 양산됨에 따라 이를 효율적으로 처리하는 수단으로써 주목을 받게 되었으며, 유전체학 (Genomics)이나 단백질체학 (Proteomics)과 같은 첨단 생명공학 분야가 발전하게 되면서 그 수요가 급증하게 되었다. 특히 바이오인포매틱스는 의약분야에서 신약발굴에서부터 임상실험에 이르는 연구개발과정의 기간의 단축과 연구 효율성을 높이는데 결정적인 역할을 할 것으로 기대되고 있다. 그러나 최근 바이오인포매틱스는 초창기에 예견되었던 결과물의 부재와 사업의 장기 지속적인 수익모델이 가지적으로 드러나지 않음으로 인하여 어려움을 겪고 있다. 이 중 특히 장기 지속적인 수익모델을 구축하기 위해서는 효과적인 바이오인포매틱스 상용화의 양적·질적 증대가 필수적이며, 이를 위하여 바이오인포매틱스 상용화에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

지금까지 이루어진 상용화에 관한 연구는 제품의 특성을 고려하지 않고 진행되어 왔으며, 또한 대부분의 연구가 일반제품에 관련되어 진행되어 왔다. 바이오인포매틱스는 제품이 가진 복잡성, 소비자에 따른 차별성, 사용자 요구의 불확실성과 같은 특성으로 인하여 복합제품으로 분류되고 있으며 (Hobday et al., 2000), 제품, 생산, 혁신과정 및 시장의 특성의 측면에서 대량생산제품 (mass product)과 뚜렷한 차이를 나타내고 있을 것으로 예상되고 있다.

특히 바이오인포매틱스와 같은 복합제품의 상용화의 경우 다양한 학문과 기술이 필요하며, 지식공급자와의 연계와 외부통합이 매우 중요한 역량이라고 할 수 있다. 또한 복합제품의 상용화에 요구되는 지식들은 지역적인 범위 안에서 더 효과적으로 획득되고 확산되는 특징을 가지고 있으므로 복합제품의 특성에 의해 상용화 프로세스에서 나타나는 지역 내 산업인프라와의 상호작용에 대한 중요성을 규명하는 연구의 필요성이 제기되고 있다.

이러한 배경에서 본 연구는 복합제품인 바이오인포매틱스의 상용화 프로세스 분석을 통하여, 산업 내의 시스템적 구성요소가 복합제품의 상용화에 미치는 영향과 복합제품 상용화의

성공에 필요한 요소를 도출하고자 한다. 또한 대기업에 비해 상대적으로 자원 및 역량이 부족한 NTBF (New Technology Based Firm)가 바이오인포매틱스를 상용화하는데 있어서, 기업이 위치한 지역 내 산업구성요소와의 연계가 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 한다.

이를 위하여 2장에서는 문헌연구를 통하여 상용화 프로세스, 복합제품에 관련된 이론을 검토하였다. 이론적 근거를 바탕으로 바이오인포매틱스의 산업인프라가 풍부한 대덕연구단지에 위치하고 있는 엔솔테크의 바이오인포매틱스 상용화 과정을 분석하면서, 복합제품의 상용화는 어떻게 진행되며, 대덕이 가지고 있는 정보통신, 생명공학, 그리고 바이오인포매틱스와 같은 산업인프라가 복합기술의 상용화 과정에 어떠한 영향을 미치는지를 중점적으로 살펴보고자 한다. 바이오인포매틱스 산업 분석 및 대덕연구단지의 현황에 관련된 분석은 문헌 및 웹을 포함한 자료조사 이외에도 관계자와의 심층면접에 기반을 두었다. 엔솔테크의 상용화 과정에 대한 분석은 문헌 및 웹을 통한 선행 자료조사와 이에 근거한 관계자와의 수차례 심층면접을 통하여 확보된 자료를 통하여 이루어 졌다.

## 2. 이론적 논의

### 2.1 기술상용화

인간의 창조적 활동의 산물인 과학기술지식<sup>1)</sup>은 연구개발이라고 하는 체계적인 활동에 의하여 끊임없이 종합되고, 변경되며 추가되면서 학문적 형태의 이론이나 경제적 활동에 필요한 제품이나 서비스의 형태로 진화하게 된다. 일반적으로 기술상용화는 혁신으로부터 신제품이나 프로세스 그리고 서비스 등을 통해 이윤을 창출하는 과정으로 정의할 수 있으며 (U.S.Congress, 1995), 기업수준에서 기술혁신활동을 가장 잘 나타내고 있다고 할 수 있다.<sup>2)</sup>

---

1) '과학'이란 자연현상에 대한 일반적인 진리나 법칙을 체계화하여 확립한 지식을 의미하며, '기술'은 과학을 활용하여 인간의 효율을 증가시킬 수 있는 물건을 생산하는 데 활용될 수 있도록 응용된 지식을 의미한다. 이들 용어가 이렇게 차별적인 의미를 갖는다고 해서 명확하게 분리되거나 독립적으로 존재하는 것은 아니며, 서로 상호 밀접하게 연관되어 있기 때문에 '과학기술'이라는 용어가 보편적으로 사용되고 있다 (이공래, 2000).

2) 기술혁신은 과학기술 지식을 활용하여 제품이나 서비스를 창출하는 기업이 생산활동 과정에서 발생하는 예기치 않는 기술적 문제를 해결하기 위해 수행되는 기존의 지식도입, 기존의 방식과 다른 적용, 새로운 사실발견과 같은 다양한 활동으로 정의된다 (Lee, 1998). 일반적으로 기술상용화는 기술혁신과정에서 보던 연구개발활동인 기초응용연구나 개발연구가 끝난 뒤 시제품 제조단계부터 시작된다고 인식되고 있다. 그러나 상용화 단계를 보다 광범위하게 적용하여 하나의 신제품에 대한 아이디어 형성단계, 설계 및 개발단계, 생산 및 출하단계, 제품개선단계로 구분하고, 각 단계들은 기능별로 독립되어 선형적인 과정으로 이어지는 것이 아니라 각 단계별로 기능이 중복되어 수행될 수 있다고 하였다 (Neven et al., 1991). 이는 기술상용화를 새로운 기술을 소화·개량하여 기업의 생산 활동에 직접 응용하는 과정으로 이해한다고 할 수 있다 (이영덕, 2002).

우리는 기업이나 연구소에서 개발된 기술이 성공적으로 상용화된 사례만을 접하게 되므로, 기술이 개발되어 상용화되는 것은 우리에게는 일반적이고 익숙한 일로 여겨지고 있다. 그러나 실제로 기술이 개발되어 상품의 형태로 변환되어 시장에 성공적으로 자리 잡는 것은 매우 어려운 과정이라고 할 수 있다. 일례로 미국의 경우 공공연구기관이 획득한 30,000건의 특허 중 5% 미만만이 상용화가 되었으며, NASA (National Aeronautics and Space Administration)의 경우 1959년부터 1979년까지 취득된 특허 중 1.5%만이 외부에서 사용되고 있다. (Hertzfeld, 1985)

이러한 것으로 미루어 보아 기술상용화는 그 자체가 가진 불확실성과 불예측성으로 인하여 매우 어려운 과정임을 알 수 있다<sup>3)</sup>. 이와 같은 기술상용화 자체가 지닌 어려움으로 인하여, 선진 각국들은 기술상용화를 촉진시키기 위하여 많은 노력을 시도해 왔다. 기술상용화는 가장 처음 미국에서 공공연구기관의 연구효율성 달성을 위해 연구 및 추진되기 시작됐으며, 90년대 일본에서는 최적의 자원배분을 통해 경영자원을 보다 효과적으로 투입함으로써 성과를 극대화시키고자 하는 경영전략의 변화의 수단으로서 확산되기 시작했다 (정혜순, 2003). 우리나라의 경우 외환위기 이후 연구 투자의 효율성이 강조되면서 연구개발에 따른 경제적 효과가 저조하다는 지적과 함께 개발된 혁신기술의 이전과 기술상용화 성공률의 향상이 더욱 요구되어지고 있다.<sup>4)</sup>

지금까지 많은 연구자들은 기술상용화의 정형화된 개념 정립을 이루기 위해 다양한 수준에서 연구가 진행해 왔다. 기술상용화에 대한 선행연구는 상용화의 단계를 구분하거나 여기서 발생하는 가치추적 과정에 관한 연구와 같은 상용화 프로세스에 관한 연구 (Cooper, 2001; Jolly, 1997; Kokubu, 2001), 자금, 조직, 인력과 같은 내부적인 요인 (Kassicieh et al., 2002; Radosevich, 1995; Hindle & Yenken, 2004)과 공공기관으로 부터의 기술이전, 인프라 및 지원, 그리고 지역이 미치는 영향과 같은 외부적인 요인 (Tassey, 1991; Justman & Teubal, 1995; Carayannis, 1998)과 같은 연구가 주를 이루어 왔다.

3) 기술상용화에 나타나는 불확실성과 불예측성은 정보의 불완전성 (imperfect)과 불완비성 (imcomplete)에 기인한다 (U.S. Department of Commerce, 2000). 기술상용화에는 기술, 시장, 조직, 자원의 네 가지 차원에서 불확실성이 나타나게 된다. 기술적 불확실성이란 과학기술지식이 실제로 적용되었을 때에 그것이 실제 구현되는가와 관련되어 나타나며, 사람과 환경에 영향을 받는다. 시장적 불확실성은 소비자와 시장과 관련되어 나타나며, 소비자의 선호, 시장의 성장, 크기 경쟁도등과 관련된 정보의 불확실성과 불예측성으로 나타난다. 조직적인 불확실성은 조직 내에서 필요한 투입물, 만들어 내는 산출물, 그리고 구성원들의 통제와 관련되어 나타난다. 마지막으로 자원의 불확실성은 가격변동이나 희소성으로 인한 자원 확보에 관련된 불확실성을 말한다. 기술상용화에서의 불확실성 및 불예측성은 이와 같은 네 가지 요소들이 상호연관을 통하여 복합적으로 발생하며, 캐즘 (Moore, 1999)이나 죽음의 계곡 (valley of death)으로 설명되고 있다.

4) 우리나라의 경우 1999년까지의 정부 공공연구개발 성과 2만 2,000여건 가운데 사업화 성공률은 9.1% 수준인 2,000건에 그치고 있으며, 과기부의 특정연구개발사업의 상용화율은 5% 이하 수준이다. 정부연구개발사업 중 가장 산업기술부문과 밀접한 연관을 가진 산자부의 사업기술기반 구축사업에 의해 개발된 공공기술 역시 최종 사업화율은 10% 미만으로 나타나고 있다 (황혜란, 2004).

그러나 기술상용화와 관련되어 수행되었던 연구는 몇 가지 한계를 가지고 있다. 지금까지 이루어진 대부분의 연구가 제품의 특성을 고려하지 않고 진행되어 왔기 때문에, 제품의 특성에 따라 상용화에서 나타나는 차이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 또한 각각의 제품에 대한 상용화에 관한 연구는 있었으나, 단순히 그 제품 하나에 대한 상용화 연구에 그치고 있어 제품의 특성에 따른 상용화의 관점에서 일반화를 제시하지 못하고 있다. 특히 상용화 프로세스에 관한 연구는 상용화 개념을 정리하거나 상용화 과정을 모형화하는 연구가 중심을 이루고 있으나, 제품의 특성에 따라 상용화 과정에서 어떠한 차이점이 나타나는지에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

지금까지의 상용화 프로세스와 관련되어 진행되어온 연구를 살펴보면 다음과 같다. 고꾸부(2001)는 기술개발과 개발된 기술의 상용화에 초점을 맞추어 기술상용화를 연구개발의 단계에 맞추어 각각의 단계에서 기술이전이 가능함을 강조하고 있다. 쿠퍼(2001)의 Stage-Gate™ Process는 Stage와 Gate로 구성된 각 단계에서 주어진 프로젝트를 수행하기 위해 단계별 핵심임무가 무엇인지를 미리 정하고 이를 수행한 후 수행결과를 점검하는 방법을 통해 프로젝트의 운영과 효율성을 피하는 방법을 제시하고 있다.

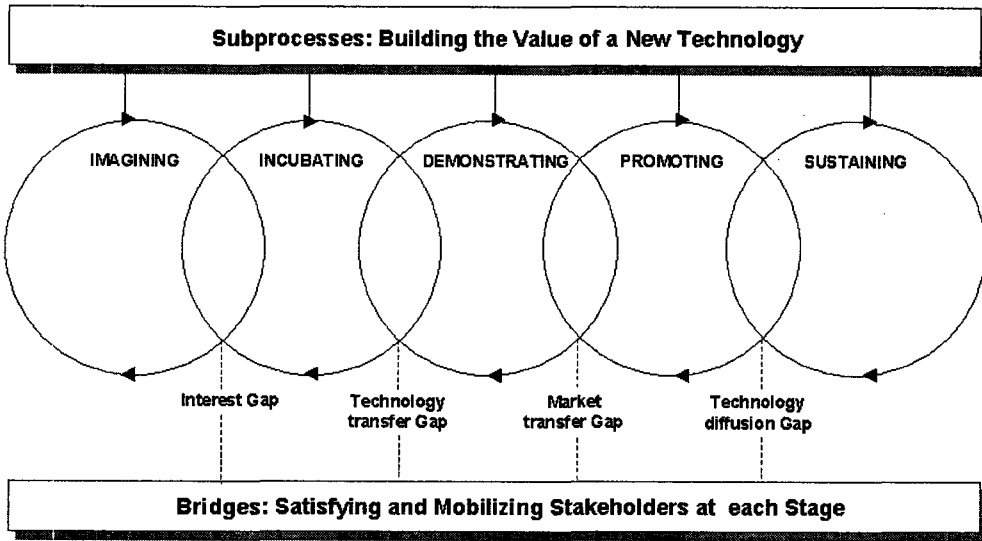
졸리(1997)의 기술상용화 프로세스는 기술상용화를 제품혁신(product innovation)과 차별화<sup>5)</sup> 하면서 기술상용화에 대한 개념을 정리하고 상용화 프로세스를 모형화 시킨 가장 대표적인 기술상용화 프로세스 모델이라고 할 수 있다. 졸리는 기술상용화를 기술에 가치를 첨가하는 과정으로 규정하며, 기술상용화 전체의 과정을 착상(imaging), 보육(incubating), 실연(demonstrating), 촉진(promoting), 지속(sustaining) 등의 다섯 개의 하위 프로세스로 구분하여 각 단계마다 나타나는 기술 및 시장과 연관된 문제해결 과정을 기술하고 있다<sup>6)</sup>.

졸리의 모델의 첫 단계인 착상(imaging) 프로세스 단계는 기술의 비약적 발전에 대한 긍정적 전망과 잠재적인 시장 기회와 결합이 일어나는 단계라고 할 수 있다. 두 번째 단계인 보육(incubating) 프로세스 단계에서는 아이디어를 숙성시켜 연구·개발할 가치가 있는지 판단하는 단계로 기술이 가지고 있는 실제적인 면과 상징적인 면을 구체화 하는 단계이다. 세 번째 단계인 실연(demonstrating) 프로세스 단계에서는 시장기회가 있는 제품이나 경쟁력 있는 공정개발에 신기술을 적용시키는 단계이다. 네 번째 단계인 촉진(promoting) 프로세스 단계에서는 새롭게 시장을 창출하거나 제품이 잘 받아들여 지도록 인프라를 구축하거나 제품

5) 제품 혁신(product innovation)의 경우 상용화의 대상이 단일 디자인인데 반해 기술혁신(technology commercialization)의 경우 하나 이상의 제품에 적용가능한 특징을 지닌 기술이다. 그러므로 제품혁신의 경우 제품의 기회의 창(windows of opportunities)은 제품을 사용하는 최종 소비자에 의존하지만, 기술 상용화의 경우 자원의 기회의 창이 기술제공자(resource providers), 새로운 기술의 개발 및 시장에서의 기술의 수용에 관련된 이해관계자로부터 올 수 있다. 그러므로 기술상용화는 제품에만 주목하는 제품혁신에 비해 기술의 단계별 가치추적과정과 이에 관련된 다양한 이해관계자와의 상호연관관계를 파악하는데 더 유리하다고 할 수 있다 (Jolly, 1997).

6) Jolly (1977)의 상용화 프로세스는 종래의 전통적인 선형적 기술혁신모형과 다른 다단계-다국면 모형(multi-stage & multi-faced model)로 평가받고 있다 (정혜순, 2003).

의 시장 진출을 방해하는 장애요인들을 제거하는 활동이 일어난다. 마지막으로 지속 (sustaining) 프로세스 단계에서는 상품이나 공정이 장기간에 걸쳐 시장에 가치를 가진 상품으로 존속할 수 있도록 돕는 비용절감, 개선, 응용기술의 보호, 소비자의 확대, 새로운 기술 개발 시도 등이 일어나는 단계이다.



자료 : Jolly (1997).

<그림 1> Jolly의 기술상용화 프로세스

줄리 모델의 또 하나의 특징은 각 단계 사이에 다음단계의 과정을 원활히 진행하는데 어려움을 주는 틈새 (gap)가 존재하며, 이를 해결하고 각 단계를 연결하기 위한 다리 (bridge)가 존재한다. 각각의 다리에서는 기술에 가치를 더하기 위해 다음 하위 프로세스에 필요로 되어 지는 자원을 확보하고, 관련 이해관계자를 만족시키는 활동이 일어나게 된다. 여기에 사용되는 자원과 이해관계자는 기업 내부와 산업인프라와 같은 외부에 존재하게 된다.

기업 내부는 기업 내에 존재하는 연구개발, 생산, 마케팅, 유통, 재무, 조직과 관련된 전사적 자원을 의미한다. 반면 산업 인프라는 산업 내의 기술 인프라 (technology infrastructure) 를 의미하며, 민간부분이 이용 가능한 과학, 엔지니어링, 기술적 지식으로 구성되어 있으며, 인력이나 제도적인 시설의 형태로 체화 되어 있다. 이를 구체적으로 보면 공통기술, 인프라 기술, 기술 정보, 연구 및 실험시설에서 시장개발에 필요한 정보 및 지적재산권으로 구성되어

7) 광의로써의 산업 인프라란 국가의 산업 및 과학기술 정책적 차원에서 구체적인 연구개발 및 산업화를 촉진하기 위해 행해지는 연구개발의 활성화, 개발된 기술의 산업계로의 확산 및 활용증진과 같은 산업발전에 관련된 모든 것을 의미한다 (이영덕, 2002).

있다 (Tassey, 1992). 이러한 산업인프라는 구체적인 연구개발활동과 연구개발 기술의 상용화를 촉진하며, 기술개발자와 기술사용자의 관계를 조성하고 지원하는 역할을 하게 된다.

지금까지 살펴본 것과 같이 줄리의 연구는 기술상용화의 프로세스를 모형화 시켰다는데 큰 의미를 가지고 있으나, 제품의 특성에 따라 상용화 과정 내에서 어떠한 차이가 나타나는지에 대하여는 다루고 있지 못한 한계를 가지고 있다. 특히 제품의 특성에 따라, 각 단계를 원활히 연결하기 위해 필요한 자원 및 이해관계자들은 기업 내부에 존재하기도 하지만, 각 기업이 위치한 산업인프라에 존재하기도 할 것이다. 다시 말하자면 제품의 특성에 따라 상용화에 동원되는 자원 및 이해관계자들의 원천이 차이를 나타낼 것이라고 예상할 수 있다.

## 2.2 복합제품

복합제품<sup>8)</sup>이란 고비용, 기술집약적, 주문형, 자본재, 시스템, 네트워크, 소프트웨어 내장과 같은 특성을 지닌 제품으로 정의되며 (Hobday et al., 2000; Hobday, 1998; Davies & Brady, 2000; Choung, 2003), 보통 사회, 경제적으로 파급효과가 크므로, 90년대 말부터 활발한 연구가 진행되어 오고 있다. 복합제품은 전통적인 제품 (열차 엔진)에서부터 IT (information technology) 네트워크까지 다양하게 존재하고 있다. 지금까지의 복합제품에 대한 연구는 복합제품을 정의하고 그 특성 및 필요역량을 규명하는데 집중되었으며, 독립적이며 소규모로 생산되는 복합제품보다는 대규모 프로젝트나 통신 시스템과 같이 일회적이고 네트워크가 강조된 시스템에 초점이 맞추어 진행되어 왔다. 또한 복합제품을 생산하는 NTBFB<sup>9)</sup>보다는 대기업을 중심으로 하는 연구가 활발하게 진행되어 왔다.

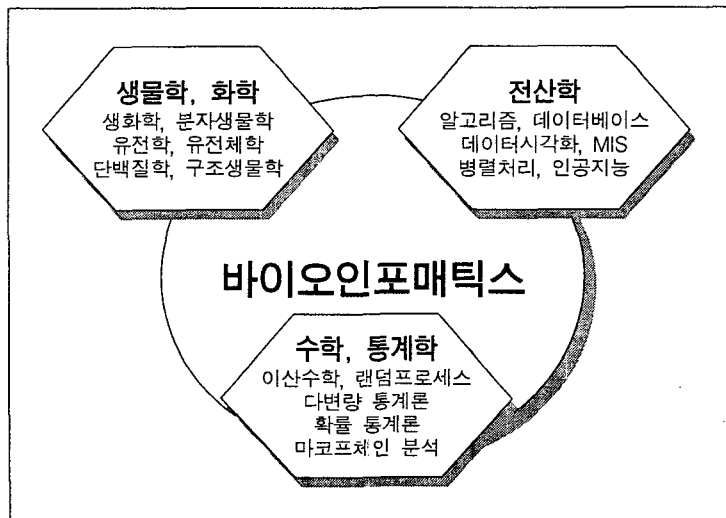
복합제품과 대량생산제품은 제품, 생산의 특성, 혁신과정 및 산업 내 협업 및 진화 그리고 시장의 특성에서 뚜렷한 차이를 보여주고 있다. 생산과정에서 복합제품의 경우 프로젝트/소규모 배치방식으로 생산되나 대량생산제품의 경우 대량생산/대규모 배치로 생산되는 차이점을 가지고 있다. 혁신과정에 있어서 복잡제품은 사용자-생산자 주도 및 높은 유연성과 숙련에 의지하는데 비해, 대량생산제품은 공급자가 혁신을 주도하며 정형화, 성문화가 매우 중요한 요소이다. 또한 복합제품의 혁신을 이루기 위해서는 시스템 통합이 주요한 역량인데 반하여, 대량생산제품의 경우 규모의 경제, 비용최소화와 같은 대량생산을 효율적으로 할 수 있는 역량이 중요하다. 이로 인하여 복합제품의 경우 외부의 협력기업이나 지식 및 기술 공급자와의

---

8) 복합제품에 관련된 선행연구를 살펴보면, Miller (1995)는 복합제품을 고부가가치, 엔지니어링 집약적 자본재, 시스템, 네트워크와 단일품목이나 소량의 맞춤형 제품으로 정의하고 있으며, Kash & Rycroft (1998)는 구성요소 간, 환경 간 상호작용과 암묵적인 특성을 강조하였다. Karen & Rush (1997)은 이러한 맞춤형 하부시스템과 부품의 성격을 강조하였으며, Hobday & Brady (1998)는 다양한 지식 및 기능의 투입을 복합제품의 특징으로 설명하고 있다.

협업이 매우 중요한 반면, 대량생산제품의 경우 단일기업 내 내부부서간의 협업이 요구되어 지는 특징을 가지고 있다.<sup>9)</sup> 이러한 차이는 제품을 생산하기 위한 다수의 맞춤형 부품, 폭넓은 지식과 기술의 필요와 개발과 생산과정에서의 사용자 요구의 불확실성과 지속적인 변화로 인해 발생한다 (Hobday, 1998).

생명과학과 정보기술의 융합으로 탄생한 바이오인포매틱스는 제품이 가진 복잡성, 소비자에 따른 차별성, 사용자 요구의 불확실성과 같은 특성으로 인하여 복합제품으로 분류되고 있다 (Hobday et al., 2000). 바이오인포매틱스에서 나타나는 복합제품적인 특성을 더 자세히 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 바이오인포매틱스 솔루션이나 시스템의 개발은 다양한 학문과 연관 산업에 의해 큰 영향을 받는다. 이로 인하여 제품개발에 필요한 지식 및 기술이 매우 복잡한 특징이 있다. 바이오인포매틱스의 생물학적 데이터는 다른 데이터에 비해 훨씬 복잡한 내용을 가지고 있으며, 생화학, 분자생물학, 유전학, 유전체학, 단백질학, 구조생물학, 등 각 분야별로 차별화 되어 있다. 또한 연구개발을 위해서는 기초생물학, 응용생물학, 의학, 약학 등은 물론이고 수학, 통계학, 물리학, 화학, 공학 등의 지식 및 기술이 요구되어 진다. 바이오인포매틱스를 개발하기 위해서, 이러한 지식과 기술을 확보는 물론 지식과 기술을 통합할 수 있는 능력이 요구되어 지므로 이러한 과정이 상당한 복잡성을 야기한다고 할 수 있다.



<그림 2> 바이오인포매틱스 구성 기술 및 지식

9) 복합제품 안에서도 프로젝트 기반에 네트워크가 강조된 시스템의 경우 기업간의 연계 및 네트워크가 혁신에 있어서 중요한 반면, 독립적이며 소규모로 생산되는 제품의 경우 지식 및 기술을 창출하는 대학 및 연구소와의 협업이 중요한 요소 중의 하나이다. 대량생산제품의 경우도 외부기업과 R&D나 자산교환을 위해 협업을 실시하고 있다.

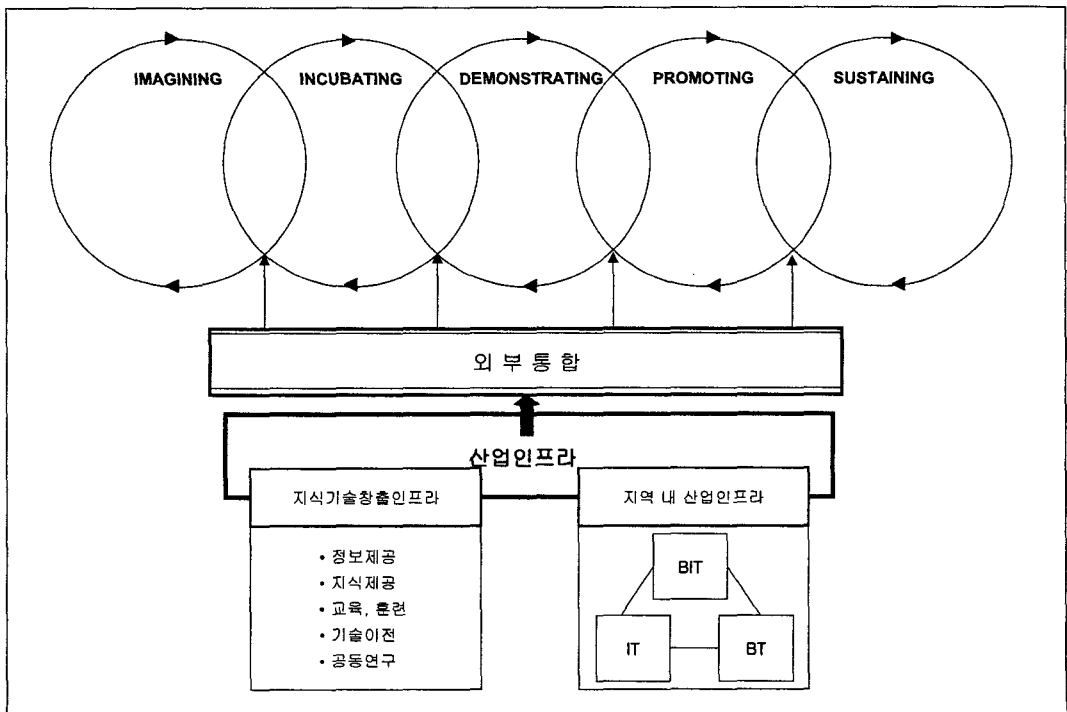


둘째, 주 고객은 생명공학기업, 연구소, 대학, 병원 등으로 한정되어 있으며, 각 사용자의 요구가 차별화 되어 있으므로, 각각의 제품은 특정 사용자의 주문에 맞추어 소규모로 생산되는 특성을 가지고 있다. 셋째, 바이오인포매틱스 솔루션의 개발의 경우 사용자의 요구가 불확실하며 계속적으로 변화하는 특성을 가지고 있으며, 사용자와의 피드백이 시스템 디자인이나 개발과정에서 끊임없이 발생하며 영향을 준다. 바이오인포매틱스에서 나타나는 이와 같은 특징으로 인하여 바이오인포매틱스 제품 및 시스템은 복합제품으로 분류되고 있으며, 또한 복합제품 내에서도 상대적으로 연구가 부족한 독립적이며 소규모로 생산되는 제품 분류에 속한다.

### 2.3 가설 및 의미

지금까지 기술상용화와 복합제품과 관련된 이론적 논의를 살펴보았다. 이러한 사실에 근거하여 다음과 연구가설을 설정할 수 있을 것이다.

가설 : NTBF (New Technology Based Firm)의 복합제품의 상용화 프로세스에서 각 단계의 프로세스에서 요구되어지는 자원의 동원과 이해관계자와 관계 형성은 지역 내에 위치한 산업 내의 구성요소와의 연계를 통하여 수행 될 것이다.



<그림 3> 본 연구에서의 가설 Framework

기술적으로 집중화 되어 있는 NTBF<sup>10)</sup>가 복잡한 부품 인터페이스와 다양한 지식과 기술이 투입되는 소규모의 복합제품을 상용화하는 경우, 민간부분이 이용 가능한 과학, 엔지니어링, 기술적 지식으로 구성되어 있으며, 인력이나 제도적인 시설의 형태로 체화된 산업인프라는 효과적인 상용화에 필요한 주요 기술자산을 공급하는 원천이 될 수 있다. 또한 산업인프라 내에 지식/기술 창출기관과의 연계를 통하여 획득된 지식과 기술을 효과적으로 통합 할 수 있는 외부통합은 복합제품을 상용화하는 NTBF에 있어 중요한 역량이 된다.

효과적인 외부통합을 위해 필요한 지식은 구체적이며 복잡하고, 상호 의존적인 특성을 지니고 있으며, 명시적 지식 (codified knowledge)보다는 암묵적 지식 (tacit knowledge)의 성격이 큰 특징이 있다. 이러한 지식의 획득 및 확산은 지역적인 범위 안에서 더 효과적인 특성을 지닌다 (Malerba, 2002 ; Cook et al., 1997). 그러므로 지역 내에 위치한 산업인프라는 복합제품의 상용화 프로세스에 필요한 자원의 동원과 이해관계자와의 관계형성에 중요한 역할을 하리라 예상할 수 있다.

이와 같은 가설을 검증하기 위해 대덕연구단지에 위치하여 복합제품인 바이오인포매틱스를 생산하는 NTBF인 엔솔테크의 바이오인포매틱스 상용화 과정을 분석하면서, 산업 구성요소와의 연계를 통한 외부통합과 지역 내의 산업인프라가 상용화에 어떠한 영향을 미치는지를 중점적으로 살펴볼 것이다.

### 3. 실증분석

#### 3.1 환경분석

##### 가. 산업분석

바이오인포매틱스<sup>11)</sup>란 정보통신 인프라와 IT기술을 기반으로 분산되어 있는 대용량의 바이오 데이터 및 문헌정보를 통합적으로 저장, 관리, 분석 및 처리하여 신약개발, 의료진단, 농산물의 개량과 같은 생명산업분야에 효율적으로 응용서비스하기 위한 IT-BT (Biotechnology, BT)

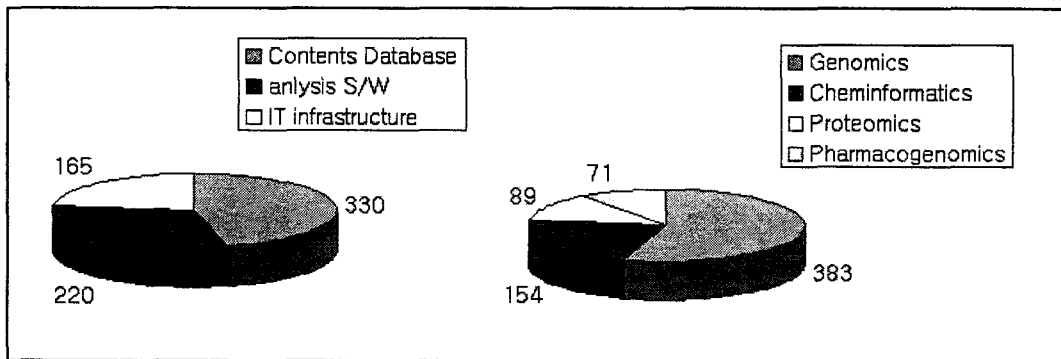
10) NTBF는 새롭게 형성되는 산업에서 기술적 우위를 바탕으로 기업활동을 하는 신생기업으로 정의된다 (ADL, 1997). 그러나 NTBF는 대기업에 비해 마케팅, 유통, 자금, 경영노하우와 같은 일반적인 경영자산 뿐만 아니라 R&D인력, 기술설비, 기술노하우 등 기술자원이 충분하지 못하므로 기술적으로 집중하는 특성을 보인다 (Kwon & Choung, 2002).

11) 바이오인포매틱스를 크게 구축된 데이터베이스와 분석소프트웨어를 효과적으로 활용하여 생물학 연구에서 발생하는 개별적인 문제를 해결하는 응용생물정보학 (applied bioinformatics)과 생물 데이터베이스 시스템을 구축하거나, 분석 소프트웨어 자체를 개발하는 개발생물정보학 (developmental bioinformatics)로 구분할 수도 있다 (Youn, 2003).

융합 핵심 기반 요소 기술을 의미한다 (Youn, 2003). 바이오인포매틱스산업은 크게 생물정보소프트웨어, 생물정보서비스, 생물정보인프라 분야로 구성되어 있다. 첫 번째, 생물정보 소프트웨어 분야는 생물정보 데이터를 분석, 번역, 시각화하는 소프트웨어를 제작, 공급하는 분야로, 다양한 연구 분야에 걸쳐 폭 넓은 수요가 존재한다. 두 번째, 생물정보서비스 분야는 생물정보 데이터베이스를 구축, 관리하면서 관련 기업이나 연구자들에게 연구개발에 필요한 정보를 제공하는 분야이다. 마지막으로 정보기술 인프라 분야는 초고속의 데이터 처리와 데이터베이스 운영에 필요한 시스템을 구축해주는 분야이다 (Ko, 2002).

2002년 현재 전 세계 바이오인포매틱스 시장규모는 8억 4,600만 달러에 이르고 있다. 전체 시장을 콘텐츠 DB (DataBase), 분석 S/W 및 IT인프라로 살펴보면 2001년에는 콘텐츠 DB가 3억 3천만 달러로 47%, 분석 S/W는 2억 2천만 달러로 29%, 그리고 IT인프라는 1억 6,500만 달러로 24%의 시장을 점유한 것으로 나타났다. 애플리케이션별 시장규모를 살펴보면, 2001년 유전체학 (Genomics)가 3억 8,300만 달러로 55%, 화학정보학 (Cheminformatics)가 1억 5,400만 달러로 22%, 단백질체학 (Proteomics)가 8900만 달러로 13%, 그리고 약물유전체학 (Pharmacogenomics)가 7,100만 달러로 10%의 시장을 점유하고 있다 (김정환, 2002).

(단위 : 백만 \$)



자료 : 김정환 (2002).

<그림 4> 바이오인포매틱스 시장규모

바이오인포매틱스 내 혁신을 유발하는 주체는 크게 세계적, 국가적인 단위로 구분할 수 있으며, 여기에는 사용자와 공급자를 포함하는 기업, 공공연구기관, 그리고 대학과 국가제도가 속해 있다. 바이오인포매틱스는 산업의 특성상 대학 및 연구소에서 주요 연구개발이 이루어지고 있다. 대학에서는 기초적인 연구와 교육 및 인력양성을 담당하며 공공연구기관에서는 공개 데이터베이스 구축, 연구 소프트웨어 개발이나 보급과 관련교육들이 이루어지고 있다. 이들 대학 및 연구소는 바이오인포매틱스 산업 내에 지식 및 기술을 공급하며, 기업에 의해 개발된

제품이나 서비스의 주요 수요자가 되기도 한다.

바이오인포매틱스 분야의 대표적인 국제 비영리 연구기관으로서는 NCBI (National Center of Biotechnology information), EBI (European Bioinformatics Institute), CIB (Center for Information Biology)가 있다. 이들은 다양한 종류의 생물학 데이터베이스 구축 및 운영, 관련 서비스 그리고 분석도구의 개발 및 공개 등을 통하여 바이오인포매틱스 분야의 연구를 지원하고 있다. 국내의 연구기관을 살펴보면 국가유전체정보센터 (National Genome Information Center, NGIC), 국립보전원 유전체 연구부 (National Genom Research Institute, NGRI), 농업생명공학정보센터와 같은 생명공학연구소를 중심으로 자체 데이터베이스 구축 및 운영, 유전자 관련 정보 서비스, 각종 분석도구 개발 및 배포를 실시하고 있다. 또한 한국과학기술정보연구원 (Korea Institute of Science and Technology Information, KISTI)내 바이오인포매틱스센터 (Center for Computational Biology & Bioinformatics, CCBB)는 자체 DB구축 및 운영, 세계 주요 DB연결, 유전체/단백질 연구수행을 위한 검색 및 분석서비스를 통해 바이오인포매틱스 연구수행에 필요한 광범위하며 전문적인 정보를 제공하고 있다. 또한 정보통신분야의 정부출연연구소인 한국전자통신연구원 (Electronics and Telecommunications Research Institute, ETRI) 또한 바이오인포매틱스에 필요한 핵심기반 S/W기술 개발을 수행하고 있다. 대학의 경우 부산대, 서울대, 고려대, KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology) 및 한국정보통신대학교 (Information and Communications University, ICU) 등 9개 대학에 바이오인포매틱스 협동과정 및 관련학과가 개설되어 있으며 활발한 연구 및 교육이 이루어지고 있다.

세계적으로 바이오인포매틱스 산업 안에서 혁신의 주체가 되는 기업들은 바이오테크 회사, 바이오인포매틱스 전문회사, 다국적 제약회사, 다국적 농업회사 및 IT업체라고 할 수 있다. 바이오테크 회사들은 외부고객에게 제공하거나 내부적으로 이용하기 위하여 데이터베이스나 바이오인포매틱스 기술을 개발하며, 바이오인포매틱스 전문기업들은 DNA 서열부터 신약개발까지 단계별로 필요한 바이오인포매틱스 솔루션들을 개발하고 이를 제약기업 및 연구기관에 공급하고 있다. 다국적 제약회사나 농업회사 등은 자체 내의 바이오인포매틱스 전담팀을 만들어 연구개발을 하고 있다. SUN이나 IBM, HP, 오라클과 같은 IT기반의 회사들은 바이오인포매틱스 산업에 IT분야의 인프라를 제공 및 판매하며, 자사의 제품을 구입한 바이오인포매틱스 관련 기관들의 기술개발을 돕고 있다 (Kim, 2004).

국내의 경우 바이오인포매틱스분야의 대기업의 역할은 상당히 미미하며 일부만이 소규모의 투자를 실시하고 있는 실정이다 (생물학연구정보센터, 2002). 사실상 국내 바이오인포매틱스 산업을 이끌어 온 주체는 정부의 적극적인 벤처육성 정책으로 생겨난 바이오벤처라고 할 수 있다. 현재 국내에 인-하우스 바이오인포매틱스팀을 가지고 있는 기업은 바이오테크 회사를

포함하여 대략 수십 개에 이르는 것으로 알려져 있으나 대부분이 유전자 정보분석 및 염기서열 분석 서비스만을 하고 있다. 실제로 바이오인포매틱스 제품을 개발하여 최종 사용자에게 공급하는 바이오인포매틱스 전문기업은 그리 많지 않은 실정이다 (Kim, 2004).

바이오인포매틱스의 정부지원제도를 살펴보면, 미국, 유럽, 일본 등의 선진국의 경우 국가 및 민간 기업 주도로 대규모의 데이터베이스 구축관련 사업들이 진행되어 왔으며, 연구개발 분야에 국가의 지원이 활발하게 이루어지고 있다 (KISTI, 2002). 그러나 우리나라의 경우는 바이오인포매틱스 산업이나 시장이 성숙되어 있지 않아 개별기업이나 연구소에서 대규모의 투자를 하기가 어려운 상태이므로, 정부부처별 전담기구가 마련되어 부처별 사업과 투자가 진행되고 있다. 특히 IMT-2000 출연금 기술개발지원사업을 통하여 과학기술부, 농림부, 산업자원부, 보건복지부 등이 바이오인포매틱스와 관련된 연구개발을 지원하고 있다.

<표 1> 국내 바이오인포매틱스 관련 기관 및 지원사업

주체	기관명	주요 활동
대학	부산대학교	바이오인포매틱스 협동과정 개설, 전산단백질체학 연구개발 DNA칩 데이터 분석 소프트웨어 개발
	서울대학교	신경망 학습 및 진화 방법에 기반한 바이오인포매틱스
	KAIST	바이오시스템학과 설립 생명공학과 정보, 전자, 기계공학이 결합된 연구수행
	포항공대	생물학적 데이터의 대용량 처리를 위한 프로그램 개발 BRIC을 통한 생물정보서비스 제공
	ICU	DNA 칩 데이터 분석, 세포 영상분석기술, 단백질 상호작용 소프트웨어 연구
연구소	국가유전체정보센터(NGIC)	국내 생물정보 포털사이트 구축 및 운영 유전자 정보관련 서비스 GenePool 운영, 연구개발 수행
	농업생명공학정보센터	생물자원 및 유전자DB 구축/운영, Web BLAST가동 각종 분석 도구 제공
	국립보건원 유전체연구소(NGRI)	한국인 고유질병치료를 위한 질병유전자 발견에 관한 연구
	KISTI 바이오인포매틱스센터(CCBB)	자체 DB 구축 및 운영, 세계 주요 DB연결, 유전체/단백질 연구수행을 위한 검색 및 분석 서비스,
	한국전자통신연구원(ETRI)	바이오인포매틱스 핵심 기반 S/W 기술개발
기업	마크로젠, 바이오니아, 크리스탈지노믹스 등	인-하우스 바이오인포매틱스 보유 기업으로 바이오인포매틱스를 자체 연구개발등의 필요에 사용
	엔솔테크, 스몰소프트, 이즈텍, IDR 코리아	바이오 인포매틱스 전문기업으로 바이오인포매틱스 제품개발 및 최종공급자에게 공급
	삼성 SDS, 포스데이타 등	IT인프라 솔루션 개발
국가지원 프로그램	과기부 생물정보학 기반기술개발사업	바이오 데이터 생성 및 구축
	과기부 IMT-2000	실험실에서 생물학자가 쓸 수 있는 간단한 툴 제작
	농림부 IMT-2000	농산물 유전체 분석
	산자부 IMT-2000	바이오 제품 생산을 위한 생물정보학
	보건복지부 IMT-2000	질병 관련 유전체 분석 및 의료진단에 집중하는 바이오정보 응용기술

자료 : 김해진 (2004), BRIC (2003)에서 재구성.

요약해 보면, 국내 바이오인포매틱스 산업의 특징은 아직까지 대부분이 대학이나 연구기관을 중심으로 한 연구수준에 머물러 있어 시장 수요가 크게 형성되어 있지 않다. 또한 바이오인포매틱스를 전문적으로 개발 생산하는 기업이 극소수에 불과하며 기술, 투자규모, 전문인력의 측면에서 선진국에 비해 뒤떨어져 있는 상황이다. 그러나 정부가 지원하는 대규모 연구프로젝트를 통해 인프라 확충 및 기반기술 개발이 이루어지고 있어, 정부지원제도가 바이오인포매틱스 산업혁신에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

## 나. 지역분석

대덕연구단지는 공공연구기관 및 대학들을 통한 연구·교육기능을 중심으로 발전해 왔으며, 국가단위의 지식생산 및 확산의 역할을 담당해 왔다<sup>12)</sup>. 반면 대덕연구단지는 지역산업에 미치는 파급효과의 부분에서는 미흡하다는 평가를 받아왔다. 그러나 90년대 말부터 ETRI와 생명공학연구원 (Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, KRIBB), 그리고 KAIST로부터 정보통신 및 생명공학이 중심이 되어 많은 기업들이 파생되었으며, 파생된 상당수의 기업이 대덕 및 대전지역에 정착하게 되었다. 이로 인하여 대덕연구단지는 정보산업, 생명산업이 중심으로 R&D기능이 발달된 복합산업클러스터로 발전하고 있다 (임덕순, 2003).

<표 2> 대덕연구단지의 시스템적 특성

분 야	특 성
산업부문	복합산업클러스터 (정보통신, 생명공학 등)
자원	연구자원의 집중성(인력, 자금)
주요 혁신주체	정부연구기관
핵심역량	연구기능 중심
기업간 연계	산업가치연쇄 생성기
지식생산 패턴	공급위주의 지식생산
정책자원, 인프라	지역기회 공동체로 발전
상위지역과의 연계	국가단위의 지식 생산지

자료 : 황혜란 (2004), 「대덕 R&D특구 지정을 활용한 혁신클러스터 발전방안」, 한국은행 창립기념세미나 발표자료.

대덕연구단지에 위치한 정보통신 관련 인프라 중 바이오인포매틱스에 영향을 미치는 인프라

12) 대덕연구단지의 주요 자원은 연구인력 및 연구자금등의 연구자원의 집중성이라고 할 수 있다. 대덕에는 2004년 86개의 연구기관이 밀집되어 있으며, 석·박사 이상의 연구인력이 12,000여명이 상주하며 연구개발 활동을 하고 있다. 타 지역과 비교했을 때도 인구 만 명당 연구비, 연구원, 기자재, 특허출원 SCI (Science Citation Index) 논문발표, 국가 R&D에서 월등한 우위를 나타내는 것을 알 수 있다 (STEPI, 2003).

라는 시스템소프트웨어, 개발용 소프트웨어, 응용소프트웨어와 같은 소프트웨어에 관련된 인프라라고 할 수 있다. 90년대부터 ETRI를 중심으로 DBMS (DataBase Management Systems, DBMS) 및 시스템소프트웨어와 관련된 연구가 진행되어 왔으며, KAIST, ICU, 충남대학교를 통해 소프트웨어 전문인력 양성 및 기술개발이 이루어지고 있다. 이들 연구기관과 대학은 인력공급, 기술이전 및 파생기업<sup>13)</sup>의 형태로 대덕연구단지 내에 소프트웨어 산업 인프라를 공급하고 있다.

2002년 현재 대덕연구단지를 포함한 대전지역에는 정보통신관련 583개 기업 중 패키지 소프트웨어분야의 기업이 127개로 가장 많은 수를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 대덕에 위치한 199개의 벤처기업 중 패키지 소프트웨어 기업이 부품업체와 더불어 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 대덕에는 소프트웨어 기업을 지원하기 위한 소프트타운이 위치하고 있으며, S/W사업단을 통하여 공용장비지원, 입주지원, 비즈니스지원 등 다양한 지원이 이루어지고 있다. 이는 대덕연구단지가 소프트웨어와 관련하여 상대적으로 유리한 인프라를 보유하고 있다고 판단할 수 있다.

이외에도 바이오인포매틱스와 직접적인 관련이 있는 정보통신기관으로는 ETRI내 바이오인포매틱스 핵심 기반 S/W 기술개발을 수행하는 미래기술연구본부<sup>14)</sup>가 있다. 교육기관으로는 ICU 내 bioinformatics and information management track이 바이오인포매틱스 인력교육 및 정보통신기술을 응용한 생물정보학 분야 및 관련 융합기술의 연구개발을 진행 중이다.

대덕연구단지의 생명공학산업 여건을 살펴보면, 정보통신 분야에 이어 두 번째로 많은 37개의 기관이 입주해 있으며<sup>15)</sup>, 충북의 오송보건의료과학단지과 충남의 테크노파크 내 벤처의료단지외도 인접해 있어 좋은 지리적 여건과 인프라를 갖추고 있다고 할 수 있다. 이중 바이오인포매틱스 관련 인프라를 살펴보면 연구기관으로는 생명공학연구원 내 국가유전체정보센터(NGIC), KISTI 내 바이오인포매틱스 센터(CCBB)가 있으며, 대학으로는 KAIST 내 바이오시스템학과 및 생물정보연구센터, 충남대학교의 유전체 연구센터가 위치하여 있다.

바이오인포매틱스 기업현황을 살펴보면 국내 생명정보학 관련 바이오벤처의 30%가량이 대전에 위치하고 있으며<sup>16)</sup>, 대표적 기업으로는 엔솔테크, 스몰소프트, 아이디알과 같은 전문 바

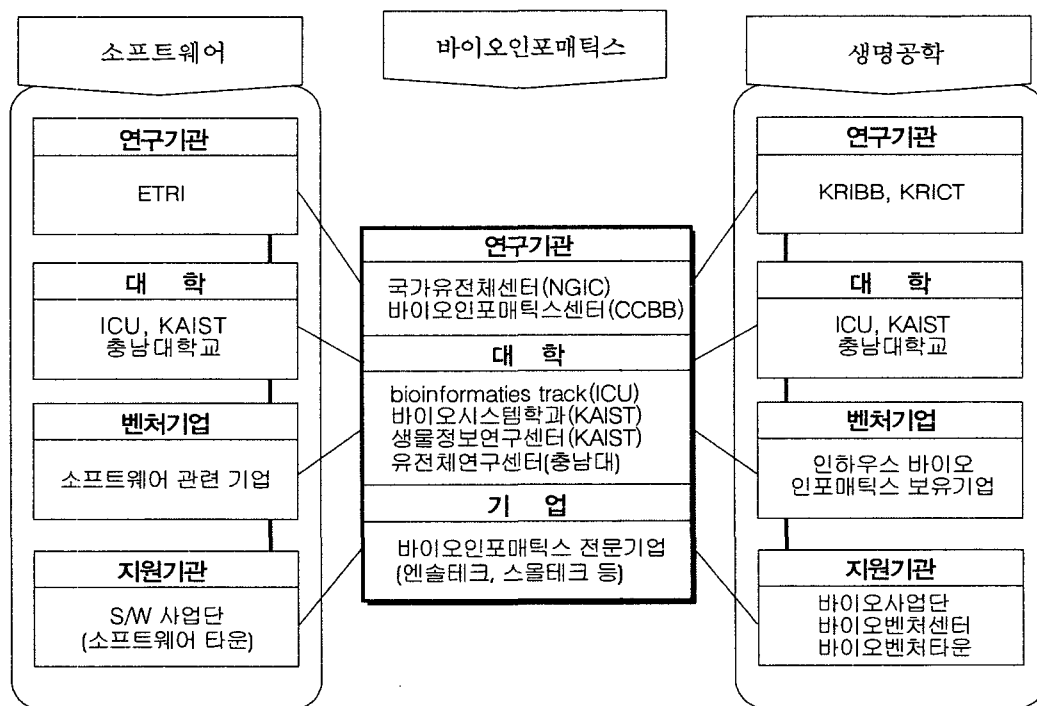
13) ETRI로부터 파생된 262개 (현재 208개 활동 중)의 기업 중 57%인 115개의 기업이 대전지역에서 기업활동을 지속함으로써 높은 지역정착율을 보이고 있다. 이중 패키지소프트웨어가 37개로 가장 많은 수를 보이고 있다. KAIST의 경우도 ICT관련 기업 65개중 가장 많은 25개가 패키지소프트웨어였으며, 대전지역에 가장 많은 업체가 정착하고 있는 것으로 나타나고 있다 (정재용, 2004).

14) 미래기술연구본부의 경우 ETRI가 보유하고 있는 정보처리기술을 적용하여 고성능 바이오 정보처리 기술 개발 및 서비스 창출을 목표로 대용량 바이오정보의 저장 및 고속전송기술 개발, 지능형 바이오정보처리 S/W개발과 관련된 연구를 수행하고 있다 (생물학연구정보센터, 2003).

15) 대덕연구단지본부 홈페이지.

이오인포매틱스 기업기업과 크리스탈지노믹스, 인바이오넷과 같은 인하우스 바이오인포매틱스 보유 기업 등이 위치하고 있다. 바이오산업을 지원하기 위한 지원기관으로는 생명공학연구원 내 바이오벤처센터, 첨단산업진흥재단에서 운영하는 바이오산업단이 있다. 이들 기관들은 창업보육지원, 연구개발 및 상용화 지원, 전문인력양성 등을 지원하고 있다.

대덕연구단지에는 크게 세 가지 정도의 바이오인포매틱스 인프라를 가지고 있는 것으로 나타나고 있다. 첫째, 정보통신 분야의 연구소 및 대학들이 제공하는 소프트웨어적인 연구역량 및 기술기반이다. 이는 바이오인포매틱스의 기반기술로서 정보통신과 생명공학의 융합에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 두 번째는 대전에 위치한 생명공학연구소, 화학연구소, KAIST등이 축적해 놓은 지식/기술과 새롭게 창출해 내는 물질과 신기술이다. 이제 바이오인포매틱스에 있어서 단순한 데이터베이스분석 수준의 연구는 경쟁력이 없으며, 새로운 물질이나 기술의 적용이 중요한 현황으로 부각되고 있으므로<sup>17)</sup>, 대덕연구단지의 생명공학관련 연구인프라는 바이오인포매틱스 경쟁력 향상에 중요한 자원이 되고 있다.



<그림 5> 대덕 내 바이오인포매틱스 산업인프라

16) 생물학정보센터 (2003).

17) 생명정보학회 정동수박사와의 인터뷰 (2004. 6. 25).



세 번째는 NGIC, CCBB와 같은 바이오인포매틱스 연구 기관 및 지원기관들이 위치해 있으며, KAIST, ICU, 충남대학교와 같은 지역대학이 바이오인포매틱스 연구 및 인력양성을 담당하고 있다는 점이다. 이러한 연구기관과 교육기관이 지리적으로 인접해 있으므로, 바이오인포매틱스와 관련된 지식/기술 역량을 타 지역에 비해 상대적으로 쉽게 확보할 수 있다.

### 3.2 사례 분석 : 엔솔테크

#### 가. 개요

대덕단지에 위치한 엔솔테크는 순수 IT기반의 인력과 역량<sup>18)</sup>으로 출발한 바이오인포매틱스 기업이다. 엔솔테크는 생명공학연구소, 부산대학교, 충남대학교 등 생명공학분야 및 바이오인포매틱스 연구기관과 대학과의 연계를 통해 BT분야의 지식을 습득·축적하면서, IT기반의 기술역량을 BIT기반의 기술역량으로 변화시켰으며, 현재 초기단계의 유전체학에 관련된 기술에서 단백질학의 기술로 기술범위를 확장하고 있다.

현재 엔솔테크는 유전체학 분야의 기술역량으로 유전자 발현정보 분석 (Gene express analysis), Hyperblast, DNA 칩을 분석하는 솔루션을 보유하고 있으며, 단백질체학 분야의 기술역량으로 단백질 구조 안정성 분석 기술을 보유하고 있다. IT분야의 기술역량으로는 리눅스 기반의 고가용/고성능 서버시스템 개발, 클러스터 서버관리 소프트웨어<sup>19)</sup> (e-cafe) 등의 소프트웨어 개발능력을 지니고 있다.

엔솔테크는 이러한 기술을 바탕으로 유전체학 분야 및 단백질체학 분야의 바이오정보분석 솔루션인 진마스터 (GeneMaster)<sup>20)</sup>, 하이퍼블래스터 (Hyper-Blast)<sup>21)</sup>, Enviewer<sup>22)</sup>, 타겟스타 (TargetStar)<sup>23)</sup>, 프로테인스타 (ProteinStar)<sup>24)</sup> 등을 개발하였으며, 유전자 발현분석

18) 엔솔테크는 ETRI에서 18년 동안 고성능 컴퓨터 분야에서 고속병렬컴퓨터 (TICOM-IV) 병렬 운영체제를 개발한 경험을 가지고 있는 창업자와 IT 소프트웨어 솔루션개발 경험을 가지고 있는 6명의 기술인력으로 출발하였다.

19) 리눅스 클러스터의 진단 및 관리 기능을 제공하는 고가용 클러스터 진단 관리 솔루션이다.

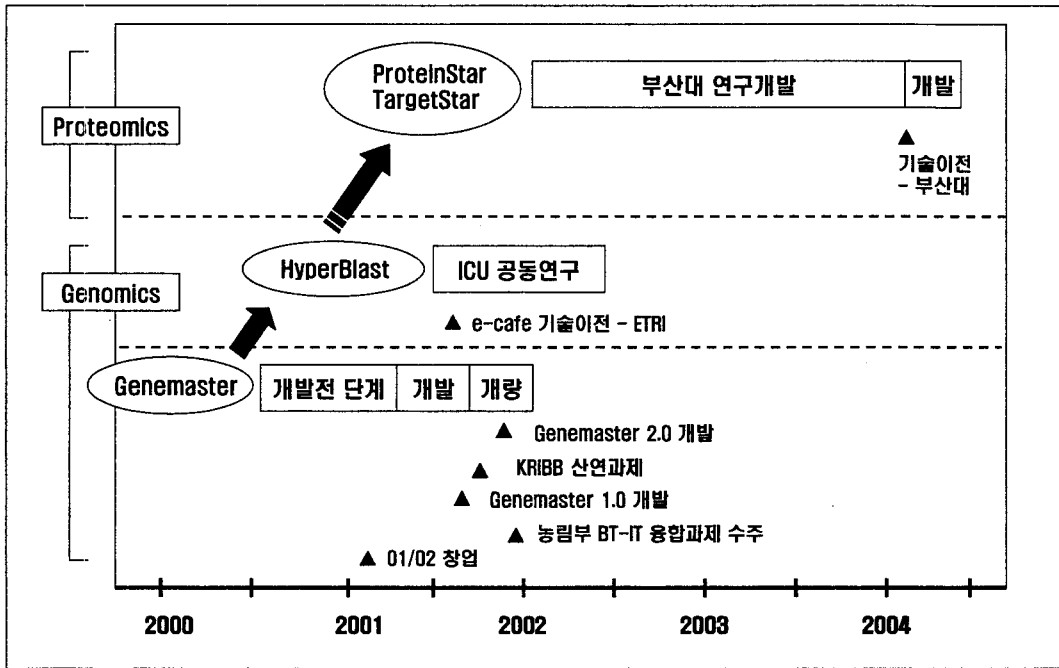
20) EST분석이란 어떤 유전자 부위(EST)가 어떤 기능으로 발현되는가를 분석할 수 있는 것으로, 진마스터는 복잡한 EST 분석을 자동화하여 바이오연구자들이 자체적으로 분석을 수행할 수 있게 해준다.

21) 블래스트 (Blast)는 유전자 염기서열의 상동성 및 유사성을 비교·분석하는 소프트웨어이다. 그러나 대량의 유전자 염기서열 분석에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 엔솔테크가 개발한 하이퍼블래스트는 단일 컴퓨터 시스템에만 소프트웨어가 작동하는 기존 제품의 단점을 보완, 병렬화 작업을 통해 클러스터시스템에서 작동하여 유전자 분석시간을 획기적으로 줄인 것이 특성이다.

22) EnViewer는 ABI포맷 또는 SCF포맷의 크로마토그램 파일의 내용을 시각적으로 보여주는 툴로서, 바이오 연구자들이 DNA Sequencer에서 나온 크로마토그램을 직접 확인하고자 할 때 사용된다.

23) TargetStar는 유전체 단백질에서 돌연변이가 일어나는 경우 열역학적 안정성의 변화가 어떻게 발병 유무와 연관되는지를 정량적으로 분석해 내는 솔루션이다.

데이터베이스 (EDGE), 고객 맞춤형 바이오정보 분석 솔루션 및 분석서비스 등을 제공하고 있다. 또한 바이오인포매틱스 시스템 구축에 필요한 고성능 서버/클러스터<sup>25)</sup> 시스템 솔루션, 클러스터 진단 및 관리 솔루션등도 갖추고 있다.



<그림 6> 엔셀테크 바이오인포매틱스 솔루션 개발과정

현재 엔셀테크는 정부프로젝트에 의존하며 마케팅과 영업기능이 약한 기존의 바이오인포매틱스 기업과는 다르게, 개발한 제품을 최종 소비자에게 판매하는 형태의 비즈니스 모델을 통해 시장에서 성장하는 기업으로 발전하고 있다. 엔셀테크는 국내 바이오인포매틱스 분야의 산·학·연의 대표적 성공사례로 평가받고 있으며, 이 분야의 선도 기업으로 인정받고 있다.<sup>26)</sup> 현재 우리나라의 바이오인포매틱스의 경우 초창기에 예견되었던 결과물의 부재와 장기 지

24) ProteinStar는 단백질의 열역학을 통해서 나온 수치를 그래프와 정형화된 데이터로 툴(tool)화함으로써 단백질의 구조 모델과 기능을 객관적으로 검증토록 하며, 반복실험과정을 1~2회로 단축, 리눅스 서버급 컴퓨터에서 최단시간 내에 단백질을 분석할 수 있도록 하는 솔루션이다.

25) 클러스터시스템이란 여러 개의 중앙처리장치(CPU)가 하나의 메모리를 사용하는 기존제품과 달리 컴퓨터 여러대를 네트워크로 연결하여 보다 빠른 분석속도를 얻는 일종의 병렬컴퓨터 시스템을 말한다.

26) 엔셀테크는 기술력을 인정받아 국가과학기술자문회의의 대통령 자문보고(2001)에서 BIT소프트웨어 개발성공사례로 보고되었으며, 기술혁신형중소기업(INNO-BIZ) 선정 및 대형 국책 바이오인포매틱스 과제를 수주 연구중에 있다.

속적인 수익모델 구축의 어려움으로 인하여 전반적인 침체기에 접어들고 있다. 또한 선진국에 비하여 자금이나 기술수준의 열악함으로 인해 경쟁력 확보에 어려움을 겪고 있다. 이러한 상황 가운데 순수 IT기반의 기업으로 출발하여 바이오인포매틱스 전문기업으로 성공적으로 자리 잡은 엔솔테크의 사례는 바이오인포매틱스 상용화 연구에 있어서 성공요건에 대한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 우리는 엔솔테크의 바이오인포매틱스 상용화 과정을 줄리의 모델을 사용하여 분석하면서, 복합제품의 상용화에서 주요하게 영향을 주는 요소를 도출하고 대덕연구단지가 가지고 있는 여러 산업인프라가 엔솔테크의 상용화 과정에 어떠한 영향을 미치는지도 살펴 볼 것이다.

#### 나. 프로세스 단계

기술과 시장기회와의 결합이 일어나는 착상단계에 엔솔테크는 KRIBB에 위치한 NGIC나 포항공대의 생물학정보연구센터 (Biological Research Information Center, BRIC)의 바이오인포매틱스의 전문가들과의 빈번한 접촉을 통해 창업단계의 아이디어의 성공가능성을 타진하는 등 BT 분야와 관련된 지식을 외부에서 확보하는 모습을 보이고 있다. NGIC와 ETRI가 위치해 있는 대덕연구단지는 착상단계에 엔솔테크가 바이오인포매틱스 기술에 대한 전망과 잠재적 시장기회에 대한 정보를 확보하는데 유리한 환경을 제공한 것으로 나타나고 있다.

보육단계는 BT분야의 사용자의 요구를 파악하기 위해 구체적인 BT지식역량이 요구되는데, 엔솔테크는 외부적 협력과 내부적 학습을 병행하여 BT지식을 확보하는 패턴을 보이고 있다.<sup>27)</sup> 외부적 협력의 방식으로는 생명공학연구소에 과제를 주는 것을 통하여 공동연구를 실시하는 방식으로 BT지식을 확보하였으며, 내부적으로는 세미나와 매달 1~2회의 전문가를 초청하여 자체인력의 BT교육을 단기간에 집중적으로 실시함을 통해 BT지식을 축적하게 된다. 보육단계에서 생명공학연구원의 국가유전체연구센터와의 과제를 통한 공동연구가 BT지식기반 축적에 매우 중요한 역할을 하고 있으며, 충남대학교의 교육인프라<sup>28)</sup>도 엔솔테크의 내부인력의 생명공학분야의 기초연구지식 확보에 큰 기여를 하고 있는 것으로 나타나고 있다.

실연단계에 개발과정에서 가장 어려운 점은 사용자 요구분석 (user requirement analysis)

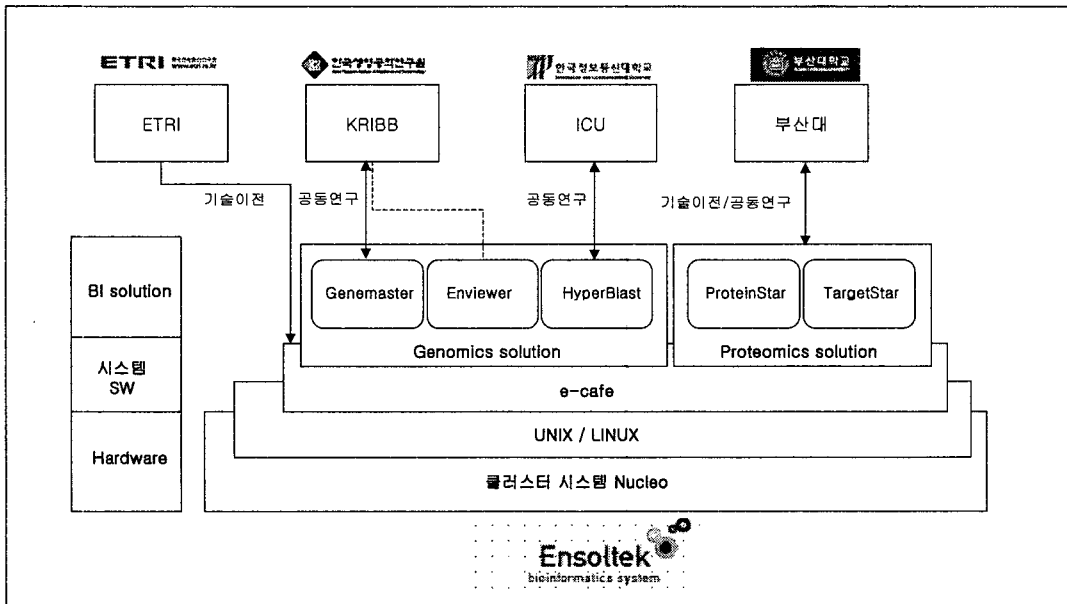
27) 보육단계에서 엔솔테크가 BT지식을 확보하는 방법은 크게 두 가지가 있었다. 첫 번째는 자체에 BT인력을 충원하는 것이며, 두 번째 방법은 생명공학관련 연구기관과 공동연구를 통하여 역량을 축적하는 것이다. 엔솔테크는 이 두 가지 중에서 후자의 방법을 선택하게 되는데, 이는 BT인력을 고용했을 경우 이들이 단순한 BT쪽의 정보 제공 밖에 할 수 없고 또 제공되는 정보역시 제한적일 수밖에 없기 때문에 한계가 있다고 판단했기 때문이다. 두 번째의 경우 기관과의 공동연구를 통해 그들을 외부전문가로 활용할 수 있으며, 계속적인 자문을 받을 수 있어서 훨씬 실질적인 도움이 된다고 판단했다.

28) 초기 엔솔테크는 충남대학교 생물학과 교수를 초빙하여 분자생물학을 내부인력에게 교육하였으며, 단 두 달이라는 짧은 시간에 생물학에 대한 기본지식을 확보하게 되었다.

이었으며, 엔솔테크는 사용자들과의 빈번한 접촉을 통하여 이 문제점을 해결해 나가면서 유전체학 분야의 솔루션인 진마스터와 하이퍼블래스터<sup>29)</sup>의 개발에 성공하게 된다. 또한 ETRI에서 개발된 클러스터 관리 소프트웨어를 기술이전 받아 e-cafe를 개발하여 바이오인포매틱스 시스템 구축에 필요한 클러스터 진단 및 관리 역량을 확보하게 된다.

프로테인스타 및 타겟스타와 같은 단백질체학 솔루션은 부산대학교 물리학과 전산 단백질체학 및 생물물리학 연구실이 개발한 원천기술(prototype단계)을 가지고 와서 상품화한 엔솔테크가 담당한 공동개발의 형태를 통하여 개발되었다.<sup>30)</sup>

실연단계에서 나타나는 산업 인프라와의 연계를 살펴보면, 진마스터 개발에 있어서 생명공학연구원의 국가유전체연구센터, 하이퍼 블래스터 개발 시 ICU 바이오인포매틱스 연구실, e-cafe의 원천기술을 개발한 ETRI와의 연계가 매우 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 프로테오믹스 솔루션의 개발 역시 부산대와의 공동연구와 기술이전, 지식획득이 결정적 역할을 하였다.



<그림 7> 엔솔테크의 바이오인포매틱스 솔루션 및 연계

29) 하이퍼블래스터의 경우 엔솔테크의 개발자들이 ICU에서 학위를 병행하면서 엔솔테크와 대학연구실에서 동시에 개발이 이루어짐.

30) 엔솔테크가 원천기술단계부터 개발한 진마스터나 하이퍼블래스터의 개발기간이 1년 2개월 (요구분석 9개월, 개발 3개월)이 소요된데 반해 프로테인스타나 타겟스타는 단 4개월만에 제품을 출시할 수 있었다. 이는 관련분야의 지식습득 및 통합이 강하게 요구되는 원천기술개발단계를 대학에서 개발했기 때문에 가능했다.

축진단계의 엔솔테크의 마케팅이나 시장개척은 BT·IT분야의 전문성을 동시에 가진 중간 업자를 확보의 어려움으로 인하여 내부 인력을 활용한 Direct marketing으로 이루어지고 있다. 엔솔테크의 차후 마케팅 전략은 IBM이나 Compaq과 같은 하드웨어 벤더의 서버에 엔솔테크 솔루션을 탑재하는 연계 마케팅이나 국외의 유명한 BIT회사의 솔루션에 엔솔테크의 제품을 라이선스인 해서 판매하는 전략을 시도하고 있다.<sup>31)</sup> 축진단계에는 지역 내부의 지식·기술 인프라와의 연계보다는 국내 및 해외의 시장 내의 선도사용자와의 연계가 더 강하게 나타나고 있다.

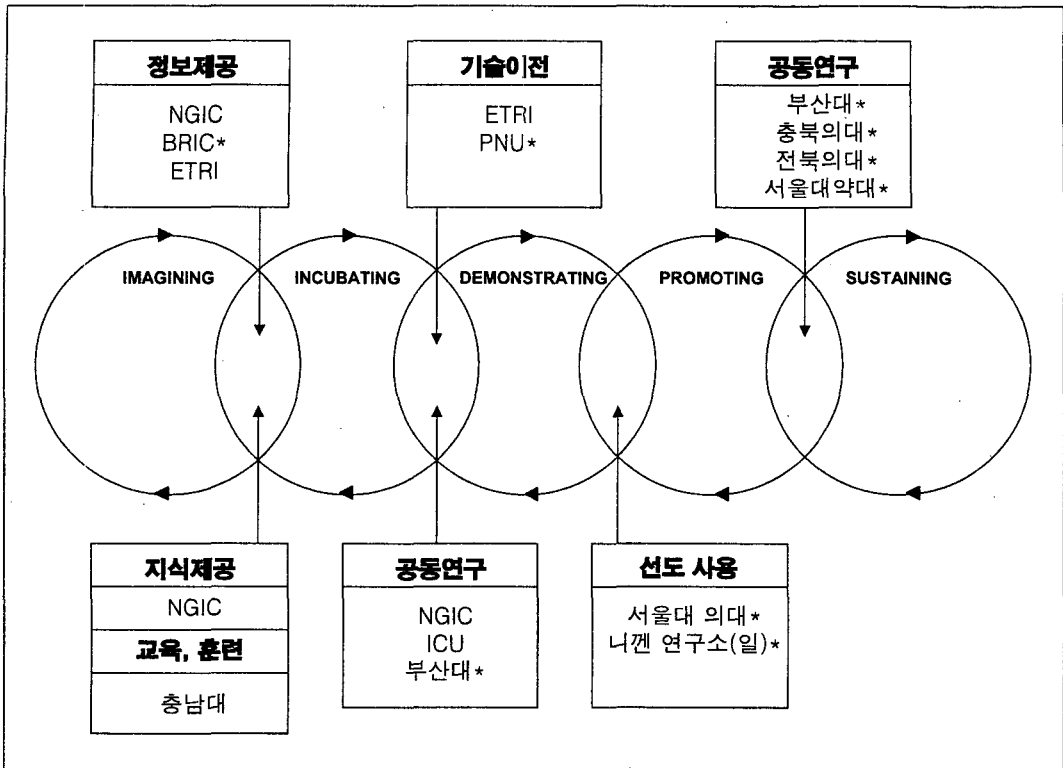
지속단계에 엔솔테크는 시장 및 저변확대를 위하여 인터넷을 통하여 관련분야 연구자를 조사한 후 방문하여 시연하고 무료로 제품을 일정기간 사용하게 하며, 각 대학의 생명공학과에 방문하여 바이오인포매틱스 솔루션을 소개하는 등의 활동을 전개 하고 있다. 현재 서울대 약대와 간암관련 유전자에 관한 공동연구, 부산대학교 전산 단백질 제약 국가 지정연구실과의 단백질체학 공동연구를 진행하고 있으며, 전북대의과대학과의 단백질체학 공동연구등을 통하여 새로운 기술 및 지식역량을 축적하고 그 결과의 제품화를 시도하고 있다. 지속단계는 지역 내의 연계 보다는 외부의 다양한 지식창출주체들과의 활발한 공동연구를 통하여 지식 및 역량을 축적하고 이를 바탕으로 새로운 제품을 개발을 시도하고 있는 모습을 보이고 있다.

엔솔테크의 상용화 과정에서는 다음과 같은 특징이 나타나고 있다. 바이오인포매틱스는 R&D 스펙트럼이 넓기 때문에 적용분야에 따라 지식이 차별화 되는 특징을 지니고 있다. 또한 새로운 분야의 제품을 개발하기 위해서는 그 분야의 BT지식을 재흡수해야 하는데 이 과정에서 연구개발에 소용되는 기간 및 비용이 매우 크다. 그러므로 각 제품들에 일반적으로 적용할 수 있는 루틴이나 역량축적, 규모의 경제를 달성하기 어려운 특징이 나타난다.

엔솔테크는 이를 해결하기 위해 산업인프라와의 연계를 통하여 지식을 습득하며, 이것을 내부적으로 가지고 있던 소프트웨어개발역량과 통합하며, 바이오인포매틱스 관련 지식 및 기술을 축적해 나갔다. 이러한 산업인프라와의 연계는 지식과 기술의 창출기관과 강하게 나타나고 있다. 상용화 단계별로 살펴보면 착상단계에는 정보제공, 보육단계는 상용화에 필요한 지식제공, 교육 및 훈련으로 나타나고 있다. 또 실연단계에는 기술이전 및 공동연구로 나타나고 있으며, 지속단계에는 다시 공동연구의 형태로 나타나고 있다. 다시 말해, 엔솔테크 상용화 프로세스는 바이오인포매틱스 솔루션 개발 시 발생하는 어려움을 산업 내 지식창출과 관련된 인프라와의 연계 및 외부통합과정을 통하여 저비용, 고효율, 반복의 경제<sup>32)</sup>로 해결하는 것을 보여주고 있다.

---

31) 현재 엔솔테크가 경험하는 가장 큰 어려움은 국산제품에 대한 불신이라고 할 수 있다. 이를 극복하기 위해 엔솔테크는 국내 리드 유저인 서울대 의대에 제품을 판매하거나 일본의 유명 연구소 쪽으로 제품을 판매하는 전략을 취하고 있다. 실제 서울대 의대에 제품을 납품한 이후 국내 사용자들에게 기술력을 인정받고 판로를 확보하게 되었다.



<그림 8> 엔슬테크의 상용화 프로세스에서 나타나는 연계<sup>33)</sup>

#### 다. 엔슬테크 상용화에서 나타나는 복합제품적 특성

엔슬테크의 바이오인포매틱스 상용화에서는 복합제품의 일반적인 특징이 세 가지가 나타나고 있다. 첫째, 복합제품의 제품수준에서의 특성은 높은 단위 생산비용, 다양한 분야의 지식/기술 투입, 상류의 자본재라고 할 수 있다. 엔슬테크의 바이오인포매틱스 상용화의 경우 이와 같은 복합제품의 특징이 나타나고 있으며, 특히 학제 간 지식인 유전체학, 단백질체학, 통계나 알고리즘과 같은 다양한 분야의 지식의 획득 및 통합이 상용화 성공에 주된 역할을 한 것으로 분석되고 있다. 둘째, 엔슬테크는 각 사용자의 요구가 차별화 되어 주기능 (core functionality)이외에도 각각의 사용자의 요구를 만족시키기 위해 소비자의 요구에 맞는 부가기능을 제품에 추가하였다. 이는 복합제품에서 나타나는 주문형 제품의 성격이라고 할 수 있다. 마지막으로, 엔슬테크는

32) 반복의 경제란 이전의 제품개발 경험이나 노하우를 새로운 제품개발에 적용하는 것을 말한다. 엔슬테크는 유전체학 솔루션인 진마스터 개발과정에서 축적한 개발과정의 노하우를 단백질체학 솔루션에 적용하여 단기간에 제품을 개발하게 된다.

33) \*는 지역 외 대학 및 연구소

솔루션 개발 시 BT 연구자들이 컴퓨터 환경에 익숙하지 않기 때문에 사용자 요구분석에 어려움을 경험하였으며, 이를 파악하기 위해 많은 시간과 노력이 소요하였다. 사용자의 피드백이 솔루션의 디자인이나 개발과정에서 끊임없이 발생하며, 계속적으로 변화하는 복합제품의 특징이라고 할 수 있다.

<표 3> 복합제품과 대량생산 제품 비교

분 류	복합제품		대량생산 제품
	대규모 프로젝트 및 시스템적 성격	소규모 독립적 성격	
제품의 특성	다기능적 높은 단위 생산 비용 다양한 분야의 지식/기술이 투입 상류의 자본재 (연구개발) 계층적/시스템적		단순기능 낮은 단위 생산 비용 한정된 지식/기술 투입 하류의 소비재 단순 구조 제품주기가 단기간
	제품주기가 장기간	제품주기가 대량생산 제품에 비해 길지만 대형 복합제품 보다는 짧음	
생산 특성	프로젝트 기반 규모집약적 협력 기업과 관련된 시스템 통합	소규모 배치 지식과 기술의 시스템 통합	대량생산 / 대규모 배치 제조를 위한 디자인
혁신 과정	사용자-생산자 주도 높은 유연성 및 숙련에 의지 사용자의 요구변화가 상대적으로 높음	지식창출자-생산자 주도 지식과 기술의 외부통합 사용자의 요구변화가 상대적으로 낮음	공급자 주도 규모의 경제 비용 최소화 대량생산 역량
산업의 협업 및 진화	정교한 네트워크 프로젝트 중심의 임시적다기업 동맹 공급자와의 연계가 높음	외부의 연구소, 대학과의 연계가 높음 공급자와의 연계가 상대적으로 낮음	단일기업 중심 R&D와 자산 교환을 위한 협업
시장 특성	과점 구조 / 소수의 대형거래		다수의 판매자와 구매자 다수의 거래 시장 가격 높은 경쟁
	비즈니스 대 비즈니스 협약가격 제도화 정치화 통제된 시장 심한 규제와 통제 부분적인 경쟁	소수의 전문소비자 판매자가 가격설정 소수의 거래	
제품의 예	댐, 항공관제 시스템, 통신네트워크, 전기네트워크 등	로봇, 바이오인포매틱스 모의조종장치 등	가전제품, 자동차 등

자료: Hobday (1998)를 발췌하여 재구성.

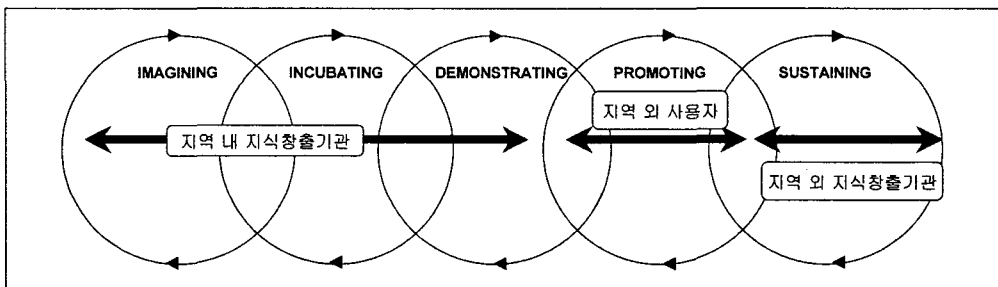
엔솔테크의 바이오인포매틱스 상용화는 이 외에도 소규모, 독립적 성격을 지닌 복합제품의 특징이 나타나고 있다. 첫째, 바이오인포매틱스의 상용화는 외부의 지식공급자인 연구소 및

대학과의 연계 및 통합이 상용화에 결정적인 역할을 하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이는 프로젝트 중심의 시스템적 특성을 지닌 복합제품이 협력기업들과의 연계 및 통합이 중요한 것과 차이를 나타내고 있다. 둘째, 일회적 프로젝트로 제품이 생산되며, 비즈니스 대 비즈니스를 통해 계약이 이루어지는 프로젝트 중심의 시스템적인 복합제품과는 다르게, 엔솔테크의 솔루션의 주 고객은 대학의 연구실, 의과대학, 연구기관 등 소수의 전문소비자로 한정되어, 이들 고객을 위한 소량의 제품만이 생산되고 있다.

앞부분에서 위한 같은 복합제품 상용화는 복잡하고, 구체적이며, 상호의존적인 암묵적 지식의 외부통합을 통해 이루어지며, 이러한 지식의 확산은 지역적인 범위 안에서 더 효과적임을 지적했다. 이에 근거하여 'NTBF의 복합제품의 상용화 프로세스에서 각 단계의 프로세스에서 요구되어지는 자원의 동원과 이해관계자와 관계 형성은 지역 내에 위치한 산업 내의 구성요소와의 연계를 통하여 수행 될 것이다'라는 가설을 설정하였다.

그러나 엔솔테크의 바이오인포매틱스 상용화는 단계에 따라 그 연계의 지역적 차이가 나타나고 있다. 착상-보육-실연 단계와 같은 상용화의 전 단계들에서는 지역 내부의 대학 및 연구기관과 공동연구·기술자문·기술이전 등 활발한 연계를 보이다가 촉진-지속 단계에 들어와서는 지역 외부의 대학 및 연구기관과 더 활발한 연계를 보이고 있다. 특히 촉진단계에서는 외부의 대학, 연구기관과 같은 선도사용자들과 활발한 연계를 보이고 있으며, 지속 단계에서는 다시 공동연구나 기술이전을 받을 수 있는 지역 외부의 대학 및 연구기관과 같은 지식/기술 창출기관과 활발한 연계를 보이고 있다.

이는 시장이 지역적으로 분산되어 있는 경우 상용화 단계가 시장에 가까워질수록 지역외의 선도사용자들과의 연계를 하게 되며, 지역에서 축적한 기술지식역량을 바탕으로 지역외의 지식창출기관들과의 연계가 가능하게 되기 때문이라고 할 수 있다. 그러므로 본 연구의 가설은 'NTBF의 복합제품의 상용화 프로세스 초기단계들에서 요구되어지는 자원의 동원과 이해관계자와의 관계형성은 지역 내에 위치한 산업 구성요소와의 연계를 통해서 수행 될 것이다'라고 수정되어 질 수 있을 것이다.



<그림 9> 엔솔테크의 상용화 프로세스에서 나타나는 연계의 특성



#### 4. 결론 및 정책적 함의

본 연구는 상용화 프로세스와 복합제품에 관한 이론 고찰을 기반으로 복합제품인 바이오인포매틱스의 상용화를 대덕연구단지에 위치한 엔솔테크의 사례를 통하여 살펴보았다. 엔솔테크의 상용화 과정은 바이오인포매틱스와 같은 복잡제품의 상용화에 있어서 산업내의 구성요소의 연계를 통한 외부통합이 상용화에 요구되어지는 지식의 확보에 중요한 영향을 미치며, 지역 내의 산업인프라는 상용화의 초기단계들에 필요한 주요자원을 제공하고 있음을 보여주고 있다. 이러한 연구결과는 바이오인포매틱스 산업 내 기업들을 위한 전략적 함의 뿐 아니라 정부의 지원이 산업의 발전에 매우 중요한 역할을 하고 있는 바이오인포매틱스 산업에 정책적인 함의를 제공해 줄 수 있을 것이다.

우선 바이오인포매틱스 산업 내 기업들의 상용화에 줄 수 있는 상용화 전략적인 함의는 다음과 같다. 첫째, 복합제품의 상용화에서 산업 내 구성요소와의 연계는 다음단계에서 요구되어지는 자원을 확보하고, 관련 이해관계자를 만족시키는데 주요한 역할을 한다는 것이다. 다시 말하면 복합제품의 각각의 상용화 단계에서 나타나는 산업 내 구성요소와의 연계는 줄리의 상용화 프로세스 모델에서 나타나는 다리 (bridge) 역할을 하고 있다고 할 수 있다. 둘째, 효과적인 외부통합을 위해서는 지식과 같은 내부 역량축적이 매우 중요하다. 아울러, 이러한 내부 역량축적의 초기단계에서는 지역 내 산업인프라의 효과적인 활용이 매우 중요한 역할을 한다. 다시 말하면, 복합제품을 상용화하는 기업은 초기단계에 지역 내 산업인프라와의 연계를 통하여 확보된 내부축적역량을 통해 대학과 연구기관과 같은 지식창출기관과 효과적인 연계를 이룰 수 있다는 것이다. 셋째, 복합제품의 상용화는 각 단계에 따라 나타나는 연계의 지역적 기능적 차이를 고려해야 한다. 지역적으로 상용화 초기단계들에서는 지역 내 산업인프라가 복합제품 상용화에 필요한 지식과 관련된 내부역량 축적에 영향을 미치고 있으며, 후기단계들에는 지역 외부의 기관들과의 연계가 나타나고 있다. 또한 기능별로는 대부분의 상용화 단계에서 지식 및 기술을 제공하는 인프라와 연계를 이루어지고 있으나, 시장과 가까운 촉진단계에서는 국내외의 선도사용자들과의 연계가 나타나고 있다. 그러므로 효과적인 복합제품의 상용화를 위해서는 상용화 단계에 따른 지역과 기능을 고려한 연계전략이 필요하다는 것을 알 수 있다.

효과적인 바이오인포매틱스 상용화를 위하여 본 연구에서 제시하는 정책적 제안은 세 가지 정도로 요약될 수 있다. 첫째, 바이오인포매틱스 산업인프라가 기업이 상용화에 필요한 지식 공급 측면에서 주요한 역할을 하고 있는 것으로 나타났으므로, 바이오인포매틱스 인프라 구축 및 소프트웨어 연구개발 등에 장기적인 관점에서의 투자가 요구되어진다. 이를 통한 특화된

소프트웨어의 개발이나 인프라 구축을 통하여 세계적 경쟁력을 확보하는 노력이 필요하다. 둘째, 바이오인포매틱스는 다양한 지식·기술기반을 요구하므로 다양한 분야의 전문 인력이 서로 협력하여 공동연구를 수행하는 것이 중요하다. 이를 위해 다양한 분야의 주체들 간에 활발한 공동연구가 이루어 질 수 있도록 정보교환을 활성화 시키며 협력할 수 있는 지원시스템을 지역 내에 집약하여 구축하는 것이 유리할 것이다. 일례로, 대덕연구단지과 같이 풍부한 바이오인포매틱스 산업 인프라와 연구개발기능이 발달된 곳에 이와 같은 지원시스템을 위치시키는 것이 지식공급의 측면에서 기업들의 바이오인포매틱스 상용화를 촉진하기 위하여 적합하다고 할 것이다. 마지막으로 효과적인 산·학·연 연계 모델 디자인이 필요하다. 현재 바이오인포매틱스와 관련되어 많은 국가지원 기술개발사업이 진행되고 있으나 대학 및 연구기관이 개발한 기술이 이것을 상품화 시킬 기업으로의 기술이전이 효과적으로 이루어지지 않아 사장되거나 불완전한 상태에서 사용자에게 직접 공급되고 있는 형편이다. 이러한 문제는 바이오인포매틱스 연구결과물의 효율적 활용에 있어서 구조적인 문제점으로 작용하여 바이오인포매틱스 산업발전의 큰 걸림돌이 되고 있다. 이를 해결하기 위해서는 대학 및 연구기관의 연구개발평가에 상용화 여부를 반영하거나 기술이전 시 초기 선급료의 비율을 낮추고 로열티의 비율을 높여 기술이전을 촉진하는 것과 같은 노력이 필요하다.

본 연구는 바이오인포매틱스 기업의 상용화 과정의 분석을 통하여, 효과적인 바이오인포매틱스 상용화를 위한 요소를 도출하는 실증적 연구로서의 의미를 지니고 있다. 그러나 단일 복합제품 상용화에 초점이 맞추어 연구가 진행되었기 때문에 대량생산 제품의 상용화와와의 비교 분석이 충분하지 못하다. 또한 한 기업의 사례를 통해 연구가 진행되었으므로, 바이오인포매틱스 전체에 대한 일반화를 하기 어려운 한계를 가지고 있다. 후속 연구에서는 바이오인포매틱스 기업의 사례연구의 강화 및 대량생산 제품의 상용화와와의 비교분석을 통하여 복합제품 상용화의 특성에 대한 일반화를 실시할 것이다.

## 〈참고문헌〉

- 강계원 (2002), 「생물정보기술-BT와 IT의 융합」, 대전 : 한국과학기술정보연구원  
 고은지 (2002), 「바이오인포매틱스」, 서울 : LG경제연구원.  
 김용학 (2003), 「사회 연결망 이론」, 서울 : 박영사  
 김정환 (2002), 「IT 전략품목 조사분석 : 전세계 Bioinformatics 시장동향」, 정보통신부.  
 김진용 · 정재용 (2003), “특허 데이터를 활용한 정보통신 산업혁신체제의 역동성 분석”, 「기술혁신연구」, 제11권 제2호, pp. 283-314.

- 김해진 (2004), Unpublished Data.
- 남홍수 외 (2003), 「2002 한국의 생물정보학 백서」, 포항: 생물학연구정보센터.
- 무어, G. (2002), 「케즘마케팅」, 서울: 세종서적.
- 박동배 (2003), 「지역별 혁신역량 분석」, 서울: 과학기술정책연구원
- 손찬·정재용 (2003), “첨단기술 기반기업(NTBF)의 지속적 성장을 저해하는 주요 요인 분석 : 역동적 기업 역량(DFC)의 시각에서”, 「기술혁신학회지」, 제6권 제2호, pp. 228-252.
- 와타나베 츠토무 외 (2000), 「3일만에 읽는 유전자」, 서울: 서울문화사.
- 이공래 (2000), 「기술혁신이론 개관」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 이영덕 (2002), 「정보통신 기술상용화: 전략과 제도」, 대전: 충남대학교.
- 임덕순 외 (2002), 「대덕연구단지 30년 성과분석 및 발전방안」, 대전: 대덕연구단지 본부.
- 정재용 (2004), 「대전의 ICT 산업분석」, 대전: Innovation working paper
- 정혜순 (2003), 「기술상용화의 이론과 실제」, 대전: 한국과학기술정보연구원.
- 황혜란 (2004), 「대덕연구단지 연구개발전문산업 육성방안에 관한 연구」, 대전: 대전발전연구원.
- KISTI (2002), 「바이오인포매틱스」, 대전: 한국과학기술정보연구원.
- BISTIC (2000), *NIH Working Definition of Bioinformatics and Computational Biology*, National Institutes of Health.
- Carayannis, E. G., E. M. Rogers, K. Kazuo. and M. M. Allbritton (1998), “High-Technology Spin-offs from Government R&D Laboratories and Research Universities”, *Technovation*, Vol. 18, No. 1, pp. 1-11.
- Choi, Y. (2003), “Achievements of Daedeok Science Town and Its Prospect”, *International Symposium for the 30th Anniversary of the Daedeok Science Town*, International Meeting Center at the Expo Science Park, Daejeon, Korea.
- Choung, J. (2003), “Managing Telecommunication System Development in Newly Industrializing Countries: TDX and CDMA”, *Tinno Working Paper*, Daejeon, Korea: ICU.
- Cooke, P., M. G. Uranga and G. Etxebarria (1997), “Regional Innovation Systems: Institutional and Organisational Dimensions”, *Research Policy*, Vol. 26, No. 4-5, pp. 475-491.
- Cooper, R. G., S. J. Edgett and E. J. Kleinschmidt (2002), “Optimizing the Stage-Gate Process: What Best Practice Companies are Doing”, *Research Technology Management*, Vol. 45, No. 6, pp. 1-8.

- Davies, A. (1997), "Complex Product Systems: Europe's Competitive Advantage", *Working Paper*, Brighton : SPRU, University of Sussex.
- Davies, A. and T. Brady (2000), "Organizational Capabilities and Learning in Complex Product System: Towards Repeatable Solutions", *Research Policy*, Vol. 29, No. 7-8, pp. 931-953.
- Hansen, K. (1997), "Hotspots in Complex Product Systems: Emerging Issues in Innovation Management", *Working Paper*, Brighton : SPRU, University of Sussex.
- Hobday, M. (1998), "Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation", *Research Policy*, Vol. 26, No. 6, pp. 689-719.
- Hobday, M., H. Rush and J. Tidd (2000), "Innovation in Complex Products and System", *Research Policy*, Vol. 29, No. 7-8, pp. 793-804.
- Hobday, M. (2000), "The Project-based Organisation : An Ideal Form for Managing Complex Products and Systems?", *Research Policy*, Vol. 29, No. 7-8, pp. 871-893.
- Hertzfeld, H. P. (1985), "Measuring the Economic Impact of Federal Research and Development in Civilian Space Activities" in Jolly, V. K. (1997), *Commercialization New Technologies : Getting from Mind to Market*, Boston: Harvard Business School Press.
- Hindle, K. and J. Yencken (2004), "Public Research Commercialization, Entrepreneurship and New Technology Based Firms: An Integrated Model", *Technovation*, Vol. 24, No. 10, pp. 793-803
- Jolly, V. K. (1997), *Commercialization New Technologies : Getting from Mind to Market*, Boston, Massachusetts : Harvard Business School Press.
- Jones, P. B. C. (2000), "The Commercialization of Bioinformatics", *Electronical Journal of Biotechnology*, Vol. 3, No. 2, pp. 96-113.
- Justman, M. and M. Teubal (1995), "Technological Infrastructure Policy (TIP): Creating Capabilities and Building Markets", *Research Policy*, Vol. 24, No. 2, pp. 259-281.
- Kash, D. E. and R. Rycroft (1998), "Technology Policy in the 21st century: How will We Adopt to Complexity?", *Science and Public Policy*, Vol. 25, No. 2, pp. 70-86.
- Kassicieh, S. K., S. T. Walsh, J. C. Cummings, P. J. McWhorter, A. D. Roming and W. D. Williams (2002), "Factors Differentiating the Commercialization of Disruptive and Sustaining Technologies", *IEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 49, No. 4 , pp. 375-387.

- Kodama, F. (1992), "Technology Fusion and The New R&D", *Harvard Business Review*, Vol. 70, No. 4, pp. 70-70.
- Kokubu, A. (2001), "Technology Commercialization in International Technology Transfer", in Chung, H. (2003), *Theory and Practice of Technology Commercialization*, Daejeon : Korea Institute of Science and Technology Information.
- Kwon, S. K and J. Y. Choung (2002), "Dynamic Capability of NTBF: Case Study of HUMAX in Set-top Box Industry", ICMIT 2002, SMTI CSD, Oct. 25-27, Hangzhou, pp. 316-321.
- Little, A. D. (1977), *New Technology-based Firms in the United Kingdom and the Federal Republic of Germany*, London: Wilton House.
- Malerba, F. (2002), "Sectoral Systems of Innovation and Production", *Research Policy*, Vol. 31, No. 2, pp. 247-264.
- Miller, R., M. Hobday, X. Olleros and X. Leroux-Demers (1995), "Innovation in Complex Systems Industries: The Case of Flight Simulation", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 4, No. 2, pp. 363-400.
- Radosevich, R. (1995), "A Test of the Surrogate-entrepreneurship Model of Public-technology Commercialization", *Proceeding of the 28th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 681-687.
- Reed, J. (2000), "Trends in Commercial Bioinformatics", *Biotechnology Review*, pp. 1-19.
- Searls, D. B. (2000), "Using Bioinformatics in Gene and Drug Discovery", *Drug Discovery Today*, Vol. 5, No. 4, pp. 135-143.
- Tassey, G. (1991), "The Function of Technology Infrastructure in a Competitive Economy", *Research Policy*, Vol. 20, No. 4, pp. 345-361.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment (1995), *Innovation and Commercialization of Emerging Technology*, Washington, DC : U.S. Government Printing Office.
- U.S. Department of Commerce, Technology Administration (2000), *Managing Technical Risk: Understanding Private Sector Decision Making on Early Stage, Technology-based Projects*, Washington, DC : National Institute of Standard and Technology.
- Youn, W. (2003), *A Growth Strategy of Bioinformatics Industry*, Daejeon : Graduate School of Business, Hannam University.
- <http://www.ccbb.re.kr/>

<http://www.ensoltek.co.kr/>

<http://www.etri.re.kr/>

<http://www.etritbi.co.kr/>

<http://www.dasto.or.kr/>

<http://www.dif.or.kr/>

<http://htvc.kaist.ac.kr/>

<http://www.kait.or.kr/>

<http://www.kribb.re.kr/>

<http://www.kriict.re.kr/>

<http://www.ngic.re.kr/>

<http://www.yet2.com/>