**读文献写方案**

**外文题目：**Resilient Routing Table Computation Based on  
Connectivity Preserving Graph Sequences

**中文题目：**基于连通性保持图序列的弹性路由表计算

**作 者：**János Tapolcai, Péter Babarczi, Pin-Han Ho, Lajos Rónyai

**原文出处：**IEEE INFOCOM 2023 - IEEE Conference on Computer Communications

**是否使用了GPT工具**：是 文心一言 （工具名称） 否

**班 级**：软件2306

**学 号：**20236855

**姓 名**： 廉紫涵

1. **前言 （总结本文主题，主要解决的是什么问题，传统或者已有做法如何做的。）**

本文聚焦于包交换网络中快速重路由（FRR）机制下的路由表计算问题。

随着网络复杂性增加，传统通信网络应对单链路和节点故障的策略不再适用，一次故障可能引发多个链路和节点同时失效。在这种情况下，动态重新计算路由表会对关键连接造成不利影响，因此 FRR 机制备受关注。FRR 通过预先计算路由表，依据本地故障信息实现数据包的快速重路由。

然而，设计 FRR 的路由算法极具挑战性，原因在于可能出现的网络链路和节点故障组合数量庞大，并且算法需要追踪哪些节点知晓故障情况。传统基于生成树（或树形图）的确定性方法在处理异构图时存在缺陷，无法充分利用密集子图中的额外冗余。例如，在节点间链路不相交路径数量差异较大的异构图中，这些方法难以将子路径有效整合到静态路由表中。

文本, 信件

AI 生成的内容可能不正确。

图一：论文内容思维导图

1. **本文做法 （本文针对的是已有方法中存在的哪些问题，提出的方法；是如何做的。）**

提出一种结合整数线性规划（ILP）和图论中边分裂技术的通用算法框架。该框架分两个阶段：一是通用图分解，通过边分裂技术生成一个图序列，在这个过程中，每次迭代会按规则移除节点（偶数度节点或两个相邻奇数度节点），同时保证图的局部连通性不降低；二是基于 FRR 的树形图构建，利用生成的图序列，通过局部求解 ILP，逐步构建树形图和路由表，以下由我具体解析：

**2.1图序列构建**

图示

AI 生成的内容可能不正确。

图二

2.1.1边分裂技术

移除节点 x 的两条邻边 (x,u) 和 (x,v)，添加新边 (u,v)，保持其他节点度不变（图 2a 中(vi)的移除过程）。注：定理支撑：Mader 定理指出，若节点 x 度不为 3 且非割边，分裂其边对可保持任意节点对的局部连通性 r(s,t)。偶数度节点可通过完全分裂移除（如图 2b），但奇度节点仅能分裂至度为 3，需特殊处理。

奇度节点对处理（如图2b）：当移除两个相邻奇度节点 (vi) 和 (wi) 时，先添加边 (vi,wi) 使二者度变偶，再应用分裂（图 2b）。此操作生成 “撕裂边”（如(va,vc))），确保局部连通性不下降。2.2.2DLCP 图序列

图表, 雷达图

AI 生成的内容可能不正确。

图三

如图3：从简单图 (G1)开始，每次添加 1-2 节点，通过 “公共边”“分裂边”“撕裂边” 转换，最终生成原网络 Gl=G（图3中德国骨干网的序列示例）。

2.2.3启发式策略：

计算节点邻边（边界边）的完美匹配，例如 6 度节点有 15 种匹配方式，通过 Gomory-Hu 树筛选保持连通性的有效对。

图表, 直方图

AI 生成的内容可能不正确。

图四

节点移除策略（如图四）：

Grow 策略：比较最远偶度节点与奇度对的跳数，优先移除跳数大的节点对（图4中“Grow”曲线显示平衡移除单/双节点）。

Even-first 策略：先移除所有偶度节点，再处理奇度对（图4中 “Even-first” 前期多移除单节点，后期处理双节点），确保根附近先构建稳定结构。

2.2**路由树形图构建**

树形图构建算法：通过迭代处理 DLCP 图序列来构建树形图。从简单的小图开始，给根节点的入弧分配不同颜色表示不同树形图，后续每次迭代，把之前图的树形图的边映射到新图，再通过求解 ILP 为新节点的弧分配颜色，扩展树形图。

ILP 的制定：分别给出了添加一个节点和两个节点时 ILP 的约束条件和目标函数。约束条件主要是保证弧的颜色分配合理，避免出现环，确保每个树形图都能到达根节点；目标函数是最大化分配给新节点的颜色的加权和，权重根据节点的情况设定。还展示了如何扩展 ILP 以减少路径长度。

算法的可扩展性：分析了算法的运行时间，假设图中节点的最大度是常数，计算出构建 DLCP 图序列和执行树形图构建算法的时间复杂度，表明算法具有可扩展性。

1. **优势**

在多个真实网络拓扑上对算法进行评估，对于 DLCP 图序列生成算法，分析了选择分裂边对的启发式方法的效果，包括候选边集数量、有效边集数量等，还比较了不同选择节点或节点对移除的启发式方法。

对于树形图构建算法，主要评估指标是覆盖率，结果显示本文的 “advanced” 方法性能接近最优，在覆盖率和路径伸展方面优于其他方法。

1. **不足及改进建议 （如找不到不足，给出其他的你认为可能达到本文类似效果的解决方案。）**

在处理大规模网络时，虽然算法具有可扩展性，但随着节点和链路数量的急剧增加，计算复杂度可能依然较高，导致运行时间延长。此外，在实际网络环境中，可能存在多种复杂因素，本文方法可能需要进一步优化以适应这些复杂情况。

针对这些不足，可考虑采用并行计算技术，利用多核处理器或分布式计算平台，加速 ILP 求解过程，降低大规模网络下的计算时间。

同时，可以引入机器学习算法，对网络故障模式进行学习和预测，提前调整路由表，增强算法对复杂网络环境的适应性。另外，进一步优化边分裂策略和节点选择启发式方法，探索更有效的图序列生成方式，可能会进一步提升算法性能。