

전력 관리 시스템의 장치 데이터베이스 자동 구축 및 장치 식별 알고리즘 설계

Design for Automatic Building of a Device Database and Device Identification Algorithm in Power Management System

홍석일* · 최광순** · 홍지만†

Sukil Hong, Kwang-Soon Choi, and Jiman Hong†

*충실대학교 컴퓨터학부, **전자부품연구원

† School of Computer Science and Engineering, Soongsil University

요 약

본 논문에서는 가전기기의 전력소비 정보를 이용하여 가전기기별 특성을 추출하고 이를 이용하여 데이터베이스의 자동 구축 및 구축된 데이터베이스로부터 입력되는 특성 정보에 해당하는 가전기기를 식별할 수 있는 알고리즘을 설계하고 구현하였다. 이를 위해 가정환경에서 사용하는 가전기기들의 소비전력 상태 감시 및 전원 제어가 가능한 기존에 설계된 시스템 서버에 별도의 라이브러리를 구현하여 추가하였다. 구현된 최종 시스템은 가전기기의 소비전력을 측정하고 무선 네트워크를 이용하여 서버에게 실시간으로 데이터를 전송하는 클라이언트와 서버로 구성이 되며, 실험을 통해 특정 클라이언트에 연결된 특정 가전기기를 자동으로 식별하는 것이 가능한 것을 검증하였다.

키워드 : 장치 식별 알고리즘, 장치 특성 추출, 전력 관리 시스템, 에너지 관리 시스템, 소비전력 정보

Abstract

In this paper, an algorithm of extracting the features of home appliances and automatically building a database to identify home appliances is designed and presented. For the verification, a software library supporting this algorithm is implemented and added to an power management system server, which was already implemented to support real-time monitoring of home appliances' power consumption status and controlling their power. The implemented system consists of a system server and clients, each of which measures the power consumed by a home appliance plugged in it and transmits the information to the server in real-time over a wireless network. Through experiments, it is verified that it is possible to identify any home appliance connected to a specific client.

Key Words : Device Identification Algorithm, Device Feature Extraction, Power Management System, Energy Management System, Power Consumption Information

1. 서 론

경제 성장으로 인한 생활수준 향상으로 가정에서 사용하는 가전기기의 수요가 급증하였다[1]. 일반적으로 가정에서

사용하는 가전기기의 종류는 굉장히 다양하다. 이러한 가전기기가 증가함에 따라 가정에서 사용하는 소비전력이 급증하였고 전기료 역시 부담스러울 정도로 증가하였다. 최근에는 국가적으로 에너지가 부족한 상황을 여러 번 볼 수 있듯이 에너지 절약이 반드시 필요한 시점이 됐다.

세계적으로 가정에서 사용하는 에너지를 절약하기 위하여 많은 연구와 프로젝트가 진행 중이다. 특히 가전기기들의 소비전력을 실시간으로 감시하는 연구는 오래전부터 이루어지고 있다[2-3]. 이러한 연구의 주된 내용은 가정환경에서 사용하는 가전기기의 소비전력을 모니터링하고 해당 데이터를 기반으로 소비전력 패턴을 인식하고 에너지의 절약을 목표로 한다[4-8]. 하지만 가정환경에서 에너지 소비 절감을 위하여 사용하는 기존의 시스템은 사용자의 수동 설정 및 가전기기의 정보 입력 등을 필요로 하기 때문에 제한적이기 때문에 사용자의 개입 없이 전력 신호를 분석하여 가전기기를 식별하는 연구도 진행 중이다[9-10].

본 논문에서는 가전기기의 소비전력을 실시간으로 모니

접수일자: 2014년 3월 25일

심사(수정)일자: 2014년 6월 7일

게재확정일자 : 2014년 6월 8일

† Corresponding author

본 논문은 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국 에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20132010101850) 결과임.

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.

터링하고 전원을 제어할 뿐만 아니라 사용 중인 가전기기의 소비전력 특성을 분석하여 장치의 정보를 데이터베이스에 자동으로 추가하고 이후에 사용 중인 가전기기를 데이터베이스에서 식별하는 알고리즘을 개발하고 검증하였다.

2. 전력 관리 시스템 (PMS : Power Management System)

2.1 PMS 구성 및 동작

본 논문에서 제안하는 PMS는 그림 1과 같이 멀티탭 형태의 클라이언트와 PC기반의 GUI 서버 프로그램으로 구성되며 센서 네트워크를 통하여 데이터를 주고받는다.

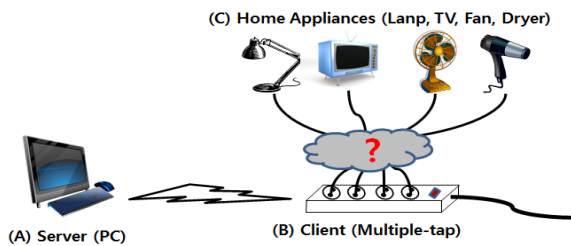


그림 1. 전력 관리 시스템 개요
Fig. 1. Overview of Power Management System

클라이언트(B)는 연결된 가전기기들(C)의 소비전력량을 측정하고 서버에 실시간으로 전송한다. 서버(A)는 클라이언트에서 보낸 가전기기의 소비전력 정보를 분석하여 해당 가전기기의 소비전력 특성을 추출함으로써 해당 장치를 데이터베이스에 저장하거나 데이터베이스에 저장되어있는 장치를 검색하여 장치를 식별한다. 하나의 서버와 다수의 클라이언트를 기반으로 이루어지고 가전기기의 소비전력을 측정할 때 사용하는 클라이언트의 전력 소비를 최대한 저

력으로 동작하기 위해 802.15.4 프로토콜을 사용하여 센서 네트워크를 구성한다[11-12].

그림 2의 좌측(A)은 전력 관리 시스템의 블록 다이어그램이다. PC기반의 서버는 GUI 애플리케이션, 장치 관리 모듈 그리고 장치 데이터베이스로 구성된다. 서버의 주요 기능은 클라이언트의 연결 요청 처리, 가전기기의 정보 관리, 가전기기의 소비전력량 모니터링, 가전기기의 전원 제어 등이다. 그리고 가전기기의 소비전력을 분석하여 특성을 추출하고 데이터베이스에 장치를 추가하거나 데이터베이스에서 장치를 식별하는 역할을 한다.

그림 2의 우측(B)은 PMS의 시퀀스 다이어그램이다. 모듈의 동작 상태(STATUS) 정보는 NONE, DEVICE_ADDITION, DEVICE_IDENTIFICATION 3가지로 구분되고 동작 상태에 따라 메인인 되는 장치특성추출 Thread가 다르게 수행한다. 장치 관리 모듈의 동작 상태(STATUS)는 GUI 애플리케이션에서 장치 관리 모듈의 API 호출을 통하여 장치 추가 또는 장치 식별을 요청함에 따라 ① ~ ④ 과정에서 변경되고 결과 값을 GUI 애플리케이션으로 반환한다. PMS의 동작 과정은 다음과 같다.

Ⓐ GUI 애플리케이션에서 장치 관리 모듈을 로딩하면 장치 관리 모듈이 시작하고 환경변수 초기화와 장치 데이터베이스 로딩을 수행한다.

Ⓑ 장치 관리 모듈의 동작 상태(STATUS)에 따라 소비전력 특성을 추출하고 데이터베이스에 장치를 추가하거나 데이터베이스에서 장치를 식별하고 파이프를 결과를 전달한다.

Ⓒ GUI 애플리케이션에서 장치 관리 모듈을 언로딩하면 환경변수와 장치 데이터베이스를 저장하고 장치 관리 모듈을 종료한다.

Ⓓ 클라이언트에서 가전기기의 소비전력을 측정하여 주기적으로 데이터를 전송한다.

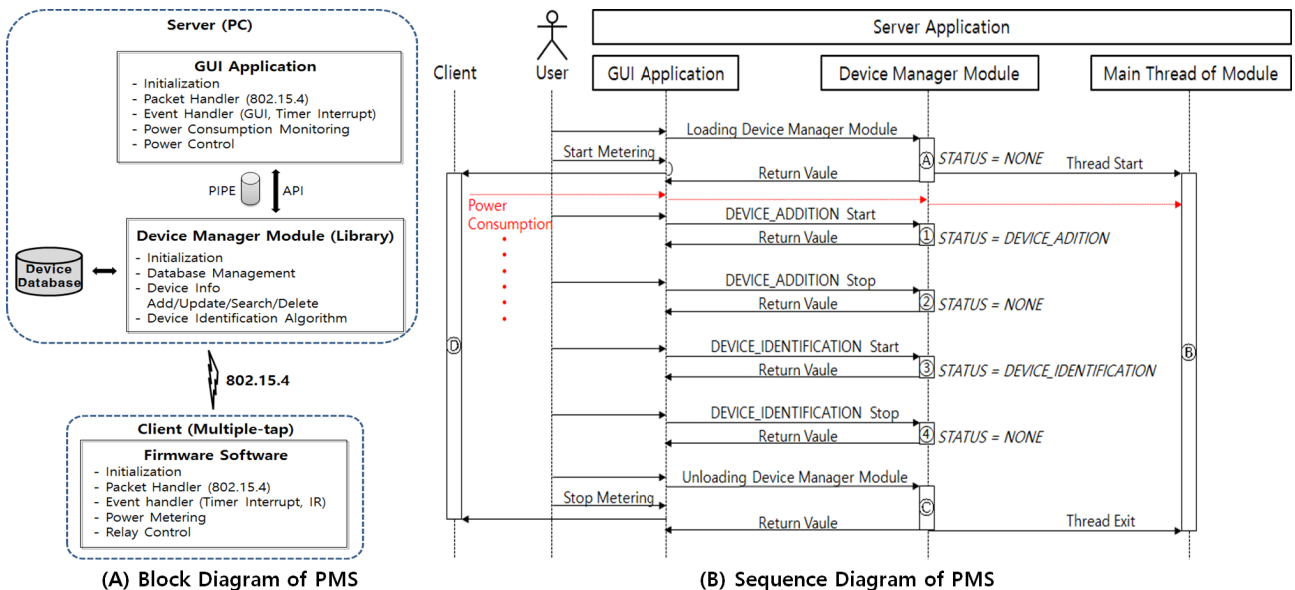


그림 2. PMS의 블록 다이어그램(A)과 시퀀스 다이어그램(B)
Fig. 2. Block diagram(A) and sequence diagram(B) of PMS



그림 3. PMS Client (멀티탭 형태)
Fig. 3. PMS Client (Multi-tap type)

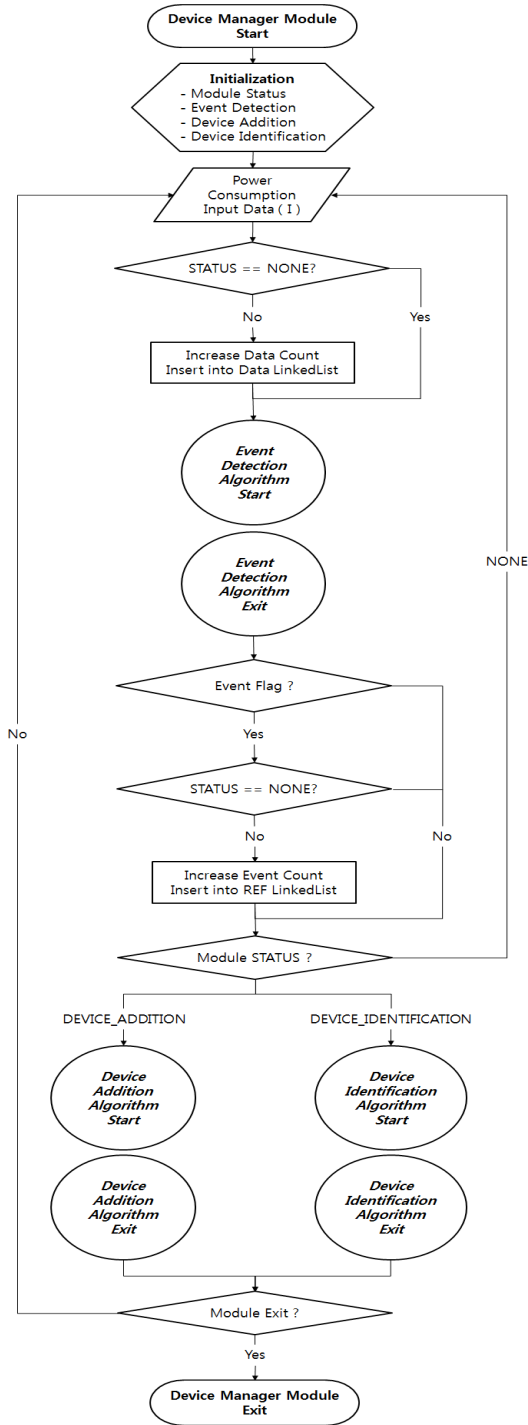


그림 4. 장치 관리 모듈 순서도
Fig. 4. Flowchart of device manager module

그림 3은 멀티탭 형태의 클라이언트로써 펌웨어 소프트웨어로 동작한다. 일반적인 멀티탭과 비슷하게 제작하였으나 무선 통신을 위한 외부 안테나 단자가 있다. 클라이언트의 주요 기능은 가전기기의 소비전력 측정, 서버와의 통신, 릴레이 제어 등이다. 또한 서버의 요청이 없어도 리모컨의 IR 신호로 클라이언트의 전원 공급/차단을 제어할 수 있다.

2.2 장치 관리 모듈

서버에서 동작하는 장치 관리 모듈은 라이브러리 형태로 구성되며, 윈도우와 리눅스 운영체제를 모두 지원하도록 OSAL(Operating System Abstraction Layer) 기반으로 구현하였다. 일반 PC의 경우 윈도우 운영체제를 많이 사용하지만 셋탑박스, 월패드 등과 같은 임베디드 장치는 리눅스 운영체제를 사용하기 때문에 호환성을 제공할 수 있다.

그림 4는 장치 관리 모듈의 동작 흐름을 보여주는 순서도이다. 장치 관리 모듈이 시작하면 초기화 과정(모듈 동작 상태, 장치 추가, 장치 식별 환경 변수 등)을 마치고 메인 Thread가 생성된다. 그리고 GUI 애플리케이션에서 전달하는 가전기기의 소비전력 값을 입력받아서 동작한다. 모듈의 동작 상태(STATUS)가 장치 추가(DEVICE_ADDITION)이거나 장치 식별(DEVICE_IDENTIFICATION)인 경우는 입력받은 소비전력 값을 데이터 리스트에 저장하고 아닌 경우에는 무시한다. 그리고 이벤트 검출 알고리즘을 통하여 이벤트 발생 여부를 확인한다. 이벤트가 발생한 경우 모듈의 동작 상태(STATUS)를 확인하여 NONE이 아닌 경우 현재 기준 값을 기준 값 리스트에 저장한다. 이때부터 장치 관리 모듈이 종료하기 전까지 모듈 동작 상태에 따라서 해당 기능을 수행한다.

3. 소비전력 특성 검출

3.1 소비전력 특성

가전기기를 데이터베이스에 저장하기 위하여 해당 가전기기의 소비전력을 분석하여 특성을 추출해야한다. 우선 장치의 상태 정보에 대하여 장치가 꺼져 있는 상태와 켜져 있는 상태 두 가지로 구분한다[13-14]. 장치가 꺼져 있는 상태의 소비전력 값은 0A이고 켜져 있는 상태는 소비전력 값은 0A보다 큰 값을 갖는다.

장치가 꺼져 있는 상태를 정지 상태라고 정의하고 장치가 켜져 있는 상태를 활동 상태라고 정의한다. 모든 가전기기는 정지 상태와 활동 상태를 갖고 정지 상태는 모두 같은 소비전력 값을 갖지만 활동 상태는 모두 다른 소비전력 값을 갖는다. 그림 5와 그림 6은 전등과 노트북의 소비전력 패턴을 그래프로 보여주고 있다. 그래프를 보면 전등과 노트북 모두 정지 상태와 활동 상태가 존재하는 것을 볼 수 있다. 또한 활동 상태는 단일 활동 상태와 다중 활동 상태로 나눌 수 있다. 단일 활동 상태 장치는 활동 상태에서 비교적 일정한 소비전력 값을 가지고 있어서 일반적으로 단순히 전원을 ON/OFF 하는 형태로 하나의 소비전력 값으로 표현할 수 있다. 반면에 다중 활동 상태 장치는 활동 상태 일 때 불규칙한 소비전력 패턴을 가지며 다수의 소비전력 값을 보여주고 하나의 소비전력 값으로 표현할 수 없다. 예를 들면 그림 5의 전등은 단일 활동 상태 장치이고 그림 6의 노트북PC는 다중 활동 상태 장치로 구분할 수 있다.

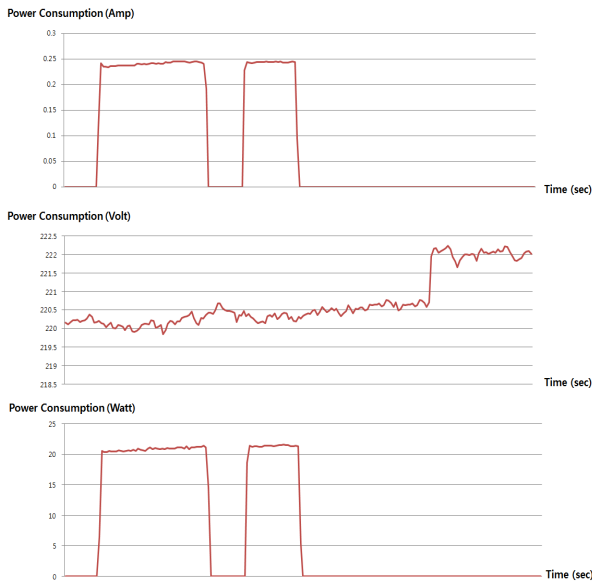


그림 5. 전등의 소비전력 패턴 (전류, 전압, 전력)
 Fig. 5. Power consumption pattern of a desk lamp (current, voltage, effective power)

마지막으로 그림 5와 그림 6의 소비전력 패턴을 보면 전류(I)와 전력(W)은 어느 정도 안정된 형태를 보여주는 반면에 전압(V)의 경우는 매우 불안정하므로 가전기기의 특성으로 사용하기에는 힘들다. 그리고 전력(W) 값은 여러 가전기기가 중복되기 쉽기 때문에 본 논문에서는 가전기기의 소비전력 패턴을 분석하기 위하여 사용하는 소비전력 정보는 전류(I) 값을 사용한다.

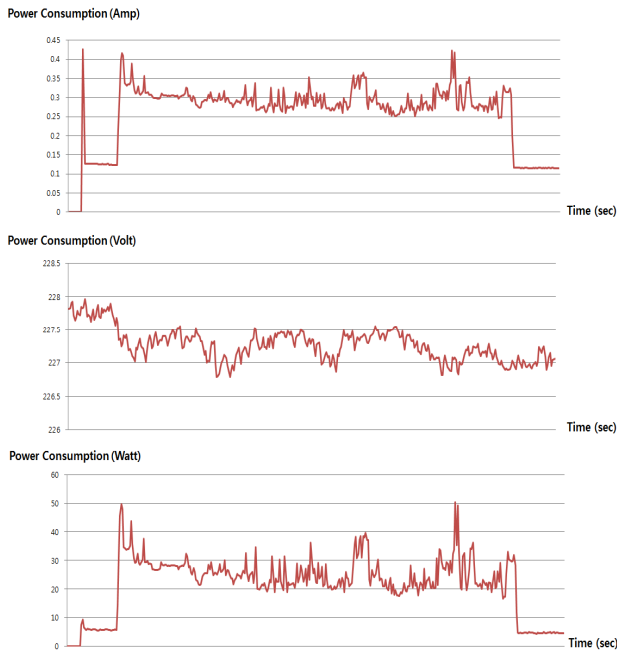


그림 6. 노트북 컴퓨터의 소비전력 패턴 (전류, 전압, 전력)
 Fig. 6. Power consumption pattern of a laptop (current, voltage, effective power)

3.2 이벤트 검출

0이 아닌 처음으로 입력되는 임의의 소비전력 값을 기준 값으로 설정하고 기준 값의 허용오차범위를 설정한다. 그림 7은 기준 값과 허용오차범위 설정을 보여주는 그래프로써 기준 값이 0으로 되어있는 경우, 처음으로 0이 아닌 다른 소비전력 값이 입력되는 순간 기준 값 허용오차범위가 정해지고 입력되는 소비전력 값이 허용오차범위를 벗어나지 않는 경우 기준에 설정되어 있는 기준 값 계속 유지된다. 만약 입력되는 소비전력 값이 기준 값 허용오차범위 안에 들어가지 않고 연속적(n)으로 허용오차범위를 벗어나는 현상을 이벤트로 정의한다. 그리고 이벤트가 발생하면 기준 값 허용오차범위를 재설정한다. 이때는 허용오차범위를 벗어난 값들 중에 마지막 입력 데이터를 새로운 기준 값 설정하고 해당 기준 값 허용오차범위를 정한다. 앞에서 허용오차범위를 벗어나는 이벤트 발생 여부는 식 (1)을 통하여 검출한다.

$$REF \times ET_{Range} < |I - REF| \quad (1)$$

식 (1)의 REF는 기준 값을 나타내고 I는 입력 데이터를 나타낸다. ET_{Range} 는 허용오차비율을 나타내며 본 논문에서는 5%로 설정하여 설계하였다.

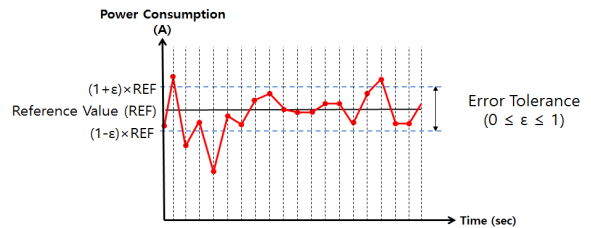


그림 7. 기준 값 허용오차범위 설정
 Fig. 7. Setup of a Reference Value and an Error Tolerance

만약 허용오차범위보다 높은 소비전력 값이 입력되어 이벤트가 발생하면 RISING 이벤트라고 부르고, 허용오차범위보다 작은 소비전력 값이 입력되어 이벤트가 발생하면 FALLING 이벤트라고 부른다. 그림 8은 이벤트 검출 알고리즘으로써 다음과 같은 단계를 거친다.

- 단계 1 : 입력된 소비전력 값이 허용오차범위 안에 들어가는지 검사한다.
- 단계 2 : 만약 입력된 소비전력 값이 허용오차범위 이하로 벗어났다면 $COUNT_{LTER}$ 변수를 증가시키고 이상으로 벗어났다면 CNT_{BTET} 변수를 증가시킨다.
- 단계 3 : $COUNT_{LTER}$ 변수 또는 CNT_{BTET} 변수 값이 MAX 값과 같은지 비교하여 같다면 이벤트 플래그 변수에 FALLING 또는 RISING 이벤트를 기록한다. (MAX 값은 5로 설정)
- 단계 4 : 이벤트 플래그 변수를 확인하여 NONE이 아니면 이벤트 발생으로 인식하고 기준 값 허용오차범위를 재설정한다.

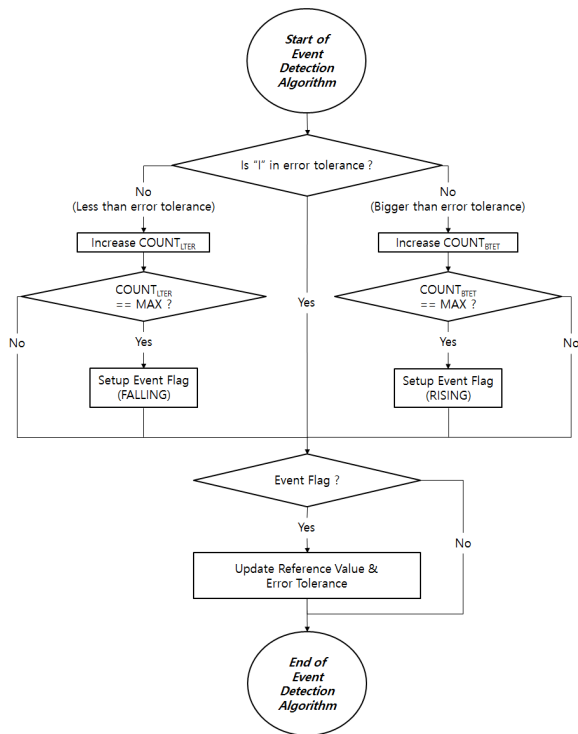


그림 8. 이벤트 검출 알고리즘
Fig. 8. Algorithm of event detection

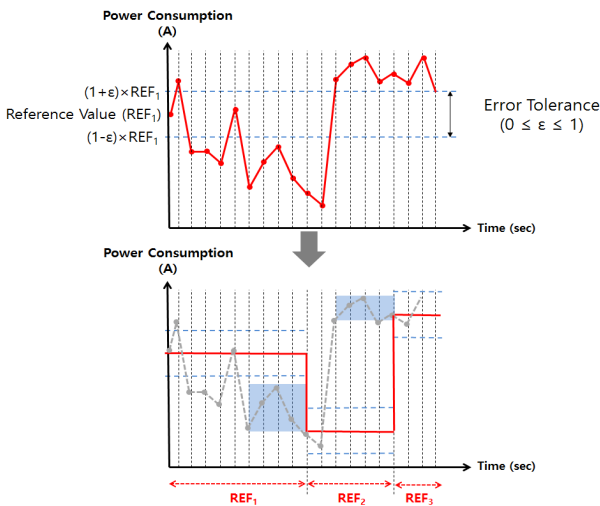


그림 9. 이벤트 발생으로 인한 기준 값 변화 (n=5 일때)
Fig. 9. Change of reference values caused by event occurrences (when n=5)

그림 9는 이벤트 발생의 예시로 기준 값 허용오차범위가 재설정되는 과정을 보여준다. 본 논문에서 이벤트의 판단기준인 연속적으로 허용오차범위를 벗어나는 횟수(n)는 5회로 가정하여 이벤트로 판단하였다. 처음 입력된 소비전력 값이 기준 값(REF₁)으로 설정된 이후 7번째부터 11번째까지 연속적으로 허용오차범위보다 낮은 소비전력 값이 입력되어

FALLING 이벤트가 발생한다. 그리고 이때 마지막으로 허용오차범위를 벗어난 11번째 값이 기준 값(REF₂)으로 설정되고 허용오차범위도 재설정된다. 또한 13번째부터 17번째 까지 허용오차범위보다 큰 소비전력 값이 입력되어 RISING 이벤트가 발생하고 17번째 값으로 기준 값(REF₃)과 허용오차범위가 재설정 된다.

4. 장치 추가 및 장치 식별 알고리즘 개발

4.1 장치 추가 알고리즘

장치 관리 모듈의 장치 추가 기능은 가전기기의 소비전력 특성을 추출하여 자동으로 장치 정보를 생성하고 장치 데이터베이스에 추가하는 것이다. 장치 정보를 생성하는 과정에서 사용자의 개입이 필요 없기 때문에 편리하고 정확하게 장치 정보를 만들 수 있다. 장치 정보가 데이터베이스에 추가되면 사용자가 원하는 이름으로 수정할 수 있다.

그림 10의 좌측(A)은 장치 추가 알고리즘으로써 장치 추가 방법은 다음과 같은 단계를 거친다.

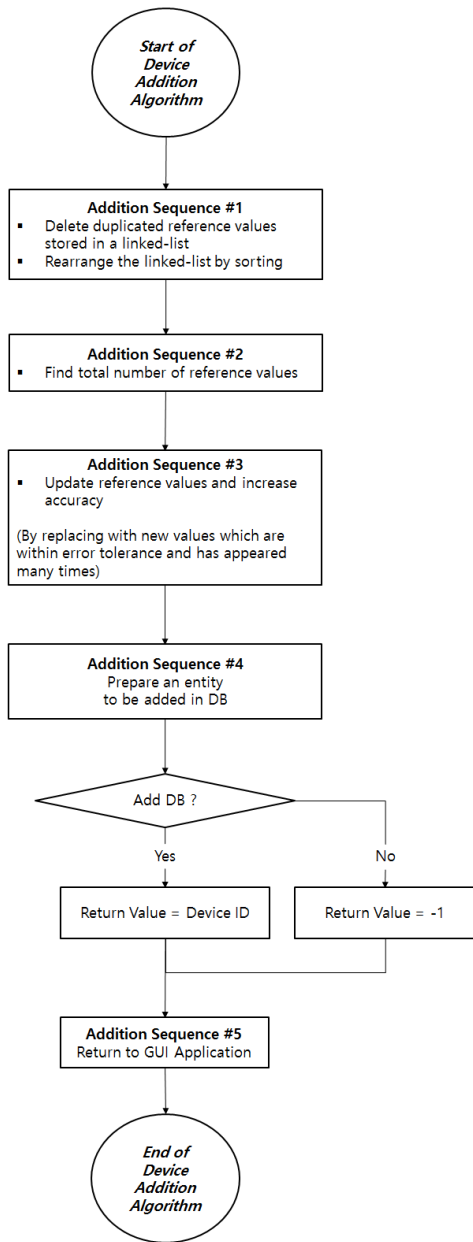
- 단계 1 : 기준 값 리스트에 저장되어 있는 모든 기준 값들을 확인하여 중복되는 기준 값들은 제거하고 오름차순으로 정렬한다.
- 단계 2 : 정렬한 기준 값 기반으로 장치의 활동 상태 단계를 결정하고 각 단계의 특성 값을 설정한다.
- 단계 3 : 데이터 리스트에 있는 값들을 확인하여 해당되는 기준 값 허용오차범위에 분배하고 가장 많은 데이터 값으로 기준 값 수정하여 기준 값 정확도를 향상한다.
- 단계 4 : 장치 정보를 생성하여 데이터베이스에 추가한다.
- 단계 5 : 데이터베이스에 장치 추가가 성공하였다면 장치 ID 값을 반환하고 실패하였다면 -1을 반환한다.

4.2 장치 식별 알고리즘

장치 관리 모듈의 장치 식별 기능은 입력되는 소비전력 값을 기반으로 장치 데이터베이스에 존재하는 장치들 가운데 일치 확률이 가장 높은 장치를 식별하는 것이다. 그림 10의 우측(B)은 장치 식별 알고리즘으로써 장치 식별 방법은 다음과 같은 단계를 거친다.

- 단계 1 : 데이터 리스트에 있는 값들을 확인하여 데이터베이스 안에 있는 장치들의 특성 값 허용오차범위 안에 해당하는 장치들을 검색하여 장치 리스트를 생성한다.
- 단계 2 : 단계 1에서 생성한 장치 리스트를 검사하여 해당하는 장치들의 일치 횟수를 증가시키고 장치들의 활동 상태 단계 체크 플래그를 설정한다.
- 단계 3 : 데이터베이스에 있는 모든 장치들 가운데 활동 상태 단계 체크 플래그가 설정된 장치들만 선택하여 리스트로 만들고, 장치 개수가 결과가 0개이거나 1개인 경우는 단계 8로 가고, 2개 이상인 경우는 단계 4로 간다.

(A) Algorithm of Device Addition



(B) Algorithm of Device Identification

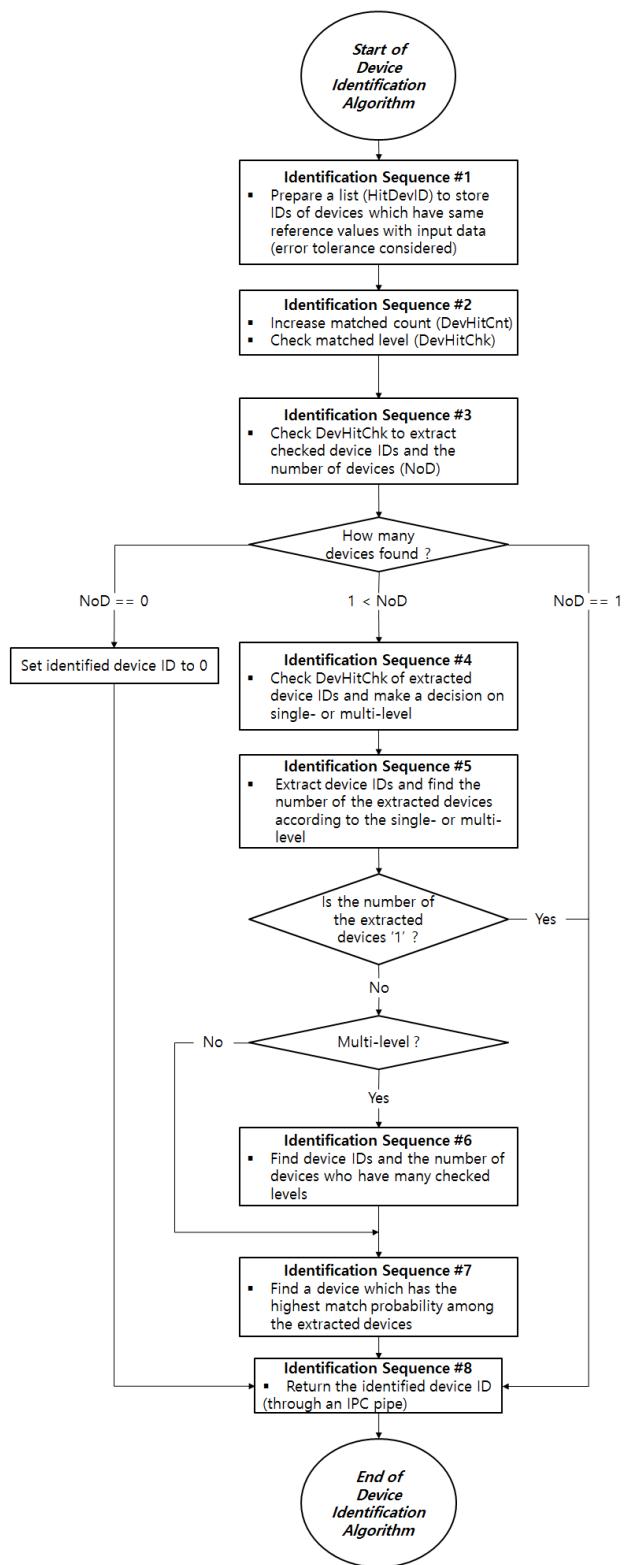


그림 10. 장치 관리 모듈의 장치 추가와 장치 식별을 위한 알고리즘

Fig. 10. Algorithm of Device Manager Module for Device Addition and Device Identification

- 단계 4 : 단계 3에서 생성한 장치 리스트를 검사하여 활동 상태 단계 플래그를 체크하고 식별하고자 하는 장치가 단일 활동 상태 장치인지 다중 활동 상태 장치인지 결정한다.
- 단계 5 : 단계4에서 결정한 활동 상태에 해당하는 장치들만 리스트로 생성한다. 결과가 1개인 경우 단계 8로 간다. 결과가 1이 아니고 단일 활동 상태인 경우는 단계 7로 가고 다중 활동 상태인 경우는 단계 6으로 간다.
- 단계 6 : 단계 5에서 생성한 장치 리스트를 검사하고 식 (3)을 이용하여 활동 상태 단계 플래그의 체크 확률 (P_1)을 계산한다.
- 단계 7 : 단계 5에서 생성한 장치 리스트를 검사하고 식 (3)을 이용하여 데이터 일치 확률(P_2)을 계산하고 최종 일치 확률은 식 (2)를 통하여 계산한다. 그 결과 일치 확률이 가장 높은 장치 ID를 반환 값으로 설정한다.
- 단계 8 : 설정된 반환 값을 GUI 애플리케이션으로 전달하고 종료한다.

$$P_{Match} = wP_1 + (1-w)P_2, \text{ where } 0 < w < 1 \quad (2)$$

$$= w \frac{N_{RefMatched}}{N_{RefTotal}} + (1-w) \frac{C_{Matched}}{C_{InputTotal}} \quad (3)$$

식 (2)의 P_{Match} 는 장치 식별 일치 확률로써 활동 상태 단계 일치 확률 P_1 과 데이터 일치 확률 P_2 을 더하여 계산한다. 그리고 P_1 과 P_2 에 가중치 w 를 곱하여 조정한다. 본 논문에서는 가중치를 0.5로 설정하였다.

식 (3)의 $N_{RefMatched}$ 는 장치의 체크된 상태 레벨 수이고 $N_{RefTotal}$ 은 장치의 총 상태 레벨 수이다. 여기서 상태 레벨이란 가전기기의 특성을 분석하여 얻은 활동 단계를 의미한다. 모든 가전기기마다 각각의 $N_{RefTotal}$ (총 상태 레벨 수)가 데이터베이스에 저장되어 있고 현재 입력되는 데이터 값을 통하여 가전기기들의 상태 레벨 값을 검사하여 오차 범위에 해당하면 체크한 값이 $N_{RefMatched}$ (체크된 상태 레벨수)이다. 그리고 $C_{Matched}$ 는 입력된 데이터가 장치의 소비전력 특성 값의 범위에 들어가 일치한 횟수이고 $C_{InputTotal}$ 은 장치 식별을 시작한 시점부터 장치 식별을 종료할 때 까지 입력된 데이터의 총 횟수이다.

5. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 시스템 및 알고리즘을 검증하기 위하여 11개의 가전기기(노트북 컴퓨터 2종, TV 2종, 선풍기, 스탠드, 블루레이 플레이어, LCD 모니터, 전자레인지, 냉장고, 정수기)를 사용하여 장치 관리 모듈로 하여금 가전기기의 소비전력 특성을 추출하여 자동으로 데이터베이스를 구축하였다.

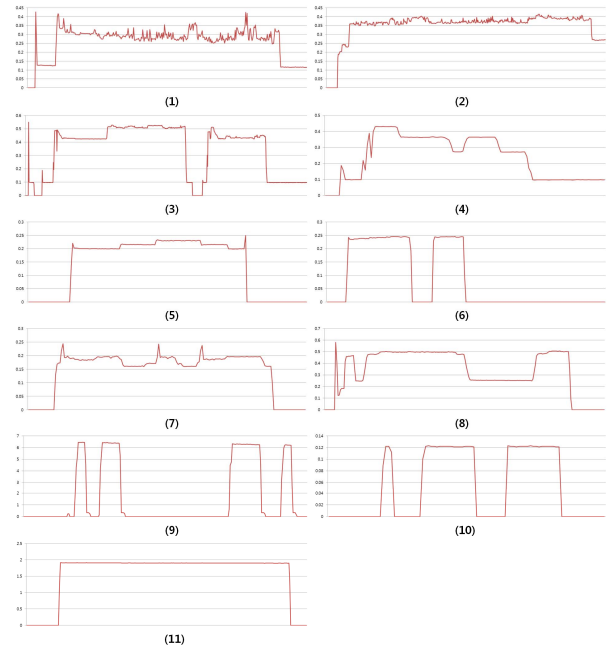


그림 11. 실험에 사용한 가전기기들의 소비전력 그래프
Fig. 11. Power consumption pattern of home appliances used for tests

그림 11은 11가지 가전기기의 소비전력 패턴 그래프로서 y축은 소비전력 값(전류)이고 x축은 시간(초)이다. 그림 11의 그림 번호는 표 1의 ID 항목과 일치하며 그림 11의 소비전력 패턴 그래프를 분석하여 표 1에서와 같이 가전기기별로 활동 상태 단계 (Active Status) 및 특성 값 정보들을 추출하였다.

표 1. 실험에 사용된 가전기기 정보 및 추출된 특성 요약
Table 1. Information on home appliances used for tests and extracted features (summarized)

ID	TYPE	MAKER	MODEL	ACTIVE STATUS (LEVEL)
1	Laptop	ASUS	N55S	Multi (8)
2	UMPC	SAMSUNG	Q1	Multi (7)
3	TV #1	LG	47G2	Multi (5)
4	TV #2	LG	42LM6100	Multi (5)
5	Electric Fan	LAMI	LM-12G	Multi (3)
6	Desk Lamp	SAMJUNG	SS-408	Single (1)
7	Bluray Player	LG	BD390	Multi (4)
8	LCD Monitor	LG	M2762D	Multi (5)
9	Microwave Oven	SAMSUNG	RE-C20DV	Multi (3)
10	Refrigerator	LG	R-B144GD	Single (1)
11	Water Purifier	CLOVER	B10A	Single (1)

그림 12는 임의의 실험자로 하여금 위의 11개의 가전기 기중 임의로 하나를 선택하여 클라이언트에 연결하고 임의 로 동작하게끔 하였을 때, 서버에서 장치 식별 알고리즘을 수행한 결과 그래프이다. 실험자의 시간(x축)에 따른 임의 의 조작에 의해 일치 확률(y축)이 각각 증가하고 있는 상태 를 보여준다.

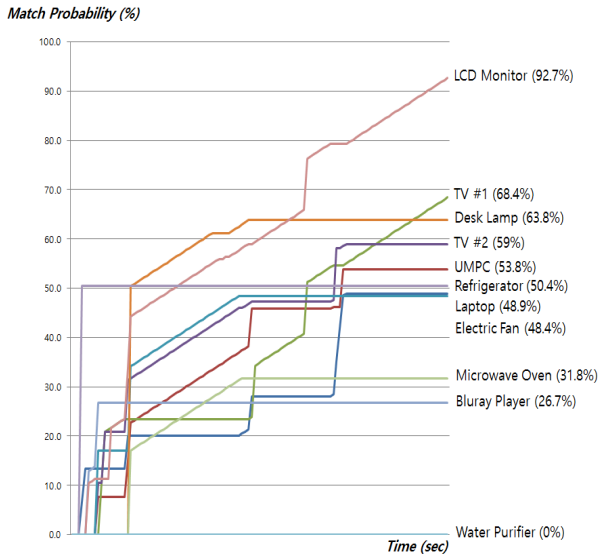


그림 12. 장치 식별 실험 결과 예
 Fig. 12. An example of device identification result

가전기기를 식별하는 일치 확률은 클라이언트에서부터 전달되는 소비전력 데이터를 입력받아 앞에서 언급한 장치 식별 알고리즘을 통하여 계산한다. 예를 들어 위의 모니터 의 경우 5개의 활동 레벨이 존재하며 해당 레벨의 유효 범 위에 맞는 경우 $N_{RefMatched}$ (체크된 상태 레벨수)를 체크하고 체크된 상태 레벨이 하나씩 늘어날 때마다 $1/5 * w$ 씩 일 치 확률이 증가하고, 주기적으로 들어오는 데이터는 $C_{Matched}$ 를 체크하여 $1/입력된 총 데이터 * (1-w)$ 씩 확률을 증가 하여 계산한다. 이 실험의 경우 실험자가 가전기기를 사용 하기 시작할 때부터 알고리즘을 시작하고 특정 가전기기의 일치 확률이 90% 이상이 될 때 자동으로 알고리즘을 종료 하였다. 이때 장치 식별 결과로 LCD 모니터를 결정한 것이 다. 수십여 차례의 실험 결과를 통하여 90% 이상의 식별 성공률을 확인할 수 있었다. 가전기기의 최종 일치 확률은 상태 레벨과 소비전력 데이터 두 가지를 기반으로 판단하며 입력되는 데이터를 통하여 계산한다. 만약 사용자의 성향에 따라 가전기기 동작을 자주 변경하거나 변경하지 않을 경우 체크되는 상태 레벨의 수가 달라지고 시간 및 정확도가 달 라질 수 있기 때문에, 실험에 참여하는 실험자에 따라 동일 기기라 할지라도 식별까지 걸리는 시간 및 일치 확률은 각 각 다를 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 가전기기의 소비전력 특성을 추출하여 자 동으로 데이터베이스를 구축하고 데이터베이스의 자료를

기반으로 장치를 식별하는 알고리즘을 제안하였다. 11가지 의 가전기기를 통하여 수십 차례 실험한 결과 약 90% 이상 장치를 식별하는데 성공하였다. 하지만 향후 데이터베이스 에 다양한 제조사의 다양한 종류의 장치 목록이 추가되면 현재의 장치 식별 성공률의 보장이 어려울 수도 있기 때문 에, 본 논문에서 사용한 소비전력 특성 값 이외에 다양한 장치 특성 값을 추출하여 데이터베이스로 추가하고, 알고리 즘의 개선을 통해 다양한 가전기기에 대해서도 자동식별 정 확도를 향상시킬 예정이다.

향후 가전기기 자동식별 기능은 전력 관리 시스템 또는 에너지 관리 시스템에서 사용자의 편의기능 향상을 위해 기 본적인 기능으로 예상이 되고 있는바, 이와 관련한 다양한 연구가 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] Korea Power Exchange, *Survey on Electricity Consumption Characters of Home Appliances*, 2009.
- [2] Hart, George William, "Nonintrusive appliance load monitoring.", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 80, No. 12, pp. 1870-1891. 1992.
- [3] Norford, Leslie K., and Steven B. Leeb., "Non-intrusive electrical load monitoring in commercial buildings based on steady-state and transient load-detection algorithms." *Energy and Buildings* Vol. 24, No. 1, pp.51-64. 1996.
- [4] Matthews, H. Scott, et al. "Automatically disaggregating the total electrical load in residential buildings: a profile of the required solution." *Intelligent Computing in Engineering (ICE08) Proceedings* pp. 381-389. July 2008.
- [5] SW Park, JS Kim, SJ Lim, SH Hwangbo, JI Son, IY Lee, and BH Wang, "A Study on Electric Power Monitoring System per Appliance", *Journal of The Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 20, No. 5, pp. 638-644, 2010.
- [6] Bergman, D. C., Jin, D., Juen, J. P., Tanaka, N., Gunter, C. A., & Wright, A. K., "Distributed non-intrusive load monitoring." *In Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2011 IEEE PES*, pp. 1-8. Jan. 2011.
- [7] Ju, S. H., Lim, Y. H., Choi, M. S., Baek, J. M., & Lee, S. Y., "An efficient home energy management system based on automatic meter reading.", *In Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2011 IEEE International Symposium on*, pp. 479-484, 2011.
- [8] Bergman, D. C., Jin, D., Juen, J. P., Tanaka, N., Gunter, C. A., & Wright, A. K., "Distributed non-intrusive load monitoring." *In Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2011 IEEE PES*, pp. 1-8. 2011.
- [9] S.W. Park, J.S. Seo, B.H. Wang, "Development of Home Electrical Power Monitoring System and Device Identification Algorithm", *Journal of The Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 21, No. 4, pp. 407-413, 2011.

[10] Reinhardt, A., Baumann, P., Burgstahler, D., Hollick, M., Chonov, H., Werner, M., & Steinmetz, R., "On the accuracy of appliance identification based on distributed load metering data.", *In Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT) 2012*, pp. 1-9, IEEE. 2012.

[11] G. Lu, B. Krishnamachari, C.S. Raghavendra, "Performance evaluation of the IEEE 802.15.4 MAC for low-rate low-power wireless networks," *Performance, Computing, and Communications, 2004 IEEE International Conference*, pp.701-706, 2004.

[12] Reinhardt, A., Burkhardt, D., Mogre, P. S., Zaheer, M., & Steinmetz, R., "Smartmeter. kom: A low-cost wireless sensor for distributed power metering.", *In Local Computer Networks (LCN), 2011 IEEE 36th Conference on*, pp. 1032-1039. IEEE. 2011.

[13] Bijker, A. J., Xia, X., & Zhang, J., "Active power residential non-intrusive appliance load monitoring system.", *In AFRICON, 2009. AFRICON'09*, pp. 1-6. IEEE. 2009.

[14] Sukil Hong, Jiman Hong, "SPRS : Stanby Power Reduction System for an Efficient Power Management," *An International Interdisciplinary Journal*, Vol. 15, No. 7, pp. 2673-2683, July, 2012.

관심분야 : Embedded System, System Software, Smart Grid
 Phone : +82-2-821-8864
 E-mail : hongasukil@gmail.com



최광순(Kwang-Soon Choi)
 1996년 : 홍익대학교 전자공학과 공학사
 1998년 : 홍익대학교 전자공학과 공학석사
 2010년~현재 : 홍익대학교 전자정보통신 대학원 박사과정
 2001년~현재 : 전자부품연구원 책임연구원
 2009년~현재 : IEC TC 100 TA 4 국제간사

관심분야 : HEMS(BEMS), 마이크로그리스, 홈네트워크, 실감미디어, 국제표준
 Phone : +82-2-6388-6694
 E-mail : lenon@keti.re.kr



홍지만(Jimang Hong)
 1994년 : 고려대학교 컴퓨터공학과 공학사
 1997년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 공학석사
 2003년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 공학박사
 2007년~현재 : 숭실대학교 컴퓨터학과 교수

관심분야 : System Software, Embedded System
 Phone : +82-2-828-7168
 E-mail : jiman@ssu.ac.kr

저 자 소 개



홍석일(Sukil Hong)
 2007년 : 광운대학교 컴퓨터공학부 공학사
 2009년 : 숭실대학교 컴퓨터학과 공학석사
 2009년~현재 : 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정
 2006년~현재 : 전자부품연구원 위촉연구원