
생명공학 산업과 정보통신 산업에서의 산·학·연 네트워크 비교

홍 정 진 한국원자력연구소 / 과학기술정책

1. 서론

국부의 원천이 과거에는 천연자원, 토지, 노동력이었으나 이제는 과학기술지식으로 바뀌면서 세계 각국은 과학기술 지식의 집약체인 첨단산업의 기술혁신을 통해 국가경쟁력 향상을 도모하고 있다.

첨단산업에서 나타나는 기술혁신의 특징으로는 기술의 시스템적 성격을 들 수 있다. 로스웰(Rothwell, 1994)이 제5세대 혁신모델로 상정하고 있는 '시스템 통합 및 네트워크 모델'은 이러한 성격을 반영한 것으로, 기업은 기술 시스템의 특정 구성요소에 한하여 경쟁력을 갖추고 있기 때문에 외부조직과 연계하여 신기술 개발에 필요한 지식을 수용한다. 연계하는 외부조직은 공급자, 수요자, 경쟁자, 대학, 정부출연연구소, 협회, 컨설팅 업체, 정부정책 등 다양하므로 행위자들의 상호관계가 복잡하게 얽혀 있으며, 기술 및 시장의 불확실성이라는 기술혁신의 내재적 속성 또한 첨단산업의 혁신에서는 두드러지게 발현된다.

산·학·연 공동연구는 첨단산업의 발전전략에서 핵심사항으로 간주되고 있다. 기업의 입장에서 기술의 과학화가 진행되면서 요구되는 최선연구 동향의 파악과 새로운 기법의 학습, 우수한 연구인력의 확보가 가능하며, 공공영역의 연구기관(대학 및 정부출연연구소)에서는 기업의 시장 수요를 파악, 기업의 혁신활동에 직접적으로 필요한 지식을 산출할 수 있다(Faulkner & Senker, 1995). 따라서 산·학·연 공동연구는 참여 행위자 모두에게 이익이 돌아가는 양함게임(positive-sum game)으로 기술혁신의 성공 가능성을 제고시키는 수단이 된다.

공동연구 네트워크에 관한 기존 문헌은 네트워크를 제도적 측면에서 접근하여 행위자들을 연결시켜 주는 공식적 메카니즘과 유형, 목표 설정의 타당성 등의 기술에 치중되어 있거나(DeBresson & Amesse, 1991), 기업 전략적 관점에서 바라보아 기업의 기술혁신에 기여하는 요인을 구분하여 정량화 시키는 것에 집중되어 있다(Cohen, 1995).

그러나, 네트워크의 동태성에 관심이 높아지면서 행위자들간의 상호작용과 상호학습, 연계를 통한 이익, 연계 형태, 이전 요소의 성격과 내용 등이 주요 분석 측면으로 부각되었다(Freeman, 1991). 더욱이 유럽의 경우 국지화된 구매자-공급자 네트워크가 기술혁신의 핵심 변수로 밝혀지면서, 네트워크의 분석 초점을 행위자간의 지역적 근접성에 맞춘 연구가 활발히 이루어지고 있다(Lundvall, 1992).

본 논문은 이러한 점을 반영하여, 생명공학 산업과 정보통신 산업을 연구대상으로 삼아 첫째, 기업과 공공연구기관간의 연계 관계에서 나타나는 특성을 분석한다. 연계 관계의 특성이란 기업과 공동연구 관계를 형성한 공공연구기관명과 소재지역 그리고 연계를 통한 이익을 의미한다. 둘째, 기업과 대학, 기업과 정부출연연구소의 지역적 근접성이 기술혁신에 미치는 효과를 해명한다. 셋째, 공동연구 네트워크에 참여하는 산·학·연 행위자의 구성과 네트워크의 형태를 알아본다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 진행된다. 2장에서는 생명공학 산업과 정보통신 산업의 발달과정을 검토하고 그 특성을 고찰하며, 3장에서는 네트워크 이론을 배경으로 본 논문에서 다루는 연구문제를 제기한다. 4장에서는 연구표본 및 변수의 측정 등 연구방법에 대하여 설명한다. 5장에서는 연구결과를 분석하며, 6장에서는 연구결과의 함의, 연구의 한계점과 향후 연구 방향 등을 논의한다.

2. 생명공학 산업과 정보통신 산업의 기술발달 과정과 특성

(1) 생명공학 산업

'생명체에 의한 물질대사 과정에 과학적·공학적 원리를 응용'하는 것으로 정의되는 생명공학 산업은 B.C 7000년경의 1세대와 1940년대부터 70년대까지의 2세대를 거쳐 현재는 유전자 조작, 세포융합, 단백질 공학 등을 특징으로 하는 3세대에 속해 있다(Okaey, Faulkner et al., 1990). 3세대 기술로 인해 생명공학은 과학적 지향성, 개별 대응성, 자기 증식성이라는 독특한 성질을 갖게 되었다(伊藤邦雄 등, 1992).

생명공학 산업이 지금과 같이 발전하기에는 대학과 정부출연연구소에서 산출한 과학지식이 결정적인 기여를 하였는데, 1973년 스탠포드 대학의 코헨과 바이어에 의한 재조합 DNA 기술 개발, 1975년 캠브리지 대학의 켈러와 밀스테인에 의한 하이브리도마 기술 이용 단일클론 항체 생산 등이 그 대표적 사례이다.

생명공학 지식의 상업적 응용도 대학 연구에서 시발되었는데, 특히 캘리포니아 대학과 스탠포드 대학의 연구원인 스완슨과 보이어가 1980년 설립한 제네테크 회사는 폭발적인 관심을

끝났고 이후 증가하기 시작한 생명공학 회사에 대학 교수들이 대거 참여하게 된다. 이처럼 대학 연구자들의 적극적인 참여는 생명공학 산업의 큰 특징으로 생명공학에 지원되는 정부 자금의 대부분이 대학에 집중되고 연구자의 대다수가 대학에서 활동하는 결과를 낳았다.

국내외적으로 생명공학 산업의 수요가 크게 증가하면서 국내 유수의 대기업들은 소규모 제약기업을 인수하거나 독자적인 제약 사업팀을 신설하는 등의 형태로 생명공학 분야에 진출하고 있다. 해외의 경우도 대기업과 바이오 벤처기업의 기업간 제휴 사례가 급속히 늘고 있으며, 기업간 전략적 제휴도 활발해지고 있다.

생명공학 산업에서 과학기술적 능력이 확산되고 기술의 리드타임의 대폭 단축되면서 모방은 상대적으로 쉬워졌다. 따라서 혁신에서 기인한 이윤을 사적으로 전유하기 위한 수단으로 특허 보호가 결정적인 수단으로 대두하게 된다(Orsenigo, 1993). 예를 들어, 미국의 경우 개발된 기술에 관한 세계적인 특허 등록등 지적 재산권 보호를 통해 관련 제품의 전세계 시장 선점은 물론 후발국의 추격을 견제하고 있다.

(2) 정보통신 산업

컴퓨터 기술, 소프트웨어 기술, 정보통신 기술의 3축으로 이루어진 정보통신 산업의 기술 체계는 컴퓨터 기술을 기준으로 했을 때, 1940년대의 1세대 진공관에서 트랜지스터, IC, VLSI를 거쳐 현재는 5세대의 AI에 이르고 있다. 흔히 '무어의 법칙'이나 '메카프의 법칙'으로 표현되는 정보통신 기술의 바탕에는 네트워크 외부성, 수확체증, 기반기술의 급속한 발전이라는 3가지 특성이 자리잡고 있다(강임호, 1999).

이러한 정보통신 혁명의 시발은 벨 연구소에서 트랜지스터를 발명한 것에서 비롯된다. 벨 연구소는 BT, NTT, 에릭슨 등의 기업과 함께 정보통신 산업의 발전을 주도하고 있는데, 이는 기업 특히 기업의 R&D 연구소가 정보통신 산업이 발전에 크게 기여하고 있음을 보여주는 것이다.

1960년대와 70년대 기업간 기술경쟁이 본격화되면서 기술변화가 빠르게 일어나면서 수요도 크게 증가하게 된다. 기술변화의 대부분은 기업간 라이선스를 통한 기술적 노-하우의 교환을 통해 이루어졌다(Freeman & Soete, 1997). 예를 들어, 텍사스 인스트루먼트사의 플래이너 기술 확보, 델코사의 점화 시스템용 고전압 기기 확보, 지멘스의 초순수 실리콘 공정기술 확보 등은 모두 라이선스 방식을 통해 얻어진 것이다. 이와 병행하여 개인적 접촉과 연구인력의 이동을 통해서도 노-하우의 확산이 일어났는데, 이는 생산 공정 단계에서 과학지식보다는 경험적 기술과 암묵적 지식이 크게 기여하는 정보통신 산업의 특성에서 기인한다.

또한 정보통신 산업의 기술개발 과정은 수요기업, 공급기업, 고객 등의 연관 조직과 활발

한 지식 교환에 심하게 의존하여, 기업 내부의 독특한 지식이 쉽게 외부로 유출된다. 따라서 정보통신 기업은 경쟁력을 갖추기 위해 특허라는 배타적 방식보다는 리드타임, 즉 '기술격차'를 확보하여 더 나은 제품과 서비스를 제공하려는 방식을 선호한다.

3. 이론적 배경과 연구문제의 제시

(1) 네트워크와 기술개발

네트워크 조직에 의한 기술개발은 20세기 초반 미국의 석유산업에서도 나타나고 있지만, 8·90년대에 생명공학, 신소재, 정보통신 등 이른바 첨단산업의 발전과 더불어 급격히 증가하고 있다. 이 시기에 들어서 기업간, 기업과 공공영역간의 네트워크가 중요시되는 이유로는 첫째, 정보통신 기술의 발달로 공동연구의 실행 가능성이 증대하였고 둘째, 시장이 국제화되면서 다양한 시장욕구를 충족시킬 수 있는 제품의 개발이 요구되었고 셋째, 제품개발에 필요한 지식은 복잡해지고 비용은 가중되었으며 넷째, 공동연구를 통해 기술적 격차를 좁히기 위한 국가의 인위적인 노력을 들 수 있다(Peters, Groenewegen et al., 1998).

병행하여, 산·학·연 네트워크를 경제적, 관리적, 전략적 측면 등에서 조망한 연구가 증가하고 있는데, 그 중의 하나가 상이한 산업영역에서 나타나는 네트워크 양식에 관한 것이다. 일례로, 프리먼(Freeman, 1991)에 따르면 직접투자는 생명공학 산업에서, 일방향적 기술이전은 정보기술에서, 조인트벤처와 연구조합은 신소재 산업에서 선호되는 양식이라고 밝히고 있다.

네트워크 관점에서 기술개발이란 행위자들의 연결 방식과 상호작용 방식에 크게 좌우된다. 그러므로 동일한 네트워크 양식, 이를테면 산·학·연 네트워크가 활용된다 해도 산업의 기술개발 단계, 발달 특성 등에 따라 산업 분야마다 다르게 표출된다. 이는 네트워크가 각 산업의 기술진보의 특성이 반영된 결과물이기 때문이다.

이상의 논지에 따라, 다음과 같은 연구의문을 제기한다. 생명공학 산업과 정보통신 산업에서 기업과 공공연구기관간의 연계 관계의 차이는 무엇인가?

(2) 네트워크의 공간적 특성

네트워크에서 행위자간의 연계는 지역에 근거하는 경우가 있다. 룬드발(Lundvall, 1988)은 기술이 복잡하고 항시 변화할 때의 정보코드는 유동적이며 난해한데, 공통의 문화적 배경은 행위의 암묵적 지침을 설정해주며 교환되는 복잡한 메시지의 해독을 촉진시켜 주기 때문에 지역적 거리의 근접성은 사용자와 생산자의 경쟁력에 매우 중요하다고 말한다.

제한된 지리적 공간상에 형성된 기술개발 행위자들의 연결망인 지역 혁신 네트워크는 신의, 명성, 관습, 상호주의, 신뢰성, 개방성 등에 기초하고 있다. 비공식적 네트워크가 주종을 이루었던 지역 혁신 네트워크는 산·학·연 공동연구 등을 통하여 공식적 네트워크로 전환되고 있다. 기업간, 민간-공공영역간의 상호작용이 밀접한 지역 경제는 평균 이상의 성장성과를 달성하였다는 점에서 드러나듯(Dodgson, 1993), 지역적 수준에서의 산·학·연 네트워크는 국지적 학습과 지식 축적에 크게 기여하고 있다.

행위자들이 지역적으로 가까이 있어 R&D에서 상품화에 이르는 시간이 줄어들며, 특히 부가가치와 미래의 발전 가능성이 높고 기존의 산업구조를 요구하지 않는 첨단 기술분야의 경우는 전통적인 산업 부문과 달리 초기 투자비용이 적다는 이점 때문에 첨단 기술분야를 전략화하는 근거로써 지역적 근접성이 활용된다.

기술개발 네트워크가 행위자 조직간 연계 측면뿐만 아니라 공간적인 차원에서도 발현되므로 지역적 수준에서의 분석이 필요하며, 산·학·연 행위자간의 지역적 근접성 또한 산업의 발전단계, 기술의 특성 등에 따라 상이하게 나타날 것이다. 따라서 다음과 같은 연구의문이 제기된다. 생명공학 산업과 정보통신 산업에서 산·학·연 행위자들의 지역적 근접성은 어떠한 차이를 보이는가?

(3) 네트워크의 형태

네트워크의 형태는 네트워크의 구조를 밝히는 것으로, 소시오그램과 그래프 이론을 바탕으로 한 수학적 원리에 의해 선과 점으로 표시된 구조가 도출된다. 행위자들의 관계 유무에 따라 네트워크의 형태는 달라지는데, 일반적으로 행위자 모두가 연결된 상태와 모두가 연결되지 않은 양극단 상태의 어딘가에 위치한다.

네트워크 형태의 분석은 2가지 측면, 즉 전체 네트워크(global network)와 자아 집중적 네트워크(ego-centric network) 차원에서 이루어진다. 전자는 네트워크의 전체 구조를 도출하여 네트워크 자체의 성격을 분석하는 것이며 후자는 네트워크 내의 특정 행위자를 중심으로 분석하는 것이다.

산·학·연 행위자들이 형성하는 연결도는 산업의 기술진보와 특성에 따라 달라질 것이며, 연결도가 달라짐에 따라 네트워크의 형태 또한 상이하게 나타날 것이다. 따라서 다음과 같은 연구의문을 제기한다. 생명공학 산업과 정보통신 산업에서 산·학·연 행위자들이 형성하는 네트워크 형태는 어떠한 차이를 보이는가?

4. 연구방법

(1) 설문조사법

한국기업총람(1998)과 회사연감(1999)에 등록된 기업과 협회 주소록, 인터넷, 잡지 등에 기재된 미등록 기업을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

설문지는 산업별로 1, 2차로 나누어 100부씩 총 400부를 발송, 95부를 회수(회수율 23.8%) 하였으며, 응답이 불성실한 4부를 제외한 91부(생명공학 산업 44부, 정보통신 산업 47부)를 대상으로 통계분석을 실시하였다. 조사는 2000년 6월부터 동년 8월 중순까지 약 2달에 걸쳐 이루어졌다.

(2) 네트워크 분석법

정부연구개발사업중의 하나인 산업자원부가 지원하는 '산업기반기술개발사업'의 연구과제 목록을 이용하였다. 생명공학 분야와 정보통신 분야에서 1997년 1월부터 2000년 6월까지 지원된 모든 연구과제를 대상으로 과제에 참여한 행위자들간의 연관관계를 분석 자료로 활용하였다. 소프트웨어로는 Ucinet V(Borgatti, Everett, Freeman, 1999)를 사용하였다.

5. 연구결과와 연구가설의 도출

(1) 연계 행위자의 특성

가. 조사기업의 핵심연구개발 조직의 소재지

생명공학 표본 집단과 정보통신 표본 집단에 속하는 기업들의 핵심 연구개발 조직의 소재지를 분석한 결과(<표 1> 참고), 양 집단 모두 서울과 경기 지역에 연구개발 조직이 집중되어 있으며, 집단별로 지역에 따른 기업 핵심 연구개발 조직의 유의한 차이는 보이지 않는다.

<표 1> 기업 연구개발 조직의 소재 지역

산업영역	지 역															총계	χ^2	
	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남			제주
생명공학	9 (20.5%)	1 (2.3%)	-	1 (2.3%)	-	3 (6.8%)	-	20 (45.5%)	1 (2.3%)	2 (4.5%)	4 (9.1%)	2 (4.5%)	-	1 (2.3%)	-	-	44 (100%)	14.399 ^{n.s.}
정보통신	19 (40.4%)	4 (8.5%)	-	1 (2.1%)	-	6 (12.8%)	-	12 (25.5%)	-	-	5 (10.6%)	-	-	-	-	-	47 (100%)	
총계	28 (30.8%)	5 (5.5%)	-	2 (2.2%)	-	9 (9.9%)	-	32 (35.2%)	1 (1.1%)	2 (2.2%)	9 (9.9%)	2 (2.2%)	-	1 (1.1%)	-	-	91 (100%)	

유의 수준: *p < .10; **p < .05; ***p < .01; ****p < .001, n.s. = not significant

χ^2 값의 차이는 없지만, 서울 및 경기 지역과 그 나머지 지역간의 불균형은 상당한 것으로 나타나고 있다. 서울과 경기 지역에만 국한하여 보았을 때, 흥미롭게도 표본 집단에 따라 R&D 조직의 선호 지역은 정반대로 나타나고 있다. 생명공학 표본의 경우 경기 지역에 45.5%가 밀집해 있는 반면, 정보통신 표본에서는 서울 지역에 40.4%가 몰려 있어 서울과 경기 지역 내에서 표본 집단별로 지역에 대한 선호가 뚜렷하다.

나. 산·학·연의 소재 지역 및 연계 이익

① 연계 대학 및 정부출연연구소명

<표 2> 기업과 공동연구를 수행한 대학 및 정부출연연구소

대학 및 정부출연연구소	생명공학	정보통신	총 계	χ^2
강원대	3(2.0%)	-	3(2.0%)	66.775****
건국대	2(1.3%)	-	2(1.3%)	
경북대	2(1.3%)	3(2.0%)	5(3.3%)	
고려대	5(3.3%)	1(0.7%)	6(4.0%)	
과학기술원	4(2.6%)	4(2.6%)	8(5.3%)	
광운대	-	2(1.3%)	2(1.3%)	
광주과기원	-	2(1.3%)	2(1.3%)	
단국대	3(2.0%)	1(0.7%)	4(2.6%)	
부산대	3(2.0%)	3(2.0%)	6(4.0%)	
생명공학연구소	7(4.6%)	-	7(4.6%)	
서울대	18(11.9%)	7(4.6%)	25(16.6%)	
성균관대	1(0.7%)	2(1.3%)	3(2.0%)	
수원대	3(2.0%)	2(1.3%)	5(3.3%)	
아주대	1(0.7%)	4(2.6%)	5(3.3%)	
연세대	10(6.6%)	3(2.0%)	13(8.6%)	
전남대	-	2(1.3%)	2(1.3%)	
전북대	2(1.3%)	1(0.7%)	3(2.0%)	
전자통신연구원	-	14(9.3%)	14(9.3%)	
중앙대	2(1.3%)	-	2(1.3%)	
충남대	2(1.3%)	3(2.0%)	5(3.3%)	
충북대	2(1.3%)	-	2(1.3%)	
포항공대	3(2.0%)	1(0.7%)	4(2.6%)	
한국전기연구소	-	4(2.6%)	4(2.6%)	
한국화학연구소	6(4.0%)	-	6(4.0%)	
한양대	5(3.3%)	3(2.0%)	8(5.3%)	
해양대	-	5(3.3%)	5(3.3%)	
총 계	84(55.6%)	67(44.4%)	151(100.0%)	

유의 수준: *p < .10; **p < .05; ***p < .01; ****p < .001, n.s. = not significant

생명공학과 정보통신 표본 기업에서 2회 이상 지명한 26개 대학 및 정출연을 선별하여 < 표 2>에 보였다. χ^2 -검정 결과에 따르면, 표본 집단별로 선호하는 대학 및 정출연이 다른 것으로 나타나고 있으며 그 차이의 유의도도 상당히 높다.

생명공학 표본의 경우 기업이 선호하는 대학 및 정출연의 서열은 '서울대 18회(11.9%), 연세대 10회(6.6%), 생명공학연구소 7회(4.6%), 한국화학연구소 6회(4.0%), 고려대 5회(3.3%), 한양대 5회(3.3%)' 순으로, 상위 5개 조직이 전체의 33.7%를 차지한다. 정보통신 표본의 경우는 '전자통신연구원 14회(9.3%), 서울대 7회(4.6%), 해양대 5회(3.3%), 한국전기연구소 4회(2.6%), 과학기술원 4회(2.6%), 아주대 4회(2.6%)' 순으로, 이들 조직은 전체의 25.0%를 차지한다.

양 표본 집단에서 서울대를 제외하고는 공통으로 선호하는 조직은 없으며, 가장 많이 선호하는 조직이 생명공학 표본에서는 대학, 정보통신 표본에서는 정출연인 점도 또 다른 차이점이다.

② 연계 대학 및 정부출연연구소의 소재지

<표 3> 기업과 공동연구를 수행한 대학 및 정부출연연구소의 소재지

소재 지역	생명공학	정보통신	총 계	χ^2
강원	4(1.8%)	-	4(1.8%)	25.607*
경기	13(5.7%)	11(4.8%)	24(10.6%)	
경남	1(0.4%)	4(1.8%)	5(2.2%)	
경북	6(2.6%)	3(1.3%)	9(4.0%)	
광주	-	4(1.8%)	4(1.8%)	
대구	2(0.9%)	3(1.3%)	5(2.2%)	
대전	23(10.1%)	29(12.8%)	52(22.9%)	
부산	6(2.6%)	9(4.0%)	15(6.6%)	
서울	53(23.3%)	29(12.8%)	82(36.1%)	
울산	1(0.4%)	1(0.4%)	2(0.9%)	
인천	1(0.4%)	-	1(0.4%)	
전북	7(3.1%)	1(0.4%)	8(3.5%)	
충남	4(1.8%)	6(2.6%)	10(4.4%)	
충북	5(2.2%)	1(0.4%)	6(2.6%)	
총계	126(55.5%)	101(44.5%)	227(100.0%)	

유의 수준: *p < .10; **p < .05; ***p < .01; ****p < .001, n.s. = not significant

선호하는 '대학 및 정부출연연구소' 조직의 차이뿐만 아니라 그 소재 지역에서도 표본 집단별로 유의미한 차이를 보이고 있다(<표 3> 참고).

생명공학 표본에서는 '서울'(23.3%)에 위치한 대학 및 정출연을 가장 선호하고, 다음으로는 '대전'(10.1%)과 '경기'(5.7%) 순으로, 세 지역은 전체의 39.1%를 차지하고 있다. 정보통신 표본도 이와 유사하여, '서울'(12.8%)과 '대전'(12.8%)에 위치한 대학 및 정출연을 가장 선호하고 다음으로는 '경기'(4.8%) 지역으로, 세 지역이 전체의 36.2%를 차지한다.

한편 '기업의 핵심 연구개발 조직의 소재지'를 분석한 앞의 결과(<표 1> 참고)에 의하면, 생명공학 표본 기업의 R&D 조직은 경기 지역에, 정보통신 표본 기업의 R&D 조직은 서울 지역에 조밀하게 몰려 있었다.

이것과 여기에서의 분석 결과를 비교할 때, 생명공학 표본 기업은 핵심 R&D 조직을 경기 지역에 위치시키며 서울에 소재한 대학과 공동연구를 수행하고 있으며, 정보통신 표본 기업은 핵심 R&D 조직을 서울 지역에 위치시키며 서울과 대전에 소재한 대학 및 정출연과 공동연구를 수행하는 것으로 파악된다.

③ 대학 및 정부출연연구소와의 연계를 통한 이익

<표 4> 대학 및 정부출연연구소와의 공동연구에 의한 기업의 이익 유형

이익의 유형	생명공학	정보통신	총 계	χ^2
(1) 최근 연구동향 파악	38 (12.2%)	37 (11.9%)	75 (24.0%)	9.745*
(2) 첨단 테크닉의 숙련과 실험기기 및 재료 이용	42 (13.5%)	26 (8.3%)	68 (21.8%)	
(3) 새로운 연구 인력의 고용	23 (7.4%)	28 (9.0%)	51 (16.3%)	
(4) 제품 및 공정 개발과 판매에 기여	29 (9.3%)	14 (4.5%)	43 (13.8%)	
(5) 연구개발과 관련된 전략적 자문 획득	34 (10.9%)	40 (12.8%)	74 (23.7%)	
(6) 기타	-	1 (0.3%)	1 (0.3%)	
총 계	166 (53.2%)	146 (46.8%)	312 (100.0%)	

유의 수준: *p < .10; **p < .05; ***p < .01; ****p < .001, n.s. = not significant

<표 4>에서 보듯이, 표본 집단별로 대학 및 정출연과의 연계를 통해 기업이 획득하는 이익은 유의한 차이를 보이고 있다.

생명공학 표본의 경우, 높은 비율을 차지하는 순서는 (2), (1), (5), (4), (3)으로 상위 2 항목의 합계는 전체의 25.7%를 차지하며, 정보통신은 (5), (1), (3), (2), (4) 순으로, 앞의 2 항목이 전체의 24.7%를 차지한다. 생명공학 표본은 (2)와 (4) 항목에서, 정보통신 표본은 (3)과 (5) 항목에서 상대 표본보다 응답수가 많다.

그러나 양 표본 집단을 동시에 고려할 때, '최신 연구 동향의 파악'이 가장 높고 '제품 및 공정 개발과 판매에 기여'가 가장 낮게 나타나고 있는데, 이는 '대학 및 정출연'과 같은 공공 연구 조직과의 본연의 공동연구 목적에 충실한 것으로 이해된다.

(2) 지역적 근접성의 효과

지역적 근접성은 3 범주로 구분한다. 만일, 조사 기업의 핵심 R&D 조직이 소재한 지역이, 이 기업과 공동연구를 수행한 대학 및 정출연이 소재한 지역과 가깝다면, 이것은 지역적으로 근접해 있다고 할 수 있다.

예를 들어, 조사 기업의 핵심 R&D 조직이 '경기'에 위치해 있고, 이 기업과 공동연구를 수행한 대학 및 정출연이 모두(설문문항에서 최대 5개를 기입해 달라고 하였으므로, 여기에서의 '모두'는 5개를 의미한다) '경기'에 위치해 있으면, 이 경우 지역적 근접성은 100%이다. 다른 경우로, 대학 및 정부출연연구소를 3개 기입하고 이 중, 한 지역은 '경기'이고 다른 2 지역은 '부산'과 '대전'이라면 지역적 근접성은 33.3%로 계산된다. '서울'과 '경기' 그리고 '광역시'와 '이 광역시를 포함한 도'의 2가지 경우는 동일한 지역으로 상정하였다.

이러한 가정을 바탕으로, 첫번째 '산재' 범주는 지역적 근접성이 40% 이하, 두 번째 '혼재' 범주는 40%초과 80% 이하, 끝으로 '밀접' 범주는 80%초과 100%이하인 경우로 분류한다.

가. 대학과의 근접성 효과

<표 5>를 보면 생명공학 표본은 대학과의 지역적 근접성에 따른 효과가 나타나지 않는 반면, 정보통신 표본에서는 효과가 나타나고 있다. 즉, 정보통신 표본에 속하는 기업들은, 자신의 핵심 R&D 조직이 소재한 지역과 가까운 곳에 위치한 대학과 공동연구를 수행할수록 효과가 높은 반면, 생명공학 표본 집단에서는 이러한 효과를 찾을 수 없다.

달리 말해, 각 지방에 소재한 정보통신 표본 기업들은 해당 지방에 소재한 대학과의 연계를 통해 공동연구의 효과를 산출하고 있으나, 생명공학 표본 기업은 그 소재 지역에 관계없이 특정지역의 몇몇 대학만을 선호하고 있다.

이것은 생명공학 기업의 입장에서 볼 때, 서울에 위치한 '서울대'와 '연세대' 등 몇몇 대학

생명공학산업과 정보통신산업에서의 산·학·연 네트워크 비교

<표 2> 참고)을 제외하고는 기업이 필요로 하는 지식을 공급해 줄 수 없음을 뜻한다. 따라서, 생명공학의 지역 네트워크를 활성화시키기 위해서는 지방 대학의 능력을 확충시키는 것이 급선무라고 할 수 있다.

<표 5> 지역적 근접성에 따른 대학의 효과

산업 분류	지역적 근접성	대학의 효과						χ^2
		거의 효과없음	효과 없는편	보통	어느정도 효과	매우 효과적	합계	
생명공학 산업	산재		1 (7.1%)	3 (21.4%)	6 (42.9%)	4 (28.6%)	14 (100.0%)	9.573 ^{n.s.}
	혼재		1 (7.1%)	6 (42.6%)	5 (35.7%)	2 (14.3%)	14 (100.0%)	
	밀집	1 (9.1%)		1 (9.1%)	8 (72.7%)	1 (9.1%)	11 (100.0%)	
	합계	1 (2.6%)	2 (5.1%)	10 (25.6%)	19 (48.7%)	7 (17.9%)	39 (100.0%)	
정보통신 산업	산재			6 (75.0%)	1 (12.5%)	1 (12.5%)	8 (100.0%)	14.822
	혼재		5 (31.3%)	6 (37.5%)	3 (18.8%)	2 (12.5%)	16 (100.0%)	
	밀집	1 (7.1%)		4 (28.6%)	7 (50.0%)	2 (14.3%)	14 (100.0%)	
	합계	1 (2.6%)	5 (13.2%)	16 (42.1%)	11 (28.9%)	5 (13.2%)	38 (100.0%)	
전체	산재		1 (4.5%)	9 (40.9%)	7 (31.8%)	5 (22.7%)	22 (100.0%)	18.257
	혼재		6 (20.0%)	12 (40.0%)	8 (26.7%)	4 (13.3%)	30 (100.0%)	
	밀집	2 (8.0%)		5 (20.0%)	15 (60.0%)	3 (12.0%)	25 (100.0%)	
	합계	2 (2.6%)	7 (9.1%)	26 (33.8%)	30 (39.0%)	12 (15.6%)	77 (100.0%)	

유의 수준: *p < .10; **p < .05; ***p < .01; ****p < .001, n.s. = not significant

나. 정부출연연구소와의 근접성 효과

지역적 근접성에 따른 정출연의 효과를 분석한 <표 6>을 보면, 생명공학 표본 집단과 정보통신 표본 집단 모두에서 효과가 없는 것으로 나타난다. 그 이유로는 해당 산업에 속하는

정출연의 수는 대학보다 훨씬 적으며, 기업이 특정 연구소를 선호하는데서 찾을 수 있다.

이것은 <표 2>를 통해서 보다 분명히 알 수 있다. 생명공학 표본 집단의 경우, 조사 기업과 2회 이상 공동연구를 수행한 정출연은 '생명공학연구소'(7회)와 '한국화학연구소'(6회), 2곳에 불과하며, 정보통신 표본 집단의 경우도 '전자통신연구원'(14회)과 '한국전기연구소'(4회)의 2곳에 지나지 않는다. 따라서 정출연의 경우는, 그 수가 적고 기업과의 공동연구가 특정 정출연에 집중되어 있어, 지역적 근접성의 순기능 효과가 거의 발휘되지 못하고 있는 것으로 보여진다.

<표 6> 지역적 근접성에 따른 정부출연연구소의 효과

산업 분류	지역적 근접성	정부출연연구소의 효과					합계	χ^2
		거의 효과없음	효과 없는편	보통	어느정도 효과	매우 효과적		
생명공학 산업	산재			6 (66.7%)	3 (33.3%)		9 (100.0%)	6.296 ^{n.s.}
	혼재		1 (11.1%)	4 (44.4%)	2 (22.2%)	2 (22.2%)	9 (100.0%)	
	밀접			3 (50.0%)	3 (50.0%)		6 (100.0%)	
	합계		1 (4.2%)	13 (54.2%)	8 (33.3%)	2 (8.3%)	24 (100.0%)	
정보통신 산업	산재			1 (20.0%)	3 (60.0%)	1 (20.0%)	5 (100.0%)	5.683 ^{n.s.}
	혼재	1 (7.1%)		6 (42.9%)	6 (42.9%)	1 (7.1%)	14 (100.0%)	
	밀접			1 (14.3)	3 (42.9)	3 (42.9)	7 (100.0%)	
	합계	1 (3.1%)		8 (30.8%)	12 (46.2%)	5 (19.2%)	26 (100.0%)	
전체	산재			7 (50.0%)	6 (42.9%)	1 (7.1%)	14 (100.0%)	4.522 ^{n.s.}
	혼재	1 (4.3%)	1 (4.3%)	10 (43.5%)	8 (34.8%)	3 (13.0%)	23 (100.0%)	
	밀접			4 (30.8%)	6 (46.2%)	3 (23.1%)	13 (100.0%)	
	합계	1 (2.0%)	1 (2.0%)	21 (42.0%)	20 (40.0%)	7 (14.0%)	50 (100.0%)	

유의 수준: *p < .10; **p < .05; ***p < .01; ****p < .001, n.s. = not significant

(3) 행위자 구성과 네트워크 형태

가. 행위자 네트워크 구조의 분석 방법

산업기반기술개발사업의 생명공학과 정보통신 분야와 관련된 총 연구과제 목록에서 단독

과제를 제외한 공동과제만을 분석한다. 연구 과제의 연구 수행자는 연구의 주도적 역할을 하는 주관기관과 이를 보조하는 참여기관으로 구성된다. 단독과제란 (1) 주관기관만 있는 연구과제, (2) 주관기관과 참여기관이 동일한 연구과제를 지칭한다. 이러한 단독과제를 제외시킴으로써 네트워크 상에서 나타나는 '자기 연결'(self-loop)을 원천적으로 제거할 수 있어 명료한 분석이 수행된다.

공동연구의 경우, 한 과제에 참여한 모든 행위자들의 연결관계를 분석 자료로 한다. 즉, X라는 공동연구 과제의 주관기관이 A, 참여기관이 B, C라면, A-B, A-C, B-C의 3 연결관계가 산출되며, 각각의 관계는 매트릭스 상에서 1로 표시되어 처리된다.

산업기반기술개발사업에서 생명공학 산업 분야에 대한 지원은 1995년부터 시작되었으나, 분석 시점은 설문 조사와 동일하게 하여 1997년 1월 이후부터 2000년 6월까지로 정하며 이 기간 중에 지원된 과제를 분석 대상으로 한다.

나. 표본집단별 네트워크 형태

동 기간중에 생명공학 분야의 경우 지원된 과제는 총 86과제이며, 이 중 단독과제 39개(45.3%), 공동과제 47개(54.7%)이다. 공동과제의 총 행위자 수는 102개로, 행위자의 구성비율은 대학 30개(29.4%), 기업 67개(65.7%), 정부출연연구소 4개(3.9%), 연구조합 1개(1%)이다.

정보통신 분야의 지원과제 수도 총 86과제로 생명공학 분야와 동일하다. 이 중, 단독과제의 비율은 33개(38.4%)로 생명공학 산업보다 약간 낮으며, 공동과제는 53개(61.6%)이다. 공동과제의 총 행위자는 134개로, 구성비는 대학 30개(22.4%), 기업 95개(70.9%), 정부출연연구소 8개(6.0%), 연구조합 1개(0.7%)이다(<표 7> 참고).

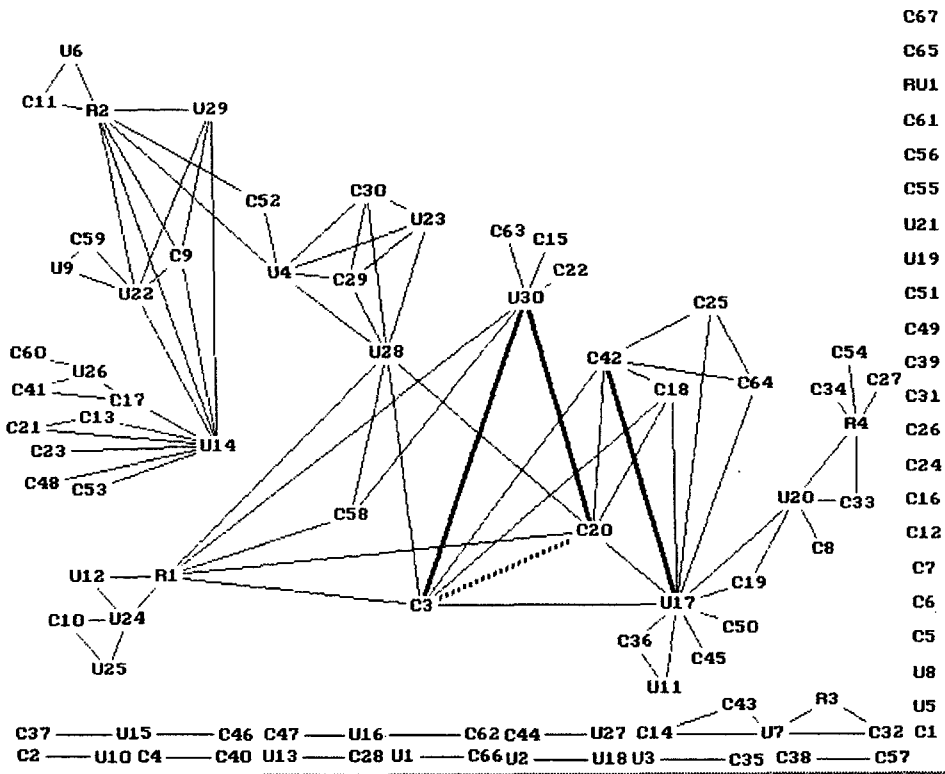
양 분야의 행위자 구성비를 비교할 때, 생명공학 과제 분야에서는 대학이, 정보통신 과제 분야에서는 기업이 차지하는 비중이 약간씩 높다.

<표 7> 산기반 사업에서 나타난 산업 분야별 공동연구과제의 행위자 조성

	생명공학 산업	정보통신 산업(기기 분야)
대학	30 (29.4%)	30 (22.4%)
기업	67 (65.7%)	95 (70.9%)
정부출연연구소	4 (3.9%)	8 (6.0%)
연구조합	1 (1.0%)	1 (0.7%)
총계	102 (100.0%)	134 (100.0%)

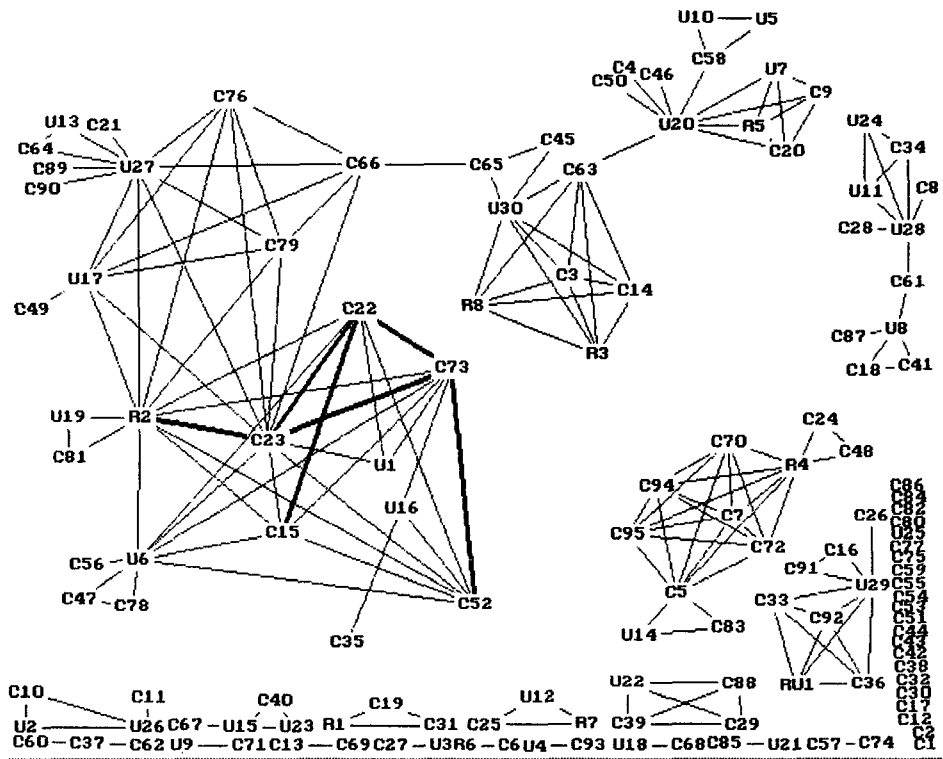
양 산업분야에서 행위자의 구성이 유사하게 보이나, 연계망을 그려보면 그 차이를 검출할 수 있다. <그림 1>에서 보듯이, 생명공학 분야는 R2(한국과학기술연구원), U4(경북대), U28(한국과학기술원), C20(목암생명공학연구소), U17(연세대)로 이어지는 주축을 중심으로 하여 연계망이 형성된다. 연계도(Degree) 5이상인 핵심 행위자는 위의 행위자를 포함하여, U22(중앙대), U14(서울대), R1(생명공학연구소), C3(녹십자), U30(한양대), C42(LG 화학), U20(전북대), R4(한국화학연구소)가 더해져 총 13개의 행위자가 추출된다. 핵심 행위자의 구성비는 대학 7개(53.8%), 기업 3개(23.1%), 연구소 3개(23.1%)로, 대학의 비중이 절반 이상을 차지하고 있다.

<그림 1> 생명공학 분야에서의 공동연구 네트워크 형태



정보통신 분야의 연계망 형태는 분절화된 양상을 보여준다(<그림 2> 참고). 크게 4개의 하부 네트워크로 나누어지며, 가장 규모가 큰 하부 네트워크는 다시 3개로 분할될 수 있다. 이는 대학을 중심으로 집중화된 네트워크 양상을 보여주는 생명공학 분야의 연계망과는 확실하게 구분된다.

<그림 2> 정보통신 분야에서의 공동연구 네트워크 형태



핵심 행위자를 추출하기 위해 연계도 5 이상의 행위자를 선발하면, C66(와이드텔레콤), C76(지엠에스), U27(한국과학기술원), U17(세종대), C79(크로스텍), C22(디지털엔디지털), R2(전자부품연구원), U6(광운대) 등을 비롯하여 총 28개이다(<표 8> 참고). 이들의 구성비는 대학 7개(25.0%), 기업 17개(60.7%), 정부출연연구소 4개(14.3%)로 기업의 비중이 60%를 차지하고 있어, 대학이 중심 행위자인 생명공학 분야의 연계망과는 차이를 보이고 있다.

정보통신 분야의 연계망은 분절화 되어 있지만, 행위자간의 연계는 상당히 활발하다. 이를 지지하는 것으로 생명공학 분야에 비해 전체 과제에서 공동연구 과제가 차지하는 비중이 높고, 연계도 5 이상인 행위자가 2배 이상 많으며, 정보통신 분야의 평균 연계도가 2.81로 생명공학 산업의 2.24보다 높게 나타나고 있다.

<표 8> 연계도 5 이상인 핵심 행위자의 수

	생명공학 분야	정보통신 분야
대학	경북대, 서울대, 연세대, 전북대, 중앙대, 한양대, 한국과학기술원	광운대, 세종대, 아주대, 한양대, 해양대, 호서대, 한국과학기술원
	7 (53.8%)	7 (25.0%)
기업	녹십자, LG 화학, 목암생명공학연구소	광명제어, 금성산전, 경원웨어라이트공업, 대양전기공업, 대우전자, 디지털엔디지탈, 로커스, 아스텔, LG 정밀, 와이드텔레콤, 일진전기, 일진중공업, 지엠에스, 크로스텍, 현대중공업, 임프레스정보통신, 효성
	3 (23.1%)	17 (60.7%)
정부출연연구소	생명공학연구소, 한국과학기술연구원, 한국화학연구소	전자부품연구원, 한국해양연구소, 한국기계연구원, 한국전기연구소
	3 (23.1%)	4 (14.3%)
총 계	13 (100.0%)	28 (100.0%)

6. 결 론

첨단산업의 범주에 속하는 생명공학 산업과 정보통신 산업의 산·학·연 네트워크를 비교한 본 논문의 연구결과를 요약하면 첫째, 산업별로 기업과 공공연구기관간의 연계 관계에서 차별성을 드러내고 있다. 산업별로 기업이 선호하는 대학 및 정출연이 상이했으며, 소재지역에서도 차이를 보인다. 그리고 공동연구를 통해 기업이 획득하는 이익도 다르게 나타나고 있다.

둘째, 대학 및 정출연과의 지역적 근접성의 차이를 분석한 결과, 지역적 근접성 효과는 정보통신 표본 집단에서 '대학'이 변수인 경우만 발견되었다. 즉, 정보통신에서는 기업이 대학과 근접할수록 대학과의 공동연구 효과는 높게 나타난다. 끝으로, 네트워크의 형태를 보면 생명공학 표본 집단은 대학을 핵심 행위자로 하여 집중화된 연계 구조를 갖는 반면, 정보통신 표본 집단에서의 핵심 행위자는 기업이며 분절화된 연계 구조를 지닌다. 그러나 행위자간 연결 관계는 정보통신 산업에서 훨씬 활발하게 나타나고 있다.

이러한 연구결과가 던지는 함의는 크게 2가지로 구분된다. 먼저, 각 산업마다 해당 산업의 특성과 기술적 속성이 반영된 고유의 기술개발 네트워크가 존재하고 있음을 강력히 시사한다. 따라서, 기술혁신전략이나 산업육성정책의 수립시 각 산업의 기술 속성을 고려한 선택적 접근이 요구된다.

다음으로, 산·학·연 공동연구에 대한 분석 방식으로 네트워크 접근이 효과적임을 시사하

고 있다. 미시적 접근과 거시적 접근을 통합하는 네트워크 접근은 기술개발 과정에 관여하는 각 행위자들의 연계 관계에 초점을 맞추어 전체적인 혁신 양상과 그 행위자들을 체계적으로 표현할 수 있게 해준다. 이는 기술개발의 양태를 서술적 묘사에서 벗어나 계량적, 시각적으로 이해할 수 있는 토대를 마련해 준다. 따라서 여러 상이한 행위자들이 복잡하게 연관되어 있는 공동연구의 동태적 모습은 네트워크 접근을 취하면 더욱 분명하게 이해될 수 있다.

네트워크 접근의 적용 수준을 공간적으로 확장한 지역 혁신 네트워크 또한 산·학·연 공동연구의 이해에 기여하는 바가 크다. 우리 나라의 경우 지역적으로 협소하다는 이유로 지역적 근접성에 대한 관심이 저조하였고 또한 디지털 통신의 발달로 지역적 제한은 쉽게 해결되는 것으로 인식되었다. 그러나 이 연구에서 드러난 것처럼, 정보통신 산업의 경우 '대학'과의 지역적 근접성에 따른 긍정적 효과가 나타나고 있다. 이는 지방 소재 대학, 연구소, 기업간의 원활한 연계를 꾀하는 과학 단지의 설립을 지지하는 이론적 토대의 하나로 받아들여질 수 있을 것이다.

한편으로, 본 연구는 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다. 첫째, 분석 자료 개수가 빈약하며, 기업을 대상으로 한 조사인 만큼 기업에 민감한 설문 문항의 답변이 얼마나 사실에 가까운지는 의심스러울 수 있다. 따라서 분석 자료의 신뢰성 측면에서 분명한 한계가 존재한다.

둘째, 네트워크 분석을 통해 얻어진 공동연구 네트워크의 형태와 핵심 행위자는 공동연구 건수라는 외형적 지표를 이용하여 산출된 것으로, 내면적 지표를 이용한 분석이 결여되어 있다. 이를테면, 연구 과제의 주제 혹은 연구 책임자들간의 사적 유대 관계 그리고 연구개발비 등의 측면에서 네트워크 형태를 분석하는 것은 상당히 유의미한 작업이 될 수 있다. 우리 사회에서는 특히, 학연(學緣)이라는 지표가 설명력이 큰 부분이라고 간주됨에도 이를 활용하고 있지 못하다.

셋째, 본 연구에서는 산업별 공동연구 네트워크가 어떠한 차이를 보이는가는 언급하고 있지만 이러한 차이가 왜 나타나고 있는지에 대해서는 명확한 지적이 없다. 다만 산업의 특성 또는 기술의 속성 등을 암시하고는 있으나 심층적인 분석은 부재한 형편이다. 이러한 부분에서 본 연구의 부차적 소득이라면 산업간 공동연구 네트워크의 차이를 판별하는 기준의 하나로 '공동연구 조직과의 연계' 측면이 사용될 가능성이 있다는 점이다.

향후 연구에서는 산·학·연 공동연구 네트워크에 무엇이 영향을 끼쳐 산업마다 특이적인 네트워크가 산출되는지에 대한 심층적인 연구가 수행되어야 할 것이다. 이럼으로써, 공동연구 네트워크에 대한 이해가 심화되고 더불어 현실 적용력이 보다 확대된 정책이 구사될 수 있기 때문이다.

참 고 문 헌

- 강입호 (1999), 「정보기술의 특징과 정보화정책」, 정보통신정책연구원
한국기업총람 (1998) 한국신용평가주식회사
회사연감(1999) 매일경제신문사
伊藤邦雄, 片岡寛, 佐久間昭光 (1992), 「생물공학의 특질과 그 기업화에의 관점」,
『기술혁신과 기업조직』, 김동열 역, 비봉출판사
Borgatti, P., M. Everett, and C. Freeman (1999), UCINET 5.0 Version 1.00. Natick:
Analytic Technologies.
Cohen, W. (1995), 'Empirical studies of innovative activity', in P. Stoneman (ed),
Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change, Oxford and
Cambridge: Blackwell, pp. 180-264.
DeBresson, C. and F. Amesse (1991), 'Networks of innovators: a review and
introduction to the issue', *Research Policy*, 20, pp. 363-379.
Dodgson, M. (1993), *Technological Collaboration in Industry*, London and New York:
Routledge.
Faulkner, W. (1995), 'Getting behind industry-public sector research linkage: a novel
research design', *Science and Public Policy*, 22, pp. 282-294.
Freeman, C. and L. Soete (1997), *The Economics of Industrial Innovation*, Cambridge,
Massachusetts: The MIT Press.
Freeman, C. (1991), 'Networks of innovators: a synthesis of research issues', *Research
Policy*, 20, pp. 499-514.
Lundvall, B.-Å. (1992), 'User-producer relationship, national systems of innovation and
internationalisation', in B. Lundvall (ed) *National Systems of Innovation*, London:
Pinter Publishers, pp. 45-67.
Oakey, R., W. Faulkner, S. Cooper, and V. Walsh (1990), *New Firms in the
Biotechnology Industry: Their Contribution to Innovation and Growth*, London and
New York: Pinter Publishers.
Orsenigo, L. (1993), 'The dynamics of competition in a science-based technology: the
case of biotechnology', in D. Foray, C. Freeman, C. (eds), *Technology and the
Wealth of Nations*, London and New York: Pinter Publishers, pp. 41-65.
Peters, L., P. Groenewegen, N. Fiebelkorn (1998), 'A comparison of networks between
industry and public sector research in materials technology and biotechnology',
Research Policy, 27, pp. 255-271.
Rothwell, R. (1994), 'Industrial innovation: success, strategy, trends', in M. Dodgson and
R. Rothwell (eds.) *The Handbook of Industrial Innovation*, Edward Elgar, pp.
33-53.