

网络选播路由模拟系统的设计与实现^{*}

Design and Implement of Network Anycast Routing Simulation System

李陶深 李旻朔

Li Taoshen Li Minshuo

(广西大学计算机与信息工程学院 南宁 530004)

(Coll. of Comp. & Info. Engi., Guangxi Univ., Nanning, 530004)

摘要 在分析选播路由算法的基础上,设计一个网络选播路由模拟系统。该模拟系统由网络模型生成器、网络负载生成器、选播路由算法实现器和模拟结果处理器组成。网络仿真实验结果表明,该系统可用于对选播路由算法性能进行有效的分析和评价。

关键词 计算机网络 选播路由 模拟系统 服务质量

中图分类号 TP393

Abstract The design principle and job flow of a network anycast routing simulation system are presented, and some implementation techniques of this system are described. The network experimental simulation results show that this system can use to analyze and evaluate the feature of anycast routing algorithm.

Key words computer network, anycast routing, simulation system, quality of service

网络选播路由模拟系统在研究和测试新的网络路由技术方面起着巨大的作用,它可以避免建立网络测试平台的高成本和复杂性。一个好的网络选播路由模拟系统应具备支持大规模数据的测试、易于修改或调整测试数据、可扩展性好、可视化界面。

解决网络选播路由模拟系统开发的关键技术问题是要对网络中现行的服务器和路由器的研究,包括对路由器软件体系结构的研究、路由器操作维护管理研究,以及网络通讯技术的研究。本文介绍一个网络选播路由模拟系统的设计思想和实现原理。

1 选播路由算法的分析

选播通讯是为适应网络多媒体信息传输业务需求的日益增长、提高网络服务质量 QoS (Quality of Service) 而提出的一种新的网络通讯模型。选播路由的任务是:在给定网络众一源

点和一组目标点的前提下, 寻求从源点到任一目标点的路由路径。选播通讯已被规定为在 IPv6 中的一种标准通讯模型^[1]。

目前世界上对选播通讯模型有 2 种不同的研究模式: 一种是对网络在应用层进行网络选播通讯的研究, 其中包括对选播通讯模型的研究和对选取目标站点策略的研究; 一种是对网络在网络层进行选播通讯的研究, 这种研究才刚刚起步, 主要有对选播路由通讯中的路由表构造及路由算法的研究。

由于基于多个不相关可加度量的 QoS 路由问题是一个 NP 完成问题, 目前采用的方法多为启发式算法。现有的启发式算法存在着算法复杂、难以求解等问题, 还不能应用于实际。在如何解决选播通讯方面的路由问题, 目前仍然没有一种比较有效的路由算法。许多的技术仍处于实验室研究之中。我们在对现有计算机网络路由问题研究的基础上, 提出并建立了选播通讯服务的基本模型, 涉及实现了基于遗传算法的单一源节点选播路由算法和多源点选播路由算法^[2]。该算法利用了遗传算法具有的简单、通用、鲁棒性强、并行搜索、群体寻优等特点, 大大提高了算法的搜索效率, 使路由由算法跳出局部最优解, 尽量能达到全局最优; 另一方面, 我们的路由算法使网络负载充分平衡, 从而大大提高网络的利用率。

选播路由算法的正确性及其性能的好坏, 需要通过理论或实验的证明。为此, 我们必须设计和开发一个基于网络流的网络路由由模拟平台, 对实际网络中的流量进行分析, 并研究用户请求的分布情况, 以达到精确模拟实际网络的目的。

2 网络选播路由由模拟系统的设计思想

网络选播路由由模拟系统的功能是实现对所设计的选播路由由算法进行各种性能测试和仿真实验, 并将实验结果与其它算法的比较与分析。通过模拟现实网络中流的变化过程, 逐步掌握路由由模型的各项参数, 最终建立一个新的支持路由由、调度和接入控制动态集成的控制模型, 并设计支持该模型的路由由、调度和接入控制算法。图 1 给出了一个网络选播路由由模拟系统的结构示意图。

该模拟系统由网络模型生成器、网络负载生成器、选播路由由算法实现器和模拟结果处理器组成, 各部分的功能如下。

(1) 网络模型生成器。产生网络模型, 包括网络的拓扑结构、选播路由由提供形同服务的目的组节点和请求服务的源组节点, 并构造初始网络链路状态信息。

(2) 网络负载生成器的主要功能。负责整个模拟器间的网络请求。

(3) 选播路由由算法实现器。它是整个模拟系统的核心部分, 主要包括路由由计算器、初始种群生成器、遗传演化器、适配值计算处理器。路由由计算器作为所有路由由策略和算法的控制器, 它根据路由由选择参数, 为每个 QoS 请求流寻找候选的传输路径。适配值计算器对各个染色体的合法性进行检测, 依据检测结果, 对该染色体作相应的改道处理。初始种群生成器从候选路径中选择路径构造各个染色体, 生成第一代遗传种群, 并通过调用适配值计算器, 保证每

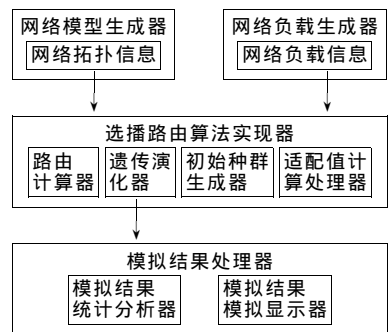


图 1 网络选播路由由模拟系统的体系结构

一个染色体的合法性，挑选最优个体作为初始种群的种染色体，为遗传演化做好准备。遗传演化器负责遗传算法的实现，得到最优解。

(4) 模拟结果处理器。它主要包括模拟结果统计分析器、模拟结果模拟显示器。模拟结果统计分析器收集在不同网络参数条件下的值，分析不同条件下网络性能，为优化网络性能提供了实验依据。模拟结果显示器在窗口模拟显示最优的路由过程。

网络选播路由模拟系统的工作流程如图 2 所示。

3 网络选播路由模拟系统的实现

3.1 相关数据结构的设计

根据网络选播路由模拟系统的运行需要，设计了如下的数据结构：

(1) 网络仿真拓扑结构。网络仿真拓扑结构用链路容量矩阵 Re \square \square 表征。实验网络仿真的拓扑结构为无向图，因此链路容量矩阵 Re 是一个对称矩阵，即：

$$Re [i] [j] = Re [j] [i]; (i, j) \in V.$$

(2) 源/目的组站点。用链表 dA 存放系统生成的目的组节点，在余下站点中选择有服务请求的源站点组，用链表 sA 存放。链表 dA 和 sA 可通过网络仿真得到。

(3) 各源节点对目的组的发送需求。用矩阵 Req \square \square 存放各个源点对目的组节点的发送需求，该矩阵的值通过网络仿真得到。

(4) 候选路径。链表矩阵 rou $[i] [j]$ 存放求得的候选路径，其中 i 是源节点的序号；把得到的每一对源/目的组的候选路径总数存放于矩阵 k \square ，这样可方便遗传算法中的变异操作。

3.2 网络拓扑及链路带宽的构造

把计算机网络抽象为图 $G = (V, E, C)$ ，其中 V 是网络中路由器的集合， E 是所有链路的集合， C 则是链路上的带宽、时延、数据丢失率或它们的组合的集合。为了简单讨论起见，把网络表示为 1 个无向图，一对节点对应的 2 条边 (u, v) 和 (v, u) 的费用也相等，即这两条边对称。

在设计网络模型构造算法时，考虑如下问题：

首先，通过随机函数 $r = \text{rand}() \% m$ ；确定任意 2 个节点间是否有链路相连。如果 r 的值为 0，则当前 2 个节点之间不存在链路，否则，当前 2 个节点之间存在链路。参数 m 影响网络的互连性， m 的值越大，网络中各节点间的互连比较稠密； m 的值越小，网络中各节点间的互连比较稀疏。通过合理选择 m 的值，可以构造与实际网络近似的拓扑结构图。我们在实验中，取 m 的值为 3~5。

其次，构造各条链路的容量。如果 2 个节点间存在链路，那么在最小容量和最大容量间

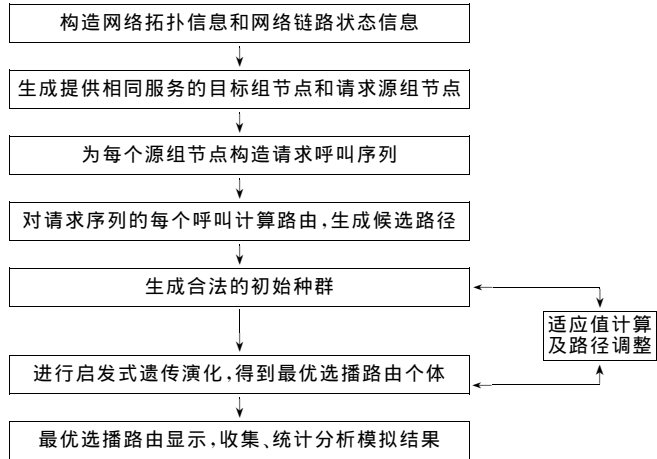


图 2 网络选播路由模拟系统工作流程

随机选取一个值作为当前链路的容量, 即:

$$Re [j] [i] = \min + \text{rand} () \% (\text{capacity} + 1);$$

由于在算法的演化过程中, 要对每条路径进行合法性检查, 所以最小容量和最大容量的选择影响选播路由的优化结果。

最后, 上述构造的拓扑结构中可能会存在某一节点脱离网络, 如果该节点是源节点的话, 就会导致信息不可到达目标组节点, 这与实际是不符合的。为了避免出现这种情况, 必须给该节点添加一条链路, 使之与网络相通。

限于篇幅, 这里不再给出网络模型构造算法。感兴趣的读者请参阅文献 [2]。

3.3 产生目标组节点 (提供服务的节点) 和源组节点 (请求服务的节点)

在上述给出的网络拓扑结构基础上, 利用源/目的节点组生成算法, 可得到源节点组和目的节点组。算法的步骤大致如下: 首先, 随机产生 $lenDA$ 个不相同的目标节点, 构成能够提供相同服务的目标组, 存放于链表 dA 中; 然后随机产生 $lenSA$ 个与目标组节点都不同的源节点, 构成向目标组请求服务的源组节点, 存放于链表 sA 中。算法的具体内容请参阅文献 [2]。

3.4 网络负载生成

生成源/目的组节点后, 系统要构造每一对源/目的组间发送数据报的需求, 以便为每一个需要服务的源节点生成传送负载, 并存放在矩阵 $Req [i] [j]$ 中。对于任意源点 $s=i$, 有:

$$Req [i] [D1] = Req [i] [D2] = \dots = Req [i] [Dm].$$

3.5 系统的编码实现

根据网络模拟、演化算法和选播路由算法的特性, 采用面向对象方法, 设计实现了本系统所需的 6 个最基本的类, 即基因类、种群类、种群演化类、网络模拟类、候选路径队列类、选播路由类。其中:

- (1) 网络模拟器类用于构造网络拓扑结构、链路容量、源/目的组节点和选播请求;
- (2) 候选路经队列类用于生成特定选播服务的候选路径, 构造路由表;
- (3) 基因类包括了路径处理的各种相关功能函数;
- (4) 染色体类以基因类为基础, 实现染色体的复制和适应值的计算;
- (5) 种群演化类以染色体类为基础, 实现种群的初始化、交叉、变异和个体的延伸等;
- (6) 选播路由类用于设计系统的菜单界面。

有关这 6 个类的具体设计实现, 请参考文献 [2]。

4 结束语

本文采用模拟作为分析和评价路由算法性能的主要手段, 设计一个用于选播路由算法评价的网络模拟系统。通过大量网络模拟实验和分析表明, 该系统能对我们所设计的网络选播路由算法的性能进行分析, 并帮助人们作出客观的评价。

参考文献

- 1 Hinden R, Deering S. IP version 6 addressing architecture. RFC 1884 IETF, 1995.
- 2 李 朔. 基于遗传算法的计算机网络选播路由算法的研究 (硕士论文). 南宁: 广西大学, 2003.
- 3 Sprotack M A. IP 路由技术原理. 北京: 清华大学出版社, 1999.

(责任编辑: 黎贞崇)