

文章编号:1001-9081(2010)02-0461-04

## 基于粒子群算法的群体路径生成方法研究与实现

聂晶,刘弘,王琪

(山东师范大学 信息科学与工程学院, 济南 250014)

(njtxhd2008@163.com)

**摘要:**对群体行为进行模拟一直是计算机图形学方面的研究热点,如何表现出个体运动的独立性和群体运动的整体性是群体行为模拟的困难所在。首先对群体行为进行分析,然后将粒子群算法的群体智能性用于群体路径生成中,既使用了粒子群算法初始生成思想,又针对不同的群体行为进行了修改,从而产生一种新的能够快速完成群体路径生成的方法和手段。

**关键词:**粒子群算法;群体行为;路径生成;跟随路径;避障路径

**中图分类号:** TP182 **文献标志码:** A

## Research and implementation of group path generation based on particle swarm optimization

NIE Jing, LIU Hong, WANG Qi

(School of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan Shandong 250014, China)

**Abstract:** Simulating group behavior is always a hot issue in computer graphics. The difficulty is how to show the independence of individual and the wholeness of group. This paper analyzed group behavior, and then used the group intelligence of Particle swarm optimization (PSO) into the path generation. It not only used the initial idea of PSO, but also modified PSO according to the different group behavior. Then it created a new method to generate group path quickly.

**Key words:** Particle Swarm Optimization (PSO); group behavior; path generation; follow path; avoidance path

### 0 引言

在动画制作领域,群体的模拟一直不断接受新的挑战。在制作过程中,如果群体中个体数量较少,动画师还可以对每个个体行为进行设置,但是如果个体数量太多,动画师就需要付出繁重的劳动,因为这不仅要求群体的运动协调一致,而且要求个体分别具有独特的运动轨迹<sup>[1]</sup>,手动创建每个个体运动路径,不仅不逼真,而且实现的代价和成本太大,效果不理想。

群体模拟的研究最早是在1987年Reynolds<sup>[2]</sup>提出的一个集群行为计算模型,其中的个体能通过感知局部环境信息来决定在给定的时间采取何种行为。Thalman<sup>[3]</sup>使虚拟角色具有仿真的简单视觉、触觉和听觉感受器,能够完成诸如跟随领导者、相互致意甚至玩球类游戏等任务。涂晓媛等人<sup>[4]</sup>提出了基于自然生命模型的动画自动生成方法,把鱼作为自激励的自主智能体,创作了生动逼真的人工鱼群。国内浙江大学对群体动画的研究和运动捕捉技术相结合,提出了基于多自主智能体的群体动画创作框架。但以往这些工作都通过建立复杂的生成模型来生成角色运动,这些模型的构建非常复杂,制作过程计算量大、周期长,大都难以满足动画制作的需求。

粒子群算法是1995年由Kennedy和Eberhart提出的一种基于群体的演化算法,它借鉴了鸟群或鱼群捕食过程的社会行为,是一种有别于遗传算法的进化计算技术<sup>[5]</sup>。本文利用粒子群算法的群体智能性将其用于群体动画路径生成,既使用了粒子群算法初始生成思想,又针对不同的群体行为对其进行了修改,从而产生一种新的能够快速完成群体动画路径生成的方法

和手段。模拟实验证明,生成的路径可以直接用于角色的运动上,这样就可以使设计师工作大大减少,从而专注在主要角色的设计和场景的设计上。

### 1 相关研究

#### 1.1 群体模拟

群体模拟的研究在电脑动画的领域已经有多年的研究发展,最具代表性的研究便是Reynolds在1987年提出的类鸟群模拟<sup>[2]</sup>。其主要方法在于使用三种力:排斥力、凝聚力、对齐力,使得类鸟群得以维持相同的速度与间距,呈现群体式的运动。Reynolds于1999年将原本的模型做延伸,赋予自主性个体更多的区域性规则,如找寻、躲避、追逐、漫游等,当这些行为被整合起来后,便可产生相当复杂的群体行为<sup>[6]</sup>。

1994年出现的“晓媛的鱼”<sup>[4]</sup>是智能角色动画的典型代表,涂晓媛博士使用计算机动画的人工生命方法,将鱼作为自激励的自主智能体,创作出生动的鱼群动画。其设计的人工鱼模型包括生物力学模型、几何显示模型、感知模型、动机模型和行为选择机制,并被赋予内心的状态,如:性欲、饥饿感、恐惧感等。鱼群可随时间及环境而改变,自动产生各种不同的拟真行为。

但是,类似的群体模拟都是在高端图形工作站上运行的,并且可能有时只是为了实现几秒的群体运动,为每个动画角色构建生物力学模型不仅理论难度大,而且运行时计算机运算量也很大,极大地影响了动画创作的实时性<sup>[7]</sup>。因此,针对动画制作的简单性和高效性要求,本文设计实现了一种方

收稿日期:2009-08-01;修回日期:2009-09-16。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60743010);山东省自然科学基金重点项目(Z2008G02)。

作者简介:聂晶(1984-),女,山东烟台人,硕士研究生,主要研究方向:遗传算法、进化计算;刘弘(1955-),女,山东济南人,教授,博士生导师,主要研究方向:计算智能、CSCW、多Agent系统;王琪(1984-),男,山东德州人,硕士研究生,主要研究方向:进化艺术、进化计算。



个粒子对目标当前位置进行指定次数的迭代,能够很好地对目标进行跟随。但是,如果对目标当前位置迭代次数过多,花费的时间过长,本次迭代结束再次更新目标位置时,有可能会忽略掉目标运动的某些细节,如图2中虚线所示。经过多次实验,发现跟随运动中对于目标每次更新的位置,粒子每次迭代50~100次,就能够比较好地跟随目标点,同时可以保持目标运动的细节。

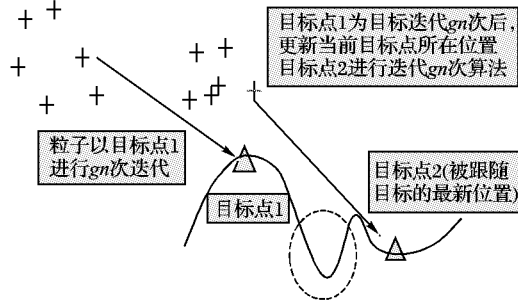


图2 每次迭代次数过多的问题

### 2.3 碰撞避免

在群体行为中,碰撞检测不可避免,在 Maya 中如何利用其自身的脚本语言实现简单而有效的碰撞避免同样是一个重要的问题。

通过设定随机生成和成组生成两种障碍物类型障碍物的半径和个数,在输入的  $x, y, z$  各方向最大位移和目标点之间随机生成障碍物,同时记录障碍物的位置信息等参数,然后通过粒子群算法进行路径的规划。关于碰撞检测,考虑运算所需的代价和实时性的要求,使用了以下方法进行碰撞避免:

设碰撞物  $O$  的半径为  $r$ , 粒子  $i$  当前速度为  $\vec{v}(vx, vy, vz)$ , 当前位置为  $p(tx, ty, tz)$ , 本次迭代得到预计的下一位置  $p'(tx', ty', tz')$ , 计算粒子下一位置  $p'$  与碰撞物  $O$  之间的距离  $d$ , 如果  $d$  在规定的障碍物附近范围, 则说明粒子有可能碰撞, 就需要更改粒子的方向, 从而更新粒子的下一位置。设向量  $\vec{u}$  为粒子  $i$  当前位置  $p$  到障碍物中心  $O$  的向量, 向量  $\vec{k}$  为粒子  $i$  当前位置  $p$  到下一位置  $p'$  之间的向量, 需要求出与向量  $\vec{u}, \vec{k}$  共面并且垂直于  $\vec{u}$  的单位向量  $\vec{o}$ 。方法如下:

根据向量的右手定则和向量叉积的相关知识, 求得向量  $\vec{i}$  与  $\vec{m}$ 。

$$\vec{i} = \vec{k} \times \vec{u} \quad (4)$$

$$\vec{m} = \vec{u} \times \vec{i} \quad (5)$$

得到方向  $\vec{m}$  之后, 将其单位化  $\vec{o} = \vec{m} / |\vec{m}|$ , 便得到所需要的向量  $\vec{o}$ 。计算速度的模  $\vec{v} = \sqrt{vx^2 + vy^2 + vz^2}$ , 从而在单位向量  $\vec{o}$  方向移动  $|\vec{v}|$  的距离, 就是粒子更新的下一位置  $p'(tx', ty', tz')$ 。

图3中, 方框表示障碍物, 虚线表示碰撞检测的边界, 三角形表示该粒子的下一位置, 可以看出粒子  $i$  的下一位置进入的碰撞检测范围, 需要更改其运动的方向和该粒子下一位置, 获取与向量  $\vec{u}, \vec{k}$  共面并且垂直于  $\vec{u}$  的向量, 可以使其尽量不改变原来的运动方向, 并且避免碰撞, 从而能够更快地找到目标点。

对于群体中每个个体之间的碰撞避免, 首先计算粒子与目标点的距离, 然后再按照距离由小到大的顺序依次遍历每个粒子。对于每一个粒子, 首先计算当前粒子与其他所有粒子的距离, 如果某一粒子在当前粒子  $r$  的范围内, 则还需要检查该粒子与当前粒子的相对位置是否与当前粒子的速度方向相差  $\theta$  的角度, 如果夹角在  $\theta$  之内, 则采用与上面相同的避障方法, 对当前粒子的速度方向进行改变; 否则说明即使在当前

粒子  $r$  的范围内, 但是没有碰撞的可能, 继续即可。

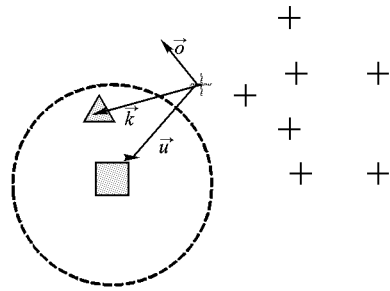


图3 计算向量  $\vec{o}$

### 3 群体路径的实现效果

本文使用 Maya 内置的命令和脚本语言——mel 语言实现了基于粒子群算法的群体路径生成插件。用户可以通过设置不同行为的参数, 动态地生成群聚、目标跟随、碰撞避免三种群体路径, 然后将各种角色绑定到生成的路径上, 就可以实现逼真的群体动画。图4为插件的参数控制界面。



图4 参数控制界面

以生成聚集路径效果为例, 基本参数设置选项卡中可以设置目标位置为  $(0, 0, 0)$ , 粒子各个方向的最大速度为  $(0.5, 0.5, 0.5)$ , 初始粒子的位置范围  $x$  方向  $(-30, 30)$ ,  $y$  方向  $(-30, 30)$ ,  $z$  方向  $(-30, 30)$ , 阈值为  $0.5$ , 算法本身需要的加速常数  $c_1$  为  $2$ ,  $c_2$  为  $2$ , 群聚路径选项卡中设置用户所需要种群数量为  $30$ , 对于目标每个粒子需要进行的迭代次数为  $100$ , 即可生成一随机的群聚路径, 效果如图5所示。按照图4中的关于跟随路径和避障路径的参数设置, 即可生成目标跟随效果图(如图6所示)和避障细节图(如图7所示), 图7中已选中路径具有比较典型的避障趋向。

### 4 结语

本文根据粒子群算法初始提出时的所具有的群体智能性, 再针对各种群体行为的特点, 对粒子群算法进行了修改从而真实的模拟群聚、目标跟随、碰撞避免三种群体行为, 实验结果表明该插件具有较好的可用性, 可以将各种动画角色绑定到生成的各种路径上, 从而方便的用于大型场景的群体动画制作当中。在以后的工作中, 将继续研究其他的群体行为特点, 从而找到快速和简便的方法对各种群体行为进行模拟。

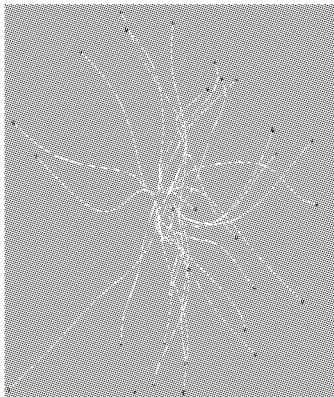


图5 聚集路径效果

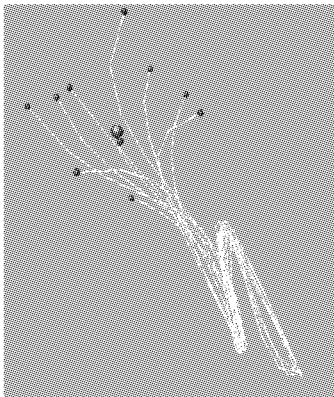


图6 目标跟随效果

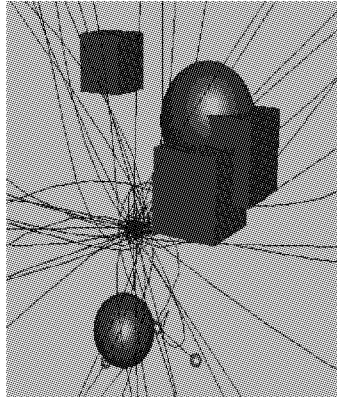


图7 避障细节图

参考文献：

[1] 刘丰, 庄越挺, 罗忠祥, 等. 基于多自主智能体的群体动画创作[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(1): 104 – 110.

[2] REYNOLDS C W. Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model[C]// Proceedings of the 14th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. New York: ACM Press, 1987: 25 – 34.

[3] THALMANN D. Virtual sensors: A key tool for the artificial life of virtual actor[C]// The Pacific Graphics 95. Seoul: [s. n.] 1995.

[4] TU XIAOYUAN, TERZOPOULOS D. Artificial fishes: Physics, locomotion, perception, behavior[C]// Proceedings of the 21st annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. New York: ACM, 1994: 43 – 50.

[5] KENNEDY J, EBERHART R. Particle swarm optimization[C]// IEEE International Conference on Neural Networks. Perth: IEEE, 1995: 1942 – 1948.

[6] REYNOLDS C W. Steering behaviors for autonomous characters [C]// Proceedings of Game Developers Conference 1999. San Francisco: [s. n.], 1999: 763 – 782.

[7] 董刚, 赵龙, 田尊华. 基于智能体的群体动画创作方法的研究与实现[J]. 计算机仿真, 2005, 22(12): 143 – 146.

[8] 刘弘, 王静莲. 微粒群优化算法在协同建筑设计中的应用[J]. 通信学报, 2006, 27(11): 193 – 198.

[9] 曾建潮, 介婧, 崔志华. 微粒群算法[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 15.

[10] 吕新欣. Maya高级角色动画教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2007: 256.

2008 年计算机科学技术类期刊指标

摘自 2009 年版中国科技期刊引证报告(核心版)

代码	刊名	总被引频次		影响因子		来源 文献量	他引率
		排名	数值	排名	数值		
S025	计算机工程与应用	1	4 331	15	0.273	2 671	0.81
S011	软件学报	2	3 619	1	1.538	283	0.94
S012	计算机工程	3	3 564	16	0.264	2 411	0.84
S018	计算机学报	4	2 871	2	1.250	232	0.97
S021	计算机研究与发展	5	2 092	3	0.748	261	0.90
S029	计算机应用	6	1 916	11	0.305	975	0.91
R083	中国图象图形学报	7	1 859	8	0.472	390	0.93
S016	计算机应用研究	8	1 765	14	0.284	1 148	0.89
S013	计算机辅助设计与图形学学报	9	1 557	7	0.496	248	0.88
S030	计算机集成制造系统 - CIMS	10	1 498	5	0.607	368	0.76
S006	计算机科学	11	1 414	13	0.288	982	0.84
S049	计算机仿真	12	1 298	20	0.217	1 034	0.85
S027	小型微型计算机系统	13	1 081	12	0.295	479	0.92
S520	计算机技术与发展	14	795	18	0.236	861	0.77
S014	计算机与应用化学	15	673	9	0.426	368	0.38
S009	计算机应用与软件	16	672	22	0.175	1 277	0.86
S020	中文信息学报	17	533	4	0.673	117	0.73
S034	计算机工程与科学	18	445	23	0.151	548	0.96
S051	Journal of Computer Science and Technology	19	402	6	0.531	286	0.93
E136	物探化探计算技术	20	348	10	0.362	105	0.61
S015	模式识别与人工智能	21	339	17	0.242	130	0.94
S048	计算机与数字工程	22	323	24	0.126	638	0.85
S017	微计算机应用	23	236	19	0.225	277	0.64
S033	微型电脑应用	24	187	25	0.105	257	0.97
S032	数值计算与计算机应用	25	91	21	0.197	35	0.95