

〈主 題〉

초고속 가입자 접속 기술

노장래 · 김재근

(한국전자통신연구원)

□ 차 례 □

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| I. 서 론 | IV. 초고속 가입자 접속망 구성 기술 |
| II. 초고속가입자망의 구성방식 | V. 초고속가입자망의 진화방향 |
| III. 초고속 가입자 접속기술의 표준화 동향 | VI. 결 론 |

요 약

정보통신서비스의 멀티미디어화, 실시간화가 보편적 요구조건으로 자리잡으면서 인프라의 광대역화, 고속화가 당면 과제로 되고 있다. 현존하는 가입자망이 집선 혹은 다중화 기능을 이용한 폐어게인 시스템을 기반으로 하고 있으나, 규제완화와 정보통신서비스 고도화에 의해 새로운 가입자망의 탄생이 예고되고 있다. 이에 따라 기존 동선을 사용하여 전송 대역을 확장하는 xDSL(x Digital Subscriber Line)기술, 광케이블을 사용하여 광대역 전송능력을 지원할 뿐 아니라 가입자 배선능력을 획기적으로 개선하는 FTTx(Fiber To The x)기술, 광대역 전송 능력을 지원하는 광회터와 배선 순기비용을 원천적으로 삭감시키는 무선 배선을 결합하여 새로운 비지니스 기회를 제공하는 HFR(Hybrid Fider Radio)기술, 맥내 배선상의 병목을 제거하기 위한 WHAN(Wireless Home Area NetWork) 기술등이 가입자 접속능력을 초고속화하기 위한 기반이 될 것으로 예상된다. 본고에서는 정보통신서비스의 발전이 가입자 접속방식과 가입자망의 구성방식에 미치는 영향을 분석하고, 초고속 가입자 접속 기술의 전개 방향과 가입자망의 진화 전망을 기술한다.

초고속 가입자 접속기술의 등장은 서비스 정보량, 가입자당(per subscriber) 요구 트래픽에 대응하는 액세스 인프라 기반기술이 종합적으로 균형있게 발전해 온 결과이다. 대표적인 접속기술로는 xDSL, FTTx, HFR, 무선 ATM등이 있는데 여기에 소요되는 고속 아날로그 신호처리, 변복조, DSP, 광송수신 기술의 진전이 주거 가입자 혹은 소규모 오피스 가입자로 하여금 광대역 통신이 가능하도록 하였다. 특히, 투자의 효율성을 제고하기 위해 기존 가입자 선로를 활용하는 것이 보편적 전략이 됨에 따라, 음성대역 신호 전송에 적합한 동선을 이용하여 1-30 MHz대의 고주파 캐리어를 생성, 최대 수십Mbps 디지털 신호를 전송하는 xDSL 모뎀기술, 아날로그 비디오 분배서비스에 적합한 CATV 동축케이블을 이용하여 750-1,000MHz대의 대규모 스펙트럼을 생성, 6MHz 밴드 채널당 최대 40Mbps 디지털 신호를 전송하는 HFC 모뎀기술, 그리고 유선시설의 시공상 한계를 극복하기 위한 무선 접속기술등이 FTTH(Fiber To The Home)신드롬의 후유증을 극복시킬 처방으로 기대되고 있다. 이러한 기술적 배경은 인터넷, VOD 등 기존망으로 충분히 소화할 수 없는 서비스 트래픽의 폭발적 증가로 더욱 자극을 받게 되었다. 특히, 주거 가입자에 의해 형성될 주요 서비스군이 인터넷 웹과 VOD일 것으로 예상되면서 비대칭 트래픽 전송능력을 지원하는 xDSL(x=A:Asymmetrical, H:High bitrate, S:Symmetrical, V:Very high-speed)과 HFC

I. 서 론

계열 가입자 접속기술이 주목을 받게 되었다. [1][6][8] 특히, 다양한 가입자 접속기술이 등장하고 망의 개방화 추세가 진전되면서 ITU-T를 중심으로 상호운용성에 장애를 제거하기 위한 GII(Global Information Infrastructure) 지향의 초고속가입자망에 대한 관심이 고조되고 있다. 그림1은 ITU-T의 GII 모델을 이용하여 가입자 접속기술을 적용한 사례이다.

성이라는 측면에서 분류하는 것이 효과적이다. 이에 따라 기존 선로와 무선 매체의 활용, 광케이블의 최적 활용을 위한 구성방식으로 분류하면 다음과 같다.

완전 동선 배선 방식

(xDSL, all copper-based DSL)

선로조건이 동일하다는 가정 하에서는 액세스노드가

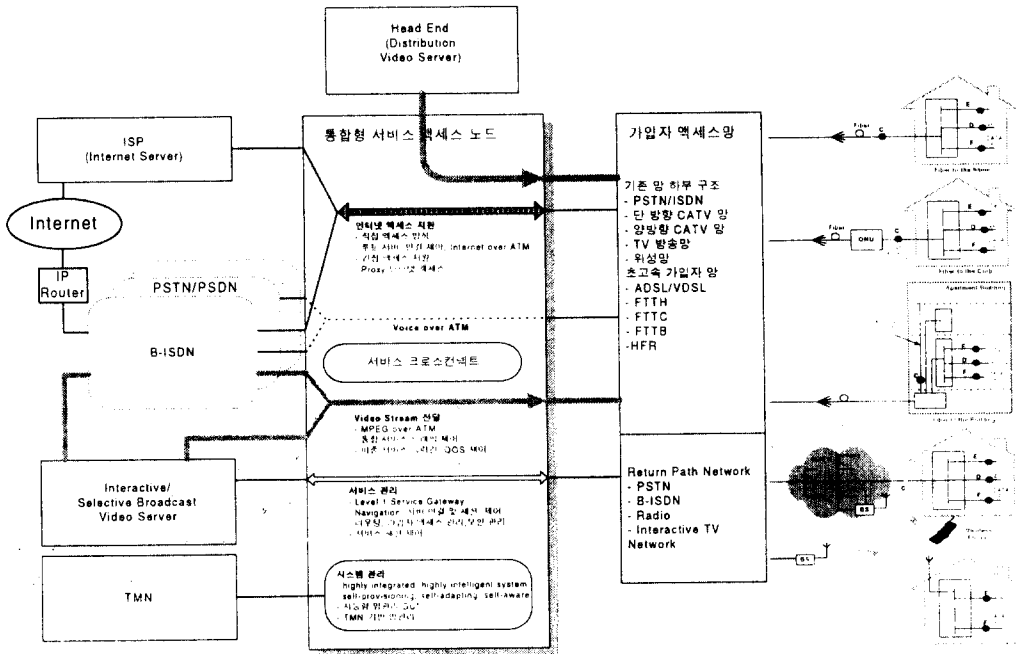


그림1. 초고속 가입자 접속기술을 이용한 가입자망 구성과 서비스구조

본 논문의 2장에서는 초고속 가입자 접속기술의 탄생 배경이 되는 서비스의 등장과 전망을, 3장에서는 가입자접속기술 표준화 동향과 전망을, 4장에서는 전송 매체에 따른 가입자 접속 기술을 설명하고, 마지막으로 5장에서 향후 가입자 접속망의 발전전망에 관해 기술한다.

Ⅱ. 초고속가입자망의 구성방식

초고속가입자망의 구성방식은 향후 망진화 전략적 측면과 기존사업자 대 신규사업자간 대결 국면의 조

위치하는 국사로부터 가입자까지의 평균 반경과 ONU -가입자간 고정배선 구역의 평균반경과 편차가 xDSL 방식 설정에 가장 민감한 변수로 작용한다. 방송서비스를 제외하고 현존하는 멀티미디어 서비스를 대부분 수용할 수 있는 전송방식으로 ADSL이 가용하며, 이밖에 HDSL과 SDSL이 대칭적 트래픽 구조를 갖는 가입자를 대상으로 제공 가능한 기술 대안이다. 그러나 초기망 구축과 초기 가입자 수용방법에 있어 월구 배선망 구축시 제약이 따르고, 페어케이블의 변들구조상에서 나타날 누화(crosstalk)과 신호간섭(interference)등에 의해 서비스품질의 열화가 나타난다는 점에서 완전 동선 기반의 배선구조가 갖

는 약점이 극복되어야만 한다.

동선과 광케이블의 결합방식

(FTTx, hybrid fiber and copper based xDSL)

다중화 혹은 집선능력을 이용한 페어제인의 획득, ADSL 전송능력으로 제공할 수 없는 서비스(예:방송 서비스)의 제공, 가입자 배선구조의 유연성 제고등을 위해 가입자 휘더구간에 전송거리와 전송대역의 제약을 완화시킬 대안으로 FTTx(x=Remote, cab, curb)를 선택할 수 있다.

FTTR은 동선 구간을 ADSL/HDSL/SDSL을 이용하여 월구가입자를 수용하고 수백-수천 가입자 수용용량을 갖는 액세스노드를 이용하여 집선 효율을 증대시킬 수 있는 FITL(Fiber In The Loop) 구조를 갖는다. FTTCab은 VSDL을 이용하여 1-1.5Km반경내의 수십~수백 가입자에게 13-26Mbps의 하향 전송능력을 지원하는 FITL구조를 가지며, FTTC는 500m이내의 비교적 근거리에서 위치한 ONU를 통해 32-64이내의 가입자에게 26-52Mbps의 고속 접속능력을 제공한다.[6]

동축케이블과 광케이블의 결합방식

(HFC, hybrid fiber and coax)

전통적인 CATV전송망은 주거 가입자를 중심으로 아날로그 TV채널을 효율적으로 분배하기 위해 매체 공유형태로 구축되어 왔으며, 동축케이블을 주요 전송수단으로 사용해왔다. 최근에는 고효율 변복조, 디지털 신호처리 기술에 의해 광대역 양방향 트래픽 전달능력이 실현되어 왔고, 종래의 동축케이블 기반의 CATV전송망 휘더 구간을 광케이블로 대체하는 광케이블-동축케이블 결합방식의 구조로 급속히 전환되고 있다.

유선과 무선의 결합방식

(HFR, hybrid wireline and wireless)

가입자 전송망의 일부 구간 혹은 전 구간을 무선화하여 고정형 단말기 혹은 이동형 단말기를 통해 무선 접속능력을 지원하는 WLL과 구내 배선을 무선화하는 WCPN기술이 주목을 받고 있다. WLL은 2Mbps 전송대역을 지원하는 FPLMTS/IMT-2000과 155Mbps 전송대역을 지원하는 ACTS의 MBS(Mobile Broadband Service)가 이동서비스를 위한 대표적 사례이며, 여기에 무선 CATV방식으로 MMDS(Multi-point Microwave Distribution Service)와 LMDS(Local

Multipoint Distribution Service)가 WLL(Wireless Local Loop)의 주력 방식이 되고 있다.[10][11] 무선 접속기술은 무선 변복조, 주파수 혼합기등의 RF 기술과 상향채널 접속 및 제어, 고속 실시간 오류정정, TC(Transmission Convergence)계층 정합등 유선 정합기술로 대별할 수 있으며 멀티 서비스 접속능력의 필요성이 대두되면서 ATM과의 결합이 주요 관심사가 되고 있다.[11]

완전 광케이블 배선 방식(FTTH, all optical fiber)

완전 광케이블 배선에 의한 FTTH방식이 가입자 접속기술의 궁극적인 청사진으로 컨센서스가 확보되어 있기는 하나 망구축 및 순기비용의 저기화를 위한 과제가 여전히 산적해 있다. 경제적 문제의 해결방안이 되고 있는 PON(Passive Optical Network)은 다중화 방식과 접속제어 방식에 따라 다양한 망의 진화 경로가 제시되고 있다. 전통적으로 표준 B-ISDN 구조를 갖는 이중 성형 혹은 단일 성형 구조의 완전 광가입자망은 서비스 트래픽이 대칭성 속성이 강화되면서 요구된다. 이러한 구조는 단계적으로 주거 가입자망의 서비스 트래픽이 대칭적 구조로 전환할 것이라고 기대하기 어렵기 때문에 광케이블의 선로이득과 함께 업무용 가입자를 위한 양방향 초고속 접속 방식으로 이용될 것이다.

Ⅲ. 초고속 가입자 접속기술의 표준화 동향

초고속 가입자 접속기술 표준화 활동은 ITU-T, DAVIC, ATM Forum, ETSI, T1E1, ADSL Forum, T1E1, IEEE P802.14등 다수의 기구에서 추진하고 있다. 이 가운데 xDSL 관련 표준은 ETSI/ITU-T, ANSI T1E1.4, ATM Forum, ASDL Forum, TIA, DAVIC등이 주도하고 있다.

ATM Forum은 ATM Over ADSL/VDSL을 다루고 있으며 타 표준화 기구들이 IP/패킷 모드 및 비트 동기 모드를 포함한 물리계층 인터페이스를 다루고 있다. ANSI T1E1.4는 현재 HDSL(SDSL), ADSL(RADSL), VDSL 표준화를 진행중이며 최대의 현안은 단일 페어 HDSL을 위한 차세대 HDSL인 HDSL2, 이중페어 HDSL Issue2, ADSL, CAP-based RADSL 및 VDSL Issue2이다. ETSI TM6도 xDSL을 다루고 있는 주요 기구중 하나로 T1E1.4와 보조를 같이하고 있다. ITU-T는 '97년에 SG15에서 core xDSL

작업을 시작할 예정이며 ADSL Forum은 ATM 전송을 위한 PMD/TC 물리계층 표준을 다루고 있다. ATM Forum은 PMD 부계층에 의한 문제 특히, rate adaptivity지원에 따른 동적 ATM 연결제어 및 트래픽 관리상의 제 문제를 제기하고 ADSL Forum과의 연계를 통해 이 문제를 다루고 있다. 타 기구에 비해 표준 권고안 작업이 다소 속도가 빠른 DAVIC의 경우에는 DAVIC 1.2에 ADSL ATM 접속 규격을 포함시킬 계획이며, 여기에는 ADSL을 위한 ATM TC 계층을 포함하고 있다.

HFC 전송망의 경우 물리계층 MAC 프로토콜, RF 스펙트럼 할당 및 신호 변복조, 망요소간 정합등에 관한 표준화 활동이 DAVIC, IEEE802.14, ATM Forum, IETF등에서 진행중이다. DAVIC은 단방향 표준으로 "Passband Unidirectional PHY on Coax(QAM-link on HFC)"을 양방향 표준으로 "Passband Bidirectional PHY on Coax(QPSK-link on HFC)" 제시하고 있다. IEEE802.14는 하향채널에 대해 64-QAM(23.97Mbps), 상향채널에 대해 16-QAM 혹은 QPSK(1.92Mbps) 변조방식을 채택하고 있으며, MAC(Medium Access Control) 프로토콜로 AT&T Bell Lab의 ADAPt (Adaptive Digital Access Protocol), IBM의 MLAP(MAC Level Access Protocol), Scientific Atlanta의 XDQRAP(Extended Distributed Queueing Random Access Protocol),

LANCity의 UniLINK등 다수의 제안이 접수되어 검토 중에 있다. ATM Forum은 ATM Over HFC의 기준구성과 기능구조를 채택하고 MAC, 보안에 관한 문제를 다루고 있다. IETF는 최근 IPCDN(IP over Data Networks) 작업반을 결성하여 초기 Cable Lab의 제안서와 유사한 데이터서비스 구조를 기반으로 케이블 모뎀과 헤드엔드간 정합, 물리적/논리적 IP 서브네트워크 구성, ARP(Address Resolution Protocol) 및 ICMP(Internet Control Message Protocol), 호스트 어드레스 구성, 가입, 보안 문제를 중점적으로 다루고 있다.

HFR과 관련한 표준화 활동은 ITU-R와 ITU-T가 각각 FPLMTS와 UPT를, ETSI RES10와 ATM Forum이 무선 ATM을, DAVIC이 MMDS 및 LMDS QAM-link상에서 MPEG-2 TS와 ATM 전송 방식을 다루고 있다. 무선 LAN분야에서는 IEEE802.11과 ETSI에서 각각 IEEE802.14 LAN과 HiperLAN 표준을 통해 PHY/MAC 계층을 다루고 있다.

FTTH-PON은 ATM Forum이 NTT의 기고서를 중심으로 기능구조와 MAC 프로토콜을 다루기 시작했으나 Gx-FSAN(Full Service Access Network) 그룹의 표준화 추진에 따라 그 결과를 반영하기로 결정하였고, ITU-T에서 G.982(G.PONA) 권고안 드래프트를 제시한 바 있다.

G.982는 아직 현대역서비스를 위한 PON을 다루고

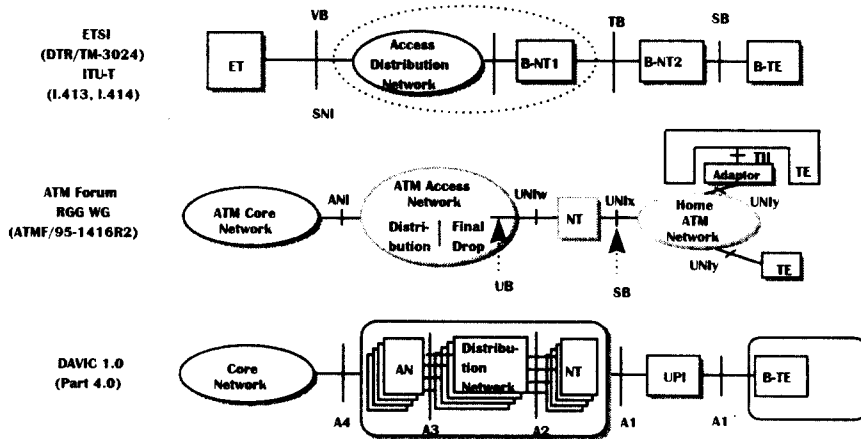


그림2. 주요 표준화 기구의 가입자망 참조구성

있으나 광대역서비스를 추가할 예정이다. 주요국의 사업자와 벤더들을 중심으로 추진중인 FSAN 규격 작업은 PON을 기반으로 하고 있다.

PON은 FTTH, FTTC/B에 적용 가능한 표준을 채택할 예정이다. 현재는 서비스노드 정합을 위한 VB5 물리계층 정합을 제시하고 있으며 MAC 유형에 따라 2개의 등급으로 구분하고 있다.

그림2는 ITU-T, ATM Forum, DAVIC의 가입자 접속기술 표준화를 위한 기본모델을 나타내고 있다. 이들은 망사업자 위주의 기존 가입자망 틀에 국한하지 않고 향후 경쟁환경하에서의 멀티서비스 접속구조, 맥내망 구조, 서비스측면의 가입자망 전달능력 속성까지 고려하는 '열린(open) 가입자망 구조'를 지향하고 있다.

IV. 초고속 가입자 접속망 구성 기술

4.1 기존 동선(copper cable)기반의 xDSL

기존 전화선(동선)을 이용하는 고속 디지털 신호전

송 방식으로는 음성대역 모뎀방식과 xDSL 방식이 있다. 음성대역을 이용하는 아날로그 모뎀의 주파수 스펙트럼은 4KHz대역을 이용하여 이론적으로 최대 56Kbps 대역이 가능하나, xDSL은 4KHz이상의 주파수 스펙트럼을 이용하여 최대 수십Mbps급 대역을 전송하는 방식이다. 그림3은 xDSL을 기반의 가입자망 구성사례를 나타낸다.

4.1.1 HDSL(High bitrate Digital Subscriber Line)

기존 T1/E1 전송용으로 사용되고 있는 repeatered T1/E1 전송기술은 송수신이 분리된 차폐케이블을 이용하여 800~1800m마다 중계기를 두고 전송하는 방식으로서 양방향 대칭(full duplex)성 디지털 신호전송에 사용하고 있다. 이때 사용하는 선로부호 방식은 AMI(Alternative Mark Inversion)에 의한 B8ZS(T1), HDB3(E1)이며, 이의 전송 주파수대역은 전송속도의 1/2를 필요로 한다. 이에 대해 HDSL은 적용형 선로 등차 2B1Q 선로부호 방식을 이용하여 중계기의 지원 없이 4.5Km(T1), 4.2Km(E1)를 전송할 수 있는 방식이다. ANSI 표준은 T1 전송을 위하여 2쌍의 HDSL

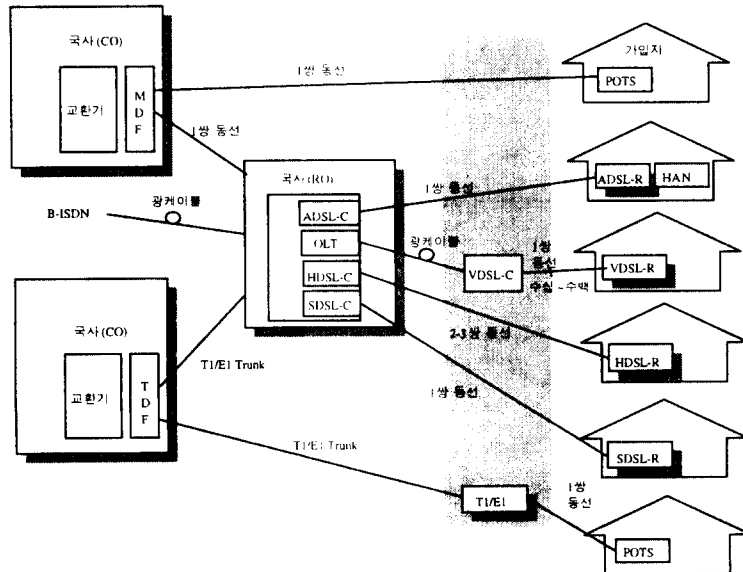


그림3. xDSL 기반 망구성 형태

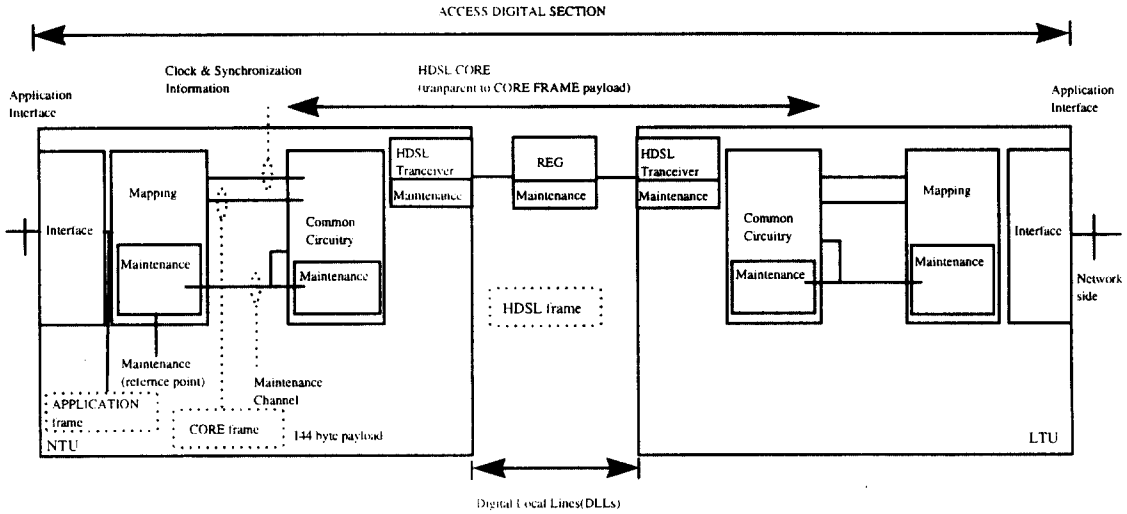


그림4. HDSL 구성 및 프레임 생성 절차

트랜시버를 사용하며, ETSI 표준은 E1 전송을 위하여 2쌍 혹은 3쌍의 트랜시버를 사용한다.

이렇게 하므로써 사용자가 요구하는 전송대역에 맞게 시스템 구성이 가능할 뿐 아니라 기존의 repeatered T1/E1 시스템이나 광선로 제품에 비하여 상대적으로 저렴한 가격으로 망 구축이 가능하다. HDSL은 지난 수년간 상업적 성공을 거둔 xDSL 접속기술중 하나의 대안이기는 하나, 2쌍 혹은 3쌍의 페어케이블을 사용하고 POTS를 지원하지 않아 주거 가입자보다는 기존의 전용회선 가입자를 위한 접속기술로 정착되었다. 따라서, 기존 데이터 서비스를 제공하는데 있어 SDSL 기술과 성공적으로 경쟁력을 확보하기 위해서는 전송거리와 대역폭을 확장시킬 필요가 있다.

ANSI 표준의 HDSL 액세스 디지털 섹션(access digital section)은 그림4와 같이 2쌍의 1168kbps와 3쌍의 784 Kbps HDSL 트랜시버를 구성하고 제어하는 HDSL 공통부(C), ISDN PRA, T1/E1 전용회선 액세스, Sonet/SDH를 위한 TU12 혹은 VC12 액세스를 지원하는 애플리케이션 인터페이스(I), 매핑 및 유지보수(M) 기능을 갖는 애플리케이션으로 구분된다. I는 데이터를 ISDN PRI, T1/E1 혹은, Sonet/SDH 프레임으로 변환하며, M은 애플리케이션 프레임들을

144Kbyte CORE 프레임에 삽입하여 오버헤드 비트와 조합한 후 HDSL 프레임을 생성한다.

HDSL은 동일케이블을 공유하는 페어들간의 누화, 페어들간의 물리적 전송특성의 차이, 이중 시스템들이 동일 케이블을 공유하므로써 발생하는 임펄스 잡음, 외부의 기구적인 영향으로 인한 일시적인 선로장애 등에 의해 품질 열화가 발생할 수 있다. 따라서, HDSL 프레임 생성시 비트 타이밍, 트랜시버 동기, 페어 식별등의 오버헤드외에도 CRC-6 오류검출 및 보고, 장애 검출 및 보고, 루프백 제어, 유지보수 채널 제어등의 오버헤드를 부가적으로 이용한다.

4.1.2 SDSL(Symmetrical Digital Subscriber Line)

상하향 동일한 전송 대역을 제공하고 가입전화선로를 이용하기 위해 HDSL로부터 진보된 고속의 full duplex 전송기술이다. 양방향 대칭성 트래픽을 전송하기 위해 대역폭을 낮추게 되는데, SDSL은 1쌍의 가입전화선로를 사용하여 384Kbps, 768Kbps와 T1/E1 서비스가 가능하며, 전화와 T1/E1서비스의 동시 제공도 가능하다. Metalinktk는 '96.6에 24게이지(0.5mm) 전화선으로 E1급 속도의 데이터를 4.2Km까지 전송하는 제품을 발표하였으며, 자사 고유의 NML(Near Maximum Likelihood) 디코딩 기술과 표준 2B1Q 라인 코딩기술을 이용하여 최대 2.32Mbps의

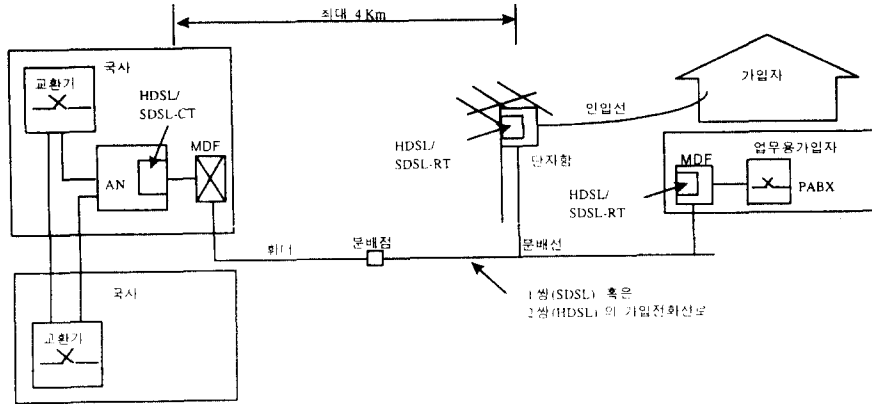


그림5. HDSL/SDSL을 이용한 가입전화 다중화 효과

데이터 전송을 실현하였다. SDSL은 기존 가입전화선로를 이용하여 프레임릴레이나 TDM과 같은 백본 전송에 필요한 대칭성 전송 대역을 제공하므로, 비용 절감효과가 크다. 이러한 전송 속성으로 상하향 대칭적 대역폭이 요구되는 화상회의 등의 동시성 응용서비스용 인프라로서 또한, 웹 사이트가 분산형인 peer-to-peer 인터페이스 모델에 적합한 전송구조를 제공하여 주거 및 소규모 업무용 가입자에게도 효과적인 솔루션을 제공한다. SDSL도 HDSL과 마찬가지로 기존 T1/E1 시스템을 대체하는 기술로 그림4와 같이 POTS 서비스를 위한 페어게인 시스템으로 활용할 경우에 부가가치 효과가 크다.

4.1.3 ADSL(Asymmetrical Digital Subscriber Line)

1쌍의 가입전화선로상에 주파수 대역이 다른 서브 채널에 실어서, 전화와 고속 하향데이터, 저속 상향데이터를 전송하는 방식이다. QAM 혹은 CAP과 같은 SCM(Single Channel Modulation) 방식은 상하향 데이터와 POTS용 3개의 채널로 분리하고 이 가운데 데이터 채널을 변조하는 방식이며, DMT와 같은 MCM(Multiple Channel Modulation) 방식은 1MHz대의 가용 주파수 스펙트럼을 256개의 4KHz 주파수 채널로 분리하여 각각의 채널을 변조하는 방식으로 각각의 서브채널은 채널특성에 적합한 서로 다른 속도의 비트스트림을 전송하므로써 선로감쇄, 왜곡, 신호 간섭등 선로특성에 따라 변동하는 채널 성능의 효율성을 극대화할 수 있다는 장점을 갖는다. POTS 스플

표1. T1/E1 기반 ADSL 전송등급

	T1				E1		
	1	2	3	4	2M1	2M2	2M3
하향채널	6.144Mbps	4.608Mbps	3.072Mbps	1.536Mbps	6.144Mbps	4.096Mbps	2.048Mbps
상향채널	640Kbps	608Kbps	608Kbps	176Kbps	640Kbps	608Kbps	176Kbps
제어채널	64Kbps	64Kbps	64Kbps	16Kbps	64Kbps	64Kbps	16Kbps
POTS	64Kbps	64Kbps	64Kbps	64Kbps	64Kbps	64Kbps	64Kbps

리터는 상향 채널의 하한 주파수인 25KHz 이하의 신호를 제거하여 음성대역 신호와 데이터 대역을 분리하며, 데이터용 하향채널과 상향채널은 여러개의 저속채널들로 분리 또는 결합하여 사용할 수 있다.

ADSL은 표1과 같이 선로상태 및 전송거리에 따라 다양한 전송거리를 지원한다. 이 표에서 상하향 채널 속도는 최대 용량이며, 베어러 채널 선택사양은 최저 채널 용량의 정수배가 된다.

즉, T1의 전송등급 1에서 최대의 하향 서브채널수는 4(ASO, AS1, AS2, AS3)이며, E1의 전송등급 2M1에서 최대의 하향 서브채널수는 3(ASO, AS1, AS2)이다.

ADSL 성능을 제한하는 가장 치명적인 요인은 전송거리와 주파수에 비례하는 신호감쇄이며, 다음으로 는 누화와 임펄스 잡음이 큰 영향을 미친다. ADSL 상에서 누화의 크기를 나타내는 PSD(Power Spectral Density)는 아래의 등식과 같이 주파수 f와 번들내의 페어수 N에 의해 비선형적으로 증가한다.

$$PSD_{ADSL\ NEXT} = PSD_{ADSL,US-Disturber}(X_n^{1/3/2}), 0 \leq f < \infty$$

$$X_n = 0.082 \times 10^{-14} \times N^{0.6}$$

이는 특정 주파수 이상에서는 누화의 영향이 심각한 서비스품질 열화를 가져올 수 있음을 의미하므로 상위 주파수에서 신호감쇄가 약한 상위 등급

의 UTP나 동축케이블이 요구된다. ADSL의 비대칭성은 선로의 신호감쇄 효과와 주거 가입자의 서비스 속성이 서로 부응하면서 얻어진 기술적 산물이라고 할 수 있다. 따라서, ADSL의 최대 전송거리는 전송속도, 선로 심선경, 브리지탭의 수등에 의해 결정된다. 24게이지(0.5mm) 전화선로를 사용할 때 5.4Km(T1), 4.8Km(E1)의 전송거리가 가능하다. 변복조 방식에는 DMT(Discrete Multitone), CAP(Carrierless Amplitude and Phase modulation), QAM(Quadrature Amplitude Modulation)등과 DMT보다 sidelobe를 현격하게 낮추므로써 우수한 스펙트럼 분리성능을 얻을 수 있는 DWMT가 있다.

- QAM : SCM(Single Carrier Modulation)방식으로서 '89년 Bellcore에서 최초로 제한한 변조방식으로 다이얼업 모뎀에서 검증된 방식이나, 낮은 실시간 양방향성, 낮은 전송속도, 노이즈와 간섭의 영향이 상대적으로 큰 단점을 갖고 있다.
- DMT : QAM을 개선한 MCM(Multitone Carrier Modulation) 방식으로서 Amati사에서 개발한 변조방식이며, ANSI T1E1.4에서 표준방식으로 제정되었다. 현재, Analog Device사에서 칩을 개발중이며, 사용 가능 대역폭을 256 서브채널로 나누어 에러와 누화가 최소인 채

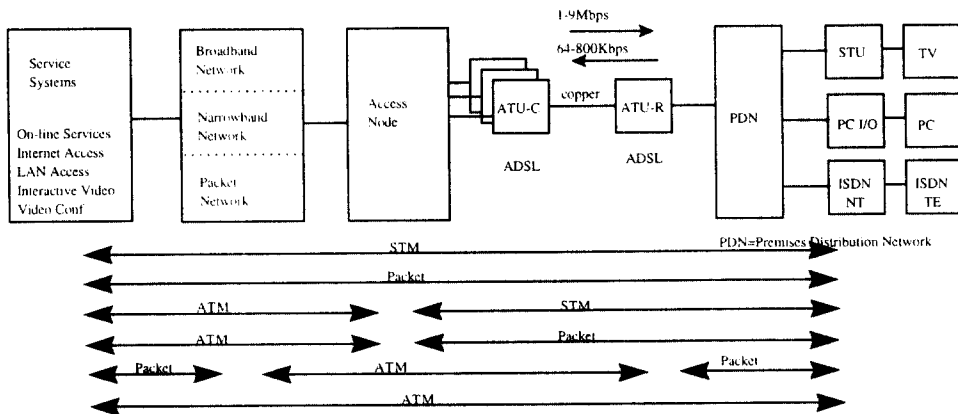


그림6. ADSL 망구성과 전달모드

널을 찾아 전송하는 방식이다.

- CAP : QAM과 같은 스펙트럼 특성과 성능을 가지면서 디지털 구현이 용이한 방식으로 AT&T와 Westell사에서 개발중인 변조방식이다.
- DWMT : Wavelet transform을 사용하여 고성능, 고효율의 전송속도 대 전송거리를 확보하는 방식으로 실험시제품용 칩이 개발중이다.

가입자루프의 연장거리, 심선경, 선로상태가 가입자마다 큰 편차를 갖고 있어 이상의 파라메타를 고려하여 최적의 전송속도를 결정하는 것은 대단히 복잡한 신호처리 기술을 필요로 한다.

여기에 기상조건이나 선로의 포설방법(가공 혹은 지중)에 따라 주어진 가입선로상의 채널용량이 가변적으로 변화할 수 있다. 따라서 ADSL은 선로상태에 따라 전송속도를 적용하는 자동적용 능력(rate adaptivity)이 중요한 성능 조건이 될 수 있다.

ADSL은 전달 모드에 따라 STM에 의한 비트동기 모드, ATM 모드, 패킷모드로 구분되어 각각의 모드별로 서비스속성에 적합한 최적의 TC(Transmission Convergence) 부계층 인터페이스를 지원한다. 그림3은 ADSL 기반망에서 각각의 전달모드가 적용되는 사례를 표시하였다. 등시성 혹은 실시간성 서비스에 비중을 둘 경우에는 비트동기모드 혹은 ATM 모드를, 지연에 민감하지 않은 데이터서비스의 경우 패킷모드를 선택적으로 적용할 수 있으며, 이들 서비스를 통합 지원하기 위해서는 ATM 모드가 적합한 전달모드가 될 수 있다.

4.1.4 VDSL

(Very high-speed Digital Subscriber Line)

VDSL은 기존 선로 조건을 고려하여 가입자에게 ADSL보다 고속의 광대역서비스를 제공하기 위한 고

속 DSL 변복조 기술을 적용하므로써 원천적으로 ADSL과 동일한 기술적 배경을 갖는다. ADSL보다 짧은 전송거리에서 보다 높은 대역의 고속 데이터를 전송하기 위해 이용하는 모뎀기술이다. VDSL은 300m~1.5Km의 전송거리를 갖는 가입자를 대상으로 13Mbit/s~52Mbit/s급의 디지털 신호를 기존 가입자 선로를 이용하여 전송하며, 가입자가 어느 정도 분산되어 있는 지역 단위까지는 광케이블을 포설하고, 이 지점부터 가입자를 연결할 때 고속DSL을 적용하는 선로 구성 방법을 이용해야 한다. 따라서 VDSL 기술을 적용하는 가입자망의 구성을 FTTC/FTTB(Fiber To The Building)라고도 한다. VDSL은 기존의 음성 대역급 모뎀이 제공하는 전송속도의 벽을 허물고 13~52 Mbps급의 디지털 신호를 전송할 수 있다는 기술적 가능성을 제공함에 따라 FTTH로의 진화과정에서 매우 중요한 방식으로 주목받고 있다.

VDSL/FTTC 구조는 가입자마다 전용 가입자 인입선로를 제공함에 따라 고정비용이 차지하는 비중이 매체공유방식인 HFC에 비해 상대적으로 높고, 액세스노드와 ONU의 광송수신소자, ONU에 장착되는 망측 모뎀 및 전송소자가 중요한 고정비용 요소가 된다. 따라서, VDSL/FTTC의 초기비용을 낮추려면 ONU의 가입자 수용 용량을 증가시키는 것이 직관적인 저가화 방법인데 여기에는 서비스 침투율과의 trade-off가 고려되어야 한다. 즉, 침투율이 낮은 서비스 제공 초기에 대용량의 ONU를 구축할 경우, 여유 회선을 장기간 방치하게 될 가능성이 높아 사업자의 비용 압박이 커지게 되므로, 침투율과 ONU의 가입자 회선당 비용간의 trade-off 분석이 요구된다.

VDSL 모뎀은 ADSL 모뎀에 비해 단거리 전송에 이용되어 상대적으로 품질열화 환경에 놓일 가능성이 적게 되므로, 저가의 소자가격을 확보할 수 있게 된다. 따라서, ADSL에 비해 가입자 단말측 모뎀비용에 의해 치명적인 영향을 받는 가변비용의 비중이 적게

표2. ADSL Forum의 VDSL 상하향 전송속도 및 전송거리

채널	전송속도	전송거리
하향 채널	12.96Mbps~13.8Mbps	1.5Km
	25.92Mbps~27.6Mbps	1Km
	51.84Mbps~55.2Mbps	300m
상향 채널	1.6Mbps~2.3Mbps	
	19.2Mbps	
	하향속도와 동일	

표3. DAVIC의 상하향 비트율 조합

비트율	하향	상향
A	51.84Mbps	19.44Mbps
B	51.84Mbps	1.62Mbps
C	25.92Mbps	1.62Mbps
D	12.96Mbps	1.62Mbps

되어, 침투율의 증가에 따라 경제적 상대우위가 커지게 된다. ADSL Forum에서는 표2과 같이 전화선에 의한 인입 구간의 최대거리를 300m(단거리), 1000m(중거리), 1500m(장거리)로 구분하여 전송 대역을 달리 규정하고 있으며, 변조방식은 미정이다.

DAVIC은 1.2 Spec(part 8)의 Lower Layer Protocols and Physical Interfaces에서 300m 미만의 근거리 가입자에게 차폐 페어, 비차폐 페어 및 동축케이블(40MHz 이상 대역)을 이용하여 12.96-51.84Mbps의 하향 전송속도와 1.62-19.44Mbps의 상향 전송속도를 지원하는 VDSL을 위해 'Short-Range Baseband Asymmetrical PHY on copper and coax' 규격을 제시하고 있다. 표4와 같이 DAVIC의 VDSL 규격은 상하향 전송속도의 조합에 따라 A-D의 4개 등급으로 구분하며, 가입자측의 STU에서 A+B+C+D, B+C+D, C+D, D중 하나의 전송속도를 설정할 수 있도록 지원

한다. 변조방식은 SCM 방식을 채택하고 있다.

고속 DSL은 VDSL로 대표될 것으로 예상되나, ADSL의 표준 결정과정에서 나타난 것처럼 single-carrier modulation과 multi-carrier modulation 진영으로 나뉘어 향후 2~3년간의 대결 국면에 들어갈 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 구현의 용이성과 소자의 저가화가 입증된 CAP이나 QAM 계열의 single-carrier 모뎀방식이 단기적으로 시장을 주도할 것이며, 장기적으로 이미 시장을 확보하고 있는 CAP/QAM과 우수한 성능 및 품질을 갖는 DWMT와 같은 multi-carrier 모뎀이 각축을 벌이게 될 것으로 예상된다. 변복조 방식과 함께 선로상태에 따라, 서비스 조건에 따라 다음과 같은 기술적 문제가 제기된다.

- 이중 지연/단일 지연(dual latency)
- 가변 지연/고정 지연

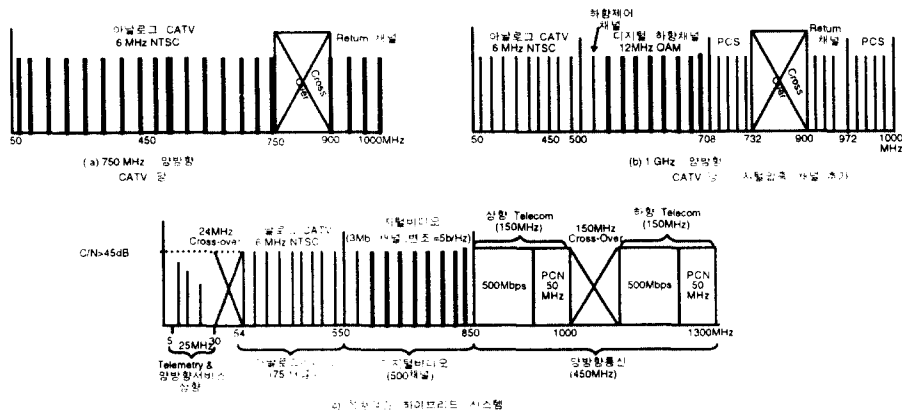


그림7. HFC의 RF 스펙트럼 할당 예

(programmable/fixed latency)

- 동적 비트율 적응(dynamic bit rate adaptation)
- 초기 비트율 적응(start-up bit rate adaptation)
- ADSL 전송시스템에 의한 ATM 계층의 영향
- 8 kHz 타이밍

4.2 HFC(Hybrid Fiber Coax)

동축선로를 이용하는 가입자망의 전형적인 형태는 광전송로와 동축 분배망으로 혼합 구성되는 HFC 기반의 CATV 전송망이다. 기존 CATV 가입자 전송망 휘더부의 광케이블화는 기존 베이스밴드 전송방식에서 디지털 변복조기술과 결합된 패스밴드 전송방식으로 전환을 가능케 하여 단순 아날로그 비디오방송서비스뿐 아니라 대화형 비디오 및 광대역 쌍방향 통신 서비스를 제공하는 통합 액세스인프라의 동기가 되고 있다. 제공할 서비스 구성과 RF 주파수 대역에 따라 동축케이블의 배선구역(Serving Area)의 밀도가 차이를 가지나, 일반적으로 500~2,500 가입자를 수용하는 구조를 활용하고 있다. 가입자들은 같은 동축케이블을 사용하기 때문에 동축케이블의 하향 및 상향 대역폭을 공유하고, 따라서 개인비밀보호와 보안수단과 같은 특별한 요구사항이 만족되어야 한다. 특히, 가입자들로부터 망측으로의 상향 데이터 충돌을 방지하기 위하여 효율성과 신뢰성이 우수한 MAC(Medium Access Control)프로토콜이 요구된다. FTTC와의 차이점은 망구조가 tree & branch 구조로 한가닥의 동축선을 다수의 가입자가 공유하며, 매체 공유에 따른 독특한 접속제어방식과 주파수 할당방식을 이용한다는 것이다.

그림7과 같이 HFC의 RF 스펙트럼을 1GHz대역으로 확장할 경우 6MHz 베이스밴드 60-75채널, 주문형 비디오서비스에 3Mbpsx500채널, 대칭성 트래픽을 요구하는 서비스에 가입자당 양방향 1Mbps를 지원할 수 있다. 디지털 HFC는 기존 CATV 전송망 공급 지역에서 신속하게 양방향 서비스를 제공할 수 있는 하부 구조를 가지며, 공유매체 전송방식의 특성에 따라 초기 시공이 용이하고, DSL 구조에 비해 집선효과가 뛰어나 초기 단계의 광대역서비스 인프라로 활용가치가 크다. 비용구조 측면에서는 FTTC에 비해 상대적으로 대규모의 가입자를 공유매체 방식으로 수용함에 따라 고정비용이 차지하는 비중이 상대적으로 낮아지는 대신 침투율에 따라 고가의 모뎀비용으로 대표되는 가변비용의 점유율이 커지게 된다. HFC의 비용구조 역시 FTTC의 경우와 마찬가지로 ONU가 수용하

는 가입자수에 의해 치명적인 영향을 받게되므로 침투율에 따른 ONU의 위치결정이 중요한 망계획 문제가 된다. POTS 서비스를 제공하는 경우, 기능 부가 및 신뢰도 유지를 위해 추가적으로 소요되는 비용이 전화망을 별도로 이용할 때보다 커서 당분간은 HFC를 이용하는 POTS 서비스를 위해서는 비용 경쟁력이 약한 가입자망으로 유지될 가능성이 크다. 이밖에 케이블 모뎀은 수Mbps-수십Mbps 대역을 제공함에 따라 xDSL 기반 초고속 가입자접속기술의 침예한 경쟁관계를 갖고 있다. 단기적으로 HFC 기반의 데이터 서비스가 비용구조상 유리한 위치에 있기는 하나 xDSL과 비교할 때 몇가지 단점을 갖는다.

- 주거 가입자군에 비해 상대적으로 대형 상업지구나 업무용 밀집지역의 동축망 기반 취약
- 공유매체 접속구조에 따른 보안 취약
- 통신망에 비해 망운용관리 시스템 및 기술 취약
- 망자원의 공유에 따른 서비스품질 열화
- 광대역화에 따른 신호왜곡
- 상향대역의 잠음

D-HFC의 표준을 주도하고 있는 IEEE802.14 Cable TV LAN MAC/PHY위원회의 궁극적인 목표는 HFC망을 이용하여 멀티미디어 서비스를 제공하는 것이다. 이러한 목표를 실현하기 위해 MAC 프로토콜은 다음의 요구조건을 만족해야 한다.

- CBR, VBR, ABR등의 트래픽 유형에 따라 동적 대역할당 능력 제공
- 높은 채널용량의 지원
- 낮은 접속지연의 지원
- 대규모 단말기 지원
- 서비스 반경의 광역화 지원

양방향 HFC가 아니더라도 기존의 단방향 HFC망을 통해 양방향 서비스 특히 인터넷 액세스서비스가 가능하다. 이때 상향 채널 확보를 위해 HFC가 아닌 대체망을 이용해야 하고, 대체망을 통해 ISP로 인입되는 IP 패킷의 액세스제어를 위해 대체망과 IP 라우터 사이에 터미널서버 혹은 액세스서버를 두고 LLC 계층의 서비스연동 기능을 제공하여야 하고, 이에 대한 망구성의 효율성, 어드레싱, 보안문제등이 해결되어야 한다. 하향 채널에 대해서는 RF 종단기능을 갖는 케이블모뎀에서 방송 메시지를 제거하기 위한 트래픽 필터링과 데이터 암호화를 지원하여야 한다.

4.3 HFR(Hybrid Fiber Radio)

HFR은 시공이 불가능하거나 과도한 비용이 소요될 가입자 군을 대상으로 이동성이 보장되는 고품질 양방향 통신용의 FPLMTS/IMT-2000, 무선 CATV 방송용의 MMDS와 LMDS/LMCS등의 무선 액세스와 광섬유 기반의 통신을 조합하는 형태이다. 무선 액세스 인프라를 유선계와 독립적으로 구축할 경우, 중복 투자 요인이 발생함은 물론 가입자 환경의 변동에 따른 망재공능력의 유연성을 떨어지게 한다. 무선에서 고속의 전송속도를 얻는 대표적인 예가 무선 CATV이다. 무선 CATV 방식은 표5의 특성을 갖는 MMDS와 LMDS방식으로 양분되어있다. 단방향 트래픽을 제공하는 MMDS(Microwave Multipoint Distribution Service)는 2.5-2.7 GHz대에서 20-30여개의 아날로그 비디오 채널을 제공할 수 있다. LMDS(Local Multipoint Distribution Service)는 비록 상·하향 속도는 다르지만 대화형 서비스를 목표로 하고 있으며, 27~28 GHz주파수대에서 전체 대역폭이 1GHz대 규모로 160여개의 채널을 동시에 제공가능하다. 현재 이들 방식은 디지털 방송 등의 수요미비로 현재 아날로그방식으로 상용되고 있지만, 필요시 디지털방식으로 전환이 가능하며 MPEG2 압축방식과 ATM 전송방식을 사용하여 효율성을 제고할 수 있다.

향후의 WLL은 이동무선시스템의 최대 장점인 이동성과 광화이버에 의한 고속의 전송 능력을 결합한 Hybrid Fiber-Radio망으로 전환될 것이다. 현재의 기술과 비용효과 측면에서 볼때 무선채널에서 155

Mbps 전송속도를 실현하는 것은 현재로서는 불투명하나, 100m이내의 가시거리에서 25Mbps급을 목표로 할 경우 FTTx이나 FTTH-PON과 비용경쟁력을 가질 것으로 예상된다.

비용구조 측면에서 방송·통신 융합형 HFR은 고가의 망측 모델과 송수신장비 가격으로 인해 초기의 낮은 침투율에서는 비용 경쟁력이 다른 대안에 비해 떨어지거나 가입자가 일정 수준에 도달하는 경우 추가적인 고정비용의 부담이 없어 가장 경쟁력을 갖는 대안으로 부상하게 된다. HFR은 가입자 선로비용 절감 측면이외에 운용유지보수와 서비스 제공의 신속성 측면의 부가적인 이득이 있기 때문에 가입자 선로를 보유하고 있지 않은 대기 사업자에게 매우 매력적인 대안으로 인식되고 있다. 그림8은 국사로부터 가입자측의 일정구간을 광케이블로 연결하고 광중단점에서 마이크로대 밀리미터파대 RFI(Radio Frequency Interface) 혹은 BS(Base Station) 정합기능을 제공하는 HFR구조를 나타낸다. 마이크로파/밀리미터파대 스펙트럼은 직진성 안테나가 요구되는 무선 CATV 서비스에 적하며, 무선채널을 변조하여 POTS 혹은 인터넷과 같은 대칭성 트래픽 속성이 요구되는 서비스에도 적용 가능하다.

현재 무선을 이용한 광대역 통신 시스템은 무선 LAN 혹은 이동통신 시스템에서 2Mbps 이상의 전송대역을 얻기 위해 유선망에 무선을 확장하는 개념으로 미국, 유럽, 일본등을 중심으로 기술개발이 진행중

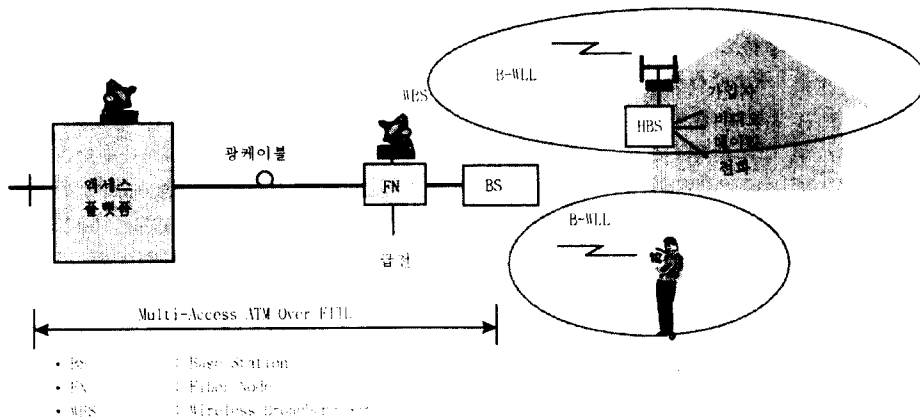


그림8. 유·무선 통합형 가입자망 구성

이다. 광대역 통신을 위한 주파수 자원의 확보를 위해 마이크로파대와 밀리파대 스펙트럼 확보외에도 육내용 무선 LAN의 진화, 옥외용 무선 LAN 기술의 이용등의 주요 현안이 되고 있다. 구체적으로는 다음의 과제를 해결함으로써 무선을 이용한 광대역 통신 시스템의 구현이 가능하게 된다.

- 주파수 할당 및 선택
- 채널 특성화
- 인체에 미치는 영향등 환경에 관한 문제
- 다원접속을 위한 제어 방식
- 프로토콜 및 셀 계획
- 변복조, 부호화 및 안테나 기술

4.3.1 무선 분배 및 통신 기술

MMDS(일명 "무선 CATV")는 2.5GHz대 전후의 스펙트럼상에서 100-500GHz 대역을 이용하여 20-30여개의 NTSC/PAL 비디오채널을 제공하며, 유선케이블을 도입하기 어려운 약50Km 반경내의 구역내에 경제적으로 서비스를 제공할 수 있는 장점을 갖는다. 그러나, MMDS는 유휴 주파수 자원의 제약으로 서비스 경쟁력의 지속적 장악과 시장 확산이 어렵기 때문에 장기적으로 유지.발전시키기에는 원천적으로 한계를 갖는다고 할 수 있다. 즉, 기존 유선케이블이 30-60여개의 채널을, 위성케이블시스템이 150-200여개의 디지털 방송채널을 제공하는 점에 비추어 MMDS가 보다 경쟁력을 확보하기 위해서는 채널 수의 확대를 위한 디지털 압축기술과 변복조 기술을 이용해야 할 것이다. 현재 양방향 MMDS는 위성시스템과 같이 주문형비디오와 같은 양방향 서비스를 지원하기 위해 상향 채널은 유선망을 이용하고 있다. 이 시스템은 2.5GHz대의 비교적 낮은 주파수대에서도 우천시나 안개가 낀 지역에 서비스 중단을 발생시킬 만큼 기후 조건에 민감하며, 보안 및 신호감쇄등의 문제가 완전히 해결되지 않고 있기는 하나, MPEG-2와 스펙트럼 효율성을 위해 64-QAM과 같은 변조 기법을 이용하여 고효율 디지털 시스템으로의 진화가 가능하며, ATM이나 STM 망을 이용하여 헤드엔드로부터 무선 인터페이스를 갖는 전송노드로 방송 채널의 송신 혹은 양방향 송수신이 가능하다는 점에서 미래에의 가능성이 완전히 파기된 것은 아니다.

LMDS(혹은 LMCS)는 광대역 무선 접속능력을 제공하기 위해 최근에 도입되고 있는 기술이다. 이 기술은 MMDS나 위성시스템과 달리 방송채널뿐 아니

라 양방향 비디오, 고속 데이터 및 전화서비스를 제공하기 위해 28GHz대 전후의 유휴 주파수 자원을 이용하여 약 5Km 반경내의 주거 가입자에게 양방향 직접 접속능력을 제공한다. LMDS는 MMDS와 같이 유선케이블에 비해 비용 및 서비스 제공의 신속성, 시공상의 사회적 마찰등 유선이 갖는 제반 문제를 일거에 해결하고, 관로 조성을 위한 노력이 필요없이 유선케이블과 같은 정도의 양방향 대역폭을 제공하는 기술 대안이기는 하나 LOS(Line of Sight)조건, 셀간 신호간섭, 우천시 페이딩 효과등이 서비스품질에 치명적인 영향을 미치게 된다. 특히, LMDS는 1Km 반경내에서는 우천시 페이딩 채널환경이 서비스 품질에 미치는 영향이 적으나, 서비스 반경이 커지면서 서비스 장애가 발생할 확률이 증가한다.

또한 트래픽 이동시나 안개가 낀 지역에서는 페이딩 환경이 발생하여 2GHz대의 셀룰라 이동시스템보다 서비스 열화가 더욱 심해진다. 이처럼 기술적 장애에도 불구하고 1GHz 대역폭을 사용할 수 있는 조건은 광대역 무선통신분야의 뉴비지니스를 개척하는 사람들에게는 상당히 매력적인 시장으로 부각되고 있다.

4.3.2 무선 ATM

무선 LAN시장이 확대되고 서비스능력의 고속화가 진전되면서 무선 LAN에서도 20-25Mbps 전송이 가능하도록 HiperLAN과 SUPERNet을 위해 5GHz대의 스펙트럼이 할당되었다. 주파수 스펙트럼을 40-60GHz대로 확장할 경우 100Mbps의 전송능력을 확보할 수 있게 된다. ATM은 공중망과 LAN을 중단없는(Seamless) 연결능력을 제공하며 시간지연에 민감한 음성 및 비디오 서비스로부터 전달지연을 허용하는 데이터 서비스에 이르기까지 단일망을 통한 서비스 통합이 가능하도록 셀 기반의 전달능력을 제공하므로 무선 LAN의 잔달방식으로 각광받는 기술대안으로 부각되고 있다. 현재, ATM 시스템의 도입이 가능한 2개의 주파수 대역은 2.4GHz ISM 대역과 5GHz HiperLAN/SUPERNet 대역이다. 2.4GHz 대역은 83.5MHz 대역폭을 제공하므로 10~20Mbps 데이터 전송속도를 지원할 수 있으나 802.11 무선 LAN의 경우 2042-2080MHz대에서 1MHz대역의 채널을 사용하여 1Mbps(20-level GFSK) 혹은 2Mbps(4-level GFSK)의 비트율을 얻을 수 있는 정도로 서비스 수준은 그리 매력적이지 못하다. 이에 반해 유럽의 HiperLAN과 미국의 SUPERNet에서 사용하는 5GHz

대의 스펙트럼은 고속 데이터 시스템과 위성시스템의 휘더 상향 링크용으로 사용하는, 상대적으로 고품질의 스펙트럼으로 150-200 MHz 대역폭을 제공함으로써 무선 ATM을 매우 매력적인 전달방식으로 부각시키고 있다. 그러나, 이 스펙트럼도 예상되는 미래의 트래픽 요구를 만족하기 위해서는 반이중 무선 링크로 제한해야 할 수준이다. 이는 반이중 구조가 링크 회복시간이 필요하며 결과적으로 링크 효율성이 저하된다는 점에서 동시성 서비스를 위해 만족할만한 방식은 될 수 없다.

이상의 무선 ATM 스펙트럼 문제이외에도 무선 링크상에 ATM 셀 혹은 프레임 전송하기 위해서 고려되어야 할 사항에는 시간지연과 채널 효율성/비용 효과가 있다. IEEE802.11의 경우 25Mbps 중속에서도 ATM 셀 단위의 전송시간보다 훨씬 긴 수백 msec의 링크 회복시간(turnaround)이 요구되어 시간 지연에 민감한 멀티미디어 서비스에 적용하기에는 부적절한 것으로 인식되고 있다. 이러한 경우, 패킷 형태로 셀을 전송하는 것이 보다 효과적일 수 있다. 이를 위해 접속 노드(wireless access point)에서 일련의 셀들을 규격화된 형태로 패킷화될 때까지 셀을 버퍼에 일시 유지하도록 하므로써 링크 효율성을 증가시킬 수 있다. 그러나 패킷의 크기에 따라 서비스에 부정적인 영향을 미칠 정도로 지연문제가 발생할 수도 있으므로 패킷의 크기를 작게 하여 동일 채널상에 다

중 데이터 스트림을 통계적으로 다중화함으로써 얻는 잠재적인 이득과 링크 효율성간의 trade-off 문제로 귀착된다. 1-2Mbps 전송능력을 갖는 IEEE802.11은 통계적 다중화와 링크 효율성 측면 모두가 타당성을 주지 못하나, 20Mbps 이상의 링크를 지원하는 HiperLAN/SUPERNet에서 ATM화 이득은 대단히 크다.

4.3.3 WHAN(Wireless Home Area Network)

가입자 접속능력을 광대화할 때 가입자 태내망/배선 문제가 치명적인 장애요인으로 작용한다. 현재 가입자 태내에 사용되고 있는 케이블은 2선의 가입전화용 배선 케이블로는 수십 Mbps~155Mbps의 중고속 ATM 전송용으로 적절치 않아 배선의 교체나 다른 대안의 선택이 요구된다. 광대역서비스를 지원하는 WHAN 시스템의 가능성을 보여주고 있는 사례로 IEEE802.11, HiperLAN/SUPERNet, RNET등의 광대역 무선 LAN 기술로부터 출발한다. 가입자태내에서는 무선 B-NT에 해당하는 HBS(Home Base Station)가 범용의 고속시리얼버스를 통해 망측으로 RFI와 라인정합기능을, 가입자측으로 RFI와 WAP(Wireless Access Point) 정합기능을 제공한다. 가입자단말은 6-60m 반경의 피코셀내에서 25Mbps/52Mbps/155Mbps 접속능력을 가지며, WA(Wireless Adaptor)를 통해 WB-TE(Wireless Broadband-Terminal Equipment)가

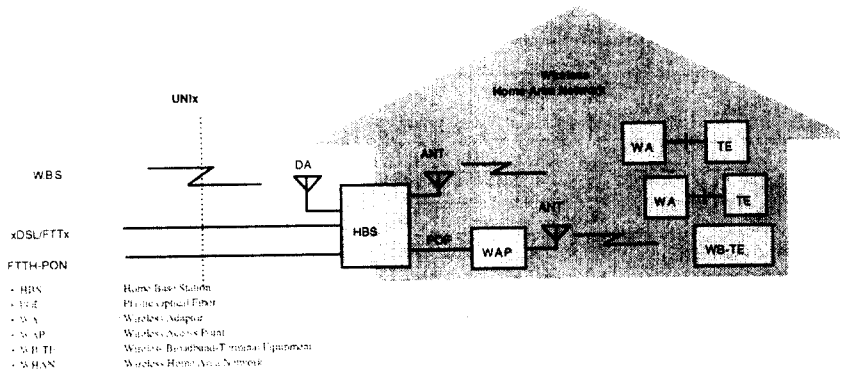


그림9. 태내 무선망(HWAN) 참조 구성

아닌 단말기를 지원한다.

HBS와 WAP간에는 25Mbps/52Mbps/155Mbps POF 배선구조를 가질 수 있다.

4.4 광케이블 기반의 FTTH

4.4.1 PON기반 가입자 접속기술

FTTH는 광케이블과 광전소자의 가격 때문에 장기간에 걸쳐 비용구조의 조정 국면에 들러갈 것으로 보인다. 현재까지 컨센서스가 확보되어 있는 방안은 단일 코아의 광케이블을 이용하여 ATM-PON을 구성하는 것인데 이를 위해 단기적으로는 1550/1310nm의 2파장 WDM(Wavelength Division Multiplexing)을, 장기적으로는 D-WDM(Dense-WDM)을 적용하게 될 것으로 예상되고 있다. 2파장 FTTH-PON 방식은 하향 전송용으로 1550nm의 단일 파장을 이용하므로써 디지털 서비스만 가능하고, 모든 서비스를 한개의 광파장으로 전송하므로써 각 서비스의 대역폭이 제한되며, 가입자측의 사용가능한 대역폭이 제한되는 단점이 있다. 그러나, 파장 다중방식 기반의 FTTH-PON을 구성하게 되면, 아날로그 서비스와 디지털 서비스를 동시에 제공가능하며, 미래의 새로운 서비스를 추가로 제공할 때 기존 시스템의 변화없이 새로운 파장의 신호를 추가하므로써 해결된다. 파장 다중방식에

서는 TDM(Time Division Multiplexing)방식과 비교하여 클럭 동기나 클럭 복원이 필요없어 이질적인 서비스의 추가, 통합이 용이해진다. 그러나, 파장 다중 방식은 국간 전송에서도 일반화되지 못할 만큼 고가의 고난도 기술이 적용된다. 따라서 가입자 액세스제에 이를 적용하려면 장기적인 망계획 차원에서 도입 전략이 수립되어야 한다. PON구조에서 일반적으로 이용되고 있는 상향 신호의 액세스제어 방식은 TDMA로서, 이 방식은 모든 가입자 측의 ONU에 타임슬롯을 할당하여 액세스노드의 PON 제어부가 폴링을 통해 ONU로부터 수신되는 해당 타임슬롯의 신호를 수신하므로써 다수의 ONU로부터 송신되는 상향 데이터의 충돌을 근본적으로 막아주는 하지만 비용효과적인 액세스 제어방식의 개선 여지가 남아있다. WDM 방식은 1개의 광선로상에서 2개의 서로다른 광파장을 사용하여 상,하향 전송을 하므로써 다른 방식에 비하여 WDM 소자가격이 추가되어 상대적으로 가격이 높은 방식이지만, 전자회로가 단순하고 가입자에게 가장 넓은 대역폭을 제공하며 고속데이터 전송에 가장 적합한 방식이다. FTTH 액세스망을 이용하여 가입자에게 고속의 데이터를 제공하는 ATM-PON의 양방향 전송 방식으로는 전자회로 구성이 단순하여 신뢰도가 우수하고, 비용효과가 좋은 WDM 방식이 보편적으로 선호되고 있다.

표4. ATM-PON의 양방향 전송방식

양방향 전송 방식	WDM (Wavelength Division Multiplexing)	TCM (Time Compression Multiplexing)	CDM (Code Division Multiplexing)	SCM (Subcarrier Multiplexing)	SDM (Space Division Multiplexing)
광선로의 수	1	1	1	1	2
라인 비트율 (Line Bit Rate)	비트율	2 x 비트율 이상	2 x 비트율 이상	아날로그	비트율
광파장의 수	2	1	1	1	1
광소자	복잡	단순	단순	단순	단순
전자회로	단순	복잡	복잡	복잡	단순
효율성	광선로 절감, 고속데이터 전송에 적합	전송 지연 시간이 큼, 저속데이터 전송에 적합	서로 다른 코드 사용으로 구현 복잡	아날로그전송, 균일한 주파수특성 필요	광선로 비용 증가

표5. ATM-PON의 상방향 Multiple Access 방식

Multiple Access 방식	TDMA (Time Division Multiple Access)	WDMA (Wavelength Division Multiple Access)	SCMA (Subcarrier Multiple Access)	CDMA (Code Division Multiple Access)
액세스 방식	복잡	단순	단순	단순
라인 비트율 (Line Bit Rate)	$N^* \times$ 비트율	비트율	아날로그	$N^* \times$ 비트율 이상
광파장의 수	1	N^*	1	1
광소자	단순	복잡	단순	단순
전자회로	복잡	단순	복잡	복잡
비용 효율성	저가	고가	고가	고가

(N^* : Multiple Access의 수)

TDMA 방식은 시분할 방식으로서 액세스 노드에서 하향 제어 신호가 필요하므로 전자회로가 복잡하지만 WDMA 방식에 비하여 시스템 비용이 적고, CDMA 방식에 비하여 유효 데이터 전송 효율이 높으며, SCMA 방식에 비하여 디지털 송수신 처리가 가능하므로 ATM-PON의 상방향 다중액세스 방식으로는 TDMA 방식이 가장 보편적으로 이용되고 있다.

FTTH는 장기의 전략적 가입자망 계획에 따라 추

진되어야 하므로 사용자의 서비스 요구 조건의 변화에 따라 시스템의 구성에 확장성을 지원해야 한다. 또한, 가입자측의 NTU도 서비스 기준의 변화에 따라 망측 정합기능의 최소 기능만을 교체하는 것으로 서비스가 제공되어야 하므로 유연성이 우수해야 한다.

ITU-T 권고안 G. 982(G.PONA)는 협대역서비스에 제한된 수준이기는 하나 FTTH-PON을 구성하기 위해 필요한 광케이블 분배망 구성조건을 규정하고 있

표6. 시스템 유형에 따른 G. PONA의 특성

시스템 유형		유형 1 (SDM, WDM)	유형 2 (TCM)
전송거리	20Km	최소 16분기	최소 8분기
	10Km	최소 32분기	최소 16분기
광경로손실등급	등급 A	최소 5dB, 최대 20dB	
	등급 B	최소 10dB, 최대 25dB	
	등급 C	최소 15dB, 최대 30dB	
용량 및 등급 (협대역서비스)	OAN 용량	최소 200B/ODN 정합	
	ONU 등급	등급 1 : 최소 2B	등급 1 : 최소 2B
		등급 2 : 최소 32B	등급 2 : 최소 32B
		등급 3 : 최소 64B	등급 3 : 최소 64B

* OAN : Optical Access Network, ODN : Optical Distribution Network

으며 ATM을 수용할 경우에도 이 조건은 공통으로 적용된다. FTTH-PON을 구성하기 위한 분배망은 광신호의 다중화방식에 따라 전송거리, 광분기율, 전송용량에 영향을 미친다. SDM과 WDM은 최소 16-32 분기, TCM은 8-16분기가 가능하며, 액세스노드측의 전송용량은 각각 200B 채널과 100B 채널 용량을 갖는다.

4.4.2 AON 기반 가입자 접속기술

ODN이 광분기기가 아닌 다중화 혹은 집선기능을 사용하여 선로 이득을 얻고자 할 경우 이러한 가입자망 구성형태를 능동형 광가입자망(Active Optical access Network)이라 할 수 있다. 이러한 구성은 초기 ITU-T에 의한 전형적인 B-ISDN 참조모델과 물리계층 정합규격으로 권고되어 B-ISDN 가입자계 기술개발의 주류를 이루어 왔으나, 광소자와 케이블 가격의 하락세가 당초 예상했던 수준에 미치지 않아 PON에 상대적으로 경쟁력이 떨어지는 대안으로 인식되고 있다. 단기적으로는 주거 가입자에게는 비용압박이 큰 대안이기는 하나 FTTO/FTTB(Fiber To The Office/Fiber To The Building)를 위한 대안으로 경쟁력을 가질 수 있다. 그림5는 B-NT 시스템을 이용한 AON 형태의 가입자망 구성사례를 나타낸다. 이 그림에서 소개되는 B-NT 시스템은 ITU-T의 전형적인

참조모델을 기반으로 가입자 구내망 혹은 공중망을 구성할 수 있으며, 가입자의 서비스 요구조건에 따라 B-TA 기능을 내장할 수 있다.

V. 초고속가입자망의 진화방향

새로운 서비스, 새로운 사업 환경에 따라 망사업자에게 요구되는 목표망의 진화 모델은 다양하게 정의될 수 있다. 현재 진행되고 있는 국내 통신사업구조의 변화는 향후 통신사업과 방송사업간의 서비스 및 망구조적 융합, 유선통신사업과 무선통신사업간의 망구조적 융합으로까지 발전하게 될 것이다. 따라서, 독립적 망구조가 배제됨에 따라 가입자 환경에 맞는 최적의 액세스 방식이 다양하게 적용될 것이며, 이에 적합한 가입자망 기술과 시스템의 도입 필요성이 제기될 것이다. 초고속가입자망의 구조는 전화망과 단방향 CATV 전송망으로부터 출발한다. 최근 그 용도와 경제적 타당성에 대해 설득력이 형성되고 있는 초고속가입자망의 기술 대안은 유선통신 분야에서 기존 가입전화용 동선을 활용하는 xDSL/FTTx, 기존 CATV 전송망용 동축선을 활용하는 HFC, 완전 광선로화를 실현하되 광선로 및 광전소자의 비용점유율을 감소시키는 FTTH-PON으로 요약된다. 무선통신 분야에서는 음성전화나 저속데이터뿐 아니라 영상이나

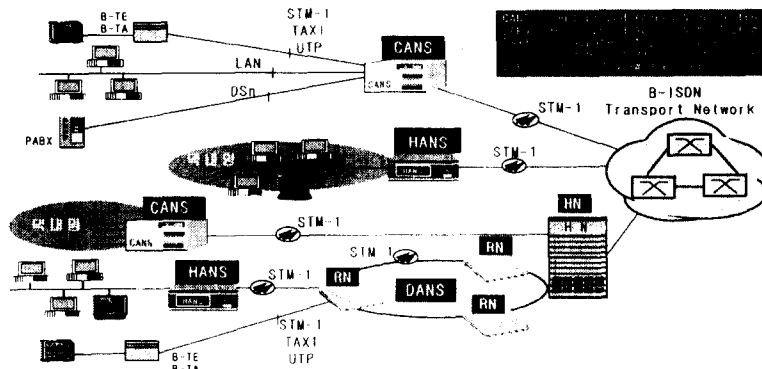


그림10. FTTH-AON 구성사례

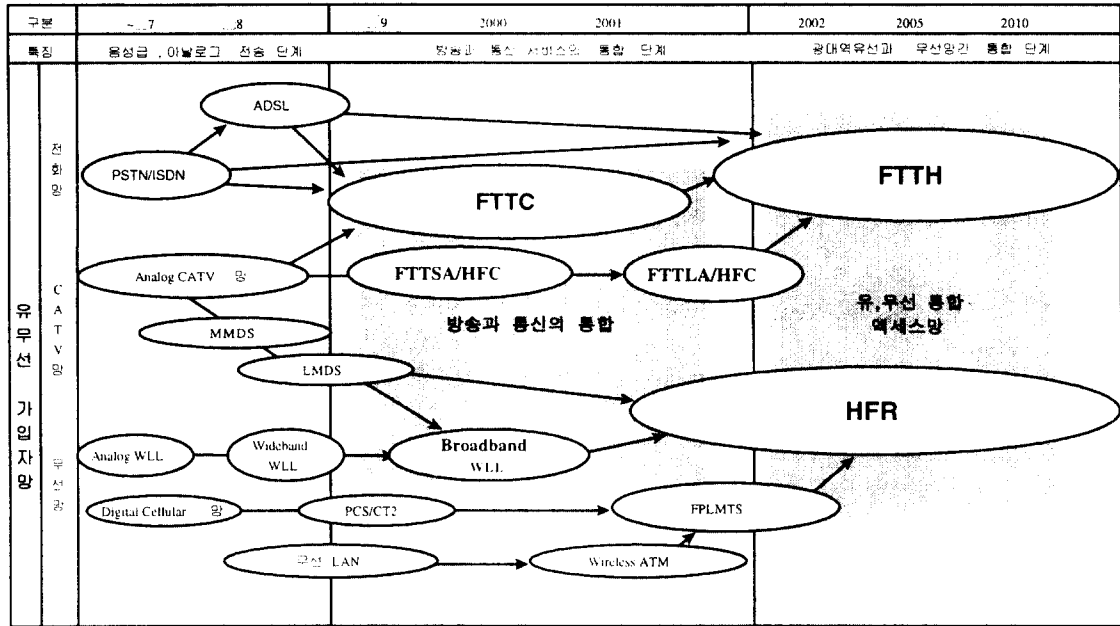


그림11. 가입자망 진화방향

고속의 실시간 데이터를 전송할 수 있는 LMCS(Local Multipoint Communication Services)와 FPLMTS가 초고속 가입자망의 무선접속을 위한 최적의 대안으로 꼽히고 있다.

초고속가입자망은 특정 서비스 접속을 위한 관문기능을 수행하기에는 경제적 타당성을 확보하기 어렵기 때문에 여전히 기술적 문제가 있기는 하나, 멀티서비스 접속구조를 지향해야 하며, 가입자 시설 및 자재의 공유 구조로 구축되어야 한다. HFR 기반의 유.무선 통합구조는 이런 의미에서 전략적 진화의 대표적 사례가 될 것이다. 이와 함께, 초고속가입자망의 전환과정에서 대내망의 배선구조도 기존 동선으로부터 저가의 POF나 마이크로파대/밀리미터파대 무선이 결합하는 광대역 유.무선 대내망으로 개선되어 갈 것으로 예상된다. 이러한 가입자망 환경이 성숙될 때 가입자 대내까지 광케이블이 포설되는 FTTH가 전개될 것이다. 그림11이 가입자망의 초고속화 전개과정을 나타내고 있다.

VI. 결 론

본고에서는 멀티미디어 정보통신 서비스에 대한 관심이 고조되면서 가장 장애요인으로 남아 있는 가입자망의 현안과 이를 극복하기 위한 초고속 가입자접속기술에 대하여 살펴보았다. 대표적인 예로서는 멀티미디어 표현매체를 수용하는 웹의 급속한 확산과 인터넷 트래픽의 폭증이 PSTN을 경유할 경우 서비스의 질적 열화뿐 아니라 PSTN의 서비스 품질을 악화시키는 요인이 되고 있다. 이를 극복하기 위해 POTS와 인터넷/VOD/CATV등의 서비스를 가입자망에서 분리시키는 접속형태를 제안하고, 이에 필요한 xDSL, FTTx, HFC, HFR등의 접속기술과 대내 배선의 초고속화를 효과적으로 추진할 수 있는 WHAN 개념을 소개하였다. 이상의 기술이 기반이 되어 향후의 가입자망은 그동안 독립적인 사업영역으로 분리되었던 통신과 방송, 유선과 무선이 결합하

여 이종, 다수의 서비스 제공자에게 가입자를 접속시키기 위한 멀티 액세스 플랫폼으로 전환되어 갈 것으로 예상되며, 가입자의 서비스 기준이나 가입자 선로 환경에 따라 다른 방식의 가입자 접속기술 대안이 적용될 수 있음을 소개하였다.

참고 문헌

[1] 김재근의, 가입자분야 초고속정보통신 기술개발 연구기획에 관한 연구, 한국전자통신 연구소, 1996

[2] 노장래의 광가입자망의 전략적 진화-기술 경제적 문제를 중심으로, Telecom Review, 제7권 1호, 1997

[3] ATM Forum, Baseline text for the Residential Broadband Working Group, RBB95-1416R3

[4] DAVIC 1.0 Specifications Part 4, Delivery System Architecture and Interfaces, Nov. 1995

[5] ITU-T SG13, Draft Recommendation G.902, Framework Recommendation on Functional Access Networks(AN) Architecture and Functions, Access Types, Management and Service Node Aspects, Nov. 1994

[6] John Mathews and Fash Darabi, The Local Loop, Techniacl and Regulatory Strategies, OVUM, 1994

[7] Keisuke OGAWA and Jun SEGAWA, Cost Evaluation and Architecture for Access Network using Cable Systems and Radio Systems, 전자정보통신학회논문지, B-I Vol. J78-B-I, No. 10, pp 444-455, 1996

[8] Marlia Humphrey, et al., How xDSL Supports Broadband Services to the Home, IEEE Comm. Magazine, pp 14-23, Jan.1997

[9] Olsen et al., Techno-Echnomic Evaluation of Narrowband and Broadband Access Network Alternatives, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.14, No.6, pp 1184-1202, August 1996

[10] R.J.Nowak, Wireless : Part of the Broadband Future, ISSLS96, Feb. 1996

[11] Walter Honcharenko, et al., Broadband Wireless Access, IEEE Comm. Magazine, pp 20-26, Jan.1997

노 장 래

- 1982년 2월 : 성균관대학교 산업공학과 (학사)
- 1985년 2월 : KAIST 산업공학과 (석사)
- 1985년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

김 재 근

- 1980년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (학사)
- 1983년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (석사)
- 1990년 9월 : 고려대학교 전자공학과 (박사)
- 1979년 12월~현재 : 한국전자통신연구원 광대역통신망 연구부장