

DNP3.0 프로토콜을 이용한 배전계통 멀티 에이전트 보호시스템의 통신 모듈 개발에 관한 연구

論文

52A-9-4

A Study on the Development of an Agent Communication Module for a Multi-Agent Based Power Distribution Network Protection System Using DNP 3.0 Protocols

崔勉松* · 李翰雄** · 閔柄雲*** · 鄭廣鎬** · 李承宰* · 玄升鎬*

(Myeon-Song Choi · Han-Woong Lee · Byoung-Woon Min · Kwang-Ho Jung · Seung-Jae Lee · Seung-Ho Hyu)

Abstract - In this paper, a communication module between Relay agents in a multi-agent system based power distribution network protection system is realized using DNP3.0(Distributed Network Protocol), which is the standard communication protocol of distribution automation system in KEPCO. The key words for agent communication in the multi-agent based protection system are defined and represented by use of DNP application function code. The communication module developed based on the proposed communication scheme is tested by use of the Communication Test Harness, a test tool for DNP protocol, then used to the multi-agent system based power distribution network protection system.

Key Words : DNP3.0, Multi-agent system, Communication protocol, Protection

1. 서 론

전력수요의 증대와 송배전 계통의 복잡화, 대용량화는 전력계통에 대한 고도화 된 안정성, 신뢰성, 경제성, 기능성 등을 요구한다. 따라서 송배전계통을 최적으로 운용하고자 하는 전력자동화 기술이 현재 세계적으로 널리 연구되고 있다.

이제까지 전력 계통에서 보호계전기는 각종 사고로부터 인명과 기계를 보호하고 안정성과 연속적인 전력공급을 통한 신뢰성이 보장 되어왔다. 그러나 최근에는 전력 종합자동화 시스템에서 송배전 설비를 효율적으로 운용하기 위한 공급의 경제성 및 전원계통의 공급여건과 부하계통의 운전 조건에 따라 탄력적으로 운용 할 수 있는 계통 적응성을 향상시키는 것까지 보호계전기의 몫이 되었다.[1]

전력계통 보호시스템은 안정성을 최대한 확보하고 사고 발생시 파급효과로 인한 전력공급의 중단을 최소화하여 설비의 효율성을 높이는 것이 목적이다. 이러한 목적을 위해서는 계통 구성의 변경, 부하 변동 등 운전상황의 변동에 따라서 보호시스템이 필요로 하는 각종 정보를 쉽게 얻을 수 있어야 하고, 나아가 개별 보호기기의 설정치를 계통 변경에 따라 유동적으로 변경시킬 수 있는 환경이 구축되어야 한다. 이러한 환경을 위해서는 계통 구성의 변경 시 인접한 보호계전기

들이 서로 정보를 공유, 교환하여 자기보호구간의 정정 값을 계산하여 운전 중에 정정 값을 변경할 수 있어야 한다.

최근 디지털 기술과 통신기술의 비약적 발전으로 인하여 에이전트 시스템 기술이 각광을 받고 있다. 에이전트 시스템은 지능과 통신기능을 가진 하나의 객체로서 각 에이전트는 각자의 업무를 수행하며 서로 간 통신을 통하여 정보를 공유하여 전체적인 Goal을 이루는 것을 목표로 한다.

배전계통의 보호시스템은 수많은 과전류 차단 보호기기로 이루어져 있다. 현재 배전계통의 디지털 보호계전기는 정상 시에 각자 보호구간의 보호업무를 수행하다가 고장이 발생하면 최단 시간 내에 고장을 제거하는 고유 업무 수행한다. 최근에는 여기에 에이전트 개념을 도입하여 디지털 보호기기에 에이전트 기능을 갖는 알고리즘을 추가하여 정상 상태 시에 보호기기 고유 업무를 수행하고 계통 변경 시엔 계통변경에 대한 정보를 통신을 통하여 공유하여 변경된 계통에 적합한 최적의 정정 값을 계산하여 스스로 정정하여 전체 계통의 최적 보호시스템을 이루는 멀티 에이전트를 이용한 보호시스템의 개발에 관한 연구가 이루어지고 있다. 본 논문은 이와 같이 에이전트를 응용한 보호시스템에서 에이전트 업무를 수행하기 위하여 각 에이전트간의 통신 프로토콜에 관한 연구를 수행하였다.

우선 멀티 에이전트 시스템에 대한 소개와 이를 이용한 보호제어시스템, 그리고 보호제어시스템에서 필요한 통신의 역할과 정보전달 알고리즘을 연구하여 에이전트 간의 통신프로토콜의 요구사항을 알아보았다. 그리고 현재 국내 전력계통 자동화 단말 장치 간의 자료전송에 사용되고 있는 표준 통신 프로토콜 DNP 3.0(Distributed Network Protocol)을 이용하여 과전류계전기 에이전트가 상호 통신을 하는 것을 구

* 正會員 : 明知大學 電氣工學科 教授 · 工博

** 正會員 : 明知大學 電氣工學科 博士課程

*** 準會員 : 明知大學 電氣工學科 碩士課程

接受日字 : 2003年 2月 18日

最終完了 : 2003年 5月 28日

현하였다. 그리고 사례연구에서 멀티 에이전트를 이용한 배전계통 보호제어시스템에서 계통 변경 시 각 보호기기 에이전트가 재정정 되는 과정을 통해 본 논문에서 개발한 통신모듈의 실용성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 Multi-Agent System(MAS)

최근의 Distributed Artificial Intelligence(DAI) 연구는 각각의 개별 에이전트의 능력으로 해결 할 수 없는 global goal 를 이루기 위해서 문제 해결 에이전트들이 함께 일을 수행하는 멀티에이전트 시스템에 초점을 맞추고 있다.[2]

MAS의 가장 큰 특징은 자율성(Autonomy)과 협동성(cooperation)이다. 자율성은 에이전트와 소프트웨어를 구별하는 제일 중요한 특징으로 에이전트가 사용자의 명령 없이 자율적으로 목적을 달성하기 위하여 스스로 활동하는 능력이며 협동성은 서로 다른 정보를 가지고 있는 에이전트가 공동된 목적에 도달하기 위하여 정보를 서로 교환하여 개별적으로 가지고 있던 능력의 한계를 뛰어 넘는 종합적 목표를 이루는 효과를 갖기 위한 것이다. [3][4][5]

멀티 에이전트가 서로 통신을 하기 위해서는 통신언어(Communication Language), 교환 지식에 대한 공통된 이해(Communication Modes) 그리고 이들 두 가지에 포함된 내용을 교환하는 수단(Protocol)이 필요하다. 통신언어를 통하여 형식과 의미체계, 환경 등을 일치시켜야 이 기종 에이전트와 의미 전달이 가능하게 된다. 통신모드는 에이전트의 의도, 표현, 요구, 교신 기능 등 메시지의 기능을 표현한다. 최종적으로 에이전트 시스템 protocol이 일치해야만 정보전달의 안정성과 신뢰성을 확보할 수 있다.

2.2 MAS 적용 최적 과전류 보호계전 시스템[6]

멀티-에이전트 시스템은 한 목표를 위하여 각 에이전트가 협동하여 작업을 수행하는 시스템이며 각 에이전트는 자기 고유의 작업을 수행하고 전체적인 문제를 해결하기 위해 필요시 다른 에이전트에게 정보를 요청하거나 다른 에이전트에게 정보를 제공하여 문제를 해결하는 방법을 취한다. 그러므로 전력계통에서 보호기기는 자기보호구간의 보호라는 고유업무를 수행하다가 계통 변경 시 계통 변경정보를 이용하여 각 보호기기를 재정정하여 전체 시스템의 보호협조를 이루는 보호시스템에 에이전트 개념을 도입하는 것이 적합하다고 본다.

보호기기에 에이전트 개념을 도입하여 에이전트 알고리즘을 추가하여 탑재하면 이 보호기기 에이전트의 고유 업무는 고장을 감시하다가 고장판단 시 최대한 빠르게 고장제거 업무를 수행하며, 계통 변경 시 주위 보호기기 에이전트들과 보호 협조를 이루도록 정정 시 주위의 다른 보호기기 에이전트에 필요한 정보를 요청하여 스스로 최적의 재정정 기능을 수행할 수 있다. 각 보호기기의 에이전트 업무를 위한 통신은 정정 시에 필요하므로 여기에는 큰 신뢰도나 속도가 필요하지 않다. 그리고 현재의 디지털 보호기기에는 통신기능이 탑재되어 있으므로 이를 이용하는 알고리즘이 개발된다면 용이하게 멀티 에이전트를 이용한 보호제어시스템이 구현되리라

보며, 현재의 디지털 기술의 발전 속도와 통신기술의 발전 속도는 다양한 기능을 가진 에이전트 기술을 적용한 보호제어 시스템의 실용화 가능성을 높일 수 있다고 본다.

개발된 멀티 에이전트를 적용한 배전계통 보호시스템은 주로 방사상으로 이루어진 배전계통의 보호기기가 OCR 에이전트로 이루어져 있을 때 계통구조 변경 시에 각 OCR 에이전트가 자동정정을 할 수 있는 기능을 가지고 있다. 배전계통 보호시스템의 에이전트 시스템 구성은 그림1과 같이 OCR 에이전트, Display 에이전트 그리고 Feeder 에이전트로 구성되어 있다. OCR 에이전트는 OCR 기능인 고장 시 보호업무와 통신을 통한 보호협조 및 정정을 하는 에이전트 기능을 가지고 있으며, Display 에이전트는 전체의 에이전트의 동작상황을 감시하여 그림2와 같은 정보를 출력한다. 그리고 Feeder 에이전트는 배전계통 피더의 상위 변압기 쪽 전원 정보를 가지고 있으며 하위 에이전트가 정보를 요청하면 그 정보를 제공하는 기능을 가진다.

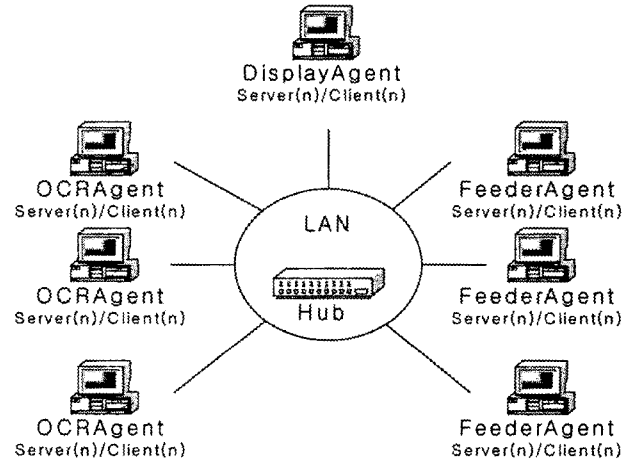


그림 1 멀티 에이전트 시스템 구성
Fig. 1 Structure of the multi-agent system

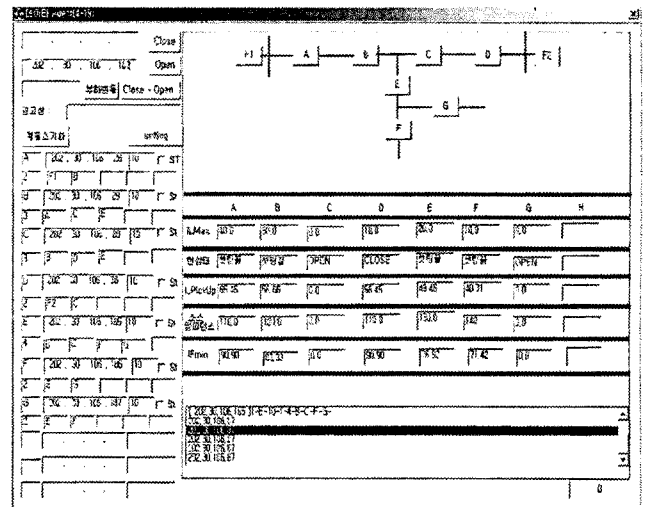


그림 2 display 에이전트 예
Fig. 2 An example of display agent

그림 3은 OCR 에이전트 B가 정정을 위하여 필요한 정보를 요청하는 과정을 보여준다. OCR의 정정방법은 OCR이 동작하는 임계 값인 픽업전류를 정하고 주위 OCR과 시간협조를 이루게 하는 것이다. OCR의 픽업전류는 최소고장전류보다는 작고 최대 부하전류보다는 큰 값으로 선택하여 OCR이 고장전류에는 동작하고 부하전류에는 동작하지 않도록 한다. 그림 3에서 OCR 에이전트 B가 최소고장전류를 구하기 위하여 전원단의 단락임피던스를 요청하여 피더 에이전트로부터 전송되어온 전원단의 단락임피던스와 선로 임피던스로부터 고장전류를 계산한다. 그림 3의 정보요청 신호와 정보의 흐름은 최대 부하전류를 구하여 하위단의 최대부하를 요청하여 이로부터 최대부하전류를 구하고 결과적으로 픽업전류를 계산할 수 있게 한다.

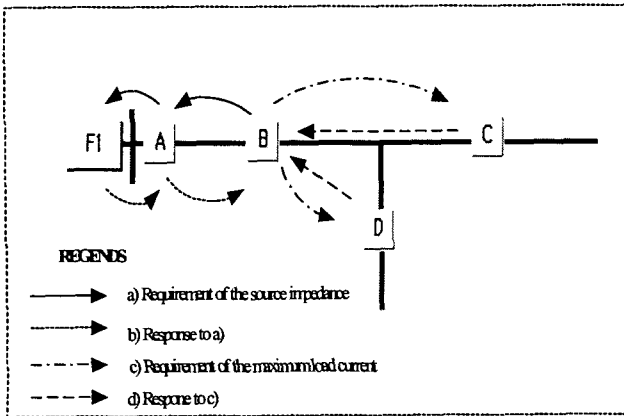


그림 3 에이전트간의 통신
Fig. 3 Communication of agents

그림 4는 이 보호시스템에서 부하 절체로 인한 계통 변경시에 각 에이전트를 재정정하기 위하여 필요한 정보의 요청과 정보의 흐름을 나타낸 것이다. OCR 에이전트 C의 차단기가 Close 되고 OCR 에이전트 B의 차단기가 Open 되어 OCR 에이전트 E F G 의 구간에 있던 부하가 피더 F1으로 절체 되는 경우 갑작스런 부하전류의 증감으로 OCR이 고장으로 잘못 판단하여 계전기의 오동작을 막기 위하여 다음 순서로 각 에이전트가 서로 통신을 하여 정보를 전달해야 한다.

1. 먼저 에이전트 C가 차단기를 Close 하겠다는 신호를 각 에이전트에게 보내고 각 에이전트는 이에 따라 전원 단 단락 임피던스를 얻기 위하여 주위 에이전트에게 전원 단 임피던스를 요청한다. 그러나 부하 절체로 인한 일시적인 정전을 막기 위하여 B의 차단기가 Open 되기 전에 C의 차단기가 Close 될 것이므로 각 부하는 두 개의 전원에서 소 전력을 공급받는 경우가 되기 때문에 각 OCR 에이전트의 오동작을 막기 위하여 픽업전류는 최대 default 값을 취한다.

2. 모든 OCR 에이전트의 픽업전류를 최대 default 값으로 취하였다는 응답이 C 에이전트에게 도착하면 C 에이전트는 차단기를 Close 한다. 이때 OCR 에이전트 C는 계통 변경신호를 각 에이전트에게 보내며 각 에이전트는 정정을 위한 전원 단 주위 에이전트에게 임피던스를 요청한다. 그리고 두

개 이상의 전원 단 임피던스를 받으면 재정정을 수행하지 않고 대기한다.

3. B 에이전트는 차단기를 Open 하고 재정정 신호를 각 에이전트에게 보내며 각 에이전트는 모두 재정정을 수행한다.

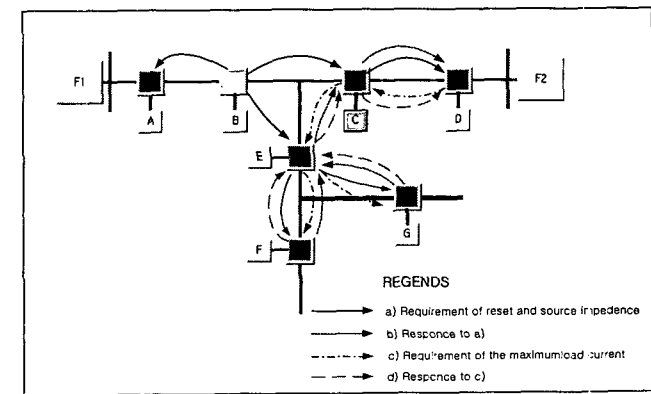
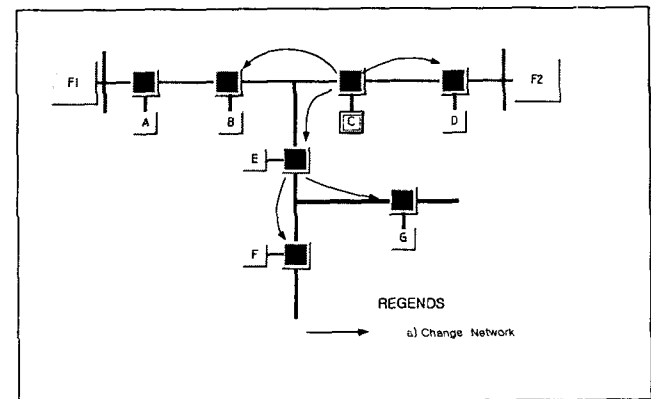
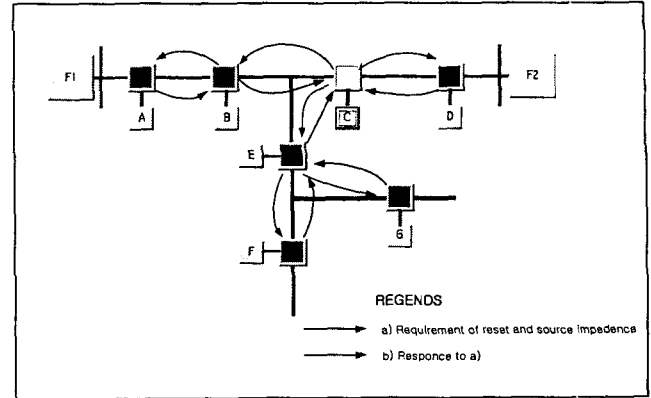


그림 4 계통 변경 시 신호 흐름도
Fig. 4 Signal flow when structure change

이와 같이 보호시스템에서 각 에이전트들은 전체 시스템의 보호라는 목적을 달성하기 위하여 서버를 거치지 않고 서로 직접 정보를 교환할 수 있어야 한다. 즉 모든 에이전트가 주위의 에이전트에게 통신할 수 있는 다 대 다 통신이 필요하다. 이 보호시스템에서 정보교환을 위해 사용되는 통신 Keyword는 계통변경 신호나 정보요청 등 상호 협조를 하기

위한 명령어들이다. 각 에이전트가 사용하는 주요 통신 KeyWord는 다음 표 1과 같다.

표 1 KeyWord
Table 1 KeyWord

KeyWord	Content
Open	CB를 open한다.
Close	CB를 close한다.
Reset	계전기 데이터 값을 초기화시키고, 피더 에이전트에게 소스임피던스 값을 요청한다.
Source_IMP Receive	소스 임피던스 값을 받는다.
IL_MAX Receive	계전기의 최대 부하 전류 값 변경한다.
IL_SELF Change	계전기의 자기 부하 값 변경한다.
계통 변경 Open	계통 변경에 따른 CB를 open한다.
계통 변경 Close	계통 변경에 따른 CB를 close한다.

본 논문에서는 이와 같은 보호시스템에 적합한 통신모듈의 개발을 위하여 먼저 에이전트 구현 틀인 DASH의 통신방법을 연구하였다. 그러나 DASH는 에이전트를 구현하기 위한 틀이기 때문에 이를 이용한 통신모듈의 구현이 용이하지 않았기 때문에 C++로 독자적인 통신모듈을 개발하여 보호시스템을 테스트 하였다. 그리고 현재 한전에서 보호기간의 표준 통신 프로토콜로 정의된 DNP 3.0을 연구하여 에이전트 시스템에 적합한지를 검토하였고 위의 Keyword를 메시지의 사용 목적을 정의하는 Application Function Code에 정의하여 DNP 3.0을 이용한 에이전트 통신모듈의 개발을 시도하였다.

2.3 DNP 3.0 (Distributed Network Protocol)

DNP 3.0은 전력계통 자동화 단말 장치인 원격소 장치와 지역급전소 제어장치, 지역 급전분소 제어장치, 집중제어 배전반, IED (Intelligent Electronic Device) 전력설비 간의 자료전송에 사용되고 있는 통신 프로토콜이다. OSI 모델인 7계층은 아니지만 IEC의 표준 권고 안에서 정한 Physical, Data Link, Application 등 3개 계층에 Transport 1개의 계층을 추가하여 총 4개의 계층으로 그림 5와 같이 구성되어 있고, 각 계층은 에러를 최대한 억제하여 전력계통의 운전에서 요구되는 시스템 프로토콜의 안정성과 신뢰성을 최대한 확보하도록 하고 있다. 그리고 메시지에 대한 응답 시간이 짧고 Data link 실패 시 자동 재전송이 가능하며 동보통신도 가능하도록 되어있으며 기능코드와 데이터 코드가 독립되어 있어 데이터에 접근하기가 쉬우며 새로운 객체도 추가 가능하다. 또, 직렬통신, 전화, LAN등 다양한 통신매체에서 동작 가능하며 저·중속 네트워크에 적합하다.

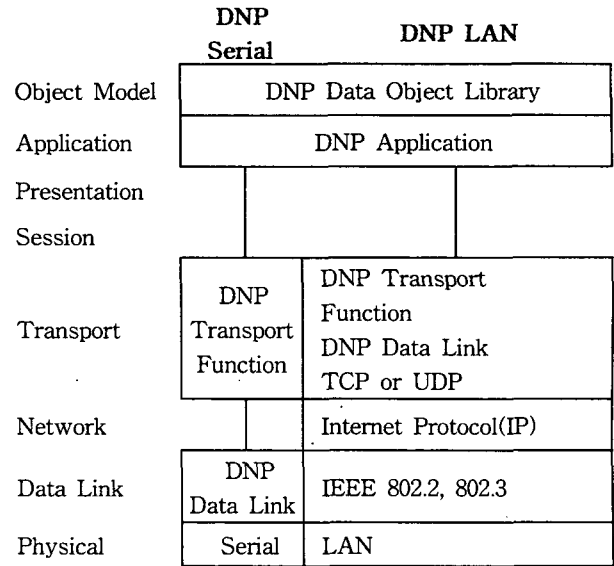


그림 5 DNP 3.0 - Network Profile
Fig. 5 DNP 3.0 - Network Profile

DNP는 이러한 기능을 위하여 각 계층은 계층에 적합한 통신 규약을 가지고 서로 다른 기능을 수행하여 상호 보완적 관계를 유지하도록 하고 있다. 전력계통에서는 이 프로토콜을 시스템과 원격 단말 장치(RTU)는 물론 전력현장의 디지털화 된 IED 및 주변 설비들과의 표준화된 자료 공유를 통해 전력현장의 공동 운영 능력을 향상시키고 설비간의 개방성을 확보하는 목적으로 사용된다.

그러나 DNP는 매우 큰 프로토콜이기 때문에 전체 프로토콜을 모두 적용하여 기기를 개발하는 것은 매우 비현실적이다. 그러므로 프로토콜의 기본적인 응용서비스만을 이용해 필요한 부분만 구현하여 사용하는 것이 효율적이다. 예로 단순한 장치에서는 복잡한 데이터 폴링이 필요 없고, 클래스 폴링을 이용하여 효율적으로 데이터 접근이 가능하다.

2.4 DNP를 이용한 Agent 통신 모듈

각 에이전트는 정의된 각 KeyWord에 대한 문자열 전송 방식을 택하여 통신을 하므로 DNP 3.0을 이용하여 에이전트가 서로 통신을 하도록 모듈을 개발하기 위해서는 각 KeyWord에 필요한 object와 어떤 기능을 수행할 것인가에 대한 정보를 DNP 3.0에 정의를 해주고 이를 이용해 다른 에이전트와 통신하도록 하여야 한다.

OCR Agent의 KeyWord에 따라 DNP가 어떤 기능을 수행하는지는 DNP 3.0의 Application Layer에서 정의를 해주어야 한다. Application layer의 function code는 Message가 요구하는 기능정보와 제어정보를 가지고 있으며 이 function code를 이용하여 자료를 전송하고 기기 제어, 구성을 변경할 수 있다. 본 논문에서는 표 1에 제시된 주요 KeyWord들 중 Open, Close, Reset, 계통변경open, 계통변경close keyword는 데이터의 수집 및 기기를 제어해야하므로 자료전송 기능code와 제어용 기능 code로 그 명령을 수행하도록 하며, Source_IMP Receive, IL_Max Receive, IL_Self Receive는 데이터를 수신하고 데이터를 변경해야 하므로 자료전송 기능

code와 구성변경용 기능code로 그 명령을 수행할 수 있도록 하였다.

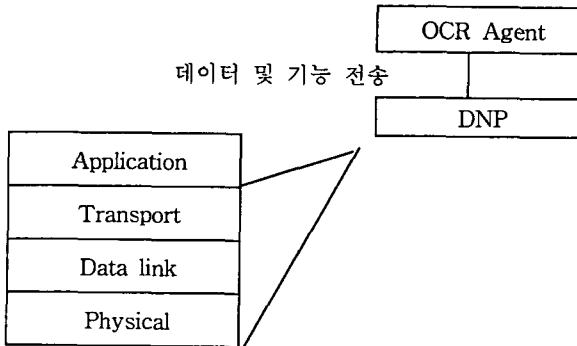


그림 6 DNP 3.0을 OCR Agent에 적용
Fig. 6 Application DNP 3.0 to OCR Agent

OCR 에이전트에 사용되는 데이터는 DNP Object number로 정의하여 필요한 데이터를 설비장치로부터 취득할 수 있다. DNP Index는 사람이 알아 볼 수 있는 포인트 이름을 해당 기기와 약속한 표이다. OCR 에이전트에 사용되는 데이터를 DNP Index로 정의하였으며 표 2에 제시하였다.

표 2 DNP INDEX
Table 2 DNP INDEX

Object Variation	비고	Class
01/01,01/02,02/02		0
30/02,30/04	부하임피던스	0
30/02,30/04	전원임피던스	0
40/02, 41/02		
74/1		
12/01	Close	
	Trip	
80/01		

구분	Point 명	Index No.	Point 속성
BI	단힘/열림	0	Static, Event
AI	부하임피던스	0	Static
	전원임피던스	1	Static
설정	최소동작전류	0	Static
	최대부하전류	1	Static
	MAS Event 정의	2	Static
제어	단힘	0	Pulse On
	열림	1	Pulse On
Device	연결정보	0	Static

3. 사례 연구

3.1 DNP를 이용한 에이전트 통신 모듈

사례연구에서는 DNP를 이용하여 통신 모듈을 개발하고 DNP 3.0 Test 프로그램인 Triangle Microworks의 Communication Test Harness를 사용하여 OCR 에이전트와 통신을 하는 것을 보였다.

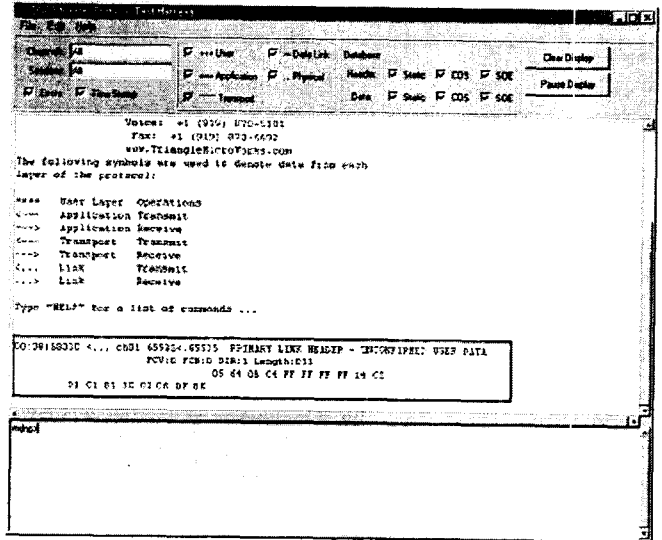


그림 7 DNP 3 Master protocol Test Harness
Fig. 7 DNP 3 Master protocol Test Harness

그림 7에서는 DNP 3 Master가 Class 0의 모든 데이터를 read하라는 명령을 DNP 3 Slave OCR 에이전트에 보내는 그림이다.

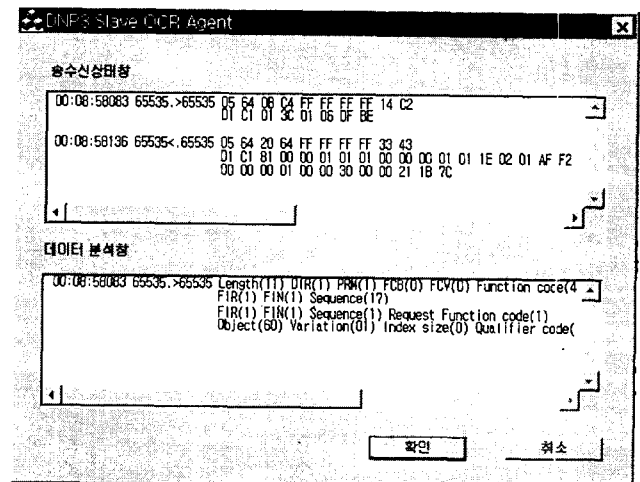


그림 8 DNP 3 Slave OCR 에이전트
Fig. 8 DNP 3 Slave OCR agent

그림 8에서 Master로부터 받은 메시지를 DNP 3 Slave OCR 에이전트가 분석하고 응답 메시지를 보내는 것을 송수신창에서 보여주고 있다. 분석 창에서는 Master로부터 Slave로의 user data 요청을 나타내고 있으며(DIR:1, PRM:1,

FC:4) 메시지의 전체길이는11(Length OB)이고 이 메시지는 처음이자 마지막을 나타내고 있으며(FIR:1, FIN:1), Class 0의 모든 데이터(Object:60, Variation:1)를 요청하고 있다. 이 외에 여러 가지 메시지에 대한 통신도 올바르게 수행함을 알 수 있었고 DNP 3.0의 이용하여 OCR 에이전트간의 정보교환을 충분히 구현 할 수 있었다

3.2 Multi-Agent를 이용한 배전계통 보호시스템

사례연구에서는 Multi-Agent를 이용한 배전계통 보호시스템에서 에이전트 간에 정보교환을 통하여 계통 변경 시 재정정과정을 보임으로써 본 논문에서 개발한 통신 모듈의 성능을 보였다. 그림 9에서는 1번 지점에 고장이 발생하여 OCR G가 차단기에 차단 명령을 내려 고장을 제거하여 부하 탈락의 경우 이 계통의 각 에이전트가 재정정을 수행하는 과정을 보여주고 있다. 고장이 제거되어 고장부분의 부하가 탈락하는 계통 변경으로 먼저 OCR 에이전트 G가 주위의 에이전트에게 재정정을 수행하라는 신호를 보내면 각 에이전트는 전원단의 단락 임피던스를 요청하여 피더 에이전트 F1이 단락임피던스를 전달한다. 그 후 각 에이전트가 하위 부하단의 최대 부하를 요청하여 말단으로부터 최대부하가 상위로 전달되면 모든 에이전트가 이 정보를 이용하여 재정정을 수행한다. DNP 3.0의 이용하여 OCR 에이전트간의 정보교환을 충분히 구현 할 수 있었다. 표 3은 이 과정을 통하여 각 OCR 에이전트가 재정정을 수행한 결과를 보여준다.

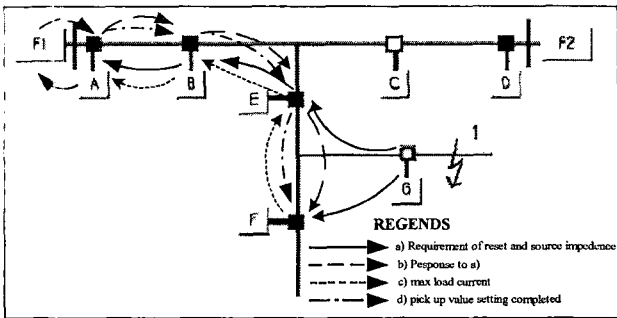


그림 9 고장 발생 시 신호 흐름도
Fig. 9 Signal flow after the fault

표 3 고장 발생 시 재정정 결과

Table 3 Correction results after the fault

	A OCR	B OCR	C OCR	D OCR	E OCR	F OCR	G OCR						
P.U.	70.45	65.45	61.66	56.66	56.45	56.45	53.46	48.46	40.71	40.71	40.71		
Max. I _{load}	50.0	40.0	40.0	30.0	10.0	10.0	30.0	20.0	10.0	10.0	10.0		
Min _{fault}	90.90	90.90	83.33	83.33	Open	Open	90.90	90.90	76.92	76.92	71.42	71.42	Open
I _{self}	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
Source feeder	F1	F1	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F1	F1	F1	F1	

그림 10에서는 1번 지점에 고장이 복구되어 발생하여 OCR G가 차단기에 Close 명령을 내려 부하가 증가되는 경우 계통의 각 에이전트가 재정정을 수행하는 과정을 보여주고 있다. 이 경우도 부하 탈락의 경우와 마찬가지로 전원 단락 임피던스와 하위 단 최대 부하 값을 바탕으로 각 OCR Agent가 재정정을 수행하여야 한다. 그런데 이 경우 부하가 갑자기 증가하는 경우 상위의 OCR 에이전트가 이를 고장으로 판단하여 오동작할 가능성이 있다. 이를 막기 위하여 증가될 부하의 차단기가 Close 되기 전에 상위의 모든 OCR 에이전트는 증가될 부하의 차단기가 Close된 상태를 가정하여 정정 값을 계산하여 기억하고 있고 현재의 정정 값은 오동작을 방지하도록 지정된 최대 Default값을 가지도록 하여야 한다. 상위의 모든 OCR 에이전트가 최대 Default값으로 재정정된 이후에 차단기가 비로소 Close되며 OCR 에이전트 G는 이 Close신호를 주위 에이전트에게 전파한다. 각 에이전트는 이 신호를 받아 기억하고 있던 계산된 정정 값으로 재정정을 수행한다. 표 4는 이 재정정 결과를 보여준다.

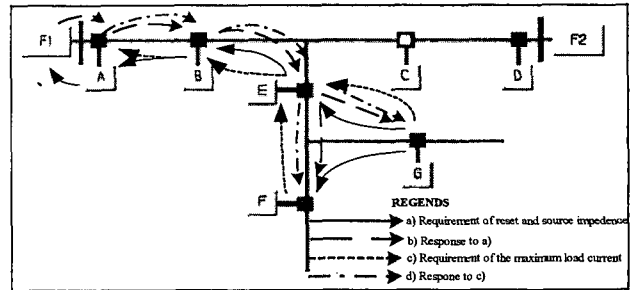


그림 10 G 차단기 재폐로 동작 시 신호 흐름도
Fig. 10 Signal flow when the CB G is re-close

표 4 G 차단기 재폐로 시 재정정 결과

Table 4 Correction results when the CB G is re-close

	A OCR	B OCR	C OCR	D OCR	E OCR	F OCR	G OCR						
P.U.	65.45	70.45	56.66	61.66	56.45	56.45	48.46	53.46	40.71	40.71	40.71		
Max. I _{load}	40.0	50.0	30.0	40.0	10.0	10.0	20.0	30.0	10.0	10.0	10.0		
Min _{fault}	90.90	90.90	83.33	83.33	Open	Open	90.90	90.90	76.92	76.92	71.42	71.42	Open
I _{self}	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
Source feeder	F1	F1	F1	F1	F2	F2	F1	F1	F1	F1	F1	F1	

4. 결 론

본 논문은 배전계통에서 빈번한 계통변경에 정확한 보호를 위하여 보호기도 자동적으로 재정정을 수행하는 보호자동화 시스템으로 멀티 에이전트를 이용한 배전계통 보호시스템을 위한 통신모듈 개발을 위한 연구이다. 먼저 전력계통보호를 위한 멀티 에이전트 시스템에서 필요한 통신모듈의 기능과 Keyword를 정의하였으며, 통신 프로토콜로 우리나라 전력계통 자동화 단말 장치의 표준 통신프로토콜인 DNP 3.0을

사용하여 에이전트 간 통신모듈을 개발하였다. 사례연구로서 멀티 에이전트를 이용한 배전계통 보호시스템에서 에이전트 간 표준화된 자료 공유를 통해 계통변경 시 자동화된 재정정 작업을 통하여 전력설비의 보호 능력을 향상시킬 수 있음을 보였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] 장중구, "자율적용 보호기능을 갖는 배전계통 최적보호 멀티에이전트 시스템" 명지대학교 대학원 공학박사 학위논문, 2000년도
- [2] Juhwan Jung, "Multi-Agent Technology for Vuluerability Assessment and Control", Proceeding of Power Engineering Society Summer Meeting, 2001, Volume:2, 2001
- [3] A Taxonomy for Autonomous Agents, [http://www.msci.memphis.edu/~franklin/AgentProg.html]
- [4] Intelligent Software Agent [http://retriever.cs.umbc.edu:80]
- [5] 최중민 "Concept of Agent and Research direction", 한국정보과학회지 1997. Volume:15
- [6] B.W.Min "An Autonomous Optimal Protection System for Power Distribution Networks Applying Multi-Agent System" Proceeding of ICEE 2002 volume:1, 330~334
- [7] DNP User Group "DNP 3.0" Internal File : P009-0PD, Associated Software Release

저 자 소 개



최면송(崔勉松)

1967년4월생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기공학과 졸업(공학). 1995년 Pennsylvania State Univ 방문 연구원. 1992년 기초 전력공학 공동 연구소 전임연구원. 현재 명지

대학교 공대 전기정보제어공 학부 부교수.
Tel: 031-336-3290, Fax: 031-321-0271
E-mail: mschoi@mju.ac.kr



이한웅(李翰雄)

1975년 7월 4일 생. 2001년 명지대 공대 전기전자공학부 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.

Tel: 031-336-3290, Fax: 031-330-6815
E-mail: ruben94@mju.ac.kr



민병운(閔柄雲)

1971년7월19일생. 1997년 명지대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 명지대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 명지대 대학원 전기공학과 박사과정

Tel: 031-336-3290, Fax: 031-321-6816
E-mail: minbu@hanmir.com



정광호(鄭廣鎬)

1974년 8월 17일 생. 2002년 명지대 공대 전기전자공학부 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.

Tel: 031-336-3290, Fax: 031-321-6816
E-mail: khjung@mju.ac.kr



이승재(李承宰)

1955년11월30일생. 1979년 서울대 공대 전기동학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 Univ. of Washington 전기공학과 졸업(공학). 1994년 Univ. of Washington 교환교수. 현재 명지대 공대 전기정보제어공학부

교수. 현재 명지대 차세대 전력기술센터 소장.
Tel: 031-336-3290, Fax: 031-330-6816
E-mail: sjlee@mju.ac.kr



현승호(玄升鎬)

1962년생. 1991년 서울대 공대 전기 공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기 공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기 공학과 졸업(공학). 1996년 한국 철도 선임연구원. 현재 명지대 차세대 전력기술 센터 연구교수.

Tel: 031-330-6814, Fax: 031-330-6816
E-mail: takeitez@mju.ac.kr