

# 전력선 통신망을 위한 네트워크 관리 시스템의 설계 및 구현 (Design and Implementation of Network Management System for Power Line Communication Network)

강준명<sup>1</sup>, 박창근<sup>1</sup>, 김은희<sup>1</sup>, 홍원기<sup>1</sup>

임용훈<sup>2</sup>, 주성호<sup>2</sup>, 최문석<sup>2</sup>, 이범석<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>포항공과대학교 컴퓨터공학과

현덕화<sup>2</sup>

분산처리 및 네트워크관리 연구실

<sup>2</sup>한국전력공사 전력연구원

{eliot, pck1982, della, jwkhong}@postech.ac.kr

{adsac, shju1052, 05100097, leebs,

hyundh}@kepco.co.kr

## 요 약

전력선 통신 (Power Line Communication, PLC)은 기존에 사용되어 왔던 전력선을 통하여, 원격 자동 검침 서비스, 초고속 인터넷 서비스는 물론 홈 네트워킹까지 가능하게 해 주는 현재 주목 받고 있는 기술이다. 국내외 적으로도 전력선 통신에 대한 표준화 및 상용화에 많은 단체 및 산업체가 활발하게 활동을 하고 있다. 특히 국내에서는 정부가 전력 IT 프로젝트를 통해서 전력선 통신 유비쿼터스 기술 개발을 추진하고 있다. 이러한 전력선 통신의 성장과 더불어 초고속 인터넷이 가능한 전력선 통신망의 급격한 발달로 인해서 전력선 통신망내의 자원을 효율적으로 관리하기 위한 네트워크 관리 시스템을 필요로 한다. 그러나 현재 전력선 통신망 구축 및 서비스에 대한 것은 활발히 진행되고 있으나 구성 관리, 장애 관리, 성능 관리 등의 네트워크 관리에 대한 것은 활발히 연구가 되고 있지 않다. 본 논문에서는 전력선 통신 및 통신망에 대해서 간략하게 알아보고, 전력선 통신망에서의 관리 요소에 대한 관리 정보 (MIB, Management Information Base)를 정의한다. 그리고 이러한 전력선 통신망을 관리하기 위한 네트워크 관리 시스템인 i-NetMSuite4PLC를 위한 설계와 구현에 대해서 설명한다. 그리고 전력선 통신망을 구축하여 기능 테스트 및 검증 결과도 설명한다. 본 연구의 결과물은 현재 전력선 통신망에 대한 관리를 체계적으로 할 수 있는 표본이 될 수 있다.

Keywords: 전력선 통신, 전력선 통신망, PLC MIB, 네트워크 관리 시스템

## 1. 서론

최근 전력선을 이용한 전력선 통신 (Power Line Communication, PLC) 이 많은 관심을 받고 있다 [1, 2]. 이는 우선 배전선을 비롯한 전력 망의 구조는 이미 수용가까지 연결되어 있기 때문에 통신용으로 사용될 경우 가입자 망 구성이 용이하고 별도의 옥내용 데이터 회선이 불필요하기 때문에 비용 절감 효과가 크

다는 장점이 있다. 그리고 전력선 통신은 기존에는 홈 네트워크, 원격 자동 검침, 원격 제어 및 감시 쪽에서 주로 각광을 받았지만, 앞으로는 이를 이용한 데이터 통신의 발전으로 초고속 인터넷 시장에서도 경제성을 가지고 많이 이용하게 될 것이다

이러한 전력선 통신망에 대해서 국제 단체 및 산업체에서도 표준화 활동이 진행이 되고 있다. 대부분의 표준화 작업은 주로 Physical Layer 및 MAC Layer 를 다루고 있다. IEEE

본 연구는 산업자원부의 전력산업연구개발(R-2005-1-397-004)의 연구결과로 수행되었음

P1975 [3] 는 주로 PLC 신호를 위한 하드웨어를 다루고 있고, IEEE P1901 [4] 은 Physical Layer 에서 100Mbps 이상의 속도를 제공하는 고속 PLC 를 위한 표준을 다루며, IEEE P1775 [5] 는 PLC 장비 및 측정 방법을 주로 다루고 있다. OPERA [6]는 유럽 내에서의 PLC 시스템 및 비즈니스 계획을 통한 서비스 배포를 주로 담당하고 있다. 국내에서는 한국전력공사 전력연구원과 한국전기연구원이 공동으로 총괄하여 2005 년부터 5 년간 전력선 통신 유비쿼터스 기술개발이라는 프로젝트를 수행하여 전력통신망 기반 확립을 추진하고 있다. 이 프로젝트는 전력선 통신 모듈 개발, 전력 망 설계 및 관리시스템 구축, 전력선 통신 응용 칩 개발과 응용 부가 서비스 개발로 이루어져 있다. 이를 통해서 전력망 고도화, 설비의 효율적 관리화 및 전력선 통신의 상용화를 이룰 수 있게 된다.

이러한 전력선 통신을 이용한 네트워크도 기존의 네트워크와 마찬가지로 안전하고 효율적인 서비스를 제공하기 위해서는 모니터링과 제어를 통한 관리가 필요하다. 그리고 이를 통한 다양한 부가 서비스가 제공되고 다양한 전력선 통신 장비들도 출현하게 될 것이다. 이러한 측면에서 전력선 통신망을 위한 네트워크 요소관리가 필요하다.

현재 전력선 통신망을 위한 네트워크 관리 시스템의 국내외적인 연구는 아직 미미한 실정이며, 특히 전력선 통신 장비들을 관리하기 위한 관리정보(MIB, Management Information Base)의 정의도 제대로 이루어지지 않고 있다. 간단하게 전력선 통신 모듈의 상태관리를 하기 위한 EMS (Element Management System) 형태로 연구 및 개발 되고 있지만, 전체 망을 관리하기 위한 네트워크 관리 시스템의 연구는 활발하게 진행되지 못하고 있다. 그러나 전체 망에 대한 관리는 다음과 같은 이유에서 반드시 필요하고 연구되어야 하는 분야이다. 첫째, 망의 트래픽을 사전에 모니터링하는 것은 망의 결함을 발견하거나 망의 결함 시 복구에 드는 비용을 최소화할 수 있다. 둘째, 네트워크 관리자는 전력선 통신 네트워크 관리 시스템을 통해 전체 통신망에서 어느 곳에 장애가 발생했는지 알 수 있을 뿐만 아니라 성능 상에 어떤 문제가 있는지 알 수 있으며, 여러 가지 구성에 대한 정보 등을 얻어서 효율적으로 네트워크를 관리할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 전력선 통신망을 관

리하기 위한 시스템의 요구사항을 정리하였고, 전력선 통신망을 관리하기 위한 네트워크 관리 시스템으로 i-NetMSuite4PLC 라는 시스템을 Web 기반으로 설계 및 구현을 하였다. 그리고 실제로 전력선 통신망을 전력선 장비를 생산하는 국내 업체인 젤라인 [8]의 장비를 이용하여 구축하였으며 i-NetMSuite4PLC 를 테스트 하고 실효성을 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련 연구로써 전력선 통신 기술 및 기존의 전력선 통신망을 위한 네트워크 관리 시스템에 대해서 알아 본다. 3 장에서는 i-NetMSuite4PLC 시스템의 설계를 설명한다. 4 장에서는 설계를 바탕으로 해서 시스템의 구현에 대해서 설명한다. 5 장에서는 실제 전력선 통신망을 구축하여 시스템을 테스트한 결과를 소개한다. 끝으로 6 장에서는 결론과 향후 연구에 대해 기술한다.

## 2. 관련 연구

이 장에서는 전력선 통신 기술, 통신망 및 전력선 통신망을 위한 네트워크 관리 시스템에 대한 관련 연구를 소개한다.

전력선 통신이란 가정이나 사무실에 포설되어 있는 전력선을 통하여 통신신호를 100KHz - 300KHz 의 고주파 신호로 바꿔 실어 보내고 이를 고주파 필터를 이용, 따로 분리해 신호를 수신하는 방식을 말한다. 국내에서 사용되는 전력은 60Hz 의 교류신호로서 가전제품은 이를 전력변환기(Transformer)를 통해 직류로 바꿔 사용하며, 전력선 통신에서의 고주파 신호는 저출력의 신호이므로 일반 가전기기 작동에는 어떠한 영향을 미치지 않는다.

전력선 통신 기술은 리모콘을 이용하여 전자기기를 원격으로 제어하거나 외부에서 이동 전화나 인터넷을 통한 가전기기 제어를 가능하게 해주며, 조명제어, 침입탐지와 같은 방법, 가스 밸브 원격 차단과 같은 방재, 냉난방 기기의 제어와 같은 홈 오토메이션, 자동 원격 검침, 원격 모니터링에 적합한 기술로 주목 받고 있다. 특히 최근 들어 사이버 아파트 설립 붐을 타고 고가의 아파트에 기본 설비로 장착되는 등 가파른 성장세를 보이고 있다. 즉, 전력선 통신이란 AC 전원선을 통신선으로 사용하여 송수신을 하는 방식이며 홈 오토메이션, 원격 자동 검침 등에 주로 사용되어온 기술이다. 최근 통신 기술의 발달로 인해 고속 전력선 통신 시스템이 본격 등장하고 있다.

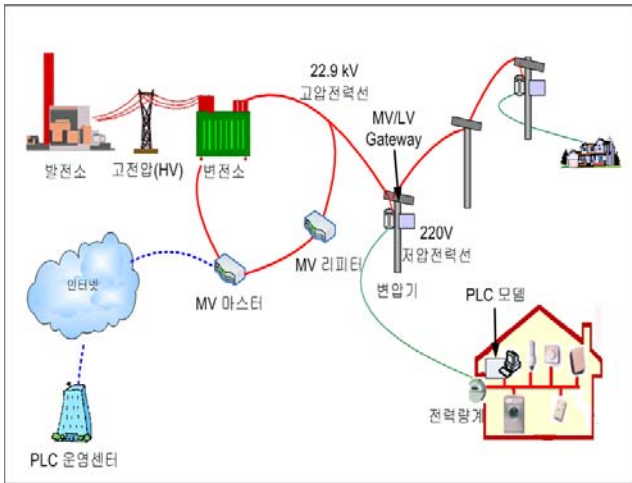


그림 1. 전력선 통신망 개요

그림 1은 전력선 통신망의 개요를 간략하게 보여주고 있다. 전력선 통신은 크게 변전소에서 출발하여 각 변압기까지 오는 22.9kV의 고압전력선과 변압기에서 가정까지 오는 220V의 저압전력선으로 나눌 수 있다.

표 1. 전력선 통신의 응용 분야

응용 분야	유형
자동 검침	- 전기, 가스, 수도 원격검침
에너지 관리	- 전기사용 부하제어
보안 서비스	- 도난, 화재, 가스 누출 경보 - 감시 카메라 제어
의료 정보	- 의료기기 모니터링을 통한 정보 서비스
인터넷 접속	- 인터넷 접속 - 다수 PC를 연결하는 홈 네트워킹
홈 오토메이션	- 에어컨, 냉장고, 전등, 보일러 등을 원격제어
구내전화연결	- 구내 전화 서비스

전력선 통신은 구내에 설치된 전원 콘센터를 통신 단자로 활용할 수 있다는 장점으로 그 응용 분야가 풍부하다. 최근에는 최대 200Mbps 속도의 전송기술이 개발되어 낮은 비용으로 고속 인터넷이나 디지털 전화 등 다양한 고속 정보통신 서비스가 가능하게 되었으며 디지털 가전시대를 맞아, TV, 디지털 냉장고, PC, 전등 등 각종 전자기기들을 하나로 연동해 고속의 홈 오토메이션 시스템을 구축하고, 이를 원격 제어하는 일도 가능하게 되었다. 전력분야에서 사용되면 검침원 없이 원격 검침 및 직접 부하제어가 가능하며 수용가 서비스를 위한 선진 전력사업용 통신망으로도 활용할 수 있다. 표 1은 전력선 통신의 다양한 응용 분야를 보여준다.

본 연구의 목적과 같이 전력선 통신망을 관리하기 위한 네트워크 관리 시스템도 국내외적으로 연구가 되고 있다. 국내의 쉘라인(Xeline) [8]에서는 SEMS 라는 시스템을 통하여 셀 단위로 관리를 할 수 있는 EMS 수준의 소프트웨어를 만들었다. 이를 통하여 전력선 모뎀의 설치, 구성관리, 성능관리, 장애관리, 보안 관리를 할 수 있지만, 대규모의 네트워크를 관리하기에는 부족하다. 한국 전기 연구원에서는 의왕시 소재의 청계산 고압 배전선로를 이용한 고속 전력선 통신 가입자망을 구축하여 고속 및 저속의 전력선 통신망을 관리할 수 있는 네트워크 관리 시스템을 구축하였다 [10]. 본 연구의 최종 목표는 이 연구 결과를 수용하여 보다 큰 전력선 통신망을 구축하고 이를 관리하기 위한 네트워크 관리 시스템을 개발하는 것이다. 그리고 국외에서는 DCI [11]의 IAP OMS-PLC 라는 네트워크 관리 시스템이 있다. 이는 스페인 회사인 DS2 [12]의 전력선 모뎀을 관리하기 위한 네트워크 관리 시스템이며 규칙(rule) 기반의 높은 융통성(flexibility)을 가지고 있고, 다른 네트워크도 같이 관리할 수 있는 확장성도 지니고 있다. 그러나 아직까지 대규모 전력선 통신망을 관리한 사례는 나오지 않는다. 그리고 Avisto Telecom [13]의 NemSiS Powerline 은 가정내(In-home)의 전력선 통신망을 관리하기 위한 시스템으로 HomePlug [14] 표준을 따르는 가전장비를 관리하는 것이 주된 목적이다. 그래서 주로 저속 전력선 통신망에만 국한되어 있다.

### 3. i-NetMSuite4PLC의 설계

이 장에서는 본 연구에서 개발한 네트워크 관리 시스템인 i-NetMSuite4PLC의 요구사항 분석 및 설계를 설명한다. 일반적으로 이 시스템은 네트워크 관리 시스템이 가져야 하는 기본 기능들을 지원하면서 특히 전력선 통신망에 최적화된 기능들을 추가로 제공하고 있다.

#### 3.1. 요구사항 분석

본 논문에서 제안하는 시스템은 그림 2와 같은 토폴로지를 가지는 전력선 통신망을 관리하는 시스템이다. 크게 전력선 통신망에서는 인터넷과 전력선을 연결해주는 마스터 모뎀(Master Modem)이 있고, 마스터 모뎀과 마스터 모뎀 사이에는 리피터(Repeater)가 존재하여 먼 거리까지 증폭을 시켜주며, 마스터 모뎀 아래에는 슬레이브 모뎀(Slave Modem)들이

존재하여 하나의 셀을 이루고 있다. 여기서 관심이 되는 것은 이러한 모델들 및 장비들을 SNMP [15, 16]를 통하여 어떻게 관리하게 할 것 인가이다. 그러나 이러한 장비들은 SNMP 를 지원하지 않기 때문에 그 앞에 프록시 에이전트(Proxy Agent)를 가진 시스템을 설치하여 각 PLC 모델들로부터 정보를 수집하여 MIB 에 저장해두고 SNMP 를 지원할 수 있도록 제공해야 한다.

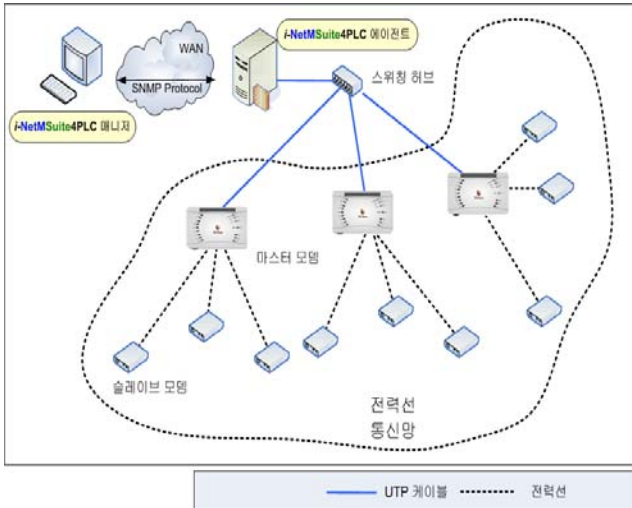


그림 2. 전력선 통신망(PLC Network) 구성도

이 시스템은 일반적인 NMS 가 지원해야 하는 기능인 FCAPS (장애관리, 구성관리, 과금 관리, 성능 관리 및 보안 관리) 기능 중에서 장애관리, 구성관리 및 성능관리를 지원하는 시스템이다.

장애관리는 비정상적인 동작에 대해 감시, 고립 및 수정이 가능해야 한다. 즉 비정상적인 동작이 발생하면 트랩(Trap)을 이용하여 로그를 저장해 두고 이메일이나 SMS 로 관리자에게 문제를 알려주도록 한다. 장애관리에서는 인터페이스와 전력선에 대한 장애 모니터링, 장애 데이터 통계 및 관리자에게 보고하는 기능이 있어야 한다.

구성관리는 관리 대상 장비의 구성 정보를 관리자에게 보여주고, 관리자가 장비의 구성 정보를 설정한다. 구성관리에서는 PLC 장비들의 자동 검출(Auto Discovery), 네트워크 맵 및 장비에 대한 설정 기능이 제공되어야 한다.

성능 관리는 전력선 통신 장비로부터 성능 정보를 수집하고, 통계 정보를 생성시키는 기능을 제공한다. 여기에서는 스케줄링에 따라 발견된 장비로부터의 데이터 수집, 저장 및 실시간 그래프 제공 기능이 있어야 한다.

### 3.2. 관리 정보 정의

매니저와 에이전트는 SNMP 을 이용하여 통신한다. 각 장비의 관리 될 정보는 객체 (Object) 형태로 표현되는데, 이러한 객체들의 계층적 트리를 기반으로 구조화된 집합이 MIB 이다. SNMP 에서 이 MIB 은 데이터베이스 구조 또는 데이터베이스 정의 이다. 관리 될 네트워크의 모든 시스템들은 자신이 관리 할 정보를 알려줄 수 있는 MIB 을 갖는다.

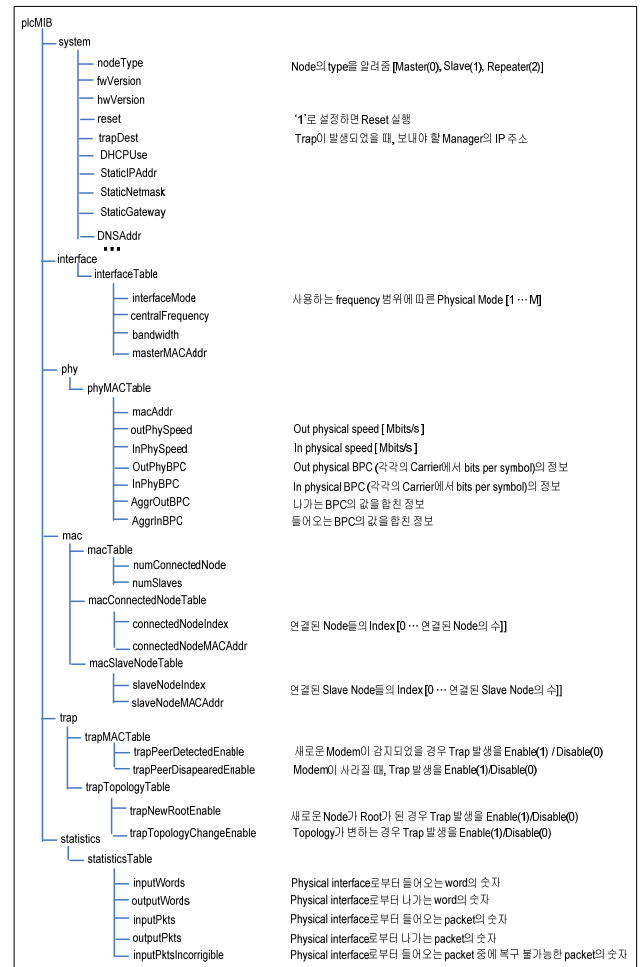


그림 3. PLC MIB 정의

본 연구에서 설계한 MIB 은 MIB-2 (RFC 1213)[17]를 포함하여, PLC 장비들의 Common Private MIB 으로 구성 되어 있다. 설계 된 MIB 의 대략 적인 Node 들은 다음과 같다.

- System Node: System 에 관한 통용적인 정보
- Basic Node: 일반적인 전력선 구성에 관한 정보
- Phy Node: Physical Layer 에 관련된

정보

- MAC Node: MAC Layer 와 관련된 객체들에 관한 정보
- Statistics Node: Statistics counters 에 관한 정보
- Traps Node: Trap 에 관한 정보

그림 3은 위의 MIB 요구사항을 바탕으로 해서 실제로 구현한 MIB Tree 중 PLC 장비들을 위한 부분이다.

### 3.3. 매니저 설계

이 절에서는 앞에서 설명한 기능적인 요구 사항들을 바탕으로 해서 실제 매니저 부분에 대한 설계를 설명한다. 크게 High Level 설계와 상세 설계로 나누어서 설명을 한다.

#### 3.3.1. High Level 설계

시스템의 Context diagram 은 개발한 시스템과 그 시스템 외부 시스템이 어떻게 연관관계를 맺고 있는지를 보여준다. 그리고 서로간의 사용관계를 나타냄으로써 전체 시스템의 역할을 명확하게 한다.

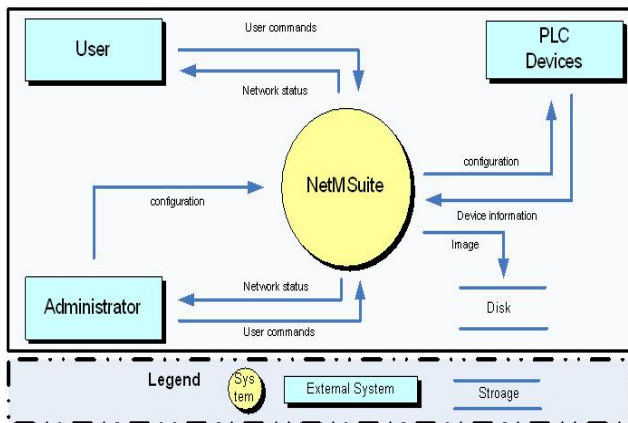


그림 4. i-NetMSuite4PLC 의 Context Diagram

그림 4 에서 보듯이 i-NetMSuite4PLC 는 일반 사용자와 관리자로부터 관리 명령을 받고 필요한 정보를 제공한다. 그리고 PLC 장비로부터 필요한 데이터를 수집하여 Database 에 저장하는 역할을 수행한다.

그림 5 에서 보듯이 매니저는 크게 Backend manager 와 Frontend manager 로 나누어진다. 이 둘은 같은 시스템 내에 존재할 수도 있고, 다른 시스템에 존재할 수도 있다. 둘 간의 인터페이스는 TCP 를 이용한 Socket 으로 할 수

도 있고, RMI(Remote Method Invocation) [18]를 사용하여 할 수도 있다.

- Backend manager: 구성 관리 기능, 성능 관리 기능 및 장애 관리 기능 등의 실질적인 매니저의 기능을 제공하는 모듈.
- Frontend manager: 클라이언트의 요구사항에 대한 서비스를 제공하기 위한 서버와 클라이언트 사이의 통신을 관리하는 모듈.

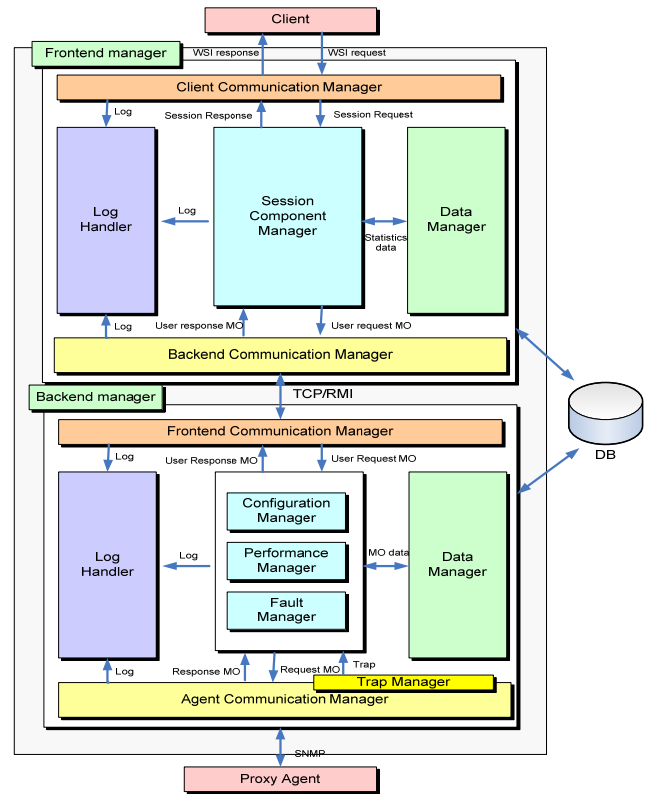


그림 5. Manager 의 구조

Frontend Manager 는 Backend Communication Manager, Session Component Manager, Data Manager, Client Communication Manager, Log Handler 로 구성되어 있다.

- Backend Communication Manager: Back-end manager 와 통신하는 interface 를 가진 모듈
- Session Component Manager: Web Browser Client 의 request 를 기초로 DB 의 View 를 제공하거나, back-end Manager 로부터 들어오는 commit request 를 Web Browser 에게 Forward 하는 Frontend server 의 Core 모듈

- Data Manager: DB 를 관리하는 모듈. Session Bean manager 가 EJB 를 쓰는 경우는 사라지는 모듈
- Client Communication Manager: HTTP Protocol 을 통해서 Web Browser Client 와 통신하는 모듈
- Log Handler: 각 모듈에서 발생하는 Log 를 기록하고 처리하는 모듈.

Backend manager 는 Communication Manager, Trap Manager, Configuration Manager, Performance Manager, Fault Manager, Data Manager, Frontend Communication Manager, Log Handler 로 구성되어있다.

- Agent Communication Manager: SNMP Agent 와 통신하는 인터페이스를 가진 모듈
- Trap Manager: Agent 로부터 발생한 Trap 을 처리하는 모듈
- Configuration Manager: 구성 관리 기능을 처리 하는 모듈
- Performance Manager: 성능 관리 기능을 처리 하는 모듈
- Fault Manager: 장애 관리 기능을 처리 하는 모듈
- Data Manager: DB 를 관리하는 모듈
- Frontend Communication Manager: Frontend Manager 와 통신하는 interface 를 가진 모듈
- Log Handler: 각 모듈에서 발생하는 Log 를 기록하고 처리하는 모듈

### 3.3.2. 상세 설계

이번 절에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 상세 설계에 대해서 설명한다. 관리 정보를 저장하기 위한 데이터베이스 디자인부터 매니저를 구성하는 상세설계에 대해서 설명한다.

데이터베이스 디자인은 그림 6과 같은 개체-관계도 (Entity-Relation Diagram)와 같은 구조를 가지고 만들었고, 각 관리 정보들은 이런 구조에 저장되게 된다.

주요 Table 로는 다음과 같은 것들이 있다.

- EMS Table: EMS(Element Management System) Unit 에 관한 정보를 가진 Table 이다.
- Master Table: Master Modem 의 정보를 가진 Table 이다.
- Repeater Table: Repeater Modem 의

정보를 가진 Table 이다.

- Slave Table: Slave Modem 의 정보를 가진 Table 이다.
- Fault Table: 장애와 관련된 정보를 발생한 시간 별로 기록한 Table 이다.
- User Table: User 에 관한 Table 이다.
- Statistics Table: Polling 을 통해 얻은 통계 정보를 시간 별로 기록한 Table 이다.

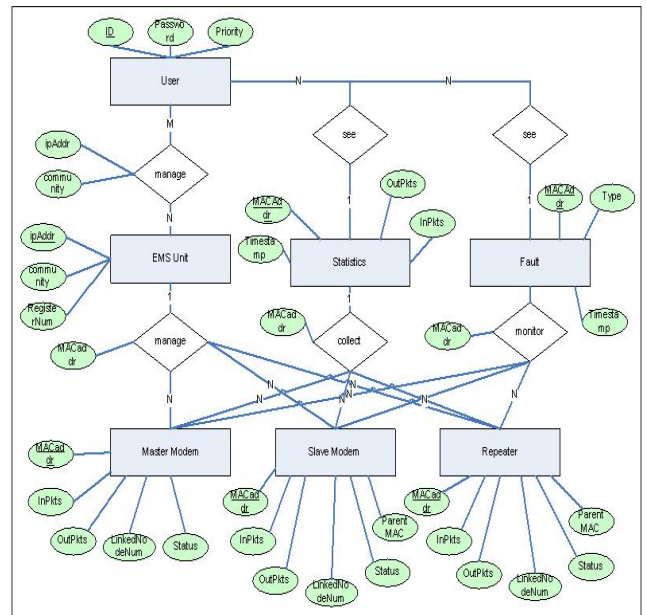


그림 6. 개체-관계도 (Entity-Relationship Diagram)

Manager 에 대한 상세 설계도 Frontend manager 와 Backend manager 로 나누어서 설명한다. 전체적으로 Backend manager 는 장애관리, 구성관리 및 성능관리에 대한 구체적인 기능을 제공하고 있다. 그리고 이를 구현하기 위해서 AdventNet [7]에서 제공하는 SNMP API 를 사용하여 설계를 하였다. 기본적으로 이 API 에서는 실제로 SNMP 프로토콜을 사용하여 지정된 OID 에 대한 정보를 가져올 수 있는 API 를 제공하고 있다. SnmpRequestServer, SnmpTarget, SnmpPoller, SnmpTrapReceiver, ResultListener, TrapListener 를 제공하여 편리하게 Java 에서 SNMP 를 사용할 수 있다.

Frontend manager 는 High-Level 설계에서 크게 다섯 개의 컴포넌트로 나누어졌으며 여기서는 이미 언급된 Log Handler 와 웹브라우저를 이용한 사용자 인터페이스 부분을 담당

하는 부분인 Client communication manager 부분은 언급하지 않는다. Session component manager 는 화면에 갱신되어야 할 데이터와 매니저의 정보 설정과 관련된 컴포넌트이다. Data manager 는 정의된 인터페이스를 통하여 view 에 해당하는 부분에서 데이터를 접근할 수 있도록 처리하는 부분이다. Communication manager 는 Remote 인터페이스를 상속받아

Frontend manager 가 Backend manager 에 등록할 때 이용하는 것이다.

그림 7 은 실제 SNMP operation 중 Set operation 을 어떻게 하는가를 명시한 것이다. 여기에서 사용하는 클래스 중에서 위에서 언급한 AdventNet 의 SNMP API 가 사용되고 있다.

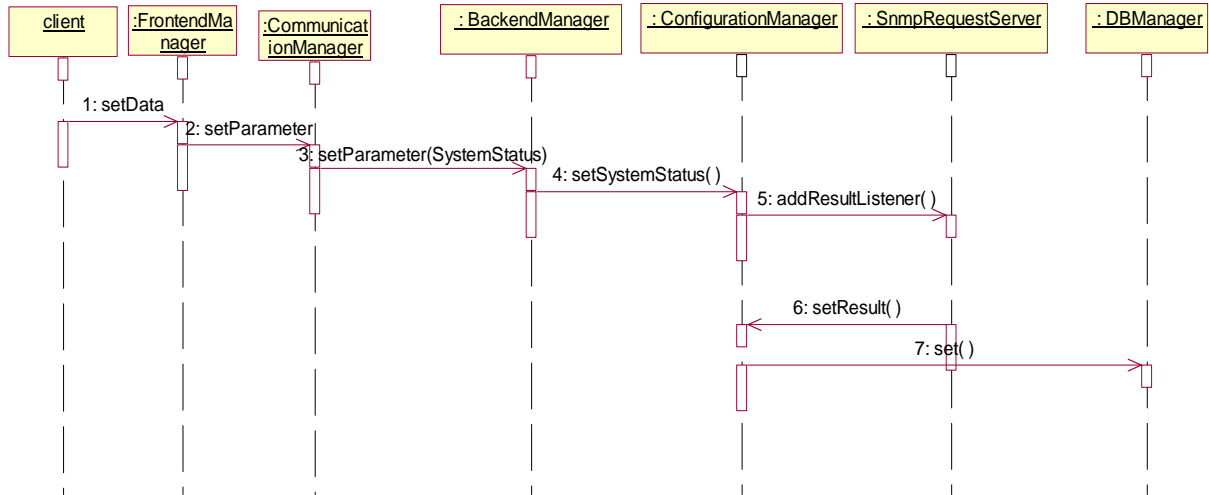


그림 7. Set operation 실행 순서

#### 4. i-NetMSuite4PLC의 구현

이 장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 구현에 대해서 설명한다.

##### 4.1. 구현 환경

크게 i-NetMSuite4PLC 시스템은 매니저와 에이전트 부분으로 나뉘어진다.

##### 4.1.1. 매니저

매니저를 위해서 다음과 같은 구현환경을 기반으로 개발을 하였다.

- 개발언어: JDK 1.5.0\_06
- 운영체제: Windows XP Service Pack 2
- IDE : Eclipse 3.1
- 라이브러리: AdventNet SNMP API, Lombok (JSP plugin)
- JSP 를 위한 웹서버 엔진 : Apache Tomcat 5.5
- 웹 클라이언트 : JSP (Java Server Pages)
- Database : Oracle database 10g

매니저에서는 Database 접속을 위하여 JDK

1.5 와 eclipse 를 활용하여 구현을 하였다. Oracle 10g 가 설치되어 있는 서버를 JDBC 를 이용하여 접속을 하여 필요한 관리 정보를 Backend manager 와 Frontend manager 가 접근하여 사용할 수 있게 하였다. 그리고 AdventNet [7]에서 제공하는 SNMP API 를 사용해서 구현을 하였다. AdventNet SNMP API 는 SNMP 를 개발하기 위해서 필요한 SNMP 의 기본적인 operation (예: SNMPGET, SNMPSET 등) 뿐만 아니라, 확장된 operation (예: GetTable) 들과 같은 다양한 Class, Interface 를 제공하는 API 이다. 그리고 Frontend manager 와 Backend manager 의 통신을 위해서는 RMI [18, 19]를 사용을 하였다. RMI 는 기본적으로 Java 가 제공하는 분산 환경 객체의 메소드를 호출하는 방법으로 밀단의 소켓통신 등을 고려하지 않고 원격의 객체를 자신의 VM 에 가지고 있는 것과 마찬가지로 사용할 수 있도록 도와준다. RMI 를 이용한 통신은 Eclipse 3.1 에 최적화 되어 있는 RMI plug-in 인 ‘RMI Plugin for Eclipse’ (ver 1.6.5.4) [20]의 도움을 받아 구현되었다.

### 4.1.2. 에이전트

에이전트는 실제 본 연구에서 제안한 MIB 및 Agent 설계에 따라 만든 부분이 아니라 전력선 통신용 장비 업체에서 제공하는 전력선 통신 장비 패키지를 사용하였고, 그곳에 EMS Unit 에 에이전트가 설치되어 있기 때문에 그것을 사용하였다. 이 에이전트는 실제 전력선 장비에 들어있는 것이 아니라 프록시 에이전트로 전력선 통신 장비들과는 업체에서 정한 프로토콜을 사용해서 정보를 수집하고 외부 매니저와는 표준 SNMP 를 지원할 수 있도록 만들어졌다.

### 4.2. 작동 과정의 예

그림 8은 실제 동작하는 *i-NetMSuite4PLC* 를 보여준다. 웹 기반으로 관리자에게 편리한 정보를 쉽게 제공할 수 있고, 다양한 설정이 가능하다.

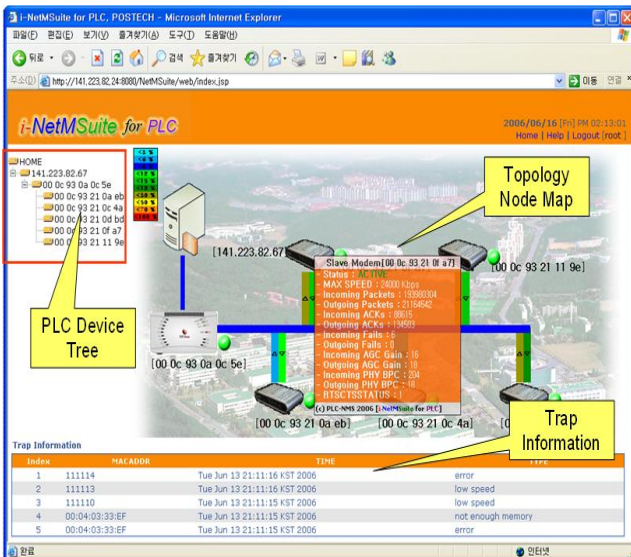


그림 8. *i-NetMSuite4PLC* 의 동작화면

기본적으로 이 시스템은 관리하고자 하는 전력선 통신망에서 자동으로 관리할 모뎀들에 대한 정보들을 프록시 에이전트로부터 받아와서 데이터베이스에 저장을 해 둔다. 그리고 이를 왼쪽에 보이는 PLC Device Tree 부분에 계층적으로 보여주고, 가운데 있는 Topology Node Map 에서도 보여준다. 특히 Topology node map 에서는 관리할 대상들에 대한 상태를 전체적으로 볼 수 있는 것을 제공하고, 마스터 모뎀과 슬레이브 모뎀간의 링크 사용량을 색깔을 이용해서 나타내는 Network Weather Map 의 기능도 있다. 그리고 아래쪽에는 최근 5 개의 Trap 정보들을 보여줌으로써 관리자가

쉽게 네트워크의 문제점을 알고 진단할 수 있는 GUI를 제공하고 있다.

## 5. 실험

이 장에서는 개발한 시스템을 적용하기 위해서 전력선 통신망을 구축하는 것과 시스템을 적용하여 실험한 결과를 제시한다.

### 5.1. 실험 환경

개발한 시스템을 실험하기 위해서 전력선 통신 장비를 활용한 Internet Access 시스템을 연구실내에 설치를 하였다. 장비의 목록은 다음과 같다.

- PLC Master Unit: 1 개
- PLC Slave Unit: 5 개
- PLC Coupling Unit: 1 개
- PLC EMS Unit: 1 개

그리고 그림 9와 같이 테스트환경을 설치하여 *i-NetMSuite4PLC* 시스템으로 테스트를 하였다. Coupling Unit 를 배전 판에 설치하고, EMS Unit 을 설치하여 실제 Manager 는 이 EMS Unit 을 통하여 필요한 정보들을 제공받게 된다.

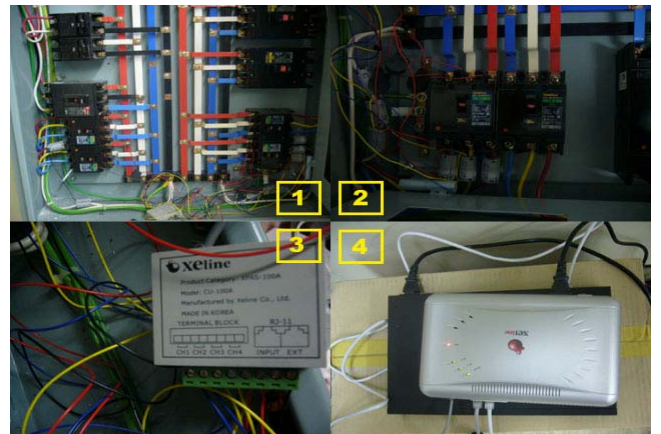


그림 9. 전력선 통신망 테스트 환경 설치



그림 10. 슬레이브 모뎀의 설치

1 번과 2 번은 연구실내의 배전함에 A 연구실과 B 연구실로 가는 전력선에 커플링을 통하여 백본과 연결을 시켜주었다. 그리고 3 번은 이것을 수행하는 Coupling Unit 이고, 4 번은 Master Modem 과 EMS Unit 을 나타낸다.

그림 10과 같이 슬레이브 모뎀을 설치하면 인터넷을 사용할 수 있게 된다. UTP 케이블을 이용하여 백본에 바로 물리지 않고, 연구실내에 있는 콘센트에 모뎀의 전원만 연결하면 전력선을 통하여 통신이 가능하다.

### 5.2. 시스템 기능 검증

i-NetMSuite4PLC 를 통하여 실제 전력선 통신망을 관리하는 것을 각각 테스트하였다. 구현한 기능은 관리자의 접속을 통한 구성 관리, 성능 관리 및 장애 관리 기능의 구현이었다. 실제 해당 기능들을 테스트한 것을 여기에서 제시한다.

그림 11에서 보듯이 이 시스템은 다양한 기능들을 제공하고 있다. 로그인 화면에서 사용자 이름과 패스워드를 넣고 로그인을 하면 된다. 여기서 관리자로 로그인을 하면 관리자의 기능을 행하게 되고, 일반 사용자로 로그인을 하면 설정기능은 할 수 없게 된다.

로그인을 하고 들어가면 Network topology map 화면이 뜨고, 이것은 현재 관리하고 있는 전체 Network topology 를 토대로 해서 각 장비들의 상태를 보여준다. 실제 이 부분에서 각 PLC Device 및 링크에 마우스를 가져가게 되면 해당 노드에 대한 정보를 보여줄 수 있는 반투명이 창이 뜨고, 정보를 보여준다. 그리고 Master Modem 과 Slave Modem 은 그 사이의 링크 사용량을 계산하여 색깔로 표시를 하여 좀 더 동적으로 네트워크 상태를 알 수 있게 된다. 실제 반투명창에 나타나는 정보들은 해당 PLC Device 의 Type, Mac Address 및 관련 정보들을 나타내게 되고, 각 Device 들을 클릭하면 해당 Device 정보를 위한 페이지로 이동하게 되고, 링크를 클릭하게 되면 그 링크의 통계 정보를 보여줄 수 있는 페이지로 이동을 하게 된다. 그리고 각 장비들에 대한 구성 정보를 보여주고, 설정이 가능한 것에 대해서는 설정도 할 수 있다. 그리고 각 장비의 현재 상태 및 과거의 상태 정보를 이용해서 들어오는 패킷과 나가는 패킷을 토대로 해서 그래프로 상태 변화를 보여준다. 그리고 들어오는 바이트량과 나가는 바이트량에 대한 정보도 보여준다.



그림 11. i-NetMSuite4PLC 의 실험 결과

## 6. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 전력선 통신에 대해서 간략히 알아보고, 이를 관리할 수 있는 *i-NetMSuite4PLC* 라는 시스템에 대해서 설계, 구현 및 테스트 결과를 제시했다. 이 시스템을 통하여 전력선 통신망을 효율적으로 관리할 수 있게 되고, 현재 각 전력선 통신용 장비가 제공할 수 있는 다양한 값들을 다 반영하여 실제 관리자가 사용할 수 있는 구조를 제시하였다. 그리고 이를 테스트하기 위해서 전력선 통신용 장비들을 연구실내에 설치하고, 해당 시스템을 실제 모니터링하여 그 결과값을 데이터베이스에 저장을 하였으며, 웹 기반의 관리 시스템을 이용하여 사용자가 편하게 관리를 할 수 있도록 하였다. 테스트환경은 포항공과대학교 정보통신연구소 4 층의 배전 판에 전력선 통신 장비를 설치하여 만들었다.

이번 연구에서는 전력선 통신 환경을 테스트하기 위해서 전력선 통신 업체에서 정의한 MIB 을 기반으로 해서 테스트를 수행하였는데, 다음 연구에서는 본 연구에서 정의한 일반적인 PLC 장비들을 위한 표준적인 MIB 을 정의하고 그것을 바탕으로 다양한 업체의 전력선 통신 장비들을 지원하는 전력선 통신망을 관리하는 에이전트 및 매니저를 개발할 것이다. 그리고 대구 및 대전에 설치되어 운용되고 있는 원격 검침 서비스를 위한 대규모 전력선 통신망을 대상으로 해서 필드 테스트를 수행하여 좀 더 실제적이며 유용한 결과를 제시할 수 있도록 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Niovi Pavlidou, A.J. Han Vinck, Javad Yazdani, "Power Line Communications: State of the Art and Future Trends," IEEE Communications Magazine, April 2003, pg 34-40.
- [2] A. Majumder and J. Caffery, "Power line communications," IEEE Potentials, Vol. 23, Issue 4, Oct-Nov 2004, pp. 4-8.
- [3] IEEE, "Standard for Broadband over Power Line Hardware", IEEE P1675, <http://grouper.ieee.org/groups/bop/>.
- [4] IEEE, "Draft Standard for Broadband Over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications", IEEE P1901, <http://grouper.ieee.org/groups/1901/>.
- [5] IEEE, Standard for Powerline Communication Equipment - Electromagnetic Compatibility (EMC) Requirements - Testing and Measurement Methods, IEEE P1775, <http://grouper.ieee.org/groups/bpl/>.
- [6] OPERA (Open PLC European Research Alliance), <http://www.ist-opera.org/>.
- [7] AdventNet, <http://www.adventnet.com/>.
- [8] 젤라인 (Xeline), <http://www.xeline.com/>.
- [9] 카이콤 (KAICOM), <http://www.kaicom.co.kr/>.
- [10] Jae-Jo Lee, Choong Seon Hong, Joon-Myung Kang, and James Won-Ki Hong, "Power line communication network trial and management in Korea," Int. Journal of Network Management, Vol. 13, Issue 6, pp. 443-457, November 2006.
- [11] DCI (Dynamic Consulting International), <http://www.dci.es/>.
- [12] DS2, <http://www.ds2.es/>.
- [13] Avisto Telecom, <http://www.avisto.com/>.
- [14] HomePlug Alliance, <http://www.homeplug.org/>.
- [15] W. Stallings, "SNMP, SNMPv2, SNMPv3 and RMON 1 and 2," 3rd edition, Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 1999.
- [16] A Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC1157, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1157.txt>.
- [17] Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II, RFC1213, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1213.txt>.
- [18] RMI (Remote Method Invocation), <http://java.sun.com/products/jdk/rmi/>.
- [19] 최영관, 소설 같은 자바 Chap 18. RMI, <http://www.jabook.co.kr/>.
- [20] Genady, RMI Plugin for Eclipse, <http://www.genady.net/rmi/>.



강 준 명

2000 ~ 2004 알티캐스트, 연구소, 전임연구원  
 2005 포항공과대학교, 컴퓨터공학과 학사  
 2005 ~ 현재 포항공과대학교, 컴퓨터공학과 석사 과정  
 <관심분야> 네트워크 및 시스템 관리, 무선 이동 단말기 관리, Autonomic Computing



**박 창 근**

2006 포항공과대학교, 컴퓨터공학과 학사  
2006 ~ 현재 포항공과대학교, 컴퓨터공학과  
통합 과정  
<관심분야> 네트워크 및 시스템 관리, 홈  
네트워크 관리



**임 용 훈**

1996 명지대 전자공학과 석사  
1996 ~ 2000 한국전력공사 직원  
2000 ~ 현재 한전 전력연구원 선임연구원  
<관심분야> PLC, 통신망 제어/관리, 배전  
자동화



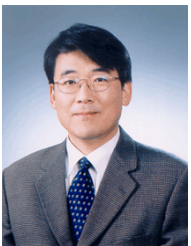
**김 은 희**

1999 대구대학교, 전자공학과 학사  
2005 ~ 현재 포항공과대학교, 정보통신학과  
석사 과정  
<관심분야> 네트워크 및 시스템 관리



**주 성 호**

2002 서울대 전기컴퓨터공학부 석사  
2004 ~ 현재 한전 전력연구원 연구원  
<관심분야> PLC, 통신망 제어/관리, 배전  
자동화



**홍 원 기**

1983 Univ. of Western Ontario, BSc in Computer  
Science  
1985 Univ. of Western Ontario, MS in Computer  
Science  
1985 ~ 1986 Univ. of Western Ontario, Lecturer  
1986 ~ 1991 Univ. of Waterloo, PhD in Computer  
Science  
1991 ~ 1992 Univ. of Waterloo, Post-Doc Fellow  
1992 ~ 1995 Univ. of Western Ontario, 연구교수  
1995 ~ 현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과  
교수  
2005 ~ 현재 IEEE ComSoc CNOM Chair  
<관심분야> 네트워크 트래픽 모니터링,  
네트워크 및 시스템 관리, Network Security.



**최 문 석**

2005 한국과기원 전파공학과 석사  
2005 ~ 현재 한전 전력연구원 연구원  
<관심분야> PLC, 배전 자동화, 센서 네트워크



**이 범 석**

1984 원광대학교, 전자공학과 학사  
1995 충남대학교, 전자공학과 석사  
1996 ~ 2005 한국전력공사, 부장  
2005 ~ 현재 한전 전력연구원, 책임연구원

<관심분야> PLC, 위성통신



**현 덕 화**

1983 단국대학교, 전기공학과 학사  
1991 연세대학교, 전기공학과 석사  
1998 ~ 2002 한전전력연구원, 선임연구원  
2002 ~ 현재 한전 전력연구원, 전력통신그룹장  
<관심분야> 배전자동화 및 전력선통신기술