

---

# 홈 네트워크 구성에서 전력선 통신 기술의 효율적인 활용

## A Study on Modem for Home Network High-Speed Power Line Communication System in Home Network

---

이병록, 최승권\*, 조용환\*

충북대학교 컴퓨터공학과, 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부\*

Byong-Rok Lee(ki1689@kornet.net), Seung-Kwon Choi(skchoi1972@hotmail.com)\*,  
Yong-Hwan Cho(yhcho@cbnu.ac.kr)\*

---

### 요약

본 논문에서는 유비쿼터스 환경하에서 가장 적합한 통신 방법을 연구하였다. 많은 통신방법이 발전해 오고 있지만 무엇보다도 Power Line Communication 에 집중적인 연구 및 활용 방법을 관찰하였다.

저비용으로 홈 네트워크 시스템을 구축할 수 있고 여기서 다룰 부분은 아니지만 건설당시 가정내 전등을 조작하기 스위치가 전면적으로 사라진다면 이 또한 엄청난 매력이 아닐 수 없다. 이와 관련하여 PLC 사용에 관한 이론을 살펴보고 지금껏 대부분의 연구가 인터넷 망 전체를 사용하는 것에 관심을 가지고 연구해 왔지만 본 논문에서는 인터넷 망은 BcN이 담당하고 홈 내에 통신은 별도의 배선 필요 없이 자동화 분전반의 라우터를 통해 어느 전력 콘센트에 꽂아도 인터넷이 가능하고 전등 및 가전기기 제어를 할 수 있는 홈 내 전력선 통신 라우터 역할을 담당할 자동화 분전반 설계에 대해 연구하였으며 새로운 기법을 제안하였다.

■ 중심어 : | PLC | 자동화 분전반 | HOME PC |

### Abstract

In this paper, adequate communication method under Ubiquitous environment is suggested. Especially we studied Power Line Communication.

It has a merit if we can construct home network system for a low cost, and remove all switches for treating lighting equipment in a house. Related to this, most of the researches studied the theory of PLC and using the Internet. However, we suggest a design method for automated distributing board which act as a power line communication router that can control lighting and electronic appliances and it enables the Internet using a wall socket through the router of automated distributing board without separate wiring for inter-home communication. For the Internet, BcN charges this, also.

■ keyword : | PLC | Automated Distributed Board | Home PC |

## I. 서론

유비쿼터스 홈 네트워크가 급속도로 발전하면서 홈 내에서 홈 서버와 각종 백색가전, 멀티미디어 기기, 컴퓨터 모바일 단말기에 이르기까지 복잡한 통신 시스템이 다양하게 구축되고 있는 실정이다. 이와 같은 추세는 당분간 홈 네트워크가 도입되면서 각 제조사마다 복잡한 통신 시스템을 수용해야 하며 호환성 문제를 검토하지 않을 수 없다. 물론 국제기구 등을 통해 통신방법 및 프로토콜은 조만간 표준화 방안을 도입 정립되리라 보여 지지만 여기서 다루고자 하는 내용은 큰 비용 부담이 없고 별도의 통신라인을 구축하지 않아도 되는 전력선 통신방법에 대해 논하고자 한다.

이와 같이 기존 망을 이용 통신하는 방법 중 대표적인 기술로 전화망을 이용한 ADSL 모뎀이나 케이블TV 전송망을 이용한 케이블모뎀을 들 수 있는데 이 기술의 핵심은 이미 시설된 망에서 사용하지 않는 주파수 대역을 이용한 모뎀을 개발하여 적용한 것이다. 전력선도 신호전송의 관점에서 보면 60Hz의 신호를 전송하는 통신매체로 생각할 수 있으며 배전선, 인입선 등 전력선에서 전송이 가능한 대역에서 모뎀기술을 적용한 것이 전력선통신(Power Line Communication, PLC)이라 할 수 있다.

향후 이와 같은 통신기법은 홈 네트워크 기술에서 가전제어 및 조명제어, 원격검침 등에서 적용하기에 가장 적합한 방법이라고 생각되며 향후 활발하게 사용되어질 전망이다.

이와 같은 전력선 모뎀 개발에 있어 일부 사람들을 POWER LINE을 사용하기 때문에 혹시나 감전에 대한 부담을 갖는 사람이 있으나 이는 전기신호를 광으로 변환하여 절연시키는 방법 등이 이미 소자로 개발된 시점에서 그리 염려할 부분은 아니라고 생각된다.

또한 이와 같은 통신기법을 원활히 사용하기 위해서는 홈 내 전기 배전반을 통신이 가능한 자동화 전력 분전반으로 교체 운용해야 되는 문제를 제시할 수 있다.

유비쿼터스 홈 네트워크용 홈 서버 및 기기가 활발하게 개발되면서 홈 내 자동화 분전반은 홈 서버와 연계하여 전력선에 데이터를 실어 인터넷망 사용이 가능해

야 될 것으로 본다.

여기서 제시하고 싶은 내용 중 하나는 홈 내에서 전력선 통신으로 홈 내 가전 및 조명 전력 제어를 운용하는 방안이며 전력선통신은 일부 전력 관련 서비스를 위한 통신기술에서 인터넷과 같은 고속 데이터서비스나 기존의 인터넷 서비스와 결합한 형태의 본격적인 통신기술로 나아가기 시작했다고 볼 수 있다.

본문에서는 전력선통신 기술이 각종 통신서비스에 활용될 수 있는 가능성을 살펴보고, 최근의 기술개발 및 표준화 동향 등을 소개하면서 특히 홈 네트워크상에서 홈 내 통신 기술상 문제를 검토하고 연구하였다.

## II. 기존 통신망 기술 고찰

### 1. 가입자망과 기간망

통신망을 구축된 계층으로 구분하면 크게 가입자망과 기간망으로 구분할 수 있다. 가입자망은 각 가입자에게 통신서비스를 제공하는 통신국간에 구성된 통신망을 의미하며, 통신서비스를 제공하는 통신회사의 각 통신국을 연결하거나 통신회사 간의 각종 통신회선을 연결하는 통신망을 기간망으로 볼 수 있다.

기간망은 정해진 통신국을 연결하므로 가입자망에 비해 망 구축이 쉬우며 대부분 광케이블로 구성되어 있다. 또한 광통신 시스템은 광케이블을 추가로 사용하지 않고 전송할 수 있는 전송용량을 계속 증가시킬 수 있기 때문에 늘어나는 데이터 전송요구를 쉽게 수용할 수 있는 구조이다. 따라서 폭발적으로 증가하는 인터넷 수요를 수용하는데 큰 문제가 없이 기간망을 구축할 수 있다.

이에 비해 가입자망은 통신국에서부터 수많은 가입자에게 통신망을 제공해야 하므로 각 가입자에게 통신망을 구축할 수 있는 낮은 구축비용과 각 가입자에게 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 충분한 전송속도가 보장되어야 한다. 따라서 기존에 시설된 인프라를 활용하여 전송속도를 높이는 통신기술이 활발히 개발되었는데 대표적인 통신망 인프라로는 Twist-pair 구리선인 전화망과 케이블TV 전송망인 HFC망을 들 수 있다.

## 2. 가입자망 기술 현황

각 가입자에게 인터넷 서비스를 제공하기 위한 가입자망은 최종적으로는 광케이블을 각 가입자에게 제공하는 것을 목표로 하고 있으나 앞에서 언급한 바와 같이 구축비용과 기간을 고려하여 기존 시설을 최대한 이용한 기술이 도입되었다.

전화망을 이용하는 xDSL(x Digital Subscriber Line)기술은 구리선에서 기존의 4kHz 이하 대역을 사용하던 전화모뎀과는 달리 전화에서 사용하지 않는 높은 대역의 주파수를 사용하여 데이터 서비스용 모뎀기술을 적용한 방법으로 특히 DSL 기술 중에서 비대칭으로 구성된 가입자회선을 ADSL(Asymmetric DSL)이라 한다. 한편 ADSL을 이용한 가입자가 요구하는 고속의 데이터 서비스는 기존의 전화 교환시스템으로 전송할 수 없기 때문에 각 전화국에서는 ADSL 모뎀을 통해 올라온 데이터를 전송할 수 있는 별도의 데이터 통신망을 구성하여 사용한다.

1996년 미국에서 방송과 통신 융합 서비스를 제공할 수 있는 기반이 되는 통신법이 발효됨에 따라 각 가정에 케이블TV 방송사는 케이블TV 전송망인 동축 케이블망을 업그레이드해서 양방향 통신이 가능한 광동축 혼합방식인 HFC망(Hybrid-Fiber Coaxial)으로 구축하기 시작하였고, 95년부터 국내에서도 케이블TV 방송사업이 시작되면서 대도시를 중심으로 HFC망이 시설되었다. 또한 HFC망에서 케이블TV 방송이 전송되는 대역 이외의 대역을 사용하여 통신망으로 사용할 수 있는 케이블모뎀 시스템이 개발되어 ADSL기술과 함께 인터넷 접속 서비스를 제공하기 위한 대표적인 가입자망 기술로 자리 잡고 있다.

ADSL과 케이블모뎀 기술은 전화망과 케이블TV망에서 각각 기존 서비스인 전화와 케이블방송이 제공되는 주파수 대역에 추가하여 인터넷 접속 서비스를 제공하기 때문에 망 시설에 대한 투자는 거의 요구되지 않고, 데이터 서비스용 신호를 전송할 수 있는 새로운 모뎀만 요구되어 비교적 적은 투자비로 고속 데이터 서비스를 실현할 수 있다. 한편 국내의 경우 대도시는 인구 밀집도가 높은 APT 거주 가구 비율이 높기 때문에 아파트까지 기간망을 구축하고 아파트 단지 내에서 전화

선을 이용한 xDSL이나 홈 네트워크 구축기술인 홈 PNA(Phoneline Network Association)을 이용한 고속 인터넷 가입자망이 형성되었다[1].

## 3. 가입자망 기술과 전력선통신 기술 비교

앞에서 이야기 한 바와 같이 기존의 인프라를 사용하여 인터넷 가입자망을 구축한 기술을 분석해 보면 구축된 가입자선로를 이용하여 기존의 서비스에 인터넷 데이터 서비스가 추가될 수 있도록 주파수 다중화 기법을

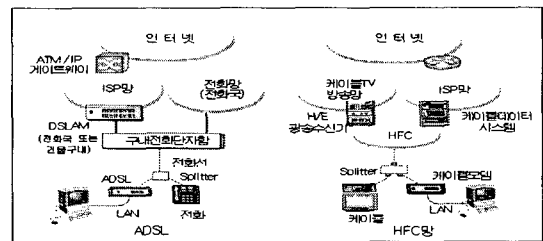


그림 1. 고속 인터넷 가입자망 구성도

사용한 모뎀방식을 적용하고 있다. 특히 케이블모뎀은 HFC망을 공유하여 사용하므로 다중접속 프로토콜을 필요로 하고 있다.

전화망에서 ADSL모뎀이나 HFC망에서 케이블모뎀을 적용하여 고속 가입자망을 구현한 것과 마찬가지로 전력선망에서 전력선모뎀을 적용하여 고속 데이터 서비스를 제공하기 위한 기술이 전력선통신 기술이며 전력선통신을 위한 전력선 모뎀에는 케이블모뎀에 적용되는 것과 같이 변복조방식과 다중접속 프로토콜을 필요로 한다.

고속 데이터 서비스에 전력선통신기술을 적용할 수 있는 배경으로는 우선 고속 모뎀을 구현할 수 있는 저가의 구현 기술이 개발되었음을 들 수 있다. 우선 ADSL모뎀이나 케이블모뎀에 적용된 변복조칩 적용 기술을 활용할 수 있고, 고속의 전용칩 개발 기술을 사용하여 통신 신호나 잡음의 레벨 변화에 적응하여 신호를 수신할 수 있는 필터나 등화기 등을 사용할 수 있고, 복잡한 계산의 수행이 필요한 멀티캐리어 방식의 변복조 방식이나 통신망의 특성에 적합한 중첩(Convolution) 방식의 오

류정정코드도 적용하여 고속 전력선 모뎀을 개발할 수 있다. 한편 전력선 통신은 제어·자동화용 통신망에 산업용이나 가정용으로 사용되면서 통신망 기술로의 가능성을 시험받아 왔고, 최신 통신기술을 접목하면서 고속 데이터 통신 서비스에 도전하게 되었다고 볼 수 있다.

그러나 고속 데이터 서비스에 전력선 통신을 적용하기 위해서는 몇 가지 해결해야 하는 문제점을 안고 있다. 전력선통신은 ADSL이나 케이블모뎀이 적용된 통신망에서 통신망 신호를 주파수 대역에 따라 다중화한 기본원리는 같으나, 전력을 공급하는 전기신호는 큰 전력을 갖고 있어 상대적으로 약한 통신신호가 전력공급에 따른 전력선의 부하와 임피던스 변동에 적응해야 하며 또한 각종 전기기기 및 전력선망의 구성형태에 따른 잡음의 변화에도 적용할 수 있는 기술이 요구된다.

한편 전력선 전력공급체계에 맞추어 송전선, 배전선, 인입선으로 구분되며 이는 통신망에서 기간망과 가입자망이 구분되는 것과 같이 구분된다. 통신서비스를 위한 가입자 선로는 가입자에서부터 통신국까지 연결된 선로로 전력 공급망과 비교하면 배전망과 인입선을 합한 것과 같으며 대부분의 고속전력선통신 기술이 220V의 인입선이나 구내배선에 적용할 수 있는 기술을 개발하고 있어 가입자망으로 경제성을 확보하기 위해서는 배전선에서 고속의 데이터 전송이 가능한 기술개발이 요구된다.

### III. 전력선 통신 기술 고찰

#### 1. 전력선 통신 기술 발전과 적용

전력선통신은 송전선을 이용한 변전소간 음성전화에서 출발하여 구내배선을 이용한 저속 제어 자동화용 전력선모뎀이 사용되다가 최근 저압 인입선 또는 구내배선에서 고속의 데이터 전송이 가능한 전력선모뎀이 활발히 개발되고 있다. 각 시대별 전력선통신 기술의 특징을 정리하면 [표 1]과 같다. 또한 사업적 관점에서 전력선통신의 적용 사업 분야별로 기술에 따른 용도별로 구분하면 [표 2]와 같이 정리할 수 있다.

현재 전력서비스분야에서 공장자동화나 건물의 엘리베이터 제어 등에 저속 전력선모뎀을 적용한 제품이 이

미 상용화되어 많은 곳에 활용되는 단계이다. 그러나 통신 서비스분야에서는 개발된 시제품을 이용하여 필드테스트 수준의 시험이 이루어지는 단계이다. 특히 가입자망으로의 활용은 저속 전력선모뎀이나 고속 전력선모뎀 모두 상용화를 위해서는 인입선에서 통신국까지의 기간통신망 구성, 복잡한 인입선 환경에서의 전력선모뎀의 안정적인 동작을 위한 기술적 보완이 필요한 수준이라 판단된다.

표 1. 전력선통신 기술의 시대별 특징

시 기 내 용	'70년대 이전	'90년대 이전	'90년대 중반 이후
주 응용 분야 (신호)	음성전화 (analog)	제어·자동화(control data)	고속 데이터 통신(all data)
전 송 속 도	Analog	저속, 수십kbps ~수kbps	고속, 수십kbps ~수Mbps
사용 대역폭	50~450 kHz	수kHz~수MHz	수십MHz 이내
전력선 구간 및 거리	송전선 (154/345kV)	구내 (110/220V) 일부 배전선(원격검침 시도)	구내, 인입 (110/220V)
변 조 방 식	AM	FSK, OOK, SS 등	OFDM, CDMA 등 (multi carrier 이용 변조 또는 대역확산 방식)
다중접속(다중화)	FDM	Polling	CSMA/CD, CDMA 등
망구성 형태	point-to-point	multi-point	multi-point
대표 제품·표준	-	X-10, CEBus(자동화용), LonWorks	Home Plug(미국-Home Network) PLC Forum(유럽) 등
전력 회사 관심	계통운용을 위한 전환	배전선을 이용한 원격검침 시도	통신사업 진출 기회
통신 회사 관심	-	(고속 또는 저속) 가입자망, 홈 네트워크	

한편 구내배선을 이용한 저압 전력선모뎀의 경우 가전회사를 중심으로 한 정보가전기기, HA분야 제품이 개발되어 출시되기 시작했으며 사이버 아파트 등에 HA를 구현한 제품이 시설되고 있다.

제어 등에 저속 전력선모뎀을 적용한 제품이 이미 상용화되어 많은 곳에 활용되는 단계이다. 그러나 통신 서비스분야에서는 개발된 시제품을 이용하여 필드테스트 수준의 시험이 이루어지는 단계이다. 특히 가입자망으로의 활용은 저속 전력선모뎀이나 고속 전력선모뎀 모

두 상용화를 위해서는 인입선에서 통신국까지의 기간 통신망 구성, 복잡한 인입선 환경에서의 전력선모뎀의 안정적인 동작을 위한 기술적 보완이 필요한 수준이라 판단된다.

표 2. 전력선통신의 사업 분야 및 용도

적용분야 통신속도	전력서비스	통신 서비스	
		가입자망	홈네트워크
저속	-공장/빌딩 자동화 -원격검침, 수요관리 등	-방법, 방재 회선 등	-Home Automation(HA) -정보가전 -방법, 방재 구내배선 등
고속	-	-고속 인터넷 접속(가입자망)	-Home LAN (PC공유 등)

한편 구내배선을 이용한 저압 전력선모뎀의 경우 가전회사를 중심으로 한 정보가전기기, HA분야 제품이 개발되어 출시되기 시작했으며 사이버 아파트 등에 HA를 구현한 제품이 시설되고 있다.

최근 고속 전력선모뎀을 이용하여 인터넷 접속 시범 서비스를 제공한 시험망 구성의 예를 들면 [그림 2]와 같다.

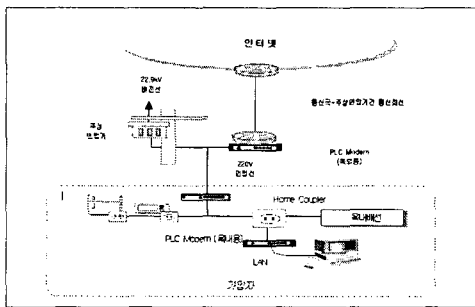


그림 2. 고속 전력선통신을 이용한 고속 가입자 시험망 구성도

주상변압기 2차측인 인입선 시작부분에 옥외용 PLC 모뎀을 설치하여 가입자에 설치된 홈커플러와 가입자망을 구성하고 가입자구내에서는 전력선모뎀과 홈 커플러간 구내 통신망이 구성되어 있다.

옥외와 옥내로 구분하여 가입자망을 구성하는 이유는 일차적으로 전력선의 통신채널 특성이 옥외와 옥내가 아주 달라 사용하는 통신신호 대역을 구분하기 위해서

이고 향후 홈 랜구성시 신호분리가 쉽게 이루어질 수 있도록 하고 있다. 이 방법은 가입자망과 홈 랜 서비스를 동시에 예상하고 있는 유럽 PLC 포럼의 표준 방향과 일치하고 있다. 주상변압기에서 통신국까지의 통신망 구성에는 배전선(22.9kV), 전용회선, 기존의 가입자망, 무선 등 다양한 방법을 이용할 수 있으며 배전선에서 고속 전력선모뎀의 신호를 통신국까지 전송할 수 있는 방법이 전력선 가입자망의 최종적인 목표라 할 수 있으나 배전선에서 고속 전력선 통신을 구현하기 위해서는 많은 기술개발이 필요한 실정이며, 현재 구성된 전력선통신 가입자 시험망은 전용회선이나 케이블모뎀을 이용하고 있다.

2. 전력선 통신 기술 개요

전력선 통신의 원리를 살펴보면 전력선을 통신선으로 사용하여 전원과 통신신호를 다중화하여 동시에 전송(FDM의 원리 전원(60hz)+통신신호(수십Khz~수Mhz의 고주파신호)며 전력선의 통신 신뢰도를 확보하고 전원의 품질(ripple)에 영향을 주지 않는 통신방식을 적용하면 전원 콘센트를 통신단자로 활용해 어느 곳에서나 편리하고 저렴하게 통신망으로 활용이 가능하다.[2]

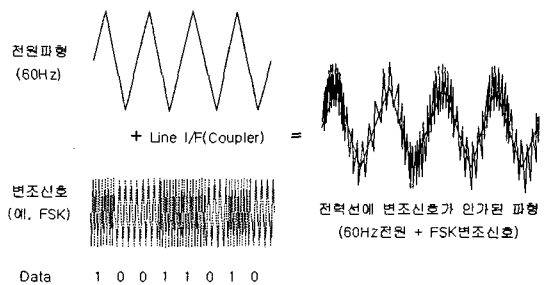


그림 3. POWER LINE COMMUNICATION 기본원리

전력 전송선로 구성방식을 살펴보면 결합방법과 전력선로방식으로 나눌 수 있으며 결합방법론적으로 보면 가장 경제적으로 사용할 수 있는 1선 대지간 결합방식이 있다. 이는 송전선의 3상중 1선과 대지를 왕복도체로 사용하는 방식이며 또한 상대적으로 비경제적인 2선 대지간 결합방식을 들 수 있다.

이외에도 상간 결합방식과 회선간 결합방식이 있는데 상간 결합방식은 동일 송전선의 3상 중 2상만을 왕복도체로 사용하며 회선간 결합방식은 동일 루트의 2회선 송전선중 각 1상을 선택 왕복 도체로 사용하는 방법이며 가장 안정도가 좋은 것으로 알려졌다.

전력선로별 방식으로 나누어 보면 154,000V와 345,000V의 특고압 송전선을 전송로로 사용하는 고압 송전선 방식이 있으며 결합회로 대형 및 반송전화로 사용된다.

또한 22900V 고압 배전선로를 이용하는 고압 배전선 방식이 있으나 신호를 싣고 추출하기가 곤란한 면이 있으며 220V 옥내 저압 배전선을 전송로로 이용하는 저압 배전선 방식이 있는데 이 또한 잡음 및 임피던스가 매우 복잡한 면이 있지만 홈 네트워크 구조상 우리는 집중적으로 연구 고찰해야 할 대상이다. 여기서 송전선을 이용한 반송전화의 예를 살펴보면 장점으로 전송로가 송전선이므로 하드웨어적으로 안정되고 견고하며 높은 전압을 사용하므로 전송 손실이 적으며 기존 송전선로를 사용하므로 선로 가설비가 들지 않는다. 반면에 전력선의 높은 전압에 의한 코로나 잡음 등 각종 잡음 발생 요소가 있으며 발변전소나 설비에 의한 과도 현상 및 유도, 용량성 리액턴스 발생할 수 있으며 전력선을 고주파 전송용으로 사용하기 위한 부가장치가 필요하다는 단점도 있다.

고압 배전선 방식은 전송로가 송전선이므로 하드웨어적으로 안정되고 견고하며 구성비가 저렴하며 배전선 도달지점까지 전송 가능하며 단일 매체에 의한 양방향 통신이 가능한 것이 장점이다.

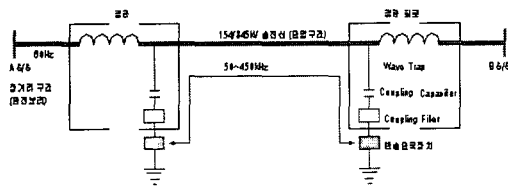


그림 4. 1선 대시간 결합방식

반면에 전력선의 높은 전압에 의한 코로나 잡음 등 각종 잡음 발생 요소가 있으며 신호감쇄 누설에 대한 보완장치가 필요하며 배전선 환경(분기 등)에 의한 통신

장애가 있으며 고주파 전송용으로 전파사용 규제에 대한 해소문제를 제기할 수 있다.

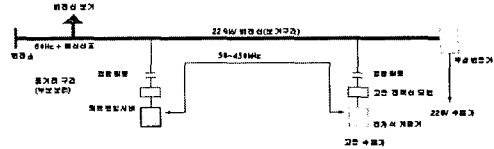


그림 5. 고압 배전선 방식

다음은 전력선의 인입선 부분 및 홈 네트워크 측면에서 본 구내배선을 살펴보면 [그림 6]과 같이 도식할 수 있다.

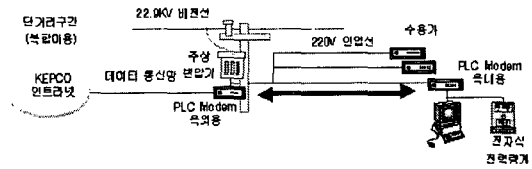


그림 6. Access Network

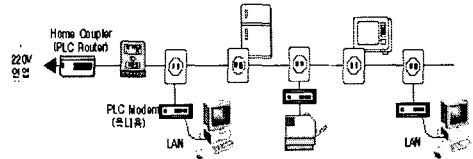


그림 7. 전력선을 이용한 홈 네트워크

이와 더불어 모뎀의 종류와 방식을 살펴보고 전력선 모뎀의 특징과 구성을 고찰해보기로 한다. 우리가 그동안 많이 보아왔던 방식은 전화모뎀과 케이블 모뎀을 들 수 있다. 전화모뎀은 일반적으로 다음 [그림 8]과 같이 구성으로 되어 있다.

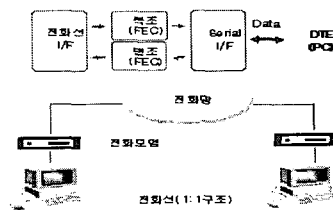


그림 8. 전화모뎀

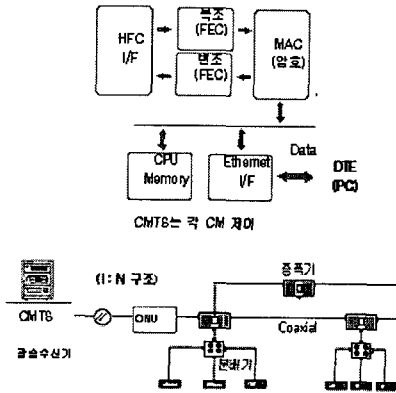


그림 9. 케이블 모델

전력선 모델에 적용된 기술을 살펴보면 LINE I/F(전력선 Coupling), Link(변복조 기술) 중앙제어 또는 독립제어를 담당하는 MAC를 들 수 있다. 여기서 보듯이 지금까지는 인터넷 중심으로 PLC 적용사례를 검토해 보았다. 하지만 이는 크게 진보적이고 발전적인 입장을 제시하지 못했다. 왜냐하면 인터넷의 급속적인 발전으로 초고속 인터넷을 기반으로 많은 데이터의 전송, 동영상 전송 등이 대두되면서 ADSL이나 광통신 케이블망 기반으로 발전해왔다.

### 3. 전력선 통신의 역사(국내)

전력선 통신의 역사적 배경을 살펴보고 새로운 모델에 대한 연구방안을 제시한다. 국내에서는 1941년에 최초로 송전선에 주파수 다중화 방식을 사용하여 음성전화용으로 사용되었으며 송전선에 주파수 다중화 방법을 사용하여 한전의 경우 변전소간에 아날로그 음성신호 전송에 사용되었다. 1970년대 이후에는 가정이나 소규모 빌딩, 오피스에 대한 Home Automation, 전기기기 제어, 공장자동화 등을 위한 저속 데이터 통신에 사용되었으며 배전선을 이용한 원격검침이 시도 되었으며 1990년대 중반 이후 H/W 기술, 신호처리, 에러제어 등 통신관련 기술의 개발과 고속 데이터 서비스 수요 증대에 따라 수 Mbps 급 전력선 모델 개발이 추진되고 있는 실정이다.

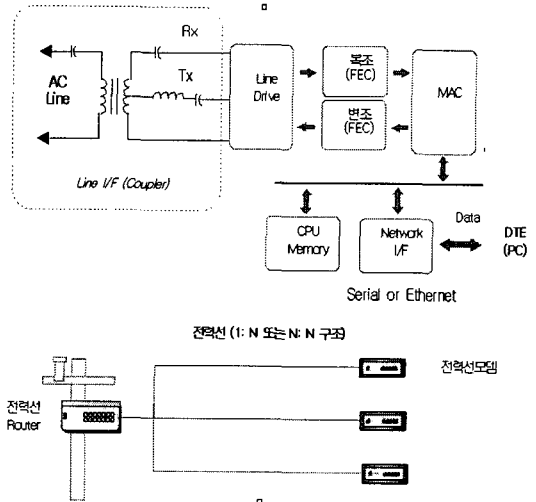


그림 10. 전력선 모델

최근 전력선 통신기술이 활성화를 보이고 있는 것은 고속 모델 구현 기술 개발 및 저가 구현이 가능해진 모델 기술발전이 모태가 되고 있다. 또한 인터넷 확산에 따른 Home Network의 요구 및 1가구 다PC, 인텔리전트 가전(인터넷 가전, 백색가전), Automation등으로 활성화 되고 있다.

### 4. 전력선통신의 시대별 특징 및 발전 방향

#### 4.1 전력선통신 표준화 및 규제

전력선통신 표준화는 초기단계로서 전력선모델 자체의 표준화보다는 이미 개발된 다양한 전력선모델에 대한 상호 공존성 등을 중심으로 우선 이루어지고 있다. 표준을 추진하는 단체나 국가의 서비스를 고려하여 표준화의 방향이 다르게 추진되고 있으며 대표적인 표준화 추진 기구로는 국내 PLC 포럼, 미국의 HomePlug, 유럽의 PLC 포럼, 일본의 Echonet이 있다.

국내 PLC 포럼은 디지털가전, 통신서비스 분과위원회가 활동 중이며 디지털가전 분과에서는 정보가전기기를 위한 표준화를 진행하고 있으며, 통신서비스 분과에서는 옥외와 옥내로 구분하여 표준화를 진행하고 있다. 현재 표준화는 서비스 대상과 전력선모델의 종류에 따라 상호공존이 가능하도록 주파수 대역의 사용과 전력

선통신 서비스를 제한하는 전파법, 전기통신설비기술기준 등에 대한 검토가 이루어지고 있다.

국내 전파법은 450kHz 이하 대역에서 10W 이하의 출력인 경우 전력선통신을 사용할 수 있으나 전력선 방송전화를 대상으로 전파법이 제정되어 있어 전력선모뎀을 상용화하기 위해서는 각 모뎀마다 허가를 받아야 하는 문제가 있다. 이 문제를 해결하기 위해 정보통신부에서는 전담반을 구성하여 전력선통신 서비스의 상용화에 따른 기술기준 제정 작업을 진행하고 있다. 전력선모뎀을 크게 분류하면 450kHz 이하 대역을 사용하는 저속 전력선모뎀과 수~수십MHz 대역을 사용하는 고속 전력선모뎀으로 나눌 수 있다. 전력선에 모뎀신호가 인가될 경우 전파 방사현상이 발생하며 전력선모뎀이 사용하는 주파수는 무선주파수와 동일한 대역을 사용하고 있어 상호 간섭의 가능성이 있어 전파법에서 이에 대한 상호 규제가 필요한 실정이다.[3][4]

또한 전력선모뎀은 새로운 형태의 통신단말기로서 전기통신설비기술기준에 전력선모뎀에 대한 기술기준이 제정되어야 할 것이다. 현재 국내에 상용화된 가입자망인 ADSL이나 케이블모뎀도 전력선모뎀이 사용하는 주파수 대역을 사용하므로 각종 가입자 단말 장치에서 만드는 통신신호가 서로 영향을 받지 않도록 기술기준에 반영되어야 할 것이다. 한편 전력선모뎀은 전력선에 연결되므로 전력선모뎀과 같은 전력선에서 사용되는 전기기기에 대한 전기안전 관련 규격도 정립되어야 할 것이다.

각 서비스에 대해 전력선모뎀의 표준화가 이루어지려면 변복조방식, 통신프로토콜 등도 표준화가 이루어져야 한다. 저속의 전력선모뎀은 업계표준 형태로 X10, CBus, Lonworks가 사용되고 있으나 현재 개발된 고속 전력선모뎀은 다양한 기술을 사용하고 있기 때문에 단기간에 통신표준이 이루어지기는 어려울 것으로 예상되며 국내 PLC 포럼에서도 이 부분의 논의가 진행되고 있다.

외국의 표준화기구도 각국의 전기안전관련 규격이나 전자파 영향 관련 규제 수준을 정립하기 위해 전력선모뎀이 사용하는 주파수대역, 신호세기, 전파방사 등에 대한 기준을 논의하고 있으며 각 표준화단체별 동향은 [표 3]에 정리하였다.

표 3. 해외 전력선모뎀 표준화 단체 동향

구분	HomePlug(미국)	PLC Forum(유럽)	Echonet(일본)
중점 서비스	-Home Networking	-Access -Home Networking	-Home Networking -Home Security
주파수 활용안	-4~40MHz	-목역 : 1.6~10MHz -옥내 : 10~30MHz	-450kHz 이내 (MHz 허용 추진)
규제 기관	-FCC	-ESTI, CENELEC	-총무성(구우정성)
주요진행사항	-Intellon기술을 기본 -Spec1.0 완성 예정	-Access-Home간 공 준규격 제정예정	-Spec2.0 완성예정

#### 4.2 전력선통신 사업전망

최근 고속 전력선모뎀 기술개발에 따라 전력선통신에 관심이 증가되면서 전력선통신에 대한 기술개발이나 사업에서 새로운 기회를 맞고 있다고 할 수 있으나 앞에서 설명한 바와 같이 전력선모뎀은 속도에 따라 다른 서비스에 적용할 수 있고 사업적 전망도 각 사업분야별로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

먼저 가입자망 기술로서 전력선통신기술이 전화망, 인터넷 가입자망을 대체하기 위해서는 인입선에서부터 통신국까지 연결되는 배전선을 활용하거나 경제성이 있는 통신회선을 구성할 수 있는 기술이 필수적이라 할 수 있다. 특히 국내와 같이 전화망이나 HFC망이 잘 시설된 경우 전력선통신을 이용한 가입자망은 특수한 용도나 일부 지역에서만 이용될 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 유럽과 같이 신규 인터넷 가입자망 선로 시설이 오래 걸리고 한 변압기에 수용된 가입자가 200~300가구 규모로 통신국과 변압기간 통신회선 구성에 따른 경제성이 있는 경우 가입자망으로 경쟁력이 있을 것으로 예상된다. 또한 전화망시설을 충분히 보유하지 못한 저 개발 국가는 상대적으로 전력선 인프라는 갖추고 있으므로 이러한 국가를 대상으로 한 전력선통신 기술도 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 예상된다.

고속 데이터 서비스가 가능한 가입자망의 확대에 따라 새로운 서비스가 출현하고 있으며 가입자망과 홈 네트워크를 연계하는 서비스는 통신 사업자에게 새로운 사업기회로 인식되고 있어 홈 네트워크 기술로 전력선통신의 가능성도 밝을 것으로 예상된다. 미국의 경우



PC를 보유한 가구 중에서 1가구에 이미 2대 이상의 PC를 보유한 가정이 50%에 이르고 있고, 홈 내에서 네트워크의 필요성으로 전력선통신뿐만 아니라 전화선을 이용한 홈PNA, 무선랜, IEEE1394 등 다양한 홈 네트워크 기술이 대두되고 있다.

#### IV. 유비쿼터스 모델과 PLC 자동화 분전반의 연구

##### 1. 개요와 알고리즘 설계

우리나라는 고속도로처럼 잘 만들어진 통신 인프라가 세계 어느 나라보다도 통신 최대 강국으로 2000년대 이후 급부상하였다. 모바일 단말기 및 인터넷이 전체국민의 약 85% 가입자를 보유하고 있으니 참으로 자랑스러운 일이 아닐 수 없다.

우리는 이와 때를 같이하여 세계 강국으로 거듭나기 위해서는 이와 관련 새로운 통신기술로 주도권을 잡기 위한 부단한 노력이 배가되어야 할 것으로 보인다.

조만간 세계가 인터넷 네트워크망으로 뒤덮일 것이다. 또한 IPv4의 주소 고갈로 IPv6의 주소 체계를 도입하고 유무선 광대역 통합 통신망 BcN을 상용화 하고 있는 시점에서 홈 네트워크와 고속 PLC 통신의 역할과 앞으로 나아가야 할 방안을 연구하기로 하겠다. 현재 홈 네트워크상에서 통신기술은 너무 다양한 기술을 접목하고 있으나 이는 복잡성을 유발하고 혼돈스럽기 이루 말할 수 없다.

이와 관련하여 아래 그림을 한번 살펴보기로 한다.

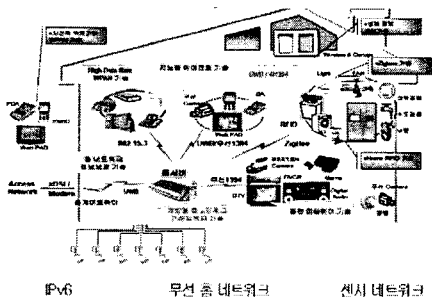


그림 11. 기존에 구현되었던 홈 네트워크 시스템

향후 무선 방식이 주도할 것으로 전망하고 있으나 또한 여러 가지 제한이 따르는 것이 사실이다. 무엇보다도 동기문제와 동시 다발성 트래픽 문제가 프로세서의 과중한 부담을 들지 않을 수 없다. 현재는 IP주소가 많이 여유가 있다 하더라도 USN의 폭발적인 사용으로 증가하다 보면 점차로 IPv4처럼 고갈될 우려가 있으므로 무제한 남용은 곤란할 것이다. 이와 때를 같이하여 무선을 고집하기 보다는 고속 PLC를 이용하여 노드 링크 상에서는 인터넷 네트워크로 사용하며 가전기기의 제어를 분담한다면 보다 효율적이고 경제적인 가격으로 홈 네트워크를 구성하는 것이 그리 어렵지 않다고 생각한다.

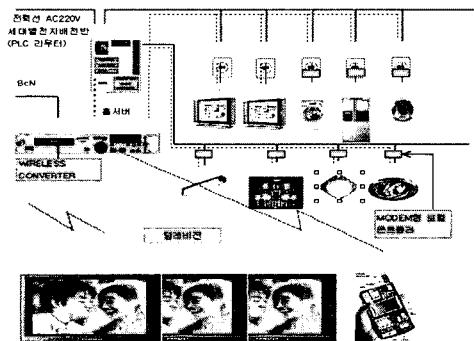


그림 12. 새로이 제안된 홈 내 PLC를 이용한 네트워크 구성망

[그림 12]에서 보듯이 인터넷 네트워크 망은 홈 서버(게이트웨이)에 IP를 할당받아 연결이 되고 이는 세대별 전자 배전반(라우터)을 통해 홈 내 전력선을 통해 어느 콘센트에 접속하든지 퍼스널 컴퓨터의 모뎀에 연결이 되어 각종 서비스를 제공받게 되며 모뎀형 로컬 콘트롤러를 통해 가전기기 및 조명 제어를 수행하게 된다. 또한 PDA나 모바일 단말기를 통해 홈 내 적외선 리모콘 대신 가전기기 조작을 자유자재로 수행하며 가전기기 몇 개든지 프로그램에 의해 손쉽게 통합 제어하는 형태를 취할 수 있도록 하며 유저 프로그램 데이터는 사이버 공간을 두고 ID를 부여해 필요한 모든 사람이 공유할 수 있도록 설계한다. BcN을 통해 입력된 각종 정보 및 영상은 컨버터를 통해 가정내 TV를 무선으로 6대까지 다른 양방향 통신의 채널로 시청할 수 있다.

전력선 통신의 장·단점을 살펴보면 [표 4]와 같다.

표 4. 전력선 통신의 장단점

기술	시스템 비용	케이블 설치	장점	단점
광대역	높다	필요	최고 품질, 안정적인 내트워킹, 가장 넓은 대역폭.	매우 비싸다. 입력된 케이블 끊기 필요. 50%부 내트워킹 어려움.
XDSL	높다	필요없음	넓은 대역폭, 어느 정도 안정적, 케이블 설치가 필요 없을 수 있음.	통신망의 품질은 뛰어나지만, 많은 통찰에 따라 서비스 경우, 기본 내트워킹 연결을, 고역과 관할국 사이의 거리 제한.
저대역 모뎀	중간	필요	어느 정도 안정적, 넓은 대역폭.	가입자/이용자의 수에 따라 속도 급격히 저하. CATV선이 없는 경우 선로 공사 필요. 무안정대 변동, 하루 내트워킹 어려움.
LMDS	높다	필요없음	위급 접속, 하루 내트워킹 가능, 별도의 케이블 연결 필요.	가격 저발 단계에 있음. 높은 장애 비율.
PLC	낮다	필요없음	기술된 전력선의 이용으로 저렴한 설치 비용, 설치가 용이, 휴대전화와 시장 지향, 간헐적 전도, 정보가격 등 다양한 응용시장 하루 내트워킹 가능.	가격 중용되지 않음, 변압기에 연결된 가입자 수의 영향을 받음

[표 4]에서 보듯이 전력선 통신은 단점에 비해 장점이 많아 전 세계적으로 활발하게 개발에 박차를 가하고 있다. 속도면에서도 약 20Mbps급이 선보이고 있으며 머지않아 1.2Gbps급도 출시될 예정이다.

전력선 통신에 부가서비스 및 어플리케이션 또한 다양하게 이용될 수 있다. 먼저 운영관련 서비스로는 정전 감지 및 제어가 가능하며 원격 전환, 전력 품질 모니터링과 관리, 멀티플 전력제어, 원격검침(AMR), 보안 관리 등에 적용할 수 있다.

사용자 관련 서비스로는 통합 청구서, 마케팅 정보기술, 부하제어, 네트워크 가전, 전력 사용 관리, 인터넷 서비스 등이 이루어진다. 초고속 인터넷과 전력선 통신을 비교해보면 [표 5]와 같이 나타낼 수 있다.

표 5. 초고속 인터넷 과 전력선 통신 장단점

구분	장점	단점
ADSL 2Mbps 8 Mbps	전화 보급률이 좋은 곳, 선을 공유하지 않아 보안이 좋음	망 품질에 따라 서비스 좌우, 전화국의 거리 제한
케이블 모뎀 10Mbps	케이블 TV망 씬, 달기편함	이용자 수에 따라 속도제한, 망 선로 공사해야 함, 보안이 낮음
전력선 통신 2~8Mbps	보급률 높음, 홈네트워킹 등 응용이 넓음	잡음과 부하가 걸림
전력선통신 32Mbps	보급률 매우 높음, 전송속도 높음	전력선 모뎀의 컨버터 구성

전력선 통신의 가장 큰 매력은 뛰니뛰니해도 말 그대로 꽃기만 하면 모든 것이 가능해 지기 때문이다.

그러나 모든 것이 만족스러운 것은 아니다.

표에서 보듯이 잡음에 취약하고 신호가 약해질 우려도 있으며 비연속적인 전류로 인한 단점도 있기 때문에 이를 극복할 차세대 방안으로 [그림 12]에서 보였듯이 기간망과 가입자망을 확연히 구분하는 것이다.

기간망은 차세대 통신망인 광대역 유무선 통합망인 BcN이 담당하고 홈 내에서는 전력선 기반으로 통신 네트워크를 구성하는 방식이다.

이와 같이 시스템을 원활하게 구현하기 위해서는 홈 내 라우터 역할을 하게 될 자동화 분전반의 표준화된 개발이 시급하다고 할 수 있다. 왜냐하면 이 분전반이 홈내 라우터 역할을 수행하여야 하기 때문이며 모뎀형 로컬 콘트롤러에 제어용 프로토콜에 대해 전력선으로부터 데이터를 추출하고 데이터를 실어 보내는 역할을 담당해야 하기 때문이다. 예전에는 직접 전력선을 이용 원격검침용으로 사용한 적이 있으나 인터넷이 잘 이루어진 이 때 BcN으로 데이터를 전송함이 가능해진다. 또한 퍼스날 컴퓨터의 구조 및 사양도 바뀌어져야 할 것으로 본다. 아울러 현재의 PC는 본체 및 모니터 입력장치 출력 장치를 갖게 되는데 이들의 컨버전스를 통해 슬림형 모니터에 PC의 모든 기능을 통합 터미널 PC의 역할을 수행하게 함으로서 데스크 공간의 활용을 높이고 복잡한 배선을 합리적으로 정리할 수 있으리라고 본다. 또한 POWER LINE을 연결함으로써 인터넷 연결이 가능하므로 별도의 인터넷 케이블인 UTP 케이블도 사용하지 않아도 될 것이다. 아울러 터미널 PC는 기본으로 핸드셀을 장착 VoIP 전화기를 내장 홈 내에서든지 사무실 같은데서 프로그래머블 키펀 역할을 충분히 할 수 있도록 고려하여 만든다. 좀 더 나아가 화상전화역시도 충분히 대응할 수 있으리라 본다.

이의 발전으로 홈 내 유선전화는 KT의 자료조사에 의하면 2030년경에는 현재 시스템의 유선전화는 거의 사라질 것으로 전망하고 있다. 유비쿼터스 홈 네트워크 시대를 맞이하여 합리적이고 경제적인 통신방법을 구현하여 보다 나은 서비스 제공을 받을 수 있는 시스템으로 지속적인 발전 궤도를 이루어야 될 것이다. 고속

PLC 통신 방법은 인터넷의 동영상과 밀접한 관계가 있는데 높은 주파수로 인해 전력의 질에 영향을 끼칠 수 있다는 사실을 알게 되었다. 이러한 부분이 노이즈로 나타나지 않도록 자동화 분전반 및 로컬 콘트롤러 인터페이스는 고주파 필터를 좀 더 세심하게 고려하여 제작되어야 할 것으로 본다. 홈 내 전력선을 이용 모바일의 원격제어 및 활용방안을 그림으로 보면 다음 [그림 13]과 같이 정리할 수 있다.

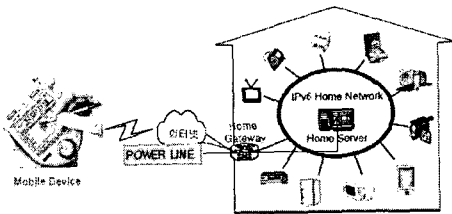


그림 13. IPv6 무선 원격 제어 시스템아블

이 논문에서 제시한 전력선 통신망과의 기존의 전력선 통신을 비교해보면 [표 5]와 같다. 특히 전력 변화에 별로 영향을 기치지 않음을 알 수 있다.

표 6. 기존의 전력선 통신 방법과 새로운 모델의 전력선 통신 방법의 비교

구 분	기존 전력선 통신	홈 내 전력선 통신
망	기간망/가입자망	가입자 구내망
장애요인	전력변화에 장애	장애 별로 없다
속도	늦은 편이다	늦지 않다
가격	저렴하다	아주 저렴하다

홈 내 전력선 통신 모델 성능을 실험하기 위해 개발한 전자 회로도 모델 부분을 소개하면 [그림 14]와 같다.

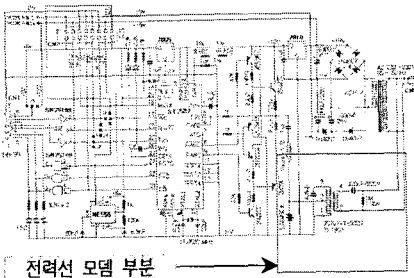


그림 14. 전력선 모델 회로도

## 2. 자동화 분전반의 프로그램 알고리즘

전력선 통신을 잘 구현하려면 무엇보다도 홈 게이트웨이를 담당할 자동화 분전반 설계가 매우 중요하다고 볼 수 있다. 지금까지 많은 업체에서 PLC를 이용하여 제어하는 시스템 구축을 연구해왔으나 외부와의 통합적인 인터넷 네트워크에 더 많은 관심을 가지고 있었던 것이 사실이다. 하지만 오늘날 인터넷은 BcN 통신망에 연결하는 것이 거의 표준화된 상태에 PLC는 다시 한번 주목하게 되는데 이를 홈 내에 국한하여 잘 이용한다면 매우 효율성이 좋고 경제적인 것임에 틀림없다.

현재 PLC를 이용한 고속 모뎀이 속속 개발되어져 있는 마당에 자동화 분전반과의 컨버전스를 통한 전기의 안정적 사용과 그동안 하드웨어적인 것에 의존했던 전기 공급방법을 가일층 안전하게 사용하고 감시할 수 있으며, 전력량 사용의 데이터 구축과 원격검침, 전력 상태의 점검 등이 용이하고 절연의 정도를 쉽게 확인할 수 있으리라 본다. 이를 수행하기 위해서는 MCU를 장착한 메인보드가 탑재되어야 하고 POWER LINE에 데이터를 실기 위해서는 입력신호에 대한 변복조 기능을 가지고 있어야 하며 감시상태를 측정 관리할 수 있는 디스플레이부, 전력제어를 위한 사이리스트부, 조작을 위한 키패드부분, 정보를 제공하기위한 보이스 콘트롤 부분 등으로 크게 나눌 수 있을 것이다.

여기서 사이리스트부는 과부하 및 단락에 의한 소손이 우려되고 있지만 피드백 제어가 가능하므로 충분히 방지할 수 있다고 본다. 홈서버로부터 받은 데이터 입력 부분은 MCU와 통신을 하고 이들은 POWER LINE을 통해 공급될 것이며 해당 ID에 어떤 상태 정보를 전달할 수 있으며 PC의 웹브라우저에 의해 인터넷 통신을 개시할 수 있도록 한다. 이를 활성화하기 위해서는 자동화 분전반의 개발 성공 과정이 좌우할 것으로 보이며 표준화 모델로서 자리매김하리라 본다.

## 3. 홈 PC의 구조 개선 방안

향후 유비쿼터스 환경하에서는 현재 사용되고 있는 PC의 구조가 과감하게 개선되어야 할 것으로 보여진다. 성능도 성능이지만 그동안 사용되었던 구조에서 과감하게 탈피해야 될 것으로 보이며 현재 LCD 모니터가 주류를 이루고 있지만 본체와 분리된 상태에서 복잡한

케이블의 연결 및 데스크 공간 활용면에서도 비효율적이라고 볼 수 있다.

홈네트워크가 활성화 되려면 홈서버가 당연히 구축되어야 하며 파워 라인 만 콘센트에 접속함으로써 인터넷은 자동으로 연결되고 슬림형 본체와 모니터가 일체형으로 발전되어 나갈 것으로 보인다.

또한 프로그램이 가능한 VoIP 전화와 Web카메라를 장착 화상전화를 쉽게 구현할 수 있을 것으로 보인다.

## V. 결론

통신사업의 특성상 시장에서 선택된 몇 개의 우수한 기술만이 경쟁력을 갖고 사업적 성공을 거두고 있으며 통신관련 기술은 표준화를 통해 시장 지배력을 더욱 확장하고 있다. 앞에서 살펴본 바와 같이 전력선통신은 다양한 통신서비스에 적용할 수 있는 기술적 사업적 가능성은 갖고 있다고 볼 수 있다.

그러나 향후 하나의 통신서비스로서 전력선통신이 채택되기 위해서는 전력선통신 기술이 갖고 있는 약점을 해결하는데 더욱 노력을 기울여야 할 것으로 생각된다. 먼저 전력선통신이 요구되는 통신서비스에 대해 집중적인 기술개발이 필요하다. 현재의 전력선통신 기술은 각종 통신서비스에 대한 가능성을 제시할 뿐 가장 효과적인 방법이 될 수 있음을 충분히 설명하고 있지 못하다. 따라서 전력선통신이 경쟁력을 갖는 서비스에 대한 집중적인 기술개발을 통해 성능과 가격 경쟁력이 확보되어야 할 것이다. 그리고 기술개발과 함께 일반적인 통신 기술로서 확장하기 위한 표준화가 이루어져야 할 것이다. 현재 각종 전력선모뎀에 대한 상호 공존성 등에 대한 표준화 작업이 진행되고 있으나, 기존의 통신망과의 호환성이나 전파방사 등에 따른 통신기기간 상호간섭 문제 등도 적극적으로 해결하여야 할 것이다.

유비쿼터스 시대에 맞는 구내 전력선 통신을 제시하고 이를 충분히 활용하기 위한 구내 라우터 개념의 자동화 분전반을 구축함으로써 기존의 개발된 전력선 모뎀과의 컨버전스를 통한 홈 네트워크를 구성하여 보다 질 좋고 향상된 서비스를 구축할 수 있으리라 본다.

이미 초고속 전력선 모뎀이 개발되어 있을 뿐 아니라

다양하게 활용되고 있는 형편이어서 이와 같이 구조개선을 통한 시스템 구축은 저비용으로 잘 활용될 수 있을 것으로 본다.

이와 같은 시스템이 앞으로 전력선 통신 포럼 및 표준화를 거쳐 이미 구축된 구내 전력선에 저비용으로 잘 활용될 수 있도록 발전해 나가기를 바란다.

## 참고 문헌

- [1] 이문호, "영상통신의 신호처리", pp.411-432
- [2] Gunter Leeb, Ratko Posta, Gerhard H. Schildt, "A configuration tool for homenet," IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.42, No.3, pp.387-3394, 1996.
- [3] D. L. Waring, K. J. Kerpez, and S. G. Ungar, "A newly emerging customer premises paradigm for delivery of network-based services," Computer Network, Vol.3, No.4, pp.411-424, 1999.
- [4] Powerline Communication, The Second World Congress, Brussels, 1999.
- [5] Power Line Carrier. "Networking with the same Old wires," 2000.

## 저자 소개

이 병 록(Byong-Rok Lee)

중신회원



- 2000년 2월 : 충남대학교 정보통신 공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 현재 : 충북 대학교 컴퓨터 공학과 대학원 박사과정
- 현재 : (주)유비컴테크놀로지 대표/ 연구소장

• 현재 : 충청기능대학 전자과 교수

• 현재 : (사)한국콘텐츠학회 총무이사

<관심분야> : 내용기반 영상검색, 멀티미디어, 홈네트워크

최 승 권(Seung-Kwon Choi)

정회원



- 2001년 8월 : 충북대학교 대학원 졸업(공학박사)
  - 현재 : 충북 대학교 전기전자컴퓨터공학부 초빙교수
- <관심분야> : 멀티미디어 통신, 콘텐츠 유통, 정보 보안

조 용 환(Young-Hwan Cho)

증신회원



- 1989년 2월 : 고려대학교 대학원 (이학박사)
  - 1982년 3월~현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수
  - 현재 : (사)한국콘텐츠학회 회장
- <관심분야> : 유비쿼터스 컴퓨팅, 멀티미디어 통신, 정보통신 정책