The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 14, No. 6, pp.119-123, Dec. 31, 2014. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.6.119
JIIBC 2014-6-18

익일 빌딩 부하 예측 기능을 갖는 빌딩에너지관리시스템

Building Energy Management System with Next Day Demand Forecasting of Building Load

최상열*

Sang-Yule Choi*

요 약 본 연구에서는 익일부하예측 기능을 갖는 빌딩에너지관리시스템을 제시한다. 기존의 빌딩에너지 관리시스템은 빌딩내의 다양한 인프라를 이용하여 에너지를 감시 한다 그러나 이러한 시스템을 구현하기 위해서는 많은 인프라 구축 비용이 소요 되어, 에너지 절감을 위한 인프라 구축비용과 실제 절감된 전기 요금을 비교 할 경우, 에너지 절감을 위해 투자한 비용을 전기 요금 절약으로 회수하는데 수년이 걸리고, 또한 인프라 설비 유지 보수를 고려할 경우, 결과적으로 에너지 절약 효과가 미비하다. 따라서 본 연구에서는 보다 저렴하고 합리적인 방법으로 빌딩의 에너지 소비를 억제할 수 있도록, 기상청데이터와 한전의 ISmart 데이터를 기반으로 데이터마이닝기법을 이용하여 빌딩의 익일 부하 사용량을 예측하고 이를 기반으로 빌딩 부하의 On/Off를 수행하도록 빌딩에너지관리시스템을 구현함으로써 상대적으로 저렴한 비용으로 빌딩에너지 사용의 합리화를 이루도록 하였다.

Abstract The main purpose of reactive power compensation monitoring system is to manage factory electrical installation efficiently by On-Off switching reactive power compensation equipment. The existing reactive power compensation monitoring system is only able to be managed by operator whenever electrical installation needed reactive power. Therefore, it may be possible for propagating the installation's faults when operator make the unexpected mistakes. To overcome the unexpected mistakes, in this paper, the author presents a reactive power compensation monitoring system for factory electrical installation using active database. by using active database production rule, stated system can minimize unexpected mistake and can operate centralized monitoring system efficiently. Test results on the five factory electrical installations show that performance is efficient and robust.

Key Words : Reactive power compensation, Monitoring system, Active database, Production Rule

Ⅰ. 서 론

현재 건물 부하는 국가 전력 사용 에너지의 24%가량 소비하고 있음에도 불구하고, 건물 내의 다양한 업무용 부하의 조명, 냉·난방 ,공조 및 에너지 소비기기 등의 상이한 관계로 이들 기기들이 에너지 소비를 억제하기 어려운 실정이다. 이에 따라 국가적 차원에서 고효율 조명설비, 냉·난방기기에 대한 연구가 중점적으로 이루어지고 있으며 최근에는 이러한 고효율 제품에 대한 연구와 병행하여 빌딩내의 부하를 효과적으로 관리 할 수 있는 빌딩에너지관리시스템에 대한 연구과 활발히 진행되고 있다. 빌딩에너지관리시스템은 빌딩 내의 수·배전 전력

*정회원, 인덕대학교 메카트로닉스학과
접수일자: 2014년 10월 6일, 수정완료: 2014년 12월 1일
게재확정일자 : 2014년 12월 12일

Received: 6 October 2014 / Revised: 1 December 2014
Accepted: 12 December 2014
*Corresponding Author: ppk99l@induk.ac.kr
Dept. of Mechatronics Engineering, Induk University, Korea

설비 계통의 상황을 감시 및 신속히 제어 처리함으로써 빌딩 전력설비 계통 관리와 운영의 효율화하도록 하는 것이다. 이러한 설비의 기능은 수변전설비의 운전상태 및 계측 Data 처리, PLC, 조명 제어, 냉·난방기 등의 감시 제어 전력운용에 관한 것들이다.

현재 까지 빌딩에너지시스템 관련 연구 동향은 빌딩 감시 화면 효율화를 위한 디자인 방법[1], 빌딩에너지 절약을 위한 제어로직 개발[2], 빌딩내의 다양한 인프라를 이용 전력소비 패턴 분석을 통한 에너지 절약 솔루션을 제공하는 방법[3], 빌딩내의 복합 센서와 스마트단말기를 이용한 빌딩 모니터링 방안[4] 등이 연구되었다. 위에서 제시된 봐와 같이, 지금 까지 빌딩에너지관리시스템의 주된 연구 흐름은 빌딩내의 다양한 인프라를 이용하여 에너지를 사용을 감시하고 에너지 절약을 수행한다. 그러나 이러한 시스템을 구현하기 위해서는 많은 인프라 구축비용이 소요 되어, 에너지 절감을 위한 인프라 구축 비용과 실제 절감된 전기 요금을 비교 할 경우, 에너지 절감을 위해 투자한 비용을 전기 요금 절약으로 회수하는데 수년이 소요된다. 특히, 인프라 설비 유지 보수비용까지 고려될 경우, 전체적인 에너지 절약 효과가 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 저렴한 비용으로 에너지 절약 효과를 극대활 할 수 있도록 익일 빌딩 부하 예측 기능을 갖는 빌딩에너지관리시스템을 제시한다. 제시된 빌딩에너지관리시스템은 한전 iSmart 서버에 저장된 실시간 부하 사용 데이터와 기상청 홈페이지의 기상 데이터를 이용하여 빌딩 전력 부하의 계절별, 요일별, 특수일별, 기온, 날씨에 따른 빌딩의 익일 전력 사용을 예측하는 기능을 제공함으로써, 빌딩의 익일 전기 사용 요금의 절감과 에너지 관리의 합리화를 이룰 수 있다.

II. 익일 빌딩부하예측 기법

빌딩의 익일 사용 전력량을 기법은 주로, 전력계통의 단기 부하예측에 적용되는 여러 기법들을 빌딩 부하예측에 적용하여 사용되고 있으며 그 주돈 연구 방식은 확률적 기술 또는 신경회로망, 퍼지, 전문가시스템 등이 사용되고 있다[5]. 현재 KPX(Korea Power Exchange)에서는 ARIMA모형을 응용한 KULF (KPX-SNU Load Forecaster)를 운용하여 단기부하 예측에 이용하고 있다. 본 연구에서는 데이터 마이닝 기법을 빌딩의 익일 부하 예측에 적용하였다.

1. 데이터마이닝을 이용한 빌딩의 익일부하 예측

데이터마이닝은 광범위한 많은 양의 데이터를 이용하여 의사결정에 필요한 데이터를 찾아내고 인공지능 기법을 이용하여 원하는 지식을 얻어내는 기법이다. 이러한 데이터 마이닝의 지식 발견 절차를 각 스텝별로 표현하면 다음과 같다[6].

step 1) 데이터 정제(Data Cleaning) : 불필요하거나 일치하지 않는 데이터를 제거한다.
step 2) 데이터 통합(Data Integration) : 다수의 데이터 소스들을 결합한다.
step 3) 데이터 선택(Data Selection) : 필요한 데이터들을 데이터베이스로부터 검색한다.
step 4) 데이터 변환(Data Transformation) : 요약이나 집계 등과 같은 연산을 수행함으로써, 데이터 마이닝을 위한 적합한 형태로 데이터를 가공처리 한다.
step 5) 데이터 마이닝(Data Mining) : 지능적 방법들을 적용하여 데이터 패턴을 축출한다.
step 6) 패턴 평가(Data Evaluation) : 몇 가지 흥미로운 척도를 기초로 지식이 나타나는 패턴을 구별한다.
step 7) 지식 표현(Data Presentation) : 사용자에게 발견된 지식을 보여주기 위해 시각화를 수행한다.

본 논문에서는 본 연구자가 참고 문헌[7]에서 제시하였던 단기 부하예측 기법을 익일의 빌딩 부하 예측시스템에 적용하였다.

2. 빌딩에너지관리시스템 구성

본 논문에서 제안한 익일 빌딩 부하 예측 기능을 갖는 빌딩에너지관리시스템의 전체 구성은 크게 다음의 그림 1과 같으며, 시스템의 전체적인 동작순서 및 원리는 다음과 같다.

- 빌딩에너지 관리 시스템은 주기적으로 기상청 홈페이지에 자동 접속하여 수용가 지역의 날씨 정보를 취득하여 데이터베이스에 저장한다.
- 한전의 ISmart 홈페이지에 접속하여 해당 빌딩 수용가의 시간대별 전력 사용 정보를 취득하여 데이터베이스에 저장한다.

- 저장된 전력 사용데이터와 기상청 과거 데이터를 데이터마이닝 기법으로 분석하여 상호 데이터간의 연관관계를 찾아서 데이터베이스에 저장한다.
- 기상청 홈페이지의 익일 날씨 데이터를 이용하여 데이터마이닝 기법의 연관 관계를 이용하여 익일의 빌딩 전력사용량을 예측한다.
- 예측된 전력사용량을 바탕으로 수용가의 제어가 필요할 경우 온라인으로 연결된 Demand Controller에 제어하고자 하는 목표전력을 전송한다.
- 빌딩에너지 관리 시스템에서 전송된 목표전력을 받은 수용가 Demand Controller는 현재 설정된 목표 제어 전력을 서버에서 전송된 값으로 변경한 후 사전에 설정된 제어방법(우선, 순차, 복합제어)에 의해 수용가의 전력사용량이 목표치를 초과하려고 할 때 부하 제어를 통해 조정한다.

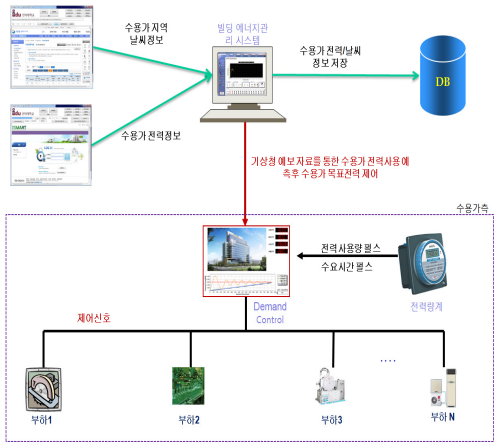

그림 1. 제안한 시스템 구성도
Fig. 1. The proposed system architecture

III. 사례연구 및 구현

1. 수용가 날씨정보 자동 취득 데이터베이스

수요가의 날씨정보의 경우 기상청 홈페이지에 전국 92개 지역의 날씨가 시간 단위로 표시되어 있다. 빌딩 에너지 관리 시스템은 이러한 정보를 주기적으로 읽어 들여 데이터베이스에 저장한다. 그림 2는 시스템이 자동적으로 날씨 정보를 취득하는 것을 보여 준다.

그림2에서 보인바와 같이 페이지 상단에는 시스템 관리 메뉴를 두었으며, 주요 메뉴는 서버시작, 서버종료, 고객 정보, 고객 현황, 고객 데이터, 날씨/전력이력, 개별상태, 개별제어, 날씨정보, 전력정보, 익일 부하 예측 등으로 이루어져 있다.

그림 2. 관리시스템의 날씨 정보 취득
Fig. 2. Data acquisition system for weather forecasting

2. 수용가 전력정보 자동 취득 데이터베이스

한국전력공사는 원격검침 AMR 시스템을 통해 수용가에 설치된 전력량계의 전력사용 데이터를 주기적으로 읽어 들여 데이터베이스화 하고 ISmart 웹페이지를 통해 수용가에 제공하고 있다. 제시되는 빌딩에너지관리시스템은 자동적으로 ISmart 웹페이지에 접속하여 15분단위로 갱신되는 빌딩의 에너지 전력정보를 주기적으로 읽어 들여서 데이터베이스에 저장한다.

그림 3. 관리시스템의 전력 사용 정보 취득
Fig. 3. Data acquisition system for electric energy consumption

빌딩에너지관리시스템 데이터베이스에 저장된 수용가 지역의 날씨 정보와 전력사용정보는 그림 4와 그림 에서 보인바와 같이 월별, 날짜별, 요일별 상세 보기가 가능하다.

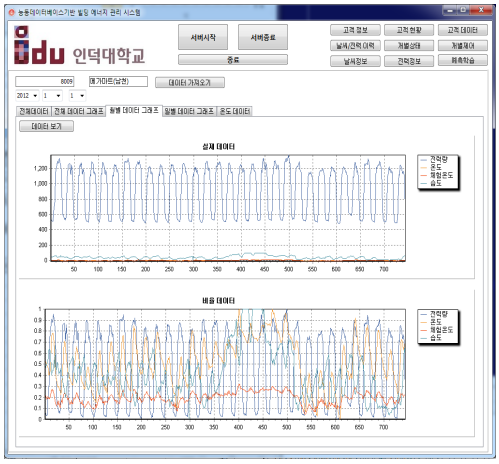

그림 4. 빌딩 수용가 날씨 및 전력 월사용 그래프
Fig. 4. Weather and load curve for the building

3. 데이터마이닝을 이용한 익일 부하 예측

본 논문에서는 데이터마이닝 기법으로 신경회로망을 사용하였으며 학습률 개선 및 학습속도 향상을 위해 유전알고리즘을 학습률 조정에 이용하였다. 이러한 학습방법은 기존 신경회로망 학습에 비해 빠른 속도를 에러를 줄일 수 있는 장점이 있다. 수용가의 전력사용은 온도와 시각에 따라 변화한다. 그러나 수용가 내부적인 사정에 따라 이러한 변화가 불규칙적이며 이러한 불규칙적인 데이터가 학습데이터로 사용될 경우 신경회로망 알고리즘의 오차가 발생하는 요인으로 작용하여 정밀한 예측에 방해가 된다. 따라서 신경회로망 학습 시에 이러한 데이터를 제외하여야 하는데 이러한 데이터의 구분은 실제 수용가에 상주하지 않고서는 알 수가 없다. 따라서 이러한 데이터를 구분하기 위해 신경회로망 학습을 1차, 2차로 나누어 1차에서 학습한 데이터 중 오차를 많이 발생하는 학습 군을 선별하여 2차 학습에서는 이러한 오차발생이 심한 데이터는 제외하고 학습을 수행하였다. 이러한 학습과정을 통해 오차를 1-2% 수준으로 낮출 수 있었으며 어느 정도 의미 있는 학습결과가 발생하였다. 학습데이터는 하루 24개씩(1시간 단위) 한 달 단위로 학습하였다.

위와 같은 방식으로 얻게 되는 빌딩의 익일 예측 전력값은 그림 5와 같다.

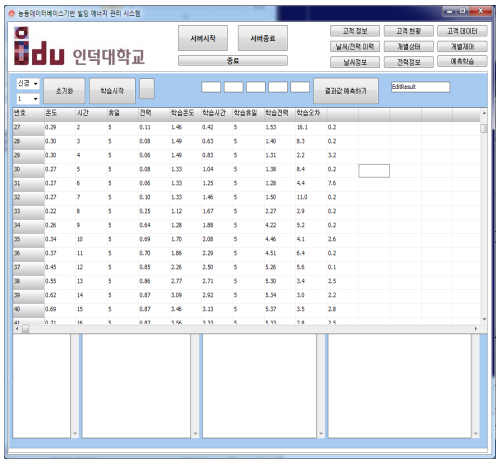

그림 5. 빌딩의 익일 전력 예측
Fig. 5. The next day demand forecasting for the building

데이터마이닝의 결과로 시간대별 빌딩의 익일 사용예측전력이 결정 되면, 예측전력은 Demand Controller에 전송이 되고, 그 값이 해당 시간대에 Demand Controller가 유지 하여야 하는 목표 전력 값이 된다. Demand Controller는 빌딩의 모든 부하의 총 전력사용량이 목표전력 값을 초과하지 않도록 실시간 On/Off제어를 수행함으로써, 전력 소비를 억제한다.

Ⅳ. 결론

본 연구에서는 익일 부하예측 기능을 갖는 빌딩에너지관리스템의 구조를 제안하고 구현하였다. 본 시스템은 기상청 웹서버와 한전의 ISmart 웹서버에 직접 접속하여 빌딩에너지시스템 데이터베이스에 시간대별 기상 데이터와 해당 빌딩의 에너지 사용량을 다운로드 하여 시스템 데이터베이스에 저장하고, 빌딩의 에너지 사용량과 기상조건과의 관계를 데이터마이닝 기법을 이용하여 분석하여 익일의 기상조건에 따른 빌딩의 에너지 사용량을 예측한다. Demand Controller는 빌딩에너지관리시스템으로부터 전송받은 익일 부하 예측량을 목표전력으로 설정하여 빌딩내의 모든 부하의 전력 총사용량이 목표전력을 초과하지 않도록 부하의 On/Off 작업을 자동 수행함

으로써 빌딩의 에너지 절약 및 에너지 이용의 합리화를 이룰 수 있다.

References

[1] Y. N. Im, "study on information design for developing main screen interfaces of building energy management system", Graduate School of Hongik University, 2013.

[2] S. Y. Kang, "Optimized Facility Control for Energy Saving in Smart Building", Journal of Korean Institute of Information Technology. Vol. 9, No. 2, pp.25 - 30, 2011

[3] I. S. Hong, "Intelligent building energy management system for efficient energy management", Graduate School of Chung-Ang University, 2013.

[4] C. Kim, "A Study on the Smart Device Monitoring System and the Implementation of Integrated Sensor for BEMS based on Green IT" Graduate School of Hongik University, Seoul National University of Science and Technology, 2013.

[5] E.A. Feinberg and D. Genethliou "Load forecasting In: AppliedMathematics for Restructured Electric Power Systems": Optimization, Control, and Computational Intelligence, Springer, 2005

[6] Jiawei Han, Micheline Kamber, "Data mining : concepts and techniques", Free Academics, Sep. 2003.

[7] S. Y. Choi, H. J. Kim, "Short-term demand forecasting Using Data Mining Method", Journal of the korean Institute of illuninating and Electrical Engineers, Vol. 21, No. 10, pp.126 - 133, Dec. 2007.

[8] H. S. Jin, "Design of Internet Traffic Monitoring System using TCP/IP", Journal of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 10, No. 4, pp.99-104, 2010

[9] Y. S. Im, E. Y. Kang, "MPEG-2 Video Watermarking in Quantized DCT Domain", Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 11, No. 1, pp. 81-86, 2011.

[10] C. D. Jeon, D. S. Kim, S. J. Lee, "Feasibility Study on a Defrost Control Method by Using a Photoelectric Sensors", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 6, pp. 3389-3395, 2014

저자 소개

최 상 열(정회원)

- 1996년 : 성균관대학교 전기공학과 (공학사)
- 1998년 : 성균관대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2002년 : 성균관대학교 전기전자컴퓨터 공학부(공학석사)
- 2002년 ~ 2004년 : 안양대학교 디지털미디어학부 전임강사
- 2004 ~ 현재 : 인덕대학교 메카트로닉스학과 부교수

※ 본 연구는 인덕대학의 학술연구지원에 의해서 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.