
RSSI 기반 센서 노드 위치 관리 기법을 적용한 캠퍼스 차량 관리 시스템 구현

김현중* · 양현호**

Implementation of Mobile Node Monitoring System for Campus Vehicle Management

Hyun-Joong Kim* · Hyun-Ho Yang**

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로
수행되었음(NIPA-2010-(C1090-1021-0009))

요 약

이제까지 제안된 캠퍼스 내 차량 관리 시스템은 단순한 차량의 출입만을 관리하기 위한 시스템이며 주차권을 발급하거나 CCTV를 이용한 차량 식별, 또는 간단히 차량에 부착된 RFID 태그를 인식하여 차단기의 계폐를 통제하는 시스템이 대표적이다. 이 시스템들은 차량의 출입만 통제할 뿐 차량의 위치를 파악하여 주차관리에 적용할 수 없는 어려움이 있다. 본 논문에서는 센서노드를 이동차량에 부착해 WSN의 위치추적기술의 하나인 센서노드에서 발신되는 수신신호세기를 이용한 방법을 통하여 수신 신호 세기(RSSI : Received Signal Strength Indication) 정보의 데이터베이스를 구축해 차량과의 거리계산과 위치까지 추적할 수 있는 응용프로그램을 구현함으로써 캠퍼스 내 차량의 위치 파악과 주차관리 등에 있어 보다 효율적인 방법을 제시하였다.

ABSTRACT

Most of campus vehicle management systems, so far, simply manages coming in or go out of vehicles, issuing a parking tickets. Recently some of them use RFID tags to count total numbers of cars in the campus, excluding exact parking position management. In this paper we propose a new campus vehicle management system using wireless sensor network location management scheme. This system adopts RSSI based location management method with some performance improvement technique. According to the experimental result, this proposed scheme can be used to implement an effective campus vehicle management system.

키워드

RSSI, 위치관리, 삼각측량, Friis 공식, 회귀분석

Key word

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

* 군산대학교 정보통신공학과

** 군산대학교 정보통신공학과 (교신저자)

접수일자 : 2009. 08. 20

심사완료일자 : 2009. 09. 01

I. 서 론

최근 저전력으로 동작하는 프로세서와 메모리 그리고 무선 송수신 칩을 장착한 초소형의 센서 노드의 사용이 활발해지고 있다. 센서 네트워크 기술은 생태 혹은 환경 모니터링, 건축물의 이상 징후 감지, 사물의 위치 추적과 같은 분야에 응용할 수 있다. 이와 같은 응용의 구현 시 중요하게 고려되어야 할 부분이 각 노드의 위치를 판단하는 위치 측정 기술이다.[1]

센서 노드를 이용한 위치 측정 기술에는 적외선, 초음파, RFID, UWB, RSSI, 카메라 센서를 이용한 방법 등 다양한 기술이 있다.[2]

그중 센서 노드의 수신 신호 세기 RSS (Received Signal Strength)를 이용한 위치 측정 기술은 위치를 측정하고자 하는 센서에서 보내지는 송신 신호의 감쇄 정도를 주변의 센서들이 수측정하여 이를 토대로 거리를 계산하는 것이다. RSS를 이용하는 방법의 경우 거리 측정 및 위치관리를 위하여 별도의 장치가 필요하지 않다는 장점이 있지만 무선의 특성상 주변 환경의 영향에 따라서 변화가 심하기 때문에 응용시스템에 적용하기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결하는 방안으로 오차를 보정하여 정확도를 높이는 방안에 대한 연구가 이루어지고 있다. [1][3][4][5]

본고에서는 거리 값의 변화에 따른 RSSI 측정치들을 통계적인 방법을 이용하여 보정하고 이를 이용하여 노드의 위치를 측정함으로써 정확한 주차 위치를 알아낼 수 있는 방법 및 이를 이용한 응용시스템을 제안하였다.

본고의 2장에서는 위치 측정 방법 및 캠퍼스 주차관리 시스템에 관한 선행 연구 및 RSSI 기반 센서노드 위치관리 방법을 고찰을 하였고 3장에서는 개발 응용프로그램의 개발환경과 응용프로그램에 적용된 위치결정방법, 기능 및 구조에 대해 기술하였다. 4장에서는 응용프로그램의 구현과 실험에 따른 성능을 기술하였으며 5장에서는 결론과 향후 발전 방향에 대해 기술하였다.

II. 선행 연구 고찰

2.1 위치 측정 방법

센서 네트워크 환경에서의 위치 인식 기술은 이미 알고 있는 위치에서부터의 거리나 각도와 같은 정보를 이용하여 상대 위치를 추정, 이를 통해 노드들의 위치를 계산하는 기술이다.[1]

센서 네트워크에서 위치 측정하는 일반적인 방법은 RSSI, 초음파, 빛 등을 이용하는 것이다. 이 중 RSSI를 이용하는 방법은 위치를 측정하고자 하는 센서노드에서 보내지는 송신 신호를 주변의 고정된 센서노드들이 수신할 때 발생하는 신호의 감쇄 정도를 RSSI값으로 측정하고 이를 거리값으로 변환하는 것이다. 초음파를 이용한 위치 측정 방식은 거리에 따른 초음파의 속도차를 이용하는 것으로 초음파의 전파 거리가 비교적 짧고 전파 각도도 좁지만 다른 측정 방식에 비해서 짧은 거리에 대한 거리 측정이 정확해서 주로 실내 위치인식 방식에 적용되고 있다. 빛을 이용한 기법[6]은 정확도가 높고 시스템의 부하는 낮다는 장점이 있으나 가시거리(Line of Sight, LOS)를 보장하여야 하며 지형의 굴곡과 고도에 따라 동일한 반경을 가지는 광원을 만들어 내기가 어렵다는 단점이 있다.[1]

2.2 캠퍼스 주차 관리 시스템

캠퍼스 내 주차 관리에 있어서 가장 기초적이며 보편화된 방법은 출입구에 차단기와 함께 주차권 발급기를 설치하여 주차권을 뽑을시 차단기가 열리도록 하여 캠퍼스 내 차량의 출입 대수를 계수하는 것이다. 다른 방법은 리모컨 입력기를 사용하는 것으로 인식범위 내에서 리모컨을 누르면 리모컨의 고유번호를 읽어 주차 제어기로 데이터를 전송하는 방법이다. 또 다른 방법은 차량통과 감지 센서를 이용한 방법으로 일정 고주파 신호를 이용하여 자동차 통과시에 발생하는 임피던스의 변화를 감지기로 검출하고 이를 정류 증폭하여 차량의 통과 유무를 판독하는 방법이다. 이러한 시스템들은 사전 정산 무인 요금 시스템 및 자동차단기 등과 연동하여 출차 정보 제공과 차단기를 개폐하는 등의 동작을 한다.

2.3 RSSI 기반 센서노드 위치관리

본고에서는 센서노드의 위치 관리를 위하여 RSSI의 회귀분석을 이용한 거리 측정 및 위치관리 방식을 적용하였다. 이 방식은 RSSI를 이용한 거리 측정 방식의 하나로서 거리의 변화에 따른 신호의 세기를 측정하고 데이터베이스를 구축한 후 이를 이용하여 거리-신호세기 환산표를 만든다. 거리-신호세기 환산표를 작성하기 위하여 회귀분석을 사용하는데 회귀모형이 적합하지 확인하기 위해 결정계수 R2을 사용한다. 이는 회귀모형의 독립변수가 종속변수 변동의 몇%를 설명하고 있는지를 나타내는 지표로 1에 가까울수록 정확도가 높다. 이때 정확도는 샘플이 많을수록 높아진다. 본고에서는 3개의 센서노드를 사용하였고 노드별로 50cm당 50개의 RSSI를 획득하여 평균값을 사용하였으며 회귀분석의 정확도는 평균 0.9858 이다. RSSI 측정은 옥외 주차장에서 이루어졌으며 그림1은 측정 결과 이고 식(1)은 회귀분석을 통해 나온 회귀식이다.

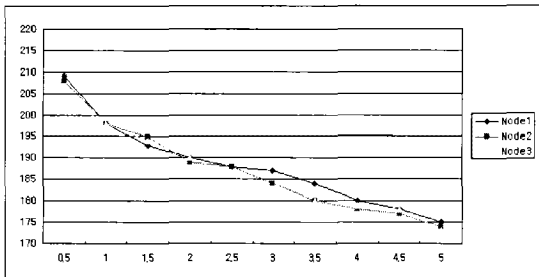


그림 1. 거리에 따른 RSSI
Fig. 1. RSSI vs. Distance

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 0.0032x^2 - 1.3444x + 141.55 \\
 d_2 &= 0.0033x^2 - 1.3871x + 145.01 \\
 d_3 &= 0.0037x^2 - 1.5324x + 158.00
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

노드별 거리 값을 구하면 삼변측량법을 이용하여 위치를 결정할 수 있다. 삼변측량법은 2차원 평면상에서 이동하는 개체의 위치를 추정하는데 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 위치를 추정하기 위해서는 최소 3개 이상의 기준점이 필요하다. 그림2에서 보이는 것처럼 각 센서 노드의 좌표를 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) 라 하고, 이동

노드의 좌표를 (x,y) 라고 한다. 그리고 이동 노드로부터 각 센서노드까지의 거리를 d_1, d_2, d_3 라 할 때, 이동노드로부터 각 기준 노드 사이의 거리는 식(2)와 같이 피타고라스 정리에 의해 계산될 수 있다.[7]

$$\begin{aligned}
 d_1^2 &= (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \\
 d_2^2 &= (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \\
 d_3^2 &= (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

식(1)에서 d_1, d_2, d_3 를 구한 후 식(2)에 대입하여 계산하면 이동노드의 x,y 값을 구할 수 있다.

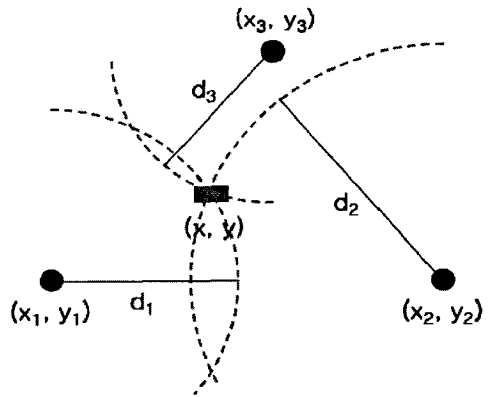


그림 2. 4개의 센서노드 좌표
Fig. 2. Coordinates of 4 Sensor Nodes

III. 차량관리 응용프로그램 개발

3.1 개발환경

센서노드와 컴퓨터 사이의 통신은 RS-232C 기반 시리얼 통신을 한다. 시리얼통신은 외부기기와의 인터페이스 중 가장 기초적인 접근 방법으로 계측장비, PLC설비, 센서류 등 각종 외부기기와의 통신을 가능하게 해주는 방법이다. 응용프로그램 개발환경은 Microsoft사의 Visual Basic 6.0을 사용하였다. Visual Basic은 GUI(Graphic User Interface)환경으로 프로그래밍 작업을 수행할 수 있도록 제공함으로써 초보자들도 쉽게 사용

할 수 있고, 시리얼 통신을 가능하게 해주는 컨트롤을 제공함으로써 응용프로그램을 구현하는데 있어 최적의 환경을 제공하였다.

3.2 제안 시스템의 구성 및 동작 절차

개발 응용프로그램은 기본적으로 시리얼 통신 프로그램이며, 통신포트와 Output 경로 설정을 할 수 있고, 표시화면에는 전체적인 메시지 값, 노드별 RSSI와 거리 값, 이동노드의 좌표 값을 표시한다. 응용프로그램의 흐름은 다음과 같다. 우선 네 개의 센서 노드들이 이동노드로부터 메시지 값을 받아 컴퓨터에 연결된 싱크노드에 게 전달한다. 응용프로그램은 싱크노드로부터 전달된 메시지 값을 출력한다. 그림3에 나타낸 메시지 값은 총 44바이트로 그중 Data 패킷의 RSSI만 추출한다. 추출한 RSSI를 이용하여 코딩된 식(1)과 식(2)에 의해 거리 값과 위치를 계산하여 출력한다. 그림4는 응용프로그램의 전체적인 흐름을 나타내었다.

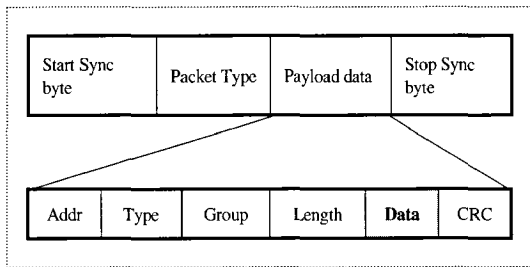


그림3. 메시지 형식
Fig. 3. Message Format

3.2.1 제안 시스템의 구성

본고에서 제안하는 시스템은 이동노드, 고정노드, 싱크노드와 응용프로그램이 동작되는 PC로 구성된다. 각 구성요소에 대한 설명은 다음과 같다.

- i) 이동노드 : 위치를 알고자 하는 대상이 되는 이동 가능한 무선 센서 노드.
- ii) 고정노드 : 이동노드의 위치를 계산하는데 사용되는 고정된 무선 센서노드이다. 이동노드와의 상대적 거리를 측정하기 위하여 이동노드로부터 수신되는 무선 전력의 세기(RSSI)를 싱크노드로 전송한다.

- iii) 싱크노드 : 고정노드의 한 가지 형태로 다른 고정노드로부터 전송되는 이동노드의 RSSI를 수집하여 PC로 전송한다.
- iv) PC : 싱크노드와 접속된 컴퓨터로 응용프로그램이 이 컴퓨터에서 실행된다.
- v) 응용프로그램 : 각 이동노드의 위치를 계산하고 이를 표시하는 기능을 담당하는 응용 프로그램.

3.2.2 제안 시스템의 동작 절차

본고에서 제안하는 시스템의 흐름은 그림4에 보였으며 각 단계별 구체적 처리 절차는 다음과 같다.

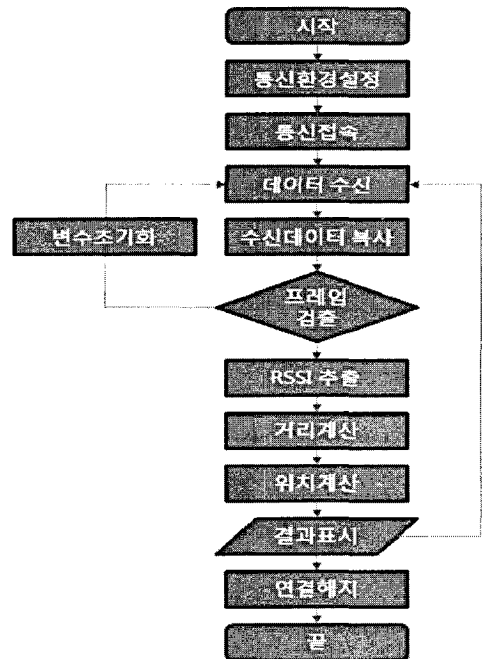


그림4. 응용프로그램 흐름도
Fig. 4. Application Program Flow Chart

- i) 통신환경설정 : 위치를 측정하고자 하는 무선 센서노드로부터 수신된 RSSI 값을 수집한 싱크(Sink)노드가 PC와 직렬 통신을 하기 위한 포트 번호 및 수신 데이터가 저장될 파일 경로를 지정한다.
- ii) 통신 접속 : 싱크노드와 PC가 서로 통신할 수 있는 상태로 만듦
- iii) 데이터 수신 : 싱크노드로부터 데이터를 수신함

- iv) 수신데이터 복사 : PC의 통신버퍼에 44바이트의 통신 패킷이 수신되면 이를 응용프로그램이 다른 기억장소에 복사함
- v) 프레임 검출 : 수신된 44바이트 데이터의 시작과 끝 바이트를 검사하여 데이터 프레임 전체의 수신 여부를 판정함
- vi) RSSI 추출 : 수신된 프레임 구조로부터 RSSI값이 기록된 필드를 찾아 그 값을 읽어냄
- vii) 거리계산 : 회귀식을 이용하여 싱크노드와 위치를 측정하고자 하는 노드간의 거리 계산(각 고정노드에 대하여 반복)
- viii) 위치계산 : vii)에서 측정된 고정노드와 이동노드간의 거리값과 삼변측량법을 이동노드의 위치를 계산함
- ix) 결과 표시 : 계산된 이동노드의 위치를 도형, 문자 또는 두가지 형태 모두로 표시함
- x) 연결 해지 : 싱크노드와 PC사이의 통신 연결을 해지함

IV. 실험 성능평가

4.1 실험환경

응용프로그램이 적용될 환경은 캠퍼스 내 주차장이다. 보통 차한대가 주차될 공간은 가로세로 2.5m, 5m이며 구현환경은 자동차 두 대가 주차될 정도의 공간인 가로세로 5m를 기준으로 했다. 그림5와 같이 실험은 환경에 맞게 옥외 주차장에서 이루어졌으며 이동노드는 실험 범위 안에서 임의 적으로 3곳을 선정하여 각각에 대해 30개씩의 측정치를 획득하여 좌표 값을 구하였다.

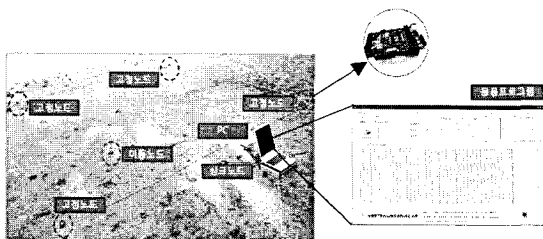


그림5. 실험환경
Fig. 5. Experiment Setup

그림6은 실험에 사용한 응용 프로그램이다.

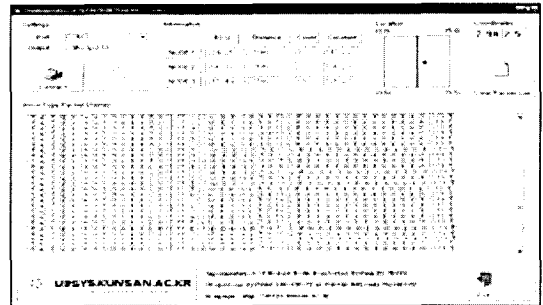


그림6. 응용프로그램 실행화면
Fig. 6. Screen View of Application Program

4.2 성능평가

실험결과는 실제 이동노드 (1,1) (2,2) (4,4)의 좌표에 대해서 그림7에서 보는 것과 같이 나타났다. 오차 범위는 x 좌표 $\pm 50\text{cm}$, y좌표 $\pm 1\text{m}$ 정도의 안에 이동노드가 있어야 차량의 위치식별이 가능하다 생각하여 계산한 결과 각각의 좌표에 따른 36%, 62%, 80%의 정확도를 보였다.

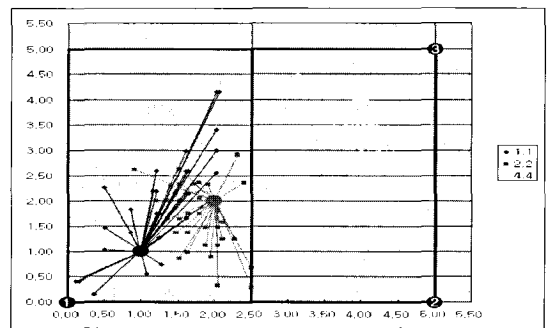


그림7. 실험결과
Fig. 7. Evaluation Test Result

V. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 캠퍼스 내 차량관리를 위해서 차량이 주차면에 있을 경우 차량의 위치 결정을 할 수 있는 모니터링 응용프로그램을 구현하였다. 실험결과 주차면에

대해서 차량의 식별이 신뢰성이 있는 것으로 확인되었다. RSSI를 이용한 위치 결정 방법은 고정노드와 이동노드 사이의 주변 환경에 따라 오차가 클 수 있다. 하지만 RSSI의 획득에 있어 누적평균을 이용하고 회귀식 정확도를 높이거나 RSSI의 보정 알고리즘을 프로그램에 적용할 경우 오차가 많이 줄어들 수 있다. 앞으로 RSSI의 오차를 줄이기 위한 방법을 더욱 보강하고 응용프로그램상의 좌표 표시만이 아니라 실제 주차장 환경을 적용하여 보다 효율적인 캠퍼스 내 주차 관리 응용프로그램에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 이지영외 3명, “유비쿼터스 환경에서의 위치인식 기술”, 2006년도 한국인터넷정보학회지 제7권 제2호 pp.30-37
- [2] 김보미외 2명, “유비쿼터스 센서 네트워크의 위치 탐지 기술 및 동향”, 2007년도 주간기술동향 통권 1291호
- [3] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan. The Cricket Location Support System. In 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom 00), August 2000.
- [4] A. Smith, H. Balakrishnan, and M. Goraczko. Tracking Moving Devices with the Cricket Location System. In 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications and Services (Mobisys 2004), June 2004
- [5] R. Stoleru, T. He, J. A. Stankovic and D. Luebke, “High Accuracy, Low Cost Localization System for Wireless Sensor Networks”, 3rd ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys) 2005
- [6] M. Kushwaha, K. Molnar, J. Sallai, P. Volgyesi, M. Maroti and A. Ledeczi, “Sensor Node Localization Using Mobile Acoustic Beacons”, Mass, 2005.
- [7] <http://hakyongkim.net/RTLS/triangulation.pdf>

저자소개

김현중(Hyun-Joong KIM)



2009년 군산대학교
전자정보공학부(공학사)
2009년 ~ 현재 군산대학교
정보통신공과
(공학석사과정)

※관심분야: 무선 센서 네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅

양현호(Hyun-ho Yang)



1986년 광운대학교 전자공학과
(공학사)
1990년 광운대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)

2003년 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학박사)
1989년 ~ 1990년 삼성 SDS 주식회사
1991년 ~ 1997년 포스데이타 주식회사
1997년 ~ 2005년 순천청암대학
2005년 ~ 현재 군산대학교 정보통신공학과
※관심분야: 무선 데이터통신, Ad Hoc 네트워크, 무선
센서망