

IEEE 1344를 이용한 Agent형 전력 관리 시스템 프로토콜 설계

이종은, 이건영
광운대학교 전기공학과

Development of the Protocol for the Power Management Agent System with IEEE 1344

Jong Eun Lee, Keon Young Yi
Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University

Abstract – The Power system is one of the biggest and complicated non-linear systems. It is necessary to develop the power defense system to manage the power system efficiently and to prevent from the power failure, black out in nationwide, that is caused by a specific bus or power transmission line.

In this paper, the power system developed here is called 'Power Management Agent System' in which a protocol to communicate for this system is developed. The protocol is designed based on the IEEE 1344 for synchronized system with GPS. Also we developed a simulation system to demonstrate how to implement the protocol.

1. 서 론

현대 산업 전반에 걸쳐 전기 에너지에 대한 의존도가 높아지고 고도의 정보화 사회로 바뀌어 감에 따라 전기 에너지의 안정적인 공급을 필요로 한다.[1] 최근에 발생한 유럽이나 북미의 대규모 정전 사태를 보더라도 대규모 정전 사태는 단순한 산업의 피해를 넘어서 국가 재난의 사태를 보여준다. 전력 계통시스템은 전 국토에 걸쳐 있는 가장 거대하고 복잡한 비선형적인 시스템이다. 이에 따라 전력시스템을 효율적으로 운영하면서 특정 모션이나 선로에서의 사고가 전체 국가 전력 계통으로 파급되는 대 규모 정전 사태를 막기 위하여 전력 계통을 보호하는 시스템 개발이 필요하다. 계통을 보호하기 위해서는 각각의 기기들이 개별적으로 사고 방지의 능력을 가지고 있어야 하며, 기기를 간의 상호 통신을 이용하여 데이터를 주고받는 것이 필요하다. 또한, 전력 계통은 국가 전체에 걸쳐 있는 광역 시스템이기 때문에 각각의 기기들에서 송수신하는 통신 데이터의 동기화가 필요하다. 이러한 특징을 가지고 있는 시스템을 Agent형 전력 Defense 시스템이라고 하며, 본 논문에서는 전력 시스템 제어 Agent의 통신 프로토콜의 개발을 연구한다.

2. Agent의 정의

Multi-Agent기반의 광역 전력계통 시스템을 연계하여 전력서비스의 실시간 감시, 분석, 제어가 가능 광역 Defense 시스템 구현을 최종적인 목표로 하는 본 연구에서 Agent의 개념 정의는 매우 중요하다. 이를 위하여 신뢰성 있는 사전, 기술 용어 사전, 웹페이지, 전문 학술 분야(Robot, Computer, 전력)에서의 Agent의 개념을 알아보고 본 연구에서의 Agent의 개념을 정리하였다.

2.1 사전적 정의

Agent의 사전적인 의미는 신뢰성 있는 사전[2][3]과 기술용어 사전[4]을 통해 알아보았다. 먼저 사전적인 정의는 '행위자, 다른 이의 영역이나 그의 행위를 할 수 있

도록 위임 받은 사람(대리인), 사업 대리인[2], 장면에 따라서 의도를 이해하고 자립적인 판단에 의해서 처리를 실행하는 기능[3]으로 정의 된다. 기술 용어 사전에서는 '활동 수행을 통해 사람을 위한 매개물처럼 행동 하는 소프트웨어'로 정의 한다.[4]

2.2 전문 학술 분야에서의 정의

2.2.1 컴퓨터 공학

컴퓨터 공학에서는 'Agent는 독립적으로 동작하고 사용자를 지원할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 나타내고, 컴퓨터, 사람, 인터넷으로부터 관련된 정보를 수집한다.'라고 정의 하며 Agent가 자율성, 사회성, 반응, 행동성, 시간 연속성, 목표 지향성, 이동성, 적응성, 협동성과 같은 여러 가지 특징을 갖는다고 정의한다.[5] 그럼 1은 컴퓨터공학에서의 Agent의 기능을 개념적으로 보여준다.[6]

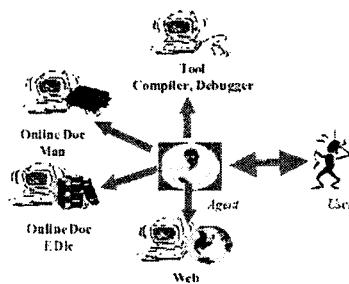


그림 1. 컴퓨터 공학에서의 Agent의 개념

2.2.2 로봇 공학

로봇 공학에서는 Perception Information, Controller, Planner, Scheduler, Executor, Communicator로서의 기능을 수행한다. 이러한 Agent가 모여 Multi-Agent를 이루는데 집중화, 분배, 분산 시스템의 방법으로 구성된다.[7]

2.2.3 전력공학

전력 공학에서의 Agent는 전체 시스템 조절, 전원, 부하, 발전량 등의 각 Agent가 담당하는 물리적 개체 정보 유지, 시스템 재구성 또는 복구, 자기 치유, 안정도, 취약성과 같은 시스템의 특성 평가, 발전량 조절, 부하 선택, 하위 Agent 선택, Agent간의 통신 및 교섭의 기능을 갖는다.[8][9][10]

2.3 본 연구에서의 정의

앞서 조사한 자료와 본 연구의 목표를 통하여 Agent의 기능을 다음과 같이 정리한다.

-지능 : 사고판단, 전력 공급에 우선 순위부여, 잠재고장

해석, 취약지역 탐색, 사고 시 파급효과 예측, 고장 원인 분석, 지기 진단, 계통의 안정도(미소신호 및 전압의 안정도 측정)해석.

-커뮤니케이션 : GPS와 인터넷으로 Real-Time 계통 안정도 해석, 양방향 통신 가능, 다른 Agent와 통신, 기존 시스템과 새로운 시스템과의 연계(호환성).

-실행 : 자동 선로복구 및 차단, 발전량 조절, 부하선택.

-개체 정보유지 : 전원, 부하, 발전량 등과 이를 Sensing 하는 계측 장치의 상태를 모니터링하고 분석하여 Database 관리.

-시스템 조직화 : 계통의 우선순위 부여 Negotiation(하위 Agent 선택)

3. Agent형 전력 Defense 시스템 통신 프로토콜

3.1 IEEE 1344

전력 시스템은 국가 전체에 퍼져있는 광역 시스템이며 이를 보호하고 감시하기 위한 시스템 개발에 있어 기기들 간에 통신하는 데이터의 동기화가 필수적이다. 광역 전력 시스템의 통신 프로토콜 중 IEEE에서 제정한 IEEE가 본 연구에서 목표로 하는 시스템에 적합하다. IEEE 1344는 변전소간의 Phasor 측정을 하는 PMU간의 데이터를 GPS를 이용하여 동기화 시키는 시스템에 적합하다.[11] 최근에는 IEEE 1344의 내용을 보강한 PC37.118/D6.0 Draft Standard[12]가 발표 되었다.

3.2 Agent형 전력 Defense 시스템 통신 프로토콜

Agent형 전력 Defense 시스템의 개념적인 구성을 아래의 그림 2에서 보여준다.

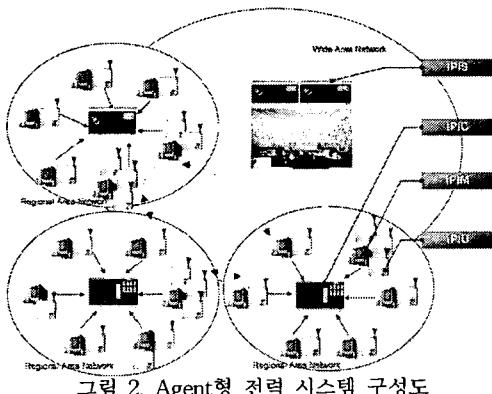


그림 2. Agent형 전력 시스템 구성도

그림에서 가장하위 계층에서 변전소의 계통 정보를 취득하는 iPIU(Intelligent Power Information Unit)는 전압 안정도와 Phasor 측정을 하여 실시간으로 iPIC(Intelligent Power Information Concentrator)에 전송하고 이러한 iPIC가 모여 가장의 상위 레벨인 iPIS(Intelligent Power Information System)에서 iPIC들을 감시한다. iPM은 iPIU의 상태를 모니터링 하는 장치로 시스템간의 통신에는 영향을 주지 않는다. iPIU가 전송하는 데이터는 주기 데이터와 비주기 데이터로 구분되는데 주기 데이터는 실시간 전송을 하는 데이터를 말하며 전압안정도 데이터와 Phasor데이터로 구성된다. 비주기 데이터는 Disturbance 데이터를 말하며 사고 전후의 전력선의 RMS값을 상위에서 요청이 있을 경우에만 전송한다. 이에 맞추어 주기 데이터는 속도를 보장 하기 위해 UDP 방식 기반의 통신을 하고 비주기 데이터는 데이터전송을 보장하기 위하여 TCP 기반의 통신을 한다. IEEE 1344와 PC37.118을 이용하여 개발 하고자 하는 Agent형 전력 시스템에 적합한 통신 프로토콜을 개발하였다. 통신프로토콜의 프레임 구성은 Data, Configuration, Header, Command, Disturbance 프레임으로

로 구성된다.

3.2.1 기본 메시지 영역

모든 프레임에 적용되는 영역은 표 1에 나타난다.

표 1. 기본 메시지 영역

영역	특징
SYNC	동기화와 프레임 정보
FRMSIZE	프레임의 전체적인 크기
IDCODE	PMU/DC번호
SOC	second of century
FRACSEC	Fraction of second 와 Time Quality
CHK	CRC 체크

3.2.2 Data Frame

PMU가 측정한 데이터를 나타내며 Phasor, 주파수, 주파수 변화율 값은 부동 소수점으로 나타낸다. 또한 아날로그와 디지털 데이터를 저장 할 수 있다. 프레임의 구성은 표 2와 같다. Configuration Frame의 NUM_PMU에 따라 STAT~DIGITAL이 반복된다.

표 2. Data Frame

영역	크기	특징
SYNC	2	1010 1010 0000 0001 B
FRMSIZE	2	프레임 크기
IDCODE	2	1'65534
SOC	4	시스템 제공
FRACSEC	4	초 분해능
STAT	2	PMU 상태
PHASORS	8 * PHNUM	Phasor 값
FREQ	4	주파수 값
DFREQ	4	주파수 변화율
ANALOG	4 * ANNMR	아날로그 값
DIGITAL	2* DGNMR	디지털 값
VIP	4	전압 안정도
CHK	2	CRC 체크

3.2.3 Configuration Frame

Configuration Frame은 PMU/DC가 제공하는 특정 요소들을 표현한 기계어로 구성되어 PMU의 수, 프레임의 데이터 형식 등을 표현한다. 표 3을 보면 다음과 같은 영역이 존재함을 알 수 있다.

표 3. Configuration Frame

영역	크기	특징
SYNC	2	1010 1010 0000 0001 B
FRMSIZE	2	프레임 크기
IDCODE	2	1'65534
SOC	4	시스템 제공
FRACSEC	4	초 분해능
TIME_BASE	4	시간 기준
NUM_PMU	2	PMU 수
STN	16	변전소 이름
IDCODE	4	1'65534
FORMAT	2	형태
PHNMR	2	Phasor 수
ANNMR	2	Analog 수
DGNMR	2	Digital 수
CHNMR	16	채널 수
PHUNIT	4	Phasor 단위
ANUNIT	4	Analog 단위
DIGUNIT	4	Digital 단위
FNOM	2	주파수 기준 표시
DATA_RATE	2	60
CHK	2	CRC 체크

3.2.4 Header Frame

사용자가 PMU등에 연관된 정보를 볼 수 있게 하고, PMU, 데이터 소스, 크기, 알고리즘, 필터링 등의 정보를

포함한다.

4. Header Frame

영역	크기	특징
SYNC	2	1010 1010 0001 0001 B
FRMSIZE	2	프레임 크기
IDCODE	2	1'65534
SOC	4	시스템 제작
FRACSEC	4	초 분해능
DATA	1 * k	사용자 데이터
CHK	2	CRC 체크

3.2.5 Command Frame

각각의 장치는 Command Frame을 제어 시스템으로부터 받아 적당한 동작을 취한다. 이때, IDCODE는 이전 명령에서 수행된 것과 일치 되어야 한다.

§ 5. Command Frame

영역	크기	특정
SYNC	2	1010 1010 0100 0001 B
FRMSIZE	2	프레임 크기
IDCODE	2	1~65534
SOC	4	시스템 제작
FRACSEC	4	초 분 해동
CMD	2	명령 데이터
CHK	2	CRC 체크

3.2.6 Disturbance Frame

Disturbance Frame은 사고 발생시 사용자의 요청에 의하여 전송되고 사고 데이터로서 사고 전 2분, 사고 후 18분의 PMU에서 측정한 RMS데이터를 말한다. Disturbance 데이터는 사고의 원인 분석 및 사후 조치를 위하여 매우 중요하며, 주기 데이터와는 달리 TCP 방식을 사용함으로서 데이터의 분실을 방지하여야 한다.

图 6. Disturbance Frame

영역	크기	특정
SYNC	2	1010 1010 0101 0001 B
FRMSIZE	2	프레임 크기
IDCODE	2	1~65534
SOC	4	시스템 제작
FRACSEC	4	초 분 해상
DST	1 * M	Disturbance 데이터
CHK	2	CRC 체크

4. 모의 시스템 구성

개발한 프로토콜을 실증하기 위하여 모의 시스템을 설계하였다.

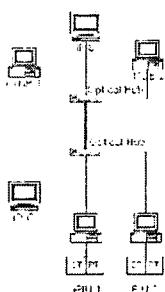


그림 4. 모의 시스템 구성도

여러 개의 iPIU에서 계통관련 데이터는 광망을 통해서 상부로 올라가 RTDB에 저장된다. 일부 iPIU의 데이터는 지역별 iPIC에서도 수집된다. 상부로 전송된 데이터는 DB로 분산 저장되는데 이는 검색시간 및 접속 부담을 줄이기 위함이다. 분산 저장된 데이터는 iPIS에서 광역반영 알고리즘 수행에 활용된다. iPIC에서는 소규모

지역 방어 알고리즘을 수행하며, 광역방어를 위한 iPIS 와의 협조 제어가 수행된다.

실제 시스템이 도입 되었을 경우 변전소 내부의 구조는 iPIU와 iPIC이고 iPIS와 장거리 통신의 효율을 위하여 광통신으로 계획하고 있기 때문에 iPIC와 iPIS와의 통신은 광망을 이용하여 이루어진다.

5. 결 론

전력공급의 안정적인 운영과 전력 시스템을 대규모 정전사태에서 보호하고자 개발하는 Agent형 전력 Defense 시스템의 배경과 시스템에서의 Agent의 정의를 알아보았다. 또한, 개발하는 시스템의 통신프로토콜을 개발하여 모의시스템 구성을 통한 시험도 하여 개발한 프로토콜을 검증 할 수 있었다. 향후 Agent형 전력 Defense 시스템을 구성한 후 기존의 전력 시스템인 SCADA, DAS, EMS 등과의 연계를 통한 국가전체의 전력 시스템의 효율적인 운영과 함께 국가 재해의 대규모 정전사태를 사전에 예방 할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

- [1] 한전KDN(주) 계통제어팀 김상태, 최미화, 이정현, 지철민, 이여송, "Multi-Agent 기법 기반의 전력 인프라 Defense System을 위한 Network 구축기술", 전기의 세계, 제 54권, 6호, pp38-43, 2005
 - [2] <http://www.m-w.com/dictionary.htm> - 검색어 : Agent
 - [3] <http://www.encyber.com/infocomdic/content.php?IDNO=28412&pagenum=1&key=%EA%EC%AD%ED&P=%>
 - [4] http://www4.gartner.com/6_help/glossary/Gartner_JT_Glossary.pdf
 - [5] 한양대학교 전자계산학과 최중민 교수, "에이전트의 개요와 연구방향, 정보 과학회 논문지, 15권, 3호, pp7-16, 1997
 - [6] Nagao, K., Ishii, N., "A concept of user Agent for user interface of C compiler", International Conference on Computers in Education, 3-6 Dec. 2002
 - [7] Lueth, T.C., Laengle, T., "Task description, decomposition, and allocation in a distributed autonomous multi-Agent robot system", IEEE/RSJ/GI International Conference on Intelligent Robots and Systems '94, Volume : 3, pp1516-1523, 12-16 Sept. 1994
 - [8] Nagata, T., Sasaki, H., "A multi-agent approach to power system restoration", IEEE Transactions on Power Systems, Volume : 17, Issue : 2, pp457-462, May 2002
 - [9] Juhwan Jung, Chen-Ching Liu, "Multi-agent system technologies and an application for power system vulnerability", 2003 IEEE Power Engineering Society General Meeting, Volume : 1, pp 56, 13-17 July 2003
 - [10] Nagata, T., Tao, Y., Tahara, Y., Aoyama, T., Fujita, H., Koaizawa, M., "Development of bulk power system restoration simulator by means of multi-agent approach", 2004 MWSCAS '04. The 2004 47th Midwest Symposium on Circuits and Systems, Volume : 2, ppII-337-II-340, July 25-28 2004
 - [11] Power System Relaying Committee of the IEEE Power Engineering Society, "IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems", IEEE-SA Standards Board, R2001, 2001
 - [12] Power System Relaying Committee of the IEEE Power Engineering Society, "PC37.118/D6.0 Draft Standard for Synchrophasors for Power Systems", IEEE, PC37.118, Draft 6.0, 2004