

RSSI 측정값의 회귀분석을 이용한 무선센서노드의 위치관리

최준영 · 김현중 · 양현호

군산대학교

Wireless Sensor Node Location Management By Regression Analysis of RSSI

Jun-Young Choi · Hyun-Joong Kim · Hyun-Ho Yang

Kunsan National University

E-mail : powercgy@kunsan.ac.kr, juliri@hanmail.net, hhyang@kunsan.ac.kr

요 약

WSN(Wireless Sensor Network)의 기술 요소 중의 하나는 센서노드의 위치에 관한 정보를 추적하고 관리하는 것으로 GPS, 초음파, RSSI 등을 이용하는 방법이 대표적이다. 본고¹⁾에서는 RSSI에 기반의 무선 센서 노드 위치 측정 방법의 정확도를 향상시키기 위하여 사하기 위하여 무선센서노드의 위치를 판정하기 위하여 전파수신강도(RSSI)의 측정값의 정확도를 향상하기 위하여 회귀분석을 이용하는 방법에 대해 고찰하였다. 또한 Friis 공식을 이용 송신기와 수신기 사이에서의 전파의 경로 손실과 한 위치 측정하는 기존의 방식과 RSSI 값에 기반하여 회귀분석을 이용한 위치 측정 방식을 비교 분석한 결과 회귀분석을 이용한 방식이 RSSI를 이용하여 거리를 측정하는 측면에서 좀 더 향상된 정확도를 나타내었다.

ABSTRACT

One of the key technical elements of wireless sensor network (WSN) is location management of sensor nodes. Typical node location management methods use GPS, ultrasonic sensors or RSSI. In this paper we propose a new location management method which adopts regression analysis of RSSI measurement to improve the accuracy of sensor node position estimation. We also evaluated the performance of proposed method by comparing the experimental results with existing scheme. According to the results, our proposed method showed better accuracy than existing location management scheme using RSSI and Friis' equation.

키워드

RSSI, Location management, Triangulation, Friis Equation, Regression analysis

1. 서 론

최근 들어 우리나라 정부에서 추진 중인 신성장 동력산업이나 홈 네트워크, 텔레매틱스 등의 IT 산업분야를 비롯하여 물류, 유통, 환경, 교통 등 산업 전반에 RFID(Radio Frequency Identification) 및 유비쿼터스 센서 네트워크의 응용이 가시화 되고 있다. 유비쿼터스 센서 네트워크에서 위치 측정 기술은 이러한 새로운 유비쿼터스 기술 응용 산업의 중요한 핵심 기반 기술이다.[1]

사용자의 위치 정보를 획득할 수 있는 대표적인

시스템으로는 GPS(Global Positioning System)[2]와 이동통신망을 이용한 위치 측정 시스템을 들 수 있다. 이 외에도 적외선을 이용하는 AT&T사의 액티브 배지[3]와 초음파를 이용하는 캠브리지 대학의 액티브 배트 및 MIT의 크리켓 시스템[4], 전파 신호의 전달 지연 혹은 세기를 측정하는 마이크로소프트사의 RADAR[5], 입체 영상을 이용하는 EasyLiving 프로젝트[6]와 Pinpoint 사의 3D-iD 시스템, RF-ID 혹은 UWB를 이용한 위치 측정 시스템 등이 있다.

그 중 RSS(Received Signal Strength) 기반 위치인식은 별도의 장치 없이 RF의 세기만으로 위치를 인식할 수 있는 방법으로 실내의 모두에서 사용 가능하고 구조가 단순하여 전력소모가 적으며 오차 범위도 적절하다. RSS 기반의 위치인식

1) 본 연구는 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

에는 크게 2가지 방식이 가능한데 하나는 여러 곳에 적절히 고정 배치된 노드가 신호를 발신하고 이를 이동노드가 수신, 자신의 위치를 계산하여 전송하는 방식이고 다른 하나는 이동 중인 노드가 신호를 발신하고 고정된 노드가 신호를 수신, 위치를 계산하는 방식이다.[7]

본고에서는 전파수신강도(RSSI)에 기반한 캠퍼스 차량 위치관리를 위한 방안을 모색하기 위해서 전파의 경로 손실을 이용하여 거리를 측정하고 그에 대한 회귀분석을 하여 거리를 유추하는 방식과 전파수신강도(RSSI)와 거리에 대한 회귀분석을 하여 거리를 유추하는 두 가지 방식의 비교, 분석을 통해 보다 정확한 위치 측정이 가능하게 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 RSSI를 이용한 위치 측정 방식과 관련된 연구와 종의 측정 오차의 보정방식에 대해 기술하고, 3장에서는 본고에서 제안하는 측정오차 보정방식을 기술하였으며 4장에서는 제안된 실험 환경과 장비를 설명하고 위치 측정 실험을 하여 얻은 결과를 분석하며 5장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 계획을 기술한다.

2. 기존의 연구

2.1 RSSI를 이용한 거리 측정

RSSI를 이용한 거리 측정은 송신기와 수신기 사이에서 전파의 경로 손실을 이용하여 거리를 측정하는 것이다. 수신 신호 세기를 이용하는 경우 이동 개체로부터 기준점 사이의 거리는 식 (1)의 Friis의 공식을 통해 구할 수 있다.

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) [dB] \quad (1)$$

식 (1)의 Friis의 공식은 자유 공간에서의 경로 손실을 구하는 것이므로, 실제 실험에서는 상당한 오차를 발생시킨다. 이로 인해 3절에 나오는 오차 보정이 필요하다. 여기서 λ 는 전파의 파장을 나타내며 거리 d 와 동일한 단위를 사용한다. 식 (1)을 두 지점 사이의 거리 d 에 대해 나타내면 식 (2)와 같이 된다.

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \times 10^{\frac{L}{20}} = \frac{c}{4\pi f} \times 10^{\frac{L}{20}} \quad (2)$$

여기서 c 는 전파속도이며 f 는 주파수를 나타낸다. 또한 L 은 송신기와 수신기 사이의 경로 손실로써 송신기의 송신전력과 수신기의 수신 전력의 차이를 통해 얻을 수 있다.

2.2 삼각측량법을 이용한 위치 측정

삼각측량법은 간단한 기하학적인 방법으로 2차원 평면상에서 이동하는 개체의 실시간 위치를

추정하는데 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 2차원 평면상(이하 2차원 평면만을 가정한다.)에서 이동하는 개체의 실시간 위치를 추정하기 위해서는 최소 3개 이상의 기준점이 필요하다. 예를 들어 3개의 기준점이 있고 각각의 좌표를 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) 라 하자. 이동하는 개체를 M 으로 나타내고, 현재의 위치가 (x, y) 라고 하자. 또한, 이동 개체 M 으로부터 세 개의 기준점까지의 거리를 d_1, d_2, d_3 라고 하자.

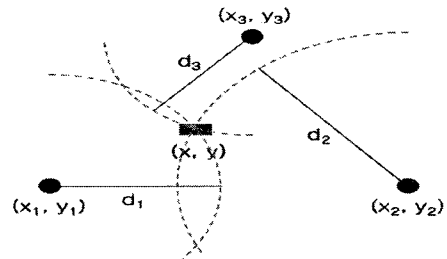


그림 1. 삼각측량법

이동 개체 M 으로부터 각 기준점 사이의 거리는 피타고라스 정리에 의해 식(3), (4), (5)와 같이 간단히 계산될 수 있다.

$$d_1 = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} \quad (3)$$

$$d_2 = \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2} \quad (4)$$

$$d_3 = \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2} \quad (5)$$

여기서 d_1, d_2, d_3 의 값은 2.1절에서의 송신기와 수신기 사이에서 전파의 경로 손실을 이용하여 얻은 거리이다. 그리고 3개의 기준점은 이미 위치를 알고 있다고 가정한다.

2.3 측정오차의 보정

오차를 발생시키는 여러 가지 원인 중에는 측정 조건이나 환경의 변화 등으로 생기는 Systematic error, 센서에서 나타나는 열잡음이나 물리적인 event에 의해 생성된 음향잡음 등에 의해 발생하는 Random error, 인간의 실수나 측정 절차상의 선천적인 결함으로 인해 나타나는 Gross error 등 다양한 오차의 원인들이 있다. 이러한 오차를 줄이는 보정 방식으로는 Tree-sigma limit 보다 더 큰 오차를 가지면 error로 간주하고 측정을 받아들이지 않는 Three-sigma 기준, 측정의 평균값으로부터 가장 작은 측정과 가장 큰 측정의 편차를 계산하고 비교하여 정해진 기준에 해당하지 않으면 측정을 받아들이지 않는 Grubbs가 제안한 규칙, 측정의 평균과 표준 편차 통해 표준에서 벗어난 결과를 얻을 확률과 측정의 수를 구하여 계산된 값이 어느 기준에 도달하지 못하면 측정을 거절하는

Chauvenet의 기준 등이 있다.[9]

3. 회귀식을 이용한 RSSI 보정

본고에서 제안하는 회귀분석이란 통계학에서 관찰된 연속형 변수들에 대해 독립변수와 종속변수 사이의 인과관계에 따른 수학적 모델인 선형적 관계식을 구하여 어떤 독립변수가 주어졌을 때 이에 따른 종속변수를 예측한다.[10]

즉, RSSI라는 독립변수가 주어졌을 때 이에 따른 종속변수인 거리를 예측할 수 있게 하는 것이다. 그로 인해 먼 거리일수록 RSSI의 오차가 커지는 것을 회귀분석을 통한 거리 예측을 통해 보정할 수 있다.

회귀식을 구하기 위해 그림 2와 같이 4개의 고정노드와 1개의 이동노드, 그리고 1개의 싱크노드로 실험을 구성하였다. 0 ~ 10m 사이의 거리를 50cm의 간격으로 RSSI 값의 측정이 이루어지고 각 노드별로 RSSI 값을 측정한다.

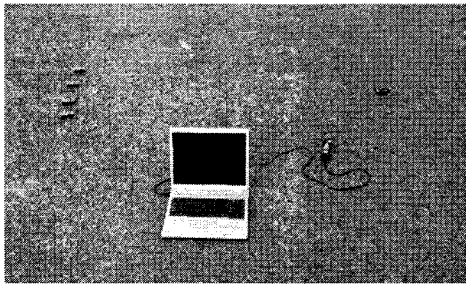


그림 2. 실험환경

이렇게 측정된 RSSI 값은 다음의 절차에 따라 회귀식으로 표현할 수 있다.

- 1단계 : 노드별(1~4번 노드)로 측정된 RSSI 값과 실제 거리와의 관계를 Microsoft Office Excel 프로그램을 통해 그래프로 표현한다.
- 2단계 : 그래프를 이용하여 추세선을 생성한다.
- 3단계 : 추세선을 통해 구해진 회귀식을 이용해 모든 RSSI 값에 대한 거리를 예측해 낸다.

회귀식은 $y = ax^2 + bx + c$ 의 형식을 갖는데 x 는 RSSI 값을 나타내고 y 는 그에 따른 거리를 나타낸다. 각 노드별 회귀식은 표 1과 같다.

표 1. 노드별 회귀식

	a	b	c
1번 노드	0.0007	-0.4045	53.362
2번 노드	0.0021	-0.9264	100.01
3번 노드	0.0035	-1.4051	143.2
4번 노드	0.0039	-1.6087	166.21

그림 3은 1~4번 노드 중 2번 노드의 회귀선을 나타낸 것이다.

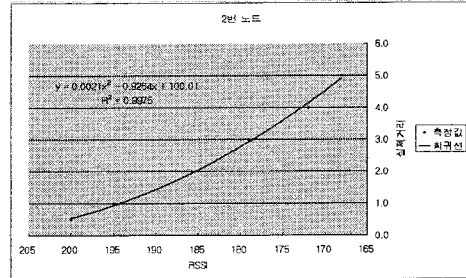


그림 3. RSSI와 실제 거리의 회귀분석

4. 거리 측정 실험

4.1 실험 개요

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 표준을 지원할 수 있는 CC2420 칩을 장착하고 2.4 GHz의 Zigbee 표준을 지원하며 TinyOs에 의하여 동작되는 상용 센서노드를 대상으로 실험을 한다.[8]

본고에서는 두 가지 다른 방식의 회귀분석을 통해 이를 비교 분석하였다.

첫 번째 방식은 기존에 연구되었던 Friis 공식을 이용한 거리와 RSSI의 관계를 이용한 회귀분석이다. 회귀분석을 구하는 과정은 다음과 같다.

실험을 통해 RSSI 값을 측정된 후 측정된 값은 식(1)에 의해 거리로 환산되고 이렇게 환산된 거리는 RSSI와의 관계를 Microsoft Office Excel 프로그램을 통해 그래프로 표현하며 이를 이용하여 추세선을 생성한다. 이렇게 구해진 회귀식을 이용하여 모든 RSSI값에 따른 Friis 공식을 이용한 거리를 예측할 수 있다. (그림 4 참조)

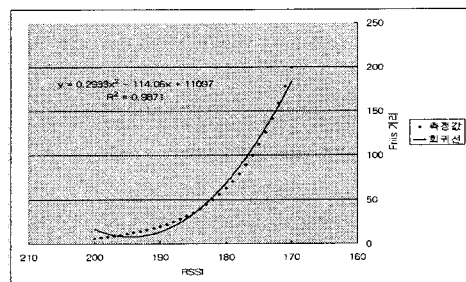


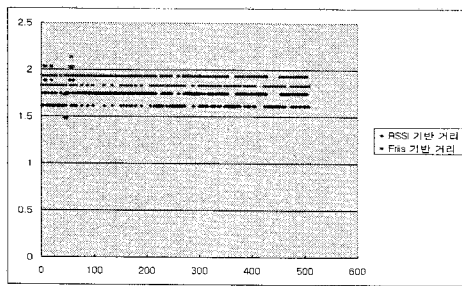
그림 4. RSSI와 Friis 공식을 통한 거리와의 관계

두 번째 방식은 3장에서 제시한 RSSI 보정을 위한 회귀분석이다. 각각의 노드별로 회귀분석을 함으로써 노드별 편차를 보완하여 거리별 오차를 줄이고자 하였다.

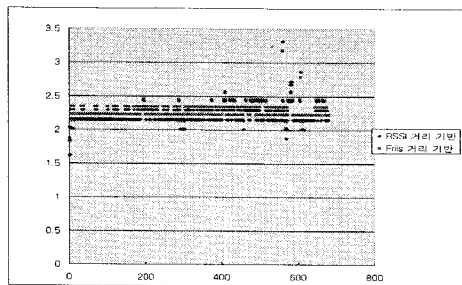
4.2 거리 측정 결과

실외에서의 거리 측정은 5m까지 1m 단위로 거리를 측정하였다. 그림 5는 각 실험의 결과 그

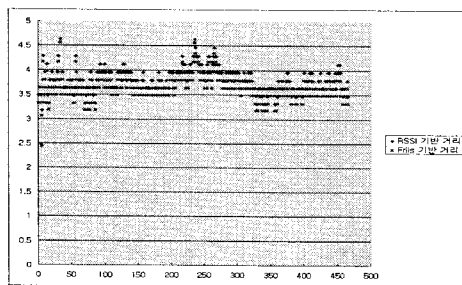
래프이다. 그래프에서 보는 바와 같이 (a)의 경우 1.5m 측정에서 Friis 기반으로 한 거리의 평균은 1.89m, 회귀분석을 이용한 RSSI 기반의 거리 평균은 1.70m로 측정되었으며 (b)의 2m의 경우 Friis의 평균은 2.27m, RSSI의 평균은 2.15m로 측정되었다. 또한 (c)의 4m의 경우는 Friis의 평균이 3.62m, RSSI의 평균이 3.77m이다. 이렇듯 RSSI를 기반으로 하여 회귀분석을 이용한 거리 측정 방식이 Friis 공식을 기반으로 하여 회귀분석을 이용한 거리 측정 방식에 대해 보다 나은 정확도를 보였다. 실험시 5m이상의 거리에서는 RSSI의 오차가 발생하였는데 RSSI를 이용한 거리 측정 특성상 오차가 많이 발생하면 거리측정에 매우 큰 변동을 가져오므로 5m 이하의 측정만을 실시하였다.



(a) 1.5m



(b) 2m



(c) 4m

그림 5. 거리 측정 결과 비교

5. 결 론

본고에서는 RSSI와 실제 거리의 회귀분석을 이용한 거리 측정 시스템을 설계 구현하였다. 실험을 통해 기존의 Friis 공식을 통한 거리 측정보다 향상된 정확도를 나타내는 것을 확인하였다. 하지만 그 측정 거리가 5m 이하로 제한되어 매우 짧은 거리에 해당하며 향후 이를 극복할 수 있는 연구를 진행할 계획이다.

또한 향후 본 논문의 거리 측정 시스템을 이용과 삼각측량법을 이용하여 실시간 위치 측정을 할 수 있는 시스템을 연구할 것이며 그에 적합한 응용프로그램도 함께 개발할 것이다.

참고문헌

- [1] 박종태 외 3명, "유비쿼터스 센서 네트워크에서 위치 측정 기술", 전자공학회지 제 32권 제 7호, 2005년 7월
- [2] Hada. Y, Takase. K, "Multiple mobile robot navigation using the indoor global positioning system (iGPS)," IEEE/RSJ International Conference, pp.1005~1010 vol.2, 29 Oct-3 Nov. 2001
- [3] J. Krumm, L. Willicams, G. Smith, "SmartMoveX on a Graph-An Inexpensive Active Badge Tracker," Technical Report MSR-TR-2002-70, Microsoft Research, June 2002.
- [4] Hari Balakrishnan and etc, "Lessons from Developing and Deploying the Cricket Indoor Location System," November 7. 2003,
- [5] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system," In Proc. IEEE INFOCOM, Tel-Aviv, Israel, pp.775-784, March 2000
- [6] J. Krumm et al, "Multi-Camera Multi-Person Tracking for EasyLiving," Third IEEE International Workshop on Visual Surveillance, pp.3-10, Jul. 1, 2000
- [7] 소선섭 외 1명, "ZigBee 태그기반 아파트 위치인식시스템 설계 및 구현", 전자공학회 논문지, 제 44권 TC편 제10호, 2007년 10월
- [8] ZigbeX를 이용한 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템, (주)한백전자 기술연구소 지음, 2006년 5월
- [9] Chongming Zhang, Xi Zhou, Chuanshan Gao, Chunmei Wang, "On Improving the Precision of Localization with Gross Error Removal," The 28th International Conference on Distributed Computing System Workshops, pp.144~149, 2008 IEEE
- [10] 김정석, "회귀분석 : 기초와 응용", 한국사회학 제 35집 2호, pp.237~244, 2001년