

광섬유 한 가닥으로

초당 테라비트의 정보 보낸다

글_ 김철한 서울시립대 교수 · 이상배 KIST 책임연구원 sblee@kist.re.kr

기획연재순서

- ① DNA
- ② 반도체
- ③ 자동차
- ④ 항공
- ⑤ 로봇
- ⑥ 차세대 전지
- ⑦ 토목
- ⑧ 바이오신약
- ⑨ 스마트 무인기
- ⑩ 인간유전체기능연구
- ⑪ 21세기 차세대 초전도기술
- ⑫ White Biotechnology
- ⑬ 지능형 교통시스템(ITS)
- ⑭ 나노바이오 융합 측정제어기술
- ⑮ 차세대 광통신 기술

1990년대 중반에 인터넷이 보급되기 시작하면서 통신망을 통해 전달되는 데이터 트래픽의 양은 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 인터넷의 보급 초기에 통신망 수요를 과잉 예측하여 통신망의 전송용량을 지나치게 급격히 확대시킨 결과, 2000년초 경기하락과 맞물려 정보통신 산업은 쇠락의 길에 접어들었다. 이러한 정보통신 산업의 침체는 구조조정 단계를 거쳐 2002년을 기점으로 연평균 8%의 성장을 달성하며 회복기에 접어들고 있다.

수요의 과잉예측에 따른 이러한 침체기에도 불구하고, 1990

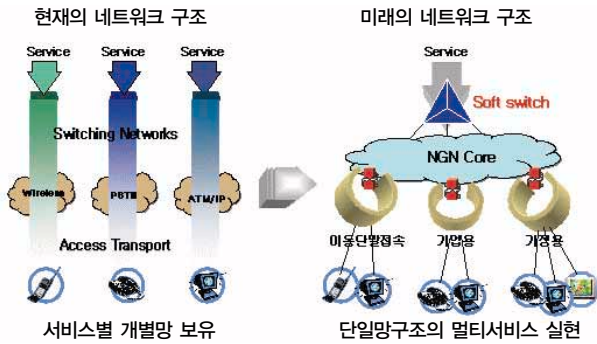
년대 중반 이후 초고속 인터넷 서비스는 급속하게 보급되었으며, 이동통신을 이용한 멀티서비스도 폭 넓게 보급되고 있는 실정이다.

우리나라 2010년까지 광대역 통합망 구축

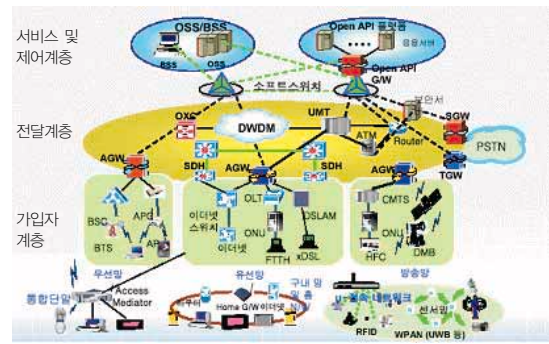
특히, 우리 나라의 경우에는 초고속 인터넷 서비스 및 광대역 멀티미디어 이동통신 서비스 등이 널리 보급됨에 따라 국가 기간 통신망을 통해 전달되는 데이터 용량은 날로 증가하고 있는 추세이다. 초고속 인터넷 서비스만을 고려하여도 2005년 2월말 기준으로 국내 가입자 수가 이미 1천200만 명을 넘어선 것으로 보고되고 있다. 이러한 초고속 인터넷 서비스 가입자들 모두에게 1인당 1 Mb/s의 데이터 용량을 제공한다고 가정하면, 통신사업자의 기간 전송망에서는 최대 1.2 Tb/s의 데이터를 수용할 수 있어야 한다.

이와 같이 데이터량이 폭발적으로 증가하는 국내 통신환경의 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 정부는 2010년까지 총 2조1천400여억 원을 투자하여 세계 최초로 광대역 통합망(BcN)을 구축하기로 했다고 발표한바 있다. 또한 KT, 하나로통신, SK 텔레콤 등의 국내 주요 통신사업자들은 유·무선 통합서비스를 제공할 수 있는 차세대 통신망(NGN)을 구축하려는 계획을 갖고 있다.

차세대 통신망에서는 <그림1>에 나타난 바와 같이 현재 통신망에서 각각의 서비스별로 구축되어 있는 통신망들을 단일망 구조로 통합하려고 한다. 이와 같이 차세대 통신망인 광대역 통합망에서는 음성, 데이터, 무선 등의 각 서비스별로 구축된 개별 통신망을 단일 구조로 통합함으로써 유·무선 단말기와



〈그림 1〉 차세대 통신망의 진화 방향



〈그림 2〉 광대역 통합망(BcN) 핵심 부품 구성도(한국전자통신연구원 2003)

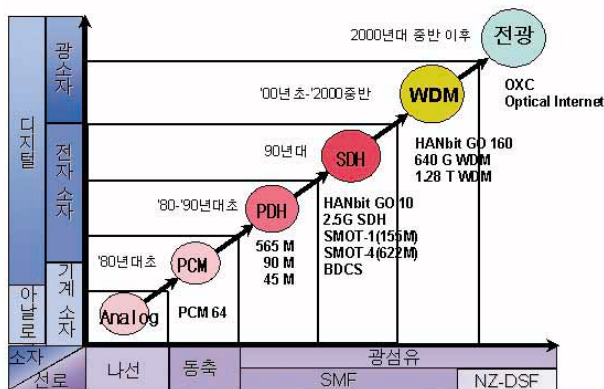
무관하게 언제, 어디서나 고품질의 통신과 방송 융합 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 이와 함께 유·무선사업자 모두 인터넷 프로토콜(IP)을 기반으로 하여 유·무선 통합서비스를 제공할 수 있는 통신망을 구축하려는 계획을 가지고 있기 때문에 인터넷 기반의 단일 통신망으로 쉽게 상호간 통신이 가능하게 될 것이다. 또한, 정부에서는 광대역 통합망을 통해 가입자에게 전달되는 멀티미디어 광대역 서비스를 2010년까지 50~100Mb/s로 증가시킨다는 계획을 갖고 있다. 이 경우에는 가입자 수를 100만 명으로 가정하여도, 기간망을 통해 전송되는 총데이터 용량은 산술적으로는 50~100Tb/s에 이를 수 있게 된다. 이와 같이 수십 Tb/s에 이르는 대용량의 정보를 초고속으로 장거리에 걸쳐 전달할 수 있는 통신방식은 광통신 전송 기술이 유일하다.

〈그림2〉는 광대역 통합망의 구성과 그에 필요한 핵심 부품들을 정리하여 나타낸 것이다. 그림에 나타난바와 같이 차세대 통신망의 물리계층을 구현하는데 있어 광통신 기술은 크게 두 가지 측면에서 핵심 역할을 담당하게 될 것이다. 우선, 정보가 물리적으로 전달되는 전달계층을 구현하는데는 광회선분배기(OXC)와 인터넷 프로토콜 기술을 기반으로 하고 서비스의 품질(QoS)을 보장해 줄 수 있는 고밀도 파장 분할 다중(DWDM) 방식 광전송망이 사용될 것이다. 다음으로는 이러한 대용량 정보가 이용자들에게 전달되는 가입자 계층을 구현하는 데는 맥내까지 광섬유가 포설되는 FTTH (Fiber To The Home)와 같은 광가입자망이 구현될 것이다. 이외에도 광회선분배기술과 광 패킷 스위칭 기술 등이 광대역 통합망을 구현하는 데에 핵심 역할을 담당할 것으로 기대된다.

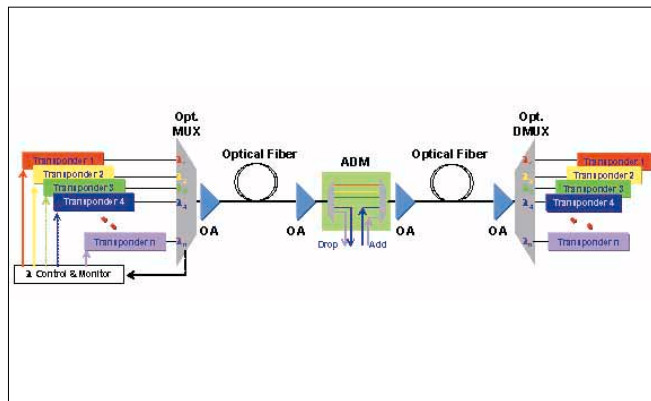
초고속 대용량 DWDM 방식 광전송 시스템 구축

기존의 전화선이나 동축케이블을 통한 데이터 전송 기술은 〈그림3〉에 나타난 바와 같이 수십 Mb/s 정도의 정보를 전송할 수 있는 수준이다. 이에 비해 광섬유를 통한 전송 기술은 단일 채널(레이저)을 사용하여 10Gb/s의 정보를 전달할 수 있는 수준까지 발전해 왔다. 이러한 전송 속도의 제한도 광소자에 기인한 것이 아니고, 정보를 처리할 수 있는 전자소자의 동작 속도에 의해 제한된 것이다. 즉, 전자 소자의 동작 속도가 향상된다면 광섬유를 이용한 전송 기술은 단일 채널을 통해 수 Tb/s의 정보도 전송할 수 있을 것으로 기대된다. 앞서 기술한 바와 같이 초고속 인터넷망의 발달로 국가 기간망을 통해 전달해야 하는 정보량은 Tb/s급으로 증가하고 있는 실정이다. 이러한 대규모의 정보를 전송할 수 있는 경제적인 방안은 파장 분할 다중 방식 광전송 기술을 이용하는 것이며, 현재 광섬유당 1.28 Tb/s의 데이터를 전송할 수 있는 광전송 시스템이 상용화되어 있다.

파장 분할 다중 방식 광전송망은 〈그림4〉에 나타난바와 같이 한 가닥의 광섬유를 통해 서로 다른 파장에서 동작하는 레이저들을 다중화하여 동시에 전송함으로써 통신망을 초고속 대용량화한다. 즉, 설치비용이 가장 많이 드는 광섬유나 광섬유 증폭기와 같은 광전송 선로의 교체 없이 레이저 채널 수를 늘리거나 채널 당 전송속도를 증가시키는 방법으로 통신망의 전송용량을 경제적으로 업그레이드할 수 있다. 최근 상용화되어 있는 DWDM 방식 광전송 시스템은 각 레이저 채널당 10~40Gb/s의 신호를 전송할 수 있으며, 채널은 64~128개 정도 사용할 수 있으므로, 최대 전송용량은 수 Tb/s 정도다. 따라



〈그림 3〉 전송 기술 발전 방향



〈그림 4〉 파장 분할 다중 방식 광전송망

서 채널당 전송속도를 40Gb/s 이상으로 높이고, 채널수를 320개 이상으로 증가시켜, 최대 전송용량을 수십 Tb/s 이상으로 증가시키기 위한 연구가 계속 진행되고 있다. 이와 같은 초고속 대용량 DWDM 방식 광전송 시스템을 구현하기 위해서는 광송신단은 광신호 변조 방식 연구가, 광수신단은 FEC (Forward Error Correction) 기술에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다. 또한 색분산 특성, 편광 모드 분산 특성을 갖는 광섬유와 희토류 첨가 광섬유 증폭기, 광섬유 라만 증폭기, 파라메트릭 증폭기 기술에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다.

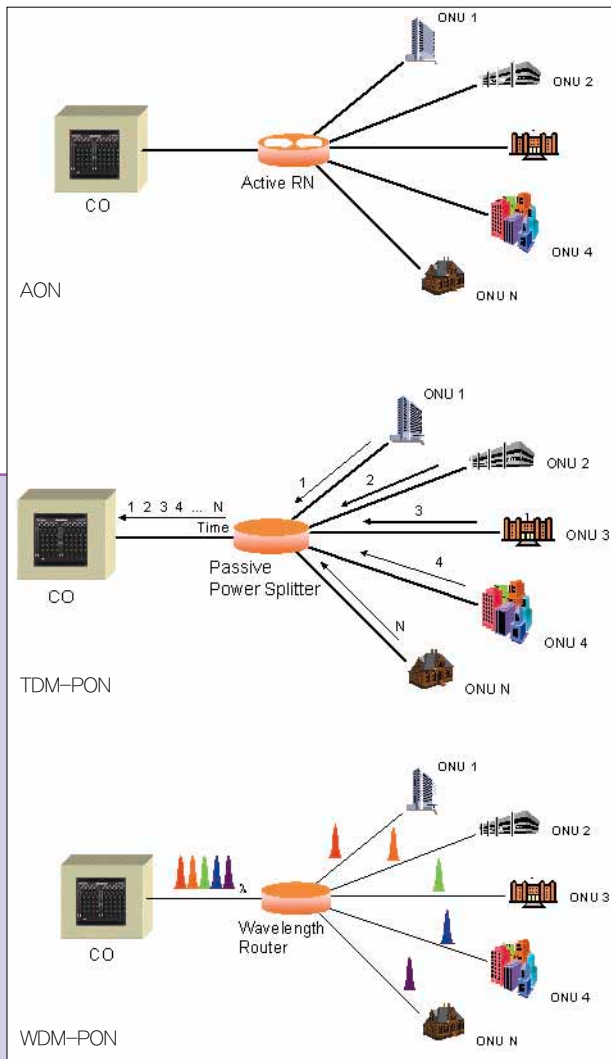
이상과 같은 기술들이 개발된다면 한 가닥의 광섬유를 통해 전송할 수 있는 정보량이 수십 Tb/s 이상으로 증가될 수 있으므로 차세대 광대역 통합망의 정보 전달체증을 효율적으로 구현할 수 있을 것이다. 또한 광전송 기술은 기존의 점대점 전송으로부터 광영역에서의 네트워킹이 가능하도록 전광분기결합기(OADM)나 광회선 분배기(OXC)를 기반으로 전송시스템으로 발전해 나갈 것이다.

광섬유 이용 광가입자망으로 대역폭 문제 해결

가입자망은 개개의 가입자를 서비스 제공자의 공중 교환망과 연결시켜주는 역할을 하는 통신망의 중요한 요소 중의 하나이다. 인터넷 서비스의 대중화와 함께 급속히 늘어난 정보 통신량을 처리하기 위한 기간망은 파장 분할 다중 방식 광전송 기술을 이용하여 크게 발전해온 것에 비해, 초고속 가입자망은 막대한 투자금액에 대한 부담으로 실용화가 늦춰지고 있다.

기존의 가입자망은 전화망으로부터 유래된 동선 기반의 꼬임상선(Twisted pair cable)을 매개로 구성되어 있기 때문에 최근 급격히 증가하는 데이터 및 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 충분한 대역폭을 제공하는데 한계를 보이고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위하여, 동선을 기반으로 하되 고도의 변조 기법을 사용하여 대역폭을 증가시키는 ADSL 및 VDSL이 등장하였으며, 한편으로는 케이블 TV 전송을 위해 구축한 HFC(Hybrid Fiber Coaxial)망을 기반으로 하는 케이블 모뎀 기술이 실현되어 보급되고 있다. 그러나 동축 케이블도 계속 증가하는 대역폭의 요구를 만족시키는데 한계가 있으며, 궁극적으로는 광섬유를 이용한 광가입자망이 이러한 대역폭 문제를 완전히 해결해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

광가입자망은 광섬유를 기반으로 하여 수백 Mb/s 혹은 수 Gb/s의 대역폭을 제공하는 것을 목표로 하며 점진적으로 각 가입자단까지 광섬유로 연결이 되는 FTTH(Fiber To The Home)으로 발전하게 될 것이다. 현재 보급되고 있는 ADSL 상품도 가입자 인근 1km 이내 지역까지 광섬유로 연결된 FTTC(Fiber To The Curb)방식으로 구성되어 있으며 점차 광섬유와 가입자간의 거리가 가까워지고 있다. 광가입자망은 가입자 댁내 접근 정도에 따라 대형 건물이나 사업 건물 입구까지 광케이블을 포설하는 FTTO(Fiber To The Office) 또는 FTTB(Fiber To The Building) 방식, 아파트 단지와 같은 밀집 지역 입구까지 광케이블을 포설하는 FTTC(Fiber To The Curb or Cabinet) 방식, 가입자 댁내까지 직접 광케이블을 공



〈그림 5〉 능동형 광네트워크(AON)과 수동형 광네트워크(PON)

급하는 FTTH 방식으로 다양하게 구분할 수 있다. 또한 광가입자망은 〈그림 5〉에 나타난바와 같이 서비스를 제공하는 중앙 오피스(CO)와 광가입자(ONU)의 연결방식에 따라 능동형 광네트워크(AON)와 수동형 광네트워크(PON)로 구분되며, PON 방식은 CO와 ONU를 연결하는 데에 시간 분할 다중(TDM) 방식을 사용하는 TDM-PON(E-PON)과 파장 분할 다중(WDM) 방식을 사용하는 WDM-PON 방식으로 구분된다. 이 중에서 수동형 광네트워크가 신뢰성이나 운용의 효율성면에서 많은 장점을 가지므로, FTTH를 구현하는 데 널리 사용되고 있다.

FTTH는 일본, 미국, 이탈리아 등의 선진국에서 이미 널리



〈그림 6〉 KT의 FTTH 시험 서비스 개요도

보급되고 있으며, 일본의 경우에는 가입자가 600만 명을 돌파한 것으로 보고되고 있다. 우리나라에서도 KT에서 FTTH 서비스를 2005년부터 상용화할 예정이며, 2004년 12월에는 광주에서 FTTH 시험서비스를 실시했다. 〈그림6〉은 KT의 FTTH시험 서비스의 개요도를 나타내며, 약 100명의 가입자에게 WDM-PON 방식을 이용하여, IP-TV, 주문형 비디오(VOD), 시간 이동 방송, 인터넷, 홈 자동화 등의 서비스를 제공하였다.

가까운 미래에는 가입자 가정마다 광섬유가 연결되어 대용량 멀티미디어 서비스를 대역폭의 제한 없이 이용할 수 있게 될 것이며, 기존의 멀티미디어 서비스 이외에도 넓은 대역폭을 요구하는 새로운 서비스도 손쉽게 제공받을 수 있을 것이다. 이러한 광가입자망 기술은 광대역 통합망의 하부 구조를 형성하며, 이용자 개개인이 광대역 통합망에 자유롭게 접속하여 유·무선의 다양한 멀티미디어 서비스들을 자유롭게 언제 어디서든 이용할 수 있도록 도와줄 것이다. 광통신 기술은 국가적으로 추진하고 있는 광대역 통합망의 구축에 핵심 역할을 수행할 것으로 기대된다. ㉔



글쓴이 이상배는 서강대 물리학과 졸업 후 동대학원에서 석사·박사 학위를 받았다. 국가 지정 광섬유 연구실 실장을 지냈으며, 현재 광기술연구센터 센터장을 겸임하고 있다.



글쓴이 김철한은 KAIST 전기 및 전자공학과를 졸업 후 동대학원에서 석사·박사학위를 받았다. KAIST 전기 및 전자공학과 연구교수, 테라링크 커뮤니케이션(주) 책임연구원을 지냈다.