

메카트로닉스산업의 PC 융합 촉진을 위한 기술정책 방향
Policy Directions for Boosting Fusion of PC in the Mechatronics Industry:

李 工 來

(과학기술정책연구원 연구위원)

<목 차>

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| I. 서론 | IV. PC 융합 촉진을 위한 기술정책 방향 |
| II. PC 융합에 의한 새로운
기술혁신 패러다임 | V. 결론 |
| III. PC 융합에 의한 기술혁신의 파급효과 | |

<Abstract>

Since computerized numerical controller (CNC) emerged as a result of the fusion of the electronics technology and the mechanical technology, there has been continuous evolution of CNC technology in the mechatronics industry. The industry is recently developing a new control system based on the fusion of personal computer (PC) and CNC. Upgraded PC has now integrated into CNC, making various machines possible to exchange data, software and hardware, and to greatly improve man-machine interface. The fusion of PC and CNC can form a new paradigm in technological innovation of not only control system but also whole machinery industry in near the future.

Korea lagged behind the developed countries in the development of open control system with the fusion of PC. Turbo-tek, Hyundai Motor and Daewoo are leading companies, but their commercial possibility seems to be low because domestic market is too small to reap a commercial benefit. Nevertheless, the development of the system is an essential step for Korea to embark on a future technological paradigm of the machinery industry. The government needs to play some role for the development, for instance, government R&D projects, institutional building and training of related technicians.

Key words: CNC, mechatronics industry, fusion of personal computer (PC), open control system

I. 서론

제조업의 생산시스템이 60년대에 더 많이, 70년대에 더 싸게, 80년대에 더 좋게, 그리고 90년대에 더 빠리라는 양상을 띄고 변화되고 있다. 제조업에 종사하고 있는 기업들은 이러한 생산환경의 변화에 적응하기 위해서 다양한 생산자동화 시스템을 현장에 적용하여 왔다. 최근에는 소품종 대량생산 또는 다품종 소량생산으로 구분할 수 없는 변종변량이라는 새로운 생산시스템이 등장하면서, 메카트로닉스산업의 기술혁신 양상도 정보통신기술을 채용하는 등 새로운 변화가 일어나고 있다.

이러한 현상은 생산 자동화에 대한 관심이 종전에는 특정 장치나 기계 그리고 물류 등에 집중되던 것이 생산시스템의 호환성, 개방성, 그리고 정보기술의 표준을 구현하는 방향으로 전환되고 있다. 메카트로닉스산업에 종사하는 기업들은 제조업 생산환경의 변화에 대응하기 위하여 새로운 시도를 하고 있는데 그 중에서 가장 두드러진 것이 CNC 장치와 관련 공작기계의 혁신이다.

CNC 장치는 1952년 미국 MIT의 서보기구연구소에서 개발된 이후, 메카트로닉스 기술의 발전과 더불어 기계가공을 중심으로 하는 생산시스템을 크게 변화시켰다. CNC 관련 기술은 무인화 및 고도의 대화성과 시스템 통합을 지향하면서 DNC, FMC, FMS로 발전해 왔다. 또한 기계가공이 고속화, 고 정밀화, 가공형상의 복잡화를 지향하게 되면서 타 시스템과의 통합이 요구되자 CNC 장치에 PC 기능을 융합하는 시도가 일어나기 시작했다.

PC 융합이 가져오는 가장 큰 기술적인 변화는 생산시스템의 개방화이다. 개방화는 생산시스템의 구성요소를 모듈화하고, 모듈간의 접합과 하부구조를 표준화하여 특정 목적에 맞는 시스템을 개발하는 방향으로 전개되고 있다. 개방형 생산시스템은 먼저 통신 네트워크를 통해 장비들을 상호 연결하고, 다음으로 PC 융합에 따라 개방형 구조를 갖는 제어장치를 장착한 후 최종적으로 개방형 네트워크를 기반으로 하여 전체 시스템을 통합하는 경향이다.

이런 PC 기능의 융합으로 메카트로닉스산업은 기존의 기술혁신 패러다임이 근본적으로 변화되는 새로운 변화를 겪고 있다. PC에서 활용되던 각종 기능이 접합되면서 기존의 공작기계는 과거와는 전혀 새로운 모습으로 변모하고 있다. 이 같은 기술혁신은 산업 전반에 엄청난 변화를 몰고 올 것으로 예상된다.

이 글은 PC 융합에 의한 제어시스템의 기술혁신 추세를 살펴보고 그것이 관련 기업에 미치는 효과를 서술한 다음 우리의 정책 추진방향을 제시할 목적으로 업계 구조의 발전방향, 정부연구개발사업의 전개방향, 관련 기술인력의 보호 및 양성 측면을 논의하고자 한다.

II. PC 융합에 의한 새로운 기술혁신 패러다임

1. PC 융합 CNC의 구조와 특징

PC 융합 CNC의 기본구조를 이해하기 위해서 일본 국제로봇자동화센터의¹⁾ 워킹그룹이 제시한 참조모델을 중심으로 살펴보기로 하자. 이에 따르면 PC 융합 CNC는 외부와의 인터페이스, 기능구성, 제어 아키텍처 등 3가지 관점에서 정의할 수 있다. 먼저 외부와의 인터페이스는 <그림 1>과 같이 여덟 개 부분으로 구분된다.

첫째는 CAD이나 CAM 시스템과의 인터페이스이다. 설계자의 의도대로 설계된 도면이 정보로 처리되어 CNC 제어장치에 전달되는 부분으로서 CAD/CAM 이후의 과정을 실행하는 부분이다 (그림1의 ①). 다음으로는 상위 제어부와의 인터페이스이다. 공장 전체를 통제하는 중앙통제실이라든가 셀 단위 제어장치 이상의 통제시스템을 연결하여 중앙통제실에서 명령하는 작업을 실행하는데 관련되는 인터페이스 부분이다 (그림 1의 ②).

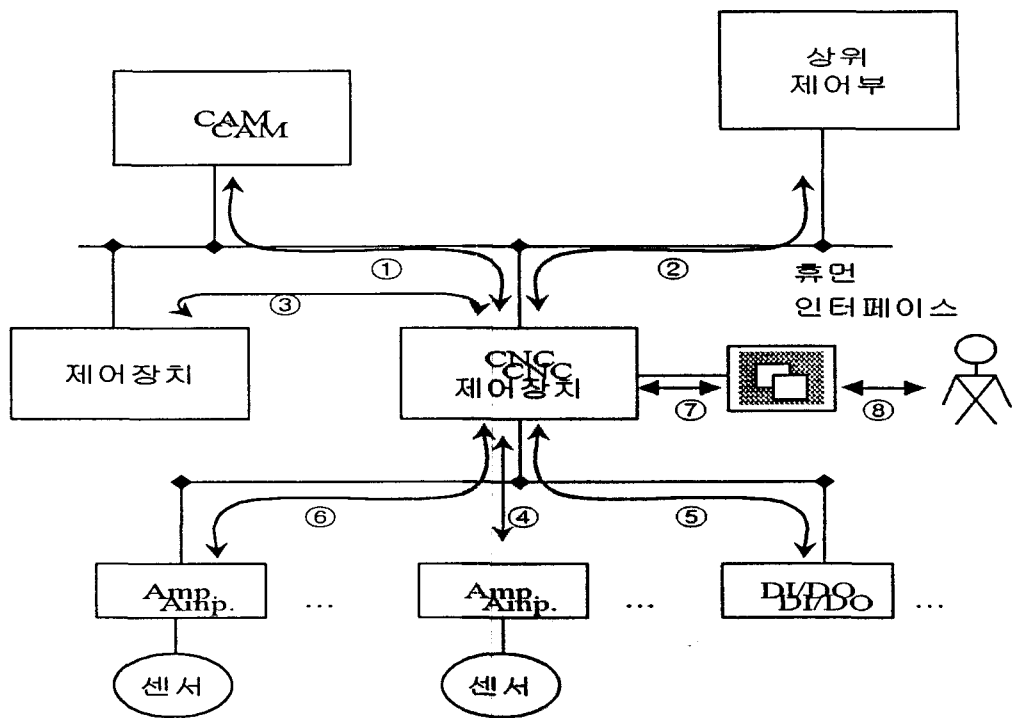
셋째는 동일 수준의 타 제어장치와의 인터페이스이다. 단위 셀을 구성하는 로봇 제어장치, 동일한 작업을 수행하는 타 공작기계 제어장치 등 다른 제어장치와 연결하여 셀 간의 생산정보를 교환하고 체계적으로 작업을 진행하도록 하는 부분이다 (그림 1의 ③).

넷째는 서보 액추에이터와의 인터페이스이다. 이 부분은 동력과 동력 전달을 제어함으로써 결과적으로 기계작동을 제어하는 서보 증폭기와 서보 모터와의 인터페이스를 나타낸다 (그림 1의 ④). 이와 함께 각종 정보의 입출력을 실행하는 부분과의 인터페이스가 있다. 기계가공을 위한 정보 혹은 가공중인 작업에 관한 정보를 입력하고 출력하는 부분으로서 주로 PLC와의 인터페이스 부분을 나타낸다 (그림 1의 ⑤).

여섯째는 센서와의 인터페이스이다. 센서 기능을 이용하여 서보 모터, 액추에이터, PLC 등과 피드백을 통해서 사용자가 지시하는 다양한 작업을 정밀하고도 정확하게 실행하는 부분이다 (그림 1의 ⑥).

마지막으로 사용자가 조작하는 조작반과 CNC 제어장치와의 인터페이스 (그림 1의 ⑦)와 각종 정보의 출력 및 입력을 실행하고 조작반을 관찰하면서 기계를 조작하는 사용자와의 인터페이스가 있다 (그림 1의 ⑧). 조작반은 표시장치로서 사용자가 관찰하면서 직접 조작을 할 수 있도록 한 일종의 모니터이다.

1) International Robotics and Factory Automation Center.



자료원: 김선호 외 (1997).

<그림 1> PC 융합 제어시스템의 외부환경 및 인터페이스

이상과 같은 구조를 갖는 PC 융합 CNC는 기존 개념의 CNC를 훨씬 뛰어 넘어 혁신된 제어시스템이다. 이 시스템이 갖는 가장 큰 특징은 개방성이 대폭 향상되었다는 점이다. PC 융합 CNC는 하드웨어 부품 및 소프트웨어 부품까지 교환이 가능할 정도로 개방성이 향상되고 있다.

개방성의 향상 이외에도 모니터링 기능이 강화된 점도 PC 융합 CNC의 특징의 하나로 지적된다. 그래픽 모니터링 기능을 통하여 3차원 가공 시뮬레이션 기능을 구현하고, 가공 전에 미리 가공 부위의 불량 요인을 미리 제거함으로써 실시간으로 가공 상황을 파악하게 된다. 모니터링 기능의 강화로 그래픽 인터페이스도 크게 확장된 것도 특징이다. 과거에는 그래픽을 실행하는데 제한이 많았으나 PC 기능이 융합된 이후 다양한 그래픽 표현이 이뤄지고 있다.

PC 기능의 융합으로 공작기계의 고속 가공 및 고 정밀 제어도 한층 더 향상되고 있다. 엔지니어들은 PC 기능을 활용할 경우 고속 가공 시 최소한의 형상오차와 장비의 최대가공 속도를 동시에 만족시킬 수 있는 고속, 고정도 윤곽제어가 가능하다고 한다.

한편, PC 융합 CNC는 표준화를 급속하게 진전시키는 경향을 띄고 있다. 외부

데이터, 오픈 프로토콜을 이용한 인터페이스, 네트워크 인터페이스, 플랫폼, 운용 패널 등의 표준화와 함께 소프트웨어의 모듈화가 크게 진전되고 있다는 점이 또 하나의 특징으로 부각된다 (서석환, 2000). 표준화의 진전은 CNC의 개방성을 더욱 촉발시키는 영향을 미치고 있다.

끝으로 PC 기능의 융합으로 공작기계 디자인이 혁신되고 있다는 점도 두드러진 특징이다. PC 융합 이후 공작기계의 구조나 색상 등 디자인이 가전제품 못지 않게 화려해지고 세련되어지고 있다.

2. PC 융합 CNC 출현의 배경

90년대에 윈도우 운영체제를 채용한 개인용 컴퓨터가 등장하면서 CNC에 급속한 변화가 일어나기 시작했다. 윈도우 환경의 PC 특성을 보유한 제어시스템의 등장 이 그것이다. PC 특성이 융합된 제어시스템은 PC의 특성인 크기 조절, 높은 모듈화 가능성, 확장성, 휴대성 등을 기존 CNC에 부가하였다. 이는 기존 CNC와는 기본적으로 궤를 달리하는 새로운 기술혁신 패러다임의 출현으로 이해된다. PC 기술을 융합한 제어시스템이 출현하게 된 배경을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 수요자가 다양화를 요구하고 있을 뿐만 아니라 인터넷을 비롯, 정보화가 급속하게 전개되는 추세를 반영한다. PC 융합 CNC의 출현은 이러한 수요자의 요구를 공작기계 제작업체가 신속하게 대응하고 있음을 나타낸다. 수요자의 니즈가 다양화하고 있다는 것은 시장 환경이 변화하고 있다는 것을 의미하는 것이므로 이에 대응하기 위해서는 기계가 유연하고도 높은 적응능력을 가져야 하는데 PC 기술을 융합한 CNC는 이에 대한 기술적 대응이라고 볼 수 있다.

둘째, 시스템 통합화의 추세를 반영하는 것이다. 생산시스템의 효율성을 높이기 위해서는 생산장비의 네트워킹을 통한 시스템 통합, CAD/CAM 시스템과 데이터 교환에 의한 시스템 통합이 요구되고 있다. PC 융합 CNC를 장착한 공작기계의 출현은 이러한 기능적 통합을 실현하기 위한 준비로 보여진다.

셋째, PC 융합 CNC는 공작기계의 고 기능화에 대한 수요자의 기대에 부응하기 위하여 출현하였다. 고 능률, 고정밀도를 갖는 시스템을 개발하기 위해서는 센서 피드백 등의 지적 기능이 필요한데 이것은 우리 주위에서 흔히 접할 수 있는 PC 기능을 응용하여 실현이 가능하다. 이미 로봇기술이 폭 넓게 응용되고 있는 상황에서 유사한 가공작업을 수행하는 공작기계에 PC기술을 융합하여 지능화를 발전시킨 것이 PC 융합 CNC이다.

마지막으로는 PC 융합 CNC는 급속히 발전하는 정보처리기술을 응용하여 활용된 것이다. 정보처리시스템은 PC를 중심으로 급속도로 발전하고 있으므로 CNC도 이러한 기술을 효과적으로 활용할 수 있게 되었다. PC가 보유하고 있는 정보저장 및 가공, 통신, 영상 등의 기능이 기계설비에 접목될 수만 있다면, 이는 수요자를 매료시키기에 충분하기 때문에 공작기계 제작업체가 PC 기술을 응용한 것이다.

3. 향후 PC 융합의 전개 방향

세계 각국의 기계 제조업체는 좀 더 값싸고 본래의 기능을 상실하지 않는 PC 융합 CNC의 개발을 시도하고 있다. 업체마다 자사의 기술지식 기반을 바탕으로 수요자의 호평을 받을 수 있는 PC 융합 CNC를 개발하기 위하여 총력을 기울이고 있다.

지금까지 나타난 PC 융합 CNC의 개발 방향은 대체로 NC의 장점과 PC의 장점을 최대한으로 살리고 이것을 가능한 한 선반이나 머시닝센터 등의 범용 공작기계뿐만 아니라 섬유기계, 자수기, 워터젯 절단기, 목공기, 가스 절단기, 레이저 가공기, 물류시스템, 다관절 로봇, 반도체 장비 등의 다양한 전용 기계설비에 적용하는 방향으로 이루어지고 있다.

PC 융합 CNC가 기본적으로 개방성 제고에 최대의 기술목표를 두고 있으므로 앞으로 필요한 기능은 계속적으로 개선되어 기존 시스템에 이식될 것으로 예상된다. PC 융합의 방향은 대체로 기존 CNC에 기반을 두고 발전하는 축과 PC를 중심으로 발전해 나가는 한 축, 그리고 소프트웨어를 중심으로 발전해 나가는 한 축 등 세 가지 방향으로 전개될 것으로 예상되는데, 각 각의 기술혁신 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 기존 CNC에 기반을 두고 PC 기능을 융합하는 방식은 다양한 PC 소프트웨어를 사용하기 위하여 CNC에 PC 슬롯을 끼우고 PC 전용 하드웨어를 추가하여 사용할 수 있도록 하는 제어시스템이다. 즉, 기존의 CNC에 모뎀이나, 영상처리보드 및 사운드 카드 등을 내장한 PC 하드웨어를 PC 버스로 연결하여 PC 기능을 융합하는 것이다. 이 때문에 CNC를 기반으로 한 PC 융합 제어시스템을 "PC 내장형 CNC" 라고도 불린다 (김선호, 1999).

CNC에 기반을 둔 PC 융합은 기존의 신뢰성 있는 CNC를 바탕으로 하면서 개방형 소프트웨어 구조를 갖고, MMI (man machine interface) 부분을 PC가 담당하기 때문에 자동화 시스템과 연결이 용이한 이점을 지니고 있다. 일본의 화낙사가

이 시스템을 채택하고 있는 대표적인 업체이다.

둘째, PC 기반 CNC 융합은 PC의 슬롯에 CNC 기능을 갖는 보드를 설치하는 형식이다. 여기서 CNC 기능이란 DAC (digital-to-analog converter), 보간(interpolator), PLC (programmable logic control), 운동제어 등을 말한다. MMI는 IBM 컴퓨터와 호환성을 갖는 PC가 담당하게 되는데 CNC와의 고속 통신을 위해서 PC 내에 이중 기억장치 (dual port memory)를 장착하기도 한다.

이 형식은 공작기계보다는 작업환경이 비교적 양호한 작업환경에서 사용하기 쉬운 것으로 알려지고 있으나 가격이 NC 기반형이나 소프트웨어 기반형 제어시스템에 비해 더 비싸지는 단점을 가진다. Siemens사, Mitsubishi사 등이 이 구조를 선택하여 개발하고 있으며, 주로 반도체 장비, 물류 반송장비, 자동화 식품장비 등 전용기계류에 많이 적용하고 있다. 우리 나라 현대자동차가 개발한 HiTROL-M100 모델이 이 형식을 따르고 있는 것으로 알려지고 있다.

셋째, 소프트웨어만을 이용하는 PC 융합은 MMI는 NT가 말고, NCK (numerical control kernel), PLC 등은 실시간 운용시스템이 담당하도록 하는 제어 시스템이다. 우리 나라 CNC 전문 공급업체인 터보테크의 HX 시리즈가 이 방식을 선택하고 있다 (터보테크, 1999).

HX 시리즈는 고성능 하드웨어 위에 한 단계 발전된 소프트웨어 기반 CNC라고 볼 수 있는데, 소프트웨어 아키텍처에 의해서 그 성능 및 기능이 다양하게 이루어져 있다. 터보테크의 HX 시리즈는 기본적으로 모듈로 구성되어 있기 때문에 현재 있는 기능에 새로운 기능을 이식하는 일은 그 인터페이스 사양만 만족하면 어떤 기능의 모듈이라도 이식이 가능한 것으로 알려지고 있다 (김주한, 1999).

PC 융합은 이상에서 설명한 세 가지 방향으로 대략 이루어지고 있으나 CNC의 구조를 들여다보면 업체별로 훨씬 더 다양한 기술혁신이 일어나고 있음을 발견할 수 있다. 일본의 Toshiba사는 MMI 부분의 개방화를 위해 시판 공구의 이용 및 적용이 가능한 시스템을 개발하는 등 PC 융합을 통한 신 기능의 추가와 기존 기능의 향상이 폭 넓게 이루어지고 있다.

III. PC 융합에 의한 기술혁신의 예상 파급효과

PC 융합을 통한 메카트로닉스 기술의 혁신은 이제까지의 발전 패턴과는 다른 새로운 패러다임이 형성되고 있다. 이 변화는 컴퓨터와 정보통신기술이 융합하여 형성하는 정보화 물결과 무관하지가 않다. PC 융합 기술혁신 패러다임은 머지 않아

메카트로닉스산업에 적지 않은 영향을 미칠 것으로 예상된다. PC 융합이 CNC 전문 공급업체, 사용자 및 시장에 미치는 효과를 간략하게 살펴보기로 한다.

1. CNC 전문 공급업체에 미치는 효과

PC 융합 CNC가 갖는 특성을 고려할 때 NC 메이커 측면에서 보면, PC가 가지고 있는 개방성이 확장됨으로서 기계에서 CNC의 중요성이 더욱 강화될 것이다. CNC는 선반이나 머시닝센터에서 이미 생산비의 40-50%를 차지할 정도로 중요한 위치를 차지하고 있다. PC 융합으로 이 비중은 더욱 더 향상될 것이며, PC 기능을 갖는 기계가 과연 전통적인 개념에서의 기계산업인가에 대해서 의문을 갖게 될 것이다. 이 현상은 정보통신 기술의 융합이 강화될수록 더 심화될 것이다.

한편, 기술적인 측면에서는 PC가 가진 풍부한 소프트웨어를 활용함으로써 MMI의 개발이 용이해지고 개발기간도 크게 단축될 것이다. PC 혁신에 따라 CNC의 성능 향상도 뒤따르게 될 것이다. 이렇게 되면 CNC의 수명도 단축될 것이고 새로운 모델이 자연스럽게 창출될 것이다. 또한 PC 융합이 전개되면서 CNC가 각종 전용 공작기계에 폭 넓게 응용될 것으로 예상된다. 따라서 업체는 연구개발에 많은 투자를 하지 않을 수 없게 되어 자금 운용측면에서 상당한 부담으로 작용할 것이다.

동시에 CNC산업에 참여하는 업체가 지금까지는 공작기계 혹은 전자산업에 한정되었으나 앞으로는 S/W업체, 정보업체, 통신업체 등 다양해질 것이다. CNC 기술의 가치가 많아진다는 것은 그만큼 경쟁도 치열해진다는 것을 의미하게 된다. 경쟁이 치열해지면 PC 융합 능력을 확보하지 못하는 업체는 도태될 것이나, 충분한 기술력을 확보한 CNC 공급자는 멀티 벤더로의 대응도 용이해지고 보다 더 탄탄한 이윤 기반을 구축할 수 있을 것이다.

2. 조립업체에 미치는 효과

완성 공작기계를 조립하는 조립업체 측면에서는 작업 목적에 맞게 하드웨어와 소프트웨어의 자유로운 선택이 가능해지고, 사용자가 자기의 필요한 상황에 따라 주문하여 조달할 수 있는 장점이 있다. 특히, 원격 진단시스템, 생산관리, 품질관리 등의 적용이 쉬워지며 소프트웨어의 이식성이 높아져 기계설비의 다 기능화와 고성

능화가 용이해지는 장점을 기대할 수 있다.

PC 융합 CNC의 출현으로 기계의 다 기능화 및 고성능화가 실현될 수 있겠으나 이것이 비용 측면에서 주는 부담을 피할 수 없다. 이에 따라 기계 조립업체간에 치열한 경쟁이 예상된다. 따라서 조립업체는 기존 생산시스템에서 생산성을 꾸준히 향상하고 다른 한편으로는 저렴한 PC 융합 CNC를 조달하기 위한 기술적·제도적 노력을 병행해야 하는 과제를 갖게 된다.

기계 조립업체나 CNC 공급업체 모두는 최종 사용업체들로부터 과거보다 훨씬 더 까다로운 기술적 요구를 받을 것이다. 앞으로 PC 융합은 범용 공작기계뿐만 아니라 과거보다도 훨씬 더 다양한 기술문제에 직면할 것이다. 최종 사용자로부터의 기술적 요구는 기술혁신이 왕성하게 일어날 것이라는 예상을 할 수 있으나 조립업체로서는 단기적으로 이윤창출을 기대하기 어려운 연구개발 투자를 확대해야 하는 어려움을 갖게 된다.

3. 시장경쟁에 미치는 효과

90년대 초반부터 논의되어 온 PC 융합 CNC는 90년대 중반에 등장하였으나 전통적인 CNC와 PC 기능이 융합된 CNC의 시장 점유에 대한 예측은 분분하다. 일부 전문가는 PC 융합 제어시스템에 관하여 회의적인 반응을 보이고 있으나, 일부는 매우 낙관적인 전망을 하고 있다. PC 융합 CNC에 관한 시장의 반응은 아직까지 예측하기 힘든 상황이다.

최근에 나타난 확실한 사실의 하나는 개방형 CNC가 지속적으로 발전되고 있다는 점이다. 그리고 PC 융합 CNC가 갖고 있는 최대 단점인 가격적인 부담이 빠르게 개선되고 있고 최종 소비자의 보수성도 점점 변화고 있다. 무엇보다도 전통적인 CNC를 대체할 수 있는 차세대 CNC가 PC 융합 CNC라는 데에 의견을 같이 하고 있다 (이철수 외, 1999).

이로 미루어 볼 때 Fanuc사가 공급하고 있는 CNC는 머지 않아 그 비중이 점차 감소할 것으로 예상된다. Fanuc사의 시장 점유율 감소분은 새로운 모델의 PC 융합 CNC를 값싸게 제작하고 시장에 내놓는 업체에 돌아갈 것이다. 21세기에 Fanuc사의 지위를 차지하기 위하여 세계의 기계업체들은 기술혁신을 가속하고 있다.

IV. PC 융합 촉진을 위한 기술정책의 방향

1. PC 융합연구 촉진의 필요성

새로운 기술혁신 패러다임이 전개되고 있는 환경 속에서 우리 나라는 과연 어떠한 대응전략을 선택해야 할까? 지금까지 해왔던 것처럼 일본 업체가 개발한 제어시스템을 수입하고 이를 조립해서 외국에 완성 공작기계를 수출하는 전략을 지속해야 하는지? 아니면 모험을 감수하면서 세계시장을 향하여 우리의 독자적인 제어시스템 모델을 개발해야 하는 것인지?

필자는 우리 나라 메카트로닉스산업이 독자모델의 PC 융합 CNC를 개발하는 것만이 세계 시장에서 살아남는 길이라는 것을 주장하면서 그 이유를 다음과 같이 제시하고자 한다.

첫째, 다분야 기술의 융합에 의한 기술혁신 패러다임의 변화에 능동적으로 대응하기 위해서 PC 융합 CNC 연구개발사업의 추진이 필요하다. 정보통신 기술 발전 또는 인터넷의 확산에서 보여지듯이, 기술 패러다임이 종래의 아날로그 및 폐쇄형에서 디지털화와 개방화로 급속하게 변화하고 있고, 이들 신기술이 다른 분야의 기술과 융합하는 추세가 더욱 심화되고 있다. 이런 기술융합 추세에 효과적으로 대응하기 위해서 PC 융합 CNC의 개발이 필요하다.

둘째, PC 융합 CNC 개발을 통해서 기술혁신 패러다임의 변화를 최대한 활용하여, 산업기술 분야에서 가장 근간이 되나 가장 취약했던 자본재 분야의 국내 기술력을 일거에 세계적인 수준으로 끌어올릴 수 있다. 우리 나라의 통신산업을 세계적인 수준으로 끌어올리는 계기가 되었던 TDX 및 CDMA 프로젝트 추진 사례와 같이 PC 융합 CNC의 개발을 통하여 관련 기술을 축적하고 이를 자본재 분야에 폭넓게 적용해서, 우리 나라 메카트로닉스산업의 기술력을 획기적으로 제고할 수 있다는 데에 큰 의의를 찾을 수 있다.

셋째, 한 나라의 특정산업이 세계시장을 석권하기 위해서는 기술혁신을 통한 신기술 패러다임 창출이 반드시 필요한데 우리 메카트로닉스산업에게는 PC 융합이라는 새로운 패러다임의 등장이 절호의 기회가 될 수 있다. 일본 기계산업이 세계 시장을 석권한 것도 NC장치의 상업화를 통한 전자기술과 기계기술이 융합한 '메카트로닉스'라 불리는 새로운 패러다임을 창출했기 때문이다. 그런데 일본이 창출한 이 패러다임은 불과 반세기 만에 수명을 다해 가고 있다. 다행히 PC 융합 패러다임은 지금 선진국이 앞다투어 개발하려고 노력하는 중에 있기 때문에 어느 국가도 성공했다고 확신하지 못하고 있다.

그런 반면에 우리 나라는 세계 최강의 PC 관련 산업을 보유하고 있고, 공작기계 관련 업체의 잠재능력이 신기술 패러다임을 창출할 수 있는 수준에 도달해 있다. 더구나 새로운 기술 패러다임은 다분야 기술융합을 필수적으로 요구하고 있는데, 우리 나라는 통신기술, 소프트웨어기술, 정보기술 등 관련 기술분야의 기술수준이 선진국에 비해 결코 손색이 없다. 다만 이들 기술들을 융합하여 새로운 제품을 창출하는 데 필요한 조직 능력, 공동연구팀 운용능력, 관련 기술인력의 관리, 연구자간의 신뢰감 등에 있어서 부족한 것이 흠이다.

넷째, PC 융합 CNC 개발은 국내 자본재산업에 활력소가 될 수가 있고 또 이 사업이 성공할 경우 우리 업체들이 세계강국이 될 수 있다는 자신감을 불어넣을 수 있다. 세계 시장에서의 상업화에 성공하기 위해서는 앞으로 해외의 사용자들에게 신뢰감을 얻음과 동시에 관련 기술축적이 지속적으로 일어나야 하는데 연구개발사업 추진 없이는 이것이 불가능하다.

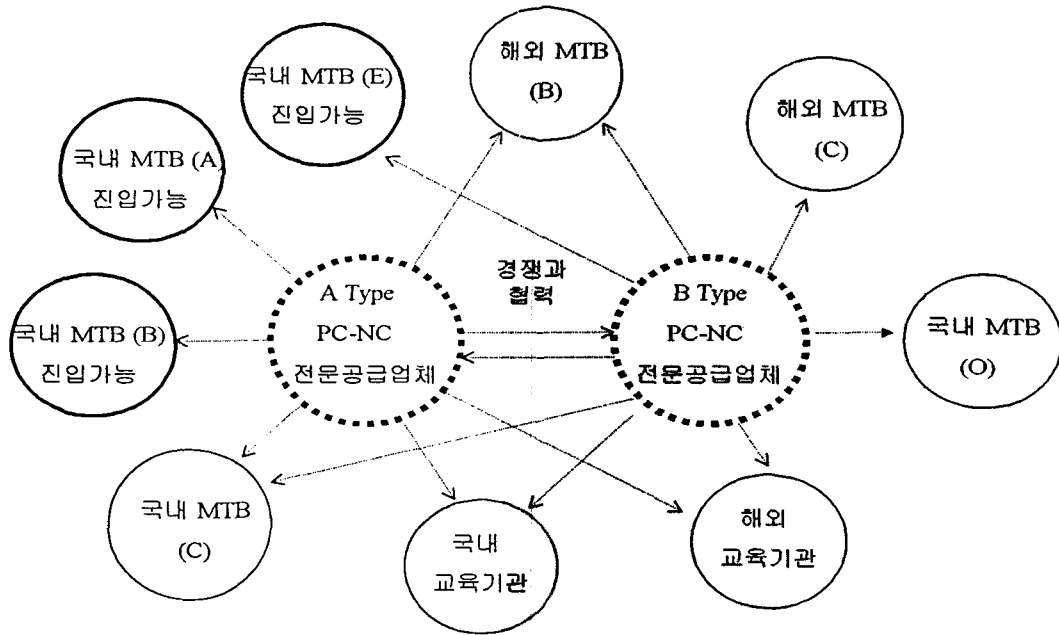
마지막으로 국내 경기가 회복되면서 기업의 설비투자가 크게 증가하고 있고 아울러 대일 무역적자 폭도 크게 확대될 것으로 예상되는 바 이에 대한 대비책의 일환으로 PC 융합사업의 추진이 필요하다. 지금까지 PC 융합은 공작기계 일부에 국한되었지만 앞으로는 거의 모든 기계에 응용될 것으로 예상되기 때문에 이것을 과거와 같이 계속 수입하여 조달할 경우 우리의 대일 무역역조는 향후 수십 년 동안 회복하기 어려운 지경에 이를 것이다.

2. 전문 공급업체의 육성 방향

우리 나라에서는 터보테크, 대우중공업, 현대자동차, 위아(주) 등 공작기계 조립업체가 독자적으로 PC 융합 제어시스템의 개발을 추진해 오고 있다. 이들 중 터보테크, 대우중공업 및 현대자동차가 상당한 기술력을 축적하고 PC 융합 CNC를 개발하고 있다. 동시에 7개 업체가 참여하고 있는 NC 연구개발조합이 공동으로 “수치제어장치 개발” 프로젝트의 일환으로 개방형 CNC를 개발한 바 있다. 그러나 이들 중 어느 업체도 PC 융합 CNC의 상업화를 성공시키지 못하고 있다.

앞으로 국내업체가 PC 융합 CNC의 상업화에 성공하기 위해서는 1~2개 업체가 시장에서 주도권을 잡고 전문 공급업체로 성장해야 할 것이다. 국내 MTB (공작기계 조립업체)가 PC 융합 CNC 공급업체로 발전할 수도 있겠으나 같은 MTB끼리는 경쟁하는 사이이기 때문에 경쟁업체의 제품을 구매할 가능성이 희박하다. 따라서 국내 MTB는 PC 융합 CNC를 공급할 수 있는 능력을 보유하고 있다 하더라도

도 MTB로 남아 있고 제3의 업체가 전문 공급업체로 부상하여 기술혁신을 지속하는 것이 바람직하다.



<그림 2> 미래의 바람직한 PC 융합 CNC 업계 구조

전문 공급업체의 발전은 기본적으로 각 업체 스스로의 투자 기획, 기술전략 및 사업전략에 따라서 이뤄져야 할 것이다. 정부가 인위적으로 이런 업계 구조를 형성하는 것보다는 시장기능에 의하여 승자와 패자가 결정되고 그 결과 전문 공급업체가 탄생되어야 한다. 해외 MTB들은 비교적 객관적인 기준 하에서 구매 행위를 할 것이므로 PC 융합 CNC를 해외 시장에 수출하는 업체를 일단 승자로 보아야 할 것이다.

국내 MTB들은 앞으로 해외에 PC 융합 CNC를 수출하는 전문 공급업체로부터 집중적으로 구매하여 이 업체로 하여금 규모의 경제 이점을 확보할 수 있게 하는 것이 바람직하다. 이런 상황이 도래한다 해도 PC 융합 CNC를 한 업체가 독점하는 것은 기술혁신에 장애로 작용할 것이므로 몇몇 MTB 혹은 사용자 업체가 PC 융합 CNC의 개발과 판매를 지속하는 것이 필요하다. PC 융합 CNC의 폭 넓은 응용 가능성을 고려한다면 보다 더 많은 MTB들이 PC 융합 관련기술을 축적해야 한다고 본다.

이상에서 설명한 국내 PC 융합 CNC의 업계구조가 형성되는 것이 바람직하지만 이런 업계구조의 형성만으로 상업화를 성공시킬 수 있는 것은 아니다. PC 융합

CNC에 전문화하는 업체는 국내 MTB나 관련 업체들, 대학 및 공공연구기관과 전략적 제휴를 통하여 기술적 보완을 기하고 기술혁신능력을 강화해야 할 것이다. 그리고 국내 주요 사용자업체들과 생산, 판매, 개발, OEM 거래, 부품의 공동 개발, 해외시장의 공동진출 등 전반적인 기술협력을 강화해 나가야 하겠다.

3. 정부 연구개발사업의 추진 방향

1999년 말까지 PC 융합 CNC와 관련된 주요 정부 연구개발사업은 NC 연구조합이 수행하고 있는 수치제어장치개발사업과 생산기술연구원이 G7사업의 일환으로 주관하여 추진했던 첨단생산시스템연구사업이 있다. PC 융합 연구는 그 자체가 특정 제품을 구체적으로 개발하는 것이기도 하지만, 이 기술이 폭넓게 응용될 수 있음을 감안할 때 기초·응용 연구사업의 하나로도 추진되었어야 했으나 그렇지 못했다. 현재까지의 연구사업 내용을 바탕으로 향후 PC 융합 CNC 관련 정부 연구개발사업의 전개방안을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 정부가 추진하고 있는 연구개발사업에 PC 융합 CNC 개발사업이 추가되어야 하겠다. 1999년 말까지 1단계 사업으로 추진되었던 수치제어장치개발사업이 기본적으로 개방성을 갖는 PC 융합 형태를 갖기는 했지만 이를 상업화하기에는 기술성에 있어서나 경제성에 있어서 아직도 해결해야 할 문제점이 많다. 앞으로 국내 MTB들의 PC 융합 CNC의 응용능력을 향상하고 전문 공급업체가 MTB들이 신뢰할만한 제품을 매력 있는 가격으로 공급할 수 있는 능력을 확보할 때까지 정부 지원에 의한 공동연구개발사업이 계속 추진되어야 하겠다.

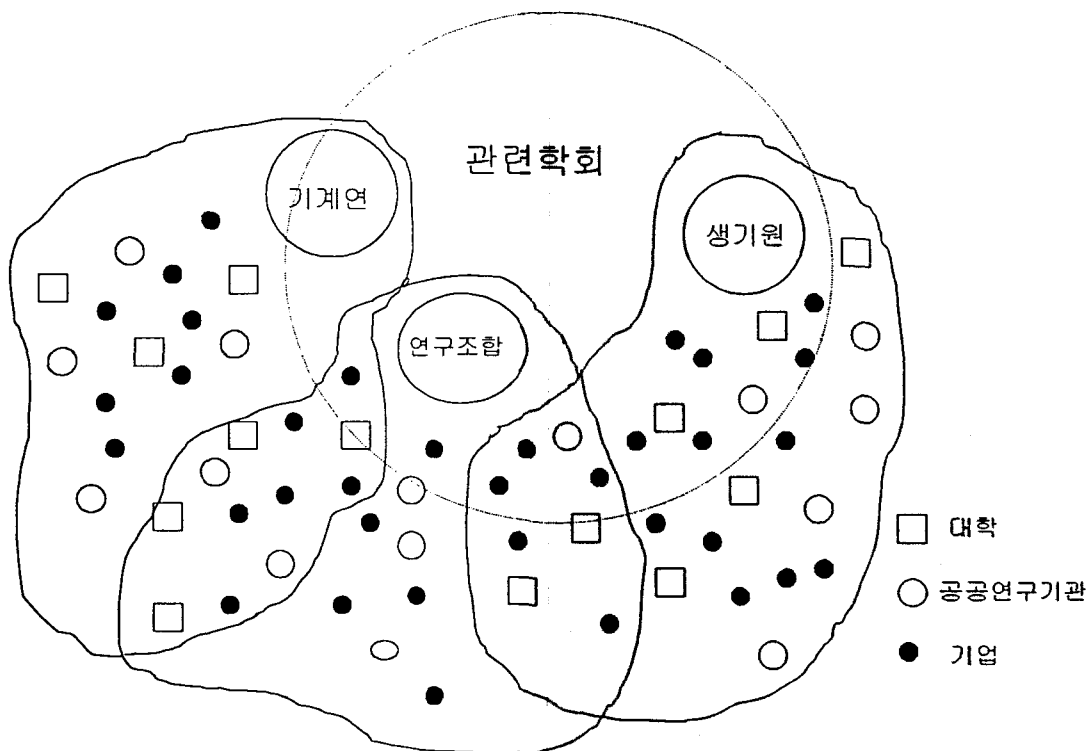
다만 2단계의 기술개발사업에서는 1단계에서 축적된 인적, 기술적 자원을 최대한 활용하되 몇 가지 문제점들이 개선되어야 할 것이다. 즉, 대학과 공공연구기관의 참여를 확대하여 관련 기초연구를 강화하고, 연구결과의 시험평가의 상당부분을 공공연구기관에서 실행하여 객관성과 신뢰성을 높여야 하겠다. 그리고 3단계 첨단생산시스템개발사업으로서 추진할 계획인 지능생산시스템 연구사업과 밀접하게 연계하여 추진함으로써 양 사업간에 시너지 효과가 일어나도록 해야 하겠다. 구체적으로는 NC 연구조합에 참여하고 있는 상당수의 업체가 지능생산시스템 개발사업에도 참여하게 하여 기술축적이 효과적으로 이루어지도록 배려해야 할 것이다.

둘째, PC 융합 CNC 관련 기초·응용 연구사업을 강화해야 할 것이다. 과거에 일어났던 전자기술과 전통적인 기계기술과의 융합에 따라 수많은 신제품이 창출되었던 것처럼 앞으로 PC 기술과 통신기술, 정보기술, 운용기술 등 다분야 기술이 융

합하면서 산업현장의 생산기술 패러다임을 근본적으로 변화시킬 것으로 예상되는 만큼 기초응용 기술개발에서 책임을 지고 있는 정부부처가 “다분야융합기술개발사업”(가칭)을 추진해야 할 것이다.

셋째, 정부는 PC 융합 관련 기술개발이 산업의 정보화 차원에서 매우 깊게 연관된다는 점에서 관련 연구사업을 추진해야 할 것이다. 이 사업은 생산시스템간의 가공정보 교환, 생산설비의 원격 진단시스템 개발, 기업간 주문관리 시스템 개발 등 생산현장의 정보화 관련 사업을 지원하는 데 초점을 뒀야 할 것이다. 또한 기업간 정보교환이 가능하기 위해서는 각종 기술표준의 구현이 필요하므로 PC 융합 CNC 관련 국제표준 연구에도 지원을 해야 할 것이다.

넷째, PC 융합 CNC의 채용은 생산정보화를 추진하는데 기본적인 요건일 뿐만 아니라 제조업 생산성 향상의 중요한 수단이 된다. 단위기계 차원에서 정보가 수집되고 통제되지 않는다면 제조업의 정보화는 한계에 직면할 수밖에 없다. 현재 조립업체와 중소 부품업체를 연결하기 위한 CALS 구축사업도 PC 기능이 융합된 설비가 가동될 때 제대로 기능을 발휘할 것이다. 따라서 PC 융합 CNC는 산업의 정보화 촉진과 생산성 향상 차원에서 개발되고 확산·활용될 필요가 있다.



<그림 3> PC 융합 관련 정부연구개발사업의 전개 방향

다섯째, 수치제어장치, FMS, CIM 등 정부 연구개발사업의 일환으로 개발한 제품, 시스템 및 소프트웨어에 대한 상업화 방안을 조속히 마련해야 하겠다. 연구 개발의 상업화는 기본적으로 연구사업에 참여한 기업이 연구의 과정에서 기술지식을 획득하고 이를 자신의 공장 내에서 활용하여 신제품을 제작하거나 부가가치 및 생산성의 향상으로 나타나는 것으로 인식해야 한다. 정부 연구개발사업을 추진하는 관련 당사자는 이런 인식 아래 정밀한 상업화 계획을 수립하고 추진해야 하겠다.

<표 1> PC 융합 제어시스템 관련 주요 국제 연구개발 프로그램

명칭	국가	주요 활동
OSACA (open system architecture for controls within automation systems)	EU	ESPRIT의 프로젝트에서 Stuttgart대학의 연구소가 중심이 되어 유럽 8 개사, 3개의 연구기관에 의해 1992~96년의 기간 중에 행해짐. 개개의 기능이 객체(object)로서 실현되고, 그들이 상호 통신함으로써 전체 기능을 완수함. 객체 지향의 아키텍처를 제안함.
EMC (enhanced machine controller)	미국	미국 상무부 산하 연구소인 NIST(National Institute Standards and Technology)에서 행해지고 있는 연구, ① workstation planning, ② workstation management, ③ plan interpretation, ④ trajectory generation/discrete IO, ⑤ servo control로 이루어진 5 단계의 아키텍처를 제안했음. PC 상에서 시판 NC 보드를 이용한 오픈 NC시스템을 試作하고 있고 API의 제안도 행해지고 있음.
OMAC (open modular architecture controller)	미국	GM이 중심이 되어 추진하고 있는 오픈 NC임. 최종적으로는 OSACA와 같은 모듈 구조를 가진 오픈 NC의 실현을 목적으로 하고 있음. 당면 과제는 ① PC 상에서 작동한, customize 가능한 user interface, ② OS는 Windows, OS2, 혹은 Windows NT, ③ PLC 언어에는 IECI 131 적합의 flow chart programming 언어, ④ 서보 드라이브 interface로서 ERCOS를 채용, 등을 요구 항목으로서 거론되고 있음
OSEC (open system environment controller)	일본	1994년에 공작기계, NC 제어 장치 메이커 등 6 개사에 의해 게시된 오픈 NC 및 신 NC 언어의 개발 연구. 현재 회원은 18 개사 1 단체임. 1995년 9월에 오픈 NC의 사양, OSEC Version 1.0이 발표되었고, 공개 데모가 행해졌음.

자료원: 高田祥三(1997. 3. 26), 「日刊工業新聞」.

상업화 계획의 수립에는 관련 연구자뿐만 아니라 경영분석 전문가, 정책연구 전문가 등 사회과학자 그룹을 참여시켜 연구개발사업의 파급효과를 폭넓게 고찰할 수 있어야 하겠다. 상업화 계획이 수립된 이후에는 이 계획이 성공하도록 구매업체에 대한 인센티브 제공, 교육용 공작기계에 대한 의무사용제도 구축, 상업화를 성

공적으로 이끌 상업화 챔피언의 발굴 등 산·관·학·연의 역량을 총동원하는 것이 필요하다. 그리고 국민에게 연구사업 추진의 결과 발생한 기술적 및 경제적 가치를 분석하여 홍보하는 것도 필요하다.

여섯째, PC 융합 CNC 관련 연구개발사업은 다분야 기술융합의 특성상 다양한 기관이 참여할 수밖에 없으므로 이들간에 상호 정보가 교류되고 학습이 일어날 수 있는 제도적인 장치가 필요하다. 연구자들의 속성상 학회를 중심으로 정보를 교류케 하도록 유도하는 것이 가장 효과적이다. CAD/CAM학회, STEP연구회, 제어·자동화·시스템공학회, 정밀공학회, 공작기계학회 등 PC 융합 제어시스템 관련 학회들이 기술세미나를 활발하게 개최하도록 지원하고 기업의 전문가들이 여기에 적극적으로 참여하도록 권장해야 하겠다 (한순홍, 2000). 나아가 PC 융합 연구자들을 중심으로 다분야 기술전문가들이 공동으로 연구하고 정보를 교환할 수 있는 “PC융합연구회 (가칭)”같은 새로운 학회가 창립되는 것도 바람직하다.

마지막으로 국제 공동연구의 활성화가 필요하다. 유럽연합은 OSACA 프로그램을 시작하였고, 미국은 NIST를 중심으로 한 EMC 프로그램, GM, 포드 및 크라이슬러사를 중심으로 한 OMAC 프로그램 등 다양한 PC 융합 제어시스템 연구사업을 추진하고 있다. 일본도 정부의 지원 하에 18개 업체와 1개 단체가 콘소시엄을 구성하고 OSEC 프로그램을 추진하고 있다.

우리 나라는 아직 변변한 연구사업을 추진하지 못하고 있으나 이들 선진국도 PC 융합 연구개발사업을 추진한지가 얼마 되지 않는다는 점에서 이들과 국제 네트워크를 구성하고 적극적인 국제 공동 연구사업을 추진할 수 있다면 이들과의 지식격차가 극복될 수 있을 것이다.

4. 기술인력의 양성 및 관리 방향

PC 융합과 같은 첨단기술을 축적하고 혁신하기 위해서는 관련 기술인력을 어떻게 양성하고 또 관리하느냐가 관건이다. 과거 선진국의 기술을 단순하게 모방하여 학습하는 시기에는 인력에 대한 세심한 배려가 없었어도 기술학습이나 획득에 크나 큰 문제를 야기하지는 않았다. 그러나 PC 기능과 관련 기계의 특성을 이해하고 이를 융합하여 새로운 제품과 기술을 창출할 수 있는 기술인력은 매우 드물 수밖에 없다. 그나마 존재하는 몇몇 인력이 손실되는 경우 PC 융합에 의한 기술혁신은 치명적인 영향을 받을 것이다.

현재 PC 융합 CNC를 설계하고 개발할 수 있는 인력이 몇몇 기계업체에 근무하고 있다. PC 융합 관련 제품이나 기술이 당장 이익 창출에 큰 도움이 되는 경

우에는 별 문제가 되지 않겠으나, PC 융합 CNC의 상업화가 더디거나 비관적이라고 여겨질 경우 기업의 속성상 관련 인력은 재배치되어 전혀 다른 업무를 수행할 가능성이 높다. 따라서 기업의 최고 경영자가 앞으로 광범위한 기술파급이 예상되는 PC 융합 기술분야를 제대로 인식하지 못할 경우 관련 인력과 기술은 소멸할 가능성을 염려하지 않을 수 없다.

따라서 PC 융합 CNC의 광범위한 응용이 예상되는 현재 관련 인력의 보호와 관리를 염두에 두는 기술정책의 추진이 필요하다. 그러나 과연 정부를 포함한 공공 부문이 민간부문의 핵심 기술인력을 보호할 수 있을 것인가? 필자는 공공부문의 능력에 한계가 있는 이상 보호를 한다 해도 매우 제한적이겠지만 주요 공작기계업체의 핵심인력에 대한 보호방안이 마련되어야 한다고 보고 정부연구개발사업을 통한 핵심 기술인력의 보호방안을 제시하고자 한다.

이때까지는 관련 기술인력의 고려 없이 무엇을 개발할 것인가? 라는 질문 하에 정부연구개발 과제가 선정되고 해당과제에 대해서 경쟁입찰을 통하여 연구사업이 발주되었다. 이 방법을 좀 더 정교하게 발전시킨다면 핵심기술의 혁신을 촉진할 뿐만 아니라 관련 기술인력을 보호할 수도 있을 것이다. 예컨대 정부가 대규모 과제만 먼저 선정한 다음 세부 연구과제를 선정하기 전에 관련 핵심기술인력으로 하여금 세부 연구과제를 제시하게 하고 이에 대해 적정 연구비를 지원한다면 기업은 해당 인력이 원하는 연구를 계속 수행하게 할 수밖에 없고 이에 따라 관련 인력을 보호할 수 있을 것이다. 달리 표현한다면 정부가 연구개발사업이라는 도구를 활용하여 핵심기술인력을 보호할 수도 있다는 것이다.

PC 융합과 같이 다분야 기술융합을 추진하는 데는 기존 기술인력이 부족한 것도 우리의 취약점이지만 신규로 양성되는 인력이 이런 학제적 연구를 수행할 수 있는 능력을 갖추지 못하고 있다는 점도 중요하게 제기되는 취약점이다. 우리의 공과대학은 다분야 기술지식을 습득할 수 있는 교육훈련 시스템을 갖추지 못하고 있다. 여기에다 교수들마저 다분야 기술융합 연구를 수행할 수 있는 시스템을 갖추고 있지 않기 때문에 더욱 심각하다. 많은 공과대학 중에서 PC 융합 관련 학제적 연구를 수행하는 대학은 없는 것으로 파악된다.

앞으로 산업 현장에서 사용하는 거의 모든 기계설비가 PC 융합을 통하여 자동으로 제어되고 또 관련 정보가 관리자간, 공장간, 기업간에 실시간으로 교환되어 피드백 과정을 거치는 생산시스템이 구현될 것으로 예상되기 때문에 공과대학에서의 학제적 교육시스템 구축이 시급하다.

학제적 교육이 실현되기 위해서는 먼저 학제적 연구가 선행되어야 한다. 다분야 기술융합 연구(학제적 연구)를 촉진하기 위하여 99년도 연구중심대학의 육성을

목표로 추진되고 있는 BK 21사업에 선정된 대학을 대상으로 학제적 연구를 지원하는 것도 하나의 방안이 될 것이다. 예컨대 이 사업에 선정된 서울대, KAIST, 포항공대를 시범 학제적 연구기관으로 지정하고 다분야 기술융합 연구를 조건으로 관련 연구비를 지원하는 것이다. 학제적 연구가 활발하게 진행될 경우 이 과정에서 산업 현장에서 다분야 기술융합 연구를 수행할 수 있는 우수 연구개발 인력이 양성될 수 있을 것으로 기대된다.

대학뿐만 아니라 공공연구기관도 학제적 연구를 수행할 수 있는 시스템을 구축하고 연구인력을 양성해야 할 것이다. 정부출연 연구기관을 업체 기술인력의 재교육기관으로 활용하는 것도 필요하다. 6개월-1년 과정의 보수교육 과정을 개발하고 산업 현장의 기술인력에게 PC 융합 관련 복합적인 기술지식을 전수하며 일부 인력에게는 학위를 수여하는 제도를 도입한다면 효과적인 보수교육이 가능할 것이다. 예컨대 공고를 졸업하고 현장에서 근무경력을 가진 기능인력을 입학시켜 1~2년 과정의 교육을 거친 다음 산업학사 자격을 부여하는 제도를 도입할 필요가 있다.

마지막으로 PC 기능이 융합된 각종 공작기계를 다루는 기능인력의 양성을 서둘러야 한다는 점이다. 주요 공고의 실험실습용 공작기계를 PC 융합 CNC가 부착된 것으로 교체해야 할 것이다. 그리고 우수한 인력이 공고에 입학할 수 있도록 일부 우수공고의 학제를 변경하여 수준 높은 기술기능교육을 제공해야 하겠다.²⁾ 이외에도 공고에 진학하는 우수 중학생에게 공고 3년간 장학금을 제공하고, 일정기간 업체 근무경력을 마친 후에는 우수 공과대학에 입학시켜 수학하게 하는 제도개발도 필요하다.

V. 결론

PC에서 활용되던 각종 기능이 기계설비에 접합되면서 메카트로닉스산업은 과거와는 전혀 다른 기술혁신 패러다임을 형성하고 있다. 이 기술혁신 패러다임은 앞으로 산업 전반에 엄청난 변화를 몰고 올 것으로 예상되기 때문에 관련 업계뿐만 아니라 정부를 비롯하여 국가적인 대응이 필요하다. 본 논문은 이와 같은 기술혁신 패러다임에 부응하여 PC 융합 연구를 촉진해야 할 당위성을 제시하고, 업계구조의 발전방향, 정부연구개발사업의 전개방향, 관련 기술인력의 보호 및 양성 방향 등을 제시하였으며 그 내용은 다음과 같이 요약된다.

2) 5년제 공고교육제도에 대한 자세한 내용은 다음 보고서를 참조: 이공래 외 (1999), 「공업계 고등학교 기술교육 진흥방안」, STEPI 정책연구 99-10.

첫째, 앞으로 국내업체가 PC 융합 CNC의 상업화에 성공하기 위해서 1~2개 업체가 시장에서 주도권을 잡고 전문 공급업체로 성장하도록 유도해야 한다. PC 융합 CNC를 공급할 수 있는 능력을 보유하고 있는 국내 MTB들이 진입을 자제하고 PC 융합 CNC의 수출능력을 보유한 업체가 전문 공급업체로 부상하여 기술혁신을 지속하는 것이 바람직하다.

둘째, 정부가 추진하고 있는 연구개발사업에 PC 융합 CNC 개발사업을 추가해야 한다. 이미 완료한 1단계사업에서 축적된 인적, 기술적 자원을 최대한 활용하되 대학과 공공연구기관의 참여를 확대하여 관련 기초연구를 강화하고, 연구결과에 대한 시험평가의 상당부분을 공공연구기관에 위임하여 객관성과 신뢰성을 높여야 하겠다. 이에 부가하여 “다분야융합기술개발사업”(가칭)과 같은 PC 융합 관련 기초·응용 연구사업도 강화해야 한다.

셋째, 기술혁신을 지속적으로 추진하기 위해서 관련 기술인력을 적절하게 양성하고 또 현장의 기술인력을 보호해야 한다. 국가 연구개발사업이라는 수단을 활용하여 핵심 기술인력을 보호하는 방안을 강구하고, 신규 기술인력의 융합 능력을 향상하기 위하여 BK 21사업에 선정된 대학을 대상으로 학제적 연구를 촉진해야 하겠다. 대학뿐만 아니라 공공연구기관도 학제적 연구를 수행할 수 있는 시스템을 구축하고, 정부출연 연구기관을 업체 기술인력의 재교육기관으로 활용하는 것도 필요하다.

끝으로 PC 융합 기계설비를 다루는 기능인력의 양성을 서둘러야 한다. 주요 공고의 실험실습용 공작기계를 PC 융합 CNC가 부착된 것으로 교체하고, 우수한 인력이 공고에 입학할 수 있도록 일부 우수공고의 학제를 변경하여 수준 높은 기술기능교육을 제공하는 것이 시급하다.

<참고문헌>

- 김선호·박경택·이태억, “개방형 구조를 갖는 CNC의 연구 동향”, 『제어·자동화·시스템공학회지』, 제3권 제5호, 1997. 9.
- 김선호 (1999), “개방형 CNC의 연구동향 및 가공 시스템에의 적용”, 서울대 제어계측신기술연구센터 제14회 『CNC 컨트롤러 워크샵』 발표 자료.
- 김주한 (1999), “HX CNC와 개방형 구조”, 『만들어 가는 세상』, 터보테크 사보 (1999, 가을호).
- 대우중공업 (1999), *News from DHI*, 1999년 10월 호.
- 류재현 (1994), 『메카트로닉스의 작은 거인 파낙』, 길벗.
- 서석환 (2000), “STEP-NC 기술개요 및 구조설계” (포항공대 개최 제1회 STEP-NC 기술세미나 발표자료).
- 이공래 외 (1999), 『공업계 고등학교 기술교육 진흥방안』, STEPI 정책연구 99-10.
- 이재윤 (1999), 『세계 공작기계업계의 향후 전망과 우리의 대응』 (미 출판 자료).
- 이철수 외 (1999), “PC-NC화, 고속·고 정밀·복합 기능화 가속”, 『만들어 가는

- 세상』, 터보테크 사보 (여름호).
- NC공작기계연구조합 (1999), 「수치제어장치 개발」 (미출판 자료).
- 터보테크 (1999), 「만들어가는 세상」.
- 한국공작기계공업협회. 「공작기계」, 2000년 1월호.
- 한순홍 (2000), “STEP의 국내외 현황” (포항공대 개최 제1회 STEP-NC기술세미나 발표자료).
- 한주영, 김도완, 장병렬, 조현보 (2000), “ISO 14649 분석 및 프로그래밍 시스템” (포항공대 개최 제1회 STEP-NC 기술세미나 발표자료).
- 현대정공(주) (1998), 「현대정공 20년사」.
- 현대정공(1999), 카달로그 ‘Window NT 기반의 차세대 PC-NC 시스템 HiTROL-M100 Series’.
- 高田祥三 (1997), “FA制御装置のオープン化,” 精密工學會誌, vol. 63, no. 5, pp. 621-624.
- 高田祥三 (1997. 3. 26), 「日刊工業新聞」
- OSE研究會 (1996), “生産システムオープン化フォーラム GO!,” 第1會 OSACA Project Symposium Report (1996. 1).
- Fransman, M.(ed.) (1986), *Machinery and Economic Development*, London: Francis Pinter.
- KongRae Lee (1996), “The role of user firms in the innovation of machine tools: the Japanese case”, *Research Policy*, 25, pp. 491-507.
- Kondo, K. (1999), Environmentally Friendly Machine Shop to People and the Earth, *JSGE*, 43, 1, 1999, 18~21.
- Moriwaki, T.(1999), Advance in Metal Cutting Technology, *JSGE*, 65, 1, 1999, 25~30.
- Mukai, R. (1999), Ecology Grinding Technology in Favor of Enviroment, *JSGE*, 43, 2, 1999, 15~16.
- Noker, P. M. (1995), CNC's Fast Moves, *Manufacturing Engineering* (1995. 5).
- Noker, P. M. (1995), The PC'S CNC Transformation, *Manufacturing Engineering* (1995. 8).
- Owen, J. V. (1995), Open Up Control Architecture, *Manufacturing Engineering*, (1995. 11).
- Rober, S. J. and Shin, Y. C. (1995), Modeling and Control of CNC Machines Using A PC-Based Open Architecture Controller, *Mechatronics*, vol. 9, no .4.
- Saito, Y. (1999) Machine Tool Engineering for Environment Awareness, *JSGE*, 43, 1, 1999, 5~9.
- Sciberras and Payne (1985), *Machine Tool Industry*, London, Longman Group Ltd.
- Wright, P. K. (1995), Principles of Open-Architecture Manufacturing, *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 14, no. 3.