

전문 설비의 고장여부를 판단하기 위한 관제 시스템의 설계와 구현¹⁾

고하람¹ 김창규² 민예슬³ 채유나⁴ 김웅섭⁵

동국대학교 컴퓨터정보통신공학부

e-mail:¹jjycoco@naver.com, ²kenny9503@naver.com,

³yeseul000047@gmail.com, ⁴codbsk07@naver.com, ⁵woongsup@dongguk.edu

An Approach for Handling Fault Signals on the Manufacturing Equipments

Haram Ko Chang-gyu Kim Yesul Min Yuna Chae Woongsup Kim
School of Computer Information and Communication Engineering, Dongguk University

요 약

본 연구에서는 사람이 접근하기 어려운 환경에 설치되어 있는 설비의 센싱 정보를 저가의 센서들을 사용하여 무선통신으로 전송하고 이후의 센싱 정보 데이터를 시각화하고 저장하며 센서의 오작동과 설비의 고장여부를 판단 할 수 있는 시스템을 구축하는데 목적을 두고 있다. 본 연구에서 제안한 시스템은 센싱된 데이터들을 저렴한 비용으로 지속적으로 오류를 판단하여 센싱의 오류 정보를 보정하고 정확한 센싱정보를 처리하도록 한다.

1. 서론

오늘날의 산업용 생산 설비 및 공장시설의 경우 고도의 정밀성과 정확성을 요구하는 작업을 요하는 경우가 많으며 이를 위해 다수의 설비들을 동시에 모니터링하고 제어하는 시스템의 유지관리의 필요도와 정확도 향상의 중요성이 높아졌다. 그러나 현재 보급 되고 있는 제어시스템은 정확성에 초점을 맞추어 고가의 센서를 사용하기 때문에 이 시스템을 도입할 시 높은 비용을 지불하여야 한다. 이러한 고비용의 센서들은 넓은 크기의 공장 내의 수많은 설비에 장착하기에는 비용상 부담이 많이 되기 때문에 공장내의 다양한 위치에 저렴하게 설치할 수 있는 좋은 성능을 갖춘 설비 제어시스템의 도입이 매우 시급한 실정이다.

하지만 저렴한 센서를 사용할 경우에는 센서의 감지값의 정밀도와 정확성에서 문제가 되는 경우가 많아 저렴한 센서를 설치할 경우 생기는 센싱 정보의 신뢰성에 문제가 생긴다.

본 연구에서는 컨베이어 벨트같은 전문설비를 대상으로 저렴한 온도 및 소리 센서에서 취득한 센싱 데이터의 오류를 보정하여 센싱 시스템의 신뢰성을 높이는 방법을 고안하였다. 이를 위하여 우리는 무선통신으로 전송하는 방법과, 이후의 센싱 정보를 데이터를 시각화하고 해당 정보의 오류 여부를 보정하며, 최종적으로 설비의 오류 여부까

지 판단할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 추가적으로 제안된 시스템은 해당설비가 고장이라고 판단되는 경우 경고 알림과 함께 해당 설비의 위치를 알려준다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 본 연구에서 제시한 시스템의 기본 구성을 설명하며 3장에서 본 연구에서 구현한 시스템을 소개한다. 4장에서는 본 연구에서 구현한 시스템을 시연한 결과를 보이고 있으며 최종적으로 본 연구의 의미와 향후 연구에 대해 기술한다.

2. 기본 시스템 구성

2.1 MongoDB

MongoDB는 문서(document)로 대체한 문서 지향 데이터베이스이다. 이 모델은 임베디드 된 문서 및 배열을 사용하여 단일 레코드로 복잡한 계층 관계를 JSON형태로 표현할 수 있으며, 자동화된 샤딩(Sharding)으로 기능 손실이 없는 수평적 확장이 가능하다. 또한 방대한 양의 데이터에서 낮은 관리 비용과 사용 편의성을 목표로 한다. MongoDB는 복잡한 데이터 유형을 저장하기 위한 Bson(Binary JSON) 데이터 구조와 강력하고 복잡한 질의(query) 언어를 지원하며, 이미지나 비디오 같은 대량 데이터에 빠른 접근이 가능하다. 기타 기능으로는, 보조 인덱스, 정렬 등 연산과 Map-Reduce 등 집계 연산을 함께 지원한다. 다양한 설비에 설치된 센싱 정보는 다양한 구조로 구성되어 있으므로 구조적 DB보다는 비구조적 DB에 적합하다고 판단하여 MongoDB에 센싱 정보가 저장되도록 구현하였다.

1) 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음. 과제번호 (2016-0-00017)

2.2 유비쿼터스 네트워크를 활용한 상황정보 모니터링 시스템

유비쿼터스 네트워크를 활용한 상황정보 모니터링 시스템은 무선 노드의 센싱 기술을 이용하여 상황을 감지하는 시스템이다. 이 시스템은 일반적으로 지능형 센서로 불리는 제한된 자원을 가지는 작은 하드웨어 안에 CPU와 통신 및 센싱 모듈을 갖는다. 센서들은 데이터 처리 기능, 통신 기능 및 센싱 기능을 갖춘 자율적인 컴퓨팅 단말 기능을 수행한다. 이전의 전통적인 센서 시스템은 대형의 고가 센서를 사용하여 유선으로 사용자에게 직접 연결되고 데이터를 수집하는 형태이다.

본 시스템은 유비쿼터스 센서 네트워크를 사용하여 일정한 간격으로 설치할 수 있기 때문에 기존 통신보다 다양하고 자유롭게 센서들을 설치할 수 있다는 장점이 있다. 동작은 사용자 상황 정보와 조도나 온도센서를 활용하여 환경 상황 정보를 획득하고 AD-hoc 네트워크를 통해 서버로 모이고 TinyOS를 활용해 분석한다. 여기서 센서로부터 수집된 자료들을 분석하여 파악할 수 있는 정보를 상황 정보라고 하며, 이를 통해 실시간으로 정보를 정확하게 생성하여 스스로 주변 환경 상황을 인식하고 맞춤형 예측 서비스를 제공 해준다.

3. 시스템 설계

3.1 센서정보

센서 정보는 감지대상 설비의 현재 상태를 파악하기 위한 자료이다. 따라서 고장여부를 판단하기 위한 본 연구의 시스템에서 중요한 정보가 된다. 제안된 실험에서는 온도 및 소리 센싱 데이터를 감지하여 지정 설비의 현재 상태를 인식하도록 한다. 감지된 데이터는 센서 보드를 거쳐 소형 컴퓨터로 전송된다. 소형 컴퓨터에서는 수신된 데이터를 웹서버와 하드웨어 서버로 전달하여 저장한다. 이 때 센서 보드는 소형컴퓨터와 함께 위치하도록 구성하여 짧은 시간 안에 정확한 센싱 정보를 전달할 수 있도록 구현한다. 서버에 저장된 센싱 데이터는 실시간 및 고장진단 그래프에 반영된다. 실시간 그래프에서는 실시간으로 감지되는 대상설비의 상황정보를 꺾은선 그래프로 표현하여 설비의 현재 상태를 파악할 수 있도록 한다. 고장진단 그래프에서는 시간을 입력하도록 설정하여 해당 시간의 50초 전후의 센싱 데이터를 꺾은선 그래프로 출력하여 대상설비의 고장여부를 판단하도록 한다.

3.2 예측 시스템 구성

설비의 고장 여부를 판단할 수 있는 요소의 센싱 정보를 수집하여 오류의 이상치를 구분해 내야 한다. 이상치를 처리하는 방법에는 현재 다양한 방법이 존재한다. 패턴이 없는 센싱 데이터의 경우 간헐적인 이상치를 탐지하는 방법을 사용해야 한다. 간헐적인 이상치를 탐지하는 방법에는 통계 분포를 활용하는 통계기반 접근법, 블록 꺾질의 경계에 있는 데이터를 이상치로 탐지하는 깊이 기반 접근법,

주변 데이터들 사이의 거리를 측정하여 이상치를 판별하는 거리 기반 접근법등이 있다.

본 연구에서는 센싱 정보들의 데이터들을 실험해서 통계 분포를 분석하여 활용하는 통계기반 접근법을 활용하고자 한다. 데이터 분석은 가중이동평균법과 함께 푸리에 트랜스폼을 통하여 주변 상황에 대한 값들을 포함하고 정확성을 높여 탐지하고자 한다. 가중이동평균법은 단순 이동 평균법이 모든 데이터에 동일한 가중치를 부여하여 평균을 산출하는데 반해, 최근의 데이터에 더 큰 가중치를 부여하여 평균치를 구하고 이 평균값을 차기의 예측 값으로 사용한다. 푸리에 트랜스폼을 통해서는 이상치가 있는 값들의 모임을 분류해 낸다.

이 방식을 활용한 이상치 탐지 방법 절차는 3가지 단계로 이루어진다. 가중이동평균 분석을 통한 평균값 측정, 그 값들의 푸리에 분석을 통한 이상치 값의 분류, 알림 알고리즘을 통한 분석 및 탐지로 이루어진다.

3.3 설비의 오류와 센서의 오류를 탐지하는 알고리즘

본 연구에서는 3단계의 센서 정보처리를 거쳐 설비의 오류와 센서의 오류를 분류한다.

먼저 1단계 과정에서는 센서값들의 평균값을 측정한다. 평균값 측정은 슬라이딩 윈도우 방식을 이용한다. 1초 간격으로 새로운 센싱 정보를 받고 정해진 윈도우 사이즈만큼 센싱 데이터를 불러온다. 이 때 윈도우 사이즈와 받아들이는 값의 구간은 각 설비마다 상이하며 해당 설비의 값들의 충분한 분석으로 정해진다.

1단계 과정을 거친 후, 2단계에서는 윈도우에 포함되어 있는 값들을 푸리에변환을 한다. 만약 윈도우 내의 값들 간의 차이가 적고 비슷하다면 푸리에 변환을 통한 결과값 또한 차이가 1을 넘기지 않을 것이다. 그러나 값들 간의 차이가 크다면 결과 값들 간의 차이가 매우 클 것이다. 이를 통해 평균값 외의 이상치를 가지고 있는 윈도우를 분류해 낼 수 있다.

3단계는 2단계와 무관하게 1단계에 이어서 윈도우 내의 값들의 평균을 계산한다. 센서의 오류와 기계의 오류를 분류하고 주변 환경에 따라서 오류를 판단하지 않기 위해 (그림 1) 의 수도코드를 활용한다. 최종적으로 2단계에서 구한 결과와 3단계에서 구한 결과가 일치한다면 완전한 기계의 오류로 판별할 수 있다. 만약에 2단계에서 구한 결과와 3단계에서 구한 결과가 다르다면 이는 센서의 오류로 판단하여 시스템을 따로 알림 메시지를 보내지 않는다.

```

1 while(read sensor value) do
2   if(detect outlier) then
3     error count := error count+1
4     non-error count := non-error count - 1
5   else
6     if(overlap of error count) then
7       non-error count := non-error count + 1
8       if(overlap of nonerror count) then
9         error count := error count-1
10      else
11        reset nonerror count
12      if(overlap of error count) then
13        return alert and inform location
    
```

(그림 1) 에러 카운터를 이용한 알람 알고리즘

4. 실험 및 결과

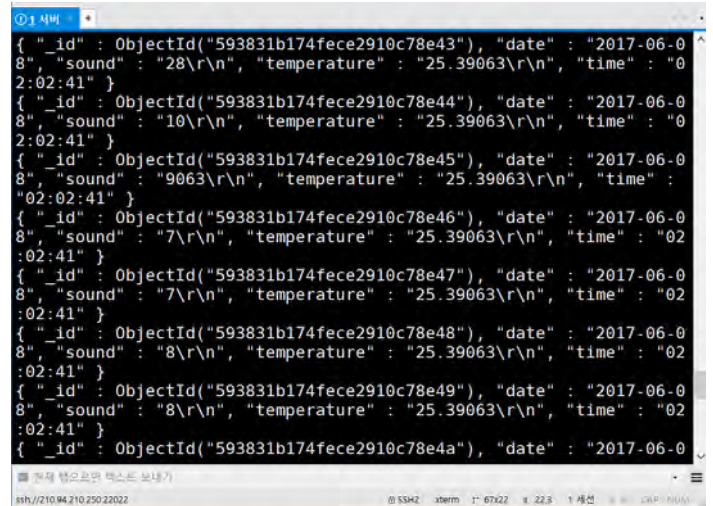
본 연구에서 제안한 설비의 고장여부를 판단하기 위한 구축환경의 구성은 <표 1>과 같다.

<표 1> 전문 설비의 고장여부를 판단하기 위한 구축환경

	구성요소	구성내용	
하드웨어	센서	온도센서, 사운드센서	
	센서 모듈	아두이노, 라즈베리파이	
소프트웨어	운영체제	CentOS 6.9	
	웹서버	Apache Http	
	개발언어		Python
			html
			php
			Jquery
		C++	
데이터베이스	MongoDB		

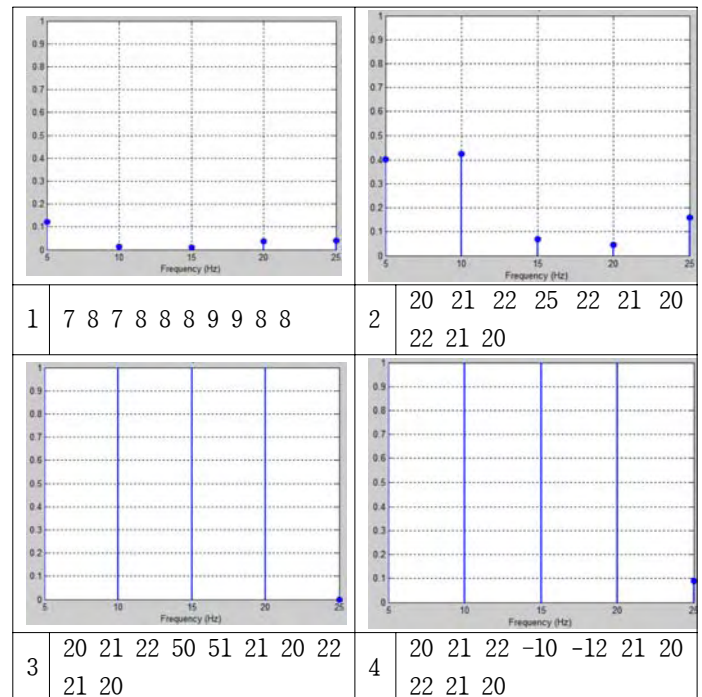
본 연구에서는 에어컨 실외기에 대한 온도 및 소리 센서를 센싱하여 상태를 알려주고 이상여부를 판단하고 이상여부가 판단되면 알람을 주도록 하였다. 소리를 지르거나 얼음팩을 접촉시켜 센서에 임의의 변화 값을 주어 데이터의 변화를 확인하였다.

오류를 판단하기 위해서 진동센서나 에어컨 냉매 배관 내의 유압가스측정 센서 등 해당 설비마다 오류를 판단할 수 있는 레퍼런스 센싱 데이터를 다르게 입력받으며 시각화 시켜주는 동시에 DB에 저장되므로 활용 분야에 따라서 접목이 가능하다. 센싱 정보들은 MongoDB에 저장되며 이를 위해 JSON 포맷으로 센싱값들과 기타 정보들을 저장한다. (그림 2) 는 실시간으로 날짜, 시간, 소리, 온도 센서값을 JSON형태에 맞게 저장되는 것을 보여주고 있다.



(그림 2) 실시간 센싱 데이터

웹서버에서 센싱 된 데이터 값들의 이상치를 판단하기 위해 sliding window 크기를 10개로 잡았으며 소리의 오류 판단 범위는 ± 20 , 온도는 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 로 잡았다. 이 값들은 해당 설비의 값을 푸리에 트랜스폼을 통해 얻어낸 결과이다. 그 과정은 <표 2> 에서 볼 수 있다. 이상치가 존재 하지 않는다면 1, 2번 같이 값들의 크기 차이가 크지 않다. 그러나 50이나 -10같은 이상치가 존재한다면 3, 4번같이 차이가 매우 크다. 이 때 결과값의 차이가 1이상부터 오류라고 판정했고 그 값들을 이용해 오류 판단 범위를 설정해 주었다.



(그림 3) 실험결과

본 연구에서 제안한 시스템과 기존에 설비 관리 시스템과의 특성 비교 결과는 <표 2> 과 같다.

<표 2> 기존 시스템과의 성능 비교

	상황정보 모니터링 시스템	전문 설비의 고장여부를 판단하는 API
DB 언어	SQL	BSON
설비 고장 판단 유무	화면으로 값을 보여줌.	문제가 발생시 알람 메시지를 보임.
무선통신	Wi-Fi	Wi-Fi
오작동 진단	×	○
데이터 시각화	○	○

5. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 저가의 센서를 설치한 전문설비의 센싱 정보를 무선통신으로 전송한 후 센싱 정보의 데이터를 시각화하고, 고장여부까지 판단하여 사용자에게 알람 기능을 제공하는 프로그램을 개발하였다.

본 연구의 시스템은 실시간으로 전달되는 대상 설비의 상황 정보를 저장해야 하므로 빅데이터 표현에 효과적인 MongoDB를 이용하였고, 센싱 데이터의 입력 부분을 모듈화하여 현장 및 대상설비의 환경변수에 따라 센서 종류 확장에 효용성이 있다. 또한 대상의 고장여부가 판단 될 때, 해당 센싱 보드의 위치 및 경고 알람기능을 통해 사용자에게 해당정보를 전달한다.

향후 과제로는 센싱 보드에서 서버로 전송하는 데이터 양이 급격히 증가하는 경우 통신 과정에서 데이터간의 충돌을 피하기 위한 흐름제어 기법을 구체화하기 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] 홍예진, 나은희, 정용환, & 김양우. (2017). 대용량 데이터 분석을 위한 맵리듀스 기반의 이상치 탐지. 인터넷정보학회지, 18(1), 27-35.

[2] 이기욱, & 성창규. (2006). 유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 상황 정보 모니터링 시스템 구현. 한국컴퓨터정보학회논문지, 11(5), 259-265.

[3] Arici, T., & Altunbasak, Y. (2004, March). Adaptive sensing for environment monitoring using wireless sensor networks. In Wireless Communications and Networking Conference, 2004. WCNC. 2004 IEEE (Vol. 4, pp. 2347-2352). IEEE.

[4] Khan, S., & Mane, V. (2013). SQL support over MongoDB using metadata. International Journal of Scientific and Research Publications, 3(10), 1-5.