

PLC 기반의 홈 네트워크 시스템

저속 PLC(power line communication, 전력선 통신)를 이용하여 홈 네트워크를 구현하고, 3차원의 가상환경에서 효율적으로 제어 및 모니터링이 가능한 홈 오토메이션 시스템에 대하여 소개하고자 한다.

차 주 현

국민대학교 기계자동차공학부(cha@kookmin.ac.kr)

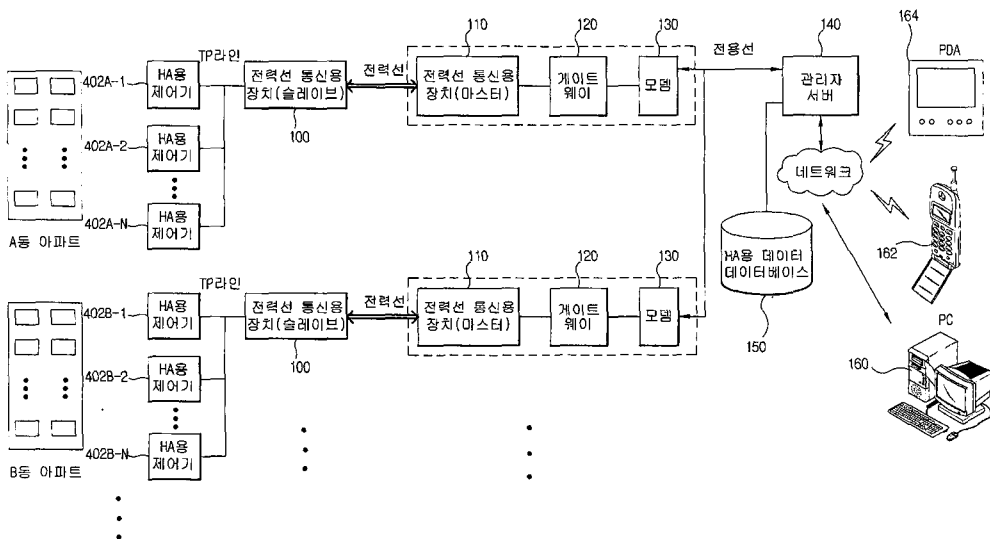
서론

여기서 소개하는 시스템에서는 제어 대상들을 인터넷을 통해 원격지에서 관리 및 감시할 수 있는 시스템과 사용자에게 친숙한 가상현실(Virtual Reality) 환경을 통한 디지털장비의 제어, 그리고 관리나 감시의 부재 상황에 대처하고 여러 개의 네트워크화된 대상을 제어하기 위한 인터넷 기반의 관리 시스템을 제시하고 구현하고, 전력선 통신인 PLC 모델과 각각의 디지털 장비들은 CEBus(Consumer Electronic Bus) 프로토콜을 이용하여 전력선 통신으로 홈 네트

워크를 구성한다.

전력선 통신 기반의 네트워크 구성

일반적으로 전력선 통신(PLC : power line communication)이란 상용 교류 신호를 전송 매체(media)로 하여 전력선으로 데이터를 통신하는 방식을 말한다. 상용 교류 전원인 60Hz의 정현파에 중심 주파수(carrier)를 실어 통신하게 되므로, 가정이나 사무실 또는 공장 내의 모든 전원선이 통신선로가 된다. 따라서, 별도의 통신 선로를 설치하지 않아도 통신망을 구축할 수 있는 이점이 있어 가정이나



[그림 1] 전력선 통신을 이용한 시스템 구성도

사무실 또는 공장 등에서 구비하고 있는 다수의 기기 또는 장치를 원격 조정하거나 local area network를 위해 전력선 통신이 널리 사용되고 있다.

본 장치는 중심 주파수를 소정 주파수 범위 내에서 가변시킨 분산 스펙트럼 전력선 신호를 발생시켜 전력선 통신을 함으로써, 특정 주파수의 중심 주파수가 전력선으로부터의 특정 노이즈에 의해 영향을 받을 경우에 발생할 수 있는 데이터 전송의 에러를 줄일 수 있는 전력선 통신용 장치를 제공한다.

그림 1은 분산 스펙트럼을 이용한 전력선 통신용 시스템을 LAN 개념을 적용한 경우의 구성 블록도를 나타낸다. 여기서 전력선 통신용 시스템이란 전력선을 매개로 전력선 통신을 수행하기 위해 전력선 양쪽 단자에 연결되어 있는 복수의 슬레이브 모드 전력선 통신용 장치와 마스터 모드 전력선 통신용 장치 및 전력선을 포함한다.

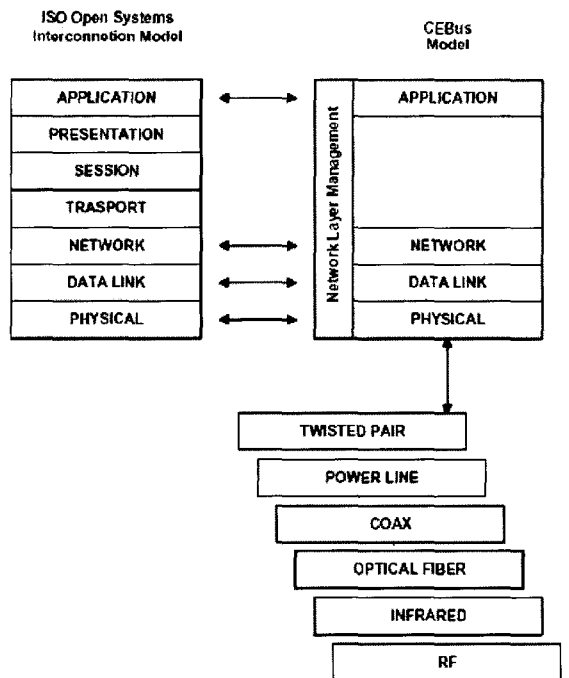
그림으로부터 구성도를 살펴보면, 분산 스펙트럼을 이용한 복수의 슬레이브 모드 전력선 통신용 장치, 슬레이브 모드 전력선 통신용 장치에 연결된 복수의 HA용 제어기, 그리고 슬레이브 모드 전력선 통신용 장치에 전력선으로 연결된 마스터 모드 전력선 통신용 장치, 마스터 모드 전력선 통신용 장치에 게이트웨이, 모뎀을 거쳐 데이터 통신을 위한 전용선으로 연결된 관리자 서버, 관리자 서버에 연결된 데이터 데이터베이스, 관리자 서버와 유무선 네트워크를 통해 연결된 개인용 컴퓨터(PC), PCS, PDA를 포함한다.

전력선 통신의 프레임 패킷 구조

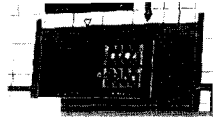
그림 2는 분산 스펙트럼을 이용한 전력선 통신에 OSI 7 계층을 적용한 프레임 패킷 구조를 나타낸다. 그림을 참조하면, 전력선을 통해 전송되는 분산 스펙트럼 전력선 신호는 OSI 계층 중 물리 계층에 해당되며, 프레임 시작 정보, 데이터 링크 계층 헤더 정보, 네트워크 계층 헤더 정보, 애플리케이션 계층 헤더 정보, 전송할 데이터 및 에러 체크용 데이터를 포함한다. 전력선 통신을 위해 CEBus 프로토콜을 사용하며, 특히 OSI 7 계층 구조를 사용하여 전력선 통신을 수행함으로써 전력선 통신의 호환성을 높일 수 있다.

그림 3은 분산 스펙트럼을 이용한 마스터 모드 전력선 통신용 장치로부터 슬레이브 모드 전력선 통신용 장치로 송신되는 패킷 구조를 나타낸다. 이 패킷은 헤더, 마스터 ID, 슬레이브 ID, 길이, 명령어, 명령어 옵션 및 서버 데이터를 포함한다. 여기에서 헤더는 프레임의 시작을 나타내며, 마스터 ID는 마스터 모드 전력선 통신용 장치의 식별자(ID)를 나타내고, 슬레이브 ID는 슬레이브 모드 전력선 통신용 장치의 식별자(ID)를 나타낸다. 길이는 명령어, 명령어 옵션 및 서버 데이터 영역이 차지하는 길이를 나타낸다. 명령어는 마스터 식별자 등록 요구, 폴링 방식에 의한 패킷 수집 명령 등의 명령어 종류를 나타낸다. 명령어 옵션은 해당 명령어에 필요한 부가 설정 사항(옵션)을 나타낸다. 서버 데이터는 관리자 서버에서 측정장치 등의 주변 장치로 보내는 데이터를 나타낸다.

그림 4는 분산 스펙트럼을 이용한 슬레이브 모드 전력선 통신용 장치로부터 주변 장치로 송신되는 패킷 구조를 나타낸다. 그림에서 패킷은 프레임 시작을 나타내는 프레임 시작 헤더, 명령어 종류를 나타



[그림 2] OSI 7의 계층 구조



헤더	마스터 ID	슬레이브 ID	길이	명령어	명령어 옵션	서버 데이터
----	--------	---------	----	-----	--------	--------

[그림 3] 마스터로부터 슬레이브로의 전송 패킷 구조

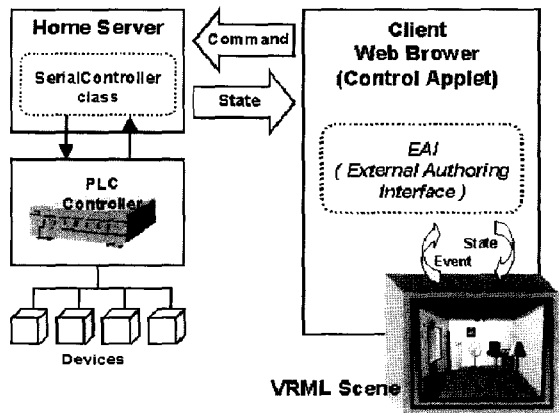
프레임 시작	명령어	슬레이브 시리얼 번호	슬레이브 ID	에러 체크용 비트	프레임의 끝
--------	-----	-------------	---------	-----------	--------

[그림 4] 슬레이브로부터 주변 장치로의 전송 패킷 구조

프레임 시작	명령어	슬레이브 시리얼 번호	슬레이브 ID	원시 데이터	주변장치 상태	에러 체크용 비트	프레임의 끝
--------	-----	-------------	---------	--------	---------	-----------	--------

[그림 5] 슬레이브로의 전송 패킷 구조

내는 명령어, 슬레이브 시리얼 번호를 나타내는 슬레이브 시리얼번호, 슬레이브 식별자를 나타내는 슬레이브 ID, 에러 체크용 비트 및 프레임의 끝을 나타내는 프레임의 끝 헤더를 포함한다. 그림 5는 분산 스펙트럼을 이용한 슬레이브 모드 전력선 통신용 장치로 송신되는 패킷 구조를 나타낸다. 이 패킷은 프레임 시작을 나타내는 프레임 시작 헤더, 명령어 종류를 나타내는 명령어, 슬레이브 시리얼 번호를 나타내는 슬레이브 시리얼번호, 슬레이브 식별자를 나타내는 슬레이브 ID, 검침 데이터 등을 나타내는 원시 데이터, 검침기의 전원 차단 상태 등의 주변 장치의 상태 정보를 나타내는 주변 장치 상태, 에러 체크용 비트 및 프레임의 끝을 나타내는 프레임의 끝 헤더를 포함한다.



[그림 6] 시스템 구성 흐름도

가상현실 기반의 3차원 GUI

원격 제어를 위한 Control 애플릿과 VRML 정보는 Home 서버에 위치하며, Java 애플릿과 VRML이 시스템의 환경에 독립적이기 때문에 접속하기 위한 프로그램의 설치를 필요로 하지 않으며, 인터넷 사용이 가능한 곳이라면 장소에 구애받지 않고 원하는 대상의 가전제품을 제어할 수 있다. 원격지의 사용자가 서버에 접속하였을 때, 자신의 주택의 실제 모습에 따라 모델링된 VRML 화면을 탐색하며 원하는 가전제품이나 기타 디지털 장비의 모델을 직접 조작하는 것으로 Home 서버에 연결된 PLC 제어를 통해서 실제 장비를 제어하게 된다. 제어 후의 결과는 곧바로 접속한 사용자의 VRML로 보내짐으로써 수행 결과를 한눈에 확인할 수 있다.

본 원고에서는 위의 제시했던 사항을 만족시키기

위해서 인터넷 표준인 Java 언어로 구현된 애플릿과 3차원 가상 현실 환경을 제공하는 VRML Scene을 연동하여 대상의 제어를 위한 클라이언트 부분으로 구현한다. Java 애플릿과 VRML Scene을 HTML 문서에 함께 포함하여 애플릿을 통해서 VRML Scene이 제어되는데, 이를 위하여 SGI의 EAI (external authoring interface) 기술을 사용한다. 그림 6은 Java 애플릿, VRML, EAI의 관계와 동작원리를 나타낸다. 디지털 장비의 제어 결과로 변경된 VRML의 정보는 Home 서버에 의해 관리되므로 동일한 대상에 대해서는 모든 사용자에게 같은 그래픽 상태 정보를 제공한다.

PLC 제어기와 Home 서버와의 통신

Control 애플릿에서 입력받은 명령은 패킷 형태로 변환되어 가전기기를 제어하는 Home 서버의 시리

얼 포트를 통해서 PLC 제어 모뎀으로 전달되게 된다. 즉, Control 애플릿은 외부의 웹 브라우저로 접속한 사용자의 이벤트 명령을 내부적으로 PLC 제어기의 패킷에 맞게 변환하여 시리얼 포트 라이브러리를 이용하여 전력선(power line)으로 전송해서 가전기기를 제어하고, 반대로 전송된 메시지는 다시 패킷 변환을 통해 Home 서버의 시리얼 포트 라이브러리를 거쳐 Control 애플릿으로 보내져서 상태 정보의 갱신이나 메시지를 전송하는 방식으로 되어있다. 여기서 사용되는 시리얼 포트 라이브러리는 JNI(java native interface)를 통해서 Java와 연동된다.

주 제어장치인 PLC Master 제어 모뎀의 역할은 시리얼 패킷을 전력선 패킷으로 변환하여 전력선 상에 브로드캐스팅 시키게 되고, 이 패킷들은 해당되는 가전제품에 내장된 Slave 모뎀에서 입력받아 해당 명령에 맞는 동작을 수행하는 것이다. 이러한 일련의 동작들이 원활하게 수행되기 위해서는 먼저 각 가전제품에 내장시킨 Slave 제어기와 주 제어장치인 Master 모뎀 사이에 연결이 먼저 이루어져야 한다. 이를 위해 CEBus 프로토콜에서는 PnP기능을 제공하고 있으며, Slave 제어기들은 가전제품에 대한 정보를 CAL(common application language) 형식이나 사용자 정의 형식으로 가지고 있다.

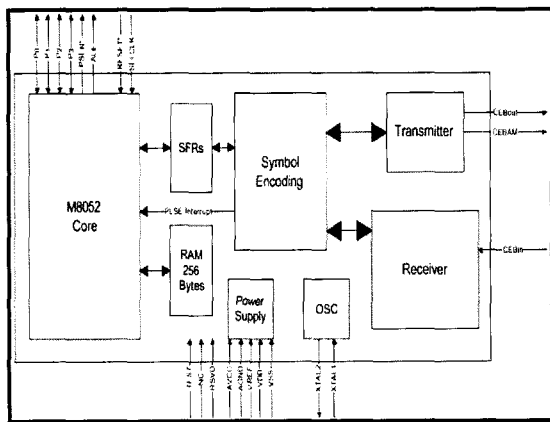
PLC Master 모뎀이 실행될 때 PnP기능을 이용하여 Slave의 어드레스 및 CAL 정보를 주고받아서 서로의 DB를 구축하게 된다. 일련의 작업이 끝나게 되면 모

든 제어 모뎀들의 연결이 이루어지고 내부적인 타이밍에 의해 통신이 가능하게 된다.

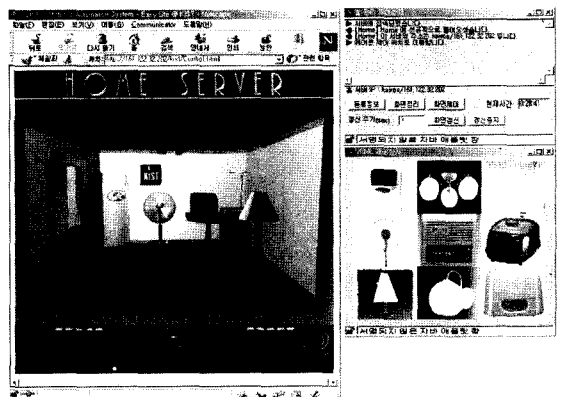
그림 7에 나타나있는 CEBus 프로토콜을 이용한 PLC 모뎀의 구조는 크게 8052 Core의 CPU와 PLD(programmable logic device), RAM, Flash 메모리, LCD, 전력선 송수신기, 주변장치 인터페이스, NVM(non volatile memory), RTC(real time clock)로 나눌 수 있다. 먼저 전력선 어댑터(power line adapter)에서는 제어 모뎀에 필요한 전력뿐만 아니라 CEBus 패킷의 송수신을 담당하게 된다. 이러한 송수신 데이터 패킷은 8052 Core의 CPU인 PL-One의 내부 타이밍에 의해 처리되고 주변장치를 제어하거나 RS-232 포트를 통해 패킷 변환을 한 후 Home 서버와 통신을 하게 된다.

PLC 제어기의 프로그램은 직접회로 내의 부트롬(Boot ROM)에 의해 시작 코드와 기본적인 인터페이스 루틴을 가지고 부팅되고, 애플리케이션 프로그램은 RS-232에 의해 업로드(Upload)된 뒤 Flash 메모리에서 수행된다. 또한 NVM에 각각의 파라미터들을 I2C (Inter-IC Bus) 통신을 통해 저장하게 되면, 배터리 백업(Back UP)에 의해 반영구적으로 데이터를 보관할 수도 있다. 특히 이동이 적거나 고정된 형태의 통신을 위해서는 중요한 PnP 파라미터나 CAL 정보를 저장하여 별도의 PnP 기능을 수행하지 않고 제어 모뎀들 간에 빠르게 연결을 할 수 있다.

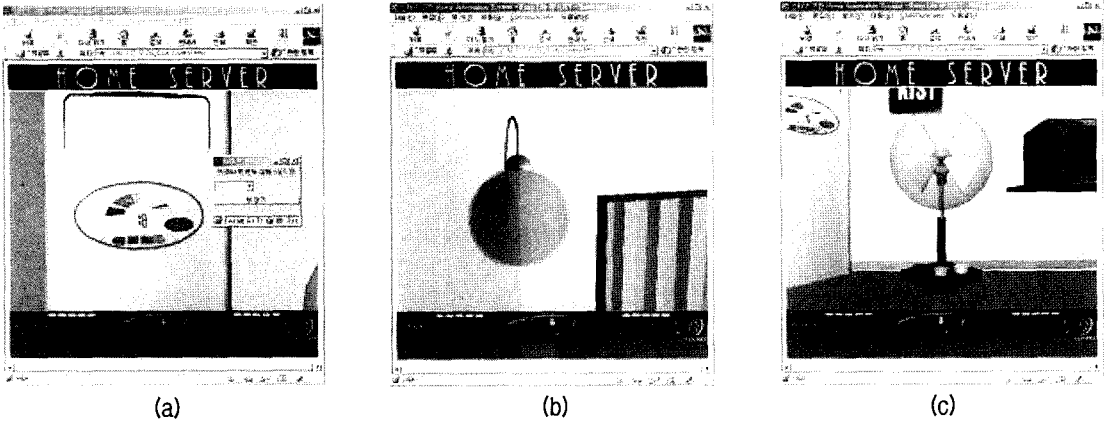
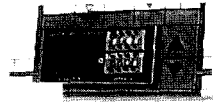
그리고 각각의 제어 모뎀들은 PnP 기능에 의해 쉽게 접속이 가능 할 뿐만 아니라 다중 Master/ Slave



[그림 7] PLC 모뎀 구성도



[그림 8] 웹 브라우저 접속에 의한 VRML 3차원 사용자 인터페이스



[그림 9] 웹 브라우저를 통한 에어컨, 전등, 선풍기 등의 원격 제어 장면

기능을 지원하며 언제나 그 기능을 변경해서 제어가 가능하다는 큰 장점도 가지고 있다. 그리고, Home 서버와의 인터페이스도 기존의 RS-232방식을 사용하므로 손쉽게 응용할 수도 있다.

PLC 기반의 홈 네트워크 시스템

웹상에서 원하는 Home을 선택하여 이동하면, 그림 8과 같이 사용자의 실제 집 내부가 VRML Scene에 보여지고, 사용자 인증을 마치게 되면, 3차원 가상의 공간에서 대상을 직접 제어할 수 있는 상태가 된다.

웹 브라우저를 통해 접속한 사용자는 가상의 주택 공간에서 마우스의 조작만으로 대상을 제어하고 제어 결과를 확인한다. 제어 결과로 제공되는 VRML Scene의 그래픽 상태 정보는 서버의 가전제품 상태 정보와 동일하게 표시된다.

그림 9는 일반 가정에서 사용되고 있는 에어컨, 전등, 선풍기 등을 실제로 제어하고 있는 그림이다. VRML Scene 상의 전원 버튼을 클릭하여 실제 대상의 전원이 켜지며 그 결과를 Home 서버로부터 받아 VRML Scene의 형상 정보가 변경된다. VRML Scene 정보는 클라이언트에 따라 개개의 정보를 가진 것이 아니라, Home 서버의 정보를 여러 클라이언트가 공유하도록 동기화 하였으며, 이는 계속해서 Home 서버에서 각각의 가전제품에 대한 상태 정보를 유지한다.

그림 9(a)는 웹브라우저 상에서 에어컨의 온도를

18도로 설정하고 있는 모습이며, (b)는 거실의 전등을 조작한 후의 모습이다. 또한 (c)은 가전제품인 선풍기를 조작하는 장면을 보여주고 있다. 특히, 선풍기의 경우 풍향, 풍속 제어가 가능하며 VRML 모델 또한 실제의 제품과 동일하게 회전하게 되므로 성공적인 작동 결과는 VRML Scene에 의해 사용자에게 실시간으로 보여진다.

이와 같이 본 시스템에서 가상현실 기술과 Java RMI 그리고 CEBus 프로토콜을 적용한 PLC 제어기를 이용한 웹 애플리케이션의 구현을 통해 실제의 가전제품을 효과적으로 관리하고 통제함으로써 보다 효율적인 인터넷 기반 원격 관리 시스템을 구현할 수 있다.

결론

집안에 설치되어 있는 가전기와 디지털 장비 그리고 방범, 방재 시스템을 전력선 네트워크를 이용하여 홈 네트워크를 구현함으로써, 원격지에서 3차원의 사용자 인터페이스 환경에서 효율적으로 제어 가능한 홈 오토메이션 시스템의 개발내용을 소개하였다.

우선 RMI 서버로 구현된 Gate 서버와 Home 서버를 통해서, 인터넷 환경을 이용한 원격 제어와 더불어 네트워크 장애로 인하여 발생할 수 있는 제어 시스템의 한계를 보완하고, 제어하고자 하는 대상의 위치와 현재 상태를 일괄적으로 관리할 수 있다. 또한 웹 브라우저를 통하여 원격 제어의 결과를 가상

의 주택 공간을 통하여 가시화시킴으로써 사용자에게 친숙한 3차원 GUI 환경을 구현할 수 있다.

한편 주제어기와 디지털 장비들을 연결하는 네트워크로서 기존의 가정 내부에 이미 포설된 전력선을 이용한 PLC 기반의 네트워크를 구현함으로써, 그 활용에 있어 많은 장점이 존재함을 확인할 수 있다.

PLC 네트워크는 추가 배선이 필요없어 비용이 저렴하고, 조명뿐만 아니라 방범, 방재 등 실질적으로 가정에서 필요로 하는 욕구를 충족시킬 수 있다는 측면에서 현재 많은 분야에서 성공적으로 적용되고 있으며, 앞으로 홈 네트워킹의 대표적인 솔루션의 하나로서의 자리를 굳혀가고 있는 상황이다. ㉠