RFID/USN 기술 기반의 지능형 스케줄러를 이용한 절전관리 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of a Power-Saving Management System using Intelligent Scheduler based on RFID/USN Technology

정규석*, 최성철*, 정우정*, 김태호*, 김종현*, 서동민**, 박용훈***, 유재수***
유비쿼터스 바이오 정보 기술 연구 센터*, 한국과학기술원**, 충북대학교***

Kyu-Seuck Jeong(jeongku11@cbnu.ac.kr)*, Sung-Chul Choi(spbrain@cbnu.ac.kr)*,
Woo-Jeong Jeong(wjjeong@cbnu.ac.kr)*, Tae-Ho Kim(maxkth@cbnu.ac.kr)*,
Jong-Heon Kim(honey@cbnu.ac.kr)*, Dong-Min Seo(dmseo@chungbuk.ac.kr)**,
Yong-Hun Park(yhpark@netdb.chungbuk.ac.kr)***, Jae-Soo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)***

요약

최근 무선 통신 기술이 발달함에 따라 유비쿼터스 환경과 그와 관련된 실용화 기술에 대한 관심이 크게 고조되고 있다. 그리고 유비쿼터스의 개념이 기존 IT 분야에 접목되면서 유비쿼터스 환경을 근간으로 한 자동화 시스템의 필요성이 부각되고 있다. 또한, 환율 상승과 고유가로 인해 대형 건물과 공공 기관에서의 에너지 절약 방안 수립에 대한 필요성이 강력히 대두되고 있다. 본 논문에서는 RFID/USN 기술을 이용하여 에너지 절약을 위해 전등, 난방기 그리고 에어컨과 같은 건물 내 전자기기의 전력 소비를 효율적으로 관리하는 절전관리 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 USN을 이용하여 전자기기에 대한 중앙 관리 및 상태 정보를 감시하고, USN을 이용하여 주변 환경 및 전력 소비에 대한 실시간 정보를 수집한다. 특히, 제안하는 시스템은 실시간 수집 된 정보를 분석하여 최상의 절전 효과를 가지는 지능형 스케줄러를 제공한다. 마지막으로, 본 논문은 제안하는 시스템을 다양한 환경에서 실험해 보고 기존 시스템과의 차별성과 현실성을 보인다.

■ 중심어 : | USN | 지능형 스케줄러 | 무선 네트워크 | 에너지 절약 |

Abstract

Recently, the ubiquitous environment and the practical technology associated with it become more popular topic along with the rapid development of wireless technologies. The necessity of the automated system based on the ubiquitous environment has been increasing when the concept of the ubiquitous is integrated into the fields of existing IT. Also, the necessity of formulating a power-saving plan on large buildings and public institutions is gathering strength because of a raise in exchange rates and high oil prices. In this paper, to efficiently manage the power consumption of the electronic machine such as electric lights, electric heaters, and air conditioners in a building, power-saving management system using RFID/USN technologies is proposed. Proposed system controls the electric machine and monitor its condition by RFID and collects the real time information about the surrounding and the power consumption of the electric machine by USN. Especially, proposed system analyzes the real time information and supports the intelligent scheduler with the best power-saving. Finally, this paper shows the difference between proposed system and existing system and establishes the reality of our system through experiments in variety environments.

■ keyword : | RFID/USN | Intelligent Scheduler | Wireless Network | Power Saving |

* 이 논문은 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

접수번호 : #090813-001

접수일자 : 2009년 08월 13일

심사완료일 : 2009년 09월 09일

교신저자 : 유재수, e-mail : yjs@chungbuk.ac.kr

I. 서론

태그와 센서로부터 사물 및 환경 정보를 감지, 저장, 가공, 전달하여 인간 생활에 폭 넓게 활용하는 네트워크인 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술은 2006년 외국 기술을 도입하여 센서노드, 싱크노드 개발을 진행하게 되면서, 대량의 센서 데이터를 수집, 필터링하는 미들웨어 기술과 다양한 산업 분야에 응용 서비스 제공을 위한 응용 플랫폼 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, USN 기술에 대한 적용 분야가 확대되어 홈 네트워크를 이용한 방법 서비스, 원격 진료 서비스, 대형 건물에서 이용 가능한 에너지 절약 서비스, 지능형 빌딩 서비스, 일상생활에서 이용 가능한 응급 구난 서비스, 어린이 및 노인 위치 추적 서비스 등 다양한 분야에서 응용 기술이 개발되고 있다[1][2].

본 논문은 다양한 USN 분야 중 하나의 응용 기술로 대형 건축물에서 사용하는 전자 제품, 전기 제품의 에너지 사용을 제어함으로써 절전 효과를 얻을 수 있는 지능형 절전 관리 시스템을 제안한다. 기존의 중앙 제어식 절전 관리 시스템은 유선으로 모든 전자 기기와 연결하여 사용되는 시스템으로 설치비와 설치 공사의 어려운 점이 있었다. 뿐만 아니라, 기능상에서도 지능형이 아닌 관리자의 수동적인 관리 하에 시스템이 제어, 관리되었고 전자 제품(EHP 에어컨 등)과 하나의 패키지로 구성되어진 응용 제품이었다. 그래서 본 논문에서는 Zigbee 프로토콜을 사용하여 전등, 에어컨, 에어컨 실외기, 가로등, 계량기와 같이 기존에 설치되어 있는 전자, 전기 제품에 센서 모듈을 설치하고 무선 네트워크로 중앙 제어 서버와 실시간 통신하여 제어, 관리하는 시스템을 제안한다. 또한, 지능형 스케줄러를 제공함으로써 관리 및 제어의 편리성과 제어 방법에 따라 최대의 절전 효과를 얻을 수 있는 기능을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 구성된다. 2장은 RFID, USN과 관련된 기술에 대해 설명하고 기존 중앙 제어식 절전관리 시스템의 문제에 대해 기술한다. 3장은 제안하는 지능형 절전 관리 시스템의 구성도와 주요 기능을 기술한다. 4장은 제안하는 시스템의 시스템 구조와 센서 모듈에 대한 운영 방식을 기술한다. 마지막

으로 제 5장은 다수의 사이트에 제안하는 지능형 절전 관리 시스템을 적용함으로써 얻은 효과를 기술한다.

II. 관련 연구

1. RFID 및 USN 기술 정의

RFID 기술은 각 주파수 대역별 RF 신호를 사용하여 객체들을 식별하는 비접촉 인식 기술을 의미한다. 수동형/능동형 태그와 제품정보를 인식하는 리더, 수집된 상품 정보 데이터를 처리하는 미들웨어로 구성된다.

RFID를 이용한 응용 시스템으로 실시간 탄약 재고 관리를 위한 국방 탄약 관리 시스템, 물품 정보를 실시간으로 관리하는 물품 관리 시스템, 승객들의 수하물에 RFID를 적용하여 추적 및 통제하는 항공 수하물 추적 통제 시스템, 감염성 폐기물 수거를 위해 수거 Box에 900MHz 태그를 부착하여 실시간 관리하는 감염성 폐기물 관리 시스템 등 다양한 분야에서 응용되고 있다.

USN 기술은 어느 곳(사물)에나 부착된 태그와 센서로부터 사물 및 환경 정보를 감지, 저장, 가공, 전달하여 인간 생활에 폭넓게 활용되는 네트워크 기술을 의미한다. 센서, 통신 모듈, 배터리, 환경 정보를 전달하는 센서 노드와 외부 네트워크 통신을 위한 중계 노드인 싱크 노드, 대량의 센서 데이터를 수집 및 필터링하는 USN 미들웨어, USN 응용 플랫폼으로 구성된다.

USN 기술을 이용한 응용 기술로는 선박 출/입항 자동화 시스템으로 선박별로 전자 태그를 부착하여 위성 GPS 정보를 이용하여 선박의 이동 및 위치 정보를 관리하는 시스템이 시범 사업으로 운영되고 있으며, 방법 서비스, 위치 추적 서비스, 지능형 빌딩 시스템 등 다양한 분야에 사용 가능하도록 개발 및 시범 사업이 진행되고 있으며 다양한 분야의 USN 기술은 U-City 건설을 위한 모태가 되고 있다[3-6].

2. 기존 중앙 제어식 절전관리 시스템

센서 모듈 및 무선 네트워크 기술을 이용하여 중앙에서 실시간으로 제어하는 중앙 제어 시스템은 이미 시판되고 있으며 많은 업체 및 연구 기관에서 개발되고 있

다. 그리고 시판되는 절전관리 시스템으로 주차장 전등 관리 시스템, EHP 에어컨 중앙 제어 시스템, 건물 전등 제어 시스템 등 많은 제품이 개발되어 운영되고 있는 상황이다. 본 논문에서 제안하는 대형 건축물 지능형 절전관리 시스템은 타 시스템과의 차별성을 지능형 스케줄러와 다양한 전자기기를 제어하는데 두고 있다. [표 1]은 기존 시스템[7]과의 비교 분석한 내용이다.

표 1. 절전관리 시스템 비교 분석

분 류	제안하는 지능형 절전관리 시스템	타 시스템
통신방법	센서 모듈을 이용한 무선 통신	유선 통신
적용대상	전기를 이용한 모든 전자기기에 적용(전등, 에어컨, 실외기, 가로등, 검침기 등)	제한된 적용 및 EHP 에어컨구입
절전방법	복합적인 지능형 스케줄러(모든 전기 제품에 스케줄러 적용 및 통합관리)	단순한 스케줄러 및 수동조작
센 서	인체 감지 및 온도 센서감지에 의한 무인 지능형서비스	중앙에서 시간 설정에 의한 서비스

III. 제안하는 지능형 절전 관리 시스템

1. 서비스 구성도

제안하는 시스템은 공공기관 및 대형 건축물에 설치되어 있는 모든 전등, 에어컨, 가로등 등의 전기 제품에 센서 모듈을 부착해 중앙에서 각 기기들을 실시간으로 모니터링하고 제어하는 기능을 제공한다. 시스템의 가장 큰 특징은 센서를 통해 실시간 수집 된 정보를 분석하여 최상의 절전 효과를 얻을 수 있도록 전자 기기들을 자동으로 제어하는 지능형 스케줄러 제공에 있다. [그림 1]은 제안하는 시스템의 서비스 구성도를 보여준다.

1.1 기본 서비스

대형 건축물 및 공공 기관에서 사용하는 전등, 에어컨, 가로등 등의 전기 제품은 개별적으로 운영되고 관리되었다. 이로 인해 에너지를 소비하는 제품들이 무분별하게 사용되고 사람의 손에 의해 낭비되거나 절약되기도 한다. 절전 관리 시스템을 통해 중앙에서 제어하게 되면 개별적인 운영을 방지하여 에너지 소비를 줄일 수 있으며 통합 운영이 가능하게 된다는 장점을 가지게

된다. 제안하는 시스템의 기본 서비스는 아래와 같다.

1) 중앙에서 관리자에 의해 전등, 에어컨, 가로등의 ON, OFF 제어 서비스를 제공한다. 이는 개별적으로 제어하거나 전체 제어가 가능하다. 2) 모든 건물에 있는 에어컨, 전등, 가로등, 전력 소비량에 대한 모니터링 서비스를 제공한다. 이는 관리자의 운영에 의해 모든 상황을 파악할 수 있다는 의미이며 필요 없는 구역의 에너지 소비를 방지할 수 있다는 의미이다.

그림 1. 서비스 구성도

1.2 지능형 스케줄러 서비스

지능형 스케줄러 서비스는 관리자에 의해 설정된 정보를 기준으로 자동 관리되어 운영되는 자동화 서비스이다. 본 논문에서 제안하는 지능형 스케줄러 서비스는 시간별 절전률 스케줄러, 기준 온도 설정 스케줄러, 가로등 일출, 일몰 스케줄러, Peak 제어 운영 스케줄러 그리고 전등 제어 스케줄러로 구분된다.

1.2.1 시간 별 절전률 스케줄러

에어컨 실외기 장치에 사용되는 스케줄러로 절전률을 적용하여 절전률 만큼 실외기를 운영하도록 하는 서비스이다. 에어컨 장치는 실외기가 운영됨으로써 냉각되고 가장 많은 전력을 소비하는 장비이다. 이렇게 전력 소비가 많은 장치를 사람이 인지하지 못 할 정도로 짧은 시간동안 실외기를 가동되지 않게 함으로써 전력 소모량이 높은 실외기를 제어한다. 절전률 만큼 실외기가 가동되지 않음으로써 에너지 낭비를 방지할 수 있는 자동화 스케줄러 기능을 제공한다.

[그림 2]는 시간 별 절전률 스케줄러의 한 예를 보여 준다. 1) 연두색 부분은 ON 된 시간을, 흰색 부분은 OFF 된 시간을 의미한다. 2) 10분을 운행 시간 기준으로 50%의 절전률 일 경우를 예시로 제시한다. 3) 50% 절전률일 경우 실외기는 5분 OFF, 5분 ON 되고 실외기가 6개일 경우 3개 실외기는 ON, 나머지 3개 실외기는 OFF 된다. 4) 절전률에 의해 실외기 모듈이 OFF되는 시작 시간은 랜덤하게 운영되며 절전률(%)에 따라 운행개수와 시간이 유지된다. 즉, 절전률 50%이므로 총 6개의 디바이스 중 3개는 ON, 3개는 OFF된 상태가 되며 10분 운행 중 50%이므로 5분 동안 OFF, 5분 동안 ON 상태가 된다.

그림 2. 시간 별 절전률 스케줄러

절전률 스케줄러의 운영 과정은 아래와 같다.

- (1) 관리자에 의해 각 수집기 별 시간 설정을 한다.
- (2) 시간 단위는 1시간 단위이며 0~100% 까지 각 시간별 절전률을 지정할 수 있다.
- (3) 각 수집기 단위로 설정된 절전률은 TimeScheduler 테이블에 저장된다.
- (4) 서버에서는 1시간 단위로 해당 데이터베이스를

모니터링 하면서 현재 시간에 해당되는 절전률을 수집기에 전송한다.

- (5) 수집기는 자신이 담당하는 디바이스의 수량을 파악하여 절전률 만큼의 수량만 랜덤하게 선택하여 OFF 명령을 전송한다. 즉, 10개의 디바이스 중에 절전률이 30%라면 3개의 실외기 디바이스만 동 시간대에 OFF 되도록 운영된다. 또한 20분 단위의 운행 시간을 기준으로 절전률 만큼 OFF(20분 중 30%는 6분이므로 6분 동안 OFF, 14분 동안 ON) 되도록 반복 운영되는 프로세스를 제공한다.

1.2.2 기준 온도 설정 스케줄러

기존 에어컨의 운영 방식은 에어컨 개별적으로 기준 온도를 설정하는 기능이 적용되어, 에어컨 자체적으로 설정 값에 의해 ON/OFF 된다. 하지만 이 방식은 적절한 실내 온도에도 불구하고 많은 에어컨이 개별적으로 설정된 낮은 온도 값으로 인해 지나치게 에어컨 장치를 운영하는 문제가 발생한다.

제안하는 기준 온도 스케줄러는 중앙에서 에어컨 센서 모듈을 통해 에어컨 주변의 온도 정보를 실시간 수집하고 수집된 정보를 기반으로 중앙에서 온도를 설정한 값과 비교 분석하여 모든 에어컨 및 실외기의 전원을 ON/OFF 하는 자동화 서비스를 제공한다.

제안하는 온도 스케줄러의 운영 과정은 다음과 같다.

- (1) 관리자에 의해 각 모듈 별 설정 온도를 지정하여 설정한다.
- (2) 각 모듈 별 설정된 온도는 디바이스 테이블의 설정온도 필드에 저장한다.
- (3) 설정된 동시에 서버에서 각 모듈에 설정 온도 값을 전송하고 각 모듈의 메모리에 저장된다.
- (4) [표 2]와 같이 각 모듈은 온도 센서에 의해 측정된 현재 온도 값을 버퍼에 저장하여 설정 온도 값과 비교하여 자동으로 운영된다.
- (5) 모듈이 Reset 발생 시나 통신 불량 시에 설정 온도 값을 잃어버릴 경우 서버에서는 데이터베이스의 정보를 이용하여 재전송하게 된다.
- (6) 동시간대에 절전률에 의한 꺼짐과 온도에 의한 꺼짐이 발생할 경우 온도 제어를 우선시한다.

표 2. 온도 설정 상황에 따른 제어

상 황	상 태
모듈에서 측정한 현재 온도 값 > 중앙에서 설정한 온도 값	에어컨 및 실외기 강제 ON
모듈에서 측정한 현재 온도 값 < 중앙에서 설정한 온도 값	에어컨 및 실외기 강제 OFF

1.2.3 가로등 일출, 일몰 시간 스케줄러

기존 가로등의 운영 방식은 타이머 장치에 의해 시간 대별로 ON/OFF 시키는 방식을 채택하고 있다. 이 방식은 일출, 일몰 시간이 변경될 때마다 관리자가 직접 모든 가로등의 타이머 장치에 설정 값을 변경해야 하는 문제가 있다. 제안하는 가로등 일출, 일몰 시간 스케줄러 서비스는 중앙에서 1년 동안의 모든 일출, 일몰 시간을 일주일 간격으로 설정한 값에 의해서 또는 일(Day) 간격으로 설정한 값에 의해 가로등의 ON/OFF 작동을 하는 자동화 서비스를 제공한다. 뿐만 아니라 관리자에 의해 임의적으로 시간을 설정함으로써 설정된 값에 의해 자동 ON /OFF 되는 서비스를 제공한다. 관리자의 임의적인 필요에 의해 제어하고자 할 경우 임시 설정된 시간에 의해 스케줄러가 구동된다. 그림 3은 가로등의 전원 장치에 센서 모듈을 설치하여 수집기를 통해 중앙 제어 서버와 연결됨으로써 일출, 일몰 시간 스케줄러에 의한 자동 ON/OFF 제어되는 구조를 보여준다. 가로등의 시간은 각 모듈의 메모리에 설정되어 각 모듈의 현재 시간과 비교하여 운영된다.

그림 3. 가로등 스케줄러 시스템 운영

가로등 시간 스케줄러의 운영 과정은 다음과 같다.

- (1) [표 3]과 같이 관리자에 의해 1년간의 일출, 일몰 시간을 일주일 또는 일 단위로 등록한다.
- (2) 설정된 시간은 LoadLightTimeScheduler 테이블에 일주일 간격일 경우 주 단위(53주/1년)로 등록되며, 일 단위일 경우 월과 일 단위로 데이터베이스에 저장된다.
- (3) 저장과 동시에 서버에서는 각 모듈에 현재 시점의 일출, 일몰 시간을 데이터베이스에서 검색하여 전송하게 된다.
- (4) 각 모듈에서는 Timer에 의해 현재 시간과 메모리의 설정 시간대와 비교 분석하여 자동 제한한다.
- (5) 서버에서는 일주일 간격 스케줄러인 경우 매 주 일요일 00:01분에 시간을 각 모듈에 자동 설정하고 일 단위 간격 스케줄러인 경우 매 일 00:01분에 시간을 각 모듈에 설정한다.
- (6) 각 모듈에서 통신 이상이나 Reset 발생 시 이벤트가 서버에 전달되는데 이 경우 서버에서는 각 모듈에 현재 조건에 적합한 시간을 DB에서 검색하여 각 모듈에 재전송하게 된다.
- (7) 통신 이상으로 재전송이 실패할 경우 각 모듈에 이전에 등록된 설정 시간에 의해 운영된다.

표 3. 가로등 적용 간격에 따른 적용 시점

일주일 간격 스케줄러	일(Day) 간격 스케줄러
일요일 00:01 되는 시점에 서버에서 각 모듈로 시간 설정	매 일(Day) 00:01 되는 시점에 서버에서 각 모듈로 시간 설정

1.2.4 가로등 격등 제어 운영 스케줄러

공공기관, 학교 또는 도시 전체의 가로등은 타이머 장치에 의해 모든 가로등이 ON /OFF 되는 시스템이다. 유동 인구가 많은 장소에서는 모든 가로등이 ON 될 필요가 있지만 유동 인구가 적은 시간대나 장소에서 모든 가로등을 사용할 필요성은 없다. 가로등 격등 제어 스케줄러는 이렇게 가로등 사용이 필요치 않는 시간대나 장소의 가로등 제어를 시간대 별로 격등 또는 3등 제어함으로써 가로등의 수명을 늘리고 전력 소비량을 줄일 수 있는 지능형 스케줄러이다. 격등이란 4개의 가로등이 존재할 경우 즉, 가로등1, 가로등2, 가로등3, 가로등4

를 모두 운영하는 것이 아니라 하루는 가로등1, 가로등3만 운영하고 나머지 가로등2, 가로등4는 운영하지 않게 한다. 익일에는 반대로 가로등 2와 가로등4가 운영되고 가로등1과 가로등3은 운영되지 않는 운영 방식이다. 격등 제어 스케줄러를 중앙에서 설정함으로써 절전 효과 및 가로등 수명 연장 효과를 얻을 수 있다.

격등 제어 스케줄러의 운영 과정은 다음과 같다.

- (1) 관리자에 의해 모든 가로등에 대해 그룹을 지정한다. 이 그룹은 지역별로 격등 제어를 위해 지정한다. 즉, A 구역은 격등으로 B 구역은 격등 제어 없이 스케줄하기 위한 그룹이다.
- (2) 관리자에 의해 지정된 그룹은 디바이스 테이블의 종류 필드에 저장된다. 디바이스 테이블은 모든 가로등 모듈의 주소와 정보를 저장하고 각각의 가로등의 종류 필드에 그룹을 지정하게 된다.
- (3) 지정된 그룹별로 격등 제어할 시간대를 설정한다. 이때 시간대를 정하면서 각 그룹별로 격등제어 아니면 일반 제어를 선택하게 된다. 즉, A 그룹은 PM11~AM05시까지 격등 제어이면 2, 일반 제어이면 1로 설정 값을 지정할 수 있다. 저장되는 테이블은 SL_CtrlSchedule 테이블에 저장된다.
- (4) 테이블에 저장되면 서버에서 현재 시간과 데이터베이스의 설정된 시간대를 비교하여 동일 시간대의 그룹 정보와 제어 타입을 패치한다. 패치된 정보는 일반 제어일 경우 해당 그룹의 모든 디바이스에 시간대를 전송한다. 격등일 경우 디바이스 테이블의 Number 필드에 있는 숫자를 2의 배수에 해당되는 디바이스만 선택하여 해당 디바이스에 시간대를 전송하여 제어한다. 3등 제어일 경우 Device 테이블의 Number 필드에 있는 숫자를 3의 배수에 해당하는 디바이스만 선택하여 해당 디바이스에 시간대를 전송한다.
- (5) 격등 제어 및 3등 제어는 격등일 경우 2일에 한번 씩 3등 제어일 경우 3일에 한번 씩 번갈아 가며 가로등 제어한다.

1.2.5 Peak 제어 운영 스케줄러

제안하는 Peak 제어 운영 스케줄러는 전력량계에서

측정된 데이터를 센서 모듈을 통해 중앙 서버에 실시간 전송한다. 그리고 전송된 값이 중앙 서버에 등록된 기준 Peak 값을 초과할 경우 설치된 전등, 에어컨, 난방기 등의 사용을 제어함으로써 에너지 절감 효과를 얻을 수 있는 운영 프로세스이다. Peak 값의 레벨은 3등급으로 나누어 설정하게 되며, 각 등급 별 Peak 기준 값을 초과하였을 경우 등록된 전등 모듈을 강제 제어하고 에어컨 및 실외기의 절전율을 자동으로 높게 설정하여 에어컨의 사용량을 제한한다. 그리고 전력 사용량이 Peak 기준 값 이하로 내려갈 경우 단계별 원상 복구 기능을 하는 지능형 스케줄러를 제공한다.

Peak 제어 운영 스케줄러의 운영 과정은 다음과 같다. 각 검침기 또한 모듈을 이용하여 기존 설치된 계량기에 연결, 전력 사용량을 읽어온다. 검침기에서 Peak 값은 관리자에 의해 설정될 필요가 있다. 또한 단계적으로 Peak 값을 관리하여 레벨 별로 전력을 사용하는 기기를 제어할 필요가 있다.

- (1) 관리자에 의해 각 검침기의 레벨 별 Peak 값을 등록한다. 레벨 별 Peak 값이란 전력 사용량이 많을 시 단계별로 전자기기를 제어하여 위험 수위까지 도달하지 않도록 사전에 막는 기능을 한다.
- (2) 레벨 별로 Peak 값을 등록하고 해제시켜야 하는 기준 값도 등록해야 한다. 즉, 등록된 Peak 값에서 전력 사용량이 감소하는 시점에 강제 제어된 전자기기를 원상태로 복구시켜야 하기 때문에 등록된 Peak 값에 기준 감소 값을 등록하게 된다.
- (3) 관리자에 의해 등록된 기준 Peak 레벨에 따라 제어되어야 할 모듈을 등록한다. 즉, 1단계 레벨이 발생할 경우 제어해야 할 전등, 에어컨, 가로등 모듈을 등록한다.
- (4) 서버는 검침기 모듈에서 올라오는 전력 사용량을 데이터베이스에 기록하면서 모니터링 하게 된다. 그리고 [표 4]와 같이, 이전 전력 사용량 값과 현재 등록된 전력 사용량 값을 비교하여 등록된 Peak 값 이상일 경우 피크 제어 스케줄러를 작동한다.

표 4. Peak 값에 의한 설정 및 해제 기준

제어될 경우
기준 Peak 값 < 현재 Peak 값
해제될 경우
현재 Peak 값 < 기준 peak값 - Peak Gap

* 현재 Peak값 =

현재 기록된 전력 사용량 - 이전 기록된 전력 사용량

* Peak Gap = 감소되어야 할 전력사용량 기준 값

1.2.6 전등 제어 시간 스케줄러

제안하는 전등 운영 스케줄러는 대형 건축물이나 공공 기관에서 복도, 사무실 등 사용하지 않아도 되는 낮 시간동안에 강제적으로 전등을 제어함으로써 에너지 절감 효과를 얻을 수 있는 스케줄러이다. 제안하는 절전 관리 시스템에서 전등 센서 모듈은 센서의 인체 감지를 통해 전등을 자동으로 제어하는 첨단 시스템으로, 인체 감지 기능만으로도 절전 효과를 누릴 수 있다. 여기에 시간 강제 제어 스케줄러를 추가 적용함으로써 관리자가 설정한 시간대에는 무조건 강제 제어 하게 되어 불필요하게 전등을 켜놓지 않게 하는 효과를 얻을 수 있다. 설정된 시간대를 서버에서 5분 단위로 DB를 검색하여 현재 시간과 비교, 해당 시간대에 등록된 디바이스를 강제로 OFF 시키는 패킷을 전송하게 된다.

그림 4. 전등 시간 스케줄러 운영 과정 순서도

2. 시스템 구성도

[그림 5]는 제안하는 절전관리 시스템의 구성도를 보여준다. 제안하는 시스템은 운영 프로그램, 중앙 제어 서버, 데이터베이스, 센서모듈 그리고 수집기로 구성된다. 윈도우 기반 응용 프로그램은 중앙 제어 서버의 서

비스를 사용할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공한다. 중앙 제어 서버는 전자 기기들을 실시간 모니터링 및 제어한다. 센서 모듈은 전자 기기에 설치되어 중앙 제어 서버의 스케줄러 또는 사용자의 임의적인 조작으로 전자기기를 제어한다. 모든 센서 모듈은 라우터 역할도 병행하며 각 수집기를 통해 서버 시스템과 상호 통신하며 서버의 로직에 의해 제어된다. 센서 모듈과 수집기는 무선 네트워크를 이용하여 상호 통신하며 수집기와 서버는 유선 네트워크망을 통해 상호 통신한다. 각 수집기와 센서 모듈은 고유의 ID를 가지게 되고 ID를 통해 자신의 위치 정보와 상태를 서버에 전달하게 된다. 하나의 수집기는 최대 200개의 센서 모듈을 담당하며 설치 시 한 건물에 하나의 수집기를 설치하게 된다. 에어컨 모듈은 에어컨 전원부 또는 실외기 전원부에 설치되어 에어컨을 제어하거나 실외기를 제어한다. 전등 모듈은 설치된 전등의 릴레이 부위에 설치되고 가로등 모듈은 기존 가로등을 제어하는 타임 장치에 설치되어 시간대 별로 제어한다.

그림 5. 절전 관리 시스템 구성도

2.1 중앙 제어 서버

제안하는 중앙제어 서버는 센서 모듈의 정보를 수집기를 통해 모든 디바이스의 정보를 관리, 제어 하고 디바이스의 정보와 사용자 정보, 스케줄러에 필요한 데이터를 저장하는 데이터베이스로 구성된다.

2.1.1 WEPS 시스템 서버

중앙 제어 서버를 로딩하면 연결된 모든 수집기가 서버로 접속되며 각 수집기는 자신이 담당하는 모든 디바이스(센서 모듈)의 정보를 Java로 개발된 그림 6의 WEPS 서버에 전달하게 된다. WEPS 서버는 해당 정보가 데이터베이스의 기존 정보와 일치하는지를 검출하여 버퍼에 저장하게 된다. 접속된 정보는 계속 실시간으로 갱신되며 상태를 모니터링하게 된다. 각 수집기의 접속 유지는 UDP 통신을 통해 20초 단위로 교류하여 각 수집기와의 연결 상태를 파악하고 60초 동안 응답 신호가 없을 경우 소켓 통신을 중단한다.

WEPS 서버는 제안하는 서비스에서 제시한 모든 지능형 스케줄러를 운영한다. 즉, 전등, 에어컨, 실외기, 가로등, 전력 검침기 등의 지능형 스케줄러가 등록된 설정값을 기준으로 실시간으로 운영되도록 로직이 구현되어 있다. 그리고 사용자 인터페이스와의 통신 유지 및 데이터 전송을 운영한다. 소켓 통신으로 TCP 포트를 통해 데이터를 접속된 사용자 인터페이스에 전달하며 UDP 포트를 이용하여 서버와 사용자 인터페이스 간의 연결을 유지한다. 제안하는 WEPS 서버 시스템의 구조는 어느 장소에서든 사용자가 사용자 인터페이스 프로그램만 설치되어 있다면 접속할 수 있는 구조로 되어 있다.

그림 6. WEPS 서버 시스템

그림 7. 데이터베이스 릴레이션 구성도

2.1.2 중앙 제어 서버를 위한 데이터베이스

데이터베이스는 My SQL 또는 Ms SQL로 구성된다. [그림 7]은 데이터베이스 릴레이션 구성도를 나타내며 다음과 같은 정보를 저장한다.

1) 설치된 모든 디바이스(수집기, 센서 모듈)의 기준 정보를 저장한다. 2) 관리자 정보와 권한 정보를 저장한다. 3) 전등, 에어컨, 가로등, 검침기(Peak 관리)에 대한 스케줄러 기준 정보를 저장한다. 4) 검침기에서 추출된 전력량 데이터를 저장한다. 5) 모든 센서 모듈에서 발생하는 이벤트에 대한 로그 데이터를 저장한다.

2.1.3 디바이스 장치 구성

제안하는 지능형 절전 관리 시스템의 디바이스 구성은 제한된 영역에 설치된 센서 모듈의 데이터를 수집하기 위한 라우터 모듈 그리고 에어컨, 전등, 검침기 센서 모듈과 RF 신호를 이용하여 움직임을 감지하는 인체감지 센서 모듈로 구성된다. 모든 디바이스는 무선 네트워크 통신을 하며 Zigbee 표준에서 제정된 라우팅 알고리즘인 트리 라우팅 기법을 통해 네트워크 및 주소 할당을 가능하게 한다. 디바이스와 수집기는 무선통신으로 구축되며 수집기와 서버 통신은 유선으로 연결되도록 구성된다. [표 5]는 제안하는 시스템에서 사용하는 디바이스 스펙을 보여준다.

표 5. 디바이스 스펙

Coordinator	
·Function: collecting data ·Power: 6[Vdc], over 300[mA] ·Freq.badn: 2.405~2.480GHz
Aircon Controller	
·aircon control & data transmission ·Power: 90~240[Vac] ·Freq.badn: 2.405~2.480GHz
Light Controller	
·expanding the transmission range ·Power: 90~240[Vac] ·Freq.badn: 2.405~2.480GHz
RF Human Motion Sensor	
·Specialty: RF motion detector ·Power: 90~240[Vac] ·Freq.badn: 2.405~2.480GHz

IV. 구현 및 예제

본 논문에서 제안하는 절전관리 시스템은 윈도우 XP 및 윈도우 2003 서버 환경에서 JDK 1.5.7, JRE 1.5.7 버전을 기반으로 운영 서버가 개발되었으며 데이터베이스 관리 시스템은 My SQL Server 5.0 버전을 사용하여 MySQL Connector 5.0.4 버전을 이용하여 구현되었다. 절전관리 시스템은 윈도우 기반 응용 프로그램으로 Visual C++ 6.0 (MFC)을 사용하여 개발되었다.

1. 응용 프로그램 구성

UI 서버 프로그램 구조는 [그림 8]과 같이 크게 네트워크 클라이언트 UI와 연결되는 부분과 TCP/IP 모듈과 통신하는 2부분으로 구분된다. 프로그램의 메인 모듈에 해당하는 WEPSManageServer는 WEPSManageInf를 구현하여 코디네이터로부터 올라오는 이벤트에 대한 처리를 담당한다. 그리고 UIClient로부터 접속 요청에 대한 처리를 담당한다. 각각의 접속 요청에 따라서 UIClient의 처리를 담당하는 ClientHandler를 구동하게 된다. 그리고 ClientHandler가 데이터베이스에 접근할 수 있도록 동기화된 형태의 메시지를 제공하는 DB handle을 구동한다. UI와 연동되는 부분의 마지

막 부분에 해당하는 KeepAliveHandler는 UI 클라이언트의 접속 유지 관리를 담당한다. 주기적으로 UDP 패킷을 전송하여 TCP로 연결된 UI 클라이언트의 접속 상태를 체크해서 관리한다.

그림 8. UI 서버 프로그램 구조

[그림 9]는 관리자에게 제공되는 절전 관리 시스템의 UI를 보여준다. 실시간으로 데이터를 제공함으로써 현재 상태를 쉽게 파악 할 수 있는 기능을 제공하며, 설치된 장소, 설치된 모든 전자 및 전기 기기(전등, 에어컨, 실외기, 가로등, 검침기) 센서 모듈에 대한 리스트를 제공하여 모니터링 할 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 건물 단위로 온도 설정 및 스케줄러 설정 기능을 제공하여 관리자에 의해 운영될 수 있도록 기능을 제공한다. 또한, 실시간으로 전달되는 모든 데이터에 대해 로그를 저장함으로써 분석 할 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 이상 발생 시 경고 표시에 의해 관리자에게 알림 기능을 제공함으로써 즉시 조치를 취할 수 있도록 한다.

그림 9. 절전관리 유저 인터페이스

2. 제품 별 응용 프로그램

제안하는 시스템은 전등, 에어컨 및 실외기, 가로등, 검침기 모듈로 구성되어 있다. 중앙 제어를 위한 응용 프로그램 또한 모든 모듈을 제어하는 통합 시스템과 각 모듈을 제어하는 시스템으로 구성될 수 있다.

전등 중앙 제어 시스템은 개별 및 그룹별 전등 제어와 전등 시간 스케줄러, 전력 검침 데이터 등을 제공한다. 에어컨 중앙 제어 시스템은 개별 및 그룹별 에어컨 제어와 실외기 시간 스케줄러(절전을 적용), 에어컨 시간 스케줄러, 에어컨 중앙 온도 제어 등을 제공한다. 가로등 중앙 제어 시스템은 가로등 개별 제어와 가로등 일출, 일몰 시간 스케줄러, 격등 제어 스케줄러 등을 제공한다. 한 예로, [그림 10]과 [그림 11]은 본 논문에서 개발된 전등 중앙 제어 모듈 응용 프로그램과 가로등 중앙 제어 응용 프로그램을 보여준다.

그림 10. 전등 중앙 제어

그림 11. 가로등 중앙 제어

3. 기능 별 응용 프로그램

본 논문에서 제안하는 각 스케줄러를 관리자에 의해 설정할 수 있는 기능을 제공한다. 대형 건축물을 대상으로 하는 시스템으로 관리자가 사용하기 쉽고 관리하기 쉽도록 설정 기능을 구성한다.

[그림 12]에서는 가로등의 일출 일몰 시간 스케줄러를 설정하는 기능을 제공한다. 1년 365일 일 단위 또는 주 단위로 일출, 일몰 시간을 설정하여 데이터베이스에 저장하게 되고 서버에서 저장된 데이터를 이용하여 현재 시간대에 맞는 일출, 일몰 시간을 이용하여 운영된다. 또한, 1년 일출, 일몰 시간 스케줄러를 월 별로 볼 수 있으며 상황에 따라 해당 날짜의 시간을 관리자에 의해 변경하여 적용할 수 있다.

[그림 13]은 에어컨 시간 스케줄러와 온도 설정 화면을 보여준다. 중앙에서 건물 별로 온도를 일정하게 설정할 수 있으며 실외기 절전률 스케줄러는 시간 대 별로 절전률(%)을 적용하여 사람이 불편하지 않을 정도로 실외기를 운영하여 전력 낭비를 줄일 수 있다. 각 절전률 및 설정된 온도는 데이터베이스와 각 모듈의 메모리에 저장되어 자동으로 운영된다.

그림 12. 가로등 일출 및 일몰 시간 스케줄러

그림 13. 에어컨 시간 및 온도 스케줄러

V. 결론

본 논문에서는 널리 상용화된 RFID/USN 기술을 이용하여 에너지 소비를 많이 하는 현 시대에 에너지 절감 효과를 얻기 위한 절전 관리 시스템을 제안했다. 제안하는 시스템은 인체 감지에 의해 전기 제품을 제어하고 모니터링하며 스케줄러를 통한 자동 제어를 통해 사용자의 편리성과 에너지 절감 효과를 얻을 수 있는 기능 제공한다. 또한 무선 네트워크를 사용하는 모듈은 어느 건물에도 설치가 용이하고 비용이 저렴하여 환경에 제약을 받지 않는다는 장점이 있다. [그림 14]는 각 모듈이 설치된 사이트이다. 실제 여러 사이트에 절전 관리 시스템을 적용하여 운영하고 있으며 절전 효과를 얻을 수 있었다. 절전 효과를 산정하는 방식은 해당 달과 전달의 전력 사용량을 비교하고 해당 년도의 달과 지난 년도의 동일한 달에 사용한 전력 사용량을 비교하여 산출한다. 이 외에도 실제 에어컨, 전등, 가로등의 ON / OFF 이벤트를 데이터베이스에 저장함으로써 실제 ON 되어 있었던 시간, 실제 OFF 되어 있던 시간을 계산하여 산출한다. 이렇게 데이터를 이용하여 전년 대비 같은 달의 전력 사용량을 비교 분석한 결과 운영상에 있어 적게는 10%에서 많게는 30%까지의 절전 효과를 얻을 수 있었다. [그림 15]는 실제 시스템 적용 후 계산된 한 사이트에 대한 절전률을 나타낸다.

그림 14. 모듈 설치 운영 상황

구분	소프트웨어지원센터		
	깨진시간	총시간	절전율
01월 15일	01-12 18:35:30	02-08 17:38:39	32.15%
01월 16일	01-13 00:02:12	02-08 17:48:58	32.71%
01월 17일	01-15 16:47:44	02-08 17:54:42	39.50%
01월 18일	01-14 10:49:44	02-08 17:03:14	36.39%
01월 19일	01-11 21:00:46	02-08 18:05:59	29.87%
01월 20일	01-13 03:28:17	02-08 17:32:26	33.06%
01월 21일	01-14 01:33:47	02-08 18:14:19	35.38%
01월 22일	01-09 04:55:46	01-26 04:20:12	35.16%
01월 23일	01-05 17:50:29	01-20 12:11:11	28.01%
01월 24일	01-13 11:11:48	02-08 18:01:21	33.88%
01월 25일	01-14 18:26:42	02-08 17:37:24	37.17%
01월 26일	01-14 07:48:01	02-08 17:07:00	36.07%
01월 27일	01-12 23:39:21	02-08 17:40:44	32.68%
01월 28일	01-11 05:16:03	02-08 18:18:26	28.22%
01월 29일	01-12 10:54:57	02-08 17:43:56	31.34%
01월 30일	01-13 08:22:43	02-08 18:14:38	33.57%
01월 31일	01-15 08:02:07	02-08 17:31:32	38.60%
02월 01일	01-15 15:45:40	02-08 17:42:07	39.40%
02월 02일	01-13 04:11:35	02-08 17:35:59	33.16%
02월 03일	01-13 20:53:58	02-08 17:01:04	34.93%
02월 04일	01-13 14:45:58	02-08 18:00:47	34.25%
02월 05일	01-14 08:05:20	02-06 18:07:22	37.97%
02월 06일	01-15 16:13:27	02-08 17:52:09	39.44%
02월 07일	01-18 07:19:11	02-08 17:30:53	46.07%
02월 08일	01-17 15:49:48	02-08 17:40:31	44.44%
02월 09일	01-13 21:40:08	02-08 17:48:05	34.98%
02월 10일	01-14 09:59:28	02-08 17:49:23	36.27%
02월 11일	01-14 16:33:31	02-08 17:44:47	36.97%
02월 12일	01-13 20:25:00	02-08 17:38:11	34.86%
02월 13일	01-11 07:45:09	02-08 18:23:13	28.47%
02월 14일	01-18 05:29:51	02-08 17:20:56	45.89%
02월 15일	01-17 03:36:30	02-08 17:39:44	43.16%
총 합	03-18 17:20:30	05-20 20:59:51	35.87%

그림 15. 시스템 적용 후 산출된 절전률

참 고 문 헌

- [1] 김창환, USN 개념 및 최근 동향분석, 전자부품연구회 전자정보센터, 2004.
- [2] 김상덕, 박성수, "유비쿼터스 환경에서의 WPAN 응용 서비스", 정보통신 기술, 제18권, 제2호, pp.17-36, 2004.
- [3] 이재현, USN 기술동향, IITA 주간 기술동향, 통

권1165호, 2004.

- [4] (주)엘릭스, *u-City 응용서비스 모델 연구*, 한국정보사회진흥원, 2005.
- [5] B.Magnus, L. Anders, B.Erik, and E.Henrik, "Distributed User Interfaces for Clinical Ubiquitous Computing Applications," J. of Medical Informations, Vol.74, pp.545-551, 2005.
- [6] 김명화, 손병락. "RFID/USN 기반 농산물 이력관리 시스템", 한국정보과학회, pp.322-330, 2009.
- [7] <http://www.joas.co.kr/default/default.asp>

저 자 소 개

정 규 석(Kyu-Seuck Jeong)

정회원

- 2003년 2월 : 충북대학교 정보통신공학(공학사)
- 2003년 4월 ~ 2006년 9월 : 하이드스 MES 시스템 담당
- 2006년 10월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 선임연구원
- 2008년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사과정
- <관심분야> : 데이터베이스, 무선 통신, 소프트웨어

최 성 철(Sung-Chul Choi)

정회원

- 2006년 2월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (공학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오정보기술 연구센터 선임연구원, 충북대학교 전파공학과 석사과정
- <관심분야> : USN, WSN, Adhoc, VoIP

정 우 정(Woo-Jeong Jeong)

준회원

- 2007년 2월 : 연세대학교 기계전자공학부(공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 주임연구원, 충북대학교 정보산업공학과 석사과정
- <관심분야> : USN, WSN, Adhoc, VoIP

김 태 호(Tae-Ho Kim)

정회원

- 2004년 2월 : 충주대학교 제어계측학과(공학사)
- 2006년 2월 : 충북대학교 제어계측 공학과(공학석사)
- 2005년 12월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 선임 연구원.
- <관심분야> : 이동, 위성통신 시스템, 무선 통신

김 중 현(Jong-Heon Kim)

정회원

- 1997년 2월 : 충북대학교 전파공학과 (공학사)
- 1999년 2월 : 충북대학교 대학원 전파공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 충북대학교 대학원 전파공학과(박사수료)
- 2005년 1월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 책임연구원
- <관심분야> : USN, 무선통신 시스템, VoIP, DSP

서 동 민(Dong-Min Seo)

정회원

- 2002년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2004년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2008년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술원 전산학과 연수

연구원

<관심분야> : 데이터베이스 시스템, XML, 이동 객체
데이터베이스, 시공간 색인구조

박 용 훈(Yong-Hun Park)

정회원

- 2005년 2월 : 호원대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2007년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> : 데이터베이스 시스템, 백업 시스템, 이동 객체 데이터베이스, 시공간 색인구조

유 재 수(Jae-Soo Yoo)

중신회원

- 1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1991년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

- 1995년 3월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과 전임강사
- 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

<관심분야> : 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 데이터베이스 분산 객체 컴퓨팅, 센서 네트워크