

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.6.229

JIIBC 2013-6-29

소비전력 최소화를 위한 빅데이터 환경에서의 공간기반 에너지 관리 시스템에 관한 연구

A Study for Space-based Energy Management System to Minimizing Power Consumption in the Big Data Environments

이용수*, 허준**, 최용훈***

Yong-Soo Lee, Jun Heo, Yong-Hoon Choi

요 약 본 논문은 각종 센서와 관리자 등을 통해 온도와 조도를 측정하여 전력량을 모니터링하며 제어하고 있는 공장용 에너지관리시스템(FEMS, Factory Energy Management System), 빌딩용 에너지관리시스템(BEMS, Building Energy Management System), 주택용 에너지관리시스템(HEMS, Home Energy Management System)등으로 크게 나누어지는 기존의 에너지관리시스템(EMS : Energy Management System)에서 사용하고 있는 각종 센서 정보들을 포함한 수집 가능한 빅 데이터를 활용하여 본 논문에서 제안하는 공간 기반 에너지관리시스템(SEMS, Space-based Energy Management System)의 추론엔진을 통해 일정한 크기와 유사한 특성을 가진 단위 공간을 정의하고 에너지를 효율적으로 관리하기 위한 공간의 크기나 특성에 따라서 SEMS의 추론엔진의 Self-Learning을 통해 추론엔진 자신이 학습을 통해 점차 스마트하게 진화하면서, 사용되는 전력량을 절감하는 방안을 제시하고자 한다.

Abstract This paper proposed the method to reduce and manage the amount of using power by using the Self-Learning of inference engine that evolves through learning increasingly smart ways for each spaces with in the Space-Based Energy Management System (SEMS, Space-based Energy Management System) that is defined as smallest unit space with constant size and similar characteristics by using the collectible Big Data from the various information networks and the informations of various sensors from the existing Energy Management System(EMS), mostly including such as the Energy Management Systems for the Factory (FEMS, Factory Energy Management System), the Energy Management Systems for Buildings (BEMS, Building Energy Management System), and Energy Management Systems for Residential (HEMS, Home Energy Management System), that is monitoring and controlling the power of systems through various sensors and administrators by measuring the temperature and illumination.

Key Word : Energy, Resource, Green, Power, Smart, Self-learning

1. 서 론

세계는 지구 온난화 방지를 위한 범지구적 규제가 점

차 강화되고 있다. 현재 국내외에서는 에너지 절약 대책의 실시나 각종 보고가 의무화되고 있는 상황이며, 2004년 4월 일본에서는 에너지 절약법 개정에 의해 제1종 에

*종신회원, 여주대학교 컴퓨터정보과

**정회원, 경민대학교 정보통신과

***정회원, 광운대학교 제어계측공학과 (교신저자)

접수일자 2013년 10월 30일, 수정완료 2013년 11월 28일

게재확정일자 2013년 12월 13일

Received: 30 October, 2013 / Revised: 28 November, 2013

Accepted: 13 December, 2013

**Corresponding Author: yhchoi@kw.ac.kr

College of Information and Control Engineering,

Kwangwoon University, Korea

너지 관리 지정공장의 대상이 기존의 5종(제조업, 광업, 전기공급업, 가스공급업, 열공급업)에서 전 업종으로 확대되어 백화점, 호텔, 오피스빌딩, 병원 등으로 확대되어 실시되고 있다. 이에 따라 새롭게 포함된 모든 건물 환경에서도 에너지절약 대책의 실시나 각종 보고가 의무화되어 있는 상황이다.¹⁾ 최근 “에너지 절약법”이 개정되어 전기 에너지와 열 에너지의 합계 에너지량의 규모로 규제 대상을 결정하고 있으며, 에너지의 종합적 관리를 요구하므로 규제 대상의 규모를 점차 낮추고 있는 상황이다. 이러한 배경으로 모든 건물환경에서의 에너지 설비의 성능 유지나 에너지 절약을 위하여 최적의 건물 에너지 설비 운용을 위하여 건물 에너지관리 시스템 도입의 필요성이 점점 높아지고 있다. 건물 유지관리 전문업체를 중심으로 건물 에너지 관리 시스템 및 ICT (Information Communication Technology) 기술을 활용한 건물 에너지에 대한 원격관리 기능이 활발히 보급되고 있는 상황이다. 에너지 관리 시스템 (EMS : Energy Management System)은 공간에 따른 에너지 소비의 효율성을 향상하기 위해 밀집된 대도시 지역에서의 실내 또는 지하 공간에서 사용자의 행위 및 공간 인지 정보를 수집하고 이를 이용하여 냉난방 공조 전기 에너지 및 조명을 최적으로 제어함으로써 에너지의 효율성을 높이고 에너지 소비를 줄이기 위한 센서 네트워크를 이용한 상황 인지 기술이 요구되고 있다.

본 논문에서는 건물 중에서 일정한 공간을 설정하여 공간을 사용하는 장소의 에너지 관리를 위한 모델을 제시하고자한다. 일반적으로 건물의 1층은 상가를 중심으로 사용하고 있는 경우가 많이 있어 다양한 가전기기를 사용하고 있고 많은 사람들이 유동적으로 이동하는 공간으로 에너지의 사용량이 다양하다고 판단하여 이러한 공간에서 발생하는 에너지 사용량을 조절할 수 있는 ICT 기술을 사용한 에너지 관리 시스템을 제안한다. 특히 센서를 이용하여 수집된 데이터를 통하여 공간 환경을 적절한 에너지를 사용할 수 있도록 제어하는 시스템을 개발하는데 있어서 핵심적인 에너지 관리 시스템 추론 엔진을 제안하고자 한다. 에너지 관리 시스템 추론 엔진은 여러 환경변수들이 센서를 통하여 ICT 기술을 통하여 추론 엔진에서 공간 환경에서 사용하는 디바이스를 제어하는 최적의 결과를 갖도록 한다. 따라서 적절한 제어 값은 다시 추론 엔진에 입력하여 계속 최적의 디바이스 제어 결과를 출력하여 디바이스를 제어하게 된다. 본 논문

에서는 SEMS추론엔진을 이용하여 건물의 일정한 공간에서 사용되는 전력량을 절감할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. SEMS추론엔진에는 Server Communication Thread, 내부 입력 데이터 처리 Thread, 내부 출력 데이터 처리 Thread, SEMS추론엔진 Thread로 구성된 예측 알고리즘(Self Learning)에 설계와 구현을 하였다. 본 논문의 구성을 살펴보면 2장에서는 에너지 관리 시스템의 국내의 현황에 대하여 살펴본다. 그리고 현재 제안되고 있는 에너지 관리 시스템에 대하여 알아본다. 3장에서는 건물의 일정한 공간에서 사용하고 있는 에너지를 제어하는 시스템에 대한 구성도에 대하여 설계하고 핵심적인 최적화 추론 엔진에 대한 알고리즘을 제한한다. 마지막으로 결론과 향후 발전 방향에 대하여 논의 하였다.

II. 본 론

1. Energy Management System 현황

최근 건물을 대상으로 건물 에너지 관리 기능을 갖는 AEMS(Architecture Energy Management System)을 도입하여 운영하고 있다. 일본의 경우 각종 건물 에너지 및 환경의 측정 및 모니터링, 인터넷을 통한 특정된 데이터의 자동 수집, 수집된 데이터를 바탕으로 다음 날 부하 예측, 부하예측을 바탕으로 열원기기에 대한 최적제어 수행을 하는데 있어서 기술을 활용하여 네트워크를 이용한 건물에 대한 군관리를 수행하여 중앙센터에서 원격지에 있는 복수의 건물을 통합관리하고 있다. 일본에서는 2050년까지 장기 목표를 제시하고, 경제산업성을 중심으로 “Cool-Earth” 계획을 수립하여 추진하고 있다. Cool-Earth계획에 선정된 민생부문 6항목 중 건물 에너지절약과 관련된 홈 에너지관리 시스템, 건물 에너지관리 시스템 및 지역 기반 에너지관리 시스템 기술이 선정되어 기술혁신을 위한 막대한 투자가 이루어지고 있다.¹⁾

또한, 세계 각국에서는 에너지 절감을 위하여 에너지 관리를 통한 건물 에너지관리 효율화를 추진하고 있다. 미국에서는 건물 성능과 비용을 최적화하고 기능을 통합하여 운영하는 컴퓨터 기반 통합 지식 시스템인 CBS 프로그램을 구축하고 있다.¹⁾ 미국 NIST에서 개발된 BEES 3.0 프로그램으로 다른 건물들 간의 환경 영향력과 경제성을 고려한 진단 평가 프로그램을 개발하였다.¹⁾ 또한 캐나다에서 개발된 GEM 프로그램으로 온라인상으로 건물

에너지 진단과 관리가 가능한 프로그램을 개발하였다.¹⁾

2. 스마트 그리드(Smart Grid)

기존의 전력망에 정보기술(IT)을 접목하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 차세대 지능형 전력망이다.¹⁾

기존의 단방향 전력망에 정보기술을 이용하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 지능형 전력망은 전력 사용 현황을 실시간으로 파악함으로써 이에 맞게 요금을 지불 시간대를 피하여 사용 시간과 사용량을 조절할 수 있어 세계 여러 나라에서 차세대 전력망으로 구축하기 위한 사업으로 추진하고 있다. 또한, 우리나라에서도 가전제품과 네트워크를 통하여 전력사용을 최적화하고 소비자에게 실시간 전기 요금 정보를 미리 제공하는 전력 관리장치이다.

3. 기존 에너지관리 시스템

기존에 사용하고 있는 에너지관리 시스템은 단순히 상황인지를 이용한 에너지 관리 시스템으로 실내온도 정보, 설정온도 정보 및 조도정보를 포함한 내부 환경정보와 외부날씨 정보 및 시간 정보를 포함하고 있는 외부 환경정보를 수집하고 있다. 또한 에너지 이력 정보를 이용하여 에너지 소비량을 최소화하는 정도의 시스템을 운영하고 있다. 또한, 결제단말장치(POS)를 사용하는 경우 결제단말장치 사용 시 발생하는 사용 빈도 데이터를 계산하여 공간 에너지관리 시스템을 운영하고 있다.

공간 에너지관리 시스템은 각각의 에너지 제어단위로 분할되어 있는 에너지 소모 부하장치와 상황인지를 위해 설치하여 놓은 카메라를 통한 데이터로 제어되고 있다. 현재 사용되고 있는 에너지관리 시스템의 구성을 보면 각 부하제어장치와 유선 또는 무선네트워크를 통하여 정보를 주고받기 위한 네트워크 인터페이스부와 결제단말 장치의 정보를 입력 받는 운영자입력부, 운영자입력부로부터 입력된 서비스정보에 따라 서비스 과정을 제어하는 서비스제어부, 카메라로부터 영상데이터를 입력받은 데이터를 처리하여 디지털 저장 영상정보로 가공 저장하는 영상처리부와 영상처리부로부터 가공된 영상정보를 처리하여 사람 객체를 인식하고 인식된 객체정보를 이용하여 해당 공간에서의 혼잡도를 연산하여 제공하는 이미지 혼잡도연산부, 서비스제어부로부터 제공되는 서비스정

보를 공간의 에너지 사용량 제어정보를 생성하여 각 부하제어장치를 제어하는 에너지관리부, 영상처리부로부터 제공된 각 제어단위공간의 이미지정보를 처리하여 영상표시부를 통해 표시제어하는 모니터영상제공부와 청각적인 음향효과를 나타내는 음향출력부로 구성되어 있다. 그러나 위의 시스템은 데이터의 흐름을 통하여 순차적으로 발생된 데이터를 제어하는 일반적인 제어장치로 제공되는 데이터의 오류로 인한 경우에는 상당한 어려움을 가질 수 있으며 차세대 전력망와는 무관하게 사용하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 스마트 그리드 기술을 사용한 차세대 전력망을 이용하기 위하여 일정 공간에서 사용되는 에너지 효율을 높이기 위하여 SEMS(Space Energy Management System)을 제안한다. SEMS은 ICL 기술을 이용하여 자동으로 에너지를 관리하는 방법을 제안한다. 특히 제안된 핵심 기술은 공간에서 발생하는 여러 데이터를 센서 네트워크를 통하여 수집하고 이를 바탕으로 공간 에너지 활용에 효율적인 추론엔진 알고리즘을 제안한다.

III. 시스템 구성

1. 시스템 구성도

시스템의 구성을 살펴보면 공간에서 사용 중인 에너지 사용디바이스는 조명부, 냉난방부와 사용량을 체크하는 미터(meter) 부로 구성되어 있다. 조명부는 LED형광등, 디머로 구성되어 있으며 냉난방부는 IR Generator, RS485 to Ethernet Converter, 온도/습도 센서로 구성된다. 에너지를 사용하는 디바이스의 전력 사용량을 체크하는 미터부가 있으며 미터부는 메인 미터와 서브 미터로 구성되어 있다. 미터부와 연결되어 있는 SEMS컨트롤러는 네트워크 장비를 통하여 통합관제 센터로 데이터를 전송하여 적절한 데이터를 생성하여 공간의 냉난방과 조명부로 데이터를 제공하게 된다. 그림 1.는 위에서 설명한 공간 전체에 대한 시스템 구성도이다.

각종 디바이스에서 제공한 데이터를 통합관제 센터에서는 적절한 전력 사용을 위한 가공된 데이터를 전송하여 조명부와 냉난방부를 제어하게 EMS 추론엔진에서는 다음과 같은 동작을 하게 된다. 초기화 시 모든 데이터들에 대한 임계값 및 기본값을 수신한다. 운영모드가 "0"인

경우 "0"이 아닌 값이 올때까지 기다렸다가 Global 구조체 및 타이머를 생성하고 Server의 Communication용 Thread를 생성한다. 또한 내부 입력 데이터 처리용 Thread, 내부 출력 데이터 처리용 Thread를 생성하고 SEMS추론엔진 Thread를 생성한다.



그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System Diagram

2. SEMS 추론엔진

EMS추론엔진은 공간 환경에서 제공하는 입력 값들이 제공된다. 제공되는 입력 값은 그림 2.에서 나타난 다양한 형태의 데이터 값이 입력되어 추론엔진에서 제어 값들이 출력된다.

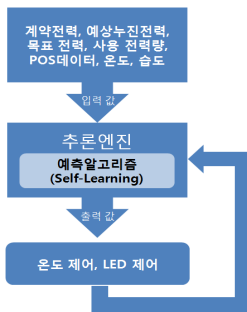


그림 2. EMS 추론엔진 구성도
Fig. 2. EMS Inference Engine Diagram

(1) 서버 Communication Thread

Server Comm. Thread는 TCP/IP 통신을 통해 SEMS Server와 SEMS G/W(Gateway)간 데이터 송/수신을 한다. 수신은 재부팅 및 변경된 임계값 처리 및 처리 결과를 송부하며, POS 데이터와 같은 주기적인 입력값이 발생하면 처리 또는 결과를 송부한다. 입력된 데이터를 SEMS G/W구조체에 각각 입력하여 SEMS 추론엔진에서 사용할 수 있도록 한다. 송신은 EMS Server에서 요청 시 현재 SEMS G/W에 세팅되어 있는 임계값, 기본값 및

내부 장비들에 대한 상태를 보내게 된다. 재부팅 후 재부팅 완료 유무와 임계값 및 기본 값 변경 후 변경 확인 메시지를 송부한다. 주기적으로 사용전력, 온도, 습도 값이 제공된다.

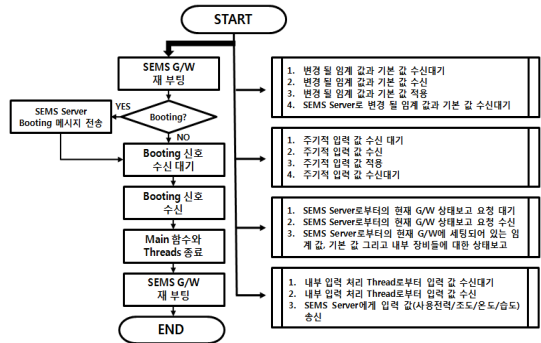


그림 3. 서버 Comm. Thread Flow Chart
Fig. 3. Server Comm. Thread Flow Chart

(2) 내부 입력 처리 Thread

내부 입력 처리 Thread는 RS-485 통신을 통해 미터, 미터 그리고 온도/습도계로부터 입력된 각종 데이터를 처리한다. 미터로부터 입력된 현재 실내온도 처리는 50~100 단위 내에서 5분 단위로 입력 받아 처리한다. 미터로부터 입력되는 현재 전력 사용량 처리는 0 kw/h로 5분 단위로 입력을 받아 처리한다. 실내 온도/습도 센서로부터 입력되는 현재 온도 및 습도 데이터 처리로 실내 온도/습도를 5분 단위로 입력 받아 처리한다. 입력된 데이터를 SEMS G/W 구조체에 각각 입력하여 SEMS 추론엔진에서 사용할 수 있도록 한다.

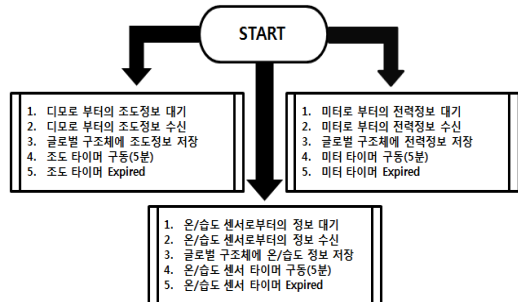


그림 4. 내부 입력 처리 Thread Flow Chart
Fig. 4. Internal Input Process Thread Flow Chart

(3) SEMS추론엔진 Thread

SEMS Server에서 TCP/IP를 통해 수집한 데이터들

과 RS-485통신을 통해 디머, 미터 그리고 온도, 습도계로부터 수집한 데이터들을 이용하여 SEMS 추론엔진을 통해 최고/최적/최저의 결과를 도출하여 내부 장치들을 제어한다. 최선의 제어 값을 찾아내어 각 장비들에 대한 제어 명령을 하달한다. 추론에 대한 결과를 피드백 받아서 그 결과를 통해 지속적으로 Self Learning하여 각 공간의 특성에 최적화된 Smart Self Learning추론엔진을 지속적으로 진화시킨다.

(4) 내부 출력 처리 Thread

내부 출력 처리 Thread는 RS-485통신을 통해 SEMS 추론엔진에 의해 생성된 제어값을 수신하여 디머, 냉난방기의 제어기에 제어 데이터를 송신한다. SEMS추론엔진에서 생성된 값을 1초 단위로 미터에 송신한다. SEMS 추론엔진에서 생성된 온도 타이머 동작 기준 시간 값을 10분 단위로 냉난방기의 제어인 HACON으로 송신한다. SEMS추론엔진에서 생성된 습도 타이머 동작기준 시간 값을 10분 단위로 냉난방기의 제어기로 송신한다.

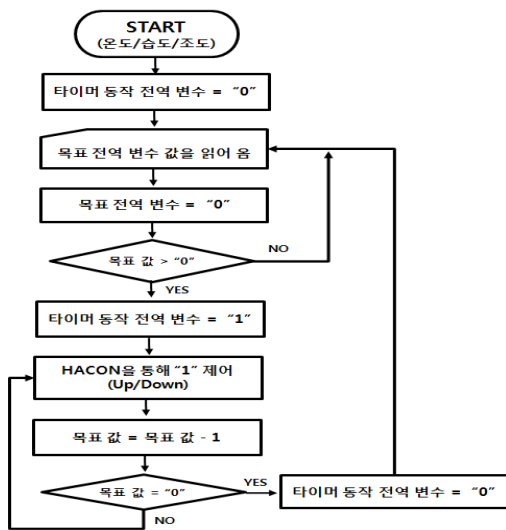


그림 5. 내부 출력 처리 Thread Flow Chart
Fig. 5. Internal Output Process Thread Flow Chart

IV. 성능평가

본 논문에서는 성능평가를 위하여 다음과 같은 동일한 환경을 설정하여 SEMS를 미적용할 때의 전력사용량과 SEMS를 적용하여 사용한 전력량을 비교 한다. 공간

의 규모는 15평을 기준으로 2.00kw/h 냉장고 3대, 2.50kw/h 냉장고 4대, 2.00kw/h 오픈냉장고 3대, 2.50kw/h 오픈냉장고 4대, 2.00kw/h 청과 야채대 1대, 1.50kw/h 냉장고 2대, 2.00kw/h 냉동고 3대, 1.80kw/h 냉방(15평), 2.15kw/h 난방(15평), 0.03kw/h 형광등 50개를 사용하는 공간을 설정하여 그림 6.은 일일 전력 사용량을 그림 7.은 월간 전력 사용량을 비교 측정 하였다. SEMS 개발환경은 리눅스 운영체제에서 C언어를 이용하여 개발하였다.

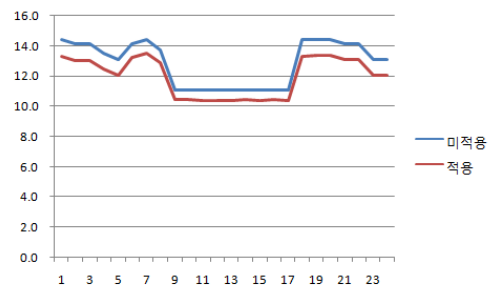


그림 6. 일일 전력 사용량
Fig. 6. Daily electricity consumption

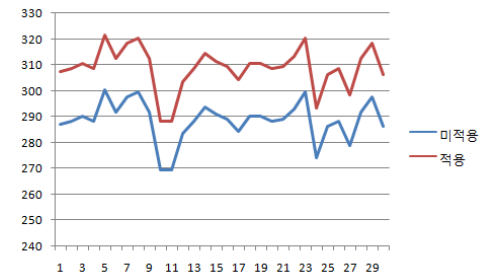


그림 7. 월간 전력 사용량
Fig. 7. Monthly electricity consumption

V. 결론

본 논문에서는 지구 온난화로 인한 에너지 절약을 위한 시스템을 개발하고자 공간 에너지관리 시스템(SEMS: Space Energy Management System)을 제안 하였다. 기존 에너지 관리 시스템은 환경변수인 온도와 조도에 대한 데이터만으로 에너지를 관리하고 있다. SEMS는 추론엔진을 이용하여 기존에 제공되고 있는 환경변수에 대한 전력량을 추론하여 에너지를 절약하는데 사용하고 있다.

SEMS추론엔진을 이용하여 공간에서 사용되는 에너지를 사용할 수 있도록 한다. 다양한 공간 환경변수를 사용하기 위하여 편의점과 같은 환경으로 에너지 소모 형태를 만들어 놓았으며 전력 소모량을 SEMS를 사용하는 경우와 사용하지 않은 경우를 비교하게 되었다. 결과적으로 SEMS를 적용한 공간에서의 전력 소모량은 최대 10~25%의 절감효과를 얻게 되었다. 따라서 SEMS를 사용한 에너지 관리 시스템은 에너지 절감 효과가 매우 좋을 것으로 사료된다. 이러한 점은 공간에서 사용되는 디바이스의 전력량만으로 계산되고 있다는 점은 매우 부족한 점이 있다고 생각하여 향후 연구과제로 거주하고 있는 사람들이 에너지 절감효과로 인하여 삶의 질에 대한 평가는 아직 하지 못하고 있다. 공간에 거주하는 사람의 평가가 필요할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] W.K. Park, Y.K. Jeong, I.W. Lee, "Energy Management Technology for High Energy-Efficient Building," ETRI, Electronics and Telecommunications Trends 26(6), 2011.12.
- [2] Y.K. Jeong, W.K. Park, J.S. Han, C.S. Choi, H.J. Yoon, I.W. Lee, "An architecture of the remote building management and control platform for high-efficient low-cost building energy management," ETRI, 2010.11.
- [3] A.Y. Kim, H.J. Yoon, Y.K. Jeong, I.W. Lee, "A Study on the Problems in Adopting Building Management Systems to Korea and the Suggestions for Improvement," The Korean Institute of Communications and Information Sciences Summer Conference, 2011.
- [4] H.J. Lee, J.S. Han, Y.K. Jeong, I.W. Lee, S.H. Lee, "A Technology of Context-aware based Building Management for Energy Efficiency," Journal of IT Convergence Society for SMB Vol.2 No.1, 2012, pp. 69-75.
- [5] D.S. Kong, Y.H. Kwak, J.H. Huh, "Artificial Neural Network based Energy Demand Prediction for the Urban District Energy Planning," Journal of Architectural Institute of Korea Vol.29 No.1, January 2013.
- [6] G.J. Levermore, "Building Energy Management Systems," E&FN Spon, 2000.
- [7] Honeywell, "Engineering Manual of Automatic Control", Honeywell, 1988.
- [8] Roger W.Haines & Douglas C.Hittle,"Control Systems for Heating," Ventilating and Air Conditioning, Springer, 2006.
- [9] Zhun Yu., Fariborz Haghghat, Benjamin C, M. Fung, Hirushi Yoshino,"A decision tree method for building energy demand modeling," Energy and Building, 2010.
- [10] Xiaoli Li, Chris P. Bowers, Thorsten Schnier,"Classification of Energy Consumption in Building with Outlier Detection," IEEE 2009.
- [11] Bing Dong, Cheng Cao, Siew Eang Lee,"Applying support vector machines to predict building energy consumption in tropical region," Energy and Building, 2005.
- [12] S.T. Kim "Management System of USN-based Collaborative Lighting Energy," The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication Vol.13, No.4, pp.47-53, Dec. 2013.
- [13] Y.G. Kim, G.C. Sin, S.K. Kim "Collaboration Interface for Hadoop-based Bigdata Processing Platform," Proceedings of The Korean Institute of Information Technology (KIIT) 2013 summer conference, pp.511-516, 2013.

저자 소개

이 용 수(중신회원)



- 1986년 : 명지대학교 컴퓨터공학과 공학사.
- 1989년 : 건국대학교 컴퓨터공학과 공학석사
- 2013년 : 광운대학교 제어계측공학과 박사수료
- 현 재 : 여주대학교 컴퓨터정보과 교수

<주관심분야 : 센서 네트워크, 빅데이터>

• E-mail : diclee@yit.ac.kr

허 준(정회원)



- 2000년 : 서강대학교 컴퓨터공학과 공학사.
- 2002년 : 서강대학교 컴퓨터공학과 공학석사
- 2013년 : 광운대학교 제어계측공학과 공학박사
- 현 재 : 경민대학교 정보통신과 교수

<주관심분야 : 민간 및 군 통신 네트워크>

• E-mail : heojun9@chol.com

최 용 훈(정회원)



- 1995 : 연세대학교 전자공학과 공학사.
- 1997 : 연세대학교 전자학과 공학석사.
- 2001 : 연세대학교 전기전자공학과 공학박사
- 현 재 : 광운대학교 로봇학부 교수

<주관심분야 : 차량 통신 시스템, 네트워크 관리, 그린이동통신>

• E-mail : yhchoi@kw.ac.kr