

# 신경회로망을 이용한 USN 기반 LBS(Location Based Service)의 위치 변위 예측에 관한 연구

김상윤\*, 김관형\*, 강성인\*

\*동명대학교 컴퓨터공학과

## A Study on the Displacement Estimation of LBS using Neural Network based on USN

Sang-yun Kim\*, Gwan-hyung Kim\*, Sung-in Kang\*

\*Dept. of Computer Engineering, Tongmyung Univ.

E-mail : uichsmulti@yahoo.co.kr, khkim@tu.ac.kr, sikang@tu.ac.kr

### 요 약

위치기반 서비스(LBS : Local Based Service)는 단연 GPS가 그 중심이라 할 수 있다. 그러나 실외가 아닌 실내에서의 측위는 GPS신호가 도달할 수 없고, 또한 기존에 연구 중인 실내측위 기술들은 여러 가지 문제점을 갖고 있다. 따라서 다양한 서비스가 구현 가능한 ZigBee 기반의 USN내에서 기존의 다양한 센서들이 구동되면서 ZigBee 노드 간의 신호의 세기인 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 활용한 위치측위시스템을 구현한다. 또한 기존의 RSSI를 활용한 실내측위의 문제점들을 보완하기 위하여 신경회로망을 이용한 위치측위 알고리즘을 제안하여 보다 정확하고 안정적인 위치정보 시스템을 구현한다. 따라서 실내위치측위가 필요한 다양한 공공장소에 적합한 위치기반 서비스가 도입될 수 있는 가능성을 제시한다.

### 키워드

LBS, Zigbee, RSSI, 센서네트워크, 신경회로망

## 1. 서 론

정보통신과 인터넷 기술의 발달로 관련 서비스의 개발요구와 휴대폰, PDA 등 이동통신 단말기의 진화에 따라 위치기반 서비스(LBS: Location Based Service)가 성장가능성이 높은 새로운 서비스 분야로 자리 잡아 가고 있다.

지금까지의 위치기반 서비스는 GPS기반의 실외에서의 측위가 주를 이루고 있다. 하지만 실외에서의 측위와는 달리 실내에서는 아직까지 뚜렷한 표준이 없는 상태이고 현재 여러 연구 중인 기술들이 있다. WLAN기반으로 마이크로소프트사의 RADAR 시스템, Intel의 Place Lab, 적외선을 이용한 방식으로 AT&T의 Active Badge System, 초음파 기반으로 MIT의 Cricket System 등이 있다. 이외에도 Bluetooth, RFID, ZigBee, UWB 기반의 측위 기술들이 시도, 연구되고 있다.[1][2][3]

여러 측위를 위한 기술 중에, USN을 위한 기

반기술인 ZigBee가 주목받고 있다. 이를 이용한 측위 방법은 RSSI(Received Signal Strength Indicator)값을 활용한 방법이 고려되고 있으나 사실상 신호 세기의 편차가 심하고 실내 공간의 환경 변화에 민감하게 변하므로 위치측위에 이용하기가 어려운 상태이다. 그러나 센서네트워크 분야의 경제성과 효율성 등의 측면에서 ZigBee의 의존도는 점차 높아질 전망이다.[4]

본 논문에서는 위치측위의 정확성을 높이기 위해서 기존의 RSSI 감쇄 모델 대신에 RSSI와 노드 간의 거리관계를 학습할 수 있는 신경회로망을 활용한다. 또한 위치 결정을 위한 순환최소자승법을 활용하여 이동노드위 위치를 결정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 ZigBee 및 신호감쇄 모델에 대해서 살펴보고, 3장에서는 거리측정 및 위치결정 알고리즘을 소개한다. 4장에서는 제안한 위치측위 방법의 구현에 관한 내용으로 구성하고 5장의 결론에서는 제안한 시스템의 효율성과 향후 과제를 제시한다.

## II. ZigBee 및 신호감쇄 모델

ZigBee 프로토콜은 감시 및 제어용 어플리케이션을 위한 저가, 저전력의 근거리 무선 네트워크 프로토콜로 IEEE 802.15.4 규격은 PHY와 MAC을 정의하고 있으며, 그 위에 ZigBee Alliance가 제정하는 상위계층 프로토콜이 정의되고 있다.[5] ZigBee 모듈에 탑재되는 RF IC로는 여러 종류가 있으나 본 논문에서는 MG2400(RadioPulse)를 사용하였다. MG2400은 8051 코어의 MCU와 RF IC가 집적화된 단일 칩으로 5dBm의 송신출력과 -99dBm의 민감도(Sensitivity)의 특징을 갖고 있다. 또한 수신 시에 패킷 내에는 RSSI 값을 갖고있다. RSSI 값은 수신되는 순간의 신호의 강도를 반영하며 신호 강도에 선형적으로 RSSI 값이 증가한다. [6]

신호감쇄를 활용한 거리 추정에는 데이터를 이용한 실험적 모델과 신호감쇄 모델을 이용한 해석적 모델로 나뉘어진다. 데이터를 이용한 실험적 모델은 실내의 각 지점의 RSSI 값들을 측정하여 데이터베이스를 구축하는데 많은 시간과 노력이 필요하다. 특히 정확도를 높이기 위해서는 더욱 많은 측정 지점이 필요하므로 더욱 많은 시간이 든다. 신호감쇄 모델을 이용한 해석적 모델은 실제 환경에 적합하게 수학적으로 모델링한 식이 타당한 수준의 오차수준을 나타낸다면 데이터를 이용한 실험적 모델에 비해서 데이터 수집에 필요한 시간적인 비용이 적어 훨씬 효과적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 실제환경과 같은 복잡한 환경을 모두 고려한 최적 모델 식을 세우기가 어렵다.[7]

또한 위치추위를 위한 두 방법 모두 시간적으로 변화하는 실내환경에 대하여 대응하기가 어렵다. 식 [1]은 일반적으로 사용되는 단순 경로 신호 감쇄 모델이다.

$$RSSI[dBm] = A[dBm] - 10n \log_{10} d$$

$n$ : 신호 감쇄 상수  
 $d$ : 신호원에서 이동노드까지의 거리  
 $A$ : 오프셋, 1m거리에서 측정된 RSSI값

[1]

본 논문에서는 식[1]의 신호 감쇄 모델에서 거리추정을 위해 고정 노드간의 신호감쇄 상수(n)과 RSSI 값을 실시간으로 측정하여 신경회로망을 통한 거리 추정을 하고자 한다.

### III. 거리추정 예측 및 위치결정 알고리즘

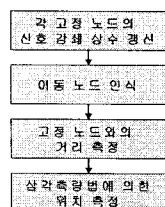


그림 1. 실내 추위를 위한 전체 과정

그림 1은 측위시스템 구축에 들어가는 많은 시간과 노력을 줄이고 실내공간에 의존적이지 않는 실내 측위기법의 전체 과정을 나타낸다.

각 고정노드의 신호 감쇄 상수의 갱신은 ZigBee Coordinator와 고정노드 간에 주기적으로 RSSI 값을 측정하여 각 고정노드들의 신호 감쇄 상수를 식[1]에 의해서 계산된다. 따라서 ZigBee Coordinator와 고정노드간의 거리는 설치 위치정보에 의해 미리 계산되어 있어야 한다.

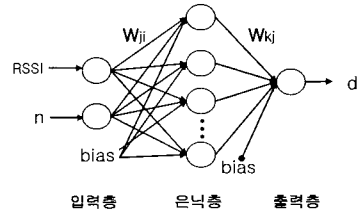


그림 2. 거리추정을 위한 신경회로망

그림 2는 이동노드와 고정노드 간의 거리추정을 위한 신경회로망의 구조이다. 신경회로망의 입력인 RSSI는 이동노드 인식 후 고정노드와 이동노드 간에 측정된 값이다. 또한 신호 감쇄상수 n은 고정노드 간에 주기적으로 갱신된 값을 사용한다. 또한 신경회로망은 식[1]에서 주어진 신호 감쇄 모델과 실험을 통해서 얻어진 RSSI 측정값 및 n과 노드 간의 거리관계를 학습한다.

신경회로망에 의해서 3개의 고정 노드와 이동노드 간의 거리를 측정한 후 삼각측량에 의한 이동노드의 위치를 결정한다. 위치의 결정을 위해서 순환 최소자승법(Recursive Least Square Method)을 사용하여 위치 해를 구하였다.

i 번째 고정노드의 좌표( $X_i, Y_i$ )로부터 좌표( $x, y$ )의 이동노드가 받은 RSSI 값을 거리로 변환한 값이  $\hat{\rho}_i$ 라고 할 때 3개 고정노드까지의 거리는 식 [2]와 같다.

$$\begin{aligned} \hat{\rho}_1 &= \sqrt{(X_1 - x)^2 + (Y_1 - y)^2} + \epsilon_1 \\ \hat{\rho}_2 &= \sqrt{(X_2 - x)^2 + (Y_2 - y)^2} + \epsilon_2 \\ \hat{\rho}_3 &= \sqrt{(X_3 - x)^2 + (Y_3 - y)^2} + \epsilon_3 \end{aligned}$$
[2]

$\epsilon_i$ 는 실제 거리와의 오차를 나타낸다.

식 [2]를 기준점 ( $x_0, y_0$ )으로 선형화하면 식[3]과 같다.

$$\begin{bmatrix} \hat{\rho}_1(x) \\ \hat{\rho}_2(x) \\ \hat{\rho}_3(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\rho}_1(x_0) \\ \hat{\rho}_2(x_0) \\ \hat{\rho}_3(x_0) \end{bmatrix} + \overline{H} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \end{bmatrix}$$
[3]

여기서  $\hat{\rho}_i(x_0)$ 는 고정노드로부터 선형화 기준점까지의 거리이다.

$$\vec{\rho}_i(x) = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2} \quad [4]$$

식 [4]는 고정노드  $i$ 로부터 이동노드까지의 시선 벡터이며 행렬  $\vec{H}$ 는 다음과 같다.

$$\vec{H} = \begin{bmatrix} \frac{\delta \rho_1}{\delta x} & \frac{\delta \rho_1}{\delta y} \\ \frac{\delta \rho_2}{\delta x} & \frac{\delta \rho_2}{\delta y} \\ \frac{\delta \rho_3}{\delta x} & \frac{\delta \rho_3}{\delta y} \end{bmatrix} \quad \text{where} \quad \frac{\delta \rho_i}{\delta x} = \frac{-(X_i - x)}{\sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2}} \quad [5]$$

$$\frac{\delta \rho_i}{\delta y} = \frac{-(Y_i - y)}{\sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2}}$$

따라서 식 [3]은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta \vec{x} = (\vec{H}^T \vec{H})^{-1} \vec{H}^T \begin{bmatrix} \delta \rho_1 \\ \delta \rho_2 \\ \delta \rho_3 \end{bmatrix} - (\vec{H}^T \vec{H})^{-1} \vec{H}^T \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \end{bmatrix} \quad [6]$$

따라서 이동노드의 2차원 위치는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + \delta \vec{x} \quad [7]$$

#### IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 LBS의 성능 실험을 위해서 가로 6m 세로 12m의 본교 강의실 내에서 각 고정 노드들의 거리를 5m 간격으로 배치하여 10m\*5m 공간에서 이동노드의 위치추위를 위한 실험을 하였다. 그림 3은 본 논문에서 실험을 위한 ZigBee 센서 네트워크의 구조를 나타낸다. 총 6개의 고정 노드와 1개의 ZigBee Coordinator로 구현된 인터페이스 보드, 그리고 1개의 이동노드로 실험환경을 구성하였다.

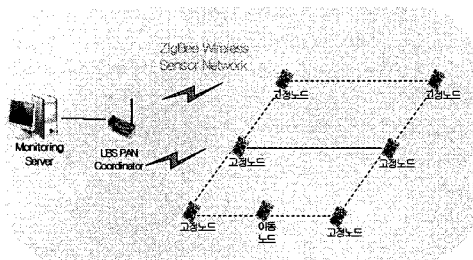


그림 3. ZigBee 센서 네트워크의 구조



그림 4 ZigBee 모듈 및 인터페이스 보드

그림 4는 본 논문의 실험에서 사용된 RadioPulse 사의 MG2400이 탑재된 ZigBee 모듈인

LM2400과 Coordinator로 사용을 위해서 PC와의 Serial port 인터페이스를 제공하는 인터페이스 보드이다.

또한 RSSI의 측정값은 실측값의 범위가 크므로 식 [8]과 같은 피드백 필터를 사용하여 스무딩 과정을 거쳤다. 실험에 의해서 필터링 계수  $a$ 는 0.45값을 사용하였다.

$$RSSI_n = a \cdot RSSI_n + (1-a)RSSI_{n-1} \quad [8]$$

그리고 신경회로망의 입력인 신호 감쇄상수  $n$ 을 얻기 위해서 Coordinator와 고정노드 간의 1분 간격으로 RSSI 값 측정하여 각 고정노드의  $n$ 값을 갱신하였다. 이동노드의 RSSI 값 측정은 각 고정노드로 3초 간격으로 패킷을 브로드캐스트하여 측정하였다. 그림 5는 ZigBee 모듈을 사용하여 2m 간격으로 측정된 RSSI 측정치와 식[1]에서 주어진 신호감쇄 모델의 RSSI 예측 값을 나타낸다.

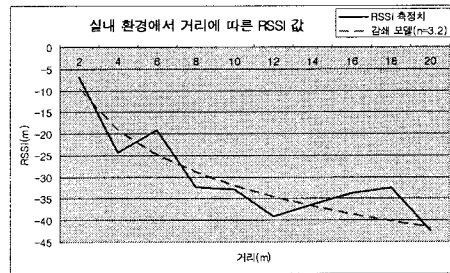


그림 5. 실내 환경에서의 거리에 따른 RSSI 값의 변화(n=3.2, A=-60dBm)

신경회로망의 학습데이터는 실험에 의한  $n$ 값의 범위가 2~4 사이의 값을 나타내어 0.2 간격으로, 거리 범위를 1m~12m 사이 값을 1m 간격으로 각각 RSSI 값을 감쇄 모델에서 계산하여 총 132개의 학습 패턴을 사용하였다. 또한 신경회로망의 성능을 테스트하기 위하여 학습 후 1m~12m 간격으로 이동 노드와 고정노드의 거리를 가변하여 각 위치마다 1분 간격으로 10번씩 RSSI 값을 측정하여 총 120개의 테스트 패턴으로 테스트하였다. 테스트 결과 평균 거리 오차 값이 0.7m로 실내에서의 LBS에 적용 가능한 오차범위를 보였다.

그리고 각 고정노드와 이동노드 간의 거리측정 후 가장 가까운 고정노드 3개를 결정하여 순환 최소 자승법에 의해서 이동노드의 위치를 얻었다.

모니터링 서버에서는 ZigBee Coordinator로부터 Serial 통신에 의해서 각 고정노드들의 신호 감쇄상수  $n$ 과 이동노드와 고정 노드 간의 RSSI 값을 얻어 신경회로망의 학습, 학습 후 고정 노드와 이동노드 간의 거리 예측, 순환 최소 자승법을 이용한 이동노드의 위치 결정 및 이동노드의 위치를 모니터링 한다. 모니터링 서버에서는 위치추위를 위한 여러 과정을 Microsoft Visual Studio

2005 C# 개발환경에서 구현하였다. 그림 6은 이동 노드의 위치측위를 모니터링 한 화면이다.

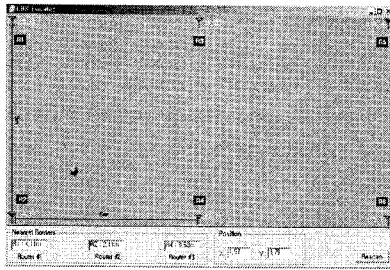


그림 6. 위치측위 모니터링 프로그램

### V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 최근 USN 구성을 위해서 각광을 받고 있는 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee 모듈을 이용한 실내에서의 위치측위 방법을 제안하였다.

기존의 ZigBee 네트워크 내에서 RSSI 값 측정에 의한 위치측위는 LBS 구현의 사전 준비과정에서 시간적 비용과 정확도 면에서 많은 문제점이 있고, 실내 환경 변화에 대응하기 어려움이 문제점으로 지적되어 왔다.

본 논문에서는 이를 개선하기 위하여 신호 감쇄 모델에서 실내환경 변화에 대한 감쇄요인을 반영하는 신호감쇄 상수를 실시간으로 측정하여 RSSI 값과 거리의 관계를 더욱 정확히 예측할 수 있는 신경회로망을 적용하여 고정노드와 이동노드 간의 거리를 측정하였다. 또한 거리측정에서 발생할 수 있는 오차에도 삼각 측량법에 의한 위치를 정확히 측위 할 수 있도록 순환 최소자승법을 사용하여 더욱 정밀한 위치측위 방법을 제안하였다.

실험을 통해서 기존의 신호감쇄 모델을 사용한 거리 예측에 비해서 실내에서의 거리측정이 0.7m 정도의 오차 범위로 실내 위치측위를 위한 LBS 구성이 가능할 수 있게 개선되었고 거리 변위가 시간적으로 변화가 작은 안정적인 거리 값을 얻을 수 있었다.

그러나 본 논문에서는 하나의 이동노드를 사용하였고, 실험 환경에 비교적 차폐물이 작은 강의실에서 결과로 앞으로는 실제 사람이 착용 가능하도록 사람에 의한 감쇄 요인이 존재할 경우에도 정확한 위치측위가 가능하도록 개선해 나갈 계획이다. 또한 모듈 간의 거리와 RSSI 값의 특성이 일치하지 않는 문제점이 있어 거리와 RSSI 값의 특성이 개선된 ZigBee 모듈의 개발이 필요할 것으로 예상된다.

### 참고문헌

- [1] R. Want, A. Hoper, V. Falcao, and J. Gibbons, "The Active Badge Location System", ACM Trans, on Information Systems, Vol.10, No.1, Jan. 1992, pp.91-102
- [2] N. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, "The Cricket Location- Support System" Proc. of the ACM Int'l Conf. on MobilCom, Aug. 2000.
- [3] 한국전자통신연구원, "실내의 연속측위 기술 동향", 전자통신동향분석 22권 3호, 2007,6
- [4] 남윤석, 최은창, 허재두, "저속 WPAN에서 수신신호세기 Vector Matching을 이용한 위치인식 방식", Journal of information technology applications & management, 2005,12, pp93-104
- [5] Bob Heile, Zigbee Alliance Tutorial, Zigbee Alliance, December, 2006.  
Available: <http://www.zigbee.org/en/resources/>
- [6] Radiopulse, MANGO-ZDK Hardware Reference Guide, 2007.5  
Available: <http://www.radiopulse.co.kr>
- [7] 최재원, "측위 기준점의 무선랜 신호세기를 이용한 실내측위", 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부 박사학위논문, 2006.2