

스마트 그리드를 위한 소규모 전력에너지 관리 시스템 개발에 관한 연구

이창수^{1*}, 오해석²

¹ETRI부설연구소, ²가천대학교 컴퓨터학부

A Study on Development of Small Scale Electric Power Management System for Smart Grid

Chang-Soo Lee^{1*} and Hea-Seok Oh²

¹The Attached Institute of ETRI

²Dept. of Computer Engineering, Gachon University

요 약 스마트 그리드는 기존에 발전소에서 전력을 일방적으로 공급하는 단방향 전력망에 정보기술을 접목하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 방식이다. 스마트그리드의 전력 관리 시스템은 동적인 가격제도와 함께 소비자들에게 전력사용에 대한 정보를 제공함으로써, 수요의 반응을 유도하고, 전력 계통의 투자와 운영에 있어 효율을 향상시키는데 있다. 하지만, 최근 전력 관리 시스템들은 실시간 가격 등 가격 제도에 주로 초점을 두고 있다. 본 논문에서는 가격 제도에 초점을 둔 기존 전력관리 시스템을 개선하여 전력 사용의 효율성에 초점을 둔 전력에너지 운영 관리 시스템을 제안한다. 전력 데이터는 배전반에 설치된 PMU(Phasor Measurement Units)를 통해 수집되며 데이터 마이닝 기법을 통한 분석 방법으로 효율성 높이고자 한다. 또한 전력 부족 및 과잉 공급 시 PMU와 양방향 통신을 통해 제어할 수 있도록 구현 및 실험하여 전력에너지 관리 시스템의 효율성을 입증하였다.

Abstract A smart grid is an electric-power grid that employs a new information technology. This technology makes it possible to exchange real-time energy information between suppliers and consumers, finally resulting in high energy efficiency. The energy management system in smart grid provides up to date information on electricity consumption as well as dynamic electricity price to consumers of smart grid system. However, the existing energy management systems only focus on pricing system, for example, real-time electricity prices. In this paper, we try to improve the existing energy management system and propose the energy management system that mainly focuses on the efficiency of electricity consumption. In the proposed management system, PMU(Phasor Measurement Units) installed in switchboards gathers electricity data in a real time. We also propose to use data mining method, which is applied to analyzed electricity data for improving energy efficiency. Also, the proposed energy management system is designed to efficiently control the electricity between PMU and management system in case of a shortage of electricity or surplus electricity.

Key Words : Smart Grid, Electronic Power, Data Mining, Power Control, Bothway Communication

1. 서론

최근 이슈가 되고 있는 Green IT에 대한 기업들의 인

식은 IT 기기의 전원관리, 데이터 센터의 구축을 통한 에너지 효율화, IT기기 혹은 관련 제품의 환경유해물질 사용 규제를 통한 친환경 제품 개발 등으로 넓어지고 있다.

*Corresponding Author : Chang-Soo Lee

Tel: +82-10-3303-6131 email: powerofmicro@naver.com

접수일 12년 05월 10일

수정일 12년 05월 17일

게재확정일 12년 06월 07일

이에 스마트 그리드(Smart Grid)와 같은 차세대 친환경 전력 IT의 근간이 되는 Green IT 기술은 반드시 필요한 핵심 기술이 되었다[1-4].

본 논문에서는 소규모 공장 단위에 적용 가능한 스마트그리드 기술을 이용한 전력 관리 시스템을 통해, IT 인프라의 중심이라고 할 수 있는 전원 및 설비의 전력 사용량 절감과 에너지 효율 향상을 목적으로 한다. 전력에너지 관리 시스템은 전력 에너지 데이터 수집 및 측정, 성능 분석의 2단계 검증을 통해 시스템의 효율성을 입증한다. 첫 번째 단계인 전력 에너지 데이터 수집 및 측정은 전력을 사용하는 공장의 전력 에너지 데이터를 수집하고 이를 분석한다. 두 번째 단계인 성능 분석은 시스템이 제공하는 전력 에너지 모니터링 및 그래프를 통하여 사용 전력에 대한 효율적 관리가 가능하도록 설계 및 구현하였다.

본 논문은 전력 에너지 데이터를 수집을 위한 통신 기술 및 제한한 시스템의 효율적 데이터관리와 관련된 데이터마이닝 기법에 대하여 2장에서 다룬다. 3장에서는 제안하는 전력에너지 관리 시스템(EPMS) 구성 및 내용, 4장에서는 시스템 성능실험, 5장 결론으로 구성된다.

2. 관련 연구

2.1 스마트그리드 요소 기술

2.1.1 광역 모니터링 및 제어기술

광역 모니터링 및 제어기술(Wide-Area Monitoring and Control)은 발전과 송전의 광범위한 영역에서 전력시스템 요소와 성능을 실시간으로 모니터링하고 제어하는 기술이다. 스마트그리드의 발전에서 송전 배전, 소비자까지 전력을 송전하기 위해서 정보통신기술(ICT)융합과 재생 에너지 및 분산발전 통합도 함께 이루어져야 한다. 정보통신기술 통합(ICT Integration)은 전력망의 효율적 운영을 위해 통신 네트워크 및 관련 장비, 컴퓨팅, 시스템 제어 소프트웨어 등을 활용한다. 재생에너지 및 분산발전 통합(Renewable and Distributed Generation Integration)은 재생에너지 및 분산발전의 계통연계 및 제어관련 기술로 EMS(에너지관리시스템), GIS(지리정보시스템) 등이 있다[5].

2.1.2 MDMS(Metering Data Management System)

전력 공급자와 전력소비자간 양방향 실시간 전력 사용 정보를 토대로 실시간 요금 및 전력효율 최적화를 위한 방안이다. MDMS는 각 수용가의 에너지 프로파일 기반

수집 데이터의 관리를 위한 시스템이다. 수천만 가입자를 위한 대용량 데이터를 처리시스템은 기존 통신회사에 완성되어 있기 때문에 응용하기 위한 기술 적용만 있으면 된다. 현재 정부에서는 IHD(In Home Display) 보급사업을 시행하여 서비스 할 예정이다[5].

2.1.3 네트워크 기술

스마트그리드에서 정보가 전달되도록 하는 양방향 정보통신기술은 스마트 그리드의 신경체계에 해당된다고 할 수 있다. 수많은 전력소비자들은 자신의 전력 수요를 조절할 수 있게 된다[6].

네트워크 기술로는 파장분할(WDM)기술, SONET/SDH 파이버링크, 패시브옵티컬 네트워크(PON), 기가비트 이더넷(GbE, 10GbE), 전력선통신(PLC) 등의 유선 네트워크기술과 IEEE 802.15 기반의 ZigBee기술, IEEE 802.11 기반의 WiFi기술, IEEE 802.16 기반의 와이브로 기술, 3GPP/3GPP2 기반의 CDMA, GPRS, 3G/4G 등의 무선이동통신 기술 등이 사용된다.

(1) AMI(Advanced Metering Infrastructure)

전기를 공급받아 사용하는 가정, 산업체 등의 소비자와 전력회사 간의 양방향 데이터 통신을 통해 에너지효율 제고 및 신뢰성을 향상할 수 있는 기술이다. 지능형 소비자 분야의 기술 개발은 주로 대규모의 AMI를 구축하는 단계에 도달하였다. 북미, 북유럽, 이탈리아 등에서는 수백만 가구 규모의 AMI가 구축되고 있다[6].

AMI는 2G기반의 AMI를 대체 할 수 있는 선진형 인터페이스 3G 이동통신, xDSL이나 FTTH와 같은 유선통신, WiMAX/Wibro, LTE와 같은 무선 데이터 통신으로 서비스가 가능하다. 현재 제주실증단지 KT컨소시엄에서는 W-CDMA 기반의 스마트 미터링, FTTH를 통한 대용량 데이터 처리 등이 각 대상 수용가의 특성 및 소요 데이터 규모 통신망 구축의 용이성에 맞추어 적절히 적용 가능하도록 되어 있다.

(2) HAM/BAN/IAN(H/B/I Area Network)

소비자 분야인 홈(Home), 빌딩(Building), 산업체(Industry) 영역의 통신 네트워크 기술로 전력선 통신(PLC) 및 WPAN 영역의 ZigBee 기반, WLAN 영역의 WiFi 등의 기술로 HAM을 구성한다. 저 전력, 저 가격 및 신뢰성 기반의 통신환경 제공을 주장하는 다양한 프로토콜 간의 시장 확보를 위한 표준선택 경쟁이 치열하다[6].

2.2 데이터 마이닝 기법

2.2.1 연관규칙

연관 규칙이란 어떤 사건이 발생하면 다른 사건도 따라 발생하는 사건사이의 강한 연관성을 의미한다. 즉, 항목 집합으로 표현된 트랜잭션에서 각 항목간의 연관성을 반영하는 규칙이다. 즉, a b 의 형태를 갖는 패턴으로서, 이러한 규칙이 갖는 의미는 a 항목집합이 나타날 때는 b 항목집합도 동반하여 나타나는 경향 있다. 연관 규칙을 탐사하는 문제는 기본적으로 빈발 항목 집합 결정 단계와 연관 규칙 생성 단계로 구성된다[7].

전력 에너지 관리 시스템에서는 연관 규칙을 이용하여 전력 에너지 데이터의 속성 간의 상관관계를 분석함으로써, 전력 에너지 운영 관리에 적절한 시스템 특성의 선택이나 전력 에너지 데이터 간의 패턴 생성을 위한 시퀀스 생성에 이용가능 하다.

2.2.2 분류

데이터를 각 클래스가 갖는 특징에 근거하여 클래스별로 분류하는 기법으로 기계 학습 분야의 귀납적 학습 문제에서 연구되었다. 분류의 목적은 과거에 알고 있는 데이터베이스 정보로부터 새로운 레코드를 자동적으로 분류해낼 수 있는 분류 규칙을 생성하는 것이다. 분류를 위해서는 트레이닝 데이터라고 불리는 입력 데이터가 필요하다. 트레이닝 데이터를 구성하는 레코드는 속성들과 레코드가 속한 클래스를 나타내는 레이블을 가진다. 분류는 트레이닝 데이터가 포함하고 있는 특징을 분석함으로써 각 클래스를 분류하기 위한 분류 규칙을 생성한다. 분류규칙을 생성하기 위한 기법으로는 통계, 신경망, 결정 트리 등이 있다.

2.2.3 순차 패턴 탐사

순차 패턴 탐사는 항목 집합으로 구성된 트랜잭션들 간에 특정 항목 집합이 순차적으로 발생하는 패턴을 탐사하는 기법으로 한 트랜잭션 내에서 발생하는 항목들 간에 연관성을 연관규칙 탐사(Association)에 시간적인 관계를 추가한 것이다. 즉, 고객 트랜잭션 내에 항목 A가 존재한다면, 그 이후에 발생하는 동일 고객의 다른 트랜잭션 내에 항목 B, C, 가 차례로 존재한다는 시퀀스를 탐사하는 기법이다.

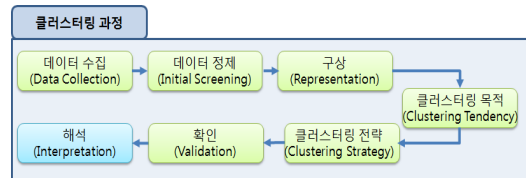
2.2.4 에피소드

에피소드 탐사는 일련의 사건 시퀀스로부터 빈번하게 발생하는 에피소드를 찾는 기법이다. 에피소드는 빈번하게 발생하는 특정 사건 시퀀스로 정의되며 시퀀스를 구성하는 사건은 서로 밀접하게 관련된 사건이다. 탐사 문

제는 사용자가 지정한 전력 에너지 데이터 범위를 벗어난 전력 에너지 데이터의 집합에서 에피소드가 발생한 전력 에너지 데이터의 비율이 최소 발생 빈도 이상을 만족하는 모든 에피소드를 찾는다.

2.2.5 클러스터링

클러스터링은 잠재적인 데이터에서 그룹들을 탐사하거나 관심 있는 분포를 확인하는데 유용한 방법이다. 이 기법은 개체들의 집합을 개체의 클래스들로 그룹화 하는 절차이다[8]. 이때, 동일한 클러스터에 속하는 개체들은 유사성을 가지고, 다른 클러스터에 속하는 개체 간에는 상서성을 가진다. 주어진 개체들의 집합에 대해 클러스터링을 수행하는 과정은 다음과 같다.

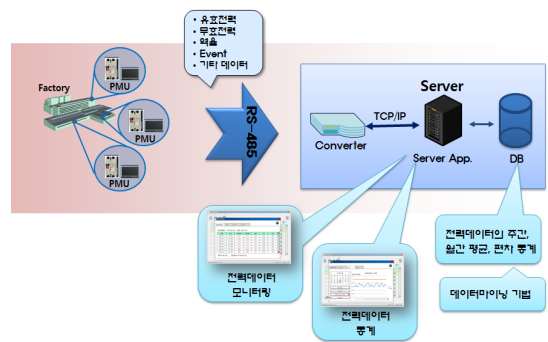


[그림 1] 클러스터링 과정
[Fig. 1] Clustering Process

3. 전력에너지 관리 시스템

3.1 전체시스템 구성

전력에너지 관리 시스템은 배전반의 전력차단기에 부착된 PMU를 통해 수집되는 데이터를 분석, 제어하여 효율적인 전력관리를 위한 방법을 제공한다. 또한 시스템은 전력 부족, 과잉문제에 대해 양방향 통신을 통하여 PMU를 직접 제어 하여 전력관리의 효율성과 안전성을 제공한다.



[그림 2] 전력에너지 관리 시스템
[Fig. 2] Electronic-Power Management System

그림 2에서 소규모 공장내에 설치된 전력차단기에 부착되어 있는 PMU는 RS-485 통신 방식을 이용하여 유효 전력, 무효전력, 역률 등 36가지 전력 데이터를 컨버터에 전송한다. 컨버터는 최대 5개까지 PMU와 연결되며 각 데이터는 TCP/IP로 서버에 재전송한다. 서버는 전력 데이터의 일간, 주간, 월간, 연간 평균과 표준편차 등의 통계를 내어 분석 자료로 활용할 수 있도록 구성하였다.

3.2 PMU와 서버간 네트워크 구성

소규모 공장의 전력차단기에 부착되어 있는 PMU의 설치 범위는 공장의 크기와 배전반의 개수에 따라 n개가 설치될 수 있다. 이런 경우 PMU와 서버간에 직접 연결할 경우 데이터 처리에 있어 서버에 부하를 발생시키게 된다. 따라서 PMU와 서버간에 컨버터를 설치하여 PMU에서 전송되는 36가지의 전력데이터는 PMU에 부여된 인덱스로 그룹화하여 서버로 재전송한다. 컨버터와 서버간에는 RS-485통신이 아닌 TCP/IP를 사용하여 데이터를 전송한다. PMU의 데이터가 인덱스 그룹에 있기 때문에 서버에서 데이터 분류 및 저장에 용이하다.

[표 1] PMU와 컨버터 통신명세

[Table 1] PMU and Converter Comm Spec

형식	Serial
Baud Rate	설정가능(Default : 9600bps)
Data bits	8bit
Parity	None
Stop bit	1
Flow Control	None

표 1은 PMU와 컨버터의 통신사양이고, (표 2)는 데이터 전송 포맷으로 프로토콜 필드는 Slave Address 필드, Function 필드, Data 필드, Error Check 필드로 구성된다. Slave Address 필드는 한 바이트의 크기를 가지며, 통신 중 Slave Device를 지정하기 위한 ID이고 범위는 1~247이다. Function 필드는 한 바이트의 크기를 가지며, 사용자가 보낸 명령의 종류를 말한다. 예를 들어 “03”일 경우, 하나 이상의 계측 데이터 읽기를 의미한다. Data 필드는 4 바이트의 크기를 가지며, 2 바이트일 경우, 상위 바이트, 하위 바이트 순서이다. Error Check 필드는 CRC-16 알고리즘을 사용하여 통신 중에 발생할 수 있는 전송 오류를 체크한다.

[표 2] 데이터 타입

[Table 2] Data Type

(a) Request Data Format (Byte)

Slave Addr.	Func	Start Addr.	Word Count	Error Check
1	1	2	2	2

(b) Response Data Format (Byte)

Slave Addr.	Func	Byte Count.	Data Word (1)	...	Data Word (N)	Error Check
1	1	1	4	...	4	2

PMU에서 전송되는 데이터 타입은 총 36가지의 전력 데이터로 Data Word 필드에 측정값 기록하여 서버로 전송하게 된다.

[표 3] PMU 측정 데이터

[Table 3] PMU Measurement Data

측정 항목		Add	범위
평균	평균전압	0	0.00 ~ 999.99k
	평균전류	1	0.00 ~ 999.99k
부하 전류	R상 전류	2	0.00 ~ 999.99k
	S상 전류	3	0.00 ~ 999.99k
	T상 전류	4	0.00 ~ 999.99k
선간 전압	RS 선간 전류	5	0.00 ~ 999.99k
	ST 선간 전류	6	0.00 ~ 999.99k
	TR 선간 전류	7	0.00 ~ 999.99k
	선간전압 최대값	8	0.00 ~ 999.99k
전력량	Total 전력	9	0.00 ~ 999.99M
	Total 유효전력	10	0.00 ~ 999.99M
	Total 무효전력	11	0.00 ~ 999.99M

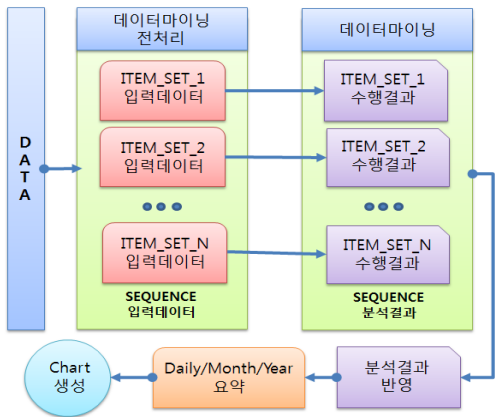
고조파	R상 기본 주파수	27	0.00 ~ 999.99k

	피상전력량	16	0.00 ~ 999.99M

3.3 전력에너지 데이터마닝

전력에너지 관리 시스템에서 수집하는 전력 데이터는 PMU 당 36가지이다. PMU의 데이터 전송 주기는 평균 30초 정도로 1~N개의 PMU 인덱스 그룹으로 전송 받는다. 24시간 동안 받는 데이터 횟수는 N(PMU) × 24시간 × 60분 × 2(1분에 2번)으로 총 N × 2880번 데이터를 받

게 된다. 이와 같이 많은 양의 데이터를 하루 동안 처리해야하기 때문에 측정 데이터를 단순히 그래프화 하여 보이는 건 무의미 하다고 할 수 있다. 따라서 데이터 마이닝을 통해 시스템 관리자가 전력데이터의 특정 변화부분 및 이상유무를 판단할 수 있는 데이터 조합을 통해 효율적인 전력 관리가 가능하다.



[그림 3] 데이터마이닝 처리도
[Fig. 3] Data Mining Process

그림 3은 PMU에서 측정된 전력데이터를 데이터베이스화하고 데이터마이닝에 적합하게 전처리(Pre-process)한 다음 마이닝을 수행하는 과정을 나타낸 것이다. 전력에너지 데이터 파일은 각 전력차단기에 부착된 PMU를 통해서 실시간으로 수집된 36가지 전력 에너지 데이터를 PMU 번호와 시간, 그리고 데이터의 순서대로 기록한 한다. 시스템에는 모든 PMU에 대한 전력 데이터와 시간 정보를 저장한다.

```

010300000024 2011-07-18 15:53:49 219.5683 49.90188 47.90581 48.90385 50.88992 216.5742 217.5722 218.5703 219.5683
39.92151 40.91954 41.91758 42.91562 59.88226 69.86264 70.86067 71.85871 0.980377 72.85675 30.93917 31.93721 32.93524
33.93328 200.6056 201.6036 202.6017 203.5997 10.97841 11.97645 12.97449 13.97253 14.97056 15.9686 16.96664 17.96468
18.96272
010300000024 2011-07-18 15:53:52 219.258 49.83136 47.8381 48.83473 50.82798 216.2681 217.2647 218.2613 219.258 38.86509
40.86171 41.85834 42.85497 59.79763 69.77639 70.76502 71.75715 0.9966271 72.75378 30.89544 31.89207 32.88869 33.88532
200.3221 201.3187 202.3153 203.3119 10.86219 11.85953 12.85615 13.85278 14.84941 15.84603 16.84266 17.83929 18.83591
010300000024 2011-07-18 15:53:55 220.4941 50.1123 48.10781 49.11005 51.11454 217.4874 218.4896 219.4919 220.4941
40.08984 41.09208 42.09433 43.09658 60.13476 70.15722 71.15946 72.16171 1.002246 73.16396 31.06962 32.07187 33.07412
34.07636 201.4514 202.4537 203.4559 204.4582 11.02741 12.02695 13.0292 14.03144 15.03369 16.03593 17.03818 18.04043
19.04267
010300000024 2011-07-18 15:53:58 220.2488 50.05654 48.05428 49.05541 51.05767 217.2454 218.2465 219.2477 220.2488
40.04523 41.04636 42.0475 43.04863 60.06785 70.07916 71.08029 72.08142 1.001131 73.08255 31.03506 32.03619 33.03732
34.03845 201.2273 202.2284 203.2296 204.2307 11.01244 12.01357 13.0147 14.01583 15.01696 16.01809 17.01922 18.02036
19.02149
010300000024 2011-07-18 15:54:01 220.0321 50.0073 48.00701 49.00715 51.00745 217.0317 218.0318 219.032 220.0321 40.00584
41.00599 42.00613 43.00628 60.00876 70.01022 71.01036 72.01051 1.000146 73.01066 31.00452 32.00467 33.00482 34.00496
201.0289 202.0285 203.0296 204.0298 11.00161 12.00175 13.0019 14.00204 15.00219 16.00233 17.00248 18.00263 19.00277
    
```

[그림 4] 전력 데이터 원형
[Fig. 4] Electronic-Power Measure

PMU에서 측정된 데이터는 컨버터를 통해 데이터 그룹으로 그림 4와 같이 전송된다. 데이터의 형식은 PMU

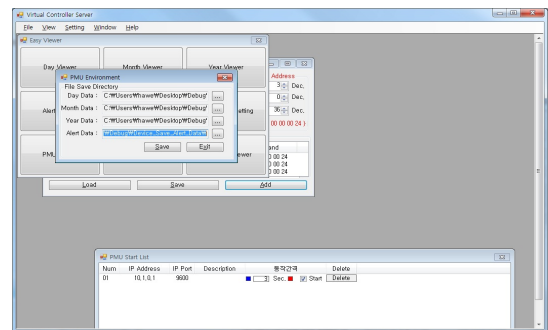
번호+명령어+(수집데이터 수, 수집 시간, 수집된 데이터 값) 등의 순서로 저장된다. 데이터마이닝은 전력 에너지 데이터에서 순회 패턴(Traversal pattern)이나 순차 패턴(Sequential pattern)을 파악할 수 있도록 한다. 패턴을 검출을 위해 전력 에너지 데이터에서 일정한 비율로 나타나는 데이터 값으로 구성되어 빈발 항목 집합을 검출한다. 검출 방법은 첫 번째는 전력 데이터 파일에서 빈발 항목 집합을 검사하는 데이터마이닝의 입력으로 사용될 수 있도록 데이터베이스의 전력 데이터를 전처리 한다. 다음으로 전처리 된 데이터를 ITEM_SET 탐사와 입력 데이터의 SEQUENCE 탐사를 진행하여 최종결과를 Chart로 표현하여 전력 관리의 효율성을 극대화 시킨다.

4. 실험 및 평가

4.1 실험환경 및 시스템 구성

전력에너지 관리 시스템 구성을 위해 Intel Core2Duo 2.26GHz, RAM 2G, Windows XP(32bit)와 PMU 4대, 컨버터 1대를 사용하여 실험하였다.

그림 5의 전력에너지 관리 시스템(이하 EPMS)은 일보, 월보, 연보를 차트로 확인할 수 있는 기능과 Alert Viewer를 통해 시스템에서 경보가 울린 날짜와 시간을 저장하여 관리자가 열람할 수 있다.



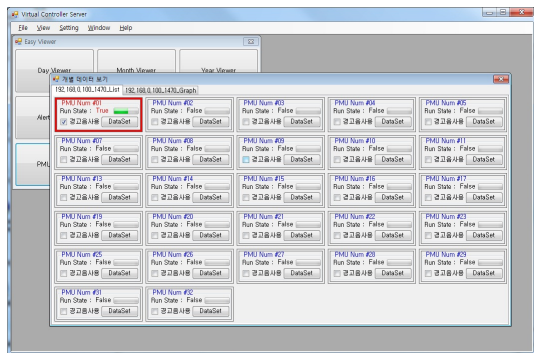
[그림 5] 전력에너지 관리 시스템(EPMS)
[Fig. 5] Electronic-Power Management System

Default Data setting 항목에서 PMU에서 보내는 데이터의 한계치를 최소/최대치로 설정하여 실시간으로 전력의 이상 유·무를 판단할 수 있다. PMU의 등록과 설정을 통해 Each Data Viewer에서 PMU 개체들의 상태 모니터링이 가능하고 데이터 마이닝을 통해 분석된 데이터의 추이를 그래프를 통해 보여준다.

4.2 전력에너지 관리 시스템 성능 실험

4.2.1 전력 데이터 오류 검출 실험

전력에너지 관리 시스템은 PMU 등록 및 셋팅 이후 PMU에서 전송되는 데이터를 PMU 인덱스의 그룹으로 전송받게 된다. 이때 인덱스 그룹에 있는 36가지의 전력 데이터 중 시스템에서 설정한 한계값을 벗어나는 경우 관리자가 알 수 있는 오류 메시지와 함께 PMU를 우선 제어하여 전력공급을 중지할 수 있도록 하였다.



[그림 6] EPMS 시스템의 경보 알림
[Fig. 6] Alert Message of EPMS System

[표 4] EPMS 오류검출 실험
[Table 4] Error Detection Test of EPMS

N	PMU Index	Field	Error Data	EMPS	
				A	B
3	1	전압	90	Alert	OK
8	3	전류	45	Alert	OK
19	1	전류	22	Alert	OK
24	4	전압	258	Alert	OK
30	2	전압	260	Alert	OK
31	1	전류	2	Alert	NO
37	2	전압	91	Alert	OK
42	3	전압	95	Alert	OK
47	4	전류	29	Alert	OK
50	3	전압	92	Alert	OK

- * 전압 Min/Max(100~250)(V), 전류 Min/Max(5~20)(A)
- * 전압 Min/Max(100~250)(V), 전류 Min/Max(5~20)(A)
- * A:EMPS에서 전류/전압 오류검출, B:PMU제어 성공/실패

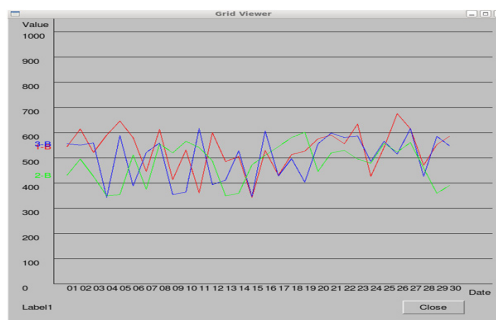
그림 6은 임의로 PMU 1번 인덱스의 전압을 한계값보다 작게 설정하여 전송하였을 경우 시스템 화면이다.

EMPS의 오류검출 성능을 위해 PMU 4개의 항목 데이터 중 전압과 전류값에 대하여 랜덤으로 한계값을 부여하도록 하여 오류발생에 따른 검출 횟수와 PMU 동작 제어를 테스트한 결과는 표 4와 같다. PMU의 인덱스는 1

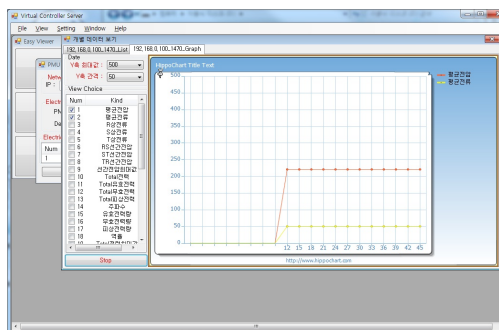
~4이고, 각 인덱스 그룹에 포함된 항목 중 전압과 전류의 오버플로우와 언더플로우만 추출한 결과이다. 총 300회 1분씩 검출한 결과 중 50회까지의 오류발생 내용이다. EMPS의 전류/전압의 오류검출은 50회까지 모두 검출하였으나 31회에서 PMU 1번에 전류 오류시 PMU 제어에 실패 하였는데 컨버터의 전송이력 리스트 확인결과 EMPS에서 컨버터 까지 제어 신호는 전송이 되었으나 컨버터에서 PMU에 전달시 노이즈로 판단하여 자동 삭제된 것이다.

4.2.2 데이터 마이닝 패턴 분석 실험

전력에너지 관리 시스템(EMPS)에 수집되는 데이터는 PMU에서 측정된 데이터이다. EMPS에서 모니터링을 위해 각 36개의 데이터에 대한 내용을 확인해야 할 필요성은 있다. 또한 전력관리의 효율성을 위해 특정범위내의 항목들에 대한 데이터 패턴 분석을 통해 전력의 공급양을 조절할 수 있다.



[그림 7] 데이터 패턴 실험
[Fig. 7] Data Pattern Test



[그림 8] EMPS 데이터 그래프
[Fig. 8] EMPS Data Graph

그림 7은 PMU 1~4번의 데이터 항목을 A~Z and 가 지a~j로 매칭하여 한달간 수집된 데이터의 패턴이다. 그

중 PMU 1,2번 대비 3번의 B항목과 매칭되는 데이터 패턴을 비교한 결과이다. 또한 그림 8과 같이 다양한 조합을 통해 시스템 관리자가 원하는 데이터 유형별 통계등도 가능하기 때문에 단순히 모니터링을 위한 수단이 아닌 효율적인 운영을 위한 방법을 제시할 수 있다.

5. 결과

스마트그리드는 차세대 친환경 핵심 기술로 자리를 잡아가고 있다. 미국 및 유럽에서는 이미 적용단계에 들어섰다. 그리고 스마트그리드 및 기반시설에 대한 제어시스템과 같이 IT기술을 접목하는 융합기술이 대세가 되고 있다.

본 논문에서는 스마트그리드에서 대단위가 아닌 소규모 단위의 공장에 적용가능한 전력에너지 관리 시스템을 제안하였다. 단지 전력 모니터링을 통해 데이터를 축적하거나 소비전력에 대한 소비금액 과금을 위한 용도가 아닌 전력의 효율적 활용도에 목적을 두고 있다. 실험을 통하여 전력 현황을 위한 모니터링과 전력제어 가능성을 보였고, 데이터마ining을 통해 전력 관리의 효율성을 입증하였다.

향후 전력에너지 관리 시스템의 현장적용 시 예상되는 문제점과 관리자가 쉽게 사용할 수 있는 사용자 중심의 시스템 구성이 필요하다.

References

[1] ITU-T, "Smart Grid Overview", Smart-O-32 Rev.2, Jun,2011.

[2] Amin,M. and B.F. Wollenberg, "Toward a Smart Grid: Power Delivery for the 21st Century", IEEE Power and Energy Magazine, Vol3,No 5, Oct,2005.

[3] Electric Power Research Institute, "Electricity technology roadmap:Meeting the critical challenges of the 21st century summary report product no.1010929", 2004.

[4] Garthner, "Top 10 Strategic Technologies for 2009" - <http://www.gartner.com>, 2008.

[5] H.S.Kim, "Smart Grid home and abroad Technical Report: Intelligence Customer", TTA Journal No.129, Special Theme:Smart Grid, pp.56-60, 2010.6.

[6] C.K.Park and T.S.Y, "Smart Grid Technique and Market Trends", KISTEP, Vol 2011-4, 2011.

[7] Srikant R. and Agrawal R. "Mining Sequential Patterns

:Generalizations and Performance Improvements", In Proceedings of the Fifth Int'l Conference on Extending Database Technology(EDBT), Avignon , France, 1996.

[8] Mohammed J. Zaki, et al, "Towards Generic Pattern Mining, International Conference on Formal Concept Analysis (Invited Paper)", 2005.

이 창 수(Chang-Soo Lee)

[종신회원]



- 2002년 2월 : 송실대학교 컴퓨터 공학과(공학석사)
- 2005년 8월 : 송실대학교 컴퓨터 공학과(공학박사)
- 2006년 ~ 2009년 : (주)리테일테크 기술연구소 수석연구원
- 2008년 3월 ~ 2009년 2월 : 경원대학교 컴퓨터공학과 겸임교수
- 2010년 ~ 현재 : ETRI부설연구소 연구원

<관심분야>

스마트그리드, RFID/USN 솔루션, 네트워크보안, 정보보안, DRM, 영상신호처리

오 해 석(Hea-Seok Oh)

[정회원]



- 1975년 2월 : 서울대학교 계산통계학과(학사)
- 1981년 2월 : 서울대학교 계산통계학과(공학석사)
- 1989년 2월 : 서울대학교 계산통계학과(공학박사)
- 1982년 1월 ~ 2003년 2월 : 송실대학교 컴퓨터학부 교수/부총장(역임)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 IT대학 교수
- 2009년 9월 ~ 현재 : 대통령 IT 특별보좌관

<관심분야>

멀티미디어, 데이터베이스, 지식경영, 정보통신