

◆ 특집 ◆ 고성능 공작기계 수치제어장치

다계통 e-CNC 개발

Multi-Path e-CNC Development

성대중¹, 정대혁^{1,✉}, 박승규¹, 박종명¹
DaeJung Sung¹, Dae-Hyuk Chung^{1,✉}, SeungKyu Park¹ and JongMyoung Park¹

¹ 두산인프라코어 공작기계 연구센터(Machine Tools R&D Center, Doosan Infracore Co., Ltd.)
✉ Corresponding author: daehyuk.chung@doosan.com, Tel: 055-280-4393

Key Words: e-CNC, Computerized Numerical Control(컴퓨터 수치 제어), Multi-path CNC (다계통 수치제어장치), Multitasking Machine Tools (복합 공작 기계), Open HMI (개방형 HMI), Collision Avoidance System (충돌 방지 기능)

1. 서론

1951 년 MIT Servo 연구실에서 최초의 NC(Numerical Control) 공작 기계를 개발한 이래로, NC 는 전자 기술 발전과 함께 자동화 시스템에 있어 필수불가결한 요소로서 자리매김하고 있다. 특히 1990 년대 컴퓨터 성능의 발전과 함께 과거 전자회로에 의해 이루어진 수치제어장치의 구성요소들이 컴퓨터와 소프트웨어로 대체됨으로써, 수치제어장치는 CNC(Computerized Numerical Control)로 진화하게 되었다. NC 의 CNC 화는 NC 의 수행속도와 기능적인 측면에서 커다란 발전을 가져왔으며, 특히 PC-Based NC 의 등장과 함께 다양한 PC 기반 기술들과 CAD/CAM 과 같은 다양한 응용 소프트웨어들이 CNC 에 적용됨으로써, CNC 의 기능은 과거에 비해 빠르게 발전하게 되었다.

현재 수치제어장치가 가장 널리 사용되고 있는 분야는 산업용 기계 분야이며, 특히 공작기계의 제어에 널리 사용되고 있다. 공작기계는 기계를 만드는 기계라는 의미에서 mother machine 이라 불리며, CNC 는 mother machine 의 두뇌에 해당하는 장치로서 공작기계 원가의 30%를 차지하는 고부가가치 모듈이다. 이 때문에, 공작기계 선진국들은 CNC 기술 개발에도 힘쓰고 있으며, 공작기계 기술은 CNC 기술과 밀접한 관계를 갖고 있다고 할

수 있다.

국내 공작 기계 산업은 2007 년 기준 생산 규모 45.5 억 달러로 세계 5 위이며, 수출 규모 18.2 억 달러로 세계 6 위이다.¹ 그러나 이러한 공작기계 분야의 시장규모에도 불구하고, 수치제어장치 분야에 있어서 만큼은 해외 제품이 국내 시장의 99%를 점유하고 있는 실정이다. 공작기계 산업의 부가가치를 높이고, 기술자립을 위해서 수치제어장치의 국산화는 필수적이며, 특히 공작기계의 고속화, 정밀화, 복합화에 대응할 수 있는 고급 수치제어장치의 개발이 절실한 시점이다.

본 논문에서는 공작기계와 수치제어기술의 최신 연구동향을 바탕으로, 현재 다계통 수치제어기술의 주요 이슈를 기술하고, 두산인프라코어가 개발하고 있는 다계통 e-CNC 모듈에 대해서 설명할 것이다. 이를 위해 2 장에서는 단계통 수치제어장치와 대비하여 다계통 e-CNC 의 차이를 기술하고, 3 장에서는 다계통 수치제어장치의 기술적인 특이점을 언급할 것이며, 4 장에서는 최신 수치제어장치 분야의 주요 이슈에 대해서 기술할 것이다. 마지막으로 5 장에서는 현재 두산인프라코어가 산학연과 공동으로 개발하고 있는 다계통 e-CNC 를 소개할 것이다.

2. 다계통 수치제어장치와 복합 공작기계 소개

수치제어장치는 산업용 기계를 제어하는 모션 제어 장치로서, 기계의 동작을 정의한 프로그램을 해석하고, 이를 축 동작 명령으로 변환시키는 NCK (NC Kernel), 축 동작을 제외한 공작기계의 On/Off 동작을 제어하는 PLC (Programmable Logic Control), 공작기계의 축을 동작시키는 Servo & spindle 시스템으로 구성된다.

공작기계는 피삭재를 회전시켜 가공을 수행하는 선반 공작기계와 공구를 회전시켜 가공을 수행하는 밀링 공작기계로 분리되어 발전해왔으며, 이와 같이 수치제어장치도 선반용 수치제어장치와 밀링용 수치제어장치로 발전되어 왔다. 즉, 제어측면에 밀링과 선반 작업은 큰 차이가 없지만, 사용자 입장에서 선반 가공용 G-Code 체계와 밀링 가공용 G-Code 체계간의 상이성과 조작의 차이로 인해 수치제어장치도 항상 별도의 모델로 제작 판매되어 왔다.

그러나 최근 선반과 밀링 작업을 동시에 수행할 수 있는 복합 공작 기계의 개발과 함께, 수치제어장치도 선반과 밀링작업을 동시에 수행할 수 있는 다계통 수치제어장치로 발전하였다.

본 장에서는 다계통 수치제어장치에 대한 이해를 돕기 위해 우선 복합공작기계를 소개하고, 주요 기능에 대해서 기술하였으며, 또한 이를 바탕으로 다계통 수치제어장치에 대해 설명하였다.

2.1 복합 공작 기계의 정의

제조업에서 사용되는 절삭 가공의 종류로는 밀링 가공, 선반 가공, 드릴링 가공, 연삭 가공, 방전가공등이 있다. 이들 가공은 각기 고유한 공구 및 작업방식에 의해 수행되며, 이들을 수행하는 공작기계도 서로 다른 구조를 갖는다.

일반적으로 절삭 가공에 따라 가공 가능한 파트의 형태와 허용 공차가 달라지며, 이 때문에 하나의 파트를 가공하기 위해서는 다양한 종류의 절삭 가공이 사용된다. 이러한 가공 방식에서의 큰 문제는 절삭 가공의 종류가 바뀔 때마다 공작 기계가 바뀌어야 하며, 또한 셋업을 다시 설정해야 한다는 점이다. 즉, 셋업 재설정으로 인한 셋업 오차 발생 및 셋업 시간의 소모는 제조업에서 생산성을 저하시키는 요인으로 작용하였다.

복합 공작 기계는 한번의 setup 으로 복수개의 공정을 수행할 수 있는 공정집약형 공작기계라고 정의할 수 있다. 즉, 복합 공작 기계는 1) 서로 다

른 종류의 공정 수행을 위해 공작기계를 바꿀 때 발생하는 setup 오차 및 setup 시간을 제거하고, 2) 복수개의 터렛과 복수개의 주축을 이용한 다양한 동기 작업을 통해 생산성을 높이는 장점을 갖는다.

Fig. 1 은 두 개의 주축과 한 개의 터렛, 한 개의 밀링 헤드로 구성된 다계통 복합 공작 기계를 나타낸 것으로, 복합 공작 기계는 서브 주축, 터렛, 제어 가능 축에 따라 다양한 구조를 갖는다.

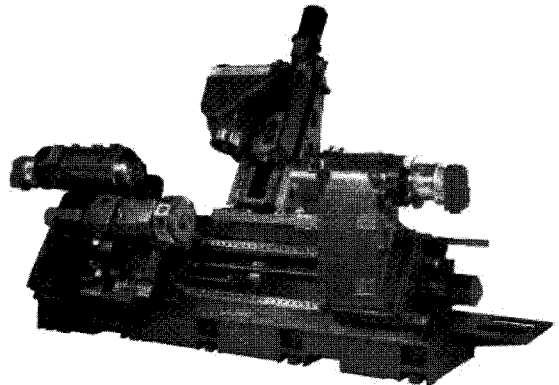


Fig. 1 Multi-Path Multi-Tasking Machine Tools

2.2 다계통 수치제어장치의 정의

다계통 수치제어장치는 복합 공작 기계를 제어하기 위한 모션 제어 장치로서, 동시에 여러 개의 파트 가공을 제어하는 기능을 수행한다. 즉, 간단히 정의하면, 다계통 수치제어장치는 복수개의 수치제어장치가 하나로 집약된 제어장치라고 볼 수 있다. 그러나, 단순히 각각의 수치제어장치가 자신이 소유한 주축과 공구만을 이용하여 가공을 수행하는 것이 아니라, 필요에 따라 복수개의 주축 및 서브 주축을 제어함으로써, 다양한 동기 제어 가공과 병렬 가공을 수행한다.

다계통 수치제어장치의 동기 제어 능력은 계통과 그룹에 의해 정의된다. 계통은 프로그램의 독립적인 실행 단위를 의미하며, 그룹은 데이터 공유가 가능한 계통의 집단을 의미한다. 즉, 하나의 G-Code 프로그램은 하나의 계통에 의해 수행되며, 10 계통 제어가 가능한 수치제어기는 10 개의 프로그램을 동시에 수행하는 것이 가능함을 의미한다. 또한 동일 그룹에 속한 계통들은 서로간의 데이터 공유가 가능함으로써, 특정 계통에 알람이 발생하거나 혹은 비상정지 되는 경우, 동일 그룹내 다른 계통들도 함께 정지된다.

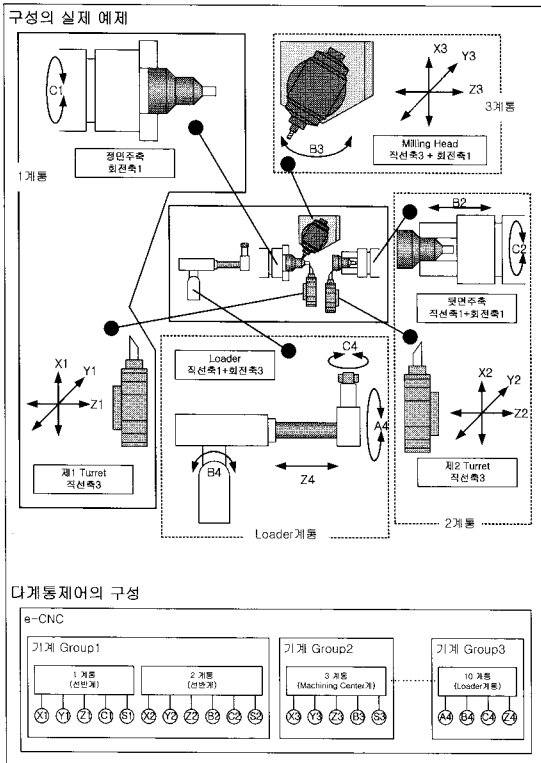


Fig. 2 Example of the Configuration of Multi-path CNC²

Fig. 2 는 3 그룹 4 계통으로 구성된 공작기계의 예를 나타낸 것이다. Fig. 2 의 구성을 갖는 공작기계를 제어하는 수치제어장치는 제 1 터렛, 제 2 터렛, 밀링 헤드, Loader 를 제어하는 각각의 프로그램을 동시에 수행하며, Loader 와 공작기계 부분(주축, 제 1 터렛, 제 2 터렛, 밀링 헤드)은 별도의 데이터 영역을 갖고 독립적으로 제어된다. 참고로, 현재 상용 제품 중 최고 수준의 수치제어장치는 3 그룹 10 계통을 지원하고 있다.

3. 다계통 수치제어장치의 기술적 특징

다계통 수치제어장치의 사용이 복수개의 단계통 수치제어장치의 사용과 구별되는 점은 바로 계통간의 협업이다. 즉, 개별적으로 분리된 단계통 수치제어장치들은 동일 파트를 함께 가공하는 등의 협업 수행이 불가능하지만, 다계통 수치제어장치에서는 계통에 상관없이 가공이 가능하다. 즉, 계통은 가공해야 할 파트를 대상으로 구분되는 것이 아니라, 가공을 수행하는 밀링 헤드 혹은 터렛에 의해 구분되며, 이들은 위치 제어에 따라 Fig. 2

의 정면 주축에 장착된 공작물을 가공하다가 뒷면 주축에 장착된 공작물을 가공할 수 있다. 다계통 수치제어장치의 특성을 실제 G-Code 를 통해 설명하면 다음과 같다.

```

Path 1 (Lower Turret)
G0500(T04.D01 FM)
M217 (Z- AXIS INTERLOCK RELEASE)
G5400(G00G40)
G500(X0)
T0900
M91 (WAITING)
M105 (RIGHT SPINDLE STOP & SELECTION)
M181 (RIGHT SPINDLE WINDING CHANGE HEAD/SPEED)
M91 (WAITING)
M91 (WAITING)
M135 (DE-VID WINDING SPINDLE STOP & C2 AXIS SELECTION)
G97S1000M33 (SPINDLE FORWARD ROTATION)
M92 (WAITING)
G0X140 Z260 M45
G0X140 Z
M92 (WAITING)
M98P00300-DEG } Face Milling (B)
M92 (WAITING)
M92 (WAITING)
M92 (WAITING)

Path 3 (Milling Head)
G0500(T05.D63 FM)
M170 (INTERFERENCE CHECK RELEASE)
G5400(G00G40)
T0500
G2800(X0)
M4050(G01ATC)
T0700(NEXT TOOL)
G6800(X0)
M91 (WAITING)
M91 (WAITING)
M91 (LEFT SPINDLE WINDING CHANGE LOW SPEED)
M91 (WAITING)
M105 (RIGHT SPINDLE STOP & SELECTION)
M93 (MILLING SPINDLE STOP & C1-AXIS SELECT)
M90 (C1-AXIS UNCLAMP)
G3940
T05005
G2800
M91 (WAITING)
M135 (MILLING SPINDLE STOP & C2 AXIS SELECTION)
M105 (MILLING SPINDLE UNCLAMP)
G97S1500M33 (MILLING SPINDLE FORWARD ROTATION)
M138 (SYNCHRO CONTROL ON)
M92 (WAITING)
G0X180 Y145 Z2-128.000M4
G0X140 Z
M92 (WAITING)
M92 (WAITING)
M98P00300-DEG } Face Milling (A)
G92-36.0
M92 (WAITING)
M98P00300-DEG
    
```

Fig. 3 G-Code Program for Multi-Path CNC

Fig. 3 은 Fig. 2 와 같이 구성된 복합 공작 기계를 이용하여 Fig. 4 의 A, B 부분을 가공하기 위한 G-Code 프로그램의 일부로서, 계통 1 은 Fig. 2 에서의 제 1 터렛을 제어하며, 계통 3 은 밀링 헤드를 제어한다. 정면 주축과 뒷면 주축은 Fig. 4 의 피삭재의 양 끝을 물게 되며, 두 주축이 동기 제어됨으로써 가공이 이루어진다. 예제 프로그램에서 사용된 동기 제어를 살펴보면, 점선에 의해 연결된 M913 ~ M923 코드는 계통간 실행 블록을 동기화시키는 부분으로서 양 계통이 동일한 M 코드에 도달해야 다음 블록이 실행됨을 의미한다. 또한 M128 은 정면 주축과 뒷면 주축이 동기화되어 제어됨을 의미하며, 프로그램 상에서는 계통 3 이 뒷면 주축을 Master 모드로, 정면 주축을 Slave 모드로 설정하여 피삭재를 회전시키는 C 축 제어를 수행한다. 이외에도 M105, M35 등은 특정한 주축을 정지시키고, 특정 주축을 Master 로 설정하는 역할을 수행한다.

Fig. 3 의 파트프로그램 예제에서는 위에서 설명한 특수 M 코드 외에도 계통 1 과 계통 2 가 Fig. 4 의 A 와 B 부분을 동시에 가공하도록 지령하는 것을 볼 수 있다. 즉, 계통 3 의 파트프로그램 중 M921 다음의 블록은 Fig. 4 의 A 부분을 가공하며, 1 계통 파트프로그램 중 M921 다음의 블록은 Fig. 4 의 B 부분을 가공한다. 두 가공은 M921 등의 대

기 M 코드에 의해 동기화되어 수행되며, 이는 다계통 수치제어장치의 동기화 제어 기능의 일반적 인 예이다.

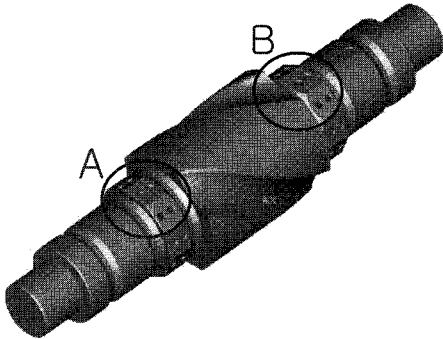


Fig. 4 G-Code Program for Multi-Path CNC

위 예제에서 살펴본 바와 같이, 다계통 수치제어장치의 개발에 있어서 단계통 수치제어장치의 기능에 더해서 주축과 주축간 동기, 계통과 계통간 동기 제어는 필수적이며, 다계통 수치제어장치의 설계에 있어 이를 가능케 하는 것이 필수 요건이다.

4. 다계통 수치제어장치의 주요 이슈

본 장에서는 다계통 수치제어장치 개발을 위해 필요한 주요 기술적 이슈사항에 대해 논의한다.

4.1 다계통 운전

Table 1 Key Function for Supporting Synchronized Operation

	Function	Effective Range
1	Waiting M Code	Common to All Paths
2	Path Interference Check	Same Machine Group
3	Balance Cut	Same Machine Group
4	Synchronous Control and Composite Control	Same Machine Group
5	Superimposed Control	Same Machine Group
6	Spindle Control Between Each Path	Same Machine Group
7	Memory Common to Path	Common to All Paths
8	Path Single Block Check Function	Same Machine Group
9	Path Selection/Display of Optional Path Names	Common to All Paths

다계통 운전을 위해서는 Fig. 3 에서 보인 것과 같은 다양한 특수 M 코드의 개발이 필요하며, Table 1 은 다계통 운전을 위해 필요한 M 코드를 정리한 것이다.

대기 M 코드: 계통과 계통간 동기화를 위해 상대 계통의 실행을 일시 중지시키고, 실행시키는 코드로서, Fig 3 의 M917 ~ M923 등이 대기 M 코드에 해당한다. 계통간 동기화를 위해 필수적인 기능이다.

계통 간 간섭체크: 프로그램의 오류 또는 다른 설정 오류로 인해서 두 개의 터렛이 간섭할 가능성이 있는 경우, 공구 파손이나 기계 자체의 파손 등을 방지하기 위해, 두 터렛이 접촉하기 전에 두 터렛 모두 감속 정지시키는 기능 개발이 필요하다.

Balance Cut: 선반 가공 시, 피삭재의 직경이 길이에 비해 작은 경우, 피삭재가 휘어지는 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해 피삭재의 두 대칭점에서 가공 수행을 하며, 이 때 피삭재의 진동을 막기 위해 본 기능을 적용한다. Fig 5 는 Balance Cut 의 예를 보여주는 것으로서, 피삭재의 회전축을 중심으로 상하에 위치한 터렛 혹은 밀링 헤드 등의 Tool post 들이 동시에 가공하는 모습을 나타낸 것이다.

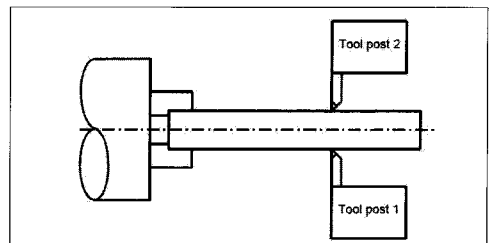


Fig. 5 Balance Cut

동기혼합제어: 한쪽 터렛의 임의의 축(계통 1) 과 다른 쪽 터렛의 임의의 축(계통 2)을 동기 시켜 이동시키고, 한쪽 터렛의 임의의 축과 다른 쪽 터렛의 임의의 축의 이동지령을 바꾸어 넣어 입력해서 각각의 축을 이동시키는 기능을 의미한다. 다계통 수치제어장치의 필수 기능 중 하나이다.

계통간 주축제어: 특정 계통에 속하는 주축이 임의의 계통의 주축지령에 따르도록 주축 제어권을 전환하는 기능을 의미한다. 각 계통이 임의의 계통에 속하는 임의의 주축의 포지션코더 피드백 데이터를 받을지를 전환할 수 있으므로 계통 1 축에서 계통 2 축에 속하는 주축을 써서 나사절삭과

회전당 이송을 시행하는 등의 다계통 주축을 이용하는 제어가 가능하다. Fig 3 에서 M35, M105, M135 들이 계통간 주축 제어를 위해 사용되는 M 코드들이다.

계통간 공통메모리: 여러 계통을 가지는 기계에 있어서 각 계통에 독립적으로 존재하고 있는 Custom Macro Common 변수 및 공구보정 메모리를 Parameter 설정에 의해 계통간 공통화하는 기능을 의미한다.

4.2 계통간 동기 제어

일반적으로 각 계통에 속하는 주축에 대응해서 제어를 수행하는 것은 동일 계통의 프로그램 지령으로 가능하지만, 다계통 수치제어장치에서는 계통간 특정 주축 선택 신호에 의해 임의의 계통의 프로그램 지령으로 임의의 계통에 속하는 주축을 제어하는 것이 가능하다.

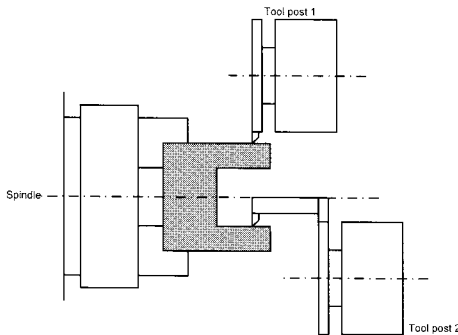


Fig. 6 Two Turrets & One Spindle Machining

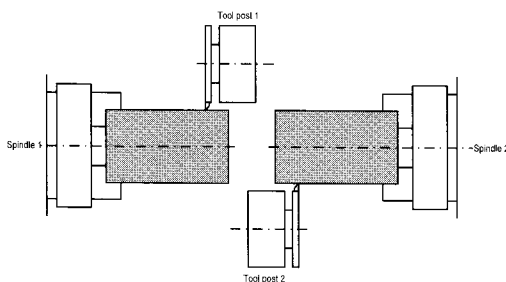


Fig. 7 Two Turrets & Two Spindles Machining

Fig. 6 과 Fig. 7 은 계통간 주축 동기 제어에 의한 가공 예를 나타낸 것이다. Fig. 6 은 두 개의 계통이 하나의 주축을 제어함으로써 동일한 피삭재를 동시에 가공하는 모습을 나타낸 것이다.

Fig. 5 의 balance cut 또한 Fig. 6 의 특수한 예이다. Fig 7 은 각 계통이 임의의 주축을 선택하여 가공을 수행하는 모습을 나타낸 것이다. Fig. 7 의 동기 제어를 통해 다계통 수치제어기는 복수개의 피삭재를 동시에 가공하는 것이 가능하며, 계통간 동기화를 통해 제어 주축을 변경하고, 가공 피삭재를 변경하는 것이 가능하다.

위에서 설명한 계통간 동기 제어를 수행하기 위해서는 계통간 주축 지령 선택신호에 의해 각 계통에 속하는 주축이 절환되는 주축 지령 선택 기능의 개발이 필요하며, 또한 나사절삭 혹은 회전당 이송을 수행하기 위해 임의의 계통이 특정 주축 피드백 신호를 선택하고, 선택된 주축에 장착된 포지션 엔코더의 피드백 펄스 값을 받아 가공을 수행할 수 있는 주축 피드백 선택 기능의 개발이 필요하다.

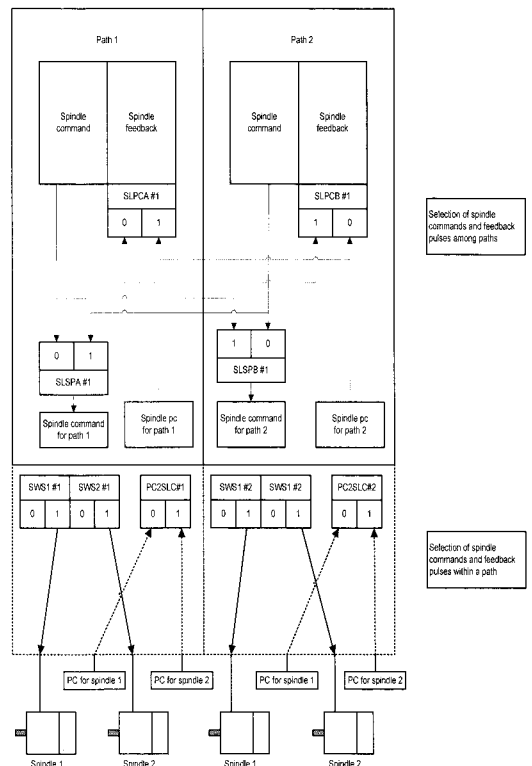


Fig. 8 Configuration of two paths' sharing four spindles belong to path 1 and 2³

Fig. 8 은 2 개의 계통이 4 개의 주축을 공유하는 구성 예를 나타낸 것으로서, 각 계통이 2 개의 주축을 포함하고 있지만, 주축 지령 선택 및 주축

피드백 선택 기능에 의해 계통에 상관없이 각 계통은 4 개의 주축을 제어할 수 있다.

4.3 개방형 HMI(Human Machine Interface)

수치제어장치의 개방화는 사용자 그룹의 오랜 요구사항이었으며, OMAC⁴, OSACA⁵ 등과 같은 개방형 수치제어장치에 관한 연구들이 수행되어왔다. 그러나, 최근에는 NC 의 안전성과 조작의 개방성을 극대화 시키기 위해 HMI 시스템에 국한된 개방화가 진행되고 있다. 즉, 수치제어장치 메이커들은 HMI 화면을 벤더 및 사용자가 일반 PC 에서 직접 디자인할 수 있도록 구성해주는 HMI Customization 도구와 LAN 을 통한 접근을 보장하기 위한 전용 라이브러리를 제공함으로써 개방화를 실현하고 있다.

FANUC 사의 경우 사용자가 CNC 상에서 구동 가능한 Macro 나 C 바이너리 모듈을 작성할 수 있도록 Macro-Executor 나 C-Executor 를 제공하며, LAN 접속을 위한 FOCAS Library⁶ 를 제공하고 있다. Mitsubishi 사는 NC designer⁷ 와 Custom API 를 통해 사용자로 하여금 C/C++ 언어 및 스크립트로 사용자 고유의 HMI 를 작성하도록 돕고 있다. Fig. 9 는 Mitsubishi 사에서 제공하는 NC Designer 의 예로서, Visual Basic 과 같은 Windows Form 을 이용한 화면 구성을 지원한다.

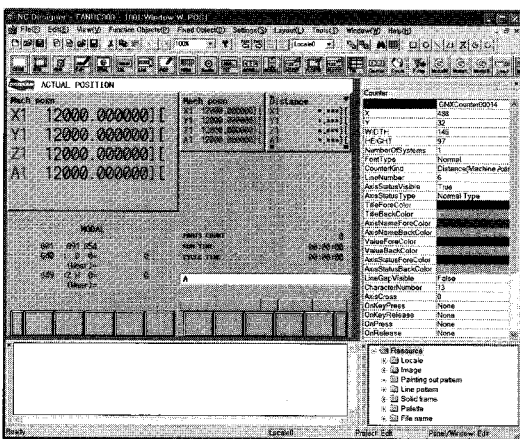


Fig. 9 Customization Tool of Mitsubishi CNC

4.4 3D 충돌 방지 기능

밀링과 선반 작업이 모두 가능한 복합공작기계의 경우, 최소 9 개 이상의 축으로 구성되며 직선축과 회전축의 다양한 조합과 독립적으로 동작하

는 각각의 계통들로 인해 시간의 변화에 따른 터렛, 밀링 헤드등의 위치를 예측하는 것은 불가능하다. 이와 같은 복잡한 운동 구조로 인해 사용자의 조그마한 조작 실수는 공작기계를 구성하는 모듈들간의 충돌을 발생시킬 수 있다.

상용 CAD/CAM 소프트웨어의 경우 가공 전 시뮬레이션 기능들을 제공하고 있지만, 이는 단지 공구 경로의 확인과 공작 기계의 움직임만을 살펴 보는데 그치고 있다. 즉, 공작 기계의 움직임은 수치제어기의 단순히 공구 경로뿐만 아니라 수치제어장치의 특성과 MTB 에 의해 정의된 고유 기능에 의해 결정되며, 이는 시뮬레이션을 통한 충돌방지가 완전하지 않음을 의미한다. 또한 대부분의 공작 기계의 충돌이 가공 상황이 아닌 사용자의 조작 실수로 일어난다는 사실은 수치제어장치가 작업자의 조작 실수를 감지하고, 이를 미연에 방지할 수 있어야 함을 의미한다.

수치제어장치의 충돌 방지 기능은 공작 기계의 실측 정보를 바탕으로 만들어진 가상의 3 차원 공작기계 모델을 이용하여 작업자가 수행하는 작업을 가상의 공작 기계에 적용하고, 공작 기계의 현재 상태에서 작업자가 수행할 수 있는 작업을 미리 예측해 봄으로써 충돌 발생 여부를 사전에 파악하는 기능이다.

수치제어장치의 충돌 방지 기능은 복합 공작 기계의 중요한 사용자 기능으로 요구되고 있으며, Mazak, OKUMA 등의 MTB 업체와 Mitsubishi, HeidenHain 등의 CNC 메이커에 의해 개발 중에 있다. Fig. 9 는 OKUMA 사의 OSP 시리즈에 적용된 충돌 방지 기능을 나타낸 것이다.

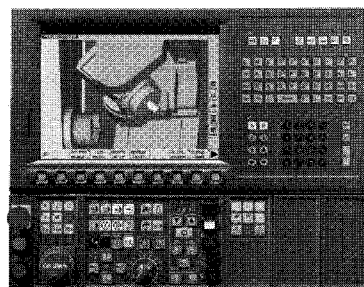


Fig. 10 Collision Avoidance System of OKUMA⁸

5. 다계통 e-CNC 모듈 개발

2.1 절에서 기술한 복합공작기계의 장점들로 인

해 복합공작기계의 보급이 늘고 있으며, 이와 함께 다계통 수치제어장치의 보급 또한 일반화 되고 있다. 이에 따라 두산인프라코어(주)는 수치제어장치분야에서의 선진 기술 확보 및 기술 자립을 위해 (주)동진, (주)리얼타임웨이브, 한국기계연구원, 한국생산기술연구원, 포항공과대학교, 단국대학교등과 함께 10 대 부품소재기술개발과제의 일환으로 다계통 e-CNC 모듈 개발 과제를 2005 년 하반기부터 수행 중에 있다. 현재 기준으로 3 차년도 과제가 수행되었으며, 다계통 e-CNC 프로토타입이 완료된 상태이다. 본 장에서는 다계통 e-CNC 모듈 개발 과제의 진행 결과를 설명한다.

5.1 NC & PLC 개발

3 장과 4 장에서 기술한 다계통 수치제어장치의 주요 기능들을 반영하여 3 그룹 10 계통이 가능한 다계통 e-CNC 모듈을 개발하였다. Fig. 11 과 Fig. 12 는 각각 본 과제를 통해 개발된 NC, PLC 모듈과 PLC 의 구성도를 나타낸 것이다.

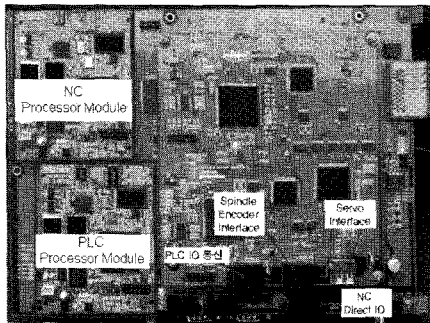


Fig. 11 NC&PLC modules of e-CNC

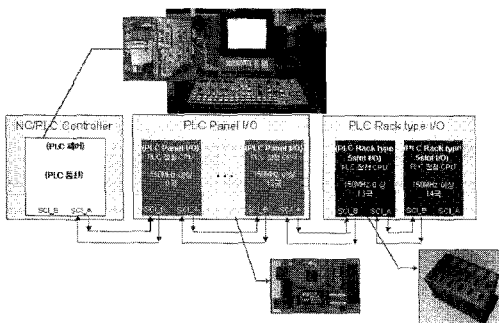


Fig. 12 PLC Configuration of e-CNC

밀폐된 공간에서 사용되어야 하는 NC/PLC 모듈의 특성상, 저 발열과 성능을 고려한 CPU 를 선

택하고, 고속 통신을 위해 PCI Express Bus 를 적용하였다.

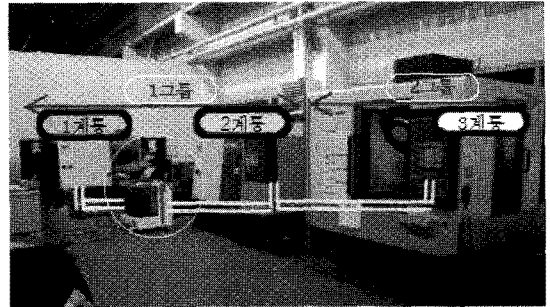


Fig. 13 Prototype of Multi-Path e-CNC

Fig. 13 은 본 과제를 통해 개발된 다계통 e-CNC 를 실 공작 기계와 연결한 모습을 나타낸 것이다. 다계통 제어 기능을 보이기 위해 3 대의 기계를 한대의 e-CNC 와 연결하였으며, 동작 시험을 통해 개발된 NC, PLC 를 검증하였다.

5.2 개방형 HMI 개발

4.3 절에서 설명한 바와 같이, 개방형 HMI 는 수치제어장치의 필수 기능 중 하나이다. 이에 따라 본 과제에서는 개방형 HMI 시스템을 구현하기 위해 Fig. 14 와 같은 구조를 갖는 HMI Framework 을 디자인하였다.

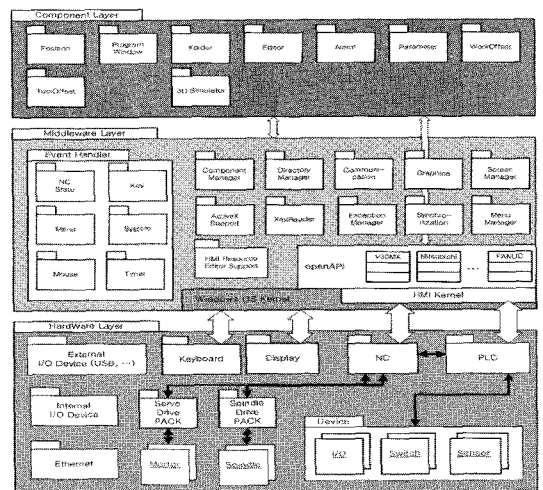


Fig. 14 3-Layered Architecture for HMI Framework

HMI Framework 에서 복잡한 CNC 전체 시스템은 기능 간의 상호 연관성에 따라 high-cohesion,

low-coupling 을 이루도록 3 계층으로 구분하였다. 아래 있는 계층은 저 수준, 일반적인 서비스를 제공하고 위에 있는 계층은 개별 응용 기능 서비스를 제공하며, 인접한 계층만이 정해진 인터페이스에 따라 통신을 하게 된다.⁹ 이러한 3 계층 HMI Framework 은 계층간 독립적인 서비스를 제공하고 내부 정보를 은닉함으로써 높은 수준의 개방성을 얻을 수가 있다. 특히, NC 제어/모니터링 시그널링을 체계적으로 분석하여 완전한 함수 집합을 제공하는 Middleware 계층의 OpenAPI 는 NC 독립적인 HMI 시스템을 가능하게 해준다. 각 계층이 제공하는 구체적인 서비스는 다음과 같다.

Component 계층: 좌표축 표시, 알람 메시지 표시와 같은 응용 서비스를 제공하며, 하나의 응용 서비스는 기능적으로 독립된 개별적인 컴포넌트로 구현된다.

Middleware 계층: Component 계층과 Hard-ware 계층을 연결해 주며, Component 계층을 위한 이벤트 처리, Menu Manager, NC 모니터링과 같은 플랫폼 서비스를 제공한다.

Hardware 계층: NC/PLC, Servo/Spindle, keyboard 등의 하드웨어와 드라이버 서비스를 제공한다.

개방형 HMI Framework 을 이용하여 Fig. 15 와 같은 HMI 시스템을 구현하였으며, 이를 NC, PLC 모듈과 통합하고 기능 검증을 수행하였다

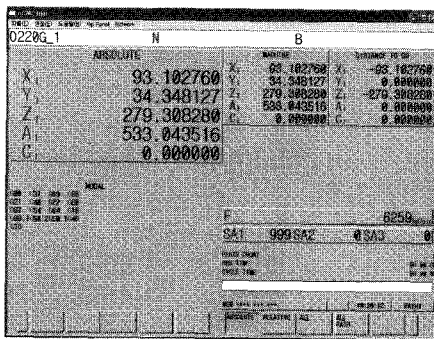


Fig. 15 Screen Shot of e-CNC HMI

5.3 HMI Builder 개발

HMI 의 개방성을 위해서는 HMI 의 구조뿐만 아니라 화면을 작성할 수 있는 HMI Builder 의 개발이 필수적이다. 이에 따라, 본 과제에서는 Fig. 16 과 같은 HMI Builder 를 개발하였다. 개발된 HMI Builder 는 패널의 크기를 인식해 자동으로 HMI 화면을 조절하며, 그 밖에 draw-overriding,

ActiveX 지원, 다국어 지원등의 다양한 기능을 제공하고 있다.

HMI Builder 를 이용해 사용자는 기존 HMI 화면을 쉽게 바꿀 수도 있고, 직접 개발한 컴포넌트를 삽입할 수도 있다. Fig. 15 에서 보여지는 HMI 화면도 HMI Builder 를 이용하여 작성된 것이다.

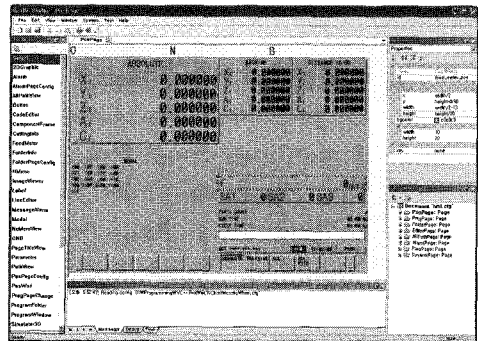


Fig. 16 HMI Builder for e-CNC

5.4 3D 충돌 방지 기능 개발

4.4 절에서 언급한 바와 같이 3 차원 충돌 방지 기능은 다계통 수치제어장치의 대표적인 편의 기능 중 하나이며, 본 과제에서도 다계통 e-CNC 용 충돌 방지 기능을 개발하고 있다. Fig. 17 은 본 과제를 통해 개발중인 충돌 방지 기능 화면을 나타낸 것으로, e-CNC 와의 연동과 기능의 신뢰성 확보를 통해 상용 제품화하기 위한 연구를 지속적으로 진행 중이다.

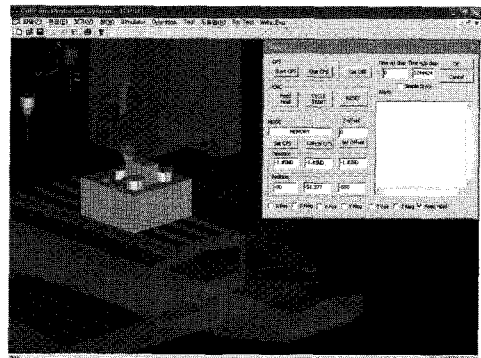


Fig. 17 Collision Avoidance System of e-CNC

6. 결론

최근 공작 기계의 고속화, 고정밀화, 다기능화

에 맞추어 수치제어장치도 다계통 수치제어장치로 발전하고 있으며, 다계통 수치제어장치는 공작 기계를 구성하는 복수개의 터렛, 주축들의 개별적인 동작뿐만 아니라 주축 동기화등의 다양한 협업 기능을 제공함으로써 복합 공작 기계의 생산성 향상을 가능케 하는 산업 기계의 핵심 장비이다. 또한 다계통 수치제어장치는 선진국으로부터의 기술이전이 불가능한 고부가가치 제품이며 국내 산업의 대표적인 무역 역조 상품 중 하나로서, 국내 수치제어장치뿐만 아니라 공작기계 산업의 경쟁력 향상을 위해 반드시 국산화 해야 하는 대표적인 상품이다.

이에 따라 2005 년부터 두산인프라코어(주)는 산학연 협력을 통해 다계통 e-CNC 모듈을 개발 중에 있으며, 본 연구 개발을 통해 프로토타입 개발에 성공하였다. 현재 다계통 e-CNC 모듈 개발 과제의 남은 연구 기간 동안 field test 를 포함한 상용화에 필요한 다양한 신뢰도 개선 작업 및 시험 검증 작업을 수행할 것이다. 또한 다계통 e-CNC 를 FANUC 등의 다른 선진 제품들과 차별화하기 위하여 현재 산학연과 공동으로 5 축 연동 제어 기능, 복합 가공용 대화형 시스템인 e-CAM, 인터넷 기반 remote HMI 인 e-HMI 등을 개발하고 있으며, 이들 기능들은 추후 다계통 e-CNC 의 고유 기능으로서 제공될 것이다.

후 기

본 연구는 지식경제부에서 추진하는 10 대 부품소재 기술개발사업의 하나로 수행되고 있는 “다계통 e-CNC 모듈개발” 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Korea Machine Tool Manufacturers' Association, <http://www.komma.org>
2. FANUC, “FANUC Series 30i-Model A Connection Manual (Function),” FANUC, p. 626, 2003.
3. FANUC, “FANUC Series 30i-Model A Connection Manual (Function),” FANUC, p. 766, 2003.
4. GMPTG, “Open Modular Architecture Controls at GM POWERTRAIN - Technology and Implementation: Version 1.0,” White Paper Downloaded from <http://www.arcweb.com/omac>, 1996.

5. ESPRIT III Project 6379 & 9115, “Open System Architecture for Controls within Automation Systems: OSACA I & II Final Report,” ESPRIT, 1996.
6. FANUC, <http://application.gefanuc.com/cnc/focas.asp>
7. Mitsubishi, <http://wwwf8.mitsubishielectric.co.jp/cnc/product/tool/index.html#01>
8. OKUMA, <http://www.okuma-e.prinfos.de/pressreleases/presseinformationokumaosp200.php>
9. Larman, C., “Applying UML and Patterns,” Prentice Hall, pp. 450-453, 2002.