

클러스터 형성을 위한 지식 집약적 IT 부품 연구개발정책의 Dilemma : 공작기계제어 컴퓨터 사례

The Formation of the Machine Tool Cluster and The Accumulation of Technological Capability of the Numerical Controller Industry in Korea

임 채 성 (그리스도신학대학교 경영정보학부)

Abstract

This paper analyses characteristics of the numerical controller industry in market formation and the flow of information between users and producers and the characteristic of knowledge base of the industry and discusses the difficulties derived, from the characteristics, in accumulation of technological capability

In market formation between users and producers, the multi-layered market is not favorable to domestic producers in that lower end market is not large enough to provide cradle market to them which produce inferior quality and lower price than imported products. The credibility of the performance of a product is difficult to prove until a critical mass of products are sold. Therefore gaining market share is deterred by unproven credibility of the performance of the product. The flow of information between users and producers is limited. The flow of information on users

environment through mass market to producers is essential for improving credibility of a product.

The nature of knowledge base is tacit and the means of knowledge transmission is limited. Technological licensing and reverse engineering, which have been conventional means of knowledge transmission, are not useful in the numerical controller industry.

These characteristics provide conditions of vicious circle in accumulation of technological capability of the numerical controller industry. This paper argues that these characteristics of the industry challenges existing approach to R&D management and framework of science and technology policy.

I. 서 론

한국의 경우 산업화 초기에는 저임을 바탕으로 수입된 원자재와 부품으로 완제품을 생산하였으므로 관련 산업이 취약함에도 경쟁력 있는 상품을 생산하는 것이 가능하였다. 그러나 산업화가 진전됨에 따라 관련 산업이 조금씩 발전되게 되었고 임금의 상승은 이런 관련 산업의 발전이 없이는 완제품을 경쟁력 있는 가격에 생산하는 것이 불가능하게 하였다.

따라서 경쟁력 있는 산업을 위한 관련 산업의 집적으로서의 산업 클러스터¹⁾가 어떻게 형성될 수 있으며 이를 위한 전략과 정책 방향은 어떻게 되어야 하느냐 하는 것은 신흥공업국가라고 할 수 있는 한국의 경우는 매우 중요한 문제라고 할 수 있다. 선진국에서의 연구 (Dahmén, 1988; Dalum, Holmen et al. 1999; OECD 1999)는 주로 신산업 출현에 따른 클러스터 형성 혹은 국제적으로 앞선 경쟁력 있는 산업의 클러스터 형성에 대한 연구를 주로 다루고 있어 개도국 혹은 신흥공업국형 기술추격 국가의 클러스터 형성과정에 주는 시사점이 떨어진다. 기존의 개도국에 대한 연구 (McCormick 1999; Rabellotti 1999; Schmitz 1995)는 저부가 가치형 산업에 대한 연구에 머무르고 있어 선진국형 산업구조로 이행하는데 있어서의 클러스터 형성과정을 조명해주고 있지 못하

1) 본 논문에서의 산업 클러스터 개념은 포터 (Porter, 1990)의 개념을 따른다.

다.

본 연구는 공작기계 관련 클러스터 형성과정에서의 공작기계의 핵심 IT 부품인 공작기계제어 컴퓨터 (numerical controller: 수치제어장치) 의 사례를 보고자 한다. 한국에 있어 이 산업은 자동차등의 금속 기계산업의 자동화 설비의 핵심부품으로서 1985년 첫 생산이 개시된 이래 1990년대 중반 다소 시장을 확보하는 듯하다 일부 주요 업체들이 1999년 생산을 중단하게 되었다. 본 논문은 사용자-생산자관계, 지식기반 측면에서 공작기계 제어 컴퓨터 기술축적을 제약하는 면이 무엇이 있는지를 확인하고 그 시사점을 구해보고자 한다.

좀더 기술하기에 앞서 공작기계와 공작기계 제어 컴퓨터에 대한 설명을 덧붙이기로 한다. 공작기계는 금속을 깎아내고 자르고 갈아내는 등의 공정을 수행하는 기계로써 다른 기계를 만들어내는 어머니 기계 라는 별명이 붙어있는 기계이며 자동차 등의 자동 생산 공정의 핵심을 담당하는 기계이다. 공작 기계 제어 컴퓨터 (numerical controller: 수치제어장치)는 기계가공물의 공정, 형상, 치수를 장치에 입력하면 기계가 자동적으로 가공공정을 수행하도록 지시하고 감독하는 컴퓨터²⁾ 이다. 이는 공작기계의 편리성, 정밀성, 신뢰성을 좌우하는 핵심부품이며 유연생산체제(FMS) 등을 구성하는데 있어 핵심 기술의 위치를 갖고 있다.

II. 문헌 연구 및 연구의 틀

본 연구는 선진국에서의(Porter, 1997; OECD, 1999) 클러스터 연구의 전통을 따른다. 클러스터에 대한 연구는 혁신 시스템 논의(Lundvall 1992; Nelson 1992; Edquist 1997; Carlsson 1992)와 케를 같이 하는 연구이다. 혁신 시스템 접근은 국가 혹은 산업차원의 혁신 성과가 단일한 요인에 의해 결정되기보다 기술혁신을 담당하는 기업조직, 기업과 관련된 actor, 제도 등이 영향을 미친다는 holistic 접근이라고 할 수 있다.

2) 이는 CPU (microprocessor), ASIC (Application Specific Integrated Circuits), ROM (Read Only Memory) 혹은 RAM (Random Access Memory), 시스템 소프트웨어를 저장하기 위한 버블 메모리, 모니터, 키보드, PLC (programmable logic controller), 시스템 소프트웨어, 플로피 드라이버 등으로 구성된다.

클러스터 접근은 혁신시스템 접근의 전통을 따르되 산업차원, 지역차원에서 기업활동과 연계에 대해 보다 자세히 분석하는 접근이다. 지금까지의 연구를 볼 것 같으면 포터(1990, 1998)의 경우는 클러스터 형성이 경쟁력에 중요하다는 점을 강조했다. 이외에도 새로운 기술의 출현에 따른 클러스터 형성과정 혹은 선진국의 경쟁력 있는 산업 클러스터 분포패턴 (Lundgren 1991; Carlsson 1992; Carlsson and Jacobsson 1992; Debresson 1997; 1999) 등에 대한 연구가 있다. 최근의 클러스터 논의는 기업 및 기타 기관의 지리적 분포와 상호작용, 혁신활동에 대한 논의(Morgan 1995; Lagendijk, 1999)를 발전시키고 있다.

클러스터 형성을 연구하는데 있어 경쟁력 있는 특정 산업의 출현에 따른 관련 산업이 발전하는 동적인 과정에 대해 이해할 필요가 있다. 기술 추격 국가의 경우 기술능력이 없는 기업들이 기술능력을 축적하면서 관련 산업의 제품을 만들어 내게 되고 관련 산업 클러스터를 형성하게 된다.

그러나 이런 맥락에서 cluster 형성에 관한 연구는 빈약한 실정이다. 물론 McCormick (1999), Rabellotti (1999), Schmitz (1995) 등의 연구가 있기는 하지만 앞서 얘기했듯이 주로 후진국의 저 부가가치 산업에 대한 연구에 머물고 있어 선진국형 산업구조의 중심을 이루는 규모의 경제형 산업에로의 클러스터 형성과정에 시사점은 떨어지는 상태에 있다.

본 논문은 현재의 선진경제를 주도하고 있는 규모의 경제형 조립산업을 중심으로 한 클러스터 형성에 관심이 있음을 밝힌다. 따라서 본 논문은 사례분석을 함에 있어 규모의 경제형 조립 산업에서의 클러스터 형성을 이해하는 관점에서 연구 틀을 만들었다.

선진국 경제를 주도하고 있는 규모의 경제형 조립 산업은 자동차 및 그 부품, 전자 및 통신 산업들을 포함하는 산업으로서 불균형 산업화로 성공한 신흥공업국에서 경제발전의 견인차 역할을 한 산업이다. 신흥공업국의 경우 규모의 경제형 조립 산업은 수입품을 조립하여 완제품을 생산하는 데서 시작하여 점차 그 부품을 국산화해가면서 관련 산업 클러스터를 형성해 왔다. 완제품의 생산 규모가 성장함에 따라 부품에 대한 수요를 늘어나게 된다. 국내 기업은 국내에서 커지는 부품시장을 점유하고자 부품 생산에 도전하게 된다. 그 생산 방식은 국내 기술력으로 생산이 불가능한 핵심 부품은 수입해 오되 나머지 주변 부품 가운데 상대적으로 중요한 부품을 자사가 제작하고 나머지 저급 부품은 주변의 기업에 외주를 주어 제작한다 (Nakaoka 1990). 이러한 규모의 경제형 조립 산

업에 필요한 설비는 선진국에서 구입해 오고 제품 혹은 생산방법에 대한 지식은 기술도입하는 방식으로 하게 된다. 이러한 규모의 경제형 조립 산업의 경우 일정 규모 이상의 사용자 시장을 겨냥하기 때문에 범용성을 가지는 것이 특징이라고 할 수 있다. 본 논문은 규모의 경제형 산업에 대해 일반적으로 기대할 수 있는 상기한 측면을 염두에 두고 규모의 경제형 산업인 공작기계 기계제어 컴퓨터를 분석하고자 한다.

한편 본 논문에서 쓰는 클러스터라는 개념은 포터 등의 접근을 따르는 관련 산업군을 지칭하는 의미로 쓰고자 한다. 또한 클러스터 접근을 본 논문의 사례에 적용하는데 있어 클러스터 형성의 가장 기본적인 미시 기초단위는 혁신시스템을 이루는 사용자-생산자 관계를 이루는 기업들이고 이들은 시장과 정보흐름을 형성한다는 관점을 갖는다 (Porter, 1997; Nakaoka, 1990; Lundvall, 1992; Drejer, 1999). 또한 본 논문은 클러스터 형성과정을 기술추격국의 관점에서 논한다는 면에서 기술축적과정으로 이해하고자 한다. 즉 따라서 본 논문은 공작기계 제어컴퓨터 산업의 기술축적과정에서 사용자-생산자간의 시장과 정보흐름을 분석하는 것을 주요 연구목적으로 갖고 있다. 시장을 이해하는데 있어서는 시장형성이 주요 관심사가 될 것이고 시장 형성을 이해함에 있어서는 시장의 계층성을 보고자 한다. 이는 사와이, 히로타 (Hirota 1990; Sawai 1987) 등의 연구에서 잘 설명되듯이 기술추격국에서 만들어지는 제품들이 열악함에도 시장을 확보해야 생산을 통한 기술축적이 가능하게 되는데 이는 계층화된 시장 구조를 통해 가능한 것이다. 기술추격국에서는 고가제품은 수입 제품이 증가 혹은 저가 제품은 국산이 차지하는 방식의 계층화된 시장이 형성되어 있어 국내 기업들은 저가 혹은 중가의 시장에 열악한 제품들을 판매해가면서 기술을 축적해 간다는 것이다. 이는 기술추격국에서 시장 형성과정을 잘 설명해 주는 틀이라 보여진다. 따라서 시장 형성을 이해하는데 있어 시장의 계층성을 중심으로 보고자 한다.

끝으로 클러스터 형성은 산업별로 다른 패턴을 보일 수 밖에 없다는 관점을 갖는다. 본 논문은 산업의 특성을 보는데 있어서는 지식기반 (knowledge base)을 중심으로 보고자 한다. 지식기반은 지식의 특수성 (specificity), 암묵성 (tacitness), 복잡성 (complexity), 상호의존성의 정도와 지식 이전의 수단을 포함한다 (Malerba and Breschi 1995). 지식기반의 특성을 중심으로 보는 이유는 본 논문이 관심을 두고 있는 사용자-생산자간의 정보흐름과도 관련될 뿐아니라

기술축적과정에서 불가결한 외국 기술에의 접근 가능성을 결정짓는 주요 특성이기 때문이다. 논문은 지식기반의 제 측면 가운데 지식 이전의 수단에 있어서의 특성을 집중적으로 조명한다. 본 논문은 1994년에 이루어진 인터뷰(4개 업체)와 설문조사(4개 업체), 1999년 및 2000년에 이루어진 인터뷰를 바탕으로 준비되었으며 연구방법론은 사례 분석 방법이다. 본 연구는 가설을 설정하고 분석하는 연구가 아니라면 면에서 탐색적인 연구의 성격을 띤다.

III. 실증연구

3. 1 도입: 외국 및 국내생산자

국내 공작기계 제어컴퓨터 시장의 규모는 현재 약 3000억원 수준에 이른다. 주로 많이 팔리고 있는 공작기계 제어 컴퓨터는 공작기계생산의 대부분을 차지하고 있는 중소형 선반 및 머시닝센터 용 개방 보급형 공작기계 제어 컴퓨터이다. 이 제어 컴퓨터는 공작기계 가격의 약 30-50%의 가격을 점유한다.

공작기계 제어 컴퓨터는 세계적으로 보았을 때 일본의 Fanuc사가 세계수요의 50%, 독일의 Siemens가 15%, 일본의 미쓰비시가 15% 점유하고 있고 국내 시장점유율은 Fanuc사가 60%, 독일의 Siemens가 10%, 일본의 미쓰비시가 10% 점유하고 있다 (Yoon 1999). 국내 메이커들은 1985년부터 통일중공업을 필두로 생산하기 시작하여 1994년 현재 금성산전, 한국산전 등을 통틀어 26%까지 이른 것으로 추산되기도 하였다.³⁾ 그러나 이 회사들은 모두 1990년대 말에 이르러 생산을 포기하였다. 현재는 삼성전자, 한국터보테크가 생산을 하고 있으며 시장 점유율은 약 10% 내외로 추산되고 있다.⁴⁾ 따라서 공작기계 제어 컴퓨터는 국내 시장을 장악하는데 있어 1990년대를 돌아볼 때 중반에 비해 퇴보 상태에 있다고 볼 수 있다.

3. 2 사용자-생산자관계 : 간단한 추측

3) 전자신문 94. 11.2, 12.28 일자

4) NC 공작기계 조합 관계자 인터뷰 (2000.6.20)

우선 국산 공작기계 제어 컴퓨터의 시장에서의 저조한 성과에 대해 간단한 추측을 해 보자. 사용자-생산자간의 시장형성과 정보흐름 측면에서의 추측은 다음과 같이 해볼 수 있다.

먼저 시장형성 측면에 대해 생각해 보자. 초기에 개발되는 제품은 만족스러울리가 없다. 기술이 축적될 수 있기 위해서는 제품이 초기에 불안하더라도 사용자가 일부러 써주고 그 결과를 피드백해 주어야 제품의 품질을 높일 수 있다 (Nakaoka 1987). 따라서 아래와 같은 가설을 세울 수 있다.

가설 1: 사용자들의 적극적인 구매 협력이 있다면 생산자의 기술축적이 가능했었을텐데 사용자들의 적극적인 사용노력이 없었다.

즉 만약 사용자들이 적극적으로 시장을 제공하면 생산자기업(공작기계제어 컴퓨터 메이커)들은 learning by doing의 과정을 거쳐 기술력 축적이 가능할 것이라는 것이다.

이 가설은 맞지 않다. 국내 업체들은 국산 사용을 위해 가장 적극적으로 노력할 수 밖에 없는 상황에서 국내 공작기계 제어 컴퓨터들은 제작되고 판매되었다. 1988년에 설립된 한국산전의 경우 사용자가 주주로 참여하였기 때문에 여러 측면에서 적극적으로 쓰려 하였다⁵⁾ 그러나 주주들 기업조차 제품의 성능이 만족스럽지 않아 점점 사용을 회피하게 되었다. 통일 중공업의 경우에는 그 자체가 공작기계 업체이기 때문에 자사 공작기계에 부착하여 판매를 시도하였다. 그러나 통일 중공업에 있어서조차 자사에서 만들어진 제품을 부착하려 하지 않는 면이 드러났다. 왜냐하면 국산 제품을 부착할 경우 공작기계 성능의 안정성이 떨어져 팔리지 않게 되기 때문이다. 즉 신뢰할 만한 제품이 개발되지 못했기 때문에 사용에 적극적인 사용자들도 회피하게 된 것이다.

가설 2: 사용자-생산자의 정보흐름이 원활했다면 기술 축적이 가능했을 것이다.

이와 같은 가설은 선진국에서 가능한 가설이다. 사용자-생산자간의 정보흐

5) 주주회사 K 기업 이사 인터뷰 (94.11.21), 주주회사 D 기업 부장 인터뷰 (94. 9.24)

름을 통해 생산자의 기술 경쟁력이 증대되는 면은 Lundvall (1985), von Hippel (1977; von Hippel 1978)의 연구에서 볼 수 있다. 그러나 본 조사 결과에 의하면 사용자 (공작기계 생산)-생산자(공작기계제어컴퓨터)간의 디자인, 프로토타입, 기술정보등의 정보흐름 측면에서 볼 때 미미했다. 본 연구에 의하면 기술지원(디자인, 프로토타입, 인적자원 파견)의 원천으로 사용자(공작기계 메이커)가 중요하다고 응답한 기업은 없다 (1994년 현재 4개 공작기계 제어 컴퓨터 메이커). 기술정보측면에서는 1개 기업만이 사용자(공작기계메이커) 로부터의 기술정보가 중요한 것으로 응답했다.

생산자들이 사용자 기업들의 정보가 중요한 것으로 간주할 수 있게 되려면 사용자 기업(공작기계)들이 공작기계 제어 컴퓨터 개발과 관련된 지식을 축적하고 있어야 가능하다. 그러나 공작기계제어장치는 기본적으로 소프트웨어와 전자장치이기 때문에 기존의 공작기계 생산업자들의 생산의 결과로 축적될 수 없다. 국내 공작기계 생산업자들은 수입 기계제어 컴퓨터를 부착하여 NC 공작기계를 조립하는데 필요한 인력들을 갖고 있다. 이들은 공작 기계제어 컴퓨터와 기계부품과의 interface에 종사하는 인력들로서 이 분야 종사들이 소프트웨어, PLC, ASIC 관련 기술을 축적하기에는 기술격차가 크다.

따라서 사용자와 생산자간의 정보흐름은 미미하다고 볼 수 있다. 그러나 이는 사용자-생산자 모두 기계 제어 컴퓨터 관련 기술력이 낮고 선진국으로부터 기술을 흡수하는 단계에 있는 점을 감안한다면 이는 당연한 면으로 보여 진다.

3. 3 사용자 생산자관계 분석과 지식기반

이하의 부분에서는 사용자-생산자 군이 이루는 계층화된 시장의 성격, 정보의 흐름을 분석하고 공작기계제어컴퓨터의 지식기반 특성을 살펴보고 이들 제반 측면이 기술축적에 제약조건으로 작용하는 면을 논하고자 한다

3. 3. 1 계층화된 시장

본 논문은 국내 생산자 산업이 사용자 산업의 수요증가에 부응하여 성장하는 것은 사용자-생산자간의 계층화된 시장이 존재함으로써 가능하다는 입장을

앞서 밝힌바 있다.

국내 기업들이 생산에 도전한 제품은 범용 CNC 선반 혹은 밀링 머신에 쓰이는 제어 컴퓨터로서 공작기계 제어 컴퓨터 중에서 저가형이다. 현재 국내에서 생산하는 것은 교육용 기계제어 컴퓨터로 약 600만원대, 선반 및 밀링용 컨트롤러가 약 1천만원 정도 수준인 반면 수입 기계제어컴퓨터의 경우 1천만원대에서 3000만원대까지의 공작기계제어 컴퓨터가 주로 팔리고 있다.

국내의 공작기계 제어 컴퓨터 사용 업체 즉 공작기계 메이커들이 이 제어 컴퓨터의 성능이 만족스럽지는 않지만 가격 우위성 때문에 구입할 수 있다고 한다면 국산 공작기계 제어 컴퓨터에 대한 시장이 형성될 것이라고 생각해 볼 수 있다. 불행히도 공작기계 제어 컴퓨터 시장은 이러한 저가형 시장의 형성이 매우 제한된 범위 내에서 형성이 되었다. 공작기계 완제품의 경우와 비교하여 설명을 해보자. 공작기계 완제품의 기술축적이 가능했던 것은 중저가의 기계가 수입기계에 비해 성능이 떨어지나 가격이 싼 국산기계에 대한 시장이 형성되었기 때문이다. 그러나 공작 기계제어컴퓨터의 경우 국산 중저가의 공작기계제어 컴퓨터에 대한 시장이 넓게 형성되었다. 그 이유는 구매 기업들의 공작기계제어 컴퓨터의 성능민감도가 높기 때문이다. 성능민감도는 구입품이 고장 났을 때의 위험이 크기에 의해 좌우된다고 할 수 있다. 공작기계의 경우 기계적 결함이 발생하면 자체적 인력으로 수리하는 것이 가능하다. 그러나 공작기계제어 컴퓨터의 경우 고장이 나면 자체적 인력으로 수리하는 것이 불가능하다.⁶⁾ 따라서 고장발생에 따른 작업 중단의 기회비용 부담이 더욱 큰 것이다.⁷⁾

따라서 공작 기계 구입자들 가운데는 공작기계 메이커에게 아예 외국 회사의 공작기계제어 컴퓨터를 부착하기를 요구하는 경우가 빈번하다. 따라서 공작기계제어컴퓨터를 구입하는 공작기계메이커 입장에서는 국산 공작기계제어컴퓨터를 구입하는 것이 어렵게 된다.

따라서 공작 기계제어 컴퓨터 생산자가 시장을 확보하는 길은 수입되는 기계제어 컴퓨터와 비슷한 성능에 싼 가격의 제품을 내어 놓은 길이다. 그러나 시장이 낮은 가격에 중저가 시장이라도 확보하려면 제품의 성능의 입증되어야 한다. 그러나 공작 기계제어 컴퓨터의 경우 제품의 성능이 미리 평가되기 어렵

6) 공작기계의 경우 약 3-5년의 경력이면 약간의 수리 가능. 공작기계 제어컴퓨터의 경우 10년이 지나도 전혀 수리 불가능 (95.4.1 진화통한 공작기계 사용업체 서베이 결과) (Lim, 97, 192)

7) NC공작기계의 경우 1달에 5000만원어치의 작업을 해야 손익분기점에 다다른데 기계고장으로 1주일정도 서게 되면 목표치 달성에 차질이 있게 된다 (1995. 1월 19일 면담)

다. 보통 기계제품의 경우 제품이 생산되면 테스트 기간을 지나고 초도 생산에 들어가게 된다. 초도 생산시 5-10 단위의 제품을 시험적으로 만들어 보고 팔아 보기도 하여 제품을 안정화 하여 본격적으로 생산을 하게 된다. 통상 이 기간에 걸리는 시간은 6개월내지 1년이 소요된다. 그러나 기계제어 컴퓨터의 경우 테스트 기간(적어도 1년 소요)을 지나고 초도 생산이 시작되었을 때 5-10 판매로는 신뢰성을 확보하기에는 너무나 부족한 단위이다. 약 200대 정도의 판매가 초도 생산의 수준이다. 또한 소요되는 기간도 1년혹은 2년이 소요된다.⁸⁾ 통일중공업의 N부장은 공작기계제어컴퓨터의 개발은 성공했지만 이는 오직 반쪽의 목표달성일 뿐이었다. 국산 공작기계제어컴퓨터의 성공적 개발까지는 먼 길이 남아 있었다. 신뢰성을 확보하는 것이 개발하는 것보다 더 어렵기 때문이다 라고 술회하고 있다 (Ryoichi 1994).

이는 즉 새롭게 개발된 신제품이 시장을 확보하는 것에 어려움이 있음을 보여주는 것이다.

3. 3. 2 정보의 흐름

본 조사결과에 의하면 사용자-생산자간의 정보흐름 가운데 광범위한 사용자의 사용경험의 피드백이 제품의 신뢰성을 확보하는데 중요한데 이러한 정보는 기술적인 정보라기 보다는 사용자 환경에 대한 정보이다.

공작기계 제어 컴퓨터는 여러 가지 작업을 담당하는 선반, 머시닝센터에 부착되는 컴퓨터이므로 다양한 기종의 선반, 머시닝센터에 부착되어도 문제없이 가동될 수 있어야 하는데 이를 위해서는 안정적인 성능을 확보하는 것이 중요하다. 이는 공장내에서의 실험과 테스트로서는 한계가 있고 일정 수준⁹⁾ 이상의 판매가 이루어져야 한다.¹⁰⁾ 그 이유는 다음과 같다.

사용자들은 여러가지 예측하지 못하는 방법으로 키보드를 조작함으로써 에러가 발생하게 할 수도 있다. 또한 공작기계가 설치되어 있는 다양한 상황 예를 들면 공장내의 다른 기계의 진동에 따른 공작기계에의 영향, 기계안팎의 전선이나 스위치에 따른 전자기적 방해, 기타 노이즈 등의 상황에서 공작기계의

8) 인터뷰 94. 9.27- 11.11

9) 약 200대

10) 인터뷰 99.11.12

구동장치, 공작기계 제어컴퓨터의 하드웨어 부품이 영향을 받을 수 있고 이에 대해 공작기계 컴퓨터가 문제없이 작동하도록 제품을 개선하는 과정을 거쳐야 한다.¹¹⁾ 이러한 제반 측면을 판매전 단계에서 모두 테스트를 통해 개선하기는 불가능 하다.

따라서 판매량이 커질수록 더욱 신뢰성이 커지게 되는 것이다. 문제는 수입 제어컴퓨터의 경우는 수만대의 생산 및 판매의 경험을 바탕으로 신뢰성이 확보된 상태에 있기 때문에 외국 제품과 같은 수준의 신뢰성을 획득하기란 거의 불가능하다는데 문제가 있다.

한국 기업의 경우 신뢰성 확보단계에서 많은 어려움을 겪어야 했다. 예를 들면 통일중공업의 경우 1985년에 자체적으로 시험해서 성공했다고 판단한 제품이 89년까지 1500대가 판매되었는데 이들 제품이 여러 공작기계 사용자 환경에서 문제를 발생하여 결국 1990년에는 판매를 중단해야만 했다. 그래서 약 1년간 제품의 안정성을 위해 공작기계 사용자환경에서 문제 발생한 원인에 대한 정보를 수집하고 자체 시험장비를 보강함으로써 문제를 개선해 나갈 수 있게 되었다 (Ryoichi,1994). LG산전, 한국산전의 경우도 만들어진 제품을 시장확보를 통해 충분히 사용자환경에 대한 정보를 수집하고 개선하는 과정을 거치지 못했고 결국 상용화에 실패하게 되었다. 지난 95-99년까지 총 325억의 개발비 투입하여 국가 산학연 공동 프로젝트로 1999년말 개발이 완료된바 있다. 시험평가 결과 정도시험, 가공시험, 성능시험 등에서 기존 수입 공작기계 제어 컴퓨터와 동일한 성능인 것(Kim, 1999)으로 나타났으나 여전히 사용자 환경에서 약 200대 넘는 공작기계에서 시험을 해 보아야만 신뢰성을 입증할 수 있는 것으로 알려져 있다.¹²⁾

이러한 면은 공작기계 제어 컴퓨터가 소프트웨어와 같은 산업 특징을 갖고 있기 때문이라고 해석될 수 있다. 공작기계제어 컴퓨터의 핵심지식은 기계작동 과정을 제어하는 소프트웨어에 체화되어 있다는데 있기 때문이다. 소프트웨어 산산업은 사용자환경에서의 지속적 시험을 해보아야 한다 (Boehm 1988; Quintas 1993). 그러나 공작기계 제어 컴퓨터의 문제는 일반적 소프트웨어 산업의 경우 호환성 있는 컴퓨터 환경에서 소프트웨어만 판매하면 되지만 이 경우에는 컴퓨터 소프트웨어와 지원 하드웨어가 결합되어 있기 때문에 하드웨어

11) 인터뷰 95.4.11

12) NC 공작기계조립 인터뷰 2000.6.20.

(컴퓨터, 서보모터&모터드라이브, 스피들모터&모터드라이브)를 같이 판매해야 한다는 면에서 사용자환경에서의 시험기회가 다른 일반소프트웨어의 경우보다 더욱 제한되어 있다 하겠다.

3.3.3 지식기반

우선 공작기계 제어 컴퓨터의 핵심은 제어장치를 움직이는 시스템 메인 소프트웨어와, 구동장치 제어 소프트웨어, 회로기판 디자인 능력, ASIC 개발하거나 관련 사양을 주고 점검할 수 있는 능력 등을 포함한다. 이러한 능력을 이전 받을 수 있는 매체가 한정되어 있다. 일반적으로 조립 및 가공형 제품들은 디자인을 통해 지식이 이전되는 것이 가능하다.¹³⁾

이들 제품의 경우 분해하고 눈으로 봄으로써 디자인과 구조를 확인할 수 있다. 공작기계 컴퓨터의 경우는 ASIC, ROM(Read Only Memory), PLC(Programmable Logic Controller)로 구성된 소프트웨어와 회로로 구성되는데 소프트웨어의 경우는 역 엔지니어링이 불가능하고 일부 회로들 역시 역 엔지니어링 하는 것이 불가능하다.

기술licensing이 기술학습의 적절한 도구가 되지 못한다. 1994년 조사에 의하면 4개 공작기계 제어컴퓨터 메이커 가운데 3개 기업이 기술능력 축적하기 위한 주요 방법으로 간주하고 있지 않았다(Lim, 1997, 205). 이들 3개 기업은 기술 licensing이 공작기계 제어 컴퓨터 개발능력 습득위한 방법으로서의 유용성이 없는 것으로 답했다(Lim, 1997, 205). 기술licensing의 경우 소스코드¹⁴⁾, 생산 방법제공을 포함하는 바 국내 업체들은 소스코드의 디자인과 구조를 해석할 수가 없었다. 기계의 경우 기술을 licensing하면 설계 도면을 제공받는다. 기술 licensing받은 기종을 생산해나가다 이 기종의 설계도면을 약간씩 수정해 가면서 자체적으로 기계개발 기술을 습득해 나간다. 그러나 공작기계제어컴퓨터의 경우 소스코드의 변경을 통한 타 기종을 개발하기가 어렵다. 소스코드의 디자인과 구조를 해석할 능력이 없는 상태에서 이는 불가능하기 때문이다. 소스코

13) The design of a product is a secret that is hard to keep if the product is made available for purchase (and inspection) by all comers in an open market. Winter (1987, 172) [Winter, 1987 #412]

14) 기계의 경우 청사진 도면(blue print) 에 해당함

드를 변경하여 제품을 개발할 수 있다는 것은 공작기계 제어 컴퓨터 소프트웨어를 개발할 수 있는 능력을 갖추고 있는 것과 같다.¹⁵⁾ 따라서 외국으로부터 기술을 구입하는 것을 통한 기술축적이 어려운 것이다.

즉 이는 공작기계 제어 컴퓨터를 개발할 수 있기 위해서는 이의 핵심을 구성하는 소프트웨어는 자체적인 연구개발을 통해서 개발되어야 하고 외국 기업과의 협조는 연구개발과정을 통해서 문제가 된 부분에 대해 협조를 구하는 형태가 되어야 하는 것이다.¹⁶⁾

이러한 지식기반의 특징 때문에 기존의 기술도입, 역 엔지니어링 또는 도입된 자본재 등을 통한 제품, 생산공정에 대한 지식을 습득하기가 어렵다. 따라서 선진국으로부터 구입된 지식을 바탕으로 빠른 시일내의 지식 습득이 어렵고 연구개발을 통한 습득 과정이 중요하다.

이상의 논의를 공작기계산업과 대조하여 정리해 보면 아래와 같다.

〈표 1〉 공작기계와 공작기계제어컴퓨터산업의 차이

특징	공작기계산업	공작기계제어 컴퓨터산업
지식기반: 지식의 본질과 지식이전의 수단	· 지식의 본질은 암묵적이고 지역적. 지식 이전의 수단은 역 엔지니어링, 기술라이센싱. 제품을 개발하는 지식은 이수단을 통해 이전하는 것이 가능하다.	· 소프트웨어 디자인 지식은 소프트웨어 개발 및 회로기판 설계, ASIC 사양 제공하는 목시적 능력을 필요로 한다는 면에서 지식의 본질은 목시적. 지식이전 수단으로 역엔지니어링, 기술라이센싱은 불가능. 기술라이센싱으로 소스코드가 제공된다 하더라도 라이선싱 제공자만한 기술적인 능력을 갖고 있지 않는 한 디자인 변경을 하는 것이 불가능
시장형성	· 계층화된 시장구조 : 국내 기계메이커에 중저가 시장제공 · 제품 신뢰성 규모의 경제에 의존하지 않음	· 계층화된 시장구조 : 국내 공작기계 제어 컴퓨터 메이커에 중저가 시장제공 폭 좁음 · 제품 신뢰성 규모의 경제에 의존
사용자-생산자 간 정보흐름	· 제한된 흐름	· 제한된 흐름

자료: Lim (1997, 242)

15) 인터뷰(94.11.21) (Lim, 1997, 205)

16) 인터뷰(94.11.21) (Lim, 1997, 205)

IV. 결 론

이상에서 살펴본 공작기계용 컴퓨터의 경우 사용자-생산자간의 시장형성, 정보흐름, 지식기반의 특징은 국내 공작기계용 컴퓨터 메이커들이 기술축적을 제약하는 면이 있음을 알 수 있다.

이러한 측면은 기업의 연구개발전략 및 연구개발 정책측면에서 새로운 도전이 아닐 수 없다. 기업차원에서 이러한 공작기계 컴퓨터 개발에 진입할 때 연구개발 프로젝트의 기간이 길기 때문에 관리의 어려움이 예상된다. 국내 기업들은 대부분의 연구개발 프로젝트가 1년 남짓한 프로젝트가 대부분이기에 프로젝트 수행 부서에서 연구개발 성과를 가시화하여 긍정적인 평가를 받기가 어렵다. 더구나 전자부품류들은 연구개발 제품을 시험 테스트 받아 그 성능의 성패를 평가할 수 있는데 비해 공작기계 컴퓨터의 경우 연구개발 제품의 성능 테스트만으로 연구개발 제품의 성능성패를 알 수 없고 시장에서 판매해 나가면서 제품의 성능 신뢰성을 확보하는 점도 관리의 어려움을 제기하고 있다.

기계제어 컴퓨터 영역의 경우 자동차, 전자 등의 제조업 전진기로서로서의 한국의 위치를 보면 자동화 과정의 핵심을 담당하는 기술이라는 면에서 국가적으로 파급효과가 크고 그 중요성이 날로 커지는 기술이기 때문에 주요한 영역일 수 밖에 없다. 생산 자동화 관련 소프트웨어 기술은 미국 등의 선진국에서도 국가 중요기술로 규정해 놓는 기술이기도 하다(일본 과학 기술청, 1999). 그런 단순히 현재의 만족스럽지 못한 성과를 보고 정책적인 지원을 포기하는 것이 당연하다고 논하는 것은 바람직하지 않다고 보인다. 물론 이 산업에 대한 정책적인 지원에 대한 이슈는 보다 심층적인 분석이 있어야 할 것으로 사료된다.

본 공작기계 제어 컴퓨터의 경우는 국가적으로 파급효과가 큰 기술인 반면 개별 기업이 연구개발을 수행하기에는 위험이 크고 장기적인 투자를 요한다는 면에서 공공부문과의 공동 연구가 필요한 영역이라고 볼 수 있다. 우리나라에서는 1987년부터 NC조합을 결성하여 연구개발 프로젝트를 추진해 왔다. 그러나 이 조합을 중심으로 세워진 한국 산전의 경우 기술도입에 의존하는 전략을 추진하면서 성공적인 기술축적에 실패하고 말았다. 1995년부터 99년까지 약 4년에 걸친 연구개발 프로젝트가 완료되었다. 그러나 여전히 시장과의 상호작용 속에서 사용자의 feedback을 바탕으로 한 신뢰성 확보에 대한 정책 및 전략 방

안은 불투명한 상태이다.

본 공작기계 제어 컴퓨터 사례는 새로운 질문을 던진다. 공작기계 제어 컴퓨터는 자동화와 관련된 범용성 있는 지식 집약적 IT 부품이라고 할 수 있다. 정보화가 진전되면서 이와 같은 범용성 있는 지식 집약적 IT 부품, 즉 소프트웨어와 ASIC등의 하드웨어가 결합되어 있는 제품은 더욱 많이 출현할 것이고 이 분야에 있어서의 기술추격을 위한 기술개발, 기술소화흡수 프로젝트는 이와 비슷한 문제에 직면할 것이다. 이러한 분야에서의 기술추격 모델, 기술추격을 위한 전략 및 정책 방향 모델에 대한 연구가 요망된다.

참 고 문 헌

1. Boehm, B. W. (1988). A spiral model of software development and enhancement. IEEE computer(May): 61-72.
2. Carlsson, B. (1992). Technological systems and economic development potential:four Swedish case studies. .
3. Carlsson, B. and S. Jacobsson (1992). Technological systems and economic policy: the diffusion of factory automation in Sweden. .
4. Dalum, B., M. Holmen, et al. (1999). The formation of knowledge based clusters in North Jutland and Western Sweden. DRUID conference on national innovation systems, industrial dynamics.
5. Debresson, C. (1997). Economic Interdependence and Innovative Activity: an input-output analysis, Edward Elgar Publishers.
6. Debresson, C. (1999). Interindustry and Interfirm Linkages within National Innovation Systems. DRUID summer conference on National Innovation Systems and
7. Industrial Dynamics, Rebild Denmark.
8. Drejer, I. (1999). Comparing Patterns of Industrial Interdependence in national systems of innovation. DRUID summer conference on National Innovation Systems and Industrial Dynamics, Rebild.
9. Edquist, C. and B. Johnson (1997). Institutions and organizations in systems of innovation. Systems of Innovation. C. Edquist. London, Pinter.
10. Hirota, Y. (1990). Machine tool manufacturing industry in the developing period in Japan and Taiwan. International comparison of technological formation-social capability of industrialization. T. Nakaoka. Tokyo, Chikuma shobo: 140-175.
11. Jacobsson, S. (1993). The length of the infant industry period-evidence from the engineering industry in South-Korea. World Development 21(3): 407-419.

12. Kim, I. (1999). The Development of the Numerical Controller. memo
13. Lagendijk, A. and D. Charles (1999). Clustering as a new growth strategy for regional economies? a discussion of new forms of regional industrial policy in the United Kingdom. Boosting Innovation: the cluster approach, OECD.
14. Lundgren, A. (1991). Technological Innovation and Industrial Evolution, Stockholm School of Economics: 219.
15. Lundvall, B. (1985). Product innovation and user-producer interaction. Aalborg, Aalborg University Press.
16. Lundvall, B. (1992). National Systems of Innovation. London and New York, Pinter publisher.
17. Malerba, F. and S. Breschi (1995). Sectoral Innovation Systems : technological regimes, Schumpeterian dynamics and spatial boundaries.
18. McCormick, D. (1999). African enterprise clusters and industrialization : theory and reality. World Development 27(9).
19. Ministry of Science and Technology (1999), White Paper on Science and Technology , Ministry of Science and Technology, Tokyo.
20. Morgan, K. (1995). The learning region: institutions, innovation and regional renewal. Regional Studies 315: 491-503.
21. Nakaoka, T. (1987). On technological leaps of Japan as a developing country. Osaka city university economic journal(22): 1-25.
22. Nelson, R. (1992). National innovation systems : a retrospective on a study. Industrial and Corporate Change 1(2): 347-374.
23. OECD (1999). Boosting innovation : the cluster approach. Porter, M. E. (1997). Knowledge-based Clusters and National Competitive Advantage.
24. Quintas, P. (1993). A product-process model of innovation in software development. .
25. Rabellotti, R. (1999). Recovery of a Mexican cluster: devaluation bonanza or collective efficiency? World Development 27(9).
26. Ryoichi, N. (1994). Risking life on credibility. Seil(summer). Sawai, M. (1987). Chapter 9, Multi-layered development of machine tool industry:

- with a focus on the 1920s. Japanese Industrialisation and Technological Progress. R. Minami and Y. Kiyokawa. Tokyo, Toyo Keizai Shinpo-sa.
27. Schmitz, H. (1995). Small Shoemakers and Fordist Giants:Tales of a Supercluster. World Development **23**(1): 9-28.
 28. von Hippel, E. (1977). The dominant role of the user in semiconductor and electronic subassembly process innovation. IEEE Transactions on Engineering Management **EM-24**(2): 60-71.
 29. von Hippel, E. (1978). A customer-active paradigm for industrial product idea generation. Research Policy **7**: 240-266.
 30. Yoon, J. (1999). The technological trend of CNC machine tool. Jijeok Jaesan **21**(55).