

# 이기종 네트워크상의 홈 모니터링 시스템을 위한 미들웨어

윤종완\*, 구용기\*, 오가경\*, 신동렬\*  
\*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과  
e-mail:jwyoons@skku.edu

## Middleware for Home Monitoring System over Heterogeneous Network Environments

Jong-Wan Yoon\*, Yong-Ki Ku\*, Ka-Kyung Oh\*, Dong-Ryeol Shin\*  
\*School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

최근 홈 네트워크를 지원하기 위한 다양한 연구가 진행 중이다. 이러한 홈 네트워크를 지원하기 위해 서 가정 단위의 네트워크 형성, 해당 네트워크에서 사용자가 요구하는 환경 정보의 효율적인 수집, 그 리고 수집된 정보를 통해 서로 다른 기계적 특성이 있는 전자기기 간에 통신할 수 있어야 한다. 본 연 구에서는 센서 네트워크와 다양한 전자기기 간의 통신을 가능하게 하는 통신 미들웨어를 제안한다. 제 안하는 미들웨어는 이기종의 센서 네트워크에서 다양한 데이터를 수집하고 수집된 정보를 사용자의 요구에 맞게 가공하여, 요구하는 전자기기와 통신을 통해 사용자에서 다양한 서비스를 제공할 수 있도 록 한다.

### 1. 서론

센서 네트워크는 특정 지역에 센서 노드들이 배포 되어 주위 환경 값을 획득하여 스스로 네트워크를 형성하여 전송하는 시스템이다. 센서 네트워크는 분 산된 영역에서 사용자가 요구하는 데이터를 수집하 고 전송하는 센서 노드(Sensor node)와 외부 네트워 크가 연결되어 센서 노드로부터 수집된 데이터를 저 장하고 특정 정보를 사용자에게 전송하는 싱크 노드 (Sink node)로 구성된다. 이러한 센서 노드들의 배 치는 고정적 혹은 유동적으로 형성될 수 있다. 센서 노드들이 측정할 수 있는 환경 값들은 다양하기 때 문에 애플리케이션 또한 다양하게 개발되고 있다. 오늘날의 센서 네트워크는 하드웨어부터 애플케이 션까지 다양한 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다.

전통적인 시스템에서 미들웨어는 운영체제와 응용 프로그램 사이에 존재하는 소프트웨어 계층을 의미 한다. 따라서 센서 네트워크의 미들웨어는 응용 계 층에서 사용자와 센서 네트워크에 인터페이스를 제 공하는 의미 이외에도 센서 네트워크가 가지는 특성 을 고려하여야 한다.

위와 같은 특성이 있는 센서 네트워크와 미들웨어

의 기능은 가정 내의 환경 데이터를 수집하고 수집 된 데이터를 다양한 통신 플랫폼에 적용이 쉬운 형 태로 변환하여 사용자의 다양한 요구 사항에 효과적 으로 대응이 가능하므로, 홈 네트워크 시스템 구현 에 효율적으로 적용될 수 있다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1. 에이전트

에이전트는 독자적으로 존재하는 것이 아니라 특 정 환경에 배치되어 주어진 목적을 사용자 대신 수 행하기 위해 지식 베이스, 추론 기능을 이용하며 사 용자, 자원, 또는 다른 에이전트와 정보교환을 수행 한다. 이러한 에이전트는 유기적으로 환경에 대처하 며 경험적으로 학습할 수 있다. 에이전트는 autonomous, proactivity, mobility, sociality의 특징 을 가진다[1,2].

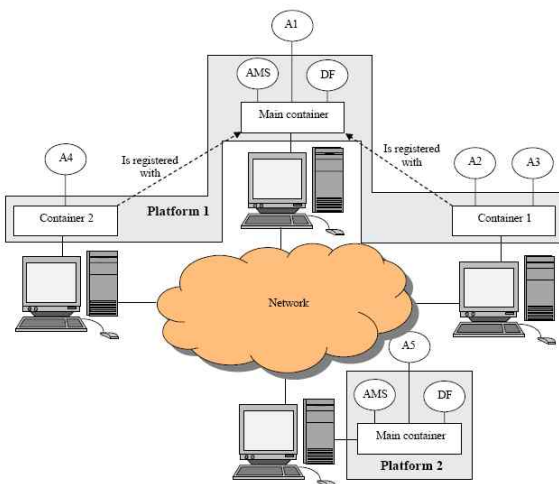
autonomous는 직접적인 지시나 없이 스스로 판단 하여 행동하는 것을 말하고, proactivity는 에이전트 들이 외부 이벤트에 대한 반응뿐만 아니라 직접 목 적을 수행하기 위해 먼저 능동적인 behavior를 수행 할 수 있다는 특징이다. Mobility는 고정된 위치에서

만 태스크를 수행하는 것이 아니라, migration을 통해 태스크를 수행하기 유리한 위치에서 효율적으로 수행할 수 있음을 의미하며, sociality는 단일 에이전트로 수행할 수 없거나 자원 소모가 심할 수 있는 작업을 다른 에이전트와 협업을 통해 해당 목표를 자원 효율적으로 처리할 수 있는 성질을 나타낸다.

### 2.2. JADE

JADE는 TILAB에서 개발된 P2P 통신 아키텍처를 기반으로 분산 멀티 에이전트 애플리케이션 개발을 위해 개발된 에이전트 기반 미들웨어이다[3].

JADE 플랫폼상에서 peer들 사이의 통신은 유무선 네트워크 환경에 관계없이 에이전트 간의 FIPA-ACL 메시지를 통해 통신이 이루어진다. 이러한 JADE 미들웨어의 구성은 다양한 에이전트의 집합인 컨테이너, 통신의 기본 환경인 플랫폼, 에이전트의 네이밍 서비스와 생명 주기 등을 관리를 담당하는 AMS(Agent Management System), 그리고 플랫폼상의 서비스 저장소로 동작하는 DF(Directory Facilitator)등이 있다. 다양한 에이전트들을 포함하는 것을 컨테이너라 하며, 활동적인 컨테이너들의 집합을 플랫폼이라 한다[4].



[그림 1] Jade Platform

### 3. 제안된 기법

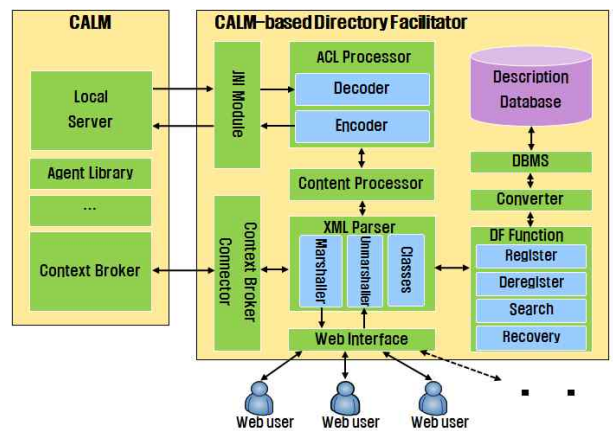
우리가 제안하는 미들웨어의 구성은 다양한 위치에 배치되어 환경 데이터를 수집하는 센서 네트워크 부분, 수집된 데이터를 통합하여 플랫폼에 제공할 수 있는 데이터를 제공하는 로컬 서버, 그리고 제공된 데이터를 사용자의 요구에 따라 제공하는 DF로

구성된다.

### 3.1. CALM-based DF

Component-based Autonomic Layered Middleware(CALM)은 지능형 미들웨어로 리플렉티브 패러다임을 기반으로 에이전트 플랫폼의 유연성과 효율성을 최적으로 제공한다. CALM은 CORBA 기반의 이벤트 기반 통신 플랫폼과 에이전트 플랫폼, 그리고 다양한 톨로 구성된다[5].

이러한 CALM을 기반으로 한 CALM-based DF는 데이터를 요구하는 사용자 애플리케이션과 데이터를 제공하는 로컬 서버 간의 통신을 중재하며 각 사용자 애플리케이션과 로컬 서버는 하나의 객체로 인식하여 고유한 정보를 CALM-based DF에 저장한다. 이러한 CALM-based DF는 FIPA 표준에 부합하는 ACL 메시지 내부의 Content 메시지에 XML을 사용하여 서비스 등록, 검색, 삭제할 수 있다. 그림 2는 이러한 CALM-based DF의 구성도이다.



[그림 2] CALM-based DF

ACL processor는 에이전트가 보낸 메시지 중 ACL 메시지만 추출하는 기능을 가지는 Decoder와 CALM-based DF에서 생성될 ACL 메시지를 조합하는 Encoder로 기능이 나누어진다.

XML Parser는 binding compiler로서 XML schema를 자바 코드형식으로 변환할 수 있게 한다. XML Parser 모듈의 기능은 Marshal, Unmarshal, 그리고 Validation으로 분류된다. Context objects를 XML 문서로 변환하는 과정을 marshal이라고 하며 비순차적으로 필요한 데이터에 접근할 수 있다. Unmarshal의 기능은 marshal과 반대로 동작한다. 이러한 Unmarshal 기능은 문서의 내용을 체계적으로 나타내주므로 빠르고 쉽게 해당 데이터에 접근할

수 있도록 해 준다. 마지막으로 Validation은 Marshal, Unmarshal 중에 입력 데이터와 출력데이터가 올바르게 작성되었는지 확인하는 기능을 수행한다. 이러한 Validation 기능은 추가적인 오버헤드를 발생시키므로, 태스크나 사용자의 설정에 따라 사용되지 않을 수 있다.

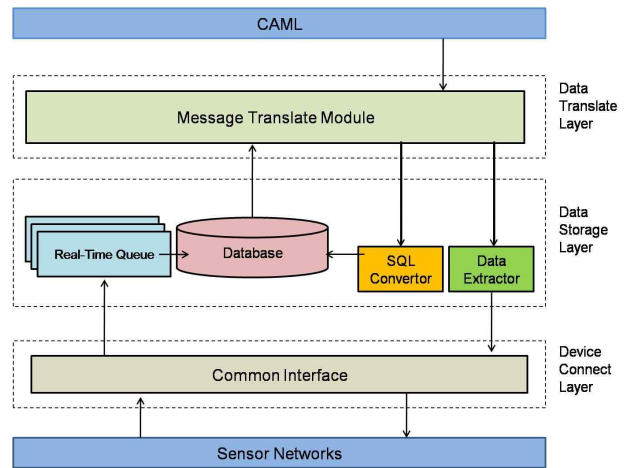
DF Function의 기능은 등록(Register), 등록해제(Deregister), 검색(Search) 등이 있다. 등록 기능을 수행하면 새로운 서비스 항목을 CALM-based DF의 지식 베이스에 등록시킨다. 등록해제는 에이전트가 CALM-based DF의 지식 베이스에 있는 특정 항목 제거를 요청할 수 있다. 검색(Search)의 기능은 특정 서비스를 만족하게 할 수 있는 한 개 이상의 서비스 공급자를 찾도록 CALM-based DF에 요청하는 것이다. CALM-based DF는 이 검색 기능의 결과의 정확성에 대해서는 보장할 수 없다. 즉, 악의적인 에이전트 또는 신뢰할 수 없는 에이전트가 제공하는 서비스에 대한 책임에 대해서는 보장할 수 없다.

Reservation Function은 현재 서비스 저장소에 존재하지 않는 서비스를 예약하여 다음부터 그 존재하지 않았던 서비스가 등록요청이 왔을 때 종전에 서비스를 요청한 에이전트에게 예약된 서비스를 제공하는 방식을 사용하고 있다. 이러한 서비스 예약 기능을 제공하는 이유는 어떠한 서비스를 요청한 에이전트는 자신이 원하는 서비스가 없어서 이용하지 못하게 되며, 또한 그 에이전트는 원하는 서비스를 얻기 위하여 지속적으로 CALM-based DF에 질의하게 되는 불필요한 오버헤드를 발생시킨다. 하지만, 예약 기능을 통해 불필요한 오버헤드를 줄일 수 있다. 이러한 Reservation Function 모듈의 주된 기능은 Insertion, Deletion, 그리고 Search이다. Insertion은 DF Function 모듈에서 Search 기능을 수행한 결과로 에이전트가 원하는 서비스가 DF 내부의 지식 베이스에 존재하지 않을 때 에이전트가 원하는 서비스를 예약하는 기능을 수행한다. 서비스를 예약하기 위해서는 예약하려는 서비스 이름과 서비스를 요구하는 에이전트의 이름(Agent ID)을 반드시 Reserved Service List에 저장하여야 한다. Deletion 기능은 예약된 서비스를 에이전트에게 제공하고 나서 더는 필요성이 없어지게 되므로 해당하는 예약된 서비스는 삭제한다. 마지막으로 Search 기능은 에이전트가 원하는 서비스가 지식 베이스에 등록이 완료된 후에 Reserved Service List에서 해당하는 서비

스 이름이 검색되면 해당하는 에이전트에게 바라던 서비스를 제공한다. 하지만, Reserved Service List를 검색했을 때 서비스가 검색되지 않았을 때는 해당 에이전트가 예약한 서비스가 없는 경우이므로 아무런 기능을 수행하지 않게 된다.

### 3.2. 로컬 서버

로컬 서버는 센서 네트워크와 직접적으로 연결되어 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 일차적으로 가공하여 네트워크상에서 사용이 쉽도록 한다. 로컬 서버의 구조는 다음과 같다.



[그림 3] 로컬 서버 컴포넌트 구성도

로컬 서버는 Data Translate Layer, Data Storage Layer, 그리고 Device Connect Layer로 나누어진다.

Data Translate Layer는 CALM으로부터 전송된 요청을 Data Storage Layer로 전달하고 Data Storage Layer로부터의 응답을 XML 형태로 변환하는 과정을 수행한다.

Data Storage Layer는 데이터 저장 및 검색 기능과 데이터 요청을 분석 및 제공하는 기능을 가진다. Data Translate Layer에서 보내진 메시지는 데이터베이스 검색을 위해 SQL Converter를 통해 SQL 언어로 변환되어 데이터베이스에 저장된 데이터를 검색하며, 센서 네트워크로 질의를 위해 Data Extractor에서 질의에 필요한 데이터(데이터 타입, 센싱 시간, 조건 등)를 객체에서 추출하여 재조합한 뒤, Common Interface로 보낸다. 또한, 센서 네트워크에서 수집한 센싱 데이터는 입력 버퍼처럼 사용되는 Real-Time Queue를 거쳐 데이터베이스에 저장하고 Data Translate Layer로 전송된다.

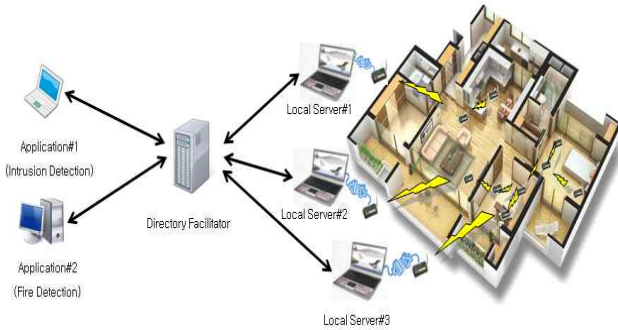
Device Connect Layer는 Message Converter로부터

터 변환된 메시지를 각각의 센서 노드의 종류에 적합한 형태로 변환하여 센서 네트워크로 전달하고, 마찬가지로 센서 네트워크에서 전송된 메시지를 데이터베이스에 저장하기 쉬운 공용의 센서 쿼리 메시지로 변환한다.

이러한 로컬 서버는 자신이 제공할 수 있는 데이터를 CALM-based DF에 등록하여, 현재 가정 내에서 가용한 환경 정보에 대해 통보를 하게 된다.

#### 4. Simulation

제안된 미들웨어의 동작을 확인하기 위해서 가상 환경의 가정 내에서 준비된 시나리오를 통해 실험하였다. 실험 환경은 다음과 같다.



[그림 3] 시뮬레이션 환경

가정에 배치되는 센서는 Crossbow사의 Micaz 모트에 MTS 310 센서를 장착하여 9개의 센서가 조도, 소리, 그리고 온도 값을 측정하여 3개의 로컬 서버로 전송하게 된다. 그리고 사용자 애플리케이션으로는 소리와 조도에 대한 정보를 통해 가정 내 침입을 탐지하는 애플리케이션과 온도와 조도 값을 통해 가정 내 화재의 유무를 판단하는 애플리케이션으로 구성되어 있으며 3개의 로컬 서버와 2개의 사용자 애플리케이션은 모두 CALM 플랫폼을 통해 서로 다른 메시지 포맷을 사용하더라도 통신할 수 있다.

해당 시뮬레이션에서 화재나 침입 감지에 대한 이상 징후를 신뢰적으로 감지할 수 있었으며, 제공되는 서비스를 제외한 소리와 조도를 통한 폭발 감지 서비스를 예약하여 사용자가 현재 제공 중이지 않은 폭발 감지 서비스를 요청하였을 때도 CALM-based DF의 Reservation Function을 통해 추가적인 오버헤드를 줄이면서 효율적인 대처가 가능하였다.

#### 5. Conclusion

본 논문에서 제안하는 미들웨어는 다양한 전자기기와 환경 데이터 수집을 요구하는 홈 네트워크 환경을 지원하기 위해 통일된 메시지 포맷과 통신 메커니즘을 제공한다. 제안된 미들웨어에서 사용하는 통신은 단일화된 XML 형식의 데이터를 교환하므로, 미들웨어는 내부의 사용자 애플리케이션뿐 아니라 외부 네트워크의 사용자 애플리케이션도 지원할 수 있다. 이에 시스템 전체의 확장성이 증가하고 데이터의 정보를 쉽게 분석 및 파악할 수 있도록 하여 앞으로의 데이터의 의미론적 접근 및 시스템 개발이 유용할 것이라고 본다.

#### Acknowledgement

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(07첨단도시 A01)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] Michael Wooldridge, "An Introduction to Multiagent Systems", John Wiley & Sons, LTD
- [2] Foundation for Intelligent Physical Agents, <http://fipa.org>
- [3] F. Bellifemine, G. Caire, A. Poggi and G. Rimassa: JADE A White Paper, <http://jade.tilab.com>
- [4] Giovanni Caire, JADE TUTORIAL JADE PROGRAMMING FOR BEGINNERS 2003
- [5] Seungwok Han, Sung Keun Song, and Hee Yong Youn, "CALM : An Intelligent Agent-based Middleware for Community Computings", SEUS 2006/WCCCLA 2006, Proceedings of the Fourth IEEE Workshop