

基于最短路径分割算法的 SDH 环网通路组织优化*

张勇^{1,2} 周国祥¹ 石雷¹

(1 合肥工业大学 合肥 230031)

(2 中国移动通信集团设计院有限公司安徽分公司 合肥 230031)

摘要 针对 SDH 双向复用段保护环通路组织设计中存在的通路资源利用不充分及网络负载不平衡问题,本文提出一种基于最短路径分割的通路组织安排算法,该算法结合最短路径算法和平衡加载算法的优点,较好地满足了工程设计在经济性、安全性等方面的要求。本文最后实例中将该算法应用于 SDH 环网通路组织优化设计中,优化效果明显。

关键词 光传输网络 SDH 通路组织设计 最短路径分割算法

1 引言

随着光纤通信技术的迅速发展,电信传输网早已由 SDH (同步数字系列) 取代了过去的 PDH (准同步数字系列),并向智能化的全光网络不断演进。当前,SDH 技术被各通信运营商广泛采用,虽然传输网规模很大、结构复杂,但由于环网结构具有自动故障恢复功能,始终是 SDH 传输网络组织结构中最典型的应用。SDH 环网中的通路是指起于环内一个 ADM (分插复用设备),终于环内另一个 ADM 的 VC-n (虚容器-n)。一条通路对应一条或多条业务网电路。系统能安排的通路数越多,其承载的业务量越大。通路组织设计的主要目的就是在一定结构、一定速率的环网上安排尽可能多的通路,同时考虑通路安排清晰、设备特性、网络安全等方面的要求,最终决定各条业务选择的路由。

在 SDH 自愈环的网络规划中,通路组织的设计和 network 经济性能关系紧密,设计中采用有效的算法可以大大减少网络投资。最短路径算法和平衡加载算法由于算法简单,便于手工计算,在网络通路组织设计中的应用最为广泛。最短路径算法将业务路由沿经过跨距段最少的方向安排,优点是光中继段的利用效率最高、业务时延最短,缺点是容易因业务需求不均匀造成网络负载不平衡;业务平衡加载算法将同一对节点间的业务等分沿环路两个相反的方向传到目的节点,优点是使得环网上各节点沿两个方向安排的通路数基本均衡,有效地降低了传输设备倒换故障造成业务全阻的风险,缺点是光中继段利用效率一般较低。

本文结合以上两种算法的优点,提出一种新的算法,在光中继段利用效率和网络负载均衡两方面寻找平衡,适用于绝大多数工程设计中对 SDH 环网的通路组

* 基金项目:安徽省自然科学基金资助,项目编号 050420202。

张勇:合肥工业大学硕士研究生在读,中国移动通信集团设计院有限公司安徽分公司第三设计所副所长,主要从事数据、传输网络规划咨询设计工作。

周国祥:合肥工业大学教授,主要研究方向为信息系统与智能决策。

织进行优化设计。

2 基于最短路径的分割算法

自愈环的保护方式和其承载业务的分布模型决定了环网所能承载的业务量。自愈环中应用最为广泛的双向复用段保护环，由于业务路由可以按照两个方向安排并且保护时隙可以共享，通路组织的安排非常复杂，仅凭经验很难达到对环通路的最优分配。一般在工程设计中，主要关注的是在给定了业务量和分布模型后，合理安排业务路由，使之对群路光口速率的要求最低，从而提高环网可承载业务量。

通过对平衡加载算法的分析可知，它在光中继段使用方面并不是最有效的方法。对每一对节点间的业务进行等分会造成一半的业务路由沿环网长路径安排，而沿长路径安排业务比沿短路径安排占用更多的光中继段。因此，如果先采用最短路径法安排业务，再对经过最大通道截面的业务分割后从两个方向安排路由，可使环网各跨距段承载的业务量基本平衡，既提高了环网承载业务量，又兼顾了网络负载均衡的要求。

算法步骤如下：

(1) 用最短路径法安排点对点业务(需注意：如果由某节点出发的业务沿环网两个方向到达目的节点的路径长度相同，则将该业务量等分沿两个方向安排业务路由)；

(2) 找出由 m 个节点组成的环网各跨段 S_m (段的业务数量和) 最大的链路，最大值记为 $C = \max\{S_m\} = S_k$ 。取经过环网第 k 段但未经调整的一个业务路由；

(3) 设该业务路由(起始点分别为 i, j) 对应的节点对业务值 $T_{ij}^s > 0$ ，找出其对应的反向路由(记作 T_{ij}^{s-}) 所经过的段中最大的 S_k^- 值；

计算 $H_{T_{ij}^s} = \max\{S_k^-, \{S_k^-\}$ 为包含于节点对 i 和 j 之间的 T_{ij}^s 长路由方向所经过的所有跨距段的 S_m 组成的集合；

(4) 计算 $R_{T_{ij}^s}$ ，

当 $C > H_{T_{ij}^s} + 1$ 时， $R_{T_{ij}^s} = \min\{\text{INT}[(C - H_{T_{ij}^s})/2]$

$T_{ij}^s\}$

当 $C > H_{T_{ij}^s} + 1$ 时， $R_{T_{ij}^s} = 0$

当 $C > H_{T_{ij}^s}$ 时， $R_{T_{ij}^s} = 0$

调整首先从有最大的 $R_{T_{ij}^s}$ 的节点间业务路由开始，将 $R_{T_{ij}^s}$ 调整到对应的反向路由，重新计算 S_m ，回第(2)步。如果 $R_{T_{ij}^s}$ 为 0 则条路由不能再进行反向路由调整，执行(5)；

(5) 停机。

需要说明的是，采用该算法后虽使系统最大通道截面数值最小，但所有业务占用的光中继段数总和一般大于采用最短路径法的光中继段数总和。因此，该算法是用系统承载业务的潜力换取对已知业务通路组织安排的优化，这也从侧面说明，规划人员对传输网络未来需承载的业务特点和流量流向的分析预测非常重要。

3 环网通路组织优化设计

在网络规划和优化中，环网的结构常常是关注的重点，通路组织设计容易被人忽视。环状网络投产运行后结构一般不易更改，但其承载业务流向流量却可能不断变化，通路的安排存在不少的优化空间。下面通过实例说明如何应用基于最短路径的分割算法对 SDH 双向复用段保护环的通路组织进行优化。

X 市 4 个通信局址 (A、B、C、D) 间传输系统为 1 个 10Gbit/s SDH 双向复用段保护环，通路安排矩阵如表 1 所示。

表 1 X 市 X 环通路安排矩阵

单位：等效 STM-1	A	B	C	D
A	0	16	7	0
B	0	0	18	6
C	7	0	0	14
D	12	6	0	0

该系统通路组织按最短路径法安排，时隙分配见表 2。由表 2 可知，系统最大通道截面已达 31 个。

由于通信需求增长，需新增 A-B 局间 2 个 155Mbit/s 通路，B-C 局间 6 个 155Mbit/s 通路，C-D 局间 6 个 155Mbit/s 通路。若按最短路径安排业务路由，系统最

表2 X市X环时隙分配表

时隙序号	跨段 A - B	跨段 B - C	跨段 C - D	跨段 D - A	时隙序号	跨段 A - B	跨段 B - C	跨段 C - D	跨段 D - A
# 1	102	203	301	301	# 17	103	103	304	401
# 2	102	203	301	301	# 18	103	103	304	401
# 3	102	203	301	301	# 19	103	103	304	401
# 4	102	203	301	301	# 20	103	103	304	0
# 5	102	203	301	301	# 21	103	103	304	0
# 6	102	203	301	301	# 22	103	103	0	0
# 7	102	203	301	301	# 23	103	103	0	0
# 8	102	203	304	401	# 24	402	203	0	402
# 9	102	203	304	401	# 25	402	203	0	402
# 10	102	203	304	401	# 26	402	204	204	402
# 11	102	203	304	401	# 27	402	204	204	402
# 12	102	203	304	401	# 28	402	204	204	402
# 13	102	203	304	401	# 29	402	204	204	402
# 14	102	203	304	401	# 30	0	204	204	0
# 15	102	203	304	401	# 31	0	204	204	0
# 16	102	203	304	401	# 32	0	0	0	0

注：跨段列中的数字如“102”表示该中继段落某一时隙被起点为节点1(A)，终点为节点2(B)的业务所占用，其他依次类推；数字“0”该时隙空闲。

大通道截面将达到37个，超过了1个10Gbit/s系统的容量，该方案需新建SDH系统。

考虑到工期紧且存在机房配套条件、投资规模等客观条件的限制，设计单位就承载业务的特点、环网结构、光缆路由、设备特性、网络维护等方面与建设单位进行了充分的沟通，决定采用基于最短路径的分割算法对通路组织安排进行优化，提出在原有系统上扩容满足新增业务需求的方案。具体如下。

首先计算扩容后通路安排矩阵表（见表3）。

表3 X市X环扩容后通路安排矩阵

单位：等效STM-1	A	B	C	D
A	0	18	5	0
B	0	0	24	3
C	9	0	0	20
D	12	9	0	0

在此基础上得到时隙分配表（见表4）。

对比表2及表4可知，通过对原有系统通路进行适当的调整后再进行扩容，系统最大通道截面等于32，在原有10Gbit/s系统上扩容刚好可以满足新增业务需求。同时，我们还可以得到采用最短路径法与采用基于最短路径的分割算法占用的光中继段数总和均为126，说明后者在环网通道利用上效率也很高。

采用该算法得到的扩容方案可以较好地解决建设单位的实际问题，机房配套、建设进度和投资之间的矛盾得到一定缓解。

4 结束语

基于最短路径的分割算法能在光中继段利用及网络负载均衡方面达到较好的平衡，对原采用最短路径算法或平衡加载算法安排通路组织的SDH双向复用段保护环进行优化的效果明显。同时该算法也便于计算机实现，大大提高了网络规划设计的工作效率及决策的科学性、合理性。

对于现实中更为复杂的网络结构和多种多样的承载业务，通路组织安排除了应考虑业务分布模型，还要考虑传输设备的实际性能、光缆路由、承载业务延迟要求、网络维护、投资等方面特殊的限制条件。因此，还有许多方面值得研究，比如从多环间业务分配、通路设计有效性、网络生存性、经济性等方面评价优化的效果，不同的评价方法往往会激发新算法的研究。

通路组织优化设计绝不是一种算法就可以解决的，往往要多种方法结合起来运用，这就要求我们对业务需

表4 X市X环扩容后时隙分配表

时隙序号	跨段 A - B	跨段 B - C	跨段 C - D	跨段 D - A	时隙序号	跨段 A - B	跨段 B - C	跨段 C - D	跨段 D - A
# 1	102	203	301	301	# 17	102	203	304	401
# 2	102	203	301	301	# 18	102	203	304	401
# 3	102	203	301	301	# 19	103	103	304	401
# 4	102	203	301	301	# 20	103	103	304	401
# 5	102	203	301	301	# 21	103	103	304	401
# 6	102	203	301	301	# 22	103	103	304	0
# 7	102	203	301	301	# 23	103	103	304	0
# 8	102	203	301	301	# 24	402	203	304	402
# 9	102	203	301	301	# 25	402	203	304	402
# 10	102	203	304	401	# 26	402	203	304	402
# 11	102	203	304	401	# 27	402	203	304	402
# 12	102	203	304	401	# 28	402	203	304	402
# 13	102	203	304	401	# 29	402	203	304	402
# 14	102	203	304	401	# 30	402	204	204	402
# 15	102	203	304	401	# 31	402	204	204	402
# 16	102	203	304	401	# 32	402	204	204	402

注：加底纹单元格中的数字表示新增业务，斜体字表示经过调整的原有业务。

求模型与环网承载业务量的关系、各种算法适用条件有充分的认识。本文正是想通过对此类问题的探讨引起传

输网络规划人员对通路组织优化设计的关注，并多做有益的尝试。

Optimized Passage Plan to SDH Ring Network Based on Shortest Path Splitting Loading Algorithm

Zhang Yong^{1,2} Zhou Guoxiang¹ Shi Lei¹

(1 Hefei University of Technology, Hefei 230031)

(2 China Mobile Group Design Institute Co., Ltd. Anhui Branch, Hefei 230031)

Abstract In order to solve the problem of using the passage resource insufficiently and loading imbalance in passage plan of SDH bidirectional multiplexing section protection ring, a new passage plan algorithm based on shortest path splitting loading is presented in this paper. This algorithm combine advantage of shortest path loading algorithm with balance loading algorithm can satisfactorily meet the requirements of economical efficiency, security etc. in SDH network engineering design. By using the algorithm, an example optimizing SDH ring networks passage plan has achieved obvious effect.

Keywords optical transport network, SDH, passage plan, shortest path splitting loading algorithm