

# 고속 지능형 CNC 시스템의 안정화

김경돈\*, 이강주+, 최인휴+, 김형내+, 김찬봉+

## Stabilization of a High-Speed and Intelligent CNC System

K. D. Kim\*, K. J. Lee+, I. H. Choi+, H. N. Kim+, C. B. Kim+

### Abstract

A high-speed and intelligent CNC system has been developed by Turbotek Co., Ltd. This paper presents the study for commercialization of the developed CNC system. In order to acquire stability and reliability of the developed CNC system, its hardwares and softwares are improved. The CNC main unit is revised to a compact box-type CNC controller. Moreover, the integrated CNC main unit that has built-in and expandable I/O modules is also developed. Remote monitoring, fault diagnosis and NURBS interpolation functions are realized on the CNC system as software modules. Through these efforts, the developed CNC system can be loaded on machine tools successfully.

**Key Words :** High-speed and intelligent CNC system(고속 지능형 CNC 시스템), Stabilization(안정성), Reliability(신뢰성), Commercialization(상품화), Revision(개정),

## 1. 서론

수치 제어(Computer Numerical Control, CNC) 시스템은 공작기계, 반도체 장비, 그리고 전용 기계 등의 다양한 기계 장비 산업에서 필수적인 기술이다. 고도의 복합 기술과 정밀도를 요구하는 장비들에 있어서 제어 장치의 비중은 점점 더 높아지고 있다. CNC 시스템 기술은 FANUC, Siemens 등 소수 대형 기업체의 제품들이 기존의 시장 장악력과 기술력을 바탕으로 시장을 독식하는 구조이며, 국내의 경우에도 대부분의 시장을 내어 주고 있어 대외 의존도가 심각한 실정이다. 따라서 고속 지능형 제어 시스템의 국산화는 국가 산업 전반에 걸쳐 중요한 과제이다.

이를 위하여 본 연구기관에서는 고속 지능형 제어시스템의 소프트웨어 및 하드웨어를 개발하고 한국기계연구원, 한국과학기술원, 그리고 포항공과대학교 등에서 개발한 고속 지능형 소프트웨어 모듈들을 제어 시스템에 탑재하는 체계로 연구개발을 수행해 오고 있다.<sup>(1-4)</sup>

본 연구에서는 개발된 고속 지능형 CNC 시스템의 상품화를 위한 연구를 진행하였다. 고속 지능형 제어시스템을 구성하는 하드웨어와 소프트웨어의 기술 보완 및 검증을 통해 제어 시스템의 안정성을 확보하였다. 최종 하드웨어와 소프트웨어로 구성되는 개발 제품의 라인업 체계와 상품화 준비 상황을 소개한다.

\* 김경돈, 터보테크 기술연구소(kdkim@turbotek.co.kr)

주소: 463-020 경기도 성남시 분당구 수내동 16-6

+ 터보테크 기술연구소

## 2. 고속 지능형 CNC 하드웨어

### 2.1 CNC 메인 유닛의 개정

본 연구에서는 기 수행한 연구를 통하여 개발된 고속, 지능형 CNC 시스템의 안정성 확보를 위해 CNC 메인 유닛을 대폭 개정하였다.

기 개발된 CNC 메인 유닛은 다소 부피가 크며 저항성 설계로 인한 피로 처짐, 보드의 접촉 불량, 케이블의 손상 등이 발생하였으며 전원부의 발열이나 HDD의 진동, 절삭유 등 열악한 환경에 대한 보다 적극적인 대책을 필요로 한다. 개정된 CNC 메인 유닛은 이를 종합적으로 개선하고 상용화에 초점을 두어 설계/개발되었으며 메인 유닛에 삽입되는 메인 CPU 보드, 전원 공급부, Back Plane 등도 함께 개정되었다.

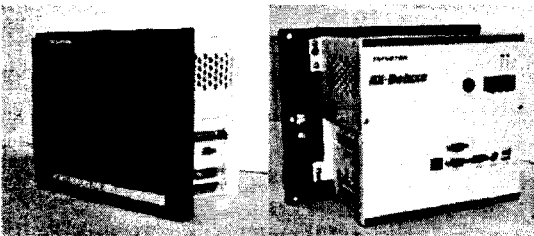


Fig. 1 Developed CNC Main Unit

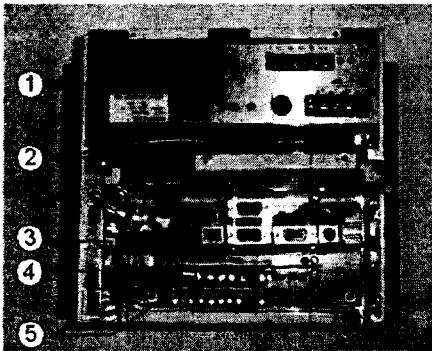


Fig. 2 Configuration of the CNC Main Unit

- ① : Power Supply    ② : HDD  
 ③ : Main CPU Board    ④ : NC I/F Card  
 ⑤ : Back Plane

Fig. 1~2는 개발된 CNC 메인 유닛의 외곽과 내부 구성도를 나타낸 것이다. CNC 메인 유닛은 커넥터만을 외부로 노출시킨 컴팩트한 박스 형태이며 TFT LCD를 포함하는

MDI 유닛의 뒷면에 장착되거나 MDI 유닛과 분리되어 설치될 수 있다. CNC 메인 유닛은 Back Plane, 메인 CPU 보드, NC 인터페이스 카드, HDD, 전원 공급부로 구성되며 각각의 모듈들은 박스형 케이스에 슬롯 형태로 슬라이딩 방식에 의해 장착/결합된다.

#### 2.1.1 메인 CPU 보드의 개정

일반 OA용 Pentium CPU의 경우 잦은 신모델 출시로 인해 사용중인 CPU의 수급이 불안정하며, 새로운 CPU를 이용하기 위해서는 메인보드의 잦은 변경으로 시스템 안정성 확보에 많은 문제가 발생된다. 이러한 문제를 해결하고 기존의 CPU 보다 높은 성능의 CPU를 사용하기 위해 메인 보드의 개정을 수행하였다.

개발된 메인 CPU 보드는 1GHz의 산업용 CPU를 장착하고 있으며 PISA 방식의 인터페이스 버스 구조를 가진다. 또한, Watch dog timer 등 시스템의 안정성 확보를 위한 기능도 구현되어 있다. Fig. 3과 표 1은 개발된 메인 CPU 보드의 실물과 사양을 나타낸 것이다.

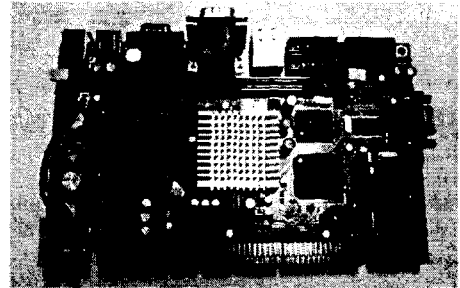


Fig. 3 Developed Main CPU Board

표 1. Specification of Main CPU Board

항목	사양
CPU	VIA C3 1GHz
Main Memory	168 Pin DIMM Socket
Interface Bus	PISA Slot
LAN Port	10/100 BASE T Ethernet
Serial Port	2 × RS 232 Serial Port
USB	2 × USB Port
I/O	HDD, FDD, PS/2 KB&MS
Display	CRT/TTL/LVDS
Power	AT Power (5V, 12V, 3.3V)
Size	122mm × 185mm
Etc.	Watch dog timer

### 2.1.2 Back Plane 개정

메인 CPU 보드의 BUS 인터페이스 방식을 PISA로 변경함에 따라 Back Plane 보드의 개정도 함께 진행되었다. Back Plane은 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 메인 CPU 보드에 PISA 슬롯 1개와 NC 인터페이스 카드 및 확장을 위한 PCI 슬롯 2개로 구성된다.

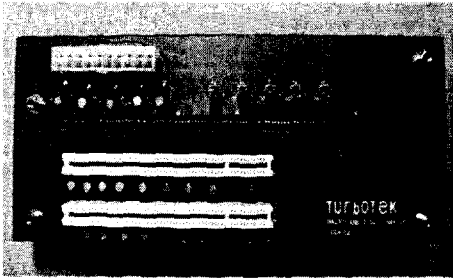


Fig. 4 Back Plane Board

전원 입력단은 ATX용 20핀 커넥터를 사용하도록 설계되었다. 전원단 이후에 BEAD를 장착하여 노이즈 대책을 강화 했으며, 각 전원엔 LED를 부착하여 공급 전원의 이상 유무를 육안으로 확인할 수 있도록 하였다.

### 2.1.3 전원 공급부 개정

전원 공급 모듈은 고속 지능형 제어기의 가장 중요한 모듈 중 하나다. 전원 공급 모듈은 110V or 220V 전원을 공급 받아 제어기 하드웨어에 사용되는  $\pm 12V$ ,  $\pm 5V$ , 3.3V 직류전원을 Back Plane에 공급한다.

전원이 불균일한 열악한 환경에서도 제어 시스템의 안정성 확보를 위해 입력전압 안정화률(Line regulation), 부하 전압 안정화률(Load regulation), 순간 정전 보호기능, 출력 리플(Ripple) 및 스파이크(Spike) 잡음 전압 등의 기능을 대폭 강화한 컴팩트한 전원 공급 모듈을 개발하였다. 특히 Power fail signal을 제어기에 출력해 주어 전원 이상에 의한 제어기의 동작 오류 현상을 방지함으로써 신뢰성 향상에 크게 기여하고 있다.

## 2.2 Universal I/O 모듈

슬레이브(Slave) 모듈인 Universal I/O 모듈에서는 현장 테스트를 진행하는 과정에서 한가지 문제가 발생되었다. 모듈별로 약간의 특성이 달랐지만, 노이즈에 의해 통신 알람이 발생하는 경우가 있었다. 이러한 문제의 원인을 밝혀낸 후 SERCOS 통신 보드의 회로 수정과 RX/TX 커넥터 변경

을 진행하였다.

또한 제품의 상품성을 높이기 위하여 기존에 사용하던 사출을 대신하는 모듈별 커버를 제작하여 Fig. 5와 같이 대체 하였다. 이렇게 함으로써 EMI 테스트에서 방사 노이즈 부분의 안정성을 향상시킬 수 있었다.

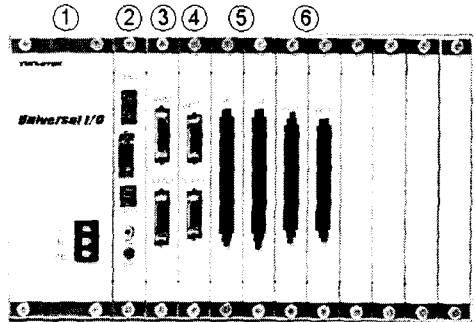


Fig. 5 Universal I/O Module

- ① : Power Supply    ② : SERCOS I/F Board
- ③ : Servo Control    ④ : Pulse Type Servo Control
- ⑤ : Digital Input (32)    ⑥ : Digital Output (32)

## 2.3 I/O 모듈 일체형 CNC 메인 유닛 개발

4차년도까지 개발된 고속 지능형 제어기의 구조는 메인 CPU 모듈을 가지는 CNC 메인 유닛과 축 제어 및 I/O 제어를 위한 슬레이브 모듈인 Universal I/O로 구성되어 있다. CNC 메인 유닛과 Universal I/O 사이에는 Digital 통신방식인 SERCOS 통신을 적용하고 있으며, SERCOS를 지원하는 서보 시스템을 적용하는 경우에 큰 장점을 가지고 있다. 하지만, SERCOS 드라이브를 사용하고자 하는 경우 사용자 관점에서 가격적인 부담이 되는 게 사실이다.

본 연구에서는 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 메인 CPU 모듈과 슬레이브 모듈을 일체형으로 구성하고 아날로그 서보/스핀들 인터페이스가 가능한 I/O 모듈 일체형 CNC 메인 유닛을 개발하였다. 메인 CPU 모듈은 기존 시스템과 공통으로 사용할 수 있으며, 표준 ISA 버스 방식의 축 제어 모듈과 디지털 I/O 모듈 등을 개발하였다. 그리고, 추가적으로 고속 I/O 처리를 위한 Interrupt I/O 와 2채널의 아날로그 인터페이스를 처리할 수 있도록 하였다.

축 제어 모듈은 보드 당 4 축 제어가 가능하며, 최대 12축 제어, I/O 모듈은 보드 당 32In/32Out이며, 최대 196 In/196Out까지 확장이 가능하다.

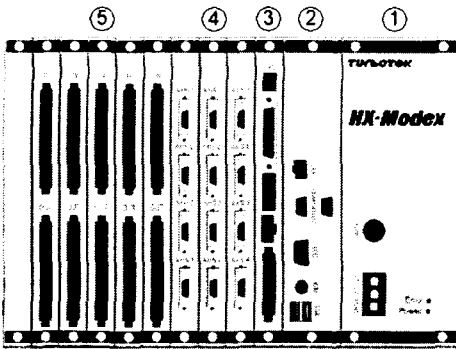


Fig. 6 Integrated CNC Main Unit

- ① : Power Supply      ② : CPU Main Module
- ③ : Interface Module   ④ : Axis Control Module
- ⑤ : Digital Input/Output Module

Embedded XP를 O/S로 적용하였으며 산업현장에서 발생하는 진동 및 외부 온도에 민감한 HDD의 불량 발생을 없애고자 Flash Memory를 시스템에 적용하였다. 이를 통해 시스템의 신뢰성을 한층 더 높일 수 있었다.

### 3. 고속 지능형 CNC 소프트웨어

본 연구기관에서는 기 수행된 연구개발을 통해 화면편집기, ASF, Visual Builder 등을 포함하는 개방형 CNC 소프트웨어를 개발하였으며 실용화가 가능한 지능형 소프트웨어 모듈로 원격 서비스 기술을 개발한 바 있다. 본 연구에서는 CNC 소프트웨어의 안정성을 강화하고 고속 지능형 소프트웨어 모듈의 실용화를 위해 원격 모니터링 및 고장진단 기술과 NURBS 보간 기술을 개발된 개방형 CNC 소프트웨어에 탑재하였다.

#### 3.1 CNC 소프트웨어 안정성 강화

정지중 추종오차 체크 기능을 추가하여 노이즈나 이상현상에 의해 시운전 중이거나 멈춰 있는 장비의 서보에 이상 동작이 감지될 때 즉시 이에 대한 안전 조치를 취할 수 있도록 보완하였다.

전원사정이 열악한 환경에서도 시스템의 안정성을 유지하기 위해 개발된 전원 공급 모듈의 Power fail signal을 모니터링한다. CNC 소프트웨어는 Power fail history에 등록하고 알람 발생에 대한 안전 조치를 수행하므로 프로그램의 정상종료가 가능하다.

상위 소프트웨어 모듈이 다운되는 경우에 시스템의 오동

작을 막기 위해 Heart bit를 감시할 수 있는 기능을 추가하였다. Heart bit가 동작하지 않을 경우 Hard real time 모듈의 동작 수행을 정지토록 하기 위한 Watch dog 기능을 추가하여 기계의 오동작을 방지할 수 있도록 하였다.

상용화를 위해 Windows 2000/XP에서 CNC 소프트웨어가 동작할 수 있도록 NC 인터페이스 카드의 디바이스 드라이버를 개발하고 테스트를 완료하였다.

#### 3.2 OPC 서버/클라이언트 인터페이스 개발

원격 모니터링 및 고장진단 기술은 CNC에 탑재되는 것보다는 Ethernet 등을 이용하여 원격지에서 해당 CNC의 상태를 확인하거나 고장의 원인을 판단하는 것이 보다 실용적이다. 또한, 최근에는 현장의 제어시스템과 상위 정보 시스템간의 정보 통합에 대한 요구가 증대되고 있으므로 콘트롤 레벨에 위치하는 CNC 시스템의 내부 정보를 상위 정보 통합 시스템에 제공하기 위한 인터페이스 방식이 필요하다.

본 연구에서는 최근 산업계에서 사실상의 표준(de facto standard)으로 받아들여지고 있는 OPC 인터페이스 기술을 채택하여 상위 정보통합 시스템과의 연계성을 확보하였다. 개발된 CNC 소프트웨어 모듈은 OPC 서버를 장착하고 있으며 한국기계연구원에서 개발한 원격 모니터링 및 고장진단 기술<sup>(5)</sup>을 OPC 클라이언트 모듈로 재구성하여 CNC 시스템과 통합하였다. Fig. 7은 OPC 클라이언트 모듈로 구현된 원격 모니터링 및 고장진단 시스템을 나타낸 것이다.

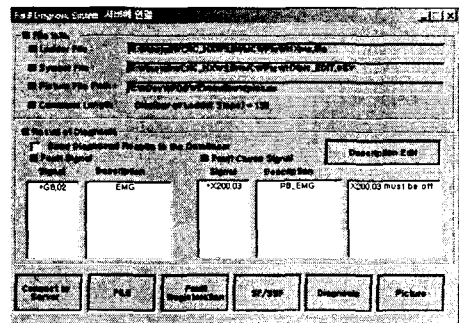


Fig. 7 Remote Monitoring and Fault Diagnosis System

#### 3.3 NURBS 보간 기능 장착

한국과학기술원에서 개발된 NURBS 보간 알고리즘<sup>(6)</sup>은 NCK와 통합되어 신뢰성 테스트를 수행 중이며 몇가지 파라미터의 설정으로 NURBS 보간 기능을 이용할 수 있다. NURBS 보간시 설정해야 할 파라미터는 허용보간 오차이

며, 고품위 가공을 위한 선택사항으로는 공구반경, 경로간격(Side step), 목표 표면 거칠기가 있다. Fig. 8은 제어기에 통합된 NURBS 보간 알고리즘을 이용하여 NC 가공을 수행하는 화면이다. FANUC 스타일의 G code를 처리할 수 있으며, NURBS 곡선의 한 세그먼트(8 라인) 단위로 해석을 하고, 실시간 처리 성능을 보장하기 위하여 NURBS 블럭처리 프로세스를 개선하였다.

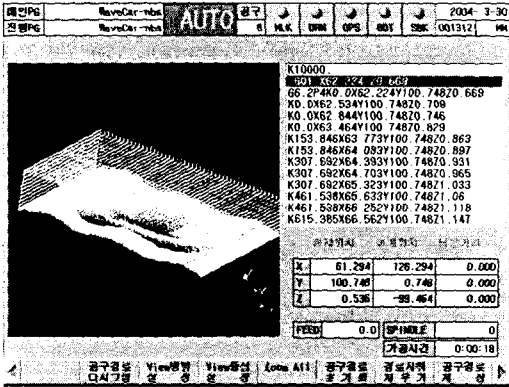


Fig. 8 NURBS Interpolation Function

#### 4. 시스템 구성 및 상품화

본 연구에서 개발한 CNC 메인 유닛과 Universal I/O 모듈, 그리고 I/O 모듈 일체형 CNC 메인 유닛을 MDI 유닛과 조합하여 CNC 하드웨어 시스템을 구현할 수 있다. Fig. 9는 개발된 하드웨어로 구성 가능한 CNC 시스템을 나타낸 것이다.

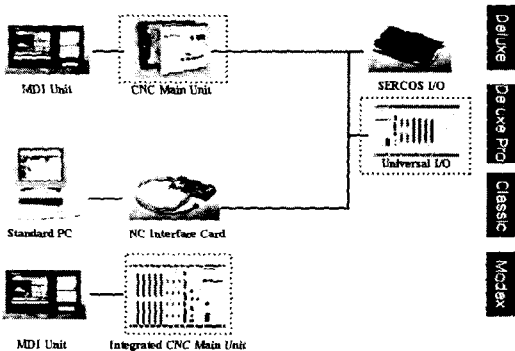


Fig. 9 Line-up of Developed Systems

개발된 CNC 메인 유닛은 NC 인터페이스 카드를 장착하고 있다. NC 인터페이스 카드는 기본적으로 SERCOS 통신을 지원하고 있기 때문에 아날로그 방식의 서보 드라이브 뿐만 아니라 디지털 방식의 서보 드라이브와도 통신할 수 있다. 또한, 일반 범용의 PC와 NC 인터페이스 카드를 결합하여 CNC 하드웨어를 구성할 수도 있다. 따라서 개발된 CNC 메인 유닛을 이용하여 다음의 4가지 유형으로 CNC 시스템을 구성할 수 있다.

- ▶ Analog Interface Configuration  
아날로그 서보/스핀들 드라이브 인터페이스
- ▶ Hybrid Interface Configuration  
아날로그/디지털 서보/스핀들 복합 인터페이스
- ▶ Digital Interface Configuration  
디지털 서보/스핀들 인터페이스
- ▶ Standard PC platform Configuration  
표준 PC를 이용하는 경우의 인터페이스

Fig. 10은 디지털 서보와 아날로그 스펀들 드라이브를 사용하는 복합형에 대한 하드웨어 구성을 보여 주고 있다. 본 연구에서 개발한 I/O 모듈은 2개 이상의 Universal I/O 모듈을 SERCOS 통신으로 연결하고 ID setting 등의 단순한 작업을 통하여 확장이 가능하다.

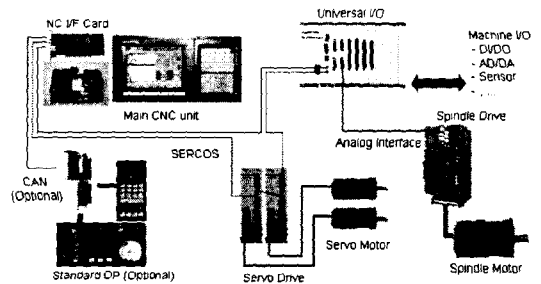


Fig. 10 Hardware Configuration for Digital Servo and Analog Spindle Drives

I/O 모듈 일체형 CNC 메인 유닛의 경우, 아날로그 방식의 서보 및 스펀들 드라이브와 통신할 수 있으며 최대 192/192 점점까지 확장할 수 있는 I/O 모듈을 자체적으로 가지고 있다. Fig. 11은 I/O 통합형 CNC 메인 유닛을 이용한 하드웨어 구성 예를 나타내고 있다.

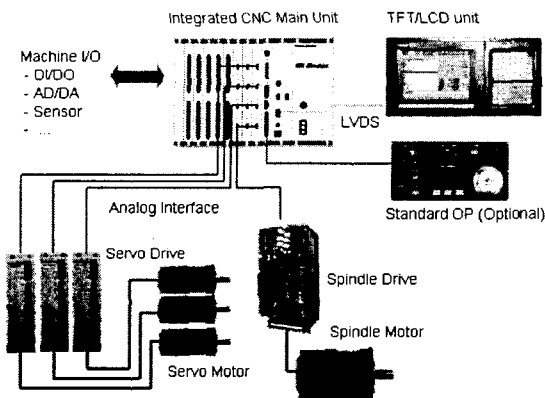


Fig. 11 System Configuration by Using the Integrated CNC Main Unit

본 연구 기관에서는 고속 지능형 가공 시스템 중에서 하나의 요소 부품으로서 제어 시스템을 담당해서 개발해 왔다. 마찬가지로 제 4, 5과제의 경우에도 요소 부품을 개발해 왔으며, 이에 따라서 4, 5과제에서 개발한 고속 주축과 리니어 모터 시스템과의 통합, 성능 평가를 수행하였다. 또한 고속 지능형 공작 기계 개발 기관인 화천기공, 대우 종합기계, 성광정기 등에 본 기관에서 개발한 CNC 시스템을 공급하고 기술지원을 통해 원활한 시스템 통합이 이루어지도록 하였다.

## 5. 결론

본 연구에서는 기 개발된 고속 지능형 제어 시스템의 상품화를 위한 연구를 수행하였다. 제어 시스템을 구성하는 CNC 메인 유닛과 Universal I/O 모듈을 대폭 개정하고 I/O 모듈을 자체적으로 탑재하고 있는 I/O 모듈 일체형 CNC 메인 유닛을 개발함으로써 고속 지능형 제어 시스템을 위한 최종 하드웨어 기술 개발을 완료하였다.

CNC 소프트웨어의 안정성을 강화하였으며 OPC 서버를 장착하여 상위 정보통합 시스템과의 인터페이스를 강화하였다. 기 개발된 Screen Editor, Visual Builder, 원격 서비스 기술과 더불어 NURBS 보간기, 원격 모니터링 및 고장 진단 시스템 등과 같은 고속 지능형 소프트웨어 모듈들을 통합하여 개발된 제어 시스템에 탑재하였다.

고속 지능형 제어 시스템을 구성하는 다양한 하드웨어의 구축과 기술 보완, 소프트웨어의 통합을 통해 제어 시스템의 안정성을 확보하고 제품의 라인업(Line-up) 체계를 구축

할 수 있었다.

## 후기

본 연구는 산업자원부의 산업기반 기술개발과제 사업의 지원으로 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) 윤원수, 김찬봉, 권용찬, 김세광, 양희구, 한기상, 김주한, "고속/지능형 가공 시스템을 위한 개방형 CNC의 설계 및 개발," 제 1 회 고속 지능형 가공 시스템 기술 Workshop, pp. 35~40, 2000.
- (2) 김주한, 김찬봉, 윤원수, 한기상, 이은애, 김세광, 양희구, "고속/지능형 가공 시스템을 위한 개방형 CNC의 설계 및 개발," 제 2 회 고속 지능형 가공 시스템 기술 Workshop, pp. 35~40, 2001.
- (3) 김주한, 김찬봉, 윤원수, 이강주, 한기상, 이은애, "개방형 CNC 기술 개발과 시스템 통합," 제 3 회 고속 지능형 가공 시스템 기술 Workshop, pp. 47~52, 2002.
- (4) 윤원수, 김야일, 이은애, 신기상, 김찬봉, "고속 지능형 CNC 시스템 개발," 제 4 회 고속 지능형 가공 시스템 기술 Workshop, pp. 41~46, 2003.
- (5) 김선호, 김동훈, 한기상, 김찬봉, "공작기계의 지능형 고장진단 및 원격 서비스 모델," 한국정밀공학회지, 제 16 권, 제 9호, pp. 168~172, 2002.
- (6) I. H. Choi, W. P. Hong, T. S. Jung and M. Y. Yang, "Curve Interpolation with Variable Feedrate for Surface Requirement" Int. J. of Advanced Manufacturing Technology (In publishing)