

一种 RVO 碰撞避免的人群仿真研究

黄 鹏, 刘 箴

(宁波大学信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要:如何模拟具有个性的人群行为是群体动画中具有挑战性的课题。针对异质群体的行为差异, 基于 OCEAN 个性模型, 提出了人群中不同个性的群组行为仿真方法。分析了 OCEAN 模型基本原理, 结合群体局部避碰几何算法, 给出了带有个性因素的人群行为仿真方法。最后以实验证明了人群在交互状况下的群体个性行为算法的可行性。

关键词:人群; 仿真; 相对速度障碍物

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** B

Crowd Simulation Research Based on Reciprocal Velocity Obstacle Collision Avoidance

HUANG Peng, LIU Zhen

(Faculty of Information Science and Technology, Ningbo University, Ningbo Zhejiang 315211, China)

ABSTRACT: Simulating the crowd behavior with personality is a challenging subject in crowd simulation. With respect to the heterogeneous behavior for crowd, we presented a method to simulate the subgroup behavior in crowd simulation based on OCEAN. The theory of OCEAN model was analyzed. We combined the geometric algorithm for local collision avoidance, and presented the simulation method for crowd behavior with personality. As a result, the experiment validates the feasibility of the crowd personality behavior algorithm interactively.

KEYWORDS: Crowd; Simulation; Reciprocal velocity obstacles (RVO)

1 引言

近年来,随着计算机技术的发展,人们在社会心理、人工智能等领域的研究取得了很大进展。人们可以使用人工智能算法驱动符合一定真实人类行为规则的智能体行为。然而社会群体的研究不仅要求个体具有智能决策与判断能力,还应能够在与其他个体交互的动态环境下,表现一定的个性,因为每个个体之间具有很大的差异,正是由于这种差异的存在,将使最终生成的人群行为产生很大的变化。例如缓慢的人群、没有耐心的人群、开放性的人群、或者是多种个性的个体组成的复合人群等。

在研究人群的行为表达时,如何考虑个性作用是一个急需深入研究的问题。关于人的个性有很多种分类方法,如 OCEAN,它是一种经典个性模型^[1]。人群中个性的作用具有一定范围限制,表现在个体周边区域的其他群体对当前个体的行为影响。本文结合文献[2]中 Van den berg 提出的相对速度障碍 RVO 算法,从个性感知、行为运动两个角度讨论了

个性作用机制,生成具备一定个性表征的人群行为。

2 相关研究

根据目前的研究一般可将人群动画分成群体动画生成、群体社会行为模拟两个方面。群体动画生成利用计算机设备和算法生成逼真绚丽的人群外观效果,包括人群表面特征的丰富性,如外表、服装、配件的模拟^[3];大规模场景生成,复杂动态环境的交互^[4];人群的渲染规模,它是人群动画的重要指标。而群体社会行为模拟是人们根据真实人类行为归纳总结出的行为算法,包括全局路径生成,个体之间的碰撞避免,局部导航,如行为算法^[5],人工生命与人工智能^[6-7],数据驱动^[8]等等;借助相关物理模型对人群行为的模拟,如流体与势能场^[9-10]可以模拟如流体般的大规模群体,结合物理和社会学模型的方法如社会力等。近年来,相关学者对个性进行了研究, Durupinar 使用 OCEAN 建模了紧急情况下的个性与人群社会行为的映射^[11], Stephen 使用 PEN 三因素模型研究了群体的异质性^[12],但是没有给出个性对个体感知和决策的描述,因此本文基于 OCEAN 模型探讨了个性化人群的生成方法。

基金项目:国家自然科学基金(60973099);浙江省公益性技术应用研究(2011C23027)

收稿日期:2012-05-24 修回日期:2012-06-20

3 OCEAN 模型

3.1 OCEAN 简介

个性是属于心理因素的人类固有品质,是个体身上的一种心理特征。目前已有多种个性模型用于表示个体的内在性格品质。OCEAN 是一种广泛的个性表示模型,用五个维度描述个性:开明性(Openness)、责任性(Conscientiousness)、外向性(Extraversion)、宜人性(Agreeableness)和神经质性(Neuroticism),也可以将 OCEAN 模型称为 FFM 大五分类模型。如表 1 所示。

表 1 OCEAN 个性模型

个性	特征
O	开明,开放
C	具有原则,坚持
E	外向,健谈
A	随和,相处
N	情绪波动,敏感

3.2 OCEAN 分析

OCEAN 中每一因素有正负两极性。O+表示思维开阔、好奇心强、富有创造力、兴趣爱好广泛;O-表示思想保守、墨守陈规、按部就班。C+表示原则性强、富有责任感、很有领导特质、坚持不懈;C-表示责任心不强、易于从众、比较平和。E+表示性格外向、活泼健谈、偏爱社交活动;E-表示内向、害羞、喜欢独处。A+表示友善、富于随和性、易与人相处;A-表示孤僻、不合群。N+表示情绪易于波动、容易产生消极思想;N-表示情绪稳定、易自我镇定。

OCEAN 的五个维度是对应个性在个体身上体现的程度。如 O+与 O-是开放个性的两个不同区间,假如使用 $[-1.0, +1.0]$ 描述 O- ~ O+的个性变化区间,则-1.0 表示个体具有最强的保守性格,而+1.0 表示个体具有最强的开朗性格。可使用三角函数、标准正态分布、或者与 Y 轴对称函数表示 O 维度的变化。

使用 ψk 表示 OCEAN 中的一个维度, ψ 是包含五个维度的向量,则有

$$\psi = \langle \varphi O, \varphi C, \varphi E, \varphi A, \varphi N \rangle, \quad (1)$$

$$\psi k (k = O, C, E, A, N) \in [-1.0, +1.0]$$

本文使用三角函数表示每个维度的强弱:

$$\psi k = -\cos(\theta) + 1.0. \theta \in [-\pi/2, \pi/2] \quad (2)$$

则个体个性计算公式是关于 ψ 的函数 $f(\psi)$ 。

由于个性是个体的内在属性,能够预先为每个个体预定个性值,但是在运算的每一仿真时间步,个性维持常量直至仿真结束。个性影响的参数是可根据个性值变化的,这说明,可通过研究个性与其他群体参数之间的关系,或者个性决定的个体属性来仿真个性作用的群体交互式行为。

4 感知模型

4.1 个体之间的交互

人群中的个体应具有感知和判断能力。对个体运动的限制因素主要包括其他个体的位置、运动方向、速度大小等,此外自身的空间位置和朝向将决定个体的下一仿真时间步的速度和目标的选择。例如个体会选择一个适合自身的速度以尽量避免碰撞,或者尽快避开障碍物,从而到达自己的期望目标位置。在人群密度很高的环境中,个体的速度会迅速降低,而低密度人群会使个体的运动速度保持稳定。

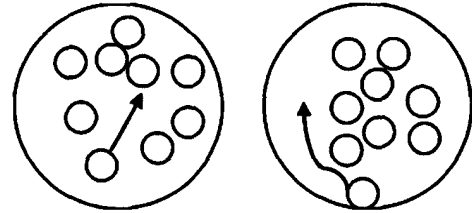


图 1 个体之间的交互

4.2 个性的影响

根据对 OCEAN 模型的分析,个性 O 的开明开放性程度决定了个体在群体间表现出的行为是否积极活跃,即他是否有更多的包容性;个性 C 的原则与坚持程度决定了个体在群体中是否能够维持一定的速度不变,其运动方向大致遵循预先的设定;个性 E 的外向与健谈决定了个体在群体中是否容易受其他个体的影响,而且十分活跃;个性 A 的随和与易相处决定了个体在群体中是否主动和别人走的更近,具有亲和性;个性 N 的敏感与情绪决定了个体在群体中是否孤僻,远离群体,或者保持内向的状态,表现一定的稳定性。表 2 给出了个性与人群中个体行为之间关系的描述。

表 2 个性与群体行为

个性	在群体中的行为
O	个体是否积极
C	个体是否能够具有一定的自主性
E	个体是否易于接受他人
A	个体是否具有有一定的排斥性
N	个体是否消极应对其他个体

5 个性感知

5.1 速度障碍法简介

群体间的局部碰撞避免算法是人群行为动画中要面对的关键问题。目前已有许多算法用于计算群体间的避碰规则。相对速度障碍法(RVO)是由 Vandenberg^[2]等人对机器人避碰 VO 算法的改进研究,能使群体之间产生无摆动的导航避碰行为。如图 2 所示。

图 2 中,个体 i 和个体 j 的当前速度分别是 v_i 和 v_j ,他们会在近期某时刻发生碰撞。因而 i 会重新选择一个新速度避免

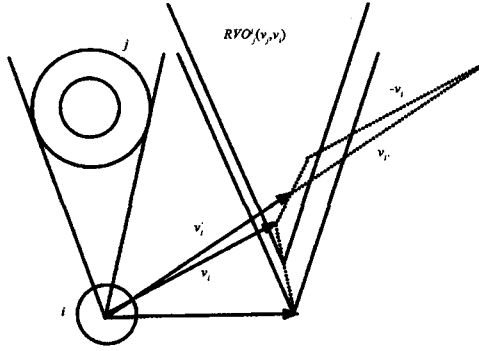


图2 相对速度障碍产生图

和 j 产生碰撞,这个新速度是以 i 当前位置为起点的射线,如果它的终点不在 $RVO_i(v_j, v_i)$ 内部,则下一时刻 i 和 j 不会发生碰撞,每一时间步都会计算新速度,因而产生的连续新速度能够最大限度保证 i 和 j 在可预见的时间内不会发生碰撞,从而产生了无碰撞的局部导航路径。

5.2 结合个性的人群交互

基于 RVO ,首先给出影响个体行进中计算速度的重要参数。需要计算的最大人数: M ;作用半径: D ;采样数(表示个体的细心或者粗心): N_{sample} ;速度惩罚因子: w_i 。

表3 影响个体行为的重要参数

参数	影响描述
M	对个体有影响的最大个体数目
D	对个体有影响的最大作用范围
N_{sample}	个体对可允许速度集合的采样次数
w_i	速度惩罚因子

此外, RVO 的速度计算采用的是空间采样方法:在个体的周边一定范围内,计算最能满足要求的可选速度。文献[2]引入了一个惩罚值及其计算公式:

$$penalty(v'_i) = w_i / tc_i(v'_i) + ||v_i^{pref} - v'_i|| \quad (3)$$

(3) 式用以计算惩罚值, w_i 越大,活跃度越低,反之,个体的活跃度越强。 $tc_i(v'_i)$ 是与周边个体的期望碰撞时间, $||v_i^{pref} - v'_i||$ 表示期望速度与候选速度的差值。个体最终选择碰撞时间较大并且与期望速度偏差最小的速度。

表3中的 M , D , N_{sample} , w_i 是影响个体运动导航的关键参数,本文认为它们都受到个性影响。下面给出双极性个性与上述参数之间的关系:

$$\begin{aligned} O+ : \varphi O &\in (0, 1.0), M \propto \varphi O, D \propto \varphi O, w_i \propto^{-1} \varphi O \\ O- : \varphi O &\in [-1.0, 0], M \propto^{-1} |\varphi O|, D \propto^{-1} |\varphi O|, \\ &w_i \propto |\varphi O| \\ C+ : \varphi C &\in (0, 1.0), M \propto \varphi C, D \propto \varphi C, w_i \propto^{-1} \varphi C \\ C- : \varphi C &\in [-1.0, 0], M \propto^{-1} |\varphi C|, D \propto^{-1} |\varphi C|, \\ &w_i \propto |\varphi C| \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E+ : \varphi E &\in (0, 1.0), M \propto \varphi E, D \propto \varphi E, w_i \propto^{-1} \varphi E \\ E- : \varphi E &\in [-1.0, 0], M \propto^{-1} |\varphi E|, D \propto^{-1} |\varphi E|, \\ &w_i \propto |\varphi E| \\ A+ : \varphi A &\in (0, 1.0), M \propto \varphi A, D \propto \varphi A, w_i \propto \varphi A \\ A- : \varphi A &\in [-1.0, 0], M \propto^{-1} |\varphi A|, D \propto^{-1} |\varphi A|, \\ &w_i \propto^{-1} |\varphi A| \\ N+ : \varphi N &\in (0, 1.0), M \propto \varphi N, D \propto^{-1} \varphi N, w_i \propto^{-1} \varphi N \\ N- : \varphi N &\in [-1.0, 0], M \propto^{-1} |\varphi N|, D \propto |\varphi N|, \\ &w_i \propto |\varphi N| \end{aligned} \quad (4)$$

$O+$ 、 $C+$ 、 $E+$ 个性的个体活跃性明显,他行进时考虑的其他个体数量多,探索心强,周边人群对他的作用距离大,采样的下一时刻仿真速度尽量保持较大值,仅活跃程度略有差异; $O-$ 、 $C-$ 、 $E-$ 个性的个体保守,行进时考虑较少的交互,且不会考量更远处的个体,采样的下一速度会减小,他们的行为表现是相似的。 $A+$ 随和个性个体的活跃度低于 $A-$ 个体的活跃度,且 $A+$ 个体考虑的人数和作用范围大于 $A-$ 个体。但是对于 N 个性的个体,他的感知半径和有效作用人数较小,且具有相对小的采样次数。

6 实验结果

实验采用 *Visual C++* 和 *Direct3D* 实现,搭建了一个模拟具有个性的人群处于行进状态的城市社区场景。两组具有双极性个性的人群从不同的方向相对行走,某一时刻产生交汇,由于个性的不同,两组行人表现出的整体特征相异。

为说明问题,在这里仅考虑双极性人群行为的差异,因此需要从五个维度中选择对个体行为最具有影响的因素,本文选择其中最大的个性值对应的维度 $f(\psi)$:

$$\begin{aligned} f(\psi) &= \max(\psi k), \\ \psi k (k = O, C, E, A, N) &\in [-1.0, +1.0] \end{aligned} \quad (5)$$

表4是个性极性相反的个体使用的初步仿真参数:

表4 双极性个性仿真数据

个性	参数
$O+$	$N = 15, D = 15.0, N_{sample} = 50, w = 3.0$
$O-$	$N = 10, D = 5.0, N_{sample} = 50, w = 7.5$
$C+$	$N = 20, D = 20.0, N_{sample} = 50, w = 1.0$
$C-$	$N = 5, D = 5.0, N_{sample} = 50, w = 7.5$
$E+$	$N = 10, D = 10.0, N_{sample} = 50, w = 4.0$
$E-$	$N = 5, D = 5.0, N_{sample} = 50, w = 6.0$
$A+$	$N = 10, D = 10.0, N_{sample} = 50, w = 7.5$
$A-$	$N = 5, D = 5.0, N_{sample} = 50, w = 3.0$
$N+$	$N = 10, D = 2.5, N_{sample} = 25, w = 3.0$
$N-$	$N = 5, D = 5.0, N_{sample} = 25, w = 7.5$

图3是产生的群体个性行为。画出圈的位置是具有正极性

个性的人群较集中的区域。

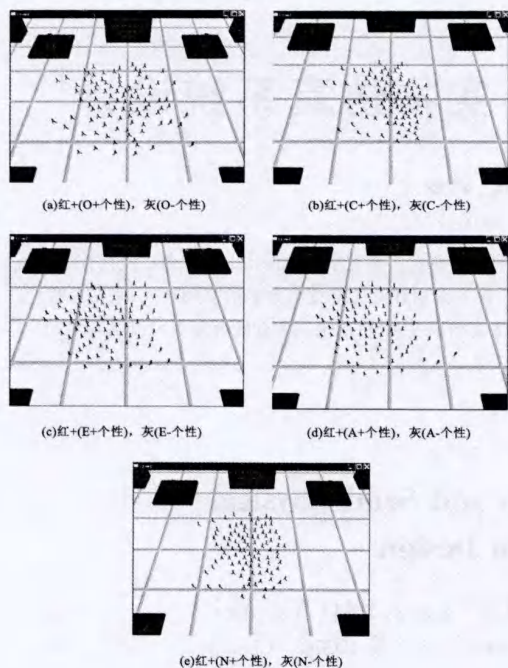


图3 不同个性人群行为

图3(a)是O+个性与O-个性的两对行人在交汇时的场景,可以看出,O+个性的行人表现了一定的开朗特征,比如,行走的分布区域较广,而O-个性的行人出现一定的保守特征,行走范围狭窄。图3(b)中C+个性行人坚定,方向的改变小于C-个性的人群。由于E和O个性很大程度上相近似,在行为模拟时表现的行为也是相似的,因此图3(a)和图3(c)中的O+和E+,以及O-和E-个性的行人行为很相近。A+比较能够融合其它行人,接受他人,A-行人不容易分散融合形成小群组。图3(e)给出了个性N+与N-的行人群体交汇场景,从中可以看到两者行走区域狭窄,尤其是N+行人,行走的范围更为狭窄,行为比较消极。

7 总结

OCEAN模型是个性心理学研究中常用的人格分析方法,能够分析单个虚拟人的行为。尝试了将OCEAN模型和RVO算法相结合,实验结果表明该方法可以表现人群运动的局部个性特征。

限于时间和水平,本文的研究仍属于初步的探索,所考虑的个性-行为映射的经验参数是基于经验的,需要进一步的调查数据。本文的未来工作将是更深入研究基于个性认知策略,结合RVO研究更加通用的人群个性行为仿真方法,使得人群具有一定的信息交流功能,生成的群体行为更加丰富。

参考文献:

- [1] 孟昭兰. 情绪心理学[M]. 北京:北京大学出版社, 2005.
- [2] J Van den berg, M Lin, D Manocha. Reciprocal velocity obstacles for realtime multi-agent navigation[C]. Proc. of IEEE Conference on Robotics and Automation, 2008:1928-1935.
- [3] J Maim, B Yersin, D Thalmann. Unique Character Instances for Crowds[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, November, 2009,29(6):82-90.
- [4] 束搏,毛天露,徐文彬,王兆其. 一种基于采样点的大规模群体实时三维可视化方法[J]. 计算机研究与发展, 2008,45(10):1731-1738.
- [5] C W Reynolds. Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model[C]. SIGGRAPH '87 Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 1987:25-34.
- [6] 涂晓媛. 人工鱼—计算机动画的人工生命方法[M]. 北京:清华大学出版社, 2001.
- [7] Yu Q X., D Terzopoulos. A Decision Network Framework for the Behavioral Animation of Virtual Humans[C]. Proceedings of the 2007 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation, 2007:119-128.
- [8] J Ondrej, J Pettre. Anne-Helene Olivier St ephane Donikian Golaem S. A. A Synthetic-Vision Based Steering Approach for Crowd Simulation[J]. ACM Transactions on Graphics. 2010,29(4):Article No. 123.
- [9] A Treuille, S Cooper, Z Popovic. Continuum Crowds[J]. ACM Transactions on Graphics, 2006,25(3):1160-1168.
- [10] 许佳奕,万贤美,申晶晶,金小刚. Navier-Stokes 方程组驱动的虚拟人群[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2011,23(1):117-122.
- [11] F Durupinar, N Pelechano, J Allbeck, N Badler. The Impact of the OCEAN Personality Model on the Perception of Crowds[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2011,31(3):22-31.
- [12] S J Guy, S Kim, M C Lin, D Manocha. Simulating Heterogeneous Crowd Behaviors Using Personality Trait Theory[C]. Proceedings of the 2011 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation, 2011:43-55.

[作者简介]



黄 鹏(1988-),男(汉族),安徽省六安市人,硕士研究生,主要研究领域为虚拟现实人群动画;

刘 箴(1965-),男(满族),辽宁铁岭市人,研究员,硕士研究生导师,主要研究领域为虚拟现实、计算机图形学、情感计算。