

IEEE PC37.118을 이용한 광역 방어 시스템의 네트워크 시뮬레이터 개발

김경남, 이건영  
광운대학교 전기공학과

Development of a Network Simulator  
for a Power Infrastructure Defense System Using IEEE PC37.118

Kyung Nam Kim, Keon Young Yi  
Dept. Electrical Eng. Kwangwoon Univ.

**Abstract** - The power infrastructure defense system monitor and control a power system with parameters of a power system such as voltage, phasor angle, frequency and power flow which are measured at the same instance. For this, synchronized phasor measurement based on the GPS(Global Positioning System) is necessary. PMU(Phasor Measurement Unit) measures synchrophasor and transmits it to the power infrastructure defense system. For this communication, IEEE PC37.118 defines a communication message format and measurement concept and we extend the protocol to transmit disturbance data. The synchrophasor data can be sent at various rates and there are several options for phasor information sent in the synchrophasor message. In this paper, we develop software that simulate communication between the power infrastructure defense system and PMU to analyze the traffic.

1. 서 론

전력 계통 시스템은 비선형적 특성을 가지며, 전력 설비들이 지리적으로 넓게 분포 되어 있기 때문에, 실시간으로 전체 시스템의 상태를 정확히 파악하는데 많은 어려움이 있어 왔다. 최근의 통신 기술, 제어기법, GPS기술 등이 고도로 발달함에 따라, 이러한 전력 시스템을 실시간으로 감시/제어하는데 충분한 기술적 여건이 갖추어 졌다. 이 중 GPS에 기반한 동기화 페이저 측정 기술은, 전력 계통 시스템을 실시간으로 감시, 제어, 보호하기 위해, 필수적이다.

이러한 동기 페이저는 PMU(Phasor Measurement Unit)에 의해 GPS시각에 동기화 되어 측정 된다. PMU는 전력 시스템에서 광범위 하게 설치 운영 될 수 있으며, 이로부터 수신한 페이저 데이터들은 상위 시스템으로 보낼 수 있다. 이러한 방법으로 전력시스템의 실질적인 동작 상태 정보를 정확하게 저장할 수 있다. 또한 동기화된 페이저 측정은 예정된 시간 내 시스템의 비정상 상태를 경고하거나 전력시스템에서 심각한 외란 발생 후, 이 외란에 대한 분석에 있어서 효과적인 도구로써 사용될 수 있다.[4] 동기 페이저는 시스템 모델과 구성 요소들의 실증, 실시간 모니터링, 계통의 상태 측정 및 실시간 제어에 사용될 수 있다.

이러한 동기 페이저를 측정하고 전송하기 위해, PC37.118표준은 동기 페이저 측정을 정의하고, 실시간 시스템에서 데이터 통신에 필요한 메시지 형식을 포함한 데이터 통신 프로토콜을 정의 한다.[2] 일반적으로 동기 페이저 데이터는 UDP/IP 또는 직렬 연결을 통하여 PC37.118 메시지 형식으로 전달된다.[3]

전력 시스템을 효율적으로 운영하면서, 특정 모션이나 선로에서의 사고가 전체로 파급되는 것을 막기 위하여, 전력 인프라를 감시, 제어 및 전력적으로 방어할 수 있고, 자체 복구 능력이 있는 지능형 광역 계통 감시 시스템(Intelligent Power grid Monitoring System) 개발의 필요성이 대두 되고 있다. 전력 시스템의 광역 방어 시스템인 지능형 광역 계통 감시 시스템은 페이저 측정 장치인 iPIU(Intelligent Power Information Unit)가 전송한 페이저 데이터를 수신하여 실시간으로 전력 계통을 모니터링 하고 그 안전도를 평가 한다. iPIU는 전력계통의 주요 지점에 설치되어, 전압, 전류의 페이저를 인공위성에서 수신된 시각동기에 맞춰 취득, 가공, 고속 전송하는 역할을 수행, 지능형 광역 계통 감시 시스템의 입력 부를 담당한다.[1] iPIC(Intelligent Power Information Concentrator)는 지능형 광역 계통 감시 시스템의 부분으로서, 여러 iPIU가 전송하는 페이저 정보를 수신하여, 이를 저장하고, 실시간 감시 및 제어 화면을 제공한다. 이에 iPIU와 iPIC간의 통신 트래픽을 예측해볼 필요가 있고, 실제 시스템의 검증 이전에 광역 전력 계통 정보 시스템과 iPIU의 통신 부분을 각각 검증하는 도구가 필요하다. 따라서, 여러 대의 iPIU와 iPIS가 서로 통신하는 것을 모사하는 시스템과 모사프로그램의 구축이 필요하다.

본 논문에서는 페이저 데이터를 전송하는 iPIU의 통신 부분을 모사하는 프로그램과 이 정보를 수집하는 iPIC의 통신을 모사하는 프로그램을 개발 한다. 특히, 전력 계통에서 외란이 발생 하였을 때, 이 외란 정보를 전송할 수 있는 프로토콜을 설계하여, PC37.118 메시지 포맷에 추가 하였고, 이 프로토콜들을 iPIU와 iPIC 통신 모사 프로그램에서 구현 하였다.

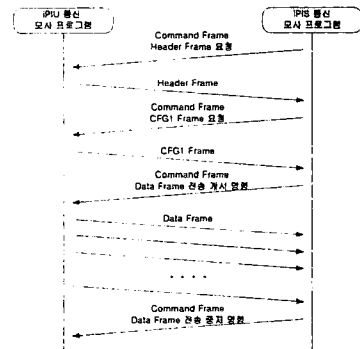
2. iPIU/iPIC 연계 프로토콜 설계

iPIU가 iPIC로 전송하는 정보는 크게 동기 페이저 데이터와 외란 데이터

로 나눌 수 있다. 페이저 데이터는 UDP/IP 기반의 PC37.118 프로토콜 포맷을 사용하여, 실시간으로 전송 된다. 외란 데이터는 전력 계통에서 외란 발생 시 이를 감지한 iPIU가 iPIC로 전송하는 외란 전-후의 파형 데이터와 페이저 데이터이다. 외란 데이터는 PC37.118 프로토콜에 규정 되어있지 않으므로 별도의 설계가 필요하였고, 페이저 데이터를 전송하는 것과는 다르게 실시간으로 데이터를 전송하기 보다는 통신의 신뢰성이 보장 되어야 하므로 TCP/IP 프로토콜을 사용하여 전송 된다.

2.1 PC37.118 프로토콜

PC37.118 표준은 동기 페이저 데이터를 전송하기위해 필요한 메시지 형식을 포함하는 데이터 통신 프로토콜을 정의한다. 메시지는 데이터, 구성1, 구성2, 헤더, 명령 프레임으로 구성 된다. 이 중 데이터, 구성1, 구성2, 헤더 프레임은 iPIU에서 iPIC로 전송되고, 명령 프레임은 iPIC에서 iPIU로 전송 된다. iPIS가 iPIU로 구성 프레임과 헤더 프레임을 요청하면, iPIU는 구성 프레임과 헤더 프레임을 전송하여, 자신의 구성 정보를 알린다. iPIC가 데이터 전송 개시 명령 프레임을 전송 하면, iPIU는 데이터 전송 중시 명령 프레임을 수신할 때 까지 데이터 프레임을 전송 한다.



<그림 1> PC37.118 페이저 데이터 전송 흐름도

데이터 프레임은 측정된 동기 페이저를 전송하기 위한 구조를 가진다. 특히 데이터 프레임에서 SOC는 페이저 데이터를 측정된 UTC시각이고, FRACSEC는 분할 초를 나타내어, GPS 시각에 동기화된 페이저 데이터를 전송 할 수 있다.

<표 1> PC37.118 데이터 프레임

영역	크기(Byte)	설명
SYNC	2	동기 영역 및 프레임 종류
FRAMESIZE	2	프레임 크기
IDCODE	2	PMU고유 ID 번호
SOC	4	UTC 시각
FRACSEC	4	분할 초 시각
STAT	2	PMU의 상태
PHASORS	8 * PHNMR	페이저(실수 값, 허수 값)
FREQ	4	주파수
DFREQ	4	주파수 변화율
ANALOG	4 * ANNMR	VIP 데이터
DIGITAL	2 * DGNMR	PMU의 상태 FLAG
CHK	2	CRC-CCITT

구성 프레임은 iPIU의 구성 정보를 전송한다. 구성 정보는 iPIU의 IDCODE, 변전소의 이름, 전송할 데이터 프레임내의 페이저 데이터, 아날로그 데이터, 디지털 데이터의 채널 이름과 단위 정보를 포함한다. 헤더 프레임은 사람이 읽을 수 있는 ASCII 코드 형태로 iPIU의 데이터 소스, 범위, 알고리즘, 필터링에 대한 정보를 제공한다. 명령 프레임은 iPIU로 전송되어,

iPIU가 명령을 수신하고 이를 수행 할 수 있게 한다. 명령에는 구성1/2 프레임요청, Header 프레임 요청, 데이터 프레임 전송 개시, 데이터 프레임 전송 중지 명령이 있다.

### 2.2 외란 데이터 전송 프로토콜

iPIU가 전력 계통의 외란을 감지하였을 때, iPIU는 PC37.118 데이터 프레임 을 통하여 iPIC로 외란이 발생하였음을 알린다. 이를 감지한 iPIC는 iPIU에 외란 데이터 전송 명령을 내리고, iPIU는 외란 데이터 프레임을 통하여 외란 발생 전-후의 파형 데이터와 페이지 데이터를 전송한다. 이 외란 데이터는 1024 바이트로 분절 되어 전송된다. 외란 데이터 전송의 신뢰성을 향상시키기 위해, TCP/IP기반으로 전송되며, 전송 중인 프레임의 순번과 총 프레임 수를 전송한다. iPIC는 이 프레임 순번을 저장하여 외란 데이터 전송이 완료 되었을 때, 누락된 외란 데이터 프레임을 재전송 하도록 요청 할 수 있다. <표 2>는 외란 데이터 프레임을 나타낸다.

PC37.118 표준의 명령 프레임에서, 외란 데이터를 전송을 요청하기 위해 추후 사용을 위해 예약된 비트 영역을 사용하였다. 명령 영역의 15번 비트를 외란 데이터 전송요청 비트로 사용 하고, 14번 비트에서 4번 비트를 프레임 순번 영역으로 사용 하였다. 이 외란 데이터 전송을 위해 확장된 명령 프레임의 명령 영역은 <표 3>과 같다.

<표 2> 외란 데이터 프레임

영역	크기(Byte)	설명
SYNC	2	동기 바이트 및 프레임 종류
FRAMESIZE	2	프레임 크기
IDCODE	2	PMU의 ID
SEQ_FNUM	4	전송중인 프레임의 순번과 총 프레임 수
BODY	최대 1024	외란 발생사 WAVE 데이터 와 RMS데이터
CHK	2	CRC-CCITT

<표 3> 명령 프레임의 명령 영역

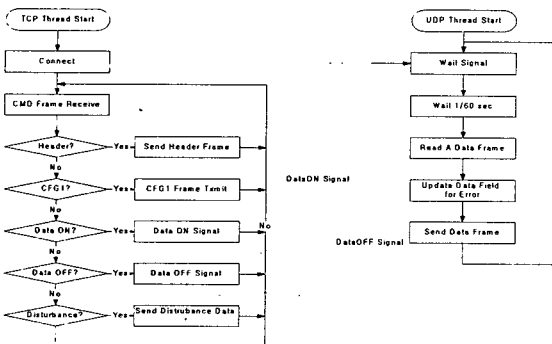
영역	설명
비트 15	외란 데이터 요청 비트
비트 14 ~ 4	요청 할 프레임 순번
비트 3 ~ 0	0001: 데이터 전송 개시
	0010: 데이터 전송 중지
	0011: Headr 프레임 전송 요청
	0100: 구성1 프레임 요청
0101: 구성2 프레임 요청	

### 3. iPIU/iPIC 통신 모사 프로그램

본 연구에서는 PC37.118 프로토콜과 외란 데이터 전송 프로토콜을 구현 한 iPIU, iPIC 통신 모사 프로그램을 윈도우즈 환경에서 Visual C++을 사용하여 개발한다. PC37.118 프로토콜의 데이터 프레임은 실시간 특성을 고려하여 UDP/IP를 기반으로 전송하고, 그 외 구성, 헤더, 명령, 외란 프레임은 신뢰성 있는 전송이 필요하므로 TCP/IP를 통하여 전송 한다.

#### 3.1 iPIU 통신 모사 프로그램

iPIU 통신모사 프로그램은 iPIC로 1/60초 마다 동기 페이지 데이터를 전송하고, 외란 발생 시 외란 데이터를 전송하는 것을 모사하며, iPIU 무응답, 통신 오류, iPIU 트리거 구성 변화 등의 오류 상황을 모의 하는 기능을 가진다. <그림 2>은 iPIU의 TCP와 UDP 통신 스택의 동작 흐름을 나타낸다. iPIU는 iPIC가 전송하는 명령 프레임에 응답하는 형태로 동작한다.

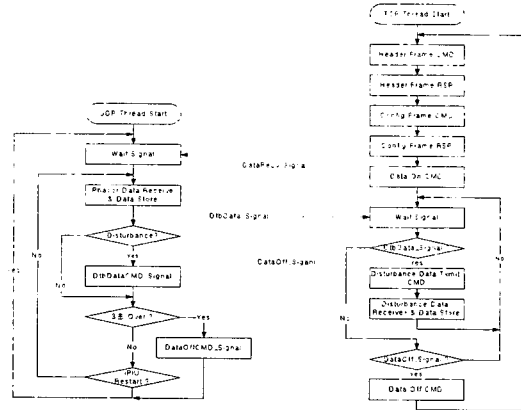


<그림 2> iPIU의 동작 흐름

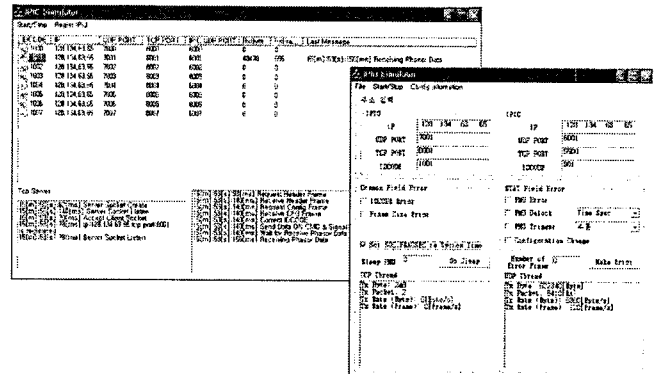
#### 3.2 iPIC 통신 모사 프로그램

iPIC 통신모사 프로그램은 여러 iPIU 통신모사 프로그램과 통신 가능하고, 통신 현황을 모니터링 하며, 수신한 페이지 데이터와 외란 데이터를 지

장 한다. iPIC 통신 모사 프로그램은 iPIU가 모의하는 통신 오류를 처리 할 수 있다. <그림 3>은 iPIC의 TCP와 UDP 통신 스택의 동작 흐름을 나타낸다. 연결 초기에 iPIC는 TCP/IP를 통하여 헤더 프레임과 구성 프레임을 요청하여, iPIU의 구성 정보를 얻는다. 이후 데이터 전송 개시 명령을 보내고, UDP/IP를 통하여 페이지 데이터를 수신할 준비를 한다. UDP 스택은 iPIU가 전송하는 페이지 데이터를 수신 저장하고, 에러를 검사하며, 외란 발생 여부를 검사한다. 만일 외란이 발생 하였다면, TCP 스택으로 외란 데이터 전송 명령을 iPIU로 전송하게 한다.



<그림 3> iPIC의 동작 흐름도



<그림 4> iPIC와 iPIU 통신 모사 프로그램

### 4. 결 론

본 논문에서는 동기 페이지 전송을 위한 PC37.118 프로토콜에서 iPIU가 외란 데이터를 전송 할 수 있도록 사용자 영역을 확장 하였다. 그리고, 전력 계통의 페이지 데이터를 측정하여 전력 계통을 실시간으로 모니터링하고 안정도를 평가하는 지능형 광역 계통 감시 시스템의 iPIC와 iPIU의 통신을 모사하는 프로그램을 윈도우즈환경에서 구현 하였다. 통신 오류를 모의하고 오류 처리를 확인할 수 있도록 iPIU에 오류 모의 기능을 구현 하였다.

이 두 통신 모사프로그램은 iPIU와 iPIC의 통신 트래픽을 모의하고, iPIU나 iPIC의 통신 부분을 개발하는데 실제 시스템을 대신하여 통신을 확인하는데 사용된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] LS산전 KDN(주) 전력 연구소; 박경원, 장수형, 박장수, 신영준, "광역계통 감시제어를 위한 시각동기화 위상측정기술", 전기의 세계, 제 54권, 6호, pp30-34, 2005.
- [2] Power System Relaying Committee of the IEEE Power Engineering Society, "PC37.118 /D6.0 DraftStandard for Synchrophasors for Power Systems", 2004.
- [3] EIPP Performance Requirements Task Team, "EIPP Part 1: Targeted Applications: Raw Data Utilization," Feb. 2005. [Online]. Available: [http://phasors.pnl.gov/resources\\_standards/IR\\_EIPP\\_StandardsPerformance\\_Layer1\\_Feb20\\_2005.pdf](http://phasors.pnl.gov/resources_standards/IR_EIPP_StandardsPerformance_Layer1_Feb20_2005.pdf).
- [4] Rasmussen, J.; Jorgensen, P, "Synchronized Phasor Measurements of a Power System Event in Eastern Denmark", Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna, Volume 3, 23-26 June 2003 Page(s):5 pp. Vol.3 , 2003.