

개방형 CNC를 응용한 하이브리드 머신 개발

김선호*(KIMM), 김동훈(KIMM), 박정환(영남대), 고태조(영남대), 구태중((주)오토텍)

Hybrid Machine with Open Architecture Controller

S. H. Kim(KIMM), D. H. Kim(KIMM), J. H. Park(Yuungnam Univ.), T. J. Ko(Yuungnam Univ.), T. J. Ku(Autotek Co. Ltd.)

ABSTRACT

Hybrid machine is based on hardware technologies of machine tool and software technologies of open architecture controller. In machining technology, combination technology of turning, milling, and grinding and in machining energy technology, combination of mechanical, electrical, and chemical technology are developed. This paper describes hybrid machine technology for combination of machining, on-machine measurement, on-machine CAM, and on-machine remote monitoring and control in open architecture controller environment. For on-machine measurement, non-contact measurement technology based on CAD information is developed. For on-machine CAM, interactive CAM program for automatic NC program generation and tool path simulation is developed. For generation on-machine remote monitoring and control, suitable interface method between web program and CNC is proposed. The developed hybrid machine technology is implemented in 3 axes milling machine for evaluation of operability.

Key Words : CNC Machine Tool, Hybrid Machine, On Machine Measurement, On Machine CAM, On Machine Remote Service

1. 서론

기계의 발전 역사를 보면 자연 에너지를 이용하는 도구화 기술, 인공 에너지를 이용하는 기계화 기술, CNC와 같은 제어 기술을 이용하는 자동화 기술로 발전해 왔다. 최근의 기계 기술은 정보 기술과 기계 기술을 융합하는 형태의 지식화 기계로 발전하고 있다. 이러한 기술을 지원하는 요소 기술로는 개방형 CNC 기술, 높은 성능을 가지는 CNC 프로세서, 자동화 시스템 간의 효율적인 네트워크 기술을 들 수 있다.

이러한 분야에 대한 연구로는 개방형 생산 시스템에 적합한 개방형 CNC 구조에 관한 연구[1,2], 개방형 CNC를 이용한 실시간 공작기계 제어에 관한 연구[3,4], 자동화된 생산 시스템 구성(Automatic Configuration) 및 동적 재구성(Dynamic Reconfiguration)에 관한 가공 시스템 운영에 관한 연구[5], 그리고 공작기계의 지능형 고장진단에 관한 연구[6,7]들이 있어왔다. 최근에는 개방형 CNC

응용 기술로서 공작기계를 복합기능화 하기 위한 하이브리드 머신(Hybrid Machine)에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있는데 크게 세 가지 방향으로 연구가 이루어지고 있다. 첫째는 가공 특성 측면에서 선삭, 밀링, 연삭 등을 하나의 기계에서 수행하려는 연구이며[8], 둘째는 가공 에너지 측면에서 기계적 전기적 화학적 특성의 장점을 조합하여 활용하고자 하는 연구이며[9] 셋째는 수행 역할 측면에서 하나의 기계에 가공, 측정, CAM, 원격 서비스 기능 등을 실장하는 형식의 복합화 연구[10]이다. 본 연구는 세 번째 기술에 관한 것이다. 본 논문에서는 하이브리드 머신을 개발하기 위해 CAD 정보 기반 기상 측정(On the Machine Measurement), 기상 캠(On the Machine CAM), 기상 원격감시제어(On the Machine Remote Service) 기술을 개발한 내용을 소개한다.

공작기계 환경으로는 3축 밀링머신을 대상으로 했으며 제어 시스템은 개방형 구조를 갖는

SIEMENS 840D를 이용했다.

2. 개발환경

사용자 응용 프로그램을 적용하기 위한 개방형 컨트롤러는 다양한 종류가 있으나 본 연구에서 가장 보편화된 상용 시스템을 선택하고자 했다. 이러한 목적을 달성할 수 있는 컨트롤러로서는 SIEMENS 840D와 FANUC *i* 시리즈가 있는데 운용 시스템의 일반성, 확장성 측면에서는 SIEMENS 840D가 우수한 장점이 많은 것으로 판단되었다.

SIEMENS 840D는 Fig. 1과 같은 구조를 갖는다. MMI와 응용 프로그램이 실장되는 PC는 IBM 호환기종이 사용된다. NC 커널(Kernel)이 실장된 모션 CPU가 PC 버스를 이용해 PC와 인터페이스 된다. 응용 프로그램 측면에서 보면 OS는 Windows NT가 사용되며 응용 프로그램을 작성하기 위한 환경은 MMC 103을 사용한다. MMC 103을 활용하여 CAD 정보 기반 기상 측정, 기상 캠 그리고 기상 원격감시제어 기술이 개발되었다.

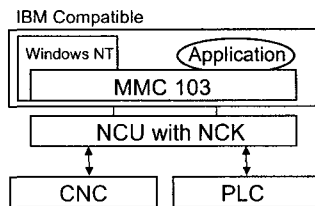


Fig.1 System configuration of SIEMENS 840D

3. 하이브리드 기술 I - 기상 측정

짧은 납기, 높은 품질을 지향하는 생산 시스템의 요구에 따라 설계, 가공, 검사, 조립이라는 전통적인 생산 시스템을 효율화하기 위한 많은 연구들이 있어 왔다. 관리적인 측면에서는 효율적인 관리 시스템의 도입이 이루어지고 있으며, 기계운영 측면에서는 기상 측정에 대한 관심이 높아지고 있어 많은 관련 연구들이 있어 왔다. 그러나, 대부분의 연구들이 기상 측정 운영시스템을 CNC와 단순하게 연결된 PC에 설치하여 운용하는 것이 일반적이었다. 이는 폐쇄형 CNC가 갖는 한계를 극복하지 못했기 때문이다. 최근에는 개방형 CNC에 운영 시스템을 실장하는 연구도 이루어지고 있으나 단순한 측정기능을 실장하는 단계에 관한 연구가 이루어졌다.

그러나, 이러한 연구들은 설계-생산을 통합화하기 위한 기술적인 측면에서는 많은 한계점을 가지

고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 본 연구에서는 CAD 정보를 기반으로 하는 기상측정 시스템을 개발했다.

CAD 기반 기상 측정 시스템을 개발하기 위해 상업용 CAM 시스템인 Z-Master 2000의 내부 기능을 활용하였다. 시스템은 크게 측정센서보정, 측정 및 검사 등 3가지 모듈로 이루어진다. 측정센서보정 모듈은 측정센서를 NC 머신에 장착할 때 스펀들 축과 측정센서 광원 사이에 발생하는 편심을 보정하는 작업을 수행한다. 측정 모듈은 측정센서의 경로계획 및 충돌 방지계획, 실시간 측정을 위한 축 이동제어를 수행하며, 검사 모듈은 측정 데이터를 이용해 가공오차를 계산하고 평가하는 역할을 수행한다. 본 연구에서 사용된 측정센서로는 측정속도, 내환경성, 측정정밀도 등을 고려하여 CCD 형의 레이저 변위 센서를 사용했다. 기상 측정을 운영하기 위한 시스템 구성을 Fig. 2에 나타내었다. 센서의 전압 값을 받기 위해 12bit 아날로그 디지털 컨버터를 사용하였다.

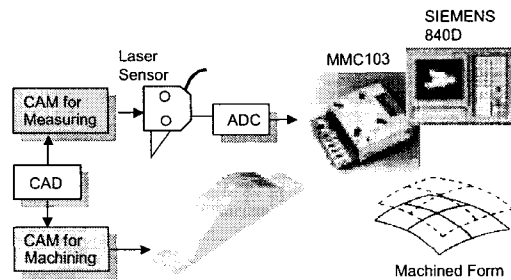


Fig. 2 Measurement system for OMM

기상 측정을 위해서는 가공이 종료된 후 공구를 측정센서로 교환하는 공정을 거친다. 교환한 후 센터 얼라인먼트를 거치면 공구중심과 측정센서 중심이 일치하게 된다. 다음으로는 측정모듈을 통해 측정계획을 수립하게 된다. 이를 위해 가공물에 측정하고자 하는 점들을 Z-Master의 내부 기능을 사용하여 직접 선택할 수 있게 하였다. 사용자에게 의해 측정하고자 하는 점이 선택되면 공작물의 최대 높이보다 안전 높이를 높게 하여 각 측정 점들의 이동간에 충돌이 발생하지 않도록 측정 경로를 자동 생성하게 된다. 이때 측정 경로는 앞에서 구한 편심량을 보정한 측정 경로가 된다. Fig. 3은 측정하고자 하는 점들과 측정 경로를 보이고 있다. 측정은 가공오차 특성을 파악하기 위해 그림과 같이 평면부 직선 보간부 곡면부를 측정하였다.

검사 모듈에서는 이러한 측정계획을 이용해 측정을 하게 된다. 평면 보간부에 대한 측정결과를 Fig. 4는 평면부에서의 OMM 측정 결과를 보이고 있다. 여기서 음의 값은 과절삭(over cut)을 나타내고 양의 값

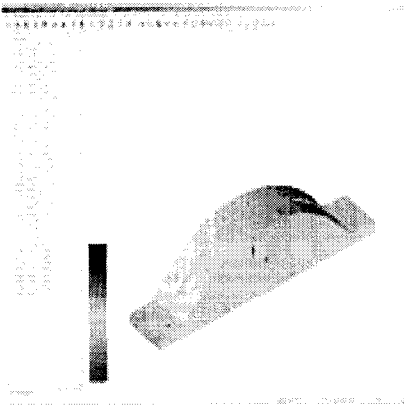


Fig. 3 CAD based measurement planning

은 미절삭(under cut)을 나타내고 있다. 실제 측정에서는 공작물 좌우에 위치한 평면부를 기준 평면으로 삼았다. 따라서 이 점의 값이 영점 세팅값이 되며, 측정점으로 이동하였을 때 실제 모델과의 차이값만큼 전압의 차이를 발생시키도록 구성하였다. 그림에서 1, 2, 3은 평면부이며, 4, 5, 6은 45°, 7, 8, 9는 30° 그리고 10, 11, 12는 15°의 경사를 가진다. 경사가 급할수록 CAM 에러가 크고 공구의 힘이 크게 발생하기 때문에 가공 오차도 커지게 된다. 13, 14, 15는 평면부이기 때문에 1, 2, 3과 동일한 오차 특성을 가진다. 22, 23, 24 위치에서 가공 오차가 크게 나타나는 것은 가공 특성이 잘 반영되었음을 의미한다. CMM 결과 역시 OMM과 동일한 경향을 가짐을 알 수 있다. CMM 측정 결과를 기준으로 보았을 때 측정점 4~9 위치와 19~24 위치에서 10~20 μ m 정도의 비교적 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 가공면의 경사도가 45°, 30°에 해당하는 위치로서 사용된 센서의 특성이 반영된 결과이다.

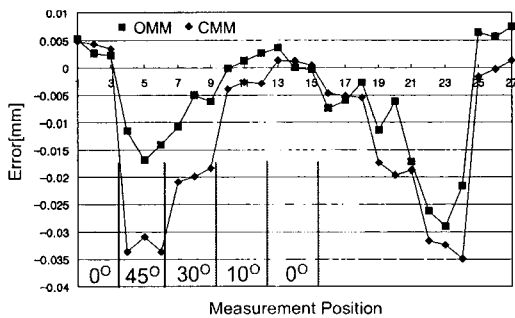


Fig. 4 Measured results for OMM and CMM

4. 하이브리드 기술 II - 기상 CAM

현재의 생산 시스템에서는 CAD, CAM 포스트프로세서를 거친 후 G 코드 형태의 NC 프로그램을 생성하고 이를 CNC에 전달하는 체계를 갖는다. 이러한 체계를 개선하기 위해 일부 CNC에서는 대화형 프로그램으로 밀링계에서는 드릴링 사이클(Drilling Cycle), 태핑 사이클(Tapping Cycle) 등을, 그리고 선반계에서는 나사 절삭 사이클, 언더컷 사이클, 스트로크 리무벌 사이클(Stock Removal Cycle)과 같은 편리한 기능들을 제공하고 있다. 이러한 기능을 사용할 경우 CNC 메이커에서 지정하는 변수 값의 지령에 의한 서브 프로그램을 호출하는 방법을 사용해야 한다.

그러나 이러한 방법은 다음과 같은 문제점들을 가지고 있다.

첫째, 변수 지령에 의한 서브 프로그램 호출 방법은 변수에 의한 연산 및 판단 루틴을 거쳐 최종 결과물인 G 코드가 생성된 후, 이것이 기계에서 실행되는 과정을 거치므로 기계에서의 연산 및 실행 루틴의 검증과 수정이 불가능하다.

둘째, 서브 프로그램을 호출하는 관계로 실행만 가능하고 오프 라인에서 프로그램 작성 및 검증이 불가능하다.

셋째, 서브 프로그램이 실행되는 중에 비정상 상태가 발생한 후, 발생한 지점에서의 프로그램 재개가 불가능하여 가공시간 연장 및 제품의 품질에 나쁜 영향을 미친다.

넷째, 연산 및 판단 루틴에서의 사용 명령어들이 상이하여 이식성이 없다.

다섯째, 다양한 유저의 요구에 대한 커스터마이징이 불가능하다.

이상과 같은 문제점들을 보완하고 개방형 구조의 CNC인 SIEMENS 840D 시스템의 프로그램 서브 메뉴로서 탑재 가능한 대화형 프로그램을 개발했다. 개발된 시스템은 다음과 같은 특징을 가진다.

첫째, 변수입력에 관한 별도의 GUI 환경의 입력창을 구성하였고 변수명에 대한 설명이 제공된다.

둘째, 작업 중단 및 NC 리셋시에도 프로그램 재개가 용이하도록 시스템을 구성했다.

셋째, 이기종의 CNC에 적용시에도 사용자 인터페이스만 수정하면 이식이 가능하도록 프로그램을 모듈화하였다.

넷째, 오프라인 프로그램 작성이 가능한 환경을 제공하며 공구궤적 시뮬레이션 기능을 가지게 했다.

사용자 응용 프로그램으로 개발된 기능 중에서 사각 포켓에 대해 소개한다. 사용자 입력변수는 13개이며, 텍스트 및 그림 파일이 디스플레이 되어 사용자가 변수의 의미를 정확하게 파악할 수 있도록 하였다. 사용자 공구반경 값이 입력되면 공구의

컨투어(Contour)는 공구 오프셋(Tool Offset)를 감안하여 자동으로 연산되어 G 코드 생성시 반영된다. 그리고 사용자의 선택에 따라 황삭부 및 정삭부로 나누어 사용자변수를 입력하도록 하였다. 이를 Fig. 5에 나타내었다.

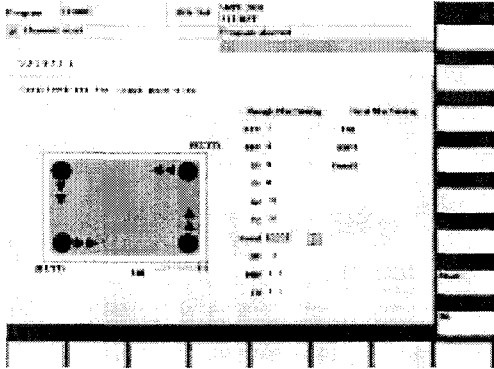


Fig. 5 On-Machine CAM for pocket machining

사용자변수 입력시 그 의미를 명확하게 하기 위하여 타이틀 바에 텍스트 헬프를 두었고, 사용자변수 텍스트 박스에 커서가 위치하게 되면 관련 이미지가 Fig. 6과 같이 각각 단면부, 평면부 로드 되도록 하였다.

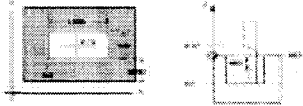


Fig. 6 Help menu for variables

Fig. 7은 생성된 프로그램을 실제 가공에 앞서 시뮬레이션에 적용한 결과이다.

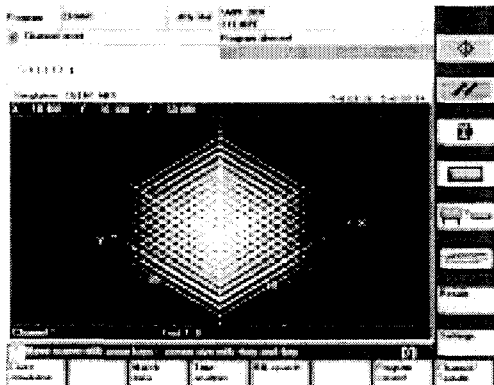


Fig. 7 Cutting path simulation at OMM

5. 하이브리드 기술 III - 기상 원격감시/제어

원격감시 및 제어를 위해서는 감시 및 제어내용에 대한 CNC 내부 데이터간에 인터페이스가 정의되어야 한다. 데이터 인터페이스 방법으로는 몇 가지 제안된 방법이 있으나, 본 연구에서 적용한 방법으로는 Fig. 8 처럼, 인터페이스용 Common Data File을 정의하여 공유하는 방법을 사용했다. 즉, CNC 사이트에서는 con.txt를 액세스하여 제어용 데이터로 이용하고, 웹 사이트에서는 mon.txt와 log.txt를 액세스하여 웹 서비스용 데이터로 변환하여 처리한다. mon.txt는 기계의 가동 또는 정지 등 가동 유무를 확인하기 위한 인터페이스용 정보 파일이며, log.txt는 고장, 정상, 복구 등에 대한 정보를 제공한다.

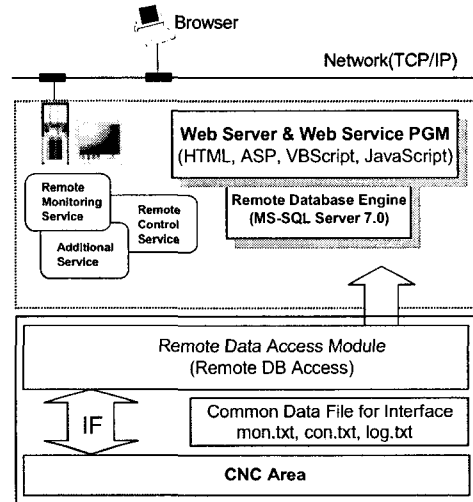


Fig. 8 System configuration for remote service

웹 환경에서의 원격 제어는 Fig. 9처럼 가동, 정지, 예약 가동 및 정지로 구성된다. 화면을 통해 현재의 기계 운용상태를 확인 할 수도 있다. 기계의 제어는 사용자의 요청에 의해 클라이언트의 웹 브라우저에서 입력 받아 con.txt 인터페이스를 통해 제어하게 된다. 필요에 따라 예약시간을 설정하여 예약 제어를 할 수 있도록 구성했다. 예약제어는 공작기계의 예열 등에 유효하게 활용이 가능하다. 예약 가동을 선택하면 자동으로 예약시간에 대한 조건을 입력하라는 메시지 창이 뜬다. 예를 들어 외부의 임의의 원격지 장소에서 머신의 가동 또는 정지작업을 수행하기 위해서는 웹 브라우저에서 명령(Command) 종류 란에서 해당 제어 명령을 라디오 버튼에서 선택하고, 예약제어인 경우는 예약 조건을 입력한다. 이러한 정보는 웹 서버에 존재하는

테이블의 특정 필드에 이 내용이 기록되었다가 적당한 시기에 CNC 사이드에서 알아 볼 수 있는 데이터인 앞서 정의한 인터페이스용 Common Data File인 con.txt로 변환되어 최종적으로 하드웨어 제어 루틴과 연계됨으로 제어가 이루어진다.

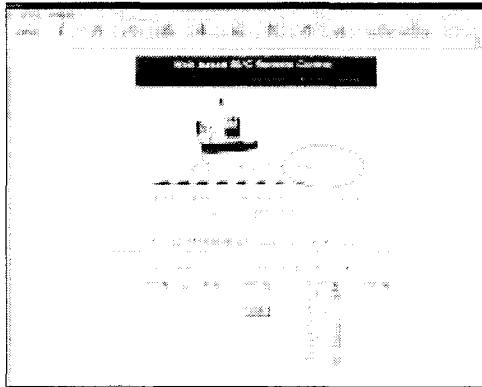


Fig. 9 Remote monitoring & control

6. 결론

본 논문에서는 개방형 CNC를 기반으로 하는 하이브리드 머신을 개발하기 위해 CAD 정보 기반 기상 측정(On the Machine Measurement), 기상 캠(On the Machine CAM), 기상 원격감시제어(On the Machine Remote Service) 기술을 개발했다.

기상 측정 시스템은 측정의 고속화, 정밀화를 위해 레이저 변위 센서를 이용해서 비접촉식 측정 시스템을 구성했다. 개발된 시스템은 측정센서 보정, CAD 기반 측정 및 검사 기술이 개발되었다. 측정센서 보정기술로는 특별히 고안한 방법을 통해 3 μm 이내로 얼라인먼트 했으며, 측정계획은 CAD 커널을 이용해 CNC의 모니터 상에서 직접 측정 점을 입력하게 했으며 측정된 측정결과는 모니터에 출력이 가능하도록 했다. 개발된 시스템의 평가결과, CMM 대비 약 5-25 μm (경사 0-45° 영역)의 정확도를 가지는 것으로 평가 되었다.

기상 CAM 기술은 가공 파라미터를 입력하는 가공계획, NC 프로그램 생성, 가공계획 시뮬레이션 기술 등이 개발되었다. 이러한 기술은 CNC가 고유하게 가지는 기본 화면에 개발된 기능을 추가하는 형식의 MMI를 개발해서 적용했다.

기상 원격감시/제어 기술에서는 웹을 통해 기계의 운영상태와 화상 데이터를 제공하며 필요한 경우 원격제어가 가능한 기술을 개발했다.

참고문헌

1. Rober, S. J. and Shin, Y. C., "Modeling and control of CNC machines using a pc-based open architecture controller," *Mechatronics*, Vol.5, No.4, pp.401-420, 1995.
2. Wright, P. K., "Principles of open-architecture manufacturing," *J. of Manufacturing Systems*, Vol.14, No.3, pp.187-202, 1995.
3. Erol, N. A., Altintas, Y. and Ito, M. R., "Open system architecture modular tool kit for motion and machining process control," *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, Vol.5, No.3, pp.281-291, 2000.
4. Yellowley, I. and Potlier, P. R., "The integration of process and geometry within an open architecture machine tool controller," *International J. of Machine tools & manufacture*, Vol. 4, No. 2, pp.277-293, 1994.
5. Oldknow, K. D. and Yellowley, I., "Design, implementation and validation of a system for the dynamic reconfiguration of open architecture machine tool controls," *International J. of Machine tools & manufacture*, Vol. 41, pp.795-808, 2001.
6. Kim, S. H. and Kim, D. H., "Model of remote service and intelligent fault diagnosis for CNC machine tool," *J. of KSPE*, Vol.19, No.4, pp.168-178, 2002.
7. Kim, S. H., "Remote monitoring, remote fault diagnosis, and remote operation for manufacturing device," *J. of KSPE*, Vol.18, No.10, pp.33-44, 2001.
8. 아오시마 야스이찌, "복합가공(선삭+밀링기능)을 위한 대응," *기계와 공구*, 2003.2.
9. Lim, H. S., Kumar, A. S., Rahman, M., "Improvement of form accuracy in hybrid machining of microstructures," *J. of Electronic Materials*, Vo. 31, pp.1032-1038, 2002.
10. 김선호 외, *공작기계 복합기능화를 위한 가공·검사 통합 시스템*, BSM355-965.M, 산업자원부, 2002.9.