

# 6. 신기술소개

## 전력선통신기술의 현황과 전망 The Present Status and Prospect of Power Line Communication Technology



유영호  
Y-H Yu

• 한국해양대학교 기계·정보공학부 교수

### 제 1 장 전력선통신기술의 부각

어느 날 집에 들여놓은 인공지능 컴퓨터가 자동으로 집안의 모든 전자제품을 제어한다. 커피메이커와 전동칫솔을 작동시키고, 출입문까지 관리하는 이 똑똑한 컴퓨터는 혼자 있는 시간에 TV를 틀어 말을 배우고, 노래를 만들기도 한다. 그러다 사랑에 빠져 주인공의 연적이 된다. 1984년 스티브 배런(Steve Barron)감독의 영화 일렉트릭 드림즈(Electric Dreams)의 장면이다. 이러한 장면 설정의 현실화를 위하여 컴퓨터기술자나 자동화기술자가 장래의 Home Automation을 위해 연구를 계속하고 있으며, 현대인 모두는 이러한 장면이 멀지 않는 장래에 실현될 것이라고 믿고 있다. 이러한 장면의 현실화에는 많은 요소 기술의 기여가 필수적이며 그러한 요소기술중의 하나로 현재 각광을

받고 있는 것이 전력선을 통신 매체로 이용하는 전력선 통신기술이다.

과거 전력선 반송통신(PLC : Power Line Carrier 혹은 Power Line Communication) 기술은 장거리 송전선(66kV-345kV)을 통하여 음성 통신에 이용되어 왔었다. 우리나라에서도 1941년 수풍발전소에서 만주로 나가는 200kV 송전선에 50-450 kHz의 아날로그 통신신호를 중첩시켜 전력선 반송전화를 시설하여 사용한 적이 있으나 그 뒤 최근까지 송전선에서 PLC는 거의 사용되지 않고 있었다.

국내에서 전력선 통신기술은 표 1에서와 같이 대학을 중심으로 한 기초성 연구로서 BFSK, BASK, BPSK 및 Spread Spectrum(확산대역)방식의 변복조기법을 중심으로 수행되어 왔으며 실질적인 적용 예는 거의 없는 형편이었으나 1999년

Table 1 Studies and developments status for PLC in the domestic universities

년도	변조방식	반송주파수	전송속도	학교	시스템특징
1990	BFSK	100-300kHz	200bps	한국해양대	프로토타입 모델에 의한 실험
1991	BPSK, DS-SS	12kHz, 125kHz	333.3bps, 2400bps	연세대	송전선, 저압배전선등에 적용실험
1993	BASK, DS-SS	110kHz	60-1200bps	국민대, 고려대	CENELEC 규격을 만족하는 모델제작
1997	BASK	24kHz	1200bps	한국해양대	탱크모니터링시스템에 적용 모의실험
1998	BFSK	133kHz	50-200bps	강원대	부호율 1/2 convolutional code을 이용하는 경우와 DS-SS을 이용한 경우와 성능비교

제 1회 정보통신 벤처창업경진대회에서 김승돌(그 후 창업하여 피엘콤의 대표이사, [www.plcom.co.kr](http://www.plcom.co.kr))씨가 전력선을 이용한 초고속정보통신 전송 장치를 개발하여 2-10Mbps의 고속통신을 실현할 수 있는 전력선 통신모형을 발표한 것과 기인시스템이 2Mbps의 전력선통신 모형을 발표한 후 갑자기 부각된 것처럼 인식되었다.

그러나 실용화된 예를 살펴보면 미국의 경우에는 1978년경부터 RadioShark은 전력선통신을 이용한 X-10을 개발하여 판매하기 시작하였다. X-10은 한 개의 제어박스와 몇 개의 모듈로 되어 있으며 각 모듈의 코드를 입력하여 가정내에 연결된 모든 모듈을 제어할 수 있는 구조로 되어있다. X-10의 전송속도는 수십 bps 정도의 전송속도이나 현재까지 1억개 이상 판매되었다고 한다.

Echelon의 LONWORKS는 Motorola의 neuron 칩을 사용한 제어용 네트워크를 구축하고 1999년 ANSI/EIA로부터 709.1A의 표준기술로 인정받은 LonTalk라는 OSI 7계층의 프로토콜을 개발하여 BFSK를 이용한 PLT22에 5.4kbps의 속도로, DS-SS(직접확산방식; Direct Sequence Spread Spectrum)방식을 이용한 PLT-10A에 10kbps 속도의 전력선 모형을 개발하였다.

또 미국의 Intellon은 현재 EIA600이라는 표준 기술로 공개된 CEBus을 개발하여 SSC(Spread Spectrum Chirp)방식의 전력선통신모형에 적용하였고 14Mbps의 속도로 데이터를 전송한다.

미국의 Intelogis는 이와 다른 방법으로 1999년에 350kbps급의 모형을 개발하고 현재 2Mbps급을 개발하고 있다.

ANI는 SS방식의 변조방식으로 옥외용 19.2Kbps 급의 AN192와 115kbps급의 AN1000 전력선모형을 개발하여 상용화하고 현재 10Mbps 급 칩을 개발중인 것으로 알려져 있다.

미디어퓨전(Media Fusion)은 '전력선 자기장 통신' (PAN, Power-line Area Network)이라는 이제까지의 기술과는 전혀 다른 전력선에서 발생하는 자기장을 통신수단으로 활용하는 기술을 개발하고 기존 전력선을 통해 초고속통신을 훨씬 능가하는 2.5Gbps의 속도를 제공할 수 있다고 발표하여 전력선통신기술의 무한한 가능성을 보여 주고

있다.

일본의 경우에는 1965년부터 배전선로의 감시 제어를 위하여 여러 가지 통신방식을 적용하여 연구하고 있으며 1997년에는 미쓰비시를 중심으로 10개 전력회사와 통신회사 등 60개의 회원사로 구축된 PLC Forum을 형성하여 활동하고 있는 실정이다. 도쿄전력은 사고, 선로보수 작업시 감시제어 데이터 등 주로 저속의 데이터를 6,600V의 고압선을 통해 200bps의 속도로 10km 까지 전송하고 수용가는 100/200V의 저압선을 통해 100bps의 속도로 500m까지 전송하였으며 최근에는 DS-SS방식모형으로 9600bps속도로 200m 정도 신호를 보내는 실험을 행하여 양호한 결과를 얻었으나 수용가가 많아지면 전송이 불안한 것으로 발표하고 있다. 규수전력은 미쓰비시가 개발한 3Mbps급 전력선 모형을 이용하여 후쿠오카 시에 있는 300호의 수용가를 대상으로 2000년 10월부터 6개월간 저압배전선을 통한 인터넷통신의 실증시험을 하고 있다.

영국에서는 1997년 중반에 노던텔레콤과 영국의 United Utility사가 공동으로 1Mbps 급 전력선 가입자망 모형을 발표하였으나 상용화된 것은 350kbps급의 저압전력선으로 홈 네트워크에 적용하는 정도이다. 1998년에는 영국의 전력회사를 중심으로 Nortel, Ericsson, Phillips, CISCO 등이 참여한 PLC Forum을 결성하여 활동중에 있다.

독일에는 1997년부터 50개 회원사를 가진 PTF(Powerline Transmission Forum)를 결성하여 활동중에 있다. Siemens, KE 등에서는 2-10Mbps의 서비스속도를 목표로 실증실험을 행하고 있다.

이스라엘의 Itran Communication은 1.5Mbps 칩을 개발한후 최근에 12Mbps 급의 칩을 개발하였다고 한다.

한국에서는 기인텔레콤이 세계최초로 1Mbps 급 전력선 통신모형을 개발하여 전력선을 통해 음성과 데이터의 전송에 성공하였고 피엘콤은 전력선 통신기술을 이용한 Ethernet PLC NIC(Power Line Communication Network Interface Card : WinStone NIC, 2-10Mbps, 거리 2km)를 국제공인 기구인 한국전자통신연구원 네트워크장

비 시험센터에서 2000년 8월 18일부터 9월 20일까지 성능평가시험을 행한 결과 평균 8.90Mbps의 전송속도를 확인하였다고 발표하였다. 미디어퓨전의 아시아지역 파트너인 파워코리아21은 2002년 2.5Gbps로 첫 상용화 서비스를 진행하고, 그 2-3년 뒤부터는 200테라바이트 정도의 속도를 제공할 계획이라고 발표했다.

이러한 사실을 종합하여 보면 1990년대 초·중반 한국에서는 주로 대학에서 기초연구가 수행되고 있었던 것에 반하여 외국에서는 주로 실용적으로 산업사회에 적용하여 상용화된 제품도 있었음을 알 수 있다. 또 전력선 통신기술은 1990년도 후반에 눈부신 발전을 하여 각국에서 10Mbps 급의 고속통신 모델이 개발되어 실용화를 앞두고 있다. 팔목할만한 사실은 이제까지의 전력선 통신기술과는 근본적으로 다른 전력선에 의한 자기장을 이용한 통신 기술의 발명으로 보고된 사실이 상용기술로 적용된다면 새 천년의 획기적인 기술로서 산업 전반에 파급되어 꿈의 미래를 실현하는데 지대한 공헌을 할 것으로 기대된다. 그러나 이러한 기술이 상용화되기 위하여서는 상당한 기간이 필요할 것으로 예측되어 가까운 장래에는 주로 10Mbps 급의 전력선 모델을 주축으로 각국에서 치열한 기술 경쟁이 예상된다. 또 전력선통신 기술에 있어 한국은 세계에 결코 뒤지지 않고 있음을 알 수 있다.

## 제 2 장 전력선통신기술의 종류

### 2.1 전력선 통신의 특성

전력선통신이란 수용가에게 넓게 분포되어있는 전력선 가입자망을 이용하여 디지털신호 1과 0에 해당하는 주파수를 실어 데이터를 전달하는 방법으로 고주파잡음, 사용하는 부하의 종류와 크기에 따른 부하임피던스의 변동, 사용부하종류에 따른 캐리어주파수의 흡수로 인한 신호감쇄 등 기술적 장애요소가 많아 수십 또는 수백 bps의 저속통신으로 사용되어져 왔으나 최근 모델기술의 발전으로 수 Mbps급의 고속전송이 가능하게 되어 전화선을 이용한 ADSL이나 동축케이블을 이용한 케이블모델과 경쟁할 수 있는 새로운 가

입자망으로 부각하고 있다. 그러나 가입자망은 이용형태나 서비스의 종류에 따라 확장성, 이식성 및 경제성이 고려되어야 하나 전력선을 이용할 경우에는 설치되어 있는 망을 활용하여야 하기 때문에 통신선로로 사용하기 위해서는 많은 어려움이 있다. 여기서는 전력선을 이용하여 통신함에 있어 무엇이 통신을 어렵게 하는가를 구체적으로 알아보기로 한다.

일반적으로 공학적 해석을 위하여 우리는 두 가지 큰 가정을 하고 있는데 그 하나는 선형성이 있다는 것으로 중첩의 법칙이 성립된다는 가정이며 또 다른 하나는 시불변시스템이라는 가정이다. 전력선통신을 위하여서는 캐리어주파수로 신호 전압이 전력선 전압에 더해짐으로서 전력선에 포함되어있는 다이오드 등을 턴온 혹은 턴오프시켜 비선형시스템의 원인이 되며, 부하의 변동은 시시각각 변하게 되어 시불변으로 가정할 수 없게 된다. 이러한 이유로 전력선의 환경변화는 정확하게 가정할 수 없는 상태이다.

전력선통신에서 신호의 전파에 큰 영향을 미치는 것은 전력선의 캐패시턴스이다. 전력선의 부하 임피던스가 전선의 특성임피던스보다 훨씬 큰 경우에는 전력선의 캐패시턴스에 의해 신호의 전파가 영향받게 된다. 전자기방출규정을 만족하기 위하여 콘덴서를 사용하고 있는 컴퓨터, TV 등과 같

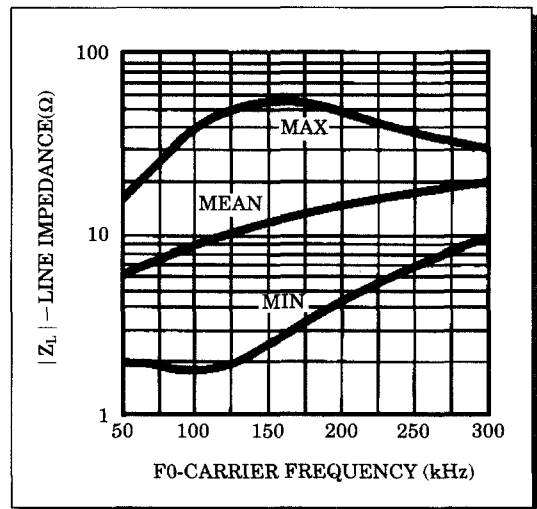


Fig. 1 Measured line impedance range for residential and commercial 115V 60Hz lines

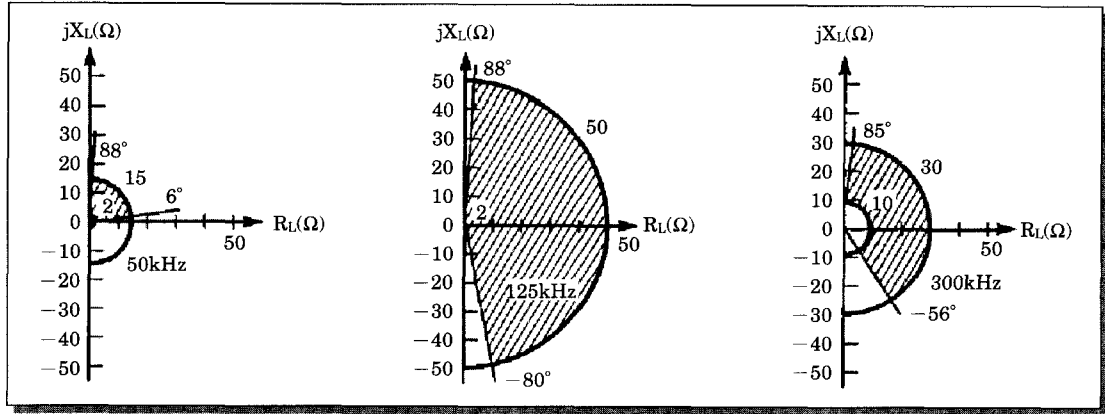


Fig. 2 Complex plane plots of measured 115V 60Hz line impedance where  $Z_L = R_L + jX_L$

은 가전제품과 조리기구나 전열기와 같은 저항성 부하는 캐리어주파수에서 임피던스가 작게되어 신호는 이러한 장치로 흘러 신호가 멀리 전달될 수 없게 된다. 전력선의 길이가 파장의 1/8이하(캐리어주파수가 100kHz일 때에는 약 250m)이고 단상의 환경에서 전력선통신이 이루어질 때에는 저 임피던스 부하에 의해 신호는 주로 영향을 받게 된다. 대부분의 경우 전선의 인덕턴스나 저 임피던스 부하가 실제적인 신호감쇄의 원인이 된다. 115V 60Hz의 가정용 저전압 배전선의 임피던스 분포를 캐리어주파수에 따른 조사연구에 의하면<sup>1)</sup> Fig. 1과 Fig. 2와 같으며 Fig. 2의 빗금친 부분은 측정된 데이터가 속한 영역을 나타낸다.

또한 우리나라의 가정에 공급되는 저압 전력선 망은 단상2선식이며 수용가로부터 변압기를 설치한 전주까지는 평균 50m에서 100m 정도로 분포되어있다. 만약 케이블이 100Ω의 특성 임피던스를 가지고 있고 125kHz의 캐리어 주파수인 경우에 1/4 파장은 600m에 해당(300kHz 인 경우에는 250m)한다. 이 경우 10Ω의 종단저항을 가진 50m의 전력선은 7dB의 감쇄가 있게 된다. 일반적으로 케이블 부하는 집중 임피던스(lumped impedance)로 취급되며 가전제품 코드선은 미터당 약 0.7μH, 30pF의 용량성을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다. 또 다른 신호감쇄의 원인은 부하균형을 위하여 다른 상의 전원을 사용하게 되는 경우로서 이와 같이 상을 건너는 경우 40dB의 신호 감쇄가 발생한다고 한다.

전력선 통신을 어렵게 하는 또 다른 원인으로서 전력선에 연결된 많은 전기기구에서 발생하는 잡음이 통신선로로서 사용하고 있는 전력선 네트워크로 혼입된다는 것이다. 이러한 잡음은 전원주파수의 2배가 되는 임펄스잡음, 토널잡음, 고주파임펄스잡음 등으로 구별할 수 있다. 대부분의 전원주파수의 2배가 되는 임펄스 잡음원은 트라이악로 밝기를 제어하는 조명기구이다. 이러한 조명기구는 중간 밝기일 때에 가장 큰 돌발전류를 흘리게 되고 수십 볼트에 달하는 전압 잡음을 전력선 네트워크에 인가하게 된다. 이러한 잡음은 Fig. 3과 같이 매 반 사이클마다 일어나고 전력선에 전원 주파수의 2배가 되는 잡음을 발생하게 된다.

토널잡음은 고의적 토널잡음과 불가항력적 토널잡음으로 구별할 수 있는데 불가항력적 토널잡음원으로는 컴퓨터나 형광램프의 전자칠표등에 사용되는 스위칭전원공급장치로서 이 장치의 기본 주파수는 대개 20kHz-1MHz의 범위에 있다. 이러한 장치로부터 발생하는 잡음은 스위칭 주파수의 하모닉스가 강하며 전동치솔의 충전기에서 발생하는 잡음은 이상적인 톱니파형과 유사함을 알 수 있다. 고의적 토널잡음원으로는 전력선 인터콤과 유아모니터등이 있는데 이들은 대개 150kHz-400kHz의 주파수대의 잡음이 발생한다. 또 다른 고의적 토널잡음원으로서 라디오방송국 전파인데 전력선은 하나의 안테나로 작용하여 전파잡음을 전력선으로 유도하게 된다. 이러한 잡음들은 해당되는 주파수 영역에서 작용하는 필터

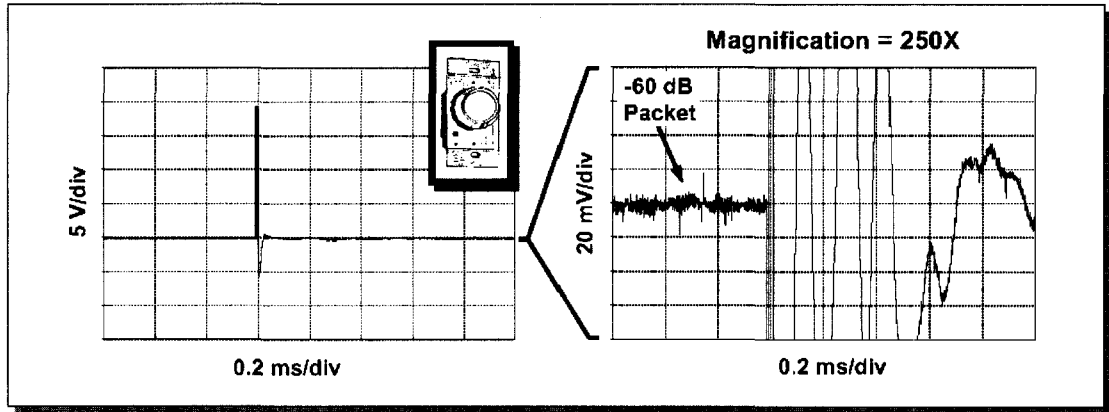
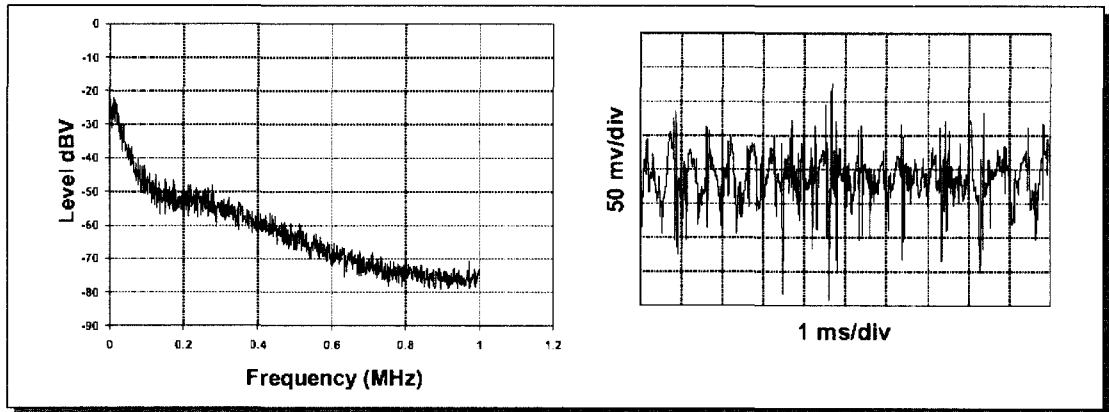


Fig. 3 Lamp dimmer impulse noise



(a) Spectrum of vacuum cleaner noise

(b) Oscilloscope plot of vacuum cleaner noise

Fig. 4 Vacuum cleaner noise

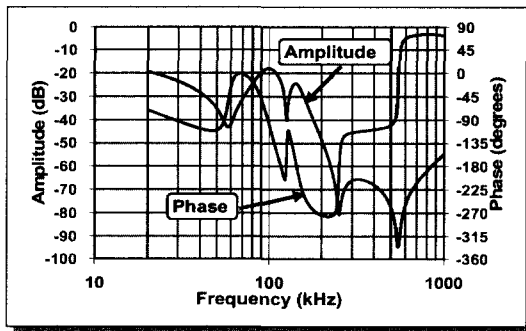


Fig. 5 Example of power line frequency distortion

면서 발생하는 정류자의 아크에 의해 수 kHz의 잡음을 발생한다. Fig. 4의 (a)는 진공청소기로부터 발생하는 잡음의 주파수에 따른 크기를 (b)는 스크로 잡은 것이다.

이상으로 설명한 바와 같이 전력선통신선에는 많은 잡음, 다양한 용량성 부하와 전선의 특성이 합하여 왜곡된 주파수 응답특성을 가지는데 Fig. 5를 전력선네트워크에 있어서 주파수 왜곡의 일례를 보여 준다.

를 설계함으로써 피할 수 있다. 고주파 잡음원으로서서는 직권 AC 모터로서 진공청소기, 전기면도기, 다양한 부속 전기제품에 사용되며 모터가 회전하

## 2.2 전력선통신기술의 종류

### 2.2.1 Phase locked loop-Based Narrow Band 방식

초기의 전력선통신에 사용된 기술로서 PLL

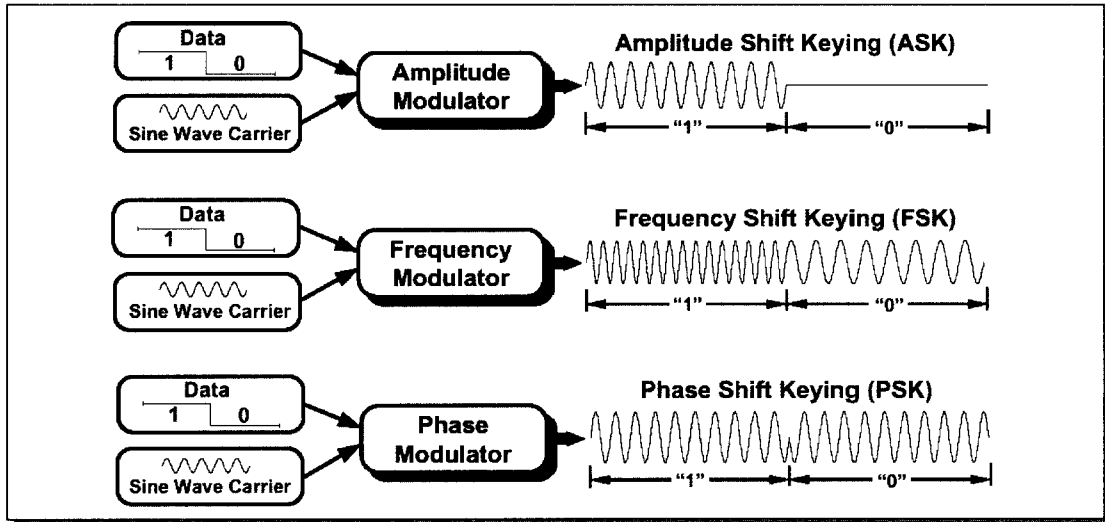


Fig. 6 Methods of narrow band modulation

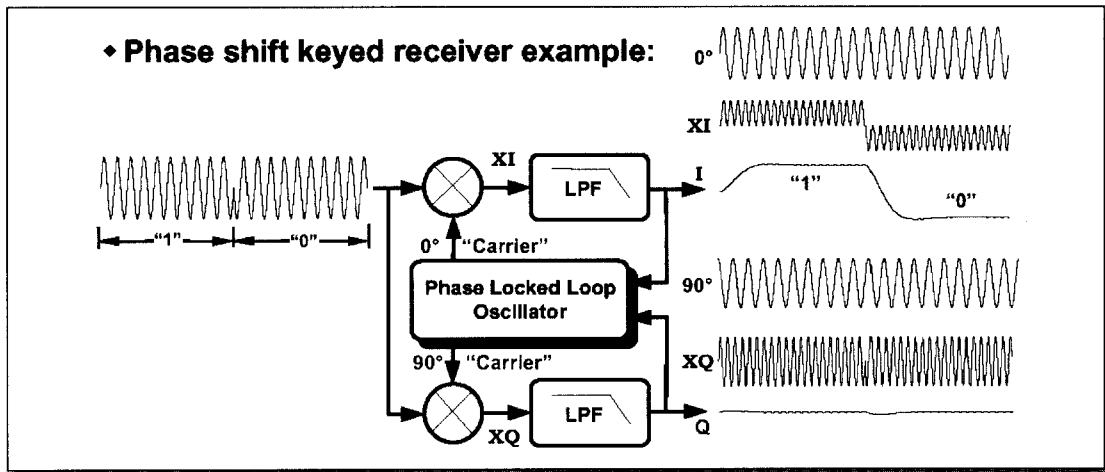


Fig. 7 Example of PLL receiver using PSK

(Phase locked loop)과 결합하여 narrow band transmission을 활용한다. Fig. 6에 도시한 것과 같이 이 기술에는 ASK, FSK, PSK가 있다. ASK는 데이터1일 때 캐리어 주파수를 전송하고 데이터0일 때는 캐리어 주파수를 전송하지 않는다. FSK는 데이터1과 0에 각각 다른 주파수를 매칭하는 것이며, PSK는 데이터1과 0일 때 캐리어 주파수의 위상을 반전시킨다. 수신은 PLL에 의해 Fig. 7과 같이 수신기 주파수의 위상을 조정하고 저역

통과필터를 통하여 I 채널의 신호를 복원된 데이터로 사용한다.

이 방법은 앞에서 논의된 전력선에 여러가지 잡음이 혼입되면 데이터수신 오류가 발생하기 쉽다. Fig. 8은 데이터를 전송하는 동안에 조명제어장치로부터 발생된 잡음과 66dB로 감쇄된 신호를 동시에 수신하는 경우의 그림으로 오류를 발생하여 수신할 수 없음을 보여 준다.

2.2.2 Spread Spectrum 방식

또 다른 기술로서 Spread Spectrum법이 있는데 이것은 신호를 변조하는 방법의 하나로서 전송 대역폭을 증가시키기 위하여 정보를 전송하는데 필요한 최소한의 대역폭보다 훨씬 큰 대역폭을 가진 캐리어 주파수를 사용하는 방법이다. Spread Spectrum법에는 Direct Sequence법, Chirp법, Frequency Hop법 등이 있는데 Fig. 9는 위상변조기를 사용하여 신호를 변조하는 방법을 설명하고 있다. 이 방법은 확산대역폭을 가진 캐리어를 얻기 위한 방법의 차이로서 DS-SS방

식은 거형파의 duty비에 따라 발생된 주파수가 다른 정현파를 캐리어로 사용하는 방법이고 Chirp방식과 Hop방식은 전압에 따라 발생된 주파수가 다른 정현파를 캐리어로 사용하는 방법으로 Chirp방식은 연속적으로 전압이 변하고 Hop방식은 계단적으로 전압이 변하여 확산대역폭의 캐리어를 얻는다.

Spread Spectrum 수신단에서는 수신된 Spread Spectrum신호와 예측되는 파형의 복사본과 비교하여 패턴매칭을 통하여 복조하며 Fig. 10은 이 과정을 보여 주고 있다.

이 방법의 특징은 확산신호에 의해 사용된 캐리어주파수의 대역폭을 고려하여야 하는데 유럽관련규정(EN-50065-1)에 의하면 저주파수 무선통신서비스의 방해를 피하기 위하여 전력선통신에 사용되는 캐리어주파수는 150kHz이하로 규정되어 있다. 또한 EC는 전력선의 주파수대역은 다른 관련 부분과 공동으로 사용하여야 한다는 입장을 가지고 있어 전력선 통신에 사용되는 캐리어 주파수사용 범위는 아주 협소하다. Fig. 11은 EC의 전력선통신의 주파수 할당을 보여주고 있다. 사용 주파수 대역에 관하여서는 국가마다 다르나 미국의 경우는 540kHz이고 한국은 전파법시행령에 의

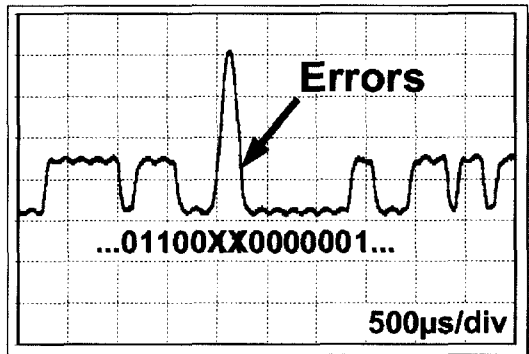


Fig. 8 Errors in PLL received signal due to impulse noise

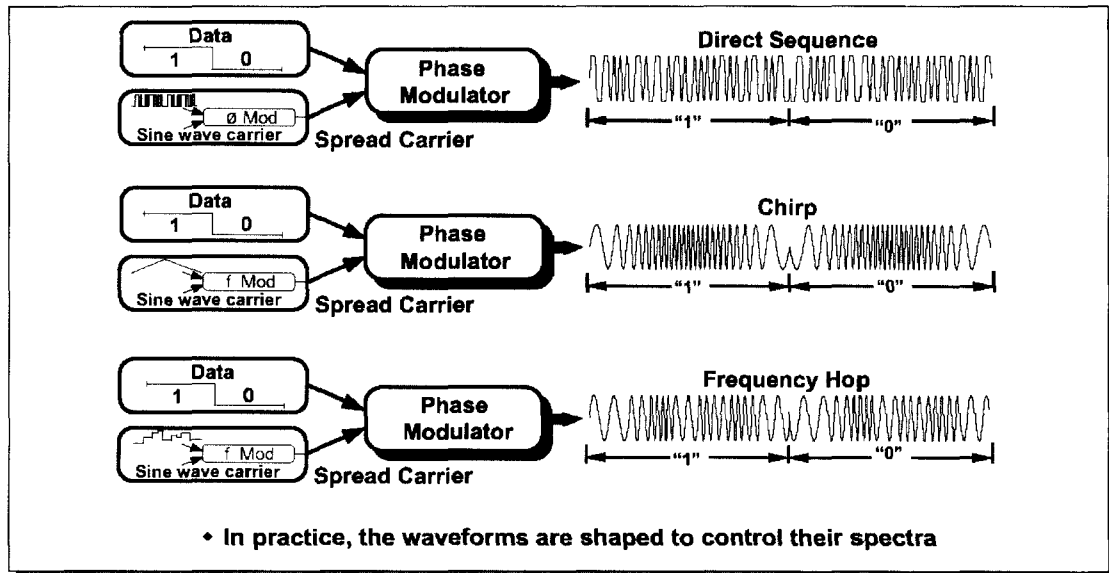


Fig. 9 Methods of spread spectrum modulation

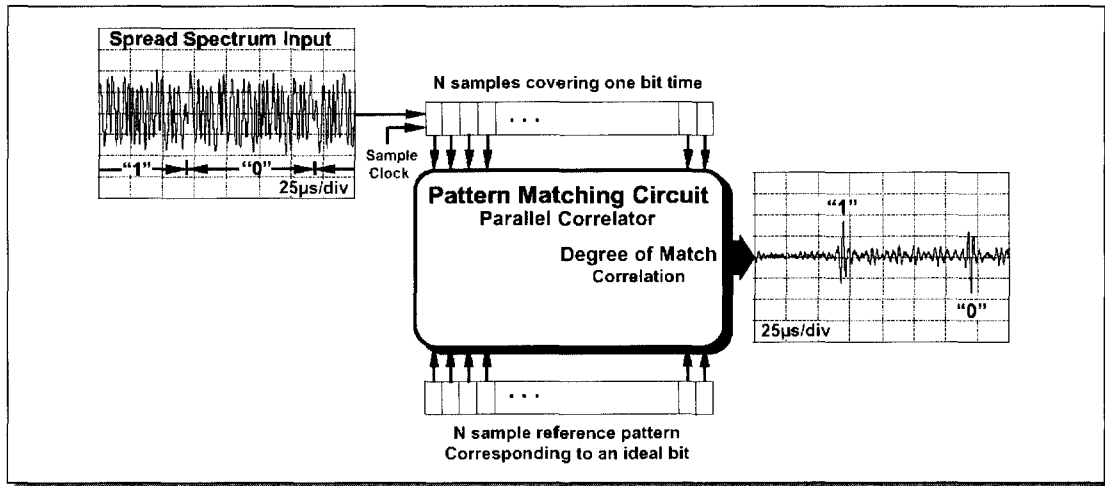


Fig. 10 A spread spectrum receiver

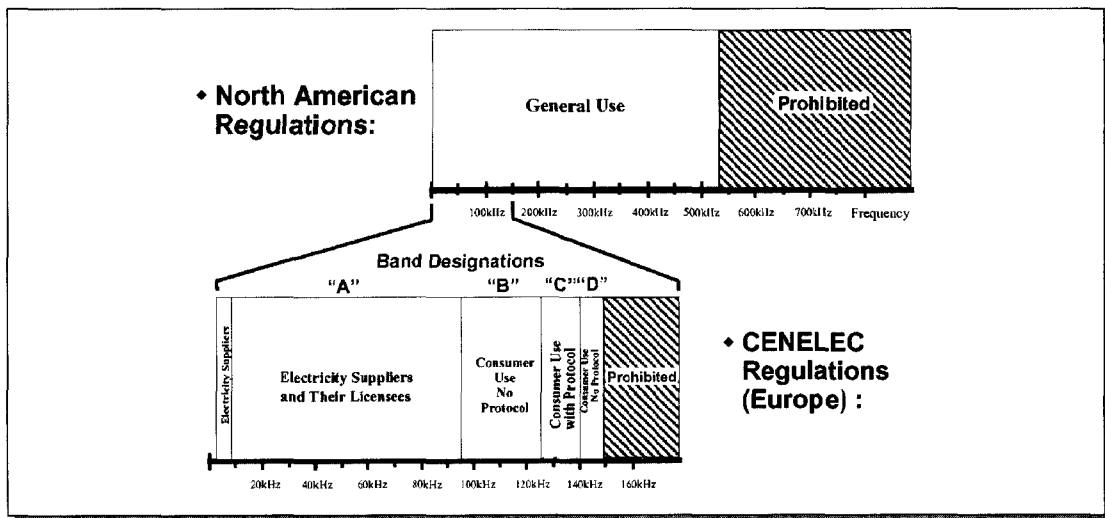


Fig. 11 European and North American power line communication frequency allocation

해 9-450kHz로 정해져 있다.

2.3 전력선통신의 문제점과 향후 기술동향

최근 180kHz 이상의 캐리어주파수를 사용하는 경우 비행기의 항해에 장애를 줄 수 있다는 연구 보고가 있어 캐리어 주파수영역에 관하여서는 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다. 교과서에서는 확산대역폭방식은 토널잡음에 대하여 강인성이 있는 것으로 설명되고 있다. 그러나 토널잡음에 대

한 강인성은 캐리어주파수의 확산정도와 데이터의 전송률에 의해 달라지는 것으로서 100kHz-400kHz의 대역폭을 가지고 있는 캐리어에 10kbit/sec의 전송률로 데이터를 전송하는 경우 이론적 이득은 15dB이나 실제 구현에 따라 상당한 차이가 있어 수 dB까지 감소된다는 보고가 있다. 조명기구의 토널잡음이 존재하는 경우 확산대역폭에 의한 통신이 Narrow Band 방식에 의한 경우보다 더 좋지 않다고 한다<sup>2)</sup>. 이러한 이유는 다른 많



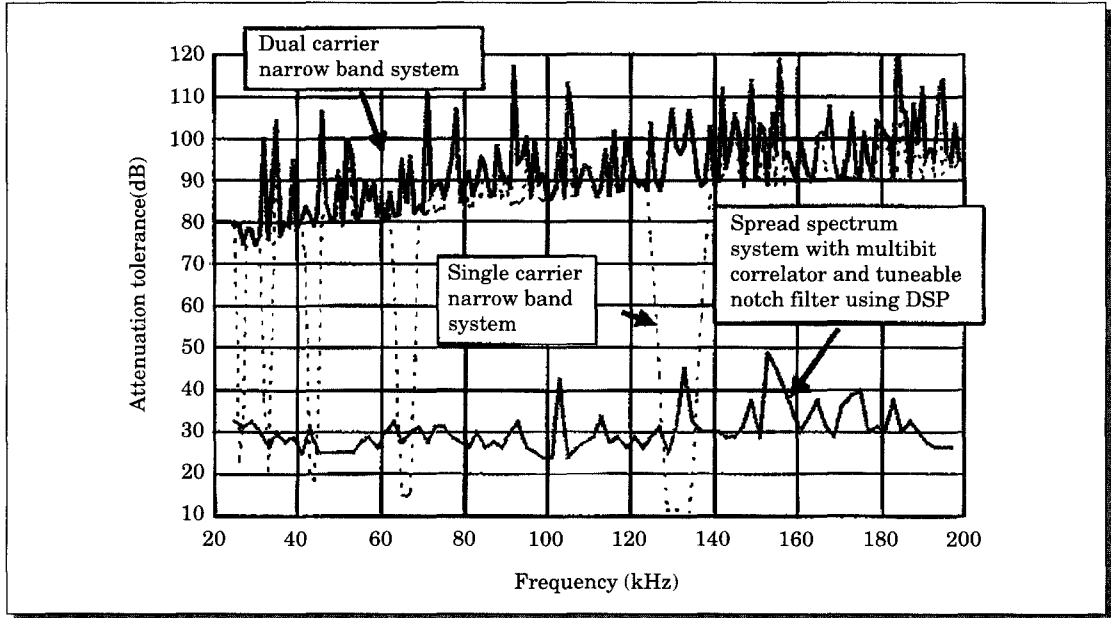


Fig. 12 Comparison of experimental performance with Sawtooth interference of electric tooth brush

은 가전제품이 전력선에 연결되어 있고 확산대역폭에 사용되는 캐리어주파수의 대역폭이 조명기구의 tonal 잡음을 극복할 만큼 충분하지 않기 때문이다. 또 SMPS(Switch Mode Power Supply)에 대한 강인성을 시험하기 위하여 Narrow Band 방식과 확산대역폭방식의 비교 실험을 행하였다<sup>2)</sup>. 확산대역폭방식의 경우에는 100k-400kHz의 chirp 방식을, Narrow Band는 132kHz의 single carrier와 115kHz와 132kHz의 dual carrier를 BPSK방식으로 모두 5kbps의 전송률로 데이터를 전송하였다. Narrow Band의 경우 대역폭은 6kHz이었다. 전동치솔에 의한 잡음을 인가하였는데 전동치솔의 SMPS는 25kHz-200kHz의 톱니파 잡음을 발생한다. 전동치솔에 의해 발생하는 잡음으로 신호는 감쇄하는데 잡음의 크기를 키워 시스템이 비트를 인식할 때까지의 잡음크기를 인내잡음(tolerance)라 하고 세 가지 방식에 대한 각 주파수에 따라 인내잡음의 크기를 도시하면 Fig.12와 같다. Fig. 12에 따르면 확산스펙트럼방식이 SMPS에 의한 잡음에 대하여 인내잡음의 크기는 모든 주파수에서 dual carrier narrow band방식에 비하여 상당히 낮음을 알 수 있다. 오히려 상당

한 주파수 범위에서는 single carrier narrow band 방식이 확산대역폭방식에 비하여 더 양호함을 알 수 있다.

이상의 고찰로서 어느 한 방식만으로는 전력선에 전파되는 다양한 잡음환경을 극복하고 고속의 전력선통신을 만족하게 수행하기가 어려움을 알 수 있다.

최근 DSP(digital signal processing)기술과 마이크로프로세서기술이 발달함에 따라 앞서 설명한 Narrow Band방식이나 확산대역폭방식만을 사용하였을 때 나타나는 여러 가지 잡음에 대한 성능저하를 DSP기술과 마이크로프로세서기술을 복합하여 극복함으로써 고속전력선모뎀이 개발되었으며 전력선통신에 대한 적용사례가 확산되고 있다.

앞서 설명한 기술과는 전혀 다른 기술로서 미국의 미디어퓨전(Media Fusion)이라는 회사에서 전력선자기장통신(PAN ; Power Area Network)기술을 개발한 윌리엄 루크 스투어트는 전력선 주위의 자기장에 메이저(MASER, Microwave Laser)를 사용하여 데이터를 실어보내는 방법을 생각해냈다. 첨단 부반송파 프로세스(ASCM, Advanced

Sub-Carrier Modulation Process)로 불리는 이 기술은 송전선 주위를 둘러싸고 있는 자기장에 정보를 써넣어 전력선을 통해 모든 종류의 데이터를 주고받을 수 있다. 50KHz에서 2만4000KHz까지 폭넓은 주파수 대역을 확보해 다양한 데이터를 전송하는 데 어려움이 없다는 것이다. 이 기술의 통신 가능범위는 200마일(320km)이라고 한다. 스텝어트는 우리는 아주 원거리 지역까지 데이터 전송 속도를 증가시킬 거의 무제한의 가능성을 지닌 시스템을 개발했다고 한다. 미디어퓨전의 아시아 지역 파트너인 파워코리아21(대표 송요섭)은 2002년 2.5Gbps로 첫 상용화 서비스를 진행하고, 그 2~3년 뒤부터는 200테라바이트 정도의 속도를 제공할 것이라고 한다. Fig.13에서 보는 바와 같이 이제까지의 전력선통신은 전력선자체에 carrier 주파수를 실어 데이터를 전송하는 방법이나 ASCM방식은 전력선에 전류가 흐르면서 발생하는 자기장에 메이저를 사용하여 데이터를 전송하는 것으로 상용화를 위하여서는 아직 시간이 필요할 것으로 생각된다. 그러나 이 방법은 아주 획기적인 방법으로 차세대에 주목받는 기술임은 확실하다.

향후 전력선통신기술의 동향은 전력선을 통신선로로 사용하는 이상 전기기기로부터 발생하는 피할 수 없는 잡음을 아날로그적인 방법만으로 해결하는데는 여러 가지 문제와 한계가 있음으로 DSP기술을 사용하여 성능을 향상시키는 방향과 ASCM과 같은 새로운 기술을 개발도입하는 방향

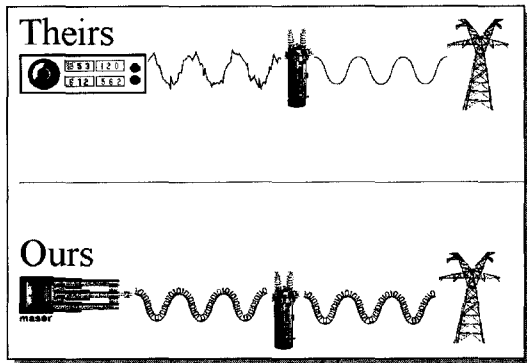


Fig. 13 Concept of Advanced Sub-Carrier Modulation

으로 나눌 수 있겠으나 기존의 방법과 DSP기술을 혼합하여 10Mbps를 목표로 한 치열한 경쟁이 당분간은 지속될 것으로 예상된다.

### 제 3 장 전력선통신기술의 응용분야 및 시장전망

#### 3. 1 전력선통신기술의 응용분야

전력선통신기술의 응용분야는 전송속도 1Mbps-10Mbps 이상인 기존의 전화선, ADSL, 인터넷망 등 고속 장거리 망 대체용과 중·저속 (10kbps-1Mbps과 60bps-10kbps), 단거리의 제어·계측용이나 홈오토메이션용 등으로 나눌 수 있다. 고속 장거리망으로서는 Fig. 14와 같이 송전선을 이용한 장거리 데이터전송으로 전화선, 인터넷망을 전력선으로 통합하는 것으로 기술과 개발이 완전하게 이루어지더라도 기존망에 의해 실용화되는대는 상당한 어려움이 있을 것이다. 그러나 홈오토메이션 분야의 적용은 시장개척기 중반에 돌입할 것으로 예상된다. Fig. 15는 기인시스

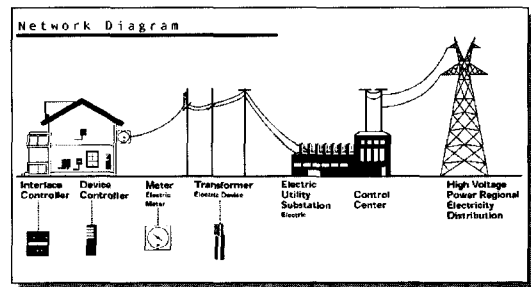


Fig. 14 Concept of network diagram using PLC

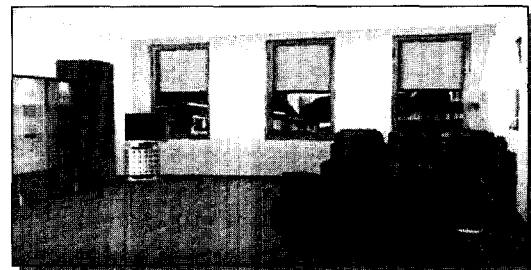


Fig. 15 A shot from RWE demo house using PLC

템이 독일의 RWE사와 독일의 Essen에서 필드시험을 하고 있는 데모하우스의 전경이며 이 데모하우스는 지하1층 지상3층 총 10,500ft<sup>2</sup>의 규모로 1거실, 2침실, 1.5욕실, 1부엌 등으로 구성되어 있으며 컴퓨터, TV, Web camera 등 많은 가전기기를 설비한 첨단 자동화된 가옥이다.

전력선통신의 또 다른 응용분야로서 원격검침시스템이다. 한국과 같이 주로 아파트가 밀집되어 있는 경우 전기, 수도, 가스 등을 검침하기 위하여 개별호수를 방문하는 것은 많은 인력과 불편함을 가중시킨다. 이것을 전력선을 이용하여 원격으로 검침한다면 그만큼 경제적이고 한 차원 높은 홈오트메이션의 분기점이 될 것이다.

제어분야의 한 예로서 대양전기공업에서는 서해고속도로에 속해 있는 서해대교에 전력선통신을 이용한 가로등제어를 시공완료하고 시험가동에 있는 중이며, 포인정보기술과 ASA시스템즈는 Narrow Band방식과 DSP기술을 혼합한 전력선통신기술을 개발하여 홈오트메이션 분야의 제품을 개발하고 있고 프라넷은 인테론의 칩을 이용하여 홈오트메이션 분야의 제품을 개발 완료하여 판매하고 있다.

전력선통신 기술의 근거리 영역에서의 활용이 공장자동화, 홈오트메이션 등 우리 생활 주변과 산업사회전반에 걸쳐 파급됨으로서 가까운 미래에 공상과학영화와 같은 꿈을 현실화하는데 상당한 역할을 할 것으로 기대하고 있으며 그 기대만큼 기술과 시장 주도권 경쟁도 치열할 것으로 예측된다.

3.2 전력선통신기술의 시장전망

세계 인구의 85% 가량이 전기를 사용하고 있으나 전화선이나 초고속통신망 등을 이용한 인터넷

접속은 12~15% 정도에 불과하다고 한다.

유럽에는 오래된 건물이 많아 신규전화선을 설치하기가 어려워 독일을 중심으로 활발하게 전력선 통신망에 대한 개발이 진행되고 있으며 2000년에 시범사업을 거쳐 상용화를 추진하고 있다. 중국, 동남아시아, 중남미, 인도등의 개도국은 전화선 보급이 열악한 실정으로 전력선 통신망이 개발되면 전화선을 별도로 설치할 필요가 없어 전력선으로 통신망을 구축할 것으로 예상되고 있다. 또한 초고속통신망인 ADSL, 케이블 모뎀망 등은 최종 수요자에게 서비스를 제공하기 위해서는 통신망을 새로 깔아야 하며 부대설비 설치비용이 많이 들어 전력선 통신망은 상대적으로 유리한 입장에 있다. ADSL의 경우 회선당 설치비 총액이 50만원정도이지만 전력선통신망은 60-70%수준인 30만원 정도일 것으로 추정하고 있다. 시설비뿐만 아니라 사용요금에서도 상당히 저렴할 것으로 예측되고 있다. 시범서비스를 준비중인 하나로통신은 2Mbps급 초고속인터넷의 경우 ADSL라이트요금의 절반 수준인 1만5천원 정도에 서비스가 가능할 것으로 전망하고 있다.

이러한 여러 가지 측면에서 전력선통신망의 수요는 예측을 불허할 것으로 생각하고 있으며, 산업자원부의 관련연구자료<sup>9)</sup>에 따르면 전력선 통신가입자망은 독일이 200만, 유럽이 300만의 서비스 수용가가 예상되어 총20억 달러, 전화망사업은 동유럽, 동남아시아, 중국, 인도, 남미 등 개도국을 중심으로 2005년 이후 5년간 1억 수용가가 예상되어 100억 달러의 시장이 예상되며, 홈, SOHO 네트워크분야에서 2002년에서 2008년까지 60억 달러, 전력선부가 서비스망 분야에서 5억 달러 등이 예상되어 Table 2에서와 같이 총 185억 달러의 시장이 형성될 것으로 전망하고 있다.

Table 2 Prediction of market size for PLC network

구 분	시장 규모(\$)	세 부 내 용
전력선 통신 가입자망	20억	500만 서비스 수용가 예상(독일 200만, 유럽300만)
전화망사업	100억	1억 서비스 수용가 예상(20% 점유)
홈/SOHO 네트워크	60억	2002-2008년에 미국 홈네트워크시장의 20%점유예상
전력선 부가 서비스망	5억	한국시장의 30배 예상
계	185억	

## 제 4 장 전력선통신기술 업계동향

### 4.1 해외 업계 동향

전력선통신망은 유럽에서는 본격적인 채용이 시작되고 있으며, 미국은 Enika, ITRAN, VideoCom과 같은 벤처기업이 1999년에 Ethernet으로 10Mbps, Full Ethernet의 통신속도를 실현하는 하드웨어를 개발하였다.

고속 전력선 가입자 망에 대한 기술개발은 지멘스, ASCOM, 노던텔레콤, 알카텔 등의 서유럽 국가들이 주도적으로 추진하고 있다. 특히 독일의 경우 사업화를 위해 매우 구체적으로 움직이고 있으며, 4,000만 독일 내 전력 수용가 중 25%인 1,000만 수용가에 대하여 전력선 통신망 관련 기술을 이용하여 전화 및 멀티미디어 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

1997년 중반에 노던 텔레콤에서 영국의 United Utility사와 공동으로 1Mbps급의 전력선 가입자 망을 발표하였다. 알카텔은 고압 배전선에서도 Mbps급의 통신 시스템을 개발하여 이를 배전선망

과 연계하여 전화 및 인터넷 서비스를 제공할 예정이다.

미국의 인텔론은 홈네트워킹 기술을 개발하고 있으며, 유니크 테크놀로지는 원격검침 사업을 하고 있다.

미국의 echelon은 자사가 개발한 LonTalk protocol을 neuron chip을 통하여 전력선통신의 신뢰성을 향상시키고 있다. neuron chip은 3 byte, in-line CPU, on-board memory, 11 general purpose I/O pin을 가지고 있으며 LonTalk을 구현한다. Fig.16은 LonWork의 network 구성 예를 보여주고 있다.

### 4.2 국내 업계 동향

국내에는 중소 여러 업체들이 관련 기술을 개발하고 있으며 산업자원부에서도 산업기반기술 중기저점사업으로 2004년까지 200억원의 예산을 들여 10Mbps급 통신기술 개발을 추진하고 있다.

1999년 온누리테크에서 최대 10Mbps급 전송기술을 개발하였으며 관련 기술은 미국 등 10개국에 특허출원한 상태이다.

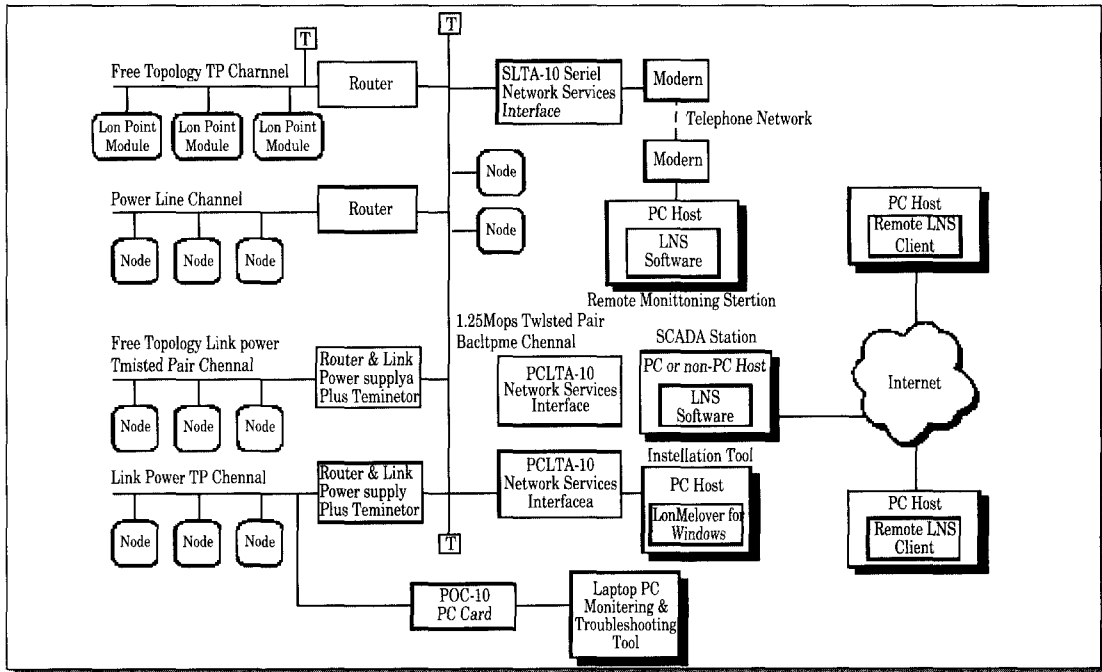


Fig. 16 Configuration of LonWork network

기인텔레콤은 2Mbps급 PLC 모뎀 시제품을 개발하여 음성 및 데이터 전송에 성공하였으며, 피엘콤은 2000년 5월에 세계 최초로 10Mbps 속도와 표준 LAN 프로토콜인 이더넷 접속 기술 구현에 성공하였다.

1999년 7월, 독일 최대 전력회사인 RWE가 실시한 성능시험에서 독일의 지멘스, 프랑스의 알카텔 등이 기인과 함께 참여하였으나, 기인이 단독으로 통과하여 RWE와 납품계약을 맺고 독일 Essen에 데모하우스를 설치하고 현장 적용실험을 하고 있다. 또 기인텔레콤은 하나로통신과 협력하여 2Mbps급 초고속 인터넷 시범서비스를 실시, 금년부터 본격적인 전국 서비스를 추진할 계획이다. 또한 기인에서 개발한 PLC 기술은 한 개의 3상 변압기에 연결되어 있는 60~150가구를 하나의 PL2(Power-Line Local Loop)로 묶어서 Local loop을 형성하고 각 가정에 이미 깔려 있는 전력선이 LAN의 역할을 수행하게 되므로 여러 개의 LAN을 연결해 주는 라우터(PL2-R)가 각 전신주에 설치된다. 가정용 100~220V의 저전압 전력선은 가입자망을 구성하게 되고 전신주 사이를 연결하는 고전압선은 초고속 백본망을 구성한다는 것이다.

한국전력은 전력선통신 시스템개발 및 이를 이

용한 원격 자동화기술에 참여하고 있으며, LG전자는 전력선통신을 전자제품에 적용하는 홈네트워크 기술개발에 참여하고 있다.

플라넷은 1999년 PLC 기술을 국내 최초로 상용화한데 이어 최근 건설업체, 가전업체들을 대상으로 본격적인 제품 공급을 시작하고 있다. 360bps 속도로 각 전자기간 데이터를 전송, 안방에서 마루나 부엌의 전등을 원격으로 제어할 수 있을 뿐만 아니라 외부에서 인터넷이나 전화를 통해 에어컨을 켜거나 끌 수도 있다. 주요 제품은 PLC 기술이 적용된 전원소켓과 스위치 등이 있으며, 삼성전자와 LG전자는 이 기술을 적용, 금년에 전력선 통신 기술이 적용된 에어컨, 전자레인지 등을 출시할 예정이다. 플라넷은 양방향 통신이 가능한 독자 프로토콜 Z-256에 기반한 CSMA(Carrier Sense Multiple Access)방식의 1Mbps 칩셋을 개발하였다.

포원정보기술과 ASA시스템즈는 공동으로 9600bps급 전력선통신기술을 개발하고 가정의 조명제어시스템과 가전기기제어시스템에 적용할 수 있는 유닛을 제품화하고 있다.

피엘콤은 초고속 인터넷 접속장비 개발업체로 이탈리아 네트워크 장비공급업체인 다티코사와 이탈리아의 전력선통신사업을 공동으로 전개키로 합의하였다. 콤텍시스템은 최근 피엘콤과 전력선

Table 3 Companies related with PLC and their products

	Company	Product	Specification	Web site
국 외	Echelon	PLT-21	5kbps, BPSK	www.echelon.com
	Data-Link	LCM100	9600bps, FSK	www.data-link.com
	ITRAN	IT5000	50kbps, DCSK	www.itrancomm.com
		ITM1	1.5Mbps, DCSK	
	Philips	TDA5051A	1200 bps, ASK	www.philips.com
	STM	ST7536	1200 bps, FSK	www.us.st.com
	National	ICSS1002	3200 bps	www.national.com
Adaptive Network Inc	PLC1000A	100Kbps	www.adaptivenetworks.com	
국 내	기인시스템	e-Magic Home coupler, PLC Router	2Mbps 3Mbps-10Mbps	www.keyintelecom.com
	피엘콤	Winstone	2Mbps-10Mbps	www.plcom.co.kr
	플라넷		수십 kbps	www.planetsys.co.kr
	포원정보기술 및 ASA 시스템즈	ICON	9600bps, ASK+DSP	www.4win.net http://ce.kmaritime.ac.kr/~consys
	대양전기	ANI Chip 사용		www.deayang.co.kr
	코아렉스	PAN	FSK, PSK	www.corelex.co.kr

LAN(이더넷 PLC)제품 생산과 공급을 위한 공동 협력 체계를 구축하였다.

미국 미디어퓨전사의 아시아지역 파트너인 파워코리아21은 총 3600억원을 들여 금년말 까지 주 콘트롤센터와 두 개의 백업센터를 구축하고 2002년부터 전국을 포괄하는 서비스를 개시할 예정이라고 발표하였으나, 미디어퓨전사의 작년가를 델러스 지역 시험예정이 금년 말경으로 연기됨에 따라 이와 연동되어 지연될 것으로 예상된다.

이러한 국내 관련사의 활발한 계획과 야심에 찬 활동과는 대조적으로 국내의 2-3개사를 제외하고 전력선 통신에 대한 기술적 자립도는 매우 낮은 상황이며, 고속 전력선 통신은 물론 저속 전력선 통신의 경우에도 외국 시스템을 그대로 도입하거나, 외국 제품을 벤치마킹하는 정도이다. Table 3은 전력선통신업계 제품과 특성 및 사양을 나타낸 것으로 각사에서 발표한 성능과는 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

플라넷, 기인텔레콤, 피엘콤 등은 PLC 솔루션의 원가절감 및 서비스 확대를 위하여 ASIC의 독자 개발을 계획하고 있으며, 특히 10Mbps급 제품 개발을 서두르고 있어 금년내에는 동영상 포함 가정 내 모든 데이터의 전송이 전기선을 통해 가능할 것으로 예상된다.

### 제 5 장 전력선통신관련 인터넷 정보 사이트

전력선통신과 관련한 정보를 얻기 위한 인터넷 사이트는 다음과 같다.

**www.atpowerline.com** : 해외 전력선통신기술 관련 종합정보 사이트이다. 최근 발표된 전력선통신기술 관련 기사를 볼 수 있고 전력선통신기술 관련회사의 연합사이트인 **www.homeplug.com**에 연결되어 있다. 이 웹사이트는 2000년 3월에 13개 전력선통신 관련사가 개설하여 6개월만에 **hardware, software, semiconductor**, 가전사, 가전 유통업체 분야의 세계적으로 이름난 50개 이상의 관련회원을 확보하였다. 또한 이 웹사이트는 회원사의 **conference**와 회의를 주관하는 등의 적극적인 활동을 하고 있다. 각국 및 각 대륙에서 개

최되고 있는 전력선통신 **Forum**과도 연결되는 등 전 세계에서 일어나는 전력선통신기술에 관한 많은 정보를 얻을 수 있다. 또한 연결된 모든 파트너의 웹사이트 주소를 알 수 있어 독자는 이 웹사이트에 들어가 전력선통신에 관한 폭 넓은 지식의 바다를 향해 볼 것을 권장하는 바이다.

**www.csdmag.com** : communication system design magazine의 웹사이트로 통신관련 기술기사를 다루고 있다.

기타 각사의 자세한 기술 : Table 3 및 참고문헌에 표기되어 있는 웹사이트를 방문하여 관련사의 자세한 기술, 제품, 네트워크 구성 및 시험 정보를 얻을 수 있다.

### 제 6 장 결 론

이상으로 전력선 통신기술의 변천, 종류, 특징, 업계 및 세계기술의 동향에 관하여 고찰하였다. 이 고찰을 통하여 분명한 사실은 통신기술자들은 전력선가입자망을 통신망으로 사용하는 꿈을 버리지 못하고 꾸준히 기술을 개발해왔으며 최근 DSP 및 마이크로프로세서의 발전과 함께 고속 장거리 망을 대체하려는 기술까지 발전하였음을 알 수 있다. 또한 유럽의 일부지역, 동남아시아, 중국 및 중남미 지역에서의 통신망 설치의 어려움으로 인한 시장성과 산업전반에 걸친 파급효과를 감안하면 전력선 통신기술은 새 천년에 있어서 가장 유망한 사업분야중의 하나임이 분명하다. 따라서 산업자원부에서도 이 분야 기술 육성과 사업화를 위하여 많은 투자를 계획하고 있으며 국내 몇몇 기업은 이미 세계와 기술 수준을 같이 하고 있음을 알 수 있다. 업계의 계획과 그 동안의 실적으로 보면 2001년 하반기부터 적용사례가 속출할 것으로 예상된다.

### 참고문헌 및 참고 웹사이트

- 1) Nicholson, J.R. and J.A. Malack, "RF Impedance of Power Line and Line Impedance Stabilization Network in Conducted Interference Measurements" IEEE Transaction on Electromagnetic Com-

patibility, 1973.5

- 2) Phil Sutterlin and Walter Downey, " A Power Line Communication Tutorial Challenges and Technologies" Echelon Corperation
- 3) "고속 전력선 통신망 기술개발에 관한 연구과제", 1999. 6, 산업자원부
- 4) "전력선 통신망산업의 현황(제 1부)", 주간전자정보, 2000.7.27, 전자부품연구원(KETI)
- 5) "전력선 통신망산업의 현황(제 2부)", 주간전자정보, 2000.8.24, 전자부품연구원(KETI)
- 6) 대한전기협회 웹사이트 [www.electricity.or.kr](http://www.electricity.or.kr)
- 7) 현덕화, 유인협, 박병석 "전력선을 이용한 통신기술의 동향", 전기저널 2000. 9
- 8) National semiconductor LM1893/LM2893 Carrier-Current Transceiver data sheet
- 9) Judson Hofmann, "Networking Consumer Products in the Home", Proceedings of the IEEE, Vol.82, No.4 April, 1994
- 10) R. Hamabe, M. Murata, T. Namekawa, "System Design of Home Bus System for a Single House", IEEE Tran. on Comsumer Electronics, Vol. CE-33, No.4 Nov.,1987
- 11) W. Winston, A. Lundberg, "Power line Appliance Controller EE498 Spring 1996", [www.ee.washington.edu/](http://www.ee.washington.edu/)
- 12) Bernardino Camba, "Home Automation CEBus Transport Protocol", class #327, [www.cebus.org/](http://www.cebus.org/)
- 13) Christos Douligeris, " Intelligent Home Systems", IEEE Communication magazine Oct., 1993
- 14) Phil Kingery, "Which One Should I Use-Part III", HTINews Feature Article, [http : //hometoys.com](http://hometoys.com)
- 15) "전력선 이용 신기술이 뜬다", 서울전자신문, [www.senews.co.kr/gisa/144/telle-1.html](http://www.senews.co.kr/gisa/144/telle-1.html), 2000. 12.27
- 16) [www.keyintelecom.com](http://www.keyintelecom.com)
- 17) [http : //his.etri.re.kr/share/plt.html](http://his.etri.re.kr/share/plt.html)
- 18) [www.planetsys.co.kr](http://www.planetsys.co.kr)
- 19) 김대회, "전력선 통신망산업의 현황(제1부)", 주간 전자정보, 2000.12.27
- 20) 김대회, "전력선 통신망산업의 현황(제2부)", 주간 전자정보, 2001.1.25
- 21) 정영화, "새로운 통신 인프라, 전력선통신", [http : //cslab.sunchon.ac.kr/plc.htm](http://cslab.sunchon.ac.kr/plc.htm)
- 22) 이김정, "전력선에서 빛의 속도를 찾았다.", 디지털 리더를 위한 경제포털-dot21, [www.dot21.co.kr/Dot21](http://www.dot21.co.kr/Dot21), 2000. 12.27
- 23) PAN(Powerline Area Networks), [www.corelex.co.kr/ products/products\\_detail1.html](http://www.corelex.co.kr/products/products_detail1.html)
- 24) [www.plcom.co.kr](http://www.plcom.co.kr)
- 25) [www.echelon.com](http://www.echelon.com)
- 26) [www.itrancomm.com](http://www.itrancomm.com)
- 27) [www.philips.com](http://www.philips.com)
- 28) [www.us.st.com](http://www.us.st.com)
- 29) [www.national.com](http://www.national.com)
- 30) [www.adaptivenetworks.com](http://www.adaptivenetworks.com)