

## 지식진화형 지능공작기계 - Part 1: M2M 환경에서의 Agent 표준 플랫폼 기반 Dialogue Module 설계

### Knowledge-Evolutionary Intelligent Machine Tools - Part 1: Design of Dialogue Module based on Agent Standard Platform in M2M Environment

김 동 훈\*, 송 준 엽

(Dong-Hoon Kim and Jun-Yeob Song)

**Abstract** : For the effective operation of manufacturing system, FMS(Flexible Manufacturing System) and CIM(Computer Integrated Manufacturing) system are developed. In these systems, a machine tool is the target of integration in last 3 decades. In nowadays, the conventional concept of machine tools is changing to the autonomous manufacturing device based on knowledge-evolution through applying advanced information technology in which open architecture controller, high speed network and internet technology are contained. In this environment, a machine tool is not the target of integration but the subject of cooperation. In the future, a machine tool will be more improved in the form of a knowledge-evolution based device. In order to develop the knowledge-evolution based machine tools, this paper proposes the structure of knowledge evolution in M2M(Machine To Machine) and the scheme of a dialogue agent among agent-based modules such as a sensory module, a dialogue module, and an expert system. The dialogue agent has a role of interfacing with another machine for cooperation. To design the dialogue agent module in M2M environment, FIPA-OS and ping agent based on FIPA-OS are analyzed in this study. Through this, it is expected that the dialogue agent module can be more efficiently designed and the knowledge-evolution based machine tools can be hereafter more easily implemented.

**Keywords** : machine tools, knowledge evolution, dialogue agent, cooperation, M2M, FIPA

#### I. 서론

앞으로의 생산시스템에서는 공작기계가 협력의 주체가 된다. 즉, 공작기계가 다양한 내외부적 요인들과 협력을 유지하면서 스스로 지식을 진화시킬 수 있는 M2M(Machine To Machine) 환경을 만들어 갈수 있게 될 것이다[1-3]. 본 연구에서는 지식진화형 지능공작기계의 개발을 위한 대화 모듈 에이전트 설계를 위하여 표준 플랫폼 분석과 ping 에이전트 분석을 통하여 dialogue agent 모듈 설계에 대한 연구 내용을 소개하고자 한다. 이러한 연구의 배경은 지식진화형 지능 공작기계를 개발하기 위해서는 인간 전문가를 대신할 다양한 지식과 이에 적합한 지식처리가 필요하기 때문이다[2-4]. 그러기 위해서는 무엇보다 기계간 협력을 위한 에이전트의 요구가 필수적이다[5-16]. 우선, 본 논문에서는 이러한 대화 모듈의 에이전트 설계에 앞서, FIPA-OS라는 표준 framework에 대한 개념을 소개한다. 그리고 이를 사용하는 ping agent라는 기본적 에이전트에 대해 분석하고 이를 통하여 M2M 환경에서의 지식진화형 지능기계 개발을 위한 필수 요소인 대화 모듈격인 dialogue agent의 scheme를 제시한다. 지식진화형 공작기계의 의미로 볼 때 3개의 지식

진화 메카니즘을 가지고 있다. 첫째는 인간이 가진 감각기능을 활용하는 것이다. 둘째는 대화기능이다. 즉, 인간만이 가진 언어능력을 이용해서 다른 전문가와의 대화를 통해 지식을 얻고 교환하면서 간접적 경험을 통해 지식을 습득 해가는 지식 메카니즘이다. 셋째는 추론기능이다. 이러한 감각기능, 대화기능 그리고 추론기능이 센서모듈 (sensory module), 대화모듈 (dialogue module), 그리고 전문가시스템 (expert system)으로 대체가 가능하다.

본 논문에서는 세가지 모듈 중 기계간 협력을 위해서 필수적인 대화 모듈에 대한 에이전트적 개념 설계를 제시한다. 이를 위해 에이전트 기반 framework인 FIPA-OS와 이를 이용한 간단한 에이전트를 제시하며, 이의 발전된 모습인 dialogue agent를 제시한다. 대화모듈 역할을 하는 dialogue agent는 communication agent를 이용해 다른 기계와 대화를 하게 된다. 즉, 어떤 수행에 대한 임무가 주어졌을 때 관련 지식을 가지고 있는 다른 기계와의 대화를 통해 간접적 경험지식을 습득하게 된다. 이를 위해 3가지의 서브 에이전트를 구성했다. Machinability agent는 가공성에 대한 지식을 교환하기 위해 사용된다. 즉, 새로운 재료와 공구 및 가공 형상이 주어졌을 때 이를 효과적으로 가공할 수 있는 가공 조건에 대한 지식을 수집하게 된다. Manufacturability agent는 운용성에 대한 지식을 수집하게 된다. 즉, 자신이 맡겨진 수행을 정상적으로 수행을 할 수 있을 것인가에 대한 지식을 수집하게 된다. Plannability agent는 효과적인 가공공정에 대한 지식을 수집하게 된다.

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 9. 5., 채택확정 : 2006. 2. 7.

김동훈, 송준엽 : 한국기계연구원

(kdh680@kimm.re.kr/sjy658@kimm.re.kr)

※ 본 연구는 과학기술부 국가지정연구실(NRL, 지식진화기반 지능제조설비 및 인터넷기반 통합관리기술) 사업 지원으로 이루어졌기에 이에 감사드립니다.

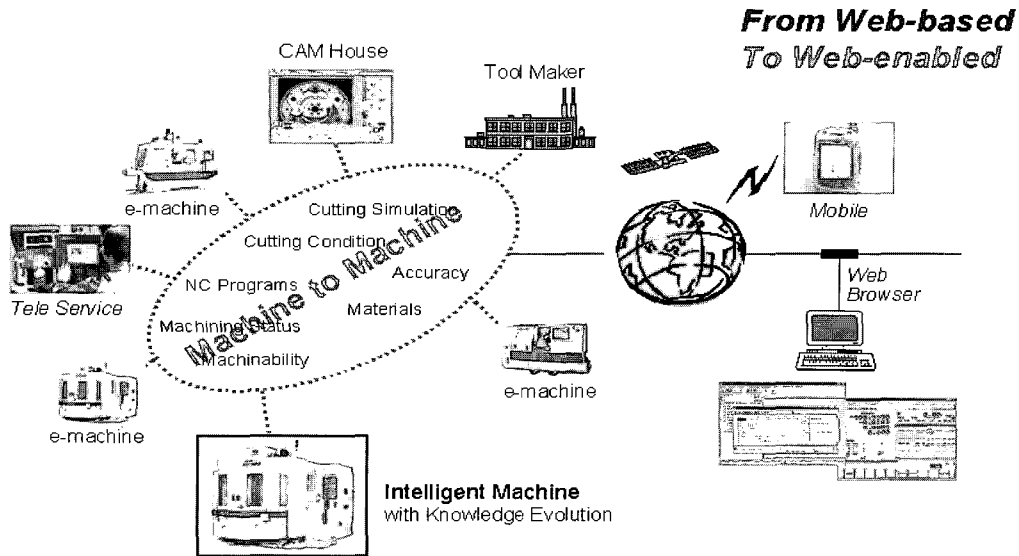


그림 1. M2M 환경의 생산시스템.  
Fig. 1. M2M manufacturing system.

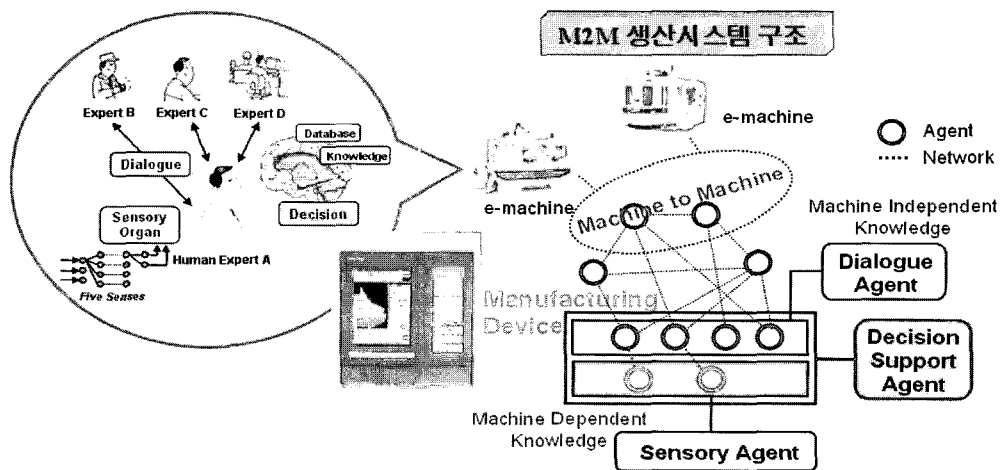


그림 2. M2M 생산시스템에서의 지식진화형 지능기계 모습.  
Fig. 2. Knowledge-evolutionary intelligent machine tools in M2M manufacturing system.

**II. M2M에서의 지능공작기계 형태**

생산시스템에서 공작기계는 통합(integration)의 대상이 되어왔으나 이러한 기술들이 개발된다면 협력(cooperation)의 주체가 될 수 있을 것이다. 인간 전문가의 역할이 최소화되고 기계 전문가가 인간 전문가를 대신 할 M2M (Machine to Machine) 환경의 생산 시스템의 구조를 Fig. 1에 나타내었다. M2M 환경을 통해 교환될 수 있는 정보로는 기계 종속적 지식과 기계 독립적 지식이 있다. 이러한 정보들은 M2M에 연결되는 e-machine뿐 아니라 CAM 업체, 공구생산 및 판매업체, 소재생산 및 판매업체, 원격 서비스 중계업체 등과 유기적으로 연결되어 실시간으로 정보를 교환하면서 지식을 진화시킬 수 있게 될 것이다. 이러한 M2M 생산시스템에서 지식진화가 가능한 지능공작기계의 모습을 Fig. 2에 나타내었다. 앞서 언급된 바와 같이 감각기능, 대화기능

및 추론기능을 가지는 3가지 에이전트를 가진다.

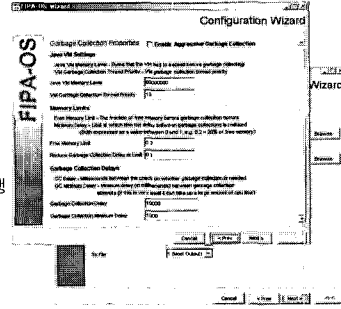
**III. FIPA 기반의 agent 표준 플랫폼**

다른 기계와의 대화를 통해 간접적 경험지식을 습득하며, 창구를 맡는 역할을 하는 것이 dialogue agent이다. 이러한 dialogue agent와 communication agent는 Fig. 3에 제시된 FIPA (Foundation of Intelligent Physical Agent) 에이전트 표준을 구현한 소프트웨어 에이전트 플랫폼인 FIPA-OS (Open Source)나 JADE(Java Agent Development framEwork)를 기반으로 구현된다. 에이전트 표준을 지향하는 플랫폼은 이태리에서 제안된 JADE, 일본의 Comtec, 미국의 AAP 및 영국의 Notel Networks에서 제안된 FIPA등이 있다. 이 중 FIPA가 가장 멀티 에이전트 표준에 충실하다고 알려져 있다[2,11]. FIPA-OS는 에이전트의 소멸과 생성 및 ACL(Agent

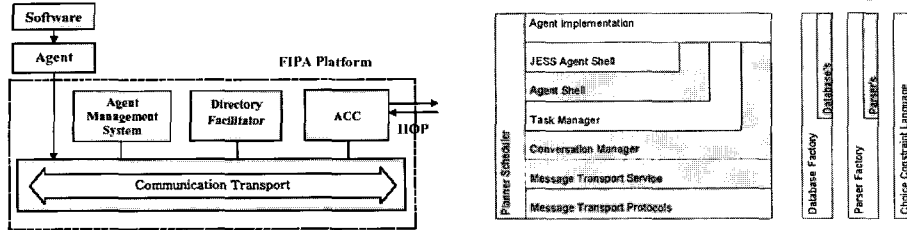
□ Communication Language

- FIPA-ACL
- KQML에 기초한 자체 ACL

FIPA : Foundation for Intelligent Physical Agents  
 Agent에 대한 민간단체의 국제표준화 그룹으로 에이전트 간의 통신, 메시지, 에이전트 관리에 대한 표준화 작업 진행  
 ACL : Agent Communication Language



□ FIPA 레퍼런스 모델 및 구성요소

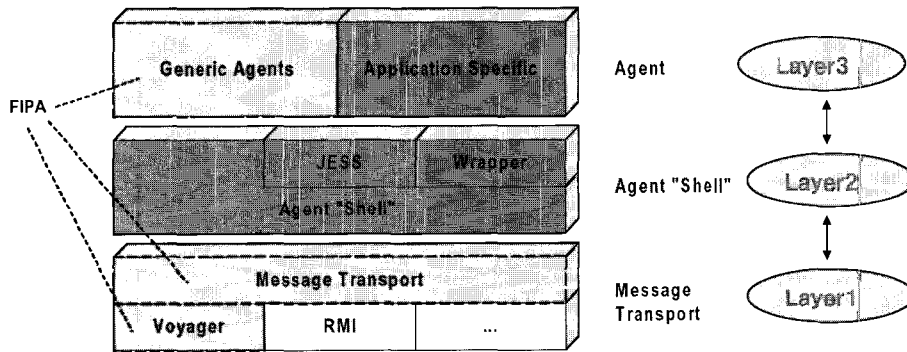


□ FIPA 에이전트 표준을 구현한 소프트웨어 에이전트 플랫폼 : FIPA-OS(Open Source), JADE 등

그림 3. FIPA 기반의 에이전트 표준 플랫폼.

Fig. 3. Analysis of FIPA based agent standard platform.

- FIPA-OS는 논리적으로 3 layer로 구성
- 각각은 Plug-In 형태의 component들로 구성



- RMI : Remote Method Invocation  
 자바 프로그래밍 언어와 개발환경을 사용하여 서로 다른 컴퓨터들 상에 있는 객체들이 본산 네트워크 내에서 상호 작용하는 객체지향형 프로그램을 작성할 수 있는 방식이다. RMI는 일반적으로 RPC라고 알려져 있는 것의 자바 버전
- JESS : Java Expert System Shell  
 4개의 Java Applet으로 구성되어 있으므로 자바가 지원되는 브라우저가 필요합니다
- Wrapper :  
 Software that accompanies resources or other software for the purposes of improving convenience

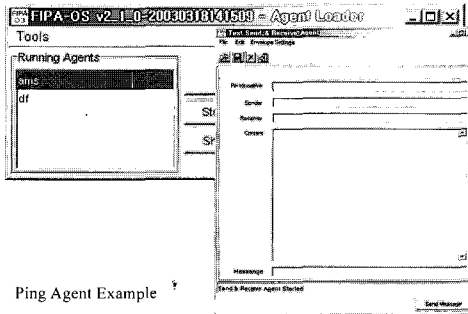
그림 4. FIPA-OS의 계층모델.

Fig. 4. Layered model of FIPA-OS.

Communication Language) 메시지 통신을 제공하기 위하여 다음의 기본 에이전트 및 요소를 포함하고 있다. DF (Directory Facilitator), 에이전트 관리시스템(agent management system), 에이전트 통신채널(agent communication system), IPMT(Internal Platform Message Transport), 에이전트 셸(agent shell) 등이 있다. DF는 특정형의 에이전트의 검색을 위한 서비스를 제공한다. 에이전트 관리시스템은 에이전트 등록 및 해지를 담당하며, 에이전트 통신채널(ACC: Agent Communication Channel)은 에이전트간의 메시지 통신을 지

원한다. 에이전트 셸은 에이전트를 만드는 기본 틀을 제공한다. 에이전트 셸은 java 기반 클래스 형태로 존재하며, 새로운 에이전트는 기반 클래스에서부터 상속된 형태로 제작된다. 이 밖에 에이전트 셸은 ACL 메시지 관리 및 메시지 프로토콜의 표준에 관한 클래스를 포함하고 있다. IPMT는 특정 에이전트 셸을 기반으로 제작된 에이전트를 위해서 메시지 라우팅 서비스를 제공한다. FIPA-OS는 Fig. 4처럼 논리적으로 3 layer로 나눌 수 있다. 각각은 plug-in 형태의 component들로 구성된다. 이러한 FIPA 에이전트 표준을 구

Service Name	Ping Agent
Service Address	PingAgent@hurcher5.cs.rmit.edu.au:9999/ACK
Service Description	Replies with an "alive" (no quotes in the version sent) confirmation message (with a FIPA performative INFORM) when it receives a FIPAQUERY.REP message with the single word "ping" in the body.
Content Language	Plain Text
Protocol	FIPA QUERY
Interface	<p>The PingAgent accepts a message like the following</p> <pre>(QUERY.REP  sender  (agent-identifier  name da0@goanna.cs.rmit.edu.au:3000/JADE  addresses (sequence http://goanna.cs.rmit.edu.au:9999/acc ))  receiver  (set (agent-identifier name PingAgent@goanna.cs.rmit.edu.au:9999/acc ))  content Ping  )</pre> <p>The PingAgent generates a reply as follow</p> <pre>(INFORM  sender  (agent-identifier  name PingAgent@goanna.cs.rmit.edu.au:3000/JADE  addresses (sequence http://goanna.cs.rmit.edu.au:9999/acc ))  receiver  (set (agent-identifier name da0@goanna.cs.rmit.edu.au:3000/JADE  addresses (sequence http://goanna.cs.rmit.edu.au:9999/acc ))  content Alive  )</pre>



Ping Agent Example

The Ping Agent will try to ping all the other ping agents that it knows about every 5 minutes, and will respond to any pings it receives. It does this with tasks:  
 IdleTask: Is started first. Gets all other agents from DF.  
 After 5 mins it starts pinging (PingALLTask).  
 It also responds to any pings it receives (PingResponseTask).  
 PingAllTask: Sends a ping to all agents (PingTask).  
 PingTask: Sends a ping.  
 PingResponseTask: Replies to pings.

그림 5. Ping agent 예제.  
Fig. 5. Ping agent example.

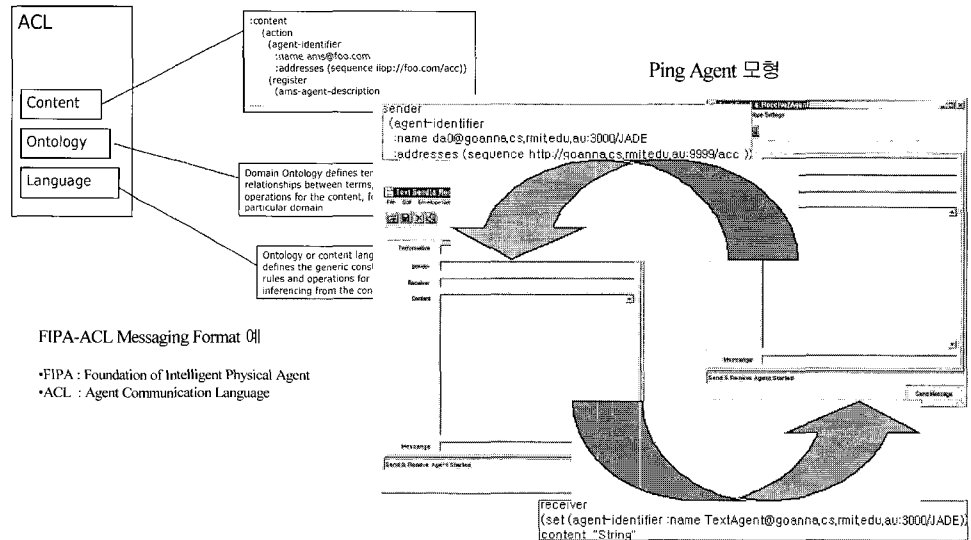


그림 6. FIPA-ACL 기반의 ping agent 모형.  
Fig. 6. FIPA-ACL based ping agent prototype.

현한 소프트웨어 에이전트 플랫폼인 FIPA-OS를 분석하여 dialogue agent를 구현을 목표로 앞으로 agent간 통신 및 dialogue agent의 scheme를 제시한다.

**IV. Agent간 통신 분석**

여기서는 agent의 구동 시에 스트링 송수신을 위한 데모 프로그램 구현을 위해서 필요한 프로그램과 무엇을 어떻게 이용할 것인가라는 문제에 대해 고찰 한다. 우선 JVM. JDK. FIPA-OS의 버전을 맞추어 구동해야 하며, Fig. 5와 같은 ping agent를 구현하기 위하여 agent loader를 분석해서 GUI Window 생성을 하고 메시지를 주고 받을 수 있도록 한다. 그리고 ping agent를 분석해서 agent loader에 등록한다. Agent loader의 GUI와 form, dialog 파일을 분석해서

Text송수신 프로그램에 사용할 dialog를 구성하였다. Ping agent를 분석해서 대상에게 메시지를 보내고 받는 것을 적절히 수정하였다. 이렇게 해서 만들어진 에이전트의 모형은 Fig. 6과 같다. FIPA 기반의 agent간의 통신을 살펴보면, FIPA에서 ACL이 가장 중요한 부분이라고 할 수 있다. ACL을 이용한 agent communication 및 FIPA 기반 메세징을 Fig. 7에 나타내었다. 이를 기반으로 FIPA agent간 서비스 구성도를 제시하자면 Fig. 8과 같다.

즉 DF에서 ping을 이용한 agent를 검색하며, ACL envelop을 통한 query로 서비스 인터페이스가 이루어진다.

Internet/Agent 적용 기반연구를 위한 agent와 component간의 연관성 및 M2M interface를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. Fig. 9는 platform A와 platform B간 ACC를 통해

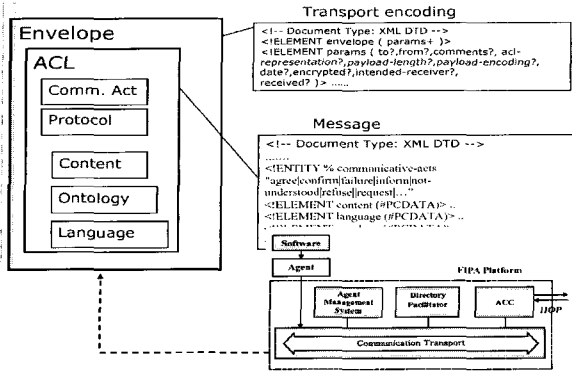


그림 7. ACL 통신 및 FIPA 메시지 구조.  
Fig. 7. ACL agent communication and FIPA based message structure.

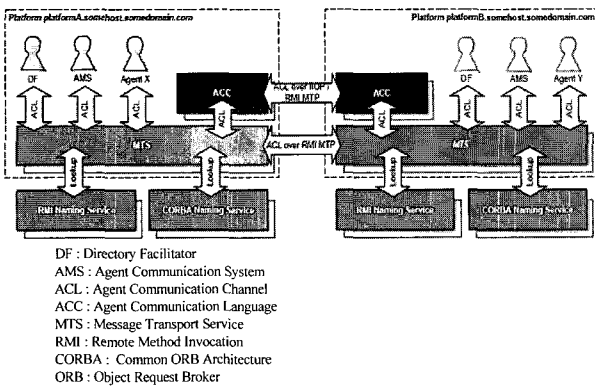


그림 8. FIPA agent 서비스.  
Fig. 8. FIPA agent services.

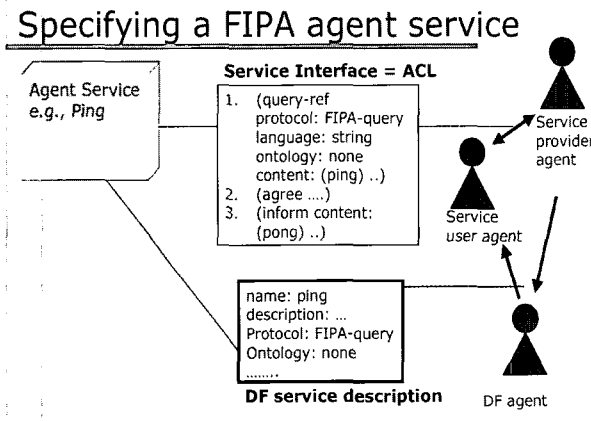
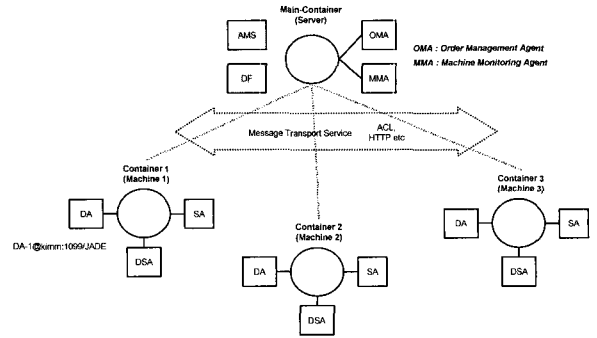
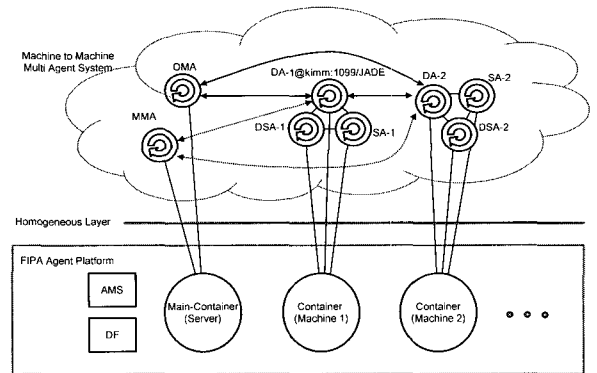


그림 9. 에이전트와 컴포넌트 간 관계.  
Fig. 9. Relationship between agents and components.

RMI(Remote Method Invocation)을 하며, message 전송 서비스를 하는 구조를 제시한다. Fig. 10은 M2M에서의 FIPA 기반 agent간 인터페이스 유형을 제시한다. (a)는 M2M환경에서 지식전화형 지능공작기계가 가져야 하는 agent들의 구성을 나타내며, (b)는 container로 대별되는 기계와 기계 및 상호 agent간의 인터페이스 유형을 나타낸다. 이러한 통신



(a) FIPA-platform based agents in M2M



(b) Interconnected interface in M2M FIPA platform

그림 10. M2M에서의 에이전트 통신 및 인터페이스.  
Fig. 10. Communication and interface of agents in M2M.

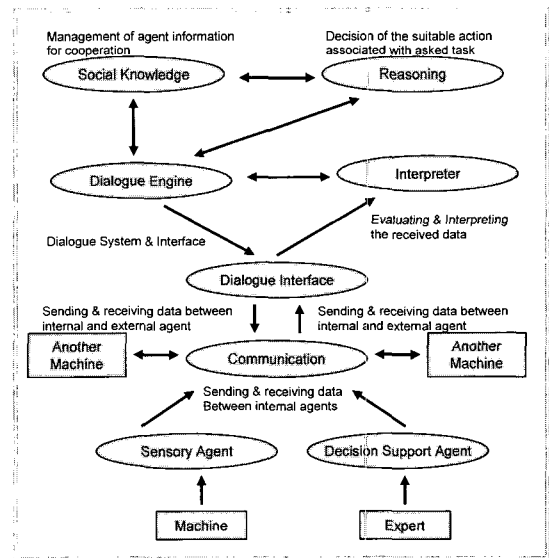


그림 11. 다이얼로그 에이전트 개요.  
Fig. 11. Scheme of dialogue agent.

구조 설계 및 예시를 통하여 multi-agent를 적용하는 기반연구가 가능하다.

V. Dialogue agent

Dialogue agent의 scheme는 Fig. 11과 같다. 어떤 수행에

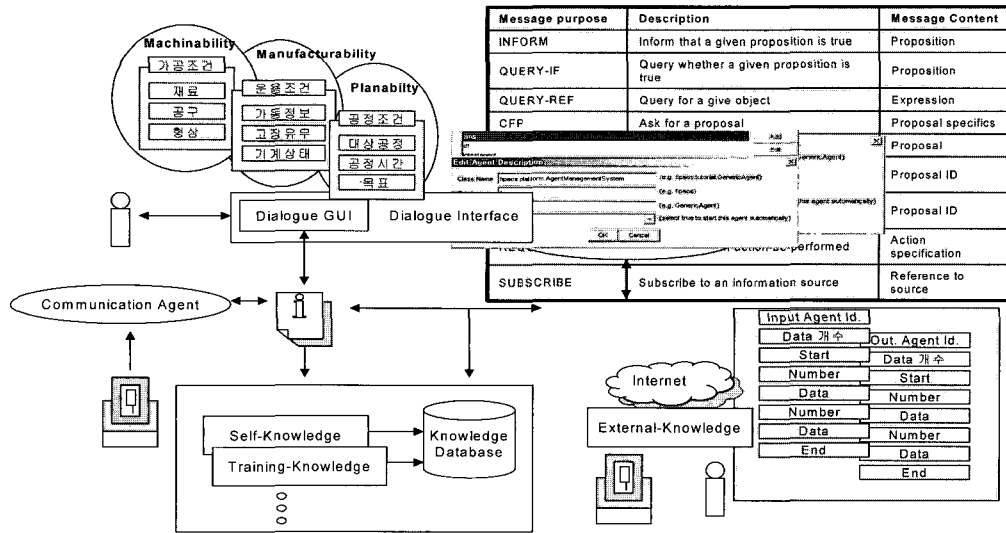


그림 12. 다이얼로그 에이전트의 기능다이어그램.  
Fig. 12. Structure diagram of dialogue agent.

대한 임무가 주어졌을 때 관련 지식을 가지고 있는 다른 기계와의 대화를 통해 간접적인 경험지식을 습득하고 지식 화하는 역할을 한다. 내부의 sensory agent와 decision agent는 communication agent를 통해 dialogue agent의 인터페이스부와 연결이 된다. Communication agent는 M2M, 즉 다른 기계의 external agent와도 통신 기능을 가질 수 있다. Dialogue agent의 인터페이스부를 통한 데이터는 interpreter에서 수신된 데이터의 유효성을 판단한다. 그리고 dialogue engine을 거쳐 reasoning에서 협력을 위한 agent의 정보를 관리하는 social knowledge와 함께 요청된 task에 맞는 적합한 행동을 결정하게 된다. 결과는 다시 dialogue engine과 인터페이스부를 거쳐 communication agent로 보내진다.

Dialogue agent는 Fig. 12처럼 궁극적으로는 내부의 기계가 어떤 작업을 할 때 내부의 지식 외에 외부의 지식이 필요하면 이를 위해서 외부 기계에서 축적된 지식을 가져와 자신의 지식을 향상시키는데 도움을 주기 위해 대화 창구 역할을 하는 것이 목표이다. 이것은 단지 정보 공유를 통한 지능형 기계 개발을 위한 것이 아니라 전문가를 대신할 현장의 인간과 기계 자신, 그리고 원격지의 다른 기계간의 유용한 지식 정보의 전달 및 업그레이드를 위한 매개체 역할을 가지며, 단계적으로 지식 진화형 지능제조설비를 개발하기 위한 기능을 가지도록 발전된다.

VI. 적용 사례

센서로부터 실제 데이터를 추출하기 위하여 온도 변화와 열변형 측정 실험을 탭핑 머신에 적용하였다. 탭핑 머신은 자동차용 부품, 전자류 부품 및 기계 부품에 대해 암나사를 만드는 작업을 하는 것으로 모든 산업에 핵심이 되는 기계이다. 온도 변화 및 열변형을 위한 실험 구성은 Fig. 13과 같다. 각 축(X, Y 및 Z)에 대한 온도 신호는 증폭기(ADAMS 3000)를 통해 증폭되어 A/D 컨버터를 이용해 디지털로 변화되고 저장된다. 각 축에 대한 변형량은 와전류

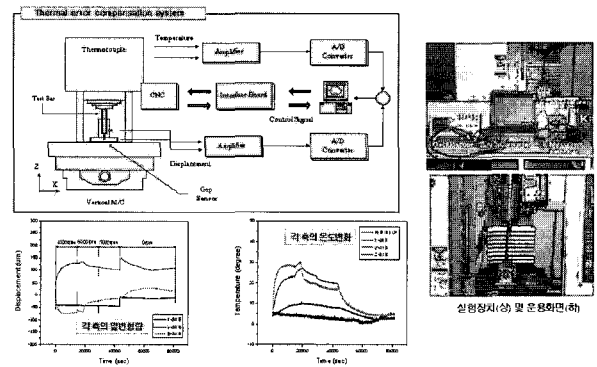


그림 13. 열 보정 위한 데이터 획득실험.  
Fig. 13. Data acquisition for thermal error compensation.

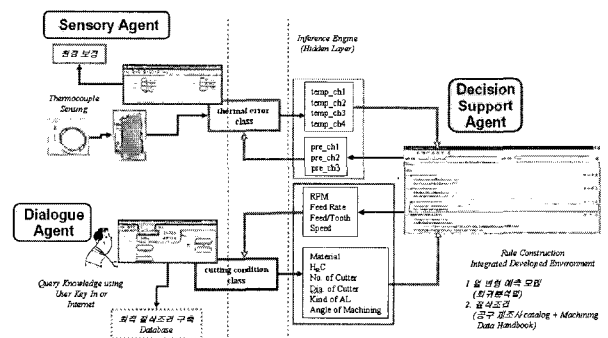


그림 14. 다이얼로그 에이전트에 의한 데이터 인터페이스.  
Fig. 14. Data interface by dialogue agent.

타입의 갭 센서를 이용하는 것으로 구성하였으며 열변형 측정 위치와 동일한 장소에 대해 측정하여 증폭 및 변환의 과정을 거쳐 저장된다. 대기 온도는 약 5.2℃에서 2.2℃로 약 3℃의 변화를 보이고 있다. 이러한 기계 종속적인 열 변형 지식과 기계 독립적인 절삭조건 지식 등의 공작기계

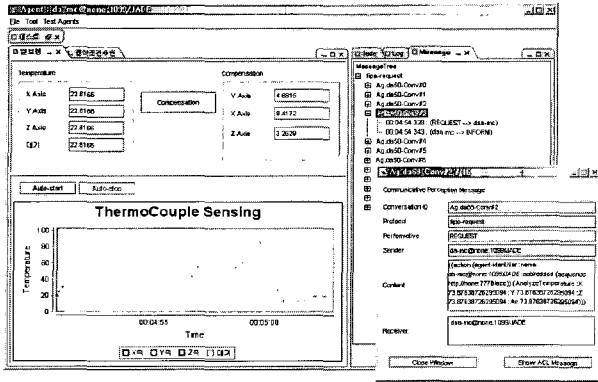


그림 15. 다이얼로그 에이전트 통한 열 보정 예.  
Fig. 15. Thermal error compensation through dialogue agent.

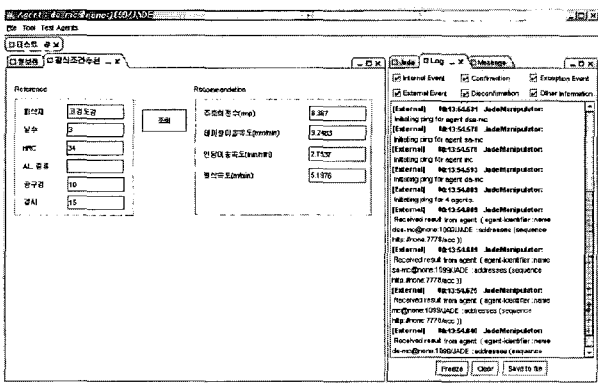


그림 16. 다이얼로그 에이전트 통한 절삭조건 추천 예.  
Fig. 16. Cutting-condition recommendation through dialogue agent.

서 발생하는 다양한 지식을 처리하기 위해서 Fig. 14처럼 dialogue agent는 sensory agent 및 decision support agent와 인터페이스를 총괄한다. 예를 들면, 다이얼로그 에이전트에서 절삭조건 추천을 의뢰하면 질의되는 지식을 금형가공에서 가장 많이 사용되는 볼 엔드밀 공구의 절삭조건을 추천하는 경우로 규칙베이스를 구성하였다. 즉, 열 변형 예측과 마찬가지로 절삭에 필요한 가공물의 재질, 경도, 공구의 정보 등을 입력하면 가공에 필요한 RPM, feed rate, feed/tooth, 주속도 등의 절삭조건이 추천된다. 열 보정을 위한 응용 예를 Fig. 15에 나타내었고 절삭조건 추천 예를 Fig. 16에 나타내었다. 따라서 자신이 가지고 있지 않은 절삭조건 등의 지식을 가공 경험이 있는 타 기계로부터 제공 받아서 자신의 기계에 적용함으로써 가공에 필요한 지식이 진화됨을 알 수 있었다. 실험결과 절삭조건과 같은 기계 독립적인 지식은 그대로 적용 가능하나 열 보정 값 등의 기계 종속적인 지식은 동일 사양의 기계의 경우 위치해 있는 장소의 주변 온도에 영향을 받기 때문에 타 기계로부터 받은 지식 정보가 맞지 않는 경우가 있을 수 있었다. 이는 동일 기계, 동일 위치에서라도 측정 날짜 및 시간대에 따라서 온도가 다를 수 밖에 없으므로 기계가 있는 장소 및 시간정보에 따른 조건적인 가중치들을 두고 해결하고 적용 가능한 범위를 확대해 나가야 할 것으로 판단된다.

VII. 결론

본 연구는 새로운 개념인 지식진화형 지능제조설비 개발을 위한 기반 연구로서 선행 연구에서 수행해 왔던 지식진화 기능을 갖는 지능기계의 개발을 위해 필요한 sensory agent, dialogue agent, decision support agent의 3가지 기반 연구 중 dialogue agent의 설계를 위한 것이다. 표준 운영환경인 FIPA platform과 이를 사용하는 ping agent를 분석 및 구현하고, 이를 통하여 dialogue agent를 효과적으로 설계하기 위한 연구를 수행하였다. 본 연구를 통하여 지식진화형 지능기계 개발을 위해 이에 적합한 M2M 환경에서의 dialogue agent의 역할과 기능이 기계간 협력을 위하여 고려되었다. 즉 지식진화형 지능공작기계 형태와 이에 따른 지식의 객체 모델 중 에이전트 기반의 대화모델에 대한 개념설계가 제시되었다. 우선 M2M환경에서 기본적인 ping agent의 분석을 통하여 FIPA 기반의 메시지 인터페이스 중심으로 dialogue agent를 설계하고 이의 실제 적용 연구를 수행하였다. 향후에는 병행 연구되고 있는 sensory agent와 decision support agent에 관한 연구와 함께 dialogue agent의 확장성을 고려한 실용적 기능을 구현해 나갈 예정이다.

참고문헌

- [1] 김동훈, 김선호, 이승우, 임선중, 이안성, 박경택, 고평식, “지능공작기계 개발을 위한 Dialogue 기능 설계,” 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 817-820, 2004.
- [2] 김동훈, 김경돈, 김찬봉, 김선호, 고평식, “개방형 CNC 공작기계의 운용상의 고장에 대한 그 원인진단 및 서비스,” 제5회 고속지능형 가공시스템기술 워크샵, pp. 151-155, 2004.
- [3] 김선호, 김동훈, 이승우, 임선중, 이안성, 박경택, “지식 진화형 지능공작기계 지식구조설계-,” 한국정밀 공학회 춘계학술대 논문집, pp. 509-512, 2003.
- [4] 김선호, “지식기반형 지능화 기계와 지식진화형 지능화 기계,” 한국정밀공학회지, 제19권 제2호, pp. 17-25, 2002.
- [5] 박홍성, “에이전트 기술 응용 Shop Floor 제어방안,” 한국정밀공학회지, 제18권 제4호, pp. 176-181, 2002.
- [6] 황지현, 최경현, 이석희, “지능에이전트를 이용한 개방형 셀 제어기 개발,” 한국정밀공학회 2001년도 춘계학술대회논문집, pp. 393-397, 2001.
- [7] 허준규, 최경현, 이석희, “가상기업을 위한 멀티에이전트 기반 태스크 할당 시스템에 관한 연구,” 한국공작기계학회논문집, 제12권 제3호, pp 31-37, 2003.
- [8] 최중민, “에이전트의 개요와 연구방향,” 정보과학회지 제15권 제3호, pp. 7-16, 1997.
- [9] 김선호, 김동훈, 박경택, “생산장비 객체화와 개방형 가공 셀 구축 연구(I) -생산장비 객체화-,” 한국정밀공학회지, 제16권 제5호, pp. 91-97, 1999.
- [10] 김선호, 김동훈, 박경택, “생산장비 객체화와 개방형 가공 셀 구축 연구(II) -개방형 가공 셀 구축-,” 한국정밀공학회지 제17권 제10호, pp. 41-48, 2000.

- [11] D. H. Kim, S. H. Kim and K. S. Koh, "A scheme on internet-based checking for variant CNC machine in machine shop," *2004 International Conference on Control, Automation, and Systems*, pp. 1732-1737, 2004.
- [12] S. Poslad, P. Buckle and R. Hadingham, "The FIPA-OS agent platform: Open source for open standards," *Proceedings of PAAM 2000*, Manchester UK, pp. 170-184, 2000.
- [13] M. Cantarossa, "Agent-based modeling and management of manufacturing systems," *Computers in industry*, vol. 34, pp. 173-186, 1997.
- [14] Foundation for Intelligent Physical Agents, FIPA97 Specification Version 1.0 Part 1.
- [15] Foundation for Intelligent Physical Agents, FIPA97 Specification Version 1.0 Part 2 (section 5.2).
- [16] R. Mayne, "Additions to CORBA on the horizon - The portable object adapter," *Communicate*, vol. 4, no. 1, pp. 29-32, July 1998.



**김 동 훈**

1990년 경북대 전자공학과 졸업. 1992년 동 대학원 석사. 2005년 동 대학원 박사. 1992년~현재 한국기계연구원 지능기계연구센터 선임연구원. 관심분야는 공작기계 지능화 및 u-Manufacturing 분야.



**송 준 업**

1983년 숭실대 산업공학과 졸업. 1985년 동 대학원 석사. 2000년 부산대 생산공학 박사. 1985년~현재 한국기계연구원 지능기계연구센터 책임연구원. 관심분야는 지능 정밀생산시스템 및 반도체 공정지능화.