

우리 나라 복합시스템 제품의 기술혁신 특성에 대한 탐색적 연구

- 통신시스템 사례를 중심으로 -

An Exploratory Study on the Characteristics of Complex System Product Innovation
in Korea: Telecommunication Industry Case

송 위 진*, 황 혜 란**, 조 황 희***

〈目 次〉

I. 서론	IV. 연구가설의 도출
II. 복합시스템 제품의 기술혁신 특성	V. 맺음말
III. 우리나라 복합시스템 제품의 기술혁신 특성 : 통신분야를 중심으로	

〈Abstract〉

This study aims at investigating the stylized facts of the complex system products innovation in Korea. It reviewed the preceding studies on the innovation patterns of complex system products and selected the issues to be examined in investigating Korean case. In addition, the stylized facts of innovation patterns of Korean complex system products were suggested. The peculiar characteristics of Korean cases are as follows: Korea has succeeded in integrating foreign technologies and components into commercial complex system products and in substituting the foreign system products in the domestic market. However, it faces a great difficulty in upgrading the products to the next generation. It lacks capabilities which facilitate the evolution of system products competing in the world market.

Key Words: complex system products, innovation patterns, Korean cases, stylized facts, system integration, system evolution

* 과학기술정책연구원, 선임연구원 (e-mail : songwc@stepi.re.kr)

** 한국과학기술대학 강사 (e-mail : twinmum@shinbiro.com)

*** 과학기술정책연구원, 선임연구원 (e-mail : hhcho@stepi.re.kr)

I. 서론

복합시스템 제품(complex system product)은 엔지니어링 집약적인 성격을 지니고 있는 대규모 제품으로서 대부분의 경우 소량으로 주문생산 방식에 의해 생산되는 특징을 지니고 있다(Hobday, 1998; Davies, 1996). 복합시스템 제품의 사례로서는 통신교환기, 모의비행장치(flight simulator), 반도체 리소그래피 장비, 항공엔진, 항공전자 시스템(avionics), 고속전철, 항공관제 시스템, 인텔리전트 빌딩, 광대역 지역 네트워크, 공공 엔지니어링 프로젝트 등을 들 수 있다.

일본을 위시한 일부 후발국들은 산업화와 기술혁신을 통해 자동차, 반도체, 가전 등과 같은 대량생산 제품(mass commodity product)의 영역에서 선진국을 추격해왔다. 이들 국가들은 외국의 기술들을 효과적으로 획득·소화·개량해서 내부화한 후 선진국이 지배해왔던 분야에 성공적으로 진입하고 경쟁우위를 확보할 수 있었다. 그러나 복합시스템 제품의 경우에는 대량생산 제품과 비교할 수 있을 정도의 기술혁신은 이루어지지 못했으며 대량생산 제품과 비교해볼 때 커다란 성과의 차이를 보여주고 있다. 전반적으로 복합시스템 제품의 분야에서는 서구 선진국들이 우월한 지위에 있으면서 세계 시장을 지배하고 있다고 할 수 있다.

우리 나라의 경우 복합시스템 제품분야에서 성과가 없었던 것은 아니다. TDX교환기나 CDMA이동통신장비¹⁾, 원자력 발전소, 초등 훈련기 등 몇몇 분야에서는 복합시스템 제품의 개발 및 상용화에 성공했고 외국 제품이 지배하던 국내 시장을 대체하는 성과를 얻기도 했

다. 그러나 이들 분야에서의 성공은 상당히 제한적인 성격을 지니고 있다. 국내 시장을 넘어 해외 시장을 확보하는 데 어려움을 겪고 있으며, 시스템 개발을 통해 확보된 플랫폼을 지속적으로 발전시켜 경쟁력 있는 제품으로 진화시켜 나가는 데에도 난관에 봉착하고 있다.

이 글은 복합시스템 제품의 기술혁신 특성을 정리하고 우리 나라 복합시스템 제품의 기술혁신에 대한 '정형화된 사실들(stylized facts)'을 파악하는 데 초점을 맞춘다. 정형화된 사실들의 파악은 사실들에 대한 귀납적인 정리를 통해 새로운 이론을 개발할 수 있는 토대를 마련하는 작업으로서 관련 분야의 연구가 초기 단계에 있을 때 주로 사용되는 방법이라고 할 수 있다(Dosi, 1988). 정형화된 사실들의 파악을 위해 본 연구에서는 문헌연구와 함께 관련 분야의 주요 의사 결정자를 대상으로 실시한 인터뷰 결과를 활용하였다.

이러한 작업을 통해 복합시스템 제품의 기술혁신을 대량생산 제품의 기술혁신과는 다른 관점에서 접근해야 한다는 점이 지적될 것이며 동시에 후발국인 우리 나라에서 이루어진 복합시스템 제품의 기술혁신이 선진국과는 어떠한 차이를 보이고 있는가가 정리될 것이다. 복합시스템 제품의 기술혁신패턴에 대한 연구가 초기 단계에 있고 더 나아가 후발국 복합시스템 제품의 기술혁신패턴에 대한 연구는 거의 없다고 할 수 있기 때문에 이 글은 이론들을 개발하기 위한 출발점을 다지는 탐색적인 성격의 연구라고 할 수 있다.

논의의 전개는 제 2절에서 복합시스템 제품의 정의를 내리고 복합시스템 제품의 기술혁신 패턴을 대량생산 제품의 그것과 비교하는 작업

1) CDMA이동통신시스템 중에서 복합시스템 제품에 해당되는 것은 장비부문이다. 단말기는 대량생산 제품의 범주에 들어간다.

을 수행하며 제 3절에서는 우리 나라 복합시스템 제품의 기술개발 특성에 대한 논의를 전개할 것이다. 제 4절에서는 이 특성들을 설명하기 위한 몇 개의 가설을 도출할 것이다.

II. 복합시스템 제품의 기술혁신 특성

1. 복합시스템 제품의 특성

복합시스템 제품들은 다음과 같은 세 가지의

〈표 1〉 복합시스템 제품의 사례

항공관제 시스템	통합우편처리 시스템	롤러 코스터 설비
비행기 엔진	통합선로 시스템	비행관제 시스템
항공모함	인텔리전트 빌딩	인공위성 시스템
전투용 장갑차	인텔리전트 창고	반도체 가공설비
항공전자 기기	전투기	오수처리공장
수하물 취급 시스템	메인프레임 컴퓨터	우주항공 발사체
금융자동화 시스템	해상 커뮤니케이션 시스템	우주관측 시스템
이동통신 기지국	핵해체 시스템	우주정거장
전함	핵융합연구설비	전략폭격기
교량	핵발전소	잠수함
화물선	핵폐기물 처리 시설	수퍼 컴퓨터
비즈니스 정보 네트워크	해양시추 시스템	광대역 네트워크
화학공장	석유생산 플랫폼	싱크로트론 입자가속기
반도체 클린룸	석유정제설비	탱크
Combined cycle gas turbine	유조선(oil tanker)	탱크 커뮤니케이션 시스템
정기 순항선(Cruise liner)	여객기	통신교환기
댐	항만선적 시스템	통신네트워크 관리 시스템
항구	석유정제를 위한 공정통제시스템	통신중계 시스템
전기 네트워크 통제 시스템	생산시스템(자동)	훈련제트기
전자상거래 시스템	경주용동력보트	철도운송시스템(rail transit system)
전자 소매 네트워크	대형 라디오 전송탑	정수/정화 공장
유연생산체제(FMS)	연료보급 항공기 및 시스템	수도공급시스템
모의비행장치	원격 핵 해체 시스템	
소형 구축함	경주용 차	
미사일 통제 시스템	철도 신호/통제 시스템	
헬리콥터	도로시스템	
고속전철	도로교통 관리 시스템	
호버크라프트(Hovercraft)	로보틱스 시설	

자료: Hobday(1998)

공통적인 특성을 가진다. 첫째, 복합시스템 제품은, 서로 연관되어 있으면서 상당부분 주문생산된 요소(component)(여기에는 서버 시스템, 부품 등이 포함된다)들로 구성되어 있다. 둘째, 복합시스템 제품의 기술변화는 비선형성을 지니고 있으며 지속적으로 변화하는 특성을 지니고 있다. 하나의 부분품이나 부품에서의 기술혁신활동들은 시스템의 다른 부품 및 시스템에서의 개선활동을 이끌어 낸다. 그리고 이렇게 이루어진 개선활동은 또 다른 부품 및 서브시스템의 변화를 필요로 한다. 마지막으로 수요자가 혁신과정에 참여하는 정도가 매우 높다(Miller, et al, 1995).

〈표 1〉은 복합시스템 제품에 속하는 것들을 정리한 것이다. 여기에는 전통적인 개념으로 볼 때 기술수준이 낮은 도로나 건설 등 공공건설 프로젝트의 예도 포함되어 있다. 그러나 현대적 의미의 공공건설 프로젝트들은 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 교량건설, 첨단구조공법, 신 재료 기술의 이해, 환경평가기법 등의 매우 높은 수준의 새로운 기술이나 숙련을 요구하는 경우가 많다. 공항건설, 스포츠 시설 건립, 인텔리전트 빌딩 건축 등의 건설 프로젝트들은 매우 복잡하고 정교한 정보기술 시스템이나 신재료에 대한 이해를 기반으로 하여 진행되고 있다.

2. 복합시스템 제품의 기술혁신 특성: 대량생산 제품과의 비교

1) 복합시스템 제품의 제품·시장 특성

복합시스템 제품의 기술혁신은 기존 혁신이론에서 주요 분석 대상이 되어왔던 대량생산 제품의 기술혁신과 다른 특성을 지니고 있다(Hobday, 1998; Rosenkopf and Tushman, 1993; 1998).

대량생산 제품은 대부분의 경우 단일기능을 가지고 있는 제품으로서 비교적 표준화된 부품

들간의 단순한 인터페이스로 연결되어 있는 경우가 많다. 따라서 지식/숙련의 집약도가 상대적으로 낮고 설계가 단순하며 단위당 생산비용도 낮은 경우가 많다. 대량생산 제품은 소비재인 경우가 많으며 상대적으로 짧은 제품수명주기를 특징으로 한다. 반면 복합시스템 제품은 주문 생산된 수많은 부품들이 복잡한 인터페이스로 연결되어 있고 다기능을 지니고 있으며, 제품의 개발 및 생산에 있어 높은 수준의 숙련과 지식의 투입을 요구하는 경우가 많다. 복합시스템 제품은 대부분의 경우 자본재인 경우가 많고 제품수명주기가 상대적으로 길다(Hobday, 1998).

시장거래의 방식도 상이한 특징을 보이고 있다. 대량생산 제품의 경우 다수의 판매자와 구매자가 거래하는 경쟁적 시장거래를 특징으로 하고 있는데 반해 복합시스템 제품의 시장은 과점적이며 거래가격이나 조건이 협상을 통해 결정된다. 정부나 규제기구가 이 과정에서 개입되어 개별 거래를 규제하거나 정치화시키기도 한다. 정부가 복합시스템 제품의 거래에 개입하게 되는 데에는 안전문제(대규모 공공교통시스템, 핵발전소 등의 사례), 국가 표준 설정의 문제(정보통신 시스템), 그리고 독점력의 남용을 방지하기 위한 목적이나 전략적 혹은 군사적 목적 등 여러 가지 이유가 있다. 이러한 특성 때문에 복합시스템 제품의 거래는 정부나 공기업의 구매정책에 크게 영향을 받는 경향이 있다(Rosenkopf and Tushman, 1993; 1998).

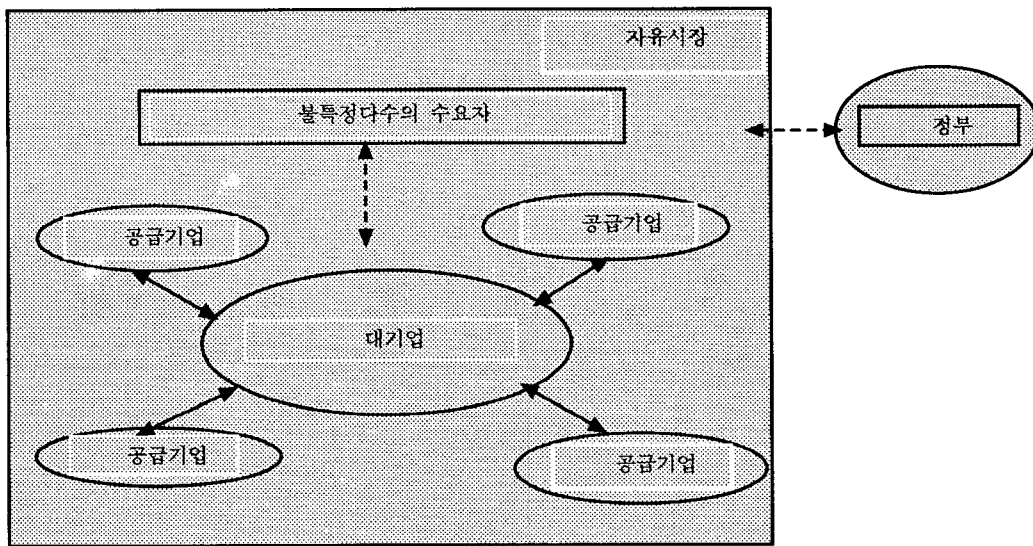
2) 복합시스템 제품의 기술혁신패턴

제품 및 시장 특성의 차이로 인해 복합시스템 제품의 개발과정에서 혁신주체들이 보여주는 기술혁신 행태는 대량생산 제품의 그것과는 다르다. 대량생산 제품의 경우 특정기업을 중심으로 한 공급자 주도적인 혁신활동이 주류를 이

루게 되며 혁신활동에서 최종사용자인 소비자의 역할은 상대적으로 적다. 물론 대량생산 제품의 경우에도 다수의 사용자들로부터 피드백 되는 정보가 있고 이것이 기술혁신에서 중요한 역할을 하지만 그 정보의 전달은 - 제품이 마음에 들지 않으면 그것을 구매하는 않는 방식으로 - 시장성과를 통해서 간접적으로 이루어지는 경우가 많다. 또 대량생산 제품의 경우에는 대량생산에 적합한 대기업과 이를 중심으로 한 공급기업간의 연계구조가 형성되어 있는 경우가 많다. 그리고 주요 경쟁기업간의 연구개발 및 자산의 교환을 위한 전략적 제휴활동이 활발하게 일어나기도 한다. 기술의 진화과정에서도 제품설계가 시장의 수요에 의해 수정, 재구성되거나 기각되는 등 시장에 의해 검증되는 특성을 보인다.

이에 반해 복합시스템 제품의 경우 기술변화는 수요자와 공급자의 상호작용을 통해 이루어지는 경우가 많다. 수요자가 복합시스템 제품의 연구개발 활동을 자금 지원하는 경우도 많으며 혁신의 경로도 수요자의 요구에 따라 변화되는 경향이 있다. 통신교환기나 여객기와 같은 몇몇 복합시스템 제품의 경우에 있어서는 수요자가 직접적으로 연구개발 활동 및 제품설계에 참여하여 사용자 주도로 혁신활동을 이끌기도 한다.²⁾

그리고 '정치적 요인'이 제품의 선택에서 중요한 영향을 미친다. 외국 기업이 공급하는 제품의 성능이 월등한 경우에도 국가적 관점에서 국내 공급업자의 육성을 위해 시장진입을 막는 경우도 있으며 이로 인해 기술수준이 열위에 있는 공급업자가 상당기간 동안 시장을 장악하는 경우도 발생한다(Davies, 1997; Hughes,



〈그림 1〉 대량생산 제품의 기술혁신 체제

2) 수요자가 대부분 일반 소비자인 대량생산 제품과는 달리 복합시스템 제품의 수요자는 대규모 조직인 경우가 많다. 복합시스템 제품 수요자는 연구개발, 생산, 유지보수, 재설계 등의 혁신활동을 둘러싼 다양한 측면에서 공급자와 지속적으로 상호작용을 한다. 복합시스템 제품 수요자는 사업을 효율적으로 추진하기 위해 시스템 설계 기술이나 설계에 관한 지식을 학습하고 있으며 이에 따라 이미 해당 분야에서 상당한 기술적 지식을 내부화하고 있는 경우도 있다. 대규모 통신사업자가 통신시스템의 기술혁신 경로에 주요한 영향을 미치고 있는 것도 이러한 맥락에서 이해할 수 있다.

1983). 따라서 제품의 설계는 대량생산 제품에서와 같이 인지된 시장신호나 주요 공급업자의 전략 등과 같은 요인들보다는 정부나 주요 수요자의 구매정책, 기술정책 등에 영향을 받게 된다.

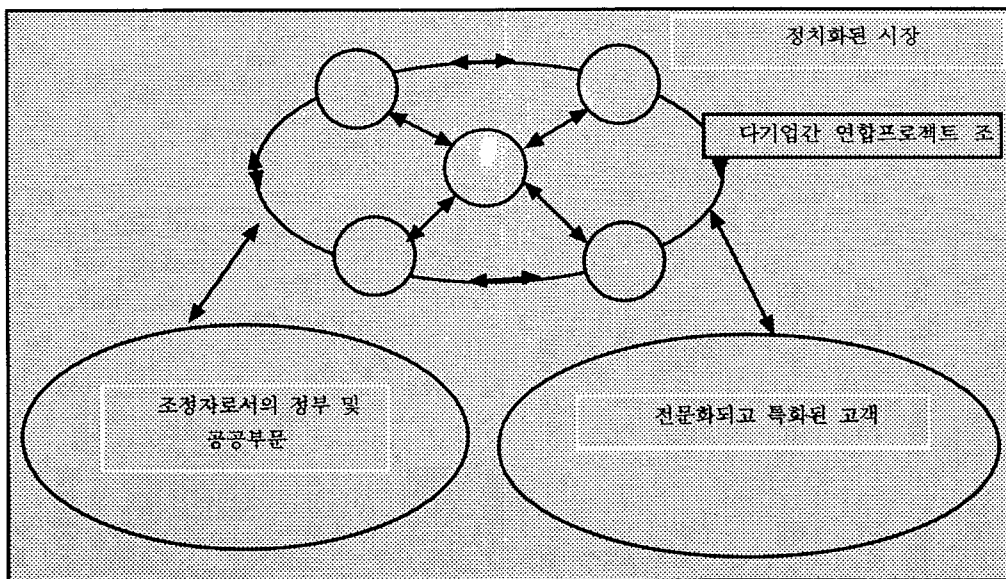
한편 공급측면에서 보았을 때, 복합시스템 제품의 제품설계 및 기술적 특성으로 인해 복합시스템 제품을 개발하는 조직은 '프로젝트 방식'으로 진행된다. 복합시스템 제품의 프로젝트는 한시적으로 형성된 연합조직에 의해 추진되며 많은 경우 다양한 기업 및 이해집단들이 참여하게 된다. 복합시스템 제품 프로젝트의 라이프 사이클은 입찰 → 개념 및 상세 설계 → 제조가공 → 인도 및 설치 → 생산 후 혁신 → 유지보수 → 서비스 및 해체작업 순으로 진행된다(Hobday, 1998).

3) 복합시스템 제품에 대한 기술경영의 이슈 앞서 살펴본 바와 같이 복합시스템 제품의 기술적 특성 및 혁신과정은 대량생산 제품과는 대별되는 특징을 지니고 있다. 이로 인해 복합시스템 제품의 기술경영은 대량생산 제품의 그

것과는 다른 속성들을 내포하고 있다. 복합시스템 제품에서의 기술경영적 이슈는 조정의 문제, 불확실성에의 대응, 그리고 프로젝트 관리 능력, 기술정치적 중요성 등으로 요약될 수 있다.

우선 조정의 문제부터 살펴보면 대량생산 제품에서는 주로 단일기업의 혁신과정에 초점이 맞추어지지만 복합시스템 제품에서는 다수 기업 및 연관 조직들간의 상호작용을 조정하는 것이 중심적인 이슈가 된다. 공급자, 사용자 및 규제기관을 효과적으로 조정할 수 있는 능력이 프로젝트의 성패를 가늠하는 중요한 요인이 된다. 서로 다른 목표와 기술자원을 가지고 있는 조직들을 조직하여 공동의 기술학습을 이끌어내는 능력이 기술경영의 중요 이슈가 되는 것이다.

두 번째 이슈는 불확실성에 대한 대응능력이라고 할 수 있다. 복합시스템 제품 개발에서 나타나는 불확실성은 대량생산 제품의 그것과 차원을 달리한다. 복합시스템 제품의 경우 하나의 부품이나 서브 시스템이 개선되면 그와 관련된 부품과 서브시스템도 전부 바뀌게 되는 특성을 지니고 있다. 따라서 특정 부품이나 서브시스템



<그림 3> 복합시스템 제품의 기술혁신체제

의 기술변화가 어떤 결과를 가져올 것인지는 매우 불확실한 경우가 많다. 또한 복합시스템 제품의 기술개발과정에서는 사용자의 요구사항이 불확실하거나 프로젝트 진행 중에 요구사항이 변화하는 등 불확실성의 요소가 상존하고 있다(조황희, 1998). 이로 인해 프로젝트 실행상의 각 단계에서 다양한 피드백 경로를 활용하여, 사용자와 부품공급업자, 시스템 통합기업 간의 상호관계를 고양하여 불확실성의 요소를 줄여나가는 능력이 중요해진다.

세 번째로는 프로젝트 관리능력을 들 수 있다. 시스템 통합기업은 복잡한 진행 일정과 엔지니어링 업무를 관리하는 능력을 필요로 한다. 특히 프로젝트 단위로 진행되는 복합시스템 제품의 경우 개별기업 단독의 기술개발활동은 프로젝트 원활한 진행에 큰 영향을 미치지 못한다. 관리의 초점은 개별기업의 기술개발활동이 기 보다는 전체 프로젝트의 효과성과 효율성을 제고시키는 데에 모아진다.

네 번째로는 기술정치 능력이다. 앞서 이야기 한바와 같이 복합시스템 제품의 기술개발과정은 다수의 이해관계자들과 연관되어 있어 정치화될 가능성이 높기 때문에 기술개발에 참여하는 조직들은 자신들에게 유리한 환경을 조성하는 데 관심을 쏟게 된다(Rosenkopf and Tushman, 1994; 송위진, 1999a). 즉 기술표준 문제나 안정성 문제, 정부의 자금지원 등과 관련하여 자신에게 유리한 상황이 전개되도록 환경형성 및 관리에 상당한 신경을 쓰게 된다. 제품이 개발되었지만 그것이 사회적·정치적 정당성을 확보하지 못했을 때에는 현실에서 사용될 수 없기 때문이다(예: 전자주민카드 시스템).

Ⅲ. 우리 나라 복합시스템 제품의 기술혁신 특성: 통신분야를 중심으로

다음에서는 통신분야를 중심으로 해서 우리나라 복합시스템 제품의 기술혁신과정에서 나타나는 '정형화된 사실들'을 정리하기로 한다. 주요 분석 대상은 전자교환기인 TDX시스템과 이동통신 시스템인 CDMA시스템 기술개발과정이다.³⁾ 이들 시스템은 신흥공업국으로는 우리나라가 유일하게 상업화하고 수출까지 하고 있는 시스템으로서 우리나라 복합시스템 기술개발의 대표적인 사례로 볼 수 있다.

1. 정부 개입의 특성: 국가연구개발사업과 정책구매

1) 국가연구개발사업을 통한 기술개발

선진국·후진국을 막론하고 복합시스템 제품은 하부구조적 성격을 지니고 있고 또 국가안보와 관련된 분야가 많기 때문에 시장을 통한 경쟁 못지 않게 국가의 정책적·정치적 개입이 기술개발과정에 중요한 영향을 미친다. 우리나라 통신 분야의 기술개발과정에서도 국가의 정책적·정치적 개입이 상당한 영향을 미쳤다(황중성, 1993).

특히 우리나라의 경우에는 신흥공업국으로서 교환기나 이동통신 관련 기술력이 취약했기 때문에 국내 산업을 육성한다는 취지 하에 민간 기업들을 중심으로 한 기술개발이 아니라 정부가 주도하는 국가연구개발사업의 형태로 기술개발이 추진되었다. 즉 정부가 연구개발비를 지원하고 정부출연연구소인 전자통신연구소를 중심으로 통신사업자, 통신장비제조업체들이 참여하는 공동연구개발형식으로 TDX기술개발사업, CDMA기술개발사업 등이 시행되었던 것이다.

3) 이들 시스템의 기술개발과정에 대한 개괄적인 소개는 이정훈·이진주(1992), 송위진(1999b)를 참조할 것

2) 정책 구매를 통한 시장의 형성

정부는 국가연구개발사업만이 아니라 표준화 및 정부구매정책 등을 통해 시스템 기술개발에 커다란 영향을 미쳤다. 국가연구개발사업을 추진함으로써 기술적 불확실성을 낮추는 역할을 했던 정부는 개발된 장비의 구매를 보장해주는 정책을 채택하여 기술개발에서의 시장 불확실성을 낮추어주는 역할을 했다. 정부는 장비를 개발하는 제조업체들에게 개발된 장비의 시장을 창출해주는 역할을 해주었던 것이다.

정책구매에 의한 시장 형성은 기술능력이 취약한 상태에서 복합시스템 제품개발의 리스크를 낮추는 데 중요한 역할을 했다. 그러나 정책구매가 지속되면서 복합시스템 제품의 개선을 막는 요인으로 작용하게 되었다. TDX교환기를 둘러싸고 나타나는 사업자와 장비업체와의 갈등, 교환기 장비업체들의 구조조정 문제는 이와 관련된 문제라고 할 수 있다(김희수 외, 1998: 232). 초기에 많은 어려움을 극복하고 제품을 개발했지만 그 후에는 시장이 보장되고 또 '나누어 먹기'식의 제품구매가 이루어져서 개발된 시스템을 개선하고 성능을 향상시키는 것에 대한 인센티브가 제공되지 않았던 것이다. 따라서 정책에 의한 구매보장은 초기에는 리스크를 낮추어주는 역할을 했지만 시스템 개발 후 제품의 지속적인 개선과 진화에는 긍정적인 영향을 미치지 못했다.

2. 기술개발 조직방식의 특성: 정부출연연구소를 중심으로 한 기술개발

복합시스템 제품의 개발능력은 오랫동안의 기술축적과 경험에 의해 갖추어지는 것이라고 할 수 있다. 복합시스템 제품을 효과적으로 개발하

기 위해서는 각 부품과 서브시스템에 대한 이해와 시스템 전체에 대한 이해가 필요하다. 선진국의 경우 오랜 경험을 가지고 있는 민간기업이 전체 시스템을 설계·개발할 수 있는 능력을 축적해왔기 때문에, 민간 기업을 중심으로 복합시스템 제품의 개발이 이루어져 왔다.

그러나 우리 나라의 경우 민간기업들은 시스템 전체에 대한 설계능력과 통합능력을 갖추기 어렵고 또 장기적 차원의 기술개발보다는 단기적 차원의 기술개발에 초점을 두고 있었기 때문에 정부출연연구소를 중심으로 복합시스템 제품의 개발이 이루어져왔다. 특히 복합시스템 제품 기술개발이 국가연구개발사업의 형태로 추진되어왔기 때문에 이러한 경향은 더욱 강화되어왔다. TDX시스템 개발, CDMA시스템 개발의 경우에도 정부출연연구소인 전자통신연구소를 중심으로 해서, 시스템 설계 및 통합이 이루어지고 국가연구개발사업에 참여하는 기업들이 이에 바탕해서 시제품을 제작하였다. 민간부문의 시스템 개발 및 통합능력이 취약했던 상황에서 이와 같은 접근은 자원과 노력을 집중할 수 있는 효과스런 수단이었다.

그렇지만 민간기업들의 시스템 통합 능력이 향상되면서 정부출연연구소와 민간기업들의 역할분담에 대한 여러 가지 문제들이 제기되고 있다. 민간부문의 능력이 향상된 속에서 과연 정부출연연구소는 어떤 역할을 해야될 것인가가 핵심적인 문제라고 할 수 있다.⁴⁾

3. 기술개발 조정의 방식: 사용자와 출연연구소의 역할

선진국과 마찬가지로 한국통신과 한국이동통신과 같은 사용자 기업은 시스템 기술개발과정

4) 그럼에도 불구하고 복합시스템 제품의 기본 설계나 시스템 통합 분야에서 정부출연연구소가 확보하고 있는 능력은 아직도 기업들보다는 상위에 있기 때문에(H전자 P부사장과의 인터뷰, 1999. 4.; S전자 C부사장과의 인터뷰, 1999. 4.), 새로운 위상정립과정에서 이러한 능력들을 효과적으로 활용하는 방안을 강구해야 할 것이다.

에서 상당히 중요한 역할을 담당했다. 사용자 요구사항을 제시하거나 제조업체로부터 공급된 장비의 시험·평가 활동을 수행함으로써 제조업체의 기술혁신활동에 많은 도움을 주었다.

그러나 우리 나라의 경우에 사용자 기업은 사용자 요구사항을 정의하여 기술개발방향을 정하고 시제품을 시험·평가하는 활동을 넘어서 다수의 조직들이 참여하는 국가연구개발사업의 조정자 역할까지도 수행하였다. 사용자 기업이었던 한국통신과 한국이동통신은 각각 TDx기술 개발사업과 CDMA기술개발사업을 관리하기 위해 '기술개발 사업관리단'을 설치하여 기술개발 과정에 대한 전반적인 조정활동을 수행하였다(이정훈·이진주, 1992; 송위진, 1999b). 기술개발 사업관리단은 사용자 요구사항을 명확히 제시하여 연구개발 쪽에 치우쳐있던 전자통신연구소와 상업성만을 주장하면서 갈등관계에 있던 제조업체들을 조정하는 역할을 담당했다.

사업관리단 조직과 함께 조정의 역할을 담당했던 조직은 정부출연연구소라고 할 수 있다. 정부출연연구소는 기술개발사업의 기획에서 시작하여 전체 시스템 설계와 개발된 기술의 이전까지 복합시스템 기술개발을 주도하면서 기술개발과정에 공동연구의 형태로 참여하는 기업들간의 상호작용을 조정해주는 역할을 했다. 특히 정부출연연구소는 기본 설계작업과 함께 각 기업들이 분담하여 개발한 부분품이나 서브시스템들을 통합하는 시스템 통합에서 매우 중요한 역할을 담당해왔다(조황희, 1998; 송위진, 1999b).

4. 기술개발상의 난점

1) 원천기술의 해외의존

선진국의 경우 복합시스템 제품을 개발하는

업체들이 그 시스템과 관련된 원천기술과 핵심 기술을 가지고 있다. 원천기술과 핵심기술이 밀받침되기 때문에 개발된 시스템을 플랫폼으로 하여 지속적으로 제품을 개선하고 차세대 제품을 개발함으로써 시스템의 진화를 상대적으로 용이하게 이룩할 수 있다(Meyer and Lehnerd, 1997)

이에 반해서 우리 나라는 원천기술이 없기 때문에 외국으로부터 원천기술을 도입하여 시스템을 개발구성하였다. 따라서 기존의 시스템을 개선하거나 차세대제품을 개발할 때, 원천기술의 확보 및 활용과 관련된 법률적·기술적 문제에 봉착하게 되는 경우가 많다. 시스템 개선이나 차세대 제품 개발 시 원천기술 특허 실시권을 둘러싼 문제가 종종 발생하기 때문이다. 또한 원천기술과 관련된 기본 기술지식(basic technological knowledge)이 부족하기 때문에 제품개선이나 차세대 제품을 개발하는 과정에서 어려움에 처하는 경우가 많다.

2) 핵심부품의 해외의존

우리 나라의 경우 처음 시스템을 개발하는 과정에서는 개별부품이나 서브시스템 그리고 원천기술과 관련된 기술자원을 충분히 확보하지 못한 채, 외국으로 각 부품과 서브시스템을 도입·통합해서 전체 시스템을 구성하였다. 그리하여 어떤 경우에는 국산 시스템으로 기존의 외국시스템을 대체했다고 이야기되지만 실제로 국산 시스템의 내부는 외국부품과 서브시스템, 그리고 외국에서 도입된 기술을 바탕으로 구성되는 경우가 많다. 내·외부의 여러 기술과 부품을 조합하고 통합하여 시스템을 개발했지만 핵심부품과 서브시스템들은 외부에 의존하는 경우가 많다(전자통신연구원, 1997: 178).⁵⁾

5) 그렇지만 이러한 기술과 서브시스템들을 통합할 수 있는 시스템 통합 능력은 아무나 획득할 수 있는 능력을 아니다. 신흥공업국들 중에서 이러한 능력을 확보한 나라는 거의 없다고 할 수 있다.

그렇지만 복합시스템 제품 기술개발의 경우 대량생산 제품과는 달리, 제품에 들어가는 부품이나 서브시스템의 국산화보다는 외국의 신뢰성 높은 부품과 서브시스템을 사용하여 제 기능을 다하는 복합시스템 제품을 개발생산하는 것이 더욱 중요하고 부가가치의 창출 측면에서도 더 큰 의미를 지니고 있다. 복합시스템 제품에 대한 수요가 제한되어 있으므로 그 부품이나 서브시스템 국산화의 의미가 상대적으로 적을 수 있기 때문이다.

5. 복합시스템 제품 기술혁신의 한계:

자체 개발 · 획득의 딜레마

1) 세계시장에서 경쟁우위 확보의 한계

우리 나라의 복합시스템 제품은 수입해서 사용해왔던 외국산 복합시스템 제품을 국산시스템으로 대체하기 위한 목적에서 개발되어왔다. TDx, CDMA시스템의 경우 이러한 목적을 효과적으로 달성하였다. 정부에 의해 시장이 창출되고 국가연구개발사업을 통해 시스템이 개발되어 기존의 외국산 제품들을 대체했던 것이다.

이렇게 국내시장을 대상으로 제품을 판매하고 성장해왔지만 TDx나 CDMA 시스템의 경우에서 볼 수 있듯이 세계 시장에서 우리 나라 복합시스템 제품의 경쟁우위는 취약한 상태에 있다고 할 수 있다. 원천기술이 취약하고 개발된 시스템을 플랫폼으로 하여 시스템을 진화시켜나가는 능력이 부족하기 때문에 세계적인 업체들과 경쟁하는 데 어려움을 겪고 있다.

또한 제품을 판매하기 위해서는 복합시스템 제품의 공급자가 '벤더 파이낸싱(vendor financing)'을 할 수 있는 능력을 갖추어야한다. 이 분야에

서 우리 나라 기업들은 매우 취약한 상태에 있다. 국제금융시장에서 대출을 일으킬 수 있는 기업의 국제 신인도도 낮을 뿐만 아니라 국내 시장에서 자금을 조달하는 경우에도 외국과 우리 나라의 금리차가 크기 때문에 시장을 개척하는 데에 많은 어려움을 겪고 있다(S전자 K실장과의 인터뷰, 1999.4.). 복합시스템 제품의 마케팅 능력은 대량생산 제품의 그것과 다르기 때문에 기존 시장을 지배하고 있는 서구 기업을 뚫고 후발주자들이 시장에 진입하는 것은 매우 힘들다.⁶⁾

2) 자체 개발 · 획득의 딜레마

복합시스템 제품의 경우 국내시장에서는 어느 정도 시장을 확보하고 있지만 해외시장에서 경쟁우위를 확보하는 것이 어렵기 때문에 복합시스템 제품을 지속적으로 개발해야 할 것인가의 여부를 둘러싸고 딜레마 상황이 연출되는 경우가 많다. 국가 전체적인 차원에서 보았을 때, 복합시스템 제품을 계속 진화시켜나가는 것도 또 그렇지 않는 것도 적절한 대안이 되기 어려운 상황이 전개되고 있다(H전자 S연구소장과의 인터뷰, 1999. 4.).

현재의 기술개발능력 수준에서는 국내시장이 포화된 후 외국시장에서 경쟁우위를 확보하기 어렵기 때문에, 국내에서 개발된 시스템은 지속적인 시장확보와 수익성 면에서 문제가 생길 수 있다. 또 국내에서 개발된 제품을 사용하는 경우, 더 나은 성능을 지니고 있는 외국의 복합시스템 제품을 이용한 효과적인 서비스의 제공을 제한함으로써 복합시스템 제품을 사용하는 다른 산업분야의 생산성 증가를 저해시킬 수

6) 일본은 1960년대부터 항공기 개발에 노력하여 상당한 기술을 축적했지만 마케팅 능력이 취약하여 시장에 진입하지 못하고 있다. 기존의 업체들이 경쟁자의 등장을 원하지 않기 때문에 다양한 형태의 진입장벽을 만들어놓고 있다.

있다.⁷⁾

반면 국내 제품개발을 중지하고 외국제품을 구매하여 서비스를 제공하는 경우, 국내 복합시스템 제품관련 기술이 없다면 제품 도입을 둘러싼 협상에서 불리한 위치에 있을 수밖에 없다. 기술적 지식의 부재와 외국 시스템을 대체할 수 있는 국산제품의 부재는 제품구매와 관련된 협상을 어렵게 만든다. 세계적인 차원에서 경쟁력이 없다할지라도 복합시스템 제품 기술을 가지고 있다면 외국 제품의 구매과정에서 구입비용을 상당부분 감축시킬 수 있다(서정욱, 1996: 94; K통신 K연구개발본부장과의 인터뷰, 1999.4.).⁸⁾

IV. 연구가설의 도출

앞서 살펴본 논의들에 바탕해서 우리 나라 통신시스템 기술개발을 중심으로 살펴본 복합시스템 제품 기술혁신과정에서 나타난 특징들은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 제품개발이 국가주도의 국가연구개발사업을 통해 정부출연연구소를 중심으로 기업들이 참여하는 방식으로 추진되었으며, 자체개발보다는 외국의 원천기술과 부품을 활용하여 이루어졌다. 선진국의 복합시스템 제품개발이 정부의 개입이 있지만 민간 기업 중심으로 이루어지고

자신들이 보유한 원천기술을 바탕으로 이루어진다는 것을 염두에 둔다면 이러한 특성은 한국적 특수성을 반영한 것이라고 할 수 있다.

둘째, 기술수준이 낮고 기술개발경험이 일천함에도 불구하고 외국의 기술과 부품을 활용하여 시스템 통합에 성공하였다는 점이다. 신흥공업국들 중에서 교환기나 이동통신 시스템과 같은 복합시스템 제품을 개발·생산하는 국가가 없다는 것을 감안한다면 이러한 사실도 우리나라 기술개발의 특수성을 나타내는 것이라고 할 수 있다.

셋째, 이렇게 시스템 통합에 성공하여 선진국들을 추격할 수 있는 발판을 마련했지만, 경쟁우위를 갖는 시스템 플랫폼을 유지·발전시켜 나가는 데에는 한계가 나타나고 있다는 점이다. 국내외 기술과 부품을 활용하여 성공적으로 시스템 통합을 이루고 기술개발을 이룩했지만 그것을 플랫폼으로 활용하여 경쟁력 있는 시스템으로 계승·발전시켜 나가지 못하고 있다. 이로 인해 시스템 개발을 계속해서 수행해야 할지 아니면 시스템 개발을 중지하고 외국제품을 사 용해야 할 지를 둘러싼 딜레마 상황에 처해있다.⁹⁾ 그렇다면 왜 이와 같은 특성들이 나타나게 되었는가? 다음에서는 이러한 기술혁신상의 특성들 중에서 복합시스템 기술개발의 성과 및 한계와 관련된 특성들이 왜 나타나게 되었는가에 대한 몇 개의 연구가설들을 제시해보기로 한다.

7) 복합시스템 제품을 국내에서 자체 개발하여 사용할 것인가? 아니면 외국제품을 구매하여 그것을 이용해서 서비스의 질을 향상시키는데 우선권을 둘 것인가의 문제는 정보통신분야에서 전형적으로 나타나고 있다. 정보화가 진척됨으로써 형성되는 장비시장을 국산장비를 개발·상용화시킬 수 있는 기회로 활용할 것인가 아니면 외국 장비라도 빨리 도입·활용하여 정보화를 촉진시켜 경제 전체의 생산성을 제고시켜야 할 것인가 등의 문제가 바로 그것이다.
 8) 더 나아가 연관 분야인 통신서비스 산업의 경쟁우위를 지속적으로 유지하고 시스템과 연계된 단말기 분야의 경쟁우위를 강화시켜 나가기 위해서라도 시스템에 대한 일정 수준의 기술능력이 필요하게 된다.
 9) 이러한 상황을 탈피하기 위한 전략은 중요한 연구주제이다. 여기에서 핵심적 문제는 계속해서 플랫폼을 유지·개발하면서 세계적인 경쟁력을 가질 수 있도록 복합시스템 제품을 개발해나가는 리더 전략(leader strategy)을 채택할 것인가 아니면 세계적인 경쟁우위 확보를 포기하고 외국업체들의 하부 파트너로서의 자기 인식을 명확히 하면서 그 조건하에서 특정분야 기술에 초점을 맞추어 제품을 개발해나가는 추종자 전략(follower strategy)을 채택할 것인가의 여부이다. 이에 대한 논의는 본 연구의 범위를 넘어서기 때문에 여기에서는 다루지 않기로 한다.

1. 시스템 통합능력의 획득과 시스템 통합

복합시스템 제품의 경우 시스템 통합능력이 뒷받침되어야만 시스템 통합이 이루어질 수 있다. 시스템 통합능력은 개별 기술과 관련된 기술자원이라기보다는 기술지식을 창출하고 관리하는 방식에 관한 지식에 가깝다고 할 수 있다. 다양한 부품과 서브 시스템, 외국으로부터 도입된 원천기술 등을 우리 나라의 상황과 수요자의 요구에 부합되게 통합시켜 시스템이 작동하도록 하는 기술통합능력(integrative capability)과 같은 선상에 있다고 할 수 있다(Iansiti and Clark, 1994). 그렇다면 이 시스템 통합능력은 어떻게 획득발전되게 되었는가?

시스템 통합능력의 습득과 관련하여 외국으로부터 이전된 시스템 통합 관련 지식들이 매우 중요한 역할을 담당했다고 할 수 있다. TDX시스템 개발과정에서 에릭슨을 통해 이전된 시스템 개발 방법론은 우리 나라의 조건에 맞게 소화흡수되면서 그 후의 복합시스템 기술개발을 수행하는 데 기반이 되었다고 이야기되고 있다(이정훈·이진주, 1992).

그렇지만 외국 기업으로부터 시스템 개발 방법론이 이전된다고 해서 그것이 자연스럽게 소화흡수될 수 있는 것은 아니다. 그것을 소화할 수 있는 흡수능력과 사전적 지식기반이 있어야만 지식의 이전이 가능해지는 것이다(Cohen and Levinthal, 1990).

그렇다면 외국으로부터 이전되는 시스템 개발 방법론을 수용할 수 있었던 사전적 지식기반은 어떠한 것이 존재하고 있었던 것일까?. 우선 첫 번째로 추론할 수 있는 것은 소규모였지만 시스템 제품을 개발하였던 경험이다. 소위 메모콜 프로젝트라고 명명되었던 소규모 교환기 기술개발사업을 통해 인력이 양성되고 시스템 기술개발과 관련된 초보적인 지식기반이 축적될 수 있었던 것으로 보인다(이기열, 1995, 132-

137). 특히 이 때 양성된 인력들은 그 후 통신 분야에서 이루어진 복합시스템 제품의 기술개발과정에서 핵심적인 역할을 담당하였다.

또 다른 사전적 지식기반으로서 추론할 수 있는 국방분야에서의 기술학습 경험이다. TDX기술개발사업 추진 과정에서 제품의 순기관리와 품질관리에서 중요한 역할을 담당했고 그것을 제도화시키는 역할을 했던 서정욱은, 이러한 관리를 가능하게 했던 지식들이 국방연구개발의 경험에서 획득되었던 점을 강조하고 있다(서정욱, 1996: 90-101). 무기체계가 기본적으로 복합시스템 제품의 성격을 지니고 있다는 것을 고려한다면(Hobday, 1997), 국방분야에서 무기개발과 관련해서 축적했던 경험들은 그 후 임무지향적 성격을 지닌 국가연구개발사업의 추진과정에 도움을 주었을 것이라고 추론할 수 있다. 이상의 논의를 정리하면 다음과 같은 연구가설들을 도출할 수 있다.

〈가설 1〉 우리 나라는 복합시스템 개발과 관련하여 소규모 복합시스템 제품 기술개발의 경험과 국방시스템 기술개발의 경험을 사전적 지식기반으로 지니고 있었다.

〈가설 2〉 우리 나라는 사전적 지식기반에 바탕해서 외국으로부터 제공된 시스템통합 관련 지식을 소화흡수할 수 있었다.

한편 이렇게 획득된 시스템 통합 관련 지식은 정부출연연구소 중심으로 복합시스템 제품의 개발이 계속 이루어짐으로써 누적적으로 발전할 수 있었다. 즉 기존에 수행했던 복합시스템 개발사업을 통해 시스템 통합능력을 확보하고 그것을 활용하여 또 다른 복합시스템 제품들의 시스템 통합을 이루어왔던 것이라고 할 수 있다. CDMA기술개발사업의 경우에도 시스템 통합능력의 상당부분은 그 전에 수행했던 TDX기술개발사업에서 축적된 능력에 바탕하고 있었

다(송위진, 1999b).

2. 시스템 진화의 한계와 관련된 가설

그러면 시스템 통합능력을 획득하고 시스템 통합을 통해 제품을 상용화했음에도 불구하고 세계적으로 경쟁력 있는 제품개발이 취약하고 플랫폼에 바탕한 시스템 진화의 한계가 나타나는 이유는 무엇일까? '시스템 통합능력'은 기술 개발사업을 통해 계속 발전해왔음에도 불구하고 '시스템 진화능력'은 왜 취약한가?

개발된 시스템의 진화가 이루어지기 위해서는 시스템에 대한 기본설계를 담당했던 인력과 조직이 계속 그 시스템을 보완·유지·발전시켜 나가는 작업이 필요하다. 그러나 우리 나라의 경우 시스템 통합을 통해 제품을 개발한 후에 이러한 작업이 연속적으로 이루어지지 못하고 있는 것으로 보인다. 정부출연연구소를 중심으로 시스템 통합이 이루어지면 그것의 상업화는 공동연구개발사업에 참여했던 기업들에게 넘어가는 데, 이 과정을 거치면서 시스템을 진화시키는 기능을 담당하는 조직과 활동이 정부출연 연구소에도 기업체에도 존재하지 않게 된다. 정부출연연구소의 경우에 이미 그 사업이 종료되고 기업에 기술이 이전되었으므로 시스템을 유지·발전시키는 것은 기술개발사업으로서 자리 잡기 어렵기 때문에 자원배분이 어렵게 된다. 또한 시스템 제조기업의 경우에는 아직은 여러 가지 측면에서 기술능력이 취약하고 또 당장 상업화 쪽에 초점이 맞추어지기 때문에 시스템을 진화시키는 작업에는 자원 배분을 축소하게 된다(H전자 P부사장과의 인터뷰, 1999.4.). 결국 시스템 통합은 이루어냈는데 그것을 경쟁력 있는 다음 단계의 제품으로 진화시키는 조직과 활동이 뒷받침이 되지 않기 때문에 시스

템의 진화가 제약되는 것이다. 이를 정리하면 다음과 같은 가설을 제시할 수 있다.

〈가설 3〉 복합시스템제품 개발이 이루어진 후, 그것을 플랫폼으로 해서 계속 시스템을 개선·발전시키는 조직과 활동이 취약하기 때문에 개발된 복합시스템 제품의 진화가 제약된다.

한편 시스템 제품의 상업화를 담당하는 기업들간의 관계도 효과적인 시스템 진화를 억제하는 결과를 낳는 것으로 보인다. 복합시스템 제품의 상업화를 담당하는 조직은 기업들로서 이들은 공동연구개발사업을 통해 동일한 시스템 설계에서 시작했지만 그것을 발전시켜 가는 과정에서 호환성을 확보하기 위한 조정활동 없이 각개전투식으로 각자의 설계를 유지해나가는 경향이 있다고 한다(H전자 P부사장과의 인터뷰, 1999.4.; K통신 C국장과의 인터뷰, 1999.6.). 이로 인해 각 시스템 제조업체들이 개발한 시스템을 연동시키는 데에는 많은 비용이 소요된다고 지적되고 있다. 종합적으로 시스템 개발을 조정해주는 기구나 조직이 없기 때문에 문제가 발생하는 것이라고 할 수 있다. 우리나라의 시스템 제품과 기업들이 세계적인 차원에서 경쟁력이 있다면 이러한 사실은 문제가 안되겠지만 선진국과 비교할 때 경쟁력이 쳐지는 상황에서는 이는 국내 복합시스템 제품의 경쟁력을 더욱 약화시키는 결과를 낳는다. 같은 설계에서 출발한 시스템임에도 불구하고 각 기업간에 호환성이 떨어지기 때문에 그것을 사용하는 사업자들은 어떤 기업이 시스템을 공급했든 한국형 시스템에 대해 문제를 제기하게 된다(S통신 K상무와의 인터뷰, 1999.4.).¹⁰⁾ 개별 시스템 공급 기업은 시스템을 진화시켰는지 모르지

10) 여러 가지 이유로 인해 국내 여러 장비업체들이 공급하는 시스템을 사용하고 있는 국내 통신사업자들은 국산 시스템의 호환성과 업그레이드 비용에 대해 매우 비판적인 입장을 취하고 있다.

만 한국형 시스템은 전혀 진화되지 않는 상황이 전개되고 있는 것이다.

<가설 4> 국내 기업들간에, 제품들 사이의 호환성 확보에 관한 조정이 이루어지지 않기 때문에, 시스템의 진화가 제약된다.

V. 맺음말

복합시스템 제품의 기술혁신에 대한 연구는 이제 시작단계라고 할 수 있다. 산업별 기술혁신 패턴이 차이가 있다는 것이 지적되어왔지만 (Pavitt, 1984) 복잡성과 시스템화의 정도에 입각한 유형화는 비교적 최근에 이루어졌다. 우리나라 복합시스템 제품에 대한 기술혁신의 경험은 이 논의의 발전과정에서 중요한 역할을 할 수 있다. 신흥공업국에서 우리나라와 같은 성과를 이룩한 나라가 거의 없다는 사실, 그리고 이 복합시스템 기술혁신체제가 우수한 성과를 나타내고 있는 대량생산 제품의 기술혁신체제와 공존하고 있다는 사실은 매우 흥미로운 연구주제가 될 수 있다. 이는 우리나라 기술혁신 체제의 또 다른 특성을 규명하는 계기가 될 수도 있을 것이다.

參 考 文 獻

- 김희수·윤충한·권남훈·박기영·김은민·김연호, 「정보통신 환경변화에 따른 새로운 산업정책」, 정보통신정책연구원, 1998.
- 서정욱, 「미래를 열어온 사람들」, 한국경제신문사, 1996.
- 송위진, “기술의 사회적 구성과 기술학습의 상호작용에 관한 이론적 고찰”, 「기술혁신학회지」, 제 2권, 제 1호, 1999a.
- 송위진, “기술혁신에서의 위기의 역할과 과정: CDMA기술개발 사례연구”, 「기술혁신연구」, 제 7권, 제 1호, 1999b.
- 엄창욱, “전자통신산업의 교환기 부문 기술축적 전략”, 「한국중소기업학회지」, 제 19권, 제 2호, 1997.
- 이기열, 「소리없는 혁명: 80년대 정보통신 비사」, 전자신문사, 1995.
- 이정훈·이진주, “한국통신산업의 기술발전과정과 기술혁신전략: 전자교환기 개발사례를 중심으로”, 「Telecommunications Review」, Vol. 2, No. 11, 1992.
- 조황희, “공공연구기관에서의 복합제품개발을 위한 기술혁신시스템”, 「기술혁신학회지」, 제 1권, 제 3호, 1998.
- 황중성, 「한국의 정보통신산업 발전전략과 국가역할: 디지털 교환기 산업을 중심으로」, 연세대학교 대학원 박사학위논문, 1993.
- Baum, J. and J. Singh(eds.), *Evolutionary Dynamics of Organization*, Oxford University Press, New York, 1994.
- Cohen, W. and D. Levinthal, “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation”, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, pp. 128-52, 1990.
- Davies, A., “Innovations in Large Technical Systems: The Case of Telecommunications”, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 5, No. 4., 1996.
- Dosi, J., “Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation”, *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, pp. 1120-1171, 1988.
- Hobday, M., “Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation”, *Research Policy* 26, pp. 689-710, 1997.
- Hughes, T., *Networks of Power: Electrification in Western Society, pp. 1880-1930*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1983.
- Iansiti, M. and K. Clark, “Integration and

- Dynamic Capability: Evidence from Product Development in Automobile and Mainframe Computer", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 3, No. 3, 1994.
- Meyer M. and A. Lehnerd, *The Power of Product Platforms: Building Value and Cost Leadership*, The Free Press, 1997.
- Miller, M., M. Hobday, T. Leroux-Demers and X. Olleros, "Innovation in Complex Systems Industries: The Case of Flight Simulation", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 4, No. 2, 1995.
- Pavitt, K., "Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and Theory", *Research Policy*, Vol. 13, No. 6, 1984.
- Rosenkopf, L. and M. Tushman, "The Coevolution of Technology and Organization", in Baum and Singh(eds.)(1994), pp. 379-402, 1994.
- Rosenkopf, L. and M. Tushman, "The Coevolution of Community Networks and Technology: Lessons from the Flight Simulation Industry", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 7, No. 2, 1998.