

무선 센서 네트워크를 이용한 냉동 컨테이너 모니터링 시스템 설계

이 기 욱*, 김 정 이**

Design of Reefer Container Monitoring System based on Wireless Sensor Network

Ki-Wook Lee *, Jung-Yee Kim **

요 약

냉동 컨테이너의 내용물들은 적정 온도를 유지하지 못하면 화물의 파손이 발생할 수 있다. 현재 냉동 컨테이너는 전담 관리원이 주기적이고 수동적으로 컨테이너의 내부 온도를 감시한다. 그래서 컨테이너 내부 온도를 실시간으로 감시할 수 없기 때문에 화물에서 문제가 발생하면 즉각적으로 대응하지 못한다. 본 논문은 무선 센서 네트워크를 이용하여 냉동 컨테이너에 센서 노드를 탑재하여 컨테이너 내부 온도를 실시간으로 감시하는 시스템을 제안한다. 무선 센서 네트워크는 독립된 센서들을 물리적 공간에 배치하여 주위의 온도, 빛, 가속도 등의 정보를 감지하여, 무선으로 전송할 수 있는 기술이다. 제안된 시스템은 냉동 컨테이너의 상태를 실시간으로 감시하기 때문에 컨테이너의 적정 온도를 유지함으로써 화물을 효율적으로 관리할 수 있다.

Abstract

The contents of reefer container face a risk of being damaged if the interior temperature and certain maintenance conditions for the shipments cannot be met. Currently, the temperature and other conditions within a reefer container is checked manually and periodically by someone in charge of it. Since it means that there is no real-time checking of the conditions, if something goes wrong, there is no immediate means of correcting the problem. This paper introduces reefer container monitoring system, that checks interior temperature of container on real-time by sensor nodes attaching reefer container using wireless sensor network. It senses the temperature, amount of light, motion and the change in speed of the objects that distributes sensors throughout the desired places and sends the data wirelessly to anyone interested. Because the proposed technique can check the temperature and other conditions within a reefer container on real-time basis, it enables efficient and effective maintenance of temperature and other conditions

▶ Keyword : Wireless Sensor Network, Ad-hoc, Monitoring System

• 제1저자 : 이기욱
• 접수일 : 2007. 11.4, 심사일 : 2007. 11.10, 심사완료일 : 2007. 11.13.
* 동명대학교 항만물류학부 부교수, ** 동명대학교 항만물류학부 전임강사

I. 서론

냉동컨테이너는 식품, 반도체, 화공약품을 적재하기 때문에 환경 변화에 아주 민감하다. 현재 냉동컨테이너는 전체 컨테이너 대비 10%정도를 차지하고 있으며, 특히 한미 FTA를 시작으로 냉동컨테이너의 수요가 폭발적으로 증가할 것이다. 냉동컨테이너는 냉동시스템이 탑재되어 있기 때문에 항상 적정 온도를 유지하여 컨테이너의 화물의 신선도를 유지하는 특징을 가지고 있다. 그래서 냉동시스템이 고장이 나면 컨테이너 적재 화물에 문제가 발생하며, 이에 따라 책임 소재에 따른 분쟁이 발생한다. 이런 문제점들을 해결하기 위해서는 항상 냉동컨테이너의 온도를 조사해야 한다. 그러나 냉동컨테이너의 효율적인 모니터링(Monitoring)에는 많은 문제점들을 가지고 있는데, 물동량 증가에 따른 신속한 모니터링 관리 부재, 노무자가 직접 컨테이너 상태 확인에 따른 관리비 상승, 그리고 수동적 관리로 인한 상태 변화의 즉각적 처리 및 정확한 원인 규명을 밝히지 못함에 따른 책임소재 공방 등이다.

최근 모니터링 분야에 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network)를 이용한 대상물의 상태를 실시간으로 조사하여 문제 발생들을 즉각적으로 처리하는 시도가 최근 활발히 진행되고 있다. 무선 센서 네트워크는 유비쿼터스(Ubiquitous)의 핵심기술로 여러 개의 센서 노드가 무선 네트워크의 게이트웨이를 통해 외부 네트워크에 연결되는 구조를 갖는다(1). 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(2).

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 기반에서 센서 노드의 센싱 기술을 이용하여 냉동컨테이너 온도 정보 모니터링 시스템을 구축하였다. 제안된 시스템은 시간 단위로 관리된 온도 기록함으로써 갑작스런 온도 변화에 능동적으로 대처하지 못하여 발생하는 문제점들을 해결할 수 있는 실시간 냉동컨테이너내의 상태 모니터링을 수행한다.

II. 관련 연구

2.1 무선 센서 네트워크

무선 센서 네트워크는 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 및 관리할 수 있는 기술이다(3). (그림 1)과 같이 센싱 영역에 있는 센서 노드들은 감지된 정보를 싱크 노드인 게이트웨이에 전달하고 기존 네트워크를 통해 정보를 필요로 하는 사용자 및 관찰자에게 전달한다.

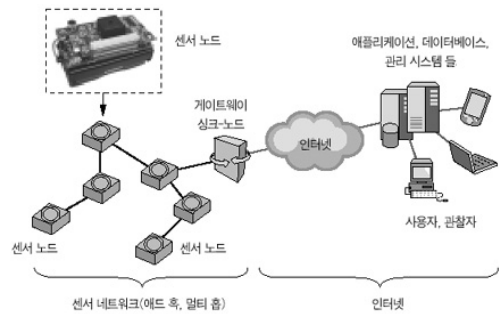


그림 1. 무선 센서 네트워크
Fig. 1. Wireless Sensor Network

무선 센서 네트워크에서 Ad-hoc 통신은 특정 AP(Access Point) 없이 주변에 존재하는 모든 노드들과 서로 협업하여 네트워크를 형성하기 때문에 무선 센서 네트워크와 같이 특정 지역에 배치되어 자유롭게 통신해야 하는 환경에서 매우 효과적이다(4).

무선 센서 네트워크에서 기존 운영체제와 프로그래밍 언어는 소형의 무선 센서 노드 플랫폼에 적용하기 부적합하므로 미국 UC Bekeley 대학에서 개발된 TinyOS와 NesC 같은 센서 네트워크 전용 운영체제와 언어가 개발 동기를 제공한다(5). (그림 2)는 TinyOS의 구조로 이 운영체제 기반의 프로그램들은 매우 작은 용량의 크기(대부분 30kbyte 이하)로 컴파일되며, 무선 센서 노드의 일반적인 특징을 고려하여 최적화된 운영체제이다. TinyOS는 운영체제의 라이브러리와 어플리케이션들을 NesC라는 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.

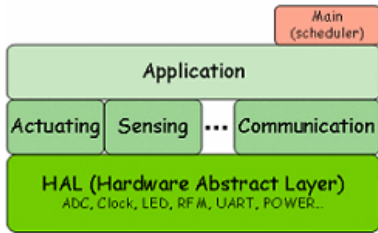


그림 2. TinyOS 구조
Fig. 2. TinyOS Architecture

최근 무선 센서 네트워크를 이용하여 산업 전반에서 일 상생활에 이르기까지 많은 분야에서 응용되며, 특히 환경감 시, 교통, 건축물, 의료분야, 홈 네트워크, 그리고 군사용 등 다양한 분야에 걸쳐 활용되고 있다.

유비쿼터스 센서 네트워크 기반에서 무선 노드의 센싱 기술을 이용한 상황 정보 모니터링 시스템은 수집될 데이터의 양이 적고, 지속적인 모니터링이 불필요하고, 일정한 간격으로 특정 지역에서 발생하는 상황을 감지한다. 모니터링 시스템은 기존 유선 통신을 이용한 상황 감시보다 시스템 구축과 센서 교체가 용이하고, 단위 시스템 크기가 작고, 적용 범위가 범용적인 장점을 갖고 있다[6].

RFID 기술을 기반으로 하여 웹 프로그램 기술과 무선 임베디드 라우터 기술을 활용한 항만 컨테이너 관리 시스템은 컨테이너를 자동 식별함으로써 항만 게이트 자동화, 컨테이너의 입출고 처리 등 향후 지능형 항만과 유비쿼터스 센서 네트워크를 향한 항만 물류 관리 시스템에 주 요소로 크게 활용될 수 있다[7].

센서 네트워크 기반의 화재 감지 휴대 조명 시스템은 지하철역이나 각종 대형의 공공시설물, 아파트 등에 설치되어 화재로 인한 비상탈출이 필요하거나 실내에 가스가 누출된 경우, 화재발생 또는 가스 누출지점에서 일정거리 이상 떨어져 있거나, 가까운 거리에 있더라도 방음벽이나 격벽 등으로 음성전달 장애가 있는 경우, 센서 네트워크를 통해 신속하게 화재 발생 또는 가스 누출을 경고함과 동시에 화재 발생 지점 근처의 일정한 장소에 설치된 지능형 화재 대피 휴대용 조명 등 세트의 위치를 주위 사람에게 알림으로써 신속한 대피 및 가스 제거와 함께 자체 초기 화재 진압 활동을 할 수 있다[8].

무선 센서 네트워크를 위한 터널 모니터링 시스템은 센서의 설치 및 유지보수가 용이하며 설치비용이 저렴하고 많은 수의 센서 설치로 글로벌한 모니터링을 수행할 수 있다. 그리고 터널 내부의 화재, 침수, 진동, 출입자 통행 감지를 위해서 감지 센서를 설치하여 관측되는 정보를 근거리 통신 모듈을 이용하여 게이트웨이로 전달하면 코드 분할 다중접속 방식을 사용하여 서버와 통신을 하고 웹서비스 기술에

의해 터널의 상태를 언제 어디서나 24시간 감시함으로써 할 수 있는 종래의 유선방식보다 효과적으로 모니터링 할 수 있다[9].

본 연구에서는 냉동컨테이너의 상태를 주기적으로 수동 관리함으로써 발생하는 문제점들을 해결하기 위해 무선 센서 네트워크를 이용하여 실시간 온도 모니터링 시스템을 설계한다.

III. 시스템 설계

냉동 컨테이너는 온도 조절을 위해 컨테이너 아트의 특정 지역에 적재되고 있다. 모든 컨테이너에 온도를 감지하는 센서노드를 부착함으로써 온도 모니터링을 수행한다. (그림 3)은 무선 센서 네트워크를 이용하여 컨테이너 아트에 적재되어 있는 냉동 컨테이너를 관리하는 시스템 구조를 나타내었다. 컨테이너에 부착된 센서 노드에서 발생하는 정보를 상황실에 전달하기 위해서 무선 센서 네트워크는 Ad-hoc 통신 기법을 사용한다. 점대점(point-to-point)방식의 통신기반을 갖는 Ad-hoc 네트워크를 구성하는 노드들은 자신의 전파 도달 거리 밖에 있는 다른 노드와 통신할 수 있으며, 이때 중간 노드(intermediate node)들은 소스와 목적지 노드간의 데이터 통신을 위한 패킷을 전달 및 중계(relay)할 수 있는 기능을 제공한다. Ad-hoc 네트워크는 별도의 기반 시설(infrastructure)없이 모바일 디바이스만으로 구성이 가능하며, 네트워크를 구성하는 노드들은 별도의 시스템 관리 없이 네트워크상의 다른 노드들을 발견하고 네트워크를 형성할 수 있다. 센싱 영역에 배포된 센서 노드들은 무선 센서 네트워크로부터 전송된 데이터를 수집하여 모니터링 컴퓨터에 RS232로 데이터를 전송한다. 모니터링 컴퓨터는 전송받은 컨테이너 정보와 온도 정보를 데이터베이스에 저장하고 사고 여부를 판단하는 모듈을 통해 사고 컨테이너 목록을 출력한다.

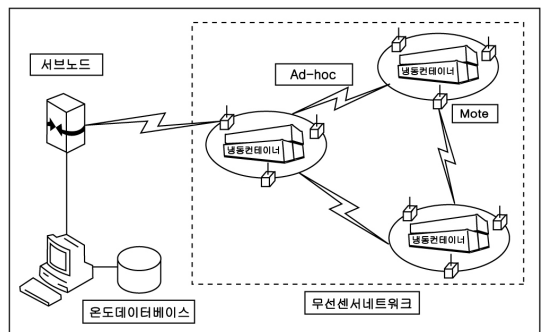


그림 3. 냉동 컨테이너 모니터링 시스템 구조
Fig. 3. Architecture of Reefer Container Monitoring System

냉동 컨테이너의 온도를 모니터링하기 위해 무선 센서 노드인 RF 센서를 사용한다. 버클리 대학은 RF 센서 네트워크의 노드로 활용하기 위해 MICA Mote 시리즈 플랫폼 장비를 개발하였다. (그림 4)는 시스템 구현을 위해 사용된 무선 센서 모듈로서 MicaZ의 MPR2400 센서 플랫폼에 MIB520CA 인터페이스 보드와 MTS300센서 보드로 구성되었다. MPR2400은 2.4GHz의 대역폭을 사용하며, 4KB RAM, 칩콘의(Chipcon)의 CC2420을 사용하여 지그비(Zigbee)에 호환되며, 마이크로컨트롤러는 ATMega128L로 외장 플래시 메모리를 사용하였다. MPR2400은 51-pin 확장 컨넥터가 아날로그 입력을 지원하고, MIB520CA는 프로그래밍과 데이터 통신을 위해 시리얼 인터페이스(RS-232)를 지원한다.



그림 4. RF 센서 노드
Fig. 4. RF Sensor Node

IV. 실험 및 평가

본 연구에서 제안한 냉동 컨테이너 모니터링 시스템의 개발 환경은 <표 1>과 같다. 구현에 사용되는 소프트웨어는 크게 운영체제와 컴파일러로 구분되며 센서 Mote의 운영체제는 TinyOS 1.1.7을 사용하였고, 센서의 이상 유무에 대한 감시 모듈은 델파이 7.0로 구현하였다. TinyOS의 특성을 지원하는 NesC는 동적 메모리를 할당하지 않는 정적인 언어를 통하여 무선 센서 네트워크 응용프로그램을 작성할 수 있다. NesC는 안정성을 위하여 전체 프로그램에 대한 분석을 통해 최적화를 수행하고, 컴포넌트 기반의 언어로서 메모리 반도체 칩들과 메모리 컨트롤러를 정해진 컴포넌트와 양 방향을 갖는 인터페이스를 이용할 수 있는 프로그램 메모리 모듈을 만들 수 있다[10].

표 1. 실험 및 평가 환경
Table 1. Environment of Testing and Evaluation

	구분	내용
소프트웨어	운영체제	TinyOS 1.1.7
	컴파일러	Delphi 7.0
하드웨어	Mote	CrossBow사 - MPR2400
	프로그래밍보드	CrossBow사 - MIB520CA

모든 냉동 컨테이너가 유지해야 할 온도는 동일하지 않다. 즉 컨테이너 내용물에 따라 -25℃, 0℃, 5℃ 등 설정 온도가 다르다. 그래서 냉동컨테이너의 온도를 모니터링을 하기 위해서는 설정온도를 파악해야 하며 그리고 각 컨테이너의 현재온도를 측정함으로써 문제 컨테이너를 추적할 수 있다. (그림 5)는 본 연구에서 구축한 모니터링 시스템을 통해 발생되어진 정보를 출력한 화면이다. 무선 센서 네트워크상에서 센서 노드를 부착한 냉동 컨테이너로부터 전달되는 정보는 컨테이너 번호, 야적 위치, 설정온도, 현재온도, 그리고 타입이다. 온도 모니터링에서 가장 중요한 정보는 각 컨테이너의 설정 온도와 현재 온도이다. 구축된 시스템은 설정 및 현재 온도를 실시간으로 비교하여 온도 차가 발생하면 해당 컨테이너에 문제가 발생하였다고 통보한다. 또한 경고가 발생한 컨테이너의 문제를 해결하기 위해서는 야적장에 있는 컨테이너의 위치 정보가 필요하다.

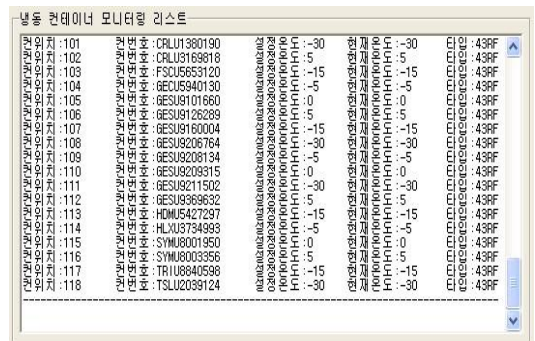


그림 5. 냉동 컨테이너 모니터링 목록
Fig. 5. List of Reefer Container Monitoring System

본 연구에서 제시된 냉동 컨테이너 모니터링 시스템에 있는 온도데이터베이스는 효율적인 자료 처리를 위해 실시간으로 발생하는 냉동 컨테이너 온도 정보를 모두 저장하지 않는다. 내부 온도에 문제가 없는 컨테이너의 온도 정보는 계속적으로 동일한 값을 발생하기 때문에 이들 값을 데이터베이스에 저장하는 것은 바람직하지 않다. 그래서 온도 변화가 발생한 정보는 별도로 구축된 DB 테이블에 저장하고 온도 변화가 없는 정보는 초기에 발생한 정보를 유지한다. 냉동 컨테이너에서 분쟁이 발생할 경우 온도데이터베이스에 저장되어 있는 정보가 분쟁 해결에 중요한 역할을 한다. (그림 6)은 냉동 컨테이너를 실시간으로 모니터링하면서 내부 온도에 문제가 발생한 컨테이너의 번호와 야적 위치를 표시한다. 컨테이너 온도 현황에서는 실시간으로 모든 냉동 컨테이너의 온도를 조사하기 때문에 내부 온도에 문제가 발생한

컨테이너를 적발하기가 힘들다. 그래서 내부 온도가 설정 온도와 맞지 않는 해당 컨테이너만을 문제 발생 즉시 별도로 상황실에 통보함으로써 효과적인 냉동 컨테이너 모니터링을 수행할 수 있다.

컨워치	컨번호	설정온도	현재온도
컨워치 :115	컨번호 :SYMU8001950	설정온도 :0	현재온도 :2
컨워치 :112	컨번호 :GESU9369632	설정온도 :5	현재온도 :7
컨워치 :113	컨번호 :HOM5427297	설정온도 :-15	현재온도 :-14

컨워치 :101	컨번호 :CRLU1380190	설정온도 :-30	현재온도 :-28
컨워치 :105	컨번호 :GESU9101660	설정온도 :0	현재온도 :2

그림 6. 사고 냉동 컨테이너 목록

Fig. 6. List of Accident Reefer Container Monitoring System

모니터링 결과를 텍스트 형식으로 표현할 경우 모니터링의 효과가 감소될 우려가 있다. 그래서 (그림 7)에서는 냉동 컨테이너의 온도 현황을 그래프 형식으로 표현함으로써 내부 온도에 문제가 있는 컨테이너의 설정 온도와 현재 온도의 편차를 가시적으로 표현 한다. 컨테이너 온도 상태를 그래프 형식으로 표현하면 심각하게 온도 편차를 보이는 컨테이너와 미세한 온도 차이가 있는 컨테이너와의 문제 해결 순서를 지정함으로써 모니터링 효과를 극대화시킬 수 있다.



그림 7. 냉동 컨테이너 모니터링 그래프

Fig. 7. Graph of Reefer Container Monitoring

실제 상황실에서는 효율적으로 냉동 컨테이너를 모니터링을 수행하기 위해서는 냉동 컨테이너의 온도 모니터링 화면들을 따로 관리하지 않는다. 그래서 (그림 8)은 한 개의 모니터 화면에 3가지 모니터링 결과 화면을 표시한다.

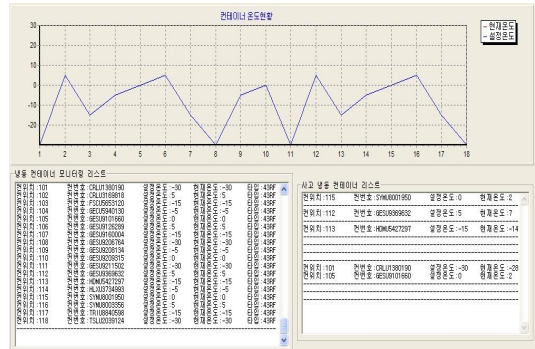


그림 8. 냉동 컨테이너 모니터링 창

Fig. 8. Window of Reefer Container Monitoring

구현된 냉동 컨테이너 모니터링 시스템은 냉동 컨테이너 모니터링 목록, 사고 냉동 컨테이너 목록 그리고 냉동 컨테이너 모니터링 그래프를 제공함으로써 냉동 컨테이너의 내부 온도를 실시간으로 모니터링을 할 수 있기 때문에 온도 이상에 따른 사고 컨테이너의 발생을 미연에 방지한다. 또한 모든 냉동 컨테이너 온도 정보가 온도 DB에 저장되어 있기 때문에 사고 발생 시 온도 이력을 이용하면 원인 규명에 많은 도움을 제공할 수 있다. 상황에 있는 모니터링 전용 모니터에 3개의 창을 표시함으로써 냉동 컨테이너의 내부 온도에 문제가 발생하면 즉각적인 대응이 가능하다.

V. 결 론

본 논문에서 구현한 냉동 컨테이너 모니터링 시스템은 무선 센서 네트워크 환경에서 RF 센서를 사용하여 실시간으로 컨테이너의 온도 정보를 관제실로 전송한다. 제안된 시스템은 현재 개별 컨테이너에 단말기를 사용하여 온도 정보를 수집하거나 시간단위로 관리원이 온도를 기록하기 때문에 만약 컨테이너의 내용물에 문제가 발생되어지면 분쟁의 근거자료로서의 활용가치가 떨어지는 문제점들을 해소함으로써 컨테이너 관리의 효율성을 높일 수 있다. 냉동 컨테이너 모니터링 시스템을 기초로 삼아 유비쿼터스 센서 네트워크를 이용한 일반 컨테이너 관리 시스템이 개발되면 향후 지능형 항만 물류 관리 시스템 개발에 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

실시간으로 온도 정보를 관리함으로써 냉동 컨테이너를 효율적으로 관리할 수 있는 시스템이 구현되었지만 센서 노드의 수명연장과 컨테이너 저장장치 인터페이스 기능 강화 연구가 추가적으로 필요하다. 또한 유비쿼터스 센서 네트워

크를 이용한 일반 컨테이너 위치 추적 시스템에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Chee-Yee Chong, Kumar, S.P, Booz Allen Hamilton, "Sensor network: evolution opportunities, and challenges," Proceedings of the IEEE , Aug, 2003.
- [2] M. Tubaishat, S. Madria, "Sensor Networks : An Overview." IEEE Potentials, April/May 2003.
- [3] Tarik Arici, Yucl Altunbasak, "Adaptive Sensing for Environment Monitoring Wireless Sensor Networks" in IEEE Communications Society, 2004
- [4] David B. Johnson, "Routing in ad hoc networks of mobile hosts," in IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Dec.1994.
- [5] D.Gay, P.Lewis, D.Culler and E.Brewer, NesC 1.1 Reference Manual, Included with the TinyOS 1.1.0 software, May, 200
- [6] 이기욱, 성창규, "유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 상황 정보 모니터링 시스템 구현", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제11권, 제5호, pp259-265, 2006.
- [7] 노철우, 김경민, "RFID를 이용한 항만 컨테이너 관리 시스템 설계 및 구현", 한국콘텐츠학회논문지, 6권, 제2호, pp1-8, 2006.
- [8] 김성호, 육의수, "무선 센서 네트워크 기반 지능형 화재 감지/경고 시스템 설계", 퍼지및지능시스템학회논문지, 17권, 제3호, pp310-315, 2007.
- [9] 김형우, 한진우, "무선 센서 네트워크를 이용한 터널 모니터링 시스템", 한국정보통신설비학회학술대회논문지, pp91-94, 2006.
- [10] 서형용, "환경 정화를 위한 Zigbee 기반의 USN 모듈 구현에 관한 연구", 석사학위논문, 한밭대학교 정보통신대학원.

저 자 소 개



이기욱

1985년 계명대학교 전자계산학과 (공학사)
 1987년 동국대학교대학원 전자계산학과(공학석사)
 2001년 계명대학교대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
 1991년~2006년2월 동명대학교 컴퓨터정보처리과 교수
 2006년 3월~현재 동명대학교 항만물류학부 부교수
 <관심분야> 유비쿼터스 컴퓨팅, 지능DB



김정이

1990년 경상대학교 전산통계(이학사)
 1994년 경상대학교대학원 전산통계학과(이학석사)
 2005년 부산대학교 지형정보협동과정 박사과정 수료
 2001년~2006년2월 동명대학교 컴퓨터정보처리과 교수
 2006년 3월~현재 동명대학교 항만물류학부 전임강사
 <관심분야>UGIS(Ubiquitous GIS), 무선센서네트워크