

# 센서네트워크 기반 산불감시시스템의 설계

장 개, 박재복, 박윤환, 조기환  
전북대학교 전자정보공학부

e-mail : { gjang, jbpark, yhpark, ghcho}@dcs.chonbuk.ac.kr

## A Design of Forest Fire Monitoring System Based on Sensor Network

Kai Zhang, Jaebok Park, Yoonhwan Park, Gihwan Cho  
Div of EIE, Chonbuk University

### 요 약

본 논문은 저비용 센서네트워크를 이용하여 효율적으로 산불을 감시할 수 있는 시스템설계 방법을 제안한다. 제안된 산불감시시스템은 기존의 문제점들을 보완하여 정확한 산불 감지를 위해 여러 센서들을 사용하고, 추가적으로 정확성을 위해 카메라모듈을 이용하여 산불을 감지한다. 따라서 본 논문은 산불감시를 위한 센서의 선택방법과 저전력을 고려하여 센서노드와 카메라모듈의 설계방안을 제시한다. 마지막으로 산불감시시스템의 효율적인 데이터 전달을 위한 프로토콜을 제안한다.

### 1. 서론

최근 산불이 빈번해지고 피해 규모가 대형화되면서, 산불로 인한 산림생태계의 훼손 및 인명과 재산의 피해가 증가하고 있다. 산불로 인한 피해가 심각한 이유로는 산불발생의 즉각적인 발견이 어렵고, 진화에 필요한 정보를 정확하게 얻지 못하기 때문이다. 지금까지 연구 개발된 산불시스템들은 단순히 카메라를 사용하여 우선방식의 환경을 계속적으로 감시하거나 이미지 처리만을 적용하여 시스템을 구축하는 형태가 대부분이며, 높은 비용으로 인하여 산불감시시스템을 실질적으로 구축하는 경우가 매우 적다.

본 논문에서는 현 시스템의 문제점을 개선하기 위하여 센서네트워크기반의 산불감시시스템을 제안했다. 일반적으로 산불이 많이 발생하는 장소는 등산로이다. 이를 위해 제안된 시스템은 등산로 주변의 산불감시를 고려한다. 또한 제안된 시스템은 기존의 고가 장비인 CCTV의 단순한 형태의 문제점을 해결하여 저비용으로 산불감시시스템을 구축할 수 있다. 일반적으로 센서네트워크[1][2]는 배터리를 이용하여 구동되므로 저전력이 반드시 요구된다. 이를 위해 센서노드의 저전력 설계방안을 제시하며, 산불 탐지를 효율적으로 처리할 수 있는 센서들을 제시했다. 그러나 산불 탐지를 일부 센서에만 의존할 경우, 탐지의 오류가 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 카메라모듈을 장착하여 2 차적으로 산불을 탐지하여 정확성을 보장한다. 그러나 센서네트워크기반의 감시시스템에 카메라모듈을 이용할 경우 많은 전력소모의 문제점을 가지고 있다. 이를 위해 본 논문에서는 이미지와 데이터의 전송에 관련된 에너지를 최소화화 등산로의 감시를 고려하여 데이터 전달 프로토콜을 제안했다.

### 2. 산불감시시스템의 문제점

현재 첨단감시장비를 이용한 산림의 상시관리로 산불징후 감시 및 조기 발견을 요구하는 실정이다. 산림청의 통계에 의하면 시간 대별 산불 발생보고의 9.1%가 30 분 이내로서 신속한 정보체계를 필요로 한다. 따라서 종전의 폐쇄회로식 감시체계와 모니터링에 의한 개략적 위치 판단이 아닌, 명확한 발화지점의 위치정보를 필요로 하게 된다.

이전 산불감시시스템을 살펴보면, 산불을 탐지를 위해 조도, 온도, 연기감지 센서와 같은 센서류 등을 사용하고 있다. 그러나 가장 보편적으로 사용하는 장비는 카메라를 이용한 방법이며, 이 방법의 경우 컬러 정보를 이용한 주위의 색과 불의 색을 구분하여 산불을 탐지하거나[3], 이전 필드와 현재 필드의 영상의 차이점을 비교하여 산불 발생시 연기등을 탐지하는[4] 기법을 이용한다. 산불 감시 시스템들의 경우 일반적으로 각 프레임 간의 움직임이 거의 없는 정지영상이고 조류의 움직임 등은 그 크기가 매우 작아 무시가 가능하다. 또한 컬러 정보를 이용할 경우 녹색의 숲과 적색의 화염이 쉽게 탐지 가능하며, 야간의 경우는 그보다 더 쉽게 탐지 가능하다. 이와 같이 카메라를 이용한 산불감시시스템은 높은 정확성을 가지고 있으나 높은 비용으로 넓은 지역을 감시할 수 없으며, 특히 적은 지역의 시스템구축으로 실용성 거두지 못하고 있다.

최근에 많은 연구가 진행되고 있는 산불감시시스템은 위성영상[5]을 이용한 산불탐지 기법이 있다. 이 기법은 기본적으로 산불이 발생했을 때 지표면의 온도가 올라간다는 현상을 이용한다. 특히 지표면의 온도가 올라가면 위성센서가 지표면을 스캐닝했을 때 대기의 창이라고 할 수 있는 4 $\mu$ m 파장대에서 휘도온도 값이 민감하게 반응하는 현상을 이용하여 산불을 탐지한다. 그러나 이러한 탐지기법은 대상지역에 따

이 연구에 참여한 연구자는 2 단계 BK21 사업의 지원비를 받았음

라 탐지정확도가 일정하지 않고, 소규모 산불의 경우 거의 찾기 힘들다는 단점이 있다.

### 3. 산불감시 센서적용 시나리오

일반적으로 산불이 많이 발생한 지역은 등산로이다. 따라서 제안된 시스템의 산불탐지방법은 그림 1 와 같이 등산로 따라 센서들을 배치하고 센서의 탐지 범위 내에서 산불감시를 진행한다. 제안된 시스템은 센서 노드에 산불감시를 위한 센서들과 카메라를 부착하여 등산로에 배치된다. sink 노드는 internet 혹은 위성시스템을 이용하여 산불관제센터로 데이터를 전송하게 된다. 다음으로 산불탐지의 시나리오를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 센서노드의 센서만을 이용하여 산불을 탐지
  - 여러 센서를 이용한 저전력 산불탐지
- ② 산불탐지의 예
  - 등산객의 실수로부터 산불발생: 즉각적인 처리
  - 자연환경으로부터 산불발생: 즉각적인 처리
  - 등산객의 캠프파이어 및 쓰레기 소각: 확인 및 경고 처리
- ③ 산불탐지의 정확성을 위해 카메라모듈을 이용
  - 탐지부근의 영상데이터를 산불관제센터로 보냄
  - 영상데이터를 이용하여 산불을 정확히 탐지
- ④ 산불관제센터에서는 카메라모듈을 조정
  - 산불을 탐지한 센서노드의 카메라를 이용하여 산불의 진행상태 확인
- ⑤ 카메라모듈만을 이용한 산불감시
  - 센서의 미 탐지를 위해 카메라의 주기적 산불감시

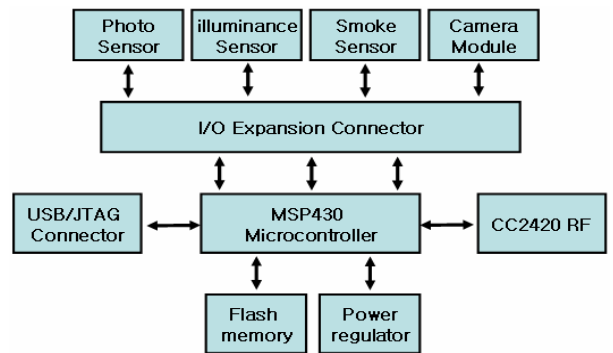


(그림 1) 산불감시를 위한 센서배치 예

### 4. 센서노드 설계

본 논문에서 제안된 센서노드의 설계는 저전력 개념에 맞추었으며 고성능 요구와 확장성을 고려한다. 제안된 시스템의 구조를 살펴보면, 마이크로컨트롤러의 MSP430과 통신부의 CC2420등을 하나의 프로세서 보드로 설계한다. 센싱부를 별도의 센서보드로 구성하여 확장 커넥터를 이용하여 프로세서 보드와 연결할 수 있도록 한다. 센서가 탐지한 값을 확장 커넥터를 통하여 프로세서 보드로 전달되는 형태이다. 센서노드를 프로그래밍하기 위해서 USB포트와 JTAG포트를 구성하고, 프로세서 외부에 별도의 플래쉬 메모리

를 추가한다. 제안된 센서노드의 블록 다이어그램은 그림2와 같다. 이 프로세서는 16비트 RISC기반으로 mica플랫폼의 8비트 프로세서보다 효율적인 처리 능력을 가지며 전력소모가 매우 작다. 통신모듈의 CC2420은 IEEE 802.15.4/ZigBee을 구현하기에 가장 적합하며 250kbps의 효율적인 데이터처리율을 보장한다. 저가격, 저전력 기반의 RF트랜시버로 데이터를 송수신할 때 20mA 이내로 송수신에 소비되는 전력관리에 상당한 도움을 준다. 센싱부는 확장 커넥터로 프로세서 보드와 연결할 수 있으며, 여러 가지 센싱 기능을 제공할 수 있다. 전원부는 AA크기의 배터리 2개로 3V이내로 구성된다. 저장공간으로 프로세서 외부에 별도의 플래쉬 메모리를 연결한다.



(그림 2) 제안된 센서노드의 블록 다이어그램

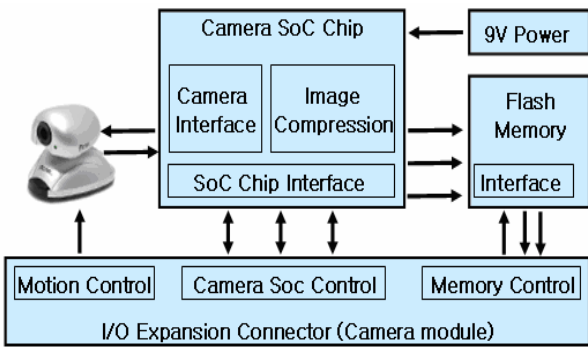
산불감시를 위해 센서노드에 여러 센서들을 장착시킬 수 있다. 그러나 센서네트워크는 라이프타임을 고려하여 센서들을 장착시켜야 한다. 일반적으로 산불감시를 위해 조도, 온도, 연기감지와 같은 센서들을 장착시킬 수 있다. 조도센서는 조도 값의 변화에 따라 산불을 감지할 수 있으며 조도측정을 위해 A/D컨버터 프로그래밍 기법을 이용한다. 조도센서의 동작은 매우 적은 전력소모로 산불감시를 위한 서브센서로 사용하기에 적합하다. 연기감지센서[6]는 산불감시 시스템에서 가장 많이 사용되며, 전용 IC가 판매되고 있을 정도로 미국을 비롯한 선진 외국에서 폭넓게 사용되고 있는 감도가 우수한 화재 및 담배 연기감지용 센서이다.

하지만 이러한 센서들만을 이용하여 산불을 감시하는 것은 오차가 많다. 특히 센서들은 자연환경에 의해 센싱의 오차가 많이 나타난다. 따라서 확실한 감시를 위해 카메라를 이해하게 된다. 카메라를 이용한 기술은 영상처리기반을 산불감시시스템들이 많이 개발되어왔다. 하지만 기존 산불감시시스템들은 단지 카메라에만 의존하여 산불을 감지하고 있으며 기본 유선방식으로 설치하는데 어려움과 많은 비용이 들고 있다. 본 연구에서 제안된 산불감시시스템은 무선센서 네트워크기반으로 저전력과 저비용으로 설계된다. 특히 센서네트워크기반의 시스템들은 긴 라이프타임이 요구되므로 저전력은 필수이다. 따라서 제안된 시스템은 조도, 온도, 연기감지 센서들을 이용하여 산불을 탐지하고 직각적으로 알리며 보다 정확한 경보를 위해 한번 더 카메라를 통해 경보를 알리게 된다. 또

한 센서의 오동작을 위해 카메라를 수동적으로 이용하여 산불을 감시할 수 있다.

**5. 센서네트워크 기반 이미지 처리 모듈 설계**

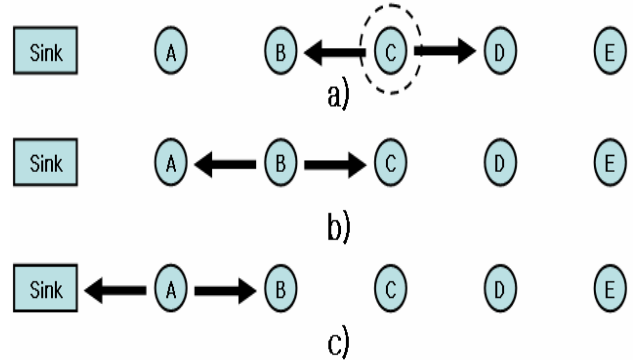
제안된 이미지처리모듈은 그림3과 같이 카메라 SoC칩을 사용하여 마이크로컨트롤러의 영상처리에 대한 부하를 최소화한다. 카메라 SoC칩은 내부에 JPEG압축기능을 하는 하드웨어 모듈과 촬영된 이미지를 위한 각종 세팅을 위한 Image flow processor가 내장되어 있다. SoC칩에서 생성된 압축 영상자료는 빠른 처리를 위해 간단한 마이크로컨트롤러의 제어를 사용하여 Flash memory에 임시적으로 영상자료를 저장한다. Flash Memory에 있는 영상자료는 데이터버스를 통해 마이크로컨트롤러의 간단한 이미지처리로 CC2420를 이용하여 데이터를 전송한다. 또한 제안된 카메라는 움직임 감지하여 자동으로 영상자료를 획득할 수 있으며 모션컨트롤러부분을 이용하여 카메라를 수동으로 움직이면서 영상자료를 획득할 수 있다.



(그림 3) 제안된 이미지처리의 블록 다이어그램

**6. 산불감시시스템을 위한 데이터 전달 프로토콜**

제안된 시스템의 산불탐지방법은 등산로 따라 센서들을 배치하여 센서의 탐지 범위 내에서 산불감시를 진행한다. 따라서 이와 같은 네트워크에서 저전력 고려하여 센서데이터와 영상데이터를 효율적으로 전송할 수 있는 프로토콜이 요구된다. 제안된 시스템의 데이터 전달 프로토콜은 고정된 경로를 이용한 데이터 전송방식으로 각 노드들이 목적지 노드까지 최소 비용으로 데이터 전송 경로를 고정시키고, 이 경로를 이용하여 전달하는 방식이다. 산불감시시스템을 위한 데이터 전송방식은 그림4와 같다. 먼저 소스노드인 C 노드에서 데이터가 발생하면 B노드와 D노드에게 데이터를 전송한다. D노드의 경우 목적지로부터 C노드보다 더 멀리 있으므로 전송된 데이터를 무시하고 전송하지 않는다. 다음으로 B노드는 A노드와 C노드에서 전송한다. 하지만 C노드는 데이터를 무시한다. 이와 같은 방법으로 소스노드에서 목적지노드까지 데이터를 간단히 전달한다. 제안된 데이터 전달방식은 데이터 전달 시간이 단축되고, 플러딩 전송방식으로 인한 데이터 중복(redundancy) 및 오버랩(overlap)의 문제점을 해결하여 센서네트워크의 전체 데이터 트래픽을 줄여 에너지 효율을 높일 수 있다.



(그림 4) 산불시스템을 위한 데이터 전송프로토콜

**7. 결론**

무선 센서네트워크를 모니터링 시스템에 적용하면 열악한 환경을 간편하고 저렴한 비용으로 실시간 발생하는 상황데이터를 수집 및 분석하여 즉각적인 상황대처와 사용자가 원하는 환경의 조건을 효율적으로 수행할 수 있다. 현재 산불감시는 단순히 카메라를 이용하여 시스템을 구축하여 사용하고 있으나, 이는 유선 구축으로 비용문제와 산불감지의 기술적인 문제로 인하여 실용성을 거두지 못하고 있는 실적이다.

본 논문은 저비용 센서네트워크를 이용하여 산불을 감시할 수 있는 시스템을 제안했다. 제안된 시스템은 기존시스템의 문제점들을 보완하여 기본적으로 센서들을 이용하여 산불을 감지한다. 또한 정확한 탐지를 위해 카메라를 이용하여 산불의 정확한 정보를 얻을 수 있다. 따라서 이와 같은 센서네트워크 기반 산불시스템을 설계하기 위해 저전력 센서노드와 카메라모듈 설계방법을 제시했으며, 센싱데이터를 효율적으로 전송할 수 있는 데이터 전송 프로토콜을 제안했다.

향후 과제는 제안된 시스템을 실제환경에 구축하여 산불감지의 어려움을 파악하여 보다 향상된 시스템을 설계하는 것이다.

**참고문헌**

- [1] A. Bharathidasan and V. Ponduru, "Sensor Network: An Overview," Technical report, University of California, Davis
- [2] T. Arici, and Y. Altunbasak, "Adaptive Sensing for Environment Monitoring Wireless Sensor Networks," Proc. WCNC, March 2004, pp. 2347-2352
- [3] T. Chen et al., "An Intelligent Real-time Fire-detection Method Based on Video Processing," Proc. IEEE 37th Annual 2003 International Carnahan Conference, Oct. 2003, pp. 104-111
- [4] V. Cappellini et al., "An Intelligent System for Automatic Fire Detection in Forests," Proc. IEEE 3th International Conference on Image Processing and its Applications, July 1989, pp. 563-570
- [5] W. Park et al., "A Study on the Optimization of Contextual Fire Detection Algorithm for Korea Peninsula," Proc. Geographic Information Systems Association of Korea, Nov. 2005, pp. 93-103
- [6] [http://www.nemoto.co.jp/product/02\\_sensor/f/nis-09ce.html](http://www.nemoto.co.jp/product/02_sensor/f/nis-09ce.html)