

센서 네트워크 기반 효율적인 멀티 홉 릴레이 전송†

(Efficient multi-hop relay transmission on sensor network)

권대길*, 김도훈*, 원희철**, 황규성***

(Tai-Gil Kwon, Do-Hoon Kim, Hui-Chul Won, and Kyu-Sung Hwang)

요약 본 논문에서는 유비쿼터스 환경 구축을 위한 센서 네트워크에서 효율적으로 데이터를 전송할 수 있는 멀티홉(multi-hop) 릴레이 (Relay) 전송 시스템을 고려한다. ISM 주파수 대역을 사용하는 DBO-CSS (Differentially Bi-Orthogonal Chirp Spread Spectrum) 방식의 확산대역 신호 중 하나인 칩 (Chirp) 신호를 이용하여 구축된 센서 네트워크를 기반으로 센서 거리 및 사물 위치인식을 위한 효율적인 릴레이 프로토콜을 제안한다. 효율적인 네트워킹 접속을 위하여 Zone information packet, Hop information packet, Tag information packet 및 Application serial packet 의 4종류의 패킷구조를 설계하여 구현하였으며, 구축된 센서 네트워크를 기반으로 사물의 위치인식의 효율성을 높이기 위한 구현 알고리즘을 제안하였다. 최종적으로 15m × 15m 멀티셀 및 10 홉으로 구성된 테스트베드 시스템에서 제안한 프로토콜의 성능의 우수성을 검증한다.

핵심주제어 : 센서네트워크, Chrip radio, IEEE 802.15.4a, 멀티 홉 전송

Abstract In this paper, we consider an efficient protocol for the multi-hop relay transmission on a sensor network which can be utilized in a ubiquitous environment. More specifically, we propose an efficient relaying protocol for the distance and position recognition on the proposed sensor network which performs with the differentially bi-orthogonal chirp spread spectrum (DBO-CSS) in the industrial, scientific and medical (ISM) bands. For an efficient networking access, we design and implement four different packet structures, zone information packet, hop information packet, tag information packet, and application serial packet. Additionally, we also propose an efficient position recognition algorithm. Finally, for verification of our proposed protocol's efficiency, we build the testbed system which consists of 15m × 15m multi-cell and 10 hops in the network.

Key Words : Sensor network, Chrip radio, IEEE 802.15.41, Multi-hop transmission

1. 서론

정보화시대가 성숙되어 가면서 후기 정보화시대를

지칭하는 유비쿼터스사회가 점차 익숙한 용어로 다가오고 있다. 이러한 유비쿼터스 사회를 위한 보이지 않는 인프라에는 여러 가지 기술들이 포함되어 있다. 이 중에서 위치 인식 기술은 앞으로 다가올 유비쿼터스 시대에서 '보이지 않는 기술'로 교통, 군사, 유통, 물류, 홈 네트워크 등의 환경에서 다양한 서비스 제공을 위한 핵심 기초 기반 기술로 발전하는 기술이다

† 이 논문은 2011년 중소기업 융복합 기술개발사업 연구비 지원에 의해 연구되었음.

* 전자부품연구원 무선플랫폼연구센터

** 대구대학교 컴퓨터·IT공학부

*** 경일대학교 컴퓨터공학과 (교신저자)

[1]-[4]. 이러한 기술은 무선통신의 급속한 발전과 더불어 인간의 욕구를 증대시키는 측면이 있다. 유비쿼터스 환경 구축을 위한 홈 네트워크/센서 네트워크 통신망은 여러 연구되고 있으나 칩(Chirp) 기술이 WPAN(Wireless Personal Area Network, 무선사설망) 분야의 가장 적합한 기술로서 국제표준으로 제정되었다. [5]

근거리 저속 무선 통신을 위한 IEEE 802.15.4, IEEE 802.15.4a, 그리고 ZigBee™ 표준을 따르는 센서 네트워크 환경을 구성하고, 이를 기반으로 위치 인식 시스템을 구성하기 위해서는 무엇보다도 네트워크를 형성하고 관리하는 방법이 가장 중요하다. 이중 IEEE 802.15.4a 표준은 이러한 홈 네트워크 및 센서 네트워크에서 필요로 하는 위치 추정 및 위치정보를 기본으로 하는 어플리케이션에 대한 서비스가 가능하고 다양한 응용분야를 가질 수 있어 유비쿼터스 컴퓨팅 세상을 구현할 수 있는 통신 방식으로 기대되고 있다. 또한 큰 시장성 때문에 전세계 통신 업체가 모두 관심과 개발의 노력을 집중시키고 있는 상태이다.

이 표준은 ISM 주파수 대역을 사용하는 DBO-CSS (Differentially Bi-Orthogonal Chirp Spread Spectrum) 방식은 확산대역(Spread Spectrum) 신호 중 하나인 칩 신호를 사용하는 방식으로 이 신호의 상관관계 특성 (Correlation property) 을 이용하여 높은 정확도를 가지는 거리 측정을 할 수 있다.

본 논문에서는 칩 (Chirp) Radio 센서 네트워크 기반하에 센서 거리 및 사물 위치인식을 위한 효율적인 멀티 홉 (Multi-hop) 릴레이 (Relay) 프로토콜을 개발하였다. 또한, 임의의 위치좌표 기반의 효율적인 위치 정보 계산 알고리즘을 제시하고 이를 기반으로 테스트베드를 구축하여 실제 멀티 셀 (Multi-cell), 멀티 홉 (Multi-hop) 환경에서 Tag node 의 위치를 파악하는 테스트를 제시한다. 최종적으로 테스트베드를 구축하여 효율성을 입증하였다.

2. Mutl-hop 기반 네트워크 접속 프로토콜 설계

2.1 위치기반 네트워크 구성

본 장에서는 Multi-hop Relay 기반으로 구현한

Anchor와 Tag간의 통신 프로토콜과 네트워크 토폴로지에 관하여 설명하고 구현된 내용을 설명 한다. Multi-Cell 기반의 위치 인식 시스템을 구현하기 위해 기본적인 Network의 구성 방법으로 그림 1과 같은 토폴로지 형식의 네트워크로 구성하였다. Cell을 구성하기 위한 Anchor의 배치는 사각형을 기반으로 하여 배치하였으며 좌표계를 사용하여 위치를 인식하도록 설계하였다. Network에 구성된 각각의 Node들은 Anchor Node와 Broad Casting Anchor Node, Tag Node, Base로 구성되어 있으며 각각의 역할은 표 1와 같다.

<표 1> 네트워크 구성 노드 역할

구분	내용
Broad Casting Node	일정한 주기로 Tag Node에게 인접한 Anchor들의 정보를 전송하는 Node로 각 Cell을 인식 하기 위한 기준이 되는 Node.
Anchor Node	Multi-hop Relay 전송 및 Tag Node와 거리를 측정하기 위한 Node
Tag Node	위치 인식 대상이 되는 Node로 Broad Casting Node로부터 Anchor 정보를 받으면 인접한 Anchor로 좌표와 거리 값을 전송한다
Base Node	Tag Node가 생성한 Cell 내부의 Anchor Node 정보와 Tag와 Anchor 노드간의 Ranging값으로 Tag의 Position 좌표를 계산한다.

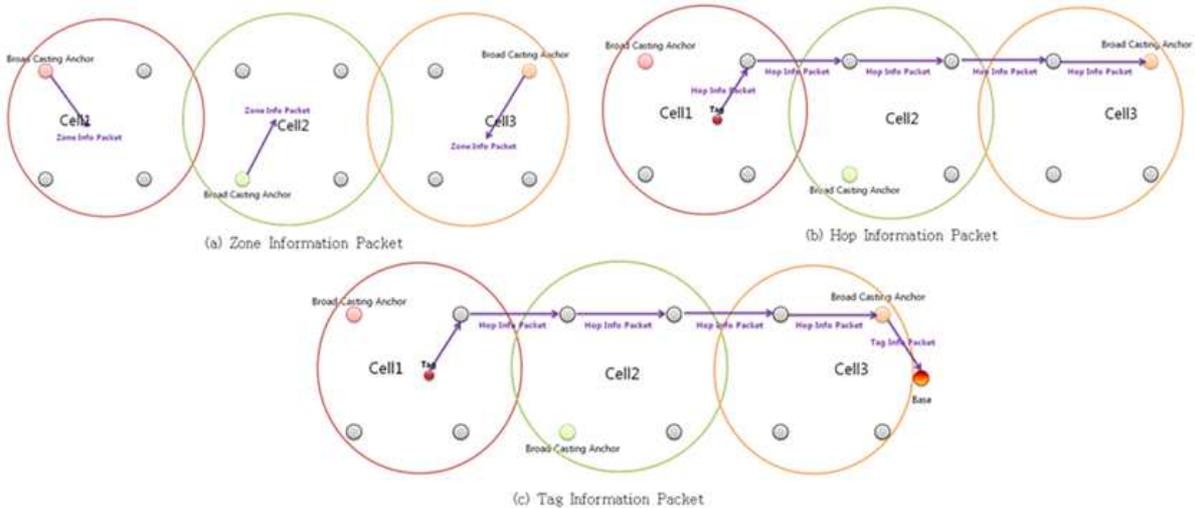
2.2 네트워크 접속 프로토콜 설계

본 논문에서는 멀티홉 기반의 효율적인 네트워크 접속을 위하여 Zone information packet, Hop information packet, Tag information packet 및 Application serial packet 의 4종류의 패킷구조를 설계하였으며, 각각의 기능은 다음과 같다.

- Zone information Packet : BroadCasting Anchor가 Cell영역안의 Anchor들의 정보들을 Broadcasting 하고자 할 때 전달하는 패킷.
- Hop information Packet : Tag에서 Multi-hop Relay 전송을 위해 다른 Anchor Node까지 전달하는 패킷
- Tag information Packet : Base Node에 가장 가까운 Ancor Node가 Base에게 전달하는 패킷

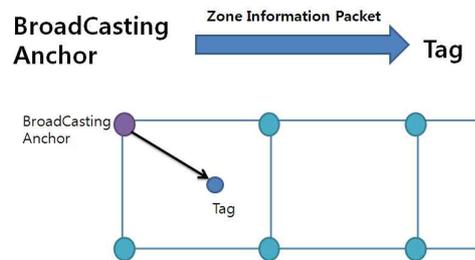
- Application Serial packet : Base Node에서 계산한 위치좌표를 GUI 어플리케이션에게 전달하는 패킷

자신이 해당 Cell 영역내부에 존재한다고 판단되면 Cell 영역내부의 Anchor들과 Ranging을 최소 2번 이상 측정하고 그 중에서 가장 짧은 거리만 사용한다.



<그림 1> Zone information packet, Hop information packet, Tag information packet 동작 예시

그림 1에서 3 셀 환경에서의 Zone information packet, Hop information packet, Tag information packet 동작 예시를 나타내었다.



<그림 2> Broad Cast Anchor Node 와 Tag Node 동작 예시

3. Multi-Cell 기반 위치인식 네트워크 구현 프로토콜

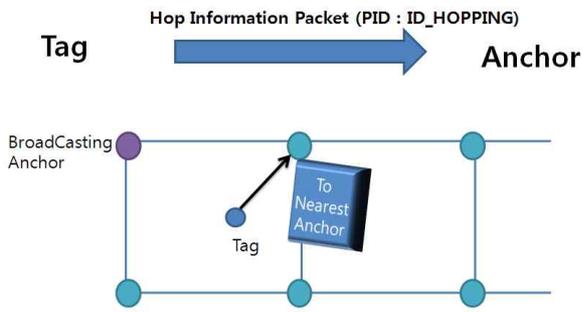
3.1 Broad Cast Anchor Node 와 Tag Node 데이터 전송 프로토콜

Broad Cast Anchor 각 Cell의 기준이 되는 node로 Cell의 Anchor Node의 좌표 정보와 거리 측정을 하기 위한 정보를 포함하고 있으며 Tag Node에게 자신이 가지고 있는 Anchor의 정보 (Zone Information Packet)를 주기적으로 Broad Cast 한다. BroadCasting Anchor로부터 Cell 영역내의 Anchor들의 정보(Zone Information Packet)를 수신한 Tag는 Broad Casting Anchor와 거리를 측정하고 그 측정값과 Zone information Packet에서 Limit 항목을 비교하여 해당 자신이 Cell 영역에 존재하는지 검사하게 된다. 만약

3.2 Tag Node 와 Anchor Node 데이터 전송 프로토콜

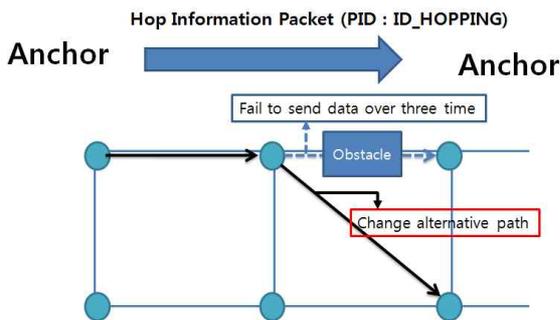
해당 Cell에서 Ranging 값을 구한 Tag는 해당 Cell의 Anchor들의 좌표와 Anchor와 Tag간의 Ranging값을 Hop Information Packet으로 만들어 주변 Anchor 노드들 중 가장 근접한 Anchor에게 전달한다.

3.3 Anchor Node 와 Anchor Node 데이터 전송 프로토콜



<그림 3> Tag Node 와 Anchor Node 동작 예시

Anchor는 Hop Information Packet을 최종 목적지인 Base노드까지 전달하기 위해 Multi-Hop Relay 전송을 한다. 각 Anchor 노드는 고정된 경로를 세팅해 놓은 상태에서 다음 Node로 전송을 하게 된다. 만약 특정 Node에서 다른 Node로 전송 중에 방해물에 의해서 고정된 경로가 단절되었을 경우에는 자동으로 대체 경로로 전환하여 멀티 홉 릴레이 전송을 계속 수행한다. 이때 경로가 단절되었다고 판단하는 기준은 Hop Information Packet을 동일한 Path에 대하여 3번 이상 전송했을 때 3번 모두 연속으로 전송 실패를 했을 경우를 말한다.

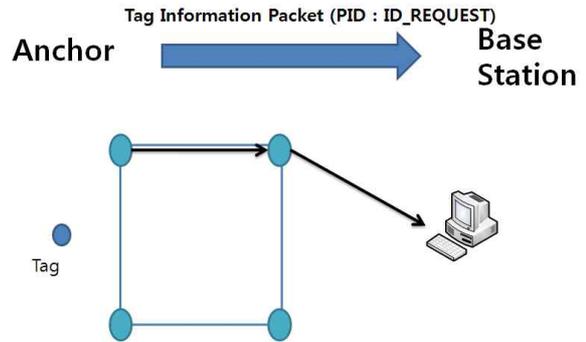


<그림 4> Anchor Node 와 Anchor Node 동작 예시

3.4 Anchor Node 와 Base Node 데이터 전송 프로토콜

Base Node 가장 근접한 Anchor Node는 Hop Information Packet을 Tag Information Packet으로 변환하여 Base Node에 마지막으로 전송한다. Base Node는 Tag Information Packet을 Anchor들의 좌표값과 Tag와 Anchor와의 좌표값을 분석하여 Tag의

Position을 계산하게 된다.



<그림 5> Anchor Node와 Base Node의 동작 예시

3.5 복수개의 Tag 노드 동작 프로토콜

2개의 Tag를 동시에 운영할 때 동시에 무선매체를 사용하려다 보면 패킷충돌이 일어난다. 특히 같은 셀 영역 안에서는 2개의 Tag가 Broad Casting Anchor로부터 거의 동일한 절차로 무선 매체를 사용하려고 하는 습성에 의하여 패킷충돌 현상이 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 같은 셀 영역에서 2개의 Tag가 Broadcasting 패킷을 동시에 수신할 경우를 보완하기 위해 첫 번째 Tag는 시간 지연 없이 다음 절차를 바로수행하고 두 번째 Tag는 첫 번째 Tag의 수행을 기다리기 위하여 지연시간을 갖은 후에 해당 절차를 수행한다. 이러한 과정을 거쳐 동시에 복수개의 Tag 가 무선매체에 접근하려는 시도를 방지할 수 있다. 본 논문의 실험에서는 두 번째 Tag의 지연시간은 200ms으로 설정되어 있다.

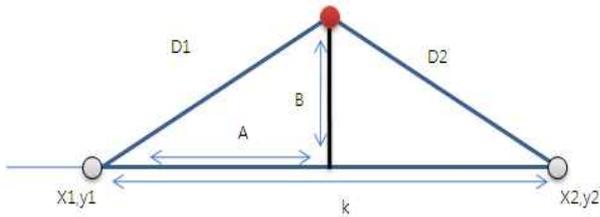
4. 위치인식 알고리즘

본 장에서는 그림 1과 같은 토폴로지 형태의 네트워크에서 효율적으로 Tag의 위치를 인식할 수 있는 알고리즘에 대하여 제안한다. 4장에서 설명한 바와 같이 Base Node 는 최종적으로 Tag Node으로부터 받은 3개의 Anchor Node의 거리 정보를 얻을 수 있게 된다. Cell 내부에서의 Anchor Node 거리 정보를 바탕으로 Tag 위치를 좌표로 계산한다. 좌표를 측정하는 방법은 크게 3단계로 이루어지는데 Anchor Node의 상태와 기울기를 계산한 후 중심 좌표를 계산한 2개의 반전되는 좌표를 계산한다.

좌표 계산은 각도와 Anchor의 배치에 따라 가중치를 적용하였으며 기본적인 삼각 측량 방법을 사용하였다.

- Step 1 좌표 계산

그림 6에 도시한바와 같이 Anchor Node와 Tag Node간의 거리 $D1, D2$ 를 이용하여 좌표를 산출하였는데 먼저 밑변 K 는 $k = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ 를 통하여 밑변을 구하였으며 x 축이 되는 A 값은 $A = \frac{d_1^2 - d_2^2 + k^2}{2k}$ 을 통하여 계산하였다. 마지막으로 y 축이 되는 높이 B 는 $B = \sqrt{d_1^2 - x^2}$ 을 통하여 산출하였다. 그 다음 기울기에 따른 Anchor Node 1과 Anchor Node 2의 중심좌표와 두 교점을 산출한다.



<그림 6> 좌표 계산 예시

- Step 2 좌표를 중심으로 각도 계산

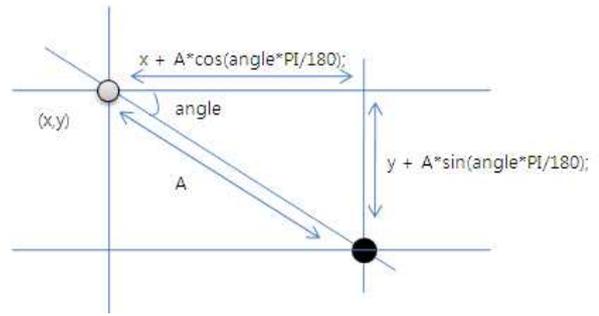
Anchor Node 1과 Anchor Node 2의 중심좌표를 구하기 위해서는 Anchor Node 1과 Anchor Node 2에 대한 특정 각도를 구한다. 각도를 구하는 식은 다음과 같다.

$$\angle = \text{atan}\left(\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}\right) \times \frac{180}{\pi} \quad (1)$$

중심 좌표인 x_c, y_c 는 Anchor Node 1의 가중치 좌표 R_{1x}, R_{1y} 를 더하고 중심 좌표를 x_c, y_c 를 계산하였다.

$$x_c = R_{1x} + A \times \cos\left(\frac{\angle \times \pi}{180}\right) \quad (2)$$

$$y_c = R_{1y} + A \times \sin\left(\frac{\angle \times \pi}{180}\right) \quad (3)$$



<그림 7> 각도 산출 예시

중심 좌표를 구한 후 좌표 2개의 Tag Node의 좌표 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 을 구하는데 먼저 삼각형의 높이 B 를 $y = \sqrt{d_1^2 - x^2}$ 을 이용하여 구한 후에 기울기에 따른 가중치를 연산한다.

$$x_1 = x_c + B \times \cos\left(\frac{(90 - \angle) \times \pi}{180}\right) \quad (4)$$

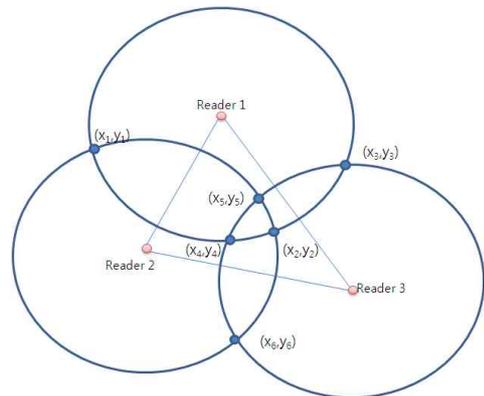
$$y_1 = y_c - B \times \sin\left(\frac{(90 - \angle) \times \pi}{180}\right) \quad (5)$$

$$x_2 = x_c - B \times \cos\left(\frac{(90 - \angle) \times \pi}{180}\right) \quad (6)$$

$$y_2 = y_c + B \times \sin\left(\frac{(90 - \angle) \times \pi}{180}\right) \quad (7)$$

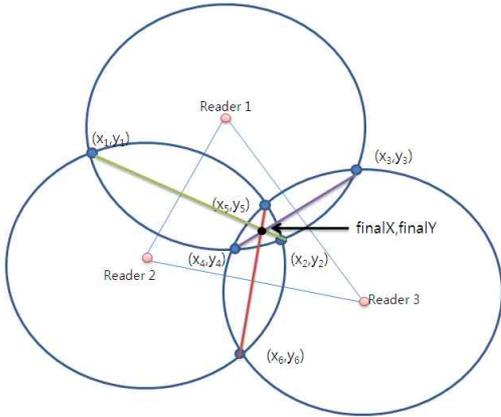
- Step 3 최종 좌표 산출

그림 4와 같은 기존의 삼각 측량 계산식을 이용하여 다음과 같이 총 6개의 좌표를 산출 할 수 있다. ranging을 함에 있어서 오차가 전혀 없을 경우 아래 삼각형 내부점 3개의 점이 하나로 수렴되지만 개발키트 보드의 경우 실제 거리보다 좀 더 길게 ranging값이 측정되어 아래 그림과 같은 상황이 발생한다.



<그림 8> 삼각측량 교점좌표 예시

본 논문에서는 정확도를 높이기 위해 3개의 좌표 Set의 접점을 구하여 정확도를 높였다. 2개씩 선의 교점을 3번 구하여 평균값을 최종 좌표로 산출하는 방식을 이용하였다. 아래 좌측그림의 교점을 구하는 부분을 확대하면 우측과 같게 되는데 한 교점에서 만나는 좌표를 구하면 된다.



<그림 9> 개선된 교점좌표 계산 예시

이때 프로그램 구현하는데 있어 숫자적(numeric) 에러를 최소화하기 위한 수식전개를 하면 아래와 같다. 먼저 1번 선과 2번 선의 교점 x_{f3}, y_{f3} 의 교점을 구하는 식으로 두선의 기울기를 구한다. 기울기 a_1, a_2 는

$$a_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, a_2 = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} \quad (8)$$

이다. 수식 (8)을 이용하여 2선의 교점 x_{f3}, y_{f3} 구하면

$$x_{f3} = \frac{a_1 x_1 - a_2 x_3 + y_3 - y_1}{a_1 - a_2}, y_{f3} = a_1 \times (x_{f3} - x_1) + y_1 \quad (9)$$

으로 계산된다. 마찬가지로 2번 선과 3번 선의 교점 x_{f2}, y_{f2} 는

$$x_{f2} = \frac{a_1 x_3 - a_2 x_5 + y_5 - y_3}{a_1 - a_2}, y_{f2} = a_1 \times (x_{f2} - x_3) + y_3 \quad (10)$$

식 (10)에서 $a_1 = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3}, a_2 = \frac{y_6 - y_5}{x_6 - x_5}$ 이다.

마지막으로 1번 선과 3번 선의 교점일 경우

$$x_{f1} = \frac{a_1 x_1 - a_2 x_5 + y_5 - y_1}{a_1 - a_2}, y_{f1} = a_1 \times (x_{f1} - x_1) + y_1 \quad (11)$$

식 (11)에서 $a_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, a_2 = \frac{y_6 - y_5}{x_6 - x_5}$ 이다.

식 (9), (10), (11)으로부터 최종적으로 구해진 $x_{f3}, y_{f3}, x_{f2}, y_{f2}, x_{f1}, y_{f1}$ 의 평균값으로 최종 좌표를 산출한다.

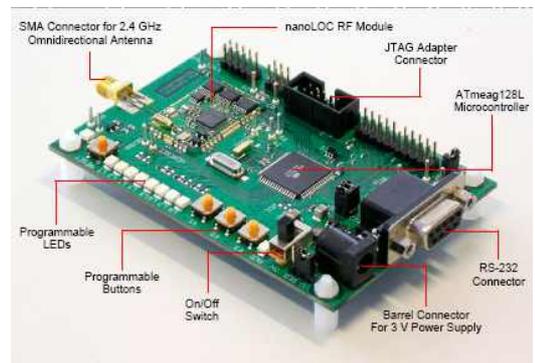
$$x = \frac{x_{f3} + x_{f2} + x_{f1}}{3}, y = \frac{y_{f3} + y_{f2} + y_{f1}}{3} \quad (12)$$

5. 위치인식 알고리즘 테스트베드 시연

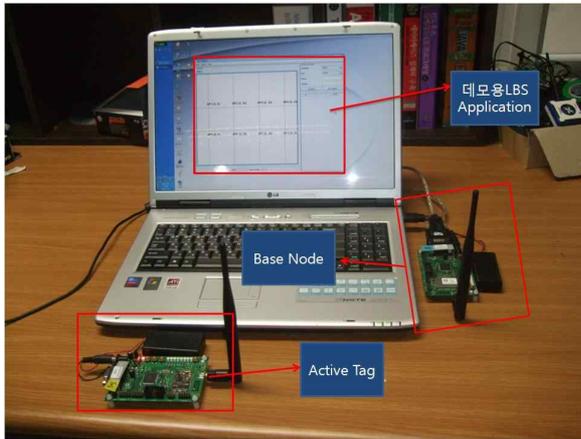
본 장에서는 제안한 위치인식 알고리즘 구현을 위한 테스트베드 구축 및 시연에 관하여 설명한다. Nanotron에서 개발한 Development Board (nanoLOC DK-128 board)를 이용하여 사각 영역 외부 위치인식 알고리즘 기술개발 검증을 수행하였다. 재원에 대한 설명은 아래와 같다.

<표 2> NanoLOC Dev Board 재원

NanoLoc board Specification
- Operates worldwide in the 2.45 GHz ISM Band
- Modulation technique: Chirp Spread Spectrum
- Receiver sensitivity: 92 dBm (nanoPAN 5360), 90 dBm (nanoPAN 5361)
- Atmega128(MCU)를 기반 최대 2Mbps속도 data rate



<그림 10> NanoLOC Dev Board



<그림 11> 데모용 LBS(Location Based System) Application

멀티 홉 릴레이 기반의 위치센서 플랫폼과 시스템 연동 시나리오는 은 아래 그림 12에 나타내었다. Active Tag는 Broadcasting Anchor로부터 Zone Information Packet을 받아온다. Active Tag는 Zone Information Packet에 들어있는 주변 Anchor 주소 정보를 이용하여 거리 값을 측정한다. 이때, 각 Anchor Node (한 셀에 4개의 Anchor Node 주소를 갖고 있다.)와 거리를 3번, 혹은 5번 측정하게 된다. 그 값들을 정렬한 후, 가장 작게 나온 거리 값을 저장한다. 주변 4개의 Anchor Node와의 거리 값으로 패킷을 만들어서, 가장 가까운 Anchor로 패킷을 전송한다. 값

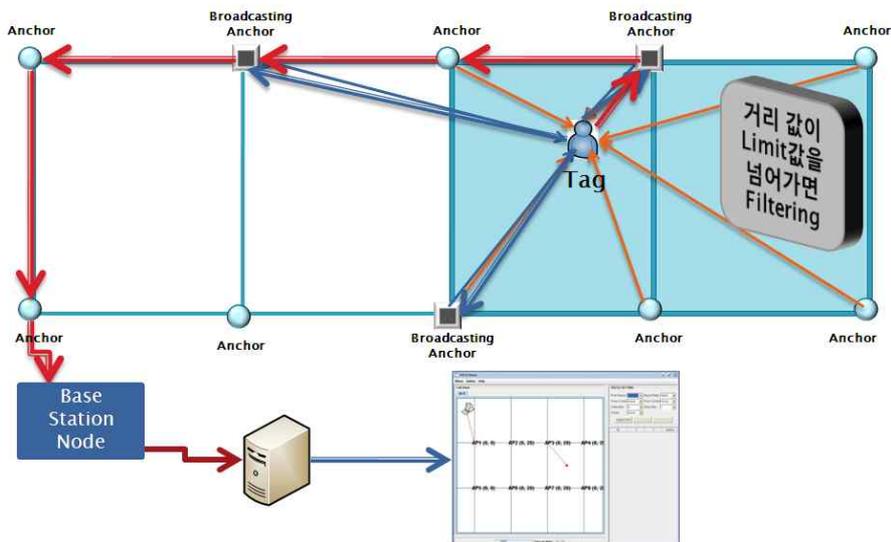
을 받은 Anchor는 패킷을 정해진 경로를 이용하여 Hopping 한다.

6. 테스트베드 시험

본 알고리즘 구현을 위하여 Nanotron에서 개발한 Development Board (nanoLOC DK-128 board)를 이용하여 사각 영역 외부 위치인식 알고리즘 기술개발 검증을 수행하였다. 테스트 시연을 위한 제안된 멀티 홉 릴레이 기반의 위치 센서 플랫폼 구조는 그림 12에 나타내었다.

구체적인 테스트베드 실험 동작으로, Active Tag는 Broadcasting Anchor로부터 Zone Information Packet을 받아온다. Active Tag는 Zone Information Packet에 들어있는 주변 Anchor 주소 정보를 이용하여 거리 값을 측정한다. 이때, 각 Anchor(한 셀에 4개의 Anchor 주소를 갖고 있다.)와 거리를 3번, 혹은 5번 측정하게 된다. 그 값들을 정렬한 후, 가장 작게 나온 거리 값을 저장한다. 이후, 주변 4개의 Anchor와의 거리값으로 패킷을 만들어서, 가장 가까운 Anchor로 패킷을 전송한다. 값을 받은 Anchor는 패킷을 정해진 경로를 이용하여 Hopping 한다.

15m × 15m 멀티셀 환경에서 제안된 멀티 홉 릴레이 기반 위치 센서 테스트를 진행하였으며, 10 hop으로 구성된 시스템에서 10,000 개의 패킷을 송신한 결



<그림 12> 위치센서 플랫폼의 전송 시나리오

과 97651개의 패킷을 수신함을 확인하였다. (전송 성공률 약 97.7%)

7. 결 론

본 논문에서는 칩 신호를 사용하는 멀티 홉 릴레이 기반 위치 센서 네트워크를 구축하였으며, 전송 효율을 높이기 위한 프로토콜을 제안하였다. 또한, Tag Node의 위치인식을 효율적으로 구현하기 위한 위치인식 알고리즘을 제안하였으며 테스트베드를 구현을 통하여 성능을 평가하였으며 15m x 15m 싱글 셀에서 인식 에러율 및 위치정보 손실을 모두 우수한 결과를 얻을 수 있음을 보였다.

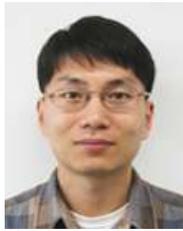
참 고 문 헌

- [1] 박옥선, 정광렬, 김성희, “유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템,” 정보통신연구진흥원, 주간기술동향(1098호), pp.11-21, 2003. 6.
- [2] 김재호, 김영섭, 박옥선, 김성희, “유비쿼터스 위치 기반 서비스 및 위치인식시스템 연구 동향”, 정보통신연구진흥원, 주간기술동향(1127호), pp.1-15, 2003. 12
- [3] Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, “Location System for Ubiquitous Computing” IEEE Computer Society, Vol. 34, No. 8, pp. 57-66, August 2001.
- [4] K. Kaemarungsi and P. Krishnamurthy, “Modeling of Indoor Positioning Systems Based on Location Fingerprinting”, IINFOCOM, pp.1012- 1022, 2004.
- [5] IEEE Computer Society, (August 31, 2007). IEEE Standard 802.15.4a-2007. New York, NY: IEEE.



권 대 길 (Tai-Gil Kwon)

- 2001년 2월 : 동의대학교 산업공학과 (공학사)
- 2003년 8월 : 고려대학교 산업시스템정보공학과 (공학석사)
- 2003년 9월~현재 : 전자부품연구원 무선플랫폼연구센터 선임연구원



김 도 훈 (Do-Hoon Kim)

- 1998년 2월 : 포항공대 전자전기공학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 포항공대 전자전기공학과 (공학석사)
- 2010년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학부 박사과정
- 2005년 10월~ 현재 : 전자부품연구원 무선플랫폼연구센터 선임연구원



원 희 철 (Hui-Chul Won)

- 종신회원
- 1998년 2월 : 포항공대 전자전기공학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 포항공대 전자전기공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 포항공대 전자컴퓨터공학부 (공학박사)
- 2004년 9월~2006년 8월 : 삼성전자 통신연구소 책임연구원
- 2006년 9월 ~ 현재 : 대구대학교 컴퓨터·IT공학부 조교수



황 규 성 (Kyu-Sung Hwang)

- 2004년 8월 : 고려대학교 전기전자과공학부 (공학사)
- 2010년 2월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2010년 1월~2011년 8월 : 전자부품연구원 통신네트워크센터 선임연구원
- 2011년 9월~현재 : 경일대학교 컴퓨터공학과 조교수