

헬스케어 응용 서비스를 위한 이동 센서 네트워크의 Healthcare Mobility Agent 모듈 설계

남진우^o 정영지^o

원광대학교 컴퓨터공학과

{pote333^o, yjchung^o}@wonkwang.ac.kr

A Healthcare Mobility Agent Module Architecture of Mobile Sensor Network for Healthcare Application Service

Jin-Woo Nam^o Yeong-Jee Chung^o

Dept of Computer Engineering, Wonkwang University

요 약

헬스케어 응용서비스를 위한 센서 네트워크를 구성하는 노드들은 주로 사람 또는 이동성을 가진 사물이며, 이들간의 상호작용을 통한 헬스케어 응용서비스를 지원하기 위해서는 노드의 동적 기능변경, 동적 자기구성, 에너지 효율성을 고려하여 개발되어야 한다. 이러한 요구사항들은 노드 상에 해당 기능을 수행하는 에이전트를 두어 대상의 이동에 따른 에이전트 전이를 통해 동적 기능변경을 수행 및 처리하고, 이동성을 지원하는 계층적 클러스터링 알고리즘을 적용하여 노드의 이동에 따른 동적 자기구성, 제한된 에너지의 효율성 등을 해결할 수 있다.

본 논문에서는 노드간 에이전트 전이를 통해 동적 기능 변경을 보장하는 Agilla모델 기반 Healthcare Mobility Agent Middleware를 설계하고, 정보 전달의 효율성과 노드의 이동성을 보장하기 위해 LEACH 프로토콜 기반 LEACH_Mobile 프로토콜을 제안한다. 또한 여기서 제안하는 LEACH_Mobile 프로토콜과 Healthcare Mobility Agent Middleware를 연동하기 위한 인터페이스와 LEACH_Mobile 프로토콜을 수행하기 위한 라우팅 모듈을 설계하였다.

1. 서 론

일반적으로 센서 네트워크는 센서 네트워크를 구성하고 있는 다수의 센서노드의 협업을 통해 다양한 환경 정보 및 상황정보를 수집하여, Sink 노드를 이용, Base Station으로 전달하는 네트워크를 말한다. 통상적으로 센서 네트워크는 군용 및 재해, 오지 등의 환경에서 활용되었으나, 현재 센서 네트워크 개발의 증가로 인해 인간의 행동에 관련된 환경에서의 상업적 응용에 까지 범위가 확장되었다. 이 같은 응용은 헬스케어 홈, 병원, 요양원 등의 시설에서 헬스케어를 위한 서비스 환경 구축을 필요로 하게 되었다. 이제 센서 네트워크는 불특정 공간에서 고정된 센서노드로부터 정보를 수집하는 일괄적인 활용에서 이동성을 가진 센서들이 다양한 기능을 동적으로 제공해주는 개념으로 발전하게 되었다. 통상적인 센서 네트워크는 센서노드의 고정된 센싱에 의해 수집된 정보의 분석을 하여 서비스를 제공한다. 하지만 이러한 방식은 헬스케어 환경에서 주요 센싱대상인 사람의 상태와 위치변화, 그리고 주변환경의 변화에 능동적으로 대처하기 어렵다. 헬스케어 환경을 지원하기 위해서는 사람의 이동과 주변상황의 변화에 따라 능동적으로 센서노드의 기능을 변경하여 고정된 정보가 아닌

상황에 따른 특정정보를 제공해주어야 한다. 이러한 센서 네트워크를 보장하기 위해서는 우선, 센서노드에서 지원하는 범위의 동적인 기능변경과 사람의 이동과 주변환경의 변화에 따른 노드들간의 네트워크 타입의 변화에 대처하여 센싱정보에 대한 정보전달의 효율성을 고려해야 한다.

본 논문에서는 노드의 동적인 기능변경을 위해 다중 에이전트를 지원하며 노드간 에이전트의 이동성을 보장하는 Agilla[1][2] 와 다수의 노드가 밀집된 공간에서 주변노드간의 클러스터를 구성함으로써 네트워크의 측정 가능성과 제한된 전원문제, 그리고 정보전달의 효율성에 있어 유용한 해결방안을 제시하는 계층적 클러스터 알고리즘인 LEACH 프로토콜에 대해 알아본다. 그리고 Mobile 에이전트 기반의 middleware 모듈과 LEACH 프로토콜의 클러스터 알고리즘을 따르며 노드의 이동성을 보장하는 LEACH-Mobile[3] 프로토콜을 지원한 Routing 모듈을 설계한다. 이와 같은 모듈들의 설계를 바탕으로 헬스케어 응용 서비스를 위한 이동 센서네트워크를 지원하는 Healthcare Mobility Agent 모듈 설계를 제안한다.

2. 연구 배경

헬스케어 환경에서 밀집분포 되어 있는 대량의 센서노드들은 이동성을 가진 대상에 대한 대량의

※ 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (전북대학교 헬스케어기술개발사업단).

정보수집, 교환, 처리가 요구된다. 이 같은 요구사항은 인간의 이동에 따른 위치정보를 기반으로 동일한 기능의 센서노드들을 배치시켜 처리할 수 있으나 이런 방식은 기능에 대한 제한을 가지므로 다양한 처리를 수행하기 힘들다. 이에 대한 해결책으로 다중 에이전트의 노드간 전이를 통해 노드의 기능을 변경하여 대상의 이동에 따른 문제를 해결할 수 있다.

본 논문에서는 대표적인 이동성 지원 다중 에이전트 미들웨어인 Agilla를 기반으로 Healthcare Mobility Agent 미들웨어를 설계하였고, 이를 통해 특정 목적에 따른 노드의 동적 기능변경을 제공한다. 또한 Healthcare 응용 서비스를 위한 센서네트워크의 라이프 타임과 정보전달의 효율성에 있어 유용한 해결방안의 하나인 LEACH 프로토콜을 따르며 노드의 이동성을 보장하는 LEACH_Mobile 프로토콜을 제안한다.

2.1 Agilla (Mobile Agent Middleware)

Agilla는 무선 센서 네트워크 상에서 센서노드들의 상태와 코드의 이동성을 보장하는 모바일 에이전트 기반의 미들웨어이다. Agilla는 각각의 노드에서 다중 에이전트를 지원하며 유연성 있게 센서노드들의 상태정보가 퍼지는 것을 컨트롤하고 에이전트에게 Tuple Space와 Neighbor List의 리소스를 제공한다. Tuple Space는 노드에서 수집된 센싱정보의 집합이며 에이전트 사이에 통신을 위한 decoupled-style을 제공한다. tuple은 타입과 값을 가진 필드들의 규정된 세트이며 특정 template에 대한 패턴매칭을 통해 접근된다. Neighbor List는 인접노드의 주소를 포함하여 remote access를 통한 인접노드의 센싱정보 수집과 각 노드들의 정보에 따른 에이전트의 전이에 이용된다. Agilla Application은 네트워크 상에 뿌려진 수많은 에이전트들로 이루어져 있으며 에이전트가 해당노드에 전이하면 자신의 상태와 코드를 저장하고 reaction template를 Tuple Space에 저장시켜 tuple과 reaction template이 매칭되면 reaction 코드를 발생시켜 해당 instruction을 수행하게 된다. 그림 1은 Agilla 모델을 보여주고 있다.

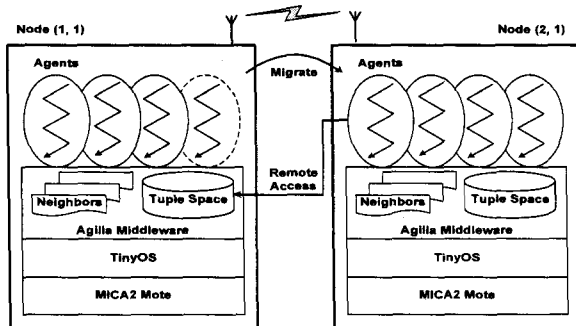


그림 1 The Agilla Model

2.2 LEACH

LEACH 프로토콜은 주변노드들간의 자기구성을 통한 계층적 클러스터링 알고리즘으로 주변 노드간의 클러스터를 형성하여 네트워크의 범위성을 용이하게 하여 정보전달의 효율성을 높이고 제한된 전원에 대한 유용한 해결책을 제시한다.

LEACH의 실행 단계는 라운드로 이루어져 있으며 클러스터를 구성하는 Set-Up Phase[4]로 시작하여 Base Station에 데이터를 전송하는 Steady-State Phase가 이어진다. Steady-State Phase는 주어진 시간슬롯 동안 클러스터의 모든 노드가 최소한 한번은 클러스터 헤드에 데이터를 전송하도록 하기 위해 프레임 단위로 나뉘어져 있다. 각 프레임은 데이터 전송을 위해 클러스터의 노드 수에 기반한다. 클러스터가 구성되고 TDMA 스케줄이 정해지면 데이터 전송이 시작된다. 여기서 모든 노드는 주어진 시간에 클러스터 헤드로 데이터를 전송한다고 가정한다. 모든 비 클러스터 헤드 노드는 에너지 소모를 최소화하기 위해 주어진 시간 단위까지 turn-off 된다. 모든 데이터가 수신되면 클러스터 헤드는 모든 수신 데이터를 하나의 신호에 적재하기 위한 신호 처리를 수행한다. 이로써 Steady-State Phase를 마치고 다음 라운드 단계인 Set-Up Phase가 반복된다.

3. 헬스케어 응용 서비스를 위한 Mobility Agent 모듈 설계

헬스케어 환경의 센서 네트워크를 지원하기 위하여 이동 에이전트에 의한 노드의 기능 변경이 수행되는 Agilla 모델과 주변노드간의 자기구성을 통한 계층적 구조의 형성으로 정보전달의 효율성과 제한된 전원문제를 고려한 계층적 클러스터 알고리즘인 LEACH 프로토콜을 알아보았다.

본 절에서는 헬스케어 환경을 지원하기 위한 센서 네트워크의 요구사항을 파악하고 필요기능에 따른 모듈을 설계하였다.

3.1 Healthcare Mobility Agent 모듈 요구사항

헬스케어 환경에서 인간 행동에 따른 상황변화에 대처하기 위해서는 노드의 동적 기능변경이 보장되어야 하며 이러한 기능변경은 이동성을 보장하는 다중 에이전트를 통해 해결 가능하다. 즉, 에이전트의 전이에 따른 메모리 관리와 에이전트들의 동시병행을 지원하고 노드의 수집정보를 확인하여 에이전트가 요구하는 상황에 대한 이벤트 발생과 그에 따른 명령을 수행해야 한다. 또한, 인접노드들의 위치정보를 관리하고 인접노드의 수집정보를 remote access하여 확인하는 기능을 필요로 한다.

3.2 Healthcare Mobility Agent 모듈 설계

3.2.1 Healthcare Mobility Agent Middleware

Healthcare Mobility Agent Middleware는 각 노드 상에서 다중 에이전트를 지원하며 에이전트의 전이를 통해 노드간 이동성을 보장하여 이에 따른 노드의 기능변경을 지원해주는 일종의 virtual machine module이다. 그림 2는 Healthcare Mobility Agent Middleware의 상태천이를 보여준다.

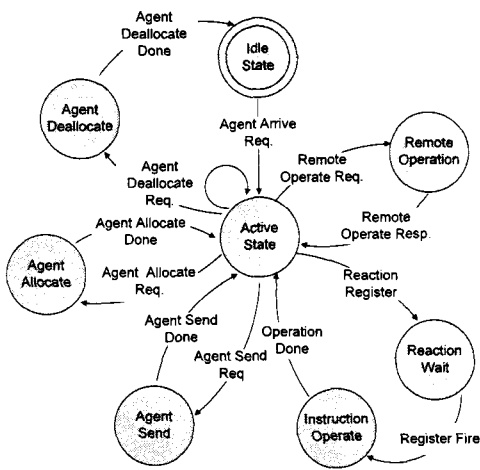


그림 2 Healthcare Mobility Agent Middleware State Transition Diagram

특정 기능을 수행하고 있던 노드에 에이전트가 도착하면 에이전트의 메모리를 할당하며 해당노드가 에이전트의 특정기능에 따른 센싱이 가능한 노드인지 검증하고 기능수행이 가능하다면 에이전트의 instruction_code를 삽입하고 Agent Engine의 스케줄링을 통해 에이전트의 명령을 실행하게 된다. 에이전트의 명령은 세가지 종류로 나뉘는데 general_instruction의 경우, 해당노드 상에서 처리되는 보편적인 명령으로 즉각적인 실행 후 다음 명령코드로 권한을 넘겨주며 reaction_instruction의 경우, 인접노드의 센싱정보에 대한 원격요청을 하여 인접노드들의 센싱정보를 획득하거나 자신의 reaction template에 reaction 코드를 삽입하여 매칭되는 센싱정보가 발현되면 reaction 이벤트를 발생시켜 해당 이벤트에 따른 명령코드를 실행시킨다. 그리고 migration_instruction의 경우, 인접노드들의 위치정보를 확인하여 해당 에이전트를 인접노드로 전이시키고 전이된 에이전트의 메모리를 반환함으로써 수행노드에 대한 다른 에이전트들의 전이를 보장한다.

Healthcare Mobility Agent Middleware는 에이전트의 기능에 대한 전반적인 관리를 해주는 Agent Manager와 에이전트의 기능을 실행해주는 Agent Engine, 에이전트에 영세된 명령코드를 관리해주는 Instruction Manager, 인접노드의 주소와 위치에 대한 관리를 해주는 Context Manager, 마지막으로 노드의 센싱정보에 대한 관리를 해주며 매칭되는 정보에 대한 처리를 요청하는 Reaction manager로 이루어진다. 그림 3은 Healthcare Mobility Agent Middleware를 보여준다.

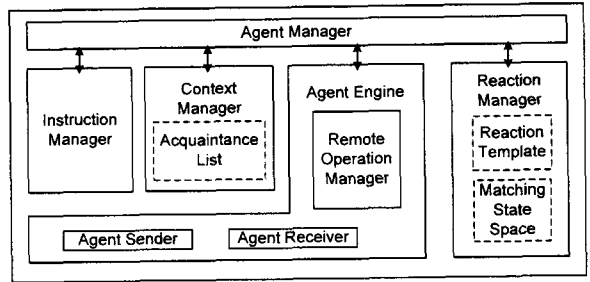


그림 3 Healthcare Mobility Agent Middleware

Agent Manager는 등록된 Agent의 전이에 따른 메모리 할당과 반환, 실행에 대한 준비, 그리고 이벤트 발생에 따른 명령을 Agent Engine에게 통보하여 에이전트에 대한 전반적인 관리를 수행한다.

Agent Engine은 virtual machine kernel로 노드의 모든 에이전트간 동시병행을 지원한다. 그 구성요소로 다른 노드의 Matching State Space에 대한 Remote Operation을 담당하는 Remote Operation Manager와 에이전트의 송수신을 담당하는 Agent Sender, Agent Receiver를 포함하며 에이전트의 기능에 대한 실제적인 수행을 조정한다.

Instruction Manager는 에이전트가 도착하면 instruction_code를 비축하여 이벤트의 발생이나 에이전트의 실행에 따른 instruction_code를 Agent Manager에게 넘겨주어 instruction_code에 대한 관리를 수행한다.

Reaction manager는 Matching State Space와 Reaction Template을 구성요소로 포함하고 하나의 matching state가 삽입될 때마다 reaction template에 매칭되는 지 체크한다. 만약, 새로운 matching state가 reaction template과 매칭되면 이에 따른 reaction 이벤트를 발생시켜서 Agent Manager에게 통보하여 노드의 수집정보와 특정 이벤트의 발생에 대한 관리를 수행한다.

Context Manager는 구성요소로 인접노드들의 위치정보에 대한 리스트인 Acquaintance List를 포함한다. Agent Manager의 요청에 따라 인접노드들의 주소와 위치를 축적하거나 제공하는 역할을 수행한다.

3.2.2 LEACH_Mobile 프로토콜

LEACH 프로토콜이 계층적 클러스터를 구성하여 좋은 에너지 효율성과 동적 자기 구성이라는 장점을 갖지만, 헬스케어를 위한 노드의 이동성을 지원하는 환경에서 데이터 전송 성공률 면에 대한 이득을 갖지 못한다. LEACH는 Set-Up Phase에서 클러스터가 재구성되고 클러스터 헤드가 선택된 후 Steady-State Phase에서 Base Station으로 실제 데이터가 전송되기 위해 클러스터의 구성이 유지되어 클러스터 상의 노드들이 이동했을 시에 대한 변화에 대응하지 못한다. 이 같은 문제점은 클러스터 헤드가 선택된 후 노드의 이동성을 지원하지 못하는 결과를 초래한다.[5] 이는 LEACH 프로토콜에 이동 노드가 현재 클러스터의 참여에 대한 확인을 함으로써 Set-Up Phase 이후 노드의 이동성을 보장하는 LEACH_Mobile 프로토콜로써 해결 가능하다.

LEACH 프로토콜에서는 클러스터 헤드가 Steady-State Phase인 동안 TDMA 스케줄에 의한 데이터 수신을 기다리지만, LEACH_Mobile에서는 클러스터 헤드 노드가 데이터 수집을 위한 데이터 전송 요청 메시지를 비 클러스터 헤드 노드에 전송한다. 요청을 받은 노드는 데이터를 전송하고, 클러스터 헤드는 프레임이 끝날 때 마다 데이터를 수신하지 못한 노드를 비수신 노드 리스트에 추가한다. 다음 프레임이 끝날 때까지 비수신 노드 리스트의 노드로부터 데이터를 전송 받지 못하면 해당 노드를 클러스터 멤버에서 제거하고 새로 참여하는 노드에 이 시간 슬롯을 할당한다. 이 후 새로 생성된 TDMA 스케줄은 모든 클러스터의 멤버 노드에 전송된다. 이 방법은 데이터 요청 메시지에 응답하지 않는 노드는 이동하여 현재 클러스터 영역을 벗어났다고 가정하는 것이다.

클러스터 헤드 노드가 데이터 요청 메시지로 자신의 클러스터에 속한 노드의 참여 여부를 검사하는 동안, 각 이동 노드들은 자신이 속할 클러스터를 결정한다. 클러스터가 구성되고 클러스터 헤드가 결정되면, 센싱 노드는 데이터 요청 메시지에 대한 응답으로 데이터를 전송한다. 프레임이 끝날 때까지 데이터 요청 메시지를 TDMA 스케줄에 의해 할당된 시간 슬롯에서 수신하지 못하면, 프로토콜 수행 과정을 다음 프레임으로 진행시킨다. 다음 프레임이 끝날 때까지 이동 노드가 데이터 요청 메시지를 수신하지 못하면, 클러스터 참여 요청 메시지를 Broadcast한다. 참여 요청 메시지를 수신한 클러스터 헤드 노드는 Set-Up Phase와 같이 광고 메시지를 전송한다. 이 과정이 완료되면 이동 노드는 현재 라운드에서 속하게 될 클러스터를 결정하게 된다. 이 결정과정은 수신된 광고 메시지의 수신 세기에 기반하며 이동 노드가 자신이 속할 클러스터를 결정하게 되면 해당 클러스터 헤드 노드에 클러스터에 참여하였음을 공지한다. 이동 노드가 새로 참여하게 된 해당 클러스터의 헤드 노드는 클러스터

멤버 리스트와 TDMA 스케줄을 갱신하고, 자신에 속한 모든 멤버 노드에 TDMA 스케줄을 전송한다. 새로 참여한 이동 노드를 비롯한 모든 멤버 노드들은 다음 프레임부터 TDMA 스케줄을 갱신한다. 그림 4는 LEACH_Mobile 프로토콜의 메시지 교환 과정을 보여준다.

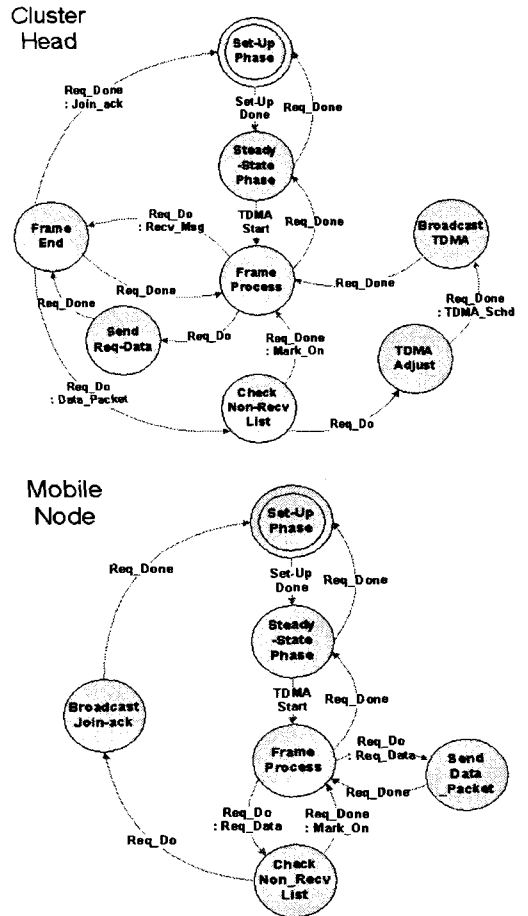


그림 4 LEACH_Mobile 프로토콜의 메시지 교환 과정

3.2.3 LEACH_Mobile Routing Module

LEACH_Mobile Routing Module은 이동노드에 대한 응용에 취약한 LEACH 프로토콜에 이동성을 지원토록 제안된 LEACH_Mobile 프로토콜을 지원한 모듈로써 주어진 TDMA 스케줄에 따른 시간 슬롯에서 클러스터 헤드가 이동노드에 데이터 요청 메시지를 전송하여, 특정 클러스터 헤드 노드와 통신이 가능한지의 여부로서 클러스터의 멤버가 될 노드를 결정하고 클러스터를 재구성하여 multihop path를 제공한다. 그림 5은 LEACH_Mobile Routing Module을 보여준다.

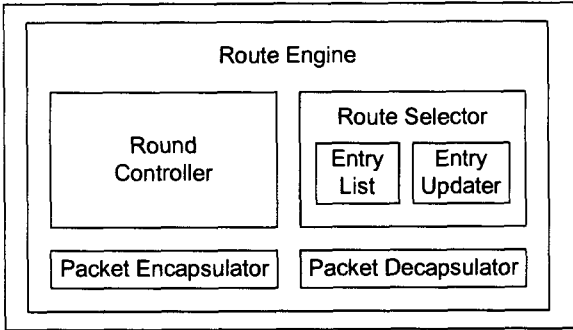


그림 5 LEACH_Mobile Routing Module

Route Engine은 LEACH_Mobile 프로토콜의 클러스터 헤드의 선출을 위한 광고 메시지, 비 클러스터 헤드에 대한 데이터 전송 요청 메시지, 이동노드의 클러스터 참여 요청 메시지 등을 초기화 및 encapsulation, decapsulation 하며 각 노드에 주어지는 TDMA 스케줄의 시간슬롯 조정 등의 routing에 관련된 전반적인 관리 역할을 수행한다.

Round Controller는 TDMA 스케줄에 따른 round control을 위한 광고 메시지를 Route Engine에게 생성토록 요청하며 각 노드들의 남은 에너지 잔량과 클러스터 헤드로써 알차지 않은 시간을 수식으로 계산하여 새로운 클러스터 헤드를 선출하는 등의 LEACH_Mobile 프로토콜의 Set-Up Phase에 대한 관리 역할을 수행한다.

Route Selector는 같은 클러스터의 entry list를 관리하며 entry Updater를 통해서 이동노드의 참여 요청 시 또는 기존 entry의 노드가 이동하여 클러스터 멤버에서 제거 시 entry들의 정보를 Update하며 계층적 트리 구조 상에서 상위노드의 존재여부를 판단하여 최신의 상황에 맞는 Routing Path를 제공하는 역할을 수행한다.

3.3 Healthcare Mobility Agent Module Architecture

본 논문에서는 헬스케어를 위한 센서 네트워크를 지원하기 위해 Healthcare Mobility Agent Middleware를 설계하여 센서노드 상에서 에이전트의 전이를 통한 동적 기능변경을 지원하였다. 또한 노드의 이동성을 보장하고 정보전달의 효율성을 지원하는 Routing Module이 필요함에 따라 Healthcare Mobility Agent Middleware의 하위 Layer로 LEACH 프로토콜의 클러스터 알고리즘을 따르며 노드의 이동성을 보장하는 LEACH-Mobile 프로토콜을 지원한 LEACH_Mobile Routing Module을 탑재하여 이동노드의 동적인 기능변경을 보장하는 Healthcare Mobility Agent Module Architecture를 설계하였다. 그림 6은 Healthcare Mobility Agent Module Architecture를 보여준다.

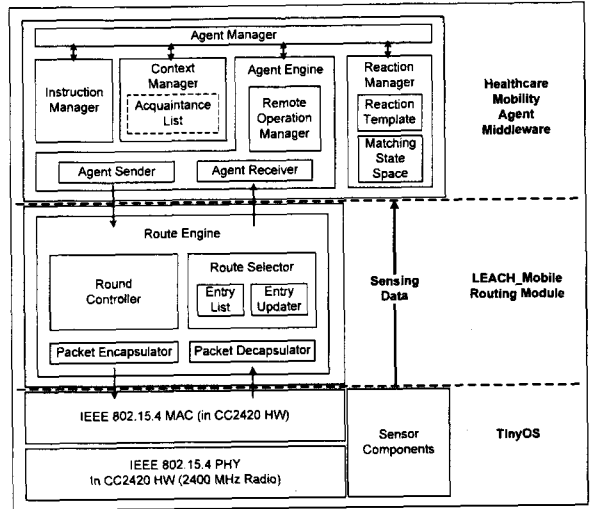


그림 6 Healthcare Mobility Agent Module Architecture

Healthcare Mobility Agent Module은 3개의 계층으로 구성된다. 상위 계층으로 노드 상의 다중 에이전트를 지원하고 에이전트의 상태와 코드가 주변노드들로 전이할 수 있게 하는 Middleware인 Healthcare Mobility Agent Middleware가 위치하고 중간 계층으로 근접 노드들간의 클러스터를 형성하여 클러스터를 대표할 코디네이터를 선출하고 클러스터에 속한 다른 노드들은 자신이 측정 한 센싱데이터를 오직 코디네이터에게만 전송함으로써 노드간의 계층구조를 형성하여 전송 에너지 소모를 효과적으로 줄이며 고정 노드뿐만 아니라 이동노드에 대한 클러스터 참여를 보장하는 LEACH_Mobile Routing Module이 위치한다. 하위 계층으로 IEEE 802.15.4 PHY, MAC을 지원하며 sensing data를 상위 Middleware에게 제공하는 event기반 OS인 TinyOS가 위치하게 된다. 이로써 이동노드 상에서 해당노드의 센싱기능을 실시간으로 변경하여 헬스케어 환경의 응용 서비스를 지원한다.

3.4 Healthcare Mobility Agent Middleware와 LEACH_Mobile Routing Module 간 인터페이스

Healthcare Mobility Agent Middleware Architecture를 구성하는 Healthcare Mobility Agent Module과 LEACH_Mobile Routing Module은 인터페이스를 통한 메시지 교환으로 상호간의 통신을 보장하며 그 종류로는 에이전트의 이동에 따른 메시지와 인접노드에 대한 Remote Operation 메시지, 그리고 인접노드의 위치정보 요청에 대한 메시지로 나뉜다. 그림 7은 Healthcare Mobility Agent Middleware와 LEACH_Mobile Routing Module간의 메시지 플로우를 보여준다.

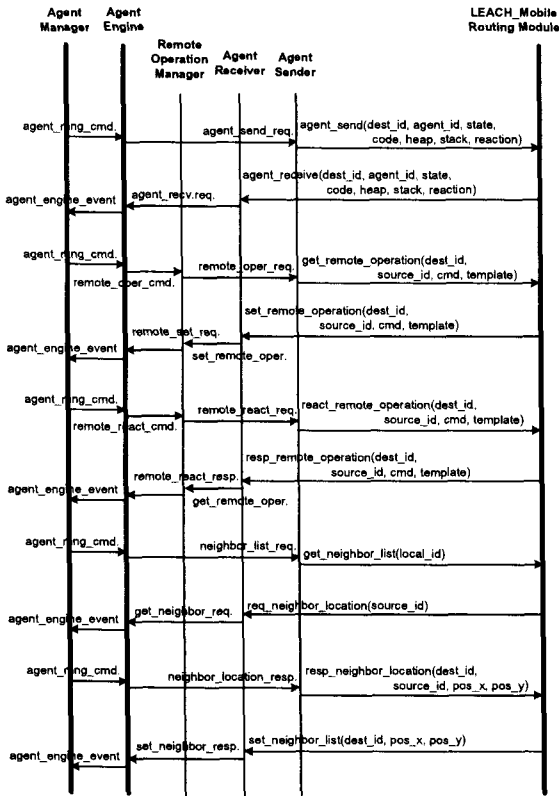


그림 7 Healthcare Mobility Agent Middleware와 LEACH_Mobile Routing Module 간 메시지 플로우

4. 결 론

본 논문에서는 헬스케어 응용 서비스를 위한 Healthcare Mobility Agent Middleware를 제안하였다. 또한 센서 네트워크 상에서 이동 노드를 지원하기 위한 LEACH_Mobile 프로토콜을 구현하기 위한 LEACH_Mobile Routing Module을 설계하였다. 이를 통하여 헬스케어 응용 서비스에서 특정 목적에 따른 노드의 동적 기능변경을 수행할 수 있는 기능을 제공함으로써, 다양한 환경 및 상황에서 특정 목적에 따라 서비스 재구성을 할 수 있도록 하였다. 또한 이동성 노드를 지원하는 LEACH_Mobile 프로토콜을 제안함으로써, 이동성을 갖는 노드의 네트워크 재구성 및 라이프타임 연장문제를 해결할 수 있는 방법을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 모듈은 헬스케어 환경에서 센싱 대상이 되는 사람, 가전제품, 장비에 부착된 센서노드들의 이동에 따른 정보 전달의 효율성과 센서노드들간의 센싱정보를 처리하는 에이전트들의 이동성을 둘 다 고려하여 보다 안정되고 동적인 헬스케어 응용 서비스를 지원할 수 있다.

향후 본 연구를 기반으로 헬스케어 환경에서 센싱 노드에 대한 이동성과 센싱기능의 동적 기능 변경을 지원하는 Healthcare Mobility Agent Module을 구현한다. 또한 본 연구를 통해 구현한 모듈의 성능 분석을 통해 다양한 서비스 목적에 따른 센서 네트워크 동적 기능 변경 미들웨어의 효율성을 입증하고, 센서 네트워크의 효율적 네트워크 재구성, 라이프 타임 증가의 측면에서 LEACH_Mobile 라우팅 프로토콜의 효율성을 입증한다.

참고문헌

- [1] Chien-Liang Fok, Gruia-Catalin Roman, Chenyang Lu, "Mobile Agent Middleware for Sensor Networks : An Application Case Study" In Proceedings of the 4th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN'05), Los Angeles, California, pp. 382-387, April 25-27, 2005.
- [2] Chien-Liang Fok, Gruia-Catalin Roman, Chenyang Lu, "Rapid Development and Flexible Deployment of Adaptive Wireless Sensor Network Application" In Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'05), Columbus, Ohio, pp. 653-662, June 6-10, 2005.
- [3] 김도성, 정영지, "모바일 센서 노드 지원을 위한 자기구성 라우팅 프로토콜", 한국 정보처리학회 춘계 학술발표대회 논문집, 13권, 1호, pp. 1295-1298, 2006.
- [4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy-efficient Routing protocols for wireless microsensor networks", in Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Maui, HI (2000)
- [5] V. Mhatre, C. Rosenberg, "Homogeneous vs. Heterogeneous Clustered Sensor Networks", A Comparative Study, 2004 IEEE International Conference on Communications (ICC 2004), Paris France (2004)