

전력선 통신망의 기술동향

권병국 이승철 박경배
 중앙대학교 전자전기공학부

Trends in Power Line Communication Network Technology

Byeong-Gook Kwon, Seung-Chul Lee, Kyung-Bae Park
 School of EE, Chung-Ang University

Abstract - 전력선 통신망은 변압기 2차 측 저압 전력선을 이용하여 가전기기를 제어하는 홈 네트워크 구성과 수용가용 게이트웨이나 라우터 등을 통해 인터넷을 공유할 수 있는 통신망이다. 최근 전력선을 이용한 Mbps급 고속 통신망이 개발되어 발표되었으며, 이와 관련한 국제 전시회나 포럼 등이 활발히 열리고 있다. 이에 본 논문에서는 서론에 전력선 통신망의 필요성과 개발과정을 간략히 서술하고, 본문에서는 전력선 통신망의 기본원리, 구성요소 및 프로토콜에 대하여 검토하였으며, 결론 부분에서는 전력선 통신망의 개발에 있어서 기술적, 제도적 문제점과 향후전망에 대하여 기술하였다.

이 1~2Mbps급 속도의 전력선 통신망과 이와 관련한 제품들을 개발하고 있다. 저압 측 Local망을 중심으로 하는 개발 외에도 Alcatel(프)과 같은 업체에서는 고압 배전선 측에서도 Mbps급 속도를 낼 수 있는 통신기술을 개발하고 있는 것으로 알려져 있다[17]. 고압 측 통신기술에 대한 개발은 아직 초기단계이어서 일반적인 사항을 논하기에 어려운 관계로 본 논문에서는 변압기 2차 측 전력선 통신망에 한하여 기술하였다.

1. 서 론

2. 본 론

2.1 전력선 통신의 원리

최근 인터넷 보급의 확산과 아울러 홈 네트워크를 구현함에 있어 정보통신분야에서 가장 중요한 문제중의 하나는 얼마나 효율적이고 경제적인 Local망(가입자망)을 구축하느냐 하는 것이다. Local망(가입자망)을 구축하는 방법으로는 ISDN, xDSL, WLL 등과 같이 새로이 구축하는 방법과 CATV망이나 전력선망처럼 기존의 시설되어 있는 망을 이용하는 방법으로 크게 분류할 수 있다. 이 중에서 최근 관심이 고조되고 있는 것 중의 하나로 전력선 통신망을 들 수 있다.

전력선에는 50~60Hz 주파수대의 교류전기가 흐른다. 이러한 전력선에 그림 1에서 보여지는 것처럼 수백 kHz~수십MHz의 고주파 통신신호를 실어보내고, 전용 접속장비인 모뎀이나 아답터 등으로 전력선에서 통신신호만을 골라내어 홈 네트워크 구성과 인터넷 연결을 하는 것이다.

전력선 통신망에 대한 관심이 고조되고 있는 원인으로 볼 수 있는 것은 다음과 같다. 첫째 전력선망이 다른 망에 비해 넓은 지역과 거의 모든 수용가에 공급되어 있어 기존의 전력선을 그대로 사용할 수 있으며, 또한 투자비가 저렴하다는 것이다. 둘째 기존의 변압기 설치 공간을 함께 이용하므로써 공간 점유 비용도 거의 필요치 않다는 것이고, 셋째로는 전력선을 사용함으로써 수용가내의 모든 콘센트에 가전기기를 연결하여 홈 네트워크를 용이하게 구성할 수 있을 뿐만 아니라 원격검침과 같은 부가적인 서비스도 지원할 수 있다는 것이다[2].

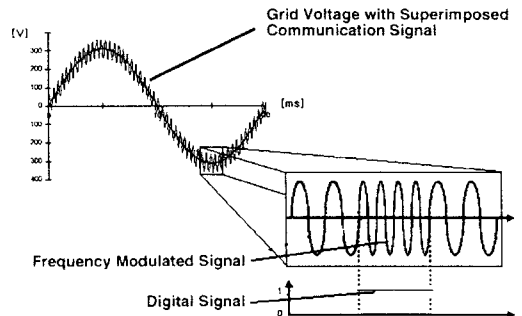


그림 1. 전력선 통신신호의 원리

전력선을 통해 데이터를 전송하는 연구는 그 동안 지속적으로 진행되어왔으나, 전력선이 통신 선로로 설계되지 않은 관계로 데이터를 전송하는데 있어서 심한 잡음, 감쇠현상, 신호왜곡, 낮은 전송속도 등 많은 기술적 문제로 인하여 널리 이용되지 못했다.

지속 통신을 위해서는 일명 CENELEC band 라고 불리는 3~150kHz의 주파수 대역이 사용된다. X-10 프로토콜은 120kHz를, CEBus 프로토콜은 100~400kHz의 통신주파수를 전력선 60Hz에 실어보낸다. 그러나 이 저주파 대역을 통한 저속통신은 원격검침이나 가전제품의 제어, 조정과 같은 간단한 응용분야에 제한되어 있다. 그래서 음성 및 데이터 전송과 인터넷 공유 등 다양한 응용을 가능케 하는 고속 전력선 통신을 하기 위해서는 1MHz~30MHz의 주파수 대역이 필요한 것으로 알려져 있다.

전력선 통신망은 서유럽의 전력회사들이 21세기 회사의 성장사업 일환으로 정보통신사업 쪽으로 진출을 모색하는 가운데, 전력회사들에 대한 정보통신사업 진출규제가 90년대 중반을 전후하여 완화 또는 철폐됨으로써 전력선 통신망에 대한 연구가 활발히 이루어지기 시작하였다[3].

옥외구간에서는 데이터의 원거리 전송에 따른 케이블에서의 데이터 감쇠현상 등을 고려하여 1~10MHz대의 주파수가 필요하고, 옥내구간에서는 가전기기의 모터나 스위치 등에서 발생하는 잡음의 영향을 줄이기 위해서 20~30MHz대의 주파수가 필요하다.

전력선 통신망의 주요 대상은 SOHO 및 중소규모 기업을 대상으로 하고 있으며, 서비스 제공 속도는 약 2~10Mbps를 목표로 하고 있다. 이미 1997년 중반에 Northern Telecom(캐)과 United Utilities(영)사가 공동으로 Norweb telecom이라는 벤처회사를 만들어 1Mbps급 전력선 통신망을 발표하였고, 국내에서도 기인텔레콤이 1999년 말경에 2Mbps급을 시연한 바가 있다[7][10]. 이외에도 서유럽 및 북미의 유수한 업체들

하지만 주파수 사용규정을 풀어야 하는 숙제가 남아있다. 현재 국제 전력선 포럼(PLC Forum)과 같은 여러 국제 전력선 통신 기구들이 조직되어 사용규정을 풀기

위해 법 제정 기구와 긴밀하게 협조하고 있다.

2.2 전력선 통신망의 구성

전력선 통신망의 기본구성은 그림 2에 보여지는 바와 같이 변압기 2차 측에서부터 수용가의 전원 콘센트까지의 구간, 소위 말하는 "last one mile"의 네트워크를 말한다. 이 전력선 통신망의 구간은 변압기 2차 측 라우터에서 각 수용가의 게이트웨이(또는 홈 커플러)까지의 옥외구간과 게이트웨이에서 수용가내의 전기 콘센트까지의 옥내구간으로 구성된다.

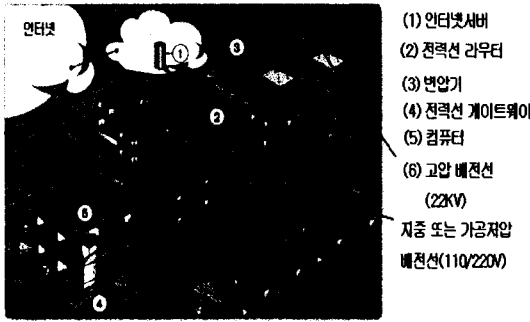


그림 2. 전력선 통신망의 구성

2.2.1 전력선 라우터

전력선 라우터는 고압(22KV)과 저압(110V/220V) 사이에 위치한 변압기 2차 측에 설치하여 PSTN, ISDN, xDSL, WLL 등 Backbone Network와 수용가의 게이트웨이(또는 홈 커플러)에 연결시킨다. 라우터는 각 수용가의 게이트웨이에서 전송된 데이터의 해당 경로를 찾아주고 또한 외부로부터 들어오는 데이터를 해당 수용가의 게이트웨이에 전달하는 기능을 가지고 있다.

2.2.2 전력선 게이트웨이

전력선 게이트웨이는 수용가의 인입부에 설치되며 게이트웨이는 데이터 패킷의 주소를 인식하여 목적지로 보내거나 자신의 주소와 일치하는 데이터 패킷을 받아들인다. 게이트웨이를 통한 PSTN, ISDN, ADSL, WLL 등 유무선망과의 인터넷 공유는 2가지 경우가 있는데, 하나는 여러 수용가의 각 게이트웨이를 하나의 라우터에 연결하여 이 라우터를 통해 인터넷을 공유하는 것이고, 다른 하나는 수용가의 게이트웨이에서 직접 인터넷에 연결시키는 경우이다.

서유럽이나 북미의 대부분 PLC 업체들은 게이트웨이의 기능으로 수용가내의 가전기기 devices 제어, PC간 파일 및 프린터 공유, 보안기능, 데이터 패킷 routing 및 filtering, 그리고 HTTP 서버기능 등을 가지게 하고, 여기에 Control Kit나 PC를 이용하여 홈 오토메이션을 구현한다.

2.2.3 전력선 커플러

전력선 게이트웨이와는 달리, 일부 국내 업체에서는 홈 커플러(coupler)를 수용가 인입부의 Watt-hour Meter 후단에 설치하는 전력선 통신망을 선보이고 있다. 이 홈 커플러는 각 수용가의 신호를 격리시키거나 외부로 내보내기 위해서 데이터 패킷 routing 및 filtering, 신호의 repeating 등 제한적인 기능만 수행하게 하고, Host PC가 Device의 제어 및 모니터링, 보안기능, 인터넷 서버기능을 가지도록 하고 있다.

2.2.4 전력선 접속장치

전력선 통신에서 PC용 전력선 모뎀이나 가전기기, 디지털 전화용 아답터 등의 전력선 접속장치는 USB나

Ethernet(RJ-45) 등의 표준 접속장치와 인터페이스가 가능하도록 지원하고 있다.

2.3 전력선 통신망 관련 프로토콜

현재 전력선을 이용한 홈 네트워크의 프로토콜은 여러 가지가 사용되고 있다. 전력선을 이용한 통신 프로토콜은 미국을 중심으로 발전하였으며, 대부분의 전력선 통신망 개발 업체들은 홈 네트워크에서 X-10, CEBus 프로토콜을 사용하고 있으며, 이외에 Echelon에서 개발한 Lonworks, Metricom의 PLC-1 등이 있으며, 국내업체 중에서 Z-256을 발표한 바가 있다. 본 논문에서는 현재 홈 오토메이션과 관련하여 널리 이용되고 있는 X-10과 CEBus 프로토콜을 중심으로 검토하였다.

2.3.1 X-10

X-10 프로토콜은 X-10 Ltd.에 의해 설계된 것으로, 이는 전력선을 이용한 Devices 제어 목적으로 만들어진 프로토콜이다. X-10은 그림 3처럼 전력선에 고정된 120kHz의 통신신호를 실어보내 Device를 제어한다.

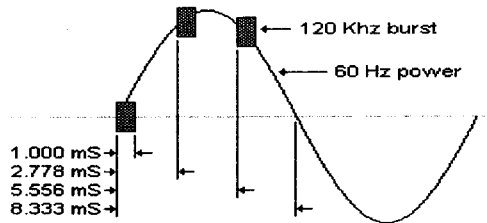


그림 3. 1-bit 전송 Timing

X-10의 데이터 표현방식은, 전력선의 한 사이클에서 플러스 반파의 zero crossing 부분에 통신신호 1[ms] square wave(or envelope)가 겹쳐지면 "1"이고, 겹쳐지지 않으면 "0"을 의미하는데, 실제로는 표현되는 데이터 부호 "1"은 "10"의 패턴으로 표현되며, "0"은 "01"의 패턴으로 표현된다. 그리고 square wave를 1.778[ms]의 간격(60 degree)으로 3번 보내므로 해서 3상 교류에서도 데이터가 전송되도록 하였다.

전송되는 데이터 패킷은 그림 4와 같이 11개의 전력선(60Hz) 사이클로 구성되어 있는데, 처음 2개의 사이클은 Start Code이고 다음 4개의 사이클은 House Code, 마지막 5개의 사이클은 Key Code이다.

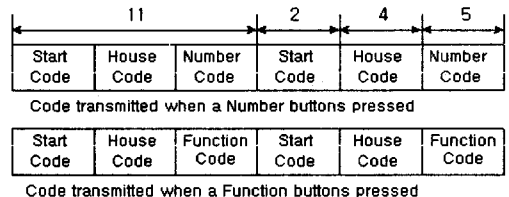


그림 4. X-10 데이터 코드의 구성

X-10은 단방향으로 중앙에서만 제어가 가능하다. 그러므로 Device에 데이터를 확실하게 전송하기 위해, 그림 4와 같이 Number Button이나 Function Button을 누르면 데이터 패킷이 2번씩 전송된다.

Start Code는 항상 "1110"로 전송되며 House Code는 수용가의 Address를 나타낸다. Key Code는 Device의 번호를 나타내는 Number Code(1~16)와 Device를 on, off하는 등 기능을 나타내는 Function Code로 구분된다. Key Code의 마지막 코드 부호가 "0"이면 Number Code이고 "1"이면 Function Code이다.

그러므로 X-10은 House Code 4 bits와 Number Code 4bits로 256개의 Devices를 제어할 수 있다. 하지만 여러 세대가 밀집된 주거환경에서는 역부족이다. 현재 미국의 IBM, Thomson, Leviton, Smart-Home 등에서 홈 오토메이션 관련하여 X-10 제품들을 내놓고 있다.

2.3.2 CEBus (Cosumer Electronics Bus)

X-10이 가전기기 제어 위주로 개발된 프로토콜이라면 CEBus는 데이터 송신을 위주로 개발된 프로토콜이다. CEBus 프로토콜은 CEBus Industry Council Inc.(CIC)에서 개발한 것으로 홈 네트워크에서 전력선, RF, 동축케이블, Twisted Pair, Infrared, Fiber Optics, A/V등에 상호적용 가능한 프로토콜이다.

CEBus Network Layer는 Physical, Data Link, Network, Application의 4계층으로 구성되며, 전력선 통신망에서의 데이터 패킷의 구조는 그림 5와 같이 Preamble, Link Protocol Data Unit(LPDU), Network Protocol Data Unit(NPDU), Application Protocol Data Unit(APDU), 그리고 Devices 제어 명령어인 CAL(Common Application Language)과 CRC로 구성되어 있다.

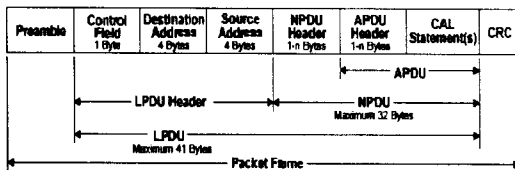


그림 5. CEBus Packet Structure

CEBus에서의 전력선 통신은 전력선 60Hz 주파수에 100~400kHz(유럽에서는 20~80kHz 사용)의 주파수를 싣는데, 이는 Spread Spectrum 방식을 사용한 것으로 데이터 부호의 표현은 Signal duration이 100 μ s이면 "1"을 나타내고, 200 μ s이면 "0"을 나타낸다(6).

일반적으로 전력선을 이용한 홈 네트워크에서는 스타형이나 버스형 토폴로지이다. 따라서 X-10, CEBus, Lonworks 등 전력선을 이용한 대부분의 홈 네트워크 프로토콜에서는 네트워크상의 Disruption을 최소화시키기 위하여 원격검침이나 저속 통신에 Token Passing(IEEE802.4, 802.5)계열 방식의 MAC을 사용하였다.

하지만 최근에 인터넷과의 연동에 다른 고속통신을 하기 위해서 IEEE 802.3 CSMA/CD(Carrier-Sensing Multiple Access with Collision Detection)방식의 MAC을 채택하고 있다(1)(8).

Intellon, Enikia 등에서는 전력선에서의 고속통신을 위한 전송방법으로 위와같이 Single Carrier방식인 Spread Spectrum 기술을 사용하고 있으며, 또한 전력선 10Mbps이상의 통신속도를 목표로 하여 OFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiflexing) 전송방식도 개발하고 있다(8).

3. 결 론

전력선 통신망에 대한 현재상황은 기술적 가능성이 검증되고 시범 서비스를 실시하고 있는 단계이므로 전력선 통신망의 본격적인 상용화 서비스를 하기 위해서는 다음과 같은 문제점들을 해결해야 할 것이다.

첫째로는 제도적 근거를 마련하는 것이다. 즉 국제 전력선 포럼(PLC Forum)이나 Homeplug Powerline Alliance 등과 같은 여러 국제 전력선 통신 기구들이 법제정 기구와 협조하여 주파수 대역폭과 같은 전력선 통신망과 관련한 제도의 개선이나 규제를 풀어야 하며,

또한 전력선 통신망에 대한 통합 모델의 제시와 프로토콜의 표준화를 추진해야 할 것이다.

둘째로는 기술적 문제들을 해결하는 것이다. 전력선 통신을 함에 있어 신호의 잡음, 왜곡, 감쇠현상을 줄이고 전송속도를 높이기 위한 주파수 대역, 신호처리방식 등 기술적 문제들을 해결해야 하고, 전력선을 이용한 홈 네트워크와 인터넷 사용을 위해서 수용가에 설치되는 홈 게이트웨이, 커플러, 전력선 모뎀, 아답터, 그리고 변압기 2차 측에 설치되는 라우터 등에 대한 하드웨어 개발과 전력선 통신에 적합한 통신 알고리즘, 홈 네트워크를 운영할 통합 소프트웨어, 인터넷으로 홈 오토메이션을 할 수 있는 웹 브라우저 등의 개발이 필요하다.

전력선을 이용한 통신망 기술의 개발로 인한 파급효과와 전망을 살펴보면, 전력선을 이용한 홈 네트워크와 홈 오토메이션의 실현, 인터넷 사용인구의 폭발적 증가, 디지털 가전기기 등장으로 인한 가전산업의 발전, 네트워크 관련 장비와 소프트웨어의 발전 등 세계적 규모의 시장이 확산될 것으로 기대된다.

전력선 통신망을 통해 서유럽이나 북미 등 선진국에서는 고속 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있으며, 동유럽, 중국, 인도 등 개발도상국에 대해서는 전화 자체만으로도 충분한 사업성이 보장된다고 볼 수 있다. 또한 기존의 고속 Access Network 즉, 케이블망, xDSL, WLL 등과 연계하여 구내 통신망으로 활용할 경우 매우 경쟁력 있는 Solution 될 것이므로 향후 막대한 시장 가치가 있다고 본다.

[참 고 문 헌]

- [1] Dr. Michael Propp, "The Use of Existing Electrical Powerlines for High Speed Communications to the Home", Harvard Information Infrastructure Project: The First One Hundred Feet, MIT Press, pp. 92-100, 1999.
- [2] Dr. Kim Yohee, Power Telecom Research Group, Korea Electrotechnology Research Institute, "Power Line HomeNet 기술동향", 인터넷정보가전산업협회 창립기념 Workshop 발표논문, May 2000.
- [3] Control Information Systems Lab., Seoul National Univ, 전력선 통신망의 국내외 기술동향, <http://icat.snu.ac.kr:3333/rain/plc.html>, 1999
- [4] www.x10.org
- [5] CEBus Industry Council : www.cebubus.org
- [6] Grayson Evans, "The CEBus Communication Standard, Part 1", Communication Systems Design, Feb. 1996.
- [7] Norwebtelecom : www.norwebtelecom.com
- [8] Intellon : www.intellon.com
- [9] Homeplug powerline alliance : www.homeplug.com
- [10] Keyin Telecom Ltd : www.keyintelecom.com
- [11] Metricom : www.clic.net/~metricom
- [12] Enikia : www.enikia.com
- [13] Echelon : www.echelon.com
- [14] Mediafusion : www.mediafusionllc.net
- [15] ITRAN Ltd. : www.itrancomm.com
- [16] Adaptive Networks : www.adaptivenetworks.com
- [17] Alcatel : www.ke-online.de
- [18] X-10 Pro : www.x10pro.com/