

Softwire Protocol에 기반한 옥내 전력선 통신 장치의 설계

조성국, 김동성, 명관주, 윤지훈, 권옥현

서울대학교 전기공학부

전화 : 02-873-2279 / 핸드폰 : 016-336-4762

Design of the residential power line communication device based on Softwire Protocol

Sung Kug Cho, Dong Sung Kim, Kwanjoo Myoung, Ji Hun Yun, Wook Hyun Kwon
Dept. of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University

E-mail : koogi@cisl.snu.ac.kr

Abstract

This paper proposes to design the residential power line communication device using Softwire Protocol, which targets the device with 8bit micro-controller and small-size memory based on low-rate power line communication network or wireless communication network. As a case study, the SCP message specification of air-conditioner that has capability of control and monitoring its status is designed using Softwire Protocol. And, it is described how the device operates sequentially.

I. 서론

전력선을 이용한 홈 네트워크 기술은 이미 많은 규약으로 개발되었고 다양한 시스템에 적용하려는 연구가 진행 중에 있다. 전력선을 이용한 홈 네트워크 기술은 옥내의 제어 네트워크의 설계와 이에 수반하는 백색 가전의 홈 오토메이션 구현에 초점이 맞추어져

있다.

기존의 전력선 통신 규약으로는 X10, CEBus, Lonworks 등을 들 수 있다. X10은 원격 ON/OFF 정도의 간단한 통신을 지원하며, 전송속도는 60 bps로 저속이다[1]. 또한 단방향 통신이기 때문에 통신의 신뢰성이 떨어지고, 다양한 백색 가전을 수용할 만한 전송속도를 보장하지 못한다. CEBus(Consumer Electronic Bus)는 미국 가전업체 협의회에서 홈 오토메이션 시스템 구성을 위해 제시한 전력선 통신 규약이다[2]. 전력선 뿐만 아니라 다양한 매체를 이용할 수 있게 되어 있지만, 현재 전력선 매체를 중심으로 연구 중이다. CEBus의 물리계층을 지원하는 전력선 통신 칩을 이미 개발되어 있는데, 이러한 칩 중에서 Domsys사의 CEWay PL-One은 내부 또는 외부 메모리의 읽기/쓰기 기능을 지원하는 마이크로컨트롤러를 포함하고 있어 새로운 통신 규약이나 어플리케이션을 구현하려는 개발자의 요구를 수용해 주고 있다[3]. Lonworks는 분산 네트워크 환경에서의 상호 운용성의 증대와 시스템 개발 및 통합 작업의 단순화 등을 목표로 하여 제시된 통신규약이다[4]. Lonworks는 각 장치마다 Neuron Chip를 통해 고유의 ID를 할당받게 되며, Neuron Chip의 메모리 혹은 외부 메모리에 프로그램을 기록하여, 간단하게 Lonworks 장치를 개발할 수

있다. 그러나, Softwire Protocol에서 고려하고 있는 장치의 마이크로컨트롤러와 내부 메모리의 크기로 볼 때, 각 장치별로 Neuron Chip을 포함하여 구현하는 것은 기술적, 경제적 비용을 지나치게 증가시키는 일이다.

이와 같은 기존의 전력선 통신 규약의 문제점은 상호 운용가능성(interoperability)에 있다. 다양한 제품을 포함하는 홈 네트워크 환경에서 통신 규약마다 다른 제어 네트워크에서 동작해야 한다면 홈 오토메이션을 위한 작업은 매우 복잡하고 다양한 문제를 수반하게 될 것이다. 또, 위와 같은 제어 네트워크 뿐만 아니라, 데이터 네트워크나 A/V 네트워크와의 상호 운용가능성도 매우 중요한 문제이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 제시된 것이 마이크로소프트의 Softwire Protocol이다. Softwire Protocol은 일반적으로 SCP(Simple Control Protocol)로 표현한다. SCP는 저속 전력선 통신 기반의 네트워크 구성을 위해 제시되었다[5].

SCP는 TCP/IP 모듈을 포함할 능력을 가지지 못하는 장치의 마이크로컨트롤러를 대상으로 저속 전력선 통신망과 TCP/IP 통신망의 통신을 위해 제시된 통신규약이라 할 수 있다. SCP는 X10과 CEBus의 통신 규약의 일부를 수용하고 있으며, 데이터 네트워크나 A/V 네트워크와의 상호운용을 위해 UPnP(Universal Plug and Play)-to-SCP Bridge와 Proxy device의 개념을 도입하고 있다[6,7].

본 논문에서는 SCP를 전력선 통신 기반의 홈 오토메이션 장치에 적용하고, 동작 시나리오를 제시한다. II장에서는 SCP를 이용한 옥내 전력선 통신 기반의 장치를 설계하고 III장에서는 설계된 장치의 동작 시나리오를 제시하고, IV장에서 결론을 맺는다.

II. SCP를 이용한 옥내 전력선 통신 장치의 설계

2.1 SCP 규약의 소개

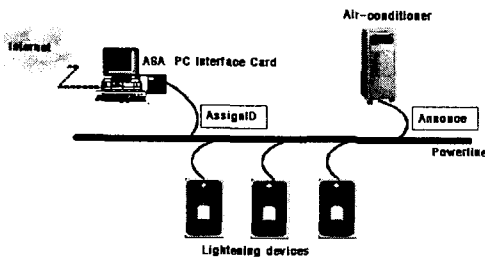


그림 1 SCP를 이용한 옥내 전력선 통신

위의 그림 1은 SCP를 이용한 옥내 통신망의 구조에 대해 보여주고 있다. SCP는 일종의 마스터-슬레이브 구조를 가지고 있으며, ASA(Address Space Arbitrator)라 부르는 특정 장치가 마스터에 해당한다. ASA는 PC 인터페이스 카드나 SCP 임베디드 장치에 복합장치로 제공되게 되며, PC와 전력선 사이의 통신을 중개하게 된다. 각 장치는 8비트 마이크로 컨트롤러를 사용하는 저속의 전력선 통신 모듈에 해당하며, 각각 고유의 Network ID와 Device ID를 부여받는다.

장치가 새롭게 네트워크에 포함되면, 그 장치는 자신이 네트워크에 새로이 포함되었다는 사실을 알린다. 이 메시지를 받은 ASA는 기존의 DeviceID와 중복되지 않도록 새로운 장치에 ID를 할당하고 Device ID Lookup-Table을 갱신한다.

2.2 SCP 장치의 설계 : 사례연구 - 에어컨

SCP 장치는 Property와 Action으로 구성된다. Property는 장치의 상태를 나타내며, 16비트의 Property ID로 구분하며, 해당 Property의 특성에 따라 각기 다른 형식을 갖는다. 제품 특성과 개발 목적에 따라 다양한 Property를 정의할 수 있으며, 규약에 미리 정의된 Property도 존재하며, 주요부분을 소개하면 그림 2와 같다.

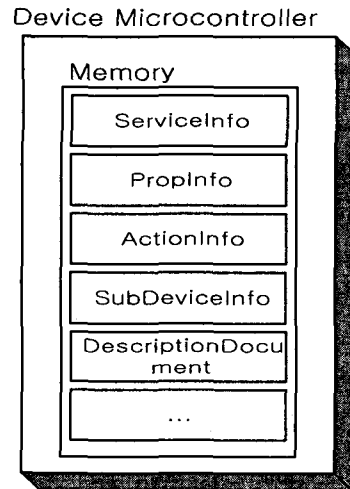


그림 2 Device Microcontroller for SCP

우선, ServiceInfo는 장치에서 구현될 Service의 정보를 포함한다. SCP에서 Service는 Property 또는 Action의 집합을 의미한다. Property와 대비되는 개념인 Action은 Property와 같이 메시지 교환이 이루어질 필요가 없는 서비스에 대한 정보를 담게 된다. 예를

들어, "Reset"기능을 수행해야 한다면, 이 때, 이 명령이 전달된 후, 메시지 교환이 일어나는 것은 부적합한 과정이다. 다음의 PropInfo는 장치에서 이용할 수 있는 Property의 정보를 나타내며, ActionInfo는 장치에서 이용할 수 있는 Action의 정보를 나타낸다. SubDeviceInfo는 장치에 포함된 논리적 하위장치에 대한 정보를 나타낸다. 이 Property의 데이터 크기는 하위장치의 개수와 내용에 따라 달라지며, 하위장치가 존재하지 않을 경우 공백이 된다.

DescriptionDocument는 UPnP와의 상호운용 가능성을 위해 존재한다. 이 Property는 UPnP의 Device Description과 동일한 구조를 갖게 되며, 조명장치와 같이 간단한 제어장치에는 포함되지 않을 수도 있다. 그 밖에 생산자, 제품명과 제품의 버전, 이벤트 처리를 담당하는 Property등이 정의되어 있다.

이와 같은 미리 정의된 Property에서 개발자가 SCP 장치를 설계하는 과정에서 구현해야 할 Property는 ServiceInfo, PropInfo, ActionInfo이다.

Property의 설계 사례는 에어컨을 대상으로 한다. 에어컨은 온도 관련, 풍량 및 풍향 관련, 소비 에너지 측정 관련, 동작 관련, 타이머 관련 부분으로 구성하였으며, 타이머는 에어컨의 논리적 하위장치로 고려하여 본 논문에는 기술하지 않았다.

에어컨의 ServiceInfo, PropInfo, ActionInfo 설계는 다음과 같다.

표 1 ServiceInfo for Air-conditioner

Service ID	Service Name
0x0012	"Temperature"
0x0023	"Wind"
0x0042	"Energy"
0x0000	"Operation"

표 1은 에어컨의 Service에 대한 정보를 나타낸다. 위에서 언급한 바와 같이 에어컨의 온도 관련, 풍량 및 풍향 관련, 소비에너지 측정 관련, 동작 관련 부분으로 구분하였다. 표 2와 표 3에서 Service index는 각 PropInfo나 ActionInfo가 어떤 Service에 포함되는지를 나타내며, "Temperature", "Wind", "Energy"는 PropInfo의 Property를 가지며, "Operation"은 메시지 교환을 요구하지 않으므로 Action으로 설정되어 있다.

표 2 PropInfo for Air-conditioner

Service Index	Flags	Type	Property Name
0	R,W,S	Float	"Temperature"
1	R,W,S	Int	"AirForce"
1	R,W,S	Int	"AirDirection"
2	R,S	Float	"AC_EnergyConsumption"

표 2에서 Flag는 Property의 특성을 나타낸다. R(Readable)을 읽기 모드가 가능함을 나타내며, W(Writable)는 쓰기 모드가 가능함을 나타낸다. S(Subscribable)는 이벤트 처리 모드를 사용할 수 있음을 나타낸다. 각 Property는 고유의 Type을 가질 수 있으며, 공백을 나타내는 Empty, 데이터의 크기가 정해져 있는 Int, Float, 문자열을 나타내는 String, 다양한 형식을 가질 수 있는 Blob 형식 중의 하나로 설정할 수 있다.

표 3 ActionInfo for Air-conditioner

Service Index	Input parameter	Output parameter	Action Name
3	Empty	Empty	"AC_Start"
3	Empty	Empty	"AC_Stop"
3	Empty	Empty	"AC_End"
3	Empty	Empty	"AC_Resume"

표 3에서 각 Action은 입력 매개 변수와 출력 매개 변수를 가질 수 있는데, 이 경우에는는 별도의 매개 변수를 필요치 않아 모두 Empty에 해당한다.

III. SCP를 이용한 옥내 전력선 통신 장치의 동작 시나리오 및 분석

3.1 장치의 동작 시나리오

II장에서 설계한 SCP 장치를 토대로 동작 시나리오를 보인다.

표 4. SCP기반의 장치의 동작 시나리오

1-1. New SCP device is attached. 1-2. New SCP device sends "Announce" message. 1-3. ASA receives "Announce" message. 1-4. ASA gives "AssignID" message to new SCP device. 1-5. New SCP is assigned NetworkID and unique Device ID. 2-1. User sets new temperature on air-conditioner. 2-2. Command packet is sent to air-conditioner, via ASA. 2-3. air-conditioner processes user command. 2-4. Ack message is sent to user interface on PC.

표 4의 1-1부터 1-5까지의 동작과정은 새로운 SCP 장치가 전력선 네트워크에 나타났을 때, 일어나는 과정을 보여준다. 먼저 새로운 SCP 장치는 "Announce" 메시지를 네트워크에 전달하고, 이 메시지는 ASA에서 처리된다. ASA는 새로운 SCP 장치의 NetworkID와 DeviceID를 할당하고, 기존의 장치와 중복되는지를 검사한다. 할당된 NetworkID와 DeviceID는 AssignID 메시지를 통해 새로운 장치로 전달된다.

2-1부터 2-4까지의 동작과정은 장치가 네트워크에 연결된 후, 사용자의 명령이 처리되는 과정을 보여준다. 사용자가 홈 네트워크의 PC, 또는 홈 네트워크의 PC에 접속할 수 있는 인터넷환경이 지원되는 장치를 통해 에어컨의 유저 인터페이스에 접근한다. 예를 들어 온도를 조절하는 명령을 수행하면, 그 명령어 패킷은 PC에서 ASA PC Interface Card를 통해 전력선 통신망에 전달된다. NetworkID와 DeviceID를 통해 에어컨 장치를 찾은 후, 해당 명령을 PropInfo에서 찾는다. 명령어를 수행한 후, Ack(Acknowledgement) 메시지를 반환하게 된다.

3.2 ASA의 오동작 사례 분석

SCP를 이용한 동작 시나리오에서 살펴보면, ASA의 역할이 매우 중요함을 알 수 있다. ASA는 새로운 장치의 네트워크 연결을 담당하고 있을 뿐 아니라, 통신이 이루어질 때, 각 디바이스의 접근주소에 해당하는 NetworkID와 DeviceID를 관리하는 역할을 담당한다. 만약 ASA가 정상적으로 동작하지 않는다면, 전력선 통신망 전체가 동작되지 않는 상황이 발생하게 된다. 따라서, ASA 동작의 오동작 사례를 살펴보고, 그 해결 방안을 마련하는 일은 네트워크의 지속적인 동작을 위해 가장 중요한 부분에 해당된다고 볼 수 있다. 이를 정리하면 표 5와 같다.

표 5 ASA의 Error 상황과 해결방안

ID Lookup table corruption	ASA가 모든 장치에 Announce 메시지에 대한 요청 broadcasting 하여 Lookup table을 재설정하고 ID를 재부여한다.
Packet noise repetition	에러가 발생하는 Packet과 장치의 ID정보를 사용자에게 알린다.
Device disappearance	사용자에게 장치의 부재를 알리고 ASA의 Lookup table에서 장치를 삭제한다.

IV. 결론

본 논문에서는 SCP를 이용한 옥내 전력선 통신망 기반의 장치를 설계하고 간단한 동작 시나리오를 제시했다. SCP를 이용한 통신망은 상호 운용성이 뛰어나고, 최소화된 데이터 교환을 요구하기 때문에 저속 전력선 통신망과 그 통신망을 이용하는 장치들에 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 본 연구는 향후에 SCP를 이용한 저속 전력선 통신 기반의 장치 구현, ASA의 메시지 스케줄링 기법 연구, User Interface 프로그램의 구현 등으로 발전될 수 있다.

참고문헌

[1] Ido Bar-Ta's na, X-10 Home Automation Knowledge Base, <http://www.hometoys.com>
 [2] EIA Home Automation System(CEBus) Standard EIA-600.31, "PL Physical Layer & Medium Specification", EIA, Part 1, June 29, 1992
 [3] Domsys Coporation, "CEWay PL-One Data sheet", Mar 2000.
 [4] Palensky, P, Dietrich, D., Posta, R. and Reiter, H. , "Demand side management in private homes by using LonWorks", Factory Communication Systems, 1997. Proceedings. 1997 IEEE International Workshop on , 1997 , Page(s): 341 -347
 [5] Softwire Protocol Specification, MICROSOFT CONFIDENTIAL, April 14, 2000
 [6] J. Desbonnet, P.M. Corcoran and K. Lusted, "CEBus Network Access via the World-Wide-Web.", Consumer Electronics, 1996. Digest of Technical Papers., International Conference on , June 5-7 1996 , Page(s): 236
 [7] UPnP Forum, "Universal Plug and Play Architecture", Microsoft Version 1.0, June 13, 2000