

소 특 집

전력선통신 기술동향 및 전망

김 현 중*, 윤 상 흠**, 김 호*

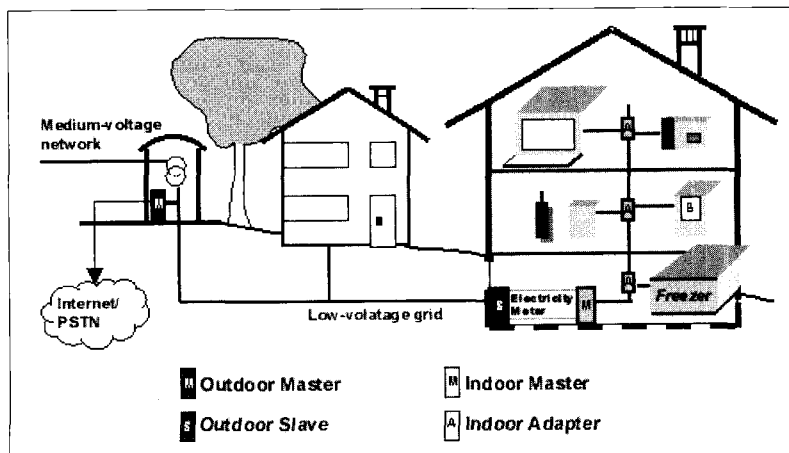
*한국전자통신연구원 인터넷경제연구팀, **전주대학교 정보기술컴퓨터공학부

I. 서 론

전력선통신은 별도의 통신선로를 거치지 않고 가정이나 사무실에 설치된 50~60 Hz의 교류전기를 공급하는 전력선을 통해 수십 MHz의 고주파 통신신호를 함께 보내 전용 접속장비로 고주파 신호만을 수신하여 통신하는 것을 말한다. 전력선통신은 저출력의 신호를 사용하기 때문에 일반 가전기기의 작동에 영향을 미치지 않는 기술로, 일반적인 가전제품(white appliance)은 전력선으로 들어 온 교류전기를 전력변환기(Transformer)를 통해 직류로 바꿔 이용하는데, 여기에 통신신호를 고주파 신호로 바꿔 전력선에 실어보내고 이를 고주파 필터를 이용하여 별도로 분리해 신호를 수신하는 것이 전력선 통신의 핵심이다.

초기에는 전력제어를 목적으로 개발되었던 전력선통신기술이 최근에는 PC에 의한 인터넷접속, TV, 냉장고 등과 같은 가전기기를 연결하는 HomeNetwork에 대한 관심이 증가하면서 기존의 통신기술에 대한 대안으로 등장하게 되었다. 특히, 전력선을 통한 인터넷접속은 <그림 1>에서와 같이 가정에서 사용되고 있는 음성(웹폰), 영상(웹TV), 데이터(컴퓨터) 신호를 특별히 고안된 전용 접속장비에 연결하여 전력량계(Indoor Master/Outdoor Slave)와 변환기(Outdoor Master)를 거쳐 인터넷망으로 연결하는 것을 의미한다.

현재, 미국과 유럽의 일부 선진국이 기술개발에 주력하고 있고 국내에서도 2000년을 전후하여 연구기관 및 통신사업자와 전문기업체의 제휴에 의해 기술개발이 추진되고 있으며 전력선을 통한 인터넷접속은 시험적용이기는 하지만 일반 가정



<그림 1> 전력선을 통한 통신망 접속

에서도 이미 첫선을 보였다.

본 논문에서는 전력선통신과 관련하여 지금까지의 기술의 역사 및 주요 특성, 그리고 국내외 기술동향을 중심으로 내용을 전개하고 향후 전망을 살펴보고자 한다.

II. 전력선통신기술의 역사

전력선통신은 전력제어를 위한 목적으로 1950년대에 최초로 개발되었다. 리플제어(Ripple Control)라고 불리었던 이 방식은 100~900 Hz의 낮은 주파수를 사용해 약 10kW 이상의 전력으로 낮은 전송속도를 구현하였다. 그 당시의 주된 용도는 가로등 점멸 관리, 전류량 제어, 시간대별 과금정보 교환 등이었으며 주로 단방향통신으로만 운용되었다. 1980년대에 접어들면서 전송속도를 개선한 신기술이 등장하여 변화를 맞게 된 전력선통신기술은 '80년대 중반 이후 5~500 kHz의 주파수 대역을 중심으로 전력선을 데이터전송 매체로 활용하여 "SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition, 집중 원격감시 제어) 기술"을 구현하는 데 그 초점이 맞추어 기술개발이 시도되었다. '80년대 후반에는 양방향 통신이 가능한 기술의 개발이 전개되었는데, 이전 기술과는 달리 보다 높은 주파수를 활용하고 신호계위를 대폭 낮추었다.

'90년대 들어 통신분야에서의 프로토콜기술의 발전으로 데이터전송능력이 획기적으로 개선되었고 전력회사를 중심으로 제어정보 전송시스템에 쓰이기 위한 기술이 개발되어 활용되고 있다. 특히, 수 Mbps급의 고속전송을 위해 수 GHz대역의 주파수를 활용해 처리속도를 개선하는 쪽에 기술개발을 주력하는 한편, 홈 오토메이션(HA: Home Automation)을 위한 기존 전력선 통신 기술의 상용화와 홈 네트워킹(HN: Home Networking)을 위한 새로운 기술의 개발, 그리고 인터넷 접속을 위한 대안(the last mile solution)으로서의 기술개발이 주요한 추세이다.

III. 주요 특징

1. 전력선통신의 이점

전력선 통신은 고속의 데이터 전송에 대한 수요를 충족할 수 있는 기술로서 인터넷의 발전과 고속의 데이터 전송으로 인해 전세계적으로 고속의 전달기능을 필요로 하는 현시점에서 통신사업자와 소비자 모두를 만족시킬 수 있는 기술이다. 또한 기존의 전력시설을 활용하기 때문에 비용이 적게 들고 설치기간이 없거나 매우 짧아 새로운 고속접속망을 구축하는 것보다는 비용측면에서 효율적이다. 따라서 처음부터 새로운 네트워크의 구축을 통해 시장에 진입하는 것보다는 전력선 기술을 이용하여 시장에 진입하는 것이 유리하다. 즉, 기존의 전력설비에 전력선통신기술을 결합하여 전력선을 보유하고 있거나 이용권을 확보한 사업자는 전력선통신을 네트워크 사업으로 전환하여 고객에게 신속하게 서비스를 제공할 수 있다.

다음으로 들 수 있는 것은 보다 용이한 이용범위이다. 전세계 대부분의 가정에는 최소한 하나 이상의 plug가 설치되어 있으며 이를 통해 어떤 통신접속 수단보다 설치가 간편하다는 것이다. 그리고 통신분야의 다른 어떤 기술보다 이용자들이 익숙해져 있다는 것도 커다란 이점으로 작용하고 있다.

그리고 전력선통신은 단일인프라를 통해 고속 서비스를 일괄적으로 제공할 수 있다. 전력선통신기술을 사업화하게 되면 음성, 영상, 데이터 및 기타 서비스를 보다 용이하게 통합하여 패키지 형태로 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 통신, 전력 및 기타 부가서비스를 하나의 사업자로부터 일괄적으로 제공받고자 하는 소비자를 보다 효과적으로 공략할 수 있게 된다. 게다가, 일괄서비스 판매를 통한 고객로열티 향상, 마케팅 및 고객유지·관리를 위한 비용의 절감, 일괄적인 요금 청구 및 이용자보호 등을 동시에 달성하여 고속접속망 사업에서 규모의 경제를 실현할 수 있다.

2. 장애요인

앞서 언급한 이점에도 불구하고 첨단 Home Networking이나 인터넷 접속을 위한 대안으로 등장하기 위해서는 아직은 많은 장애요인들이 있다. 우선 비용상의 문제점으로 현재로서는 기술의 상용화와 비용우위를 동시에 달성하기는 어렵다. 이와 같은 고비용의 주된 원인은 ① 기술적 불안정성과 그것을 보완하기 위한 추가적인 소요 비용이며, ② 전력전달장치당 인구의 분포 등을 들 수 있다. 또한 전력선에서 발생하는 ③ 높은 부하간섭과 잡음현상이 기술의 상용화를 더디게 하고 비용상으로 불리하게 만들고 있다. 다만, 최근의 기술적 진전은 비용상의 문제점을 많이 완화해 나가고 있으며 기본적으로 설치비용이 저렴한 측면은 간과할 수 없다.

기술적으로는 가입자접속을 위한 통신선로가 되는 경우에는 제한된 전송능력으로 인해 통신가능거리에 대한 제약이 존재한다. 그리고 가변적이고 높은 감쇠현상, 가변 impedance level(일종의 저항), 주파수 선택적 페이딩 채널의 특성, 전력선 배치의 구조적 문제로 인한 가입자 증가시의 호처리 장애 또는 호 폭주시 문제처리능력 미비 등 보완이 필요하다.

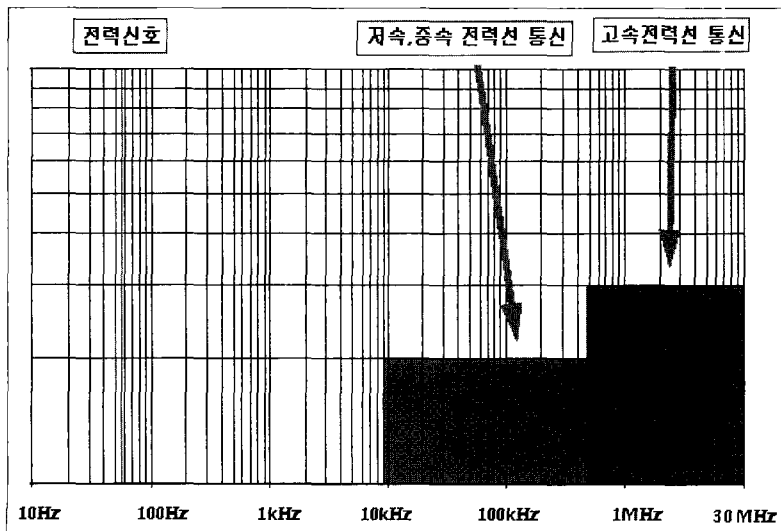
정책적으로는 전력과 통신을 분리하여 시장을

운영하는 각국의 규제정책과, 업체 및 국가(또는 지역)간의 표준화에 대한 이견 등이 걸림돌이 되고 있다. 대부분의 국가들이 저속의 데이터 전송을 위한 주파수 대역은 할당되어 있으나 고속데이터 전송을 위한 주파수 규제는 이제 완화를 검토중이거나 새롭게 제정되려는 수준이다.

합의된 표준의 미비로 인한 제품간의 호환성 문제를 해결하기 위해 결성된 표준화 및 제휴 조직으로는 국내의 PLC 포럼과 북미의 HomePlug Powerline Alliance, CABA, 유럽의 PLC Forum, IPC Forum, 그리고 일본의 Echonet (PLC를 포함한 Home Network)을 들 수 있다. 이들 단체들은 아직은 지역적으로 배타적이고 상이한 특성이 존재하지만 기술공유와 표준화에 대한 노력이 전개되고 있어서 일원화된 기술 체계와 시험에 대한 기준이 통일되어 나갈 것으로 전망된다.

3. 속도별 분류 및 주요 응용분야

다음 <그림 2>는 전력선통신의 주파수대역을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 국내의 경우 통상 인입되는 전력의 신호는 50~60 Hz에 이르며 통신을 위한 주파수는 저·중속의 경우에는 10~450 kHz, 고속은 0.5~30 MHz 대역을



<그림 2> 전력선통신의 주파수대역

〈표 1〉 Home Networking 매체간의 비교

구 분	전 력 선	전 화 선	동 축 케이블	무 선
속도 (bps)	1~10 M	100 K~50 M	10 M~100 M	700 K~11 M
설치 비용*	\$ 70~ \$ 150	\$ 50~ \$ 130	\$ 75~ \$ 200	\$ 150~ \$ 300
장 점	가장 편리함 추가선 불필요	편리함(기 설치) 데이터 안전성	데이터 안전성 시스템 안정성	이동성으로 추가선 불필요 안전성
요구 사항	동일 전력선 이용 전력콘센트 인접	동일 전화선 이용 전화콘센트 인접	별도 회선 설치 필요	기기간 거리 제한

*) 비교를 위해 두 대의 PC를 연결하는 데 소요되는 S/W 및 H/W 비용을 포함하여 계산함.

이용하고 있다.^[3]

속도별로 보면, 저속은 60bps~10Kbps에 전 등 원격제어, Home Automation, 가스탐지, 대피소 관리 등에 많이 활용되고 있다. 중속은 10Kbps~1Mbps의 속도에 정보가전(Information Appliance), 원격검침(Telemetry), Home Networking 등에 응용되고 있다. 고속은 기존의 PLC(Power Line Communications) 방식으로는 1~10Mbps로 가입자접속망으로 활용 될 수 있다.

전력선통신의 응용분야 중 가장 확실하게 추진 되고 있는 Home Networking의 경우, 가정 내 에 이미 네트워크가 설치되어 추가적인 네트워크 구성이 필요하지 않다는 장점과 함께 최근 들어 서 기술발전이 가속화됨에 따라 기존에 가지고 있던 문제점들이 하나둘씩 해결됨에 따라 점차 관심이 고조되고 있다. 작은 차이이기는 하지만 가정에 설치되어 있는 전화콘센트보다는 전력콘 센트의 수가 상대적으로 많고 모든 기기는 기본 적으로 전원공급을 받아야 한다는 점에서 소비자 들은 보다 많은 가전제품을 원래의 위치에서 이 동하지 않고 기기간 접속과 네트워크 접속이 가 능한 점을 활용하고 싶어한다. Yankee Group 의 “Home Networking을 위한 매체선호도 조 사(복수응답 허용)”에서 전화선(51%)에 이어 전력선(41%)이 2위를 차지한 것을 보아도 전력 선통신기술의 장점에 대해 소비자들도 어느 정도 인식하고 있음을 알 수 있다.

전력선통신기술의 특징을 보다 명확하게 비교 하기 위해 현재 이용가능한 Home Networking

경쟁매체를 중심으로 각각의 특성을 비교하여 보 면 〈표 1〉과 같다.^[2]

IV. 기술 동향

1. 국내 기술동향

초기에는 Home Automation 전문업체인 Planet을 중심으로 기술개발이 진행되어 오던 전력선통신은, 1999년 12월 Xeline(舊 기인텔레 콤)이 전력연구원, 한국전력, 파워콤, 서울대 등 과 함께 컨소시엄 형태로 산업자원부의 “고속전 력선가입자망개발”을 하면서 전환기를 맞게 되었 다. 이후 2000년에는 젤라인은 하나로통신, 피엘 콤은 한국통신과 각각 제휴하여 전력선통신을 이 용한 고속인터넷접속 분야에 주력하게 되었고 그 해 12월에는 산업자원부의 지원으로 PLC포럼코 리아가 창립되어 연구기관과 제조업체를 포함한 약 30여개 기관이 상호협력방안을 논의하기 시작 하였다. 그리고 최근에는 가장 유망한 분야로 대 두되고 있는 Home Networking과 정보가전 분야에 응용하기 위한 기술개발을 추진하고 있다.

2002년 말 현재 전력선통신기술을 보유하고 있 는 국내 업체는 넷링스, 삼성전기, 엑스콤, 젤라 인, 피엘콤 등이 있다. 이들은 물리계층 전송기술 로 OFDM, 독자개발 임펄스 방식, S/W 구현 방식 등을 채택하고 있으며 MAC 계층에서는 IEEE 802.3 Ethernet과 호환되는 것이 특징이 다. 전송 속도는 2Mbps~1.2Gbps에 이른다.

〈표 2〉 국내업체간의 기술특징 비교

	A사	B사	C사	D사
물리계층 전송기술	OFDM	임펄스 방식	S/W 구현	OFDM
MAC	CSMA/CA	CDMA/CD	N.A.	N.A.
전송속도*	15 Mbps	10 Mbps	1.2 Gbps	14 Mbps
옥내장비	홈콜러(전력량계 장착), PLC NIC	PLC NIC	PLC NIC	PLC NIC
옥외장비	PLC 라우터 (전신주 장착)	PLC HUB	Transformer	N.A.
주파수	20 MHz	9~450 kHz	N.A.	4.3~20.9 MHz
인터페이스	PCI, USB Ethernet (RJ-45)	UTP	N.A.	Ethernet
기 타	4단계 QoS 지원	IEEE802.3 수용하여 Ethernet 호환	거리와 무관하게 모든 전력선에 전송가능	IEEE802.3 수용하여 Ethernet 호환

*) 전송속도는 해당업체에서 발표한 내용을 그대로 인용한 것임.

〈표 2〉는 업체간의 기술특징을 정리한 것이다.

그간의 기술개발 성과로 관련업체는 위와 같은 성과를 거두었으며 전송방식이나 사용되는 프로토콜, 인터페이스 등 대부분의 요소들이 기존의 LAN과 호환이 가능하게 되었다. 특히, 전력선통신이 보다 일반화되면 전원콘센트에 전용 접속장비와 통상적인 인터페이스를 이용해 네트워크에 연결될 수 있기 때문에 옥내 전원콘센트 수만개의 PC나 정보가전제품이 상호 연결될 수 있을 것이다. 국내 대부분의 업체는 이미 전력선통신을 이용한 고속인터넷접속 현장시험을 마치고 상용화를 완료한 상태이며, 최근에는 전송속도보다는 보다 안정된 서비스제공을 위한 통화품질 및 안정화와 함께, 호환성의 범위를 확대하기 위한 방향으로 기술개발을 추진하고 있다.

2. 해외 기술동향

해외에서도 Enikia, Intellon, Adaptive Networks, Inari(舊 Intelogis), Power Trunk, Ascom, 3Com, Mediafusion, Siemens, Ericsson, Newbridge, Alcatel, 미쯔비시 등 상당수의 업체들이 Home Networking과 고속가입

자망을 위한 기술개발을 추진하고 있다. 이들 업체는 대부분이 이미 통신분야에서 두각을 나타낸 업체들이고 일부 전력선통신 분야에 전문적인 업체들은 기술력을 바탕으로 한 제휴를 통해 상용화를 통한 시장진입과, 표준화를 통한 글로벌화에 주력하고 있다.

캐나다의 Nortel과 영국 United Utilities에 의해 설립된 Nor. Web이 '98년 3월, CeBIT 1998에 출품한 "DPL 1000"을 이용한 인터넷접속은 주택가의 변압기에 연결된 가정 또는 빌딩 내에 설치된 변압기 이하의 LAN등 가입자에 가까운 저전압의 전력선을 이용하는 것으로 비록 상용화에 성공하지는 못하였으나 다른 업체들의 전력선통신 기술에 대한 관심을 고조시키는 결과를 가져왔다.

Enikia와 Intellon은 4.3~20.9MHz의 주파수대역을 활용해 10 Mbps 이상의 고속전송기술을 개발하였으며, 전력선을 이용한 고속 Home Network 솔루션개발 부문에서 선도적 위치를 차지하고 있다. 캐나다 업체인 Power Trunk는 전화선이나 전력선에 이용될 100Mbps급을 기술을 개발 중이며, 미국의 Enikia는 최근 10Mbps

급의 주택내 통신용 칩을 개발하고 독일의 PreussenElektra와 Veba가 공동설립한 Oneline사와 전략적 제휴를 체결하여 접속기술의 시험에 성공하고 전력선 데이터통신망을 운영한 경험과 기술을 바탕으로 전력선을 통한 전화, 인터넷, 방송 등으로 적용범위를 확대하고 기술을 발전시켜 나갈 계획이다.

3Com은 2000년 2월말 CeBIT2000을 통해 전화선과 전력선을 결합한 고속 Home Networking 기술인 HomeConnect를 공개하였으며, Ascom과 RWE는 전략적 제휴를 통해 2000년 3월에 300~450m 내의 200세대에 대해 1~30MHz 대역, 2Mbps급 대규모 이용자 시험을 실시하고 2001년에 상용화를 완료하였다. Alcatel은 2Mbps급 PLT 시제품 출시하고 본격적으로 전력선통신 분야에 뛰어들었으며 독일의 정보통신 및 에너지전문업체인 Veba는 전력배선망을 이용해 고속의 음성과 데이터를 전달하는 실험을 위해 8가구에 대해 전력배선을 통한 원격통화 및 인터넷접속을 성공적으로 입증하였다. 또한 일본의 미쯔비시는 30MHz 대역, 3Mbps급 전력선 통신기술을 개발하여 규슈전력과 후쿠오카 지역에서 시범서비스를 실시하고 있다.^[1]

V. 결론 및 향후 전망

지금까지 전력선통신에 대한 간략한 개념과 역사, 그리고 기술의 주요 특징 등을 알아보고 국내외 기술동향에 대해 알아보았다. 앞서 밝힌 바와 같이 전력선통신은 통신속도, 경제성 등의 측면에서 분명한 이점이 존재하는 것으로 나타났다. 그러나 최근의 주된 추진방향이었던 고속가입자망 분야에 대한 적용은 더디게 전개되고 있다. 그리고 표준화나 주파수와 관련된 법제도적인 문제도 해결되지 못한 상태이다. 본 장에서는 전력선 통신을 둘러싼 제반 문제점을 간단하게 짚어보고 향후 전망에 대해 살펴보기로 하자.

1. 법제도적인 개선사항

현재 각 업체들은 Home Networking(정보가전 포함)이나 인터넷접속을 위한 고속가입자망 분야에 모두 적용이 가능한 기술개발에 주력하여 상당한 성과를 이루었다. 그러나 현행 전파법(제58조) 및 동시행령(제46조)에 따르면 전력선반송설비에 대해 9~450kHz의 주파수 대역에 10W의 출력에 대해 허가하고 있다. 이러한 규정은 고속의 데이터통신에는 적합하지 못하며 보다 높은 주파수 대역을 이용한 고속의 통신속도를 확보하기 위해서는 사용주파수대역을 상향조정하고 관련 내용을 명시적으로 규정하는 법령의 개정이 필요하다고 하겠다.

물론 일부 업체의 경우, 독자적인 방식으로 법정 주파수 대역을 준수하면서 고속의 통신을 실현하고 있으나 국제적인 추세와 국가간 기술개발 경쟁에서 우위를 점하기 위해서는 기술개발 지원과 함께 법제도적인 보완책도 필요하다고 할 수 있다.

2. 향후 전망

전력선통신기술은 첫째, 시내회선 또는 고속가입자망(the last mile) 부문에서 광대역서비스 제공을 위한 대안으로 이용될 것이며 둘째, 고속택내망(the last yard)로 불리는 Home Networking에 주로 이용될 것이다. 그리고 그와 같은 적용을 통해 사업자들은 ① 음성전화, ② 고속인터넷접속, ③ 케이블TV, ④ 케이블 오디오(디지털 라디오), ⑤ VOD(VOA), ⑥ Telemetry, ⑦ 네트워크로 연결된 가정용 보안·감시·제어 시스템 등의 서비스를 제공할 수 있게 될 것이다.

사실 그 동안 전력선통신기술은 기술발전 및 시장수요를 바탕으로 Home Automation이나 Home Networking에 주로 이용되어 왔다. 최근에 발전된 개념의 Home Networking은 고속의 인터넷접속을 통해, 기존의 가전제품간의 상호연결과 함께 보다 다양한 어플리케이션을 고속으로 제공할 수 있다. 이와 같은 변화는 Home Networking을 중심으로 한 전력선통신기술의 수요를 폭발적으로 증가시킬 것이며 2003년에

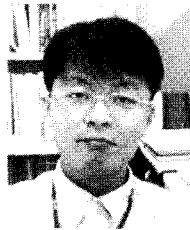
13억 달러 수준으로 예상되는 시장규모를 더욱 확대시킬 것으로 보인다.^[1]

또한 전력선통신은 Home Network를 통해 활용가능한 부가서비스 제공으로 새로운 수익의 창출과 파생수요의 확산을 꾀할 수 있다는 측면에서 서비스사업자에게도 중요한 의미를 갖는다. 앞서 지적한 바와 같이 전력선통신기술이 Home Networking이나 고속가입자망을 위한 대안으로 등장하는 데 있어서 넘어야 할 기술적, 경제적, 법제도적 문제가 아직도 남아 있다. 현시점에서 신속한 서비스속도에 비해 실제로 기술이 개발될 때까지 걸리는 시간상의 문제가 결과적으로 전력선 통신기술의 실패를 초래할 수도 있다. 1989년에 최초로 제안된 DSL기술이 본격적으로 시장에 출현하는 데에는 약 9년의 시간이 소요되었다. 그러나 전력선통신기술은 DSL보다도 개발 및 시장도입환경이 더욱 험난한 상황에 처해 있다. 아직까지 성패가 판가름나지 않은 상황이고 그러기 때문에 이 기술이 가진 잠재력과 사회적 파급효과를 고려하여 ① 규제문제, ② 기술개발 투자 및 전략, ③ 기술의 이전, 적용, 표준화 등 정책 및 전략적으로 고려해야 할 사항은 많이 있고 지금은 그에 대비한 준비를 하는 것이 정책입안자나 사업자들에게 필요한 시점이라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

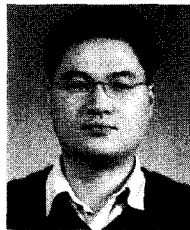
- [1] 김종현, 전력선통신 기술 및 제도 현황, 전파, 제104호 2002년 2월
- [2] 김현중, 전력선 통신기술의 동향과 전망, 정보통신동향분석, 제6권 제4호 2000년 4월
- [3] 정영화, 전력선 통신을 이용한 Home Networking, 2000년 11월

저 자 소 개



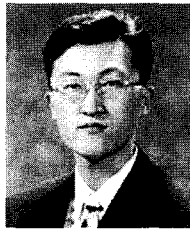
金賢宗

1993년 2월 서울대학교 경제학과 경제학사, 1995년 2월 한국과학기술원 경영과학과 공학석사, 2002년 8월 한국과학기술원 산업공학과 박사과정 수료, 1995년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원, <주관심 분야 : 네트워크전략, 통신시스템최적화, 품질경영>



尹相欽

1990년 2월 성균관대학교 산업공학과 공학사, 1992년 2월 한국과학기술원 산업공학과 공학석사, 1997년 8월 한국과학기술원 산업공학과 공학박사, 2001년 3월~현재 : 전주대학교 정보기술컴퓨터공학부 조교수, 1997년 9월~2001년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원, <주관심 분야 : 정보시스템 정보보호>



金煥

1997년 2월 연세대학교 경영학과, 1999년 2월 한국과학기술원 테크노경영대학원 공학석사, 2001년 5월~현재 : 한국전자통신연구원 연구원, 1999년 3월~2001년 5월 : 한국통신인포텍 사원, <주관심 분야 : 무선랜, 유무선통합, 무선인터넷, 3G>