

센서 네트워크 기반 지능형 집진 시스템 설계에 관한 연구

A Study on the Design of Intelligent Dust Collecting System by Using Sensor Network

한운종, 김시환, 김성호

군산대학교 전자정보공학부
E-mail: totorokiki@kunsan.ac.kr

요 약

현대에 들어 대기 오염의 심각성이 계속적으로 보도되고 있으며 많은 기업들이 이를 위해 산업 현장에서 발생하는 대기 오염 물질의 배출을 극소화 하기 위해 많은 친환경적 노력을 기울이고 있다. 이러한 시대적 흐름에 발맞추어 대규모 공장에서는 고가의 분진 집진 시스템을 도입하여 친환경적인 기업으로 성장하고 있다. 반면 대부분의 중소 규모의 공장에서는 고가의 분진 집진 시스템을 재정적인 문제로 인하여 도입하기에 어려운 실정이다. 이러한 중소규모의 생산 환경의 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 3단 여과 시스템과 최근 각광을 받고 있는 센서 네트워크로부터 얻어지는 환경정보를 이용하여 분진 및 다양한 형태의 오염원을 선택적으로 제어함으로써 집진 효율을 극대화 시킬 수 있는 센서 네트워크 기반 지능형 집진 시스템을 제안하고자 한다.

Key Words : 센서네트워크, 분진집진시스템, 3단 여과 시스템

1. 서 론

현재 대부분의 공장에 도입 운영되고 있는 분진 집진 시스템은 상당히 고가이며, 이로 인해 대부분의 중소 규모의 공장에서는 도입하기 어려운 실정이다. 또한 이러한 문제는 작업 환경의 악화라는 문제를 유발시킴으로써 작업자들의 직무기피 현상을 유발시킴과 동시에 환경오염이라는 문제를 일으키게 되었다. 이러한 문제는 기업의 손실을 발생시키는 큰 문제로 대두되기 시작하였으며 이를 해결하기 위한 방안들이 많은 연구자들로부터 제안되고 있는 실정이다. 이를 위해 본 연구에서는 현재 범용 집진 시스템으로 널리 사용되어지고 있는 3단 여과 시스템과 최근 각광을 받고 있는 USN-기반의 센서 네트워크를 융합함으로써 효율적인 운영이 가능한 지능형 집진 시스템을 설계하고자 한다. 본 논문에서 설계되는 지능형 집진 시스템은 단계적인 분진 입자 분리기능을 갖추고 센서 네트워크로부터 얻어지는 환경정보를 이용함으로써 분진과 다양한 형태의 오염원을 선택적으로 제어할 수 있다는 장점을 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 선별적 시스템 구성이 가능하게 하는 센서 네트워크에 대해 기술하며 3장에서는 센서 네트워크용 OS인 TinyOS에서 센서 노드의 정보를 얻기 위해 효과적으로 사용되는 TinyDB에 대해 기술하며 4장에서는 본 논문에서 제안된 센서네트워크 기반의 지능형 집진시스템의 적용에 대해 기술하고 5장에서는 결론을 기술한다.

2. Sensor Network

2.1 센서네트워크시스템

센서 네트워크에 사용되는 센서 노드는 아주 작은 장치로써 "Mote"라고 불리며, 처음으로 U.C Berkeley의 컴퓨터 과학학부에서 개발되어지고 설계되어졌다[1]. 센서 노드는 제한된 메모리와 네트워크 통신 주파수와 같은 하드웨어적 제한으로 인하여 능력이 제한적이다. TinyOS는 센서 네트워크에 사용하기 위해 특별히 제작되어진 소형 시스템을 위한 OS이다. 최근 들어 TinyOS는 다양한 연구기관에서 연구 플랫폼으로 많이 사용되어지고 있다. 이것은 프로그래밍 인터

페이스를 통하여 높은 병렬성(parallelism)과 효율성을 제공하기 때문이다. 본 논문을 위해 사용된 센서노드는 그림 1과 같으며 ATMEL사의 ATMega128L 마이크로프로세서로 설계되었으며 TinyOS가 탑재되었다. 개발되어진 센서노드는 19.2Kbyte/bps의 무선 전송 속도를 제공한다[2].

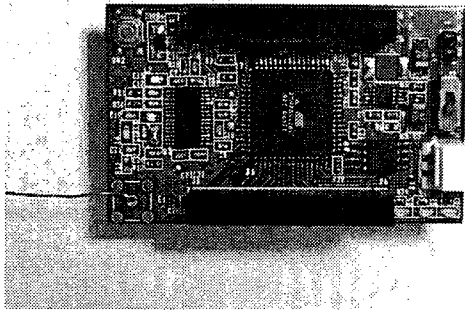


그림 1. ATmega128L 기반 센서 노드

2.2 통신 메커니즘

본 논문에 사용되어진 센서 네트워크 통신 메커니즘은 TinyOS 패킷 구조인 Active Message(AM)를 기본으로 하고 있다. AM은 하드웨어 융통성을 갖춘 비동기적 통신메커니즘이다. TinyOS에서 AM 패킷은 TOS_Msg로 사용되며 모든 센서 네트워크용 메시지 내용은 TOS_Msg에 포함된다. 이러한 TOS_Msg의 구조는 그림 2와 같다[3].

```
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 2. TOS 메시지 구조

여기에서 addr은 목적지 주소(센서 노드 ID 또는 Broadcast 주소)를 나타내며, Group은 센서 네트워크의 센서노드에 채널을 나타낸다. type은 센서 노드가 패킷을 받았을 경우 AM 레벨이라 부르는 핸들러를 나타낸다. length는 TOS_Msg의 데이터 부분의 길이를 나타낸다. Data는 29바이트의 어레이로 구성되어 있으며, 마지막 2바이트는 송수신 데이터 CRC를 나타낸다. 이와 같이 TOS_msg는 최대 36byte까지

구성 할 수 있다. TinyOS에서 사용되고 있는 표준 통신 메커니즘인 AM 패킷을 나타낸다면 그림3과 같다.

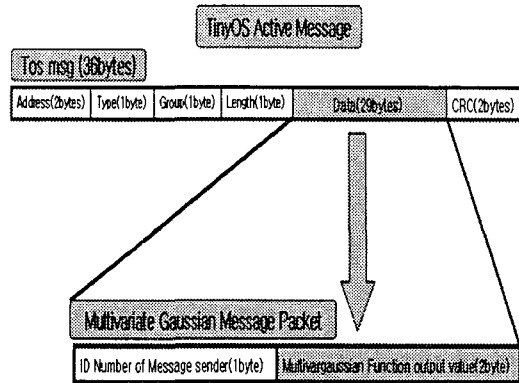


그림 3. TinyOS AM 패킷 구조

3. TinyDB

TinyDB는 TinyOS에서 구동되는 효율적인 질의 시스템이다. 즉 TinyDB는 작업 환경에 설치된 센서 노드들로부터 데이터를 수집하여 필터링하고 취합한 후 원격의 PC로 전송하는 기능을 수행한다. TinyDB는 TinyOS의 데이터 처리를 위해 C-프로그램에 의해 작성되는 기존의 방법과는 우리가 흔히 접할 수 있는 데이터베이스의 SQL과 매우 유사한 인터페이스를 제공하며 이로 인해 프로그램 개발자는 복잡한 센서 네트워크의 상황을 분석을 효율적으로 수행할 수 있게 된다. 이러한 TinyDB를 사용하기 위해서는 센서네트워크상의 모든 노드에 TinyOS의 노드용 컴포넌트를 설치해야 한다. 또한 TinyDB는 네트워크로부터 데이터를 질의하고 결과를 가져오기 위한 간단한 Java API를 제공하며, 이는 GUI형태로 표현되는 질의 빌더와 애플리케이션 프로그램 인터페이스를 위한 디스플레이와 시뮬레이터를 제공한다. 다음의 그림 4와 5는 TinyDB의 GUI를 나타낸 것이다[4].

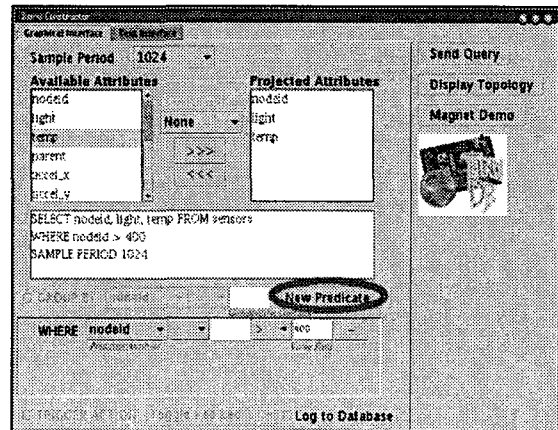


그림 4. TinyDB Main GUI

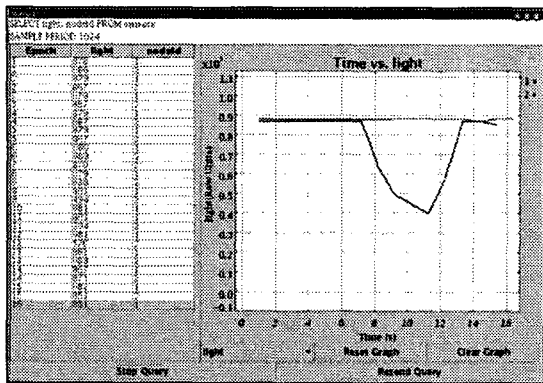


그림 5. TinyDB 시뮬레이터 GUI

4. 센서네트워크기반 지능형 집진 시스템

4.1 지능형 집진 시스템의 구조

본 논문에서 제안된 센서 네트워크 기반의 지능형 집진 시스템은 첫째, 이미 설계되어 운영 중인 공장에서 큰 구조의 변경 없이 효율적인 분진의 제거가 요망되는 경우 둘째, 공장 내의 분진 발생원이 다수일 경우 셋째, 설치비용의 문제로 공장 내에 냉난방 설치가 없는 경우를 갖는 시스템에 적용이 가능하도록 설계되었다. 상기의 운영환경에 효과적으로 도입될 수 있는 지능형 집진 시스템은 그림6과 같다.

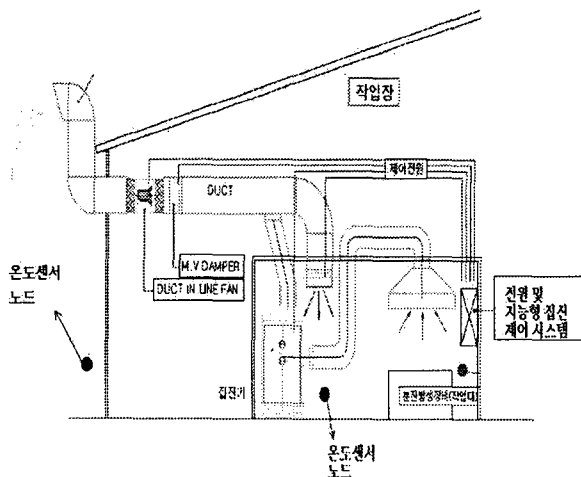


그림 6. 지능형 집진 시스템의 구조

상기 시스템은 크게 A.분진(냄새)의 집진 및 배출을 위한 후드 및 닥트 시스템 B.상황에 따른 동작모드를 변경시키기 위한 각종 댐퍼 및 인라인팬 C.작업현장에 설치되어 현장 운전정보를 취득하기 위한 각종 센서 및 액추에이터 노드 등으로 이루어져 있다. 실제의 산업현장은 각종 작업기계(열유착기 등)의 동작으로 인해 작업장의 실내 온도가 상승하게 된다. 이 점에 착안하여 제안된 지능형 분진제거 시스템

은 측정된 실내 온도에 따라 동작구조를 효율적으로 변경할 수 있도록 설계되었다. 즉, 하절기에는 작업장의 열을 외부로 배출시킴으로써 실내의 온도를 낮춤과 동시에 동절기에는 따뜻한 실내 공기에 포함된 분진을 제거한 후 이를 공장내부로 순환시킴으로써 단순배출에 의한 열손실을 줄이는 기능을 하도록 설계된다. 각각의 동작모드에 대한 시퀀스는 그림 7, 8과 같다.

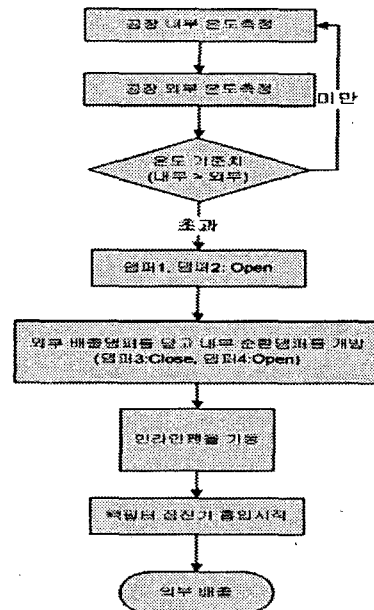


그림 7. 하절기 동작 시퀀스 블록도

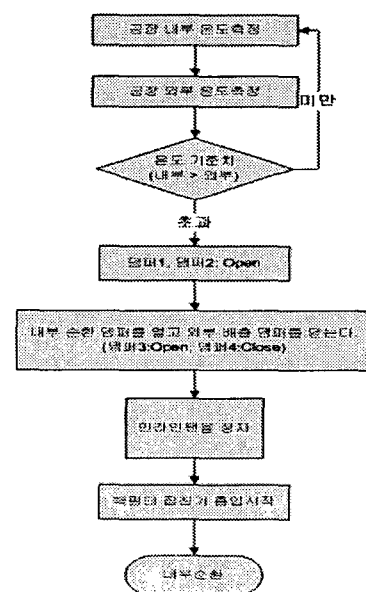


그림 8. 동절기 동작 시퀀스 블록도

4.2 지능형 집진 시스템을 위한 센서 및 액츄에이터 노드 상기와 같은 동작 시퀀스로 운영되기 위해서는 작업장내의 임의의 공간에 쉽게 설치될 수 있는 온도 센서노드 및 싱크노드와 연결되어 댐퍼 및 다양한 구동장치를 ON/OFF하기 위한 액츄에이터 노드(릴레이 노드)의 개발이 요구되며 본 연구에서 개발된 노드는 다음과 같다.

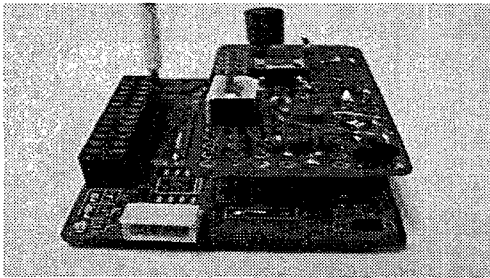


그림 9. 온도 센서 노드

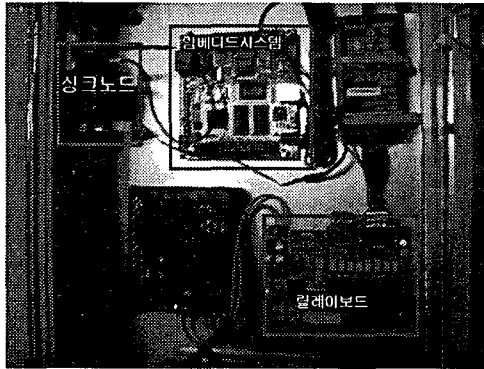


그림 10. 릴레이 보드가 탑재된 임베디드 시스템 기반 싱크노드

센서 네트워크 기반 지능형 집진시스템에 사용된 센서 네트워크 시스템의 구성도를 나타내면 그림 11과 같다.

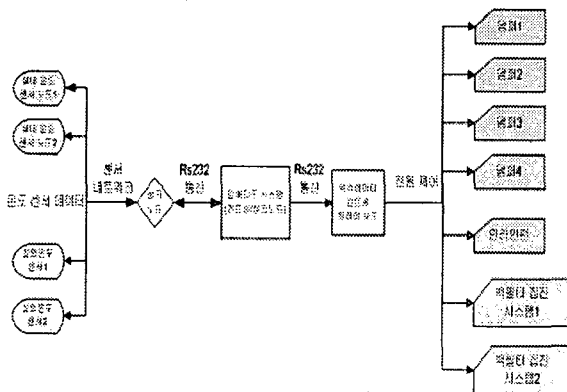


그림 11. 지능형 집진 시스템에 적용된 센서 네트워크의 전체 구성도

4.3 센서네트워크기반 지능형 집진시스템의 적용
본 논문에서 제안한 센서네트워크 기반 지능형 집진 시스템의 유용성 확인을 위해 다

양한 형태의 분진 및 유해가스(분쇄작업시 발생하는 분진, 열유착기 작업시 발생하는 유해가스)등이 발생하는 플라스틱 사출 업체에 실제로 적용하여 보았다. 공장에 실제 설치된 지능형 집진 시스템은 그림 12와 같다.

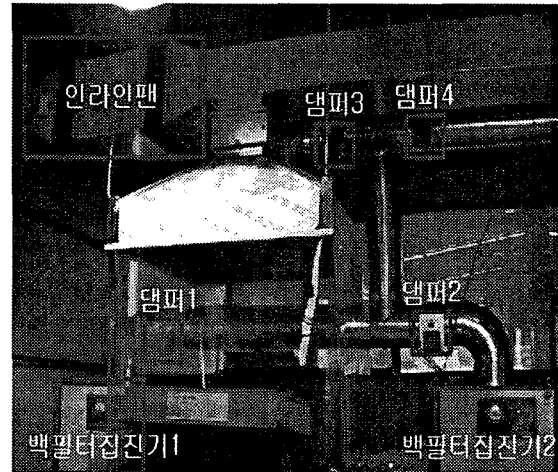


그림 12. 센서네트워크 기반 지능형 집진 시스템

5. 결론

본 연구에서는 지능형 집진 시스템 설계를 위하여 센서 네트워크를 도입하였으며 이를 실제 산업현장에 적용하여 봄으로써 시스템의 유용성을 확인 할 수 있었다. 그러나 보다 효율적인 센서 네트워크 기반 지능형 집진 시스템 설계를 위해서는 센서 노드에 대한 고장 진단 및 검출 알고리즘에 대한 보다 체계적인 연구가 요망된다.

본 연구는 중소기업청에서 시행하는 중소기업 생산 현장 직무기피요인 해소사업(S0505545- 11240131-13000010)지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] A. Hac "Wireless Sensor Networks Design", Dec. 2003.
 [2] N. Lee, P. Levis, J. Hill, "Mica High Speed Radio Stack", Sept. 11, 2002.
 [3] 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.
 [4] The Sam Madden, JoeHellerstein and Wei Hong "In-Network Query Processing in TinyOS", September, 2003.