

광 CATV 기술 동향

全永允·金東炫·崔在覺·張宗洙·朴景鉉·朱武楨·李晚燮
(한국전자통신연구소 광가입자연구실)

■ 차례 ■

- | | |
|---------------------------|------------------|
| ① 서론 | ③ 각국의 광CATV 개발현황 |
| ② 광CATV 소요기술 현황 | 1.미 국 |
| 1. 전송방식 | 2. 캐나다 |
| 2. 분배 스위치 기술 | 3. 프랑스 |
| 3. TV 신호의 부호화 기술 및 표준화 동향 | 4. 영 국 |
| 4. 광케이블선로 기술 | 5. 일 본 |
| 5. 광 모듈 | ④ 결 언 |
| 6. 광수동소자 | |

요 약

현재 각국에서 계획중이거나 진행중인 광 CATV 시스템의 시범사업과 이에 필요한 소요기술인 전송 방식, TV신호의 부호화 기술, 분배스위치기술, 광선로, 광모듈 및 광수동소자에 대한 동향과 발전 방향을 기술하였다.

1] 개 요

CATV 서비스는 '70년대까지 선진 각국에서 전송로에 동축케이블을 이용한 트리형식의 동축 CATV가 주류를 이루고 있었으나 70년대말 부터 동축케이블에 의한 양방향 서비스의 한계성과 데이터 서비스의 확장요구 및 광통신 기술의 발전과 더불어 광케이블을 전송매체로 하는 광 CATV 시스템이 등장하게 되었다.

광 CATV 서비스 실현의 기본이라할 수 있는 광통신 기술은 지난 80년대를 계기로 거의 10

여년간 눈부신 발전과 가격의 하락으로 광섬유를 가정까지 끌어들이는데 크게 이바지하였을 뿐만 아니라 광섬유의 저손실 및 광대역 특성으로 인하여 서로 다른 망으로 운용되었던 전화망, 데이터 통신망과 CATV망의 통합운영 즉 복합통신망에 의한 광대역 종합통신망(BISDN)서비스를 가능케 하고 있다. 특히 광 CATV서비스는 광대역 영상 서비스의 하나로, 통합망으로 발전을 가속화 시킬 수 있는 촉매로써의 역할이 기대되고 있다. 그런데 광CATV 서비스를 위한 독자적인 광CATV망의 구축은 아직까지 비경제

적인 것으로 알려져 있다. 최근 여러나라에서 이러한 CATV 서비스와 더불어 전화 및 데이터 서비스를 위한 다양한 형태의 광가입자망(FTTH : Fiber to the Home)의 시범사업이 이루어지고 있는 상태이다. 미국의 경우 1990년대 중반에 단지 전화서비스만으로도 가입자망에 광섬유 도입이 기존 동선 보다 경제적이거나고 예측하고⁽¹⁾ 있으며, 일본의 경우 2015년까지 전 통신망을 광케이블화할 것을 목표로 하고 있다.⁽²⁾ 따라서 머지 않은 장래에 다양한 서비스의 도입이 가능한 가입자망의 광화는 필연적인 것으로 받아들여지고 있다.

광CATV 시스템에서 영상신호 전송을 위해 아날로그 방식이 주로 사용되어 오고 있으나 최근에는 양방향전송을 위해 PCM방식을 기본으로 하는 디지털 방식, 기존의 마이크로웨이브 기술과 디지털 방식을 동시에 사용 가능한 SCM(SubCarrier Multiplexing) 전송기술이 가능하여 졌으며, 경제적인 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 방식도 이 두 전송방식과 결합된 형태의 전송이 제안되고 있고, 또한 장래 대용량 전송이 가능한 코히어런트 전송방식의 도입도 고려되고 있는 실정이다.

한편, CATV사업을 추진하고 있는 각국의 정책을 살펴보면 미국의 경우 기존 CATV가 대량 보급되어 있고, 공중통신사업자와 CATV가 엄격히 분리되어 있는 상태이며, 일본의 경우 정부 규제하의 민간주도형으로 광대역 종합통신망을 대비한 광대역서비스를 시범 추진중에 있다. 프랑스, 영국 등 유럽제국은 정부주도하에 CATV망을 구축하고 광대역 종합통신망으로 진화할 수 있도록 적극 추진중이며, 광CATV 보급률을 늘리고 있다. 이처럼 CATV발전은 각국의 문화적, 지리적 조건, 기술수준 및 국가정책 등에 따라 다양한 형태를 하고 있다. 국내의 경우 밀집된 지리적 여건과 CATV를 새로 시작하는 단계이고, 국가 주도형 통신망의 구축이 가능하며, CATV 가입자까지 광섬유를 도입할 경우 이 가입자망을 광대역 종합통신망 서비스 제공에 그대로 활용할 수 있을 것이다.

따라서 본고에서는 늦게 CATV 사업을 새로 추진하는 우리나라의 CATV 사업추진에 기본적인 자료가 될 수 있도록 가입자망의 광화 및 광CATV기술 개발중인 외국의 광CATV 시스템의 소요기술별 동향, 운영되고 있는 광CATV 시범현황 및 미래동향을 살펴보고자 한다.

2] 광 CATV 소요기술 현황

1. 전송방식

광CATV망에서 물리적 매체를 공유하기 위해 아래(그림 1)에서 보듯와 같이 SCM, WDM, TDM(Time Division Multiplexing) 및 이들의 혼합형태 방식이 사용되고 있다. 이절에서는 TDM 방식을 이용하는 망에서 plesiochronous 전송망, SONET, NNI 등은 국내외에서 여러차례 소개되었으므로 SCM과 WDM 전송방식에 대해서 주로 고찰하였다.

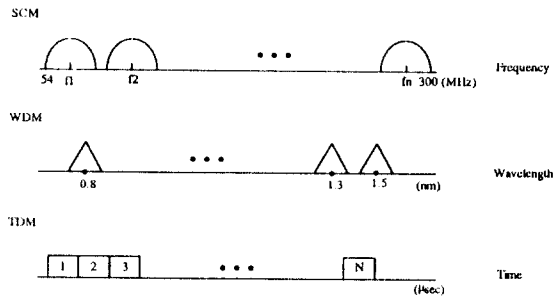


그림 1. 전송방식의 비교

가. SCM 전송방식⁽³⁾

마이크로웨이브 기술을 광통신에 적용하려는 연구 결과로 SCM방식이 주목을 받고 있다. SCM방식은 마이크로웨이브 영역과 기저대역 신호를 함께 전송할 수 있고 또 아날로그와 디지털 방식을 동시에 전송 가능하므로 구성이 단순하고 채널할당이 용이하다. 그리고 위성방송에서 가입자 수신기로 사용하고 있는 저렴한 FM

영상 기술을 사용할 수 있다. 따라서 이러한 특성을 살린 100Mb/s 기저대역 신호와 60채널의 FM영상 신호를 동시에 전송한 예도 있다.

SCM 이란 그림 2와 같이 n채널의 영상신호를 RF 주파수인 f_1, f_2, \dots, f_n 반송주파수로 변조하고 이들을 주파수다중화한 전기적 신호를 레이저 광으로 바꾸어 광섬유로 전송한다. 수신측에서 광전 변환서 동조회로등을 이용하여 원하는 신호를 재생하는 방식이다. 여기서 subcarrier라 함은 빛의 주파수가 $10^6 \sim 10^8$ GHz인데 비하여 RF주파수가 GHz 정도이므로 이러한 이름이 붙여지게 되었다.

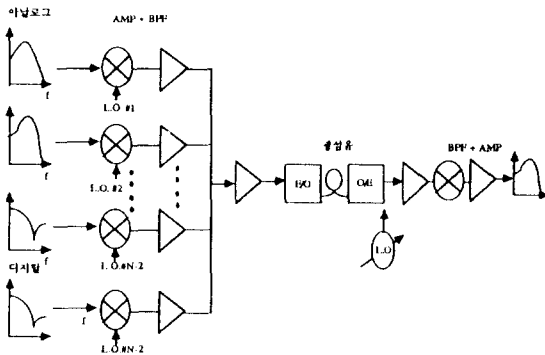


그림 2. SCM 구성도

나. WDM 전송방식

WDM은 2-4개의 서로 다른 파장을 이용하여 광통신 국간중계의 경제성과 전송용량을 배가하는데 사용되고 있으나 최근에 Bellcore에서 다채널 WDM을 이용한 LambdanetTM 및 PPL(Passive Photonic Loop) 구조⁶⁾의 제안등 WDM을 사용하는 많은 연구가 있었다.

Lambdanet는 그림 3에서 보는 바와 같이 중앙 집중식 헤드엔드를 형성하기 위하여 star-coupler 및 고유한 파장을 가진 DFB(Distributed FeedBack) 광원으로 파장 다중화한 후, 이 신호를 전기적스위치(가입자의 요구에 의해 해당채널을 선택가능한 기능을 가진)가 있는 모든 노드(center office-CO, remote terminal-RT)로 보내 가입자가 원하는 TV를 볼 수 있게 한다.

한편 PPL은 실제 광가입자망에의 응용을 위해서 제안된 것으로 구조를 그림 4에 나타내었다. PPL망에서 가입자마다 고유한 두개의 파장이 할당되어 있다. CO에서 각 가입자마다 지정된 파장으로 하향신호를 변조하여 피더케이블을 공유하기 위하여 파장다중기를 기지 RT로 보내고, RT에서는 이들 파장을 역다중화하여 분배케이블로 가입자까지 전송한다. 상향 전송은 하향 전송의 역으로 수행된다. 이 PPL 구조는 기존의

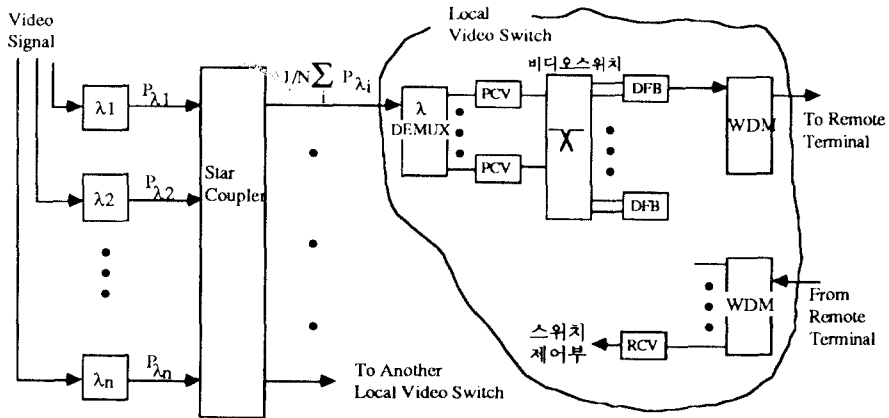


그림 3. 영상전송을 위한 Lambdanet의 구조

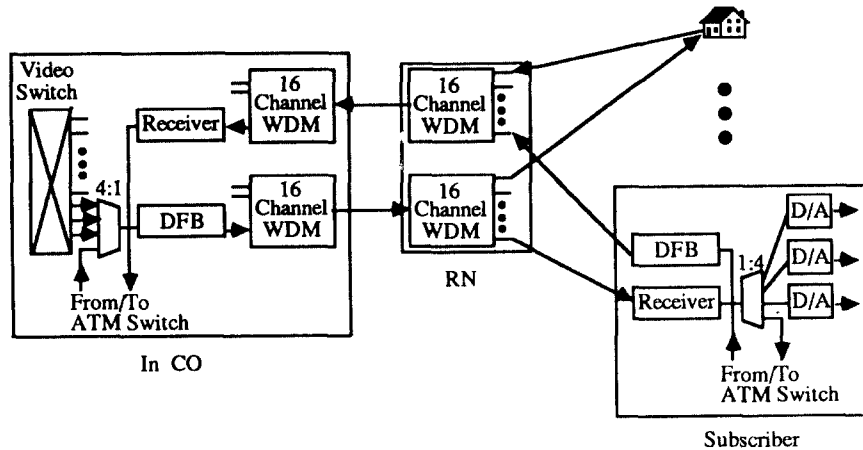


그림 4. PPL의 구조

TDM방식을 사용하는 RT에 전기적신호의 교환이나 전원공급이 필요 없으므로 유지보수기능이 최소화 되는등 경제적인 망 구성이 가능하다. 뿐만 아니라 WDM 소자의 수용과장 즉 채널수를 고려할 때 WDM을 포함하는 RT를 가입자 근방에 설치할 수 있으므로 또한 분배케이블이 절약 된다. 그리고 TDM과는 달리 WDM은 데이터 형태에 무관하므로 다양한 서비스의 요구를 쉽게 수용할 수 있다. 하지만 아직까지 다채널 WDM이나 미세과장 조정이 가능한 DFB LD의 높은 가격으로 인하여 실제 가입자로서의 적용은 상당한 기간이 필요할 것이다.

2. 분배 스위치 기술

ISDN의 출현과 광섬유를 통한 전송기술의 발달에 힘입어 고속의 디지털 서비스를 전화 가입자에게 제공하려는 활발한 움직임이 대두되고 있다. 광대역 서비스로 통칭되고 있는 새로운 디지털 서비스는 광섬유를 매체로한 미래의 서비스로써 동선에 의한 기존의 협대역 전화 서비스에 비해 보다 많은 경제적 우위를 점유하게 될 것이다. 현재까지는 어떠한 광대역 서비스가 미래의 광대역 통신망에서의 중추적인 트래픽을 형성하게 될 것인지에 대한 의견의 일치는 없으나 그림 5와 같이 음성에서 경험한 것과는 매우

다른 트래픽 특성을 나타낼 것으로 판단하고 있다. 또한 서비스의 종류의 다양성과 더불어 트래픽이 가지는 불확실성 때문에 오늘날 디지털 기술의 핵으로 등장한 동시적 시분할 다중화 방식에 의한 처리 방식과는 다르게 정보를 패킷화하여 전송하는 비동기적 개념을 모색하게 되었으며 궁극적으로 하나의 통합된 교환망을 통하여 다양한 서비스의 교환이 이루어지는 표준화된 패킷 교환방식에 대한 연구가 CCITT를 중심으로 활발하게 이루어지고 있다.⁶⁾ 광CATV 시스템의 서비스의 주종을 이루게 될 TV 프로그램은 교환 센터에서 가입자쪽으로만 트래픽이 흐르는 단방향의 광대역 서비스이기 때문에 양방향의 교환망과는 다르게 교환망의 구성과 제어가 구현되어야 한다. 광대역 서비스의 교환은 협대역에 비해 넓은 주파수 대역과 고속으로 동작하는 교환망을 의미하며 이의 구성에 따르는 기술적, 경제적 문제는 당면한 광CATV 시스템의 교환망의 개발 전략과도 직결된다고 볼 수 있다. 따라서 고품질의 광대역 서비스를 유지함과 동시에 효과적으로 교환망의 구성과 제어가 가능한 교환 방식만이 광CATV 시스템의 교환망 구현을 위한 일차적인 선택 수단으로 자리잡게 될 것이다. 그리고 이러한 관점에서 일부 선진국은 궁극적 광대역 교환방식으로 거론되고 있는 패킷교환

방식에 우선하여 기존의 회선 교환방식을 이용한 경제적인 광대역 교환망의 구성에 관한 연구를 수행하여 왔으며^{7, 8)}, 이같은 연구는 부분적 장치나 교환망의 구성에 있어서 상당한 진보를 거듭하여 전화 가입자의 밀도가 한계에 이른 오늘의 상황에서는 TV와 같이 보편화된 텔레서비스가 교환망을 통하여 가입자 라인에 제공된다는 점에서 재래의 CATV 시스템으로는 구현할 수 없는 새로운 차세대의 CATV 시스템의 도입을 의미하고 있다.

교환망이 필요하다는 사실이다. 광CATV 시스템에서는 기본 채널의 속도에서부터(50 Mb/s) 영상 신호들이 나타내는 주파수 스펙트럼을 수용하는 TV 프로그램 교환망의 구현에 있어서 기존의 전화망과 같은 양방향 트래픽 속성과는 다른 단방향 트래픽 특성을 수용할 수 있는 교환망의 구성과 제어가 요구된다. 현재 광CATV 시스템에서 제공하고자 하는 TV 프로그램을 포함하는 광대역 서비스를 수용하기 위한 교환방식으로는 다음과 같은 방식들이 검토되고 있다.

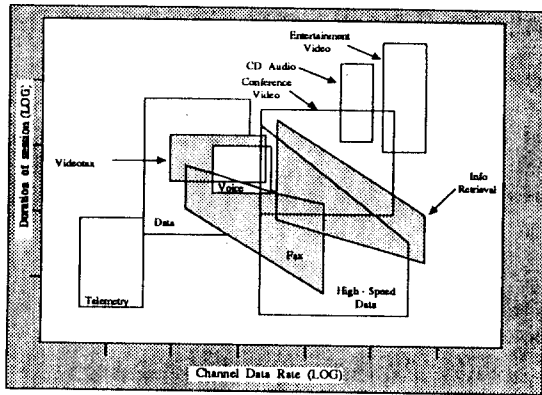


그림 5. 광대역 서비스 스펙트럼

가. 광CATV 시스템을 위한 광대역 교환기술
광대역 서비스들이 가지는 특성들을 한마디로 언급하기는 상당히 어려운 일이지만 이들 서비스를 수용하기 위한 교환망이 갖추어야 할 기본적인 요구조건으로는 기존의 전화 교환망에 비해 보다 넓은 주파수 대역과 고속으로 동작할 수 있는

1) 패킷교환 방식⁹⁾

패킷교환 방식은 정보의 교환이 버퍼의 완충작용에 의해 각각의 스위칭 노드를 다수의 가입자가 시간축을 분할하여 점유하므로써 이루어진다. 패킷교환 방식 가운데 그림 6과 같은 ATM (Asynchronous Transfer Mode) 방식은 기존의 패킷교환 방식과는 구분되어 셀(cell) 정의되는 단위정보를 고속으로 교환하기 위하여 경로를 제어하기 위한 제어 정보(header)를 패킷과 함께 전송하므로써 회선교환망과 유사한 공간적 회선을 확보하게 되어 고속의 교환이 이루어 지게 된다. ATM 교환망에서는 비결성(nondeterministic) 트래픽 특성으로 인하여 동일한 스위치 출력을 지향하는 두개의 패킷이(cell) 스위치의 서로 다른 입력에 동시에 도착할 수 있기 때문에 스위치 출력에서 패킷의 충돌을 방지하기 위한 스위치 입력에서의 제어가(arbitration) 필요하게 된다. 따라서 ATM 교환망은 기존의 회선 교환망에 비해 보다 많은 추가적인 기능과 구조적

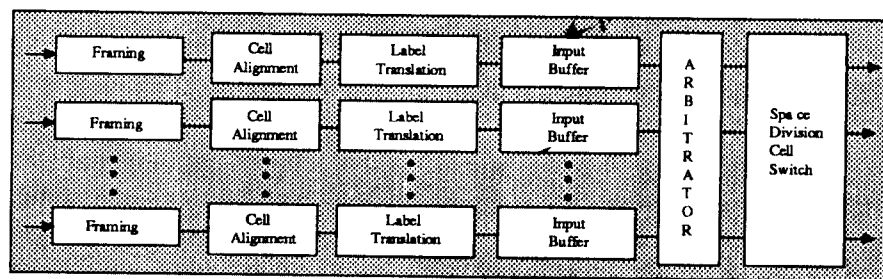


그림 6. ATM 스위치의 구성도

변화가 수반되어야 하므로 궁극적 광대역 ISDN의 진보된 교환방식임에 틀림이 없으나 당면한 광CATV 시스템의 프로그램 교환망의 도입에는 극복되어야 할 기술적 어려움이 뒤 따르고 있다.

2) 시분할 교환방식⁽¹⁰⁾

시분할 교환방식은 동일한 교환망을 다수의 가입자가 일련의 순서에 의해 시간축을 분할하여 공유하므로써 교환이 이루어 지기 때문에 교환망의 입,출력 트래픽 처리효율이 매우 높아 대규모 가입자용 교환망을 경제적으로 구성할 수 있다. 그러나 TV 프로그램과 같은 고속의 광대역 채널(채널당 50 Mb/s)을 경제적으로 시분할하기 위한(수백에서 수천채널) 교환망의 구성에 필요한 초고속 반도체 기억소자(RAM)의 개발에 어려움이 따르기 때문에 상대적으로 저속의 광대역 서비스를 위한 교환방식이라 할 수 있다. 최근에는 제어방식을 개선하여 RAM의 액세스 시간의 제약을 극복하려는 그림 7과 같은 방식들이 검토되고 있다.

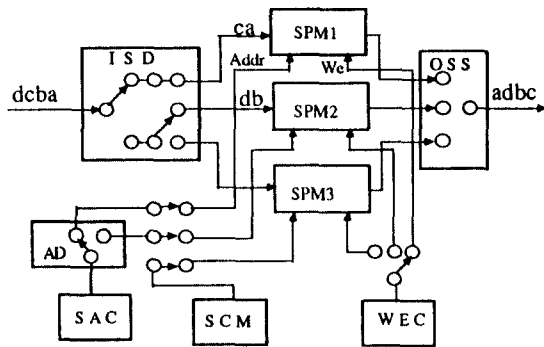


그림 7. RAM 액세스 효율을 개선한 slow write / fast read 방식

3) 공간분할 교환방식⁽¹¹⁾

공간분할 교환방식은 근본적으로는 교환망의 입,출력 사이의 경로를 그림 8과 같이 x-y 격자 구조로 구현하기 때문에 스위칭 속도와 경로의 형성이 빠르고 형성된 경로에 대해서는 추가적인

정보의 흐름을 제어하기 위한 수단이 필요없다. 즉 서비스가 가지는 신호의 속도에 무관한 고속의 장점으로 고속의 광대역 신호의 교환에 적합하며 구조가 단순하므로 대용량의 교환망을 저렴하게 구성할 수 있다. 그러나 신호의 속도가 서로 다른 다양한 광대역 서비스를 수용하기 위해서는 망의 구성을 분리해야 하는 단점이 있으나 단일 전송속도의 광CATV 시스템의 교환망의 구성에는 효과적인 수단이 될 수 있다.

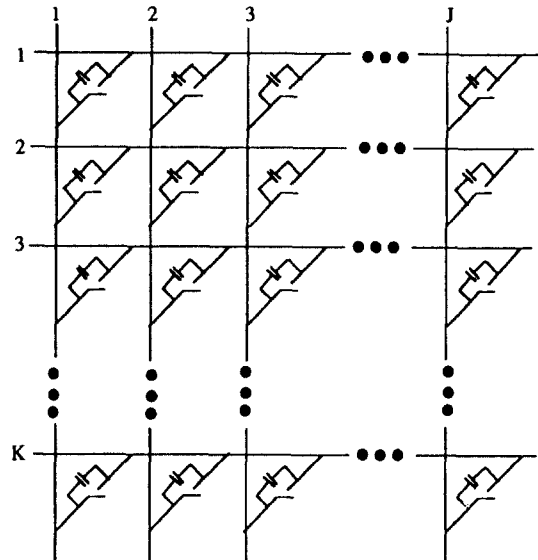


그림 8. 공간분할 스위치 전기적 등가회로

이상에서 살펴본 교환방식에서 패킷교환 방식은 서로 다른 주파수 대역을 가지는 여러가지 광대역 서비스들을 수용할 수 있고, 공간분할 교환방식은 고속의 광대역 서비스를 위한 교환망을 경제적으로 구성할 수 있다는 이점 때문에 광대역 ISDN 구축을 위한 상호 보완적 관계를 유지하고 있다. 미래의 광대역 ISDN에서는 데이터와 제어를 위해서는 패킷 교환이, 그리고 고속의 영상서비스를 위해서는 공간분할 교환이 각각 이용될 것으로 예측되고 있다. 따라서 오늘날의 선진 각국에서는 TV 프로그램과 같은 광대역 영상서비스를 제공하기 위한 공간분할 교환 방식

의 교환망 구성에 구축에 박차를 가하고 있으며 이러한 과정의 일환으로 교환망 구성에 필수적인 소자로 등장하고 있는 고속의 스위칭 소자의 개발에 VLSI 기술을 도입하고 있으며 최근에는 집적도가 높고 전력소모가 작은 고속의 CMOS 스위칭 소자의 개발을 진행하여 왔다.

나. 광대역 분배 스위치 및 스위칭소자 기술 동향

광CATV 시스템을 비롯한 광대역 ISDN 교환망의 구성에는 고속의 광대역 crosspoint 스위칭 소자가 핵심소자로 등장하게 되었으며 이에 따라 선진 각국은 대용량의 고속 스위칭 소자의 개발에 연구를 집중하고 있다. 이들 스위칭 소자는 일반적으로 교환망의 경제적 구성을 위해 VLSI 기술을 이용하여 속도와 전력소모의 관점에서 유리한 bipolar 기술과 CMOS 기술을 또는 이를 혼합한 Bi-CMOS 기술을 도입하고 있다. 표 1은 최근까지 발표된 crosspoint 형 스위칭 소자의 주요 제원을 나타내었다. 이러한 스위칭소자의 개발과 이를 이용하려는 각국의 광대역 분배 서비스는 다음과 같다.

표 1. 광대역 스위칭소자 비교

		Process	Capacity	Speed (Mb/s)	
German	SEL	2 μ mCMOS	16 \times 16	140	Sync
	ANT	BiCMOS	16 \times 16	300	Sync
		ECL	16 \times 16	280	Async
	Siemens	1 μ mCMOS	32 \times 32	140	Sync
	HHI	2 μ mCMOS	16 \times 16	100	S/A
France	Alcatel	ECL	16 \times 16	150	Sync
USA	Bellcore	2 μ mCMOS	16 \times 16	140	Sync
	Fairchild	ECL	16 \times 16	300	Async
		2 μ mCMOS	32 \times 32	50	Async
	Sierra	2 μ mCMOS	32 \times 32	50	Async
	Vitesse	GaAs	64 \times 64	200	S/A
Japan	NTT	2 μ mCMOS	32 \times 32	150	Async

먼저 독일⁽¹²⁾은 HHI(Heinrich-Hertz-Institute), SEL(Standard Elektrik Lorentz), ANT,

Siemens등이 주축이 되어 채널당 70 Mb/S 이상의 TV 프로그램 및 280 Mb/s의 HDTV 프로그램, FM 스테레오와 같은 광대역의 분배 서비스를 가입자에게 제공할 수 있는 대용량 광대역 교환망의 구성에 관한 연구를 진행하여 왔으며 기본적으로는 공간분할 교환방식에 의한 고속의 crosspoint 스위칭 소자의 개발을 완료하였다.

프랑스⁽¹³⁾는 Alcatel이 공간분할 교환방식을 이용한 BBCS(Broadband Communication System)을 통하여 70Mb/s 이상의 영상 분배 서비스를 제공하고 있으며 교환망의 핵심소자로서 ECL gatearray 기술을 이용한 crosspoint 스위칭 소자의 개발을 완료하였다.

미국⁽¹⁴⁾은 최근 Bellcore에서 회선교환과 패킷교환을 모두 채택한 광대역 교환망을 구현하여 영상 신호와 같은 광대역 서비스는 공간분할 방식을 이용하고 음성을 포함하는 저속의 데이터 트래픽은 패킷 교환방식을 이용하는 광대역 ISDN 네트워크에 대한 개념을 발표하였다.

이태리⁽¹⁵⁾는 CSELT가 TV 프로그램 또는 HDTV 프로그램 교환만을 목표로하는 분배 교환망을 구성하였으며 고속 신호처리를 위해 ECL crosspoint 스위칭 소자를 이용한 비동기 교환망을 시범 구현하였다.

3. TV신호의 부호화 기술 및 표준화 동향

광섬유와 반도체기술의 발달로 영상신호의 디지털 전송이 가능하게 되었고, 전송망(transmission network)의 디지털 추세와 더불어 TV 신호의 디지털 전송에 대한 요구가 증대되어 왔다.

TV신호의 디지털전송은 아날로그 전송방식에 비하여 장거리 전송에도 고도의 전송품질을 유지할 수 있는 등 여러가지 장점이 많다.⁽¹⁶⁾ 그러나 영상신호를 디지털 방식으로 전송할 경우 전송대역폭이 문제가 된다. 실제 NTSC 칼라 TV신호를 디지털 전송방식으로 전송할 경우 100Mb/s 이상의 대역폭이 필요하다. 이러한 큰 대역폭을 가지는 영상 데이터를 기존의 제한된 채널용량

(channel capacity)을 갖는 전송로를 통해서 전송하기 위해서는 데이터 감축(data compression)이 불가피하다. 높은 품질이 요구되는 TV신호의 경우, 감축시 재생되는 영상 품질 및 기존 통신망의 전송속도를 고려할 때 현재 국내에 설치된 전송로중에 가장 적합한 것은 DS3(44.736Mb/s)로 알려져 있으며, 이러한 전송속도에 알맞는 데이터 감축이 요구된다.

일반적으로 영상데이터는 공간방향(spatial domain)과 시간방향(temporal domain) 그리고 spectral방향으로 많은 중복성(redundancy)을 가지고 있기 때문에 이들 중복성을 효율적으로 제거함으로써 데이터 감축이 이루어진다. 영상신호의 감축방법⁽¹⁷⁾은 예측 부호화 방식(predictive coding), 변환부호화 방식(transform coding), VQ(vector quantization) 및 복합부호화 방식(hybrid coding)등 여러가지가 있지만 하드웨어적으로 44.736 Mb/s의 고속 실시간 처리에 적합한 부호화 방식은 DPCM(differential pulse code modulation) 감축방식과 변환(transform)에 의한 감축방식이다.

DPCM⁽¹⁸⁾에 의한 감축 방식은 현재 부호화할 화소의 실제치와 이미 부호화된 화소들로부터 예측(prediction)된 값과의 차이를 전송하는 방법으로 큰 성능 저하 없이 쉽게 데이터 감축율을 1/2-1/3 정도 얻을 수 있으므로 비교적 높은 전송율에서 우수한 성능을 나타내며, 하드웨어 구현이 간단하고 빠른처리 속도를 갖는 장점이 있으나 영상신호의 통계특성 변화에 민감하고 채널 잡음(channel noise)에 의한 영향을 많이 받는 단점이 있다.

반면 변환에 의한 감축방식⁽¹⁹⁾은 원 영상에서 모든 화소에 분산되어 있는 에너지가 변환영역에서 몇개의 변환 계수에 집중되는 현상을 이용, 낮은 에너지를 갖는 계수들을 버림으로서 데이터 감축이 발생 한다. 변환에 의한 감축방식은 변환에 필요한 많은 계산으로 인해 하드웨어면에서 DPCM 감축 방식 보다 훨씬 복잡하지만 1 bpp(bit per pel)이하의 낮은 전송율에도 좋은 성능을 나타내며 원 영상 데이터의 통계특성 변화

및 전송잡음(channel noise)에 의한 성능 저하가 적기 때문에, 이러한 특성을 살리기 위한 여러가지 코딩 방식이 연구되어 왔다. 변환부호화 방식으로는 현재 거의 DCT(discrete cosine transform)을 사용하고 있는데 이는 DCT가 상관관계가 큰 1차 Gaussian-markov 정보원에 대해서 뿐만아니라 일반적인 영상정보원에 대해서도 최적 변환에 가장 근접하는 성능을 갖는 것으로 알려져 있기 때문이다. 이러한 DCT의 하드웨어 구현은 반도체 기술의 발달로 양산단계에 있으며, 최근들어 DCT를 이용한 DS3급 TV코덱이 Italy의 Telettra사에서 개발되는 등 많은 연구가 이루어지고 있다.

한편 TV신호의 디지털 전송을 위해서는 TV신호의 디지털 코딩에 대한 표준화가 필수적이며, 이러한 표준화 연구가 T1 및 CCIR에서 이루어지고 있다. NTSC 영상신호를 DS3구조로 전송하기 위한 미국내 표준화 연구가 T1의 여러 subcommittee에서 진행중이며, 구체적으로 T1 Y1에서는 NTSC 영상신호를 DS3채널하에서 방송품질로 전송하기 위한 부호화 알고리즘을 연구하고 있고, T1Q1에서는 EIA RS-250B와 유사한 성능 요구사항(performance requirement)을 다루고 있다. CCIR에서는 SG 11 및 CMTT가 TV 신호의 디지털 코딩 및 전송에 대한 표준화에 관련되어 있으며, CCITT SG 15 및 18과 협력하고 있다. 또 Interim Working Party CMTT/2가 H4(140Mb/s), H21(30-34Mb/s) 및 H22(45Mb/s) 채널에서의 contribution/distribution 코덱의 규격작업에 직접 관련되어 있으며, IWP 11/7 및 IWP CMTT/3로 여기에 관련되어 있다. H21 및 H22채널에 대한 코덱의 reference system 규격 및 개발은 두 갈래로 추진되고 있는데 하나는 운동보상(motion compensation), interfield 및 intrafield 예측을 조합한 적응 DPCM(adaptive DPCM) 방식의 코덱이며, 다른 하나는 DCT 부호화 방법을 이용한 코덱이다. 이러한 H21 및 H22급으로 전송하는 코덱시스템의 규격은 Report AD/CMTT에서 다루어 진다.⁽²⁰⁾

이러한 표준화 작업과 병행하여 TV 신호의 디지털 전송을 상용화하기 위한 계획도 추진되고 있다. 미국의 Bellcore에서는 미국전역에 설치된 DS3 전송로를 이용하여 디지털 TV신호를 전송하기 위한 계획을 이미 완료 하였으며, T1의 표준화 작업이 끝나는대로 상용화될 것이다. 앞에서 이야기한 것처럼 TV신호의 디지털 전송은 아날로그 전송에 비하여 많은 이점이 있음에도 불구하고 하지만 경제성이 떨어지기 때문에 아직 이용되지 못한 실정이다. 그러나 코덱에 소요되는 VLSI기술의 발달과 광통신기술의 성숙으로 인하여 가까운 장래에 TV신호의 경제적인 디지털 전송이 일반화될 것이다.

4. 광케이블 선로기술

광CATV 서비스를 위한 광케이블 선로는 궁극적으로 가입자까지 광섬유를 도입하는 것으로 광가입자망과 동일하다고 볼 수 있을 것이다. 광케이블 선로의 구성개념을 기존의 동선선로와 유사하게 생각할 수 있으나 저손실, 대용량성을 가지는 광섬유의 특성을 최대로 사용 가능한 선로구성이 검토되고 있다.

광케이블선로는 전송매체인 광케이블과 광케이블내에 적재된 광섬유, 광케이블을 연결하는 접속장치, 광케이블 연결부를 보호하거나 광케이블의 분기가 가능한 분배장치, 그리고 전화국내 가입자 광모듈과 광케이블을 연결 및 분배가능한 광분배반으로 구성된다.

가. 광 섬유

통신에 사용되는 광섬유는 모드 수에 따라 단일모드 광섬유와 다중모드 광섬유로 분류되고 있으며, 초기 광가입자 시범에는 다중모드 광섬유를 많이 사용하였으나, 최근 대부분의 나라에서 단일모드 광섬유의 가입자 도입을 필연적으로 여기고 있다.⁽²¹⁾ 이같은 단일모드 광섬유는 다중모드 광섬유에 비하여 저손실(130nm 에서 약 0.4dB/Km), 광대역성(STM LD 사용시 1300nm 파장대에서 최대 20GHz.Km)을 가지고 있을 뿐만 아니라 다중모드 광섬유에 비하여

저렴하다. 또한 미래의 종합통신망 서비스를 수용할 수 있는 코히어런트 통신이나 전광전송의 수용이 가능하기 때문에 망의 진화에 적합하다고 알려져 있다.

한편 이러한 광섬유를 통하여 전송용량을 배가하거나 한 개의 광섬유로 양방향 전송이 가능하도록 1300nm와 1550nm 두 파장대의 운용이 고려되고 있으며, 여러종류의 단일모드 광섬유중에서 CCITT G.652 (1310nm 근방에서 색분산최소, dispersion non-shifted fiber)⁽²²⁾에 따르는 광섬유가 가장 적합할 것이다.

나. 광케이블

가입자용 광케이블은 많은 가입자를 수용하여야 하기 때문에 고밀도 다심화가 필요하며, 다양한 가입자 수요를 만족시킬 수 있도록 적은 심선수에서 다심까지 구성이 용이한 구조이어야 한다. 또한 가입자 선로는 국간용과는 달리 많은 분기가 필요하므로 분기와 접속이 편리해야 할 것이며, 열악한 환경에도 성능이 보장될 수 있는 구조가 요구된다. 이러한 조건을 만족하는 케이블의 단위 구조는 loose tube형과 fiber ribbon형이며, 1,000심이하의 광케이블에서는 이 두 종류 간에 뚜렷한 장단점 차이는 없는 것으로 나타나 있다. 하지만 일반적으로 전자는 전송성능의 보장과 분기가 용이하며, 후자는 접속이 매우 편리하다고 알려져 있다.⁽²³⁾

현재 일본에서는 ribbon형으로 최대 1,000심 광케이블을 개발하여 사용중에 있으며, 서독과 영국등에서는 일찌기 loose tube 형으로 840심까지 적용 가능한 광케이블을 설계하였다.⁽²³⁾ 미국의 Seicor사는 loose tube형으로 420심의 광케이블을 개발하였고,⁽²²⁾ Bellcore에서는 가입자용 광케이블로 위의 두 구조를 모두 수용할 것으로 보인다.⁽²⁵⁾ 한편 국내에서는 double star구조의 광CATV망에 사용될 loose tube형 600심 케이블을 시험제조한 바있다.⁽²⁶⁾ 표 2은 CCITT 15 연구회의 광가입자케이블 관련분야에 제출된 각국의 사용중 또는 사용예정인 광가입자케이블의 구조, 광섬유 종류 및 전송특성을 요약하였다.

표 2. 각국의 광가입자망(local network)용 광섬유 및 광케이블 현황(계획)

국 가	케이블 구조		심 선 순		광섬유+
	육 내	육 외	육 내	육 외	
프랑스	LT	FF/SC	2,4,6	10~150	G.652
서독	Filled tube	FF	1,2,4,10	2~100	G.652
이탈리아	FF, TJ	FF	1~50	1~100	G.652
일본	TJ	ribbon/SC	2,8,16~100	8~1,000	G.652
뉴질랜드	TJ	LT or SC	8	72(LT), 36(SC)	G.652
스페인	patch cord	Feeder/drop	1	64-F, 4-D	G.652
스위스	TJ/semiTJ	FF	?	10~100	G.652
영국	TJ	FF	4,8,16,24	4~96	G.652
유고슬라비아	Lose 형	FF	4,6,8	4~24	G.652
미국	TJ	LT,ribbon/SC	2,?	~1,000	G.652,3,4

FF : Fully Filled (stranded type) 참고자료 * : [25]
 LT : Loose Tube + : [22]
 SC : Slotted Core 그외자료 : [27].
 TJ : Tight Jacket

다. 접속장치

광섬유 또는 광케이블을 연결하는 접속장치는 접속방법과 장소에 따라 다른 장치가 사용될 수 있으나 일반적으로 용착접속, 기계적접속 및 광커넥터 접속으로 나눌 수 있다.

먼저 광섬유를 열로 녹여 붙이는 용착접속 방법은 지금까지 광섬유를 접속하는데 가장 보편화된 기술이며, 다른 접속장치에 비하여 신뢰성과 성능이 뛰어나다. 다심접속과 경제성이 요구되는 가입자선로의 경우 단심 보다는 여러심을 동시에 접속 가능한 일괄접속기능이 요구된다. 일본에서는 다양한 구조의 광케이블에 적용 가능한 일괄접속기를 이미 개발하여 상용시험 중에 있다.

기계적 접속법은 V-groove나 유사한 정렬장치를 이용하여 광섬유를 반영구적으로 접속하는 방법으로 다른 접속장치에 비하여 단순하여, 비숙련공도 쉽게 접속할 수 있고, 재접속도 가능하므로 광가입자 선로에 적용 가능하리라 생각된다. 여러나라에서 다양한 종류의 기계적 접속장

치가 개발되었으며, 특히 미국에서 개발된 기계적접속장치⁽²⁸⁾는 금속을 사용하고 접속보호부가 기존의 단심용착접속과의 크기가 유사할 뿐 아니라 성능도 뛰어나 가입자선로에 이장치의 사용을 밝게하고 있다. 일반적으로 이 접속장치는 광섬유 단면이 서로 떨어져 있거나 그사이에 굴절을 맞춤물질을 삽입하고 있기 때문에 광섬유의 영구성을 보장할 수 없다고 하나 현재 이에 대한 기술개발이 이루어지고 있는 상태이다.

광케이블간 또는 광케이블과 장치간의 상시 재접속이 가능한 접속장치로써 다양한 종류의 광커넥터들이 개발되어 사용되고 있다. 광가입자선로의 경우는 단심, 2심 및 다중접속으로의 변형이 가능한 구조일 뿐아니라 고밀도실장, 현장설치가 용이한 구조가 요구되고 있기 때문에 기존의 나사형 결합방식 보다는 push-pull 또는 bayonet형이 유리하다. 일본에서는 push-pull 형인 SC 광커넥터를 가입자용 뿐만아니라 국간용으로 사용하고 있으며, 미국의 ST는 bayonet 형으로 LAN에 많이 사용하고 있으나 머지않아

가입자선로에 적용하리라 생각된다. 일반적으로 광커넥터는 조립공정이 비교적 복잡하며, 특히 광섬유단면 연마공정이 광커넥터 가격을 높이는 역할을 하고 있다. 하지만 최근에는 현장에서 연마가 필요없는 광커넥터와 epoxy를 사용하지 않는 광커넥터가 개발되어 주목을 끌고 있다.⁽²⁹⁾

현장에서 다심광케이블의 용착접속과 함께 사용할 수 있는 다중커넥터(다중기계적 접속장치와 유사)가 개발되어 일본과 미국에서 사용중에 있다. 이들은 주로 silicone chip이나 특수한 plastic을 원료로 하고 있으며, 대개 정렬을 도와주는 가이드가 사용되고 있다. 특히 광케이블 공장에서 광케이블 한쪽 끝만 이같은 다중커넥터를 미리 조립(preconnectorized cable)하여 포설함으로써 접속으로 인한 포설 시간을 단축할 수 있을 것으로 보인다.

라. 분배장치

접속기능만을 가진 접속함체와 접속기능과 분배기능을 동시에 가지는 분배함과 단자함등이 있는데 동선에 사용되었던 보호기능과 공간용 접속함체의 여장처리 기술의 적용이 필요한 상태이다. 일본⁽³⁰⁾에서는 수백심의 광섬유처리가 가능한 접속함체를 개발한 상태이며, 프랑스에서는 영상통신망에 cassette형의 분배장치를 영상통신망 구성에 사용한다. 분배장치는 주로 다심의 광섬유접속부 여장처리, 분기, 기계적 보호기능을 효율적으로 처리 할 수 있는 구조의 개발이 추진되고 있다.

마. 광분배반(FDF : Fiber Distribution Frame)

기본적인 기능은 기존의 동선용 주분배장치(MDF)와 다를바 없으나 동선과 달리 광케이블 접속부 여장처리등으로 인한 공간의 소모가 비교적 크기 때문에 이에 대한 개선이 이루어지고 있으나, 실제 수천가입자를 수용할 수 있는 광분배반은 아직 개발되고 있지 않다. 최근 일본에서는 광가입자용으로 1000심 광섬유를 연결 또는 분배할 수 있는 광분배반(FTM : Fiber Term-

ination Module, 60x180x180cm)을 개발하여 사용중⁽³²⁾에 있다.

5. 광 송, 수신 모듈

전기적으로 변조된 신호를 광신호로 변환하는 송신모듈과 광신호를 다시 전기적 신호로 변환하는 수신모듈은 각각 광원(LED, LD)과 검출기(PIN, APD)가 전기적 구동회로와 함께 구성된 모듈이다. 이들은 가입자장치, 중심국 또는 분배국의 보드에 한 쌍씩 실장되어 가입자와 중심국 또는 분배국사이에 광섬유를 통한 광신호의 전송을 가능케 한다. 이러한 광송, 수신 모듈은 양방향 광CATV망의 구성시 가입자 마다 두 쌍이 소요될 것이므로 광케이블과 마찬가지로 대량생산이 요구된다.

이러한 광CATV용 광모듈의 요구조건으로 첫째 저렴한 가격의 광 CATV 서비스를 위한 모듈 자체의 저가격화가 필수적이고 둘째, 광모듈의 온도변화, 충격등의 열악한 환경속에서 동작해야 하므로 신뢰성이 높아야 하며 셋째, 광 CATV 장치의 간단성을 위하여 광 송신기회로, 수신기회로 등과 함께 기능별로 모듈화 되어 소형으로 쉽게 제작될 수 있어야 한다. 이와 같은 요구조건을 가지는 광 CATV용 광송, 수신 모듈을 제작하기 위한 개발과정 및 현황을 살펴 보면 다음과 같다.

먼저 광송신용 광원으로는 LED와 LD를 들 수 있는데 표면 방출형 LED는 가격이 저렴하고 신뢰성이 높으며 동작온도의 변화에도 특성 변화가 거의 없으므로 초기에는 단거리, 저 전송속도 광통신의 광원으로 많이 사용되어 왔으나 소비전력이 크고 변조속도가 100Mbps 이하로 제한되며 특히 단일모드 광섬유 CATV 시스템에 적용시 단일 모드 광섬유와의 광 결합효율이 대단히 나쁘므로 현재는 논의에서 거의 제외되고 있다. LD는 가격이 고가이고 동작 특성이 주위 온도 변화에 따라 크게 변하지만 고속변조가 가능하고 단일 모드 광섬유와의 결합시에도 높은 광 결합 효율을 얻을 수 있으므로 광 CATV 시스템의 고속화, 대용량화 등이 장기적인 안목을 고려하

여 현재 주광원으로 자리를 굳혀가고 있으며 이를 위해 LD 자체의 성능향상과 수율향상에 주력하고 있다. 또한 현재로서는 표면 방출형 LED와 LD의 장단점을 완충한 중간 형태로서 측면 발광형 LED가 광 CATV의 광원의 한 해결책으로 시도되고 있기도 하다.

다음으로 광 수신 모듈용 수광소자로는 재료에 따라 Ge PD와 InGaAs PD가 있으며, 동작 구조에 따라 PIN형과 APD형으로 나눌 수 있는데 현재 수광 감도와 구동회로를 비교하여 볼때 광 CATV용 수광소자는 InGaAs PIN PD가 가장 적합한 것으로 판명되고 있다. 광 모듈의 가격을 더욱 낮추기 위해 850nm의 단파장 대의 LD 또는 현재 compact disk용으로 대량생산이 이루어지고 있는 780nm 파장의 LD를 광원으로 사용하고 Si PD를 수광소자로 하는 방안도 거론되고 있다.

광원(LD, LED) 및 수광소자를 광 CATV 시스템에 적용할 수 있도록 광섬유를 부착시키고 (pigtailling) 모듈화하는 패키징은 광모듈의 가격 및 성능의 절반 이상을 결정짓는 중요한 요소로써 저가격, 고신뢰성의 광모듈 실현에 열쇠가 되는 기술이다. 광모듈의 패키징은 초기의 14 pin DIP에 단위 평소자(LD, PD)를 내장시키고 광섬유를 pigtail 한 것으로 부터 현재는 패키지 본체에 바로 광 컨넥터를 착탈할 수 있는 receptacle 패키지 형 및 송, 수신용의 두가닥의 광섬유를 동시에 컨넥터식으로 착,탈할 수 있는 FDDI형 패키지에 이르고 있다. 여기서 FDDI형 패키지는 모듈 내부에 광송, 수신용 광원 및 수광소자 뿐만 아니라 송, 수신회로까지 부가하여 하나의 완전한 광송, 수신 기능을 가지는 모듈로써 광 CATV용 광모듈의 최종 개발 목표의 한 형태가 되고 있다.

마지막으로 하향 광신호는 장파장계 InGaAsP/InP LD와 InGaAs PD에 분할하고 상향 광신호는 단파장계 GaAlAs/GaAs LD와 Si PD에 분할하여 한가닥의 광섬유로 가입자와 분배국 사이를 연결하는 초기 국간용 WDM 방식이 응용과 대용량 양방향 전송이 가능토록

상향도 장파장계 송수신모듈을 사용하는 방식도 제안되었다. 또한 이같은 WDM기능과 광능동소자를 도파로를 사용하여 하나의 모듈로 집적화³⁹⁾도 추진되고 있다.

이상은 광CATV 서비스만을 중심으로 살펴본 것이다. 그런데 광이 도입되는 전송로가 CATV 서비스 뿐만아니라 광대역 서비스의 통합이 가능한 궁극적인 광가입자망이 될 수 있도록 보다 진보된 WDM, SCM 및 코히어런트 전송방식이 제안되고 있다. 이러한 전송방식에 소요되는 고속변조, 단일주파수, 파장튜닝이 가능한 반도체 소자의 연구 개발이 이루어지고 있다.³⁹⁾ 먼저 대용량 전송이 가능한 대역폭 10GHz의 레이저의 개발을 들 수 있고, 특히 영상전송을 위한 SCM용 레이저는 1.3 μ m Fabry-Perot LD가 적당하다고 알려져 있다. 또한 다채널 영상과 다양한 서비스를 가능케할 코히어런트용 광원은 단일주파수 특성을 가져야 하는데, 이를 만족하는 1/4파장 이동된 DFB LD와 CW(continuous wavelength) 운용시 3MHz 선폭을 가진 레이저가 개발되었다. 한편 코히어런트 전송용 LO(local oscillator)는 파장 튜닝이 가능한 레이저로써 현재 제안된 레이저의 구조 및 방법에 따라 파장을 연속 또는 불연속적으로 튜닝을 할 수 있으나 시스템의 운영에는 실제로 전자가 유용하다. external cavity와 기계적, 광학적인 방식을 이용한 불연속적 파장 튜닝은 7-55nm 영역특성을 나타내고 있다. 하지만 레이저칩 단면의 반사율을 최소화하고, 정밀한 기계적 정렬등의 문제로 이같은 hybrid형 보다는 monolithic형이 더욱 유리하다. monolithic형이면서 연속파장 튜닝이 가능한 two-sectioned DFB LD와 three-sectioned DBR(distributed Bragg reflector) LD가 제안되어 이의 성능개선을 위한 연구개발이 이루어지고 있어서 코히어런트 전송의 가입자망 응용을 가능케 하고 있다.

6. 광수동소자

광수동소자라함은 일반적으로 광신호나 광케이블의 연결(interconnection), 분기(furcation):

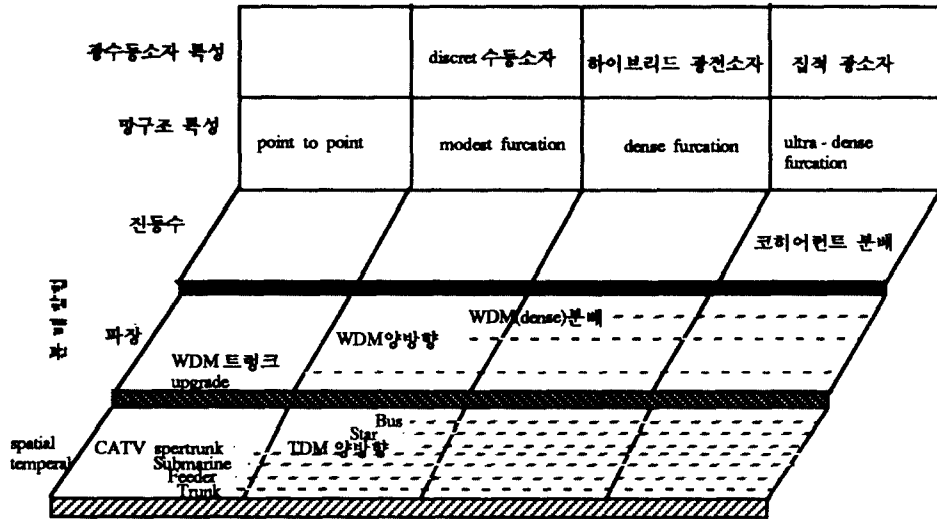


그림 9. 광가입자망과 광수동소자의 진화과정

coupling and splitting), 및 filtraion 기능을 가진 소자로서 여기서는 분기 기능을 담당하고 있는 WDM과 coupler에 대한 기술동향을 살펴볼 것이다.

가까운 장래에 광섬유를 가입자까지 도입할 경우 망구조는 확장성과 경제성이 고려되어야 하기 때문에 광케이블 선로에 사용되는 다양한 광수동소자의 선택도 이에 따라야 한다. 이러한 광가입자망은 국간과는 달리 서비스와 가입자의 증가로 많은 분기가 필요하며, 신호의 분기를 광학적으로 해결하여야 하기 때문에 버스나 스타 구조가 적당하다. 이때 분기기능은 WDM이나 coupler가 담당하게 될 것이며, 분기의 증가로 WDM은 dense WDM으로 발전이 예상된다. 이러한 광수동소자의 발전과 망의 진화를 그림 9에 나타내었다.

경제적인 광가입자망을 구성기 위하여 WDM 및 coupler를 이용한 다양한 형태의 망구조가 제안되었다. 이들중 영국의 PON(passive optical network)⁽³⁵⁾과 이중스타망 구조를 고려하고 있는 Bellcore에서 RT의 전기적 신호변화장치를 없애고 순수한 광수동소자인 WDM으로 대체한 PPL⁽³⁶⁾를 들 수 있다.

가. WDM

WDM은 광섬유의 전송용량을 증가시키는 역할을 하며, 특히 한 개의 광섬유에 서로 다른 파장을 가진 여러신호를 한방향 또는 양방향으로 전송이 가능토록 하는 기능을 가지고 있기 때문에 시스템의 upgrade 및 경제성의 확보를 위한 중요한 소자이다. 즉 WDM은 파장의 다중(MUX) 및 역다중(DMUX)기능을 가지는데 단방향 전송방식에서 송신부는 MUX기능만, 수신부에서는 DMUX 기능을 요구하는 단순 WDM 소자와 양방향 전송방식에서는 각 송수신부에 MUX, DMUX 기능을 동시에 가지는 WDM 소자가 필요하게 된다. 일반적으로 망의 구조에 따라 다르지만 후자가 가장 많이 사용된다. WDM은 유전체 박막을 입힌 필터와 회절격자를 이용하는 방법, coupled-fiber 형태의 3가지가 주류를 이루고 있으나 필터형과 coupled-fiber형은 주로 2-4 채널 전송방식의 적용에 용이하며 현재까지 가장 많이 사용되어 왔다. 한편 회절격자를 이용한 WDM은 다채널전송에 유리하며, 약 30-50 채널의 전송이 가능하다고 알려져 있다.⁽⁵⁾ 또한, guided-wave interferometric multiplexers는 더욱 많은 채널전송이 가능하며

궁극적인 광 FDM 즉 코히어런트전송의 실현을 가능케 하리라 본다.

나. Coupler

coupler는 동일 광신호를 여러 가입자에게 분배한다든가 역으로 같은 광섬유에 양방향 전송을 실현하는데 사용하는 소자로서 전자의 역할이 주로 사용된다. coupler를 일반적으로 2x2 coupler (양방향성), NxM star coupler와 1xM tree coupler로 분류되며, 망의구조와 최종 수용 가입자수에 따라 다양한 형태가 선택되어 사용된다.

coupler 제조기술은 전송 광파워 분포의 분기 방법에 따라 크게 클래딩 옆면 접촉(surface interaction)법과 코어 접촉 (core interaction) 법으로 나눌 수 있으며, 전자는 융착접촉(FBT : fused biconical taper)제조기술이 가장 많이 사용되고 있고, 후자는 SELFOC렌즈를 사용하는 micro-optic 제조기술⁽³⁶⁾이 주로 사용되고 있다. 단일모드 coupler는 FBT로 제조된 2x2 coupler를 여러개 연결하여 만든 1x32 tree coupler와 32x32 star coupler가 상용화된 상태이다. 하지만

이처럼 만들어진 coupler의 경우 계속적인 광섬유의 접속에 따른 삽입손실의 증가로 인하여 입출력 ports수가 제한될 수 있기 때문에 이에 대한 개선이 이루어지고 있다.

③ 각국의 광 CATV 개발 현황

광케이블이 전기통신 산업에 가능해졌던 '70년대 말부터 광통신기술은 빠른 속도로 발전하여 왔으며, 최근에는 광통신기술을 응용한 광 CATV가 경쟁적으로 연구 개발되고 있다. 광통신기술은 특히 이미 전화 국간중계나 CATV 전송을 위한 supper trunk에 널리 사용되고 있으며, 광섬유 및 광소자의 빠른 가격하락으로 가입자망에의 응용이 가능하여 지고 있다. 여기에 정보화사회의 도래에 따른 서비스요구의 다양화 혹은 광대역화에 기인하여 광가입자망의 도래가 확실시되고 있다.

따라서 선진외국에서 일찍부터 광섬유를 전송 매체로 하는 광CATV 혹은 광가입자망 연구개발

표 3. 외국의 주요 광 CATV 및 광가입자 연구 현황

과 제 명	기 관	년도	서비스 및 망구조	규모	비고
FTTHorFTT(미국)	Raynet	1990	FTTC, POTS, 80개의 AM CATV Passive star 사용(Tap 사용)	-	현장시험
	Bell South (여러장소)	1987~9	FTTH, ISDN, CATV	~1,300	현장시험
	Consortel (캐나다)	1990~1991	디지털전송방식, POTS, data, Videotex, 48채널 CATV, 양방향 스타교환망	32	현장시험
영상통신망	PTT (프랑스)	1985	2영상, FM Audio, 데이터(4.8kb/s) ISDN(144 kb/s), 2중 스타교환망	320,000 (fiber) 32,000 (장치)	상용
광 CATV	BTRL (영국)	1985	2영상, FM Audio, 데이터		상 용
광영상 분배시스템	NTT (일본)	1986	영상 분배 1채널, Pay TV 1채널 데이터(4.8kb/s), ISDN(144kb/s)		현장시험
BIGPON	DBP (서독)	1983	2~30 ISDN, 2~4 영상, 영상전화, FM Audio	350	현장시험

표 4. 미국의 광 CATV 시범현황⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾

회 사	장 소	최초서비스시	규모	서비스
Bell South	Hunter's CK, FL	'87 가을	1,300	digital CATV
	Memphis, TN	'88 가을	100	전화+data+Video
	Heathrow, FL	'88 7월	500	전화+ISDN, Video
Southwestern Bell	Leawood, KS	'88 10월	140	전화+CATV +영상회의
U.S. West Comm.	St. Paul, MN	'89 1 / 4분기	100	전화+data+CATV
Bell of Pennsylvania	Perryopolis, PA	'88 가을	100	전화+data+CATV
GTE	Cerritos, CA	'89 2 / 4 분기	5,000	전화+CATV
Raynet	Lynnfield, MC	?	?	전화+CATV

을 시작하여 표 3에서 보는 바와 같이 미국, 유럽 및 일본등에서 시범시스템을 운용하거나 상용화하고 있는 상태이다.

1. 미국의 광CATV

미국에서는 동축에 의한 CATV가 널리 보급되어 있고 FCC(Federal Communication Comm- itte) 에 의한 전화회사의 CATV 규제로 유럽 및 일본과 달리 광통신망을 가입자까지 확장하려는 전화회사의 CATV 전송사업 참여를 CATV 회사들이 강력히 반대하고 있는 입장이다. 그러나 1990년 이후에는 가입자선로에도 광섬유의 사용이 충분한 경제성이 있다는 판단과 FCC 규제가 완화되리라 예상한 각 전화회사는 표 4에서 보는 바와 같이 광 CATV시범망 또는 상용화를 계획하고 있다. 대부분 CATV 보다는

일반전화 서비스를 함께제공하는 시험을 계획하고 있다.

이들중 Bell South는 Hunter's Creek⁽³⁹⁾에 디지털 전송방식에 의해 서비스를 수행하고 있다. 그림 10에서 보는 바와 같이 이 시스템은 이중 스타망구조이며, TV 1채널을 45Mb/s 비디오 코덱으로 디지털화한 36개의 TV채널을 제공하고, 각 가입자는 2개의 독립된 채널을 수신할 수 있다. CEV(Controlled Environment Vault)에서 TV 채널의 스위칭이 이루어지고, 헤드엔드-CEV는 단일모드 광섬유, CEV-가입자 까지는 2심의 다중모드 광섬유를 사용한다. 현재 251 가입자가 광 CATV 서비스를 받고 있다.

또한 Raynet사⁽⁴⁰⁾는 단일모드 광섬유를 사용한 스타-버스구조의 아날로그 CATV 및 전화제공이 가능한 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 하나

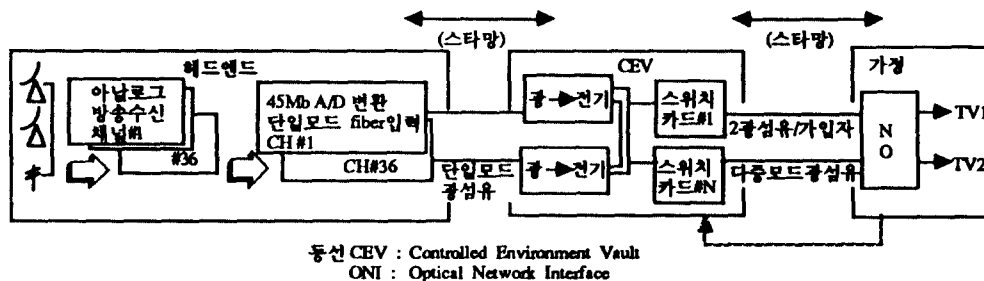


그림 10. Hunter's Creek 광 CATV 구성도

의 광섬유당 여러개(5~8개)의 passive-tep이 직렬(cascade)로 부착되며, tep에는 SIU(Subscriber Interface Unit)가 설치되어 2~8가입자가 광케이블+동축케이블로 연결되는 하이브리드형이다. 따라서 많은 가입자가 광케이블 및 광소자를 공유하게 되어 서비스의 저렴화가 가능하며, 가입자에게 이미 익숙한 동축케이블의 환경을 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 80개의 TV 방송이 가능하고, 전화는 TDMA방식으로 CATV와는 별도의 광섬유로 제공 된다. 이 시스템은 특히 기존 동축 CATV환경에 있거나 초기단계의 경제적인 광 CATV 서비스에 적절한 시스템으로 생각된다.

2. 캐나다의 광 CATV⁽⁴¹⁾

Consotel은 캐나다 연방정부와 전화회사들이 만든 연구개발 협회로서 이들은 2년간 광섬유를 사용하는 디지털 광대역교환 분배망이 개발을 추진하여 1990년 1/4분기부터 Qubec주의 Rimouski 에서 시험예정이다.

망구조는 성형교환망이며, 전화, 데이터, videotex 및 CATV 서비스가 가능하고, 특히 48개의 CATV채널을 수용하여 가입자당 4개의 독립된 채널을 제공한다. 시범에서는 가입자당 평균 1.25개의 단일모드 광섬유가 제공되며, hub당 1024가입자를 수용한다.

3. 프랑스의 광 CATV⁽⁴²⁾

프랑스의 광CATV 또는 광가입자망 연구 활동은 Biarritz 시범망과 영상통신망을 들 수 있다. Biarritz시범망은 1980년 부터 개발을 시작하여 1983년에 시범운영을 하였고, 영상통신망은 프랑스 정부의 추진아래 1985년부터 설치를 시작하여 1992년에는 약 600만 가입자 설치를 목표로 하고 있다.

가. Biarritz 시범망

이 시범망은 가입자망 포설경험과 광케이블망의 운용경험 및 장치와 소자의 성능 및 신뢰도 특성을 얻기 위해서 계획되었을 뿐 아니라 새로

운 서비스의 시험 및 사용자의 반응을 알기 위해 설치되었다. 또한 프랑스 업체의 광통신기술을 정착시키고 이들 업체의 능력을 국제적으로 내보이기 위한 측면도 있었다. 망의 구조는 교환스타형이었으며, 가입자까지 모든 구간에 2개의 다중모드 광섬유를 할당하여 양방향 전송을 실시하였다. 또한 당시 기술적 여건상 단파장 광소자와 아날로그 전송방식을 사용하여 단순 TV 분배서비뿐만 아니라 TV전화, 전화, 비도텍스의 서비스까지 제공하는 일종의 진보된 광CATV망이다. 이 시범에서 ISDM 서비스와 HDTV 서비스의 제공은 고려치 못하였지만 약 1500가입자(1200 일반가입자 2300 사업용가입자)에 대한 성공적인 시험결과로 광섬유의 가입자망 응용가능성을 확인한 시스템이다.

나. 영상통신망

프랑스정부는 1982년 전국 영상통신망 건설계획에 따라 5-6개 업체로부터 개발 및 설치제안서를 받은후 이들중 Velec-CGCT와 Alcatel(LTT)의 2개 업체에 개발 및 설치를 위임하였다. 이 계획은 최신기술의 사용을 적극권장하고 있으며, 특히 북미나 다른 서유럽국가들에 뒤져있는 위성통신망 기술을 향상시키고, 자국 업체의 국제 경쟁력을 향상시키는 것을 목적으로 하고 있다.

이 망은 그림 11과 같은 이중스타망 구조로써 각각 1000여 가입자를 서비스하는 다수의 분배센터 (DC)를 1개의 중심국OC에 연계시키는 방식을 택하고 있다. 간선망 1차 링크에서 프로그램 전송구조는 트리구조이고, 데이터 교환구조는 스타형이며, 모두 광섬유로 구성되어 있다. 이 시스템은 특히 가입자 서브시스템의 멀티 서비스구조에 관해서 interactive와 통신 서비스의 도입을 용이하도록 설계되었다.

서비스로는 2채널의 TV, 1FM 오디오, ISDN (144Kb/s), 데이터(4.8Kb/s)를 제공하고 있다. 각 구간별 특성을 표 5에 나타내었다.

4. 영국의 광CATV

표 5. 영상통신망의 구간별 특성

구 간	담 당 구 역	전 송 신 호	망구조	전송매체
트렁크	헤드엔드-중심국	TV, HiFi 데이터	스 타	광섬유
1차링크	중심국-분배센터	TV, HiFi 데이터	트 리 스 타	광섬유, 동축 광섬유
2차링크	분배센터-분기점	5-10 가입자서비스	스 타	광섬유
분 기	분기점-가입자	1가입자서비스	스 타	1-2광섬유

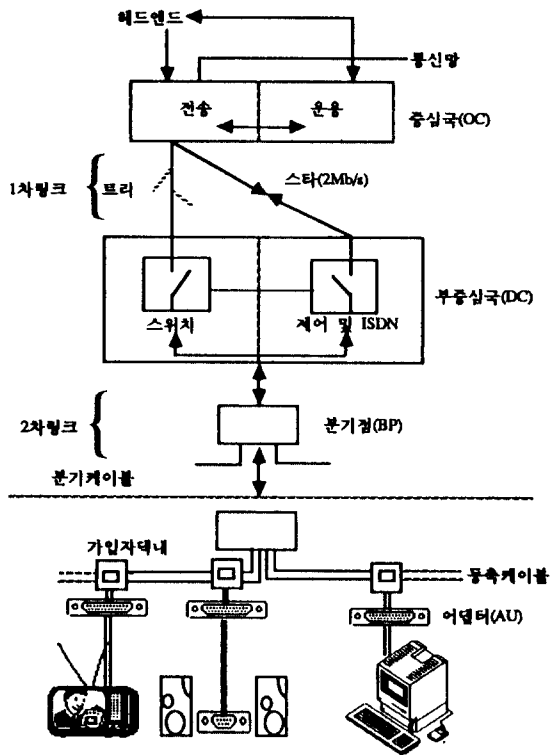


그림 11. 프랑스 영상통신망 구조

영국의 광CATV 연구는 BT(British Telecom)를 중심으로 이루어지고 있으며, 지역 CATV 회사가 BT에서 개발한 시스템을 상용화시키고 있다. 첫번째 연구활동으로 1982년 BTRL (BT Research Lab.)이 런던 근교의 Milton Keyens에서 18가입자를 대상으로 실시한 광CATV 시험망을 들 수 있다. 이 시스템은 가입자까지 광섬유를 사용하며, 영상정보의 교환, 스타망구조를

가지고 있다. 시비스로 TV 2채널, FM 7채널과 유료TV등이 제공되며, TV선택용 상향채널은 동선을 사용하였으나 그 당시 가입자까지 광섬유로 서비스한다는 것은 경제적으로 불리함을 인식하고 그후 교환스타방식의 CATV망 개발을 계획하였다. 또한 최근 BT에서는 장래의 광대역 ISDN으로 전화할 수 있는 PON(Passive Optical Network)에 대한 연구를 발표하였다.

가. CATV망

이 교환스타망의 CATV 시스템 개발은 1982년 3월부터 시작하여, 1985년 중반부터 런던의 웨스트민스터 지역에서 상용서비스를 실시하고 있다. 이 방식에서는 그림 12에서 보는 바와 같이 헤드 엔드에서 스위칭지점인 WSP까지는 광케이블, WSP에서 가입자까지는 동축케이블을 이용하고 있다. 교환스타망은 분배서비스에 적합한 트리, 링방식과 회선서비스에 적합한 스타식을 절충한 것이다.

나. PON (Passive Optical Network)⁽³⁵⁾

BT는 소규모의 기업가입자의 광대역 서비스의 수요가 불확실한 곳 모두를 위해 기존의 WSP 같은 시스템을 사용하지 않고 순수한 광수동소자(WDM, coupler등)만을 사용하는 TAPON (Telephony over PON)을 제안하였으며, 이 망은 초기에 서비스 가격을 고려하여 전화서비스 및 전송 데이터서비스만을 수용하다가 추후 광대역 서비스를 수용하였다. 그러나, 이 망구조는 궁극적으로 광대역서비스를 모두 수용할 수 없기 때문에 BT는 이와 유사한 BAPON(Broadband

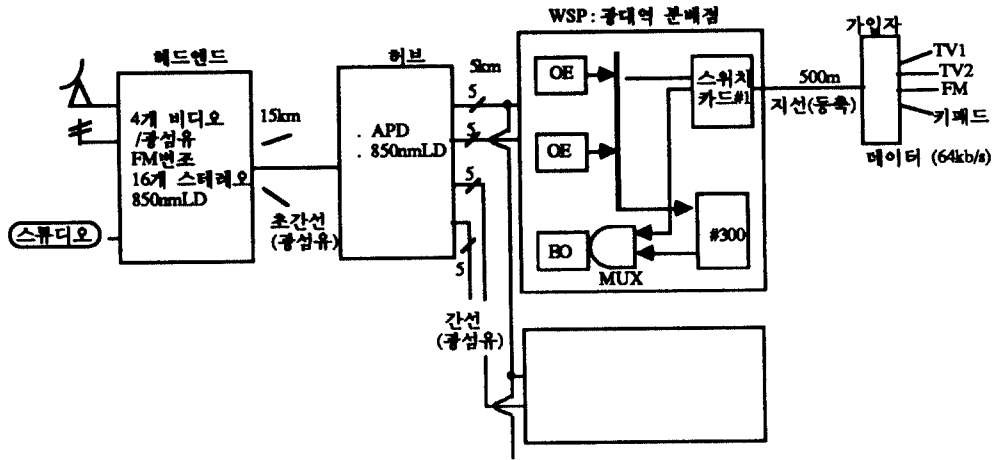
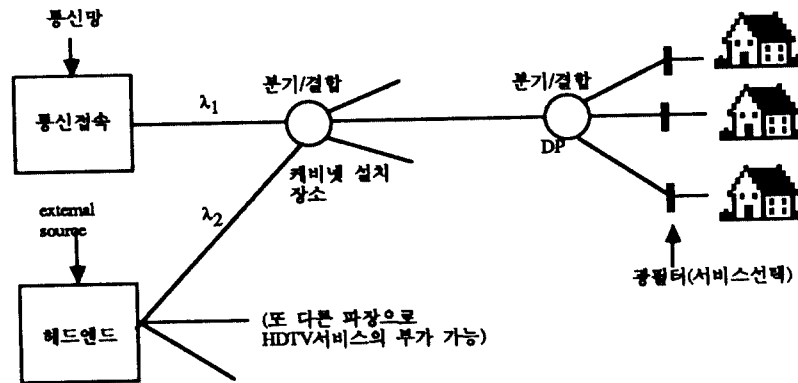


그림 12. 영국의 교환 스타망 구조



λ_1 : 전화 서비스 DP : Distribution Point (길가의 전주등)
 λ_2 : 광대역 서비스

그림 13. 영국의 PON 구조

PON)시스템을 제안하여 SCM방식을 적용, TV 등의 영상서비스를 제공토록 하고 있다.

BT는 이같은 수동광소자를 이용한 망의 시험을 위하여 그림 13와 같이 모두 광섬유를 이용한 스타형의 PON을 1990년 Bishops Stortford에서 시범예정으로 있다. 이 망에서는 가입자당 하나의 단일모드 광섬유가 연결되며, FM방식의 CATV 48채널중 2개를 동시에 수신할 수 있도록 되어 있다.

5. 일본의 광CATV

1978년 Hi-Ovis 프로젝트에 광통신기술을 응용한 일본의 광가입자망 기술은 INS로 이어지고 있다. NTT가 주관하고 있는 INS에 협대역서비스와 광대역서비스를 집적하여 전송하는 2단계 시스템을 운용하고 있으며, 이와 별도로 좀더 경제적인 시스템의 개발을 목표로 광 CATV의 일종인 광 영상분배시스템을 개발하여 1986년 초부터 현장시험 중에 있다. 이 시스템의 망구조

는 트리와 스타의 혼합형으로 트렁크망에는 트리, 가입자분배망에는 스타방식을 채택하고 있다. 서비스로는 영상 2채널 (유로 TV+기본 영상분배채널), 64Kb/s ISDN 기본서비스, 텔리쇼핑등의 저속데이터채널을 제공하고 있다. 현재 NTT는 대단위 가입자를 위하여 전화 및 협대역 데이터 서비스가 경제적으로 가능한 광섬유를 이용한 CT/RT 시스템을 개발하여 운용중에 있다. 또한 CATV 및 HDTV 같은 광대역 서비스를 수용할 수 있는 광가입자망의 실현을 위하여 2015년까지 전 통신선로의 광화를 추진하고 있다.

[4] 결 언

이상에서 광 CATV의 소요기술현황과 각국의 개발현황을 알아 보았다. 광CATV 시스템의 소요기술은 지금까지 사용되어온 광통신기술을 응용할 수 있지만 CATV 서비스를 포함하는 광섬유의 가입자 도입은 경제성의 확보에 달려 있다. 실제로 국간중계나 CATV super trunk에 경제적인 광전송 기술이 사용되고 있으나 가입자까지의 분배망에 가입자마다 독립적으로 광섬유와 단말장치를 설치하는 것은 아직까지 광케이블, 광소자의 고가로 인하여 어려움을 겪고 있다. 하지만 가까운 장래에 도래할 정보화 사회의 다양한 서비스 요구와 이에 따른 각종 광소부품의 수요 급증으로 이들의 가격하락이 예상되고, 또한 충분한 전송용량의 보유, 보다 나은 품질의 서비스 제공가능, 통신망진화에 가장적합하다는 등의 요인으로 광섬유의 가입자 도입을 부추기고 있다. 이와 더불어 가입자 광선로에 가장 보편적이고 빠르게 많은 수요를 확보할 수 있는 CATV 서비스가 광가입자망의 구성에 촉매 역할을 할 것으로 보인다. 뿐만 아니라 디지털전송 기술, 반도체기술의 급격한 향상은 디지털 광 CATV의 출현을 가능케 하였으며, 외국에서는 이부분에 대해 집중적인 연구가 행해지고 있다. 이로 인하여 '90년대 중반에는 경제적

인 광가입자망의 실현이 기대되고 있다.

각국의 CATV시스템은 동축에서 광섬유로, 아날로그에서 디지털로 발전하여 가고 있으며, 광가입자망의 서비스는 단지 TV 채널만을 위한 단방향 서비스에서 각종 데이터 서비스와 앞으로 도래할 광대역 영방향 서비스로 다양화, 광대역화하고 있다. 이에 따라 망구성 방식도 분배서비스에 적합한 트리형에서 스타형으로 전환되고 있다. 하지만 앞에서도 언급하였듯이 가입자망구조는 경제성의 확보와 영상서비스에 대한 수요에 촉에 따라 경제적인 망구조가 선택될 수 있다. 요즘 영상서비스가 포함된 양방향 서비스를 위한 광가입자망의 구조로 스타형구조와 광수동소자를 사용하는 스타-버스구조가 양립하고 있는 상태이다.

한편 궁극적으로 가입자선로의 광화는 HDTV를 포함하는 광대역 종합통신망의 실현을 가능케 할 것이며, 이러한 다양한 서비스의 제공을 위해 광 FDM 전송과 광 튜너에 의한 영상신호의 선택이 가능한 코히어런트 전송방식등이 일본 및 유럽등에서 제안되고 있다. 또한 가까운 장래에 경제적인 TV서비스가 가능한 SCM과 WDM이 결합된 전송방식도 개발되어 상용을 추진하고 있는 상태이다.

국내에서는 아직 본격적인 CATV 서비스가 이루어지지 않고 있으나 기존의 동축 CATV기술과 성숙된 국내의 광통신기술을 이용하고 앞으로 이루어질 CATV 시범사업등이 정부주도하에 일관성 있게 추진된다면, 멀지않은 장래에 양방향 통신과 CATV 전송이 가능한 광가입자망의 실현이 가능할 것이다.

<감사의 글>

본 연구는 한국전기통신공사의 출현연구의 일환으로 수행중입니다. 아울러 본 연구과제의 성공적 추진을 위해 책임을 맡아 애써주셨던 이일항 박사와 국제상사의 마동성 박사께 감사드립니다

참 고 문 헌

1. "Fiberoptic Industry Report", p.67, Laser Focus World, Mar. 1990.
2. S.Salamone, "Loop fiber costs down, copper systems up", Lighthwave, Oct. 1989.
3. 이병기, 최문기, 이만섭, "광대역 ISDN의 전개와 광 CATV", 대한전자공학회 텔레콤, 6(2), p.22, 1990.5
4. S.S. Wagner, "Evolutionary architectures and techniques for video ditribution on fiber", IEEE Comm. Mag., P.17, Dec. 1989.
5. S.S. Wagner, etal, "Technology and system issues for a WDM-based fiber loop architecture", JLT, 7(11), p.1759, 1989.
6. A.Thomas, etal, "Asynchronous time division techniques: An experimental packet network integrating videocommunication", ISS'84, p.32 c.2.1, 1984.
7. G.Domann, "Berkom test network and BISDN / CATV concept", Electrical Comm., 62(34),p.325, 1988.
8. W.Fisher, etal, "Performance analysis of a modular videophone switching network", ISS'87, p.A10.1.1, 1987.
9. J.J. Kulzer, etal, "Statistical switching architectures for future services", ISS'84,p.4.3.1.1, 1984.
10. N.Yamanaka, etal, "High-speed time-division switch for BISDN", Globecom'87, p.50.7.1, 1987.
11. C.Clos, "A study of non-blocking switching network", BSTJ, 32(2), p.406,1953.
12. K.Langer, etal, "Broadband switching network and TV switching network for 70Mb/s", 1986 Intl Zurich seminar on digital switching, p.89.
13. JY. Jaouen, etal, "Components for broadband switching network", Proc. ISS'87, A 9.4.1
14. G.Hayward, etal, "A broadband ISDN local access system using emerging-technology components", Proc. ISS'87, A8.1.1.
15. R.Bortignon, etal, "Space division switching unit for digital broadband signals", CSELT Tech. Reports, XIV(2), Apr. 1986.
16. Krish A. Prabhu, "Digital Video Transmission in Optical Fiber Networks", Transmission Systems Engineering Symposium, Oct. 1988.
17. A. K. Jain, "Image Data Compression: A review", IEEE Proc., Vol.69, No.3, pp.349-389, Mar. 1981.
18. B. Girod, "Adaptive Prediction for DPCM Coding of TV Signals", IEEE Trans on ASSP, Vol29, No.6, pp.1142-1147, Dec. 1981.
19. N. Ahmed, "Discrete Transform Coding", IEEE Trans. on Computers, pp. 90-93, Jan. 1974.
20. L. Stenger, "Digital Coding of Television Signals CCIR Activities for Standardization", Signal Processing: Image Communication(1989) 29-43 Elsevier Science Publisher B.V.
21. R.M. Huyler, etal, "The architecture and technology for the all-fiber loop", IWCS, p. 128, 1988.
22. G.652, "Characteristics of a single-mode optical fiber cable", Blue Book III.3, 1988.
23. 전영윤, 박재동, 이종남, "가입자 광케이블 설계 시 고려사항 검토", 한국전자통신연구소, TM89-1410-24, 1989.
24. S.C. Grant, "High fiber count cable for subscriber loop applicaton", IWCS, P. 233, 1989.
25. A. Mallya and P. Hart, "Design considerations for optical fiber cable and associated components for broadband subscriber loop applications", Pacific Bell 내부자료.
26. 강민호외 "광 CATV 시스템 개발", 한국전자통신연구소 보고서, 1989. 12.
27. CCITT COM XV-R 30-E, January 1990.
28. R.A. Patlerson, "A new low-cost high-performance mechanical optical fiber splicing systems for construction and restoration in the subscriber loop", JLT, 7(11), p.1683, 1989.
29. Lightwave(The J. of fiber optics), p.9, March 1990.
30. H. Kobayashi, etal, "Optical cable joint cabinets and closures for subscriber loop", Review

of ECL, 1986.

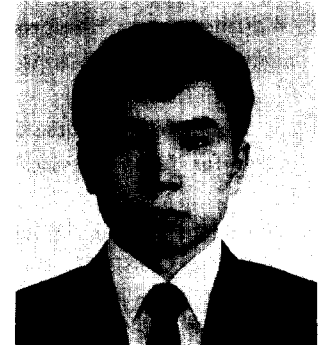
31. JP. Boinet, etal, "Results on a large scale installation of a fiber optic distribution network", IWCS, p.132, 1989.
32. "광 fiber기술 2000 points", 일본전기통신협회 저, p.178, 1990.
33. C.H. Henry, etal, "Glass Waveguide on silicon for hybrid optical packaging", JLT, 7, p.153 0, 1989.
34. T.P. Lee, "Diode-laser developers look to broadband optical communications", Laser Focus World, p.129, Aug. 1989.
35. J.R. Fox, "Cable television network options in the UK for the 1990s", IEEE LCS, P.60, Feb. 1990.
36. A.K. Agarwal, "Review of optical fiber coupler", Fib. & Intg. Optics, vol.6(1), p.27, 1987.
37. J.A. Flinn, etal, "Fiberoptics to meet challenges in short-distance markets", Laser Focus, P. 121, Oct. 1988.
38. Lightwave, p.32, Oct.1989.
39. P. Kaiser, etal, ECOC'89, p.128, 1989.
40. D.Large, "Tapped fiber vs fiber reinforced coaxial CATV systems", IEEE LSC,p.12, FEB. 1990.
41. C.laCert, etal, "The first fully digital broadband switched FTTH pilot trial", Broadband' 89, p.128.
42. 강민호, 강성수, "광케이블을 이용한 CATV 전송 기술", 전자과학, p.176, 1989.3.



金永允

저자약력

- 1959년 1월 15일생
- 1980년 2월 : 전남대학교 물리학과 학사
- 1983년 2월 : 전남대학교 대학원 물리학과 석사
- 1983년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 광가입자 연구실, 선임연구원



金東炫

저자약력

- 1960년 8월 12일생
- 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1983년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 광가입자 연구실, 연구원



崔在覺

저자약력

- 1961년 5월 9일생
- 1984년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1987년 2월 : 한국과학기술원 전기전자공학과 석사
- 1987년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 광입자연구실, 연구원



張宗洙

저자약력

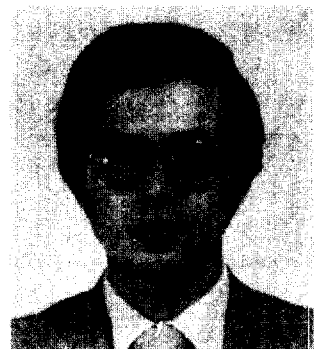
- 1961년 12월 2일
- 1984년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1986년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 1989년 7월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 광입자연구실, 연구원



朴景鉉

저자약력

- 1960년 6월 11일생
- 1983년 2월 : 경북대학교 물리교육과 학사
- 1985년 2월 : 한국과학기술원 물리학과 석사
- 1985년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 광전자연구실, 선임연구원



朱武楨

저자약력

- 1958년 2월 6일생
- 1980년 2월 : 연세대학교 물리학과 학사
- 1982년 2월 : 한국과학기술원 물리학과 석사
- 1985년 2월 : 한국과학기술원 물리학과 이학박사
- 1985년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 광가입자연구실, 선임연구원



李 晩 燮

저자약력

- 1952년 12월 25일생
- 1976년 : 부산대학교 전자공학과 학사
- 1978년 : 부산대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1982년~현재 : 한국과학기술원 박사과정
재학중
- 1979년~현재 : 한국전자통신연구소 광가입자
연구실장