

광통신 기술

※다음은 대한전자공학학회에서 발간하는 '전자공학회지' 2월호에 게재된 글에서 발췌한 것이다.※

I. 서 론

광학기술(photonics)의 응용분야 중에서 현재 가장 연구활동이 활발하고 또 앞으로 우리 생활에 큰 영향을 줄 분야는 광통신 분야 일 것이다. 광통신 기술은 기존의 통신기술과 광기술이 결합되어 커다란 기술혁신을 이룩한 대표적인 경우로서, 광통신기술은 현재에도 공중통신망의 일부인 전화국간 중계전송, 장거리 시외전송, 대륙간 해저통신 및 근거리 지역 통신망 등의 분야에 넓게 쓰이고 있을 뿐만 아니라, 향후 도래할 정보화사회의 하부구조가 될 것으로 예견되는 종합정보통신망(ISDN)의 구축에도 크게 기여할 것으로 판단된다.

이렇듯 중요성을 더해가는 광통신 기술도 그 역사는 불과 30여년에 지나지 않는다. 즉, 1960년초 최초의 레이저가 발명된 이후 이를 통신에 이용해 보고자 하는 노력이 세계 각국에서 여러 방향으로 진행되던 중, 1966년 영국의 Kao 박사가 유리섬유에 의한 광도파가 가능하다는 이론을 발표하자 광통신 연구는 광섬유 통신쪽으로 방향을 잡아 저손실 광섬유 제조 쪽으로 집중적인 연구가 진행되었다. 그후 1970년대에는 광통신 기술의 핵심인 저손실 광섬유 제조 기술과 반도체 레이저 및 광 검출기 제조 기술이 미국, 일본을 중심으로 경쟁적으로 개발됨에 따라 광통신 실용화의 길을 열었다.

이후 80년대에는 이러한 새로운 광통신 기술과 기존의 PCM 기술을 결합한 광전송 시스템의 개발이 본격화 되었으며, 이와 함께

심창섭, 강문호, 이일항
한국전자통신연구소
통신정보기술연구단

세계 각국에서 광 케이블 통신망을 본격적으로 구축함으로써 본격적인 광통신 시대를 열게 되었다.

이러한 광통신 기술은 초기에는 주로 공중 통신망의 국간 광전송시스템에만 주로 사용되었으나 점차 기술이 발전됨에 따라 대륙간을 연결하는 해저 케이블 분야와 가입자까지 광을 도입하는 광가입자망 및 사설통신망 LAN(local area network)등 여러분야로 활용이 확대되어 왔다. 또한 80년대 후반부터는 광통신 방식 자체에 대한 새로운 방안들이 제기되어 왔는데, 기존의 강도변조/직접검파방식과 대별되는 새로운 광통신 방식인 코히런트 광통신 방식에 대한 연구가 진행되어 상당한 기술진보를 이룩하였다.

광통신의 기술진보는 이외에도 광신호를 직접교환하는 광교환 기술, 광신호로 바로 증폭하는 광증폭기술 등 새로운 광통신 기술로 계속 이어지고 있다. 따라서 90년대에는 기존의 방식에 의한 고속 전송 시스템 보급 확대 및 광가입자 망의 보급도 계속 될 것이며, 새로운 광통신 방식에 대한 연구도 집중적으로 이루어질 것으로 예견된다. 이에 본 고에서는 광통신의 발달과정과 광전송 기술의 현황 및 추세에 대해 살펴보고자 한다.

II. 광통신 기술의 발달과정과 미래전망

1. 광통신 기술의 발달과정

광통신 기술에 대한 본격적인 연구는 1966년 영국의 Kao 박사팀이 통신용 유리섬유의 실현 가능성을 제시함으로써 시작되었다. 그 후 1970년 미국의 코닝사가 1Km당 전송 손

실이 20dB인 광섬유를 최초로 제조하였고, 1976년에는 일본에서 파장 1,300nm에서 손실이 0.5dB/Km인 광섬유를 발표했으며, 1979년에 이르러서는 석영계광섬유의 손실 이론 한계치에 가까운 0.2dB/Km(파장 1,550nm)인 광섬유의 제조가 가능하게 되었다.

저손실 광섬유의 개발과 더불어 광통신시스템을 구성하는데 필수적인 반도체 레이저 분야는 1970년 미국 AT&T사의 벨(Bell)연구소에서 단파장 GaAlAs 레이저의 연속 발전에 성공한데 이어 1976년 미국과 일본 등지에서 장파장 InGaAsP/InP 레이저(발진 파장 1,300nm)를 개발했으며, 1980년대 초에는 1,300nm와 1,550nm대역에서사용 가능한 단일 종 모드 레이저(DFB-LD)가 개발됨에 따라 비약적인 발전이 이루어지게 되었다. 또한 광검출기는 1970년대 초에 단파장 Si 검출기가 개발되었으며, 광원과 광통신시스템의 개발이 장파장쪽으로 감에 따라 장파장 대역인 Ge검출기가 개발되었으며, 최근에는 종래의 Ge 검출기보다 성능면에서 우수한 InGaAs 검출기가 상용화 되기에 이르렀다.

광섬유, 광원 및 광검출기가 비약적으로 발전함에 따라 광통신 기술은 70년 후반부터 실험실내의 실험 수준을 벗어나 본격적인 시스템 개발에 착수하여 1980년대 초에는 32Mb/s급의 광통신시스템을 상용화하기에 이르렀다. 이어 80년대에는 미국, 일본, 유럽 제국 등 통신 선진국들은 고속 광전송 시스템 개발을 본격 추진하여 전송시스템의 전송 용량을 1.7Gb/s(음성 24,000 회선용량)까지 올리는데 성공하였다. 즉, 미국은 '88년 1.7Gb/s 고속 전송시스템을, 일본은 '89년 1.

6Gb/s시스템 상용화에 착수하여 본격적으로 통신망에 확대 보급하고 있다.

2. 국내 광통신 기술 발전 과정

국내의 광통신 기술 개발은 1970년대부터 시작된 한국전자통신연구소의 광통신시스템 개발과 한국과학기술원의 광섬유 개발로 대별된다.

광통신시스템 분야는 1978년부터 한국전자통신연구소에서 연구에 착수한 이래 1979년 다중모드 광섬유를 이용하는 672회선 용량(45Mb/s)의 단파장 시스템의 전송실험을 성공시켰으며, 1984년에는 단일모드 광섬유를 사용하는 1,334 회선 용량(90Mb/s)의 광전송 시스템과 1988년에 8,064 회선 용량(565Mb/s)의 광전송 시스템을 각각 개발하기에 이르렀다. 45Mb/s 및 90Mb/s 시스템은 현재 국내 업체들에게 기술 전수되어 한국전기통신공사의 시내의 국간 중계용으로 사용하고 있으며, 565Mb/s 광통신시스템도 국내의 관련 기업체에 기술 전수가 마무리 되면 상용화 될 것이다. 현재는 2Gb/s급 광전송 장치를 개발 중이며, 이와 더불어 사무실 또는 각 가정에 대량의 정보를 광섬유로 전송하는 FTTH(fiber-to-the-home) 기술과 광 CATV 시스템 개발을 추진하고 있다.

광섬유분야는, 한국과학기술원에서 1979년부터 광섬유 제조 연구를 계속하던 중, 한국전기통신공사의 광통신 초기 도입 계획에 따라 국내 기업체들이 경쟁적으로 외국의 광섬유 제조 기술을 도입하여 1984년 이후부터는 국제 수준에 이르는 광섬유 및 광케이블을 생산하여 인접한 국내의 광통신 시스템에 쓰이

고 있다.

한편, 한국전기통신공사는 날로 증가해 가는 정보량에 대처하기 위하여 전국 기간망에 광케이블을 포설하였고, 90Mb/s 광단을 설치하여 장거리시의 전송로 및 중간 중계 전송에 사용 중이며, 또한 제주-고흥간에 해저 광케이블을 포설하고 국제 해저 케이블망과 연결하여 1990년부터 운영할 예정이다.

3. 90년대의 광통신 기술 전망

1) 개요

앞에서 살펴본 것처럼 60년대에 시작된 광통신 연구는 70년대의 준비 기간을 거쳐 80년대에는 본격적인 전송시스템 개발과 함께 광케이블망이 구축되기 시작했으며, 다가오는 90년대에는 광통신망의 보급 확대와 함께 새로운 광통신 기술의 발전 등으로 본격적인 광통신 시대로 접어들 것이 예측된다. 이러한 광통신 기술의 발전과정을 도표로 표시해 보면 표1과 같다.

우선 90년대 통신망의 핵심이 될 종합정보통신망(ISDN)은 그 초기단계인 협대역 ISDN에서 CATV/HDTV 등 영상정보와 고속데이터 서비스 까지를 포함하는 광대역 ISDN으로의 전환을 추구하게 될 것이다. 한편, 광섬유와 광소자를 중심으로 한 부품기술은 80년대까지를 광섬유와 DFB-LD 등 개별소자의 연구단계였다면 90년에는 전자 소자와 광소자를 한 칩에 집적시키는 광전집적회로(OEIC)와 광집적회로(photonic IC) 등 집적회로 기술이 추가될 것이다. 이 부분에 대해서는 광재료 및 광소자 분야에서 자세히 다룰 것이다.

표 1. 광통신 기술의 발전과정

분야 \ 년도	'60	'70	'80	'90	2000
통신망	PSTN	IDN	ISDN	BISDN	All Optical Network
광기술	광도파이프론	광섬유 반도체레이저	DFB레이저	OEIC	광 IC
전송기술	PCM전송		비동기 광전송	동기식 광전송	광가입자전송 Coherent 광전송
교환기술	기계식	Analong	Digital	광대역 패킷	광교환

광전송 기술은 현재까지는 2Gb/s급 수준의 광전송시스템들이 일부 선진국에서 상용화된 상태이나 90년대에 기술개발이 지속되면 약 10Gb/s급 시스템들이 상용화될 것이며, 코히어런트 광통신이나 광증폭기를 이용한 광전송 시스템들도 일부 상용화가 가능할 것이다. 또 통신망 동기 기술이 발전하게 되어 전송방식도 기존의 비동기식 전송에서 SONET과 같은 동기식 전송으로 전환이 이루어질 것으로 예상된다. 또한 성숙된 광통신 기술을 이용하는 해저 광통신시스템들이 90년대에 다량으로 전세계 해저면에 포설될 것이며, 광통신 제품의 가격 하락과 B-ISDN의 보편화를 통해 광가입자망의 보급도 활발해질 것으로 예상된다.

또한 90년대에는 코히어런트 광통신 기술이 성숙되어 일부 분야에서 실용화가 추진될 것이며, 광증폭기 분야나 솔리톤(soliton) 전송 분야도 많은 기술 진전이 이루어질 것이다. 또 교환 기술면에서도 광기술의 중요성이 증대될 것이다. 즉 미래의 광대역 ISDN에서 엄청난 양의 광대역 신호의 분배 및 교환 수요를 감당하려면 궁극적으로 광전송 기술에 상

용하는 광교환 기술이 필연적으로 대두될 것이다. 따라서 이러한 주요한 흐름들을 하나씩 살펴보기로 한다.

2) 동기식 전송 기술

90년대에 예상되는 광통신 기술의 커다란 변화 중의 하나가 동기식 광전송망의 확립일 것이다. 현재 우리가 사용중인 광전송 장치는 비동기식 전송 방식을 사용하고 있으며 각 제조사마다 규격을 달리하고 있어서, 전송 속도, 전송 프레임 구조, 광신호 특성, 감시 체계 등이 서로 다른 독립 인터페이스를 갖고 있어 제품 상호간에 호환성이 없으며 효율적인 통신망 구축도 어려운 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 1986년 부터 미국 벨 연구소, 벨 코아 등을 중심으로 새로운 동기식 전송 방법이 제기되었으며 이러한 제안들은 CCITT나 미국 TI 위원회 등의 국제 표준화 기구에서 집중 검토되었다. 이러한 검토를 거쳐 1988년 CCITT는 155Mb/s를 표준 전송 속도로 하는 동기식 NNI(network node interface) 표준안을 권고하였다.

이 권고안에 따르면 여러 소유자나 제조사의 광전송 터미널 사이의 상호 호환성을 제공

하도록 할 뿐 아니라 여러 기능을 갖는 광전송 망 구성이 가능하게 함으로써 광선로, 다중화기, 터미널, 분배 시스템(DCS) 사이의 직접적인 정합을 허용할 수 있도록 하였다. 더불어, 동기식 디지털 신호 속도가 기본 신호 모듈인 STM-1(155Mb/s)의 정수배인 계층군으로 하고, 경제적으로 구성할 수 있도록 간단한 동기식 바이트 삽입 다중의 기술을 이용하도록 하였다. 또한 이를 국제적인 전송 표준안이 되도록 권장하고, 가상 컨테이너 개념을 이용하여 유럽식과 북미식의 디지털 다중화 계위 신호를 수용함으로써 이들 사이의 불일치성을 해결하였다. 그외 광신호 형태, 광전력 수준, 광파장, 그리고 운용 및 유지보수에 관한 표준안도 권고되고 있다.

동기식 디지털 다중화 계위로는 그림 1(b)와 같이 STM-1, STM-4 및 STM-16이 CCITT에서 권고된 상태이며, 세계 각국은 이에 따른 동기식 전송장치 개발을 적극 추진하고 있다. 따라서 90년대에는 세계적으로 통용이 가능한 표준화된 전송 시스템들이 속속 개발되어 전송망에 설치될 것이며 이를 통해 범세계적으로 표준화되고 보다 효율적인 통신망이 구성될 수 있을 것이다.

3) 해저 광통신시스템

해저 광통신 시스템은 동축 시스템에 비해 가격이 저렴하고 전송 용량이 크며, 해중 분기 장치를 이용하여 두 개 이상의 지역으로 분기가 가능한 점 등 많은 장점이 기대되기 때문에 광통신 기술 개발 초기부터 이 부분에 대한 연구가 집중되었으나 해저 광케이블이 가지는 특수성 때문에 광통신 기술 개발 초기부터 이부분에 대한 연구가 집중되었으나 해

저 광케이블이 가지는 특수성 때문에 연구개발 기간이 오래 걸려, 1988년에서야 처음으로 대서양 횡단 해저 케이블이 설치될 수 있었다. 이러한 해저 광통신 기술은 이제 어느 정도 기술이 성숙되었으므로 90년대에는 여러나라 또는 여러 구간에 설치될 것으로 예상된다. 표3은 현재 설치되었거나 90년대 설치 예정인 해저 광통신 시스템의 세부 내역이다. 표에서 90년대 초반에는 5대양 각 지역에 해저 케이블이 포설될 예정이며 이것이 완성될 경우 위성 통신망과 해저 광케이블 망이 상호 보완을 이루는 고도화된 국제 통신망이 구축될 것이다.

4) 광 가입자망 기술

가입자망이란 전화국에서 일반 전화 가입자까지의 구간을 말하여, 단거리, 저통화량의 특징을 가지고 있다. 그러나, 사회가 발전함에 따라 가입자가 현재 전화, 저속 데이터 서비스외에 영상 서비스(CATV, HDTV, 영상전화 등)와 고속 데이터 서비스를 요구함에 따라 기존의 동선 방식으로서는 사용자의 요구에 부응하기 힘들게 되었다. 그러나 광통신 기술이 급격히 발전함에 따라 저손실, 광대역의 특성을 가지는 광섬유를 이용하여 광통신 시스템이 가입자망에의 운용이 가능하게 되었다.

광통신 기술의 가입자망 응용은 광통신 시스템을 미래의 통신 환경하에서, 기존의 전송 매질 및 전송 방식에 비해 얼마나 경제적으로 구성할 수 있느냐에 달려 있다. 현재는 광섬유, 광소자(광원, 수광소자, 광결합기, WDM 등)의 광부품 가격이 고가이며, 포설 및 접속 비용이 다른 전송 매질에 비해 본격

표 3. 세계의 주요 해저 광통신 시스템

이름	구간	용량	중계기수	완료시기
TAT-8	New Jersey - UK - France	560Mb/s	125×50 Km	1988. 11
TAT-9	NJ - Canada - UK - France - Spain	1.12Gb/s	미정	1991. 12
EMOS-1	Sicily(Italy) - Greece - Turkey - Israel	560Mb/s	미정	1990. 12
MAT-2	Sicily - Mallorca - Spain	560Mb/s	미정	1990. 봄
P-TAT-1	NL - Bermuda - UK - Ireland	1.2Gb/s	138×50 Km	1989. 7
P-TAT-2	구간미정	>1.2Gb/s	미정	1992
NORTH PACIFIC	Seattle - Alaska - Japan	840Mb/s	~255×50Km	1990. 12
HAW-4/TPC-3	San Francisco - Hawaii - Guam - Japan	560Mb/s	~49×50Km	1989. 봄
GPT	Guam - Philipines - Taiwan	140Mb/s	미정	1989. 가을
HJK	Hong Kong - Japan - Korea	280Mb/s	미정	1991
TASMAN-2	New Zealand - Australia	미정	미정	1991
TPC-4	Japan - U.S.	미정	미정	1995
미정	New Zealand - U.S.	미정	미정	1995
미정	Australia - Asia	미정	미정	1995

적인 보급은 이루어지고 있지 않으나, 제조 기술의 발전과 대량생산으로 비용이 하락하고 있으므로 가까운 장래에 경제성을 가지리라 예상된다.

광 가입자망의 전송 방식은 아날로그와 디지털 방식으로 대별되며, 이는 영상 신호의 전송 방식에 따라 크게 좌우된다. 아날로그 방식은 간단하고, 경제적인 시스템을 구성할 수 있는 반면 장차 구축될 것으로 예상되는 ISDN망을 고려하면 전체망의 디지털화에 큰 장애 요소가 된다. 반면에 디지털 방식은 디

지틀 전송기술 및 반도체 집적 기술의 발전으로 경제성이 급격히 향상되고 있으며 양질의 서비스를 제공할 수 있고 전체망의 디지털화 실현에 적합한 방식으로 선진 각국의 광가입자 시스템도 보다 고속의 디지털 시스템도 보다 고속의 디지털 시스템으로 발전되어 가고 있다. 한 예로 서독 HHI는 1.12Gb/s의 전송량을 가입자에게 제공하는 시스템을 소개하고 있다. 또한 코히어런트 전송 방식을 응용하여 다채널의 서비스를 제공할 수 있는 시스템도 소개되고 있으나 아직까지는 많은 기술

적 문제를 안고 있는 실정이다.

또 사용 광섬유는 시스템이 초고속 디지털 시스템의 진화를 고려하여 단일 모드 광섬유를 사용하려는 방향으로 나아가고 있다. 단일 모드 광섬유는 충분히 대역폭을 가지므로 장래에 새로운 광섬유의 포설이 필요없게 된다. 그러나, 단일 모드 광섬유를 가입자망에 보다 경제적으로 사용하기 위해서는 양방향 전송시 WDM 방식 등을 이용해서 광섬유의 사용량을 줄이는 것 등을 고려해야 한다.

이와 관련하여 일본이나 유럽의 각 나라는 지속적으로 여러 형태의 광가입자 시범망을 구성, 운용하고 있으며 일부는 상용화를 추진하고 있다. 따라서 90년대에는 광소자나 광섬유의 가격이 좀더 하락할 것이고 B-ISDN 가입자가 증가하면서 광가입자의 수요는 증가할 것이다. 또 광가입자의 수요의 증가는 가격의 하락을, 가격의 하락은 또 다른 수요를 창출하는 상승효과를 통해 광 가입자망의 보급이 크게 확대될 것으로 예상된다.

한편, 국내에서는 90년대 중반에 국내에 도입될 종합유선방송을 대비하여, 1989년 부터 한국전자통신연구소에서는 가입자까지 광케이블을 설치하여 CATV, FM방송, 데이터 등을 전송할 수 있는 광CATV 시스템을 개발하고 있다. 이것이 개발될 경우 국내에서도 광가입망자 구축이 가능해질 것이고, 이를 통해 B-ISDN으로도 진화도 추구할 수 있을 것이다.

IV. 요약 및 결론

위에서 살펴보았듯이 광통신기술은 90년대

통신기술에 매우 중요한 위치를 차지하게 될 것이다. 우선 광전송분야는 기존의 비동기식 전송방식에 의한 565Mb/s급이나 1.7Gb/s급 시스템들이 국간중계 및 해저통신 분야에 넓게 쓰일 전망이며, 아울러 90년대 후반에는 SONET과 같은 동기식 전송시스템의 보급이 확대될 것으로 예측된다. 아울러 B-ISDN망의 구축과 함께 광가입자망의 보급도 크게 증가할 것이다.

한편 새로운 통신방식으로서 코히런트 기술이 성숙되어 가고 있으며 선진국에서는 광 FDM 방식의 현장시험이 진행되고 있어서 이 기술의 조기 상용화 여부는 앞으로 수년 내의 기술발전이 관건으로 될 것이다.

또한 광증폭 기술이 발전하고 있어 기존의 중계장치의 대체가 가능해질 것으로 보이며, 특히 해저 및 대륙횡단 시스템 등에서 활용이 기대된다. 광교환 기술도 광전송 기술에 상응하는 수준까지 발전하여 2000년대에 예상되는 광자시대를 준비하게 될 것이다.

국내의 경우, 1970년대 후반부터 광통신 연구를 지속적으로 추진하여 1989년말 국내기술에 의해 565Mb/s 광전송 시스템의 현장시험을 마치는 등, 어느정도 기술자립이 가능한 수준에 이르게 되었으며 국내 기업에서도 광섬유 케이블 및 광통신 장치의 양산이 이루어지고 있다. 그러나 부품기술 및 기본기술은 여전히 취약한 상태로써, 90년대에 더욱 가속화 될 국제적인 기술개발 경쟁에서 이기기 위해서는 앞에서 언급한 신기술 및 부품기술의 확보에 더욱 주력해야 할 것으로 사료된다.