



특집 초고속디지털가입자회선(VDSL) 기술 표준화

xDSL기술 표준화 동향

강명진 | KT 기술연구소 선임연구원

1. 서론

xDSL 기술이란 좁은 의미에서 볼 때는 DSL 모뎀간 데이터 전달을 위한 송수신기 기술을 의미하지만 넓은 의미로는 DSL을 구성하는 시스템(DSLAM 및 xTU-R)의 기능 및 구조, 운용관리 및 유지보수 기능, 서비스 제공을 위한 망 구조 및 전달 프로토콜 등 광범위한 분야를 포함한다.

그림 1과 같이 xDSL 기술 분야에 대한 요구사항을 정립하기 위해 다양한 표준화 기구에서 각 분야에 대한 표준을 제정하고 있다. 국제표준화 기구인 ITU나 지역표준화 단체인 ANSI 및 ETSI에서는 동선 선로상에서 데이터를 전달하기 위한 DSL 변조기술, 인터페이스 기능, 전기적 특성 및 물리계층 운용관리 기능 등 xDSL의 송수신기에 대한 표준을 정의한다. 이들 표준화 기구에서 정의하는 xDSL 기술은 대표적으로 HDSL, SHDSL, ADSL, Splitterless ADSL, VDSL

등이 있다.

DSL Forum은 이러한 xDSL 송수신기로 구성되는 시스템(DSLAM 및 xTU-R)에 대해 인터페이스 특성, 시스템 구조, 운용/유지보수 기능, 전달 프로토콜 및 망 구조에 대한 표준을 정의한다. DSL 계층 운용관리 기능을 정립하기 위해서는 IETF와 DSL Line MIB 표준을 제정하고 있다. 또한 xDSL 시스템 간 상호운용성을 제공하기 위해 테스트 플랜을 정의하고, 시험항목 및 시험방법에 대한 표준을 진행하고 있다.

FS-VDSL은 VDSL을 적용하여 영상·음성·데이터를 전달하기 위한 Full-Service 망에 대해 시스템 기능, CPE 기능, 전달 프로토콜 및 운용관리 기능에 대한 표준을 정의하고 있다. 또한 VDSL 모뎀간 상호운용성 제공을 위한 물리계층 규격을 정의한다.

본고는 이와 같이 다양한 xDSL 기술 및 적용범위 중 ADSL 및 VDSL 송수신기에 대한 기술 및 표준화 동향에 대해 서술하고자 한다.

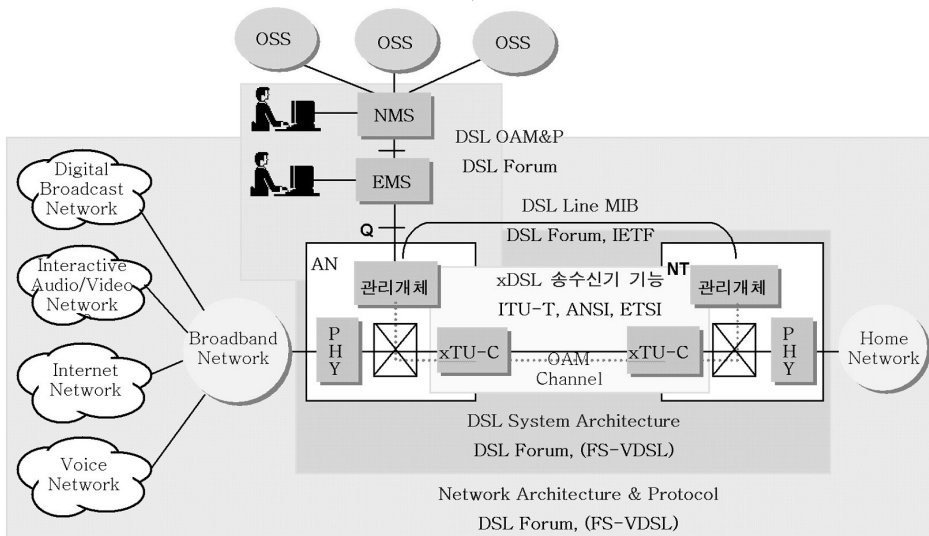


그림 1. xDSL 망 구조 및 관련 표준

2. ADSL 기술의 진화

1999년 6월 ITU-T에서 ADSL에 대한 표준이 완료된 이후 국내 초고속 인터넷 가입자가 급속하게 증가하였으며, 현재 전체 초고속 인터넷 가입자의 약 62%가 xDSL을 이용하고 있다. ADSL 도입 초기에는 가입자 수용을 위한 시설 확장이 통신사업자나 장비 제공자에게 가장 큰 관심사항이었으나 서비스의 안정화 및 기술발전으로 다양한 서비스가 등장함에 따라 사업자는 보다 높은 전송속도를 제공하고 광대역 서비스 수용 거리를 확장하기 위한 방안을 강구하게 되었다. 이러한 요구사항과 부합하여 좀더 다양한 기능, 높은 전송성능, 서비스 제공 거리 확장 등 기능과 성능을 향상시킬 수 있는 방안으로 ADSL을 기반으로 한 기술의 진화와 VDSL이라는 새로운 기술이 병행하여 등장하게 되었다. ADSL을 기반으로 하는 기술의 진화는 12 Mbps ADSL, ADSL2, ADSL2+ 및 ADSL2++와 같은 용어들을 발생시키며 표준이 진행되고 있으며, VDSL은 새로운 기술로 표준화가 진행되고 있다.

3. 차세대 ADSL 기술 및 표준화 동향

위에서 언급한 바와 같이 ADSL 기반의 차세대 ADSL 기술은 ITU-T G.992.1 및 G.992.2의 기술을 기반으로 발전하고 있다.

12Mbps ADSL이란 용어는 2002년 하반기 일본의 초고속 인터넷 서비스 제공자 간 속도 경쟁에서 유래한 것으로 별도의 표준이나 기술을 의미하는 것이 아니며, 8Mbps로 제한된 ADSL 전달기능을 $S=1/2$ 이라는 파라미터를 적용하여 12 Mbps를 제공하는 방법이다.

3.1 ADSL2/Splitterless ADSL2

ADSL2와 Splitterless ADSL2는 기존 ITU-T의 ADSL(G.992.1)과 Splitterless ADSL(G.992.2)을 기반으로 2002년 7월 각각 G.992.3¹⁾과 G.992.4²⁾로 표준화 되었다. ADSL2는 기존 ADSL 기술과 비교할 때 새로운 애플리케이션 및 적용 구조를 지원하기 위



해 전송성능 및 전송 거리가 향상되었으며 새로운 전달 기술 적용, 속도 적응기능, 진단(Diagnostics) 기능 및 대기모드 지원 등 다양한 기능이 추가되었다³⁾.

전송성능 및 전송거리

ADSL2에서는 전송성능을 향상시키기 위해 Trellis-code와 1-bit QAM 성상도를 적용함으로써 부호화 이득(coding gain)을 높이고, 낮은 SNR에서도 비트를 할당할 수 있어 원거리 가입자 선로에서 전송성능을 향상할 수 있도록 하였다. 프레임 오버헤드도 기존 ADSL이 고정인 것에 비해 4kbps ~ 32kbps로 적용함으로써 프레임 효율을 향상시켰다. 동일 선로 바인더 상에서 발생하는 누화를 감소시키기 위해 수신신호 레벨에 따라 초기화 시 송신 전력을 감소시키는 상하향 신호전력 감축(Power cutback)기능을 적용하여 전송성능을 향상토록 하였다. 또한 Pilot tone을 수신측에서 선택하며, Pilot tone에 사용자 데이터를 할당할 수 있는 선택사항을 제공함으로써 신호의 안정성 및 전송효율을 향상 시켰다.

All Digital Mode(ADM)

ADSL은 동일 선로상에서 POTS와 동시에 서비스를 제공하기 위해 상향 전송대역을 25 kHz부터 사용할 수 있도록 정의하고 있다. 이에 비해 ADSL2는 POTS 대역으로 할당된 0 ~ 25 kHz 대역도 선택적으로 상향 전송대역으로 사용할 수 있도록 함으로써 상향 전송속도를 약 256 kbps 향상시킬 수 있다. 이러한 운용 모드는 가구 당 2회선 이상이 제공되는 아파트나 유휴 선로를 활용할 수 있는 환경에 적용하여 서비스 효율을 향상시킬 수 있다.

패킷 전달 모드 지원

기존 ADSL의 경우 전달 모드로 ATM 또는 STM을 제공하며, 칩셋은 대부분 ATM 모드만을 제공하였다. 그러나 최근 액세스 망 전달기술은 ATM 기술에서 IP 기술로 전환되고 있으며 국내의 서비스 환경도 Metro Ethernet 망이 확산되고, 종단간 IP 패킷 전달을 위한 기술로 IP 기반의 xDSL 기술이 적용되고 있다. 이러한 환경에서 ADSL이 IP-xDSL 기술로 적용될 경우 DSL 구간에서 이더넷 패킷을 ATM 셀로 변환/역변환 과정에서 오버헤드가 증가함에 따라 전송효율이 감소되며, ATM 기능 블록이 추가로 적용됨에 따라 시스템 구현가격이 상승하는 요인이 발생하게 된다. 이에 대해, ADSL2에서는 패킷 전달모드(PTM-TC)를 제공함으로써 DSL 구간에서 ATM 계층이 제거된 형태의 순수한 IP 망을 구성할 수 있도록 하였다.

On Line Reconfiguration(OLR)

속도 적응(Rate Adaptation) 기능은 크게 초기화 절차에서 선로 상태에 따라 속도를 적응하는 RA at startup 기능과 서비스 중(Showtime)에 선로상태 변화에 따라 속도를 적응하는 동적 속도 적응(Dynamic Rate Adaptation) 기능으로 구분된다. 기존 ADSL에서는 RA at startup 기능만을 제공하므로 서비스 중에 발생하는 링크상태 변화에 대해 서비스 중단이 발생할 수 있으며, 선로장애가 복구될 경우에도 자동적으로 링크 속도를 변경하지 않으므로 서비스 품질 및 성능에 영향을 준다. 이에 비해 ADSL2에서는 OLR 기능을 통해 선로환경에 따라 사용자 서비스 중단 없이 동적으로 속도를 적응할 수 있는 동적 속도 적응(SRA : Seamless Rate Adaptation) 기능을 제공한다. 또한 SRA에 의해 변경된 속도를 각 채널별로 동



적으로 재분할 하거나, CoVDSL 적용으로 인한 속도 재분할 기능을 위해 DRR(Dynamic Rate Repartitioning) 기능을 제공한다. ADSL2는 이러한 OLR 기능을 통해 선로환경에 따른 전송 효율성 및 서비스 품질을 향상시킬 수 있다.

진단기능

ADSL2에서는 ADSL 모뎀구간의 장애상태를 진단하기 위한 Loop Diagnostic 모드를 제공하며, G.994.1의 핸드셰이크 과정에서 모드선택 메시지를 통해 진단기능을 선택할 수 있다. 이 진단과정에서 ATU는 잡음, 손실 및 SNR 등 진단에 필요한 파라미터를 수집하여 상호 교환한다. 또한 기존 ADSL과 비교하여 채널 특성함수, 잡음 PSD, SNR, ATN, SNR 마진 그리고 전송전력 등 풍부한 테스트 파라미터를 제공하므로 서비스 중에도 운용자가 링크 품질을 전달할 수 있는 정보를 제공한다.

전력 관리기능

ADSL2에서는 효율적인 전력사용을 위해 L0, L2 및 L3의 전력관리 모드를 정의하고 있다. L0는 일반적인 ADSL의 전력 모드이며, L2는 트래픽 유형에 따라 통계적 전력절약(Power saving) 기능을 제공한다. L3는 휴면 모드(Sleep mode)로 일정 기간동안 사용되지 않는 링크에 대해 적용된다. 이러한 전력관리 기능이 적용될 경우 사용되지 않는 ADSL Link에 대한 소비전력을 감소시켜 운용비를 절감할 뿐만 아니라, ADSL 신호전력이 감소함에 따라 동일 바인더 상의 누화를 감소시킬 수 있으므로 전송성능 향상을 기대할 수 있다.

Reach Extended ADSL(READSL)

READSL은 Long Reach에 대해 수백 kbps의 전송성능을 제공하기 위한 방법으로 25kHz ~ 552kHz의 전송대역을 사용하며, PSD 레벨은 ADSL/ADSL2보다 약간 높게 정의된다. READSL의 전송성능은 18 kft 또는 그 이상의 거리에서 하향/상향 각각에 대해 192 kbps/128 kbps를 목표로 하고 있다. READSL은 G.992.3의 Annex L로 표준화 작업 중에 있다.

기타 기능

위에서 기술한 다양한 기능 외에도 ADSL2에서는 Fast Startup, Bonding, CVoDSL 기능 등을 제공한다.

Fast Startup 기능은 휴면 모드인 L3에서 L0로의 상태 천이 및 ADSL 링크장애 복구시에 적용된다. Fast Startup은 3초 이내에 L3 상태 또는 장애상태에서 L0 상태로 천이 된다.

Bonding 기능은 ATM 전달모드 사용 시 2개 또는 그 이상의 ADSL Link를 ATM의 IMA 기능을 이용하여 다중화 함으로서 높은 데이터 전송속도를 제공할 수 있다.

ADSL2의 채널화 기능은 PCM DSO 신호를 별도의 채널을 할당하여 ATM이나 IP로 패킷화 하지않고 전달할 수 있는 CVoDSL 기능을 제공토록 한다.

3.2 ADSL2+/ADSL2++

ADSL2+는 2002년 3월부터 G.dmt.bis의 3세대 기술로 표준화 프로젝트가 시작되었으며, 2003년 1월부터 G.992.5로 Draft 작업이 진행 중이다. ADSL2+ 표준은 G.992.3을 기반으로 ADSL2와 유사한 기능을



제공할 것으로 예상된다. 주파수 대역은 25kHz (0kHz) ~ 2.2MHz로 512 DMT tone을 사용하여 ADSL2에 비해 2배의 주파수 대역을 사용하며, 하향 전송속도로 최대 24 Mbps를 제공할 수 있는 기술이다.

2003년 4월 비디오, 데이터, 음성의 Triple Play Service가 가능하도록 “Quad spectrum(3.73MHz)에 대한 논의가 시작되면서 ADSL2++라는 용어가 사용되기 시작하였다. 현재 ADSL2++에 대한 기술은 Centillium, Sumitomo Electric, NEC 등 일부에서만 제안되고 있는 상태이며, 그림 2에서 보는바와 같이 주파수 사용이 U0 밴드를 상향으로 적용한 1 Band VDSL과 동일하다는 관점에서 앞으로의 표준화 추이를 지켜보아야 할 사항이다.

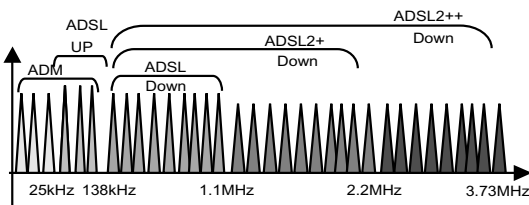


그림 2. ADSL 계열 주파수 대역

4. VDSL 기술 및 표준화 동향

4.1 VDSL 기술 특성

VDSL 기술은 한쌍의 동선 선로에서 POTS와 동시에 수십 Mbps의 대칭 또는 비대칭 데이터 전송속도를 제공한다. VDSL 망 구조는 적용 시나리오에 따라 FTTCab(Fiber-to-the-Cabinet) 구조와 FTTEEx(Fiber-to-the-Exchange) 구조로 구분된다. 그림 3에서와 같이 FTTEEx 구조의 경우 동일 선로 바인더에

ADSL 신호와 VDSL 신호가 같이 전달되게 된다. 이때 ADSL의 하향신호 레벨이 VDSL의 하향신호 레벨에 비해 높기 때문에 VDSL 신호가 ADSL 신호에 의해 영향을 받을 수 있다. 이러한 현상을 제거하기 위해 그림 3에서 보는 바와 같이 VDSL 하향신호의 ADSL 주파수 대역(138kHz ~ 1.1MHz)의 PSD 레벨은 ADSL과 동일하게 적용된다.

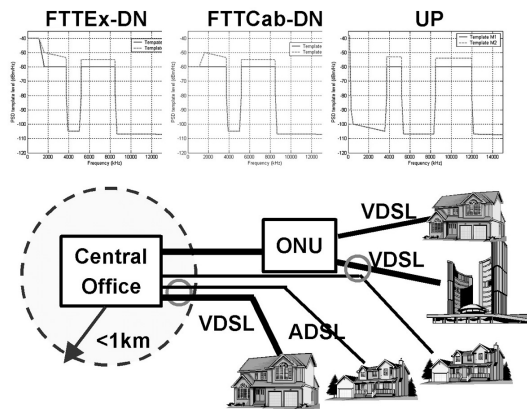
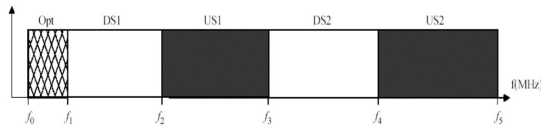


그림 3. VDSL 적용 시나리오

그러나 FTTCab 구조에서는 동일 위치에서 ADSL과 같은 바인더에 구성되지 않으므로 ADSL 신호에 의한 간섭영향을 고려하지 않아도 된다. 그러나 그림 3과 같이 CO에 설치된 ADSL 회선이 ONU에 수용된 VDSL과 동일한 바인더에 구성될 경우 오히려 ADSL 신호가 VDSL 신호에 의해 영향을 받을 수 있다. 이러한 영향을 줄이는 방법은 규격에 따라 차이는 있으나, VDSL 하향 주파수 대역 중 138kHz ~ 1.1MHz 대역에 대해 PSD 감축(reduction) 기능을 규정하고 있다.

VDSL 신호의 상하향 대역 분리는 주파수 분할 이중화(FDD : Frequency Division Duplexing) 방식을 사용한다. 전송대역은 그림 4와 같이 DS1, US1, DS2, US2로 구성되며, 각 대역은 f_1, f_2, f_3, f_4 로 구분된다.



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

그림 4. VDSL 밴드플랜

그리고 밴드플랜은 서비스 특성 및 서비스 적용환경에 따라 그림 4와 같이 정의되며, 각 밴드를 구분하는 주파수 f_x 는 밴드플랜에 의해 정해진다. 주파수 밴드 $f_0 \sim f_1$ (25kHz ~ 138kHz)는 선택적으로 사용이 가능한 밴드로 필요에 따라 상향 전송대역 또는 하향 전송대역으로 사용할 수 있으며, 이 대역을 상향 전송대역으로 사용할 경우 2Km 이상의 거리에서도 VDSL 서비스 제공이 가능하여 서비스 수용 범위를 확장시킬 수 있는 방안으로 고려될 수 있다.

아마추어 무선대역에 대한 VDSL 신호의 유출을 제한하기 위해 HAM 대역 Notching 기능이 제공되며, 동일 선로 바인더 내에서 거리가 다른 송수신기 간의 누화 영향을 줄이기 위해 상향 대역에 대한 PBO (Power Back Off) 기능을 정의한다.

VDSL 전송수렴 부계층의 전달기술로는 규격에 따라 차이는 있으나 ATM 방식과 STM 또는 PTM 방식이 정의되어 망 구축환경에 따라 선택적으로 사용할 수 있다.

4.2 VDSL 표준화 동향

VDSL 송수신기에 대한 표준은 지역표준화 단체로

북미 표준화 기구(ANSI)와 유럽 표준화 기구(ETSI)에서 작업을 하고 있으며, 국제표준화는 ITU-T의 SG15에서 표준 작업을 진행 중에 있다⁴⁾.

북미 표준화 기구인 T1E1.4 표준위원회에서는 VDSL 송수신기에 대한 시험용(Trial Use) 표준인 T1.424를 2002년 3월 완료하였다⁵⁾. 이 규격은 승인된 시점으로부터 2년 동안 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 기술을 사용하는 VDSL 송수신기에 대해 선로부호 관련 사항을 정의한다.

유럽 표준화단체인 ETSI의 VDSL 표준은 선로부호로 SCM과 MCM을 모두 수용하고 있으며, Part 1에서는 공통부분에 대한 요구사항을 정의하고⁶⁾, Part 2에서는 SCM 및 MCM 선로부호와 관련된 요구사항을 정의한다⁷⁾.

ITU-T Q4/SG15는 단일화된 기술방식으로 표준화를 추진하고 있으나, 선로부호 기술선정의 어려움 등으로 인해 표준화 작업이 지연되어 왔다. 이에 따라 표준화 작업을 활성화하기 위해 G.vdsl.f와 G.vdsl.l로 분리하여 표준을 추진하기로 결정하였으며, VDSL 기능 요구사항을 포함하는 G.vdsl.f(G.993.1) 권고안을 2001년 11월 승인하였다⁸⁾. 현재는 ANSI 등과 같이 번조방식 선정을 위한 작업을 진행 중에 있으며, 2003년 7월까지 시험평가를 통한 기술선정을 완료할 계획이다.



표 1. VDSL 표준간 특성 비교

항목	ITU	ANSI	ETSI
서비스 클래스	Further Study	Asymmetric Symmetric	Asymmetric Symmetric
주파수 플랜	998, 997, Fx	998 Only	997(필수) 998(선택)
종단저항	Further Study	Rv=100 Ohm	Rv=135 Ohm
PSD	Further Study	FTTCab(M1,2) FTTEx(M1,2)	FTTCab(M1,2) FTTEx(M1,2) With Pass Band W/O Pass Band
PBO	UPBO	UPBO DPBO : Further Study	UPBO DPBO
Payload Rate	Further Study	Asym : 22/3 Sym : 6 & 13	Asym : 23/4 ~ 6.4/2 Sym: 28 ~ 6.4
ADSL Band	PSD Reduction, Level is Further Study	FTTCab PSD (-60 dBm/Hz)	FTTCap PSD (- 90 dBm/Hz)
전달기술	ATM, PTM	ATM, STM	ATM, STM

국내에서는 한국정보통신기술협회(TTA)에서 VDSL 표준을 연구 중에 있으며, 2002년 12월에 ITU-T의 G.993.1을 참조한 공통부 표준인 TTAE.IT-G.993.1을 완료하였다.

이 표준은 서비스 목적에 따라 선택항목 중 일부와 지역별 요구사항 중 일부를 필수항목으로 정의하거나 국내 환경에 부적합한 부분을 제외하여 델타 표준형태로 제정되었다. 국내 단체표준과 ITU-T G.993.1의 주요 차이점은 다음 표와 같다.

표 2. TTAE.IT-G993.1 첨삭 항목 비교

항목	TTAE.IT-G993.1	ITU-T G.993.1
밴드플랜 A	필수	선택
밴드플랜 B	선택	선택
밴드플랜 C	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

4.3 표준화 전망

현재 국제 VDSL 표준에서는 선로부호 기술을 어떻게 할 것인가가 가장 큰 이슈 사항이다. ANSI에서는 2003년 5월 ~ 6월 중에 Lab 테스트를 완료하고 테스트 결과를 분석하여 6월 또는 7월 중에 선로부호를 선정할 것으로 예상되며, 선정된 선로부호에 대해 Trial Use 버전의 표준이 개정될 것으로 예상된다.

ITU-T는 ADSL2의 READSL(G.992.3 Annex L)과 ADSL2+에 대한 표준화가 활발하게 추진되며, ADSL2++에 대한 표준화 검토가 예상된다. VDSL 표준에 대해서는 전송성능, PSD, 지역 요구사항 등 G.993.1에서 Further Study 항목으로 남아있는 부분에 대해 표준화 작업이 진행 중에 있으며, VDSL 선로부호 선정을 위한 평가방법 등을 연구하여 2003년 7월에 하나의 선로부호를 선정할 것으로 예상된다.

국내에서는 이미 VDSL 서비스가 상당히 진행되고 있는 상황이므로 국내 기술기반을 조속히 확보해야 할



필요성을 인식하고 정통부와 TTA, 한국xDSL포럼이 연계하여 VDSL 선로부호 기술에 대한 송수신기 기술 표준을 마련할 예정이다.

5. 결론

이 글에서는 ADSL 이후에 광대역 접속기술로 진화하는 차세대 ADSL 및 VDSL의 기술, 표준화 동향에 대해 살펴보았다.

앞에서 기술한 바와 같이 ADSL2, ADSL2+, ADSL2++와 같은 차세대 ADSL 기술들은 빠르게 표준화가 진행되고 있으며, 나름대로의 기술특성을 가지고 있으므로 VDSL과 함께 액세스 기술로 중요한 위치를 차지할 것으로 예상된다.

VDSL 송수신기 표준은 현재는 선로부호 기술선택이 가장 중요한 기술적 이슈로 남아 있다. ANSI는 선로부호 기술 선정을 위해 VDSL Olympic을 진행하고 있으며, 이 결과를 통해 2003년 6월 또는 7월 중에 하나의 기술이 선정될 것으로 예상된다.

국내에서는 2003년 상반기 중에 VDSL 라인코드에 대한 표준안이 마련될 것으로 예상되며, 이 표준은 국제표준 진행방향에 따라 유연하게 적용될 것으로 예상된다.

- 1) ITU-T G.992.3(7/2002), Asymmetric digital subscriber line(ADSL) transceivers - 2 (ADSL2)
- 2) ITU-T G.992.4(7/2002), Splitterless asymmetric digital subscriber line transceivers 2(Splitterless ADSL2)
- 3) DSLForum2002-257, White Paper : ADSL2 /ADSL2+
- 4) TTA Journal(2003. 3. 4), VDSL 송수신기 기술표준(TTAE.IT-G993.1)
- 5) ANSI T1E1.424, Interface Between Networks and Customer Installations - Very-high Speed Digital Subscriber Lines (VDSL) Metallic Interface(Trial-Use Standard): March, 2002
- 6) ETSI TS 101 270-1 v1.2.1(1999-10), Very high speed Digital Subscriber Line(VDSL) ; Part 1: Functional requirements
- 7) ETSI TS 101 270-2 v1.1.1(2001-2), Very high speed Digital Subscriber Line(VDSL) ; Part 2: Transceiver specification
- 8) ITU-T G.993.1(11/2001), Very high speed digital subscriber line - foundation 