

## FTTH 광가입자망 기술 및 진화 방안

김 종 안, 유 건 일, 김 운 하

KT 기술연구소

### I. 서 론

최근 몇 년간 가입자망에 불고 있는 변화의 바람은 지난 수 십년 간의 미미한 변화와 비교할 때 매우 놀라운 것이며, 이러한 변화는 인터넷 서비스, DSL 기술의 발달, CATV와 무선통신의 보급으로 인한 가입자망 경쟁체제의 형성으로 이어졌다. 우리나라의 광대역서비스 시장은 2002년 기준으로 KT(49%), 하나로통신(27%), 두루넷(15%) 등의 점유율로 3강 체제 양상을 보이고 있으며, 이들 사업자들의 제공하고 있는 기술 방식은 xDSL 57%, CATV 33%, 기타 10%로 기존의 동선을 활용한 DSL 기술이 주류를 이루고 있으며, 동축케이블을 활용한 CATV 방식이 그 뒤를 잇고 있다<sup>[1]</sup>. DSL망은 광케이블과 기존의 동선 케이블을 이용하여 FTTC(Fiber To The Curb)+ADSL 또는 FTTC+VDSL 형태이며, CATV망은 FTTC+coax 형태이다.

가입자망은 몇 가지 특징을 가지고 있다. 첫째, 비교적 짧은 20Km 내외의 도달 거리이다. 우리나라의 경우는 더욱 짧아서 99.8% 가입자가 6Km 이내에 있으며, 10Km 이내에 거의 모든 가입자가 포진해 있다. 둘째, 가입자의 트래픽은 분산적이며 동시에 통계적 다중화가 가능한 집합적 특성이 있다. 즉, 모든 가입자가 특정시간에 동시에 접속되어 있지 않다는 점이다. 셋째, 케이블 포설 등의 투자비의 상당부분이 노동 비용에 의해 고정적이라는 점이다. 그리고 마지막으로 요구 트래픽 품질, 홈 또는 비즈니스 가입자 등의 특성이 다양하다.

가입자망에서 광케이블의 구축 즉, 광가입자망의 구축은 궁극적으로는 전화국에서 각 가입자택내까지 광케이블을 보급하여 광대역 통신 서비스를 실현할 수 있는 FTTH(Fiber To The Home)가 목표이지만 경제성, 인프라 구축의 문제, 선도적 서비스의 부족, FTTC 활성화 등으로 인해 상당기간 광통신망, 동선망, 무선망이 혼재할 것으로 보인다. 한편, 최근 공중 통신망을 통한 음성위주의 PSTN 서비스 수요는 이미 한계에 도달한 듯하나 전자우편, 웹 등의 인터넷 서비스 뿐만 아니라 Video On Demand(VOD), Virtual Private Network(VPN) 등과 같은 데이터, 비디오 등의 멀티미디어 서비스로의 급격한 확장이 이루어지고 있다. 이는 필연적으로 보다 넓은 대역폭과 서비스의 고품질 요구로 이어질 것이다. 이러한 가입자 요구를 만족하기 위한 필요 대역은 HDTV 3채널, 화상회의(전화), 게임, 웹 서핑 등 대략 가입자당 65Mbps를 상회할 것으로 예측하고 있다<sup>[2]</sup>.

II장에서는 FTTH 도입 배경을 살펴보고, III장에서 FTTH에 필요한 다중화 방법, 및 FTTH망의 구축을 위한 Point To Point(PTP), Active Optical Network(AON), Passive Optical Network(PON), Wavelength Division Multiplexing-PON(WDM-PON) 망에 대해서 소개하고자 한다. IV장에서 Full Service Access Network(FSAN), IEEE 802.3ah, FTTH council 등의 관련 표준화 활동을 살펴보고, V장에서는 국내외에서 진행되는 FTTH Field Trial을 소개한다. 그리고 VI에서 향후 FTTH로의 진화 방안을 제시하고자 한다.

## II. FTTH 도입 배경

가입자망은 전화국 노드, 가입자 AP(단자함) 노드, 그리고 이 두 노드를 연결하는 단일링크로 구성된 비교적 간단한 시스템이 수십만 개가 배열되어 있는 구조라 할 수 있다. 이러한 망을 루프라고 부르는데 각 루프는 다른 루프로써 대체될 수 없으며 각 루프는 독특한 논리적인 회선과 대응된다. 따라서 가입자망에서 라우팅, 트래픽, 망관리 등의 방법은 일반 망과는 상이하다. 결국 가입자망은 일반적인 망에 적용되는 기술과는 다른 별개의 기술이 적용되어야 하는 독자적인 망 기술 분야로 세심하게 다루어져야 한다. KT의 경우, 현재의 가입자망은 대부분 동선으로 되어 있고 동선케이블의 전송손실제한에 따라 가입자 수용구역이 제한된다. 이들 동선 선로는 전송손실, 고주파 전송에 한계가 있어 광대역서비스를 위해서는 전송특성이 불충분하다. 한편, 최근의 VDSL의 경우에는 상향/하향 속도 6.4Mbps/52Mbps, 3Mbps/25Mbps 혹은 양방향 13Mbps를 최대 1.5Km까지 제공할 수 있지만 가까운 미래의 광대역 멀티미디어 수요(약 64Mbps 이상)를 수용하기에는 역부족인 상황이다. 기존의 동선케이블은 100Kbps~52Mbps에 이르는 전송속도를 가지고 있지만 거리에 제한적이며, 미래의 광대역 수요를 충족하기에는 역부족이다. 결국 이를 해결할 수 있는 방안은 FTTH 망구축이다. 광케이블은 전송특성이 아주 우수하고, 전기적 장애가 없으며, 다양한 다중화 기술을 이용하여 미래의 광대역 수요에 적극 대처할 수 있으며, 트랜시버, 수동광소자 등의 가격 하락 추세 등을 감안하면 가입자망에 광케이블을 맥내까지 도입하여야 하는 이유는 자명하다

FTTH는 가입자의 맥내 또는 인입단까지 광케이블을 연결한 가입자 통신 인프라라고 할 수 있다. 막대한 망구축 비용에도 불구하고 가입자 트래픽의 급격한 확대와 미래의 신규서비스에 적응력에 있어서 FTTH는 다른 망구조(FTTC, HFC, Wireless LAN)에 비해서 훨씬 뛰어나

다. 그러나, FTTH 기술은 아직도 표준화 정립 중이거나 개발 중에 있는 기술로 아직 특정 기술을 우위로 꼽기는 무리가 따른다. 따라서 본 고에서는 각 기술의 망구조와 각국의 Field Trial 중심으로 소개하고자 한다.

## III. FTTH 광가입자망 기술

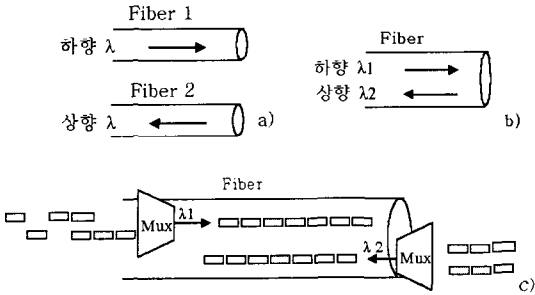
### 1. FTTH 기본 구성 요소

FTTH망을 구성하는 기본적인 요소는 송신기(transmitter), 광(optical fiber), 수신기(receiver) 등이다. 광신호는 송신기에서 음성, 비디오, 데이터를 변조하여 수신기에 광을 통하여 전송하며, 수신기에서는 광신호의 복조를 수행한다. 광신호는 Optical Line Terminator(OLT)와 Optical Networking Unit/Optical Networking Terminator(ONU/ONT)에서 종단된다. OLT는 통상 국사내에 설치되어 코어망과 가입자망을 서로 연결하는 기능을 하며, 하향으로는 음성, 비디오, 데이터를 다중화하여 가입자의 ONU에 전송한다. ONU는 가입자 구내/맥내에 설치되어 가입자망과 홈넷을 상호 연결하는 역할을 하고, 하향의 신호를 수신하여 역다중화하며 상향으로 가입자의 트래픽을 다중화하여 전송한다.

### 2. 다중화 방법

다중화 방법은 크게 3가지 즉, Space Division Multiplexing(SDM), Wavelength Division Multiplexing(WDM), Time Division Multiplexing(TDM)으로 나뉘어 볼 수 있다. FTTH 망구조를 이해하기 위해서 이들 다중화 방법에 대해 정리할 필요가 있다.

SDM은 별도의 물리적 링크를 통하여 전송하는 방법으로 각각의 신호는 별도의 광케이블로 전송된다. <그림 1(a)>는 상향 및 하향에 별도의 Fiber를 사용하여 전송하는 예를 도시한 것으로 한쪽 Fiber는 하향 트래픽, 다른쪽은 상향 트래픽으로 사용한 것이다. WDM은 하나의 물리적



〈그림 1〉 SDM, WDM, TDM 방식

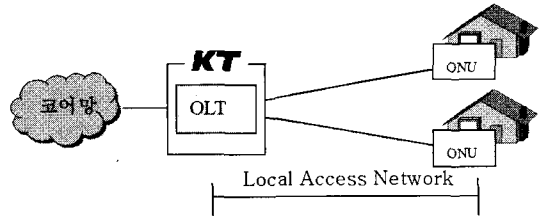
링크에 각각의 파장을 분할하여 전송하는 방법이다. Frequency Division multiplexing(FDM)이라고도 하며, 데이터는 할당된 고유의 파장에 실린다. 〈그림 1(b)〉와 같이 상향/하향에 각각의 파장을 할당하여 사용하기도 하며, 서비스에 따른 별도의 파장을 할당하여 사용하기도 한다. TDM은 〈그림 1(c)〉와 같이 서로 다른 신호를 하나의 파장에 각각 분리된 타임슬롯에 할당되어 전송된다. 각 신호는 몇 개의 타임슬롯으로 분할되어 처리된다. 고정 TDM은 사전에 할당된 타임슬롯에 고정적으로 사용하며, 동적TDM은 대역의 상황에 따라 적절히 타임슬롯이 할당되므로 대역 효율면에서는 유리하다.

3. FTTH 망구조

FTTH는 서로 다른 형태의 다중화 방법을 이용하여 다양한 형태의 망구조를 펼 수 있는데 크게 4가지 즉, Point to Point(PTP), Active Optical Network(AON), Passive Optical Network(PON) 그리고 논리적으로 PTP라고 할 수 있는 WDM-PON 방식을 들 수 있다.

1) PTP 망구조

PTP FTTH는 Home Run 구조라고도 하며, 〈그림 2〉와 같이 국사에서 각 가입자 대내/구내에까지 광케이블이 포설되어 있는 망구조를 말한다. 각 가입자는 특정 링크를 점유하게 되므로 가입자간 충돌(Contention)이 발생하지 않는다. 하지만 자원의 공유 정도는 가장 낮아 투자 비용은 증가한다. PTP FTTH는 다수 서비스



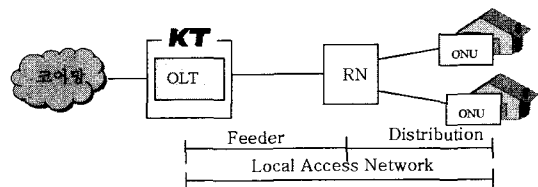
〈그림 2〉 PTP 망구조

사업자가 존재하고, 상호간의 경쟁요소가 발행할 경우, 아주 뛰어난 장점을 갖는 것으로 평가된다.<sup>[3]</sup>

2) AON 망구조

AON FTTH 구조의 대표적인 예는 〈그림 3〉과 같다. 가입자 지역내의 적절한 위치 즉, Controlled Environment Vault(CEV), 맨홀 또는 전주에 설치되는 원격노드(Remote Node: RN)에서 가입자의 트래픽을 각 가입자에게 분산하게 된다. 즉, CO에서 RN까지의 Feeder 링크는 모든 가입자가 공유하고 RN에서 ONU까지는 각 가입자가 점유하는 구조이다. 그런데 RN은 능동 광 및 전기적 소자를 가지고 있으며 라우터나 이더넷 스위치 같은 기능을 담당한다.

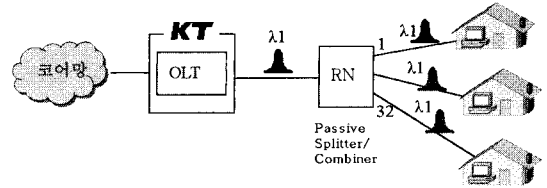
AON 망구조를 응용한 구조의 현황을 간략히 살펴보자. 국내에서는 FTTH 단계에 접근하고 있지는 않지만 FTTC+LAN SW 망구조 및 FTTC+IP-VDSL을 혼합하여 초기 단계의 FTTH 서비스를 제공하고 있다. 이들 구조는 “last mile” 구간에서 광케이블의 구축이 이루어지면 비교적 쉽게 FTTH로 발전 가능한 방법이 기도 하다. 국외에서는 일본에서 Ethernet LAN을 이용하여 가입자에게 100 Mbps Ethernet을 서비스하고 있으며 보다 상세한 설명은 V장에 있다.



〈그림 3〉 AON 망구조

### 3) PON 망구조

PON은 FTTH 광대역서비스 기반 기술로 모든 가입자가 같은 광신호를 수신하므로 AON 방식과는 달리 내재적으로 방송형 성격을 띄고 있다. 하향의 모든 트래픽은 모든 ONU가 수신할 수 있으며, 상향의 경우에는 모든 가입자가 트래픽을 송신하기 위해 contention을 벌려야 한다. 하향은 방송형으로 데이터가 전달되고, 상향은 ONU들 간의 데이터 충돌 방지책으로 TDMA 방식을 사용한다. TDMA로 상향 데이터가 전달되기 위해서는 초기 단계에서 레인징 기능을 수행하여 각 ONU들과 OLT간 동일한 논리적 거리가 되도록 조절하는 기능을 수행하고, 상향 대역을 효율적으로 사용하기 위해 DBA(Dynamic Bandwidth Allocation) 방식을 사용한다. 하향 데이터는 해당 ONU만 볼 수 있도록 암호화시켜 전달한다. 이러한 PON의 고유한 기능들은 PON 기술의 핵심 기술로 분류가 된다. PON의 대표적인 구조도는 <그림 4>와 같다. AON과 달리 PON에서는 RN에서는 수동광소자만 가지고 있으며, 파장을 단순히 복사하는 기능을 갖는다. 따라서 RN에서는 E/O 또는 O/E 변환 과정이 전혀 없다. PON은 대체로 20Km 반경 내에 있는 가입자들을 FTTx의 형태로 연결을 제공하는 수동광망으로 하나의 광케이블이 스플리터를 통해 여러 가닥으로 분기하여 최대 64대의 ONU/ONT가 동시에 연결되어 사용할 수 있는 구조로 적용지역에 따라 다양한 크기의 ONU 제공이 큰 특징이라 할 수 있다. PON은 핵심소자로 분류되는 PON 트랜시버 가격에 그 경제성이 좌우된다고 할 수 있는데, 기존 SDH나 이더넷의 광트랜시버 비용과 비슷한 수준 또는 그 이하로 하락하는 것이 관건이 된다. 이는 바로 PON시장의 활성화와 직결될 것으로 보이며, 국내에서도 PON 트랜시버 개발이 이루어지고 있다. 국내에서는 KT가 2003년 상반기중에 PON 시범 사업을 완료할 예정으로, 이를 통해 국내적용에 대한 가능성을 검증할 계획이며, 하나로통신 등에서도 PON 등의 사업 가능성을 검토하고 있는 것으로 보인다.

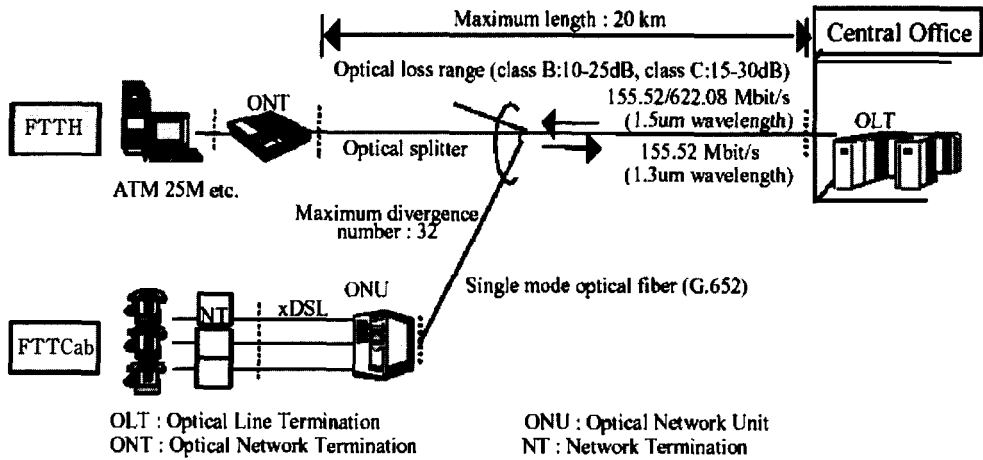


<그림 4> PON 망구조

PON 기술의 2가지 기본적 형태는 ATM PON/Gigabit capable PON(APON/GPON)과 Ethernet PON (EPON)이다.

APON은 T1과 OC-3 사이의 이른바 ‘sweet spot’(1.5M~155M)에 목표를 두고 ‘last-mile’ 대역 병목현상을 극복하고자 하는 기술로, FSAN (full-service access network) 연구그룹의 작업으로 1995. 7월 20여 서비스 사업자(Bell-South, NTT, KPN 등)에 의해 시작되었다. FSAN에서는 ATM을 다중 프로토콜을 위해 적합한 전송프로토콜로 선택하였고, PON의 광 공유 특징을 경제성이 높은 것으로 평가하였다. FSAN에 의해 시작된 APON은 국제통신연합 표준(ITU-T SG15)에서 G.983.x series로 표준화가 계속 진행되었다[<http://www.fsannet.net/>]. <그림 5>는 G.983.1 APON 표준 망구조도로 OLT와 ONU/ONT 간의 G.652 SMF를 채용하였고 최대 거리는 20Km이다. 사용 파장 대역은 하향 1490nm, 상향 1310nm를 사용하고, 비디오를 위해 하향 1550nm를 사용한다. 하나의 스플리터에서 최대 64분기가 가능하고 상향 155Mbps, 하향 155/622Mbps를 갖는다. OLT와 ONU/ONT 간에는 ATM 프로토콜이 적용되어 VPI/VCI 값이 할당된다. 또한 상향의 충돌을 해결하기 위해 TDMA(Request/Grant) 방식으로 트래픽이 할당된다<sup>[4]</sup>.

GPON은 2001. 4월 FSAN OAN WG에서 인터넷 트래픽의 95%가 이더넷 프레임을 통해 전달되고 이더넷 데이터 용량도 10M, 100M급에서 Giga급으로 급격히 증가함에 따라 Ethernet Frame을 수용할 수 있는 규격을 제정하기 위한 노력의 일환이었다. GPON은 Gigabit capable PON의 의미로 2003년 표준화 완료

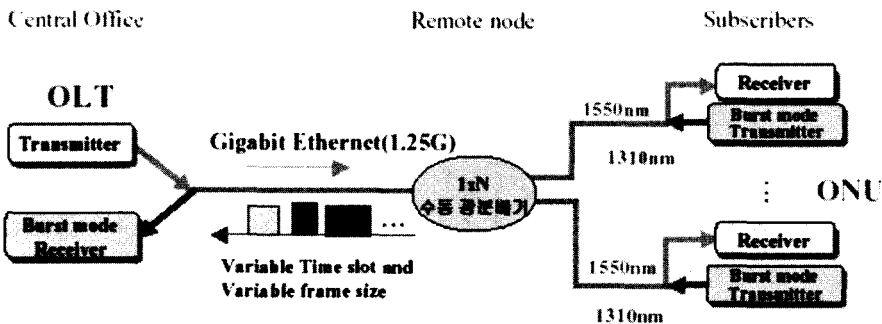


<그림 5> APON 망구조

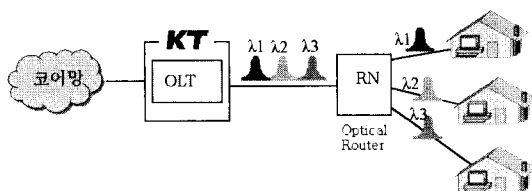
목표로 NTT, SBC, BT, KT 등 CLEC과 QuantumBridge 등의 vendor가 참여하고 있다. 기본적으로 GPON은 ATM, Ethernet 및 TDM 서비스를 수용을 원칙으로 하고 있으며 ITU-T G.983.x의 설계 개념을 최대한 수용하여 개발되었다. APON과 마찬가지로 Full Service Network(FSN)를 지향하며 상향/하향 622Mbps/2.4Gbps의 대역으로 음성, HDTV 급의 비디오, E1/T1 TDM 서비스, 10/100/1000Base Ethernet 서비스가 가능하다. 그리고 OLT와 ONU/ONT 간의 논리적거리 역시 20 Km이며 G.983.1의 광규격을 만족하는 형태로 진행되고 있다.

EPON의 개발은 APON 표준이 불충분한 대역과 비싼 가격으로 인해 가입자 루프에서는 부

적절하다고 판단한 IEEE 802.3ah Working Group에서 1G/10G 광역망(WAN)-LAN 연결에서 ATM과 IP 사이의 프로토콜 변환 필요성을 제거할 목적이었다. EPON은 초기에 단일 플랫폼 상에서 데이터, 비디오 및 음성을 전달하기 위해 Full-Service FTTH를 실현할 장기적 목표를 가지고, FTTB(FTT-Business)와 FTTC(FTT-Curb) 개발에 집중했다. EPON은 APON에 비해 광대역 저비용, 더 다양한 서비스 능력을 제공하지만 망구조는 G.983 권고안과 비슷하거나 그것을 고수하고 있다. EPON 구조는 ATM에 비해 상대적으로 적은 비용과 장비가 간단하여 망에 쉽게 적용이 가능하며 융통성 있는 서비스 제공이 가능하다. <그림 6>은 EPON의 표준 망구성이다. OLT와 ONU 간에는 이더넷프레임



<그림 6> EPON 망구성



〈그림 7〉 WDM-PON 망구조

이 사용되며, 논리적 도달거리는 10 또는 20Km 이다. 수동 광분배기는 16분기 또는 32분기를 보통 사용하며 최대 64분기까지 가능하다.

#### 4) WDM-PON 망구조

WDM-PON에서는 피더링크의 광케이블은 공유하더라도 각 가입자의 트래픽은 개별 파장에 실리어 전송된다. 따라서 논리적인 측면에서는 PTP의 구조와 흡사하다고 할 수 있다. 그러나, RN에서 PON 스플리터를 이용하여 피더링크를 공유하는 면에서는 상기에서 서술한 PON 구조와 다를 바 없고 RN에 능동소자도 없다. 〈그림 7〉과 같이 OLT는 다중 파장을 RN에 전송하고, RN에서는 각 가입자에게 하나 또는 그 이상의 파장을 각 가입자(ONU)에 분기하여 전송한다.

WDM-PON망은 각 가입자들이 개별적인 파장(Lambda) 링크에 접속되므로 광대역 트래픽 처리, 업그레йд 용이, 보안성 등에서 뛰어난 특징이 있다. WDM은 최근까지도 코어망에 Dense WDM 등이 적용되었으나 상대적으로 작은 시장 규모, 패키징, 광축정렬, EDFA 사용 등의 어려움, 분기 power budget 등의 문제점으로 투자 비용이 비싼편이어서 가입자망에 쉽게 적용하기 어려운 측면이 있었다. 한편, KT에서는 WDM-PON의 저가화를 위한 기술 개발에 이미 착수하였다.

## IV. 기술 표준화 현황

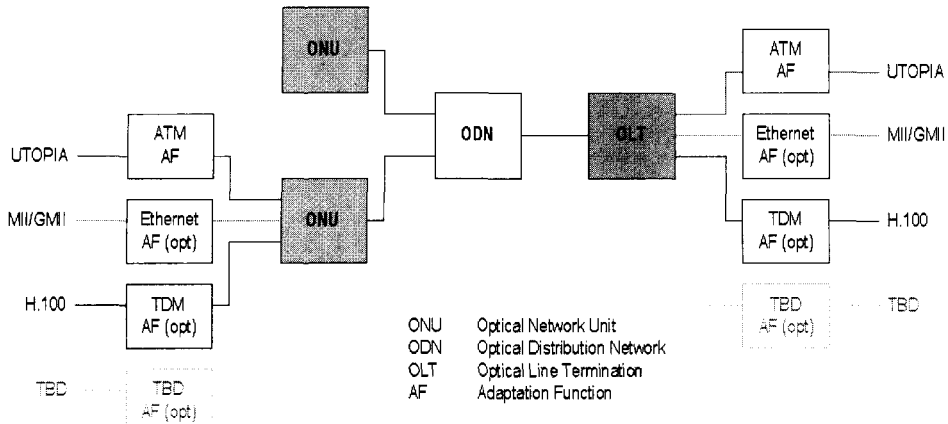
이더넷을 이용하여 가입자망을 구축하는 경우 많은 장점을 있으므로 현재 세계적으로 이더넷을

이용하여 가입자 영역의 망을 구축하기 위한 활발한 노력들이 있으며 대표적인 표준 연구 기관은 Full Service Access Network(FSAN)와 IEEE802.3ah을 들 수 있다. 본 장에서는 FSAN과 IEEE802.3ah EFM의 현재 표준화 동향을 살펴보고자 한다. 또한 표준화 작업을 목적으로는 하지 않지만 정부의 규제 정책, 경쟁 시장 환경 조성 및 FTTH 선도 서비스 발굴을 주목적으로 하는 FTTH Council에 대해서도 간략하게 설명하고자 한다.

### 1. FSAN

1995년 유럽의 통신사업자를 중심으로 하여 결성한 FSAN의 OAN WG은 ATM-PON 규격을 마련하여 ITU-T Rec. G.983.x로 표준화한 그룹으로 기존 ATM-PON 설계개념을 차용하여 Gigabit capable PON으로의 발전을 꾀하고 있다. APON은 OAN WG에서 다중 프로토콜을 지원할 수 있는 ATM과 경제적인 망구조인 PON을 선택하여 2001년 12월 ITU-T SG Q2에 기고하여 Rec. G.983.x 표준화되었다. 각각의 표준문서를 간략히 정리하면 G.983.1: APON 기본규격, G.983.2: OMCI 규격, G.983.3: WDM 규격, G.983.4: DBA, G.983.5: Survivability, G.983.7: OMCI DAB 등이다.

FSAN에서는 2001. 4월부터 상향/하향 155/622Mbps인 APON을 Gigabit으로 상향하여 음성, TDM, 방송형비디오 뿐만아니라 데이터를 수용할 수 있는 GPON 규격을 제정하기 위한 노력을 하고 있다. 〈그림 8〉에서와 같이 GPON은 ATM, Ethernet 및 TDM 프레임 수용을 원칙으로 하고 있으며, SG은 GSR(Service Requirement), GPM(Physical Sublayer), GTC(Transmission Convergence Sublayer)로 나뉘어 활발한 논의를 하고 있다. GSR은 Full Service Network(FSN)을 지향하기 위한 서비스 규격에 관한 것으로 논리적 거리는 20Km 이내이며, 상향/하향 622Mbps~2.4Gbps 대역으로 이더넷서비스 대역(10/100/1000Mbps), Private line(E1 & T1), 음성, 부가서비스 수



〈그림 8〉 GPON 구성

용 여부 등에 관한 이슈를 다루고 있다. GPM은 물리계층에 대한 규격에 관한 것으로 G.983.1 광 규격 요건(Class A, B, C), ONU 비용의 최소화, 공통 ONU 규격 유지 방안 등의 내용을 다루고 있다. GTC는 OLT와 ONU/ONT 간의 전송 컨버전스를 위한 규격으로 레인징, DBA, 생존성(Survivability), OMCI(운용규격) 등의 G.983.x 규격을 최대한 재사용하기 위한 논의를 하고 있다. GTC의 최근까지의 주 이슈는 GPON 내의 프로토콜에 대한 선택 문제 즉, ATM, 이더넷, Generic Framing Procedure(GFP) 중 가장 효율적인 프로토콜이 무엇인가 하는 내용이었다. GPON의 표준화 일정은 2002년 10월 미국 보스턴에서의 미팅에서 각 SG의 작업을 마무리하는 단계로 GTC, OMCI SG을 제외한 나머지 SG은 Final Draft를 작성한 상태이다. 그리고 GTC, OMCI SG도 2003. 6월경 Final Draft를 작성할 예정이며, 동시에 ITU-T SG 15에 표준안을 제안할 예정이다.

2. IEEE 802.3ah

Ethernet PON은 LAN/MAN 표준 위원회 산하 WG에서 2001.11 Ethernet in the First Mile(EFM) SG이 결정되었으며, 2001. 7부터 현재의 subtrack별로 각종 기술적 이슈 등을 활발히 토의하고 있다. 주요 참여 기관으로는 CISCO, AllOptic, Broadcom, Passave 등 제

조사 중심으로 부품, 시스템 및 서비스업체를 포함하는 80여개 회사의 200 여명에 달하는 인원이 참여하고 있다. 당초 2003년 9월을 목표로 표준화를 위한 EFM 그룹의 활발한 활동을 보여주고 있지만, Draft 1.0 Clause 61, 62, and 63장의 핵심적인 요소인 VDSL의 라인 코딩 방식이 T1 E1.4 WG에 승인되어 있지 않는 상황이다. 2002년 10월 초, 미국 LA의 New Orleans에서의 EFM 컨퍼런스에서 이러한 근황을 반영하듯, 새로운 표준안 제정 활동 전체적인 일정을 6개월 또는 1년을 연장하지는 제안을 하였다. 이것은 Draft 1.0 61, 62, 그리고 63장에 속하는 라인 코딩 방식이 T1E1.4 그룹에 의하여 결정되어 있지 않은 관계로, 2003년 8월 시기를 기점으로 T1E1.4 그룹에서는 라인코딩 방식을 인정할 수 있다는 시기와 맞물려 있는 것이다. 현재 T1 E1.4 WG은 이러한 표준안 제정 활동을 위하여, EFM Copper의 서브 태스크 포스 그룹과의 상호 협력을 위한 멤버십을 구성할 계획이다.

EFM SG은 크게 네 분야로 나뉘어져 표준안을 위한 활동을 하고 있으며, 다음과 같이 표준화를 위한 구성을 하고 있다. Copper 물리 계층 연구 그룹, 1000BASE-PX-OLT-Class A, 1000BASE-PX-ONU-Class A, 1000BASE-PX-OLT-Class B, 그리고 1000BASE-PX-ONU-Class B와 1000BASE-EX, 1000BASE-BX-OLT, 그리고 1000BASE-BX-ONU, 그리고

100BASE-LX, 100BASE-BX-OLT, 그리고 100BASE-BX-ONU를 연구하는 Optic 그룹과 단대다단 프로토콜을 연구하는 P2MP 그룹과 그리고 계층의 기능과 관리 그리고 유지를 담당하는 OAM(Operations, Administration, and Maintenance) 그룹으로 구성되어 있다. 추가적으로 논점이 되고 있는 사항으로는 FEC (Forward Error Correction)와 EPON의 보안과 암호화 등이다.

### 3. FTTH Council

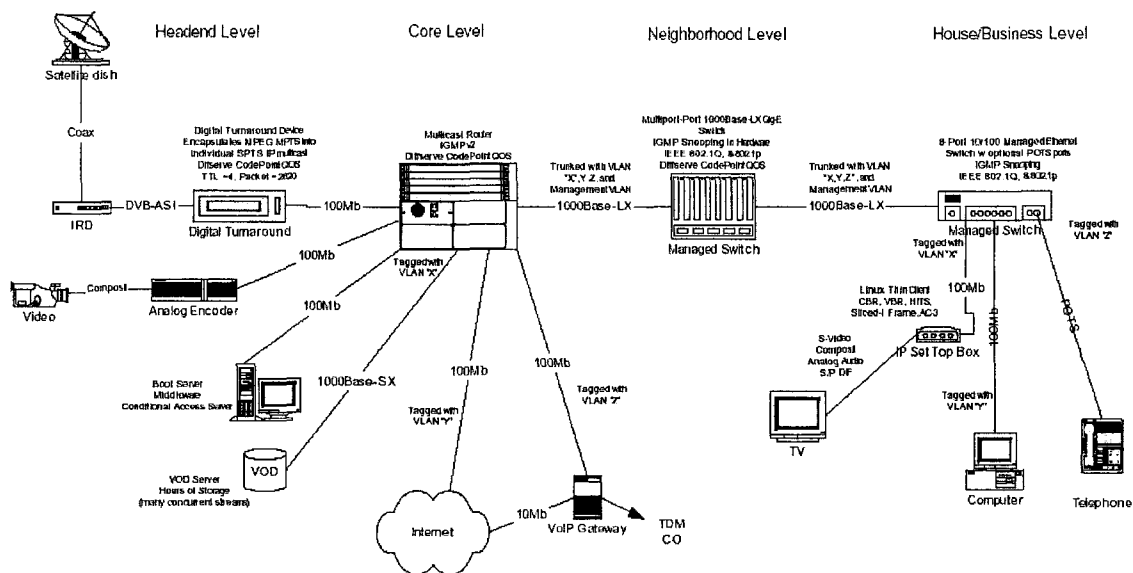
미국에서 FTTH 보급은 그리 활발하지 못한 채 소규모 프로젝트로 지역 정부 등에 의해 이루어지고 있다. 이런 배경하에 2001년 결성된 FTTH Council은 FTTH 시장 환경 조성을 위하여 교육, FTTH 솔루션 제시 등의 활동을 하는 비영리 단체이다[http://www.ftthcouncil.com/]. 비록 기술적 표준화 활동 등은 진행하지 않지만, FTTH council은 미국내에서의 FTTH 활성화를 위해 미 정부의 정책적 배려가 절실함을 주장하고 있고, 다른 국가에서의 FTTH 프로젝트 사례를 충분히 검토하여 정책적 규제, 시장 환경, 신규 서비스의 발굴 등을 통하여 최적의

솔루션을 찾을 것을 주장하고 있어 국내의 FTTH 망구축에 있어서 시사점을 될 것으로 보인다.

## V. 국내외 Field Trials

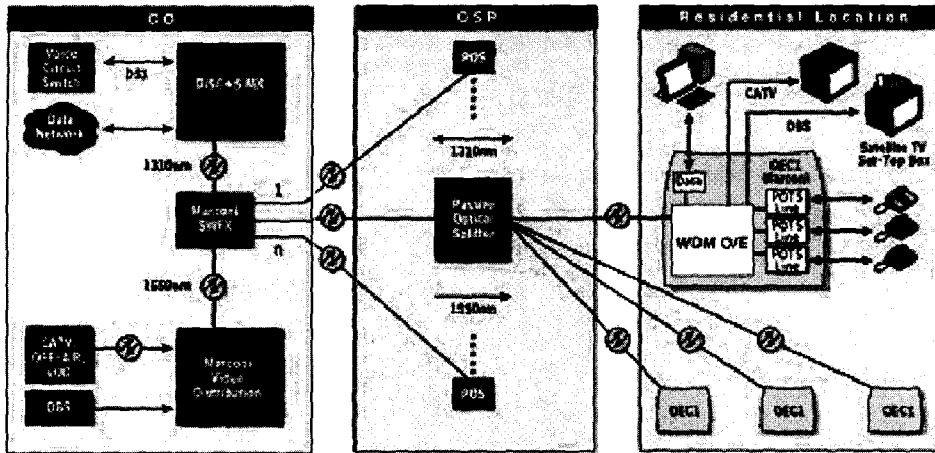
### 1. Zipp Project, 미국

Zipp 망은 미국 워싱턴주의 Grant County Public Utility District(GCPUD)에서 실시한 FTTH 망 사업이다[http://www.gcpud.org/zipp/]. GCPUD 지역은 평방마일당 13가입자 미만의 교외지역으로 Zipp 망이 구성되기 전까지 CATV 또는 전화서비스의 시장경쟁이 없는 상태였으며, 인터넷 접속은 28.8Kbps Dial-up을 통해 이루어지고 있었다. 이런 상황에서 GCPUD는 장기적 관점의 인프라 구축, 유효 경쟁을 위한 개방 액세스망, All IP 망구성을 위하여 미래 수요 대역에 적절히 대응할 수 있는 광가입자망 구축을 시도하고 있다. <그림 9>에서 상세히 설명되어 있는 Zipp 망은 음성, 비디오 및 데이터 서비스 제공을 위하여 Dark Fiber, 10/100/1000 Mbps 이더넷, Sonet, VoIP gate-



<그림 9> Zipp 프로젝트 망구조도





<그림 10> CPAU FTTH 망구조

way 등의 설비로 구성되어 있으며, 각 가정, 비즈니스 또는 농장지역이 LAN 스위치로 연결되어 Curb장비인 NEMA-4에서 코어망에 접속된다. NEMA-4는 IGMPv2, DiffServe, Multicast 기능을 지원한다. 서비스 제공 범위는 Gigabit-Ethernet(1000base-LX)로 대략 288 Homes을 제공하며, 거리는 6-8km 정도이다. ONT는 L2 SW, 6~8 RJ-45 10/100 Mbps 이더넷포트, 2 RJ-11 전화포트, 배터리, 운용인터페이스 등으로 구성되어 있으며 IGMP snooping, VoIP GW, 802.1Q VLAN 등의 기능을 지원한다.

## 2. Palo Alto, 미국

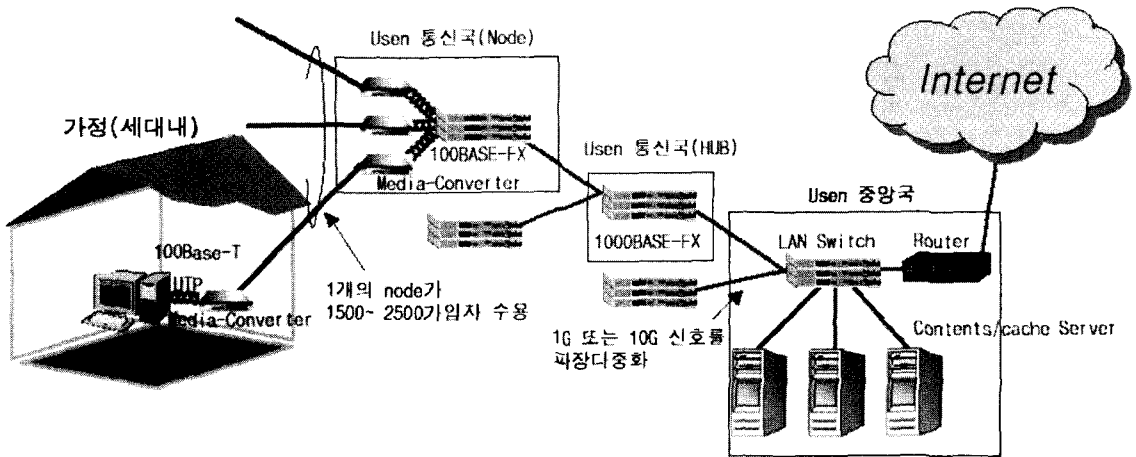
2000. 11 Palo Alto 시의회(CAPU)의 승인에 따라 FTTH Trail은 시작되었으며, 지역의 약 70여 가입자가 참여하는 형태로 진행되고 있다[<http://www.cpau.com/fth/>]. Marconi사[<http://www.Marconi.com/>]의 장비로 구축되는 이 프로젝트의 목적은 망구축기술 평가, 시스템 신뢰성 시험, 가입자 서비스 만족도 조사 및 구축 비용, 비즈니스 모델 등의 평가임을 밝히고 있다. 비교적 소규모로 진행되는 이번 프로젝트는 100Mbps이더넷, 방송서비스(CATV/DBS), 전화서비스를 제공한다. <그림 10>과 같은 FTTH 망구성을 갖는 이번 프로젝트는 Marconi 사의 FTTH 솔루션이 사용되었다. CO에 설치되는

DISC\*S 장비는 ATM-based 구조를 가지며, ADSL/G.Lite 솔루션, SONET과의 접속 기능을 가지고 있다. ONT에는 RJ-45 10/100 Mbps 이더넷포트가 상향 4.5M, 하향 7Mbps 정도의 데이터 성능을 제공하고, 3개의 RJ-11 전화포트, 방송서비스(CATV, DBS)를 위한 2개의 "F" connector가 있다.

미국에서는 그 외에도 Blackburn Electronic village, California smart communities와 같은 소규모 프로젝트가 있다. GCPUD 및 CPAU에서와 같이 미국에서의 FTTH 망구축은 주로 지방정부에 의해서 인프라 구축이 이뤄지고 있으며 이는 Fiber 구축에 막대한 비용이 소요되어 재정적으로 많은 부담을 느끼고 있음을 의미한다.

## 3. 유즈 커뮤니케이션, 일본

일본에서의 FTTH는 정부의 적극적인 정책 배려하에 이루어지고 있다. FTTH 인프라 구축 목표는 3천만가구에 초고속 인터넷 접속서비스를 제공하고 5년 이내에 울트라 초고속 접속서비스를 천만가구에 제공하는 것을 목표로 하고 있다<sup>16)</sup>. 일본 내에서의 FTTH의 성장은 2002. 8월 기준 십만가구를 넘어서고 있는데 이런 빠른 보급은 다음에 기인한다. 먼저, 비교적 짧은 루프 거리, NTT에 의해 구축되어 있는 막대한 규모의 dark



〈그림 11〉 광역 LAN을 이용한 FTTH 망구성

fiber의 unbundling이다. 따라서 여타 경쟁사업자가 상대적으로 적은 비용으로 시장진입이 가능하다. 이런 상황은 KT 및 우리나라의 시장환경과 아주 유사하므로 FTTH 망 설계 단계에서 참고하기에 충분한 것으로 판단된다.

FTTH는 주로 인터넷 LAN을 이용하여 이뤄지고 있는데, 대표적인 사업 예는 유즈 커뮤니케이션이다. 유즈는 일본 브로드 넷의 자회사로 2000. 10 시범서비스를 시작으로 2001. 3월부터 인터넷 FTTH/FTTO 사업이 진행하고 있다. 주된 사업지역은 도쿄지역을 대상으로 100 Mbps 인터넷을 제공한다. 〈그림 11〉은 광역 LAN을 이용한 FTTH 망구조도이며, 초고속 인터넷이 주 서비스대상이며, 가입자에는 100 Base-Fx로 Node site에 전송되며 Media Converter를 거쳐 세대내로 100 Base-T로 접속된다.

#### 4. CANARIE project, 캐나다

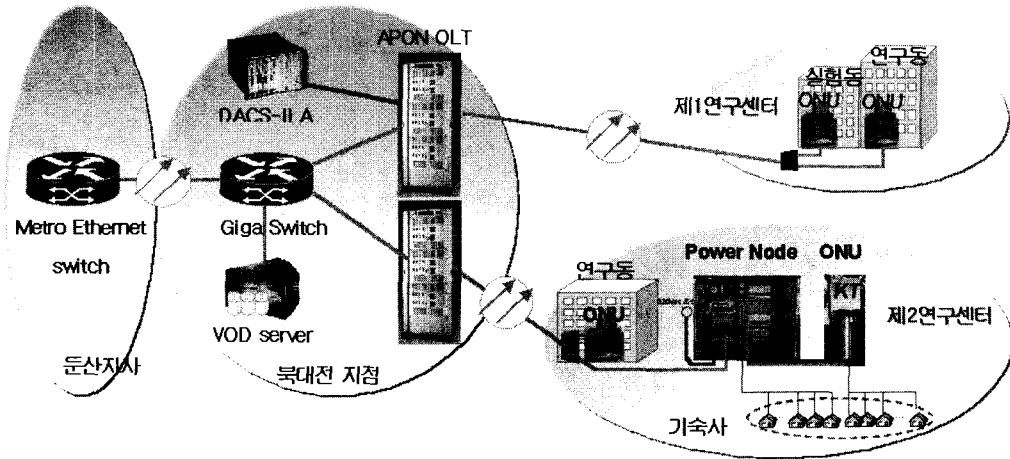
Canadian Network for the Advancement of Research, Industry and Education(CANARIE)은 2005까지 캐나다의 모든 가정에 Gigabit Internet을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위한 백본으로는 All Optical Internet과 가입자망을 위한 FTTx 망을 구축을 목표로 하고 있다[<http://www.canarie.ca>]. Gigabit internet to the School의 경우는 먼저 학교를

1Gbps, 10/100 Mbps로 연결하는 망구축을 목표로 하고, Gigabit internet to the home의 경우는 모든 가정까지 초고속 인터넷 접속을 가능하도록 하기 위하여 1/10 Gbps+100 Mbps를 구축하여 DVD/HDTV급의 비디오, Mega-Email 등의 서비스를 지원한다.

그 외에 호주의 TransAct, 네덜란드의 Gigaport, 스웨덴의 Bredbandsbolaget, 이탈리아의 Fast-Web 등 다양한 프로젝트를 통하여 최적 솔루션을 찾기 위한 FTTH/FTTC 망구축 사업이 진행되고 있다.

#### 5. APON 현장 시험적용

국내에서는 정통부의 “초고속 인터넷망 고도화 계획”에 따라 2005년까지 1350만 가구에 평균 20 Mbps 광대역 서비스를 제공하기 위한 정책을 발표하는 등 광가입자망의 고속화가 급속히 진행되고 있다. KT에서는 광가입자망 고도화 계획에 따라 2002. 하반기부터 FTTC/FTTcab/FTTH 광가입자망 솔루션으로 광범위하게 적용 가능한 APON으로 현장 시험적용을 진행하고 있다(그림 12). 이번 시험적용으로 13Mbps 대칭형 VDSL, 10/100 Mbps 인터넷접속서비스, 영상(VoD) 서비스 및 음성 및 전용 회선 서비스를 제공을 목표로 하고 있으며, 적용지역은 대전지역내 대덕연구센터 및 기숙사를 대상으로 하고



〈그림 12〉 APON 현장 시험적용 망구성

있다. OLT는 북대전지사의 전송실에 설치되어 국사내 DCS, 메트로이더넷 기가스위치, VOD 서버와 접속되어 있다. ONU는 통신실 또는 옥외 함체에 설치되어 VDSL, DS1E 및 100Mbps 이더넷 서비스를 제공한다. 각 가입자는 IP VDSL 모뎀과 Set Top Box(STB)를 이용하여 비디오 서비스를 위한 TV와 연결된다. 현재 진행되고 있는 시험적용은 2003 상반기 중에 완료될 예정으로 있다. 한편 KT에서는 APON과의 데이터 및 Video의 성능, 품질 비교를 위하여 APON과의 동일한 망구성을 가지는 EPON시스템과의 비교 시험도 진행하고 있다.

### VI. FTTH로의 진화방안

가입자망은 KT의 연간 투자액 중 상당 부분이 집중되는 분야이며, 자산 규모로도 KT 전체 자산의 절반에 이르는 아주 중요한 부분이다. 나날이 점점중하고 있는 경쟁환경을 감안하면 KT의 유선 가입자망은 생존 전략상 가장 중요한 부분이라고 할 수 있으며, 가입자망에의 투자전략이 잘못되면 그 영향은 막대하며, 그 효과 또한 오랫동안 지속되어 KT의 성장 잠재력을 갉아먹는 요소가 될 것이다. KT의 지속적인 성장을 위하

여 광대역 인터넷, 멀티미디어 서비스 및 미래의 신규 서비스에 대비하여 기존 가입자망의 개선 및 신규 투자가 필요 불가결하다. 그러나 가입자망은 교환이나 국간 전송분야와 달리 단기간에 완성될 수 있는 것이 아니다. 현재 KT의 당면문제로서는 가입자선로 세분화의 시행으로 경쟁사업자와의 경쟁구도에서 우위를 확보하기 어렵게 되었으며 동선기반의 초고속데이터서비스의 시설이 전체의 88%를 점유하므로 경쟁사 대비 전송 속도 저하의 주요인이 될 수 있다. 그리고 200세대 이상 APT단지(약 8,000단지)중 3,408단지에 FTTC 망구축이 43%로 경쟁사의 6,400단지 (80%)에 비해 매우 열세이다. 또 post ADSL인 VDSL사업에 대비해서 기 공급된 장비(DSLAM, FLC, B-WLL, Ntopia 등)에서 VDSL 적용여건은 현재 힘든 상태이다. 이러한 문제를 해결하고 지속적인 성장 잠재력을 유지하기 위해 장, 단기적으로 전체 차세대 네트워크 진화과정에서 가장 적합한 광가입자망의 구축이 필요한 시점이다.

세계적인 광가입자망 구축추세는 FTTC 및 HFC(Hybrid Fiber Coax) 구도에서 점차 가입자에게 다가가는 구조 즉, FTTH로 진행되고 있다. KT의 경우 FTTC는 이미 메가팩스사업을 통해 다양한 형태로 진행되어 있다. Ntopia (FTTC+LAN SW, FTTC+VDSL), 메트로

이더넷, IP VDSL (FTTC+DSLAM) 등의 초고속 인터넷 서비스가 그것이다. 따라서 점진적인 FTTH 광가입자망에로의 진화를 모색해야 하는데 현실적인 대안으로 PON 망을 이용하여 FTTH로의 진화 단계를 설정하는 것이다. PON의 Fiber 공유 특성 및 분배망에서의 수동광소자 사용 등은 광가입자망을 경제적으로 구축하는데 있어서 중요한 특징 중의 하나이다. 진화 단계를 설정하는 있어서 두단계를 고려해 볼 수 있는데 1단계에서는 PON 장비를 이용하여 FTTH 초기 시장진입을 시도해 볼 수 있고, 2단계에서 PON+WDM-PON 장비의 혼합 활용으로 시장 활성화를 노려 볼 수 있을 것이다. PON 망은 APON/GPON과 EPON 망구성을 고려할 수 있다. 음성(TDM) 및 영상서비스에는 QoS 관리가 유리한 APON/GPON이 대안이 될 수 있으며, IP 변환과정이 필요없는 EPON은 데이터 서비스에 유리하다. 그러나 서비스별로 APON/GPON과 EPON을 혼합 구성하는 투자비용, 유지보수 등을 고려할 때 현실적인 대안으로 보기는 어렵고, 비즈니스 지역, 소호 등 서비스 품질에 민감한 지역/가입자에게는 APON/GPON이 적합해 보인다. 그리고 상대적으로 고속의 데이터 서비스를 선호하는 가입자는 EPON을 공급하는 것이 FTTH 망 완결의 시작 단계로서 적절한 대안으로 판단된다. 중기 FTTH 보급 단계에서는 WDM-PON의 DWDM의 기술과 고분기율 기술을 사용하여 광 전송 용량을 확대하고, GPON/EPON 등의 가입자 트래픽 다중화 기술을 접목한 형태로 FTTH 확산을 꾀하여야 할 것으로 보인다. 이 경우 개별 가입자에게 고유의 파장을 할당하기 위한 WDM 분기 기술이 관건이며 현재 KT는 이 부분에 대한 연구를 집중하고 있다.

## VII. 맺음말

초고속 인터넷 사업이 점차 포화상태에 접어들

고 안정화됨에 따라 새로운 신규 서비스 창출 및 보다 고속/고품질의 FTTH 보급에 나서야 할 것이다. 그리고 선결 조건으로 여겨졌던 고속대용량 광대역서비스를 제공하는 데 대한 경제성 즉, 스플리터와 고가의 소자가격이 하락하고, 광네트워크장비가 성숙해지면 그동안 경제성이 없어 투자가 미루어졌던 FTTH 구조의 광가입자망이 빠르게 보급될 것으로 보인다. 현재의 초고속인터넷 서비스를 위한 광가입자망은 이미 ADSL 기술을 넘어 VDSL 기술로 대체되고 있다. 이들 VDSL 기술은 대체로 AON 즉, FTTC+VDSL 망구조로 보급되고 있고, 동선에 의한 ADSL 망의 상당 부분을 대체할 것으로 보인다. 그리고, PON은 품질관리의 우수성, 광공유 특성을 활용하여 비즈니스 지역, 소호를 중심으로 적용될 것으로 보인다. FTTH로 가는 전단계로서 PON 기술은 상당히 매력적인데 일반 가입자 지역 즉, 주거지역에는 PON(EPON 혹은 GPON)을 중심으로 한 광가입자망 구축이 이루어질 것으로 보인다. PON 망의 ONT/ONU에서 가입자 대내까지는 기존의 동선을 활용한 IP-VDSL 형태가 되거나 UTP 케이블을 이용한 Ethernet 형태가 주종을 이룰 것으로 전망된다.

본 고에서 살펴본 바와 같이 광가입자망은 다양한 다중화 방법 및 망구조 솔루션이 존재한다. 이들 다양한 솔루션은 나름대로의 장·단점을 가지고 있다. 하지만 광가입자망의 진화 단계 관점에서 볼 때, 이들 솔루션 중 절대적 경쟁 우위에 있는 솔루션은 존재하지 않는다. 하지만 가입자는 경제적이면서 고속/고품질의 서비스 욕구가 보다 증대될 것이며, 통신사업자는 경제성 등을 고려하여 지속적인 성장이 가능하고 미래의 신규 수요에 유연히 대처할 수 있는 FTTH 광가입자망으로의 망구축에 매진할 것으로 보인다.

그러나 FTTH를 위해 다음과 같은 광가입자망 구축 문제점을 극복하여야 할 것으로 보인다. 첫째, 기존의 초고속인터넷 사업자는 DSL 또는 CATV 통신망 구축에 대규모의 투자를 집행했으며, 지금도 진행 중인 상태에서 FTTH를 위한 막대한 규모의 신규 투자가 쉽지 않다. 둘째,

지역적인 특성을 고려한 FTTH 보급이다. 도시 지역과 농촌지역은 인구밀도가 확연히 다르고, 지형적 특성 즉, 조밀한 주택군과 산, 강으로 분리되어 있는 농촌지역은 경제적 측면에서 고려해야 할 특성이다. 셋째, 저비용의 운용 유지 및 미래의 신규 수요에 적용할 수 있는 기술 및 망구조를 고려해야 한다. 넷째, unbundling과 같은 정부의 정책적 규제와 이에 따른 통신서비스 사업자간의 다양한 사업환경도 문제가 될 수 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김진희 외3, “초고속 광가입자망 기술”, 한국통신학회, 2002
- [2] 송길호, “FTTH전략”, TPS 워크샵, 2월, 2003
- [3] M. Sirbu, “FTTH Technology,” FTTH council, Oct. 2002
- [4] ITU-T Rec. G.983.1 “Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks(PON),” Oct. 1998
- [5] John A Jay, “An Overview of International Fiber to the Home Deployment,” Corning Optical Fiber, Oct. 2002

#### 저 자 소 개



金鐘安

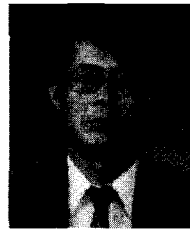
1992년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과(학사), 1994년 2월 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과(석사), 1994년 2월~1995년 2월: 한전 전력연구원, 1995년 2월~현재: KT 기술연구소, <주관심 분야: 광가입자망 기술, FTTH, GPON/EPON>



柳健一

1984년 2월 한양대학교 전자통신공학과(학사), 1986년 2월 한양대학교 대학원 전자통신공학과(석사), 1987년~현재: KT 기술연구소 광액세스연구실장, <주관심 분야: 광가입자망 기술,

xDSL>



金雲河

1980년 2월 경북대학교 전자공학과(학사), 1991년 2월 한양대학교 대학원 전자계산학과(석사), 1980년 4월~1983년 12월: 한국전자통신연구원, 1984년 1월~현재: KT 기술연구소 가입자망연구팀장, <주관심 분야: 광가입자망 기술, xDSL, 광인터넷>

구팀장, <주관심 분야: 광가입자망 기술, xDSL, 광인터넷>