전력 에너지 관리 모니터링 시스템 설계

오원욱, 김용수
경원대학교 전자계산학과
e-mail:wonwook@ku.kyungwon.ac.kr

A design of Monitering System for the Electric Energy Management

Won-wook Oh, Yong-Soo Kim
Dept of Computer Science, Kyung-Won University

요 약

정부의 신성장 동력산업으로 스마트 그리드 분야가 대두되고 있다. 전기사용량 절약, 전력 예비율 확보와 전력망의 신뢰성 확보를 통해 에너지 자원의 효율적 이용이 필요한 시대이다. 산업현장의 차단기를 디지털화하고, 각각의 전력 정보를 자동으로 수집하여 모니터링 시스템으로 설계함으로써 효율적인 전력 관리 및 긴급상황에 대처할 수 있게 된다. 산업현장의 전력 에너지 모니터링 시스템 설계를 바탕으로 타 분야에서도 응용할 수 있도록 설계하였다.

1. 서론

2009년 4월에 변경된 일본의 성에너지법 기준에 의해 일본의 산업현장은 지역적으로 분리된 공장, 사무실, 영업소 등의 전력량 정보를 수집하여 정부에 보고하여야 하는 필요성이 발생하였으며, 이를 위해서는 원격지에 위치한 전력설비들의 원격 전력모니터링 기술이 필요하게 되었다.

기존의 산업현장에서 아날로그 차단기를 디지털화하고 배전반내에 전력모니터링의 센서를 일체화 및 차단기 자체 통신기능을 갖는 장치로 구현함으로 전력정보를 효율적으로 관리하여 갑작스러운 외부환경에 대한 대처 및 에너지 절감의 효과를 기대할 수 있다.

본 연구에서는 산업현장에서 전력 지능형 차단기에 필수적인 전력정보 모니터링 시스템 설계하였다.

2. 관련연구

가. 지능형 차단기

현재 각 개소별 전력량 및 상태정보 등의 정보수집을 위해 모니터링시스템을 구축할 경우 아날로그 차단기, 정보수집을 위한 측정기기, 통신을 위한 별도의 통신모듈이 필요하다. 이러한 방식으로 시스템을 구축할 경우 다수의 기기 사용에 따른 비용 증가 및 과다 공간 사용, 배선 시간 소요에 따른 설치 비용의 상승, 유지보수의 어려움 등의 단점이 있어 왔다.

(그림1) 지능형 차단기 구성

지능형 차단기를 사용하여 시스템을 구성할 경우 다수의 기기를 사용하여 시스템을 구성하던 방식을 그림1과 같이 하나의 지능형 차단기로 통합시켜 사용함으로써 모니터링시스템을 단순화시킬 수 있다.

<표 1> 차단장치의 비교

구 분		아날로그형 차단장치	**지능형 차단장치**	비 고
전력정보		수집불가	수집가능	
정보표시		전압, 전류계 필요	부가장치 필요없음	30% 공간절약
응답특성		느림	빠름	부하에 의존
전류 설정	단한시	제한	±15% 이내 조정	
	순시	제한	±15% 이내 조정	
동작 시간	장한시	제한	±20% 이내 조정	기준 대비
	단한시	제한	0.06~0.3초	
특성곡선		조정불가	조정가능	트립기준
체결방식		볼팅	직접체결식	
단자온도		불가	측정	안전효과 증대
네트워크		불가	가능	

나. 전력 데이터 패턴 분석

(1) 시계열 방법

시계열 방법은 과거의 부하 데이터를 시계열로 모델링하여 예측하는 방법이며, 단순하면서도 실용적이어서 부하예측에 널리 사용되는 방법이다. 그중 평활화 시계열법(Smoothing time series method)은 t시간에서 N개의 과거 데이터의 평균값을 사용하여 t+1시간의 부하데이터를 예측하는 방법이다. 그러나 이 방법은 이동평균을 구할 때 N개의 데이터에 동일한 가중치가 부여되는데, 이를 개선하기 위해서 지수 평활법(exponential smoothing)이 제안되었다. 이 방법은 과거 데이터에 적용된 가중치가 지수적

으로 감소하여 작용하고 부하변동이 적은 평일의 예측에서는 안정된 예측결과를 나타낸다. 그러나 예측정확도는 평활화 계수에 크게 의존함으로 예측정확도를 높이기 위해서 평활화 계수를 적응적으로 수정해가는 적응 지수평활법이 제안되었다.

(2) 회귀적 방법

최근의 부하변동 상태, 날씨, 그 외의 변동성분 등의 영향을 예측함수의 독립변수로 사용하여 예측하는 방법으로써 자기회귀 이동평균 모델과 상태공간모델 등이 있다. 자기회귀항(autoregressive term)은 과거 부하데이터의 함수로 표현되며, 이동평균(moving average)성분은 부하의 변동에 영향을 주는 여러 변수들의 가중평균함수로 구성된다. 상태공간모델은 전력부하를 상태공간표현법으로 모델링하여 예측하는 방법이다. 시계열 방법이 날씨와 같은 부하 특성에 영향을 미치는 여러 변수를 반영하기 힘든 반면에 회귀적 방법은 날씨, 온도와 같은 부하 변동에 영향을 주는 다른 요소를 고려할 수 있는 장점이 있다.

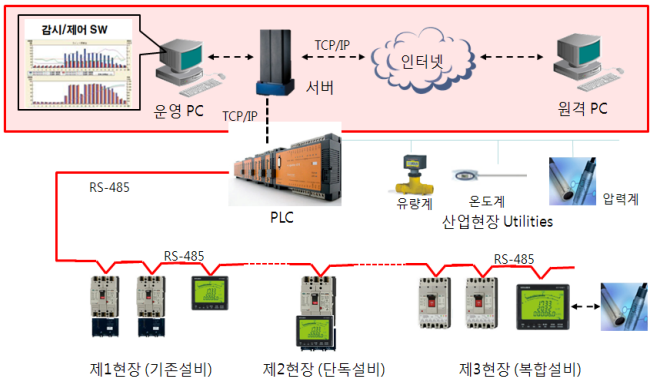
3. 모니터링 시스템 설계

모니터링 시스템의 구현을 위해 <표2>와 같이 6가지 핵심적으로 개발이 필요하다. 본 논문에서는 전력 제어 및 GUI 개발 부분에 초점을 맞추었다.

<표 2> 모니터링 시스템 개발 내용

구분	개발 모듈	
	항목	세부내용
개발 내용	사용자 클라이언트용 에이전트 개발	-에이전트 상태 측정을 통한 전력관리
	전자차단기 에이전트 개발	-전자차단기 활용을 통한 전력제어
	원격 전자차단기 인식 기술 개발	-에이전트 인증을 통한 전력 관리 체계 구축
	클라이언트/서버 에이전트 개발	-수집 및 가공된 전력 데이터를 실시간으로 서버와 모니터링 pc간 통신 -부하의 전압, 전류, 역율, 전력을 실시간으로 모니터링
	전력 제어 및 관리 GUI 개발	-목표전력, 현재전력, 기준전력, 예측전력, 수요시간, 경보상태, CO2 발생량, 단자온도와 각 부하의 전압, 전류, 역률, 전력을 실시간으로 모니터링 하기 위한 그래프 기반 GUI
	데이터 입출력 변환 기술	-전력데이터에 따른 일보, 월보, 년보 등과 같은 Event Log 레포트 생성 -상황에 따른 메일 송신 및 SMS 문자 전송

전체적인 모니터링 시스템의 기본 구성도는 (그림2)와 같다. 각각의 공장의 분전반들의 전력 정보를 Profibus 방식으로 컨버터에 전달되고 정보의 변환을 통해 TCP/IP로 모니터링 시스템이 관리자에게 보여지도록 설계를 하였다.



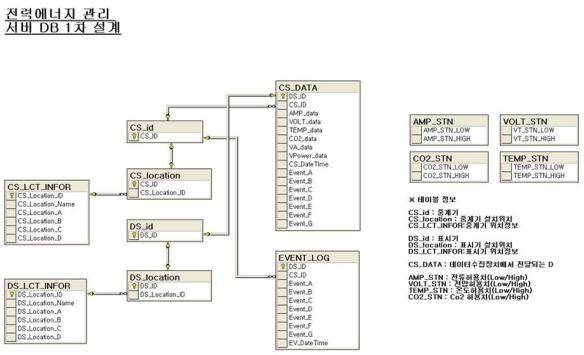
(그림2) 전체 구성도

모니터링 시스템에서 표현될 중요한 전력 정보를 <표 4>의 10가지 항목으로 지정하고, 그에 따른 각각의 유효수치 및 이벤트 등의 정보를 시스템에 저장하였다.

<표 4> 계측항목

계측항목	내 용
부하전류	부하에서 소비되는 전류를 말함.
선간 전압	한 선과 다른 선과의 전압을 말함.
고조파전류	정현파의 고조파성분을 포함한 전류를 말하며 고조파전류가 많아지면 전력소비가 많아지는 문제가 있음
유효전력	교류회로의 전원에서 공급되어 부하에 유효하게 이용되는 전력을 말함.
무효전력	실제 부하에 영향을 주지 않아 이용될 수 없는 전력을 말함.
역률	전원에서 공급되는 전력을 피상전력이라 하며 피상전력 중에서 유효전력으로 사용되는 비율을 말함.
누설전류	전로(電路) 이외로 흐르는 전류로 전로의 절연체 내부 및 표면과 공간을 통하여 선간 또는 대지와의 사이에 흐르는 전류를 말함.
단자온도	허용되는 부하전류 이상으로 전류가 흘렀거나 단자와 전선사이의 접촉압력이 약해 접촉저항이 증가할 경우 단자온도는 상승하게 되며 장치의 소손 및 화재가 발생할 수 있음.
CO_2량	CO2 가스 발생량을 감지함.
기기상태	기기의 동작상태, 측정항목별 동작상태, 통신상태 확인이 가능함.

(그림3)과 같이 계측 항목에 따른 DB 및 이벤트 LOG 등 통합관리 할 수 있도록 DB를 1차로 설계를 하였고, 원활한 전력 정보관리를 위해 가상의 전력정보 데이터를 (그림5)의 관리자 화면에서 테스트하였다.



(그림3) 통합관리 DB

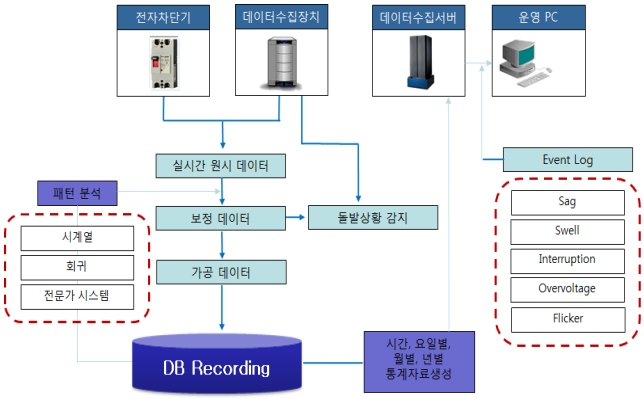
```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Drawing;
using System.Data;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using ClassLibrary;

namespace Oasis_server
{
    public partial class detail : UserControl
    {
        public detail()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void detail_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            SqlData sql = new SqlData();
            DataTable dt = sql.Device_Select();

            listViewEx1.Columns.Add("Location", 80, HorizontalAlignment.Center);
            listViewEx1.Columns.Add("MDU", 80, HorizontalAlignment.Center);
            listViewEx1.Columns.Add("유효전력", 80, HorizontalAlignment.Center);
            listViewEx1.Columns.Add("무효전력", 80, HorizontalAlignment.Center);
            listViewEx1.Columns.Add("CO2", 80, HorizontalAlignment.Center);
            listViewEx1.Columns.Add("온도", 80, HorizontalAlignment.Center);


            for (int i = 0; i < dt.Rows.Count; i++)
            {
                ListViewItem lvi;
                lvi = new ListViewItem(dt.Rows[i][1].ToString());
                lvi.SubItems.Add(dt.Rows[i][2].ToString());
                lvi.SubItems.Add(dt.Rows[i][3].ToString());
                lvi.SubItems.Add(dt.Rows[i][4].ToString());
                lvi.SubItems.Add(dt.Rows[i][5].ToString());
                lvi.SubItems.Add(dt.Rows[i][6].ToString());


                listViewEx1.Items.Add(lvi);
            }
```

(그림4) MS SQL 소스코드

축적된 전력 데이터를 추출하여 MDU. 유효전력, CO2, 온도 Event Log 생성을 위해 SQL을 호출하여 현재전력, 기준전력, 수요전력 상태를 확인 할 수 있도록 설계하였다. (그림5)는 전력 정보를 나타내는 화면이다. 개별 공장의 분전반의 전력 정보 및 통합 정보, 긴급상황 및 점검요망 상황 등 전달로 구성되어 있으며 관리자의 편의성을 고려하여 쉽고 빠르게 정보를 전달하도록 UI를 구성하였다.

(그림5) 전력 정보 화면 표시

(그림6)은 축적된 데이터 중 의미 있는 정보만을 추출하여 일일, 주간, 월별, 년별 등과 같은 event log를 생성하고, 시계열 방법과 회귀적 방법으로 패턴을 분석한다.



(그림6) 패턴 분석을 통한 전력 정보 관리

4. 결론

에너지관리의 중요성이 점점 강화되고 있는 상황에서 전력 관리를 통한 에너지 절감을 위해 아날로그 제품에서 디지털 제품으로의 진화가 필요하다. 본 연구를 통해 기존 분전반을 구성하는 차단장치의 경우 아날로그 형태의 제품으로서 원격관리가 어렵고 또한 전력정보를 얻기 위해 추가적인 전류표시기, 전압표시기와 같은 장치를 부가적으로 설치해야 하는 불합리성을 지니고 있으나 전자식차단장치의 지능화를 통해 차단장치가 설치되는 분전반내에 차단기의 단자온도 상승과 CO2 가스발생량을 감지할 수 있도록 하여 전기사고를 방지하고 전기안전망 구축과 지구온난화 방지에 기여할 수 있다. 차단기와 센서의 개발 및 기능의 구현 만큼 모니터링 시스템이 필수적인 요소로 발전되어져야 한다. 또한 가정용, 태양광 산업용 등 다른 분야에서도 위와 같은 모니터링 시스템의 디질털화 구현을 통하여 에너지의 효율적인 관리에 일조할 것이다. 향후에 구현된 모니터링 시스템을 실제 산업현장에 적용하여 보완 후 실제 상품화로 이루어지도록 기능 및 UI 변경 등이 필요하고, 또한 무선 통신을 이용한 전력 정보를 전달하는 방식을 통해 스마트 그리드 시대에 전력의 사용하는 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 목표를 가지고 연구를 진행할 예정이다.

Acknowledgement
본 연구는 지식경제부 부품·소재기술개발사업으로 수행하였음.

참고문헌

[1] 한정된 위치의 PMU 정보를 이용한 수도권 전압안정도 감시 알고리즘, 한상욱, 이병준, 대한전기학회, 전기학회논문지, 제58권 제12호 2009.12

[2] 전력 품질 모니터링 및 알고리즘에 관한 연구, 원동준, 대한전기학회, 2001

[3] 홈 네트워크에서 모니터링과 전력관리시스템, 서동호, 한국정보과학회, 2006

[4] 전력 품질 모니터링 시스템, LS산전, 대한전기학회, 2002

[5] 수용가 전력 소비 패턴을 고려한 배전용 변압기 과부하 판정기준, 윤상윤, 대한전기학회논문지 제53권 제9호 pp.513-520, 2004

[6] 한국스마트그리드협회, www.k-smartgrid.org