

전력선 통신 도입을 위한 기술기준분석

Analysis of Technical Regulations for Deploying Power Line Communications

장동원(D.W. Jang)

기술기준연구팀 선임연구원

김용환(Y.H. Kim)

기술기준연구팀 책임연구원

본 논문은 국내에 고속 전력선 통신을 도입하기 위한 국내외 관련 기술기준을 분석하였다. 전력선 통신은 상용 전력을 공급하는 전력선을 이용하여 데이터 통신을 수행한다. 전력선 통신은 전선 가설을 위한 비용이 필요 없고 최근에는 OFDM의 실용화 및 오류제어방식 고도화 등의 기술발전에 따라서 10Mbps 이상의 고속 데이터 전송이 상용화되었다. 따라서 고속의 인터넷 액세스와 가정내 LAN의 대체 수단으로 기대가 높아지고 있다. 그러나 이와 같은 고속 데이터 전송을 실현하기 위해서는 현행 제도에서 전력선 통신으로 사용되고 있는 주파수 대역보다도 높은 주파수대역이 필요하다. 수십 Mbps 정도의 전송속도를 실현하기 위해 필요한 사용주파수 대역은 구체적으로 2MHz에서 30MHz 대역을 추가하는 것이 반드시 필요하다.

I. 서론

전력선 통신은 상용 전력을 공급하는 전력선을 이용하여 데이터 통신을 수행한다. 전력선 통신은 전선 가설을 위한 비용이 필요 없고 최근에는 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 실용화 및 오류제어방식 고도화 등의 기술발전에 따라서 10Mbps 이상의 고속 데이터 전송이 상용화되었다. 따라서 고속의 인터넷 액세스와 가정내 LAN의 대체 수단으로 기대가 높아지고 있다.

그러나 이와 같은 고속 데이터 전송을 실현하기 위해서는 현행제도에서 전력선 통신으로 사용되고 있는 주파수 대역보다도 높은 주파수대역이 필요하다. 수십 Mbps 정도의 전송속도를 실현하기 위해 필요한 사용주파수 대역은 구체적으로 2MHz에서 30MHz 대역을 추가하는 것이 반드시 필요하다.

현재 전력선 통신에 사용할 수 있는 주파수대역은 무선통신의 영향을 고려하여 10kHz에서 450kHz로 정해져 있고 저속의 데이터 통신(9.6kbps 정도)으로 이용되고 있으나 최근 수십 Mbps 정도의 고속 데이터 통신의 이용을 도모하기 위하여 이용 주파수의 확대가 요구되고 있다. 그러나 전력선에 이와 같은 고주파 신호가 흐르는 경우 누설전파가 방사되고 이것

이 방해파가 되어 이 주파수와 동일 주파수를 사용하고 있는 기존의 항공·선박 통신과 단파방송의 수신, XDSL 장비 등에 영향을 미칠 가능성이 있다. 특히 국내에서는 다른 외국 특히 유럽과 달리 전력선이 지중화되어 있지 않기 때문에 보다 강력한 전파누설이 발생할 가능성이 있다. 이들 국가와 전력선 상황이 다른 우리나라에서는 일본과 마찬가지로 전력선 통신에 사용하는 주파수대역을 확대하기 위해서 독자적인 검토가 필요하다.

II. 전력선 통신의 규제 동향 및 전파 방사 기준

1. 개요

전파 방사 기준은 사용 주파수 대역과 출력 등에 영향을 받으며 가격과 성능에 직접적인 영향을 주고 일반적으로 시간, 선로 부하, 배선 등에 의해서도 영향을 받는다.

현재 CISPR(국제무선장해특별위원회)에서 전력선 통신에 대한 제한치 및 측정 방법이 논의되고 있으며 미국을 비롯한 일본, 유럽 국가들이 이에 적극 대응하고 있다. CISPR에서는 전력선 통신의 방사파 허용치와 측정치에 대해서 1999년 6월에 미국 샌프

란시스코에서 개최된 CISPR/G/WG1 회의에 유럽 전기표준회의(CENELEC)의 멤버가 제안한 WG 문서가 계기가 되어 CISPR/G에서 검토가 시작되었다.

광대역신호를 이용한 통신시스템(PLT, xDSL 등)으로부터 방사된 장해파(희망신호가 시스템의 평형도에 의존하여 변환되는 장해파)는 중파방송과 단파방송의 거의 모든 주파수범위에서 영향을 미치는 것으로 지적되었다.

Switching Regulator와 디지털회로 등 장치의 내부에서 생성되는 방해파와는 성질이 다르기 때문에 새로운 허용치와 측정법의 검토가 필요하다고 제안하였다. 문제에 대한 중요성과 긴급성이 인식되어 신속하게 각국의 전문가에 의한 Task Force(광대역 TF)가 결성되어 장해파 발생 메커니즘, 장해파 허용치에 대한 처리, 장해파의 측정법 등의 검토가 시작되었다.

2002년 6월 CISPR/I/WG3 회의에서는 위원회 초안(CISPR/I/44/CD)을 작성해서 현재 각국 국내 위원회의 의견조정 및 보완을 수행하고 있다.

현재 CISPR/I/76/MCR 문서가 2004년 5월 FDIS(Final Draft International Standard) 목표로 진행중에 있으며 2003년 10월 제주(한국)에서 관련 회의가 개최되었다.

ITU-R에서는 전력선 및 전화선을 이용한 고속 통신설비의 방사에 관한 연구과제(Question ITU-R 218/1 및 221/1)를 설정하였으며 방송에 관하여 전력선과 전화선을 이용한 새로운 유선통신설비, ISM 기기 등에서 방사되는 불요방사로부터 방송수신을 보호하기 위한 조건을 검토하는 새로운 연구과제의 안이 작성중이다. 또한 전력선으로 인한 무선 통신에 간섭이 발생했을 때 이를 해결하기 위한 권고 K.60이 2003년 7월에 제정되었다.

2. 국내외 규정[1]

미국에서 전력선 통신은 Carrier Current System(CCS)으로 취급되며 전력선을 통해서 전도에 의해 무선 주파수 에너지를 전송하는 시스템 또는

시스템의 일부로 규정하고 있다.

이 시스템은 전력선에 직접 접속되어 전도에 의해 신호를 수신하도록 설계된 비의도 방사기(unintentional radiator)에 해당한다.

1.705~30MHz 대역에서 30m 거리에서 $30\mu\text{V}/\text{m}$ ($29.5\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)($69.5\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@3\text{m}$) 이하일 것을 요구한다(FCC Part 15.209).

일본에서는 전선로에 10kHz 이상의 고주파 전류를 전송하는 통신 설비는 총무 대신의 허가가 필요하지만 전파법 시행규칙 제44조 제1항 제1호의 전력선을 사용하는 전력선 반송 통신 설비는 송신 장치 및 수신 장치가 총무 대신의 지정을 받았던 형식이라면 총무 대신의 허가가 불필요하다(전파법 제100조 제1항).

전력선 반송 통신 설비는 10kHz 이상 450kHz까지의 범위 내의 주파수이며 송신 설비의 고주파 출력은 10W 이하일 것으로 규정하고 있다(전파법 시행규칙 제44조 제3항).

전력선 통신기준을 미약 무선국에 준하는 기준으로 개정을 시도(2002년)하였으나 반발로 무산되었다. 면허없이 사용할 수 있는 미약 무선국의 방사 제한은 해당 무선국의 무선설비로부터 100m 거리에서 매 m당 15마이크로 볼트($15\mu\text{V}/\text{m}$)($23.5\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$) 이하로 규정(3m 거리로 환산하면 매 m당 500마이크로 볼트($500\mu\text{V}/\text{m}$)($54\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$) 이하)이며, 이 미약 무선국의 방사 제한은 외부 잡음 레벨을 근거로 중파 방송의 수신 보호를 도모하는 관점에서 정해진 것이다(ITU-R BS.703).

일본은 2003년 9월에 IT 강국을 목표로 하는 국가 정책에 의해 고속 전력선 통신의 실험국을 허가할 수 있도록 관련 법규를 개정하였다.

<표 1>은 독일의 NB30 주파수 영역 할당계획 정령에 첨부되어 있는 표의 각주로 각 주파수 대역에서 이용규칙(약칭 NB)이 규정되어 있다. NB30에 대해서는 규정 중에 30MHz 이하의 주파수대역에 대한 허용치에 대해서는 2001년 7월 1일부터 유효하며, 30MHz 이상에 대해서는 동일주파수 대역의 기존 이용자를 고려하여 2003년 7월 1일 이후에 유효하

<표 1> 전파방사 기준값(독일 NB30)

주파수범위(MHz)	전파방사기준값 (피크값(dB μ V/m))	측정거리	측정대역폭
0.009~0.15	40-20 \times log(f _{MHz})	3m	200Hz
0.15~1	40-20 \times log(f _{MHz})	3m	9kHz
1~30	40-8.8 \times log(f _{MHz})	3m	9kHz
30~1000	27	3m	120kHz
1000~3000	40	3m	1MHz

도록 규정하고 있다.

NB30의 기술적 조건은 미국 FCC의 기준보다 엄격하지만 영국의 기준(MPT1570)보다는 완화된 상태이다.

영국의 MPT1570은 9kHz부터 300MHz까지의 주파수대역을 사용하는 통신시스템으로부터의 전자파 방사에 대해서 방사레벨의 허용치와 측정법(MPT1570)을 검토중에 있다. 현재 검토되고 있는 안에서는 NB30 및 FCC Part15와 비교하여도 가장 엄격한 기준이다.

국내의 경우에 전력선반송설비는 그 설비에서 발사되는 주파수와 사용하는 출력이 9kHz 이상 450kHz까지의 범위 내의 주파수이며 송신설비의 고주파출력이 10와트 이하로 규정된다(전파법시행령 제46조 제2항).

전기통신기본법 제25조와 전기통신설비의 기술기준에 관한 규칙 제39조 자가통신설비에서 강전류 전선으로부터 안전 및 인명, 재산 그리고 설비자체를 보호할 수 있는 기능을 갖추도록 규정하고 있다.

현재 규정은 전력선 반송설비를 위한 것으로 데이터통신을 위한 규정은 아니므로 고속 전력선통신을 위한 사용주파수 대역의 상향조정에 대한 법령 개정을 검토중이다.

국내 무선설비규칙 제16조에 전력선반송설비의 누설전계강도 허용치는 전력선에 통하는 고주파전류의 기본파에 대해서 누설전계강도는 그 송신장치로부터 1킬로미터 이상 떨어지고, 전력선으로부터의 거리가 기본주파수의 파장을 2 π 로 나눈 지점에서 500 μ V/m(54dB μ V/m) 이하이어야 한다고 규정하고 있다.

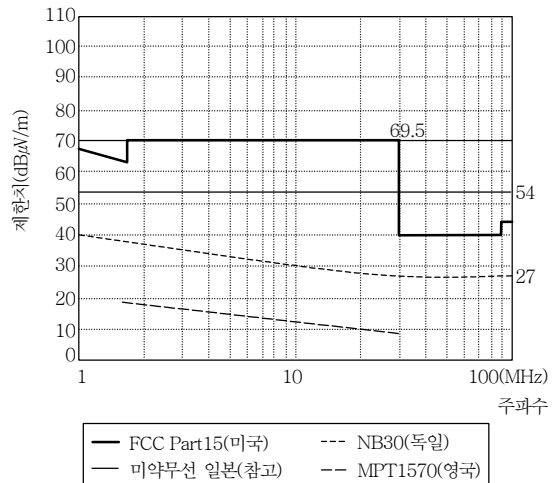
3. 각국 규정의 비교

미국의 기준값은 3m로 환산(FCC 15.31(f)(2))하면 69.5dB μ V/m이므로 일본 미약 무선국 기준인 54dB μ V/m보다 15dB 정도 더 높다(그림 1) 참조.

국내 규정은 현재 논의되고 있는 전력선 통신에는 적용될 수 없으므로 일본이나 미국과 같이 중파방송 대역을 보호할 수 있는 레벨인 전력선으로부터 100m의 거리에서 15 μ V/m(23.5dB μ V/m) 또는 미국과 같이 30m의 거리에서 30 μ V/m(29.5dB μ V/m) 이하로 정하는 것이 타당하다.

일본과 미국 기준값 중에서 우리와 전파 환경이 유사한 일본과 같은 (1)을 채택하는 것이 바람직하다.

$$54\text{dB}\mu\text{V/m}@3\text{m}, (450\text{kHz} < f \leq 30\text{MHz}) \quad (1)$$



(그림 1) 각국의 기술기준 비교

4. 450kHz 이하 대역의 보상

미국의 경우 490kHz 이하에서 주파수 증가에 따라 전파 방사가 감소하는 기준을 적용하고 있다.

독일의 경우 1MHz 이하에서 주파수 감소에 따라서 전파 방사가 증가하는 기준을 적용한다. 독일 NB30 및 영국 MPT1570에서도 9kHz에서 1.6MHz 이하에서 무선 장비에 내장된 클럭 회로 및 주파수 발생기 등에서 생성되는 방사를 고려해서 주파수 감소에 따른 전파 방사 증가 기준을 채택하고 있다.

국내 450kHz 이하 비허가 전력선통신설비의 전파방사 기준적용은 (2)를 채택하는 것이 바람직하다.

$$47-20 \times \log(f_{\text{MHz}}) \text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@3\text{m}, (9\text{kHz} \leq f \leq 450\text{kHz}) \quad (2)$$

제안된 국내 기준(2)은 미국 기준보다 낮으며 영국이나 독일보다 7dB 정도 더 높다(<표 2> 참조).

<표 2> 전파방사기준비교

	전파방사기준	주파수 대역
미국(FCC)	$67.6-20 \times \log(f_{\text{kHz}}) \text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@300\text{m}$	(9kHz ≤ f ≤ 490kHz)
영국(MPT1570)	$93.5-20 \times \log(f_{\text{kHz}}) \text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@1\text{m}$	(9kHz ≤ f ≤ 150kHz)
독일(NB30)	$40-20 \times \log(f_{\text{MHz}}) \text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@3\text{m}$	(9kHz ≤ f ≤ 1MHz)
한국(안)	$47-20 \times \log(f_{\text{MHz}}) \text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@3\text{m}$	(9kHz ≤ f ≤ 450kHz)

III. 기존 무선서비스 대역 보호[2]-[4]

1. AM 방송

30MHz 이하에서 AM 방송은 중요한 서비스 중의 하나이므로 각국의 전파 방사 기준에서 AM 방송 대역을 보호한다.

미국의 경우 FCC Part 15.221에서 525kHz에서 1705kHz까지의 AM 방송 대역에서 주파수에 따른 거리에서 15μV/m(23.5dBμV/m)를 초과하지 않도록 규정하고 있다. AM 대역에서 주파수에 따른 30m에서 88m 거리에서 15μV/m(23.5dBμV/m)를 초과하지 않도록 하기 위함이다.

영국의 경우 AM 방송대역을 보호하기 위해 150kHz에서 1.6MHz 대역에서 특정의 weighting을 두어 보호하고 있다.

일본의 경우 30MHz 이하의 주파수에서 3m 거리에서 500μV/m(54dBμV/m) 이하로 미약 무선국의 전파 방사 기준을 규정하고 있다. 이는 제정 당시 ITU-R에서 MF대 방송에 권고하던 최소 전계 강도이다.

국내의 경우 AM 방송 보호를 위해서 450kHz에

서 1610kHz 대역에서 전력선 통신 사용을 금지할 필요가 있다. 따라서 전력선 모델에서 전파방사는 3m 거리에서 16dBμV/m 이하이어야 AM 방송 대역을 보호할 수 있다. AM 방송 대역은 해당 대역에서 배경 잡음 레벨 이하의 무선 서비스만을 허용해서 보호할 수 있다.

2. 단파 방송

국내 단파 대역에서 전파방사 기준을 54dBμV/m@3m,(450kHz<f≤30MHz)로 가정할 경우에 분석 결과는 미국과 한국의 전파 방사 기준은 ITU-R BS.703에서 권고하고 있는 HF 대역에서 최소 필드 세기인 40dBμV/m를 각각 14dB와 30dB 초과한다. 독일의 경우에는 1MHz에서 ITU-R 권고 기준값과 같으며 30MHz에서는 13dB 정도 낮다. 수신된 신호를 원하는 품질로 처리하기 위한 RF SNR은 HF 대역에서 34dB 정도이며 수신된 잡음을 RMS 값으로 변환하기 위해 10dB를 보정한 후 계산한 RF SNR 값과 같다. ITU-R BS.703에 따른 HF 대역 보호를 위해서는 한국의 경우에 38dB(34dB-(40dBμV/m-(54dBμV/m-10dBμV/m)))이다. 미국의 경우 54dB, 독일의 경우 30MHz에서 10dB 정도 보호가 요구된다.

실제 환경에서 시험 결과 전력선 통신에 의한 전파 방사는 시험장 환경에서 측정값에 비해서 20(실내)~30(실외)dB 낮게 측정된다. 이는 차폐 및 거리 등에 의해 전파 방사가 감소되었기 때문이다.

전력선 통신을 사용하지 않는 환경에서도 실내에서 단파 방송의 수신은 어렵고 이를 위해서는 옥외 안테나를 사용해야 한다. 그러므로 전력선 통신을 위해 제안한 전파 방사값이 현재의 단파방송 이용 환경에 큰 영향을 주지 않을 것이다.

3. 아마추어 무선통신

전세계적으로 아마추어 무선 인구는 매우 많으며 국내에도 대략 10만 이상의 무선국이 등록되어 있다. 아마추어 무선은 천재 지변시 유일한 통신 수단이며 ITU-R에서도 이를 고려해서 분배 및 보호를

하고 있다.

아마추어 무선 대역을 보호하기 위해서는 38dB 이상을 보호해야 하나 HF 방송 대역을 위한 RF SNR(34dB)은 음악 방송을 청취할 수 있을 정도의 품질을 보장하기 위한 기준으로 HF 대역에서 음성을 인식하기 위해서는 RF SNR이 10dB 더 낮은 값에서도 가능성이 ITU-R에 보고된 바 있다.

미국의 경우 아마추어 보호를 위해서 30MHz대에서 사용하고 있는 전력선 통신에 대해서 아마추어 대역에서 전파 방사 기준보다 30dB 낮은 노치 필터(notch filter)를 사용하도록 규정(homeplug v.1.0)하고 있다.

실제 환경에서 측정한 아마추어 무선 결과는 시험 대상 전력선 모델이 30dB 노치 필터를 사용했기 때문에 간섭이 발생되지 않았다(주관적 평가에서는 숙련자 그룹의 일부가 약간의 간섭을 느낌). 그러므로 국내 기술기준에서도 아마추어 대역 보호를 위해서 30dB 이상 감쇠 노치 필터를 사용하는 것이 바람직하다.

4. 해상 및 항공 통신

해상 및 항공 무선 서비스의 인명안전 통신은 무선국이 이동하고 있으며 특정의 무선국간의 통신이 아니므로 특정 보호 기준을 마련하는 것은 현실적으로 어려움이 있다.

일반적으로 전력선 통신과 간섭 문제를 일으킬 수 있는 해상 및 항공 무선국은 거주 밀집 지역에 위치한 해안국 및 항공국이며 30MHz 이하 대역에서 사용되는 무선 서비스는 안테나가 매우 크기 때문에 사이트 주변(반경 100m 이내)에 시설 보호를 위해서 주거 밀집 지역이 들어설 수 없다.

해상 및 항공의 인명 안전 관련 대역은 30MHz 이하 뿐만 아니라 VHF, 위성 등 다양화(실제로 GMDSS)되어 가고 있으므로 30MHz대의 비중은 상대적으로 적어지고 있다. 또한 다양한 기술로 만들어진 고성능의 장비가 사용되고 있으며 ITU-R에서도 특정 장비에 대한 성능을 규정하고 있으므로 장비에

대한 자체적인 간섭 보호가 적용된다.

해상 통신 해안국에서 수신 안테나로부터 20m 정도 떨어진 곳에서 10m의 전력선 통신망을 구성해서 전력선 통신 시스템을 on/off한 상태에서 각각 측정된 결과에 의하면 측정 시스템의 잡음 레벨에 거의 변화가 없으므로 간섭 영향이 거의 없다. 따라서 전력선 통신 영역과 해상 및 항공 통신 영역이 상호 중첩되지 않으므로 제안한 전파 방사 기준 허용을 검토할 수 있을 것이다.

IV. 국내 전력선통신 전파방사 기준 제안

(그림 2)는 앞 절에서 국내 전파 환경 및 제외국의 전파방사 기준 분석을 통해 작성되었다.

1,610kHz에서 30MHz 이하 대역에서 전력선 통신 전파방사 기준값은 $54\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@3\text{m}$ 이하이어야 한다.

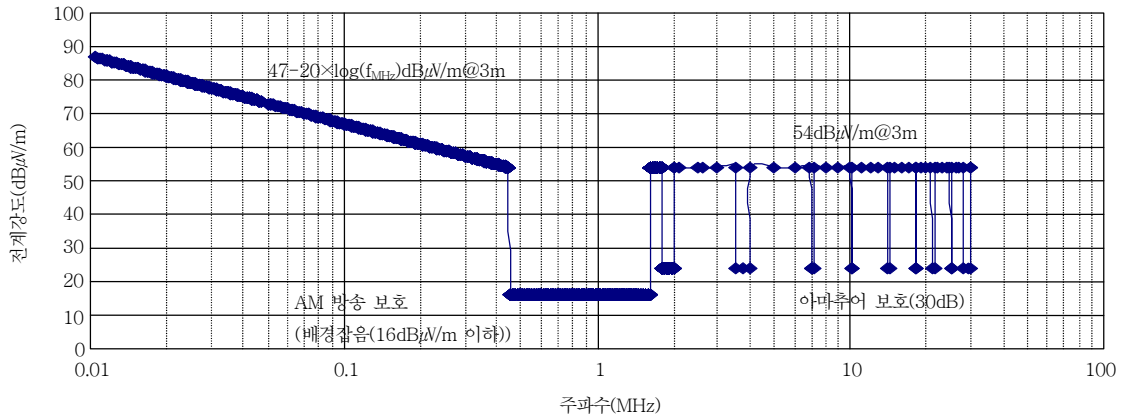
전력선 통신과의 간섭 관계, 실제 통신 환경에서의 시험 등 분석을 통해서 아마추어 무선이 가장 큰 영향을 받고 있으므로 이 대역에서 ITU-R에서 권고된 아마추어 대역((그림 2) 참조) 보호를 위해서 기준값($54\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)에서 30dB 감쇠된 $24\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@3\text{m}$ 이어야 한다.

30MHz 이하 대역은 경제적으로 장거리 통신을 할 수 있기 때문에 현재까지도 중요한 무선 서비스가 이루어지고 있으며 아마추어 대역과 방송 대역 이외에 해상 및 항공, 군 통신 등에 대해서도 간섭을 주지 않도록 고려해야 한다.

아마추어 무선은 7MHz 대역에서 200kHz(1, 3 지역)를 요구하고 있으며(WRC-03 의제), 일부 국가(미국, 영국 등)에서는 5MHz 대역에서도 아마추어 무선을 위한 주파수를 요구하고 있다.

9kHz에서 450kHz까지의 대역에서는 기준값은 $47-20\times\log(f_{\text{MHz}})\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@3\text{m}$ 이어야 한다. 이는 무선 설비에 내장된 클럭 및 주파수 발생기, 전원 회로 등에서 발생하는 방사를 고려한 것이다.

450kHz에서 1610kHz 대역은 AM 방송을 보호



(그림 2) 국내 전파방사 기준 제안

하기 위해 전력선 모델에서 전파를 방사하면 안된다. 이 대역에서 전력선 통신에 의한 스퓨리어스는 AM 방송 대역을 보호하기 위해서 54dB에서 38dB 이상 감쇠된 16dB μ V/m(6.3 μ V/m) 이하이어야 한다.

전력선 통신은 기존 무선 서비스에 유해한 간섭을 주면 안된다. 특히 해상과 항공 통신 대역에서는 무선국 내에서 전력선 통신을 사용할 수 없다.

V. 결론 및 향후 연구방향

전력선 통신의 도입 이전에 오늘날 전자파 오염 상태에 대한 현실적인 상황은 중파에서 미약한 AM 방송의 수신과 HF 주파수 대역 수신이 실제적으로 주거 빌딩에서 거의 불가능하다는 것이 알려져 있다. 이는 조명등, CD 플레이어, 컴퓨터 등과 같은 전기 전자 제품에 의해 발생하는 각종 간섭에 기인한다. 전력선 통신을 통해서 이러한 상태는 보다 크게 나빠지지는 않을 것으로 예상된다.

미국에서는 현재 FCC에서 전력선 통신을 무선 서비스로 규제하고 있지 않다. 전력선 통신 시스템은 CCS로 취급되며 전력선을 통해서 전도에 의해 무선 주파수 에너지를 전송하는 시스템 또는 시스템의 일부로서 전도에 의해서 신호를 수신하도록 설계된 비의도 방사기로 규정한다. 또한 독일과 영국에서도 기존 무선국 사용자(방송, 아마추어 등)의 반대에 불구하고 규제를 완화하고 있는 추세이다.

전력선의 지하화 및 접선 방식 표준화는 전파 방사 감소를 가능하게 한다. 우리나라의 경우에 배선 설비 지하화율은 5.64%(2002년 6월 현재)로서 지하화에 의한 차폐를 통해서 전파 방사 세기를 10dB 정도 줄일 수 있을 것으로 전망된다.

30MHz 이하 대역에서 전력선 통신이나 VDSL과 같은 서비스가 대중화되면 누적 효과(cumulative effect)가 매우 중요해지며 이러한 효과는 매우 먼 곳에서도 영향을 주기 때문에 지속적인 검토가 필요하다.

참고 문헌

- [1] CEPT, "Draft ECC Report on PLT, DSL, Cable Communications(Including Cable TV), LANs and Their Effect on Radio Services," 18 Sep. 2002.
- [2] J.H. STOTT, AM Broadcasting and Emissions from Xdsl/PLT/etc, BBC R&D White Paper WHP 002, Nov. 2001.
- [3] ETSI EN 300 373-2, "Maritime Mobile Transmitters and Receivers for Use in the MF and HF Bands," Dec. 2002.
- [4] M.H. Capstick, I.D. Flintoft, and A.D. Papatsoris, "Specification of the Scope of Work Needed to Determine the Technical and Operational Impact of Emissions from Unstructured Telecommunication Transmission Networks Interfering with Aeronautical and Maritime Radio Services in the UK," York EMC Services Ltd., 2002