

PC-NC 기반 Machine Agent System 에 관한 연구

정병수*(성균관대학교 대학원 기계공학과), 강무진(성균관대학교 기계공학과)
정순철, 배명환, 김성환(㈜센트랄)

A Study on PC-NC based Machine Agent System

B. S. Joung*(Graduate School, SKKU), M.J. Kang(Mechanical Engineering, SKKU),
S.C. Chung, M.H. BAE, S.H. Kim(Central Co.)

ABSTRACT

In contrast to conventional CNC, PC-NC opens a new era for machine tools to be more intelligent. For instance, machine tool with PC-NC can be a machine agent system with capability of reacting autonomously to changing operating conditions. This paper introduces a concept of intelligent machine agent system, composed of machine agent and cell manager. Machine agent performs the functions such as process monitoring, diagnosis, maintenance management, condition assessment and schedule negotiation, while cell manager coordinates the negotiation process among multiple machine agents.

Key Words : Agent(에이전트), Scheduling(일정 계획), Negotiation(협상), Diagnosis(진단), Maintenance(유지 보수)
Virtual Machine(가상기계)

1. 서론

공작기계를 제어하는 장치인 NC(Numerical Controller)는 미국 공군이 2 차 대전 후 군사적인 목적으로 시작하여 지금까지 많은 변천을 거듭하며 발전해 왔다. 컴퓨터 하드웨어 기술과 소프트웨어 기술의 발전에 따라 보다 편리하고 고기능, 고정밀성, 고성능의 NC 가 생산되어 보급되고 있다.

현재 NC 가 사용되는 생산 현장에서는 급격히 변화하는 생산 환경에 대응 가능하고 고품질, 고생산성만이 살아 남을 수 있게 되었다. 이러한 현실적인 도전에 직면하여 NC 제조사들은 기존의 폐쇄적인 NC 를 상용 PC 와 호환이 되거나 PC 그 자체를 이용하여 개방화 하려고 노력하고 있다. 이러한 노력의 일환으로 탄생한 것이 PC-NC 이다. PC-NC 는 기존의 OS(Operating System)가 가진 네트워크, 뛰어난 MMI(Man Machine Interface)등의 기능을 그대로 활용할 수 있고 자사의 CNC 소프트웨어 외에 상용 CAM 시스템등 기존의 소프트웨어를 이용하여 시스템을 구성할 수 있다.

그러나, 현재 시판되고 있는 PC-NC 는 이러한 장점을 살리지 못하고 네트워크 등의 극히 제한된

장점만을 이용하고 있다. 또한 기존 NC 에 비해 향상된 기능, 즉, 생산 정보의 추출 및 활용, 공작기계의 원격 감시, 자가 진단 등의 기능 활용은 아직도 요원한 상태이다.

따라서 PC-NC 의 진보된 기능과 근래 산업 사회에 급속히 확산되고 있는 IT 기술을 접목하여 PC-NC 를 네트워크 상에서 하나의 독립된 기능을 갖는 지능화된 시스템으로 구성해 볼 수 있다. 이러한 시스템을 MAS(Machine Agent System)라 정의한다.

MAS 는 생산시스템의 무인화를 위한 생산시스템 관리자의 기능적 요구를 대신하여 NC 의 제어 기능 뿐만 아니라 사용자의 지시나 간섭없이 스스로 기계의 상태를 판단하고 유지 보수 명령을 내리며, 가공 상태를 평가하여 다른 NC 들과 협상과 협력을 통해 항상 최적의 생산 라인을 유지하고 다음 작업에 대한 일정 계획을 수립할 수 있는 시스템을 말한다.

본 연구의 목적은 MAS 가 가져야 할 구성 요소와 기능을 추상화하고, 이를 통합하여 실제 구현 가능한 프레임워크를 제시하는 것이다.

2. 관련 연구

2.1 PC-NC

PC-NC 는 Personal Computer based Numerical Control 의 약자로 개인용 컴퓨터를 이용하여 선반과 머시닝센터 등 공작기계를 일괄 제어하는 장치를 말한다. Fig.1 은 PC-NC 의 주요 장점들을 보여준다.

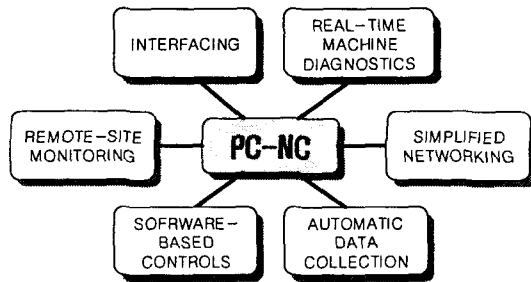


Fig. 1 The main advantage of PC-NC

일본을 중심으로 PC 를 이용하여 CNC 시스템을 구축하는 논의를 OSEC(Open System Environment for Controller Architecture Overview)라는 콘서시엄을 구성하여 진행하였다. OSEC 는 CAD/CAM 과의 Data format 도 제시하고 있고, Machining process 에서의 NC 프로그램 처리와 함께, Tool motion 과 Control sequence 기능을 정의하고, 각 Actuator 들과의 interface 를 정의하고 있다.^[1]

유럽을 중심으로 CNC 시스템을 개방화 구조로 설계하려는 작업을 진행하고 있는데, OSACA (Open System Architecture for Control within Automation)라는 콘서시엄을 구성하여 진행하고 있다. OSACA 는 특정 CNC 시스템이 타 회사 제품들과도 자유롭게 integration 하여 사용할 수 있게 하기 위하여 표준화 작업을 하는데, 통신 시스템, 시스템 환경, 메시지 전달 시스템 등에서 진행을 하고 있다.^[2]

미국은 NC 의 개방화를 OAC(Open Architecture Controller)라고 부르며 OAC 에 관한 주요 프로젝트로 OMAC(Open Modular Architecture Controller)이 있다. 이 프로젝트는 PC 를 플랫폼으로 한 OSACA 와 동일한 모듈 구조를 가진 시스템을 개발하는 것이 목표이다.^[1]

이철수^[3] 등은 PC 를 기본 하드웨어 플랫폼으로 하고 서버 모터를 제어하거나 입출력 접점을 제공하기 위해서 운영 체제인 MS-Windows NT 에서 제공되는 멀티태스킹(Multitasking)과 실시간 타이머(Real-time timer)등의 기능을 이용하여 처리하는 방법을 제안하였다.

그러나 이러한 연구들은 대부분 PC-NC 혹은 개

방형 구조의 구현과 표준화에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 따라서, PC-NC 에서 생성된 정보의 활용이라는 측면에서의 연구가 필요할 것이다.

2.2 에이전트 기반의 일정 계획

에이전트(Agent)란 자율적으로 의사 결정을 내릴 수 있고, 독립적으로 작동하며, 다른 에이전트와의 의사 소통을 통하여 서로 협력하면서 전체의 목표달성을 위해 행동하는 일종의 소프트웨어 모듈이다. 에이전트의 주된 특징은 스스로 임무를 수행할 수 있는 자율성(Autonomy), 문제 해결을 위해 다른 에이전트와 통신할 수 있는 사회성(Social ability), 외부 환경에 반응할 수 있는 대응성(Reactivity), 그리고 목표를 향해 일관되게 작업할 수 있는 일관성(Proactiveness) 등이 있다. 에이전트는 그 분산 협동 처리와 에이전트간의 통신 능력에 있어 다른 인공지능 기술과 구별된다. 에이전트 사이의 통신의 목적은 정보나 작업 처리의 공유와 교환에 있다. 모든 정보를 가지고 복잡한 문제를 혼자서 처리할 수 있는 완전한 에이전트를 개발하는 것은 불가능하므로, 자신이 가지고 있지 않은 정보에 접근하거나 자신이 해결하지 못하는 작업을 처리하기 위해서 다른 에이전트에게 도움을 청하는 방법으로 에이전트간 통신을 이용하는 것이다.

Smith^[4]는 분산 환경에서 독립적인 기능을 수행하는 에이전트들이 서로 의사 교환을 통해 문제를 해결하는 협상 규약(Contract Net Protocol)을 처음으로 제안하였다. 이 규약에서는 문제 해결을 위해 에이전트들이 서로 협력하기 위한 고 수준의 의사 교환 및 협상 메커니즘을 제시하고 있다. 이후 많은 연구들이 이 규약을 바탕으로 이루어졌다. Sousa 와 Ramos^[5]는 다중 에이전트(Multi-Agent) 와 Holonic 개념을 이용하여, 동적인 일정 계획 시스템을 위한 새로운 구조와 협상 규약을 제시하였다. 특히 Task 와 Resource 를 나타내는 Holon 을 구체화하였다. 또한, Ting^[6]은 CIM 환경을 구현하기 위해 시스템을 제어하고 스케줄링하기 위한 입찰(Bidding) 스키마를 제안하였다. Lin 과 Solberg^[7]은 다양한 방법과 여러 단계를 걸친 협상 시스템을 제안하였다. 특히 생산시스템을 시장에 비유하여 각각의 에이전트들이 가상의 돈(Money)을 가진다는 가정 하에 마치 경제학적인 경매 시스템과 유사한 모델을 제시하였다.

2.3 웹기반 가상기계

가상기계는 CNC 공작기계의 기능을 컴퓨터 모델로서 모사하고, 원거리에서도 마치 현장에 있는 것과 같이 공작기계의 상태를 모니터링하고 이상과 고장을 진단하여 대책을 조치하며 예방적 보전을

수행할 수 있는 시스템이다.^[8]

가상기계는 실제 공작기계에 직·간접적으로 참여하는 모든 구성원들 -작업자, 관리자, 고장 진단 전문가, 보전 인력 등 - 에게 필요한 정보를 제공해야 하는데, 기업환경이 빠르게 변모하고 글로벌화됨에 따라 이들이 시간과 장소에 제한을 받지 않고 Web Browser 만으로도 정보 이용이 가능할 수 있도록 하기 위해선 웹기반 시스템화가 필수적이라 하겠다.

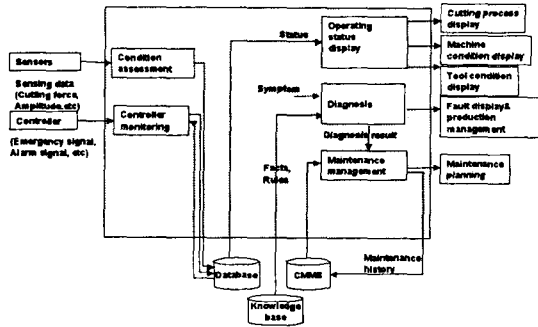


Fig.2 Configuration of virtual machine

가상기계에 대한 구체적인 프레임워크는 배원준이 제안한 바 있는데, Fig.2^[8]과 같이 공작기계의 PLC와 주요 부위에 장착된 센서를 통하여 기계 상태에 대한 데이터를 입력 받아 데이터베이스에 저장하고, 지식 베이스에 의하여 이상이 있을 시 증상을 추론하고, 이에 대한 해결책과 유지 보수 계획을 관리자에게 전달할 수 있는 구조로 되어 있다.

3. MAS 구현을 위한 프레임워크

3.1 MAS의 개요

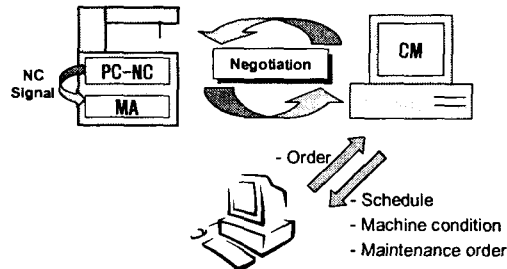


Fig.3 Conceptual framework of MAS

Fig.3은 NC에서 생성된 정보를 이용하여 일정 계획 생성, 공작기계 상태 평가, 유지 보수 계획 생성 등의 기능을 갖는 MAS의 개념도이다. MAS은 크게 두 부분으로 구분할 수 있다. MA(Machine

Agent)는 PC-NC에 설치되어 가공 공정 및 상태를 평가하고 고장시 유지 보수 계획을 생성한다. 이 정보를 바탕으로 협상과 협력을 통한 일정 계획 생성과 유지 보수 계획 생성 및 지시를 수행하는 CM(Cell Manager)로 구성된다. 생산시스템 관리자는 웹을 통하여 장소에 구애받지 않고 공작기계를 관리하고 제어할 수 있다.

3.2 Machine Agent

MA의 구성 요소는 Fig.4와 같이 크게 5개 부분으로 나눌 수 있다. 제어기 신호를 읽어들이어 이상 상태와 정상 상태로 구분하는 Monitor machine condition, 이상 상태시 이상 원인과 증상을 찾는 Find fault diagnostics, 고장 원인과 증상을 이용하여 유지 보수 계획을 수립하는 Manage maintenance, 공작기계의 상태를 평가하는 Assess condition, 일정 계획 생성을 위해 협상과 협력을 수행하는 Negotiate schedule 모듈로 구성된다.

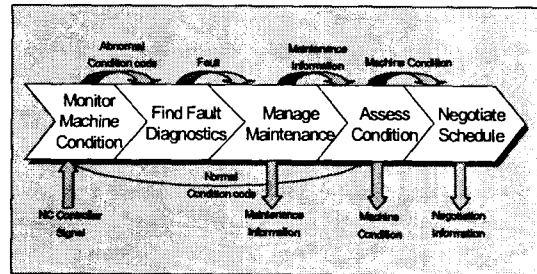


Fig.4 Configuration of MA

3.2.1 Machine condition monitoring

PC-NC는 상용 OS에 설치되어 외부 프로그램이 액세스할 수 있도록 메모리 맵(Memory map)이 공개되어 있다. 따라서 메모리를 공유하는 방법을 통해 공작기계 제어기의 알람(Alarm) 신호와 경고(Warning) 신호를 얻을 수 있다. 제어기의 신호는 알람 리스트 데이터베이스를 이용하여 읽은 후 다시 이를 정상 상태 신호와 비정상상태 신호로 분류한다.

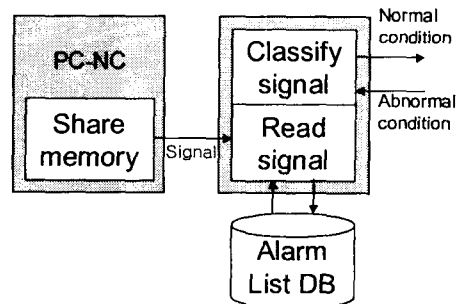


Fig.5 Functional flow in monitoring machine condition

3.2.2 Fault diagnostics

Machine condition monitoring 에서 분류된 신호를 읽어들이고 고장 증상과 원인을 분석한다. 분석을 위해 Trouble shooting DB 를 이용한다. Trouble shooting DB 는 알람 혹은 경고 신호에 맞는 고장 증상과 원인을 저장한다.

3.2.3 Maintenance management

공작기계의 고장은 전체 생산 활동에 큰 지장을 초래하므로 유지 보수(Maintenance)가 매우 중요하다. 유지 보수관리를 위해서 고장 증상의 평가가 이루어져야 한다. 고장 증상의 평가는 고장 수리 비용과 수리 시간을 추정하고 이를 바탕으로 유지 보수 계획을 생성한다. 고장 수리 비용과 시간은 Maintenance information DB 를 이용하여 산출한다.

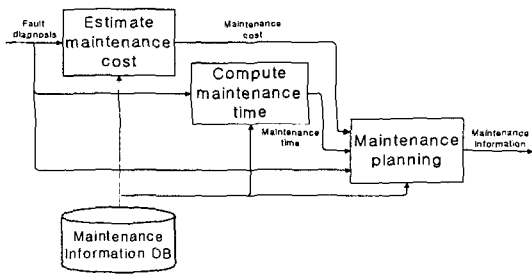


Fig.6 Functional flow in maintenance management

Maintenance information DB 는 다음과 같은 Data 를 포함하고 있어야 한다.

- MTTR(Mean Time To Repair)
- 핵심 기술 정보(essential technical data)
- 예비 부품 정보 및 비용(spares part list & cost)
- 유지보수 지침서(maintenance instruction manuals)
- 표준 예방 지침 카탈로그(catalogue of standard preventive and corrective jobs)

3.2.4 Condition assessment

공작기계의 상태 평가는 현재 공작기계의 상태 감시뿐만 아니라 차후 공정에서 공작기계의 활용 가능성을 결정할 수 있는 정보를 제공한다. 이를 위해 제어기의 신호와 Maintenance information 을 이용하여 공작기계의 상태를 평가한다. 상태 평가는 두 가지 기준으로 평가한다. 첫 번째 기준은 이상 발생 여부이다. 제어기의 신호를 이용하여 추정된 Maintenance information 으로부터 가동 가능 혹은 불가능 여부를 판단한다. 두 번째 기준은 만일 가동 불가능이라면 재가동 가능 시간을 시간표(Agenda)에

추가한다. 시간표는 공작기계에 할당된 작업들과 시작 시간, 종료 시간등의 정보를 가진다.

3.2.5 Scheduling negotiation

MA 는 각각의 상태나 작업 일정을 고려하여 일정 계획을 생성하기 위해 상호 협상과 협력이 필요하다. 협상과 협력을 위해 MA 가 포함해야 할 정보는 다음과 같다.

- 아이디(Identification)
- 능력(Capacity)
- 현재 상태(Machine Condition)
- 시간표(Agenda)

각각의 공작기계는 다양한 능력(Capacity)을 지니고 있어서 같은 공정이라도 가공 시간, 정밀도 등이 서로 다르다. 현재 상태는 가공 가능, 불가능 여부이며 만일 현재 가공 불가능이라면 시간표상에 MTTR(Mean Time To Repair)를 표기하여 유지 보수가 끝나는 시점에서 작업을 할당 받을 수 있게 한다.

3.3 Cell Manager

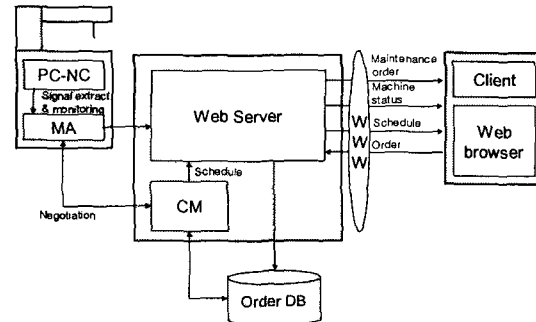


Fig.7 Total view of MAS

CM(Cell Manager)은 Fig.7 에서와 같이 사용자로부터 제조 오더를 웹을 통해 입력받는다. 입력된 오더는 Order DB 에 저장되고 CM 은 이를 정기적으로 검사한다. 만일 새로 입력된 제조 오더가 있다면 각각의 MA 와 협상을 통해 일정 계획을 생성한다.

사용자는 CM 에 접속된 모든 공작기계의 상태를 웹 브라우저를 통해 확인할 수 있고 고장시 유지 보수 지침서를 출력할 수 있다.

Cell Manager 에 제조 오더가 입력되면 Cell Manager 는 이 오더에 대한 공정 계획에 따라서 MA 와 협상을 시작한다(Fig.8). 각각의 공정을 공정 계획에 따른 순서에 따라서 마치 실제 경매에서 팔

고자 하는 물건을 입찰자들에게 알리는 것처럼 모든 MA들에게 공고한다(ANNOUNCEMENT). 입찰 공고를 통보 받은 MA들은 공고된 공정을 자신이 수행할 수 있는지를 검토한다.

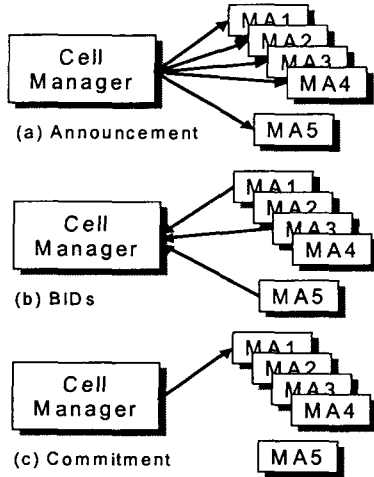


Fig.8 Negotiation Scheme

자신이 수행할 수 없는 공정은 입찰에 참여할 수 없지만, 반대로 자신의 능력에 부합되는 공정이란 최선의 입찰 계획을 세워서 경쟁적으로 입찰에 참여한다(BIDs). 이때 최선의 입찰 계획이란 공고된 공정을 가장 빠르게 처리할 수 있는 시간을 의미한다. 각각의 MA는 Agenda라고 하는 임의의 시간표를 갖는다. 따라서 MA는 자신의 Agenda를 참조하여 최선의 입찰 계획과 자신에게 이미 할당되어 있는 예약 시간 등을 내용으로 하는 입찰 계획을 준비한다. 입찰 공고를 한 부품 에이전트는 일정 시간동안 MA들로부터 입찰을 수집하고, 더 이상 입찰을 받아들이지 않는다. 부품 에이전트는 원하는 공정을 가장 빠르게 처리할 수 있는 MA를 선택하고 그와 계약을 체결한다(COMMITMENT). 이때 만일 최상의 입찰 내용이 중복되는 경우에는 MA에게 사전에 예약된 시간이 적은 것을 선택함으로써 전체적인 시스템의 균형(Balance)을 이루도록 한다.

위와 같이 하나의 공정에 대해서 “입찰 공고-입찰-계약 체결”의 사이클을 이루고, 마지막 공정까지 반복함으로써 일정 계획을 수립해 나간다.

4. 결론

본 논문에서는 PC-NC 기반 공작기계 제어기를

이용하여 공작기계 고장 진단 및 유지 보수, 일정 계획 생성등이 가능한 MAS을 구현하기 위한 프레임워크를 제시하였고, 각 기능별로 추상화하여 설계하였다. 본 논문에서 제시된 MAS을 현장에 적용하면 공작기계를 항상 최적의 상태로 유지하고 환경 변화에 쉽게 대응하여 일정 계획을 생성하여 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 첨단 생산시스템 선도기술 개발사업의 일환으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 권용찬, “PC-NC의 개발 배경 및 현황”, 제어 자동화시스템 공학회지 1997년 5월호, pp.22-28, 1997
2. Open System Architecture for Control within Automation systems, OSAKA I&II Final Report Version 1.5, pp.8, April 30, 1996
3. 이철수, 이계필, “실시간 제어에 의한 개방형 CNC 소프트웨어 모듈의 설계 및 구현”, 한국 공작기계공학회지 제 8 권 제 5 호, pp.54-62, 1999.
4. Smith, R.G., “The Contract Net Protocol : High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver”, IEEE Trans. on Computers, Vol. C-28, No.12, pp.1104-1112, 1980.
5. Sousa, P., Ramos, C., “A distributed architecture and negotiation protocol for scheduling in manufacturing systems”, Computers in Industry, pp.103-113, 1999.
6. Ting, J. J., “A Cooperative Shop Floor Control Model for Computer Integrated Manufacturing”, Proc. of CIMON '90, Albert Jones, Editor, U.S. Government Printing Office, pp.446-465, 1990.
7. Lin, G.Y., Solberg, J.J. “Autonomous control for open manufacturing systems”, Computer control of flexible manufacturing systems, Chapman & Hall, pp.169-206, 1994.
8. 서정완, 강무진, “CORBA를 이용한 가상기계에서의 고장진단에 관한 연구”, 한국정밀공학회 2001년도 추계학술대회 논문집, pp.300-304, 2001