
초고속 인터넷을 위한 ADSL 전송속도 향상연구

김 홍 모*, 고 남 영**

A Study on ADSL transmission speed enhancement in High-speed Internet

Hong-Mo Kim, Nam-Young Ko

요 약

인터넷 서비스의 폭발적인 증가로 기존에 사용하고 있던 통신망은 용량과 속도 등에서 한계에 부딪치며 개별 사용자가 이용하는 서비스 품질을 만족시키지 못하고 있다. 다양한 멀티미디어 통신서비스를 개별 사용자에게 제공하기 위해서는 가입자망의 광대역화가 이루어져야 한다. 그러나 가입자망의 광대역화에는 많은 시간과 비용을 필요로 한다. 따라서 FTTH(Fiber To The Home)가 일반화되기 이전까지 가장 경제적인 가입자망의 광대역화 방안으로 현행 전화선이나 전화기를 그대로 사용하면서도 고속데이터 통신이 가능한 전화선을 이용한 전송기술이 부각되고 있다. 이 논문에서는 전화선에 가변저항을 연결하여 속도향상에 관한 결과를 분석하였다.

Abstract

With rising demand of Internet Service, the existing communication for users faced the restricted capability and speed, and also failed to satisfy consumer's desire for providing service-quality to them. It can be accomplished the broad-band on subscribe-line to offer various multimedia service to subscriber. But it takes a lot of times and costs.

Consequently, it stands out the most economic subscribe-line for acheving a broadband scheme that new transmission technology can be realized the high-speed data communication as the present telephone-line and telephone by the general public of FTTH(Fiber To The Home). As using the pseudo line, this paper have the result that the mesured speed was improved by connecting a variable resistor on the line

* 기상청

** 군산대학교 공과대학

접수일자 : 2000. 10. 11.

1. 서 론

Modem을 통해 전달된 data는 변조와 sampling을 거쳐 analog신호의 형태로 교환기에 전달되고 교환기는 이 신호를 다시 Internet쪽으로 연결시켜 주는 데, 4KHz의 음성주파수를 PCM기법으로 sampling하여 전송할 경우 얻을 수 있는 최고 속도는 64Kbps이다.

$$8K[\text{samples/sec}] \cdot 8\text{bits} = 64\text{Kbps}$$

이러한 음성교환기를 기반으로 한 modem은 56Kbps의 속도로 한계를 맞이하였고, 이 속도 또한 실제적으로 전송을 수행함에 있어 전송거리, noise등에 의한 손실로 33.6Kbps 정도의 속도를 가질 수밖에 없어 고속modem으로의 욕구를 충족시킬 수 없게 되었다.

이러한 한계를 극복하기 위하여 새로운 modem기술이 개발되었고 이것이 바로 ADSL인데 이는 음성주파수 대역인 4KHz의 영역을 벗어나 data를 상위주파수 대역으로 분리시킴으로써 보다 고속의 전송속도를 구현할 수 있게 되었다 [1].

ADSL에서는 음성교환기를 거치지 않고도 Internet에 연결되는데 이는 음성과 data의 주파수대역을 분리시켜 전송시킴으로써 data만을 별도로 Internet에 연결시키게 되는 것이다.

ADSL에서 data를 위해 할애하는 주파수 대역은 그림 1과 같으며 이는 기존의 동선을 이용하면서 음성주파수 대역이 쓰고 남는 상위의 대역을 점유함으로써 음성과 data를 완전히 분리하여 전송시킬 수 있는 것이다.

이렇게 음성과 data를 다른 주파수 대역으로 분리시키는 기능을 POT Splitter에서 수행하는데 여기서 POT란 Plain Old Telephone 의 약자로 기존의 음성급 전화서비스를 말 하며 Splitter란 말 그대로 분리시켜준다는 뜻으로 동선에서 가질 수 있는 주파수대역인 1MHz를 음성과 data의 영역으로 분리시킨다는 뜻이다 [2][3].

ADSL을 비대칭형 전송이라 하는데 이는 Downstream의 속도(8Mbps)와 Upstream (256Kbps)의 속도가 서로 다른 데서 기인한 것으로 이는 Internet에 연결된 대부분의 host들이 data를 down 받는 경우

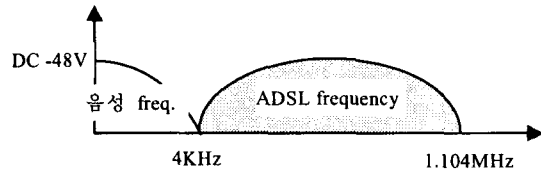


그림 1. ADSL 데이터 주파수대역.
Fig. 1. ADSL data frequency bandwidth

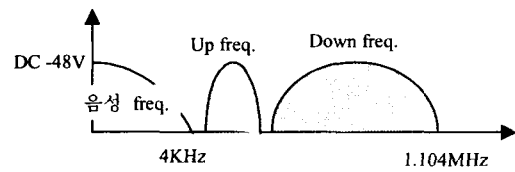


그림 2. ADSL 데이터영역 분할.
Fig. 2. ADSL data-area division.

가 upload 하는 경우보다 많기 때문에 이를 위해 ADSL의 주파수 대역을 다시 한번 분할하였기 때문이다.

Downstream과 Upstream을 구분하기 위해 FDM (Frequency Division Multiplexing)기법을 쓰는데 이는 전송하고자 하는 신호를 주파수대역별로 분류하여 전송하는 기법으로서 1MHz의 주파수 대역을 구분하여 전송하는 ADSL에 있어서는 효율적인 방법이다. 이외에도 EC (Echo Cancellation)기법이 있으나 이는 FDM에 비해 신호간 간섭의 영향을 많이 받으므로 실용적이지 못하다. Data를 전송하는데 있어서 필수적인 과정이 변조(Modulation)인데 ADSL에서는 변조를 위해 DMT (Discrete Multi-Tone)변조를 쓰고 있다. 여기서는 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 기법을 사용하는데 여러 종류의 QAM중에서도 QAM4096을 사용하고 주파수대역을 256개의 tone으로 이산시켜 쓸 것을 ANSI는 T1.413에서 권고하고 있다.

본 논문은 실측전송속도를 조사하고 나타난 속도저하현상에 대해 연구하였다.

II. ADSL 전송기술 및 전송속도

2.1 소개

ANSI에서 ADSL의 표준으로 3가지 방법을 정의한다 [4].

- Single carrier QAM
- CAP Modulation
- DMT Modulation

2.2 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) (5)

데이터의 전송을 더욱 빠르게 하기 위해서는 전송 파형을 초당 많이 보내는 방법과 하나의 파형이 의미하는 값(비트수)을 증가시킴으로써 보내려하는 데이터를 더욱 신속하게 보낼 수 있다.

이중 파형이 의미하는 비트수를 증가시키는 방법이 QAM이라고 할 수 있다. QAM은 PAM의 해석기 내의 해석 방식을 조금 더 복잡하게 하여 만든 변조방식이라고 할 수 있다. 즉 하나의 파형이 종단의 해석기를 통과할 때 그 시점에서 파형의 위치에 따라 그 파형이 의미하는 데이터는 비트수가 정하여진다. 그러므로 하나의 데이터파형(symbol)이 표현할 수 있는 데이터 비트 수이다. 데이터는 좌표에서 표현되는 위치에 따라 특정한 의미의 값(여러 비트의 정보)을 포함한다. 이러한 값들은 보내려 하는 비트의 값에 따라 특정 위치에 선정되어 모듈레이션이 된다. 표 1과 같이 표현된다.

표 1. 전송 데이터량

Table 1. Transmission data-capacity

Bits/Symbol(r)	QAM Constellation Size(2^r -QAM)	Required SNR(db)for BER< 10^{-7}
4	16-QAM	21.8
6	64-QAM	27.8
8	256-QAM	33.8
9	512-QAM	36.8
10	1,024-QAM	39.9
12	4,096-QAM	45.9
14	16,384-QAM	51.9

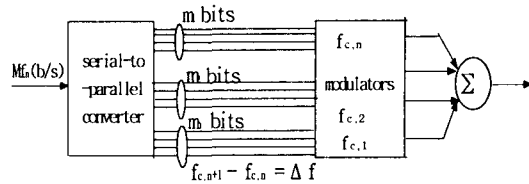


그림 3. MCM 변조시스템의 일반적구조.

Fig. 3. MCM structure of modulation system

표 1에서 보듯이 회선 상태가 좋을수록(BER의 수가 높을수록) symbol당 보낼 수 있는 데이터의 수는 많아진다.

2.3 DMT(Discrete Multi-tone)방식 (6)

MCM 방식은 채널스펙트럼을 여러개의 부채널(subchannel:주파수 대역)로 나누고, 각부채널을 독립적으로 반송파(signal carrier)를 이용하여 변, 복조를 하는 방식이다.

MCM의 변조시스템의 일반적인 구조는 그림 3과 같다.

입력데이터 $M f_n$ (b/s)가 f_n 의 블럭속도로 M비트의 블럭으로 그룹 지어진다.

각 m_n 비트가 $f_{c,n}$ carrier 주파수로 변조된다.

그림 3에서 각 기호는 다음 조건을 만족한다.

MCM(multi-carrier modulation)은 orthogonally multiplexed QAM, orthogonal frequency division modulation(FDM), dynamically assigned multiple QAM 등의

$$f_{c,n+1} - f_{c,n} = Df$$

$$f_{n,c} = nDf, n = n_1, n_1 + 1, \dots, n_2$$

$$M = \sum_{n=n_1}^{n_2} m_n \dots \dots \dots (1)$$

여러 가지 이름으로 불리어진다.

Multicarrier의 기본개념은 inter-symbol interference (ISI), 혼선(crosstalk), col-or잡음이 있는 데이터 전송채널을 주파수 분할변조를 사용하여, 평행하고 독립적인 ISI없는 N개의 부채널로 나눈 뒤, 각 부채널에서 독립적으로 변, 복조 기능을 수행하도록 하는 전송방식이다.

일반적으로 전송채널은 평탄하지 않다.

이런 채널로 여러 개의 부채널로 나누었을 때, 모든 부채널에 같은수의 비트를 할당하는 것은 불합리하다.

그러므로 각 부채널별로 서로 다른 수의 비트가 할당되는데, 큰 이득을 가진 채널스펙트럼의 대역에는 많은 량의 데이터를 할당하고, 적은 이득을 가진 채널에는 적은 량의 데이터를 할당하여 전송한다.

MCM은 그림 4와 같이 입력비트의 블록이 N개의 부symbol $x_n(n=0,1,2,\dots,n-1)$ 로 나누어진다.

이러한 부symbol이 각각 독립적으로 n차원 정현 변조벡터 p_n 으로 변조된다.

n번째 변조벡터는 식(2)과 같이 주어진다.

$$P_n = [P_{n,0}, P_{n,1}, P_{n,2}, \dots, P_{n,N-1}]$$

$$P_{nk} = \left[\frac{1}{\sqrt{N}} e^{j2\pi/N kn} \right] \quad n, k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (2)$$

DMT는 ADSL을 전제로 하여 연구 개발한 MCM 방식이다.

DMT에서 식(2)의 변조벡터는 inverse discrete fourier transform으로, 복조벡터는 discrete fourier transform으로 간단하게 구현된다.

DMT에서 사용되는 각 band의 carrier들은 discrete fourier transform(또는 inverse discrete-time fourier transform)의 kernel들을 D/A 변환하여 간단하게 만들 수 있으며, MCM에서 각 정보들을 가진 carrier를 더하여 만든 전송신호는 N개의 정보를 가진 신호들을 한번에 inverse discrete fourier transform 한 뒤, D/A 변환을 하여 얻을 수 있다.

이점이 N개의 독립적인 송, 수신기를 사용하는 일반적인 MCM과 다른 점이며, 이 방법의 장점은 일반적인 MCM에 비하여 시스템이 간단하여, hardware로 구현하는데 있어서 TMS320과 같은 DSP processor 또는 다른 디지털 회로와 D/A 변환기를 사용하여 간단하게 구현할 수 있다.

복조는 수신기에 들어오는 신호를 A/D 변환 한 뒤, discrete fourier transform을 수행하여 구할 수 있다.

이 분야에서 가장 앞서나가는 Amati사에서는 1.1 MHz의 대역을 4KHz의 대역폭을 가진 256개의 부

채널로 나누어 사용하는 것으로 제안하였다.

그림 4의 송·수신기의 동작원리는 Rb/s의 입력스펙트럼이 $b_{DMT} = RT_{DMT}$ bits의 블록으로 버퍼링되며, 이 bits들이 여러 개의 부채널에 나누어진다.

여기서 T_{DMT} 는 DMT symbol의 주기를 표시한다 [7][8].

DMT symbol속도는 $f_{symbol-DMT} = 1/T_{DMT}$ 로서, b_{DMT} 개의 비트들이 이 속도로 전송된다

이 b_{DMT} 개의 비트들은 각 부채널에 할당된다.

예를 들면, 모두 M개의 subband가 있고, j번째 밴드에 할당된 비트수가 b_j 라고 하면, b_j 와 b_{DMT} 사이에는 식(3)와 같은 관계식이 있다.

비트 할당은 먼저 각 채널의 전달특성을 구하고, 이에 기준하여 비트를 할당하게 되는데, 이를 위해 채널의 채널감소, 잡음, 위상특성 등 정확한 채널정보가 필요하다.

$$b_{DMT} = \sum_{j=1}^M b_j; \dots \dots \dots (3)$$

이러한 채널정보는 송·수신기 모두 가지고 있어야 하므로, 채널의 식별과정은 초기화 동안에 이루어

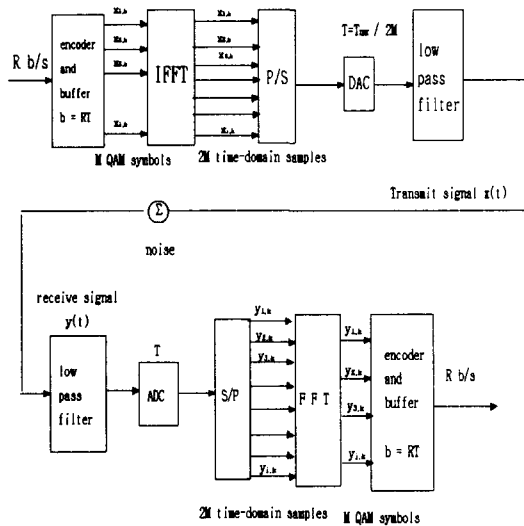


그림 4. 일반적 DMT 송·수신기 block diagram. Fig. 4. DMT transmitterreceiver block diagram

어지며, 정상상태 데이터 전송중에는 천천히 up-data된다.

먼저 미리 정의된 test pattern이 가입자로부터 전송신호 요구를 받는 즉시 전화국에서 가입자쪽으로 보내지며, 또한 가입자쪽에서는 미리 정의된 트레일링열이 스펙트럼 평가를 위해 송신기에서 수신기로 보내진다.

채널의 운영상태를 검증하기 위해 타이밍과 동기가 이 시간에 이루어지고, 프레임동기가 설정된 후 DMT 송·수신기는 실제의 데이터를 전송한다.

b_j 비트가 할당된 부채널은 2^{b_j} 개의 서로 다른 symbol이 존재하며, 이 부채널에서의 복소DMT 부 symbol $x_{j,k}$ (j 는 부채널, k 는 버퍼된 시간 인덱스)는 QAM 또는 CAP에서의 신호배열에서 구한다. 이렇게 구한 $M(256)$ 개의 복소부 symbol $x_{j,k}$ 를 2M-point IFFT를 하여 2M(512)개의 실시간 영역 symbol $x_{i,k}$ ($i = 1, 2, \dots, 2M$)로 만들고, 이를 다시 parallel-to-serial 변환기에 통과시켜, 2M개의 실시간 샘플 집합을 만든다.

그리고 이 2M개의 샘플은 $f_{symbol-DMT} = 1 / T_{DMT}$ 의 샘플링 속도를 갖는 DAC를 통과된 후, DAC의 lowpass filter를 통과시켜, 전송채널인 가입자선로를 통하여 전송된다.

부채널의 수가 충분히 크면 부채널의 전달함수 $H(F)$ 는 폭이 $1/T_{DMT} = f_{symbol-DMT} / 2T_{DMT}$ [Hz] 이고 중심주파수의 이득이 $|H(f_i)|^2$ 인 직각 부채널의 전달함수의 집합으로 근사화 시킬 수 있다.

이러한 근사치로 채널은 이산시간과 평행, 독립적인 ISI가 없는 이득 $|H(f_i)|^2$ 인 부채널의 합으로 분할할 수 있다.

M 이 충분히 크고, 잡음이 가우시안인 경우, 각 부채널간의 잡음 성분은 서로 독립되어 있다고 가정할 수 있다.

그러므로 각각의 부채널은 memoryless로 가정할 수 있고, 따라서 trellis부호를 사용할 수 있다. 이 점이 Multicarrier 변조의 장점이다.

수신기의 동작은 송신기동작의 역으로 수행된다.

수신된신호 $Y(t)$ 를 로스터 필터링하고 ADC, serial-to-parallel 변환기, FFT 및 복호기를 통하여 원하는 정보를 구한다.

Ⅲ. 측정 결과

선로품질은 선로손실, 절연저항, 근단누화, 임펄스잡음, 유도잡음 등에 조건이 맞지 않을 경우 선로품질이 현저히 저하되어 전송속도에 영향을 준다. 다음의 세부사항

- 선로손실 - 44db이하
- 절연저항 - 10MΩ이상
- 근단누화 - 65db이상
- 임펄스잡음 - 14개 이하
- 유도잡음 - 1mV이하

등의 조건을 충족시키는 전제하에 측정하였다

전송속도를 측정한 결과를 표 5에 Upstream과 Down-stream으로 정리하였다. 표 5에서 보듯이 전체적인 전송속도가 안정적으로 제공되고 있음을 알 수 있지만 광단국에서 약 1.5Km지점까지의 속도가 광단국에서 1.5Km~2.2Km지점까지의 속도보다 느린점을 알 수 있는데, 그 이유는 DSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexer)의 전송신호가 광단국에서 1.5Km지점까지는 너무 빠르기 때문에 가입자측의 모뎀장비에서 그 전송신호를 받아들일 수 없기 때문이다. 그리고 4Km이상의 거리부터는 속도가

표 2. 거리에 대한 상·하향전송속도 (전북서북부지역)
Table 2. up·downstream transfer rate for distance

거리(Km)	Downstream (Kbps)	Upstream (Kbps)
4.2	1664	320
3.4	3680	480
3.2	3552	640
3	3785	704
2.8	4480	736
2.4	4780	680
2.2	5056	736
2	5408	736
1.8	4992	704
1.6	5000	768
1.2	4736	542
1	4864	384
0.8	4400	570
0.4	4512	520

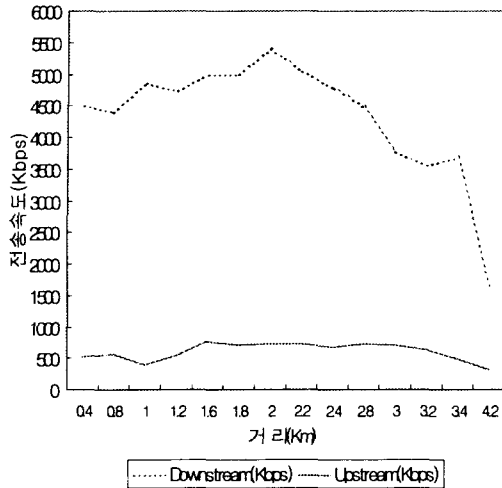


그림 5. 상 · 하향 전송속도.
Fig. 5. up · downstream transfer rate

현저히 떨어지는 것을 알 수 있다. Pseudo line을 이용하여 선로상에 가변저항(5KΩ)을 달고 측정한 결과 1.5Km지점까지는 400Kbps정도 향상되었다.

IV. 결 론

최근 인터넷이 급속도로 확산되면서 멀티미디어 서비스 영역도 갈수록 확대되고 있다. 이러한 데이터의 효율적 전송문제를 해결하기 위해 전송속도와 변조방식 등에 중점을 두고 연구하고 있다. 그 목적은 정보의 신속한 획득과 교환이 조직과 개인의 경쟁력이 될 21세기에 국가경쟁력 향상 차원에서 정보네트워크 인프라의 선진화를 위한 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 현재에는 UADSL (Universal ADSL) 기술을 확산시키고 규격 표준화를 선도하기 위한 모임으로 UAWG(Universal ADSL Working Group)라는 단체가 결성되어 ADSL 포럼 등과 함께 ADSL에 관련된 모든 규격과 향후 ADSL의 발전방향 등을 연구하고 있다.

본 논문에서 기술한 전송기술 중 DMT방식으로 구

축되어 있는 시스템을 이용하여 측정한 결과 근거리 지역에서 전송신호가 강해도 전송속도가 떨어졌다. 이 문제점을 해결하기 위한 방안으로 의사선로상에 신호세기를 조정할 수 있는 가변저항을 설치한 후 속도를 측정하였더니 속도가 향상되었다.

하지만 실제적으로는 기존의 선로마다 신호의 세기를 보상할 수 있는 어떤 장치를 설치한다는 것은 불가능하므로 DSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexer)나 가입자측 모뎀장비에 설치를 하는 연구가 활발히 진행중이다.

V. Acknowledgment

"This work was partially supported by the Brain Korea 21 Project"

참 고 문 헌

- [1] Kimmo K. Saarela, "ADSL," 6 Mar. 1994.
- [2] 일본 ADSL 연구회 중간보고, Nov 1999.
- [3] 신병선, "A analysis of return loss of the POTS splitter for providing ADSL service," 대한전자공학회 1997년도 추계종합학술대회 논문집, 11 1997 v.20, n.2, pp.115-118
- [4] ANSI/T1E1.4/04-007, "Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface."
- [5] 문두영, "ADSL/HDSL 전송기술," 전자공학회지 1996, 02 v.23, n.2, pp.82-90
- [6] J. M. Cioffi, A Multicarrier Primer, "Amati Communication Corporation and Stanford University," T1E1.4, Nov 1991.
- [7] 김정휘, "초고속 인터넷 서비스를 위한 DMT 방식의 ADSL 전송성능 분석," 정보통신연구 제13권 제3호, Sep 1999.
- [8] K. Sistanizadeh, P. S. Chow, J. M. Cioffi. "Multi-Tone Transmission for Aaymmetric Digital Subscriber Lines(ADSL)," ICC93



김 홍 모(Kim Hong-mo)
1998년 2월 군산대학교 전파공학
과졸업(공학사)
2000년 8월 군산대학교 전파공학
전공(공학석사)
2000년 8월~현재 기상청근무

* 관심분야: 네트워크, ADSL, 전파통신



고 남 영(Ko Name-young)
1973년 2월 광운대학교 무선통신
공학과 졸업(공학사)
1980년 2월 전국대학교 통신행정
학 (공학석사)
1995년 2월 국민대학교 통신행

정학(공학박사)

1996년 8월 Pacific Western Univ.-Communication
(PH.D Com_)

1975년 2월~1992년 7월 군산 수산 전문대학교 교수

1992년 7월~현재 군산대학교 전자정보공학부 교수

2001년 2월~현재 군산대학교 공과대학장

* 관심분야 : 무선통신, 통신정책, 남북통신