

센서네트워크에서 센서노드들 사이의 거리측정 시스템

조영태*, 박충명*, 김용곤**, 김 윤*, 정인범***

강원대학교 컴퓨터정보통신공학과*
대상엔지니어링**

email: ytjoe@snslab.kangwon.ac.kr

Distance Measurement System Between Sensor in the Wireless Sensor Network

YoungTae Jo*, ChongMyung Park*, YongGon Kim**, Yoon Kim*, InBum Jung***

Dept. of Computer, Information and Telecommunication Engineering, Kangwon
National University*
DAESANG Engineering Co., Ltd**

요 약

센서 네트워크는 환경 정보를 이용하여 재난방제, 스마트홈, 환경감시 등의 다양한 서비스를 제공할 수 있으며, 특히 위치인식 기반 서비스에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 위치인식을 하기 위해 기본적으로 가장 중요한 기술은 센서와 사물 사이의 거리를 측정하는 것이다. 초음파와 RSSI, GPS 등 위치인식을 위해 거리를 측정하는 방식은 여러 가지가 있다. 본 논문에서는 소리와 RF신호를 이용하여 거리를 측정하는 시스템을 구현하고 평가한다.

1. 서론

센서를 기반으로 무선망을 형성하는 센서 네트워크는 여러 정보를 취합하고 제어하여 새로운 가치를 창출해 낼 수 있는 기술이다. 온도와 습도, 조도, 압력, 가속도, 기울기, 가스, 적외선, 가시광선, 움직임 등 다양한 기능의 센서들로부터 유용한 정보를 얻을 수 있고 이러한 정보를 이용하여 자동차나 사물 등의 위치를 감지 할 수 있으며, 파악된 위치 정보를 통해 LBS(Location Based Service)등의 서비스를 제공할 수 있다. 위치를 인식하기 위해서는 거리를 측정하는 기술이 요구 되는데, 적외선과 초음파, RSSI(Received Signal Strength Indication), GPS(Global Positioning System), UWB(Ultra WideBand), 입체영상 등을 이

용한 거리측정 기술이 현재 활발히 연구되고 있다 [1]. 본 연구에서는 버클리 대학에서 설계하고 Crossbow사에서 판매하고 있는 통신모트인 MICAz의 RF(Radio Frequency)신호와 센서보드인 MTS310CA의 소리를 이용한 거리측정 시스템을 설계 및 구현하였다[2]. 구현된 시스템으로 실내와 실외에서 각각 실험하여 거리를 측정하고 실제 거리와 비교 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 센서 간 거리측정 및 위치인식 기술의 동향을 살펴보고, 3장에서는 제안하는 거리측정 시스템에 대해 설명한다. 4장에서는 구현된 시스템으로 거리측정 실험을 하고 결과를 분석 하며, 5장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 계획을 기술한다.

* 본 논문은 산학협력중심대학사업에 의해 지원되었음.

***: 교신저자

2. 관련연구

홈 네트워크나 실내 환경에서 위치인식을 위하여 거리를 측정하는 시스템으로는 적외선을 이용한 AT&T의 Active Badge, 유무선 및 초음파를 사용한 AT&T의 Active Bat, 초음파와 RF신호를 사용한 MIT의 Cricket, RSSI를 이용한 Microsoft의 RADAR 등이 있다[3,4,5,6].

Active Badge는 AT&T에서 1989~1992년에 개발한 적외선을 이용한 위치인식시스템으로 일정한 영역에 적외선 센서들을 설치하고, 이동체에는 적외선 발생기를 부착한다. 적외선 센서들은 이동체에서 전송되어지는 적외선을 감지하여 거리를 측정하고 추적한다. 전체 시스템은 간단한 반면 정밀한 추적이 불가능하다는 단점이 있다[3]. 초음파와 RF를 이용한 거리측정은 RF와 초음파 사이의 속도차이를 이용하여 거리를 측정한다. RF신호와 초음파의 속도 차가 크기 때문에 현재 가장 많이 이용되고 있다. 초음파를 이용한 시스템으로는 AT&T의 Active Bat, MIT의 Cricket 등이 있고 거리측정 오차율은 10cm 이하로 측정되고 있다[4,5]. RF신호의 신호감쇠를 이용한 Microsoft사의 RADAR은 거리에 따라 달라지는 RF신호의 세기를 이용한 시스템이다. RF신호는 거리와 상관없이 주위 사물이나 환경에 영향을 많이 받는다. 노드간 거리가 가깝더라도 그 사이에 장애물이나 RF신호를 방해하는 요소가 많으면 거리가 잘못 측정되는 등 오차율이 크다[6].

3. 거리측정 시스템 설계 및 구현

3.1. 시스템개요

센서 네트워크를 구성하기 위한 다양한 센서 모드가 개발된 상태이다. 본 논문에서는 버클리 대학에서 개발한 통신 모드인 MICAz와 Telos를 사용하였고, 센서 보드로 MTS310CA를 사용하였다. 운영체제는 무선 센서 네트워크를 위한 컴포넌트 기반의 TinyOS를 사용하였다[7]. 시스템 구성은 두 개의 MICAz모드와 하나의 Telos모드 그리고 MTS310CA 보드로 이루어진다. 두 개의 MICAz모드는 각각 RF신호와 소리를 발생시키고 발생된 RF신호와 소리의 시간 차이를 이용하여 거리를 계산한다. Telos모드는 MICAz모드에서 측정된 거리를 호스트 PC로 전송해 주는 역할을 한다.

3.2. 시간측정 및 거리 계산

RF신호는 빛의 속도와 거의 같기 때문에 전송하는데 걸린 시간을 0으로 가정 하였다. 소리의 속도는 온도나 습도에 따라 약간의 차이가 있지만 20도의 온도에서 약 340m/sec 이다. 따라서 cm 단위의 거리측정을 위해서는 μ s단위의 시간계산이 필요하다. 이를 위해 TinyOS의 Systime컴포넌트를 사용하였다. Systime컴포넌트는 921KHz로 시간을 기록할 수 있어 μ s단위의 시간 측정이 가능하고, 메인 어플리케이션과 독립적으로 동작한다.

RF신호와 소리의 수신시간 차이는 미세하기 때문에 프로세서의 명령어 처리 시간도 고려해야 한다. 같은 프로그램이라도 모트마다 또는 같은 모트라도 실행시의 시스템 상태에 따라 실행시간이 다를 수 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해서 RF신호 감지와 소리 감지 사이의 명령어 처리를 최소화하여 오차를 줄여야 한다. 그러나 RF신호를 처리하는 과정은 많은 컴포넌트에 걸쳐 이루어지기 때문에 시간 측정의 오차를 줄이기 위해선 RF신호 처리 컴포넌트 중 최하단 컴포넌트에서 시간을 측정해야 한다. 이를 위해 RF신호를 감지하는 최하단 컴포넌트인 CC2420 Radio 컴포넌트에서 시간을 기록하였다. 본 논문의 실험에서는 RF신호가 감지되었을 때 발생하는 CC2420Radio의 이벤트 핸들러에 Systime 컴포넌트를 이용한 시간기록 함수를 구현하여 거리를 측정 하였다.

또한 측정된 시간의 오차율을 줄이기 위해 측정 시간의 평균값을 이용하였다. 측정된 값은 노이즈로 인해 큰 오차가 발생할 수 있다. 이러한 노이즈를 제거하기 위해 한 위치에서 거리를 10번 측정하여 최대값과 최소값을 제외한 8개의 값의 평균값을 이용하였다.



(그림 1) 하드웨어 구성도

3.3. 하드웨어구성

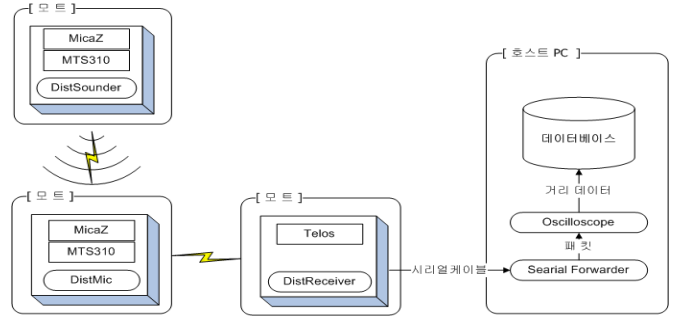
그림 1은 하드웨어 구성을 나타낸다. MICAz모트와 MITS310CA로 구성된 두 개의 노드와 하나의 Telos모트 그리고 호스트 PC로 구성된다. 노드 1에서 거리측정을 위해 소리를 발생하면 노드 2에서 그 소리와 RF신호를 감지하여 두 신호의 도착시간의 차이로 거리를 계산한 후 Telos모트로 전송한다. 거리 값을 받은 Telos모트는 시리얼 통신을 이용하여 호스트 PC로 거리 값을 전송한다.

MTS310CA에는 스피커 및 마이크와 빛, 온도, 가속도, 자기장 센서가 부착되어 있고, 이중 본 논문에서는 두 노드간 거리 측정을 위해 마이크와 스피커를 이용하였다. MTS310CA의 스피커가 4KHz 단일 주파수의 소리를 발생기 때문에 마이크는 4KHz의 소리를 감지하도록 설정하였다.

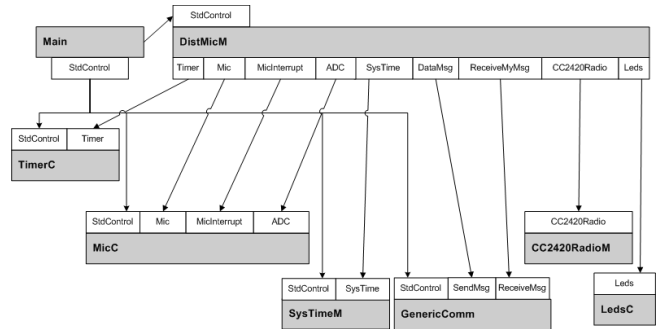
3.4. 소프트웨어구성

본 연구에서 사용한 소프트웨어는 그림 2의 소프트웨어 흐름도에서 보는 바와 같이 모트에서 동작하는 DistSounder DistMic, DistReceiver 모듈과 PC에서 동작하는 Serial Forwarder, Oscilloscope 모듈로 구성된다.

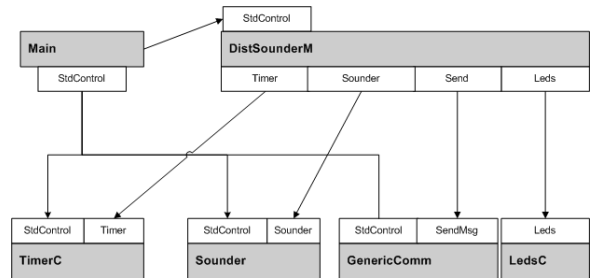
DistSounder는 RF신호와 소리를 동시에 발생시키는 기능을 가지고 DistMic는 수신된 RF신호와 소리의 시간차이로 거리를 계산한 후 거리정보를 송신하는 기능을 가진다. DistReceiver는 DistMic에서 계산된 거리정보를 수신한 후 시리얼 통신을 이용하여 호스트 PC로 송신한다. Serial Forwarder는 Dist Receiver로부터 수신된 거리값을 PC에서 동작하는 Oscilloscope로 전송하고 Oscilloscope는 거리값을 DB에 저장한 후 화면에 그래프로 출력한다. 그림 3과 그림 4는 거리를 계산하는 DistMic와 RF신호와 소리를 발생시키는 DistSounder 모듈의 컴포넌트 구조도이다. DistMic는 RF와 소리를 감지하기 위해 RF컴포넌트인 GenericComm과 마이크 컴포넌트인 MicC를 사용하였다. DistSounder는 RF신호와 소리를 발생시켜야 하기 때문에 소리를 발생시키는 Sounder 컴포넌트를 사용하였고 RF 통신을 위해 GenericComm을 사용하였다. 그리고 RF신호 수신시 시간 기록을 위하여 CC2420RadioM 컴포넌트에서 Systemtime 컴포넌트를 이용하였다.



(그림 2) 소프트웨어 흐름도



(그림 3) DistMicM 구조도



(그림 4) DistSounderM 구조도

4. 실험결과 및 분석

4.1. 실험개요

센서간 거리측정은 실외와 실내로 나누어 측정을 하였다. 실외는 건물 옥상에서 실험하였고 실내는 복도와 실험실로 나누어 측정하였다. 그림 5와 같이 MICAz모트와 MTS310CA보드로 구성된 두 개의 노드를 이용하여 거리측정을 하였고 결과는 Telos를 통해 호스트 PC로 전송 하였다.

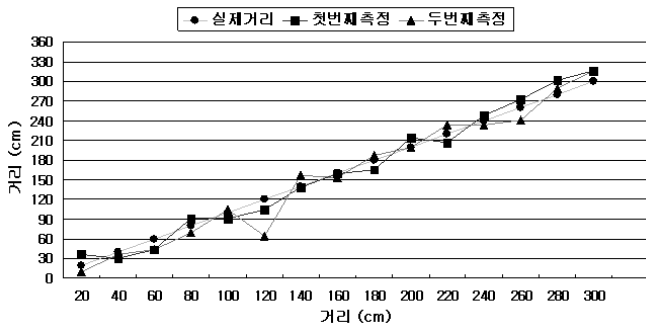


(그림 5) 실험환경

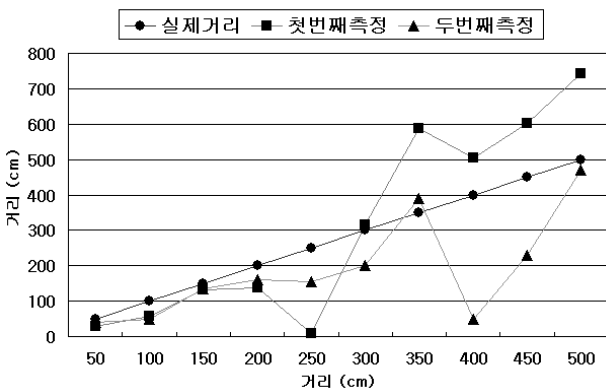
4.2. 거리측정결과

실외와 복도에서의 거리측정은 50cm 단위로 5m 까지 거리측정을 하였고 실험실에서는 20cm 단위로 3m 까지 측정하였다.

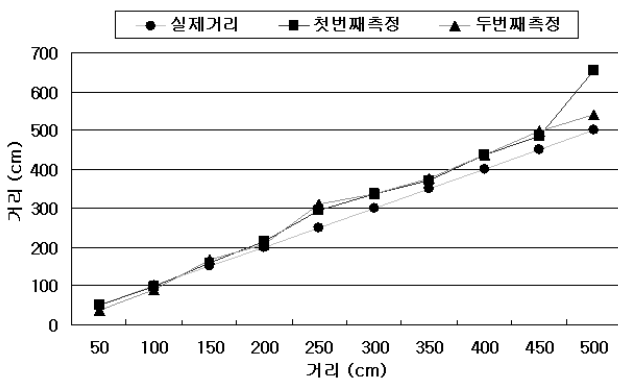
그림 6, 7, 8은 각 실험의 결과 그래프이다. 실험실에서의 오차율은 약 $\pm 15\sim 20\text{cm}$ 로 측정되었고 120cm 부분에서 노이즈로 인해 많은 오차가 발생하였다. 복도는 2m 이상 지점부터 오차율이 크게 증가하였는데 복도 특성상 소리의 울림현상으로 인해 노이즈가 발생한 것으로 판단된다. 실외의 오차율은 실험실내에 비해 큰 $\pm 10\sim 50\text{cm}$ 로 측정되었다. 실외는 실험실에 비해 바람이나 지표면의 태양 복사열등 노이즈 발생 원인이 많기 때문에 오차율이 증가된 것으로 판단된다.



(그림 6) 실험실에서 거리측정 결과



(그림 7) 복도에서 거리측정 결과



(그림 8) 실외에서 거리측정 결과

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 RF신호와 소리의 속도 차이를 이용한 거리측정 시스템을 설계 및 구현하였다. 실험을 통해 기존의 초음파를 이용한 거리측정 만큼 신뢰성 있는 거리 측정이 가능하다는 것을 확인하였다. 하지만 복도와 같은 울림현상이 있는 장소에서는 그 측정치가 매우 불안정 하여 향후 이에 관한 연구를 진행할 계획이다.

향후 본 논문의 거리 측정 시스템을 이용하여 여러 모트들 간의 위치를 탐색할 수 있는 모트 추적 기법에 관하여 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, "Location System for Ubiquitous Computing" IEEE Computer Society, Vol. 34, No. 8, pp. 57-66, August 2001.
- [2] Crossbow, <http://www.xbow.com>
- [3] Want, R., Hopper, A., Falco, V. and J. Gibbons, "The Active Badge Location System" ACM Transactions on Information Systems, pp. 91-102, January 1992.
- [4] Hari Balakrishnan and etc., "Lessons from Developing and Deploying the Cricket Indoor Location System" <http://nms.lcs.mit.edu/cricket/>
- [5] Adam Smith, Hari Balakrishnan, Michel Goraczko and Nissanka Priyantha, "Tracking moving devices with the cricket location system" <http://nms.csail.mit.edu/cricket/>
- [6] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system" INFOCOM pp. 775-784, March 2000.
- [7] TinyOS <http://www.tinyos.net/>