

일반 환경에서 마스터-슬레이브 기반 전력선 통신 모뎀의 성능 시험 및 분석

황민태[†], 하현석^{**}, 이재조^{***}

요 약

본 논문에서는 국내에서 개발된 마스터-슬레이브 기반의 10Mbps급 전력선 통신 모뎀을 전력선 통신 시범 서비스 대상의 일반 가정에 설치한 다음 전력선 통신의 네트워크 성능 및 멀티미디어 수용 능력을 측정하고 그 결과를 분석하였다. 본 연구를 위한 테스트베드는 하나의 마스터 모뎀과 3개의 슬레이브 모뎀으로 구성되며, 이들 간에 RFC 2544에서 규정한 처리율, 지연시간, 그리고 프레임 손실율을 측정하였으며, 아울러 RFC 2285에서 규정하고 있는 일대다 및 다대일의 처리율 시험을 실시하였다. 성능 시험 및 분석 결과 여러 노이즈 소스가 있는 일반 가정에서 전력선 통신모뎀의 성능은 대체적으로 단위 프레임의 크기가 클수록, 전송 속도가 느릴수록 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 이러한 성능 분석 결과는 노이즈 소스가 통제된 환경에서의 성능 분석 결과와 비교하여 노이즈 소스가 실제 성능에 어떠한 영향을 미치는 지를 파악하는 용도로 사용될 수 있다.

Performance Test and Analysis of Master-Slave Based PLC Modem in General Building

Min-Tae Hwang[†], Hyun-Seok Ha^{**}, Jae-Jo Lee^{***}

ABSTRACT

In this paper 10Mbps master-slave based PLC modems are tested for measuring and analyzing both network and application level performances in the general buildings. The devices under test consist of one master PLC modem and three slave modems. The selected parameters for inspecting the performances are throughput, latency and frame loss rate from the RFC 2544, and one-to-many and many-to-one throughput from the RFC 2285. The results of the performance test show that the PLC modems have performed better in data transmission when the frame size is increased and the transmission speed is decreased. It is expected that these results will be useful to analyze the effect of noise sources when compared to the performance test under the noiseless environments.

Key words: PLC(Powerline Communication) Modem(전력선 통신 모뎀), RFC 2544, RFC 2285, Performance Test(성능 시험), HomePlug(홈플러그)

※ 교신저자(Corresponding Author): 황민태, 주소: 경남 창원시 사림동 9번지(641-773), 전화: 055)279-7632, FAX: 055)279-7639, E-mail: mthwang@changwon.ac.kr
접수일: 2004년 8월 16일, 완료일: 2004년 12월 13일

[†] 정회원, 창원대학교 정보통신공학과 부교수

^{**} 준회원, 창원대학교 정보통신공학과 대학원 석사과정

(E-mail: hsha@changwon.ac.kr)

^{***} 한국전기연구원 전력통신망연구그룹(선임연구원)

(E-mail: jjlee@keri.re.kr)

※ 본 연구는 한국전기연구원 위탁연구비 및 창원대학교 해외파견 연구비 지원에 의해 수행되었음.

1. 서 론

전력선 통신(Power Line Communication)이란 기존의 전력선을 그대로 이용하여 통신을 할 수 있는 기술을 말하는데, DSL(Digital Subscriber Loop) 기술과 마찬가지로 대역을 분리하여 50~60Hz의 대역에서는 전력을 공급하고, 수 KHz 또는 수 MHz의 고주파 대역에서는 통신 목적으로 사용하게 된다[1].

이러한 전력선 통신은 이미 산간 벽지까지 전력선 인프라가 잘 구축되어 있다는 점에서 가입자망 기술에 적용하기 용이하며, 가정에서 또한 기 포설된 전력선을 이용하게 되는 경우 홈 네트워크 기술 구현이 간단하다는 장점을 갖고 있다. 하지만 주파수 대역 사용에 따른 법률적 문제와 잡음(Noise) 및 주파수에 따른 신호 감쇄(Attenuation) 등의 기술적인 문제가 여전히 존재하여 이에 대한 문제 해결이 시급히 요구되고 있다. 현재 관련 표준 단체나 연구소에서 이러한 문제를 꾸준히 개선시켜 나가고 있어 전력선 통신의 미래는 밝은 편이라 할 수 있다[2,3].

현재 여러 업체에 의해 전력선 모델이 개발되고 있는데, 미국의 Intellon[4]의 경우 14 Mbps, 스페인의 DS2[5]는 45Mbps, 그리고 국내 젤라인[6]의 경우는 19Mbps의 고속 전력선 모델을 이미 개발하여 상용화를 추진하고 있다. 최근 국내에서 건설되는 일부 사이버 아파트의 경우에는 저속의 전력선 모델 칩을 사용하여 가전 기기의 제어 및 원격 검침 등의 목적으로 사용되고 있어 전력선 통신의 이용률이 점차 증가하고 있는 추세이다. 이러한 전력선 통신 기술의 발전과 함께 자연스럽게 이들 기술의 표준화를 위한 움직임이 추진되어 오고 있다. 대표적인 전력선 통신 표준화 기구로는 유럽의 PLC Forum[7]과 미국의 HomePlug[8], 그리고 일본의 Echonet[9]이 있으며, 국내에는 PLC 포럼 코리아[10]가 활동 중이다.

본 논문에서는 국내에서 개발된 마스터-슬레이브 기반의 10Mbps 급 전력선 통신 모델을 전력선 통신 시험 서비스 대상의 일반 가정에 설치하고서 전력선 모델의 네트워크 성능을 측정하고 그 결과를 분석하였다. 본 연구에서 사용된 테스트베드는 하나의 마스터 모델과 3개의 슬레이브 모델로 구성되며, 이들 간에 RFC 2544[11]에서 규정한 처리율, 지연시간, 그리고 프레임 손실율을 측정하였으며, 아울러 RFC 2285[12]에서 규정하고 있는 일대다 및 다대일의 처리율 시험을 실시하였다. 아울러 화상 회의, 네트워

크 게임, 그리고 멀티미디어 스트림 전송 테스트와 같은 일반 사용자의 멀티미디어 테스트를 추가로 실시하여 일반 사용자의 응용 서비스 단계의 성능도 살펴보았다.

이러한 일반 사용자 환경에서의 성능 분석 결과는 노이즈 소스가 통제된 환경에서의 성능 분석 결과와 비교하여 전력선 매체가 갖는 전송 능력을 파악하고, 노이즈 요소가 전력선 통신의 성능에 미치는 영향을 파악하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

본 논문의 2장에서는 국내외 전력선 통신 기술의 표준화 및 기술개발 동향을 간략히 살펴보고, 3장에서는 일반 환경에서의 성능 시험 환경과 성능 분석 파라미터(Parameter)에 대해 살펴보고자 한다. 그리고 4장에서는 일반 환경에서의 네트워크 성능 분석 결과를 제시하고자 하며, 5장에서는 일반 환경에서의 멀티미디어 성능 시험 결과를 소개하며, 끝으로 6장에서 결론을 다루고자 한다.

2. 전력선 통신 기술의 동향

전력선 통신은 1970년대에 등장한 X-10[13] 기술이 60bps의 저속 통신을 이용하여 전등을 켜고 끄는 제어 서비스를 제공하면서부터 시작되었으나, 전력선 매체 자체에서 발생하는 잡음, 주파수 의존 감쇄 현상 그리고 물리적으로 타당하지 않은 연결성 등으로 인해 전력선을 통신 매체로 사용하기 위한 활발한 기술 개발은 오랫동안 거의 없었다[1]. 하지만 전력선 인프라가 잘 발달되어 가입자 망 구축에 유리하고, 경제적으로 홈 네트워크를 구축할 수 있다는 장점 때문에 전력선 통신이 최근 새로운 관심사로 떠오르면서 이러한 물리적인 단점을 극복할 수 있는 기술들이 많이 개발되고 있다. 이에 따라 가전 기기의 제어 뿐만 아니라 인터넷 서비스 제공도 가능해졌으며, 점차 멀티미디어를 수용할 수 있도록 발전하고 있다[2-3].

2.1 표준화 동향

전력선 통신 기술의 발전에 따라 자연스럽게 이들 기술의 표준화를 위한 움직임이 추진되어 오고 있다. 대표적인 전력선 통신 표준화 기구로는 유럽의 PLC Forum과 미국의 HomePlug, 그리고 일본의 Echonet이 있으며, 국내에는 PLC 포럼 코리아가 활동 중이다.

전력선 제품 및 서비스 개발을 목표로 하여 결성

된 HomePlug 표준화 단체는 주로 가입자 댁내에서의 저압 전력선을 이용한 통신 기술의 표준화를 추진 중이며, HomePlug 멤버 업체에서는 현재 14Mbps를 지원하는 여러가지 PLC 장비를 상용화하고 있다[7].

PLC Forum은 기술 표준화, 관계 법령 그리고 PLC 시장 확대를 위해서 활발한 활동을 하고 있는데 주로 고압 전력선을 이용하는 액세스 망에서의 전력선 통신 기술에 초점을 두고 있다. 아울러 PLC Forum은 액세스 망과 홈 네트워크와의 연동 기술에도 관심을 두고 있다[8].

반면에, 일본의 Echonet은 설립 초기에는 주로 가전기기 제어를 위한 저속 전력선 통신에 주력하였지만, 점차 홈 네트워크 기술로 중심을 옮겨 가고 있는 추세이다[9].

국내에는 2000년 12월에 PLC 포럼 코리아가 결성되어 활발한 활동 중에 있으며, 저속의 홈 오토메이션을 위해 HNCP(Home Network Control Protocol)라는 전력선 기반 가전기기 제어 프로토콜을 개발하여 국내 표준화를 추진 중에 있다[10].

2.2 기술 개발 동향

전력선 통신 관련 국내외 주요 기술 개발 현황을 살펴보면 표 1과 같다.

HomePlug의 주요 멤버인 Intellon은 이미 14Mbps의 전력선 통신 장비를 개발하여 여러 멤버와 함께 상용화하고 있으며, 이의 성능은 FTP(File Transfer Protocol)를 기준으로 할 때 3-4Mbps의 페이로드 속도를 제공하고 있다[4].

현재 세계에서 가장 빠른 전력선 통신 기술을 가진 스페인의 DS2는 45Mbps급의 칩을 이미 2000년도에 개발하여 상용화 단계에 있으며, 조만간 200Mbps급의 칩 개발을 목표로 하고 있다. DS2는 스페인의

전력 회사인 ENDESA와 함께 스페인의 Seville에서 실선로 테스트를 이미 완료하였으며, Zaragoza에서 고압 시험을 실시할 예정이다[5].

국내에서 전력선 통신 기술 개발은 젤라인, 피엘콤 등의 벤처 기업이 중심이 되고 있으며, 젤라인은 현재 2Mbps급의 홈네트워크/가입자망 솔루션을 개발 완료하여 상용화하고 있으며, 현재 19Mbps의 모델을 개발 중에 있다. 아울러 한국전기연구원과 함께 50Mbps의 모델을 개발할 예정이다[6]. 한편, 피엘콤은 2000년도에 10Mbps급의 이더넷을 그대로 수용한 전력선 모델을 개발하여 한국전자통신연구원의 네트워크장비 시험센터에서 성능 시험을 받아 기술성을 인정받기도 했다[14].

2.3 성능 시험 동향

HomePlug 표준화 기구에서는 HomePlug 기술로 개발된 전력선 통신 장비의 성능과 커버 영역을 확장 해석하기 위한 목적으로 미국과 캐나다 지역의 500가구를 대상으로 하여 현장 시험을 실시한 적이 있다[15]. 또한, 국내의 경우 젤라인은 서초동 지역의 일부 가정에서 자체 개발한 전력선 모델을 설치하여 인터넷 서비스 제공 가능성을 검토한 적이 있다[6].

이처럼 전력선 통신 장비의 성능 시험은 대부분 각 제조 회사별로 개발 제품의 자체 성능 시험이나 상용화 가능성을 검토하기 위한 목적으로 자체 기준에 따라 시험이 실시되고 있는 추세이다. 따라서 전력선 통신 장비의 공인 시험을 위한 공인 시험 항목 도출, 시험 절차서 개발, 시험 인증 체계의 개발 등이 시급히 요구된다.

3. 성능 시험 환경과 성능 분석 파라미터

HomePlug 표준화 기구는 댁내에서의 전력선 통신에 초점을 맞추고 있으며, 이러한 용도의 전력선 통신 장비의 성능 시험을 위해 HomePlug 실험실 테스트 규정을 개발하여 성능 시험 가이드 라인을 제시하고 있다[16]. HomePlug 실험실 테스트 규정 외에는 아직 이렇다 할 만한 전력선 통신 모델의 성능 시험 가이드 라인이 없는 실정이다.

HomePlug 실험실 테스트 규정에서는 전력선 통신 장비의 성능 시험을 통제된 환경에서의 테스트, 일반 환경에서의 테스트 그리고 규정 준수(Com-

표 1. 국내외 전력선 통신 기술 개발 현황

회사	국가	변조방식	Data Rate (Mbps)	
			현재	목표
Intellon	미국	OFDM	14(상용화)	-
Itran	미국	ACSK	24(개발)	-
Ascom	스위스	CDMA	4.5(상용화)	20
DS2	스페인	OFDM	45(상용화)	200
젤라인	한국	DMT	19(개발)	50
피엘콤	한국	CSMA/CD (MAC)	10(상용화)	-

pliance) 테스트의 세 가지 종류로 구분하고 있다. 통제된 환경은 일반 환경과는 달리 노이즈 요소가 존재하지 않는 시험 환경을 말하며, 규정준수 테스트는 방사성 잡음, 전도성 잡음 그리고 전도성 내성 등을 측정하기 위한 테스트이다.

본 논문에서는 국내에서 개발된 마스터-슬레이브 기반의 전력선 통신 모델을 이용한 전력선 통신 시범 서비스가 이루어지고 있는 가정을 대상으로 하여 HomePlug 실험실 테스트 규정에 따른 일반 환경에서의 네트워크 성능 및 멀티미디어 성능 시험을 실시하였다.

3.1 성능 시험 환경

본 논문에서는 일반 환경에서의 성능 시험을 위해 그림 1에서 살펴보는 바와 같이 전력선 통신 시범 서비스가 이루어지고 있는 한국전기연구원 사원아파트 내의 3개 가정을 임의로 선정하여 슬레이브 모뎀을 설치하고, 하나의 마스터 모뎀은 지하 변전실에 설치하였다. 슬레이브 모뎀이 설치된 가정에서는 전등, TV, 냉장고, 전기밥솥, 기타 소형 가전기기들이 사용되고 있어 다양한 노이즈 요소가 존재한다. 마스터 모뎀과 슬레이브 모뎀 사이에는 전력선만이 유일한 연결이 이루어지도록 하여 시험을 실시하였다.

네트워크 성능 시험 대상 가정의 전력선 라인 임피던스는 각 가정에서 발생하는 다양한 노이즈 요소의 영향으로 인해 대상 가정 및 측정 주파수에 따라 약간의 편차는 있으나 대략 85~95dB 정도를 보여주는 환경이었다.

마스터 모뎀은 100 Mbps 전이중(Full Duplex) 방식으로 동작하며, 각 가정에 설치된 슬레이브 모뎀은

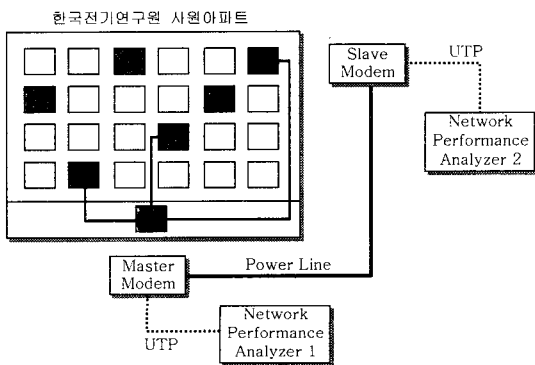


그림 1. 일반 환경에서의 성능 시험 환경

10 Mbps 반이중 방식(Half Duplex)로 동작한다. 마스터 모뎀과 세 개의 슬레이브 모뎀간의 거리는 지하 변전실 높이, 각 층간의 높이, 그리고 가정 내에서의 콘센트까지의 거리를 고려하여 각각 5m, 11m 그리고 17m정도인 것으로 파악하였다. 그리고 마스터 모뎀은 표 2에서 살펴보는 바와 같이 64 바이트에서부터 1518 바이트까지 다양한 크기의 프레임을 60초간 송신하고, 각 슬레이브 모뎀에서 이를 수신하는 형태로 동작시키면서 슬레이브 모뎀에서의 수신 성능을 측정하였다.

표 3은 전력선 통신 모델의 제원을 보여주고 있으며, 표 4는 전력선 통신 모델의 네트워크 성능 측정을 위해 사용된 네트워크 성능 분석기의 사양을 보여주고 있다.

3.2 성능 분석 파라미터

일반 환경에서 마스터-슬레이브 기반의 전력선 모뎀의 성능 측정 및 분석을 위해 HomePlug 실험실

표 2. 성능 측정에 사용된 데이터 프레임 수 (10Mbps 기준)

프레임크기 (바이트)	64	128	256	512	1024	1280	1518
프레임수 (초당)	14881	8446	4529	2350	1198	962	813

표 3. 전력선 통신 모델 제원

구분	내용
Total frequency bandwidth	D.C - 20MHz
Modulation	DMT(Discrete Multitone)
FFT size	512
Number of subcarrier	256
Subcarrier spacing	78.125kHz
Max. Number of subcarrier used	208(except HAM Bands)
Symbol duration	15.6 μsec
Modulation of each subcarrier	D-BPSK, D-QPSK, D-8PSK

표 4. 네트워크 성능 분석기 사양

구분	내용
지원 계층	PHY - Application 계층
측정 데이터율	10~100 Mbps
Load module slots	4
I/O port	10/100 Mbps Ethernet Port * 16
특징	LAN 10/100 NIC가 통합된 PC

테스트 규정에서 권고하고 있는 RFC 2544 및 RFC 2285 성능 분석 파라미터를 이용하였다[16]. RFC 2544에는 처리율(Throughput), 지연시간(Latency), 그리고 프레임 손실율(Frame Loss Rate)의 세 가지 파라미터가 포함되어 있으며, RFC 2285에는 일대다 처리율(One-to-Many Throughput)과 다대일 처리율(Many-to-One Throughput)의 두 가지 파라미터가 포함되어 있다[11-12,17].

(1) 처리율

처리율은 장치가 프레임 손실없이 수신할 수 있는 프레임 전송 속도의 최대값을 나타내며, 측정은 10Mbps를 기준으로 이진 탐색 알고리즘(Binary Search Algorithm)을 이용해서 프레임 손실없이 송수신되는 최대점을 찾는 과정으로 수행된다. 처리율 측정은 특정 두 지점 간 일대일로 구성하여 실시된다. 테스트의 결과는 각각의 프레임에 대해서 초당 프레임 처리율로 나타나며, 기준 속도의 분율을 통해 최대 송수신 속도를 알 수 있는 지표가 된다.

(2) 지연시간

지연시간은 통신 장치간 송수신 과정에서 프레임들의 송수신 지연시간을 나타낸다. 프레임들은 특정 기간 동안 송신측과 수신측에 전송되며, 이 프레임들이 송신될 때 시간이 기록되고 그 프레임이 도착하면 도착시간이 기록되며, 이 송수신 시간 차이가 지연시간을 나타낸다. 지연시간의 측정은 특정 두 지점간 일대일로 구성하여 실시된다. 테스트의 결과는 각각의 프레임에 대한 모든 시도 횟수의 전송지연 평균값을 보여 주며, 실시간 서비스를 위한 성능 지표가 된다.

(3) 프레임 손실율

프레임 손실율은 통신 장치간 송수신 과정에서 손실되는 프레임의 수를 나타낸다. 먼저 특정한 전송율을 정한 다음 전송되는 프레임을 모두 수신할 수 있는지를 측정한 다음, 그렇지 않은 경우 프레임 전송율을 단계적으로 줄여 나가면서 전송된 모든 프레임을 수신할 때까지 반복적으로 측정한다. 프레임 손실 측정 역시 특정 두 지점간에 일대일로 구성하여 측정하게 된다. 테스트의 결과는 각각의 프레임 사이즈에 대해 퍼센트 단위로 측정된 손실율을 보여 주며, 가입자망의 데이터 송수신 신뢰도의 지표가 된다.

(4) 일대다 처리율

일대다 처리율은 전송 프레임의 손실없이 한 장치에서 여러 장치로 동시에 전송할 수 있는 최대 속도를 나타내며, 일대일 처리율과 마찬가지로 10Mbps를 기준으로 하여 이진 탐색 알고리즘에 따라 속도를 감소시키면서 프레임 손실없이 송수신되는 최대값을 나타낸다.

(5) 다대일 처리율

다대일 처리율은 전송 프레임의 손실없이 한 장치에서 여러 장치로부터 동시에 수신할 수 있는 최대 속도를 나타내며, 마찬가지로 10Mbps를 기준으로 이진 탐색 알고리즘에 따라 속도를 감소시키면서 프레임 손실없이 송수신되는 최대값을 나타낸다.

4. 성능 시험 결과 및 분석

4.1 RFC 2544 처리율

오류가 없는 최대 전송율을 나타내는 처리율(Throughput) 시험은 아래 그림 2에 나타낸 것처럼 프레임 크기가 커질수록 대체적으로 높아지는 것을 알 수가 있다. 이는 프레임 크기가 커질수록 단위 시간당 내보내는 수가 작아지기 때문에 충돌의 확률이 낮아짐에 따라 처리율이 높아진다고 여겨진다.

특히 프레임 크기가 1024 바이트에서 높은 처리율을 나타내고 있는데, 106호의 경우 3.15%를 나타내고 있다. 즉, 마스터 모뎀은 100 Mbps로 동작하기 때문에 3.15 Mbps의 오류없는 전송이 가능함을 나타낸다. 그리고 1280 바이트나 1518 바이트 프레임 크기에 대해서는 각 호실에 따른 차이가 심하게 나타나는데 이는 채널의 노이즈의 영향으로 보인다.

4.2 RFC 2544 지연시간

그림 3에서 살펴보는 바와 같이 두 전력선 모뎀 사이의 지연시간(Latency) 역시 처리율의 경우와 마찬가지로 대체적으로 프레임 크기가 커질수록 성능이 더 나아짐을 알 수 있다. 프레임의 크기에 따라 260ms에서 60ms까지 지연시간이 넓게 분포함을 알 수 있다.

4.3 RFC 2544 프레임 손실율

프레임 손실율은 프레임 전송도중 오류나 충돌로

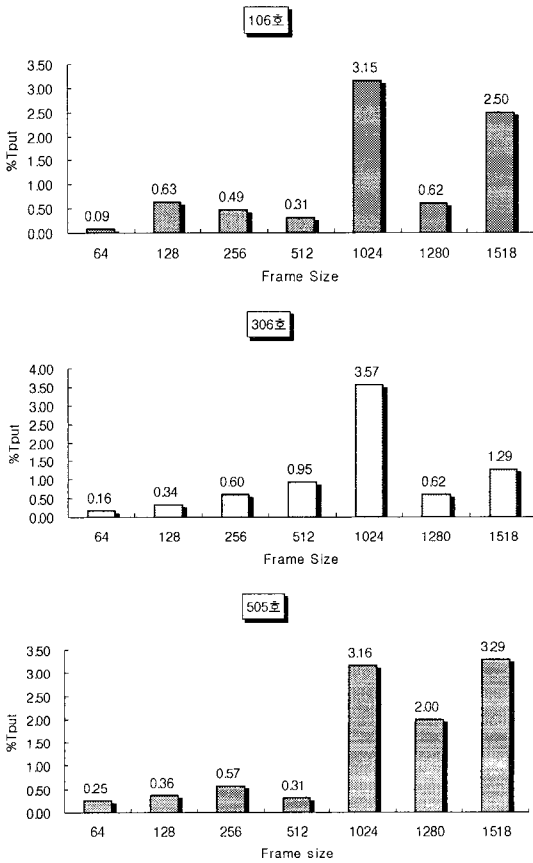


그림 2. 시범 서비스 환경에서 RFC 2544 처리율

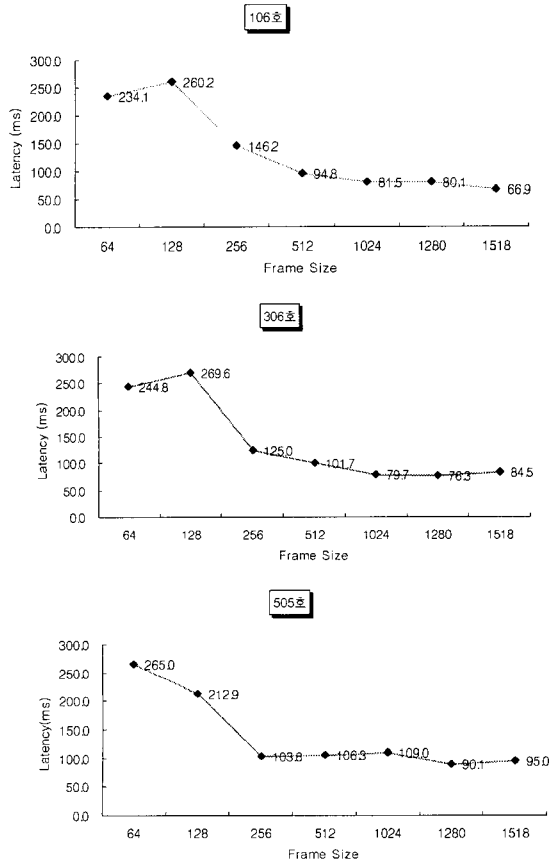


그림 3. 시범 서비스 환경에서 RFC 2544 지연시간

인해 버려지는 프레임의 비율을 나타낸다. 그림 4에서 106호의 경우를 예로 들어보면 1024 바이트 크기의 프레임이 10 Mbps로 전송하는 경우 약 95%의 손실율을 보이고 있다. 이는 100개의 프레임을 보낼 때 약 95개의 프레임이 오류로 인해 버려지고 겨우 5개 정도의 프레임만 오류없이 목적지까지 도착하고 있음을 말한다.

측정한 결과를 보면, 나머지 두 시험과 마찬가지로 프레임 크기가 클수록, 그리고 프레임 전송 속도가 느려 질수록 더 나아짐을 알 수 있다. 이는 전송 속도가 느려지면, 즉, 단위 시간당 전송 프레임의 수가 줄어들면 충돌의 확률이 줄어들기 때문으로 보인다.

10 Mbps에서부터 4 Mbps까지는 프레임 크기가 커질수록 손실률이 감소하긴 하나, 급격한 변화는 보이지 않는다. 반면 원래의 전송 속도 10 Mbps의 20% 및 10%로 각각 동작하는 2 Mbps와 1 Mbps의 속도에서는 프레임이 커질수록 손실률이 급격한 감소를

보이고 있다.

4.4 RFC 2285 일대다 처리율

일대다 처리율 시험은 하나의 송신측에 대한 여러 수신측의 프레임 수신 처리율을 말하며, 그림 5에서 살펴보는 바와 같이 앞서 살펴본 일대일 처리율 시험의 결과와 비슷하다.

대체적으로 프레임 크기가 커질수록 단위 시간당 적은 수의 프레임을 전송하게 되므로 프레임 손실 확률이 줄어들어 높은 처리율을 보이는 결과를 보여 주고 있으나, 그림에서 1024 바이트 크기의 프레임에서 특히 높은 처리율을 보이는 것은 본 논문에서 사용한 전력선 통신 모델이 DMT 변조 기술을 사용하고 있어 특정 프레임 크기에서 높은 성능을 보여주는 DMT 기술의 특성에 따른 것으로 분석된다.

참고로, 1024 바이트에서 약 3.2%의 처리율을 나타내고 있는데, 이는 10 Mbps를 기준으로 했을 때

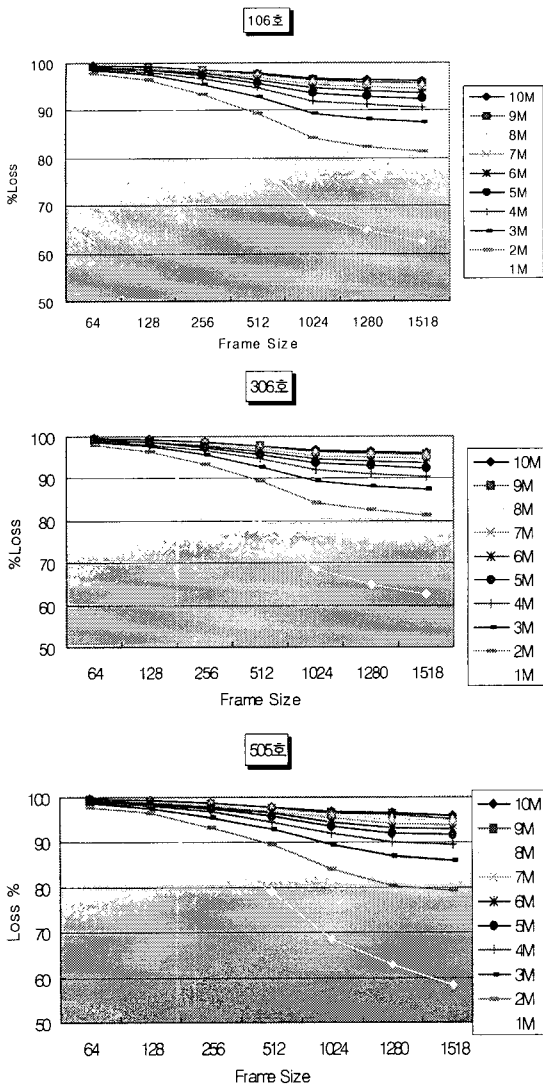


그림 4. 시범 서비스 환경에서 RFC 2544 프레임 손실율 0.32 Mbps정도의 성능을 의미한다.

4.5 RFC 2285 다대일 처리율

다대일 시험은 여러 송신 측에 대한 하나의 수신 측의 처리율을 말한다. 일대일 처리율의 경우와 마찬가지로 그림 6에 나타난 바와 같이 프레임 크기가 커질수록 대체적으로 처리율이 증가함을 알 수가 있다. 일대일 테스트에서는 1024 바이트에서 가장 높은 처리율을 보이고 그 이후에는 처리율이 급격하게 감소하고 있는 경우와는 달리 다대일 테스트에서는 1024 바이트와 그 보다 큰 프레임 사이즈에 대해서도

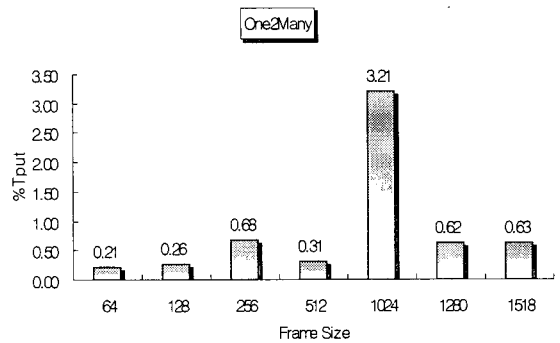


그림 5. 시범 서비스 환경에서 RFC 2285 일대다 처리율

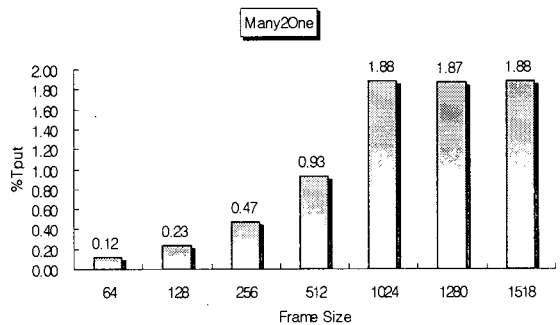
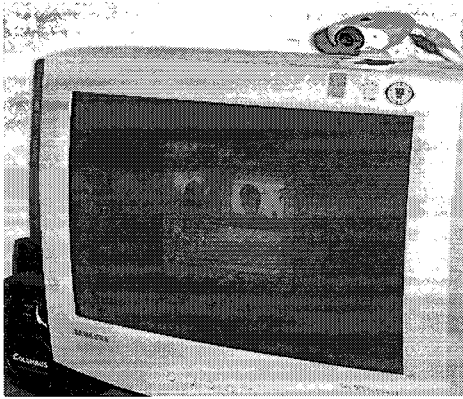


그림 6. 시범 서비스 환경에서 RFC 2285 다대일 처리율 거의 비슷한 결과값을 나타내었다.

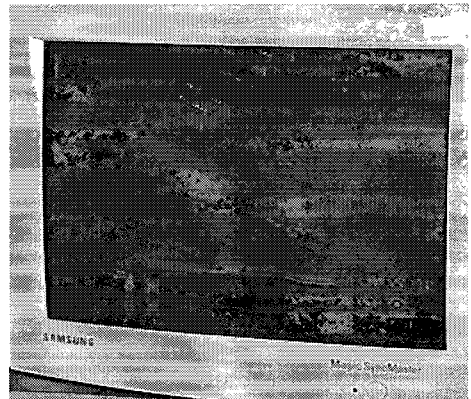
5. 일반 환경에서의 멀티미디어 테스트

앞서 살펴본 RFC 2544 테스트 및 RFC 2285 테스트는 전력선 모뎀의 네트워크 성능을 보여주는 시험이다. 일반 사용자의 입장에서 전력선 모뎀의 성능을 살펴보기 위하여 비디오 스트리밍, 네트워크 게임, 그리고 화상 대화의 3가지 멀티미디어 테스트를 추가로 실시하였다. 이 테스트의 결과는 UTP 케이블로 직접 연결한 경우와 PLC 모뎀을 통해 연결한 경우, 그리고 노이즈 요소(진공 청소기)를 추가한 경우의 세 가지 시험 상황에서 일반 사용자가 직접 느끼는 바를 토대로 성능을 비교 분석하였다. 그림 7은 이들 세 가지 멀티미디어 테스트의 동작 화면을 보여주고 있다.

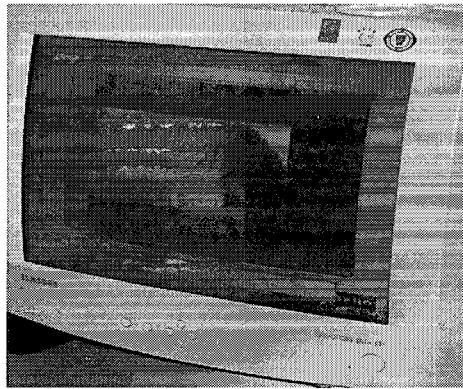
PLC 모뎀을 통한 화상 대화 기능을 시험하기 위해 두 대의 슬레이브 모뎀에 PC를 연결하고서 각각 화상 카메라를 설치하였다. 두 대의 PC간에는 전력선만이 유일한 통신 수단인 상황이며, 일대일로 연결된 컴퓨터간에 화상 대화가 가능한 소프트웨어를 각각



(a) PLC 모뎀을 통한 화상 대화



(b) PLC 모뎀을 통한 네트워크 게임



(c) PLC 모뎀을 통한 비디오 스트리밍

그림 7. PLC 모뎀간의 멀티미디어 테스트 과정

설치하고서 화상 대화를 실시하였다.

PLC 모뎀을 통한 화상 대화와 UTP 크로스 케이블을 이용해 직접 연결하여 화상 대화를 실시하는 경우의 큰 차이가 발견되지 않았으나, 진공청소기를 가동시켜 인위적인 노이즈 요소를 추가하는 경우 간혹 짧은 지연이 발생하기도 하였으나 화상 대화에 큰 지장을 줄 정도는 아니었다.

PLC 모뎀을 통한 멀티미디어 게임 기능을 시험하기 위해 두 대의 PC에 모두 네트워크 게임(스타크래프트)을 설치하고서 게임을 진행하는 과정에서의 변화를 관찰하였다. 이 경우에도 UTP 케이블로 연결한 경우와 큰 차이가 발생하지 않았으나, 단지 진공청소기를 가동시킨 경우에는 간혹 짧은 지연이 발생하기도 하였으나 게임에 큰 지장을 줄 정도는 아니었다.

세 번째 멀티미디어 테스트로서 PLC 모뎀으로 연결된 두 대의 PC중에서 하나의 PC에 대용량의 멀티미디어 비디오 파일을 저장하고서 다른 PC에서 이를 다운 받으면서 플레이 시켜보는 시험을 실시하였다.

이 경우 UTP 케이블로 직접 연결한 경우에 비해 초기 버퍼링 시간이 길어지고 동작 제어 기능의 응답이 늦어지는 결과를 보여주었다. 노이즈(진공청소기) 요소가 추가되는 경우에는 버퍼링 시간 및 응답 시간이 더욱 길어짐을 알 수 있었다.

비디오 화상회의와 네트워크 게임의 경우에는 비교적 적은 양의 데이터 전달이 이루어지므로 UTP 케이블로 직접 연결한 경우와 PLC 모뎀을 통해 연결한 경우의 큰 차이점을 발견하기 힘들었으나, 비디오 스트리밍의 경우 이들 두 가지 경우에 비해 많은 양의 데이터 전달이 이루어지므로 사용자에게 다소 영

향을 미치고 있음을 알 수 있다.

이러한 멀티미디어 테스트는 전력선 통신 모뎀 사용자들간에 커뮤니티를 구성하여 다양한 서비스를 제공할 수 있음을 확인하기 위한 테스트이다. 하지만 이 경우는 소수의 PLC 모뎀만을 연결한 경우이며 노이즈 요소의 추가에 따라 간헐적이거나 영향을 받고 있음을 알 수 있으며, 다수의 PLC 모뎀이 연결된 경우에도 그 영향이 커짐을 간접적으로 판단할 수 있었다.

6. 결 론

전력선 통신에 대한 관심이 높아지면서 국내의 중소기업체를 중심으로 하여 전력선 통신 모뎀을 비롯한 많은 전력선 통신 관련 제품이 개발되고 있다. 아울러 HomePlug, PLC Forum, Echonet 등의 표준화 단체에서 전력선 통신 기술에 대한 표준화를 활발히 추진 중에 있다.

본 논문에서는 국내에서 개발된 마스터-슬레이브 기반의 10Mbps 급 전력선 통신 모뎀을 전력선 통신 시범 서비스 대상의 일반 가정에 설치하고서 전력선 모뎀의 네트워크 성능을 측정하고 그 결과를 분석하였다. 본 연구에서 사용된 테스트베드는 하나의 마스터 모뎀과 세 개의 슬레이브 모뎀으로 구성되며, 이들간에 RFC 2544에서 규정된 처리율, 지연시간, 그리고 프레임 손실율을 측정하였으며, 아울러 RFC 2285에서 규정하고 있는 일대다 및 다대일의 처리율 시험을 실시하였다. 아울러 화상 회의, 네트워크 게임, 그리고 멀티미디어 스트림 전송 테스트와 같은 일반 사용자의 멀티미디어 테스트를 추가로 실시하여 일반 사용자의 응용 서비스 단계의 성능도 살펴보았다.

성능 시험 및 분석 결과 여러 노이즈 소스가 있는 일반 가정에서 전력선 통신모뎀의 성능은 대체적으로 단위 프레임의 크기가 클수록, 전송 속도가 느릴수록 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

전력선 모뎀으로 연결된 두 대의 PC간에 화상 대화, 네트워크 게임 그리고 비디오 스트리밍의 3가지 멀티미디어 테스트는 전력선 통신 모뎀 사용자들간에 커뮤니티를 구성하여 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있음을 확인하기 위한 목적이었다. 비록 소수의 전력선 통신 모뎀만을 연결한 경우였지만 노이즈 요소의 추가에 따라 간헐적이거나 영향을 받고 있음을 알 수 있었으며, 다수의 PLC 모뎀이 연결

된 경우에는 그 영향이 커질 수 있음을 간접적으로 알 수 있었다.

본 논문에서 제시하고 있는 일반 사용자 환경에서의 성능 분석 결과는 차후 노이즈 소스가 통제된 환경에서의 성능 분석 결과와 비교하여 일반 가정에서 전력선 통신 매체가 갖는 전송 능력을 파악하고, 노이즈 요소가 전력선 통신의 성능에 어떠한 영향을 미치는 지를 파악하는 데 중요한 역할을 할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] Intelogis, "Power Line Communication White Paper: Intelogis Plug-in Technology," 1998.
- [2] M. Propp, "The Use of Existing Electrical Powerlines for High Speed Communications to the Home," *MIT Press*, pp. 92-100, 1999.
- [3] M. Propp, "The Powerline as a Reliable Multi-media-Capable Home Network," *Proceedings of ISPLC2000*, pp. 212-217, 2000.
- [4] <http://www.inetflon.com>
- [5] <http://www.ds.co.es>
- [6] <http://www.xeline.com>
- [7] <http://www.homeplug.org>
- [8] <http://www.plcforum.org>
- [9] <http://www.echonet.or.jp/english>
- [10] <http://www.plc.or.kr>
- [11] S. Bradner, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices," *IETF Document (RFC 2544)*, 1999.
- [12] R. Mandeville, "Benchmarking Terminology for LAN Switching Devices," *IETF Document (RFC 2285)*, 1998.
- [13] <http://www.x10.com>
- [14] <http://www.plcom.com>
- [15] HomePlug, "A White Paper on HomePlug Field Tests Results," 2002.
- [16] HomePlug, "HomePlug PLT Lab Test Plan," 2000.
- [17] S. Bradner, "Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices," *IETF Document (RFC 1242)*, 1991.



황민태

1990년 2월 부산대학교 전자계산
기공학과(학사)
1992년 2월 부산대학교 컴퓨터공
학과(석사)
1996년 2월 부산대학교 컴퓨터공
학과(박사)

1996년 2월~1999년 2월 한국전
자통신연구원 고속통신망연구실(선임연구원)
1999년 3월~2000년 2월 인제대학교 정보컴퓨터공학부
(전임강사)
2000년 3월~현재 창원대학교 정보통신공학과 부교수
2004년 3월~2005년 2월 미국 조지아텍(Georgia Tech)
방문교수
관심분야: 전력선 통신, 홈 네트워크, 멀티미디어 통신
프로토콜 등



이재조

1990년 2월 경희대학교 물리학과
(학사)
1992년 2월 경희대학교 전자공학
과(석사)
1992년 3월~현재 한국전기연구원
전력통신망연구그룹(선
임연구원)

2000년 3월~2003년 2월 경희대학교 전자공학과(박사과
정수료)
관심분야: 전력선 통신, 전력선 채널 모델링, 홈 네트워크 등



하현석

2002년 2월 창원대학교 정보통신
공학과(학사)
2003년 3월~현재 창원대학교 정
보통신공학과 대학원 석
사과정

관심분야: 전력선 통신, 멀티미디어 통신 프로토콜, 인터
넷 QoS 등