

一种 SDH over WDM 自愈方案*

徐世中** 李乐民 王 晟

(电子科技大学宽带光纤传输与通信系统技术国家重点实验室 成都 610054)

【摘要】 研究了 SDH/WDM 多层传送网结构中的自愈问题, 提出了一种用于 SDH over WDM 的自愈方案。该方案采用了有保护的 SDH 层架构在无保护的 WDM 光层的体系结构, 根据不同节点间业务量的大小和恢复时间要求的不同, 分别采用基于光路的1+1 复用段保护和双光路双向复用段倒换环来提供传输和保护, 满足了不同业务对自愈性能的需求, 可实现快速有效的自愈。

关键词 自愈网; 同步数字序列/波分复用; 1+1 复用段保护; 双向复用段倒换环

中图分类号 TN913.24

国际电报电话咨询委员会于1988年接受了同步光网络的概念, 并将其重新命名为同步数字体系(SDH—Synchronous Digital Hierarchy)。在随后的几年中 SDH 的标准化取得了重大进展^[1-3], 在全球范围内广泛采用 SDH。全世界已安装的 SDH 网元数超过了80万, 2000年相关市场可达100亿美元。目前在骨干网上的绝大多数业务都是由 SDH 传送的。

随着信息化社会的发展, 宽带视频、多媒体等业务的需求不断增长, 特别是 Internet 网的迅速发展, 对扩大广域骨干通信网容量提出了迫切要求。为了充分利用光纤中可达几十个 Tb/s 的潜在传输带宽, 研究了各种光复用技术, 其中波分复用(WDM)已实用化。为了克服电子交换的瓶颈, 研究了光路交换。采用光路交换的 WDM 光传送网较易实现, 并且特有的波长重用能力使其具有良好的可扩展性, 因此采用波长分配和路由选择的 WDM 光网将在下一代高速广域骨干网中最具竞争力^[2-4]。在采用光路交换的 WDM 光网中, 多个用户能够使用同一根光纤中的不同信道(即波长)同时传输数据, 而每个信道都可按当前电子处理数据的极限速率进行传输, 并且传输的数据格式和速率也可不同, 具有灵活性。SDH 业务将是 WDM 光传送网上的一种重要业务, 即 SDH over WDM。

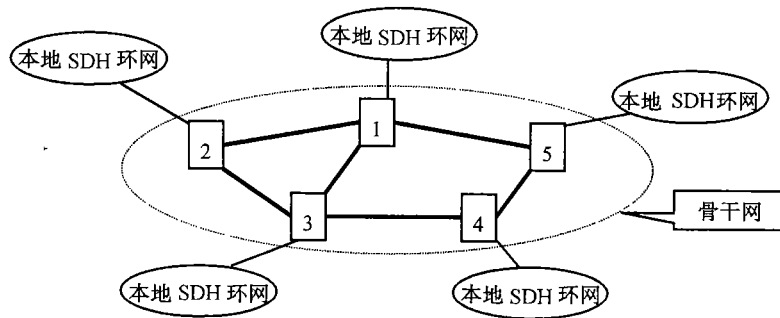


图1 不同的本地 SDH 环网通过 OXC 互连

现代社会对通信的依赖性越来越大。若通信中断1小时会使航空公司损失250万美元, 投资银行损失600万美元, 证卷公司损失645万美元, 通信中断2天则足以使银行倒闭。可见通信网络的生存性已成为至关重要的设计考虑, 也成为市场开放环境下网络运营者或业务提供者之间的重要竞

2000年6月2日收稿

* 国家自然科学基金资助项目, 基金号: 69990504

** 男 28岁 博士生

争焦点。新技术的引入加剧了网络故障的危害性和影响面, 8×2.5 Gb/s 系统的故障能影响到24万条话路^[1]。因此, 在 WDM 骨干光网中, 如何有效地支持 SDH 业务, 并提供可靠的保护是值得深入研究的问题。

1 网络结构及 SDH 中的两种保护方案

假定骨干网由一组光纤互连的节点构成, 节点中有光交叉连接设备(OXC), 本文采用单光纤网, 不同的本地 SDH 环网通过 OXC 互连, 如图1所示。利用 OXC, 可以建立端-端的光路(有时也称为光通路, 光信道)。光路在中间节点不进行任何光电/电光变换。在自愈方案中, 不同的本地 SDH 环网之间的互连方式有两种: 1+1复用段保护(MSP)和双纤复用段保护环(MS/SPRing)。

最简单的 SDH 自愈网形式是线路保护倒换方式。终端复用器将低速信号复用为高速数据流, 并利用1+1复用段保护为高速数据流提供可靠的传输。在1+1复用段保护中, 每个工作的光纤系统都有专门的保护设备提供保护。输入信号一直桥接在发送端。而接受端则根据信号的质量选择两路信号中质量较好的一路。由于工作光纤和保护光纤是分离的, 因此该方案可以对付链路故障, 并且单向保护切换不需要自动保护切换(APS)信道来协调两个端点。

复用段保护环是一种双向的1:N的复用层的共享保护结构。由复用段的指示激活保护操作。对于双纤复用段保护环, 每条光纤的一半带宽用于保护另一光纤的工作带宽。保护切换通常由一个上下复用器(ADM, 也称为分插复用器)用时槽交换来实现, 任一对节点间的工作业务经由相同的路由传送。

WDM 光传送网上可以支持不同的数据格式, 如 SDH、ATM 以及 IP 等。当 SDH over WDM 时, 由于 SDH 层自身有很强大的保护功能, 因此无需在光传送层引入保护。在这种情况下, 光层负责向 SDH 层提供透明的链路(光路), 此时的光路与传统的 SDH 网中的光纤是没有分别的。

1.1 基于光路的1+1复用段保护

图2是基于光路的1+1复用段保护示意图。图中, 环网2~5的数据在两条通道(即光路)上同时传输。在接收端, 根据 SDH 复用层的指示信号选择质量较好的一路信号。两条光路所采用的路由和波长决定了基于光路的1+1复用段保护方案的保护能力和设备的复杂性。

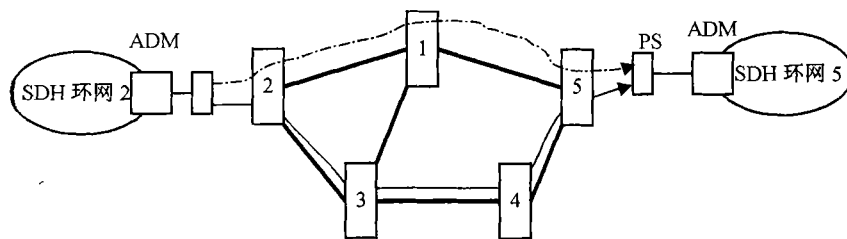


图2 基于光路的1+1复用段保护

1) 两条光路采用的路由相同。这种方式下发端必须能将 SDH 信号加载到两个不同波长的发射机上, 收端也必须能从两个不同波长的光路上收取 SDH 信号。该方案最大的好处是建立光路的算法较简单, 但解决的网络故障十分有限。当 OXC 中某个波长交换平面出现故障, 导致一条光路中断或传输质量下降时, 该方案能迅速选择另一条光路传输的信号, 但对于一些故障如光缆被切断就无能为力了。因为光路经过的任一条光缆被切断都会导致两条光路同时被切断。为避免这种情况, 可采用路由不同的方案。

2) 两条光路采用的路由不同。假定两条光路的路由是完全链路分离的, 即不会经过同一链路, 这种方式能够保护一条光路所经过的设备的的所有故障, 如果要求两条光路必须使用同一波长, 则收端和发端的设备只需能够收发一个波长, 网络设备较简单, 但缺乏灵活性。当网络负载较高时,

会出现以下情况：在两条路由上都能找到空闲波长，但是其空闲波长是不同的，从而无法建立1+1的光路。在这种情况下，如果允许两条光路使用不同的波长，则能实现基于光路的1+1复用段保护，即收发端采用可调谐收发射机能够提高网络的灵活性。

与方案1)相比较，方案2)建立光路的算法较复杂，但保护能力有很大的提高，本文提出的自愈方案采取方案2)，并且允许两条光路使用不同的波长。

1.2 基于光路的自愈环网

本文研究的自愈环网是基于光路的双纤双向复用段倒换环，其工作原理与二纤双向复用段倒换环相同^[1]，主要的区别在于用光路替换了二纤环中的光纤。

在双光路双向复用段倒换环中，两条光路各有一半的带宽用于保护另一光路的工作带宽。两个节点间的工作流量的路由是相同的。如图3b中节点1到3以及3到1的工作流量都是在节点1和3之间的光路上传输的。双光路双向复用段倒换环利用自动保护倒换协议完成保护倒换。当某条光路出现故障时，邻近故障的两个ADM完成以下操作：1) 将原朝故障方向去的工作信道切换到远离故障方向的输出保护信道；2) 利用环回切换，选择远离故障方向过来的输入保护信道作为输入工作信道。图3c为1和3之间的两条光路都被切断时，双光路双向复用段倒换环的保护状态。

与基于光路的1+1复用段保护类似，在建立基于光路的自愈环网时也必须考虑各条光路的路由和波长问题。

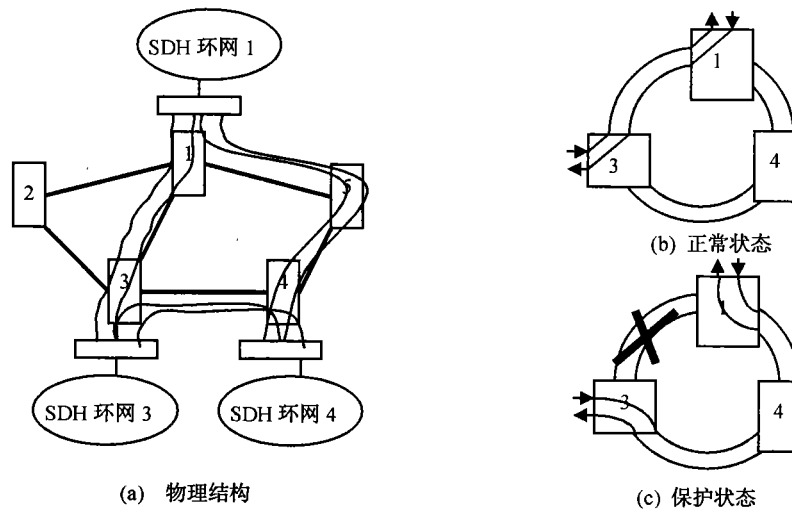


图3 基于光路的双光路双向复用段倒换环

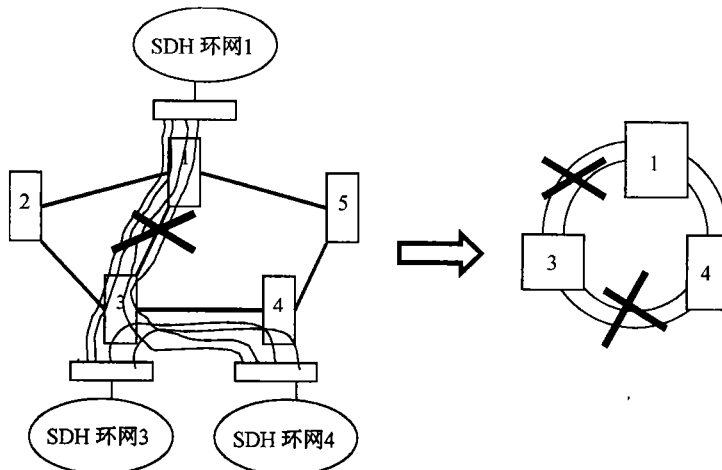


图4 双光路双向复用段倒换环

1.2.1 双光路双向复用段倒换环中的路由问题

由于双光路双向复用段倒换环具有独特的自动保护倒换功能, 能够有效地对付一对节点间两条光路同时被切断的故障, 即如果两条光路的路由完全相同, 当经过的某条链路被切断时, 该自愈环网也能有效地恢复所有的业务。

在普通的二纤双向复用段倒换环中, 一条链路被切断的故障不会影响别的链路。但是在双光路双向复用段倒换环中, 如果允许不同节点对间的光路经由相同的链路, 则一条链路的被切断可能导致该环网内多对节点间的光路同时被切断。在图3中, 环网1和4之间的光路建立在链路1~5和5~4上。在图4中, 环网1和4之间的光路建立在链路1~3和3~4上。尽管从 SDH 层的角度来看图3和图4为其提供了相同的环网, 但当光路经过的某条链路出现故障时, 对环网的影响是不同的。例如, 当链路1~3出现故障, 按照图3建立的环网, 仅有节点对1~3之间的一对光路被切断, 而双光路双向复用段倒换环能够利用自动保护倒换实现自愈。而按照图4建立的环网, 当链路1~3出现故障时, 不仅节点对1~3之间的一对光路会被切断, 而且节点对1~4之间的光路也会被切断, 该环网无法自愈, 因此在建立光路时, 必须限定不同节点对之间的光路不能经由相同的链路。

1.2.2 双光路双向复用段倒换环中的波长问题

如果整个环网的所有光路都采用相同的波长, 则各节点的光端机只需收发一个波长, 设备较简单。但若建立的环网较大或者网络负载较高时, 要找到满足条件的波长是非常困难的。因此, 如果允许收发端采用可调谐收发射机, 有助于提高网络的灵活性, 实现自愈环网。

2 SDH over WDM 自愈方案

2.1 基于光路的1+1 复用段保护和双光路双向复用段倒换环的比较

在基于光路的1+1 复用段保护方案中, 一个本地 SDH 环网到另一个本地 SDH 环网的业务是同时在 WDM 骨干网上的两条光路上传输。当其中一条光路中断或传输质量下降时, 接收端只需根据两条光路的传输质量选取质量较好的一条。由于无须 APS 协议和两端的协调, 该方案恢复的时间很快。对于两点间有稳定的较大业务量或者两点间业务需要很高的恢复时间的场合, 该方案为一种较好的保护手段。

基于光路的1+1 复用段保护的缺点是所需系统资源太多。假定每条光路能支持的传输速率为 C , 某个本地环网到另一个本地环网的数据率为 B , 当 $B=C$ 时, 该方案将占用 $2C$ 的网络资源来提供数据传输及保护。如果 B 很小, 例如, $B=1/4C$ 时, 系统仍需消耗 $2C$ 的网络资源来提供数据率仅为 $1/4C$ 的业务的传输和保护, 这会对网络资源造成浪费。如果所有节点对之间的业务都采用该方案来传输和保护, 网络资源将很快耗尽。

如果多对节点间的业务较分散, 则可以采用双向复用段倒换环为其提供传输和保护^[5]。因为双向复用段倒换环是一种共享保护结构, 能充分利用网络资源, 为分布式业务提供有效的传输和保护。由于双向复用段倒换环需要 APS 协议实现保护, 因此恢复时间比基于光路的1+1 复用段保护的恢复时间长。

2.2 SDH over WDM 自愈方案的实现过程

在给定了网络拓扑、每条光路能支持的最大数据率(假定为 C)和每对节点间的数据率的条件下, 按照以下步骤, 为业务提供传输和保护:

1) 将业务需求划分为 AB 两类。 A 类业务包括数据率大于 $C/2$ 的业务以及对恢复时间有特别要求的业务(如军事通信)。 B 类业务是除 A 类业务以外的其他业务。

2) 对于 A 类业务采用基于光路的1+1 复用段保护方案来传输和保护。要求两条光路采用不同的路由, 允许两条光路使用不同的波长。

3) 对于 B 类业务采用双光路双向复用段倒换环来传输和保护。要求同一对节点对之间的光路采用相同的路由, 同一环网不同节点对之间的光路不能经由任一相同链路(光纤), 允许不同节点对之间的光路使用不同的波长。在 WDM 格型网中, 为了建立多个双光路双向复用段倒换环网实现对所有 B 类业务的支持, 可以采用文献[6]中的方法。在双向复用段倒换环中, 每条光路仅有一半的带宽传输业务, 另一半带宽用于保护另一光路的工作业务。因此在设计环网时, 应该确保每条光路所需承载的业务数据率不超过 $C/2$ 。

3 结 论

本文研究了在 WDM 骨干光网中有效支持 SDH 业务的方法, 提出了一种用于 SDH over WDM 的自愈方案, 研究了基于光路的 1+1 复用段保护和双向复用段倒换环中的关键问题。根据节点对间业务量的大小和恢复时间要求的不同, 分别采用基于光路的 1+1 复用段保护和双向复用段倒换环来提供传输和保护, 从而实现快速有效的自愈。

参 考 文 献

- 1 韦乐平. 光同步数字传输网. 北京: 人民邮电出版社, 1993
- 2 李乐民. 宽带光纤通信网. 电子科技大学学报, 1992, 21(增刊): 1~11
- 3 唐明光. 从 ECOC'94看光通信的发展. 电子科技大学学报, 1994, 23(增刊): 35~40
- 4 Doverspike R D, Philips S, Westbrook J. Future transport network architectures. IEEE Comm Mag, 1999, 37(8): 96~101
- 5 Manchester J, Bonenfant P, Newton C. The evolution of transport network survivability. IEEE Comm Mag, 1999, 37(8): 44~51
- 6 Wuttisittikulij L, O'Mahony M J. Design of a WDM network using a multiple ring approach. Proc. Globecom97, 1997, 16: 1~5

A Survivable Solution for SDH over WDM Networks

Xu Shizhong Li Lemin Wang Sheng

(National Key Lab of Optical Fiber Transmission and Communication Networks, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract A Survivable Solution for SDH over WDM networks is proposed in this paper. The key issues associated with lightpath-based 1+1 multiplex section protection (MSP) and 2 optical channel multiplex section/shared protection ring (2OCH MS/SPRing) are discussed. According to the requirements of transfer rate and recover time of the traffic between different node pairs, lightpath-based 1+1 MSP and 2OCH MS/SPRing are chosen to provide efficient transporting and protection functions. With protected SDH over unprotected WDM optical layer, all the traffic can be protected efficiently.

Key words survivable network; synchronous digital hierarchy over wavelength division multiplex; multiplex section protection; multiplex section protection ring