

一种基于路径的新型自适应路由算法

张玉花¹, 赵笑声¹, 朱思峰²

(1 河南城建学院 计算机科学系, 河南 平顶山 467064; 2 西安电子科技大学 计算机学院, 陕西 西安 710071)

摘 要: 构造了一种新型的路由表, 设计了基于遗传算法的自适应路由算法(GAR), 并在 PC 机上实现了简化的 GAR. 在局域网环境下, 对 GAR 和基于跳计数准则的 RIP 的模拟试验表明, 在相同的网络负载下 GAR 的平均通信延时是 RIP 的 20%. 该算法能够降低网络延时, 平衡网络负载, 提高网络性能.

关键词: 遗传算法; 自适应路由算法; 路由表; 传输延时

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)01-0116-04

A New Type Adaptive Routing Algorithm Based on Path

ZHANG Yu-hua¹, ZHAO Xiao-sheng¹, ZHU Si-feng²

(1 Department of Computer Science, Henan Institute of Architecture and Technology, Pingdingshan 467064, China;

2 School of Computer Science, Xidian University, Xi'an 710065, China)

Abstract: A new routing table was given, adaptive routing algorithm based on genetic algorithm was designed, and simple GAR was realized in PC. Simulation tests of GAR and RIP in WAN showed that average propagation delay of GAR was 20% of RIP in the same network load. The GAR given is able to decrease network delay, balance network load, and improve network performance.

Key words: genetic algorithm; adaptive routing algorithm; routing table; propagation delay

1 引言

随着网络资源与网络需求的同步增长, 如何实时地进行网络拥塞控制, 如何根据具体情况进行动态的路由选择, 就显得尤为重要^[1-4]. 遗传算法在解决网络路径问题方面进行了有意义的探讨. 文献[5]介绍了利用遗传算法进化优化网络路由质量的关键技术; 文献[6]提出了遗传算法在受控网络中解决动态负载均衡问题. 通过观察路由延迟, 可以探测每条路径的平均通信等待时间, 自适应地选择到达目标地址的最佳路由. 文中利用遗传算法优化路由表中的路径, 提出了一种基于路径的自适应路由算法.

2 基于遗传算法的路由表

基于遗传算法的自适应路由算法(Genetic-based Adaptive Routing, GAR)应用遗传算子在路由

表中创建可选的路径. GAR 算法是源路径算法, 在路由表中的每一条路径包含了路径上的所有节点. 对于每一个目的节点, 都存在一组可选路径. 标准的路由表仅含目的地址和下一跳地址这 2 个主要信息. 为了使路由器在选择路由时, 能够具有自适应性, 需要构造一种新的路由表. 在该路由表中, 表格有 4 个实体组成: 目的地、路径、延迟和权重. 目的地指明包的目的节点, 对应每个目的地有一组可选路径, 每条路径记录了沿该路径的一串节点, 延迟沿路径发送包的平均通信等待时间, 权重描述了该路径被选中的概率.

需要说明的是, 初始路径是由利用 Dijkstra 最短路径算法产生的; 利用发送延迟查询包观测得到的通信等待时间计算路径的权重; 路由表中的可选路径是通过变异、交叉等遗传运算产生的, 这些路径按每次权重计算后的概率被调用. 为了避免路由表

收稿日期: 2008-12-01; 修回日期: 2009-02-15

基金项目: 河南省自然科学基金项目(082400440260); 河南省教育厅自然科学基金项目(2008A180041)

的溢出,当路由表的大小达到阈值时应用删除达到同一个目的地的路径中权重最小的路径,减少路由表大小。

3 染色体的表示及适应度评价

3.1 染色体的表示

任何将问题的解编码成为染色体是遗传算法使用中的关键问题。常见的编码方式有:二进制编码、实数编码、整数或字母排列编码和数据结构编码。文中利用遗传算法优化路由器的可选路径,网络中的节点用整数标识,每条路径记录了沿该路径的一串节点(即一串整数),这是一种组合优化问题。由于组合优化问题最关键的是要寻找满足约束条件的最佳排列或组合,因此整数(或字母)排列编码是该类问题的最有效编码。另外,到达同一个目的地的路径有多条,每条路径所包含的节点个数可能不同,即每个染色体的长度可能不同,因此,必须采用可变长度的编码方案。

例如:在某个路由器的路由表中,存在到达目的节点2的3条路径 $L_1 = \{1, 3, 2\}$, $L_2 = \{1, 3, 4, 2\}$, $L_3 = \{1, 3, 4, 5, 2\}$,则这3条路径对应的染色体分别是:

L_1 :	1	3	2		
L_2 :	1	3	4	2	
L_3 :	1	3	4	5	2

3.2 适应度评价

路径的权重评价是基于沿该路径的通信等待时间的。路径权重越大,该路径越优。因此,可以将路径的权重评价函数作为染色体的适应度评价函数。定时发送延迟查询信息用于观测该路径的延时。设计的路径的权重评价函数(染色体适应度评价函数)如下:

$$f(L_k) = \frac{1/D_{L_k}}{\sum_{L_i \in S} 1/D_{L_i}} \quad (1)$$

其中, $D_{L_k} = d_{L_k} / \sum_{L_i \in S} d_{L_i}$; d_{L_i} 是路径 L_i 的延迟, S 是到达同一目的地的路径集合。式(1)表明 d_{L_k} 越小,产生的评价价值越大。通过评价具有较短通信等待时间的路径被频繁使用。

4 遗传算子的设计

4.1 单点交叉算子

路径交叉算子设计成交换两个染色体中的子路

径,并且染色体必须拥有相同的源节点和目的节点,路径交叉算子的交叉位置限制在两个染色体都含有的节点。从潜在的交叉位置中随机选择节点作为交叉位置,交换子路径,如图1所示。假定,父代染色体为 L_1, L_2 ,交叉步骤如下:

① 找出 L_1, L_2 中均有的节点(不包含源节点和目的节点)构成集合 N_c ,把 N_c 作为潜在的交叉位置,若 N_c 为空集,则不进行交叉;

② 从 N_c 中选择一个节点 i 作为交叉节点;

③ 通过交换交叉后的所有节点得到新的染色体 L'_1, L'_2 。

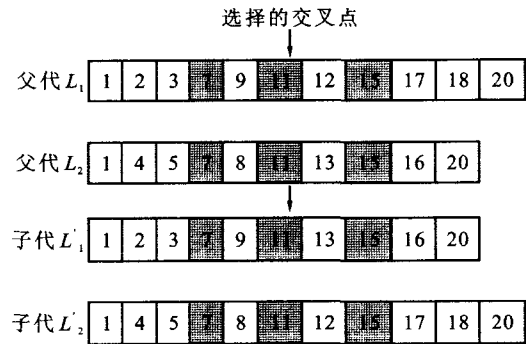


图1 交叉运算

4.2 变异算子

变异算子负责从一个染色体产生新染色体。为了实现变异,从染色体中随机选择一个节点,把这个节点作为变异节点,如图2所示。变异算子的操作步骤如下:

① 从父代染色体(路径)中随机选择一个节点 i 作为变异节点;

② 从变异节点的邻接点中选择节点 $j, j \in B$, B 是变异节点 i 的邻接点集合;

③ 产生从源节点到 j 的最短路径 r_1 和从 j 到目标节点的最短路径 r_2 ;

④ 若 r_1 和 r_2 中存在重复节点,则不进行变异,否则连接两段路径组成变异后染色体。

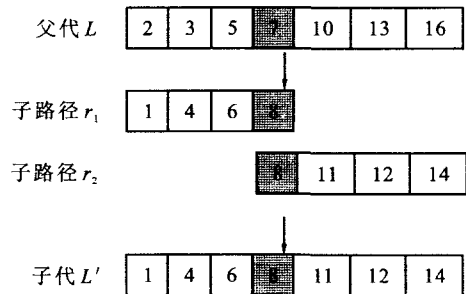


图2 变异运算

5 自适应路由算法

每个包具有包类型、传输路径和下一跳三个实体.包的类型有 3 种:数据包、延迟请求包和延迟应答包.数据包用于发送数据,延迟请求包和延迟应答包配合使用,用于观测路径的通信等待时间.传输路径是指定的包传输路径,而下一跳则是包传输路径中相对当前节点的下一个节点.

网络中的节点有 4 种状态:① 收到相邻若节点转发来的数据包,则该节点根据数据包的目的地址,使用轮盘赌(Roulette Wheel)方法从自己的路由表中选择一个路径(执行遗传算法的选择算子),并更新该路径的相关信息,转发该数据包;② 收到一个延迟请求包,构造一个延迟应答包回送给发送方;③ 为了观测到达某目的地的一条路径的通信等待时间,节点以特定的评价间隔产生一个延迟请求包,并用该路径发送;④ 收到一个延迟应答包,根据延迟记录信息,用式(1)计算达到同一目的地的各个路径的权重值(即计算每个染色体的适应度),利用更改某路径的信息,按照特定的概率利用遗传算法的交叉和变异算子创建路由表中的可选路径,若路由表的大小超过阈值,则删除达到同一目的地的路径中权重最小的路径.自适应路由算法如图 3 所示.

6 实验

为了验证文中提出的 GAR 算法的性能,在 PC 上用 C++ 编程实现了简化的 GAR 算法,利用 9 台 PC 机组建了一个试验网络,如图 4 所示,粗线表示 10M 带宽的链路,细线表示 1M 带宽的链路,带阴影的节点表示目的地节点.包是按照特定的呈指数分布的间隔产生的.

GAR 的参数设置为:变异概率取 0.1,交叉概率取 0.05,种群规模取 50,每隔 10 个包计算一次染色体的适应值.模拟进行 3000 秒后,模拟后得到的结果表明,GAR 的包平均响应传输时间是 RIP 的 20%,这意味着利用 GAR 发送的包达到目的地的速度是 RIP 的 5 倍.表 1 是试验后节点 1 的路由表.从表 1 中可以看出,对于目的节点 8,最优路径是 {1,3,6,9,8},有 3 段 10M 带宽的链路,其平均延迟最小.而跳计数准则下,路径 {1,4,7,8} 的跳数最少,被认为是最优路径,但不是延迟最小的路径,因为该路径只有 1 段 10M 带宽的链路.这也说明了同样环境下,GAR 的平均传输时间明显优于 RIP 的原因.

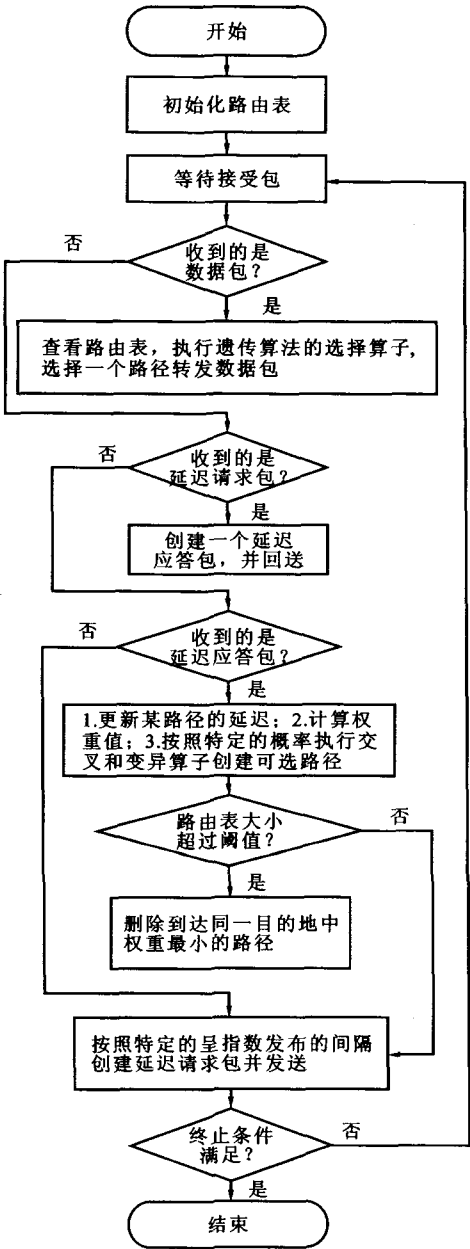


图 3 自适应路由算法

表 1 试验后节点 1 的路由表

目的地	路径	延迟	权重
6	{1,3,6}	550	0.725
	{1,4,7,9,6}	1260	0.275
8	{1,3,6,9,8}	2100	0.856
	{1,4,5,8}	64105	0.144

7 结束语

文中构造的基于遗传算法的动态路由选择,可有效地避免网络拥塞,为目前网络路由表的设置提

供了一种智能化的方案.算法表现了很好的随机性、自适应性,为网络部分路段故障下的正常运行,提供了很好的自修复途径.该方法在实时监测路由设置方面,还有待于提高遗传算法的进化速度.另外,在路由表中添加一个包计数器字段,对每条路径发送的包进行统计,可以实现网络负载均衡功能,这是下一步将研究的内容之一.

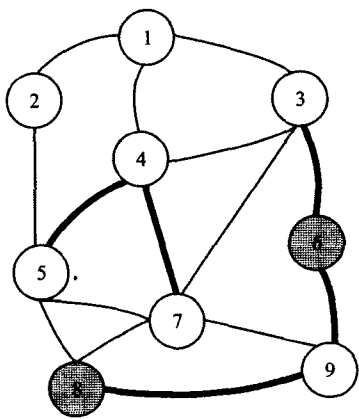


图4 测试环境

参考文献:

- [1] 李加庆,郑峰,乐艳丽,等.基于AODV的自适应多径路由协议[J].微计算机信息,2008,24(8):44-46.
- [2] 于磊磊,柴乔林,王春雷.基于最小跳数的无线传感器网络能量自适应路由算法[J].计算机应用研究,2007,24(11):236-238.
- [3] 刘恺.一种基于负载均衡的新型自适应路由算法[J].光通信技术,2008(8):38-40.
- [4] 肖杰,梁家荣,徐霜,等.在3D-Mesh网络中的两种路由研究[J].计算机工程与应用,2008(17):90-93.
- [5] Feng X. QoS routing based on genetic algorithm [J]. Computer Communications, 1999, 22(15):1392-1399.
- [6] Munetomo M. Study on disperse control - type dynamic load balance using genetic algorithms [D]. Hokkaido: Hokkaido University, 2005.

作者简介:

张玉花 女,(1968-),副教授.研究方向为网络及嵌入式技术应用、人工智能.

赵笑声 男,(1982-),硕士.研究方向为计算机应用技术、人工智能、遗传算法等.

朱思峰 男,(1976-),博士研究生.研究方向为仿生学算法、人工智能、计算机网络等.

(上接第115页)

参考文献:

- [1] 王凌,刘波.微粒群优化与调度算法[M].北京:清华大学出版社,2008.
- [2] 王凌.车间调度及其遗传算法[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [3] 杨明,李陶深.一种基于粒子群优化的多QoS约束选播路由算法[J].微电子学与计算机,2008,25(9):43-48.
- [4] 潘全科,段俊华.解决车间调度问题的改进模拟退火算法[J].机械科学与技术,2007,26(1):112-114.
- [5] Xia W J, Wu Z M. A hybrid particle swarm optimization approach for the job-shop scheduling problem[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006(29):360-366.

[6] Glover F. Tabu search: a tutorial[J]. Interfaces, 1990,20(4):74-94.

[7] 李俊青,谢圣献,刘广亮,等. P2P网络基于蚁群优化的动态细粒度访问控制框架[J]. 微电子学与计算机, 2008,25(10): 30-33.

作者简介:

李俊青 男,(1976-),硕士,副教授,CCF会员.研究方向为智能计算.

潘全科 男,(1971-),博士后,教授.研究方向为智能计算及其应用.

王玉亭 男,(1980-),硕士,讲师.研究方向为智能计算.

谢圣献 男,教授.研究方向为计算机网络安全.

何顺刚 男.研究方向为计算机网络.