

光纤到家(FTTH)是20年前人们就已认定的发展目标,但是由于成本、技术、需求、政策等方面的原因,迄今没有得到大规模推广应用,主要是企业用户和极少量高端住宅用户在使用。由于市场需求的驱动,最近FTTH再次成为热点,吸引了业界的目光。

## 再次成为热点的FTTH

雷震洲

(信息产业部电信研究院,北京 100083)

**摘要:** 宽带业务的快速发展使得网络接入部分的带宽“瓶颈”问题越来越突出,而光纤是迄今为止最好的传输媒介。文章论述了发展光纤到家(FTTH)的驱动力,讨论了FTTH的体系结构和标准以及光设备的成本变化趋势,探讨了FTTH的现状与市场发展趋势,指出FTTH的梦想正一步步走向现实。

**关键词:** 光纤到家;宽带无源光网络;千兆比特无源光网络;以太网无源光网络

中图分类号:TN929.11 文献标识码:C 文章编号:1009-6868(2005)02-0054-04

### 1 发展FTTH的驱动力

**光**纤到家(FTTH)再次成为热点的原因很多,包括政策上的扶持、企业竞争的需要、设备成本的下降等,但最主要的驱动力是市场需求。

随着宽带业务的发展,人们越来越意识到网络的接入部分(最后1 km)存在严重的带宽“瓶颈”。事实上,接入部分两边目前都已跨入吉比特级以上的速率,如用户端广泛使用的PC其内部传送速率已达到32 Gb/s,而作为接入部分的另一头,城域网或长途网的每波长速率也已达到2.5~10 Gb/s。它们都比接入部分高出至少3个数量级。所以,只有突破接入部分的带宽“瓶颈”,才能使整个网络有效发挥宽带的作用,真正推动宽带业务的发展,给运营商带来经济效益和社会效益。

用数字用户线(DSL)和电缆调制解调器(Cable Modem)虽然在一定程度上拓宽了接入带宽,但是它们都先天不足,有很大的局限性,例如DSL的带

宽和传输距离非常依赖于铜线的质量。许多宽带应用,特别是视频应用,用DSL或Cable Modem难以支持。例如,视频点播(VOD)业务,如果用户要用数小时下载一部电影的话,显然还不如去店里租录像带或光碟看;还有,当用城域网来为数据中心做远地备份时,如果由于接入带宽受限而使传送大文件所需时间过长的话,也是不能容忍的。在美国“911”恐怖事件中,就发生了由于没有足够的宽带接入,结果使一些本可以用会议电视来处理的事不得不通过面对面会议来处理,大大增加了交通负担。

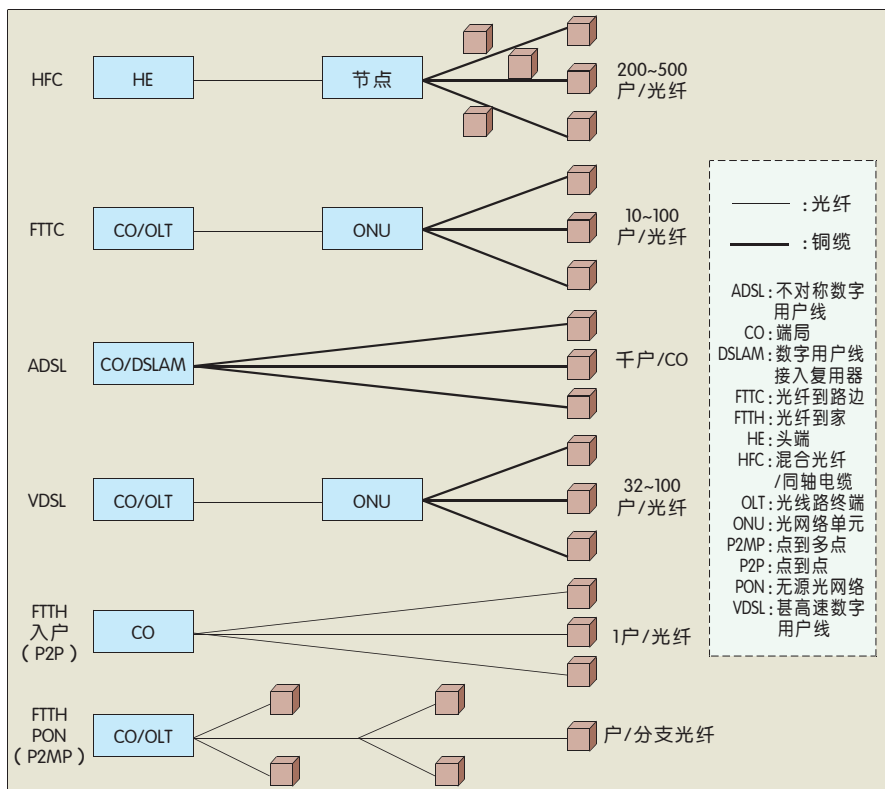
考虑到未来的许多宽带应用,越来越多的国家认识到必须尽早突破接入“瓶颈”,而光纤是迄今为止最好的传输媒介,它能提供的有用带宽高达75 000 Gb/s。因此是FTTH的发展动力所在。

### 2 FTTH的体系结构和标准

由宽带接入技术的演进过程(如图1所示)可见,FTTH是宽带接入的最

终发展目标。在它之前,主要使用DSL和混合光纤/同轴电缆(HFC)技术。FTTH有两种,一种是点到点入户结构;另一种是点到多点无源光网络(PON)结构。PON是一种树状结构的全光网,可以采用稀疏波分复用(CWDM)技术来解决双向传输问题。表1列出了几种宽带接入技术的主要数据,其中,宽带无源光网络(BPON)和千兆比特无源光网络(GPON)基于ATM技术,以太网无源光网络(EPON)则基于以太网技术。

图2是一个三重业务提供商(一家运营商基于同一技术同时向用户提供语音、数据和图像三种业务)部署的典型住宅PON示意图。普通电话通过1个或多个155 Mb/s G.303接口经ESS-5交换机接至公共交换电话网(PSTN)。10/100/1000BaseT以太网数据业务则通过具有IP over Ethernet接口的路由器接至互联网。来自卫星或微波线路的电视节目由于还没标准化,故既可以以模拟方式也可以以MPEG等数字方式在PON上传送。图2中的



▲图1 宽带接入技术的演进过程

分光器现在正在标准化,一般为1:4和1:8,但实际使用时是随意的。

点到点入户结构现在越来越受重视,因为当距离较长时,多纤光缆在材料和安装成本方面几乎与单纤光缆相同。所以现在实施点到点入户时光缆已经不是问题,主要问题是局端的光电端口数量太多。解决办法之一是在局端进行光分割,这样就可以通过一个端口时分复用(TDM)方式服务于许多用户,从而使点到点入户结构实质上变成PON。

目前,ATM无源光网络(APON)与以太网无源光网络(EPON)都有各自的拥护者。

不管APON和EPON的拥护者怎么争论,到用户和到局端的接口两者基本相同,故成功的关键在于谁到最终用户的成本更低和谁能提供令用户满意的速率。

### 3 光设备的成本变化趋势

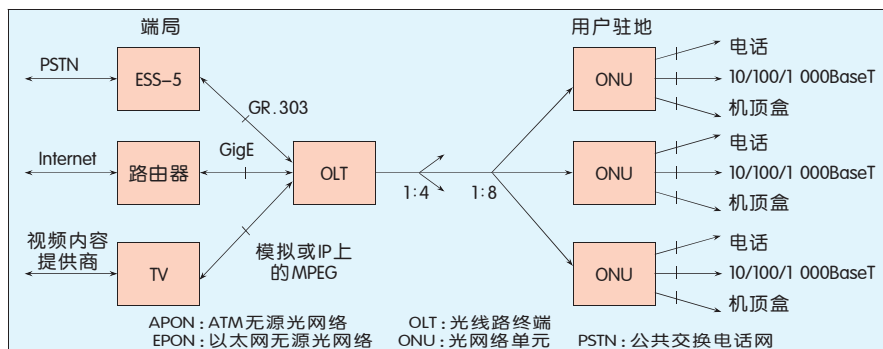
与城域网和长途网相比,接入部

分最后1 km的成本显得尤其重要。

PON是FTTH的支撑技术,其光学部分

▼表1 各种宽带接入技术的主要数据与标准名称

技术	传输媒介	原有带宽	提供给每用户的峰值速率	标准	发布机构
ADSL	24线规对绞线	10 kHz	ADSL:下行1 Mb/s,上行0.1 Mb/s(<6 km) (纽约地区重载系统提供的用户速率)	G.992	ITU
VDSL	24线规对绞线	10 kHz	VDSL:下行10 Mb/s,上行10 Mb/s(<1 km)	即将出台	ITU/ETSI
Cable Modem	同轴电缆	1 GHz	下行2 Mb/s,上行0.4 Mb/s (纽约地区重载系统提供的用户速率)	DOCSIS 1.1	CableLabs
BPON	光纤	75 000 GHz	下行622或155 Mb/s,上行155 Mb/s	G.983(FSAN)	ITU
GPON	光纤	75 000 GHz	下行2.4或1.2 Gb/s,上行622或155 Gb/s	G.984(草案)	ITU
EPON+	光纤	75 000 GHz	下行10~1 000 Mb/s,上行10~1 000 Mb/s	802.3ah和802.3ae	IEEE

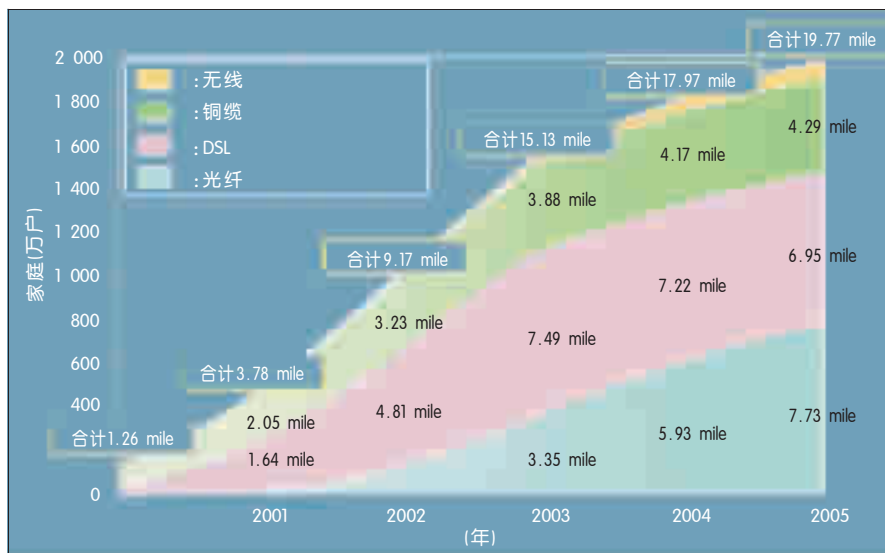


▲图2 典型的住宅PON示意图

的成本大大高于电子部分。最贵的是激光器,尤其是用于光线路终端(OLT)的温度可控的高线性1 550 nm激光器(传频分复用的模拟电视)和用于光网络单元(ONU)的低功率无冷却激光器。光检测器及其相关电子放大器略为便宜一些。

在美国平原地区,按平均用户线路长度计,PON设备的每住宅成本约为1 500美元,加上光纤设施后的总成本约每住宅2 000~2 500美元,故PON设备成本一般占总成本的55%到75%。由这些数字可见,目前PON的成本已经下降到足以鼓励运营商用PON技术来提供三重业务,如以每月75美元的费率计,成本回收期为2.4到3年。每月75美元的三重业务费率相当于美国住家每月电话、数据和有线电视分别定购计费的相加数额。

FTTH的未来市场前景主要取决于光设备成本的降低程度。有人估算,在FTTH的成本中,局端光电设备占15%,分配网及其安装费占40%,用户驻地光电设备及其安装费占45%。在网络设施成本中,基建占53%,工



▲图3 日本宽带网的发展及预测

程占10%，合光/分光器占20%，接头封装占9%，光纤本身只占8%。

目前，激光器正在变得越来越便宜，分光器也是这样，一年前每端口100美元以上的分光器现在已降为每端口25美元。与此同时，光纤敷设的土建工程也越来越机械化，施工越来越方便，再加上现在的光纤损耗很低，操作起来不用再像从前那样小心翼翼了，可以省去许多人工成本。此外，在PON中，只在两端存在电子设备，这意味着新业务和新协议的引入可以很快很经济地在两端完成，不必在全线进行。总之，FTTH的成本正在变得越来越低，尤其是它的生命周期成本已经与铜线宽带接入网相当，甚至更低了。这也是目前FTTH加快发展的一个重要原因。

#### 4 FTTH的现状与市场发展趋势

日本是世界上对FTTH最热情的国家，在FTTH应用上一直处于领先地位。早在20世纪90年代初日本就提出了在2000年实现FTTH的构想。由于技术与经济的原因，日本的FTTH计划一度受阻，但在随后的e-Japan战略中仍得到了贯彻。到2003年底，日本宽带基础设施建设的实际结果是：高

速DSL通达3 500万个家庭，高速Cable Modem通达2 300万个家庭，超高速FTTH通达1 770万个家庭。2004年3月底，DSL用户为11 196 830个（44个运营商）；2004年2月底，Cable Modem用户为2 546 000个（306个运营商），FTTH用户为1 042 776个（12个运营商），无线宽带用户为31 000个（21个运营商）。由此可见，日本的FTTH在市场上已经占据相当份量，今后的份额将越来越大。图3是日本总务省对包括光纤到家的各种宽带接入网的预测，可以看到，到2005年以后，日本的光纤接入将超过DSL接入。

日本FTTH的发展领先除了政府主导，运营商积极响应的原因之外，还有网络与技术方面的原因。日本网络中的用户环路普遍较短，同时在馈线部分原来存有大量的暗光纤，这为实施FTTH提供了方便。在技术方面，日本开发了自己的PON标准，没有等待ITU的FSAN标准。由于日本的标准中采用了低成本的以太网技术，为部署FTTH较早地提供了技术条件。

美国在宽带和FTTH建设方面并不领先。在宽带部署方面，美国排名第11，落后于韩国、加拿大、瑞典等国。美国的DSL发展不如日、韩和一些欧洲国家，其中一个原因是因为美国

50%以上的用户离端局的距离超过15 km，不像许多小国家用户离端局的距离仅1 km左右。但这种情况并没有使美国在FTTH方面超前于其他国家。例如，到2002年第3季度，日本有97 000个FTTH用户，瑞典有75 000个，意大利有50 700个，而美国却只有33 000个。在2003年底，日本为第100万个FTTH用户举行了庆祝活动。美国FTTH建设落后原因很多，例如在政策上不鼓励，在管制上没放开，在技术上运营商过于偏爱带宽潜力有限的无线和旧的铜线铜缆。

由于用户的需求、FTTH成本的下降以及竞争与持续发展的需要，美国在管制和税收方面已经或正在推出一些有利于促进在全国范围安装宽带设施和在农村地区开展服务的政策。最明显的是2003年3月美国联邦通信委员会(FCC)颁布了新的宽带管制条例，对DSL和光纤接入网采取了不同的管制政策。对DSL要求进行“非绑定”，即要求传统本地运营商以低价向其竞争对手开放网络资源，但对FTTH明确规定不在“非绑定”之列，也即对新建设的光纤宽带接入设施，本地运营商不必向对手开放或低价租赁。为了宣传、推动和加速FTTH的发展，美国还新成立了一个非盈利的组织——FTTH协会，其成员包括通信公司、计算机公司、网络公司，以及应用、内容与服务提供商等。

到目前为止，美国的FTTH已经掀起了第一波建设高潮，更大的第二波建设高潮也即将到来。第一波建设高潮几乎完全由员工少于150人的新兴公司掀起。其中包括：新兴的房地产开发商、市政当局、国有电力公司、竞争本地运营商(CLEC)和小型传统本地运营商(ILEC)。房地产开发商之所以搞FTTH是因为他们发现，敷设光纤的成本基本上与敷设同轴电缆一样，而设备成本仅为1 000~2 000美元，虽然多花些钱，但FTTH更有利于其房屋的销售。市政当局主要指美国1 900个左右的小社区，它们拥有自己



的电力公司，路线和电杆都是现成的，在财政上又能得到普遍服务基金(USF)的补贴，所以它们也兴建FTTH。另外，美国还有68家不同规模的国有电力公司，服务于150万用户和许多农村居舍。它们也能得到USF的补贴，有些电力公司已经拥有原用来监视配电系统的光纤，非常有利于FTTH的部署。美国电信业协会(TIA)和FTTH协会最近联合宣布，美国的光纤社区已经增加到128个，分布在32个州。FTTH用户明显增加，平均用户订购率超过40%，在某些社区甚至达到75%。

在上述新政策的推动下，美国兴建FTTH的第二波将由大型ILEC掀起，尤其是3家地区贝尔公司：Bell-South、SBC和Verizon。2003年5月底，它们联合宣布要采用统一的标准建设光纤接入网，并联合向设备厂商发出设备需求征询(RFP)，拉开了光纤接入网大规模建设的序幕。它们选择的是与FTTH相当的光纤到驻地(FTTP)方式，采用的是ITU的G.983标准。其中Verizon公司声称到2004年底它的FTTP将通达100万个家庭和企业。接着于2004年10月又声称要在美国弗吉尼亚、特拉华、马里兰、麻萨诸塞、纽约、宾夕法尼亚、加利福尼亚、佛罗里达、德克萨斯9个州部署FTTP，让FTTP通达300万个家庭与企业。为此，Verizon将新雇3 000到5 000名员工。图4是Verizon公司的FTTP建设示意图，他们将在新的业务开发地全部建设FTTP，在已经有铜线接入网的地区，采取重叠网方式建设FTTP。

美国第二波FTTH建设高潮不仅是美国FTTH能否迅速发展的关键，而且也是美国ILEC提高竞争力的关键。据KMI公司预测，2009年包括设备仪器和光缆一起的美国FTTP市场总额可以达到32亿美元，期间的年复合增长率为54%；2003年大约有100个不同的FTTP工程项目，其中通信公司只占3%的份额，但随着第二波FTTH建设高潮的到来，到2009年通信公司的



▲图4 Verizon公司FTTP建设示意图

份额将达到70%。

欧洲曾经是光纤接入网试验与部署最早的地区。英国、德国从80年代末就开始试验和计划部署FTTH，但是由于成本和技术的成熟以及需求跟不上，早期用PON部署FTTH失败了。到2002年底，欧洲有2个FTTH运营商有比较可观的用户，它们是瑞典的B2公司和意大利的e.biscom公司，前者有7万多个住宅用户，后者有9万多个住宅用户。

从全球看，据Dittberner公司分析，到2013年光纤接入技术的全球投资将从2004年的37亿美元增加到228亿美元。亚太地区将成为全球最大的FTTH市场，占全球总市场的52.8%（即120亿美元）。中国将占到亚太地区市场的将近一半（46%）。中国和印度在未来几年内将成为FTTx的主要投资者。在中国，PON的部署已经开始。中国网通已采用Salira公司的EPON设备在北京、长沙开始提供业务。长城宽带网络服务有限公司与日本富士通公司签署了EPON技术合作协议，将在北京等大城市中推广应用，并逐步覆盖全国范围。

在设备制造方面，EPON产品的主导公司有2家——Alloptic和Salira。此外，富士通、比瑞利公司也有EPON产

品。中国也有一些公司，如北京格林威尔科技发展有限公司和迅风通信公司等欲在EPON上有所作为。

GPON与EPON相比更是一个“后来者”，主要的厂商是FlexLight公司。目前有些欧洲和亚洲的运营商已经在用其产品进行试验。此外，Optical Solutions、Alcatel等BPON的厂家也准备涉足此领域。

## 5 结束语

光纤接入网在面世20年以后，终于迈开大步向前发展。国外咨询机构IDC的一份最新预测表明，全球光纤接入用户数到2007年将占到2亿宽带用户中的9.9%。光纤到家这个梦想正在一步步走向现实。

收稿日期：2004-11-06

### 作者简介



雷震洲，教授级高工，信息产业部电信研究院科技委副主任委员。已出版译著4部、专著4部，发表论文250余篇。现是中国人民政治协商会议全国委员会委员、中国通信学会会士、中国科学技术名词审定委员会委员、中国互联网协会互联网政策与资源工作委员会副主任委员、信息产业部通信科技委委员兼无线电频率规划专家咨询委员会副主任、美国IEEE高级会员。