

文章编号:1001-9081(2005)07-1704-03

考虑抗毁性及业务需求的站址规划算法

高京伟

(中国电子科技集团公司 第 54 研究所,河北 石家庄 050081)

(gjcti@sina.com.cn)

摘 要:基于用户分布已知的条件下,提出考虑抗毁性和业务分布的图的分离方法;提出折中考虑地理复杂度、抗毁性和业务量的链路重要性衡量指标——链路权衡因子 LWF;提出相交圆算法寻找干线节点的实际可行位置;以及寻找网络相对业务中心的虚拟小区方法。站址的规划设计是与地理信息系统紧密结合进行的,这样设计出的结果将是可行的、可用的。

关键词:站址规划;割集;抗毁分离;饱和分离;链路权衡因子(LWF);虚拟小区(VC)

中图分类号: TP393.02;TN915.02;TP301.06 **文献标识码:** A

An algorithm for designing communication station to meet service requirement and destroy-resistance target

GAO Jing-wei

(No. 54th Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

Abstract: The separation method of the graph was proposed for improving destroy-resistance and throughput at the assumption of known user distribution. Link Weight Factor (LWF) that eclectically thinks over geography complexities, destroy-resistance and portfolio is defined. Putting forward the intersection circle algorithm that seeks the feasible seat of nodes and virtual cell algorithm that seeks the service center. The Communication Station design closely combines with the geography information systems, therefore the result is feasible and available.

Key words: communication station design; cutset; destroy-resistance separation; saturation separation; Link Weight Factor (LWF); Virtual Cell(VC)

0 引言

通信网的拓扑结构对性能有很大的影响,不合理的设计可能引发业务阻塞,使得某些节点或链路显得突出,从而使网络产生脆弱点。一般来说网络拓扑优化可以分解为两个相关问题:

站址规划 即网络节点的优化设计,解决节点设置于何处最合适。

网络连线的优化设计 解决节点之间的互连关系。

站址规划是网络拓扑规划的重要内容,是拓扑优化的基础。通信网的站址一般包括用户节点和干线节点。用户节点的布置相对比较简单,一般是根据用户(或用户群)的地理位置,按照就近接入原则,确定用户接入节点。而干线节点的布置比较复杂,以前对基于区域覆盖的均匀布置研究得比较多,解决了区域内用户的随遇接入问题;但往往是,我们希望将有限的资源(干线节点)布置到最适合的地点,也就是需要考虑在资源紧张情形下的最优布置问题。

本文主要解决的问题是,根据用户节点的分布,考虑网络的抗毁性、业务流量、地形参数、费用等因素,给出干线节点的最佳位置,从而使所组织的网络尽量满足任务的抗毁性要求以及业务要求,使设计出来的网络尽可能优化。

为了方便地说明问题,本文作以下假设:

- 1) 各节点的中继端口数和接力机数是足够的;
- 2) 各节点之间的传输类型均为微波链路;
- 3) 考虑地形因素,各节点之间能够连接的充要条件是:

各节点之间能够视通。我们这里能够视通的定义是,在假定天线高度一定的条件下,链路的传播可靠度不小于某特定值(一般设为 0.9997)。

1 算法流程

本文分别采用节点连通因子(Node Connectivity Factor, NCF)^[1]和饱和割集对网络的抗毁性和业务能力进行评价。NCF 是从节点角度表示的网络的抗毁量度,即平均必须去掉 NCF 个节点才能使网络中各个节点处于分离不连通的状态。而饱和割集将对网络的业务吞吐量直接产生影响。

解决站址优化布置问题的主要途径是:

- 1) 计算节点对之间的链路传播可靠度,将能够视通的节点进行互连;
- 2) 计算由 1) 所生成的图的连通分量,即无向图中的极大连通子图。连通分量大于 1 时,考虑在不同分离子图之间布置干线节点,至连通分量等于 1;
- 3) 计算节点连通因子 NCF,判断 NCF 是否满足要求,如果满足要求则转 4);否则计算图的最小割集,去掉割点(或割边)将分离为两个或两个以上的子图,在不同子图之间增加干线节点;
- 4) 执行路由算法,确定饱和割集。去掉饱和链路后,考虑在不同分离子图之间布置干线节点并更新图,直到消除所有的饱和割集;
- 5) 采用虚拟小区法^[2,3],寻找图中相对的业务中心,在业务中心布置干线节点。

收稿日期:2005-01-07;修订日期:2005-03-08

作者简介:高京伟(1970-),男,河北赵县人,工程师,硕士,主要研究方向:网络规划、网络管理。

可见站址优化布设是一个逐步寻优的过程。简单的说就是首先将能够视通的节点互连,生成一个拓扑图;而后寻找分离因子图;在分离因子图中,根据一定的规则确定最重要的一个节点对,在它们之间找出最合适的位置来布设干线节点。干线节点的布设应该满足地理上的可设置性,节点附近一般不选择高山、湖泊、沙丘、森林、沼泽等地形。

2 图的分离

图的分离一般有两种情形,即从连通性考虑的抗毁分离和从业务传递能力考虑的饱和分离。

1) 抗毁分离

由于节点或链路的受损,将导致图的分离。去掉割点及其相关链路(或割边)后将产生若干个子图。在分离的子图之间增加额外的链路可以有效提高网络连通度及NCF值。

最小节点割集的节点数量即连通度。问题关键是得到有效的求图的连通度及最小割点集合的算法。

A, B 是无向图 G 的两个顶点,称从 A 到 B 的两两无公共内顶的路径为独立路径。 A 到 B 独立路径的最大条数,记作 $P(A, B)$ 。

若连通图 G 的两两不相邻顶点间的最大独立路径数不尽相同,则最小的 $P(A, B)$ 值,即连通度 $k(G)$ [4]。

$$k(G) = \begin{cases} \text{顶点数} - 1, & G \text{ 为全连通图} \\ \min_{A, B \text{ 不相邻}} P(A, B), & G \text{ 为非全连通图} \end{cases}$$

可以采用求最大流的办法来求 $k(G)$ 和最小割点集。

2) 饱和分离

随着网络中流量的增加,就会有一些割集达到饱和,即割集上线路的流量达到线路的容量,它们构成了整个网络性能的一个瓶颈。虽然从物理上来看,这些割集链路都还存在着,网络的物理连通性并没有降低;但从业务承载能力上来看,网络已经达到了饱和,业务上已经分离成了多个子图,不同子图之间已经不能传送更多的业务了。

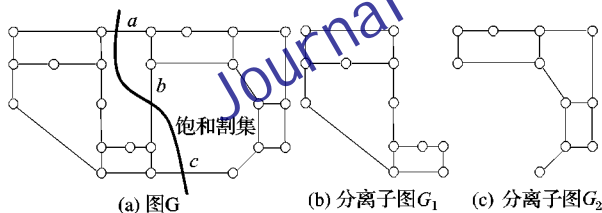


图1 饱和分离图

如图1所示。网络中的流量达到一定程度时,链路 a, b, c 将率先饱和。 G_1, G_2 分别是图 G 去掉饱和割集后的分离子图。由最大流最小割定理, G_1, G_2 之间能够传送的总业务量非常接近于饱和割集链路流量的总和,此时,增加链路是提高网络性能的一个重要方法。要想增加链路,必然带来干线节点的增加。因为,除了链路 a, b, c 外, G_1, G_2 之间任何链路都是非视通的。

3 链路权衡因子 LWF

如何选取一条最优的线路,使得网络性能有较大的提高且耗费的费用尽量小呢?文献[5,6]中通过生成树的方法,来判断通信网中任意两条链路的相对重要性,但因为这种方法只简单考虑了可靠性,所以在实际应用中有很大的局限性。本文提出链路权衡因子(Link Weight Factor, LWF),来表征不同节点对之间链路的重要程度。LWF 的定义均衡考虑了抗毁性、费用、业务要求、地形复杂度和实地距离等因素。

$$LWF_{ij} = \frac{m_{ij} \times [NDI_i + NDI_j]}{d_{ij} \times R_{ij}} \quad (1)$$

$$d_{ij} = \frac{D_{ij}}{D}, D = \sum D_{ij}, m_{ij} = \frac{M_{ij}}{M}, M = \sum M_{ij}$$

式(1)中, $NDI^{[1]}$ 为节点分解因子; d_{ij} 为节点对 i, j 之间的归一化距离因子, D_{ij} 为节点对 i, j 之间的实地距离; m_{ij} 为节点对 i, j 之间的归一化业务量因子, M_{ij} 为 i 节点至 j 节点与 j 节点至 i 节点的业务量之和; R_{ij} 为链路传播可靠度。

4 相交圆算法

对分离子图 G_1, G_2 的所有可能的节点组合计算 LWF,取 $\max_{i \in G_1, j \in G_2} (LWF_{ij})$, 即 LWF 最大的一对节点间追加链路,但由于这样的节点对是不能够视通的,所以必须通过增加干线节点的方式来解决。如图2所示,假设 LWF_{38} 最大,即节点对(3,8)是符合要求的节点对,那么就需要在节点对(3,8)之间增加干线节点。

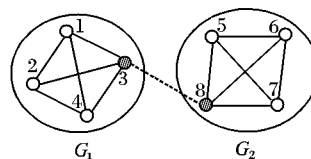


图2 选择子图互连节点对

分离子图之间通过视区扫描的方式,来确定最佳布设位置。假定接力机的有效传输距离 $\leq r$ 公里;节点对之间的距离 $L_{i,j} \geq r$ ($i \in G_1, j \in G_2$)。分以下两种典型情况进行考虑:

1) 节点 i, j 有公共交集区域

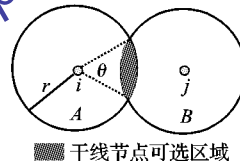


图3 节点之间存在交集区域时干线节点的确定

分别以节点 i, j 为圆心,有效传输距离 r 为半径作圆,如果它们存在公共交集区域,则这个公共交集区域就是干线节点的可选区域。如图3所示。 A, B 分别表示以节点 i, j 为圆心,以 r 为半径的圆,令 $R = A \cap B$,如果 $R \neq \emptyset$,则 R 即是干线节点可以选择的区域;否则,增加一个干线节点不能满足要求,需要继续增加节点,见2)。

考虑到实际的地理环境,干线节点实际可以选择的区域 $R' \leq R$ 。下面我们通过视区扫描的方法,从 R 中找出一个实际可行点。

以 i, j 中任意一个节点为圆心,以 r 为半径,步长 100 米,顺时针旋转,旋转夹角 0.001 度,进行 θ 视区扫描。 θ 是该节点与交集区域 R 的夹角。如果存在一个点,满足地理上的可设置性,并且与节点 i, j 分别能够视通,则这个点即是干线节点的位置。如果始终找不到这样一个点,则说明增加一个干线节点不能满足要求,需要继续增加节点。

2) 节点 i, j 没有公共交集区域

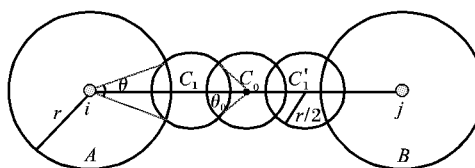


图4 节点之间无交集区域时干线节点的确定

分别以两个节点 i, j 为圆心,有效传输距离 r 为半径作圆,如果它们不存在公共交集区域,则需要增加两个或两个以上的干线节点才能满足要求。如图4所示。

取两个节点 i, j 之间的中心点 C_0 。以 C_0 为圆心, $r/2$ 为半径作圆, 如果圆 C_0 与 A, B 有交集, 则停止; 否则, 以 $C_1 (C_1') = C_0 \pm \sqrt{2}r$ 为圆心, $r/2$ 为半径作圆, 如果 C_1, C_1' 与 A, B 有交集, 则停止; 否则, 继续以 $\sqrt{2}r$ 为半径进行平移, 直到平移后的圆与 A, B 有交集为止。

小圆(“半径为 $r/2$ ”的圆) 平移半径选择为 $\sqrt{2}r$, 可以保证相邻圆有一定的交集区域。最后需要布设的干线节点数目为“半径为 $r/2$ ”的圆的个数加 1。相邻圆的交集区域是干线节点可选区域。

通过 θ 视区扫描的方式, 顺序得到各干线节点的实际可行位置。如果不能得到某个点的位置, 即交集区域不存在同时满足与两个方向分别视通的点, 那么, 需要修改前序节点位置。如果仍然不能得到理想结果的话, 可以减小小圆的平移半径, 平移半径减小意味着需要更多的干线节点, 代价就相应提高了。

5 相对的业务中心

如果网络已经满足抗毁性要求并且不存在饱和割集, 那么多余的干线节点如何布置呢? 文献[4, 7]中考虑了这样一个问题: 在图的某条边上(包含图的顶点) 选择一个或多个位置, 使得在这些地方布置干线节点时, 尽可能优化。文献中的方法存在着很大的局限性, 并且算法复杂度很高。本文提出通过寻找网络的相对的业务中心的办法, 求得近似优化解, 大大减少计算复杂度, 并且能从一定意义上满足实际需求。

虚拟小区(Virtual Cell, VC)法是获取业务中心的一种近似方法。以虚拟小区 VC 为基本结构单元, 将通信地域均匀地划分为一系列大小一定的正六边形, 每个正六边形区域代表一个 VC 单元。如图 5 所示。

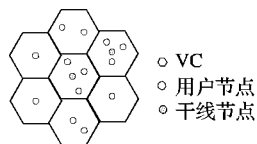


图 5 虚拟小区法得到业务中心

不妨假设每个用户节点接入的用户数量是均匀的, 计算每个小区的用户密度, 在用户密度最大的小区内布设干线节点。我们引入小区

负荷因子的概念, 来表征每个小区的用户密度。

设: 用户节点总数 = U , 干线节点总数 = B , 小区 i 内用户节点数 = U_i , 小区 i 内干线节点总数 = B_i 。则定义:

1) 每干线节点平均负荷 $L = U/B$;

2) 小区负荷因子 $F_i = U_i - B_i \times L$ 。

小区负荷因子 F_i 表征每个小区对干线节点的敏感程度, F_i 越大的小区, 越需要布设干线节点。干线节点一般布设在小区的**中心或满足与小区内多数用户节点能够视通的位置。

6 结语

本文提出了干线节点的站址优化布设算法, 整个优化过程实际上是一个图的连通与图的分离不断作用的结果。图的连通是为了提高网络的抗毁性和业务承载能力(吞吐量), 为了提高这些网络性能指标, 必须找出性能瓶颈——割集。去掉割集, 也即图的分离, 在分离子图之间增加链路, 将必然提高网络的性能。本文提出了 LWF 的概念, 用于衡量链路的重要程度, LWF 越大对网络的贡献也就越大。

参考文献:

- [1] NEWPORT KT, VARSHNEY PK. Design of Survivable Communications Networks under Performance Constraints [J]. IEEE Transactions on Reliability, 1991, 40(4): 433-440.
- [2] 段炼. 虚拟小区多层蜂窝技术在战术通信中的应用[J]. 装甲兵工程学院学报, 2002, 16(2): 33-37.
- [3] 孙京市. 某专用移动通信网网络规划技术研究[D]. 西安电子科技大学, 2004.
- [4] 吴文虎, 王廷德. 图论的算法与程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [5] TSEN FP, SUNG TY, LIN MY. Finding the most vital edges with respect to the number of spanning trees [J]. IEEE Transactions on Reliability, 1994, 43(4): 600-602.
- [6] 陈勇, 胡爱群. 通信网中链路重要性的评价方法[J]. 电子学报, 2003, 31(4): 573-575.
- [7] MINIEKA E. 网络和图的最优化算法[M]. 李家滢, 赵关旗, 译. 北京: 中国铁道出版社, 1984.

(上接第 1687 页)

3.5 离开会议

正常离开会议有两种情况, 一种是用户主动离开, 另一种是会议服务器使用户离开。这两种情况都用 BYE 事务处理实现, 不同之处是, 前一种情况由用户发起, 后一种情况由本域的会议服务器发起。

如果用户由于特殊原因离开会议(如断电), 本域的会议服务器将通过通知事务处理中的“200 OK”判断出用户已经不存在, 经过多次确认后, 删除此用户的信息。

3.6 删除会议

如果会议注册时间到达, 会议服务器将向此会议的第一个用户请求重新注册, 如果第一个用户已经离开, 则向第二个用户发出请求。如果用户拒绝注册, 或者会议中已经没有任何成员, 会议服务器将删除此会议。

4 结语

基于 SIP 的网络会议是目前 IP 网络会议研究的一个热点, 本文提出了一种基于 SIP 的域间网络会议系统。此系统避免了在很大的网络范围内广播会议信息, 可以在域内处理大量的信令信息和媒体流信息, 因此比集中式的网络会议系统有更好的可扩展性, 比分布式的网络会议系统更利于管理。另外,

由于此系统的模型基于实际网络分层管理的架构, 因此更利于实际应用。该文还提出了一种新的 SIP 协议扩展, 用来在多个会议服务器之间更新会议信息。

参考文献:

- [1] HANDELY M, SCHULZRINNE HH, SCHOOLER E, et al. RFC 2543, SIP: session initiation protocol [S], IETF, 1999.
- [2] ROSENBERG J, SCHULZRINNE H, CAMARILLO G, et al. RFC 3261, SIP: Session Initiation Protocol [S], IETF, 2002.
- [3] ROSENBERG J, SCHULZRINNE H. Models for multiparty conferencing in SIP [Z], Internet Draft, IETF, 2002.
- [4] LEVIN O, EVEN R. High Level Requirements for Tightly Coupled SIP Conferencing [Z], Internet Draft, IETF, 2004.
- [5] ROSENBERG J. A Framework for Conferencing with the Session Initiation Protocol [Z], Internet Draft, IETF, 2004.
- [6] JOHNSTONAND A, LEVIN O. Session Initiation Protocol Call Control - Conferencing for User Agents [Z], Internet Draft, IETF, 2004.
- [7] SINGH K, NAIR G, SCHULZRINNE H. Centralized Conferencing using SIP [A]. Internet Telephony Workshop [Z], 2001.
- [8] ROACH A. RFC 3265, Session Initiation Protocol (SIP) - Specific Event Notification [S], IETF, 2002.
- [9] SPARKS R. The SIP refer method [Z]. Internet Draft, IETF, 2002.