

저속 전력선 통신 기반의 가전기기용 통신장치의 통신 인터페이스 모듈의 설계

이강록, 이재민, 명관주, 김동성, 권옥현
 서울대학교 전기컴퓨터 공학부 제어정보시스템 연구실

Design of Communication Interface Module for Home-appliances based on Low-speed Power Line Communications

Kam-Rok Lee, Jae-Min Lee, Kwan-Joo Myoung, Dong-Sung Kim, Wook-Hyun Kwon
 Control Information System Lab., School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul Nat'l Univ.

Abstract - In this paper, the design guideline of communication interface module for home-appliances is proposed. The requirements of the interface between white-goods and communication module are analyzed. Finally, the proposed interface structure is implemented using PLC technology.

1. 서 론

전력선 (Power Line Carrier, PLC)을 통하여 가전 기기간의 통신을 이루기 위해 가전기기는 통신장치를 필요로 한다. 이 때 가전기기와 통신장치간의 인터페이스 모듈이 형성되는데, 이 때 인터페이스 모듈은 가전기기와 통신장치 사이에서 전달되는 메시지에 대해서 투명성 (transparency), 신뢰성 (reliability), 유연성 (flexibility)을 제공해야 한다. 기존 연구들을 통해서 보면, 가전기기와 네트워크간의 신뢰성 문제를 주로 다루고 있고, 가전기기와 결합되는 통신장치에서의 인터페이스 부분은 현재까지 별로 제공된 바가 없다 [1]. 따라서 본 논문은 가전기기와 통신장치사이의 신뢰성 있는 통신 및 결합을 위한 통신 인터페이스 모듈 (Communication Interface Module, CIM)의 설계를 다룬다.

본 논문은 HNCP (Home Network Control Protocol) 프로토콜을 바탕으로 작성되어 졌다 [2]. HNCP는 홈 네트워크의 여러 구성 요소 중에서 전력선 통신 기반의 기기들 사이의 통신 방법에 대한 기준을 제공하는데 목적을 두고 제작된 표준 프로토콜로써, 4계층 프로토콜 구조, 표준 메시지 셋, 디바이스 모델간 인터페이스 규격, 다중 마스터-슬레이브 구조 등을 정의하고 있다. 따라서, 가전기기와 통신장치 사이의 인터페이스 모듈은 HNCP에서 제공되는 RS232C 인터페이스와 메시지 구조를 갖는다. 또한 본 논문은 현재 표준 제정을 통하여 많이 알려져 있는 RS232C 인터페이스 부분과 16C450 UART 방식을 참조하여 통신 인터페이스 모듈을 구현한다 [3, 4, 5].

본 논문에서는 먼저 본문에서 가전기기와 통신장치의 인터페이스 모듈 부분에서 요구되는 사항에 대해서 분석하고, 요구 사항을 바탕으로 통신장치의 인터페이스 모듈을 설계한다. 다음으로 제안된 인터페이스 모듈에 대하여 구현을 하고 결론을 맺는다.

2. 본 론

2.1 통신 인터페이스 모듈에 요구되는 사항

HNCP는 물리계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 응용 계층의 4계층으로 구성된다. HNCP에서 정의하는 모델은 네트워크 계층까지 지원하는 N타입과 데이터 링크 계층까지 지원하는 D타입의 두 가지로 나뉜다. 위와 같은 모델과 가전기기 사이에서 메시지는 응용계층부터 물리계층까지 4계층을 통과하여 전달된다. 따라서

가전기기와 모델 사이에 존재하는 통신 인터페이스 모듈은 계층과 계층사이에 존재하는 것이 되므로, 이러한 메시지에 대하여 투명성을 제공해야 한다.

통신 인터페이스 모듈은 이와 함께 데이터 전송에 대한 신뢰성을 제공해야 한다. 예를 들어 그림 1과 같이 서버 기능이 포함된 가전기기 (셋톱박스 or 냉장고)가 모델과 RS232C 시리얼 인터페이스를 통하여 결합된 경우에는 통신 인터페이스 모듈은 여러 응용 프로그램들이 시리얼 포트를 통해서 데이터를 보내는 경우와 전력선을 통하여 여러 데이터가 들어오는 경우에 대해서 흐름제어 기능을 가져야 한다. 따라서 신뢰성 있는 데이터 송수신을 위해서 데이터들의 구분, 에러 체크 및 처리, ACK 사용 등의 방법이 적용된다.

또한 모델이 NIC (Network Interface Card) 형태나 외장형 형태로 적용되는 경우 통신 인터페이스 모듈은 유연성을 제공해야 한다. 즉 플러그앤플레이 (plug-and-play)를 통하여 자동구성 (auto-configuration)이 된다면, 외장형 또는 NIC 형태의 모델이 갖는 장점, 즉 교체가 쉽고, 새로운 통신 기술이 쉽게 제공될 수 있고, 모듈을 업그레이드 및 사용하기가 쉽고, 네트워크에 대한 비용 부담 없이 가전기기가 제작될 수 있다는 점을 가전기기에 적용할 수가 있다 [6].

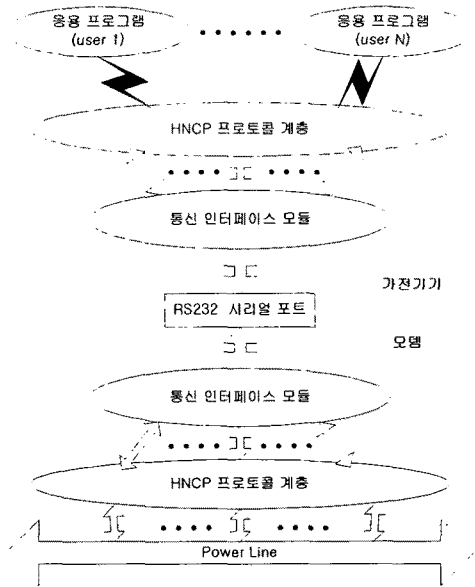


그림 1 서버 기능이 포함된 가전기기의 CIM의 구조

따라서, 이러한 투명성, 신뢰성, 유연성을 바탕으로 본 논문에서는 통신 인터페이스의 모듈을 구현한다.

2.2 통신 인터페이스 모듈의 설계

통신 인터페이스 모듈은 HNCP 프로토콜과 CIM에 요구되는 사항을 바탕으로 하여 CIM에서의 송수신되는 데이터의 패킷 구조와 송수신 방법을 고려하여 설계한다. 데이터의 패킷 구조는 기본적으로 데이터를 전송할 때와 데이터에 응답할 때의 두 가지 구조로 나뉜다. 그림 2는 CIM의 패킷 구조를 나타낸다.

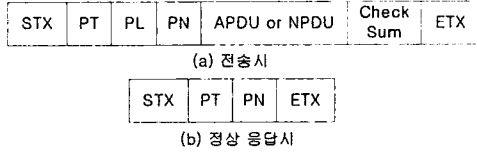


그림 2 CIM의 패킷 구조

표 1은 CIM의 패킷 구조에 대한 설명을 나타낸다.

표 1 CIM의 패킷 구조

CIM의 패킷 구조	설명
STX (1 byte)	Start of Text, '0xFD'를 사용
PT (1 byte)	Packet Type, 상위 1 bit는 flag로 사용 (전송:'0', 응답:'1'), 나머지 7 bits는 패킷 타입을 결정하는데 사용(표 2 참조)
PL (2 bytes)	Packet Length
APDU or NPDU (N bytes)	Application layer Protocol Data Unit or Network layer Protocol Data Unit
Checksum (1 byte)	APDU or NPDU 길이를 체크, Block checksum code 사용
ETX (1 byte)	End of Text, '0xFE' 사용

표 2 CIM의 Packet Type

Packet Type(7 bits)	Type Code
모뎀 정보 요청	0x11
하우스 어드레스 요청	0x12
하우스 어드레스 생성	0x13
정상 데이터	0x21
오류 데이터	0x22
예약	Not confirmed

데이터의 응답에 대한 패킷 구조는 CIM의 초기화 부분과 정상 동작 부분에서 각각 다른 구조를 가진다. 즉, Message type이 모뎀 정보 요청 및 하우스 어드레스 요청과 같은 type을 가질 때는 flag의 값만 다르게 전송되는 데이터와 같은 구조(그림 2의 (a))를 가지고, Message type이 정상 데이터와 같은 type을 가질 때는 그림 2의 (b)와 같은 패킷 구조를 갖는다.

2.2.1 CIM의 초기화 부분

통신 인터페이스 모듈간의 초기화는 RS232의 기본적인 설정(보레이트, 시작 비트, 정지 비트, 패리티 비트 등)과 함께 송수신 타입(모뎀 타입 등)을 결정하는 것과 하우스 어드레스 생성으로 구성된다. 보레이트는 초기에 2400bps로 기본 설정되며, 차후에 송수신 타입을 결정 시에 조정된다. 초기화 부분에서 데이터의 전송과 응답은 같은 패킷 구조를 사용한다. 따라서 패킷 구조는 그림 2와 같은 구조를 가지게 되며, '모뎀 정보 요청'과 '하우스 어드레스 요청 및 생성'이라는 두 가지의 패킷 타입을 갖는다. 모뎀 정보 요청 시에 통신 인터페이스 모듈은 모뎀으로부터 모뎀의 통신 속도와 S/N, 모뎀의 타입(N 타입 or D 타입) 등의 정보를 받아서 가전기기

로 그 정보를 전달한다. 이 때 가전기기의 네트워크 관리자(Network Manager)는 모뎀의 타입을 결정하게 된다. 모뎀이 초기화될 때 하우스 어드레스는 '0'으로 설정되어 있게 된다. 통신 인터페이스 모듈은 모뎀으로부터 하우스 어드레스 요청 메시지를 받아 그 값을 네트워크 관리기로 전달한다. 네트워크 관리기는 CIM으로부터 받은 모뎀의 하우스 어드레스 값이 '0'이라면 적절한 하우스 어드레스를 생성시켜 모뎀에 하우스 어드레스를 부여한다.

외장형 모뎀의 경우에는, 모뎀이 나중에 가전기기에 결합되는 경우가 있을 수 있다. 따라서 통신 인터페이스 모듈은 이러한 경우를 위해 RS232 핀들 중 DSR(Data Set Ready) 핀을 체크하게 된다. 모뎀이 가전기에 연결되는 경우 DSR 핀은 '1'로 설정된다. 따라서 통신 인터페이스 모듈은 이 핀의 값이 '1'이 아닐 때 대기 모드로 들어가며, 인터럽트 형식으로 이 값을 체크한다. 이것은 하드웨어적으로 구현이 된다.

2.2.2 CIM의 정상 동작 부분

정상 동작 중에 통신 인터페이스 모듈은 정상 데이터의 패킷 타입을 이용하게 되며, 패킷 구조는 데이터의 전송과 응답에 대해서 각각 그림 2의 (a)와 (b)의 구조를 갖는다. 정상 동작 중에는 통신 인터페이스 모듈간에 신뢰성 있고 빠른 데이터의 전송이 요구된다. 따라서 이를 위해 통신 인터페이스 모듈은 송신과 수신 부분에 각각 버퍼를 구현한다. 송신 버퍼는 패킷의 크기(최대 262 bytes)에 따라서 유동적인 하나의 버퍼를 두며, 수신 쪽은 최대 262 bytes의 크기를 갖는 고정된 버퍼와 고정된 버퍼로부터 정상 데이터를 얻어냈을 때 저장되는 유동적인 버퍼(최대 257 bytes)를 둔다. 그림 3은 이러한 버퍼를 이용한 통신 인터페이스 모듈의 송수신 구조를 나타낸다.

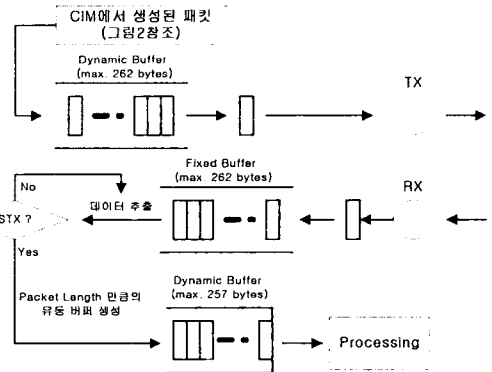


그림 3 버퍼를 이용한 CIM의 송수신 구조

통신 인터페이스 모듈은 메시지를 송신 시에 그림 1과 같은 경우를 고려하여 흐름제어를 위한 CBT(Contention based Transmission) 방법을 사용한다. CBT는 송신을 위한 'Locked Key'를 제공한다. 통신 인터페이스 모듈은 경쟁(contention)을 통하여 먼저 CIM에 들어온 응용 프로그램에게 key를 제공하고 이 때 송신은 'locked' 된다. 이 때 다른 응용 프로그램들은 key가 반환될 때까지 기다리게 된다. key를 점유한 응용 프로그램은 CIM의 송신 버퍼를 통하여 송신을 한 다음, key를 반환하고 ACK를 기다리게 된다. 이 때 기다리던 응용 프로그램들은 다시 CBT 기법을 통하여 key를 얻게 된다. 이러한 CBT 기법을 사용하면 여러 응용 프로그램들에 대해서 ACK가 만들어지므로 통신 인터페이스 모듈은 이러한 각각의 응용 프로그램의 데이터에 대해서 'Packet Number'를 부여하여 ACK를 구분한다(그림 2의 (b) 참조). 각각의 응용 프로그램은

데이터를 전송한 다음 일정 시간동안 ACK를 기다리고 정해진 시간 내에 ACK가 오지 않으면 재전송을 한다. ACK를 기다리는 시간은 응용 프로그램에서 송신한 데이터의 마지막 바이트가 CIM의 RS232를 통하여 모뎀으로 수신되는 시간과 모뎀에서 받은 데이터의 처리 시간, 그리고 다시 모뎀의 CIM을 통하여 ACK가 보내지는 시간을 고려하여 정해진다. RS232는 RX와 TX를 따로 가지는 이중 방식이므로 모뎀의 CIM을 통하여 ACK가 보내질 때 전력선을 통하여 이미 데이터가 보내지고 있는 경우를 고려해볼 수 있다. 따라서 ACK를 보내는 시간은 이 시간을 추가적으로 고려한다. 최대전송 지연시간은 이미 보내지고 있는 데이터 (APDU or NPDU)의 길이가 255 bytes일 때이다. 따라서 응용 프로그램에서 ACK를 기다리는 시간은 최대전송지연시간을 고려하여

$$T_{ACK} = \frac{10\text{bits}}{M} + (P.T) + \frac{(7+255) \times 10\text{bits}}{M} + \frac{4 \times 10\text{bits}}{M}$$

와 같이 설정한다. 여기서 M은 RS232의 baud rate이고 (P.T)는 모뎀에서의 프로세싱 타임이다. 1 byte당 시작비트와 정지비트가 더해지므로 총 10bits의 데이터가 송신된다. 채널의 길이는 거의 없기 때문에 이로 인한 지연시간은 무시한다.

외장형 모뎀의 경우는 정상 동작 중에 여러 원인으로 인하여 모뎀이 'unplugged'되는 경우가 있을 수 있다. 모뎀이 unplugged되는 경우에는 DSR 값이 '0'으로 변환되고 이 때 인터럽트가 발생하여 가전기기의 CIM은 이러한 인터럽트를 처리하게 된다. 즉, 모든 송수신을 중단하고 보레이트를 2400bps의 기본 값으로 설정한 다음 초기화 부분과 같이 대기모드로 들어간다. 이후의 과정은 초기화 부분에서와 같다.

2.2.3 CIM이 내장된 가전기기

그림 4는 제안된 CIM이 내장된 가전기기의 모습을 나타낸다. 보여지는 것처럼 저속 전력선 모뎀을 이용하면 모뎀은 내부적으로 가전기기의 전원을 얻어 씀으로써 별도의 선을 제공하지 않기 때문에 간결한 구조를 제공하며 가정 내에서의 설치가 쉽다. 장점을 갖는다. 커플링 회로에서 전력선으로 들어오는 60Hz의 반송파를 차단하고 신호를 걸러내는 부분과 침입이 동작할 수 있는 전압레벨을 만들어 주는 부분으로 구성된다.

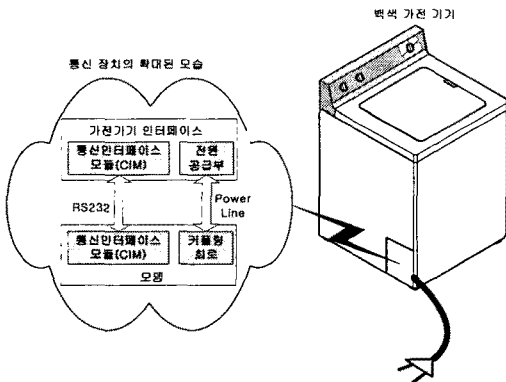


그림 4 CIM이 내장된 통신용 가전기기

2.3 제안된 통신 인터페이스 모듈의 구현

CIM의 구현은 PC 2대를 이용하여 C언어로 구현하였다. 이것은 향후 실제 모뎀에 이식 가능하도록 하기 위한 것이다. PC 1은 CIM이 구현된 가전기기를 나타내며 PC 2는 CIM이 구현된 모뎀을 나타낸다. RS232 통신으로는 16C450 UART 방식을 사용하여 제안된

CIM의 송수신 버퍼를 구현하였다. 그림 5는 제안된 CIM의 구조를 PC 2대를 이용하여 구현한 모습을 나타낸다.

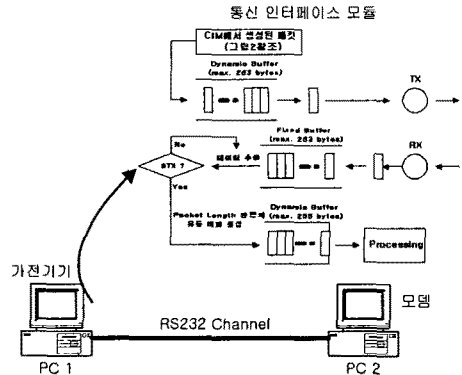


그림 5 PC 2대를 이용한 CIM의 구현

3. 결 론

본 논문은 저속 전력선 통신에 기반한 가전기기의 통신장치를 위한 통신 인터페이스 모듈 (CIM)의 설계에 초점을 두었다. 데이터의 신뢰성 및 유연성을 보장하기 위하여 데이터의 구분 및 여러 체크를 위한 패키지 구조가 데이터의 전송과 응답에 대해서 각각 제안되었다. 그리고 CIM 간의 초기화 및 정상 동작을 위한 메시지의 타입을 설정하였다. 또한 CBT 방법을 통하여 CIM 간에 신뢰성 있고 빠른 데이터의 전송이 가능하도록 설계하였다. 또한 외장형 모뎀의 경우를 고려하여 모뎀이 가전기기에 나중에 연결되는 경우와 정상 동작 중에 모뎀이 'unplugged' 되는 경우에 대하여 간단한 방법을 소개하였고 CIM이 내장된 가전기기의 형태를 제안하였다. 앞으로 제안된 통신 인터페이스 모듈을 HNCP 프로토콜을 바탕으로 구현하여 CIM의 적용가능성을 검증하였다.

향후에 제안된 통신 인터페이스 모듈은 HNCP 프로토콜을 이용한 모뎀 및 가전기기에 참조되어질 것이며, 앞으로 더욱 구체적인 CIM의 설계가 이루어질 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문의 연구를 위해 도움을 주신 한국 전기연구원 및 PLC 포럼 코리아에 감사를 드립니다.

(참고 문헌)

- [1] Yi-Min Wang, Arora A, Russel W., Jun Xu and Jagannathan R.K., "Towards dependable home networking: an experience report", Dependable Systems and Networks, International Conference on, pp. 43-48, 2000.
- [2] "Home Network Control Protocol(HNCP) PreSpec. ver.1.0", April 2002.
- [3] "IEEE standard serial interface for programmable instrumentation", IEEE Std 1174-2000, pp.1-30, 2001.
- [4] "RS232 Specification", available to <http://my.dreamwiz.com/drshin/rs232-Tech01.htm>
- [5] "RS232 Specification", available to <http://www.sysbas.com/korean/html/qa-02.htm>
- [6] Glen Commingham Larry Wethje and Todd Rytting, "Aham's initiative to facilitate the interoperability of smart appliances", Presentation to IATC, March 2001.