

注意:

限于篇幅原因, 这里只节选部分内容, 如您感兴趣, 请 E-MAIL 至 sales@sunnisky.com。

GPON —“三网合一”和 FTTH/FTTB 最佳实现技术

北京阳天宽频网络技术有限公司 杨天喜

2005 年 10 月 11 日在《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》中, 明确指出“宽带通信网、数字电视网和下一代互联网等信息基础设施建设, 推进‘三网融合’, 健全信息安全保障体系”是第十一个五年规划主要内容之。随后成立了由国务院总理亲任组长的“国家信息建设推动”小组。

“三网融合”是指宽带信息网、数字电视网和下一代互联网的融合, 广义上是指 PSTN 电话电信网、计算机网、广播电视网在技术上趋向一致、在网络层上互联互通、在业务层上互相渗透和交叉、在应用层上趋向统一的通信协议和应用, 这样有利于网络资源实现最大程度的共享; 同时也揭开了各通信、网络运营商从单向业务竞争转向全业务的竞争, 乃至网络间各个层面的全方位竞争。

IP 和各种宽带接入 (DSL、HFC、FTTx 以及 WiMAX 等) 的技术发展为“三网融合”业务提供了基础, 目前也已经进入了发展阶段。“三网融合”业务主要体现在除语音 外, 还包括电信的 IPTV 应用和有线电视公司的“三网合一”, 国外称“三重播放 triple-play” (即语音 VOICE、视频 VIDEO 和调整数据 DATA-Internet 在内的) 的服务上。其中美国电信运营商和有线电视公司都推出了基于“三网合一”的实际应用。

而接入网是位于整个网络的末端, 即最靠近最终用户的业务接入层。

在光纤 FTTx 接入的实现网络中, 无源光网络 PON 承载技术, 尤其 2003 年被国际电联 (ITU) 采纳为标准的 G.984 GPON 千兆位 (Gigabit PON) 技术, 经 FSAN 委员会将其演变为语音与数据的源模式传输, 它支持源模式 TDM、IP 数据 Data 及视频 Video (有线电视) 等多种混合业务; 能提供近 2.5G 带宽, 除可提供原有通信业务 (如 T1 和 E1 业务) 外, 能支持互联网所有带宽应用, 其语音及数据业务的效率约高达 93%; 并可与现有的计算机网无缝连接; 而且, 也因信号通过的是无源光纤传输网络, 网络结构简单, 没有加任何放大设备、供电设备, 并无须以后的维护服务。

是故, 采用 GPON 技术的 FTTx 光接入承载网络, 可以比喻为是一列“可装载特大容量”的高速“信息”列车, 它是当前实现“三网合一”的最典型、最适用、最合理、最廉价的光纤到户 FTTH 和光纤到楼 FTTB 光接入解决方案。

一、可实现“三网合一”的宽带接入网络

“三网合一”已经被电信运营商和广电运营商视为新的业务增长点, 同时用户对接入带宽的需求也在一直不断的生长中。而从目前可实现双向宽带接入的技术, 无非有这四种, 有线 HFC 双向网络、ADSL 电信网络、光纤 FTTx 接入网络 (尤其光纤到户 FTTH), 以及无线城域 WiMAX 接入网络, 而 WiMAX 刚刚兴起, 其设备相对很贵, 并且要求政府划分好频点资源, 目前我国正在建立试验点, 还没有进行商用。

以下将主要对有线 HFC 双向接入网络、光纤 FTTx 接入网络 (尤其 FTTH) 做详细的分析, 从中选出最合适的可承载“三网合一”的宽带接入网络。

(一)、有线 HFC 双向网络

1. HFC 网络技术的优势

2. HFC 网络作为双向宽带接入所存在的不足

总结以上对广电 HFC 宽带接入网络的分析, HFC 网络比较适合有线电视的传输, 可以大力发展模拟电视用户以及数字电视用户, 但由于 HFC 网络自身缺点, 并不适合用作承载“三网合一”的高速宽带数据业务网。

而现有的以 xDSL (包括 VDSL2 虽然可以上、下行达到 100 Mbit/s, 但已达铜缆的极限) 为代表的现有“最后一公里”的宽带接入方式, 也已经很难满足用户对 IPTV、HDTV 高清电视、VoIP 语音业务、网络游戏、视频等热点应用 (即, 高性能语音 VOICE、视频 VIDEO 和调整数据 DATA 在内的“三网合一”, 国外也称做“三重播放 triple-play”) 服务所需要的高带宽、稳定性、双向传输能力以及安全性 QoS 等方面的要求; 同时在当今世界人们对各种信息应用, 尤其是在对视频点播、网络游戏和 IPTV 等高带宽业务的渴望驱动下, 网络的频宽成为无尽的目标, 宽带化已经成为接入网发展的最显著特征。因此也只有光纤接入网 FTTx (光纤到户 FTTH、小区 FTTC、路边、驻地、楼宇 FTTB 等) 技术是唯一能够解决这种宽带接入网路的瓶颈, 它能提供比其他数据业务快几百倍的

速度,并允许用户使用多条电话线路或者直接 RF 接口,进行视频点播,接收高清晰度 HDTV 电视节目及更多宽带业务;同时借助于宽带网络的飞速发展以及各种高带宽综合业务和应用的不断出现,拥有高频宽、大容量等特性的光纤,将逐渐取代传统铜线传输,成为下一代宽带接入网络不二之选。也由于各个运营商在接入层光纤化的基本策略都是相同的,即从接入网层面的骨干网络(主干层,或叫馈线段)、配线段(层)到最终的引线(层)段,这三层结构逐段逐步实现光纤化;且当前在光接入网的传输网络建设中已经实现了骨干网络(馈线段)和配线段的光纤化,且 FTTx(光纤到节点)的应用时机已经相当成熟,已经吸引了越来越多的运营商部署光纤 FTTx(尤其光纤到户 FTTH)接入网络,其中无源 PON 光纤网络(特别是 GPON)作为一种新兴接入网承载技术也已经得到业界同仁的广泛认同和相应。这是由于利用 GPON 承载技术的 FTTx(尤其光纤到户 FTTH)光接入解决方案,能够提供下行高达 2.488Gbps、上行 1.244Gbps 的带宽,其接入范围能高达 37 公里,可在同一光纤上同时传递高速度数据、高质量 E1/T1 专线和语音,以及视频业务。

(二)、宽带 FTTx 光接入网络

FTTx 中的 x,如用 H 取代,就表示光纤到户 FTTH(Fiber-to-Home);如用 B 取代,就表示光纤到(住宅或商务)楼 FTTB(Fiber-to-the-Building/Business);如用 C/P 取代,就表示光纤到小区 FTTP 或路边接入点 FTTC(Fiber-to-the-Curb)或 FTTCab(Fiber-to-the-Cabinet, by aid of DSLAM -Digital Subscriber Line Access Multiplexer);如用 M 取代,就表示光纤到多用户群 FTTM(Fiber-to-the-MTU/MDU, Multi-Tenant /Dwelling Unit);如用 O 取代,就表示光纤到一个办公室或小型商户企业 FTTO;由此可见,FTTx 的应用场合非常广阔,所以可以选择的设备范围也较大。当然,发展的最终目标也只有一个,那就是光纤到户 FTTH。

尤其光纤到户 FTTH 宽带接入近几年在世界各国的发展势头迅猛,无论在北美、亚洲还是欧洲,用户数量都在快速的增长。

我国在国家“863”高科技计划的推动下,在“十五”期间就开展了对 EPON 技术的研究。2003 年开始光纤到户 FTTH 宣传,2004 年随着“863”EPON 项目的完成,国家分别在武汉、成都等地建立了 FTTH 试验网。随后,在中央政府的大力倡导和各级政府的推动下,于 2005 年 3 月在武汉开通试商用网络;同时在 FTTH 设备进行全面测试的基础上,中国电信在武汉(紫菴小区)、北京、上海和广州开展了试点工作,而在扬州、泰州等城市,都已经借助于 GPON 技术建设完成自己的宽带光接入 FTTx 网络。

目前应用于宽带光纤接入网的技术主要有三种,它们分别是基于 SDH 的多业务传送(MSTP)技术、多业务点对点光端机(P2P 或称 MC),和多业务的无源光网络 PON 技术等。

- I MSTP 有很高的服务质量,但成本较高,适合对业务质量和安全性等要求非常高的大用户,并不适合普通家庭用户。
- I 多业务点对点网络光端机(P2P 或称 MC)的星状网络拓扑与环形骨干网络需要配合非常有利,成本优势突出,但需要占用大量光纤。
- I 无源光网络 PON 的树状网络拓扑与环形骨干网络的配合非常有利,是光纤进入用户驻地(FTTx)最有效的网络解决方案,由于节省大量骨干光纤资源,应是光纤化接入的理想选择,适合大多数用户的普遍接入,未来潜在市场很大。

FTTx,尤其光纤到户 FTTH 所涉及的技术很多,包括光器件、光传输系统、光缆,以及相关安装、维护、网络管理等方面,其中最关键的是相关传输技术和设备。其中,前两种技术在国内已经得到普遍应用,而 PON 技术作为理想的光纤化接入手段,尤其 GPON 被认为是优于 ATM、SDH、DWDM 的、并能实现 FTTH 宽带接入的最佳实现技术

由此可见,在各种光接入技术中,由于 PON 所提供的带宽能够满足现在和未来各种宽带业务的需要,且因采用无源节点、敷设和运行维护成本低、管理方面、对业务透明和易于升级等优点而备受业界关注,所以其具有非常大的发展潜力。

以下将主要介绍二种实现 FTTx,尤其 FTTH 的技术:

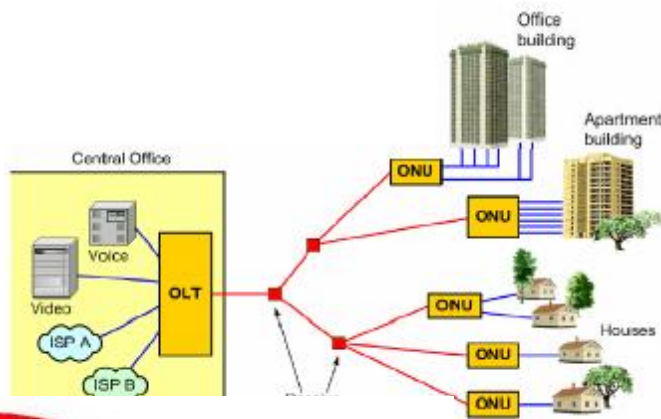
1. 点到点光接入技术实现 FTTH

FTTH 网络中的点到点(point to point - P2P)光接入技术是将电信号转换成光信号进行长距离的传输,从中心局到每个用户均使用一根光纤,上下行速率都可以达到 100Mbit/s 甚至 1000Mbit/s。点到点光接入技术具有产品成熟、结构/技术简单、安全性较好的特点。但这种技术最大的缺点是需要铺设大量光纤和光收发器,在大规模应用情况下网络铺设困难,设备成本也很难再下降甚至会上升,因此被认为是实现 FTTH 的过渡技术,比较适合网络发展初期用户数较少的阶段。

早期的点到点光接入设备主要是 MC(媒体转换器, 也称光纤收发器)。MC 是一个单纯的光/电或电/光转换器, 能将电信号转换成光信号进行长距离的传输, 它并不对数据包进行处理, 因此成本低廉。近两年新出现的基于以太网的点到点光接入设备, 主要采用了 IEEE 802.3ah 规范的单纤双向 100/1000Mbit/s 光接口, 上下行采用 WDM 方式分别使用不同的波长进行传输。

2. PON 技术实现 FTTx, 尤其 FTTH

无源光网络 PON (Passive Optical Network) 技术是一种点到多点的光纤接入系统技术, 其在光分支点不需要节点设备, 只需安装一个简单的无源光分路器即可, 它具有节省光缆资源、带宽资源共享、节省机房投资、设备安全性高、建网速度快、综合建网成本低等优点; 它由局端机房设备 OLT(光线路终端)、用户端设备 ONU/ONT(光网络单元/光网络终端)和 ODN(光分配网络)组成, 可以实现小区的许多户家庭或企业共享由中央办公室提供的服务, 即光纤到楼/小区 (FTTB/FTTC)、光纤到驻地 (FTTP), 甚至单个家庭用户独享宽带接入服务的光纤到户 (FTTH)。



所谓“无源”, 是指 ODN(光分配网络)全部由无源光分路器 (Splitter) 和单模光纤(SM fiber)等无源光器件组成, 不包括有任何有源电子器件及电子电源, 因此其管理维护的成本较低; 而且正因为所使用的是无源光器件, 它不易受雷电损坏和辐射干扰; 其网络结构灵活、易于扩展, 并因共享馈线段光纤可大大节约铺设成本, 业务透明性好, 更重要的是具有多业务支持能力, 尤其可以实现高性能语音 VOICE、视频 VIDEO 和调整数据 DATA 在内的“三网合一”业务。

由此可见, 经过十几年的不断完善和提高, 从最初的窄带 PON 到 BPON(ATM+PON)技术, 到基于 Ethernet 的 PON 技术, 再到现在的 GPON, 每一次 PON 标准的提出都促进了光接入网技术的迅猛发展。其中, 国际电联 ITU-T 在 PON 技术的标准化工作中发挥了主导作用, 相继出台了 G.982 (窄带 PON)、G.983 系列 (BPON) 以及新一代无源体系结构的 G.984 系列 (GPON) 等一系列标准建议, 它是由全业务接入网 FSAN 委员会将其演变为语音与数据的源模式传输, 其传输速率最大可达近 2.5Gbps, 并且支持多种 (包含 ATM、Ethernet、TDM、视频等) 服务、OAM&P 能力、保护安全和可升级能力; 其语音及数据业务的效率约为 ~93%; 并采用了通用成帧协议 (GFP) 来封装, 可更有效地支持包括诸如语音、数据业务、视频业务、电子商务、远程教育、远程医疗等增值业务, 可说是目前功能最强的 PON 网络技术。

特别是在 FTTx 的应用中, GPON 设备更能显示出其独特的优势, 包括其组网结构灵活, 可以在接入层面实现星型、树形、总线形、环形等各种网络拓扑结构; 它有专用的 ITU-T G.984 系列接入网技术规范, 规定了一系列面向家庭用户的终端接口, 如普通音频脉冲电话 RJ11 接口、基于 VoIP 的电话接口、有线电视同轴电缆 RF 接口等, 其最终目标就是实现所有用户终端的接入; 它也适用于宽带接入承载网路的应用环境; GPON 也能为终端用户提供真正源模式的 TDM 服务和高质量的以太网接入服务, 以及宽带视频等服务, 并集成在同一传输协定中; 可达 37Km 的接入距离, 其覆盖范围广, 也能适应中国包括农村地区的接入要求; 也因其具有实现全程双向点对点的线路保护能力, 能够满足运营商对业务增长和拓扑结构变化的需求; 最可称道的是, GPON 是唯一可在单一波长下提供近 2.5Gbps 的高带宽, 93%网络带宽综合利用率, 且可以满足未来高带宽, 例如 IPTV、HDTV、VOD 等业务的应用需求, 同时提供更低成本的传统语音服务; 而且, 与铜线电缆相比, GPON 可以减少维护费用, 并彻底避免杂讯干扰; 因采用单纤传输, 可节省运营商的主干光纤资源。因此, GPON 技术及其产品已经成为业界公认的实现 FTTx, 尤其 FTTH 的首选方案, 利用其综合接入性能, 运营商能够为用户提供高质量的数据 DATA、语音 VOICE 乃至包括 IPTV 和 HDTV 以及 VOD 等视频 VIDEO“三重播放 triple-play”全业务的服务, 它是实现“三网合一”切实可行的方案, 也是“三网融合”落到实处的最好切入点; 同时, 相对于其它的 FTTx 接入实现技术, GPON 也是能够提供宽带 FTTx 光接入网络的具有最佳性价比的解决方案。

二、GPON 技术详述

介绍 GPON 技术之前, 先介绍目前也被应用的另一种 PON 技术“EPON”。

1. EPON 技术介绍

EPON 又名 GEAPON, 是由 2000 年 11 月成立的 EFM(Ethernet in the First Mile, 第一英里以太网)工作组提出的, 并在 IEEE 802.3ah 标准中进行规范, 其工作重点在 EPON 的 MAC 协议上, 即最小程度地扩充以太网

MAC 协议；它在 PON 层上以 Ethernet 为载体，上行采用以突发的 Ethernet 包方式发送数据流。EPON 最核心部分是 PON 光发送/接收模块，其实现方案是，在与 APON 类似的结构和 G.983 的基础上，设法保留 APON 的物理层 PON，而以 Ethernet 技术代替 ATM 技术作为数据链路层协议，构成一个可以提供更大带宽、更低成本和更强业务能力的新的结合体 EPON。

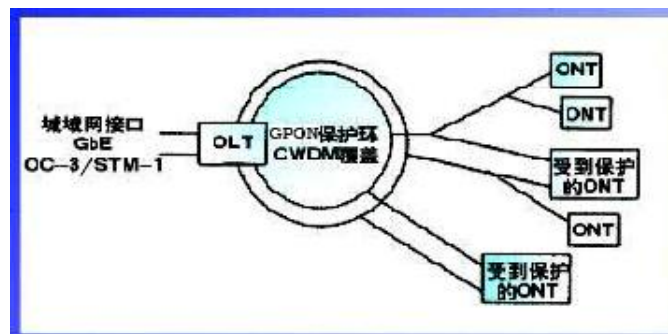
EPON 可提供上、下行对称的 **1.25Gbps 线路传输速率**（而 **10Gbps 下行线路速率的系统，也正在研究中**）。虽然 EPON 采用的 Ethernet 封装，非常适用于承载 IP 业务，但当时 IEEE 制定 802.3ah 的初衷是为了接入 IP 数据业务，并没有考虑 TDM 业务接入对时钟同步、时延和抖动等方面的特殊要求，因此 EPON 所采用的标准 Ethernet 封装方式也给它带来了一个致命的缺点，那就是“难以承载语音或电路型数据专线等 TDM 业务”，也很难满足电信级的 QoS 要求。之后，虽然目前国内外均对 TDM over Ethernet 技术进行了积极的研究，我国也制订了通信行业标准《接入网技术要求-基于 Ethernet 的无源光网络(EPON)》，且多家 EPON 厂商都对 IEEE 标准进行了扩充，在 EPON 承载 TDM 业务和语音业务方面进行了技术创新，例如在提供数据业务的同时，采用预留带宽的方式来提供语音业务，而且多家 EPON 厂商也设计出一些新的 MAC 机制并增加新的软硬件，但要完全达到 TDM 业务要求的严格的 QoS 更是面临相当大的困难，这给 EPON 的应用带来了一定的限制。

2. GPON 技术介绍

GPON(Gigabit passive optical network)全名为 **Gigabit-capable PON** 吉比特/千兆位无源光纤网络，也是一种无源被动式光纤网络。GPON 业务是 BPON 的一种扩展，相对于其他的 PON 标准而言，GPON 标准提供了前所未有的高带宽（下行速率近 **2.5Gbps**），其非对称特性更能适应宽带数据业务市场；它提供 QoS 的全业务保障，同时承载 ATM 信元和(或)GEM 帧，有很好的提供服务等级、支持 QoS 保证和**全业务接入**的能力；在承载 GEM 帧时，可以将 TDM 业务映射到 GEM 帧中，使用标准的 **8kHz(125μs)**帧能够直接支持 TDM 业务。作为一种电信级的技术标准，GPON 还规定了在接入网层面上的保护机制和完整的 OAM 功能。其下行最大传输速率可高达 **2.488Gbps**，上行最大传输速率达 **1.244Gbps**，传输距离可达 20 到 37 公里，因而具有**高带宽、高速、高效传输、大范围覆盖、用户接口丰富**等的众多特点，是故，已被大多数运营商视为实现接入网业务的**宽带化、综合化改造的理想技术**。

作为 ITU-T 提出的一种灵活的宽带光纤接入技术，在 GPON 标准中，明确规定 GPON 需要支持的业务类型包括数据业务(Ethernet 业务，包括 IP 业务和 MPEG 视频流)、PSTN 业务(POTS, ISDN 业务)、专用线(T1, E1, DS3, E3 和 ATM 业务)和视频业务(数字视频)，可以满足多用户 VoIP、采用 MPEG-2 或-4 规格的多视频流(如 IPTV)和标准分辨率电视(SDTV)或高清晰度电视(HDTV)和多用户高速互联网接入等“三网合一”的需求。且 GPON 中的多业务映射到 ATM 信元或 GEM 帧中进行传送，对各种业务类型都能提供相应的 QoS 保证。

GPON 一般采用树形（或树形）拓扑结构，在需要提供业务保护和通道保护的情况下，可加上保护环，可对某些光网络终端 ONT 提供保护功能；下图即是 GPON 的体系结构：



它是由光线路终端 OLT(Optical Line Terminal)、光网络终端 ONT(Optical Network Terminal) / ONU (Optical Network Unit) 及环形（或树形）拓扑结构的无源光网络 PON 组成。OLT 位于中心机房，向上**提供广域网接口，包括 GbE、OC-3/STM-1、DS-3 等**，向下对 PON 可提供 **2.488Gbps** 的光接口。ONT/ONU 放在用户终端，为用户提供 10/100BaseT、T1/E1、DS-3 等应用接口，对 PON 的光接口速率有 155Mbps、622Mbps、1.244Gbps 和 2.488Gbps 等多种选择。从 OLT 到 ONT/ONU 的方向为下行方向，采用广播发送的数据流传输方式；反之为上行方向，采用基于统计复用的**时分多址**接入技术。PON 可通过粗波分复用 CWDM(Coarse Wavelength Division Multiplexing)覆盖实现数据流的全双工传输。

类整 GPON 技术的特点如下：

- I 支持源模式 TDM，IP 数据及视频业务，即包括 IPTV 的“三网合一”业务，并可向一个/多个用户同时提供

持续、且可随时间调整带宽的能力。

- I **GPON** 可提供了 **IGMP Proxy** 以及 **IGMP Snooping** 组播功能，能方便地实现组播控制，从而更好的满足开展 **IPTV** 组播业务的需求。

- I 容量大，可解决接入网瓶颈问题

下行 **2.488Gbps**，上行 **1.244Gbps** 速率的吉比特级的 **GPON**(千兆 **PON**) 网络系统，还可通过内置的 **CWDM** 模块可扩展到 **10Gbps**。这样高的线路速率，将能支持更多的服务，也意味着能实现更多的营收。

- I 带宽高、资源共享

GPON 更有近 **2.5G** 的高带宽，打开了光接入网原有的带宽瓶颈，为未来新业务（**IP** 网络电视、三网合一等）的开展奠定了一个优质的带宽基础。而且高带宽是由单个用户（**FTTH**）独享或者由多用户共享（**FTTB** 或 **FTTC** 等），并可提供优先级、**QoS** 保证。

- I 传输效率高

将所有的传送数据采用全新的 **GFP** 适配协议封装为 **25us** 的定长帧结构，与 **APON** 和 **EPON** 技术相比，具有更少的开销字节和更高的传输效率；在近 **2.5G** 的传输带宽需求情况下，**GPON** 的传输效率达 **93%**，而 **A/BPON** 和 **EPON** 的传输效率分别是 **70%**和 **49%**。**GPON** 的线路速率和效率及分割率很高，因此其提供的灵活性也越高。

- I 接入网络结构灵活，扩容灵活

GPON 系统可以支持环型、树型等多种网络拓扑结构。主干仅需单芯/双芯光纤，通过无源光纤分配网络(**ODN**)接入各类业务，**GPON** 的分支能力达 **1:32**，这是有源设备所望尘莫及的。例如，对于新的扩容站点，只需要从就近的无源分光器的预留分支口引出一芯光纤到新的光网络终端 **ONT/ONU** 装机点，只增加 **ONT/ONU** 的数量，就可以实现扩容，因而可滚动式发展用户；因此，可以大大降低网络的建设成本。

- I 提供“三网合一”的业务

GPON 可以提供一个性价比更好的传输手段，同时兼顾数据及有线电视业务的提供，即除了传统的语音、数据（包括 **IPTV**）业务外，**GPON** 树状广播形拓扑结构也非常适合提供广播式的业务，如可以直接利用 **GPON** 设备提供的 **E1** 端口，为 **SCDMA** 的 **BSC** 及 **BSS** 之间提供 **E1** 的传输；再如它可通过采用第 **3** 波长（**1550nm**），在光线路终端 **OLT** 上接入光纤电视信号，在不影响电信业务的情况下，与光纤电信信号一起传送到末端的光网络终端 **ONT/ONU** 设备，这个 **ONT/ONU** 终端设备可以通过 **FE** 端口为驻地提供以太网业务（包括 **IPTV**），通过同轴 **RF** 有线电视口为单个用户（**FTTH**），或大楼（**FTTB**）、小区（**FTTC** 等）经有线电视分配网提供模拟有线和有线数字电视信号。

- I 节省机房投资

在光干线网络的分支处，因 **GPON** 采用的是稳定性高、体积小、成本低的 **1:32** 无源光分路器，它无需提供电源、空调等机房设备，也不占用机房空间，只需安装在光交接箱或光配线架上即可，因而成本低廉。

- I 节省光纤

仅需从局端机房光线路终端 **OLT** 输出一芯光纤，通过光分路器可以分支到 **32** 个光网络终端 **ONT/ONU** 设备，并采用 **WDM** 波分复用的技术，使上、下行业务共用一芯光纤，大大节省了光纤干线传输的数量，特别是对于农村地区，原有光纤资源有限的情况下，采用 **GPON** 技术组网更可以大大提高光纤资源的使用效率。

- I 保护功能完善

GPON 为光接入网络提供了保护或冗余选项。其内置的光交换模块可实现双纤保护或环路保护，而保护切换时间小于 **30ms**，能够完全保障业务稳定可靠。

- I 对业务良好的 **QoS** 支持

采用标准的 **GFP** 封装协议，可以为 **TDM** 业务分配固定传送帧字节，相比 **APON** 和 **EPON** 采用 **E1** 仿真的方式，**GPON** 可为 **TDM**、**VOIP** 以及 **IPTV** 等业务提供完全的 **QOS** 保障。

- I 动态带宽分配（**DBA**）和流量控制功能

GPON 下行数据采用广播方式传送，上行数据采用统计时分多址复用技术，各业务点通过请求/许可方式动态分配带宽，可以实现带宽可管理、可灵活分配的充分利用，并能设置用户的最小带宽保证以及最大允许带宽；也能对特殊需求采用流量参数进行控制，满足了不同业务对带宽的不同需求，非常适合提供运营商级的服务。

- I 功能强大、完善的网管系统
GPON 系统具有完善的图形管理界面，所有用户的管理、业务的调配均可在网管实现。改变目前不同业务分别组网、分别管理和维护的局面，减少网络系统的设计施工和运营维护成本。同时内置 SNMP 模块，其 TDM 业务的管理可纳入原有的网络。
- I GPON 拥有全面的支持，包括来自不同厂商的光线路终端 OLT 和终端 ONT 之间的互通性。
- I 对于 ITU-T G.983 BPON，GPON 还承诺通过全业务接入网 (FSAN) 和 ITU 建议提供设备互通性。这将使各个厂商的光线路终端 OLT 和光网络终端 ONU/ONT 像 BPON 那样在一个网络中混合使用并匹配；还可实现来自 CPE (Custom Premier Equipment 用户屋内设备) 厂商的低成本、大批量 PON ONU/ONT 的供应，如 DSL 行业那样，从而进一步实现低成本 GPON 的部署。

3. GPON 技术和 EPON 技术的对比

EPON和GPON(也列入BPON)技术之间的性能和运行综合比较表如下：

	IEEE802.3ah -EPON	ITU-T G.984 -GPON	ITU-T BPON
下行线路速率 (Mbps)	1250	2488.32 或 1244.16 (通常也表述为近 2.5Gbps)	155.52 或 622.08 或 1244.16
上行线路速率 (Mbps)	1250	155.52 或 622.08 或 2488.32, 目前 1244.16 (通常也表述为近 1.25Gbps)	155.52 或 622.08
下行效率	~49%, 采用: 8B/10B 编码 (20%) 开销及前同步码 (8%)	~93%, 采用: NRZ 扰码 (无编码) 开销 (8%)	~70%
线路编码	8b/10b	NRZ(+scrambling)	NRZ(+scrambling)
最小分路比(on TC level)	1:32	1:64 (规划为 1:128)	32
最大分路比(on TC level)	N/A	128	64
TC 层支持的最大逻辑传送距离	0.5m~10Km or 0.5m~20Km	60Km (Max. diff.); 一般 20 到 37Km	20Km
视频	IPTV	I IPTV; I 通过叠加支持 CATV 和 DBS 视频业务	
数据链路层协议	Ethernet	Ethernet over GEM and/or ATM	ATM
TDM 支持能力	TDM over packets	I GPON封装方法 (GEM) 支持内部 TDM; I 支持源模式 TDM over Packets; I 固有的 8KHz 脉冲用于传输传统的 TDM 业务 (如 SONET)	TDM o ATM
TDM 传输	以太网电路仿真 (ITU-T Y.1413 或 MEF 或 IETF)	内在功能, 通过 GEM 或以太网电路仿真 (ITU-T Y.1413 或 MEF 或 IETF)	
PON 支持的最大业务流	Dep. on# of LLIDs/ONT	4096	256
上行宽带 * (以 IP data throughput 为业务)	760~860Mb/s	1160Mb/s (for 1.244Gb/s symmetrical)	500Mb/s (for 622Mb/s symmetrical)
下行收益带宽	900Mbps	2300Mbps	
下行数据流加密	Not defined	AES(counter mode)	《 Churning 》 or AES(am.2)
OA&M&P	I Eth OAM (+ optional SNMP); I OAM 可选且最低限度地支持; I 对 ONT 的故障指示、	I PL OAM+O MCL; I PLOAM强制; I 对 ONT 的全套 FCAPS 管理	PL OAM+O MCI

	环回和链路监测		
网络服务管理	预防措施和服务超出范围→SNMP	通过强制的OMCI 提供对ONT和服务的全套 FCAPS 管理	
网络保护	未规定	可选标准保护切/倒换(50mS 切换时间)	
安全性	未规定。各厂商使用了AES I ONT获知LAN MAC地址, 并过滤下行通信; I 无加密	AES 是标准的一部分 I 通过OLT分配端口ID来管理到ONT的下行通信; I 强制AES加密	
功率分级	无	I 有。简单的光线路终端OLT突发模式; 接收器对ODN光分配网络的限制较少; I ONT 功率节省功能	
互通性	未规定。由本地集成、服务商推动	由运营商驱动FSAN 和 ITU-T 提供支持	

* 注: 该带宽是根据不同大小的 IP 包分布模型算出的平均值, 仅供参考

下面将对 GPON 和 EPON 技术做一个详细的比较和分析:

1. GPON 下行线路速率为近 2.5Gbps, 而 EPON 线路速率仅为 1.25Gbps, 且这近 2.5Gbps 链路真正是一对连续的发射器/接收器对, 与已经得到大量产的 SONET OC-48 (SDH' STM-16)相似, 因此 GPON 技术不存在额外的费用。
2. GPON 系统将比 EPON 具有+3dB 光功率的光链路预算优势。这 3dB 可使所使用的光纤距离再延长约 10 公里, 或在同一 GPON 光线络终端 OLT 上支援两倍以上 EPON 光网络终端 ONT 数量(见下表), 从而也大幅降低整个系统中的设备成本。

每用户带宽 /平均吞吐量(Mbps)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
所需EPON OLT 的数量	313	313	334	455	556	667	834	910	1000	1112
所需GPON OLT 的数量	157	157	157	176	218	264	313	358	400	435
GPON与EPON数量多 OLT 比 1:	2	2	2.2	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.5	2.6

GPON 较高的分流比、线速率(PON 带宽)和带宽效率, 这些优点使得其 OLT 设备的数量比 EPON 减少一半以上。这也意味着可在中心局减少大量空间和功耗、热效能; 同时由于 OLT 设备的减少, 设备的生命周期成本也得以节省。举例来说, 在每用户 100 Mbps 速率上时, GPON 可为该网络提供 2.6:1 的 OLT 数量优势, 也就是说总成本将节省约 120 万美元, 这意味着比 EPON 解决方案便宜了 40%。

3. GPON 标准能够提供对以太网和遗留 TDM 业务的电信级传输, 且 GPON 相对 EPON 来说, 更注重对多业务的支持能力(TDM、IP); 其上联业务接口及下联用户接口更为丰富(GE、FE、STM-1、E1...), 其标准的制定是针对运营商提供综合的全业务接入。
4. GPON 技术可支持多种速率等级, 也支持上、下行不对称速率, 上行不一定要支持 1 Gbit 以上的速率, 因此与 EPON 只能支持对称 1 Gbit 的单一速率相比, GPON 在光器件的选择上范围更广, 从而也能降低总成本。
5. EPON 只支持 Class A 和 B 的 ODN 等级, 而 GPON 可支持 Class A、B 和 C, 因此 GPON 可支持高达 128 的分路比和长达 20 到 37 公里的传输距离。
6. 单从协议上比较, EPON 标准是以 IEEE 802.3 体系结构为基础的, 与 GPON 标准相比, 其协议分层简单。
7. ITU 在制定 GPON 标准过程中, 是沿用 BPON 标准 G.983 的很多概念和思路, 与 EFM 制定 EPON 标准相比, GPON 标准更完善, 也由于 GPON 增加一个高效率的了 TC 子层, 按目前的成本计算, 稍高于 EPON。然而, 随着用户带宽从目前最佳高速互联网数据的 10 Mbps 增长到传输的多个 SDTV 和 HDTV IPTV 流所需恒定 100 Mbps, GPON 就可提供优于 EPON 的最佳成本优势。

8. EPON 在 Ethernet 上承载 TDM 业务的技术并不十分成熟, 很难满足电信级的 QoS 要求。因此 EPON 为了能够承载 TDM 业务和话音业务必须设计新的 MAC 机制并增加新的软硬件。而 GPON 由于其设计的 TC 子层结构和 ATM 封装方式, 并采用了 125us 的帧长及定时机制, 能够比较容易的支持 TDM 业务和话音业务。
9. GPON 与 EPON 都是千兆比特级的 PON 系统, 与 EPON 力求简单的原则相比, GPON 更注重多业务和 QoS 保证, 因此 GPON 更适合在需要提供运营及维护、互通性和安全性等大型网络运营所需的所有必要支持的运营商网络中实现。

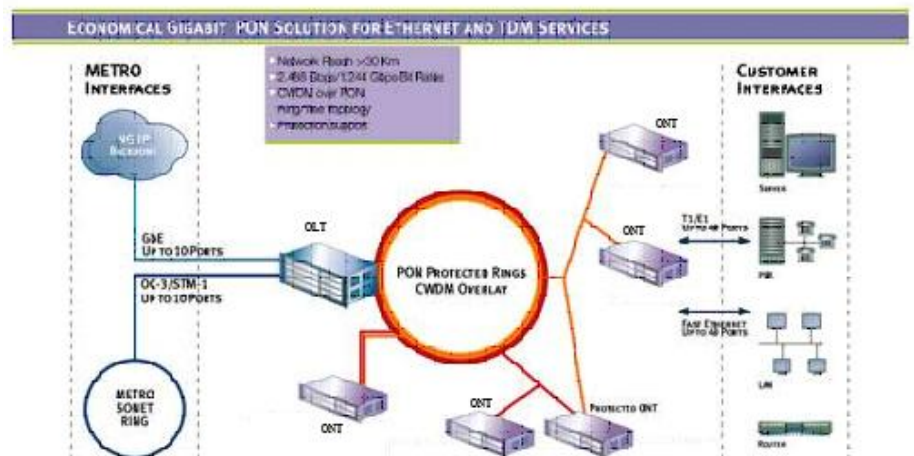
三、GPON 技术的主要应用模式

作为一种宽带 FTTx 光接入承载网络最佳技术, 与 BPON 和 EPON 相比, GPON 的优势在于速度更快、性价比更高, 而且是综合接入, 可以有效地支持包括诸如语音、数据业务、视频业务、电子商务、远程教育、远程医疗等增值业务, 尤其更加适合 IPTV、视频会议、HDTV 高清电视等新兴视频流业务, 例如 HDTV 可能需要 10Mbps 带宽, 也唯有 GPON 可以成为其最大的推动力。

所以 GPON 技术作为 FTTx 宽带光接入的应用可主要用以下几种: 城区主要住宅小区、商务区光纤到小区 FTTC/楼 FTTB/户 FTTH “三网合一”的实现, 新建科技园区、商务区的综合接入, 远离原有传输网络的大客户接入及无线覆盖(例如移动运营商), 具有多重业务设备的小区机房的综合接入改造, 远郊区县的综合接入传输(例如, 电信的“村村通”工程)等。特别是, 如果象江苏泰州一样, 利用 GPON 技术构建一个城市数据城域网, 不仅能够完成主要针对大客户的接入、大型网吧 Internet 接入、企事业单位的专线接入(包括以太网的专线接入和 DDN 的数据专线接入), 也能经由分配网络传输模拟有线和有线数字电视节目到百姓家中; 还可利用此城域网作为已有传输网络的补充, 例如用于移动营业厅的接入、移动基站设备 BTS 和室内覆盖设备 WLAN AP 的接入等, 其增值应用所带来的收益无法估计。

1. 宽带城域网接入

2003 年 10 月扬州网通建立并运营采用 GPON 技术组网的多业务承载宽带城域网接入平台, 乡镇接入网建成以后, 开通了大量业务, 包括传统语音业务、NGN 电话业务、2M 专线和以太网接入业务, 组建的专网有扬州广电站收费网、乡镇政府网、教育网, 接入的用户有广电站、乡政府、中小学校、烟草局、网吧以及部分银行和税务局, 实现了在一个平台上承载电信级宽带高速互联网接入、专业的企业电信服务和 VoIP 语音业务等三大类扬州网通的主营业务。

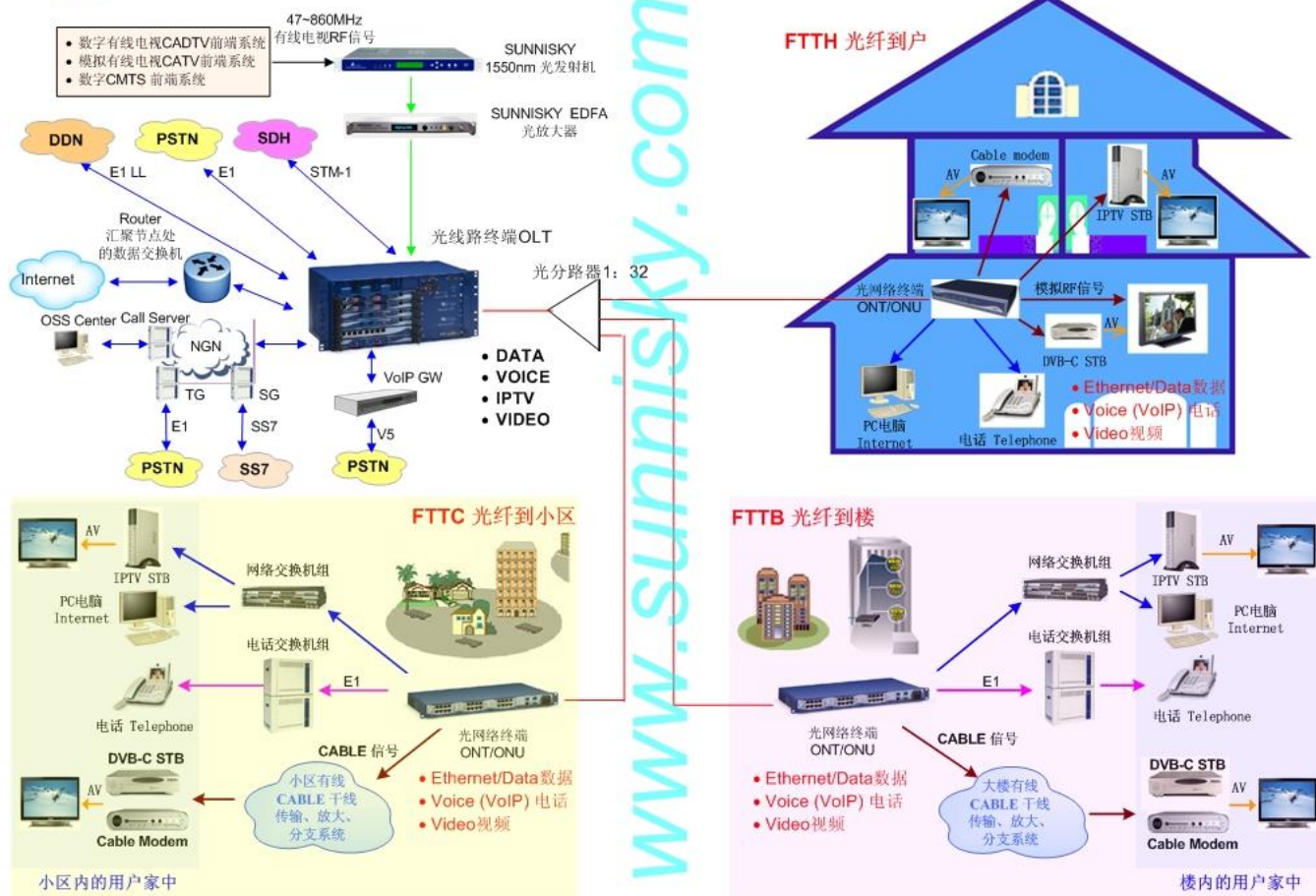


2. GPON 在 FTTx—FTTC/FTTB/FTTH “中三网合一”功能的实现

利用 GPON 技术的高带宽、广覆盖、单纤接入、接口丰富等技术特点的综合业务接入传输能力, 及其产品所具备的多层(如 L2/L3)交换功能, 同时也利用 FTTH/FTTB/FTTC 光纤网络可为各种用户, 如家庭用户、网吧用户、企业用户等, 提供最大带宽达到近 2.5Gbps 的传输平台; 且因使用无源分光器等光分配 ODN 网络的结构, 也节省了运营商光缆线路投资, 方便地实现模拟和数字有线电视、高带宽 IP 数据以及 IPTV 业务的传送; 即 GPON 可为运营商提供了理想的“最后 500 米”FTTH 解决方案, 能够在同一根光纤通道内提供 Internet 接入、IPTV 等数据业务服务, 同时提供模拟有线电视和数字有线电视用户接入, 并且也可以提供 E1 和 PSTN 等电信接口, 可以完全实现光纤到楼 FTTB 或光纤到小区 FTTC, 甚至光纤到户 FTTH 的“三网合一”功能。

从下图可看出, GPON 这种全新的宽带光接入承载技术是一种真正能支持语音、数据和视频全业务的接入技术, 也是实现“三网融合”切实可行的方案。且使用 GPON 技术来规划运营商的光接入网络, 在实现 FTTx 等业务需求的同时, 也将原本复杂的接入网络层次加以改造简化, 完全符合了运营商“大局所、少局所、少层次”的组网要求; 同时, 也充分体现其广覆盖、高带宽、双纤保护等特点。

北京阳天宽频网络技术有限公司
Beijing Sunnisky B. N. T. Co. Ltd
Tel:0086-10-82645460 FAX:0086-10-82645461
E-mail: sales@sunnisky.com
www.sunnisky.com



- 光线路终端 (OLT) :

OLT光线络终端位于中心局前端或分前端机房，负责城域网（MAN）宽带业务的接入。其主要功能是将来自城域网环路的数据流量（语音和数据）适配后导入GPON的传输层；它可提供多达四个千兆上行接口，能连接IP城域网、IPTV网络以及NGN网络。其中的OLT设备与汇聚节点的数据交换机所使用千兆以太网GE（GigabitEthernet）光端口对接（可用V5接口/E1物理接口与本地语音交换网）；其中，GPON网络可以通过VLAN来区分宽带上网业务与IPTV业务，这时GE上联（上行方向）端口通过L2数据网或MSTP传输网连接到AR（IPTV业务接入控制点），而传统的宽带上网业务仍然由BRAS设备来完成结。

GPON数据业务的接入与现有宽带用户的数据接入方式类似，其目的是为最终用户提供1Mbps~2488Mbps高带宽的数据业务接入。光线路终端OLT上行接口可以是携带二层或三层VLAN信息的千兆接口，就可满足了IP城域网不同应用的需求。其中，对用户的认证可以通过目前网络中的BRAS设备，也可以采用OLT内置802.1x的认证来完成。

从不同的语音业务的应用来分，GPON语音业务的接入一般主要有以下几种：

- Ø 内置 V5 接口 VoIP 语音业务
- Ø 连接到 NGN 网络
- Ø TDM 语音业务的接入

同时来源于数字有线电视CADTV或数字CMTS、模拟有线电视CATV前端的RF信号，经过1550nm光发射机和EDFA后，与OLT的光视频接口相连，也即OLT可将两个波长（1310nm和1490nm）和EDFA发送过来的1550nm波长复用在一起，这样OLT就同时具备了汇聚TDM、E1业务、以太网高速数据业务以及视频（有线电视信号）业务于一体的能力。

• GPON光传输网络:

GPON的传输系统采用单纤波分复用技术（下行1490nm，上行1310nm，视频1550nm），其主干光缆经由32路无源光分路器从OLT局端机房分别接至相应片区（FTTC）或楼栋单元（FTTB），或直接进入户（FTTH）。无源光分路器输出的每一路仅需一根主干光纤，其传输距离就可达20到37公里。

• 光网络终端 (ONT/ONU) :

作为用户终端的ONT/ONU光网络终端可放在光节点上，主要负责用户商用业务的接入（传统的TDM业务，如E1/T1；或是数据业务，如10/100/1000M以太网；以及视频-860MHz有线电视等），并把这些业务通过光网络向OLT传输。它可提供到住宅用户和企业客户的最后500米的宽带接入，将来可根据业务的需求和发展，将ONT/ONU下移到小区FTTC、大楼FTTB、或单个用户FTTH。而且，它能够有效地解决上行噪声汇聚问题，也大大节约了光纤和光设备资源，同时又大大降低了建设成本。这是一个可根据用户需求，边建设、边发展，其投资少、见效快、故障率低，是最节约型的多业务“三网融合”承载网络。

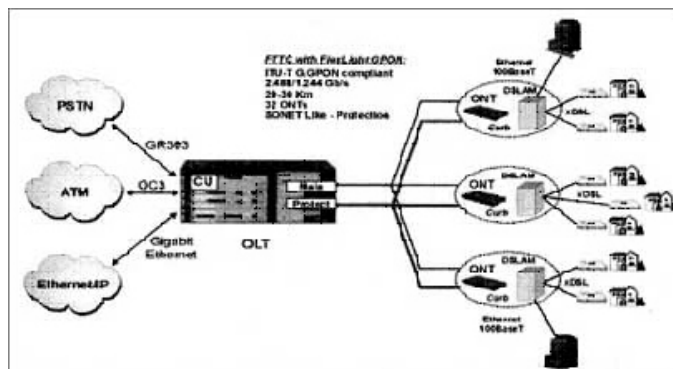
• 网管系统:

可在局端机房通过电脑，对GPON系统中全部光线路终端OLT和光网络终端ONT/ONU统一进行管理、监测、配置和运行维护，实现网络管理的配置管理、性能管理、故障管理、安全管理及计费管理等功能；还可通过在OLT上通过定义用户带宽参数来控制用户业务质量、通过编写访问控制列表来实现网络安全控制、通过读取MIB库获取系统状态以及用户状态信息等，还能提供有效的用户隔离。

3. GPON+xDSL 的应用

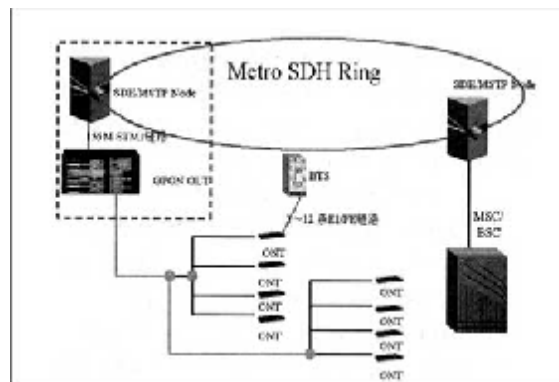
GPON和xDSL并不完全是竞争的关系，应该是互补关系，而且早期的GPON部署要受惠于xDSL技术。这是因为GPON的速度非常高，象欧洲多数运营商都将GPON作为光纤到大楼FTTB接入承载的技术，其后面可接xDSL或WiMax，也就是将GPON作为骨干网络的接入技术。

随着运营商将DSL服务带宽逐步提高，DSLAM(DSL接入服务器)距离终端用户(即DSL Modem)越来越近（现在的距离普遍小于3Km），以保证其出线率和业务质量。未来随着高带宽DSL技术的应用，DSLAM和用户的距离可能小于1.5Km。使用GPON技术和设备作为延伸DSL服务距离和扩展DSL服务带宽的传输平台，就可以很好地完成DSLAM的业务收集。



4. GPON 移动业务的综合接入应用

因GPON设备可以为用户在接入层传输节点提供高质量的TDM业务接口和以太网接口，所以可以通过使用E1接口来连接BTS移动基站设备，使用Ethernet接口可以连接WLAN的AP设备。在未来的3G时代，BTS不仅要使用数量更多的E1传输接口来满足传统语音的要求，也需要以太网端口来解决3G的数据通信需求。而GPON恰好可以在接入层面上可以很好地解决这两种业务在同一平台传输的要求。例如，中国移动贵州省



移动通信公司就采用了这样的 GPON 技术着手建设了自己的数据城域网。

5. 电信的“村村通”工程

只要每村安装一台光网络终端 ONT/ONU，除了电话语音服务和 INTERNET 服务外，也可以传送有线电视信号，即可通过同轴电缆分配网络将有线电视信号传送到农村百姓家中。

6. 应用于 IPTV 的接入承载网络

IPTV 业务的开展的前提是城域网应能保证有高的传输质量，需要一个大容量、高速率的承载接入系统。通常有两种方案来构建 IPTV 的接入承载网络，其一是将原有 IP 城域网改造为一张真正的多业务承载网，实现全网组播业务的开通、全网 QoS 策略的保证、高可靠性、高带宽支持与带宽保证等；另一方案是构建 IPTV 业务专用网络。目前可用于 IPTV 业务接入承载的方式有 ADSL 不对称数字用户线、EPON 和 GPON 无源光网络、LAN 局域网和宽带无线接入等。中国各地 IPTV 的应用，如哈尔滨、上海、北京等地区基本都采用 ADSL 技术，但其因受线路质量及 ADSL 的接入复用器(DSLAM)的影响，存在速率低、有效传输距离短、服务质量(QoS)无法保证、对组播功能支持有限等问题。虽然 DSL 数字用户线技术也在不断发展（目前已经发展到 ADSL2+），传输的带宽和传输距离均有所提高，但是其服务品质仍然难令人满意。

而 GPON 采用无源全光网络结构，能够支持 IPTV 等宽带多媒体业务，可提供上行近 2.5Gbps、下行近 1.25Gbps 的高带宽，对每个 IPTV 用户的带宽可进行动态分配；它也可提供了 IGMP Proxy 以及 IGMP Snooping 组播功能，能方便地实现组播控制，从而更好的满足开展 IPTV 组播业务的需求；同时在整个接入链路上支持全程的 QoS 保证，接入覆盖范围广，可大大降低维护成本和线路的质量，可以很好地满足 IPTV 系统业务开展的需要。

7. 除了“杀手级应用”IPTV 外，GPON 还可应用于对带宽需求比较高的需求中，例如 HDTV、电子卡拉 OK、网络游戏和远程医疗、远程教育和双向会议电视等。

四、GPON 技术的应用和发展

利用 GPON 技术建立的宽带“三网合一”平台，可为运营商在中心局端机房和单个住户、住宅或商务建筑中的用户网络设备之间的连接提供了一个整体解决方案，且在整个 GPON 系统设计时使用源模式传输，可适应现在或是将来的任何业务，从而允许运营商根据各自的市场潜力和特定的管制环境，有针对性地提供客户特别定制的业务，从而大幅提高平均用户收入(ARPU)，同时也扩展了市场机会、为运营商创造新型的、可观的收入源；同时可保证业务所需的带宽和高质量的服务品质(QoS)。所以，这个基于 ITU-TG.984 标准的最新一代宽带无源光综合接入承载技术“GPON”，因具有高带宽、高效率、大范围覆盖、用户接口丰富、支持“三网合一（以太网、IP 流媒体、视频，也称语音、视频和数据三合一业务）”、可以在一个单模光纤上进行无源传输等众多优点，已被大多数运营商视为实现接入网全业务宽带化、综合化建设或改造的最理想、最有潜力的实现宽带多服务接入技术，也是一种可为客户提供了一种低成本和低风险的 FTTx、尤其 FTTH 智能化的最佳网络承载接入解决方案。

1. 国外 GPON 技术的应用

GPON 技术由于其具备支持以太网、IP 流媒体、视频和 ATM 全业务、可以在一根单模光纤上传输等优势，对运营商而言是一个非常具有弹性的方案，因而 GPON 是在全球各地被广泛看好的 PON 技术。从 2005 年起全球各地的运营商都开始测试和部署 GPON，尤其欧美很多原本采用 BPON、EPON 技术的运营商也在向 GPON 过渡。

- I 2005 年 11 月 29 日韩国的宽带接入设备商 Millmet 公司宣布，将在韩国进行 GPON 的端到端 End-to-End (E2E)产品解决方案的部署，使韩国电信拥有提供 IPTV、VoIP 和高速互联网所需要的高效率的容量。
- I 日本一贯是先在基础设施方面做好准备，例如先提供高带宽，之后在为这些带宽开发更多的应用。也公布了 2010 年要提供使用 PON 技术的 3000 万条线路计划，其中 NTT 采用 EPON，但其竞争对手 KDDI 采用 GPON 技术。2006 年 1 月 9 日日本 Clavis 公司也称，将为现有的用户提供 GPON 平台整体解决方案以及相关 GPON 产品的技术支持。
- I 目前美国无线运营商 Verizon 电信公司在美国建立了最大的光纤试验网络，2006 年上半年就成为了美国最早部署 GPON 的运营商，并计划要在未来五年时间里为其 30%的客户提供光纤 FTTx 服务。
- I 2006 年上半年，美国 AFL 电信达成转售协议，已经利用 GPON 承载技术在美国实现 FTTx 的接入。
- I 目前全球有大约 17 家设备厂商支持 BPON，有 23 家支持 EPON。其中，在 17 家支持 GPON 的亚洲系

统设备厂商中，有 8 家中国厂商支持 GPON，包括中兴、华为和上海贝尔-阿尔卡特等。

- I 正由于 GPON 技术能够提供更大的带宽容量，包括阿尔卡特在内的几大电信设备制造商也非常钟情于 GPON 技术，并推出许多经 ITU 认证的 GPON 产品，ISAM 组织就已经大量使用了由阿尔卡特提供的 GPON 产品，来为自己的用户提供基于互联网协议技术的交互式电视 IPTV 服务以及高清晰度电视 HDTV。这也将极大推动电信设备制造商、运营商对 GPON 的支持。
- I 法国电信于 2006 年 7 月底宣布在巴黎采用 GPON 吉比特无源光网络技术，用来提供近 2.5Gbps 互联网接入服务，其中包括免费的电话及网络电视，使通过光纤到户 FTTH 接入的用户可以享受近 2.5Gbps 的下载速率和近 1.25Gbps 的上传速率的语音 Voice、数据 Data 和视频 Video 等的全业务接入服务，包月价格为 70 欧元(约合 702 元人民币)。
- I 另外，包括韩国电信、加拿大贝尔公司、法国电信以及中国电信在内的电信商都已经在 2006 年初开始使用了 GPON 技术。

2. GPON 技术在国内的应用

与北美和欧洲地区类似，模拟/数字有线电视和 IPTV 视频在中国大兴其道，以及政府对光纤入户 FTTH 的大力支持，鉴于 GPON 的功能优势，所以中国更倾向于采用 GPON 技术建设“三网合一”的 FTTH 承载网络。

- I 在江苏泰州已经铺设完成一条 GPON 城市数据城域网。目前泰州有线电视已经拥有 50 万有线电视用户，运营商并已开始向公司客户提供 IP 宽带等服务。
- I 中国电信在 2005 年 7 月就开始了基准测试，中国网通也宣布说正在为 2008 年奥运会进行相关准备，而贵阳移动已经将 GPON 设备用于无线回程的传输中。
- I 2003 年 10 月扬州网通建立并运营采用 GPON 技术组网的多业务承载宽带城域网接入平台。
- I 2006 年 5 月中国移动通信集团公司旗下省级运营商中国移动通信贵阳分公司宣布使用 GPON 系统技术，来承担中国移动通信贵阳分公司的城市融合网络 (converged network) 中的配置任务，并规划和建设自己的接入层面传输网络，可以有效的从其移动基站收发信台 (BTS) 进行蜂窝回程传输，同时在单一光纤上向其企业客户传输数据和时分复用 (TDM) 服务。

此外，也可以对原有线电视 HFC 网络进行“无源 GPON 光网络+IPTV”进行快速双向网络改造，就可在广电的网络上实现 IPTV、HDTV、视频点播、视频直播、远程教育、政务信息、电子政务、网络游戏、互联网接入等“三网合一”的宽带服务以及其它增值业务，且其清晰度，将远远高于电信级别的 IPTV 节目效果；除了可极大地丰富市民的精神文化生活，还可以长期获得丰厚的收益。

随着全球各地的设备制造商和运营商采纳 GPON 技术，GPON 将成为未来网络接入的主流技术。同时 GPON 相关产品的高性能和高集成度的特点，也将极大地加快 GPON 设备制造商以更低的价格、快速地提供出符合 ITU-T G.984 标准的 GPON 设备。有预测说，2009 年全球 GPON 用户将超过 600 万；而且 2005 年和 2006 年 GPON 的相关产品成本已经大幅降低。可以预见的是，随着未来 GPON 技术的不断发展和大规模的应用，相信 GPON 系统的成本会不断的大幅下降，在未来的 FTTx 市场中，尤其光纤到户 FTTH 中，GPON 将有很好的发展前景，其应用将在全球领域，尤其亚洲的中国将获得爆炸式的增长。

(本文完成于 2006 年 8 月 1 日)



北京阳天宽频网络技术有限公司
Beijing Sunnisky B. N. T. Co. Ltd
电话: 010-82645460 传真: 010-82645461
E-Mail: sales@sunnisky.com
www.sunnisky.com