

무선 센서 네트워크의 이동노드간 비동기 메시지 전송 성공률을 높이기 위한 미들웨어 설계

김우정^o, 정설영, 조형곤, 강순주
경북대학교 전자전기컴퓨터학부

{kwj-metallica, snowflower, tsana, sjkang}@ee.knu.ac.kr

Middleware Design for enhancing the success rate of Asynchronous Message Delivery among Mobile nodes in WSN

Woo-Jung Kim^o, Seol-Young Jeong, Hyeong-Gon Jo, Soon-Ju Kang

School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National Univ.

요 약

최근 무선 센서 네트워크는 고정형 센서 노드(고정노드)와 이동형 센서 노드(이동노드)가 상존하여 네트워크를 구성하고 각종 다양한 서비스를 제공하기 위한 어플리케이션이 활발하게 연구되고 있다. 이동노드의 위치인식 서비스가 그 중에 하나인데, 이동노드의 위치정보가 보장이 되고 이동노드간 메시지 전송을 하는 서비스도 요구되고 있다. 하지만 이동노드의 이동성을 예측하기는 쉽지가 않고 빠르게 움직이는 이동노드일 경우 이러한 서비스는 실패할 확률이 높다. 그리하여 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 상위 라우터에서 메시지를 관리할 수 있는 미들웨어 구조를 제안하고 이 시스템을 검증하였다.

1. 서 론

고정형 센서 노드(고정노드)와 이동형 센서 노드(이동노드)가 상존하여 네트워크가 구축되어 있을 때 네트워크에 무리를 주지 않으면서 이동노드의 이동성을 보장하기는 쉽지 않은 문제이다. 이러한 이동노드의 위치인식을 지원하기 위해서 GPS(Global Positioning System)나 RF(Radio Frequency) 신호세기를 바탕으로 삼각측량법을 이용해 이동노드의 위치를 인식하는 연구들이 활발히 진행되고 있다. GPS를 이용한 위치인식 방법은 높은 정확성을 가진다. 하지만 모든 센서 노드에 GPS Receiver를 부착한다는 것은 너무 많은 비용이 발생할 뿐 아니라 GPS는 빌딩과 같은 실내에서 이동노드의 위치를 추적할 수 없다[1]. 또 RF 신호세기를 이용한 방법은 이상적인 상황이라면 신뢰할만한 정확성을 가지지만 실내에서는 벽이나 예상치 못한 장애물들로 인해 RF 신호의 왜곡을 발생시킬 수 있어 정확한 위치를 얻기는 불가능하다[1,2,3]. 그리고 이동노드가 빈번하게 자신의 위치를 변경을 하게 된다면 고정노드는 많은 계산으로 인해 네트워크 층에 무리를 줄 수 있다[5].

그리하여 CIDE(Connectionless ID-Exchange)[3]를 이용한 단위영역 접근방식(Cell-Based approach)이 제안된 적이 있다.

이러한 단위영역 기반으로 네트워크 층에 무리 없이 이동노드의 위치를 보장하면서 이동노드간 메시지 전달을 하는 서비스를 Asynchronous Message Delivery(AMD) 서비스라고 한다[4]. 이 서비스의 주된 목적은 비동기 메시지를 이동노드로 정확하게 전송하는데 있다. 하지만 이러한 서비스의 어려운 문제점은 이동노드는 항상 이동을 한다는 점과 이동노드가 빠르게 이동한다면 서버가 인식하는 이동노드의 위치정보가 실제의 이동노드의 위치와 불일치한 경우가 발생할 수 있고 이러한 경우 이 서비스는 실패로 이어질 것이다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 EAMD(Enhanced AMD)구조를 제안한다. 송신 측 이동노드가 서버로 AMD를 요청하면 서버는 수신 측 이동노드가 통신하고 있는 가장 인접한 고정노드로 메시지를 전송하는 것이 아니라 이동노드가 가장 가까이 인접해있는 고정노드의 상위 부모노드로 전송하여 상위 부모노드가 이 메시지를 관리하면 메시지의 전송성공 범위를 상위 부모노드까지 넓힐 수 있어서 메시지의 전송성공률을 높일 수 있을 것이다.

본 논문의 2장에서는 기본 개념을 설명하고 3장에서는 기존의 구조에서 AMD 전송의 어려운 점과 문제점을 설명을 하고 4장에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안하는 EAMD 구조를 설명하겠다. 5장에서는 실제 네트워크와 유사한 Testbed를 이용하여 성능 평가를 하였다. 마지막으로 6장에서는 결론을 기술하고 끝을 맺는다.

*본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C1090-1031-0004)

2. 기본 개념

2.1 Connectionless ID-Exchange(CIDE) 프로토콜

위치 인식 서비스를 제공하기 위해서는 이동노드의 이동성을 보장을 하면서 기존 WSN망에 영향력을 최소화하여야 한다. 기존 WSN 프로토콜을 사용하면 다수의 이동노드가 존재한다면 복잡한 조인 과정과 고정노드의 한정된 하드웨어 자원으로 인해 각각의 이동노드 사이에 경쟁이 발생하고 고정노드들의 라우팅 테이블이 빈번하게 갱신되어 통신 트래픽이 많아져서 몇몇 이동노드는 고정노드에 조인을 못하는 상황이 발생하게 된다. 이러한 현상으로 이동노드가 미스되기 때문에 위치 인식 서비스를 제공하기에는 힘들 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 고정 노드는 기존의 WSN 프로토콜을 사용하면 이동 노드를 IEEE 802.15.4 MAC 레이어 노드로 정의를 하면 고정노드와 동일한 PHY, MAC 계층을 가지게 되어 두 노드는 동일한 무선환경을 사용할 수 있을 것이다. 이동노드는 네트워크 계층이 없기 때문에 라우팅은 전혀 참여를 못하고 단지 무선 통신이 가능한 고정노드와 1-홉으로 Data를 주고 받을 수 있다. 하지만 고정노드가 이동노드의 위치 정보를 서버로 포워딩 할 때는 네트워크 계층을 통해서 정보를 전달할 수 있다. 이렇게 기존의 WSN 프로토콜과 새로운 통신 스택을 사용함으로써 이동노드는 통신 상태가 최적인 고정노드와 통신을 하게 되어 고정노드의 빈번한 라우팅 테이블 갱신이 없이 이동노드의 위치 정보를 전달할 수 있어 전체 WSN망에 무리 없이 이동노드의 이동성을 지원할 수 있다. 이러한 통신 스택을 이용한 통신 방법을 CIDE 프로토콜[3] 이라고 하며, 이 방법을 통해 다수의 이동노드의 이동성을 보장할 수 있다.

이동노드가 단위공간 영역에 진입했을 때 고정노드는 외부 인터럽트에 의해 깨어나게 되고 브로드캐스팅 메시지를 이용하여 자신 주변에 있는 모든 이동노드로 ID를 요청을 한다. 요청을 받은 이동노드들은 ID-Response 메시지를 고정노드로 전송을 하고 연결 요청을 받은 고정노드는 이동노드에게 ACK를 전송하고 서버에 이동노드의 위치 정보를 전달해준다. 서버는 고정노드로부터 이동노드의 최신의 위치정보를 업데이트 하게 된다.

2.2 Asynchronous Message Delivery(AMD) 프로토콜

센서 네트워크는 급격한 발전으로 인해 다양한 어플리케이션이 개발되고 있다. 센서 네트워크 인프라가 구축되어서 화재 감지 및 방범 시스템 등 위급한 상황에서 이동노드 소지자 간에 메시지 전송을 위한 어플리케이션도 필요할 수 있다. 물론 위급상황에서 기존 휴대폰망을 이용하여 문자 메시지나 전화를 걸어 현재 상황을 인지할 수 있지만 무인 감지 시스템이라면 이러한 일이 불가능하다. GPS를 이용하여 위치인식은 실내에서는 불가능하기 때문에 특정 위치에 있는 이동노드 소지자들

에게 그룹핑된 메시지를 보내는 것은 불가능한 일이다. 하지만 AMD 프로토콜은 이러한 서비스를 가능하게 하는 프로토콜이다.[4]

AMD 시퀀스는 CIDE와 비슷하다. 이동노드가 단위공간 영역에 진입을 하면 고정노드는 주변에 있는 이동노드들에게 브로드캐스트 메시지를 이용하여 AM-Request를 요청을 하고 이동노드는 이에 응답으로 AM-Response를 전달을 한다. 고정노드는 응답에 관한 ACK 메시지를 이동노드에 전달을 하고 자신과 통신하는 모든 이동노드의 위치정보와 AM을 묶어서 서버로 전달한다. 서버는 받은 패킷에서 목적지 이동노드의 ID를 이용해서 AM의 목적지인 이동노드를 찾아서 목적지 이동노드가 통신하고 있는 고정노드로 AM을 전달하게 되고 목적지 고정노드는 이동노드에게 IEEE 802.15.4 MAC 데이터를 전송한다. 만약 AM이 정확하게 전송이 되었으면 이동노드는 고정노드에게 AM에 관한 ACK 메시지를 전송하고 고정노드는 AM-Hit 메시지를 서버로 전송을 한다. 서버는 AM요청이 성공적으로 이루어졌다고 기록을 한다. 만약 일정시간 동안 AM-Hit 메시지를 받지 못하면 서버는 AM이 미스가 되었다고 판단을 하고 AM 실패를 기록을 한다. AM이 실패가 되면 서버는 AM을 재전송할 도 있지만 이동노드의 특성상 항상 이동을 하기 때문에 재전송한 AM마저 실패로 이어질 가능성이 많고 계속적으로 AM이 실패할 경우 불필요한 절차를 서버는 계속 수행을 할 것이다. 그리하여 AM을 전송한 이동노드가 AM이 목적지 이동노드로 정확하게 수신했는지에 관해 서버로 AM 쿼리 메시지를 전송을 하면 고정노드는 서버로 AM 쿼리 메시지를 포워딩한다. 서버는 미리 저장했던 AM의 상태정보를 검사하여 AMD 성공, 실패를 요청한 이동노드로 알려준다.

3. 기존의 구조에서 AMD 전송의 문제점

앞에서 설명한 CIDE 프로토콜을 이용하여 지그비와 IEEE 802.15.4를 이용한 WSN망이 건물 내에 화재 감지 및 방범 시스템을 구축하고 지그비의 특성을 살리면서 Cluster Tree형태로 네트워크를 구축할 수 있다. 지그비는 저전력을 위해 RFD는 폴링을 하게 되어있다[5]. RFD는 상시 전원으로 동작하는 것이 아니라, 제한된 전원을 가지고 있기 때문에 전력을 소비하지 않을 때는 전력 소비를 최소화 하여야 하고 통신이 필요할 시 액티브 된다.

건물 내에 고정노드는 각 단위공간(Cell) 지역에 설치가 되고 하나의 단위공간 영역을 커버할 정도의 통신 거리를 가지도록 한다. 이러한 구조에서 이동노드 소지자는 각 단위공간을 이동할 것이고 고정노드는 단위공간 영역의 환경 수집 및 이동노드의 위치 정보를 수집하여 서버로 전송해 준다. 이 구조에서 AMD 프로토콜을 이용하여 이동노드간 메시지 전송을 고려해 볼 수 있다. 물론 AMD 요청이 서버로 왔을 때 서버는 브로드

캐스팅 메시지를 만들어 모든 고정노드로 전송하여 이동노드로 보내는 방법도 있다. 하지만 이 방법은 패킷량이 급격하게 많아지므로 센서 네트워크에 많은 부하를 초래한다. 그러므로 서버는 이동노드의 위치를 정확하게 인지하여 유니캐스팅으로 메시지를 전송하는 방법이 적합하다. 하지만 여기에도 AMD가 미스될 많은 문제점을 가지고 있다. 위급한 상황에서 이동노드가 빠른 물체라면 상황은 더 심각해 질 것이다. 그리고 AM의 발생 시점도 일정하지 않기 때문이다.

우선 고정노드의 RF신호거리를 10m라고 가정을 하고 현재 이동노드 소지자 B는 512호의 고정노드와 511호 방향으로 9m 떨어진 지점에 있다고 생각해 보자. 이때 서버는 아직 이동노드 소지자 B의 위치는 512호 단위공간 영역 안에 있다고 인지할 것이다. 그리고 이동노드 소지자 B가 511호 단위공간 영역으로 진입하려고 할 때 이동노드 소지자 A가 AMD 전송을 서버로 요청한다면 서버는 아직 이동노드 소지자 B가 512호 단위공간 영역 안에 있다고 판단을 하기 때문에 512호 단위공간의 고정노드로 AMD 메시지를 포워딩 할 것이다. 그리고 이러한 단위공간 영역의 고정노드들이 멀티홉으로 형성이 되어 있는 상황이라면 홉간 딜레이에 의해 AMD가 미스될 확률이 높다. 그리고 가장 큰 문제점은 지그비의 폴링 메커니즘이다. 앞서서도 말했지만 지그비는 저전력을 구현하기 위해 엔드 디바이스는 폴링을 하게 되어 있다. 하지만 모든 센서노드들이 폴링 주기는 동일할지라도 액티브되어 동작하는 시간은 동일할 수 없다. 그리고 서버가 AMD를 포워딩할 때 목적지 고정노드의 네트워크 어드레스로 메시지를 만들어 포워딩 한다. 그래서 고정노드(엔드 디바이스)가 폴링을 하기 전에 이동노드가 다른 단위공간 영역으로 이동하게 된다면 서버에서 전송된 AMD 메시지는 미스되는 것이다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 EAMD를 제안한다.

4. EAMD를 이용한 해결방안

4.1 해결방안

이동노드 소지자 A가 소지자 B로 AMD 요청이 서버로 도달했을 경우 서버는 이동노드 소지자 B의 위치를 찾아서 가장 인접한 고정노드로 AMD 메시지를 전달하는 것이 아니라, 가장 인접한 고정노드의 상위 고정노드로 AMD를 전송을 하고 AMD를 받은 상위 고정노드는 AMD를 관리하여 보다 지능적으로 AMD를 전달하게 된다. 그리하여 AMD의 전송성공 범위를 상위 노드로 넓혀서 AMD 전송성공률을 높이는 방법이다. 상위 고정노드와 하위 고정노드는 1-홉이기 때문에 통신 오버헤드는 크지 않아서 문제되지 않을 것이고 고정노드는 단위공간에 설치가 되고 이동노드는 자신의 주변 이웃 고정노드를 거쳐서 이동을 할 가능성이 가장 크기 때문에 EAMD를 적용하면 AMD 전송성공률이 개선이 될 것이다.

4.2 서버의 노드 정보 테이블

서버는 이동노드가 가장 최근에 통신을 하고 있는 고정노드의 정보를 가지고 있어야 하는데 서버가 가지고 있는 노드 정보 테이블과 실제 이동노드의 위치정보가 정확하게 일치하여야 하고 이러한 정보를 가지고 AMD 전송을 위한 결정을 한다. 서버는 네트워크 토폴로지를 저장하고 있어야 하므로 다섯 가지의 정보 테이블을 유지하여야 한다. 다섯 가지의 정보에는 고정노드의 식별자 ID와 이 고정노드 식별자와 매핑이 되는 단위영역공간, AMD를 전송할 때 필요한 고정노드의 네트워크 어드레스 정보와 고정노드의 부모 고정노드의 네트워크 어드레스 정보, 마지막으로 이동노드가 발견된 시간을 저장할 수 있는 테이블이 필요하다. 네트워크가 형성될 때 각 노드들은 서버로 자신의 부모노드 정보를 서버로 레포팅을 한다면 서버는 네트워크 토폴로지 정보를 가질 수 있다. 이러한 정보를 바탕으로 서버는 상위 고정노드 비동기 메시지 전송이 가능하다.

4.3 EAMD를 지원하기 위한 EAMD Middleware 설계

EAMD를 지원하기 위해 상위 고정노드 통신 스택에 AMD를 관리하는 기능이 추가적으로 이루어져야 한다. EAMD Manager를 미들웨어 레이어에 두어서 Location Manager와 협력하여 AMD를 관리하는 기능과 하위 고정노드의 정보를 저장하고 관리하는 기능을 추가한다. 서버로 AMD요청이 발생을 하면 서버는 목적지 이동노드가 통신하고 있는 고정노드의 네트워크 어드레스로 패킷을 만들어 보내는 것이 아니라, 목적지 고정노드의 부모 고정노드를 목적지로 지정하고 패킷 필드에 AMD를 받아야 하는 이동노드의 ID를 명시하여 보내준다. 그러면 서버가 보낸 패킷의 네트워크 어드레스가 목적지가 되기 때문에 EAMD Manager에서 패킷을 버퍼링할 수 있고 Location Manager에 저장되는 이동노드의 정보를 이용하여 부모 고정노드는 AMD를 이동노드로 전송해야 되는지를 판단할 수 있고 그 결과 AMD의 전송성공률을 증가시킬 수 있을 것이다.

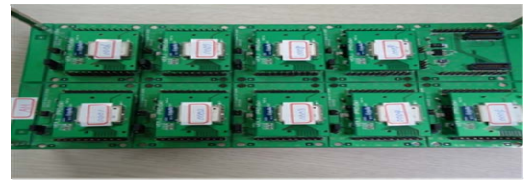
AMD 시퀀스와 동일하게 서버가 목적지 이동노드로 AM을 전송하라는 메시지를 전송을 받으면 서버는 현재 이동노드가 통신하고 있는 고정노드의 부모 고정노드를 찾고 AM을 전달해야 되는 이동노드의 정보를 메시지에 실어서 보낸다. 부모 고정노드는 서버로부터 받은 패킷을 버퍼링하고 있다가 이동노드로부터 위치인식 패킷이 전송이 되었을 때 EAMD Manager와 Location Manager에 있는 이동노드 정보를 비교를 해서 동일한 정보이면 AM을 포워딩하고 이동노드로부터 ACK 패킷을 받아 서버로 AM Hit 메시지를 보내고 서버는 AM전송이 성공적으로 이루어졌다고 기록을 한다. 반면 부모 고정노드가 EAMD Manager와 Location Manager에 있는 이동노드 정보를 비교했을 때 이동노드 정보가 동일하지 않다면 AM패킷을 드랍시키고 서버로 AM 미스 패킷을 전송한

다. 서버는 AM이 미스가 되었다고 판단을 하고 AM 실패를 기록을 한다. AM의 전송 유무는 AMD 시퀀스와 동일하게 AM을 전송한 이동노드가 AM이 목적지 이동노드로 정확하게 수신을 했는지에 관해 서버로 AM 쿼리 메시지를 전송을 하면 고정노드는 서버로 AM 쿼리 메시지를 포워딩한다. 서버는 미리 저장했던 AM의 상태정보를 검사하여 AMD 성공, 실패를 요청한 이동노드로 알려준다.

5. 성능평가

5.1 Testbed

실험에서는 무선 센서 네트워크의 프로토콜로 지그비를 사용하였고 TI사의 Z-Stack을 이용하여 구현하였다. 모든 센서 노드는 TI사의 CC2430EM 모듈[7]을 사용하였으며 이동노드의 위치인식 패킷을 모니터링하는 서버 프로그램을 자바 언어를 이용하여 구현했으며 서버는 AMD를 1초에서 5초 사이 랜덤수를 사용하여 비동기적으로 작동할 수 있게 구현하였다. 1000개의 비동기 메시지를 전송을 한다. 그리고 이동노드는 주변의 이웃노드로 이동을 하게끔 소프트웨어적으로 구현을 하였으며 이동노드의 주기 레포팅 시간을 1초에서 10초로 변화를 주면서 AMD 전송성공률을 측정하였다. 그리고 실험한 네트워크 토폴로지는 하나의 라우터에 9개의 앤드 디바이스를 조인했다. 다음 <그림 14>은 이 실험을 위해 필요한 노드들과 서버 프로그램을 보여주고 있다.



<End형 고정노드 18개 >



<라우터 2개 >



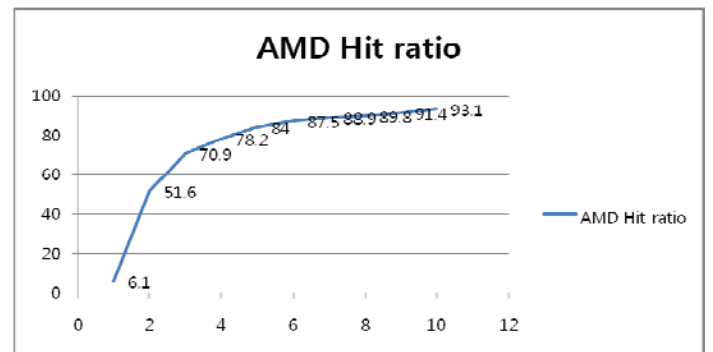
<이동노드 >

<그림 14> Testbed 구성요소

5.2 전송성공률 비교

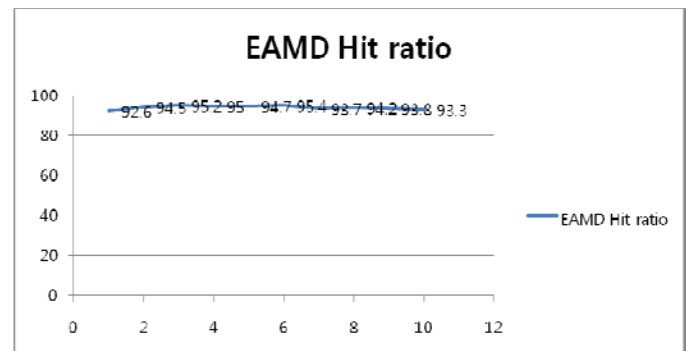
5.2.1 AMD 전송방식

AMD 전송방식을 이용하여 비동기 메시지를 전송했을 때는 이동노드가 빠르게 움직일 경우에는 전송성공률이 매우 낮았다. 하지만 이동노드의 이동주기가 8초에서 10초 정도로 한 셀을 이동을 한다면 90% 정도의 전송성공률을 보인다. 그리하여 1초~10초 사이 평균 전송성공률이 74.15%가 나왔다.



5.2.2 EAMD 전송방식

EAMD 전송방식을 이용하여 비동기 메시지를 전송했을 때는 1초~10초 사이 평균 전송성공률이 94.24%가 나왔다. 이는 EAMD가 기존의 AMD 방식 보다 높은 범위를 가지기 때문에 비동기 메시지 전송성공률이 AMD 방식 보다 월등히 높다는 것을 알 수 있다.



6. 결론

현재 실내에서 이동노드의 위치인식 서비스를 위해 제



<서버 & UI>

공하면서 이동노드간 메시지 전송을 위한 많은 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 하지만 이동노드의 위치인식 서비스를 제공하기에 어려운 문제점을 가지고 있기 때문에 적절한 해결책을 제시하지 못했다. 이러한 이동노드의 위치정보를 보장하기 위한 한 가지 방법이 단위공간을 이용한 접근 방법이다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.4와 지그비 이용한 단위공간 접근방식의 무선 센서 네트워크에서 이동노드의 이동성에 의해서 이동노드간 메시지 전송시 발생하는 전송 실패 문제를 발견을 하고 이 문제점을 해결하기 위해 EAMD방법을 제안했다. EAMD방법은 기존 무선 센서 네트워크의 인프라에 변화 없이 이동노드간 효율적인 메시지 전송 방법을 제안하기 때문에 기존 서비스인 이동노드의 이동성을 충분히 제공을 하면서 보다 안정적으로 이동노드간 메시지 서비스를 제공하고 EAMD는 AMD가 전송될 범위를 상위 노드까지 넓힘으로써 이동노드간 메시지 전송 실패를 줄일 수 있다. 그러나 이동노드의 이동성은 예상이 불가능하기 때문에 다른 루트의 라우터나 다른 PAN으로 빈번하게 이동을 한다면, AMD는 미스가 날 것이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 연구가 더 필요하다.

참고 문헌

- [1] P.Bahl, V.N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Buiding RF-Based User Location and Tracking System," *INFOCOM*, p.775-784, 2000.
- [2] Jagoba, A., Aitzol, Z., Jesus, L., Jon, A., Armando, A., "RSSI based ad hoc location algorithm," *Microprocessors and Microsystems*, p.403-409, 2004.
- [3] Baek Gyu Kim, Soon Ju Kang "IEEE 802.15.4 MAC-based Location-ID Exchange Protocol for Realizing Micro-Cell Connectionless Location-Awareness Services," *JCSE* p.412-427, 2008
- [4] Baek Gyu Kim, "Connectionless ID-Exchange and Asynchronous Message Delivery Protocol Supporting Localization of Mobile nodes in WSN," *Thesis for the Degree of Master, The Graduate School Kyungpook National University*, 2008
- [5] ZigBee alliance, "ZIGBEE specification"