

DMT 방식을 기반으로 한 ADSL 전송에 관한 연구

박인정(朴仁政), *강영태(姜榮泰)

단국대학교 전자공학과 멀티미디어통신연구실

전화 : (0417) 550-3544 / 팩스 : (0417) 550-3544

A Study on the ADSL transmission based DMT line code

In Jung Park, *Young Tae Kang

Dankook University Electronics Multimedia Communication Lab.

E-mail : ijp21ce@anseo.dankook.ac.kr ; timemate@anseo.dankook.ac.kr

Abstract

Recently, as increasing population of internet, the larger one of required facts is solution for access speed, that transmission performance. ADSL system can provide the best application to resident in low cost, flexible approach. In this paper, for DMT line code that is one of ADSL modulation/demodulation signal processing methods, transmission performance and characteristic are discussed as studies and analysis through computer simulation using MATLAB. We made results with practising simulation using parameters based on ANSI standard T1.413 Issue2.

I. 서론

ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)은 1988년 미국 벨코아사에 의해 개발한 구리 동선을 전송 매체로 하는 xDSL기술의 하나로, 현재 일반 전화 가입자 망에 사용하고 있는 twist-pair line을 그대로 이용하여 일반 음성통화는 물론, 멀티미디어 데이터 통신을 고속으로 실현하는 기술이다.[1]

이 ADSL의 높은 전송 효율은 기존 개인용 컴퓨터 모델에서 사용하는 주파수 대역폭을 4000 Hz라는 코어 네트워크의 제한을 극복하여 수 Mhz 대까지 사용하고, CAP(Carrierless AM/PM), DMT(Discrete MultiTone)와

같은 line code 기술과 이에 따르는 고성능의 DSP(Digital Signal Processing)을 사용하는 것으로 실현할 수 있다.

CAP 방식의 ADSL이 먼저 구현되어 상용되었으나, 1993년에 T1E1.4 working Group에서 실행한 ADSL 'Olympic'에서 DMT 방식의 우수성을 인정받아 그 이후 ADSL 표준으로 DMT line code가 선택되었다. 그리고 1998년 표준안으로 확정되었고, 국내에서도 DMT 방식을 표준으로 채택하여, 정보통신부의 초고속 정보통신망 구축계획에 ADSL을 공식 포함하였다.[2] 그림 1에 ADSL Forum에서 제안하는 ADSL 시스템에 대한 참조 모델을 나타내었다.[3]

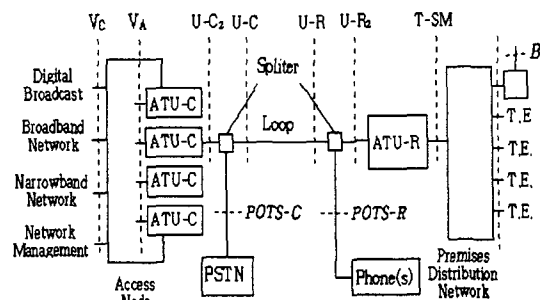


그림 1. ADSL Forum System Reference Model

Figure 1. ADSL forum 시스템 참조 모델

본 논문은 ADSL의 여러 신호처리 변복조 방식 중에 DMT방식의 전송에 관해, ANSI 표준안 T1.413 Issue2

[4]에서 제안하는 ADSL test loop 중 그림 2와 같은 CSA loop #6를 전송선로로 하여 그 특성과 효율을 MATLAB를 이용한 시뮬레이션을 통해 고찰한다.

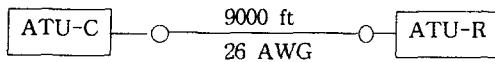


그림 2. CSA loop #6 구조
Figure 2. Configuration of CSA loop #6

먼저, II 절에서는 test loop를 분석하여 수학적 근사식을 정의하여 ADSL에서 사용하는 주파수 대역에 대한 각 변수의 특성을 얻어 전송선로에 대한 전달함수를 정의한다. 그리고, III 절에서는 DMT line code에 대한 특징들을 간단히 살펴보고, IV 절에서 DMT 방식의 ADSL 시스템에 대한 송신기와 수신기, 전송선로의 전체 loop를 구성하여 시뮬레이션에 대한 결과를 분석한다. 결론으로 본 연구에 대한 최종 결과와 추후 과제를 아울러 논한다.

II. 가입자망 전송선로 분석

일반 가입자망에서 사용하는 전화선(twist-pair)은 전형적인 two-port network 시스템으로 그 등가회로를 그림 3과 같이 나타낼 수 있으며[5], 각각의 변수에 대해 근사식을 다음과 같이 식 (1)로 정의한다.[6]

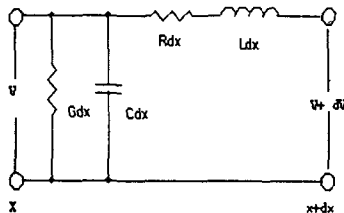


그림 3. 전송선로에 대한 등가 회로
Figure 3. Transmission Line equivalent circuit

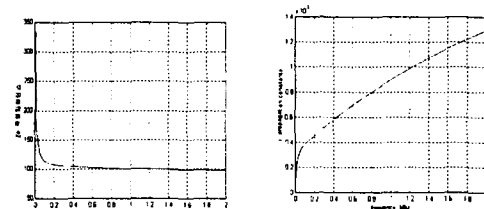
근사식으로 계산되는 R과 L이 외의 C와 G는 T1.413 Iusse2에서 제안하는 경우에 따라 C는 15.72nF/kft

이고 G는 매우 작은 값으로 무시하는 것으로 근사값을 설정한다.

$$R(f) = \sqrt[4]{r_{oc}^4 + a_c \times f^2} \quad (1)$$

$$L(f) = \frac{l_0 + l_{\infty} \times (\frac{f}{f_m})^b}{1 + (\frac{f}{f_m})^b}$$

위의 식 (1)를 이용하여 전송선로의 특성임피던스 Z_0 와 전파상수 γ 가 주파수에 따라 구하여 그림 4에 그래프로 도시하였다.



(a) Z_0 (b) γ

그림 4. 주파수에 따른 특성임피던스(a)와 전파상수(b)
Figure 4. Characteristic impedance(a) and propagation constant(b) for frequency

$$H(d, f) = e^{-\alpha d(f)} e^{-j\beta d(f)} \quad (2)$$

전송선로의 전달함수는 길이 d 와 주파수 f 에 대한 함수로 위의 식 (2)와 같이 나타내어진다.[7]

III. DMT line code

DMT 방식은 다중 반송파에 의한 변복조 방식으로 수 kHz에서 1 MHz에 가까운 범위까지 가입자 선로의 주파수 대역을 4.3125 kHz의 carrier 주파수들을 갖고, 각 carrier들 사이의 직교성으로 guard-band의 필요성을 제거한 256 개의 voice-band 모델들의 집합으로 생각할 수 있다. DMT 방식의 ADSL 시스템에서 256 subchannel에 대하여 512 complex-to-real IFFT와 512 real-to-comple FFT를 실행한다.[8]

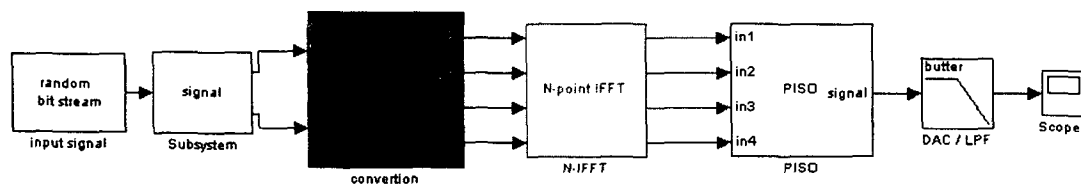


그림 5. ADSL 송신측에 대한 시뮬레이션 block diagram
Figure 5. Simulation block diagram of ADSL transmitter

각 subchannel에 다른 신호전력을 할당하는 것으로 ADSL에서 발생하는 잡음환경, 즉 AWGN, FEXT, NEXT, 임펄스 잡음에 대해 전송 효율을 개선할 수 있게 된다. ADSL의 전체 transceiver 처리량은 조정된 모든 subchannel의 baud rate로 식 (3)과 같이 나타난다.

$$R = \sum_{j=0}^{256} b_j \frac{1}{T + T_g} \quad (3)$$

여기서, b_j 는 각 subchannel의 SNR에 기반한 각 subchannel에 대한 error 가능한 bit 수이고, T 와 T_g 는 각각 baud period와 guard period를 나타낸다.

IV. 시뮬레이션 및 실험결과

본 시뮬레이션에 이용한 tool은 MATLAB Simulink의 기본 block과 communication toolbox의 block들을 주로 사용하고 일부 프로그램한 block들을 사용했다.

앞서 그림 5는 DMT 방식의 ADSL 송신측 시스템에 대한 일반적인 구성을 MATLAB으로 구성한 것이다. ADSL 송신측 block에서는 임의로 발생시킨 bit stream을 데이터 신호로 하여 DMT line code를 실행하였다. 입력 bit stream은 각 subchannel로 분배되고 QAM 신호형태로 변형되어 IFFT가 실행되어진다.

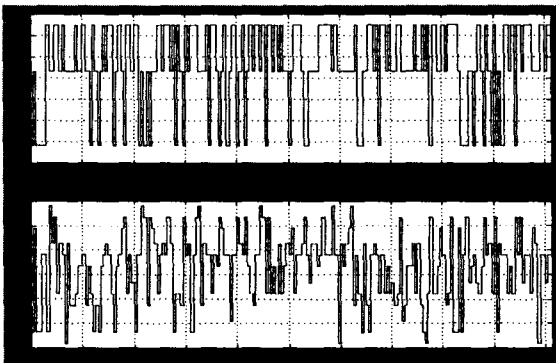


그림 6. IFFT를 실행한 1개의 subchannel 신호
Figure 6. IFFT processing signal for one subchannel

그림 6은 실행된 IFFT에 대한 1개의 subchannel의 신호이다. 이 출력 신호는 DAC를 거쳐 전송선로의 전달함수에 입력신호로 연결한다. 그런 후에, 전송선로를 통해 수신측에 전달된다.[9]

전송선로 부분에 대해서는 그림 7과 같이 II절에서 모델링한 CSA loop #6에 대한 전송선로의 전달함수에 잡음(AWGN, FEXT, NEXT, 임펄스잡음)를 가하여 loop를 구성하였다.

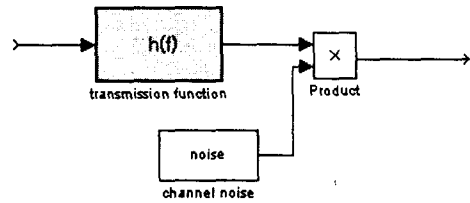


그림 8. 전송선로 block diagram
Figure 8. Block diagram of transmission line

아래 그림 8은 ADSL의 수신측에 대한 block diagram으로 여기서는 송신에서의 역과정이 실행된다.

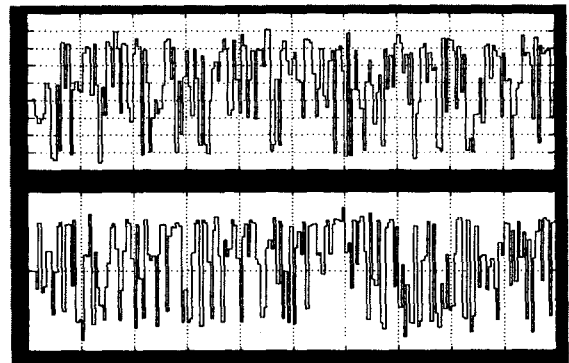


그림 9. decode된 신호
Figure 9. decoded signal

decode된 신호에 대해 1개의 subchannel의 신호를 그림 9에 나타내었다. 이 신호는 QAM에서의 신호 형태로 다시 decode하여 송신 입력신호를 복원하게 된다.

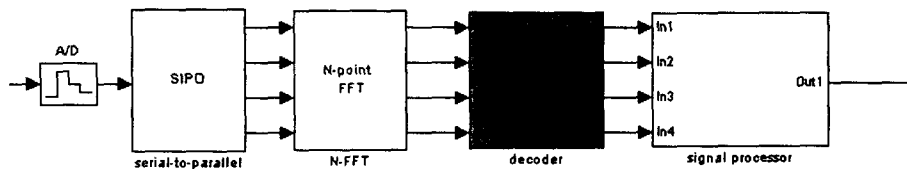


그림 7. ADSL 수신측에 대한 시뮬레이션 block diagram
Figure 7. Simulation block diagram of ADSL receiver

시뮬레이션의 입력 신호로 랜덤 bit stream을 발생시켜 사용하였다. 그림 10에서 위의 그림은 송신측 입력 신호이고 아래는 수신측의 입력 신호이다.

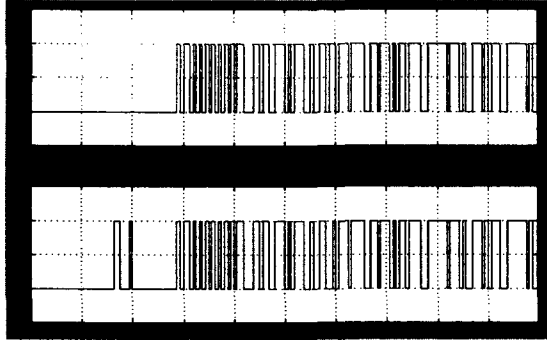


그림 10. 데이터 bit stream ; 송신측(상)과 수신측(하)
Figure 10. data bit stream ; transmitter(high) and receiver(low)

초기 약 3 μ s 간의 '0'는 신호처리에서 생기는 지연을 동기 시키기 위해 삽입된 '0' 신호들이고 초기 3bit의 예러는 AWGN에 의한 것이다. 약 50000 bit의 데이터를 입력하여 시뮬레이션한 error에 대한 결과는 Table 1과 같다.

1	1
1	1
0	0
0	0
1	1
1	1
1	1
1	1
0	0
1	1
1	1
0	0
1	1
1	1
0	0
0	0
1	1
1	1
0	0
0	0
Symbol Transferred	51119
Error Number	503
Error Rate	0.0098397956
Reset error count	Close

표 1. 입력 대 출력 신호에 대한 예러율
Table 1. error rate for input vs output signal

V. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 ADSL 변복조 방식의 하나로 ANSI 표준안 T1.413에서 채택한 DMT방식에 대해 시뮬레이션을 통해 그 특성을 연구 분석하였다. 본 연구를 수행하면서 주목할 만한 사항으로 변복조 처리와 sampling

time, 전송선로를 통한 위상 변화와 잡음 환경으로 인한 왜곡이 전체 전송 효율에 대한 영향과 각 subchannel, 즉 주파수에 따른 영향을 각각 비교할 수 있었다.

현재 ADSL에 관하여 관심받고 있는 line code 방식으로는 DMT 외에 DWMT(Discrete Wavelet MultiTone) 방식이 있다. 이는 DMT의 FFT를 대신해 wavelet 변환을 사용하여 ADSL를 구현한다.

본 연구과제에 이룬, 향후 지속될 과제 및 연구 방향으로 본 논문에서 선택한 CSA loop #6 외에 더 다양한 전송선로에 대한 특성을 가지고, DMT 방식에 대한 더 확장된 특성 분석과 더불어 DWMT에 대한 연구를 수행하여 두가지의 분석 결과에 대한 비교 분석이 이루어질 것이다.

Reference

- [1] ADSL Forum , "ADSL Tutorial"
- [2] 박일중, 고상호 , "ADSL 가입자망 기술 및 표준화 동향" , 한국통신가입자망연구소
- [3] ADSL Forum , "ADSL Technical Report"
- [4] Committee T1-Telecommunications Working Group T1E1.4 T1E1/98-007R5 Plano, TX; 30 November-4 December 1998 , Draft Standard , "T1.413 Issue 2" , Standards Project for Interfaces Relating to Carrier to Customer Connection of Asymmetrical Digital Subscriber Line(ADSL) Equipment.
- [5] M. E. VAN VALKENBURG, "Network Analysis, third edition", 1995.
- [6] 강영태, 박인정, 김형배, 이신, 남상엽, "멀티미디어 데이터를 위한 ADSL 전송의 성능분석", IMMC99, p121-125, 1999.
- [7] 최성환, 전진화, 권호열, "ADSL을 위한 전화선로의 특성분석 및 등화기 설계", KTI(강원대정보통신연구소), 정보통신 논문지 3집, 1999.
- [8] Dr. Walter Y. Chen , "DSL : Simulation Techniques and Standards Development for Digital Subscriber Line Systems" , MTP , 1998.
- [9] John M. Cioffi, "A Multicarrier Primer". Amati communications corporation and Stanford university, 1994.