

VDSL System의 선로 모델링 및 DWMT 전송방식의 성능평가

이성재*, 홍훈희, 김문성, 곽훈성, 최재호

전북 전주시 덕진구 덕진동 664-14, 전북대학교 전자정보공학부, 정보통신연구소

Phone : +82 (0652) 270-2415 / Fax : +82 (0652) 270-2418

Loop modeling of VDSL system and performance evaluation of DWMT data transmission

Sung-Jae Lee, Hoon-Heui Hong, Moon-Sung Kim, Hoon-Sung Kwak, Jae-Ho Choi

Electronic & Information Engineering Dept., Chonbuk National University

E-mail : wave@moak.chonbuk.ac.kr

본 논문은 한국과학재단 '97특정기초연구사업(과제번호 97-0100-1001-3)의 연구비로 지원됨

Abstract

In this paper, for the performance evaluation of the discrete wavelet multitone based VDSL modem we have studied VDSL system test loops(VDSL0 - VDSL7) that are proposed by ANSI T1E1.4. In addition, we have modeled the damage factors of the transmission channel and evaluated the data transmission performance of VDSL transmultiplexer based on DWMT in conjunction with the VDSL test loops. For each M-PAM signaling we have evaluated the SNRs that satisfy $BER = 10^{-7}$ through simulation and measured the maximum possible transmission speed on each VDSL test loop.

1. 서론

최근의 디지털 통신 기술의 급속한 발전으로 5km 범위 내에서 최대 6Mbps의 고속통신이 가능한 비대칭형 디지털 가입자망(Asymmetric Digital Subscriber Line) 기술보다 한 단계 더 발전된 초고속 디지털 가입자망

(VDSL)에 대한 표준화가 진행 중에 있다. VDSL 기술은 1.5km 이내의 거리에서 일반 전화선을 이용하여 고속전송을 달성하려는 것으로서 그 이상의 거리에는 광섬유를 사용한 광대역 통신망과 연결되는 것을 가정하고 있다 [1].

DWMT을 기반으로 하는 VDSL 다중 전송 기법의 송수신기 구조는 그림 1과 같다. IDWT/DWT는 코사인 변조된 필터뱅크(Cosine Modulated Filter Bank)로 구현되었다. 전송 시스템 성능 평가를 위하여 Physical channel은 ANSI T1E1.4에서 결정된 VDSL 시험 선로를 사용하였다. 선로 손상 요인으로는 FEXT(Far End Crosstalk), NEXT (Near End Crosstalk), AWGN (Additive White Gaussian Noise)를 고려하였다.

본 논문은 2장에서 VDSL 시스템의 선로 모델링과 선로 손상 요인을 알아 보고 3장에서는 VDSL 시험 선로 상에서 DWMT 시스템의 전송 성능 평가 및 시뮬레이션 확인을 하였고 4장에서 결론을 맺는다.

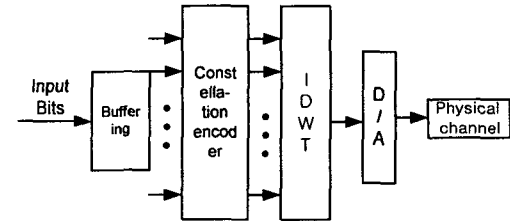
2. VDSL 선로 모델링 및 선로손상요인

2.1 VDSL 시험 선로

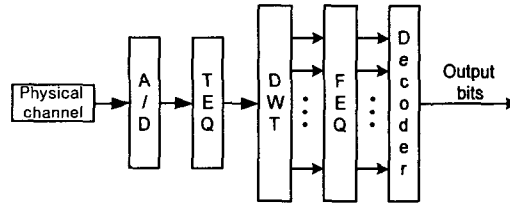
VDSL에 관련하여 활동중인 그룹으로 ANSI, DAV IC, ADSL Forum, ATM Forum, ETSI등이 있으며

1500m까지의 전송 구간을 다루는 ANSI에 다른 그룹들은 의존적이거나 공동보조를 취하고 있다.

ANSI T1E1.4에서는 표 1과 같이 여러 가지 전송 기술에 관한 시험 및 성능평가를 위해 VDSL 시험



(a) 송신기 구조



(b) 수신기 구조

그림 1. DWMT 송수신기의 기본구조

선로들을 제안하였다. VDSL0과 VDSL1은 전송속도에 따른 전송거리를 측정하기 위한 것이고, VDSL2와 VDSL3는 다른 무선신호와의 간섭(interference)에 의한 성능을 측정하기 위한 것이며 VDSL4-VDSL5는 bridge tap에 의한 채널의 골(notch)과 잡음을 측정하기 위한 것이다.

| No. | Rationale |
|-------|---|
| VDSL0 | null loop (also in ETSI) |
| VDSL1 | range stress limit, underground cable |
| VDSL2 | flat-wire vertical drop, horizontal aerial cable on other section |
| VDSL3 | Reinforced-wire vertical drop, horizontal aerial cable on other section |
| VDSL4 | bridge tap, horizontal aerial cable |
| VDSL5 | short loop test with bridge taps and various crosstalk |
| VDSL6 | medium loop test with bridge taps and various crosstalk |
| VDSL7 | long loop test with bridge taps and various crosstalk |

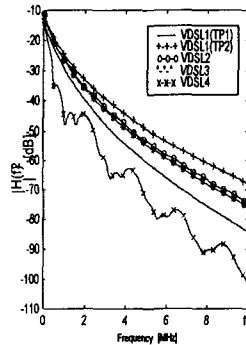
표 1 VDSL loops

표2는 VDSL0 - VDSL4는 1000ft에서 1500ft까지의 다양한 loop길이를 나타낸다.

| Variable Name | Short Value | Medium Value | Long Value |
|---------------|-------------|--------------|------------|
| x(VDSL0) | 1000ft. | 3000ft. | 4500ft. |
| y(VDSL1) | 1500ft. | 3000ft. | 4500ft. |
| z(VDSL2) | 1500ft. | 3000ft. | 4500ft. |
| u(VDSL3) | 1500ft. | 3000ft. | 4500ft. |
| v(VDSL4) | 1000ft. | 3000ft. | 4500ft. |

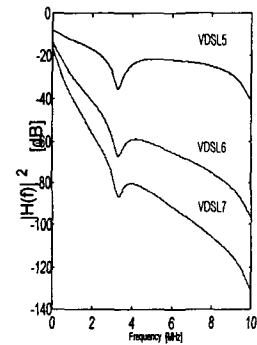
표 2 VDSL Test loop의 선로거리

VDSL 시험 선로중 VDSL0을 제외한 시험 선로들의 채널 특성 $|H(f)|$ 를 그림 2에 보였다. VDSL1에서 VDSL4까지의 가변길이를 갖는 선로는 3000ft.의 선로를 갖는 것으로 가정하였다.



(a)VDSL1-VDSL4

채널전달함수



b)VDSL5-VDSL7

채널전달함수

그림 2. VDSL1- VDSL7 선로의 채널전달함수

2.2 선로 손상 요인

VDSL전송로에서의 주된 선로손상요인으로는 -140 dBm/Hz의 AWGN과, 동일한 선로다발내의 다른 선로로부터 발생하는 간섭으로 NEXT 및 FEXT, 그리고 아마추어무선 주파수 대역과의 중복에서 발생하는 RFI가 있다.

그림 3과 같이 Pair i 송신부에서 원거리 Pair j 수신부로의 신호 누화를 FEXT라하고, Pair i 송신부에서 근거리 Pair j 수신부로의 신호 누화를 NEXT라 한다.[2]

ANSI T1E1.4의 잡음모델에 따르면 FEXT, NEXT, AWGN의 전력밀도는 식(1), (2), (3)과 같다.

$$PSD_{AWGN} = -140 \text{ dBm/Hz} \quad (1)$$

$$PSD_{NEXT} = PSD_{disturber} \cdot (N/49)^{0.6} \cdot 10^{-13} \cdot f^{1.5} \quad (2)$$

$$PSD_{FEXT} = PSD_{disturber} \cdot |H(f)|^2 \cdot (N/49)^{0.6} \cdot 9 \times 10^{-20} \cdot d \cdot f^2 \quad (3)$$

N : Number of crosstalkers (N<50)

d : Length of Loop in feet

H(f) : Transfer function

f : Frequency (Hz)

PSD_{NEXT} , PSD_{FEXT} , $PSD_{disturber}$ 는 각각 NEXT, FEXT, 및 누화(Crosstalk) 잡음원의 전력스펙트럼을 나타낸다. $PSD_{disturber}$ 의 요소로는 ISDN, HDSL, Upstream ADSL, Downstream ADSL이 있다

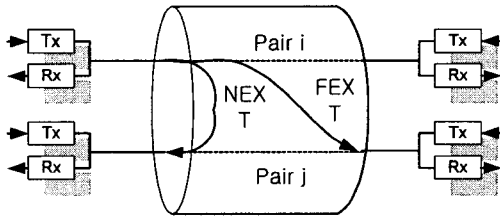


그림 3 Crosstalk 모델(전이중 전송방식)

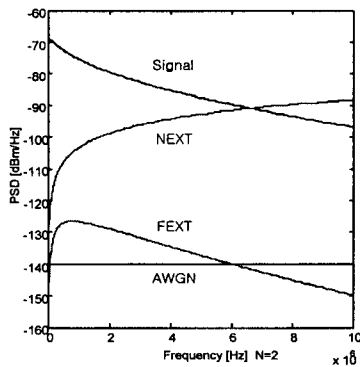


그림 4 VDSL채널의 잡음

그림 4에 선로 길이가 1500ft인 VDSL1(TP2)의 경우에 대하여 채널입력 신호전력이 -60dBm/Hz일 때의 채널 출력 및 AWGN, 누화를 보였다.

3. 시스템의 성능분석

VDSL 시험 선로중 VDSL1(TP1), VDSL1(TP2), VDSL2의 시험 선로에 대해 SNR을 계산하였다. 시뮬레이션은 입력 신호 전력이 -60dBm/Hz 이고 손상 요인으로는 다중 반송파 방식에 의한 채널간의 간섭(ICD)과 신호간의 간섭(ISI), 신호-채널간의 간섭(ICSI)요인만 고려하였다.

16 PAM, 256개의 subchannel, 중첩인자 g=2, TEQ의 tap수 23개, FEQ의 tap수 15개인 경우의 결과를 그림 4, 5, 6에 보였다.

각 PAM에 대해 BER = 10⁻⁷을 만족하는 SNR을 표3에 나타내었다.

| PAM | 요구되는 SNR(dB) |
|-----|--------------|
| 2 | 16 |
| 4 | 23 |
| 8 | 28 |
| 16 | 35 |
| 32 | 41 |
| 64 | 47 |
| 128 | 53 |

표 3 BER(10⁻⁷)을 만족하는 SNR

6dB의 신호 이득이 있는 경우 VDSL1(TP1), VDSL1(TP2), VDSL2인 경우 각각 최대 16PAM, 128 PAM, 16 PAM 전송이 가능하다.

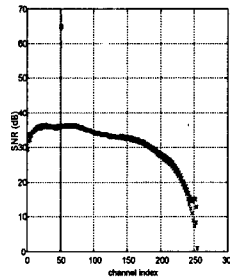


그림 5 VDSL1(TP1)의 SNR

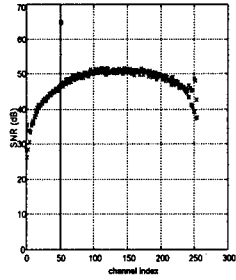


그림 6 VDSL1(TP2)의 SNR

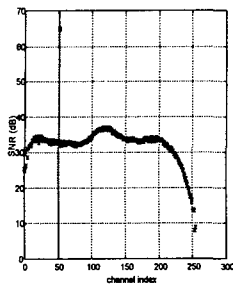


그림 7 VDSL2의 SNR

4. 결론

본 논문에서 ANSI T1E1.4에서 결정된 VDSL 시스템 시험 선로(VDSL0 - VDSL7)와 선로 손상 요인인 FEXT, NEXT, AWGN의 모델링에 대하여 분석하였다. 이어서, VDSL 시험 선로에 대한 DWT 기반 VDSL 모델의 전송 성능을 평가 하였다. 초기적인 시뮬레이션에서는 선로 손상 요인으로 다중 반송파 방식에 의한 ISI, ICI, ISCI만 고려하였고 각 PAM에 대해 BER = 10^{-7} 을 만족하는 SNR을 계산 하여 각 시험선로가 최대로 전송할 수 있는 PAM을 알아보았다.

앞으로 연구할 계획은 선로 손상이요인으로서 FEXT, NEXT, AWGN을 고려한 전송 성능을 평가하는 것이다.

참고문헌

- [1] 박종철, "VDSL System의 선로 모델링과 DMT 전송방식의 성능 평가", 강원대학교 대학원 전자공학과, 1998
- [2] ANSI T1E1.4, "Very-high-speed Digital Subscriber Lines", System Requirements(pp.24-45), Draft Technical Report.
- [3] Dr.Walter Y.Chen, "DSL Simulation Techniques and Standards Development for Digital Subscriber Line Systems", Macmillan Technical Publishing, USA