

主 題

국내의 전송기술 현황

한국전자통신연구원 김 재 근

차 례

- I. 서언
- II. SDH전송기술
- III. 전광 전송기술
- IV. 초고속 가입자전송기술
- V. 결언

1. 서 언

디지털 전송기술은 1950년대 말에 음성의 디지털 전송에 대한 타당성이 입증되고, 1962년에 오늘날 사용되는 디지털 다중전송의 기본이 되는 1.544Mb/s 속도의 T1반송시스템이 전송로상에 처음 도입된 이래, 80년대의 디지털 전송과 교환의 통합을 통한 통합디지털망(IDN: Integrated Digital Network), 그리고 단대 단간의 디지털화를 실현하는 ISDN (Integrated Services Digital Network) 으로 발전되어 왔다. 아울러 80년대 말에 들어서는 디지털 전송이 도입된 이래 가장 획기적인 사건이라 할 수 있는 동기식 전송이 출현하였다. 그리고 '90년대에는 멀티미디어통신의 총아인 비동기식전달방식(ATM)과 동기식 전송의 만남으로 이어졌고, 곧 이어 또 하나의 커다란 전환기에 들어서고 있다. 다음 아닌 급증하는 트래픽과 함께 전광다중 전송 시대가 너무도 빠르게 우리 곁에 다가오고 있는 것이다. 전송기술은 불과 30여년 사이에 아날로

그에서 디지털로, 비동기식에서 동기식으로, 다시 초고속의 전광통신(AON: All Optical Network)으로 통신기술 전반에 걸쳐 발전을 선도하여 오고 왔다.

이러한 발전과는 달리 아직까지 미개척지로 남아있는 가입자망의 현안은 기존 음성 위주에서 탈피하여 고속 디지털 데이터와 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 초고속화의 추진이다. 기간전송은 대부분이 광대역 광전송이 주류를 이루고 있는데 반해서 가입자 전송은 통신 위주의 기존 전화동선이외에 CATV방송서비스를 위한 동축이 일부를 차지하고 있는 정도이다. 최근 들어서 가입자 광반송과 협대역 무선가입자루프(WLL)의 도입이 급속히 확대되고 있는 상태이며, 앞으로는 초고속가입자의 수용을 위한 여러 경제적인 대안들이 다양하게 적용될 전망이다. 따라서 가장 큰 투자를 필요로 하는 가입자망 분야는 모든 통신망사업자들의 커다란 관심사가 되고 있다.

국내의 전송기술 또한 이러한 범주를 크게 벗어나지는 않고 있다. 70년대에 PCM반송로, 80년대에

광전송로가 국내 망에 처음 도입된 이래, 새로운 전송기술의 국내 망 도입은 세계적인 도입 시기와 비교하여 불과 1-3년 차이를 두고 있으며, 다른 통신분야에 비해서 비교적 선진기술에 가장 근접한 상태로 존재해 왔다. 이는 PCM반송로가 도입된 70년대부터 다른 여타 분야와는 달리 디지털전송과 광전송에 대한 연구개발이 상당히 체계적으로 이루어져 왔고, 동시에 국내의 급속한 경제발전과 함께 급증해온 통신 트래픽은 개발된 기술들을 보다 적극적으로 채용할 수 있는 뒷받침이 되었기 때문으로 보인다.

앞으로의 통신수요를 보면, 전송망의 지속적인 성장은 상당히 낙관적이다. 기존 음성 위주의 트래픽은 점차 포화되어 가는 반면에 인터넷 프래픽의 폭증이 일어나고 있고, 나아가 음성, 데이터, 영상이 결합된 멀티미디어 통신시대가 가까운 장래에 보장되고 있기 때문이다. 즉, 지금보다는 수십배 되는 전송용량이 앞으로 5년 이내에 나타날 것이며, 동시에 통신망 구축 비용가운데 가장 큰 점유비중을 가지는 기간전송망과 가입자 망의 초고속화를 위해서 막대한 투자가 필연적인 상황이다. 이러한 현상은 비단 우리나라만이 아니라 전 세계적인 공통적인 상황으로서 우리나라의 전송기술이 나아가 할 방향을 제시해 주고 있다.

본 고에서는 국내 전송기술의 현황을 조망해보기 위해서 기간전송 분야와 가입자전송 분야로 나누어 각 분야별로 현재 이슈로 다루어지고 있는 기술을 중심으로 일반적인 추세를 살펴보고, 여기에 대비되는 국내 기술의 현황에 대해 기술한다.

2. SDH 전송기술

가. 일반 기술 현황

80년대 말까지는 주로 교환기와 교환기 간을 점대점(PTP: Point To Point)으로 연결하여 대용량 전송을 실현하던 비동기식 디지털 계위(PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy)를 기반으로 하는 PCM 다중화 방식이 적용되어 왔다. 그러나 PDH

에서는 다중화시에 서로 다른 입력 신호간의 속도차를 보상하기 위한 복잡한 제어를 필요로 하고, 다중화 계위마다 반드시 단계적인 다중화/역다중화 과정을 밟아야 하는 단점을 가지고 있다. PDH 계위의 이러한 한계성은 1980년대 들어 디지털 교환과 전송의 만남으로 전체 통신망에 대한 망동기가 확산되면서 부각되기 시작했다. 결국, 80년대 중반에 이르러 미국의 Bellcore를 중심으로 동기식 다중화에 대한 연구가 결실을 맺기 시작하였고, 여기에 광통신의 경제성이 크게 향상됨에 따라 90년대 초부터는 광전송 기반의 동기식 디지털 계위(SDH: Synchronous Digital Hierarchy)가 도입되어 새로운 디지털 전송시대를 열어 오고 있다. 이는 기존 음성 PCM 위주의 비동기식 전송에서 다양한 멀티미디어 위주의 초고속 동기식 전송으로의 전환을 의미한다.

국제적 단일표준인 SDH의 기본 신호는 155.520Mb/s이고, 그 수송구조는 STM-1(Synchronous Transport Module-1)이며, 622.080Mb/s(STM-4), 2.48832Gb/s(STM-16), 9.95328Gb/s(STM-64)의 다중계위로 구성된다. 여기서 STM-N 구조상 특징을 보면, 먼저 SDH전송망에서는 VCn(Virtual Container - n)이라는 크기가 규격화된 여러 가상상자들을 마련해 놓고, 전송될 정보들을 여기에 넣어서 이들을 차곡차곡 쌓아가는 방법으로 다중화 하기 때문에 고속 신호상에서 임의의 저속신호에 대한 직접적인 접근이 가능하다. 이러한 가시성은 VCn단위의 교차연결(Cross-connect) 또는 분기결합(add-drop)을 보다 쉽게 할 수 있다는 의미를 갖는다. 다음으로 VCn신호의 점대다지점(PTMP: Point To Multi-Point) 전송이 가능하여 소프트웨어 구동에 의한 자동화된 전송망 망운용관리를 실현할 수 있다. 또한 VCn신호 프레임의 시작점을 포인터로 지시하기 때문에 프레임 동기를 위한 전송지연 및 동기 메모리 양을 최소화할 수 있고, 서로 다른 속도를 갖는 STM-N 신호간에 VCn신호 단위로 정합될 때 발생하는 속도차를 보상하고 있다. 따라서 SDH전송은 동기식

전송방식을 채용하고 있지만 전송장치의 기준 클럭이 손실되었거나 비동기된 전송망 환경에서도 전송 품질의 저하 없이 운용될 수 있다.

SDH기반의 동기식 전송장치의 형태는 크게 다음과 같이 나눌 수 있다. 먼저 단순 다중형으로써, 기존 PDH신호를 VCn으로 수용하여 STM-N으로 다중전송하는 형태, 저계층의 STM-M신호를 고계층의 STM-N(M<N)으로 다중화하는 형태, 그리고 PDH와 SDH신호를 혼용 수용하는 형태 등, 다양한 SDH단국장치들이 존재한다. 또한 고속 STM-N신호 상에서 VCn신호 단위들을 자유롭게 삽입, 추출할 수 있는 다양한 기능의 SDH 분기결합 장치(ADM: Add-Drop Multiplex)가 존재하며, 다수 개의 고속 STM-N신호를 수용하여 VCn단위의 교차연결기능을 통해서 VCn신호 경로를 재배정할 수 있는 회선분배장치(DCS: Digital Cross-connect System)등이 존재한다. 이러한 장치들의 최근 연구 개발 현황을 보면, '96년에 Nortel사에 의해 2.5G급 신호를 4개 수용하는 10G급 단국장치를 처음으로 개발한 이래 Alcatel, NEC, Fujitsu, Lucent Technology 등에서 단국/ADM형태의 10Gb/s급 SDH시스템이 상용 또는 상용화 단계에 있다. 또한 다양한 기능의 광대역회선분배시스템(BDCS)이 막대한 시장을 발판으로 매우 활발하게 확대 적용되고 있다.

2) 국내 현황

기존 PDH계위(- 565Mb/s) 전송장치 개발에서는 주로 선진 외국에서 기술적인 검증이 끝난 후에 국내 개발로 이어졌던 것과는 달리 국내의 SDH전송기술은 ITU-T의 SDH관련 표준화 연구 추진과 거의 같은 시기인 1986년도부터 기초연구가 시작되어 10여년 이상이 지난 지금까지 선진 외국과 시기적으로 거의 비슷하게 발전해왔다고 볼 수 있다. ITU-T의 권고 Draft작성 시기에 국내에서도 155Mb/s 장치와 2.5Gb/s 장치 개발이 시작되어 '90년대 초에 동기식전송과 관련된 각종 핵심 전송

칩들이 자체적으로 개발되었고, 이는 이후에 개발되는 여러 동기식 전송장치들의 기반으로 활용되어 국내 SDH전송의 세계화에 결정적으로 기여하였다. 지금까지 국내 개발되어 국내,외 망에 적용되고 있는 동기식 전송장치들을 간단히 살펴본다.

SDH 초기 제품으로는 무엇보다 SDH전송의 가장 기본이 되는 155Mb/s급 장치를 들 수 있다. 이는 국내망에서 1980년대 까지 주로 적용되어 왔던 PDH계위의 1.544Mb/s, 2.048Mb/s, 44.736Mb/s신호를 수용하여 STM-1(155.520Mb/s)으로 다중화시키거나 STM-1전송신호상에서 이들 PDH신호들을 직접 삽입, 추출하는 장치(ADM: Add-Drop MUX)로 개발되었다. 즉, 기존 PDH망과 새로운 SDH망간의 정합 기능을 가지면서 기존 PDH망 상의 신호들을 PTMP 전송하는 기능을 갖는다. 여기서 ADM기능은 2개의 광선로를 이용하여 망장에서 스스로 서비스를 복구할 수 있는 단방향 경로절체 기반의 자기 치유링(SHR: Self Healing Ring)으로 구성하고 있다. 이러한 155Mb/s급 장치는 그 용량상 당시 565Mb/s시스템이 주로 적용되던 국간 전송로보다는 가입자망의 모자국간 전송로에 적용되어 운용되고 있다. 그러나 최근에는 2.5Gb/s 시스템이 국간 전송로에 도입되면서부터 2.5Gb/s 장치의 종속신호인 STM-1(155Mb/s) 과 교환기의 트링크신호인 DS1 (1.5M/2M)간의 다중/역다중 단국으로서 매우 큰 수요가 나타나고 있다. 한편 155Mb/s신호의 활용도를 극대화 하기 위해서 기존 POTS(Plain Old Telephone Service) 가입자와 데이터 가입자를 직접 수용할 수 있는 동기식 가입자 반송장치가 개발되어 주로 수백 가입자가 밀집된 사무실 지역에 설치(FTTO: Fiber To The Office)되어 운용되고 있다.

동기식 2, 3계 위 에 해당하는 STM-4(622.080Mb/s) 와 STM-16(2488.320Mb/s) 장치도 개발되어 운용되고 있다. 이들을 PDH계위의 고속신호인 DS3(44.736Mb/s) 신호와 SDH의 STM-1/4신호를 종속신호로 하며, 단국기능과 ADM기능을 동시에 갖는다. 주로 시내,외 교환국간에 적용되고

있으며, 155Mb/s 와 마찬가지로 망장애시에 스스로 복구할 수 있는 자기치유링으로 구성되어 있다. 교환기와와의 접속은 주로 155Mb/s급 장치를 통해서 이루어지며, 최근 국내 일부 산업체에서 2.5Gb/s 전송로의 증계거리 향상을 위한 수단으로 전광중계기를 개발하여 적용할 계획으로 있다. 한편, 2.5Gb/s급 신호 12개 를 받아서 이들 신호내에 들어있는 576개의 VC3(52M급) 신호단위들에 대한 교차연결기능을 수행할 수 있는 광대역회선분배시스템(BDCS)도 개발된 바 있다. 국내 동기식전송시스템의 망관리는 ITU-T에서 표준화된 통신관리망(TMN)기반으로 종합관리되도록 하고 있다. 현재 155Mb/s급 장치를 포함하여 SDH장치들의 연간 국내 수요는 5000억원에 이르고 있는 상태이다.

'98년 현재 ETRI 주관으로 국내 3개 업체가 공동으로 STM-64(9953.280Mb/s) 시스템이 개발되고 있다. 이는 기존 전송망에서 운용되고 있는 SDH신호인 155Mb/s, 622Mb/s, 2.5Gb/s급 신호를 독립적

으로 또는 혼용 수용하여 10Gb/s 급으로 단순 다중화 하는 기능과 VC3/4단위의 ADM기능을 모두 가지고 있다. 여기서 ADM 기능은 2개의 광선로를 이용하여 전송로 장애시에 자동절체를 통해서 망 스스로 서비스를 복구할 수 있는 양방향 선로절체 링으로 구성할 수 있으며, 4개의 광선로를 이용하는 선형 분기결합 능력도 갖는다. 이는 국내 망에 포설되어 있는 단일모드 광섬유(SMF) 상에서 80Km 무중계전송 능력을 가지며, 3개의 광선로증폭기의 사용이 가능하여 평균 320Km의 전송능력을 갖는다. 이때 10Gb/s 전송속도에서 가장 큰 성능열화를 가져오는 SMF상의 색분산 영향은 광선로증폭기와 광전치증폭기에 내장된 분산 보상용 광섬유를 사용하여 보상하고 있다. 또한 3R(Regenerator, Retiming, Reshaping) 중계기도 개발되어 전송거리의 제약을 근본적으로 해결하고 있다. 이 장치의 중요 제원은 다음과 같다.

<표 1> 10Gb/s급 SDH전송시스템의 제원

10Gb/s 광링크	다중전송속도	9953.280Mb/s +/- 10ppm
	광원/변조방식	InGaAsP DFB LD, LiNbO ₃ 외부변조
	광원 파장	1,553 ~ 1559 nm
	출력레벨	-7 ~ 0 dBm
	최대 입력레벨	-3 dBm
	최소 수신감도	-13 dBm(광전치증폭기: -26 dBm)
	검출기	광증폭기 내장 PIN전치증폭기
	전송거리	선로증폭 없이 80Km 선로증폭기 사용시 320Km(3개 1R 사용가능)
	광증폭	광전력증폭, 전치증폭, 선로증폭
	선로절체	선로ADM/단국: 1+1 절체, 링ADM: 양방향선로절체
	다중기능	종속신호 용량
적용 컨테이너		VC3, VC4, VC4c
다중구조		ITU-T 호환 구조
분기결합		2선 양방향 선로 절체 링
OAM기능	감시제어	종속부 1+1 절체
		Add-Drop부 1+1 절체
		ITU-T표준 성능/장애/구성 제어방식
	시스템운용관리	GUI기반
망운용관리	TMN기반 Agent, Manager	
동작 온도	0°C < T < 60°C	

〈표 2〉 광증폭기의 성능 규격

구분	광전력증폭기	광선로증폭기	광전치증폭기
입력광전력	-7 ~ 0 dBm	-18 ~ -10 dBm	-18 ~ -10 dBm
출력광전력	10 +/- 0.5 dBm	10 +/- 0.5 dBm	-3 +/- 0.5 dBm
잡음지수	-	< 6.5dB	< 6.5dB

국내 10Gb/s급 SDH 광전송시스템은 현재 범국가적으로 추진되고 있는 HAN/B-ISDN 사업의 일환으로 개발되고 있으며, '98년 현재 개발제품 개발을 완료하고 상용시험을 준비중에 있으며, 금년 내 상용화를 목표로 하고 있다. 이 제품을 외국과 비교해 보면, 전송망 운용관리의 경우 외국제품은 대부분이 북미의 SONET시장을 겨냥하여 TL1기반의 망관리를 채택하고 있고, TMN기능은 아직까지 개발중에 있다. 여기에 비해 국내 제품은 TMN기반으로 개발되고 있다. 중계전송 성능은 외국과 국내 모두 최대 광중계 전송거리가 320Km (광섬유는 대부분 SMF를 적용하고 있음) 이며, 10Gb/s

〈표 3〉 외국 개발제품과의 국내 개발제품간 비교

구분	ETRI	NEC	ALCATEL			NORTEL	
과장(nm)	1553 ~ 1559	1552	1550			1550 영역	
송신출력(dBm)	w/ 부스터증폭기	+10	+7.5	+10	+13	+15	+10.5
	w/o 부스터증폭기	-7 ~ 0		-10			-3
최소수신전력(dBm)	w/ 광전치증폭기, 10 ⁻¹² BER	-26		-25			-24
	w/o 광전치증폭기	-14	--	--			-13
최대수신전력 (dBm)	-3	-10	--			--	
Path Penalty (dB)	2	0	2.5			2.5	
시스템 이득(dB)	w/ 광전치증폭기	34	32.5	32.5	35.5	37.5	32
	w/o 광전치증폭기	22	--	19.5	22.5	24.5	21
최대 전송거리	SMF, 320Km	DSF 및 SMF, 320Km	SMF, 320 Km			SMF, 320Km	

광인터페이스 성능/특성 또한 대등한 성능 수준을 보유하고 있다.

3. 전광전송기술

1) 일반 기술 현황

광통신 연구는 1970년에 광통신에 이용 가능한 GaAlAs반도체 레이저가 개발되고, 영국의 C.Kao와 G.Hockman의 저손실 광섬유 이론이 증명되면서 본 궤도에 오르게 되었다. 1976년에 1300mm대 GaAlAs반도체 레이저와 0.5dB/Km의 저손실 광섬유 개발이 이루어지고, Bell연구소에 의해 PDH계위 광전송시스템에 처음 적용되었다. 이후 1980년에

〈표 4〉 선로중계기의 특성 비교

구분	ETRI	NEC	ALCATEL	NORTEL
파장(nm)	1553~1559	1552	1550	1550
송신출력 (dBm)	+10	+7.5	+10~+15	+6.5
최소수신전력 (dBm)	-18	-22	-6 typical	-16.5
잡음지수 (dB)	6.5(@-18dBm입력)	6 (@ -22dBm 입력)		
감시 채널	속도(Mb/s)	2.048	1.544	
	파장 (nm)	1510 ± 10	1520	
	출력 (dBm)	-6~-10	-2	
	최소수신 전력(dBm)	-43	-36	

는 1500nm파장대의 GaInAsP 반도체 레이저와 0.2dB/km의 극 저손실 광섬유가 개발되었으며, 이는 1988년에 석영계 섬유에 최저 손실 파장대인 1550nm파장대의 레이저 개발로 이어져 공중통신망에 적용되고 있다.

지금까지 광통신기술의 발전은 지속적인 대용량화를 통해서 발전해 왔듯이 앞으로의 광통신기술도 광자의 물리학적 특성을 최대한 활용하여 대용량화를 추구하는 방향으로 발전될 전망이다. 현재 유선통신에서 이용되고 있는 실리카 광섬유의 저손실 영역인 1550nm 파장대에서 광자의 캐리어 주파수가 약 200THz이므로 이를 최대한 이용하기 위한 노력이 이루어질 것이다. 그러나 광신호의 전송 매질인 실리카 광섬유의 저손실 영역이 1550nm 파장대와 1300nm파장대에서 각각 15THz 씩 총 30THz정도에 불과하다. 이중 현실적으로 이용 가능한 최대 광전송 용량은 이 파장대에서 이용될 수 있는 광증폭기의 이득영역으로 한정된다.

1989년에 기존의 실리콘 섬유에 이븀이온(erbium ion)을 도핑한 광증폭기(EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier)가 일본에서 개발되어 기존의 광증계거리를 획기적으로 개선하였다. 그동안 많은 발전이 있어 왔던 EDFA의 광 이득 영역은 현재까지 약 32nm정도에 불과하며, 이 파장대로 전송 가능한 광통신 용량은 약 4-5THz에 불과하다. 최근 일본의 NEC에서 광자의 시간 및 파장 특성을 최대

로 이용하여 실험실 내에서 실현한 전송대역은 약 2.6THz이며, 이보다 큰 용량의 전송을 위해서는 EDFA보다 더 큰 영역의 광증폭기를 필요로 한다. 이와 관련된 대표적인 것으로서 반도체 레이저 광증폭기와 비선형 광증폭기가 있으며, 수 테라급 이상의 대용량 광전송이 2000년대 초에 실용화될 것으로 보인다.

한편 광다중화를 통한 고속 광전송기술 현황을 보면, 광다중화방식으로는 파장분할다중(WDM: Wavelength Division Multiplex)과 광시분할 다중(OTDM: Optical Time Division Multiplex)으로 나눌 수 있다. 지금까지 실제로 실용화된 광다중전송 용량은 2.5Gb/s급 4 - 16 채널을 WDM방식으로 다중화한 10G ~ 40Gb/s이며, 앞으로 실용화 가능한 수준은 WDM다중을 통해서 수백 기가급 부터 수 테라급이 될 것이다. 그러나 OTDM은 다중화에 필요한 short pulse의 생성 및 광동기화, 광신호 버퍼 등과 같은 기술적 한계 때문에 기술발전 정도에 따라 차이는 있겠지만 기껏해야 수백 Gb/s정도의 다중화 만이 가능할 것으로 보인다.

또한 전송 용량의 초대용량화 요구에 따라, 광파를 주파수/위상 변조시켜 전송하기 위한 광코히런트 전송과 솔리톤 전송기술에 대한 연구가 진행되고 있으나 현재의 기술진전으로 보아 향후 수 년 내에 실용화 하기는 어려울 것으로 보인다. 코히런트 전송기술은 기존의 강도 변조(IM)방식에 비

해 10~20dB의 수신 강도를 개선할 수 있기 때문에 무중계 거리를 크게 개선할 수 있으나 광원의 안정성과 고정밀 필터기술에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 또한 솔리톤 전송기술은 대용량 장거리 통신의 가장 큰 걸림돌이 되는 광펄스의 왜곡을 줄일 수 있는 기술로서, 시간폭이 수 피코초인 단파장 파를 매질의 비선형 특성과 분산 특성이 상호 보상 작용하도록 하여 파형의 왜곡 없이 전송할 수 있는 기술이다. 이 기술 또한 광섬유 자체의 광손실 때문에 장거리망 적용을 위해서는 광증폭기를 사용해야 하고, 광섬유 자체에 고유하게 존재하는 왜곡 특성 때문에 궁극적으로는 무중계 솔리톤 전송이 요구되고 있다.

2.5Gb/s(STM-16) 종속신호를 기본으로 한 10Gb/s(4채널), 20Gb/s(8채널), 40Gb/s(16채널) WDM 시스템이 Alcatel, Ciena, Lucent, NEC, Nortel, Pirelli 등 세계 유수의 통신 업체들에 의해 상용화되어 현재 운용 중에 있다.

2) 국내 현황

국내 광 다중전송은 HAN/B-ISDN연구개발 사업의 일환으로 1992년도에 시작된 100Gb/s급 광다중전송 연구로부터 시작하여 최근에 들어서는 국내의 여러 산업체에서 많은 투자를 해오고 있다. 여

기서의 연구는 주로 WDM방식이며, 이에 대한 개발현황을 보면 다음과 같다.

먼저 국내 산업체에서 2.5Gb/s x 8채널을 WDM 다중화한 20Gb/s WDM시스템이 개발되어 한국통신의 개발 확인시험을 받고 있는 상태이고, 2.5Gb/s x 16채널을 다중화한 40Gb/s급 WDM시스템이 개발되고 있다. 우선 국내에서 1차적으로 수용 가능성이 가장 높은 LG 정보 통신의 20Gb/s급 WDM 전송 시스템의 성능을 보면, 이는 단국 및 선형 ADM 기능을 가지나, SHR형 ADM을 고려하지 않고 있다. 또한 별도의 보호 구조는 갖지 않으나 SNCP(Sub-Network Connection Protection) 기본 시스템 전체 기능은 수용하고 있다. 종속신호로는 STM-16만을 기본으로 하고 있으며, 최대 광중계 전송거리는 SMF사용시 600Km이며, 광중계기 간 거리는 약 80km로 광선로증폭기 7개까지 사용할 수 있다.

또한 ETRI에 의해 추진되고 있는 WDM시스템은 10Gb/s 광신호를 16개 다중화한 160Gb/s급 WDM 시스템으로서 2.5Gb/s 광신호도 혼용 수용할 수 있다, 이는 광선로증폭기 없이 60Km전송이 가능하고, 3개의 선로증폭기를 사용하여 240Km의 전송이 가능하다. 이는 단국기능 뿐만아니라 광채널 레벨의 보호절체를 기반으로 하는 Self Healing

<표 5> 국내 개발 제품과 외국 제품의 비교

구분	LG 정보통신 (Lightmux20)	Lucent Technology	Alcatel
시스템 용량	20Gb/s(2.5G x8 채널)	40Gb/s(2.5G x16 채널)	40Gb/s(2.5G x 16 채널)
종속 신호	STM-16	STM-1/4/16, 400~700Mb/s	STM-16
망 구성	단국, 선형 ADM	단국, 선형 ADM	단국, 선형 ADM
광다중 구조	8:1 MUX	8:1 MUX + 2:1 MUX	8:1 MUX + 2:1 MUX
유지보수채널	광다중레벨감시(155M) 사용파장 1532 nm	광다중레벨감시(155M) 사용파장 1532 nm	광전송레벨감시, 사용파장 1480 nm
광주파수 운용	1547.72nm~1558.98nm, 채널 간격: 1.6 nm	1548.52nm ~ 1560.61nm, 채널 간격: 0.8 nm	1531.9nm~1542.94nm, 1547.72nm~1558.99nm, 채널 간격: 1.6 nm
전광 중계 전송 거리	600km(~80km x8 구간)	600km(~80km x 8 구간)	600km(~80km x8 구간)
장치의 특징	2 시스템/Rack	0.8nm 채널 간격	Fluoride fiber based 광 증폭기 사용

Ring 기능을 갖는다. 이는 '99년도 까지 개발제품을 완료할 계획으로 있다. (세부 내용은 본 특집호 참조)

한편 광다중전송과 관련된 소자기술의 최근 발전동향을 보면, 고속 반도체 레이저는 1550nm대 2.5Gb/s 직접변조 DFB-LD, 1300nm대 10Gb/s 직접 변조 LD, 2.5Gb/s APD 등이 ETRI에서 개발되었으며, 현재 삼성전자에서도 2.5Gb/s 직접 변조용 DFB LD 모듈을 개발 중에 있다. 반도체 광변조기 분야에서는 10Gb/s용 LiNbO₃ 광변조기가 KETI에 의해 개발되었으며, 반도체 레이저와 집적된 10Gb/s 양자우물구조의 광변조기 시제품이 ETRI에서 개발되었다. 또한 40Gb/s용 광변조기의 개발이 ETRI에 의해 진행되고 있으며, 이의 최종 목표는 편광 무의존 광변조기 모듈과 광변조기 및 레이저가 co-package 된 모듈을 개발하는 것이다. 광 아이솔레이터, 파장 선택 결합기, 광학 필터 등 수동 광소자가 상용화되어 공급되고 있으나, WDM 시스템의 핵심 부품인 광다중/역다중 소자에 대한 연구는 미흡한 편이다. 고속 전자 소자는 10Gb/s 광전송 시스템 개발의 일부로 수행되어 10Gb/s 용 전치증폭기, 리미팅앰프, LD 구동회로 등의 아날로그 전자소자 등이 GaAs HBT (Heterojunction Bipolar Transistor)를 이용하여 개발된 상태이고, 관련 반도체 공정 기술도 보유하고 있다. 현재의 GaAs HBT 성능을 개선하는 방법으로 20Gb/s 전자소자의 개발이 가능하고, InP HBT 혹은 HEMT를 사용하면 40Gb/s 까지 적용할 수 있는 전자소자가 개발될 수 있을 것이다. InP epi-wafer 성장 기술 부문은 광소자 개발과 관련하여 1980년대 중반 이후부터 ETRI에서 LPE, MOCVD 등을 이용한 기술을 보유하고 있고, KIST, 광주과학기술원에서도 각각 CBE방식의 기술을 보유하고 있다.

무중계 전송을 위한 EDFA가 국내 산업체에 의해 개발되었고, 다채널 전송을 위한 광대역 광증폭 및 광링크 설계 기술도 개발되고 있다. 한편 KAIST와 산업체에서 색분산에 의한 전송 한계 및 비선형 현상에 의한 누화를 극복하기 위한 분산전

이 광섬유(DSF) 및 비영분산 광섬유(NZDF)의 개발이 진행되고 있으며, KIST 등 일부 학계에서 chirped fiber Bragg grating의 제작 기술에 대한 연구가 일부 진행되고 있다. ETRI에서 광버퍼, 파장 변환기, 파장필터, 광 ATM 셀 처리등 요소기술에 대한 기초연구가 진행되고 있으며, 반도체 및 폴리머 광교환소자에 대한 기초연구도 수행되고 있다. 앞으로 전광 기반의 회선/셀 단위의 광 cross-connector와 광교환기의 개발 전망을 보면, 전기적인 논리소자의 효율적인 광 구현이 현실적으로 어려워 단기적으로 광ATM헤더 처리라든가 광버퍼 메모리, 그리고 호제어등과 같은 논리소자를 필요로 하는 기능은 전기적으로 처리하고, 여기에 상용화 가능성이 큰 스위치 패브릭 등과 같은 광소자를 적절히 적용하는, 즉 광/전 변환과 전/광 변환을 적절히 적용한 대용량의 광전 혼합 교환기로 실현될 것이다. 그러나 광 신호 채널 단위의 광 교환기나 광 cross-connector는 논리적인 기능 처리 소자가 거의 필요없기 때문에 단기적으로 광교환기보다는 훨씬 실현가능성이 커 보이며, 국내의 전광통신 시스템의 개발도 여기에 초점이 맞춰질 것으로 보인다.

4. 초고속가입자전송기술

가. 일반 기술 현황

지금까지의 가입자전송로는 전화를 중심으로 교환기와 가입자간을 단순히 쌍꼬임 동선으로 직접 연결하는 동선 가입자 루프가 주를 이루고 있으며, 일부이기는 하지만 무선 가입자 루프(WLL: Wireless Local Loop), 동축 CATV망, 그리고 집선 혹은 다중화 기능을 이용한 페어게인 시스템이 구성되어 운용되고 있으나 조만간에 멀티서비스 액세스를 위한 새로운 가입자망의 출현이 예고되고 있다. 이에 따라 기존 동선매체에 고효율의 선로부호 및 변조방식을 사용하여 전송 대역을 확장하는 xDSL(x Digital Subscriber Line) 기술, 기존 가입자 루프의 동선을 광케이블로 대체하는 FITL(Fiber

In The Loop) 기술, 전통적인 CATV 동축케이블망을 활용하여 패스밴드변조와 아날로그 광전송방식을 혼용하는 HFC(Hybrid Fiber Coax) 기술, 전송매체의 순기비용 절감과 서비스의 적기 제공(timely provisioning)의 강점을 갖는 B-WLL(Broadband- WLL) 기술등이 경쟁적으로 등장, 각국의 사업자에게 가입자망 진화를 위한 다양한 대안을 제시하고 있다. 초고속정보통신 가입자망의 대안으로 이와 같은 다양한 방식 중에서 어느 방식도 기술적, 경제적으로 절대적인 우위에 있지 않다. 따라서 확실치 않은 미래의 경쟁 환경에서는 다변적인 가입자 분배구조를 수용하는 가입자망의 구성이 필요하게 된다. 즉, 가입자 배선구조의 선택에 따라 기간망과의 인터페이스에 미치는 영향을 최소화하는 'plug-in-network' 개념의 탄생배경도 여기에 근거를 두고 있다.

기존에 가장 널리 시설되어 있는 가입전화용 동

선을 활용하는 xDSL기술은 초기에는 ISDN채널을 전송하기 위한 IDSL로부터 시작하여 이후 DS1급 신호를 전송하기 위한 HDSL이 출현하였다. 이는 2쌍 혹은 3쌍 케이블상에 2B1Q 선로부호방식을 이용하여 중계기의 지원없이 4.5Km(T1), 4.2Km(E1)를 전송할 수 있다. HDSL을 보다 개선한 SDSL은 1쌍의 케이블을 사용하여 전화 서비스와 384Kbps, 768Kbps, T1/E1 급 데이터 서비스의 동시 제공도 가능하다

한편 IDSL과 HDSL, SDSL등은 양방향 트래픽이 대칭인 전형적인 통신 용도 였다면, 이후 등장한 ADSL은 방송용 하향 채널의 속도를 높이고 대신에 통신용 상향채널의 속도를 낮춘, 방송과 통신의 통합을 실현할 수 있는 방식이다. 현재 상업적으로 가용한 xDSL 기술군중 멀티서비스 액세스 능력을 가장 잘 지원하는 ADSL은 1쌍의 가입전화선로를 이용하여 전화와 최대 8Mb/s의 하향데이터, 최대

〈표 6〉 미국 통신사업자 ADSL망구축 동향

사업자	지역	속도	서비스	상용화
Ameritech	시카고	하향 1.5Mbps 상향 64Kbps	인터넷/LAN 접속	3Q98
Bell Atlantic	필라델피아	하향 1.5Mbps 상향 64Kbps	인터넷/VOD/LAN 접속	4Q97
NYNEX	보스톤	하향 1.5Mbps 상향 64Kbps	인터넷/LAN 접속	1Q98
Pacific Bell	샌라몬	하향 1.5Mbps 상향 64Kbps	인터넷/LAN 접속	3Q97
SBC	휴스톤	하향 1.5Mbps 상향 64Kbps	인터넷/LAN 접속	4Q97
US West	덴버	하향 1.5Mbps 상향 64Kbps	인터넷/LAN 접속	1Q97

768Kb/s 상향데이터를 전송하는 방식이다. QAM 혹은 CAP과 같은 SCM(Single Channel Modulation) 방식은 상하향 데이터와 POTS용 3개의 채널로 분리하고 이 가운데 데이터 채널을 변조하는 방식이다. DMT와 같은 MCM(Multiple Channel Modulation) 방식은 1MHz대의 가용 주파수 스펙트럼을 256개의 4KHz 주파수 채널로 분리하여 각각의 채널을 변조하는 방식이며 각각의 서브채널은 선로감쇄, 왜곡, 신호간섭등 선로특성에 따라 서로 다른 속도의 비트스트림을 전송함으로써 채널 전송 효율을 극대화할 수 있다. 최근에 들어서는 ADSL을 이용한 VOD서비스 보다는 고속 인터넷 서비스 제공에 초점을 맞추고, 기존 선로환경의 열악함을 어느 정도 상쇄시킬 수 있는 방식으로 대칭형/비대칭형 트래픽 기반의 UADSL(Universal ADSL) 기술이 등장하여 대개 E1급 이하(대개 768Kb/s) 속도를 가지면서 기존 선로환경에 적응력이 뛰어난 고속 전송로를 구축하고 있다. 이는 ITU-T에서도 표준화 연구 중에 있다.

ADSL의 대역을 한단계 확장시킨 개념이 바로 VDSL이다. 이는 원천적으로 ADSL과 동일한 기술적 배경을 가지며, ADSL보다 짧은 전송거리에서 보다 높은 대역의 고속 데이터를 전송하기 위해 이용하는 모뎀기술이다. VDSL은 300m~1.5Km의 전송 거리를 갖는 가입자를 대상으로 13Mb/s~52Mb/s급의 디지털 신호를 기존 가입자 선로를 이용하여 전송하며, 가입자가 어느 정도 분산되어 있는 지역 단위까지는 광케이블을 포설하고, 마지막 가입자 인입단은 고속DSL로 적용하는 선로 구성 방법이다. 이러한 xDSL은 기존의 음성 대역급 모뎀이 제공하는 전송속도의 벽을 허물고 13~52 Mb/s급의 디지털 신호를 전송할 수 있다는 기술적 가능성을 제공함에 따라 FTTH로의 진화과정에서 매우 중요한 방식으로 주목받고 있다. 장기적으로 고속 DSL은 VDSL로 대표될 것으로 예상되나, ADSL의 표준 결정과정에서 나타난 것처럼

SCM과 MCM 진영으로 나뉘어 상당기간 시장 우위를 확보하기 위한 경쟁 상태에 들어갈 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 구현의 용이성과 소자의 저가화가 입증된 CAP이나 QAM 계열의 SCM 모뎀방식이 단기적으로 시장을 주도할 것이며, 장기적으로 이미 시장을 확보하고 있는 CAP/QAM과 우수한 성능 및 품질을 갖는 DWMT와 같은 MCM모뎀이 지배할 것으로 예상된다.

xDSL 시장은 HDSL이 T1/E1 전용회선 시장을 급속히 대체해 가고있는 양상이며, ADSL과 SDSL이 그 뒤를 잇고 있다. ADSL이 당초 주문형 비디오의 부침과 그 궤를 함께 하는 듯 하였으나 최근 인터넷의 고속화에 따라 단기적인 대안으로서 통신망사업자의 관심을 끌고 있다.

한편 '80년대의 FITL이 POTS 및 N-ISDN 가입자 선로의 폐어게인 효과를 얻기 위한 협대역서비스 전용 가입자망으로 탄생한 반면, '90년대의 FITL은 멀티미디어 서비스 용도의 가입자망으로 발전하고 있다. '90년대 중반이후 전통적인 전화사업자를 위한 FSN(Full Service Network)의 주류를 형성한 바 있는 SDV(Switched Digital Video)는 주거가입자를 위한 광대역서비스가 디지털 비디오가 될 것이라는 기대에서 나왔다. 그러나 최근에는 전화사업자들이 아날로그 비디오를 제외한 SDB(Switched Digital Broadband)를 선호하는 추세에 있다. SDV를 위한 FITL과 아날로그 HFC를 중첩 제공하는 방식에 회의적인 시각이 확산됨에 따라 고속 인터넷 액세스, 음성전화 및 디지털 비디오 서비스 제공을 위해 FTTC 솔루션으로 경량화하는 추세이며, Bell Atlantic, NYNEX, SBC, US WEST가 '97년에 들어와 SDB로 전환중에 있다.

2000년대 초의 FITL은 FTTH가 될 것으로 보고 이를 실현하기 위해서 광 전송비용의 저가화를 위한 다양한 기술개발이 진행되고 있다. 대표적인 기술은 동일 광케이블상에 여러 파장의 신호를 전송하는 WDM 방식 또는 스플리터와 같은 수동소자를 사용하여 다수의 가입자가 하나의 광섬유를 공

〈표 7〉 xDSL개발 현황

기술	칩 제조 회사	변조방식	칩 수	비고
HDSL	Metalink, Ltd.	2B1Q	3 (Framer, DSP, AFE)	AFE: Analog Front End
	Globespan	2B1Q/CAP	2 (Framer/DSP, AFE)	
SDSL	Globespan	CAP	2 (Framer/DSP, AFE)	LI: Line Interface
	Metalink Ltd.	2B1Q	2 (Framer/DSP, AFE)	
ADSL	Analog Device	DMT	4 (LI, DSP, AFE1, AFE2)	LT: Line Termination
	SGS Thompson	DMT	3 (LI, DSP, AFE)	
	TI	DMT	2 (DSP, AFE)	NT: Network Termination
	Motorola	DMT	2 (DSP, AFE)	
	Orckit	DMT	2	
VDSL	Lucent Tech.	CAP	3 : LT, 3 : NT	NT: Network Termination
	Broadcom	QAM	2(DSP, AFE)	

유하는 PON(Passive Optical Network) 기술이다. 현재 가입자망에 적용하는 WDM은 상하향을 서로 다른 2파장으로 분리하여 전송하는 수준이나 수십~수백 파장으로 분할, 다중화하는 한계 기술을 확보하기 위한 기술개발 노력이 진행중이며, 현재 8 채널용 DWDM (Dense WDM) 송수신기가 제품화되고 있다. 이외에도 PON 기술은 현재 20Km 전송 거리를 위해 8~32 분기율이 적용되고 있는 수준이나 다단계 분기, 64 분기율의 성취를 위한 기술개발이 진행중이다. FTTH는 광케이블과 광전소자의 가격 때문에 장기간에 걸쳐 비용구조의 조정 국면에 들러갈 것으로 보이고 있다. 현재까지 컨센서스가 확보되어 있는 방안은 단일 코아의 광케이블을 이용하여 ATM-PON을 구성하는 것이다.

이러한 FITL 시장은 사업자마다 독특한 양상을 갖고 있다. 일본은 FTTP(Fiber To The Pie)망이라고 명명한 독자적인 구조를 채택하여, 단기적으로 현대역서비스를 위해, 중장기적으로는 광대역서비스를 위한 가입자망으로 진화시킬 계획으로 있

다. 미국은 SDB(Switched Digital Broadcast) 혹은 SDV(Switched Digital Video)라고 명명한 FTTC 방식을, 유럽은 ATM PON 형태의 FTTC 방식을 주로 채택하고 있다. 유럽의 주요 사업자들은 FSAN 그룹이 표준화를 추진중인 ATM PON 방식으로 FTTC 혹은 FTTCab을 구성하는 가입자망을 목표로 하고 있다. 미국의 주요 RBOC들은 SDB/SDV 방식의 FTTC를 시범중이며 '98년중에 상용화를 추진중이다. 이들 주요국들의 광가입자망 신규수요는 2000년 전후로 4-500만 회선이 발생할 것으로 예상된다.

기존 CATV 가입자 전송망 휘더부의 광케이블화는 기존 베이스밴드 전송방식에서 디지털 변복조기술과 결합된 패스밴드 전송방식으로 전환하여 단순 방송서비스 뿐 아니라 대화형 비디오와 광대역 쌍방향 통신서비스를 위한 기회를 제공하고 있다. 제공 서비스의 구성과 RF 주파수 대역에 따라 동축케이블의 배선구역(Serving Area)의 밀도가 차이를 가지나, 일반적으로 500~ 2,500 가입자를 수

용하는 구조를 활용하고 있다. 가입자들은 같은 동축케이블을 사용하기 때문에 동축케이블의 하향 및 상향 대역폭을 공유하고, 따라서 개인비밀보호와 보안수단과 같은 특별한 요구사항이 만족되어야 한다. 망구조가 tree & branch 구조로 한가닥의 동축선을 다수의 가입자가 공유하며, 매체 공유에 따른 독특한 다중접속제어방식(MAC: Medium Access Control)과 주파수할당방식을 이용하고 있다. 케이블모뎀은 수Mbps-수십Mbps 대역을 제공함에 따라 xDSL 기반 초고속 가입자접속기술의 첨예한 경쟁관계를 갖고 있기는 하나 상향대역 잡음, 서비스 품질 및 신뢰성 저하등과 같은 기술적 과제가 해결되어야 한다.

양방향 정보통신서비스가 가능한 디지털 케이블망 시장은 미국의 MSO가 주도하고 있으며, 일부 유럽의 사업자들이 케이블망을 이용한 광대역 정보통신서비스 시장 참여를 고려중이다. 단기적으로는 가장 큰 부가통신서비스 관련 장비 및 서비스 시장을 형성할 것으로 예상된다. 미국의 MSO들은 각기 다른 사설 표준에 의한 시설 투자를 추진중이나 상업화 성공여부에 대해서는 개관적인 검증 절차가 미흡하다. 미국의 경우 MSO들이 가입자전송망 개량이 70%에 이르는 2000년경이면 대부분의 RBOC들이 추진하고 있는 SDB/SDV 방식의 FTTC와 첨예한 서비스 경쟁에 들어갈 것으로 예상된다. 유럽의 케이블사업자들은 서비스개방에 따른 전화사업의 이득과 고속서비스 시장 선점을 위한 사업 확장 수단으로 디지털 케이블망 구축을 전개하고 있다. 이들 주요국들의 케이블망 신규수요는 2000년 전후로 3-500만 회선이 발생할 것으로 전망하고 있다.

나. 국내 현황

가입자전송망과 관련된 국내 기술현황을 크게 xDSL기술, FITL기술, HFC기술 등 주로 유선 가입자전송 위주로 살펴본다.

먼저 국내 xDSL 모뎀기술은 크게 ADSL과 VDSL 분야로 나누어 볼 수 있다. 국내 모뎀 기술

은 저속의 음성대역 모뎀까지도 외국의 사용 칩에 의존하고 있을 정도로 매우 낙후된 상태에 머물러 있다. 고속의 ADSL기술 또한 국내에서는 기초연구 단계의 수준이며, 국내 유수의 통신업체와 일부 대학에서 수년 전부터 소규모, 산발적으로 연구되어 왔다. 최근에 들어서는 국가 초고속정보통신망을 구축하기 위해서 당초에 계획했던 FTTH구축을 대폭 수정하여 기존 전화선로를 최대한 활용하는 것으로 선회함에 따라 이를 위한 핵심 기술을 국가적인 차원에서 지원하기 위한 일환으로서 UADSL 기술 국산화 개발계획을 수립중에 있다. 그러나 외국의 상용 ADSL칩을 활용한 Set-Top Box와 망장치(DSLAM: DSL Access Multiplex)의 개발은 매우 활발하게 진행되고 있으며, 한국통신을 중심으로 하는 망사업자들의 ADSL채용 계획과 시범사업의 추진도 이들의 개발을 가속화 시키고 있다. 그러나 국제 표준 변복조방식의 부재로 Splitterless ADSL, UADSL등과 같은 다양한 시장 경쟁적 기술개발이 가속화되고 있어 통신사업자에게 혼란을 가중시키고 있는 상태이며, 이에 따라 미국의 NYNEX망에서는 특정변조 방식에 국한되지 않고 모든 변조방식을 다 수용할 것이라고 발표한 바도 있다. 또한 ADSL망 구축 시 옥내의 배선 등에서 노후 동선, 점점 불량, 이중 계이지 접속 등 가입자선로상태가 열악하여 잡음이나 혼선의 영향에 매우 취약하다는 문제점도 존재한다. (Bell Atlantic, US West등에서는 ADSL서비스를 가입자에게 제공하기 위해서 자사의 가입회선 가운데 30% 내외를 교체하여야 한다는 선로 시험 결과를 얻음)

한편 VDSL기술의 경우, VDSL모뎀 칩은 ETRI에서 금년도의 상용화를 목표로 개발되고 있으며, 일부 산업체에서도 이의 개발이 외국의 기술적용 내지는 자체연구를 통해서 개발되고 있다. 이들은 모두 DAVIC에서 표준화된 CAP-16 변복조를 기반으로 하고 있으며, 특히 ETRI에서 개발되고 있는 VDSL칩은 13M, 26M, 52Mb/s 속도를 1500m, 1000m, 300m등 전송거리에 따라 적응할 수 있도록 하고 있으며, ATM통신을 기반으로 하고 있다. 이

는 Set-Top Box용도와 칩당 2가입자를 수용하는 망장치 용도로 구성되며, 국내 FITL용도로 시스템에 직접 적용될 수 있도록 준비되고 있다.

국내의 xDSL 시장은 한국통신의 반포 및 여의도 시범망에 도입한 정도이나 고속 인터넷 액세스 시장의 선점기대로 가장 큰 주목을 받고 있는 대안이 되고 있다. 향후 ADSL, H/SDSL, VDSL의 연간 수요는 <표 8> 과 같다.

<표 8> xDSL 국내시장 규모 전망 (단위: 억원)

연도	'98년	'99년	'00년	'01년	'02년	합계
DSALM	161	488	940	1,590	1,506	4,685
STB	99	293	523	910	913	2,738
칩세트	50	75	125	225	225	700
합계	310	856	1,588	2,725	2,644	8,123

참조 : 초고속망 관련장비 수급방안 및 대책('98~2002년), 1998.1., 정보통신부

국내의 광가입자망 관련 연구는 '80년대 말에 시작된 광 CATV시스템(일명: SWAN) 개발이며, 이는 CATV Head End로부터 분배센타, ONU, Set-Top BOx에 이르기까지 모두 광선로전송을 바탕으로 하고 있다. 그러나 이는 광전송비용의 과다로 동축 CATV기반의 HFC와 전화동선 기반의 FTTC방식에 밀려 상용서비스를 제공하지는 못하고 있다. 국내 가입자망에 광섬유가 도입되어 본격적으로 운용된 첫번째 예는 '90년대 초에 ETRI에 의해 개발되어 현재의 국내 동기식전송 발전 기반을 제공했던 155Mb/s급 동기식전송시스템(SMOT-1)이며, 이는 '90년대 중반에 한국통신의 가입자망 모자극간에 처음 도입되었다. 이후 가입전화를 직접 수용할 수 있는 가입자반송장치(FLC-A/B)가 한국통신과 국내 업체간의 공동개발을 통해 망에 도입되었다. 현재는 기존의 POTS는 물론 고속 인터넷과 VOD, 방송서비스 등 통합서비스를 바탕으로 하는 FITL의 개발이 진행중에 있다. 이의 대표

적인 예가 한국통신 주관의 FLC-C(Fiber Loop Carrier - C)와 ETRI주관의 MAIN(Multi-Access Integrated Network)이다. 전자의 경우에 VDSL기반의 FTTC기능만을 바탕으로 하는데 비해서 후자는 향후 초고속가입자망의 대안으로 여겨지고 있는 VDSL/FTTC, ATN-PON/FTTH는 물론 향후 디지털 HFC와 HFR(Hybrid Fiber Radio)의 수용까지를 고려하여 개발되고 있는 통합 액세스 장치이다. 후자의 경우에 고속 인터넷 및 DAVIC표준과

호환을 갖는 디지털 CATV, VOD 서비스의 제공성 향상에 중점을 두고 관련 프로토콜들을 모두 자체적으로 개발하여 실장하고 있으며, 특히 장치에 소요되는 소요 핵심 칩들을 자체 개발하여 적용하는 등 기능과 가격, 성능 경쟁력 면에서 기술 선진 외국에 비해 비교 우위를 갖도록 하고 있다. 국내 초고속정보통신망의 구축시에 가장 많은 투자를 필요로 하는 가입자망 구축비용 중에서 2003년까지 300만, 2010까지 800만 가입자를 수용하도록 계획된 VDSL기반 FTTC시스템으로의 역할을 수행하게 될 국내 개발장치의 제원을 보면 <표6>과 같다.

한편 FTTH구성을 위한 국내 기술현황을 보면, 크게 능동형 광망(AON: Active Optical Network)와 수동형광망(PON: Passive Optical Network)으로 나눌수 있다. AON의 대표적인 개발은 HAN/B-ISDN의 일환으로 추진된 액세스노드 시스템으로서, 여기에는 집중형 B-NT(CANS)와 분산형 B-NT(DANS)가 있다. 전자의 경우에 액세스망에 위

〈표 8〉 국내 개발중인 FITL장치의 제원

비교 항목	(하나로통신) 규격	MAIN(ETRI)	FLC-C(KT)
제공서비스	전화 인터넷 접속	전화 인터넷 접속 VOD, SVB	전화 인터넷 접속 VOD
가입자 정합	POTS ISDN BRA E1 xDSL	POTS ISDN BRA DDS(E1 substrate) SDSL/E1 VDSL (ETRI 칩)	POTS ISDN BRA E1 ADSL VDSL (Lucent 칩)
접속 용량 UNI:AN-ONU SNI: SN-AN	UNI >= 155M 급광링크	UNI-622 -> 32 ONUs UNI-155(option) -> 64 ONUs SNI-155 -> 32 STM-1s SNI-E1 -> 48DS1E(전용회선)	UNI-622 -> 16 ONUs UNI-155(option), UNI-622 SNI-155 -> 8 STM-1s SNI-E1 -> 12DS1E(전용회선)
가입자 수용 용량	>= 120 POTSs/ONU	POTS -> 5,760 가입자 VDSL -> 2,048 가입자 (180POTSs/ONU, 4 VDSLs/ONU)	POTS -> 2,880 가입자 VDSL -> 1,024 가입자 (180POTSs/ONU, 64 VDSLs/ONU)
스위칭 용량	미정의	10Gbps	1.2~2.5Gbps
PSTN/NISDN 정합	V5.2	V5.1 및 V5.2	V5.2
ATM 교환기 정합	ITU-T 관련 및 UNI 3.1	VB5.1 및 VB5.2 Q.2931/UNI3.1/UNI4.0 PNNI/AINI	PVC(VB5 필요성 인식)
서비스 기능	망측 규격 없음. (덕내장비: IPOA/LE/MPOA)	IPOA Zapping & CRM	망측 규격 없음.
신뢰성	UNI 광링크 이중화	UNI/SNI 광링크 이중화	UNI 광링크 이중화
망관리	TMN	TMN	TMN
서비스시장	통신서비스	방송통신 통합 서비스	통신서비스

주1) FLC-C는 '98.5.12. 삼성전자 발표자료 인용

주2) '97년말 미국의 RBOC 구매단가 \$800대

주3) SVC는 현존하는 ATM LE와의 정합을 위해 제공(BBT, NextLevel등이 ATM-Forum UNI3.0/3.1을 제공하고 있으며, Alcatel은 PNNI제공)

치해서 최대 8개의 ATM가입자를 최대 8:1집선을 통해서 교환망에 접속시켜줄 수 있도록 하거나 가입자 덕내 또는 SOHO(Small Office Home Office)에 위치하여 다양한 기존 단말 또는 ATM단말들을 수용하여 최대 8:1집선을 통해서 망에 접속시켜주는 기능을 갖는다. 이때 접속 가능한 매체 및 속도, 전달형식을 보면, 155Mb/s급(STM-1) ATM기반의 광섬유, 100Mb/s급(TAXI) ATM 광섬유, 45Mb/s급(DS3) ATM 동축, 26Mb/s급 ATM 동선(UTP-25), 2Mb/s급(DS1) ATM동선을 접속할 수

있고, 동시에 기존 DS1과 DS3신호의 ATM정합을 위한 회선 에멀레이션, 이더넷 접속, MPEG 2 비디오 접속기능 등을 갖는다. 또한 후자는 25Gb/s급 ATM스위칭 용량을 갖는 헤드노드와 ATM Add-Drop기능을 갖는 링노드로 구성되며, 하나의 헤드노드에는 최대 16개의 155Mb/s포트를 접속할 수 있고, 동시에 4개의 SHR을 접속할 수 있다. 각 링노드는 최대 6개의 155Mb/s급 ATM 가입자 또는 12개의 25Mb/s급 UTP가입자를 수용할 수 있으며, 따라서 하나의 DANS시스템은 155Mb/s 96가입자

또는 25Mb/s 192가입자를 수용할 수 있다. 그리고 이더넷포트를 직접 수용할 수도 있다. 이때 링노드는 대개 액세스망에 위치하고, FTTH를 구성하기 위한 대내 망종단장치로는 CANS 또는 광종단기능을 갖는 대내망 장치를 사용할 수 있다. PON과 관련한 연구는 세계적으로 표준화가 진행 중이다. 국내에서는 광CATV를 위해서 외국의 PON시스템이 한국통신에서 시범운용된 적이 있으며, 국제 표준을 만족하는 장치/기능은 아직까지 산발적이지만 여러 곳에서 연구중에 있다. 그 대표적인 것으로는 ETRI에서 연구 중인 ATM-PON 정합소자 개발로서, 이는 금년에 ITU-T에서 권고된 초안을 바탕으로 관련 MAC기능과 Chuning기능등을 실장한 ASIC을 개발하고 있다. 또한 한국통신에서는 PON용 광소자를 개발 중에 있다.

국내의 HFC관련 기술은 주로 외국의 소자를 도입한 장치 제작 또는 장치 자체를 도입하여 국내 CATV망을 구축, 운용하는 수준에 머물러 있다. 동축 상의 사용 주파수 대역은 450MHz(한국통신), 450M/750MHz(한국전력)이며, 이들의 구성은 대부분이 분배센타로부터 광망종단장치(ONU)까지는 아날로그 AM/FM광을 사용하고 ONU에서 가입자까지는 아날로그 동축을 사용하고 있다. 이때 하나의 ONU를 통해서 125-2500가입자들이 접속될 수 있으며, 많으면 8000가입자들까지도 수용하고 있다. 한편 상향대역으로 할당된 5M-40MHz대역을 이용하여 고속 인터넷 서비스나 음성 전화 채널로 사용하기 위한 노력이 활성화되고 있으며, 이를 위해 제한된 대역(5M - 40MHz)을 여러 사용자들이 공유할 수 있도록 사용가입자 수를 줄이기 위한 망구성이 시도되고 있다. 즉, 현재 최대 8000가입자까지 수용하고 있는 규모를 125-250정도로 줄이는 것이 필요하며, 450MHz 이상의 상위대역을 활용하기 위한 연구도 꾸준히 진행되고 있다. 한편 기존 CATV 방송망을 활용하여 초고속 통신서비스를 제공하는 데에는 망의 신뢰성과 서비스 품질 차원에서 여러 문제점들이 산재해 있어 상당히 신중을 기하고 있으나 저가로 쉽게 서비스를 공급할 수 있

다는 이점 때문에 향후 정책결정 방향에 관심이 집중되고 있다.

5. 결 언

국내의 디지털 전송은 우리나라의 경제발전과 함께 광대역화와 초고속화를 바탕으로 국내 통신 발전을 선도하여 왔다고 볼 수 있다. 본 고에서는 국내 통신 발전의 견인차 역할을 해왔던 SDH전송, 완전 광전송, 그리고 초고속가입자 전송에 대해 지금까지의 국내 기술현황과 현 기술수준, 향후 발전 방향에 대해 간단히 살펴보았다.

특히 조만간 국내 기술에 의해 상용화 될 10Gb/s급의 SDH전송과 광다중화를 바탕으로 하는 160Gb/s 급의 WDM전송, 그리고 초고속 DSL기술을 기반으로 하는 다기능의 ATM 가입자 장치들을 잘 살펴보면, 국내 전송기술의 세계화된 수준을 감지할 수 있다. 앞으로도 인터넷 트래픽의 폭증과 더불어 기간전송의 초고속화를 염두에 두고, 현 기술 수준으로 보아 전기적 다중화의 한계라 할 수 있는 40Gb/s급 SDH전송과 수년내 실현 가능한 수 Tb/s급 WDM 전송에 대한 과감한 도전이 필요하다. 또한 멀티미디어서비스와 고속 인터넷 액세스 시장에 대한 기대가 고조되면서 정보통신망의 최대 걸림돌로 가입자망이 지목되고 있는 점을 볼 때, xDSL, FITL, HFC, 무선 가입자전송 등을 통한 가입자계의 고속화라는, 앞으로 수년 내에 가입자계 인프라에 불어 닥칠 변화에 적극적으로 대처해 나가야 할 것이다.

우리 기술이 외형적으로는 세계화(수준)에 도달했다고 말할 수 있지만 가격/성능 경쟁력에 가장 영향을 크게 미치는 원천 기술적인 면에서는 선진 외국에 비해 상당히 낙후된 수준이다. 따라서 현시점에서 국내 전송기술이 극복해야 할 당면과제는 외국과의 완전한 자유경쟁 상황하에서 국내 기술이 살아 남아 이길 수 있는 실질적인 경쟁력을 기르는 것이다. 이제는 국내 기술만을 보호해주던 시대는 지나가고 세계 속에서 당당히 경쟁하여 살아

남아야만 한다. 지금까지는 통신망사업자나 정부가 연구개발에 정책적으로 투자하여 왔고, 이에 따라 개발 기술의 경쟁력 제고 차원에서는 상당히 안이하게 대처해 왔다. 그러나 지금부터는 지금까지 축적된 기술을 무기로 삼아 남들보다 한발 앞서 생각하고 보다 경쟁력있게 만들기 위한 노력을 기울이지 않으면 안될 것이다.

(참고문헌)

- [1] 김재근, 이병기, “ 전송기술의 발전배경과 전망,” 한국통신학회지 제23권 2호, 1996. 2.
- [2] 김재근외, 가입자분야 초고속정보통신 기술 개발 기획에 관한 연구, ETRI 연구보고서, 1996.9.
- [3] 이만섭외, 전광통신망 기술개발 기획에 관한 연구, ETRI 연구보고서, 1997.3.
- [4] 노장래, 김재근, 최문기 “광가입자망의 전략적 진화 (기술경제적 문제를 중심으로),” Telecommunications Review, 제 7권 1호, 1997.

김 재 근

1980.2. : 고려대학교 전자공학과 졸업
1983.2. : 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)
1990.9. : 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)
1979.12. - 현재 : 한국전자통신연구원 근무, 책임연구원
광대역전송연구부장