

文章编号: 1672-058X(2009)03-0263-05

# 一种启发式 SP 路由遗传算法的研究

姜 蓉 蓉

(重庆工商大学 实验与实验设备管理处, 重庆 400067)

**摘 要:**在 QoS 网络结构下,提出一种启发式 SP 路由遗传算法;采用可变长度的染色体编码机制,并进行优化选择、交叉、变异等操作;用 C 语言得出的仿真结果表明该算法比 Munemoto 算法和 Inagaki 算法收敛速率快,可靠性高,而且可以搜索到全局最优解。

**关键词:**启发式; sp 路由;遗传算法;收敛;可变长度染色体编码

**中图分类号:** TP301.6

**文献标识码:** A

## 1 概 述

遗传算法是基于生物进化原理的普适性全局优化算法,由美国密执安大学的 John Holland 教授于 1975 年首先提出,它引进生物学中基因遗传和“物竞天择,适者生存,不适者被淘汰”的进化思想,将优化问题看成是可行解的进化过程<sup>[1]</sup>。

遗传算法是一种启发式算法,用遗传算法解决 SP 路由问题、多播路由问题、动态路由问题等都属于组合优化问题。文献 [2] 给出在有线或无线环境下的实现,提出了可变长度的染色体编码,是一个较好的编码方案,但该算法不适合大型网络和实时性较强的网络。文献 [3] 采用整数队列组成的固定长度染色体编码,每个基因代表一个节点 D,但该算法的网络规模与最优解不一致,算法的精度也不好。此处通过对 SP 路由问题进行分析,抽象出 SP 路由问题的网络模型,采用可变长度的染色体编码机制,并优化交叉、变异等操作,提出一种启发式 SP 路由遗传算法。

近年来,随着网络技术,特别是 Internet 网络和移动 Ad-hoc 网络的飞速发展,路由协议的设计理论与方法的研究已成为网络领域中一类重要课题。在进行分组传输特别是满足服务质量等方面更需要路由选择。一些传统的最短路径 (Shortest Path, SP) 搜索算法:宽度优先搜索算法、Dijkstra 算法、Bellman-Ford 算法等,它们在有基础设施的无线网络和有线网络方面,在多项式时间内能较好地解决最短路径问题,但在实时通信环境、高动态的拓扑结构以及 QoS 要求的网络结构下,通常需要同时寻找出一组最短或次最短路径作为方案评价和选择的依据。

在大多数分组交换网络中,网络层的 SP 问题的计算都用到了路由协议,对于加权网络更是如此。加权

收稿日期: 2009 - 04 - 03;修回日期: 2009 - 05 - 10。

作者简介:姜蓉蓉 (1982 - ),女,山东威海人,助理实验师,在职硕士,从事计算机科学应用研究。

网络反映了链路的传输能力,网络的拥塞状况,并能估算出包排队时延和链路失败的网络传输状态。这里的 SP 问题可以被描述成一个搜索指定源和目的节点间代价最小的路径问题。换句话说,SP 路由问题包含了经典的组合优化问题,应用于很多设计和计划任务中。其他的基于路由问题的遗传算法,如:多目的节点路由问题或多广播路由问题,已经超出了此处研究范围。

## 2 启发式 SP 遗传算法流程

在研究路由问题时,一个网络可以表示成一个加权图  $G = (N, A)$ ,其中  $N$  表示节点集,  $A$  表示通过节点的通信链路集。 $C_{ij}$  为链路  $(i, j)$  的权值,权值矩阵为  $C = [C_{ij}]$ 。源节点和目的节点分别用  $S$  和  $D$  表示,每个链路的链接用  $I_{ij}$  表示,定义见公式 (1)。

$$I_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{如果从节点 } i \text{ 到节点 } j \text{ 的路径存在} \\ 0, & \text{如果从节点 } i \text{ 到节点 } j \text{ 的路径不存在} \end{cases} \quad (1)$$

显然  $I_{ij}$  的对角线的元素为 0。使用这种定义,则最短路由问题就可转化为求最小值的优化问题,目标函数可以表示为求最小值:

$$\sum_{i=S}^D \sum_{j=i}^D C_{ij} \cdot I_{ij} \quad (2)$$

$$\text{s t} \quad \sum_{j=S}^D I_{ij} - \sum_{j=S}^D I_{ji} = \begin{cases} 1, & i = S \\ -1, & i = D \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

并且 
$$\sum_{j=i}^D I_{ij} = \begin{cases} 1, & i = D \\ 0, & i = S \end{cases} \quad (3)$$

式 (3) 保证了源节点和目的节点之间的路径最短。

遗传算法的示意图如图 1 所示。

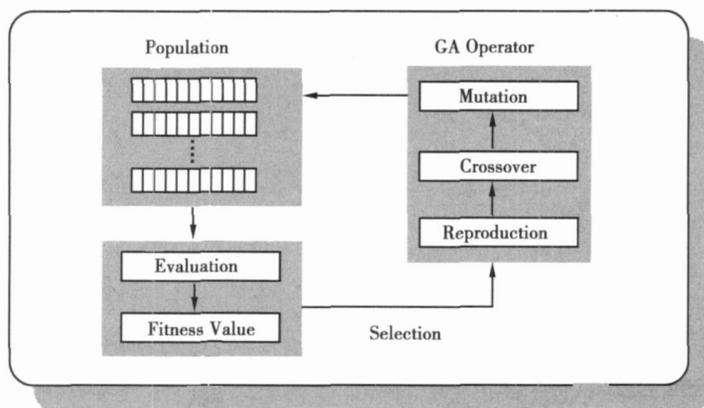


图 1 遗传算法

### 2.1 遗传算法的编码表示

在标准遗传算法中,如何将问题的解转换为编码表达的染色体是关键问题。选择适当的候选解表达方法是解决实际问题的基础。对于任何应用问题,都必须将解的表达方法和适于问题的遗传操作结合起来分

析考虑。研究表明,遗传算法对路径优化问题的求解非常有效,能在较短时间内,以较高的概率获得一组最优或次最优方案。在算法中,遗传算法的染色体由一系列的整数队列组成,即基于路径表示的编码方法,该方法是一种最自然、最简单的表示方法。该方法要求每个个体的染色体编码中不允许有重复的基因码,也就是说要满足任一个节点在路径中只能访问一次的约束。染色体的第 1 位置总是路径的源节点,最后一个位置是目的节点,染色体的长度是变化的,但不可能超过最大长度  $N$  ( $N$  为网络的节点数)。染色体编码即为从源节点到目的节点的队列组成,如从源节点  $S$  到目的节点  $D$  的一个染色体编码为“ $S N_1 N_2 \dots N_k D$ ”,如图 2 所示。

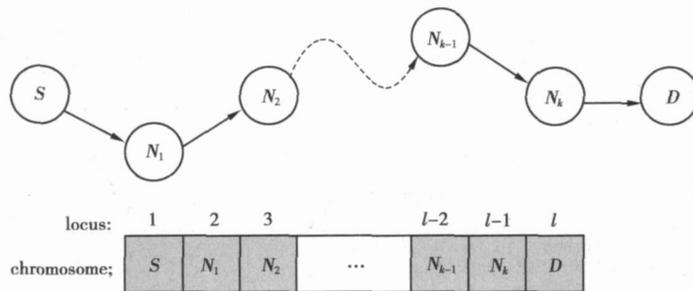


图 2 染色体编码示意图

染色体编码的第 1 位置基因 (节点) 是源节点,第 2 位置基因是从与源节点连接的其他节点中随机选择或启发式选择。选择的节点从结构信息库中删除,以避免重复选择。这个过程重复下去,直至到达目的节点。

### 2.2 种群与适度函数

所谓种群 (population) 就是指每一世代中共同生存在环境中的个体。种群最主要的目的是为了提供表现不同的个体。由于个体间的差异性,自然选择的结果与基因的交换机制才能产生下一代更好的种群。如此周而复始,进化便持续的进行。

由于遗传算法在进化搜索中基本不利用外部信息,仅以适度函数为依据,利用种群中每个个体的适度值来进行搜索,因此适度函数直接影响到遗传算法的收敛速度以及能否找到全局最优解。

### 2.3 选择操作

选择操作是用来确定或交叉个体,以及估算被选个体产生子代个体的数目。选择操作一般有两个过程:首先是计算适度值;其次是按照适度值从大到小进行排序,适度值最大的就是最好的个体,将最好的个体选作父个体。各个个体的选择概率和其适度值成比例,个体适度值越大,则被选择的概率就越高。如果产生相同的染色体,则只保留一个染色体,将其余的染色体删除,这个过程重复进行完成个体的选择。

在该算法中适度函数的定义如公式:

$$f_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^{l_i-1} C_{g_i(j)g_i(j+1)}} \tag{4}$$

其中,  $f_i$  代表第  $i$  个染色体的适度函数,  $l_i$  是第  $i$  个染色体的长度,  $g_i(j)$  表示第  $i$  个染色体的第  $j$  个位置,  $C$  是节点间的链路权值。

### 2.4 交叉操作

交叉操作是指按一定概率随机从亲代群体中选择两个个体,随机将两个亲代个体的部分结构相互交

换,生成两个新的子代个体。交叉操作产生的两个子代个体,都包含两个亲代个体的遗传基因,但与亲代个体不同。因此,交叉操作能提高遗传算法的搜索能力,在适当选择策略下,通过交叉操作可提高向全局最优解的收敛程度。

在该算法中,交叉不同于传统的单点交叉,两个染色体选择一个公共基因(节点)作为交叉点,交叉点不依赖于节点在路径中的位置,当有两个以上的公共节点时,只需选择其中之一作为交叉点,通常选择第 1 个公共点进行交叉。如图 3 所示,节点  $N_2$  和  $N_5$  是两个公共节点,选择  $N_2$  作为交叉点。

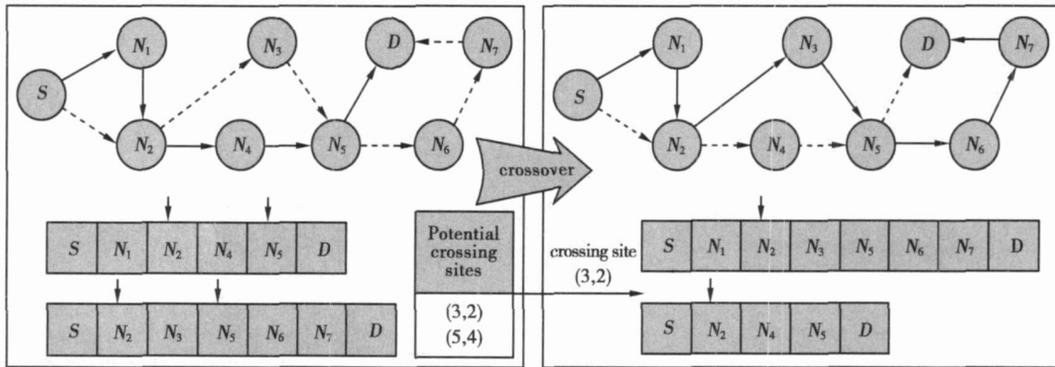


图 3 交叉操作的处理过程

### 2.5 变异操作

选择操作之后是子代的变异操作,变异操作是一种基本操作,它在染色体上自发地产生随机的变化。在遗传算法中,变异操作可以提供初始种群中不含有的基因,或找回选择过程中丢失的基因,为种群提供新的内容。变异操作以一个很小的随机概率改变染色体上某些基因,找回较好的基因,与种群的大小无关。变异操作本身是一种局部随机搜索,与选择操作结合在一起,保证了遗传算法的有效性,使遗传算法具有局部的随机搜索能力;同时使得遗传算法保持种群的多样性,以防止出现非成熟收敛。图 4 所示为变异操作的处理过程,从染色体中随机选择一个基因(节点  $N_2$ )为变异点,从源节点到变异点的基因(节点)保持不变,变异点之后的基因(节点)从连接的基因(节点)随机选择,直到目的节点。

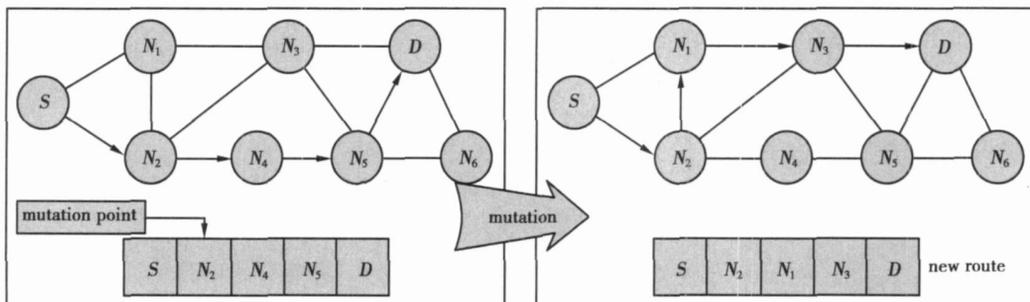


图 4 变异操作的处理过程

## 3 仿真结果比较与分析

此处研究的遗传算法<sup>[1]</sup>,采用的是锦标赛式的选择体制(竞赛规模为 2),变异的概率选为经典的变异因

子 0.05,判断程序结束的标志是种群是否收敛。值得一提的是,程序中种群是否收敛的判断放在变异之前,理论上应该在变异之后处理。这样做的原因是变异过程会引进不良解,但是,并不影响解的最终结果。

为了较好地与 Munemoto算法<sup>[2]</sup>和 Inagaki算法<sup>[3]</sup>进行比较,将网络的节点数为都设为 20,种群大小也都设成相同的数值。选择采用锦标赛选择法(竞赛规模 Tour = 2),变异率设为 0.05。图 5 为该算法与遗传算法 Munemoto算法、Inagaki算法全局收敛性进行的比较,从图 5 中可以明显看到所提出算法收敛的代数是最小的,也就是说收敛的速度是最快的。为了比较的公平性,所有种群的大小都设成相同的大小。由此说明该算法全局收敛性好,收敛速度明显优于其他两种算法,可靠性高。

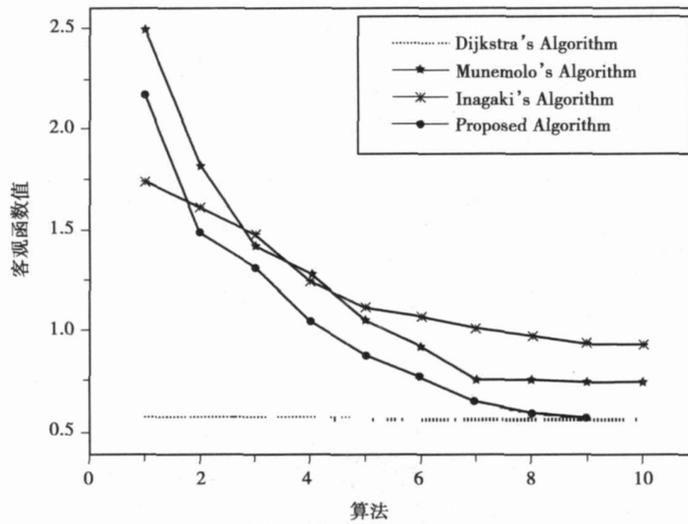


图 5 各种算法收敛性的比较

### 4 结束语

此处研究、讨论并用 C语言仿真了一种基于最短路由问题的遗传算法,这种算法具体有以下特点:

采用基于路径表示的可变长度染色体编码方法;采用锦标赛式的选择方法;交叉概率在 (0, 1)之间进行交叉;变异概率在 (0, 0.05)之间。

与已有的 Munemoto算法、Inagaki算法比较,收敛速率快,可靠性高,而且可以搜索到全局最优解,能满足实时通信环境、高动态的拓扑结构以及 QoS单播和多播路的网络结构的需求。另外,当网络规模很大时,求出全局最优解时间复杂性很大,这时可以通过限定遗传代数的方法,求出一个性能较好的次优解来。

遗传算法是继模糊现象、神经网络之后又一重要技术,它具有快速的全局收敛性,从而避免了局部最优。尽管不甚成熟,如染色体定义方法等有待进一步解决,但其具有最大的潜力,其应用已经取得了一定成绩,相信这种算法会在网络层的路由问题上得到更广泛地应用。

### 参考文献:

[1] CHANG W A, RAMAKRISHNA R S A Genetic Algorithm for Shortest Path Routing Problem and the Sizing of Populations[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2005, 6(6): 566-579

[2] MUNEMOTO M, TAKAI Y, SATO Y. "A migration scheme for the genetic adaptive routing algorithm" in Proc[J]. IEEE NT

CONF. SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS, 2002, 13: 2774-2779

- [3] NAGAKI, HASEYAMA M, KITAJIMA H, "A genetic algorithm for determining multiple routes and its applications" in Proc. J. IEEE INT. SYMP. CIRCUITS AND SYSTEMS, 2003, 16: 137-140

## Research on a genetic algorithm for heuristic shortest path routing

**JIANG Rong-rong**

(Laboratory & Facility Management Division, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

**Abstract:** With regard to QoS (Quality of Service) networks, we propose a genetic algorithm for heuristic SP (shortest path) routing. We use modified variable string length, and optimize GA selection, GA crossover and GA mutation. The results using C language emulator demonstrate that this algorithm can obtain a better convergence rates and reliability than Munemoto algorithm and Inagaki algorithm, also we can find Global optimal

**Key words:** heuristic method; shortest path routing; genetic algorithm; convergence; variable length Chromosome code

责任编辑:李翠薇

(上接第 262 页)

## Automobile fault monitoring system based on WinCE

**WU Siyuan**

(School of Computer, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

**Abstract:** Embedded system began in the 20th century, with the development of embedded systems, embedded systems gradually replace the simple single-chip system, which has become a trend, and in various fields has been growing a wide range of applications, especially in the automotive sector. Automobile in a modern society is one important means of transport. For the operation of motor vehicle quality and safety requirements, and the current failure to monitor China's automotive technology and electronic technology in the fault monitoring system to monitor the application, it combined with the current automotive fault detection, monitoring the status of systems development is proposed based on WinCE car fault monitoring system. The system consists of data acquisition module, the data show that alarm module and data query module are composed of three functional modules. If the system detects abnormal car, then pre-alarm to remind the driver to take effective measures starts, which limit the possibility of accidents to a minimum.

**Key words:** WinCE; fault monitoring; CAN communication

责任编辑:代晓红