ADSL 가입자망 기술 및 표준화 동향

박일종, 고상호
한국통신 가입자망연구소 선임연구원

1. 서 론

현재 거의 대부분의 가입자에게 있어서 전화국과의 물리적 접속 수단은 동선선로(twisted-pair copper line)이며, 국간계와 달리 가입자계는 시설의 방대함과 요구사항의 다양함으로 인해 점진적으로 진화하기에, 대부분의 일반가정 가입자들에게 있어서 Fiber-In-The-Loop을 통한 고속 광대역 접속이 가능하게 되기까지는 앞으로도 상당기간이 소요될 것이다. 고속 서비스의 도입과 보급 확산을 도모코자 하는 통신사업자 입장에서는 고속 서비스를 희망하는 어느 지역, 누구에게라도, 언제든지 이들 서비스를 접속할 수 있는 능력을 확보하는 것이 서비스 보급의 기반 조성면에서 중요한데, 서비스의 도입 및 보급 초기에는 가입자들이 지리적 또는 시기적으로 매우 산발적으로 분포하기에, 이들 서비스 가입자 발생 때마다 별도의 접속선로를 준비해야 한다는 어려움이 따른다. 만약 모든 가입자에게 이미 연결되어 있는 동선선로가 이들 고속 서비스의 전송매체로 활용될 수 있다면, 가입자망의 진화와 고속 서비스 제공을 계획하고 있는 통신사업자에게 망진화 전략 수립과 추진 과정에서 아주 많은 유연성을 가져올 것이다.

근래의 디지털 변복조 이론(CAP, DMT), 디지털 신호처리 기술(DSP), 고집적 반도체 제조기술(VLSI) 발전은 동선선로에서 고속 디지털 신호 전송을 방해하는 감쇄, 분산, 누화, 간섭 등 제반 전송장애요인을 극복하고 수 Mbits/s 전송을 경제적으로 가능케 함으로써, 소위 Digital Subscriber Lines(DSL)라 불리우는 새로운 가입자망 방식 분야를 파생시켰다.

동선을 이용한 DSL(Digital Subscriber Line)은 다양한 기술 발전을 거듭하여 xDSL(x=A, H, S, V 등)로 명명되기에 이르렀다. 이러한 기술은 고속 Internet access(가정가입자 및 사무실 대상, ROBO-remote office/branch office, 저가이면서 고속, LAN-to-LAN 접속 등), 원격 근무(SOHO : Small Officce/Home Office), On-demand like application(VOD, Home shopping, 원격 교육, Interactive TV 등), Frame relay/ATM network access, Leased line provisioning (HDSL/SDSL)과 FTTC using VDSL 등의 응용 등을 들 수 있다.

2. 시스템 개요

이러한 DSL 기술들의 각각의 특징을 요약 하면 표 1과 같다.

〈표 1〉 동선을 이용한 전송 기술

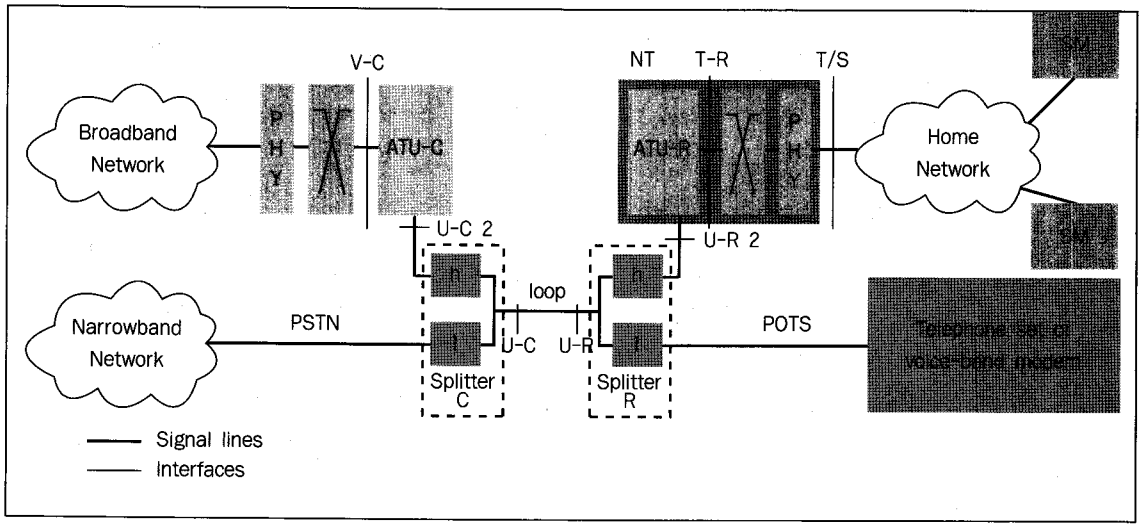
구분	의미	데이터 속도	모드	응용분야
V.22[1] V.32 V.34	Voice Band Modems	1200 bps ~ 28,800 bps	Duplex[3]	Data communications
DSL	Digital Subscriber Line	160 kbps[2]	Duplex	ISDN service Voice and data comm.
HDSL[6]	High data rate Digital Subscriber Line	1.544 Mbps[4] 2.048 Mbps[5]	Duplex Duplex	T1/E1 service Feeder plant, WAN, LAN access, server access
SDSL	Single line Digital Subscriber Line	384 Kbps ~ 2.048 Mbps	Duplex[8]	HDSL + premises access for symmetric services
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	32K ~ 9 Mbps 16 ~ 640 kbps	Down Up	Internet access, video on demand, simplex video, remote LAN access, interactive multimedia
VDSL[7]	Very high data rate Digital Subscriber Line	13 ~ 52 Mbps 1.6 ~ 2.3 Mbps	Down Up[9]	Same as ADSL plus HDTV

1) 약어가 아니라 ITU 권고로부터 나온 번호임.
2) 192 Kbps는 두 개의 B channels (64 kbps), 하나의 D channel (16 kbps) 과 링크 관리로 구성
3) "Duplex"는 데이터의 상하향 속도가 동일함을 의미.
4) 동선 2 pair 사용
5) 동선 3 pair 사용
6) 새로운 기술로 SDSL(Single Line DSL) 1.5 / 2.0 Mbps duplex가 1 pair 사용
7) BDSL, VADSL, 혹은 ADSL로 부름. VDSL은 ANSI와 ETSI 개념임.
8) "Down"은 downstream으로서 망으로부터 가입자로 전송됨을 의미, "Up"은 upstream을 의미.
9) 향후 VDSL 시스템은 upstream 전송 속도가 downstream 속도와 같아질 것으로 예측되며, 이 경우 전송 거리는 매우 짧은 거리임.

ADSL은 Asymmetric Digital Subscriber Line의 약어로서 현재까지는 ANSI의 T1위원회에서 표준화를 주도하여 왔으며, 향후 ITU-T에서 ANSI의 표준을 준용하여 국제표준화가 완성될 것으로 예상되고 있다. 여기서는 ANSI T1.413 Issue2의 표준을 중심으로 살펴보기로 한다.

ANSI T1.413 Issue 2에서 표준화중인 ADSL 시스템의 기능 블록은 그림 1과 같다.

(그림 1) ADSL 기능 블록도

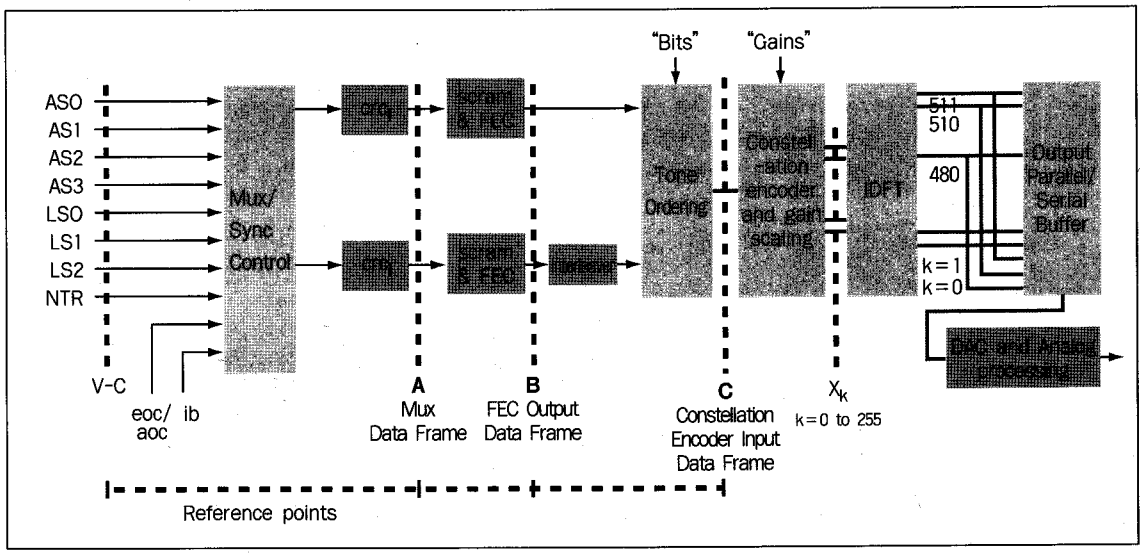


주)

1. U-C과 U-R의 인터페이스가 정의됨. V-C와 T-R 인터페이스는 논리적인 의미에서만 정의됨.
2. V-C 인터페이스는 하나나 그 이상의 STM 혹은 ATM 스위치 시스팀에 연결 가능.
3. V-C와 T-R 인터페이스는 인터페이스 부분이 공통 부분에 통합되면 인터페이스는 선택적임.
4. 하나나 그 이상의 HPF는 ATU에 통합 가능하며 이 경우에는 U-C 2와 U-R 2 인터페이스는 각각 U-C와 U-R과 동일
5. Digital carrier기능(예, SONET 계열)은 ATU-C가 remote site에 놓이면 V-C 인터페이스에 같이 위치함.
6. 선로 속도가 비대칭이기에, 송신 신호는 U-R 및 U-C 인터페이스 점에서 확연히 정의되어야 함.
7. CI 분배 및 댁내 배선(e.g., bus or star, type of media) 은 추후 연구.
8. 한 종류 이상의 T-R 인터페이스가 정의될 수 있으며, ADSL NT로부터 한 종류 이상의 T/S 인터페이스가 정의될 수 있음. (e.g., NT1 or NT2 형태의 기능)

또한 Issue 2의 송수신 시스템 refernce diagram은 각각 다음 그림 2, 3과 같다. 그림 2는 ATU-C 송신기 reference model로서 STM bit sync 및 packet mode 전달시의 구성도이다.

(그림 2) ATU-C 송신기 reference model(STM transport)

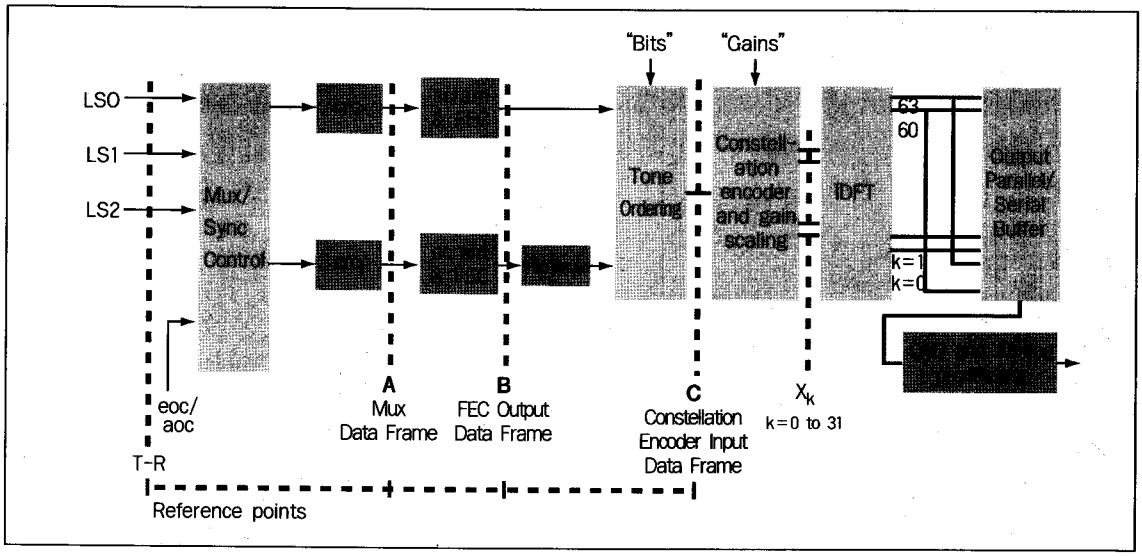


주)

1. STM 전달 모드는 비트열로서 바이트 프레임은 갖지 않는다.(Issue 1과 동일)
2. ASX/LSX serial interfaces 외부에서의 data bytes는 ITU-T 권고 I?361과 I-432에 일치하여 맨처음 전송됨. ADSL frame의 직렬 처리(예, crc, scrambling, 등)는 lsb를 우선 처리함. 그 결과로 최초 입력 bit는 (외부에서는 msb)는 ADSL lsb로 최초 처리되며 ATM cell header의 CLP는 ADSL frame byte의 msb로서 가장 나중에 처리됨.
3. ADSL 장치는 최소한 AS0와 LS0 하향 신호를 지원하여야 한다. 다른 신호의 지원은 선택적임.
4. Mux/Sync 제어와 Tone ordering에 대한 두 경로가 표시됨. "fast" 경로는 낮은 지연을, interleaved 경로는 매우 낮은 에러를 갖고 동시에 큰 지연을 갖는다. 이러한 경로에서의 V-C 인터페이스에서의 데이터 할당은 단일 지연 모드로 동작하므로 fast나 interleaved든 하나의 경로에 할당되며, dual latency mode는 데이터가 동일 경로에 할당됨.

그림 3은 가입자 송신 장치에 대한 reference model로 STM bit sync 및 packet mode transport에 대한 그림이다.

(그림 3) ATU-R 송신기 reference model(STM transport)



주)

1. **STM** 전달 모드는 비트열로서 **Issue 1**과 동일.
2. 기타 내용은 그림 2의 주) 내용과 동일

ADSL 시스템은 위 그림들의 각 bear channel 중에서 최소한 단방향의 AS0 채널과 양방향의 LS0채널을 지원하여야 하며, 나머지 AS1, AS2, AS3, LS1, LS2 채널 지원은 선택사항에 속한다. AS0 채널은 n x 32 Kbps (n=1, ...192)의 전달속도를 지원하여야 하며, LS0채널은 16 Kbps 와 n x 32 Kbps(n=1, ...20)의 전달속도를 지원하여야 한다. 각 bear channel의 전달속도 요구사항은 표 2와 같다. 한편 ADSL 시스템은 STM 모드 이외에도 ATM 모드의 bearer transport 능력을 가질 수도 있는데, 이 경우 아래 표에서 AS0와 LS0 서브 채널은 필수이고 AS1과 LS1 서브 채널 전달은 선택사항에 속한다.

〈표 2〉 Required 32Kb/s multiples for transport of STM

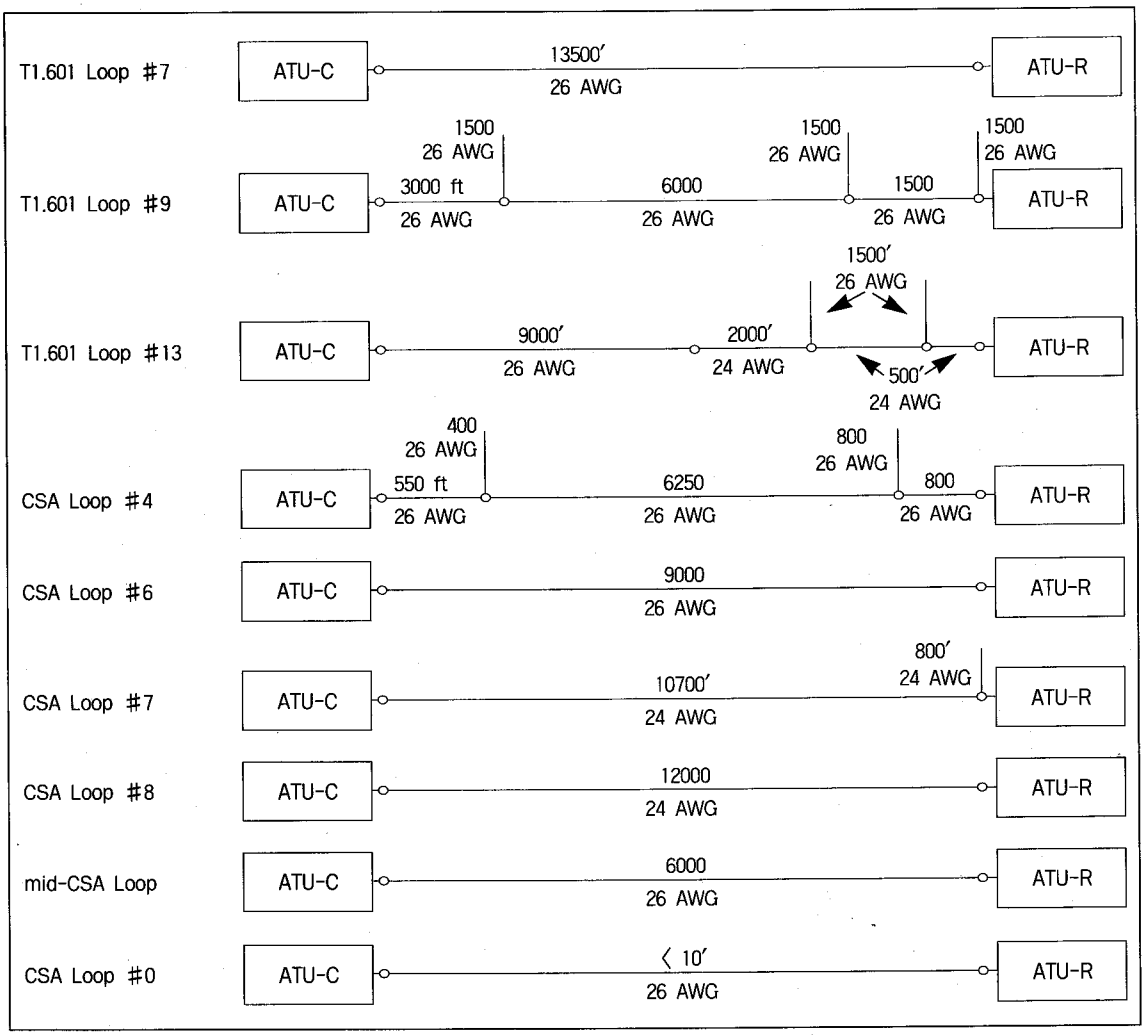
Bear channels	Lowest Required Multiple	Largest Required Multiple	Corresponding Highest Required Data Rate
AS0	1	192	6144 Kb/s
AS1	1	144	4608 Kb/s
AS2	1	96	3072 Kb/s
AS3	1	48	1536 Kb/s
LS0	1	20	640 Kb/s
LS1	1	20	640 Kb/s
LS2	1	20	640 Kb/s

ANSI에서 권고되는 test loop와 전송 속도 는 표 3 및 그림 4와 같다.

〈표 3〉 Category I and II 에 대한 전송 속도

Loop sets	ATU category	Maximum rate(kbit/s)	
		Simplex	Duplex
T1.601 (7,13)	I	1544	16+160
CSA (4,6,7), Mid-CSA	I	6144	64+160
T1.601 (7,9,13)	II	1544	16+160
CSA (4,6,8), Mid-CSA	II	6144	64+576

(그림 4) ANSI의 test loops



주)

1. Lengths are in feet (′)
2. AWG = American Wire Gauge

3. ADSL 관련 표준화 동향

현재 xDSL 관련의 국제 표준화 활동은 ANSI(American National Standards Institue), UAWG(Universal ADSL Working Group), ITU-T 등에서 주도하고 있으며, 각 기관의 표준화 동향을 살펴보면 다음과 같다.

o ANSI T1E1 위원회
- T1.413 Issue 1('95.8.) : 고정속도 ADSL(응용 : Video-On-Demand, …)
- // Issue 2('98년중) : Rate-adaptive ADSL(RADSL, 응용: 인터넷, ..)
- // Issue 3(기술검토중) : Splitterless ADSL

o UAWG(Universal ADSL Working Group)
- 1998년 1월에 PC 및 네트워크 장치 제조업체, 통신사업자 등이 모여 결성
- 목적 : Universal ADSL(UADSL) 채택과 조기도입이 가능토록 T1.413에 기반을 둔 UADSL 표준화 방안을 연구, ITU-T에 기고/표준화(G.lite) 함으로써 범세계적으로 단일표준, 대량도입, 경제성 확보 등을 목표함
- UADSL에 일반적으로 통용되는 시스템 Spec.
  · Splitterless
  · 전송속도는 대략 하향 64 K ~ 1.536 Mbps, 상향 32 ~ 512 Kbps
  · ADSL 시스템군과 호환성 확보 목표
- UADSL의 의의
  · Splitterless로 댁내 재배선이 필요없어 가입자측 모뎀 설치시 설치편의성 증대와 설치요원 방문 불필요
  · ADSL-ready PC 출현 기반 제공으로 ADSL 장치 산업과 이를 이용한 서비스 제공 산업이 현재의 Dial-up 모뎀 같은 시장형태로 발전 가능
- 일정
  · 1998년 6월경, Draft 편찬
  · 1998년 10월경 ITU-T에 Contribution 예정

o ITU-T
- SG15에서 Q.4로 표준화 추진중, 99년중 표준화 예상
- 관련 Working Area 명칭
  · G.hdsl(HDSL)
  · G.dmt(ANSI T1.413 Issue 2을 중심으로 하는 RADSL)
  · G.lite(Splitterless ADSL)

4. Maker 현황

DSL 각 분야의 기술보유사, chip 구현사 및 장치 생산업체는 각각 다음과 같다.

가. ADSL

Company	Technology Licencing	Products	Chips
Advanced Video Access		V	
Alcatel Bell		V	
Amati	V	V	
Analog Devices			V

Company	Technology Licencing	Products	Chips
AWARE,Inc	V	V	
Cayman Systems		V	
Diamond Lane Communication		V	
Digital Link Corp.(Performance Telecom)		V	
ECI		V	
Efficent Networks		V	
Ericsson Austria		V	
Fujitsu Network Communications Inc		V	
GlobeSpan Technologies	V		V
Hyundai		V	
LGIC		V	
Lucent(formerly AT&T;) Microelectronics			V
Motorola			V
NEC Austalia		V	
NEC Japan		V	
NetSpeed		V	
OrcKit		V	
PairGain Technologies		V	
Paradyne		V	
Pulsecom		V	
SGS-Thomson			V
Westell		V	

나. SDSL/S-HDSL

Company	Technology Licencing	Products	Chips
CCOM		V	
Cayman Systems		V	
Digital Link Corp. (Performance Telecom)		V	
Fujitsu Network Communication, Inc		V	
GlobeSpan Technologies	V		V
IJTE		V	
Metalink, Ltd.			V
PairGain Technologies		V	
Paradyne		V	
Pulsecom		V	
Telmax Communication		V	
Tut Systems		V	
Westell		V	

다. HDSL

Company	Technology Licencing	Products	Chips
ADTRAN		V	
Alcatel Bell		V	
Analog Devices			V
Ascom Ericsson		V	
Lucent(formerly AT&T;) Microelectonics			V
Globespan	V		
CCOM			V
Digital Link Corp. (Performance Telecom)		V	
Ericsson Austria AG		V	
IPM Datacom		V	
Level One			V
LGIC		V	
Metalink			V
Nokia		V	
Orckit		V	
PairGain Technologies		V	
Paradyne		V	
Pulsecom		V	
Schimd		V	
Sparnex		V	V
Tadiran		V	
Telmax Communication		V	
Tut Systems		V	
Westell		V	

라. VDSL

Company	Technology Licencing	Products	Chips
Amati	V	V	
Lucent(formerly AT&T;) Microelectonics			V
Broadband Technologies		V	
Orckit		V	

5. 해외 Market Trial 사례(미국)

전화회사	제공지역	서비스명	제공속도	설치비	월이용료	인터넷	장비업체
Ameritech	Ann Arbor Mich (Chicago, Mid-'98)	Ameritech.net High Speed Internet Service	1.5Mbps/128kbps	$150	$49.95	Yes	Alcatel
CAD Vision	Calgary, Alberta	CADVision2000K(residential) CADVision7000K	2.5Mbps/1Mbps 2.5Mbps/1Mbps 7Mbps/1Mbps	$400 $99 $400	$1095 $435 $1450	Yes	Paradyne
Covad Communications .Co	Sillicon Valley.CAL (San Francisco, SactaCruz,San Jose,1Q98)	Telespeed	384kbps/384kbps 1.1Mbps/1.1Mbps 1.5Mbps/384kbps	$325	$125 $195	No	DiamondLane Communications:Cisco Systems Inc
GTE Communications Inc	TBA(1Q98) MarinaDel Rey, Calif	ADSL OnSite(business) (residential)	1.5Mbps/384kbps 680kbps/256kbps	$500 $250	$700 $125	Yes	Westell Technologies Inc
SBC Communications Inc	Sillicon Valley Easy Bay area, Calif., Austin,Texas	FasTrak DSL(business) (residential 1Q 98)	384kbps/384kbps 1.5Mbps/384kbps 384kbps/384kbps 1.5Mbps/384kbps	$125 (SBC charge) $450 to $700 (CPE/wiring installation	$125 (SBC charge) $450 to $700 (CPE/wiring installation	No	Alcatel
Thorn Communications Inc	"Sillicon Alley" Newyork City	No name yet(business) (residential 1Q 98)	640kbps/272kbps 960kbps/408kbps 1.6kbps/680kbps 640kbps/272kbps (tentative)	$750 $200 to $400 (tentative)	$400 $500 $600 $75 to $100 (tentative)	Yes	Paradyne
U.S West	Phoenix	MegaBit Services	192kbps/192kbps 320kbps/320kbps 704kbps/704kbps	$199 to $299	$40 $60 $125	No	Pair Gain Technologies