

일반 환경에서의 전력선 통신 모뎀의 성능 분석

하현석*, 황민태*, 권순원**, 이재조**

*창원대학교 정보통신공학과

**한국전기연구원

e-mail: hsha@mail.changwon.ac.kr

Performance Analysis of Power Line Communication Modems in General Building

Hyun-Seok Ha, Min-Tae Hwang, Soon-Won Kwon, Jae-Jo Lee

*Dept. of Information & Communication Eng., Changwon Nat'l Univ.

**Korea Electrotechnology Research Institute

요 약

본 논문에서는 현재 개발되고 있는 10Mbps급 전력선통신 모뎀이 일반 사용자의 환경에서 어떠한 성능을 보여주는지를 살펴보기 위하여 다양한 노이즈 요소가 존재하는 실험실에 두 대의 모뎀을 설치하고서 RFC 2544에서 규정하고 있는 처리율, 셀 손실율, 그리고 지연 시간 특성을 분석하였다. 그 결과로서 프레임 사이즈가 커질수록, 즉 단위 시간당 프레임의 수가 감소할수록 높은 처리율과 낮은 지연 시간, 그리고 낮은 프레임 손실율을 보임을 알 수 있었다.

1. 서 론

전력선 통신(Power Line Communication)이란 기존의 전력선을 이용해 통신을 할 수 있는 기술을 말하고, DSL 기술처럼 대역을 분리해 50~60Hz의 대역에서는 전력공급을, 수 KHz 또는 수 MHz의 고주파 대역에서는 통신에 사용할 수 있다.

고속 인터넷 가입자망에서, 전력선 통신은 이미 산간 지방까지 전력선 인프라가 구축되어 있다는 점과 홈 네트워킹 기술 구현이 간단하다는 점 때문에 다른 종류의 통신 방법과 비교해 볼 때 훨씬 유리하다고 할 수 있다.

이러한 장점 이면에는 아직까지는 주파수 대역 사용상의 법률적 문제와 잡음, 주파수 감소 등 기술적인 문제가 존재하지만, 관련 표준 단체나 연구소에서 이런 문제를 꾸준히 개선시켜 나가고 있어 미래가 어둡지는 않다.

현재 많은 전력선 모뎀이 개발되고 있고, 또 상용화되고 있다. 특히 미국의 Intellon의 경우 14Mbps, 스페인의 DS2는 45Mbps, 그리고 국내 젤라인의 경우는 19Mbps의 전력선 모뎀을 상용화 또는 개발하고 있는 추세이다.

본 논문에서는 현재 개발되고 있는 10Mbps급 전력선통신 모뎀이 일반 사용자의 환경에서 어떠한 성능을 보여지게 되는지를 살펴보기 위하여 다양한 노이즈 요소가 존재하는 실험실에 두 대의 모뎀을 설치하

고서 RFC 2544[1]에서 규정하고 있는 처리율(Throughput), 프레임 손실율(Frame Loss Rate), 그리고 지연시간(Latency) 특성을 분석하였다.

본 논문의 2장에서는 국내의 전력선 통신 기술의 표준화 및 기술개발 동향을 간략히 제시하고, 3장에서는 일반 환경에서의 성능 시험 환경과 성능 분석 파라미터(Parameter)에 대해 살펴보고, 4장에서는 실험 자료들을 토대로 하여 일반 환경에서의 성능 분석 결과를 제시하며, 끝으로 5장에서 결론을 제시하였다.

2. 전력선 통신 기술의 동향

전력선 통신은 1970년대에 등장한 X-10 기술이 60bps의 저속을 지원하면서 시작되었으며, 전력선 통신 초기에는 주로 저속으로 전등을 끄거나 켜거나 하는 등의 가전기기 제어용으로 활용되었지만, 기술이 발전함에 따라 기존의 가전기기 제어뿐만 아니라, 현재에는 인터넷 액세스나 멀티미디어 서비스까지 수용할 수 있도록 발전하고 있다.

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 Echonet

이 있으며, 국내에는 PLC 포럼 코리아가 활동 중이다.

상기 표준화 단체의 주요 활동 현황을 살펴보면 표 1과 같다.

[표 1] 전력선 통신 표준화 단체

	HomePlug	PLC Forum	Echonet
지역	미국(2000.4)	유럽(2000.3)	일본(1997)
중심 회사	시스코, Intellon 등	DS2, ILevo	미쓰비시, 마쓰시타, 도시바, 히타치
관심 분야	홈 네트워크 기술 분야	엑세스 망에서의 통신기술 및 액세스 망과 홈 네트워크간 연동 등	홈 오토메이션을 위한 가전기기 제어
기술 내용	주파수: 4~20MHz 변조: OFDM Data Rate: 14Mbps	Access: 1.6~10MHz Home: 10~30MHz MAC: CSMA/CA	Data Rate: 36Kbps Plug-and-Play 지원 MAC: CSMA의 변형

전력선 제품 및 서비스 개발을 목표로 하여 결성된 HomePlug 표준화 단체는 주로 가입자 대내에서의 저압 전력선을 이용한 통신 기술의 표준화를 추진중이며, HomePlug 멤버 업체에서는 현재 14Mbps를 지원하는 여러가지 PLC 장비를 상용화하고 있다[2].

PLC Forum은 기술 표준화, 관계법령, 시장 확대를 위해서 활발한 활동을 하고 있으며 주로 고압 전력선을 이용하는 액세스 망에서의 전력선 통신기술에 초점을 두고 있으며, 홈 네트워크와의 연동 기술에도 관심을 두고 있다[3].

반면에, 일본의 Echonet은 설립 초기에는 주로 가전기기 제어를 위한 저속 전력선 통신에 주력하였지만, 점차 홈 네트워크 기술에 중심을 옮겨 가고 있는 중이다[4].

국내에는 2000년 12월에 PLC 포럼 코리아가 결성되어 활발한 활동중에 있으며, 저속의 홈 오토메이션을 위해 HNCP (Home Network Control Protocol) 라는 가전기기 제어 프로토콜을 개발하였다[5].

2.2 기술 개발 동향

전력선 통신 관련 국내의 주요 기술 개발 현황을 살펴보면 표2와 같다.

HomePlug의 주요 멤버인 Intellon은 14Mbps의 장비를 개발하여 여러 멤버와 함께 상용화 하고 있으며, FTP(File Transfer Protocol)를 기준으로 할 때 페이로드 속도는 3-4Mbps를 제공하고 있다[6].

현재 세계에서 가장 빠른 전력선 통신 기술을 가진 스페인의 DS2는 45Mbps급의 칩을 이미 2000년에 개발했으며, 2003년 후반기에는 200Mbps급의 칩을 개발 예정이다.

DS2는 스페인의 Power Utility 회사인 ENDESA와 함께 스페인의 Seville에서 실선로 테스트를 하였으며 Zaragoza에서 고압시험 예정이다[7].

[표2] 국내의 전력선 통신 기술 개발 현황

회사	국가	변조방식	Data Rate(bps)	
			현재	목표
Intellon	미국	OFDM	14M(상용화)	.
Itran	미국	ACSK	24M(개발)	.
Ascom	스위스	CDMA	4.5M(상용화)	20M
DS2	스페인	OFDM	45M(상용화)	200M (2003년)
젤라인	한국	DMT	19M(개발)	50M

국내에는 젤라인이 두드러지며, 젤라인은 현재 19Mbps의 모뎀을 개발하였다. 그리고 한국전기연구원과 함께 50Mbps의 모뎀을 개발할 예정이다[8].

3. 성능 시험 환경과 성능 분석 파라미터

3.1 성능 시험 환경

일반 환경에서 전력선 통신 모뎀의 성능 시험을 위한 환경으로 컴퓨터나 전열기, 기타 소형 가전기기들이 사용되고 있어 다양한 노이즈 요소가 존재하는 일반 사무실을 고려하였다.

그림 1은 성능 시험을 위해 사용한 IXIA 400 성능 분석 장비와 두 대의 10Mbps급 전력선 통신 모뎀을 보여주고 있다.

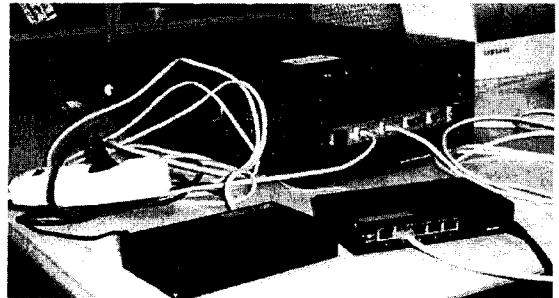


그림 1. 성능 측정을 위한 모뎀과 장비

전력선 모뎀의 설치에 실험실내 브레이크 패널을 중심으로 하여 같은 위상에 두 대의 모뎀을 설치하거나 각기 다른 위상에 한 대씩 설치한 경우를 모두 고려하여 모뎀의 위치에 따른 성능의 변화를 살펴보았으며, 성능 측정은 단방향에 대해서만 실시하였다.

3.2 성능 분석 파라미터

일반 환경에서 전력선 모뎀의 성능 측정 및 분석을 위해 RFC 2544에서 권고하는 처리율(Throughput), 지연시간(Latency), 그리고 프레임 손실(Frame Loss)의 세 가지 파라미터를 고려하였다.

처리율(Throughput)은 장치가 프레임 손실없이 수신할 수 있는 프레임 전송 속도의 최대값을 나타내며, 측정은 10Mbps를 기준으로 이진 탐색 알고리즘(Binary Search Algorithm)을 이용해서 프레임 손실

없이 송수신되는 최대점을 찾는 과정으로 수행된다. 처리율 측정은 특정 두 지점 간 일대일로 구성된다. 테스트의 결과는 각각의 프레임에 대해서 초당 프레임 처리율로 나타나며, 기준 속도의 분율을 통해 최대 송수신 속도를 알 수 있는 지표가 된다[2].

지연시간(Latency)은 통신 장비 간 송수신 과정에서 프레임들의 송수신 지연시간을 나타낸다. 프레임들은 특정 기간 동안 송신 측과 수신 측에 전송되며, 이 프레임들이 송신 될 때 시간이 기록되고 그 프레임이 도착하면 도착시간이 기록되며, 이 송수신 시간 차이가 지연시간을 나타낸다. 지연시간의 측정은 특정 두 지점간 일대일로 구성된다. 테스트의 결과는 각각의 프레임에 대한 모든 시도 회수의 전송지연 평균값을 보여 주면 실시간 서비스를 위한 성능 지표가 된다 [2].

프레임 손실율(Frame Loss Rate)은 통신 모델 장치에 대해 각각 다른 전송율에 따라 손실되는 프레임의 수를 나타낸다. 먼저 특정한 전송 프레임 개수를 정하고 프레임 전송율을 단계적으로 줄여 나가면서 전송된 모든 프레임을 수신할 때까지 반복적으로 측정한다. 프레임 손실 측정은 특정 두 지점간에 일대일로 구성된다. 테스트의 결과는 각각의 프레임 사이즈에 대해 퍼센트 단위로 측정된 손실율을 보여 주며 가입자망의 데이터 송수신 신뢰도의 지표가 된다[2].

4. 성능 분석

그림 2는 성능 측정에 앞서 두 대의 전력선 모델 간에 전력선만이 유일한 연결이 이루어지도록 하여 PC의 도스 프롬프트에서 ping 명령으로 연결성을 테스트한 결과를 보여주고 있다.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
ping 203.246.11.155 with 32 bytes of data:
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 203.246.11.155: bytes=32 time=2ms TTL=128

```

그림 2. 전력선 모델을 이용한 ping 테스트

그림에서 살펴보는 바와 같이 응답 시간이 1~2ms 정도인데 두 대의 PC간에 전력선 모델이 아닌 UTP 크로스 케이블로 직접 연결한 경우에는 대부분 1ms 이내의 응답시간을 보여주고 있어 전력선을 통한 ping 테스트만으로도 다소 지연이 발생하고 있음을 알 수 있었다.

4.1. 처리율(Throughput)

그림 3은 프레임 사이즈 변화에 따른 RFC 2544에서의 처리율 실험 결과를 나타내었다. 대체적으로 프레임 사이즈가 커질수록, 즉 단위 시간당 프레임 개수가 적을수록 처리율이 높은 것으로 나타났다. 이는 단위 시간당 전력선 통신 모델이 처리해야 하는 프레임 개수가 적을수록 프레임 손실없이 전력선 모델이 지원 가능한 최대 속도가 높아짐을 의미한다. 그리고 시험 횟수에 따른 처리율의 차이는 다른 가전제품의 사용에 따른 여러 가지 물리적 노이즈의 영향으로 보인다.

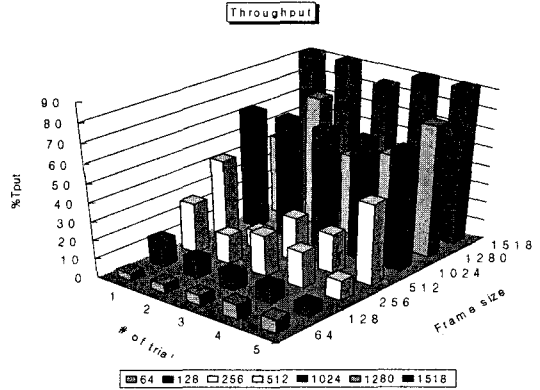


그림 3. 프레임 크기에 따른 처리율(같은 위상)

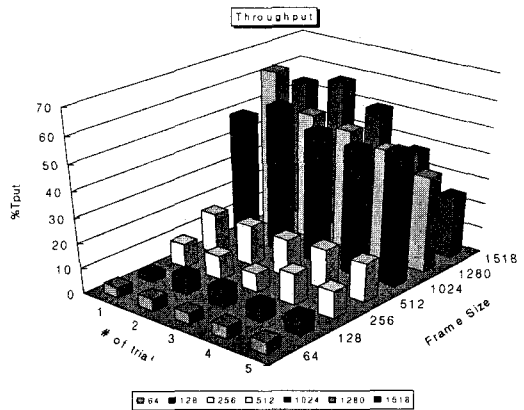


그림 4. 각 프레임 크기별 처리율(다른 위상)

그림 4는 두 개의 모델을 각기 다른 위상에 설치하고서 성능을 측정한 경우의 처리율을 나타내고 있다. 프레임 크기가 1024Byte와 1518Byte를 비교해 볼 때, 다른 위상에서의 처리율은 50% 정도와 25%~55% 사이의 값인데 반해 같은 위상일 때의 처리율은 각각 60%와 80%정도로 처리율이 높게 나타나고 있다. 이는 두 전력선 모델사이에 브레이크 패널이 존재하게 되는 경우 브레이크 패널이 처리율에 다

소 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

4.2 지연 시간(Latency)

그림 5는 두 전력선 모델간에 RFC 2544에서 규정하고 있는 지연시간 특성을 보여주고 있다. 마찬가지로 프레임 크기가 커질수록, 즉 프레임 속도(frame per second)가 낮아질수록 프레임의 지연 시간이 낮아짐을 알 수 있다.

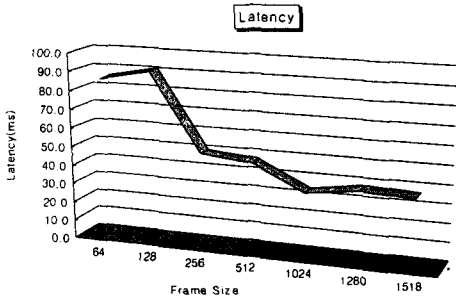


그림 5 프레임 크기별 지연시간

지연 시간 역시 동일한 위상에 전력선 모델을 설치한 경우보다 다른 위상일 경우가 다소 높은 지연 시간을 나타냈으며 높은 변화율을 보였다.

4.3 프레임 손실율(Frame Loss Rate)

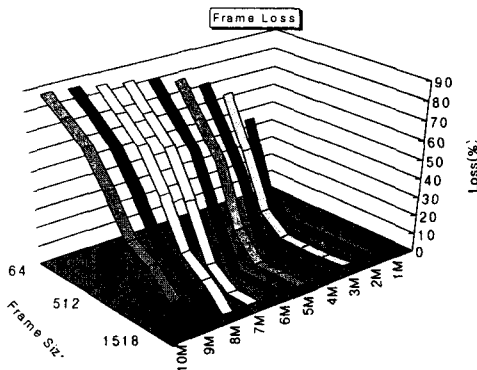


그림 6. 프레임 손실율

프레임 손실율은 정상 상태에서의 부하에서 프레임이 손실로 인해 버려지는 비율로 정의되며, 성능 측정 결과는 그림 6에 나타난 바와 같다.

그림을 살펴보면, 프레임 속도(frame per second)가 증가할수록, 그리고 프레임 사이즈가 작을수록 프레임 손실율이 높은 것을 알 수 있다. 이는 프레임 사이즈에 따라 단위 시간당 송신하는 프레임의 수가 달라지고, 단위 시간당 전송하는 프레임의 수가 많을수록 매체의 영향으로 인한 손실 발생의 확률이 높아지

기 때문이다.

프레임 손실을 또한 서로 다른 위상에 전력선 모델을 설치한 경우는 동일 위상에 설치한 경우에 비해 브레이크 패널의 영향으로 인해 프레임 손실율이 다소 높게 나타나는 특성을 보였다.

5. 결론

본 논문에서는 현재 개발되고 있는 10Mbps급 전력선통신 모델이 일반 사용자의 환경에서 어떠한 성능을 보여주는 지를 살펴보기 위하여 다양한 노이즈 요소가 존재하는 실험실에 두 대의 모델을 설치하고서 RFC 2544에서 규정하고 있는 처리율, 셀 손실율, 그리고 지연시간 특성을 분석하였다.

그 결과로서 프레임 사이즈가 커질수록, 즉 단위 시간당 프레임의 수가 감소할수록 높은 처리율과 낮은 지연 시간, 그리고 낮은 프레임 손실율을 보임을 알 수 있었다.

이는 전력선 모델간에 단위 시간당 주고받는 프레임의 수가 많아 질수록 전력선 매체의 영향으로 인한 프레임 손실 확률이 높아지고, 아울러 RFC 2544에서 규정하고 있는 처리율 또한 낮아짐을 입증하고 있다.

향후 노이즈 요소가 존재하지 않는 통제된 환경에서의 성능 분석을 통해 일반 환경에서의 성능과 비교 검토를 실시할 예정이다.

6. 참고 문헌

- [1] HomePlug, "HomePlug PLC Lab Test Plan", 2000.
- [2] <http://www.homeplug.org>
- [3] <http://www.plcforum.org>
- [4] <http://www.echonet.or.jp/english>
- [5] <http://www.plc.or.kr>
- [6] <http://www.inetllon.com>
- [7] <http://www.ds.co.es>
- [8] <http://www.plcom.com>
- [9] S. Bradner, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices", IETF Document (RFC 2544), 1999.
- [10] R. Mandeville, "Benchmarking Terminology for LAN Switching Devices", IETF Document (RFC 2285), 1998.