

---

 <主 題>
 

---

## xDSL 표준화 동향

김 기 호

(삼성종합기술원 디지털통신Lab)

---

 □ 차 례 □
 

---

I. Introduction

II. Core network 및 access network solutions

III. xDSL : 기술 및 표준화 동향

IV. Summary

### I. Introduction

미래학자 앨빈 토플러는 그의 대표적인 저서인 제3의 물결에서 세계는 산업사회에서 정보사회로 바뀌게 될 것이라 전망하고, 지식과 정보의 효율적인 유통이 경쟁력을 좌우하는 가장 중요한 요소로 등장할 것이라고 예견하였다. 이러한 정보사회로 발전하면서 나타나는 가장 큰 특징의 하나는 voice를 중심으로한 정보의 흐름이 video 및 data를 포함한 multimedia로 점차 다양해진다는 점이다. 1993년 미국의 Clinton 행정부는 "The information infrastructure: agenda for action"을 발표하여 산업사회의 주도권을 정보사회에서도 유지하기 위한 구체적 계획을 천명함으로써 세계적으로 information superhighway에 대한 관심을 불러일으켰다. 이러한 information superhighway의 핵심은 video를 포함하는 multimedia 서비스들이 언제 어디서나 누구에게나 어떤 형태로든 전달되기에 불편함이 없는 bandwidth와 protocol을 구비하고 있어야 한다는 점이다.

이러한 information superhighway의 backbone 즉 core network이 필요로 하는 bandwidth는 optical fiber를 사용한 network의 구성이 사실상 유일한 해결책이라 할 수 있다. 반면 소위 "the last mile"로 불리는

access network에서 필요한 bandwidth를 제공할 수 있는 해결책은 유선/무선의 다양한 매체들이 혼재해 있어 한마디로 결론을 내리기 어렵다. 최근들어 미국을 중심으로 last mile solution으로 xDSL에 대한 관심이 크게 고조되고 있는데, 우리나라의 "초고속정보통신기반 구축계획"도 올해들어 ADSL(Asymmetric DSL), VDSL(Very high speed DSL) 및 FTTC(Fiber to the curb)를 중심으로 수정을 하여 이러한 추세를 반영하고 있다.

미국을 중심으로 수년간 시도되었던 FSN(Full service network)을 구축하려던 노력이 경제성이라는 장애물에 걸려 물거품이 되고난 후, RBOC등 telco를 중심으로한 service provider들은 internet 등 실질적인 data service수요에 따른 bandwidth 부족현상을 ISDN 및 xDSL등을 통해 해결하려는 노력을 기울이고 있다. 일찌감치 xDSL에 크게 관심을 보였던 유럽과는 달리 FTTH(Fiber to the home)으로 모든 문제를 해결하려던 일본의 NTT조차도 xDSL에 대한 관심을 나타내기 시작하고 있다. 본고에서는 이러한 xDSL을 소개하고 관련기술 및 최근의 표준화동향을 정리하였다.

## II. Core network 및 access network solutions

현재의 추세로 살펴볼 때 core network의 구조로는 ATM(Asynchronous transfer mode)을 기반으로한 SDH/SONET(Synchronous digital hierarchy/Synchronous optical network)이 주축을 이룰것이라는 데 이의를 다는 사람은 거의 없다. ATM은 빠른 switching속도, 통일된 protocol환경의 제공등을 통해 network latency를 최소화하고, voice나 video같은 synchronous traffic뿐만 아니라 data나 graphic image등의 asynchronous traffic도 효과적으로 다룰 수 있을 것으로 기대되고 있으나, 기존 network과의 조화, cost등 해결해야 할 문제들이 아직은 많이 남아있다. Fiber optic communication을 중심으로한 core network은 당분간 EDFA(Erbium doped fiber amplifier) 및 WDM(Wavelength division multiplexing)등의 기술들을 중심으로 전송거리와 전송용량을 늘리는데 주력하게 될 것으로 보인다.

Public switched telephone network에서의 bandwidth 부족현상은 주로 "the last mile" 즉 가입자(customer)와 전화국(central office)사이의 copper twisted-pair로 구성된 access network에서 발생한다. Data등을 중심으로 늘어나고 있는 bandwidth수요에 대응하기위해 새로운 voiceband modem, ISDN에서부터 fiber, satellite에 이르기 까지 다양한 유선/무선의 해결책들이 시도되고 있다.

흔히 residential broadband network의 궁극적인 해법으로는 무한에 가까운 bandwidth를 가진 fiber를 각 가정에까지 매설하는 FTTH이 거론된다. 하지만 FTTH은 경제성이 매우 취약하고 기존의 copper를 fiber로 교체하는데 걸리는 기간을 고려하면 당장의 해결책으로 보기는 어렵다. FTTH의 대안으로 거론되는 것이 FTTN(Fiber to the neighborhood)개념이다. 이 개념은 FTTB(Fiber to the building), Fiber to the curb, Fiber to the cabinet등의 개념을 모두 수용하는 것으로서 fiber를 가입자 가까이까지 매설하고 final drop은 기존의 infrastructure들을 적절히 활용하여 광대역을 전송하는 비교적 경제적인 해결책이다. Final

drop으로 copper twist pair를 이용할 경우는 VDSL을 사용하여 최대 52Mbps/6.4Mbps 혹은 양방향으로 26Mbps까지 전송이 가능하다. HFC(Hybrid fiber coax) 역시 FTTN개념이라 볼 수 있는데 final drop으로 coaxial cable을 이용하여 analog video를 전송하면서 동시에 cable modem을 통해 광대역의 data를 전송한다. Cable company들이 선호하는 방식으로 tree구조의 topology를 갖고있어 broadcasting에 적합하나 data communication측면에서는 upstream의 bandwidth가 크지 않은데다가 downstream을 여러 사용자가 공유하게 되어있어 사용자가 크게 증가할 경우 가입자당 전송가능한 data rate이 크게 감소할 뿐만 아니라 security에 매우 취약한 문제점도 안고 있다[1].

기존의 copper twist pair를 이용하여 data를 포함한 multimedia를 주고 받을 수 있는 가장 손쉬운 방법은 voiceband modem을 이용하는 방법이다. 하지만 가장 빠른 voiceband modem의 speed인 56.6kbps로도 internet Web surfing은 World Wide Waiting의 수준을 벗어나지 못한다. 128kbps의 ISDN을 사용할 경우 상황이 어느정도 개선되기는 하지만 SOHO(Small office home office) user들의 real time multimedia나 video conference와 같은 video application을 감당해 내기는 어렵다. 최근 급격히 일반화되고 있는 internet 같은 서비스는 더 많은 bandwidth를 요구할 뿐만 아니라 그 사용방식도 voice communication과는 매우 다른 양상을 보이고 있다. 일반 전화의 경우 한 통화에 수분 정도 소요되는데 반해, modem을 사용한 internet access의 경우는 수십분에서 수시간에 걸쳐 line을 점유하게된다. 하지만 미국의 경우 사용시간에 관계없는 정액요금제를 적용하기 때문에 이러한 internet 사용자들로 인해 전화국의 switch의 처리용량이 압박을 받거나 access port를 점유해버려 서비스의 질이 크게 떨어짐에도 불구하고 막상 telco들의 매출은 별다른 증가를 보이지 않는 현상이 나타나고 있다. 이러한 문제들과 더불어 Telecom Act 96에 따라 자유경쟁체제로 전환되면서 cable modem이나 satellite를 이용한 새로운 서비스 경쟁자들의 출현을 가져와 telco들이 빨리 local loop에서의 bandwidth를 늘리고 switch나 access port의 과부하문제를 해결하지 않으면 안되는 상황으로

물아가고 있다.

Voiceband modem이나 ISDN보다는 좀 더 효과적으로 기존의 copper twist pair를 이용하여 광대역을 전송하는 것이 xDSL로 불리는 새로운 modem 기술이다[2]. xDSL은 기존의 copper twist pair local loop cable에 amplifier나 repeater없이 광대역을 전송하는 일련의 modem 기술을 지칭하는데 voiceband modem이 3,400Hz까지의 POTS(Plain Old Telephone Service)대역만을 이용하는데 반해 훨씬 넓은 주파수 영역(예: ADSL의 경우 1MHz까지 사용)을 사용함으로써 copper twist pair에서 수Mbps에서 수십Mbps에 이르는 data rate를 전송한다. 전송 format으로 T1이나 E1과 같은 industry-standard를 지원하며 전화국과 가입자 양단에 digital data stream을 주고받는 modem을 필요로 한다. POTS, up/down data stream의 대칭성, data rate 및 최대 전송거리, 사용 twist pair의 수에 따라 3장에 설명된 바와 같이 다양한 방식들이 존재한다.

무선을 이용한 광대역 access network으로는 MMDS(Multichannel multipoint distribution service), LMDS(Local multipoint distribution service), 밀리파를 이용한 MBS(Mobile broadband system)등이 고려되고 있다. MMDS는 2.5~2.7 GHz 대역을 이용하여 약 40mile정도까지 33~100 channel의 video를 전송할 수 있는 기존의 cable TV를 대체/보완하는 기술인데 유선의 upstream과 맞물려 사용할 경우 on demand 서비스에도 활용될 수 있다. LMDS는 27.5~29.5GHz대역 혹은 40GHz대역을 활용하여 역시 여러개의 video channel을 비교적 좁은 지역에 (4~5Km) 전송하는 기술로 새로이 형성된 마을에 cable대신 빠른 시간내에 적은 비용으로 video를 전송하기 위해 개발된 기술이다. 하지만 FCC에서 data, telephony등으로 사용할 수 있도록 함에 따라 최근들어 차세대 무선 access network으로 크게 주목받고 있다. 그러나 상당한 광대역을 제공할 수 있다는 장점에도 불구하고 line of sight를 확보해야되고, 눈이나 비가 올 경우의 극심한 전파감쇄등 제한적인 요소가 많아 서울과 같은 도심이나 산이 많은 지역에서는 적절한 해결책

이라고 볼 수 없다. MBS는 공기중의 심한 감쇄로 군사 통신등에서 제한적으로 사용되던 30GHz~300GHz대역의 밀리파를 pico cell단위에서 통신용으로 활용하기 위해 유럽 및 일본에서 연구하고 있는 기술이다. 밀리파는 기존 주파수 대역(~30GHz)의 9배가 넘는 풍부한 bandwidth와 공기중의 감쇄에 따른 space reusability 등 broadband 전송에 적합한 특성을 가지고 있으며, 값싼 MMIC(Microwave monolithic IC)등이 개발되면 소형화가 가능해져 PDA와 같은 broadband 개인휴대 통신단말기에 장착되어 개인에게 다양한 broadband wireless service를 제공할 수 있는 장점도 있다.

그밖에 CDMA나 TDMA등을 이용한 WLL(Wireless local loop), Spaceway와 같은 위성을 이용한 각종 data 서비스, IMT-2000으로 개명한 FPLMTS등도 새로운 무선 access network중의 하나로 볼 수 있으나 data rate은 최대 2Mbps에 불과하다. 이러한 광대역/협대역 wireless access network 기술들은 기존의 copper 혹은 coaxial cable을 이용한 유선 access network과 경쟁관계를 유지하기도 하지만 유선망이 갖고있는 풍부한 bandwidth, 양방향성 및 reliability측면에서 경쟁상대가 되기에는 어려운 점이 많다. 따라서 장기적으로는 무선만이 가지고 있는 mobility를 이용한 유선망과의 상호보완, 즉 유선망과의 연계를 통한 더 나은 서비스의 제공 및 천재지변 발생시의 emergency backup등의 측면에서 그 효용성이 부각될 것으로 보인다.

### III. xDSL: 기술 및 표준화 동향

Copper twisted-pair를 이용하면서도 voiceband modem이나 ISDN보다 훨씬 큰 수Mbps를 전송할 수 있는 xDSL 기술들은 Table 1에 보인 것처럼 symmetry, 전송거리, 사용 twist pair의 수, POTS의 수용여부등에 따라 IDSL, HDSL, SDSL, ADSL, RADSL, VDSL등이 있다[3]. xDSL은 FSN의 해결책으로는 경제성이나 장래성측면에서 FTTC나 HFC에 밀려 크게 주목을 받지 못하였다. 그러나 시장의 중심축이 FSN에서 data쪽으로 이동하고, 그동안 SDSL, RADSL

〈표 1〉 xDSL의 비교

xDSL	Acronyms	POTS/대칭	사용 line 수/ duplex	전송거리/ data rate	Line code
DSL (IDSL)	ISDN BRI의 다른 이름 (ISDN DSL or unswitched ISDN)	No POTS/대칭	1 line/ full duplex	18kft@26AWG/ 160kbps	2B1Q
HDSL (SDSL)	High-bit-rate DSLs (Single line HDSL or single pair HDSL or Symmetric DSL)	No POTS/대칭 (Both/대칭)	1~3 line(s)/ full duplex	CSA (12kft@24AWG or 9kft@26AWG)/ 1.544Mbps or 2.048Mbps	2B1Q or CAP
ADSL (RADSL)	Asymmetric DSL (Rate adaptive DSL)	POTS/비대칭	1 line/ simplex & duplex	18kft/1.5Mbps 15kft/3Mbps 12kft/6Mbps	DMT (standard) or CAP
VDSL	Very high speed DSL	POTS/ 대칭 및 비대칭	1 line/ simplex & duplex	1kft/ 52Mbps/6.2Mbps or 26Mbps	S-DMT or CAP or QAM

을 비롯한 다양한 xDSL들이 제시되어 선택의 폭이 넓어지고 VDSL의 등장으로 쉽게 FTTC등으로 진화할 수 있게 됨에 따라 상황은 크게 변하기 시작하였다. xDSL의 도입이 과거 ISDN의 재판이 되지않을까 고심하던 telco들은 최근들어 xDSL modem만들기에 급급했던 xDSL vendor들이 경제적인 DSLAM(DSL access multiplex)을 내놓아 xDSL을 기존 network에 적용하는데 걸림돌이되는 마지막 장애물을 제거하고 몇몇 small ISP(Internet service provider)들이 이러한 xDSL solution을 이용하여 성공을 거두는 것을 확인하고는 xDSL을 이용한 서비스에 본격적으로 나서기 시작하고 있다.

Digital Subscriber Line(DSL)

DSL은 ISDN-BRI의 다른 이름이다. 1980년대초 개발된 Basic Rate ISDN은 2개의 Bearer channel(64kbps circuit switched channel)과 1개의 Data channel(16kbps packet switching and signaling channel)을 제공한다. DSL은 2B+D의 144kbps payload와 overhead를 포함해 모두 160kbps를 26AWG(American Wire Gauge)에서 18kft거리까지 full duplex로 전송할 수 있다. Line code로는 2B1Q(2

Binary 1 Quarternary)를 사용하며 80kHz까지의 주파수영역을 사용한다. ANSI, ETSI, CCITT(현재의 ITU)등에서 80년대에 이미 표준화가 이루어졌다.

최근들어 소개되고 있는 IDSL은 ISDN DSL의 약자로 ISDN의 128kbps를 internet과 같은 하나의 서비스에 "dedicate"할 수 있도록 변형한 것이다. 소위 표준 ISDN은 switched service이다. 즉 가입자의 전화나 computer가 twist pair를 통해 전화국의 voice switch의 port로 직접 연결되어 연결을 원하는 번호로 route 된다. 그러나 최근의 ISDN 가입자들은 대부분 ISP나 회사의 LAN 혹은 WAN 접속장치와의 연결을 위해 128kbps를 모두 사용하기를 원하는데 표준 ISDN 장치들은 이러한 용도로 설계되어 있지않다. 일부 vendor들은 이러한 점에 착안하여 IDSL modem을 개발하였는데 이것을 "unswitched ISDN", 혹은 "dedicated ISDN"이라고도 부른다.

High-bit-rate DSLs(HDSL)

기술소개: HDSL은 기존의 T1 및 E1을 대신하여 repeater없이 여러개의 copper twist pair를 이용하여 DS-1급의 서비스를 위해 개발된 경제적이고도 신뢰성

있는 DSL이다. 과거 POTS 서비스의 개선을 위해 telco들이 취한 가장 기본적인 방법은 loading coil을 달아 전기적특성을 개선하는 방법과 소위 CSA(Carrier serving area)개념을 도입하여 remote terminal을 설치하여 copper line의 평균길이를 감소시키는 방법이다. T1은 1960년대말 Bell Lab에서 개발된 voice multiplexing system으로 DS1 즉 64kbps를 24개씩 묶어 1.544Mbps의 data rate로 주고받을 수 있다. 유럽과 CCITT에서는 T1을 수정하여 30개의 voice channel을 묶어 2.048Mbps의 E1을 만들었다. 이러한 T1 및 E1은 원래 앞서 언급한 remote terminal과 central office간의 feeder plant에 사용되었는데 차차 server access나 LAN access등의 전송선으로 널리 쓰이게 되었다. 그러나 이러한 T1 및 E1은 copper pair의 굵기에 따라 3kft~6kft마다 repeater를 설치해야 하기때문에 유지보수가 어렵고 따라서 가격도 대단히 비싼편이다. Line code로는 T1은 AMI(Alternate Mark Inversion), E1은 HDB3(High Density Bipolar 3)가 쓰인다.

HDSL은 ISDN BRI 개발을 통해 확보된 VLSI, echo canceller등의 DSP기술, 2B1Q같은 line code를 좀 더 발전시켜 개발되었다. 이러한 기술을 쓰면 1.544Mbps의 경우 2 line을 써서 784kbps씩 full-duplex로 전송하는데 CSA 거리에서, 즉 24AWG에서 12kft까지 26AWG에서는 9kft까지 전송이 가능하다. 기본적으로 T1 및 E1등의 전용선을 대신하는 pairgain system이기 때문에 POTS가 포함되어 있지 않으며 따라서 central office로부터 전력을 공급받는 loop powered 시스템이다. 기존 T1 및 E1보다 설치가 빠르고 유지보수가 쉬울뿐 만 아니라 가격경쟁력도 뛰어나 이미 30만회선이상(U.S.A.)이 local access infrastructure에 설치되어 사용되고 있고 우리나라에서도 97년들어 도입이 가속되고 있다.

표준화동향: ANSI는 1994년 2월 Technical Report No. 28에, ETSI는 ETR(ETSI technical report) 152에 ISDN Basic Access DSLs보다 훨씬 큰 payload를 전송할 수 있는 HDSL의 feasibility와 advisability에 대한 조사결과를 정리하였다. ANSI

TR-28은 1.544Mbps의 DS-1 based services를 전송할 수 있는 T1 repeaterd lines의 대안으로서 HDSL을 제안하고 사용환경, performance objectives 및 margin, 2B1Q를 바탕으로한 dual-duplex architecture등을 제안하고 있다. ETR 152는 미국보다는 line이 상대적으로 짧은 유럽의 환경을 고려하여 2.048Mbps의 E1 rate을 수용할 수 있는 전송시스템을 정리하였다. 2B1Q line code의 two-wire bi-directional transceiver시스템으로 3 pairs를 이용해 각각 784kbps씩을 전송하는 시스템, 2 pairs를 이용해 각각 1.168Mbps씩을 전송하는 시스템, 1 pair를 이용해 2.32Mbps를 전송하는 시스템들이 twist pair의 거리에 따라 사용될 수 있도록 제안되었다. 그밖에 CAP(Carrierless AM/PM)(4)방식의 HDSL시스템에 대한 내용은 annex B에 포함되어있다. HDSL의 서비스로는 ISDN PRI, 2Mbps access to the SDH등이 포함된다.

HDSL Issue 2가 현재 ANSI를 중심으로 진행되고 있다. 주된 안건은 rate adaptivity, CSA full range에 T1을 전송하는 방식등이 거론되고 있는데, range와 latency, spectral compatibility, noise 및 crosstalk 등의 규정을 만족시켜야 한다. 500ms라는 엄격한 latency 때문에 대체로 64-CAP이나 QAM중심의 single carrier방식이 주류를 이루고 있으며 Turbo code나 TCM을 이용한 coding gain을 통해 성능향상을 꾀하고 있다. ETSI도 enhanced HDSL에 대한 토론을 시작하고는 있으나 ANSI의 결론을 지켜보고 자체안을 마련할 가능성이 크다.

SDSL: SDSL은 single-pair HDSL, single-line HDSL, symmetric DSL등으로 불리는데 특징은 single copper pair를 이용한다는 점이다. 미국의 경우 95%이상의 local access loop가 single copper pair로 구성되어 있기때문에 HDSL을 일반가정에 연결하는데는 한계가 있어 HDSL은 주로 사업용으로 그 용도를 넓혀왔다. SDSL은 최근들어 SOHO가 늘어나면서 광대역의 symmetric traffic을 필요로하는 수요가 증가하고 있는데 착안하여 single twist pair로 거리에따라 T1에서 fractional T1(예: 384 kbps)을 공급하는 DSL로 일부 vendor에 의해 개발된 것이다. HDSL의 단점인

POTS문제를 해결하기위하여 POTS를 포함하는 SDSL도 시도되고 있다. 하지만 이러한 SDSL의 경우는 HDSL과 같은 loop-powered 시스템이 아니기 때문에 noise 및 interference환경이 달라지게 된다.

### Asymmetric DSL(ADSL)

기술소개: ADSL개념은 1989년 Bellcore에서 처음으로 소개되었다. Information retrieval이나 VOD와 같은 entertainment위주의 서비스들이 downstream에서는 광대역을 필요로 하지만 upstream에서는 control신호 정도의 대역폭을 필요로 한다는 asymmetry 특성과 전화국쪽의 twist pair가 가늘고 bundle 내의 twist pair가 많은데 따른 crosstalk이 커서 upstream이 상대적으로 광대역을 보내기 어렵다는 점에 착안하여 asymmetric DSL을 구상하였다. 또한 entertainment 서비스가 일반 가정에서 주로 사용되고 현재 매설되어있는 twist pair중 95%이상이 single twist pair라는 점을 고려하여 기존의 POTS가 동시에 가능하도록 ADSL개념을 구상하였다. ADSL을 이용하면 기존의 전화선을 이용해 1.5Mbps 즉 MPEG-1급의 화질을 가진 영화를 실시간으로 가정에 보낼 수 있다는 사실이 확인되면서 소위 VDT(Video dial tone)사업이 시작되었고 information superhighway의 열풍으로 번져나갔다. 초창기 "On ramp to the information superhighway"로 각광받던 ADSL이 FSN을 위한 기술 경쟁에서 FTTC, HFC등에 밀려 한때 소외되었으나 다시 internet 서비스를 위한 telco들의 유일한 해결책으로 떠오르면서 최근의 xDSL열풍을 주도하고 있다.

표준화동향: ADSL standard를 정하던 1993년경에는 MPEG-1 video를 수용할 수 있는 1.5Mbps의 downstream과 64kbps정도의 upstream으로 시작하였다. 그러나 Stanford대학의 DMT(Discrete Multitone Technology)[5,6]를 상용화한 Amati(97년 11월에 TI에 인수되었다)사의 ADSL이 6Mbps를 구현하면서 표준화 규격을 주도해 현재는 downstream은 6Mbps이고 upstream은 640kbps까지로 확대되었다. 1995년 3월 ANSI 에서 채택된 T1.413 standard는 4kHz까지는 POTS를 위해 사용하고 나머지 1MHz까지의 spectrum을 이용해 6Mbps까지의 downstream

simplex bearer를 규정하고 있다. ADSL의 경우 loading coil은 없으나 bridge tap은 허용되는 twist pair에서 길이가 18kft일 경우는 1.544Mbps, 15kft의 경우는 3.072Mbps, 12kft의 경우는 6.144Mbps까지 전송가능하다. Duplex bearer는 16~64kbps의 control, 160kbps의 ISDN BRI, 384kbps의 videotelephony를 포함할 수 있도록 규정하고 있다. ETSI에서는 ETR 328에서 ADSL requirement와 performance를 제안하고 있는데 기본적으로 ansi t1.413을 그대로 수용하고 유럽관련 일부 내용을 추가한 정도이다.

ADSL의 standard line code로는 Stanford대학에서 개발한 Amati사의 DMT방식이다. 이 방식은 과거 AT&T에서 개발되었던 DMT방식을 ADSL시스템에 맞게 수정한 것으로, 약 1 MHz까지의 bandwidth를 256개의 subchannel로 잘게 쪼개어 각각의 subchannel의 상태 즉 SNR에 따라 최적의 bit를 전송함으로써 전송 효율을 높이고 BER을 최소로 하는 multicarrier modulation방식의 하나이다. Modulation과 demodulation을 IFFT 및 FFT를 써서 구현하고, guard band 및 time domain equalizer를 써서 symbol간의 간섭을 최소로 하며 각 subchannel내의 특성을 frequency domain equalizer를 써서 보상하고 있다. 현재 Motorola, Analog Device, Alcatel, Orckit등이 standard compliant한 chip을 개발하고 있다. Standard는 아니지만 AT&T에서 개발한 CAP방식의 ADSL이 시장에 먼저 출시되어 아직까지는 ADSL시장을 주도하고 있다.

ADSL Issue 2는 그 동안의 ADSL경험을 바탕으로 한 POTS & premises, initialization과 같은 일부 내용의 보완, VOD 기준으로 완성된 표준안을 internet과 같은 data communication에도 활용될 수 있도록 수정하는 것, rate adaptation 등의 안전을 다루고 있다. 또한 ATM over ADSL, IP packet mode 등에 관한 TC(Transmission convergence) layer관련 issue들도 ATM Forum등과의 liasion meeting을 통해 검토하고 있다. 이밖에 AT&T 등의 추진으로 CAP을 standard에 편입시키려는 노력이 시도되고 있으나 대다수는 현

상태 유지를 원하고 있는 상황이다.

Rate adaptive DSL(RADSL) : RADSL은 기존의 ADSL modem이 안고 있는 단점을 보완한 ADSL이라 할 수 있다. T1.413 표준에서는 거리에 따라 다양한 downstream simplex bearer를 규정하고 32kbps단위로 rate adaptive하게 할 수 있도록 하고 있는데 그동안 구현된 ADSL modem들은 rate adaptive하기 보다는 그중 한가지만을 구현하고 있었다. CAP based ADSL vendor들 중 하나의 marketing전략으로 부각된 RADSL은 거리에 신경쓰지않고 copper twist pair의 상태에 따라 최대의 bit rate를 서비스 할 수 있다는 측면에서 telco들의 호응을 얻었고, 최근 이와 관련된 내용들이 ADSL Issue 2에서 검토되고 있다.

#### Very high speed DSL(VDSL)

기술소개 : VDSL은 fiber가 가입자에 좀 더 가까이 다가가고 있는 추세를 감안할 때 ADSL이 interim solution이 될 수밖에 없는 단점을 보완하여 fiber가 가입자 가까이 포설이 되는 FTTC개념의 차세대 access network에서도 짧은 거리의 twist pair를 이용하여 13Mbps에서 52Mbps까지 전송할 수 있도록 고안된 xDSL이다. ADSL과 SDSL의 차세대 주자라 할 수 있는 VDSL의 data rate는 asymmetric한 경우 1kft거리(아파트단지나 작은 빌딩)에서 52Mbps/6.4Mbps, 3kft거리(작은 주택단지)에서 26Mbps/3.2Mbps, 4.5kft거리(농촌처럼 분산된 환경)에서 13Mbps/1.6Mbps를, symmetric한 경우 1kft거리에서 26Mbps, 3kft거리에서 13Mbps를 목표로 하고 있다.

표준화동향 : ANSI 및 ETSI에서 표준화가 진행되고 있는데 현재는 service characteristics, system requirement, EMI 및 line code등이 주요 안건이다. VDSL은 기존 xDSL에 비해 훨씬 광대역의 symmetric 및 asymmetric data rate을 수용하면서도 modem가격은 ADSL보다 저렴하도록 표준화를 추진하고 있다. 현재 Amati에서 pingpong 즉 TDD방식의 Synchronous-DMT를 제안하여 다양한 asymmetry를 duty cycle을 이용하여 조정하고 있으며 하나의 transceiver로 송신/수신을 한꺼번에 해결하는 비교적 간단한 구조를 가지고 있다. 하지만 ONU에서의 power소모가 크다는 단점

과 ping pong frame rate에 따른 2KHz부근의 audio-frequency문제등이 약점으로 거론되고 있다. Bell Lab에서는 FDD방식의 CAP system을 제안하고 있다. Power를 적게 쓰고, hardware가 간단하다는 장점이 있으나, RFI ingress관련 performance 문제가 제기되고 있다. 한편 Analog device, Aware, BBT등에서는 downstream에서는 power면에서 유리한 CAP과 같은 single carrier 방식을, upstream에서는 dimmer나 vacuum cleaner등의 noise환경을 고려하여 multi-carrier modulation을 사용하는 hybrid 시스템을 제안하고 있다(7). 현재는 S-DMT 진영과 CAP진영이 각각의 draft를 마련하고 있는데 진행상황으로 미루어 합의된 line code가 결정되는 시점은 98년 하반기이후에나 가능할 것으로 보인다. 현재 Lucent에서 개발한 DAVIC short range 즉 FTTC 규격의 CAP chip을 사용한 BBT사의 VDSL modem, 이스라엘 Orckit사의 QAM방식의 VDSL modem, Amati사의 S-DMT방식의 VDSL modem등이 Supercomm 97에 출품된 바 있으나 standard가 결정되지 않았기 때문에 정확한 의미에서 VDSL modem이라고 보기에는 한계가 있다.

#### IV. Summary

지금까지 access network에서의 xDSL의 위치를 살펴보고 DSL, HDSL, ADSL 및 VDSL을 중심으로 기술 및 최근의 표준화 동향을 살펴보았다. ITU의 조사에 따르면 97년 기준으로 전세계 약 8억가구에 copper access line이 연결되어 있고 그중의 70%이상이 가정에 연결되어 있는데 증가추세도 북미의 경우 년 3.5%, 서유럽과 태평양연안의 경우 년 4.5%의 성장율을 보이고 있어 2000년경에는 10억가구에 다다를 전망이다. 미국은 97년기준 약 1억가구에 1억6000만 copper access line이 연결되어 있는데 Yankee Group이 조사한 바에 따르면 2000년을 기준으로 3백만가구에 ADSL/RADSL/SDSL이 연결되고 관련 revenue는 10억달러에 이를것으로 추산하고 있다. 전세계 xDSL 시장규모를 미국의 5배정도로 보면 2000년경에는 전세계 twist pair의 2%정도에 xDSL이 연결되어 ADSL/RADSL/SDSL 관련 세계시장규모가 50억달러에 이르고 시장성장률은 30%에 이를 것으로 보고 있다.

현재 이러한 xDSL의 표준화작업은 3장에서 언급한 바와같이 ANSI T1, ETSI에서 주로 주도되고 있으나 ITU-T, IEEE, ADSL Forum, ATM Forum, DAVIC 등 다른 group과의 활발한 liasion meeting을 통해서도 협력을 마련하려 노력하고 있다. 예를 들어 DAVIC은 long range(1.5Km이상) PMD규격으로 ADSL을, mid range(300m~1.5Km) PMD규격으로 VDSL을, short range(300m이하) PMD규격으로 CAP방식의 FTTC를 각각 규정하여 xDSL을 수용하고 있다.

Microsoft의 CEO인 Bill Gates가 "Bandwidth bottleneck. No question, that's the biggest obstacle."이라고 천명한 바와 같이 정보사회로의 진전에 있어 bandwidth는 시급히 해결되어야 할 문제이다. 정보사회의 꿈을 실현하고자 1993년부터 시작된 Information Infrastructure의 구축노력이 그동안 다양하게 시도되어왔으나 술한 우여곡절과 실패를 겪은 telco등의 서비스업자들이 이제는 너무 큰 꿈을 좇기보다는 internet이라는 현실적인 시장에서 xDSL과 cable modem을 바탕으로 차근차근 새로 시작하고 있다고 생각된다.

그동안 ADSL Forum을 중심으로한 일부 technology evangelist들은 전세계 8억가구에 깔려있는 copper twist pair를 경제적인 "the last mile solution"으로 활용할 것을 줄기차게 주장해왔다. 그동안 xDSL은 VDSL이라는 차세대 대안을 제시하여 interim solution이라는 울타리를 벗어나는데 성공하였을 뿐만 아니라 IDSL, SDSL, RADSL등의 새로운 고객지향적 xDSL을 개발하여 선택의 폭을 넓혀주었다. xDSL vendor들간의 치열한 경쟁속에서 값싼 xDSL 시스템들이 속속 등장하고 있으며, DSLAM(8)과 같은 switch solution도 제시되어 기존의 copper twist pair를 이용해 값싸게 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있는 기틀을 마련한 것이 오늘날의 xDSL의 성공요인이라고 생각된다. 일찌기 Bell Atlantic의 CEO Ray Smith가 "Yes, ADSL is an interim solution that will be with us for forty years."라고 간파한대로 xDSL은 fiber가 좀 더 값싼 해결책이 될 때까지 당분간 access

network에서 확고한 자리를 구축할 것으로 보인다. 최근들어 우리나라의 초고속정보통신망도 ADSL 과 VDSL을 바탕으로 FTTH으로 진화하는 전략을 수립한 것은 우리의 현실과 세계적인 추세를 반영한 일이라 여겨진다.

### 참 고 문 헌

- [1] Sean Martin, "The Need for Speed: Delivering Fast Remote Access in the Last Miles," ADC Telecom., 1997
- [2] Gerald P. Ryan, "xDSL," ATG's Communication & Networking Technology Guide Series
- [3] ADSL Forum, "General Introduction to Copper Access Technologies," www.adsl.com, 1997
- [4] 임기홍, "Carrierless AM/PM Modulation and its Applications for HDSL/ADSL, ATM LAN and Broadband Interactive Multimedia," 텔레콤(대한전자공학회), pp. 30-57, Dec. 1994
- [5] John M. Cioffi, "A Multicarrier Primer," ANSI T1E1.4 committee contribuion No. 91-157, Nov. 1991
- [6] 김기호, "DMT 전송기술과 ADSL," 텔레콤(대한전자공학회), pp. 3-12, Dec. 1994
- [7] Analog Devices, "Status & Issues in xDSL," White Paper, www.analog.com, 1997
- [8] The DSL Source Book, Paradyne, 1997



---

김 기 호

- 
- 1976. 3~1980. 2 : 한양대학교 전자공학과 학사
  - 1980. 3~1982. 2 : KAIST 전기 및 전자과 석사
  - 1982. 3~1987. 7 : KBS 기술연구소 연구원
  - 1987. 9~1991. 8 : The University of Texas at Austin  
ECE Ph.D.
  - 1991. 9~현재 : 삼성종합기술원 디지털통신Lab Lab장