

홈네트워크 응용을 위한 Multi Agent System (MAS) 프레임워크

Multi Agent System (MAS) Framework for Home Network Application

장인훈, 심귀보

서울시 동작구 흑석동 221, 중앙대학교 전자전기공학부
E-mail: kbsim@cau.ac.kr

요 약

홈네트워크 시스템의 본격적인 보급과 함께 가정용서비스 로봇의 최근 연구 성과들은 인간과 지능로봇이 가정에 공존하며 서로 의사소통을 할 수 있는 시대가 가까운 미래에 현실화 될 수 있음을 보여주고 있다. 그러나 가정의 환경적인 특징은 open되어 있기 때문에 그러한 환경에 적응하고 주어진 임무를 수행하는 데는 단일 로봇 또는 단일 홈서버 보다는 로봇을 포함하는 홈네트워크 시스템 내의 여러 장치들이 어울려 분산처리를 수행하는 multi-agent 시스템이 일반적으로 더 좋다고 알려져 있다. 따라서 본 논문은 홈네트워크 시스템 환경에서 가정에서 필요한 agent들을 정의하기 위한 framework 모델을 구축하고 각 agent 간의 통신 protocol architecture를 제시한다. 또한 로봇 또는 홈서버의 단일 지능이나 기능보다는 그 안에 존재하는 복수개의 agent instance들의 집합으로 agent를 정의하고 각 agent 내외에서 agent들 사이의 협력(cooperation)과 (타협)negotiation을 통해 환경과 적응하는 방법 및 사람과 교감(interactive)하는 방법을 제시한다.

Key Words : 홈네트워크, 에이전트, 멀티 에이전트 시스템(MAS), robot, interaction

1. 서 론

현재 아파트를 중심으로 가정에 장착되기 시작한 홈네트워크 시스템은 단일 홈서버를 중심으로 기존의 홈오토메이션 수준을 크게 벗어나고 있지 못하며 application의 부재로 고전하고 있다. 즉 현재의 홈네트워크에서 제공하는 서비스는 집 내부의 센서로부터 받은 단편적인 상태정보를 제공하고 단순 명령을 수행하는 서비스에 제한되어 있다.

가정은 한 개인이 거주하는 공간일수도 있지만 그보다는 대부분 다수의 가족구성원으로 이루어진 생활공간이다. 그런데 지금까지 홈네트워크 서비스는 그 대상을 구분하지 않고 전체적이고 일률적인 서비스만을 제공하고 있다. 안방, 공부방 또는 서재, 거실, 부엌 등은 고유의 목적을 가지는 것이 일반적이며 따라서 그 목적에 맞는 서비스를 제공할 필요가 있다. 일례로 주로 휴식 공간으로서 이용되는 안방과 엔터테인먼트 시설이 몰려있는 거실과 공부를 하기 위한 공부방의 적합한 환경이 모두 같을 수는 없을 것이다. 또한 일반적으로 그렇게 사

용된다 하더라도 그 사용 환경은 언제든지 바뀔 수 있다.

그리고 월 패드를 이용한 사용자 인터페이스는 매우 제한적이고 수동적인 서비스만을 제공하고 있어서 친근하지 않을 뿐만 아니라 홈네트워크를 유용하고 편리하게 사용하는데 있어서 걸림돌이 되고 있다.

한편, 가정용 서비스 로봇은 청소로봇을 중심으로 점차 시장에서 고유의 영역을 확보하기 시작했지만 아직까지 그 유용성이 확실하게 자리 잡지 못하고 있으며 이를 해소하기 위하여 다양한 시도가 이루어지고 있다. 특히 URC를 중심으로 많은 연구가 되고 있고, 2005년부터 TTA(한국정보통신협회)에서 관련 표준화 작업이 이루어지기 시작하였다. 그러나 아직까지 학습 및 추론, Context/Semantics 모델링 및 학습기술, 지능형 에이전트와 같은 지능을 구현하는 부분에 있어서 국내 기술 수준이 미국이나 일본 등에 비해 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 지능형 에이전트 로봇을 이용하여, 다수의 가족 구성원에게 능동적 이면서 개별적이고 차별적인 서비스를 제공하기 위한 방법으로 multi-agent robot 시스템을

제안하고자 한다.

다음 장에서는 가정의 환경 특성을 살펴보고 홈네트워크 환경에서 적용 가능한 agent를 정의한다.

2. 홈네트워크 환경에 있어서 Agent

2.1 홈네트워크 환경의 특성

Agent를 설계하는데 있어서 그 복잡도를 결정하는 중요한 요소는 agent가 실행될 환경 자체의 특성과 함께 agent와 환경의 interaction 특성이 큰 역할을 한다.

가정이란 환경은 본질적으로 inaccessible, dynamic, non-deterministic, continuous한 특성을 가지는 "open" 으로 정의 된다 [1]. 즉, 모든 최신정보를 정확하고 완벽하게 항상 얻을 수 있는 것도 아니고, 상황에 따른 어떤 action에 대해 그 효과가 항상 일정하지도 않으며, 한 agent가 action을 취했을 때 일어나는 효과가 사람의 작용과 같은 다른 원인에 의해서도 일어난다. 더구나 이러한 환경에서 취할 수 있는 action과 인지상황(state)을 유한하게 정의할 수도 없는 특징을 가지고 있다.

가정환경 안에 존재하는 agent들을 설계하는데 있어서 중요하게 고려해야 할 또 다른 사항은 그 서비스 대상이 한 사람이 아니라는 것이다. 가정은 한 개인이 거주하는 공간일수도 있지만 그보다는 대부분 다수의 가족 구성원으로 이루어진 일상 생활공간이다. 또한 방, 거실, 부엌, 욕실 등 목적과 용도에 따라 공간이 구분되어지는 공간이다. 따라서 여러 구성원들이 함께 사용하는 공유공간과 특정 개인의 사유공간으로 구분 되어질 수 있으며 agent들의 서비스는 공간의 특성과 구성원에 따라 다른 서비스를 제공할 필요가 있다 [2].

2.2 홈네트워크 환경에서의 Agent

기존의 많은 agent들은 크게 interface agent와 autonomous agent로 나눌 수 있다 [3]. Interface agent는 사용자가 대화식으로 기기들을 사용할 수 있도록 도와주는 역할을 수행한다. Autonomous agent는 사용자가 idle상태이건 어떤 다른 action을 취하든 간에 사용자의 개입 없이 action을 수행할 수 있는 시스템이다. agent들은 physical agent와 monitoring agent로 나뉘이기도 한다 [4]. 로봇은 Physical agent로서 사람에게 physical 서비스를 제공하며, monitoring agent는 메일을 분류하고 웹을 검색하는 등의 작업을 통해 사람에게 유용한 정보를 제공하기 위하여 monitor를 사용하기도 한다[그림 1].

홈네트워크 시스템은 일반적으로 홈서버와 전통적인 홈오토메이션 장치, 그리고 PC, 프린터, 기억장치 등을 포함하는 데이터 네트워크 장치 및 엔터테인먼트 네트워크를 위한 멀티미

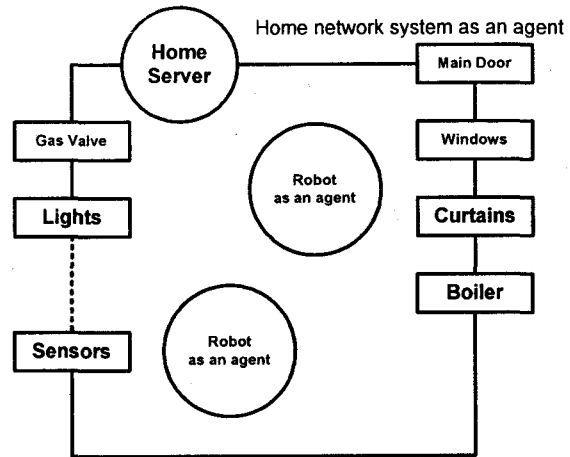


그림 1. 홈네트워크 환경에서의 agents

디어 장치 등으로 구성된다. 홈네트워크 시스템 전체를 하나의 agent로 보는 것은 분산처리 관점에서 적절하지 못하기 때문에 본 논문에서는 홈서버와 이에 네트워크로 연결되어 있는 전통적인 홈오토메이션 장치들만을 하나의 agent로 다루고자 하며 홈서버로 통칭하겠다. 홈서버는 주로 가사 관리의 역할을 수행하기 때문에 집사(steward) agent라고 할 수도 있겠다. 본 논문에서는 홈네트워크 환경에서의 agent로서 로봇과 홈서버를 주로 다루며 mail agent나 web agent [3] 등과 같은 agent는 로봇이나 홈서버 내부에서 작동되는 sub-agent로서 다루겠다.

2.3 Multi-agent system으로서의 Agent

Agent의 정의를 내리는 데에는 많은 논란이 있을 뿐만 아니라 본 논문에서 이를 다루는 것이 목적은 아니지만 agent들 간의 관계를 중심으로 일반적으로 요구되는 사항을 간단히 정리하면 다음과 같다 [1, 5].

- Reactivity
- Proactiveness
- Social ability
- Intentional stance

Reactivity는 변화하는 환경을 인지할 수 있고 일정시간 내에 적절한 반응을 할 수 있는 능력이며, Proactiveness는 스스로 사용자가 원하는 행동을 미리 유추하여 서비스를 제공하는 능력이다. Social ability란 사람을 포함하여 agent들끼리 interaction할 수 있는 능력이며, agent들 간에 협동하고 타협하기 위한 것이다.

Intentional stance는 정보를 표현하는데 있어서 믿음(beliefs), 욕구(desires), 바람(wishes, hope) 등과 같은 정신적인 상태(mental state) 또는 태도(attitude)로 기술하는 것이다.

특히 본 연구에서 지향하는 홈네트워크 환경에서의 multi-agent 시스템을 위해서 social ability와 intentional stance에 의한 interaction

능력은 그 중요성이 더해진다.

3. Multi-Agent System 프레임워크

3.1 Communication 타입

가정에서의 모든 agent들은 센서들을 통해 환경으로부터 사용자, 공간, 오브젝트 등의 개체와 관련된 모든 정보를 컨텍스트 인식 컴퓨팅(context awareness computing)에 의해 정형화할 필요가 있다 [6]. 컨텍스트를 5W1H 형태로 정형화하여 모든 어플리케이션에서 사용 가능하게 할 수 있다. 누가(Who), 언제(When), 어디서(Where), 무엇을(What), 어떻게(How), 왜(Why)를 나타내는 것이 5W1H이며, 응용 서비스에 따라 5W1H의 조합으로 컨텍스트를 표현할 수 있다 [2, 7].

홈네트워크 환경에서 사람, agent, 그리고 기기들 사이에 일어날 수 있는 communication 형태는 그림 2와 같이 4가지로 나눌 수 있다.

그림의 "a"에서는 자연어(natural language)를 통한 음성인식과 시각을 통한 interaction을 포함하며, "a"와 "b"에서는 의도하는 바를 기술(intentional stance description)하기 위해 어떤 상태에 대한 정보를 믿음, 욕구, 희망 등의 정신적인 상태 또는 태도로 표현할 필요가 있다. "c"의 경우는 통상적인 홈네트워크 프로토콜 정도의 Communication이 요구되는데 상기한 컨텍스트 인식 기법을 사용하여 정보를 표현한다. "d"는 버튼, LED/LCD, sound 등의 기기자원을 통한 사용자의 직접적인 제어가 요구된다.

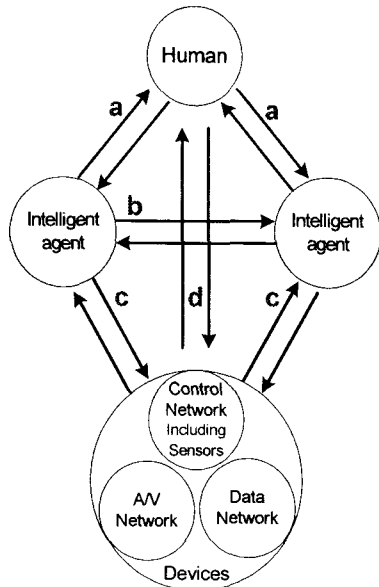


그림 2. 홈네트워크 환경에서의 사람, agents, 기기들 사이의 communication 종류

3.2 컨텍스트 기반 Agent Instance 생성

각각의 agent들은 홈서버에 네트워크로 연결

되어 있거나 로봇에 부착되어 있는 센서들로부터 사람을 포함한 주변 환경을 인식하여 컨텍스트 해석기(Context interpreter)를 통해 컨텍스트 인식기반의 5W1H 포맷으로 정형화한다.

컨텍스트 해석기는 사용자의 몸짓(Gesture), 의도(Intention), 감성정보(Emotion)에 관한 라이브러리를 사용하며 신경망(Neural Network)이나 퍼지(Fuzzy) 등의 지능 시스템으로 구성된다. 이 과정에서 다른 agent와 협동하면 보다 정확하게 주변상황을 인식할 수 있을 뿐만 아니라 사용자에게 대한 Intentional stance를 가지고 표현할 수 있게 된다 [2].

그림 3은 한 agent 내에서 주변 정보를 인식하고 서비스를 생성하는 전체 플랫폼을 나타내고 있다.

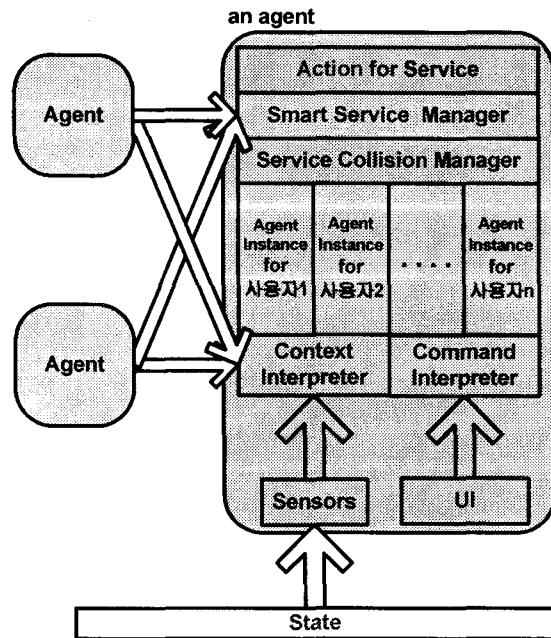


그림 3. Agent의 기본 구조

컨텍스트 해석기를 통해 나온 정보를 통해 서비스 대상이 결정되는데 그 대상은 한 사람일 수도 있고 여러 사람일 수도 있다. 서비스 대상이 여러 명일 경우 각각에 대해 service agent instance를 생성하고 컨텍스트 재해석을 한다. 같은 상황에 대해서 각 대상에 대한 서비스 내용은 서로 독립적이거나 합의될 수도 있지만 상충될 수도 있다. 서비스 충돌 관리자(Service Collision manager)는 서비스의 충돌을 점검하고 우선순위 결정 등을 조정한다.

그림 4는 service agent instance 사이의 순차적인 경우와 서로 상충되는 서비스 형태를 보여주고 있다.

(a)는 user1에게서 user2로 물건을 전달하는 경우이고 (b)는 user1과 user2가 서로 같은 물건을 하나의 agent에게 가져다 달라고 한 예를 보여주고 있다. 이 경우 agent는 user1과 user2

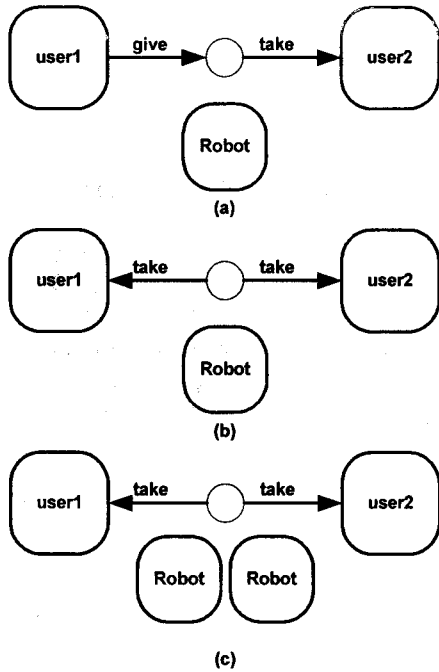


그림 4. 상반되는 서비스 타입

의 agent instance가 내부적으로 생성되며 서비스 충돌 관리자에 의해 우선순위 등에 의한 조정이 필요하게 된다. agent는 agent instance를 지속적으로 생성하고 소멸시키면서 서비스 충돌 관리자와 함께 다이내믹한 환경에 보다 지능적으로 대처할 수 있다.

내부적으로 서비스가 결정되면 스마트 서비스 관리자(Smart Service Manager)는 최종적으로 agent의 action을 결정하게 되는데, 이 과정에서 다른 agent와 협동하거나 타협 등을 위한 프로토콜을 가진다. 그림 4 (c)의 경우는 각각 다른 사용자가 각각의 로봇에게 서비스를 요청할 경우이며, 두 로봇간의 "협상(negotiation)"이라는 서비스 충돌관리가 필요한 경우이다. 서로 다른 agent간의 충돌관리는 한 agent내에서의 service agent instance간 충돌 관리자와 비슷한 부분도 있겠지만 일반적으로 동일하다고 볼 수는 없다.

컨텍스트 해석기와 service agent instance가 한 agent의 행동을 결정하기 위한 학습알고리즘을 포함하고 있다면 스마트 서비스 관리자는 agent들 간의 상호작용을 위한 학습알고리즘을 포함한다.

3.3 홈서버와 로봇의 역할 분담

가정에서 홈네트워크 시스템은 본 논문에서 제한한 제어를 위한 네트워크뿐만 아니라 실제로는 데이터 네트워크, 엔터테인먼트 네트워크 등으로 구성되어 있기 때문에 홈서버는 로봇보다 더 많은 정보를 가지고 가족 구성원과 interaction할 수 있다. 따라서 홈서버는 더 많은 데이터베이스 운용을 통해 보다 신뢰성을 가지고 사용자의 의도를 추론할 수 있으며 물

리적 제약에 의해 로봇이 인지하지 못하는 센서 데이터를 제공하여 로봇의 행동결정에 도움을 줄 수 있다. 또한 로봇 agent들의 행동결과를 평가하는 역할을 수행할 수 있다.

이에 반해 로봇은 이동성을 가지고 있기 때문에 사용자에게 다가가는 보다 편리한 인터페이스를 제공할 수 있으며 보다 다양한 물리적인 서비스(physical service)를 제공할 수 있다. 또한 홈서버를 직접 평가할 수는 없지만 부분적인 오류를 검출하는데 이용할 수도 있다.

3.4 Agent 간의 통신 Protocol Architecture

홈서버는 기본적으로 인터넷에 연결되어 있으며 각종 센서 및 기기와 유 무선으로 연결되어 센서네트워크를 이루고 있다. 특히 무선으로 연결된 각종 센서 및 기기는 고정되어 있기도 하고 이동될 수도 있다. 본 제안에서는 유선기기들과는 RS485통신을, 무선기기들과는 IEEE 802.15.4 기반의 지그비(ZigBee)를 사용한다.

본 제안에서 로봇은 지그비를 이용해 홈서버 및 기기들과 통신하며 이동에 따른 Ad-hoc 네트워크를 스스로 구성(self-organization)할 수 있어서 라우팅 경로를 유지한다. 사용자는 로봇의 무선랜(TCP/IP)을 통해 무선 인터넷 및 가정내의 데이터 네트워크에 접속한다.

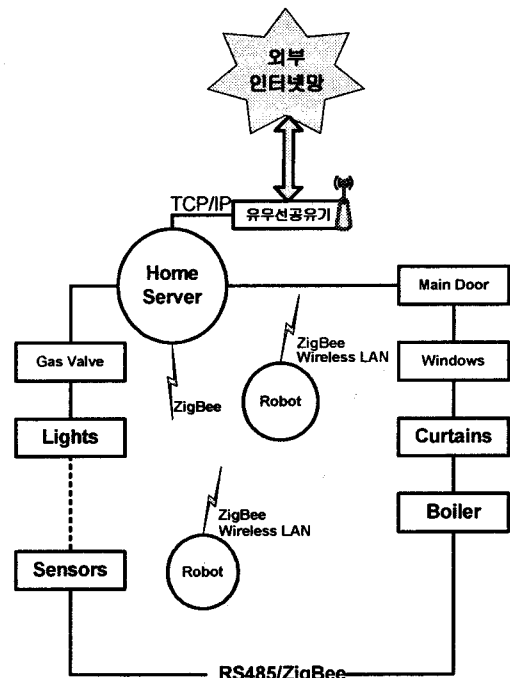


그림 5 홈서버와 로봇의 통신

4. 실험을 위한 시나리오

공간적으로 분리된 세 개 이상의 공간을 임

의로 만든 후, 각 공간에 음원추적센서를 장치

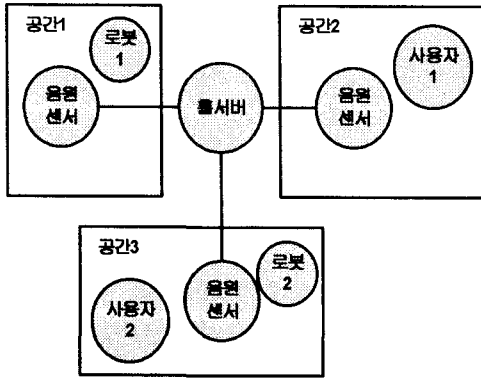


그림 6 실험공간의 구성도

하고 홈서버에 각각을 연결하여 그림 6과 같은 실험 공간을 만든다. 홈서버는 사용자로부터 서비스의뢰를 음원센서나 다른 인터페이스 기기를 통해 받아들이며 로봇에게 지그비 무선통신을 이용하여 전달하는 것을 가정하고 다음 실험을 진행한다.

실험 1 :

- ① 사용자1이 "모든 로봇의 집합"을 명령한다.
- ② 홈서버는 음원센서를 통해 사용자1의 명령과 위치를 인식한다.
- ③ 홈서버는 로봇들에게 사용자1의 명령과 위치정보를 전달한다.
- ④ 로봇들은 공간2의 사용자1에게 집합한다.

실험 2 :

- ① ~ ③ 실험 1과 동일하다.
- ④ 로봇들이 사용자1에게로 집합하는 도중에 사용자2가 로봇2를 부른다.
- ⑤ 로봇2는 정해진 서비스 충돌관리 서비스에 의해 최종 명령을 수행한다.

실험 3 :

- ① 로봇2가 사용자2에게 e-book 서비스를 제공하고 있다.
- ② 사용자1은 음원센서를 통해 홈서버에게 공간3의 전등을 끄라고 명령한다.
- ③ 홈서버는 공간3의 불을 끄기 전에 스마트 서비스 관리자를 통해 로봇2와 타협한다.
- ④ 홈서버는 사용자2가 e-book 서비스를 제공받고 있다는 상황을 로봇1을 통해 사용자1에게 전달하도록 한다.
- ⑤ 로봇1은 자신의 모니터를 통해 5W1H의 포맷으로 사용자1에게 상황을 알린다.

5. 결론 및 향후 과제

지금까지 홈서버와 두 대의 로봇으로 이루어진 홈네트워크 시스템 환경에서 가정에서 필요한 agent들을 정의하기 위한 framework 모델

을 구축하고 각 agent 간의 통신 protocol architecture를 제시하였다. 특히 다수의 가족 구성원을 위한 서비스를 위하여 개개의 agent 내에서 일어나는 컨텍스트 충돌 및 agent간의 서비스 충돌을 타협할 수 방법으로 agent instance, 서비스 충돌 관리자, 그리고 스마트 서비스 관리자를 제안하였다.

향 후 과제로는 본 연구실에서 그동안 부분적으로 가지고 있는 각 성과들을 통합할 수 있는 전체 MAS(Multi-Agent System) 프레임워크를 실제 구현하여 보이는 것이다. 그리고 더 많은 시나리오를 통한 학습을 통해 실제 가정에서 일어날 수 있는 많은 경우에 더 잘 적용할 수 있도록 하여야 할 것이다.

감사의 글 : 본 논문은 2006년도 산학연공동기술개발 컨소시엄사업[중기청, 서울시, 참여기업: (주)알피에이네트워크]에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Michael Wooldridge, "An Introduction to Multi Agent Systems," John Wiley & Sons, LTD., 2002.
- [2] 전진형, 심귀보, "다중 컨텍스트 환경에서의 컨텍스트 충돌 관리와 서비스 제어," 한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지, vol. 15, no. 2, pp. 143-148, 2005. 4.
- [3] Henry Lieberman, "Autonomous Interface Agents," CHI97*22-27, March 1997.
- [4] Hideki HASHIMOTO, "Present State and Future of Intelligent Space Discussion on Implementation of RT in our Environment," Proc. of The Tenth Int. Symp. on Artificial Life and Robotics (AROB 11th '06), Jan. 23-25, 2006.
- [5] Jiming Liu, Jianbing Wu, "Multi-agent Robotic systems," CRC Press 2001.
- [6] Anind K. Dey, "Understanding and Using Context," Personal and Ubiquitous Computing, Special issue on Situated Interaction and Ubiquitous Computing, vol. 5, no. 1, 2001.
- [7] S. Jang, W. Woo, "Architecture of Context based Application in Ubiquitous Computing Environment," KHCI 2003, pp. 346-351, Feb. 10-13, 2003.
- [8] S. S. Iyengar and R. R. Brooks, "Distributed Sensor Networks," Chapman & Hall/CRC, 2005