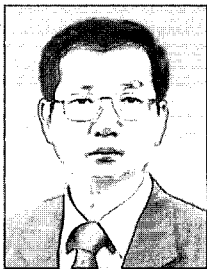


우리 경제의 장기적이고 지속적인 발전을 도모하기  
위해서는 생산시스템기술의 발전을 통한 생산성향상이  
무엇보다도 중요하다. 다시 말해서 제조업 생산시스템  
기술의 고도화와 자립화를 통하여 리드타임의 단축,  
유연성의 증대 등을 도모하는 것만이  
국제경쟁에서 살아 남을 수 있는  
유일한 길이다.

## 기계가공분야에서의 생산시스템 연구 동향

—선도기술(G7) 개발사업을 중심으로—

### 1. 서론



이 규 봉

한국생산기술연구원  
자본재산업기술개발센터  
수석연구원

우리 나라 경제는 과거 양적인 성장과 더불어 원자재, 금리, 임금 등 제조업 생산에 필요한 제반 요소비용도 크게 증대하였다. 그러나 이에 상응하는 생산성향상이 뒷받침되지 못하여 과거의 경제성장 활력은 떨어지고 급기야는 IMF 관리체제라는 최악의 상황에 빠지게 되었다. 우리 경제의 장기적이고 지속적인 발전을 도모하기 위해서는 생산시스템 기술의 발전을 통한 생산성향상이 무엇보다도 중요하다. 다시 말해서 제조업 생산시스템 기술의 고도화와 자립화를 통하여 리드타임의 단축, 유연성의 증대 등을 도모하는 것만이 국제경쟁에서 살아 남을 수 있는 유일한 길이라고 말할 수 있다. 이러한 측면을 고려할 때 1992년 말 정부의 지원을 받아 한국생산기술연구원이 주관하여 선도기술(일명 G7) 개발사업의 하나인 첨단생산시스템개발사업을 착수하게 된 것은 매우 시의 적절하였다고 말할 수 있다.

첨단생산시스템이라 하면 21세기의 고도 산업 사회에 대응하여 제품의 품질 및 생산성향상을 도모할 수 있도록 제품의 수요에 즉, 설계, 제조, 출하, 사후관리를 총괄하는 총체적 통합 생산시스템이라고 말할 수 있다(1). 첨단생산시스템개발사업의 최종 목표는 생산성 및 품질의 획기적 향상을 꾀할 수 있는 획기적인 생산시스템을 개발하는 것이다.

이를 위해 첨단생산시스템개발사업은 크게 3단계로 나누어 추진되고 있는데, 1단계에서는(사업기간 1992. 12~1996. 11) FMS(Flexible Manufacturing System; 유연생산시스템)을, 2단계에서는(사업기간 1996. 12~1999. 10) CIM(Computer Integrated Manufacturing; 컴퓨터 통합생산시스템)을, 3단계에서는(사업기간 1999. 11~2002. 10) IMS(Intelligent Manufacturing System; 지적생산시스템)을 개발하는 것이다.

## 2. 1단계 추진 실적

### 2.1 개요

기계가공 분야는 제조업의 기초가 되는 중요한 산업이지만, 그 기술 수준은 아직도 선진국에 비하여 크게 뒤떨어져 있으며, 특히 시스템 자동화 기술이 많은 격차를 보이고 있다(2). 본 고에서 다루고자 하는 기계가공 분야인 차세대 가공시스템 대분류과제에서도 이러한 측면을 고려하여 소분류과제를 도출하였으며, 이들을 세분하여 나열해 보면 다음과 같다.

- 첨단 가공기계 개발 분야 : 5축 머시닝센터, 고정밀, 고생산성 머시닝센터, 초정밀 비구면 가공기, CNC 그라인딩 센터, CNC Ball Screw 가공용

연삭기

- 첨단 가공 요소기술 분야 : 고정밀 가공 및 측정 기술, 고강도·고정밀 고속 주축 기술, Spindle & Servo Motor/Driver, CNC 콘트롤러 기술
- 가공시스템 운용 기술 분야 : DB 구축 및 생산정보관리 기술, 시스템 상태 감시 및 진단 기술
- 가공시스템 지원·통합 기술 분야 : 지적 공정계획 기술, 물류 이송 설비 및 통제 기술, 시스템 통합(SI) 운용 기술

## 2.2 차세대 가공시스템 모델플랜트

본 대분류과제 주관기관이 설계한 모델 플랜트 사양에 따라 앞에서 열거한 과제에서 이 플랜트를 구성하는 요소기술과 단위 기기를 각각 개발한 다음, 주관기관에서 다시 이들을 통합하여 목표 시스템을 구축하고 운영하는 전형적인 top-down 방식으로 사업이 진행되었다. 최종적으로 주관기관 공장 현장에 각종 중물류(700x 700x 700 mm)의 동작기계나 자동차 부품을 가공할 수 있는 FMS 모델플랜트를 구축하였다. 이 모델플랜트를 구성하는 주요 기기로는 수평형 머시닝센터 3대, 5축 머시닝센터 1대, pallet table 90개, pallet stocker 112개, 운전감시용 FA 컴퓨터 1대 등이 있다. 본 대분류과제에 투자된 연구비는 기업 현물을 포함하여 약 245억원으로 이는 첨단생산시스템개발사업 전체 연구비의 35%에 해당하는 금액이었다.

## 3. 2단계 추진 실적

### 3.1 개요

1단계에서는 기업 제조현장의 하위레벨

에서의 자동화를 통한 생산라인의 합리화를 추구하였다. 그러나 소비자의 요구가 점차 고급화, 다양화되고 제품 라이프사이클이 급격하게 단축됨에 따라 기업의 제조 환경은 고객의 요구 분석 및 수주에서부터 출하에 이르는 모든 제조 활동 영역에서 효율화가 이루어져야만 시장경쟁력에서 우위를 차지할 수 있도록 변화하고 있다. 이러한 변화에 능동적으로 대응하기 위해서는 기업 활동에 관련된 모든 정보의 흐름을 일원화할 필요가 있으며, 이것이 바로 CIM 시스템을 요구하게 된 배경이라고 말할 수 있다.

한편, 2단계에서는 1단계와는 다르게 사업 예산의 일부를 제조 환경이 상대적으로 열악한 중소기업 지원에 활용하였다. 왜냐하면, 우리 나라 제조업이 21세기의 치열한 국제 경쟁에서 살아남기 위해서는 대기업 자체의 발전도 중요하지만, 상대적으로 낙후되어 있는 중소기업의 생산시스템을 혁신하여, 완제품 제조업체(주로 대기업)와 부품업체(주로 중소기업)간의 실질적인 협업이 이루어져야만 제조업 전체의 생산성이 향상될 수 있기 때문이다. 본 절에서는 1단계부터 계속 추진된 차세대 가공시스템 분야와 2단계에서 새롭게 시작된 중소형 CIM 시스템 분야에 대한 사업 추진 실적을 개략적으로 살펴보고자 한다.

### 3. 2 차세대 가공시스템

2단계에서는 환형 및 대물 공작기계 부품을 가공할 수 있는 CIM 모델플랜트를 구현하는 것을 개발 목표로 설정하였다. 2단계 모델플랜트 H/W 설비를 위하여 다기능 복합가공기 1대, 5면 가공기 및 문형 5축 머시닝센터 각 2대, 환형물 가공용 고기능 CNC 연삭기 1대 등을 추가로 개발하였

다. 2단계에서 수행된 소분류과제는 다음과 같으며, 여기에 투자된 연구비는 기업 현물을 포함하여 약 284억원으로 1단계 연구비와 비슷한 규모였다.

- CIM 지원 통합 및 운용 기술 분야 : 생산계획 및 공정관리 기술, 공정계획 및 품질관리 기술, 공장적용을 위한 CALS 표준 운용기술, SI 운용기술, PC-NC 응용 가공기계의 지능화 기술, 고속 고정도 위치결정 기술, 첨단 가공기계의 주축 개발
- 설계 및 가공 품질 제고 기술 분야 : 고품위 절·연삭 가공기술, 첨단 가공기계의 설계 및 품질평가 예측 기술, 고속 측정 및 검사 시스템
- CIM 플랜트용 첨단 가공기계 분야 : 다기능 복합 가공기, 문형 5축 머시닝센터, 환형물 가공용 고기능 CNC 연삭기

### 3. 3 중소형 CIM 개발사업

중소형 CIM 개발사업 대상 분야로는 핵심 기계류부품, 고정밀 성형제품, 고정밀 사출금형 등으로 한정하였는데, 이는 첨단 생산시스템개발사업의 본래 취지를 감안하고 업계 현황 및 사업추진의 효율성 등을 고려한 결과였다. 각 분야별로 수행된 소분류과제, 그리고 기업 현물을 포함한 투자 연구비 규모는 다음과 같다.

- 핵심 기계류 부품 분야 : 부품 설계, 해석 및 평가 기술, 유연성 조립 및 측정검사 기술, shop floor 통제 기술, 통합경영관리시스템, SI 운용기술 (연구비 97억원)
- 고정밀 성형제품 분야 : 공정해석 및 금형설계 기술, 성형가공 및 측정·검사 기술, 생산 관리 및 통제 시스템,

중소기업형 ERP 시스템, SI 운용기술 (연구비 120억원)

- 고정밀 사출금형 분야 : 사출제품 및 금형 설계·해석 기술, 금형가공 및 측정·검사 시스템, 생산 계획 및 통제 기술, 통합경영관리기술, SI 운용 기술 (연구비 94억원)

이러한 사업을 추진하는 과정에서, 우선적으로 사업 주관기관의 기업 환경과 현행 업무 프로세스를 분석하여 이를 토대로 CIM 아키텍처를 정립하고, 제품 정보모델에 관한 표준을 정립할 필요가 있었는데, 중소기업들은 대체로 정보기술 분야의 전문인력을 별로 보유하지 않고 있기 때문에 국내 SI 전문업체와의 협력 체제를 구축하여 기술적인 지원을 받았다.

#### 4. 3단계 사업 계획

3단계 IMS 사업을 추진하는데 있어 다음과 같은 사항을 고려하였다. 첫째, 1, 2 단계 사업과의 연속성이 유지되어야 한다. 둘째, 국제 IMS 프로그램에서 연구되고 있는 과제들을 참조하여, 가공 시스템의 지능을 제고할 수 있는 기술들을 도출한다. 셋째, 국내외 제조 환경을 고려하여 기술수요와 기술개발 능력을 감안한다. 넷째, 시스템 통합보다는 잘 정의된 핵심기술의 개발에 치중하여 가공 시스템의 지능화에 기여하도록 한다. 먼저 국내외 제조 환경의 변화와 이것이 3단계 사업에 어떻게 반영되었는가를 살펴보면 다음과 같다.

최근 기업의 제조 환경은 급속도로 변화하고 있다. 이러한 변화 요인 중의 하나가 정보 교환과 공유의 수단으로서 무섭게 발전하고 있는 인터넷 응용기술일 것이다. Web-enabled engineering 개념은 분산

된 환경에서 불특정 다수가 임의의 데이터에 대한 확장된 액세스를 할 수 있게 함으로써 협업을 가능하게 할 수 있다. NC 기술은 PC-NC, soft NC, open NC 단계로 발전하면서 개방화를 가속화하고 있다. 개방형 NC 아키텍처에서는 소비자의 다양한 기술적 요구를 모두 수용할 수 있을 뿐만 아니라, 다중 시스템간의 정보교환이나 기능의 분산화가 가능하고, 운영체제가 바뀌더라도 쉽게 기능을 이식할 수 있는 장점을 제공한다. 그리고 시장환경에 신속하게 대응하고 고객의 다양한 요구에 부합하는 고품질 제품을 빠른 시간에 생산할 수 있게 하는 획기적인 생산체제로서 agile manufacturing system 패러다임이 주목받고 있는데, 이것을 위해서는 제품설계 기능, 공정계획 기능, 제조기능 등을 하나의 시스템 안에서 통합할 수 있고, 또한 방대한 양의 정보를 원거리 상에서 실시간에 처리할 수 있는 통신 환경이 요구되고 있다.

이러한 변화를 수용하여 IMS 단계에서 추진하여야 할 사업의 속성으로 agile, autonomous, global, distributed, holo nic, ecological 등으로 설정하였다[3]. 이러한 속성들이 국내 실정을 감안하여 기계 가공 분야의 생산시스템에 접목될 수 있도록 다음과 같은 과제들을 도출하였으며, 이러한 과제를 수행하는데 소요되는 연구비는 기업 현물을 포함하여 약 440억원이 될 것으로 추정된다.

- 글로벌 분산 생산시스템 분야 : 분산 설계지원 시스템, 분산 생산관리 시스템, 동적 분산 공정계획 시스템, 제품 및 제조 데이터 관리 기술
- 자율 가공시스템 분야 : 지능형 CAM software, 개방형 수치제어 기술, 능동형 가공기 열적 오차보정 시스템,

기상 측정 및 보정 기술

- 민첩대응 가공시스템 분야 : 금형 agile manufacturing cell 운용 기술, 고경도 재료 고속가공 기술, 지능 개방형 민첩대응 설계 시스템
- 고정밀 지능형 절삭가공 시스템 분야 : 초정밀 절연삭 가공 기술, 초정밀 측정 기술, 초정밀 lapping/polishing 기술, 저공해 가공공정 기술
- 고정밀 지능형 성형가공 시스템 분야 : 지능형 생산계획 및 모니터링 시스템, 지능형 고정밀 성형 기술, 자율형 전문가 시스템
- 지능형 고품질 가공·조립 시스템 분야 : 지능형 설계지원 시스템, 제품 개발 및 제조 데이터 관리 기술, 고품질 가공 및 제조 관리 기술

### 5. 결론 및 제언

본 첨단생산시스템개발사업의 단계별 특성을 다시 정리해 보면 표 1과 같다. 현재 사업이 매우 효율적으로 추진되고 있어 각 소분류과제별로 상품화가 가능한 실용적인 연구 결과가 나타나고 있으며, 1, 2 단계 모델플랜트도 성공적으로 구축되었다. 본 개발사업이 성공적으로 종료되었을 때, 기술적 측면에서는 생산성이 5배 향상되고,

리드타임이 1/2 단축되어 제조업의 생산능력 및 경쟁력의 획기적인 향상이 기대된다. 또한, 경제적인 측면에서는 생산시스템의 내수자금률이 96년 50%에서 2002년 75% 정도로 향상될 수 있을 것이다. 그리고 기타 파급효과로는 생산시스템관련 기기·제품·부품·소재와 S/W의 시장수요 확대에 의한 관련 제조업의 활성화 및 국제 경쟁력 강화를 기대해 볼 수 있다. 이러한 기대가 실현되었을 때 본 개발사업이 실질적으로 성공을 거두었다고 말할 수 있으며, 앞으로 이를 위해서는 안정적인 예산의 확보, 산·학·연 및 참여기업간의 원활한 협조체제 구축, 객관적이고 정량적인 사업 결과의 평가 등이 수반되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 조 남선외, 첨단생산시스템개발사업 기획사업보고서, 한국생산기술연구원, 1992.
2. 김 두근외, 첨단생산시스템개발사업 차세대 가공시스템 SI 운용기술 사업 보고서, 통일중공업(주), 1995.
3. 이 영수외, 3단계 사업계획 수립을 위한 사전조사 연구 보고서, 한국생산기술연구원, 1998.

기계가공 분야 생산시스템 개발 사업의 단계별 특성

항 목	1단계	2단계	3단계
기술적 목표	FMS	CIM	IMS
기술 특성	자동화	통합화	자율화/지능화/분산화
적용 범위	단위 기계, 제조 라인	공장 혹은 기업 전체	다른 장소에 분산되어 있는 공장 또는 기업
측정 지표	단위 기계나 제조라인의 성능개선 정도	정보통합화 수준 및 시스템 운용 수준	분산·협업 지원을 위한 정보화 및 정보공유 수준