

주 제

고속 PLC 홈네트워크 솔루션

(주)젤라인 임수빈

차례

- I. 전력선통신 개요 및 응용분야
- II. 홈네트워크용 전력선통신 기술
- III. 홈네트워크용 전력선통신 장치
- IV. 전력선통신의 향후 전망

요 약

최근 광대역 서비스에 대한 소비자들의 욕구가 차츰 증가하고 있고 대상 콘텐츠도 데이터와 음성 및 비디오까지 포함된 멀티미디어 서비스로 변화함에 따라, 통신서비스 제공업체들은 이에 대한 해결책을 찾는 것이 지상과제가 되었다. xDSL, 케이블 모뎀, 광랜 등 액세스 네트워크가 잘 발달되어 있는 국내에서도 멀티미디어 서비스의 최종 수신 장치가 될 TV, PC, 오디오 기기 및 전화기 등에까지 네트워크를 연결하기 위해서는 댁내에서 또 다른 홈 네트워크를 구성해야 하는 상황이다.

이러한 홈네트워크를 가능하게 하는 기술로는 홈 RF, 무선랜, 블루투스 등 무선 홈네트워크 기술과 IEEE1394, 이더넷, 홈 PNA, 전력선통신과 같은 유선 홈네트워크 기술로 나눌 수 있다. 무선 홈네트워크 기술의 경우, 댁내에서의 반사와 감쇄 등의 영향에 의

한 음영지역이 존재하는 단점이 있고 또 RF단을 구현해야 하므로 시스템 가격이 올라가게 된다. IEEE1394, 이더넷, 홈 PNA 같은 유선 홈네트워크 기술의 경우에는 댁내 통신을 위해 새로운 선을 포설해야 하는데 이를 위해서는 막대한 시설 투자비가 들어가게 된다. 이 막대한 투자비는 홈네트워크 구축에 많은 시간이 걸리게 하는 요인이 될 뿐만 아니라, 일반 사용자들이 서비스를 이용하기에는 가격적으로 부담스럽게 된다.

전력선통신(PLC: Power Line Communication)은 전기를 공급하는 전력선에 흐르고 있는 상용주파수 50/60Hz의 저주파 전력신호에 고주파 신호를 활용하여 데이터를 실어 나르는 통신기술이다. 집안 곳곳 이미 포설되어 있는 전력선이 이미 하나의 네트워크를 구성하고 있기 때문에 번거롭고 값비싼 추가 배선작업 없이 바로 네트워킹이 가능하다. 이와 같은 이유로 고속 PLC는 설치 용이성, 접근성, 속도 및 비용

부분 등에서 경쟁기술에 비하여 여러 장점을 가지고 있다. 젤라인은 국내 전력선통신 표준을 만족하는 24Mbps 및 200Mbps 고속 전력선통신 칩을 기반으로 다양한 전력선 채널환경 하에서 최적의 통신을 보장하는 전력선통신 시스템을 제공하고 있으며, 이를 소개하고자 한다.

I. 전력선통신 개요 및 응용분야

전력선통신의 경우, 수년전까지만 해도 연결되어 있는 다양한 기기로 인한 부하 임피던스 변화와 임펄스성 잡음 등의 취약한 채널환경으로 인해 그다지 발전하지 못하였다. 그러나 최근 몇 년 사이에 통신 기술, 신호 처리 기술, 반도체 기술 등의 발전에 의해 이러한 통신채널상의 난점은 극복된 상태이다.

이러한 전력선통신 기술을 이용해 고속 PLC의 응용 제품들은 ISP(Internet Service Provider), 전력회사, 가전회사, 건설회사 등의 다양한 업체들에게 부가적인 이익을 줄 것으로 기대된다. 이들 업체들이 고려해 볼 수 있는 응용분야로는 사용자에 따라 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 일반 사용자를 대상으로 하는 서비스로서 인터넷 접속 서비스(BPL: Broadband Internet access over Powerline), 전력선 전화(VoPL: Voice over Powerline), 홈 오토메이션, 보안 등이 있다. 인터넷 접속 서비스는 기존의 저압과 고압 전력선을 이용하여 고속의 데이터를 전송하는 것을 의미하며, 이 때 사용자는 집안에 있는 콘센트에 전원을 연결함으로써 고속의 인터넷 서비스를 제공받을 수 있다. 전력선 전화는 VoIP(Voice over Internet Protocol) 솔루션의 일종으로 전력선을 이용해 음성 신호를 전송하는 서비스이다. 둘째, 산업 분야에 적용될 수 있는 공장자동화, 빌딩제어 및 관리 시스템, 가로등 제어 등의 서비스이다. 셋째, 전

력회사들이 가장 큰 관심을 가지고 있고 쉽게 응용할 수 있는 서비스 분야로 자동원격검침(AMR: Automatic Meter Reading), 배전자동화(DAS: Distribution Automation System), 전력품질관리, 직접부하제어(DLC: Demand Load Control) 등이 있다. 원격검침서비스는 각 가정에 있는 전력량계에 전력선 통신 칩을 부착하여 전력회사가 원격으로 가입자들의 전력 사용량을 파악할 수 있도록 하며, 배전자동화는 전력회사에서 사용하는 배전선(22.9kV)의 기기를 감시하고 제어하는 시스템이다.

전력선통신으로 홈네트워크를 구축하면 무선의 단점인 음영지역 문제를 해결할 수 있고, 각 수용가 별로 별도의 인증키가 있어 다른 수용가와 통신이 불가능하기 때문에 보안성이 우수하다. 또한 기존 셋톱박스 혹은 xDSL 모뎀과 연결성이 용이하며, 설치의 간편성으로 Plug & Play를 지원하는 장점을 가지고 있다. 새로운 선을 포설할 필요 없이 이미 도처에 설치되어 있는 전력선을 이용하게 되므로 홈네트워크를 구축하기 위한 초기의 막대한 투자비를 줄일 수 있게 되어 시간, 비용 면에서 모두 우위를 점할 수 있기 때문에 홈네트워크 시장에 일대 변혁을 가져오게 될 것이다.

현재 PLC 칩을 개발하는 업체들은 주로 중소기업이며, 전 세계적으로 소수의 업체만이 개발에 성공하였다. 주요 고속 PLC 칩셋 제조업체로는 미국의 Intellon, 스페인의 DS2, 한국의 Xeline 등이 있다. 고속 PLC에 사용되는 주파수가 거의 동일하기 때문에 여러 업체들의 제품이 동일 전력선상에서 동시에 사용될 수는 없다. 따라서 표준에 대한 중요성은 클 수밖에 없으며, 젤라인이 보유하고 있는 전력선통신 핵심기술은 한국표준인 KS X 4600-1 “고속 PLC 매체접근제어(MAC) 및 물리계층(PHY)”의 일반 요구조건을 지원하고 있다.

II. 홈네트워크용 전력선통신 기술

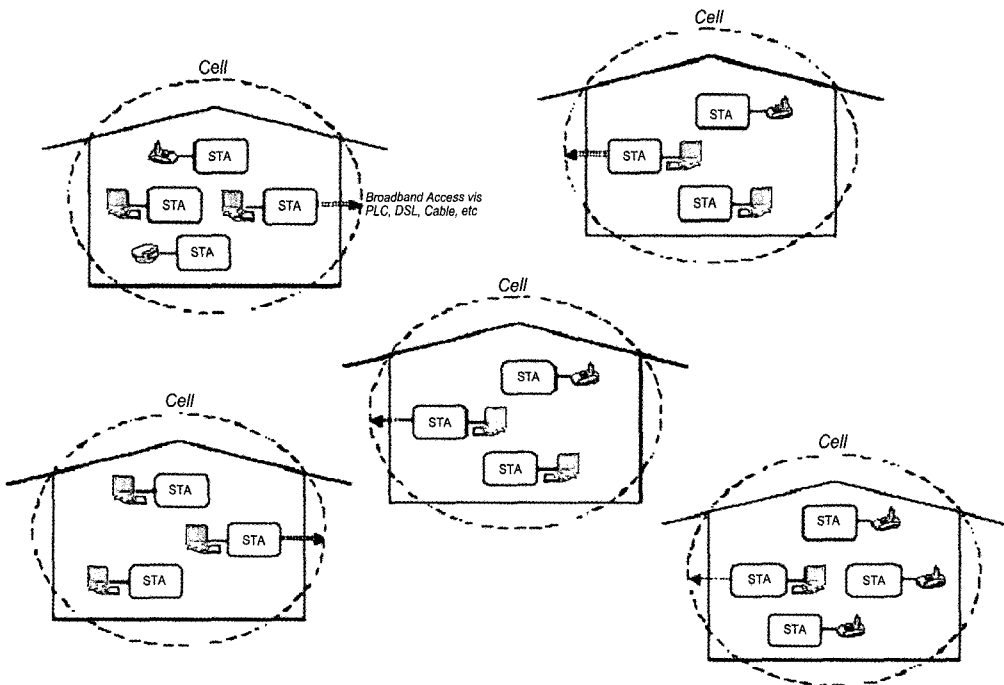
전력선통신 기술의 핵심은 고속의 데이터를 신뢰성 있게 전송하기 위한 물리계층 (Physical layer) 기술과 매체를 효율적으로 사용하기 위한 매체접근 제어 (Medium Access Control Layer)로 구성되어 있다. 본 장에서는 KS X 4600-1 클래스 A 및 B의 고속 PLC 기반의 옥내용 데이터 및 A/V 엔터테인먼트 기술을 간략히 소개하고자 한다.

2.1 KS 클래스 A 기술

(그림 1)은 스테이션(STA)이 홈네트워킹만을 위하여 옥내에 적용되었을 경우의 네트워크 토폴로지를 나타낸다. 각 가정에 존재하는 스테이션들은 GID(Group ID)를 통해 자신만의 논리적 네트워크

인 셀을 형성한다. 각 셀들은 동일한 물리적 네트워크 상에 공존하나 서로 논리적으로 분리되어 있고, 서로 다른 암호화 키를 사용하여 데이터를 암호화 함으로써 프라이버시가 보장된다. 각 셀 내의 스테이션들은 ad-hoc 구성을 지원한다.

변조방식은 DMT(Discrete Multi-Tone)를 사용하며, 두 스테이션은 현재 채널 상황에 가장 적합한 톤 맵, 데이터 속도, 및 FEC(Forward Error Correction) 관련 매개변수 등을 계산하여 교환한다. 톤 맵은 전송된 데이터에 에러가 발생 시 또는 주기적으로 계속 갱신되어 항상 신뢰성 있는 고속 PLC이 이루어지는 것을 보장한다. 2.15MHz~23.15MHz의 대역을 사용하고 각 톤은 97.65625kHz의 대역폭을 갖는다. 전력선 채널에서 DMT 심볼 간의 간섭을 없애기 위해 128 샘플의 순환 접두부를 사용한다. 또 전력선 채널상에서 발생하는 노이즈에 의한 패킷



(그림 1) 홈네트워킹을 위한 PLC 네트워크 토폴로지

에러 확률을 줄이기 위해 Convolutional 부호와 Reed-Solomon 부호가 결합된 FEC를 적용한다. 각 톤에 사용되는 변조방식은 채널상황에 따라 DBPSK, DQPSK 및 D8PSK를 사용한다. (그림 2)는 DMT 송신기 블록도이다.

다중접속 방식으로는 분산 액세스 매커니즘인 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)를 사용한다. 각 스테이션은 전송을 시작하기 전에 우선 물리적 반송파 감지와 가상 반송파 감지를 통해 매체의 상황을 감지한다. 만일 매체가 아이들(IDLE)로 판단되면 전송을 시작할 수 있으나, 사용 중(BUSY), 즉 다른 스테이션이 전송 중일 경우 현재 진행 중인 트랜잭션이 종료될 때까지 기다린다. 해당 트랜잭션이 종료되면 매체접속을 시도하는 스테이션은 백 오프 과정을 통해 다중접속을 시작한다.

또한 이더넷 패킷의 캡슐화 과정, 매체효율을 극대화하기 위한 다양한 프레임간의 간격, 및 경합 창(Contention window), 신뢰성 있는 통신을 보장해 주기위한 자동 재전송(Automatic Request), 서비스블록을 여러 개로 분할하여 전송하기 위한 단편화(Segmentation), 서비스 영역확장을 위한 셀 브릿지 형태의 Repeater, Hidden node에 의한 충돌방지를 위한 RTS/CTS(Request To Send/Clear To Send) 등이 정의되어 매체 효율성과 통신 신뢰성을 보장하고 있다.

2.2 KS 클래스 B 기술

클래스 B의 경우도 각 가정에 존재하는 스테이션

들은 GID(Group ID)를 통해 자신만의 논리적 네트워크인 셀을 형성하며, 셀은 코디네이터에 의해 생성되어 관리된다. 따라서 생성된 셀 내에는 유일한 코디네이터가 항상 존재해야 한다. 코디네이터는 셀을 관리하기 위하여 셀 내의 스테이션에게 비콘을 주기적으로 전송한다. 이러한 비콘 정보를 직접적 또는 간접적으로 수신할 수 있는 모든 스테이션들은 셀에 참여할 수 있다. 셀 참여에 성공한 스테이션들은 셀 내의 다른 스테이션과 동일한 GID와 암호화 키를 이용하여 통신을 수행한다. 스테이션은 수행하는 기능에 따라 코디네이터, 스테이션, 프록시 스테이션, 리피터 등으로 구분이 가능하며, 상황에 따라 해당 기능의 스테이션으로 동작한다. 이러한 스테이션들은 인접한 셀의 존재 유무에 따라 단일 셀 또는 멀티-셀을 형성하여 PLC 네트워크를 구성할 수 있다.

변조방식은 DMT를 사용하며, 2.0MHz ~ 28.0MHz의 대역을 사용한다. DMT 심볼은 프레임블 전송시에 사용하는 짧은 심볼과 나머지 신호 전송시에 사용하는 긴 심볼이 있다. 전력선 채널에서 DMT 심볼 간의 간섭을 없애기 위해 순환 접두부를 사용한다. 또 전력선 채널 상에서 발생하는 노이즈에 의한 패킷 에러 확률을 줄이기 위해 저밀도 패리티 체크 부호를 사용한다. 각 톤에 사용되는 변조방식은 채널상황에 따라 BPSK, 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM 및 1024-QAM을 사용한다.

PLC 네트워크 상에서 Audio/Video 애플리케이션을 위한 서비스품질(QoS)을 보장할 수 있는 MAC 절차를 정의하는 것으로 주요내용은 A/V 스테이션을 위한 효과적인 매체 접근 기법, 효율적인 데이터 전송을 위한 프레임집합체, 이웃한 네트워크와의 공



(그림 2) DMT 송신기 블록도

존,택내에서 리피터 기능, PLC 네트워크에서의 공통 톤 맵을 이용한 멀티캐스팅 등을 규정한다.

2.3 KS 클래스 A와 클래스 B 공존기술

클래스 B 장치 구현 시 클래스 A 장치에 해당되는 내용은 선택 구현사항이며, 클래스 A 장치와의 공존을 위한 내용은 필수 구현사항이다. 이를 위해 클래스 A 장치와 클래스 B 장치가 동일한 물리 네트워크 상에 존재 시, 클래스 B 장치는 클래스 A 장치의 가상 반송과 감지(Virtual Carrier Sense)를 위한 제어 프레임(Control Frame)을 송신할 수 있어야 한다. 또한 클래스 B 장치는 클래스 A 장치가 송신하는 제어 프레임을 수신할 수 있어야 한다.

III. 홈네트워크용 전력선통신 장치

<표 1>은 젤라인이 보유하고 있는 전력선통신 핵심기술에 관한 내용으로, 이 기술을 기반으로 개발된 전력선통신 장치를 소개하고자 한다.

<표 1> 전력선통신 핵심기술 내용

기술유형	핵심기술 내용
고속 PLC 핵심 칩 기술	- 24Mbps급 PLC 핵심 칩 - 200Mbps급 PLC 핵심 칩
고속 PLC MAC 기술	- 데이터 및 A/V 엔터테인먼트 네트워크에 적합하며, 실 환경에서 인접 가옥 간 PLC의 상호간섭 문제를 최소화 할 수 있는 MAC(Medium Access Control) 기술
PLC 모뎀 개발 기술	최적의 PLC 모뎀 개발을 위해, AFE(Analog Front End) 부 설계 및 커플링 파트, 그리고 전원부의 필요 사양까지, 전반적인 PLC 모뎀 구성요소에 관한 풍부한 개발경험 및 하우
고속 PLC 인터넷 액세스	시스템 기술시스템 제품군 개발 (Master/Repeater/Slave/EMS 장치)
고속 PLC 모듈 기술	네트워크기기 내장형 고속 PLC 모듈제품 개발 (택내 Router, STB, Home G/W에 내장 가능)
응용제품 개발 기술	PLC 응용제품(PLC라우터, PLC감사카메라) 개발
풍부한 PLC 현장 설치 경험	- 국내외의 많은 PLC현장 설치경험 보유 - 실 환경에서 최적의 PLC 설치, 운영기술 보유

3.1 모뎀

젤라인의 XHN-200P (그림 3)는 자체 개발한 24Mbps급 XPLC21 칩을 사용하여 가정이나 사무실에서 홈네트워킹에 사용할 수 있도록 구성된 PLC Ethernet 장치이다. 네트워크에 연결하고자 하는 PC 또는 device당 한 개의 XHN-200P가 사용된다. 고성능 및 고품질을 보장하는 제품 특성으로 인해 데이터 네트워킹뿐 아니라 VoPL(Voice over Powerline)이나 화상회의 등의 서비스에도 적용이 가능하다. 이 모뎀은 Cell-Structured MAC(CMAC) 기반의 ad-hoc 토폴로지를 적용하였으며, physical network 당 연결할 수 있는 node수의 제한이 없다. 또한 원격 configuration 및 원격 firmware upgrade가 가능하여 효율적인 설치 및 유지관리가 가능하다.

한편, 상기 24Mbps PLC모뎀의 차기 버전으로서 젤라인에서 개발한 200Mbps급 SU-400A [그림 4]는 역시 자체적으로 개발을 완료한 200Mbps급 PLC핵심 칩(XPLC40A)을 적용한 초고속 PLC모뎀이다. 주요 응용분야는 택내의 홈AV네트워크로서, 택내에서 2채널의 HD급 고화질 동영상 전송이 가능하고 기존의 데이터 전송 및 음성통화(VoIP)를 모두 구현할 수 있기 때문에, 최근 대두되고 있는 TPS(Triple Play Service)를 효율적으로 제공할 수 있다. 영상 및 음성데이터가 원활히 전송하기 위해서는 전송지연(latency)이나 지터(jitter)의 양을 특정 값 이하가 되도록 해야 한다. 본 200Mbps급 PLC 모뎀은 이러한 영상, 음성데이터의 요구사항을 만족하기 위해, 자체적으로 개발한 QoS-guaranteed MAC(QMAC)을 적용하고 있다. QMAC에서는 Contention Period(CP)와 Contention-free Period(CFP)를 상황에 따라 적응적으로 설정하여, 일반데이터는 CP 구간에서 전송하고 영상, 음성 등

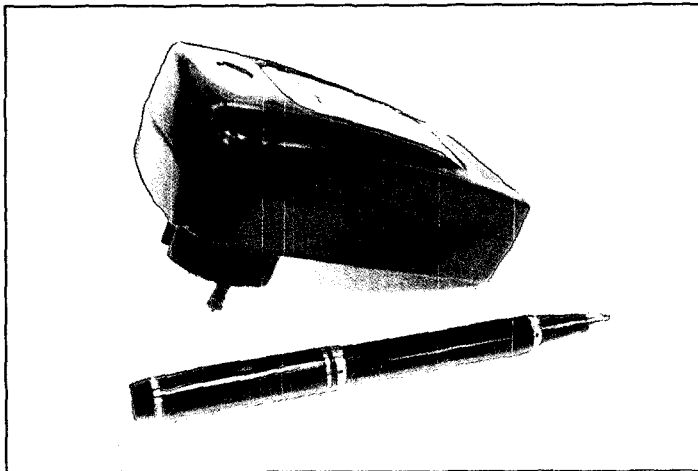
의 데이터는 CFP 구간에서 전송하게 된다. 이 QMAC을 통해 일반데이터와 영상, 음성, 데이터가 혼재해 있는 상황에서도 낮은 전송지연과 지터를 보장하여 매우 효율적인 데이터 전송을 가능하게 한다.

택내 구성은 무선 랜과 동일한 방법이지만 무선이 아닌 유선을 통한 데이터 전송 망 구성되며, (그림 5) PLC 홈네트워크 및 인터넷 서비스 망 구성도를 보여

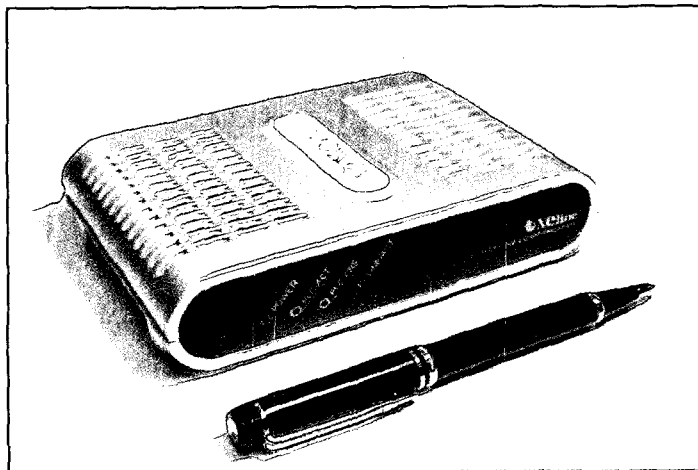
주고 있다.

3.2 특징 및 성능

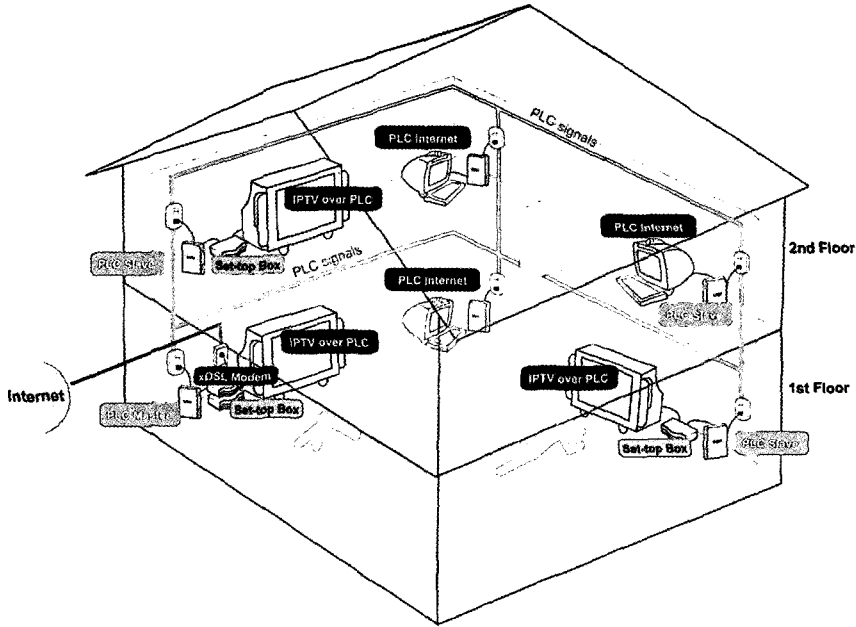
<표 2>는 젤라인의 PLC 모델인 XHN-200P와 SU-400A의 특징 및 성능을 보여주고 있다.



(그림 3) XPLC21칩이 내장된 24Mbps급 XHN-200P PLC 모델



(그림 4) XPLC40A칩이 내장된 200Mbps급 SU-400A PLC 모델



(그림 5) PLC 홈 네트워크 및 인터넷 서비스 망 구성도

(표 2) PLC 모뎀 특징 및 성능

항목	XNH-200P (24Mbps급)	SU-400A (200Mbps급)
제품 성능	Physical Layer 속도 *최대 24Mbps	Physical Layer 속도 *최대 200Mbps
	Application Layer 속도 *TCP : 최대 8Mbps *UDP : 최대 14Mbps	Application Layer 속도 *TCP : 최대 20Mbps *UDP : 최대 70Mbps (추후 100Mbps로 향상)
	Coverage (채널환경에 따라 변동) *최대 300~400meters	Coverage (채널환경에 따라 변동) *최대 200~300meters
응용 분야	홈 네트워크 *PC sharing, network games 전력선을 이용한 인터넷에세스 VoIP(Voice over IP)	홈 AV네트워크 *SD/HD급 동화상 전송 Triple Play Service(TPS) *Video, Data, Voice 동시전송
	변조 방식	DMT(Discrete Multi Tone) Adaptive bit loading scheme Programmable forbidden bands *HAM bands, 해상조난호출 등
에러정정방식		Concatenated Convolutional and RS codes with Interleaver
Encryption	56-bit DES	Triple DES
다중접속방식	Cell-structured MAC(CMAC)	QoS-guaranteed MAC(QMAC)
동시접속가능 노드 수	128(1 Master당)	128(1 Master당)
리피터 기능	Single-chip Repeater 기능 지원	Single-chip Repeater 기능 지원
Hidden node 대책	RTS/CTS 패킷에 의해 해결가능 SNMP기반의 네트워크관리 기능	RTS/CTS 패킷에 의해 해결가능 SNMP기반의 네트워크관리 기능
네트워크 관리기능	Remote Configuration	Remote Configuration
	Remote Firmware Upgrade	Remote Firmware Upgrade

IV. 전력선통신의 향후 전망

타 기술대비 경쟁력 있는 서비스를 지원하기 위한 전력선통신 칩들이 현재 개발되어, 이 칩들을 기반으로 한 PLC 제품이 시장에 나오고 있는 상황이다. 그러나 고속 PLC에 사용되는 주파수 대역은 거의 동일하기 때문에 여러 업체들의 제품이 동시에 사용될 수 없는 문제점이 있다. 따라서 전력선이라는 매체 특성상 여러 제품들이 효율적으로 전력선을 공유할 수 있는 공존 문제를 표준으로 밖에는 해결할 방안 없는 실정이다. 이와 같은 이종 PLC 기기 간의 공존문제는 단지 홈네트워크만의 문제는 아니며, 국내의 경우 한국전력에서 추진하고 있는 전력회사 용도의 PLC 액세스 네트워크도 고속 PLC를 기반으로 검토되는 상황에서 더욱 표준화의 역할은 커질 것으로 예상된다.

국내의 경우 홈네트워크용 전력선통신 기술에서 언급한 KS X 4600-1 “고속 PLC 매체접근제어(MAC) 및 물리계층(PHY)”의 일반 요구조건이 중요한 역할을 할 것으로 기대하고 있으며, 국제 표준단체인 ISO/IEC에 본 KS 표준을 세계표준으로 제안한 상태이다. 또한, 이러한 표준화 외에도 국내외의 PLC 서비스가 성공하기 위해서는 법적, 제도적 뒷받침이 있어야만 한다.

이와 같은 전제조건 하에서 고속 전력선통신 시스템은 xDSL, 케이블, 무선과 함께 광대역 네트워크의 또 다른 대안으로 부상할 것이며, 서로간의 경쟁보다는 타 시스템의 단점을 상호 보완하는 방향으로 함께 발전할 것으로 보인다.



임수빈

1987년 한양대학교 전자공학과 학부졸업

1987년 ~ 1989년 대영전자 기술연구소 연구원

1989년 ~ 1998년 삼성종합기술원 선임연구원

1998년 ~ 2000년 삼성전자 반도체 System LSI

사업부 Network팀 선임연구원

2000년 삼성종합기술원 디지털통신LAB 전문연구원

2000년 ~ 현재 ㈜젤라인 연구소장