

工學碩士 學位論文

FLC-C基盤 ADSL서비스의 傳送性能
最適化 方案에 관한 研究

指導教授 鄭 信 一

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함



2002年 2月

釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

權 容 善

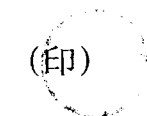
이 論文을 權容善의 工學碩士
學位論文으로 認准함

2001年 12月 15日

主 審 工學博士 金 錫 泰 (印)

委 員 工學博士 鄭 淵 湖

委 員 工學博士 鄭 信 一



목 차

Abstract

I. 서 론	1
II. FLC-C기반 ADSL서비스 구성 및 특성	4
1. FLC의 종류 및 특성	4
2. FLC-C/D형의 특성비교	5
3. FLC-C기반 ADSL서비스의 구성	5
4. FLC-C기반 ADSL의 전송성능에 영향을 주는 요소	22
III. FLC-C기반 ADSL서비스의 전송속도 측정	26
1. 속도향상 프로그램 설치효과 분석	27
2. FLC-C기반 ADSL전송방식의 변경시험	30
3. NAS의 PCR 변경시험	32
IV. 결과 및 고찰	34
1. 속도향상 프로그램 설치효과측정의 결과 및 고찰	34
2. FLC-C기반 ADSL전송방식 변경시험의 결과 및 고찰	35
3. NAS의 PCR 변경시험의 결과 및 고찰	36
V. 결론	37
참고문헌	39

A Study on the Optimization Methods for Transmission Performance of the FLC-C Based ADSL Services

Yong-Sun Gwon

*Department of Telematics Engineering, Graduate School of Industry
Pukyong National University*

Abstract

In this paper, the downstream rates of the FLC-C based ADSL services were measured under variable circumstances in order to find the optimum performance of transmission. The optimal values of the transmission parameters were investigated by varying the ADSL transmission mode of FLC-C and Peak Cell Rate(PCR) of Network Access Service (NAS). The fast mode showed better transmission performance than the interleave mode by about 0.4 Mbps. It was found that the optimal PCR value of NAS was 8.5 Mbps. When the operating system of user's PC was Windows98 or Windows98SE, the 20% improvement in the downstream rate was achieved by using speed enhancing patch programs.

I. 서 론

ADSL을 기반으로 하는 초고속 인터넷 서비스가 보편화 되면서, 인터넷 트래픽은 급격히 증가하고 있으며 이런 추세는 당분간 지속될 것으로 예상된다. 음성 서비스를 위주로 하는 전화망이 전기 통신망의 주요 부분을 차지하고 있긴 하지만, 우리나라를 위시한 일부 국가에서는 이미 데이터 트래픽이 음성 트래픽을 초과하고 있으며 수 년 내 전세계 데이터 트래픽이 음성 트래픽을 추월할 것으로 보인다[1].

2001년 6월말 현재 국내 초고속인터넷 총공급 수는 625만 회선으로 방식별로는 ADSL 56.07%, CATV 31.25%, 아파트 LAN 12.52%, 위성 0.16%로 한국통신과 하나로 통신에서 주력하고 있는 ADSL방식이 주류를 이루고 있으며, 월별 증가 추이를 보면 전반적으로 꾸준한 증가세를 보이고 있으며 그 중 ADSL방식이 가장 증가율이 높다[2]. 이와 같이 ADSL 방식이 성공할 수 있었던 원인은 한국의 가입자 분포 밀집도가 높아 사업자의 투자비용을 낮출 수 있었던 점과 게임 등을 위해 고속도의 인터넷접속을 필요로 하였던 점 등을 들 수 있다. 이런 추세는 더욱 확장된 광대역의 전송매체를 필요로 하는 인터넷 콘텐츠가 출현하기 전까지 계속 지속될 것으로 전망된다.

그러나 서비스 수용을 위한 지속적인 대역폭의 증가 요구는 동선이 지닌 능력만으로는 한계에 이르는 시점에 이르렀다. 따라서 이를 대체하기 위한 다양한 대안으로 광을 이용한 가입자 망이 제시되고 있다. 가입자 망에서 발생할 수 있는 많은 제약들을 고려하면, FTTH(Fiber To The Home)방식의 액세스 망이 가장 근본적인 해결책이라 하겠으나[3], 경제적인 면을 고려할

때 이는 단기간에 해결할 수 있는 것이 아니므로 현재는 그 중간 과정인 FTTC(Fiber To THE Curb)와 동선, 또는 UTP가 결합한 구조까지 진화한 단계라 할 수 있다. 국내에서 동선 시내 망을 보유한 한국통신도 신축 아파트등에 광케이블과 예비차원에서의 동선이 소량 공급하거나, 아예 신규 동선 케이블을 포설하지 않고, 광케이블만을 포설하고 아파트 등의 MDF실에 FLC(Fiber Loop Carrier)을 설치해 모든 유선통신서비스를 제공하고 있으며, 일반 밀집주택지역에도 서비스 품질의 고도화를 위해 중간지점의 옥외형 컨테이너에 FLC를 설치해 전화와 데이터 서비스를 제공하고 있다. ADSL 다음 세대의 주요한 초고속 인터넷 서비스의 제공수단으로 예상되고 있는 VDSL의 동선에서의 적정한 전송거리가 약 1.5 Km미만이므로[4], 광을 이용한 Access망은 점차 그 중요성이 부각되고 있으며, 초고속 인터넷의 접속 수단의 필수요소로서 자리매김하고 있다.

한편, FLC를 이용한 ADSL은 그 상,하향 전송속도가 서비스 제공환경이나 이용자의 컴퓨터의 환경에 따라 같은 서비스를 이용하고 있음에도 많은 차이를 보이고 있어 ADSL의 속도에 영향을 주는 많은 요소들의 기준이 정립되어야 하고, 각종 변수들의 최적화가 필요한 실정이다.

본 논문에서는 FLC-C형을 이용한 ADSL서비스의 구성요소 중 ADSL전송구간을 제외한 나머지 부분들의 변수들의 값을 변화시키면서 최적의 전송 성능을 보이는 값을 구해보았다. FLC-C형의 ADSL 전송성능에 영향을 주는 요소로는 NAS의 PCR값과 FLC의 ADSL전송모드(Fast, Interleave), 그

리고 사용자의 PC환경의 MTU, RWIN SIZE등이 있었다. 내·외장형 모뎀의 종류와의 관계도 함께 고려하였다. PC의 OS가 Windows 98이나 Windows 98 SE인 경우는 각종 속도 향상 프로그램등을 이용해 MTU와 RWIN SIZE 등을 최적화 시키는 것이 필요하고, FLC-C(한화)와 연동되는 NAS의 PCR 값은 10M에서 최적의 성능을 보였다. 가입자의 선로환경이 양호할 경우에는 FLC-C형의 ADSL전송모드를 Fast mode로 운용하는 편이 전송성능이 앞섰다.

본 논문의 구성은 2장에서 현재 주거 밀집지역을 대상으로 공급된 FLC-C를 이용한 초고속인터넷 서비스의 구성 및 특성과 그 전송속도에 영향을 주는 요소들에 대하여 살펴보고, 3장에서는 다양한 환경에서의 FLC-C를 이용한 ADSL의 전송속도 측정결과를 나타냈으며, 4장에서는 결과를 비교하고 분석하여 FLC-C형을 이용한 ADSL서비스의 전송성능을 향상을 위한 변수들의 최적치를 제시하였으며, 5장에서는 결론에 대해 기술하였다.

II. FLC-C기반 ADSL서비스 구성 및 특성

1. FLC의 종류 및 특성

표 1에서 현재 국내 통신사업자가 주로 사용하고있는 FLC간의 간략한 특성을 비교하였다. 이 중 현재 ADSL서비스에는 C형과 D형이 사용되고 있다. D형은 기존의 FLC-B형의 기능에 V5.2 프로토콜 처리기능을 추가하여 IDLC기능을 보유하고 있으나, 당초 ADSL서비스를 고려하지 않고 제작되어 VDSL기능까지 고려하여 개발된 FLC-C형에 비해 망의 확장성과 유연성의 차원에서 뒤진다[5].

표 1. FLC-x의 특성비교

구분	FLC-B	FLC-D	FLC-C
수용용량	음성급 :1,890회선 DS1:84회선	자국/팩당 전화:300회선 ADSL:64회선	자국/팩당 전화:480회선 ADSL:96회선
전송속도	STM-1	STM-1	STM-1 STM-4
서비스	전용회선 공급위 주	전화,ADSL중소 용량	전화,ADSL대용 량
특징	DS0공급시 별도 CH BANK필요	SDH + PDH 전 송방식	ATM방식 VDSL기능

2. FLC-C/D의 특성비교

가. 데이터 트래픽 제공 측면

FLC-C는 별도의 장치가 없이 동일한 ONU에서 음성과 데이터의 혼용 실장이 가능하여 별도의 셀프가 요구되는 FLC-D에 비하여 유연한 망의 설계가 가능하다.

나. 데이터 트래픽 수용을 위한 NAS 접속포트 소요 측면

FLC-D는 각 RT마다 DS3급 포트가 필요하지만 FLC-C는 수용되는 ONU의 수와 무관하게 시스템 전체 가입자의 규모에 따라 NAS와 DS3, STM-1으로 접속이 가능하여 전송로의 효율적 사용이 가능하다

다. 서비스의 확장성 및 업그레이드 측면

FLC-C의 경우, ONU는 ATM bus구조로 설계되어 서비스의 확장성 및 업그레이드가 용이하다. 특히 POST-ADSL서비스로 주목되는 VDSL의 경우 시스템 구조의 변경 없이 즉시 수용이 가능하다.

위에서 살펴본 바와 같이 여러 면에서 차후 초고속 인터넷 서비스의 제공에는 FLC-C형이 주로 이용될 것으로 전망되므로, 본 논문에서는 FLC-C형의 ADSL 전송성능의 최적화에 국한하여 연구를 하였다.

3. FLC-C를 이용한 ADSL서비스의 구성

FLC-C는 개발당시에는 주 서비스대상으로 VOD급 영상서비스를 고려하였으나 이보다 고속인터넷 수요의 급증으로 현재는 대형아파트 단지 및 수요

밀집형 지역의 대용량을 요구하는 가입자 망에 이용되고 있다. 음성급(일반 전화, 공중전화), $N \times 64\text{kbps}$, ISDN(BRI, PRI), DS1, DS1E 및 xDSL(HDSL, VDSL, ADSL) 신호를 접속하여 ATM 다중화 한 후 대국장치로 광 전송(622M STM-4C) 함으로써 광대역 멀티미디어의 수용이 용이하다. 이 시스템의 특성으로는, 시스템내의 모든 데이터의 처리를 ATM방식으로 처리하도록 되어있다는 점이다.

FLC-C 시스템은 그림 1에 나타낸 바와 같이 전화국 장치인 HDT와 가입자 주거 밀집 지역에 설치되는 ONU로 구성된다. HDT는 PSTN 서비스와

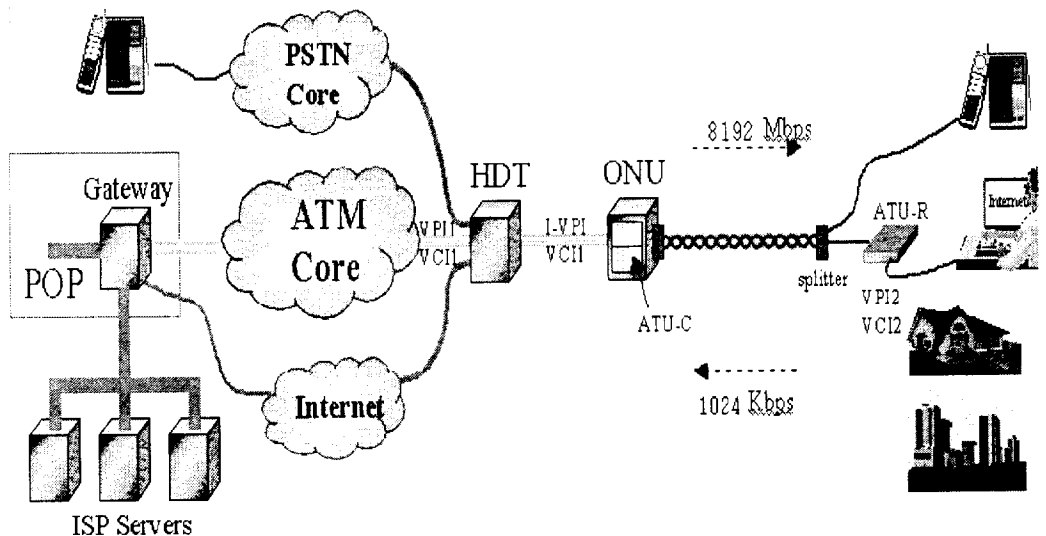


그림 1. FLC-C의 ADSL 서비스 제공

FLC-C 시스템의 HDT 장치와 ONU 장치의 전송방식은 그림 2와 같이 모든 서비스 신호를 ATM 셀 형태를 기본으로 C4-4c/C4 형태의 가상 컨테이너에 ATM셀을 삽입하여 STM-4c/STM-1의 형태로 전송하는 방식이다.



ATM 망에서는 모든 서비스가 ATM 셀의 형태로 접속되지만 기존 망에서 접속되는 DS1, DS1E 서비스 신호는 CBR 형태의 ATM 셀로 회선 에멀레이션 하여 모든 비트 스트림을 ATM 셀의 페이로드에 매핑하여 이를 전송하고 수신측에서는 이의 역 과정을 통해 신호 전송을 하는 방식을 이용한다

HDT의 ANIU는 ATM 교환망과 접속하여 ATM 셀을 송수신하는 유닛으로서 STM-1급 신호 4개를 수용한다. 교환 망으로부터 수신되는 ATM 셀의 주소를 인식하여 해당 OLIU로 라우팅하며, 반대로 OLIU에서 올라오는 셀을 STM-1 신호로 다중화하여 광 전송하는 기능을 수행한다. STM-1 인터페이스는 ATM UNI 접속구조의 대칭성을 고려하여 유지보수관련 국제권고를 준수하여 상·하향 대역폭을 동일하게 설계하였다. 최대 8개의 STM-1 접속에서 각 ATM 셀의 주소는 각 가입자별로 VPI를 할당하여 해당 ONU와 단말의 번호를 프로비전하여 이를 기반으로 셀의 라우팅을 수행한다. ATM 셀은 각 가입자의 서비스 사용에 대한 비율에 따라서 가변적이므로 나머지의 트래픽은 비할당 셀을 인가하여 STM-1의 전송속도의 페이로드 용량을 유지한다.

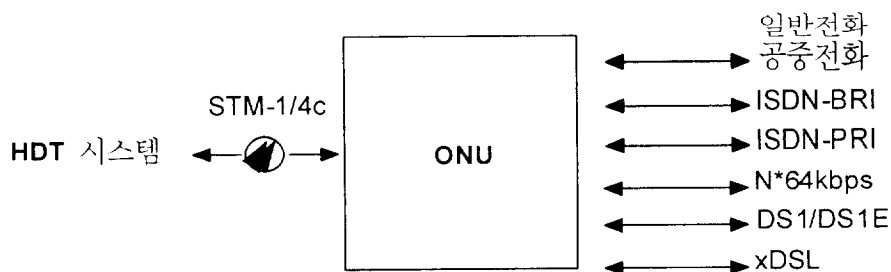


그림 3. ONU 시스템

FLC-C의 ONU는 그림 3과 같이 음성급 최대 512회선, IS하향(BRI) 최대 192회선, IS하향(PRI) 최대 64회선, N×64kbps(MDSL) 64회선, DS1 또는 DS1E(HDSL) 전용회선 최대 4회선, ADSL 96회선을 수용하여, 622 Mbps(STM-4C) 또는 155 Mbps(STM1)의 광신호로 다중화 및 그 역 다중화 기능을 수행하며 국사내의 HDT와 대향 운용된다.

가. ADSL 유니트

1) 개요

ADSL은 동선 케이블의 고주파 대역을 사용하여 고속의 데이터 전송을 실현하는 기술이다. ADSL은 하향으로 최대 6.144 Mbps, 상향으로 최대 640 Mbps의 전송속도를 지원하도록 G.992.1(G.dmt)표준에 명시되어 있다. 이 속도는 표 2에 나타난 대부분의 광대역 어플리케이션들을 서비스할 수 있는 속도이며, 또한 인터넷 및 IMS(interactive multimedia service) 제공에 충분한 속도이다. ADSL 모뎀은 페어로 동작하며, 네트워크 측에 설치되는 모뎀을 ATU-C라고 하고, 가입자 측내에 설치되는 모뎀을 ATU-R이라 부른다. ATU-C와 ATU-R은 모두 ATM셀을 동선 케이블을 투명하게 전달하는 기능을 수행한다.

ATU-C는 ONU의 ATM 셀 버스를 통해 전달되는 ATM셀을 ADSL신호로 바꾸어 ATU-R측으로 전송하고, ATU-R로부터 수신된 ADSL신호로부터 ATM셀을 추출하여 ATM 셀 버스를 통해 OMCU로 전달한다. HDT의 ATM Core와 Ethernet 인터페이스를 통해 ONU로 전달

표 2. 광대역 어플리케이션들의 대역폭 (ADSL Forum, 1999)

Business Applications		Consumer Applications	
Application	Bandwidth (bps)	Application	Bandwidth
Telecommuting/ SOHO	14 K ~ 6 M	Internet	500 K ~ 1.5 M
Internet	500 K ~ 1.5 M	Education	500 K ~ 6 M
Desktop Video Conferencing	128 K ~ 1.5 M	VOD 서비스	3 M ~ 6 M
Distance Learning	500 K ~ 6 M	Shopping	500 K ~ 1.5 M
Local Web Site Hosting	500 K ~ 6 M	Interactive Video Games	128 K ~ 6 M
Telemedicine	500 K ~ 6 M		
Computer Telephony Integration	128 K ~ 1.5 M		

되는 ATM 데이터는 ATU-C 유닛에 의해 ADSL신호로 변환된 다음, ONU측의 스플리터에서 PSTN교환기로부터 IDLC프로토콜로 ONU로 전달된 전화 신호와 합쳐져서 한 페어의 동선케이블을 통해 가입자측으로 송신된다. 가입자측에서는 합쳐진 신호로부터 스플리터에 의해 전화신호와 ADSL신호를 분리시키고, ATU-R이 ADSL 신호로부터 ATM데이터를 복원하여 단말기로 전달한다.

FLC-C ADSL은 유니트 1장당 6가입자를 수용하고, ONU 셀프 1개당 16개 유니트를 실장 할 수 있으므로, 총 96가입자를 1대의 ONU로 수용할 수 있다.

FLC-C시스템은 ATM Core로부터 가입자가 할당 받는 VPI와 VCI값을 투명하게 전달하면서, 동시에 회선 에플레이션용 셀과 IPC용 셀을 HDT와 ONU간에 전송하기 위해서 VPI 스위칭 기능을 수행한다. VPI 스위칭기능은 ATM Core로부터 할당된 VPI값을 FLC-C시스템내부에서 사용하는 Internal VPI(I-VPI)로 변경하여 HDT와 ONU사이의 셀 전송 시 사용하고 외부로 보낼 때, 원래 VPI값으로 변경하는 방법으로 동작한다. I-VPI는 ADSL 5 bit의 유니트 번호 영역과 3 bit의 유니트 내 포트번호로 구성된다. 또한, 목적지 ONU를 식별하기 위해서 GFC필드(4bit)에 ONU 식별번호를 보낸다.

FLC-C시스템은 VCI 스위칭 기능을 처리하지 않으므로, 가입자측에서 65000개 이상의 VCI를 사용할 수 있다. 예외적으로, 가입자측 장비가 VCI를 동적으로 할당 받지 못하는 경우에는 VCI들을 네트워크 운용자로부터 프로비전 받아야 하는 데, 이 때에는 가입자측에 고정된 VCI들을 2개까지 할당하고, ATM Core로부터 할당 받은 VCI와 가입자측 VCI 변환을 ONU가 처리해야 한다. ONU는 최대 2개의 VCI를 변환할 수 있다.

ADSL전송에 사용되는 라인코딩 방식은 DMT(Discrete MultiTone modulation)방식이다. 이 방식은 G.992.1(G.dmt)로 ITU-T에서 표준화가

완료되었다. DMT는 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)이 주파수영역 데이터를 시간영역 데이터로 변환하는 데, 보내고자 하는 데이터를 IFFT의 N개 입력에 적절히 할당하고, IFFT결과인 데이터 시퀀스를 D/A변환하여 전송하면 전송되는 신호는 마치 N개 캐리어에 데이터를 할당하여 전송하는 것과 같게 됨에 착안한 것이다. 표준에서는 D/A변환 시 시퀀스의 샘플링주파수를 4.3125 kHz로 함으로써, 각 캐리어 주파수는 4.3125 kHz의 간격을 갖고 있다. 캐리어에 데이터를 할당하는 방법은 QAM constellation을 사용하여, 각 주파수대역의 SNR성능에 따라 QAM constellation 크기를 조절함으로써, 주파수 대역마다 변화하는 잡음환경을 극복하고 최대의 속도를 얻을 수 있으며, 특정 캐리어에는 데이터를 할당하지 않음으로써, HAM대역으로의 잡음유출(Noise emission)을 쉽게 없앨 수 있다[8].

ADSL모뎀은 주파수분할다중화(FDM)방식으로 동작하는 Category I 모뎀과 Echo cancellation방식으로 동작하는 Category II 모뎀으로 구분된다. Category I 모뎀은 상향스펙트럼과 하향스펙트럼이 겹치지 않는(Non-overlapping) 방식으로서, G.dmt표준의 ANNEX A에 규정된 ADSL above POTS with reduced NEXT 방식이다. Category II모뎀은 상향스펙트럼과 하향스펙트럼이 상향대역에서 겹치는(overlapping) 방식으로서, G.dmt표준의 ANNEX A에 규정된 ADSL above POTS방식이며, 케이블길이가 길거나 잡음이 심한 지역에 고속전송을 실현하기 위한 것이다. Category II모뎀은 스펙트럼이 겹치는 데에 따른 오류를 제거하기 위해 echo canceling방법을

사용한다.

ADSL은 26 KHz와 1.104 MHz사이의 주파수 대역을 4.3125 KHz 대역 폭을 갖는 서브채널로 나누고, 각 채널(캐리어)마다 전송할 비트들을 할당한다[7]. 그림 4와 그림 5은 Category I, II 모뎀의 스펙트럼 할당방법을 설명한다.

Category I 모뎀은 그림 4와 같이 7번과 31번 사이의 채널(26 KHz ~ 138 KHz)을 상향전송에 사용하고, 32번과 255번 사이의 채널(138 KHz~1.104 MHz)을 하향전송에 사용한다.

반면에, Category II 모뎀은 그림 5와 같이 7번과 31번 사이의 채널들을 상향과 하향전송 모두에 사용한다. Category I, II 모두 상향과 하향측의 동기를 맞추는 목적으로 사용하는 파이럿톤은 하향채널 16번과 상향채널 64번을 사용한다.

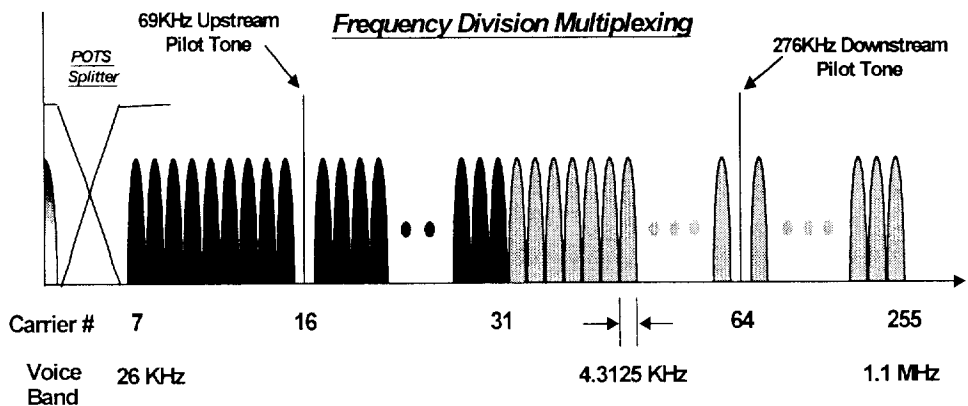


그림 4. Category I ADSL 모뎀의 스펙트럼 할당

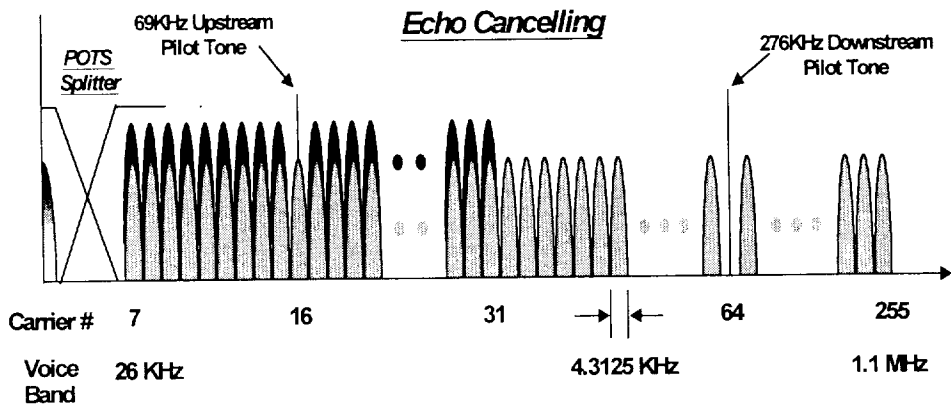


그림 5. Category II ADSL 모뎀의 스펙트럼 할당

Category I 모뎀의 경우, 하향 채널수가 파이럿 톤을 제외하고 223개이므로, 13.38 Mbps ($223 \text{ channel/sym} \times 15 \text{ bits/channel} \times 4 \text{ Ksym/sec}$)의 최대 하향속도를 갖고, 상향 채널수가 24개이므로, 1.44 Mbps의 최대 상향속도를 낼 수 있다. Category II모뎀의 경우, 248개의 하향채널을 통해 최대 14.88 Mbps의 하향 전송속도를 낼 수 있다.

2) ADSL 전송

ADSL은 상향 전송과 하향 전송에 모두 DMT라인코딩 방식을 사용하며, 프레임내부에 7개의 베어러 채널을 정의하여 이 베어러 채널들을 통해 STM과 ATM데이터를 전송한다.

가) ADSL 링크 초기화 과정

ADSL 모뎀 초기화는 물리적으로 연결된 ATU-C와 ATU-R이 통신 링크를 개설하기 위해 필요한 절차이다. ADSL링크의 전송속도와 신뢰성을 최대화하기 위하여 ADSL모뎀은 그림 6과 같이 연결 채널에 적합한 속성들을

결정하고 그 채널에 알맞은 송신 및 처리 특성을 설정한다. 초기화 단계이전에 모뎀들이 동작에 필요한 firmware를 램으로 이동하는 Pre-init과정을 거치고, 그 다음 handshaking과정, 모뎀 트레이닝, 채널 분석, 그리고 Exchange과정을 거침으로써, 초기화 과정을 끝낸다. Handshaking과정에서



그림 6. ADSL 초기화 과정

는 모뎀들이 상대 모뎀을 인식하고, loop timing을 통해 클럭을 재생할 모뎀을 결정하는 등의 절차가 이루어진다. 모뎀 트레이닝 과정에서는 echo cancellation, Automatic Gain Control, PLL timing 초기화과정이 이루어진다. 채널 분석과정에서는 상향과 하향채널의 SNR특성 및 감쇄특성이 분석되고, 이 결과에 따라 비트 할당이 이루어진다. Exchange과정에서는 각 캐리어마다 결정된 Bit 및 Gain 테이블과 베어러 채널들의 최종 결정된 전송속도가 교환된다. 이와 같은 과정을 거침으로써, 모뎀은 실제 데이터를 송수신할 준비가 된 상태인 steady state에 들어간다.

나) 참조 모델 및 프레임 형식

그림 7과 그림 8은 STM모드로 동작하는 ATU-C와 ATU-R 송신기의 블록 다이어그램이다. 하향 프레임내부에는 4개의 단 방향 채널들(AS0, AS1, AS2, AS3)과 3개의 양방향 채널들(LS0, LS1, LS2)이 존재하고, 상향

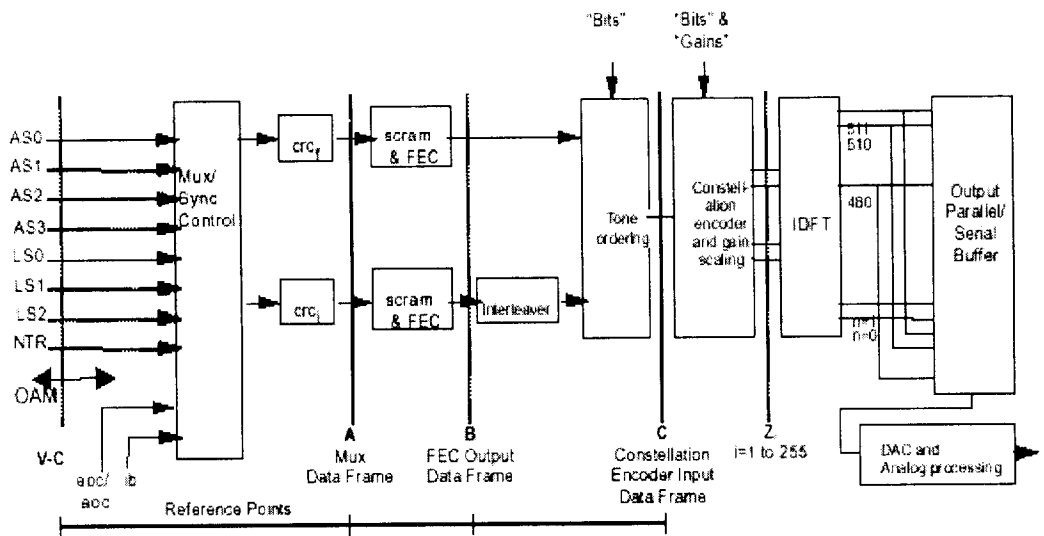


그림 7. ATU-C 하향 송신기 블록 다이어그램

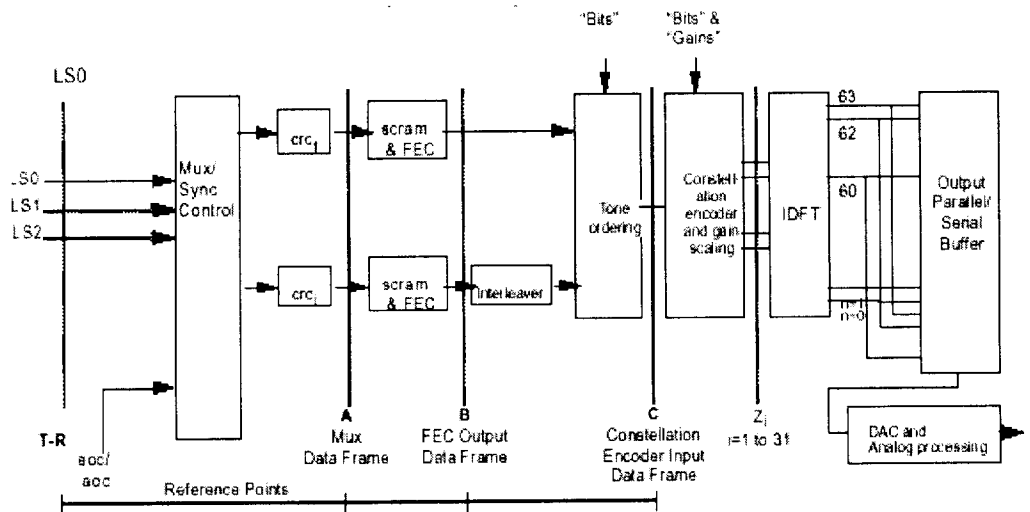


그림 8. ATU-R 상향 송신기 블록 다이어그램

프레임 내부에는 3개의 양방향 채널들(LS0, LS1, LS2)만이 존재한다. ATM모드의 경우에는 ATM셀들을 하향으로는 AS0, AS1 베어러 채널을 사용하고, 상향으로는 LS0, LS1 베어러 채널을 사용하여 전송한다.

각 베어러 채널로 들어오는 데이터들은 fast버퍼와 interleave버퍼로 분배된다. Mux/Sync Control블록에서 동기제어정보와 오버헤드(EOC, AOC)가 버퍼에 삽입되고, CRC가 추가되어 참조 점 A에서 Mux Data Frame이 되며, 이것은 스캐램블링 된 다음 FEC byte가 추가되어 참조 점 B에서 FEC Output Data Frame이 된다. FEC는 fast버퍼의 경우, 프레임 단위로 수행되고, interleave버퍼의 경우에는 여러 개의 프레임을 묶어서 수행한다. 그 다음, 프레임내의 fast버퍼와 interleave버퍼의 데이터들은 Tone ordering결과에 따라 각 tone에 할당되고, DMT방식으로 코딩 및 변조되어 송신된다.

ADSL은 그림 9에서 보는 바와 같은 슈퍼프레임을 사용한다. 각 슈퍼프레

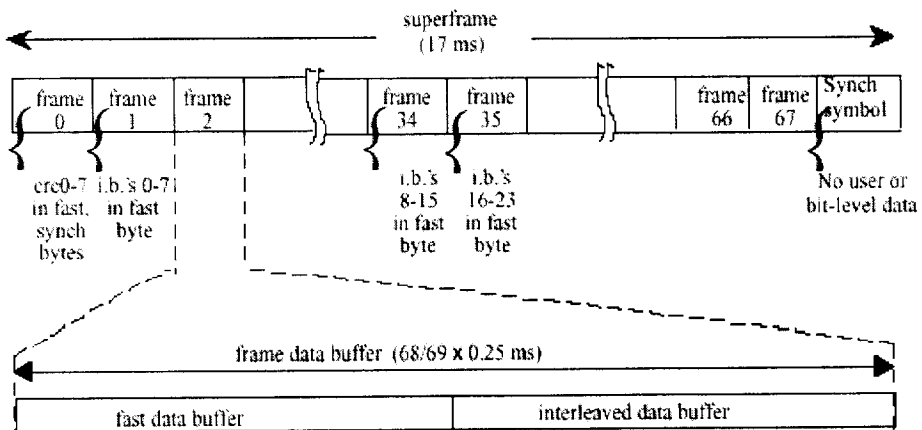


그림 9. ADSL 슈퍼프레임 구조

임은 프레임0부터 프레임 67까지의 68개의 데이터 프레임들과 한 개의 동기심벌로 구성된다. 데이터 프레임들은 DMT심벌로 라인코딩 되어 송신되며, 동기심벌은 변조기가 슈퍼프레임의 경계를 표시할 목적으로 삽입한다. DMT심벌의 송신속도를 4 Kbaud/sec로 하기 위해서는 $69/68 \times 4$ Kbaud/sec 심벌속도를 가져야 한다. 슈퍼 프레임 안의 각 데이터 프레임은 fast버퍼와 interleave 버퍼내용으로 구성된다. 각 버퍼의 크기는 모뎀 초기화 과정에서 이루어지는 베어러 채널들의 할당결과에 따라 달라진다.

Fast버퍼는 그림 10과 같이 1byte의 fast byte와 베어러 채널들과 동기제어메커니즘용 AEX, LEX, 그리고, FEC bytes로 구성된다. Fast버퍼의 첫번째 8비트는 fast byte로서, 슈퍼프레임의 오버헤드를 전송하는데 사용한다. 프레임0의 fast byte에는 슈퍼프레임의 CRC 8비트를 전송하고, 프레임1, 34,

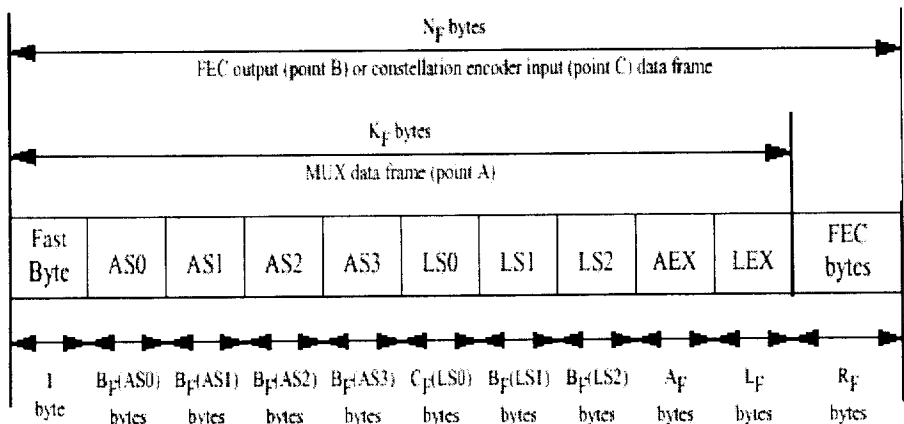


그림 10. Fast 버퍼의 프레임 구조

35의 fast byte에는 indicator bits(3×8bits)를 전송한다. 나머지 프레임들의 fast byte들은 짝수 번 프레임과 그 다음 프레임의 2 bytes를 사용하여 13bit의 EOC와 Sync control정보를 송신하는 데, 짝수 번 프레임의 fast byte의 bit 0를 0으로 하면 Sync control 정보를 송신하는 것을 나타내고, 1이면 EOC를 송신하는 것을 나타낸다.

그림 11은 Interleave 버퍼의 프레임 구조를 보여주고 있다. ADSL슈퍼프레임의 프레임0에 대한 Interleave 버퍼의 sync byte에는 이전 슈퍼프레임에 대한 CRC check bits가 전송된다. 프레임0를 제외한 다른 모든 프레임에서 sync byte는 interleaver버퍼 안의 베어러 채널들의 동기 제어용으로 사용되거나, 또는 ADSL 오버헤드제어(AOC)채널을 운반하는 데 사용된다.

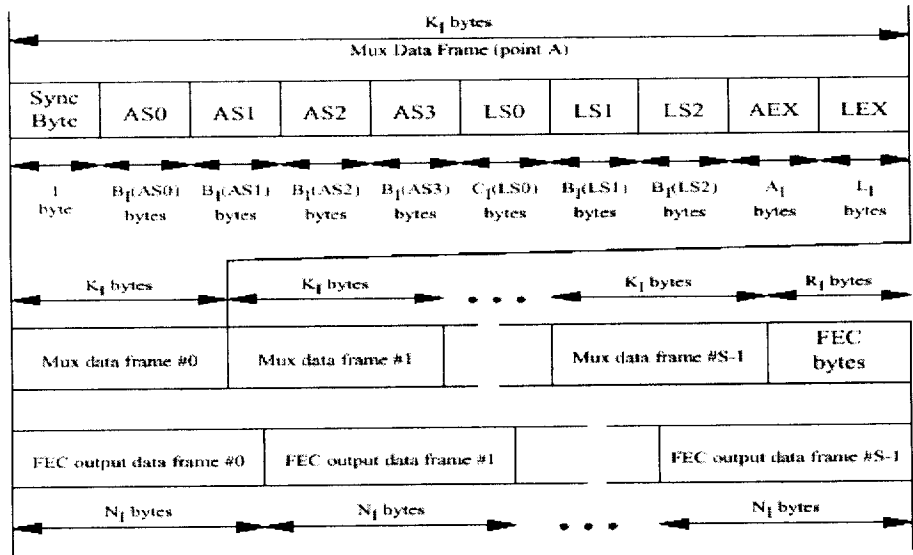


그림 11. Interleave 버퍼의 프레임 구조

Full overhead모드로 동작할 때, interleave버퍼에 베어러 채널이 한 개라도 할당된 경우에는 AOC데이터가 LEX byte에 운반되고, sync byte에는 LEX byte에 AOC데이터가 있다는 표시가 기록된다. Interleave버퍼에 베어러 채널이 없는 경우에는 AOC데이터는 sync byte에 운반되며, 이때 interleave버퍼에는 AEX와 LEX byte는 존재하지 않는다.

다) 전송 속도

모든 베어러 채널들은 데이터 속도는 32 kbps의 정수배의 어떠한 조합도 가능하도록 되어 있다. ADSL 데이터 다중화 포맷은 유연성이 있어서 1.544 Mbps 기반의 채널설정과 같은 32kbps의 정수배가 아닌 송신속도도 허용 가능하다. 단, 이와 같은 속도의 지원은 ADSL시스템이 동기에 필요한 용량이 있는 경우로 제한된다.

ADSL시스템의 최대 전송용량은 시스템이 설치되는 가입자선로의 특성 및 오버헤드에 영향을 주는 옵션사항에 따라 달라진다. ADSL베어러 채널의 속도는 초기화 과정과 트레이닝 절차동안에 결정된다. STM데이터를 송신하는 ADSL 시스템들은 단 방향 베어러 채널 AS0와 양방향 베어러 채널 LS0 하향채널을 지원하며, AS1, AS2, AS3, LS1과 LS2는 옵션이다. 지원되는 모든 베어러 채널들은 start-up시 ATU-C에 의해 특정 latency path에 독립적으로 할당된다. STM데이터를 송신하는 ADSL 시스템들은 양방향 베어러 채널 LS0 상향채널을 single latency path에 할당하며, LS1, LS2를 지원하는 사항과 dual latency는 옵션 사항이다.

베어러 채널 AS0는 32 kbps와 6.144 Mbps사이의 32 kbps의 정수배를 갖는 모든 속도를 지원한다. 베어러 채널 LS0는 16 kbps를 지원하고, 32 kbps와 6.144 Mbps사이의 32 kbps의 정수배를 갖는 모든 속도를 지원한다.

AS1, AS2, AS3, LS1 및 LS2가 지원되는 경우에, ADSL시스템은 표 3에 기록된 속도를 지원하며, 이보다 큰 속도 지원 및 32 kbps의 정수배가 아닌 속도 지원 사항은 옵션 사항이다. ATM데이터를 송신하는 ADSL시스템은 32 kbps부터 하향으로는 1.644 Mbps까지, 상향으로는 640 kbps까지의 32 kbps정수배인 모든 속도에서 single latency 모드를 지원한다. Single latency의 경우, ATM데이터는 하향으로는 베어러 채널 AS0에 매핑되고 상향으로는 베어러 채널 LS0에 매핑된다. ATM서비스들의 dual latency에 대한 필요성은 서비스 및 어플리케이션 세부내용에 따라 다르며, 상향과 하향을 모든 single latency로 하는 경우와 하향을 dual latency로 하고 상향을 single 또는 dual latency로 하는 경우의 세 가지 경우로 나누어진다.

표 3. STM전송시의 데이터 속도

Bearer channel	Lowest Required Integer Multiple	Largest Required Integer Multiple	Corresponding Highest Required Data Rate (kbit/s)
AS0	1	192	6144
AS1	1	144	4608
AS2	1	96	3072
AS3	1	48	1536
LS0	1	20	640
LS1	1	20	640
LS2	1	20	640

ATM데이터를 송신하는 ADSL시스템은 베어러 채널 AS0 하향채널과 베어러 채널 LS0 상향채널을 지원하고, 이 베어러 채널들은 start-up시 ATU-C에 의해 특정 latency path에 독립적으로 할당된다. 따라서, dual latency지원여부는 하향과 상향에 대하여 모두 선택 사항이다. 만약 하향 ATM데이터가 single latency path(fast 또는 interleave)를 통해 송신되는 경우에는 베어러 채널 AS0만이 사용된다. 만약 하향 ATM데이터가 두개 latency path모두로 송신되는 경우에는, 베어러 채널 AS0와 AS1만이 사용되고, 그 베어러 채널들은 서로 다른 latency path로 할당된다.

같은 방법으로, 만약 상향 ATM데이터가 single latency path로 전송될 경우에는 베어러 채널 LS0만이 사용된다. Fast 또는 interleave path의 선택은 하향 데이터와는 무관하게 선택된다. 만약 상향 ATM데이터가 두개 latency path모두로 송신되는 경우에는, 베어러 채널 LS0와 LS1만이 사용되고, 그 베어러 채널들은 서로 다른 latency path로 할당된다.

4. FLC-C형 기반 ADSL의 전송성능에 영향을 주는 요소들

FLC-C형을 이용한 ADSL의 전송성능에 영향을 주는 요소는 여러 가지가 있지만, 그 중 NAS로부터 ANIU까지의 STM-1, 또는 DS3 전송구간과 ADSL구간의 성능을 제외하면 다음과 같은 요소들이 있다.

가. NAS의 PCR

NAS 는 인터넷 백 본 라우터와 DSLAM 또는 FLC 간의 유연하고 확장성이 있는 연결을 제공함으로써 DSL 사용자들에게 빠르고 안정된 네트워크 서비스를 제공한다. 또한 여러 종류의 프로토콜을 수용할 수 있으며, CBR, UBR 등의 여러 가지의 QoS 가 제공 가능하며, PVC Connection 으로 Security 를 보장한다. PCR 이란 ATM switch 에서의 최대 전송 가능한 셀 수를 나타내며, 8~20M 의 값에서 운용된다. 3 장의 실험에서 PCR 값의 변화를 주어가며 ADSL 의 하향 전송속도를 측정해서 어느 값에서 가장 안정되고 빠른 전송속도를 갖는지 측정하여 보았다.

나. FLC-C의 ADSL전송모드

FLC-C형의 ADSL 전송모드는 Fast mode와 Interleave mode의 두 가지가 있다. Interleave mode는 선로상태가 불량할 경우 CRC의 체크를 하기위해 사용하며, Fast mode로 운용 할 때는 이를 생략하게 된다. 본 논문에서는 선로가 양호한 경우 두 가지 모드에서 얼마만큼의 하향 전송 속도의 차이가 있는지 3장에서의 실험을 통해 알아보았다.

다. 이용자 PC 환경

Windows 98이나 Windows 98SE의 경우 PC의 레지스터리의 값들이 저속의 모뎀 환경에 맞춰져 있으므로 ADSL을 사용 할 경우 이들 레지스터리의 값을 수정 해 주면 전송속도의 향상을 가져올 수 있다.

다음은 ADSL서비스의 전송속도에 영향을 주는 주요한 레지스터리 요소이다.

- 1) MTU(Maximum Transmission Unit) : 네트워크상에서 물리적인 전송 가능한 한 프레임의 최대 크기 (1~1500사이의 값, 옥텟값), ping test를 통해 구한다.
- 2) MSS(Maximum Segment Size) : MTU-40bytes(header의 크기), 접속 시 TCP데이터의 가장 큰 조각
- 3) DOCSIS(Data Over Cable Service Interface Specification) : 케이블 네트워크에서 필요로 하는 표준 인터페이스
- 4) DefaultRcvWindows(TCP Receive Window, RWIN) : 얼마나 많은 데이터를 컴퓨터가 받을 수 있느냐를 설정, 0~2³⁰사이의 값으로, MSS의 배수로 선택한다.

본 연구에서는 이용자 PC 환경의 최적화환경을 그림 12와 같은 Syspeed란

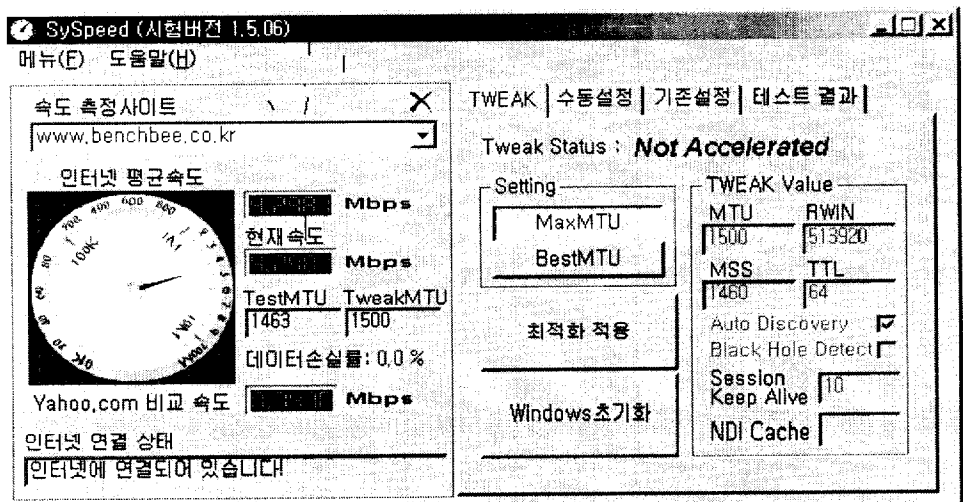


그림 12. PC환경 최적화 프로그램

프로그램을 이용하여 구하였다. 이 프로그램은 자동,수동으로 PC의 OS의 최적의 환경을 구해준다. Windows 98과 Windows 98 SE는 전송성능의 향상을 위해 PC의 레지스터리 환경의 최적화가 필요하지만 Windows ME이후의 버전은 최적화가 불필요하다.

III. FLC-C형 기반 ADSL서비스의 전송속도 측정

시험 시스템의 구성은 FLC-C형(한화)에 시험용 ADSL을 그림 13과 같이 구성하고 FLC-C형의 ADSL전송방식을 변경해 보았고, 대향 NAS의 PCR값을 변경하여 보았으며, 이에 앞서 Windows 98과 Windows 98SE를 OS로 사용한 PC는 속도향상 프로그램을 이용하여 레지스터리를 최적화 시킨 후 그 효과를 분석하였다. 사용된 PC는 Windows 98, Windows 98SE, Windows ME의 OS별 총 3대를 사용하였고, 속도측정 프로그램은 한국통신 망관리단에서 제작한 품질측정 프로그램 DQTB를 사용하였고, www.kornet.net/adsl에 접속하여 30Mbyte의 데이터를 20회 수신한 평균 시간을 측정하였다.

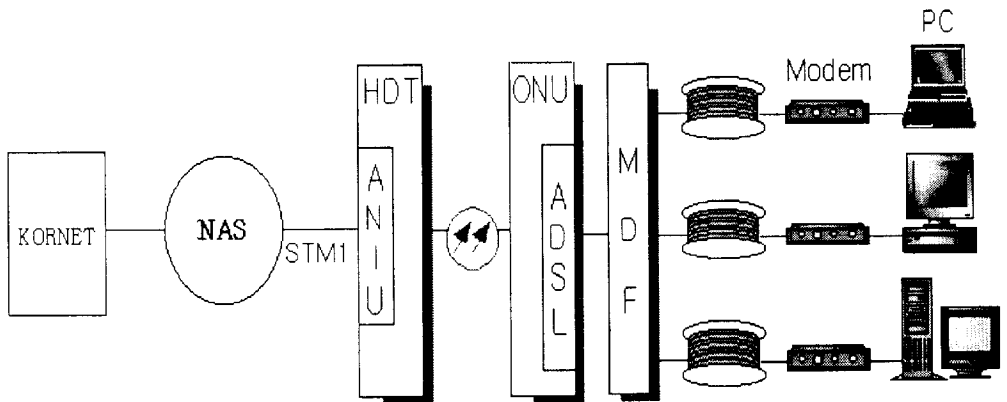


그림 13. 시험시스템 구성

1. 속도향상 프로그램 설치효과 분석

Windows 98, Windows 98SE, Windows ME 세 가지의 OS를 탑재한 PC를 설치하고 SYSPEED란 프로그램을 이용해 레지스터리를 최적화하기 전, 후의 하향 전송속도를 비교하였다. FLC-C형의 ADSL전송속도는 Premium(하향 8192 Mbps, 상향 1024 Mbps)로 설정하였고, 연동되는 NAS는 Unisphere(하이콤)를 사용하였다.

가. Windows 98의 최적화 전·후의 측정결과

그림 14는 Windows 98을 탑재한 PC의 레지스터리를 속도향상 프로그램을 이용하여 최적화 하기 전 후의 하향 전송속도를 측정한 값을 나타낸다. 두 가지 모뎀에서 평균 1.487 Mbps의 속도가 향상되었다. 이때 최적화된 PC의 MTU는 1428이었고, MSS는 1388, RWIN은 62460이었다.

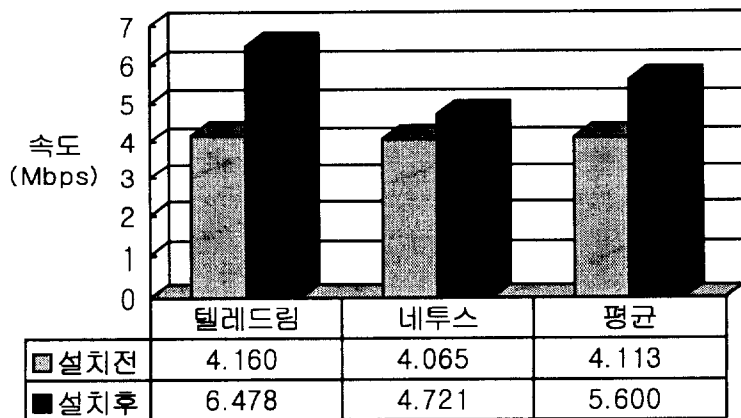


그림 14. Windows 98의 최적화 전·후의 측정결과

나. Windows 98SE의 최적화 전 · 후의 측정결과

그림 15에 Windows 98SE를 탑재한 PC의 속도향상 프로그램을 이용한 레지스터리 최적화 전 · 후의 속도를 비교하였다. 사용된 최적화 프로그램은 SYSPEED이며 연동된 NAS의 종류와 설정된 ADSL의 전송속도는 Premium급(하향 8192 Mbps, 상향 1024 Mbps)로 설정하였다. Windows 98SE를 OS로 탑재한 PC에서 레지스터리를 최적화할 경우 최적화 이전보다 평균 1.220 Mbps의 속도향상 효과가 있었다. 이때 최적화된 PC의 MTU는 1500이었고, MSS는 1460, RWIN은 362610이었다.

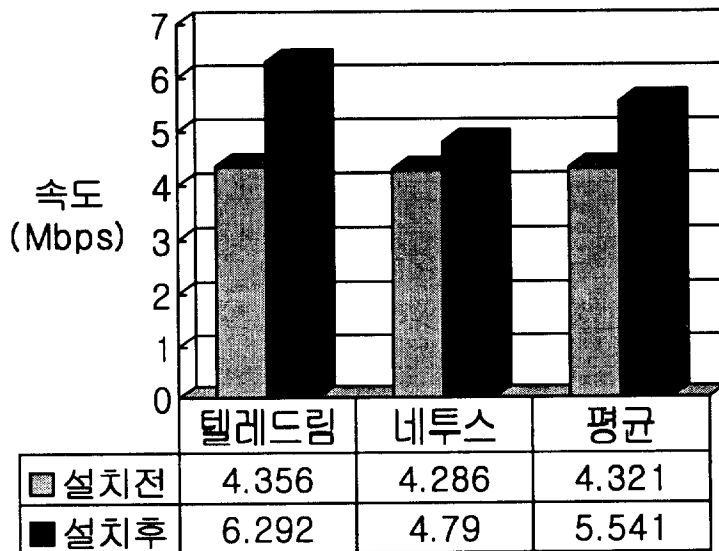


그림 15. Windows 98 SE의 최적화 전 · 후의 측정결과

다. Windows ME의 최적화 전·후의 측정결과

그림 16은 Windows ME를 탑재한 PC를 속도향상 프로그램을 이용하여 레지스터리를 최적화 하기 전·후의 하향 전송속도 측정치이다. 사용된 최적화 프로그램은 SYSPEED이며 연동 NAS의 종류는 UNISPHERE(하이콤)이다. 설정된 ADSL의 전송속도는 Windows 98에서와 동일하다.

Windows ME의 최적화 후 특이한 점은 속도향상 프로그램을 이용한 PC 레지스터리의 최적화 전보다 최적화 후의 속도가 오히려 평균 0.240 Mbps 만큼 더 느려졌다는 점이다. Windows ME의 경우는 Windows 98의 TCP/IP가 내장되어 있으며, Windows 2000의 인터넷 관리능력도 어느 정도 수용하여 레지스터리 수정 없이도 안정적인 속도를 보인다.

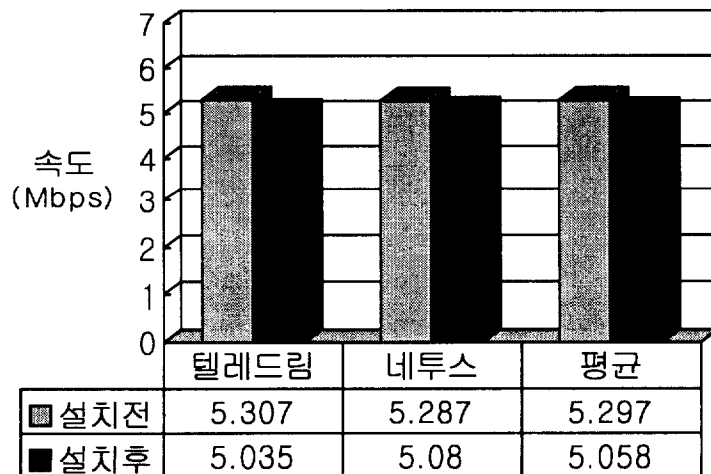


그림 16. Windows ME의 레지스터리 최적화 전·후의 측정결과

2. FLC-C형의 ADSL전송방식의 변경시험

측정에 사용된 PC는 속도향상 프로그램이 적용된 Windows 98과 Windows ME를 탑재하였다. FLC-C형의 ADSL전송속도는 Premium(하향 8192 Mbps, 상향 1024 Mbps)으로 설정하였고, 연동되는 NAS는 Unisphere(하이콤)를 사용하였다. ATU-R 모뎀은 내장형 포비전과 외장형 텔레드림을 번갈아 사용하였다.

가. Fast mode에서의 속도측정결과

그림 17은 FLC-C형의 ADSL 전송모드를 fast mode로 운용하고 PC의 OS를 Windows 98과 Windows ME로 하여 하향 전송속도를 측정한 결과이다. Windows 98에서 Fast mode적용 시 평균 5.896 Mbps, Windows ME에서는 6.646 Mbps가 측정되었다. Windows ME에서 평균 약 0.75 Mbps 더 빨랐고, 내장형 모뎀을 사용할 때 약 0.8035 Mbps의 속도가 향상 되었다.

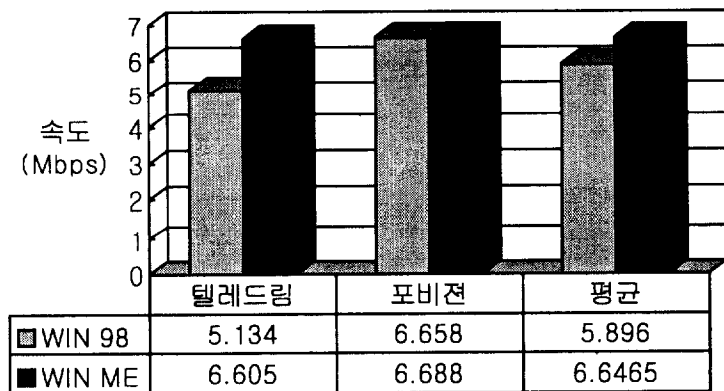


그림 17. Fast mode에서의 속도측정결과

특히, OS가 Windows 98의 경우 내장형 모뎀을 사용하는 편이 하향속도가 1.524 Mbps가 더 빨랐다.

나. INTERLEAVE MODE에서의 속도측정결과

그림 18은 FLC-C형의 ADSL 전송모드를 interleave mode로 운용하고 PC의 OS를 Windows 98과 Windows ME로 하여 하향 전송속도를 측정한 결과이다. Windows 98에서 Fast mode적용 후 외장형 텔레드림 모뎀을 사용하여 하향 전송속도를 측정시에는 4.521 Mbps가 측정되었고, 내장형 포비전 모뎀을 사용하여 측정 시 6.292 Mbps가 측정되어 평균 5.406 Mbps의 속도가 측정되었다. Windows ME에서는 Fast mode적용 후 외장형 텔레드림 모뎀을 사용하여 하향 전송속도를 측정시 6.454 Mbps가 측정되었고, 내장형 포비전 모뎀을 사용하여 측정 시 6.279 Mbps가 측정되어 평균 6.3665 Mbps의 속도가 측정되었다. 내장형 모뎀이 평균 약 0.75 Mbps 더 빨랐으며, 특히 Windows 98의 경우는 1.524 Mbps가 더 빨랐다.

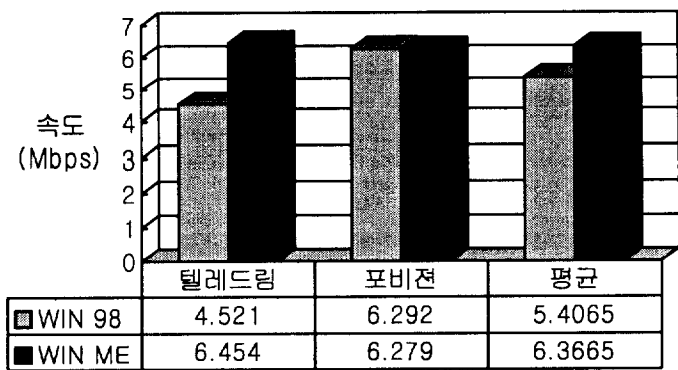


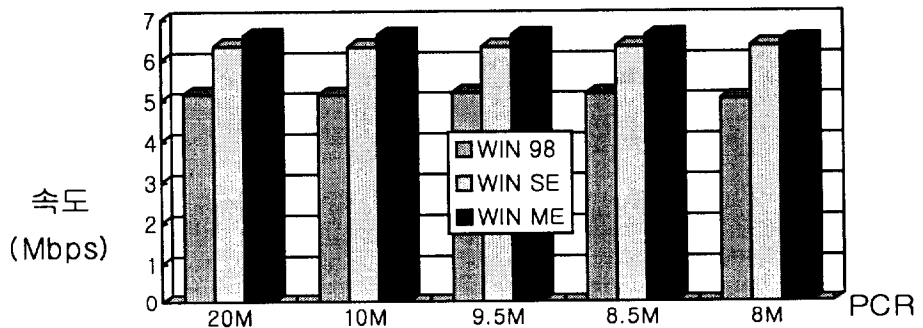
그림 18. INTERLEAVE MODE에서의 속도측정결과

3. NAS의 PCR 변경시험

NAS의 최대 switch 가능한 Cell의 크기인 PCR(Peak Cell Rate)의 값을 8, 8.5, 9, 10, 20으로 변화시키며 하향 전송속도를 측정하였다. NAS는 Unisphere(하이콤)이었고, PC는 최적화 프로그램이 적용된 Windows 98과 Windows 98 SE, Windows ME를 탑재하였다. ATU-R 모뎀은 내장형 포비전과 외장형 텔레드림을 번갈아 측정하였다.

가. 외장형 모뎀으로의 측정 결과

그림 19는 외장형 모뎀을 사용하고 NAS의 PCR값을 변화시키며 하향 전송속도를 측정한 결과이다. 평균적으로 PCR값이 20M일 때 가장 빠른 다운로드 속도를 보였다.

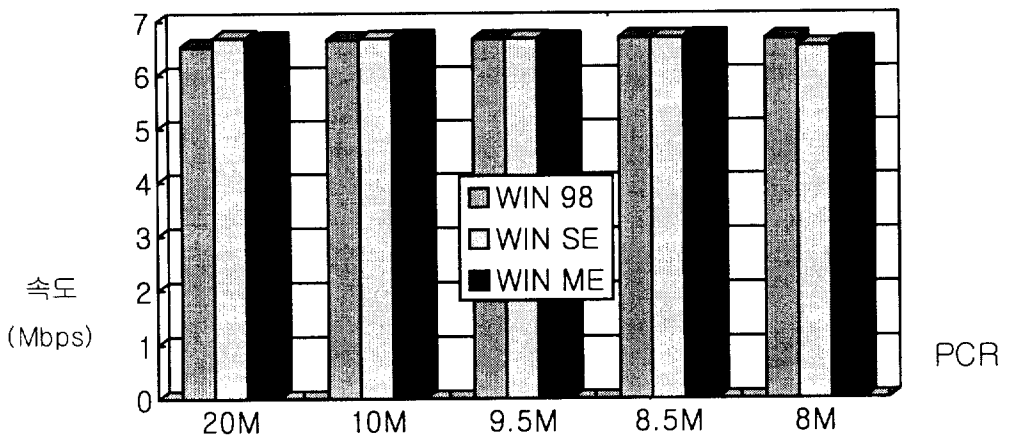


구 분	20M	10M	9.5M	8.5M	8M
WIN 98	5.133	5.134	5.185	5.158	5.027
WIN98SE	6.353	6.323	6.321	6.331	6.339
WIN ME	6.599	6.605	6.602	6.595	6.450
평 균	6.040	6.021	6.036	6.027	5.941

그림 19. 외장형 모뎀과 PCR변경시험 결과

나. 내장형 모뎀으로의 측정 결과

그림 20은 내장형 모뎀을 사용하고 NAS의 PCR값을 변화시키며 하향 전송속도를 측정한 결과를 나타낸다. 대체로 큰 속도의 차이는 없었지만, PCR 값이 8.5M일 때 평균적으로 가장 빠른 다운로드 속도를 보였다.



	20M	10M	9.5M	8.5M	8M
WIN 98	6.652	6.658	6.669	6.690	6.669
WIN98SE	6.692	6.678	6.670	6.690	6.523
WIN ME	6.660	6.653	6.653	6.693	6.566
평 균	6.625	6.675	6.664	6.691	6.576

그림 20. 내장형 모뎀과 PCR변경시험 결과

IV. 결과 및 고찰

1. 속도향상 프로그램 설치효과측정의 결과 및 고찰

그림 21은 속도향상 프로그램을 이용한 PC의 레지스터리 최적화 전 후의 ADSL 하향 전송속도 측정값이다. Windows 98에서는 레지스터리의 최적화 이후 평균 1.487 Mbps의 속도 향상효과가 있었고, Windows 98 SE에서는 레지스터리 최적화 이후 평균 1.22 Mbps의 속도가 향상되었으나, Windows ME에서는 오히려 레지스터리 수정 이전보다 0.211 Mbps의 속도가 감소하였다. Windows 98나 Windows 98SE는 Windows ME등에서 볼 수 있는 인터넷 관리 능력이 없이 PSTN모뎀 등의 저속통신환경에 맞게 개발되었기 때문으로 생각된다. 그러므로, ADSL서비스 이용자가 Windows 98과 Windows 98 SE를 PC의 OS로 사용할 때는 속도향상 프로그램을 이용한 레지스터리의 최적화가 반드시 필요하다.

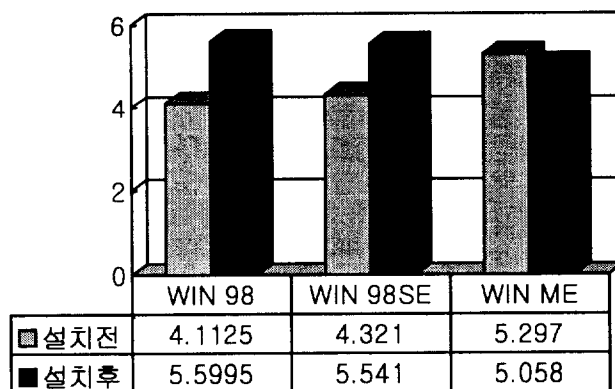


그림 21. 속도향상 프로그램 설치효과측정의 결과

2. FLC-C형의 ADSL전송방식의 변경시험의 결과 및 고찰

그림 22는 FLC-C형의 ADSL전송방식을 fast, interleave mode로 바뀌가며 ADSL의 하향 전송속도를 측정한 결과이다. Windows 98에서는 Fast mode로 운용시 Interleave mode로 운용하였을 때보다 0.49 Mbps의 속도 향상 효과가 있었고, Windows ME에서는 Fast mode로 운용시 Interleave mode로 운용하였을 때보다 0.28 Mbps의 속도 향상 효과가 있었다. FLC-C형의 ADSL 전송모드를 Fast mode로 운용하였을 때 평균하여 0.385 Mbps의 속도 향상효과가 있었다.

FLC-C형의 ADSL전송방식 중 Interleave형은 선로의 불량으로 발생할 수 있는 에러를 정정하기 위한 방식으로 Fast mode에 비하여 전송속도는 떨어지게 되는데, 대개 선로가 양호한 아파트등에서는 Fast mode로 운용하는 것이 전송속도측면에서 유리하다고 할 수 있다.

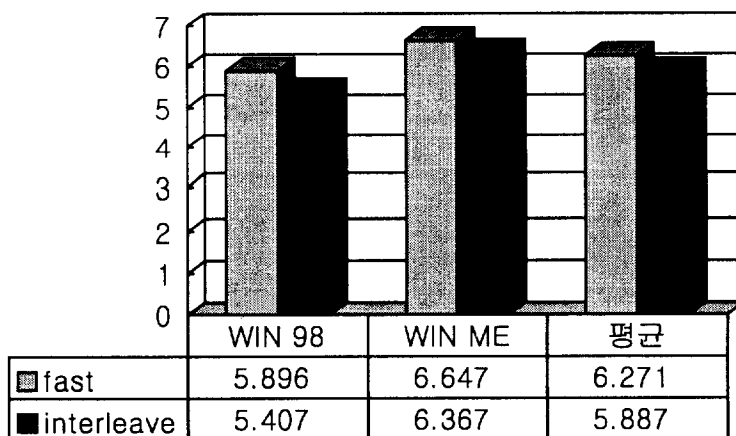


그림 22. FLC-C형의 ADSL전송방식의 변경시험의 결과

3. NAS의 PCR 변경시험의 결과 및 고찰

그림 23은 FLC-C형(한화)에 대항된 Unisphere NAS(하이콤)의 PCR값을 8M~20M까지 변화시키며 ADSL의 하향 전송속도를 내·외장형 모뎀을 사용해 측정한 값이다. 내장형, 외장형 모뎀 모두 PCR값이 8.5M이상이면 거의 변화가 없었으며, 평균값에서도 8.5M에서 6.359 Mbps로 가장 빠른 하향 전송속도를 보이므로, 동시에 많은 가입자의 접속과 다운로드속도 안정성을 고려했을 때 FLC-C형(한화)에 대항된 Unisphere(하이콤) NAS의 PCR값은 8.5M가 그 최적치이다.

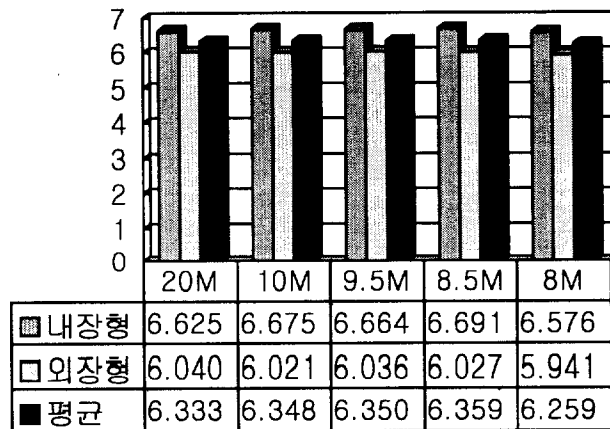


그림 23. NAS의 PCR 변경시험의 결과

V. 결론

불과 3~4년 전만해도 인터넷 접속은 014xy를 이용한 PSTN 모뎀을 이용한 접속이 그 대부분이었고 고작 해야 ISDN을 이용한 128K정도의 대역폭이면 상당히 고속인터넷서비스의 범주에 들 수 있었다. 인터넷 서비스의 다양화와 콘텐츠의 대용량화로 망 사업자들은 더 이상 초고속 인터넷 서비스의 개발과 제공을 미룰 수가 없게 되었고, ADSL서비스는 사업 개시와 동시에 폭발적인 가입자의 증가를 불러왔다. 하지만, 양적인 가입자 증가에 비하여 그 전송품질은 그렇게 개선되고 있지 못한 면이 있다. 수 십 여종에 이르는 ADSL모뎀(ATU-R)과 ATU-C간의 기종별 호환성이라든지, NAS와 DSLAM, NAS와 FLC장비간의 호환성과 각 변수의 설정 문제 등 주어진 대역폭을 효율적으로 활용하기 위해 검증되어야 할 부분이 많이 있다.

FLC-C형(한화)와 Unisphere(하이콤) NAS를 이용하여 ADSL서비스를 제공 할 경우 NAS의 PCR값을 8.5M로 설정하였을 때 최고의 하향 전송속도가 측정되었다.

주로 아파트의 구내선로에 해당하는 가입자 선로가 양호한 경우에는 FLC-C형의 ADSL전송모드를 Fast mode로 운용하는 편이 Interleave mode로 운용했을 때보다 하향 전송속도가 약 0.385 Mbps정도 빨랐다.

사용자 PC의 OS가 Windows 98이나 Windows 98SE인 경우에는 각종 속도향상 프로그램 또는 패치 파일 등을 이용하여 기존의 PSTN모뎀의 통신에 맞게 설정되어있는 레지스터리 환경을 초고속인터넷 서비스에 적합하도록

최적화 시켜 줄 경우 평균 약 1.3 Mbps정도의 속도 향상 효과가 있었다.

향후 본 논문의 측정결과를 활용하여 연구를 지속한다면 FLC-C기반 ADSL서비스의 전송성능 향상으로 고품질의 초고속 인터넷서비스의 제공이 가능 할 것이다.

참고문헌

- [1] 이종현, 전경표, 이형호, 김해근, 양재우, “광인터넷 기술동향 및 진화전망”, 주간기술동향, 한국전자통신연구원, 1000호, 2001.
- [2] KRNIC, “초고속인터넷 가입자 증가 추이,” <http://stat.nic.or.kr/>, 2001.6.
- [3] David Faulker et al., “The Full Services Access Network Initiative,” IEEE Comm. Mag., pp 58~68, April 1997.
- [4] J.M. Cioffi and S. Olcer et al., “Very High-Speed Digital Subscriber Line,” IEEE Comm. Mag., Vol. 38, No. 5, May 2000, pp. 62 – 119.
- [5] 한국통신, “주거밀집지역 망 구성 대안,” pp, 1~4, 2000.10
- [6] 한국통신, “FLC-C 전송장치 설계기준,” pp, 4~5, 2000.3.8
- [7] ADSL Forum’s WEB page, http://www.adsl.com/about_dsl.htm
- [8] J.W Lechleider, “High Bit Rate Subscriber Line : A Review of HDSL Process,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 9, no. 6, pp. 769~784, 1991.8.

감사의 글

시작할 때는 무척이나 길 것만 같이 느껴졌던 2년이 어느덧 다 지나 이제 이 한편의 논문과 함께 접어야 할 것이라 생각하니 만감이 교차합니다. 특히 논문 준비에 여념이 없었던 지난 한 학기는 직장으로, 학교로, 집으로 그렇게 바빠 본 적이 근래에 없었던 것 같습니다. 이제 되돌아 보면, 과연 최선을 다했나 하는 아쉬움과 더 열심히 할 걸 하는 후회가 어쩔 수 없이 남아 맘 한 구석이 허전합니다.

본 논문이 완성되기까지 도움주신 주위의 많은 분들에게 진정으로 감사드리며, 특히 스승으로서의 아낌없는 지도와 인생 선배로서의 격려를 보내주신 정신일 지도 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 많은 조언과 편달로 논문을 지도해주신 김석태 교수님, 바쁘신 와중에서도 꼼꼼히 단어 하나까지 챙겨주신 정연호 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 그리고 시작에서부터 탈고까지 물심양면 많은 도움을 주신 광정보처리연구실 박사과정 양준영 선생님과 대학원과정 노동섭, 공상표님에게도 감사드립니다.

끝으로 이 논문이 완성되기까지 커다란 힘이 되어주신 직장의 동료분들께 고개 숙여 감사드리며, 나이 드시고도 아들 뒷바라지에 고생하시는 어머님과 언제나 내게 힘과 기쁨을 주는 사랑하는 아내 정희와 두 아들 수현, 태현이와 함께 이 기쁨을 나누고 싶습니다.