

## 도시 단위를 구성하는 건물별 스마트 도시 전력 에너지 모니터링 시스템 개발

김훈<sup>1</sup>·최대규<sup>1</sup>·조수환<sup>2</sup>·최형진<sup>3</sup>·박시삼<sup>3</sup>·김동근<sup>4</sup>

<sup>1</sup>상명대학교 컴퓨터과학과, <sup>2</sup>상명대학교 전기공학과, <sup>3</sup>GS건설 기술연구소,

<sup>4</sup>상명대학교 휴먼지능정보공학과, 지능정보기술연구소

## Development of Smart City power energy monitoring system for each buildings

Hun Kim<sup>1</sup> · Dea-Gyu Choi<sup>1</sup> · Soo-Hwan-Cho<sup>2</sup> · Hyeong-Jin Choi<sup>3</sup> · Sisam Park<sup>3</sup> · Dong-Keun Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Computer Science, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

<sup>2</sup>Department of Electrical Engineering, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

<sup>3</sup>GS E&C Research institute, GRAN Seoul 33 Jong-ro Jongno-gu, Seoul 03159, Korea

<sup>4</sup>Department of Intelligent Engineering Informatics for Human, Institute of Intelligent Informatics Technology, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

### [요 약]

최근 에너지 절약을 위한 대안으로 전력 수급 현황을 실시간으로 확인할 수 있는 전력 에너지 모니터링 시스템의 필요성이 커지고 있다. 이에 따라 본 연구는 건물별의 수급 현황과 예측 추세를 실시간으로 확인할 수 있는 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템을 개발하였다. 시스템의 개발을 위해 시스템 구성 요소를 데이터 처리 시스템, 데이터 베이스, 웹 시스템의 세 가지로 정의하고 설계하였다. 그리고 최종적으로 세부 기능 구현을 통해 시스템을 개발하였다. 비교적 단순한 구조의 설계를 통해 모니터링 시스템 개발하였고, 이를 통해 건물별 에너지의 수급 현황을 확인하고 분석하는데 활용될 수 있을 것이다.

### [Abstract]

Recently, there is an increasing need for a power energy monitoring system that can confirm the status of electricity supply and demand in real time as an alternative for energy saving. Therefore, this study has developed a power energy monitoring system for each building, which can confirm realtime supply and demand trends and forecast trends by building. In order to develop system, system components are defined and designed as data processing system, database and web system. Finally, the system was developed through detailed functional implementation. The monitoring system has been developed through a relatively simple structure design, which can be used to identify and analyze the energy supply and demand status of each building.

**색인어** : 시스템 설계, 시스템 개발, 에너지 관리 시스템, 전력 에너지, 전력 에너지 모니터링 시스템

**Key word** : System Development, System Design, Energy Management System, Integrated building energy management system, Power Energy Monitoring System

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.8.1513>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 22 July 2019; Revised 31 July 2019

Accepted 26 August 2019

\*Corresponding Author; Dong-Keun Kim

Tel: +82-2-2287-5431

E-mail: dkim@smu.ac.kr

## I. 서론

최근 전력 산업의 증가와 규모의 확장으로 인해 전력을 관리하는 일의 중요성은 더욱 커지고 있다. 한국 그린 캠퍼스협의회는 국내 전력소비량은 지난 10년간(2009년~2018년) 연평균 3.2%가 넘는 증가 추세를 보인다고 밝혔다. 그리고 도시에서 소비되는 에너지가 전 세계 에너지 소비의 약 80%를 차지하고 이러한 도시의 에너지 소비는 건물에서 이루어진다는 연구 결과가 있다. [1] 따라서 건물의 전력 수급을 관리하는 것은 전력 소비량을 줄이는 데 필수적이다. 전력 관리의 미흡의 대표적인 사례로 2011년 9월 전국적으로 일어난 정전 사태가 있다. 그뿐만 아니라 하계 전력 수요 초과로 인해 수급의 문제도 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 문제의 원인 중 하나는 전력 에너지의 소비량과 공급량을 실시간으로 확인하지 못하는 특성으로 인해 전력 에너지의 수급 현황을 제대로 파악하지 못한다는 점이다. 그래서 전력 에너지 관리를 위한 대안으로 전력 에너지 모니터링 시스템을 주목하고 있다.

에너지 관리는 수요와 공급의 균형을 유지하고 효과적으로 관리하기 위한 것을 의미하며, 이를 위한 전력 에너지 모니터링 시스템은 전력 에너지의 실시간 공급현황과 수요현황을 모니터링하기 위한 통합시스템을 의미한다. [2] 이러한 상황에서 국내에서 빌딩을 효율적으로 관리하기 위해서 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템(BEMS; Building Energy Management System)에 대한 도입 역시 증가하는 추세이다. 국내보다 조금 이르게 BEMS를 개발하여 적용한 일본은 BEMS를 실내 환경과 에너지 성능의 최적화를 실현하기 위한 빌딩 관리시스템이라 정의한다. [3]

본 연구에서 개발한 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템은 특정 건물에 대한 전력 수급 변화를 확인하는 것을 넘어 용도별, 도시별로 다양한 건물의 전력 수급량을 모니터링한다.

개발한 시스템의 기능은 다음과 같다. 첫째, 건물별로 측정된 전력 수요량과 공급량을 실시간으로 파악할 수 있다. 둘째, 과거 전력 에너지 수급 추세를 근거로 단기 전력 에너지 수요량, 공급량 예측 추세를 확인할 수 있다. 셋째, 저장된 전력 에너지를 활용한 수급 분석 시뮬레이션을 수행하여 사용자가 입력한 값에 따라 전력 에너지 수급의 변화 추세를 확인할 수 있다. 이에 따른 시스템 기대 효과는 사용자가 인터넷을 통해 건물별 전력 에너지 수급 현황을 실시간으로 파악할 수 있다는 것이다.

본 연구의 목적은 통합된 건물의 전력 에너지 수급 현황을 확인하는 시스템을 개발을 목표로 이를 위해 필수적인 시스템 구성요소 설계를 수행하고 시스템 개발을 실증하는 것이다.

이를 위한 본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구에 대한 국내외 관련 연구를 소개하며 개발 시스템의 독창성을 설명한다. 3장에서는 시스템의 구성 요소와 개발 내용에 대한 상세 설명한다. 4장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 고찰한다.

## II. 국내외 관련연구

본 장에서는 전력 에너지 모니터링 시스템의 국내외 관련 연구에 관해서 설명한다.

우리나라는 에너지의 해외 의존도가 매우 높고, 그중 건물에서 사용되는 에너지의 사용이 많은 비중을 차지하고 있기 때문에 건물 에너지를 줄이는 것은 에너지 절약을 위한 필수적인 단계이다. [4]

에너지 절약 문제를 해결하기 위한 대안으로 에너지 관리 시스템(EMS; Energy Management System)은 해외 선진국들을 중심으로 빠르게 확산하였고 국내에도 BEMS, 공장 에너지관리 시스템(FEMS; Factory Energy Management System), 주거에너지 관리시스템(HEMS; Home Energy Management System) 등 많은 EMS 관련 연구와 개발이 활발히 진행되고 있다. 국내의 주요 건물 에너지 관리 업체에서 제공하는 에너지 최적화 기술은 건물의 관리, 감시, 제어에 필요한 필수적인 시스템 구성 및 기능을 갖추고 있으나, 세부 기능의 구현방식 및 부가적인 기능은 업체별로 약간의 차이를 보인다. [5]

기본 시스템의 구조는 전력 센서, 온도 센서 등의 다양한 센서로부터 측정된 정보를 처리하여 에너지 수급의 현황과 흐름을 가시화하는 기능을 주축으로 하는 모니터링 기능과 이를 통해 기기를 제어하는 제어 기능으로 나뉜다.

국내의 BEMS 적용 사례로는 코엑스, SK T 타워, 강원랜드, 송도컨벤시아, 포스콘 사옥 등에 구축 및 운영되고 있고 코엑스는 무역센터에서 연간 에너지 비용이 4.5%, SK T타워는 기존 대비 에너지 사용량의 약 24%를 줄이는 데 성공했다. [4]

또한 경기도 고양 시에 위치한 KICT 일산청사의 현장 적용을 통한 효과 분석 연구를 통해 2012년부터 2016년도까지 약 23% 이상의 전력 소비 절감을 확인했다. [6]

일본의 경우 2002년부터 BEMS 도입지원사업을 실시하고 있으며, 도입 비용을 보조(1/3 이내, 최대 5억 원)하고 도입 후 3년간 에너지 절약 사항 보고 의무를 부여하고 있으며 정부에서도 건물 내에서의 에너지 효율성을 제고하고 낭비를 막기 위한 BEMS 보급 및 활성화 방안을 마련하고 있다. [7]

본 연구에서는 주거, 교육, 산업, 상업 용도와 지역별로 구분된 26개의 건물의 총 61개의 센서 데이터를 취득하여 이를 처리할 수 있는 데이터 처리 시스템, 데이터 베이스, 웹 가시화 시스템 개발을 통해 전력 수급 현황을 모니터링할 수 있는 시스템을 개발하였다.

## III. 전력 에너지 모니터링 시스템

본 장에서는 전력 에너지 모니터링 시스템의 개념도 및 구성 요소와 개발 내용에 관해 설명한다.

3-1 시스템 개념도 및 구성 요소

본 연구에서 개발한 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템은 지역별 및 용도별로 구분된 건물에 설치된 센서를 통해 건물별 에너지 공급량을 측정하고 이를 처리하는 시스템을 통해 최종적으로 웹에서 확인할 수 있도록 한다. 그림 1은 시스템의 전체 개념도이다. 다수의 건물에 설치된 센서들은 인터넷망을 통해 측정 데이터를 메인서버로 보내고 서버에서는 데이터를 처리하여 데이터 베이스에 저장함과 동시에 사용자에게 모니터링 정보를 제공한다. 이를 위해 필요한 데이터는 3가지이다. 첫째, 건물별로 측정된 전력 소비 데이터 둘째, 태양광 발전량 데이터 셋째, 태양광 발전량 데이터를 보정하기 위한 기상 정보인 구름의 양 데이터이다. 또한 이 세 가지 데이터를 처리하기 위해 센서 데이터를 수집하여 데이터 베이스에 저장해주는 기능을 가진 시스템, 기상 정보를 수집하여 데이터 베이스에 저장해주는 시스템, 데이터 저장을 위한 데이터 베이스, 데이터 베이스를 조회하여 웹에 가시화시켜주는 웹 시스템이 필요하다.

본 연구에서 제안하는 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템의 구성요소는 크게 다섯 가지로 나눌 수 있다. 1) 전력 에너지를 측정하는 센서 2) 센서로부터 전달되는 데이터를 처리하는 시스템 3) 전력 에너지 공급량을 위한 에너지 효율을 계산하기 위해 기상정보를 수집하는 시스템 4) 전력 에너지를 저장하기 위한 데이터 베이스 5) 전력 에너지의 실측량과 예측량을 시각화해주는 웹 시스템이다.

시스템의 구성 요소는 아래 그림 2과 같다. 전력 에너지를 측정하는 센서는 용도 및 지역별로 구분된 건물에 설치되며 전력량 측정 센서, 태양광 발전량 측정 센서를 모두 포함하여 61개가 설치된다. 그리고 센서로부터 전송된 데이터를 처리하는 시스템은 센서로부터 데이터가 유실됨 없이 전송되었는지 확인하고 수신된 데이터를 데이터 베이스로 저장한다. 기상 정보를 수집하는 시스템은 지역별 기상정보를 크롤링하여 데이터 베이스에 저장하기 위해 네이버에서 제공하는 기상정보를 사용한다. 데이터 베이스는 데이터 저장 기능뿐만 아니라 내부 기능

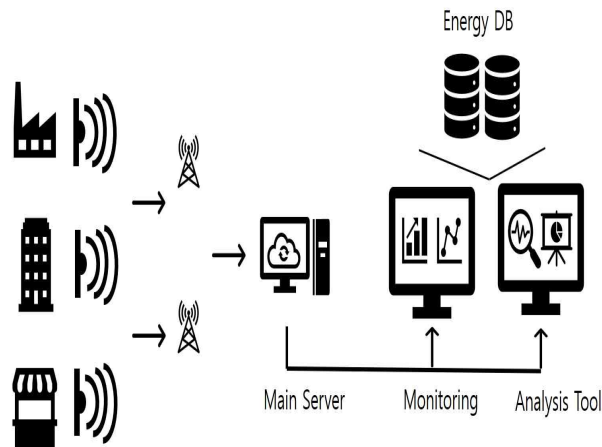


그림 1. 시스템 전체 개념도  
Fig. 1. System Wide Conceptual Diagram

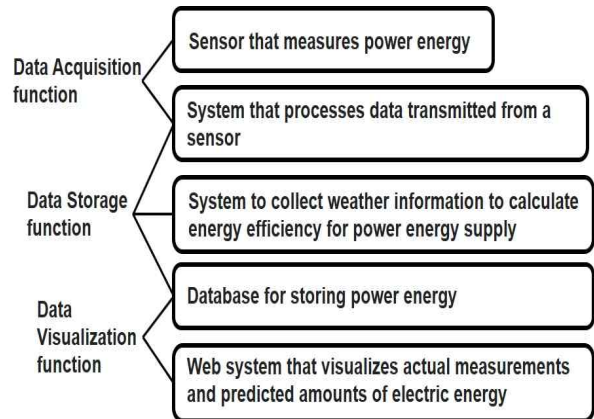


그림 2. 시스템 전체 구성도  
Fig. 2. System Wide Configuration Diagram

인 저장 프로시저를 사용하여 5분 간격으로 수집된 데이터에 대하여 15분, 30분, 1시간, 1일, 1주일, 1달, 1년으로 데이터를 확장하는 기능을 수행한다. 이는 웹 서버에서 전력 데이터 가시화와 알고리즘 계산을 위해 필요한 작업이며, 웹 서버에서 수행되기에는 부하가 많기 때문에 데이터 베이스에서 수행한다. 그리고 데이터 베이스를 조회하여 전력 공급량 실측값과 과거 전력 공급량 실측값을 토대로 예측값을 계산하여 가시화해주는 기능은 웹 시스템에서 수행된다.

그림 2에서 제시한 구성 요소를 포함한 시스템의 아키텍처는 아래 그림 3과 같다. 이에 대한 시스템 기능별 모듈 정리는 아래 표 1와 같다.

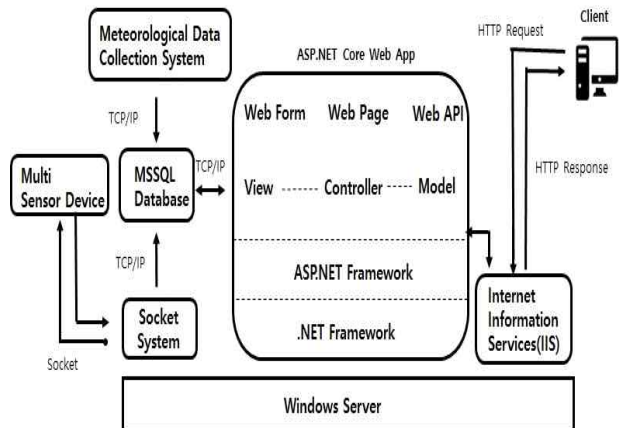


그림 3 시스템 아키텍처  
Fig. 3. System Architecture

표 1. 시스템 기능별 모듈 정리

Table 1. Organize modules by system function

Funtion	Module	Protocol
Data Acquisition	- Multi Sensor Device - Socket System	SOCKET
Data Storage	- Meteorological Data Collection System - MSSQL Database - Socket System	TCP / IP
Data Visualization	- ASP.NET Core Web App - Internet Information Services - Client System	HTTP

센서와 데이터 처리 시스템은 센서에서 지원하는 프로토콜에 맞추어 데이터를 처리해야 하므로 소켓 통신을 할 수 있게 구현하였으며 처리 시스템과 기상 정보 수집 시스템은 데이터 베이스와의 통신을 위해 TCP/IP 통신 프로토콜을 이용하여 구현하였다. 이는 TCP/IP 데이터 저장을 위해 SQL 서버 2017을 사용하는데 해당 데이터 베이스는 SQL 서버 용 마이크로소프트 JDBC 드라이버에서 TCP/IP를 설치하고 실행해야 데이터 베이스와 통신이 가능하기 때문이다. 전체 시스템이 구동되는 물리적 서버는 윈도우 서버이며 이에 따라 웹 서버는 C#.NET 프레임워크를 사용하여 구축했고 마이크로소프트 윈도우를 사용하는 서버들을 위한 인터넷 기반 서비스들의 모임인 인터넷 정보 서버(IIS; Internet Information Server)를 사용하여 파일을 외부로 배포한다.

웹 시스템 구현은 일반적인 시스템 개발 디자인 패턴인 모델-뷰-컨트롤러(MVC; Model-View-Controller) 패턴에 따라 구현하였다. 모든 시스템은 윈도우 서버에서 구동되며 각 기능별 시스템에 따라 서로 다른 4개의 포트에서 구동된다. 마지막으로 사용자와 웹서버 간의 통신은 데이터를 주고받기 위한 서버 클라이언트 모델을 따르는 HTTP 프로토콜을 이용한다.

3-2 시스템 개발 환경

본 연구에서 제안하는 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템은 윈도우 서버 2016에서 구동된다. 그리고 전력 에너지를 측정하는 센서를 제외한 각 구성요소는 서로 다른 4개의 포트에서 실행된다. 전력 에너지 취득을 위해 네트워크 환경 설정이 가능하며 소켓 통신을 지원하는 NAO DIGITAL 사의 SMD-3100M 센서를 사용한다.[8] 데이터 베이스는 관계형 데이터 베이스 중의 하나인 마이크로소프트 SQL 서버 2017을 사용하였다. 기상 정보를 취득하기 위한 시스템은 Jupyter Notebook 환경에서 Python을 사용하였다. 서버는 C# 개발 프레임워크인 Visual Studio를 활용하여 ASP.NET MVC 웹 응용 프로그램을 사용했고 사용자에게 반환되는 웹 페이지의 구현은

HTML, Javascript를 사용하였다.

3-3 시스템 요구 사항

본 연구에서 제안하는 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템의 가장 중요한 요구 사항은 전력 에너지의 측정과 저장이다. 전력 에너지 측정을 위해 건물별 특정 장소에 설치된 SMD-3100M 센서는 전파를 막는 주변 지형과 전파를 방해하는 주변 환경 요소에 따라 데이터를 취득하는 데 어려움이 있었다. 이 때문에 센서가 설치되는 공간은 벽으로 가로막혀있지 않은 개방된 공간이어야 하며, 주변 환경에 전파를 방해하는 다른 요소가 있는 곳은 피해야 한다. 또한 각 센서는 중개기 설치를 통해 신호를 증폭 시켜 통신을 원활하게 하였다. 하지만 이와 같은 설치 환경의 개선으로도 기상 요소나 센서 자체의 문제 또는 데이터를 처리하는 시스템의 과부하로 인한 데이터 누락 현상이 발생할 경우를 대비해야 한다. 이를 위해 전력 데이터를 측정하는 센서는 일정 시간 동안 데이터를 메모리에 저장해둔다. 그리고 데이터 처리 시스템은 수신된 데이터의 시간을 확인하여 만약 이전 데이터가 없으면 센서로 누락된 데이터를 요청하여 다음번 데이터를 받을 때 같이 송신 받는다. 그리고 처리된 데이터를 저장할 경우 통신 간 데이터의 누락이 없어야 한다. 이는 데이터 측정 시스템에서 데이터 취급 시 데이터 패킷과 시간을 기록하는 텍스트 파일 형태의 로그와 데이터 베이스 테이블 내에 시간을 기록하는 컬럼 값의 비교를 통해 누락 여부를 확인한다. 또한 61개의 센서 데이터로부터 5분 간격으로 데이터를 취득하는 시스템 특성상 데이터 베이스에 과부하가 될 경우가 있기 때문에 데이터 베이스 내부 기능인 스케줄링 기능을 통해 주기적으로 백업하고 데이터를 압축하여 보관한다.

3-4 데이터 처리 기능 구현

건물별 전력 에너지 모니터링 시스템의 데이터 처리 부분은 다수의 전력 에너지 측정 센서로부터 소켓 통신을 통해 전송된 데이터를 처리 시스템에서 수신하고 처리한다. 시스템의 데이터 처리 순서는 시스템의 통신을 위한 세션을 생성하고 처리 시스템에서 센서의 인증을 진행한다. 그리고 인증된 센서에 한해서만 데이터 통신이 가능하도록 구현하였다. 하지만 개발 과정 중 센서가 설치된 곳의 외부 환경 변화나 처리 시스템의 네트워크 환경으로 인해 데이터 누락 현상이 발생하는 경우도 있었다. 이를 해결하기 위해 데이터 처리 시스템에서 데이터 누락 여부를 확인하고 누락된 데이터에 대하여 센서로 데이터 재요청을 할 수 있도록 구현하였다. 그리고 데이터 재요청을 받은 센서는 다음 데이터 전달 시 누락된 데이터를 함께 전달한다. 처리 시스템에서는 데이터 통신 점검을 위해 센서마다 일자별로 데이터 로그를 텍스트 파일 형태로 저장할 수 있도록 구현하였다.

데이터 처리는 그림 4와 같이 원격으로 센서를 제어하고 데이터 취득 현황을 확인할 수 있다.

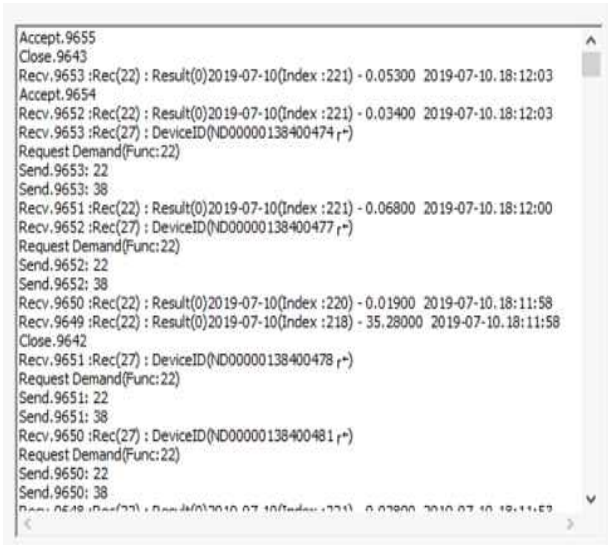


그림 4. 데이터 처리 시스템 GUI  
Fig. 4. Data Processing System GUI

데이터 처리 시스템의 화면에서는 센서와 처리 시스템의 통신 로그를 실시간으로 확인할 수 있도록 구현하였다. 그리고 처리 시스템의 기능으로는 시스템의 동작, 센서와의 연결 종료와 같은 기본적인 동작과 센서의 정보 변경을 수행할 수 있도록 구현하였다. 만약 처리 시스템이 구동되는 아이피가 변경될 경우 센서에 등록된 측정 데이터 전달을 위한 목적지 아이피의 변경은 불가피하다. 이를 위해 처리 시스템에서 센서의 내부정보를 변경시키는 기능은 필수적이다.

3-5 데이터 저장 기능 구현

본 연구에서 제안하는 시스템의 데이터 베이스는 관계형 데이터 베이스 관리 시스템 중의 하나인 마이크로소프트 SQL Server 2017을 사용한다. 관계형 데이터 베이스 관리 시스템은 저장되는 데이터 항목 간의 정의된 관계가 있을 때 기본 키와 외래 키를 활용하여 데이터 간 관계를 논리적으로 구성할 수 있는 이점이 있다. 저장되는 전력 데이터는 시설, 센서의 종류, 지역, 확장 전력 수급 데이터와 논리적으로 연결이 된다. 아래 표 2, 표 3, 표 4은 전력 데이터와 논리적으로 연결되는 테이블의 일부이다. 전력 수요 데이터와 태양광 발전량 데이터 테이블은 Sensor 테이블과 논리적으로 연결되어있다. 그리고 Sensor 테이블과 건물 정보 테이블은 건물 아이디를 통해 논리적으로 연결되어있는 구조이다. 그림 5은 전력 생산 다이어그램이며 그림 6은 전력 소비 다이어그램이다. 전력 데이터 저장을 위한 테이블 구조는 전력 생산과 전력 소비 다이어그램은 동일하기 때문에 그림 5에는 전력 생산량 예측에 필요한 지역별 기상 정보 저장 테이블, 날씨별 효율 계산량 저장 테이블, 효율을 이용한 실제 예측량 저장 테이블의 관계만을 표시했다.

표 2. 시설 정보 데이터 베이스 스키마  
Table 2. Facility Database Schema

Field	Type	Explanation
Facil_Id	int	ID by Facility
FacilName	varchar(20)	Facility Name
Type	varchar(20)	Type of Facilities
Latitude	Float	Latitude
Longitude	Float	Longitude
Province	varchar(20)	Local Name
Admin	varchar(20)	Manager
Usage	varchar(10)	Usage Name

표 3. 시설별 연관 센서 정보 스키마  
Table 3. Sensor mapping information Database Schema for each facility

Field	Type	Explanation
Facil_Id	int	Logically reference the Facil_Id value in Facility table
Equip_Id	varchar(20)	Device ID

표 4. 전력 데이터 저장 스키마  
Table 4. Power Data Storage Database Schema

Field	Type	Explanation
Id	int	Auto_increment
Equip_Id	varchar(20)	Device_Id
YYYYMMDDHH	varchar(20)	Data fetch time
MMINDEX	int	5 minutes per unit index treated as a total of 288
Value_5min	float	Actual Value
NowData	varchar(20)	Data fetch time

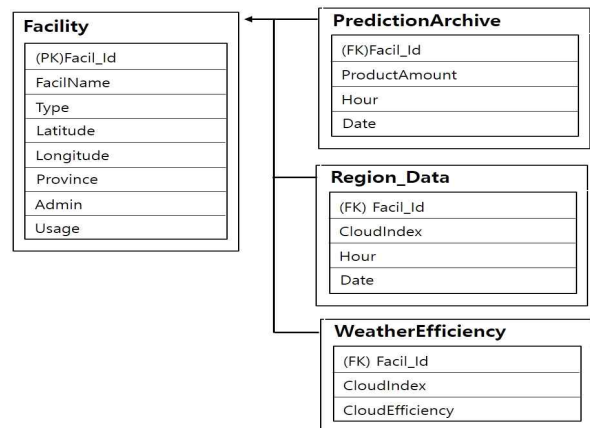


그림 5. 전력량 생산 다이어그램  
Fig. 5. Electricity output Diagram

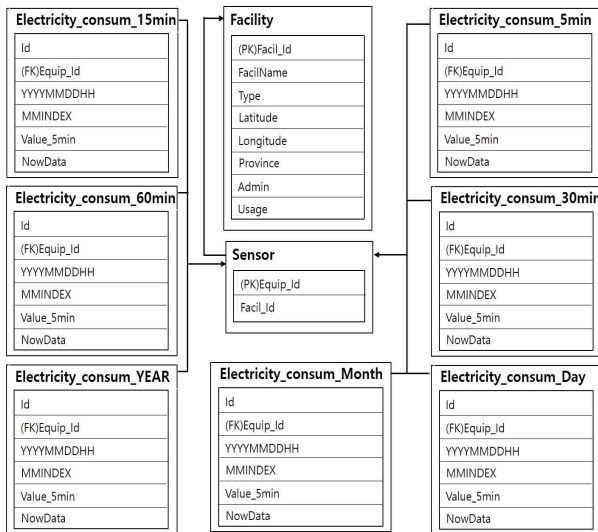


그림 6. 전력량 소비 다이어그램  
Fig. 6. Power Consumption Diagram

5분 단위 전력 데이터를 15분, 30분, 1시간, 1일, 1주일, 1달, 1년 단위로 확장하기 위하여 데이터 베이스의 내부 기능인 저장 프로시저를 사용한다. 저장 프로시저는 자주 사용되는 쿼리를 함수 형태로 정의하여 외부에서 프로시저를 호출하였을 때 데이터 베이스 내에서 실행되도록 하는 기능이다. 이는 웹 서버의 연산 부하를 방지하고 쿼리의 성능향상을 위해 제공하는 기능이며 구현 알고리즘 개념은 아래 그림 7과 같다.

Algorithm Data Expansion

```

1: CREATE Procedure [Procedure name]
2: (#Argument declaration section)
3: declare(#Variable definition section)
4: IF(Satisfaction condition confirmation){
5:     #Filtering to calculate time units
6:     Begin{#Data operation}
7:     IF{@Variable < 1}{
8:         #Check for the same data
9:         BEGIN
10:         { #Storing data To DB }
11:     ELSE{ exception() }
12: #Release Resources
13: end
    
```

그림 7. 데이터 확장 프로시저 알고리즘  
Fig. 7. Data Extension Procedure Algorithm

3-6 데이터 가시화 기능 구현

본 연구에서 제안하는 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템의 웹 서버는 데이터 베이스를 조회하여 데이터를 가시화하며 통계적 방법론을 활용한 예측 알고리즘 계산을 활용하여 데이터의 추세 예측을 보여준다. 예측 알고리즘에는 외사법[9], 시간대별 수요 예측법[10], 날씨별 효율을 이용한 태양광발전량

예측법[11]이 사용된다. 예측 알고리즘의 오차율과 구현 방법은 참고문헌을 통하여 확인 할 수 있다.

웹 시스템의 인터페이스는 사용자의 편의성을 높일 수 있는 방향으로 구현하였다. 사용자가 몇 번의 클릭으로 웹 시스템이 제공하는 모든 기능을 확인할 수 있으며, 수급 분석과 프로파일 또한 간단한 입력으로 결과를 확인할 수 있다.

그림 8은 전체 시설의 현황 및 일평균, 월평균 수요량과 발전량을 확인 할 수 있는 홈페이지 메인 페이지이다. 건물에 설치된 센서의 데이터가 30분간 취득이 되지 않을 경우 지도에 표시된 건물 위치의 마커가 점멸되며 이를 통해 시설에 설치된 장비의 이상 유무를 확인할 수 있다. 또한 시설별 간략 정보를 동적 페이지를 구성함으로써 실시간으로 모든 시설의 간략 정보를 메인화면에서 확인할 수 있다. 개별 시설의 수급 현황을 확인하고자 한다면 지도 위 마커를 클릭하면 개별 시설의 상세 내용을 확인할 수 있다. 그림 9은 마커 클릭 시 나오는 개별 페이지이다. 개별 페이지는 선택한 건물의 전력 수급량을 일차별로 확인할 수 있으며 5분단위 30분 단위, 1시간 단위 그래프를 6시간 간격으로 가시적으로 확인할 수 있다. 막대그래프는 실측 전력 데이터이며, 꺾은선 그래프는 외사법 알고리즘과 시간대별 수요 예측량을 나타낸다.

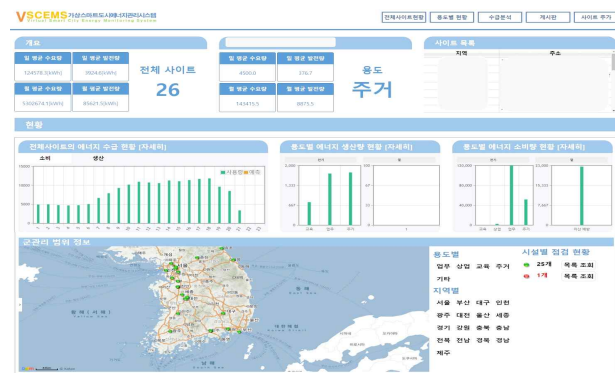


그림 8. 홈페이지 메인 화면  
Fig. 8. Homepage main screen



그림 9. 건물별 수급 정보 상세 화면  
Fig. 9. Detailed of supply and demand by building Screen

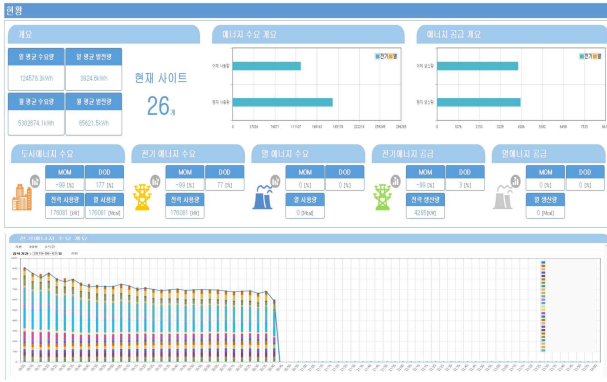


그림 10. 전체 시설 수급 현황 화면  
Fig. 10. Total facility supply - demand status screen



그림 11. 용도별 시설 수급 현황 화면  
Fig. 11. Facility supply - demand status by use screen

그림 10는 전체 시설의 수급 정보를 확인 할 수 있는 페이지이며, 전체 시설의 수요량에서 각 시설이 차지하는 비율과 용도별, 일자별, 월별 비율을 확인할 수 있다.

그림 11은 용도별로 데이터를 분류하여 확인할 수 있는 페이지이며, 용도별 전월 대비 당일 사용 비율, 전일 대비 당일 사용 비율을 알 수 있으며 주거, 업무, 상업, 교육에 대한 수급 비율을 알 수 있다.



그림 12. 수급 분석 시뮬레이션 화면  
Fig. 12. Supply - demand analysis simulation screen

그림 12는 사용자의 입력에 따른 수급 분석 결과 상세 페이지이다. 수급분석을 원하는 지역, 용도를 선택하고 계절, 예상 최대수요 전력량, 태양광 설비 용량을 입력 후 이를 토대로 1일 1시간 단위 에너지 수급 패턴 예상치와 전력 사용량 예측 그래프를 확인할 수 있다.

아래 그림 13는 에너지 부하 프로파일을 나타내며, 그림 13에서 사용자 입력에 따른 수급 분석 결과를 기반으로 가상 시뮬레이션을 적용하여 보이는 결과 화면으로써 전년도와 이번 연도 월별 사용량 비교를 통해 당월 전력 사용량 예측량을 확인할 수 있다.

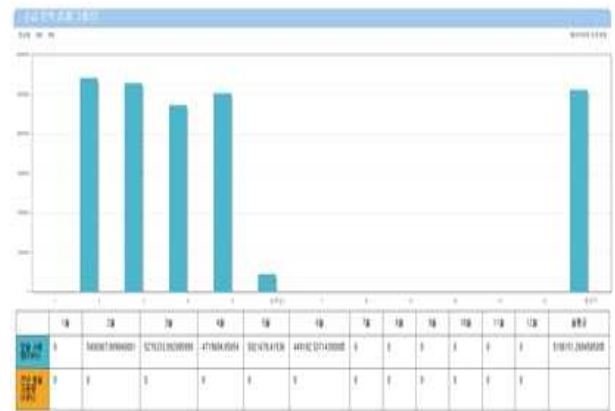


그림 13. 에너지 프로파일 분석 화면  
Fig. 13. Energy profile analysis screen

아래 그림 14는 그림 12에서 사용자 입력에 따른 수급 분석 결과를 기반으로 만약 하루 치 전력 소비량이 생산량이 많을 경우 가상 에너지 저장 장치를 설정할 수 있도록 개발했다. 이를 통해 하루 중 전기 요금이 상대적으로 저렴한 시간대의 사용전력량을 충전하고 상대적으로 비용이 비싼 시간대에 방전함으로써 에너지 저장 장치를 사용 효과를 그래프로 나타냈다. 그리고 만약 하루 치 전력 소비량보다 생산량이 많을 경우 배터리 충전량으로 표시할 수 있도록 개발했다.



그림 14. 에너지 저장장치 분석 화면  
Fig. 14. Energy Storage Analysis Screen

#### IV. 결론 및 향후 과제

최근 전력 사용량 증가에 따른 전력 에너지 관리에 대한 대안으로 에너지 관리 시스템에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며, 세부적으로는 빌딩 에너지 관리 시스템, 공장 에너지 관리 시스템, 공공기관 에너지 관리 시스템과 같은 용도별로 특화된 시스템이 집중적으로 연구되고 개발되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 용도별, 도시별로 구분된 다수의 건물별 전력 에너지 수급 현황을 실시간으로 모니터링할 수 있는 건물별 전력 에너지 모니터링 시스템을 개발하였다. 그리고 시스템을 개발하는 과정에서 전력 데이터 누락이 발생할 경우 시스템 기능 요구사항, 데이터 저장에 필요한 데이터 베이스 설계, 기능별 웹 대시보드 화면과 같은 개발 시 고려해야 하는 부분들에 대해 상세히 기술하였다. 시스템은 전력 측정 센서를 원하는 건물에 설치하고 통신 확인만 된다면 전력 에너지 수급 현황을 바로 웹으로 확인할 수 있는 간단한 설계 구조이다. 이는 전력이 감지되는 건물의 용도에 따라 교육용, 산업용, 주거용, 상업용으로 분류할 수 있고 또 지역별로 구분할 수 있는 역방향 구조의 건물 단위 전력 에너지 모니터링 시스템이다. 또한, 단순히 건물별 전력 에너지의 수급 현황을 보여주는 것에서 그치지 않고 예측 알고리즘 적용을 통해 단기 예측된 전력 수급량을 실시간으로 확인할 수 있으며, 사용자의 전력 부하 입력에 따른 예상 수급 변화에 대해서 시뮬레이션할 수 있다. 추후 본 연구에서 개발한 시스템을 활용하여 용도별, 도시별로 분류된 건물의 데이터를 종합하여 도시별, 용도별 전력 수급량의 변화 추세를 확인한 결과를 기반으로 건물의 공조 시스템과의 연계를 통해 실제로 전력 제어가 가능한 기술이 접목될 수 있을 것이다.

시스템에서는 가상의 에너지 저장 장치를 사용한 시뮬레이션만 그래프로 결과를 확인했지만 실증을 통해 전력 사용량 감축에 실제로 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다. 향후 시스템 발전 동향에 맞추어 클라우드 환경에서도 동작 가능한 시스템의 연구도 필요할 것이며, 전력 빅데이터 처리 시스템 구축을 위한 분산 처리 시스템 역시 필요할 것이다. 또한 시스템에서 제공하는 데이터를 근거로 기상이나 외부 환경 요소를 고려한 인공지능 기법을 활용한 예측 모듈을 추가함으로써 더욱 정교화된 시스템 구축이 가능할 것으로 기대한다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2018201060010C)

#### 참고문헌

[1] Ji-Yung Eum, Soo-Hwan Cho, Si-Sam Park, Young-Ki Kim, "Development of Mathematical Model for the Energy

Demand Pattern Analysis of City Buildings" 2015 Annual Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers, Seoul National University of Science and Technology Seoul Techno Park 6F, pp. 120 - 122, 2015.04

[2] Ji-Yung Eum, Soo-Hwan Cho, "A Study on Real-time Load Forecasting Method used for City-EMS Monitoring" Proceedings of the Korea Intelligent Systems Society, Seoul National University of Science and Technology, pp.195 - 196, 2013.10.

[3] Moon Kee Young, "[Feature Article] Introduction of AzbilBEMS for Building Energy Saving", *Equipment | Air conditioning refrigeration hygiene(Korea Institute of Equipment Technology*, Vol. 30. No 03, pp. 54 - 64 , 2013.03

[4] Hyunjeong, Jinsoo Hanm, Youn-Kwae Jeong, Il-Woo Lee, Sang Ho Lee, "A Technology of Context-aware based Building Management for Energy Efficiency", *Journal of the Korea Information Science Society*, Vol. 2, No. 1, pp. 69-75, May 2012.

[5] Lee Seong-In, Development of Energy Management System (EMS) Industry, Korea Energy Economics Institute, Korea, TRKO201400003379, pp.13, 2013-11

[6] Jihyun Hwang, Taewon Lee, " A Study on the Energy Saving Effect through Field Test of the Building and Energy Management System(BEMS)", *Korea Society of Civil Engineers, Yongpyeong Resort*, pp.505-508, 2018.6.

[7] Ji-Youn Kim, "Major features and examples of overseas BEMS service", *Geothermal Energy Journal*, Vol. 11, No. 2, pp. 4 - 10, 2015.12

[8] NAO DIGITAL Company. NAO DIGITAL SMD-3100M Sensors Technical Documents[Internet]. Available: [http://www.naodigital.com/product/product\\_SMD3100M.html](http://www.naodigital.com/product/product_SMD3100M.html)

[9] Eun-Young Ko, Ji-Young Eum, Soo-Hwan Cho, Si-Sam Park, Sang-Min Na, Hyoung-jin Choi, " Time-unit Load Forecasting for City-EMS by Extrapolation", *Proceedings of KIEE, Yongpyeong Resort*, pp.69-70, 2014.07.

[10] Ji-Young Eum, Soo - Hwan Cho, Sisam Park, Sang-Min Na, Hyeong-Jin Choi, Tae-Kyung Hahn, "A Study on Load Forecasting for CEMS(City - EMS) considering City Characteristics", *Joint Conference on Communications and Information*, , Hyundai Hotel, pp.A9-0002, 2013.04.

[11] Ji-Young Eum, Hyeong-Jin Choi, Soo-Hwan Cho, " PV Power Prediction Models for City Energy Management System based on Weather Forecast Information", *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol. 64, No. 3, pp. 393~398, 2015.03





**김훈(Hun Kim)**

2018년: 상명대학교 컴퓨터과학과 학사

2018년~현 재: 상명대학교 컴퓨터과학과 석사 과정

※ 관심분야 : 인공지능, 빅데이터 분석, 클라우드, 전력 관리 시스템, 소프트웨어 개발



**최대규(Dea-Gyu Choi)**

2019년: 상명대학교 컴퓨터과학과 학사

2019년~현 재: 상명대학교 컴퓨터과학과 석사 과정

※ 관심분야 : 인공지능, 소프트웨어 개발, 모바일 앱



**조수환(Soo-Hwan Cho)**

2002~2004년: 삼성전자 무선 사업부 근무

2009년: 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

2009~2011년: 한국원자력연구원 선임연구원

2011 ~ 현 재: 상명대학교 전기공학과 부교수

※ 관심분야 : 전력배전계통, 전력품질, 신재생예측/수요예측, 수요관리



**박시삼(Sisam Park)**

1998년: 홍익대학교 토목공학과 졸업  
2000년: 동 대학원 토목공학과 졸업(석사)  
2004년: 동 대학원 토목공학과 졸업(박사)  
2004년 ~ 현 재: GS 건설 기술연구소 수석연구원

※관심분야 : 스마트시티 에너지 공급, 지열에너지, 신재생에너지, 열전기 통합관리



**최형진(Hyeong-Jin Choi)**

2007년: 광운대학교 전기공학과 졸업  
2009년: 동 대학원 전기공학과 졸업(석사)  
2019년: 동 대학원 전기공학과 졸업(박사)  
2011년 ~ 현 재: GS 건설 기술연구소 선임연구원

※관심분야 : 신재생에너지 인버터, 에너지 저장장치, 수요관리



**김동근(Dong-Keun Kim)**

2003년: 연세대학교 의료정보 석사  
2008년: 연세대학교 생체공학 박사  
2009년 ~ 현 재: 상명대학교 휴먼지능정보공학과 부교수  
2017년 ~ 현 재: 상명대학교 지능정보기술연구소 소장

※관심분야 : 지능정보 시스템, 생체공학, HCI, 전력수요예측