

SDH 自愈环保护倒换功能的设计与实现

冯 健

(西安科技大学 计算机科学与技术学院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 为了实现同步数字体系(Synchronous Digital Hierarchy, SDH)自愈环中业务和时钟合理、正确、实时地保护倒换,提出了一种基于自动保护倒换(Automatic Protection Switching, APS)协议和段开销中同步状态字节 S1 的保护倒换方案. 针对网管台下发的倒换命令、引发倒换的告警、上游端点传送的 K1、K2 字节分别处理,实现了业务的保护倒换并引发相应的时钟倒换. 通过对典型操作实例的测试,验证了该方案的有效性和实时性.

关键词: SDH;自愈环;自动保护倒换;时钟保护倒换

中图分类号: TN914.332

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)09-0113-03

Design and Implementation of Protection Switching Function for SDH Self-healing Ring

FENG Jian

(College of Computer Science & Technology, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to achieve reasonable, accurate, real-time protection switching for business and clock of synchronous digital hierarchy self-healing ring, a scheme to implement protection switching based on automatic protection switching protocol and synchronization status byte S1 in the section overhead is proposed. Switching commands from network management station, alarms triggering switchover and K1, K2 bytes transmitted from upstream network elements are treated separately, to achieve the protection switching of the business and lead to corresponding clock switching. Test for typical operation instances, the validity and real-time performance of the scheme are verified.

Key words: synchronous digital hierarchy; self-healing ring; automatic protection switching; clock protection switching

1 引言

随着现代通信传输网络的组网模式越来越复杂和多样,传输网络的可用性和生存性问题突显出其重要的地位,尤其是对网络自愈提出了迫切的要求. 网络自愈是指网络在出现故障时无须人为干预就能在极短的时间内自动恢复业务的功能^[1],能使网络由于各种故障造成的损失降到最小.

在众多自愈网中,同步数字体系(Synchronous Digital Hierarchy, SDH)是比较成熟. SDH 网络是一个将复用、线路传输和交换功能融为一体的、由网

管系统进行自动化管理的综合信息网,在当前电信网中被广泛用做光纤传输网,实现其自愈功能的关键是自动保护倒换机制的实现.

2 SDH 自愈环保护倒换基本原理

2.1 SDH 自愈环的保护倒换

SDH 环形网具有较完善的保护功能和较灵活的组网方式,应用最广泛,称为 SDH 自愈环. 分为两大类,其中通道保护倒换环采用双发选收的原理,即支路上到线路的信号通过交叉单元的双发功能同时向光路主/备两个方向发送. 当信号到达端站时,

收稿日期: 2012-02-22; 修回日期: 2012-03-18

基金项目: 陕西省教育厅科研计划项目(2010JK665);陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2012JQ8030)

按环上的某一个通道信号的传输质量来决定是否倒换^[2]. 通常不涉及软件协议. 而复用段倒换环中业务量的保护由复用段开销中的 K1、K2(b4—b8) 字节所携带的自动保护倒换 (Automatic Protection Switching, APS) 协议来启动. 倒换与否根据复用段信号的质量决定, 倒换的条件是 LOF (帧丢失)、LOS (信号丢失)、MS-AIS (复用段告警指示)、MS-EXC (复用段误码过量) 等告警信号. 当复用段出现问题时, 环上整个 STM-N 或 1/2 STM-N 的业务信号都切换到备用信道上. 复用段倒换效率高, 是主流的倒换保护方式. 文中实现了以 APS 协议为基础的 SDH 复用段倒换.

2.2 APS 协议

按 ITU-T 的规定^[3], 协议是通过段开销中的 K1 和 K2 字节传递来实现的. 现以文中实现的某厂商设备为例进行说明.

2.2.1 K1 和 K2 字节

K1 用于指示请求倒换, 它标示请求倒换的信道号; 也用于证实信号倒换, 通过该字节可确认桥接到保护信道的信道号. K1 字节格式如图 1 所示.

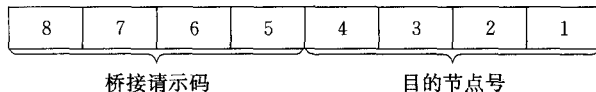


图 1 K1 字节

K1 字节的 5—8 位为桥接请求码, 其含义见表 1.

表 1 K1 字节第 5 至 8 比特含义

第 5~8 比特	操作	优先级
1111	保护锁定 (LP-S)	高
1101	强制倒换 (FS-R)	
1011	信号丢失 (SF-R)	
1000	信号劣化 (SD-R)	
0110	人工倒换 (MS-P)	
0101	等待恢复 (WTR)	
0011	练习 (EXER-R)	
0001	倒换请求 (RR-R)	
0000	没有请求 (NR)	低

注: 表中仅列出和环网有关的含义.

K2 字节的格式和含义如图 2 所示.

强制倒换指不管保护信道是否正常强制倒换业务; 人工倒换指用命令将业务从工作信道倒换到保护信道; 保护锁定指对相邻两点之间链路进行设定, 即系统处于正常状态时, 断纤、坏板故障不再引起倒换动作; 练习倒换即模拟倒换, 测试 K1 字节在环上各网元节点是否正常穿通和上报^[4].

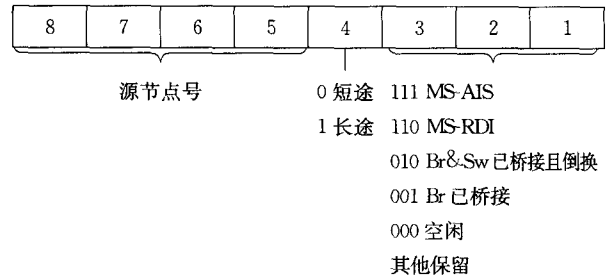


图 2 K2 字节

2.2.2 协议操作过程

APS 协议的典型过程如下^[5]: (1) 当某一端点的工作通路出现故障时, 其下游端点会很快检测到故障, 并利用上行方向的保护光纤送出 K1 字节, 其中包含故障通路编号数; (2) 上游端点收到 K1 字节后, 就会将本端下行方向工作通路光纤桥接到下行方向的保护光纤, 同时利用下行方向的保护光纤送出 K1 和 K2 字节, 其中 K1 字节用作倒换请求, K2 (b4—b8) 字节用作证实; (3) 在下游端点, 根据收到的 K2 (b4—b8) 字节对故障通路编号进行确认并完成下行方向工作通路光纤与下行方向保护光纤在本端的桥接, 同时也按照 K1 字节的要求, 完成上行方向工作通路光纤与上行方向保护光纤在本端的转接, 至此, 完成了单向倒换动作; (4) 双向倒换由下游端点经上行方向的保护光纤送出 K2 (b4—b8) 字节. 上游端点处理 K2 字节, 执行倒换, 完成 APS 过程. 倒换恢复和上述过程相似.

2.3 时钟保护倒换

为了避免业务倒换引起时钟同步路径中断, 应具备时钟自动保护倒换功能, 即网元能在同步时钟基准源丢失时自动倒换到另一路时钟基准源上.

ITU-T 在 SDH 的开销字节中引入了 S1 字节, 即 SSM (Synchronization Status Marker, 同步状态标志) 字节, 以形成标准的 SSM 协议. S1 字节的 1~4 位的 16 种编码组合代表不同的时钟质量等级, 目前已定义 6 种编码, 如表 2 所示, 其他位预留.

表 2 SSM 编码

第 1~4 比特	时钟质量等级
0000	同步质量不知道
0010	一级时钟信号
0100	二级时钟信号
1000	三级时钟信号
1011	SDH 设备时钟信号
1111	不用作同步

在 SDH 中为每个端点规定一个时钟源的质量等级. 端点先选择满足质量等级的级别最高的时钟基准源作为同步源, 并将此源的质量信息(S1 字节)传递给下游端点; 后者根据对 SSM 的读解, 决定是否继续跟踪时钟、进行时钟倒换或者转入保持.

3 设计与实现

3.1 总体设计

该文的 SDH 保护倒换功能在某 SDH 网络中实现, 该网络采用二纤双向复用段保护环, 支持 APS 协议, 实现业务和时钟的保护倒换. 倒换功能由网管侧、主控板侧、线路板侧三部分协作完成. 其中主控板是实现倒换动作的主体. 启动保护倒换的条件有主控板的硬件故障、网管台下发的控制命令以及引发倒换的告警等.

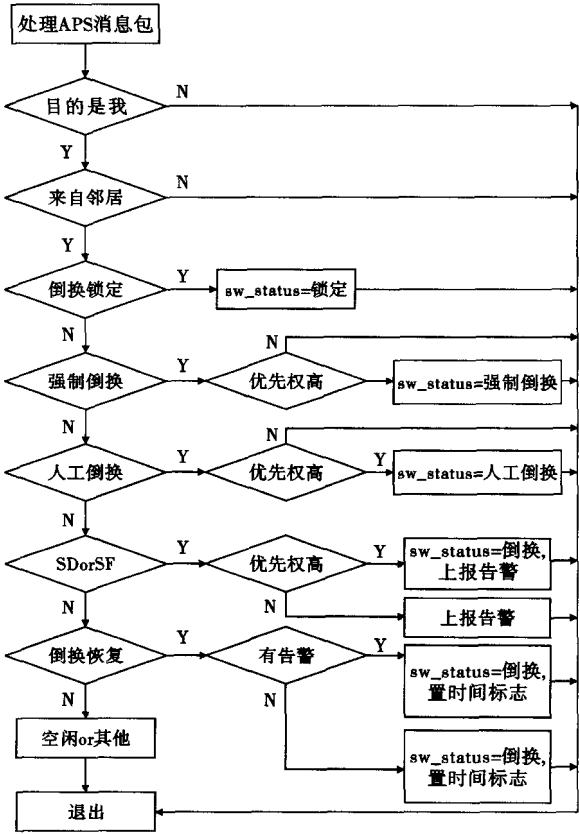
3.2 保护倒换功能的实现

主控板上的保护倒换模块确定为 20ms 的周期任务. 分为三个单元, 其中倒换命令及告警处理单元对网管台提供的倒换告警及人机命令进行处理; APS 协议处理单元对接收的 K1、K2 字节进行处理; 执行业务及时钟倒换单元根据前两个单元的处理结果, 完成业务倒换命令的下发、时钟倒换命令的下发、倒换动作的上报以及 K1、K2、S1 字节的置位与下发等工作. 倒换命令及告警处理单元的程序逻辑如图 3 所示. 通过 APS 信息, 选择时钟跟踪方向的逻辑主要是: 首先检查本节点是否有告警, 根据告警方向更改时钟方向并修改 S1 字节; 然后比较 A、B 两向的 S1 字节, 若相等, 则判断是否为默认时钟方向, 不是则进行时钟倒换; 若 A、B 两向的 S1 字节不等, 则倒换到/保持高级别时钟方向.

4 测试

测试共部署 8 个 ADM 端点, 组成 SDH 环网. 倒换条件通过从网管台下发倒换命令、制造引发倒换的告警或人为产生光纤故障生成. 用 2M 误码仪检测业务是否实现保护倒换, 是否上报正确信息. 表 4 列出了典型测试项和测试结果.

保护倒换完成时间是指从决定倒换开始到端点完成桥接和倒换操作的时间. ITU-T 规定^[3], 在没有额外业务的环上, 所有节点处于空状态且光纤长度小于 1200km 的情况下, 单个跨段故障时倒换完成时间应少于 50ms. 上述测试项目的平均倒换时间为 22ms, 符合 ITU-T 的规定.



注: SDorSF 是信号劣化或失效

图 3 APS 协议处理

表 4 保护倒换功能测试

测试项目	初始状态	测试步骤	执行结果
由告警引起的保护倒换	无告警, 无倒换, 时钟为外部 2M	制造 A 方向信号劣化告警	A 向告警, 倒换到 B 方向, 时钟不变
人工倒换操作: 强制倒换到 A 方向	A 向有告警, 倒换到 B 方向, 时钟为外部 2M	网管台下发命令 (强制倒换到 A 方向)	强制倒换到 A 方向, 时钟不变
人工倒换操作: 锁定	无告警, 无倒换, 时钟为外部 2M	网管台下发命令 (锁定), 断开 B 方向光纤	业务中断, 无倒换信息上报
由光纤故障引起的保护倒换的恢复	倒换到 A 方向, 时钟倒换为 A	恢复 B 方向光纤	5 分钟后如无光告警, 倒换恢复到 B 向, 上报倒换信息

5 结束语

开发高效可靠的保护倒换功能可以保证网络的可靠运行. 文中实现的保护倒换方案实现简单、倒换速度快, 已应用于某 SDH 环网, 效果良好.

(下转第 120 页)

2006, 5(5): 463-476.

- [6] 杜春梅, 蹇强, 王怀民, 等. 虚拟计算机环境中基于重复博弈的惩罚激励机制[J]. 软件学报, 2010, 21(12): 3043-3047.
- [7] Mailath G J, Samuelson L. Repeated games and reputations: long-run relationships [M]. New York: Oxford University Press, 2006.
- [8] 徐丽俊, 费敏锐. 合作博弈的自私网络负载均衡的建模和仿真[J]. 系统仿真学报, 2010, 22(11): 2588-2590.

作者简介:



谢霖铨 (1962-), 男, 博士, 教授. 研究方向为粗糙集理论及其应用、数据挖掘.



陈兵 (1986-), 男, 硕士研究生. 研究方向为网络安全与智能计算.



乐光学 (1963-), 男, 博士, 教授. 研究方向为网络安全与嵌入式系统.

刘建生 (1959-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为智能计算与信息安全.

熊小峰 (1965-), 男, 硕士, 副教授. 研究方向为建模及应用软件, 数理统计.

(上接第 115 页)

对于超长距离和节点较多的环网来说, 需在 APS 协议基础上进行优化设计, 如充分利用硬件和专用信道传递复用段告警检测、告警信息等, 避免软件处理的限制, 缩短倒换时间, 提高倒换可靠性.

参考文献:

- [1] 吴彦文, 郑大力, 仲肇伟. 光网络的生存性技术[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2003.
- [2] YD/T 1078-2000. SDH 传输网技术要求-网络保护结构间的互通[S]. 2001.
- [3] ITU-T Recommendation G. 841. Types and characteristics of SDH network protection architectures [S]. 1998.
- [4] 刁碧, 甘忠平, 杨一荔. K1、K2 字节原理及应用探讨

[J]. 通信技术, 2008, 41(10): 80-82.

- [5] 白静茹. SDH 自愈环的设计与改进[D]. 北京: 北京邮电大学, 2009.

作者简介:



冯健女, (1973-), 博士, 副教授. 研究方向为对等网络及网络管理.