

전력선 통신을 이용한 지능형 홈 네트워크 구현

▣ 김성철, 이영일 / 서울산업대학교 제어계측공학과
▣ 정범진 / (주)젤라인
▣ 김정호 / (주)유니룩스

서 론

최근 정보통신기술의 비약적인 발전으로 시간과 장소의 제약 받지 않고 유무선 네트워크를 통해 가전기기, 보안기기, 방재기기, 건강 모니터링 장치 등에 접속할 수 있게 되었다. 이를 가능케 하는 유무선 네트워크의 주요 방식으로는 IEEE 802.11, IEEE 1394, HomePNA, 전력선(Power Line), IEEE 802.3 또는 IEEE 802.3u 그리고 Bluetooth 등이 있다[1]. 이러한 많은 네트워크 방식 중 기존의 전력선을 통신매체로 사용하는 전력선 통신(Power Line Communication 이하 "PLC")은 통신 매체 포설 비용이 없고, 가정 내에 편재되어 있어 네트워크 연결이 용이하다는 장점 때문에 제어 네트워크에 많이 사용되고 있다.

제어 네트워크는 가정 내 기기의 원격제어 및 감시에 사용되는 저속 망으로, 전력선 통신에 기반을 둔 많은 표준들이 제안되고 있다. 그 예로 X10, LonTalk, CEBus, HnCP와 XCP를 들 수 있다[2]. X10은 1970년대에 제안된 프로토콜로 단순한 On/Off 제어에만 사용되고 있다. CEBUS와 LonTalk은 overhead의 부담과 높은 구현 비용의 단점을 안고 있다.

HnCP는 국내 PLC 포럼에서 2003년 6월에 홈 네트워크 제어 통신 규약(Home network Control Protocol 1.0 이하 'HnCP')으로 발표되었다. HnCP는 마스터-

슬레이브 형태의 통신구조를 가지고 있으며 다양한 가전기기들에 대한 명령어 세트들을 정의하고 있다.

XCP는 센서 및 제어 네트워크를 위한 표준 프로토콜이며, OSI에서 제안한 계층적 프로토콜 기준을 준수한다. 즉, XCP는 네트워크 계층, 전송 계층(Transport Layer) 그리고 응용 계층까지를 포괄하는 프로토콜이며, 각각의 계층은 고유의 특화된 기능을 담당한다.

근래 이종기기를 사용하는 저속 PLC기반 홈 서버에 관한 국내표준(KS X 4500-1)이 제정되면서 2개의 이종 전력선 모뎀 또는 이종의 프로토콜을 사용하는 다양한 네트워크 기기를 PLC 홈 네트워크 서버에서 각 네트워크 기기에 접속, 이종의 네트워크 제품간 상호 운용성(interoperability)과 공존성(coexistence)을 보장하기 위한 표준 API 규격이 정의되었다.

제어용의 저속 망 뿐만 아니라 데이터 전송을 위한 고속 PLC의 본격적 사용도 가시화 되고 있다. 국내에서는 24Mbps급의 고속 전력선통신 칩(XPLC21)의 개발되어 상용화 단계에 있으며 54Mbps 및 200Mbps급의 고속전력선 통신 칩의 개발이 진행 중에 있다. 또한 고속 PLC 표준기술연구회가 구성되어 고속 PLC KS 표준 제정을 위해 활동 중에 있다.

전력선 통신에 기반한 홈 네트워크 구성을 위해서 가전기기 제어에 편리한 HnCP와 각종 센서들의 네트워크 구성에 용이한 XCP를 연동하여 사용하고 고속 PLC를

인터넷 접속, 멀티미디어 데이터 전송에 사용하는 그림 1과 같은 홈 네트워크 시스템 구성을 생각해 볼 수 있다. 본 고에서는 그림 1과 같은 홈 네트워크 구성을 염두에 두고서 XCP를 활용한 조명시스템의 구성에 대해서 정리해 보고자 한다.

XCP는 일반적인 프로토콜과는 달리 각각의 노드들이 메시지를 전달하는 방식이 아닌 바인딩(Binding)이라는 과정을 거친 네트워크 변수(Network Variable 이하 "NV")를 통해서 데이터를 자동으로 교환하는 방식이다[4]. 즉 Source NV에 어떠한 값을 저장하면 자동으로 원격지의 Destination NV값도 바뀌는 방식이다.

XCP를 이용한 지능형 홈 네트워크 구현 시 응용한 어플리케이션으로는 SystemX라는 형광램프를 사용하였다. SystemX는 조광제어(Dimming Control)가 가능

한 안정기를 탑재한 형광램프로 표준 IO 모듈 중에서 'PWM 출력 모듈'에서 출력되는 가변 PWM 신호에 따라서 램프의 조도가 변화하는 특성을 이용해 본 시스템에 적용하였으며, 램프를 총 16개(4X4) 사용함으로써, 여러 가지 모양의 조명 패턴을 연출할 수 있다. 이러한 패턴 명령들은 본 시스템의 메인 컨트롤러로서 개발한 UI(User Interface)를 사용한다.

2장에서는 XCP에 관한 소개를 하고, 3장에서는 XCP와 가정내 기기들과의 인터페이스를 위하여 개발한 표준 IO 모듈들에 관한 소개를 한다. 4장은 조명 시스템 구성에 사용된 SystemX 형광램프에 관한 소개를 하며, 5장은 본 시스템의 메인 컨트롤러로서 개발한 UI에 관한 소개를 한다. 마지막으로 6장은 결론을 맺는다.

XCP 소개

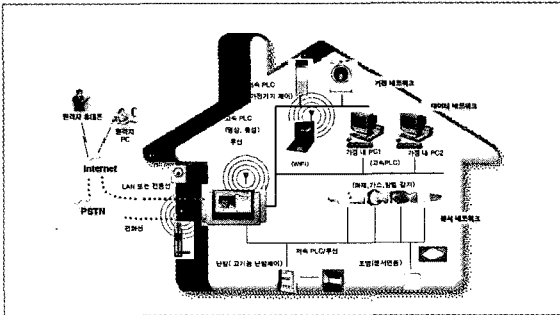


그림 1 전력선 통신을 사용한 홈 네트워크 구성도

(주)젤라인사에서 개발된 XCP(Xeline Control Protocol)는 센서 및 제어 네트워크를 위한 표준 프로토콜로, 전력선을 활용하여 데이터를 주고받는 저속 PLC 모뎀의 CPU인 XPLC-30 프로세서에 라이브러리 형태로 탑재되어 동작한다.

XCP는 OSI에서 제안한 계층적 프로토콜 모델을 준수, 네트워크 계층, 전송계층, 그리고 응용계층 등의 계층은 각각의 특화된 기능을 담당한다[4].

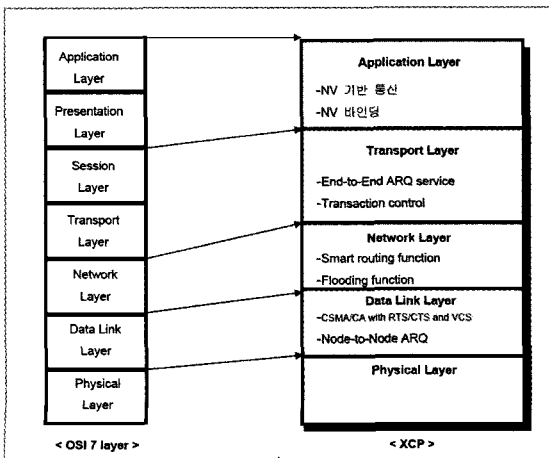


그림 2 XCP 계층별 구조

network 계층

네트워크 계층은 신뢰성 있는 노드간의 통신을 가능하게 하는 스마트 라우팅을 주요 기능으로 한다. 같은 통신 채널에 존재하는 노드라 할지라도 잡음과 임피던스 부정합, 신호 감쇄 문제로 인해 서로의 시그널을 감지하지 못하는 Hidden Node가 존재하게 되는데, 이를 해결하기 위해 네트워크 계층에서는 각각의 노드에 내장된 리피터 기능을 이용하게 되며, 채널상의 모든 노드에 도달하기 위한 최단 경로 라우팅 테이블을 자동으로 설정하게 된다. 또한 채널상황이 급변하여 최단 경로를 파악할 수 없는 경우에는 확률에 기반한 flooding 방법을 통하여 대역폭을 소모하는 대신에 통신 성공률을 높일 수 있는 방식을 사용한다.

transport 계층

전송계층은 end-to-end ARQ와 중복된 메시지를 검출하는 transaction 관리 기능을 담당한다. 네트워크 계층의 스마트 라우팅 기능을 사용하다 보면 원하는 목적지 노드로 메시지를 전달하기 위해 여러 노드를 경유하게 되는 경우가 많은데, 이때 노드와 노드간 통신에서의 ARQ는 접근 제어 계층(MAC)에서 담당하게 되고, 메시지를 발생시킨 노드와 최종 목적지 노드간의 end-to-end ARQ는 전송계층에서 담당하게 된다. 또한 flooding등에 의해 불필요하게 중복 수신한 메시지 검출기능과 유효 시간이 경과된 메시지를 검출하는 transaction 기능도 전송계층에서 수행한다.

application 계층

응용계층은 센서나 각종 제어 기기간의 상호 호환성을 가능하게 하는 information-based 프로토콜을 구현한다. 즉, 각각의 기기간의 메시지 교환은 별도의 command set을 정의하는 것이 아니라, 표준화된 네트워크 변수(Network Variable, NV)값을 교환하는 것으로 대체된다. 따라서 서로 다른 제조사의 센서라 할지라도 센서 값을 읽는 특정한 명령어를 사용하지 않고 대신에 표준화된 네트워크 변수(NV)에 센서 입력력값을 저장하고 센서를 읽고자 하는 제어기 측에서도 별도의 명령어를 사용하는 것이 아니라 해당 네트워크 변수값(NV)을 참조하면 되므로 기기간의 상호 호환성

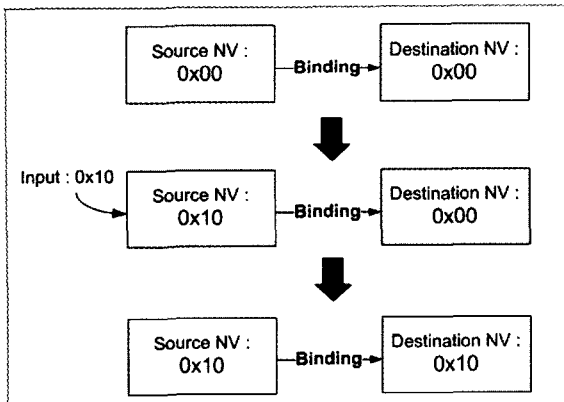


그림 3 XCP의 데이터 교환 방식

이 극대화 될 수 있다. 각 기기의 네트워크 변수는 네트워크 변수 바인딩(NV Binding)이라는 과정을 거쳐 노드간의 정보를 자동 교환하게 된다.

계층적 네트워크 구조

모든 네트워크는 도메인(Domain), 서브넷(Subnet), 그룹(Group) 그리고 노드(Node)의 계층으로 이루어지며 도메인이 가장 상위의 개념으로서 서브넷과 그룹 및 노드를 포함한다. 하나의 도메인 내부에는 여러 개의 서브넷이 존재 할 수 있으며, 각각의 서브넷은 서브넷 어드레스를 통해서 구별이 된다. 하나의 도메인 내부에는 서브넷과는 별개로 여러 개의 그룹이 존재할 수 있으며, 각각의 그룹은 그룹 어드레스를 통해 구별이 된다. 그룹과 서브넷은 서로 독립적인 개념이므로 서로 다른 서브넷에 속하는 노드들이 동일한 그룹에 속할 수 있으며, 반대로 서로 다른 그룹에 속하는 노드들이 동일한 서브넷에 속할 수도 있다. 동일한 서브넷에 속하는 각각의 노드는 동일한 서브넷 어드레스를 갖게 되고, 서로 다른 노드 어드레스를 통해 구분이 된다. 동일한 그룹에 속하는 각각의 노드 역시 동일한 그룹 어드레스를 갖게 되고, 서로 다른 멤버 ID를 통해 구별이 된다. 즉, 일반적인 노드가 갖게 되는 어드레스는 서브넷 어드레스 + 노드 어드레스 한 쌍과 여러 개의 그룹 어드레스 + 멤버 ID 조합을 가질 수 있다.

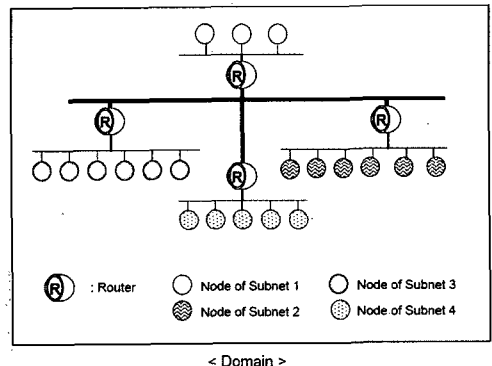


그림 4 Domain, Subnet, Node 구조도

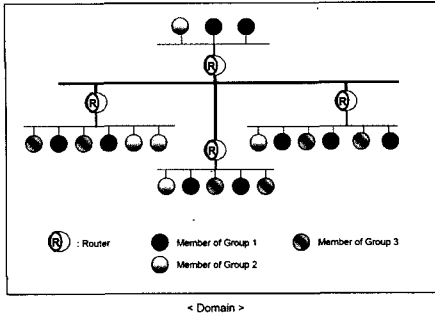


그림 5 Domain, Group, Member 구조도

표준 I/O 모듈 소개

XCP망과 가정 내 기기들인 센서 및 입출력 장치들과의 연동을 목적으로 개발한 표준 IO 모듈들은 각각의 용도에 따라서 '디지털 입/출력 모듈', '아날로그 입/출력 모듈', 'PWM 출력 모듈', 'PID 모듈', 'Pulse counter 모듈' 및 '스케줄러 모듈' 등이 있다. 각 기기

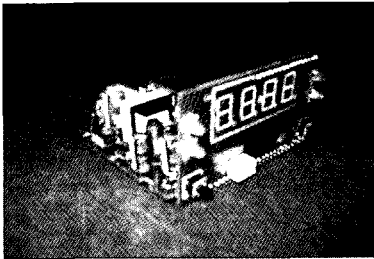


그림 6 XSN 모듈

들의 데이터 형식에 따라 구별하여 사용하며, 각각의 모듈들은 다수의 파라미터들을 제공하는데, 이들 파라미터들을 이용해서 환경에 맞는 용도로 변경하여 사용이 가능하다. PLC 모델인 XSN(Xeline Standard Node) 모델에 XCP Library와 함께 탑재되어 동작한다.

디지털 입/출력 모듈

XCP 프로토콜을 이용한 표준 I/O모듈로써, 경광등 및 자석센서 등과 연동할 수 있도록 디지털 입출력 데이터 처리용으로 개발되었다. 기본적인 구조는 그림7과 같다.

디지털 입력 모듈의 경우는 기본적인 디지털 입력 기능을 내장한 모듈로써, 각종 스위치를 사용해서, 디지털 출력 NV를 생성시키는 모듈이고, 반대로 디지털 출력 모듈의 경우는 NV인 디지털 입력을 받고 Enable 및 Inversion Input등의 값에 따라 적절한 Processing을 처리한 후 Inversion Output에 따라 Digital Out을 출력하는 모듈이다. 모듈은 세팅된 Mode_Select에 따라서 처리하는 과정이 나뉜다.

아날로그 입력 모듈

각종 가스센서 등 아날로그 값 처리를 위해서 개발된 표준 IO 모듈이다. 디지털 입/출력 모듈과 마찬가지로 각종 파라미터 값에 따라서 동작의 특성이 변화한다. 기본구조는 그림8과 같다.

센서를 통해 입력받은 전압, 전류, 저항, 온도 등의 값을 테이블 또는 변환 식을 참조하여 적합한 형태와

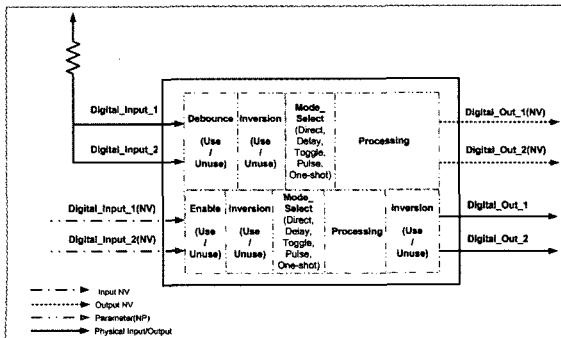


그림 7 표준 디지털 입출력 모듈 구성도

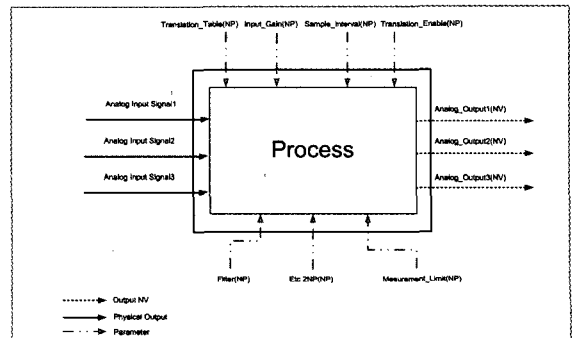


그림 8 표준 아날로그 입력 모듈 구성도

범위로 만들어 아날로그 입력으로 연결하며, 하드웨어와 연결 시 하드웨어의 물리적 입력 특성을 고려하여 파라미터를 지정해야 한다.

PWM 출력 모듈

SystemX와 연동하여 조광제어(dimming control)용으로 사용하는 표준 PWM 출력 모듈이다. 기본적인 구조는 그림9과 같고, XSN 모뎀에 탑재되어 동작된다. 모뎀에서 출력할 수 있는 PWM 출력신호가 최대 2채널까지 가능하므로, SystemX 형광램프가 모뎀 1개당 2개씩 장착이 가능하다.

파라미터인 Frequency와 Width의 값을 변화함에 따라 출력되는 PWM 신호의 듀티(duty)비 변화가 가능하며, 기타 파라미터들은 Cycle, option 등이 있다.

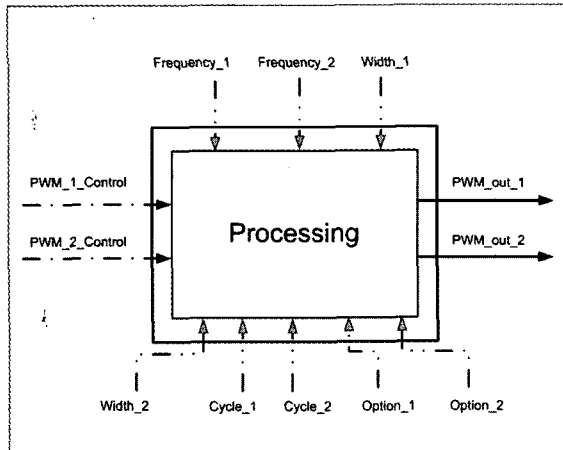


그림 9 표준 PWM 출력 모듈 구성도

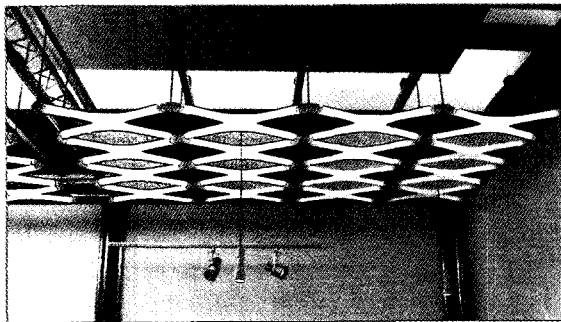


그림 10 SystemX 조광제어

조명시스템에의 응용

전력선 기반의 홈 네트워크 시스템을 위해서 XCP 프로토콜과 표준 IO 모듈들을 이용 및 개발하였고, 이 시스템을 응용하기 위해서 'PWM 출력 모듈'을 이용한 SystemX 조광제어 시스템을 구성 하였다. SystemX는 영문자 'X'의 모양을 한 형광등으로 조광제어가 가능한 안정기를 탑재한 형광등이며, 입력되는 PWM 신호의 듀티비에 따라서 형광램프의 밝기가 변화한다. 총 16개의 램프를 4X4 형식으로 설치를 한 후, 근접한 거리의 램프 한 쌍은 'PWM 출력 모듈'이 탑재된 XSN 모뎀 하나에서 각각 입력되는 PWM 신호를 통해 컨트롤 되는 구조로 구성하였다.

UI에서 컨트롤하는 방식은 개별제어 및 그룹 바인딩(Group Binding)이라는 멀티캐스팅(Multicasting)을 이용한 그룹제어가 있는데, 그룹제어시 저속 모뎀의 속도 한계상 UI로부터 근접한 거리에 있는 모뎀들이 먼저 명령을 받는 현상이 두드러지기 때문에 XSN 모뎀에 탑재되어 있는 RTC 타이머를 이용해서 UI로부터 각각의 XSN 모뎀의 RTC 세팅을 한 후, 명령을 멀티캐스팅 할 때 (명령+명령실행시간)의 형태로 전송하는 방식으로 구성하였다.

조명 패턴은 고정된 패턴과 UI에서 패턴 에디터(Pattern Editor)를 사용하여 생성한 패턴을 XSN 모뎀에 다운로드하여 사용하는 두 가지 방식이 있다. 고정된 패턴은 조명 연출 패턴을 미리 프로그램 하여 XSN 모뎀의 플래쉬 메모리(Flash Memory)에서 동작하고, 패턴 에디터를 이용하는 방식은 UI에서 사용자가 원하는 패턴을 생성한 뒤, XSN 모뎀의 램(RAM)에 다운로드해서 실행시킨다. 그림10는 SystemX를 활용한 조광제어의 모습이다.

UI(User Interface)

본 시스템의 메인컨트롤러로서 개발한 그림11의 UI는 PC상에서 동작을 하기 때문에 XCP망과의 인터페이스를 위한 XCP 라이브러리가 탑재된 모뎀이 필요하게 된다. 그리고 4장에서 언급한대로 UI에서 그룹제어를

하기위해서는 8개의 SystemX 컨트롤용 'PWM 출력 모듈' 들과 그룹 바인딩을 맺어야한다. 본 논문에서는 UI

와 XCP망과의 인터페이스를 위한 XSN 모듈의 명칭을 'Master' 라고 하고 전체시스템 구성도는 그림12와 같다.

UI의 역할은 개별 제어 및 그룹제어가 있고, 그림 13 와 같은 패턴 에디터를 통해 사용자가 원하는 조명 연출 패턴 생성 및 수정이 가능하다.

총 패턴의 개수는 63개까지 저장이 가능하고, 하나의 'PWM 출력 모듈' 에서 2개의 형광등을 컨트롤하기 때문에 그림13과 같이 UI 내부에 64x8의 2차원 배열을 생성한다.

64개의 배열 중 첫 번째 배열(1/64)은 사용자가 생성한 패턴의 전체 개수가 저장되는 용도로 사용하고, 같은 패턴 내에서 각각의 'PWM 출력 모듈' 들은 총 패턴의 개수가 모두 같기 때문에 그림14에서의 예제는 총 패턴의 개수가 10인 경우이다. 그림15는 각각의 배열 블록을 측면에서 본 구조도이다.

첫 번째 배열에만 총 패턴의 개수인 10이 들어가고 나머지 배열들은 사용자가 생성한 패턴의 조도(Dimming) 단계 값들을 저장하는 용도로 사용한다.

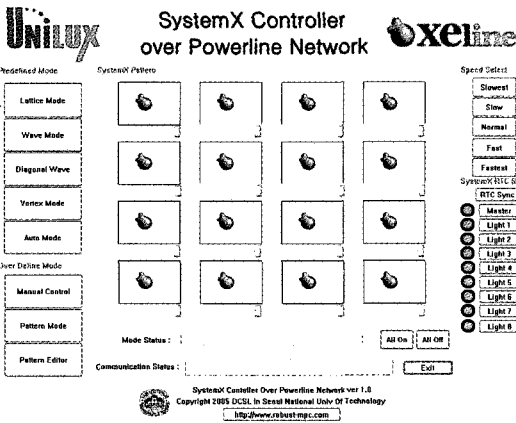


그림 11 UI 초기화면

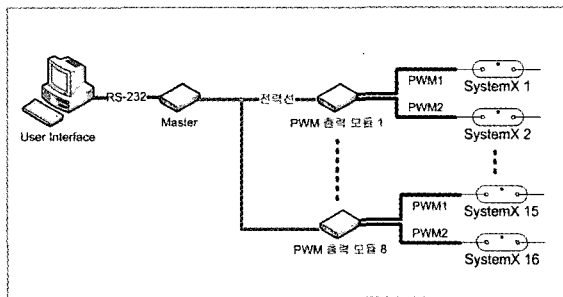


그림 12 지능형 홈 네트워크 전체 구성도

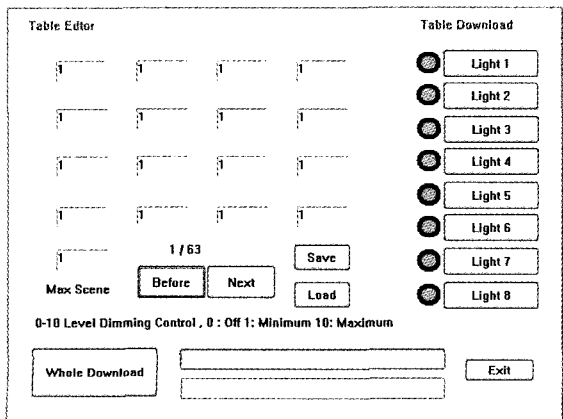


그림 13 패턴 에디터 초기화면

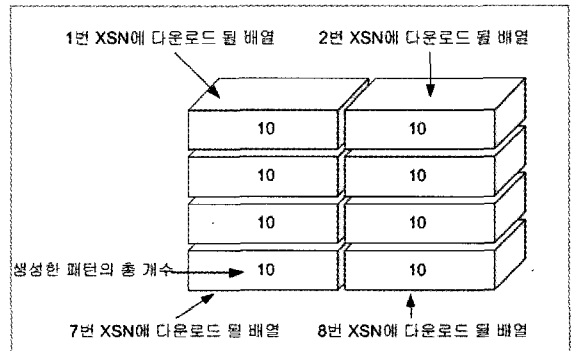


그림 14 생성한 패턴의 개수가 10인 UI내부 64x8 배열 구조도

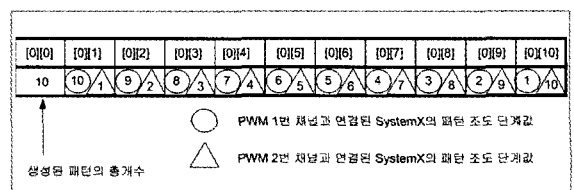


그림 15 1번 XSN 모듈에 다운로드 될 배열의 구조도

조도 단계 값은 'PWM 출력 모듈'에서 출력되는 PWM 신호의 듀티비와 형광램프의 밝기를 미리 테스트한 값들로 총 10단계로 설정하였다. 2개의 조도 단계 값은 하나당 4바이트씩 할당해서 저장한다. 이렇게 저장된 배열 값들은 각각의 'PWM 출력 모듈'들에 다운로드가 되고, 각각의 모듈들은 64의 배열을 할당하여 형광램프 2개의 값을 걸러내기 위해 쉬프트 연산을 한 뒤, 각각의 PWM값으로 적용한다.

UI의 추가적인 기능들로는 'PWM 출력 모듈'의 타이머 인터럽트(Timer Interrupt)를 이용한 형광등 조광 속도 컨트롤과 4장에서 언급한대로 명령실행시각을 위한 RTC 세팅 등이 있다.

결 론

본 고에서는 전력선 통신을 이용한 여러 가지 제어 네트워크 시스템 중에서도 많은 장점을 지닌 XCP를 활용한 지능형 홈 네트워크 시스템을 구현해 보았다.

저속 PLC 모뎀을 이용한 네트워크 시스템 구현 시 가장 고려해야 할 트래픽 관리문제는 UI와 'PWM 출력 모듈' 간의 그룹 바인딩을 통한 멀티 캐스팅으로 해

결하였고, 패턴 동작 모드 시에도 패턴 생성 초기에 다운로드를 함으로써, 그 다음부터의 패킷 생성량을 획기적으로 줄일 수 있었다.

본 고에서는 형광등을 이용한 원격 제어 시스템만을 생각해 보았지만, 경광등, Door Lock, 전동커튼 및 각종 센서들을 추가하고 HnCP를 활용한 가전기기 제어 및 고속 PLC 기반의 인터넷 망과의 연동이 이루어진다면 완성도 높은 홈 네트워크의 구성이 가능할 것이다..

[참 고 문 헌]

- [1] Bill Rose, WJR Consulting, inc, Home Networks a Standards Perspective, December 2001
- [2] Jae-Min Lee, "A New Home Network Protocol for Controlling and Monitoring Home Appliances-HNCP," ICCE 2002, pp. 312-313, 2002
- [3] 이감록 외, "HNCP Ver. 1.0에 기반한 전력선 홈 네트워크 시스템의 설계 및 구현" 전자공학회 추계학술대회 P179-182, 2003
- [4] (주)젤라인, "XCP specification V0.63", 2004년 1월