

# 무선센서네트워크를 이용한 애완동물 위치추적 및 원격모니터링 시스템

황성호<sup>1</sup>, 박재춘<sup>1</sup>, 권기현<sup>1\*</sup>, 최신행<sup>2</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 정보통신공학전공, <sup>2</sup>강원대학교 제어계측공학과

## Pet Location Tracking and Remote Monitoring System using a Wireless Sensor Network

Sungho Hwang<sup>1</sup>, Jaechoon Park<sup>1</sup>, Kihyeon Kwon<sup>1\*</sup> and Shin-Hyeong Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Information & Communication Engineering, Kangwon National University

<sup>2</sup>Dept. of Control & Instrumentation Engineering, Kangwon National University

**요약** 본 논문에서는 애완동물의 생활 패턴과 습성을 연구하기 위해, 초음파, 온도, 습도와 조도 센서를 이용한 애완동물 위치추적 및 원격모니터링 시스템을 설계하였다. 애완동물의 위치를 파악하기 위해 초음파를 사용하여 거리 계산을 하였고, WSN(Wireless Sensor Network)을 이용하여 애완동물이 위치하는 장소의 온도, 습도와 조도 같은 센싱데이터들은 싱크모트로 전송하였다. 애완동물 모니터링 시스템에서는 수신된 센싱데이터들을 실시간으로 데이터베이스에 저장하고, 실제 공간에서 애완동물의 위치를 파악하였다. 송신모트들 사이의 간섭(interference) 문제는, 싱크모트의 비콘을 기준으로 송신모트들 간에 순차적으로 전송함으로써 해결하였다. 탐색된 위치를 시간별로 분석하여 애완동물의 이동패턴과 이동영역, 온도, 습도와 조도 등을 GUI(Graphical User Interface) 형태로 나타내는 애완동물 모니터링 시스템을 시험실 모델로 구현 및 실험하였다.

**Abstract** In this paper, we design a pet location tracking and remote monitoring system that uses ultrasonic, temperature, humidity and illumination sensors to study behavioral patterns and habits. Using ultrasonic waves to calculate distances, a WSN(Wireless Sensor Network) was constructed to transmit data at pet's location, such as temperature, humidity and illumination, to a sink mote. Data received by the system are stored in the database in real time to trace pet's location. Interference among transmitting motes was eliminated by sequentially transmitting RF beacons using sink mote's beacon as the reference signal. Experiments were performed with the laboratory prototype of a pet animal monitoring system implemented for this study. The system analyzes locations of a pet and displays movement patterns, areas of movement, temperature, humidity and illumination using a GUI (graphical user interface).

**Key Words** : Wireless Sensor Network, Location Tracking, Ultrasonic Sensor, Monitoring System, Pet

### 1. 서론

본 논문은 일반가정, 오피스텔, 아파트 등과 같은 실내 공간에서 애완동물의 위치탐색 및 이동경로를 추적하고, 해당 위치의 온도, 습도와 조도 같은 데이터를 수집 및 분석하는 애완동물 모니터링 시스템에 관한 연구이다. 센싱데이터 전송은 WSN(Wireless Sensor Network)을 이용

하였다.

실내 위치 인식 기술을 이용한 시스템은 적외선을 이용하는 시스템, RF(Radio Frequency) 신호의 전달 지연 혹은 신호의 전달크기를 측정하는 시스템, 영상을 이용하는 시스템, 초음파를 이용하는 시스템이 있다[1,2]. 이러한 실내 위치 인식 기술은 주로 사람에게 적용되고 있다. 본 논문에서는 이러한 실내 위치 인식 기술을 비교 분석

\*교신저자 : 권기현(kweon@kangwon.ac.kr)

접수일 10년 12월 08일

수정일 10년 12월 23일

재확정일 11년 01월 13일

하였고, 애완동물 실내 위치 인식을 위한 센서로 초음파를 사용하기로 하였다. 현재 초음파를 이용한 애완동물 모니터링 시스템은 없으며, 애완동물 모니터링 시스템은 주로 CCTV (Closed-Circuit TeleVision)를 이용하여 영상을 분석하는 시스템이 대부분이다.

본 논문의 애완동물 모니터링 시스템에서는, 저렴한 비용으로 시스템 설치와 제거가 용이하고, 정확한 실내위치 인식을 주요 목표로 한다.

## 2. 실내위치인식기술

기존의 실내 위치 인식 기술을 크게 표 1과 같이 나눌 수 있다[3-5].

Wi-Fi(Wireless Fidelity)는 단말이 수신하는 RF 신호 강도를 측정하여, 신호 감쇠로 인한 신호 전달 거리와 위치를 계산할 수 있고, 위치 인식의 정확도는 일반적으로 수m로 알려져 있다.

블루투스는 휴대폰, 노트북과 같은 무선장치들 간의 비교적 짧은 거리에서 일대다 음성 및 데이터 전송을 목적으로 개발된 단거리 무선 통신이다. 위치 측정보다는 통신목적으로 만들어졌고, 송수신 대기시간(latency)이 커서 동적 환경에서 위치 정확도가 떨어진다.

적외선을 이용한 방식은 실내 곳곳에 부착된 적외선 센서가 고유 인식 코드를 가진 적외선 장치를 인식하여 위치를 찾아내는 방식이다. 적외선 신호의 특성상 가지 거리 내에서만 사용이 가능하고 형광 또는 직접적인 태양광이 비치는 장소에서는 사용하기 어려운 단점이 있다.

RFID(Radio-Frequency IDentification)는 크게 태그(Tag)와 리더(Reader)로 분류되며 리더는 다시 트랜스미터(transmitter)와 리시버(receiver)/디코더(decoder)로 구성된다. 리더 내부의 트랜스미터가 활성화(activation) 신호를 송출하면, 리더 근방의 태그는 자신에게 할당된 고유 인식 코드를 회신한다. 보통 신호 도달거리가 2~3m 정도로 짧고, 위치 인식시 대부분의 장소에 밀도 높게 리더기를 설치하여야 한다.

UWB(Ultra-WideBand)는 단거리 구간에서 저전력으로 넓은 스펙트럼 주파수를 통해 많은 양의 디지털 데이터를 전송하기 위한 무선 기술로서, 변복조 기능이 필요 없고 낮은 전력 밀도를 갖는다. 그러나 UWB 활용 가능 대역이 대부분 국가에서 이미 다른 용도의 시스템에 점유되어 있으므로 간섭 문제를 해결해야 하고, 개당 생산 단가가 높다.

초음파는 빠른 RF 신호와 상대적으로 느린 초음파 전송 속도차를 이용하여 대상체의 위치를 찾아내는 방법이

다. 3차원 위치 인식이 가능하고, 저전력, 저비용의 시스템을 구성할 수 있는 장점을 가진다.

[표 1] 센서별 실내 위치 인식 스펙 및 성능 비교

	네트워크 속도	인식거리	위치 정확도
Wi-Fi	1~11Mbps/s	2~5m	Up to 100m
블루투스	1Mbps/s	100m/20m/10m	Range
IR	-	10~30cm	Room level
IrDA	16Mbps/s	1~3m	Range
RFID	N/A	0~20m	Range
UWB	40~60Mbps/s	30ft	6in
초음파 (액티브 배트)	344m/s(room temperature)	10m <sup>2</sup> 당 센서 1개	9cm(95%)
초음파 (크리켓)	344m/s(room temperature)	4×4 ft. 영역	거의 100%

실내공간에서의 애완동물 위치를 파악하기 위해 센서를 부착하기 쉬워야 하고, 정확한 위치를 인식해야 한다. 또한 설치 비용이 저렴해야 하며, 이를 위해 분산된 형태로 위치를 측정하고, 구축과 제거가 용이한 WSN을 이용하는 것을 고려해 볼 수 있다. 이러한 요인들을 고려하였을 때, 실내 위치 인식을 위한 센서로 초음파 센서를 사용하는 것이 가장 적합하리라 판단되고, 초음파는 표 1에서처럼 애완동물의 위치 인식을 수cm 이내 인식이 가능하고, WSN을 이용하면 저렴하게 구축할 수 있다.

초음파를 이용한 위치인식시스템[6]은 캐مبر리지 대학에서 개발한 액티브배트(Active Bat)[7] 시스템과 MIT에서 개발한 크리켓시스템(Cricket System)[8]이 있다.

액티브배트 시스템은 사람이나 사물에 배트(Bat)라는 초음파 송신기를 부착하고, 사무실의 천정에 초음파 수신기를 부착한다. 초음파송신기와 초음파수신기는 각각 고유의 인식번호를 갖고 있으며 초음파수신기는 네트워크 서버에 연결되어 있고, 배트는 별도의 무선 송수신 장비를 갖고 있다. 위치를 파악하는 방식은 서버에서 초음파 수신기를 모두 초기화하고, 특정 배트를 호출한다. 호출된 배트는 초음파를 발생하고 발생된 초음파를 천정에 부착되어 있는 센서들이 검출하여 초기화 이후 초음파 신호를 수신할 때까지의 지연시간을 센서에 저장한다. 그 다음에 서버에서는 각 센서에 저장되어 있는 지연시간을 가져와서 3개의 센서에서 검출한 지연시간을 이용하여 배트의 위치를 계산한다. 센서는 천정에 약 1.2m 간격으

로 설치한 네트워크 기반 위치 인식시스템이다.

MIT에서 개발한 크리켓시스템은 핸드셋 기반의 위치 인식시스템이다. 즉, 천정에서 초음파 송신기를 부착하고 이동체가 초음파 수신기를 휴대하고 다닌다. 천정의 초음파 송신기는 초음파 신호와 RF 신호를 동시에 발생한다. 초음파와 RF 신호는 전파속도가 다르기 때문에 수신기에서는 RF 신호를 먼저 수신하고 초음파 신호를 나중에 수신하게 된다. 이 시간차를 이용하여 초음파 송신기와 초음파 수신기의 거리를 측정하고, 3개 이상의 초음파 송신기에서 발생한 신호를 초음파 수신기가 수신하여 자신의 위치를 계산한다.

액티브배트시스템과 크리켓시스템을 애완동물 모니터링 시스템에 적용하려면 다음과 같은 문제점들이 있다. 액티브배트시스템과 크리켓시스템은 실내에서 방마다 천정에 3각 측량 형태로 구성하기 때문에 애완동물이 테이블 밑과 같은 장소에 위치해 있을 경우에는 애완동물의 위치를 인식할 수가 없다. 액티브배트시스템은 천정에 격자 형태로 1.2m 간격으로 네트워크를 연결하였다. 서버에서 특정 배트를 호출하고, 호출된 배트에서 초음파를 발생한다. 천정에 배치된 각 센서들이 네트워크 서버에 연결된 형태이기 때문에 망관리 비용이 많이 들어가게 된다. 크리켓시스템에서는 송신 RF 간섭 문제가 발생한다.

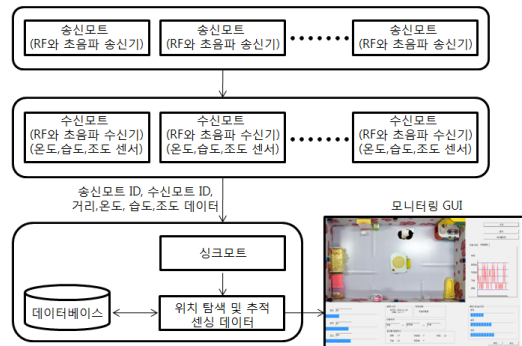
[표 2] 초음파 실내 위치 인식 시스템 비교

시스템	액티브배트	크리켓	애완동물 모니터링
위치 측정 방식	-중앙제어 -초음파 송신기 이동 -3차원측량	-개별 제어 -초음파 수신기 이동 -3차원측량	-개별 제어 -초음파 송신기 이동 -근접측량
정밀도	9cm(95%)	4×4 ft. 영역 (거의 100%)	3cm (7m이내 경우)
설치 규모	10m <sup>2</sup> 당 센서 1개, 초당 25번 계산	16 square ft. 당 1개의 비콘 요구	모니터링할 위치의 개수만큼 수신모트가 필요
제한 사항	천정에 격자형 센서 설치: 높은 망관리비용	단 말기에서 거리 계산	모트에서 거리 계산
비용	높음	낮음	매우 낮음
설치 용이성	어려움	용이	매우 용이
RF 간섭	No	Yes	No
초음파 센서 위치	천정	천정	초음파 센서의 지향각 범위
다른 센서들	No	No	온도, 습도, 조도

본 시스템에서의 송신모트는 RF와 초음파 송신기로 구성된다. RF와 초음파를 사용하며 “3차원측량”이 아니라 애완동물이 움직이는 동선에 수신모트를 둔다. 그리고 애완동물이 위치한 지점의 수신모트에는 온도, 습도, 조도 센서를 추가로 부착하여 센싱 데이터를 싱크모트에 연결된 컴퓨터에 전송하도록 한다. 컴퓨터는 싱크모트로부터 수신한 애완동물 위치 정보를 파악하고, 제일 가까운 수신모트의 위치, 온도, 습도와 조도 데이터를 데이터베이스에 저장하고 분석한다. 따라서 본 시스템에서는 RF와 초음파를 사용하여 위치를 인식하고, “3차원측량”이 아닌 거리가 제일 가까운 초음파 수신기로부터 위치, 온도, 습도, 조도 데이터를 수집하는 “근접측량”을 사용한다. 표 2는 실내위치인식 시스템을 비교하였다.

### 3. 애완동물 모니터링 시스템 구조

애완동물의 몸에 온도, 습도, 조도 센서를 부착할 경우, 애완동물이 체온과 입김에 의해 온도 값과 습도 값을 신뢰할 수 없고, 애완동물이 엎드리거나 눕거나 하면서, 조도 센서를 가리면 신뢰할 수 없는 값이 전송된다. 따라서 애완동물에는 RF와 초음파 송신기만 부착하고, 애완동물 인근에 있는 수신모트를 통해 온도, 습도, 조도 데이터를 수신 받는 것이 바람직하다고 판단된다.



[그림 1] 애완동물 모니터링 시스템 구조

애완동물에게는 송신모트를 부착하여 RF와 초음파 신호를 전송한다. 모니터링이 필요한 위치에는 수신모트를 부착하여 수신한 RF와 초음파 신호의 시간 차이를 이용하여 거리 측정한다. 애완동물에 가장 가까운 수신모트는 온도, 습도, 조도 센서의 값을 RF를 통하여 싱크모트로 전송한다. 싱크모트는 연결되어 있는 컴퓨터로 시리얼 전송을 하고, 컴퓨터는 싱크모트로부터 수신 받은 센싱 데이터를 데이터베이스에 저장한다. 컴퓨터에서는 GUI를

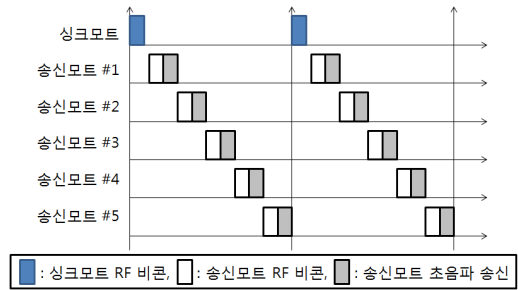
통하여 현재 애완동물의 위치 정보와 그 위치의 온도, 습도, 조도값, 평균값, 시간에 따른 변화 추이 등을 보여준다. 센싱데이터는 송신모트 ID, 수신모트 ID, 거리, 온도, 습도, 조도 데이터로 구성된다.

### 3.1 실내 위치 추적

초음파를 이용한 거리측정은 초음파 송신기의 방사 각도 내에 초음파 수신기가 위치해야 정확한 위치를 측정할 수 있다. 보통 초음파 송신기의 지향각(Directivity Angle)은  $50\sim 100^\circ$  사이가 된다. 초음파 송신기는 항상 초음파 수신기가 지향각 내에 있을 수 있도록 위로 향하게 하고, 초음파 수신기는 초음파 송신기 보다는 항상 위에 존재하도록 하면 정확한 위치를 측정할 수 있다. 본 논문에서는 애완 동물 목걸이 윗부분에 초음파 송신기가 위로 지향하도록 설치했으며, 초음파 수신기는 초음파 송신기 위부분에 설치하였다. 예를 들면, 측정 위치가 테이블 밑이면, 테이블 밑면 위에 설치하였다. 지향각을 고려하여 격자형으로 위로 배치하면, 정확한 3차원 위치를 계산해 낼 수 있지만, 애완 동물 모니터링을 위해서는 너무 많은 비용이 요구된다. 본 논문에서는 측정하고자 하는 위치에 하나의 수신기를 설치하는 것으로 한다. 왜냐하면 애완동물이 현재 어느 구역에 있는지만 알면 되기 때문이다. 그리고 실제 실험하였을 경우, 애완동물 위치를 파악하는데 커다란 차이가 없었다.

### 3.2 송신모트들 사이의 간섭 문제 해결

애완동물 모니터링 시스템의 송신모트들에서 동시에 비콘들을 전송하면 간섭이 발생한다. 이러한 문제는 크리켓시스템에서도 천정에 4 ft. 간격으로 비콘을 발생하기 때문에 비중있게 다루고 있다. 본 논문에서는 크리켓시스템과는 달리 모니터링 하고자하는 애완동물 숫자 만큼의 송신모트들이 비콘들을 발생한다. 본 논문에서는 이러한 간섭 문제를 해결하기 위해 애완동물 모니터링 시스템을 시작할 때, 사용자가 시작을 버튼을 누르는 순간, 싱크모트에서 애완동물 송신모트들로 RF 비콘 동기신호를 전달하고, 송신모트들은 동기신호를 받자마자, 자신의 ID(Mote ID 혹은 Node ID)를 기준으로, 일정한 시간을 지연(delay)후 전송하게 된다. 이러한 절차를 통해 송신모트들이 비콘을 전송하면, 송신모트들 간의 비콘들이 동시에 전달되는 것을 막을 수가 있었다. 본 실험에서는 9개 송신모트에서 RF 비콘과 초음파 전송을 순차적으로 하는 실험을 하여, 그림 2와 같이 간섭없이 동작함을 확인할 수 있었다.

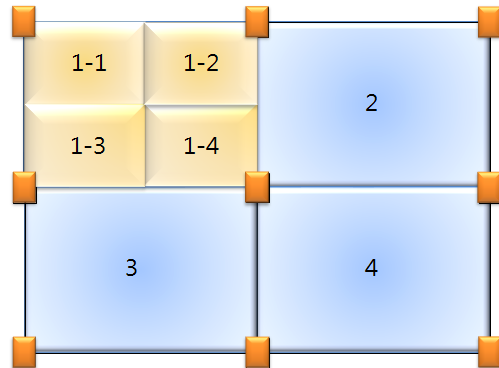


[그림 2] 송신모트의 RF 비콘 전달

## 4. 실험 및 고찰

본 논문에서는 측정하고자 하는 위치에 수신모트를 설치하여, 애완동물에 가장 인접한 수신모트를 찾아내는 방법인 “근접측량” 방식을 기본으로 하고 있다. 만약, 수신모트가 격자 형태로 일정하게 배치되었을 경우에는 수신모트들 사이에서의 거리를 측정하여, 수신모트들 사이의 어느 공간에 송신모트가 위치하는 지를 알 수 있는 “공간분할측량”을 할 수 있다.

그림 3처럼 격자 형태로 수신모트가 배치되었다면, 애완동물과 제일 가까운 4개의 수신모트들의 거리 값을 이용한다. 그림 3과 같이 다시 4개의 공간으로 분할하여, 애완동물 위치가 어느 공간에 있는지를 더욱 명확하게 공간위치를 찾을 수 있다. 본 논문에서의 실험실 모델을 그림 3과 같이 “공간분할측량”을 이용하여 실험을 하였다. 본 논문에서 사용한 모트는 한백전자의 ZigBee II를 사용하였다. 실험 모델의 크기는 1.2m x 2m이고, 9개의 수신모트를 격자형태로 설치하였으며, “공간분할측량”을 수행하였다.



[그림 3] 공간분할측량 방식

송신모트는 RF 전송할 때 외장형 안테나를 사용하고, 1초마다 RF 비콘을 발생하며, RF 전송거리는 100m이다. 싱크모트는 RS-232 프로토콜을 사용하여 컴퓨터와 57,600bits/s 속도로 수집된 센스데이터를 전달한다. 컴퓨터는 싱크모트로부터 받은 데이터를 데이터베이스에 저장한 후, 필요시 데이터베이스에서 데이터 추출 및 가공하여 애완동물모니터링 GUI에서 표시되도록 한다.



[그림 4] 원격 모니터링 GUI 화면

그림 4는 애완동물 모니터링 시스템의 GUI 구현을 보여준다. ①은 애완동물 모니터링 시스템을 실행/종료하기 위한 버튼과 데이터베이스 초기화시키는 버튼으로 구성된다. ②는 실내에서 애완동물의 실시간 위치탐색 및 추적과정을 시각적으로 보이는 모니터링 창을 나타내고 있다. ③부분은 현재시각의 애완동물 위치의 온도, 습도, 조도 센서들로부터 측정된 값들을 표시한다. ④부분에서는 날짜와 시간 애완동물의 이동 상황, 이동한 위치, 각 공간을 방문한 횟수를 나타낸다. ⑤는 애완동물 이동온도와 이동위치를 그래프로 보여준다. ⑥ 애완동물의 이동한 위치의 온도, 습도, 조도의 평균값을 표시한다.

[표 5] 거리 측량 오차

실제 거리	측량오차		
	최소	최대	평균
1m	3cm	3cm	3cm
2m	2cm	3cm	2.3cm
3m	2cm	3cm	2.6cm
4m	2cm	3cm	2.3cm
5m	2cm	3cm	2.6cm
6m	2cm	3cm	2.5cm
7m	2cm	2cm	2cm
8m	5cm	7cm	6.1cm

초음파 센서는 Murata사의 MA40S4R/S를 사용하였으며, 지향성(Directivity)은 80°이다. 초음파를 이용한 실험 결과 측정 오차는 표 5와 같다. 실제 측정된 결과 7m까지

는 최소 오차 2cm, 최대 오차 3cm를 나타낸다. 8m에서는 최대 오차가 7cm일 뿐만이 아니라, 송신모트가 정지해 있는 상황에서도 1cm 정도의 값이 변화되는 것을 볼 수 있었다. 9m 이상인 경우, 상당한 오차가 발생하고, 거리 인식이 되지 않는 경우도 많았다. 따라서 본 논문의 애완동물 모니터링 시스템에서의 측정 가능한 거리는 7m이다.

## 5. 결론

본 논문에서는 WSN(Wireless Sensor Network)을 이용하여, 애완동물의 위치 추적 및 해당 위치의 온도, 습도, 조도와 같은 데이터를 데이터베이스에 수집 및 분석하여, 애완동물 모니터링 시스템을 설계하였고, 실험실 모델을 구현하였다. 기존의 액티브태트시스템이나 크리켓시스템과 같이 RF와 초음파신호를 사용하여 애완동물의 위치를 파악하였다. 애완동물 모니터링 시스템에서는 이동하는 애완동물 송신모트에서 RF와 초음파 신호를 전송하고, 가장 근접한 수신모트에서 거리, 온도, 습도와 조도에 관한 센스데이터를 싱크모트로 전송하였다. 그리고 송신모트들 사이의 간섭 문제는 싱크모트의 비콘을 기준으로, 송신모트들 간에 순차적으로 전송함으로써 해결하였다. 그리고 본 논문의 애완동물 모니터링 시스템을 아파트와 가정집에서 실제 실험해 보았으며, 애완동물의 이동 패턴과 좋아하는 온도, 습도 및 조도 데이터 수집 및 분석이 원활히 수행됨을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] 김재호, 김영섭, 박옥선, 김성희, “유비쿼터스 위치 기반 서비스 및 위치인식시스템 연구 동향”, 정보통신진흥연구원, 통권 1127호(TIS-03-49), pp. 1-15, 2003. 12.
- [2] 박종태, 이위혁, 조영훈, 나재욱, “유비쿼터스 센서 네트워크에서 위치 측정 기술”, 전자공학회지, 제32 권 제7호, pp.849-862, 7월, 2005.
- [3] Krzysztof W. Kolodziej, Johan Hjelm, “Local Positioning Systems: LBS Applications and Services,” CRC Press, 5월, 2006.
- [4] 조영수, 조성운, 김병두, 이성호, 김제철, 최완식, “실내의 연속측위 기술 동향”, 전자통신동향분석, 제22 권, 제3호, 6월, 2007.
- [5] (주) 한백전자 기술연구소, “ZigBEX를 이용한 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템”, ITC, 2008년 12월 4일
- [6] Hightower, J., Borriello, G., “Location Systems for

Ubiquitous Computing," Computer, vol. 34, issue 8, pp 57-66, August, 2001.

- [7] Andy Harter, Andy Hopper, Pete Steggle, Andy Ward, Paul Webster, "The Anatomy of a Context-Aware Application," Proceedings of the Fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, MOBICOM'99, Seattle, Washington, USA, pp. 59-68, August, 1999.
- [8] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, and Hari Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System," in Proceedings of the 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, August, 2000.

---

**황 성 호(Sungho Hwang) [정회원]**



- 1996년 2월 : 성균관대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 정보통신공학전공 교수

<관심분야>  
컴퓨터네트워크, WSN, 임베디드시스템

---

**박 재 춘(Jaechoon Park) [준회원]**



- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 정보통신공학전공 재학

<관심분야>  
USN, 임베디드시스템, Visual Programming

---

**권 기 현(Kihyeon Kwon) [정회원]**



- 2000년 2월 : 강원대학교 대학원 컴퓨터학과 (이학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 정보통신공학전공 부교수

<관심분야>  
임베디드소프트웨어, 무선센서네트워크

---

**최 신 형(Shin-Hyeong Choi) [종신회원]**



- 2002년 8월 : 경남대학교 컴퓨터 공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 제어계측공학과 부 교수

<관심분야>  
정보보안, USN, 임베디드시스템