사례기반 추론을 이용한 지능형 집진기 bag 제어 시스템

Intelligent Dust Chamber Bag Control System using Case-Based Reasoning

김정숙

Jung-Sook Kim

김포대학 IT학부

요 약

본 논문에서는 첨단 IT(Information Technology) 기술을 전통산업인 집진기에 융합한 지능형 원격 집진기 bag 제어 시스템을 이벤트 기반으로 개발하였다. 먼저 전력선 통신을 이용하여 집진기 bag 상태 정보를 효율적으로 전송할 수 있도록 메시지 형식을 정의하였다. 그리고 집진기와 집진기 bag을 논리적으로 모델링하기 위해 자료형을 정의하였고, 이를 이용해 집진기와 집진기 bag을 XML과 객체지향 모델링 기법을 이용해 모델링하였다. 뿐만 아니라 집진기 bag의 교체시기를 정확하게 지능적으로 파악할 수 있도록 사례들을 수집하여 XML로 표현하고, 그 사례를 기반으로 현재 집진기 bag 상태를 사례기반 추론 기법을 이용하여 추론한 후 집진기 bag의 교체시기를 관리자에게 실시간으로 제시하도록 개발하였다.

키워드 : 사례기반 추론, 지능형 집진기 bag 제어 시스템, XML, 전력선 통신, 이벤트

Abstract

In this paper, we develop the intelligent remote dust chamber bag control system which is combination of the advanced IT and traditional dust chamber based on event. At first, the message format is defined for the efficient dust chamber bag information transmission using power line communication. Also, we define the data types to logically model the dust chamber and the dust chamber bag, and they are logically modeled using XML and object-oriented modeling method. In addition to, we apply the case-based reasoning for showing the dust chamber bag exchange time intelligently to user at real-time using casebase, that is collected by case or case-based reasoning result, and that is described using XML.

Key Words : Case-Based Reasoning, Intelligent Dust Chamber Bag Control System, XML, Power Line Communication, Event

1. 서 론

현재 세계적으로 정보시대에서 융합시대로의 변화로 IT 산업과 BT, NT 및 전통산업 기술간 융합이 가속화되면서 새로운 형태의 기술과 서비스가 최근에 등장하고 있다. IT 융합기술은 향후 기술혁신을 주도할 핵심기술로서 최근 급속히 발전하는 신기술 분야의 상승적인 결합(synergistic combination)으로 이중기술간 융합을 통하여 신제품과 새로운 서비스를 창출하거나 기존 제품의 성능을 향상시키는 기술이다. 따라서 에너지, 환경 등 공공분야 또는 IT, BT, NT, 전통산업 등 첨단기술 간의 접목을 통하여 과학기술적 한계를 극복함으로써 산업 및 사회에 혁신적 변화를 가져오는 신기술이라고 할 수 있다. 특히 전통산업의 위험 요소가

내포되어 있는 곳에서 IT 기술을 접목하여 안전하게 작업을 처리하기 위해 많은 연구들이 개발되고 있다[1, 2, 3].

본 논문에서는 전통산업인 집진기에 IT 기술을 융합한 지능형 원격 집진기 bag 제어 시스템을 개발하였다. 집진기는 생산 공정에서 발생하는 먼지를 흡입하는 시스템으로 제조업에서 생산되는 제품의 성능에 영향을 줄 뿐만 아니라, 근로자의 건강과 환경에 중요한 영향을 미친다. 따라서 대부분의 제조업 산업현장에서 집진기가 설치되어 가동되고 있다. 그런데 전통적인 집진기는 몇 가지 위험 요소를 포함하고 있어, 이들을 없앨 수 있는 기술 개발이 필요하다. 먼저 전통 집진기는 현장에서 요구되는 기능과 성능에 따라 크기와 모양이 다양하며, 크기가 큰 경우 높이가 50m에 이르는 것도 있다. 그리고 흡입된 먼지를 저장하는 집진기 bag의 용량이 한정되어 있다. 따라서 집진기 bag 상태를 파악한 후 적절한 시기에 집진기 bag을 정기적으로 교체해 주어야 한다. 또 다른 특징은 현재 집진기의 bag 상태에 대한 정보를 알 수 있는 집진기 bag 상태 표시기가 집진기에 직접 부착되어 있다. 따라서 집진기의 bag 상태 정보를 알 수 있는 유일한 방법은 작업자가 직접 집진기에 올라가서 확인해야 한다. 즉 전통적인 집진기는 현재 bag 상태 정보

접수일자 : 2009년 11월 30일

완료일자 : 2010년 2월 1일

감사의 글 : 본 연구는 2009년 지식경제부와 한국산업 기술진흥원의 이공계전문가기술지원서포터즈 사업의 지원에 의해 수행되었음. 또한 본 논문은 본 학회의 2009년 추계 학술발표대회에서 선정된 우수논문임

를 전달해 줄 수 있는 통신 능력이나 인공 지능 기법이 탑재되어 있지 않다. 그런데 집진기의 크기가 크고 높이가 높은 장비인 경우, bag 상태를 확인하는 일은 매우 번거롭고 위험 부담이 많은 작업이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 집진기 bag 상태를 원격에서 확인할 수 있는 기능 개발과 더불어 지능 기법 중 사례기반 추론[4] 등을 이용하여 집진기 bag 상태를 지능적으로 파악하여 현재 상태 및 bag 교체 시기와 같은 정보를 관리자에게 정기적으로 제시해 줄 수 있는 시스템 개발이 필요하다. 그런데 전통 집진기와 IT 기술을 융합하는 시스템을 개발할 때 고려되어야 할 중요 요소 중 한 가지는 시스템 생산 비용이다. 전통 집진기 개발 비용과 비교하여 IT 기술이 접목된 집진기 비용이 크게 증가한다면 새롭게 개발된 시스템을 상용화하는데 걸림돌이 될 것이다. 즉 원격 집진기 bag 제어 시스템 설치를 위해 통신 설비를 새롭게 설치해야 하거나, 고가의 통신 장비가 필요하여 이러한 비용이 추가된다면 시스템 생산 비용이 당연히 증가될 것이다. 생산 비용을 최소로 추가 발생되면서 효율적인 제어 시스템 개발이 되기 위해 통신 설비가 필요하지 않은 기술이 필요하다. 전력선 통신[5]의 장점은 전력선 설비가 대부분의 산업 현장에 설치되어 있어 통신을 하기 위해 별도의 통신 설비가 필요하지 않으며, 무선 통신에 비해 통신 거리가 길다. 뿐만 아니라 전력선 통신 모뎀 비용이 비교적 저렴하여 집진기 생산 비용에 거의 영향을 미치지 않는다.

이에 본 논문에서는 실시간으로 집진기의 bag 상태를 사무실이나 가정에서도 웹을 통해 언제든지 작업자가 안전하게 파악할 수 있는 지능형 집진기 bag 제어 시스템을 전력선 통신을 이용하여 개발하였다. 먼저 원격에서 웹을 통해 집진기 bag 상태를 파악하기 위해서 집진기와 서버 사이에 전력선 통신을 이용하여 양방향 통신이 가능하도록 개발하였다. 그리고 집진기와 집진기 bag들을 원격에서 효율적으로 제어하기 위해 이들을 논리적으로 모델링 하였다. 웹에서 정보를 교환하는데 효과적인 XML[6, 7, 8]을 이용하여 먼저 자료형(data type)을 정의하였다. 자료형의 종류는 기본형(primary data type)과 참조형(reference data type) 및 기본형과 참조형을 조합하여 새로운 자료형을 정의할 수 있는 사용자 정의형(user-defined data type)으로 구성되었다. 이러한 자료형을 이용하여 집진기와 집진기 bag을 객체 지향 모델링 기법을 이용하여 모델링하였다. 또한 집진기 bag 상태에 따라 교체시기를 지능적으로 알려주기 위해 사례기반 추론 기법을 적용하는 기술을 개발하였다. 집진기 bag 상태에 영향을 주는 주요 요인들은 생산 공정에서 발생하는 분진의 양과 집진기의 사용 시간 및 bag 용량 등이다. 따라서 이들을 검색 조건으로 하여 원하는 조건의 해를 효율적으로 찾을 수 있는 방안을 개발하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 본 논문의 개발과 관련된 관련 연구들을 살펴보고, 3장에서 사례기반 추론을 통한 지능형 bag 제어 시스템을 기술 한 후, 4장에서 실험 환경과 결과를 보여주고, 마지막으로 결론을 내리고 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 사례기반 추론

사례 기반 추론 기법은 주어진 문제를 해결하고자 할 때, 과거의 유사한 사례를 바탕으로 주어진 문제의 상황에 맞게

응용하여 문제를 해결하는 추론 방법이다. 특히 지식의 추론을 통해 해를 찾는 방법보다 단순하면서도 문제 영역이 잘 정형화되지 않는 분야에서도 적용이 가능한 기법으로 장점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 추론자가 완전히 이해하지 못한 분야에 대해서도 해답을 제시하며, 둘째, 해답을 평가할 수 있는 적절한 알고리즘이 존재하지 않을 경우에도 평가의 수단을 제시해 준다. 마지막으로 과거의 경험은 과거에 발생했던 문제에 대해 같은 실수를 반복하지 않도록 경고하는 기능을 한다. 반면 사례 기반 추론은 충분한 유사 사례가 존재하지 않으면 해결책으로 제시되는 해답이 부정확할 수도 있으며, 기존 사례와 다른 사례가 발생되면 들어온 사례를 인식하지 못할 수도 있는 단점이 있다. 사례기반 추론을 수행하는 엔진은 Retrieval, Reuse, Revise, Retain으로 구성되어 있으며, 각 과정을 거쳐 사례 기반 추론이 진행된다. Retrieval은 가장 유사한 사례를 사례베이스로부터 검색을 하는 과정으로 사례베이스에 있는 사례를 인덱싱하여 해당 이벤트 사례와 얼마나 유사한지를 측정하여 가장 특성이 유사한 사례들을 검색한다. Retrieval 과정은 사례 기반 추론 기법의 검색 속도를 결정하는 과정으로 효율적인 인덱싱과 검색 알고리즘 선정이 가장 중요하다. Reuse는 검색된 사례의 해결책을 재사용하는 방법으로 검색된 해결책을 복사하여 현재 이벤트의 해결책을 적용하는 과정이다. Revise 과정은 제안된 해결책을 수정하는 과정으로 Reuse 과정에서 적용된 해결책을 평가하여 사례의 해결책이 실패할 경우 도메인 지식을 이용하여 해결책을 제시한다. Retain은 현재 해결된 사례를 향후 재사용하기 위해 사례베이스에 저장하는 과정으로 사례 기반 추론 기법의 학습에 해당된다.

2.2 XML

XML은 서로 다른 시스템 특히 인터넷에 연결된 시스템끼리 데이터의 송·수신과 저장을 효율적으로 지원하기 위해 제작된 마크업 언어로, HTML의 한계를 극복할 목적으로 만들어졌다. 따라서 XML을 이용한 응용들이 많이 개발되고 있으며, 응용의 예들을 살펴보면 ebXML(electronic business eXtensible Markup Language)[9], voiceXML(voice eXtensible Markup Language), XBEL(XML Bookmark Exchange Language), SMIL(Synchronized Multimedia Integration Language) 그리고 MathML(Mathematical Markup Language) 등이 있다. ebXML은 UN/CEFACT(United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business)와 OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards)가 주도하여 기업의 규모나 지역적 위치에 관계없이 인터넷을 통해 거래할 수 있도록 하는 규약들의 모음으로 거래 메시지의 교환, 거래 메시지의 수립, 공통의 조건에 의한 데이터 통신과 비즈니스 프로세스 정의 및 등록을 할 수 있다. 기존의 표준들은 대부분 단순히 문서만을 표준화하여 사용하는 것과는 달리 ebXML에서는 재활용 수준을 문서수준뿐만 아니라, 시나리오 수준까지 확대해 사용한다. 즉 비즈니스 전 과정을 모델링하여 시나리오를 작성하고, 이 시나리오에 따라서 B2B 거래를 자동화해 실행한다. 그리고 VoiceXML는 음성 인식 기술을 통해 인터넷과 사용자가 상호작용하도록 하는 XML을 기반으로 하는 음성 응용 기술이다. 음성 합성, 디지털 오디오, 음성 다이얼로그 입력 인식, 말하기 입력 기록 등의 특징을 갖고 있으며 웹 기반 개발과 콘텐츠 전달이라는 장점을 대화형 음성 응답 응용에 도입을 시도하고 있다. XBEL은 웹 브라우저 북

마크를 저장하는 단순하고 대중적인 포맷이다. Python/XML special interest group (SIG)은 XML 초기에 XBEL을 개발했다. XBEL은 XML의 계층을 사용하여 중첩된 폴더와 북마크를 모델링하는데, 각각 타이틀과 URL의 프로퍼티를 갖고 있다. 벤더들이 필요할 경우 상세들을 추가할 수 있도록 후크를 제공하여 확장성을 높인다. SMIL은 대화식 멀티미디어 표현을 작성하기 위한 XML 기반 언어이며, W3C의 조정 하에 있는 한 그룹에 의해 개발되었고 이 그룹에는 CD-ROM, 양방향TV, 웹, 오디오 및 비디오 스트리밍 산업계 등의 대표자들이 포함되어 있다.

3. 지능형 집진기 bag 제어 시스템 개발

3.1 시스템 구성도

지능형 집진기 bag 제어 시스템은 웹에서 동작하며, 이벤트를 기반으로 작동된다. 먼저 집진기 bag 내부 상태를 알려주는 차압 측정기의 아날로그 형태로 발생하는 데이터를 출력으로 받는다. 따라서 전력선 통신 모델에 이 출력 결과를 연결해서 통신하기 위해서는 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변환해주는 변환기가 필요하다. 변환기를 통해 발생하는 디지털 데이터를 전력선 통신 모델을 통해 전달하기 위해서는 먼저 메시지 형식이 정의되어야 한다. 본 논문에서는 바이트 단위로 구성된 메시지 형식을 정의하여 그 형식에 맞추어 정보를 전력선 통신 모델에 입력으로 전달해 주면 전력선 통신을 통해 원격 서버에 RS-232C 통신 방식으로 전달된다. 전달된 데이터를 데이터베이스에 저장한 후 사례기반 추론을 적용한 처리과정을 거친 후 얻은 결과를 시스템 관리자에게 전달해 준다. 그리고 시스템 사용자가 현재 집진기 bag 상태를 알기 위해 이벤트를 발생시키면 전력선 통신을 통해 디지털/아날로그 변환기를 거쳐 차압 측정기에서 발생하는 데이터를 읽어 온다. 다음 그림 1은 시스템 구조도를 보여주고 있다.

그림 1. 시스템 구조도

Fig. 1. System structure

사례기반 추론을 이용하여 지능적으로 집진기 bag 상태를 알려주는 시스템을 구성하는 기능들은 전력선 통신을 통해 전달된 데이터를 필드별로 분리하는 파서 기능과 이들을 가공하고 저장할 수 있는 기능 및 XML로 변환과 분리하는 기능들이 포함되어야 한다. 다음 표 1은 이러한 시스템 기능들을 나타내고 있다.

표 1. 시스템 기능들

Table 1. System functions

상위 모듈	하위 모듈	설 명
Bag		집진기 Bag
PLC		전력선 통신 모델
Bag Control Server	Signal Receiver	PLC Modem과의 통신 담당
	Signal Collector	신호 수집기의 데이터를 수집
	Data Extract	수집된 데이터 중 저장할 필요가 있는 데이터만 추출, 파서 기능
	Query Engine	데이터베이스에 필요한 정보를 요청하는 질의어를 생성
	Bag Filters Data	집진기의 각종 정보를 저장(분진량, 집진기의 상태 등)
	Decision Module: Data Analyzer	집진기로부터 받은 데이터를 분석(상태 정보 및 알람을 사용자 또는 관리자에게 전달하기 위함)
	Decision Module: Decision Maker	사례기반으로 집진기 bag의 상태에 따른 경고 메시지 발생 여부 판단 모듈
	Decision Module: Decision Rules	집진기 bag의 상태 판단을 위한 규칙
	XML Generator	데이터베이스에서 추출한 데이터를 사용자에게 전달하기 위한 XML 형태로의 변환
	BFC: State Checker	결정 모듈에서 전달된 데이터를 기반으로 집진기 bag의 상태 확인
	BFC: BFCSS Processor	사용자나 관리자에게 보낼 집진기 bag의 상태 정보 또는 알람 메시지를 처리

3.2 집진기 bag 제어를 위한 XML schema

집진기와 서버 사이에 정보를 효율적으로 교환하기 위해서 집진기와 집진기 bag을 논리적으로 모델링하였다. 여기서 해외로 수출되고 있는 집진기를 고려하여 웹의 표준 언어인 XML를 이용하여 집진기와 집진기의 bag 상태를 표현하였다. 논리적 모델링을 하기 위해 필요한 자료형을 먼저 정의하였다. 자료형의 구성은 기본형과 참조형 및 사용자 정의형으로 구성된다. 먼저 기본형의 종류는 부울(bool)형, 부호 있는 정수(signed integer)형, 부호 없는 정수(unsigned integer)형, 실수(real)형, 문자열(string), 리스트/열거형(list/enum) 및 날짜(date)형을 개발하였다. 각 자료형의 종류에 따라 크기를 정의하였으며, 정수 및 실수인 경우 지원되는 크기의 종류를 정수는 1바이트에서부터 8바이트까지 지원하도록 하였으며, 실수도 4바이트와 8바이트를 지원하게 하였다. 그리고 참조형에는 ID와 ref 형이 정의되었으며, 사용자 정의형은 기본형과 참조형을 조합하여 새로운 자료형을 개발할 수 있다. 다음 표 2는 집진기를 논리적으로 모델링한 내용을 보여주고 있다.

표 2. 집진기를 위한 XML schema
Table 2. XML schema for dust chamber

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"? >
<DustCollector>
  <DustID>1234 </DustID>
  <Company> production_company
</Company>
  <TypesOfIndustry> manufacturing
</TypesOfIndustry>
  <Subdivision> aflourmill
</Subdivision>
  <InstallDate>
    <Year> 2009 </Year>
    <Month> 10 </Month>
    <Date> 10 </Date>
  </InstallDate>
  <Place> field </Place>
  <Capacity> 40m3 </Capacity>
  <NoOfBag> 4 </NoOfBag>
</DustCollector>
```

다음 표 3은 집진기 bag 상태를 나타내는 XML schema 이다.

표 3. Bag 정보 schema
Table 3. Bag information schema

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<BagInfo>
  <BagID> 1 </BagID>
  <TypesOfIndustry> manufacturing
</TypesOfIndustry>
  <Subdivision> aflourmill
</Subdivision>
  <BagType> filter </BagType>
  <BagCapacity> 5m3 </BagCapacity>
  <BagUse>
    <BagYear> 1 </BagYear>
    <BagMonth> 10 </BagMonth>
    <BagDay> 10 </BagDay>
    <BagTotalTime> 2000 </BagTotalTime>
  </BagUse>
  <BagStatus> middle </BagStatus>
</BagInfo>
```

3.3 전력선 통신을 위한 메시지 형식

전력선 통신에서 정보를 전송하고 수신할 때 사용되는 메시지 형식이 필요하다. 본 논문에서 개발하는 시스템에서 사용하는 전력선 통신 모델에서 제공되는 메시지 형식은 바이트 단위이며, 최대 전송량은 80바이트까지 가능하다. 이러한 기능을 이용하여 본 논문에서는 간단한 데이터를 보내고 받을 때 많이 사용하는 메시지 형식으로 정의하였다. 다음 표 4는 본 논문에서 개발한 바이트 단위로 구성된 메시지 형식을 보여주고 있다.

표 4. 메시지 형식
Table. 4 Message format

0xFF	0xFF	집진기 ID	집진기 bag ID	Command	Data	Check sum
------	------	--------	------------	---------	------	-----------

각 구성 요소들을 자세히 설명하면 먼저 앞의 2 바이트 0xFF는 에러 발생을 방지하기 위해 보내는 요소이며, 다음으로 집진기 ID는 설치되어 운영 중인 집진기를 구별하기 위한 것이다. 한 산업체에 현장이 여러 곳인 경우, 집진기도 현장에서 필요한 수만큼 설치되어 운영되고 있으므로 이들을 각각 구별할 수 있는 집진기 ID가 필요하다. 그리고 집진기 bag ID는 하나의 집진기 내에 다양한 개수의 bag이 존재하며, 따라서 이들을 또한 구별할 수 있어야 한다. Command는 사용자가 이벤트를 통해 발생시키는 명령어와 시스템에서 발생하는 명령어들을 나타내기 위한 것으로 01은 write 명령어, 02는 read 명령어와 같이 구성된다. Data는 실제 전송되는 데이터를 나타내며, 마지막 Check sum은 데이터 전송 중에 에러가 발생했는지 구별하기 위해 사용되는 요소이다.

3.4 사례기반 추론 적용

이벤트가 발생하는 정보를 바탕으로 Retrieval, Reuse, Revise, Retain의 과정을 거쳐 사례기반 추론이 진행된다. 먼저 본 논문에서 지능적으로 집진기 bag 상태를 제어하기 위해 사례기반 추론을 위한 사례들을 수집하였다. 지금까지 본 논문과 관련되어 작성된 사례들을 수집할 수 없어, 현재 집진기가 설치되어 운영 중인 업체들을 직접 방문하여 수작업으로 사례들을 수집하였다. 특히 많은 제조업 분야에서 대표적으로 분진이 많이 발생하는 몇 가지 업종을 선택하여 사례들을 수집하였다. 이러한 방법으로 수집된 사례들을 XML schema를 이용하여 표현하고, 데이터베이스에 저장하였다. 다음으로 사례베이스에서 사례들을 조회할 때 신속하고 효율적으로 조회할 수 있도록 집진기 ID를 이용하여 검색한다. 이는 교체시기를 결정하는 가장 정확한 해를 제시해 줄 수 있기 때문이다. 그러나 집진기가 처음 설치되거나 할 때에는 집진기 ID를 이용하여 검색할 수 없다. 이러한 경우에는 분진의 발생 정도에 따른 업종별과 집진기 사용 시간 및 집진기 bag의 용량을 이용하여 검색하였다. 이는 분진이 많이 발생하는 업종과 집진기의 사용 시간 및 집진기 bag의 용량에 따른 분류가 집진기 bag 교체시기를 결정하는 중요한 요소들이기 때문이다. 3가지 요소에 따라 그룹화하여 사례베이스를 만들어 해를 찾기 위해 검색하는 효율을 증진시켰다. 그러나 집진기의 크기와 용량이 매우 다양하기 때문에 원하는 검색 결과를 정확하게 일치시킬 수 있는 사례들을 찾기란 쉽지 않다. 이에 본 논문에서 적용한 알고리즘은 원하는 해를 찾지 못했을 경우 제조업의 종류, 집진기의 용량, 집진기 가동 시간 등을 조건으로 하여 최근접 해(Nearest Neighbor)를 찾도록 하였다. 이러한 최근접 해만을 이용해도 집진기 bag의 교체가 정확하고 세밀한 데이터를 요구하지는 않기 때문에 시스템에 문제가 발생하지 않는다. 그러나 본 논문에서는 좀 더 정확한 해를 찾아내기 위해 Reuse 과정에서 Retrieval의 결과인 최근접 해를 가지고 집진기 bag의 용량과 분진량 및 가동시간 등을 분석하여 이들로부터 얻은 결과를 찾고자 하는 시스템에 적용하여 정확한 해가 되도록 수정하는 과정을 거쳤다. 따라서 원하는 해를 거의 정확하게 얻을 수 있도록 시스템을 개발하였다. 이렇게 사례기반 추론을 통해 얻은 결과는 집진기 bag 교체 시기와 현 상태이며, 얻어진 결과 사례를 향후 재사용하기 위해 사례베이스에 저장하였다.

4. 실험 환경과 결과

4.1 실험 환경

본 논문에서 개발한 지능형 집진기 bag 제어 시스템은 웹 환경에서 동작하며 이벤트를 기반으로 작동한다. 본 시스템을 개발하기 위해 오픈 소스 소프트웨어 툴들을 사용하였다. 웹 서버는 Apache[10]를 사용하였으며, 웹 프로그래밍을 하기 위해 Java[11]와 PHP[12]를 사용하고, 데이터베이스는 MySQL[13]을 사용하였다. 특히 시스템 운영자가 초보인 경우에도 쉽게 결과를 분석하고 파악할 수 있도록 테이블과 그래프 형태와 같이 시각적으로 결과를 보여준다. 이러한 시각적인 결과 화면을 개발하기 위해 역시 오픈 소스 개발 툴인 open-flash-chart(OFC)[14]를 이용하였다. 집진기에서 일정한 간격으로 정보를 보내주면, 이들을 데이터베이스에 저장한 후 사용자에게 실시간으로 정보를 보여준다. 그리고 사용자가 비정기적으로 현재 상태를 요청할 수도 있으며, 이런 경우에도 집진기 bag 정보를 집진기에 요청하여 최신의 정보를 사용자에게 알려준다. 결과는 테이블과 그래프 형식을 선택할 수 있으며, 이 둘을 동시에 보여지도록 사용자가 요청하면 테이블과 그래프 형식이 동시에 나타난 화면을 통해 결과를 볼 수 있도록 개발하였다. 뿐만 아니라 시스템 교체시기를 테이블의 비교 필드에서 확인할 수 있도록 개발하였다. 시스템에서 집진기 bag의 교체시기가 언제인지 자세하게 알려주며, 그 시기가 임박하면 경고 메시지와 더불어 알람 이벤트 서비스가 작동되어 시스템 운영자에게 자동으로 알려 준다.

4.2 실험 결과

집진기에서 전력선 통신을 통해 집진기 bag 제어 시스템으로 15분마다 정기적으로 전달되는 최신 집진기 bag 상태 정보를 테이블이나 그래프 형태로 보여준다. 다음 그림 2는 집진기 1에 속해 있는 bag들 중 bag1의 현재 상태를 테이블 형태로 보여주고 있다.

그림 2. 집진기 bag 상태 정보

Fig. 2. Dust chamber bag status information

다음의 그림 3은 집진기1에 속해 있는 bag들 중 bag3의 현재 상태를 그래프 형태로 보여주고 있다.

그림 3. 그래프 형식의 상태 정보

Fig. 3. Bag status information using graph

그림 4. 테이블과 그래프로 표현된 정보

Fig. 4. Information using table and graph

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 전통산업인 집진기에 IT 기술을 융합하여 집진기 bag 상태를 실시간으로 웹을 통해 원격에서 안전하게 사용자가 확인할 수 있는 기능과 더불어 사례기반 추론 등을 이용하여 집진기 bag 상태를 지능적으로 파악하여 현재 상태와 교체 시기와 같은 정보를 관리자에게 정기적으로 제시해 줄 수 있는 시스템을 개발하였다. 그런데 전통 집진기와 IT 기술을 융합하는 시스템을 개발할 때 고려되어야 할 중요 요소 중 한 가지는 시스템 생산 비용이다. 전통 집진기 개발 비용과 비교하여 IT 기술이 접목된 집진기 비용이 크게 증가한다면 새롭게 개발된 시스템을 상용화하는데 걸림돌이 될 것이다. 즉 원격 집진기 bag 제어 시스템 설치를 위해 통신 설비를 새롭게 설치해야 하거나, 고가의 통신 장비가 필요하여 이러한 비용이 추가된다면 시스템 생산 비용이 당연히 증가될 것이다. 이에 본 논문에서는 생산 비용을 최소로 추가 발생되면서 효율적으로 집진기 bag 제어를 원격에서 할 수 있는 전력선 통신을 이용하여 개발하였다. 먼저 원격에서 웹을 통해 집진기 bag 상태를 파악하기 위해서 집진기와 서버 사이에 전력선 통신을 이용하여 양방향 통신이 가능하도록 개발하였고, 전력선 통신을 통해 전송되는 메시지들의 형식을 정의하였다. 전력선 통신의 장점은 전력선 설비가 대부분의 산업 현장에 설치되어 있어 통신을

하기 위해 별도의 통신 설비가 필요하지 않으며, 무선 통신에 비해 통신 거리가 길다. 뿐만 아니라 전력선 통신 모델 비용이 비교적 저렴하여 집진기 생산 비용에 거의 영향을 미치지 않는다. 그리고 집진기와 집진기 bag들을 원격에서 효율적으로 제어하기 위해서 이들을 논리적으로 모델링 하였다. 웹에서 정보를 교환하는데 효과적인 XML을 이용하여 먼저 자료형을 기본형과 참조형 및 사용자 정의형을 정의하고 이들을 이용하여 집진기와 집진기 bag를 객체지향 모델링 기법을 이용하여 모델링하였다. 또한 집진기 bag 상태에 따라 교체시기를 지능적으로 알려주기 위해 사례기반 추론 기법을 적용하는 기술을 개발하였다. 집진기 bag 상태에 영향을 주는 주요 요인들은 생산 공정에서 발생하는 분진의 양과 집진기의 사용 시간 및 bag 용량 등이다. 따라서 이들을 검색 조건으로 하여 원하는 조건의 해를 효율적으로 찾을 수 있는 방안을 개발하였다. 향후 연구과제는 실제 개발된 시스템을 제조업 현장에 적합하게 적용하는 일이다.

참 고 문 헌

- [1] 이광희, 안춘모, 박광만, "전통산업과 IT 산업의 융합화 분석", *전자통신동향분석 제23권 제2호* pp. 13-22, 2008년.
- [2] 장원익, 김승환, 박수준, 박선희, "IT 기반 융합기술 (의료, IT 융합 중심 사업화 동향)", *전자통신동향분석 제 23권 5호*, pp. 3-11, 2008년.
- [3] 현창희, "IT 기반 융합정책 방향", *전자통신동향분석 제 23권 2호*, pp. 1-12, 2008년.
- [4] Agnar Aamodt, Enric Plaza, "Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches", *Artificial Intelligence Communications*, Vol. 7, No. 1, pp. 39-59, 1994.
- [5] 전력선 통신 연구개발센터, <http://plc.keri.re.kr>
- [6] W3C, "eXtensible Markup Language(XML)", Recommendation, Feb. 1998.
- [7] W3C, "XML Schema Part0" Primer", Recommendation, May 2001.

- [8] Intelligrid Consortium within EPRI, "Phase I of the Intelligrid project white papers : Integrated Energy and Communications System Architecture, Communications Architecture for Distributed Energy Resource in Advanced Distribution Automation, Consumer Portal, Fast Simulation and Modeling", *Intelligrid Consortium within EPRI(Electric Power Research Institute)*, pp. 1-300, 2005.
- [9] 한국전자거래진흥원, <http://www.kiec.or.kr>
- [10] Apache, <http://www.apache.org/>
- [11] JAVA, <http://java.sun.com>
- [12] PHP, <http://www.php.net/>
- [13] MySQL, <http://www.mysql.com/>
- [14] open-flash-chart, <http://teethgrinder.co.uk/open-flash-chart/>

저 자 소 개

김정숙(Jung-Sook Kim)

1993년 : 동국대학교 컴퓨터공학과 학사
1995년 : 동국대학교 컴퓨터공학과 석사
1999년 : 동국대학교 컴퓨터공학과 박사
2000년~현재 : 김포대학 IT학부 부교수

관심분야 : IT 융합, 유전 알고리즘, 지능형 에이전트, 분산/병렬 시스템
Phone : +82-31-999-4659
Fax : +82-31-989-4387
E-mail : kimjs@kimpo.ac.kr