

◆특집◆ 2010년대를 위한 공작기계산업 발전방향

CNC 기술동향과 업계의 개발 전략

성대중*

The Trends of CNC Technology and Development Strategy of Industry

Dae-Jung Seong*

Key Words : Machine tool (공작기계), Multi-path (다계통), CNC (컴퓨터 수치제어장치), HMI (휴먼 머신 인터페이스)

1. 서론

현재의 공작기계 시장은 자동차처럼 정해진 형태로 만들어진 제품을 요구하는 것이 아니라, 고객이 버튼만 누르면 모든 작업을 일괄 생산 가능한 시스템 및 엔지니어링을 요구하는 경향이 점증하고 있다. 그동안 국내 공작기계 업체의 최대 약점으로 인식되던 CNC 분야에서도 국산 고유 모델을 개발하여 적용함으로써 마지막 남았던 기술장벽이 허물어졌다고 볼 수 있다.

국내의 경우 PC 를 기반으로 NC 를 개발하게 되면, 우리나라의 강점인 IT 기술의 접목이 용이함으로, 향후 급진적인 기술개발의 가능성도 높다고 할 수 있다. 국내의 CNC 시스템 기술동향은 1980 대 초반부터 시작해서 여러 회사의 기술 투자로 시작되어 왔고, IMF 를 거치면서 주요 전문회사들이 합병, 전환, 폐쇄 등으로 많은 연구원들이 타 분야로 전환되면서 어려움이 있었으나, 현재 CNC 사업을 계속하는 업체인 두산인프라코어(주), (주)현원, 터보테크(주)를 중심으로 지속적인 연구개발이 이루어지고 있다.

또한 대부분의 업체들은 CNC 유닛 기술 부분에 연구역량을 집중하고 있다. 실제로 많은 댓수의 공작기계에 부착 적용에 따른 경험과 노하우가 어느정도 축적되어 있는 상태이며, 가격, 품질 등 여러 가지 이유로 일반 공작기계 부착용 CNC 유닛과 전용기계 부착의 CNC 유닛으로 나뉘어서 국내의 기계에 적용 판매되고 있는 실정이다. 또한 이 분야의 연구로는 IT 기반 나노 제어시스템 개발 및 다계통 e-CNC 개발 등의 중요 연구과제들이 진행 중에 있으며, 업체들도 지속적인 투자를 하고 있다.

2. CNC 시스템

CNC 시스템 전체의 분야는 여러 가지의 종류로 분류 할 수 있겠으나, 간단히 상용화의 개념을 두고 나누어 본다면 크게 PC NC system 분야와 embedded CNC system 으로 구분하여 이에 따른 system unit 개념의 구성부(또는 유닛)로 기술 분야를 나누어 볼 수가 있겠다 (Fig. 1 참조).

여러가지 구성부로 나누어져 있으나, 여러 가지 유닛 장치의 조합에 의한 최종 성능이 중요하므로, 어느 한분야만 성공한다고 해서 제품의 경쟁력을 확보했다거나 상품으로서의 가치가 달라지지 않기 때문에 상품화하기가 매우 복잡하고 어려운 분야의 기술부분이다. 특히 CNC 의 경우 생산 현장에 사용되는 장비의 무인자동화 최일선에서 역할을 담당하고 있으므로, 신뢰성이 무엇보다 중

* 두산인프라코어(주) 공기자동화 BG 연구개발실
Tel. 055-280-4391, Fax. 055-284-8764
Email daejung.sung@doosan.com
CNC 개발 업무를 담당하고 있으며, 현재 복합 가공기에 사용되는 다계통 CNC 에 대한 개발을 하고 있다. 또한, CNC 뿐만 아니라 서보모터와 엔코더 등 모션 컨트롤 전 분야에 관련된 제품의 라인업을 지속적으로 추진하고 있다.

요한 문제라고 볼 수 있으며, 대부분의 CNC 업체는 환경적으로 취약한 곳에서 사용되는 제어기의 신뢰성을 높이는 방안에 대해 지속적인 연구개발 노력을 기울이고 있다.

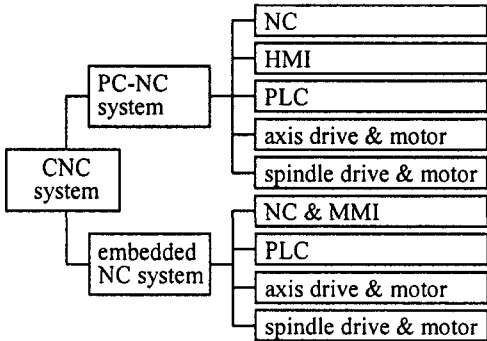


Fig. 1 Structure of CNC system

국내의 경우 꾸준히 기술개발이 이루어져 왔다고는 볼 수 있으나, 우리나라보다 30-40 년 전부터 시작한 선진국과의 기술차이는 한때는 기술의 간격이 일부 부분에서 좁혀지는 듯 했으나 그 간격은 국내 여건과 시장 환경으로 여전히 좁혀지지 못하면서 지속적으로 벌어지고 있으며, 그 간격은 평행선을 달리고 있지만, 일부 분야에서는 꾸준한 노력한 결과 조그마한 결실을 얻고 있기도 하다.

현원 회사이고 터보테크는 주로 PC 환경에서 소프트웨어 형태로 CNC 를 구현 전용제어 시스템을 구축 판매 적용하는 방법을 채택하고 있으며, 최근 국내 몇몇 회사들도 이런 장치 개발부분에 참여하여 주력을 하고 있는 회사들이 늘어나고 있는 실정이다. 국외의 CNC 시스템 기술 동향은 순수 CNC system 회사와 일본 Big 3 공작기계 메이커이면서 CNC 기술을 가지고 있는 일본 MTB (Machine Tool Builder)를 나누어 분석하여 볼 필요가 있다.

일본 파낙사는 16i/18i 시리즈 이후 30i 시리즈의 적용 및 전시 기종이 많아지고, 310i 시리즈의 open 형 CNC 에 적용 가능한 소프트 전시 등이 활발히 진행되고 있음이 IMTS 2006 전시를 통해 알 수 있으며, 하드웨어 설계변화는 EMO 2005 나 큰 차이는 없었던 것으로 보아 그동안 기 신제품 출시에 따른 내실을 다지고 있는 기간으로 판단되어 진다. 그리고, CNC system 메이커 이지만, 탭핑머신, EDM, 레이저 등 기계 장치 사업에 다각화 하고 있는 것을 보면 단순 제어장치 판매가 아닌 틈새시장인 기계장치를 적용 판매함에 따라 국내외 MTB 와 가격 경쟁을 부득불 해야만 하는 경우가 발생하며, 이는 절대적인 가격, 성능 우위를 점하면서 성장을 추구하는 종합 메이커로서의 도약을 하고 있는 것으로 사료된다.

Table 1 Performance comparison

Performance	Current status	Top makers
Machine group	1 group	3 groups
Path	1 path	10 paths
Controlled axrs	8 axes	32 axes
Controlled spindle	1 axis	8 axes
Min command	0.1um	1nm
Inter-path error compensation	×	○
Look ahead blocks	400 blocks	1000 blocks
Block processing time	1 ms	0.5 ms
PLC program storage	20000 steps	112000 steps
PLC scan time	15 ms	4 ms
PLC I/O contacts	1024/1024	4096/4096

그러나 수치제어장치 본의의 용도인 공작기계에 실적용 판매하는 회사는 두산인프라코어(주),

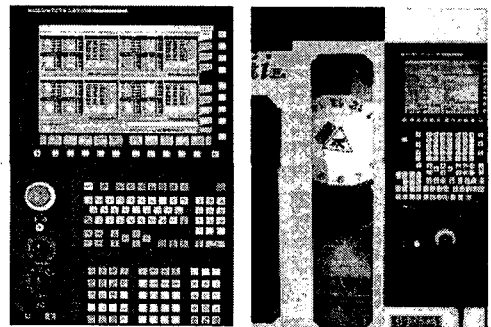


Fig. 2 Fanuc CNC and tapping center

그 외 Macro Executer, C-Language 등으로 설계된 CNC 응용 기능의 테스트 및 디버깅, 시뮬레이션을 CNC 장치 없이 수행할 수 있는 PC 소프트웨어의 FANUC NC Guide-Pro, PC 상에서 CNC 파라미터를 관리할 수 있는 PC 소프트웨어 CNC Setting Tool 과, Ladder, Fanuc Picture, C Language

Executer, Macro Executer 등의 개발 Tool 을 지원하여 각각의 개발 Tool 로 설계된 프로그램을 편집하고 보완할 수 있는 PC Software 의 FANUC Customizing Assist 와, Embedded Ethernet 을 경유하여 PC 상에서 CNC 화면을 표시할 수 있는 기능의 Ethernet Display Function 및 Open CNC 상에서 장비 및 소재 선택, 공구의 3D 시뮬레이션을 이용하여 장비의 충돌방지를 위한 간섭체크 기능, Manual Guide-I 등의 많은 부분에 있어 연구 인력을 투자하고 있다.

독일 Siemens 사는 IMTS 2006 전시를 통해서 Siemens Solution Line(SI)의 타이틀로 CNC 및 PLC, 및 Direct Drive Motor 위주로의 전시와 자사 제어기를 부착한 공작기계업체의 장비를 병행시켜 전시한 점은 Fanuc 사의 전시 방법과 거의 유사하다. 특히 CNC 부분은 802D 와 840D 2 모델에 집중 저가 대비 성능 개량 부분에 대한 집중 홍보와 복합 가공장비, 5 축 가공 성능 등을 집중 부각 홍보하면서 사용자 편의성을 강조한 New Shop Mill 기능을 적극 홍보하고 있다.

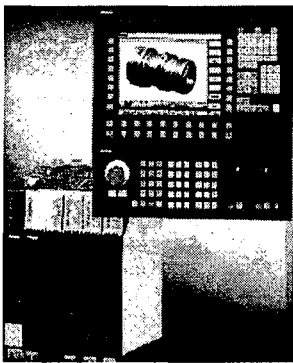


Fig. 3 Siemens 840D CNC

Mitsubishi 사는 최근 전시회는 Fanuc 사와 경쟁 가능한 모델인 High End 형 CNC 인 M700 시리즈만 전시하여 High Speed, Nano 제어, NC Screen 개발 Tool 제공과 서보드라이브 MDS-D/DH Series, 서보모터 HF/HP Series, Direct Drive Servo Motor & Spindle Motor Series, 그 외 미쓰비시 회사의 장점인 PLC 및 Transfer Line 용 네트워크 시스템 전시를 추가하여 Total System 메이커로 홍보를 하고 있으며, Low End CNC 인 E60/68 시리즈는 전시하지 않고 있고 M70 시리즈는 이번 JIMTOF 2006 에 출시

한다고 한다.

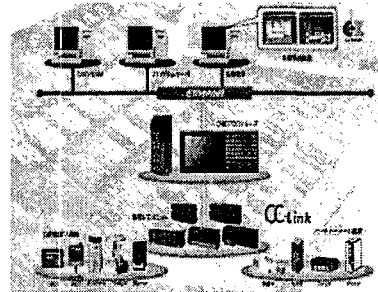


Fig. 4 Mitsubishi CNC system

그 외 CNC 업체들의 전시 동향을 보면 Heidenhain 의 iTNC530 및 TNC320 장비로 전용 대화형 및 ISO 프로그래밍이 가능한 장비들을 출시하고 있다. 또한 국내외적으로 수치제어장치의 기술을 적용하는 공작기계의 생산 업체인 기계 메이커의 CNC 적용 동향을 보면 PC 환경의 접목으로 HMI 분야가 점점 화려해지고 있다.



Fig. 5 Mazak controller

MAZAK 은 최초로 채택한 MAZATROL Fusion 640 (미쓰비시 M600 베이스)에서 완전 탈피하여 신형 CNC MAZATROL Matrix (미쓰비시 M700 CNC 를 베이스로 한 PC 부가형 CNC - Windows XP, 64 bit Dual Processor, Sub micron Input 7 Nano Control, 15"표시기 및 신형 조작반인 마우스와 다이얼 스위치 채택)를 전면 적용하여 10 여 년간 축적된 PC 환경을 이용하여 마작 고유의 가공 노하우를 접목한 HMI 를 설계하면서 지속적인 기능 레벨업과 대화형 기능을 갖는 출시모델과 그리고 VeriCut, I-CAM, Master-CAM 등 유수의 CAM Soft

회사와의 협력관계에 의한 CAM 및 3D 시뮬레이션, 기계간섭체크, 전용가공 사이클 및 공구관리 등의 각종 편의 기능을 탁월하게 개발 진행하고 있다.

Mori Seiki 는 MAPPS III (Mori Advanced Programming Production System)를 탑재한 MSX700 시리즈 (FANUC 310i 베이스 장비)는 Windows XP 환경 하에 자사 고유의 HMI 실현, 대화형 기능 및 3D 가공시뮬레이션, 기계간섭 Check, 전용 가공 사이클 및 Tool Management 등의 각종 편의 기능, Web Server 를 이용하여 시카고 서비스센터와 전시장과 연결 원격진단 및 보수 시연과 기술 확보를 하였고, 확대 적용 신기종 DURA Series 에는 FANUC 0i 적용을 위해 PC 대화형을 별도로 공급한다.

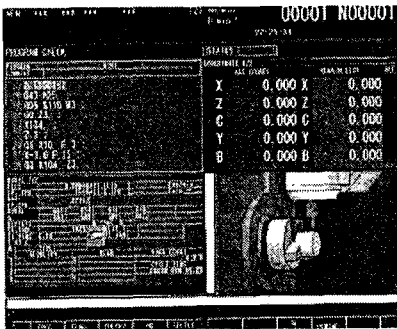


Fig. 6 Mori Seiki CNC

OKUMA 는 유일하게 MTB 이면서 자체적으로 CNC, Motor, Drive, Encoder 류 및 Software 및 기계 Parts 를 자체기술로 제조하여 OSP-P100/200 Series (Windows XP 베이스) 모델로 단일화하여 출품하였고 EMO2005 대비 전기종 확대 적용하여 One Source 의 슬로건 아래 CNC 분야의 Total 기술을 완전히 자사가 해결한다는 자부심을 강조 하고 있다. THINC(The Intelligent Numerical Control)를 강조하며 PC 환경의 어플리케이션 기술 중 복합가공장비의 누드머신에 3D Interference Check 기능의 구현이 가장 앞서 가면서 전시회 때마다 강조 출품을 하고 있다.

DMG 사는 Siemens, Heidenhain, FANUC 등 CNC 3 사제품의 High End 급 CNC 를 User 가 원하는 대로 부착 제공한다는 기본 정책의 유지로 High End 급 CNC 를 2:1:1 의 비율로 부착 출품 3

사 CNC 공회 High End 급 CNC 의 적용을 하며, 시뮬레이션 그래픽 화면을 위주로 하여 장비마다 특성 있는 어플리케이션을 구사 고부가가치 제품을 추구하는 경향이 보이고 있다.

최근의 수치제어장치 전문회사의 주요한 메이커 중심의 동향과 공작기계의 BIG 3 회사를 중심으로 간단히 동향을 보았지만, 공작기계회사가 앞으로 세계시장을 유지하고 도약을 하기 위해서는 공작기계회사는 제어장치분야에, 제어장치분야는 공작기계회사와 서로 밀접한 관계를 유지 또는 선의의 경쟁 상태를 이루어 가고 있는 것을 볼 수가 있다. 특히 일본 FANUC 에서는 일본내 BIG 3 사의 공작기계 회사가 하지 않는 틈새시장에서 EDM 장비기계판매, 탭핑머신 기계판매 등을 하면서 시장의 영역 확대를 하고 있고, 또한 일본 BIG 3 사도 자체적인 CNC 확보 또는 전문 메이커와 공생의 협력관계를 유지하면서, 상호 신제품 개발을 하고 있다는 것을 국내업체들도 눈여겨 보아야 할 것이다. 또한 수치제어장치는 타 제품과 달리 하나의 신제품이 상용화되고 고객에게 신뢰를 받기까지가 5-10 년이라는 긴 기본시간이 걸린다는 점은 타제품과의 큰 차이가 있으므로 과제를 하는 연구원, 책임자, 경영진, 과제 기획분들도 인내심을 가지고 끝까지 노력과 지원을 아끼지 말아야 하겠다. 그리고 이 기술은 기본을 가장 중시하는 바탕으로 제품군이 형성되어지고 있고 CNC UNIT 기술 외 이송축, 주축 기술과 최근에 IT 부분과, CAM 부분이 접목되면서 발생한 HMI 기술부분 또한 중요한 부분으로 자리를 차지하고 있다.

최근 1990 년부터 2003 년까지 조사한 다계통 CNC 모듈관련 특허조사 분석결과도 수치제어장치 관련 특허의 영역에 있어서도 CAD/CAM 분야가 특허 출원이 늘어나고 있는 반면, Control/Detect 분야는 특허 건수가 감소하고 있는 것을 볼 수가 있다. 따라서 Open based PC- CNC 의 영역이 HIGH END 급 장비에 점차 확대 되면서 고부가가치 장비에 점점 확대 적용되리라고 본다면 국내 업체들이 이에 대응하는 준비와 기술 확보에 소홀히 하지 말아야 할 것으로 사료되며, 마지막으로 현재의 수치 제어 장치의 기술의 동향을 간단히 요약 정리해 본다면 다음과 같다.

첫째, 고생산 (Tooling, Fixturing) 및 제품의 실사용과 응용 생산 기술 측면에서의 자동화 가공 기술 (robot interface, lean type cell 생산, linear pallet

system)을 제시하고 있다.

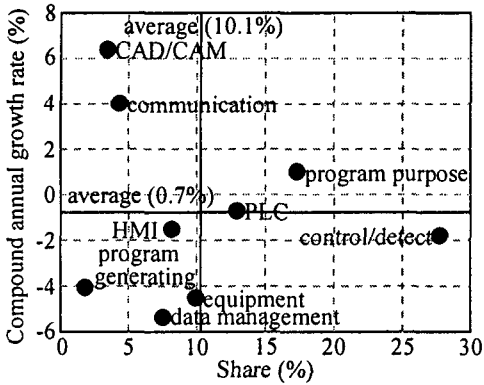


Fig. 7 Patent research (from I-people)

둘째, 기계간섭 방지기능, 3 차원 모델로 가공을 시뮬레이션 하는 기능, 온도변화에 의한 열변위를 보정하는 기능, 축이송시 진동방지 기능 또한 음성 내비게이션 기능 확보로 생산성과 조작성을 높이는 한편 고정도 가공 등을 실현하여 유저의 편리성 향상을 갖는 기계의 인텔리전트(정보)화를 추진하고 있다고 판단된다.

셋째, MAZAK 은 복합가공기, MORI SEIKI 는 고생산성 중심이고, OKUMA 는 항공, 의료, 금형 산업 등의 회사별 테마를 갖고 시대적 흐름에 자기만의 경쟁력확보를 추구하는 시장의 경쟁 목표를 삼고 있다고 하겠다. 따라서 국내 공작기계 메이커들도 자기의 변화와 기술 위상에 맞는 목표 선정에 맞추어서 반드시 수치제어장치 자체기술이 접목한 기술공급을 할 수 있도록 하여, 우리나라가 목표로 하는 2010 년 세계 5 위의 공작기계 생산국(세계시장 점유율 7%)확보를 위한 전략품목 및 핵심부품 개발과 소재기술개발의 다계통 e-CNC 모듈 개발, 차세대 Micro-factory 시스템, IT 기반 공작기계용 NC 장치 개발, 3 차원 나노형상 가공 및 나노 부품 제조기술 등이 순조롭게 상품화와 개발이 이루어지도록 각 부분의 연구원들과 책임자들은 최선의 노력을 다해야 할 것이다.

다계통 복합가공기용 CNC 개발로 복합 정밀 제어장치 개발 보급 및 국산화적용으로 CNC 부분 8,550 억(2014 년) 정도의 수입 대체 효과 기대 되고, 다계통 복합가공시스템의 고기능화/차별화를 통한 경쟁력 제고로 공작기계 산업강국으로 도약

할 수 있는 계기가 마련된다.

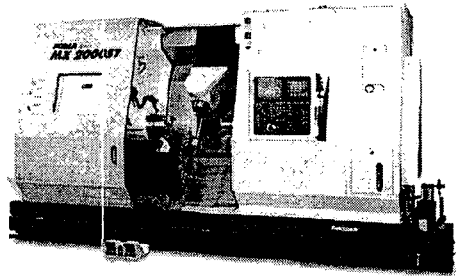


Fig. 8 Multi-processing machine

이와 더불어 CNC 제어기에 대한 세계기술 선점 확보를 통해 CNC 제어장치 기술의 수입국에서 수출국으로의 진입이 가능해지며, e-Manufacturing 을 지원하는 CNC 가공시스템 개발을 뒷받침할 수 있다. 그리고, 자율 제어 형 STEP-NC 및 SoC 세계특허 확보를 이룩한다면, 인터넷 기반 국제표준 e-Manufacturing 산업환경 인프라구축을 앞당길 수 있게 된다.

3. HMI 기술

3.1 HMI 개요

HMI (Human Machine Interface)란 기계 특히 제어기와 사람간의 상호작용을 다루는 인터페이스를 의미한다. 이러한 HMI 는 다양한 종류의 제어기 하드웨어 또는 소프트웨어 리소스에 간편한 접근을 제공하여 시스템 통합에 대한 유연성을 제공함으로써 시스템 개발 사이클을 최소화하는 역할을 한다.

공작기계분야에서는 초기에 MMI (Man Machine Interface)로 불리어 졌으나, 1990 년도 후반부터는 공작기계의 작업자가 남자위주에서 여자들도 많이 늘어남에 따라 남녀를 모두 칭하는 HMI 로 용어가 바뀌게 되었다. HMI 분야는 80 년대 후반부터 PC 환경이 자동화의 도입으로 전용 개발 환경과 다양한 규격 등이 표준화되었고 현재까지 발전을 거듭하고 있다. 윈도우 환경이 보더 더 강력하게 되면서 점점 더 자동화의 편리성은 현실로 다가오고 있다.

이 많은 자동화 시스템의 구성에 있는 공작기계의 HMI 는 하나의 Cell Unit 로서 매우 중요한

역할을 하고 있으나, 공작기계를 제어하는 수치제어 장치의 국산화와 선진 외국의 국내시장에 대한 Embedded CNC 위주의 보급만으로 국내 가공라인의 공장자동화를 위한 효율성에 한계가 있었다. 따라서 공작기계의 자동화를 추구함에 있어 가장 기본적인 Cell 장치가 기본적으로 이를 지원하고 각 Cell 단위로서의 HMI 환경 제공이 가능한 시스템 환경의 지원을 구축하기 위한 기술개발 전략이 필요해진다.

공작기계의 수치제어장치의 응용기술과 HMI 기술은 아주 밀접한 관계로 발전할 것으로 기대된다. 특히 HMI 기술은 PC 기술의 환경이 기존 CNC 장치에 접목이 되면서 탄생한 PC-based CNC 기술이 많은 개발환경과 같이 변하고 있고, Cell 제품과의 연결성에 있어 뒤떨어지고 있는 공작기계장치의 문제점을 극복하기 위해 이에 대한 지원이 되는 차세대 공작기계용 HMI 환경기술이 절실히 요구되고 있다.

공작기계 수치제어장치에서의 HMI 부분은 단순 조작기능과 복합적인 프로그램 작성, 확인, 데이터 관리, 생산 계획, 기계와 전자간의 상호 역할 표시 등 다양한 역할을 하고 있는 사람의 얼굴에 해당하는 것이다. 따라서, 기본적인 얼굴형태인 저가격형 모델 형태와 고급형의 고가격 모델에서는 HMI의 차별성에 대한 역할이 매우 중요하다.

공작기계도 기존에는 하나의 제어장치가 하나의 기계 시스템만 제어하면 되었으나, 이제는 하나의 제어장치 HMI가 두개의 기계시스템(예를 들면 터닝센터와 머시닝 센터의 기능을 동시에 제어해야 함)을 구현하는 구조 환경과 서로 다른 환경의 제어축을 제어하는 계통 시스템까지 하나의 화면에 구성해야 하고 그래픽 기능도 기존 기능인 2차원이 아닌 3차원 적으로 CAM과 같은 고차원 환경에서의 시스템 구축을 요구하고 있다.

따라서 공작기계의 이러한 요구조건을 만족하는 개방형 환경 채용과 응용이 가능하고 다른 상위의 시스템과 인터페이스가 용이한 Open API 및 컴포넌트 클래스의 기본 구성과 HMI-NC 통신간의 최대 블록 전송을 가능케 해야 한다. 뿐만 아니라 HMI 화면 처리속도도 매우 빠르게 하여 다중 접속 서비스 시스템 운영의 안정화(가동률 99.9% 이상)를 높이도록 하는 개발과 고객 고유의 화면 편집이 용이하도록 하는 개방형 화면 구성을 위한 에디터까지 개발하여야 된다.

3.2 개발 추진 전략

HMI 기술을 보다 더 효율적으로 개발하여 효과를 추구하기 위하여 공작기계 제어기술을 구축할 수 있는 경험이 있는 엔지니어들을 중심으로 산·학·연 공동으로 컨소시엄을 이루어 상호 협력하여 추진하여야 한다.

먼저 네트워크 기반의 HMI를 포함하는 선진 메이커의 개방형 CNC 네트워크 인터페이스를 벤치마킹하고, 다계통 제어기의 특징을 분석함으로써 다계통 제어기용 HMI를 위한 네트워크 인터페이스 규약을 정립함과 동시에 현재 최신의 IT 기술을 활용하고 생산시스템 기반의 인프라를 고려하여 HMI 아키텍처를 설계하며, 사용자 편리성에 중점을 둔 HMI 모듈 및 통합 구성 프로그램으로 개발 추진하여야 한다.

HMI 및 CAM 시스템 구조의 기능 분석에 대한 벤치마킹과 본 개발 구조에 적합한 하드웨어 플랫폼, 시스템 소프트웨어 사양분석 및 설계와 개발 환경 구축을 위한 사전 준비 등을 먼저 시작하여야 할 것이다. 기반 플랫폼 선정과 함수 인자 및 데이터 타입 정립시에는 산·학·연 협동으로 상호 논의를 통해 공동으로 개발을 수행하는 것이 바람직한 방향일 것이다. 특히 주요 HMI 모듈 개발시 Open API 설계의 보완사항을 정리하여 서로 정보를 교환할 경우 국내 관련 기술의 전반적인 상승효과를 볼 수 있을 것으로 예상된다.

HMI 기술이 향후 연구개발 노력에 의해 확보된다면, 첫째 다계통 복합기용 CNC 제어기를 위한 컴포넌트 기반 생산 Scheduling 관리 및 설비 진단 기능 모듈화 개발을 위해 Open NC API 및 네트워크 기반의 HMI 시스템과의 통합이 이루어지고, 둘째 각 컴포넌트 Integration 및 시스템화를 위해 상위 ERP, SCM 시스템과의 연동을 상위 인터페이스와 구현 할 것이며, 셋째 핵심 모듈의 모바일 서비스 지원을 위한 핵심 HMI 기능의 콤팩트 모듈화가 갖춰질 것이다.

4. 결론

탄탄한 기술력과 철저한 품질관리로 급변하는 시장환경과 다양한 고객요구에 대응하기 위해서는 지능화·고기능화 제품개발에 적극 노력하여야 하며 독자적인 CNC 장치의 확보가 우선이라고 볼 수 있다. 개발된 CNC 장치를 국내 공작기계의 주

력기종인 터닝센터와 머시닝센터는 물론 고부가가치 복합가공기에 장착하게 된다면 세계 선진업체들과 대등한 기술수준을 갖추었다고 볼 수 있을 것이다. 또한, 공작기계용 차세대 HMI 모듈의 개발이 완료되면 상위 정보 시스템 통합화를 위한 모듈 구현 및 다계통 복합기용 HMI 의 지식화를 구축할 수 있다.

참고문헌

1. 두산인프라코어(주), “IMTS2006 전시보고서 & EMO2005 전시보고서,” 두산인프라코어(주) 공작기계연구소, 2006.
2. 두산인프라코어(주), “다계통 E-CNC 모듈관련 특허 분석 보고서 (공작기계부분),”두산인프라코어(주) 공작기계연구소, 2006.
3. 산업자원부, “2005 경쟁력 강화를 위한 부품소재산업백서,” 한국부품소재산업진흥원, pp.30-67, 2005.
4. Seong, D. J., “The Trends of NC/CNC System of high Reliability Machine Tool (The Trends of CNC System technology and strategy of Industry),” Machine&tool, Vol.2, No.11, pp.5-12, 2006.
5. Seong, D. J., “Monthly Mechanical Engineering(공작기계용 차세대 Human Machine Interface 모듈 개발),” 월간기계기술, Vol.33, No.3, pp.4-7, 2006.