초음파 센서를 이용한 거리 측정 설계 및 분석

이우식, 김남기*
경기대학교 컴퓨터과학과 네트워크 연구실
e-mail : wsLee@kgu.ac.kr

Design and Analysis of a Distance Estimation using Ultrasonic Sensors

Woo-Sik Lee, Namgi Kim
Dept. of Computer Science, Kyonggi University

요 약

초음파를 이용한 거리 측정은 무선 센서네트워크에서 매우 중요하다. 본 논문에서는 Cricket 모트 두 개를 가지고 거리측정을 하여 정확도를 측정하였다. 거리 측정 방법은 RF 신호와, 초음파 신호의 시간 차를 이용한 TDOA 방식을 적용하였으며, 한 모트는 Sender, 다른 모트는 Receiver 로 설정하여 직선거리에서 거리측정을 하였다.

1. 서론

본 논문에서는 Crossbow 에서 판매되고 있는, Cricket 모트 두 개를 가지고, RF 신호와, 초음파 신호의 시간 차로 거리측정을 하였다[1][2]. 한 모트는 Sender 로 Beacon 메시지를 날려주고 컴퓨터와 연결되어 계산 및 저장 하는 역할을 한다. 다른 모트는 Receiver 로 Sender 가 보낸 RF 신호와 초음파 신호의 도착 시간의 차이를 계산 하며, 그 값을 Sender 에게 돌려 주는 역할을 한다. 이런 설계를 바탕으로, 본 논문에서는 초음파를 이용한 거리 측정값의 정확도 및 오차율을 측정 하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 무선 센서 네트워크에서 거리 측정의 관련된 내용을 살펴 보고, 3 장에서는 거리 측정을 하기 위해 제안 하는 설계 및 구현을 설명한다. 4 장에서는 구현된 시스템을 바탕으로 실험 후 결과값을 분석한다. 마지막 5 장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 계획을 기술하고자 한다.

2. 관련 연구

유비쿼터스 센서 네트워크에서 거리 측정 방법 중 GPS 나 이동 통신 망을 통해 전파를 받는 방법은 세계 어디서나 이용 가능하지만, 비싸며, 실내에서는 사용 할 수 없다는 단점이 있다. 따라서, 초음파, 적외선이나 영상을 이용하여 거리 측정을 하기도 하며, 압력이나 접촉 같은 방법을 통해서 측정을 하기도 한다. 이 중, Cricket 의 초음파와 RF 신호의 속도 차를 이용한 거리측정은 현재 가장 많이 이용되고 있으며, 거리 오차율이 10cm 이하로 측정되고 있다[3][4]. 하지만, 주변 사물과 환경에 영향을 많이 받기 때문에 노드 간 장애물이 없는 LOS(Line-of-Sight)상태를 유지해야 한다.

3. 설계 및 구현

3.1 하드웨어 구성

그림 1 은 본 연구의 하드웨어 구성을 나타내며, Cricket 모트 두 개와 거리값을 저장하는 하나의 호스트 컴퓨터로 구성되어 있다. Sender 는 거리 측정을 위해 RF 신호와 초음파 신호를 동시에 보내며, Receiver 는 속도 차를 계산 후 값을 돌려주게 된다. 이 때, 반환값을 시리얼 통신을 통해 호스트 컴퓨터에 전송하고, 그 값을 데이터 베이스에 저장하게 되는 순서로 진행하게 된다.

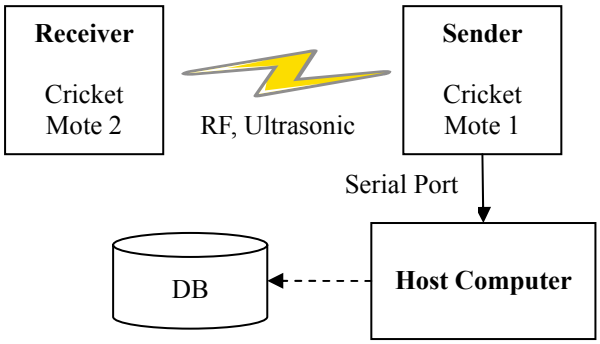

그림 1. 하드웨어 구성

3.2 전반향성 (Omnidirectional)장치

초음파는 직진성이 강하기 때문에, 송신측과 수신측의 초음파 장치를 직선거리에 잘 맞춰 설치 해야

* 교신저자 : 김남기 (ngkim@kgu.ac.kr)

하는 단점이 있다. 하지만, 본 연구에서는 이런 단점을 해결하기 위해, 그림 2 와 같이 원뿔형태의 반사판을 Cricket 의 초음파 송수신기에 설치하여, 초음파가 전방향성을 띄게 만들었다. 직접적으로 전송되는 초음파를 넓은 범위로 분산 시켰기 때문에, 최대 측정 가능한 거리는 줄어드는 단점이 있다.

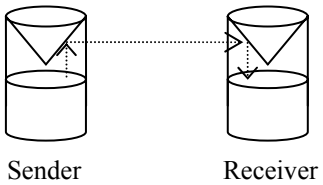

그림 2. 전반향성 장치

3.3 거리측정 알고리즘

본 논문에서는 송신기의 RF 신호와, 초음파 신호의 속도 차이로 발생되는 시간차로 거리 측정하는 TDOA (Time Difference of Arrival)방식을 적용 하였다. 이에 적용 되는 식은 아래 식 1 과 같으며, 초음파의 도착시간과, RF 의 bit 단위 보상, 초음파를 작동시키는 하드웨어 OFFSET 과 같은 값을 이용해 계산 하였으며, cm 로 변환해 주기 위해 시간당 초음파의 이동거리로 값을 나누어 주었다.

$$dist = \frac{ustimer + (C * comp) - TIMER_OFFSET}{DISTANCE_MUL} \qquad (1)$$

4. 실험결과 및 분석

실험은 연구실 내에서 측정 하였으며, 고정된 위치에서 cm 단위로 측정하였다. 시험 결과 약 6.5m 까지 거리 측정이 가능하였다. 그림 3 은 전방향성 장치가 달린 Cricket 모트를 보여주고 있다.

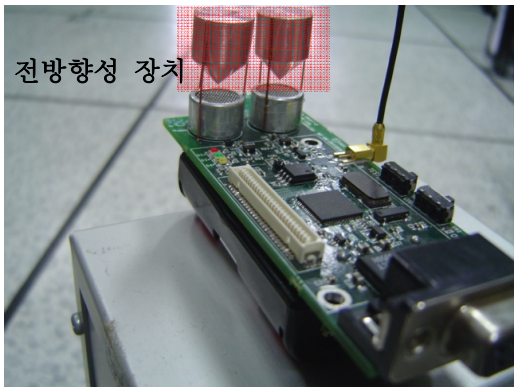

그림 3. 전방향성 장치가 달린 Cricket 모트

그림 4 는 초음파를 이용한 거리 측정 결과를 보여주고 있으며, 거리측정 결과 값은 1000 개의 샘플 데이터로 분석한 결과이다. 거리 측정 결과 3m 까지는 오차가 10cm 미만으로 측정되었지만, 3.5m 이상 거리에서는 오차가 약 10~20cm 정도 측정되었다. 그리고 6.5m 이상 거리에서는 거리 측정이 잘 되지 않았다. 그림 5 는 실제거리와 측정된 거리값을 비교하여 거리 오차를 보여주는 차트이다.

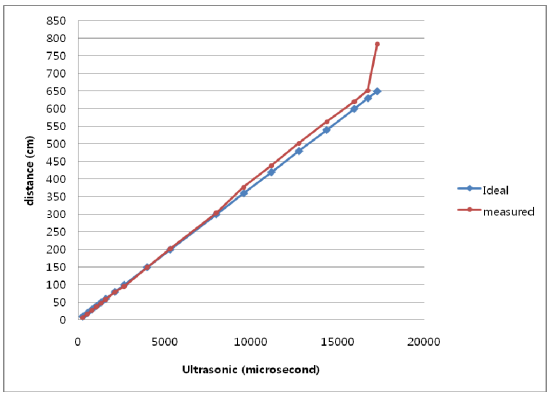

그림 4. 초음파를 이용한 거리 측정 결과

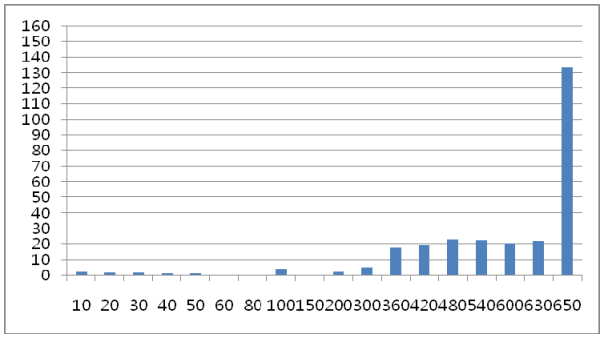

그림 5. 실제값과 측정값의 오차 거리

5. 결과

본 논문에서는 전방향성 장치가 달린 Cricket 모트를 가지고 거리 측정을 하였다. 측정 결과, 약 3m 까지는 10cm 미만의 오류가 있는 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문은 단순 거리측정만 하였지만, 이를 바탕으로 산업 전반에 적용한다면, 그 활용도는 무궁무진하다고 생각한다.

Acknowledgement

본 연구는 경기도에서 지원하는 경기도 지역 협력 연구 센터사업의 결과로 수행되었음.

참고문헌

[1] Crossbow (http://www.xbow.com/)
[2] TinyOS (http://tinyos.net/)
[3] NB Priyantha, A Chakraborty, H Balakrishnana, “The cricket location-support system”, Proceedings of ACM MobiCom, August 2000, pp. 32-43.
[4] Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, “Location System for Ubiquitous Computing”, IEEE Computer Society, August 2001, pp. 57-66.