

# 전력선통신모뎀의 전자계강도 측정방법 연구

## A Study for the Measurement Method of Electromagnetic Field Strength of Power Line Communications Modem

장 동 원\*  
(Dong-Won Jang)

**Abstract :** This paper describes a measurement method for electromagnetic field strength of power-line communications(PLC) modem. First it outlines the technology used in PLC modems, and the technical regulation being offered to the technology, from the point of view of its effect on electromagnetic compatibility (EMC). The radio spectrum needs protection from other interferers, and there is a regime in place to provide this protection. Difficulties in achieving compatibility between the requirements for radio protection and the requirements for operation of the PLC modem mean that there is no consensus as yet as to how PLC modem components can be made compliant with EMC requirements globally. It is concluded that there is a measurement method according to CISPR standards which satisfy requirements in domestic regulation.

**Keywords:** PLC, power line telecommunications, field strength, EMC, electromagnetic compatibility, EMI, electromagnetic interference, measurement, technical regulation, standard

### I. 서론

본 고에서는 전력선통신모뎀에서 방사되는 전자계강도 측정방법에 대해서 기술하였다. 최근 전파통신 및 전자기기 기술의 발달로 매우 다양한 전자통신 응용 제품들이 일상 생활에 활용되고 있다. 그러나 이러한 전자통신 응용기기들은 불필요한 전파파를 발생해서 통신기기는 물론 다른 전자기기에 전파간섭을 주고 있다.

또한 통신에서는 다른 시스템과 동일 주파수 대역을 공유해서 사용하는 소출력 무선기나 통신 케이블, 전력선 등을 이용한 xDSL(Digital Subscriber Lines)시스템이나 전력선 모뎀 등이 활용되고 있다. 이러한 시스템들은 간섭에 대한 기준 및 측정 방법이 명확하지 않으면 서로 영향을 주게 되어 통신을 할 수 없게 된다.

본 고에서는 전력선모뎀을 위주로 해서 CISPR(International Special Committee on Radio Interference), ITU-R(International Telecommunications Union - Radiocommunication Sector)등 관련 자료 및 미국, 유럽 등 관련 기술기준을 분석하고, 국내 전파 환경에 적합한 전파간섭 측정 방법을 제안하였다.

과거에는 전자파 양립성(EMC; Electromagnetic Compatibility)에 대한 규제가 군수(military) 분야를 제외한 다른 분야에서는 많이 엄격하지 않았다. 그러므로 장비 업체들은 EMC 문제에 대해 크게 고려하지 않았다. 그러나 신호 전압보다 더 큰 클럭(clock)을 사용하는 현재 대부분의 디지털 장비에서는 EMC 문제가 매우 중요하다. 그러므로 대부분의 국가들에서는 이러한 문제의 중요성을 인식하고 장비 제조사에 활용하기 위한 지침서 및 관련 규제를 정비하고 있다. 이러한 관련 제도의 요구사항을 제조업체들은 반드시 만족하도록 장비를 제조해야 한다. 이러한 제도는 미국의 FCC(Federal Communications Commission)나 유럽연합의 CEN(European Committee for Standardization), CENELEC(European Committee for Electro-technical Standardization), ETSI(European Telecommunications Standards Institute), 일본의 총무성, 한국의 정보통신부와 같은 관련 정부기관에서 관리하고 있다. 또한 가간의

조화를 위해서 IEC(International Electro- technical Commission) 산하의 TC77 및 CISPR에서 국제적인 협력을 추진하고 있다.

### II. 전자계강도와 전자파 양립성

EMC란 전기 또는 전자 장비가 원하는 환경에서 운용될 수 있는 상태에 있음을 의미한다. 즉 장비가 제 위치에서 적정하게 동작할 수 있는 상태를 말한다. 이러한 상태에서 장비 또는 시스템의 성능에 장애를 주는 원치 않는 전압 또는 전류가 존재할 때 이를 전자파 간섭(EMI; Electromagnetic Interference)이라고 한다. 그러므로 전자파 간섭 제어를 통해서 전자파 양립성을 얻게 되는데 이는 장비의 설계를 변경하거나 신호 또는 잡음을 조절해서 가능하다.

차폐의 목적은 특정 영역에 방사 에너지를 가둬 두거나 특정 영역으로 방사 에너지가 들어 오는 것을 방지하기 위한 것이다. 가장 효율적인 차폐는 주파수가 100kHz이하인 경우에는 철과 같은 투자율이 높은 금속으로 밀봉하는 것이 최선이며 그 이상의 주파수에서는 어떠한 금속을 사용해도 효과적이다. 그러나 고체 차폐를 사용하는 경우에는 빛, 공기, 습기 등이 완전히 밀봉되므로 이를 개선하기 위해서 철망, 구멍 뚫린 금속판, 전도성 유리 등이 사용되기도 한다. 또한 박막 필름을 이용한 플라스틱 봉합 차폐가 많이 활용되고 있다.

필터 사용은 반사 및 손실이 발생할 수 있다. 반사는 매칭이 이루어지지 않아서 발생되며 입력측으로 신호의 일부를 반사시킨다. 이러한 원치 않는 신호는 손실 필터를 사용해서 제거한다.

오늘날 광범위하게 사용되고 있는 컴퓨터를 포함한 전기용품들은 통신 시스템에 많은 간섭을 주고 있다. 특히 디지털시스템이 간섭을 많이 발생시키며 디지털시스템은 아날로그 시스템보다 간섭에 더 민감하다. 아날로그 회로에 디지털 신호를 전송하기 위해서 디지털 신호로 변환하는데 이때 컴퓨터의 클럭 신호가 섞이지 않도록 클럭 회로를 차폐하고 회로에서 클럭 성분을 필터를 이용해서 제거해야 한다. 또한 최근에 컴퓨터와 TV 등 통신 매체와 연결해서 사용하는 경

우가 많기 때문에 컴퓨터에서 신호 출력시 TV 채널 신호를 완전히 제거해서 출력해서 수신 안테나에 입력되지 않도록 해야 한다.

일반적으로 통신장비는 특정 주파수를 이용하며 이용 주파수 이외의 주파수에서는 사용을 엄격히 금지하고 있다. 그러나 전기용품의 경우에는 특정 주파수를 이용하지 않고 일반 전기 신호를 이용한다. 그러나 최근에 디지털 회로를 내장한 장비들은 높은 클럭을 이용하거나 고주파 에너지를 이용하지만 통신장비처럼 체계적인 제도하에서 엄격히 규제하고 있지 않다. 특히 기능이 단순한 저가의 전기용품에서 통신장비와 같은 차폐 및 필터를 구현한다면 매우 고가의 장비가 될 것이다.

그러므로 전세계적인 주파수를 관리하는 기구인 ITU에서는 유해 간섭으로 분류하고 있으며 이는 간섭을 발생하더라도 비주기적이고 지속적이지 않은 간섭으로 통신에 지속적인 장애를 주지 않는 간섭을 제외하고 있다. 그러므로 통신장비에 유해한 간섭을 주지 않기 위한 전기용품에 대한 기준은 IEC에서 표준으로 제정하고 있다. 즉 무선통신설비에 대한 간섭 방지 기술기준은 ITU 권고 등에서 규제하고 있으며 전기용품에 대한 간섭방지 기술기준은 IEC CISPR 표준으로 규제한다. 그러므로 각국은 이러한 기술기준을 바탕으로 간섭에 대한 규제를 제정하고 있다.

일반적으로 무선통신설비는 송신기에서 발생된 신호를 자유공간을 이용해서 전파시키며 이 신호를 수신기에서 복원해서 통신을 수행한다. 자유공간은 한정된 인류의 자원이므로 ITU와 같은 국제기구에서 체계적으로 관리하고 있으며 각국에서는 이를 수용해서 자국의 전파환경을 관리한다. 이는 주파수 대역, 송신 출력 및 용도 등 여러 가지 기술적인 요인을 통제해서 서로 간섭 없이 다양한 용도로 효율적으로 전파를 활용하도록 해 준다. 그러나 전기용품의 경우에는 통신을 목적으로 주파수를 이용하는 것이 아니며 고주파 에너지를 진동이나 열로 변환시키거나 에너지를 제어하기 위해 사용되지만 디지털 기술을 이용하기 때문에 원치 않는 주파수 성분이 생성되며 이 신호가 방사되어 다른 전기용품 및 무선통신기기의 성능을 저하시킨다.

### III. 전력선통신 모델

전력선통신 모델은 전화선 모델, ADSL, VDSL, 케이블 모델 등과 같은 정보통신기기이다. 그러나 전력선통신 모델은 기존에 전력을 전송하기 위해 설치된 전력선을 이용한다.

전력선통신 모델은 오래 전부터 대부분의 국가에서 저속 주파수대역(450kHz 이하)에서 사용하고 있었다. 그러나 인터넷 통신의 활성화로 다양한 액세스망이 개발되었다. 전력선통신도 이러한 액세스망 중 하나로 부상하였으며 주파수 대역을 30MHz까지 이용해서 20-30Mbps 정도의 속도를 처리할 수 있는 유력한 고속 액세스망으로 부상하였다. 최근에는 80MHz까지 이용해서 200Mbps까지 속도를 향상시킨 고속 전력선통신 모델이 실용화 단계에 있다.

전력선통신 모델은 현대 통신에서 요구되는 고속 데이터 전송기능 및 유비쿼터스 기능을 만족하고 있다. 그러나 주파수의 물리적인 특성상 고속의 신호가 유선 매체를 통과할 때

표피 효과에 의한 신호 방사가 발생해서 방사된 에너지가 다른 무선설비 등에 영향을 주게 된다. 특히 전력선통신 모델이 신호 전송을 위해 사용하는 전력선은 50-60Hz의 전력을 전송하기 위해서 설계된 전력망으로 주파수 증가에 따른 에너지 방사 증가는 전력선통신 모델의 활성화에 커다란 장애 요인이다.

통신선을 사용하는 ADSL, VDSL 등은 통신선 자체가 다른 선로에 영향을 최소화하기 위해서 차폐되거나 꼬임(twist)이 되어 있으며 완전 차폐를 위해서 동축 케이블을 사용하기도 한다. 그러므로 전력선에 비해서는 상대적으로 에너지 방사가 적다. 전력선통신에서는 대부분 전력선에서 방사가 문제이지만 높은 주파수를 사용하면 모델 자체 회로에 의해서도 전파 방사가 증가하며 시스템간의 정합(matching)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 전력선통신 모델 제조업체들은 간섭에 강한 통신기술을 개발하고 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)으로 알려진 것들이다. 일반적으로 두 방식은 유사한 방식이며 DMT방식은 ADSL, VDSL 등에 채택되었으며 OFDM방식은 무선LAN, 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, OFDM방식은 무선 환경에서 사용하기 위해 채널 특성이 나빠지면 그 채널을 사용하지 않도록 설계되어 있다. 최근에는 대부분 OFDM방식을 채택하고 있으며 이는 이미 사용주파수 대역에 할당된 상위 서비스를 보호하기 위해서 노치 필터(notch filter)를 설계하는데 유리하기 때문이다.

### IV. 제외국 EMC 기술기준 비교

전력선통신 모델은 ADSL 서비스가 급격하게 보급되기 시작한 1990년대 말에 전세계 여러 국가에서 출현하여 2001년에는 미국의 전력선 협회인 HomePlug에서 고속 전력선통신 모델 표준을 발표하였다. 유럽에서도 ETSI와 CENELEC이 공동 협력하여 표준화 작업을 수행해 오고 있다. 일본 역시 2002년부터 정보통신 규제 완화 정책으로 고속 전력선통신 규제 완화 작업을 수행하였다. 우리나라에서도 2000년에 고속전력선통신 관련 규제 완화를 위해 관련 법규를 검토했다. 그러나 현재 고속 전력선통신 모델 표준은 미국의 HomePlug 밖에 없으며 전세계적으로 실내 모델의 표준으로 활용되고 있다.

대부분의 국가들이 고속 전력선모델 기술기준 및 표준 제정에 곤란을 겪고 있는 것은 기존 대역이 해상 및 항공의 조난 통신, 중단파 방송, 아마추어 무선 등에서 사용 중인 대

역이며 이들 서비스에 간섭을 주지 않는 범위에서 주파수 공유방식으로 고속 전력선 서비스를 운용하더라도 간섭에 대한 절대적인 보호 장치를 마련할 수 없다는 점이다. 그러므로 대부분의 국가에서 전력선모뎀 제조업자와 기존 무선서비스 사업자(방송, 아마추어무선, 전파천문, 해상 및 항공 기관)간에 의견이 팽팽하게 맞서고 있다.

미국의 경우에는 정책적으로 새로운 기술 전개에 대한 배려 및 국가적인 차원 관리 이념(개인문제 배제)에 따라서 현재 실내 고속 전력선 모뎀을 사용할 수 있는 기술기준이 FCC Part15에 마련되어 있다. 또한 동 규칙 subpart G에는 80MHz이하 주파수 대역에서 실외 전력선통신 모뎀을 사용할 수 있도록 규정하였다. 전력선통신 모뎀은 통신장비이므로 상대방과 통신하기 위한 표준에 따라 제조되어야 한다. 그러므로 미국의 대부분 실내 전력선통신 모뎀은 FCC Part15 기술기준에 적합하고 HomePlug 표준에 적합하게 제조되고 있다. 실외 전력선통신 모뎀은 전력선을 통한 전파 방사를 보다 엄격하게 규제하고 있으며 이에 대한 관리를 사업자를 통해서 할 수 있도록 규정하였다. 현재 미국 여러 지역에서 실용화 시험 사업이 진행되고 있으며 본격적인 서비스를 하고 있지 않다.

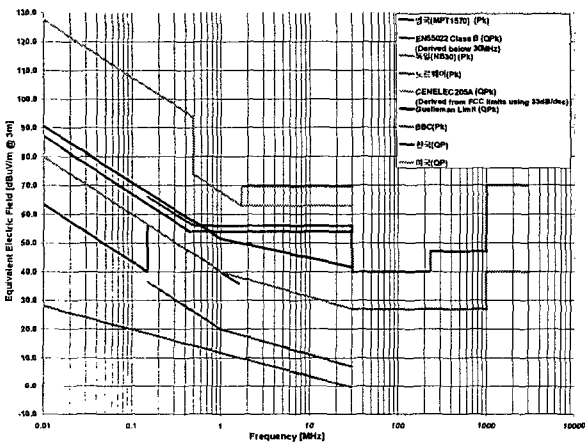


그림 1. 제외국 전계강도 기준값 비교

Fig. 1. Comparison for Field Strength by Some countries.

유럽의 경우에도 정보통신 활성화를 위해서 유럽 연합 차원에서 신기술 도입 등에 반하는 규제를 각국에서 하지 말 것을 권고하고 있다. 그러므로 실내 전력선통신 모뎀이 전자파 적합성 기술기준에 적합하면 사용할 수 있도록 하고 있다. 그러나 기존 서비스 사업자들의 강력한 반발로 ETSI 및 CENELEC 회의에서 의견 절충이 이루어지지 않고 있다.

일본의 경우에도 2002년에 고속 전력선통신 서비스 도입을 위한 관련 규정 검토 연구반이 구성되어 운용되었으나 기존 서비스 업자들의 강력한 반발로 결렬되었다. 그러나 전력선통신 제조업자들의 지속적인 연구 개발 및 서비스 허용을 위한 요구로 2005년에 연구반이 재구성되어 검토되었다. 그러나 회의 상황은 2002년과 동일한 상태로 결렬되었으며 CISPR 22 기준에 따라서 실내에서만 고속 전력선통신 모뎀을 사용할 수 있도록 2006년 5월에 확정하였다. 그러나 이 기준은 모두에게 불만족한 결과로 종결되었다.

국내에서도 국제적인 기술 동향에 따라 전력선통신의 중

요성을 인식하고 관련 법규를 2000년부터 검토하였다. 그러나 제외국가들과 마찬가지로 방송, 아마추어무선, 해상, 항공 서비스업자로부터 자신의 서비스에 대한 간섭 보호 주장에 부딪혔다. 그러나 수 차례에 걸친 실측 및 회의 결과로 국내에서도 30MHz이하에서 고속 전력선통신 서비스를 할 수 있도록 전파법을 개정(2003년)했으며 관련 규칙(전파법시행령, 관련 고시)을 제, 개정(2005년)하였다.

V. 측정 방법

국내 전력선통신 관련 규정에서는 30MHz이하의 주파수를 이용해서 고속 전력선통신을 할 수 있도록 하고 있다. 그러나 방송, 아마추어 무선, 해상, 항공 통신 등 기존 서비스를 보호하기 위하여 운용금지 대역을 제정하였다. 전력선통신은 일반 가정에서 대부분 인터넷 통신을 위해 사용될 것이 예상되므로 해상, 항공 등과 같이 주거 지역에서 멀리 떨어진 무선국에서 사용하는 주파수는 실내에서 사용할 경우 보호하지 않았으며 실외에서 사용할 경우 전력선통신 신호가 통과하는 전력선은 이들 무선국 1km 이내에서 사용할 수 없도록 지역적인 보호를 하였다. 외국에서는 seamless한 통신을 위해서 이러한 지역에서는 WLAN, 광케이블 또는 지하화하여 간섭 영향을 최소화할 수 있는 방법을 제안하고 있다.

일반적으로 에너지방사 측정은 전도방사(Conducted emission)와 전파방사(Radiated emission)로 구분한다. 정보통신기기의 전자파 측정방법 표준인 CISPR 22에는 30MHz이하의 전도방사 기준을 적용하고 30MHz이상에서는 전파방사 기준을 적용하도록 규정하고 있다. 그러나 전력선통신 모뎀은 비의도적인 정보통신기기이지만 일반 전기용품과는 다르게 지속적으로 30MHz이하를 점유해서 신호를 보내기 때문에 간섭 효과가 매우 크다. 그러므로 대부분의 국가에서는 전력선모뎀과 같은 정보통신기기는 30MHz이하 주파수에서도 무선설비에 준하는 기술기준을 적용한다. 즉 무선설비의 스퓨리스 레벨을 기준으로 채택하고 있다. 국내 기술기준에서도 30MHz이하에서 전력선통신 전계강도 기준은 비허가 무선설비에 적용되는 3m에서 500uV/m 이하일 것으로 규정하고 있다. 즉 무선설비도 사용주파수대역 이외에서 500uV/m@3m 일 정도로 출력이 매우 미약할 경우에는 허가 없이 자유롭게 사용할 수 있도록 규정하고 있다. 또한 실내에서 사용할 경우에는 AM방송을 보호하기 위해서 이 대역의 기준은 사용대역 기준값보다 38dB 낮아야 하며 아마추어무선 대역은 30dB 낮아야 한다. 그러므로 전력선통신에서 이 운용금지대역에서 통신하는 것은 불가능하다.

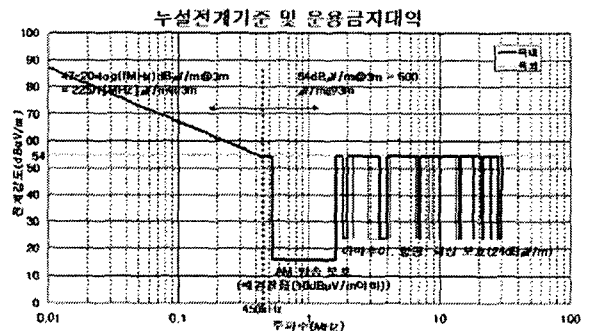


그림 2. 국내 전력선통신 기술기준

Fig. 2. Domestic Limits of Power Line Communications.

일반적으로 이러한 기준값들은 매우 미약한 값으로 범용 계측기(스펙트럼분석기, EMI 수신기 등)를 이용해서 이 값을 확인하기는 어렵다. 그러므로 계측기 앞쪽에 LNA(Low Power Amplifier)를 삽입해서 신호를 증폭해서 측정해야 한다. 특히 국내 기술기준은 운용금지대역에 대한 기준값을 규정하고 있으므로 이 값이 허용 범위 이내 인지를 반드시 확인해야 한다. 왜냐하면 미국의 경우에는 운용금지대역이 지정되어 있지 않지만 대부분의 전력선통신 모델이 HomePlug 표준을 만족하는 경우에 이 규격에 따라서 AM방송 대역과 아마추어 무선 대역을 보호하고 있기 때문이다. 그러나 이 규격을 채택하지 않은 제품은 기존 서비스에 간섭을 줄 수 있으므로 이러한 제품은 FCC의 제재를 받게 된다.

무선통신의 활성화에 따라서 주파수에 대한 요구가 증대되고 있으나 주파수 자원은 한정되어 있기 때문에 각국은 주파수 분배 정책 변경 및 주파수 공유 기술 개발 등 스펙트럼을 유효하게 활용하기 위해서 투자를 확대하고 있다. 최근에는 3GHz대역에서 주파수를 공유해서 통신을 할 수 있는 UWB(Ultra Wide Band)시스템이 전세계적으로 승인되었다. UWB시스템은 전력선통신과 거의 유사한 기술을 사용해서 서비스를 제공한다. 단지 주파수 대역이 다를 뿐이며 오히려 전력선통신 모델보다 출력이 더 낮게 제한된다. 그러므로 유사한 측정 방법이 적용된다. ITU-R TGI/8에서는 전력선통신 모델과 유사한 UWB 측정방법 권고를 제정(2005년)하였다.

이와 같이 전력선통신이나 UWB 등과 같이 새로 개발된 광대역통신 시스템 측정방법은 기존의 방법을 그대로 적용해서 기준값을 측정할 수 없다. UWB 측정방법 권고에서 제안한 것처럼 프리앰프(Pre-Amplifier)를 사용해서 측정 범위를 확대하고, 기존 전기용품 EMC 측정 환경을 보완해서 미약 신호로 통신하는 전력선통신 모델이나 UWB시스템 등의 기준값을 측정할 수 있다.

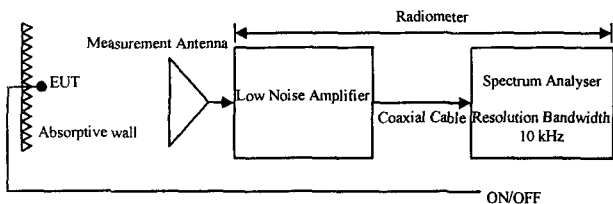


그림 3. 측정 방법 구성예

Fig. 3. Example of a Test Configuration.

## VI. 결론

본 고에서는 고속 전력선통신 서비스를 도입하기 위한 한국의 규제 완화 동향, 기술기준의 의미 그리고 측정 방법에 대해서 기술하였다. 우리나라에서 개발된 전력선통신 모델이 기존 시스템을 보호하면서 주파수를 공유해서 전력선통신 서비스를 제공할 수 있는지 관련 규칙을 검토하였다.

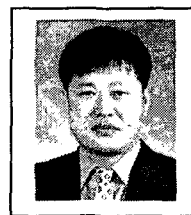
제외국에서는 완전히 검증 안된 전력선통신 서비스를 도입하기 위해 기존 시스템 보호를 위한 기술 개발과 동시에 관련 제도를 어떻게 검토하고 있는지 분석하였다. 미국과 우리나라를 제외한 대부분의 국가들은 전력선통신 기술기준을 아직 준비하지 못하고 있으며 일본도 최근(2006년 5월)에 실

내에서만 전력선통신을 할 수 있는 관련 법규를 마련하였다. 그러나 전파 간섭에 의한 기존 서비스 보호에 대한 문제는 완전히 해결되지 않고 있다. 국내에서도 2003년도에 30MHz 이하에서 고속 전력선통신을 허용하도록 전파법이 개정되었으며 2005년 12월에 관련 세부 규정이 모두 제, 개정되었다.

최근에 전력선통신에 대한 기술 이해 부족으로 관련 기술 기준 및 측정 방법에 대한 오해가 발생되어 이를 해결하기 위해서 본 고에서는 국내의 기술기준 제, 개정 배경 및 측정 방법에 대해서 관련 자료를 분석하고 기술하였으며, 측정방법이 국내 실정에 맞게 제정되었음을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] 장동원, 조평동, "국내 고속전력선통신 도입을 위한 기술기준 분석", 한국정보통신설비학회 하계학술대회 논문집, Aug. 2004.
- [2] 장동원, 조평동, "고속전력선통신 기술 동향 및 기술 기준 연구", 한국정보통신설비학회 하계학술대회 논문집, Aug. 2005.
- [3] HomePlug, HomePlug 1.0 Specification, June 30, 2001.
- [4] FCC, Part 15 Subpart G, 2005.
- [5] CEPT, "Draft ECC report on PLT, DSL, cable communications(including cable TV), LANs and their effect on radio services", 18 Sep. 2002.
- [6] 일본 총무성, "高速電力線搬送通信に関する研究会報告書", Dec., 2005.
- [7] ITU-R, Annex 4 to TG 1/8 Chairman's Report, Preliminary Draft New Recommendation ITU-R SM.[UWB.MES], Measurement techniques of emissions from systems using ultra-wideband technology, June 15, 2005.
- [8] CISPR/1/44/CD "EMC of Information technology, multimedia equipment and receivers", Dec., 2002.



장 동 원

1983년 한국항공대학교 통신공학과(학사) 졸업.

2002년 충남대학교 전파공학과(석사) 졸업.

2005년~현재 충남대학교 전파공학과

(박사) 재학중.

1989년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

관심분야는 통신시스템, 신호처리, 통신프로토콜 시험기술, 무선설비 기술기준, 전파전파 측정