

논문 2015-10-26

다중 분류 시스템을 이용한 가전기기 식별 알고리즘 (Appliance identification algorithm using multiple classifier system)

박 용 순, 정 태 윤, 박 성 욱*

(Yong-Soon Park, Tae-Yun Chung, Sung-Wook Park)

Abstract : Real-time energy monitoring systems is a demand-response system which is reported to be effective in saving energy up to 12%. Real-time energy monitoring system is commonly composed of smart-plugs which sense how much electrical power is consumed and IHD(In-Home Display device) which displays power consumption patterns. Even though the monitoring system is effective, users should themselves match which smart plus is connected to which appliance. In order to make the matching work to be automatic, the monitoring system need to have appliance identification algorithm, and some works have made under the name of NILM(Non-Intrusive Load Monitoring). This paper proposed an algorithm which utilizes multiple classifiers to improve accuracy of appliance identification. The algorithm proposes to understand each classifiers performance, that is, when a classifier make a result how much the result is reliable, and utilize it in choosing the final result among result candidates from many classifiers. By using the proposed algorithm this paper make 4.5% of improved accuracy with respect to using single best classifier, and 2.9% of improved accuracy with respect to other method using multiple classifiers, so called CDM(Committee Decision Mechanism) method.

Keywords : Real-time, Energy monitoring, Demand-response, NILM, Multiple classifiers, CDM

1. 서 론

지능형 전력망을 구현하여 탄소 배출을 절감하고 전기 에너지 소비를 효율적으로 하고자 하는 노력이 지속적으로 진행되고 있다. 이 중에서도 불필요한 전기 에너지 사용을 자제하고 에너지 사용 시간을 조정하여 에너지 생산의 부담을 줄이는 수요 제어(demand response)에 대한 연구가 지능형 전력망의 한 축으로 수행되고 있으며, 비교적 저렴한 비용으로 효과를 기대하고 있다[1].

수요를 제어하는 방법으로는 가전기기들이 자동적으로 사용자 사용패턴을 이해하여 불필요한 소비를 절감하거나 사용시간을 조정하는 방법과, 사용자에게 에너지 사용량에 대한 정보를 제공하여 사용자 스스로 에너지 사용을 조정하는 방법이 있다 [2]. 전자는 집안의 가전기기를 지능형 제품으로 교체하여야 하는 부담이 있으나, 후자는 기존의 주택에 비교적 간단히 적용이 가능하다. 또한 사용자 정보제공 형식의 수요제어 방식을 사용하면 방식에 따라 4~12% 정도의 에너지 절감효과를 기대할 수 있다고 한다[1].

정보제공 방식 중 가장 에너지 절감 효과가 큰 방식은, 사용자에게 실시간으로 전력사용량을 알려주는 직접적(Direct)인 피드백 방식으로 12%의 절감을 기대할 수 있다[1]. 직접적인 피드백 방식을 구현하기 위해서는 IoT 장치인 smart plug와 IHD(In-Home Display)가 사용된다. Smart plug는 가전기기마다 전력 사용량을 수집하여 전송하며, IHD(In-Home Display)는 smart plug와 외부

*Corresponding Author (swpark@gwnu.ac.kr)
Received: 30 Apr. 2015, Revised: 21 May 2015,
Accepted: 7 June 2015.

Y.S. Park, T.Y. Chung, S.W. Park:
Gangneung-Wonju National University

※ 이 논문은 2013년도 강릉원주대학교 학술연구
조성비 지원에 의하여 수행되었음.

server에서 수신된 전력 사용량을 보여주는 역할을 한다[3]. 하지만 가정에서 IHD 로 가전기기별 전력 사용량을 표시할 때, 실제 smart plug에 부착된 가전기기가 무엇인지 알려줄 수 있는 방법은 마땅하지 않다. 그러므로 수집된 가전기기의 전력 소비 패턴을 통하여 가전기기의 장치 이름을 표시하는 기능을 구현할 필요가 있다. 이와 같은 기능을 구현하는 일반적인 접근 방법은 개별 smart plug에서 수집한 전력 패턴데이터를 IoT 네트워크를 통하여 서버에 전송을 하고, 서버에서 smart plug에 부착된 장치가 어떤 것인지 식별하는 것이다.

이처럼 smart plug를 통하여 수집된 가전기기의 전력 소비 패턴을 기반으로 어떤 가전기기가 동작하는 지 알아내는 NILM(Non-Intrusive Load Monitoring) 기술에 대한 연구는 80년대 MIT의 George W. Hart[4]에 의하여 시작되었다. Hart의 연구는 수집된 전류와 전압 신호에서 유효전력과 무효전력 값을 도출한 후 이를 특징으로 하여, 어떤 가전기기가 동작하는지 알아내는 방법이었다. 이 후 장치 식별에 대한 연구는 가전기기를 잘 특징지을 수 있는 추가 특징을 발굴하는 방향으로 진행되어 고조파를 쓰는 방법[5], 푸리에(Fourier) 계수를 쓰는 방법[6], 스위치 전환 때 생기는 광대역 잡음을 쓰는 방법[7] 등이 발표 되었다[8].

하지만 이러한 연구들은 관찰된 전력소비패턴이 어떤 가전기기가 동작하여 발생한 것인지 알아내는 데 충분한 성능을 보이지 못했다. 이에 대하여 CLP (CLP research institute Ltd)는, 제안된 많은 연구들을 분석한 한 후, 하나의 특징과 한 방식의 분류 알고리즘으로 구성된 통상의 분류기(단일특징-단일 알고리즘)로는 여러 종류의 가전기기들을 모두 잘 분류할 수 없다는 결론을 내리고, 복수개의 분류기를 사용하여 각각의 결과(장치 이름)를 도출한 후, 다수결 원칙으로, 가장 많이 도출된 장치 이름을 선택하는 방식으로 성능을 향상 시켰다. 또한 이러한 방식을 CDM(Committe Decision Mechanism, 위원회방식) 방법이라고 명명하였다[9, 10].

본 연구에서는 전력 소비 패턴을 기반으로 어떤 장치가 동작하고 있는지를 보다 정확하게 식별하기 위하여 위원회 방식을 개선하였다. 개선된 방식은 위원회에 참여한 분류기(단일특징-단일알고리즘)들의 결과를 모두 반영하지 않고, 신뢰도가 높은 분류 결과만 일부 선택하는 방법을 사용하였다. 본 방식을 사용하여 단일 알고리즘을 사용했을 때 대비 4.5%, CDM방식을 사용했을 때 대비 2.9%의 성능 향상을 볼 수 있었다.

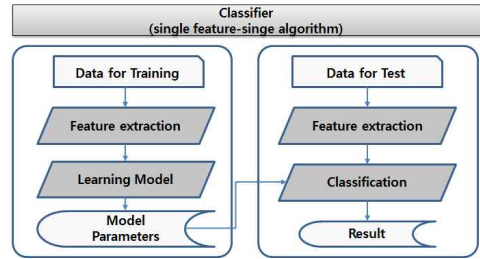


그림 1. 전형적인 분류기의 동작흐름

Fig. 1 Flow of typical classifier

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 본 연구에서 사용한 알고리즘의 일개를 제시하고, 동작원리를 설명하였다. 3장에서는 실험환경을 설명하고, 4장에서는 결과제시 및 고찰, 그리고 마지막으로 5장에서는 논문의 내용을 정리하였다.

II. 장치 분석 알고리즘

1 다중 분류 시스템의 구조

그림 1은 일반적인 패턴 분류기(단일특징-단일 알고리즘)의 동작 절차를 보여준다. 패턴 분류를 수행하기 위해서는 먼저 분류기가 사용할 모델의 파라미터를 훈련을 통하여 구한다. 그 후 실제 분류를 할 때는 사전에 확보한 파라미터를 이용하여, 입력된 테스트용 데이터를 분석하여 어떤 패턴의 데이터인지 분류한 결과를 제시한다. 이 때 사용되는 특징(feature)과 분류 알고리즘(classification)은 여러 가지가 알려져 있다[11].

그림 2는 본 연구에서 사용한 다중 분류 시스템의 구조이다. 다중 분류 시스템은 각 테스트용 데이터에 대하여, 그림 1의 분류기를 복수 개 적용하여 후보 결과들을 생성하고, 그 후보 결과들 중에서 하나의 최종 결과를 결정하는 구조를 가지고 있다. 복수 개의 분류기를 사용하는 이유는 하나의 분류기가 모든 패턴을 잘 구분하는 것은 어렵기 때문에, 여러 분류기를 사용하고 서로 보완하여 전체 분류 시스템의 정확도를 올리기 위해서 이다[9].

그림에서 테스트용 데이터는 X , 다중 분류 시스템에서 사용된 분류기(classifier)의 번호는 C_{fc} , 특징의 번호는 f , 분류 알고리즘의 번호는 c , 분류기의 중간 결과물은 RC_{fc} , 그리고 최종결과는 w 로 표현하였다. 또한 다중 분류 시스템에서 사용된 분류기는 $L \times M$ 개, 특징은 L 개 그리고 분류알고리즘은 M 개가 사용된 것으로 표시하였다.

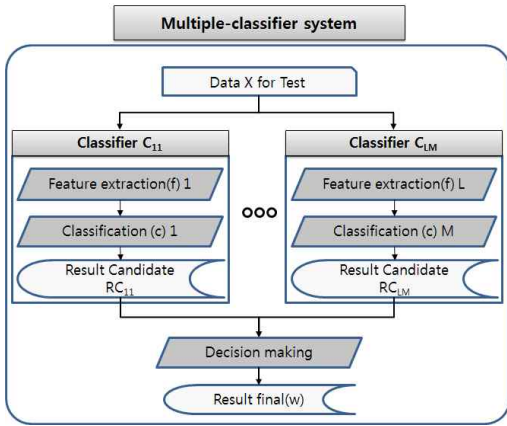


그림 2. 다중 분류 시스템의 구조
Fig. 2 Structure of multiple-classifier system

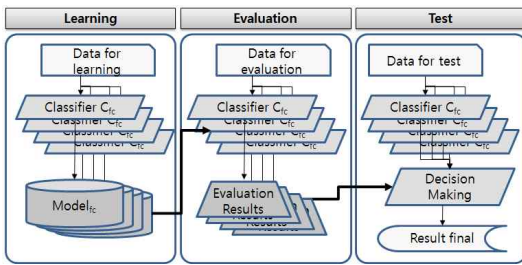


그림 3. 다중 분류시스템의 학습, 평가 및 테스트 흐름도

Fig. 3 Flow chart of learning, evaluation and test of multiple-classifier system

2 다중 분류 시스템의 동작

그림 3은 본 연구에서 제안하는 다중 분류 시스템의 학습, 평가, 테스트의 상호 관계를 도식화한 그림이다.

Learning 단계에서는 다중 분류 시스템에 사용된 분류기들을 학습하는 단계이다. 다중 분류기 시스템에 사용된 각 분류기는 개별적으로 학습되어 개별적인 모델을 가지게 된다. Evaluation 단계에서는 분류 시스템에 사용된 각 분류기의 성능에 대하여 평가하고 결과를 도출한다. Test 단계에서는 evaluation 단계에서 도출한 분류기의 성능평가 정보를 활용하여 각 분류기의 결과, 즉 후보 결과를 평가한다. 후보 결과들 중 하나의 최종 결과를 결정한다.

본 연구에서는 Learning, evaluation, test를 위하여, 식별 대상이 되는 가전기들의 전력 사용 패턴

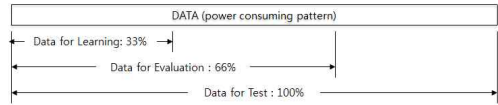


그림 4. 학습, 평가, 테스트를 위한 데이터 사용
Fig. 4 Data usage for learning, evaluation, test

을 데이터로 사용하였다. 이 때 식별할 가전기들의 전력 사용 패턴들을 종류별로 1/3 씩 나누고 그림 4와 같이 각 단계에 사용하였다. 즉, learning 단계에 1/3의 데이터를 사용하고, evaluation 단계에서는 learning 단계에 사용한 데이터와 함께 2/3의 데이터를 사용하고, test 단계에서는 전체 데이터를 사용하였다.

3 다중 분류 시스템을 위한 분류기 성능 평가

다중 분류 시스템에서 후보 결과를 평가 하는 decision making 단계에 사용하기 위하여, 다중 분류 시스템에 사용된 각 분류기의 성능을 평가하였다. 먼저 각 분류기의 성능을 평가하기 위하여 식 (1)과 같은 confusion matrix를 각 분류기별로 구하였다. 식 (1)은 특징 f 와 분류알고리즘 c 를 갖는 분류기 C_{fc} 의 confusion matrix CM_{fc} 로서, 행렬의 행 x 는 입력 신호의 색인이고, 열 w 는 식별 결과인 가전기의 색인이다.

$$CM_{fc} = \begin{bmatrix} s_{fc}^{11} & \dots & s_{fc}^{1w} & \dots & s_{fc}^{1W} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ s_{fc}^{x1} & \dots & s_{fc}^{xw} & \dots & s_{fc}^{xW} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ s_{fc}^{X1} & \dots & s_{fc}^{Xw} & \dots & s_{fc}^{XW} \end{bmatrix} \quad (1)$$

다중 분류 시스템에서 어떤 분류기가 후보 결과로 w 를 제시하였는데, 이 때 그 분류기가, 입력 데이터가 w 일 때 w 라는 결과를 제시하는 경향이 가장 강하다면, 그 w 라는 결과를 충분히 신뢰할 수 있을 것이다. 이와 같은 배경으로 식 (2)와 같은 수식을 도출하여 분류기의 첫 번째 성능지표로 사용하였다.

$$p_{fc}^w = P(x = w|w) = s_{fc}^{xw} / [s_{fc}^{1w} + s_{fc}^{2w} + \dots + s_{fc}^{Xw}] \quad (2)$$

여기서 $x = w$ 이다.

식 (2)의 정의에 따라 분류기 C_{fc} 에 대하여 표 1과 같은 성능지표 p_{fc}^w 을 도출할 수 있다.

표 1. C_{fc} 의 성능평가지표 p_{fc}^w

Table 1. Performance index p_{fc}^w of C_{fc}

C_{fc}	w	1	2	...	W
	p_{fc}^w	p_{fc}^1	p_{fc}^2	...	p_{fc}^W

표 2. C_{fc} 의 성능평가지표 r_{fc}^x

Table 2. Performance index r_{fc}^x of C_{fc}

C_{fc}	x	1	2	...	W
	r_{fc}^x	r_{fc}^1	r_{fc}^2	...	r_{fc}^W

p_{fc}^w 를 사용하여 여러 후보 결과 중 하나를 선정함에 있어서 예외가 발생할 수 있는 데, 이는 동점이 발생하는 경우이다. 그러므로 동점이 발생할 때 이를 해소할 보조적인 성능지표를 하나 더 마련하여야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 p_{fc}^w 값이 동일하거나 유사한 분류기(혹은 후보 결과)가 많은 경우, 입력 장치가 x 일 때 x 라고 분류할 확률이 높은 분류기를 선택하고자 하였다. 이를 위하여 식 (3)와 같은 성능지표 r_{fc}^x 을 정의하여 두 번째 지표로 사용하였다.

$$r_{fc}^x = P(w=x|x) = s_{fc}^w / [s_{fc}^{x1} + s_{fc}^{x2} + \dots + s_{fc}^{xW}] \quad (3)$$

여기서 $x=w$ 이다.

식 (3)의 정의에 따라 분류기 C_{fc} 에 대하여 표 2와 같은 성능지표 r_{fc}^x 를 도출할 수 있다.

4 최종 결과 결정 방법

그림 5는 그림 2에 소개된 다중 분류 시스템의 decision making 부의 동작을 설명하는 흐름도이다. 우선 후보결과들(RC_{fc}) 중에서 성능평가지표 $p_{fc}^w (w=RC_{fc})$ 가 가장 높은 후보 결과들을 선정하고 임시 결과로 한다. 가장 큰 p_{fc}^w 값을 가지는 임시 결과가 하나이면, 그 임시 결과를 최종 결과로 결정한다. 만일 가장 큰 p_{fc}^w 값을 가지는 임시 결과가 여러 개이면, 이들 중 r_{fc}^x 가 가장 큰 임시결과를 최종 결과로 한다. 만일 r_{fc}^x 값마저 동일한 임시결과들이 있으면 임의로 하나를 선정한다.

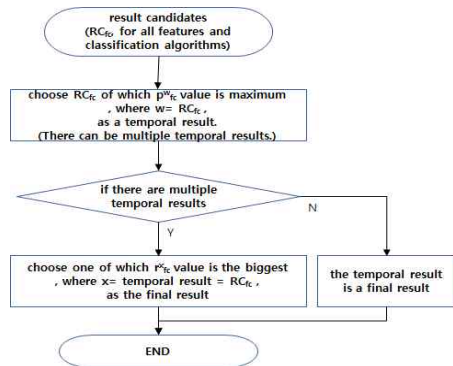


그림 5. 성능평가지표 p 와 r 을 이용한 결정방법

Fig. 5 Decision making flow with performance indices p and r



그림 6 실험용 데이터 수집 시스템

Fig. 6 Data Acquisition system for experiment

III. 실험 환경

1 데이터 수집 시스템

그림 6은 본 연구에서 실험용 데이터를 수집하기 위해 사용한 하드웨어 구성을 보여준다. 데이터 수집 시스템은 전력계측기, 데이터 저장용 컴퓨터, 모니터링 대상 장치 10개로 구성된다. 데이터 수집은 1초 단위로 측정 및 기록이 가능하였으며, 장치별 ON/OFF 이벤트를 20회 이상 반복하여 기록하였다. 여기서 만들어진 연구용 전력모니터링 데이터는 분석도구인 Matlab을 이용하여 분석하였고, 실험에서는 유효전력(Real Power)부분만 데이터를 취하여 사용하였다.

자료수집에 사용한 기기는 커피 그라인더, 전기 포트, 전기밥솥, 헤어드라이기, 전기다리미, 전자레인지, 전기믹서, 토스트, 텔레비전, 진공청소기 총 10개 이다. 이렇게 선정한 이유는 몇 개의 제품은 전자제품 보급률에 따라서 최상위 제품을 선정하였다[3]. 그림 7은 실험에 사용한 커피그라인더의 유효전력 데이터 그래프이다.

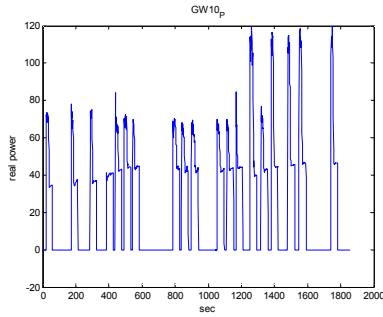


그림 7. 커피그라인더 유효전력 신호
Fig. 7 Coffee Grinder Real Power Signal

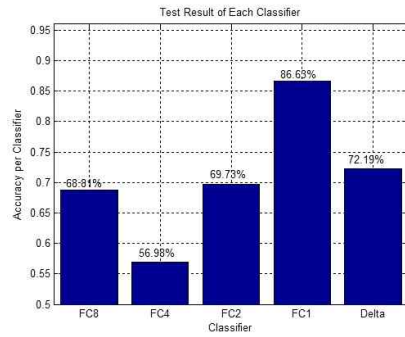


그림 8. Best Classifier 선택
Fig. 8 Best Classifier Selection

표 3. 가전제품 대한 평균 소비전력과 이벤트 개수
Table 3. Number of Event and Average Power for Home Appliances

No.	Home Appliances	Number of Event	Average Power(W)
1	Coffee Grinder	19	60
2	Electric Kettle	20	1200
3	Electric Cooker	20	63
4	Hair Dryer	22	900
5	Iron	29	1100
6	Microwave	23	1000
7	Mixer	21	100~200
8	Toaster	20	380~750
9	TV	23	200
10	Vacuum Cleaner	20	1000~1300
	Total	217	

표 4. 연구에 사용된 특징과 대응하는 인덱스
Table 4. Features and corresponding indices

index	1	2	3	4	5
feature	FC8	FC4	FC2	FC1	delta

2 입력 데이터 선정

장치 식별을 위해서는 분류기에 입력할 데이터를 적절히 선택하여야 한다. 이를 위하여 장치의 유효전력이 0에서 15 watt 이상 변화하는 시점을 감지하여 off에서 on이 되는 시점으로 간주하고, on이 되는 시점에서 30초 데이터를 한 개의 데이터 샘플로 처리하였다. 이렇게 해서 만들어진 데이터 샘플의 개수는 표 3과 같다.

3 특징 및 알고리즘 선정

본 연구에서는 특징으로서 off-to-on 변화량(델타값)과 푸리에 변환 계수를, 그리고 분류알고리즘

으로서 Naive Bayesian 알고리즘을 선정하여 사용하였다. 이들은 모두 장치 식별 연구에서 보편적으로 사용되는 특징과 알고리즘이다[12]. 표 4는 본 논문에서 사용한 특징과 그에 대응하는 index들을 보여준다. 여기서 FC#n 는 zero-padding한 32 point FFT 에서 #n번째 푸리에 계수를 뜻한다.

IV. 실험 결과 및 고찰

1 장치분석 알고리즘의 실험적 검증

본 논문에서 사용했던 여러 단일 분류기들 중에서 가장 좋은 성능을 발휘했던 단일 분류기를 Best Classifier로 명명하고, 본 논문에서 제안하는 방법의 성능 개선 정도를 비교하여 보았다. 그림 8과 같이 본 논문에서 사용한 5개의 분류기 중에서 FC1을 사용한 분류기가 가장 좋은 성능을 보이고 있다.

수집한 217개의 데이터를 사용하여 3-fold 교차 검증(3-Fold Cross Validation, 3-FCV)방법으로 성능을 측정하였다. 이를 위해 수집된 데이터를 랜덤하게 같은 수의 부분 집합 3개로 나눈 후, 2개의 부분 집합으로 학습과 평가 과정을 진행하고, 전체 집합으로 테스트 하는 방법을 사용하였다. 다중 분류 시스템의 성능(accuracy)은 총 테스트 데이터 샘플의 숫자에서 올바르게 장치를 식별한 숫자의 비율로 하였다. 3-fold 교차 실험이므로 총 3회 실험하여 구한 성능(accuracy)를 평균하여 최종 성능을 구하였다.

표 5는 실험을 위하여 생성한 3개의 부분집합들의 내역을 나타낸다. 기본적으로 set 1은 학습단계, set1~2는 평가단계, 그리고 set1~3이 테스트 단계에 사용된다. 3-fold 평가를 위하여 각 학습단계에 사용되는 집합은 set 2, set 3으로, 평가 단계에서

표 5. 3-fold 교차검증을 위한 데이터 집합
Table 5. Data sets for 3-fold cross validation

Appliances	Number of Data Samples			
	set 1	set 2	set 3	Total
Coffee Grinder	7	6	6	19
Electric Kettle	6	7	7	20
Electric Rice Cooker	7	7	6	20
Hair Dryer	7	7	8	22
Iron	10	10	9	29
Microwave Oven	8	7	8	23
Mixer	7	7	7	21
Toaster	6	7	7	20
TV	8	8	7	23
Vacuum Cleaner	7	6	7	20
Total	73	72	72	217

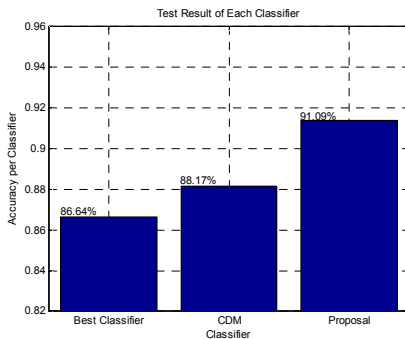


그림 9. 실험결과

Fig. 9 Experiment result

는 set 2~3, set 3~1로 바꾸어 사용하였다.

그림 9은 3-fold 교차검증 결과이다. 단일 알고리즘들 중 최고의 성능을 보이는 알고리즘이 86.64%의 성능을 보일 때, 본 연구에서 제안한 알고리즘은 91.09%로 Best Classifier 보다 약 4.5%의 성능향상을 보였다. 여기서 Best Classifier는 또한 CDM(Committee Decision Mechanism)과 비교하더라도 2.9%의 성능향상을 볼 수 있었다.

V. 맺음말

전기 에너지 사용을 모니터링하고 실시간으로 제공하는 실시간 전력 모니터링 시스템은 최대 12%의 전력 에너지 절감 효과를 기대할 수 있는 수요제어(demand response) 시스템이다. 이와 같은 전력 모니터링 시스템이 가정에서 편리하게 사용된다면 전력 소비를 감지하는 smart plug에서 수집한 전력 정보만을 이용하여 자동으로 어떤 장치

가 동작하고 있는지를 표시해주는 기능이 필요하다. 이와 같은 기능을 구현하기 위해서는 패턴인식 기술이 사용되는데, 그 성능이 충분하지 못한 실정이다.

본 연구에서는 분류의 성능을 향상시키기 위하여 복수개의 분류기를 사용하는 다중 분류 시스템을 제안하였다. 또한 복수개의 분류기가 제시하는 후보 결과들 중에 최종 결과를 얻기 위하여 각 분류기의 성능을 평가하여 활용하였다. 이 때 어떤 분류기가 특정한 결과를 제시하였을 때 그 결과를 올바르게 제시하는 정도를 주요 성능지표로 사용하였다. 본 연구에서 제안한 방법을 사용하여 단일 분류기를 사용하는 전통적인 방법에 비하여 4.5%, 다중 분류기를 사용하는 CDM 방식에 비하여 2.9%의 성능향상을 보였다.

References

- [1] K. Ehrhardt-Martinez, K.A. Donnelly, J.A. Laitner, "Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: a Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities," Report E105, ACEEE 2010.
- [2] B. Neenan, J. Robinson. "Residential electricity use feedback: A research synthesis and economic framework," Technical report, Electric Power Research Institute, 2009.
- [3] S.-W. Park, B.H. Wang, J.S. Kim, S.J. Lim, S.H. Hwangbo, J.I. Son, I.Y. Lee, "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 (in Korean).
- [4] G.W. Hart, "Nonintrusive appliance load monitoring," Proceedings of IEEE, Vol. 80, No. 12, pp. 1870-1891, 1992.
- [5] C. Laughman, K. Lee, R. Cox, S. Lee, L. Norford, P. Armstrong, "Power signature analysis," IEEE Power and Energy Magazine, Vol. 1, No. 2, pp. 56-63, 2003.
- [6] M. Berges, E. Goldman, H.S. Matthews, L. Soibelman, "Learning systems for electric consumption of buildings," Proceedings of the 2009 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering, 2009.

- [7] S.N. Patel, T. Robertson, J.A. Kientz, M.S. Reynolds, G.D. Abowd, "At the flick of a switch: Detecting and classifying unique electrical events on the residential power line," Proceedings of 9th International Conference on Ubiquitous Computing, pp. 271-288, 2007.
- [8] M. Zeifman, K. Roth, "Nonintrusive appliance load monitoring: Review and outlook," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 57, No. 1, pp. 76-84, 2011.
- [9] J. Liang, S.K.K. Ng, G. Kendall, J.W.M. Cheng, "Load signature study - Part I: Basic concept, structure, and methodology," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 25, No. 2, pp. 551-560, 2010.
- [10] J. Liang, S.K.K. Ng, G. Kendall, J.W.M. Cheng, "Load signature study - Part II: Disaggregation framework, simulation, and applications," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 25, No. 2, pp. 561-569, 2010.
- [11] R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork, "Pattern Classification, 2nd edition," WILEY, 2012.
- [12] A. Zoha, A. Gluhak, M.A. Imran, S. Rjasegarar, "Non-intrusive load monitoring approaches for disaggregated energy sensing: A survey," Sensors, Vol. 12, No. 12, pp. 16838-16866, 2012.

Yong-Soon Park (박 용 순)



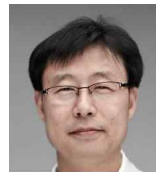
He is currently a Ph.D. candidate in Electrical Engineering at Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea. He received his M.S. degree in Electronic Engineering from Gangneung-Wonju National University. His current research interests include Internet of Things (IoT). Currently, He is working in Gangwon Embedded Software Research Center in Korea.
Email: ee9415@gwnu.ac.kr

Tae-Yun Chung (정 태 윤)



He received Ph.D. degree in Electronics Engineering from Yonsei University, Seoul, Korea, in 2000. From 1989 to 2001 he was a senior member of the research staff in Samsung Electronics, Seoul, Korea. Since 2001 he has been with Gangneung-Wonju National university, where he is a professor of school of electronic engineering. He is a director of Gangwon Embedded Software Research Center. His research interests include Embedded System and Sensor Network.
Email: tychung@gwnu.ac.kr

Sung-Wook Park (박 성 욱)



He received Ph.D. degree in Electronics Engineering from Yonsei University, Seoul, Korea, in 1998. From 1998 to 2009 he was a senior member of the research staff in Samsung Electronics, Seoul, Korea. Since 2009 he has been with Gangneung-Wonju National university, where he is a professor of school of electronic engineering. He is a director of Gangwon Embedded Software Research Center. His research interests include Embedded System and Sensor Network.
Email: swpark@gwnu.ac.kr