

ADSL/HDSL 전송 기술

文斗泳

LG情報通信(株) 專送研究團

요 약

이미 도래하고 있는 정보화사회에 있어서 다양한 멀티미디어 통신 서비스를 가입자에게 제공하기 위해서는 가입자망의 광대역화가 핵심적인 부분을 차지한다. 그러나 가입자망의 광대역화에는 많은 시간과 막대한 비용을 필요로 한다. 따라서 FTTH(Fiber to the Home)가 일반화되기 이전까지 가장 경제적인 가입자망의 광대역화 방안의 하나로 고려되고 있는 ADSL/HDSL 장치의 전송기술 개요와 선로환경 및 향후 전망에 대하여 검토하여 보았다.

I. 서 론

일반 가입자 선로를 이용한 통신은 Data 통신이 활성화 되기 이전에는 음성서비스가 주류를 이루어 왔다.

가입자 선로를 이용한 비음성 서비스를 위하여 Voice Band Modem이 사용되기 시작하였고 전송속도는 2.4Kbps(ITU-T V22 bis), 9.6Kbps(ITU-T V32), 14.4Kbps(ITU-T V32bis), 28.8Kbps(ITU-T V34)로 발전하였다. 가입자 선로의 이용효율을 제고하기 위한 또다른 방법으로 2선 선로를 이용하여 음성과 최대 19.2Kbps 까지의 Data를 동시에 전송하는 DOV (Data Over Voice)와 음성과 데이터를 다중화한 160Kbps의 데이터를 2B1Q (2-Bit 1-Quaternary : 4-Level PAM) 방식의 Line Coding을 이용하는 Basic Rate ISDN으로 발전하여 왔다.

한편 사회의 급격한 정보화 추세 및 단말기의 멀티미디어(Multi-Media)화에 따라서 다량의 사용자 정보가 생성되고 있으며 이 정보의 저장, 처리 및 전송등은 매우 중요한 과제가 되고 있다. 특히 이러한 다량의 정보를 고속으로 사용자에게 전달하기 위해서는 광선로가 가입자 통신 매체로 설치 운용되어야 하나 현재로서는 막대한 투자와 함께

많은 시간이 소요될 것으로 전망된다.

- 1단계 : FTTO 구축(1997년)
- 2단계 : FTTC 구축(2001년)
- 3단계 : FTTH 구축(2006년)
- 4단계 : FTTH 완성(2015년)

현 상황에서 기존의 전화선로를 이용하여 T1(1.544 Mb/s), E1(2.048 Mb/s) 또는 그 이상의 고속데이터를 전송하는 방법이 존재한다면 향후 가입자 광선로가 상용화(한국의 경우 2015년) 되기 전까지의 고속데이터 서비스 가입자의 전송 수요를 담당할 수 있게 될 것이다.

이러한 배경으로 미국의 Bellcore와 AT&T를 중심으로 1988년 부터 이에 대한 연구가 시작돼 현재의 HDSL(High-rate Digital Subscriber Line)과 ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)이 출현하였다.

본 고에서는 기존의 가입자 선로를 이용하여 별도의 중계장치 없이 T1 또는 E1 급 데이터의 양방향 전송을 가능케하는 ADSL/HDSL에 대한 환경분석, 장치구성, 전송하는 기술 및 발전추세에 대하여 기술하였다.

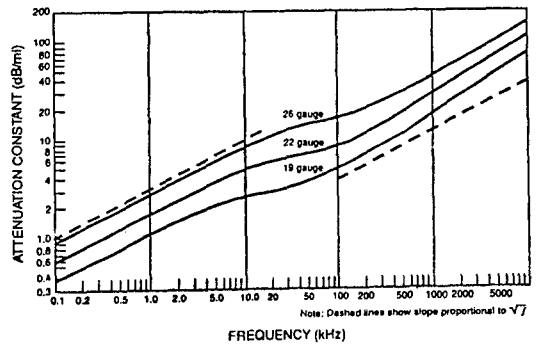
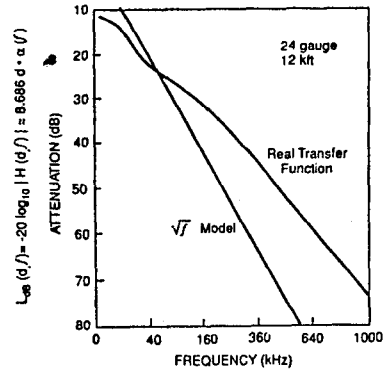
II. 가입자 선로환경

이 장에서는 ADSL/HDSL의 물리적 환경특성인 전송로의 감쇄특성, 균지연 특성, 누화특성, Bridged Tap 및 Impulse Noise 특성 등에 대하여 알아본다.

1. 가입자 선로의 전송특성

1) 감쇄특성(Attenuation)

가입자선로의 감쇄특성은 선로의 표피효과(Skin Effect)에 의해 일반적으로 \sqrt{f} 에 비례하는 것으로 알려져있다. 그러나 실제 가입자 선로의 감쇄특성을 보면 10KHz 미만 과 100KHz 이상의 대역에서는 \sqrt{f} 에 비례하지만 10KHz-100KHz(천이영



〈그림 1〉 감쇄특성

역 : Transition Region)에서는 $f^{1/4}$ 에 비례하는 특성을 나타낸다.

2) 균지연 특성

가입자선로의 균지연특성은 10KHz 미만에서는 큰 왜곡 현상을 나타내며, 30 KHz 이상에서는 매우 완만한 변화 특성을 보인다. 〈그림 2〉에 이러한 균지연 특성을 나타내었다.

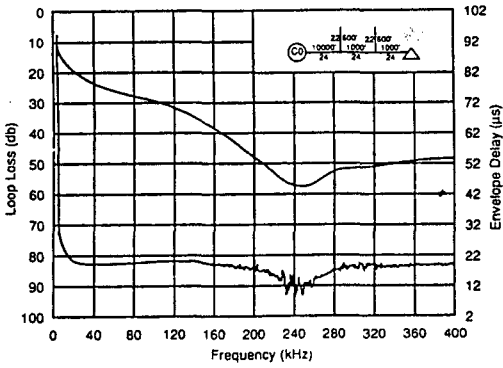
3) 누화특성(Cross Talk)

누화는 근단누화(NEXT : Near End Cross-talk)와 원단누화(FEXT : Far End Cross-talk)으로 구분할 수 있으며, 각 누화의 경로를 〈그림 3〉에서 나타내었다.

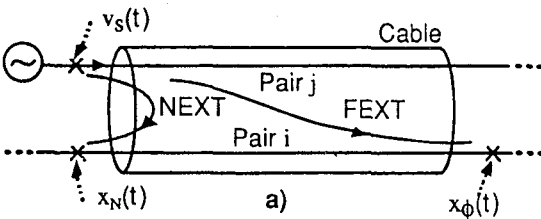
일반 가입자 선로환경에서는 NEXT가 주된 환경 잡음이며, NEXT의 주파수별 감쇄특성은 〈그림 4〉에서 나타내었다.

4) Impulse Noise

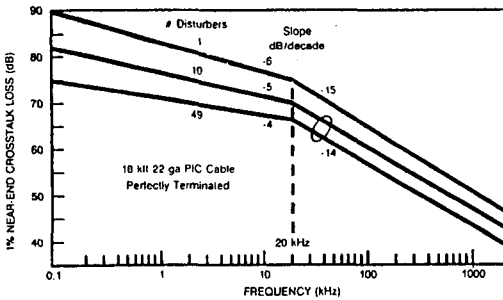
가입자 선로에는 다양한 환경요인에 의해 Im-



〈그림 2〉 균지연 특성



〈그림 3〉 근단누화와 원단누화의 경로



〈그림 4〉 NEXT 특성

pulse Noise가 야기되며, 그 주된 특성은 다음과 같다.

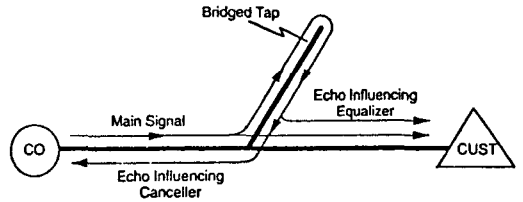
- 발생빈도 : 1~5회/분
- Level : 5~20 mVp-p
- Spectrum : 대부분 40KHz 미만
- Pulse폭 : 30~150 usec

이 Noise는 ADSL/HDSL 장치에 Burst Error를 유발시키는 주요 요인으로 작용하므로 Interleaving /Deinterleaving 및 전방향 오류정정 (FEC : Forward Error Co-rrection) 등의 기능

Block들을 필요로 한다.

5) Bridged Tap(BT)

가입자 선로 중에 전화국과 지역 특성에 따라서 Bridged Tap이 설치되어 있는 선로가 존재하는데 이것은 순방향 및 역방향의 Echo를 유발시켜 임피던스 부정합 등 선로특성을 열화 시킨다. 이에 따른 전송특성은 〈그림 5〉에 나타내었다.



〈그림 5〉 Bridged Tap과 그 영향

6) 기타 환경특성

지금까지 살펴본 환경요인 외에도 다음과 같은 요인들이 추가로 고려되어야 한다.

- 선로의 심선직경 변화(이중심선접속)
- 선로의 임피던스 부정합
- 온도변화에 따른 선로 특성변화
- 열잡음
- 기타 주변 잡음

2. 한국의 가입자 선로구성 현황

현재 우리나라 가입자 망의 대부분은 교환기와 가입자 간에 점대점인 단일스타 구조 또는 중간에 원격노드가 설치되어 신호의 다중화가 이루어진 이중스타 구조로 구성되어 있다.

1) 심선경별 현황

이용매체는 0.4mm, 0.5mm, 0.65mm 및 0.9mm의 동선으로 구성되어 있으며, 가입자 선로의 심선경별 구성 현황은 〈표 1〉과 같다.

2) 선로 거리별 현황

선로의 평균길이는 2.2Km로서 3Km이내 가입자가 약74%이며, 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 가입자의 93%가 5Km이내에 분포하고 있다.

3) 이중심선 접속현황

가입자 선로의 이중심선 접속율은 약 27% 정도

〈표 1〉 심선경별 현황

구 분	분 포 율
0.4 mm	83.7%
0.5 mm	13.0%
0.65mm	3.0%
0.9 mm	0.3%

〈표 2〉 선로 거리별 현황

구 분	분 포 율
0~1Km	23.5%
1~2Km	29.1%
2~3Km	21.4%
3~4Km	12.9%
4~5Km	6.2%
5Km이상	6.9%

〈표 3〉 이종심선접속 현황

구 분	분 포 율
0.4mm 단일	67%
0.5mm 단일	5%
0.65mm 단일	1%
0.9mm 단일	0.03%
이종심선접속	27%

이다.

4) Bridge Tap 현황

우리나라 선로의 BT 회선은 약 2% 정도이며 그 현황은 〈표 4〉에 나타내고 있다.

〈표 4〉 BT 현황

(a) BT 갯수별 현황

구 분	분 포 율
BT 1개	74%
BT 3개 이상	9%
BT 2개	17%

(b) BT 길이별 현황

구 분	분 포 율
100M 이내	39%
100-200M	18%
200-300M	10%
300-400M	7%
400-500M	5%
500-600M	4%
600-700M	3%
700M 이상	14%

5) 각국의 가입자 선로 비교

국내 선로의 현황을 타 국가들과 비교 했을 때 선로의 평균길이는 2.2Km로 일본의 1.7Km에 비하여 긴 편이나 대만과는 비슷하고 미국의 3.3Km에 비하여 짧은 편이다. 또한 한국의 경우 BT회선이 약 2%인 반면 일본, 대만 및 미국의 경우 BT회선이 약 40% 이상인것으로 분석되고 있다. 〈표 5〉는 각국가별 가입자 선로 비교표이다.

위에서 살펴본 바와 같이 국내의 가입자 선로환경은 미국, 대만 등에 비하여 양호한 것으로 판단 된다.

〈표 5〉 국가별 가입자선로 비교

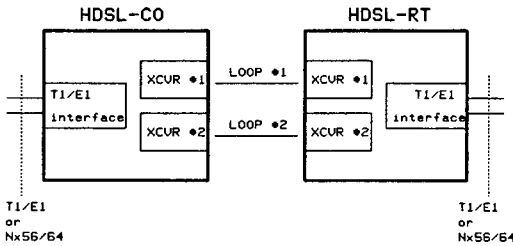
	선로 평균 길이 「M」	B.T 평균 길이 「M」	장하율 「%」
한 국	2,200	413	0
일 본	1,700	180	0
대 만	2,228	1.3개/회선	0
미 국	3,288	396	24

III. ADSL/HDSL 전송장치

1. HDSL 장치의 개요

HDSL(High-rate Digital Subscriber Line) 전

송장치는 기존의 전화가입자 선로를 이용하여 별도의 중계장치없이 T1(1.544Mbps) 또는 E1(2.048Mbps)급의 양방향 데이터를 전송하는 장치이다. HDSL 장치는 전화국(Central Office) 측 장치와 가입자측(Remote) 장치로 대별되며 전화국측 장치와 가입자측 장치는 가입자 선로를 통하여 연결된다. 이 연결은 HDSL 선로구성에 따라서 4선 또는 2선으로 연결될 수 있으며 <그림 6>은 일반적인 HDSL 운용에서 사용되는 4선식 Dual Duplex 구성 예를 나타내고 있다.



<그림 6> HDSL 장치구성

2. HDSL 장치의 구성요소

HDSL 장치는 <그림 6>에서 보는 바와 같이 2개의 송수신부와 하나의 T1 또는 E1 접속부로 구성되어 있다.

1) T1/E1 접속회로

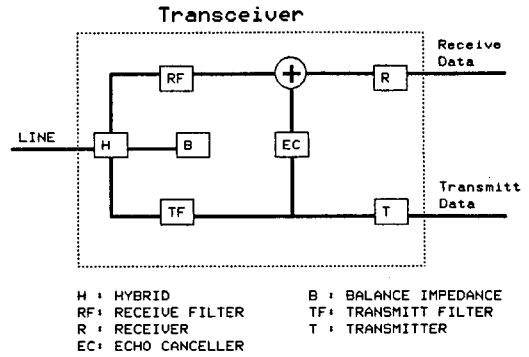
<그림 6>에서 보는바와 같이 4선식 구성에서 송신측은 T1 또는 E1의 신호(Serial Bit Stream)를 1/2의 비율로 분리하고 CRC와 Frame Bit 등의 부가정보(O.H : Overhead)를 다중화하여 송수신부 #1과 #2로 보낸다.

수신 방향에 있어서는 그 반대의 기능을 수행한다.

2) 송수신부

이 Block은 HDSL Unit의 전송기능의 핵심부로서 <그림 7>과 같은 Sub-Block 들로 구성되어 진다.

이 구성에서 Echo Canceller는 송신 신호가 수신측으로 누설되어 수신 신호에 혼합되어 들어오는 것을 제거하기 위하여 사용된다.



<그림 7> 송수신부

3) 가입자 선로의 구성방법

HDSL System은 그 응용에 따라서 다음과 같은 여러가지 형태의 선로 구성이 가능하다.

- 4선식 Dual-Duplex

HDSL System에 있어서 가장 일반적으로 고려되고 있는 선로구성 형태로서 2-pair(4선) 구성이다.

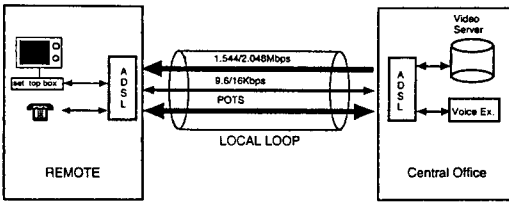
각 pair는 1/2 Pay-load 데이터와 Overhead를 포함한(T1의 경우 각 784Kbps) 데이터를 Full-Duplex로 전송한다. 이 방법은 Echo Canceller를 필요로 하므로 Hardware의 복잡성은 증가하나 Bandwidth의 효율측면에서는 유리한 방법이다.

- 2선식 Full-Duplex

1 pair 선로를 이용하여 FT1(Fractional T1) 또는 FE1 (Fractional E1) 급의 데이터를 Full-Duplex 전송하는 방법이다.

3. ADSL 장치 개요

ADSL(Asymmetrical Digital Subscriber Line) 전송장치는 2선 전화 가입자 선로를 이용하여 별도의 중계장치없이 T1(1.544Mbps) 또는 E1(2.048Mbps)급의 단방향 데이터와 9.6Kbps급의 양방향 데이터를 송수신하며 동시에 전화통화도 가능한 장치이다. ADSL장치는 전화국(Central Office)측 장치와 가입자(Remote)측 장치로 구분되며 전화국측 장치와 가입자측 장치는 2선 가입자 선로를 통하여 연결된다. <그림 8>는 ADSL 장치의 개념도를 나타내고 있다.



(그림 8) ADSL 장치 개념도

4. ADSL 장치의 구성요소

1) T1/E1 접속부 및 RS-232 접속부

(그림 8)에서 보는바와 같이 전화국측 ADSL의 T1/E1 접속부 및 RS-232 접속부는 비디오 스위치와 접속되며 가입자측 ADSL의 T1/E1 접속부 및 RS-232 접속부는 Set-Top Box와 접속된다.

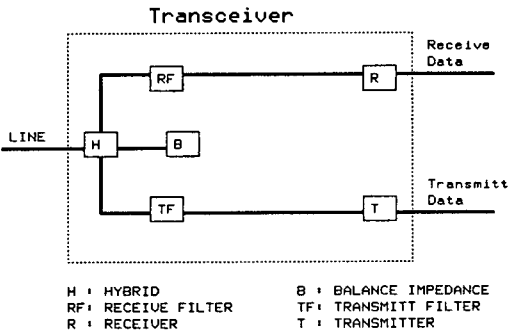
2) MUX 및 DEMUX 회로부

전화국측 ADSL의 MUX 회로부는 비디오 스위치로부터의 T1/E1 신호, RS-232 신호 및 ADSL 부가정보(O.H : Over Header)를 다중화하여 ADSL XCVR 회로부로 보내며 가입자측의 DEMUX 회로부에서는 그 반대의 기능을 수행한다.

또한 가입자측의 MUX 회로부는 Set Top Box로부터의 제어 신호와 ADSL 부가정보(O.H : Over Header)를 다중화하여 ADSL XCVR 회로부로 보내며 전화국측 ADSL의 DEMUX 회로부는 그 반대의 기능을 수행한다.

3) 송수신부(XCVR)

이 블록은 ADSL 장치의 전송기능의 핵심부로서 (그림 9)와 같은 Sub-Block들로 구성되어 있다.



(그림 9) 송수신부

4) POTS Filter

POTS (Plain Old Telephone Service) 필터부는 지역 필터로서 음성신호만을 통과하도록하는 기능을 수행하며 전화국측에서는 음성 교환기와 가입자측에서는 전화기와 접속된다.

IV. ADSL/HDSL 전송기술

1. 반향 제거기술(Echo Canceller)

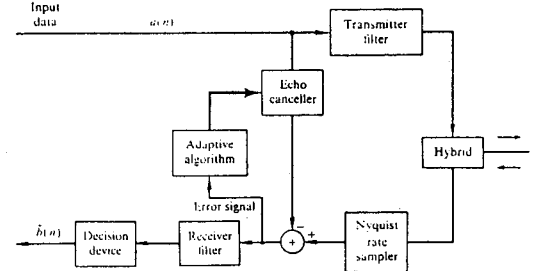
Echo Canceller 기술은 같은 대역폭을 사용하는 2개의 송수신 신호를 1개 전송선로를 통하여 통신하고자 할 경우에 사용되는 주요 기술 중의 하나이다. Echo 발생의 주요 원인은 다음과 같다.

- Hybrid 임피던스와 선로 임피던스와의 부정합
- Bridge Tap
- 이종심선 접속(Guage Change)

Echo Canceller의 동작원리는 다음과 같다. 송신 신호가 상기 요인에 의하여 수신측으로 누설되어 수신 신호에 혼합되어 입력된다. Echo Canceller는 송신 신호 성분이 누설되는 경로의 전달함수(Transfer Function)를 Estimation 하여 이를 Echo Canceller의 전달함수로 하여 Echo 성분을 제거하게 된다. Echo Canceller의 개념도(그림 10)에 나타내었다.

2. 자동 등화기술(Equalizer)

앞 장에서 언급한 바와 같이 신호는 선로를 거치는 동안 많은 요인에 의하여 왜곡(Amplitude 및

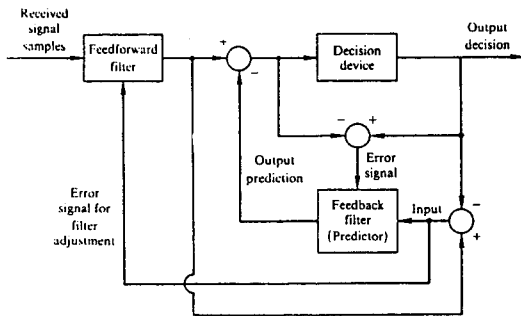


(그림 10) Echo Canceller

Phase Distortion)을 받게 된다. 이러한 왜곡된 신호를 복원하기 위하여 사용되는 기술이 등화(Equalization) 기술이다.

최근 Digital 신호처리 기술의 발달에 힘입어 대부분의 보상을 Digital 영역에서 다룰수 있게 되었으며 LE(Linear Equalizer) 또는 DFE(Decision Feedback Equalizer) 등이 이 목적으로 사용되고 있다.

이들 등화기는 FIR형의 Digital Filter가 사용되며 Filter의 계수(Coefficients)는 선로의 상태에 따라 자동조절 된다. 자동조절에 사용되는 목적함수는 Filter의 출력에서 ISI(Inter-Symbol Interference)가 최소가 되도록 구성되어 있다. 최근에는 전송 이득을 높이기 위하여 수신측과 연동하여 송신측에서 미리 Coding된 신호(Pre-Coding)를 전송하는 방식도 검토되고 있다. <그림 11>에 Equalizer의 개념도를 나타내고 있다.



<그림 11> 자동 등화기

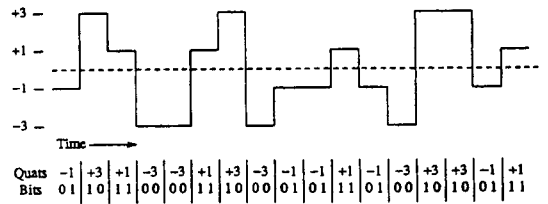
3. Line Coding/Modulation 방식

1) 2B1Q Coding(2 Binary 1 Quaternary)

ISDN-BRI (Basic Rate Interface : 2B + D)에서 사용된 Coding 방식으로 타방식에 비해 상대적으로 간단한 Hardware 구성으로 경제적인 구현이 가능하다는 장점이 있으나, 신호의 점유 대역폭이 넓고 Impulse Noise 및 다른 기존의 서비스와 간섭 등의 영향을 받기 쉬운 단점이 있다. <그림 12>에 2B1Q 방식의 Coding을 나타내었다.

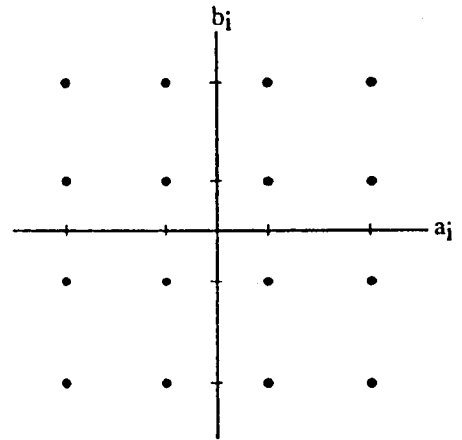
2) CAP 방식(Carrierless AM/PM)

이 방식은 2개의 Baseband 신호를 In-phase와 Quadrature-Phase Filter를 이용하여 Passband



<그림 12> 2B1Q SYMBOL

Spectral Shaping 하여 전송하는 방식이다. CAP 방식은 2B1Q와 같은 대역폭을 사용하더라도 2B1Q 신호보다 2배의 전송속도를 갖는다. 이 방식은 주파수 대역이 적절히 설정되었을 경우 선로상의 Impulse Noise 및 기타 기존 서비스와의 간섭등을 최소화 되도록 주파수 배치를 자유로이 할수있다는 장점이 있다.

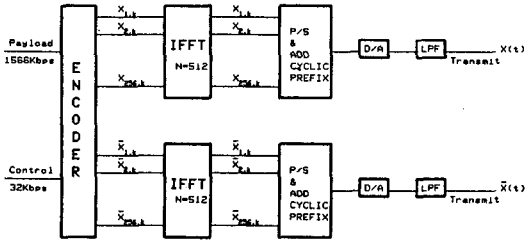


<그림 13> 16-CAP Constellation

3) DMT(Discrete Multi-Tone) 방식

이 방식은 사용 주파수 대역을 FFT(Fast Fourier Transform)을 이용하여 여러개의 sub주파수 대역으로 분할하고 각 sub 주파수대별로 각각 데이터를 변조하여 전송하는 방식이다. 이 방식은 각 sub 주파수대별로 변조 신호의 Symbol-rate을 변경 할 수있어 가입자 선로에서 발생하는 Impulse Noise 및 기타 잡음에 대하여 유리한 특성을 보인다. 그러나 이 방식은 sub 주파수 대역별 변조로 인하여 계산량이 많은 편이어서 Hardware의 구성

이 매우 복잡해지는 단점이 있다. <그림 14>은 DMT방식의 XCVR을 나타내고 있다.



<그림 14> DMT 방식

V. 향후 전망

지금까지 본고에서는 앞으로의 다양한 멀티미디어 서비스의 보다 경제적이고 용이한 서비스를 위하여 기존 가입자 선로의 이용효율을 제고 할 수 있는 ADSL/HDSL 전송장치와 전송기술 개요 및 그 환경에 대하여 살펴보았다.

ADSL/HDSL 전송 장치는 FTTH가 확산되기 이전까지 가입자의 고속 데이터 서비스의 요구에 부응할 수 있는 가장 현실적인 수단일 것이다. 그러나 HDSL의 경우 현재 전송거리로는 가입자의 약 70% 정도만 수용할 수 있기 때문에 보다 더 먼 거리를 전송할 수 있는 HDSL 전송장치의 출현이 요구된다. 또한 ADSL의 경우 '94년 말부터 서울 반포전화국에서 시행중인 1차 VOD 시범서비스와

'96년 초 전국 6대도시에서 개통 예정인 2차 VOD 시범서비스는 T1(1.544Mbps)급의 영상 전송서비스이다. 그러나 일부에서 영상품질의 한계 등의 문제점을 제기하는바 향후 2Mbps-6Mbps급으로의 서비스 전환도 고려되고 있다. 또한 CATV등 보다더 다양한 응용을 위하여 51Mbps급 ADSL의 등장도 예상되고 있다.

참 고 문 헌

- [1] T1E1.4 "High-bit-rate Digital Subscriber line(HDSL)" Technical Report T1E1.4/92-002R2.
- [2] Bellcore, "Generic Requirements for High-bit-rate Digital Subscriber Line", Technical Advisory TA-NWT-001210 Issue 1, Oct. 1991.
- [3] T1/E1.4/93-007 ADSL Standard(Working Draft) Title: Asymmetrical Digital Subscriber Line(ADSL) WORKING DRAFT Standard Data: November 15, 1993.
- [4] John G. POAKIS "Digital Communications" 2nd Edition.
- [5] IEEE, "Journal of Selected Area in Communications", Aug. 91 vol. 9 No. 6.

저자 소개



文斗泳

1955年 2月 13日生

1980年 1月 한양대학교 전자공학과 졸업

1980年 1月~1987年 4月 金星電氣(株)

1987年 4月~현재 LG情報通信(株)

주관심분야: 가입자 디지털 전송