

# 优选参数的蚁群算法实现物流路径优化

张友华, 乐毅, 辜丽川, 王超

(安徽农业大学 信息与计算机学院, 安徽 合肥 230036)

**摘要:**物流配送路径优化是物流领域中亟待解决的重要问题和研究热点。文中提出一种优选参数的蚁群算法,以该算法为核心设计实现了一款物流路径优化软件。通过该软件的应用,用户可以很容易地得到他所期望代价的最优路径而不必关心繁杂的计算过程,在一定程度上克服遗传算法在局部搜索能力方面的不足和爬山算法在全局搜索能力方面的不足,从而得到质量较高的解和较快的收敛速度。

**关键词:**蚁群算法;物流配送;最优路径;可视化数据

**中图分类号:**TP18

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2009)03-0212-03

## Realization of Logistics TSP Based on ACO with Optimum Parameter

ZHANG You-hua, YUE Yi, GU Li-chuan, WANG Chao

(School of Information and Computer, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** From the algorithms and systems two aspects introduces the development process of logistics software based on ACO (ant colony optimization). In the calculation model selection, logistics and distribution eventually to return to the consignor city, which formed in the road on a loop, therefore, select the model which is more popular and used to solve the TSP by ACO. With ACO with optimum parameter, local solution is not efficient avoided. Through the entire software system, users can easily get the price he expects the optimal path and does not have to care about complicated calculation process.

**Key words:** ACO; logistics cost; optimal path; visual data

### 0 引言

随着现代物流和供应链管理理念的不断深入,物流配送车辆路径选择面临一个新的环境。开发一套优秀的物流路径选择软件,可以加快对客户需求的响应速度,提高服务质量,增强客户对物流系统的满意度,降低服务商的运营成本。物流配送车辆路径作为供应链的重要一环,已经成为企业提高其运作效率和企业竞争的焦点。

针对当前物流路径优化存在局部搜索能力不足、求解质量欠佳等问题,文中从算法和系统设计两个方面研究并设计实现了以蚁群算法为核心的物流路径优化选择软件。

### 1 蚁群算法的基本模型

蚁群算法是由意大利学者 Marco Dorigo 等提出的一种仿生寻优算法,通过信息素的积累和更新来寻求最优解。蚁群算法主要特点是:正反馈、分布式计算、与某种启发式算法相结合。正反馈过程使得该方法能很快发现较好解;分布式计算使得该方法易于并行实现;与启发式算法相结合,使得该方法易于发现较好解<sup>[1,2]</sup>。

对一组给定的城市坐标,按照尽量少的消耗代价的原则,求其最佳的排列问题。有一个物流公司要送货到  $n$  个城市去,每个城市必须去一次且仅能去一次,遍历所有城市之后回到出发城市,并且满足代价最小的路径。在最理想的情况下,假设有  $n$  个城市,每个城市都有到其他城市的一条加权边,而且两城市  $i, j$  间距离  $D_{ij} = D_{ji}$ ,要求出最优解,即从  $(n-1)!$  条路径搜索出一条,时间复杂度为  $O((n-1)!)$ ,当问题规模从  $n$  增加到  $(n+1)$  时,搜索空间会增加  $(n-1)$  倍,所以当问题空间较大时,在有限时间内,无法得出最优解。利用蚁群搜索食物的过程与物流配送问题的相似

收稿日期:2008-07-13

基金项目:国家 863 高科技计划(2006AA10z249);安徽省十一五科技攻关项目(08010302170);安徽省高等学校省级自然科学研究项目(KJ2008B111);安徽农业大学校长青年基金(07ZR01, 07ZR04);安徽省高校青年教师科研资助计划(2006jq1130, 2007jq1022)

作者简介:张友华(1967-),男,博士,副教授,研究方向为物流信息化技术、人工智能。

性,通过人工模拟蚂蚁搜索食物的过程来求解货物配送的问题<sup>[2]</sup>。实际应用中,每一个节点会面临很多的分支选择,问题的求解空间将会变得很大,以至于穷举寻找真正的最优解变得不可能,这时用蚂蚁算法求出的解往往并不是最优解,而是接近最优解的较优解<sup>[3]</sup>。

设  $m$  表示蚁群中蚂蚁的数量,  $n$  表示城市的数量,  $C_{ij} = C_{ji}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ), 表示城市  $i$  和城市  $j$  之间的代价,  $E_{ij}$  表示城市  $i$  和  $j$  间的边,  $\tau_{ij}(t)$  表示  $t$  时刻在  $E_{ij}$  上残余的信息素的量,  $\eta_{ij} = 1/C_{ij}$ ,  $\alpha, \beta$  是自定义可调整的参数,用于调节  $\tau_{ij}$  和  $\eta_{ij}$  的关系,  $P_{ij}^k$  表示第  $k$  只蚂蚁选择边  $E_{ij}$  的概率,  $J_k$  表示第  $k$  只蚂蚁还未访问过的城市,各条路径上信息量都为 0。每只蚂蚁将按照

$$\begin{cases} P_{ij}^k = \frac{(\tau_{ij}(t))^\alpha * (\eta_{ij})^\beta}{\sum_{u \in J_k} (\tau_{iu}(t))^\alpha * (\eta_{iu})^\beta} \\ P_{ij}^k = 0, u \notin J_k \end{cases} \quad (1)$$

计算所得的概率,从(1)式可以看出,蚂蚁选择路径的概率随着  $\tau_{ij}$  增大而增加,随着  $C_{ij}$  的增大而减小。并根据程序产生的随机数,决定下一步的方向,直到完成周游路径。每当所有蚂蚁完成一次循环后,按照公式(2)和(3):

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) * \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij} \quad (2)$$

$$\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (3)$$

对路径信息量进行更新,式中的  $\Delta\tau_{ij}^k$  表示第  $k$  只蚂蚁在本次循环中在  $E_{ij}$  上留下的信息量,  $\rho$  表示信息素蒸发系数,其中

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{若蚂蚁 } k \text{ 在循环中经过 } E_{ij} \\ 0, & \text{蚂蚁 } k \text{ 未经过 } E_{ij} \end{cases} \quad (4)$$

公式(4)中  $Q$  是一常数,表示每只蚂蚁周游一遍留下的信息素总量。当每只蚂蚁都完成一次上述操作时,就称该算法进行了一次周游。循环以上步骤,直到周游次数达到指定次数或在一定时间内没有新的更优解出现<sup>[4]</sup>。

## 2 基于蚁群算法的物流路径选择算法

由于物流配送最终要返回发货的城市,从而在路径上形成一个回环,故选用蚁群算法解决 TSP 问题的模型是合适的。本文设计了一种优选参数改进蚁群算法作为计算模型,改算法可以有效避免局部解的出现。该算法的流程如下:

1. 输入城市数据。
2. 初始化  $\alpha, \beta, \rho, m, n, Q$  等参数。
3. 每只蚂蚁随机分配到各个城市并开始周游城市。

市。

4. 若一次周游没完成,选择下一个城市。

5. 对每只蚂蚁经过的路径执行局部更新规则,得到新的最优解,并对最优解进行更新。

6. 若尚未达到指定周游次数,转到 3。

7. 输出最优解。

算法中的核心部分是蚂蚁如何选取下一个城市,详细说明如下:

蚂蚁  $k$  对城市  $i$  选择下一步的依据:根据(1)式计算蚂蚁选择不同城市的概率,其中  $J$  表示本次周游尚未访问的城市集合,然后由计算机产生随机数  $\text{rand}$ , 根据下面规则进行城市选择,令  $p = \text{rand}()$ ,  $\text{sigma}(p_{ki}) = p_{kij}$ , (其中  $j = \min(J)$ ), 然后按照(5)式对城市进行选择:

$$\begin{cases} \text{if}(p > \text{sigma}(p_i^k)) \\ \quad \text{next}(j) \\ \text{sigma}(p_i^k) = \text{sigma}(p_i^k) + p_{ij}^k \\ \quad \text{else} \\ \quad \text{selectcity} = j \end{cases} \quad (5)$$

## 3 蚁群算法的参数优选

由蚁群算法特点,可知用蚁群算法能够极大地缩小求解搜索范围,算法复杂度从  $O((n-1)!)$  降低到  $O(NC * m * n^2)$ , 由于大规模的并行计算,使蚁群算法能够在较大的空间中搜索理想的解;由于采用正反馈机制,收敛速度加快;使用构造性的贪婪算法,能在搜索的早期阶段找到较好的可接受的解。蚁群算法本质上和模拟退火算法、遗传算法等随机搜索算法一样,容易陷入局部极小点,存在扩大搜索空间与寻找最优解之间的矛盾。仿真实验表明,当搜索空间较小时,难以搜索到满意解,而若要增大搜索空间以提高搜索到最优解的概率,机器运算次数将迅速增多<sup>[4]</sup>。此外,信息素的消散速度,在城市数量一定的情况下,蚂蚁数量对于算法也有重要影响<sup>[3,5]</sup>。

研究发现,在其他参数不变的情况下,当蚂蚁数量太少,向最优解收敛很慢,在重复同样代数情况下,由于蚂蚁数量少,在能导致最优路径的那些边(优选边)走过的次数较少,难以留下较多的信息素,不利于算法迅速向最优解收敛,而且当优选边在数代之内不能被再次选择时,其信息素将挥发殆尽,从而造成之前数代蚂蚁的优选结果浪费,造成最优路径值的剧烈震荡。当  $m$  值太大,首先,会增加运算量;其次,因为在最初的几代因为选择路径的随机性比较大,最初的最优值因为蚂蚁多以至于得到强化的速度太快,容易造成局部

最优解。

对于参数  $\rho$ , 当  $\rho$  太小时, 后代蚁会受到前辈蚂蚁的路线严重影响, 早期收敛减慢, 后期容易陷入局部最优, 当  $\rho$  过大, 初期收敛虽然很快, 但早期的优选边会因为挥发太快而失去, 从而影响最优解的搜索速度。

#### 4 软件的实现

以前面提出的参数优化蚁群算法为基础, 设计实现了一个路径优化软件。如图 1 所示为软件逻辑框图, 分为 4 个层次。

(1) UI 层: 负责与用户的交流, 它包括地图的显示、参数的输入等。

(2) 可视化数据处理层: 负责把从文件处理层和计算子层取得的数据与供 UI 层显示的可视数据进行相互转化, 它包括了一个计算子层, 用于利用蚁群算法计算最优的路径, 在计算子层之上有一个数据接口, 它负责 Matlab 中使用的数据和 VC 中使用的数据间的相互转化。

(3) 文件处理层: 负责把文件中的数据载入内存中。

(4) 通用层: 它维护整个系统运行过程中的各种数据结构, 并提供一些通用的方法。

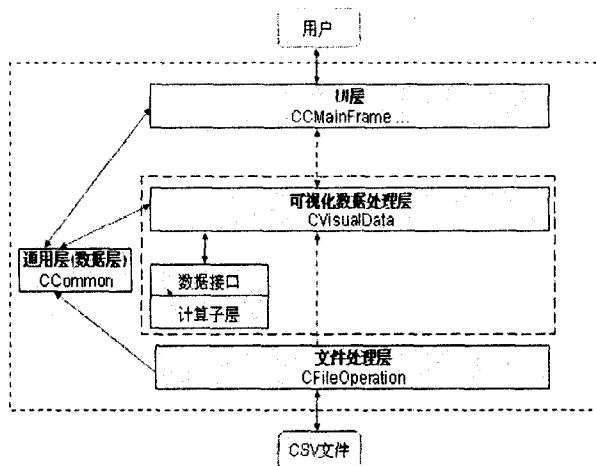


图 1 系统结构

在图 1 中可以看到, UI 层、可视化数据处理层、文件处理层之间是用虚线连接的, 这是因为这三个层次间并没有实际的数据流, 它们之间的数据交换都是通过共享通用层维护的数据来实现的, 这样做的目的是为了减小系统的开销, 因为这三个层次之间传递的数据流是相当庞大的。

以图所示的系统结构图为框架, 利用 Visual C++ 6.0 和 MatLab6.5 设计实现了一款物流路径优化软件。

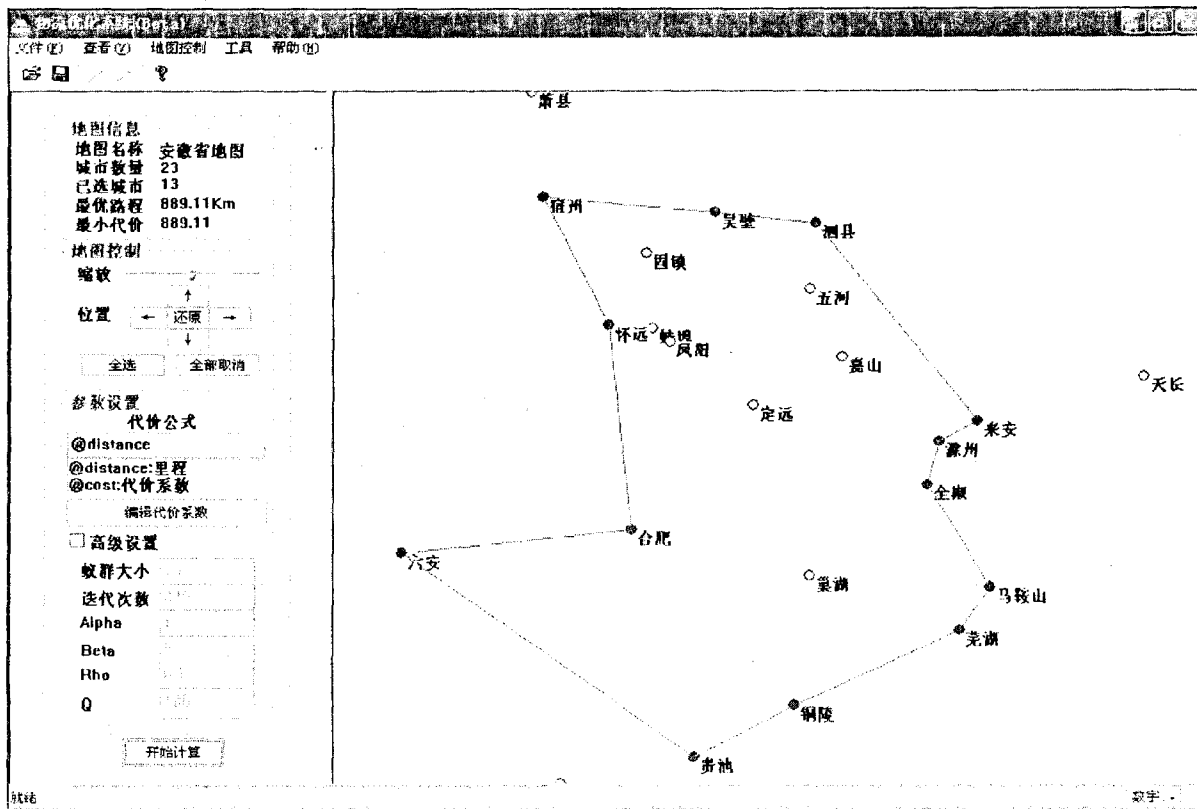


图 2 路径优化结果图

(下转第 219 页)

可以很方便地访问到边缘服务器上的多媒体教学信息。当然,边缘服务器也可以通过网络(卫星网、有线电视网、Internet 网)媒介将信息传送到每个用户的 STB 端,STB 端通过网孔与各种接入网相连,信息经过 STB 端认证处理后,IPTV 用户就可以收看(听)来自边缘服务器上的多媒信息服务了。

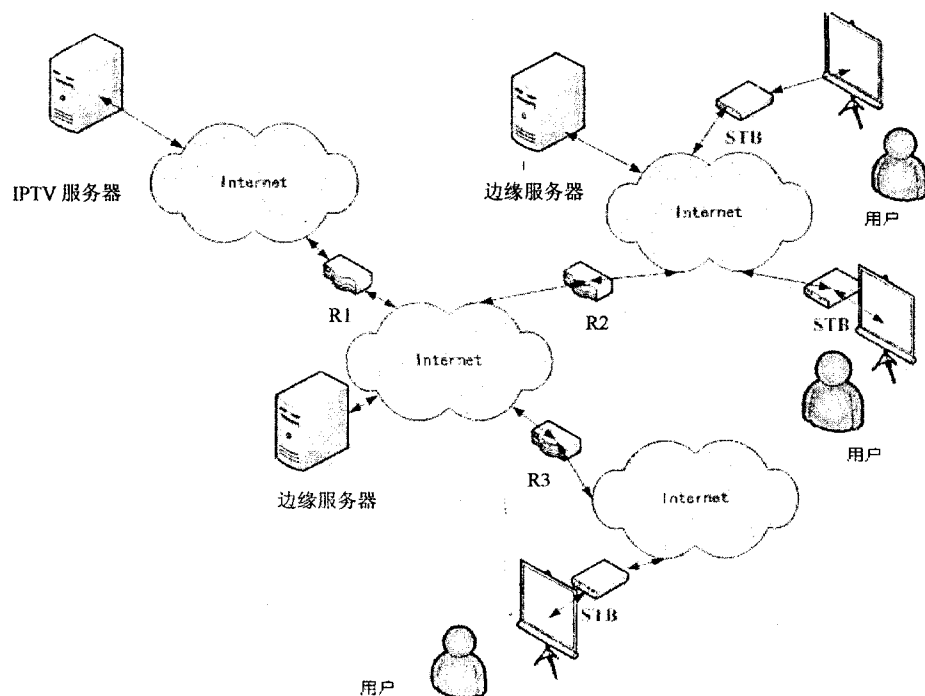


图2 IPTV 平台运行的网络拓扑结构图

#### 4 结束语

由于 IPTV 最直接的用户是宽带用户和电视用

户,这就决定了它的覆盖面将会远大于互联网,加之操作简单的特点又更容易被受众群体所接受。这就是说,IPTV 为网络远程教育提供了教育对象、教育时空、教育资源的广泛性,为大众的终生学习、个性化学习提供了更大的发展空间。因此,有信心和理由相信,IPTV 技术环境下的网络远程教育正在开辟一个全新的教育领域,其应用前景十分广阔。

#### 参考文献:

- [1] 王德泽,卢红燕,付贤军.关于 IPTV 的思考[J].西部广播电视,2006(8):13-14.
- [2] 王坚. IPTV 关键技术简述[J].中国有线电视,2006(22):79-81.
- [3] 姚宽勇. IPTV 及相关技术[J].中国有线电视,2006(19/20):22-24.
- [4] 郭建才.网络电视在远程教育中应用[J].中国电化教育,2000(8):55-56.
- [5] 詹青龙.关于现代远程教育的现状与展望[J].电化教育研究,2001(7):38-40.
- [6] 王风华,张新艳.关于网络教育现状及发展的调研分析[J].中国远程教育,2001(10):22-23.
- [7] 马凤霞,徐鲁.基于 IP/TV 技术的电力远程培训系统设计与应用[J].华东电力,2006(12):89-90.

(上接第 214 页)

#### 5 结束语

图2为系统运行的一个路径选择优化结果。从图中可以看出系统选择的是一个依附在所选城市边缘的环状路径,由于所选用的代价只是两个城市间的距离,根据经验知道这类环状路径一般来说是较优的<sup>[6]</sup>。通过该软件的应用,用户可以很容易得到他所期望代价的最优路径而不必关心繁杂的计算过程,与同类软件相比,本系统据有较大优势,如在一定程度上克服遗传算法在局部搜索能力方面的不足和爬山算法在全局搜索能力方面的不足,从而得到质量较高的解和较快的收敛速度。

此外,本系统设计实现了比较完善底层功能(包括核心算法的代码以及数据接口等),在将来有需求的时候可以很容易地进行二次开发而使其商业化。

#### 参考文献:

- [1] Dorigo M, Caro G D. The ant colony optimization Meta-heuristic[M]//New Ideas in Optimization. [s. l.]: [s. n.], 1999:1-27.
- [2] Dorigo M, Bonabeau E, Theraulaz G. Ant algorithms and stigmergy[J]. Future Generation Computer Systems, 2000, 6(16):851-871.
- [3] Dorigo M, Gambardella L M. Ant colonies for the traveling salesman problem[J]. BioSystems, 1997, 43:73-81.
- [4] 陈骏坚,李腊元.用新型蚂蚁算法求解 QoS 问题[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2005,29(3):342-345.
- [5] 张纪会,高齐圣,徐心和.自适应蚁群算法[J].控制理论与应用,2000(5):181-182.
- [6] Jayaraman V K, Kulkarni B D, Karale S, et al. Ant colony framework for optimal design and scheduling of batch plants[J]. Computers and Chemical Engineering, 2000, 7(24):1901-1912.