

〈主 題〉

ATM에 HDSL 정합 기능 구현과 동 선로를 이용한 서비스

양충렬 · 김진태

(한국전자통신연구원 신호서비스연구실)

□ 차 례 □

I. 개 요	III. HDSL 정합장치의 성능 평가
II. ATM 기반의 HDSL 정합 기능구현	IV. 결론 및 향후 전망

요 약

본 고에서는 ATM(Asynchronous Transfer Mod) 교환기에 4선식의 HDSL 정합 기능을 구현하고, 기존의 음성 전화 가입자 서비스 매체로서 완전 동 선로를 이용하여 HDSL(High-rate Digital Subscriber Line) 서비스를 제공하기 위한 가입자 서비스 루프 거리 및 셀 손실 성능을 평가하였다. 이 평가는 전이 중 2B1Q 전송 방식을 지원하는 HDSL 정합장치를 통하여 누화, 임펄스 등 구리 전화선(copper telephone line)에 존재하는 중요한 전송 손실을 감안한 CSA(Carrier Serving Area) 환경에서 각각 26 게이지(0.4 mm) 선로와 24 게이지(0.5 mm) 페어 선로를 이용하여 E1 급(2.048 Mbps) 데이터 전송할 때 10⁷의 셀 손실 율을 만족하는 가입자 서비스 루프 거리를 평가하였다. 또한, ATM 시스템 하의 시범 환경에서 MPEG-1급 주문형 비디오서비스, 영상 회의 서비스 및 고속 인터넷 접속 서비스 등의 대표적인 서비스 데모를 실시하였다.

I. 개 요

전국에 초고속 통신망 구축 계획에 의한 광 선로가 완전히 구축되기 까지 동 전화선(copper telephone line)을 이용하여 일반 전화 가입자에게 주문형 비디

오 서비스, 영상 전화 서비스, 인터넷 고속 접속 서비스에 의해 상업 방송 광고, 원격 교육, 게임 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 대체 기술로서 Asymmetric Digital Subscriber Line(ADSL), High-rate DSL(HDSL) 및 Very High-rate DSL(VDSL) 등의 DSL 분야가 미국, 유럽, 아시아 지역의 일본 등을 비롯한 세계 각국에서 이미 많은 연구가 이루어져 왔고 최근에 와서 국내는 물론 세계적으로 크게 주목받고 있다. HDSL은 국내 통신시장의 개방과 HDTV 회사의 경쟁에 따라 비용 효과적인 방법으로 기존 전화 가입자 선로 상에 비디오 서비스를 제공해야 하는 기술적인 도전에 직면한 오늘날의 가장 적절한 대안으로 꼽히는 기술로서 ATM 교환기와의 정합 기술과 이를 이용한 방송형 서비스 및 다양한 응용 서비스가 주도적으로 이루어지고 있으며 1995년에 주문형 비디오 서비스에 대한 표준인 DAVIC(Digital Audio/Visual Council) 1.0 규격이 제정된 것을 비롯하여 ANSI T1E1.4에서 표준화되고 있다. 최근 인터넷을 이용한 사업을 계획하고 있는 회사들이 속속 늘어 나면서 앞으로는 금융, 가전산업, 미디어 등 산업 전반에 막대한 영향을 미칠 것으로 예상되고 있는데 그림 1은 HDSL을 이용한 가입자 고속 인터넷 접속을 나타낸 것이다. 새로운 세대의 인터넷 가입자는 높은 대역폭과 빠르고 신뢰할 만한 접속 속을 핵심으로 하는 서비스 질 및 저렴한 비용을 바탕으로 특정 ISP(Internet Service Provide)에 머무르

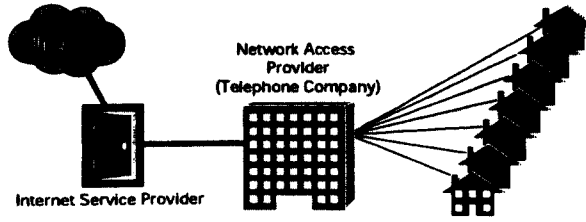


그림 1. HDSL을 이용한 고속 인터넷 접속 서비스

표1. DSL 데이터 처리 속도 비교

Allication File types	File size	Modem 28.8Kbps	ISDN 128Kbps	SDSL 384Kbps	SDSL 768Kbps	HDSL 1544Kbps	ADSL 6144Kbps
All users Email	30Kbytes	8.3 sec.	1.9sec.	0.63sec.	0.31sec.	0.16sec.	0.04sec.
Customer Digitized Photo	125Kbytes	34.7 sec.	7.8sec.	2.6sec.	1.3sec.	0.6sec.	0.2sec.
Business User World Files	250Kbytes	69.4 sec.	15.6sec.	5.2sec.	2.6sec.	1.3sec.	0.3sec.
Telecommuter Video Conference	384Kbytes	no	no	yes	yes	yes	yes
Telemedicine X-ray	5Mbytes	23.1min.	5.2 min.	1.7min.	52.1sec.	25.9sec.	6.5sec.
Remote LAN Access Bulk File	20Mbytes	1.5hr.	20 min.	6.9min.	3.5min.	1.7min.	26sec.

주기) Pairgain Technical guide, 1997.6.

지 않고 계속 다른 ISP로 이동해 갈 것이므로 전화국은 HDSL 접속을 통해 저비용, 사용의 용이성 및 높은 대역폭을 제공할 필요가 있다. 표 1에 HDSL을 포함한 여러 DSL의 데이터 처리 속도를 상대적으로 비교하였다.

HDSL 장치는 교환기 측의 HDSL-COT(Central Office Termination)와 가입자 측 PC 내장 또는 STU(set-top-box) 형태로 장치되는 HDSL-RT(Remote Termination)로 구분되며 기존의 UTP 선로를 이용하여 CSA 루프 내에서 T1 또는 E1급의 양 방향 데이터를 별도의 중계기없이 브릿지 탭을 포함하여 약 3.2 km까지 양호한 전송이 보장되는 기술이다. 그림 2에 2B1Q(2Bit 1Quaternary) 데이터 전송 장치 구조를 나타내었다. 전송 방식에 따라 입력 신호의 매 2비트 블록을 single 4-level pulse 또는 quaternary line 신호로 변환하여 전송하며 2B1Q,

QAM(Quadrature Amplitude Modulation)과 거의 같은 스펙트럼과 성능을 가지면서 구현이 용이한 CAP(Carrierless AM/PM), 및 T1E1.4에서 표준으로 채택한 QAM을 개선한 DMT(Discrete Multitone) 방식이 있으나 현재 국내에는 단일 채널 변조 방식을 채용하는 2B1Q 또는 CAP 방식이 도입되고 있고 접속 회선의 구성 형태에 따라 양방향 통신 방식으로 통신 회선의 효율이 높은 4선식 전이중(full-duplex) 방식 또는 주파수 분할 방식에 의한 2선식 전이중 방식으로 구현할 수 있다. 본 장치의 HDSL은 모든 전송 심볼을 2 비트를 사용하여 quaternary 심볼로 맵핑하고 4-level pulse로 변환하여 전송하므로 정보 속도의 절반으로 라인 보(baud) 속도를 제공할 수 있고 QAM과 평균 전송 전력이 같으며 하드웨어 구현이 간단한 2B1Q 방식을 사용한다. E1 2B1Q는 각 심볼 펄스가 2 비트로 전송되기 때문에 2로 나누어 지는 결과가 되며 584 kbaud이다.

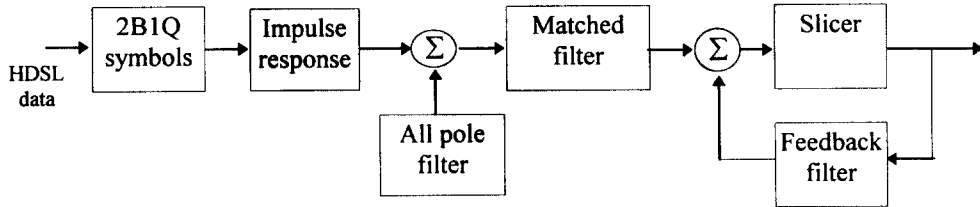


그림 2. 2B1Q 데이터 전송장치

HDSL의 핵심 기술인 HDSL 칩셋은 AT&T, Metalink, Amati, Brooktree, PairGain 등에서 개발되고 있으며 Alcatel, PairGain, Addtran 등에서 상용 제품으로 국내에 기 도입되어 일부 시범 지역을 대상으로 시범 서비스 중에 있다. 국내에서는 (주)LG 정보통신에서 AT&T사의 CAP 방식의 칩셋을 이용하여 HDSL 정합 장치가 개발되고 있고 그 밖에 소규모 전문업체에서 2B1Q 방식의 HDSL 상용 칩셋을 이용하여 개발되고 있지만 이 분야의 본격적인 발전이 최근에 와서 본격적으로 이루어 짐에 따라 아직 국내 기술 표준이 없고 기술 수준이 미흡하며 제품간의 상호 호환성(interoperability)도 없는 실정이어서 최근 국제적으로 표준화된 기술 기준에 부합되고 상호 호환성을 고려한 고 품질, 고 성능의 제품 개발이 모두 물러사를 비롯하여 활발히 추진되고 있는 중이다.

본 고의 II 장에서 ATM 시스템에 HDSL 정합 기능을 구현하기 위한 HDSL 정합장치 설계에 대하여 기술하고, III 장에서는 HDSL 정합장치의 성능 평가를 수행하였으며 HDSL 환경의 전송 손실 모델링[1], 셀 손실을 측정 장비와 선로 시뮬레이터 장비[2]를 이용한 시험 방법 및 HDSL 서비스를 위한 최대 서비스 루프 거리와 셀 손실을 평가 결과를 제시한다. 또한, HDSL 가입자 단말의 개발과 HDSL 장치의 유지보수 방법에 대하여 기술하고, IV 장에 결론 및 향후전망을 기술한다.

II. ATM 기반의 HDSL 정합 기능구현

1. HDSL의 ATM 정합기능

ATM을 기반으로 하는 E1 방식의 HDSL 정합 장

치는 ATM 인터페이스 및 물리층 처리 기능과 HDSL 정합 기능(HDSL)을 각각 분리하여 구현하고 장치 위에서 이들을 상호 결합하여 보드 당 4 가입자 링크를 수용한다. HDSL 정합장치는 그림 3과 같이 저속 EPLD로 구성되는 셀 버스 송신 정합부, 셀 버스 수신 정합부, PLPP과 해당 가입자에게 셀을 전송하기 위하여 일시적으로 셀의 저장을 위한 FIFO 등으로 구성되는 ATM 물리층 정합 기능과, 2페어 가입자 UTP 선로 방식의 전이중 HDSL 2B1Q방식을 지원하는 HDSL 디바이스로 구성되는 HDSL 전송 기능을 정합하여 개발되었으며 HDSL 정합장치는 크게 ATM 물리층 정합 기능과 HDSL 정합 기능으로 구분된다. ATM 물리층 정합 기능은 CPU 부, 메모리 부, PLPP, EPLD와 FIFO로 구성되는 셀 버스 수신 인터페이스부, 셀 버스 송신 인터페이스부, multicast VPI/VCI 변환부, 제어 버스 정합부, 내부 클럭 발생부, 시리얼 포트 정합부 및 전원부로 구성되고, HDSL 정합 기능은 Metalink사의 HDSL 칩셋인 ASP(MtH1241), DSP(MtH1210), framer(MtH2430)로 구성된다.

HDSL 정합부는 표준 E1 포맷을 HDSL 포맷으로 바꾸는 기능을 한다. HDSL 선로로 부터 입력되는 신호로 부터 데이터와 클럭을 추출하여 프레임 생성(HDSL 프레임용 통해 전송되는 데이터 속도는 E1급의 2.048Mbps) 하고, 프레임의 오버 헤드에 포함된 유지 보수 신호를 처리하여 ATM 셀을 추출하고 LSAA(ATM 계층 처리부)로 전달한다. 그리고 LSAA로 부터 수신한 ATM셀을 유지 보수 신호와 함께 프레임을 구성하여 HDSL 가입자 선로로 전송한다. HDSL 정합부 회로는 루프 당 송신부와 수신부로 구분된다. 송신부는 기본 속도 채널을HDSL 2 루

프 채널로 바꾸고, framer에 의해 공급되는 기본 속도 프레임 정보를 이용하여 오버 헤드 비트와 루프 데이터로 채널을 다중화한 다음, 루프 데이터는 혼화(scramble)되고 2B1Q 코드를 사용하여 인코드된다. 수신부는 루프 데이터를 역혼화(descramble)하고 HDSL 루프 채널을 기본 속도 채널로 역 다중화 한다.

그 반향을 제거하고 제어 이득 증폭기에서 출력이 증폭된다. 수신 신호는 LPF를 거치고 digitizer에서 샘플된 후 수신 장치를 통해 DSP에 전달되며 송신 장치를 통해 ASP로부터 디지털 형태의 전송 신호를 받아 전송 펄스가 정형되고 VCXO(Voltage-controlled crystal Oscillator)에 의해 클럭이 복구된다.

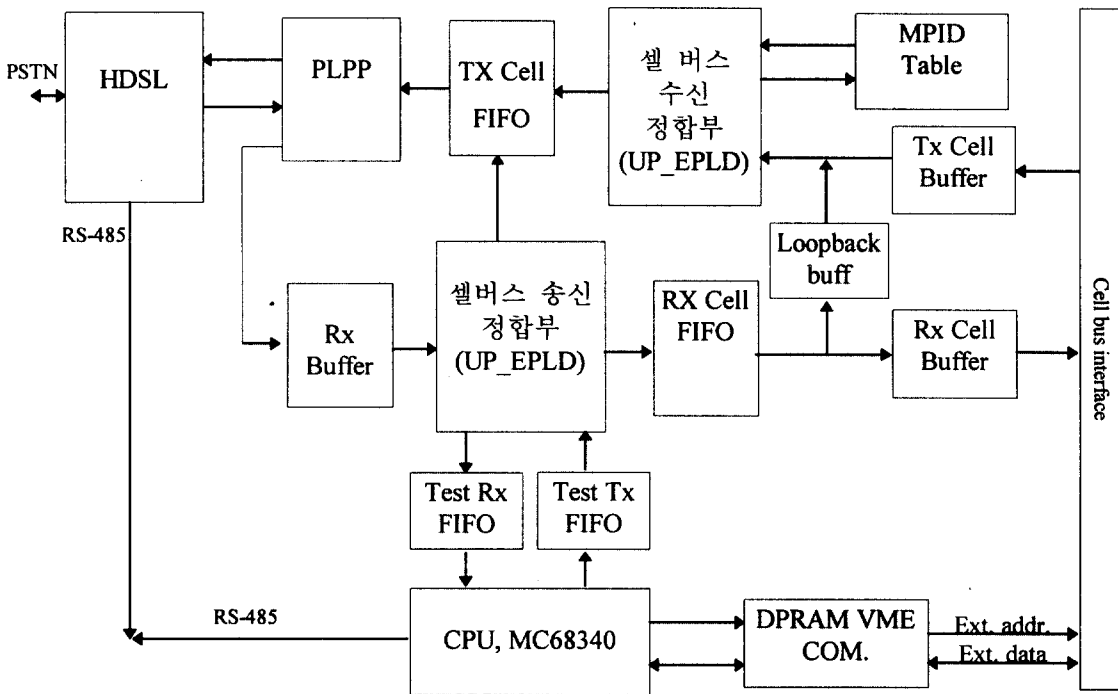


그림 3. ATM에의 HDSL 기능 구현 블록도

2. HDSL 기능

본 장치의 HDSL 정합부는 HDSL 프레임 구조상 일반적인 유료 부하(payload) 데이터와 PLPP과 신호선의 연결로 정합된다. HDSL 정합부는 2B1Q 방식을 지원하며 Metalink사의 ASP(Analog Signal Processor, MtH1241), DSP(Digital Signal Processor, MtH1210), framer(MtH2430)[3] 및 controller로 구성된다.

ASP는 전송 선로 상의 신호가 2선/4선 브릿지를 통해 2선으로 신호를 송수신하며 수신 신호의 아날로

2B1Q HDSL을 구현하는 DSP의 구조는 그림 4와 같으며 EC(Echo Canceller), precursor ISI(Intersymbol Interference)와 crosstalk noise 제거하는 adaptive LE(또는 feedforward equalizer), postcursor ISI를 제거하기 위한 DFE(Decision Feedback Equalizer)가 핵심 신호 블럭을 구성한다. 기존 음성전화 동선 루프에서의 HDSL 서비스의 성패가 가입자 서비스 거리와 전송 품질이라 할 수 있기 때문에 대부분의 DSL 연구가 여기에 귀착되며 HDSL 채널 용량을 증가시키기

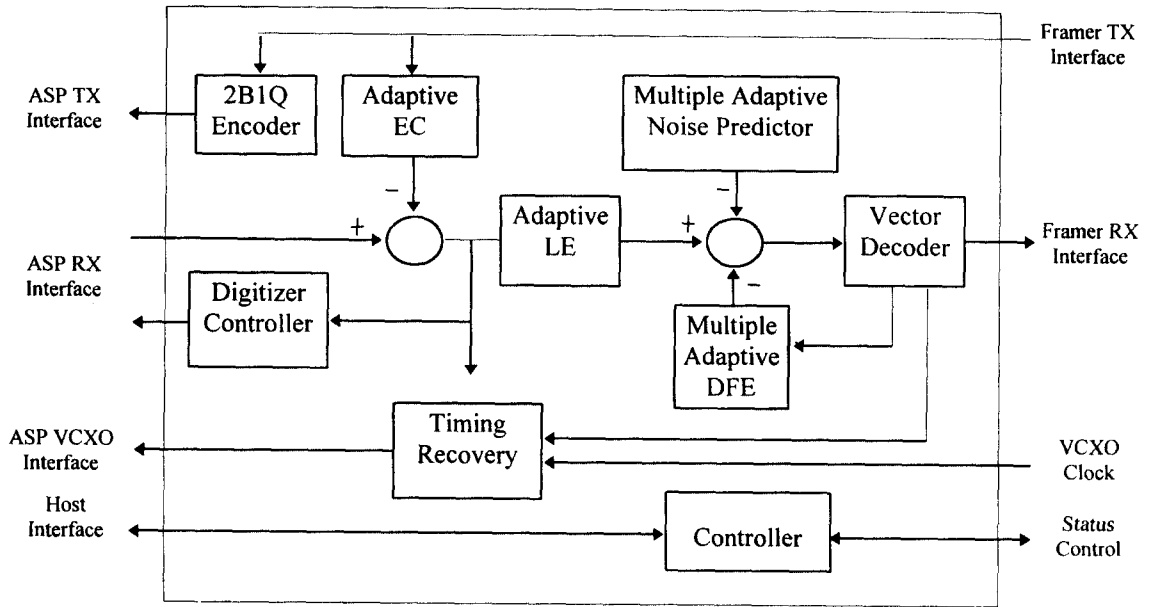


그림 4. 2B1Q HDSL DSP구조

위해서 수신장치에 적응 채널 등화, 2B1Q 선로 코드 및 전이중 방법이 사용되고, 선로 전송 손실을 최소화하기 위해서 반향 제거기, 적응 디지털 필터 및 등화기가 채용되며, 보다 우수한 SNR을 구현하기 위해서 FSE(Fractional Spaced Equalizer), noise cancellation, FEC(Forward Error Correction), matched filter, trellis coding 및 multitone transmission 같은 방법 들이 사용 목적에 적절하게 채용되어 설계되는데 최근에는 복잡도와 경제성 및 상호 운용성 등에 대한 고려가 많이 포함되는 경향을 갖는다. 특히 여러 서비스가 제공되는 동선 케이블 다발에서 발생하는 반향은 시간과 온도에 대해 매우 서서히 변화하지만 다른 선로에 중요한 영향을 미치므로 이를 위한 보상회로는 선로의 위상과 진폭을 보상하고 보다 높은 데이터 속도를 구현하도록 전송되는 동안 지속적으로 ISI를 최소화하도록 조정가능한 적응 등화기(adjustable adaptive equalizer)를 채용하여야 할 것이다. DSP 구조의 송신부에서 2B1Q 인코딩이 수행되고 수신부에서 수신 신호에 적응 디지털 반향 제거(adaptive

digital echo cancellation)가 적용되고 필터에 남아있는 반향이 조정된다. 반향이 제거된 신호는 precursor ISI를 제거하기 위한 adaptive LE(Linear Equalizer)에 적용된다. 이 후 수신된 데이터의 near optimal decoding을 위해 여러 개의 noise predictor와 비교적 설계가 간단한 DFE로 구성되는 디코더에 적용되고 timing recovery에 의해 수신 신호 클럭이 재구성된다. 이상적인 infinite adaptive LE와 DFE를 갖는 2B1Q 시스템에서 10^{-7} 의 BER을 구하기 위해서 21.5 dB의 SNR이 필요하고 9000 ft(2.7 km), 26 게이지 루프에서 이상적인 infinite EQ는 slicer 입력에서 평가되는데 최대 구현 가능한 SNR은 29.7 dB수준이므로 이론적으로 약 8.2 dB의 노이즈 마진이 필요하며 이는 실제로 만족스런 uncoded 2B1Q 전송장치를 수행하기 위해서는 충분히 긴 등화기(infinite EQ)와 DFE가 필요하다는 것을 의미한다. 일반적으로 2B1Q 코드를 사용할 때 구현 가능(causal)하고 최소 위상을 얻기 위하여 40 탭 이상, AMI(Alternate Mark Inversion) 코드를 사용할 때 20탭 이상의 필터가 필

요한 것으로 알려져 있고 최근에는 matched filter가 사용되거나 중요한 사실은 2B1Q HDSL DSP의 설계 성능에 따라 서비스 거리가 25% 까지 개선되기 때문에 HDSL의 설계가 매우 중요하다는 점이다.

Framer는 데이터의 데이터 혼화, 역혼화, 주기적 리던던시 검사, 프레임 동기, stuffing bit, eoc(embedded operation channel) 및 표시 비트 같은 데이터 유효부하로 HDSL 프레임으로 만든다. E1 또는 데이터가 루프를 통해 HDSL 프레임으로 들어오고, 프레임에서 HDSL의 E1 변환 및 E1의 HDSL 변환이 수행된 다음, stuff 삽입 및 E1 클럭 복구로 주파수 변환을 한다. HSPA 자체 시험을 위하여 HDSL-COT와 HDSL-RT에서 각각 로컬 및 리모트 루프 백 등 4 가지의 루프 백 기능을 제공한다.

3. HDSL 프레임 구조

HDSL 프레임 구조[1]는 그림 5와 같이 quaternary symbol(quat)과 핵심 프레임 바이트의 맵핑으로 구성되며, HOH(HDSL OverHead) quat와 12 블록의 유효부하(payload)를 하나의 그룹으로 하여 네 그룹으로 구성된다. 처음 그룹은 7 개의 심볼 동기 워드로 시작하며 12 블록은 핵심 프레임의 타임 슬롯과 프레임 비트로 구성된다. 나머지 세 그룹도 같은 구조이며 5 개의 HOH quat와 12 개의 HDSL 유효부하 블록으로 구성된다. 한 프레임은 동기 워드, 16 HOH quat, 48 프레임 비트, 및 48 타임 슬롯 바이트로 구성된다. 각 프레임에서 0 또는 2 stuffing quat가 포함되어 6-(1/392) ms의 3503 비트를 구성하거나 6+(1/392) ms의 3505 비트를 구성한다. 따라서 T1 HDSL 프레임은 평균 3504 비트, 6 ms이며 784 Kbps(3504 bit/6 ms)의 HDSL 주파수를 제공한다. E1을 위한 2.048 Mbps는 2 페어 가운데 한 페어에 T1 채널에 2채널의 64 Kbps가 추가되고 16 Kbps의 오버 헤드가 추가

되어 1,168 Kbps(64 Kbps18+16 Kbps)의 HDSL 주파수를 제공한다. 따라서 E1 HDSL 프레임은 평균 7,008 비트, 6 ms이다.

III. HDSL 정합장치의 성능 평가

1. 전송손실 모델링

HDSL 정합장치의 성능 평가를 위한 전송 손실은 모델링[4],[5]한다. UTP(Unshielded Twisted Pair)에서 CSA 데이터 전송 채널의 전송 손실은 ISI(Intersymbol Interference), Crosstalk, 임펄스 노이즈[6]~[9] 브리지 탭에서 반사되는 신호와 선로 직경 변화 및 불완전한 하이브리드에 기인하는 반향 노이즈, A/D 변환시 반올림 오차로 인한 양자화 노이즈와 열(thermal) 노이즈같은 전자 노이즈 및 전원선으로 부터 유도되는 유도성 노이즈가 있으며 이 가운데 CSA 구역내에서 특히 심각한 전송 손실로는 ISI, 누화, 임펄스 노이즈 그리고 24/26 게이지 선로의 감쇄를 꼽을 수 있으며 ECSA(Exchange Carrier Standards Association)에서는 2B1Q 코드를 사용할 때 가장 중요한 요소로서 NEXT와 ISI를 고려하고 있다. ISI는 2B1Q HDSL에 적용 등화기를 사용하여 선로의 위상과 진폭 왜를 보상함으로써 2.048 Mbps를 구현하며 수신부 장치 입력에서 최소화되도록 조정하여 노이즈 전원을 제거한다.

NEXT(Near End Crosstalk)는 인접한 채널의 정보가 선택되어 있는 채널로 누설되는 것이며 케이블 또는 전송 장치에 임피던스 영향을 주지않는 전압 레벨이 적용되어야 한다. HDSL전송은 CSA 구역 안으로 제한되며 대표적인 케이블은 50 페어이고 HDSL 전송장치가 케이블 종단에 위치하므로 49 HDSL disturber가 가장 강력한 NEXT 간섭을 발생하는 것

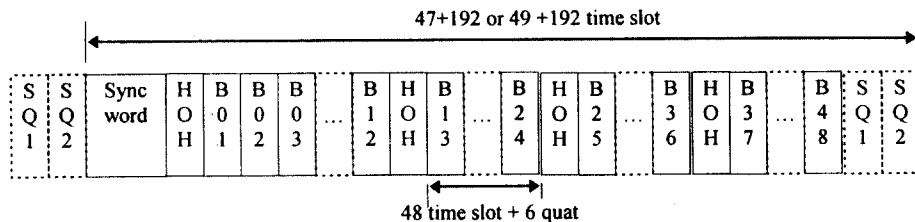


그림 5. 2B1Q HDSL frame 구조

으로 가정되기 때문에 HDSL 선로가 서비스에 최대한 용통성을 가져야 한다. 일반적으로 HDSL 신호를 수신하는데 단방향 전력 스펙트럼으로 -140 dBm/Hz 의 게이지 N이 감안된다.

Bellcore에서는 HDSL 시스템은 모든 루프에서 6 dB의 NEXT 노이즈 마진을 갖고 동작할 수 있도록 권고하고 있으며, ANSI(American National Standards Institute)에서는 최악의 조건(worst-case)에서 시스템 내부의 예측할 수 없는 선로특성 및 임펄스 노이즈와 같은 많은 성능 감쇄가 있을 수 있고 이상적인 시뮬레이션과 실제 하드웨어 사이의 차이를 감안하여야 하므로 10^{-7} 의 BER(Bit Error Rates)을 보충하기 위해서는 추가적으로 6 dB NEXT 마진이 필요하다고 규정하고 있다. 이 6 dB 마진은 24 게이지에 대해 약 520 m, 26게이지에 대해 약 365 m 수준에 해당되며 이들 게이지의 대표적인 주파수 전송 범위는 각각 20 ~ 200 KHz와 30 ~ 300 KHz 대역이 주어진다. 전송 장치 시뮬레이션에서는 구내 선로에 대해 루프 감쇄를 6 dB 증가시키는 방법으로 HDSL 송 수신 장치의 성능에 6 dB 마진을 부과하고, 각 루프 단말 종단에 결합 트랜스포머 대신 dual pole-dual zero HPF를 추가하여 $f_0 = 300$ Hz의 효과를 반영하는 방법이 이용된다. E1 HDSL NEXT는 전원 스펙트럼이 거의 584KHz내에 포함되는 것으로 볼 때 50페어 케이블에 대해 -42.30 ± 3 dBm, 25페어 케이블에 대해 -44.02 ± 3 dBm가 적용된다. HDSL NEXT 대신 최대 데이터 속도는 적정 입력 전원을 사용하는 한 모든 CSA 루프에서 균일(flat)한 전달 전력 스펙트럼으로 적용할 수 있다.

동선 상에서 임펄스 노이즈는 전 CSA 채널에서 10^{-7} 비트 에러 목표를 충분히 만족시키면서 필요 데이터 속도를 구현할 수 있는 수준으로 10 mW 전송 입력에서 평가되며 임펄스 마진은 $10 \log_{10}(N)$ dB에 의해 구해진다. 26 게이지 루프가 대부분인 미국의 경우 실제 가입자 루프에서 측정된 대표적인 임펄스 노이즈특성은 임펄스 노이즈의 거의 대부분이 40 KHz 이하 대역에서 집중되고 5 ~ 20 mV의 최대 진폭과 30 ~ 150 s의 펄스 지속시간을 갖고 분당 1 ~ 5회 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 2B1Q HDSL의 임펄스 노이즈 측정 결과에 따르면 2.7 km 26 게이지 페어에서 약 매 50 초마다 1회, 2.4 km 26 게이지 페어에서 약 매 170 초마다 1회 발생하였고, 2.1 km 26 게이지 페어에서는 임펄스가 발생하지 않았고, 한편 단말기 측에서 측정된 결과에 따르면 교환기 측에서

는 분당 10회 주기로 발생하고 가입자 측에서는 분당 2 ~ 3회 발생하였다. 여기서는 최악의 선로 전송 손실의 선로 조건에서 1 pulse/sec와 40 mV의 3 레벨 임펄스를 인가하였다.

longitudinal noise는 공통 임피던스로 되어있는 접지 루프에 신호 전류와 노이즈 전류가 같이 흐르기 때문에 생기는 노이즈로서 Power line noise 노이즈와 유사한 고조파를 갖기 때문에 선로 팁, 링(tip, ring) 정합시 선로에 대한 전원 유도 잡음류에 속하며 시험시 톱니파 전압 파형이 사용된다. Bellcore에서 권고하는 대표적으로 인가되는 수준은 60 Hz에서 50 Vrms[7]이다. 입력단에 외부 신호로서 아날로그 신호, 임펄스 트리거 신호 또는 랜덤 노이즈를 커넥터 입력단에 제공할 수 있다.

power line noise는 고 임피던스 결합 회로를 통해 선로에 유입되며 단일 톤과 단일 정현파가 dBm로 인가되고, ANSI 또는 이중 톤은 60 Hz와 고조파를 포함하기 때문에 60 Hz 간격의 60 ~ 660 Hz(-47 dBm ~ -74 dBm) 에서 -15 ~ 9 dB 범위의 2개의 고조파가 인가된다.

HDSL에서 FEXT(Far End Crosstalk)는 채널에 의해 거의 감쇄되므로 NEXT에 비해 노이즈 전력은 무시되는 수준이다. 게이지 변화에 의해 영향을 받는 총 에너지는 150 KHz에서 0.2 dB이하, 1 KHz에서 약 1.1 dB 수준으로 낮은 주파수에서 더 크며, 열 노이즈 또한 HDSL 응용에 중요한 인자가 되지 않을 정도로 적은 양이다. 송 수신 장치의 인코딩 기술에 관계되는 양자화 노이즈도 -140 dBm/Hz ~ -170 dBm/Hz 수준이므로 무시된다. 임피던스 불평형은 송 수신 장치 설계 문제로서 게이지 변화와 비슷하다. 기타 유도성 노이즈는 60 Hz에서 모델링되지만 트랜스포머 또는 HPF에 의해 제거되는 것으로 가정한다.

2. HDSL 성능평가를 위한 시험 구성

ATM에 구현된 HDSL 기능의 성능평가는 CSA 구역 내의 가입자에게 주문형 비디오 서비스, 영상전화 및 인터넷 접속 서비스를 제공하기 위하여 다양한 가입자 선로 조건에서 장시간 동안 지속적이고 정상적인 서비스를 할 수 있는지 평가하기 위한 목적으로 실시하였다. CSA는 AT&T Bell lab., Stanford University 및 기타 연구 기관에서 실시한 연구 결과로 부터 제시된 표준 전화 운용 구역으로서 완전 동선로를 이용한 DSL 서비스에 대해 능화가 존재하는 CSA 환경에서 250 ~ 350 KHz의 채널 대역폭을 이

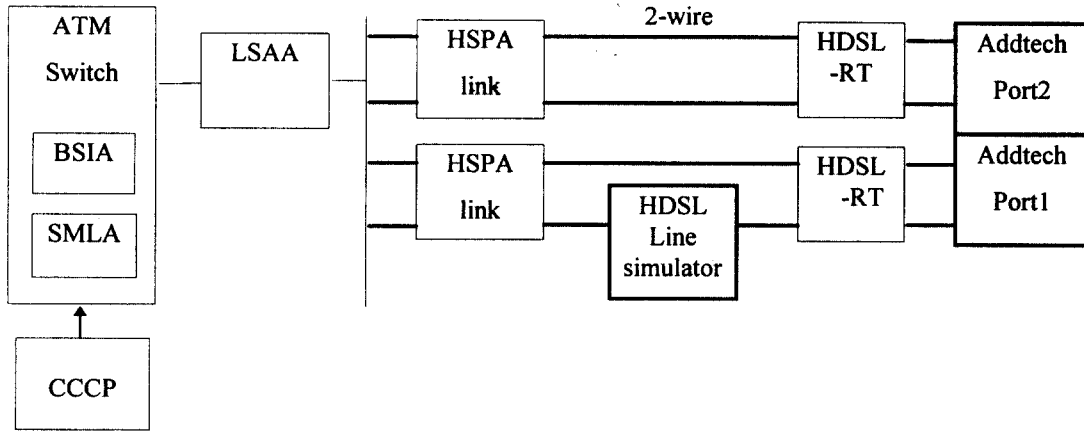


그림 6. HDSL 성능 측정을 위한 구성

용하는 전송장치를 사용할 때 브릿지 탭 및 원격장치를 포함하는 26 게이지 루프 내에서는 9 Kft(2.74 Km) 까지, 24 및 26 게이지가 혼재하는 루프 내에서는 12 Kft(3.65 Km) 까지 10^7 의 전송 성능을 보장하는 구역이다. 시험 구성은 HSPA(HTU-C)와 선로 시뮬레이터, 외장형 HDSL(HTU-R) 모뎀, LAN-router, 노트북 PC, E1 셀 발생 및 분석장비(Addtech)를 이용하여 구성하였다. E1의 2,048 Mbps 의 속도는 loop 1, loop 2 두개의 루프에 각각 1,024 bps씩 나뉘어 양방향 서비스되므로 교환기측 HSPA와 가입자측 HDSL(RT) 모뎀 사이의 양방향 2선식 루프 가운데 한 루프에 선로 시뮬레이터(HDSL DLS 200H)가 연결된다. 서비스 루프 거리 성능은 그림 6과 같이 가입자 선로 루프에 HDSL 선로 시뮬레이터를 연결한 후 실제 가입자 선로 조건을 위한 전송 손실을 인가하여 측정한다. 이 시험 루프는 ANSI 표준 시험 루프[10]와 거의 동등한 CSA 루프로서 선로 시뮬레이터에서 제공하는 8 개의 CSA 표준 루프[3가 적용되었다.

HDSL 유료부하 데이터의 신뢰성있는 전송을 위하여 모든 전송 계수는 충분히 안정된 후 전송됨에도 불구하고 개발된 HDSL 정합장치의 서비스 루프 거리 성능 평가는 먼저 선로 전송 손실이 인가되지 않은 조건에서 장기간 시험을 거쳐 장치 기능이 충분히 안정된 조건에서 표 3과 같이 26게이지의 25 페어 및 50 페어 케이블, 24 게이지의 25 페어 및 50 페어 케

이블에 대해 누화, 임펄스 등의 전송손실 수준을 점차 증가시키면서 시험하였다. 시험에 인가되는 전송 손실은 선로 시뮬레이터 장비에서 제공 가능한 HDSL NEXT, Impulse noise, Power line noise 및 Longitudinal의 4종류로 제한하였다. 대표적인 시험 루프로서 26게이지 9,300 ft(2.8 km) 및 24게이지 12,300 ft(3.7 km) 단일 선로 루프를 제공하는 #6, #8이 사용되었고 전체 8개의 CSA 루프에 대해 요구되는 시간동안 안정된 데이터의 송수신이 이루어지는지 확인하였다. HDSL 각 페어의 비트 속도는 1,024 Kbps이고 이 데이터 패킷을 시험에 인가하였다.

HDSL의 BER 및 셀 손실 성능 측정은 그림 11의 시험 구성에서 CSA 표준 루프를 이용하여 수행하였다. HDSL 장치를 초기화(속도, 채널, 루프 모드 등)시키고 루프 백 시킨 다음, 지속적으로 데이터를 송신하고 그 응답을 모니터링하는 방법으로 20분(1,255 회) 에러 발생율을 측정하고 속도를 변화시키면서 같은 방법으로 에러 발생율을 측정한다. 장시간 동안 안정된 데이터의 송신 및 수신이 이루어지는지 확인하였다. 에러 발생율은 1,255 샘플로 평가할 때 95 % 신뢰도를 갖는 에러율 3 % 이내에서 평가하였다.

3. HDSL 서비스 루프 거리 및 셀 손실 성능평가

그림 6의 HDSL 성능 측정을 위한 구성에서 2B1Q 전송 방식을 지원하는 ATM 기반의 HDSL 정합장치의 BER에 따른 서비스 루프 거리 성능을 평가하였다. 24 및 26 게이지 선로에 HDSL NEXT, 임펄스 노

이즈, power line noise 및 longitudinal noise가 없는 양호한 상태, 대표적인 전송 손실 수준이 인가된 상태 및 최악의 전송 손실이 인가된 상태에 대하여 2.048 Mbps 데이터 전송을 위한 각각 비트 에러 성능을 측정 한 결과를 그림 7 및 그림 8과 같이 그래프로 나타 내었다. 대표적인 가입자 루프 노이즈 조건인 26게이 지 케이블 감쇄로서 HDSL NEXT -42.30 dBm와 임 펄스 노이즈 -40 mV가 인가된 조건에서 시험한 결 과, 거리 변화에 따른 에러 발생율이 2.5 km에서 3.0 km 까지 거의 선형에 가깝게 증가하여 임펄스 노이 즈가 루프 거리 성능에 직접적인 영향을 미치는 것으 로 나타났다. 그리고 power line noise를 0 ~ 6 dB 까

지 증가시켰을 때 에러 발생율을 시험한 결과, 루프 거리에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났고, 그 밖에 longitudinal 노이즈 수준을 10 ~ 50 mV까지 증가시켰을 때에는 루프 거리에 대한 직접적인 영향 은 대단히 미세한 것으로 나타났다. 대표적인 선로 전송 손실 수준에서 24 게이지 선로에 의해 3.5 Km, 26 게이지 선로에 대해 2.7 Km의 루프 거리까지 서 비스 가능한 것을 보여준다. 선로 임펄스가 1 pulse/sec, 80 mV 이상이 인가되는 최악의 조건에서 각각 2.6 km와 3.4 km 이하로 루프 거리가 급격히 감소함을 보였다.

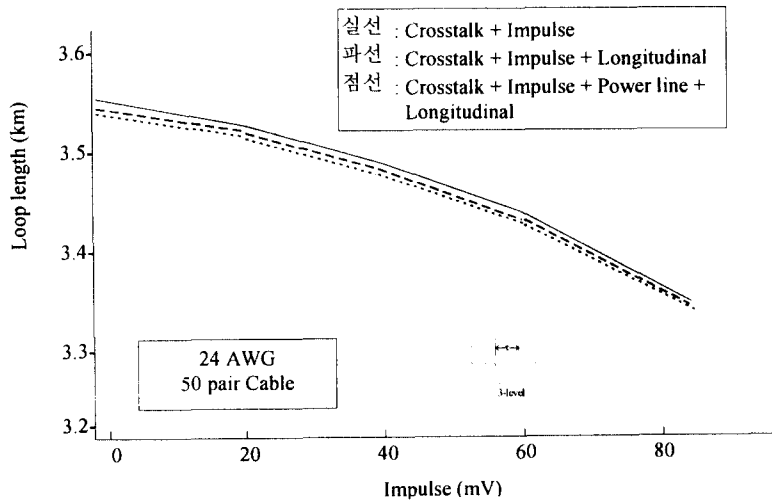


그림 7. 24 게이지 선로에서 전송 손실에 따른 루프 거리 성능

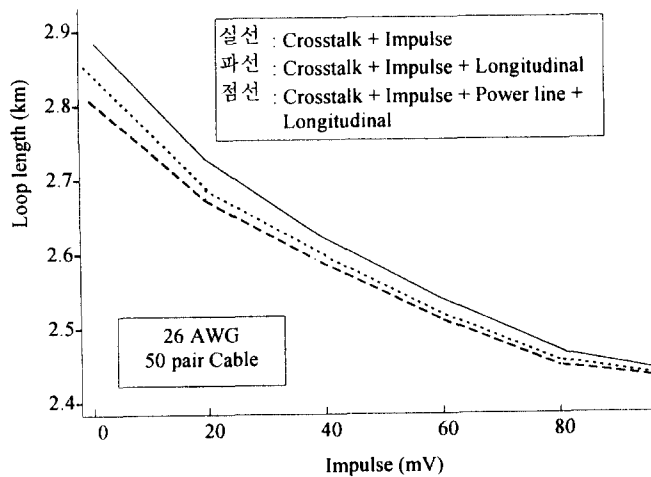


그림 8. 26 게이지 선로에서 전송 손실에 따른 루프 거리 성능

그림 6의 HDSL 성능 측정을 위한 구성에서 2B1Q 전송 방식을 지원하는 ATM 기반의 HDSL 정합장치에 대해 10^{-7} 의 셀 손실 성능 규격을 만족하는지 시험을 통하여 평가하였다. 대역폭은 2.048 Mbps(4,500 cells) 시험 루프는 26 게이지 가입자 선로에 대해 CSA 표준 루프 #6, 26 게이지 가입자 선로에 대해 CSA 표준 루프 #8 루프가 사용되었다. 24 및 26 게이지 선로에 대해 대역폭 2.048 Mb/s에서 전송손실 수준을 점차 증가시키면서 루프 거리에서의 셀 손실을 측정하여 결과를 그림 9 및 10과 같이 그래프로 나타내었다.

측정 데이터로부터 루프 거리 함수로서 선로 루프에 HDSL NEXT를 인가한 상태에서 대표적인 임펄스 노이즈 수준인 1 ~ 5 pulse/60 sec, 33.5 mV에서부터 점차 임펄스 수준을 상승(1 pulse/sec, 20 mV ~

2 pulse/sec, 100 mV)시킬 때 에러 발생 빈도가 점차 높아져 루프 거리가 크게 감소하므로 임펄스 수준이 루프 거리에 직접적인 결정 요소가 됨을 알 수 있다. 따라서 선로에 대표적인 수준의 노화만 존재하는 경우와 임펄스 노이즈를 감안한 최악의 경우의 선로 조건에서는 그 서비스 거리가 현저하게 감소함을 보여 주고 있다. 본 시험에서는 전송 손실이 미치는 서비스 루프 거리의 영향을 평가하기 위하여 실제 알려진 선로에 존재하는 임펄스 노이즈 수준보다 훨씬 가혹한 조건을 인가하여 시험하였지만 보통 임펄스 노이즈 에러는 interleaved FEC나 adaptive impulse noise cancellation에 의해 제거될 수 있으므로 절대적인 전송 제한 요소로 볼 수 없다는 사실을 감안하여야 한다. 이 시험 결과에 따르면 10^{-7} 의 전송 손실 규격을 만족하는 루프 거리는 먼저 선로에 전송 손실이 없을

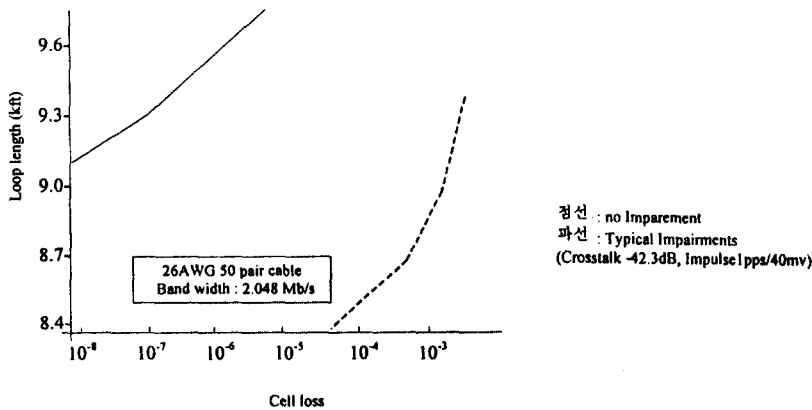


그림 9. 26 게이지의 루프거리와 전송손실 수준에 따른 셀 손실을 측정

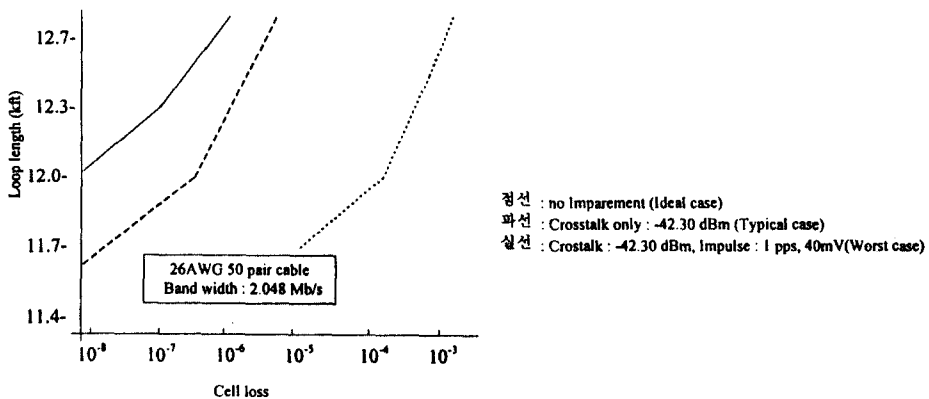


그림 10. 24 게이지의 루프거리와 전송손실 수준에 따른 셀 손실을 측정

때 26 게이지 에서 2.7 km 까지, 그리고 24 게이지 에서 3.6 km 까지 서비스 가능함을 보여주고 있다. 이때 대역폭을 2,048 Mb/s에서 1.696 Mb/s로 줄였을 때 26 게이지 에서 2.7 km 이상, 그리고 24 게이지 에서 3.6 km 이상에서 각각 10⁷의 전송 손실 규격을 만족하였다. 실제 가입자 CSA 구역에서 서비스할 때 예측할 수 없는 전송 손실을 위하여 6 dB 마진을 감안 [1],[11]한다면 CSA 구역 내에서 2.6 Km와 3.4 Km 까지 각각 양호한 서비스가 가능할 것이다.

4. HDSL 서비스 기능 시험

ATM 기반의 HDSL 가입자 정합 기능을 개발하고 서비스 루프 거리 성능을 포함한 HDSL 정합장치 기능, 시스템 호처리 기능, 그리고 형상 관리 및 상태 출력 기능, 장애 처리 기능 등의 제반 보전 기능의 시험 평가에 이어, 그림 11과 같이 ETRI에 구축된 HDSL 서비스 기능 시험 환경에서 대표적인 서비스로서 주문형 비디오 서비스, 영상회의 서비스 및 고속 인터넷 접속 서비스를 위한 시험 데모를 실시하였다.

PVC를 이용하여 비연결형 트래픽을 전달하는 경우, PVC의 종단에 접속된 LAN 또는 단말의 어드레스가 고정적으로 할당되고 IWF(Interworking Function)에서는 비연결형 트래픽의 목적지 어드레스와 이에 대응하는 PVC를 맵핑 테이블을 검색하여 트래픽을 전달한다. 이 방법으로 기존 망에서 사용하는 MAC(Medium Access Control) 어드레스 또는 IP 어드레스를 ATM 어드레스대신 직접 PVC의 VPI/VCI로 대응시키므로 어드레스 변환 절차가 생략되어 IWF의 기능을 단순화시킬 수 있다. IWF에서 IP 데이터그램을 셀화할 때 AAL(ATM Adaptation Layer) 3/4 또는 AAL-5의 어느 것을 사용하여도 무방하나 전송 효율이 높은 AAL-5가 더 선호된다.

비연결형 서버를 이용하여 비연결형 트래픽을 전달하는 경우, LAN 단말로 부터 전송된 비연결형 프레임이 LAN-BTA에서 CLNAP-PDU로 변환된 후 ATM 셀화되어 비연결형 서버에 전달되면 비연결형 서버는 CLNAP-PDU의 E.164 형태의 목적지 어드레스 값에 의해 목적지로 향하는 가상 경로를 따라 트

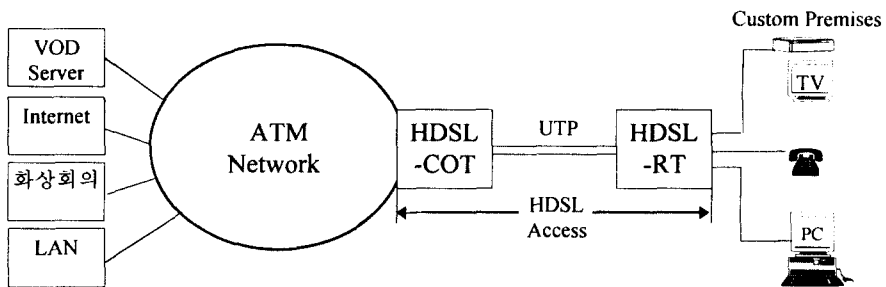


그림 11. HDSL 서비스 기능 시험 구성도

LAN 트래픽과 같은 비연결형 데이터를 ATM 망을 통해 전송하기 위한 가입자 서비스 접속[12]은 가입자가 소수인 경우에 이용하는 PVC(Permanent Virtual Connection)에 의한 직접 접속 방법과 가입자가 다수인 경우에 이용하는 비연결형 서버(connectionless server, CL server)에 의한 접속 방법이 있다. 서비스 접속 장치로는 IP(Internet Protocol) 데이터그램을 ATM 셀로 변환해 주는 정합장치로서 LAN-BTA(Local Area Network-Broadband Terminal Adapter)가 사용된다.

래픽을 전달한다. 따라서 고속의 버스가 가능하고, 가상 연결로 다단계 라우팅에 의한 지연이 해소되며, 하나의 가상 연결만으로 서버에 접속된 모든 단말과 통신 가능하고 그룹 어드레스로 멀티 캐스팅이 가능하다. ATM 망을 이용한 HDSL 구축은 기존의 인터넷 전송 지연을 해결하기 위한 최선의 방안으로서 PVC를 통하여 접속하거나 비연결형 서버를 이용하여 인터넷에 접속할 수 있으며, 구내 망과 ATM 교환기를 연결하기 위한 대부분의 ATM 어댑터는 LAN 에뮬레이션 또는 IP over ATM을 지원한다.

5. 가입자 단말과 HDSL장치 유지보수

5.1 가입자 단말

HDSL 가입자 단말(HDSL-RT)은 상향 스트림을 통해 가입자 서비스를 제공하기 위해 제어 신호, 하드웨어 초기화, 연결 설정/해제, 명령 데이터 전송 같은 신호들을 주고 받고, 사용자 하향 스트림을 통해 가입자에게 주문형 비디오 서비스를 위해 서버로부터 전달되어온 고속의 데이터를 가입자에게 서비스하기 위한 장치이다. DAVIC에서 규정하는 HDSL 가입자 단말 형태는 PC 내장 또는 STU(Set-top Unit) 형태로 상품화되며 하부의 다양한 망 환경에 독립적으로 동작할 수 있게 하기 위해서 망 접속 유닛(network interface unit, NIU)를 통해서 단말기를 연결하고 이들 간에 표준 정합이 적용된다. HDSL 가입자 단말을 통해 이더넷을 통신 선로로 이용하는 영상의 서비스를 제공하기 위해서는 실시간 데이터 전송이 필수적이므로 가입자 단말에 요구되는 조건은 우선 다운로드 기능과 운용 기능을 가져야 하고, 서비스 종류에 따른 다양한 프로토콜 프로파일을 내장하고 이를 처리할 능력이 있어야 하며, 다계층화로 인한 프로토콜의 오버헤드를 줄일 수 있어야 한다. 이러한 HDSL 가입자 단말을 STU 형태로 할 경우에는 메모리 용량, 메모리 액세스 시간 등에 문제가 되

고 가입자의 장치 부담이 커지는데 비해, PC 단말 형태로 할 경우에는 이미 각 가정에 널리 보급되어 있고 PC 단말 내부에 멀티미디어 서비스를 위한 장치들이 이미 내장되어 있어 이상적이다. HDSL 가입자 단말을 1 개의 카드로 개인용 컴퓨터 내부에 설치하고 PC에 의한 HDSL 가입자측 서비스를 구현[13]은 개별 어댑터 카드, 소프트웨어 또는 HDSL 카드에 ATM SAR(Segmentation And Reassembly) 기능을 구현하고, HDSL 전송장치는 CIF(cells-in-frame)같은 프로토콜을 이용하여 이더넷 인터페이스를 통해 ATM 셀을 통과하며, 새로운 유니버설 시리얼 버스 인터페이스를 통해 연결하고, DAVIC에서 규정하는 통신 망 표준에 부합하는 망 인터페이스 및 프로토콜을 내장하는 방법으로 가능하다.

5.2 HDSL 장치 유지보수

HDSL 장치는 모니터로 부터 명령을 입력하여 유지보수를 위한 자체 보드 시험 기능을 수행한다. HDSL 정합장치는 주기적으로 HDSL 정합부에 상태 보고를 요구하고 HDSL 정합부는 링크상태, 동기상태, CRC 상태를 시리얼 포트를 통해 HSPA에 보고한다. HDSL 가입자 단말은 유지보수를 용이하게 하기 위하여 표 2와 같은 다양한 유지보수 정보를 제공한다.

표 2. HDSL 유지보수 기능[1]

항목	기능
링크제어	· COT/RT E1 local & remote loop back
	· 선로 BER 시험 제어
	· COT에서 RT 원격제어
장애감시	· 선로루프 장애감시
	· 프레임 동기 상실
	· 오버헤드 정보교환, eoc 메시지 교환 감시
	· HDSL CRC 에러 감시
	· BER 측정, 에러 카운트
	· RT/COT 성능 감시
운용성	· 운용조작 상태 감시
	· 내부 장애 보고
	· 오조작 경고지시
	· 루프 백 상태표시
	· 시스템 운용안내
통계	· 원격운용 및 원격감시
	· 회선별 장애 항목별 회수
	· 회선 및 시간단위의 COT/RT 성능감시 통계
	· 회선별 운용모드 현황

IV. 결론 및 향후전망

참 고 문 헌

본 고에서는 ATM 교환기에 HDSL 정합 기능을 구현하고 ATM 환경에서 기존 음성 전화 가입자 선로를 통하여 일반 전화 가입자에게 4선식 HDSL 서비스를 제공하기 위한 가입자 서비스 루프 거리와 성능평가를 실시하였다[3]. 이 평가에서 노이즈가 없는 양호한 선로 조건에서 10⁷의 셀 손실 규격을 만족하는 최대 서비스 루프 거리는 26 게이지(0.4 mm) 선로에서 2.9 km 이상, 그리고 24 게이지(0.5 mm) 선로에서 3.5 km 이상까지로 나타났고, 대표적인 선로 전송 손실 조건에서는 26 게이지 선로에서 2.65 km까지, 24 게이지 선로에서 3.47 km까지로 나타났으며, 최악의 선로 전송 손실 조건에서는 26 게이지 선로에 2.6 km까지, 24 게이지 선로에서 3.4 km까지 HDSL 서비스를 제공할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 ETRI에 구축한 시범 서비스 데모 환경에서 MPEG-1(1.544 Mbps)급 주문형 비디오 서비스, 영상 회의 서비스 및 인터넷 접속 서비스 등의 서비스를 시험하였다. 현재 4선식 동 선로를 이용한 서비스 방식에 이어 2선식 HDSL 정합장치의 연구가 계속되고 있다.

향후 이러한 기존 가입자 선로를 이용한 HDSL 기술은 통신 속도는 30 Mb/s로 빠른 대신 여러 가입자가 네트워크를 공유하는 경우에는 속도가 떨어지는 CATV에 비해 가입자가 증가해도 2.048 Mbps의 안정된 속도가 보장되고, 적용이 용이하며 경제성이 있어서 VOD, 영상 회의 서비스 및 고속 인터넷 접속 서비스 외에 원격 교육, 게임, 상업 방송 광고 등 그 응용 범위가 다양하여 폭 넓은 형태의 가입자 서비스에 응용될 것이다. 또한, HDSL은 무선 가입자 망에 접속하여 전화 서비스가 적은 지역의 가정 및 사무실에 무선으로 가입자를 수용할 때 repeated T1/E1 line을 대체, 선로 유지보수 비용 절감, PCS의 개발 비용 절감 및 단순화, 기지국과 스위칭 망 연결에 경제적인 문제 극복, 동선 인터페이스를 통해 높은 대역폭을 제공할 수 있으므로 T1/E1 extender and repeater, voice pair gain transceiver, PCS radio port controller, digital Crossconnect System(DCS), Digital Loop Carriers(DLC), E1 SMDS(Switched Multimegabit Data Service), frame relay, switched E1/F(fractional)E1 등에 적극적으로 응용될 것으로 전망된다.

- [1] T1E1.4/93-201R1, High-rate Digital Subscriber Line(HDSL): CAP Interoperability, Nov. 10, 1993.
- [2] Consultronics, DLS200H-HDSL Wireline Simulator, Operating and Reference Manual Rev.4, Jan. 1996.
- [3] 梁忠烈, 장재득, 김진태, 강석열, ATM 기반의 HDSL 정합 기능 구현 및 성능평가, 통신학회 논문지, 제22권 5호, pp. 990~1006, 1997.7.
- [4] Jean. J. Werner, The HDSL Environment, IEEE JSAC, Vol. 9, No.6, pp. 785~800, Aug. 1991.
- [5] Jacky S. Chow, A Discrete Multitone Transceiver System for HDSL Applications IEEE JSAC, Vol. 9, No. 6, pp. 895~907, Aug. 1991.
- [6] Jean-Jacques, The HDSL Environment, IEEE JOSAC, Vol. 9, No.6, pp.785~800, Aug. 1991.
- [7] Bellcore, Generic Requirements for High-Bit-Rate Digital Subscriber Lines, TA-NWT-001210, Issue 1, Oct. 1991.
- [8] Karman Sistanizadeh, A Comparison of Passband and Baseband Transmission Schemes for HDSL IEEE JSAC, VOL. 9, No.6, pp. 881~894, Aug. 1981.
- [9] K. J. Kerpez and A. M. Gottlieb, The Error Performance of Digital Subscriber Lines in the Presence Of Impulse Noise, IEEE trans. On Commun, Vol. 43, No. 5, pp. 1902~1905, May 1995.
- [10] T1E1.4/96-006, ANSI Standard Test Loop, April 22, 1996.
- [11] Rolf Matzner, HDSL Design Issues - Optimization and Architecture Gain, IEEE GLOBECOM, pp. 1314~1318, 1993.
- [12] M. Katoh, A Network Architecture for ATM Based Connectionless Data Service, IEICE Trans, on commun., Vol. E-76-B, no.3, March 1993.
- [13] Kim Maxwell, Asymmetric Digital Subscriber Line: Interim Technology for the Next Forty Years, pp. 100~106, IEEE Meg. Oct. 1996.



양 충 렬

-
- 1983년 : 건국대학교 전자공학과 (학사)
 - 1989년 : 미국 제너럴다이내믹스(GDLS)사
파견 연구원
 - 1986년~92년 : (주)현대정공 기술연구소
 - 1992년~현재 : 한국전자통신연구원
신호서비스연구실 선임연구원
 - 1996년 3월~현재 : 충남대학교 전자공학과
(석사과정)
 - 관심분야 : 통신시스템, 신호처리

김 진 태

-
- 1980년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (학사)
 - 1989년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (석사)
 - 1996년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (박사)
 - 1988년~89년 : University of Missouri Kansas City
방문 연구원
 - 1979년~현재 : 한국전자통신연구원,
신호서비스 연구실 실장
 - 관심분야 : 신호 및 서비스 시스템