

광역정전 Defense를 위한 System Architecture 설계 및 개발

김상태*, 이정현, 김지영, 이동철
한전KDN

문영환, 김태현
한국 전기 연구원

Design & Development of System Architecture for Wide Area Defense System

S.-Tae Kim*, Jeong-Hyun Lee, Ji-Young Kim, Dong-Chul Lee
Korea Electric Power Data Network

Young-Hwan Moon, Tae-Hyun Kim
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Recently, after Wide Area Outage of the North-Eastern United States occurred, many countries started to be concerned about WAMS (Wide Area Monitoring System), and Korean power system also experienced Wide Area outage according to typhoon Mae-Mi, and Haenam-Jeju HVDC line fault. Since it is too difficult to detect a symptom based on SCADA or EMS, a defense system of electric power infrastructure has required. In this research, the designed and developed system processes the time synchronized real time power system information based on GPS and shows the 2D/3D monitoring viewer using the phasor data and the results of three algorithms.

keyword : WAMS, PMU, real time processing, power system visualization

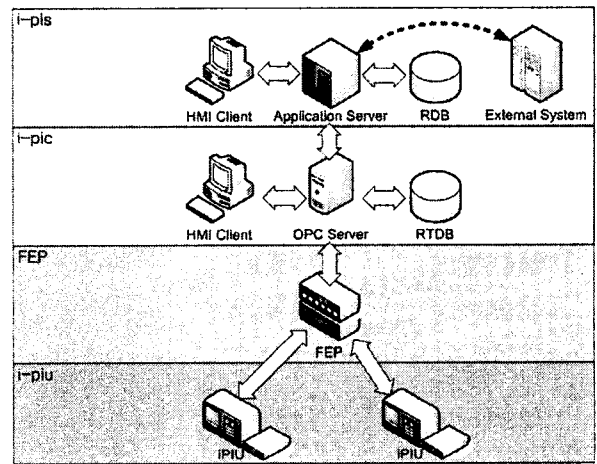
와 해당 지역의 실시간 전압 안정도 지수인 VIP(Voltage Instability Prediction) Index, 기타 digital 정보이며, 전송되는 모든 데이터는 GPS 기반의 동기화된 데이터이다. 각 지역의 i-piu에서 전송되는 데이터는 상위 시스템의 FEP을 통해 통합되며, 이 정보들은 실시간 데이터 처리부인 i-pic(Intelligent Power Information Concentrator)의 실시간 DB에 시간 순서대로 저장된다. i-pis(Intelligent Power Information System)에서는 i-pic에 저장되어 있는 동기화된 광역 전력계통의 정보를 이용하여 실시간 광역 전력계통 감시에 필요한 알고리즘을 수행하고, 알고리즘 결과 및 각 지역에서 전송된 실시간 데이터를 HMI 화면에 표현해주는 역할을 담당한다. 또한 광역 감시 및 보호에 필요한 EMS 혹은 SCADA 데이터를 연계할 수 있도록 설계 되었으며, 알고리즘 결과값과 EMS, SCADA 데이터는 관계형 DB에 저장한다.

1. 서 론

최근 북미, 유럽 등 세계적으로 잇따라 발생한 대규모 정전사태는 전기 분야에 국한하지 않고 사회 전반에 큰 충격을 준 재난 사고로 인식되고 있으며, 정전을 직접 경험한 당사자들은 자연 재해와 똑같은 고장과 피해를 입었다.[1,2] 우리나라의 경우도 태풍 매미로 인한 원자력 발전소의 기동정지, 송전 철타의 쓰러짐 등으로 인해 매우 큰 정전사태를 경험하였고, 최근 제주-해남을 연결하는 해저 케이블의 고장으로 제주지역의 광역정전을 겪어 대교모의 광역 정전이 다른 나라의 일이 아님을 실감하였다.

이에 대하여 선진국에서는 광역 정전에 대비할 수 있는 감시 및 보호 시스템을 연구해 왔고, 이미 상용화 되어 사용 중인 시스템도 있다. 하지만, 이미 개발되어 적용된 시스템들은 통신환경에 따른 제약에 많은 한계를 보이고 있으며, 현재는 실시간 감시와 off-line 해석에 의존 하고 있는 실정이다. 우리나라의 경우 다른 나라에 비해 국도는 협소하지만, 전력계통은 복잡하여 우리나라 전력계통에 적합한 한국형 감시 시스템의 개발이 시급하다.

본 논문에서 제시한 Defense System은 위와 같은 광역 전력계통 감시를 위한 것으로서, 하위 취득 단말장치인 PMU(Phasor Measurement Unit)는 현재 LS산전(주)에서 개발하는 i-piu(Intelligent Power Information Unit)에서 취득 되는 데이터를 이용한다.



<그림 1> 시스템 구성도

2. 본 론

2.1 해외 동향

최근 10여 년 동안 전 세계적으로 전력계통에서 발생한 광역정전의 경험으로 몇몇 전력회사에서 현재 광역감시 시스템을 운용 중에 있으며, 광역 보호 관련에 대한 연구가 계속 진행 중에 있다.

BPA(Bonneville Power Administration)에서는 수년전부터 WAMS(Wide Area Monitoring System)을 운용 중이다. 이 시스템은 각 주요 변전소에 PMU를 설치하고 중앙에 PDC(Phasor Data Concentrator)를 설치하여 전압, 전류, 유효/무효전력, 주파수, 위상각을 감시하며, 실시간으로 지역 전압안정도 알고리즘을 이용한 광역감시를 하고 있다. 이때 사용되는 통신망은 신뢰도를 위해 환상망(Loop)을 사용하고 있으며, 56k 모뎀 통신과 T1급의 광통신을 병행하고 있고, 향후 전 네트워크를 광통신으로 구축할 예정이다 있다. 통신 프로토콜로서 UDP/IP기반의 전송 프로토콜은 동기화데이터 전송을 위한 IEEE 1344를 사용한다 이후에 발표된 IEEE PC37.118을 사용한다. PDC에 탑재되는 전압 안정도 알고리즘을 위해 PMU에서는 전압안정도에 필요한 데이터인 전압, 전류의 정상분과 주파수, 디지털 신호(Trigger 신호, Event 신호등)를 1초에 30회(2 주기당 1번) 상위로 보내준다. 이에 대한 결과는 화면에 2초에 한 번씩 출력이 되고, 이러한 데이터는 기본적으로 10일간 저장되며 경우에 따라 30일까지 저장 가능하게 되어있다. 운영시스템 측면으로는 신뢰성이 좋은 MC68060 기반의 VME 시스템에 실시간 UNIX 환경의 OS9을 사용하고 있고, 향후 Intel 기반의 H/W에 실시간 Lynx로 재구성 할 예정으로 있다.

2.2 시스템 구성

본 과제에서 제시한 시스템 구성도는 그림 1과 같다. 그림 1을 크게 두 가지로 나누면, 하위 데이터 취득부와 상위 데이터 처리부이다. 하위 데이터 처리부는 PMU와 같은 i-piu를 이용하여 설치 지점의 정보를 상위 시스템으로 전송한다. 이때 취득 되는 정보는 전압, 전류 정상분 페이져 데이터

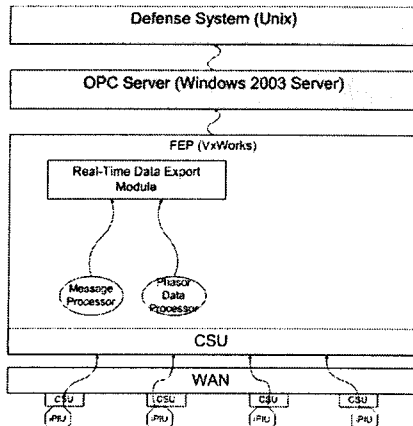
2.3 i-piu (Intelligent Power Information Unit)

현재 LS산전(주)에서 개발 중인 i-piu는 345[kV]의 중요 발/변전소와 관심 모선에 설치를 목표로 하고 있으며, 취득 데이터는 전압, 전류 정상분 페이져 데이터(Positive Sequence Phasor Data)와 주파수, VIP(Voltage Instability Predictor) Index, 및 기타 디지털 데이터를 동기 데이터 (Time Synchronized Data)의 전송 규격인 IEEE PC 37.118[3] 기준에 의해 상위로 60[회/초] 전송한다. 전송 데이터는 미국의 EIPP(Eastern Interconnection Phasor Projects)의 기준[4]을 만족하도록 설계하였다. 이때 전송 프로토콜은 UDP/IP를 이용한다. 외란(disturbance)이 발생할 경우 주변 i-piu로 신호를 보내며, 신호를 받은 각 i-piu는 그 순간부터 3상 순시치(고장 전 10주기 포함 1초), 실패치(고장 전 30초 포함 120초)를 일정시간동안 저장하고, 상위로 전송한다.

2.4 통신 연계 시스템

광역 전력계통 감시를 위해 가장 중요한 것은 실시간의 보장과 각 지점에서 전송된 데이터의 동기화이다. 하위 취득 장치인 i-piu와 상위 시스템 간의 원활한 통신을 위해서는 i-piu가 설치되는 현장의 통신 시스템에 의존 할 수밖에 없기 때문에 현장에 맞는 통신 연계 시스템이 필요하다.

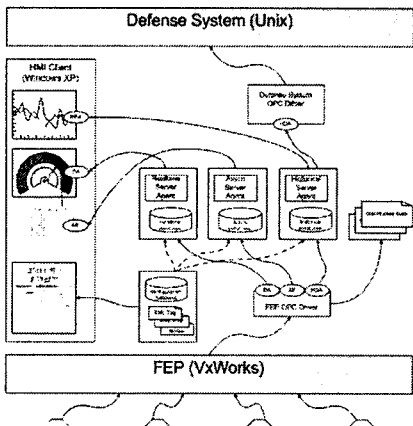
본 과제에서는 변전소마다 다른 통신환경에 따라 고속/저속 통신망 모두를 이용할 수 있도록 개발된 단독형 CSU를 현장에 설치한다. 각 지역의 단독형 CSU는 상위의 집중형 CSU와 함께 i-PIU와 상위 시스템이 원활하게 통신할 수 있도록 한다. i-PIU에서 수집된 정보는 FEP을 통해 i-pic로 전달되는데, 이 때 FEP은 i-piu에서 전송되는 데이터의 동기 정보를 이용하여 여러 곳의 데이터를 취합, 정렬하여 상위 시스템에 전달한다. 또 데이터 통신상태분석용 진단 프로그램을 구비하여 데이터의 이상 유효/무에 대한 판단 및 전송상태에 대한 감시가 가능하다.



<그림 2> 실시간 데이터 전송 계층

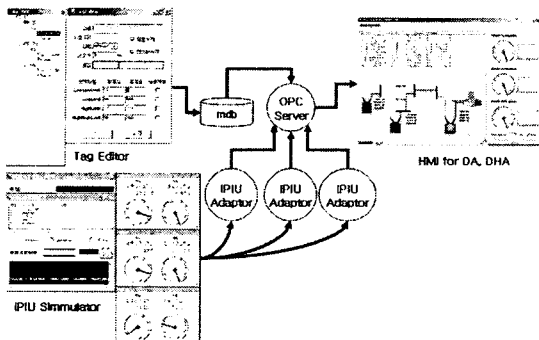
2.5 i-pic (Intelligent Power Information Unit)

i-pic의 역할은 i-piu에서 전송되는 광역 전력계통 Raw Data의 수집, 저장 및 검색이며, 하위 데이터 취득 부와 상위 Defense System의 중간에 위치한 매우 중요한 부분이다. 전력계통에서 발생하는 실시간 데이터는 매우 방대할 뿐만 아니라 지역적으로 산재되어 있어 관리 또한 쉽지 않다. 특히 미국의 경우 외란 발생 시 데이터 취합에 수개월을 소비하였다.



<그림 3> RT 데이터 서비스 및 관리 계층

그림 3에서 보는 바와 같이 i-pic에는 DA(Data Access) 에이전트, HDA(Historical Data Access) 에이전트, A/E(Alarm/Event) 에이전트로 구성 되어 있다. 실시간 DA 에이전트는 실시간 데이터를 저장 및 저장된 데이터에 대해 읽기, 쓰기 기능을 포함하며, 사용자가 데이터 수집과 처리 상황을 확인 할 수 있는 기본적인 HMI를 제공한다. 이력 데이터 에이전트인 HDA 에이전트는 초당 60개로 전송되는 데이터를 FEP으로부터 전달 받아 손실 없이 저장한다. 또한 상위 알고리즘이 HDA를 통해 이력 데이터를 검색 할 수 있도록 설계하였다. 그 외에 각종 임계치 및 알람/이벤트를 관리 하기 위한 A/E 에이전트와 하위 FEP과 상위 i-pis를 연계하기 위한 OPC 드라이버를 설계 하여 상위 i-pis에서 요청한 데이터에 대하여 신속히 제공할 수 있도록 하였다. 그림 4는 실제로 구현된 i-pic의 HMI 화면과 Data Flow이다.

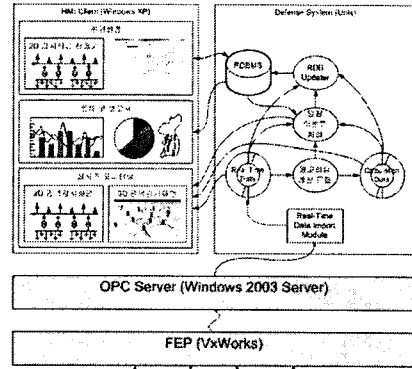


<그림 4> 구현된 i-pic의 HMI 화면

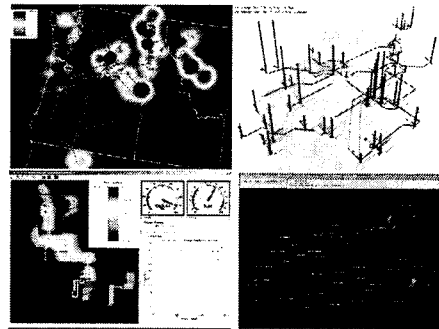
2.6 i-pis (Intelligent Power Information System)

i-pis는 i-pic에 저장된 광역 전력계통 데이터와 계통의 안전도(security)

를 평가하는 알고리즘을 이용해 광역계통감시를 수행하는 시스템이다. 실시간으로 광역 전력계통을 감시하기 위해 i-pis에는 실시간 광역계통의 전압 안정성을 판단하는 VIP++ 알고리즘, 전력계통의 진동 모드를 추출하는 미소신호 안정도 알고리즘, 중부하시 거리계전기 오/부동작을 방지하는 적응형 거리계전기 Zone-3 알고리즘과 실시간 정보를 이용하여 전력계통에 외란발생시 전력계통을 모델링 할 수 있는 동적 모델링 알고리즘이 탑재된다. 또한 i-pis는 그림 5와 같이 탑재된 알고리즘들이 효과적으로 수행할 수 있도록 시스템을 설계하였다. i-pic를 통해 광역 전력계통의 실시간 정보를 받아 각 알고리즘에서 요구하는 정보를 각 알고리즘에 전달해 주며, 각 알고리즘에서 발생하는 결과값을 실시간 DB에 저장한다. 또한 알고리즘 혹은 EMS/SCADA와 같은 타 시스템으로부터 제공 받은 데이터와 기타 시스템에 필요한 데이터를 관계형DB에 저장 한다. 실시간 DB와 관계형 DB에 저장 되어 있는 정보를 이용하여 사용자가 쉽게 볼 수 있는 광역 전력계통용 HMI를 설계하였고, 현재 개발 진행 중이며, 그림 6은 해외 사례이다.



<그림 5> 응용 계층



<그림 6> 화면 시안의 해외 사례

3. 결 론

본 논문에서는 통신 네트워크를 이용한 광역 전력계통정보의 수집과 수집된 정보의 실시간 처리 및 수집된 데이터를 기반으로 하는 알고리즘을 개발하여 사용자가 광역 전력계통에서 일어나는 현상을 감시 할 수 있는 광역 전력계통 감시 시스템을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 시스템은 현재 개발 중에 있으며, 향후 실 계통 검증이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 산업기술평가원의 중기거점과제 연구비 지원에 의하여 수행되었음. (과제번호 10016681)

[참 고 문 헌]

- [1] 문영환, 배주천, 김문식, "Multi Agent 기반의 지능형 전력 정보 시스템 개발", 전기의 세계 소특집, 2005. 06. pp 32-37.
- [2] Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations, U.S.-Canada Power System Outage Task Force, Apr. 2004
- [3] PC37.118/D6.0 Draft Std. for Synchrophasors for Power System, 2004.12
- [4] EIPP Pt.1: Targeted Applications-Raw Data Utilization, CERTS,
- [5] Autonomous Systems and Intelligent Agents in Power System Control and Operation, C. Rehtanz, Springer, 2003