

工學碩士學位論文

ADSL 시험을 위한 시스템  
구축과 성능향상에 대한 연구

2002年 2月

釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

辛 相 旻

工學碩士學位論文

ADSL 시험을 위한 시스템  
구축과 성능향상에 대한 연구

指導教授 金 錫 泰

이 論文을 工學碩士學位論文으로 提出함



2002년 2월

釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

辛 相 旼

이 論文을 辛相旻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 정 신 일



委 員 工學博士 김 성 운



委 員 工學博士 김 석 태



# 목 차

## Abstract

I. 서 론 .....	1
II. 기존 시스템에서의 ADSL 시험 .....	3
2.1. SLMOS에서의 ADSL 가입자회선 선로측정기능 .....	3
2.2. SLMOS/LCR의 ADSL 가입자 시험기능 .....	6
2.2.1. ADSL 시험체계 .....	7
2.2.2. ADSL 시험항목 .....	7
2.2.3. ADSL 시험항목별 판정기준 .....	8
III. ADSL 시험장비 구축과 시험기능 .....	10
3.1. ADSL 구성망 시험을 위한 시스템 구성 .....	10
3.1.1 ADSL 시험장비 개요 .....	10
3.1.2 ADSL 시험장비 시스템 구성 .....	11
3.1.3 ADSL 시험장비 소프트웨어 구성 .....	12
3.2. ADSL 시험장비의 시험기능 및 측정 .....	13
3.2.1 Wide Band Noise .....	13
3.2.2 스펙트럼 분석 .....	21
3.2.3. TDR .....	25
3.2.4. ATU-C 모뎀 시험 .....	30
3.2.5. ATU-R 모뎀 시험 .....	36
3.2.6. Loop Length .....	41
3.2.7. 삽입 손실 .....	41

3.2.8. 신호대 잡음 .....	44
3.2.9. Capacitance Balance .....	44
<b>IV. ADSL 효과분석 및 개선사항 .....</b>	<b>46</b>
4.1. ADSL 시험장비 효과분석 .....	46
4.2. ADSL 시험장비 개선사항 .....	48
4.2.1. 개선(보완) 배경 .....	48
4.2.2. OPAS(시험 Line) 집중화장치 설계 .....	49
4.2.3. PPPoE 인증 TEST .....	52
4.2.4. MTAS 공(미수용 가입자) 채널 시험 .....	55
4.2.5. ADSL 시험장비 향후 개선방향 .....	56
<b>V. 결 론 .....</b>	<b>59</b>
<b>참고문헌 .....</b>	<b>61</b>

# A Study on ADSL Test System Construction and Its Performance Improvement

*Sang-Min Shin*

*Department of Telematics Engineering*

*Graduate School of Industry, Pukyong National University*

## Abstract

As the numbers of the Internet users increase, improvements of the service quality and performances are needed. But compared to the increased trend, the maintenance and repairing system did not come up to users' expectation.

In the thesis, therefore, we provided methods of constructing ADSL test system and its performance improvements. This ADSL system is for testing the subscriber line state and entire components. During the temporary operation, we analyzed the problems and studied the function which should be supplemented in future and strategies that need to be improved. As result of the preliminary examination of the line state, we are able to determine a grade of subscriber line service and it is possible to save time on opening ADSL line and can recognize the

possibility of the opening decision. Linking this system to SLMOS(Subscriber Line Maintenance Operating System), it is possible to prevent inefficient dispatch to repair, and pursue users' convenience. And establishing trial terminal to the existing facilities(MDF), it reduces the area of equipment and cut down installing cost.

# I. 서론

인터넷 서비스의 이용자 증가가 폭발적으로 증가함에 따라 초고속인터넷의 품질향상과 서비스개선이 요구되는 시점에 이르렀다. 기존 PSTN 선로를 이용하여 광대역 서비스를 제공하는 ADSL 기술은 현재 가장 주목받는 ADSL 선로로서 이에 상응하는 유지보수와 라인을 측정할수 있는 시스템이 필요한 시점에 도달하였다[1].

XDSL 기술은 과거 전화선상에서 사용되지 않았던 가청주파수 이상의 높은 주파수 이상의 높은주파수에 CAP/DMT등의 고급 변복조 기술을 적용하여 동선이용 대역폭을 최대한 확장함으로써 일반 동선로에서 음성전화 서비스 뿐만 아니라 XDSL 전송을 동시에 가능하게 하고 있다[2].

90년대초 통신망에 있어서의 관심은 ON-LINE과 WEB에 집중되어 졌으며, 특히 WEB 기반 응용서비스 수요를 지원하는 보편화된 접속 인프라로서의 요구가 대두 되었다. 이러한 요구사항은 XDSL 기술들에 대한 주목을 이끌어 냈으며, XDSL 기술은 현재 인터넷 서비스를 주요 목표 서비스로 하여 개발되고 있다. 연구이슈로는 발전해가는 기술을 바탕으로 하는 초고속 인터넷 접속을 제공하기위한 서비스 개발과 안정된 회선유지를 위한 측정과 데이터베이스 구축에 있다. 이밖에 XDSL 가입자망 기술로 초고속 인터넷 접속을 제공해 주기 위해서는 사업성 분석 및 수요조사와 XDSL의 성능에 직접적인 영향을 미치는 가입자회선의 길이, 특성 임피던스 및 가입자 회선의 품질기준에 있다[2 - 4].

이러한 표준화 활동에 더욱 박차를 가한 또 하나의 중요한 요인으로는 세계 각국의 통신회사들이 경쟁적으로 ADSL기반의 초고속 인터넷 서비스 제공에 나선것이다[5].

인터넷, PC통신, VOD 등 멀티미디어 서비스의 고속데이터 전송을 위한 각종

시스템과 전송단국, 광케이블에 대한 연구는 활발하게 진행되어 많이 수행하여 왔으나 기존의 동선로상에서의 일반전화 서비스와 동시에 수Mbps급의 고속 데이터를 일반가입자에 제공할 경우 가입자의 노후 동선케이블 전송품질 분석측정이 부족하여 서비스 제공에 장애가 되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 현재 우리나라에 방대하게 시설되어 있는 가입자 동선케이블을 활용하여 고품질의 ADSL서비스를 제공하기 위한 서비스 품질기준을 우선 기술하고자 한다. 품질기준 저하에 직접영향을 미치는 잡음, 이중심선 접속, 브리지탭, 페어틀림, 꼬임접속에 대한 전송특성을 측정하는 현장 실험을 통하여 문제점을 발취한다. 그리고 그 문제점을 분석하고 도출된 결과를 가지고 동선로 품질향상을 위한 개선방향을 연구함으로써 보다 효율적인 투자방향 제시와 측정장비를 최대한 활용하고자 한다. 따라서 최적의 가입자망 구성으로 저렴한 비용의 통신서비스 원가절감 효과를 나타내고자 하였다.

II장에서는 기존의 시스템에서 어떻게 ADSL 가입자 회선을 시험하고 그 기능들은 무엇인지 설명하였고, III장에서는 ADSL 시험을 위한 시험장비 구축을 위한 설계와 시험장비를 통한 측정 결과를 나타냈으며, IV장에서는 ADSL 시험장비 설치 후 일정 기간의 인수 시험 및 시범 운용을 해 본 결과 즉, 시험장비 설치 전, 후 효과분석에 대한 고찰과 본 시스템 구축후의 문제점을 발취하여 개선한 내용과 설계에 대해 기술하였다. 마지막으로 VI장에서는 본 연구의 향후 발전 방향과 결론에 대하여 기술하였다.

## II. 기존 시스템에서의 ADSL 시험

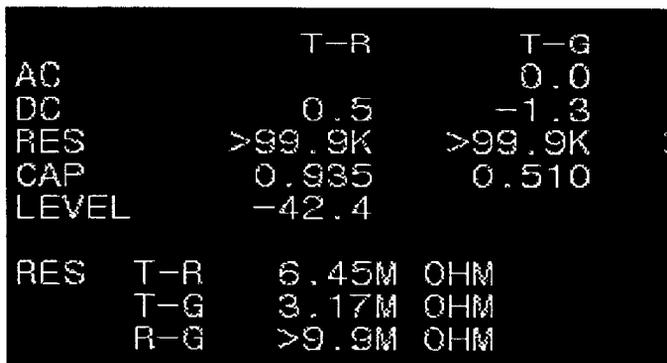
기존의 ADSL 구성망 시험은 크게 두가지 시스템으로 가능하다. 기존 시스템인 SLMOS(가입자 집중 운용 보전 시스템)와 SLMOS에 소프트웨어적인 기술을 가미하여 어느 정도 ADSL가입자 시험이 가능하도록 만든 것이 그것이다.

### 2.1.SLMOS에서의 ADSL 가입자회선 시험

SLMOS(가입자 집중운용 보전시스템)에서의 ADSL 가입자에 대한 고장 원인 분석은 단순 선로측정기능이다. 이는 일반 PSTN가입자(전화가입자)에 대한 고장접수 및 시험기능에 해당하는 것으로 ADSL처럼 전송실 DSLAM 장비와 교환기 및 가입자의 PC까지 여러 경로를 거치는 경우에는 그 고장원인을 분석하기가 쉽지 않다. SLMOS(가입자 집중운용 보전시스템)에서 측정 가능한 항목을 실제 측정후의 결과를 보면 다음과 같다[13].

#### 2.1.1. 저항측정

저항측정은 가입자선로의 절연 상태를 측정하여 원활한 소통이 되는지를 알아보는 것으로 <그림 2-1>과 <그림 2-2>에서 보여주고 있다.



		T-R		T-G	
AC				0.0	
DC		0.5		-1.3	
RES		>99.9K		>99.9K	>
CAP		0.935		0.510	
LEVEL		-42.4			
RES	T-R	6.45M	OHM		
	T-G	3.17M	OHM		
	R-G	>9.9M	OHM		

<그림 2-1> 고저항 측정

		T-R	T-G
AC			0.0
DC		0.5	-1.3
RES		>99.9K	>99.9K
CAP		0.935	0.510
LEVEL		-42.4	
RES	T-R	>99.9K	OHM
	T-G	>99.9K	OHM
	R-G	>99.9K	OHM

<그림 2-2>저저항 측정

SLMOS(가입자 집중 운용 보전시스템)을 통해 가입자 선로의 저항 측정을 한 것으로 선로 1Pair의 선로와 대지간의 저항을 측정한다. 여기서 "G"는 "Ground"를 뜻하며 선로와 대지간의 절연상태를 측정함으로써 선로 상태를 파악 할 수 있다[12].

### 2.1.2. 용량측정

용량측정은 해당 전화번호 즉 한 가입자당 선로 용량을 나타내는 것으로 전화기 부착 여부 및 달려있는 전화기 대수를 나타낼 수 있다. 즉, 가입자선

		T-R	T-G
AC			0.0
DC		0.5	-1.3
RES		>99.9K	>99.9K
CAP		0.935	0.510
LEVEL		-42.4	
CAP	T-R	0.935	UF
	T-G	0.511	UF
	R-G	0.591	UF

<그림 2-3> 용량측정

로 1회선이 가지는 부하정도를 나타내는 것으로 <그림 2-3>에서 "CAP"가 "Capacity"를 나타낸다.

### 2.1.3. 교류측정

가입자선로가 가질 수 있는 교류를 측정한다.

	T-R	T-G	
AC		0.0	
DC	0.5	-1.3	
RES	>99.9K	>99.9K	>
CAP	0.935	0.510	
LEVEL	-42.4		
AC	T-G	0.1 VOLT	
	R-G	0.1 VOLT	

<그림 2-4> 교류측정

가입자 1회선의 교류를 표시한 것으로 <그림 2-4>에 나타나고, 일반 가입자 선로의 경우 직류(DC)전원을 사용하므로 "0"에 가까운게 정상이다.

### 2.1.4. 직류측정

1회선의 가입자 선로가 가지는 직류 전원을 측정, 표시한다. 일반적인 PSTN(전화)RKDLQWKDML 경우 DC - 48V를 가지는데 <그림 2-5>에서 보면 T-R간의 DC전원이 "0"에 가까우므로 이는 전원이 제대로 공급이 되질 않고 있다고 볼 수 있다.

	T-R	T-G	
AC		0.0	
DC	0.5	-1.3	
RES	>99.9K	>99.9K	
CAP	0.935	0.510	
LEVEL	-42.4		
DC	T-R	0.6 VOLT	
	T-G	-1.3 VOLT	
	R-G	1.5 VOLT	

<그림 2-5> 직류측정

### 2.1.5. 기타

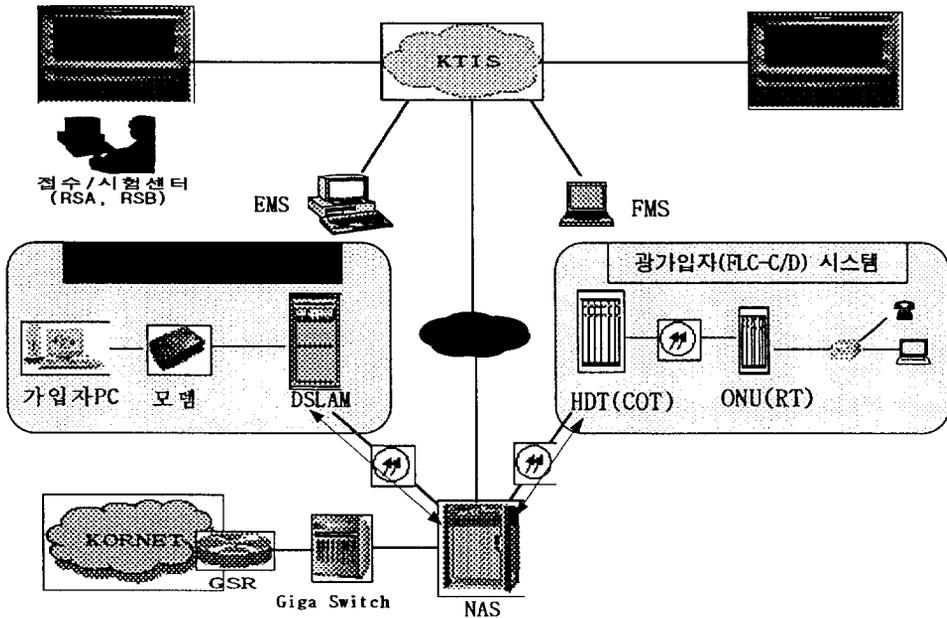
가입자 수화기가 잘못 놓여진 경우라든지 손실 측정, 가입자 선로 심선상태의 엇갈림, 누화 등을 측정할 수 있다. 위 모든 가입자 선로 측정기능들은 단순 가입자 선로만의 측정 기능들로 전체 ADSL 고장원인중 적은 비율의 고장원인분석에 해당하므로 실제로 현대와 같은 초스피드 시대에 폭발적인 ADSL 가입자 수요에 충족시키기에는 인원과 시간적인 면에서 많은 문제점을 안고 있다.

## 2.2. SLMOS/LCR에서 ADSL 가입자회선 시험

일반적인 전화가입자를 상대로 하는 고장 접수 및 시험에 한계를 느끼고 개발된 것이 기존 SLMOS(가입자 집중운용 보전시스템)에서 소프트웨어적으로 보완하여 ADSL 가입자에 대하여 시험 기능을 향상시키는 것이다. 이는 특정한 시험 장비 없이 DSLAM/EMS와 연동하여 시험하는 것으로 표시기능을 하는 것이다.

## 2.2.1 ADSL 시험체계

ADSL 시험이 가능한 그 구성도를 보면 아래 <2-6>과 같다.



<그림 2-6>SLMOS 주요 구성도

기존의 SLMOS시스템과 ADSL 전송장비인 DSLAM 그리고 EMS를 사내망인 KTIS망과 연동하여 구성하고 있음을 <그림 2-6>이 보여준다[14].

## 2.2.2. ADSL 시험항목

SLMOS/LCR의 ADSL 가입자의 주요시험기능들을 <표 2-1>에 표기하였다.

<표 2-1>주요 ADSL 시험기능

시험항목	주요기능
성능 시험	ATU-C와 모뎀간 데이터 송수신을 위한 링크 상태, 모뎀 전원 ON/OFF 여부, 현재 데이터 전송률, 선로 상태 검사
셀 루프백 시험	성능 시험이 정상일 경우, ATU-C와 모뎀간 ATM 연결의 정상 여부 검사
포트 리셋 시험	성능시험 판정값이 비정상적인 경우 ATU-C포트를 초기화시킨후 ATU-C와 모뎀간의 상태를 정상화 시킴
라인프로파일 조회	현재 사용중인 ADSL 가입자 포트의 설정상태를 확인하여 고장 시험의 참고 자료로 활용

### 2.2.3. ADSL 시험항목별 판정기준

ADSL 회선의 시험 후 그 판정기준을 보면 <표 2-2>와 같다. 아래 항목들을 보면 ADSL 가입자회선 상태의 주요 표시기능들로 채워져 있고 실제 고장원인을 판별하기 위한 측정기능들이 부족하다. 하지만 단순 선로 측정기능들에 비해서는 선로측정 기능외에 것들 즉, 모뎀이라든지 전송속도 등을 표시해줌으로써 어느 정도 고장원인 분석이 가능하다[14]. 그러나 정확한 고장원인과 위치 즉, 고장 구간을 판별하기에는 부족함이 많다.

<표 2-2>ADSL 시험항목별 판정기준

항목별 내용	정상값	비정상값	비정상일 경우 판정 및 조치 방법
1. 링크상태	정 상	비정상	○ 포트 링크 비정상이거나 가입자 모뎀 전원이 꺼진 상태임 - 모뎀전원, 모뎀램프상태, 전화기 연결잭 확인 필요
2. 상하향 선로 감쇄율	5 ~ 60dB	60dB이상	○ 선로상태불량 (선로 교체 필요)
3. 상하향 전송 속도	32 ~ 8160 Kbps	0 Kbps	○ 가입한 서비스(Premium, Lite) 및 거리에 비해 속도가 현저히 저하돼 있으면 포트 리셋을 수행하여 속도를 다시 확인후 계속 속도가 저하되면 포트교체가 필요함
4. 가입자 포트 상태	정상	그외의 값	○ 시그널 손실, 프레임 손실, 링크손실, 파워손실일 경우 정상적으로 연결이 안되있는 경우이므로 가입자 선로와 모뎀간의 연결잭이 정상적으로 연결되어 있는지 확인 필요 - 모뎀 초기화 실패는 포트 리셋을 수행

현재 이 시스템에서의 고장측정 및 분석은 한국통신 전남본부에서 개발되어 시험에 들어가고 있으나 그 효율성에 대해서는 아직 구체적인 결과가 나오지는 않고 있다. 시스템 구축을 위한 경비 절감면에서는 상당부분 효과를 거둘수는 있으나 실제로 고장분석 및 현장에서의 활용면에서는 그 실효성이 떨어져 아직 시험 단계에 이르고 있다.

# Ⅲ. ADSL 시험장비 구축과 시험기능

## 3.1. ADSL 구성망 시험을 위한 시스템 구성

ADSL 구성망(DSLAM,NAS,MDF,선로 등)을 정확하고 신속하게 시험하기 위한 하드웨어적, 소프트웨어적 구성도를 설명하고 ADSL 시험장비에 대한 구축 배경과 개요에 대해 기술하고자 한다.

### 3.1.1 ADSL 시험장치 개요

초고속 인터넷 통신망 구축에 따라 각 가정별 인터넷PC 보급과 ADSL 가입이 폭발적으로 증가함과 동시에, 고장접수신고 또한 증가함으로써 한국통신 운용요원에 대한 과중한 업무가 초래되고 있다. 고장원인에 대한 분석결과 NAS(Network Access Server), DSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexer), 가입자선로 상태의 불량이나 가입자의 부주의로 인한 장애 등 구간별로 고장원인이 다양하게 나타나고 있다[2].

이에 기존동선에 대한 선로감시 측정 장치인 SLMOS(Subscriber Line Maintenance Operating System) 즉, 가입자 운용보전시스템에 연동하여 ADSL 가입자에 대한 선로 측정 기능을 추가하여 개발함으로써 기존 동선 및 ADSL 측정기능을 구현하였다. 이 시스템이 설치운용 됨으로써 고품격의 고객서비스 제공과 운용요원에 대한 업무효율을 극대화할 수 있다.

본 시스템의 기본구성은 기존의 SLMOS 호스트, ADSL선로측정 장치(xALT), 접속장치(MTAS)로 구성되며, 원격제어에 의해 ADSL서비스 대역까지의 선로특성을 측정하고 판정하여 ADSL가입자 회선의 품질을 측정할 수 있는 시스템이다.

ADSL/SLMOS 운용프로그램(Client Program)은 ADSL가입자에 대하여 시험 및 고장신고 접수, 수배를 할 수 있는 프로그램이다. 모든 화면은 GUI(Graphic

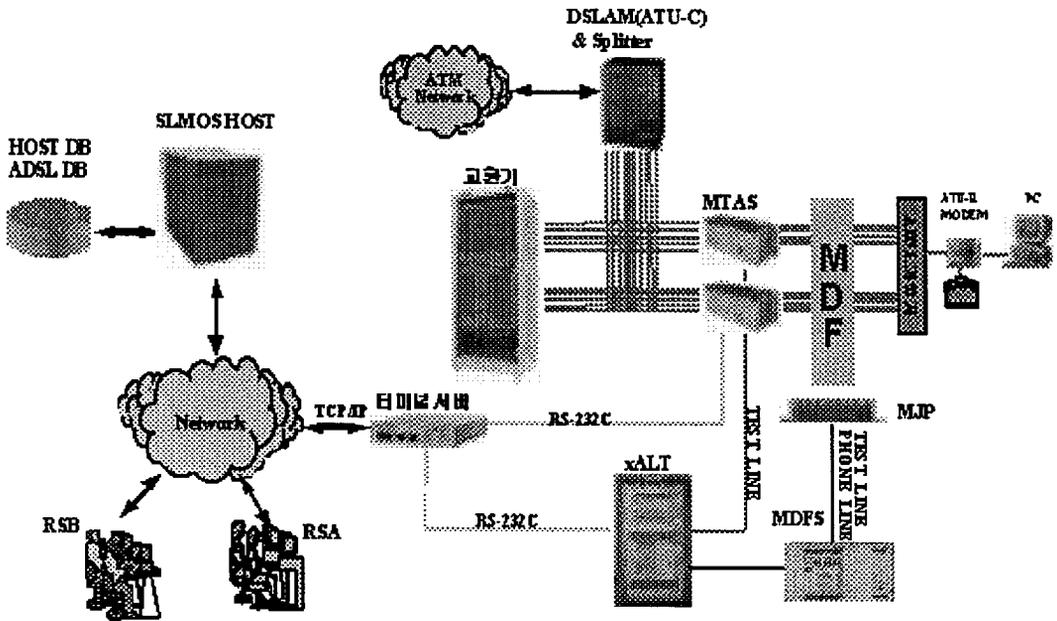
User Interface)로 구성되어 운용자에게 친숙한 운용환경을 제공한다. 시험항목에 따라 결과가 그래프로 보여지고, 기준값을 제공함으로써 운용자가 보다 쉽게 고장판단을 할 수 있도록 배려하였다. 또한 기존시험기를 통한 시험 및 ADSL시험기를 통한 시험이 다 가능하도록 하여 운용의 효율성을 고려하였고, 가입자에 대한 모든 정보는 기존 가입자 운용보전시스템(SLMOS)에 연동하여 운용한다[13].

### 3.1.2. ADSL 시험장치 시스템 구성

ADSL/SLMOS (초고속 디지털 가입자 운용보전시스템)은 <그림 3-1>에 나타나듯이 기존의 SLMOS 호스트, 원격국의 ADSL자동선로시험장치(xALT) , 접속장치(MTAS)로 구성된다.

SLMOS 호스트에 있는 ADSL서버프로그램은 운용프로그램으로부터 시험 명령을 받아 xALT 로 보내주는 역할을 한다. xALT 는 시험명령을 받아 교환기, 접속장치, MDF와 연동하여 가입자 선로를 자동으로 측정한다[5].

MTAS는 xALT 의 ADSL선로 시험시, ADSL가입자 선로의 절체, 포착 및 복구 기능을 수행하는 접속 장치이다.



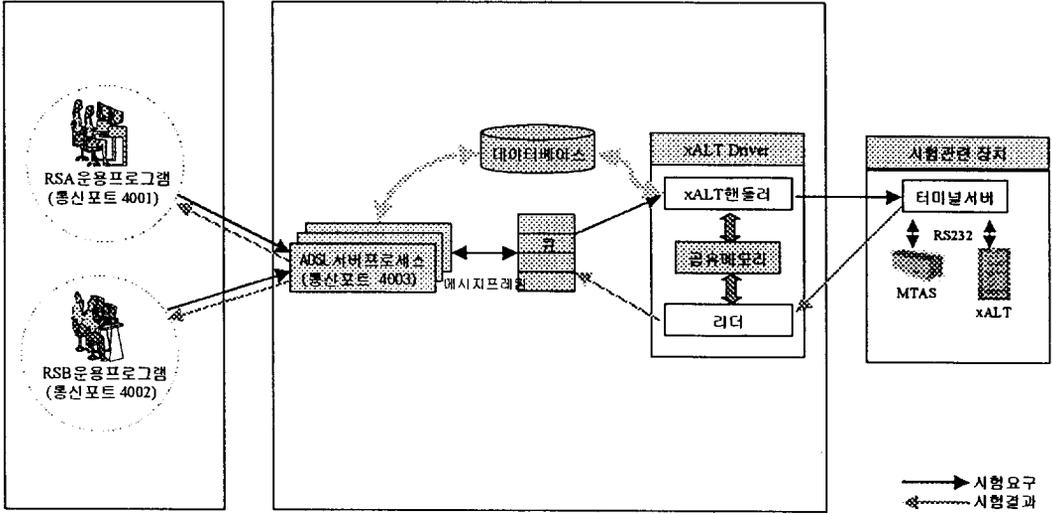
<그림 3-1> ADSL 시험장치 시스템 구성

### 3.1.3. ADSL 시험장치 소프트웨어 구성

소프트웨어는 크게 서버프로그램과 운용프로그램으로 구성된다. 운용자가 운용프로그램을 이용해 시험요구를 하면, ADSL서버 프로세스는 Child Process를 생성시켜 시험요구를 메시지큐로 보내고 시험결과가 올 때까지 기다린다. 메시지큐는 다시 xALT 핸들러로 명령을 전송하고, xALT 핸들러는 터미널서버를 이용해 선로시험기에 시험요구를 한다. 시험이 끝나면 다시 터미널서버를 이용해 리더로 시험결과가 전송되고, 리더는 다시 메시지큐로 결과를 전송한다. ADSL서버프로세스가 시험결과를 받으면 운용프로그램으로 결과가 전송되고, 생성된 ADSL서버 프로세스는 자동 소멸된다[6 - 7].

운용프로그램은 <그림 3-2>에 나타나듯이 크게 RSA운용프로그램과 RSB운용프로그램으로 나뉘는데, 각 프로그램은 서버프로그램과 TCP/IP 통신으로 데이터를 전송한다.

RSA운용프로그램은 유지보수 시험(Repairment) 을 수행하고 , RSB운용프로그램은 예비시험 (Prequalification) 및 개통시험(Installation) 을 수행한다.



<그림 3-2> ADSL 시험장치 소프트웨어 구성

### 3.2. ADSL 시험장비의 시험기능 및 측정

ADSL은 음성과 데이터를 동시에 사용하는 것으로 기존의 고장접수 및 시험 시스템으로는 그 범위와 정확한 고장원인을 규정하기가 힘들지만, ADSL 시험장비를 구성, 운용하여 좀 더 향상된 통신서비스를 제공할 수 있다. 이에 ADSL 시험장비의 주요 시험기능들과 측정 결과 값에 대해 기술하고자 한다.

#### 3.2.1. Wide Band Noise

Wide Band Noise측정은 ADSL선로에 존재하는 잡음(Noise) 및 간섭(Interference)을 측정한다. Wide Band Noise측정은 측정 주파수 범위에 따라 PSD, E filter, F filter, G filter의 네 가지 세부 측정항목이 있다.

PSD(Power Spectral Density)는ADSL 전대역인 4kHz ~ 1600kHz에서의 잡

음을 측정한다. E filter는 ISDN BRI 대역(1kHz ~ 50kHz), F filter는 HDSL 대역(5kHz ~ 245kHz), G filter는 ADSL DMT 대역(20kHz ~ 1.1MHz)에서의 잡음을 측정한다.

### 3.2.1.1. PSD(Power Spectral Density)

PSD측정은 열잡음과 임펄스 잡음은 물론, 배경잡음(백색잡음,Background Noise, White Noise), 인접하는 디지털 전송 누화, AM라디오 전송에 잡음 등 본질적, 부가적인 잡음을 확인할 수 있다.

측정 결과는 주파수 대 잡음 전력 레벨의 연속적인 그래프로 나타나므로 ADSL 전대역에 대한 잡음을 한 화면에서 볼 수 있다. 따라서, 특정 주파수에서의 잡음에 대한 확인은 물론, 여러 주파수에 걸쳐서 나타나는 디지털 전송 누화(Crosstalk), 배경잡음 등을 확인하는데 용이하다.

측정결과에의 잡음 레벨 단위는 주파수(1Hz) 당 레벨(dBm)을 나타내는 dBm/Hz이다. 또한 결과를 그래프가 아닌 테이블 형식으로 볼 수 있다. 테이블 형식의 결과는 ADSL 전대역을4.3125kHz로 나누어 총256개의 구간 주파수에 대한 잡음의 레벨값을 볼 수 있다. 결과 그래프의 가로축은 주파수를 나타내며 범위는 4kHz ~ 1600kHz이다. 결과 그래프의 세로축은 잡음 전력 레벨을 나타내며 범위는 -135dBm/Hz ~ 10dBm/Hz이다.

### 3.2.1.3. E,F,G Filter

Filter별 대역의 구분은 대표적인 디지털 서비스의 주파수를 기준으로 나눈 것이며 filter별 측정 주파수 대역은 다음과 같다.

- 1) E filter : 1kHz ~ 50kHz (ISDN BRI 대역)
- 2) F filter : 5kHz ~ 245kHz (HDSL대역)
- 3) G filter : 20kHz ~ 1100kHz (ADSL DMT 대역)

측정결과에의 잡음 전력 레벨과 주파수로 표시되는데, 잡음 레벨은 해당

filter 대역의 주파수(Hz) 별 잡음 레벨의 총 합이 되며, 단위는 dBm이다. 즉, 특정filter에서의 측정은 그filter 대역에 속하는 주파수를 가진 잡음이 측정된다. 주파수는 filter 대역내에서 가장 높은 잡음 레벨을 갖는 주파수가 표시된다.

### 3.2.1.3. 측정 목적

Wide Band Noise측정의 목적은 ADSL선로에 존재하는 잡음(Noise) 및 간섭(Interference)을 측정하는 것이다. PSD(Power Spectral Density)는 전대역인 4kHz ~ 1100kHz에서의 주파수 잡음을 측정한다. E, F, G filter측정은 각각 ISDN BRI, HDSL, ADSL DMT 대역에 대해 잡음을 측정한다.

### 3.2.1.4. 측정 범위

#### (1) PSD

주파수 대역 : 4kHz ~ 1600kHz ( 4.3125kHz로 분할)

잡음 전력 레벨 : -135dBm/Hz ~ 10dBm/Hz

#### (2) E filter

주파수 대역 : 1kHz ~ 50kHz

잡음 전력 레벨 : -130dBm ~ 10dBm

#### (3) F filter

주파수 대역 : 5kHz ~ 245kHz

잡음 전력 레벨 : -130dBm ~ 10dBm

#### (4) G filter

주파수 대역 : 20kHz ~ 1100kHz

잡음 전력 레벨 : -130dBm ~ 10dBm

### 3.2.1.5. 배경 이론

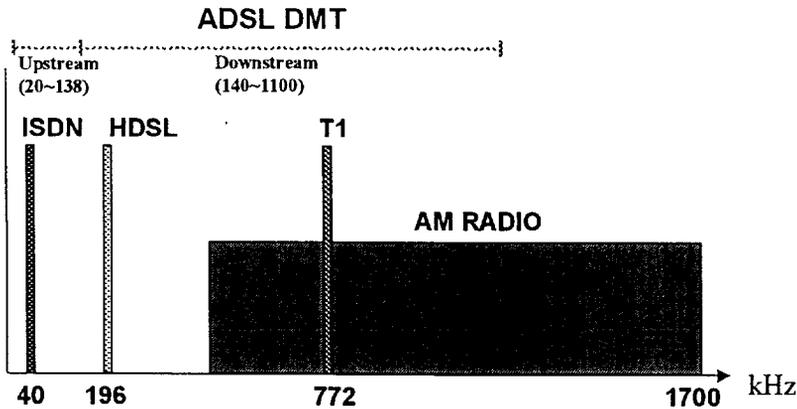
#### (1)ADSL선로의 잡음

ADSL기술은 기존의 전화신호의 주파수 대역폭보다 넓은 범위의 주파수 대역폭을 필요로 하므로 선로의 전송특성과 전송거리 즉 채널 특성에 크게 영향을 받는다. 또한 동일 바인더 내에 ISDN, HDSL, T1과 같은 타 데이터 회선에 의한 간섭에도 영향을 받게 된다. ADSL선로에 존재하는 간섭(Interference) 및 잡음(Noise)은 특정 주파수 대역에서 생기는 타 디지털 전송에 의한 누화 잡음(Crosstalk Noise)이 있을 수 있으며, 배경잡음(백색잡음, Background Noise, White Noise), 그리고 AM라디오에 의한 잡음 등이 있을 수 있다.

대부분의 간섭의 원인은 동일 케이블 바인더 내에서 인접하여 존재하는 다른 디지털 신호 전송이 원인이다. 이들 신호는 같은 주파수에서 누화(crosstalk)를 일으킬 수 있다. 만약, 간섭의 중앙이 772kHz 부근이면 1544kbps의 전송속도를 갖는T1의 나이퀴스트 주파수가 772kHz이므로, 인접하는 T1 서비스가 간섭의 원인으로 볼 수 있을 것이다. 다음 <표 3-1>는 ADSL서비스 대역내에 존재하는 서비스로서 ADSL 선로의 잡음 원인이 될 수 있다[8].

<표 3-1> ADSL대역안에 존재하는 디지털 서비스

ISDN BRI U-interface	40kHz	HDSL	196kHz
ISDN BRI S-interface	96kHz	T1	772kHz
HDSL European	150kHz	E1	1024kHz



<그림 3-3>ADSL대역안에 존재하는 디지털 서비스

AM 라디오 전송도 잡음의 원인이 되는데, 이는 많은 AM방송의 주파수가 ADSL과 같은 대역을 쓰고 있기 때문이다. 지하선로보다 공중의 DSL선로가 AM간섭에 영향을 더 받는다.

이 밖에도 임펄스 잡음, 배경 잡음 등이 ADSL선로 잡음의 원인이 될 수 있다.

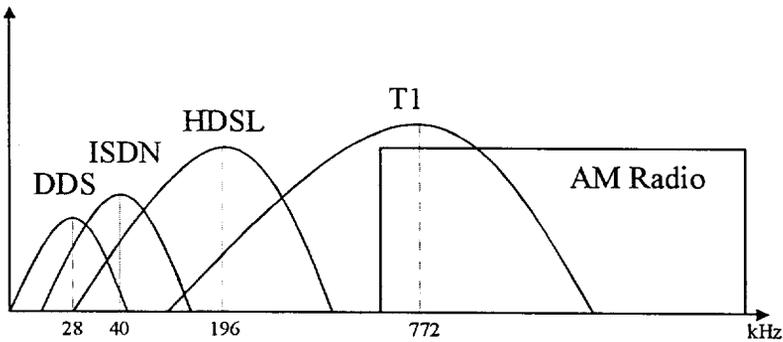
### (2)누화 잡음(Crosstalk Noise)

전송신호에 대한 손실요소로서 누화 잡음은 선로상의 신호 감쇄를 제외하고 가장 큰 잡음 원으로 이는 동일 케이블 바인더 내에서 인접하여 존재하는 회선의 신호가 다른 회선에 유입되어 원신호의 통신을 방해하는 현상을 의미한다. 이는 기존의 음성 전화에서보다는 DSL 서비스와 같은 높은 주파수의 전송에서 더욱 문제가 된다.

누화 잡음은 근단누화(NEXT: Near-End Crosstalk)와 원단누화(FEXT: Far-End Crosstalk)로 구분되며, 서로 평행으로 배치되어 있는 선로간에 간섭회선의 송신측과 같은 측의 피간섭 회선상에 발생하는 누화를 근단누화라고 하고, 수신측과 같은 측에서 발생하는 누화를 원단누화라고 한다. 일반적으로

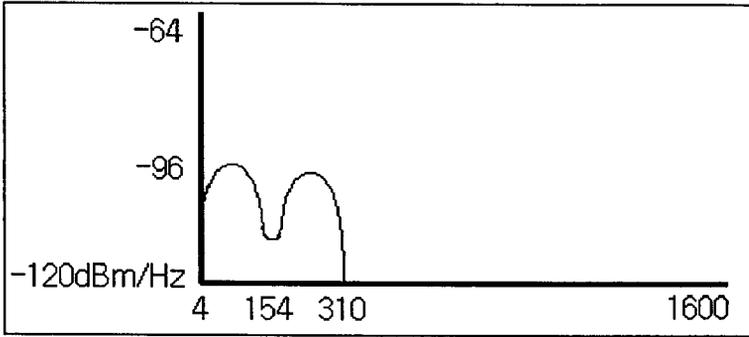
로 원단누화는 채널의 전송손실에 의해 감쇠가 되므로 근단누화에 비해 상대적으로 영향이 적다.

실제 환경에서 ADSL의 누화 잡음원으로는 동일 케이블 바인더의 2B1Q 방식에 의해 80kbps로 전송되는 ISDN 근단누화에 의한 간섭, 2B1Q방식에 의해 392kbps로 전송되는 HDSL 서비스에 의한 근단누화 간섭, AMI T1의 근단누화 간섭, ADSL의 상향전송에 의한 근단 및 원단누화 간섭, 그리고 ADSL의 하향 전송에 의한 근단 및 원단누화 간섭에 의한 영향이 있다. 다음 <그림 3-3> <그림 3-4>는 ADSL 대역안에 존재할 수 있는 디지털 서비스의 주파수 분포이다.

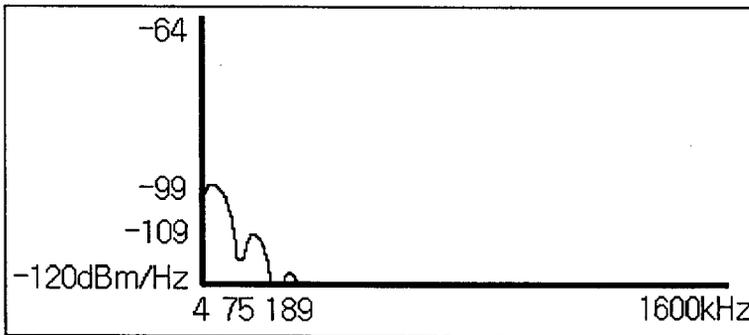


<그림 3-4> 디지털 서비스의 주파수 분포

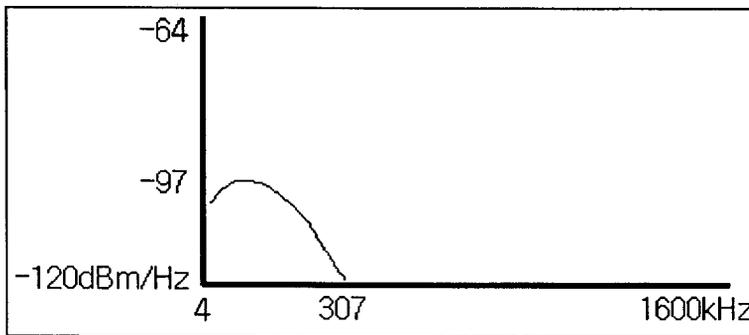
PSD측정으로 나타날 수 있는 대표적인 누화 잡음의 주파수 대 잡음전력 분포를 나타낸 것이 <그림 3-5~3-8>이다.



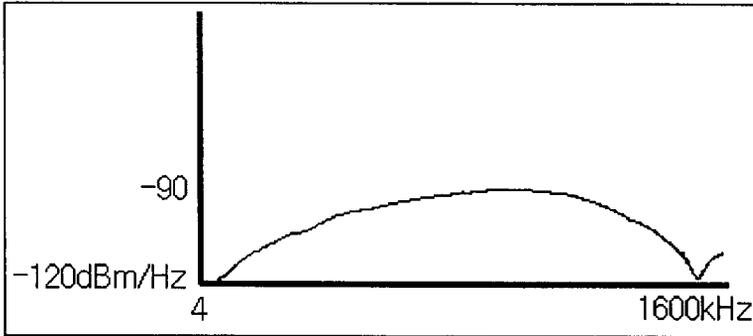
<그림 3-5> T1.601 근단누화: ANSI T1.601 Basic Rate ISDN (40kHz)



<그림 3-6> DSL 근단누화



<그림 3-7> HDSL 근단누화: HDSL 서비스 (196kHz, 유럽은 150kHz)



<그림 3-8> T1 근단누화: T1서비스 (772kHz)

### (3)배경 잡음 (White noise, Background noise)

선로 주위 환경의 기본적인 잡음으로서 주파수 전대역에 걸쳐 대체적으로 일정한 전력레벨을 갖는다. Wide Band Noise 측정 중 PSD측정을 하였을 때에,  $-140\text{dBm/kHz}$ 이하이면 양호하다고 볼 수 있으며,  $-130\text{dBm/kHz}$ 이면 보통이며,  $-120\text{dBm/kHz}$ 이상이면 양호하지 않다고 본다.

## 3.2.1.6 측정결과의 해석

### (1) PSD

측정 결과의 잡음 전력 레벨이 전대역에서  $120\text{dBm/Hz}$  이하이면 잡음이 존재하지 않는다고 볼 수 있다. 즉, 잡음에 대해 선로는 양호하다고 볼 수 있다. 잡음 전력 레벨이  $120\text{dBm/Hz}$  이상이면 측정된 전력 레벨을 갖는 잡음이 존재함을 의미한다.

(1) 전대역에 걸쳐 잡음이 존재하는 경우, 즉 전대역에서 잡음 레벨이  $120\text{dBm/Hz}$  이상이면 배경잡음이 큰 것으로 볼 수 있다. 배경잡음이  $-140\text{dBm/kHz}$ 이하이면 양호하다고 볼 수 있으며,  $-130\text{dBm/kHz}$ 이면 보통이며,  $-120\text{dBm/kHz}$ 이상이면 양호하지 않다고 본다.

(2) 특정 주파수에 잡음이 존재하는 경우는 다른 디지털 전송 또는 AM

라디오에 의한 잡음으로 볼 수 있다.

결과 잡음 레벨이  $-120\text{dBm/Hz}$  이상일 때에, 주파수는 잡음이 되는 디지털 전송 서비스를 찾는 데 도움을 준다. 예를 들면, 결과 그래프의 가장 높은 레벨의 주파수가  $772\text{kHz}$  부근이면 인접하는 T1 서비스가 잡음의 원인이 된다.

<표 3-2> PSD 측정에서 예상 할 수 있는 잡음 원인

ISDN BRI U-interface	40kHz	HDSL	196kHz
ISDN BRI S-interface	96kHz	T1	772kHz
HDSL European	150kHz	E1	1024kHz

## (2) E, F, G filter

측정 결과의 잡음 전력 레벨에 대한 기준은 다음과 같다.

- 1) E filter :  $-73\text{dB}$  이상이면 E filter 대역에 잡음이 존재
- 2) F filter :  $-66\text{dB}$  이상이면 E filter 대역에 잡음이 존재
- 3) G filter :  $-59\text{dB}$  이상이면 E filter 대역에 잡음이 존재

주파수는 filter 대역내에서 가장 높은 잡음 레벨을 갖는 주파수가 표시된다.

## 3.2.2. 스펙트럼 분석

DMT 방식은 다중 반송파 변조(Multicarrier Modulation)의 일종이며, 특징은 가입자 선로를 통해 디지털 데이터의 전송을 위해  $1.1\text{MHz}$ 까지의 가입자 선로 주파수 대역을  $4.3125\text{kHz}$  단위 ( $1.1\text{MHz}/4.3125\text{kHz} = \text{약}256\text{개}$ )의 서브채널로 분할하여 각각의 서브채널 특성에 맞게 서로 다른 데이터 속도의 비트스트림이 전송된다는 점이다. 즉 감쇠, 왜곡 등 각종 간섭이 적은 채널에 가능한 한 많은 정보를 전송하고, 그렇지 않은 채널에 적게 전송함으로써 전송성능을 최대

한의 채널용량에 근접하여 전송하고자 하는 특징이 있다.

스펙트럼 분석은 현재 전송 상태의 주파수 대 비트 분포를 확인하는 방법으로서 주파수별 신호의 밀집도를 스펙트럼으로 나타낸 것이다. 4.3125kHz의 대역폭 분해능과 4kHz ~ 1600kHz의 주파수 범위를 갖고 있으며 신호에 대한 전력레벨은 -140dBm/Hz ~ 10dBm/Hz의 범위를 갖는다.

측정결과는 주파수에 대한 신호의 전력레벨로 나타나며, 서브채널 당 정확한 비트량은 모뎀 시험에서 확인 할 수 있다. 사용중인 밴드(주파수)에서의 신호 전력레벨은 약 -76dBm/Hz 이상으로 나타난다.

스펙트럼 분석 측정시의 측정 임피던스는 고임피던스 상태로서 서비스 중인 선로에 영향을 주지 않는다.

### 3.2.2.1 측정 목적

스펙트럼 분석의 목적은 주파수별 신호의 밀집도를 스펙트럼으로 나타내어 현재 전송 상태의 주파수 대 비트 분포를 확인하기 위함이다.

### 3.2.2.2. 측정 범위

주파수 대역 : 4 kHz ~ 1600 kHz

전력 레벨 : -140dBm/Hz ~ 10dBm/Hz

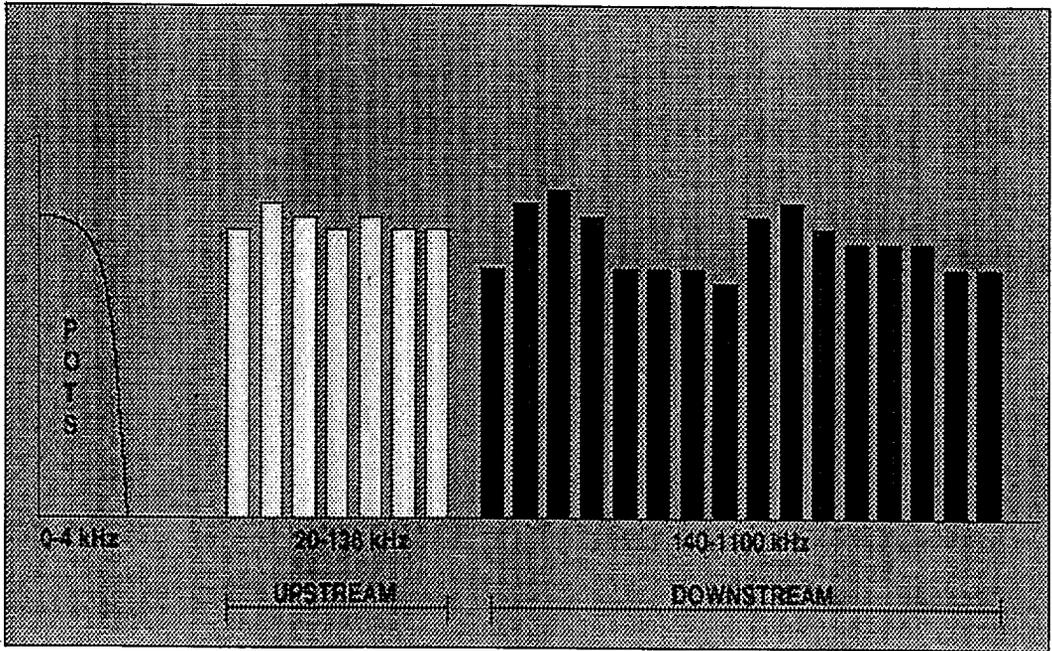
### 3.2.2.3. 배경 이론

#### (1)DMT 방식의 ADSL 전송

DMT방식은 다중 반송파 변조(Multicarrier Modulation)의 일종이며, 특징은 가입자 선로를 통해 디지털 데이터의 전송을 위해 1.1MHz까지의 가입자 선로 주파수 대역을 4.3125KHz단위(1.1Mhz/4.3123khz=약256)의 서브채널로 분할하여 각각의 서브채널 특성에 맞게 서로 다른 데이터 속도의 비트스트림이 전송된다는 점이다. 즉 감쇠, 왜곡 등 각종 간섭이 적은 채널에 가능한 많은 정보를 전송하고, 그렇지 않은 채널에 적게 전송함으로써 전송성능

을 최대한의 채널용량에 근접하여 전송하고자 하는 특징이 있다.

각 서브채널에서 생성되는 신호는 QAM방식으로 변조하며 FFT를 이용하여 효율적으로 구현되며 주 채널이 동일한 에러 확률을 갖고 전송될 수 있도록 한다. 만일 어떠한 이유에서 특정 서브채널이 데이터를 전송하기에 적합치 않으면, DMT는 이 채널을 제외한 가용 채널들을 이용하여 최적화를 수행한다. 따라서, 전송용량은 선로 및 전송 특성에 의해, 선로마다 서로 다른 값을 가질 수 있다. 즉, 각 서브채널에 할당되는 비트 수는 선로의 전송 특성에 따라 초기화 과정에서 정의되며 동작 중에도 이 비트의 할당은 선로 환경변화에 따라 적응하며 변화할 수 있다[10].



<그림 3-9> ADSL DMT 전송의 채널 비트 분포

ADSL DMT의 비트 분포의 예가 <그림 3-9>이다. 주파수 범위는 256개 주파수 밴드(각각 4.3125kHz)로 나누어 진다. 업스트림 신호는 낮은 주파수 톤(20 ~ 138kHz)을 사용하는 반면에, 다운스트림 신호는 높은 주파수 톤(140 ~ 1100kHz)을 사용한다. 실제적으로 채널 위치는 변동적이다. 그리고, 각 채널 안에서의 비트의 개수는 변동적인데 이는 모뎀이 수행하게 되는 비트 분산의 최적화에 따른다.

DSL은 넓은 주파수 스펙트럼을 사용하기 때문에, 외부 소스로부터의 간섭에 특별히 영향을 받기가 쉽다. 잡음 및 간섭은 DSL의 전송속도와 SNR 마진에 매우 악영향을 준다. 이것은 전송속도를 낮추며, 결국 모뎀의 동기를 깨뜨릴 수 있다. ADSL 모뎀의 초기화 동안, 각 채널에 대한 신호대잡음 측정이 수행된다. 그 다음, 비트 분포가 원하는 비트 속도에 맞게 최적화된다. 각 채널은 이론상 최대 15비트를 지원한다. 모뎀 초기화 동안, 비트 분포는

최적 대역에 조정된다. 모뎀은 계속적으로 각 채널에 대한 신호대잡음비를 모니터한다. 만약 한 채널이 품질에서 떨어지면, 그 특정 채널에 할당된 비트량을 조정하기 위해DSLAM에서 비트 파기 명령이 보내어진다. 이 비트는 다른 채널에 더해지거나, 파기된다. 스펙트럼 분석 측정은 이러한 비트 분포를 주파수 대 신호레벨의 결과로 확인하는 측정 항목이다.

### 3.2.2.4. 측정결과의 해석

배경이론에 설명되었듯이 ADSL DMT 전송에서 서브채널에 할당되는 비트수는 선로의 전송특성에 따라 초기화 과정에서 정의되며 동작 중에도 이 비트의 할당은 선로 환경변화에 따라 적응하며 변화한다.

스펙트럼 분석의 측정결과는 주파수에 대한 신호의 전력레벨로서, 현재 전송상태의 주파수 대 비트 분포를 확인한다. 사용중인 밴드(주파수)에서의 신호 전력레벨은 약  $-76\text{dBm/Hz}$  이상으로 나타난다. 만약  $140\text{kHz}$ 부근이 아닌 업스트림( $20 \sim 138\text{kHz}$ )이나 다운스트림( $140 \sim 1100\text{kHz}$ ) 영역안에서 레벨이 크게 떨어진 곳이 있다면(즉, 업다운 대역내의 채널에서 할당비트가 크게 적어지면), 이것은 그 주파수에 간섭(잡음)이 존재함을 나타내는 표시이다. 예를 들어,  $772\text{kHz}$ 에서 레벨이 크게 떨어지면T1신호의 간섭이 존재함이 유력하다.

### 3.2.3. TDR (Time Domain Reflectometer)

TDR측정은 선로의 Open, Short, Bridge tap로 인한 선로 장애를 찾아내고 장애위치, 장애종류를 확인할 수 있다. DSL 선로의 테스트에서 TDR은 복합적인 역할을 하는데, 다음과 같다. Open, Short의 선로 장애와 위치 Bridge Tap의 위치, 존재 여부, 위치, Bridge Tap자체의 길이를 측정한다.

#### 3.2.3.1. 측정 목적

TDR측정은 선로상의 Open, Short, Bridge tap의 장애종류와 장애위치를 판

정한다.

### 3.2.3.2. 배경 이론

TDR측정은 측정선로에 펄스를 보냄으로써 행하여진다. 그런 다음, 측정기로 반사 또는 반향되어 오는 신호를 측정한다. 이러한 반사는 선로 내의 장애 또는 임피던스 변화(이종심선 등)가 원인이다. 보낸 펄스가 반사되는 시간으로 장애위치를 계산하여 측정한다.

#### - $V_p$ (Velocity of Propagation:전파속도)의 설정

$V_p$ 는 선로 안에서의 신호의 속도를 나타낸다. 광속에 대한 속도의 비이다. 즉, 0.65이면 선로 안에서의 신호의 속도가 광속의 65%의 속도임을 뜻한다.  $V_p$ 의 설정은 TDR사용에 있어 매우 중요하다. 사용자는 케이블의 제원이나 제조사로부터  $V_p$ 를 알아 낼 수 있을 것이다.

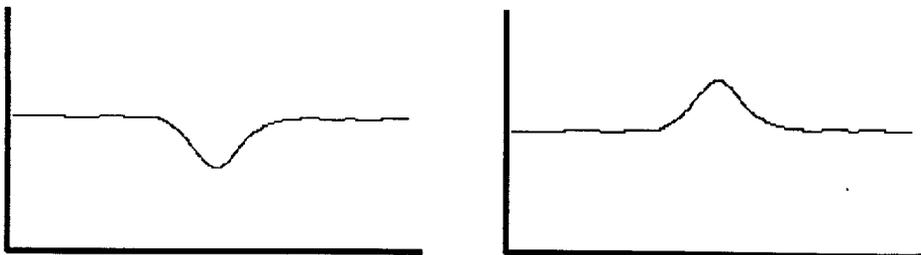
선로굵기 또한 결과의 오차를 크게 초래하므로, 측정선로의 굵기에 대한 정보를 확실히 선택한다.

### 3.2.3.3. 측정결과의 해석

선로 장애(Open, Short, Bridge tap)의 종류에 따라TDR측정 결과 그래프의 모양이 달라진다. 장애 종류에 따른 TDR결과 그래프는 다음과 같다[9].

#### (1) Open, Short

거리에 따른 결과 그래프는 <그림3-10>과 같은 형태가 된다.



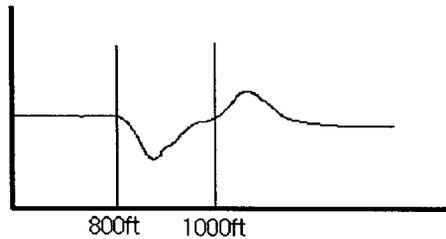
Open

Short

<그림 3-10> Open, Short

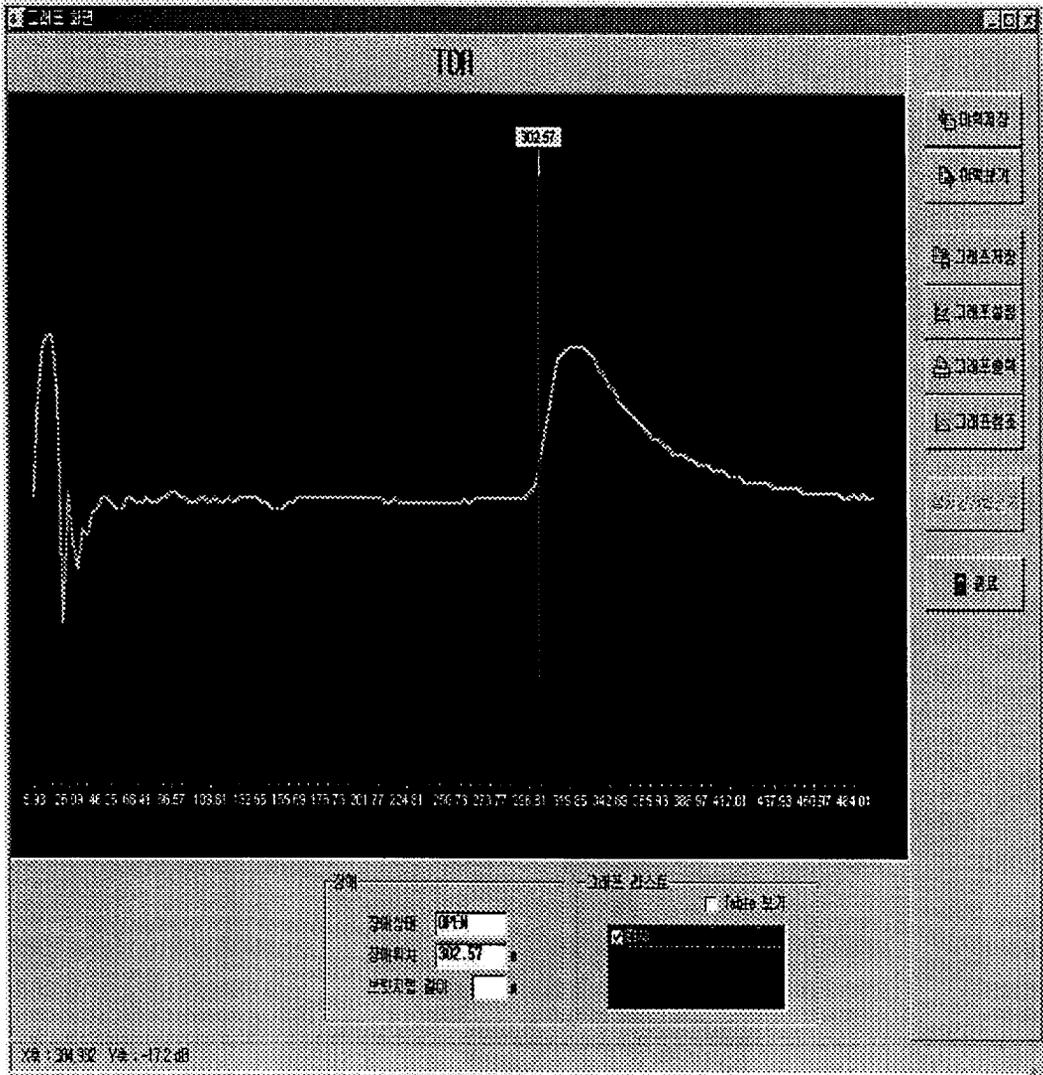
(2) Bridge tap

Bridge tap의 결과 그래프는 <그림 3-11>에서 보여주고 있다. bridge tap은 800ft지점에서 시작하고 그 길이가 200ft (1000ft - 800ft)이다. bridge tap의 시작은 급격히 아래로 떨어지는 곳부터이다. Bridge tap의 자체 길이 (lateral)는 급격히 올라가는 곳까지이다.

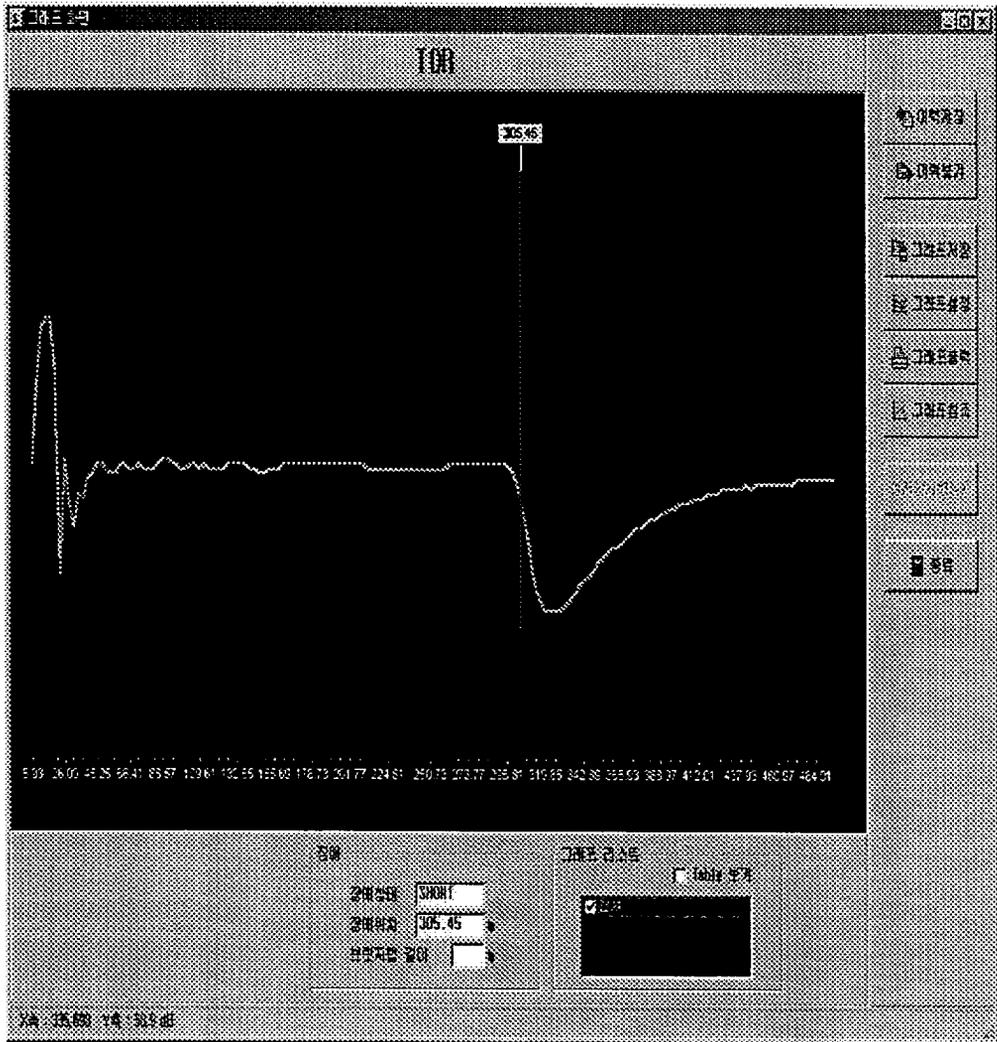


<그림 3-11> Bridge tap

TDR측정 결과 그래프의 예는 다음 <그림 3-12>, <그림 3-13>에서 보여준다.



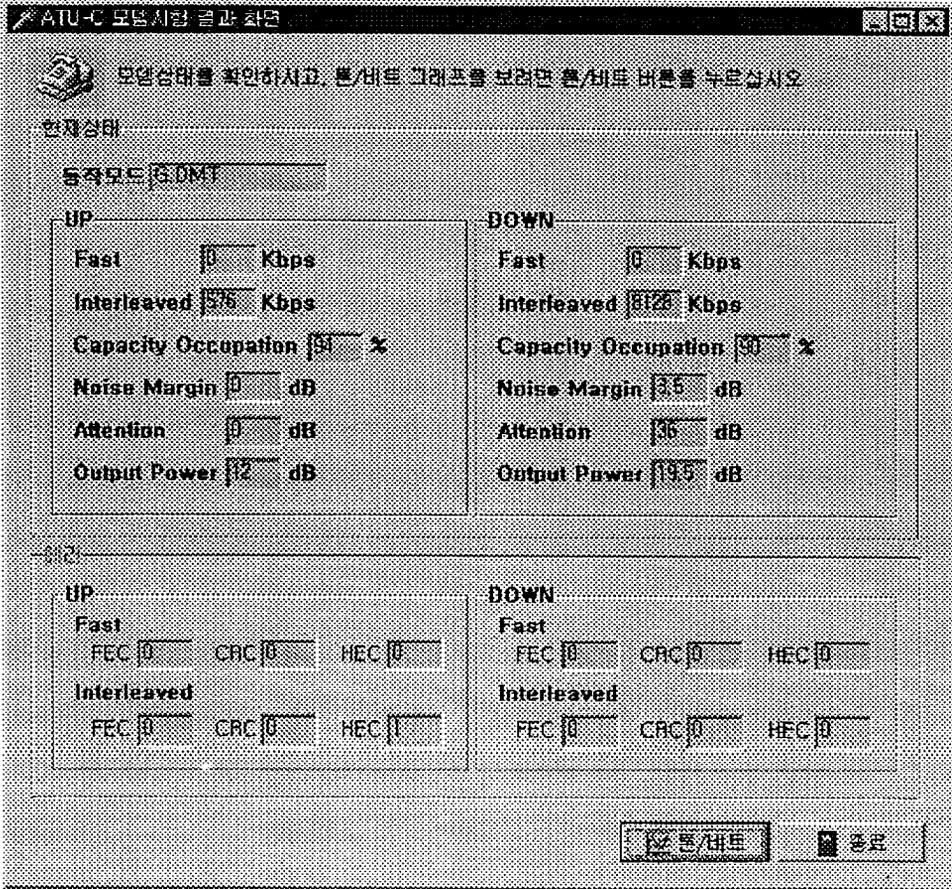
<그림 3-12> Open의 TDR결과 그래프



<그림 3-13> Short의 TDR결과 그래프

### 3.2.4. ATU-C모뎀 시험

ANSI T1.413에서 규정된 Discrete Multitone (DMT) 변조는 ITU에서는G.992.1(G.DMT)로 승인되었다. DMT는 1100kHz까지의 주파수 스펙트럼을 사용하여 높은 대역의 데이터와 낮은 대역의 음성을 하나의 전화선으로 동시에 보내는 기술이다. 256개(각4.3kHz의 대역)의 다른 멀티톤들(carriers)이 병렬로 전송되어6.144Mbps다운스트림과 640kbps업스트림의 전송속도를 갖는다. 측정기는 성공적으로 ATU-C에 연결된 후, <그림 3-14>와 같은 결과를 보여준다.



<그림 3-14> ATU-C모뎀 시험 결과 화면

### 3.2.4.1 동작 모드

사용되는 프로토콜이 선택된다. 이것은 서비스 중인DSLAM에서 지원될 것으로 예상되는 프로토콜이다. 선택은 ANSI, G.DMT, G.LITE, MULTI이다. ANSI (F1)는ANSI T1.413에서 규정된다. 이 모드에서, 측정기는 ANSI 표준을 따르는 ATU-R로부터 open 커맨드를 받는다.

G.DMT (F2)는ITU-T G.992.1을 참조한다. 이 모드에서, 측정기는 G.DMT 표준을 따르는 핸드-셰이킹 과정에 응답한다.

G.LITE (more, F1)는ITU-T G.992.2을 참조한다. 이 모드에서, 측정기는 G.LITE표준을 따르는 핸드-셰이킹 과정에 응답한다.

### 3.2.4.2. 모뎀상태정보

오른쪽 열에는 다운스트림(DSLAM으로부터 가입자로) 결과들을 보여준다. 왼쪽 열에는 가입자로부터 DSLAM으로의 업스트림 결과들을 보여준다. 각 방향에 대해서, 다음과 같은 정보가 제공된다.

FAST: Fast Path bit rate를 표시한다. 이것은 fast path가 사용될 때이고, 측정 선로에서 얻은 실제 비트 속도이다.

INTERLEAVED: Interleaved bit rate를 표시한다. 이것은 interleaved path가 사용될 때이고, 측정 선로에서 얻은 실제 비트 속도이다. Interleaving은 데이터에 대해 delay를 더함으로써 부가적인 flow control과 error correction을 더한다.

Capacity Occupation: Capacity를 나타낸다. 이 측정은 선로 capability의 표시이다. 이것은 (달성된 선로 속도 / 달성할 수 있는 선로 속도) 100이다. 예를 들어, CAP이 85%라는 의미는, 필요하다면 모뎀이 15% 더 높은 비트 속도의 capability를 갖고 있다는 뜻이다.

NOISE MARGIN: realized Noise Margin을 표시한다. 이것은 비트 속도를 지원하기 위해 요구되는 신호대잡음 위로의 여유값(Margin)이다.

ATTENUATION: 총 감쇄(Attenuation)를 표시한다. 이것은 시작점(near end)에서의 송출 파워와 종단(far end)에서의 수신 파워 사이의 dB차이로 측정된다.

OUTPUT POWER: Aggregate power level을 표시한다. 트랜스미터에서 허용되는 최대 총 파워 레벨을 규정한다. 다운스트림에서, ATU-C는 20dBm의 최대 파워 레벨을 갖는다. 업스트림에서, ATU-R은 13dBm의 최대 파워 레벨을 갖는다. 최대 레벨은 DSLAM에서 규정된다. 모뎀은 주어진 선로길에서 같은 비트 속도를 얻기 위해서 알맞은 파워 레벨을 사용하게 된다. 같은 속도에서, 짧은 거리보다 긴 거리에서 더 높은 출력 파워를 요할 것이다.

#### (1) PATH: Fast와 Interleaved

Fast와 Interleaved의 두 가지 latency(잠재, 대기, 잠복) path가 있다. 어떤 path든 DMT시스템은 높은 데이터 보전을 보장하는 전방에러정정(FEC; Forward Error Correction) 구조를 사용한다. 최대 잡음 면역을 보장하기 위해 interleaver는 보완 FEC를 사용할 것이다. Interleaver는 본질적으로 버퍼이며 잡음을 취급하기 위한 에러정정 기술을 허용하는 딜레이 삼입을 이용한다. Interleaving은 데이터 흐름을 느리게 할 것이고, 비디오 전송과 같은 실시간 신호에 대해 최적화하지 못할 것이다. Interleaving은 인터넷에 이상적이며 ITU G.992.2를 따른 G.lite 시스템에 적용되었다. 여러 응용에 대한 성능을 예상하기 위해, 측정기의 ATU-C모듈을 이용하여 fast path와 interleaved path 모두에 대해 테스트 할 수 있다.

#### (2) NOISE MARGIN

알맞은 잡음 마진 설정은 테스트에 있어 중요하다. 목표 잡음 마진 파라메타는 모뎀이 turn-up시 얻어야만 하는 신호대잡음비를 반영한다. 6dB의 목표 잡음 마진 설정이 일반적이다. 링크 up시, 모뎀은 실제 잡음 마진이 최소

잡음 마진 임계값(보통0dB로 설정) 위에 있는 한, 동기(Showtime이라 알고 있는)를 유지할 것이다.

여러 목표 잡음 마진 설정 테스트는 무의미하다. 방해요소 영향은 ADSL 설치에 있어서 여전히 알 수 없는 요소이다. 예를 들어, 임펄스 잡음은 장거리 선로의 잡음 마진을 갑자기 10dB 떨어뜨려 모뎀 fail을 초래하는 원인으로 알려져 왔다. 그러므로, 더 높은 목표 잡음 마진 설정은 장기간으로 볼 때 현명할 것이다. 동기가 맞추어지지 않는 선로의 문제는 낮은 목표 잡음 마진 설정이 좋은 해결 방안일 것이다. 예를 들어, 목표 잡음 마진이 3dB이면 가치 있는 진단 정보 제공과 함께 동기화가 될 것이다.

### (3) 에러

업스트림과 다운스트림, 그리고 Fast와 Interleaved에 따라 다음의 정보가 나타난다.

FEC: Forward Error Correction(전방 에러 정정).

스트림에 대해 codeword에서의 에러가 정정되었음을 나타낸다.

CRC: Cyclic Redundancy Check Error(반복적 과잉 체크 에러)

스트림에서, 수신된 CRC-8코드가 따로(locally) 계산된 CRC-8코드와 동일하지 않음을 나타낸다.

HEC: Header Error Control Error Fast. 잘못된 HEC를 가진 ATM 셀이 data 스트림에 존재함을 나타낸다.

(4) 고정속도(Fixed Rate) 서비스를 측정한다면, 다음을 따른다. 고정속도 서비스는 가입자에 대해 정확한 데이터 속도를 규정(설정)한다.

Fast Rate: 업,다운 양방향에 대해, FAST값이 고정속도 설정과 같은지를 확인한다. 예를 들어, 테스트 선로가 384다운스트림/128업스트림으로 규정(설정)되어 있다면, 다운스트림 Fast가 384이고 업스트림 Fast가 128임을 볼 것이다.

Noise Margin: 잡음 마진이 회사의 요구에 따르는가를 체크한다. 일반적인 표준은6dB이다. 높은 값일수록 앞으로 발생하는 잡음에 대해 여유를 제공한다.

Capacity: 높은 capacity값(예를 들어 95%)은 잡음 증가에 대한 여유를 갖지 못한다. 이 잡음은 HDSL 또는T1같은 부가적인 간섭에 기인한다.

(5) 속도적응(Rate Adaptive)을 측정한다면, 다음을 체크할 수 있다. 속도적응 선로는 목표 잡음 마진과 일치하는 최대 비트속도에서 초기화한다. showtime동안, 모뎀은 변하는 선로 상태에 적응하기 위해 최대 비트속도 제공하기를 계속한다. 이 때, 마진은 목표 잡음 마진이 아닌 최소 잡음 마진 위가 되어야 한다. 그러므로, showtime동안, 실제 잡음 마진은 목표 잡음 마진 아래로 떨어질 것이다.

Fast: Fast값은 이 선로에 대해, 최소 임계값 위이어야 한다.

Noise Margin: 잡음 마진값도 최소 허용 마진 위로의 값이 필요하다. 일반적인 산업 표준은6dB이다. 측정된 잡음 마진은6dB이상이어야 한다. 속도적응 선로는 모든 가능한 대역을 사용하기를 시도하므로, 잡음 마진은6dB(또는 최소값)에 매우 가깝게 될 것이다.

Capacity: capacity값은 높을 것이다.(90% 부근). 이것은 속도적응 선로는 가능한 넓은 대역을 사용하기 때문이다.

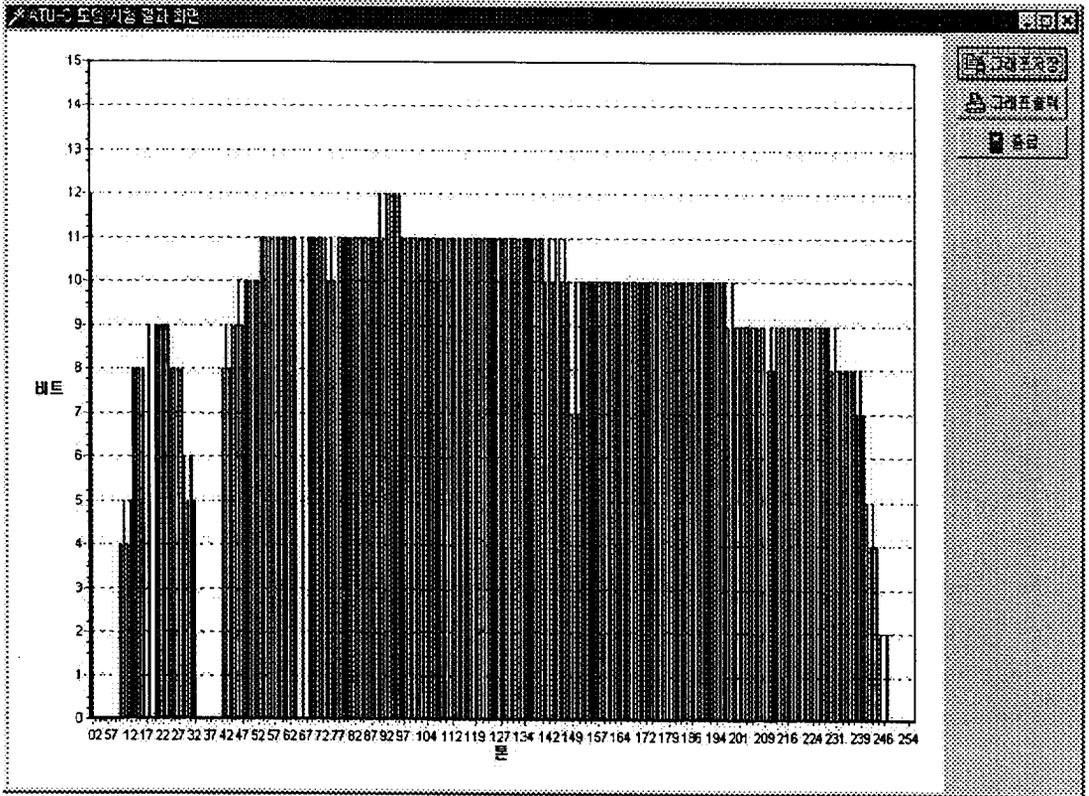
#### (6) Bits Graph 결과

비트 그래픽은 규정된 속도로의 전송을 위해 모뎀에 의해 사용되는 톤 당 비트 분포를 측정한다. 이것은 각 톤 당 할당된 비트수로서 그래픽 형식으로 화면에 나타난다.

모뎀 초기화 동안, 각 톤에 대한 신호대잡음 측정이 수행된다. 그 다음, 비트 분포가 원하는 비트 속도에 맞게 최적화된다. 각 톤은 이론상 최대 15bits를 지원한다. 동작하는 동안, 비트 분포는 최적 대역에 조정될 것이다.

모뎀은 계속적으로 각 톤에 대한 신호대잡음비를 모니터한다.

만약 한 톤이 품질에서 떨어지면, 그 특정 톤에 할당된 비트량을 조정하기 위해 비트 스왑 명령이 보내어진다. <그림3-15>은 그래프 형식 결과의 톤 당 비트를 보여주고 있다.



<그림 3-15> 톤 당 비트

화면의 왼쪽에 있는 비트 블럭은 업스트림 신호를 나타내고 있다. 업스트림에서 가장 높은 주파수는 140kHz일 것이다. 화면 오른쪽은 다운스트림 신호를 나타내고 있다. 특정 톤에 대한 비트 갯수를 확인할 수 있다.

(7) Bits Graph 결과 해석

비트수는 140kHz부근에서 0으로 떨어진다. 만약 업이나 다운스트림 영역

안에서 비트수가 크게 떨어진 곳이 있다면, 이것은 그 주파수에 간섭(잡음)이 존재함을 나타내는 결정적인 표시이다. 예를 들어, 772kHz에서 비트수가 크게 떨어지면 T1신호의 간섭이 존재함이 유력하다. 화면 왼쪽열은 업스트림(ATU-C가 받은) 신호에 대한 결과를 보여준다. 오른쪽열은 다운스트림(ATU-R이 받은) 신호에 대한 결과를 보여준다.

### 3.2.5. ATU-R모뎀 시험

ATU-C emulation은 ADSL서비스에 대한 local loop의 예비품질을 위한 가장 중요한 방법이다. 이것은 예비품질과 서비스 상태의 예측을 가능케 해준다. 이것은 CO의 DSLAM이 아직 설치되지 않았거나 CO의 DSLAM과의 접속이 안될 때에 필요하다. ATU-C를 사용하여 측정기는 DSLAM ATU-C를 emulate한다. 종단에 ATU-R모뎀을 장착한 또다른 측정기나 살아있는 모뎀을 사용할 수 있다. ADSL 링크를 위한 설정을 필요로 한다. 그 설정들은 실제의 DSLAM에서의 설정과 유사하다.

#### (1) 동작 모드

사용되는 프로토콜을 선택한다. 이것은 살아있는 DSLAM에서 지원될 것으로 예상되는 프로토콜이다. 선택은 ANSI, G.DMT, G.LITE, MULTI이다. 이는 서비스 회사의 서비스 종류가 된다.

ANSI (F1)는 ANSI T1.413에서 규정된다. 이 모드에서, 측정기는 ANSI 표준을 따르는 ATU-R로부터 open 커맨드를 받는다.

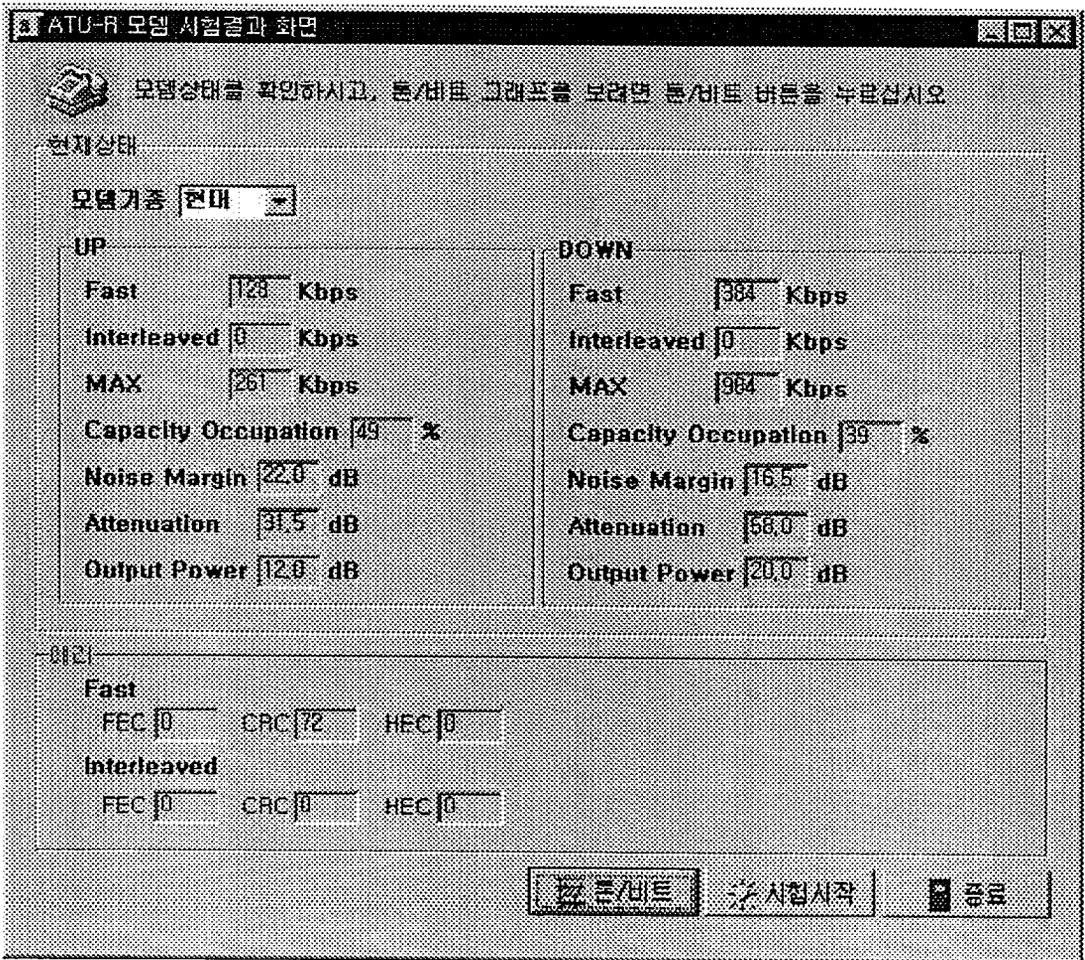
G.DMT (F2)는 ITU-T G.992.1을 참조한다. 이 모드에서, 측정기는 G.DMT 표준을 따르는 핸드-셰이킹 과정에 응답한다.

G.LITE (more, F1)는 ITU-T G.992.2을 참조한다. 이 모드에서, 측정기는 G.LITE 표준을 따르는 핸드-셰이킹 과정에 응답한다.

MULTI (more, F2)모드에서, 측정기는 위 세가지의 어느 표준을 따르는 커맨드라도 받는다. 그런 다음 그 표준에 맞는 초기화 과정을 한다.

(2) 측정 결과 화면

Operating Mode와 Profile을 선택한 후, 다운스트림과 업스트림의 비트속도 그리고 잡음 마진의 설정이 필요하다. 측정기가 ATU-R과의 연결이 성공하면, 결과를 화면에 표시한다. 링크 turn up의 결과들은 <그림 3-16>에 나타내었다.



<그림 3-16> ATU-R모뎀 시험결과 화면

우측 열은 다운스트림(측정기로부터 ATU-R로)의 결과들이 표시된다. 좌

측 열은 ATU-R로부터 측정기로의 업스트림의 결과들을 보여준다. 각 방향에 대해서 다음의 정보가 제공된다.

Fast: Fast Path bit rate를 보여준다. 이것은 interleaved가 사용되지 않으면 실제 비트 속도이다.

-Interleaved: Interleaved bit rate를 보여준다.

-.MAX: 선로가 허용하는 최대로 얻을 수 있는 비트 속도를 표시한다.

Capacity Occupation: Capacity를 나타낸다. 이 측정은 선로 capability의 표시이다. 이것은 (달성된 선로 속도 / 달성할 수 있는 선로 속도) 100이다. 예를 들어, CAP이 85%라는 의미는, 필요하다면 모뎀이 15% 더 높은 비트 속도의 capability를 갖고 있다는 뜻이다.

Noise Margin: 실제의 Noise Margin을 표시한다. 이것은 신호대잡음(비트 속도를 내기 위해 요구되는) 위로의 마진이다.

Attenuation: 총attenuation. 이것은 시작단(near end)에서 전송되는 파워와 종단(far end)에서 수신되는 파워 사이의 dB차이로 측정된다.

Output Power: aggregate power level을 표시한다. transmitter에서 허용되는 최대 총 파워 레벨을 규정(설정)한다. 다운스트림에 대해서, ATU-C는 20dBm의 최대 파워 레벨을 갖는다. 업스트림에 대해서, ATU-R은 13dBm의 최대 레벨을 갖는다. 최대 레벨은 DSLAM에서 규정(설정)된다. 모뎀은 주어진 거리에서 비트속도를 얻기 위해 적당한 파워 레벨을 사용한다. 같은 비트속도에서, 긴 거리일수록 더 높은 출력 파워가 요구된다.

또한, 화면은 에러와 이벤트에 대한 정보를 제공한다. 각 결과는 interleaved와 fast path에 대해 보여준다. 선로는 두 path중 하나를 사용할 것이다. 그러므로, fast path를 사용하는 선로를 측정한다면, Fast를 참조한다.

FEC: Forward Error Correction(전방 에러 정정). 데이터 스트림에 대해

codeword 안에서 에러가 정정되었음을 나타낸다.

CRC: Cyclic Redundancy Check Error(반복적 과잉 체크 에러). 이것은 데이터 스트림에서, 수신한 CRC-8코드가 계산된 CRC-8코드와 동일하지 않음을 나타낸다.

HEC: Header Error Control Error. 이것은 올바르지 않은 HEC 대한 호출이 데이터 스트림에 있음을 나타낸다.

### (3) 측정

1) 고정속도(Fixed Rate) 서비스를 측정한다면, 다음을 따른다. 고정속도 서비스는 가입자에 대해 정확한 데이터 속도를 규정(설정)한다.

Fast Rate: 업,다운 양방향에 대해, FAST값이 고정속도 설정과 같은지를 확인한다. 예를 들어, 테스트 선로가 384다운스트림/128업스트림으로 규정(설정)되어 있다면, 다운스트림 Fast가 384이고 업스트림 Fast가 128임을 보는 것이다.

Noise Margin: 잡음 마진이 회사의 요구에 따르는가를 체크한다. 일반적인 표준은6dB이다. 높은 값일수록 앞으로 발생하는 잡음에 대해 여유를 제공한다.

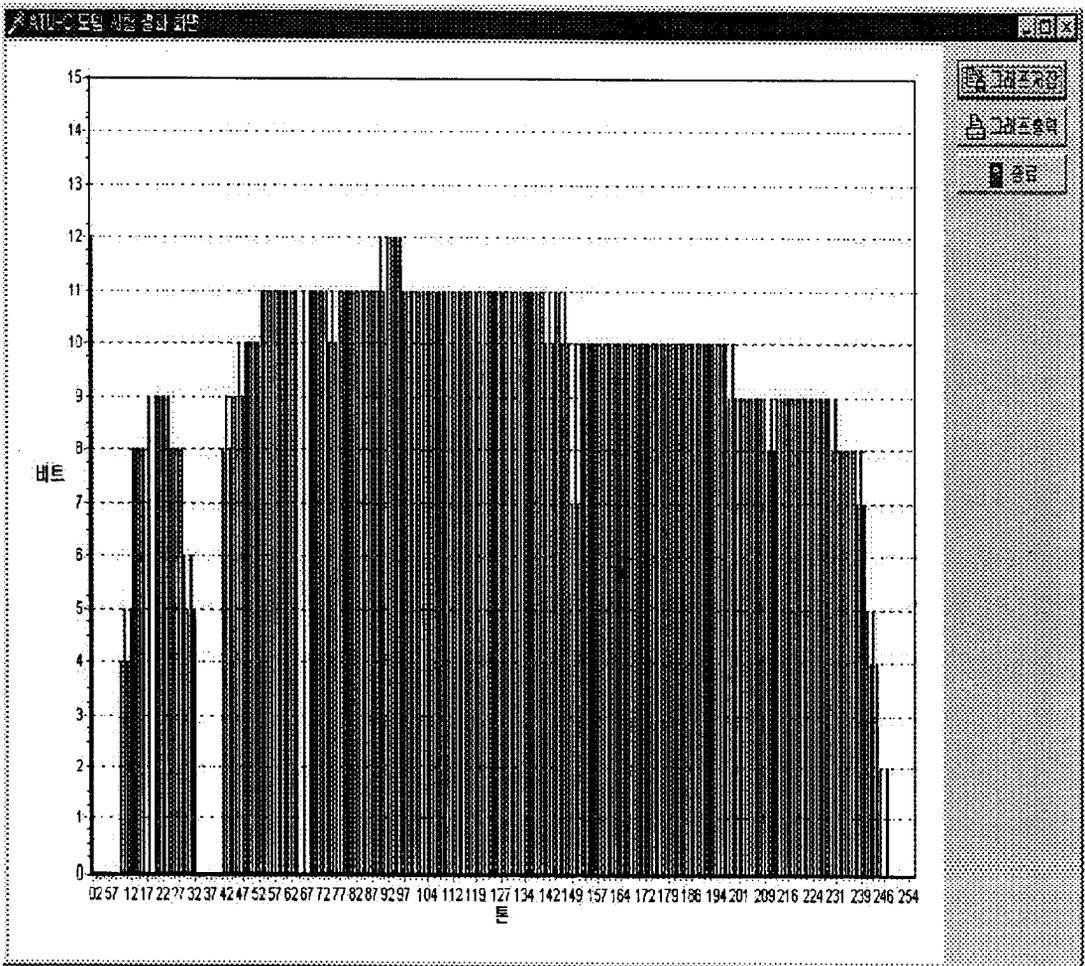
Capacity: 높은 capacity값(예를 들어 95%)은 잡음 증가에 대한 여유를 갖지 못한다. 이 잡음은 HDSL 또는T1같은 부가적인 간섭에 기인한다.

2) 속도적응(Rate Adaptive)을 측정한다면, 다음을 체크할 수 있다. 속도적응 선로는 목표 잡음 마진과 일치하는 최대 비트속도에서 초기화한다. showtime동안, 모뎀은 변하는 선로 상태에 적응하기 위해 최대 비트속도 제공하기를 계속한다. 이 때, 마진은 목표 잡음 마진이 아닌 최소 잡음 마진 위가 되어야 한다. 그러므로, showtime동안, 실제 잡음 마진은 목표 잡음 마진 아래로 떨어질 것이다.

Fast: Fast값은 이 선로에 대해, 최소 임계값 위이어야 한다.

Noise Margin: 잡음 마진값도 최소 허용 마진 위로의 값이 필요하다. 일반적인 산업 표준은6dB이다. 측정된 잡음 마진은6dB이상이어야 한다. 속도 적응 선로는 모든 가능한 대역을 사용하기를 시도하므로, 잡음 마진은6dB (또는 최소값)에 매우 가깝게 될 것이다.

Capacity: capacity값은 높을 것이다.(90% 부근). 이것은 속도적응 선로는 가능한 넓은 대역을 사용하기 때문이다.



<그림 3-17> Bits Graph 결과

비트 블록은 <그림 3-17> 화면 왼쪽에 있는 업스트림 신호를 나타내고

있다. 업스트림에서 가장 높은 주파수는 140kHz일 것이다. 화면 오른쪽은 다운스트림 신호를 나타내고 있다. 특정 톤에 대한 비트 갯수를 확인할 수 있다.

### 3.2.6. Loop Length

#### (1) 용량값을 이용한 거리 측정

용량 측정은 종단까지의 근사적인 거리를 제공한다. 근사적인 이유는 bridge tap이나 침수의 경우는 계산된 용량값에 장애로 인한 용량값이 포함되기 때문이다. 만약 이러한 장애가 선로상에 있다면, 측정결과는 실제보다 길게 나온다.

#### (2) Loop 저항을 이용한 거리 측정

이 측정은 종단이 short이어야 한다. 측정기는 ANSI T1.601 Annex G에 준한 거리계산을 제공한다. 선로 굵기에 따른 결과가 보여진다.

(3) 종단상태(open, short, 전화기 유,무)에 따라 측정값이 달라지므로 이를 고려해야 한다. (저항을 이용한 측정시 선로 굵기에 따라 다른 결과가 보여진다. 따라서, 측정선로의 굵기 정보가 정확해야 한다.)

A. Open: T-R Cap이용

B. Short: Loop 저항 이용

C. 전화기 유: T-G, R-G Cap 이용

D. 전화기 무: Open과 같으므로T-R Cap 이용

### 3.2.7.삼입손실

삼입손실은 주파수 응답으로 알려져 있으며, 전송 품질을 측정하는 기술이다. 측정 원리는 신호는 선로를 따라 진행함에 따라 감쇄하는 물리현상을 이

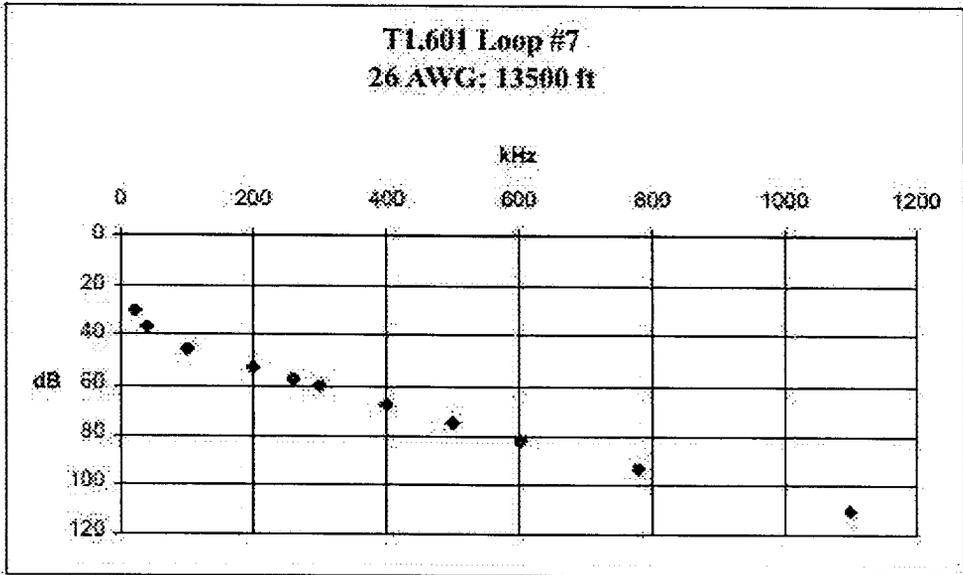
용한 것이다. 특정 주파수의 손실은 거리에 비례하여 증가하며 높은 주파수 신호가 낮은 주파수보다 감쇄가 크다. 올바른 삽입손실 측정을 위해서는 선로의 가입자단에 Responder가 필요하다. 가입자단에서는 특정 주파수와 파워 레벨의 신호를 발신한다. 측정기는 같은 주파수에서의 신호를 측정하고 파워 레벨을 보여준다. 손실의 단위는 dB이다.

#### (1) DSL에 대한 삽입손실 측정

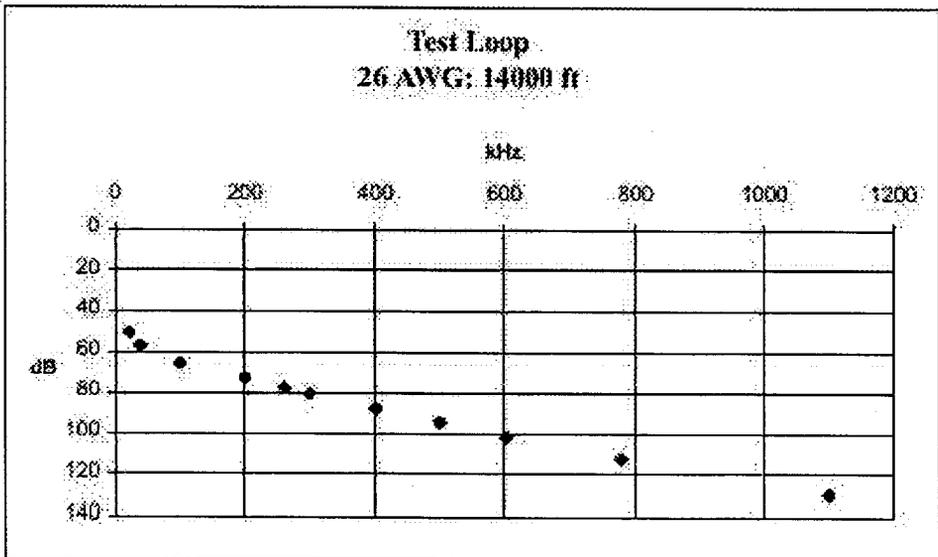
전통적으로 삽입손실은 POTS전송(주파수4kHz까지) 라인의 예비품질을 위해 사용되어져 왔다. 이 기술은 ISDN Basic Rate(40kHz), HDSL-T1(196kHz)와 같은 오늘날의 높은 주파수 전송에 대해서도 쉽게 응용된다. 이 시험들은 한 주파수에 대해 시행한다. 그들은 싱글-캐리어 기술이지만, 에너지는 한 주파수에 집중되어 있지 않다. 변조와 코딩이 스펙트럼을 확산한다. 그러므로, 순수한 하나의 사인과 신호를 이용한 삽입손실 측정은 정확하지 않다. ADSL-DMT와 같은 멀티-캐리어 전송은 완전한 주파수 sweep을 요하기 때문에 더욱 복잡하다. DMT전송은 각각 4.3125kHz의 대역을 갖은 256개 별개의 캐리어들을 사용한다. 그러므로, 올바른 시험은 각 DMT캐리어의 중앙 주파수에 대한 sweep이 고려되어야 한다.

올바른 DMT 테스트는 256개의 다른 캐리어 톤들에 대한 각각의 결과로 이루어졌기 때문에, 1600kHz까지의 자동 주파수 응답은 약30초가 걸린다. 주파수는 각각 4.3125kHz대역을 갖고 있다.

ITU G.992.1 (G.DMT)와G.996.1 (G.test)로 적용된 ANSI T1.413은 여러 가지 선로 형태에 대한 주파수 응답 데이터를 포함한 전화 선로의 특성에 대해 규정하고 있다. 발표된 데이터의 주요사항은 주파수 스펙트럼이 1200kHz 까지이며, DMT를 비롯한 DSL전송의 실라인 요구사항에 대한 좋은 모델을 제공하고 있다. 테스트 루프의 삽입손실 데이터의 예가 다음 <그림 3-18> 과 <그림 3-19>이다.



<그림 3-18> ANSI T1.601 Test loop #7 (13500feet/26AWG)



<그림 3-19> Test data (14000feet/26AWG)

(2) 측정

테스트를 설정할 때, responder가 측정할 선로의 종단에 연결되어 있음을

확인하고 다른 선로는 측정할 선로로부터 분리돼 있음을 확인한다. 만약 테스트가 MDF와 중간의 접속 지점 사이에서 수행될 때, MDF와 DSLAM사이 또는 B-box와 가입자 사이에 남은 케이블이 올바르게 분리돼 있지 않으면 마치 bridge tap처럼 측정될 것이다. 결과는 레벨 대 주파수로 표시된다. ANSI T1.413은 여러 루프와 손상된 선로에 대한 요구 삽입손실 결과를 규정한다. 이 결과들의 변수는 선로 굵기, 손상(Impairment), 온도가 있다.

### 3.2.8. 신호대잡음 (Signal to Noise)

삽입손실 테스트를 한 후, 시험한 각각의 톤에 대한 SNR을 측정할 수 있다. 신호대잡음 테스트는 선로 interface 상태 특성을 알아보는 가장 좋은 방법이다. 이것은 DSL 모뎀이 사용하는 주파수 전 영역에 대해서, 얻을 수 있는 신호대잡음 성능을 독립적으로 측정한다. 이 결과들은 DMT 모뎀에서의 비트 분할과 전송 전력 레벨 조절에 사용되어지는 신호대잡음비(Signal to noise ratio) 측정과 연관되어 있다. 이 시험은 낮은 잡음 마진을 갖는 주파수를 찾아낸다. 신호대잡음 테스트는 paired 테스트이다. Responder는 톤을 보낸다. 측정기는 각 톤에 대한 레벨과 더불어 background 잡음을 측정한다. 그리고 신호대잡음비를 산출한다. 신호대잡음 테스트는 삽입손실 측정에 종속적이다. 그러므로, 운용자는 우선 ADSL PSD에 대한 삽입손실 측정을 시행하고 나서, ADSL PSD에 대한 신호대잡음을 측정한다. Paired 테스트이므로 가입자단에 Responder를 설치하고 측정한다. 결과는 신호대잡음(dB) 대 주파수의 그래프로 보여준다. 테스트는 22kHz ~ 1.6MHz 스펙트럼의 잡음을 측정한다.

### 3.2.9. Capacitance Balance

통신선로가 전화국에서 단말기까지 선대지간 정전용량 값이 동일하면 평

형이 되었다고 볼 수 있으나 다른 경우 용량이 불평형되어 각 심선에 유기되는 에너지(전력유도 또는 동일 케이블내 누화)가 심선에 각각 다른값으로 나타나며 이때 미세한 전압차이가 선로 잡음의 원인이 된다. 따라서 선로의 용량 평형(Capacitance Balance)은 중요하며 측정값의 단위는T-G, R-G의 용량값의 비율인 %로 나타낸다. 선로의 평형도가 95%미만이면 서비스 불가로 간주할 수 있다.

### 3.2.9.1. 측정 목적

측정장치에서 가입자 맥내까지 선로의T-G, R-G간의 용량 평형도 (Capacitance Balance)를 측정한다.

### 3.2.9.2. 측정 범위

1% ~ 100%

### 3.2.9.3. 측정결과의 해석

선로의 평형도가 95%미만이면 서비스 불가로 간주할 수 있다.

## IV.ADSL시험장비 효과분석 및 개선사항

ADSL 시험장비를 구축하고 보름 여간의 인수시험과 3개월 간의 시험장비에 대한 효과분석을 해보았다. 시험장비 구축 전, 후의 원인별, 시설별, 고장신고 종합 대비(국내고장)를 종합하여 평균으로 분석하고, 시험장비의 시범운용 기간 동안(3개월)간 각종 문제점을 발췌하고 개선방향에 대하여 연구, 적용해본 결과에 대해서 기술하고자 한다.

### 4.1. ADSL 시험장비 효과분석

ADSL 설치 전, 후 원인별 분석대비(국내고장)를 한 것이 <표 4-1>인데 시범 운용국별 고장원인 분석을 한눈에 알 수 있다. 시험장비 설치전의 고장원인을 보면 설비불량에 대한 건수가 거의 없고 설치후의 상황을 보면 상당수의 설비불량이 나오고 있다. 이는 시험장비 설치전에는 이러한 고장들에 대한 원인 분석 및 적절한 조치가 취해지지 않았음을 알 수 있다.

<표 4-1>ADSL 설치 전, 후 원인별 분석대비(국내)

구분/일		미남		금사		해운대		재송		계	
		전	후	전	후	전	후	전	후	전	후
설비불량	보드불량		1		1		3	1	2	1	7
	불복구		1						1		2
	공통부불량		2								2
	S/W오류										
	과부하										
	라우팅										
	LINK장애										1
	장애불량		9		7	1	9		11	1	36
	비규격제품										
	계		13		8	1	13	1	14	2	48

<표 4-2>ADSL 설치 전, 후 시설별 분석대비(국내)

구분/일		미남		금사		해운대		재송		계	
		전	후	전	후	전	후	전	후	전	후
국내	광전송장치		2							2	2
	스플리터		2								
	DSLAM		1		2		3		7		14
	코넷시설								2		3
	집중국코넷										
	ISP										
	점퍼		4								4
	단자판	1	4		1	1	2	1	4	2	11
	탄기반								1		1
	계	1	13		3	1	5	1	14	2	35

전화국내에서 발생하는 시설별 고장을 분석한 것이 <표 4-2>인데 이 역시 시험장비 설치후에 명확한 고장이 분석되는 것으로 파악됐다. 특히 시험장비 설치전에는 ADSL의 주요 전송장치인 DSLAM 고장 판별은 수작업이 있기 전에는 판별이 어려웠으나 시험 장비 구축후에는 확연한 결과를 얻을 수 있음을 알게됐다. 그리고 단자판, 탄기반 등 전화국내 선로 시설들에 대한 고장 위치 구분이 확연해 짐에 따라 고장 접수 건수가 증가했음을 알 수 있다.

마지막으로 시험장비 설치 전, 후 고장신고의 종합대비를 보여주는 <표 4-3>을 보면 국내 여러 ADSL 구성망에서의 고장위치를 파악하고 있음을 알 수 있다. 그리고 설치전의 MDF 고장은 선로 고장에 포함되므로 이것은 기존의 시스템인 SLMOS에서 측정가능한 것으로 그 고장원인이 나타나고 있다. 결론적으로 ADSL 시험장비의 구축으로 많은 고장원인중의 하나인 국내 ADSL 구성망의 분석이 훨씬 용이하게 되었으며 이로써 고장수리요원의 현장 파견등 시

간적, 서비스면에서 많은 기대 효과를 거둘수 있음을 알게됐다.

<표 4-3>ADSL 설치 전, 후 고장신고 종합대비(국내)

구분/일		미남		금사		해운대		재송		계	
		전	후	전	후	전	후	전	후	전	후
신고고장	KORNET		1								
	NAS		2					2			3
	DSLAM		8		2		3		7		14
	MDF	1	2		1		2	1	4	2	15
	전송장치										2
	ISP										
	계	1	13		3		5	1	13	2	34

## 4.2. ADSL 시험장비 개선사항

### 4.2.1. 개선(보완) 배경

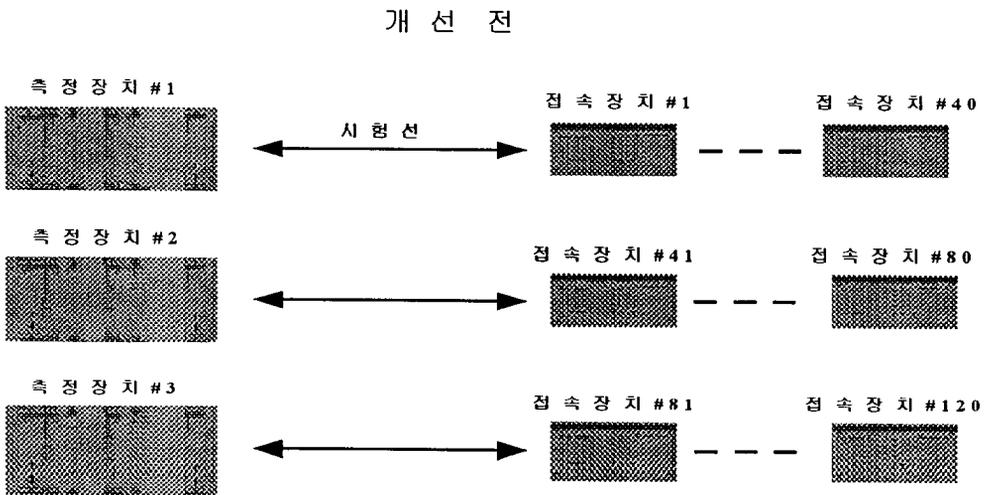
초고속 인터넷(ADSL) 통신망 구축에 따라 각 가정별 인터넷PC 보급과 ADSL 가입이 폭발적으로 증가함과 동시에, 고장접수신고 또한 증가함으로써 MDF 요원 및 현장요원에 대한 과중한 업무가 초래되고 있다. (MDF 요원 : 국내, 현장요원 : 국외) 고장원인에 대한 분석결과 NAS / DSLAM / 선로 / 가입자의 부주의로 인한 장애 등 구간별로 고장원인이 다양하게 나타나고 있다. NAS / DSLAM은 국내구간, 선로 / 가입자의 부주의는 국외구간으로 국내외 시험 항목이 각각 있다.

ADSL시험장비는 국내 및 국외 고장 구간을 Test 및 판단하여 운용요원 (MDF요원, 현장요원)이 수리 할 수 있도록 하는데 그 취지가 있는데, 이 시험

장비는 국외 Test는 좋으나 국내 시험 항목이 미흡한 점이 있다. 그리고 ADSL시험장비에 대한 MTAS OP(시험) Line 효율성도 떨어져 보완이 필요하다.

### 4.2.2 OPAS(시험 Line) 집중화장치 설계

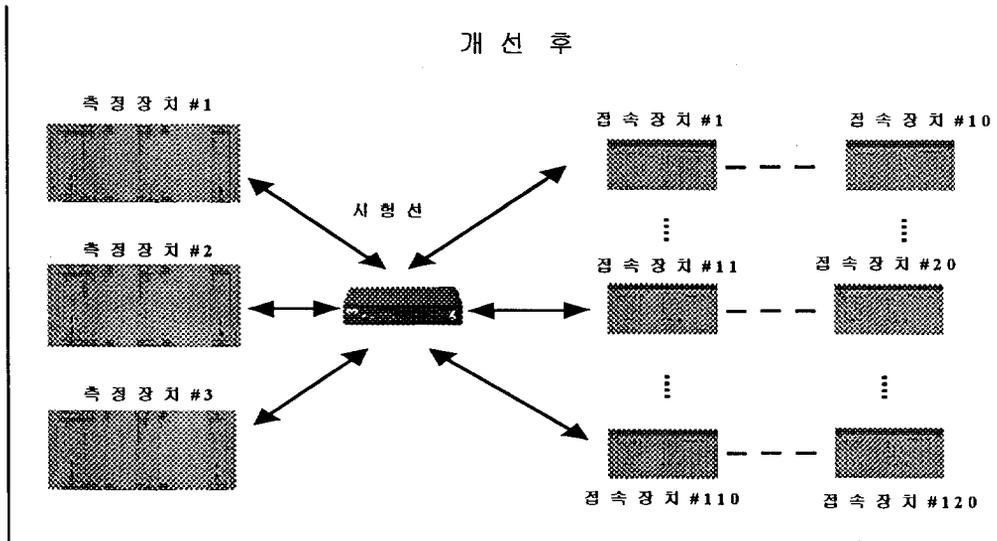
OP(시험) Line은 ADSL시험기가 시험을 하는 Line이다. 이 것은 <그림 4-1>에서처럼 각 MTAS에 그룹별 테이저체인 방식으로 수용되어 있는데 너무 많은 MTAS에 수용이 되다 보니, 시험기 운용자가 시험을 하고 있으며 다른 운용자가 같은 그룹에 수용된 가입자가 고장신고를 하더라도 먼저 시험을 하고 있는 운용자가 복구 및 시험을 끝내야 시험을 할 수 있다. 이는 시험기 운용 효율 및 고장 이장시간 등이 발생한다.



<그림 4-1> ADSL 시험장비에서의 OPAS 설치전

이러한 단점을 개선하기 위해 MTAS에 수용된 OP(시험) Line을 멀티방식으로 접속번호변경 선택하기 위해 OP Line을 집중화시키는 장치가 필요하다.

OP Line을 <그림 4-2>처럼 집중화시키면 시험기 운용효율, 고장 이장시간 및 고객의 만족도 향상에 많은 도움이 될 것이다. OP Line 집중화 구성도를 나타낸 것이 <그림 4-2>이다.



<그림 4-2> ADSL 시험장비에서의 OPAS 설치후

#### 4.2.2.1 OP(시험) Line 집중화 목적

OP Line을 집중화(Multi)로 구성함으로써 개선전의 상태와의 비교분석을 <표 4-4>에서 보여주고 실제로 시범 운용하여 본 결과 많은 운용효과를 거둘 수 있었다.

<표 4-4> OP Line 집중화 개선 전, 후 비교

OP Line 집중화(집선) 개선 전	OP Line 집중화(집선) 개선 후
1. 해당 xDLT 사용 중일 때 나머지 4999가입자 시험 불가 (한 xDLT당 5000회선 제안)	1. 해당 xDLT 사용 중일 때 같이 나머지 가입자 다른 xDLT로 시험 가능하다
2. ADSL 측정장치 1대당 MTAS가 입자 접속장치 40개 수용 (가입자 500회선)	2. 시험선(OP Line) 증설로 측정장치 증설 효과 기대
3. 현재 측정장치 2,3대 수용됨. 측정 용이 할 수 있도록 증설 할 경우 12대 증설 필요	3. 한 개의 xALT(ADSL 측정장치)의 집중적으로 고장 신고 받을 경우에도 나머지 측정 가능하고, 측정장치 모두 가동된다.
4. 한 개의 xALT(ADSL 측정장치)의 집중적으로 고장 신고 받을 경우 나머지 측정장치로 측정 불가능 나머지 2대 휴점 상태	4. 고장이장 시간 단축된다. 5. 고객의 만족도 향상된다.

#### 4.2.2.2 OP(시험) Line 집중화 개선효과

OP(시험) Line 집중화 개선효과는 <표 4-4>에서도 언급하였듯이 SLMOS 집중국 운용자석에서 보다 신속한 고장 처리가 가능하고 비용 절감의 기대효과가 있고, ADSL 시험장비 사용 효율성을 증대시킬 수 있다.

### 4.2.3 PPPoE 인증 Test

PPPoE는 인터넷을 하기 위해 NAS에서 인증 받은 ADSL 프로토콜이다. 이 프로토콜을 인증 받아야 가입자는 정상적으로 인터넷을 할 수가 있다. 그런데 기존 ADSL시험기는 국내 시험 항목 중 DSLAM(ATU-C) 시험이 있지만 이것은 ATU-C Modem Port에서 ADSL 프로토콜 인증 유무는 판정을 못한다. 그러므로 국내 고장 유무판정에 단점이 있는 것이다.

그러므로 PPPoE 인증 시험을 할 수 있다면 가입자뿐만 아니라 운용요원의 효율성이 커지고 국내 고장 판정을 정확하게 할 수가 있다. 이 PPPoE 인증시험은 SLMOS집중국 및 각 전화국에서 할 수 있도록 되어 있다. 이 PPPoE 인증 시험은 시간의 많은 역량을 받는다. SLMOS 집중국에서 시험한 값이 각 국에서 시험 할 때는 틀릴 수가 있다. 또한 반대의 경우도 있다. PPPoE 인증은 DSLAM(ATU-C) 그리고 ATU-R 서로 Link가 이루어져도 인증을 못 받을 때가 있다. 이 것은 NAS와 DSLAM 구간이 변화에 따라 인증을 받는 것은 DSLAM(ATU-C) Modem이 불복상태 및 정상 상태가 교차하기 때문이다.

#### 4.2.3.1 PPPoE 인증 Test 개선전

SLMOS 집중국 또는 모든 전화국에서는 ADSL 개통 요청이나 고장 신고 접수시마다 선로시설운용실 MDF 유지보수 요원이 모든 PPPoE 인증 TEST를 수동으로 해결하여 왔다. 즉, 각 제품별(삼성, 현대, 대우, 성미 등) 모뎀을 구비해 놓고 상황 발생시 마다 모뎀 연결과 MDF에서 작업을 병행하여 많은 시간과 인력을 소모하였다. ADSL 시험장비를 구축하면서 이러한 문제점을 인식하면서 개선 방안을 모색하게 되었다.

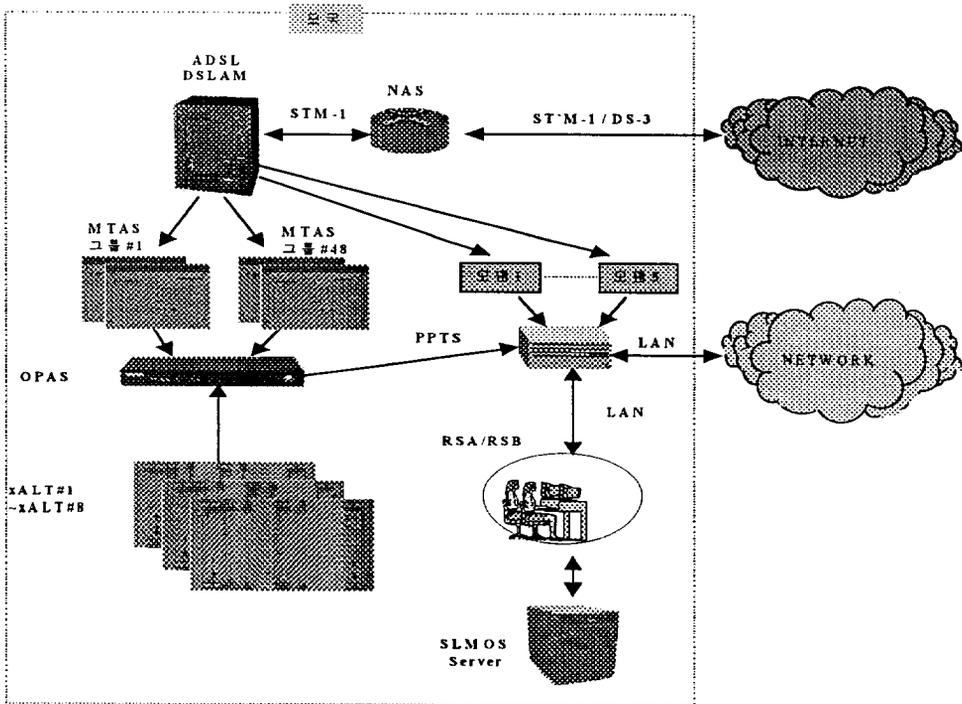
#### 4.2.3.2 PPPoE 인증 Test 개선후

PPPoE 인증 Test 개선하기 위해서 우선 PC 원격 제어 프로그램을 탑재하

게 되었다. 집중국(모국) PPPoE 시험은 ADSL모뎀 인터넷 포트를 이용한다. 그리고 수용국(자국) PPPoE 시험은 NETWORK(KTIS망)을 수용한 수용국 PC를 원격 제어 할 수 있게 된다.

### 4.2.3.3 SLMOS 집중국 PPPoE 인증 TEST

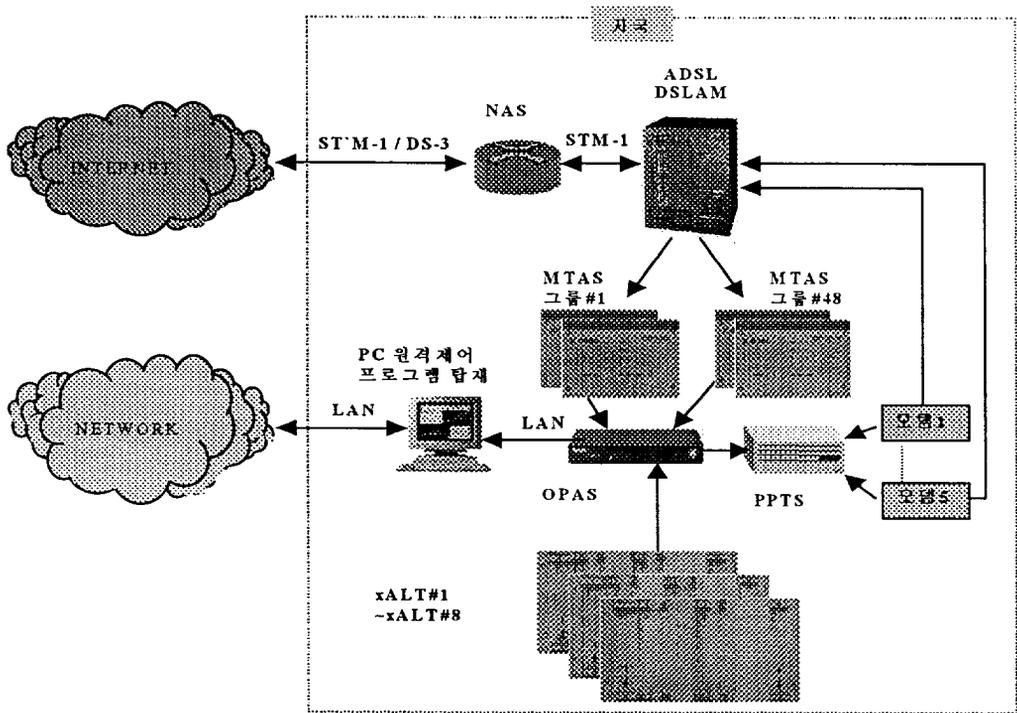
운용자 PC에 LAN CARD 2개를 설치하여 하나는 Network을 사용하여 SLMOS HOST에 접속하여 PPTS(PPPoE Test System) 작동 및 운용을 하고, 다른 하나는 ADSL망을 사용하여 PPPoE 인증을 받는 LAN CARD로 사용하는 데 그 구성도는 <그림 4-3>에 나타내었다.



<그림 4-3> SLMOS 집중국(모국) PPPoE 인증 TEST 구성도

## 2-3-4 SLMOS 자국 PPPoE 인증 TEST

운영자가 Network를 이용 SLMOS HOST에 접속하여 자국 PPTS(PPPoE Test System)를 동작하고 이와 함께 RT PC에 접속하여 PPPoE 인증 TEST를 하는 방법으로 시험하고 그 구성도는 <그림 4-4>에 나타내었다.



1. PC 원격 제어 프로그램 탑재
2. 집중국 PPP시험은 ADSL 모뎀 이더넷 포트 이용
3. 수용국 PPP시험은 NETWORK(KTIS)망을 이용한 수용국 PC를 원격 제어
4. 수용국 PC에 LAN 카드 이중화

<그림 4-4> SLMOS 자국(수용국) PPPoE 인증 TEST 구성도

### 4.2.3.5 PPOE 인증 TEST 개선(설치) 목적

PPTS(PPPoE)시험장치를 개선(설치)의 주요 목적은 ADSL 구성망에서의 NAS 고장유무를 판정하는 것이고 주요 개선 효과는 <표 4-5>에 나타내었다.

<표 4-5> PPTS(PPPoE 인증 Test) 설치(개선) 전, 후 비교

PPTS(PPPoE 인증 Test) 설치 전(개선 전)	PPTS(PPPoE 인증 Test) 설치 후(개선 후)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. IN(국내) Test후 DSLAM 상태는 파악하나 정확한 국내 고장판정은 미흡했다.</li> <li>2. 시험실 요원이 수동 시험으로 인터넷 사용 가능 여부 판정 (PPPoE 인증 Test)</li> <li>3. 자국은 자국 시험실(MDF)요원이 수동으로 직접 시험 판정후 결과를 통보 한다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. IN(국내) 접속 후 INTERNET 사용 가능 여부 판정 국내 고장 판정이 우수하다.</li> <li>2. 특정 사이트 접속불량 시험 가능</li> <li>3. 고장 접수석 또는 시험석에서 SLMOS 단말기를 통해 인터넷 사용 가능 여부 판정시험 (PPPoE 인증 Test)</li> <li>4. 자국은 원격PC 설치 자국요원 없이 모국 고장 접수석 또는 시험석에서 직접 시험 판정한다.</li> </ol>

#### 4.2.3.6 PPOE 인증 TEST 개선(설치) 효과

- SLMOS 집중국 운용자석에서 보다 신속한 고장처리가 가능하다.
- 무효화 출동을 방지한다.
- 가입자 ADSL 개통시간을 단축시킨다.
- 고객 서비스 향상에 기여한다.

#### 4.2.4 MTAS 공(미수용 가입자)채널 시험

MTAS 공 채널 시험은 ADSL 개통 및 미개통시 DSLAM(ATU-C)시험을 하기 위해 MTAS을 이용한 아주 유용한 시험 방법이다. ADSL개통시 미리 DSLAM Port을 시험 등을 하여 고장 유무 판정 후 개통을 한다. 그리고 특정

DSLAM (ATU-C)을 시험하고자 할 때 아주 유용한 시험 방법이다. 즉 ADSL 고장이 국내 DSLAM 고장 일 경우 아주 신속하게 빈 Port를 찾아서 Test후 양호시 가입자를 양호 Port로 신속하게 교체를 할 수 있는 장점이 있다. 이 MTAS 공채널(DSLAM 미수용 가입자) 시험은 PPTS(PPPoE 인증 Test) 설치 시 따라오는 운용 효과중 가장 유용한 시험 방법이다.

#### 4.2.4.1 MTAS 공(미수용 가입자)채널 시험 기대 효과

- ADSL 가입자 고장시 다른 DSLAM 포트로 교체에 유용하다.
- 고장 이장시간 단축으로 고객 만족도가 향상된다.
- DSLAM 장비의 유지보수에 효율적이다.

#### 4.2.5 ADSL시험장비 향후 개선 방향

ADSL 시험장비의 구축후 여러 문제점을 발췌하고 개선시키면서도 여전히 새로운 시스템에 대한 불안정 요인과 개선해야할 사항이 있다. 이번 ADSL 시험장비의 개선점을 연구, 기술하면서 추가되어야 할 보완사항에 대해서 논의하고자 한다.

##### 4.2.5.1 운용상 보완사항

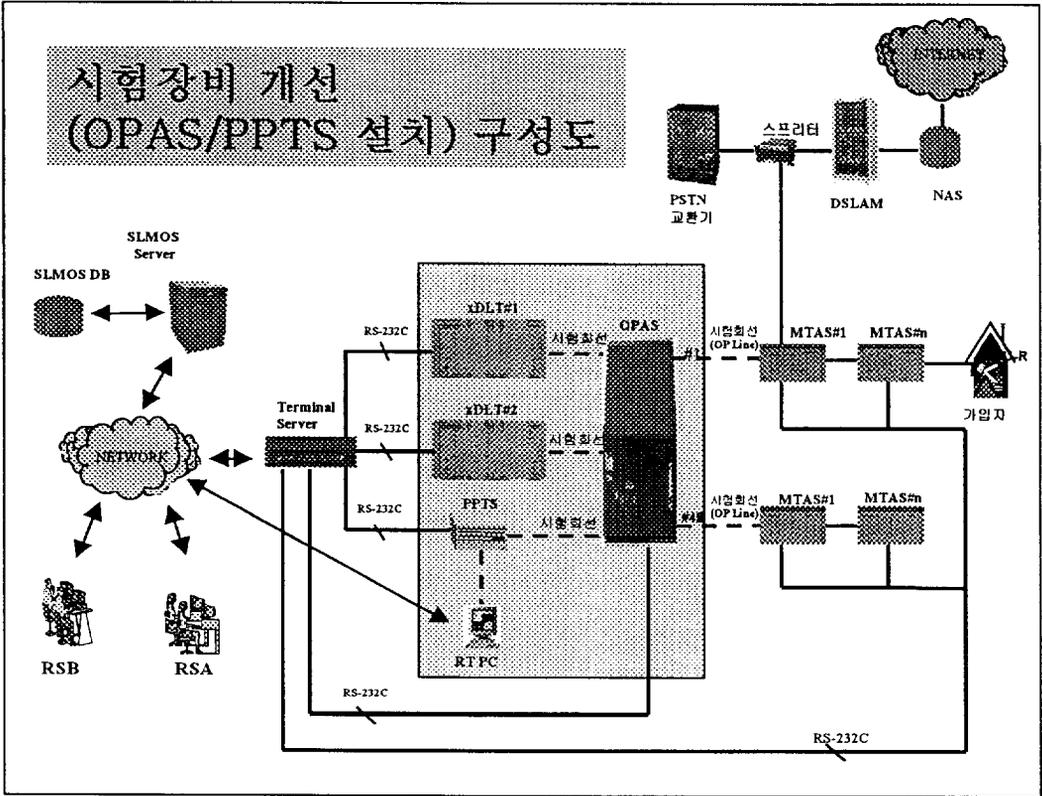
PPTS(PPPoE Test System)설치시 DSLAM회사별(성미, 현대, 삼성, KMW, 대우, 청호, 한화 등) ATU-R(가입자 MODEM)이 필요하다. 그것은 PPPoE 인증 시험시 각 DSLAM(ATU-C)과 가입자 모뎀인 (ATU-R)이 Link가 되어, NAS로부터 PPPoE 인증을 받는다. 이렇게 하면 너무나 많은 ATU-R(가입자 모뎀)이 필요로 한다. 이점이 단점이자 보완되어야 할 사항이다. 즉, DSLAM 회사별 모뎀 모두가 호환 가능한 통합형 모뎀이 개발되어 PPTS와 연결되어 설치 운용되면 더욱 효율적일 것이다. 또는 Program을 보완하면 1대의 모뎀으로 시험이 가능하게 된다. 그러나 이것은 회사별 협의가 반드시 필요할 것이다.

##### 4.2.5.2 ADSL 장비(ATU-C, ATU-R)의 보완

OPAS와 PPTS 그리고 DSLAM 공(가입자 미수용)채널 시험 항목은 모

두 IN(전화국)측 시험 항목이다. 왜냐면 그 만큼 DSLAM 고장이 많아서 가입자 서비스에 문제가 발생되어 추진 한 것이다. 각 DSLAM 회사별 보완사항은 모든 회사가 DSLAM(ATU-C) 및 ATU-C(가입자 모뎀)에 수용한 ADSL Program을 통일화 일이다. 전화국에 여러 회사의 DSLAM이 수용되어 있는데, 한 회사의 DSLAM Port가 대량 불량으로 수용 및 A/S에 문제 발생시 DSLAM(ATU-C) 및 ATU-R(가입자 모뎀) ADSL Program이 통일화만 되어 있다면 신속하게 불량 조치 할 수 있다. 이러한 것 외에도 여러 ADSL 구성망 중 전송장비나 시험장비의 간소화 및 집중화가 개선되어야 할 것이며, <그림 4-5>는 시험장비 개선(OPAS/PPTS 설치)후 구성도를 나타낸 것이다.

# 시험장비 개선 (OPAS/PPTS 설치) 구성도



<그림 4-5> 시험장비 개선(OPAS/PPTS 설치)후 구성도

## VI. 결론

최근 국내뿐만 아니라 전세계적으로 ADSL 서비스에 대한 관심이 고조되고 상당수의 통신서비스 업체들이 ADSL 상용서비스를 시작하였으며 많은 장비 업체들이 다양한 하드웨어를 개발해 제공하고 있다. 이처럼 ADSL기술이 세계적인 통신 서비스 업체의 관심의 대상이 되고 향후 네트워크 발전을 이끄는 기술로 예측되는 주된 이유는 일반 가입자에게도 멀티미디어와 같은 고속의 통신 서비스를 손쉽게 제공할 수 있다는 장점이 있다. 여러가지 DSL 기술들중에서 유독 ADSL이 부상하고 있는 것은 HDSL,SDSL,IDSL등의 경우 음성전화 서비스를 지원하지 못하며 고속 서비스 제공에 한계가 있기 때문이다[7]. 또한 VDSL 기술 역시 서비스를 제공하는 전송거리가 매우 짧다는 단점이 있어 통상 광케이블로 연결되고 이를 위해 고가의 ONU라는 장비를 사용함으로써 거리를 연장하는 상태다. 이러한 이유들로 ADSL에 대한 네티즌들의 관심은 폭발적으로 늘어가는데 아직은 사업의 초창기이고 ADSL 장비와 가입자망의 품질이 초고속 인터넷에 대한 요구를 따라가지 못해 ADSL에 대한 가장 큰 불만이 잦은 고장이고 고장수리 완료시간이 지연되는 것이다.

이에 본 논문은 ADSL 시험장비라는 새로운 시스템을 이용하여 ADSL 가입자 선로 및 전체 구성 요소들을 시험하고 그 측정값에 대해 기술하였다. 이 시스템의 구축으로 선로 예비 시험을 통한 가입자 회선 서비스 등급 결정이 가능하므로 ADSL 개통에 이르기까지의 시간 단축 및 개통가능 여부를 판단할 수 있다. 또 이 시스템을 SLMOS(가입자 집중운용 보전시스템)에서 접목하여 운용함으로써 무효화 출동방지, 일괄성 및 획일적인 운용자 편리성을 추구할 수 있고, 마지막으로 시험용 단자를 기존의 MDF철가에 설치하여 설치 면적 축소 및 비용을 절감할 수 있게 되었다. 이러한 모든 과정을 시스템 구축 작업과

시스템 정상 동작 여부의 인수시험을 병행함으로써 ADSL 기술 표준에 적합하게 그리고 적절한 측정 결과를 도출해 내는지 확인하였다. 이러한 시스템이 국내에서는 처음 시도되는 것이라 효율적인 면에서 몇가지 문제점이 있어 개선 보완하고 그 성능에 대해 분석해 보았다. 마지막으로 일정 기간 동안의 시범 운용 기간을 두고 ADSL 시험장비 구축 전, 후의 원인별, 시설별 고장 내역을 분석함으로써 시스템 전반에 대해 연구하였다. 그러나 이 시스템에도 보완의 필요성이 있어 향후 추가되어지고 개선 보완해야할 기능들을 살펴보면 다음과 같다.

- NAS 연동 및 시험기능 추가(NAS의 Syslog Server를 통한 연동 기능)
- XDLT/MCEU를 통한 NAS 가입자 인증여부 및 Ping Test)
- DSLAM/EMS 연동기능을 추가하여 시험석에서의 기능 강화
- FLC-ADSL 즉 광 ADSL 가입자를 시험장비를 통해 시험가능토록 함.

향후 가장 시급히 해결되어야 할 문제가 광 ADSL 가입자를 시험가능토록 하는 것이다. 현재까지는 동선을 이용한 ADSL 가입자가 많지만, 앞으로 대규모 아파트 단지나 복합건물이 경우 거의가 광케이블에 수용되므로 반드시 실현되어야 할 기술이다. 그리고 앞으로는 시험장비를 기계측에 부착 가능한 즉, DSLAM에 시험기능이 추가된 기술이 개발되어져 공간 확보와 시스템 구축 비용을 절감할 수 있어야 할 것이다. 마지막으로 현재 연구되어지고 개발 단계에 이른 기술로는 차세대 초고속 디지털 회선인 “VDSL”을 수용 시험할 수 있는 장비의 개발이다. 미래의 모든 정보통신기술은 집중화와 호환성에 있다. 그런 의미에서 본 논문이 가지는 의미는 새로운 시스템에 대해 연구로 좀 더 향상된 기술로의 진보에 있다.

## 참고문헌

- [1] Jean-jacques Werner, "The HDSL Environment," IEEE JSAC, Vol9 No6, pp. 785~800, 1991.8.
- [2] TR1999-400-0083, "가입자 동선로 품질현황 분석," p. 4~18, 1999.
- [3] 한국전기통신공사, "가입자 선로기술 9월호 국내 ADSL 심층분석," pp. 208~219, 1999.9.
- [4] 한국통신, "초고속가입자 단말기술(Xdsl)," pp. 5~36, 1998.8.
- [5] 한국통신 부산본부, "초고속 인터넷시스템 운용요령," pp. 109~126, 1999.11.
- [6] Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Working Draft, Standard American National Standards Institute, Working Group T1E1 4/94-007, pp. 151 ~201, 1994.1.
- [7] B.R Saltzberg, T.R Hsing, J.M Cioffi, D.W, Lin, "High speed Digital Subscriber Line-Guest Editorial, "IEEE journal on Selected areas in communication, vol. 9, no. 6, pp. 4~14, 1991.8
- [8] 두일전자, "2000년 초고속 디지털 회선(ADSL) 시험장비," pp.12~87, 2000.3.
- [9] 차세대 인터넷에서의 음성 및 영상, <http://multibarnai.yonsei.ac.kr/reseach/results.html>
- [10] N.G. Cole, "Asymmetric Digital Subscriber Line Technology A basic Overview," BT Technology, pp. 81~94, 1994.1.
- [11] 한국통신, "초고속 디지털 가입자선로(ADSL) 집중운용보전시스템 사용자 설명서," pp. 4~101, 2001.5.
- [12] 한국통신 중앙연수원, "SLMOS 전문," pp. 69~76, 1997.11.
- [13] 한국통신, "가입자선로 집중운용 보전시스템(SLMOS) 시스템 설명서," pp. 2~16, 1996.12.
- [14] 한국통신, "ADSL 시험기능 활용을 위한 SLMOS/LCR 운용자 매뉴얼," pp. 2~10, 2001.10.

## 감사의 글

1993년 한국통신에 처음 입사하여 학부때의 전공 때문에 나름대로의 핸디캡을 가지고 있다가 친구의 조언으로 부경대학교 정보통신공학과 산업대학원에 입학하게 되었습니다. 직장 생활과 병행하여 학업을 하느라 많은 고충이 있었으나 많은걸 느끼고 배울 수 있었습니다.

본 논문이 완성되기까지 부족한 저에게 항상 많은 지도와 격려를 아끼지 않으신 김석태 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 부족한 논문을 세심하게 읽고 정성스럽게 충고해주신 정신일 교수님과 김성운 교수님께 감사드립니다. 또한 학부, 대학원 기간동안 수업시간을 통하여 많은 지식을 전수해 주신 장주석 교수님, 하덕호 교수님, 윤종락 교수님, 정연호 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다.

또한 부족한 제가 논문을 완성하기까지 많은 도움을 아끼지 않았던 전병재, 신재원씨에게도 고마움을 전합니다. 대학원 과정을 편안한 마음으로 마칠 수 있도록 도와주신 KT 부산망건설국 김철환 과장님과 선로시설1과 선배 직원들에게도 감사드립니다. 제가 정보통신공학과에 지원하고 오늘날에 이르기까지 격려와 충고를 해준 친구 준영에게도 고마움을 전하고 싶습니다. 마지막으로, 항상 부족한 아들을 자랑스럽게 생각하며 사랑으로 베풀어주신 부모님, 남편 뒷바라지에 힘들지만 항상 말없이 옆에서 힘이 되어준 사랑하는 아내 순정과 회사일과 학교일에 자주 보지도, 안아 주지도 못했던 장남 혁이와 이 기쁨을 함께 하고 싶습니다. 격려해주신 가족과 모든 분들에게 깊은 감사를 드립니다.

---

2001년 1월

신 상 민 드림