

기기별 전력 모니터링 시스템 개발에 관한 연구

A Study on Electric Power Monitoring System per Appliance

박성욱* · 김종식* · 임수진* · 황보세희* · 손준익* · 이인용** · 왕보현*

Sung-Wook Park, JongShick Kim, Su Jin Lim, Seahee Hwangbo, Joon Ik Son, In-Yong Lee and Bo-Hyeun Wang

* 강릉원주대학교 전자공학과

** (주)브이엠텔

요 약

본 연구에서는 일반 가정에서 Smart Grid를 통하여 누릴 수 있는 서비스를 발굴하고, 이러한 서비스를 구현할 수 있는 기기별 전력 모니터링 시스템을 구현하였으며, 모니터링한 데이터를 분석하였다. 기기별 전력 사용현황을 수집하고 이를 분석함으로써, 모니터링 시스템에 표시되고 있는 전력사용현황이 어떤 기기의 전력사용현황인지 사전에 정의된 프로토콜 없이 알 수 있다. 나아가서 전력 절감 방법 제시, 지능적인 대기전력 차단 및 복구, 기기의 이상여부 감지와 같은 서비스를 구현할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 이러한 시나리오의 실현 가능성을 점검하기 위해 기기별 전력 모니터링 시스템을 개발하여 가정 내 전력소비의 대부분을 차지하는 냉장고, 전기밥솥, TV, 세탁기 샘플에 대하여 전력소비패턴을 수집하여 database화 하였다. 또한 이 database를 분석하여 제시한 서비스들을 구현하는데 필요한 기본 기능인 기기식별이 전력사용 패턴분석을 통하여 가능함을 보였다.

키워드 : Smart Grid, 사용자 서비스, 장치별 전력 모니터링 시스템, 전력사용패턴

Abstract

This paper presents ideas of service scenarios for home residents using electric power monitoring system per appliance, the implementation of the monitoring system, and analysis of acquired electric power usage pattern. By acquiring and analyzing electric power usage pattern, home residents can get information of power usage pattern of every legacy (non-Demand Response-ready) appliance. Further they can get pieces of recommendation how to reduce energy consumption, intelligent standby power blocking service, and alarming service to abnormality of appliances. In order to check the feasibility of the ideas, a system that can acquire electric power pattern per appliance is implemented, and electric power pattern of some appliances are stored to a database and it was analyzed to show if auto-identification of a type of a device is possible, which is a basic required function for the scenarios presented.

Key Words : Smart Grid, Service Scenario for home residents, Electric Power Monitoring System per Device, Electricity usage pattern

1. 서 론

전기 에너지를 안정적이고 효율적으로 사용하기 위한 노력이 Smart Grid라는 이름으로 전 세계적으로 진행되고 있다. Smart Grid란 기존 전력망에 IT기술을 접목하여 효율적으로 전력을 생산, 전송, 배분, 소비하는 시스템이라고 할 수 있는데[1], 이 중에서도 전력 공급자와 소비자가 실시간으로 전력에 대한 정보를 교환하면서 에너지 사용 시간을 변경하고 에너지 사용량을 감소할 수 있는 AMI (Advanced Metering Infrastructure)는 Smart Grid의 주

요한 기술로 주목받고 있다[1][2][3][4].

본 연구는 지금까지 AMI의 응용 서비스로 언급되어 온 수요반응관리 (demand response), 정전감시 (outage detection), 도전감지 (tamper/theft detection)[5] 등은 전력 공급자의 관점에서 필요한 전력망의 안정성 확보와 관리의 편의성을 제공하지만, 소비자가 그 서비스의 필요성을 공감하기에는 미흡하다는 인식에서 출발하였다[6]. AMI의 보급을 위해서는 소비자에게 보다 가치 있는 서비스를 발굴할 필요가 있으며, 이를 위해서는 가정 전체의 전력사용정보 뿐만 아니라 가전기기별로 소비하는 전력사용정보를 관찰하고 고찰하는 등 정보를 보다 세밀하게 확보하고 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 가전 기기별 전력사용정보를 이용하여 사용자에게 제시할 수 있는 시나리오를 발굴하고, 이러한 시나리오를 가능하게 해 줄 전력모니터링 시스템을 구현하였다. 전력 모니터링 시스템은 가전기기별로 일정한 시간마다 주기적으로 전력 사용량, 전압과 전류의 위상차 정보를

접수일자 : 2010년 7월 9일

완료일자 : 2010년 9월 13일

감사의 글 : 본 결과물은 교육과학기술부·지식경제부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

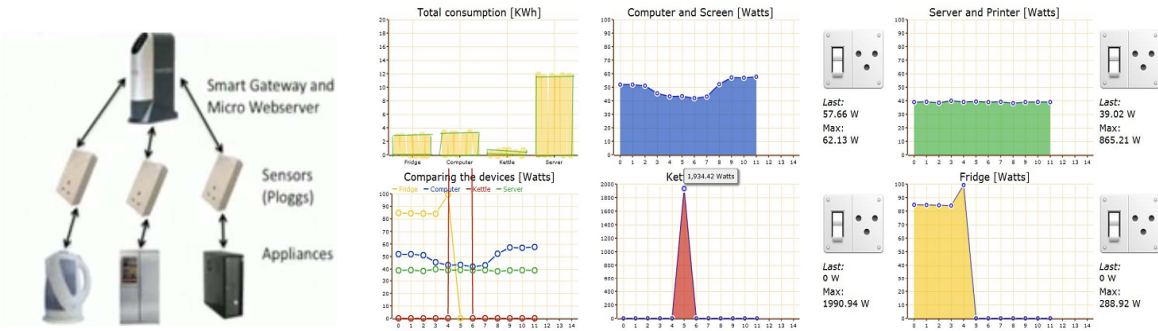


그림 1. SAP의 Home Energy Monitoring System
Fig. 1. Home Energy Monitoring System of SAP

측정하여 데이터베이스화하고 이를 모니터로 출력한다. 또한 데이터베이스화된 정보를 분석하여 본 연구에서 제시한 사용자 시나리오의 기본 기능이 실현 가능함을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 도출한 사용자 시나리오와 이 시나리오를 구현할 시스템이 어떤 구성을 가져야하는지에 대해서 기술하였다. 3장에서는 도출된 시스템이 실제 어떻게 구현되었는지 그리고 구현된 시스템으로 수집한 데이터가 어떤 패턴을 보이는지 분석하였다. 마지막으로 4장에서는 연구내용을 정리하였다.

2. 전력 모니터링 시스템 설계

2.1 사용자 시나리오 도출

전력모니터링 시스템을 설계하기 전에 먼저 일반 사용자 즉, 저 전력 수용가에게 가치가 있다고 말할 수 있는 서비스의 현황을 살펴보고, 본 연구에서 발굴한 서비스에 대해서 기술하고자 한다.

국내에서는 한국전력공사가 독거노인 가정의 전기 사용량을 살펴, 일정기간 동안 변동이 없으면 자동으로 사회복지사나 친지에 알려주는 서비스를 2009년 시범 실시하였다. 이 서비스는 전력사용정보를 바탕으로 생활패턴을 학습한 후, 이 생활패턴의 변화를 감지하여 보고하는 서비스이다. 이 서비스를 구현하기 위해서 수용가 가정 전체의 전력사용패턴을 분석하는 과정이 필요하다.

수용가 전체의 전력사용패턴을 분석하여 서비스하는 것과 달리, 최근 SAP社は 수용가 내부의 상세한 전력사용정보를 알려주는 서비스를 제공하고 있다. 그림 1과 같이 SAP社は 가정 내에 전력사용량 계측기능과 통신기능을 갖춘 지능형 콘센트(Plog)와 gateway를 설치하여, 콘센트에 연결된 기기의 전력소비정보를 Google 웹사이트에 저장한다. 가정에서는 Google 사이트에 접속하여 전력사용현황을 살펴보고, 사용하지 않는 전기장치와 연결된 지능형 콘센트의 전원을 원격지에서 웹을 통하여 차단할 수 있다[7][8]. 사용자에게 의미가 있는 서비스를 발굴하기 위해서는 가능한 많은 데이터가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 SAP社の 경우와 같이 가정 내 전기에너지 소비현황을 개별 기기별로 상세히 모니터링 하는 경우를 상정하여 서비스 시나리오를 도출하였다.

2.1.1 장치 자동식별 및 기기별 전력사용패턴 표시

본 시나리오는 수요 반응에 대응하지 않는 기존의 가정

제품을 대상으로, 가전제품별 전력사용패턴을 수집하여 그림 2와 같이 사용자에게 각 기기별로 전력사용패턴을 보여주는 시나리오이다.

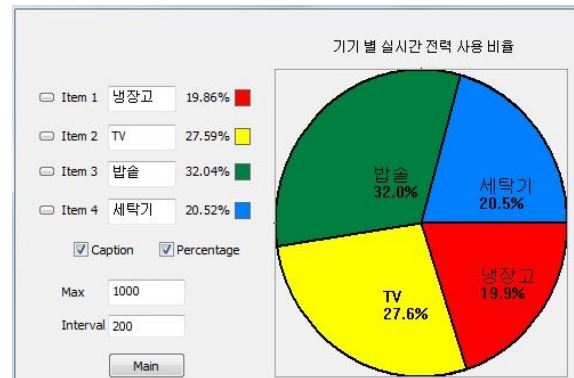


그림 2. 기기별 실시간 전력 사용비율 출력화면
Fig. 2 Realtime Display of the ratios of Devices' Electric Power Usage

Smart Grid를 추진하는 대표적인 협의체 중 하나인 Intelligrid Consortium에서는 가정 내 가전기기들이 Smart Grid 와 연계되어 각종 서비스를 사용자에게 제공하기 위해서는 표준화된 수요반응 기능을 구비해야 한다고 생각하고 있다[9]. 표준화를 통하여 새로운 서비스를 제공하는 것은 좋은 방법이지만 현실적으로 한 가정에서, Smart Grid와 연계하여 장치별 전기 사용량을 확인하고 전기 요금을 절약하기 위하여, 이미 보유하고 있는 가전기기들을 수요반응 대응 가전 기기로 모두 교체하자면 오랜 시간이 소요될 것이다. 그러므로 기존 가전기기들을 사용하면서도, 전력 모니터링 시스템이 어떤 기기가 얼마만큼의 전력을 사용하고 있는지를 자동적으로 식별할 수 있다면 사용자가 에너지 사용현황을 참고하여 스스로 에너지를 절감하게끔 하는 시나리오를 손쉽게 실현할 수 있을 것이다.

이와 같은 시나리오를 구현하기 위해서는 전력사용패턴으로 가전제품을 식별하는 알고리즘의 개발이 필요하다.

2.1.2 기기 사용 패턴 분석 기반 전력 절감 방법 제시

전력 모니터링 시스템이 전력사용패턴을 분석하여 모니터링하고 있는 기기가 어떤 기기인지 식별한다. 그리고 전력 모니터링 시스템은 전력사용패턴의 변화를 분석하여 사용자가 특정 시간에 어떤 조작하는지를 식별한다. 전력 사

용량이 표준적인 사용량보다 많을 때, 디스플레이 장치를 통하여 사용자에게 사용자가 어떤 조작을 많이 했는지 그리고 전력소비를 줄이기 위해서는 어떻게 해야 하는지를 조언한다.

이와 같은 시나리오의 보기로 냉장고를 들 수 있다. 냉장고는 일정한 사이클을 가지고 모터를 동작시켜 냉장고 내부의 온도를 유지한다. 하지만 사용자가 문을 자주 여닫거나 장시간 열어서 사용하면, 모터의 동작 사이클에 변화가 생기고 성능을 저하시키기 위한 내부 히터가 동작하게 된다. 이러한 냉장고 동작을 전력사용패턴을 분석하여 추정한다 다음 사용자에게 제공하고 행동의 변화를 유도할 수 있다. 또 다른 예로는 에어컨과 선풍기를 들 수 있다. 전력 모니터링 시스템이 에어컨과 선풍기가 사용되는 빈도, 시간 및 위치를 분석한 후, 에어컨만 사용되고 있다고 판단이 된다면 사용자에게 에어컨과 선풍기를 함께 사용하여 전기사용량을 줄일 것을 권장할 수 있다.

이와 같은 시나리오를 구현하기 위해서는 전력사용패턴을 기반으로 가전제품을 식별하고, 사람이 어떤 조작을 했는지를 추정하는 알고리즘 개발이 필요하다.

2.1.3 대기전력 차단

전력 모니터링 시스템이 가전기기별로 사용자의 사용 패턴을 분석한 후, 사용자가 기기를 사용하지 않는 시간과 사용하는 시간을 식별한다. 기기마다 전력사용정보 수집을 위해서 부착된 단말장치는 사용자가 기기를 사용하지 않는 시간에 전기를 공급하지 않음으로써 대기전력을 차단한다. 그리고 사용자가 기기를 사용할 것으로 예상되는 시간에 전기를 공급하여 기기를 대기상태로 전환시킨다.

통상의 대기전력 차단 장치는 대기전력 자동 차단 기능은 있지만 전력을 다시 공급하기 위해서는 사람의 조작이 필요하다. 하지만 전력사용패턴을 분석함으로써 자동으로 대기상태로 복구하면 사용자의 개입 없이 대기전력을 절감할 수 있을 것이다.

이와 같은 시나리오를 구현하기 위해서는 우선 기기를 식별하는 알고리즘이 개발되어야 한다. 왜냐 하면, 냉장고와 같이 24시간 가동되므로 전원을 차단해서는 안 되는 장치를 식별해 내야 하기 때문이다. 그리고 전력사용패턴에서 사용자가 제품을 사용하는지 여부를 식별해내는 알고리즘이 필요하다. 특히 네트워크가 부착되어있는 장치의 경우, 사용자가 조작하지 않는 경우라도 자동적으로 특정시간에 wake-up하여 동작하는 경우가 있으므로 충분한 데이터 분석을 통한 알고리즘 개발이 필요하다.

2.1.4 전력사용패턴 분석을 통한 제품의 이상 여부 감지 (고장 감시 및 고장 진단)

일차적으로 기기를 식별하여 그 기기의 정상적인 전력사용패턴과 정격소비전력을 파악한다. 이때 정격소비전력파악을 위하여 웹과 연동하여 신제품의 정격소비전력을 참고할 수도 있다. 전력모니터링 시스템은 모니터링하고 있는 전력사용패턴이 정상적인 패턴과 달라졌음을 인식하거나, 정격소비전력보다 많은 전력을 사용한다면 사용자에게 경고 메시지를 출력한다. 만일 과다 전력사용으로 화재의 위험이 있는 경우 전력모니터링 시스템은 전력을 차단할 수도 있다. 만일 이상 현상의 원인이 부품의 고장으로 의심되는 경우는 추정되는 원인을 사용자에게 알려주고 애프터서비스 관련 정보를 제공할 수도 있다.

이와 같은 시나리오의 보기로 냉온수기와 냉장고를 들

수 있다. 냉온수기의 경우 온도 센서가 오동작하여 장시간 전열기가 동작하면 화재의 위험이 있을 수 있어, 전력 사용패턴을 분석함으로써 화재를 방지할 수 있다. 냉장고의 경우 전력사용패턴을 분석하여 비정상적으로 냉각기가 빈번하게 동작하면 냉매 부족을 의심하거나 모터 성능의 저하를 의심할 수 있다. 그러므로 각 기기별로, 전력사용패턴에서 이상 징후를 추정하는 알고리즘 개발이 필요하다.

2.2 기기별 전력 모니터링 시스템 구성

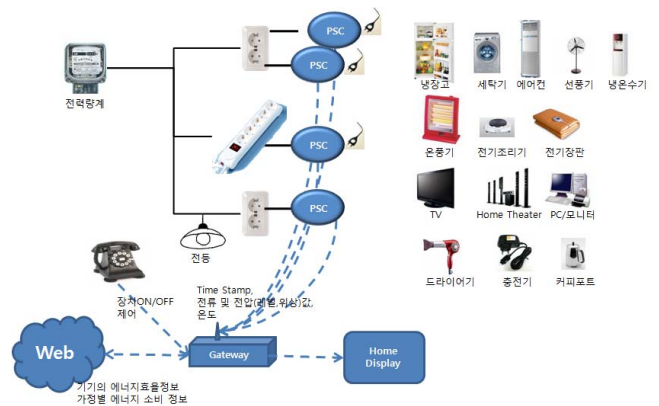


그림 3. 기기별 전력 모니터링 시스템 구성도
Fig. 3. Configuration Diagram of Electric Power Monitoring System per Devices

개념적으로 기기별 전력 모니터링 시스템은 가정 내의 콘센트와 가전제품 사이에 부착되어 전류와 전압의 위상차를 측정하고 전력 값을 계산하는 장치인 PSC (Plug-in Smart Cell)들과 여러 PSC에서 위상차 데이터와 전력값 데이터를 수집하고 저장하는 Gateway, 그리고 저장된 데이터를 가공하여 출력하는 Home Display로 구성되어야 한다.

본 연구에서는 이와 같은 기기별 전력 모니터링 시스템을 구축하기 위해 [10]에서 개발한 결과를 활용하였다. 시스템에 사용된 Gateway와 Home Display는 Note PC를 이용하여 구성되어 있으며 PSC는 전용 하드웨어로 구현되어 있다. PSC는 Gateway가 데이터를 요구하면 이를 제공하며, 통신 선로에서 데이터가 유실되는 것에 대비하기 위하여 Wi-Fi와 PLC 두 개의 통신 채널을 유지한다.

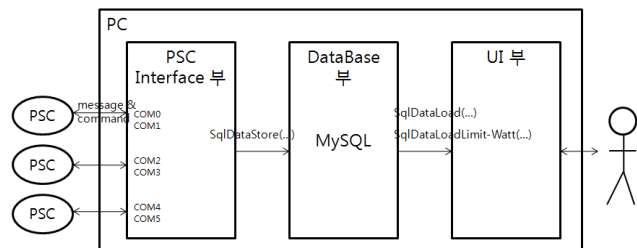


그림 4. 데이터 처리부의 block diagram
Fig. 4. Block Diagram of Data Processing Part

Gateway와 Home Display 역할을 수행하는 PC는 PSC Interface부, Database 부, 그리고 UI 부로 구성된다. PSC Interface부에는 10개의 PSC에서 동시에 데이터를 수집할 수 있으며, 수집한 데이터를 Database부에서 저장할 수 있

도록 내부 형식으로 변환한다. Database부는 MySQL을 이용하여 구성되었으며, UI 부는 기기별 전력사용비율, 기기별 일간, 주간, 월간, 연간 전력사용패턴을 관찰할 수 있도록 구성되었다.

3. 전력 모니터링 시스템 구현

3.1 하드웨어 시스템[10]

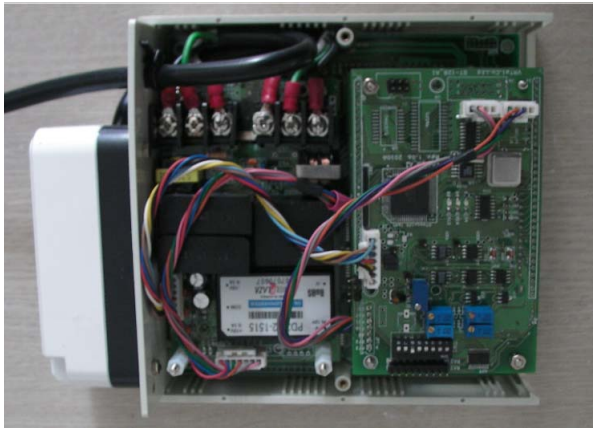


그림 5. 전력모니터링 하드웨어: Plug-In Smart Cell
Fig. 5. Hardware of Electric Power Monitoring Module: Plug-In Smart Cell

그림 5는 전력모니터링 시스템의 하드웨어인 PSC (Plug-in Smart Cell) 이다. PSC은 좌측부터 콘센트, 통신 모듈(중앙 상단), 전압/전류 검출모듈(중앙 하단), 마이크로프로세서모듈로 구성된다.

전압/전류 검출모듈은 ±1% 이내의 오차로 전압 값을 측정하고, 1.5% 이내의 오차로 전류 값을 검출한다. 마이크로프로세서모듈은 ATmega128(16Mhz)과 내장 메모리를 채용하고 있다. 이 모듈은 전압/전류 검출모듈에서 검출한 값을 초 당 32회 A/D변환하여 저장하고, 위상 값과 전력 값을 계산한다. 통신모듈은 마이크로프로세서 모듈이 계산한 위상 값과 전력 값을 Wi-Fi와 PLC 2가지 통신채널로 PC의 PSC Interface부로 송신한다.

3.2 전력 사용량 데이터베이스 구축

모니터링할 기기를 선정하기 위해서 한국전력거래소 전력계획처 수요예측팀의 “가전기기보급률 및 가정용전력소비행태조사” 자료를 활용하였다[11]. 이 중에서도 특히 “가구당 가전기기 보급률” 및 “기기별 대당 연간 전력 사용량” 통계를 조합하여(표1) 보급률도 높고 전력 사용량도 많은 기기들을 선정하였다.

- 일반 냉장고
- TV
- 전기밥솥(취사)
- 전기밥솥(보온)
- 에어컨
- 컴퓨터
- 김치냉장고
- 진공청소기

- 세탁기
- 헤어드라이어기

표 1. “가전기기보급률및가정용전력소비행태조사”자료분석
Table 1. “Penetration Rate of Electric Appliances and Investigation on Home Electric Power Consuming Behavior”

품목별	2006			가구당 기기 보급률	연간 사용량 * 보급률	순위
	소비 전력 (W)	연간 사용 시간 (hr)	연간사용량 (Wh)			
일반 냉장고	67.0	8,760.0	586,920.0	1.02	598,658.4	1
에어컨	1,725.0	255.0	439,591.0	0.48	211,003.7	5
TV	135.1	2,420.0	326,957.0	1.46	477,357.2	2
전기 밥솥 (취사)	1,063.1	292.0	314,760.0	0.88	276,988.8	3
김치 냉장고	30.0	8,760.0	262,800.0	0.63	165,564.0	7
전기 밥솥 (보온)	96.0	2,583.0	254,145.0	0.88	223,647.6	4
히터 선풍기	900.4	281.0	253,116.0	0.03	7,593.5	16
전기 난로	905.2	271.0	245,694.0		0.0	17
컴퓨터	168.1	1,324.0	222,530.0	0.8	178,024.0	6
전기 장판 /담요	230.0	739.0	169,836.0	0.4	67,934.4	12
진공 청소기	899.1	163.0	146,857.0	0.77	113,079.9	8
세탁기	494.5	218.0	107,577.0	0.98	105,425.5	9
헤어 드라이	1,075.9	89.0	95,789.0	1.02	97,704.8	10

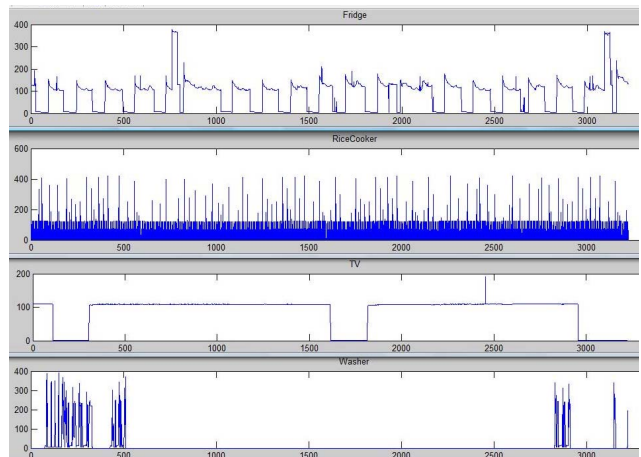


그림 6. Database에 수집된 기기별 전력사용패턴 (위에서 차례로 냉장고, 전기밥솥, TV, 세탁기를 나타내며, 가로축은 샘플 번호, 세로축은 소비전력 Watt를 나타냄)
Fig. 6. Electric Power Usage Pattern stored in Database (Graphs denote electric power consumed in Watt for Refrigerator, Electric Rice Cooker, TV, and Washing Machine from the top; x-axis denotes sample number)
본 연구에서는 연구 참여자의 가정에 있는 냉장고 1대,

세탁기 1대, TV 1대 그리고 전기밥솥 1대에 PSC를 설치하여 전력소비패턴 데이터를 수집하였다. PSC에서 수집한 데이터는 PSC Interface부를 거쳐서 MySQL로 구현된 Database에 저장하였다. 그림 6은 각각 30초 간격으로 약 1일 간 수집되어 DataBase에 저장된 냉장고, 전기밥솥, TV 및 세탁기의 전력사용패턴을 보여준다.

그림 6을 보면 냉장고의 경우는 전력사용패턴이 24시간 일정한 주기를 가지는 것을 확인할 수 있고, 전기밥솥의 경우 보온 상태를 유지하기 위해서 지속적으로 특정 패턴을 가지면서 전력을 소비하는 모습을 보이고 있다. 또한 TV의 경우는 TV를 시청할 때는 일정량의 전력을 소비하고 시청하지 않을 때는 전혀 전력을 소비하지 않는 극명한 차이를 보였으며, 세탁기의 경우는 사용자가 세탁기를 사용한 시간에 한정하여 일정한 패턴을 보임을 알 수 있었다.

3.3 전력 패턴 분석을 통한 기기 식별

Database에 수집된 4가지 가전기기에 대한 전력 패턴을 분석하여, 기기를 식별할 수 있는 규칙을 찾아보았다. 분석은 먼저 주파수 영역에서 일정한 통계적인 성질을 유지하는 지를 분석하였다.

그림 7과 그림 8은 약 하루 동안 확보한 전력소비패턴 데이터를 Fourier Transform한 결과를 보여준다. 그림 6에서 알 수 있듯이 시간적으로 주기성을 보이는 냉장고와 전기밥솥의 경우, 각각 0.0004Hz(그림 7)와 0.022Hz(그림 8)에서 다른 부분보다 높은 값을 보였다. 하지만 TV와 세탁기의 Fourier Transform 결과는 다른 기기들과 신호의 형태가 유사하여 구분할 수가 없다.

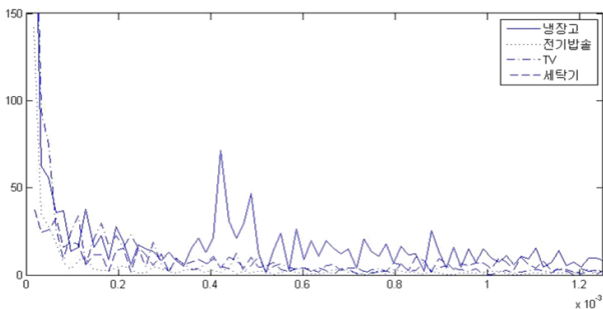


그림 7. 전력패턴의 주파수 영역 그래프-저주파영역 (zero padding을 이용한 4096 point DFT를 취한 후, 가로축은 주파수Hz, 세로축은 magnitude를 1024로 나눈 값으로 표시)

Fig. 7. Frequency Domain Representation of Electric Power Consuming Patterns of 4 devices - Low Frequency Part (y-axis denotes magnitude of 4096 point DFT with zero padding divided by 1024; x-axis denotes frequency in Hz)

냉장고, 전기밥솥(보온)의 경우는 하루 종일 동작하지만, TV와 세탁기의 경우 사용자가 조작하면 동작을 시작하는 특징이 있다. 그러므로 하루 전체의 전력소비데이터를 분석하는 것보다, 작은 시간으로 나누어서 분석하는 것이 더 효과적일 수 있다. 이와 같은 가정으로 spectrogram을 이용하여 그림 6의 데이터를 다시 분석하였다. 그림 9는 256개의 샘플데이터(128분 = 256샘플 * 30초)에 대해서 short time Fourier Transform을 수행하고, 64 sample을 overlap한 Spectrogram이다.

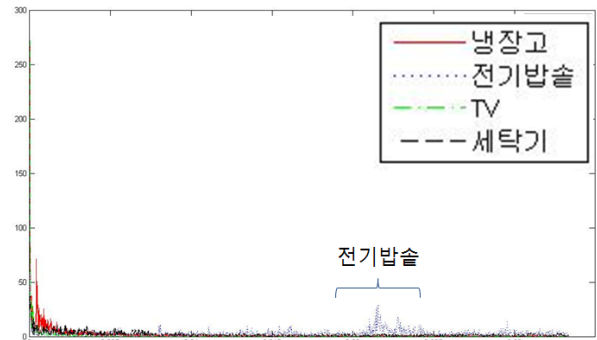


그림 8. 전력패턴의 주파수 영역 그래프-전체 (zero padding을 이용한 4096 point DFT를 취한 후, 가로축은 주파수Hz, 세로축은 magnitude를 1024로 나눈 값으로 표시)
Fig. 8. Frequency Domain Representation of Electric Power Consuming Patterns of 4 devices- Overall (y-axis denotes magnitude of 4096 point DFT with zero padding divided by 1024; x-axis denotes frequency in Hz)

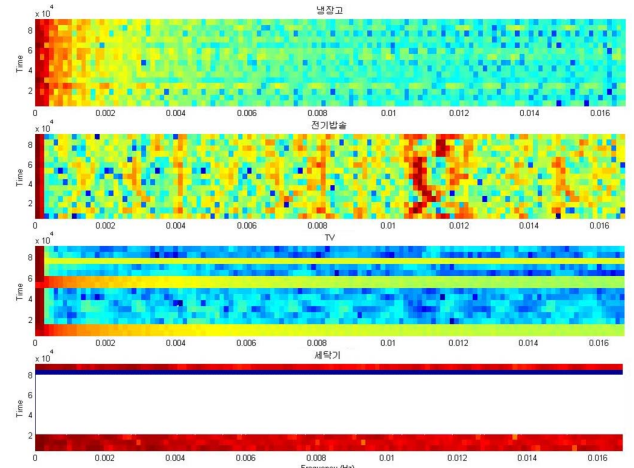


그림 9. Spectrogram (위에서 차례로 냉장고, 전기밥솥, TV, 세탁기를 나타내며, 가로축은 주파수, 세로축은 초단위의 시간을 나타낸다.)

Fig. 9. Spectrogram (Graphs denote spectrograms of Refrigerator, Electric Rice Cooker, TV, and Washing Machine from the top; x-axis denotes frequency in Hz; y-axis denotes time in second)

그림 9에서 알 수 있듯이 냉장고와 전기밥솥의 경우, 하루 데이터를 모두 분석한 것과 동일하게 전체 시간에 대하여 특정 주파수에서 큰 값을 보이고 있다. TV의 경우는 처음과 중간 시간 즈음에 전력사용패턴의 변화가 크게 나타났음을 알 수 있다. 또한 세탁기의 경우는 시간적으로 처음과 끝에 급격한 변화가 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 전력사용패턴을 시간과 주파수 관점에서 분석하면 4가지 가전제품을 구분하는 것이 가능하다.

3.4 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스는 사용자에게 기기별 전력사용 현황을 표시하여 자발적인 전기소비절감을 유도하도록 설계하였다. Smart Grid 중 특히 AMI (Advanced Metering

Infrastructure) 관련하여 적극적인 미국 전력회사인 Southern California Edison의 보고서에 따르면 사용자는 전기사용현황 정보를 접하는 것만으로도 4-15% 정도의 전기사용을 줄이는 경향을 보인다고 한다[12]. 또한 Therese[13]은 변동전기요금제 환경에서 사람들에게 어떤 정보가 유용한지에 대하여 설문 조사를 실시하였다. 그림 10은 설문조사 결과를 나타낸다. 설문조사에 따르면 응답자의 50% 이상이 가장 전기를 많이 소비하는 장치를 알려주는 것(Energy consumption from the top consuming appliances)과 부하 당 대략적인 가격표시(Approximate price per load)를 해주면 유용하다고 응답하였다.

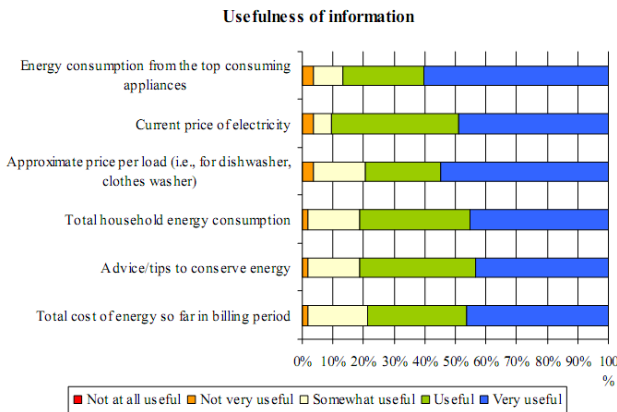


그림 10. 변동전기요금제환경에서 유용한 정보의 종류
Fig. 10. Useful Information for Home Residents under Dynamic Electric Power Pricing Environment

본 연구에서는 Therese의 연구결과를 참고하여 그림 11과 같이 사용자 인터페이스를 설계하였다. 사용자 인터페이스 화면은 당일 주요 가전기기별 실시간 전력 사용비율을 나타내는 Pie chart(좌측 상단), 기기별 전력 사용패턴을 여러 가지 시간별로 볼 수 있는 꺾은 선 그래프(하단), 그리고 주간 요일별 전력 사용 총 현황을 나타내는 꺾은 선 그래프(우측 상단)로 구성되어 있다.

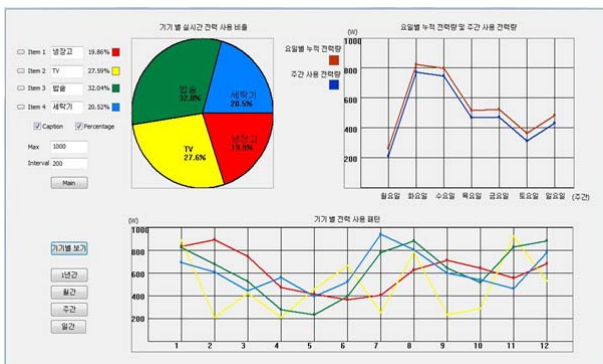


그림 11. 변동전기요금제환경에서 유용한 정보의 종류
Fig. 11. Useful Information for Home Residents under Dynamic Electric Power Pricing Environment

사용자는 Pie chart를 통하여, 현재 가장 전기를 많이 소비하고 있는 가전기기를 식별할 수 있고, 만일 그 기기가 불필요하게 동작하고 있다고 판단한다면 기기를 정지시켜

에너지 소비를 줄일 수 있다. 그리고 기기별 전력 사용패턴과 요일별 전력 사용 총 현황을 보면, 어떤 기기를 평일과 주말 그리고 특별한 이벤트가 있는 날 등에 주로 사용하는지를 확인할 수 있어서 전기 사용에 대한 계획을 수립하고 절약할 수 있는 정보를 얻을 수 있다.

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 일반 가정에서 Smart Grid를 통하여 누릴 수 있는 서비스를 발굴하고, 이러한 서비스를 구현할 수 있는 전력 모니터링 시스템과 이에 필요한 데이터 분석을 수행하였다. 일반 가정에서는 전력 사용현황 파악을 통하여, 수요반응 기능이 없는 기존의 가전기기를 사용하면서도 기기별 전력사용현황 표시, 기기사용패턴 해석을 통한 전력 절감 방법제시, 지능적 대기전력 차단 그리고, 장치의 이상 여부감시 등 서비스를 누릴 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이러한 시나리오의 실현 가능성을 점검하기 위해 가정 내 기기별 전력사용정보를 수집할 수 있는 전력 모니터링 시스템을 개발하고, 개발된 시스템을 이용하여 대표적인 가전제품인 냉장고, 전기밥솥, TV, 세탁기에 대한 전력소비패턴을 database화 하였다. 또한 이 database를 분석하여 가전기기들을 식별하는 방안에 대해서 고찰하였다. 이러한 알고리즘을 사용한다면 수요제어 기능이 없는 가전제품을 사용하더라도 사용자의 조작 없이 제품별 전력사용정보를 그림 11과 같이 표시할 수 있을 것이다.

향후 데이터 수집 시간을 세분화하고(주말, 평일), 늘리고, 데이터 수집 기기의 종류를 확대하여 전력 사용정보를 수집할 필요가 있다. 확대 수집한 데이터를 활용한다면 제시된 시나리오를 실현할 강력한 알고리즘을 개발할 수 있을 것이며, 새로운 서비스를 발굴할 수도 있을 것이다. 이렇게 개발되고 발굴된 기술과 서비스는 Smart Grid의 핵심 인프라인 AMI를 가정에서 수용하는데 촉매 역할을 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 전력IT사업단, “한국형 스마트 그리드 비전”, in *지능형전력망사업 및 연관사업 세미나(I)*, 2009년 8월 19일
- [2] US Congress, *Energy Policy Act of 2005 (EPACT Section 1251)*, 2005
- [3] Litos Strategic Communication, “THE SMART GRID: AN INTRODUCTION”, 2008. [Online]. Available: <http://www.oe.energy.gov/SmartGridIntroduction.htm>
- [4] United States Department of Energy, *Grid 2030 Vision*, 2003 [Online]. Available : <http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm>
- [5] FERC (Federal Energy Regulatory Commission), *Assessment of Demand Response & Smart Metering Staff Report*, September 2007, pp25, [Online] Available : <http://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/demand-response/dem-res-adv-metering.asp>
- [6] Jeffrey W. Chapman, “The Economics of Advanced Metering Infrastructure (AMI) Market

In the United States," in *2010 World Smart Grid Forum*, January 2010, [Online] Available: http://www.wsgf.co.kr/sub2/sub2_2.asp

[7] *Energie Visible Project*, May 25, 2009 [Video Recording] Available : <http://www.youtube.com/watch?v=1H49H1pPSBI>

[8] 조혁진, "Smart Utilities and ICT," in *2010 World Smart Grid Forum*, 2010년 1월, [Online] Available: http://www.wsgf.co.kr/sub2/sub2_2.asp

[9] Erfan Ibrahim, *PS 161D - Infrastructure for Smart Customer Interface Base Program and Supplemental Overview 2008 - 2009, Advisors Webcast*, August 13th, 2009 [Online]. Available: http://intelligrid.epri.com/IntelliGrid_Project_Set_Calls/2009/PS161D_Webcast_8.13.09/ps_161d_advisors_webcast_081309_ei_nm_cg_ja.pdf

[10] 박성욱 외 6 명, "Plug-in 스마트 셀 기반 전력 모니터링 시스템 개발에 관한 연구", in *2010년도 한국지능시스템학회 춘계학술대회, 경남대학교*, Vol. 20, No. 1, PP 429-431, 2010

[11] 한국전력거래소 전력계획처 수요예측팀, "가전기기 보급률 및 가정용 전력 소비행태 조사", 국가통계포털, 2006 [Online]. Available: http://www.kosis.kr/OLAP/Analysis/stat_OLAP.jsp?tbl_id=TX_38802_A003&org_id=388&vwcd=MT_OTITLE&path=기관별통계 > 기타기관 > 한국전력거래소 > 가전기기보급률및가정용전력소비행태조사&oper_YN=Y & item = & keyword=&lang_mode=kor&list_id=388_38802&olapYN=N

[12] Lynn Fryer Stein, "Final Report-California Information Display Pilot Technology

[13] Therese E. Peffer, "California DREAMing: the Design of Residential Demand Responsive Technology with People in Mind," Ph.D Thesis, U.C. Berkeley, 2009



김종식 (JongShick Kim)
2010년 : 강릉원주대 전자공학과 재학.

관심분야 : 임베디드시스템



임수진 (Su Jin Lim)
2010년 : 강릉원주대 전자공학과 재학

관심분야 : 스마트그리드, 통신, 신호처리

황보 세희 (Seahee Hwangbo)
2010년 : 강릉원주대 전자공학과 재학

손준익 (Joon Ik Son)
2009년 : 동아대 전자공학과 박사
2008년~현재 : (주) 브이엠텔 연구원



이인용 (In-Yong Lee)
2003년 : 동아대 전자공학과 박사
2004년~현재 : (주)브이엠텔 이사

관심분야 : 퍼지 이론, 스마트그리드, 제어 계측 시스템

저 자 소 개



박성욱 (Sung-Wook Park)
1995년 2월 : 연세대 전자공학과 석사
1998년 9월 : 연세대 전자공학과 박사
2009년 2월 : 성전자 DM연구소 수석
2009년~현재 : 강릉원주대 전자공학과 조교수

관심분야 : 오디오신호처리, 스마트그리드, 센서네트워크



왕보현 (Bo-Hyeun Wang)
1987년 : 연세대학교 전기공학과 공학사.
1990년 : Georgia Institute of Tech. 공학 석사
1991년 : Georgia Institute of Tech. 공학 박사
1991년-1998년 : LG 종합기술원 책임연구원
1998년-현재 : 강릉대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 지능시스템, 데이터 마이닝, 예측시스템
Phone : +82-33-640-2384
Fax : +82-33-640-2244
E-mail : bhw@kangnung.ac.kr