

지능생산시스템을 위한 PC 기반 개방형 머신제어기

박경수*·최경현**·이석희***

PC based Open Architecture Machine Controller for Intelligent Manufacturing system

Kyung-Su Park, Kyung-Hyun Choi and Seok-Hee Lee

Key Words: PC-based Open Architecture Machine Controller(PC기반 개방형 머신제어기), Intelligent Manufacturing System(지능생산시스템), Shop floor(샵 플로워), Fieldbus(필드버스), Openness(개방성)

Abstract

This paper describes the design and implementation of PcOAMC(PC-based Open Architecture Machine Controller) to be flexible and independent from the vendor-oriented hardware and software structure. This openness approach is able to enhance an intelligence and integration of a manufacturing system. The development methodology of PcOAMC is an Object-Oriented approach, and all modules in PcOAMC are modelled using UML(Unified Modelling Language) that provides an easy understanding and modification. In order to demonstrate an applicability of PcOAMC, a simple test has been executed by using the Client-Server system consisting of two PcOAMCs and bus monitoring system. The good results have been obtained, so that the developed controller is expected to be embedded into IMS(Intelligent Manufacturing System) as a basic unit.

1. 서 론

현대의 생산시스템은 제품에 대한 소비자들의 다양한 요구를 만족시키고, 생산 기술의 변화와 컴퓨터 관련 기술의 급격한 발달에 빠르게 적응하기 위해서 유연성(Flexibility), 통합성(Integration) 및 동시성(Concurrency)을 만족시키는 생산시스템의 지능화와 개방구조(Open Architecture)로의 전환이 요구된다^(1,2). 지능생산시스템의 실현을 위해서 생산시스템에서 중요한 역할을 담당하는 산업용 로봇, 수치제어 공작기계 등과 같은

자동화 장비들의 개방화를 통한 생산시스템의 통합화 및 지능화가 구현되어져야 한다. 개방형 생산시스템은 기존의 제조장비들의 하드웨어와 소프트웨어들을 하나의 표준환경으로 통합 운영하여 서로 다른 장비들의 통합문제를 해결할 수 있는 생산체제이다. 따라서, 효율적인 지능생산시스템을 구축하기 위해서는 구성 자동화 장비에 개방형 구조 제어기의 도입이 요구된다.

그러나, 자동화 장비 제조회사마다 자사의 전용 제어시스템을 사용하는 폐쇄구조로 되어있는 실정이다. 폐쇄구조(Closed Architecture)는 제조사 중심(Vendor-oriented)의 구조이기 때문에 표준환경의 단일 제어시스템으로 통합하여 운영할 경우, 상호 호환성의 문제로 인한 유연성의 결여를 가져온다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 미국의 OMAC, 유럽의 OSACA, 일본의 OSEC등의 표준화 연구가 진행되었다⁽³⁾. 그러나 아직 개

* 부산대학교 지능기계공학과

** 제주대학교 기계에너지생산공학부

*** 부산대학교 기계공학부

방향 구조 제어기에 대한 표준이 제정되어 있지 않은 단계이다.

본 논문에서는 동일한 설비 투자에 대해서 연구 결과를 극대화할 수 있는 PC기반의 개방형 머신제어기를 제안한다. 이는 기존의 제어기가 통합 및 확장 시에 많은 비용과 노력의 재투자가 필요하였지만 제어기의 구조를 개방화함으로써 사용자의 적은 노력으로도 다양한 목적으로 제어기의 변경이 용이하도록 설계하고, 하드웨어와 소프트웨어의 구조적 모델을 제시한다. 또한 지능생산시스템의 통합화에 효율적으로 대응하기 위해 실시간(Real time) 통신 프로토콜인 필드버스를 통신에 사용하였고, 이에 대한 타당성과 적합성을 고찰한다.

2. Shop floor를 기반으로 하는 지능생산시스템

2.1 지능생산시스템

생산시스템이 제조환경의 변화에 대응하기 위해 새로운 시도들이 이루어지고 있는데, 이에 대해 수주, 개발, 설계, 생산, 물류, 경영 등 각 부문이 각각 지능화 되어 외적인 환경 변화 등에 유연하게 대응할 수 있고, 또한 호환성 있는 형태로 이들을 네트워크에 의해 탄력적으로 통합하여 제조업의 전체적인 입장에서 가장 효율적인 생산시스템, 즉 시스템이 agile하고 각 구성 모듈이 지능을 갖춘 고기능화된 시스템이 지능생산시스템이다. 이에 대한 지능생산시스템의 요구사항은 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

- 신속한 시스템의 개발, 다양한 제품군에 대응한 운용상의 융통성, 짧은 제품 수명주기에 대응하기 위한 손쉬운 시스템 변경 등의 변화에 대한 적응력(Adaptability)
- 표준화된 통신 및 연계 메카니즘에 의한 시스템의 상호운용성(Interoperability)
- 다양한 종류의 플랫폼에서 작동 가능하도록 하는 이식성(Portability)
- 필요에 따라 기능의 확장 및 축소가 가능하도록 하는 확장성(Scaleability)

생산시스템의 계층에서 샵 플로워 레벨을 중심으로 한 지능 생산시스템의 구현이 효율적으로

여겨진다. 위로는 생산 관리의 정보를 입수하고 아래로는 셀 레벨의 구체적인 제어/관리를 할 수 있는 레벨이기 때문이다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 샵 플로워의 구성 요소는 NC공작기계, 로봇, 컨베이어, 자동창고 및 모니터링에 사용되는 센서들로 구성되며, 주어진 태스크를 효율적으로 수행하기 위해서 샵 플로워의 제어기가 필수적이며, 이는 구성 요소들이 조화롭게 주어진 태스크를 수행하도록 한다. 또한, 유연성 및 지능성을 높이기 위해 생산시스템에서 제조공정을 수행하는 요소 장비들은 높은 레벨의 자동화와 개방화가 요구되고, 주어진 공정을 수행하기 위한 프로그래밍이 가능할 뿐만 아니라, 시스템 변화에 쉽게 사용자 설정이 가능해야 한다.

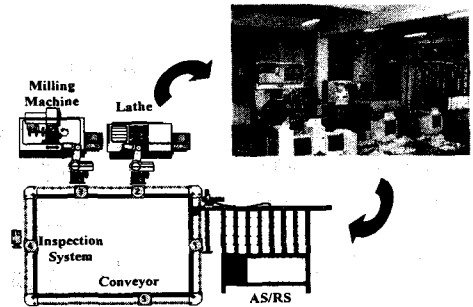


Fig. 1 Shop floor Layout and Components

2.2 Shop floor 제어구조

샵 플로워 제어시스템은 주어진 생산 현장의 자동화 장비 및 기계를 효율적으로 계획, 스케줄링 및 운용하는 역할을 수행한다⁽⁴⁾. 또한 제품을 생산자원에 할당, 태스크 생성, 태스크의 진행 사항을 모니터링, 오류 발견 및 수정, 정보 관리, 통신 등을 수행한다^(5,6,7).

샵 플로워 제어시스템이 적용될 샵 플로워는 대부분 서로 상이한 멀티 벤더 장비로 구성되어 있기 때문에, 제조장비 및 시스템은 변화하는 작업환경에 적응할 수도 있고 독립적이며 분산적이고 상호 협동적인 시스템으로 변화할 수 있게 개방형 구조를 가진 효율적인 제어 시스템의 구축이 요구된다.

제안된 PcOAMC가 적용될 샵 플로워의 제어 구조는 Fig. 2에서와 같이 지능 에이전트(Intelligent Agent)를 이용하여 변화하는 작업환경에 쉽

게 적용할 수 있고, 각 단위 에이전트 별로 독립적, 분산적이고 상호 협동적이며, 샵 플로워의 효율성을 높이고 이미 존재하고 있는 장비/기계에 대하여 배타적이지 않는 분산 제어구조 방식을 채택하였다. 이 제어구조에서는 필드버스라는 물리적 통신 매체를 이용하여 샵 플로워의 각 장비들간의 통합화된 시스템을 구축하고자 한다. 자동화 장비들에서 생성되는 데이터들의 실시간 통신을 지원하도록 개발된 네트워크 프로토콜인 필드버스는 전송지연에 민감한 센서 및 구동기 신호, 메시지, 동기신호 등과 같은 짧은 메시지들의 실시간 통신을 지원하며 상대적으로 가격이 저렴하다는 이점이 있어 효율적인 네트워크 시스템을 구성할 수 있도록 해준다. 이를 통하여 타스크 기반의 제어 알고리즘을 효과적으로 이용하게 됨으로써 샵 플로워의 효율을 증대할 수 있다.

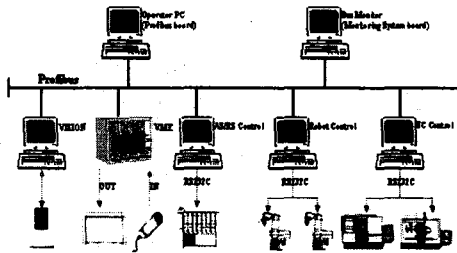


Fig. 2 Distributed Control Structure for Shop floor

2.3 하위레벨에서의 필드버스

자동화 현장에 설치된 각종 제어 및 자동화 관련 장비들에서 생성되는 데이터들의 실시간 통신을 지원하는 동시에 가격이 저렴한 네트워크 시스템의 필요성이 제기되었으며, 이러한 요구 사항을 만족시키기 위하여 개발된 네트워크 시스템이 필드버스이다. 필드버스가 출현하기 이전에 필드 장비들 간의 통신은 주로 4~20mA 등의 아날로그 신호들이 사용되었다. 아날로그 신호 전송의 단점은 배선이 매우 복잡해지는 동시에 신호 전달 과정에서 외란에 민감하게 영향을 받는다는 것이다. 기존의 아날로그 신호를 이용한 통신 방법을 필드버스로 대체함으로써 얻을 수 있는 직접적인 효과로는 배선에 소요되는 비용의 절감과 전송 신호를 디지털화 함으로써 데이터 전송의 신뢰도가 향상된다는 것들이 있다. 이러

한 직접적인 효과 이외에 필드버스에서는 동일한 배선으로 여러 개의 센서들에서 발생하는 중복 신호를 동시에 처리할 수 있고, 양방향 통신을 통하여 네트워크 상의 각종 기기를 모니터링 할 수 있을 뿐만 아니라 센서의 주기적인 보정 같은 조치를 네트워크를 통하여 자동으로 수행할 수 있어 시스템의 운용 및 유지 보수에 소요되는 비용을 절감할 수 있다. 또한, 필요한 경우에 시스템에 새로운 기능을 추가하거나 불필요한 기능을 삭제하는 등의 시스템 변형이 용이하여짐에 따라 시스템의 유연성과 확장성이 향상된다. 이러한 필드버스의 표준이 정착된다면 자동화 시스템의 사용자는 더 이상 폐쇄적인 제어 및 자동화 장비를 공급하는 생산 업체에 기술적으로 종속 당하지 않고 자체적으로 다양한 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

본 논문에서 사용하는 Profibus는 세계표준으로 제정되어 이미 제품화가 완료되었으며, 각종 아날로그 및 디지털 변수의 입출력 기능을 비롯하여 파일 전송, 프로그램의 원격 기동, 자동화 시스템에서 발생하는 각종 사건의 처리 기능들을 제공하여 각종 자동화 시스템에서 요구하는 대부분의 통신 기능을 만족시킬 수 있는 프로토콜이다. 필드버스를 도입하는 경우에 가장 우선적으로 고려하여야 할 사항은 실시간 데이터를 주어진 시간 이내에 전송이 완료되도록 하는 것이다. 이러한 실시간성을 보장하기 위해서는 응용 계층 및 사용자 계층의 데이터 지연 시간까지를 고려하여 네트워킹 시스템을 설계하여야 한다.

본 논문에서 장비들은 주어진 작업을 수행하면서 자동화 장비들 간에 필요한 정보를 Profibus의 응용 계층인 FMS 서비스를 통하여 교환한다. 본 연구를 통하여 도출된 각종 실험 결과는 추후 산업 현장의 생산자동화 시스템에서 필드버스를 도입하는데 있어서 매우 유용하게 활용될 것이다.

3. PC기반의 개방형 머신제어기 : PcoAMC

3.1 개방형 제어기의 개념

자동화가 요구되는 분야가 날로 광범위해지고, 기술의 변화 속도가 빨라짐에 따라 제어기는 다양한 목적에 쉽게 적용될 수 있어야 하고 쉽게

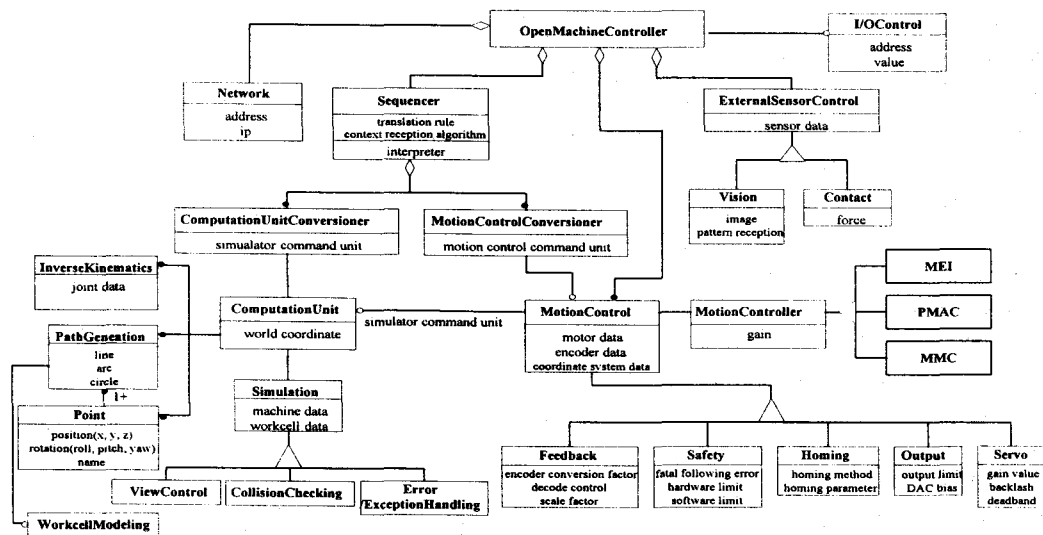


Fig. 3 Class Architecture for PcOAMC

설치, 사용할 수 있도록 요구받고 있다. 또한 제조 시스템이 점차 복잡해지고 그 기능이 전문화됨에 따라서 여러 개의 제어기 제조업체에서 표준화를 통해 각각 전문적으로 하나의 기능을 구현하고 이를 사용자가 필요에 따라서 쉽게 통합해서 사용할 수 있는 구조의 제어기를 필요로 하게 되었다. 이러한 구조를 갖는 제어기를 개방형 제어기라 한다. 특히, 컴퓨터 기술의 발달에 힘입어 PC 플랫폼에 기본을 둔 개방형 제어기가 최근에 개발이 이루어지고 있다. 이는 PC 버스 표준화에 둔 하드웨어와 소프트웨어의 모듈 및 개방성이 훨씬 쉽게 적용되리라 기대하고 있다.

3.2 PcOAMC의 구조

본 연구에서는 PC기반의 개방형 머신제어기의 개발을 위한 방법론으로 기본 하드웨어 플랫폼을 PC를 사용하며, 상용의 Windows NT 운영체제를 사용하고, 머신제어기에 적합한 안정된 하드웨어 및 소프트웨어를 사용하고, 객체지향법을 이용하여 모델링함으로써 plug-and-play 방법을 채택한다.

객체지향법에 의한 머신 제어기의 모델링은 모션제어기 등 하드웨어와 소프트웨어 모듈의 실체에 근접한 모델링을 가능하게 해준다. 또한, 객체간의 메시지 전달을 명확히 정의할 수 있다. 개방형 머신제어기의 객체들은 그 특성과 역할에

따라 분류되어 모델링 되어졌으며, 자신의 특성을 상위 클래스에서 승계 받거나 혹은 자신의 하위 클래스에 특성을 승계시키는 방식으로 모델링 되어졌다. 이러한 접근법은 머신 제어기의 구성 요소들의 특성을 보다 더 명확하고 간결하게 나타내어 줄 수 있으며, 수정이나 변경에 따른 재작업의 요구에도 쉽게 응할 수 있다.

개방형 머신제어기의 객체 모델링은 UML (Unified Modelling Language)에 의하여 Fig. 3과 같이 제어시스템 전체를 객체들로 구성하고 이들 객체들 사이의 관계를 정의한다. 집합관계는 '◇'로 표기하고 논리적인 연결관계는 '—'로 표기한다⁽⁸⁾.

MotionControl객체는 머신 제어시스템에 설치된 각 구동기에 관한 환경설정작업을 수행하며, 구성된 하드웨어에 대하여 구동기를 시험하여 상태를 검증하는 작업을 수행한다. 이 객체는 PMAC, MEI, MMC 등 MotionController와 통신을 통해 정보를 교환하는 로직 드라이브 역할인 하드웨어 설정작업에 관련된 작업을 수행하는 객체들로 구성되어 있다.

Feedback객체는 엔코드의 카운트 당 보여지는 사용자단위를 설정한다. 모터의 출력 및 DAC에 관련된 다양한 제어변수를 설정하는 Output객체, 모터의 게인 값을 설정하는 Servo객체 등이 하드웨어 설정 작업에 관여하는 객체들이다.

Network객체는 다른 자동화 장비(컨베이어, CNC, 셀 제어기 등)들로부터 나온 신호 및 명령어를 필드버스를 통해 받고, 신호를 보내는 작업을 수행한다. 이러한 작업은 인터페이스에 정해진 각 포트를 통해 정의되고, 하드웨어에 관련된 복잡한 상호작용의 세부관계는 캡슐화된다.

Fig. 4와 5는 객체 지향에 의해 분석되고 설계된 PC기반 개방형 머신제어기(Pc based Open Architecture Machine Controller)의 구조를 나타내고 있다. 전체 제어기를 구성하는 소프트웨어를 객체 분석에 의해 독립된 기능별로 나누고 하드웨어와의 연관성을 고려하여 개방형 제어기에 필요한 다양한 요소들을 모듈화 함으로써 각각의 프로그램들이 멀티스레드 방식으로 독립적으로 수행될 수 있고 사용자의 의도에 맞게 추가, 수정이 쉽도록 구성하였다.

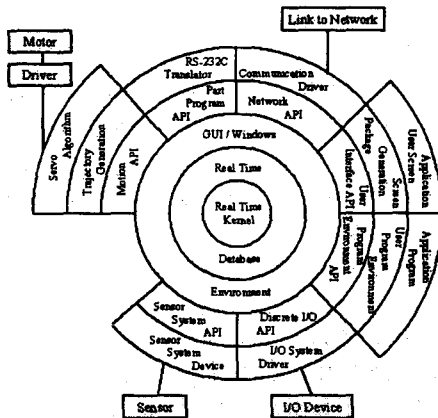


Fig. 4 PcOAMC S/W Configuration

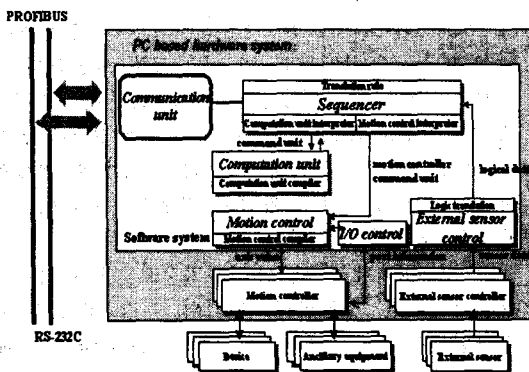


Fig. 5 PcOAMC Structure

4. PcOAMC의 적용성

PcOAMC는 PC를 플랫폼으로 하고, 운영시스템으로는 Windows NT를 사용하기 때문에 가격과 성능에서 많은 이점이 있고 조작하기가 쉽다. 또한, 네트워크 구성으로는 실시간 통신을 지원하기 위해 필드버스를 사용하였고, 기존 벤더의 전용제어기를 배제하기 않는 개방형의 의미에서 본 논문에서는 통신수단으로 RS-232를 사용하였다. 상용 PC를 이용한 표준 인터페이스 방식이기 때문에 제어기와 관련된 주변 장치들을 응용작업에 적합하게 재구성 할 수 있는 장점이 있다. 다음은 개방형 머신 제어기 시스템 사양이다.

- Processor : Intel Pentium II 266Mhz
- Operating System : Windows NT 4.0
- Bus Structure : Standard ISA/PCI Bus
- Standard RAM : 128(MB)
- Motion Board : DSP Board(4축)
- FieldBus Board : PROFIBoard ISA
- Monitoring System : Profibus Analyzer
- External Connection : RS-485 Serial Ports, RS-232 Serial Prots, STC-26, CBL-26

Fig. 6에 PcOAMC의 적용성을 검증하기 위해 클라이언트-서버 시스템을 구성하였다. 클라이언트 제어기는 4축 머신을 제어할 수 있도록 개발을 하였으며, 서버 제어기에서 주는 모든 명령들을 번역하여, 주어진 명령에 해당하는 타스크를 수행하도록 하였다. 물론 타스크 수행 중이거나,

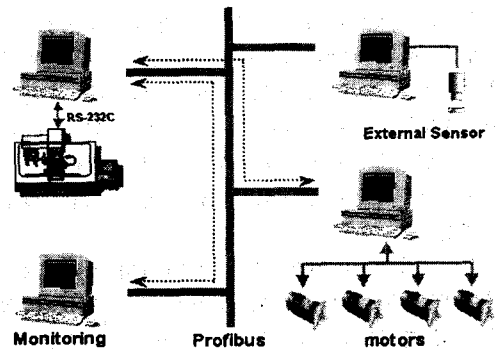


Fig. 6 Client-Server System for PcOAMC applicability

수행이 끝났을 때에도 클라이언트 제어가 서버 제어기에 다른 요구사항을 통보하거나, TASK의 수행 완료를 알릴 수가 있다. 또한 버스 모니터링을 부착하여 통신의 신뢰성을 검증하였다. 실험 결과 모션 제어와 필드버스 통신 그리고 명령어 생성 및 번역 모듈들이 완벽하게 독립적으로 수행함을 보여주었다. Fig. 7(a)와 (b)에 사용자 인터페이스를 나타내었다.

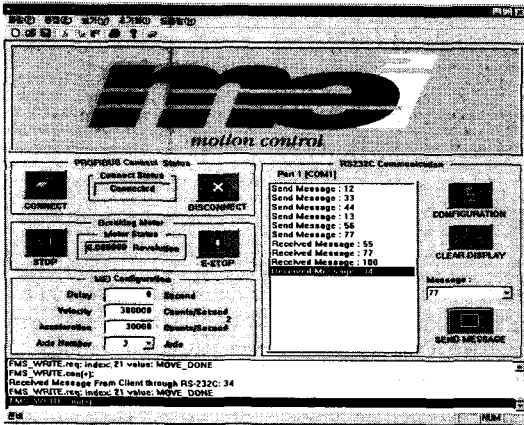


Fig. 7(a) OAC User Interface(Server)

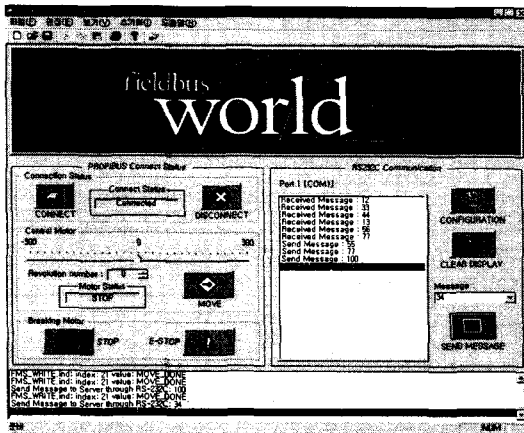


Fig. 7(b) OAC User Interface(Client)

5. 결론

본 논문에서는 객체지향 접근법으로 PC기반의 개방형 머신제어기(PcOAMC)를 개발하였다. 개방형 제어기를 구성하는 소프트웨어를 객체 분석에

의해 독립된 기능별로 나누고 하드웨어와의 연관성을 고려하여 개방형 제어기에 필요한 다양한 요소들을 모듈화 함으로써 각각의 모듈들이 멀티스레드 방식으로 독립적으로 수행될 수 있도록 하였다. 이러한 접근법은 사용자의 의도에 맞게 추가와 수정이 용이하도록 하였으며, 클라이언트-서버 시스템으로 PcOAMC의 적용성 평가에서 성공적인 결과를 얻었다.

참고문헌

- (1) W. Sperling and P. Lutz, "Enabling open control systems: An introduction to the OSACA system platform", ESPRIT III Project: Stuttgart: FISW GmbH, 1995.
- (2) P. K. Wright, "Principles of open architecture manufacturing", Journal of Manufacturing Systems, Vol.14, No.3, pp. 187-202, 1995.
- (3) OSACA, Open System Architecture for Controls within Automation Systems, ESPRIT III Project 6379/9115, 1996.
- (4) Cho, H., Wysk, R.A., "An Intelligent workstation controller for computer integrated manufacturing: problems and models", Journal of Manufacturing Systems, Vol.14, No.4, pp. 252-263, 1995.
- (5) Niklas Andersson, "Design principles for open and reusable shop floor control software", Computer in Industry 33, pp. 285-293, 1997.
- (6) X. Liu, W.J. Zhang, "Issues on the architecture of an integrated general-purpose Shop floor control software system", Journal of Material Processing Technology 76, pp. 261-269, 1998.
- (7) Lei Ming, Mitchell M.Tseng et al, "Agent-Oriented Analysis Methodology in Intelligent Manufacturing System", The Fourth International Conference on Control Automation, Robotics and Vision(ICARCV '96), 1299-1303, 3-6 Dec, 1996.
- (8) J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy and W. Lorensen, "Object Oriented Modelling and Design", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1991.