

광대역 가입자망 구성기술 현황

全 洪 範, 李 尙 勳

韓國通信 通信網研究所

요 약

공중통신망에서 광대역 통신 서비스의 제공을 위해서는 가입자망의 광대역화가 필수적이다. 그러나, 가입자망의 광대역화에는 막대한 양의 투자가 필요하기 때문에 체계적이고 경제적인 진화계획의 수립이 요구된다. 본 고에서는 현재 세계 각국에서 중점적으로 연구되고 있는 광대역 가입자망의 구성 기술에 대하여 살펴 보고, 이에 대한 국제적인 표준화 현황, 그리고 한국의 가입자망 상황과 바람직한 진화 방안에 대하여 검토하여 보겠다.

I. 서 론

멀티미디어 기술의 본격적인 발전으로 종래의 전화 위주의 공중통신서비스에서 광대역 멀티미디어 통신서비스로의 진화가 요구되고 있다. 멀티미디어 PC 보급의 대중화로 이미 멀티미디어 서비스는 일반인들에게 낯선 용어가 아니다. 일반 전화 가입자들은 보다 다양한 서비스의 제공을 원하고 있으며 무선전화, PC 통신, CATV 서비스, 음성정보 서비스, VDT(Video Dial Tone) 서비스 등의 이미 보편화되고 있는 서비스들을 보다 편리하고 저렴한 가격으로 사용할 수 있게 되기를 원한다.

광대역 통신 서비스를 위한 집중적인 연구개발로 이미 많은 장치들의 상용화가 이루어지고 있는 상태이다. ATM 교환기, 광전송장치, 광대역 단말 등 다양한 장치들의 개발이 급속도로 추진되고 있다. 그러나, 이러한 장치들의 개발에도 불구하고 실제적인 광대역 통신 서비스의 일반가입자에게의 제공은 가입자망의 광대역화가 이루어져야만 가능하다.

현재의 음성통신을 위한 전화선으로는 수십 Mbps에 이르는 광대역 서비스를 제공할 수 없기 때문에 가입자망의 광대역화는 필수적이다. 또한 전체 통신망 구축 비용 가운데 가입자망의 구축비용이 50% 이상에 달하기 때문에 이에 대한 체계

적이고 경제적인 진화계획의 수립이 매우 중요하다.

세계 각국의 전화회사와 CATV 사업자들은 그들이 확보하고 있는 가입자망의 광대역화를 위한 작업을 활발히 추진하고 있다. 이들의 최종적인 목표는 물론 FTTH(Fiber-to-the-Home)이지만 그 중간 단계의 진화계획은 각국의 환경을 고려하여 다양하게 접근하고 있다.

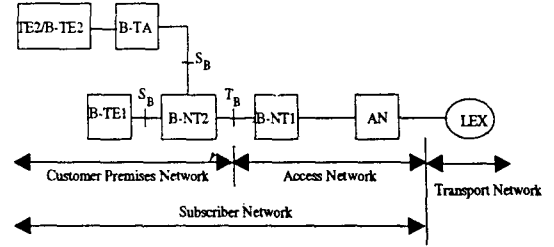
현재 고려되고 있는 광대역 가입자망의 구성방안으로는 기존의 전화선로를 활용하여 고속화하는 ADSL(Asynchronous Digital Subscriber Loop) 방식, CATV 서비스를 위한 설비를 활용하는 HFC(Hybrid Fiber/Coax) 방식, 광선로와 동선을 혼용하는 FTTC(Fiber-to-the-Curb) 방식 등이 있다. 각국에서는 이들 방식들을 이용하여 이미 시험망들을 구축하여 운용중이며 이 결과들로부터 도출된 문제점들을 보완하며 핵심기술들의 실용화를 위한 노력을 집중적으로 수행하고 있다.

본 고에서는 이와 같은 광대역 가입자망의 구성 기술을 살펴 보고, 이들의 국제 표준화 현황, 그리고 한국의 상황과 진화방안을 검토하여 보겠다.

II. 광대역 가입자망의 구성 방식

ITU-T의 B-ISDN 참조모델에 따르면 광대역 가입자망은 (그림 1)과 같이 액세스망과 가입자 구내망으로 구성되며 액세스망은 다시 Access Node(AN), B-NT1 등으로, 가입자 구내망은 B-NT2, B-TA, B-TE 등으로 구성된다. 그러나, 이것은 극히 복잡한 가입자 망을 기능상으로만 분류하였기 때문에 실제 구성은 설치된 물리 매체에 따라 매우 복잡한 양상을 갖는다. 특히, 액세스망은 기존 전화망과 CATV망, 광가입자망 설비 등이 혼합되어 있기 때문에 진화 계획이나 서비스 제공 계획을 수립하기 위한 기술 규격의 작성이 난이하다. 또한 가입자 선로의 대체와 그 관련 장치의 설치에는 대규모의 투자가 필요하기 때문에 그 진화 전략의 수립에는 엄밀한 분석이 선행되어야 한다.

현재 이러한 기존의 가입자망 설비를 최대한 활



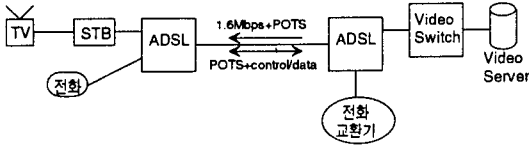
(그림 1) 광대역 가입자망 구성요소

용하며 가입자에게 다양한 광대역 서비스를 제공하기 위한 여러 가지 방식들이 논의되고 있다. 이들 가운데에 일부는 이미 상용화 수준에 도달한 기술도 있다. 세계 각국의 전화회사들과 CATV 사업자들은 자사에 맞는 진화방안을 수립하여 이들을 시험하며 해당 기술의 문제점들과 그 해결방안을 모색하고 있다. 본 절에서는 광대역 가입자망을 구축하기 위하여 이들에 의하여 시도되고 있는 다양한 방식들을 살펴보고 이들의 장단점들을 비교하여 보겠다.

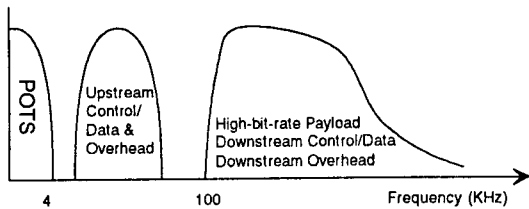
1. ADSL(Asynchronous Digital Subscriber Loop)

본래 POTS(Plain Old Telephone Service)를 제공하도록 설치된 동선의 잠재적인 능력이 최근에 고속 디지털기술과 VLSI 기술의 발전으로 효율적인 대역폭 변조 scheme의 이용이 가능해짐으로써 증가하고 있다. 특히 HDSL(High-bit-rate Digital Subscriber Loop)과 ADSL 기술의 발전은 기존의 가입자 선로로 T1(1.544Mbps)급 이상 신호의 송신을 가능하게 하였다.

HDSL은 DSL(ISDN BRA 서비스를 위해 한 쌍의 케이블로 전이중 160Kbps 전송을 하는 기술)이 확장된 개념으로 DSL에서 사용하는 반향제거, 적응성등화, 필터링, 그리고 코딩기술의 향상 등으로 인해 발전된 기술이다. 또한 ADSL 기술은 두 개의 twist-pair를 이용하여 1.544Mbps를 full duplex로 전송하던 HDSL 기술을 asymmetry 개념을 이용하여 한 개의 twist-pair만을 사용하도록 발전시켰다. 이러한 ADSL 기술은 단방향 고속 데



(a) Video-on-Demand(VOD) 서비스를 위한 ADSL 시스템의 사용 구조



(b) 주파수 스펙트럼

〈그림 2〉 ADSL 시스템의 예

이타 전송과 같은 새로운 비대칭 서비스 요구를 저렴한 가격으로 제공할 수 있다는 장점이 있다.

현재 상용화되어 있는 ADSL 기술은 standard twist-pair 전화선을 통하여 전화국에서 customer premises까지 단방향으로 1.5Mbps 데이터를 전송할 수 있으며, 6Mbps 이상 전송할 수 있는 ADSL 기술의 상용화도 급속도로 진행되고 있다. (그림 2)에 ADSL 시스템의 예와 주파수 스펙트럼(DMT 방식)을 나타내었다.

ADSL에서 사용되는 선로부호기술은 Bellcore에서 제안한 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 방식과, AT&T, Westell사의 CAP(Carrierless Amplitude and Phase Modulation) 방식,^[1] Amati사의 DMT(Discrete Multitone) 방식^[2] 등이 있다. 이 가운데 CAP방식과 DMT방식 간에는 서로의 장단점에 대한 많은 논란이 계속되고 있으며, 현재 미국 ANSI의 T1E1.4 committee에서 ADSL을 위한 표준으로 DMT방식이 선정되면서 일단 DMT 방식이 유리한 고지에 올라섰다고

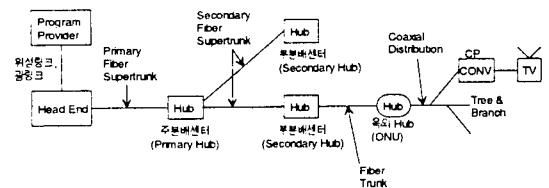
할 수 있다. 그러나 ATM Forum의 UPT-3를 활용한 51.84Mbps 전송을 위한 표준으로는 16-CAP 방식의 사용이 결정되어 고속 ADSL 전송방식의 표준화를 위한 경쟁이 매우 치열한 상태이다.

ADSL은 일시에 막대한 투자비를 요구하지 않고, 실수요자에게만 장치의 설치가 가능하며, 대부분의 가입자에게 별도의 조치없이 즉시 서비스가 가능하다는 장점이 있다. 따라서, VOD 서비스 등의 광대역 서비스 제공의 초기 단계에서 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

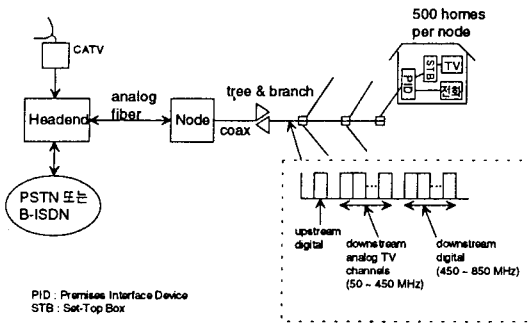
2. Hybrid Fiber-Coax(HFC)

현재 대부분의 CATV 시스템은 동축케이블에 영상신호를 아날로그로 변조하여 전송하는 방법을 사용한다. 사용하는 대역폭은 약 450~550MHz를 점유하며 아날로그 TV 채널당 6MHz 밴드로 나누어진다. (그림 3)에 현 CATV 시스템의 예를 나타내었다.^[3] Headend에서 hub까지는 광케이블을 이용하여 신호를 전송하며, 광신호가 중단되는 최종 hub에서 가입자 단말(converter)까지는 동축케이블을 tree & branch 형식으로 구성하여 신호를 broadcasting한다.

지금까지의 CATV 시스템은 이러한 구성에서 영상신호를 headend에서 TV까지 단방향으로만 전송하였으며 가입자로부터의 상향신호는 수용할 수 없었다. 그러나 CATV 전송망을 활용한 대화형 서비스의 필요성은 양방향 통신이 가능한 새로운 구조의 도입을 요구하게 되었다. 양방향 통신을 위해서는 기존의 광동축 혼성(HFC) 구조에서 전송장치, 증폭기, 신호재생기 등을 양방향 통신이 가능한 장치들로 교체하면 최소한의 부가서비스를

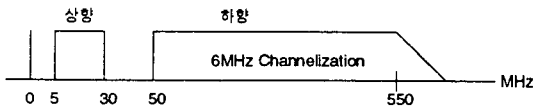


〈그림 3〉 CATV 시스템 구성도



PID : Premises Interface Device
STB : Set-Top Box

〈그림 4〉 HFC 구조의 양방향 CATV망 구성도



상향채널 : 상향 video, 방범 방재 등
하향채널 : 60-80 채널 Analog CATV

〈그림 5〉 양방향 CATV Spectrum Utilization

제공할 수 있다. (그림 4)에 HFC 구조의 양방향 CATV 망의 구성도를 나타내었다.^[4] 이 방법은 기존의 CATV 서비스를 위한 설비를 최대한으로 활용할 수 있기 때문에 비용이 적게 든다는 장점이 있다.

또한, (그림 5)에 초기의 양방향 CATV 주파수 사용대역을 나타내었다. 상향 채널은 기존의 주파수 스펙트럼에서 사용하지 않는 부분인 0~50MHz 대역의 일부를 사용한다.

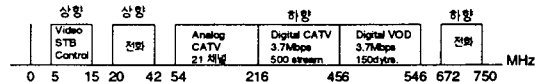
양방향 CATV 망의 능력을 활용한 부가서비스의 예는 다음과 같다.

- 영상분배 서비스 (Video Distribution Service)
- 전화 (Plain Old Telephone Service)
- 데이터 통신 서비스 (예 : LAN 접속, PC 통신 등)
- 유사 주문형 비디오 (Near Video-on-Demand) 서비스
- 주문형 비디오 서비스 (Video-on-Demand)

서비스

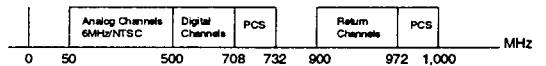
이러한 서비스들을 본격적으로 서비스하기 위하여는 (그림 5)와 같은 기존의 주파수 대역 외에도 추가 주파수 대역의 사용이 요구된다. 특히 VOD 서비스와 같은 경우는 digital video 신호의 전송을 위하여 최소 약 200MHz 정도의 주파수 대역이 추가로 필요하다. (그림 6)의 (a)와 같이 미국 Nynex에서는 550MHz에서 750MHz 대역을 digital 신호 전송을 위하여 사용하였다. 이 경우 fiber 당 약 500 가입자가 연결되는데 영상전화 등 양방향 멀티미디어 서비스 제공을 위한 상향 채널 대역폭의 부족이 문제점으로 지적되었다. 또한, Time Warner의 경우는 (그림 6)의 (b)와 같이 1GHz 대역까지 사용하여 부가서비스를 제공할 계획을 세우고 있다.^[5]

하향 디지털 신호에 대한 변조, 신호방식 등에 대한 표준화는 아직 이루어지지 않은 상태이다. 〈표 1〉에 다양한 변조 방식을 보였다. 디지털 신호 채널도 아날로그 TV 채널과 같이 6MHz 대역으로 할당되기 때문에 64QAM 방식을 이용하면 최대 27Mbps까지 가능하고, 256 QAM/16 VSB (Vestigial Side Band) 변조는 최대 43Mbps까지의 전송이 가능한 것으로 보고되어 있다.



상향채널 : 전화, VOD, Control Signal
하향채널 : CATV, VOD, 전화

(a) 750 Mhz Spectrum Allocation(미국 Nynex Trial의 예)

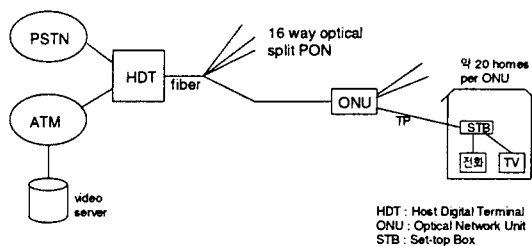


(b) 1 Ghz Spectrum Allocation(Time Warner Orlando Trial의 예)

〈그림 6〉 HFC에서의 주파수 할당 예

〈표 1〉 HFC에서의 Forward Channel Technologies

Modulation	Bits/Hertz	Mbps in 6MHz Channel
BPSK	1	4
QPSK	2	8
16QAM	4	16
64QAM	6	24~27
256QAM/16VSB	8	38~43



〈그림 7〉 PON-based FTTC Architecture

상향 채널에도 기술적으로 많은 문제점이 있다. 상향채널로 사용하는 5~40MHz 주파수 대역은 많은 간섭과 잡음의 영향을 받는 것으로 지적되고 있다. 또한 상향 신호 대역폭의 제한으로 양방향 서비스의 접속 회선수가 제한되어 대개 300~500 가구 정도이다. 이러한 수의 가입자가 상향채널을 공유하기 위해서는 동축망의 방송 특성으로 인하여 다중접속제어가 사용되어야 한다. 매체공유 방식의 결정에는 전화부터 LAN간 통신까지의 다양한 트래픽을 수용할 수 있어야 한다는 제약조건이 고려되어야 하며, 검토되는 방식으로는 TDMA, FDMA, CDMA 등으로부터 변형된 ethernet 방식까지 다양한 것들이 있으나 아직 적당한 해결책을 찾지 못한 상태이다.^[6]

3. Fiber-to-the-Curb(FTTC)

HFC 구조와 함께 광대역 가입자망의 구성방안으로 검토되고 있는 방식들 중의 하나는 광/동선 혼성망인 FTTC 구조이다. HFC 방식이 신호의 broadcasting 구조인 반면에 FTTC 방식은 각 가입자까지의 독립된 선로를 활용하는 switched-star 구조이다. FTTC 방식은 가입자에게 보다 가까운 곳까지 광케이블화 하는 구도로, 현재로는 가장 적극적인 광가입자망 구성방식이라고 할 수 있다.

(그림 7)에 PON(Passive Optical Network) 방식을 활용한 FTTC의 구성도를 나타내었다.^[7] HDT(Host Digital Terminal)에서 기존 전화 인터페이스와 ATM 등의 광대역 인터페이스가 합쳐지며 ONU까지 PON 방식으로 광선로를 이용하여 신호가 전달된다. HFC가 하나의 최종 hub에서

200가입자 이상의 가입자가 tree & branch 형태로 접속되는 반면에 FTTC는 ONU당 20가입자 내외를 서비스한다. PON 방식을 이용하면 하나의 광케이블에 많은 수의 가입자를 접속시킬 수 있기 때문에 초기 투자비용이 저렴하다는 장점이 있는 반면에 가입자 장치에서 높은 주파수를 처리해야 한다는 부담이 있으며 상향 전송을 위해서도 채널 공유를 위한 다중접속 제어가 필요하다. 또한 전송 신호가 PON을 통하여 broadcasting되기 때문에 정보의 보안성도 취약하다는 단점이 있다.

PON 방식과 반대로 능동 광전송방식을 위주로 한 ADS(Active Double Star) 구조를 활용하여 FTTC를 구성할 수 있다. (그림 8)에 이러한 구조를 예시하였다.^[8] 가입자 단의 구성은 PON 방식과 유사하나 광 분배망의 구성이 능동 광 전송장치를 중심으로 구성된다. 이러한 방식은 광 링크가 적은 수의 가입자들에 의하여 공유되기 때문에 낮은 대역폭의 저렴한 광 장치를 활용할 수 있다는 장점이 있으나 원격 능동 광전송장치의 위치, 전력 공급, 제어 등이 해결되어야 할 문제로서 망 구축 비용을 높게 하는 요인이 되고 있다.

ONU에서 가입자 장치까지의 전송은 이들간의 거리가 짧아질수록 보다 고속 전송이 가능하다. 앞에서 살펴본 ADSL 기술을 적용하면 100M 정도의 거리에서 51.84Mbps의 하향 신호 전송이 가능한 것으로 보고되고 있다. 특히 CATV 신호와 주파수 스펙트럼을 달리하여 가정에서 단일 접속으로 대화형 서비스와 CATV 서비스를 받을 수 있는 구조도 가능하다(그림 9).

〈표 2〉 서비스 제공능력 비교

시스템	ADSL	HFC	FTTC	FTTH
Features				
POTS only	좋음	나쁨	좋음	좋음
Broadcast + POTS	나쁨	좋음	보통	좋음
Basic IMS + POTS	좋음	보통	좋음	좋음
IMS + Broadcast + POTS	나쁨	보통	좋음	좋음
2방향 + IMS + Broadcast + POTS	나쁨	나쁨	보통	좋음
Future Proof	나쁨	보통	보통	좋음
Scope for network cost resuction	나쁨	보통	좋음	좋음
Timescales	~1년	0~3년	1~3년	3+년
Perceived Difficulty /Risk	적당	높음	적당	매우 높음

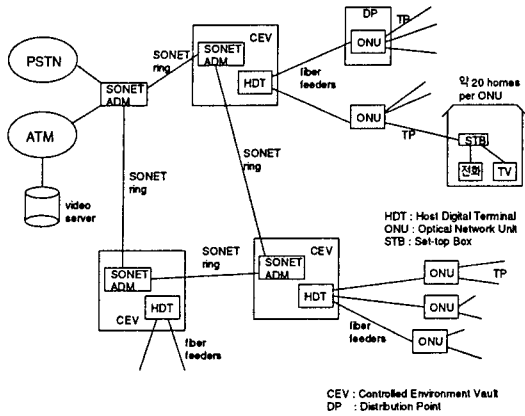
IMS : Interactive Multimedia Service

이 기존의 선로를 충분히 활용할 수 있다면 다른 두 방식에 비하여 추가 투자 비용이 현격하게 줄어들 것이다. 또한 PON 시스템 등 광전송장치의 가격이 하락함에 따라 FTTC를 위한 투자비용도 최근에 급격히 하락하고 있는 것으로 보고되고 있다.

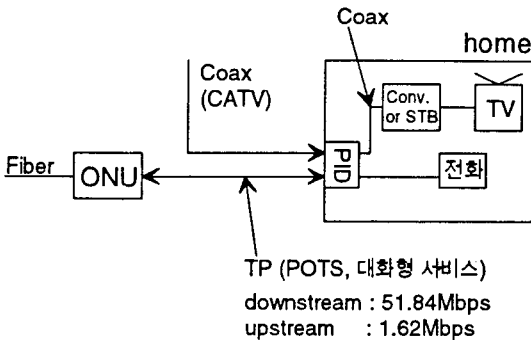
정보의 보안상의 측면에서 본다면, HFC 방식은 양방향 채널이 모두 모든 가입자들에게 broadcasting되지만 FTTC 방식은 모든 채널들이 분리되어 있어 비밀보장 측면에서는 FTTC 방식이 우수하다 할 수 있다. 또한 HFC의 broadcasting 특성은 단일 장치의 고장이나 오동작이 같은 매체를 공유하는 모든 가입자들에게 영향을 미칠수도 있어서 시스템의 신뢰도 측면에서도 불리하다고 할 수 있다.^[10]

상향채널의 사용면에서도 FTTC 방식은 소수의 가입자 장치들만이 채널을 공유하는 반면에 HFC 방식은 최소 200가입자 이상이 채널을 공유하기 때문에 매체접속제어를 위한 오버헤드가 크며 기술적인 면에서도 보다 복잡한 방식이 사용되어야 할 것이다.

기존 설비의 사용면에서는 HFC 방식이 기존의 CATV망 설비를 최대한 활용할 수 있어서 별도의



〈그림 8〉 ADS-based FTTC Architecture



〈그림 9〉 FTTC와 CATV 서비스의 단일 인터페이스 구성

4. 비 교

지금까지 기술된 여러 가지 가입자망 구성방식들은 나름대로 장단점들을 가지고 있으며 다양한 요인들을 종합적으로 분석하여 전체적인 진화전략을 수립하여야 할 것이다. 이들 방식들의 서비스 제공능력을 〈표 2〉에 나타내었다.^[9] 서비스 제공능력면에서는 FTTH가 가장 우수하고 ADSL 방식은 기본적인 대화형 서비스 제공에 적합함을 알 수 있다. 이들 방식들의 전송 시스템 가격면의 비교를 〈표 3〉에 나타내었다. 가구당 투자비용은 HFC와 FTTC가 비슷하고 ADSL이 다소 비싼 것으로 분석되었지만, ADSL 방식이 선로의 교체없

〈표 3〉 전송시스템 가격비교

	ADSL	HFC	FTTC
전송장비	ATM/T1 MUX ADSL	QAM MOD Feeder Demond	HDT ONU Super Trunk
Node 전송선 Home 전송선	TP	FO(300node) Coax TP	FO(8~24node) Coax TP
BW(MHz)	2~6	330~1000	450~750
'95(250가구)	\$ 1,000K - \$ 500K(T1) - \$ 500K(ADSL)	< \$ 600K - \$ 300K(장비) - \$ 300K(선로)	< \$ 700K - \$ 400K(장비) - \$ 300K(선로)
'95(가구당)	\$ 4,000	< \$ 2,400	\$ 2,800
'98(가구당)			
20%	\$ 1,000~ \$ 1,500	\$ 450~ \$ 950	\$ 500~ \$ 600
100%	\$ 1,000~ \$ 1,300	\$ 800~ \$ 1,300	\$ 800~ \$ 850
Stream 당(33% 기준)	\$ 3,000~ \$ 4,500	\$ 2,500~ \$ 3,500	\$ 2,000~ \$ 2,200
STB('98, 가구당)	\$ 200	\$ 300	\$ 250

광분배망을 설치해야 하는 FTTC 방식에 비하여 유리하다고 할 수 있다. 그러나 이것은 기존 HFC 설비를 얼마나 활용할 수 있는가에 달려 있을 것이다. 실제로 양방향 통신을 가능하게 하기 위한 증폭기의 교체나 550MHz 이상의 대역을 활용하기 위한 동축선로의 교체 비용을 고려하면 FTTC 방식에 비하여 HFC 방식이 결코 유리하지 않은 것으로도 최근에 분석되고 있다.

FTTH로의 진화의 용이성에 있어서는 FTTC 방식이 HFC 방식보다 유리하다. FTTC 방식에서도 PON 구조보다는 ADS 구조가 더욱 유리할 것이다. ADS 구조의 FTTC 방식은 최종 가입자 선로의 광선로화로 간단히 FTTH로 진화할 수 있는 반면에 PON 구조의 FTTC와 HFC 방식은 추가로 전송장치의 교체가 필요하기 때문에 더욱 많은 추가 투자를 필요로 할 것이다.

'94년까지는 대부분의 미국 전화회사와 CATV 사업자들은 HFC 방식의 가입자망 구축계획을 발표하고 추진하여 왔으나 그 동안의 시범사업을 통하여 나타난 기술적인 문제와 광장치들의 기술향상 및 가격하락은 최근 US West와 Bell Atlantic 등이 FTTC로의 계획 변경을 추진하도록 만들었

다. 이러한 점에서 볼 때 아직은 어느 방식이 기술적, 경제적으로 유리하다고 단정하기에는 이른 시점이다. 당분간은 이들 방식들에 대한 기술 개발과 함께 계속적인 비교 검토가 이루어질 전망이다. 각 회사들은 자사의 상황에 적합한 진화 계획을 수립해 나갈 것이다.

III. 국제 표준화 동향

광대역 가입자망 구조의 표준화를 위한 국제적인 노력은 ITU-T를 비롯하여 많은 관련 표준화 기구에서 이루어지고 있다. 특히 지금까지 살펴본 ADSL, HFC, FTTC들의 표준화는 많은 전화 회사들과 CATV 사업자들이 앞다투어 통합서비스망(Full Service Network) 제공을 계획하고 소요 장치들에 대한 제안서를 요청하고 있기 때문에 시스템 공급사들이 더욱 서둘러서 국제 표준의 제정에 앞장서고 있는 실정이다.

본 장에서는 이들 국제기구 가운데에서 ITU-T와 ATM Forum의 가입자망에 대한 표준화 활동

을 간단히 살펴보겠다.

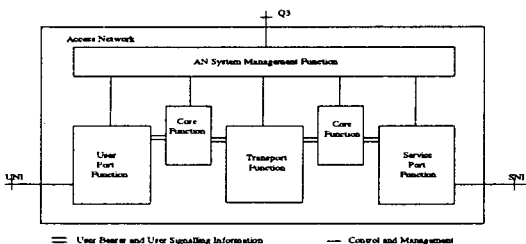
1. ITU-T

ITU-T에서는 액세스망의 기능구조에 대한 표준화 작업을 진행 중이다. 이 작업은 기존 액세스망과 B-ISDN에서의 액세스망을 모두 고려하여 일관된 기능구조와 그 진화 방향의 제시를 목표로 하고 있다. 액세스망의 표준화 활동은 study group 13(SG13)의 working party 4(WP4)에서 담당하고 있으며, '94년은 rapporteur 회의를 포함하여 4회의 회의를 개최하는 등 활발한 활동을 하였다.

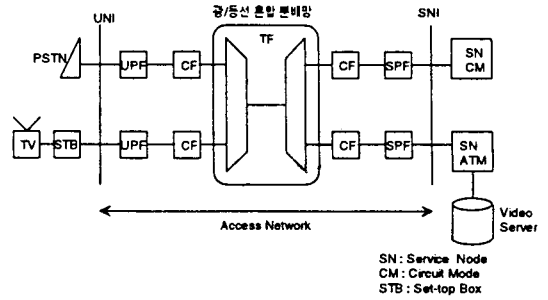
WP4는 '94년도에 수행한 작업의 결과로 Framework Recommendation on Functional Access Networks(AN): Architecture and functions, access types, management and service node aspects라는 드래프트 권고 G.9xx를 내놓았다. 이 권고의 주요 내용은 다음과 같다.

- AN의 정의
- AN의 기능구조와 service node(SN)와의 관계
- AN이 지원해야 할 접속 형태
- AN의 베어러 전달 능력과 요구사항
- AN에 대한 관리 개념과 그 요구사항
- 접속 운용 및 제어 요구사항
- 다양한 AN의 통합방안

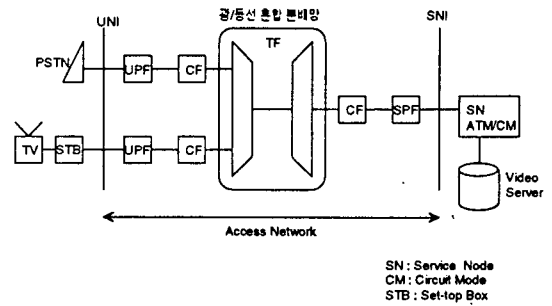
(그림 10)에 이 권고에서 정의한 AN의 기능구조를 나타내었다.^[11] User port function(UPF)과 service port function(SPF)은 각각 UNI(User Network Interface)와 SNI(Service Node Interface)에 관련된 기능을 수행하며, transport function(TF)은 다중화와 물리매체적응 및 변환 관련



(그림 10) 액세스망 기능구조(Fig. 3/G.9xx)



(a) 물리매체에서 다중화된 구조



(b) 통합된 전송모드의 구조

(그림 11) FTTC에 대한 액세스망 기능구조 모델링

기능을 수행한다. 또한 core function(CF)은 UPF와 SPF의 베어러 요구사항을 공통의 베어러에 적용시키는 기능을 하며, AN system management function(SMF)은 AN내의 각 기능블럭들에 대한 운용, 유지보수 기능을 수행한다.

제시된 기능구조를 FTTC 구조에 적용하면 (그림 11)의 (a)와 같이 초기에는 TF 블럭의 물리계층에서 사용자 정보가 다중화되어 전달된 후 각각 분리된 SNI에 접속되는 구조로 구성될 것이다. 그러나 FTTH로의 진화와 ATM을 중심으로한 전송모드의 통합으로 (그림 11)의 (b)와 같이 단일 SNI를 통한 정보전달 구조로 발전할 것이다.

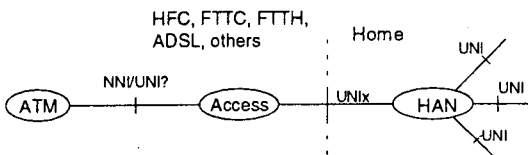
2. ATM Forum

ATM Forum은 ATM 관련 규격의 제정을 통한 ATM 기술의 확산을 목표로 1991년에 설립되어

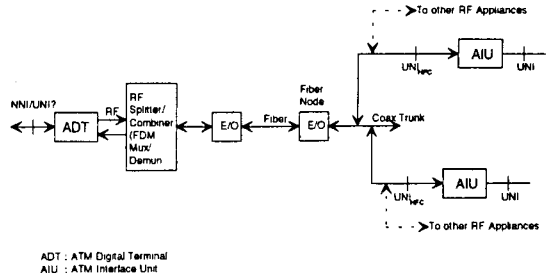
현재 500개 이상의 회사들이 회원으로 참여하여 활발한 활동을 하고 있다. Forum에서는 그 동안 ATM 장치(ATM 스위치, 단말) 위주로 접속규격을 작성하여 왔다. 제시된 규격을 만족하는 많은 장치들이 이미 상용화되어 이를 이용한 서비스 제공이 가능한 단계에 이르렀으나, 실제 ATM 서비스를 제공하기 위한 서비스망 설계 단계에서 가입자망에 대한 규격의 필요성이 대두되었다. 이를 위하여 가입자망의 접속 규격 연구를 위한 ad-hoc group으로 RBB(Residential BroadBand) group을 '94년에 신규로 형성하여 작업을 시작하였으며 '95년 4월 회의에서 이 group을 정식 Working Group으로 등록하여 작업을 본격화하고 있다.

RBB group은 액세스망에서 대내망(Home Access Network, HAN)까지의 end-to-end ATM 서비스 제공을 위한 접속규격의 제정을 목표로 한다. (그림 12)에 이 group에서 다루는 가입자망의 참조 구조를 나타내었다.^[12] 이 그림에 나타난 주요 인터페이스는 home UNI, UNIx(x=HFC, FTTC, FTTH, ADSL 등), NNI/UNI? 등으로 현재 이들에 대한 기초적인 정의부터 정리해 나가고 있는 단계이다.

(그림 13)에 RBB group의 참조구조에 따른 HFC 방식에 대한 구조를 나타내었다.^[13] 여기서 ADT(ATM Digital Terminal)은 기존 CATV망에서의 headend의 기능과 함께 ATM 망으로의 인터페이스 기능을 수행하며, 가입자대내망에서의 AIU(ATM Interface Unit)은 동축선의 RF 신호에서 다시 ATM 셀을 복구하는 기능을 수행한다. RBB group에서는 앞으로 이 그림에 나타난 각 장치와 인터페이스들(UNI_{HFC}, NNI/UNI? 등)에 대한 규격 작업을 진행할 예정이다.



(그림 12) RBB Reference Architecture



(그림 13) ATM over HFC Reference Architecture

아직 이 group의 작업은 시작단계이기 때문에 구체적인 결과는 '95년 말경에 기대가 되고 있다. 그러나, 기존의 타 표준화 기구의 결과를 최대한 반영하고 이들에게서 미흡한 부분들을 보완하는 방향으로 작업이 진행되기 때문에 의외로 빠른 진척을 보이고 있다. 특히 ANSI의 T1E1 Technical Subcommittee와 ETSI TM3의 RG12에서는 ADSL을 이용한 전송에 대한 표준을, IEEE 802.14에서는 CATV망을 기반으로 한 HFC 구조에서의 접속규격의 제정을 위한 작업을 수행하고 있으며 ATM Forum에서는 이들과의 충분한 협조를 통하여 상호의 결과를 서로의 규격에 반영하는 상호보완적인 관계를 유지할 계획으로 있다.^[14]

IV. 한국의 상황 및 진화방향

1. 가입자망 구성 현황

현재 우리의 가입자망은 대부분이 교환기와 가입자간에 점대점인 단일스타 혹은 중간에 원격노드가 설치되어 신호의 다중화를 피하는 이중스타 형태로 구성되어 있고, 이용된 매체는 동선으로 22, 24, 26AWG(America Wire Gauge)가 대부분이다. 국내의 선로특성을 외국과 비교했을 때 선로의 평균길이는 2.2Km로 일본 1.7Km, 영국 2Km에 비하여 긴 편이나 대만과는 비슷하고, 3.3Km인 미국에 비하여 짧은 편에 속하며, 가입자의 93% 정도가 5km 이내에 분포되어 있다. 또한 일본, 미국 그리고 대만은 40%를 넘고 있는 것으로

로 알려진 BT(bridged tap)의 비율은 국내의 경우 2%이며, 선로 손실은 일본보다 뒤지나 미국과 대만 보다는 앞서는 것으로 조사되었다. 특히 ADSL I을 수용 가능한 선로 비율은 90%, ADSL II는 70%로 평가되고 있어 미국의 75%, 55%와 비교했을 때 ADSL 환경은 제외국에 비해 유리한 것으로 알려져 있다.^[15]

위와 같은 선로특성을 이용 작년말부터 ADSL 방식으로 서울 반포 전화국에서 시범 서비스중인 VOD는 기존 통신망인 동선으로 이루어진 가입자 선로와 전화국 시설을 이용한다는 측면에서 가장 저렴하고, 신속한 시스템 구축이 가능하며 앞으로 저속의 다양한 양방향 통신서비스 제공이 가능하다는 장점이 있다. 그러나, ADSL I을 이용한 영상전송 서비스는 영상품질의 한계, 처리시간, 그리고 연동 등의 문제점이 제기되고 있어 보다 광대역 방식으로의 전환이 필요한 것으로 인식되고 있다.

외국의 CATV 회사들을 중심으로는 VOD와 같은 분배형 통신서비스에 위해서 HFC 구조가 기포설된 동축케이블을 활용하는 측면에서 유리한 것으로 인식하고 있다. 이 방식은 기존 동축선로의 전송 대역을 1GHz까지 확장시킨 모뎀기술의 발전으로 가능하게 되었다. 그러나 앞에서 살펴본 바와 같이 다양한 양방향 통신서비스 제공에 한계가 있고 수백세대가 한 통신선로를 공유하는 문제점이 있어 본격적인 서비스를 위해서는 아직도 선결해야 할 문제가 많은 것으로 인식되고 있다.

우리나라에도 '95년 3월부터 방송을 시작한 CATV 서비스를 위하여 동축케이블이 '94년부터 가정에 포설되고 있다. 한국통신의 CATV 전송망 구축계획은 3단계로, 1단계인 '95년은 동축 및 광을 혼용하여 상용서비스를 시작하며, 점차 ONU (Optical Network Units)를 가입자에 보다 가깝게 위치하도록 하여 ONU가 수용하는 가입자 수를 줄여 나갈 방침이다. 또한, 도입단계인 2단계부터는 동축케이블 공급을 중단하고 광가입자망을 점진적으로 도입할 예정이다.

CATV전송망 구축계획과 연계된 광가입자망 구축계획은 FTTO(Fiber TO The Office), FTTC(Fiber To The Curb) 그리고 FTTH 단계로 나누

어 2015년에는 모든 가정에 광케이블 포설을 완료한다는 계획이다. 이 진화 전략은 가입자가 전용할 수 있는 대역폭을 넓혀, 미래형의 서비스 수용을 용이하게 하고 통신과 방송이 통합 또는 융합되어 제공될 수 있도록 하는 것이 목표이다.

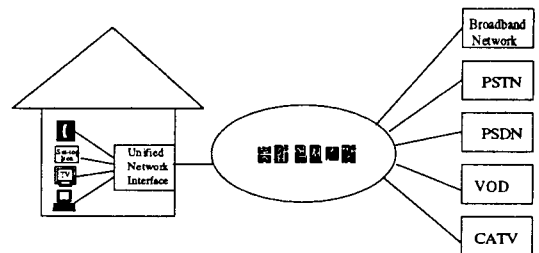
2. 광대역 가입자망 구성방안

광대역 액세스망을 구성하는 기본 원칙은 가입자에게 다양한 서비스를 일관된 방식으로 제공할 수 있도록 다양한 인터페이스와 서비스가 통합된 구조이어야 한다는 것이다. 또한 이와 동시에 기존 서비스의 지속적인 제공이 가능해야 한다는 점이 실제 구성을 복잡하게 만든다. 이러한 상황을 고려하여 초기의 광대역 서비스 제공을 위한 통합 액세스망의 개념을 (그림 14)에 나타내었다. 이 그림에 나타난 통합 액세스망은 실제 ADSL, HFC, FTTC 등의 다양한 방식으로 구성될 수 있다. 그러나 가입자는 단일 인터페이스로 액세스망의 구조에 관계없이 모든 공중망 서비스를 제공받을 수 있어야 한다.

이와 같은 요구조건을 만족시키는 액세스망의 구성은 앞에서 살펴본 여러 가지 구성방식을 분석하여 각 나라의 독특한 상황에 따라 그에 적합한 방식으로 이루어져야 한다.

국내의 환경은 앞에서 언급하였듯이 기존에 포설된 선로의 품질이 우수하여 ADSL I, II 기술을 이용하여 2Mbps~6Mbps급의 서비스를 제공하기에 유리하다.

또한, CATV도 이미 상용 서비스가 시작되어



〈그림 14〉 통합 액세스망의 개념

CATV망의 본격적인 구축이 진행되고 있기 때문에, 이를 활용한 광대역 가입자망의 구축도 고려가 되어야 한다. 특히, 미국의 예를 보면 양방향 서비스를 위한 막대한 추가 비용이 소모되고 있는데, 국내의 경우에는 초기 설치단계에서부터 양방향 멀티미디어 서비스를 고려한 구조로 관련 설비들에 대한 투자를 수행하여 앞으로의 추가 투자비용을 최소화 시킬 수 있도록 하여야 할 것이다.

광가입자망의 구축도 초고속 통신망 구축과 함께 매우 빠르게 진행되고 있다. 앞에서 살펴보았듯이 FTTC의 구조가 다른 방식에 비하여 FTTH에 더욱 근접한 형태이기 때문에 장기적인 안목에서는 FTTC로의 광대역 가입자망 구축이 유리한 것으로 보인다. PON이나 ADS 관련 장비의 가격도 최근 급격히 하락하고 있으며, 최종 가입자 단에서의 twist-pair를 활용한 전송 기술도 ADSL 기술의 발달로 50Mbps 이상의 전송이 가능하게 되었다. 따라서, 기존의 우수한 품질의 가입자선로와 광분배망을 혼성한 구조가 FTTH로의 진화과정에서 중간단계의 가입자망구조로 다른 방식들에 비하여 유리할 수도 있다.

통합 액세스망의 구성은 최종적으로는 FTTH의 확산과 더불어 ATM에 기초한 광대역 액세스망으로의 진화를 목표로 하고 있다. 그러나 이를 위하여는 중간 단계의 진화가 매우 중요하며 광대역 서비스 수요의 확산과 소요장치들의 적기 공급이 관건이라 할 수 있을 것이다. 이러한 수요와 공급을 유발하기 위해서는 위에서 언급한 여러 가지 대안들을 충분히 검토하여 우리 실정에 맞는 액세스망에 대한 구성계획의 수립이 시급히 수행되어야 할 것이다.

V. 맺음말

지금까지 본 고에서는 여러 가지 물리매체를 활용한 가입자망의 다양한 구성방식들을 알아보았고, 주요 표준화 기구에서의 표준화 동향, 그리고 한국의 진화방향 등을 살펴보았다.

선진국에서는 B-ISDN의 전개와 망진화에 따라 광대역 가입자망의 구축을 위하여 현재 서비스 중인 VDT망을 포함하여, CATV망, PCS(Personal Communication System), 위성방송, 그리고 광 가입자망 등 다양한 방식들을 연구 검토하고 있다. 향후 발생 가능한 모든 서비스를 경제적으로 수용해야 하는 우리로서는 외국의 사례를 참고로 예상되는 서비스와 서비스 수요 그리고 현재의 가입자망에서 가장 경제적으로 진화할 수 있는 광대역 가입자망을 장기적인 안목을 갖고 우리 고유의 실정에 맞도록 진화시키기 위한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Gi-Hong Im, "Carrierless AM/PM Modulation and its Applications for HDSL/ADSL, ATM LAN and Broadband Interactive Multimedia", 텔레콤, 제10권, 제2호, pp.30~57, 1994. 12
- [2] 김기호, "DMT 전송기술과 ADSL", 텔레콤, 제10권, 제2호, pp.3~12, 1994. 12
- [3] 한국통신 통신망연구소 연구보고서, "CATV 전송망 발전전략 및 운영에 관한 연구", 1994. 12
- [4] Peter J. Dyke, "Fibre Access Penetration to provide Broadband Services - a review of some available options", 6th International Workshop on Optical Access Network, Proc., Kyoto, Japan, Oct. 1994.
- [5] Tetsuya Miki, "Toward the Service-Rich Era", IEEE Comm. Mag., Vol. 32, No. 2, pp.34~39, Feb. 1994.
- [6] Chandra Venkatraman, Daniel Pitt, "The Metropolitan Area Community Network (MACN)", 7th IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks, pp. 287-291, Marathon, USA, Mar. 1995.

- [7] A. R. J. Cook, *et al.*, "Design Options for Hybrid Copper/Fiber Broadband Local Loop Development", IEEE, ICC'93 Proc., pp. 1917-1927, Houston, USA, Nov. 1993.
- [8] Andy Cook, Jeff Stern, "Optical Fiber Access - Perspectives Toward the 21st Century", IEEE Comm. Mag., Vol. 32, No. 2, pp.78~86, Feb. 1994.
- [9] D. B. Payne, A. R. J. Cook, S. R. Culverhouse, "The Challenges of Increasing Fibre Penetration in the Access Network", 6th International Workshop on Optical Access Network, Proc., Kyoto, Japan, Oct. 1994.
- [10] Ken Buckland, "Fiber-to-the Curb and Hybrid Fiber-Coax", ATM Forum, Document 95-0161, Feb. 1995.
- [11] ITU-T Draft Recommendation G.9xx, "Framework Recommendation on Functional Access Networks(AN) : Architecture and functions, access types, management and service node aspects."
- [12] Louis F. Wojnaroski, "Outline text for the Residential Broadband Ad Hoc Working Group", ATM Forum, Document 95-0458, Apr. 1995.
- [13] Scott M. Quinn, "Refinement of ATM Over Hybrid Fiber Coax(HFC) Reference Architecture", ATM Forum, Document 95-0498, Apr. 1995.
- [14] Louis F. Wojnaroski, "Minutes from April meeting of the Residential Broadband Working Group", ATM Forum, Document 95-0550, Apr. 1995.
- [15] 한국통신 통신시스템개발센터 연구보고서, "광가입자 전송시스템 기술개발", 1994. 12

저자 소개



全 洪 範

1981年~1985年 서울대학교 전기공학과(학사)
 1985年~1987年 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
 1987年~1991年 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)

1991年~현재

한국통신 통신망연구소 선임연구원

李 尙 勳

1974年~1978年 서울대학교 전기공학과(학사)
 1980年~1982年 Univ. of Pennsylvania, Systems Engineering(석사)
 1982年~1984年 Univ. of Pennsylvania, Systems Engineering(박사)
 1985年~1991年 Bellcore 연구원
 1991年~현재 한국통신 통신망연구소 책임연구원