

# VDSL 송수신기 기술표준(TTAE.IT-G993.1)

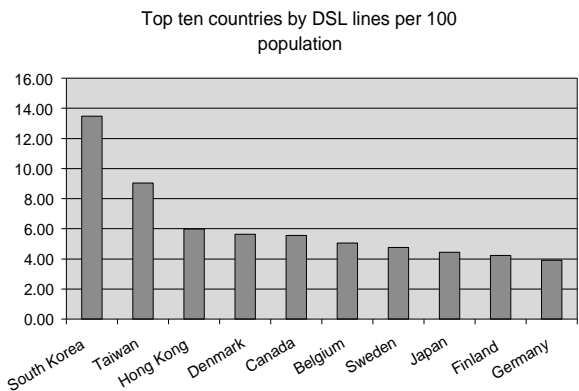
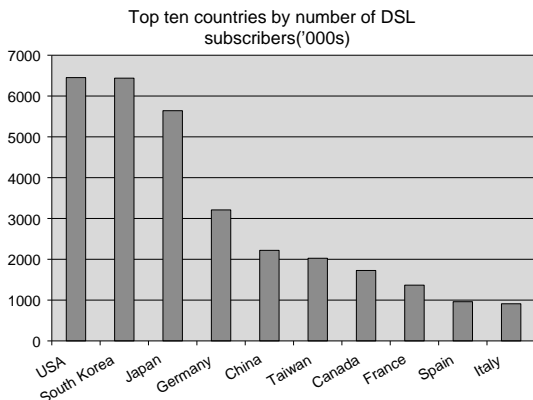
이재진 · KT 기술연구소 액세스기술연구실, TTA xDSL 연구반 의장  
강명진 · KT 기술연구소 액세스기술연구실, TTA xDSL 연구반 간사

## 1. 표준 제정 배경

1998년, ADSL 시범 서비스를 시작으로 현재까지 국내의 초고속인터넷 가입자 수는 꾸준히 증가하고 있으며, xDSL 서비스 가입자 수는 세계적인 수준에 이르렀다. 통계자료에 의하면 2002년 12월을 기준으로 DSL 가입자 수는 미국과 약 1만 2천 차이인 640만 가입자로 세계 2위의 수준에 있다. 그러나 인구규모에 대한 가입자 수로 비교할 때, 인구 100명 당 가입자 수가 13.39 명으로 가입율이 가장 높다<sup>1)</sup>.

이러한 국내의 DSL 서비스 발전은 ADSL 기술 중

심의 가입자 증가로만 이루어져 왔다. 그러나 2002년 VDSL(Very high speed Digital Subscriber Line) 기술이 상용 서비스로 적용된 이후부터는 이러한 DSL 사업이 단순 가입자 수 증가로만 나타나는 것이 아니라 서비스 제공속도가 증가함에 따라 HDTV나 다채널 방송형 서비스와 같은 많은 전송대역을 요구하는 서비스를 수용할 수 있게 되었다. 이러한 서비스 환경의 변화는 2005년까지 일반 가입자에게 20Mbps급의 초고속 인터넷 서비스를 제공하고자 하는 정보통신부의 계획<sup>2)</sup>을 가장 현실적으로 실현시킬 수 있는 방안으로 볼 수 있다. 이에 따라 2003년부터는 ADSL 기술을 적용

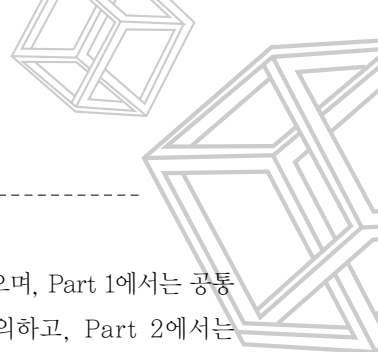


(참조) Global DSL Statistics Briefing, by DSL Forum and Point Topic.

그림 1. 2002년 DSL 가입자 현황

1) Global DSL Statistics Briefing - Year end 2002, Prepared by DSL Forum and Point Topic.

2) 초고속정보통신망 고도화 계획 - 2001 ~ 2006, 2001. 06, 정보통신부



한 가입자의 증가보다 VDSL 기술을 적용한 가입자의 증가가 월등히 많을 것으로 예상된다.

그러나 VDSL 기술이 사업에 적용되기 시작한 시점에는 국제표준이 완료되지 않아 VDSL 칩셋 및 시스템 제조사마다 별도의 기술로 시스템을 구현하게 되었으며, 이러한 비표준 방식 시스템들이 적용됨에 따라 향후 표준을 준용하는 기술과의 상호 호환성이 제공되지 않으며, 적용 환경에 따라 상호 영향이 있을 것으로 예상된다. 따라서 VDSL 장치간의 호환성 확보 및 적용 기술간의 상호 영향을 줄이기 위해 VDSL 표준 제정이 요구되어 TTA에서 VDSL 송수신기의 공통부에 대한 표준을 작성하게 되었다.

## 2. VDSL 표준화 동향

VDSL 송수신기에 대한 표준은 지역 표준화 단체로 북미 표준화 단체(ANSI)와 유럽 표준화 단체(ETSI)에서 작업을 하고 있으며, 국제표준화는 ITU-T의 SG15에서 표준 작업을 진행 중에 있다.

북미 표준화 기구인 T1E1.4 표준 위원회에서는 VDSL 송수신기에 대한 시험용(Trial Use) 표준인 T1.424를 2002년 3월 완료하였다. 이 규격은 승인된 시점으로부터 2년동안 시범적용을 통해 지속적으로 의견을 수렴하여 규격을 계속 보완할 예정이다. T1.424는 3개의 Part로 구성된다. Part 1에서는 SCM(Single Carrier Modulation)과 MCM(Multi-carrier Modulation)에 공통으로 적용되는 기능을 정의하며, Part 2와 Part 3은 각각 SCM 및 MCM 선로 부호를 사용하는 VDSL 송수신기에 대해 선로부호 관련 사항을 정의한다.

유럽 표준화단체의 VDSL 표준은 선로부호로 SCM

과 MCM을 모두 수용하고 있으며, Part 1에서는 공통 부분에 대한 요구사항을 정의하고, Part 2에서는 SCM 및 MCM 선로부호와 관련된 요구사항을 정의한다.

ITU-T Q4/SG15는 단일화된 기술방식으로 표준화를 추진하고 있으나, 변조방식 선정의 어려움 등으로 인해 표준화 작업이 지연되어 왔다. 이에 따라 표준화 작업을 활성화하기 위해 Ad Hoc을 구성하여 G.vdsl.f와 G.vdsl.l로 분리해 표준을 추진하기로 결정하였으며, 변조방식과 관련없는 VDSL 기능 요구사항을 포함하는 G.993.1 권고안을 2001년 11월 승인하였다. 현재는 ANSI 등과 같이 변조방식 선정을 위한 작업을 진행 중에 있으며, 2003년 7월까지 시험평가를 통한 기술선정을 완료할 계획이다.

국내에서는 TTA 전송기술위원회의 xDSL 연구반에서 VDSL 표준을 연구 중에 있으며, 2000년 12월 표준총회에서 과제로 채택되어, 2002년 12월에 ITU-T의 G.993.1을 참조한 공통부 표준을 완료하였다.

## 3. VDSL 송수신기 권고안 (ITU-T G.993.1)

ITU-T의 VDSL 송수신기 권고안<sup>3)</sup>은 VDSL 송수신기 기능 중 선로부호 기술과는 무관한 공통부에 대한 기능 및 요구사항을 정의하고 있다.

### 3.1 표준의 범위 및 참조 모델

이 표준에서 정의하는 VDSL 기술은 한쌍의 동선 선로상에서 대칭 및 비대칭 전송속도로 수십 Mbps를 제공한다. 이 기술은 동일 선로에서 POTS와 동시에

3) ITU-T G.993.1(11/2001), "Very high speed digital subscriber line - foundation"

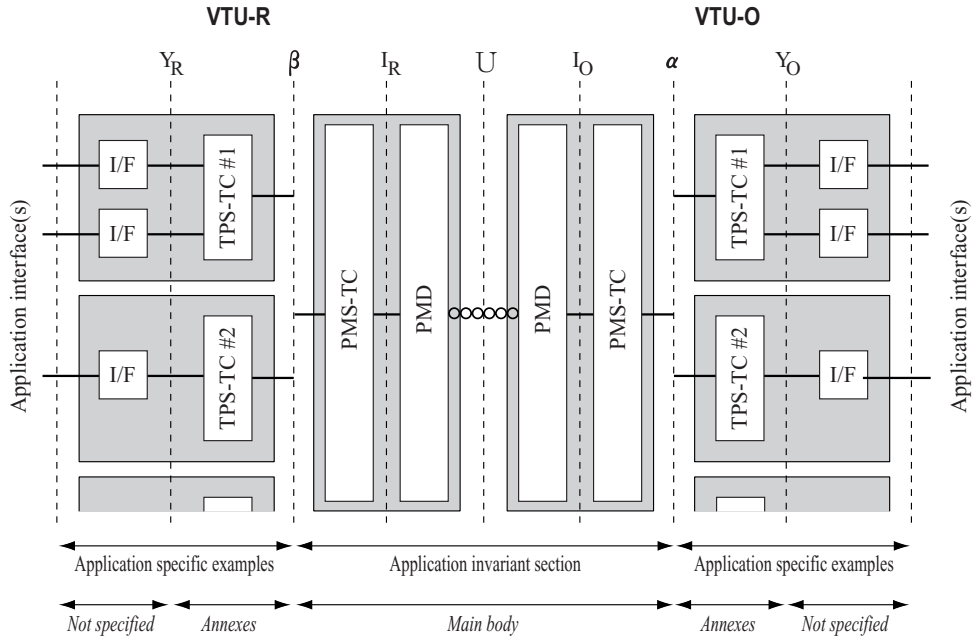


그림 2. VDSL 송수신기 참조모델

서비스를 제공하며, 주파수 대역은 12MHz까지 사용한다.

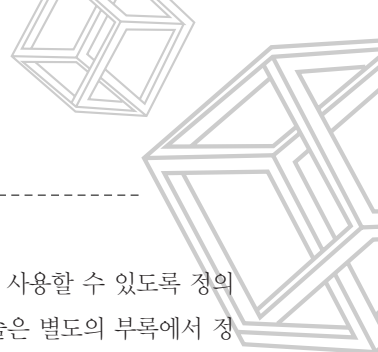
VDSL의 망 구조는 서비스 노드인 ONU(Optical Network Unit)까지 광선로를 구성하는 방식인 FTTCab(Fiber-to-the-Cabinet) 구조와 CO에 적용되는 FTTEEx(Fiber-to-the-Exchange) 구조로 구분된다. 그림 2에서 VTU-O는 ONU에 위치하고 VTU-R은 가입자 댁내에 설치된다. 이 송수신기 참조모델에서 VTU-O와 VTU-R 간에는 망 운용자의 구성에 따라 하향으로 2개의 데이터 패스와 상향으로 2개의 데이터 패스를 사용할 수 있으며, 각 방향에 대한 BER 요구사항에 따라 높은 지연특성 및 낮은 지연특성을 제공할 수 있다. 또한 전송 선로상에서 발생하는 충격잡음으로부터 데이터를 보호하기 위해 순방향 오류정정(Forward Error Correction) 및 인터리빙 기술이 제공된다.

물리계층에서 POTS 또는 ISDN-BA 서비스를 동

시에 제공하기 위해 서비스 스플리터가 요구된다. 전 송수렴(TC) 부계층에서는 전달 기술로 ATM과 PTM(Packet Transfer Mode)을 적용할 수 있다. 그러나 G.993.1의 중심 기능은 향후에 적용될 수 있는 추가적인 애플리케이션의 적용이 가능해야 한다.

### 3.2 인터페이스 특성

G.993.1에서 정의하고 있는 인터페이스 특성은 선로부호와 무관한 VDSL의 공통 인터페이스 특성에 대해서만 기술하고 있다. VDSL 송수신기는 상하향 대역 분리방식으로 주파수 분할 이중화(FDD : Frequency Division Duplexing) 방식을 사용하며, 상하향 전송대역은 138kHz~12MHz까지 4개의 대역으로 구성된다. 4개의 주파수 대역은 DS1, US1, DS2, US2로 구분되며, 각각은 첫번째 하향 스트림(Down Stream), 첫번째 상향 스트림(Up Stream),



두번째 하향 스트림, 두번째 상향 스트림에 해당되고, 각 대역은  $f_1, f_2, f_3, f_4$ 로 구분된다.

전송 밴드 적용은 지역특성에 따라 밴드플랜-A (Bandplan A<sup>i)</sup>), 밴드플랜-B(Bandplan B), 밴드플랜-C(Bandplan C)로 정의되며, 각 밴드를 구분하는 주파수( $f_1, f_2, f_3, f_4$ )는 이 밴드 플랜에 의해 정해진다.

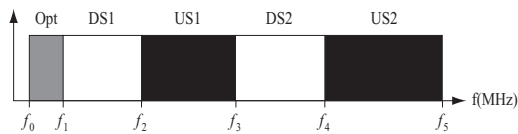


그림 3. VDSL 밴드 할당

위 그림에서 주파수 밴드  $f_0 \sim f_1$ (25kHz ~ 138 kHz)는 선택적으로 사용이 가능한 밴드로 G.994.1 메시지를 통해 이 밴드의 사용여부 및 적용방식을 선택할 수 있다.

VDSL 전송대역에 대한 전력 스펙트럼 밀도(PSD)는 아직 정의되지 않았으며, 향후 표준 연구를 통해 이 부분에 대한 정의가 이루어질 예정이다. ADSL 대역과의 중첩에 대한 1.104MHz 대역의 PSD 감축(reduction)은 기능에 대해 필수항목으로 요구하고 있으나, 정확한 PSD 감축 기능 및 레벨에 대해서는 향후에 정의할 예정이다. 또한 Radio 대역의 유출 잡음을 제한하기 위해 아마추어 무선 대역에 -80dBm/Hz로 PSD를 감축하도록 정의하고 있으며, 동일 선로 바인더 내에서 거리가 다른 송수신기 간의 스펙트럼 호환을 위해 상향 대역에 대한 PBO(Power Back Off) 기능을 정의하고 있다.

### 3.3 전송수령 부계층 기능 특성

VDSL 전송수령 부계층의 전달 기술로는 ATM 방

식과 PTM 방식을 선택적으로 사용할 수 있도록 정의하고 있으며, 이들 각각의 기술은 별도의 부록에서 정의하고 있다. ATM 방식은 Annex G에서 정의하고 있으며, ATM 셀을 통해 데이터를 전달하기 위한 프로토콜 및 기능을 정의한다. PTM 방식은 Annex H에서 정의하고 있으며, 패킷화된 데이터를 전달하기 위한 프레임 구조, 프로토콜 및 기능에 대해 정의하고 있다.

### 3.4 관리 기능

VDSL의 운용관리 기능은 VDSL 라인, VDSL 패스(Path), VDSL 시스템 개체로 구분하여 정의하고 있으며, OAM을 위한 통신 채널로 지시자 비트(Indicator bit), 내장된 운용 채널(EOC : Embedded Operation Channel), VDSL 오버헤드 제어(VOC : VDSL Overhead Control) 채널을 정의한다. 이러한 OAM 채널을 통해 전송 개체의 원시 성능감시 파라미터(Primitive), 성능 및 시험 파라미터, 구성 파라미터 및 유지보수 신호 등이 전달된다.

### 3.5 성능 요구사항

VDSL 시스템은 여유 잡음(Noise Margin)으로 최소 6dB 이상을 가지고 BER  $10^{-7}$ 을 만족하도록 요구된다. 전달 서비스 특성에 따라 음성 서비스와 같이 지연에 민감한 서비스를 제공하기 위한 낮은 레벨의 지연과 군집성 오류에 민감한 서비스를 위한 높은 레벨의 지연을 정의한다. 높은 레벨의 지연은 최대 500 $\mu$ s의 충격 잡음에서 BER  $10^{-7}$ 을 만족하기 위해 최대 지연이 20ms를 넘지 않도록 요구하고 있다. 그리고 250 $\mu$ s의 충격 잡음에서는 최대 지연이 10ms를 넘지 않도록 동작하는 기능을 선택적으로 제공할 수 있도록 정의하

i) Bandplan A는 G.993.10이 완료되기 이전에 Plan 998로 사용되었으며, Bandplan B는 Plan 997, Bandplan C는 Fx-Plan으로 사용되었다.



고 있다. 그러나 현재의 G.993.1에서는 지연, 충격 잡음 모델, 선로 거리별 성능 및 테스트 선로 등에 대한 사항은 향후에 정의될 예정이다.

### 3.6 초기화 절차

G.993.1을 준용하는 VDSL 송수신기는 핸드셰이크(HS : Handshake) 절차로 G.994.1을 사용하도록 정의하고 있다.

핸드셰이크 절차를 통해 VDSL 송수신기는 표 1와 같이 선택적으로 사용 가능한 밴드(25kHz ~ 138 kHz)의 사용 여부 및 상향/하향 선택 기능과 ADSL 대역의 운용 방법에 대해 제공할 수 있는 기능 리스트를 CL(Capability List) 메시지를 통해 전달하며, 운용 모드의 선택은 MS(Mode Selection) 메시지 또는 MP(Mode Proposing) 메시지를 통해 이루어진다.

표 1. G.994.1 CL 메시지 비트 정의

G.994.1 비트	정의
Opt Usage	1로 설정될 경우 25kHz~138kHz의 선택적 밴드 사용 가능
OptUp	선택적 밴드를 상향으로 사용가능
OptDn	선택적 밴드를 하향으로 사용가능
PSDRed	1,104MHz 이하 대역에 대해 PSD 감축가능

핸드셰이크 이후의 세부 초기화 절차는 라인코딩 기술 관련 규격에서 정의된다.

### 3.7 밴드플랜 및 지역 요구사항

밴드플랜은 앞에서 언급한 바와 같이 A, B, C의 3가지 플랜으로 정의된다. 밴드플랜-A는 주파수 특성이 하향 대역에 높은 성능을 제공할 수 있도록 정의

어 있으며, ANSI 규격<sup>4)</sup>에서 채택하고 있는 방식이다. 밴드 플랜-B는 주파수 특성이 상하향으로 대칭적인 성능을 제공할 수 있도록 정의되어 있으며 ETSI 규격<sup>5)</sup>에서 기본 밴드플랜으로 채택하고 있는 방식이다. 밴드플랜-C는 스웨덴에서 적용하기 위해 정의한 방식으로 2번째 하향 밴드(DS2)와 2번째 상향 밴드(US2)를 구분하는 주파수  $f_4$ 를 유동적으로 적용할 수 있도록 정의하고 있다.

표 2. VDSL 밴드플랜

구분	밴드 플랜(MHz)			방향
	A	B	C	
$f_0$	0.025	0.025	0.025	
$f_1$	0.138	0.138	0.138	Opt
$f_2$	3.75	3.0	2.5	Down
$f_3$	5.2	5.1	3.75	Up
$f_4$	8.5	7.05	Fx	Down
$f_5$	12	12	12	Up

지역별 요구사항(Regional Requirement)은 북미, 유럽 및 일본 각각에 대해 Annex D, Annex E, Annex F로 정의하고 있으며, 지역별 서비스 환경에 따른 PSD, 전기적 특성 및 밴드플랜을 정의하도록 되어 있다. 그러나 현재 이 부분에 대한 사항은 작업 중이며, 향후 보완될 것으로 예상된다.

## 4. VDSL 송수신기 기술표준 (TTAE.IT-G993.1)

위에서 언급한 바와 같이 “VDSL 송수신기 기술 표준”은 ITU-T G.993.1을 준용하며, 서비스 목적에 따라 선택 항목 중 일부와 지역별 요구사항 중 일부를 필

4) T1.424/Trial-Use, “Very-High Speed Digital Subscriber Lines(VDSL) Metallic Interface”, March, 2002

5) ETSI TS 101 270-2 v1.1.1(2001. 02), “Very High speed Digital Subscriber Line(VDSL); Part 2:Transceiver specification”



수 항목으로 정의하거나 국내 환경에 부적합한 부분을 제외한 부분이 다르다. TTAE.IT-G993.1과 ITU-T G.993.1의 주요 차이점은 다음 표와 같다.

표 3. TTAE.IT-G993.1 참조 항목 비교

항목	TTAE.IT-G.993.1	ITU-T G.993.1
밴드플랜 A	필수	선택
밴드플랜 B	선택	선택
밴드플랜 B	선택	선택
TPS-TC : ATM	필수	선택
TPS-TC : PTM	선택	선택
지역 요구사항 : 북미	향후규정	향후규정
지역 요구사항 : 유럽	향후규정	향후규정
지역 요구사항 : 일본	삭제	향후규정

표 3에서 밴드플랜은 향후 방송, VOD 등 넓은 하향 전송대역을 요구하는 영상 서비스를 일반적인 서비스로 예상하고 비대칭 서비스에 적합한 밴드플랜-A를 필수 사항으로 선택하였으며, 일부 전용회선과 같은 대칭 서비스 수용을 위해 밴드플랜-B를 선택 항목으로 정의하였다.

지역 요구사항에 대해서는 향후 북미 및 유럽 특성에 대해 연구되는 사항을 검토하여 표준에 반영할 예정이며, 일본의 서비스 환경은 TCM-ISDN 환경에서 VDSL 서비스를 제공하기 위한 사항으로 국내 서비스 환경과 관련성이 없으므로 삭제되었다.

전송수령 부계층의 전달기술로는 기존 ADSL 서비스 인프라와의 연계성을 고려하여 ATM 전달 기술을 필수사항으로 정의하고, 인터넷 기반의 PTM 전달 기술은 선택사항으로 정의하여 서비스 환경에 따라 유연하게 적용할 수 있도록 규정하였다.

## 5. 결론

본 고에서는 VDSL 서비스 환경 및 표준화 동향에 대해 간단히 언급하였으며, TTA의 VDSL 표준이 참조한 ITU-T의 VDSL 규격을 요약하고, TTA 표준과 ITU-T 표준의 차이점을 정리하였다.

VDSL 송수신기에 대한 국제 표준화는 선로부호 방식의 선택이 가장 중요한 현안으로 남아 있으며, 이를 위해 방식 선정을 위한 시험방안, 평가방법 등을 주로 연구하게 될 것으로 예상된다. 또한 이러한 연구를 통해 2003년 7월까지의 선로부호 방식이 선정되고, 그 이후로 선정된 선로부호에 대한 규격 작업이 활발하게 진행될 것으로 판단된다.

향후 TTA의 xDSL 연구반에서는 국내 서비스 환경 및 국제 표준화 추진 현황을 반영하여 적절한 시점에 라인코드 관련 규격을 작성할 계획이다. 