

基于遗传算法和微粒群算法的群体动画造型平台

王爱霖 刘弘 张鹏

(山东师范大学信息科学与工程学院 济南 250358)

(山东师范大学山东省分布式计算机软件新技术重点实验室 济南 250014)

摘要 动漫制作经常需要大量的个体模型。为了解决群体造型的效率性和仿真度问题,提出了基于遗传算法和微粒群算法的群体造型方法——NGP算法,利用该算法实现由一个复杂模型生成复杂模型群体的过程。遗传算法适用于同一类群体的造型,对每种部件应用这种方法形成各种各样的部件库;微粒群算法适用于对复杂模型的部件进行组合,采用这种方法对各部件进行组合优化,以形成模型群体。实现了基于NGP算法的群体动画造型平台。实验结果表明,平台生成的群体仿真度高,且生成过程效率高。

关键词 仿真,群体造型,遗传算法,微粒群算法

中图分类号 TP391.7 **文献标识码** A

Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization Based Animation Group Modeling Platform

WANG Ai-lin LIU Hong ZHANG Peng

(School of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250358, China)

(Shandong Provincial Key Laboratory for Distributed Computer Software Novel Technology, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract Animation production often requires a lot of individual model. In order to solve the problem of group modeling efficiency and simulation, population modeling method based on genetic algorithm and particle swarm algorithm——the NGP algorithm was proposed. The algorithm achieves the process of group cartoon model generated by one cartoon model. Genetic algorithm is applied to groups of the same type of modeling, applying this method for each component to form a variety of component libraries. Particle swarm algorithm is applied to the combination of the components of the complex models, combinatorial optimization of the various components in this algorithm, the formation of the model groups. Animation modeling platform based on the NGP algorithm was achieved. The experiment show the generated model has a high degree of simulation, and the generation process is quick.

Keywords Simulation, Group modeling, Genetic algorithm, Particle swarm optimization

1 引言

在动漫作品中,经常会看到大规模群体的动画,比如鱼群在水里游动、人群穿过广场,这类群体动画需要大量的模型。这些模型如果由动画设计者逐个设计,会浪费巨大的劳动力;如果通过复制的方法设计会使模型过于单一,达不到仿真的要求。针对动漫群体造型过程中对效率和仿真度的要求,前人做了大量的研究。

复杂模型是由几个简单部件组成的模型,在进行复杂模型群体造型过程中要求:a.各部件的外形不完全相同,b.各部件的组合方式不完全相同。文献[1]生成的模型群体虽然形态各异但是模型过于简单,对由多个部件组成的复杂模型不适用;文献[2]生成的模型虽然是由多个部件组成的复杂模型,但是每个手机部件的形态没有变化。文献[1]利用遗传算法生成的鲨鱼群体模型有的眼睛大,有的嘴巴突出,有的尾鳍尖,有的身体长,适用于简单模型群体的造型,对部件应用这

种方法形成部件库(条件a);文献[2]利用微粒群算法生成的手机模型有的屏幕大,有的按键大,有的数字键排列两边,有的数字键排列在下,适用于对复杂模型的部件进行组合,对部件库中的部件应用这种方法形成模型群体(条件b)。

本文鉴于遗传算法在鲨鱼群体造型和微粒群算法在手机创新设计中表现出来高仿真性和高效率的优势,并针对上述两种造型方法的缺陷,结合两种算法提出了基于遗传算法和微粒群算法的新型群体造型方法NGP,N代表new,G代表genetic algorithm,P代表particle swarm optimization,并以复杂模型——卡通人物为例,实现了基于遗传算法和微粒群算法的群体造型平台。

2 基于遗传算法和微粒群算法的群体造型方法——NGP算法

2.1 遗传算法

遗传算法是模拟适者生存的进化规律来搜索最优解的方法。

到稿日期:2012-04-20 返修日期:2012-08-26 本文受国家自然科学基金(60743010,60970004),山东省自然科学基金(ZZ2008G02),山东省高等学校科技计划(J11LG32)资助。

王爱霖(1987—),女,硕士生,主要研究方向为协同设计、ACIS造型技术,E-mail:wangailin870429@126.com;刘弘(1955—),女,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为分布式人工智能、软件工程及计算机辅助设计等;张鹏(1989—),男,硕士生,主要研究方向为群体智能算法。

遗传算法的基本流程如下:

- 1) 初始化: 进化代数, 交叉概率, 变异概率, 随机生成一定规模个体作为初始群体。
- 2) 计算群体中各个个体的适应度值。
- 3) 选择操作: 依据个体的适应度值选择一定数目的个体直接遗传到下一代。
- 4) 交叉操作: 依据交叉概率把两个父代个体的部分结构加以调换而生成新的个体。
- 5) 变异操作: 依据变异概率把个体的某些基因作变动得到下一代群体。
- 6) 若达到最大进化代数, 则输出进化过程中具有最大适应度的个体; 否则转到 3)。

遗传算法近年来被广泛应用于组合优化^[3]、机器学习^[4]和自适应控制^[5]等领域, 研究表明遗传算法应用广泛、并行性强、收敛速度快、可扩展性强。

2.2 微粒群算法

微粒群算法最初是为了模拟鸟群优美的群体运动。在实际应用中, 微粒群初始化为 D 维搜索空间中的 n 个随机粒子, 每个粒子根据它自身的经验(个体最优位置 p_{best})和相邻粒子群的最优经验(群体最优位置 g_{best}) 在问题空间中搜索最优解, 向更好的位置“飞行”。设第 i 个粒子的位置用 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$ 表示; 第 i 个粒子的历史最优位置用 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$ 表示, 也称 p_{best} ; 粒子群的历史最优位置用 $P_i = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD})$ 表示, 也称 g_{best} ; 第 i 个粒子的速度用 $V_i = (v_{g1}, v_{g2}, \dots, v_{gD})$ 表示。粒子进行变化(“飞行”)的公式如下:

$$v_{id}(t+1) = \omega v_{id}(t) + c_1 r_1 [p_{id}(t) - x_{id}(t)] + [p_{gd}(t) - x_{id}(t)] \quad (1)$$

$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1) \quad (2)$$

式中, $1 \leq i \leq n$; $1 \leq d \leq D$; ω 为惯性权重; c_1, c_2 为正常数, 称为加速因子; r_1, r_2 为两个在 $[0, 1]$ 范围内变化的随机数, 称为惯性因子。

微粒群算法的基本流程如下:

- 1) 初始化: 初始化微粒的初始位置和初始速度, 种群规模 N , 加速度常数 c_1, c_2 , 惯性权重 ω , 算法结束条件等。
- 2) 计算每个粒子的适应度值 $fitness$ 。
- 3) 将每个微粒的适应度值与其历史最优位置 p_{best} 比较, 如果优于 p_{best} , 则用微粒的适应度值替代 p_{best} 。
- 4) 将每个微粒的适应度值与群体历史最优位置 g_{best} 比较, 如果优于 g_{best} , 则用微粒的适应度值替代 g_{best} 。
- 5) 用式(1)、式(2)更新每一个粒子的速度和位置。
- 6) 如果达到最大迭代次数或达到足够好的适应度值, 则停止迭代, 输出当前粒子的最优位置, 否则转到 3)。

微粒群算法由于其个体数目少、计算简单、鲁棒性强的优点得到研究人员的关注和研究, 主要用于解决布局优化问题^[6]和 TSP 问题求解^[7], 研究表明微粒群算法的计算速度明显高于其他算法。

2.3 NPG 算法

为了解决复杂模型群体造型中的效率和仿真问题, NPG 算法对遗传算法和微粒群算法进行了改进, 并将两者结合起来。算法主要有两个过程, 遗传算法过程和微粒群算法过程。遗传算法过程将一个模型分成几个部件, 对每个部件的 NURBS 结构线进行选择、交叉、变异操作, 选择操作使部件库中的优良基因遗传下去; 交叉操作使生成的部件包含更多

的优良基因; 变异操作用来保证部件个体的多样性, 最后形成部件库。微粒群算法过程对部件库里部件的空间位置与体积进行调整, 空间位置的调整使生成的模型符合该类模型的结构特点, 体积的调整使模型各部件大小比例变化, 保证了各部件组合上的多样性, 从而形成形态各异的复杂模型群体。

NGP 算的基本流程如下:

- 1) 对模型的各个部件调整 NURBS 结构线, 形成部件初始群体。
 - 2) 对每种部件的初始群体利用遗传算法, 形成部件库。
 - 3) 对部件库中的部件进行几次随机排列, 形成初始模型群体。
 - 4) 对初始模型群体利用微粒群算法, 形成模型群体。
- 其中 1)、2) 为遗传算法过程, 3)、4) 为微粒群算法过程。

以卡通人物动漫造型为例, 将一个人物模型分成头部、上半身、下半身 3 个部件。遗传算法对各部件的 NURBS 结构线进行调整, 生成部件库, 比如头部部件库中的模型有的嘴巴大, 有的鼻子高; 微粒群算法对部件的空间位置与体积进行调整组成人物模型, 生成的模型有的头部大, 有的身体大, 且各部件的放置位置符合人体结构。

3 基于 NPG 算法的群体造型平台的实现

3.1 平台应用技术说明

本平台使用动画设计软件 Maya 进行群体造型, 采用 Maya 自带的嵌入式脚本语言 MEL 进行编程, 使用的面板如图 1 所示, 用户可以自行设置其中的各项参数, 数据库使用 SQL Server 2005。

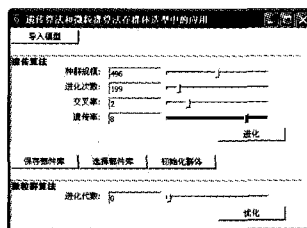


图 1 程序面板

NURBS 是非均匀有理 B 样条曲线的英文缩写, 是 Maya 中常用的一种表面类型, 本文遗传算法过程采用这种表面类型造型的原因是其使用数学函数描述模型表面的曲线(也称结构线), 可以在对结构线进行放大或缩小的过程中移动结构线上的控制顶点, 以调节模型表面形状。

在对 NURBS 模型利用遗传算法生成卡通人物身体部件库之前首先作如下定义。

定义 1(r_i) 模型第 i 条结构线上每个控制点与该条结构线中心点距离的平均值。

定义 2($Current_i$) 模型第 i 条结构线的半径 r_i 与其第一条结构线的半径 r_1 的比值。

定义 3($Best_i$) 最优模型第 i 条结构线的半径 r_i 与其第一条结构线的半径 r_1 的比值。

对各模型的结构特征进行分析, 总结出各部件在微粒群算法过程中用到的主要参数, 如表 1 所列。

表 1 卡通人物部件参数表

部件	上下比	上边长	边高	边宽	重心竖轴
头部	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
上半身	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
下半身	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}

定义 4(上下比) 部件模型的立体包围盒的上边长与下边长的比值。

表 1 中的 x_1 到 x_{15} 相当于微粒群算法中的第 i 个粒子的位置 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i15})$ 。同样微粒群算法第 i 个粒子的历史最优位置用 $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{i15})$ 表示, 也称 p_{best} ; 粒子群的历史最优位置用 $P_i = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{g15})$ 表示, 也称 g_{best} ; 第 i 个粒子的个参数变化速度用 $V_i = (v_{g1}, v_{g2}, \dots, v_{g15})$ 表示。

配置方式和尺度变化是微粒群算法造型过程中人物模型的两个主要的变化因素。配置方式是指选取部件对人物模型进行组合的方式, 在本文中相当于 2.3 节第 4) 步进行的操作; 尺度变化是指配置方式各部件在尺度上的变化, 在本文中相当于对表 1 中的数据进行微粒群操作。

由于人物模型要兼顾仿真和审美等各方面的要求, 因此在生成任务群体过程中要满足以下几个约束: 1) 各部件的选择相互独立; 2) 各部件尺寸及 3 种部件高度之和 ($x_3 + x_8 + x_{13}$) 在一定范围内变化; 3) 各部件在三维空间中的位置不能重叠也不能形成间隔。

3.2 平台应用技术说明

1. 选取原始头部模型中对头部模型影响较大的线作为结构线, 并将其作为最优模型复制出 $population$ 套最优模型, 放大或缩小每套结构线中的每条结构线, 期间移动结构线上的控制点, 生成 $population$ 个形状各异的初始群体。

2. 遗传算法

(1) 根据面板中的值初始化种群规模 $population$, 进化代数 N , 交叉率 $P_{crossover}$, 遗传率 $P_{mutation}$;

(2) 根据适应度公式(3), 计算每个模型的适应度值。

$$fitness = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{|Best_i - Current_i|}{Best_i}} \quad (3)$$

(3) 选择适应度值的前两个模型直接作为下一代群体的模型。

(4) 选择两个模型进行 $P_{crossover} * population/2$ 次交叉操作, 将交叉生成的模型作为下一代群体的模型。

(5) 从(3)、(4)得到的模型中选择一个模型进行 $P_{mutation} * population$ 次变异操作, 经过(3)、(4)、(5)得到一个新的群体。

(6) 如果没有达到迭代次数 N , 返回(2); 反之生成一个形态各异的头部模型库, 如图 2 所示。



图 2 头部部件库

3. 分别对原始上半身模型和原始下半身模型应用上述方法形成上半身模型库和下半身模型库, 留待下面对这 3 种造型进行组合生成卡通人物模型群体使用。

4. 对各部件库中的部件进行随机排序, 并将其分别标号为 $H_1, H_2, \dots, H_{population}$ (头部模型), $B_1, B_2, \dots, B_{population}$ (上半身模型), $L_1, L_2, \dots, L_{population}$ (下半身模型), 将下标相同的不同部件进行组合生成 $population!$ 个完整的人物模型组成原始群体。

5. 微粒群算法

(1) 将当前模型设置为最优模型, 初始化微粒的初始位置和初始速度、加速度常数 c_1, c_2 、惯性权重 w , 在面板中设置迭代次数 M 。

(2) 根据适应度公式(4), 计算每个粒子的适应度值 $fitness$, 公式的第一项用来调整部件的形状, 后几项调整用来调部件的空间位置使其符合约束条件 3)。

$$fitness = \frac{\sum_{k=1}^{15} (x_k - p_k)}{15} + (\frac{x_2}{2} + \frac{x_6}{2}) - (x_8 - x_4) + (\frac{x_6}{2} + \frac{x_{10}}{2}) - (x_{12} - x_8) \quad (4)$$

(3) 将每个微粒的适应度值与其历史最优位置 p_{best} 比较, 如果优于 p_{best} , 则用微粒的适应度值替代 p_{best} 。

(4) 将每个微粒的适应度值与群体历史最优位置 g_{best} 比较, 如果优于 g_{best} , 则用微粒的适应度值替代 g_{best} 。

(5) 用式(1)、式(2)更新每一个粒子的速度和位置。

(6) 如果达到最大迭代次数 M , 则停止迭代, 输出当前粒子最优位置, 并根据约束条件更新空间位置, 否则转到(2)。

6. 至此生成形态各异的人物模型如图 3 所示, 多次执行步骤 4、步骤 5 的操作会生成更多不同的模型。



图 3 人物群体模型

结束语 本平台利用 NGP 算法解决了复杂模型群体造型中的效率和仿真度问题, 在微观上利用遗传算法对复杂模型的组件形状进行变化、进化, 形成部件库, 在宏观上利用微粒群算法对各个组件的排列、形状进行变化、优化, 使群体模型具有较高的仿真度; 将生成的群体模型利用群智能算法进行群体路径自动规划^[8], 生成逼真的群体动画, 大大提高了动画制作的效率。NGP 算法适用于较复杂的模型的群体造型, 如果将模型各部件更加细化, 可以生成更加逼真的、多种多样的群体模型, 从而具有更高的仿真度。

本文以卡通人物群体造型为例研究了利用 NGP 算法解决群体造型的流程和实现平台, 下一步的工作是研究 NURBS 模型的结构线提取方法和将模型各部件更加细化来增加模型群体的差异度, 以实现与现实世界的更好的模拟。

参考文献

- [1] 李媛媛, 刘弘. 基于遗传算法的 NURBS 模型群体生成方法[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(1): 38-41
- [2] 袁希, 刘弘. 微粒群算法在产品组件布局中的应用[J]. 计算机应用, 2007, 27(9): 2349-2352
- [3] 李东, 潘志松. 一种适用于大规模变量的并行遗传算法研究[J]. 计算机科学, 2012, 39(7): 182-204
- [4] Battiti R. Brain-Computer Evolutionary Multiobjective Optimization: A Genetic Algorithm Adapting to the Decision Maker [J]. IEEE transactions on evolutionary computation, 2010, 14 (5): 671-687
- [5] Yan Y-M, Zhou J, Lin Y-L, et al. Adaptive optimal control model for building cooling and heating sources [J]. Energy and Buildings, 2008, 40(8): 1394-1401
- [6] Samarghandi H, Taabayan P, Jahantigh F F. A particle swarm optimization for the single row facility layout problem [J]. Computers & Industrial Engineering, 2010, 58(4): 1028-1033
- [7] 范承志. 关于 TSP 问题的演化算法研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2007
- [8] 聂晶, 刘弘, 王琪. 基于粒子群算法的群体路径生成方法研究与实现[J]. 计算机应用, 2010, 30(2): 461-464