

我国光纤通信技术发展的现状和前景

毛 谦

(武汉邮电科学研究院 武汉 430074)

摘要

光纤通信一直都是我国信息传送的最主要手段,自 70 年代以来,光纤通信技术在 我国得到长足的发展。虽然历经“光通信的冬天”,却没有影响其大的发展趋势。本文主要综述我国光纤通信(包括相关的系统设备、光纤光缆和光器件技术)在核心网、城域网和接入网中的应用和研究现状以及下一步的发展。

关键词 光纤通信;核心网;城域网;接入网

1 前言

迄今,我国已敷设光缆的总长度超过了 4.05×10^6 km,约 7.582×10^7 芯公里,而微波线路长度仅为 2×10^5 km,且传输容量远低于光缆线路,可见我国信息容量的 90%以上是通过光缆线路传送的,光纤通信是我国信息传送的主要手段。我国的光纤通信技术是从 20 世纪 70 年代开始研究的,30 多年来取得了长足的发展。现在我国的光纤通信设备和系统,不仅可以满足国内网络建设的需要,而且已经大量服务于国际通信网络,光通信成为和国际应用水平差距最小的高科技领域之一。关心我国光通信的业内外人士经常会问,我国光纤通信的水平究竟如何?下一步是否没有发展的空间了?本文试图就我国光纤通信(包括相关的系统设备、光纤光缆和光器件技术)在核心网、城域网和接入网中的应用和研究现状以及下一步的发展来回答这些问题,特别指出,光纤通信技术在 我国仍然有美好的发展前景。

2 核心网光通信技术

随着社会对信息需求的日益增长,我国核心传输网发展很快。从制式上讲,从 1995 年以前的以 PDH 为主,发展到目前 SDH 占绝对优势。从光波模式上讲,多模传送推出没有多久就被单模整个替代了。从通道上讲,从起初的单通道系统为主发展为现在的多通道即 DWDM 系统为主。从速率上讲,经历了从 34 Mbit/s、140 Mbit/s、565 Mbit/s 到 622 Mbit/s、2.5 Gbit/s 的升级

过程,目前长途网逐步演变为以 10 Gbit/s 为基础的 DWDM 系统占主导地位。从网络结构上讲,从简单的点到点链形系统发展为环形结构,再进一步演变为格形网,现在我国的主干光缆网络已经不再是简单的“八纵八横”了,而是一张覆盖全国,包括世界屋脊青藏高原在内的、比较完善的网状网了。此外,像同步网和管理网这类支撑网络也已经相对到位。但是整个通信网络又正处在一个转型期,面临由电路型网络向分组型网络的演变,当前网络向下一代网络的演变,固定网和移动网的融合,电信网、计算机网和广电网的融合等,对传送网的发展提出了新的要求。传送网的本身也面临进一步向超高速、超大容量、超长距离和智能化的发展,传输功能和交换功能的结合,电层网络向光层网络的发展等,所以问题是纵横交错的。为了简化起见,下面只讨论光通信本身的技术问题。

互联网的迅猛发展使核心网的流量急剧增长,据 CNNIC “中国互联网络发展状况统计报告(2006/1)”指出,我国互联网宽带接入端口有 4.8359×10^7 个,网络出口总带宽为 136.106 Gbit/s。又据信息产业部统计,至 2005 年底,我国固定网络加移动网络 2 Mbit/s 长途业务电路有 70.6775 万个。这些数据表明,在我国核心网中,提高每个通道的传送速率,即采用大的传送粒度是非常必要的。此外随着 10 Gbit/s 以太网逐步进入商用,40 Gbit/s 以太网也已经出现(这些在以 10 Gbit/s 为基础的网络上承载是比较困难的),现在正在研究下一步是 80GE 还是 100GE 的问题,即继 40 Gbit/s 以太网(简称 40GE)实

现之后,下一步发展的以太网速率应该是多少,是乘2倍变成80GE,还是干脆跳到100GE,尚无定论。ITU-T也在加紧规范40 Gbit/s的同时,开始探讨下一步向160 Gbit/s(STM-1024)发展的可能性,所以核心网从以10 Gbit/s为基础的网络向以40 Gbit/s为基础的网络发展是必然趋势。我国在“十五”期间通过重点科技攻关,已经掌握了40 Gbit/s SDH光通信设备和系统的基本技术,在G.652和G.655光纤上的无再生传送距离均达到560 km,为我国网络的升级打下了技术基础。

信息总流量的增长,使得网络的传送容量也必须增长。在单一通道速率提高的基础上,采用密集波分复用提高总容量也是非常重要的举措。当前我国传送网中容量最大的系统是160×10 Gbit/s,即1.6 Tbit/s DWDM。在“十五”863计划重大专项的支持下,我国已经掌握了80×40 Gbit/s,即3.2 Tbit/s DWDM系统的基本技术,无再生距离达到800 km,而且该系统已经成功地在3TNet宽带试验网络的上海至杭州段开通运行。这一成果的取得为我国传送网的扩容做好了技术准备。

随着大容量高效直达电路需求的迫切增长,超长距离传输(ULH)技术成为核心网发展的又一个方向。特别是我国地域辽阔,大城市之间的距离从四五百公里到一千多公里甚至数千公里的情况普遍存在,因此,千公里级的超长距离传输是实现大城市间传输直达的必要手段。在“863”项目的安排下,我国已经掌握了160×10 Gbit/s系统无再生距离3 040 km的技术,而且系统仍有很大余量,按理论计算,可以实现5 000 km无电中继传输。在ULH技术的研发中,有关调制码型研究、EDFA和ROA(Roman optical amplifier,拉曼光放大器)应用和EFEC(增强型FEC)/SFEC(超强FEC)技术都得到发展,ROADM(reconfigurable optical add and drop multiplexer,可配置的光分插复用器)技术也成为现实,这些在实际网络中已开始有所应用,在网络需求的推动下,还会有进一步的推广。

智能化一直是光网络的发展目标,ASON在原有传送网络的传送平面和管理平面的基础上增加了控制平面,向光网络的智能化方面迈进了一大步,也是传输技术与交换技术结合的一种体现。ASON有两个最吸引人的特性:可以由用户或运营商启动的高效、快捷的连接能力;完善、快速的保护恢复性能。在“863”计划的部署下,我国目前不仅已经研制出了基于10 Gbit/s SDH的ASON系统,而且在国内外的网络中有不少的应用。在性能方面达到国际先进水平,一些指标还处于领先。实际上,在实验室里,我们已经掌握了基于40 Gbit/s SDH的ASON技术,这为今后网络的升级,预先打下了基础。下一步发展的方向是基于OTN(optical transport network,光传送网络)的ASON,会使光网络向全光网进一步靠近。要实现全光网的目标,必须在光逻辑和光存储方面有重大的突破以实现真正的光交换,这样才可能成为

真正的全光网。

在系统设备技术快速发展的同时,光器件和光电器件也得到快速发展。在40 Gbit/s SDH光通信设备和系统攻关项目中,也安排了相应的器件的课题,取得了喜人的进展。例如:研发了适宜超高速信号放大的EDFA和ROA并用于系统;自行研制了用于40 Gbit/s发射模块中的激光调制驱动器和PIN/TIA(positive intrinsic negative junction/trans-impedance amplifier,PIN型光电检测器/互阻抗放大器)组件,同时研制成功了40 Gbit/s光收发模块;研制了高速啁啾光纤光栅色散补偿器并用于系统;自主创新的基于主偏振态跟踪的PMD补偿器在系统进行了验证等。

在光纤光缆方面,虽然国际上的光纤新品种诸如G.655、G.656等不断出现,我国在光纤方面的研发也不甘示弱,基本上能跟上国际光纤光缆厂家。例如G.655、G.656等光纤在我国都已经可以大批量生产。但是实际应用的仍然以G.652光纤为主,G.655光纤也有一定的应用,但没有G.652光纤的比重大。G.656光纤不仅在我国应用很少,在国际上的应用也不多。值得一提的是,在“973”项目的支持下,我国在微结构光纤的研发方面取得了很大的进展,从微结构光纤的机理到结构设计都有自己的创新,而且拉制出各种不同结构的微结构光纤,各种参数性能可以与国外产品媲美。虽然从目前来看,微结构光纤还没有可能取代常规光纤成为主要传输媒介,但是其特有的一些性能却有可能成为光器件的材料,研制出一些特殊功能的器件来。

然而,无论是40 Gbit/s SDH还是3.2 Tbit/s(80×40 Gbit/s),DWDM系统基本技术的攻克都只能说明我国在超高速、超大容量光通信技术上迈出了第一步,离实现这些技术的产品化、产业化还有很大的差距。例如,在基础器件方面,包括STM-256成帧芯片、OTU-3数字包封芯片、特大容量(大于320 Gbit/s)交叉连接芯片等关键ASIC尚需要加大投入进行设计开发;40 Gbit/s的LD(激光二极管)、PIN、外调制器、光收发模块等需要开发和产品化;适应40 Gbit/s的色散补偿器件、PMD补偿器件、光放大器等的可靠性、稳定性、实用性的提高等,还需要进一步得到政府的关注,加大投入力度继续加强研发进而产业化,使具有自主知识产权的成果能真正服务于我国的通信网络。

3 城域网光通信技术

城域网的光通信技术随城市的发达程度不同有较大的差异,但是总的发展趋势是相同的。例如网络结构上以环网为主,辅以格形网络进一步提高效率和生存性。技术上向MSTP发展,虽然目前还没有充分应用MSTP的某些功能,但我国在MSTP方面,无论是标准的制订还是实际应用都是走在国际前列的。有人认为,我国MSTP的发展已经历了三代,第一代是简单透传多种业务的MSTP;第二代具有ATM处理功能或L2甚至L3以

太网交换能力的 MSTP 以及第三代内嵌 RPR 和/或 MPLS 功能的 MSTP。无论怎么说, 这些都属于基于 SDH 的 MSTP。进一步发展就是基于 WDM 的 MSTP。它可以将多种业务, 包括经交换处理后的业务直接调制在某个特定波长上直接传送, 从而实现业务在光层直接承载, 省去了映射到 SDH 帧的环节, 较大地提高了效率, 降低了成本。目前较多在 CWDM 系统中采用, 也就是说基于 CWDM 的 MSTP 在网络上有一定的应用, 而基于 DWDM 的 MSTP 应用较少。实际上, 基于 DWDM 的 MSTP 应该很有发展前景, 因为在单根光纤上其可以承载的业务量要比 CWDM 大得多, 而且将来与基于 OTN 的 ASON 衔接更为容易。

基于分组的 MSTP (即 MSR) 又称为多业务分组平台 (MSPP), 已经进入网络运行, 发展势头很好。这是依据我国专家在 ITU-T 提出的新标准 X.87 研制的产品, 具有自主知识产权。它不仅具有 50 ms 的保护倒换时间, 并可以通过 TDM 仿真提供 E1 等 TDM 接口, 特别适合于解决大客户的需求。它具有良好的可扩展性, 可以平滑地从 FE 升级到 GE 或 10GE 甚至 N×10GE, 有利于保护用户原有的投资。它还可以方便地利用 N×E1、FE、GE 等接口与城域网中原有的 MSTP 互连, 便于网络扩展。多业务分组平台可以在 10GE 的环网上提供 E1、155 Mbit/s、DVB、FE、GE 等多种业务接口, 业务生成方便, 电路粒度容易调配, 例如 TDM 接口可以从 64 kbit/s 到 2 Mbit/s 灵活选择, 在分组化的网络上任意提供语音、宽带专线、VoIP、VPN 和视频业务等。其维护管理、网络安全和服务质量都有保证, 是具有较高性价比的多业务支持技术。

4 光纤宽带接入技术

根据 CNNIN《第 17 次中国互联网络发展状况统计报告》和信息产业部 2005 年底的统计, 我国的互联网用户已经超过 1.1 亿, 其中宽带用户超过 6 400 万。可以看出, 用户对带宽的需求在不断增长。在各种宽带接入技术中, 光纤宽带接入技术是最有发展潜力的。在光纤宽带接入中, 由于光纤到达位置的不同, 有 FTTB、FTTC、FTTCab 和 FTTH 等不同的应用, 统称 FTTx。其实早在 20 世纪 90 年代中期, 我国接入网中已有 70% 的光纤到了大楼, 到现在这个比例大大提高了。在 FTTx 中, 除了 FTTH 是光纤已经到达最终用户以外, 其他几种光纤离最终用户都还有一段距离, 在光信号终接之后, 还需要采用金属线接入或无线接入技术, 才能实现最终的接入。目前应用较多的是采用电话线的 ADSL 技术, 随着用户对带宽需求的提高, VDSL 的应用会逐步多起来。WLAN 是在光纤到大楼或者光纤到户以后, 继续采用的无线接入技术或家庭网络的联网技术, 由于无线具有灵活、方便的特点, 很受用户欢迎, 是一种发展方向。FTTH 是光纤宽带接入的最终方式, 它提供全光的接入, 因此可以充分利用光纤的

宽带特性, 为用户提供所需要的不受限制的带宽, 充分满足宽带接入的需求。我国从 2003 年起, 在“863”项目的推动下, 开始了 FTTH 的应用和推广工作, 迄今已经在 30 多个城市建立了试验网和试商用网, 包括居民用户、企业用户、网吧等多种应用类型, 也包括运营商主导、驻地网运营商主导、企业主导、房地产开发商主导和政府主导等多种模式, 发展势头良好。不少城市也制订了 FTTH 的技术标准和建设标准, 有的城市制订了相应的优惠政策。有关光纤宽带接入和 FTTH 的行业标准也已经到了提出报批稿的阶段。这些都为 FTTH 在我国的发展创造了良好的条件。

在 FTTH 应用中, 主要采用 2 种技术, 即点到点的 P2P 技术和点到多点的 xPON 技术, 也可以称为光纤有源接入技术和光纤无源接入技术。P2P 技术主要采用通常所说的 MC(媒介转换器)实现用户和局端的直接连接, 它可以为用户提供高带宽的接入。目前国内的技术可以为用户提供 FE 或 GE 的带宽, 对大中型企业用户来说, 是比较理想的接入方式。xPON 意味着包括多种 PON 的技术, 例如 APON(也称为 BPON)、EPON(具有 GE 能力的称为 GEPON)以及 GPON。APON 出现最早, 我国的“863”项目也成功研发出了 APON, 但是由于诸多的原因, APON 在我国基本上没有应用。目前用得比较多的是 EPON 中的 GEPON, 我国的 GEPON 依然属于“863”计划的成果, 而且得到广泛的应用, 还出口到日本、独联体、欧洲、东南亚等海外一些国家和地区。GPON 由于芯片开发出来比较晚, 相对不是很成熟, 成本还偏高, 所以起步较晚, 但在我国已经开始有所应用。由于其效率高、提供 TDM 业务比较方便, 有较好的 QoS 保证, 所以很有发展前景。有人认为 GPON 将来会替代 EPON, 实际这是一种误导, EPON 和 GPON 各有优缺点, 各自适合一定的应用环境, 并不存在谁替代谁的问题。例如 EPON 更适合于居民用户的需求, 而 GPON 更适合于企业用户的接入等。

我国光纤接入用的光电器件研究、开发和生产起步都较早, 无论是 P2P 还是 xPON 用的器件都比较成熟, 而且有大量出口。特别是用于 xPON 的单纤双向光收发模块、单纤三端口光收发模块等都具有较高的技术水平。适合于光接入网用的光分路器、光连接器等都可以满足实际应用的需求。

由于接入网的环境与核心网、城域网有很大区别, 所以接入网用的光纤光缆有一定的特殊性。国内有关制造商已经开发出适合于光接入网的各种光纤和光缆, 例如弯曲不敏感光纤、室内外光缆、各种室内布线光缆等。还有不少厂家在努力研究塑料光纤, 这是从 20 世纪 70 年代就开始探讨的问题, 如今已经有了较大的进展, 衰减系数已经达到在 650 nm 窗口 0.2 dB/m 的水平(国际上已经优于 0.15 dB/m)。研发塑料光纤的主要目的是因为其成本低、工艺简单、柔性好、重量轻。虽然衰减较大, 但接入网

根据咨询公司 KMI 的统计和预测,全球虽然经历了光通信的“冬天”但今后光通信市场仍然呈现上升趋势,这从图 1 的曲线中可以明显地看出。首先“冬天”的影响对美国和世界其他地区影响较大,对我国和日本的影响较小。其次,我国的光缆市场在全球排名第二,仅次于美国,而且在 2005 年以后呈现比较明显的上升趋势。这说明我国发展光通信还大有潜力,加之我国在光纤通信技术上的



快速进步,使得我国在光纤通信领域最有可能进行自主创新,造就出具有民族特色的自己的光纤通信产业,为我国从通信大国变为通信强国,做出更大的贡献。

(Wuhan Research Institute of Posts and Telecommunications of China, Wuhan 430074, China)

Abstract Fiber optical communication is forever main manner for information transport in China. Since 1970's, optical fiber communication technologies development is rapidly in China. Although it be experience "winter of optical communication", but its developed trend were not effected. The optical communication application and research situation and next step development in core network, metro network, and access network were summarized, it is explained that the future development of optical communication technologies are still niceness in China.

Key words fiber optical communication, core network, metro network, access network

(收稿日期: 2006- 07- 01)

· 简 讯 ·

近日,全球领先的企业通信应用、系统和服务供应商 Avaya 公司宣布,全美第二大共同基金公司——先锋集团(Vanguard)选择了 Avaya 为其 IP 语音通信网络及应用提供技术,并由 Avaya 支持该公司位于全球的 18 000 多个 IP 终端。双方签订的合同涵盖项目设计、实施与管理,以及由 Avaya 全球服务部提供的 5 年维护服务。

Avaya 将设计并构建集中式 IP 语音通信架构,使先锋集团每年能减少 100 多万美元的成本支出,成本节约主要是通过整合近 90% 的通信服务器实现的。Avaya MultiVantage 通信应用将从先锋集团企业广域网的关键位置,即网络核心扩展到整个网络,涵盖公司所有工作场所,包括公司总部、联络中心、运营中心以及区域办事处等。公司所有办公场所的员工都能获得一致的企业通信特性与功能。