

计算机网络

网络规划设计

优化问题

⑩

计算机科学2000Vol. 27No. 2

36-39

网络规划设计方法的研究^{*}

The Study of Network Planning Methodology

邹玲 石冰心

TP393

(华中理工大学电子与信息工程系 武汉430074)

Abstract This paper focuses on network planning and its optimization methods, especially emphasizes its current international trends—network evolution.

Keywords Network planning, Evolutional network

1. 前言

网络规划设计是一门非常复杂和必不可少的网络综合性、系统性学科,也是当今国际网络界非常关注的一个问题,它包括规划理论、排队论、随机模拟、图论、马尔可夫决策理论、神经网络算法、启发式算法等多种学科,深入到网络研究的各个领域,并与各种先进的网络技术密切相关,即使对计算机及网络有一定应用经验的网络管理员和工程技术人员,在规划和设计时也不一定会面面俱到,毫无纰漏,因此研究与开发一套自动的网络规划设计系统,很有现实意义,其中网络规划设计的关键之一就是建立网络优化模型。

八十年代以来,国外一些发达国家,在网络设计与性能分析方面投入了大量的资金和人力,目的是在网络建设开始前,就可以使用成套的工具有效地进行规划设计、模拟各种网络环境,在网络实施前就能获得整个网络的性能指标,以便优化网络结构,提高网络性能,节省网络的建设成本。另一方面,在网络建成以后,通过网络设计与性能分析工具,在获取现有网络运行参数的基础上,对现有的网络进行性能分析和优化设计,从而改善网络的性能。我国目前尚无网络设计与性能分析方面的产品,在这方面可以说尚属空白。因此,研究与开发一套自动的网络规划设计工具,很有现实意义。

2. 网络规划设计系统结构

2.1 层次化的网络规划设计思想^[1]

在大型网络的规划设计中,采用平面或网状结构模型(flat or mesh model),不但网络的变化容易导致

大范围的系统结构改变,而且不便网络管理者确定网络失效点,解决网络故障。这种模型比较适合变化不大、节点不多、具有对等关系的广域网设计,对于变化较快、节点稠密、具有从属关系的大型网络(如校园网、大型企业网),应采用层次化网络规划设计模型,当网络变化时,可分层处理,将影响面降低到最小范围,节省网络开支,同时,也便于网络管理人员及时发现网络故障,解决网络问题。

一般,我们将各种复杂网络划分为3层:

(1)核心网络层:即主干网络层,提供主干节点间的最佳通信传输,网络速度是此层设计的关键,它一般采用高速交换技术,不对信息包进行过多的操作,以降低交换速度。其服务内容包括:路径优化、流量优化、负载均衡、替代路径、交换式访问、封装(隧道)等方面。

(2)分布式网络:也有人称为接入网络层(access network layer),它提供策略性的连接,确定网络边界,是对信息包处理的场所。可分为本地接入和远程接入。随着IP将成为未来的统一网络,本地接入技术主要采用以太网方式(包括千兆以太网、快速以太网和交换式以太网),远程接入技术则又可分为窄带IP接入和宽带IP接入。此层的服务内容包括:主干带宽管理、区域与应用服务过滤、基于策略的分配、网关服务、协议路由的再分配、介质转换等方面。

(3)本地网络:提供用户端/工作组与网络的连接,可采用包过滤和访问列表的方式优化特定网络用户组合,在园区网络中具有共享式带宽、交换式带宽、MAC层过滤和子网划分等功能。此层的服务内容包括:附加网络地址、网络划分、广播与多点广播能力、名字服务、代理服务、本地高速缓存能力、介质访问安全、路由发

^{*}国家“九五”重点科技攻关项目(96-743-01-04-02)。邹玲 博士,从事数据通信与计算机网络方面的研究。石冰心 博士导师,教授。

现等方面。

虽然,采用层次化的思想有助于我们进行网络规划设计,但三者之间在物理层上并不一定有严格的区分,每一层可采用不同的路由器或交换机加以区分,也可以三层同时位于一个物理设备中,或者三者全部省略。对于网络优化来说,层次化概念是必不可少的。

2.2 网络规划设计方法

计算机网络规划设计实际上是一个优化过程,主要包括网络拓扑结构设计、网络开销设计、网络容量设计、网络路由设计、网络可靠性设计和网络性能分析等几个部分,它们之间是相互联系,密切相关的,需综合考虑,但又不可能面面俱到,因为约束条件的增多,会增加建模的难度,不利于问题的解决,必须有主次之分。对于网络主干层设计,目前,有两大研究方向:

(1)给定网络拓扑结构综合其他因素的网络设计。为了保证网络实际完成的功能,在通信网络中应该同时考虑网络的业务性能和生存能力两个方面,网络可靠性设计的指标应该是网络的可行性,即在满足费用约束的条件下,使得网络可行性最大;或在满足网络可行性指标的前提下,使得费用最小。在电信网设计方面已有大量的研究结果,但这些研究仅考虑了网络的业务性能,没有考虑(或充分考虑)网络的可靠性问题,在网络若干部件失效时,可能造成网络的业务性能显著降低。文[2][3]在以网络连通性为基础的通信网可靠性设计中,主要考虑了两个方面的问题:①在满足网络连通性的要求下,使得网络链路总数最少;②在给定链路总数的前提下,使得网络的连通性最大,但它们没有涉及网络的业务能力。

Gersht 和 Newport 的研究则仅考虑了网络的连通性和无失效部件时的业务性能,网络一旦出现部件失效,其业务性能则不能满足预定的要求。Yokohira 讨论了给定网络拓扑结构时分组网的容错设计问题。根据网络的拓扑结构和各部件的生存概率,确定最可能出现的网络状态,将每种状态下的设计参数进行综合,得到网络的最后设计参数。他提出了最大平均法(Max-Average-Method)和最大时延链路法(Max-Delay-Link-Method)。但对于大型网络而言,其计算量非常大,只能是一种原理性的方法,缺乏实用性。

文[4]提出了给定拓扑结构的网络可靠性设计问题。通过研究网络链路堵塞概率的加权平均值,确定网络链路容量分配的一般准则,提出了考虑网络链路生存概率因素的更一般的网络链路堵塞概率的加权平均值。以此为依据,提出了一系列改进的 Add 链路容量分配算法,运算速度快,所得网络可靠性更好。

(2)考虑网络其他性能,设计网络拓扑结构,以使网络的费用最小。常用的解决方法有分枝定界法、分割

法、聚类法、拉格朗日算法和图论等方法,这些方法都使用许多启发性知识,通用性、鲁棒性较差。在文[5][6]中,作者采用对偶算法(dual-based algorithm)和分枝定界法(branch-and-bound)解决的是已知各节点类型及主、次节点的位置,确定设备类型和连接链路的问题。

文[1]中,所涉及的网络节点类型是未知的,链路的连接也是未知的,即从确保网络可靠性为出发点,采用层次化结构设计思想,将园区网络分为两层:主干网和用户访问网。通过确定各网络互连设备配置,以满足网络开销较小的要求。采用最小生成树(MST)和聚类方法(clustering)求解访问网络拓扑连接,用二树分枝交换(2-opt branch exchange)启发式技术解决主干网的设计问题,算法实现较复杂。

Keesun Nam 等在解决电信网络的最少开销拓扑设计中,先采用 Bootstrap 启发式算法构造具有可靠性的网络拓扑结构并使开销最小,在此基础上,再采用松弛的线性规划方法确定网络在链路正常情况和失效情况下的网络容量和路由。算法实现也较复杂。Griffith 等采用五种启发式技术解决低开销虚拟拓扑结构设计(非层次性的)并评价了网络的性能。

就本地网络来说,目前国内外学者在这方面也做了不少工作。在本地网络的规划设计中,同样存在网络的拓扑结构设计问题,但因为园区网络设计功能分明,网络节点有一定的从属关系,比较适合采用分层设计的思想,不宜采用网型网。

园区网络规划设计还存在网络划分与流量平衡问题。在文[7]中,首先提出网络划分的原则,即根据输入的流量信息和网络基本拓扑模型,寻找可能的最佳网络配置,这是一个 NP 完全问题。通过采用遗传算法实现网络划分优化的目的。此法存在“过早收敛”,容易导致局部最优的缺陷。

优化路由选择问题也是园区网络规划设计中的一个重要内容,它属于网络层的规划设计范畴。在电信网中,已知网络拓扑结构和各节点间的报文交换量,求解各链路容量和为分组分配路由的文献研究较多,如解决在路由固定的条件下,确定链路容量分配问题,以及在链路容量固定的条件下确定路由选择的问题。Gavish 等人则将路由选择和容量分配问题同时考虑,采用的是拉格朗日松弛性和梯度寻优技术。

基于 QoS 的多点广播路由问题随着多媒体等实时应用的发展,成为目前计算机网络规划设计的又一研究重点。在路由选择中所采用的算法可分为:启发式搜索技术和随机化搜索技术,目前各国学者大都采用启发式搜索技术来研究一些快速有效的算法。一类是基于最短路径的算法,即计算源节点到各目标节点的

最短路径,如 Bellman-Ford 算法和 Dijkstra 算法;另一类是基于斯坦利最小树(minimum Steiner tree)算法,它们都是为了求最小代价多点广播树,并且求斯坦利最小树属于 NP-完全问题。为了保证 QoS 传输,许多学者采用多种启发式算法求解基于信息延时的多点广播路由问题,Rouskas^[4]在求解最小开销多点广播树问题时同时考虑了时延与时延抖动因素的影响,但他只求出满足要求的多点广播树,并没有给出最优的斯坦利最小树。文[9]则采用神经网络算法求解满足时延与时延抖动要求的斯坦利最小树,在随机化搜索技术方面做了新的尝试。

2.3 进化网络的提出

进化网络是近年国际上提出的一个新的概念,它将进化计算的随机搜索特性用于解决通信网的优化问题,取得了较好的效果。主要研究内容有两个分支,一个是进化算法的研究,即进化算法基本理论的开拓和深化。虽然进化算法的搜索过程非常简单,通用性和鲁棒性很强,但仍然存在一些争议性的问题,某些截然不同的甚至形成鲜明对照的学术观点和设计原则一时尚难统一,而且整个进化算法的理论基础还显得较为薄弱,缺乏深刻而具普遍性的理论分析,另一个分支是研究进化方法在应用领域,特别是通信领域的特点,发现更通用、有效的操作技术和方法,这包括进化算法在通信网设计与优化、路由选择、信号处理、频率分配、波长分配、拥塞控制、网络管理等方面的应用,将进化算法用于解决计算机网络中的优化问题,是网络规划设计的一个研究方向。

几十年来,随着进化算法研究不断深入,遗传算法应用领域已扩展到人工智能、组合优化、图像处理、信号处理、人工生命、控制等各个领域,近几年来,将进化算法应用于计算机网络的研究,充分展示了在此领域的巨大潜力。1999年7月,在美国召开的遗传与进化计算会议(简称 GECCO'99),其主要议题就是研究并推动遗传与进化计算在通信网中的应用^[10]。

2.3.1 网络拓扑设计 Sinclair, M. C. 将遗传算法和进化规划用于设计 COST 239 欧洲光纤网,使网络的造价最小并具有网络冗余,设计出的网络拓扑是网状的,适合节点数较少、具有对等关系的广域网拓扑设计。文[11][12]分别给出了基于遗传算法和进化规划的树形网络优化算法,前者存在编码上的困难,结果并不令人满意,而后者则采用进化规划方法进行改进,不对变量进行编码,加上只采用变异为唯一的基因重组操作,可避免因为结构的不确定而产生无效解。

网络拓扑的可靠性设计也被视为研究重点。环形网络在可靠性方面具有优势,但设计困难较大,特别是双向自愈环形网络的设计属 NP-完全问题,作者^[13]采

用遗传算法对环形网进行设计,同时考虑到带宽的分配和路由的选择。

文[14]在研究网络拓扑设计时,考虑到网络拓扑结构、网络开销、网络可靠性等设计要素,建立了网络规划模型,独创性地采用遗传算法和聚类分析的混合搜索算法,求解园区网络拓扑的最小开销配置。此网络最小开销算法具有搜索速度快,求解性能较优的特点。

2.3.2 子网划分 文[15][16]通过建立新的网络适应度函数,使子网划分更加平衡,并根据实际情况提出了一种改进的网络划分方法,能完成对网络的自动划分;针对遗传算法因“早熟”现象而容易导致局部最优的问题,重点阐述了运用模拟退火法对遗传算法中的选择算子进行改进,并在变异操作中采用自适应控制技术,提高了收敛速度,改善了网络划分优化的逼近精度。

2.3.3 路由选择 进化算法在路由算法方面的研究很多,如研究计算机通信网的路由选择和容量分配问题,即为每一对通信节点选择一条路由,以及为网络中的每条链路分配一个容量值,使网络的总的费用(包括容量费用和时延费用)最小。

Kirkwood 等采用进化算法用于寻找链路失效时的近似最短路径作为网络的容错路由,并用于5种测试网络模型中。

虽然, Tanaka Y. 等研究了多址路由算法可归结为求解斯坦利树的问题,并可通过遗传算法求解,但采用进化算法求解基于 QoS 的多点广播路由问题的研究还很少。

文[16]发展了一种适合时延与时延抖动要求的多点广播路由算法。建立基于源的多点广播路由的网络模型,并对其进行数学描述,在此基础上,首先提出采用遗传算法用于优化多点广播路由选择,搜索速度较快,效率较高,能够满足多媒体应用对时延和时延抖动的要求并能快速有效地生成最优多点广播树,实用性较强。

其它,诸如解决电信网中频率分配问题、波长分配问题、带宽分配问题等,都显示了进化算法的强鲁棒性和通用性,方法较简单。

结束语 随着计算机和通信技术的发展,话音通信网络、视频通信网络及数据通信网络最终将汇集到统一的 IP 网络,网络的规模越来越大、拓扑越来越复杂,接入网络数和用户数呈指数地迅速增长,Internet 的各种应用特别是多媒体技术的发展,增加了网络设计与建设的困难,因此研究与开发一套自动的网络规划设计系统,很有现实意义。网络规划设计的关键之一就是建立网络优化模型。本文重点阐述网络规划设计的主要内容与优化方法,特别强调当今国外最新网络

研究动向——进化网络的研究现状。由于计算机网络的规划设计是国际上研究的新领域,进化算法也是计算运筹学研究中的热点之一,越来越受到各国学者的重视,不断有好的成果涌现,许多工作需要进一步完善,不少理论和应用问题有待进一步探索和研究。

参考文献

- 1 Frances C Y Lee, et al. Design of Survivable LAN-LAN Internetworks with a Hierarchical Topology. Dept. of Systems Engineering, University of Pennsylvania, Working Paper (95-04), Feb. 1995
- 2 Boesch F T Synthesis of Reliable Networks a Survey. IEEE Trans Reli, 1986, 35(3), 240~245
- 3 Jan R H. Topological Optimization of a Communication Network Subject to a Reliability Constraint. IEEE Trans Reli, 1993, 42(1), 63~70
- 4 熊庆旭,刘有恒. 给定拓扑结构的网络的可靠性设计. 通信学报, 1998, 19(1): 7~14
- 5 Balakrishnan A, et al. A Dual-Based Algorithm for Multi-level Network Design. Management Science, 1994, 40(5): 567~581
- 6 Pirkul H, et al. The Hierarchical Network Design Problem: A New Formulation and Solution Procedures. Transportation Science, 1991, 25(3), 175~182

- 7 Songerwala M S, et al. Efficient Solutions to the Network Division Problem. Proc. of IEEE JAMCON Conf. on Communications, Ocho Rios, Jamaica, 1995, (8): 9~14
- 8 Rouskas G N, Baldine I. Multicast Routing with End-to-End Delay and Delay Variation Constraints. IEEE JSAC, 1997, 15(3), 346~356
- 9 孙文生,刘泽民. 组播路由调度的神经网络方法. 通信学报, 1998, 19(12): 1~6
- 10 Sinclair M C. Evolutionary Telecommunications Past, Present and Future. Available at: <http://esewww.essex.ac.uk/~mcs/etppf.html>, 1998
- 11 Palmer C C, et al. An Approach to A Problem in Network Design Using Genetic Algorithms. Networks, 1995, 26(2), 151~163
- 12 曲润涛,叶剑,席裕庚. 基于进化规划的树形网络优化规划. 通信技术, 1998, 3, 13~16
- 13 White A P R, et al. Genetic Algorithms and Network Ring Design. Annals of OR, 1997, 5
- 14 邹玲,石冰心. 基于链路冗余的层次化园区网络最小开销设计. 通信学报(已录用)
- 15 邹玲,石冰心,赵尔敦,等. 遗传算法在计算机网络划分优化中的应用. 通信学报, 1999, 20(4), 42~47
- 16 邹玲. 计算机网络规划设计建模与仿真方法的研究:[博士论文]. 华中理工大学电子与信息工程系, 1999

(上接第20页)

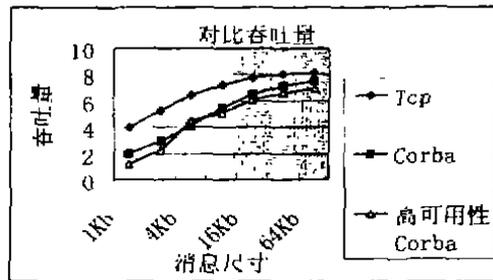


图7 性能对比图

1)理论上讲,由于 HAS 要转发数据,高可用 CORBA 的操作平均时间应是通常 CORBA 的两倍,但实际高可用 CORBA 吞吐量相差不大,这是由于采用线程技术使交互操作过程并发的结果。

2)高可用 CORBA 的 for 为 590ms, 大大低于一般

高可用性系统秒级的时间开销。

结束语 本文针对分布式环境 CORBA 环境,设计了基于高可用服务的灵活的分布式高可用性系统,实验结果表明,其系统开销不大,for 在 1 秒钟以下,性能价格比高和实现容易,本方案的成功使悬而未决的异质环境中高可用性的难题找到了解决的一种途径。

参考文献

- 1 郭乐深,刘锦德,唐雪飞. 开放式环境中的高可用系统. 计算机研究与发展, 1998, 35(9): 846~850
- 2 Object Management Group. Common Object Request Broker Architecture and Specification, 2. 2ed., Feb. 1998
- 3 OMG, CORBA services, Common Object Services Specification, Feb. 1998
- 4 Rofali R, Harkey D. Instant CORBA, Wiley Computer Publishing, 1997
- 5 Patch K, et al. Highly Available Open Systems. Open Information Systems, 1993, 8(2): 2~21