

## PLUG/PLAY 방식 고속 지능형 가공 시스템의 연구

윤원수\*, 김찬봉\*, 권용찬\*, 한기상\*, 양희구\*, 김세광\*, 김주한\*, 박종권\*\*

(\*터보테크 기술연구소, \*\*한국기계연구원)

### Development of High Speed/Intelligent Machining System by PLUG/PLAY Method

W. S. Yun\*, C. B. Kim\*, Y. C. Kwon\*, G. S. Han\*, H. G. Yang\*, S. K. Kim\*, J. H. Kim\*, J. K. Park\*\*

(\*TurboTek R&D Center, \*\*KIMM)

#### ABSTRACT

This study aims at developing the high speed/intelligent machining system using the plug/play method of an open architecture controller. The plug/play technology by the *Application Specific Function (ASF)*, can readily implement the open architecture controller into various machining system or other automatic devices.

The plug/play method integrates the ASF, visual builder, controller OS technology. This study, as an example, presents a schematic diagram for integration of an open architecture CNC and individual component technology for the high speed/intelligent machining system.

#### 1. 서론

국내외적으로 자동차, 부품 사업 등의 국가 경쟁력을 결정짓는 핵심 제조업 분야에 있어 가공 시스템은 중심 생산 설비로 자리잡고 있고, 계속해서 성장해 가는 추세이다. 우리나라는 1990년 후반들어 개선되고 있기는 하나 가공 시스템 기술이 여전히 미진한 상태에 있으며 국내 시장마저 외국 제품이 대부분을 점유하고 있다.

한편 선진 기술은 기존의 시장 장악력과 기술력을 바탕으로 고속/지능형 가공 시스템으로 기술을 확대해 가고 있는 상황이다. 이에 선진국과의 기술 격차를 좁히는 것은 물론 차세대 첨단 가공 시스템 기술을 선도하고, 국내외 시장에 진출하기 위해서는 서브 마이크론 정밀도를 갖는 고속/지능형 가공 시스템의 실용화 기술의 개발이

요구된다.

이러한 고속/지능형 가공 시스템의 기술이 개발되기 위해서는 개방형 Platform의 CNC 개발이 우선적으로 개발되어야 하며, 지식 기반에 의거한 가공 및 오차 극복의 단위 기술 S/W가 개발되어야 한다.

본 연구에서는 개방형 Platform의 CNC 개발을 위해 전세계적인 개발 인프라와 Network, 그리고 값싸고 우수한 모듈(H/W, S/W)들의 공급을 보장하는 PC를 메인보드로 하고, 다양한 CNC 가공 응용 S/W와 단위 H/W 모듈의 원활한 인터페이스를 위해 PLUG/PLAY 기술이 도입된 개방형 CNC 시스템을 개발하고자 한다.

#### 2. 개방형 CNC 시스템 구조

##### 2.1 국내의 연구 현황

기존의 폐쇄형 CNC의 경우, CNC 업체가 개발한 시스템에 국한하여 전체 가공 시스템을 구성해야 하는 단점으로 시스템 변경의 한계, 업그레이드(up-grade) 및 유지/보수 비용 과다등의 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점에 대한 대안으로 1980년대부터 개방형 CNC의 연구가 미국에서부터 진행되기 시작했다<sup>(1)(2)</sup>. 유럽에서는 EU가 지원하는 제 5세대 컴퓨터 개발 계획 즉, ESPRIT을 통하여 여러 가지 프로젝트를 추진하고 있다. 일본에서는 1995년부터 FANUC을 시작으로 CNC 장치의 개방화에 대한 움직임이 일어났으며, Toyota Koki가 일본 IBM을 위시한 6사와 연합하여 새로운 PC-CNC의 규격안을 제창하고 그 후 NEC, Fujitsu 등이 여기에 참가하였다<sup>(3)(4)</sup>. 우리나라

라에서는 CNC 제어장치 전문 업체와 공작기계 업체들 간에 컨소시엄을 구성하여 PC를 이용한 CNC 제어장치 개발을 위해 1995년부터 1999년까지 프로젝트를 수행하였다<sup>(5)</sup>. 현재 제어장치의 개방형 수준은 상용화된 PC를 이용한 제어 장치가 개발되고 있는 정도이다.

## 2.2 개방형 시스템 구조

개방형 구조는 필요한 모든 기능들이 하나의 모듈들로 개발되어 상호간의 일정한 인터페이스 규약을 갖고 전체 시스템에 연결/연동되는 구조이다. 이 모듈들을 각 해당 모듈별로 관리할 수 있어야 한다. 개방형 CNC의 장점을 최대한 이용하고, 다양한 첨단 기능들의 탑재와 기존 기능들의 재구성을 위해서는 모듈화된 시스템의 설계가 필요하고 각 모듈의 인터페이스가 용이해야 한다.

시스템은 서보 모터를 제어하기 위한 모션 제어 모듈, PC와 서보 모터 제어부 사이의 원활한 정보 흐름을 담당하는 Driver 모듈이 있다. 그리고, 자동화 기계의 점점 상태를 제어하는 PLC 모듈, PC와 자동화 기계의 I/O와의 통신을 담당하는 통신 드라이버 모듈이 있다(그림 1 참조).



Fig. 1 Low level software module structure

또한, 하드웨어와 인터페이스하는 기본적인 하위 소프트웨어 이외에 사용자와 인터페이스 해야 하는 다양한 소프트웨어가 시스템의 상위에 있다. 상위 소프트웨어로는 그림 2와 같은 것들이 있다. GUI 모듈, 모니터링 모듈, 위치 해석 모듈, 위치 생성 모듈, 위치 검증 모듈, PLC 해석 모듈, 시뮬레이션 모듈 그리고 특수 모듈로 공구 경로 검증, 절삭력 보상, 원경 통신 제어 모듈 등이 있게 된다. 개방성은 소프트웨어에서 비롯된다. 공유된 틀 속에서 구현된 모듈은 유연하게 이식 가능하고 제거할 수 있어야 한다.

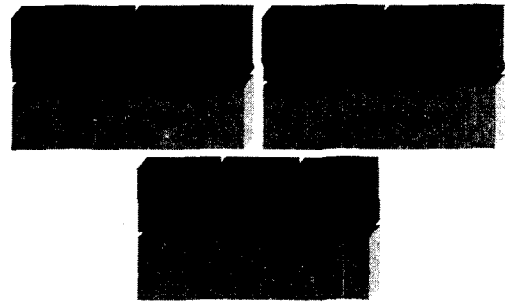


Fig. 2 High level software module structure

기존에 소프트웨어의 PLUG/PLAY 기술로서 많이 사용되는 것으로 PC 기반 소프트웨어 분야에서는 API가 있다. 이 기술은 소프트웨어의 표준 인터페이스를 제공하는 데 있어서 매우 기본적인 것임에 틀림이 없지만 제어 시스템을 신속하게 구성하는 데 있어서 개발자가 해야 할 노력이 매우 크다. 본 연구에서는 이러한 API 기술을 포함하면서 좀더 강력한 형태의 PLUG/PLAY 기술이 될 수 있는 새로운 개념의 기술을 소개한다.

PLUG/PLAY 기술은 PC 소프트웨어의 표준 인터페이스인 API로 개발된 개방화된 모듈을 시스템으로 손쉽게 구성시키기 위하여 새로운 인터페이스 방식인 ASF(Application Specific Function)를 정의하고 이러한 ASF를 시스템 개발도구인 Visual Builder를 통하여 시스템을 구성 할 수 있도록 하는 것이다. 결과적으로 새로운 개념의 PLUG/PLAY 기술은 ASF기술, Visual Builder 기술 및 Controller OS기술이 조합된 형태이다.

그림 3은 고속/지능형 가공 시스템 개발을 위한 개방형 CNC, 단위 지능 요소 기술들, 그리고 그들의 연결 구조를 개략적으로 나타내고 있다. 그림에서 나타난 바와 같이 개방형 CNC Platform에 다양한 연구기관에서 개발 중인 지능형 요소 기술들을 적용하여 고속/지능형 가공 시스템을 구현하는 것이 본 연구의 목적이다. 지능형 요소 기술에는 고속 이송 및 고품위 가공을 위한 NURBS 보간기 개발<sup>(6)</sup>, 고속 가공을 위한 절삭 시뮬레이션<sup>(7)</sup>, 그리고 가공 시스템의 이력관리 및 고장 진단이 가능한 원경 제어 기술 개발<sup>(8)</sup> 등이 있다. 이러한 기술들은 개발 장비의 필요

에 따라 CNC 제어기와 결합하여 고속, 지능형 공작기계를 개발 할 수 있다. 이러한 첨단 기능은 ASF를 이용하여 PLUG/PLAY방식으로 가공 시스템에 용이하게 적용되도록 한다.

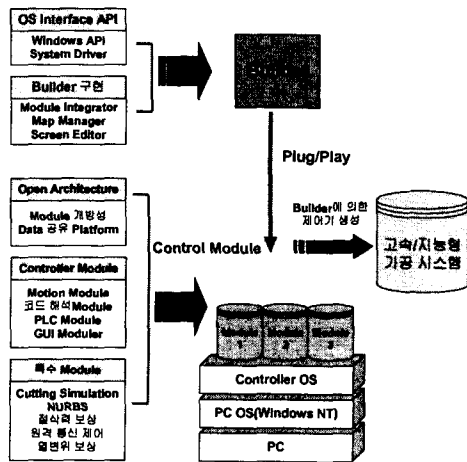


Fig. 3. Schematic diagram for integration of open architecture CNC and individual component technology for the intelligent high speed machining system.

### 3. 소프트웨어의 인터페이스 방식

표준 인터 페이스 방식의 소프트웨어 설계와 개발은 크게 Basic MMI, 화면 편집기, ASF 그리고 이들을 통합하는 Visual Builder의 개발로 구분 할 수 있다. 본 연구에서는 각각의 개념에 대하여 개괄적으로 소개하도록 한다.

#### 3.1 Basic MMI(Man Machine Interface)

Basic MMI의 주요 기능은 CNC 시스템의 정보들을 출력하고, 조작자의 입력에 따라 할당된 업무를 수행하는 화면을 구성하는 것으로 다음과 같은 모듈들로 구분될 수 있다.

- 정적인 객체의 화면 출력
- CNC Map 데이터의 출력
- 화면 전환
- 알람 메시지 모니터링 및 기록

Basic MMI에서 출력되는 화면의 개수는 현재 320여 개이며 각각의 화면에 출력되는 데이터

구조와 포맷에 따라 보다 상세하게 구분될 수 있다<sup>9)</sup>.

Basic MMI는 개방형 구조로 설계되며 사용자는 화면 구성 및 화면 전환에 대한 MMI 파일을 구성하도록 되어 있다. MMI 데이터 파일만을 수정함으로써 다른 기종을 개발할 경우에도 쉽게 화면을 구성 할 수 있다. 데이터 파일을 이용하여 화면을 구성할 수 있는 개념은 시스템 내의 CNC 맵 데이터의 내용을 다양한 포맷으로 변환하여 화면에 나타내는 것이다. MMI의 내부 시스템 구조는 그림 4와 같이 나타낼 수 있으며, MMI 데이터 파일에서 각종 제어기의 화면 구성 및 기능 구성을 할 수 있다. 그림 5는 개발된 Basic MMI의 하나의 화면을 보여주고 있다.

#### 3.2 화면 편집기(Screen Editor)

산업 현장, 혹은 타 기종 개발 시에 MMI를 자유롭게 구성하여 현장 적용성을 높이는 확장 GUI 형태로 개발되어야 한다. 앞서 개발한 Basic MMI의 경우, 사용자 혹은 개발자가 화면 구성에 필요한 데이터 파일들을 수작업으로 작성해야 하는 어려움이 있다. 그림 5와 같은 화면이 320여 개 정도 생성되어야 하며, 이는 현장 적용 시에 실무자들이 작업하기에는 부담스러운 일이며, 개발자의 경우에도 기종 개발에 따른 확장에 어려움을 가지게 된다. 이에 대하여 자유롭게 MMI를 구성할 수 있는 화면 편집기의 개발이 요구된다.

화면 편집기의 주요 기능은 구분된 세부 모듈들을 사용자가 직접 화면을 보면서 편집한 후, 편집 결과를 저장하여 Basic MMI 데이터 파일을 생성하는 것이며, MMI 개발 과정에서 소요되는 시간과 노력을 줄일 수 있다.

화면 편집기를 구성하는 프로그램의 주요 내용은 다음과 같다.

1. 화면 데이터 파일 입출력 모듈 작성
2. 동적 데이터 추가 및 삭제를 위한 자료 구조 설계 및 구현
3. 데이터 속성 변경을 위한 사용자 인터페이스 구축

화면 편집기를 이용하여, 기종에 따른 Basic MMI를 손쉽게 구현할 수 있다. 사용자 혹은 기

중 개발자의 측면에서는 이미 만들어져 있는 데이터 파일을 이용하여 수정 보완하는 작업을 거쳐 새로운 MMI를 구현하거나 전혀 새로운 데이터 파일을 생성해 낼 수도 있다.

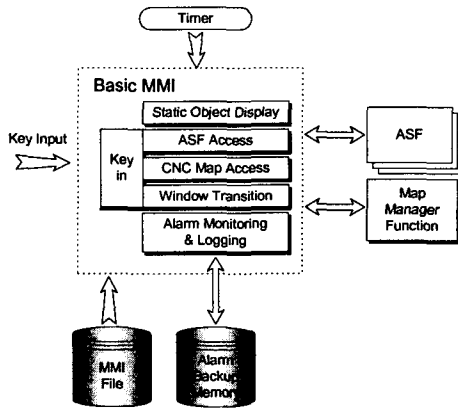


Fig. 4 Structure of Basic MMI

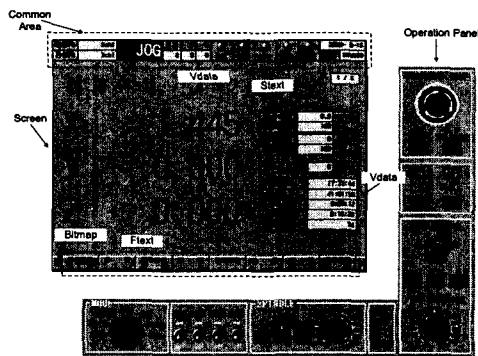


Fig. 5 Screen example by Basic MMI

본 기술들은 PC를 기반으로 하는 제어 시스템의 개방화 PLUG/PLAY 기술을 개발하는 것을 목표로 하고 있으며, Basic MMI의 구현과 화면 편집기의 개발은 개발 중인 ASF 기능과 더불어 CNC 시스템의 개방화를 위한 강력한 도구가 될 것이다.

### 3.3 ASF(Application Specific Function)

ASF는 Application Specific Function의 약어로써 개방형 MMI 기능만으로 구현이 불가능하거나 선택 사양에 따른 다양한 시스템 구성을 위한 기능으로 사용한다. NC 프로그램 편집 기능이나 기

하학적 공구 경로 애니메이션 같은 기능이 이에 포함되며, 사용환경에 따라 함수 라이브러리 형태이거나 독립된 스레드(thread) 형태를 가진다. ASF는 사용범위에 따라 화면 접근이 가능한 MMI ASF와 화면에 접근하지 않고 내부적으로 독립된 작업 형태로 운영되는 2가지 종류가 있게 된다.

ASF의 표준 인터페이스 제공을 위하여 7가지 함수 형태를 정의하였으며, Basic MMI와 인터페이스하기 위한 사양도 결정하였다.

### 3.4 Visual Builder

마우스를 이용한 직관적인 인터페이스 방식과 GUI 메뉴 방식의 손쉬운 운영 양식을 추구한다. 모듈 통합기, 맵 운영자, 스크린 에디터로 구성된다.

## 4. 하드웨어의 인터페이스 방식 설계 및 개발

### 4.1 개방형 I/O Module 개발

개발된 I/O 모듈은 개방형 구조를 택하여 CPU, 입력 접점, 출력 접점, 축 제어 기능을 가지는 모듈 타입의 H/W시스템이다. CPU 모듈은 SERCOS(SERial Real-time Communication Of System) 통신을 이용하여 상위 시스템과 데이터, 명령을 주고받고, 데이터 체인 방식에 의해 각 I/O 모듈과 통신한다.

I/O 모듈의 전체적인 사양은 아래의 표 1과 같다. 상위 시스템과 I/O 모듈은 SERCOS 방식을 사용하여 2.4 Mbps의 전송 속도로 통신한다. 각 모듈은 데이터 체인 방식을 사용하여 16 Mhz의 동작 주파수로 동작하며, 모듈간 데이터 버스 폭은 16 비트이다.

개발된 I/O 모듈은 모듈간 통신을 위해서 데이터 체인 방식을 사용한다. 그림 6은 데이터 체인 방식을 사용한 통신 방식의 개략을 보여주고 있다. 모듈간 데이터, 제어 신호들의 교환은 일반적인 버스 방식을 사용하여 이루어진다. 하지만, CPU 모듈에서 각 모듈을 접근하기 위해서는 이를 위한 Enable 신호가 활성화되어야 하는데, 이 신호가 데이터 체인 방식으로 구성되어 있다. CPU 모듈은 Enable 신호를 활성화하여 물리적으로 옆에 위치한 모듈과 버스를 통하여 데이터를

교환할 수 있으며, 활성화된 모듈은 CPU 모듈과 작업이 끝나면 물리적으로 바로 옆에 위치한 모듈을 활성화 시켜서, 옆의 모듈과 CPU 모듈이 버스를 통해서 작업을 수행할 수 있도록 한다. 마지막 모듈 옆에는 터미네이션 모듈을 부착하여 모듈의 끝을 알리도록 하였다. 개발한 시스템은 모듈 타입으로 구성되어 있고, 모듈간 통신에 데이터 체인 방식을 사용함으로써 시스템 구성의 유연성을 얻을 수 있다.

Table 1 Specification of I/O modules

항 목	값
상위 시스템과의 통신 방식	SERCOS 통신
상위 시스템과의 데이터 전송 속도	2,4 Mbps
각 모듈별 통신 방식	데이터 체인 방식
모듈의 동작 주파수	16 Mhz
모듈의 데이터 버스 폭	16 비트

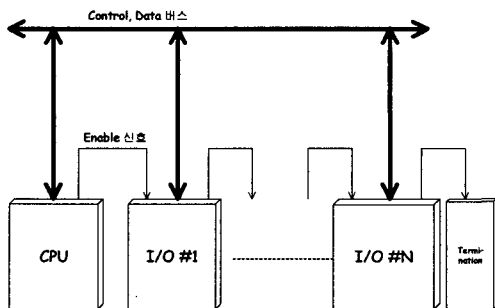


Fig. 6 Communication among the I/O modules

#### 4.2 I/O 모듈의 구성

I/O 모듈은 크게 상위 시스템과 통신을 수행하고 모듈을 제어하는 CPU 모듈 그리고 각 기능별 모듈들로 구성되어 있다.

전체 구성 블록도는 아래의 그림 7과 같다. CPU 모듈은 상위 시스템과는 SERCOS 통신을 통하여, 각 모듈과는 데이터 체인 방식의 통신을 통하여 원하는 작업을 수행할 수 있도록 한다. CPU 모듈이 옆 모듈을 활성화하여 원하는 작업을 수행하고 작업이 끝나면, 그 모듈은 "다음 enable 신호"를 발생하여 바로 옆의 모듈을 활성화시킨다. 이러한 과정을 터미네이션까지 동일하게 적용하여 데이터 체인 방식의 통신이 이루어진다.

각 모듈은 입력 접점, 출력 접점, 축 제어 모듈로 구성되어 있다. CPU 모듈 외의 다른 모듈들은 순서에 상관없이 원하는 모듈만 부착해서 동작하도록 되어있다. 또한, 속성이 같은 모듈도 한 개 이상 부착하여 I/O 모듈을 구성할 수 있다. 그림에서 보듯이 I/O 모듈을 구성할 때, 맨 마지막 모듈 옆에는 터미네이션 모듈을 부착한다.

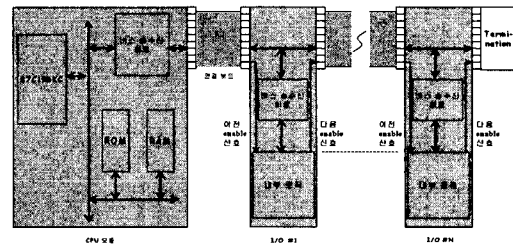


Fig. 7 Block diagram of I/O module

#### 4.3 모듈간 통신 수행 과정

개발된 CPU 모듈 옆에는 순서없이, 원하는 기능을 하는 모듈을 한 개 이상 부착할 수 있다. 그런데, 각 모듈을 주소값 복호화 방식으로 접근하려면 기능 모듈별로 접점을 설정하여야 하며, 또한 이렇게 하였더라도 같은 기능을 하는 모듈은 하나를 초과할 수가 없다. CPU 모듈에서 해당 주소값 버스에 실었을 때, I/O 모듈에 같은 기능을 하는 보드가 한 개 이상 있다면, 동시에 한 개 이상의 모듈이 활성화되어 정상 동작을 방해한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 개발된 I/O 모듈은 각 모듈의 레지스터에 고유한 값을 설정하여 초기화할 때 이 값을 읽어서 상위에서 시스템의 구성을 설정할 수 있도록 하였다. 따라서 한 개 이상의 같은 기능의 모듈을 부착할 수 있다. 이를 위해서 I/O 모듈이 부팅되었을 경우 부착된 모듈의 속성과 개수를 알 필요가 있다. 이는 아래의 알고리즘의 수행으로 알 수 있다.

여기서 enable()은 옆 모듈을 활성화 시키는 함수이며, disable()은 활성화된 현재 모듈을 비활성화 시키는 함수이다. 터미네이션을 만날 때까지 옆 모듈을 활성화시키면서 레지스터의 고유한 값을 저장하게 된다. 이러한 방식을 통하여 부착된 모듈의 정보를 알아내면, 이를 바탕으로 CPU 모듈과 각 모듈간의 통신을 수행할 수 있다.

```

unsigned int iden[max];
unsigned int register_value;
unsigned int id = 0x0000;
int i = 0;
while(id != 0xffff){
    enable();
    id = register_value;
    iden[i] = id;
    disable();
}

```

#### 4.4 각 모듈별 세부 사양

##### CPU 모듈 구성도

CPU 모듈에서 SERCOS 제어가 상위 시스템과의 통신을 인터페이스 해주며, PLD Device가 전체적인 제어를 담당한다. ROM에 구워진 사용자 프로그램을 CPU가 연산하여 원하는 기능을 수행한다. RAM은 데이터의 저장 장치로 사용된다. 버스 송수신 회로는 버스 인터페이스시 데이터를 버퍼링하는 기능을 한다.

##### 입력/출력 접점 모듈

입/출력 접점과 데이터를 주고받는 Hybrid IC와 전체 제어를 담당하는 PLD Device, 그리고 버스 송수신 회로로 구성되어 있다.

##### 축 제어 모듈

축 제어 모듈은 입/출력 각 4접점을 가지는 Hybrid-IC와 16MHz로 동작하는 PLD Device로 구성되어 있다.

### 5. 결론

본 연구는 고속/지능형 가공 시스템 개발을 위한 개방형 CNC 장치에 대하여 소개하고 있다. Plug/play 방식의 시스템 구조를 설계하기 위하여 H/W 와 S/W 모듈들에 대한 구조와 개발 내용에 대하여 기술하였다.

본 연구에서 제안한 개방형 CNC 구조는 개방성과 확장성에서 타 시스템보다 우수한 성능을 나타낼 수 있다. 또한 ASF기술을 포함하는 개방형 소프트웨어는 여러 연구 기관에서 개발하고 있거나, 개발된 지능적 기술들을 용이하게 CNC 시스템에 장착할 수 있도록 개발되어져 있다. 이

는 고속/지능형 가공 시스템 개발로 이어져 국내 공작 기계 산업의 발전과 활성화뿐만 아니라 제조업에서도 품질 및 생산성 경쟁력을 보다 향상시킬 수 있을 것이다.

### 후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하는 중기거점 연구과제의 일환으로 수행된 것이며, 관계자 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.

### 참고문헌

1. Noker, P. M., "The PC'S CNC Transformation," *Manufacturing Engineering*, 1995. 11.
2. Wright, P. K., "Principles of Open-Architecture Manufacturing," *J. of Manufacturing Systems*, Vol. 14, No. 3, 1995.
3. "OSEC-I 보고서," OSE 연구회편, 1995. 9.
4. "OSEC-II 보고서," OSE 연구회편, 1996. 10.
5. "수치제어장치 기술개발에 관한 연구", 3차년도 중간 보고서, 1998.
6. 홍원표, 양민양 "CNC 공작기계의 실시간 3차원 NURBS 보간기 개발," 한국정밀공학회 춘계학술대회, 부산대, pp. 1032-1035, 2000.
7. Won-Soo, Yun, Dong-Woo, Cho, Kornel. F. Ehmann, "Determination of Constant 3D Cutting Force Coefficients and Runout Parameters in End Milling," *Trans. of NAMRI/SME*, Vol. XXVII, pp.87-92, 1999.
8. 김동훈, 김선호, 이은애, 한기상, 권용찬, 김주한 "Web Based 공작기계 원격감시 및 진단 시스템 설계," 한국정밀공학회 춘계학술대회, 부산대, pp. 1005-1010, 2000.
9. 한기상, 권용찬, 김주한 "모듈구조를 갖는 개방형 CNC의 구현," 한국정밀공학회지, 제17권, 제5호, pp. 34-40, 2000.