

光纤通信的发展现状和未来

王磊 裴丽 北京交通大学光波所 100044

摘要: 光纤通信自问世以来, 给整个通信领域带来了一场革命, 它使高速率、大容量的通信成为可能。目前它已成为一种不可替代的、最主要的信息传输技术。这篇文章简要介绍了光纤通信的特性和现阶段国内外应用光纤通信的基本情况, 比较详细地总结了目前光纤通信主要技术——光波分复用技术、光孤子通信技术和光纤接入技术的基本原理、优势、发展状况和国内外近期所能达到的技术水平, 最后论述了未来光纤通信将是朝着光纤到户、全光网络的方向发展, 最终会提供更多更好的信息服务。

关键词: 波分复用; 光孤子通信; 光纤到户

1, 光纤通信概况

1966 年, 美籍华人高锟博士 (C. K. Kao) 和霍克哈姆 (C. A. Hockham) 发表论文, 预见了低损耗的光纤能够应用于通信, 敲开了光纤通信的大门。从此光纤在通信中的应用引起了人们的重视, 很快在 1970 年 8 月, 美国康宁公司首次研制成功损耗为 20dB/km 的光纤, 光纤通信的时代由此开始了。与传统的电通信相比, 光纤通信是以很高频率 (10¹⁴Hz 数量级) 的光波作为载波, 以光纤为传输介质的通信。由于光纤通信具有损耗低、传输频带宽、容量大、体积小、重量轻、抗电磁干扰、不易串音等优点, 自其出现以来就备受业内人士的青睐, 发展非常迅速。光纤通信系统的传输容量从 1980 年到 2000 年这 20 年间增加了近一万倍, 传输速度在过去的 10 年中大约提高了 100 倍。目前我国长途传输网的光纤化比例已超过 80%, 预计到 2010 年, 全国光缆建设长度将再增加约 105km, 并且将有 11 个大城市铺设 10G 以上的大容量光纤通信网络。

2, 光纤通信的发展现状

光纤通信的发展依赖于光纤通信技术的进步。目前光纤通信技术已有了长足的发展, 新技术也不断涌现, 进而大幅度提高了通信能力, 并不断扩大了光纤通信的应用范围。

2.1 光波分复用技术

波分复用 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 技术是指使用多束激光在同一条光纤上同时传输多个不同波长的光波技术。自从上个世纪末, 波分复用技术出现以来, 由于它能极大地提高光纤传输系统的传输容量, 迅速得到了广泛的应用。2001 年, 日本 NEC 公司和法国阿尔卡特公司创造佳绩, 成功研制出世界最高容量的 WDM 系统, 分别在 100km 的距离上实现了总容量为 10.9Tbit/s (273 × 40Gbit/s), 工作范围覆盖 S、C 和 L 波段, 和总容量为 10.2 Tbit/s (256 × 40Gbit/s), 工作范围覆盖 C 和 L 波段的系统。目前 1.6Tbit/s WDM 系统已经大规模商用化^[1,2]。

1995 年以后, 密集波分复用 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 技术成为国际上的主要研究对象, 目的是追求超大容量、超高速率和超长中继距离传输。DWDM 光纤通信系统极大地增加了每对光纤的传输容量, 经济有效地解决了通信网的瓶颈问题。21 世纪初期, 商用的 DWDM 系统传输容量已达 400Gbit/s。那时 10Tbit/s 的总容量也已突破, CIENA 公司已经研发 16Tbit/s 的系统; 朗讯贝尔实验室的科研人员认为商用的 DWDM 系统容量最高将达到 100Tbit/s。目前商用最高光纤传输容量为 1.6Tbit/s, 使用波段也从 C 波段到 L 波段, 以至 S 波段, 朗讯和北电网络提供的该类产品都采用 160 × 10Gbit/s

方案, 它在我国多个运营商的网络中得到应用; 以 10Gbit/s 为基础的 DWDM 系统已逐渐成为核心网的主流。DWDM 系统除了波长数和传输容量不断增加外, 光传输距离也从 600km 左右大幅度扩展到 2000km 以上。1.28Tbit/s (128 × 10Gbit/s) 的 DWDM 系统已达到无中继传输 8000km; 实验室最高记录已达 40Gbit/s 无电再生传输 10000km^[3,4,5]。

随着波分复用技术从长途网向城域网扩展, 粗波分复用 CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) 应运而生。CWDM 的波长间隔一般为 20nm, 以超大容量、短传输距离和低成本的优势, 广泛应用于城域光传送网中。

目前为了进一步提高光通信系统的传输速率和容量, 还提出了将波分复用 WDM 和光时分复用 OTDM 技术相结合的方式。把多个 OTDM 信号进行波分复用, 从而大大提高传输容量。只要 WDM 和 OTDM 两者适当地结合, 就可以实现 Tbit/s 以上的传输, 并且也应该是一种最佳的传输方式, 因此它也成为未来高速、大容量光纤通信系统的发展方向。实际上大多数超过 3Tbit/s 的传输实验都采用了 WDM 和 OTDM 相结合的传输方式^[2]。

2.2 光孤子通信技术

光孤子是一种特殊的 ps 数量级上的超短光脉冲, 由于它在光纤的反常色散区, 群速度色散和非线性效应相互平衡, 因而经过光纤长距离传输后, 波形和速度都保持不变。光孤子通信就是利用光孤子作为载体实现长距离无畸变的通信, 在零误码的情况下信息传递可达万里之遥。

早在 1973 年, 光孤子的存在就由美国贝尔实验室的 A. Hasegawa 从理论上推断得出, 并揭开了理论研究的序幕。直到 1983 年, 贝尔实验室的 Mollenauer 研究小组首次研制成功了一支铯锁模孤子激光器 CCL。随后的一段时间内, Mollenauer 研究小组经过一系列的实验, 终于检测出脉冲为 10ps 的光孤子经过 10km 传输无明显变化, 首次从实验上证实了光孤子传输的可能性。在光孤子通信领域内, 由于其具有大容量、长距离、误码率低、抗噪声能力强等优点, 光孤子通信备受国内外的关注, 并大力开展研究工作。美国和日本处于世界领先水平。美国贝尔实验室已经成功实现了将激光脉冲信号传输了 5920km, 还利用光纤环实现了 5Gbit/s、传输 15000km 的单信道孤子通信系统和 10Gbit/s、传输 11000km 的双信道波分复用孤子通信系统; 日本利用普通光缆线路成功地进行了超高速 20Tbit/s、远距离 1000km 的孤立波通信, 日本电报电话公司推出了速率为 10Gbit/s、传输 12000km 的直通光孤子通信实验系统。在我国, 光孤子通信技术的研究也有一定的成果, 国家“863”研究项目成功地进行了 OTDM 光孤子通信关键技术的研究,

实现了 20Gbit/s、105km 的传输。近年来, 时域上的亮孤子、正色散区的暗孤子、空域上展开的三维光孤子等, 由于它们完全由非线性效应决定, 不需要任何静态介质波导而备受国内外研究人员的重视^[6]。

众多实验结果表明, 光孤子通信具有远距离光传输能力, 可用于海底光缆通信等, 而且适合与 WDM 系统结合构成超高速大容量的光通信。当单信道速率达到 40Gbit/s 以上时, 光孤子通信的优势将得以充分体现。虽然在技术上仍存在“如何延长放大间距、减少放大器数量”等一些亟待解决的问题, 但凭其巨大的发展潜力将成为新一代光纤通信的主力军。

2.3 光纤接入技术

随着通信业务量的不断增加, 业务种类也更加丰富, 人们不仅需要语音业务, 高速数据、高保真音乐、互动视频等多媒体业务也已经得到了更多用户的青睐。这些业务不仅要有宽带的主干传输网络, 用户接入部分更是关键, 而传统的接入方式已经满足不了需求, 因此只有带宽能力强的光纤接入才能将瓶颈打开, 核心网和城域网的容量潜力才能真正发挥出来。作为光纤接入中极有优势的 PON 技术早就出现了, 它可以和多种技术相结合, 比如 ATM、SDH 和以太网等, 分别产生 APON, GPON 和 EPON。由于 ATM 技术受到 IP 技术的挑战等问题, APON 发展基本上停滞不前, 甚至走下坡路, 但有报道指出由于 ATM 交换在美国广泛应用, APON 将用于实现 FTTH 方案; GPON 对电路交换性的业务支持最有优势, 又可以充分利用现有的 SDH, 但是技术比较复杂, 成本偏高; 相比之下, EPON 继承了以太网的优势, 成本相对较低, 但对 TDM 类业务的支持难度相对较大。所谓 EPON 就是把全部数据装在以太网帧内来传送的网络技术。现今 95% 的局域网都使用以太网, 所以选择以太网技术应用于对 IP 数据最佳的接入网是十分合乎逻辑的, 并且原有的以太网只限于局域网, 而且 MAC 技术是点对点的连接, 在和光传输技术结合后的 EPON 不再只限于局域网, 还可以扩展到城域网, 甚至广域网, EPON 众多的 MAC 技术是点对多点的连接。另外光纤到户也采用 EPON 技术^[4,5]。

GPON 和 EPON 各有优势和不足, 二者谁将在未来的光通信中更胜一筹, 我们还要拭目以待。

3, 光纤通信的未来

对光纤通信而言, 超高速、超大容量和超长距离一直是人们追求的目标, 而光纤到户和全光网络也是人们不懈追求的梦想。

3.1 光纤到户 FTTH

虽然现在移动通信发展速度惊人, 但因其带宽有限, 终端体积不可能太大, 显示屏幕受

限等因素,人们依然追求性能相对占优的固定终端,也就是希望实现光纤到户。光纤到户的魅力在于它具有极大的带宽,它是解决从互联网主干网到用户桌面的“最后一公里”瓶颈现象的最佳方案。

随着技术的更新换代,光纤到户的成本大大降低,不久可降到与 DSL 和 HFC 网相当,这使 FTTH 的实用化成为可能。据报道,早在 1997 年日本 NTT 公司就开始发展 FTTH,2000 年后由于成本降低而使用户数量大增;美国在 2002 年前后的 12 月中 FTTH 的安装数量增加了 200% 以上^[5,7]。可对光纤到户的市场,各公司却各持己见:美国 AT&T 公司对 FTTH 并不看好,在 OFC2004,该公司认为带宽不是万能,发展应用和内容才是关键,因此在相当的时间内,FTTH 的市场可能很小;而美国运营商 Verizon、Sprint 则比较积极,并且在 OFC2004 上介绍了它们发展 FTTH 的计划和技术方案^[7]。在我国,光纤到户也是势在必行,光纤到户的实验网也已经在武汉、成都等城市开展,预计在 2012 年前后,在我国从沿海到内地,从东到西将兴起光纤到户建设的高潮。

可以说光纤到户是光纤通信的一个亮点,伴随着相应技术的成熟与实用化,成本进一步降低到家庭能承受的水平,FTTH 的大趋势是不可阻挡的。

3.2 全光网络

传统的光网络实现了节点间的全光化,但在网络结点处仍采用电器件,限制了目前通信

网干线总容量的进一步提高,因此真正的全光网成为了一个非常重要的课题。

全光网络以光节点代替电节点,节点之间也是全光化,信息始终以光的形式进行传输与交换,交换机对用户信息的处理不再按比特进行,而是根据其波长来决定路由。

全光网络具有良好的透明性、开放性、兼容性、可靠性、可扩展性,并能提供巨大的带宽、超大容量、极高的处理速度、较低的误码率,网络结构简单,组网非常灵活,可以随时增加新节点而不必安装信号的交换和处理设备。当然全光网络的发展并不可能独立于众多通信技术之中,它必须要与因特网、ATM 网、移动通信网等相融合^[1,8]。

目前全光网络的发展仍处于初期阶段,但它已显示出了良好的发展前景。从发展趋势上看,形成一个真正的、以 WDM 技术与光交换技术为主的光网络层,建立纯粹的全光网络,消除电光瓶颈已成未来光通信发展的必然趋势,更是未来信息网络的核心,也是通信技术发展的最高级别,更是理想级别。

4, 结束语

光纤通信自诞生以来,给整个通信领域带来了一场革命,它使高速率、大容量的通信成为可能。目前光纤通信已成为一种最主要的信息传输技术,迄今尚未发现可以取代它的更好的技术。即使是在全球通信行业处于低迷时期,光纤通信的发展也从未停滞过,就我国而言,

2002 年的光通信市场相比 2001 年仍处增长状态。从现代通信的发展趋势来看,光纤通信也将成为未来通信发展的主流。人们期望的光纤到户和真正的全光网络的时代也会在不远的将来如愿到来。

参考文献:

- [1] 桂厚义. 光纤通信技术的现状与发展趋势. 江西通信科技. 2004:10-13
- [2] 张成云, 何振江, 徐慧梁, 等. 光通信技术的发展现状和趋势. 激光与光电子进展. 2004(41):26-29
- [3] 胡辽江, 刘增基. 光纤通信的发展现状和若干关键技术. 电子科技. 2004(2):3-10
- [4] 唐自华. 光纤通信的新篇章. 中国数据通信. 2004:5-7
- [5] 彭承柱, 彭明宇. 下一代网络及其新技术. 广播电视信息. 2004(1):68-71
- [6] 何淑贞, 王晓梅. 光通信技术的新飞跃. 网络电信. 2004:36-39
- [7] 赵梓森. OFC2004 光纤通信大会摘要. 技术发展. 2004:1-6
- [8] 黄伯恒. 全光网络探索. 中国有线电视. 2004(17):42-47

作者简介:

王磊, 女, 北京交通大学硕士研究生, 主要从事光纤通信、半导体器件及光电子方面的研究。

(上接第 40 页)

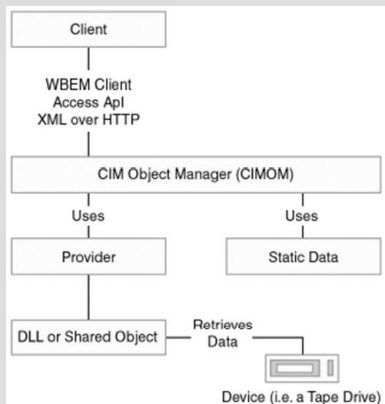


图2 CIMOM 的逻辑描述

5, 简单文件系统

我们将创建一个向 CIMOM 反映文件系统的 MOF。在我们的示例中即将使用的文件系统过于简单,所以我们称它为“简单的文件系统”。在清单 3 中显示的 SIMPLE_FileSystem MOF 体现了我们的文件系统的实现。

```
清单 3. SIMPLE_FileSystem MOF
//=====
// SIMPLE_FileSystem
//=====
class SIMPLE_FileSystem :
CIM_LogicalElement
{
[
Override("Name"),
```

```
Description("The inherited Name. The
value must be
overridden to indicate it is now a key
value and will be
retrieved dynamically."),
Key
]
string Name;
[Description("The total amount of space
available on a filesystem")]
uint32 TotalSpace;
[Description("The amount of space that
is used in a filesystem")]
uint32 UsedSpace;
];
```

注意我们的文件系统是从 CIM_LogicalElement 继承而来的。因此,文件系统继承了以下属性:

InstallDate (datetime): 对象安装日期
Name (string): 资源名, 最大长度为 256 个字符
Status (string): 值映象限定符列出可能的状态值; 这些值包括 "OK"、"DEGRADED" 及其它
Caption(string): 短标题, 被 MAXLEN 限定符限制在 64 个字符
Description (string): 自由格式的描述

在清单 3 中还可以看到名称属性的声明。该属性实际上存在于超类中。CIM 赋予子类更改关于它的一个超类中属性的元数据的能力。MOF 语言需要对那些表明在一个超类中撤销属性的限定符进行重定义。注意, 子类中名称

属性的 Override 和 Key 限定符被添加到元数据中。

用 CIMOM 的工具的存在性。在 SNIA 开放 CIMOM 的实现的情况下, CIM 浏览器用与连接 CIMOM 并把类定义装入到 CIMOM 中。在使用浏览器与 CIMOM 连接后, 可以打开定义类的 MOF 文件。浏览器会对 MOF 文件进行语法分析, 并使用标准 CIMOM 客户机远程调用来创建 CIMOM 内的类定义。

参考文献:

- 1、CIM 细则, V2.0. 网站 <http://www.dmtf.org/standards/documents/CIM/DSP0004.pdf>. 1999 年 6 月 14 日 DMTF 细则
- 2、CIM 核心白皮书, DSP0111
- 3、开放管理团队(OMG)的统一模型语言(UML)
- 4、CIM - 网络安全管理平台的融合剂
- 5、CIM 标准 V2.2 DMTF. 网站: <http://www.dmtf.org/>
- 6、XML 标准. W3C 网站: <http://www.w3.org/XML/>
- 7、UML 标准. Rational 网站: <http://www.rational.com/uml/>
- 8、Mark A. Miller, P.E. 著 晏明峰等译. 《用 SNMP 管理互联网》(第三版)【美】. 中国水利水电出版社
- 9、Jiro 技术体系结构. Sun 网站: <http://www.sun.com/jiro/>
- 10、WMI 技术体系结构. Microsoft 网站: <http://www.microsoft.com/ntserver/management>
- 11、陈靖, 李增智, 朱海萍, 杨怀洲. SLA 驱动分布式业务管理的研究与实现