

무선 센서 네트워크에서 이동 객체의 위치인식을 위한 게이트웨이 노드의 설계 및 구현

권영완*, 김동국*, 김용곤**, 김윤*, 정인범***

*강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

**대상엔지니어링

e-mail: ywkwon@snsrab.kangwon.ac.kr

Design and Implementation of the Gateway Node for the Location Awareness of the Mobile Object in the Wireless Sensor Network

YoungWan Kwon*, DongGook Kim*, YongGon Kim**, Yoon Kim*, InBum Jung***

*Dept. of Computer, Information and Telecommunication Engineering,

Kangwon National University

**DAESANG Engineering Co., Ltd

요 약

다가올 미래에는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 통해 새롭고 다양한 서비스가 창출될 것이다. 특히, 언제 어디서나 사람과 사물 같은 객체의 위치를 인식하고, 이를 기반으로 유용한 서비스를 제공하는 유비쿼터스 위치기반 서비스가 중요한 서비스로 대두되고 있다. 이에 관해 Cricket, Ubisense 등의 많은 연구가 진행되고 있지만, 노드들로만 구성된 네트워크를 이용하기 때문에 위치추적과 같은 복잡한 연산을 수행하는데 적합하지 않다. 본 연구는 위치인식이 가능하고, 계산 능력이 높은 게이트웨이 노드를 구현하여 복잡한 연산을 가능하게 하였다. 이를 이용하여 무선 센서 네트워크 환경에서 계층적 구조의 다목적 기능을 가진 시스템을 구축하고 평가하였다.

1. 서론

유비쿼터스 환경에서는 언제, 어디서나 개인이 원하는 정보를 얻을 수 있도록 상시적으로 네트워크에 접근할 수 있어야 한다. 이러한 목표를 실현하기 위해서 필요한 장소에 부착된 다양한 형태의 센서 모드들을 통해서 수집한 정보는 물론 상황정보까지도 실시간으로 얻을 수 있는 무선 센서 네트워크 기술이 우선적으로 요구된다. 이는 물류, 보안, 홈오토메이션, 생산 자동화, 건물 자동화 등 광범위한 응용 분야에 활용되고 있으며 특히 노약자나 아동의 보호, 전투 중 군인의 위치 파악, 화재 진화 중에 고립되거나 실종된 소방관의 구출, 의료 분야 등 개인과

사물의 위치인식을 이용하는 응용서비스들까지 그 응용범위가 매우 넓다. 이처럼 무선 센서 네트워크를 통해 얻고자 하는 정보의 범위가 점차 넓어지고 있는 추세이며, 특히 센서를 부착한 사람 및 사물의 위치인식이 매우 중요한 상황정보의 요소가 되고 있다. 따라서 유비쿼터스 환경에서의 센서 네트워크 기반의 위치인식 기술 및 위치인식을 이용한 네트워크 기술이 요구된다[1].

본 논문에서는 위치인식이 가능한 게이트웨이 노드를 구축하고 평가한다. 위치인식이 가능한 게이트웨이 노드는 모드들로만 구성된 네트워크에 비해 게이트웨이 노드를 통한 복잡한 연산이 가능하므로 개인 위치인식 정보를 PDA를 통해 비주얼하게 보여주는 등 다양한 분야에 적용 가능하다.

* 본 논문은 산학협력중심대학사업에 의해 지원되었음

*** : 교신저자

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 센서 네트워크를 위한 위치인식 시스템의 관련연구에 대해 알아보고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 위치인식 게이트웨이 노드에 대해 설명한다. 4장에서는 구현된 게이트웨이 노드의 측정 결과를 분석하고, 5장에서는 결론을 맺고 향후 계획에 대해 기술한다.

2. 관련연구

실내에서의 위치인식 시스템은 오래전부터 연구되어 왔다. 적외선을 이용한 AT&T의 Active Badge, 초음파와 RF(Radio Frequency)신호를 사용한 Ubisense와 MIT의 Cricket, RSSI를 이용한 Microsoft의 RADAR 등이 있다[2,3,4,5,6].

이 중에서 Cricket은 MIT의 실내 위치인식 시스템으로 대상의 실시간 위치인식이 가능하다. 위치인식은 RF 신호와 초음파 신호 사이의 시간차를 이용하여 비콘(Beacon)과 리스너(Listener)와의 거리를 구하여 계산한다. 천장에 배치된 비콘들은 매 1 초마다 RF 신호와 초음파 신호를 송신한다. 위치인식 대상인 리스너는 이를 수신하여 거리를 계산하고 PC 나 PDA 에게 계산된 거리정보를 전송한다. PC 나 PDA 는 리스너로부터 전송된 거리정보를 이용하여 리스너의 좌표를 계산한다.

Ubisense의 위치인식 시스템의 위치인식 방식은 UWB(Ultra Wide Band)신호의 TDOA(Time Difference Of Arrival)와 AOA(Angle Of Arrival)를 이용하고 있으며 TDOA 와 AOA 를 이용해 유비센서(Ubisensor)와 유비택(Ubitags)과의 거리를 구하여 삼각 측정법으로 좌표를 계산한다.

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 시스템개요

본 논문에서는 통신모드로 버클리대학에서 개발한 MICAz을 사용하였고, 센서보드는 MTS310CA를 사용하였다. 또한 게이트웨이 노드로 임베디드 보드인 Tynux-Box[7]를 사용하였고, 사양은 표 1과 같다.

시스템은 통신모드와 센서보드로 구성된 여러 개의 고정 노드들과 게이트웨이 노드로 구성된다. 게이트웨이 노드는 통신모드, 센서보드, 게이트웨이 보드, 임베디드 보드로 구성되고, 이동하며 자신의 위치를 계산하는 기능을 가진다. 게이트웨이 노드는 자신의 위치를 알고 싶을 때 RF신호와 소리를 동시

<표 1> 게이트웨이 노드의 사양 표

하드웨어 스펙	인텔 PXA255 400Mhz 프로세서
	32MB SDRAM, 32MB 플래시 (인텔)
	이더넷 (Cirrus Logic CS8900A)
	1 컴팩트 플래시 슬롯
	전원 (220V, 5V+)
커널	Tynux Kernel Based on Linux 2.4.18
	Tynux Power Management Module
	JFFS2 플래시 메모리 파일 시스템
GUI	Qtopia GPL Version (Qt/E)
SDK	GNU based Tool Chain - Cross Development Tools for ARM

에 발생시키고, 발생된 RF신호와 소리는 고정 노드에서 수신한다. 고정 노드는 수신된 RF신호와 소리의 도착시간 차이를 이용하여 각각의 거리를 계산하여 게이트웨이 노드로 보내주게 된다. 게이트웨이 노드에서 수신된 각 고정 노드와의 거리를 이용하여 현재 게이트웨이 노드의 좌표를 알려준다. 또한 게이트웨이 노드는 무선 LAN을 통해 호스트 PC로 게이트웨이 노드의 위치 정보를 전송해주거나 호스트 PC의 명령을 받아 수행한다.

게이트웨이 노드에서 임베디드 보드를 사용하기 위해서는 임베디드 보드와 게이트웨이 보드 사이에서 시리얼포트를 통해 정보를 전달해주는 프로그램이 필요하다. 이 프로그램은 C로 구현된 Raw_Listen을 이용하여 구현하였다. 그리고 임베디드 보드에서 위치인식을 계산하기 위해서 삼각 측정법을 응용한 위치인식 알고리즘인 Vanderbilt대학의 Acoustic Localization[8]을 실험 환경에 맞게 수정하였다.

3.2 게이트웨이 노드

TinyOS의 SDK환경이 구축된 PC나 노트북 등은 배터리 소모와 부피가 크기 때문에 게이트웨이 노드로 사용하기에 적합하지 않다. 또한 일반 모트들로만 구성된 네트워크의 경우 복잡한 계산이 어려운 문제점이 발생한다. 따라서 배터리 소모와 부피가 작고 일반 모트에 비해 계산능력이 뛰어난 임베디드 보드를 사용하였다.

임베디드 보드에서 자바를 실행시키기 위해서는 임베디드 보드용 가상머신이 필요하다. 이를 위한 많은 프로젝트[9]가 진행 중이다. 본 게이트웨이 노드에는 임베디드용 가상머신인 Blackdown J2RE[10]를 임베디드 보드에 포팅하였다.

자바 어플리케이션인 Acoustic Localization은

Raw_Listen이 전달 해준 데이터를 받아 게이트웨이 노드의 위치를 그래프로 나타내 주고 호스트 PC로 게이트웨이 노드의 정보를 무선 LAN을 통해 전달해 준다. Raw_Listen은 시리얼포트로부터 받은 데이터를 가공하여 파이프를 통해 Acoustic Localization으로 데이터를 전달한다.

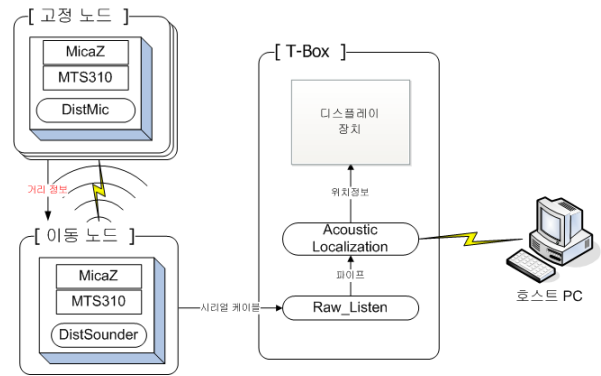
MICAz는 Big-Endian을 사용하고 임베디드 보드는 Little-Endian을 사용하므로 전송된 데이터를 사용하기 위해서는 Endian의 변환과정을 거쳐야 한다.

3.3 하드웨어구성

하드웨어구성은 그림 1과 같이 여러 개의 고정 노드와 하나의 게이트웨이 노드로 구성이 된다. 게이트웨이 보드에서 거리측정을 위한 소리와 RF신호를 발생하면 고정 노드에서 게이트웨이 보드가 발생시킨 소리와 RF신호를 감지하여 거리를 계산한다. 거리 값을 되돌려 받은 게이트웨이 보드는 시리얼 통신을 이용하여 임베디드 보드로 거리 값을 전송한다. 최소 3개의 게이트웨이 노드와 고정 노드간의 거리를 전송받으면 임베디드 보드는 게이트웨이 노드의 좌표를 계산한다. MTS310CA에는 마이크와 스피커, 빛, 온도, 가속도, 자기장 센서가 부착되어 있다. 이 중 본 논문에서는 두 모트간의 거리를 측정하기 위해 마이크와 스피커를 이용하였다.

3.4 소프트웨어구성

소프트웨어는 그림 2에서 보는 바와 같이 노드에서 동작하는 소프트웨어와 임베디드 보드에서 동작하는 소프트웨어로 나뉜다. 노드에서 동작하는 소프트웨어로는 DistSounder와 DistMic가 있고, 임베디드 보드에서 동작하는 소프트웨어는 Raw_Listen과

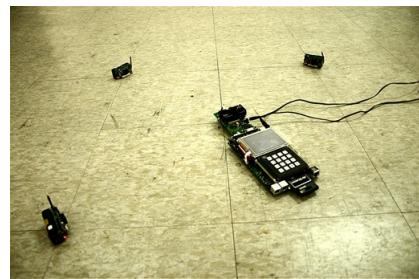


(그림 2) 소프트웨어 구성

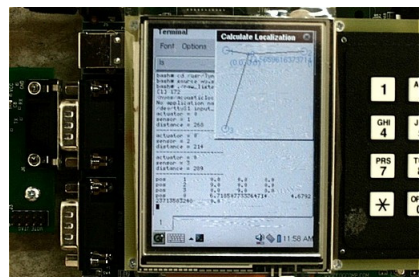
Acoustic Localization이 있다.

DistSounder는 RF신호와 소리를 동시에 DistMic로 발생시킨다. 또한 DistMic로부터 수신된 거리 정보를 임베디드 보드로 송신하는 기능을 가진다. DistMic는 DistSounder로부터 수신된 RF신호와 소리의 시간차이로 거리를 계산한 후 DistSounder로 거리정보를 송신하는 기능을 가진다.

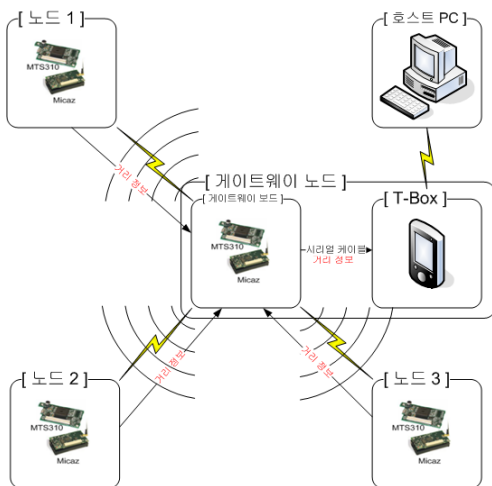
Raw_Listen은 DistReceiver로부터 각 모트와의 거리 값을 수신한다. 수신한 거리 값은 파이프를 통해 임베디드 보드에서 동작하는 Acoustic Localization으로 전송된다. Acoustic Localization은 파이프로 수신한 거리 값을 통해 게이트웨이 노드의 위치인식 결과를 임베디드 보드 화면에 그래프로 출력하며, 현재 게이트웨이 노드가 수집한 정보와 위치인식 정보 등을 무선 LAN을 통해 호스트 PC로 전송한다.



(그림 3) 실험 환경



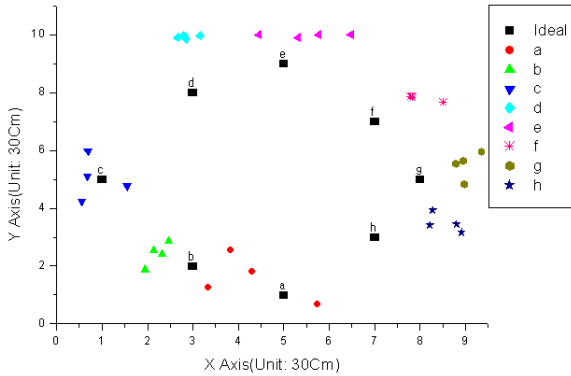
(그림 4) 실행 화면



(그림 1) 하드웨어 구성

<표 2> 실험결과 표

	ideal		측정(횟수)								평균값		오차율(%)	
	x	y	1		2		3		4		x	y	x	y
a	5	1	4.3	1.8	5.7	0.7	3.8	2.5	3.3	1.3	4.3	1.6	7.8	6.3
b	3	2	1.9	1.9	2.1	2.6	2.3	2.4	2.5	2.9	2.2	2.4	8.7	4.7
c	1	5	0.7	5.1	1.6	4.8	0.6	4.2	0.7	6.0	0.9	5.0	1.5	0.3
d	3	8	2.8	9.9	2.7	9.9	2.8	10.0	3.2	10.0	2.9	9.9	1.5	21.4
e	5	9	4.5	10.0	6.5	10.0	5.3	10.0	5.8	10.0	5.5	10.0	5.6	11.1
f	7	7	8.5	7.7	7.8	7.9	7.8	7.9	7.8	7.8	8.0	7.8	10.9	8.9
g	8	5	8.8	5.5	9.3	6.0	9.0	4.8	8.9	5.6	9.0	5.5	11.3	5.4
h	7	3	8.9	3.6	8.8	3.4	8.3	3.9	8.2	3.4	8.5	3.6	17.2	6.7
전체 평균											5.2	5.7	8.1	8.1



(그림 5) 실험결과 그래프

4. 실험결과 및 분석

4.1 실험개요

위치인식 측정은 실내에서 측정을 하였다. 그림 3과 같이 세 개의 고정 노드와 한 개의 게이트웨이 노드를 사용하여 위치인식을 측정 하였다. 위치인식이 수행되면 Acoustic Localization 어플리케이션은 그림 4와 같은 실행화면을 보여준다.

4.2 위치인식 측정결과

위치인식 측정은 그림 5와 같이 a, b, c, d, e, f, g, h의 총 8곳으로 게이트웨이 노드를 움직여 가며 매 위치마다 4번씩 측정을 하였다. 고정 노드는 3개를 배치하였으며 위치는 (0,0), (0,9), (9,0)이다.

측정한 결과는 표 2에서 나타나듯이 약 0.3~21.4%의 오차율을 보이고 있는데, 이것은 약 0.76~57.84Cm 정도 벗어난 것을 의미한다. 오차율은 아래 (식 1), (식 2)를 이용하여 계산하고, N은 측정횟수를 나타낸다.

$$x_{err} = \left(\sum_{i=0}^N \frac{x_i}{N} - x_{ideal} \right) / x_{MAX} \quad (\text{식 1})$$

$$y_{err} = \left(\sum_{i=0}^N \frac{y_i}{N} - y_{ideal} \right) / y_{MAX} \quad (\text{식 2})$$

위 결과는 소리를 이용한 거리측정법의 오차 편

차가 크기 때문에 나타나는 현상으로 실제 사용에 있어서 정확한 위치인식이 필요하다면 경우에 따라 보정작업이 필요하다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 위치인식이 가능한 게이트웨이 노드를 구현하고 평가하였다. 게이트웨이 노드를 사용함으로써 노드들로만 구성된 네트워크에 비해 복잡한 연산이 가능하게 되었고, 이로써 무선 센서 네트워크 환경에서 다목적으로 사용가능한 시스템으로써 가능성을 보여주었다.

향후 본 논문의 게이트웨이 노드를 이용하여 PDA를 통해 개인 위치인식 정보를 알려 주는 시스템에 사용하고자 한다. 또한 무선 센서 네트워크에서 게이트웨이 노드를 이동 로봇에 부착하여 로봇의 이동경로를 알려 주고 긴급 상황 시 위치인식 정보를 통해 로봇의 도움을 받는 등의 시스템을 연구 할 것이다.

참고문헌

- [1] Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, "Location System for Ubiquitous Computing", IEEE Computer Society, Vol. 34, No. 8, August 2001, pp. 57-66.
- [2] Want, R., Hopper, A., Falco, V. and J. Gibbons, "The Active Badge Location System", ACM Transactions on Information Systems, January 1992, pp. 91-102.
- [3] Ubisense, <http://www.ubisense.net/>
- [4] H. Balakrishnan, R. Baliga, D. Curtis, M. Goraczko, A. Miu, N. B. Priyantha, A. Smith, K. Steele, S. Teller, and K. Wang. "Lessons from developing and deploying the Cricket indoor location system", November 2003.
- [5] Smith, A., Balakrishnan, H., Goraczko, M., and Priyantha, N. "Tracking moving devices with the cricket location system." In Proc. 2nd ACM MobiSys Boston, MA, June 2004, pp. 190-202.
- [6] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system", INFOCOM, March, 2000, pp. 775-784.
- [7] Tynux-Box <http://www.palmpalm.com/>
- [8] Institute For Software Integrated Systems <http://www.isis.vanderbilt.edu/>
- [9] Java Support on Pocket PC <http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/users/fittond/ppcjava.html>
- [10] Blackdown J2RE <http://www.blackdown.org/>