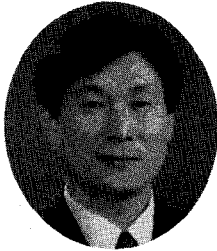


# 광통신기술 발전동향



심 창 섭  
ETRI 광통신연구실 실장

## 1. 광통신의 발전과정

### 1. 개요

광통신은 통신기술의 발달과정에서 1960년대에 등장한 새로운 통신기술로 몇단계의 기술혁신을 거쳐 현재에 이르러는 보편화된 통신기술로 자리잡아 가고 있으며 2000년대 정보화 사회구축을 위한 핵심기술로 인식되고 있다. 이러한 광통신의 기본원리는 다음과 같다. 즉 우리가 통신에서 주로 이용하는 전화, 데이터, 영상정보 등은 아날로그 또는 디지털 신호로서 이 신호들은 다중화 및 변조과정을 거쳐 고속전기신호를 구성하며, 이 고속전기신호를 광신호로 변환하는 반도체 레이저(LD : Laser Diode)에서 고속 광신호로 변환된다. 이 광신호는 전송손실이 매우 적은 광매체인 광섬유를 통해 40km-100km 정도를 무중계로 전송된다. 전송된 미약한 광신호는 광검출기(PD : Photo Diode)에서 전기신호로 변환된 후 복조 및 역다중화과정을 거쳐 원

래의 정보로 재현된다.

이러한 광통신기술은 기존의 동축이나 마이크로웨이브 전송기술에 비해 우수한 전송특성을 갖는다.

즉 광섬유가 가지는 거의 무한대의 전송대역폭(Bandwidth), 광소자의 높은 변조특성을 이용하여 현재에도 이미 10Gb/s급의 고속전송이 가능하며 2000년대 초반에는 수백 Gb/s급의 전송장치가 개발될 것으로 예상된다. 따라서 광통신기술은 현시대에 가장 경제적이고 신뢰성있는 통신수단으로 인식되고 있으며 정보화 사회구축에 핵심기술이 될것으로 예측된다. 이에 광통신기술의 발달과정, 향후전망, 응용사례 및 표준화동향을 살펴보고자 한다.

### 2. 광통신기술의 발전과정

#### 1) 전기통신 기술의 발전과정

광통신 발달과정을 알기위해서는 광통신이 나타나기 이전의 통신기술의 환경을 알 필요가 있다. 본격적인 전기통신이 보급되기 이전에는 원시적 통신방식으로 봉화나 수신호통신방식이 수세기동안 사용되어 왔으나 그 전송속도는 현대 통신기준으로 보면 1 b/s(bit per second : 1초에 1개의 정보를 전달) 이하의 저속 디지털 통신방식이라 할수 있다.

본격적인 전기통신의 효시라 불리는 전신기술은 1830년대 Morse에의 발명되었으며, 이는 모오스 부호(짧고, 긴 전기신호의 결합으로 숫자 및 문자를 전송)를 이용한 디지털방식으로 전송속도는 10b/s 넘지 못하지만 연속중계를 통해

수천 km까지 전송이 가능해 1876년부터는 대서양 횡단 전신케이블이 운영될 수 있었다. 1876년 A.G. Bell이 발명한 전화는 연속적으로 변하는 음성전류신호를 직접 전송하는 아날로그 방식으로 이 방식은 근대 전기통신의 발전의 기본이 되었으며 이 기술을 이용하여 범세계적인 전화통신망의 구축도 가능해졌다.

이러한 전화통신망에 초기의 실선케이블(Twisted pair cable) 대신 새로운 동축케이블기술이 사용되면서 전송용량이 크게 늘어 1940년경에는 음성 300회선용량의 3 MHz 동축전송기술도 출현하였다. 그러나 이 동축시스템도 고주파에서의 손실증가로 크게 대역폭을 넓힐 수 없었다. 이를 극복하기 위해 개발된 방법이 수 GHz 대의 전자파를 변조하여 통신하는 마이크로웨이브(M/W) 무선전송기술이다. 이러한 M/W 전송은 전송거리를 10 - 20km 정도로 넓힐 수 있었으나 반송주파수가 낮아 전송대역폭은 100 Mb/s 수준을 넘을 수 없었다.

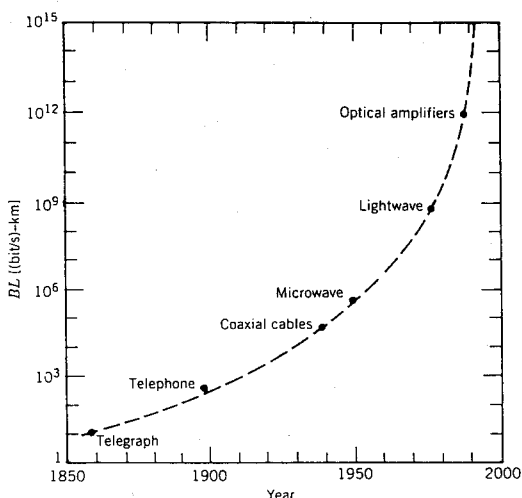
보통 전송시스템의 성능은 전송속도(B : b/s) x 전송거리(L : km) = BL(b/s·km)로 표시하는데 그림[그림1]은 전기통신기술 발달의 따

른 전송능력(BL)을 년도별로 도시한 것이다. 1970년대까지 꾸준한 기술발전에도 불구하고 전기통신방식의 성능은 100Mb/s·km 수준을 넘지 못하였고 기술적 한계에 부딪혀 있었다. 이러한 전기통신의 한계는 광통신기술이라는 새로운 기술에 의해 극복되었으며 획기적 발전을 이룩할 수 있었다.

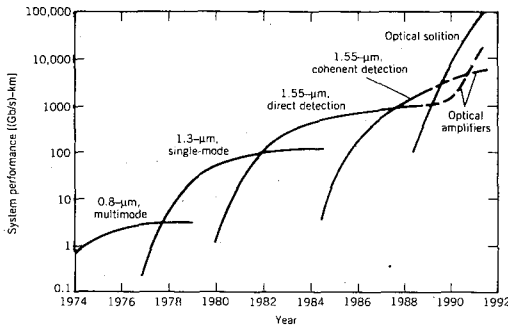
## 2) 광통신기술의 발전

사실 광통신에 관한 연구는 1960년대 이전에도 많은 사람들이 관심을 가지고 연구를 수행하였는데 그 이유는 M/W 보다 파장이 짧고 주파수가 높은 (300 Tera Hz) 빛 즉 광파의 좋은 특성 때문이었다. 그러나 적절한 광원(단색성이 좋고 광출력이 높은 광원)과 광을 전파하는 광도파로(Waveguide) 기술을 제시하지 못했기 때문에 큰 발전이 없었다. 그러다가 1960년대에 레이저가 발명되고, 1966년 영국의 Kao 박사가 가는 유리섬유로 광을 도파할 수 있다는 계산결과와 함께 최적 광섬유구조를 제시하자 이에 대한 개발연구가 활발히 전개되었다. 그러나 당시의 기술로 제조한 광섬유의 전송손실이 1000 dB/km(10m갈때 마다 강도가 1/10로 감소하는 정도)로 매우 높아 실용화가 불가능하였다. 그러다가 1970년 미국의 Corning사가 20dB/km 정도의 광섬유개발에 성공하고, 때마침 미국, 일본 등에서 0.8um 때의 소형(0.2mm x 0.2mm x 0.5mm 정도) 단파장 GaAs 반도체 레이저의 상온발진을 성공시킴으로서 광통신기술은 실용화 단계에 접어들게 되었다.

[그림2]는 1974년 이후 광통신 시스템의 발달 과정을 보여주고 있는데 약 20년 동안 성능(BL)이 약 103-104배 정도 향상되었음을 알 수 있다. 이러한 광통신시스템의 실제 적용은 우선 통신량이 많은 대도시간 전송로나 해저 케이블 분야에 활용되었는데 최초의 광통신시스템(보통 1세대 광통신이라 분류)은 1975년 전후로 0.8um GaAs



<그림 1> 전기통신기술의 발전추세



〈그림 2〉 광통신기술의 발전추세

레이저와 다중모드 광섬유를 이용해 개발되었으며, 전송속도는 50Mb/s-100Mb/s, 중계거리는 10 km 정도로서 BL은 500Mb/s.km 정도이다. 이때의 중계거리 10km는 동축케이블 전송의 1 km보다 상대적으로 매우 긴 것으로 중계기 설치 및 유지 비용이 크게 절감되어 혁신적기술로 받아들여졌다.

그 후 1977년 파장 1.3μm 의 장파장 InGaAsP 레이저가 개발되자 전송손실이 1dB/km 이하의 장파장 영역을 이용하는 2세대 광통신 시대가 열리게 되었다.

그러나 초기의 2세대 광통신은 다중모드 광섬유를 이용하였으므로 다중모드 광섬유의 모드 분산때문에 전송속도는 100Mb/s 를 넘지 못하였으나 단일모드 광섬유가 개발되면서 전송속도는 500Mb/s급을 거쳐 1987년에는 1.6Gb/s 시스템까지 급속히 증가하였다.

단일모드 광섬유의 경우 1.3μm 에서의 손실은 0.5dB/km 정도로 1.55μm에서의 0.2 dB/km 보다 매우 커서 중계거리가 줄어든다. 그러나 1.55μm 광원을 쓰는 경우에는 분산이 크므로 (18ps/nm.km)고속신호를 장거리전송하면 분산에 의해 중계거리가 제한을 받는다.

이러한 문제를 해결하기 위해 광섬유분야에서는 1.55μm영역에서 손실도 최소이고, 분산도 최소가 되는 분산천이광섬유(Dispersion Shifted

Fiber)를 개발하였으며, 광소자쪽에서는 기존의 선폭 4nm의 Fabry -Perot형 다중모드 레이저 다이오드(LD)대신 선폭 1nm이하의 DFB - LD 를 개발하였다. 이러한 기술을 이용한 1.55μm 파장의 광통신 시스템을 3세대 광통신시스템으로 분류하며 보통 BL이 500 Gb/s . km 정도를 갖는다.

현재 개발중인 대부분의 시스템은 3세대 시스템으로 전송속도 10 Gb/s 정도의 광통신시스템이 세계각국에서 개발중에 있으며 이정도가 광통신관련 소자들의 성능한계등을 고려할때 3세대 광통신기술의 한계로 보여진다.

### 3. 차세대 광통신 기술

향후 광통신기술은 기존방법과 다른 혁신적인 방식의 도입을 통해 발전할 수 있을 것이다. 현재 새로운 방식으로 대두되고 있는 유망한 광통신방식으로 광증폭기술(Optical amplification), 광다중전송기술(WDM : Wavelength Division Multiplex) 및 Soliton 전송기술 등이 있다.

#### 1) 광증폭기술

기존의 광통신방식에서의 중계장치는 광신호를 전기신호로 변환하고 전기적 증폭 및 신호재생 과정을 거쳐서 다시 광신호로 변환하여 송신하게 된다.

이에 비하여 새로운 광증폭 방식은 광전, 전광변환없이 광을 광으로 직접 증폭하는 방식으로 복잡한 중계기를 간단히 대체할 수 있다. 광증폭 방식은 반도체소자를 증폭매체로 사용하는 반도체증폭방식과 Er (Erbium)이 첨가된 광섬유를 이용하는 광섬유 증폭방식이 있다.

반도체 증폭기는 대역폭이 넓고 소자의 응용이 다양할 수 있는 장점이 있으나 이득의 편광 의존성등 문제점이 있어 통신시스템에 사용이 안되고 있다. Er이 첨가된 광섬유를 이용한 증

폭방식(EDFA : Er - Doped Fiber Amplifier)은 기본적으로 전송용 광섬유와의 결합손실이 작은 장점이 있다. 따라서 전송시스템용으로 국한할 때의 광증폭 방식으로서의 광섬유 증폭방식이 유력시 되고 있다.

그림은 EDFA의 광증폭특성을 보여준다. WDM(Wavelength Division Multiplexer)을 통해 입사된 펌핑광은 Er이 첨가된 광섬유내에서 Er을 여기시키면서 감소되고, 입사된 미약한 신호광은 여기된 Er 원자에너지를 받아 증폭되어 출력된다.

이러한 EDFA 기술은 최근 몇년사이에 급속한 발전을 이룩하여 이를 이용한 다양한 시스템 개발이 진행되고 있는데, 95년 설치예정인 대서양횡단 TAT - 12 해저케이블시스템은 5 Gb/s 신호를 200여개의 EDFA 증계기를 통해 8,000km를 중계전송할 예정이다.

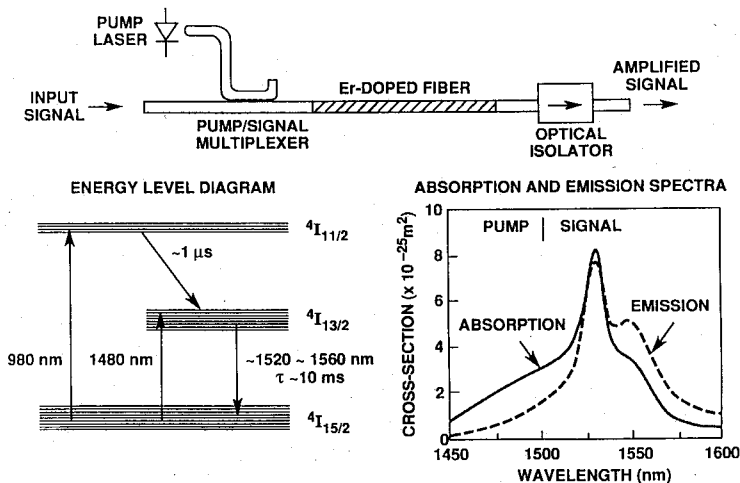
## 2) 파장분할다중기술

파장분할 다중방식은 광섬유의 저손실대역을 파장분할하여 사용하는 것이다. 단일모드 광섬유의 저손실대역을 주파수로 환산하면 약

30THz의 대역을 얻을 수 있다. 이를 완전히 이용하기 위해서는 광펄스의 폭이 수십 femto sec 크기 이어야하나 수십 femto sec 크기의 펄스는 아직 실용적이지 못하므로 파장분할다중방식을 통해 이를 활용하는 것이 효과적이다. 또한 광섬유 증폭기의 개발로 파장분할다중 및 역다중시 발생하는 손실을 보상할 수 있을 뿐 만 아니라 전송거리의 제한을 극복할 수 있기 때문에 앞으로 파장분할다중방식이 전송시스템에 유용하게 사용될 것이다.

즉 기존의 동기식 전송방식에서는 전기적형태의 종속신호를 시분할 다중화하는 방법으로 전송용량을 늘려 왔으나, 신호속도가 10Gb/s를 넘는 경우에는 광소자 및 전자소자의 주파수 특성저하로 시스템 구현시 제한을 받게 된다. 이를 해결하기 위한 방법으로 기본전송속도를 높이는 동시에 전송채널 수를 늘리는 연구가 정보통신 선진국에서 진행되고 있으며, 특히 광섬유가 갖고 있는 넓은 대역폭을 적절히 활용하기 위한 방법으로 파장분할다중기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

파장분할다중방법에 의한 시스템구현은 수용



〈그림 3〉 광증폭기의 특성

가능한 채널 수, 채널간 간격 등에 의해 좌우 되므로 레이저와 채널분리에 필요한 광필터나 도파로회절격자(waveguide grating)의 스펙트럼 특성은 시스템설계에서 고려할 중요한 사항이다. 특히 다중/역다중부에서 채널결합/분리를 위해 사용될 도파로회절격자는 제조기술이나 DFB레이저 어레이 기술이 보편화될 경우 파장분할 다중시스템은 본격적인 개발이 가능할 것이며 이 기술을 통해 총전송용량이 수백 Gb/s 되는 전송시스템도 개발가능할 것이다.

### 3) Soliton 기술

Soliton기술은 광섬유의 장파장 대역에서 강도가 높은 초단펄스가 광섬유내로 전송될 때, 광섬유의 분산(dispersion) 효과가 광섬유의 비선형 효과에 의해 상쇄됨으로써 초단펄스의 폭이 그대로 유지된 채 전파되는 원리를 이용한 새로운 광통신방식이다. 최근 soliton전송의 주요 연구목표는 광섬유 증폭기술을 이용해 광섬유의 손실과 분산을 동시에 보상하여 줌으로써 초고속 신호의 초장거리 전송을 구현하는 것이다. 초기에 soliton전송은 극초단광펄스생성법 광섬유손실을 보상하는 광증폭방법등에 어려움이 있었으나 최근에 반도체 레이저를 이용한 극초단 펄스 생성법과 EDFA광증폭기가 개발되어 soliton전송기술이 급속히 발전되고 있다. 이 분야연구는 최근 10Gb/s 신호 1,500 km 전송과 20 Gb/s신호 1,000 km 전송실험이 보고되는등 Soliton기술이 성숙되고 있음을 알 수 있다.

## II. 광통신기술의 응용

### 1. 광통신 응용분야

앞절에서는 광통신의 발전과정과 향후 전망을 주로 기술적인 관점에서 다루어 보았다. 본절에

서는 시스템 응용적 측면에 중점을 두어 설명하고자 한다. 현재 광통신기술의 적용이 가장 활발히 이루어지는 분야는 공중통신망의 전화국간 또는 도시간을 연결하는 장거리 전송로나, 대륙간을 연결하는 해저 광케이블분야이며, 또 최근에는 각 가정에까지 광섬유가 연결되는 광가입자망에의 응용이 확대되고 있다.

일반적으로 전송망을 구분하면 주로 국간전송을 위주로 하는 장거리 전송망과 가입자망으로 나누어 생각할 수 있다. 국간전송이란 전화국과 전화국간의 대용량 전송을 의미하는 것으로서 개개 가입자들로 부터의 신호를 큰다발로 묶어 정보의 종착점에 가장 가까운 전화국까지 전송하는 것이며 대개 중간에 여러개의 증계기를 필요로 하는 장거리인 경우가 많다. 따라서 증계기간 간격이 넓을수록, 초당 전송용량이 클수록 경제적인 시스템이 된다. 장거리 전송망의 특수한 경우로서 해저 케이블 시스템이 있는데 태평양이나 대서양등의 대양을 횡단하는 초장거리 전송시스템이다. 한편 가입자망이란 전화국과 각 가정의 가입자간을 연결하는 통신망이다. 국내의 경우 대부분의 시내시외의 국간전송이 이미 광화되어 있는데 비하여 가입자망은 기술적 경제적으로 고려되어야 할 점들이 많고 아직은 통신서비스가 전화(음성)위주인 고로 기존의 동선만으로 충분하므로 광화 초기계획단계에 머물고 있다. 그러나 CATV나 비디오 서비스가 활성화 되면 폭발적인 수요가 있을것이고 가입자망의 광화는 미래 정보사회를 이끄는 전인차 역할을 할것이다.

### 2. 국간전송기술

국간전송의 경우 지난 약 15년간 꾸준히 광통신화가 진행되어 현재 대부분의 통신선진국들은 전국규모의 광선로망을 구축하고 고속광통신시스템을 운영하고 있다.

미국의 경우 전국 약 5만 6,000km이상의 구간에 광케이블을 설치하고 90Mb/s(전화1344회선용량), 417Mb/s, 1.7Gb/s 및 2.5Gb/s 광전송장치를 지속적으로 개발대체하면서 사용하고 있으며, 일본, 유럽들도 유사한 광통신망을 구축하여 사용하고 있다. 국내에도 한국통신이 약 6,500km이상의 전국도시구간에 광케이블을 설치하였으며 필자를 포함한 국내 기술진들이 개발한 90Mb/s, 565Mb/s 광전송장치를 설치하여 운영중에 있고 또 2.5Gb/s 광전송장치도 개발완료 단계에 있어서 광통신에 관련한 상당히 선진국 대열에 있는 셈이다.

앞으로도 광전송시스템의 용량은 계속 증가할 것이다. <그림4>에서 보는 바와 같이 전송용량은 매 5년당 4배꼴로 증가하는 추세에 있으며 전송거리(중계기간 거리)도 급격히 늘어나고 있다. 앞으로도 이러한 현상은 더욱 가속화 될 것이다.

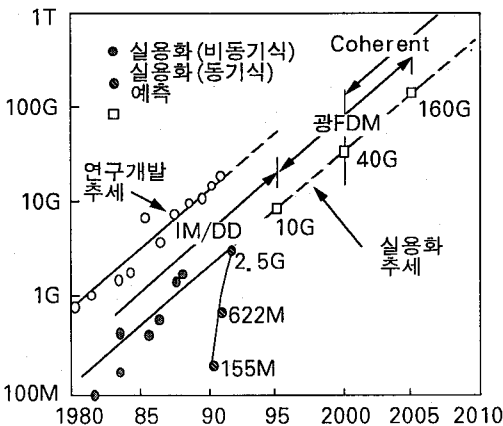
국내의 경우에도 전송용량이 2.5Gb/s의 각각 4배, 40배되는 10Gb/s와 100Gb/s 전송시스템개발이 HAN - BISDN의 국가 프로젝트에 이미 반영되어 개발중에 있다. 이중 10Gb/s는 1996년까지의 개발완료하는것으로 계획되어 있다. 100Gb/s 시스템은 앞에서 설명한 과장분할다중

방식을 이용하여 10Gb/s 신호 10채널을 묶어 100Gb/s 용량의 전송시스템을 개발하는 것이다.

### 3. 해저 광케이블 시스템

해저광케이블 분야는 전송거리가 매우 길어 광통신 기술의 활용이 가장 효과적인 분야로서 광통신기술개발 초기부터 활용연구가 지속적으로 추진되어왔다. 해저 케이블 시스템을 케이블과 중계기가 수천 m의 심해 바닥에 영구히 포설되므로 사고가 발생할 경우에 수리가 매우 힘들어 시스템의 신뢰성이 생명이다. 또한 중계기들을 동작시키기 위한 전원공급도 문제가 된다. 이를 위해 수천 km 떨어진 양 단국에서 수천 volt의 고압전류를 흘려주고 해저 중계기는 장거리로 오는 동안에 약화된 전압의 일부분을 사용하는 것이다. 시스템의 유지보수도 문제로서 해저에 가라앉은 상태의 수많은 무인중계기와 케이블상태를 언제나 파악하고 유사시에 예비채널을 가동할 수 있어야 한다. 해저 광케이블 시스템은 대서양 횡단용으로 1988년 최초로 설치되었다. 이를 TAT-8(Trans Atrantic Telephone system)이라 부르며 그 이후로 각국에서 다투어 해저 광케이블을 설치하여 운영중에 있는데 <그림5>는 세계 각국에서 현재 운영중이거나 설치 예정인 해저 광케이블 시스템의 구간도이다.

최근 한국통신은 이러한 국제공동의 해저케이블사업에 적극 참여하고 있는데, HJK(홍콩 - 일본 - 한국연결), RJK(소련 - 일본 - 한국연결) 사업참여는 물론 최근에는 지중해, 인도양, 극동지역을 연결하는 FLAG(Fiber optic Link Around the Globe)사업에도 참여를 서두르는등 국제통신망 확충에 노력하고 있다. 국내용으로는 제주 - 고흥간에 280Mb/s속도의 해저케이블이 설치운영하고 있으며, 육지 - 울릉도를 연결하는 해저케이블도 설치중에 있다. 미래의 해저 광케이블 시스템에서 촉망받는 기술은 광증폭과



<그림 4> 광전송시스템의 연구개발 추세

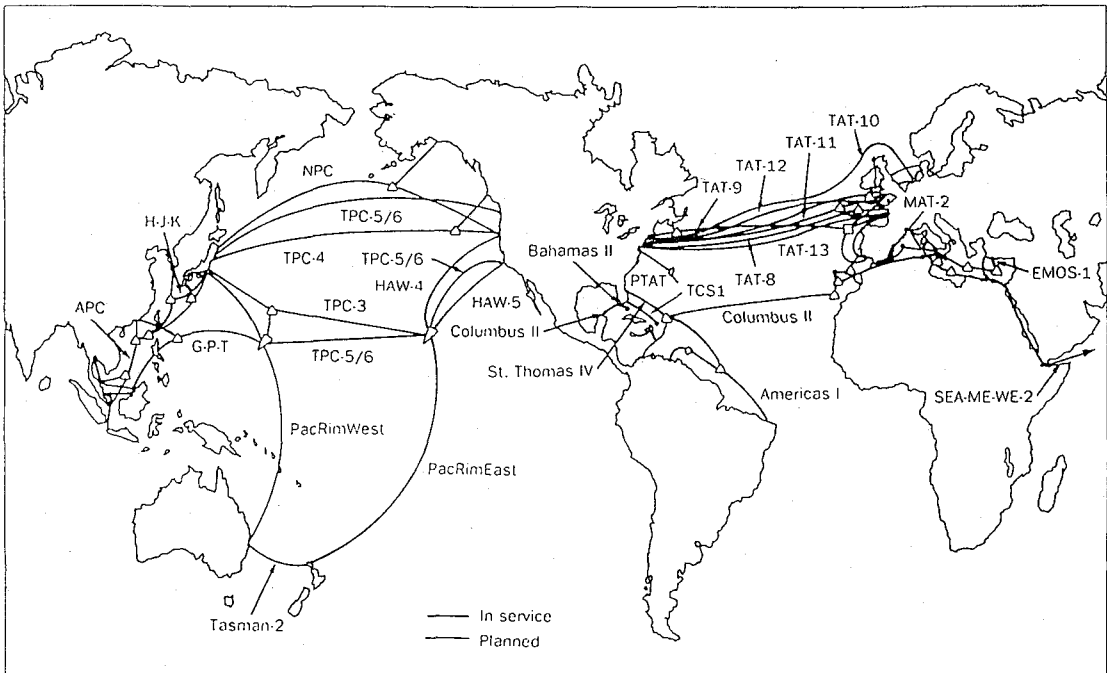
soliton기술이다. 해저 시스템에서는 증계기의 수를 하나라도 줄일 수 있다면 시스템 전체의 경제성과 신뢰성향상에 큰도움이 된다. 따라서 증계기 간격을 늘려야 하고, 특히 전력소모가 크고 복잡한 기존의 재생형 증계기를 단순한 광증폭기로 대체할 수 있다면 매우 바람직하다. 실제로 재생형증계기를 사용하지 않고 200여개의 Er 광섬유 증폭기만을 사용하여 태평양을 횡단하는 시스템이 1995년에 설치되어 서비스에 들어갈 예정으로 있다. 이러한 해저 광케이블 시스템분야는 위성통신과 함께 이중화된 국제통신망을 구성함으로써 국제통신의 신뢰도를 크게 향상시킬 것이다.

#### 4. 광가입자망 기술

광통신기술의 발달이 향후 우리 생활에 가장 영향을 끼칠 분야는 광가입자망 기술분야 일것

이다. 현재 각가정에서 사용하는 전화와 저속데이터외에도 영상전화, CATV, HDTV등 영상정보를 포함하는 멀티미디어 서비스가 광가입자망을 통해 제공될것이다. 일반적으로 광가입자망은 크게 대형빌딩까지 광케이블이 연결되는 FTTO(Fiber To The Office), 집근처까지 광케이블이 포설되는 FTTC(Fiber To The Curb), 그리고 가정까지 이르는 FTTH(Fiber To The Home)의 세가지 형태로 분류된다.

현재의 광가입자망은 주로 업무용 대형빌딩을 중심으로 FTTO의 형태로 구현되고 있는데 기존 통신망과 비교하여 운영비용이 적어 초창기 광가입자망의 주류를 이룰것으로 보인다. 특히 신축건물의 경우 기존망의 대체비용이 없어 FTTO의 구현이 용이 하다. 비업무지역, 즉 가정에서의 광가입자망의 보급은 업무용 빌딩에 비하여 새로운 서비스에 대한 요구가 낮아 보급속도가 더딜것으로 예상된다. 특히 일반가정에



<그림 5>각국의 해저케이블 구간도

광케이블을 부설하는 것은 아직 기존동선에 비해 설비비용이 커 21세기 초에나 가능할 것으로 보인다. 따라서 모든 가입자(가정)까지 광전송망을 제공하는 FTTH에 앞서 수십내지 수백 가입자를 하나의 구역(Zone)으로 묶어 그 구역까지만 광전송망을 제공하고 구역내부에서는 기존의 동선이나 동축선을 사용하는 타협방식인 FTTC나 FTTZ(Fiber To The Zone)가 앞서 전개될 것으로 보인다. 미국의 경우 대부분의 사업자들이 FTTH구현이 광가입자망 구현의 최종목표임을 인식하고 있기는 하나 아직 수요자들의 요구가 크지 않아 대부분의 시험 시스템들이 독립적 FTTC의 형태로 다양하게 구현되고 있다.

반면에 일본의 경우에는 미국과는 달리 인구집중이 크다는 지역적 특징에 힘입어 FTTH를 통신사업자 주도로 직접적으로 구축할 움직임을 보이고 있다. 미국의 경우에 독점기업이던 AT&T가 분할된 이후에 통신시장의 구조상 수요 증대에 맞추어 공급기술을 선택하여 나갈수 밖에 없으나 일본의 독보적인 통신사업자인 NTT는 초기 비용이 많이 들더라도 광가입자망을 대량 발주함으로써 궁극적으로 단가를 낮추고 첨단 서비스의 공급체제를 먼저 갖춤으로써 수율을 적극적으로 이끌어 내겠다는 전략으로 보인다. NTT는 FTTH로 그대로 확장가능한 FTTZ단계를 거쳐서 90년대말까지 광가입자 요금을 현재의 삼분의 일로 낮추고 2005년까지 전 도시가정에 2015년까지는 농촌가정을 포함하는 전지역에 FTTH를 제공할 예정이라 한다.

우리나라도 앞으로 도입될 CATV전송을 위한 광CATV시스템과 B-ISDN의 개발이 진행되고 있고, 고속데이터용 초고속 기간통신망 구축도 정부주도로 추진하고 있으며, 실제로 90년대 후반에 설치를 검토하고 있으므로 머지않아 우리도 광가입자망을 통해 멀티미디어 단말기로서 영상정보를 마음대로 주고 받을 수 있는 날이 올 것이다.

### III. 광통신 표준화 동향

#### 1. 국외 표준화 동향

초기 광통신시스템은 각 지역별로 각국의 다중계위방식(Digital Hierarchy)에 따라 북미식(NAS), 유럽방식(CEPT)으로 나뉘어 독자적인 시스템을 개발하여 운영하여 왔으나 국제적인 호환성이나 효율성면에서 문제점이 제기되었다. 그러다가 1980년대 중반에 동기식 다중기술이 개발되면서 세계 단일표준화가 진행되어 현재는 동기식 광전송기술이 광통신의 국제표준으로 자리잡아가고 있다.

동기식 다중관련 연구는 1984년 부터 미국 Bellcore에서 시작되었고, 여기서 형성된 SONET(Synchronous Optical Network) 개념은 1986년부터 CCITT SG XVIII에서 논의되기 시작하였다. 이어 1988년에는 SDH 및 동기식 NNI 관련 권고 G.707, G.708, G.709권고안의 완성으로 동기식 다중화의 기반이 마련되었다.

1990년도에는 CCITT SGXV와 XVIII에서 SDH 망요소 즉, 기존 DS<sub>n</sub> 신호 다중형, SDH 신호 다중형, 신호 분기형, 신호분배형 등에 공통적으로 적용될 수 있는 여러 기능 블럭과 기준점을 설정하여 각 기능블럭간 정보의 흐름을 규정한 G.781, 782, 783 권고안이 완성되었다. 여기서는 특히 장치와 전송망관리를 목적으로 하는 일반화된 오버헤드의 제공은 물론 각 기준점상에서의 감시, 경보, 제어와 관련된 정보 흐름을 규정하므로써 장치간 유지보수의 호환성을 실현시키는 중요한 내용들을 포함하고 있다.

또한 1990년도에는 광선로 시스템의 여러 광파라미터를 규정한 G.957, 958권고안이 마련되었다. 현재의 CCITT의 주된 연구는 모든 통신망 요소의 집중관리를 위한 TMN의 피관리 망요소인 SDH 설비의 OAM&P(OAM & Provisioning) 관련 표준화이며, 이를 위해서 G.784 권



고안에는 SDH 설비상의 DCC 채널을 이용한 OAM&P 정보 전달 프로토콜이 정의되고 있는 상태이다.

여기서는 SDH망이 TMN의 Subnetwork으로 운용될 수 있도록 전송망 관리자원의 조직적 모델화를 추구하고 있는데 이는 1992년에 SDH 기본적인 망관리의 표준안을 마련함으로써 Multi-vendor망관리 구축 기반이 되었다. 현재 CCITT SG XV와 SG VIII에서 마련되었거나 마련중에 있는 SDH 관련 권고안을 보면 <표 1>과 같다.

## 2. 국내 표준화 동향

한국통신(KT)은 국내 동기식 전송망의 구축을 위해서 1991년도에 STM-0(51.840Mb/s) - STM-1(155.520Mb/s) - STM-4(622.080Mb/s) - STM-16(2488.320Mb/s)의 동기식 디지털계위를

제정하였으며, 1990년도에는 국내통신망의 초기 디지털화의 일환으로서 동기식전송망의 도입계획을 확정하였다. 여기서 보면, 1994년 초부터 STM-1급을 적용하고, 1995년에 STM-4와 STM-16을 적용하며, 광대역회선 분배시스템을 1997년에 적용하는 것으로 되어 있다.

ETRI는 1989년 부터 STM-1급과 STM-16급 동기식 광전송시스템의 개발을 추진해 오고 있다. STM-1급 시스템 (SMOT-1: Synchronous Multiplexer & Optical Terminal - 1)의 경우 SONET Phase 1에 일부 Phase 2 표준기능(OAM&P기능)을 실장하여 1991년 말에 개발되었다. 이 장치는 기존 전송망과 호환성을 갖도록 1.544Mb/s, 2.048Mb/s, 44.736Mb/s 신호의 인터페이스기능, OSI 7레이어 및 객체지향의 관리 모델이 반영된 데이터통신 프로토콜 처리기능, 그리고 광전송기능을 갖는다. 이 장치는 STM-4급

Recommendation	Title
G.707	Synchronous Digital Hierarchy(SDH)Bit Rates
G.708	Network Node Interface for the SDH
G.709	Synchronous Multiplexing Structure
G.781	Structure of Recommendations on Equipment for the SDH
G.782	Types and Characteristics of SDH Equipment
G.783	Characteristics of SDH Equipment Functional Blocks
G.784	SDH managements
G.803	Architecture of Transport Network Based on the SDH
G.825	The Control of Jitter and Wander With Digital Networks Which are Based On The SDH
G.831	Management Capabilities of Transport Networks Based On the SDH
G.shr-1	SDH Self Healing Rings
G.shr-2	SDH Ring Interworking
G.958	Digital Line System based on the SDH for use on Optical Fiber Cables
G.957	Optical Interfaces for Equipment and Systems relating to the SDH
G.773	Protocol Suites for Q Interfaces for Management of Transmission Systems
M.3010	Principles for a Telecommunications Management network
Q.961	Lower Layer Protocol profiles for the Q Interface
Q.962	Higher layer protocol profiles for the Q Interface

<표 1> SDH관련 권고안 목록

과 STM-16급으로의 확장성 및 ADM 기능적용 등이 고려되어 개발되었다. 한편 DS3 및 STM-1, STM-4 신호에 대한 ADM기능이 실장된 STM-16급 2.5Gb/s 시스템은 1995년 말 상용화될 예정이며, 현재 DS1 및 DS3, STM-1급에 대한 회선분배기능을 갖는 광대역 회선분배시스템(BDCS) 및 STM-64급 10Gb/s 시스템의 개발이 진행중에 있다.

#### IV. 결론

이 글에서는 광통신기술의 발전과정, 향후전망, 응용사례 및 표준화 동향등을 살펴보았다. 광통신기술은 현재의 통신망에서도 매우 중요한 역할을 수행하고 있을 뿐만 아니라 2000년대 정보화 사회 구축을 위해서도 필수적인 기술로 인식되고 있다. 우리나라는 지난 15년동안 국책연구소 및 관련 기업들의 꾸준한 연구개발 활동결과로 광통신기술이 상당한 수준에 도달해 있으며, 현재 향후 5 - 6년 정도 집중적인 연구활동이 지속적으로 추진된다면 국내 광통신기술은 선진국수준에 도달할 수 있을 것이다. 따라서 이러한 기술기반을 토대로 지속적인 연구개발이 이루어지면 정부 주도로 추진중인 초고속 통신망 구축의 중요분야인 전송망 구축을 국내기술로 해결할 수 있을뿐 아니라 유망한 수출산업으로도 발전시킬 수 있을 것이다.

#### [ 참고문헌 ]

- [1] CCITT Recommendation G.707, 708 and 709, Geneva, blue book, 1988.
- [2] 김재근, "동기식 전송시스템의 연구개발 현황 및 동향", 대한전자공학회 텔레콤지, 제7권 제1 호 pp.64-73, 1991.
- [3] Peter K. Runge, "Undersea Lightwave Systems", AT&T Technical Journal, pp5-13, Jan. 1992
- [4] L. G. Kazovsky, et al, "Optical Local Area Network Technologies", IEEE Communication Magazine, pp50-54, Dec. 1994
- [5] M. Barrett, "The Challenge of Fiber in the Loop", IEEE LCS, pp12-16, Aug. 1990
- [6] K. Nosu et al, "100 Channel Optical FDM Technology and its Application to Optical FDM Channel-based Network", J. Lightwave Technol. vol. II, No.5/6, pp764-776, May/June, 1993
- [7] Jean-Michel Conily, et al., "Experimenting with ODP Concepts for SDH Transmission Network Management Specification", pp167-186, TINA '93, 1993
- [8] J. Johnson, "95 OFC Tech. Digest", p.21, 1995