

전력선통신 기술과 사업 전망

우 희 곤
(주)파워콤 남서울지사장

1. 머리말

인터넷 접속을 위한 고속 데이터용 가입자망이 요구되고 있다. 궁극적으로는 각 가입자에게 광케이블 시설을 목표로 하고 있으나 기존의 가입자망 선로를 활용하고 새로운 모뎀 기술만 적용한 가입자망 기술이 활발히 개발되어 있다. 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.

새로운 통신서비스를 통한 시장의 확대가 급격한 통신기술의 발전을 가능하게 하였고, 단순한 변복조기능뿐만 아니라 많은 계산을 필요로 하는 복잡한 프로토콜이 탑재된 통신단말기가 저가로 개발될 수 있는 기반도 제공하였다고 볼 수 있다.

새로운 시장의 가능성과 통신기술을 기반으로 기존의 전력선통신기술을 확장한 전력선통신은 일부 전력 관련 서비스를 위한 통신기술에서 인터넷과 같은 고속 데이터서비스나 기존의 인터넷 서비스와 결합한 형태의 본격적인 통신기술로 나아가기 시작했다고 볼 수 있다.

이 글에서는 전력선통신 기술이 각종 통신서비스에 활용될 수 있는 가능성을 살펴보고, 최근의 기술개발 및 표준화 동향 등을 소개하면서 통신사업의 적용가능성도 분석하였다.

2. 통신망 기술 변화와 전망

가. 인터넷서비스를 위한 통신망 요구 변화

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 케이블 TV 전송망인 HFC망을 들 수 있다.

나. 가입자망 기술 현황

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

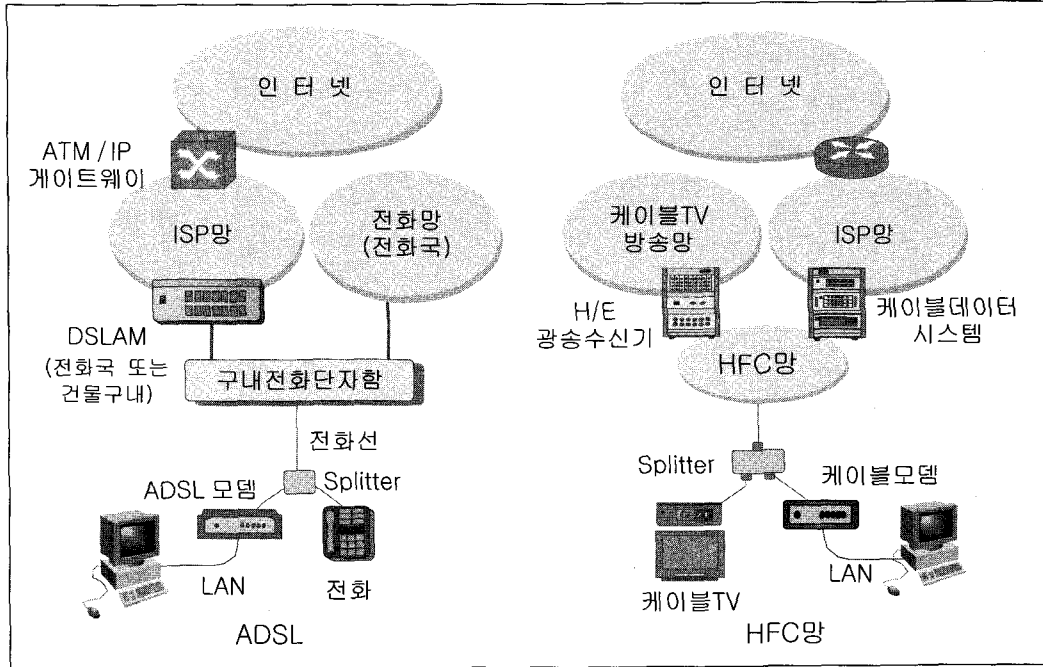
전화망을 이용하는 xDSL(x Digital Subscriber Line)기술은 구리선에서 기존의 4kHz 이하 대역을 사

용하던 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 동축케이블망을 업그레이드해서 양방향 통신이 가능한 광동축혼합방식인 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 자리잡고 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 대도시의 인구 밀집도가 높은 APT 거주 가구 비율이 높기 때문에 아파트까지 기간망을 구축하고 아파트 단지내에서 전화선을 이용한 xDSL이나 홈 네트워크 구축기술인 홈 PNA(Phoneline Network Association)를 이용한 고속 인터넷 가입자망도 적용되



〈그림 1〉 고속 인터넷 가입자망 구성도

었다(그림 1 참조).

다. 가입자망 기술과 비교한 전력선통신 기술 현황

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 주파수다중화 기법을 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 전력선통

신을 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 통신신호나 잡음의 레벨 변화에 적응하여 신호를 수신할 수 있는 필터나 등화기 등을 사용할 수 있고, 복잡한 계산의 수행이 필요한 멀티캐리어방식의 변복조 방식이나 통신망의 특성에 적합한 Convolution 방식의 오류정정코드도 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 서비스에도 전하게 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 적응할 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 전력공급망과 비교하면 배전망과 인입선을 합한 것과 같으며 대부분의 고속전력선통신 기술이 110V 또는 220V의 인입선이나 구내배선에 적용할 수 있는 기술을 개발하고 있어 가입자망으로 경제성을 확보하기 위해서는 배전선에서 고속의 데이터 전송이 가능한 기술개발이 요구된다.

3. 전력선통신 기술 현황과 전망

가. 전력선통신 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 1과 같다.

또한 사업적 관점에서 전력선통신의 적용사업분야별로 기술에 따른 용도별로 구분하면 표 2와 같이 정리할 수 있다.

현재 전력서비스분야에서 공장자동화나 건물의 엘리베이터 제어 등에 저속 전력선모뎀을 적용한 제품이 이미 상용화되어 많은 곳에 활용되는 단계이다. 그러나 통신서비스분야에서는 개발된 시제품을 이용하여 필드테스트 수준의 시험이 이루어지는 단계이다. 특히 가입자망으로의 활용은 저속 전력선모뎀이나 고속 전력선모뎀 모두 상용화를 위해서는 인입선에서 통신국까지의 기간 통신망

〈표 1〉 전력선통신 기술의 시대별 특징

내 용	시 기	'70년대 이전	'90년대 이전	'90년대 중반 이후
주 응용분야(신호)		음성전화(analog)	제어·자동화(control data)	고속 데이터 통신(all data)
전 송 속 도		Analog	저속, 수십bps~수kbps	고속, 수십kbps~수Mbps
사용대역폭		50~450kHz	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
망구성형태		point-to-point	multi-point	multi-point
대표 제품·표준		-	X-10, CEBus(자동화용), LonWorks	HomePlug(미국-Home Network) PLC Forum(유럽) 등
전력회사 관심		계통운용을 위한 전화	배전선을 이용한 원격검침 시도	통신사업 진출 기회
통신회사 관심		-	(고속 또는 저속) 가입자망, 홈네트워크	

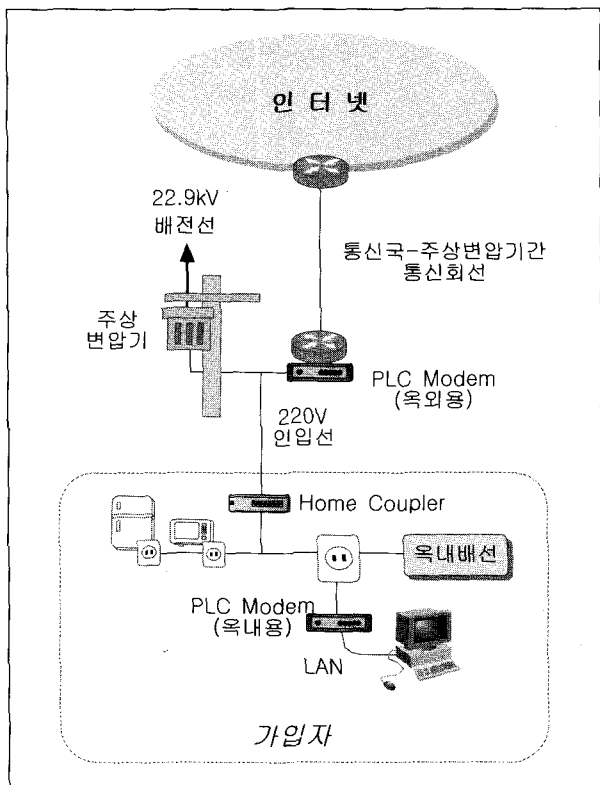
〈표 2〉 전력선통신의 사업분야 및 용도

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

구성, 복잡한 인입선 환경에서의 전력선모뎀의 안정적인 동작을 위한 기술적 보완이 필요한 수준이라 판단된다. 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 시험 서비스를 제공한 시험망 구성의 예를 들면 그림 2와 같다.

주상변압기 2차측인 인입선 시작부분에 옥외용 PLC 모뎀을 설치하여 가입자에 설치된 홈커플러와 가입자망을 구성하고 가입자구내에서는 전력선모뎀과 홈커플러간 구내 통신망이 구성되어 있다. 옥외와 옥내로 구분하여 가입자망을 구성하는 이유는 일차적으로 전력선의 통신 채널 특성이 옥외와 옥내가 아주 달라 사용하는 통신신호 대역을 구분하기 위해서이고 향후 홈랜구성시 신호분리가 쉽게 이루어질 수 있도록 하고 있다. 이 방법은 가입자망과 홈랜 서비스를 동시에 예상하고 있는 유럽 PLC포럼의 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.



〈그림 2〉 고속 전력선통신을 이용한 고속 가입자 시험망 구성도

나. 전력선통신 표준화 및 규제

전력선통신 표준화는 초기단계로서 전력선모뎀 자체의 표준화보다는 이미 개발된 다양한 전력선모뎀에 대한 상호공존성 등을 중심으로 우선 이루어지고 있다. 표준을 추진하는 단체나 국가의 서비스를 고려하여 표준화의 방

향이 다르게 추진되고 있으며 대표적인 표준화 추진 기구로는 국내 PLC포럼, 미국의 HomePlug, 유럽의 PLC 포럼, 일본의 Echonet이 있다.

국내 PLC 포럼은 디지털가전, 통신서비스 분과위원회가 활동중이며 디지털가전 분과에서는 정보가전기기를 위한 표준화를 진행하고 있으며, 통신서비스 분과에서는 옥외와 옥내로 구분하여 표준화를 진행하고 있다. 현재 표준화는 서비스 대상과 전력선모뎀의 종류에 따라 상호 공존이 가능하도록 주파수 대역의 사용과 전력선통신 서비스를 제한하는 전파법, 전기통신설비기술기준 등에 대한 검토가 이루어지고 있다.

국내 전파법은 450kHz 이하 대역에서 10W 이하의 출력인 경우 전력선통신을 사용할 수 있으나 전력선 반송전화를 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 전파방사현상이 발생하며 전력선모뎀이 사용하는 주파수는 무선주파수와 동일한 대역을 사용하고 있어 상호 간섭의 가능성이 있어 전파법에서 이에 대한 상호 규제가 필요한 실정이다.

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 단말장치에서 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 이루어지면 변복조방식, 통신프로토콜 등도 표준화가 이루어져야 한다. 저속의 전력선모뎀은 업계표준 형태로 X10, CEbus, Lonworks가 사용되고 있으나 현재 개발된 고속 전력선모뎀은 다양한 기술을 사용하고 있기 때문에 단기간에 통신표준이 이루어지기는 어려울 것으로 예상되며 국내 PLC포럼에서도 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 3에 정리하였다.

다. 전력선통신 사업전망

최근 고속 전력선모뎀 기술개발에 따라 전력선통신에 관심이 증가되면서 전력선통신에 대한 기술개발이나 사

〈표 3〉 해외 전력선모뎀 표준화 단체 동향

구 분	HomePlug(미국)	PLC Forum(유럽)	Echonet(일본)
중점서비스	-Home Networking	-Access -Home Networking	-Home Networking -Home Security
주파수할용안	-4~40MHz	-옥외 : 1.6~10MHz -옥내 : 10~30MHz	-450kHz 이내 (MHz 허용 추진)
규제기관	-FCC	-ESTI, CENELEC	-총무성(구 우정성)
주요진행사항	-Intellon기술을 기본 -Spec1.0 완성 예정	-Access-Home간 공존규격 제정예정	-Spec2.0 완성예정

업에서 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 번압기에 수용된 가입자가 200~300가구 규모로 통신국과 변압기간 통신회선 구성에 따른 경제성이 있는 경우 가입자망으로 경쟁력이 있을 것으로 예상된다. 또한 전화망시설을 충분히 보유하지 못한 저개발국가는 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 홈네트워크를 연계하는 서비스는 통신사업자에게 새로운 사업기회로 인식되고 있어 홈네트워크 기술로 전력선통신의 가능성도 밝을 것으로 예상된다. 미국의 경우 PC를 보유한 가구 중에서 1가구에 이미 2대 이상의 PC를 보유한 가정이 50%에 이르고 있고, 홈내에서 네트워크의 필요성으로 전력선통신뿐만 아니라 전화선을 이용한 홈PNA, 무선랜, IEEE1394 등 다양한 홈네트워크 기술이 대두되고 있다.

한편 저속 전력선모뎀의 경우 산업계에서 이미 제어·자동화용으로 사용되어 성능이 인정된 상태이고 가입자망의 확대에 따라 방화, 방재 등 홈 Security분야와 원격 감시·제어 등 HA분야를 가입자망 서비스와 연결하여

인터넷과 접목시킬 경우 홈네트워크에서 새로운 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

이러한 사업적 성공을 이루기 위해서는 먼저 현재 기술 개발 단계에 있는 전력선모뎀이 전력선 통신 환경변화에 따른 안정적 동작이 검증되고 보장되어야 하며, 각종 규제 수준에 맞는 전력선모뎀의 개발이 우선되어야 할 것이다.

4. 맺음말

통신사업의 특성상 시장에서 선택된 몇 개의 우수한 기술만이 경쟁력을 갖고 사업적 성공을 거두고 있으며 통신 관련 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 통신기술로서 확장하기 위한 표준화가 이루어져야 할 것이다. 현재 각종 전력선모뎀에 대한 상호공존성 등에 대한 표준화 작업이 진행되고 있으나, 기존의 통신망과의 호환성이나 전파방사 등에 따른 통신기기간 상호간섭 문제 등도 적극적으로 해결하여야 할 것이다.

최근의 전력선통신에 대한 관심이 통신서비스 시장개척과 함께 전력선통신 기술개발로 이어져서 앞으로 전력선통신이 통신망 기술의 하나로 발전할 수 있기를 기대한다.