

基于 SRLG 不相关陷阱避免算法的研究

张琦¹, 徐林¹, 孙杰², 林鹏飞³

(1. 四川大学 计算机学院, 四川 成都 610065;

2. 四川大学 物理科学与技术学院, 四川 成都 610065;

3. 阿尔卡特朗讯公司, 四川 成都 610041)

摘要: 在光网络通信中, 计算路由常常会出现共享风险链路组(SRLG)分离和“陷阱”问题。针对这种现象, 提出了一种基于 SRLG 不相关的陷阱避免算法, 并采用阿尔卡特朗讯公司的光网络规划工具 1356NT 进行验证。实验结果表明, 与传统路由算法相比, 该算法不但缩短了恢复时间, 还有效提高了网络连接的可靠性和网络资源的利用率。

关键词: 光网络; 共享风险链路组; 陷阱避免

中图分类号: TN915

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)13-0039-03

Research on the trap avoidance algorithm based on the uncorrelated shared risk link groups

Zhang Qi¹, Xu Lin¹, Sun Jie², Lin Pengfei³

(1. College of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. College of Physical Science and Technology, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

3. Alcatel-Lucent Company, Chengdu 610041, China)

Abstract: During the optical network communication, it often appears SRLG (shared risk link group) separation and the “trap” problems in the process of calculating route. To solve these problems, a new trap avoidance algorithm based on uncorrelated shared risk link groups is put forward in this paper, and a validation on this algorithm is performed on the 1356NT which is an optical network planning tool in Alcatel-Lucent company. The operation result shows that compared with traditional routing algorithm, the new algorithm not only shorts the restoration time, but also effectively improves the reliability of network connection and usability of network resource.

Key words: optical network; SRLG; trap avoidance

计算机通信网络的可靠性问题十分复杂, 抗毁性^[1]是其中尤为重要的一点。目前维护网络生存性的方式有很多种, 其中最切实可行的就是为每个请求建立两条“物理分离”的路径, 分别为工作路由和保护路由, 一旦工作路由出现故障, 业务可以立刻转换到保护路由上进行。IETF 组织针对此提出了共享风险链路组 SRLG (Shared Risk Link Group) 的概念^[2], 对“物理分离”的路径进行进一步抽象和深化。SRLG 被定义为共享同一个物理资源的一组链路, 同时也是共同承担失效风险的一组链路。

目前国内外计算路由的算法很多, 基于 SRLG 限制的路由问题已经被证明是 NP-完全问题^[3]。现有文献提

出多种算法来解决该问题, 但都有不同程度的缺陷。参考文献[3]提出的整数线性算法, 其时间复杂度较大; 参考文献[4]提出基于 SRLG 限制的动态共享通路保护算法, 网络资源利用率不高; 参考文献[5]提出工作路由由优先(APF)算法, 虽然简单可靠, 但却不能解决“陷阱”问题。本研究基于传统的 TA 算法^[5], 提出了一种新型基于 SRLG 不相关的陷阱避免算法, 并在 1356NT 平台上进行验证。实验结果表明, 该算法成功避免了“陷阱”问题, 从而提高了网络连接的可靠性。对于中小型网络, 在链路故障发生后, 可以使恢复时间控制在 50 ms 以内, 资源利用率提高 17.23%, 具有较强的实用价值。

1 理论研究

1.1 SRLG 限制条件

每一个 SRLG 都对应着一个唯一的标识,即 SRLG 标识。SRLG 分离的两条路径可以减少同时失效的可能性,从而提高光路的抗毁能力。传统的多路由保护方式只考虑单一链路或双链路故障,而不考虑 SRLG 故障。这样一来,如果工作通道和保护通道经过同一 SRLG,即没有 SRLG 分离,就很容易因 SRLG 故障而同时失效。本研究提出的算法是基于 SRLG 不相关的情况,该算法需要考虑以下两个 SRLG 限制条件:(1)在为同一个业务分配工作通道和保护通道时,必须使它们处在两个不同的 SRLG 里;(2)如果不同的保护通道共享链路上的同一资源,那么,这些保护通道对应的工作路径必须处在不同的 SRLG 里。这样就可以避免 SRLG 故障,大幅降低工作路由和保护路由同时失效的可能性,从而提高网络整体的生存能力。

1.2 “陷阱”问题

基于 SRLG 分离的双路由选择策略最简单的方法是:当选好工作路由后,将工作路由经过的链路以及这些链路所处的 SRLG 中的所有链路全部删除,然后再进行备用路由的选择。这种算法称为工作路由优先(APF)算法,它较为简单,并且保证了工作路由和备份路由的 SRLG 分离,但存在一个明显的缺点,即容易造成备用路由无法获取的情况,如图 1 所示。以节点 D 到节点 C 的连接请求为例来对这种情况进行描述。

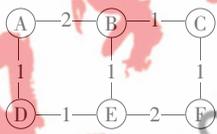


图 1 “陷阱”问题图示

图 1 中链路上的数字代表权重,工作路由为 D-E-B-C,删除工作路由经过的所有链路(即 D-E、E-B、B-C)之后,节点 D 和节点 C 之间便不存在任何路由。但实际上,这两个节点之间可以找到两条 SRLG 分离的路由,即 D-A-B-C 和 D-E-F-C。这就是由 APF 算法的缺陷所导致的“陷阱”问题。

2 算法设计

结合以前很多研究学者对于光网络中路由保护算法的研究,在传统 TA 算法的基础上,综合 APF 算法,本文提出了一种新型的基于 SRLG 不相关的“陷阱”避免算法。该算法不考虑每条链路上 SRLG 的数量,同时令每条链路上都有唯一的 SRLG 标识,该算法适用于 SRLG 数目不多的中小型网络,简单灵活,并且避免了 SRLG 故障和“陷阱”问题,对传统的 TA 算法进行了一定程度的改进。

2.1 网络模型

为了方便描述算法,光网络图例拓扑由一个四元函数来表示: $G(L, N, C, S)$,其中, L 代表光网络中所有链路的集合,并且全部为双向通信; N 代表光网络中全部节点的集合; C_{ij} 代表在第 i 个节点和第 j 个节点之间链路的权重(代价); S 代表所有 SRLG 标识组成的集合。规

定主路由集合用 AP(Active Path)表示,备份路由集合用 BP(Backup Path)表示, $cost$ 表示每条链路的权重, M 为一个权重较大的值,并且规定每条链路都有不同的 SRLG 标识。

2.2 算法步骤

基于 SRLG 不相关陷阱避免算法的具体步骤如下:

(1)确定网络拓扑 $G(L, N, C, S)$,等待动态业务连接请求到达。如果有业务连接请求到达,转至步骤(2);否则,更新网络状态。

(2)检查图 G 中源节点和目的节点的度是否小于 2,如果是,则退出算法,因为不可能找到两条 SRLG 不相关的路径;否则,跳转到步骤(3)。

(3)根据 APF 算法,先计算出图 G 中的最短路径,放入 AP 中,并将 AP 中所有的边从图 G 中删除,记为图 G' ,然后检查图 G' 中源节点和目的节点之间的连通性。如果是连通的,即还有路径可达,则计算出一条最短路径,放入 BP 中,此时 AP 和 BP 两条 SRLG 不相关的路径已经找到,退出算法;如果不是连通的,即没有路径可达,则可能出现“陷阱”问题,由步骤(4)~(6)来解决此问题。首先将图 G 中所有的信息放入图 GAP 中,并跳转到步骤(4)。

(4)将 AP 和 BP 设置为空,将 GAP 中所有边的权重恢复至图 G 中的原始数据,先计算出图 GAP 中一条最短路径,放入到 AP 中。如果 AP 为空,则不存在主路由。

(5)在图 G 中将 AP 所有边的权重改为 M ,并在图 G 中再次计算出一条最短路径,放入到 BP 中。如果 BP 为空,则不存在备份路由。

(6)计算 AP 和 BP 的边交集 T 。如果交集为空,则 AP 和 BP 两条 SRLG 不相关的路径已经找到,退出算法;如果交集不为空,则从图 GAP 中将边交集 T 删除,如果图 GAP 中的边不为空,则返回步骤(4),否则退出算法。

该算法的流程图如图 2 所示。

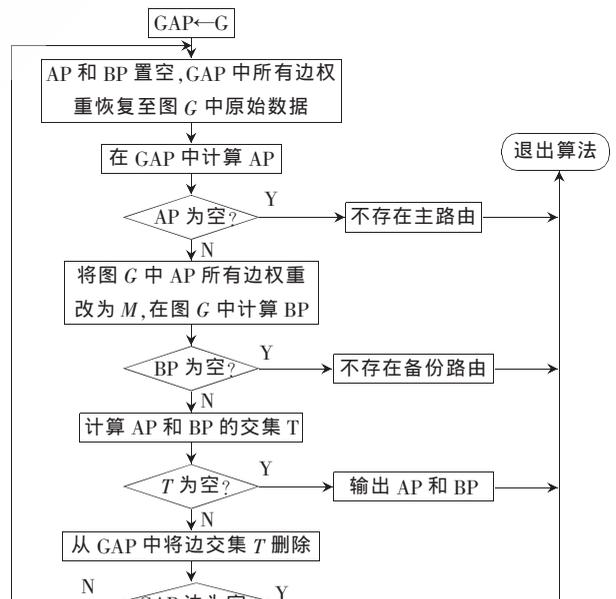


图 2 算法流程图

网络与通信

Network and Communication

2.3 算法实例

以图 1 所示的网络为例,说明该陷阱避免算法如何工作。对于节点 D 和 C 之间的连接请求,由步骤(4)~(6)算得 AP 为(D,E,B,C),BP 为(D,A,B,C),AP 和 BP 的边交集 T 为(B,C),从图 GAP 中删除边 T 后,重复步骤(4)~(6),算得 AP 为(D,E,F,C),BP 为(D,A,B,C),此时,AP 和 BP 没有交集,即找到两条 SRLG 不相关的路径,从而避免了“陷阱”问题。

3 算法验证及分析

为了验证此算法的正确性和有效性,实验采用阿尔卡特朗讯公司的 1356NT 作为测试平台,1356NT 是一种智能光网络解决方案的分布式网络分析和规划工具。验证算法的网络拓扑结构如图 3 所示。

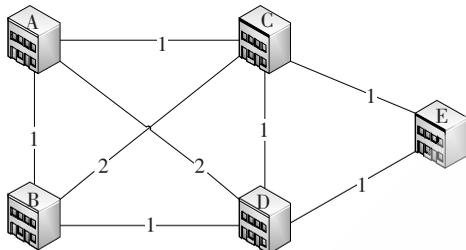


图 3 算法验证网络拓扑结构图

图 3 中 A、B、C、D、E 代表网元(NE),每条链路上的数字代表该链路的权重,并设置每条链路的 SRLG 不相同,保证了 SRLG 的不相关性。通过 1356NT 测试平台,可以查看到相应的工作路由、备份路由以及恢复时间。对该算法的验证主要从可靠性、恢复时间和资源利用率三个方面进行。

3.1 实验步骤

测试项目:两条业务,多次故障。

(1)在图 3 所示的网络中,建立一条从 C→D 的标签交换路径(LSP),设置保护类型为 PRC,主路由为 C-D,备份路由为 C-E-D;

(2)在相应端口设置 SDH 分析仪;

(3)断开主路由,即 C 和 D 之间连接的光纤,查询并记录恢复路由和恢复时间;

(4)断开备份路由,即 C 和 E 之间连接的光纤,查询并记录恢复路由和恢复时间;

(5)断开工作路由和保护路由,即 C、D 之间和 C、E 之间连接的光纤,查询并记录恢复路由和恢复时间。

3.2 实验结果及分析

实验结果如表 1 所示。

表 1 实验结果

光纤故障	工作路由	备份路由	恢复时间/ms
C-D	C-E-D	C-A-B-D	23.4
C-E	C-B-D	C-A-B-D	25.2
C-D 和 C-E	C-A-D	C-B-D	30.1

PRC 类型的业务始终有两条路由,即一条主路由和一条备份路由,当其中一条发生故障时,网络会重新为该业务寻找一条新的路由,当主路由和备份路由都发生

故障时,网络则会为该业务建立两条路由。

从表 1 可以看出,当主路由或备份路由发生故障时,按照 APF 算法计算的备份路由均为 C-A-B-D,当主路由和备份路由同时发生故障时,电路存在“陷阱”问题。如果按照 APF 算法计算出的路由只有一条,即 C-A-B-D,不能满足 PRC 业务的需求。而按照本研究中提出的算法,可以计算出两条 SRLG 不相关的路由,即 C-A-D 和 C-B-D,避免了“陷阱”问题,提高了整个网络的可靠性。

从恢复时间上分析,该算法应用到该网络的恢复时间均小于 50 ms,相对于其他算法而言,恢复时间快、效率高。

从资源利用率上分析,用 Load 表示资源占用率,假设该 PRC 业务的速率为 ODU1(2.5 G),NE 的 Load=每个网元节点使用的带宽/网元总的带宽;链路的 Load=每个链路使用的带宽/链路总的带宽,通过在该软件中查看相应的表,计算出网元的 Load=0.26%,链路的 Load=25%,相对于其他算法,资源利用率提高了 17.23%。

随着网络信息量与日俱增,提高网络抗毁能力的重要性日益凸显。考虑 SRLG 约束,建立两条 SRLG 不相关的路径可以降低工作路由和保护路由同时失效的可能性,从而提高网络的生存能力。在传统 TA 算法的基础上,本研究提出了一种新型基于 SRLG 不相关的陷阱避免算法,并在阿尔卡特朗讯公司 1356NT 平台上进行验证。实验结果表明,该算法成功避免了“陷阱”问题,提高了网络连接的可靠性,在链路故障发生后,可以让恢复时间控制在 50 ms 以内,资源利用率提高 17.23%,具有较强的实用价值。本算法仅适用于中小型网络,并未考虑 SRLG 复杂的网络类型,这将是以后研究的方向。

参考文献

- [1] 刘啸林.网络抗毁性研究介绍[J].计算机应用与软件,2007,24(6):135-137.
- [2] PAPANITRIOU D, POPPE F, JONES J. Inference of shared risk link groups [EB/OL]. <http://www.watersprings.org/pub/id/draft-many-inference-srlg-02.txt>,2001-11-14
- [3] HU J Q. Diverse routing in optical Mesh networks [J].IEEE Transactions on Communications,2003,51(3):489-494.
- [4] Guo Lei, Yu Hongfang, Li Leming. Dynamic shared-path protection based on SRLG constraints in WDM Mesh networks [A]. ICCAS 2004. Chengdu, China: IEEE PRESS,2004.
- [5] Xu Dahai, Xiong Yizhi, Qiao Chunming. Failure protection in layered networks with shared risk link groups [J].IEEE Network, 2004,18(3):36-41.

(收稿日期:2011-03-01)

作者简介:

张琦,女,1988 年生,硕士研究生,主要研究方向:计算机网络与信息系统。

徐林,男,1966 年生,博士,硕士生导师,副教授,主要研究方向:计算机网络与信息系统。