

# 메타데이터를 이용한 이동에이전트의 이주

이연식\*, 남광우\*, 장민석\*, 양평우\*, 김정민\*

\*군산대학교 컴퓨터정보공학과

e-mail:{yslee, kwnam, msjang}@kunsan.ac.kr

## Migration of a Mobile Agent using the Meta-data

Yon-Sik Lee\*, Kwang-Woo Nam\*, Min-Seok Jang\*, Pyeong-Woo Yang\*, Jeong-Min Kim\*

\*Dept. of Computer Information Engineering, Kunsan National University

### 요 약

센서네트워크 환경에서 이동 에이전트의 효율적 이주를 위하여 센서네트워크 구성 요소 관련 데이터들을 수집 및 저장하여 일관된 네이밍 서비스를 제공해야 할 필요가 있다. 본 논문에서는 이러한 다양한 데이터들을 저장하기 위한 메타데이터를 설계 구현하고, 메타데이터 내의 정보들을 이용한 네이밍 기법을 적용하여 이동 에이전트의 이주 및 규칙실행 방법을 제안한다. 또한 조도 데이터를 이용한 인접노드를 제어하는 규칙실행을 실험을 통하여 보임으로써 센서네트워크 미들웨어의 유효성과 응용 가능성을 제시한다.

### 1. 서론

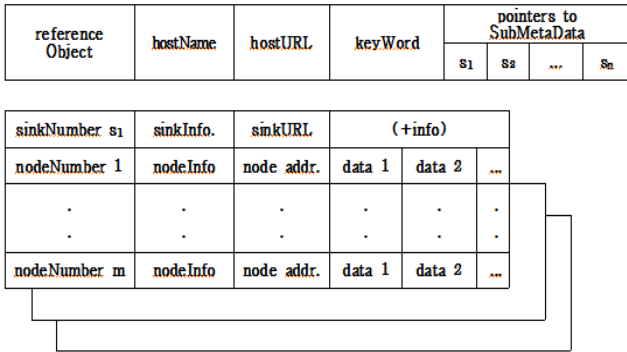
사용자의 요구에 따라 동적으로 적용 가능한 유연한 구조의 센서네트워크 미들웨어에 관한 연구들 중 일부 연구들이 미들웨어의 주요 특징인 추상화를 이용하여 센서네트워크상에서의 필수적인 데이터의 수집, 이벤트 처리 메커니즘, 전력 관리 및 네트워킹 등의 기능을 사용자에게 숨겨서 다양한 응용들을 하위 계층에 대한 고려 없이 쉽게 개발할 수 있도록 수행되고 있다[1,2,3,6,7].

본 논문에서는 이동에이전트를 이용하여 사용자의 개입 없이 자동으로 센서노드들이 동작 할 수 있도록 할 뿐만 아니라, 제한된 자원을 조절하여 활용할 수 있는 알고리즘을 포함하고 사용자의 요구에 의한 이벤트 중심의 능동적 데이터 처리 방식의 센서네트워크 미들웨어의 주요 기술을 제안한다. 이를 위하여, 센서네트워크 미들웨어 상의 이동에이전트 시스템과 에이전트의 이주 대상 서버들의 메타데이터를 가지고 있는 메타데이터를 시스템에 적합하도록 구현하며, 이동에이전트가 각 센서노드들을 이주하며 센서 데이터를 획득하고, 인접 센서노드들과의 데이터 비교를 통한 인접노드를 제어하는 이주 방법을 실험을 통하여 보임으로써 구현 시스템의 응용 가능성을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 이동에이전트 미들웨어 시스템 주요 기능인 네이밍 서비스와 메타데이터의 구현 내용을 설명한다. 3장에서는 이동 에이전트의 이주와 조도 데이터를 이용한 이주 및 규칙실행 관련 실험과정과 결과를 이고, 4장에서 결론 및 향후 연구 방안을 제시한다.

### 2. 네이밍 서비스와 메타데이터

본 논문에서 설계 및 구현하고자 하는 이동에이전트 미들웨어 시스템의 주요 기능을 담당하는 네이밍 에이전트는 각 센서네트워크 구성요소(서버, 싱크 및 센서노드 등)의 위치, 명칭 및 속성 정보를 네임 스페이스(Name Space)에 저장하고, 네임 스페이스에 등록된 센서 데이터 서버, 서버 푸시 에이전트, 클라이언트 푸시 에이전트, 이동에이전트의 정보를 수집하여 통합된 네이밍 서비스의 기능을 제공한다[4,5,7]. 네이밍 에이전트는 내부에서 쓰레드 형태로 운영되는 네이밍 서비스를 통해 각각의 작업을 수행하며, 각 쓰레드는 클라이언트의 요청이 있을 시 요구하는 서버 푸시 에이전트(또는 센서 데이터 서버, 클라이언트 푸시 에이전트, 이동에이전트)가 등록되었는지를 파악한 후, 서버 푸시 에이전트 등의 이름을 네이밍 서비스에 요청하여 처리 후 해당 서버 푸시 에이전트 등의 객체 참조자(또는 리스트)를 클라이언트에 반환한다[4]. 이러한 센서 데이터 서버를 포함한 네이밍 서비스를 위하여 싱크 및 센서노드의 식별이 필요함에 따라 USN 노드들의 주소체계가 필요하며, 본 논문에서는 Data server IP 주소::sink node 번호.sensor node 번호(예: 202.31.147.40::1.2)와 같은 형식의 주소체계를 사용한다. 또한, 이와 같은 주소체계를 사용하여 센서네트워크상의 싱크 및 센서노드까지 검색이 가능하고 확장성을 갖는 메타데이터를 설계 구현하여 사용한다. 메타데이터는 다음 (그림 1)과 같이 센서 데이터서버의 정보가 저장되는 MetaData와 싱크노드들과 그들에 연결되어있는 센서노드들의 정보가 저장되는 SubMetaData부분으로 구성한다.



(그림 1) 센서네트워크 응용을 위한 메타테이블

### 3. 이동 에이전트 이주 및 실험

#### 3.1 이동 에이전트의 이주를 위한 서버리스트 생성

클라이언트(클라이언트 푸시 에이전트)가 RMI 프레임워크에서 제공하는 네이밍 레지스트리와 네이밍 서비스를 이용하여 네이밍 스페이스 내의 객체 참조자를 확보하고, 메타테이블 내에 있는 여러 서버들의 목록을 검색하여 이동 에이전트의 이주를 위한 서버들의 리스트를 반환한다. 다음 (그림 2)는 이동 에이전트의 이주를 위한 서버리스트 생성 알고리즘이다.

```

Server List Generation
Input : keyWord
Output : Server List
Process :
NamingSearch (keyWord);
GET MetaData;
WHILE(MetaData.HasNext())
    IF (keyWord == MetaData.keyWord)
        THEN
            Server List[][] = hostName, hostURL, keyWord,
                               sinkNumber, sinkURL, sinkInfo;
            Return Server List[][];
        ELSE
            Return Null;
    
```

(그림 2) 에이전트 이주를 위한 서버리스트 생성 알고리즘

이동 에이전트는 이주 대상 목록인 서버리스트를 가지고 센서노드들 사이를 이주하며 센서 데이터를 획득, 전송하며 센서 데이터를 수집하는 역할을 한다. 이러한 이동 에이전트는 싱크노드뿐만 아니라 센서노드를 이주하며 적절한 데이터만을 선택적으로 수집할 수 있고, 수집 데이터에 따라 인접노드를 제어하는 등의 능동규칙을 실행할 수 있다.

#### 3.2 이동 에이전트의 이주

이동 에이전트는 Agent Migration Manager가 Mig\_List에서 Dest\_Node를 선택하여 Agent Communication Module에 있는 Agent Sender를 통해 이주한다. 다음 노드를 결정하는 것은 이동 에이전트의 이동 거리나 정확도, 중요도, 혹은 경로가 생겼을 때 회피방법 등 다양한 라우팅 방법으로 이루어 질 수 있으며, 본 논문에서는 이주 방식에 대해서만 구현한다.

이동 에이전트의 이주방식은 라디오 통신을 사용하며,

TinyOS의 액티브 메시지 구조를 통해 이루어진다. TinyOS는 라디오 스택의 추상화 과정을 통해 IEEE 802.15.4의 패킷 및 프레임 구조에 대응하는 새로운 액티브 메시지 구조를 정의해 사용자에게 제공한다. 액티브 메시지는 message\_t 구조체로 표현되며 상위 응용에서 라디오 스택으로 데이터를 전달하거나 라디오 스택의 내부 상태를 상위 응용에게 알릴 때 사용하며, message\_t의 내부 구성은 프레임 및 패킷에 대응하는 필드 외에도 라디오 모뎀을 운영하는데 필요한 추가 정보가 메타데이터란 형식으로 message\_t에 포함된다. 이동 에이전트는 TinyOS에서 제공하는 message\_t 구조체의 사용자 데이터 영역을 사용하며, 이동 에이전트 mobileAgent\_t 구조체를 message\_t 액티브 메시지에 담아 보냄으로 이주를 하게 된다.

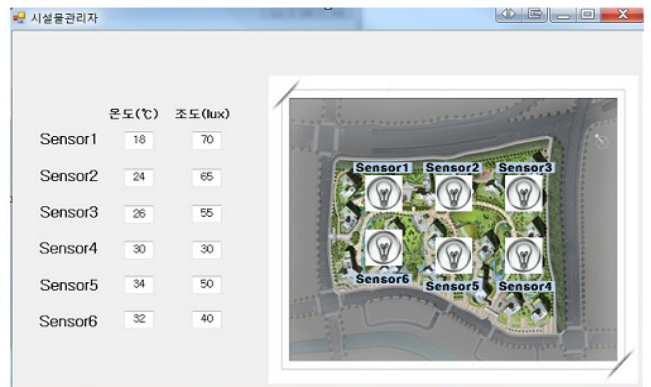
#### 3.3 이동 에이전트 이주 실험 및 평가

제시된 이동 에이전트 미들웨어의 실험은 싱크노드를 포함한 센서노드 Hmote2420 모델 7개, TinyOS-2.x 및 Cygwin 툴을 사용하였다. 실험 센서 데이터는 온도 및 조도 데이터를 사용하였으며, 본 논문에서는 조도 데이터에 의한 인접노드 제어 실험에 대한 결과만을 보인다.

실험은 각 센서노드에 이동 에이전트 플랫폼 이미지를 업로드 한 후 센서 값의 확인과 전등의 상태를 확인하기 위한 시뮬레이션을 통하여 수행하고, 이동 에이전트의 이주와 데이터 전송 여부는 각 센서노드에 부착된 Led 전구의 on/off 상태로 확인한다. 실험은 이동 에이전트가 센서노드로 이주를 완료한 후 획득한 센서 데이터에 의한 인접노드를 제어하는 능동규칙의 실행 여부 판단과정으로 이루어진다. 조도 데이터를 이용한 인접노드 제어 규칙은 현노드에서 획득한 조도 데이터가 주어진 THRESHOLD 보다 작을 경우에만 싱크노드로 값을 전송하고, 해당 센서노드에 연결된 전등의 전원과 이주 리스트상의 이전 노드와 다음 노드의 전원을 동시에 on 시키는 것이다.

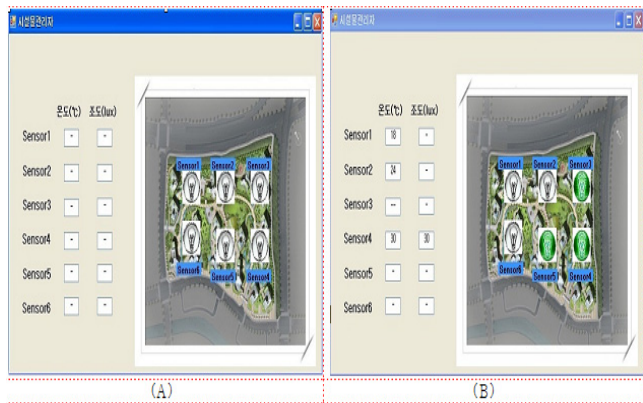
#### 3.4 실험 결과

다음 (그림 3)은 조도 값을 통한 인접노드 제어 모듈과 같은 능동규칙을 탑재하지 않고 이동 에이전트가 서버리스트에 따라 이주하여 센서 데이터를 단순히 싱크노드로 전송하고 다른 작업을 수행하지 않은 결과를 보인다.



(그림 3) 이동 에이전트의 단순 이주 결과

다음 그림 4는 인접노드 제어규칙 모듈을 탑재한 이동 에이전트가 4번 센서노드까지 이주 결과이다.



(그림 4) 조도 값을 통한 인접노드 제어 실험 결과

이동 에이전트는 각 노드로 이주한 후 센서 데이터를 싱크노드로 전송한다. 이때 조도 값을 통한 인접노드 제어 모듈은 현재 노드의 센서 데이터 전송 여부와 인접노드로의 이동 에이전트 전송 여부를 결정한다. (그림 4)의 (A)는 시뮬레이션 프로그램의 초기화면이고, (B)는 이동 에이전트가 4번 센서노드까지 방문 후의 결과이다. 센서 1번과 2번의 조도 데이터 차이가 조도의 THRESHOLD(45lux) 보다 크기 때문에 싱크노드에 전송이 되지 않았다. 센서 3번의 경우 그림 3의 조도 데이터 값에서 볼 수 있듯이 THRESHOLD인 45lux 보다 크기 때문에 싱크노드에 전송되지 않았다. 4번 센서노드에서는 조도가 THRESHOLD 이하인 30lux이므로 싱크노드에 전송되고, 해당 센서노드와 인접한 두 노드들로 에이전트가 이동하여 연결된 전송을 on 시킴을 알 수 있다.

이와 같이 이동 에이전트가 이주하면서 인접노드를 제어하는 능동규칙을 실행함을 실험을 통하여 보임으로써, 센서 데이터를 모두 싱크노드로 전송하는 과정에서 발생하는 노드의 수명 단축, 데이터 과부하 및 대역폭 오버헤드 등의 문제를 해결할 수 있는 센서네트워크상에서의 능동규칙을 탑재한 이동 에이전트 미들웨어의 유효성을 제시하였다.

#### 4. 결론 및 향후 연구

센서노드들에 데이터 수집, 중복 데이터 제거 및 노드 제어 등의 규칙 모듈을 탑재한 이동 에이전트 미들웨어를 이용함으로써 비효율적인 센서 데이터의 과잉 송수신 방지 및 시스템 수명 연장 등을 기대할 수 있다. 본 논문에서는 센서네트워크 환경에서 센서 데이터 서버, 싱크 및 센서노드의 위치정보와 다양한 특성 등을 포함하는 새로운 메타데이터를 제안하고, 이러한 메타데이터의 정보를 이용하여 센서네트워크 환경에서 센서노드까지 능동규칙을 탑재한 이동 에이전트가 이주하며 센서 데이터를 획득

하고, 사용자나 관리자의 특별한 조작 없이 센서 데이터에 따라 능동규칙들을 실행하는 이동 에이전트의 이주 기법을 제안하였다. 또한, Hmote2420 센서노드들을 사용하여 센서 데이터 수집 및 인접노드를 제어하는 규칙실행과정과 결과를 실험을 통하여 보임으로써 센서네트워크 환경에서의 이동 에이전트 미들웨어의 유효성을 보였다.

본 연구의 결과는 센서네트워크 응용 개발에 있어서 동적인 환경 변화에 빠르게 적응 할 수 있으며, 능동규칙의 탑재 및 실행을 통하여 네트워크 부하 경감, 수명 연장 및 개발 적응성을 향상시킬 수 있다. 향후에는 이주 경로의 안전성을 지원하는 라우팅 방법과 능동규칙 시스템과의 연계를 위한 미들웨어 시스템의 부품 기술들에 대한 연구가 필요하다.

#### 사사글

이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0074891, No. 2009-0067958)

#### 참고문헌

- [1] 황재각, 표철식, "USN미들웨어 기술 개발 동향," 한국전자과학회지, 제19권, 제6호, pp. 51-59, 2008.
- [2] Pratik K. Biswas, Hairong Qi, Yingyue Xu, "A Mobile-Agent-Based Collaborative Framework for Sensor Network Applications," Proc. of Mobile ad hoc and Sensor Systems(MASS)2006 IEEE, pp. 650-655, 2006.
- [3] Konstantopoulos C. et al., "Effective Determination of Mobile Agent Itineraries for Data Aggregation on Sensor Networks," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 22, pp. 1679-1693, 2010.
- [4] 이정수, 최영춘, 이연식, "센서네트워크 응용을 위한 네이밍 에이전트 설계," 정보통신분야학회 합동학술대회논문집, pp. 147-150. 2009.
- [5] 이연식, 이정수, "센서 데이터 획득을 위한 이동 에이전트 설계," 정보처리학회 춘계학술발표대회논문집, 제17권, 제1호, pp. 1070-1073, 2010.
- [6] Jong-Wan Yoon et al., "Agent-based Sensor Network Middleware using Reputation Mechanism over Heterogeneous Network Environments," 2010 The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE), pp. 373-376, 2010.
- [7] 정의현, "무선 센서네트워크를 위한 속성 기반 네이밍 구조," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제12권, 제4호, pp. 95-102, 2007.