

저압선을 이용한 고속통신 실증시험망 구축 및 운용

최영림, 박병석, 임용훈, 송석영, 현덕화
한국전력 전력연구원

Build up the field test network and the operating applications for high speed communications using low voltage power lines

Younglim Choi, Byungseok Park, Younghoon Lim, Seokyoung Song, Dukhwa Hyun
Kepri(Korea Electric Power Research Institute)

ABSTRACT

오랫동안 연구되어 오던 전력선 통신 기술은 1990년대 중반에 이르러, 모뎀 기술을 응용한 10kbps급의 저속 전력선통신 기술이 개발되어 상용화 수준에 근접한 제품이 등장하기 시작했다. 반면 고속 전력선통신 기술 분야는 관심을 갖기 시작한 시기가 저속 분야에 비해 상대적으로 늦지만, 국내외 여러 업체에서 고속 전력선통신 솔루션을 개발, 상용화에 근접한 칩셋 및 제품들을 선보이고 있다. 국내에서는 산업자원부의 중기거점 사업으로 수행중인 "50Mbps급 고속 전력선 통신망 개발사업"과 관련하여 고속 전력선 통신망 장치를 실용화 할 수 있도록 집단주택과 단독주택 형태의 인터넷 시범사업에 관한 연구가 활발히 수행중이다.

본 연구에서는 실제 수용가 환경인 단독주택 약 20세대에서 수행한 인터넷 시범사업을 통하여 개발된 전력선 통신 모뎀과 시스템에 대한 성능 측정을 수행한다. 이를 토대로 현 단계에서의 기술을 분석하고, 전력선 통신망에 대한 운영상의 적정 노드 및 가입자망 전송 섹터범위 등의 종합적인 평가에 대한 내용 등 실증시험망 구축 및 운용에 대한 결과와 향후 활용방안에 대해서 기술하고자 한다.

1. 서 론

고속 전력선통신 분야에서 아직 인터넷 망과 연동시킨 광역 전력선 통신망의 구축은 초기단계 단계이다. 전력선통신 기술을 이용하여 광역망을 구성하기 어려운 이유는 전력선통신 모뎀 이외에 중계기나 기존 인터넷 망과의 연동장치 등이 필요하고, 또한 전력선의 시변적인 부하 상황으로 인한 통신 채널의 왜곡 현상과 잡음에 의한 통신 장애의 문제를 해결하기 힘들기 때문이다. 하지만 급속도로 발전하고 있는 네트워크 기술에 발맞춰, 요구되는 속

도를 충족시키기 위해서는 xDSL이나 CATV망에 버금가는 속도를 제공할 수 있는 전력선통신 시스템의 개발이 시급한 것이다.

국내에서는 산업자원부 중기거점 사업으로 현재 "50Mbps급 고속전력선 통신망 개발사업"을 진행하고 있다. 저압 배전망에 고속 전력선통신 실증시험망을 구축, 운영하고 문제점을 보완하여 경쟁력 있는 제품을 개발하고 국내 관련기관에 현장 시험용으로 본 시험망을 제공하는 사업으로 서울의 송파구 거여동에 있는 제 3공수여단 장교아파트에 50여 세대, 창원시의 한국전기연구원 사원아파트에 50여 세대, 제주의 제주화력 및 한전 사원아파트 100여 세대와 대전의 전민동의 상가 및 일반주택 지역에 20여 세대에 대하여 실증시험망을 구축하였다.^[1]

이중에서, 대전 전민동에 구축한 단독주택형인 20여 세대는 다른 구축현장과 달리 그 실험 환경과 결과가 다르게 보이고 있다. 또한 다른 지역과 달리 주변에서 흔히 볼 수 있는 실 계통이어서, 향후 실질적인 사업에 관련하여서는 많은 참고를 대상으로 하는 지역이다.

본 논문은 다음과 같이 구성한다. 2장에서는 단독주택형 실증 시험망의 구축 및 운용에 대해서 기술하고, 3장에서는 이러한 실증시험망의 운용 결과에 대해서 논하며, 4장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 실증 시험망 구축 및 운용

본 장에서는 대전 전민동에 구축한 단독주택형 실증 시험망에 관한 구축 내용과 단독주택 형태에서의 고속 전력선 통신 특성 및 성능에 대하여 기술한다.

2.1 실증 시험망 장비

본 논문은 실증시험망 구축에 관한 연구이므로 시

시스템에 관한 상세한 설명은 자제하고, 그림 위주의 설명을 통하여 실증 시험망 구축에 관한 이해를 돕도록 기술하였다.

2.1.1 고속 전력선통신 모뎀의 사양 및 특성

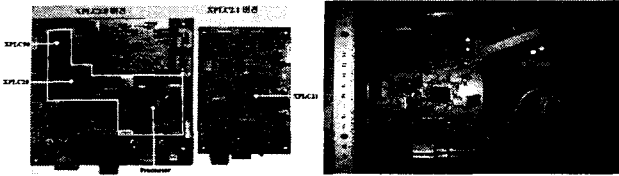


그림 1 고속 통신 모뎀



그림 2 전력선통신 모뎀

그림 1은 실증 시험망 구축 및 운용에 사용된 구 버전 XPLC2.0(1차)과 최신 버전의 XPLC2.1(2차)의 실제 사진이다.

그림 2는 XPLC2.1 버전의 전력선통신 모뎀의 실물을 나타낸 것으로서 오른쪽의 전원공급부와 왼쪽의 모뎀부로 나뉜다. 현재까지 전체적인 소형화는 하지 않은 단계로서 전원공급부와 모뎀부 모두 어렵지 않게 소형화할 수 있어 카드 형태의 내장형도 구현이 가능할 것이다.

XPLC2.1 ASIC은 0.18 μ m CMOS Technology를 사용하여 개발된 경쟁력 있는 제품으로 XPLC2.0과의 성능 및 기능의 차이점을 표1에 나타내었다. 열 문제에 대한 언급을 조금 더 하면, 이전 버전인 XPLC2.0에서는 DSP 및 XPLC2.0에서 발생하는 열이 상당히 높았기 때문에 외부에 방열판과 팬을 사용하였기 때문에 팬에 의한 소음이 상당히 컸다. 사용자들은 다른 것보다 소음을 가장 큰 불편 사항으로 들었었으며, XPLC2.1에서는 이런 문제를 완전히 해결하였다는데 큰 의미가 있다고 볼 수 있다.

Performance/Function	XPLC20	XPLC21
Reduced preamble size	10 symbol	9 symbol
Operation speed	40MHz	50MHz
Reduced HW latency	지원안함	지원함
Encryption	Stream cipher	DES
Programmable notch filter	지원안함	지원함
Number of tone map	31	63
Noise robustness	Weak	Strong
Used frequency band	2~18MHz	2~23MHz
Payload data rate	19Mbps	24Mbps
Programmable notch filter	w/XPLC90	Internal
Encryption	Stream Cipher	DES
Repeater	x	o

표 1 XPLC2.0과 XPLC2.1의 성능 및 기능의 비교

지금까지 기술한 사양에 관한 기술 발전 이외에 기능적인 면을 좀더 들면, XPLC2.1은 마스터 모뎀, 슬레이브 모뎀, 또는 중계기의 역할을 모두 수행할 수 있도록 설계되었으며, 강력한 채널 평가 알고리즘을 구현하여 시변적 전력선 채널에 최적화될 수 있도록 하였다. 또한 이후에 설명될 HMAC 프로토콜로 커

버리지를 최적화할 수 있었으며, 근접한 물리적 망 내에서 여러 개의 마스터가 동시에 사용될 수 있도록 하였다.

그리고 XPLC2.1 버전에서는 DMT(Discrete Multi Tone) 통신방식을 이용하며, 채널 상황에 따라 최대 3비트까지의 adaptive bit loading이 가능하다. 사용 주파수 대역은 2.1484375~23.14453125MHz이고, 톤 간격은 97.65625kHz로서 헵 밴드를 제외한 188톤을 사용한다. 그리고 Hierarchical MAC프로토콜을 사용하여 마스터 모뎀 하나 당 28개의 슬레이브 모뎀과 3개의 중계기를 연결할 수 있다.

2.1.2 전력선 통신망 구성

실증시험망 구축에서 모뎀 설치 구성은 전력선 통신 모뎀에 장착된 HMAC(Hierarchical Medium Access Control)에 의한 것으로서, 단독주택형에서의 액세스 망 구성은 다음의 그림 3과 같다.

세 종류로 구분되는 전력선통신 장치(PTU: PLC Transceiver Unit)는 주상변압기에서 시작되는 저압 배전망의 곳곳에 배치되어 고속 전력선통신에 의한 “last mile solution”을 가능케 한다. PTU는 아래에 설명될 마스터 (모뎀), 슬레이브 (모뎀), 그리고 중계기의 세 가지로 분류되며, 이 용어는 “스테이션 (Station)”과 동일하게 사용된다.

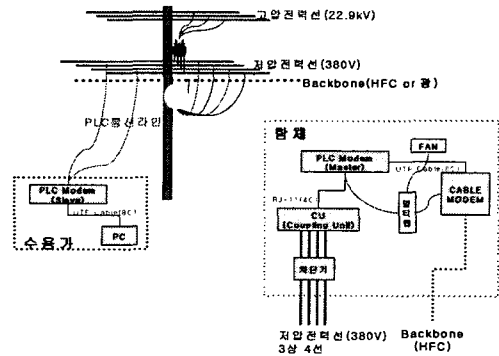


그림 3 단독주택형의 망 구성

마스터 모뎀은 백분망으로의 액세스 포인트로서 단독주택형의 주상변압기나 집단주택형에서의 분전함과 같이 슬레이브 모뎀이나 중계기들과 통신이 가능한 곳에 위치한다. 단독주택형을 예로 들어 설명하면 주상변압기에서 여러 갈래로 분배된 저압 배전망은 하나의 물리적 망(Physical Network)을 구성하고, 이 망 내에서의 전력선통신을 총괄한다. 또한 마스터 모뎀은 HMAC에서 제공하는 멀티 마스터 기능에 의해 동일한 물리적 망 내에 2대 이상이 공존할 수 있으며, 각 마스터 모뎀은 자신의 논리적 망을 구성하고, 다른 논리적 망과는 무관하게 자신의 관할 하에 있는 슬레이브 모뎀이나 중계기들과 점대 다점 (point-to-multipoint) 형태의 통신을 한다.

그리고 슬레이브 모뎀은 각 가정 내에 위치하여 자신이 속한 논리적 망의 마스터 모뎀을 통해 고속 전력선통신을 수행하며, HMAc에서 슬레이브 모뎀들 간의 통신은 마스터 모뎀 혹은 중계기를 통한 중계에 의해 가능하다.

중계기는 마스터 모뎀과 슬레이브 모뎀간의 통신 거리에 대한 제약을 극복할 수 있게 해주는 PTU로서 마스터 모뎀에게 보이지 않는 슬레이브 모뎀들의 중간지점에 위치하여 마스터 모뎀과 슬레이브 모뎀들 간의 프레임 전송을 중계해주는 역할을 하며, 중계기는 커버리지(Coverage)의 증대가 필요할 경우에만 사용된다.

2.1.3 커플링 장치

전력선통신 시스템에서 통신 성능을 향상시킬 수 있는 요소 중의 하나로 커플링장치를 들 수 있다. 커플링 장치는 기본적으로 저압 배전망의 경우 AC220V를 차단하면서 통신 신호를 전력선에 실어주는 장치로서 전력선을 바라본 임피던스와 매칭이 되도록 설계되어야 한다. 하지만 광대역의 고속 전력선통신의 경우 광대역 특성을 만족하는 커플러를 설계하는 것 자체가 어려울 뿐만 아니라 시변적 채널 임피던스 특성 때문에 커플러에 대한 연구는 꾸준히 이루어지고 있다.

일반적으로 450kHz이하 대역이나 1MHz이상 대역의 커플러는 모두 저항, 인덕터, 커패시터 소자를 이용한 대역 통과 필터로 설계되며, 모뎀의 전원 공급부와 연결되어 기판에 제작되기 때문에 모뎀의 전원 코드를 꽂음과 동시에 커플링이 이루어지게 된다. 하지만 마스터 모뎀과 같이 가정 내에 설치되는 가입자 모뎀이 아닌 경우 앞에서 설명한 바와 같이 옥외의 주상변압기나 아파트 내부의 분전함에 설치되어 백본을 제공할 필요가 있다.

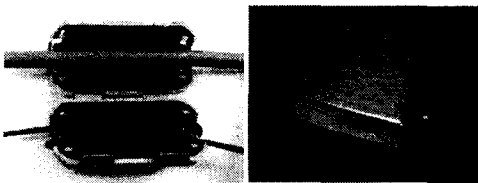


그림 4 cut toroid 커플러와 커플링 유닛

그림 4의 cut toroid 커플러는 건물 내부 분전함에 설치되는 비접촉식 커플러이고, 커플링 유닛은 마스터 모뎀이 설치되는 합체 내부에 설치되는 접촉식 커플러이다. 실증시험망에 사용된 커플링 유닛은 최대 4개의 단상 배선에 커플링 할 수 있으며, 그 이상의 결합이 필요한 경우는 추가적인 커플링 유닛의 확장이 필요하다. 확장을 위한 RJ-11 포트가 그림과 같이 커플링 유닛에 준비되어 있다.

2.2 실증 시험망 구축 환경

이 지역에 대한 실증시험망은 2003년 5월경에 현장 답사 및 사전 조사를 시작하여, 6월에 전기연구원과 함께 고속 전력선 채널 특성에 관하여 조사를 하였다. 7월에 시범사업 참여 신청에 대한 모집을 공고하여, 7월 30일에 1차 시범사업을 시작하였다.

시범사업은 두 지역으로 나누어 설치하였다. 본 시범사업 지역은 집단주택형태의 실증시험망과는 달리 전국 어디에서는 볼 수 있는 실계통이므로 보다 다양한 주변 환경에서 실험을 할 수 있도록 두 지역으로 나누어 구축하였다. 편의상 A, B 지역으로 명명하였다. A(선비2길)지역은 주변 환경이 주택위주인 곳을 선택하였으며, B(전민 4길)지역은 주변 환경이 상가 지역인 곳을 선택하여 설치하였다.

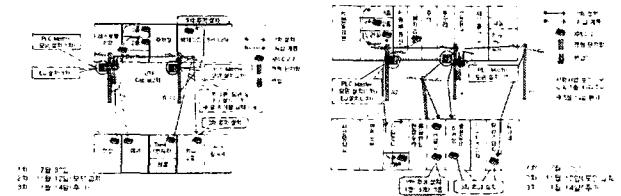


그림 5 A 설치 지역

그림 6 B 설치 지역

A지역은 비교적 건물의 밀집도가 낮으며, 주상변압기 망에는 건물 8채(원룸형태 2개, 3층이하 6개)가 50kV급 주상변압기 3개로부터 전원을 공급받고 있다. 그리고 A 지역의 모든 건물들은 3상 전원을 공급받아서 주 차단기에 연결되며, 그 차단기로부터 각각의 단상용 차단기를 통하여 단상 전원을 사용하고 있었다. B 지역의 경우 A 지역에 비해 밀집도가 높으며, 실증시험이 이루어진 주상변압기 망에는 건물이 14채(원룸형태 4개, 3층이하 10개)가 100kV급 주상변압기로부터 전원을 공급받고 있으며, 3상 전원을 사용하는 건물도 있었다. 그리고 A, B지역 모두 1층은 대부분 음식점 같은 상가로 쓰이고 있으며, 2층 이상은 주거용으로 사용되고 있었다. 또한 A지역은 밀집도가 낮음과 동시에 각각의 수용가는 면적이 넓었으며, 반면 B지역은 면적인 A지역에 비해 좁은 환경이었다. B 지역의 경우 사전 답사시에는 지금보다 넓은 범위의 주상 변압기망을 가지고 있었지만, 새로이 변대주가 설치되어 구축시에는 지금의 망의 크기를 갖게 있었다.

2.3 실증 시험망 구축 및 운용

그림 7의 왼쪽 그림은 마스터 모뎀이 들어있는 합체가 전주에 설치되어 있는 모습이고, 그 옆의 사진은 AC220V의 3상 전원이 차단기를 통해 커플링 유닛과 콘센트에 연결되어 원하는 상(Phase)에 통신 신호를 주입하기 위해 커플링을 할 수 있을 뿐

만 아니라 전력선 통신 모뎀과 케이블 모뎀 등의 합체 내부의 설치된 AC220V 전원이 필요한 기기들에 전원을 공급할 수 있도록 하였다. 그리고 커플링 유닛을 사용한 커플링은 집단주택형에서의 비 접촉식 커플링 방식이 아닌 직접 커플링 방식으로 결선하였다.

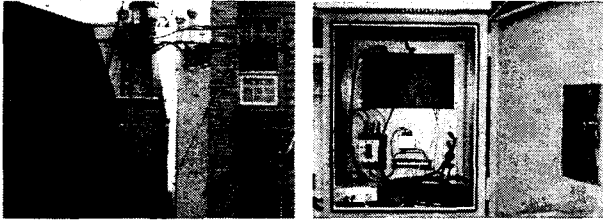


그림 7 전주에 설치된 마스터 모뎀의 합체 및 내부

1차 시범사업 시에는 모뎀 성능에 관한 여러 문제점이 도출되어 인터넷 서비스 사용시 많은 장애가 발생하였다. 이러한 문제점 해결 방안의 하나로 인텔론 칩을 사용한 모뎀을 설치하여 테스트를 하기도 하였으며, 11월경에는 전 지역에 대하여 XPLC 2.1 모뎀을 설치하였다. 모뎀 교체 초기 시에는 많은 성능 개선을 통하여 보다 안정적인 서비스를 제공하였지만, 신호 레벨을 높이기 위하여 회로 구성으로 인하여 모뎀 작동이 다운되는 결함이 발생하였다. 이러한 모뎀 결함을 해결하기 위하여 3차 추가 시범사업 (2004년 1월 14일)시에는 서지 보호회로를 추가한 모뎀을 설치하였다.

백본망은 (주)과워콤의 케이블 모뎀망을 이용하여 데이콤(주)이 인터넷 서비스를 사용하였다. A 지역의 경우에는 서비스 지역 추가 시에 광 케이블로 교체하여 설치하였으며, 차후에는 A지역 전체를 광 케이블로 교체하여 인터넷 서비스를 제공하였다. 그러나, 백본망의 교체와 달리 전력선 모뎀의 성능이 10Mbps급의 제 성능을 보여주지 못하였기 때문에, 인터넷 속도 향상에는 별 도움을 주지 못했다. 이러한 운용 결과 및 인터넷 속도 측정 결과에 대해서는 다음 장에서 살펴보겠다.

3. 운용 결과

3.1 인터넷 속도 측정

실증 시험망에 대한 인터넷 속도 측정은 한국전산원의 인터넷 속도 측정 사이트에서 측정하였다. 전력선 통신 장비와 같은 시스템 구성 요소들을 집중적으로 모니터링하고 관리하기 위한 시스템인 EMS(Element Managment System)을 구축한 후에도, 현장 방문시에는 이 사이트를 통하여 인터넷 속도를 측정하고 EMS와 병행으로 수행하여 그 성능을 분석하였다.

설치장소	EMS ID	모뎀 설치	평균	최근 속도
A지역	G1C4	1.7	1.11	1.43
	G1C5	1.7	1.26	0.89
	G1C6	1.1	1.21	1.19
	G1C7	1.3	1.01	0.60
	G5C4	2.6	1.70	1.24
	G5C5	0.422	0.96	1.13
B 지역	G5C6	1.8	1.37	1.0
	G5C4	2.3	1.18	1.3
	G5C5	3.0	1.22	1.41
	G5C6	3.4	1.29	1.26
	G5C7	1.7	1.20	1.85
	G5C8	1.2	-	-
	G1C4	2.05	1.39	1.19
	G1C5	1.73	1.62	1.28
	G1C6	1.8	1.15	0.87
	G1C7	1.8	1.27	0.91

표 2 XPLC21 하향전송 속도 측정(단위 : Mbps)

다음의 표 2는 A지역과 B지역에서 측정된 하향 전송 속도를 나타낸 것으로서, 현재 운용중인 모뎀이 설치시점의 속도와 약 3개월간의 평균 속도, 최근의 오후 시간 때의 속도 등을 표에 나타내었다. 이곳 단독주택형은 집단주택형의 결과와 비교해서 성능 차이가 많이 나는데 특히, A지역에서는 하향 전송 속도의 변화가 많이 생기는 것을 알 수 있었다.

2층 이상의 장소에 모뎀을 설치한 경우가 A지역의 G1C7과 B지역 5곳이 있는데, B지역의 G5C6에서는 문제없이 인터넷 서비스를 받을 수 있었으나, A지역의 G1C7의 경우 1층의 주 차단기까지는 통신 신호가 양호하게 도달하나 2층으로의 전송이 미약하게 이루어져 2층에 중계기를 설치하여 원하는 전송 속도를 얻을 수 있었다. 그러나 그 후 다시 인터넷 속도가 현저히 떨어져 있으며, 전기 부하가 많아지는 저녁 시간에는 인터넷 단절 현상이 자주 발생하였다. 또한 1차 시범사업시 A지역의 G5C4의 경우에는 전원 공급을 받는 주상변압기로부터 인입구사이에 전주 하나를 더 거치면서 마스터 모뎀으로부터 거리가 멀어져 신호의 감쇠가 많았으며, 역시 중계기를 설치하여 전송 속도를 확보하도록 하였고, 향후에는 원활한 서비스 제공을 위하여 추가 합체(3차)를 설치하였다.

이처럼 A지역은 중계기를 사용해야 하는 등 전체적으로 B지역보다 전송 속도의 신뢰성이 비교적 낮았다. A지역이 B지역에 비해 밀집도가 떨어져 잡음의 영향이 적어 통신 속도가 높게 나타날 것이라는 기대와 다른 결론으로, A지역이 밀집도가 떨어짐에 따라 전원 공급을 받는 주상변압기로부터 거리가 B지역보다 멀어 신호의 감쇠가 더 크기 때문으로 판단된다. 또한 단독주택형은 주상변압기로부터 멀리 떨어져 있는데다가 그 분기도 상당히 많기 때문에 다중 경로 현상이 크게 나타나는 것으로 판단된다.

3.2 댁내 인터넷 속도 측정

전력선 통신의 가장 큰 장점 중에 하나는 추가 케이블 가설 작업이 필요 없이 집안 어느 콘센트에나 꼽기만 하면 된다는 것이다. 그러나 아직 현재의 기술 수준으로는 댁내 분전반에 가까운 위치의 콘센트에서 통신이 잘 이루어지며, 댁내 분기 사항이나, 집안 가전기기에 대한 잡음 때문에 통신 레벨이 많이 떨어지는 결과를 보여주고 있다. 이에 대한 결과를 표3에 나타냈으며 이 측정에 대한 측정 위치를 그림 8에 나타냈었다. 표3에 나타난 것처럼 이 측정은 음식점의 주 영업시간 이전에 측정한 결과이며, 만일 손님이 많은 저녁 시간에 측정하면 그 결과가 더 낮을 것이라고 판단된다. 이러한 상황에서 신호 레벨을 높이고자, 시범사업 참여 댁내에 전자파 제거기인 ‘세파’를 부하가 많은 가전기기 인입선에 설치하여 전송 속도를 높이고자 하였다.

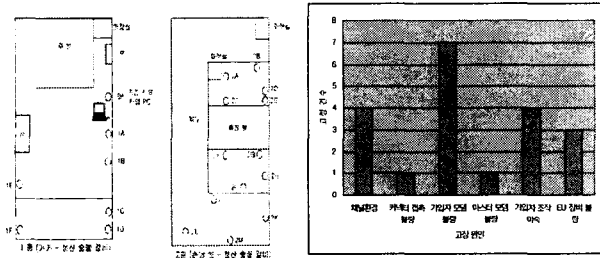


그림 8 댁내 측정 위치 그림 9 장애발생 현황

장소	인터넷 속도(bps)		측정시간	패킷 손실율(%)
	Download	Upload		
0A	1.25M	755k	16:45	0.015
1A	46.6K	접속 불능	17:06	99
1B	접속 불능	접속 불능	17:00	
1C	접속 불능	접속 불능	16:30	95
1D	접속 불능	접속 불능	16:25	95
1E	702K	494K	16:51	
1F	접속 불능	접속 불능	16:46	91
2A	접속 불능	접속 불능	17:13	100
2B	접속 불능	접속 불능	17:16	100
2C	접속 불능	접속 불능	17:11	
2D	접속 불능	접속 불능	17:18	92
2E	접속 불능	접속 불능	17:23	61
2F	509K	78.6K	17:28	
2G	접속 불능	접속 불능	17:32	91
2H	접속 불능	접속 불능	17:25	100
2I	1.05M	547K	17:36	64
2J	접속 불능	접속 불능	17:42	97
2K	85.8K	접속 불능	17:52	64
2L	접속 불능	접속 불능	17:45	41
2M	접속 불능	접속 불능	17:49	94

표 3 각 콘센트 별 인터넷 속도 측정 결과

3.3 유지 보수

실증시험망 구축에 앞서 예비적인 점검 및 검토가 이루어지는 하지만, 실제 환경에서 생길 수 있는 장애 요소가 항상 존재하기 마련이다. 새로운 모뎀 시스템의 성격상 전문적인 지식이 없는 사용자에게 문제 발생 가능성이 있을 뿐만 아니라 연구 목적의 시범사업이기 때문에 시스템의 대한 불량 또한 다분히 존재하고 있다. 그림 9에서 장애 발생 건수를 살펴보면, 총 20건의 장애 발생 중에서 모뎀 및 장비 불량 발생 건수가 11건으로 55%의 비율을 보이고 있으며, 사용자 조작 미숙에 의한 장애 건수도 4건으로 25%의 비율을 보이고 있다. 1·2차 기간에, 성능이 낮은 모뎀의 불량으로 인하여 그 빈도수가 다수 높았으며, 가입자 조작 미숙 건수는 신고 건수 이외에도 현장 방문시 다수의 조작 미숙 상태를 다수 발견하게 되어, 가입자에 대한 교육이 필요하였다. 따라서 가입자의 만족도를 유지하는 이외에 실제 환경에서 발생하는 많은 문제를 관찰함으로써 향후 각종 테스트 및 시스템 개선에 많이 도움이 될 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 1년에 걸쳐 단독주택에 대하여 실제 전력선 채널의 특성을 연구하였으며, 전파 환경에 대하여 조사하고 분석하였다. 그리고 고속 전력선통신 시스템을 이용한 인터넷 망을 실제 가입자들에 의하여 사용토록 하여 전력선통신 제품들의 문제점을 발견하고, 보완하기 위한 실증 시험망을 구축하였다. 본 논문의 운영 결과에서 나타내듯이 상업적 용도로 쓰기에는 아직까지 그 기술의 미비한 점과 해결해야 할 문제점들이 많이 남아 있으며 성능 개선 또한 꼭 필요한 요소이다. 향후에도 실증시험망의 관리 및 사용자에 대한 지속적 유지보수 등, 이러한 연구 활동을 통하여 우리나라의 전력선통신 사업의 국제 경쟁력을 키우고 제품의 신뢰성과 상용화에 대한 가속화를 가져오기 위하여 본 연구를 수행하게 된 목적인 것이다.

참고 문헌

- [1] 한국전기연구원, “저압선을 이용한 고속통신 실증시험망 구축 및 운영평가기술 확립”, 산업자원부 최종보고서, 2004.1.
- 상기 보고서에서 전력연구원은 참여기관으로 참여하여 단독 주택 형 실증시험망 구축 및 운영을 담당함.