

# 유비쿼터스 환경에서의 온톨로지 기반 멀티 에이전트 설계

김제민\*, 박영택\*

\*송실대학교 컴퓨터학과

e-mail:kimjemins@hotmail.com park@computing.ssu.ac.kr

## Design of Multi Agent Using Ontology in Ubiquitous Environment

Je-Min Kim\*, Young-Tack Park\*

\*Dept of Computer Science, Soongsil University

### 요 약

유비쿼터스 환경은 어디서든지 항상 컴퓨터 액세스가 가능한 세계를 뜻한다. 유비쿼터스 환경에서의 멀티 에이전트들은 객체들의 상황을 인지하고 그 상황에 따르는 이벤트 메시지를 서로 전달한다. 본 논문은 유비쿼터스 환경에서 각 개인의 위치를 인지하여, 최적의 환경을 만들어주기 위한 온톨로지 기반의 멀티 에이전트 시스템을 제안하고 다음 두 가지 부분의 중점을 두어 시스템을 설계하였다. 첫째, 각 객체의 위치와 상황을 인지하는 센서기반의 상황인지 시스템을 이용하여 이벤트 메시지를 서로 주고받는 온톨로지 기반 에이전트들을 설계한다. 둘째, 각 객체의 현재 상황과 위치를 기준으로 객체에 맞는 이벤트를 추론하는 추론 엔진을 설계한다.

### 1. 서론

유비쿼터스 환경은 현실세계의 물리적 공간과 인터넷으로 대표되는 전자 공간이 유기적으로 연결되어 사람과 사물의 존재를 인식하고, 필요한 정보를 주고받는다[1]. 이러한 정보를 바탕으로 유비쿼터스 환경에서 사람들은 유기적으로 일어나는 객체의 Action으로부터 자신들이 필요한 서비스를 받을 수 있다. 물리적 공간과 전자 공간에서 각 객체의 상황을 인지하고 상황에 따라 일어나는 이벤트 메시지를 객체간의 서로 전달하기 위해서 센서 네트워크와 멀티 에이전트 같은 시스템이 필요하다. 본 논문은 유비쿼터스 환경에서 각 개인의 위치를 인지하여, 최적의 환경을 만들어주기 위한 온톨로지 기반의 멀티 에이전트 시스템을 제안한다. 최적의 환경이란 작업, 휴식, 문화와 같이 인간이 생활하는 데 있어서 현 상황에 맞는 적절한 환경을 제공하는 것을 의미한다. 따라서 본 논문은 다음 두 가지 부분의 중점을 두어 시스템을 설계하였다. 첫째, 각 객체의 위치와 상황을 인지하는 센서 기반의 상황 인지 시스템을 이용하여 이벤트 메시지를 서로 주고받는 온톨로지

기반의 에이전트들을 설계한다. 둘째, 각 객체의 현재 상황과 위치를 기준으로 객체에 맞는 이벤트를 추론하는 추론엔진을 설계한다.

### 2. 기초 연구

유비쿼터스가 21세기의 새로운 패러다임으로 등장한 이후 여러 가지 관련 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서 제안하고 있는 온톨로지 기반의 멀티 에이전트 시스템은 온톨로지와 유비쿼터스 컴퓨팅에서 기본이 되는 세 가지 컨셉을 바탕으로 연구되었다.

#### 2.1 온톨로지

온톨로지는 개념(Concept)과 관계(Relation)들로 구성된 사전으로서 특정 도메인에 관련된 객체들을 계층적 구조로 표현하고 추가적으로 이를 확장할 수 있는 추론 규칙을 포함한다. 유비쿼터스 환경에서는 모든 객체들과 객체의 속성들을 특정 종류의 도메인 안에 계층적으로 표현해야 하고, 이벤트 상황에 따라서 속성 값들을 변화시키는 규칙이 필요하므로 온톨로지를 사용하여 유비쿼터스 환경내의 모든 객체들을 계층적으로 정립해 두는 것이 유용하다.

#### 2.2 에이전트

에이전트는 주어진 환경 내에서 어느 정도 자율적으로 사용자를 대신하여 능동적으로 임무를 수행하는 지능형 프로그램이다[8]. 유비쿼터스 환경을 구성하기 위해서는 주변 환경의 변화나 새로운 객체의 존재여부를 판단하는 상황인지(Context Aware)기술이 필요하며 유비쿼터스 에이전트(Agent)는 이러한 상황인지 능력을 지능적으로 수행하여 객체의 위치나 현재 상태까지도 파악한다.

### 2.3 ZIGBEE

ZigBee는 근거리 무선방식인 IEEE 802.15.4를 따르는 표준화 작업이며, 칩셋의 개발이 진행 중인 단계이다. ZigBee는 네트워크 안에서 코디네이터 기기가 송/수신 활동이 필요한 노드만을 활동 상태로 만들어주기 때문에 전력 소모가 적다. 또한 칩셋의 가격이 저렴하고, 16채널 지원으로 인해 같은 대역 내에서 많은 사용자를 수용할 수 있으며, 하나의 네트워크에 65,000개의 노드를 지원하기 때문에 기존의 블루투스보다 유비쿼터스 환경에 효율적으로 적용할 수 있다[2][3].

### 2.4 마이크로 센서

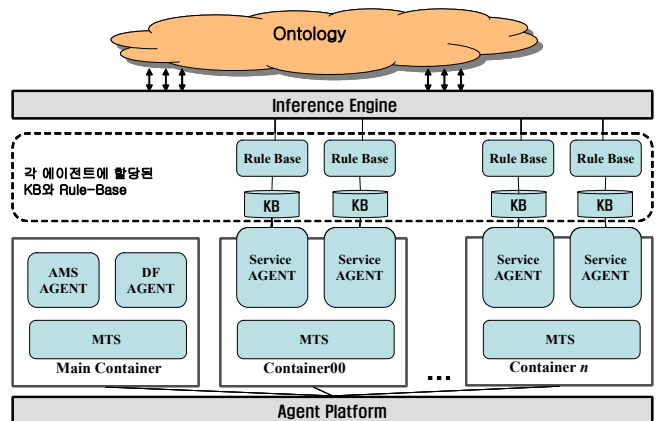
마이크로 센서는 빛, 열, 전기, 온도, 힘 등 주변의 환경 요소를 인식하여 신호로 변환해주는 초소형 소자이다. 센서는 그 형태 면에서 벌크 소자로 시작하여 마이크로 소자로 진화되어왔으며 현재는 초소형 나노 소자가 개발 중이다. 유비쿼터스 환경에서 모든 객체에 삽입될 극소형 컴퓨터가 사람 및 사물을 인식하고 적절한 통신 기능을 유지하기 위해서는 이러한 마이크로 센서가 필요하다.

### 2.5 관련 연구

유비쿼터스 기술은 불과 2~3년전 까지만 하더라도 연구소 차원에서 개발이 이뤄져 왔으나 최근 미래 사회에 끼치는 영향이 부각되어 산업적인 측면에서 여러 가지 기술들이 개발되기 시작했다. 주요 관련 연구로는 유무선 웹을 기반으로 미래 도시의 모델을 제시한 HP의 "Cool Town"[4], 실내에 존재하는 객체간의 위치 관계를 모델링하여 모바일 컴퓨터로 다른 컴퓨터를 제어하거나 정보를 공유하는 MS의 "Easy Living"[5], 1mm 크기의 입자에 센서를 탑재하여 자유로운 센싱과 100m이상의 통신거리를 가진 극소형 칩을 연구하는 UC Berkeley의 "Smart Dust", 컴퓨터가 삽입된 지능형 사물들을 통하여 사용자의 언어, 행동, 습관 등을 스스로 이해하고 적절한 서비스를 제공하는 MIT Media Lab의 "Thinks That think", 실내 곳곳의 컴퓨터가 내장되어 언어나 시각등의 휴먼 인터페이스를 통해 어디서나 사용자 요구에 맞는 서비스를 받는 MIT Computer Science Lab의 "Oxygen"등이 있다[7].

### 3. 온톨로지 기반 멀티 에이전트의 구조

유비쿼터스 환경 내에서는 존재하는 모든 객체들과 객체들이 가지는 모든 인터랙션을 정형화하여 모델링되며, 상황 인지시스템은 객체가 지니는 어플리케이션을 통해서 주변 환경 변화나 객체의 존재 및 위치에 대해서 인식한다. 그림 1은 유비쿼터스 환경에서 객체들의 상황을 인지하여 그 상황에 대응하는 서비스를 제공하기 위한 온톨로지 기반의 멀티 에이전트의 구조를 나타낸 것이다. 그림 1에서 보듯이 유비쿼터스 환경에 필요한 멀티 에이전트를 구축하기 위해서는 각각의 객체와 객체의 속성 및 객체간의 관계가 계층적으로 표현된 온톨로지, 에이전트 그룹을 제어하는 컨테이너와 각각의 컨테이너들을 위한 환경을 제공하고 연결 시켜주는 플랫폼, 에이전트 관리 및 에이전트간의 메시지 전달을 담당하는 특별 에이전트(AMS, DF, MTP), 에이전트의 이벤트를 분석하여 새로운 이벤트를 추론하는 추론 기관 등이 필요하다.



[그림 1] 온톨로지 기반 멀티 에이전트 구조

#### 3.1 플랫폼과 컨테이너

본 논문에서 제안한 멀티 에이전트 구조는 FIPA [8]의 표준을 따르고 있다. 에이전트가 같은 플랫폼이나 다른 플랫폼 내에 존재하는 에이전트와 커뮤니케이션을 하기 위해서는 최소한 하나의 플랫폼에 등록이 되어야 하며 플랫폼은 소속된 에이전트에 대해 에이전트 레벨 수준의 서비스를 실행한다. 즉 에이전트 등록, 에이전트 이름과 주소 매핑(agent name resolution), 에이전트 간의 통신, 서비스 찾기(service location), 에이전트 관리 등을 제공한다. 유비쿼터스 환경에서 에이전트 플랫폼은 모든 에이전트의 기능과 역할을 총체적으로 관리하는 메인컨테이너와 각기 다른 장소에 존재하는 에이전트들을 하나의 단위로 집합시켜 일정한 공간에서 객체간의 인터랙션을 담당하는 컨테이너로 나눈다.

### 3.2 AMS, DF, MTS

AMS(Agent Management Service)는 각 에이전트의 life-cycle을 관리 한다. 즉 각 에이전트가 활동하면 ID를 할당하여 레지스터에 등록하고, 활동을 멈추면 레지스터에서 삭제한 후 ID를 반환 받는다. DF(Directory Facilitator)는 일종의 에이전트를 위한 옐로우 페이지 서비스로서, 어떠한 서비스를 공급하는 에이전트는 DF에 서비스 타입과 서비스 이름, 서비스에 접근하기 위한 언어와 온톨로지 및 속성 등을 등록하고, 서비스를 사용하는 에이전트는 DF에 등록된 서비스 명세서를 참조하여 원하는 서비스를 공급하는 에이전트를 검색한다. MTP(Message Transport Protocol)는 ACL로 작성된 에이전트의 메시지를 수신 대상 에이전트에 전달한다. 즉 에이전트들 간의 대화창구 역할을 하며, 에이전트 사이의 모든 인터랙션은 MTP를 통해서만 이뤄진다.

### 3.3 추론 기관

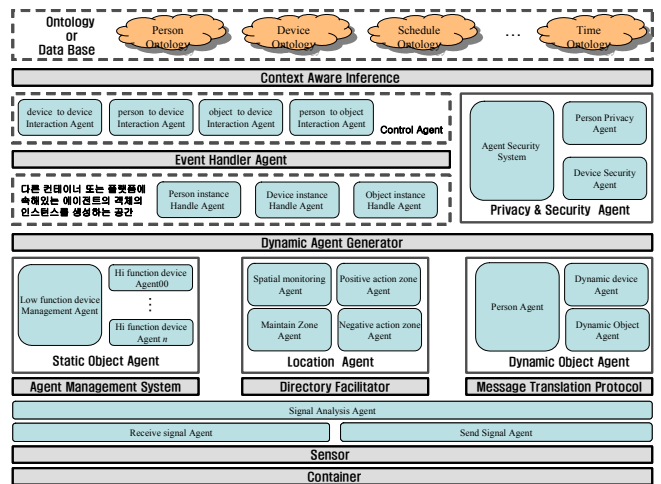
유비쿼터스 환경에서 각 객체들에 적용되는 에이전트들의 메시지 전달과 행위를 추론하기 위해서 규칙 기반 추론 시스템이 필요하다. 추론기관의 지식 베이스에는 각 에이전트의 메시지들이 사실(fact)로 저장되어 있으며, 유비쿼터스 환경에서 각 에이전트들은 외부 또는 다른 에이전트에서 입력된 이벤트(메시지)를 추론 엔진으로부터 추론함으로써 이에 적절히 대응되는 행위를 취하거나 새로운 상황을 생성한다.

### 3.4 온톨로지

유비쿼터스 환경에서 에이전트가 사용자의 상황을 인지하고 알맞은 서비스를 수행하기 위해서는 각 객체의 상황과 속성 및 객체간의 관계를 정의한 모델이 필요하다. 온톨로지는 각 객체의 속성과 행위 및 위치정보를 계층적으로 모델링 되어있다. 유비쿼터스 환경에서 온톨로지가 중요한 이유는 다음과 같다. 첫 번째는 유비쿼터스 환경의 특정 도메인을 모델링한 온톨로지를 사용함으로써, 유비쿼터스 환경 내에서 발생하는 상황 정보들에 대한 인터랙션을 각 에이전트는 이해하고 추론을 통해서 객체에 대한 적절한 서비스가 가능하다. 두 번째는 온톨로지에 모델링된 각 객체의 정보는 상호 독립적으로 구축된 에이전트들이 서로 공유 할 수 있다. 예를 들어 특정 객체의 에이전트와 특정 장소를 담당하는 에이전트는 온톨로지를 통해서 정보를 공유하며, 객체가 특정 장소로 이동함으로써 발생하는 상황은 온톨로지로부터 객체를 담당하는 에이전트와 장소를 담당하는 에이전트가 공유함으로써 에이전트간에 인터랙션이 이루어질 수 있다.

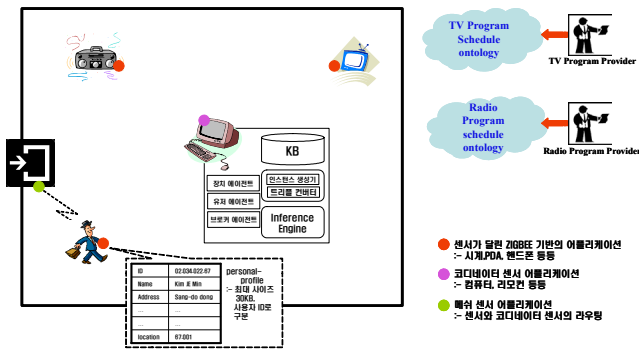
### 4. 온톨로지 환경에서의 멀티 에이전트 기반의 홈 네트워크

본 논문은 에이전트 플랫폼을 기반으로 에이전트 간의 인터랙션을 극대화 하기위해 FIPA에서 제공하는 에이전트 플랫폼 기반 구조를 참조하였다. 본 절에서는 에이전트 플랫폼의 구성요소들인 AMS, DF, MTS 및 추론 기관, 온톨로지를 적용하여 유비쿼터스 환경에서 실행되는 홈 네트워크를 설계한다. 본 논문에서 설계한 유비쿼터스 홈 네트워크는 JAVA 기반에 FIPA에서 제안한 에이전트 표준을 따르는 JADE를 사용해서 멀티 에이전트를 구현하고, 웹 온톨로지 언어인 OWL을 사용하여 온톨로지를 구축하였으며, JESS를 사용하여 구축된 추론 엔진으로 구성 된다.

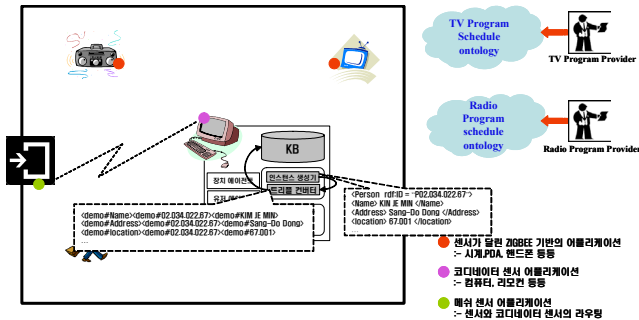


[그림 2] 홈 네트워크를 위한 멀티 에이전트 구조

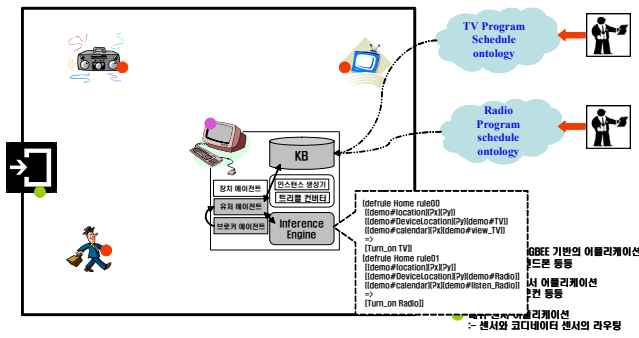
그림 2는 유비쿼터스 홈 네트워크를 위한 멀티 에이전트의 구조를 설계한 것이다. 홈 네트워크를 구성하는 에이전트 플랫폼은 여러 개의 컨테이너로 구성되며, 컨테이너는 방이나 거실, 화장실 같이 각 공간마다 설치되고, 이 중 하나는 AMS, DF, MTP를 포함하는 메인컨테이너 역할을 한다. 에이전트 플랫폼은 냉장고, 컴퓨터같이 고정된 객체를 관리하는 Static Object Agent, 객체의 위치와 위치 상관관계를 관리하는 Location Agent, 사람, 동물, PDA 같이 시간에 따라 위치가 수시로 바뀌는 객체를 관리하는 Dynamic Object Agent, 이웃, 친구와 같이 외부 객체의 인스턴스를 자동으로 생성하는 Dynamic Agent Generator, 각 에이전트간의 인터랙션을 제어하는 Control Agent와 Event Handler Agent, 에이전트 플랫폼의 보안과 개인의 스케줄 및 객체에 대한 개인 소유권을 관리하는 Privacy & Security Agent, 상황인지 추론기관 및 온톨로지, 온톨로지 와 메타-



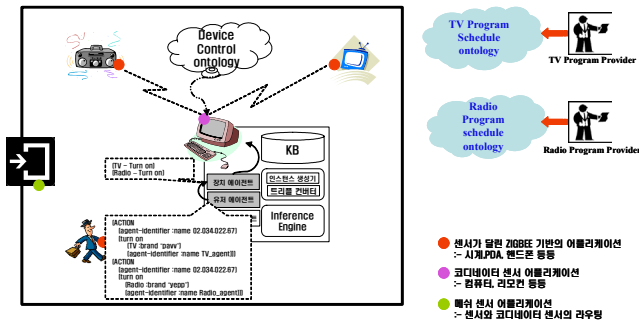
[그림 3] Step 1



[그림 4] Step 2



[그림 5] Step 3



[그림 6] Step 4

데이터들이 저장되어 있는 데이터베이스로 구성된다. 그림 2~6은 사람이 외부에서 자신의 집에 돌아왔을 때의 홈 네트워크 작업 흐름을 나타내고 있다. 그림 3은 사람이 집의 돌아오면 자신의 몸에 장착되어 있는 센서와 문에 장치되어 있는 매쉬(Mash)센서간의 센서 인터랙션이 일어나며, ID, Name, Address와 같은 정보가 코디네이션 센서를 통해서 에이전트 플랫폼에 전달되는 과정이다. 그림 4는 센서를 통해 입력받은 정보를 온톨로지 기반의 인스턴

스 데이터로 자동 생성하여 추론 엔진이 추론 할 수 있는 데이터 폼으로 변환되는 과정을 나타낸 것이다. 그림 5는 사람이 집에 들어온 상황을 인지하여 대응되는 상황을 추론하는 과정이며, 그림 6은 추론된 결과에 따라 사람에게 적절한 유비쿼터스 서비스를 제공되는 것을 나타낸 것이다. 즉, 집에 들어온 사람을 인지하여 현재 시간과 그 사람이 좋아하는 TV 또는 라디오 프로그램 시간이 일치하면 TV나 라디오를 켜고 채널을 자동으로 선택해준다.

### 5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 유비쿼터스 환경을 구성하는 중요 요소 중의 하나인 온톨로지 기반의 멀티 에이전트 시스템과 이러한 멀티 에이전트 시스템을 이용하여 유비쿼터스 홈 네트워크 시스템을 설계하였다. 그러나 유비쿼터스 환경에 적용되는 멀티 에이전트 기술은 아직 해결해야 할 많은 부분들이 존재하기 때문에, 실제 부분적으로만 실현 되고 있다. 즉, 유비쿼터스 환경 내에서 보다 섬세하게 객체의 위치와 방향을 탐지하는 위치인지(Location aware)와 각 사용자가 벌이는 이벤트를 효율적으로 학습하여 데이터로 정제하는 사용자 프로파일 생성같이 멀티 에이전트에 연관된 기술들이 필요하다. 이에 향후 연구 과제로서 유비쿼터스 공간에서 정적인 객체와 동적인 객체의 위치를 정확하게 감지하고 각 객체의 방향에 따른 인터랙션을 관리하는 위치 기반의 상황인지 멀티 에이전트 시스템을 연구한다.

### 참고문헌

- [1] Teddy Mantoro, C.W.Johnson. "User Mobility Model in an Active Office", Austrian National University
- [2] <http://www.zigbee.org>
- [3] 김원수, 장기수, "ZigBee 기술 동향 및 시장 전망 분석", 삼성 종합 기술원 i-Networking LAB
- [4] <http://cooltown.hp.com>
- [5] <http://research.microsoft.com/easyliving>
- [6] V. Hsu, J. M. Kahn, and K. S. J. Pister, "Wireless Communications for Smart Dust", Electronics Research Laboratory Technical Memorandum Number M98/2, February, 1998.
- [7] <http://oxygen.lcs.mit.edu/Overview.html>
- [8] FIPA, "Agent Management(TC1)", FIPA '97 Draft Specification, 1997.
- [9] Andy Harter, Andy Hopper, Pete Steggles, Andy Ward, Paul Webster, "The Anatomy of a Context-Aware Application", AT&T Laboratories Cambridge.