韓國 컴퓨터情報學會 論文誌
第11卷 第5號, 2006. 11.

2006-11-5-2-12

유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 상황 정보 모니터링 시스템 구현

이 기 욱*, 성 창 규**

An Implementation of Context Data Monitoring System based on Ubiquitous Sensor Network

Ki-Wook Lee *, Chang-Gyu Sung **

요 약

유비쿼터스 센서 네트워크 기술은 새로운 컴퓨팅 패러다임인 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 분야로서, 무선 센서 네트워크를 이용한 상황정보 모니터링 시스템에 적합한 기술이다. 이 기술을 모니터링 시스템에 적용하면 열악한 환경에 간편하고 저렴한 비용으로 실시간으로 발생된 상황데이터를 수집 및 분석하여 즉각적인 상황대처와 사용자가 원하는 환경의 조건을 효율적으로 수행할 수 있다. 본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 기반에서 무선 노드의 센싱 기술을 이용하여 상황 정보 모니터링 시스템을 구축한다. 제안된 시스템은 수집될 데이터의 양이 적고 지속적인 모니터링이 불필요하고 일정한 간격으로 특정 지역에서 발생되는 상황을 감지하는 작업에 기존 유선 통신을 이용한 상황감시보다는 효율적이다.

Abstract

As a core area of the new computing paradigm, the Ubiquitous Sensor Network Technology utilizes a wireless sensor networking which can be applied to the Context Information Monitoring System. When the technology is used in a poor user-environment for monitoring purposes, it can cost-effectively gather the context data on real-time basis, analyze the information gathered, effectively response to the user situation, and execute orders to create environmental factors desired by the user. This study structures a system able to monitor information in regards to a user-environment based on wireless-node sensor technology coupled with the Ubiquitous Sensor Network Technology. The proposed system requires a minimal collection of data without continuous monitoring. Monitoring periodically, it can sense the user-environment more efficiently than the existing monitoring technologies based on the wire-communication technology.

▸ Keyword : Ubiquitous Sensor Network, Wireless Sensor, Ad-hoc, Monitoring System

• 제1저자 : 이기욱
• 접수일 : 2006.11.01, 심사일 : 2006.11.13, 심사완료일 : 2006.11.17
* 동명대학교 항만물류학부 조교수 ** 한국해양대학교 컴퓨터공학과

I. 서 론

최근 들어 무선 통신과 하드웨어 소형화 기술의 발전으로 가볍고, 저 전력을 사용하는 저 가격의 무선 센서 개발이 가능하였으며, 무선으로 상호 통신하며 정보를 주고 받을 수 있는 센서 노드들을 물리적 환경에서 대량으로 배치시켜 필요한 정보를 얻는 유비쿼터스 센서 네트워크의 구성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2,3]. 기존의 센서들이 측정 결과를 단순히 센서 데이터라는 출력 신호로 바꾸는 기능을 하는데 반해 무선 센서 네트워크에 사용되는 센서는 지능형 센서(Smart Sensor)로 불리는 제한된 자원을 가지는 작은 하드웨어 안에 CPU와 통신 및 센싱 모듈을 갖는 차이점이 있다. 이러한 센서들은 데이터 처리 기능, 통신 기능 및 센싱 기능을 갖춘 자율적인 컴퓨팅 단말 기능을 수행한다고 할 수 있다. 유비쿼터스 센서 네트워크는 필요한 곳에 초소형 센서 노드들로 구성되는 네트워크와 전자태그(RFID)를 활용하여 사물의 인식 정보를 기본으로 의료, 군사, 산업, 스마트 홈, 재난 방지, 환경 감시, 생태 조사, 교통 정보, 건축물 관리, 생산물 유통 및 물류 등 응용 분야가 매우 다양하게 활용될 수 있다[4].

본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 기반에 서 무선 노드의 센싱 기술을 이용하여 상황 정보 모니터링 시스템을 구축하였다. 전통적인 센서 시스템은 대형의 고가 센서를 사용하여 유선으로 사용자에게 직접 연결되고 데이터를 수집하는 형태이다. 제안된 시스템은 위험하고 설치 한계가 있는 지역에 비교적 저렴한 비용으로 쉽게 설치할 수 있기 때문에 수집될 데이터의 양이 적고 지속적인 모니터링이 필요하지 않고 일정한 간격으로 특정 지역에서 발생되는 상황을 감지하는 작업에 기존 유선 통신을 이용한 상황감시보다는 효율적이다.

II. 관련 연구

2.1 유비쿼터스 센서 네트워크

유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network; USN)는 매우 작은 크기의 독립된 무선 센서들을 건물, 산림, 도로, 인체 등의 물리적 공간에 배치하여 주위의 온도, 조도, 습도, 가속도, 기울기 등의 정보를 무선으로 실시간 감지, 관리할 수 있는 기술이다[5]. 이러한 무선 센서 노드 내에는 센서, 센서 제어 회로, 프로세서, 무선 통신 모듈, 안테나, 전원 공급 장치 등이 내장되어, 특정 목적을 위해 필요한 주변 정보를 탐지하고, 감지된 정보를 주변 센서 노드들과 협업하여 Ad-hoc 통신 기법[6]으로 데이터를 전송한다. <표 1>은 Ad-hoc 네트워크와 기존 네트워크의 차이점을 나타내었다.

표 1. Ad-hoc 네트워크와 기존 네트워크 비교
Table 1. Ad-hoc Network and Infra-Structure Network

	기반 구조 네트워크	Ad-hoc 네트워크
중심	기지국	무선 이동 단말
망구성	중앙집중제어	분산 제어
확장성	어려움	용이함
재난대비	재난에 취약	재난에 강함
비용	초기 설치시 많은 투자	설치비 거의 필요 없음
사례	CDMA, 무선 LAN	WPAN, 센서네트워크

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서는 다양하고 많은 센서 노드들이 여러 공간에 자유롭게 배치되어 쉽게 동작되어야 하기 때문에, 특정한 중계기가 사용되지 않고 손쉽게 네트워크를 구성할 수 있는 Ad-hoc 통신 기법이 기존의 기반 구조(infra-structure)망보다 효율적이다. (그림 1)은 기반 구조망과 Ad-hoc망의 차이를 보여준다. 기반 구조망에는 특정 Access Point(이하 AP)를 중심으로 네트워크가 형성되고 노드들 간의 통신을 할 경우에도 AP를 거쳐 이루어진다. 이에 비해 Ad-hoc 망은 특정 AP 없이 주변에 존재하는 모든 노드들과 서로 협업하여 자유로운 네트워크를 형성하기 때문에 무선 센서 네트워크와 같이 특정 지역에 배치되어 자유롭게 통신해야 하는 환경에서 매우 효과적이다[7].

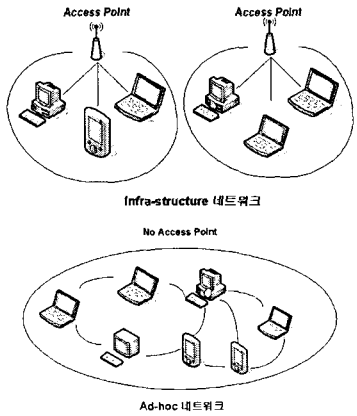

그림 1. 기반구조 통신과 Ad-hoc 통신
Fig. 1. Infra-Structure Network and Ad-hoc Network

무선 센서 네트워크는 일정한 센싱 지역(sensing area)에 분산되어 있는 소형 센서 노드들이 수집한 센싱 정보를 원거리에 존재하는 수집 노드(sink node)에게 Ad-hoc 통신을 기반으로 전송한다. (그림 2)는 건물에 배치된 센서 노드들이 형성한 Ad-hoc 기반의 무선 센서 네트워크를 보여준다.

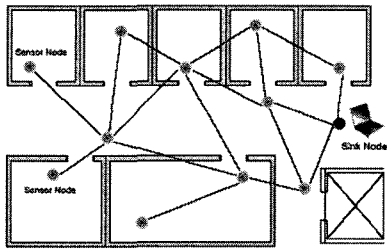

그림 2. 무선 센서 네트워크
Fig. 2. Wireless Sensor Network

2.2 TinyOS

TinyOS는 오픈 소스 운영체제로 무선 센서 네트워크와 같은 소형 임베디드 시스템을 위해 미국 UC Bekeley 대학에서 개발된 무선 센서 네트워크 전용 운영 체제이다. 기존 운영체제와 프로그래밍 언어는 소형의 무선 센서 노드 플랫폼에 적용하기 부적합하므로 TinyOS와 NesC 같은 센서 네트워크 전용 운영체제와 언어의 개발 동기를 제공한다[8]. TinyOS 기반의 프로그램들은 매우 작은 용량의 크기(대부분 30kbyte 이하)로 컴파일되며, 무선 센서 노드의 일반적인 특징을 고려하여 최적화된 운영체제이다. TinyOS는 운영체제의 라이브러리와 어플리케이션들을 Network-embedded-system-C(NesC)라는 새로운 언어로 작성하게 되어 있다.

Tinyos의 특성 및 요구사항은 적은 코드 크기, 효과적인 리소스 이용, 저전력 소모, 강한 동작, Ad-Hoc 센서 네트워크 프로토콜, 분산처리 등이다. (그림 3)은 TinyOS의 구조이다.

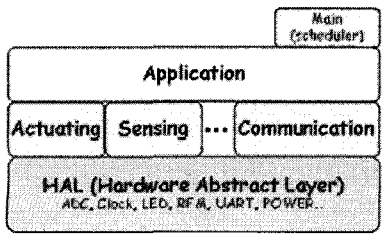

그림 3. TinyOS 구조
Fig. 3. TinyOS Architecture

TinyOS는 3가지 특성을 가진다.

첫째, 재사용이 가능한 소프트웨어 컴포넌트 기반의 운영체제이며, 응용 프로그램은 하드웨어 컴포넌트의 입·출력을 연결하듯이 소프트웨어 컴포넌트의 입·출력 인터페이스를 연결함으로써 작성된다.

둘째, 상태 머신 기반의 구조를 가진 운영체제로서, 각각의 상태는 TinyOS의 컴포넌트에 해당된다. 각 컴포넌트의 명령과 이벤트 처리기는 한 상태에서 다른 상태로 빠르게 전이를 수행하며, 기본적으로 하드웨어의 신호 처리와 같은 특성을 가지므로 적은 양의 부가처리와 Non-Blocking의 특성을 지닌다.

셋째, 센서노드의 중요한 요구사항인 저 전력 소모를 구현하기 위해 사용되지 않는 CPU의 사이클 동안은 휴면 상태로 전환되어 전력 소모를 줄인다.

2.3 센서 네트워크 하드웨어

1998년 미국 UC Berleley 대학에서 WeC라는 첫 번째 센서 네트워크 하드웨어(이하 센스노드) 플랫폼을 개발한 후, 매년 RENE, DOT, MICA, MICA2, MICA2 DOT, MICAZ와 같은 센서 노드 하드웨어가 개발되었다. (그림 4)는 MICA 플랫폼의 대표적인 제품들이다.

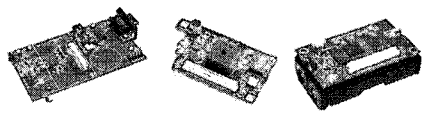

그림 4. MICA 하드웨어 플랫폼
Fig. 4.MICA Hardware Platform: MIB510CA Interface Board(left), MTS300 Sensor Board(center), MPR2400 Mote(right)

대부분의 센서노드 하드웨어는 저 전력 단거리 무선 통신을 지향하는 8비트 마이크로 컨트롤러와 저속 RF 칩을 기반으로 구성되어 있고, 제한적인 메모리와 배터리 용량으로 인하여 복잡한 기능구현에 제약이 따르기 때문에 자원의 활용과 기능 구현 간에 적절한 균형이 요구된다.

기존의 무선 네트워크가 높은 데이터 전송률 및 처리 성능을 기본으로 하는 컴퓨팅에 초점을 맞추었다면 무선 센서 네트워크는 대부분 짧은 시간동안 적은 양의 전송만 수행하게 된다. 이처럼 저속의 데이터 속도를 요구하는 애플리케이션에 적합하다.

(그림 5)는 센서노드를 비교해놓은 그림으로 이를 참고하면 각 모델의 정확한 사양을 알 수 있다.

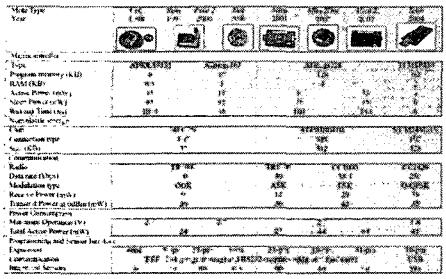

그림 5. 센서 네트워크 하드웨어
Fig. 5. Sensor Network Hardware

게이트웨이 보드는 (그림 6)처럼 MICA 계열인 MICAz, MICA2 및 MICA2DOT 플랫폼을 장착하여 사용하는 인터페이스 보드이다.

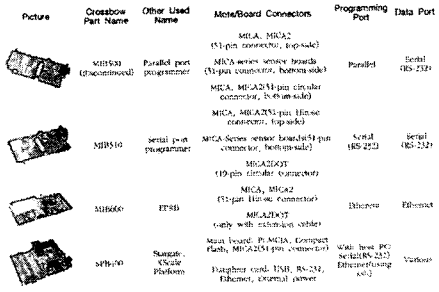

그림 6. 게이트웨이 보드
Fig. 6. Gateway Boards

센서 보드의 MTS(Mote sensor) 계열과 센서 데이터 추출 보드의 MDA(Mote Data Acquisition) 계열들은 무선 Mote의 MICA, MICA2와 MICA2DOT 패밀리를 갖고 인터페이스 하기 위해 설계되었다 (그림 7)은 센서와 데이터 획득 보드에 대한 종류와 센서별 기능에 대한 요약이다.

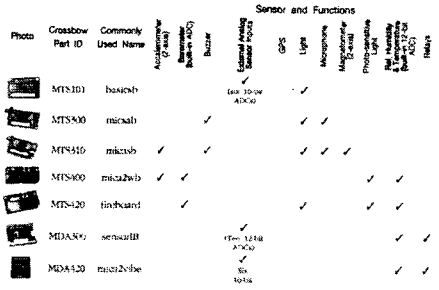

그림 7. 센서와 데이터 획득 보드
Fig. 7. Sensor and Data Acquisition Boards

III. 상황 정보 모니터링 시스템 설계

3.1 상황 정보

상황 정보는 센서 네트워크 내의 많은 센서로부터 수집된 자료들을 분석하여 파악할 수 있으며 실시간에서는 정보를 정확하게 생성하여 사람의 도움없이 스스로 주변 환경 상황을 인식하여 맞춤형 예측 서비스를 실행할 수 있는 유비쿼터스 센서 네트워크의 실현에 중요한 기본 자료이다[9].

〈표 2〉는 상황정보에 대한 사례이다. 상황분류에서 신원정보를 감지하기 위한 방법을 전자 태그 및 리더기를 이용하여 사용자 상황 정보를 획득한다. 지정 영역의 조도, 온도를 감지하여 환경상황 정보를 MTS 300 센서 보드를 이용하여 획득한다.

표 2. 상황분류
Table 2. context classification

일반적인 상황	실제 상황의 세부 분류(예)
사용자 상황	고유ID, 신원정보(성명, 나이, 특징)
활동 상황	인접인, 가속도, 행동, 일정
공간 상황	위치, 시설, 인프라, 방향, 속도
신체 상황	혈압, 체온, 맥박
환경 상황	조도, 온도, 습도
시간 상황	시간, 일자, 시각, 계절, 기념일

3.2 시스템 구성

(그림 8)은 무선 센서 노드를 이용하여 구축한 상황 정보 모니터링 시스템을 위한 시스템의 전체적인 구조를 보여준다. 상황데이터 인식 부분은 RF 센서로 이용한 사용자 신원 확인을 위한 데이터 수집 장치이다. 데이터 획득 센서는 온도, 조도, 습도와 같은 상황 정보를 수집하여 데이터 수집 노드로 전달하는 장치이다. 예를 들어 RF 센서는 서비스 구역에 어떤 사용자가 진입하였는지를 감지하고, 데이터 획득 센서는 진입 후의 상황 변화에 따른 정보를 수집하는 것이다.

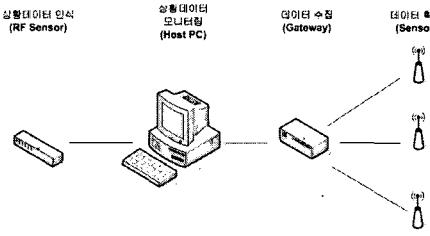

그림 8. 모니터링 시스템 구조
Fig. 8. Monitoring System Architecture

(그림 9)은 구현된 시스템에 사용되는 하드웨어 구성이다. Crossbow Mica Mote는 상황 데이터 인식을 위해 사용된 센서이고, STS 500은 상황 정보 획득을 위해 사용된 장치이다.

그림 9. 상황정보 수집 센서
Fig. 9. Crossbow Mica Mote, STS 500

모니터링 시스템은 무선 센서 노드가 관심 있는 데이터를 감지하고 측정하는 부분과 수집된 데이터를 전송 받는 수집 노드와 수집된 데이터를 활용하여 모니터링을 하는 부분으로 나눈다[10]. 센싱 영역에 배포된 센서 노드들은 무선 센서 네트워크를 형성하며 싱크 노드로 센싱된 정보를 전달한다. 싱크 노드는 센서 노드로부터 전송된 데이터를 수집하여 모니터링 컴퓨터에 UART나 LAN을 통해 연결하여 데이터를 전송할 수 있다. 모니터링 컴퓨터는 실제로 센서네트워크에서 전달되는 데이터를 실시간으로 받을 수 있으며 그 외 다양한 응용 프로그램을 개발할 수 있는 플랫폼이 되는데, 제안된 시스템에서 사용된 모니터링 소프트웨어를 이용하여 조도 및 온도 센서를 활용하여 센싱 영역의 상황 정보를 모니터링하였다.

IV. 시스템 구현

본 연구에서 제안한 상황정보 모니터링 시스템 구축환경의 구성은 〈표 3〉과 같다.

표 3. 상황정보 모니터링시스템 구현 환경
Table 3. Environment of Implementation for Context Data Monitoring System

	구성 요소	구성 내용
H/W	RF 센서 kit	STS 500
	센서 플랫폼	Crossbow Mica Mote
S/W	운영체제	TinyOS Window XP
	개발 언어	NesC C++
	데이터베이스	Microsoft SQL Server PostgreSQL

(그림 10)에서는 위치가 시시각각으로 변하는 사물들을 동적으로 연결하기 위한 무선 센서 노드들이 협업하여 시간의 흐름에 따라 Ad-hoc 네트워크를 구성하고 있다. 결국 Ad-hoc 네트워크를 구성하는 시스템은 네트워크 기반 인프라가 취약한 곳에서 효과적으로 네트워크를 확장할 수 있다.

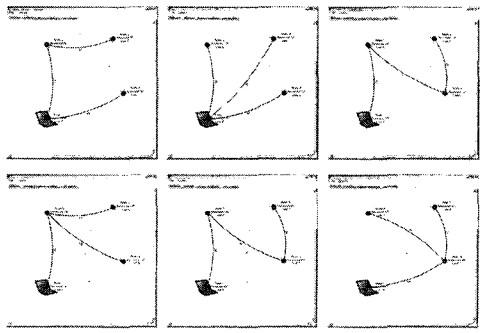

그림 10. Ad-hoc 네트워크
Fig. 10. Ad-hoc Network Topology

본 실험에서는 건물 내에 각 룸(Room)에 대한 조도 및 온도 데이터를 센싱하여 각 룸에 대한 온도와 조도의 변화 상태를 알려준다. 상황 정보 모니터링 프로그램을 통하여 (그림 11)처럼 각 센서 노드 변화를 통하여 각 룸의 상황정보 변화를 간편하게 보여줄 수도 있다. 본 실험에서는 센서 노드에 임의에 환경 변화를 주어 센싱되는 데이터의 변화를 확인할 수 있었다.

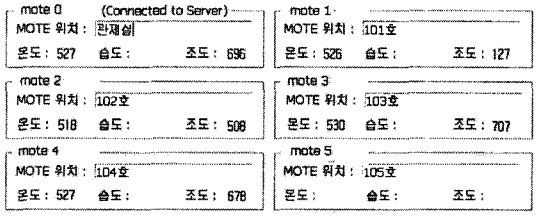

그림 11. 무선 센서 모니터링
Fig. 11. Wireless Sensor Monitoring

센서 보드를 교체하여 조도와 온도처럼 공간, 신체 및 활동 상황을 판단할 수 있는 센싱 데이터도 입력받아서 센싱된 데이터를 실시간으로 가시화시키는 동시에 데이터베이스에 저장되므로 활용 분야에 따라서 다른 정보의 모니터링도 가능하다. 조도 및 온도와 같은 환경 상황정보를 인식하면 냉·난방 관리 시스템이나 도시 가로등 관리 시스템을 위한

다양한 형태로의 응용이 가능하다. (그림 12)은 무선 센서 네트워크에서 들어오는 센싱된 데이터를 실시간으로 데이터베이스에 저장되는 쿼리를 보여주고 있다. 입력되는 데이터는 센싱 시간, 노드 id 및 상황정보인데 웹 서버를 이용한다면 웹 기반 모니터링을 위해서 광역 센서 데이터를 네트워크나 외부에서 인터넷을 통해 편리하게 수집 및 분석을 할 수 있다.

그림 12. 실시간 센싱 데이터
Fig. 12. Realtime sensing data

제안된 시스템을 기존 시스템과 비교했을 때의 결과는 〈표 4〉와 같다.

표 4. 제안 시스템 성능 분석
Table 4. Performance Analysis of Proposed System

비교인자	제안 시스템	기존 시스템
통신	무선	유선
구축 용이성	용이함	어려움
가격	저가	고가
이동성	이동식	고정식
단위 시스템 크기	소형	대형
자체 프로세싱	유	무
적용 범위	범용적	한정적
센서 대상 교체	용이함	어려움

V. 결 론

본 연구에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서 RF 센서와 Mica 플랫폼의 무선 센서 보드를 이용하여 지정 영역의 사용자 신원 정보 및 조도를 센싱하여 취득된 값의 변화를 사용자에게 보여줄 수 있는 상황정보 모니터링 시스템을 설계하고 구현하였다. 사용자의 정보와 지정 영역의 조도 및 온도 센싱 데이터를 가시화하여 관리자에게 상황정보를 알려줄 수 있도록 하였다.

제안된 시스템은 비교적 저렴한 비용으로 설치할 수 있고, 유선 환경이 힘들거나 불가능한 지역에 비교적 쉽게 설치할 수 있다는 효용성을 입증하였다. 계속적으로 상황 데이터의 축적을 통해 단계적으로 상황 예측 및 진단시스템으로 발전시킬 수 있을 것으로 판단된다.

향후 과제로는 상황 정보 모니터링 인터페이스 및 기능 강화와 센서 노드의 수명 연장을 위한 방법에 대한 연구를 진행하여 실용화 시스템의 발전이 필요하다.

참고문헌

[1] 박승창, 남상엽, 류영달, 이기혁, 김완석, "유비쿼터스 센서 네트워크 기술" 진한, 20005

[2] Vijay Anand Sai Ponduru Archana Bharathidsan. Sensor network: An overview. Technical report, University of California, Davis.

[3] 김동명, 우성희, 이상호, "유비쿼터스 네트워크에서 저전력 센서노드의 익명성" 한국컴퓨터정보학회 11권 1호, 2006

[4] M. Tubaishat, S. Madria. Sensor Networks : An Overview. IEEE Potentials, April/May 2003.

[5] Tarik Arici, Yucel Altunbasak, "Adaptive Sensing for Environment Monitoring Wireless Sensor Networks" in IEEE Communications Society, 2004

[6] David B. Johnson, "Routing in ad hoc networks of mobile hosts," in IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Dec.1994.

[7] IEEE Std 802.11-1999, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, Nov. 1999.

[8] D.Gay, P.Levis, D.Culler and E.Brewer, NesC 1.1 Reference Manual, Included with the TinyOS 1.1.0 software, May 2003

[9] Dey, A.K. and Abowd, G.D , "Towards a better understanding of context and context-awareness, GVU Technical Report GITGVU-99-22, College of Computing, Georgia Institute of Technology, September 1999

[10] Alan Mainwaring, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, David Culler and Jhon Anderson "Wireless Sensor Networks for Habit Monitoring", Proc. of the 26th Conf. Decision and Control, pp. 98-99, 1987

저 자 소 개

이기욱

1985년 계명대학교 전자계산학과 (공학사)

1987년 동국대학교대학원 전자계산학과(공학석사)

2001년 계명대학교대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

1991년~2006년2월 동명대학 컴퓨터정보처리과 교수

2006년 3월~현재 동명대학교 항만물류학부 조교수

〈관심분야〉 유비쿼터스 컴퓨팅, 지능DB

성창규

1992년 경성대학교 전산통계(이학사)

1998년 경성대학교대학원 컴퓨터과학과(이학석사)

2002년 한국해양대학교 컴퓨터 공학과 박사과정 수료

〈관심분야〉 유비쿼터스 컴퓨팅, 데이터 마이닝