



전력선을 이용한 유비쿼터스 고속 데이터 통신 연구

장동원* 이영환*

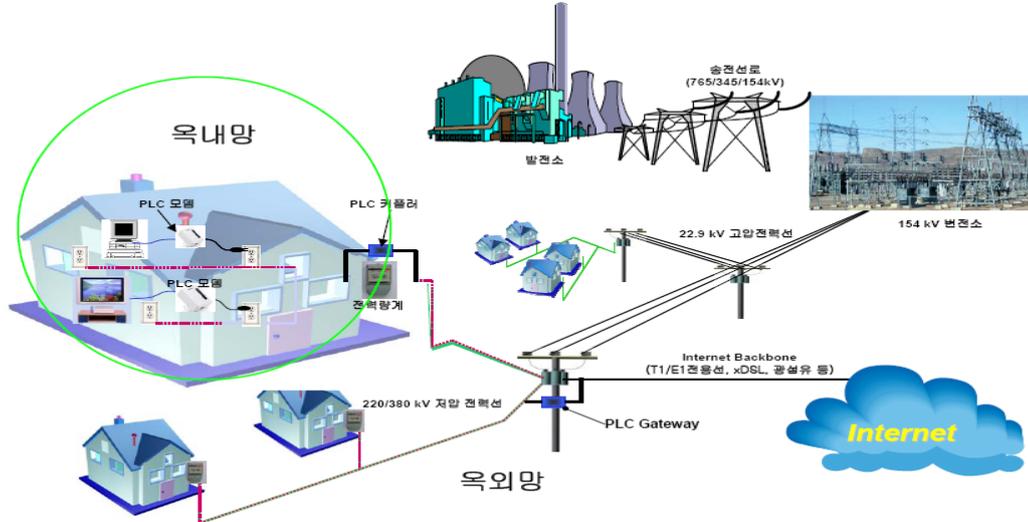
전력선 통신(Power Line Communication: PLC)은 전력을 실어 나르는 도체에 데이터를 전송시키는 통신시스템이다. 최근에 전력선 통신 기술은 매우 발전되어서 200Mbps 정도의 고속통신을 할 수 있게 되었다. 그러나 전력선 통신에 이용되는 전력선은 기본적으로 60Hz 의 전력을 전송하도록 설계되었으므로 이보다 높은 고주파 신호를 보내면 표피효과로 인하여 전파가 방사되어 부근의 무선통신 시스템에 간섭 영향을 주게 된다. ITU 에서는 이미 80MHz 까지 전력선 통신을 사용하기 위한 관련 권고 작성이 진행 중이며 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers), OPERA(Open PLC European Research Alliance), CEPCA(Consumer Electronics Powerline Communications Alliance)와 같은 표준화 기관에서는 국제적인 전력선 통신 표준화 작업을 수행하고 있다. 또한 미국 등은 기존 무선통신 서비스에 간섭 영향을 최소화할 수 있는 기술 기준을 제정해서 전력선 통신과 주파수 대역을 공유해서 사용할 수 있도록 하고 있다. 국내에서도 30MHz 이하에서 사용되는 무선 서비스(해상/항공 통신, 아마추어무선, 방송, 공공통신 등)와의 간섭 측정 및 분석을 통해서 고속 전력선 통신을 사용할 수 있도록 2005 년에 관련 규정 정비를 완료해서 옥내 및 옥외에서 고속 전력선 통신을 사용할 수 있다. □

목	차
I. 서론	
II. 전력선 통신 분류	
III. 전력선 특성	
IV. 전력선 모뎀 특성	
V. 제외국 EMC 기술기준 비교	
VI. 국제 표준화 동향	
VII. 결론	

I. 서론[1],[2]

전력선 통신(Power Line Communication: PLC)은 PLT(Power Line Carrier, Mains Communication, Power Line Telecom) 또는 PLN(Power Line Networking)으로도 불리며 전력을 실어 나르는 도체에 데이터를 전송시키는 통신시스템이다. 최근에 전력선 통신 기술은 매우 발전되어서 200Mbps 정도의 고속통신을 할 수 있게 되었다. 그러나 전력선 통신에 이용되는 전력선은 기본적으로 60Hz 의 전력을 전송하도록 설계되었으므로 이보다 높은 고주파 신호를 보내면 표피효과(skin effect)로 인하여 전파가 방사되어 부근의 무선통신 시스템에 영향을 주게 된다. 그러므로 현재 전력선 통신에서 사용하는 주파수대역(80MHz 이하)의 일차 이용자(ITU-R 에서 국제적으로 할당)인 항공과 해상의 안전/조난통신, 방

* ETRI 스펙트럼공학연구팀/책임연구원



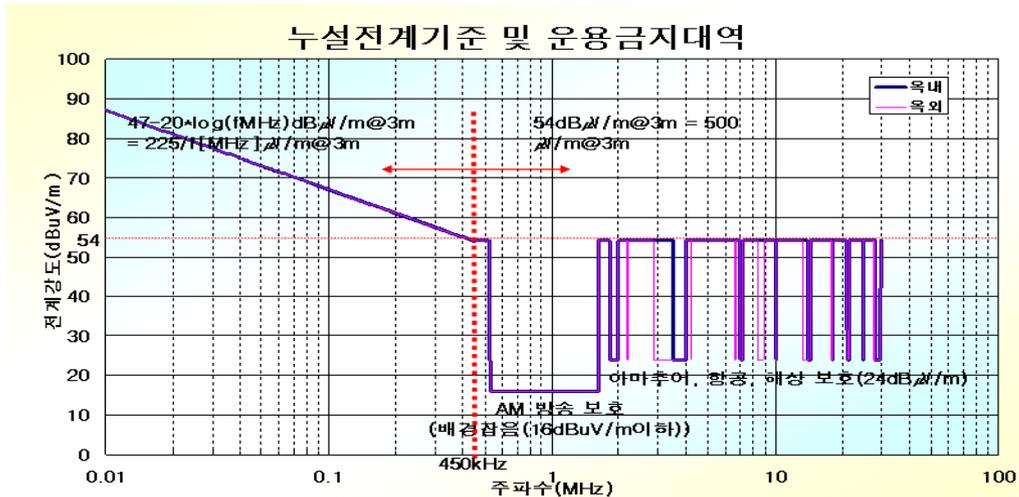
(그림 1) 전력선통신망 구성

송, 아마추어무선, 전파 천문 등은 간섭에 대한 우려 때문에 전력선 통신의 활성화를 반대하고 있다.

옥내에서 사용하는 전력선 통신은 건물 차폐 등에 의해서 간섭 우려가 적기 때문에 전세계적으로 널리 이용되고 있으나 간섭을 방지하기 위한 방법이 없는 옥외에서는 사용이 제한되고 있다. 그러나 고속 인터넷 사용에 대한 욕구가 크기 때문에 DSL(Digital Subscriber Line), 동축케이블, 광케이블 등으로 서비스를 제공하고 있으나 시설비 등 경제적인 제한이 있으므로 널리 보급되지는 않고 있다. 전력선은 이미 전세계적으로 60% 이상의 주거지에 전개되어 있으므로 고속 인터넷을 요구하는 대다수에게 경제적으로 제공할 수 있는 유비쿼터스 통신 방법이다. 그러므로 전력선 통신이 기존 무선통신 서비스에 유해 간섭을 줄 우려가 높지만 계속해서 이를 극복하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

ITU에서는 현재 80MHz 까지 전력선 통신을 사용하기 위한 관련 권고 작성이 진행 중이며 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers), OPERA(Open PLC European Research Alliance), CEPCA(Consumer Electronics Powerline Communications Alliance)와 같은 표준화 기관에서는 국제적인 전력선 통신 표준화 작업을 수행하고 있다. 또한 미국이나 유럽 등 세계 여러 국가에서는 기존 무선통신 서비스에 간섭 영향을 최소화할 수 있는 기술 기준을 제정해서 전력선 통신과 주파수 대역을 공유해서 사용할 수 있도록 하고 있다.

국내에서도 기존에 450kHz 이하의 전력선 통신은 일정한 방사 기준 범위 내에서 전력 사업의 관리, 홈 네트워킹 등에 사용되어 왔으나 1999년부터 고속 전력선 모뎀에 대한 기술 개발이



(그림 2) 국내 전력선 통신 기술기준

본격화되어 보다 높은 주파수 사용 요구 등으로 전파 관련 규정을 정비하기 시작하였다. 당시에는 30MHz 이하 대역에서 수십 Mbps 정도의 고속 전력선 통신 서비스가 대부분이었으므로 30MHz 이하에서 사용되는 무선 서비스(해상/항공 통신, 아마추어무선, 방송, 공공통신 등)와의 간섭 측정 및 분석을 통해서 고속 전력선 통신을 사용할 수 있도록 2005년에 관련 규정 정비를 완료하였다. 그러므로 국내에서는 이러한 관련 규정 범위 내(그림 2 참조)에서 국내 및 국외에서 고속 전력선 통신을 사용할 수 있다[3]-[7].

11. 전력선 통신 분류[8], [9]

발전소에서 만들어진 전력은 고전압(high voltage) 전송선을 통해서 변전소로 보내지고 변전소를 통해서 중압(medium voltage)으로 배전되며 건물 내 사용자에게 변압기를 통해서 저압(low voltage)으로 공급된다(그림 1 참조). 전력선 통신 신호는 고압, 중압, 저압 각 단계에서 인가될 수 있다. 모든 전력선 통신 시스템은 전력선에 변조된 캐리어 신호를 보내서 동작한다. 다양한 형태의 전력선 통신이 다양한 주파수대역에서 운용되며 신호는 전력 배선의 전송 특성에 영향을 받게 된다. 전력 배선 시스템은 원래 50/60Hz의 AC 전력을 전송하도록 설계되었으므로 고주파를 실어 나르기에는 제한적이다. 그러므로 전파 방사 문제는 각 형태의 전력선 통신을 제한하는 요소이다.

전력선 통신에서 전송속도는 매우 다양하다. 고압 전송선에 인가된 저주파 캐리어(약 100~

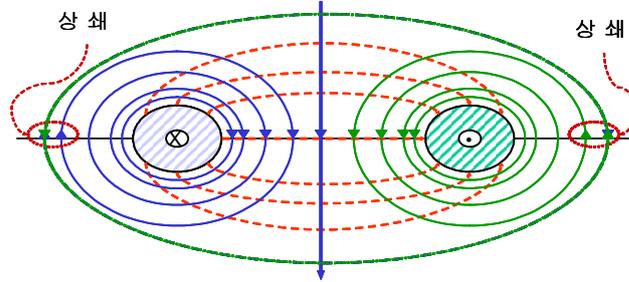
200kHz)는 한 두 개 정도의 음성회로를 구성하거나 수백 bps 정도의 데이터 속도를 갖는 텔리메트리나 제어 회로를 구성할 수 있다. 하지만 이러한 회로는 매우 먼 거리(수 킬로미터)까지 전송한다. 고속 데이터 속도는 이보다 짧은 거리에서 사용되며 수십 Mbps 의 근거리통신망을 한 건물 내에서 구성해서 운용할 수 있으며 전용 통신망 케이블을 설치하지 않고 전력선을 활용해서 구성할 수 있다.

- 고주파 캐리어 전력선 통신: 고주파 전력선 통신은 기술에 따라서 통신을 위해 넓은 무선 스펙트럼을 사용하거나 선택된 좁은 대역을 사용할 수도 있다. 전력선 통신은 가정용 컴퓨터를 상호 연결하기 위해 사용될 수 있으며 비록 이러한 형태의 응용을 위한 글로벌한 표준은 아직 없지만 전력선 홈네트워킹을 위한 표준은 HPA(HomePlug Powerline Alliance) 나 UPA(Universal Powerline Association) 등에서 개발되었다.
- 중파 캐리어 전력선 통신: 중파 캐리어 전력선 통신 기술은 전송 매체로써 가정의 전력 배선을 사용한다. 가정용 기기의 제어를 위해 전력선 통신을 사용하는 디팩토(de facto) 표준은 INSTEON 과 X10 이 유명하다. 이는 부가적인 제어 배선 설치 없이 전등이나 가전 제품 등을 원격 제어하는 가정 자동화에 사용되는 기술이다.
- 저주파 캐리어 전력선 통신: 이 시스템은 많은 시설에서 오랜 동안 사용되어 왔다. 이는 제어하는 인프라 구조 전체에서 신뢰할 수 있는 데이터를 얻을 수 있기 때문에 많은 기술들이 다양한 응용에 활용되고 있다. 예를 들면 초기에 자동 메터링을 위한 통신시스템이 전력 부하 제어를 위해 사용되었으며 즉시 요구(on-demand) 응용 등에도 사용되고 있다.

III. 전력선 특성[10],[11]

전력선은 3 개의 선으로 전력을 공급하며 한 선은 접지로 사용된다. 일반적으로 가정 부근의 변압기에서 저압으로 낮춰서 여러 가정에 220/110V 의 전력을 공급한다. 전력선에 전류가 흐르면 (그림 3)과 같이 전계가 발생된다. 전력선이 완전 평형이면 차분 전류(differential current)에 의한 전계가 서로 반대 방향의 동일한 크기로 발생되므로 상쇄되어 0 가 된다. 즉 전력선에서 외부로 전파 방사를 하지 않는다. 그러나 전력선이 불평형이면 각 전선에 동일한 방향의 공통 전류(common current)에 의해 생성된 전계가 합쳐져서 전력선 부근에 있는 무선통신 서비스에 간접 영향을 주게 된다.

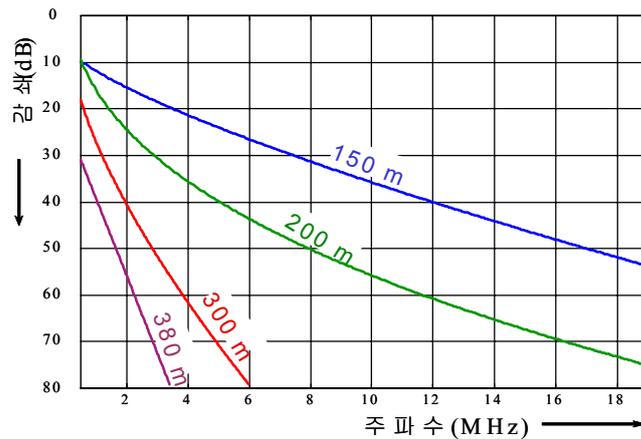
전력선에서 높은 주파수의 신호를 전송하면 표피 효과에 의해서 전류가 전선의 외부로 흐르게 되어 전파 방사가 커지며 전송되는 신호는 주파수가 높을수록 감쇄가 커져서 멀리까지 전송



<자료>: Klaus Dostert, Propagation Channel Characterization and Modeling Outdoor Power Supply Grids as Communication Channels, ISPLC2005, April, 2005.

(그림 3) 전력선에 의한 전계분포

될 수 없다(그림 4) 참조). 그러므로 모뎀의 출력을 높이거나 중계기를 사용해서 신호를 증폭시켜야 한다. 그러나 출력 전력을 높이면 방사가 커지므로 간섭을 줄이기 위해서는 적정 거리에 중계기를 사용하는 것이 효과적이다.

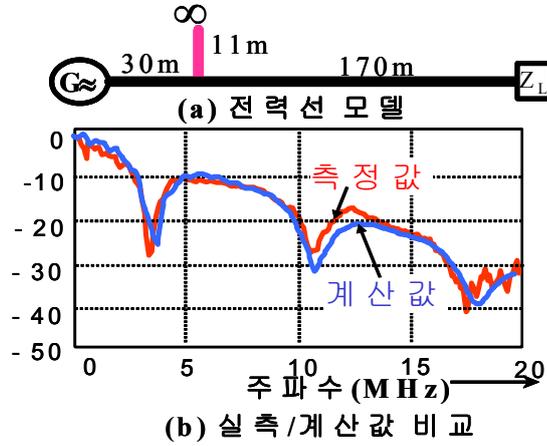


<자료>: Klaus Dostert, Propagation Channel Characterization and Modeling Outdoor Power Supply Grids as Communication Channels, ISPLC2005, April, 2005.

(그림 4) 거리 및 주파수에 따른 신호 감쇄

전력선에서는 이러한 신호 감쇄 이외에도 현대역 간섭, 배경 잡음, 전력선에 의한 주기적 펄스 잡음, 비동기에 의한 펄스성 잡음 등 매우 다양한 통신 장애를 받게 된다. 그러므로 전력선 모뎀은 이러한 현상을 고려해서 설계되어야 한다.

(그림 5)는 가장 간단한 전력선 구성을 통해서 전력선 특성을 측정하였으며 감쇄, 배경 잡음 등을 반영한 전력선 모델링에 의해 계산된 값과 측정값을 비교하였다. 특정 주파수에서 신호가 많이 감쇄되는 주된 이유는 전력선에서 임피던스 매칭을 전혀 고려하지 않기 때문에 발생하는



<자료>: Klaus Dostert, Propagation Channel Characterization and Modeling Outdoor Power Supply Grids as Communication Channels, ISPLC2005, April, 2005.

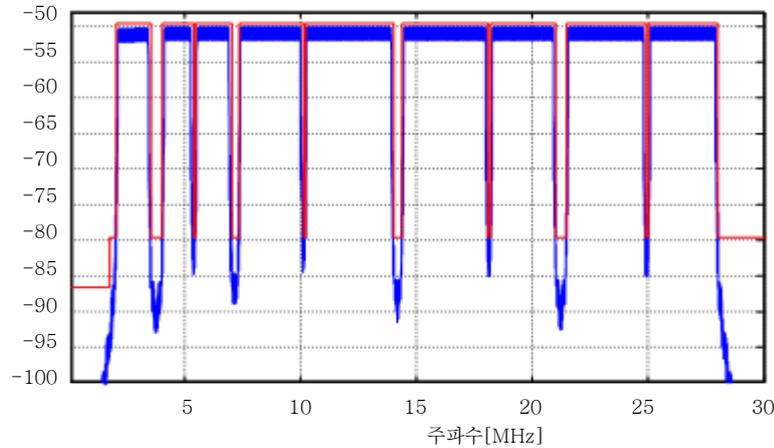
(그림 5) 전력선 모델링 및 전송 특성

반사파에 의해 발생된다. 그러므로 전력선의 구성이 더 복잡해질수록 특정 주파수에서의 부분적인 감쇄가 많이 발생할 것이다. 이러한 전력선의 전송 특성에서는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식과 같은 다중 캐리어 변조방식이 매우 유리하다.

IV. 전력선 모델 특성[12],[13]

통신선을 사용하는 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line), VDSL(Very high bit-rate Digital Subscriber Line) 등은 통신선 자체가 다른 통신기기에 간섭 영향을 최소화하기 위해서 차폐되거나 꼬임(twist)이 되어 있으며 완전 차폐를 위해서 동축 케이블을 사용하기도 한다. 그러므로 전력선에 비해서 상대적으로 에너지 방사가 적다. 전력선 통신에서는 대부분 전력선에서 방사가 문제이지만 높은 주파수를 사용하면 모델 자체 회로에 의해서도 전파 방사가 증가하며 시스템간의 부정합(mismatching)에 의한 영향도 매우 민감해진다.

전력선에서 에너지 방사를 줄이기 위한 방법은 제한되어 있다. 차폐는 거의 불가능하며 유일한 방법은 모델의 출력을 제한하는 것이다. 그러나 이 경우에도 출력을 낮은 수준으로 제한하면 전송 거리가 짧아져서 중계기를 사용해야 하므로 경제성이 떨어지게 된다. 이를 극복하기 위해서 전력선 통신 모델 제조업체들은 간섭에 강한 통신기술을 개발해서 채택하고 있다. 보편적으로 채택하고 있는 통신방식은 주파수 선택성에 의한 간섭 회피 기능이 있는 다중 캐리어 방식으로 DMT(Discrete Multi-Tone) 또는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)으



<자료>: HomePlugAV

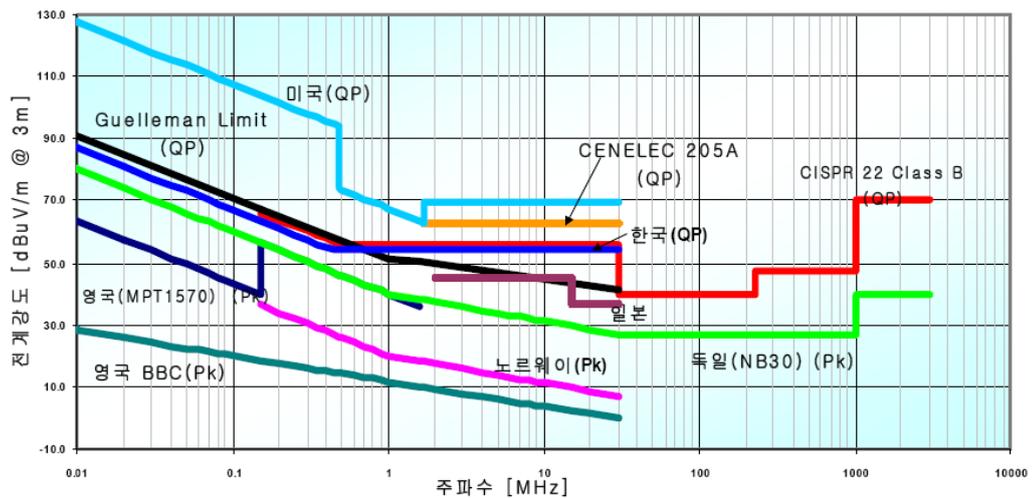
(그림 6) 노치(아마추어대역)를 구현한 모델의 출력

로 알려진 변조방식을 사용한다. 일반적으로 두 방식은 유사한 방식이며 DMT 방식은 ADSL, VDSL 등에 채택되었으며 OFDM 방식은 무선 LAN, 디지털방송 등에 채택되어 사용되고 있다. 이 두 방식의 기술적인 차이점은 각각 유선과 무선 환경에 적합하게 개발된 기술로 DMT의 경우에는 선로 상태가 급속히 변화하지 않기 때문에 선로 특성에 따라 채널 이득이 미리 정해지며, OFDM 방식은 무선 환경에서 사용하기 위해 채널 특성이 나빠지면 그 채널을 사용하지 않도록 설계되어 있다. 최근에는 대부분 OFDM 방식을 채택하고 있으며 이는 이미 사용 주파수 대역에 할당된 무선 서비스를 보호하기 위해서 노치 필터(notch filter)를 설계하는데 유리하기 때문이다.

V. 제외국 EMC(Electromagnetic Compatibility) 기술기준 비교[14]

전력선 통신 모델은 ADSL 서비스가 급격하게 보급되기 시작한 1990년대 말에 전세계 여러 국가에서 출현하여 2001년에는 미국의 전력선 협회인 HomePlug[15]에서 고속 전력선 통신 모델 표준을 발표하였다. 유럽에서도 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)와 CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization)가 공동 협력하여 표준화 작업을 수행해 오고 있다. 일본 역시 2002년부터 정보통신 규제 완화 정책으로 전력선 통신 규제 완화 작업을 수행하였다. 우리나라에서도 2000년에 고속 전력선 통신 관련 규제 완화를 위해 관련 법규를 검토하였다. 그러나 현재 고속 전력선 통신 모델 표준은 미국의 HomePlug가 잘 알려져 있고 전세계적인 실내 모델의 표준으로 활용되고 있으며 2008년에 ANSI(American National Standards Institute) 표준[16]으로 채택되었다.

전세계적으로 전력선 통신에 대한 각국의 기술기준 제정 접근 방법은 크게 두 가지로 분류된다. 첫번째는 미국[17], 캐나다, 호주, 한국 등에서 수행된 접근 방법으로 기존에 방사체(intentional radiator)에 대한 출력 전력 제한을 기준값으로 채택한 경우이다. 이 기준값은 일반 무선국에서 사용하는 출력 전력보다 매우 낮은 값으로 출력이 이 기준값 이하이면 면허없이 사용할 수 있는 소출력 기기가 이에 해당된다. 두 번째 접근 방법은 유럽[18], 일본[19] 등이 현재 취하고 있는 방법으로 이들 국가들도 처음에는 첫번째 접근방법을 취하였으나 이에 대한 반발이 매우 거세고 측정 방법이 명확하지 않아서 기존 정보통신기기에 대한 EMC 기준인 CISPR 22 를 개정해서 자국의 기술기준으로 채택하려 하고 있다. 그러나 이에 대한 반발도 매우 크기 때문에 국제 표준을 통한 간섭 완화 및 회피 기술, 그리고 간섭 관리 방법을 조합해서 전력선 통신을 활성화시키려고 노력하고 있다.

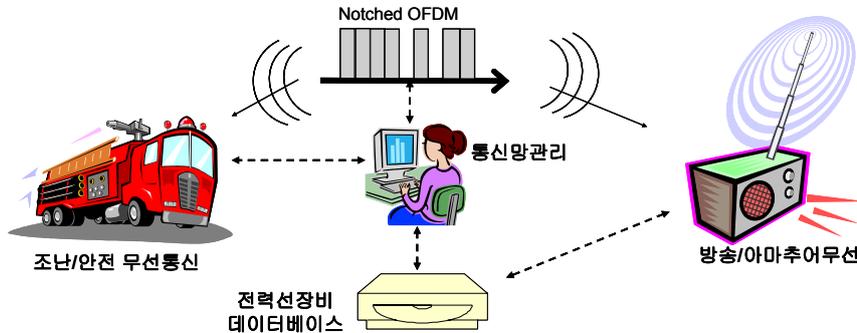


<자료>: CENELEC/ETSI JWG 07(02)23, 2002

(그림 7) 제외국의 전계강도 허용 기준 비교

이미 HomePlug 1.0 은 옥내 전력선 모뎀의 사실상(de-facto) 표준으로 전세계적으로 채택되고 있으며 IEEE P1901 Working Group 에서도 2007년 6월에 200Mbps 전송 속도를 갖는 액세스 모뎀 표준을 검토 중에 있으며 OPERA[20] 등과 국제적인 조화화에 노력하고 있다.

고속 전력선 통신의 큰 걸림돌인 무선통신과의 간섭은 여러 나라에서 지속적인 연구로 간섭을 완화하는 기술이 채택되어 국제 표준에 채택되고 있다. 고속 전력선 통신과 이용 환경이 많이 중첩되는 아마추어 무선은 미국, 일본 등에서 제도적으로 보호해 줄 것을 요구하였다. 그래서 일본의 경우는 전파 행정 담당 기관인 총무성을, 미국에서는 FCC 를 법적으로 기소하였다. 그러



<자료>: IEEE BPL 회의, 2004. 6.

(그림 8) 간섭 제어를 위한 관리 방법

나 실제적으로 아마추어 무선 대역은 전력선 통신 모뎀 제조업체들이 대부분 노치 필터링을 통해서 간섭 회피를 하도록 제조하고 있다. 그러므로 이러한 법적인 문제도 적절한 크기의 노치 필터링 감쇄를 정해서 제도적으로 보장하는 방법으로 해결되고 있다. 또한 유럽에서도 ETSI와 CENELEC 이 IEC CISPR 와 협력해서 중요 주파수 대역의 노치 필터링 및 지역 제한 등을 통해서 고속 전력선 통신 서비스가 활성화되도록 제도를 정비하고 있다.

영국에서는 1990 년대 후반에 전력선을 이용한 통신 방법에 대해 지속적인 연구를 수행해 왔다. 이 결과에 따르면 영국의 경우(유럽의 대부분 국가)에는 현재 전력선의 80% 이상이 지하화되어 있어서 -10dB 에서 -6dB 정도 방사를 줄일 수 있으며 각 가정에 필터를 사용해서 이웃 집으로 신호가 누설되는 것을 막을 수 있었다. 또한 이를 통하여 주파수 재사용이 가능해서 보다 향상된 서비스를 제공할 수 있다. 이 이외에도 스펙트럼 관리를 통해서 기존의 긴급/조난, 방송, 아마추어무선 등과 대역을 공유하기 때문에 가까운 거리에 이러한 무선국이 위치하면 간섭 영향을 줄 수 있으므로 전력선 통신을 이러한 무선국 부근에서 사용하지 못하도록 금지 대역(Exclusion Zone)을 설정할 필요가 있으며 국가적인 긴급 상황시 무선 통신망 확보를 위해서 전력선 통신을 사용하지 못하도록 전원 차단 장치를 설치해서 간섭의 피해를 줄이도록 제안하였다. 또한 중계기를 사용해서 액세스망에서 인가 전력을 줄이는 방법도 제안하였다. 기술적으로는 노치를 사용해서 특정 무선통신 서비스 대역으로 전력선 통신 신호가 출력되지 않도록 하는 것이다. 최근에는 대부분의 전력선 통신에서 OFDM 방식을 사용하므로 보다 경제적으로 이러한 기능을 구현해서 간섭을 방지하고 있다. 그러나 독일과 같은 일부 국가에서는 노치에 대하여 강제화하지 말 것을 주장했었으나 이미 노치는 DSL 에서 표준으로 채택되어 있으며 HomePlug 1.0 에도 채택되어 있다.

ETSI 에서도 노치를 사용해서 간섭을 줄이는 방법을 표준화하고 있으며 유럽 방송 연합의 강력한 요구로 단파방송 대역에 대한 동적 노치를 표준화하고 있다. 미국과 일본에서 전력선 통신에 대한 아마추어무선 단체들의 반발도 결과적으로는 아마추어 대역에서 전력선 통신 신호 레벨을 적정의 기준치 이하로 노치 필터링을 통한 감쇄를 제도적으로 보장해 줄 것을 요구하는 것이다.

VI. 국제 표준화 동향

현재 고속 전력선 통신 표준은 HPA(HomePlug Powerline Alliance), UPA(Universal Powerline Association), ETSI(European Telecommunications Standards Institute), IEEE 등에서 개발되고 있다. 저속 전력선 통신의 경우에는 제품과 표준 중에서 어느 것이 더 먼저 인지는 명확하지는 않지만 X10¹⁾은 사실상 표준으로 산업체 등에서 오래 전부터 사용되어 왔다. 또한 최근에는 저속 전력선 통신 표준도 미국(LonWorks²⁾)과 유럽(KNX³⁾)을 중심으로 글로벌화 되고 있다. 2006년부터는 ITU-T 에서 고속 전력선 통신을 홈네트워킹에 사용하기 위해서 G.hn⁴⁾ 권고를 만들기 시작하였으며 이는 전력선 통신뿐 만 아니라 동축케이블, 전화선에서 운용될 수 있는 새로운 고속 홈네트워킹 표준이 될 것이다.

<표 1> 전력선 통신 기술표준 특성 비교

기술 표준	전송 속도	최대 전송 거리
HomePlug	14Mbit/s~200Mbps	200meters
Konnex	1,200bit/s~9,600bit/s	4.5m~70m
LonWorks	1.70kbit/s~1.28Mbit/s	1,500m~2,700m
X10	50bit/s~60bit/s	실내
European Installation Bus / KNX	1,200bit/s~9,600bit/s	300m~1,000m

<자료>: http://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation

현재 전력선 통신 관련 표준을 개발하는 기관은 아래와 같다.

- ITU-T WP1/15: 2006년 11월에 개최된 ITU-T SG15 WP1 회의에서 홈네트워킹을 위해서 현재보다 속도를 더 높일 수 있는 전화선, 동축 케이블, 전력선을 이용한 새로운 권

1) X10: 전기용품간 통신에 의해서 가정 자동화를 하기 위한 국제적인 개방 표준

2) LonWorks: 빌딩 내의 시설 자동화를 위한 제어 표준(Echelon 사 개발)

3) KNX: OSI 에 기반한 빌딩 자동화를 위한 통신망 프로토콜 표준으로 유럽의 European Home Systems Protocol(EHS), BatiBUS, European Installation Bus(EIB)를 통합

4) G.hn: ITU-T SG15 에서 현재 개발 중인 차세대 홈네트워킹 기술 표준

- 고를 개발하기로 결의해서 현재 G.hn 권고안을 작성 중에 있다. 이 Working Party 에는 HPA, UPA, CEPCA 등 고속 전력선 표준 개발 기관들도 참여하고 있다.
- CEPCA(Consumer Electronics Powerline Communications Alliance): 소니, 미쓰비시, 파나소닉 등 일본 회사들로 주축이 된 CEPCA 는 현재 가능한 다양한 전력선 기술들의 공존을 실현할 수 있는 표준을 개발 중에 있다.
 - IEEE: IEEE 에서는 다양한 형태의 전력선 통신 시스템 표준을 만들고 있다.
 - IEEE 643-2004 는 전력선 캐리어 응용 가이드로 전송선 통신망(69kV 이상)에서 통신을 위한 표준
 - IEEE P1675 는 전력선 하드웨어에 광대역을 위한 표준으로 하드웨어상에서의 설치 및 안전에 관한 것을 연구하는 워킹 그룹
 - IEEE P1775 는 전력선 통신 장비에서 EMC 에 대한 요구사항 시험 및 측정 방법 표준으로 PLC 장비, 전자파 양립성 요구사항, 시험 및 측정 방법에 초점을 두고 연구하는 그룹
 - IEEE P1901 은 전력선 통신망에서 광대역을 위한 물리계층 및 MAC 계층 표준을 개발하고 있으며 전력선에서 광대역 전송을 위해 연구하는 연구 그룹. 이 그룹의 목적은 모든 등급의 BPL 장치(장거리에서 근거리까지)에 대한 MAC 및 물리 계층 규격을 정의하는 것임. 많은 제조업체와 표준화 기구들이 IEEE P1901 표준을 개발하기 위해서 참여하고 있으며 대표적으로 HomePlug Powerline Alliance, UPA, CEPCA, OPERA 등이 참여하고 있음. 이는 추후에 단일화된 전력선 통신 표준이 만들어질 수 있음을 의미함. 아마 2008 년 내에는 단일 표준이 가능하리라고 예상됨
 - IEEE BPL 연구 그룹은 전력선 기술에서의 광대역을 위한 표준화를 위해서 P1901 워킹그룹을 구성하는데 주도적인 역할을 하였음
 - LonWorks: 가정 자동화, 가로등 제어, 에너지 관리 및 시설 과금 등을 위해 전세계적으로 사용되고 있는 전력선 통신 표준.
 - OPERA(Open PLC European Research Alliance): 유럽위원회로부터 자금을 지원 받는 연구 개발 프로젝트임. 현재의 시스템을 향상시키고 PLC 서비스를 개발하며 시스템 표준화를 목표로 하고 있음.
 - POWERNET: 유럽위원회로부터 자금을 지원 받는 연구 개발 프로젝트이다. 이 프로젝트의 개발 목표는 ‘plug and play’ CBPL(Cognitive Broadband over Power Lines)을 개발하고 타당한지를 검토하며 전자파 방사와 관련된 기술기준 요구사항을 만족하고 저전력 송신 스펙트럼 밀도를 가지고 낮은 신호대 잡음비로 동작하면서 고속의 전송 속도를 갖도

록 개발하고 있음.

VII. 결 론

본 고에서는 고속 전력선 통신 전개에 가장 큰 걸림돌인 간섭을 회피하거나 완화하기 위한 관점에서 전력선 통신 개발 동향을 분석하였으며 이에 대한 정확한 이해를 위해서 전력선 특성, 전력선 모델 기술 특성 그리고 국제 표준화 및 규제 동향을 분석하였다.

전력선 통신은 가장 경제적으로 각 가정에 광대역 통신 서비스를 제공할 수 있다. 그러나 전력선을 통한 고주파 신호 누설로 동일 주파수 대역에서 사용 중인 무선 서비스에 간섭을 주기 때문에 전파 방사 관련 기술기준을 규정해서 사용을 제한하고 있으며 기술적으로 간섭을 줄이기 위한 간섭 완화 및 회피 기술을 개발해서 채택하고 있다. 이외에도 조난/안전통신, 해상/항공통신 등 인명과 관련된 중요 통신과 전파 천문, 아마추어무선, 방송 등과 같이 생활에 밀접한 무선 서비스에 간섭을 주지 않도록 사용 주파수 대역을 제한하거나 지역적으로 금지하도록 하고 있다. 또한 전력 공급을 위해 땅을 운용하는 전력 사업자를 통신사업자로 선정해서 전력선에 의한 간섭 원인이 제거되지 않는 최악의 상황에서는 통신망 전력을 차단할 수 있도록 제도적인 장치를 검토하거나 운용(미국 등)하고 있다. 이러한 복잡한 제도를 피하기 위해서 기존의 정보통신기기처럼 EMC 기준(CISPR 22)을 보완해서 기술기준을 제정하려는 움직임도 있으나 아마추어무선이나 방송 등 기존 무선 서비스 운용자들의 반발이 매우 심하다.

미국과 같은 경우에는 인구 밀집 지역이 아닌 곳에는 광대역 통신을 위한 시설 구축 비용이 막대하므로 전력선을 통해서 모든 가정에 광대역 통신 서비스를 보급하려는 정책 의지가 강해서 전국가적(FCC(Federal Communications Commission), NTIA(National Telecommunications and Information Administration) 등)으로 전력선 통신 연구를 지원하고 있으며, ANSI(American National Standards Institute)에서는 고속 전력선 통신 표준(TIA-1113)을 제정하였다. 뿐만 아니라 ITU에서도 전력선 통신 및 전력선을 이용한 홈네트워킹 관련 권고 작성을 위한 연구를 강화하고 있다.

국내 전력선 통신 기술기준에서는 미국, 일본 등이 현재 소송 중인 의무적으로 대역을 보호해 주는 제도를 이미 채택해서 시행 중에 있으며 유럽도 비슷한 내용으로 고속 전력선 표준을 개정하기 위한 의견을 수렴 중에 있다. 그러나 전력선 통신의 서비스 확산을 위해서는 전력선 통신망 운용 등과 같은 관리의 보완이 필요하며, 현재 30MHz 이하로 제한되어 있으나 국제적으로는 80MHz 정도까지 사용할 수 있도록 검토(미국에서는 이미 사용 중)되고 있으므로 이에

대비한 국내 전파 환경 분석 및 광대역 전력선 통신 기술에 대한 지속적인 연구 및 국제 표준화 활동에 적극 참여 등이 요구된다.

<참 고 문 헌>

- [1] 내부자료, “전력선 통신 도입을 위한 기술분석 보고서”, 한국전자통신연구원, April, 2003.
- [2] 장동원 외, “국내 고속 전력선 통신 도입을 위한 기술기준 분석”, 한국정보통신설비학회 하계학술대회 논문집, Aug., 2004.
- [3] 전파법 제 58 조 제 4 항(법률 제 7264 호), Dec., 2004.
- [4] 전파법 시행령 제 46 조 제 1 항 제 1 호(법률 제 18908 호), Jun., 2005.
- [5] 정보통신부 고시(제 2005-58 호), Dec., 2005.
- [6] 정보통신부 고시(제 2005-59 호), Dec., 2005.
- [7] 전력선 통신 관련 측정방법 보완 측정 및 고시 개정(전파연구소 제 2006-67 호), Jul., 2006.
- [8] K. Dostert, Powerline Communications, Prentice Hall, 2001.
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Power_line_communication
- [10] H. Hrasnica, A. Haidine, R. Lehnert, Broadband Powerline Communications Networks, Network Design, John Wiley & Sons, 2004.
- [11] 장동원 외, “고속 전력선 통신 기술 동향 및 기술기준 연구”, 한국정보통신설비학회 하계학술대회 논문집, Aug. 2005.
- [12] Klaus Dostert, Propagation Channel Characterization and Modeling Outdoor Power Supply Grids as Communication Channels, ISPLC2005, April, 2005.
- [13] John M. Cioffi, Advanced Digital Communications(EE379C), Multi-channel Modulation, <http://www.stanford.edu/class/ee379c/readerfiles/chap4.pdf>
- [14] 장동원, “전력선 통신모뎀의 전자계강도 측정방법 연구”, 한국정보통신설비학회 하계학술대회 논문집, Aug. 2006.
- [15] HomePlug Powerline Alliance, HomePlug 1.0 Specification, 2001.
- [16] TIA, TIA-1113 “Medium-Speed(up to 14 Mbps) Power Line Communications(PLC) Modems using Windowed OFDM”, May, 2008.
- [17] FCC, Part 15 Subpart G, 2005.
- [18] CEPT, “Draft ECC report on PLT, DSL, cable communications(including cable TV), LANs and their effect on radio services”, 18 Sep. 2002.
- [19] 일본 총무성, “高速電力線搬送通信に関する研究会報告書”, Dec., 2005.
- [20] OPERA, OPERA Technology Specification – Part 1, Jan., 2006.

* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITA 의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.