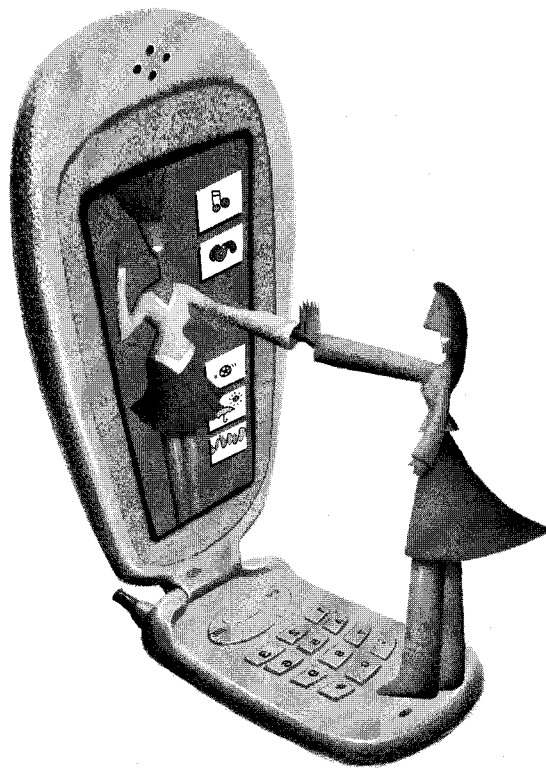


# PLC 기반 HNCP 홈 네트워크 기술

권육현, 명관주 | 서울대학교 전기컴퓨터 공학부 교수

## I. 서론

홈 네트워크의 발전에 따라 가정에서의 네트워크 구성을 위한 다양한 방법들이 제안되어 있다. 홈 네트워크는 매체의 전송 속도에 따라 크게 제어 네트워크, 데이터 네트워크, 멀티미디어 네트워크로 나뉘는데[1], 제어 네트워크는 가정 내 기기의 원격 제어 및 감시에 사용되는 망으로 전송데이터의 양이 적고 주기성을 지닌다. 제어 네트워크를 위한 전송 매체로 전력선은 재설치가 필요 없고, 가정 내에 콘센트가 많이 설치되어 있어 네트워크연결이 용이하다. HNCP는 전력선통신에 기반을 둔 가전기기의 제어 및 감시에 초점을 맞추어 제안된 프로토콜로 마스터-슬레이브의 구조를 가진다. HNCP는 구현 및 유지 관리가 용이하고 비용이 상대적으로 적게 드는 장점을 가지고 있다. 기존의 전력선 통신으로는 X-10[2], LonTalk[3,4], CEBus[5], LnCP[6] 등이 있었으나, 저속 전력선 통신에서 사용하기에는 여러 문제점이 있어 HNCP 스펙이 제안되었다[7, 8].



HNCP는 4계층 프로토콜 스펙으로서 기기 모델 간 인터페이스 규격을 포함한다. 또한 전력선에서의 열악한 환경을 극복하기 위해 매체 접근 제어 방법으로는 CSMA/CA를 사용하고 흐름 제어 방법으로 Stop-and-Wait ARQ (SW ARQ)를 사용한다[7, 8]. 하지만 HNCP가 실제 가정환경에서 사용되기 위해서는 성능에 대한 분석이 필요하며, 이에 대한 분석을 통해 HNCP를 실제 가정환경에서 적합한지 여부에 논문도 발표되고 있다. 본 논문에서는 HNCP의 소개와 특징 및 간단한 구현 사례에 대한 예를 통해 HNCP를 기반으로 하는 홈 네트워크의 기술에 대해 논한다.



## II. HNCN 소개

전력선은 설치가 용이하지만, 통신을 위한 매체가 아니므로 잡음 및 감쇄가 심하다.[2] 따라서 전력선 통신을 위한 새로운 표준이 제안되고, 기존의 이더넷통신 등에 비해 전력선 환경에서의 통신 성능이 안정적인 것을 보여주고 있다.[3] HNCN는 저속 전력선 통신 기반에서 가전기기의 제어 및 감시를 목표로 하여 설계되었다.[4]

HNCN는 다음의 특성을 지닌다.

- 다중 마스터 구조
- 4계층 프로토콜 : 물리계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 응용 계층
- 1 cycle 통신
- 기기 종류 또는 설치 장소에 따른 그룹 어드레스 사용
- 모뎀의 다양성 확장성 지원
- 표준 메시지 셋
- 기기 모뎀 간 인터페이스 규격 제공
- 네트워크 관리 제공
- 하우스 어드레스 사용

각 특징에 대해 아래에서 자세히 다루도록 한다.

### 2.1 다중 마스터 구조

HNCN는 여러 마스터가 존재 가능하다. 즉, 사용자 인터페이스 환경을 지닌 냉장고, TV, PC등의 지능형 기기들이 다른 가전기기를 제어하는 데 사용될 수 있다. 이를 위해서는 하나의 지능형 마스터가 슬레이브 기기를 제어할 경우, 다른 마스터는 Waiting 상태에 들어가게 된다. 동시에 한 기기의 제어는 할 수 없다는 것이다. 이는 여러 마스터가 존재할 경우, 동기를 맞추기 위해 필요한 것이다.

### 2.2 4계층 프로토콜

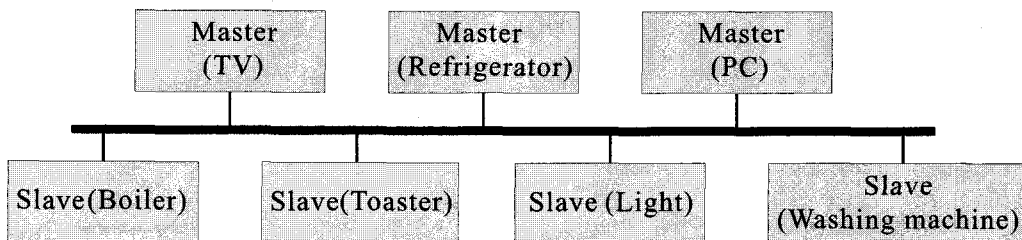
HNCN는 OSI 7계층 중 물리계층, 데이터링크계층, 네트워크계층, 응용계층의 4계층을 구성된다. 그러나 물리계층과 데이터링크계층의 일부는 모뎀의 다양성을 위해 정의되지 않은 상태이다. HNCN 전체 프레임 구조는 다음과 같다.

#### 2.2.1 데이터 링크 계층

HNCN 스펙에서는 데이터 링크 계층은 자세하게 정의되어 있지는 않다. 단지 아래와 같은 몇 가지 아이디어를 제공하고 있다.

- 매체 접근 제어 방법은 CSMA 방법을 사용한다.
- MAC SDU(service data unit)는 하우스 어드

■ ■ 그림 1 \_ HNCN의 Multi-Master 구조



레스와 프로토콜 정보(Protocol Information), 상위 계층의 데이터인 NPDU(Network layer protocol data unit)를 포함한다.

- Frame Trailer에 오류 검출 및 정정을 위해 FCS가 포함된다. FCS로 CRC-CCITT를 사용한다.

HNCP는 데이터 링크 계층에서 인접한 네트워크 망과 분리를 위해 하우스 어드레스를 사용한다. 네트워크 관리에서 하우스 어드레스를 생성할 경우 네트워크 관리에서 생성된 하우스 어드레스가 사용되며 네트워크 관리에서 제공하지 않을 경우 모뎀에서 제공하는 방법에 의해 생성한다. 하우스 어드레스가 충돌할 경우 해결 방안을 제공하여야 한다. 만일 전송된 프레임의 하우스 어드레스가 다를 경우, 이 프

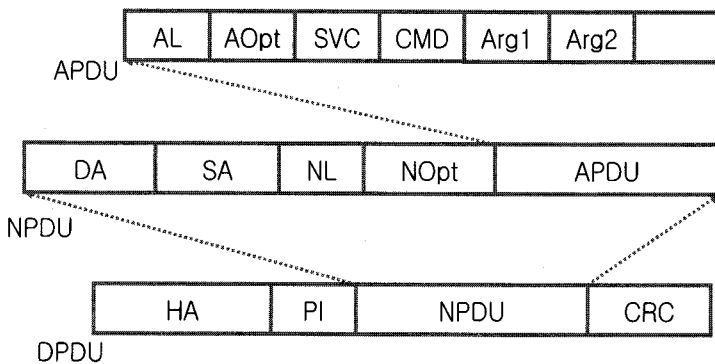
레이프는 MAC layer 부분에서 버려지게 된다. 이러한 경우는 차단 필터가 사용되지 않았을 경우, 이웃한 네트워크와의 충돌을 예방하기 위해 사용된다. HNCP에서는 하우스어드레스 외에도 인접 가정과 구별하기 위해 차단필터 (blocking filter)의 사용을 권장하고 있다. 아래는 HNCP의 데이터 링크 계층의 프레임 구조를 나타낸 것이다.

### 2.2.2 네트워크 계층

네트워크 계층은 통신에 관계된 응용 프로세스가 존재하는 시스템간의 데이터 교환 기능을 수행하는 계층이다. 데이터 연결계층의 상위에서 신뢰적인 네트워크 연결을 위해 흐름 관리, 오류 관리, 주소관리의 기능을 담당하는 계층이다. 네트워크 계층에서는 다음과 같은 기능을 지원한다.

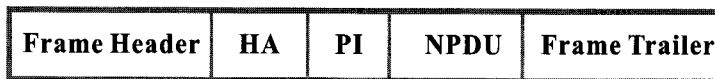
- 주소 관리 : 자신의 어드레스 및 전송하려는 기기의 주소를 저장한다. 이때 주소에 포함된 기기 정보 및 위치 정보를 사용하여 그룹 어드레스를 지정할 수 있으며 멀티캐스팅 및 브로드캐스팅 통신을 지원한다.
- 흐름 제어 : 1-Cycle 통신을 통해 패킷의 흐름을 제어한다.
- 오류 제어 : 일정시간 이내에 응답 패킷이 오지 않으면 데이터를 재전송한다. 재전송 횟수는 3회로 제한한다.

■ ■ ■ 그림 2 \_ HNCP 프레임 구조



APDU : Application layer data unit. NPDU : Network layer data unit.  
 DPDU : Data link layer data unit. AL : APDU length. AOpt : application layer option.  
 DA : destination address. SA : source address. NL : NPDU length.  
 NOpt: Network layer option. HA : house address. PI : packet information

■ ■ ■ 그림 3 \_ HNCP 데이터 링크 프레임 구조



또한 패킷 타입에 따라 4종류의 패킷을 제공한다.

- Request Packet
- Successful Response Packet



- Failed Response Packet
- Notification Packet

네트워크 계층에서는 전송 우선순위를 지정하여 전송할 수 있다. 전송 우선순위는 Master에 의해 결정되고, Slave가 응답할 때는 Master로부터 수신된 패킷의 전송 우선순위를 유지하여 전송한다. 아래는 HNCN의 네트워크 계층의 프레임 구조를 나타낸 것이다.

프레임의 각각의 필드에 대한 내용은 아래와 같다.

- ① DA/SA : 전송하려는 패킷의 수신 노드와 송신 노드의 주소로서 16 Bit로 구성되며, 최상위 1Bit는 Location ID와 Logical ID를 구분하기 위해 사용하는 Flag, 다음 7Bit는 기기의 종류를 나타내는 영역으로 처음 제품을 출하할 당시 정해지게 된다. 이 7Bit는 바뀌지 않는다. 하위 8Bit는 Location ID와 Logical ID를 나타내는 영역으로 사용자에게 의해 결정된다.
- ② PL : 전송하려는 NPDU의 전체 길이로서 111byte 이하의 값을 가진다. PL 필드의 값은

수신 시 필요한 버퍼의 크기를 미리 알게 해주고, 수신된 NPDU 데이터의 오류를 검출하는 데 이용된다. 최소값은 12이며, 최대값은 111이다.

- ③ NOpt : 전송하려는 NPDU의 전송 우선순위는 부가 정보를 표시한다. NOpt에 포함된 정보는 다음과 같다.

- SP (3bits) : Service Priority
- NHL (5bits) : NPDU Header Length
- PV (8bits) : Protocol Version
- NPT (3bits) : Network layer Packet Type
- RC (2bits) : Retransmission Counter
- PN (3bits) : Packet Number

### 2.2.3 응용 계층 프로토콜 데이터 구조

응용 계층에서의 프레임 구조는 다음과 같다.

- ① AL : APDU의 길이를 나타낸다. 메시지의 길이가 가변적이기 때문에 이를 알기 위한 정보이다. 응용 계층에서는 AL를 보고 APDU의 길이를 알아서 처리한다. 최소값은 3 바이트이며, 최대값은 103 바이트이다.

- ② AHL : 향후 메시지 필드의 확장을 위한 필드로서 메시지 필드의 암호화, 응용 Protocol의 변경 등의 경우 APDU header를 추가할 수 있다.

- ③ AOpt : 메시지 set의 Version-up, 타 응용 protocol과의 호환 등 메시지 set의 기능 확장을 위한 필드이다.

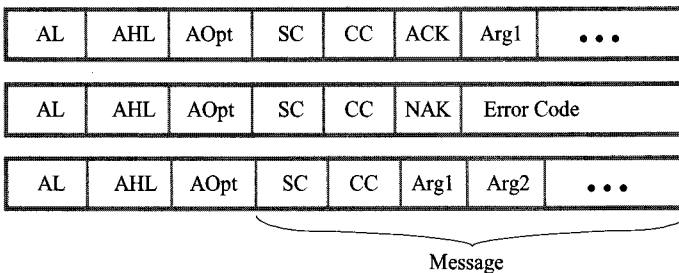
- ④ 메시지 : 아래와 같은 메시지로 분류한다.

- Request 메시지 : Master에서 Slave로 송신

■ 그림 4 \_ HNCN 네트워크 계층 프레임 구조



■ 그림 5 \_ 응용 계층 프로토콜 데이터 구조



- Response 메시지 : Slave에서 Master로 송신
- Notification 메시지 : Slave에서 Master로 송신

Request 메시지는 Service Code에 Request (R/W) 정보를 설정하고, Command Code나 이를 실행시키기 위한 인자로 구성된다. Response 메시지는 master로부터 수신한 Service Code에 Response(R/W) 정보를 설정하고, Command Code, ACK/NAK, 또는 실행결과를 나타내는 인자로 구성된다. Notification 메시지는 Service Code에 Notification 정보를 값을 설정하고, Command Code와 설정된 값을 인자로 구성된다.

### 2.3 기기 구분 주소 시스템

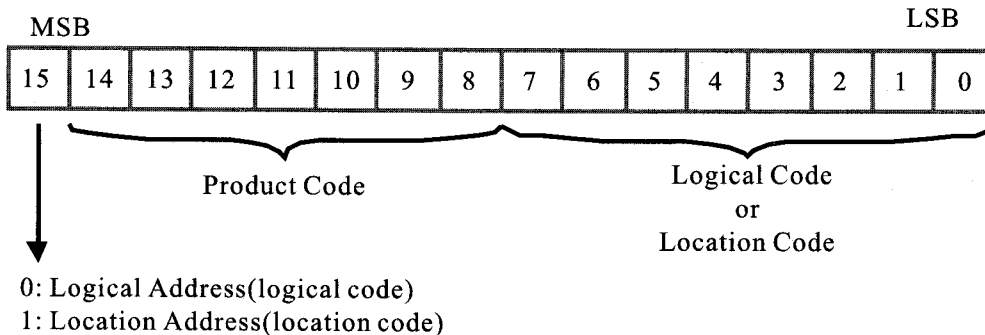
HNCP 기기의 주소는 주소분류 플래그와 제품 코드, 논리/장소 코드로 나뉜다. 아래 그림과 같이 제품코드는 7bits로 제품 출하시 고정되며, 맨 처음의 주소분류 플래그는 하위 8bits를 논리코드와 장소코드로 분류한다.

### 2.4 표준 메시지 셋

메시지는 아래의 그림과 같이 Master가 Slave로 기능수행을 요청하기 위한 Service Code(SC), Command Code(CC)와 이 Command를 수행하는데 필요한 Argument(Arg.), 그리고 Slave가 Command를 수행하고 나서 Master로 전송하는 인자들로 구성된다. 이러한 메시지를 정의하는데는 8 Bit급 MICOM에서의 프로그램 작업이 용이하도록 구성되고 정의되었다. 즉, 메시지가 침략 되더라도 쉽게 반영하여 프로그램할 수 있다.

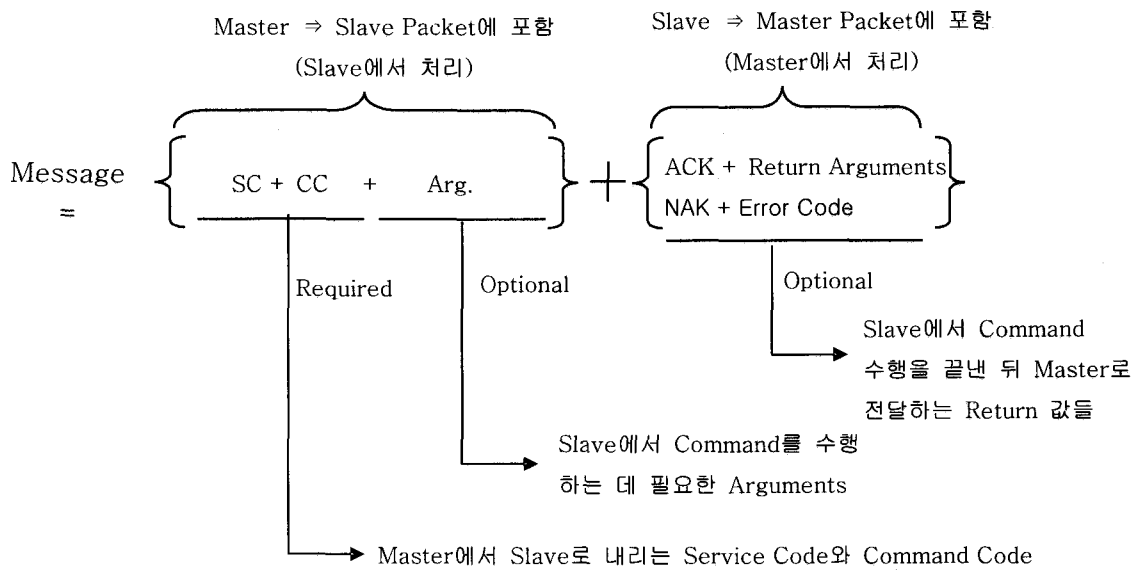
Service Code와 Command Code 각각 1Byte의 값으로 기기별로 최대 256개의 Command를 가질 수 있으며 반드시 포함되는 요소이다. Input Arguments와 Return Arguments는 Service Code와 Command Code에 따라 그 유무와 Byte 수가 결정된다. HNCP에서는 각각의 가전기기에 대한 모든 메시지를 정의하고 있으며, 기능의 추가 시에서 관련 변수를 설정하여 기능을 추가할 수 있도록 하였다. 아래 표는 HNCP 메시지 셋 중 에어컨 관련 내용의 일부이다.

■ ■ ■ 그림 6 \_ Address 구조





■ 그림 7 \_ HNCP 메시지 구조도



■ 표 1 \_ HNCP 에어컨 메시지 셋

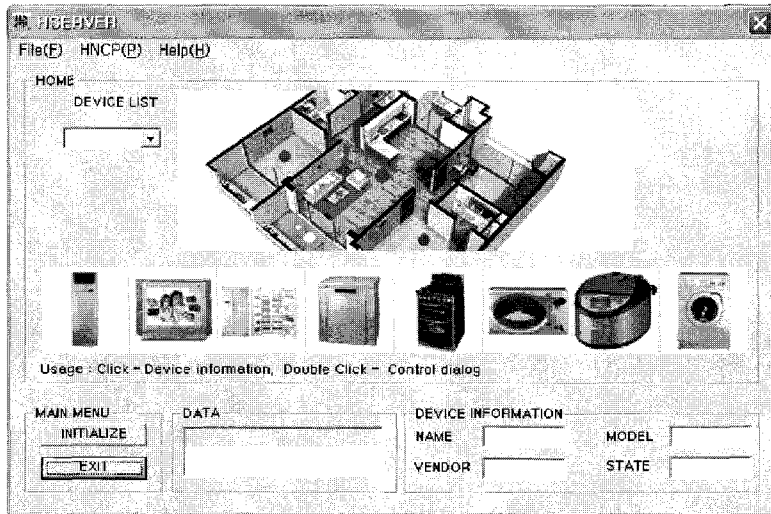
CC	DATA	Description
0x00	0/1	Reserve
001	0/1	Power On/Power Off
002	0/1	Start/Stop
003	0-4	Operation Mode
004	10-40	Room Temperature
005	10-40	Target Temperature
006	0-4	Wind Velocity
007	0/1	Wind Direction Up/Down
008	0/1	Wind Direction Left/Right
009	0-7	Subscription Mode

### III. HNCP 기기의 구현

HNCP 네트워크를 구성하기 위해서는 HNCP 드라이버와 이 드라이버를 이용한 상위 프로그램,

그리고, HNCP 기기를 네트워크를 통해서 제어하는 서버의 구현으로 이루어진다. HNCP 드라이버는 4계층 중 상위 3계층으로 구현되었다. 송신시 하위계층으로 전달되는 값은 계층별 데이터와 서비스 인자값이며, 응용계층에 전달되는 인자값은 서비스 코드와, 명령 코드, 명령 인자값이다. 네트워크계층에는 송/수신 주소, 재전송횟수, 패킷 번호, 패킷 종류, 전송 우선순위의 정보가 붙여진다. 수신시에는 이러한 정보를 해석하여 응용프로그램으로 올려 보낸다. 이러한 HNCP 드라이버를 전력선 모뎀에 포팅한 후, 실제 가전기기의 통신프로그램과 연결하였다. 이러한 가전기기를 제어하기 위해, 홈 서버용 프로그램을 제작하여 실제 환경과 같은 테스트 시스템을 구축하였다. 아래의 그림은 홈 서버용 프로그램의 프레임 구조이다. 프레임 구조는 크게 메인 프레임과 가전 기기별 제어/감시창으로 나뉘고, 가전기 기 정보창과 홈 서버 관리창, 네트워크 관리창이 기능에 따라 제공한다.

■ ■ 그림 8 \_ 홈서버 메인 프레임



이 화면을 통해 HNCF 네트워크를 구성하고 있는 가전기기의 연결 상태를 한 눈에 확인할 수 있고, 각각의 가전기기 상태창으로 연결할 수 있다. 원격 제어모듈은 홈 서버에서 가전기기 상태창을 통해 사용자가 명령을 전달하면, 네트워크를 통해 전달된 명령을 가전기기가 수행하고, 수행 결과를 동일한 명령 코드의 메시지 셋에 담아 홈 서버로 송신하는 과정을 거친다. 제어 명령은 동작명령과 상태 읽기로 나뉜다.

아래 그림은 에어컨의 상태확인 및 제어하는 화면으로, 환경에 따른 변화와 같은 자연적인 경우 또는 사용자의 명령에 의한 순차적 또는 시간적인 상태 변화를 나

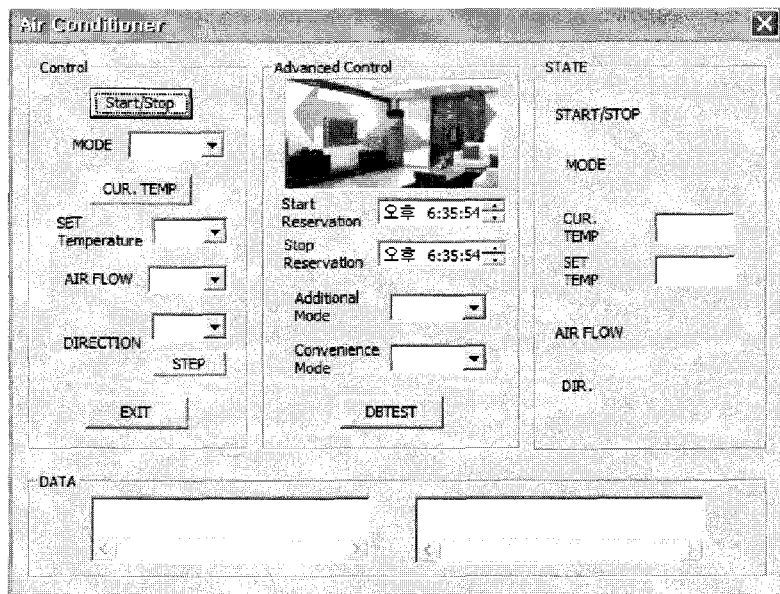
타낸다.

상태변화가 발생하면 가전기기는 즉각 변경된 상태정보의 명령코드와 인자값을 공지패킷 형식으로 네트워크에 알리고, 홈 서버는 이를 데이터베이스에 저장하거나, 가전기기 상태창에 표시한다.

#### IV. 결 론

전력선 기반의 HNCF 기술은 저용량 CPU에서도 동작이 가능하도록 가능한 한 간단하고, 단순한 구조를 가지고 있다. 따라서 전력선 기기에서의 마이크로 컨트롤러의 자원을 최소한으로 사용하고, 또한 마이크

■ ■ 그림 8 \_ 가전기기 상태창





로 컨트롤러가 기기 고유의 기능들을 수행하면서도 통신 기능을 처리할 수 있도록 설계되었다. 고용량 CPU에서는 멀티태스킹을 지원할 수 있도록 HNCP 드라이버를 개발할 수 있다. 본 논문에서는 전력선 기반의 HNCP 프로토콜에 대한 소개와 HNCP의 드라이버 개발, 실제 가전기기에 적용, 네

트워크의 가전기기를 원격으로 제어, 감시하고 네트워크를 관리하는 홈 서버의 구현을 통해 전력선 통신 네트워크의 실례와 향후 가능성을 제시하였다. 그리고 실제 홈 서버가 제공하는 기능과 동작을 통하여 전력선 기반의 HNCP가 홈 네트워크 환경에서 좋은 성능을 발휘하는 프로토콜임을 입증하였다.

#### 참고문헌

- [1] Feng-Li, Lian, James R.Moyne, and Dawn M.Tilbury, "Performance Evaluation of Control Networks", *IEEE Control Systems Magazine*, Feb 2001, p66-83
- [2] The X10 Specification, X-10 (USA) Inc. 1990.
- [3] LonTalk Protocol Specification Version 3.0. ECHELON Co., 1994.
- [4] W. S. Kim, L. W. Kim, C. E. Lee, K. D. Moon, and S. Kim, "A Control Protocol Architecture Based On LONTALK Protocol for Power Line Data Communications", *Proceedings of ICCE 2002*, vol. 1, pp. 310-311, 2002.
- [5] EIA-600 CEBus Standard Specification, EIA, 1992
- [6] Koon-Seok Lee, Hoan-Jhong Choi, Chang-Ho Kim, and Seung-Myun Baek, "A New Control Protocol for home appliances - LnCP", *Proceedings of ISIE 2001*, Vol. 1, pp. 286-291, 2001.
- [7] Home Network Control Protocol Prespec. Ver. 1.2, PLC Forum Korea, 2002
- [8] Jae-Min Lee, Kwan-Joo Myoung, Kam-Rok Lee, Dong-Sung Kim, Wok-Hyun Kwon, "A New Home Network Protocol for Controlling and monitoring Home Appliances-HNCP", *Digest of Technical Papers on ICCE*, pp. 312-313, 2002