

# 센서 기반 산불 감지 시스템을 위한 향상된 센싱 주기 기법 연구

\*홍석민, 유연준, 김영운, 이협진

\*한국폴리텍대학 서울강서캠퍼스 데이터분석과

\*ghdtjrals3@gmail.com, yeanjun0222@gmail.com

luckkim@kopo.ac.kr, hglee67@kopo.ac.kr

## Study of Improve Sensing Cycle Scheme for Sensor based Forest Fire Detect System

\*Seok-Min Hong, Young Woon Kim, Hyeop Geon Lee

Dept. of Computer Data Analysis, Gangseo Campus of Korea Polytechnic

### 요 약

전 세계적으로 건조한 지역이 늘어남에 따라 산불 발생 빈도가 증가하고 있다. 이에 대한 대안으로 센서를 이용한 산불 감지 시스템의 연구가 이루어지고 있다. 기존의 서버가 센서의 작동시간 설정값을 보내는 방식은 산불 발생 빈도가 높은 환경에서는 산불 감지가 늦어지고 산불 발생 빈도가 낮은 환경에서는 불필요한 산불 감지로 센서의 생명주기가 낮아지는 비효율적인 면이 있다. 이에 본 논문에서는 센서 기반 산불 감지 시스템을 위한 향상된 센싱 주기 기법을 제안한다. 제안하는 센싱 주기 기법은 환경 요인, 센서의 작동시간 알고리즘을 이용하여 환경에 맞는 센서의 작동시간 설정값을 결정한다. 그 후 센서의 화재 감지 알고리즘을 통해 센서는 서버로부터 설정값을 받아 운용모드로 전환하여 화재상황이 났을 시에 서버로 메시지를 보낸 후 생명주기를 위해 저전력모드로 전환한다. 성능평가를 통해 기존의 방식보다 평균 18.1분 빠르게 화재상황을 감지할 수 있고 소모전력도 2.2mA만 کم 낮았다. 향후 실제 화재환경에서의 성능평가가 필요하다.

### 1. 서론

전 세계적으로 평균기온이 상승하면서(지구온난화) 건조한 지역이 늘어남에 따라 산불 발생 빈도가 증가하고 있다. 또한 산불은 야생동물 서식지 파괴, 산사태 같은 생태계 피해와 호흡기 질환, 산업 교란 등 사회적인 측면에서도 부정적인 영향을 준다.

우리나라의 국토면적은 63.2%가 산림으로 이루어져 있고 산불에 취약한 침엽수림이 40%차지하고 있기 때문에 산림의 경제적 가치가 큰 우리나라는 산불 감지를 통해 산불의 규모가 커지기 전에 발견할 필요가 있다. 국내에서도 산림청과 대학교 중심으로 열화상 카메라, 드론, 센서 등을 이용한 산불 감지 시스템에 대한 다양한 연구가 이뤄지고 있다.[1] 그 중 센서를 이용한 방법은 저렴한 구축비용과 넓은 감지 범위라는 강점이 있다.

산불 감지 시스템에서의 센서를 운용하는 방식은 크게 두 가지가 있다. 센서가 임계치 이상의 값(화재상황)을 감지했을 때 저전력 모드에서 운용모드로 전환되는 방식, 서버가 센서의 작동시간 설정 값과

WakeUp 신호를 보내 반복적으로 저전력모드와 운용모드로 전환되는 방식이다.

그러나 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식은 환경 요인을 고려하지 않고 있다.

이로 인해 센서의 일정한 작동시간은 산불 발생 빈도가 높은(건조한 날) 환경에서는 산불 감지가 늦어지고 산불 발생 빈도가 낮은(건조하지 않은 날) 환경에서는 불필요한 산불 감지로 센서의 생명주기가 낮아지는 비효율적인 면이 있다.

이에 본 논문에서는 기존의 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식에 환경 요인을 추가하는 센서 기반 산불 감지 시스템을 위한 향상된 센싱 주기 기법을 제안한다. 제안하는 센싱 주기 기법은 환경 요인이 될 수 있는 센서 데이터를 수집하여 특정 기준 값과 비교한다. 그에 따라 서버는 센서의 저전력모드 시간과 운용모드 시간이 다르게 설정하여 센서로 보낸다. 이에 센서는 서버의 설정 값에 따라 변동적으로 작동하여 산불 발생 빈도가 높은 날에는 기존의 작동방식보다 빠르게 산불을 감지할 수 있고, 산불 발생 빈도가 낮은 날에는 불필요

한 작동을 없앴으로써 센서의 생명주기를 높인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 서버에서 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식을 살펴보고 요구사항을 분석한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 신뢰도와 생명주기 향상을 위한 센서 기반 산불 감지 시스템을 위한 향상된 센싱 주기 기법을 제안한다. 4장에서는 제안한 기법의 성능을 확인하고, 마지막 5장에서는 결론을 제시한다.

## 2. 관련연구

본 장에서는 기존의 센서를 운용하는 방식을 살펴보고 그에 따른 요구사항을 도출한다.

### 2.1 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식

서버는 WakeUp 신호와 함께 센서의 작동시간 설정 값을 보낸다. 센서는 수신되는 WakeUp 신호와 설정된 값을 확인한 후 일정한 주기에 따라 저전력모드와 운용모드로 바뀌가며 센서의 생명주기를 높이는 방식이다.

### 2.2 요구사항 분석

우리나라 산불은 건조한 봄과 겨울에 많이 발생하고 상대적으로 우기가 지속되는 여름철에는 산불의 발생 빈도가 적다. 따라서 계절과 상관없이 똑같은 설정으로 감지하는 센서는 비효율적인 면이 있다. 산불 발생 빈도가 높은 계절에는 WakeUp 주기를 짧게 하여 보다 빠른 산불 감지가 필요하고 산불 발생 빈도가 낮은 계절에는 의미 없는 작동 없앴으로써 센서의 소모전류를 낮춰 생명주기를 높이는 방법이 필요하다.

## 3. 제안하는 센싱주기 기법

제안하는 센싱주기 기법은 앞서 분석된 요구사항에 맞춰 서버에서 환경에 따라 센서의 작동시간을 다르게 설정하는 환경 요인과 센서의 작동시간 알고리즘과 센서의 화재 감지 알고리즘을 제안하고 마지막으로 센서의 주요 소스코드를 설명한다.

### 3.1. 환경 요인, 센서의 작동시간 알고리즘

환경 요인과 센서의 작동시간을 설정하는 방법은 센서 데이터(습도, 온도)를 이용하고, 이를 통해 환경에 맞는 센서의 작동시간 설정 값을 정한다. [그

림 1]은 환경 요인, 센서의 작동시간 설정 알고리즘을 나타낸다.

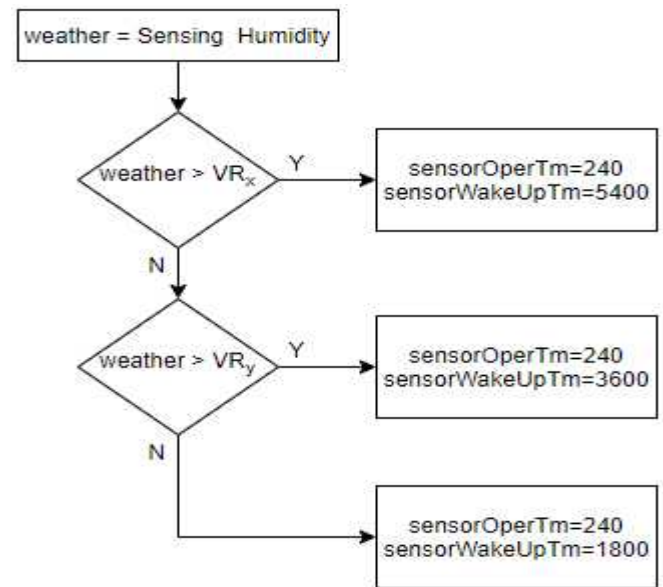


그림 1. 환경 요인, 센서의 작동시간 설정 알고리즘

제안하는 환경 요인, 센서의 작동시간 설정 알고리즘은 온도보다 훨씬 직관적인 기준 값을 가지고 있는 습도 값을 센서 데이터로 설정한다.[2] 현재 습도 값을 weather 변수에 저장한 후에 습도 기준 값(VR)과 비교하여 센서의 작동시간(sensorOperTm, sensorWakeUpTm)을 다르게 설정하여 센서로 보낸다.

### 3.2. 센서의 화재 감지 알고리즘

센서는 서버로부터 설정 값을 받아 운용모드로 전환되고 화재신호를 감지해 서버로 메시지를 보낸다. [그림 2] 센서의 화재감지 알고리즘을 나타낸다.

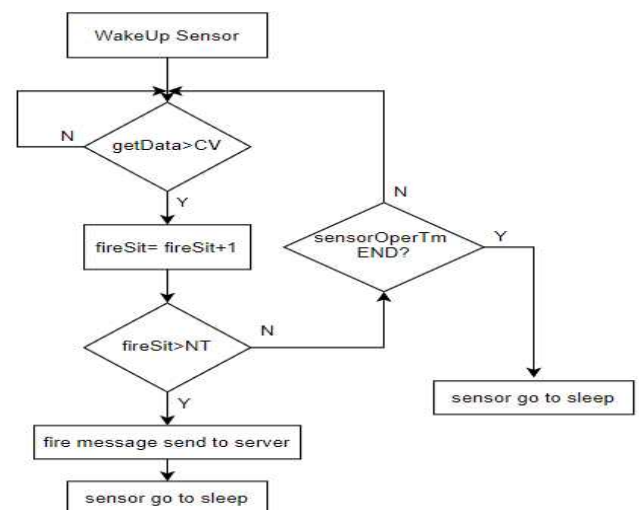


그림 2. 화재감지 알고리즘

제안하는 화재감지 알고리즘은 WakeUp 신호를 받아 운용모드로 전환된 센서가 화재 데이터(CO2, 온도, 습도 등)를 수집한다. 센서는 오류방지를 위해 수집된 데이터가 임계값을 일정 횟수 이상 넘었을 경우 화재상황이라 판단하고 서버로 메시지를 보낸다. 그 후 센서는 생명주기를 위해 저전력모드로 전환한다.

### 3.2.1. 센서의 주요 소스코드

센서는 화재 감지 알고리즘을 기반으로 화재데이터를 수집하고 화재상황에 대한 메시지를 서버로 보낼 수 있어야 한다. [그림3]은 센서의 주요 소스코드이다.

```

1 //서버로부터 센서의 저전력모드, 운용모드 시간 설정 저장
2 int sensorWakeUpTm = client.parseInt();
3 int sensorOperTm = client.parseInt();
4
5
6 //센서의 저전력모드 전환
7 for(int i=0; i<=sensorWakeUpTm/8; i++) {
8     LowPower.powerDown(SLEEP_8S, ADC_OFF, BOD_OFF);
9 }
10
11 // 센서의 운용모드 전환
12 // 화재데이터가 임계값(CV)을 넘길 때 마다 횟수를 저장
13 for(int i=0; i<=sensorOperTm; i++) {
14     if(gasData>CV) {
15         fireSit++;
16         delay(10000);
17     }
18 // fireSit 변수가 일정 횟수(NT)를 넘기면 화재상황이라고 판단
19 // "Fire Situation" 화재메세지를 서버로 보냄
20 if(fireSit>NT) {
21     String message = "Fire Situation";
22     client.print(F("POST /sensor/getSensorData.do"));
23     client.print(F("Cache-Control: no-cache\r\n"));
24     client.print(F("Host: 192.168.0.45:8080\r\n"));
25     client.print(F("User-Agent: Arduino\r\n"));
26     client.print(F("Content-Type: application/"));
27     client.print(F("json;charset=UTF-8\r\n"));
28     client.print(F("Connection: keep-alive\r\n"));
29     client.println(message);
30     client.print(F("\r\n\r\n"));
31 }
32 }

```

그림 3. 센서의 주요 소스코드

센서의 주요 소스코드에서는 서버로부터 받은 작동시간 설정 값을 이용해 센서의 저전력모드와 운용모드를 설정한다. GasData 변수는 센서로부터 아날로그 핀을 통해 화재데이터를 받은 후 임계값(CV)을 넘긴 횟수를 fireSit변수와 비교하여 화재상황 파악하고 message변수에 경고 메시지를 담은 후 HTTP 통신을 이용해 서버로 전달한다. 메시지를 전달한 센서는 운용모드에서 저전력모드로 전환된다.

## 4. 성능평가

본 장에서는 제안하는 센싱 주기 기법에 대한 성능평가를 수행한다. 평가 항목은 분석한 요구사항을 기반으로 제안하는 센싱 주기 기법과 기존의 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식의 센서 신뢰도, 평균 소모 전력을 비교 분석한다.

### 4.1 제안하는 센싱 주기 기법 신뢰도 분석

신뢰도 분석은 제안하는 센싱 주기 기법과 기존의 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식의 산불 감지 시간을 비교, 분석한다. 실험을 위해 환경은 봄, 겨울(산불이 잘 발생하는 계절)로 설정한다. [표 1]은 그에 따른 결과이다.

표 1. 화재발생 감지 시간 비교

| 순서 | 센서1   | 센서2   | 순서 | 센서1   | 센서2   |
|----|-------|-------|----|-------|-------|
| 1  | 08:40 | 09:00 | 14 | 13:36 | 14:30 |
| 2  | 10:00 | 10:00 | 15 | 15:00 | 15:36 |
| 3  | 12:40 | 13:06 | 16 | 15:40 | 15:42 |
| 4  | 13:16 | 13:16 | 17 | 17:42 | 18:54 |
| 5  | 13:52 | 14:20 | 18 | 08:30 | 08:12 |
| 6  | 15:04 | 15:22 | 19 | 09:54 | 10:24 |
| 7  | 16:20 | 16:28 | 20 | 10:36 | 10:27 |
| 8  | 17:00 | 17:34 | 21 | 11:18 | 11:36 |
| 9  | 18:12 | 18:40 | 22 | 12:42 | 12:48 |
| 10 | 08:10 | 09:00 | 23 | 13:24 | 14:00 |
| 11 | 09:48 | 10:06 | 24 | 14:48 | 15:06 |
| 12 | 11:00 | 11:12 | 25 | 15:30 | 16:12 |
| 13 | 12:12 | 11:18 | 26 | 16:20 | 16:20 |

센서1 : 제안하는 센싱 주기 기법

센서2 : 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정값을 보내는 방식

화재발생 감지 시간 비교 결과는 제안하는 센싱 주기 기법과 서버에서 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식으로 설정된 각각의 센서를 설치한 후 화재상황을 무작위로 26번 발생시켰다. 결과에 따르면, 제안하는 센싱주기 기법으로 설정된 센서가 평균적으로 18.1분 화재감지가 빨랐다. 이러한 결과가 발생한 이유는 제안하는 센싱주기 기법은 환경요인에 따라 운용모드로 전환되는 주기가 더 짧기 때문이다. 따라서 산불이 잘 발생하는 계절에는 제안하는 센싱주기 기법을 사용하여 화재상황을 더 빠르게 감지하여 조치를 취할 수 있다.

## 4.2 제안하는 센싱 주기 기법의 평균 소모전력 분석

생명주기의 비교 분석을 하기 위해, 아두이노 우노 보드를 이용하여 센서의 전압에 따른 소모전류값, 테스트베드 센서의 평균 소모전류값을 계산했다. [표 2], [표 3]은 그에 따른 결과이다.

표 2. 전압에 따른 소모전류

| 사용 전압 | 운용모드시 소모전류 | 저전력모드시 소모전류 |
|-------|------------|-------------|
| 5V    | 43mA       | 21mA        |
| 4V    | 25mA       | 13mA        |
| 3.3V  | 20mA       | 11mA        |

표 3. 제안하는 센싱 주기 기법과 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식의 사용 전압과 평균 소모전류

|         | 제안하는<br>센싱 주기 기법 | 서버가 센서의<br>일정한 작동시간<br>값을 보내는 방식 |
|---------|------------------|----------------------------------|
| 사용 전압   | 4V               | 4V                               |
| 평균 소모전류 | 13.2mA           | 15.4mA                           |

제안하는 센싱 주기 기법이 적용된 센서는 저전력모드 54분, 운용모드 6분이고 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식이 적용된 센서는 저전력모드 48분, 운용모드 12분으로 설정했다. 사용 전압은 아두이노 우노보드가 3.3V보다 낮은 출력에서는 동작에 문제가 있을 수 있어 4V를 선택했다. 이에 따라 제안하는 센싱 주기 방식은 평균 소모전류가 13.2mA로 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식보다 2.2mA 정도의 소모전류가 낮은걸 볼 수 있다. 따라서 산불 발생 확률이 낮은 상황에서는 저전력모드를 더욱 길게 가져 소모전력을 낮출 수 있다.

## 5. 결론

기후 변화로 인해 산불 발생 빈도가 증가함에 따라 산불 감지 시스템에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 그 중 저렴하고 넓은 감지 범위를 가진 센서가 각광받고 있다.

이에 본 논문에서는 기존의 서버가 센서의 일정한 작동시간 설정 값을 보내는 방식에서 신뢰도와

센서의 생명주기 향상을 위한 센싱 주기 기법을 제안하였다. 제안하는 기법의 성능평가에 따르면, 무작위 화재상황 26번에 대해 비교 대상보다 평균 18분 빠르게 감지할 수 있었고, 소모전류 또한 4V 전압 기준 2.2mA정도 낮아 센서의 생명주기도 높았던 것을 볼 수 있다.

향후, 제안하는 기법의 실질적인 검증을 위해 실제 화재 환경에서의 성능평가가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] Sangho Choe “Event Processing-based Low-Power Low-Cost Wireless Sensor Network for Real Time Wildfire Monitoring”, The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.69, No.5, pp.706-718, 2020
- [2] Dong-Woo Song “An Relational Analysis between Humidity, Temperature and Fire Occurrence using Public Data” , Fire Sci, Vol.28, No.2, pp.82-90, 2014