
IoT 디바이스 기반 에너지 모니터링 및 분석 시스템

임호정* · 강정훈* · 김상한* · 정혜동*

*전자부품연구원

Energy Monitoring System with IoT Devices

Hojung Lim* · Jeonghoon Kang* · Sanghan Kim* · Hyedong Jung*

*Korea Electronics Technology Institute

E-mail : hlim@keti.re.kr

요 약

건물, 공장, 사무실, 대형마트 등 다양한 분야에서 에너지 절감이나 사용자의 편의성 제공을 위한 센서 설치를 통해서 다양한 측정값을 서버까지 송수신하고 사용자 편의성을 고려하는 서비스가 증가하는 추세이다. 본 논문에서는 다양한 전력 사용량을 측정하는 디지털 전력량계의 데이터에 대해 -오라클 서버와 시계열 데이터베이스 연동 및 데이터 분석을 위해- 실시간 시계열 데이터 처리에 대해서 논하고자 한다. 본 논문을 통해서, 다양한 분야에 센서 네트워크와 실시간 데이터 처리를 접목하는데 손쉽게 접근할 수 있을 것으로 기대한다.

ABSTRACT

A variety of measures in various fields, buildings, factories, offices, supermarkets, etc. through a sensor installed for energy savings and user convenience are transmitted and received by the cloud server. Also, this kind of sensor service increases considering the user's convenience. In this paper, we research a variety of meter data linkage between oracle database and time series database, and data analysis.

키워드

IoT 디바이스, 에너지 모니터링 시스템, 실시간 시계열 데이터베이스, 에너지 절감

I. 서 론

최근에는 에너지 사용량이 높아지고, 에너지 절감에 대한 관심이 고조되면서 에너지 절감에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 에너지 모니터링 및 절감을 위한 연구로는 센서, 통신방법, 데이터베이스, 에너지 절감 알고리즘, 분산서버 등 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 오라클 데이터베이스[1]에 저장된 다양한 사업장의 LED, 블로워, 전동기, 컴프레서, 팬, 펌프, 냉각기 등에서 수집된 디지털 전력량계 데이터를 빅데이터 분석을 위해 TSDB (Time Series Database)로 데이터를 마이그레이션 (Migration)하여 데이터를 모니터링 및 분석하고자 한다.

II. 본 론

1. OpenTSDB

OpenTSDB는 하둡(Hadoop) 기반의 HDFS를 저장소로 사용하는 HBase를 데이터베이스로 이용하고 있다.[2] OpenTSDB는 TSD(Time-Series Daemon) 서버와 콘솔 명령 유틸리티로 구성되어 있다. TSD는 시계열 데이터를 저장하기 위해서 HBase 데이터베이스를 이용한다. 서버 컴퓨터나 IoT 장치 등의 소스 노드(Source Node)에서 구동하는 데이터 수집기(Collector)는 TSD의 HTTP PUT API를 통해서 데이터를 보내고, TSD는 HBase 데이터베이스에 데이터를 저장한다. 사용

자 인터페이스(UI, User Interface) 도구나 데이터 분석 도구에서는 데이터베이스에 저장된 정보를 TSD의 HTTP GET API를 통해서 읽을 수 있다. HTTP REST API를 통해서 처리되는 데이터는 JSON(JavaScript Object Notation) 구조로 만들어져 교환되므로 이식성과 확장성이 좋다.

HBase 데이터베이스는 하둡 기반의 NoSQL 데이터베이스이다. HBase는 세가지 유형(Master, Region, ZooKeeper)의 서버로 구성되어 있다. 지역 서버(Region Server)는 실제로 데이터를 읽고 쓰는 서비스를 제공한다. TSD를 포함한 클라이언트(Client)에서 데이터에 접근할 때 지역 서버와 직접 통신하게 된다. 마스터 서버(Master Server)는 어느 지역서버를 통해서 데이터를 처리할 지 지역 서버를 할당하는 일과 데이터베이스 테이블을 생성하고 삭제하는 등의 DDL(Data Definition Language) 작업을 수행한다. Zookeeper는 서버 클러스터 내의 서버로부터 하트비트(Heartbeat)를 받아서 서버의 동작상태를 확인해서 HBase 마스터 서버에 알려줌으로써 부하 분산을 할 수 있도록 돕는다.

하둡 데이터 노드(Data Node)는 지역 서버가 관리하는 데이터를 물리 저장장치에 저장한다. 모든 HBase 데이터는 HDFS(Hadoop Distributed File System) 파일 시스템에 저장된다. 지역 서버는 하둡 데이터 노드와 동일한 곳에 위치한다. 하둡 네임 노드(Name Node)는 HDFS에 저장된 파일들을 구성하는 물리적 데이터 블록들의 메타 정보(Metadata)를 유지하고 관리한다.

HBase는 하둡을 기반으로 분산 시스템을 구현함으로써 하둡이 제공하는 부하 분산, 기능 분산, 위험 분산 능력을 안정적으로 이용할 수 있다.

2. OpenTSDB 시스템 연동

OpenTSDB 설치환경은 Ubuntu Server 14.04, x86 64-bit, Oracle JDK 1.7, GnuPlot 4.6, OpenSSH, Hadoop 2.6.4, HBase 1.2.1, OpenTSDB 2.2.0 이다.

TSDB 에서는 GET API를 통해 “start={검색구간시작시간}&end={검색구간종료시간}&m={검색대상 메트릭}&agg={데이터 축약}” 의 형태로 전력 사용량을 검색할 수 있다. 검색결과는 “[검색대상 메트릭: [[linux timestamp, value],...]]” 형식인데, 메트릭(metric) 이름으로 저장된 데이터가 리눅스 타임스탬프와 전력 사용량의 형식으로 읽혀진다.[3]

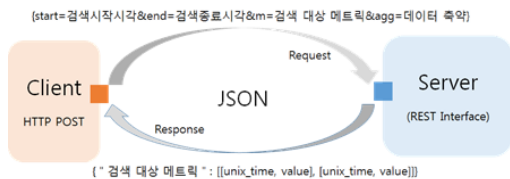


그림 1. JSON 데이터 교환

[그림 2]는 KETI에서 실제로 운영 중인 OpenTSDB 서버 연동 구조를 보여주고 있다. 서버 클러스터는 1대의 주 서버(Master Server)와 2대의 보조 서버(Slave Server)로 구성되어 있다. OpenTSDB와 외부 서버의 연동은 HTTP REST API를 이용하며, 데이터를 보낼 때는 JSON 형식으로 작성해서 전송한다.

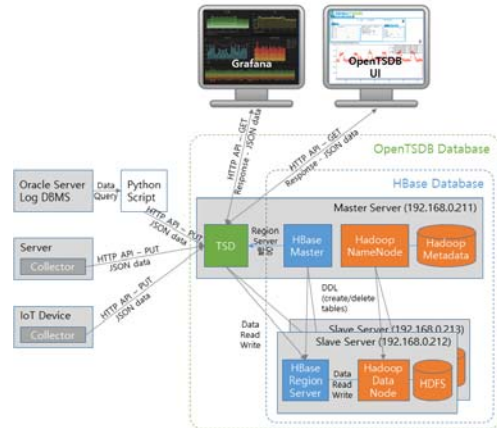


그림 2. OpenTSDB 연동구조

기존에 디지털 전력량계 로그를 저장 중인 오라클 서버와 연동하기 위해서 파이썬으로 스크립트를 만들어 SQL 질의로 로그 데이터를 읽어서 HTTP PUT API로 OpenTSDB에 저장하도록 구현하였다. 스크립트는 1시간마다 자동으로 실행되어서 이전 1시간 동안 저장된 로그 데이터를 읽어서 저장하고 있다.

현재 등록된 디지털 전력량계는 2200여 개이고, 지속적으로 증가하고 있다. 시간당 수집되는 로그 개수는 장치 대수와 같으므로, 하루 52,800 개, 월간 1,584,000개, 연간 19,272,000개의 로그가 데이터베이스에 누적된다. 운영 비용이 비싼 관계형 데이터베이스에 이러한 대용량의 IoT 데이터를 저장하고 처리하는 것보다는 시계열 데이터 처리에 특화된 시계열 데이터베이스를 사용하는 것이 경제적인 면에서나 데이터 처리 효율 면에서나 이득이 크다. 실제로, KETI에서는 데스크탑 컴퓨터 급의 컴퓨터 3대로 이러한 데이터 처리와 분석을 안정적으로 운영 중이다.

디지털 전력량계는 내부 메모리에 최장 146일 간의 데이터를 저장할 수 있는데, 1시간 주기로 수집된 전력량 로그의 전송을 시도한다. 서버로 데이터 전송이 성공하면 과거 로그는 디지털 전력량계 내부 메모리에서 삭제된다. 디지털 전력량계로부터 전송된 데이터가 데이터베이스에 실제로 기록되는 시간은 장치가 설치된 지역의 네트워크 상태에 따라서 가변적이기 때문에 오라클 데이터베이스에 저장된 전력량 로그는 특정 시점에서 모든 디지털 전력량계의 데이터를 포함하고 있지 않다. 따라서 1시간 주기로 전력량 데이터를

가져올 때 전력 로그의 데이터베이스 기록시간과 디지털 전력량계의 전력량 측정시간 두 가지를 함께 고려하여 수집하여야 데이터 누락없이 모든 데이터를 가져올 수 있다. 오라클 데이터베이스는 관계형 데이터베이스이기 때문에 전력데이터를 분석하기 위해서는 SELECT 명령으로 질의할 때 항상 데이터를 정렬해서 읽어야한다. 그에 비해서 OpenTSDB는 NoSQL 데이터베이스인 HBase를 기반으로 하고 있기 때문에 과거 데이터가 추가 되더라도 데이터를 쓰거나 읽을 때 추가로 데이터 정렬 과정 없이 데이터를 처리할 수 있어서 시계열 데이터 처리에 효율적이다.

3. 전력량 데이터 모니터링

[그림 3] 그래프는 대형마트의 9월 1달간 LED 전력 사용량을 모니터링한 데이터이다. 데이터 모니터링 그래프는 크롬 (Chrome)에서 OpenTSDB 서버에 접속을 해서 데이터를 로딩한다.

기간은 2016년 9월 1일 0시0분0초부터 2016년 9월 30일 23시45분0초까지이고, 메트릭 이름은 "rc001.EE.15m.MDS_ID_00-450083476" 으로 저장된 데이터의 평균값을 나타내는 그래프이다.

http://ip:4242/#start=2016/09/01-00:00:00&end=2016/09/30-23:45:00&m=avg:rc001.EE.15m.MDS_ID_00-450083476&o=&yrange=%5B0:%5D&wxh=2016x892&style=linespoint



그림 3. 대형마트 9월 1달간 LED 사용량

그래프에서 참조한 대형마트는 한달에 두 번 휴무일이 있으며, 매일 9시30분~24시까지 LED를 100% (3kWh) 사용하며, 24시~9시30분까지 LED를 사용하지 않는다.

[그림 4]는 대형마트의 9월 1달간 LED 전력 사용량을 검색했을 때 JSON 로그 데이터를 보여주고 있다. 위 그래프의 URL과 다른 점은 서버 IP 주소 뒤에 "/api/query?" 커맨드가 붙어있다. JSON 데이터 양식은 메트릭(metric) 이름, 태그(tags) 등 데이터에 대한 식별 정보가 있고, 그 뒤에 {{unix time : value}, ...}의 형식으로 전력량 데이터가 이어진다.

http://ip:4242/api/query?start=2016/09/01-00:00:00&end=2016/09/30-23:45:00&m=avg:rc001.EE.15m.MDS_ID_00-450083476&o=&yrange=%5B0:%5D&wxh=2016x892&style=linespoint

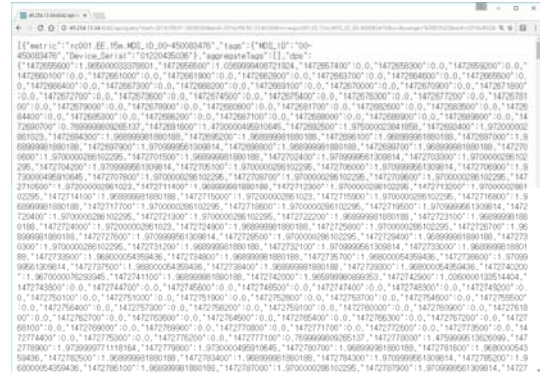


그림 4. 대형마트 9월 1달간 LED 사용량 로그

[그림 5] 그래프는 Grafana를 이용하여 대형마트의 14개 지점에 대한 일간(하루)/주간(1주일)/월간(4주)의 LED 전력 사용량을 동시에 그려서 패턴을 분석하고자 만들었다.

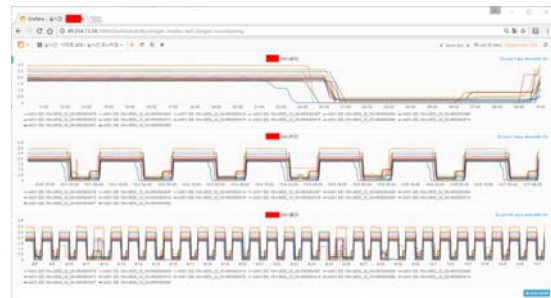


그림 5. 대형마트 일간/주간/월간 LED 사용량

이 대형마트는 전력 사용량에 대해서 잘 관리하고 있고, 전력 사용량의 차이는 조금 있으나, LED를 사용하는 패턴은 비슷하게 나타났다. 한달에 두 번 휴무일이 지점마다 달라서 그래프의 패턴이 상이한 부분도 보인다.

III. 결 론

본 논문에서는 IoT 디바이스인 디지털 전력량계로부터 수집된 다양한 전력사용량 데이터를 오라클 데이터베이스와 시계열 데이터베이스의 연동을 통해서 일간, 주간, 월간으로 나누어 모니터링 및 분석을 수행하였다. OpenTSDB와 같은 시계열 데이터베이스를 시계열 데이터 저장과 분석에 사용하여 더 적은 자원을 사용하고도 효율적으로 데이터를 저장하고 분석할 수 있었다.

추후에는, 계절별 데이터 패턴 분석 및 날씨와의 상관관계 분석을 연구하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Energy Efficiency & Resources of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry and Energy. (No.20142010102820)

참고문헌

- [1] Oracle, <https://www.oracle.com/>
- [2] openTSDB, <http://OpenTSDB.net/>
- [3] 임호정, 강정훈, 지영민, 유준재, 전력 측정기 연동 센서 네트워크 시스템 연구, 2015년 한국인터넷방송통신학회 종합학술대회 논문집