

VDSL 기술 및 표준화 동향

권근범, 정부영

한국통신 연구개발본부 기술평가센터 기술표준팀

1. 서론

1980년 후반에 이르기까지 세계 각국의 통신망 사업자들의 주관심사가 전화국과 전화국 사이, 즉 국간망의 광대역화였다면, 90년대부터는 전화국과 가입자사이를 연결하는 가입자망의 광대역화가 초유의 관심사로 대두되었다. 90년대 초반에 비디오서비스 제공을 목표로 FTTH(Fiber To The Home)를 이용한 FSN(Full Service Network)망 구축은 기술성, 경제성, 유지보수등의 어려움으로 인하여 난항을 겪게 됨에 따라, 90년대 후반들어 각국의 통신망사업자들은 통신망 환경, 응용서비스에 따라 xDSL(x Digital Subscriber Line), HFC(Hybrid Fiber/Coax), LMCS(Local Multipoint Communication Service)등 다양한 해법을 찾게 되었다.

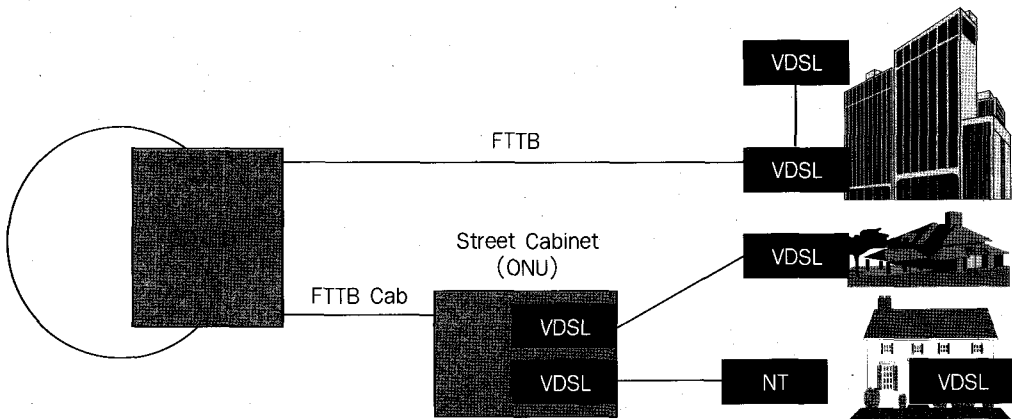
이와 같은 추세를 반영하여 1997년 9월 정보통신부에서는 FTTH를 중심으로 추진되어 왔던 “초고속정보통신기반 종합추진계획”을 기존 동선을 최대한 활용하여 조기에 가입자 구간의 대역폭을 확장하는 방향으로 수정하였다.

기존 동선을 사용하는 xDSL기술은 현재 전 세계에 8억 가구에 설치되어 있는 전화선을 이용하고, 새로운 설비투자 비용이 필요치 않다는 측면에서 유선망을 보유하고 있는 통신망사업자에게는 매력적인 해법이라 할 수 있다. 특히, 최근에 WWW보급에 따른 인터넷의 급속한 성장과 더불어 멀티미디어서비스에 대한 수요증대는 xDSL기술중 VDSL(Very high-speed Digital Subscriber Line)기술을 이용한 가입자액세스망 구축 필요성을 배가시키고 있다. 그러나 VDSL기술을 이용한 가입자액세스망 구축은 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)에 비하여 표준화 진전 상태나 상용화 측면에서 완전한 해법이 제시된 상태는 아니며 여러 고려해야 할 변수가 내재하고 있다. 본 고에서는 VDSL에 대한 요소기술과 표준화 동향을 살펴보고 아울러 VDSL망 구성시 고려해야 할 사항에 대하여 기술하였다.

2. VDSL 망 구성

VDSL망이란 “FTTC(Fiber To The Curb), FTTB(Fiber To The Basement)의 구성요소인 ONU(Optical Network Unit)와 가입자사이의 전화선(구리동선)을 사용하여 하향으로는 최대 52Mbps, 상향으로는 1.6Mbps이상을 지원하는 VDSL모뎀을 사용하여 구성된 가입자망”이라 할 수 있다. 즉 POTS(Plain Old Telephone Service)제공시 이용되지 않는 음

성대역외의 고주파대역을 이용하여 대용량의 데이터를 전송할 수 있는 VDSL기술을 이용한 망이며, Interactive TV등 멀티미디어 서비스에 적합한 특징을 보인다. 기본적인 구성은 (그림 1)과 같이 가입자 댁내의 VDSL모뎀과 ONU에 설치된 VDSL 모뎀, 그리고 가입자회선 양단에 설치된 splitter로 구성된다.

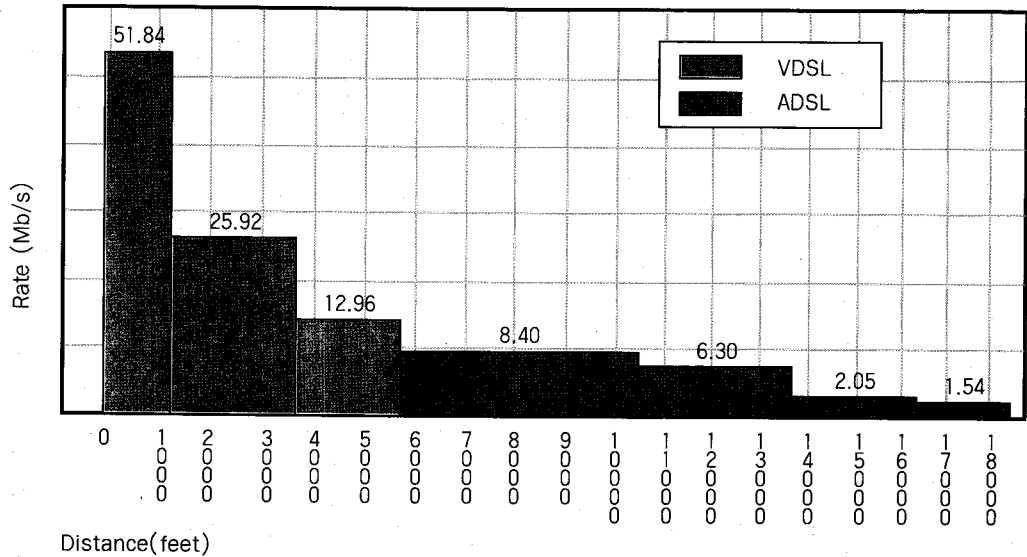


(그림 1) VDSL 망 구성도

VDSL은 향후 가입자계의 feeder 구간이 광섬유를 근간으로 하는 DLC(Digital Loop Carrier)시스템으로 대체되는 이점을 극대화하기 위한 기술이며, 광섬유를 가입자 댁내까지 포설하는 데서 발생하는 경제적 부담을 극복하기 위한 기술이다. ADSL과 VDSL은 기술적인 면에서 유사점이 많으나 ADSL기술은 상대적으로 긴 가입자 회선에 광대역서비스를 제공하고, VDSL은 상대적으로 단거리 구간에 고속데이터를 전송하기 위한 기술이라는 것에 차이점이 있다. 또한 ADSL은 VDSL에 비하여 Dynamic Range의 변화폭이 크고, 긴 전송거리로 인하여 모뎀을 제조하는 데 있어

복잡하고 비용이 상승하는 경향이 있다. 이러한 VDSL과 ADSL의 상호보완적인 관계는 궁극적으로 Interactive TV를 포함한 멀티미디어 서비스 제공이 가능한 Full-service망으로의 효율적인 진화에 기여할 것이다. VDSL과 ADSL사이의 거리 및 속도를 나타내면 (그림 2)와 같다.

(그림 2)에서와 같이 VDSL에서 제공하는 하향 데이터속도는 SONET(Synchronous Optical Network)의 OC-3(155.52Mbps)의 1/12, 6/1, 1/3의 범주로 구분되며, 데이터 전송거리에 따라 다르다. <표1>은 VDSL의 하향 전송속도를 나타낸다. VDSL의 상향전송속도



(그림 2) VDSL/ADSL의 속도 및 거리

는 1.6Mbps에서 2.3Mbps, 19.2Mbps, 하향속도와 같은 상향속도(대칭모드를 지칭함)등 3개의 범주로 구분하여 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 상향속도와 하향속도가 동일한 구성은 가입자 구간이 상대적으로 짧은 가입자 구간에서 실현 될 수 있으며, 초기 VDSL모뎀은 ADSL과 같이 비대칭속도를 지원할 것이다.

<표 1> VDSL의 하향전송속도와 가입자 회선거리

가입자 회선 거리	하향전송 속도
1500meter	12.96-13.8Mbps
1000meter	25.92-27.6Mbps
300meter	-55.2Mbps

3. VDSL요소기술

VDSL은 구성기술에 있어서 ADSL과 유사하며 이러한 점은 ADSL기술 적용시 습득된 지식을 VDSL구현시 이용할 수 있는 장점이

로 작용한다. 그러나 VDSL은 ADSL에 비하여 높은 전송속도를 제공해야 하고 ADSL에서 고려되지 않았던 상향데이터 다중화 방법을 고려해야 하며, ADSL과 같이 선로부호에 있어서도 많은 논점이 존재한다. 본 절에서는 VDSL요소기술중 선로부호를 포함한 몇 가지 논점을 정리하였다.

3.1 선로부호

여타의 xDSL기술과 같이 VDSL에 있어서도 선로부호가 많은 논란의 대상이 되고 있으며, VDSL에 대하여는 4가지 선로부호가 거론되고 있다.

- Carrier Amplitude/Phase modulation (CAP)
- CAP방식은 단일주파수 캐리어를 이용한 변조방식으로서 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)과 같이 두 개의

상호직교성을 갖는 캐리어신호를 이용하여 정보전송효율을 증대시킨 방식이다. CAP은 QAM변조방식에 있어서 아나로그영역에서 sine/cosine mixer를 이용하여 두 개의 상호직교성을 갖는 캐리어를 생성하는 것과는 달리, Hilbert pair관계에 있는 bandpass filter를 이용하여 디지털 영역에서 신호처리를 함으로써 하드웨어적으로 구현하기에 용이하다는 장점이 있다. CAP을 VDSL에 적용할때 ADSL과의 차이점은 수동망중단장치를 사용할 경우 상향데이터전송시 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)를 사용하고 다중화 방식으로는 TDMA를 사용한다는 것이다. 그러나 상향데이터 다중화시 FDM사용이 불가능하다는 의미는 아니며, TDMA가 상대적으로 구현하기 쉽다는 의미이다.

• Discrete MultiTone(DMT)

- 멀티캐리어변조방식으로서 유효채널을 다수의 서브채널로 나누어서 각각의 서브채널로 정보가 변조된다. DMT에서는 각 멀티캐리어의 상호직교성을 보장하기 위하여 변조시 IFFT(Inverse FFT)를 이용하고 복조시 FFT를 수행한다. DMT는 각각의 서브채널을 통하여 상호독립적으로 변조 및 전송하므로써 서브채널별로 변조신호를 변경이 가능하여 가입자 회선구간에서 발생하는 임펄스성 잡음이나 급격한 채널특성 변경에 대하여 적응능력이 우수하다. 그러나 서브주파수 대역별 독립적인 변조로 인하여 계산량이 많아지므로 하드웨어로 구현함에 있어서 복잡도가 증가한다.

DMT방식도 ADSL에서 사용된 신호변조 방식이며, VDSL에 적용시 수동망중단장치를 사용할 경우 상향데이터 전송에는 FDM을 사용한다. 그러나 DMT에서도 TDMA를 전적으로 배제하는 의미는 아니다.

• Discrete Wavelet MulTitone(DWMT)

- DWMT는 멀티캐리어 변조방식의 또 다른 한 형태이며, 복수의 캐리어 주파수를 생성하고 변조하기 위하여 DFT(Discrete Fourier Transform)대신 wavelet transform을 이용한다. DWMT도 DMT와 같이 상향데이터 다중화시 FDM방식을 사용한다.

• Simple Line Code(SLC)

- SLC는 4레벨 기저대역 변조방식으로서 기저대역신호를 필터링하고 수신기에서 원래의 신호로 복원하는 방식을 취한다. 수동망중단장치를 사용할 경우 CAP변조방식과 같이 상향데이터 다중화시 TDMA방식을 취하나 FDM사용을 전적으로 배제하는 의미는 아니다.

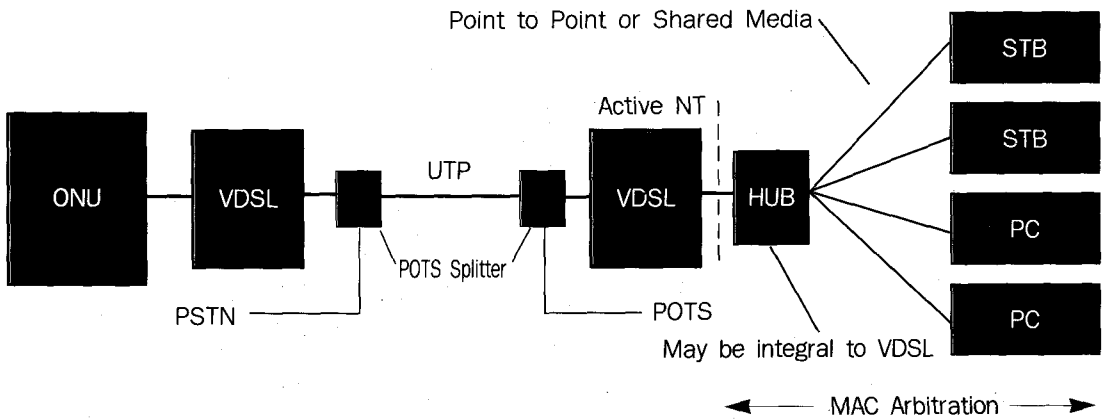
현재 앞에서 언급한 4가지 선로부호방식중 DWMT와 SLC는 VDSL선로부호로서 배제된 상태이며 Orkit Communications사나 GTE사는 QAM선로부호, Amati사나 유럽 표준화기구 ETSI는 DMT선로부호를 선호하고 있다. 또한 ADSL선로부호로 CAP을 채택한 제조업체들은 VDSL에서도 CAP방식의 우수성을 부각시키고 있어 선로부호 표준화는 상당한 시일이 소요될 것으로 예상된다.



3.2 상향다중화 방식

- 능동모드 종단방식 (Active Network Termination)
 - 능동모드 종단방식에서는 VDSL장치가 능동종단장치(Active NT)를 포함한 형태로 구성되며 하나 이상의 가입자 단말에서 생성되는 셀이나 데이터 채널의

다중화는 전적으로 가입자 측내에 구성되는 망 기능의 일부로 간주된다. 따라서 VDSL모뎀은 단순히 양방향으로 데이터를 전달하는 기능을 수행하며, 가입자 측내망의 형태는 각각의 가입자 단말이 스위치 혹은 다중화 기능을 가진 HUB에 성형(star)으로 연결되는 형태를 취한다.



(그림 3) 능동모드 종단방식

- 수동모드 종단방식 (Passive Network Termination)
 - 수동모드 종단방식은 각각의 가입자 단말이 하나의 VDSL모뎀에 연결하는 방식이다. 이 방식에서는 개개의 단말장치가 하나의 회선을 공유하기 때문에 단말장치에서 상향으로 전송되는 신호간에 충돌을 방지하는 기법이 제공되어야 하며 이러한 기법에는 두가지가 있다. 첫번째 방법으로서 ONU 혹은 network 측에서 특정 가입자 장치에게 상향전송 허용을 표시하는 특정비트를 하향신호에 실어 보내는 방식이다. 이 방식은

LAN에서 채택되고 있는 Token 방식과 일면 상통하며, 특정가입자는 특정비트를 보유한 프레임을 수신한 후 미리 정한 일정 기간 동안 데이터를 상향으로 전송하게 된다.

두번째 방법은 상향전송대역을 주파수 대역으로 분리하고 개개의 장치에게 대역을 할당하는 방식이다. 이 방식은 복잡한 액세스 제어 프로토콜이 필요하지 않다는 점에서 장점이 있으나, 개개의 장치에 할당되는 대역이 제한되어 상향 데이터 전송속도를 저하시키는 단점이 있다.

3.3 FEC(Forward Error Correction) 비트 할당

VDSL에서도 ADSL과 같이 압축된 비디오 신호를 전송할 경우 전송시 발생하는 임펄스 노이즈의 영향을 최소화 하고 발생한 에러를 수정하기 위하여 FEC를 사용한다. 이 경우 FEC비트를 가입자의 정보 용량에 포함시키는 방법과 가입자 정보용량과 관계없이 새로운 비트슬롯을 할당하는 방법이 있다. 전자의 경우에는 가입자의 전송용량이 저하되는 단점이 있으나 전송거리를 유지할 수 있는 반면, 후자의 경우에는 전자에 비하여 데이터 전송 용량은 상대적으로 크나 신호도달거리가 짧아지는 단점이 있다.

4. 표준화 동향

VDSL에 관한 표준화는 ADSL에 비하여 태동기에 있으며, 어느 단체도 표준이라는 형식으로 문서화하지는 못하고 있는 상태이다. 그러나 현재 5개의 표준화 단체가 긴밀한 협조하에 표준화 작업을 수행하고 있으며, 98년 하반기까지는 어떤 형태로든 표준이 제안되리라 예상된다.

- T1E1.4

미국 ANSI산하의 T1E1.4위원회에서 VDSL에 관한 프로젝트를 진행하고 있으며, VDSL에 대한 시스템 요구조건, 프로토콜 분야에 초점을 맞추고 있다.

- ETSI

유럽에서는 ETSI가 주관하여 High Speed Access System(HSAS) 프로젝트명 아래 VDSL에 관한 표준화 연구를 진행하고

있으며, 기본적인 VDSL시스템 요구조건으로 수동모드 망 종단구조(active NID)와 SDH계위속도와와의 호환성 확보를 기본 방침으로 하고 있다.

- Digital Audio-Visual Council(DAVIC)

DAVIC은 VDSL의 비디오 전달능력에 초점을 맞추어 표준화 작업을 하고 있으며, 상향다중화방식에 있어서 TDMA를 기초로 한 MAC(Media Access Control) 구현을 목표로 하고 있다. 초기 표준화에 있어서는 최대 300m의 가입자구간에서 하나의 51.84Mbps 하향채널, 하나의 1.6Mbps 상향채널을 규정하고 있는 상태이다.

- ATM Forum

VDSL과 직접적인 관련성은 없으나, 사실 ATM망의 가입자 인터페이스 속도로 51.84Mbps를 규정하고 있으며, ATM 셀을 가입자 구간에 전달하는 전송수단으로서 VDSL의 역할을 규정하고 있다.

- ADSL Forum

ADSL Forum의 설립취지에 부응하여 VDSL의 물리계층보다는 VDSL의 망구조, 프로토콜, VDSL의 응용구조에 초점을 맞추고 있다. 따라서, 선로부호등 물리계층에 관한 표준화는 T1E1.4, 여타 상위 레벨계층의 프로토콜은 ATM Forum이나 DAVIC에게 일임하고 있다.

5. VDSL 모뎀 개발현황

현재 VDSL모뎀 개발은 초기단계에 있어 Amati, Lucent Microelectronics, Broadband Technologies사, Orckit Communication사등 소수의 업체만이 VDSL 칩과 모뎀을 제작하고

있으며, 실제 VDSL모뎀을 필드시험에 적용시킨 사례도 보고되지 않고 있다. 이러한 현상은 기술성숙도나 모뎀 제조능력의 결여보다는 표준화 진척도, ADSL서비스와의 관계 및

FTTC구축일정과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다. <표2>는 Orckit사가 자사의 VDSL모뎀제조시 기초로 한 제조사양을 정리한 것이다.

<표 2> Orckit사의 VDSL모뎀 규격

DATA Rate	Downstream : 12.96Mbps, 25.92Mbps, 51.84Mbps(비대칭인 경우) Upstream : 2,048Mbps(비대칭인 경우), 12.96Mbps(대칭인 경우)
Transmission Parameter	Line Code : 4, 16, 64, 256-QAM Frequency Occupancy : 0.1 Mhz 에서 15MHz Downstream Power : 15 dBm(max) Upstream Transmit Power : 2dBm(max)
Reach(0.5mm wire)	12.96Mbps downstream : 1.5 Km 25.92Mbps downstream : 1.0 Km 51.84Mbps downstream : 300m
Transmission Delay(주1)	2,048 Mbps : 15msec 12.96 Mbps : 2.4msec 25.92Mbps : 1.2msec 51.84Mbps : 0.6msec

(주1) 전송지연의 값은 단방향전송시 측정된 값(One-Way Latency)이며, VDSL에서는 임펄스노이즈의 영향을 최소화 하기 위하여 데이터를 인터리빙함으로써 발생한다

6. 결론

본 고에서는 XDSL기술중 멀티미디어 서비스를 조기에 실현시키기 위한 가장 유력한 대안으로 부상한 VDSL에 대하여 망 구성, 표준화 동향, 모뎀개발현황에 대하여 기술하였다. 앞에서 언급했듯이 VDSL표준화는 초기 단계에 있으며, 완전한 표준화가 이루어지기까지는 많은 난제를 안고 있다. 해결해야 할 난제중의 하나는 VDSL이 목표로 하는 전송거리가 실제 망 환경에서 실현가능한가이다. 실제 VDSL기술이 적용되는 망환경은 여러 형태의 노이즈와 라디오파수에 의하여 발생하는 간섭현상, 특히 종단되지 않은 전화선에

의한 채널특성변화등 복잡한 효과를 나타내므로 망 모델링이 용이하지 않다는 것이다.

또한 VDSL이 목표로 하는 ATM 셀 전송 이외에 ATM 셀이 아닌 IP등의 패킷데이터를 처리 할 수 있는 상위계층프로토콜을 규정하는 것도 VDSL기술의 성공여부에 지대한 영향을 미칠 것이다. 그러나 VDSL은 기술적인 면에서 ADSL과 유사한 점이 많으며 ADSL망 구성시 습득된 지식을 VDSL 망 구축에 적용할 수 있는 이점도 가지고 있다. 아울러 VDSL에 대한 표준화가 초기단계에 있음을 감안하여 국제 표준화기구 혹은 관련 포럼등에 국내 통신사업자나 제조업체의 활발한 참여와 의견개진이 필요한 실정이다. 끝으로

VDSL의 성공적인 가입자 망 적용이 가능하기 위해서는 특히 FTTC망 구축 선상에서 표준화작업이 이루어져야 하며, 향후 ADSL과 VDSL이 공존할 때 서로의 Synergy효과를 얻을 수 있는 방안 연구도 활발히 진행되어야 할 것이다. **TTA**

