

一种ASON网络的基于业务动态变化的p-cycle保护算法

周荣¹, 孟琦²

(1. 中国联合网络通信有限公司北京市分公司, 北京 100052; 2. 东软集团股份有限公司, 北京 100193)

摘要:研究了新型动态 p-cycle 保护算法, 并且根据网络环境和动态业务矩阵的变化提出了一种新型的基于业务预测矩阵的动态 p-cycle 算法 RSPC-DP (Routing in Spare plus Protecting Capacity Dynamic p-cycle), 对此算法从阻塞率、保护容量比例以及控制开销 3 个方面进行了仿真分析, 结果表明, RSPC-DP 算法可以动态地根据业务的变化计算保护 p-cycle 集合。

关键词:ASON p-cycle 保护算法; 动态业务保护算法

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2011)01-0120-04

生存性研究一直是个备受关注的课题, 它对保障网络正常运行、保护和快速恢复受损业务具有重要意义^[1]。在ASON网络中, 由于可以实现网络资源的动态分配, 智能化的连接管理^[2], 从而为快速高效的网络生存性策略的实现提供了条件。基于GMPLS的控制平面的引入, 为ASON网络提供了智能化和多样化的生存性, 通过对信令、路由的扩展, 增加了对多种生存性机制的支持。ASON网络的生存性可以定义为: 在具有自动交换能力的光传送网络中, 网络发生故障后通过控制平面信息交互自动地进行资源调配, 对发生故障的业务进行恢复的能力^[3]。

ASON是一种动态网络环境, 其特点是能够实现网络资源的动态分配和智能化的连接管理, 网络中业务的到达是动态的, 连接的建立也是交换式连接。由于ASON网络的动态特性, 要在ASON中应用p-cycle保护技术, 则需要一种动态p-cycle算法来支持。

目前这方面已有研究主要是集中在工作容量包封算法上, 例如PWCE算法^[5-7]和RP算法^[4]。但是, 它们都无法在线跟踪网络环境和动态业务矩阵的变化, 因此限制了它们在ASON的应用。本文将提出一种新型的基于业务预测矩阵的动态p-cycle算法(RSPC-DP, Routing in Spare plus Protecting Capacity Dynamic p-cycle)。

1 新型动态 p-cycle 保护算法

为了跟踪ASON中业务的动态改变, p-cycle的计算必

须基于动态业务矩阵。因此首先要提出一种业务预测算法用于估测业务流量。基于此业务预测矩阵算法, 进而提出RSPC-DP算法。

1.1 业务预测矩阵

在本文提出的算法中, 未来 ΔT 时间的业务预测矩阵用于得到未来 ΔT 时间内的的工作容量分布, 进而为它们分配最优的保护容量。为了提供未来 ΔT 时间内动态光网络中业务预测性分布, 采用一种基于双因素法的预测算法。

算法的两项输入参数为:

- 1) 当前业务矩阵: 矩阵的元素都为 a_{ij} ;
- 2) 未来 ΔT 时间内各节点的流入流出业务总数。

输出: 未来 ΔT 时间内的业务预测矩阵 a'_{ij} 。

双因素法的原理是: 依据当前的业务矩阵, 并通过反复调整, 将各节点未来 ΔT 时间内的流入和流出业务量分配给网络中的若干节点对, 最后得到未来 ΔT 时间的业务预测矩阵。此算法将会循环执行直至输入值与预测值的差小于预测精度 σ 。算法的具体流程如图1所示。

如图1所示, 该算法中有2个终止状态, 满足其中任何一种状态, 算法都将退出。这2种终止状态是: 一种是行调整后从所有其它节点到本地节点的业务量最大误差在既定范围之内; 另一种是纵调整后从本节点到所有其它节点的业务量最大误差在既定范围之内。行调整和纵调整是循环执行的, 算法被证明是收敛的。因此提出的算法能够得到未来 ΔT 时间内精确的业务预测矩阵。

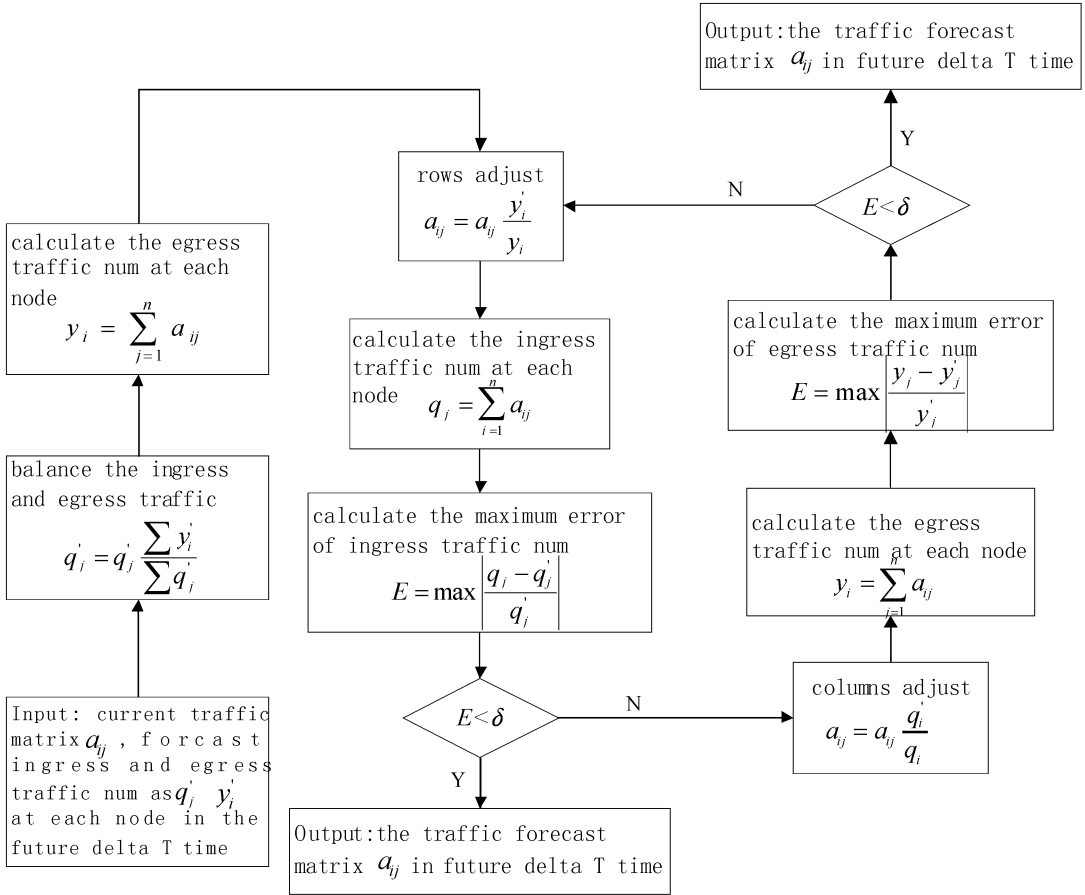


图1 业务预测矩阵算法流程

1.2 基于业务预测矩阵的 RSPC-DP 算法

基于由上述业务预测矩阵算法得到的业务预测性分布,提出 RSPC-DP 算法用于决定最优 p-cycle 保护集合。RSPC-DP 算法的详细描述如以下步骤:

1) 基本 p-cycle 集合的搜寻:可以通过 SLA 算法^[8]生成可用 P 圈集合。SLA 算法的原理是:基于给定链路的端点,可以在网络中找到不包含给定链路的两条最短路径,然后将这 2 条路径端到端合并到一起,形成该链路的一个基本保护圈。图 2 说明了此基本圈的生成,图中节点 2 和 5 间的链路对应的的基本圈为 p_1 ,其包含 5 个节点:1,2,3,4,5。

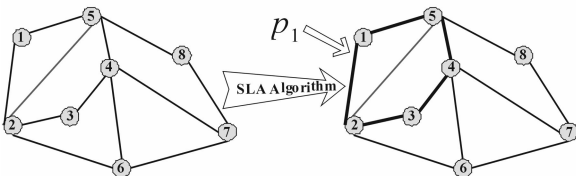


图2 基本圈的生成

2) 基本 p-cycle 集合排序:根据 CE(容量效率)来对 p-cycle 集合进行排序。p-cycle j 的 CE 计算如下:

$$CE_{p_j} = \frac{\sum_{i \in S} x_{ij}}{|p_j|} \quad (1)$$

式中:S 表示网络中的所有区段; x_{ij} 表示 p-cycle j 为区段 i 提供的保护关系,如果区段 i 为圈上区段, $x_{ij} = 1$,如果区段 i 为 p-cycle j 的跨越区段, $x_{ij} = 2$,否则, $x_{ij} = 0$; $|p_j|$ 表示 p-cycle j 的大小,它数值上等于组成 p-cycle j 的区段数;CE 代表了保护容量的效率,CE 越大,该 p-cycle 越优。

3) 利用业务预测矩阵算法得到未来 ΔT 时间内的业务预测分布,并对其中每一个业务在网络中的空闲和保护容量中进行预路由^[9],预分配波长并更新所有链路状态信息。路由算法可以是 Dijkstra 或 FPLC(固定路径最小拥塞)算法。Dijkstra 算法是众所周知且简单有效的最短路径算法,而 FPLC 算法在预先计算的多条路径上选择最小拥塞路径用作连接请求的路由^[10]。

4) 在基本 p-cycle 集合中选择一组 p-cycle 并为他们分配波长。

步骤 1 检验每个基本 p-cycle,确认是否还有空闲的波长能够分配给此 p-cycle,从而得到一组可用的基本 p-cycle。

步骤 2 检验所有的链路是否都被保护,如果没有被保护,转到第 3 步,否则完成此算法并返回已选 p-cycle 集合。

步骤 3 从优至劣依次配置每一个可用 p-cycle,为其分配波长资源并将它归入已选 p-cycle 集合中,配置每个可用 p-cycle 的同时需要更新该 p-cycle 所保护的全部链路的保护状态以及可用基本圈集合的状态,转至步骤 2。

最终得到一组用于动态业务的 p-cycle 保护集合。为了保持所选 p-cycle 集合的最优化,整个算法每隔 ΔT 时间周期地被执行。

2 仿真与数据分析

在支持 p-cycle 保护扩展后的 ASON Simulator 仿真平台^[11]上,对新型动态 p-cycle 算法——RSPC-DP 算法和基于工作容量包封的动态 p-cycle 算法——RP 算法分别进行了仿真,网络拓扑采用欧洲 COST239 拓扑。业务量范围为 2 ~ 10 爱尔兰,业务模型为泊松模型,网络中各节点的业务强度相同,并且在路由算法中采用最常用的 Dijkstra 算法。分别从阻塞率、保护资源占用率和控制开销等方面对两者进行了比较。在采用 RSPC-DP 的动态 p-cycle 策略中,重新配置保护环的时间间隔为 500 s。

在不同的业务强度下(2 ~ 10 爱尔兰),得到统计量分别为阻塞率 BP、保护容量比率 PPC 和控制开销 CO。

2.1 阻塞率

阻塞率 BP (blocking probability) 代表被阻塞的业务量与总业务量之比。图 3 表示的是 RSPC-DP 算法和 RP 算法的阻塞率在不同业务负载下的情况。

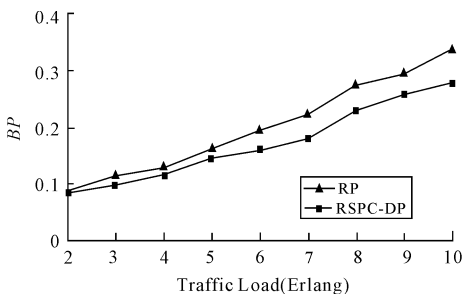


图3 阻塞率与业务强度的关系

从图3中看出,2种算法的BP曲线具有相同的趋势,随业务量的增加阻塞率都会变大。因为随着业务量的增加,LSP的建立请求增多,这使得ASON中的动态业务竞争加剧,以至于2种算法的阻塞率随着业务量的增长而不断上升。此外,由于RP算法具有在工作容量包封中为动态业务进行路由和波长分配的限制,而RSPC-DP算法中无此限制,所以RP算法中的阻塞率比RSPC-DP算法中高。

2.2 保护容量比例

保护容量比例 PPC (proportion of protecting capacity) 是指网络中保护容量相对总容量的比例,图4表示了RSPC-DP和RP的PPC在不同网络负载下的值。

从图4中看出,RSPC-DP的另一个优势是当网络负载不是很重时,相比RP算法低得多的PPC值。随着业务量的增长,由于RP算法的保护容量分配与业务强度无关,因此其PPC值是不变的,而RSPC-DP算法的PPC值有先高后低的趋势,因为在RSPC-DP算法中对p-cycle保护容量的配置是基于网络中的工作容量分布的,随着工作容量的增加,所需

要的保护资源也将越多,但是,当网络中的负载非常重时,就可能没有足够的资源来配置p-cycle,用来保护网络中全部工作容量,因此导致了随后的保护容量减少。

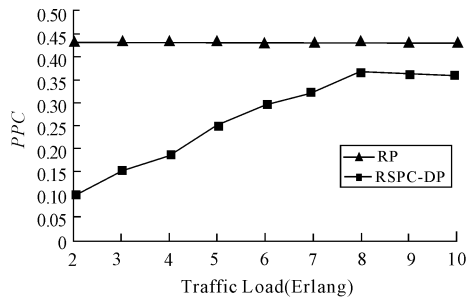


图4 保护容量比例与业务强度的关系

2.3 控制开销

控制开销 CO (control overhead) 表示 COST239 网络中所有 IP 连接的最大吞吐量。在 ASON 中,控制平面的 CO 主要由以下部分组成:动态业务 LSP 的建立和拆除,故障定位,故障通知,RSPC-DP 算法中每隔 ΔT 时间的最优 p-cycle 集合重新配置操作,保护倒换和恢复操作。图5显示了不同网络负载下2种动态 p-cycle 算法中的控制开销对比。

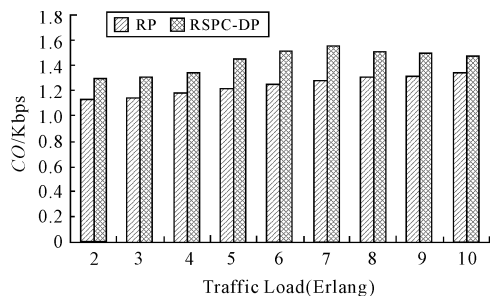


图5 控制开销与业务强度的关系

如图5所示,RSPC-DP算法的CO比RP算法要大一些,原因是在RSPC-DP动态算法下每周期 ΔT 时间来获得最优的p-cycle配置,相比RP算法,这导致了控制开销的增大,并且可以看出,RP算法的CO值随着业务量的增大逐渐增加,而在RSPC-DP算法中CO值先增加后又减小。这可以解释如下:当业务强度变大时,就会有更多的LSP建立请求。另外,由于在RP算法中其保护容量是不变的,所以RP算法的CO值随着业务强度的增加而一直增大。而在RSPC-DP算法中,随着业务强度的增大,所需保护的工作资源就越多,预先配置的保护资源也会相应增多,因此,每隔 ΔT 时间需要通知更多的节点来释放或者重新配置更多的保护资源,这就导致了在光网络中需要更多的控制开销。但是,正如之前分析的,当业务负载过重时其保护容量将下降,所以RSPC-DP的CO值将会在上升到某峰值之后下降。

3 结束语

本文提出了 ASON 网络中一种新型动态 p-cycle 保护算

法 RSPC-DP,它可以动态地根据业务的变化计算保护 p-cycle 集合。这种算法由动态业务预测矩阵算法和 p-cycle 选择算法组成。通过 RSPC-DP 算法,可以在 ASON 网络中为动态业务提供优化的 p-cycle 集合用于对单区段故障的保护。仿真结果表明基于业务预测矩阵的 RSPC-DP 算法在保护容量需求和阻塞率方面性能都比 RP 算法要好,代价是略微增大的网络控制开销。

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,2002.
- [2] ITU-T. Architecture of the Automatically Switched Optical Network (ASON). G. 8080/Y. 1304 Amendment 1. 2003.
- [3] Jiang T Z. A New Definition on Survivability of Communication Networks. [C]//Proc. IEEE MILCOM '91. [S. l.]:[s. n.],1991:901-904.
- [4] Song H, Wu Y, Gu W. Resource-based Rp-cycles Protection Method in Mesh WDM Network[C]//Proceedings of SPIE APOC2003. Wuhan: [s. n.], 2003: 81-88.
- [5] Shen G, Grover W D. Design and performance of protected working capacity envelopes based on p-cycles for dynamic provisioning of survivable services[J]. Journal of

Optical Networking, 2005,4(7):361.

- [6] Grover W D. The protected working capacity envelope concept: an alternate paradigm for automated service provisioning[J]. IEEE Communications Magazine, 2004,42(1):62-69.
- [7] Zhang Z, Zhong W D, Bose S K. Dynamically survivable WDM network design with p-cycle-based PWCE [J]. IEEE Communications Letters, 2005,9(8):756.
- [8] Johnson D B. Finding all the elementary circuit of a directed graph [J]. SIAM J COMPUT, 1975,4(1):77-84.
- [9] Schupke D A, Jger M, Hlsermann R. Comparison of resilience mechanisms for dynamic services in intelligent optical networks[C]//Proc of DRCN workshop. [S. l.]:[s. n.],2003:106-113.
- [10] 张文涛,黄传河. WDM 全光网络中的路由及波长分配[J]. 计算机工程与应用,2003,39(6):171-173.
- [11] Deng Yu, Huang Shanguo, Zhang Pei, et al. ASON survivability testbed supporting p-cycles protection[C]//European Conference on Optical Communications (ECOC2007), Berlin, Germany: [s. n.], 2007.

(责任编辑 刘 舸)

(上接第 103 页)

- [13] 康帅,庞华伟,周伟林.捷联惯导系统中一种高精度姿态更新算法的推证[J].中国空间科学技术,2004(5):67-71.
- [14] 王养柱,崔中兴.捷联惯导系统圆锥补偿算法优化设计[J].中国惯性技术学报,2000,8(1):7-10.
- [15] 黄昊,邓正隆.旋转矢量航姿算法的一种新的表达式[J].宇航学报,2001,22(3):92-97.
- [16] 王养柱,崔中兴.捷联惯导系统圆锥补偿算法研究[J].北京航空航天大学学报,2001,27(3):264-267.
- [17] 丁杨斌,满顺强,申功勋.一种新的捷联惯导系统圆锥误差补偿算法[J].北京航空航天大学学报,2007,33(11):1261-1263,1272.
- [18] 余杨,张洪钺.捷联惯导系统中的圆锥和伪圆锥运动研究[J].中国惯性技术学报,2006,14(5):1-4.
- [19] Gilmore J P. Modular strapdown guidance unit with em-

bedded microprocessors[J]. Journal of Guidance, Control, and Dynamics,1980,3(1):201-205.

- [20] Miller R B. A new strap-down attitude algorithm[J]. Journal of Guidance, Control, and Dynamics,1983,6(4):287-291.
- [21] Lee J G, Yoon Y J, Mark, J G. Extension of strap-down attitude algorithm for high-frequency base motion[J]. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 1990, 13(4):738-743.
- [22] Howard Musoff and James H. Murphy, Study of strapdown navigation attitude algorithms [J]. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 1995, 18(2): 287-290.
- [23] Yeon Fuh Jiang, Yu Pin Lin. Improved Strap-down Coning algorithms[J]. IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, 1992, 28(2): 484-490.

(责任编辑 周江川)