

xDSL (x Digital subscriber Line)



이재진
한국통신 가입자망연구소 가입자전송연구팀

강명진
한국통신 가입자망연구소 가입자전송연구팀

I. 서론

xDSL(x Digital subscriber Line)이란 전화국에서 가입자 댁내까지 음성 신호전달을 목적으로 구성되어있는 동선선로를 이용하여 고속의 디지털 데이터 전송을 가능하게 하는 기술이다. xDSL은 적용기술, 제공속도 및 응용목적에 따라 A(Asymmetric), H(High Bit-Rate), S(Symmetric), V(Very High Bit-Rate) DSL 등으로 명명된다. 이러한 DSL 기술은 1990년대 초에 HDSL 위주로 서비스가 제공되었으며, 1999년 ITU-T의 ADSL 기술관련 권고안이 제정된 후 일반가입자에 대한 대규모 서비스 제공에 따라 일반사용자에게도 일반화된 기술로 정착되었다.

본고에서는 xDSL 기술중 ADSL, SDSL 계열 및 VDSL의 기술을 간략히 소개하고, 국내외 표준화동향을 살펴본다. 특히 고속의 디지털 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 VDSL 기술

및 표준화 쟁점사항과 아울러 전망에 대해 좀 더 고찰한다.

II. xDSL 기술개요

다음장 그림1은 xDSL에 적용되는 다양한 망 접속 및 구성형태를 보여 준다. 초기의 xDSL 시스템은 각 기술별 별도의 장치로 구성되었으나, 최근에는 단일장치에서 ADSL, VDSL, SHDSL 등을 수용하는 Multi Service-DSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexor) 구조가 등장하고 있다.

FTTC(Fiber-To-The-Curb) 구조하에서는 ONU(Optical Network Unit)를 집단지주 지역에 설치하여 ADSL, VDSL 등의 서비스를 제공하고, DSLAM은 전화국사 내에 설치되어 ADSL, SHDSL 등을 통해 가입자를 수용하였으나, Remote-DSLAM 및 Mini-DSLAM을 이

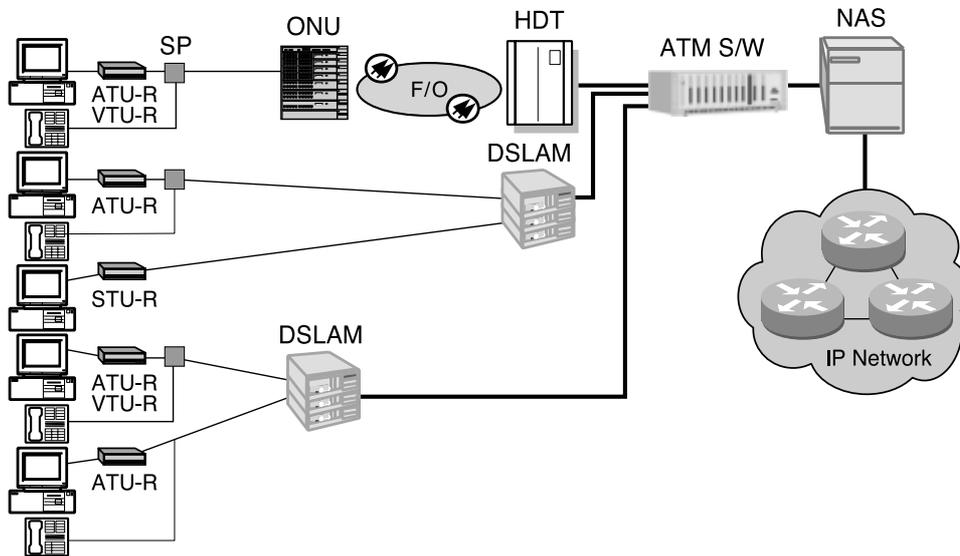


그림 1. xDSL 망 구성도

용하여 FTTC 구조에 적용됨에 따라 VDSL 서비스를 동시에 수용하는 구조로 진화하고 있다.

1. ADSL

ADSL은 동일 가입자 선로를 통해 기존 음성 서비스(POTS 및 ISDN)와 고속 데이터 통신을 동시에 제공하는 기술로서 1990년 초 Bellcore에서 VOD(Video-on-Demand) 서비스를 목적으로 개발되었다[1]. 그러나 VOD 서비스가 활성화 되지 못하고, 1990년대 후반의 고속 인터넷 접속 수요증가에 따라 가변 전송율을 제공하는 RADSL(Rate Adaptive DSL) 기술이 개발되었다.

ADSL 기술은 선로 변조기술에 따라 다중 반송파를 사용하는 DMT(Discrete Multi-Tone) 방식과 단일 반송파를 사용하는 방식간에 논란이 계속되었으나, 국제표준화 기구인 ITU(International Telecommunication Union)에서 DMT를 표준 방식으로 채택하였다. 이에 따라 북미 표준화기구인 ANSI(American National Standards Institute)에서는 1999년 9월 단일 반

송파 사용을 지지하는 Adhoc 그룹에서 TR-59(Single-Carrier RADSL)를 완성하였다.

ADSL 기술은 제공속도 관점에서 볼 때 크게 6Mbps의 하향 전송속도를 제공하는 Full Rate ADSL과 1.5 Mbps의 하향 전송속도를 제공하는 UADSL(Universal ADSL) 또는 Splitterless ADSL로 구분된다.

Full-Rate ADSL은 1.104 MHz까지의 주파수 대역을 사용하여 하향 6Mbps, 상향 640Kbps의 전송속도를 제공하며, ATU-C 및 ATU-R 측에 스플리터를 사용하여 구성한다. Splitterless ADSL은 장치의 복잡성, 전력절감 및 설치/운영의 용이성을 위해 Full-Rate ADSL이 사용하는 주파수 대역의 절반인 552kHz의 주파수 대역을 사용하여 하향 1.5 Mbps/상향 512 kbps의 서비스를 제공하며, ATU-R 측에는 Splitter를 적용하지 않는 방식이다.

2. SDSL 계열

SDSL은 기존 HDSL 기술의 제한적 사항들을 해결하기 위해 등장하게 되었다. SDSL은 단일

선로 쌍에서 양방향으로 대칭적인 전송속도를 제공하는 기술을 의미하나, 기술표준 관점에서는 SDSL, HDSL2, SHDSL 등으로 구분된다.

SDSL은 비표준 방식으로 2B1Q 라인 코딩방식을 적용하여 양방향 92kbps ~ 2.3Mbps의 전송속도를 제공한다. HDSL 2는 북미의 ANSI T1에서 표준으로 정의한 기술로 TC-PAM (Trellis Coded - Pulse Amplitude Modulation) 라인 코딩방식을 적용하여 CSA(Carrier Serving Area) 범위내에서 양방향 T1 고정속도를 제공한다. ETSI-SDSL은 유럽 표준화단체인 ETSI (European Telecommunications Standards Institute)에서 표준으로 정의한 기술로 UC-PAM(Ungerboeck Coded PAM) 라인 코딩방식을 적용하여 192kbps~2.3Mbps의 가변 전송속도를 제공한다. 반면, SHDSL은 ITU에서 표준으로 정의한 기술로 TC-PAM 라인 코딩방식을 적용하여 1개의 선로 쌍에서 양방향 192kbps~2.3Mbps(2개의 동선 쌍에서는 384kbps~4.6Mbps)의 전송속도를 제공한다.

3. VDSL

다양한 xDSL 기술이 전화국으로부터 가입자 댁내까지의 거리를 동선선로를 이용하여 전송하는 것을 목적으로 하고 있으나, VDSL은 그림 1과 같이 가입자 근처까지 광케이블을 이용

하고 댁내 인입부분만 기존 동선선로를 이용하는 FTTC 구조에서 최대 52Mbps의 고속 데이터 전송을 가능하게 하는 기술이다.

VDSL은 1990년대 초 VOD 서비스를 목표로 DAVIC(Digital Audio-Visual Council)에서 FTTC 장치에 적용되었으며, 1994년부터 ANSI 및 ETSI에서 VDSL을 주제로 논의가 시작되었다[1][2]. VDSL은 상/하향 전송속도에 따라 대칭형과 비대칭형으로 구분될 수 있다. 대칭형은 규격에 따라 최대 13Mbps 또는 28Mbps의 전송속도를 제공하며, 기업 또는 SOHO(Small Office Home Office)를 서비스 목표로 하고 있으며, 비대칭형은 하향 전송속도로 최대 23Mbps, 상향 전송속도로 최대 4Mbps를 제공하며 일반가입자를 목표로 하고 있다.

III. xDSL 시장동향

최근 국내 인터넷 이용자는 매월 약 100만 명씩 증가하여 2000년 12월 기준으로 1,900만 명이며, 총 인구대비 이용자 수는 미국, 영국에 이어 세계 3위에 이른다[3]. 그림 2는 ADSL, CATV, ISDN 등 주요 고속 인터넷서비스의 증가추이를 나타낸 것으로 ADSL 및 CATV 가입자가 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 xDSL 서비스는 초고속 정보통신 서비스가가입자

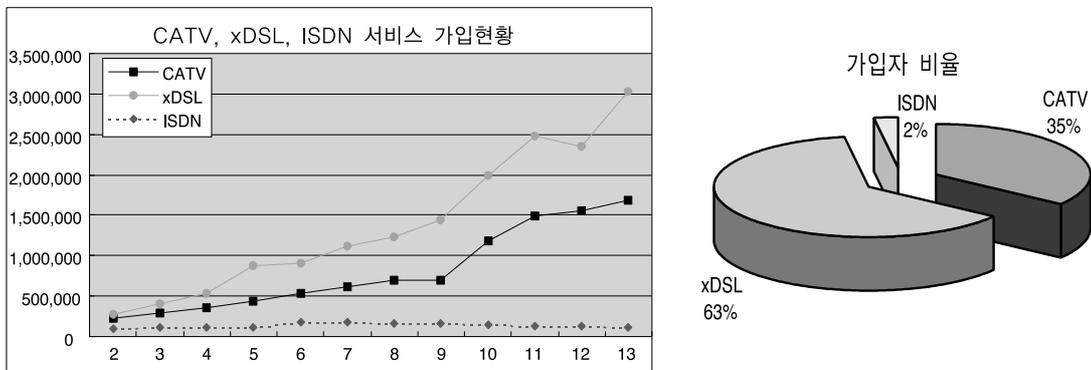


그림 2. 국내 xDSL 가입자 현황

의 63%를 차지하면서 급속히 증가하고 있다.

국내 ADSL 서비스는 한국통신이 1998년 10월부터 서울(광진, 영등)과 부산(연산)지역에서 1,000 회선으로 슈퍼코넷 시범서비스로 시작된 이래 1999년 6월과 4월에 각각 한국통신과 하나로통신에서 본격적인 상용서비스를 제공하게 되었다. 이후 2000년에는 본격적인 시장개척과 대규모 시설공급에 따라 2001. 1월에는 가입자가 300만에 이르렀다.

현재 국내 xDSL 서비스는 ADSL을 이용한 인터넷 접속위주의 서비스가 제공되고 있으나, 주요 통신사업자들은 향후 SOHO를 목표로 하는 SHDSL을 이용한 저가의 인터넷 전용선 서비스, ADSL 및 SHDSL을 이용한 VoDSL(Voice over DSL) 등의 부가서비스를 준비중에 있다. 특히 VDSL의 경우 한국통신 및 하나로통신에서 VOD 등 부가서비스를 제공하는 시범서비스를 추진하였으며, 이를 통해 VDSL 서비스제공을 검토하고 있다.

외국의 경우 xDSL 서비스에 대해 국내와 같은 급격한 증가현상은 없으나, xDSL 표준의 완성, 가입자 선로 Unbundling 및 Co-location 등에 대한 통신규제 완화로 서비스 경쟁환경이 고조됨에 따라 지속적인 가입자 증가가 예상된다. 그림 3은 Telechoice에서 예측한 미국의 xDSL 가입자 증가추세를 보여주고 있다.

IV. xDSL 표준화동향

1. 국외 표준화 단체

1.1 ANSI

1984년에 설립된 ANSI T1 위원회(Committee)는 통신망에서 사용자 시스템, 망 사업자 등의 사용자 장치간 인터페이스의 상호접속 및 연동에 관한 표준을 담당하고 있다. T1 위원회는 5개의 작업그룹(Working Group)으로 구성되어 있으며, T1E1.4에서 DSL에 관련된 표준화작업을 추진하고 있다.

1.1.1 ADSL

ADSL 표준으로 1995년 8월에 최초의 표준인 T1.413 Issue 1을 제정하였다. T1.413 표준의 주요 특징은 VOD 서비스를 고려한 고정된 전송속도를 갖는 표준으로, DMT 선로부호를 적용하여 최대 4개의 T1급 고속 하향채널과 3개의 저속 양방향채널 데이터속도를 제공한다. 1998년에는 T1.413 Issue 1을 기반으로 32kbps~6Mbps까지 가변속도(Rate Adaptive)를 제공하는 RADSL 표준인 T1.413 Issue 2를 완성하였으며, 2003년 3월 ITU-T의 G.992.2를 선택적으

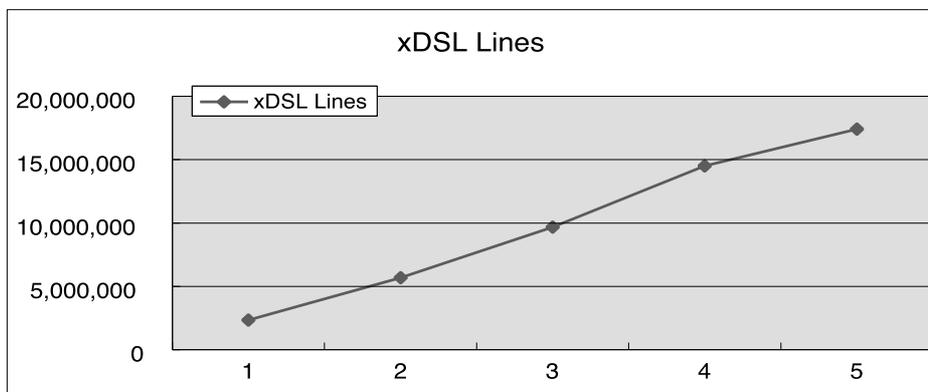


그림 3. 북미 xDSL 가입자

로 수용하는 Delta 표준으로 Splitterless ADSL 표준을 완성하였다. T1.413 Issue 1, Issue 2 및 Issue 3에 대한 기능을 표 1에 나타내었다.

1994년부터 VDSL 기술에 대해 논의되었으며, 2001년 2월 변조 기술로 SCM(Single Carrier Modulation) 방식과 MCM(Multi-Carrier

표 1. ANSI T1.413 Issue 별 기능

기능	T1.413 Issue 1	T1.413 Issue 2	T1.413 Issue 3
적용범위	ADSL above POTS	ADSL above POTS, ISDN, TCM-ISDN	ADSL above POTS
전송용량	고정 속도 하향:1.5Mbps, 3.0Mbps, 4.6Mbps, 6.1Mbps	가변속도(32kbps step) 하향 : 32kbps~6.1Mbps, 상향 : 32kbps~640kbps	가변속도(32kbps step) 하향 : 64kbps~1.5Mbps, 상향 : 32kbps~512kbps
전달 모드	STM, ATM is Optional	STM or ATM	ATM
지연	상/하향 각각 단일 지연	단일 지연, 2중 지연은 선택사항	단일지연(Interleave Only)
오버헤드 프레임	Fast 및 Interleave	Mode 0, 1, 2, 3	Mode 3 유형
반송파(nΔf)	하향 : n = 1 ~ 255 상향 : n = 1 ~ 31	하향 : n = 1 ~ 255 상향 : n = 1 ~ 31	하향 : n = 1 ~ 127 상향 : n = 1 ~ 31
Pilot Tone	하향 : n = 64(276kHz) 상향 : n = 16(69kHz)	하향 : n = 64(276kHz)	하향 : n = 64(276kHz)
Activation	ACTivation signal	ACTivation signal	G.994.1 signal
초기화	고정 속도, Vendor 정보전달	Rate Adaptation(RA)을 위한 EES (Expanded Exchange Sequence) 제공, Inventory 정보 전달	RA를 위한 Sequence 제공
DRA, Fast Retrain	-	DRA(Dynamic Rate Adaptation)	Fast Retrain
Power Management	-	-	Power Management State L0 ~ L2

1.1.2 HDSL 2

HDSL 2는 기존 HDSL이 제공하는 기능을 단일 선로 쌍을 이용하여 전송하기 위해 1995년부터 작업이 시작되었다. HDSL 2는 기존 HDSL과는 달리 TC-PAM 선로 부호기술을 적용하여, CSA 거리에서 T1 Rate 제공을 목표로 하고 있으며, HDSL 2에 대한 표준으로 2000년 4월 T1.418-2000으로 권고안이 완성되었다. 또한 2개의 선로 쌍을 이용하는 HDSL 4에 대한 작업을 진행하고 있다.

1.1.3 VDSL

Modulation)방식을 모두 적용한 시험적용 버전의 VDSL 규격이 완료되었다. 이 규격은 승인된 시점을 기준으로 2년 동안 시험적용을 통한 지속적 의견수렴으로 규격을 계속 보완하고 있다. 규격은 3개의 Part로 구성되며 각 Part의 내용은 다음과 같다.

- Part 1 : 기능적 요구사항 및 공통항목을 기술
- 동일 선로상에서 POTS 또는 ISDN-BRA를 적용
- 전송용량은 대칭속도와 비대칭 속도를 정의하며, 대칭속도의 경우, 6Mbps 및 3Mbps, 비대칭 속도의 경우, 하향 22Mbps

- 상향 3Mbps로 정의
- 상/하향 구분방법으로 FDD(Frequency Division Multiplexing)방식 적용
- 스펙트럼 할당은 Plan 998의 4 밴드 사용.
- Part 2 : SCM 방식 및 MCM 방식을 적용한 송수신기 기능
 - Modulation 방법, 전송 프로파일, 프레임 구조, Activation/Deactivation 절차 정의
- Part 3 : MCM 방식을 적용한 송수신기 기능
 - DMT Modulation 방법, Synchronization 방법 (Timing Advance 방식을 적용, Synchronous Mode는 선택사항) 및 초기화 절차 정의
 - Activation 방식으로 ITU-T G.994.1의 절차를 적용
 - Annex B에서는 Informative로 FMT (Filtered Multi-tone) 변조 방식을 기술

1.2 ETSI

ETSI Transmission and Multiplexing(TM) 작업그룹의 TM 6에서 Access Network에 관한 표준화작업을 수행하며, DSL 관련 표준화작업도 TM 6에서 진행된다.

1.2.1 ADSL

제공속도 및 응용서비스에 따라 다음과 같이 2개의 규격이 완성되었으며, 1개의 규격이 작업 중이다.

- ETR-328 “ADSL Requirements and Performance”(1996. 11)
 - ANSI의 T1.413 Issue 1을 기반으로 유럽 환경을 반영하여 작성
 - 2Mbps 응용에 적합한 베어러 채널 할당, 테스트 모델 및 선로특성을 기술
- TS-101 328 “ADSL - Coexistence of ADSL and ISDN-BA on the same pair”

(1998. 11)

- T1.413 Issue 2를 기반으로 ISDN과 동일 선로에서 ADSL 서비스를 제공하기 위한 기준 정의
- ISDN 환경적용을 위한 주파수대역 및 신호 주파수변경[상향 주파수대역(25,875kHz ~138kHz -> 138kHz~276kHz), 하향대역 시작 주파수(25,875kHz -> 138kHz), Pilot Tone, 초기화 신호]
- TS-101 328 v.1.2.1”ADSL - European specific requirements” (2001. 8 예정)
 - 성능규격, 스플리터 규격, 스펙트럼 호환성

1.2.2 SDSL

단일 선로 쌍을 통해 2.3Mbps의 전송속도를 제공하기 위해 1998년부터 표준화가 시작되었으며, 2개의 Part로 표준이 구성된다.

- Part 1 : 기능적 요구사항을 정의(1998. 1 ~2000. 3)
 - 프레임 구조, OAM(Operation, Administration and Maintenance) 기능, EOC(Embedded Operations Channel) 메시지 및 테스트 방법 등
- Part 2는 SDSL 송수신기 요구사항을 정의 (1999. 5 ~ 2000. 6)
 - SDSL 송수신기의 Pre-Activation, Activation 절차, UC-PAM 인코더 및 Symmetric/Asymmetric PSD(Power Spectral Density) 마스크 등.

현재 SDSL Part 1과 Part 2를 하나의 규격으로 통합하고, 테스트 관련 항목 및 재생기 (Regenerator), Power Back-off, RFI(Radio Frequency Interference) 유입 등에 관한 문제 해결을 위한 표준화작업을 진행 중이다(2002. 4 목표).

1.2.3 VDSL

ETSI의 VDSL 표준은 ANSI와 같이 변조 기술로 SCM과 MCM을 모두 수용하고 있으며, 다음과 같이 3개의 Part로 구성된다.

- Part 1 : VDSL 기능적 요구사항(1998, 5 ~ 1999, 2)
 - VTU-x의 참조 모델을 정의하며, 동일 선로상에서 POTS 또는 ISDN-BRA를 적용
 - 전송용량은 상/하향 비대칭 및 대칭 전송 속도를 각각 Class I 및 Class II로 구분하고 표 2와 같이 속도를 정의
 - 주파수 대역은 300kHz~30MHz로 정의되며, FTTE_x 및 FTTC_{ab}에 적용되는 PSD 정의
- Part 2 : VDSL 송수신기 규격 정의(1998, 1~2001, 2)
 - SCM 및 MCM 변조기술 및 OAM, EOC 메시지, 초기화 절차 정의
 - 상/하향 다중화 방식으로 FDD 적용, 주파

수 할당은 4-Band 사용

- 대칭형 서비스 제공을 위한 Plan 997 버전을 채택, 비대칭형 서비스를 위해 Plan 998은 선택사항

• Part 3 : 상호운용성

또한 송수신기 규격개선과 Fx-Plan(Telia와 Alcatel이 제안) 적용검토를 위한 서비스 요구사항 및 어플리케이션 연구를 위해 TS-101 270-2와 TM-06024를 준비중에 있다.

1.3 DSL Forum

DSL 포럼(구 ADSL 포럼)은 ADSL 서비스 및 시장활성화를 위해 1994년 구성된 단체로 종단간 서비스 관점의 망 구조, 적용 프로토콜, 망 관리 및 테스트 관점의 표준화작업을 추진하고 있다. DSL Forum의 각 작업그룹별 표준화 분야는 표 3과 같다.

표 2. ETSI VDSL의 페이로드 전송속도

Class	하향속도(kbps)	상향속도(kbps)
Class I (A4)	362 x 64 = 23,168	64 x 64 = 4,096
Class I (A3)	226 x 64 = 14,464	48 x 64 = 3,072
Class I (A2)	134 x 64 = 8,576	32 x 64 = 2,048
Class I (A1)	100 x 64 = 6,400	32 x 64 = 2,048
Class II (S5)	442 x 64 = 28,288	442 x 64 = 28,288
Class II (S4)	362 x 64 = 23,168	362 x 64 = 23,168
Class II (S3)	226 x 64 = 14,464	226 x 64 = 14,464
Class II (S2)	134 x 64 = 8,576	134 x 64 = 8,576
Class II (S1)	100 x 64 = 6,400	100 x 64 = 6,400

표 3. DSL 작업그룹별 표준화 분야

작업그룹	표준화 분야
Architecture & Transport	포럼 내의 모든 시스템 구조 및 전달관점의 기술적 사항을 조정
Architecture Sub Working Group	현재 ATM 전달관점의 종단간 구조에 대한 권고안 제정, 프로토콜 관련 표준을 완료하였으며, SVC(Switched Virtual Circuit) 제공 및 Multimedia 서비스 제공을 위한 VoDSL 관련 작업을 진행중
Transport Sub Working Group	ATM 전달계층을 DSL 접속장치에 적용시키기 위한 방안을 권고, 음성전달 및 FUNI(Frame User Network Interface) 프레임에 AAL2(ATM Adaptation Layer 2)를 전달하기 위한 이슈사항 작업

작업그룹	표준화 분야
Emerging DSLs Study Group	표준 기반 xDSL 시스템의 구조 관련 작업진행 VDSL 및 FSAN(Full Service Access Network)의 VDSL 관련 작업지원중
Operations & Network Management	ADSL 망 운용관리 권고안 및 ADSL 기반 접속망의 처리절차에 관한 작업 진행 중단간 DSL 서비스 제공, VDSL 계층관리, EMS/NMS 인터페이스 정의 및 장애/성능관리 관련 사항 작업
Testing & Interoperability	이종 시스템간 상호호환성, ADSL ICS(Implementation Conformance Statements), 테스트 절차 및 구성에 관한 권고안 작업 G.lite/G.DMT, G.shdsl 테스트 방안, VoDSL 테스트, 품질인증 관련 작업추진
VoDSL	DSL 환경에서 음성 서비스 제공을 위한 요구사항, 구조 및 권고안 작업진행 DSL을 통한 음성 패킷 전달기술 연구 및 DSL상의 채널화된 음성 서비스 관련 이슈 및 적용성 연구

1.4 Fs-VDSL

FS-VDSL(Full Service-VDSL)는 2000년 6월 말 FSAN 회의에서 VDSL 표준화를 가속시키고, VDSL 조기 상용화 및 광가입자망 기반의 Full Service Access Network 구축을 위한 위원회로 Telco 및 장비업체의 회원사로 구성되었다.

이 단체의 VDSL 표준제정에 대한 관점은 다음과 같으며 상/하향 비대칭 영상전송을 주목적으로 하는 스펙트럼 할당, PSD 및 PBO

(Power Back Off)를 지지한다.

- 전송속도 : 하향 22Mbps/상향 3Mbps, 하향 14Mbps/상향 3Mbps
- 변조방식 : SCM(CAP/QAM) 및 MCM
- 스펙트럼 할당 : Plan 998, 138kHz~12 MHz

FS-VDSL은 4개의 Technical Working Group으로 구성되며 각 그룹별 주요 기술분야는 표 4와 같다.

1.5 ITU

표 4. FS-VDSL 기술 작업그룹별 표준화 분야

작업그룹	표준화 분야
System Architecture	VDSL에 대해 서비스 타입, 망 구성(FTTB, FTTCab, FTTCurb 등), 서비스 요구조건, 각 사업자별 시스템 및 서비스 차이, 시스템 기능, 접속규격, IP vs. ATM, CO 배치 등의 기술연구
VDSL Specification	VDSL 송수신기 규격에 대해 PBO(Power Back Off), PSD(Power Spectral Density), 선로부호, 핸드셰이킹, 시험절차, 전력, 스플리터, 상호운용성 및 스펙트럼 호환성 등의 기술에 대해 최적의 방안을 도출하고, ITU-T에 Asymmetric 구조/구현에 따른 사항반영
CPE	FTTCab 구조, ONU 비용 등을 포함한 가입자 단말구축 비용, STB(Set-Top-Box) 및 Gateway 기반의 가입자 단말기능, Home Network 구조, 가입자 망과의 연동에 대한 기술연구
OAM	FSAN 내의 다른 그룹과 연계하여 운용관리 및 상호운용성 기술연구

ITU-T 연구 그룹 (Study Group) 15는 “Transport Network, systems and equipment”라는 주제에 대해 4개의 작업그룹/21개의 Questions로 구성된다.

xDSL에 대한 송수신기 표준화작업은 WP1의 Q4에서 진행되고 있다. Q4의 주요 표준화 분야는 가입자 접속시스템의 송수신기 기술이며, HDSL, SHDSL, ADSL, VDSL 송수신기 및 이들의 차세대 버전에 대한 기술 및 요구사항을 정의하고 있다. 표 5는 ITU-T Q4/SG15에서 다루고 있는 표준화기술을 보여준다.

1.5.1 ADSL

표 5에서 ADSL 계열이라 불리는 G.992.1, G.992.2, G.994.1, G.995.1, G.996.1 및 G.997.1은 1998년 10월부터 표준화작업이 진행되어 1999년 6월 승인되었다.

G.992.1은 G.992.1은 ANSI의 T1.413-1998 규격을 기반으로 Full-Rate ADSL에 대한 송수신기 기능 및 성능 요구사항을 정의하고 있다. 본문은 ADSL 송수신기의 공통기능에 대해 정의하고 있으며, 부록 A, B, C는 각각 북미, 유럽, 일본의 서비스 환경을 고려하여 POTS, ISDN, TCM-ISDN 서비스와 ADSL이 동시에 제공되는 Application에 대해 규정하고 있으며, 부록 E는 POTS, ISDN 및 일본 환경의 스플리터를 규정하고 있다. 또한 부록 F에서는 북미 및 유럽

표 5. ITU-T Q4/SG15의 표준화 분야

Rec. No.	Title or Proposed Title	Determine date	Decide Date
G.995.1 (G.ref)	Overview of Digital Subscriber Line(DSL) Recommendations	10/1998	06/1999
G.ref.bis	"	04/2000	02/2001
G.991.1 (G.hdsl)	Hig bit Rate Digital Subscriber Line(HDSL) Transceivers	02/1998	10/1998
G.991.2 (G.shdsl)	Single Pair High bit rate Digital Subscriber Line(SHDSL) Transceivers	04/2000	02/2001
G.shdsl.bis	"	-	-
G.992.1 (G.dmt)	Asymmetrical Digital Subscriber Line(ADSL) Transceivers	10/1998	06/1999
G.dmt.bis	"	Target 2001	-
G.992.2 (G.lite)	Splitterless Asymmetrical Digital Subscriber Line(ADSL) Transceivers	10/1998	06/1999
G.lite.bis	"	Target 2001	-
G.vdsl (G.993)	Very high bit rate Digital Subscriber Line(VDSL) Transceivers	Target 2000	-
G.994.1 (G.hs)	Handshake procedures for Digital Subscriber Line(DSL) Transceivers	10/1998	06/1999
G.hs.bis	"	04/2000	2/2001
G.996.1 (G.test)	Test procedures for Digital Subscriber Line(DSL) Transceivers	10/1998	06/1999
G.test.bis	"	04/2000	02/2001
G.997.1 (G.ploam)	Physical layer management for Digital Subscriber Line(DSL) Transceivers	10/1998	06/1999
G.ploam.bis	"	-	-

환경의 테스트 선로에서 각각에 대한 성능 요구사항을 정의한다. 2000년 10월에는 동일 바인더 내에서 G.961의 부록 III에 정의된 ISDN과 함께 운용되는 대칭형 Synchronized DSL에 대한 권고안이 부록 H로 승인되었다.

G.992.2는 UAWG(Universal ADSL Working Group)에서 기고한 UADSL 규격을 기반으로 사용자 대내에 스플리터를 사용하지 않는 환경의 Splitterless ADSL 권고안이다. G.992.1 규격과의 차이점은 하향 스트림의 사용 톤(Tone) 수를 1/2로 줄이면서 전송속도 1,544 kbps를 목표로 하고 있으며, 가입자 선로상태 변화에 따라 프로파일을 관리하여 2초 이내에 재 초기화를 수행하는 Fast Retrain 기능이 추가되었다. 또한 사용자의 데이터흐름이 없을 때 ADSL 링크상태를 유지하면서 전력소모를 줄이는 Power Management 기술을 추가하였다.

G.995.1(G.ref)에서는 ITU-T Q4/SG15에서 작업중인 DSL 기술의 개요, 참조 모델 및 규격간의 관계에 대해 기술하고 있다. G.994.1은 DSL 송수신기의 Pre-Activation 과정에 전달되는 신호, 메시지 및 절차에 대해 기술하고 있다. G.996.1은 DSL 송수신기의 테스트를 위한 테스트 선로, 간섭(Crosstalk) 및 충격(Impulse) 잡음에 대해 기술하고 있다. G.997.1은 DSL 송수신기의 운용에 관련하여 성능 파라미터, 장애 파라미터 및 망관리 관점의 물리계층 관리기능을 정의하고 있다.

1.5.2 SHDSL

G.991.2(G.SHDSL)은 2000년 4월에 표준화작업이 시작되어 2001. 2월 승인되었다. SHDSL 권고안은 ANSI 및 ETSI에서 작성하여 제시한 요구사항들을 조합하여 국제표준으로 공통 적용되는 부분은 본문에 기술하고 지역에 특정한 사항 및 본문에 부수적인 사항들은 부록에 실는 형태로 작성하였다. 일반 요구사항으로 단일 동선로 쌍을 이용하여 양방향 대칭형 192kbps

~2312kbps 범위내에서 8kbps 간격의 가변적인 데이터속도를 TC-PAM 변조방식을 이용하여 제공하는 것을 기본으로 한다. 그리고 서비스도달거리의 확장을 위한 증계기(regenerator)의 사용 및 2쌍의 동선로 쌍의 사용을 선택적으로 적용할 수 있게 기술하고 있다. Annex A와 B에서는 북미 및 유럽의 SHDSL 성능 요구사항 및 전기적 특성을 기술하고 있으며, 192, 256, 384, 768, 1544, 2048, 2304kbps의 대칭형 PSD와 선택사항으로 1544kbps, 768kbps의 비대칭형 PSD를 정의하고 있다.

1.5.3 xDSL bis 계열

xDSL bis 계열은 G.dmt.bis 및 G.lite.bis의 G.dmt 및 G.lite에 대해 성능향상, 잡음환경 및 Q-Mode에 대한 작업이 진행중이며, 향후 G.992.3 및 G.992.4로 번호가 부여될 예정이다. G.ref.bis, G.hs.bis, G.test.bis는 2000년 4월에 표준화작업이 시작되어 2001. 2월 승인되었다. 이 권고안들은 기존 G.992.1 및 G.992.2에 공통되는 사항에 추가로 G.991.2에 관련된 사항이 기술되었다.

1.5.4 VDSL

ANSI 및 ETSI의 VDSL 표준화작업이 진행됨에 따라 ITU-T Q4/SG15는 1999년 4월 회의에서 VDSL 표준개발이 제안되었다. 이 제안에서는 상호운용 및 호환성, 스펙트럼 호환성 및 장치운용상의 용이성 등을 확보하기 위해 상하향 분리방법, 변조방식, 코딩기술 등 각 기술항목에 대해 단일화된 방식을 채택하도록 권고하고 있다. 이와 같이 단일화된 방식채택을 위해 1999년 말까지 이론적 분석, 실험실 및 현장 테스트를 완료하고 이를 통해 표준제정 작업과정에 빠른 의사결정을 얻을 수 있도록 VDSL 전송방식을 평가하는 범주를 만들도록 제안하였다[5].

□ VDSL 표준화 이슈

ITU-T에서 VDSL 표준제정에 대해 단일 기술적용을 원칙으로 하게 됨에 따라 선로부호 및 주파수 할당계획 등 주요 선택사항과 이에 수반되는 다양한 기술채택에 대해 다음과 같은 이슈사항이 발생하게 되었다.

- 상/하향 신호분리 방식
 - FDD(Frequency Division Duplexing) vs. TDD(Time Division Duplexing)
- 변조방식
 - SCM(CAP/QAM) vs. MCM(DMT)
 - SDMT(Synchronized DMT) vs. Zipper-DMT
 - 단일변조 방식채택 vs. 복수변조 방식 채택
- 전송속도
 - Symmetric vs. Asymmetric
- 스펙트럼 할당
 - 스펙트럼 밴드 수 : 4개 밴드 vs. 7개 밴드
 - Plan-997, Plan-998, Fx-Plan etc.(D.715, D.750, D.780)
 - Universal Band Allocation
 - 주파수 범위
- Power-Back-Off
 - 적용기술
 - 상향만 적용 vs. 상/하향 적용
- 채널 다중화 방식
 - 단일 지연 모드 vs. 이중 지연 모드
 - 이중 지연 모드의 경우 어떤 모드가 필수 사항이 될 것인가 ?
- 전달 모드
 - ATM, STM, Packet

□ ITU-T 표준진행 현황

- 상/하향 신호분리 방식

FDD와 TDD 방식이 있으며 두 방식간 명확한 장점은 나타나지 않는다[6]. 그러나 운용관점에서 볼 때 스펙트럼 호환성이 우수한 FDD 방식을 채택하고, SSSDSL(Synchronized

Symmetrical DSL : G.992.1 Annex H) 환경과 같은 지역적 특성을 고려하여 1.104 MHz 이하의 대역에서 TDD 적용은 선택사항으로 채택되었다.

• 전송속도

ETSI 등의 요구에 따라 대칭형 및 비대칭 전송속도를 제공하는 방안으로 결정되었으나[7], 운용자에 의한 전송속도 변경 및 페이로드 전송속도에 대한 기준은 결정되지 않았다.

• 전달 모드

ATM, STM 및 패킷(PoV-Packet over VDSL) 전달방식이 채택되었다. 그러나 PoV을 제공하기 위한 TC 계층의 최대 프레임 크기, 오류 발생 패킷에 대한 처리방안 및 Encapsulation 방식에 대한 사항은 결정되지 않았다.

• PBO

상향스트림에 대한 PBO 적용하는 방안에 대해서는 결정이 되었다. 그러나 하향스트림에 대한 PBO 적용, 파워 관리(Power Management) 및 전력감축(Power Cutback) 방안에 대한 사항은 결정되지 않았다.

• 선로부호

초기 ADSL 표준제정시 SCM 방식과 DMT 방식간 논쟁이 발생한 상황과 동일하게 VDSL 전송을 위한 변조방식에 대해서도 두 방식간의 논쟁이 진행중이다. 특히 ITU에서 단일변조 방식채택을 결정함에 따라 SCM 방식을 주장하는 Coalition Group과 MCM 방식을 주장하는 Alliance Group 간에 각 방식의 장단점을 주장하며 표준으로 채택하기 위한 기고가 계속되고 있다.

• 스펙트럼 할당

스펙트럼 할당방법 및 주파수 사용범위에 대해 다양한 방법들이 제안되고 있다. 다음 그림은 G.vdsl에서 논의되고 있는 스펙트럼 할당 Plan을 보여준다[8].

G.vdsl에서는 Annex에 Plan 997 및 Plan 998을 정의하며, 그림 6의 Fx-Plan에 대해서는



그림 4. Plan 997



그림 5. Plan 998



그림 6. Fx-Plan

Sweden 적용을 위해 Annex로 처리하도록 결정하였다. 2000년 2월 회의에서는 4 band plan을 지원하는 138kHz~12MHz 대역사용에 대해 결정되었으나, 138kHz 이하 및 12Mbps 이상의 주파수대역 사용방안, 지역별 주파수할당 허용방안 등에 대한 사항은 결정되지 않았다.

• 채널 다중화

VDSL 데이터 채널은 인터리빙 적용방법에 따라 fast 채널과 slow 채널로 구분되며, 채널 적용방법에 따라 이중지연(Dual latency) 또는 단일지연(Single latency)으로 구분된다. G.vdsl에서는 단일지연 적용을 필수항목으로, 이중지연은 선택항목으로 정의된다. 또한 Fast 채널과 Slow 채널의 구현관점에서 Slow 채널이 필수항목으로 정의된다.

위에서 살펴본 바와 같이 ITU에서는 현재까지 몇 가지 주요 항목이 결정되지 않은 상태이며, 시스템 참조 모델, 누화영향, PSD 마스크, VDSL을 위한 G.hs 적용, 테스트 방안 등 많은 현안사항들이 Open Issue로 남아 있다[9].

2. 국내 표준화동향

2.1 TTA

TTA의 xDSL에 관한 국내표준은 1999년 4월 xDSL 연구위원회가 결성되어 관련 기술정보교환 및 표준화가 논의되던 중에 1999년 7월에는 전송기술위원회 산하 전송시스템연구반으로 확대개편되어 xDSL, 광전송기술을 포함한 전반적인 액세스망 적용기술의 표준화업무를 담당하게 되었다.

전송시스템연구반의 xDSL에 관련하여 ITU-T 권고안(G.992.1, G.992.2, G.994.1, G.996.1, G.997.1)을 바탕으로 국내 적용성을 검토한 후, 표준초안을 마련하였으며, 2001년에는 정보통신부의 표준화 추진의지에 부합하여 VDSL, SHDSL 등의 표준화작업을 위해 산학연 공동연구를 계획하고 있다.

2.2 한국 xDSL Forum

한국 xDSL 포럼은 국내의 xDSL 관련 기술 및 제품개발의 촉진, 서비스 보급 및 사용촉진과 관련 기업, 연구단체에 대한 기술지원을 목적으로 2000년 7월에 결성되었으며 산학연의 약

200여 단체에서 참여하고 있다.

한국 xDSL 포럼의 주된 활동사항으로는 xDSL 관련 기술개발을 촉진하기 위한 학술대회, 세미나, 워크숍 개최, xDSL 제품전시회, 시스템 인증 및 성능분석, 표준화활동, 국내외 관련 기술의 보급, 기타 기업체 자문역할을 수행하고 있다.

V. 결론

2001년 2월을 기준으로 ITU-T Q4/SG15의 ADSL 계열 Bis 권고안과 SHDSL에 대한 권고안이 승인되었으며, ETSI 및 ANSI의 SDSL 계열 및 VDSL 계열의 표준 또는 시험적용 버전의 권고안이 완료되었다. 그러나 ITU-T Q4/SG15에서는 VDSL 기술표준에 대해 현재까지 중요한 이슈사항들이 결정되지 못하고 있으며, 이러한 작업이 언제까지 지속될지는 아직 의문이다.

국내의 경우 TTA(한국정보통신기술협회)에서는 이미 제안된 HDSL, Full-Rate ADSL, UADSL에 대한 단체표준이 2000년 말에 승인되었으며, ITU-T의 표준화진행에 따라 ADSL 계열 Bis 및 SHDSL 기술표준이 제안·승인될 것으로 예상된다. 또한 VDSL 기술의 경우 산학연 공동연구를 통해 국제표준화 진행사항을 고려하면서 국내환경에 적합한 국내표준이 조속히 진행될 것으로 예상된다.

또한 다양한 xDSL 서비스를 제공할 수 있는 Multi-Service DSLAM의 등장으로 운용상의 효율성을 최대화할 수 있도록 적합한 VoDSL 및 VOD 서비스구조 정의 및 관리방안에 대한 표준 작업이 추진되어야 하며, 이러한 장치간 상호운용성을 보장할 수 있도록 Interoperability 기술에 대한 표준 작업이 추진되어야 할 것이다. xDSL 포럼에서는 TTA와 연계하여 xDSL

시스템의 상호호환성을 해결하기 위한 Interoperability 기준 작업이 계속적으로 진행되며, 시스템 인증·검증을 위한 Qualification 방안이 제시될 것으로 예상된다.

VI. 참조

- [1] Thomas Starr, John M. Cioffi, Peter J. Silverman “Understanding Digital Subscriber Line Technology”, Prentice Hall
- [2] Walter Y. Chen, “DSL Simulation Techniques and Standards Development for Digital Subscriber Line Systems”, Macmillan Technical Publishing
- [3] 한국인터넷정보센터 “2001년 1월 인터넷 통계 월보”
- [4] John M. Cioffi “Very high-speed Digital Subscriber Line
- [5] “G.vdsl working method”, contribution MA-031, ITU-T SG15/4, Melbourne 29 March-2 April 1999
- [6] “Recommendation for VDSL duplexing method”, contribution MA-029, ITU-T SG15/4, Melbourne 29 March-2 April 1999
- [7] “G.vdsl Issues list - comments from ETSI TC TM WG TM6”, contribution MA-025, ITU-T SG15/4, Melbourne 29 March-2 April 1999
- [8] “Frequency Planning Proposal”, contribution D.786(WP1/15), ITU-T SG15/4, Geneva 3-14 April 2000
- [9] “Updated “Issues List” for G.vdsl”, contribution Geneva-U11, ITU-T SG15/4, Geneva 05-09 February 2001 