

무인헬기 및 센서네트워크 기반 화재 감시 시스템 설계

A Design of Fire Monitoring System Based On Unmanned Helicopter and Sensor Network

윤동열 · 김성호

Dong-Yol Yun and Sung-Ho Kim

군산대학교 전자정보공학부

요 약

최근 여러 요인으로 인해 화재의 발생이 빈번히 발생하고 있으나 화재의 신속한 감지를 못함으로 인해 초기 진압이 불가능하게 되고 이로 인한 피해가 크게 증가하고 있다. 이러한 피해를 최소화하기 위해서는 화재발생을 신속히 감지하고 적절한 후속조치를 취하게 하는 기법의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 신속하고 정확한 산불감지를 통해 화재로 인한 피해를 최소화 할 수 있게 하는 센서 네트워크 기술 및 무인 항공 기술을 접목한 새로운 형태의 화재 감시 시스템을 제안하고자 한다. 제안된 시스템은 광범위한 영역에 설치되는 다수의 연기감지센서가 탑재된 센서 노드들과 이 영역위에서 자유로이 비행하면서 실시간으로 센서 노드에서 계측된 데이터를 수집하는 헬리콥터 및 헬리콥터에 장착되어 화재발생지점의 화상 정보를 취득하고 이를 원격의 서버로 데이터를 무선 전송할 수 있는 임베디드 시스템으로 구성된다. 또한 제안된 시스템의 유용성 확인을 위해 제작된 테스트 베드상에서의 실제 적용 실험을 수행하였다.

키워드 : 센서네트워크, 무인헬기, 화재 감시 시스템

Abstract

Recently, fires happen to occur owing to various factors. However, the damage caused by the fire is ever increasing because timely actions could not be taken. To reduce the damage, a development of fire detection system which makes it possible to take adequate actions is required. In this work, a sensor network-based fire detection system which utilizes both sensor nodes equipped with smoke sensor and unmanned helicopter is proposed. The proposed system is composed of unmanned helicopter which can gather the measurement data from the deployed sensor nodes and the embedded system which can get visual information on the firing spot and transmit these images to a remote server computer. The proposed system is applied to actual test bed to verify its feasibility.

Key Words : Sensor network, Unmanned helicopter, Fire Detection System

1. 서 론

우리나라와 같이 산이 많은 지형 특성을 갖는 곳에서는 매년 크고 작은 산불의 발생으로 산림훼손 및 인명 피해가 크게 발생하고 있다. 이를 위해 국가차원에서 대형 산불을 조기에 진압할 수 있는 다양한 형태의 소화약제 개발 등에 심혈을 기울이고 있다. 그러나 고성능 소화약제의 신속한 투입에 의한 산불의 조기 진압을 위해서는 신속하고 정확하게 화재 발생을 감지할 수 있는 IT 기술을 활용한 산불감시 시스템이 개발이 절실히 요구된다. 이러한 연구의 일환으로 무인항공로봇과 지리정보 시스템을 이용한 산불감시 시스템이 개발된 바 있다. 이 시스템은 자동비행 중에 로봇에 장착된 불꽃감지 센서와 후각센서, 온도센서, 카메라 등을 이용하여 산불을 감시하며 산불이 발생하면 이를 지상관제 시스템에 알리고, 지상관제 시스템은 지리정보시스템을 이용해 소방당국에 산불

발화지점 등의 정보를 제공하는 형태로 운영된다[1].

최근 각광을 받고 있는 센서 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅 실현을 위한 핵심 기술 중 하나로써 기존의 컴퓨팅 환경과 물리적인 실제 환경을 접목시켜주는 교량 역할을 한다. 특히 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서, 인간 외부 환경의 감지와 제어기능을 수행하는 센서 네트워크 기술은 저 전력 저가격의 무선 통신 기술, 초소형 마이크로프로세서 기술, 자동 구성이 가능한 Ad-Hoc 네트워크 기술, MEMS 기술, 다양한 종류의 센서들과의 이들의 표준화 노력, 그리고 임베디드 시스템 설계 기술 등의 발전으로 그 응용분야가 계속 확대되고 있는 추세이다[2].

본 연구에서는 신속하고 정확한 산불감지를 위해 센서 네트워크 기술 및 무인 항공 기술을 접목한 새로운 형태의 화재 감시 시스템을 제안하고자 한다. 제안된 시스템은 광범위한 영역에 설치되는 다수의 센서 노드들과 이 영역위에서 자유로이 비행하면서 실시간으로 센서 노드에서 계측된 데이터를 수집하는 헬리콥터 및 헬리콥터에 장착되어 화재발생지점의 화상정보를 취득하고 이를 원격의 서버로 데이터를 무선 전송할 수 있는 임베디드 시스템으로 구성된다. 또한 산불감지용 test bed를 제작하여 설계·제작된 시스템의 실제 적용

접수일자 : 2006년 10월 21일

완료일자 : 2007년 1월 29일

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었습니다.

을 통해 제안된 시스템의 유용성을 확인하고자 한다.
 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 센서네트워크의 기본 구성요소, 산불감지 시스템에 도입 가능한 LEACH알고리즘에 기술하며 제3장에서는 본 연구에서 제안된 센서 네트워크 기반 화재감지 시스템의 구조에 대해 기술하며, 제4장에서는 제안된 시스템의 유용성 확인을 위한 시뮬레이션 및 실제 적용실험에 대해 기술하고 마지막으로 결론에 대해 기술한다.

2. 산불감지 시스템에 적용 가능한 센서 네트워크의 기본 구성

센서네트워크란 인간 친화적인 미래 컴퓨팅 패러다임인 “유비쿼터스 컴퓨팅”을 실현 가능케 하는 기반 네트워킹 기술로서 광범위한 지역에 분산되어 있는 초소형, 초저전력의 센서 노드들로 구성된 일종의 무선 Ad-Hoc 통신망으로 정의된다. 센서 네트워크는 일반적으로 센싱의 정확성과 감시 영역의 확장성을 위해 대규모의 센서 노드들로 구성되며 이러한 대규모 네트워킹 환경 하에서 동적인 상황변화에 효율적으로 적응할 수 있는 자가 구성(Self-configuration) 능력 및 노드들 간의 상호 협업 능력이 중요시 된다[3].

2.1 센서 노드

본 연구에서는 그림 1과 같은 한백전자에서 개발된 2.4GHz 대역 통신을 사용하는 ZigbeX 센서 노드를 사용하였다.

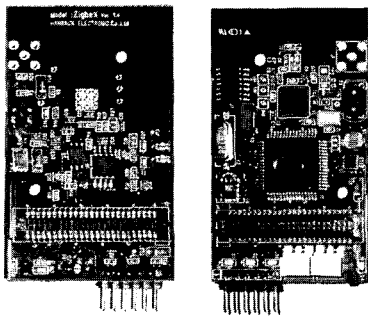


그림 1. ZigbeX 센서 노드
 Fig. 1. ZigbeX sensor node

ZigbeX는 Atmel사의 ATmega128 MCU와 Chipcon사의 CC2420 RF transceiver 칩으로 구성되어 있으며, 센서 노드에는 온도 센서와 습도 센서, 광센서, 적외선 센서가 탑재되어 있다. 또한 본 실험을 위하여 화재 발생의 감지를 위한 센서로 그림 2와 같은 DAESHIN사의 연기센서를 사용하였다. 광범위한 영역에 분산 설치되어 화재의 발생을 감지할 수 있는 화재감지 센서가 탑재된 센서 노드는 그림 3과 같다.

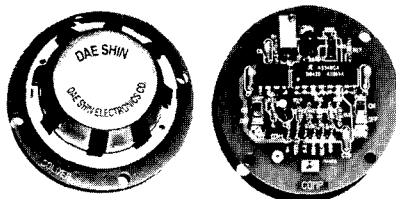


그림 2. 연기 감지 센서 모듈
 Fig. 2. Smoke Sensor module

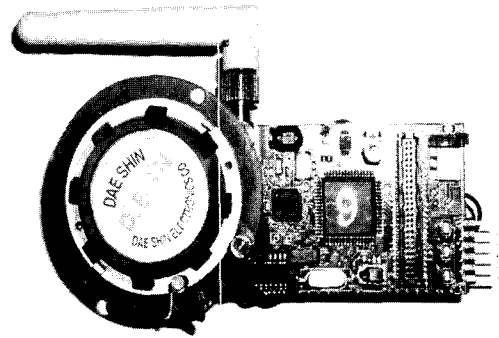


그림 3. 연기감지 센서 모듈이 탑재된 센서 노드
 Fig. 3. Sensor node equipped with smoke sensor module

2.2 센서 네트워크용 소프트웨어

ZigbeX의 펌웨어는 TinyOS를 사용하며 nesC로 프로그래밍 할 수 있다. NesC는 구조적 개념과 TinyOS 실행 모델을 구체화하기 위해 디자인된 c언어의 확장이며, TinyOS는 제한된 자원을 가진 Sensor Network Node를 위해 디자인된 event-driven 방식의 operation system으로 ATmega128과 같은 128KB 플래쉬 롬과 4KB static램의 제한된 시스템에서 수행될 정도로 작은 OS이다[4-5]. TinyOS는 다양한 임베디드 프로세서에 포팅 되었으며, 다양한 개발 보드들이 출시되어 있다. 또한 스케줄러가 개선된 TinyOS 2.0이 현재 개발되어 릴리즈 되었다.

센서 네트워크에서 노드들 간에 전송되는 TinyOS 메시지 패킷의 구성은 그림 4와 같으며 preamble은 데이터의 수신기와 클럭의 동기화를 위한 것이고 프레임 싱크는 그림 5와 같은 TOS 메시지의 시작됨을 표시한다.

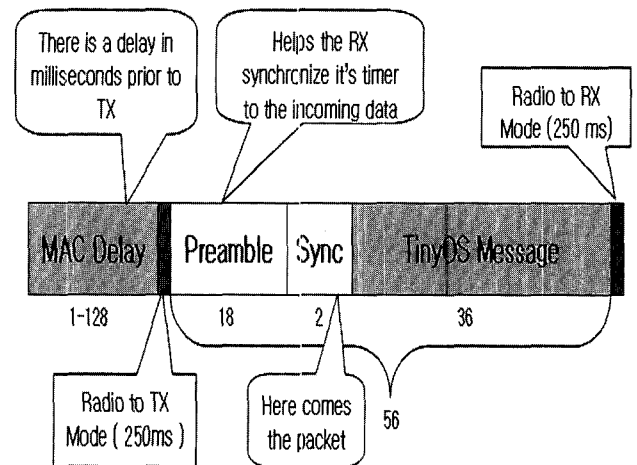


그림 4. TinyOS 메시지 구조
 Fig. 4. Structure of TinyOS message

센서네트워크는 Active Message (AM)기반의 센서 네트워크 무선통신 메커니즘에 의해서 전송된다. 여기서 AM은 TinyOS의 가장 상위 레벨의 패킷 개념으로 하드웨어에 유연성을 갖는 비동기 통신 방식이다. 다음은 TinyOS에서 사용되는 기본 AM 패킷인 TOS 메시지의 구조체로, 다른 모든 메시지 타입들은 이 패킷 속에 캡슐화 되어 전송되게 된다[6-7].

```

typedef struct TOS_Msg
{
  uint16_t addr;
  uint8_t type;
  uint8_t group;
  uint8_t length;
  int8_t data[TOSH_DATA_LENGTH];
  uint16_t crc;
  uint16_t strength;
  uint8_t ack;
  uint16_t time;
} TOS_Msg;
    
```

그림 5. TinyOS 패킷의 구조
Fig. 5. Structure of TinyOS packet

위의 구조체에서 addr 필드는 목적지 노드의 ID 또는 broadcast 주소이며, group 필드는 네트워크에서 사용되는 센서 노드들의 채널을 표시한다. Type 필드는 패킷이 받아졌을 때 AM 레벨에서 불리지게 되는 핸들러를 기술하고, length 필드는 TOS 메시지에 저장되어 있는 data의 길이가 된다. 다음 2바이트는 CRC로 할당된다. 센서 노드로부터 Sink 노드로 전송되는 모든 데이터는 TOS 메시지 패킷 형식으로 전송되어 진다.

2.3. 센서 네트워크의 데이터 전송을 위한 LEACH 프로토콜

센서 네트워크에서의 데이터 전송을 위해 채택될 수 있는 single-hop 기반 라우팅 프로토콜은 싱크 노드에 인접한 노드들이 다른 노드들에 비해 에너지가 먼저 소진되며 이로 인해 전체 네트워크의 생존시간이 줄어든다는 문제점을 갖는다. 이러한 문제를 극복하기 위해 계층적 라우팅 기법의 하나인 LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 프로토콜이 제안된 바 있다[8-9]. LEACH 프로토콜에서는 노드들 간의 에너지 소모를 균등하게 하여 네트워크의 생존시간을 최대화 하기 위해 클러스터 기반의 네트워크 구조를 갖도록 설계된다.

LEACH 라우팅 프로토콜의 기본 구성 및 동작은 다음과 같다. 우선, 네트워크에는 임의의 k개 클러스터가 생성되며 클러스터 마다 하나의 헤드 노드가 선출된다. 클러스터 내부의 일반 노드들은 클러스터 헤드 노드로 데이터를 single-hop으로 전송하고 헤드 노드는 이들 데이터를 병합하여 싱크 노드에게 직접 전송한다. 데이터 병합 및 싱크 노드로 데이터를 전송하는 헤드 노드는 클러스터에 속한 다른 노드들보다 에너지 소비가 많게 되므로 에너지 소모가 균등하게 이루어지도록 일정 시간 마다 클러스터를 재구성하고 헤드 노드도 다시 선출한다[10].

LEACH 프로토콜은 1) Advertisement 단계, 2) Cluster Setup 단계, 3) 스케줄 생성단계, 4) 데이터 전송 단계로 구분할 수 있다. 특히, Advertisement 단계에서 네트워크상의 모든 노드들은 식(1)의 확률함수를 사용하여 헤드노드를 결정한다.

1) 광고 단계 (advertisement phase)

$$P_i(t) = \begin{cases} \frac{k}{N - k * (r \bmod \frac{N}{k})} : C_i(t) = 1 \\ 0 : C_i(t) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

위의 식에서 i 는 노드의 식별자, t 는 시각, N 은 전체 노드의 수, k 는 클러스터의 수, r 은 라운드의 수를 나타낸다. $C_i(t)$ 는 i -번째 노드가 최근 $r \bmod (N/k)$ 라운드 동안에 한 번이라도 클러스터의 헤드가 된 적이 있다면 0이고, 아니면 1이 된다. 즉, 최근 $r \bmod (N/k)$ 라운드 동안 헤드를 한 번이라도 했다면 다시 뽑힐 확률은 없게 된다. 이와 같은 확률함수를 통해 자신이 클러스터의 헤드가 된다면 이러한 사실을 주변의 이웃노드들에게 브로드캐스트 한다. 브로드캐스팅 되는 메시지에는 자신의 ID와 잔존 에너지 정보가 포함된다.

2) 클러스터 설정 단계 (cluster setup phase)

클러스터 헤드로부터 광고(advertisement) 메시지를 받은 각각의 노드는 자신이 속할 클러스터의 헤드 노드를 선택하고 자신이 그 헤드에 속한다는 사실을 알린다.

3) 스케줄 생성 (schedule creation)

자신에게 속한 노드들의 리스트가 확보되면 헤드 노드는 노드의 수를 기반으로 TDMA(Time division multiple access) 스케줄을 만들어 각 노드들이 언제 송신할지를 알려준다.

4) 데이터 전송 (data transmission)

클러스터에 속한 멤버 노드들은 TDMA 스케줄에 의해 자신에게 할당되지 않은 시간동안 무선통신 라디오를 꺼놓을 수 있다. 헤드 노드는 모든 노드들로부터 데이터를 수신한 후, 이들 데이터를 싱크 노드로 전송한다. 미리 정해진 일정 시간이 지나면 다시 1)단계로 가게 되고 새로운 라운드가 시작된다.

3. 센서 네트워크 기반 산불감지 시스템의 구조

본 연구에서 제안된 센서 네트워크 기반 산불감지 시스템의 전체 구성은 그림 6과 같으며 크게 센서네트워크 부분과 무인 헬리콥터 부분 그리고 host pc부분으로 나뉜다.

전체 시스템의 동작은 다음과 같다. 연기센서와 빛, 온도 센서가 탑재되어 있는 센서노드들은 산중 불특정 위치에 설치되어 연기의 유무 또는 온도의 급격한 변화와 같은 화재와 관련된 환경 변화를 모니터링 하게 된다. 각 노드들은 TinyOS상에서 LEACH 라우팅 알고리즘의 broadcasting 통신과 확률 함수를 통해 클러스터를 형성하며 네트워크를 구성하게 되며, 만약 화재가 발생함이 감지되었을 경우 형성된 네트워크를 통해 메시지를 무인헬기에 실려 있는 싱크노드로 보내게 된다. 싱크노드는 함께 무인헬기에 함께 탑재된 임베디드 시스템에 메시지를 전송하고 이 임베디드 시스템은 무선랜을 통해 인터넷을 경유하여 host pc로 데이터를 전송한다. 이때, 무인헬기와 함께 이동하는 싱크노드의 위치변화에 따라 노드의 라우팅 방향이 실시간으로 변화하여 데이터의 전송의 무결성을 보장해야 한다. 또한 무인헬기의 무선카메

라를 통해 현장의 상황을 host pc로 보낸다.

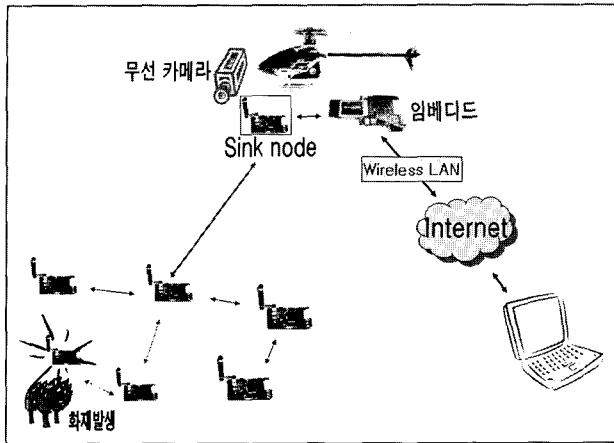


그림 6. 제안된 산불감지 시스템의 구조
Fig. 6. Proposed fire monitoring system

각 부분의 구성 및 기능에 대해 살펴보면 다음과 같다.

3.1 무인 헬기의 구성 및 성능



그림 7. RC 헬리콥터
Fig. 7. RC Helicopter

본 실험에서 사용한 RC 헬리콥터는 HIROBO사의 GPH346 전문가용 중형 모형 헬리콥터로서 2-3kg의 장비를 실고 안정적인 비행을 할 수 있다. 자세한 사양은 표 1과 같으며, 40MHz 대역의 무선 주파수를 사용하고 1.5km이상의 도달 거리를 갖는 8채널 RC조종기를 통해 동작 되어 진다.

3.2 무인헬기에 장착된 임베디드 시스템

3.2.1 임베디드 시스템

임베디드 시스템은 Intel사의 ARM칩인 Pxa255칩을 사용한 hybus사의 x-hyper255B 보드를 사용하였고, host pc의 통신을 위해 PCMCIA타입의 무선랜을 장착하여 access point를 통해 host pc와 TCP/IP 연결이 가능하게 하였다. 무선랜의 무선 유효거리는 실외에서 최대 100미터 정도이지만 AP에 지향성 증폭 안테나를 추가하여 200미터이상 송수신이 가능하였다. 임베디드 보드에서 사용된 OS는 리눅스 커널 2.4.18 버전을 임베디드 보드에서 UART1 포트와 무선랜을 사용하기 위해 다시 포팅 하였고, 애플리케이션은 c언어로 작성하여 크로스 컴파일 하였다.

표 1. RC 헬리콥터 사양
Table 1. Specification of Copter

Power Class	Glow (.40 - .59)
Class	Helicopter
Category	Aerobatic Pod & Boom Trainer
Flying Skill	Beginner-Intermediate
Build Type	Full Build
Rotor Diameter	52.76 inches
Length	46.06 inches
Weight	7.28 Lbs.

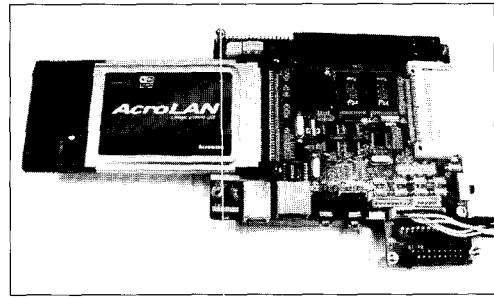


그림 8. 임베디드 보드와 무선 랜카드
Fig. 8. Embedded board and Wireless LAN

3.2.2 카메라와 영상전송 시스템

사용된 무선 영상 송수신 시스템은 TAEJIN사의 RX-2400으로 2.4GHz대역의 주파수를 사용한다. 자세한 사양은 표 2와 같으며, 본 실험에서 사용한 센서노드와 같은

표 2. 무선 영상 송신기 사양
Table 2. Specification of Wireless Video Transceiver

Operation voltage	7.5V-12V DC
Current consumption	LESS THAN 150mA
Channel frequency	CH1 : 2.410GHz CH2 : 2.430GHz CH3 : 2.450GHz CH4 : 2.470GHz
Channel selection	BY DIP SWITCH
Transmission power	10mW (10dBm)
Range approx.	Indoor : 30 m Outdoor: 300 m
Antenna	OMNIDIRECTIONAL
Size	50 X 15 X 8 mm

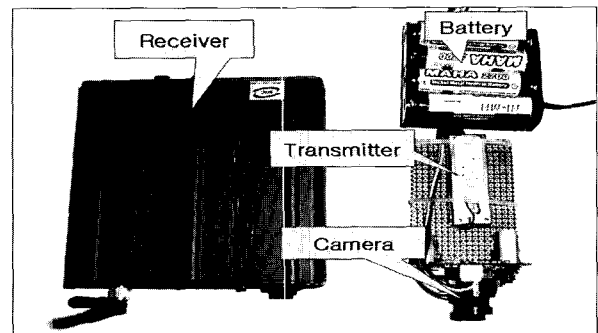


그림 9. 무선 영상 송수신 시스템과 카메라 모듈
Fig. 9. Wireless video transceiver and Camera module

대역의 주파수를 사용하는 이유로, 서로 간섭 현상이 발생하여 영상이 조금 왜곡되었으나 노드간 무선통신에는 지장이 없었다.

4. 시뮬레이션 및 제안된 시스템에의 적용 실험

본 절에서는 본 연구에서 제안된 센서 네트워크 기반 화재감지 시스템의 성능검토를 위해 TOSSIM을 사용한 시뮬레이션 및 실제 적용을 수행하였다.

4.1 TinyViz를 이용한 시뮬레이션 고찰

그림 10은 ZigbeX에서 제공한 LEACH알고리즘의 TOSSIM 시뮬레이션 화면으로 pc모드로 컴파일 하여 cygwin 상에서 수행하였다[11-12]. 시뮬레이션에서는 가상노드 30개를 사용하였으며 TinyOS에서 제공된 TinyViz를 통해 표시하였다. 컴파일 후 시뮬레이션을 시작하자 모든 노드들은 광고 메시지를 보내어 클러스터 설정을 하기 시작하였고 동시에, 10초 후에는 센서 값을 모두 싱크노드로 보내었다. 약 90초가 지나자 헤더노드가 선출되었고, 주위 다수의 노드들은 싱크노드 대신 선출된 헤더 노드로 경유하여 데이터 값을 보내기 시작하였다. 미리 설정된 각 라운드의 주기인 매 10분마다 노드들은 다른 헤더노드를 평균 3개정도 다시 선출하여 교대함으로써 각 헤더노드의 에너지 사용을 분배시켜 노드들의 제한된 전원의 수명을 연장함을 확인할 수 있었다.

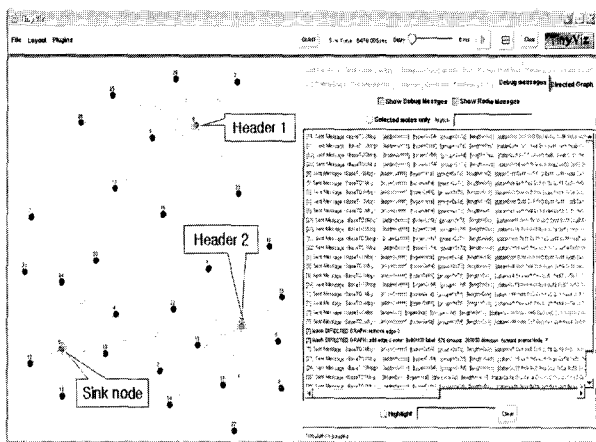


그림 10. TinyViz를 이용한 시뮬레이션
Fig. 10. Simulation using TinyViz

4.2 실제 적용 실험

본 연구에서 제안된 시스템의 유용성 확인을 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다.

첫 번째 실험을 위해 smoke 센서가 장착된 9개의 센서노드를 운동장에 50m 간격으로 설치하였으며 가장 화재발생을 모의하기 위해 센서노드 부근에 불을 피워 연기가 발생되도록 하였다. 실험을 시작하자, host pc의 서버 프로그램에서 몇 초 후 노드들로부터 데이터가 들어오기 시작하였고, 화재 발생 부근의 smoke 센서의 수치가 상승함을 실시간으로 모니터링 할 수 있었으며, 곧 화재 경보가 발생함을 확인할 수 있었다.

두 번째 실험은 헬리콥터를 화재가 발생한 부근으로 날려 보내어 헬리콥터에 부착된 싱크노드로 센서 값의 수신 가능 여부를 확인하였다. 헬리콥터를 날려 센서노드들 사이로 보낸 지 약 2분 후 싱크노드들은 라우팅 테이블을 수정하여 헬리콥터의 싱크노드로 데이터를 보내기 시작하였고, 헬리콥터에 탑재된 임베디드 시스템과 무선랜을 통하여 데이터를 정상적으로 host pc의 서버프로그램으로 전송함을 확인하였다. 또한, host pc에서 헬리콥터에 탑재된 무선 카메라를 통해 현재 상황의 영상을 실시간으로 지켜볼 수 있었다.

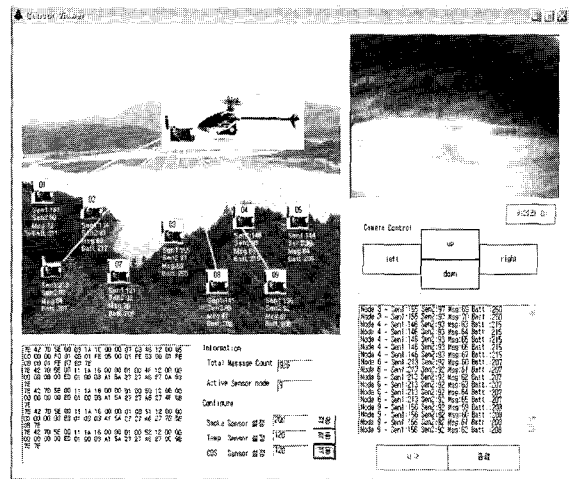


그림 11. 설계 제작된 PC용 실시간 모니터링 화면
Fig. 11. Real-Time PC monitoring application

5. 결 론

본 연구에서는 신속하고 정확한 산불감지를 위해 센서 네트워크 기술 및 무인 항공 기술을 접목한 새로운 형태의 화재 감지 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템에서는 신속한 화재 발생의 검출을 위해 LEACH 라우팅 알고리즘을 채택하였으며 제안된 기법의 유용성 확인을 위해 시뮬레이션 및 실제 테스트 베드에서의 적용 실험을 수행하였다. 실험결과 광범위한 영역에 분산 설치된 다수의 센서 노드들로부터의 데이터 수집이 효율적으로 수행될 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 제안된 시스템의 보다 효율적인 운영을 위해서는 LEACH 알고리즘에 의해 선택된 헤더 노드의 싱크노드로의 데이터 전송 시 소모되는 에너지의 효율적 관리를 위한 데이터 압축 기법 및 전송된 데이터에 포함될 수 있는 오류를 보정할 수 있는 지능화된 데이터 유효화 기법의 적용이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] A Zhao, L Wang and C H Yao, "Research on Electronic-nose Application Based on Wireless Sensor Networks" International Symposium on Instrumentation Science and Technology, 2006
- [2] A. Hac "Wireless Sensor Networks Designs", Dec. 2003.
- [3] Alberto Cerpa and Deborah Estrin. "Ascent:

Adaptive self-configuring sensor networks topologies". In Proceedings of the Twenty First International Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM 2002), New York, NY, USA, June 2002.

- [4] Atmel Corporation, <http://www.atmel.com/>, AVR Microcontroller ATmega128L Reference Manual.
- [5] David E. Culler, PhD, Arch Rock Corp. <http://www.sensorsmag.com/sensors/article/articleDetail.jsp?id=324975>, "TinyOS: Operating System Design for Wireless Sensor Networks", May, 1, 2006
- [6] N. Lee, P. Levis, J. Hill, "Mica High Speed Radio Stack", Sept. 11, 2002.
- [7] T.von Eichen, D. Culler, S. C. Goldstein, K. E. Schauer, "Active Messages: a Mechanism for Integrated Communication and Computation", 19th International Symposium on Computer Architecture, 1992.
- [8] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks", In Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences, January 2000.
- [9] V. Rajendran, K. Obraczka, and J.J. Garcia-Luna-Aceves, "Energy-Efficient, Collision-Free Medium Access Control for Wireless Sensor Networks," in ACM SenSys 2003, November 2003.
- [10] N. Malpani, J. L. Welch, N. Vaidya, "Leader election algorithm for mobile ad-hoc networks," In Proceedings of 4th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communication, pp. 96-103, August 2000.
- [11] P Levis and N Lee, "TOSSIM: A Simulator for TinyOS Networks." User's manual, in TinyOS documentation, September, 2003.
- [12] P Levis and N Lee, Matt Welsh and David Culler, "TOSSIM: Accurate and Scalable Simulation of Entire TinyOS Applications." In Proceedings of the First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 2003).

저 자 소 개



김성호(Sung Ho Kim)

1997년 : 고려대 공과대학 졸업.

1986년 : 고려대 대학원 석사.

1991년 : 고려대 대학 박사.

1988~1990년 : 고려대 생산기술연구소 연구원.

1995~1996년 : JAPAN HIROSHIMA UNIVERSITY POST-DOC.

1997~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수

관심분야 : 센서네트워크

Phone : 063-469-4704

Fax : 063-469-4704

E-mail : shkim@kunsan.ac.kr



윤동열(Dong-Yol Yun)

2005년 : 군산대 전자정보공학부 졸업.

2005년~현재 : 동 대학원 전자정보 석사 과정

관심분야 : 임베디드 OS, 영상인식

Phone : 016-9797-7593

E-mail : ydongyol@gmail.com