

광역 방어시스템의 통신 트래픽 모사와 분석

백윤기, 이건영
광운대학교 전기공학과

Simulation and Analysis of the Network Traffic of a Power Infrastructure Defense System

Yoon Ki Baek, Keon Young Yi
Dept. Electrical Eng. Kwangwoon Univ.

Abstract - The real time monitoring of the power systems covering wide area are essential for the stable operation and control of the power system. Synchronized phasor measurement is a key for the precise monitoring and control of the power systems.

In this paper, to suggest an appropriate network topology of Power Infrastructure Defense System(PIDS) and to estimate the maximum network bandwidth with using the network analyzer, we simulate a PIDS and analyze the network traffic.

1. 서 론

전기 에너지를 공급하기 위한 전력계통에서 실제 계통운영은 기상변이나 운영 절차상의 오류, 상정 고장의 수준을 초과하는 가혹한 계통 운영 조건이 발생할 수 도 있으며, 이를 위한 별도의 대책이 필요하다. 특히 현대 산업 전반에 걸쳐 전기 에너지에 대한 의존도가 높아짐에 따라 전기의 안정적인 공급은 중요한 요인이다.[1] 이를 위해 전력 계통을 효율적으로 운영하면서 보호하는 전력 시스템 개발이 필요하다.

이와 같은 전력 시스템을 운용하기 위해, 다양한 범위 및 거리에서 버스 전압, 위상 각, 주파수 그리고 전력 흐름을 동시에 측정하는 것은 필요하다.[2] 이를 위해 동기 패이저 측정은 제안되었고, IEEE PC 37.118 프로토콜이 개발되었다.[3]

본 논문에서는 광역 방어 시스템인 '지능형 광역계통감시 시스템' 중 PMU에 해당하는 iPIU와 이 iPIU에서 측정하는 데이터를 수집, 관리하는 iPIC를 모사하는 시스템을 구성한다. 또한 이 시스템을 이용하여 iPIU와 iPIC 간의 통신량을 확인하여 iPIU와 iPIC의 네트워크 구성 시 시스템의 최대 전송 능력을 확인한다.

2. 본 론

본 논문에서 언급될 모의 시스템은 전력 시스템의 광역 방어 시스템인 '지능형 광역계통감시 시스템(intelligent Power grid Monitoring System)' 중 iPIC(intelligent Power Information Concentrator)과 iPIU(intelligent Power Information Unit)의 통신을 모사한다. iPIU는 PMU로서 전류 및 전압의 계측 값을 iPIC로 전송하며, iPIC는 iPIU로부터 받은 데이터를 가공하여 사용자에게 제공한다.

본 논문에서 모의 시스템은 iPIU 및 iPIC를 모사하는 모사 프로그램, 통신량 분석을 위한 망 분석 프로그램과 통신 네트워크로 구성된다. 이를 이용하여 정상상태 및 시스템 외란 상태의 네트워크 통신량을 분석한다.

2.1 모의 시스템 구축

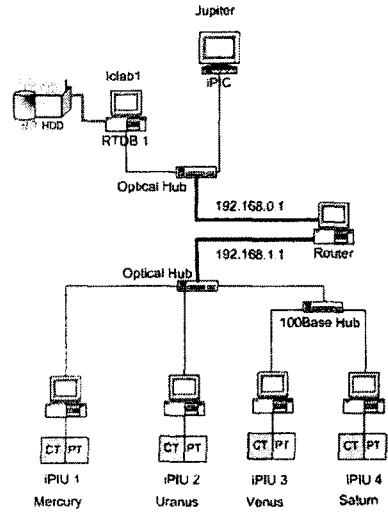
구축된 모의 시스템은 6개의 컴퓨터와 2개의 광 허브로 구성되며, 6개의 컴퓨터는 iPIU, iPIC의 통신 모사 프로그램과 통신량을 분석하기 위한 망 분석 프로그램을 탑재한다. 또한 iPIU와 iPIC 간의 통신을 원활하게 하기 위해 1G bps를 지원하는 광케이블로 통신선로가 구축되었다. 망 분석 프로그램은 Ethereal을 사용하였으며, 이는 iPIC와 iPIU 모의 프로그램간의 통신량을 측정한다. iPIU와 iPIC 모사 프로그램은 Visual C++을 이용하여 제작되었다.

2.1.1 시스템 구성

본 논문에서 다룰 모의 시스템은 6대의 컴퓨터와 하나의 네트워크 HDD로 구성된다. iPIU 모사 프로그램은 4대의 컴퓨터에 탑재된다. 이는, 각각 개별 iPIU 및 다수의 iPIU의 역할을 수행하기 위해 iPIU의 데이터를 iPIC로 전송한다. iPIC 모사 프로그램은 한 대의 컴퓨터에 탑재되며, iPIU로부터 전송되는 데이터를 수신하고, 현재 iPIU 모사 프로그램과의 통신 상태를 나타낸다. iPIC 모사 프로그램은 RTDB에 연결된 공유 HDD에 iPIU 모사 프로그램에서 전송받은 데이터를 저장한다. <그림 1>은 이러한 시스템 구성도를 나타낸다

iPIC와 iPIU 그룹간의 연결은 광 허브를 통한다. 두 광 허브는 광케이블로 연결되어 있으며 그 중간에는 라우터가 위치한다. 라우터는 iPIC 모사 프로그램과 iPIU 모사 프로그램들 간의 통신량을 확인할 수 있는 망 분석 프로그램을 내장한다. 또한 광 허브는 광케이블 접속이 가능하므로 iPIC 통신 모사 프로그램과 iPIU 통신 모사 프로그램간의 통신에 1G bps를 지원한

다.[4]



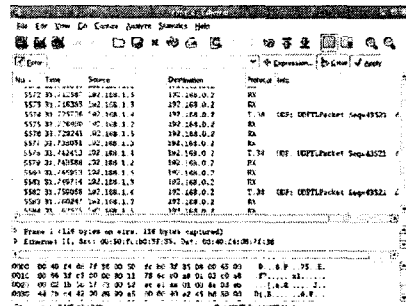
<그림 1> 시스템 구성도



<그림 2> 광 허브

2.1.2 망 분석 프로그램

본 논문에서는 LINUX용 Ethereal 프로그램을 사용하여 네트워크 통신량을 측정, 분석하였다. 이 프로그램은, 네트워크 이용률의 효과적 확인 및 네트워크 통신량의 통계를 제공한다. 또한 네트워크 통신량 캡처를 지원하여 네트워크 통신량 분석 실험을 했을 때의 상황을 확인할 수 있게 해준다.[5] <그림 3>은 Ethereal 프로그램의 실행 상황을 보인다.



<그림 3> 망 분석 프로그램

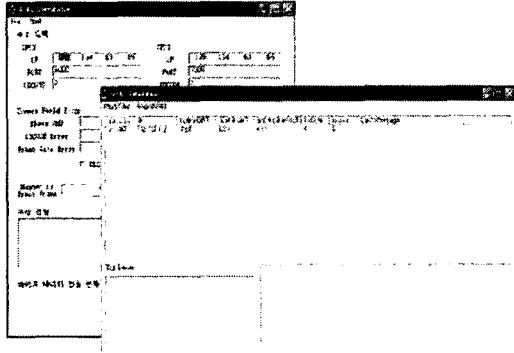
2.1.3 모사 프로그램

본 모의 시스템에 사용된 모사 프로그램은 iPIU 통신 모사 프로그램과 iPIC 모사 프로그램이다. iPIU 통신 모사 프로그램은 Visual C++으로 제작되었으며 동기화 측정을 위해 정의된 IEEE PC37.118 프로토콜을 사용한다 [3]. <그림 4>와 <그림 5>는 iPIU 및 iPIC 통신 모사 프로그램의 외형을 나타낸다. IEEE PC37.118 프로토콜에 따라 iPIU는 시스템이 정상적인 동작

시에 발생하는 정상 데이터와 시스템에 외란(disturbance)이 발생하였을 때 발생하는 외란 데이터를 iPIC에 전송한다.

iPIU 통신 모사 프로그램은 LS 산전에서 개발된 iPIU의 통신 부분을 모사한 프로그램으로 UDP/IP 프로토콜을 통하여 정상 데이터를, TCP/IP 프로토콜을 통하여 시스템 외란 정보를 iPIC 모사 프로그램과 통신한다. 실제 데이터가 적재된 IEEE PC37.118 프로토콜의 내용은 UDP/IP 및 TCP/IP 프로토콜의 데이터에 적재된다. 이 프로그램은 IEEE PC37.118에 정의된 시스템 외란을 발생하는 기능을 가지고 있다. 또한 iPIC 통신 모사 프로그램과의 통신 현황을 확인할 수 있는 기능을 가지고 있다.

iPIC 통신 모사 프로그램은 한전 KDN에서 개발 중인 iPIC(FEP)의 통신 부분을 모사한 프로그램으로 UDP/IP 및 TCP/IP 프로토콜을 통하여 iPIU 통신 모사 프로그램과 통신한다.



〈그림 4〉 iPIU, iPIC 통신 모사 프로그램 외형

2.2 통신량 분석

구축된 모의 시스템에서 다수의 iPIU와 iPIC간의 통신량 분석은 제작 중인 '지능형 광역계통감시 시스템(intelligent Power grid Monitoring System)'의 실용화를 위하여 필수적인 부분이다. 모사된 iPIU 및 iPIC 프로그램을 이용하여 네트워크 통신량을 확인하고, 통신 선로의 최대 전송 능력을 확인하는 것은 '지능형 광역계통감시 시스템(intelligent Power grid Monitoring System)'의 실용화를 위한 필수사항이기 때문이다.

이를 위하여 본 논문에서는 iPIC 대 iPIU의 비율을 1:1 및 1:4(다)로 하여 통신량을 확인하여 보았다. iPIC 모사 프로그램과 iPIU 모사 프로그램의 비율이 1:1에서 iPIU에 정의된 외란을 iPIU 모사 프로그램이 발생하지 않았을 경우와 외란을 발생하였을 경우의 통신량을 분석하여 본다. 또한 iPIU의 수를 증가하여 네트워크 통신량을 분석하여 본다.

위의 그림 1에 표현된 시스템을 구축한 후 해당 iPIU 및 iPIC 컴퓨터에 해당 모사 프로그램을 탑재한다. 이후 iPIU 모사 프로그램과 iPIC 모사 프로그램을 동작시킨 후 라우터에 탑재된 Ethereal 프로그램을 이용, 네트워크 통신량을 확인한다. 통신량 확인은 Ethereal 프로그램을 이용하여 10분간 네트워크 통신량 측정치를 저장하여 확인하였다.

2.2.1 시스템 상태에 따른 iPIU와 iPIC의 데이터 전송량 비교

〈표 1〉은 iPIU 통신 모사 프로그램에서 정상 상태와 시스템 외란시의 통신 전송량에 대한 정보를 나타낸다. 시스템 외란시의 통신 전송량은 실험 시작 3분과 7분 후 두 차례 각 1분간 시스템 외란 데이터를 iPIU 통신 모사 프로그램에서 iPIC 통신 모사 프로그램으로 데이터를 전송하였다. 또한 iPIC 통신 모사 프로그램과 iPIU 통신 모사 프로그램의 비율을 1:1과 1:4로 하였다. 시스템 외란 시 전송 데이터는 시스템이 정상일 때와 비교하여 단일 패킷 당 바이트 수는 약 100byte 대 1024byte로 약 10배의 차이를 가 지나 시스템 외란이 일어나는 시간이 짧으므로 실제 전송 바이트의 수는 비슷함을 알 수 있다.

〈표 1〉 정상 및 외란시 데이터 전송량 비교

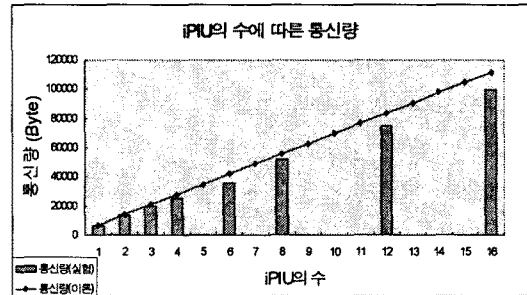
항목	1:1 통신		1:4 통신	
	정상	외란	정상	외란
총 패킷 수	36053	35569	143374	142465
초당 평균 패킷 수	60.013	59.231	238.613	237.377
총 바이트 수	4182148	4126004	16631384	16525940
초당 평균 전송 바이트 크기 (byte)	6961	6780	27679	27535
캡처 시간 (초)	600.757	600.512	600.864	600.163

2.2.2 다수의 iPIU에서 시스템 전송량 분석

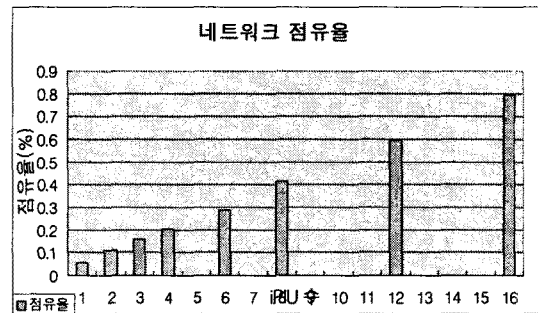
〈표 1〉을 기초로 하여 iPIC 통신 모사 프로그램에 대응하는 iPIU 통신 모사 프로그램의 수를 증가시키며 네트워크의 통신량을 분석하여 본다. 이 분석과정에서는 위의 2.2.1의 분석을 근거하여 시스템 외란 시와 정상시의 네트워크 통신량은 차이가 없다는 가정 하에 정상분 데이터의 전송을 기준으로 iPIU의 수를 1에서 16까지 증가하여 모의 시스템에서 생성되는 네트워크 통신량을 분석한다. iPIU 통신 모사 프로그램은 PC에서 윈도우 쓰레

드(Thread)의 처리 한계로 인한 동기 시간 검출의 한계 때문에 하나의 PC에서 4개까지의 iPIU 통신 모사 프로그램을 구동할 수 있었다. 더 많은 iPIU 통신 모사 프로그램을 구동하여 네트워크 통신량을 모사하기 위해서는 더 많은 PC가 필요하다.

〈그림 5〉은 iPIU 통신 모사 프로그램의 개수를 순차적으로 증가시켰을 때 시스템의 평균 통신량을 이룬 값과 실제 실험 값을 나타낸 것이다. 〈그림 6〉은 iPIU 통신 모사 프로그램의 수를 증가시켰을 때 네트워크 점유율을 그래프로 나타낸 것이다.



〈그림 5〉 iPIU 통신 모사 프로그램의 개수에 따른 통신량



〈그림 6〉 iPIU 통신 모사 프로그램의 개수에 따른 네트워크 점유율

2.2.3 시스템 통신량 분석 결과

시스템의 정상 상태와 외란 상태의 통신량 분석을 통하여 우리는 전력 시스템의 광역 방어 시스템인 '지능형 광역계통감시 시스템(intelligent Power grid Monitoring System)'의 모사된 통신량을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 모의 시스템의 최대 통신 능력을 확인하여 본다면 본 논문에서 연구된 모의 시스템에서는 이론상으로는 약 2,000여개의 iPIU와 iPIC가 통신할 수 있다는 결과를 도출할 수 있었다. 하지만 실제 네트워크에서 한계치는 이것에 훨씬 못 미치므로, 더 많은 수의 iPIU 통신 모사 프로그램을 이용한 네트워크 통신량 확인이 필요하다.

3. 결 론

본 논문은 현재 산업자원부 주관으로 이뤄지고 있는 '전력 인프라 Defense System 프로토타입 및 Network 구축기술 개발' 중 '지능형 광역계통감시 시스템(intelligent Power grid Monitoring System)'의 일환으로 통신 시스템 모사 및 분석을 위해 모의 시스템을 구성하여 iPIU 통신 모사 프로그램과 iPIC 통신 모사 프로그램간의 통신량을 확인하였다. 이로써 실제 iPIU와 iPIC 간의 통신량 분석 결과로 iPIU와 iPIC 간의 통신 최대 능력을 확인할 수 있었다. 아울러 이는 차후 진행될 '지능형 광역계통감시 시스템(intelligent Power grid Monitoring System)'의 실현 과정에서 효과적인 시스템 모델을 제시할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한전KDN(주) 계통제어팀 김상태, 최미화, 이정현, 지철민, 이여송, "Multi-Agent 기반 기반의 전력 인프라 Defense System을 위한 Network 구축기술", 전기의 세계, 제 54권, 6호, pp38-42, 2005.
- [2] H.Saitoh, "GPS Synchronized Measurement Applications in Japan", Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific. IEEE/PES, Volume 1, pp494-499, 2002.
- [3] Power System Relaying Committee of the IEEE Power Engineering Society, "PC37.118/D6.0 Draft Standard for Synchrophasors for Power Systems", 2004.
- [4] Milan Technology, "Managed 8 & 9 Port Switches (http://www.milan.com/TransitionNetworks/Uploads/Downloads/manS M80XP_SM80XG.pdf)", 2002.
- [5] Ulf Lamping, Richard Sharpe, Ed Warwicke, "Ethereal User's Guide (http://www.ethereal.com/docs/eug_html_chunked/)", 2004.