

基于改进遗传算法的网格资源调度研究

任颖¹, 李华伟^{1,2}, 吕红¹, 吕海燕¹, 赵媛¹

(1. 海军航空工程学院, 山东 烟台 264000, 2. 山东商务职业学院, 山东 烟台 264001)

摘要: 网格资源调度问题是一个 NP 问题, 遗传算法可以有效地解决这类问题。针对基本遗传算法收敛速度慢的不足, 提出了一种改进的遗传算法。该算法采用资源与任务一一对应实数编码方法, 更好地适应了任务调度问题的特点。实验数据证明, 改进后的遗传算法即具有全局搜索能力, 又具有较快的收敛速度及较好的性能。该实验达到了以实现网格任务调度的最优跨度为目标的实验目的。

关键词: 网格; 资源调度; 改进遗传算法

中图分类号: TP393

网格是把地理位置上分散的资源集成起来的一种基础设施, 其目标是实现网络虚拟环境上的高性能资源共享和协同工作, 共同完成一些缺乏有效研究办法的重大应用研究问题^[1]。网格资源具有异构性、动态性和自治性等特点^[2], 如何对网格中的资源进行合理配置和管理是网格技术研究的一个难点。显然, 网格资源的配置问题是一个 NP 完全问题。在以往的研究中, 已经产生了许多任务调度算法, 如 Min - Min 算法^[3]、Max - Min 算法^[4]、遗传算法^[5-6]、模拟退火算法^[7]等, 这些算法已被广泛用于网格调度中。其中遗传算法作为一种有效的启发式全局随机搜索算法^[8], 避免了局部最小问题, 能够得到更满意的结果。本文提出一种改进的遗传算法解决网格资源任务调度的问题。

1 问题描述

任务调度是个研究热点问题。网格环境的动态性、异构性等使得网格中的调度变得非常复杂, 采用何种策略能使任务调度的效率最高, 是任务调度中的关键问题。

下面先介绍网格任务调度模型:

网格任务调度的形式化描述如下: 在某网格环境中, 需要调度的任务总数为 n , 可用的资源总数为 m 。其中 n 个任务为 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ 和 m 个资源为 $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$, 把 n 个任务通过某种适合的方式调度到 m 个资源(主机或集群)上去, 使得总任务的完成时间最小, 并且尽可能提高资源的利用率以及网络的整体性能。

假设某一个大型的计算程序已经被分解为若干个任务, 所有任务间相互独立。每个任务在每一个

资源上执行的时间随机产生。任务处理采取批处理模式, 有一台计算机统一调度任务。下边做如下定义:

定义: P 为一个调度策略, $Q_p(r_j)$ 表示在策略 P 中, 资源 r_j 完成所有任务花费的总时间。 $Q(P)$ 表示完成整个调度花费的总时间, 它是完成所有任务花费的总时间中的最大值。即 $Q(P) = \max [Q_p(r_j) \forall i(1 \leq i \leq n)]$ 调度目标是 $\min [Q(P)]$, 即找到一个策略使得 $Q(P)$ 最小。

其中, m 是资源总数, r_j 表示第 j 个资源; n 是任务总数, t_i 表示第 i 个任务。矩阵 E_j 表示任务 t_i 在处理器 r_j 上的运行时间。

$$E = \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & \dots & E_{1m} \\ E_{21} & E_{22} & \dots & E_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_{n1} & E_{n2} & \dots & E_{nm} \end{bmatrix}$$

2 改进遗传算法资源调度

2.1 编码

编码是设计遗传算法的一个关键步骤。其将任务和资源间的映射关系使用某种编码方式来表示。编码方式影响到交叉算子、变异算子等遗传算子的运算方式, 很大程度上决定了遗传进化的效率^[9]。本文采用间接编码方式, 对每个子任务占用资源编码。染色体的长度等于所有任务的数量, 染色体的每一位位置编码代表任务的编码, 对应的正整数表示任务占用的资源, 见表 1。

表 1 实数编码方式

t_1	t_2	t_3	...	t_n
r_1	r_2	r_3	...	r_m

其中, t_i 表示任务的编码, r_j 表示任务 t_i 执行占用资源的编号。在产生初始种群时, 每一个染色体中的资源编码 r_j 都是随机产生的, 经过交叉、变异算子后, 任务 t_i 可能占用任何一个可用的资源, 所以最优解一定对应某一个染色体编码。例如, 将 8 个任务分配到 3 个资源上, 染色体长度为 8, 每个基因值为随机产生的 3 个资源编号, 如随机产生下面一个染色体编码: $\{r_1, r_2, r_3, r_2, r_1, r_2, r_3, r_1\}$ 。

则该染色体代表第一个任务在第一个资源上运行, 第二个任务在第二个资源上运行, …第八个任务在第一个资源上运行。

2.2 适应值计算

遗传算法在进化搜索中基本不利用外部信息, 仅以适应度函数为依据, 利用种群中每个个体的适应度值来进行搜索。适应度函数定义^[10]为:

$$f_i = S - Q_p(r_j)$$

式中: S 为所有任务在资源中执行所需时间最大值的总和。即等于每一个任务在每个资源上执行所需的最大时间之和。可由矩阵 E 求得。式中所有任务完成所用时间 $Q_p(r_j)$ 越大, 适应度值越小, 则染色体被选为母体的可能性越小^[11]。

2.3 选择操作

先计算单个染色体的适应度值 f_i , 并将适应度最高的染色体直接复制到下一代; 计算单个染色体的存活概率 $p_i = f_i / \sum_{i=1}^n f_i$, 本文采用轮盘赌选择法对染色体进行选择, 选中的染色体保留到下一代, 否则被淘汰。

2.4 交叉

交叉概率 P_c 决定了交叉算子的使用频率。其取值范围一般取值为 0.25 ~ 1.00 之间。交叉概率越高, 群体新结构的引入越快, 同时已获得的优良基因结构的丢失速度也相应升高, 而交叉概率太低, 则可能导致搜索阻滞, 本文取交叉概率 P_c 值为 0.60。

2.5 变异

变异概率 P_m 影响着群体的多样性。变异概率太小往往使得群体中缺乏的等位基因难以恢复, 太大则使变异操作成为随机行为。变异概率的选取一般受种群大小、染色体长度等因素的影响, 本文取变异概率 P_m 为 0.02。

由于采用资源 - 任务间接编码方式, 交叉和变异算子生成新染色体的过程实际上是对任务占用资源的重新分配, 由于每个任务可以在资源上执行, 所以经过交叉和变异操作后的染色体串依然是一个任务在资源上的执行过程, 具有现实意义。

3 仿真实验

本文的实验是在网格模拟器 Gridsim 中进行的。采用资源 - 任务的一一对应的实数编码方式, 选择操作采用轮盘赌策略。所有的任务在各个资源上的执行时间为 1 ~ 50 间的随机数。具体参数设定如下: 解的群体规模为 50, 交叉和变异概率分别为 0.6 和 0.02, 最大进化代数设置为 400。

实验分别给出了基于 3 个资源、4 个资源和 5 个资源情况下, 系统分配 30 个、60 个任务调度执行的模拟。利用遗传算法得到的执行时间和进化代数的结果见表 2。

表 2 实验结果

资源个数	任务个数	完成时间	进化代数
3	30	181	35
3	60	345	119
4	30	162	28
4	60	305	106
5	30	135	24
5	60	258	80

从表 2 中可以看出: 当任务个数为 30 个时, 随着资源个数的增加, 算法完成时间总体上值是下降的, 而得到最优解的最大进化代数也提前。当任务个数为 60 个时, 随着资源个数的增加, 算法完成时间的值减少幅度较大, 得到最优解时的进化代数提前的幅度较任务个数为 30 时得到最优解时代数的提前幅度显著增加。

4 小结

采用了资源与任务一一对应的实数编码方法对网格任务进行调度, 实验数据证明了改进后的遗传算法即具有全局搜索能力, 又具有较快的收敛速度, 具有较好的性能。

参考文献:

- [1] Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The anatomy of the grid: enabling scalable virtual organizations [J]. International Journal of Supercomputer Applications, 2001, 15 (3): 200-222.
- [2] 罗宇平. 基于 Min2Min 改进后的网格调度算法 [J]. 微电子学与计算机, 2009, 26 (3): 86-88.
- [3] Alhusaini A H, Prasanna V K, Raghavendra C S. A framework for mapping with resource coallocation in heterogeneous computing systems [C] // Proc. Of 9th Heterogeneous Computing Workshop. Mexico, Cancun, 2000: 273-286. (下转第 60 页)

(上接第 23 页)

- [4] Moreno R J. Scheduling and resource management techniques in dynamic grid environments [C]//1st European Across Grids Conference, Santiago, 2003.
- [5] Vincenzo D M, Miliotti M. Sub - optimal scheduling in a grid using genetic algorithm [J]. Parallel Computing, 2004, 30(5/6): 553-565.
- [6] 林剑柠, 吴慧中. 基于遗传算法的网格资源调度算法 [J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(12): 2195-2199.
- [7] Abraham A, Buyya R. Nature's heuristics for scheduling jobs on computational grids [C]//The 8th Int'l Conf on Advanced Computing and Communications (ADCOM 2000), Cochin, 2000.
- [8] 王小平, 曹立明. 遗传算法理论、应用与软件实现 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.
- [9] W Nicolls. Implementing Company Classification Policy with the S/MIME Security Label [EB/OL]. 2002. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3114.txt>.
- [10] 王万良, 吴启迪. 生产智能调度算法及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 123-126.
- [11] 钟求喜, 谢涛, 陈火旺. 遗传算法中解个体的生存策略 [J]. 工程与科学, 2000, 22(1): 14-17.