

# 지능에이전트를 이용한 개방형 셀 제어기 개발

황지현\*(부산대 대학원), 최경현(제주대), 이석희(부산대)

## Intelligent Agent-based Open Architecture Cell Controller

Ji-Hyun Hwang(Graduate School, Pusan National Univ.),  
Kyung-Hyun Choi(Cheju National Univ.), Seok-Hee Lee(Pusan National Univ.)

### ABSTRACT

This paper addresses an Intelligent Agent-based Open Architecture Cell Controller for Intelligent Manufacturing System(IMS). With an Intelligent Agent approach, the IMS will be a independent, autonomous, distributed system and achieve a adaptability to change of manufacturing environment. As the development methodology of Open Architecture Cell Controller, an object-oriented modeling technique is employed for building models associated with IMS operation, such as resource model, product model, and control model. Intelligent Agent-based Open Architecture Cell Controller consists of two kinds of dependant agents, that are the active agent and the coordinator agent. The Active agent is contributed to control components of IMS in real-time. The coordinator agent has great role in scheduling and planning of IMS. It communicates with other active agents to get information about status on system and generates the next optimal task through the making-decision logic and dispatch it to other active agent.

**Key Words :** Intelligent Agent-based Open Architecture Cell Controller(지능에이전트 기반 개방형 셀 제어기), Intelligent Manufacturing System(지능생산시스템), Active agent(액티브 에이전트), Coordinator agent(코오디네이터 에이전트)

### 1. 서론

현대의 제조환경은 소비자의 요구가 다양해지고 제품의 수명주기가 단축됨에 따라 소 품종 대량생산 체제에서 다품종 소량 생산의 변종변량 생산체제로의 전환이 빠르게 진행되고 있다. 이에 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 지능화가 요구된다<sup>(1)(2)(3)</sup>. 지능생산시스템의 실현을 위해서 생산시스템에서 중요한 역할을 담당하는 산업용 로봇, 수치제어 공작기계 등과 같은 자동화 장비들의 개방화를 통한 생산시스템의 통합화 및 지능화가 구현되어야 한다. 따라서, 효율적인 지능생산시스템을 구축하기 위해서는 본 논문에서는 스스로 의사결정을 할 수 있고 서로

간의 통신을 통해 의사소통을 하면서 작업을 진행시켜 나가는 지능에이전트를 이용하여 시스템을 이루는 장비들을 개발하여 변화하는 작업환경에 쉽게 적응할 수 있고, 각 단위 에이전트 별로 독립적, 분산적이고 상호 협동적이며, 기존 시스템을 구성하고 있는 장비들을 배척하지 않는 개방형 제어구조를 이루도록 하여 값 플로워의 효율성을 높이고 이미 존재하고 있는 장비/기계에 대하여 배타적이지 않는 분산 제어구조 방식을 채택하였다

본 논문에서는 이런 개방형 제어기를 개발하기 위해서 manufacturing에 필요한 세 가지 객체 모델인 resource 모델, control 모델, product 모델에 대해서 정의하고 제어에 직접 관여하는 active한 에이전트와 직접 기계 제어에는 관여하지 않지만 셀 제어기 같은 역할을 하는 코오디네이터 에이전트에 대한 정의를 하고 이 각 각을 생산시스템에 적용시킴으로써 개방형 셀 제어기를 개발하는데 역점을 두었다.

## 2. 지능에이전트를 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 지능화되어 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 agile 하고 각 구성 모듈이 지능을 갖춘 고 기능화된 시스템이 지능생산시스템이다.

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 제어가 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.

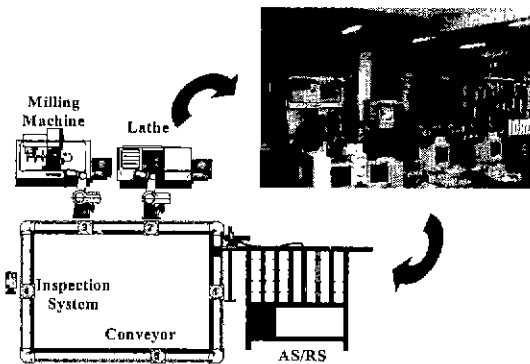


Fig 1 Shop floor Layout and Components

### 2.2 지능생산시스템의 객체 모델링

지능생산시스템에 적용할 개방형 제어기를 개발하기 위해 필요한 세 가지 객체 모델은 resource 모델, control 모델, product 모델이 있다.

리소스 모델은 로봇, NC, 컨베이어, 센서모델 등과 같은 시스템을 구성하고 있는 디바이스들에 대한

생산 리소스를 가진 물리적인 부분과 이것을 제어하는 정보처리 부분으로 구성되어 있다. 이러한 구성요소의 추상적인 개념을 클래스화 함으로써 시스템이 개방적인 특성을 지니도록 한다. 리소스의 용량에 따라 적절히 제어되도록 주위 모델에게 정보를 제공한다. 제품 모델은 생산공정과 제품에 대한 제반 정보를 가지고 목적하는 품질을 가진 제품을 얻도록 제품의 라이프사이클, 수요, 디자인, 공정계획 등에 대한 신속하고 정확한 정보를 포함하고 있다. 시스템의 요소가 각 순간에 어떠한 위치에서 어떠한 동작이 수행되어야 하는가에 대한 기술적인 부분과 관련해서 작업 후 변형된 제품에 대해 수정된 정보를 즉시 다른 모델에게 제공한다. 마지막으로 제어 모델은 주어진 태스크가 제한된 시간 내에 정확하게 수행되는지를 제어하는 역할을 한다. 또한, 태스크 수행에 관련된 모든 논리 정보를 처리하고 제품생산에 대한 물리적인 부분을 수행한다.

전술한 세 가지의 모델은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 시스템 내에서 지속적으로 각각의 지식과 정보를 교환하는 의사소통을 수행하고 있다. 리소스 모델과 제품 모델은 공정에 관한 정보와 지식을 교환하며, 제품 모델과 제어 모델은 생산에 관련된 지식을, 제어 모델과 리소스 모델은 공정 실행에 관한 지식을 주고받는다. 여기서 공정에 관한 지식은 어떤 리소스를 가지고 어떤 공정을 할 것인지에 대한 정보와 방법을 제공하고 있으며, 생산에 관한 지식은 어떤 리소스가 어떤 제품을 어떻게 생산할 지에 대한 정보와 방법을 포함하고 있다. 공정 실행 지식은 리소스를 실행하는 공정의 진행에 관한 정보와 방법을 포함하며 어떤 리소스를 지정해서 어떻게 공정을 시작하고 어떻게 중단하고 결과가 어떠한 지에 대한 것들을 가지고 있다. 모델들은 목적에 부합되게 정의된 규칙에 의해 동작하며, 시스템의 변하지 않는 특성, 구성요소의 배열과 기능적인 패턴 등으로 고유성이 결정되고, 이러한 모델들의 재 설정을 통하여 개방적인 특성과 높은 유연성이 구현 될 수 있다.

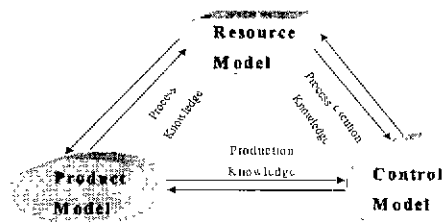


Fig. 2 Three object-oriented model for OAS

### 2.3 개방형 제어기의 개념

제조 시스템이 점차 복잡해지고 그 기능이 전문

회됨에 따라서 모든 제어기를 하나의 제어기 제조업체에서 모두 구현하기가 어려워지고 있는 실정이다. 이를 위해서는 여러 개의 제어기 제조업체에서 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.

### 2.4 개방형 제어기의 이점

이 기종의 장비간에도 호환이 가능하도록 함으로써 자동화 설비의 변경에 따른 시스템의 개발비용과 시간을 단축시킨다. 이러한 자동화 설비들은 벤더에 독립되어 사용자는 가격과 성능에만 비중을 두고 결정할 수 있게 되었고 시스템 구성요소가 직관적이 되고 사용자에게 친밀한 인터페이스를 제공함으로써 결합이 있는 Building Block을 빠르게 인지할 수 있게 되며, 이를 수정하는 시간과 비용을 현저하게 감소시킬 수 있다. 그리고, 개방적이고 모듈화 된 시스템구조는 시스템 제공자에게 높은 비용과 기술적인 의존 없이도 사용자가 시스템의 구조를 변경하고 적응시킬 수가 있다 따라서 기계의 수명기간 동안 작업변환에 대한 시스템의 유연성과 적응성이 높다 특히, 이 개방형 제어기로 인해서 사용자 중심적 구조로 변화하게 되었다.

## 3. 지능에이전트의 개요

### 3.1 지능에이전트의 정의

지능에이전트는 일을 수행하는데 필요한 지식을 가지고 있으면서 자기 자신의 계획과 전략을 스스로 만들어 내고, 스스로 그 계획과 전략을 수행하고 통제하는 자율성과 변화하는 환경에 대하여 적절히 대응하는 반응성이 있고 단지 환경의 변화에만 적응하는 것이 아니라 미리 정해진 목표를 성취하기 위해 행동하는 목표지향성<sup>(4)</sup>을 가지고 있다. 또한 다른 에이전트와 통신을 통하여 협상하여 상호 의견일치를 이루는 조직화된 상호작용에 의해 행동하는 협동성<sup>(5)</sup>과 이전의 경험에 근거하여 자신의 행동을 변화시키는 적응성과 계층적 구조를 가지고 있어서 상위레벨의 에이전트는 하위 레벨의 에이전트간의 분쟁에 대해 조정하는 역할을 하는 실제 존재하고 있는 시스템과 가장 논리적으로 가장 유사한 실체이다.

### 3.2 액티브한 에이전트

지능에이전트에는 크게 액티브한 에이전트와 코오디네이터 에이전트의 두 가지 종류의 에이전트가 있다. 이 중에서 액티브한 에이전트는 셀 제어에 직접관여를 하는 에이전트로 Fig. 3에서 보는 바와 같이 Acting agent, Sensing agent, Decision making agent,

Communicating agent로 구성되어 있다.

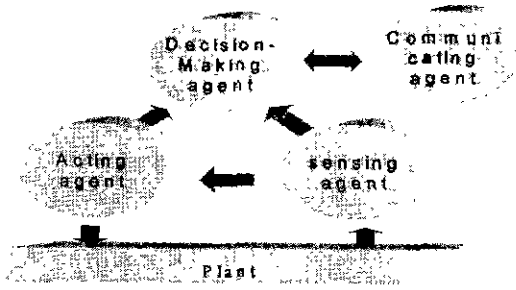


Fig 3 Active agent architecture

### 3.2.1 Acting 에이전트와 Sensing 에이전트

Acting agent는 low-level behaviors를 관리하면서 로봇 및 머신의 physical action을 제어하는 에이전트으로써 센서에 관한 지식을 보유하고 현재 행위의 상태를 가지고 있는 에이전트이며 Sensing agent는 센서의 정보를 요청한 곳으로 송부(internal sensor->Acting agent, external sensor->Decision-making agent)하며 physical sensor의 상태를 유지하는 역할과 사용되고 있는 sensor들의 리스트를 가지고 있다

### 3.2.2 Communication 에이전트

다른 에이전트와 환경간의 메시지 전달을 함으로써 의사소통을 하고 에이전트가 환경 변화를 인지하고 이에 대응할 수 있게 하는 역할을 하고 Fig 4에서 보는 바와 같이 메시지를 해석하는 곳인 Message Interpreting agent와 메시지의 입, 출력을 담당하는 두 부분으로 구성된 Message Handling agent(Fieldbus, Tcp/Ip)로 구성되어 있다.

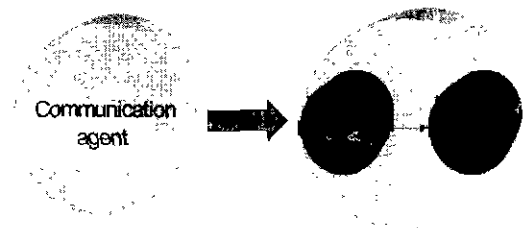


Fig. 4 Two elements of a communication agent

### 3.2.3 Decision-Making 에이전트

Decision-Making 에이전트는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 코디네이터 에이전트(Coordinating agent), 추론엔진 에이전트(Inference engine agent), 의사결정 알고리즘 에이전트(Algorithm agent)로 구성된 계층적 구조를 가지고 있으며 Domain 지식 및 데이터를 처리하여 일에 대한 계획수립과 에이전트의 모든 행위 제어, 상황판단, 문제발생 시 문제 해결을 가능하게

하는 추론 기구와 의사결정 알고리즘을 가지면서 모든 의사결정을 하는 에이전트이다.

의사결정 코디네이터 에이전트(Coordinating agent)는 작업도중에 예러가 발생한 것과 같은 문제가 발생하면 이 문제가 추론엔진 에이전트(Inference engine agent)나 의사결정 알고리즘 에이전트(Algorithm agent) 중 누구에게 관련되어 있는지를 결정한다 추론엔진 에이전트(Inference engine agent)는 메모리 에이전트와 의사소통을 통하여 축적되어져 있는 지식과 사용 가능한 데이터베이스를 가지고 와서 문제를 해결하는데 사용된다. 그러나 의사결정 알고리즘 에이전트(Algorithm agent)는 단지 데이터 베이스만을 사용한다 문제해결 과정에서 이 두 에이전트는 서로 상호작용을 통하여 서로 관련된 정보를 공유한다 의사결정이 끝난 후에 이것은 의사결정 코디네이터 에이전트와 통신 에이전트를 통해서 다른 에이전트에게 전달된다.

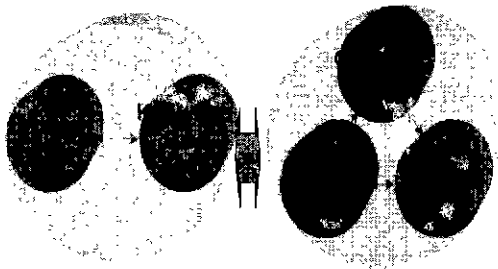


Fig. 5 Three elements of decision-making agent

### 3.3 코오디네이터 에이전트

코오디네이터 에이전트는 시스템 구성 모델들로부터 수신된 정보를 바탕으로 제한된 자원을 효율적으로 분배하기 위해 의사결정 로직을 통하여 최적의 태스크를 생성하고 분배하는 제어 모델의 핵심이다.

#### 3.3.1 코오디네이터 셀 제어기

코오디네이터 셀 제어기는 액티브한 에이전트와 같이 직접제어에는 관여하지 않지만 셀을 제어하는 역할을 하는 에이전트로써 시스템 레벨의 제어, 관리 및 코오디네이터를 책임지는 제어기이다. 이것은 또한 CAD(Computer Aided Design), CAM(Computer Aided Manufacturing), CAPP(Computer Aided Process Planning), MRP(Material Requirement Planning)와 같은 외부 시스템에 대한 유일한 통로이다. 이 코오디네이터 셀 제어기는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 스케줄러와 코디네이터의 두 개의 모듈로 구성되어 있다. 그리고, 코오디네이터는 다시 디스패처와 모니터의 두 개의 서브 모듈로 되어 있다. 스케줄러는 한정

된 자원을 고려하여 최적의 태스크를 생성한다. 그리고 코오디네이터는 액티브한 에이전트들이 작업 수행 시 태스크를 분배하고 작업 진행상황을 모니터링 한다.

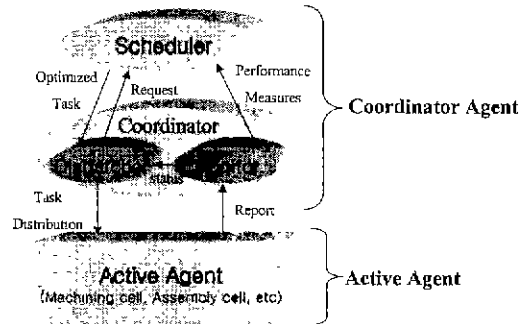


Fig. 6 Sub-modules of coordinator agent

## 4. 지능에이전트기반의 개방형 셀 제어기

### 4.1 제어기의 기본 구조

본 연구에서는 Fig 7과 같이 유연생산시스템의 효율적인 운영을 위하여 지능에이전트의 개념을 적용한 분산 제어시스템을 구축하였다 제안된 제어기는 앞에서 언급한 세 가지 객체모델의 적절한 조합과 협동에 의해 유연제조셀을 제어, 관리한다 이러한 객체모델들 간의 정보를 메시지 전달을 통하여 제공하고, 시장논리에 의해 태스크를 할당할 리소스를 선정한다. 이때 정밀도 높은 고속화 장비를 유효한 오차 내에서 동작시키기 위해서는 효율적인 네트워크 구축이 필요하므로 셀 내에서 각 객체 간의 통신은 실시간 베이스를 제공해 주는 필드버스를 이용하고, 각각의 자동화 장비들이 수행해야 할 명령어 맞로봇/NC 프로그램들은 제어기로부터 RS232C 통신으로 컨베이어의 동작은 모션 드라이브에 의해 직접 전달을 받는다. 또한, 공정계획의 정보는 TCP/IP통신을 통해 제어기에 전달한다. 지능에이전트 개방형 셀 제어기에서 가장 중요한 역할 중 하나를 담당하는 코오디네이터 에이전트는 각 제어기로부터 상태 및 리소스 용량 등을 수신하여 해당 디바이스의 제어기로 태스크를 분배하는 동작을 수행한다. 또한, 태스크가 수행되는 동안 생긴 작업환경의 변화나 고장 발생 등의 예기치 못한 상황에 대해서도 즉시 변경된 태스크를 수행해 나갈 수 있도록 한다. 특히, 리소스 모델을 통하여 개방화를 구현하는 방법으로 전용 제어기를 대신하여 PC와 모션제어기보드를 이용하여 자동화 장비를 제어하도록 하였으며, 그 외에 전용 제어기를 가진 터닝센터와 머시닝센터, 그리고 로봇 등의 가상디바이스를 포함한 PC를 셀 제

어기와 연결하여 실시간 제어구조를 구축하고, 자동화 장비와는 허용된 통신구조를 통해 메시지 단위의 실행 데이터를 주고받도록 한다. 또한 IUC의 통신구조와 CXM-DIO3 모듈의 로직제어 기능은 시스템의 센서와 구동기의 입력/출력 신호를 이용 가능한 데이터로 처리하는 역할을 수행하도록 한다.

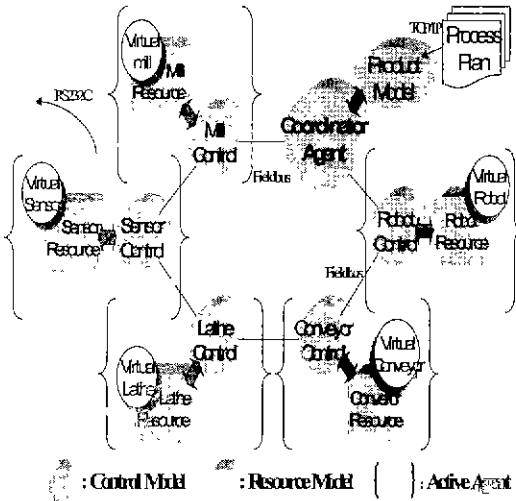


Fig 7 Concept of intelligent agent-based open architecture cell controller

4.2 개방형 셀 제어를 위한 구성

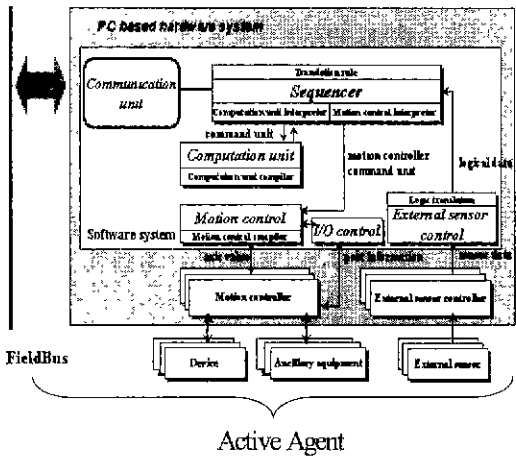


Fig. 8 Active agent open controller architecture

Fig.8은 객체 지향에 의해 분석되고 설계된 Active agent의 구조를 나타내고 있다. 전체 제어기를 구성하는 소프트웨어를 객체분석에 의해 독립된 기

능별로 나누고 하드웨어와의 연관성을 고려하여 개방형 제어기에 필요한 다양한 요소들을 모듈화 함으로써 각각의 프로그램들이 멀티쓰레드 방식으로 독립적으로 수행될 수 있고 사용자의 의도에 맞게 추가와 수정이 용이하도록 구성하였다.

5. 결론

본 논문에서는 효율적인 지능생산 시스템을 구축하기 위해서 지능에이전트를 이용한 개방형 셀 제어를 개발하기 위한 방법을 제안하였다. 이 지능에이전트는 크게 액티브한 에이전트와 코오디네이터 에이전트로 나눌 수 있으며 이 각각의 에이전트들이 변화하는 작업환경에 쉽게 적응할 수 있고 각 단위 에이전트 별로 독립적, 분산적이고 상호 협동적이며, 샵 플로워의 효율성을 높이고 이미 존재하고 있는 장비/기계에 대하여 배타적이지 않기 위해서 분산제어구조 방식으로 적용하였으며 지능생산시스템에 적용할 개방형 셀 제어를 개발하기 위해 manufacturing에 필요한 세 가지 객체모델을 제안하였다. 개방형 셀 제어기를 구성하기 위해서 코오디네이터 에이전트 즉, 셀 제어기와 액티브 에이전트의 기본구조와 구성에 대해서 제안하고 실제 이 제안된 액티브한 에이전트와 코오디네이터 에이전트의 환경의 개발이 이루어진다면 보다 유연성, 통합성, 및 동시성을 만족시키는 생산시스템의 지능화가 이루어질 것이다.

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. N. Gayed, "A Strategy for the Migration of Existing Manufacturing Systems to Holonic Systems", Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics vol 1, p 319-324, 1998.10.
4. LEI Ming "Agent-Oriented Analysis Methodology in Intelligent Manufacturing System", The 4th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision(ICARCV'96), 1996.
5. Martial, F. V.(1993) Cooperative Knowledge-based System. Tutorial in Korea/Japan Joint Conference on Expert Systems, 1993.