

Special  
Thema

# Fiber-To-The-Home 기술 동향

김 동환 센터장 / 광시스템 팀장  
(한국광기술원 광통신테스트베드)

## 1. 서론

광가입자망 기술은 음성, 데이터, 화상 등의 인터넷 정보를 광파장 신호로 변환하여 고속으로 교환, 전달, 처리하는 기술이며, 사용자가 요구하는 속도와 트래픽 품질수준을 경제적인 방법으로 처리할 수 있는 광섬유 기반 네트워크 기술이다. 인터넷의 갑작스런 확산 그리고 대중화 시대를 지나, 사회 전 분야에서 인터넷 기반으로의 구조적 변화를 요구하는 인터넷 생활시대가 가속을 더해가고 있다. 이러한 인터넷 생활시대의 도래는 다양한 분야의 적용성, 편리성 및 보다 양질의 통신서비스를 초고속으로 저렴하게 이용하게 한다.

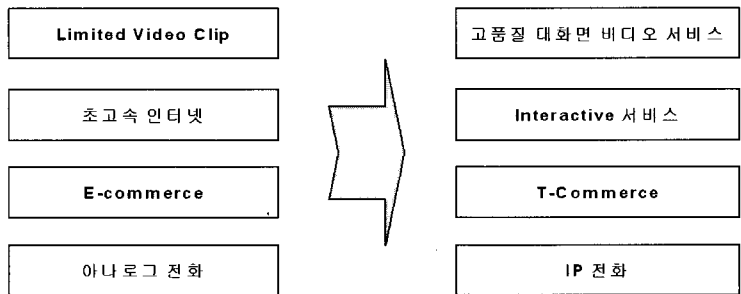


그림 1. FTTH 시대의 정보통신 서비스 변화.

현재 초고속 가입자망은 전화용 구리선을 이용한 ADSL에 의한 하향 속도 수 Mbps, 상향 수백 Kbps 정도 밖에 낼 수 없고 50 Mbps 이상의 속도를 낼 수 있는 VDSL 서비스는 전송구간이 1~2백미터 거리 밖에 해결할 수 없어 나머지 대부분의 가입자망 구간은 장기적으로 다른 통신매체, 곧 광섬유로의 대체가 불가피한 실정이다 따라서 향후 전개될 HDTV급 디지털TV방송, 원격교육, 원격진료, 디지털홈쇼핑 등 다양한 멀티미디어 응용서비스를 수행하는데 있어서 양방향 서비스 및 가입자에게 100 Mbps

급 고품질의 고대역폭을 저렴하게 제공할 수 있는 FTTH(Fiber To The Home)망 구축은 향후 망 진화 측면에서 필연적으로 전개될 전망이다.

## 2. 다양한 가입자망의 형태

광케이블이 가입자 네트워크를 구성하는 매체가 되기 위해서 우선 해결해야 할 문제는 바로 비용과 설비이다. 현재의 가입자망 구조에서 FTTH를 구현하려 한다면 각 가정에 광케이블을 하나씩 설치해야 하고 전화회선 수만급 광케이블이 전화국사에 설치되어야 한다. 이 같은 상황은 물리적으로 매우 불합리하며 비용면에서 매우 비효율적인 광가입자망 구성이 된다.

이에 대한 가장 현실적인 방안으로 대변되는 것이 PON(Passive Optical Network)이다. PON은 광분배 네트워크를 수동소자만으로 구성하고, 트리(Tree) 형태의 구조를 도입함으로써 전체적인 광선로 길이를 줄이는 장점을 가지고 있다.

광가입자망 구성방식으로 광케이블의 중단 지점

과 서비스 대상에 따라 FTTO/C/H(Fiber To The Office/Curb/Home)로 구분하고 통신국사측에서는 OLT(Optical Line Terminal)를 설치하고 가입자측에는 ONU(Optical Network Unit)를 설치하여 광선로 중단 기능 및 집선 기능을 수행한다.

이중 FTTH는 가장 최종적인 광대역 가입자망으로 최소 155 Mbps급 이상의 전송 속도 제공이 가능하고, 광케이블을 전화국사에서 개별 가입자 댁내까지 연결하여 광가입자망을 구축하는 것이다. 적용 가능한 망 구조로는 점대 점 구조(Point to Point Network; Home Run) 환형 구조(Ring Network) 점대 다 구조(Point to Multipoint Network)가 있다.

점대 점 구조는 통신국사의 광전송 장치(OLT; Optical Line Terminal)에서 각 가입자 건물의 광가입자 장치(ONU; Optical Network Unit)까지 광코어를 개별적으로 제공하는 구조이다.

따라서 통신국사에서 가입자까지 많은 광코어가 소요되지만 낮은 광손실, 최대의 전송거리, 넓은 전송대역폭과 높은 보안성을 확보할 수 있다.

환형 구조는 통신국사에서 각 가입자까지를 환형

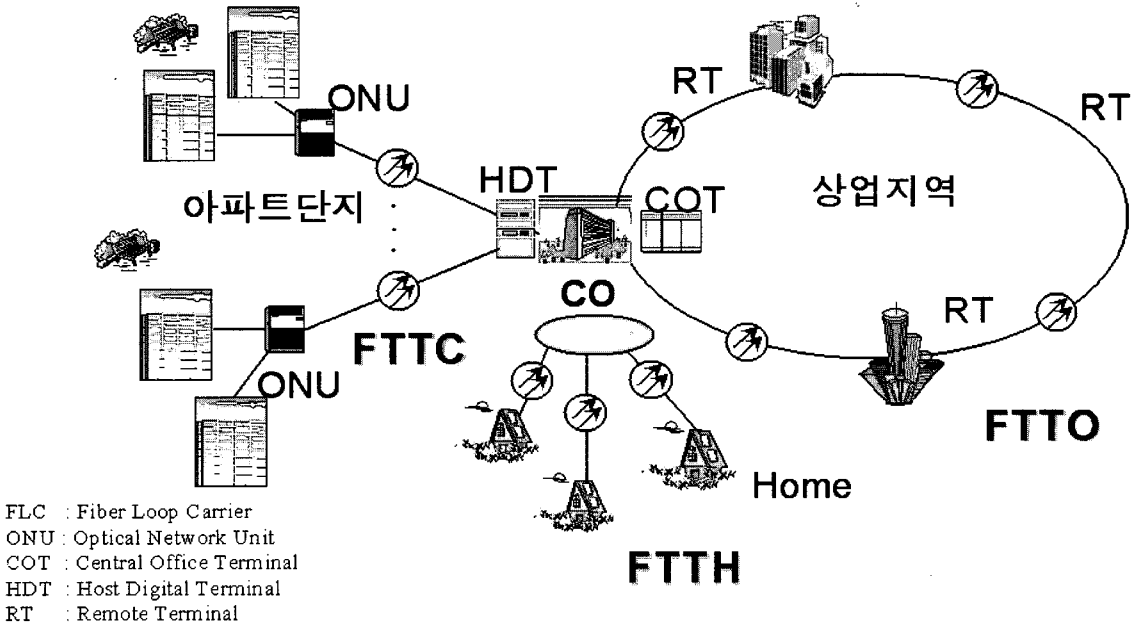


그림 2. 가입자망 구성도.

표 1. 광가입자망 종류 및 비교.

구분	광케이블	종단지점	서비스 대상
	OLT 설치 지역	ONU 설치 지역	
FTTO	전화국사	가입자 건물 내부	대량 수요 가입자 건물
FTTC	전화국사	밀집 주거지역 입구	아파트, 대형상가 등
FTTH	전화국사	가입자 덕내	주거 및 소규모 업무

의 광케이블망으로 구성한다. 여기서 점대 점 환형망은 많은 광코어가 소요되지만 다중 환형망은 점대 점 환형망에 비하여 광코어를 절감할 수 있다. 환형망은 매우 높은 신뢰성을 확보할 수 있고 대체경로를 통한 유지보수가 용이한 구조이다. 점대 다 구조는 통신국사의 광전송장치(OLT)와 여러 개의 광가입자 장치(ONU) 사이에 광신호 분기소자(Branching Component)나 액티브 노드(Active Node)가 놓인다. 다양한 형태의 점대 다 구조의 FTTH망 종류가 그림3에 나타나 있다.

점대 다 구조의 대표적 구조인 PON(Passive Optical Network) 방식은 수동 광소자만으로 구성된 네트워크이다. 최근 들어 PON 도입에 대한 논의

가 활발해지고 있고 주로 통신 프로토콜에 따라 분류를 하는 것이 일반적이며 크게 ATM-PON (APON), Ethernet-PON(EPON) 및 WDM-PON으로 분류할 수 있다. APON은 1990년 초 유럽의 통신사업자들의 모임인 FSAN(Full Service Access Network)에 의해 처음으로 소개되었다. FSAN은 광대역과 협대역 서비스가 모두 가능한 광대역가입자 시스템을 만들기 위해서 다중 프로토콜을 지원할 수 있는 ATM과 가장 경제적인 망구조인 PON을 선택했다. 이렇게 만들어진 APON 표준은 ITU-T 표준(G.983 시리즈)으로 채택되었다.

EPON은 APON이 전송용량의 한계와 고비용으로 인해 가입자망으로는 부적합하다고 판단한 Alloptic, World Wide Packet과 같은 몇몇 신흥회사들에 의해서 시작되었다. 이들은 인터넷 트래픽의 95%가 Ethernet 프레임을 통해 전달되고 Ethernet 데이터 용량도 10M, 100M급에서 기가급으로 증가함에 따라 EPON을 가입자망에 적용하면 APON의 전송용량 한계를 극복할 수 있으며 ATM과 IP 프로토콜간 변환에 따른 오버헤드(Overhead)를 제거하

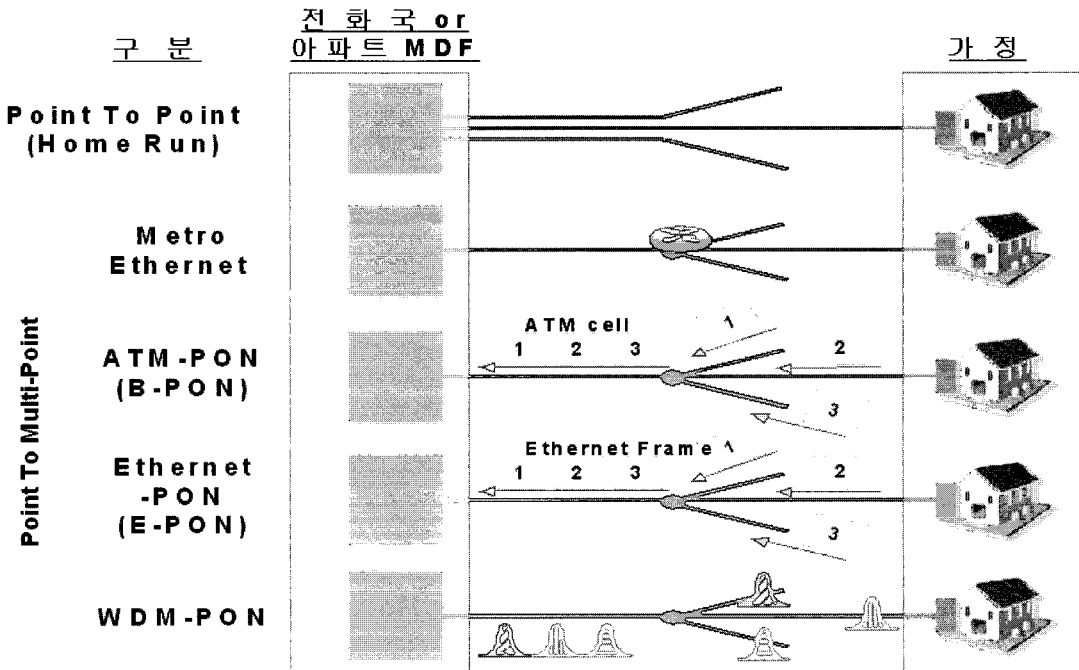


그림 3. 광가입자망 종류.

여 전송효율을 증가 시킬 수 있으므로 APON에 비해서 더 넓은 대역폭을 제공할 수 있으며, Ethernet이 갖는 가격 경쟁력을 이용하여 저렴한 비용의 서비스를 제공할 수 있는 장점을 갖는다고 주장한다.

한편, IEEE LAN/MAN Standard Committee(이하 LMSC) 산하 802.3 WG(Working Group)은 2000년 11월 Plenary Meeting에서 현재 널리 사용되고 있는 Ethernet을 가입자망에 적용하는 것을 목적으로 하는 EFM(Ethernet in the FirstMile) SG 결성을 승인하였다.

EPON과 APON의 가장 큰 차이점은 EPON의 데이터는 가변길이 패킷으로 전달되는 반면 APON의 데이터는 53 byte의 고정된 길이의 셀 형태로 전달된다는 것이다.

WDM-PON은 중앙 기지국에서 각 가입자에게 서로 다른 파장을 할당하여 동시에 데이터를 전송하는 방식으로 각 가입자는 할당된 파장을 이용하여 항상 데이터를 송/수신할 수 있다. 이 방식은 각 가입자에게 대용량의 데이터를 전송할 수 있을 뿐만 아니라 통신의 보안성이 뛰어나고 성능 향상이 용이하다. 이 방식에서는 서로 다른 파장의 광원들을 구비하여야 하며 구비한 광원의 파장을 항상 일정하게 유지하기 위한 부가적 회로가 필요하다.

### 3. 광통신 시장 분석

앞서 언급한 바와 같이 기존의 가입자계의 액세스 망은 음성과 저속 데이터 위주의 협대역 서비스를 위한 교환기와 단말기 간의 동선을 이용한 단순한 음성급 서비스가 주였다. 그러나 최근 VOD, CATV, HDTV 등과 같은 다양한 형태의 광대역 서

비스에 대한 가입자들의 수요가 증가하고, 특히 인터넷 서비스가 폭발적으로 증가하여 곧, 멀티미디어 트래픽이 음성 트래픽을 능가할 것으로 예측하고 있다. 인터넷 트래픽의 고속화, 방송과 통신서비스의 융합화로 액세스네트워크는 동선 기반에서 광선로 기반으로 전환이 이루어지는 시기가 된다. 특히, 무제한의 인터넷 응용서비스가 나타나게 되고 신생 응용 서비스 사업자(ASP: Application Service Provider)의 부흥이 예상되고, 전통적인 Telco, Cableco, ISP 등의 사업구도가 타파되고 새로운 ICP(Integrated Communication Provider)의 등장도 예상된다. 이러한 신산업 구조는 전 네트워크 영역에 걸쳐 변화를 유도하게 되는데 기존 사업구도를 새로운 사업구도로 전환시키는데 있어 선봉에 서게 되는 영역이 액세스네트워크 영역으로 오픈 인터페이스에 의한 개방화, POP의 대형화와 함께 스위칭 및 라우팅 기능의 분산으로 POP의 하위계층화(Tier-down) 현상이 발생하게 될 것이다. 가입자 구내는 100 Mbps Ethernet에 이어 1 Gbps / 10 Gbps Ethernet, 155 M / 622 M ATM이 사용되며, 구내의 사용자 단말 혹은 단말 접속단자까지 광케이블로 연결하는 FTTH(Fiber to the Desk)의 도입이 예상된다.

미국의 FTTH 시장 전망을 살펴보면 KMI/RVA 보고서에 의하면 FTTC(Fiber To The Cabinet)보다 성능 및 가격의 우월성을 갖는 대안으로 FTTH의 컨센선스(Consensus)가 확보되고 FTTH 설비 투자가 확대 될 것으로 예측하고 있으며, 아래 그림에서와 같이 FTTH 시장은 초기인 2001년에는 주로 건설회사가 주도 하였고 2002년에는 CLEC(Competitive Local Exchange Carriers), 2003년에는 지방 자치단체 등이 선도 하는 것으로 나타나지고 있다.

표 2. World Deployment of FTTH.

	미국	일본	스웨덴	이탈리아
Activity	Very Low	High	Modest	Low
Transmission	ATM/ Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet
Services	POTS, VoIP 10/100 Mbps Data Analog Video Digital Video	10/100 Mbps Data	POTS, VoIP 10/100 Mbps Data Analog Video Digital Video	POTS, VoIP 10/100 Mbps Data Analog Video Digital Video
정부역할	Very Low	Low	Modest	Low

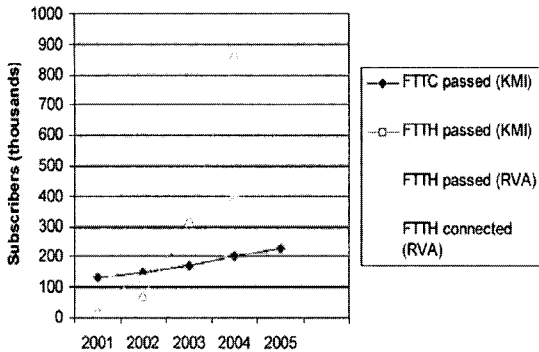


그림 4. Projections by KMI Research and Render, Vanderslice and Associates(RVA).

미국의 FTTH 프로젝트를 살펴보면 지역 특성이 스탠포드 대학교 인근으로 실리콘 벨리와 같이 높은 엔지니어 비율을 지닌 미국 캘리포니아주의 Palo Alto와 Mountain View를 대상으로 하여 전송속도 1 Gbps급과 10 / 100 Mbps급 Ethernet 서비스를 실시하고 있다. Central Office와 Remote 노드간의 망 구조는 단일모드 광섬유를 사용한 버스(Bus)타입이며 Remote 노드에서 가정까지의 구조는 멀티모드 광섬유를 사용한 스타(Star) 방식을 사용하고 있다. 백본망 구축은 1997년부터 이루어 졌으며 가입자망은 2000년 3월부터 이루어졌다. 현재 가입자 수는 10만명 정도로 추산되고 인터넷, VOD, VoIP, 회사와 가정의 VPN 등의 서비스를 제공하고 있으며 추정

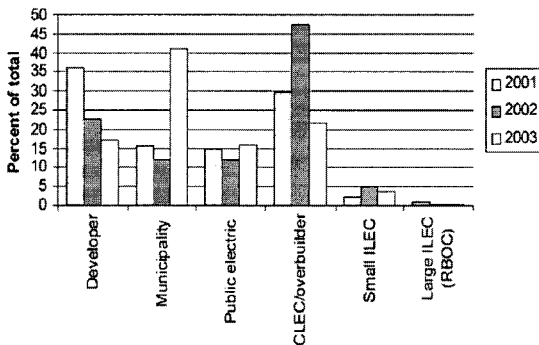


그림 5. Render, Vanderslice and Associates results of a US and Canada "Census" on Percentage installed FTTH base, By provider segment.

월 이용 요금은 70 US\$(10 Mbps), 180 US\$(100 Mbps)로 예상된다.

캐나다에서의 초고속 인터넷 서비스 제공을 위한 광가입자망 프로젝트를 살펴보면 CA\*net3 Project라 하여 백본을 위한 Optical Internet과 가입자망을 위한 GITx로 나누어진다.

GITS(Gigabit Internet to the School)라 하여 1999년 현재 6개 지역의 학교를 Ethernet(1 Gbps + 10/100 Mbps)으로 연결하였고 전국으로 확대 중에 있다.

GITH(Gigabit Internet to the HOME) 서비스는 2000년부터 학교뿐만 아니라 도서관, 일반가정 까지 Ethernet을 이용하여 초고속 인터넷 서비스를 제공키로 확대하였고 전송속도는 1 ~ 10 Gbps + 100 Mbps 이고 광섬유와 UTP5를 전송매체로 하였고 서비스 내용은 DVD, HDTV Video(~40 Mbps), Mega-email, Home cache 등이다.

일본의 경우 인터넷 관련 기반의 정비가 줄줄이 늦추어져서 정보기술(IT)의 낙후국으로 전락하였다. 그러나 타국보다 일찍부터 FTTH 개발에 중점을 기울인 결과, FTTH 분야에서 세계 최고수준의 기술과 장비생산 기반을 보유하고 있다. 따라서 초고속인터넷 인프라에서 미국유럽은 물론 한국보다 낙후한 것으로 평가받고 있는 일본은 FTTH를 앞세워 통신인프라 강국으로의 도약을 꿈꾸고 있다. 2003년 3월말 FTTH 가입자가 30만명을 돌파함으로써 본격적인 보급시대에 들어섰다. 이에 따라 ADSL에 더해 광통신망이 브로드밴드 인프라의 중심축으로 부상하고 있다. 이렇게 보급이 확산된 데에는 간사이전력(關西電力)의 자회사인 케이옵티컴이 2002년부터 서비스 이용 월정액을 4000엔까지 가격을 낮추며 적극 공세를 전개하였고, 이에 NTT서일본이 가격인하로 맞대응하면서 오사카를 중심으로 한 관서지역에서 가격경쟁이 격화되었기 때문이다. 도쿄 등의 관동지역에서도 NTT동일본과 도쿄전력이 치열한 가격경쟁을 전개하여 5000~6000엔으로 서비스 이용료가 인하되어 가입자가 급증하고 있다.

FTTH 가입자수는 아래 표에서 보듯이 2002년 1월에는 12,337명, 5월 50,930명, 7월 84,903명 등 완만한 증가세를 보이다가 9월에는 114,608명으로 10만명선을 넘어섰고, 12월에는 206,189명으로 20만명선을 돌파하였다. 2003년 3월에는 304,900명으로 30만

명선을 넘어섰는데, 이는 1년 전에 비해 11배나 늘어난 수치이다. 또 광통신망 가입자의 매달 순증가수가 지난해 1만5000건에서 올해 4만건으로 증가세가 가파른 상승세를 그리고 있다. 이같은 추세로 본다면 광통신망 가입자 수가 올해 말 170만명, 2004년 410만명, 2005년 710만으로 급증할 것으로 전망되고 있다.

표 3. FTTH 가입자수 추이 자료 : 멀티미디어 종합연구소(2003.4).

연도	03	02
1월	233,072	12,337
2월	263,144	18,188
3월	304,900	26,400
4월	-	34,930
5월	-	50,930
6월	-	68,600
7월	-	84,903
8월	-	99,404
9월	-	114,608
10월	-	138,030
11월	-	172,344
12월	-	206,189

현재, 광통신망 시장점유율은 아래 표에서 보듯이 도쿄 등 관동지역을 맡고 있는 NTT동일본이 36.4%로 1위를 고수하고 있는 가운데 치열한 가격경쟁에 나서고 있는 관서지역의 NTT서일본이 28.9%로 2위, 유즈 커뮤니케이션이 18.1%로 3위, 케이옵티컴이 10.1%로 4위를 기록하고 있는데 특히 가격경쟁을 선도하는 NTT서일본과 케이옵티컴은 점유율이 급격히 상승하고 있다.

ADSL의 양대 사업자인 NTT와 소프트뱅크는 각각 상반된 미래사업을 전개하고 있는데 NTT는 현재의 폭발적인 ADSL의 급증세에도 불구하고 결국 FTTH로 갈 수밖에 없다는 'FTTH 우위론'에 입각하여 광통신망 투자를 크게 늘리고 있는 반면, 소프트뱅크사는 FTTH의 여러 문제점 때문에 ADSL이 계속될 것이라는 'ADSL 우위론'을 주장하고 있다. 그러나 최근 FTTH 가입자가 급증하자 전략을 변경하여 소프트뱅크 그룹내 소프트뱅크BB는 2003년 여름부터 법인을 대상으로 광케이블에 의한 초고속 인터넷접속서비스와 인터넷전화서비스를 함께 묶어

표 4. 일본 광통신망 시장 점유율(2003년 3월말 현재) 자료:멀티미디어 종합연구소(2003.4).

서비스 업체명	시장 점유율
NTT 동일본	36.4%
NTT 서일본	28.9%
유즈 커뮤니케이션	18.1%
케이옵티컴	10.1%
기타	6.5%

판매에 나서는 등 광통신망(FTTH) 사업에 본격적으로 진입할 예정이다.

망 구성에서는 광신호 분기소자나 액티브 노드가 놓이는 위치가 매우 중요하다. 광신호 분기소자가 파장 다중화 기술을 적용하지 않는 경우 분기수가 늘어남에 따라 삽입손실은 증가하고 전송거리는 짧아진다. 반면 이 광신호 분기소자가 파장 다중화 기술을 적용한 파장분할 다중화(WDM; Wavelength Division Multiplexing) 시스템인 경우에는 분기수가 증가함에 따라 삽입손실은 크게 증가하지 않으나 파장의 관리가 어렵게 된다.

광신호 분기소자가 통신국사내에 설치되는 경우에는 적어도 하나의 광코어가 통신국사와 가입자 사이에 연결돼야 한다. 따라서 많은 광코어가 소요되지만 광신호 분기소자가 국사내에 설치됨에 따라 광신호 분기소자를 위한 환경조건은 좋은 편이다.

이와 달리 광신호 분기소자가 옥외선로의 접속함체나 캐비닛 또는 가입자구내에 설치될 수 있는데 이때는 광전송 장치에서 광신호 분기소자까지의 광코어를 절감할 수 있다. 그러나 광신호 분기소자가 옥외선로 등에 설치됨에 따라 광신호 분기소자의 환경조건이 좋지 않은 편이다.

광케이블의 배선방법은 지리적 조건, 인구밀도, 미래 광수요 등에 대한 요소를 고려해 경제적이고 효과적인 방법으로 결정돼야 한다. 전송용량, 전송거리, 수용 가입자수가 증가할 때를 대비해 효과적인 광통신망의 확장방법이 제시돼야 하며, 또한 광케이블 경로는 통신망의 전송성능(감쇄범위·반사손실·분산 등)을 염두에 두고 설계돼야 한다.

광통신망의 구성요소로는 광케이블, 광접속함체, 분기소자, 광증폭기, 감쇄기, 분산 보상소자, 필터 등이 있다. 특히 급전을 필요로 하지 않는 광신호 분기소자를 적용한 광가입자망을 수동 광가입자망(PON; Passive Optical Network)이라 하고 현재 별

도의 권고문으로 표준화 추진 중이다.

#### 4. 결론

광가입자망의 구축은 FTTO와 FTTC방식을 중심으로 진행 중이다. FTTC는 xDSL기술과 연계하여 고속통신서비스를 제공하기 위한 방안으로 대두되고 있다. FTTH는 B-ISDN의 궁극적인 목표이긴 하지만 이의 실현을 위해서는 경제적인 문제가 해결되어야 한다. 현재 국내의 경우 2005년부터 광주지역을 중심으로 2만 가구를 대상으로 실험적 FTTH를 구축할 예정이나 홈네트워크 구성 및 서비스 창출이 풀어야 할 과제로 남아있다. FTTH는 모든 가정까지 광케이블을 연결해 방송, 통신을 포함한 모든 서비스를 하나의 네트워크로 가능케 하는 것으로 주택형 광가입자 전송장치의 개발, 광분배 및 접속기술, 센서기술 등의 기반 기술연구, 광커넥터, 대용량 ATM스위치, 분산시스템, 가입자 대내의 네트워크화 등 첨단 응용기술에 대한 연구도 병행되어야 한다. 이와 함께 광케이블 포설 및 장비개발에 대한 막대한 예산소요 문제도 해결되어야 할 큰 숙제로 남아있다.

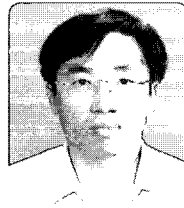
다시 말하자면 FTTH는 투자비가 많이 요구되기 때문에 모든 가정에 보급되기까지는 많은 시간이 소요될 것으로 예상되며, 기술 발전과 경제성 확보에 따라 보급이 확산될 전망이다. 광가입자망 기술인 PON(Passive Optical Network)은 동선 전화망 구축 비용 수준의 저렴한 기술로서 기업 및 SOHO, 일반 가정에까지 광섬유에 기반한 가입자망의 구축을 지원할 수 있다. PON 기술은 광 스플리터(Splitter) 혹은 WDM MUX/DMUX를 통하여 여러 가입자가 광가입자망을 공유하는 방식으로 전송매체에 따라 ATM-PON, Hybrid-PON, WDM-PON, Ethernet-PON 등으로 구분되며, 현재 ATM-PON 기술은 선진국을 중심으로 통신망에 적용되고 있는 단계이다.

광통신망의 이러한 기술들은 효과적인 광통신망 구축을 위해 필수적으로 갖춰야 할 기술들이며 국내에도 수많은 업체들이 이 분야와 관련돼 있다. 국내의 경우 그동안 동선로를 기반으로 한 초고속서비스(xDSL)나 케이블TV 망에 의존한 서비스 제공에 치중한 면이 있으나 이제는 FTTH 망 구축과 이를 통한 서비스 제공방안에 대해서도 보다 적극적인 연구가 필요한 시점으로 판단된다.

현재 우리나라는 세계 1위의 광대역 인터넷 보급률을 과시하고 있으나 이는 과도기적 기술인 ADSL에 기초하고 있다. 일본의 경우처럼 향후 미래의 초고속 기반으로 부각될 FTTH에 대한 장비 및 기술개발을 추진하고 이의 부설 및 보급방안을 시급히 강구해야 할 것이다. 또한 세계적으로 차세대 정보기반으로 주목을 받고 있고, 일본이 본격적으로 연구개발에 착수한 편재적 네트워크(Ubiquitous Network)에 대한 체계적인 준비를 추진해야 할 것이다.

나아가 균형 있는 IT화의 중요성은 거듭 강조해도 부족함이 없을 것이다. IT입국은 단순히 초고속 네트워크의 구축으로 완성되는 것이 아니다. 다양한 네트워크, IT 플랫폼, 콘텐츠 등 중층적 기술개발은 물론, 전자상거래 촉진, 전자정부 실현, IT인재 육성이 조화를 이루는 발전전략이 추진되어야 할 것이다.

#### 저자지역력



성명 : 김 동 환

◆ 학 력

- 1985년 서울대 자연과학 대학 물리학과 이학사
- 1987년 KAIST 물리학과 이학 석사
- 1990년 KAIST 물리학과 이학 박사

◆ 경 력

- 1990년 ~ 2001년 한국과학기술연구원(KIST) 광기술 연구센터 선임연구원
- 1994년 ~ 1996년 영국 런던대, Imperial College (Optics Section) 객원연구원
- 2001년 ~ 2002년 Novera Optics Korea 책임연구원, 연구소장
- 2002년 ~ 현재 한국광기술원 광통신테스트베드 센터장 / 광시스템 팀장