

# Jini Surrogate 에 기반한 광대역 PLC 홈 제어기 개발

## Development of the Jini Surrogate-based Broadband PLC Home Controller

김 희 선\*, 이 창 구  
(Hee-Sun Kim and Chang-Goo Lee)

**Abstract :** The home network system guarantees families a safe, economical, socially integrated and healthy life by using information appliances. And it provides a family with domestic safety, control of instruments, controllable energy and health monitoring by connecting to home appliances. This study designs the broadband PLC home controller using broadband PLC(Power Line Communication) technology which can save much cost at a network infrastructure by using the existing power line at home. The broadband PLC home controller consists of the broadband PLC module, the embedded main controller module and I/O module. The broadband PLC home controller can control various domestic appliances such as an auto door-lock, a boiler, an oven, etc., because it has various I/O specifications. In this study, selected home network middleware for the broadband PLC home controller is Jini surrogate using Jini technology designed by means of access to easily a home network system without a limitation of the devices. And a client application program is supported java servlet program to manage and monitor the broadband PLC home controller via web browser of a PC or a PDA, etc. Finally, for an application, we implemented and tested a home security system using one broadband PLC home controller.

**Keywords :** home network, PLC, Jini surrogate

### I. 서론

오늘날 정보통신 인프라 확충에 따라 광대역 서비스의 인터넷 기술이 급속하게 발전하였다. 이로 인해 디지털 정보기기 및 정보 가전의 원격 제어가 가능하게 되었고, 현재를 살고 있는 사람들의 생활 모습은 새로운 삶의 패러다임인 디지털 라이프 스타일로 변화하고 있다. 홈 네트워크란 가정 내의 PC를 비롯한 정보가전기기를 유선 또는 무선의 네트워크 방식으로 연결하여 인터넷 및 데이터 공유, 스캐너 및 프린터 등의 주변기기 공유 및 상호제어를 가능하게 하며, 인터넷이나 휴대용 정보 단말기 및 개인 휴대폰을 이용한 외부 네트워크와의 연동으로 언제 어디서나 자유롭게 가정의 TV Set, 냉장고, 에어컨, DVD 플레이어, 디지털 캠코더 등의 디지털 가전기기를 원격 제어할 수 있는 시스템으로써 지능화된 커뮤니케이션이 가능하도록 할 뿐만 아니라 가정의 보안, 에너지 관리, 건강 모니터링 등의 미래 가정환경인 디지털 홈을 구성하는 네트워킹 방식을 의미한다.

현재 홈 네트워크 인터페이스 기술은 홈RF, 블루투스, 전력선 통신(PLC: Power Line Communication), IEEE1394, 이더넷(802.3) 등이 있으며 무선과 유선 기술이 보완과 경쟁관계를 형성하고 있는 상태이다. 그 중 전력선 통신 기술은 20년이 넘는 역사를 갖고 있으며 어느 가정이나 있는 전력선을 사용하기 때문에, 이더넷과 달리 추가적인 배선 작업이 필요 없으며, 무선 기술이 도달하지 못하는 지하실 또는 음영 지역까지 연결이 가능하다는 장점이 있어 홈 네트워크 통신 기술로 가장 경쟁력 있는 솔루션이다. 그러나 제한된 전송 전력,

높은 부하 간섭과 잡음, 가변 하는 감쇄 및 임피던스 특성 변화 등의 문제 때문에 1990년 후반까지 특정 분야를 제외하곤 외면 받고 있다가 통신 기술의 발전으로 이런 문제들이 점차 해결되면서 현재 홈 네트워크 시장에 세계적인 이슈로 다시 부각되었다[1].

1990년대 후반부터 최근까지 X10, CEBus 그리고 LonWorks 을 이용한 전력선 통신을 이용한 제어 방법들 활발하게 연구 되었으며 실생활에 일부 사용되고 있다[3,4]. 이들은 주로 제어 목적으로 정의된 프로토콜이며 빌딩이나 공장 등의 제어에 사용되고 있다. 하지만 저속이기 때문에 (9.6Kbps 이하) 제어용에 적합하며 대량의 데이터 통신이 요구되는 멀티미디어 응용에는 적합하지 않다. 따라서 단순한 홈 오토메이션이 아니라 멀티미디어, 모니터링, 보안등을 포괄하고 있는 홈 네트워크에 적합한 고속의 광대역 전력선 통신기술이 필요하게 되었다[2,3]. 광대역 전력선 통신 기술은 변조 방식 및 접속 방식에 따라 다양한 기술이 존재하며, 본 논문에서는 북미에서 전력선 통신 표준으로 대두되고 있는 HomePlug[16] 기술을 이용하여 광대역 PLC 홈 제어기를 개발하였다. Homeplug v1.0은 14mbps이상의 속도를 가지며 가상 LAN (Virtual Local Area Network)을 지원하여 쉽게 네트워크 구현하도록 해준다. 또한 올해 200Mbps이상의 전송 속도를 제공하며 멀티미디어 트래픽 전송을 위해 QoS를 보장하는 Homeplug AV[17]가 출시되었다. 본 논문에서 개발한 광대역 PLC 홈 제어기는 저가이며 다양한 I/O를 갖고 있기 때문에 변경 없이 다양한 정보가전기기를 연결하여 제어할 수 있으며 고속의 실시간 데이터 전송 능력을 갖고 있다.

정보 가전기기와 홈 서버 등을 하드웨어적으로 연결하는 홈 네트워크 인터페이스 기술 못지않게 홈 네트워크상의 장치들을 호환성을 갖고 관리하는 미들웨어도 중요한 홈 네트워크 기술이다. 가정 내 인터넷 정보가전들을 관리 제어하기

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 9. 15., 채택확정 : 2005. 10. 25.

김희선 : 전북대학교 제어계측공학과(friendtd@empal.com)

이창구 : 전북대학교 전자정보공학부(changgoo@chonbuk.ac.kr)

※ 본 연구는 지역협력연구센터(RRC) 육성사업에 의하여 연구되었음.

위해 제안된 미들웨어에는 마이크로소프트사의 윈도 XP체제에서 가정의 가전제품을 제어하는 표준기술인 UPnP (Universal Plug and Play), 소니를 비롯한 일본 및 유럽 기업에서 제안한 HAVi(Home Audio and Video Interoperability), 썬 마이크로시스템사의 프로토콜에 관계없이 네트워크 상에서의 장치 식별을 가능케 하는 Jini[6]와 OSGi 등이 있다.

썬 마이크로시스템사에서 개발한 차세대 접속 기술인 Jini는 네트워크상의 플러그 앤 플레이(Plug & Play)의 개념을 가능케 해 주는 프로토콜이며 클래스 라이브러리이다. Jini기반의 장치가 하드웨어이든 소프트웨어든 네트워크에 연결이 되지만 하면 그 네트워크에 연결된 사용자나 다른 장치는 즉시 이를 감지하여 그 서비스를 사용할 수 있게 해 주며 이를 이용한 홈 네트워크를 구현하려는 연구들이 진행되고 있다 [6,7]. 그러나 Jini는 Java 를 기반으로 하여 수행 속도가 느리고 모든 기기에서 JVM, RMI 를 지원하여야만 한다. 따라서 광대역 PLC 홈 제어기처럼 메모리 용량(1Mbytes이하)이 적은 소규모 기기에서 사용하기에 부적당하며 이러한 문제를 해결하기 위하여 썬 마이크로시스템사에서 제안한 Jini surrogate을 사용하였다[8,9]. 본 논문에서 개발한 Jini surrogate 기반 광대역 PLC 홈 제어기는 제어기를 전원 소켓에 연결하는 것만으로도 네트워크 PnP에 의해서 자동적으로 광대역 PLC 홈 제어기 동작을 위한 응용 소프트웨어(surrogate 모듈)가 홈 제어 서버에 설치된다. 이런 동작은 시스템 지식이 전혀 없는 가정주부들이 정보가전기기를 쉽게 사용할 수 있도록 하는 지능형 홈 네트워크 개념에 일치한다. 그림 1은 Jini surrogate 기반 광대역 PLC 홈 제어기를 이용해 구축한 홈 제어 시스템의 구성도이다.

본 논문은 우선 광대역 PLC 홈 제어기의 특징 및 외부 입출력 모듈 구성과 HomePlug 기반의 전력선 통신 방법 대해서 설명하였다. 그리고 광대역 PLC 홈 제어기를 위한 Jini surrogate 시스템의 구성과 동작원리에 대해서 설명하였으며 마지막으로 본 논문에서 제안한 Jini surrogate 기반 광대역 PLC 홈 제어기를 이용하여 홈 시큐리티 시스템을 구현한 응용사례를 소개하였다.

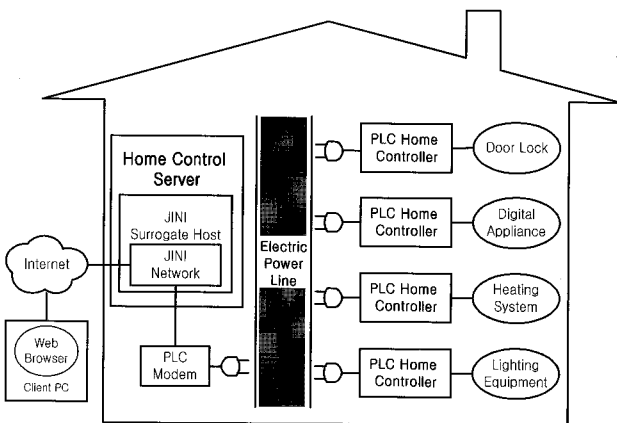


그림 1. Jini surrogate 기반 광대역 PLC 홈 제어기를 이용한 홈 제어 시스템.

Fig. 1. Home control system using the Jini surrogate-based broadband PLC home controllers.

## II. 광대역 PLC 홈 제어기

광대역 PLC 홈 제어기는 그림 1과 같이 다양한 가전기기에 연결하여 이들을 제어한다. 연결 가능한 가전기기에는 보일러, 냉장고, 세탁기 등의 기본적인 백색가전을 비롯한 홈엔터테인먼트 및 홈 건강관리 기기 등의 다채로운 생활가전으로 확대 될 수 있다.

광대역 PLC 홈 제어기는 그림 2에서 보여주듯 전력선 통신을 담당하는 광대역 PLC 모듈, 저가의 내장형 주 제어 모듈, 그리고 가정 내 정보가전 제품에 연결 되어 제어 및 모니터링 할 수 있는 입출력 모듈로 구성되어 있다.

전력선 통신은 가정에 배선된 전력선을 이용하여 데이터 통신을 구현하는 기술이다. 전력선은 원래 통신용이 아니며, 전기의 공급을 목적으로 한 것이기 때문에 높은 부하 간섭과 잡음, 가변 감쇄 및 임피던스 레벨, 주파수 선택적 특성 등의 기술적 어려움이 뒤따르고 있다. 그러나, 최근 통신기술과 디지털 신호 처리기술(DSP)의 발전으로 전력선 선로상에서 고속 데이터를 전송할 수 있는 다양한 광대역 PLC 제품들이 개발되고 있다. 전력선 통신 기술은 현재까지 전 세계적으로 통일된 기술 표준이 마련되어 있지 않기 때문에, HomePlug Powerline Alliance(미국), PLC Forum(유럽), Echonet 컨소시엄(일본), PLC Forum(한국) 등 주요 국가별로 기술 표준화 작업이 별도로 진행되고 있는 상황이다.

광대역 PLC 모듈은 광대역 PLC 기술 중 하나인 HomePlug 기술을 이용하였다. HomePlug Powerline Alliance라는 표준화 단체를 통해 표준화가 완료된 HomePlug는 전력선 이용하여 가상LAN을 쉽게 구현할 수 있도록 설계되었다. 즉, Home Plug 는 특별한 프로그램 없이 전력선에 연결하는 것만으로도 이더넷 장치처럼 동작하여 LAN망을 구축한다. 이 표준은 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 근간으로 사용하여 최대 14Mbps 급의 전송속도를 제공하는 Intellon의 PowerPacket[15] 기술을 표준으로 채택하였다. 따라서 우리는 Intellon사의 INT51MX SIMPLE PowerPacket Module[10]을 사용하여 광대역 PLC 모듈을 설계하였다. HomePlug 기술에는 통상적인 채널에서는 고속을 달성할 수 있을 뿐 아니라 극히

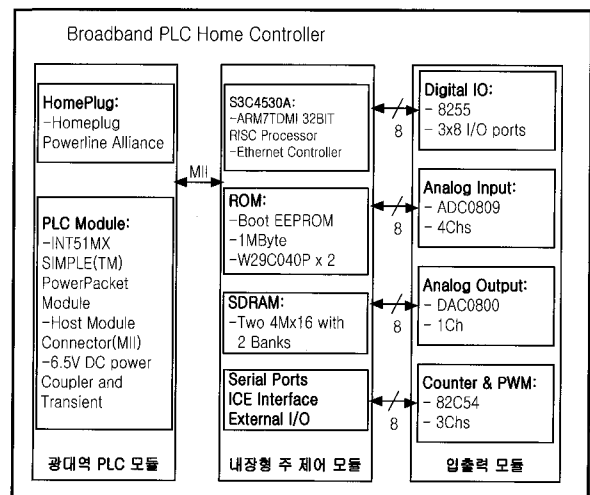


그림 2. 광대역 PLC 홈 제어기의 구조.

Fig. 2. Block diagram of the broadband PLC home controller.

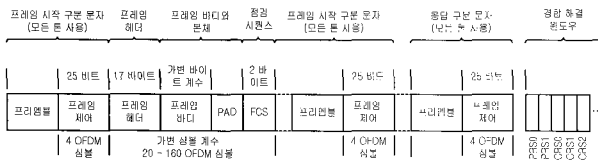


그림 3. HomePlug의 MAC 프로토콜.

Fig. 3. MAC protocol of the HomePlug.

표 1. 광대역 PLC 홈 제어기의 I/O 스펙.

Table 1. The I/O spec. of broadband PLC home controller.

I/O	Channel	Input Spec.	Output Spec.	Resolution	Etc.
DI	12 Chs	TTL level (5V)	-	-	-
DO	12 Chs	-	TTL level (5v)	-	-
AI	4 Chs	0 - +5V	-	8 bits	Sampling 100us
AO	1 Ch	-	Alternative Current	8 bits	Sampling 100ns
Counter	2 Chs	Maximum 8MHz	-	-	16 bits Counter
PWM	1 Ch	-	Maximum 8MHz	-	16 bits Counter

열악한 채널에서도 통신이 가능하도록 비트 전송 속도를 조정하는 효과적이고 신뢰성 있는 적응 수행 방법이 포함되어 있다. 전력선 매체에서 신뢰성 있는 통신을 구현하기 위한 작동 가능한 솔루션에는 강력한 물리층과 효율적인 MAC 프로토콜을 모두 포함해야만 한다. MAC 프로토콜[15]은 그림 3과 같으며, 여러 클라이언트들 사이의 매체 공유를 제어한다. 그리고, PHY는 변조와 코딩 그리고 기본적인 패킷 포맷들을 지정해 준다. HomePlug PHY는 OFDM을 기본적인 전송 기술로 사용하며 4.5Mhz에서 21Mhz 정도의 대역을 차지한다. MAC 프로토콜은 CSMA/CA 프로토콜을 사용하며 14Mbps의 속도를 가진다.

내장형 주 제어기 모듈은 삼성 S3C4530A 16/32-bit RISC microcontroller(NetARM-II)[10]을 이용하여 설계하였다. 삼성 S3C4530A는 이더넷 컨트롤러를 내장하고 있는 저가의 마이크로컨트롤러이다. 내장형 주 제어기 모듈은 이더넷 컨트롤러(MAC)의 MII(Media Independent Interface)[10]을 통해 광대역 PLC 모듈의 INT51MX과 연결하여 전력선 통신을 한다. 이때 광대역 PLC 모듈은 내장형 주 제어기 모듈 입장에서는 이더넷 PHY처럼 동작하게 되어 내장형 주 제어기 모듈은 이를 이용하여 TCP/IP 통신을 하게 된다. 내장형 주 제어 모듈은 메모리 관리 유닛(MMU: Memory Management Unit)이 없는 프로세서인 ARM7TDMI 타입을 사용하기 때문에 일반 리눅스가 아닌 uClinux(micro-Controller Linux kernel 2.0.38)를 사용하였다.

광 대역 홈 제어기는 다양한 가전 및 전자 제품의 제어를 위하여 다양한 입출력 특성을 지원하는 입출력모듈을 갖고 있다. 입출력 모듈은 디지털 입력 12채널, 디지털 출력 12채널, 아날로그 입력 4채널, 아날로그 출력 1채널, PWM 1채널, 카운터 2 채널을 가지고 있으며 각각의 I/O의 전기적 특성은 표 1과 같다.

### III. 광대역 PLC 홈 제어를 위한 Jini surrogate 시스템

Jini(Java intelligent network infrastructure)[11]은 홈 네트워크 기반 기술 중 하나로, 썬 마이크로시스템에서 제안한 접속 기술이다. 자바 기반으로 다양한 방식(LAN, xDSL, 모뎀, 전력선, 무선 등)의 네트워크에 접속된 지능형 디지털 장비나 소프트웨어들이 동적으로 상호 작용을 할 수 있게 한다. Jini는 특히 가전기기를 하나로 묶을 수 있는 보안과 로그인 기능으로 네트워크에 접속하고 동시에 서비스를 제공하게 할 수 있다. Jini는 네트워크상에서 프린터나 가전기와 같은 장치들의 접속이나 공유를 단순화한다. 현재로서는 이러한 장치들을 컴퓨터나 네트워크에 추가하려면 설치와 부팅이 필요하지만, Jini가 지원되는 장치는 그 장치의 소프트웨어나 하드웨어의 컴포넌트 객체를 네트워크에 알리고 자신의 자원에 대한 정보를 제공하며, 네트워크 상의 다른 장치들이 즉시 액세스할 수 있도록 한다.

그러나 장치가 Jini 네트워크에 참가하기 위해서는 JVM을 동작시킬 수 있는 프로세서와 클래스들을 생성하고 저장할 수 있는 메모리, JVM과 클래스파일을 저장하고 적재할 수 있는 디스크와 같은 비 휘발성 저장장치가 있어야 하고 또한 자바 클래스 파일을 다운로드할 수 있고, RMI등의 환경이 지원되어야 한다. 이와 같은 점들이 부족한 전자 도어록이나 램프 등 적은 메모리를 가진 소형의 정보가전의 경우 Jini 네트워크에 참가하기 위해서 다른 방안이 필요하다. 따라서 Jini 서비스에 부적합한 소형 장치가 Jini 네트워크에 참여할 수 있도록 하기 위해 Jini 프로토콜을 대신 수행해 주는 Jini surrogate[12] 시스템을 도입했다.

Jini surrogate 시스템은 그림 4에서 볼 수 있는 것처럼 소형 장치나 Non-Java 장치같이 직접적으로 Jini 네트워크에 참여할 수 없는 장치들을 대신하여 Jini 프로토콜을 수행함으로써 장치가 Jini 네트워크에 참여할 수 있도록 해주며, 또한, 이 시스템은 Jini 클라이언트나 서비스들이 Jini surrogate 시스템을 통하여 연결된 장치인지, Jini기능이 내장된 장치인지 알 수 없도록 Jini 네트워크에서 장치들에게 투명성(transparence)을 제공한다.

Jini surrogate 시스템의 핵심 요소는 surrogate 프로토콜[8]과 surrogate 호스트이다. surrogate 호스트는 컴포넌트의 실행을 위한 자바 응용 환경을 제공하는 장비로서, Jini 네트워크에 직접적으로 연결 할 수 없는 소형 장치를 대신할 서비스 객체인 surrogate 객체를 다운받아 이를 동적으로 실행한다. surrogate 호스트는 그림 5처럼 interconnect adapter 모듈, host resource manager 모듈, surrogate activator 모듈로 구성된다.

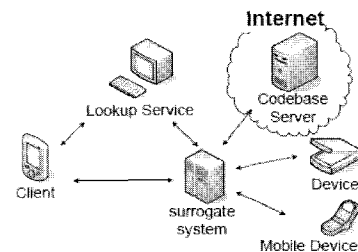


그림 4. Jini surrogate 시스템의 개요.

Fig. 4. Overview of the Jini surrogate system.

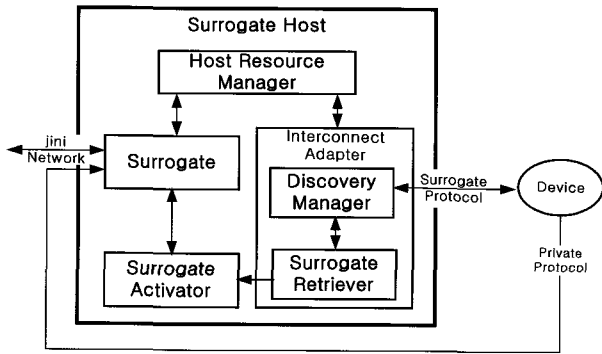


그림 5. Jini surrogate 호스트의 구조.

Fig. 5. Structure of the Jini surrogate host.

interconnect adapter 모듈은 장치를 찾고, 장치와의 연결여부를 감시한다. host resource manager 모듈은 surrogate 호스트의 리소스를 제어한다. surrogate activator 모듈은 소형 장치에서 surrogate 호스트로 다운로드된 surrogate 객체를 활성화 시킨다[8].

Surrogate 프로토콜은 surrogate 호스트와 장치가 서로를 찾고, 둘간의 접속 상태를 제어하는 프로토콜이다. 디바이스와 surrogate 호스트 간에는 다양한 네트워크 연결 방식이 있는데, 지니 커뮤니티에서는 IP, USB, 블루투스, IEEE1394, 스마트카드 네트워크 환경을 위한 다양한 surrogate 프로토콜 방법을 연구하고 있다.

1. 광대역 PLC 홈 제어기를 위한 Jini surrogate 시스템 설계

본 논문에서 제안한 광대역 PLC 홈 제어기를 위한 Jini surrogate 시스템은 그림 6과 같이 설계되었다. 광대역 PLC 홈 제어기를 위한 Jini surrogate 시스템을 구현하기 위해 Jini surrogate 호스트에는 IP interconnect adapter[13] 모듈, PLC adapter 모듈과 PLC surrogate 모듈을 설계하였으며 광대역 PLC 홈 제어기에는 IP interconnect API와 I/O control API로 구성된 내장형 프로그램을 설계하였다.

Jini surrogate 호스트의 IP interconnect adapter 모듈은 surrogate 프로토콜 기능을 담당하는 프로세스를 생성하고, 생성된 프로세스를 유지하여 surrogate 호스트와 광대역 PLC 홈 제어기의 연결 상태를 관리한다. 또한, surrogate 호스트에서 surrogate 프로토콜을 이용하여 광대역 PLC 홈 제어기의 존재를 찾거나, surrogate 호스트 자신의 존재를 광대역 PLC 홈 제어기들에게 알리는 역할을 담당한다. 그리고 IP interconnect adapter 모듈은 surrogate 객체가 저장된 코드베이스의 URL을 이용하여 PLC surrogate 모듈을 다운로드하는 역할을 담당한다.

광 대역 PLC 홈 제어기의 IP interconnect API는 광대역 PLC 모듈을 통해 surrogate 호스트의 IP interconnect adapter 모듈과 통신한다. IP interconnect API는 surrogate 프로토콜 스펙에 적합하도록 설계되었으며 네트워크 PnP 기능을 수행하여 광대역 PLC 홈 제어기를 Jini surrogate 시스템에 자동 등록 시킨다. 그 후, Jini 네트워크에 참여한 모든 클라이언트들은 광대역 PLC 홈 제어기의 서비스를 사용할 수 있게 된다.

그림 7과 8은 surrogate 호스트와 광대역 PLC 홈 제어기가 surrogate 프로토콜을 사용하여 discovery 과정과 liveness 과정

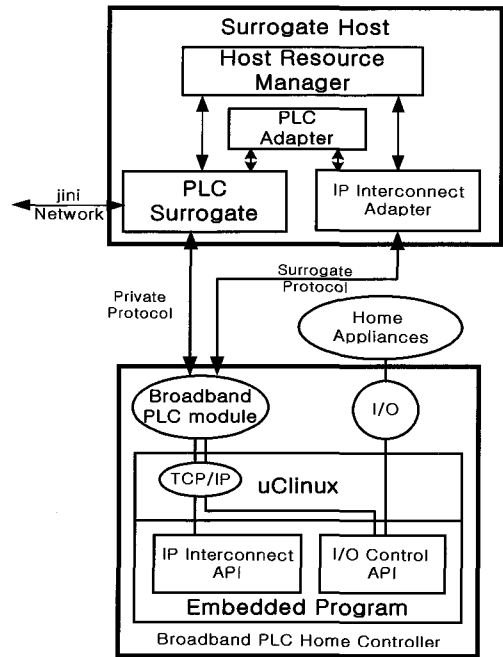


그림 6. 광대역 PLC 홈 제어기를 위한 Jini surrogate 시스템.

Fig. 6. Jini surrogate system for the broadband PLC home controller.

```

Madison listens for surrogate registration via TCP on port: 2522
Madison listens for surrogate registration via UDP on port: 2523

Sending host announcement at: Fri Sep 09 18:21:18 KST 2005
Sending host announcement at: Fri Sep 09 18:21:40 KST 2005
Sending host announcement at: Fri Sep 09 18:22:18 KST 2005
Host request received from: /210.117.183.138:1041 at: Fri Sep 09 18:22:20 KST 2005
Host response sent to: /210.117.183.138:1041 at: Fri Sep 09 18:22:20 KST 2005
Registration from: /210.117.183.138
Host request received from: /210.117.183.138:1041 at: Fri Sep 09 18:22:25 KST 2005
Host response sent to: /210.117.183.138:1041 at: Fri Sep 09 18:22:25 KST 2005
Activating surrogate: <SurrogateID: -748619499647076324>
Host request received from: /210.117.183.138:1041 at: Fri Sep 09 18:22:30 KST 2005
Host response sent to: /210.117.183.138:1041 at: Fri Sep 09 18:22:30 KST 2005
Sending host announcement at: Fri Sep 09 18:22:40 KST 2005
Sending host announcement at: Fri Sep 09 18:23:18 KST 2005
Sending host announcement at: Fri Sep 09 18:23:40 KST 2005
Sending host announcement at: Fri Sep 09 18:24:18 KST 2005
    
```

그림 7. Surrogate 호스트가 광대역 PLC 홈 제어기를 등록하는 과정.

Fig. 7. Process which the surrogate host registers the broadband PLC home controller.

```

Received host announcement/response from: /210.117.183.146:2524
Received host announcement/response from: /210.117.183.138:1925
Registering surrogate: description string of the first surrogate
Type stop to shutdown this device:
Received host announcement/response from: /210.117.183.138:1925
Received host announcement/response from: /210.117.183.146:2524
Received keep alive message for surrogate: 6174006366801195743 at: Thu Sep 08 02:39:21 KST 2005
Received host announcement/response from: /210.117.183.138:1925
Received host announcement/response from: /210.117.183.146:2524
Received host announcement/response from: /210.117.183.146:1925
Received keep alive message for surrogate: 6174006366801195743 at: Thu Sep 08 02:40:11 KST 2005
Received host announcement/response from: /210.117.183.146:1925
Received host announcement/response from: /210.117.183.146:1925
Received keep alive message for surrogate: 6174006366801195743 at: Thu Sep 08 02:41:05 KST 2005
Received host announcement/response from: /210.117.183.146:1925
Received host announcement/response from: /210.117.183.146:1925
Received keep alive message for surrogate: 6174006366801195743 at: Thu Sep 08 02:41:51 KST 2005
    
```

그림 8. 광대역 PLC 홈 제어기가 surrogate 호스트에 등록되는 과정.

Fig. 8. Process which the broadband PLC home controller registers at the Jini surrogate host.

을 보여주고 있다. Discovery 과정은 surrogate 호스트와 광대역 PLC 홈 제어기가 IP interconnect 상에서 서로를 찾기 위한 절차이며, liveness 과정은 PLC 홈 제어기가 surrogate 호스트 상에서 PLC surrogate 모듈이 동작하고 있는지를 감시한다. 그림 9는 surrogate 호스트가 광대역 PLC 홈 제어기의 PLC surrogate 모듈(PLC-surrogate.jar) 파일 로드를 요청하여 look-up 서비스에 등록되는 과정을 보여주고 있다.

일단, IP interconnect adapter 모듈에 의해 PLC surrogate 객체가 surrogate 호스트로 다운로드 되면 PLC adapter 모듈은 PLC surrogate 모듈을 활성화 시킨다. 그 후, PLC surrogate 모듈은 사설 프로토콜(private protocol)을 이용하여 광대역 PLC 홈 제어기의 I/O control API와 정보를 교환하게 된다. 사설 프로토콜은 장치의 프로토콜이나 surrogate 프로토콜 방식에 따라 구현에 큰 변화가 일어날 수 있기 때문에 Jini 커뮤니티에서는 따로 정의하고 설계하지는 않고 있다. 그래서, 본 연구에서는 광대역 PLC 홈 제어기와 PLC surrogate 객체 사이의 사설 프로토콜은 표 2와 같이 정의하였으며 표에서 볼 수 있듯 사설 프로토콜은 광대역 PLC 홈 제어기의 다양한 I/O 장치를 제어하는 목적에 맞게 설계되었다.

설계된 사설 프로토콜을 이용하여 광대역 PLC 홈 제어기의 I/O control API와 surrogate 호스트의 PLC surrogate 모듈은 서로 통신한다. 이때 통신은 그림 6처럼 광대역 PLC 모듈을 이용하여 2장에서 언급한 것처럼 광대역 PLC 모듈은 인터넷

```

[root@TEST /]# ./jini1_2_start
the command line is: rmid -J-Dsun.rmi.activation.execPolicy=none
the command line is: java -jar /files/jini1_2_1/lib/tools.jar -port 8081 -dir /f
files/jini1_2_1/lib -verbose
the command line is: java -jar /files/jini1_2_1/lib/reggie.jar http://210.117.1
83.138:8081/reggie-dl.jar /files/jini1_2_1/policy/policy.all /tmp/reggie_log.pub
lic
reggie-dl.jar requested from TEST.CHONBUK.AC.KR:1045
reggie-dl.jar requested from 210.117.183.146:2212
PLC-surrogate.jar requested from 210.117.183.146:2223
    
```

그림 9. PLC surrogate 모듈(PLC-surrogate.jar)이 look-up 서비스에 등록되는 과정.

Fig. 9. Process which the PLC surrogate module(PLC-surrogate.jar) registers at the look-up service.

표 2. PLC surrogate 모듈에서 사용하는 사설 프로토콜.  
Table 2. Private protocol for PLC surrogate module.

Description	Preamble	Device	Port	R/W	Transmit	Receive	CRC	
Bytes	0-1	2	3	4	5-6	7-8	9	
8255	DI	04 FB	00	00 A port	00	-	LSB 1byte	CRC
				01 B port				
				02 C port				
8254	DO	04 FB	00	00 A port	01	LSB 1byte	-	CRC
				01 B port				
				02 C port				
	Setup			03 control				
8254	Counter	04 FB	01	00 A port	00	-	2bytes	CRC
				01 B port				
				02 C port				
8254	PWM	04 FB	01	00 A port	01	2bytes	-	CRC
				01 B port				
				02 C port				
	Setup			03 control		LSB		
ADC 0809	AI	04 FB	02	00 ch0	-	-	LSB 1byte	CRC
				01 ch1				
				02 ch2				
				03 ch3				
DCA 0800	AO	04 FB	03	-	-	LSB	-	CRC

CRC = NOT( 0byte ~ 8byte XOR)

장치로 동작한다. I/O control API는 surrogate 호스트의 PLC surrogate 모듈에서 전송된 사설 프로토콜을 해석하여 자신의 I/O에 연결되어 있는 가전기기를 제어하며 가전기기의 상태 정보를 PLC surrogate 모듈에게 반환한다.

2. Jini surrogate을 기반한 광대역 PLC 홈 제어기를 위한 홈 제어 서버 설계

Jini surrogate을 기반한 광대역 PLC 홈 제어기를 이용하여 홈 제어 시스템을 구현하기 위해 본 연구에서는 그림 10과 같은 홈 제어 서버를 설계하였다. 홈 제어 서버는 크게 광대역 PLC 홈 제어기를 관리하는 surrogate 호스트와 외부 클라이언트에게 홈 제어 서비스를 제공하는 부분으로 나눌 수 있으며 세부적으로는 PLC interconnect 모듈, PLC surrogate 모듈, PLC adapter 모듈, PLC ServiceProxy 모듈과 PLC ServletClient 모듈로 구성된다.

Surrogate 호스트는 PLC interconnect 모듈, PLC adapter 모듈과 PLC surrogate 모듈로 구성되며 PLC interconnect 모듈은 surrogate 프로토콜을 이용하여 광대역 PLC 홈 제어기를 찾아 등록하며 PLC surrogate 모듈의 URL 경로를 획득한 후 PLC surrogate 모듈을 look-up 시스템에 다운로드 한다. PLC adapter 모듈은 Jini surrogate 호스트로 다운로드된 PLC surrogate 모듈을 활성화시킨다. 활성화된 PLC surrogate 모듈은 사설 프로토콜(private protocol)을 이용하여 광대역 PLC 홈 제어기와 통신하여 광대역 PLC 홈 제어기의 I/O에 연결되어 있는 가전기기를 제어한다.

PLC ServiceProxy 모듈은 PLC surrogate 모듈에 의해서 실행되며 PLC surrogate의 명령 인터페이스를 클라이언트에게 제공하기 위해 Proxy 서비스를 시작한다. PLC ServletClient 모듈은 Jini 클라이언트를 홈 제어 서버내에 Servlet[14]으로 구현하였으며 그로 인해 실제 외부 클라이언트는 Jini 환경이 없이도 웹 브라우저를 통해 쉽게 홈 제어 서버에 연결하여 서비스를 제공 받도록 설계 하였다. surrogate 호스트에서 실행되는 자바 실행 파일들은 다음의 표 3과 같다.

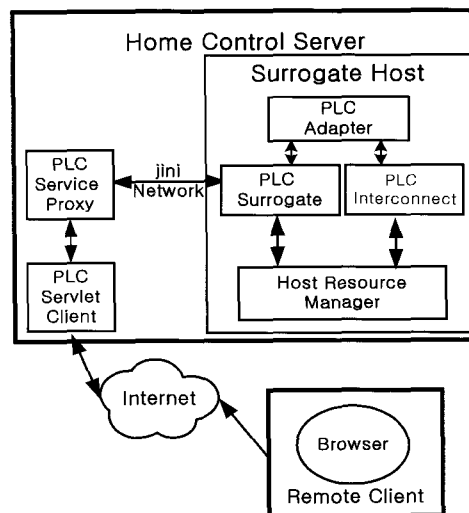


그림 10. Jini surrogate을 기반한 광대역 PLC 홈 제어기를 위한 홈 제어 서버의 개요.

Fig. 10. Home control server for the Jini surrogate-based broadband PLC controller.

표 3. 홈 제어 서버의 Java 파일.

Table 3. Java component of the home control server.

파일	기능
PLC-Interconnect.jar	Surrogate 프로토콜을 이용하여 광 대역 PLC 홈 제어기를 찾고 등록하며 PLC-surrogate을 다운로드한다.
PLC-adapter.jar	Jini surrogate 호스트로 다운로드된 PLC-surrogate를 활성화 시킨다.
PLC-surrogate.jar	사실 프로토콜(private protocol)을 이용하여 광 대역 PLC 홈 제어기와 통신하여 광 대역 PLC 홈 제어기의 I/O에 연결되어 있는 가전기기를 제어한다.
PLC-serviceProxy.jar	PLC-surrogate의 인터페이스를 클라이언트에게 제공하기 위해 Proxy 서비스를 시작한다.
PLC-servletClient.jar	Jini클라이언트를 서블릿으로 구현하여 실제 외부 클라이언트는 웹 브라우저로 홈 제어 서버에 연결하도록 하였다.

IV. 응용

본 논문에서 제안한 Jini surrogate 기반 광대역 PLC 홈 제어를 이용하여 홈 시큐리티 시스템을 구현하였다. 홈 시큐리티 시스템은 전자 도어록, 열 감시 센서와 창문감시 센서를 이용하여 구성하였으며 이런 홈 시큐리티 장비들을 제어하기 위해 하나의 광대역 PLC 홈 제어기가 필요하다. 그림 11은 광대역 PLC 홈 제어기와 홈 시큐리티 장비들의 연결도를 보여주고 있다. 전자 도어록의 상태(LOCK, OPEN) 신호선 두 개와 문을 여는 제어 신호선 하나를 광대역 PLC 홈 제어기의 입출력 모듈의 두 개의 디지털 입력채널(Port C D0,1)와 하나의 디지털 출력채널(Port A D0)에 각각 연결하였으며 열 감시 센서와 창문 감시 센서의 상태 신호선들을 각각 두 개의 디지털 입력채널(Port C D4,5)에 연결하였다. 이와 같은 연결 상태에서 우리는 앞서 표 2의 PLC surrogate 모듈에서 사용하는 사실 프로토콜을 참고하여 표 4와 같은 홈 시큐리티 시스템을 제어하기 위한 명령 프로토콜을 설계할 수 있었다. 그림 13은 실험실에서 설치된 홈 시큐리티 시스템의 실제 사진이다.

홈 시큐리티 시스템의 하드웨어 설치가 완료된 후 홈 시큐리티 시스템을 위해서 소프트웨어를 설계하였다. 표 4와 같이 설계된 명령 프로토콜을 사용하여 홈 시큐리티 시스템을 관리하는 목적에 맞게 PLC-ServletClient 모듈을 다시 설계하였으며 그 외 표 3의 나머지 모듈들은 변경 없이 그대로 사용하였다. 홈 시큐리티 시스템용 PLC-ServletClient 모듈은 웹을 기반으로 하는 servlet으로 설계되었기 때문에 인터넷 사용이 가능한 PC나 PDA와 같은 클라이언트 단말기에서 특별한 클라이언트 프로그램 설치 없이 웹 브라우저를 이용하여 언제 어디서 접속이 가능하도록 하였다. servlet은 java servlet API를 구현한 객체이며, http를 통하여 설계된 servlet에 접근할 수 있게 한다.

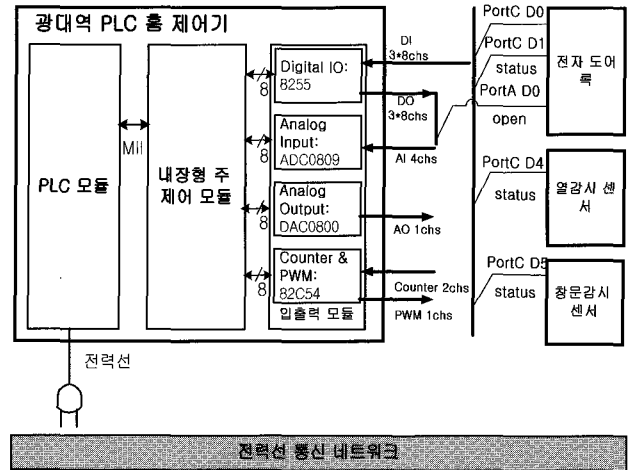


그림 11. 광대역 PLC 홈 제어기와 홈 시큐리티 장치와의 연결도.

Fig. 11. Connection between the broadband PLC home controller and home security devices.

표 4. 홈 시큐리티 시스템을 제어하기 위한 명령 프로토콜.

Table 4. Command protocols of controlling the home security system.

Function	Protocol	Description
Read the status of home security system	04 FB 00 03 01 00 89 00 00 8B	Setup: portA,B:out portC:in
	04 FB 00 02 00 00 00 00 00 12	Command: Read portC
	04 FB 00 02 00 00 00 00 XX CRC	Read Data : XX
Open the digital door-lock	04 FB 00 03 01 00 89 00 00 8B	Setup: portA,B:out portC:in
	04 FB 00 00 01 00 00 00 00 01	DO: PortA D0->LOW
	04 FB 00 00 01 00 01 00 00 00	DO: PortA D0->High

그림 12는 외부 클라이언트가 인터넷을 이용하여 홈 시큐리티 시스템의 상태 값을 요청하는 동작 시나리오를 보여 주고 있다. 먼저 홈 시큐리티 장비들이 연결되어 있는 광대역 PLC 홈 제어기가 전원 소켓에 연결 되면 홈 제어 서버에게 surrogate 등록 요청을 한다. PLC-interconnect는 광대역 PLC 홈 제어기의 등록 절차를 처리하고 PLC-adapter는 PLC-surrogate을 다운로드한 후 활성화 시킨다. 이때 광대역 PLC 홈 제어기는 등록이 승인되었다는 메시지를 받는다. 활성화된 PLC-surrogate는 PLC-serviceProxy와 PLC-servletClient을 실행 시킨다. PLC-servletClient는 PLC-serviceProxy을 통해 PLC-surrogate가 제공하는 광대역 PLC 홈 제어기의 제어 인터페이스를 사용하여 홈 시큐리티 시스템을 관리하고 http을 이용하여 사용자 인터페이스를 제공한다. 외부 클라이언트가 웹 브라우저를 이용하여 PLC-servletClient가 제공하는 웹 서비스에 접근하여 홈 시큐리티 시스템의 상태를 요청하게 되며 PLC-servletClient는 PLC-serviceProxy을 경위하여 PLC-surrogate에게 홈 시큐리티 시스템의 상태 값을 요청한다. 그림 다시 PLC-surrogate는 표 4에서의 명령프로토콜을 이용하

여 광대역 PLC 홈 제어기에 연결되어 있는 홈 시큐리티 장비들의 상태 값을 요구한다. PLC-surrogate는 홈 시큐리티 시스템의 상태 값을 광대역 PLC 홈 제어기로부터 전달 받은 후 이 데이터를 PLC-servletClient에게 다시 전달한다. PLC-servletClient는 전달된 데이터를 분석하여 홈 시큐리티 시스템의 상태를 값을 외부 클라이언트의 웹 화면으로 출력해준다.

홈 시큐리티 시스템용 PLC-ServletClient 모듈의 웹 서비스 화면은 그림 14-16과 같으며 메인 화면, 제어 화면과 결과 화면으로 구성되어 있다. 메인 화면은 패스워드 입력 기능을

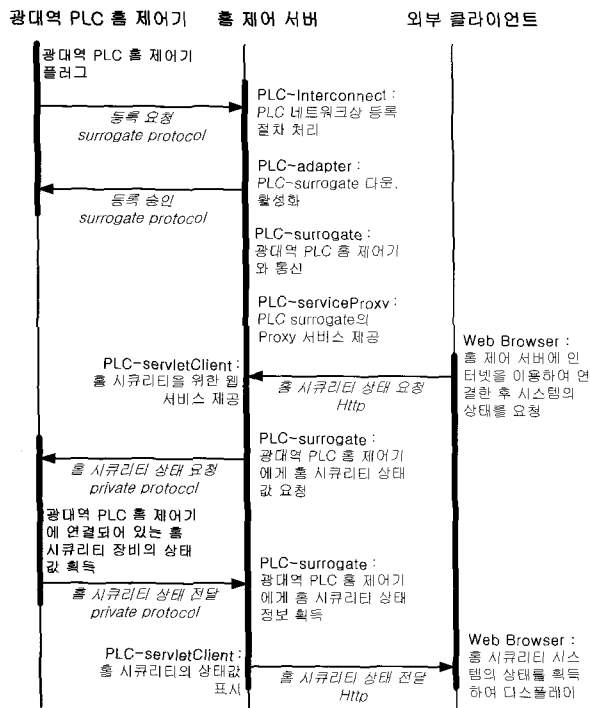


그림 12. 홈 시큐리티 시스템의 동작 시나리오.  
Fig. 12. The action scenario of the home security system.

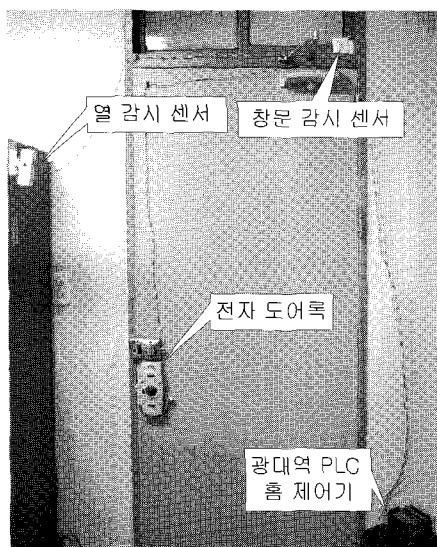


그림 13. 실험실에 설치된 홈 시큐리티 시스템.  
Fig. 13. The home security system installed in lab.

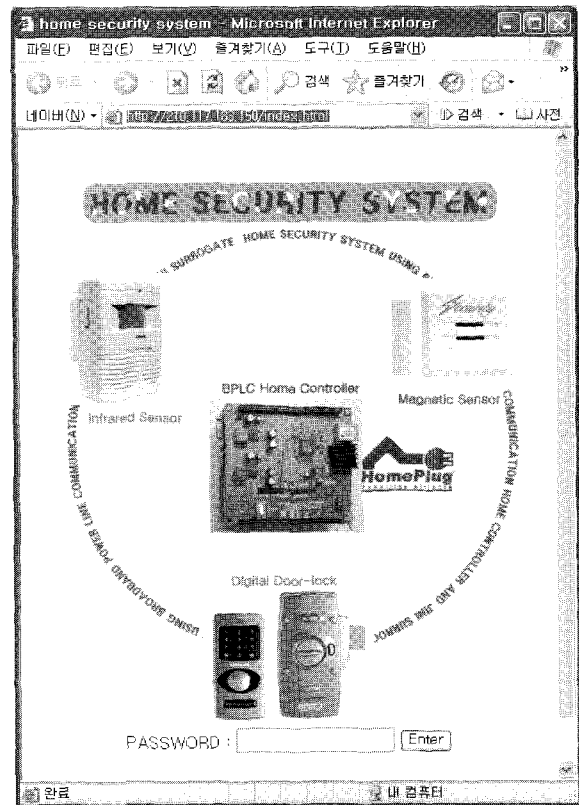


그림 14. 홈 시큐리티 시스템 메인 화면.  
Fig. 14. The main page of the home security system.

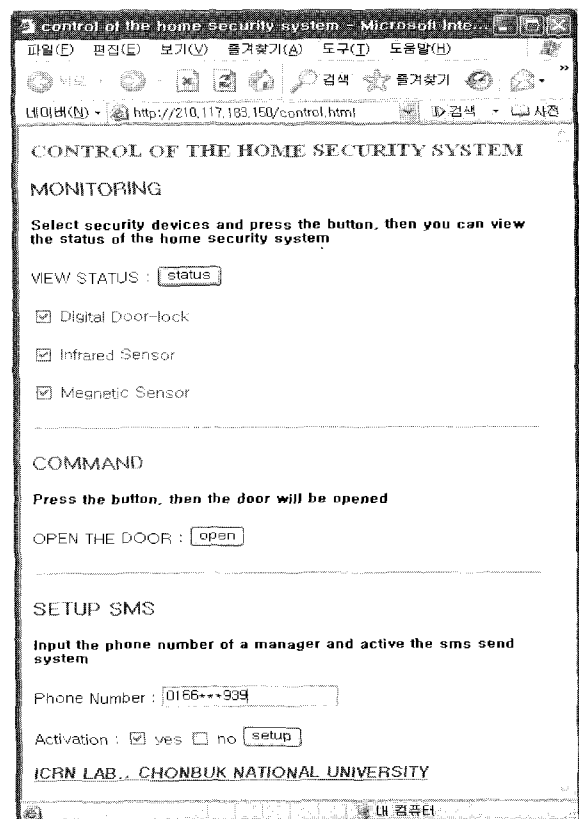


그림 15. 홈 시큐리티 시스템 제어 화면.  
Fig. 15. The control page of the home security system.



그림 16. 홈 시큐리티 시스템의 상태 결과 화면.  
Fig. 16. The result page of the home security system.

지원하여 관리자만이 접근 가능하도록 하였으며 제어 화면은 홈 시큐리티 상태 보기, 전자 도어록 문 연결과 단문 문자 서비스(SMS)을 설정 기능으로 구성되며 강제 침입과 같은 이벤트가 발생하며 관리자의 핸드폰으로 단문 문자 서비스(SMS)을 이용하여 이벤트를 즉시 알리 수 있게 설계하였다. 또한 관리자는 도어의 상태를 감시 할 수 있으며 손님이 왔을 때 직접 집에 가지 않고도 집의 문을 열어 줄 수도 있게 되었다.

## V. 결론

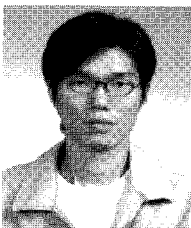
Jini surrogate 기반한 광대역 PLC 홈 제어기는 전력선을 통해 14Mbps이상의 데이터 전송이 가능한 HomePlug 호환의 저가의 내장형 장치이다. 또한 다양한 정보가전기기를 하드웨어 수정 없이 연결하여 제어하기 위해 다양한 입출력을 지원한다. 이러한 Jini surrogate 기반한 광대역 PLC 홈 제어기는 모든 가정 내 이미 구축되어 손 쉽게 사용할 수 있는 전력선을 이용한 고속의 전송속도를 갖는 홈 제어기로서 각종 정보가전제품뿐만 아니라 엔터테인먼트, 헬스케어, 방법 및 보안 등 디지털 홈 시스템 구축에 응용 가능하다. Jini surrogate 기반한 광대역 PLC 홈 제어기는 네트워크 PnP를 지원하며 각종 장치의 종류에 따른 제약 없이 손쉽게 홈 네트워크 시스템에 참가할 수 있는 방식으로 설계 구성하여 시스템에 대한 지식이 전무한 가정주부들도 단지 전원소켓에 플러그하는 것만으로 손 쉽게 사용할 수 있다. 또한 사용자가 Jini 환경 구축 없이 PC나 PDA 등의 웹 브라우저를 통한 쉽게 홈 제어기 관리 및 감시 웹 서비스를 제공하는 PLC-ServletClient 모듈을 설계하였다.

본 연구를 통해 홈 네트워크 시스템의 정보 가전 기기의 제어를 담당하는 홈 제어기를 유선 네트워크 중의 하나인 광대역 전력선 통신기술을 사용함으로써 전력선 통신의 장점과 Jini 네트워크와의 접목의 가능성을 밝힌 바 광대역 PLC

홈 제어기의 초소형 모듈화를 통해 실생활에 적용할 수 있는 기회를 제공할 것이다.

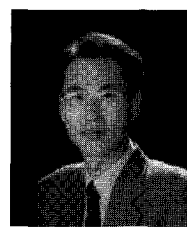
## 참고문헌

- [1] A. Majumder, Jr. J. Caffery, "Power line communications" *IEEE Potentials*, vol. 23, no. 4, pp. 4-9, Oct-Nov. 2004.
- [2] Y.-J. Lin, H.A.Latchman, M. K. Lee and S. Katar, "A power line communication network infrastructure for the smart home" *IEEE Wireless Communications*, vol. 9. pp. 104-111, Dec. 2002.
- [3] F. Edden, "Modelling CEBus home automation with knowledge based tools" *Consumer Electronics, IEEE Transactions*, vol. 36, no. 3, pp. 623 - 627, Aug. 1990.
- [4] W.-S. Kim, L.-W. Kim and etc., "A control network architecture based on EIA-709.1 protocol for power line data communications" *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, vol. 48, no. 3, pp. 650-655, Aug. 2002.
- [5] A. Schwager, L. Stadelmeier and M. Zumkeller, "Potential of broadband power line home networking" *Consumer Communications and Networking Conference*, pp. 359-363, 2005.
- [6] R. Gupta, S. Talwar and D.P. Agrawal, "Jini home networking: a step toward pervasive computing", *Computer, IEEE*, vol 35. pp 34-40, Aug. 2002.
- [7] D. Reilly, A. Taleb-Bendiab, "An Jini-based infrastructure for networked appliance management and adaptation" *Proceedings of Networked Appliances*, Liverpool, Oct. 2002.
- [8] J. Jang, K. H. Lee and H. Choi "The design and implementation of the surrogate system for J2ME-devices" *Proceedings of TENCON 2004, IEEE Region 10 Conference*, vol. C, pp. 168-171, 2004.
- [9] S. Landis, V. Vasudevan, "Reaching out to the cell phone with Jini" *Proceeding of System Sciences*, Hawaii, IEEE, 2002.
- [10] Samsung, S3C4530A 32-bit cmos microcontroller Application Notes & User Manual, 1999.
- [11] Sun-microsystems, Jini architecture Specification, October 1999
- [12] Sun-microsystems, Jini Technology Surrogate Architecture version 1.0 standard, October 2003.
- [13] Sun-microsystems, Jini Technology IP Interconnect Specification version 1.0 Draftstandard3, October 2001.
- [14] J. Hunter, W. Crawford, *Java servlet programming*, O'REILLY, 2001.
- [15] Intellon, INT51X1 Integrated Power Line MAC/PHY Transceiver Technical Reference Manual, Revision 3.
- [16] HoemPlug Powerline Alliance, HomePlug 1.0 Technical Paper & Service Providers White Paper, <http://www.homeplug.org>
- [17] HoemPlug Powerline Alliance, HomePlug AV White Paper, <http://www.homeplug.org>



김 희 선

1997년 전북대학교 제어계측공학과 학사. 1999년 전북대학교 전기공학과 석사. 2002년~현재 전북대학교 제어계측공학과 박사과정 재학중. 관심분야는 홈 네트워크, 내장형 시스템.



이 창 구

1981년 전북대학교 전기공학과 학사. 1983년~1991년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1991년 전북대학교 전기공학과 박사. 1992년~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수. 관심분야는 지능제어, 홈 제어 시스템.