

광대역 광가입자망 시스템 개발

金 容 煥

(韓國電子通信研究所 光通信 시스템 研究室長)

■ 차 례 ■

- 1. 개 요
- 2. 광대역 광가입자망의 서비스 분류
- 3. 망구성 요소에 대한 고찰
 - 3.1 망구조
 - 3.2 광대역 서비스의 교환방식
 - 3.3 서비스 정보의 변조방식
 - 3.4 서비스 정보의 다중화방식
- 4. 광가입자망의 선로 구성
 - 4.1 광섬유 케이블
 - 4.2 접속합체 및 분배함
 - 4.3 접속기술
- 5. 외국의 광가입자 시스템
 - 5.1 NTT의 광가입자 시스템
 - 5.2 HHI 광가입자 시스템
- 6. 맺음말
참고문헌

① 개 요

현대 정보화 사회가 발달함에 따라 가입자가 요구하는 서비스는 전화에만 국한되지 않고, 각종의 데이터 전송에서부터 TV신호와 같은 광대역 신호에 이르기 까지 다양화되고 있다. 또한 반도체와 통신공학 기술의 급진적인 진보로 text, picture, 그리고 데이터 서비스 등을 제공하는 경제적이고 효율적인 통신시스템이 개발되어 가입자 loop에도 서서히 적용되기 시작했다. 현재 전화선에 사용되고 있는 pair케이블은 임펄스성 잡음, 회선간의 누화, 유도성 부하특성, EMI간섭등으로 인하여 다양한 정보와 광대역의 정보 전송이 불가능하고 CATV망에서 쓰는 동축케이블도 전송 손실이 커서 많은 중계기가 필요하기 때문에 시스템의 신뢰성이 떨어지고 가격 상승의 요인이 되고 있다. 이러한 이유로 광섬유가 광대역 정보의 전송 매체로 각광을 받기 시작했다.

광통신 기술은 세계적으로 소·중용량의 시내 국간중계시스템이나 대용량의 시외 국간중계시스템, 해저 광전송시스템에 까지 폭 넓게 응용되고 있어서 기술적인 면에서는 비교적 쉽게 가입자망에 적용시킬 수 있을 것이다. 이미 일본이나 유럽의 여러나라에서는 수 년전 부터 광가입자 시스템을 연구해 왔고 수~수 천 가입자를 대상으로 현장시험을 진행시키고 있다. 국내에서도 상당한 수준에 올라와 있는 국간중계용 광전송시스템 설계기술을 광가입자망에 어렵지 않게 응용할 수 있으리라 본다.

② 광대역 광가입자망의 서비스 분류

광섬유의 광대역 특성을 이용해 TV신호와 같은 광대역 서비스를 제공하는 것이 가입자망에 광통신 기술을 적용하는 하나의 이유이다. 전송량에 따라서 광가입자망에서 제공할 수 있는 서비스는 위와 같은 광대역 서비스와 전화, 데이터등의 협대역 서비스로 분류할 수 있다. 또 전

송방향에 따라서 단방향 서비스와 양방향 서비스로 구분할 수 있다. 단방향 서비스에는 TV방송, CATV, FM스테레오방송 등이 있고, 양방향 서비스에는 전화, 데이터, TV전화, TV회의 등이 있다.

가입자는 일반가입자와 경제활동 및 사회활동에 관련된 업무용가입자로 분류할 수 있고, 그 종류에 따라 요구하는 서비스의 종류가 다르다. 일반가입자는 소수의 데이터와 전화 서비스, FM스테레오, TV방송 서비스가 필요한 반면에 업무용가입자는 다수의 데이터와 전화 서비스, 고속데이터, TV전화, TV회의 등의 서비스가 필요하다. TV전화, TV회의의 전송속도는 디지털로 전송할 경우에 1.5Mbps정도 될 것이므로 업무용가입자에게는 높은 전송속도의 서비스가 필요치 않으며 일반가입자에게는 오락용으로 제공되는 TV방송(>32Mbps) 등의 높은 전송속도의 서비스가 필요하다.

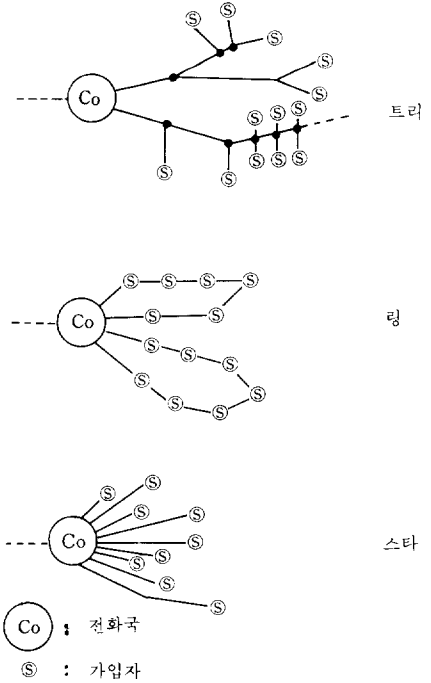


그림 1. 망구조의 분류

3 망구성 요소에 대한 고찰

광대역 광가입자망을 구성할 때 몇개의 기술적인 선택이 필요하다. 그 중 가장 중요한 것은 망구조(network structure), 광대역 정보의 교환(switching) 방식, 제공 서비스의 종류 및 변조방식, 다중화 방식이다. 이들은 서로 밀접한 관계가 있어 동시에 고려할 사항이다.

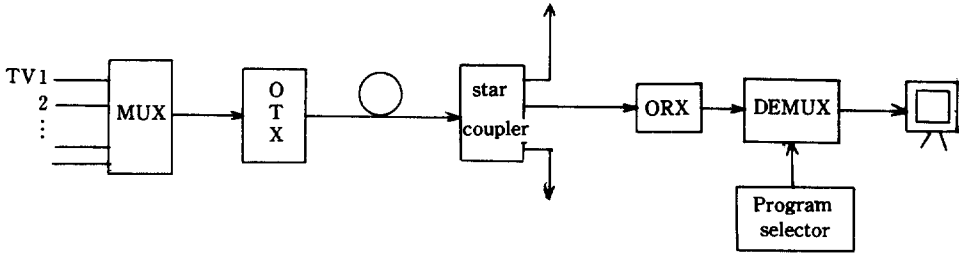
3.1 망구조

망구조는 가입자에게 제공되는 서비스의 특성과 경제성, 전송량, 확장성 그리고 가입자의 분포상태를 고려하여 구성되어야 한다. 가입자망의 기본 구조는 그림 1과 같이 트리(tree), 링(ring), 스타(star)의 세 종류로 구분할 수 있다. 링형은 LAN과 같은 국부적인 지역에는 적합하지만 교환망으로서의 확장성이 없다. 트리형은 비교적 경제적이지만 양방향 서비스를 수행할 때 대용량의 데이터 전송이 필요하게 되고, 교환망을 제어하는데 복잡한 signalling이 요구된다. 스타형은 한 가입자에 하나의 전송로가 할당되어야 하는 비경제적인 요소가 있지만, 양방향 서

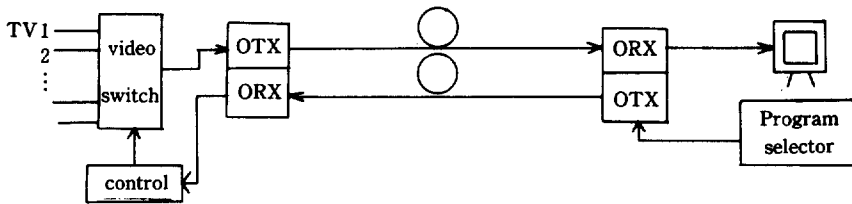
비스를 용이하게 할 수 있고 신규 가입자의 확장이 용이하다. 즉 스타형은 양방향 서비스에 적합하고 트리형은 분배형 서비스에 적합하다.

3.2 광대역 서비스의 교환방식

서비스가 교환되는 위치에 따라 CES (Central Switching)와 CUS (Customer Switching) 방식으로 구분할 수 있다. CES는 전화망과 같이 가입자에게 제공되는 서비스의 교환이 가입자와요구에 따라 전화국에서 이루어지는 방식이고, CUS는 동축케이블의 CATV망과 같이 서비스의 교환이 가입자측에서 이루어지는 방식이다. 이는 망에서 제공해 줄 수 있는 전송량에 따라 좌우된다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 CUS 방식의 망구조는 트리형, CES 방식은 스타형이 적합하다. CES방식은 전송량은 비교적 적지만 거의 무한대의 프로그램을 서비스 받을 수 있다. 그러나 CUS방식은 전송량이 많기 때문에 제공 프로그램 수는 제한이 된다.



a) CUS 방식



b) CES 방식

그림 2. 교환방식에 따른 TV 프로그램 전송 시스템 구성도

3.3 서비스 정보의 변조방식

협대역 서비스는 장차 구축될 ISDN에서 제공하는 서비스로 볼 수 있으며 음성, 데이터, 고속팩시밀 등의 디지털 신호이다. Basic access 방식으로 2B+D(144Kbps)가 권고되고 있으며, 그 이상의 고속 데이터 전송을 위해 primary access, intermediate access 방식이 권고되었다.

이 협대역 서비스는 광대역 서비스와 다중화하여 전송되기 때문에 광대역 서비스의 변조방식과 다중화방식에 따라 디지털 혹은 FSK, PSK로 변조하여 전송할 수 있다. 다음으로 FM스테레오 및 TV의 광대역 서비스 변조방식에 대해 알아 보기로 한다.

FM스테레오방송 : FM스테레오 신호의 변조방식은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫째로 아날로그인 FM스테레오 신호 자체를 전송하는 방식이고, 둘째로 FM스테레오 신호를 디지털화하는 방식으로 이 경우 전송용량이 커진다. 첫째나 둘째의 방식은 상용의 FM tuner를 사용할 수 있다. 셋째로 FM스테레오 신호를 base band

로 변환하여 좌, 우측 채널을 각각 디지털화 하는 방식으로 품질면에서 가장 우수하다.

• TV서비스 : TV신호의 변조방식으로 크게 디지털과 아날로그방식으로 구별된다. 아날로그 방식에는 DIM(Direct Intensity Modulation), FM-IM(Frequency Modulation-Intensity Modulation), PFM-IM(Pulse Frequency Modulation-Intensity Modulation) 방식 등이 있으며, 디지털 방식에는 PCM, DPCM 등이 있다. 위의 방식간의 비교를 표 1에 나타내었고, 다음에 간단히 설명하기로 한다.

• DIM : 광원에 TV신호를 직접 변조하여 전송하는 방식으로서, 광원의 비선형성 등으로 인한 왜곡이 있지만 회로 구성이 간단하고 경제적이다. DIM은 VSB-IM(Vestigial Sideband-IM) 과 BB-IM(Baseband-IM)으로 나누어질 수 있는데 VSB-IM은 일반 무선 TV신호를 직접 광원에 변조시키는 방법으로 SNR특성이 나쁘다. 반면에 BB-IM은 TV신호를 baseband로 변환한 후 광원에 변조시키는 방법으로 VSB-IM보다 약 12

표 1. TV서비스 변조방식의 비교

항 목	직접IM방식		PFM-IM 방 식	P C M 방 식	D P C M 방 식	
	LED	LD				
S/ N = 56일때 선로허용손실*	11dB 7 dB	23dB 18dB	41dB 33dB	41dB 34dB	- -	
소 요 대 역	15MHz	15MHz	60~80MHz	60~80MHz	45MHz	
회 로 구 성	간단	중간	중간	비교적복잡	복잡	
LSI화의난이도	보통	보통	어렵다	보통	어렵다.	
가 격	현 재	1	2	3	4	5
	장 래	1	2	4	2	3
기 술 적 과 제	Dynamic Range의확대	Modal Noise 감소	변조회로의 간소화	LSI화	대역압축 방법개선	

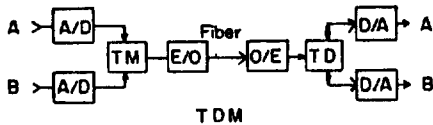
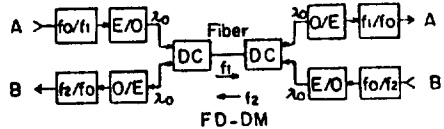
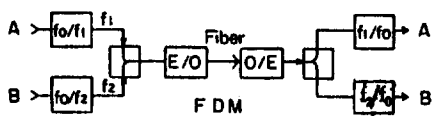
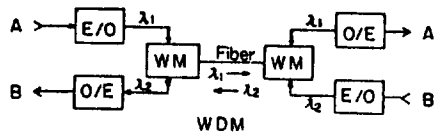
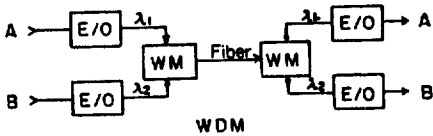
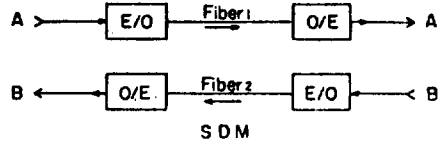
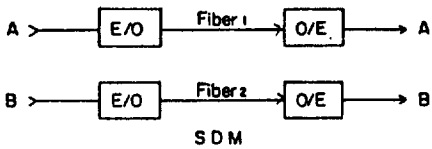
* 상단0.85 μ m대, 하단1.3 μ m대

dB의 SNR 개선 효과가 있지만 한 광원에 2 개 이상의 신호를 전송할 수 없다.

• FM-IM, PFM-IM: Baseband TV신호를 FM 혹은 PFM으로 변조한 후 광원을 변조시키는 방법이다. 주파수편이(Δf)에 따라 SNR이 결정

되지만 BB-IM보다 약 10dB 이상이 향상된다. 이 방식은 jitter에 대해 SNR이 민감해 장파장 영역에서 사용하는 것이 바람직하다.

• PCM, DPCM: PCM방식은 baseband TV 신호를 color subcarrier(3.58MHz)의 3 배 혹은 4



단방향

양방향

그림 3. 단방향 및 양방향 전송의 다중화방식

배로 샘플링하여 8bit 혹은 9bit PCM하여 전송하는 방식이고, DPCM은 디지털화된 TV신호를 프레임 (frame) 내부 또는 외부의 상관관계를 이용하여 예측(prediction)방법에 의해 전송 bit 를 줄임으로써, 대역을 압축해 전송한다. Intra-frame coding 및 entropy coding을 이용하여 45Mbps 급의 속도로 전송할 수 있지만, PCM방식 보다는 SNR특성이 저하된다.

3.4 서비스 정보의 다중화방식

각기 특성이 다른 서비스를 통합하여 전송하기 위해서는 여러 서비스 정보를 다중화하여야 한다. 그 방법에는 아날로그 신호일 경우 FDM (Frequency Division Multiplex), 디지털 신호일 경우 TDM (Time Division Multiplex), 그리고 신호 특성에 관계없는 WDM(Wavelength Division Multiplex) 등이 있다.

양방향 서비스일 경우 upstream (전화국→가입자), downstream (가입자→전화국)을 구분할 필요가 있는데, 이 때에는 SDM(Space Division Multiplex), WDM, FD-DM (Frequency Division - Directivity Multiplex) 등의 방식을 사용할 수 있다. 위의 방식을 이용한 구성도를 그림 3에 나타냈다.

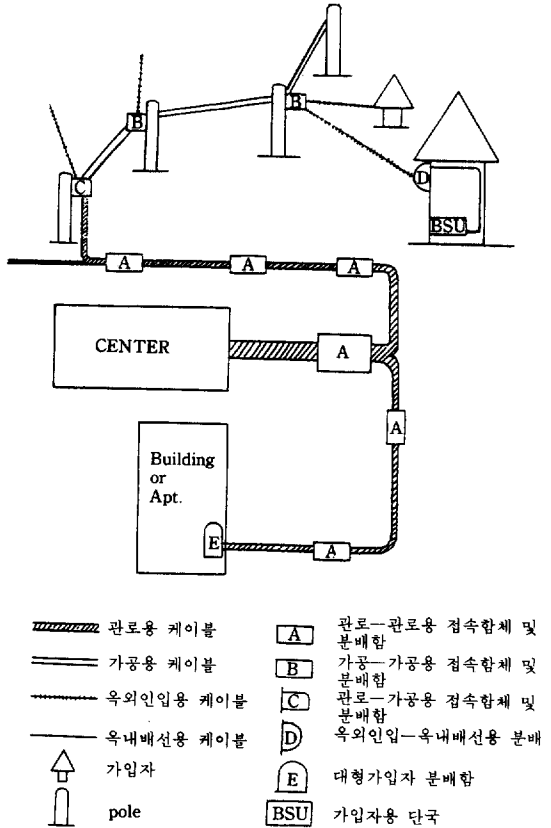


그림 4. 광가입자망의 선로 구성

4 광가입자망의 선로 구성

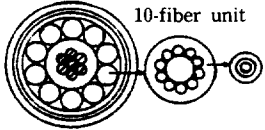
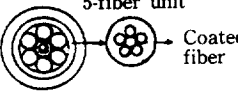
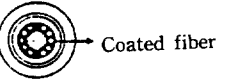
광선로를 구성하는데에는 광섬유케이블과 이를 포설하는데 필요한 자재 및 기술이 필요하다. 그림 4는 광선로를 구성한 예이고, 이 그림에서 볼 수 있듯이 광섬유케이블, 접속합체, 분배함, 케이블을 보호할 수 있는 자재 등이 필요하고, 광섬유의 접속기술이 필요하다.

4.1 광섬유케이블

국간 중계시스템의 케이블 설치 장소가 지하 관로인 반면에 가입자용 케이블은 지하 관로뿐만 아니라 지상의 가공으로도 설치해야 한다. 또한 한 선의 광섬유로 양방향 통신(WDM사용)이 가능하여야 하고 케이블의 분기가 용이하도록 해야 한다.

가입자의 수요가 극히 많기 때문에 다심의 케이블이 필요하고 한 가입자의 배선에는 단심 케이블이 사용된다. 다심 케이블에는 일반 케이블과 비슷한 관로용과 self-supporting이 가능한 가공용이 있다. (그림 5 참조)

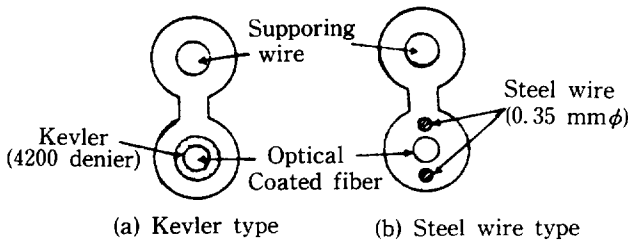
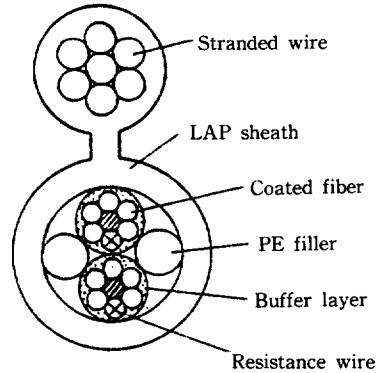
단심 케이블은 전신주와 옥내 분배함을 연결하는 옥외 인입용 케이블과 옥내 분배함에서 가입자 장치까지 연결하는 옥내 배선용 케이블이 있다. (그림 6 참조) 옥외 인입용은 풍압 하중을 받는 면적을 적게 하고, 가선 장력이 감소되도록 설계하여야 한다. 옥내 배선용은 가입자 건물내의 환경이 다양하고, 인위적인 외력도 받기 쉽고, 만곡 부분이 많기 때문에 건물내의 환경 조건을 만족시키면서 장시간의 신뢰성이 확보되어야 한다. 배관내에 포설시에는 장력에 견딜 수 있고 만곡 부분에서의 손실 증가를 최소화하

	Sts Structure	Outer-diameter (mm)
10-fiber unit 10-fiber cable (max. 100-fibers)		29
5-fiber unit 5-fiber cable (max. 30-fibers)		17
Layered cable (max. 10-fibers)		13

a) 관로용

b) 가공용

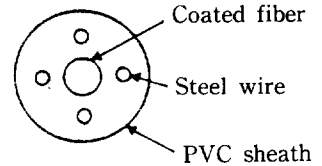
그림 5. 다심 광섬유케이블의 예



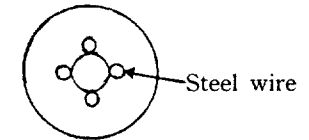
(a) Kevlar type

(b) Steel wire type

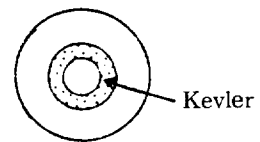
a) 옥외 인입용



(a) Steel buried type



(b) Steel accompanied type



(c) Kevlar type

b) 옥내 배선용

그림 6. 단심 광섬유케이블의 예

여야 한다. 보통 실내에 포설되기 때문에 실내 온도 범위 내에서 손실 변동이 적어야 한다.

4.2 접속함체 및 분배함

광선로를 전화국에서 가입자까지 포설하려면 광섬유의 접속이 필요하다. 접속 후 광섬유를 보호하고 분기를 쉽게 하려면 접속함체와 분배

함이 필요하다. 많은 가입자를 수용하려면 다량의 접속점을 취급할 수 있는 접속함체가 필요하고 동시에 가입자의 분포가 불규칙하고 넓기 때문에 가능한 많이 분기할 수 있는 분배함이 필요하다. 향후 수요에 따라 쉽게 증감할 수 있고, 보수가 쉽도록 개폐가 가능하고, 광섬유여장의 보관이 용이하며, 심선의 구별이 가능하도록

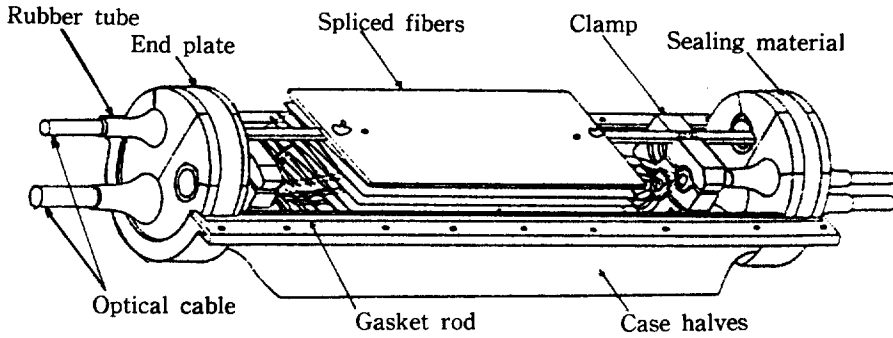


그림 7. 접속합체의 구조(일본)

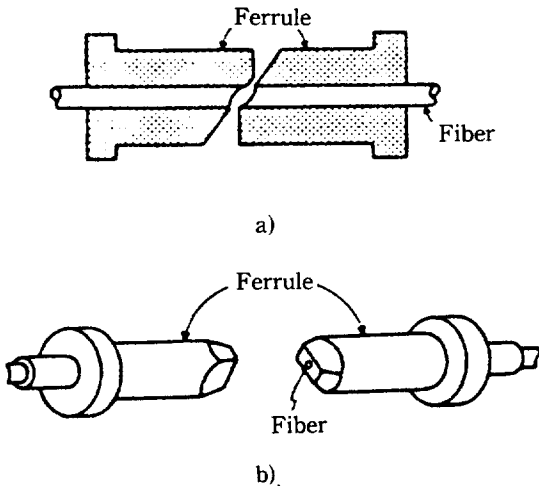
록 해야 한다.

그림 4의 접속합체와 분배함에 대해 설명하기로 한다. A는 지하 관로용 접속합체 및 분배함으로 관로 중간에 접속 및 분기가 필요한 지점에 설치한다. B는 가공용 접속합체 및 분배함으로 전신주에 설치하여 옥외 인입용 케이블과 다른 분배 케이블의 분기가 가능해야 한다. C는 관로와 가공 케이블의 접속이 가능하고 옥외 인입용 케이블과 다른 분배 케이블의 분기가 가능해야 한다. D는 일반 가입자의 분배함으로 옥내 배선용 케이블과 옥외 인입 케이블의 접속과 분기가 가능해야 한다. E는 대형 가입자용 분배함으로 대량의 옥내 배선용 케이블의

분기가 가능해야 한다.

4.3 접속기술

광섬유의 접속기술은 용착접속 (fusion splicing) 과 광콘넥터접속으로 대별된다. 가입자용 광콘넥터는 접속손실이 적고 가격이 저렴하여야 하며, 전송신호가 아날로그인 경우에 반사되는 빛에 의해 전송 품질이 저하되므로 접속점에서 반



a) AB (Angle butt) type : 아날로그 시스템에 유리
b) PC (Physical contact) type : 저 손실

그림 8. 가입자용 광콘넥터(일본)

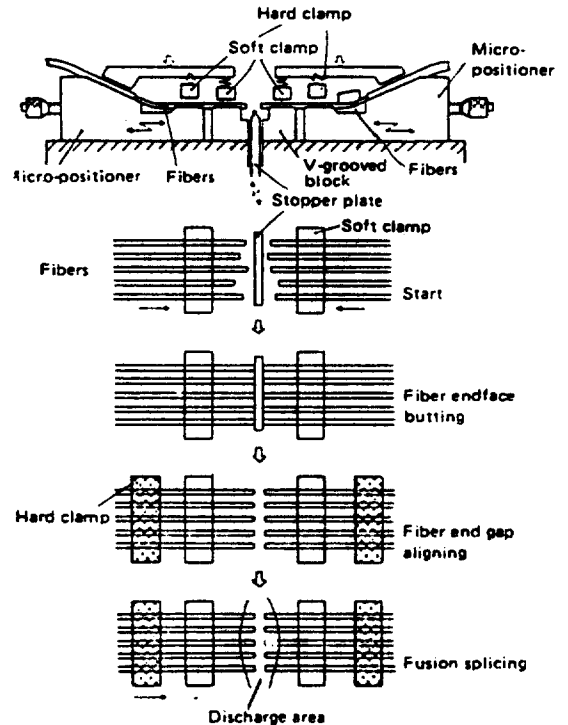


그림 9. Mass Splicing의 원리

사 저감효과가 커야 하고, 그 구조가 간단하고 현장조립이 가능해야 한다. 광콘넥터는 접속과 분리가 필요한 곳에 사용하는 것이 바람직하다.

용착접속은 다량의 광섬유를 동시에 접속할 수 있는 방법(mass splicing)이 개발되어야 가입자 선로 포설시 시간과 경비를 줄일 수 있다.

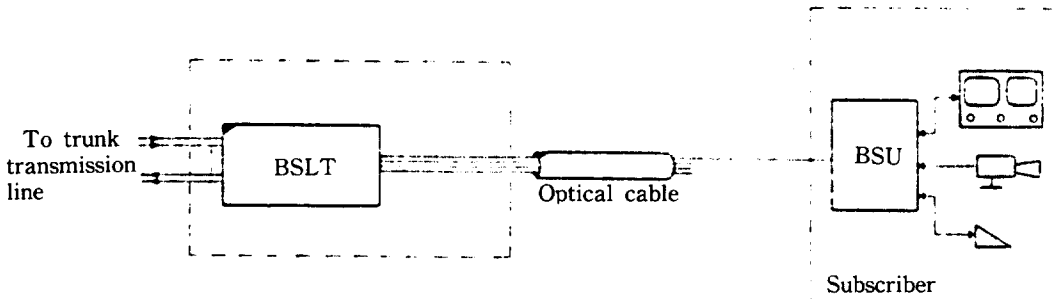
5 외국의 광가입자 시스템

'78년 일본의 Hi-Ovis 시스템을 필두로 선진 각국에서는 광가입자 시스템의 연구와 현장시험을 실시하였다. 이는 광대역 광가입자 시스템의 기술적 가능성을 확인하고 장차 대량 수요에 필

요한 자료를 얻고자 함이다. 또 이것을 토대로 더욱 진보된 시스템을 구성하여 소개하고 있다. 실제적인 시스템의 이해를 돕기 위해 일본NTT(일본전신전화주식회사)와 독일의 HHI(Heinrich-Hertz Institute)에서 소개한 시스템은 살펴 보기로 한다.

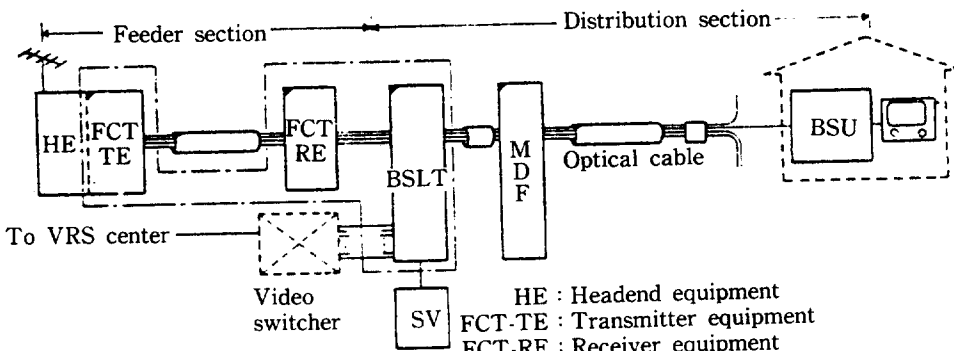
5.1 NTT의 광가입자 시스템

NTT는 1차에 이어 2차의 현장시험을 '82년에 도쿄 근교에서 약30가입자를 대상으로 실시하였다. NTT의 시스템은 크게 "Business Premises"용과 "Residential Area Application" 용으로 구분할 수 있다.(그림10참조) 망구조는 두 경우



BSLT : Broadband subscriber line termination equipment
BSU : Broadband service unit

a) Business Premises System



HE : Headend equipment
FCT-TE : Transmitter equipment
FCT-RE : Receiver equipment
SV : Supervisory equipment
BSLT : Broadband subscriber line termination equipment
BSU : Broadband service unit
MDF : Main distribution frame

b) Residential Application System

그림10. NTT의 광가입자 시스템

모두 스타형이다.

“Business Premises”용은 업무용 시스템으로서, 제공 서비스는 양방향의 6.3Mbps 디지털 데이터, 4 MHz의 TV신호이다. TV신호는 DIM으로 변조되어 전송하게 되며, videophone이나 teleconference용 등으로 사용된다. 디지털 데이터와 4 채널의 WDM으로 다중화된다.

“Residential Area Application”용 시스템은 일반 가입자용으로서, 제공 서비스는 주로 단방향의 CATV와 VRS (Video Response System)로 가입자당 2대의 TVset가 연결될 수 있고 TV 품질의 videotex인 VRS는 1대의 TV와 연결된다. 가입자의 요구에 따라 전화국에서 CATV와 VRS신호를 선택할 수 있다. TV신호는 DIM으로 변조되며, 3 채널의 WDM으로 다중화된다.

5.2 HHI 광가입자 시스템

HHI 시스템의 두드러진 특징은 초고속, 대용량의 데이터를 단일모드 광섬유로 전송하고, 이러한 대용량 전송능력을 이용하여 HDTV(High Definition TV)와 6~10채널의 디지털 비디오

서비스를 동시에 제공하는 것이다. 모든 서비스를 디지털화 하였고 가입자 전송로의 전송속도가 1.12Gbps로 가장 진보적인 시스템이라 할 수 있다. (그림11참조) 다중화방식으로 FM스테레오, HDTV, TV 서비스는 TDM을 이용하고, 다시 ISDN서비스와 4 채널의 WDM으로 다중화된다. 광대역의 서비스는 다음의 세 방법 중 임의의 것으로 선택할 수 있다.

- 15TV프로그램과 32채널의 FM스테레오 프로그램.

- 10채널의 non-switched TV프로그램과 4채널의 switched TV프로그램, videophone채널, 32채널의 FM스테레오 프로그램.

- 6 채널의 non-switched TV프로그램과 4채널의 switched TV프로그램, HDTV, videophone채널, 32채널의 FM스테레오.

6 맺음말

지금까지 광가입자망 구성시 필요한 기본적

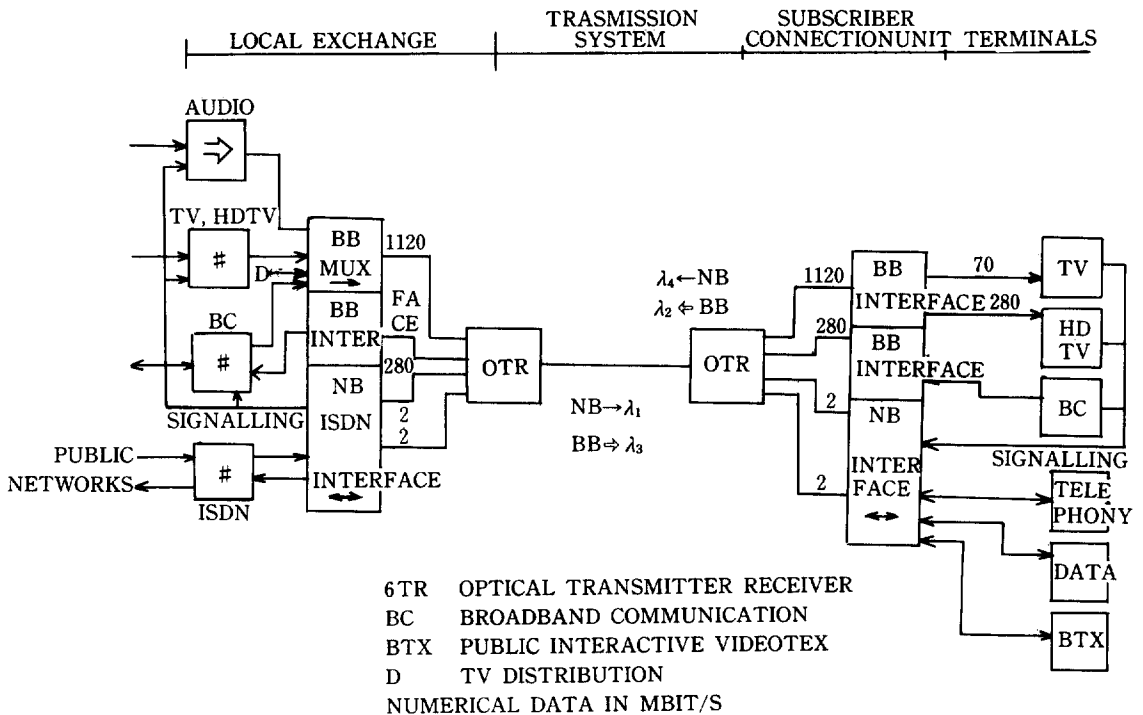


그림11. HHI의 광가입자 시스템

인 기술에 대해 기술하였다. 이외에도 여러 문제가 고려되어야 한다. 예를들어 서비스의 개발, 감시제어 기능, 서비스 요금부가 문제, 가입자 측의 전원 공급과 단전시 전원 공급 문제, 시스템의 경제성 문제 등이다.

국내의 경우 현재로서는 경제적, 수요상으로 광가입자 시스템의 보급은 어렵지만, 경제, 문화, 사회적 발달에 따라 광대역 서비스의 욕구가 증대되고, 광섬유와 광소자 가격이 저렴해지고, 통신공학과 반도체 기술의 향상으로 저가의 통신 시스템이 공급된다면 광가입자 시스템의 대량 보급은 어렵지 않을 것이다.

궁극적으로 광대역 광가입자망과 ISDN은 통합되어야 할 것이므로 ISDN과 병행하여 국가적인 차원에서 계획되어야 하고, 여러 분야의 기술이 필요하기 때문에 학계와 기업체, 연구소의 상호 협력이 필요하다.

참 고 문 헌

- 1) 강 민호외, 광통신 기술 육성 방안에 관한연구, 체신부 통신진흥협의회 광통신분과회, 1984.12.
- 2) G. Mogensen, "An overview of Broadband Systems-Applications and Tradeoffs", IEEE J. SAC, vol. SAC-1, No. 3, April 1983.
- 3) 송주빈외, "광대역 서비스를 위한 광가입자 시스템의 구조에 대한 제안", TM 85-234, ETRI, 1985 4.
- 4) M. Kawase et al, "Design and Performance of Optical Subscriber Cables", Review of E. C. L., vol. 32, No. 4, 1984.
- 5) S. Kukita et al, "Design and Performance of Optical Drop and Indoor Cables", Review of E. C. L., vol. 32, No. 4, 1984.
- 6) Y. Kubota et al, "Splice enclosure for Optical Subscriber Cables", Review of E. C. L., vol. 32, No. 4, 1984.
- 7) E. Iwahashi et al, "Optical Subscriber Loop System for Business Premises and Local Area Applications-Overview", Review of E. C. L., vol. 32, No. 4, 1984.
- 8) Baack, C. et al, "Digital Integrated Services Broadband Network with HDTV-Capability", Session 32 C paper 1, ISS'84 Florence, 7-11 May 1984.