

SDH/SONET 技术的现状和研究进展

蔡水成 郭东辉 李立峰 刘瑞堂*

关键词: 信息传输技术, SDH/SONET, 光纤通讯, 宽带数字网

【摘要】 本文介绍 SDH/SONET 的技术和特点及实现 SDH/SONET 的设备和芯片, 并对 SDH/SONET 的发展趋势及需要克服的问题进行探讨。

一、传统的数字通信系统

数字通信系统出现后, 为提高导线的传输容量, 采用了时分复用(TDM)技术, 它可以大大提高导线的传输容量, 特别是在光纤中若采用光时分复用(OTDM)可使单信道的最高速率达 640 Gbit/s^[1]。欧洲将 32 个 64 kbit/s 的信道复用成 1 个 2.048 Mbit/s 的基群, 然后在复用成二次群(8 Mbit/s), 三次群(34 Mbit/s), 四次群(140 Mbit/s)等。由于同次群在不同设备产生的速率略有不同, 因此在进行复用和比特交换前必须调整到同样的速率, 即进行码速调整(我国采用正码速调整)^[2]。对速率进行调整称为准同步操作, 在传输层采用的准同步操作体制的称为“准同步数字系列—PDH”。PDH 存在下述局限性:

(1) 正码速调整的结果可能出现信息丢失, 乱码等;

(2) 准同步网络的灵活性问题, PDH 的每一层都使用比特调整意味着在一条 140 Mbit/s 信道中对某一 2 Mbit/s 线路进行帧结构定位是不可能的。为了获得单一 2 Mbit/s 线路, 必须对高次群进行逐级变换, 导致设备庞大复杂;

(3) PDH 缺少对工作过程中监督的能力;

(4) 无统一的光接口国际标准, 使欧洲、北美和日本的不同数字系列及其设备的衔接相当麻烦, 造成国际互通困难, 限制了用户开

放应用的灵活性, 增加网络的复杂性和运营成本。

随着通讯业务量的急剧增加, 准同步传输技术已经不能承担干线网络的传输重任, 而同步传输技术可以克服准同步传输技术的上述缺点, 因而取代了准同步传输技术成为目前网络干线的信息传输技术。

二、SDH/SONET 技术介绍

美国是在国际电话与电报顾问委员会(CCITT)(现在是国际电信联盟ITU-T)之前开始进行同步传输标准的研究和制订工作的。1985 年美国国家标准化协会(ANSI)下属的数字体系和同步(T1X1)委员会根据贝尔实验室提出的建立完整同步网的观点, 起草光同步标准, 也就是后来的同步光纤网络(SONET)。1986 年 7 月 CCITT 才开始进行同步数字系列(SDH)的研究工作。为实现世界性的统一标准, 1988 年 2 月 T1X1 委员会和 CCITT 达成协议, 通过 SDH 的 3 个主要建议 G.707(定义同步数字系列的比特率), G.708(定义同步数字系列的网络节点接口), G.709(定义同步复用结构), 并于 1989 年 CCITT 蓝皮书上正式刊载。SDH 不仅适用于光纤网络, 也适用于微波网络等, 因此 SONET 标准可以看成是 SDH 标准的一个子集。

SDH 可以看成是信息传输技术的一次大的进展, 标准的制定促进了它的发展。SDH 的 3 个主要建议 G.707, G.708 和 G.709 通过

* 蔡水成 郭东辉 李立峰 刘瑞堂 厦门大学技术物理研究所 厦门 361005

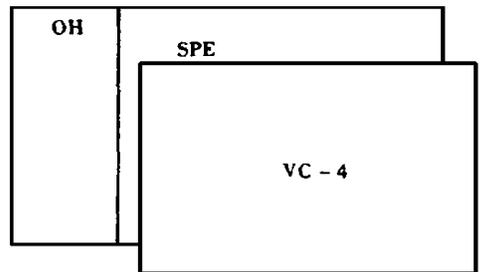
后,其标准化工作进展非常迅速,随着涉及网络、系统、设备与光电接口以及传输网络的管理性能、定时、信息模型等方面的标准化建议(或建议草案)的相继通过,这样整个 SDH 标准就以基本齐全,促使 SDH 很快取代 PDH 并在世界上广泛应用,促进电讯事业的发展。

CCITT 的建议定义几个 SDH 的基本传输速率。最低的传输速率是 155 Mbit/s,通常归属于 STM-1(STM 表示同步传输模数),更高的传输速率是 622 Mbit/s(STM-4),2.4 Gbit/s(STM-16)和 10 Gbit/s(STM-64)等,这使 SDH 的起点比 PDH 高,能够适应网络干线日益繁忙的传输任务,为 INTERNET 等现代通讯的发展奠定了坚实的基础。

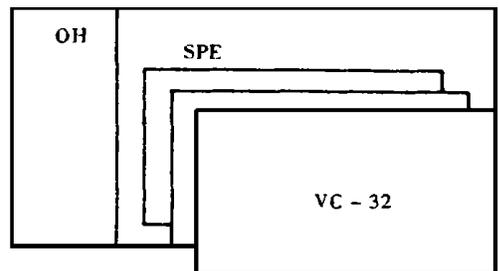
SDH 的帧结构如图 1 所示^[3],它分为开销和纯载荷区,同时它还有一套特殊的复用结构,即定义了一些容器,允许 PDH 的信息能载入其帧结构,实现与 PDH 的完全兼容。每个容器对应一个准同步速率,准同步信号被映射到相关的单元。每个容器都要加上带有控制信息的路开销字节。路开销字节可以使网络操作员始终了解传输情况,如误码等。容器和路开销合成“虚容器—VC”。在同步网络中,所有设备的时钟都必须在误差允许的范围内与整个网络时钟同步,传输连接的延迟会轻微的改变时钟,必然导致 STM-1 帧中虚容器的起始位置相对于纯载荷区开始位置的偏移,但偏移量会由每个 VC 中相关的指针指示,这是由于指示 VC 在 STM-1 帧中的开始位置的指针会根据 VC 开始位置的偏移量而相应的增加或减少,因此从高次群中提取出个别低次群中的信息不必进行速率变换^[4]。

SDH 标准还定义了不同的 VC 的结合方式,以填充 STM-1 帧的纯载荷区域。它将一些小的 VC 链接成一个大的 VC 直到形成最大的 VC,然后加载到 STM-1 帧的纯载荷区域中,如 3 个 VC-32 或 4 个 VC-31 组合成一个 VC-4 正好填满 STM-1 的纯载荷区域,当然也可以直接 3 个 VC-32 或 4 个 VC-31 加载到 STM-1 的纯载荷区域如图 1 所示。当 STM-1 帧的纯载荷区域满了,一些控制信息加入帧中,称为段开销,因为它保持在光纤节点的 2 个同步复用器中。这样可

为通信线路提供操作、管理、维护和配置(Operations, Administration, Maintenance and Provisioning—OAM&P)等功能。STM-4 由 4 个 STM-1 复用而成,STM-16 由 4 个 STM-4 或 16 个 STM-1 复用实现。



(a) 一个 VC-4 填充到 STM-1 的 SPE 内



(b) 三个 VC-32 填充到 STM-1 的 SPE 内

图 1 STM-1 的帧结构及其 VC 填充 SPE 的方式

OH: 开销(overhead)

SPE: 纯载荷区(Synchronous Payload Envelope)

相对于 SDH,SONET 是一个专门针对光纤数字通讯网的标准,它为复用数字通讯定义光学信号和同步帧结构,为现在和未来的网络提供足够的带宽,较高的容错性和可靠性,及先进的 OAM&P。光纤与同轴导线,平行导线或微波相比有许多优点:损耗小,传输距离长,抗干扰能力强,更安全,不易被探测,维护费用低,带宽极大(达 20~30 THz),误码率低。因此光纤网络成为目前信息传输的骨干网络。

在网络上 SDH/SONET 的做了多方面的考虑,以保证信息传输的高效和准确,现在主要是采用物理设备保护和逻辑信道保护。物理设备保护是使用专用的备用光纤及设备进行保护,包括自动保护倒换(APS)结构和在此基础上的自愈环状结构(SHR)。SONET 标

准定义了 2 类 APS 结构^[5] 如图 2 所示, 即线路转换保护和路径转换保护。线路转换保护是 1: N 的转换保护, 即 N(1~ 14) 根光纤为工作光纤, 1 根光纤备用, 一旦工作光纤出现问题, 信号的丢失即被 2 端的多路复用器探测, 转换器随即启用备用光纤, 转换保护应在 50 ms 内完成。路径转换保护是 1+ 1 的转换保护, 点对点传输需要成倍的光纤, 传输节点同时使用工作光纤和备用光纤, 两路信息同时到达接受器, 因此在工作线路出现故障时信号仍然不会中断, 信道完全不受影响。SDH 的路径转换器甚至可用于不同的传输媒介实现转换保护功能, 如一个用光纤传输另一个用微波连接。

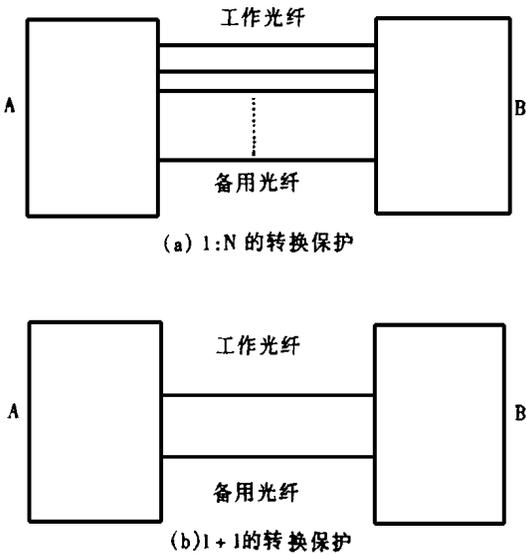


图 2 2 种保护示意图(其中 A 和 B 是 2 个 ADM)

SDH/SONET 的自愈环 (SHR) 是组成 SDH/SONET 网络的基本形式, 它是由多个节点构成的闭合环, 各节点通过冗余的带宽、线路或设备恢复被中断的业务, 目前采用的主要是单向复用段自愈环 (USHR/L)、单向通道自愈环 (USHR/PP) 图 3、双向双纤复用段自愈环 (BSHR/2) 和双向四纤复用段自愈环 (BSHR/4) 图 4 等^{[5][6]}。当出现某一段光缆断掉, 则光缆中的工作光纤和备用光纤同时断掉, 2 端的 ADM 探测到后便启用其保护机制, 通过 ADM 的倒换启用其它光缆, 保证业

务不中断。而逻辑信道保护方法有可重配 DXC 网络等, 它是全域性的, 利用设备中的空闲容量作为保护资源。一般来说, 逻辑层网络空闲容量的使用效率比物理层网络高, 但它的控制结构比较复杂。

从 SDH/SONET 的技术可以看出它的几个优点:

(1) 网络设备简化

这对网络操作员很有利, 一台同步多路复用器可以完成由很多设备组成的准同步多路复用设备才能实现的功能, 大大减少所用设备的数量。备用设备的减少, 简化维护, 设备占地的减少, 功耗的降低从而降低使用费用。随着网络管理能力的增强, 从 SDH 网络提取和插入信道非常容易, 也很容易为多媒体和其它服务提供更高的带宽。网络的简化和由此而来的灵活性为网络操作员带来好处更多。

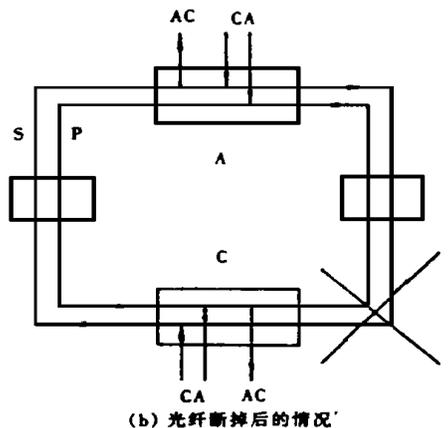
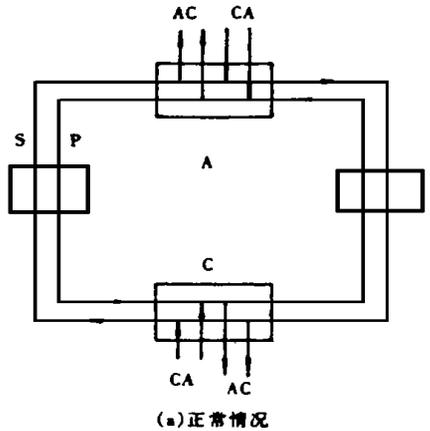


图 3 USHR/PP 示意图(A 和 C 为光纤网络节点)

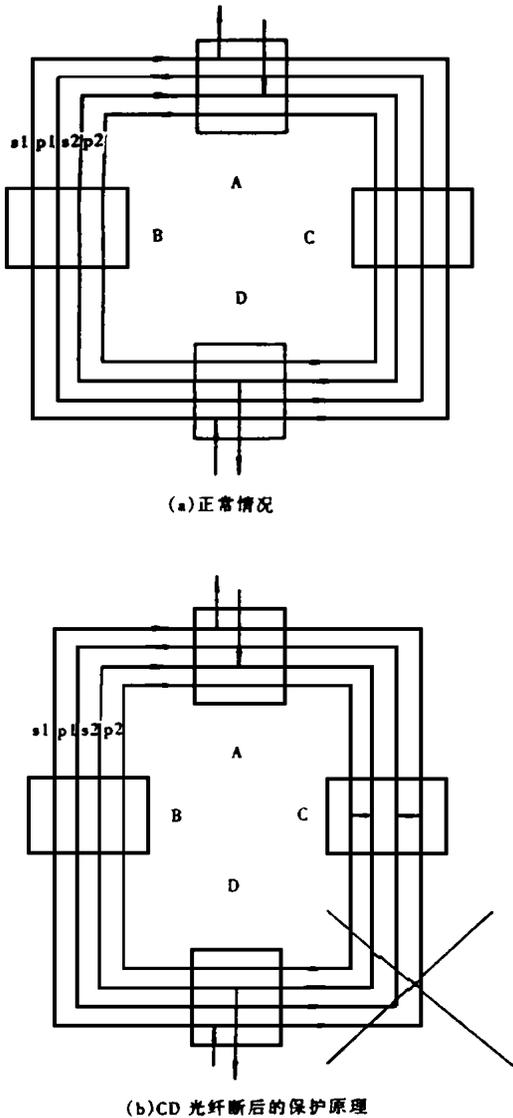


图 4 四光纤 BSHR/4 示意图
(s 为工作光纤, p 为保护光纤)

(2) 可靠性

采用光纤为传输媒介和 SDH 为网络基础, 使端点间的监控和网络的整体维护成为可能。网络管理者可以很快确定哪个连接和节点断了。由于采用自愈环结构, 网络可以自动迅速重新确定路由, 使信息传递不受出错的设备的影响。这样网络传输的机制错误在端点间是无法察觉, 某一节点或光纤停止传输并不会中断服务, 所以网络操作员的服务是非常高效, 保持网络工作的高水平。

(3) 软件控制

SDH 帧结构提供网络信道管理意味着同步网络可以完全用软件控制, 这使路由转换迅速准确。网络管理系统不仅提供传统的管理功能如提出警告, 而且提供主机的其它功能, 如执行监控, 配置管理, 资源管理, 网络安全, 流量控制, 网络规划和设计, 使新功能和特性的增加比较方便, 适应未来的发展需要。

(4) 灵活的带宽申请能力

同步网络具有动态网络连接的能力, 即能够进行动态带宽申请。用户在网络的任何地方都可要求网络提供服务, 有些可能要求很大的带宽, 如电视电话会议。

(5) 统一的网络部件和接口标准

不仅使各厂家的设备可兼容而且有利于信息在世界范围内传播。

总之, SDH/SONET 克服 PDH 的弱点, 采用在帧结构中加入开销和在开销引入指针, 不仅实现对整个传输过程的 OAM&P, 同时它的自愈性的网络布局还保证了信息传输不受意外情况的影响, 因此 SDH/SONET 技术成为目前世界上信息高速公路核心网或主干网的信息传输技术。

三、目前实现 SDH/SONET 的主要产品和芯片

实现 SDH/SONET 的物理基础主要是光纤网络, 发光器件和光探测器, 以及满足 SDH/SONET 协议的各种成套设备及芯片。

当 SDH/SONET 标准制订后, 世界上一些主要的通讯设备厂商和芯片厂商都停止了 PDH 设备和芯片的生产, 开始依据 ITU-T 的标准生产 SDH/SONET 设备和芯片。现在已经生产出 STM-16 和 STM-64 的设备和芯片。设备厂商如 Alcatel, Cisco, HP, Northern Telecom, ECI, Philips, AT&T, NTT 等, 芯片厂商如 MAXIN, AMCC, CYPRESS, PMC, AMD, NS, NEC 等均有这方面的产品。

就成套设备而言, 目前按其功能分为终端复用设备(TM), 上/下路复用设备(ADM), 网络转换设备(DXC), 网络系统管理设备(NMS)等^[7]。STM-16 的 TM 有 HP HFCT-

5402D, Fibemode FMC25-100TFF, ADM 有 Alcatel 1661SM/C, 1664SM, Fujitsu FLX2500A, DXC 有 RAD DXC-30, STM-64 的 ADM 有 Alcatel 1680SM 等。

Telmex 公司已经于 1998 年 11 月生产出 STM-64 系统。HP 公司已生产出 10 Gbps 的输入模块 HP83485B 等。目前大部分的设备厂商将几中设备做成一整套, 并且提出整套的解决方案。在国内, 武汉邮电科学研究院已经研制出 10 Gbps SDH 科研样机。清华大学光通信研究所的谢世钟等人已经研制成功 10 Gbps SDH 光纤通信系统用光发射与光接收模块, 其技术已达到国外同类实验的先进水平^[8]。

就芯片而言, 按其功能分为与激光器和光电转换器相连的激光驱动芯片和光接收处理芯片, 进行串行信号处理包括时钟恢复和帧结构测试的芯片, 进行串并转换的芯片和对帧和开销进行处理的芯片等相关功能芯片。芯片厂商生产大部份将几种功能集中到一块芯片上。目前 STM-16 的芯片已经很齐全, STM-64 的芯片陆续出现。

STM-16 的驱动和接收芯片有 MAXIN 的 MAX3876^[9], MAX3866, TRIQUINT 的 TQ8213, TQ8223, AMCC 的 S3035 等。串行信号处理芯片有 MAXIN 的 MAX3875, 串并转换的芯片有 AMCC 的 S3042, S3041, VITESSE 的 VSC8140, VSC9111 等。

STM-64 的芯片有 Andersen Laboratories 的 10GHz 表面横向波 (STW) 震荡器用于时钟恢复, Anadigics 的横向阻抗放大器用于接收端, 与 PIN 二极管配套。

四、SDH/SONET 的发展趋势

网络传递的信息量正在飞快增长, 光纤传递信息的容量也将不断加大, 因此需要建立超高速的光纤通信系统^[1], 提高 SDH/SONET 的传输速率和在此基础上使用波分复用技术适应了这个发展趋势^[10]。对传输速率而言, 在 1988 年原 CCITT 通过的 G.707 建议中同步传输模式 (STM) 只定义到 STM-16 (2.48 Gbit/s), 到 1993 年 ITU-T 根据需要而在 G.707 建议中加入 STM-64 (9.95 Gbit/s)^[12],

可以预见 STM-256, STM-1024 等有可能成为 ITU-T 的标准而出现。目前朗讯和北电等公司已经开展了 STM-256 (40 Gbit/s) 的研究, 估计很快就会出现这方面的产品。传输速率的提高需要其它方面技术的发展:

(1) 激光器和光探测器的响应时间要短到能达到要求, 现在的半导体激光器的最高响应速率有几十 Gbps, 在 1996 年的实验室水平已达到 20 Gbps, 正在研究的光栅分布反馈 (Distributed Bragg Reflector) 激光器和量子阱 (Quantum Well) 激光器能达到输出谱线线宽窄, 线性区域大, 门限电流低, 噪声小, 输出功率大及更短的响应时间, 能满足 SDH/SONET 进一步发展的需要。

(2) 速率的加快要求集成块的处理信息的速度加快, 特别是主干网上的路由器等设备, 目前的半导体集成电路制造技术已经达到 0.18 μm , 芯片的处理速度将随着器件尺寸的缩小而加快。

(3) 高速传输要求光脉冲的变短, 速率越快意味着光脉冲越短, 则在光纤低损耗的 1500~1800 nm 窗口上由于传输过程中的色散效应引起的脉冲展开对信号的影响将非常突出, 当前正在研究的光孤子通讯技术一旦成熟并广泛应用便可以一劳永逸的解决这个问题。目前孤子光纤的传输速率在理论上可达 1000 Gbit/s, 在实验室水平上已经实现的有, 美国 AT&T 和英国 BT 利用光孤子通讯技术将速率 2.5 Gbps 的信号流传输 12 000 km, 及日本的 NTT 公司则利用分布反馈激光器产生光孤子数据编码, 将 10 Gbps 的信号在光纤上循环传输 1 000 000 km^[11]。

近来的一些研究成果表明: 光学路由、交换、复用和中继等器件是可以实现的, 如波长路由和交换器件^[12], 有可能实现主干网上的全光学化, 可大大提高网络的速度。在未来核心网将是基于 WDM 的超高速全光网, 而 SDH 将在中继网或接入网中应用。

参考文献

- [1] 贺郁馨等. 超高速的光纤通信系统. 电信科学. 1999 年第 10 期 P28-26
- [2] 王廷尧. SDH/SONET 同步光通信基础. 天津科学技术出版社. 1996 年 P12 P20-22

- [3] 张应中等. 数字通信工程. 人民邮电出版社. 1996 年 P263- 270
- [4] 彭承柱. SDH 传送网技术. 电子工业出版社. 1996 年 P24- 25
- [5] 颜清华. 光同步数字传输与自愈网. 电子工业出版社. 1996 年 P164- 170 P185- 193
- [6] SDH 传输设备维护手册. 中国邮电电信总局主编. 人民邮电出版社. 1997 年 P67- 73
- [7] 肖春华. . 光纤通信工程师实用手册. 天津科学技术出版社. P313- 318
- [8] 谢世钟等. 10 Gb/s SDH 光纤通信系统用光发射与光接受模块. 电子产品世界. 1999 年 4 月 P63
- [9] 范建伟. MAX3687 激光二极管驱动电路及其应用. 国外电子元器件. 1999 年第 8 期 P31- 34
- [10] 张成良等. 光通信技术发展的新趋势. 电信科学. 1999 年第 6 期 P1- 4
- [11] 解金山、陈宝珍. 光纤数字通信技术. 电子工业出版社. 1997 年 P230- 241
- [12] 张煦. 信息高速公路. 上海交通大学出版社. 1996 年 P71- 77

中国数据通信网络步入快速发展时期

截至去年年底, 中国上网主机数达到 350 万台, 上网人数已超过 890 万, 网上主页超过 1.5 万个, 注册域名 4.8 万余个, 网络服务提供商 ISP 达 520 个, 这表明我国数据通信网络步入了快速发展时期。

而由 66 家部委局办联合发起的政府上网工程也在去年取得了很大的成绩, 至去年年底已在中央、国务院有关部门建立站点 52 个, 各级政府部门已申请网站域名 2400 个。目前为更好地实现国民经济信息化, 有关部门正着力推动企业上网、家庭上网和电子商务的拓展, 积极进行公务员安全电子邮件计划的推广等。