

SDH 网络规划中 PRC 接入网元选取算法

陈晓阳 张 扬

(河海大学 计算机与信息学院 南京 211000)

摘 要: 为了实现 SDH 网络的时钟同步规划,提出了一种基于迭代思想的 PRC 接入网元的选取方案。通过设定同步网络规划原则中的参数,根据所有网元到备选网元的时钟跟踪长度,按照有效跳数内覆盖网元个数尽可能多、覆盖网元的平均时钟跟踪长度尽可能小、PRC 在网络中部署尽可能均匀 3 条原则进行迭代,计算出 PRC 接入网元,并且通过 MATLAB 编写了该算法。该算法能够通过计算机自动计算代替人工规划 PRC 接入网元,有效地降低了时钟同步规划工作的困难性,在保证规划方案性能的同时提高了规划效率。

关键词: SDH 网络;PRC 接入网元;迭代

中图分类号: TN915.11 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5030

Accessed network elements of PRC algorithm for SDH network planning

Chen Xiaoyang Zhang Yang

(Hohai University, Nanjing 21100, China)

Abstract: In order to complete the clock synchronization planning of SDH network, this paper introduces a selection scheme of the accessed network elements of PRC based on iteration thought. Through setting the parameters in the synchronization network planning principles, according to the clock track distance from all the network elements to alternative network elements. In order to make the number of network elements covered within effective jump number as many as possible and make the average clock track distance of network elements covered as short as possible and make the PRC in the network as well-proportioned as possible. Iteration will make the results optimal. This scheme is encoded in MATLAB platform. This algorithm can intelligently plan out the network elements of PRC by automatic calculation instead of manual planning and reduce the difficulty of clock synchronization planning effectively. Meanwhile, it can improve the planning efficiency while ensuring the performance of the planning scheme.

Keywords: SDH network; accessed network elements of PRC; iteration

1 引 言

随着通信技术和业务的不断发展,光通信网的规模在不断扩大,光网络设备之间的信息交互对于时钟同步和时间性能的要求也越来越高^[1-4]。SDH 网络中要解决的首要问题就是网同步问题,因为要保证发端在发送数字脉冲信号时将脉冲放在特定时间位置上(即特定的时隙中),而收端要能在特定的时间位置处将该脉冲提取解读以保证收发两端的正常通信,而这种保证收/发两端能正确的在某一特定时间位置上提取/发送信息的功能,则是由收/发两端的定时时钟来实现^[5]。

SDH 网络结构上可以分为 3 种不同结构的网络^[6-9],分别为准同步网络、主从同步网络以及混合同步网络。SDH 网络的同步规划依赖选取特定的网元节点来接入定

时时钟来实现网络的同步。PRC,基准参考时钟^[10-11],是符合 G. 811 标准的含铯原子的全国基准时钟,定义为最高级别的时钟。在网络或网络段内,PRC 为其他时钟的定时或同步提供参考信号。

目前,对于时钟同步规划,大多还依赖于人工规划,随着网络规模的扩大以及结构的复杂性提高,人工规划越来越困难,时钟规划方案正确性、可靠性很难控制。在确定时钟设备接入节点后,目前已有最小生成树等算法^[12]被用来规划时钟流链路,但是大规模和复杂结构网络下,同步区分以及 PRC 时钟部署的仍主要依赖人工,无法实现智能规划。

本文基于以上研究背景和同步网络规划的原则,设计一种新的基于迭代算法的 SDH 网络 PRC 接入网元的选取算法,并且可以用 MATLAB 对该算法进行验证。

2 SDH网络时钟同步规划的原则

对于SDH网络时钟同步规划,一般会做技术参数的约束:2台时钟设备之间不超过 N_1 个网元,整个同步链路的网元不能超过 N_2 个,整个同步链的时钟设备不能超过 N_3 台,同步时钟链路中不能出现环路^[13-14]。同时,还要综合考虑方案的经济性能和技术性能。考虑到时钟同步规划设计应该具有高可靠、高性能、易维护、可扩展等特点,当网络规模较大,网元节点个数过多时,为了提高同步网络的可靠性以及减少故障风险,可以划分时钟同步区,优化网络规划设计。当前时钟同步规划的一般步骤为^[15]:1)获取客户需求,包括时钟数量要求,部署节点限制等;2)根据网络拓扑结构及规模,确定时钟同步区数量及范围;3)遵照规划规则,在同步区内进行时钟部署及时钟流规划;最后,检查规划时钟流是否存在环路,并评估时钟同步规划方案的性能。

3 PRC接入网元选取的方案

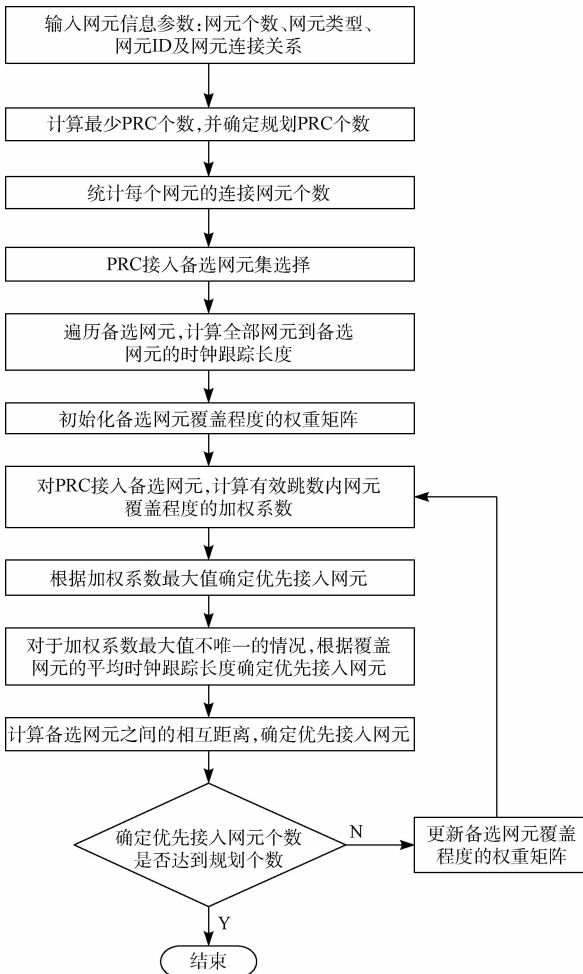


图1 PRC接入网元选取流程

采用的技术方案为:1)参考网络中网元的个数,确定网络中所需的PRC个数 N_{prc_set} ;2)计算每个网元与其他网元连接的个数,并且对其进行降序排列,将前 Y ($Y \geq 2 * N_{prc_set}$)个网元作为PRC接入备选网元;3)根据所有网元到备选网元的时钟跟踪长度,按照有效跳数内覆盖网元个数尽可能多、覆盖网元的平均时钟跟踪长度尽可能小、PRC在网络中部署尽可能均匀3条原则进行迭代最优选择并确定 N_{prc_set} 个网元作为PRC接入网元。

具体步骤如图1所示。

步骤1:输入需要规划网络中网元的信息及参数,包括:网元个数 N ;网元ID,记为: $NE_n(n = 1, 2, \dots, N)$;网元类型、以及网元连接关系对,通过网元连接对来表征 $\langle NE_i, NE_j \rangle$ 。

步骤2:根据网络中网元个数,通过 $N_{prc_min} = \lfloor N/N_2 \rfloor + 1$ 计算出最少PRC个数 N_{prc_min} ,根据 N_{prc_min} 获取该网络中规划的PRC个数 N_{prc_set} ,一般取 $N_{prc_set} \geq N_{prc_min}$ 。

步骤3:对所有网元进行遍历,根据网元连接关系对统计出每个网元所直接连接的其他网元的个数,记为:

$$M = \{M_1, M_2, \dots, M_N\},$$

其中 M_i ($i = 1, 2, \dots, N$)表示与第 i 个网元所直接连接的其他网元的个数。

步骤4:选择备选PRC接入网元集。对所有网元,根据网元连接个数降序排列序列 M ,取前 Y ($Y \geq 2 * N_{prc_set}$)个网元作为备选PRC接入网元集 $\{NE_{PRC_y}\}$, $y = 1, 2, \dots, Y$ 。

步骤5:遍历 Y 个备选网元,计算出全部网元对于这 Y 个网元的时钟跟踪长度,记为:

$$D = \begin{Bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \dots & d_{1,Y} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & \dots & d_{2,Y} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{N,1} & d_{N,2} & \dots & d_{N,Y} \end{Bmatrix}_{N \times Y}$$

式中: $d_{i,j}$ 表示第 i 个网元到第 j 个备选网元的时钟跟踪长度值。

步骤6:按照有效跳数内覆盖网元个数^[3]尽可能多、覆盖网元的平均时钟跟踪长度尽可能小、PRC在网络中部署尽可能均匀的原则,进行以下迭代来选择PRC优先接入网元:

1)初始化备选网元有效跳数内覆盖网元标识矩阵 N_c 。建立一个 $N \times Y$ 维的新矩阵 N_c ,将矩阵的元素都设为0,令 $N_c(\text{find}(D \leq N_1)) = 1$,遍历出矩阵 D 中元素小于 N_1 的索引,将矩阵 N_c 的索引处的元素的值设为1。其中, $\text{find}(D \leq N_1)$ 表示 D 矩阵中满足 $d_{i,j} \leq N_1$ 的元素所对应的坐标 (i, j) 。

初始化网元的有效时钟追踪距离矩阵 $D_c = D \cdot N_c$,表示为矩阵 D 与矩阵 N_c 的内积。矩阵 D_c 中的元素值表示有效跳数 (N_1) 内每个网元到备选网元的时钟追踪距离。

初始化网元覆盖程度的权重矩阵 $N'_c = N_c \cdot N_{prc_set}$ 。

2) 将 PRC 接入备选网元, 计算其 N_1 跳数内网元覆盖程度的加权系数:

使 N'_c 矩阵每列元素相加, 获得备选网元在跳数 N_1 内网元覆盖程度的加权系数序列 $n_c = \{n_1, n_2, \dots, n_Y\}$ 。其中, n_i 表示第 i 个备选网元在跳数 N_1 内网元覆盖程度的加权系数。

3) 若 n_c 有唯一的最大值, 令 y 为该最大值(网元覆盖程度的加权系数最大)对应的备选网元序号, 表示第 y 个备选网元作为 PRC 优先接入网元, 并令已选的 PRC 优先接入网元个数 $N_{prc} = N_{prc} + 1$, 转 6), 若 n_c 中最大值不唯一, 则转 4)。

4) 对于 n_c 中最大值对应的备选网元, 计算其覆盖网元的平均时钟跟踪长度:

计算 n_c 中最大值对应的备选网元所覆盖网元的平均时钟跟踪长度, 对 n_c 最大值对应的列, 将 D_c 矩阵中对应列元素相加并除以 n_c 的最大值。假设备选网元所覆盖网元的平均时钟跟踪长度共有 S 个最小值, 如果 $S + N_{prc} \leq N_{prc_set}$, 那么对应的 S 个备选网元全部作为 PRC 优先接入网元, 并令已选的 PRC 优先接入网元个数加上 S , $N_{prc} = N_{prc} + S$, 转 6)。若 $S + N_{prc} > N_{prc_set}$ 转 5)。

5) 计算 S 个备选网元之间的相互距离, 根据备选网元到其他备选网元距离之和进行降序排列, 取前 $N_{prc_set} - N_{prc}$ 个作为 PRC 优先接入网元, 这样便获取了个 PRC 接入网元, 此时 $N_{prc} = N_{prc_set}$ 。

6) 若 $N_{prc} < N_{prc_set}$, 则更新 N'_c , 用矩阵 N'_c 中的每一列的元素的值减去已确定的备选网元序号对应的 N_c 矩阵中列的值, 接着将矩阵 N'_c 中小于 0 的元素都设为 0, 同时将矩阵 N'_c 和 N_c 中与本次迭代确定的备选网元序号对应的列的值设为 0, 重复步骤 2)~6)。若 $N_{prc} = N_{prc_set}$, 迭代结束。

4 算 法 验 证

为了验证以上算法的正确性以及可行性, 引入一个网络实例, 如图 2 所示, 用方框以及方框内的数字来表示网元和网元编号, 方框之间的连接表示网元之间的光纤链路。同时为了能够更直观地评估 PRC 接入网元你的选取对网络规划性能的影响, 定义以下几个量化参数:

网元时钟跟踪长度 (NTTL) (NE TIMER TRACK LENGTH): 网元时钟在时钟链中相对于基准时钟而言被 SDH 网元传递的次数。时钟每经过一个网元的传递, 该网元的时钟跟踪长度就相对上游的网元值加 1。第一个接入外部时钟的网元的时钟跟踪长度为 0。(如果时钟链头的网元使用内部时钟, 链头的网元的时钟跟踪长度也为 0)。由于时钟链上的网元数一般要求小于 10 个, 网元的时钟跟踪长度取值一般在 0~9 范围内。

全网平均时钟跟踪长度 (NATTL) (Ne average time

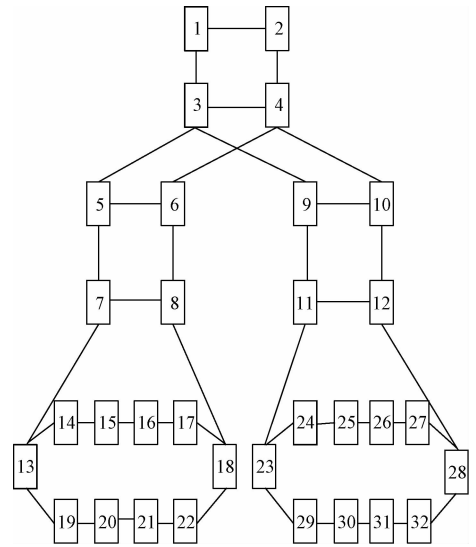


图 2 网络实例

track length): 全网的网元时钟跟踪长度的平均值。因为网元时钟跟踪长度的范围一般为 0~9, 故一个时钟跟踪理想的网络的全网平均时钟跟踪长度取值范围在 0~9。实际取值一般在 3~6。

$$NATTL = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N NTTL(NE_i)$$

式中: $NTTL(NE_i)$ 表示第 i 个网元 NE_i 的网元时钟跟踪长度。

全网最小平均时钟跟踪长度 ($NATTL_{min}$) (Min-Ne average time track length): 在时钟接入点确定的情况下, 由于各网元时钟跟踪路径不同, 所以可以获得不同的全网平均跟踪长度。其中的最小值即为全网最小平均时钟跟踪长度。

$$NATTL_{min} = \min(NATTL)$$

设定该实例网络的约束参数为: $N_1 = 10$, 表示 2 台时钟设备之间的网元数不超过 10, $N_2 = 60$, 表示整条链路中的网元数不超过 60, 同时时钟链路中不存在环路。可以从实例图中得出, $N = 32$, 表示存在 32 个网元, 将网元标记为 $NE_n (n = 1, 2, \dots, 32)$, 可以通过 N 计算出该网络中最少需要 $N_{prc_min} = 2$ 个 PRC, 从而得出该网络的 PRC 为 $N_{prc_set} = 2$ 个。计算出每个网元连接其他网元的个数, 按照降序排序, 取前 $Y (Y = 14)$ 个网元构成备选 PRC 备选接入网元集, 如下所示:

$$\{NE_PRC_y\}_y = \left\{ \begin{array}{l} NE_3, NE_4, NE_5, NE_6, NE_7, \\ NE_8, NE_9, NE_{10}, NE_{11}, NE_{12}, \\ NE_{13}, NE_{18}, NE_{23}, NE_{28} \end{array} \right\}$$

再通过本算法对这些备选接入网元进行迭代, 最终确定以上计算出的需要的 2 个 PRC 接入网元 $\{NE_3, NE_4\}$ 。

接下来, 通过全网最小平均时钟跟踪长度来比较计算出的 PRC 和其他所有备选 PRC 作比较, 计算出的所有网

元的全网最小平均时钟跟踪长度如表1所示。

表1 最小平均时钟跟踪长度

网元 ID	$NATTL_{\min}$
3	3.6
4	3.6
5	3.7
6	3.7
7	3.9
8	3.9
9	3.7
10	3.7
11	3.9
12	3.9
13	4.5
18	4.5
23	4.5
28	4.5

通过表1可以看出,本算法计算出的PRC的全网最小平均时钟跟踪长度的值是最小的。因此,通过定量地分析时钟性能,可以发现本算法能够智能规划出PRC接入网元,在能够保证规划方案性能的同时提高了规划效率。

5 结论

本文采用迭代寻优的思路,提出一种选取同步网络PRC接入网元的智能选取,通过计算机自动计算代替复杂的人工规划。本算法计算得到的PRC优先接入网元具有最小的全网最小平均时钟跟踪长度,能够实现大规模和复杂结构网络中的PRC时钟接入网元的自动选择,可用到其他复杂的网络时钟同步规划算法中,有效地降低了时钟同步规划工作的困难性,克服了人工规划的复杂性及性能评估的不确定性等问题,并提高了规划效率,能够更好得保证时钟规划方案的性能。

参考文献

[1] 王跃飞,杨锦,张利,等. 汽车CAN系统精确时钟同步机制研究[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(1):22-28.

[2] 赵东. 本地传输网评估与优化[D]. 西安:西安电子科技大学,2007.

[3] 蔡然. 无线光网络若干关键技术研究[D]. 成都:电子科技大学,2009.

[4] 陈建云,吴光耀,冯旭哲,等. 卫星星座星间通信链路拓扑分析[J]. 仪器仪表学报,2014,35(S2):101-105.

[5] 穆志巍. 基于SDH的网络性能优化设计[D]. 大庆:东北石油大学,2013.

[6] 魏瑾. SDH网络同步仿真算法及应用[D]. 南京:南京航空航天大学,2010.

[7] 朱婕. 自动交换光网络技术及其标准状况[J]. 电子测量技术,2012,35(7):125-128.

[8] 赵洪增. BPC网络时间同步系统设计与实现[J]. 国外电子测量技术,2008,27(9):45-47.

[9] 梁海明. 数字同步网系统及其几种常用同步方式比较[J]. 中国新通信,2015(17):42-42.

[10] 夏济仁. 同步网规划研究及软件实现[D]. 北京:北京邮电大学,2011.

[11] SHI G, WANG Q, CHEN M. The research on SDH network synchronization[C]. The 2000 IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems, 2000. IEEE APCCAS 2000, IEEE, 2000: 841-844.

[12] 张洪德,石为人,周伟,等. 确保连通的移动传感器网络覆盖分析[J]. 仪器仪表学报,2014,35(5):1130-1135.

[13] SU X, HUI B, CHANG K. Multi-hop clock synchronization based on robust reference node selection for ship Ad-HoC network[J]. Journal of Communications and Networks, 2016, 18(1):65-74.

[14] 张凯书. 数字同步时钟定时链路的规划与实现[C]. ICT助力两型社会建设”学术研讨会论文集,2008:3.

[15] 何志燊. SDH传输网时钟同步规划[J]. 科技研究,2014.

作者简介

陈晓阳,1991年出生,硕士,主要研究方向为SDH网络规划。

E-mail:893931116@qq.com