

Multivariate Gaussian Function을 이용한 지능형 집진기 운전상황 모니터링 시스템 개발

Development of An Operation Monitoring System for Intelligent Dust Collector By Using Multivariate Gaussian Function

한윤종*, 김성호**
Yun-Jong Han*, Sung-Ho Kim**

Abstract - Sensor networks are the results of convergence of very important technologies such as wireless communication and micro electromechanical systems. In recent years, sensor networks found a wide applicability in various fields such as environment and health, industry scene system monitoring, etc. A very important step for these many applications is pattern classification and recognition of data collected by sensors installed or deployed in different ways. But, pattern classification and recognition are sometimes difficult to perform. Systematic approach to pattern classification based on modern learning techniques like Multivariate Gaussian mixture models, can greatly simplify the process of developing and implementing real-time classification models. This paper proposes a new recognition system which is hierarchically composed of many sensor nodes having the capability of simple processing and wireless communication. The proposed system is able to perform context classification of sensed data using the Multivariate Gaussian function. In order to verify the usefulness of the proposed system, it was applied to intelligent dust collecting system.

Key Words : Sensor network, Intelligent dust collecting system, Multivariate gaussian function

1. 서론

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 액파 시스템과 최근 각광을 받고 있는 USN-기반의 센서 네트워크를 융합함으로써 효율적인 운영이 가능한 지능형 집진 시스템을 설계하고 이의 동작상황을 효율적으로 모니터링 할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 본 논문에서 설계되는 지능형 집진 시스템은 센서 및 액츄에이터 노드가 장착되어 무선으로 제어되며 전체 시스템의 운전상황을 모니터링하기 위해 Multivariate Gaussian 함수를 도입하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 센서 네트워크 및 센서 노드에 대해 기술하며 3장에서는 효율적인 시스템 운전상황의 분류를 위해 도입되는 Multivariate Gaussian Function에 대해 기술하며 4장에서는 본 논문에서 제안된 센서네트워크 기반의 지능형 집진시스템 및 Multivariate Gaussian Function기반 운전상황 모니터링 시스템에 대해 기

술하고 5장에서는 결론을 기술 한다.

2. Sensor Network System

2.1 센서네트워크시스템

센서 네트워크에 사용되는 센서 노드는 아주 작은 장치로써 “Mote”라고 불리어지며, 처음으로 U.C Berkeley의 컴퓨터 과학부에서 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 인터페이스를 통하여 높은 병렬성(parallelism)과 효율성을 제공하기 때문이다. 본 논문을 위해 사용된 센서노드는 그림 1과 같으며 ATMEL사의 Atmega128 마이크로프로세서로 설계되었으며 TinyOS가 탑재되었다. 개발되어진 센서노드는 19.2Kbyte/bps의 무선 전송 속도를 제공한다 [2].

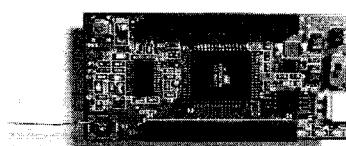


그림 1. Atmega128 기반 센서 노드

저자 소개

* 한윤종 : 眉山大學 電子情報工學部 博士課程
** 김성호 : 眉山大學 電子情報工學部 教授

2.2 센서 네트워크 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 사용 되며 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 ttime;
}TOS_Msg

```

그림 2. TOS 메시지 구조

여기에서 `addr`은 목적지 주소(센서 노드 ID 또는 Broadcast 주소)를 나타내며, `Group`은 센서 네트워크의 센서노드에 채널을 나타낸다. `type`은 센서 노드가 패킷을 받았을 경우 AM 레벨이라 부르는 헤더리를 나타낸다. `length`는 `TOS_Msg`의 데이터 부분의 길이를 나타낸다. `Data`는 29바이트의 어레이로 구성되어 있으며, 마지막 2바이트는 송수신 네이터 CRC를 나타낸다. 이와 같이 `TOS_msg`는 최대 36byte까지 구성할 수 있다. TinyOS에서 사용되고 있는 표준 통신 메커니즘인 AM 패킷을 나타낸다면 그림3과 같다.

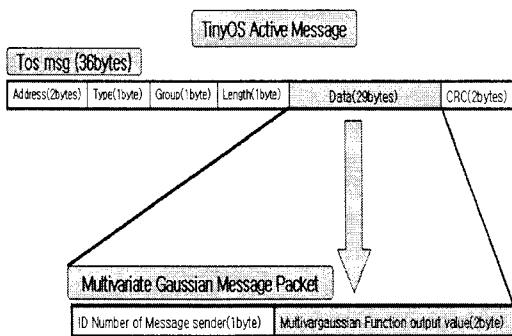


그림 3. TinyOS AM 패킷 구조

3. Multivariate Gaussian Function

본 논문에서는 센서 노드를 포함하고 있는 계층적 구조를 갖는 새로운 인식 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템 구조는 그림 4와 같다.

제안된 시스템은 중앙(Sink node)에서 데이터가 처리되는 형태를 취하고 있다. 모든 센서 노드들은 센서 노드 내부에서

처리된 데이터를 중앙에 위치한 “sink node”라고 분리는 센서 노드에게로 무선으로 데이터를 전송하도록 되어 있다.

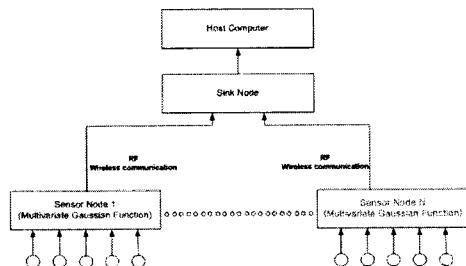


그림 4. 제안된 시스템 구조

모든 센서 노드들은 현재 측정된 데이터를 Multivariate Gaussian Function의 출력을 계산하고, 이것을 sink node로 보낸다. 이때 sink node에서는 각각의 센서 노드로부터 Multivariate Gaussian 출력 값을 받아 들여 Host PC로 보낸다. 일반적으로, sink node는 호스트 컴퓨터에 연결되어 있다.

3.1 Multivariate Gaussian Function

Multivariate Gaussian 모델은 단순한 분석적 속성들로 연계되어 있다. 이 모델에서 각각의 Context를 위한 특징의 분류는 차원 평균 μ 과 $n \times n$ 공분산 행렬(Σ)로 이루어진 단일 $n \times n$ 차원의 Gaussian으로 모델화 된다. 특징 벡터 x 는 평균 μ 과 $n \times n$ 공분산 행렬(Σ)에 대한 Multivariate Gaussian이다. 이러한 특징ベ터 x 는 다음 식에 의해 계산되어진다.

$$P(x | \mu, \Sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)^T \Sigma^{-1} (x-\mu)} \quad (1)$$

여기서 d 는 특징 벡터 x 의 차원을 나타낸다. 특징 벡터를 분류해내기 위해서는 각각의 Class의 n 과 최대의 p_n 값을 갖는 Class에 대한 식(1)의 후미부의 확률식 또는 밀도 함수 $p_n = p(x/u_n, \Sigma_n)$ 을 계산하여야 한다. 모델 파라메타 u_n 과 Σ_n 은 아래 식(2)과 (3)에 의하여 각각의 Class n 에 대해서 결정된다.

$$u_n = \frac{1}{j_n} \cdot \sum_{\forall x \in X_n} x \quad (2)$$

$$\Sigma_n = \frac{1}{j_n} \cdot \sum_{\forall x \in X} (x - u_n) \cdot (x - u_n)^T \quad (3)$$

여기서, 평균값과 Σ 으로 이루어진 μ 는 공분산 행렬이다. 위의 식에서 보는바와 같이 각각의 데이터에 대한 Multivariate Gaussian 출력 값을 이용함으로써 데이터 집합에 대해 아주 쉬운 분류법을 찾을 수 있다. 각각의 센서 노드들은 이러한 Multivariate Gaussian 출력 값을 sink node에 무선으로 전송하

며, sink node는 받아들인 데이터를 Host PC에 전달하게 된다 [4].

4. 센서 네트워크기반 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 그림5와 같다.

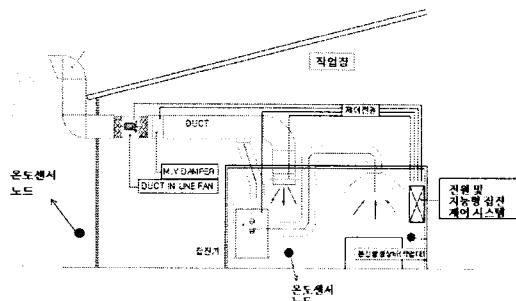


그림 5. 지능형 집진 시스템의 구조

상기 시스템은 작업시 발생하게 되는 분진의 집진/배출을 위한 후드 및 닥트 시스템과 동작모드의 변경을 위한 각종 맴퍼 및 인라인 팬 등으로 구성된다. 또한 상기 시스템의 효율적인 제어를 위해 이를 장치에 무선 통신 기능이 장착된 센서노드를 부착하였다.

4.2 Multivariate Gaussian 함수 기반 원격 운전 모니터링 시스템

본 논문에서 Multivariate Gaussian 함수를 사용하여 원격에서 시스템의 운전 상황을 효율적으로 모니터링 할 수 있게 하는 시스템을 제안하고자 하며 제안된 기법의 유용성 확인을 위해 그림 6과 같은 지능형 집진 시스템에 적용하고자 한다.



그림 6. 센서네트워크 기반 지능형 집진 시스템

시스템에 설치된 각각의 센서 노드들에는 세 개의 센서(2축 진동센서 및 온도센서)가 부착되어 있고 이들 센서 값으로부터 Multivariate Gaussian 함수 값을 얻을 수 있다. 상기 시스템에는 총 6개의 센서 노드가 설치되었으며 sink node에서 수집된 Multivariate Gaussian 함수의 실시간 출력은 다음과 같다.

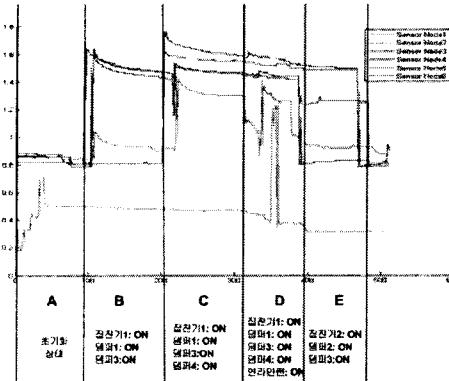


그림 7. 각각의 센서 노드들로부터의 Multivariate Gaussian 함수 출력

그림 7로부터 시스템의 운전상황이 변함에 따라 각 센서 노드들로부터의 Multivariate Gaussian 함수의 값이 다르게 출력됨을 알 수 있다. 따라서 이를 함수 값을 패턴분류의 특징 벡터로 사용한다면 시스템의 운전 상황을 효율적으로 분류할 수 있게 된다.

5. 결론

본 연구에서는 센서 네트워크 기능이 탑재된 집진 시스템의 운전상황을 효율적으로 모니터링하기 위해 Multivariate Gaussian 함수를 도입하였다. 실제 시스템에 적용해본 결과 이를 함수 값이 운전상황 분류를 위한 특징벡터로 사용될 수 있음을 확인하였다. 이를 데이터를 기반으로 동작되는 인공신경망 기반 패턴분류기를 도입한다면 효율적인 시스템 동작 모니터링이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01- 2005-000-11088-0)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. Schauser, "Active Messages: a Mechanism for Integrated Communication and Computation", 19th International Symposium on Computer Architecture, 1992.
- [4] K.V.Laerhoven, A.Schmidth, H.-W. Gelersen "Multi-sensor Context Aware Clothing" In Digest of Papers. 6th International Symposium on Wearable Computers, pages 4956.IEEE Computer Society, October 2002