

基于 Agent 的应急疏散模型研究

褚龙现, 刘高原

(平顶山学院, 河南 平顶山 467000)

摘 要:根据突发事件出现的等级,选择安全区域,并采用适当的疏散方式,选择受灾区域的周边安全区域作为避难所;通过分析影响应急情况下人员选择目的地的因素,对人员疏散行为直观分析并结合人机功效评估,对疏散行为规范,建立基于 Agent 的应急疏散人员避难所选择模型。通过设定可能影响人员疏散的多种可能因素,该模型能够比较真实地模拟紧急情况下的疏散状态。仿真过程与实际情况相似,方法可广泛用于人员应急疏散过程分析研究。

关键词:突发事件;疏散动态;人员疏散;Agent 模型

中图分类号:U298

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)09-0201-03

Research on Model of Emergency Evacuation Based on Agent

CHU Long-xian, LIU Gao-yuan

(Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: Studying the process of emergency evacuation, and through studying the nowadays microscopic models, a new evacuation simulation model based on Agent was proposed. With the introduction of several of factors, the model based on Agent can simulate evacuation dynamics. In this model, introduce a variety of factors in evacuation process, and simulate crowd dispersal state in real situation. Compared with modern models, it can be used for evacuation simulation of many kinds of emergencies, and optimize simulation results. So that evacuation efficiency and people's security in the process of evacuating can be guaranteed.

Key words: emergency events; evacuation dynamics; pedestrian evacuation; Agent model

0 引言

随着世界各国逐步加快城市化进程,城市的规模也迅速扩大,随之就带来人口越来越稠密,各种城市突发事件呈明显上升的问题。其突发性和意外性,如果不能及时实施有效的人员应急疏散措施,在城市区域范围内发生的突发事件将会产生灾难性的后果^[1]。

现实真实情况下很难对突发事件进行实验,并且很难通过分析疏散人群运动规律建立数学模型来模拟突发事件,因此借助仿真技术对突发事件进行建模,已成为目前研究应急疏散问题的主要方法。

通过建立对受灾区域的微观仿真环境,研究应急情况下疏散人群的心理、行为特征,模拟人口密集地区疏散过程,估算疏散时间统计不同时段内可以成功疏散到安全区域的人数,有助于系统制定切实有效的应急疏散预案,从而提高应急能力,减少灾害所造成的损失。

1 基于 Agent 的建模仿真方法

20 世纪 90 年代后期,基于 Agent 建模的理论和技術不断发展,并且引起相关研究者的重视。诸如集聚经济、市场供求、人口增长、空间相互作用等整合到统一框架中,并模拟城市和区域作为自适应系统的空间演化过程,受到广泛重视。

结合基于 Agent 的建模技术与仿真学,通过对复杂系统中各个仿真实体的建模,对实体的行为及交互关系的描述,刻画一个复杂系统的行为^[2]。

建模元素如下:

1) Agent。

Agent 的建模不同于一般的数学建模,它是行为建模。基于 Agent 的建模框架包括三个部分。

(1) 感知部分,用来接收外界信息。

(2) 认知处理部分,包括形势评估、决策制订、规划、学习等,还有工作存储器(存放当前信息)和长期存储器(存放知识和任务)。

(3) 行为输出部分,输出行为并影响外界环境。

2) 环境空间。

Agent 作为一个计算实体,可以在动态复杂的分布式环境中感知环境的变化,并做出相应的反应以实现

收稿日期:2011-02-10;修回日期:2011-05-16

基金项目:河南省 2010 年自然科学项目(2010C520010)

作者简介:褚龙现(1981-),男,河南平顶山人,硕士,讲师,研究方向为多媒体与分布式计算技术;刘高原,硕士,讲师,研究方向为网络服务与分布式计算技术。

其预定的目标。应急疏散,从根本来描述就是将个体从危险区域转移到安全区域^[3]。

文中将采用笛卡尔连续坐标表示二维空间,用 xy 坐标来表示,并无任何表示方法上的转换。

2 基于 Agent 的计算机仿真建模

2.1 环境模型

为了保持在空间的仿真特性,文中将利用离散空间来模拟连续空间。采用连续空间的物理坐标 (x, y) 代表个体 Agent 的内部状态以及自身的运动学变量。采用二维网格的离散化空间的模型表示个体对外界及仿真中的可视化,坐标为 (xi, yi) , 分别表示个体 Agent 所处坐标空间的行和列。

定义规则:在网格空间中以坐标 (xi, yi) 表示网格,当个体运动遇到障碍物或此网格空间被其他人员所占据时网格的状态为 1,反之为 0。根据上述规则可知,当某个体 Agent 获取到某一网格状态的值为 1 时,表示该网格所表示的空间区域不可用,反之值为 0 时,表示为空。当个体 Agent 的物理坐标 (x, y) 落入某一网格时,表示该 Agent 占据了该网格的空间并仅停留在该网格区域内。因此,可以当某个体 Agent 的 xy 坐标落入目标位置时,意味着该个体已到达了目的地。

2.2 个体 Agent 模型

(1) 个体 Agent 属性。

对一群个体 $\Lambda_k (k=1, 2, \dots, N)$, 其中各个属性定义如下式所示:

$$\Lambda_k = \begin{cases} no & \leftarrow \text{标识符} \\ x & \leftarrow x \text{ 坐标} \\ y & \leftarrow y \text{ 坐标} \\ \theta & \leftarrow \text{运动方向角} \\ v & \leftarrow \text{速度大小} \\ xi & \leftarrow \text{所在网格行坐标} \\ yj & \leftarrow \text{所在网格列坐标} \\ D & \leftarrow \text{当前坐标} \\ p & \leftarrow \text{突发事件造成的恐慌程度} \\ dl & \leftarrow \text{方向上考虑先前经验的惯性度量} \\ vl & \leftarrow \text{速度大小上考虑先前经验的惯性度量} \end{cases}$$

(2) 个体 Agent 的行为。

a) 感知。个体 Agent 从目前所处位置向目标的移动过程中,随着速度的变化个体 Agent 的位置也会不断变化。文中所定义的速度是一个向量变量,它表示个体 Agent 的位置在方向和大小上的变化值。Agent 感知是一种具有控制功能,能根据协同工作空间中协同任务的推进,实时、动态地进行调整并反作用于工作空间,这种感知行动被称为“产生知识的行动”^[4]。

b) 决策。在疏散的过程中的个体 Agent 能够对外环境自适应,并运用自身知识对问题进行处理,进行目标的选择和路径的规划,称之为疏散行为过程中人员的战略级的决策,即全局路径规划。

根据现实应急疏散特点文中设计的基于 Agent 的疏散模型采用最短路径算法,根据疏散现场空间离散化的特点,对算法中对应的子目标重新设定。使用模型模拟人群疏散过程中,模型将采用一些具有特殊边界的轮廓线段端点附近,设定一个特定的点作为子目标,模拟现实疏散过程中人群某一时间段内都选择某一个目标点作为自己的最终移动目标,而忽略移动过程中周围可能存在的更多可供疏散的区域,从而形成现实的拥挤。最终效果如图 1 所示。

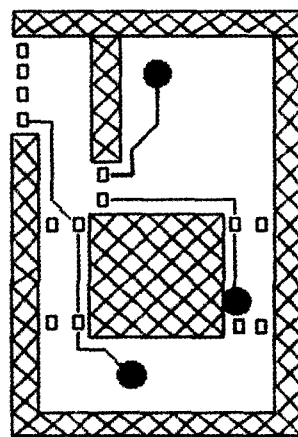


图 1 基于子目标的全局路径规划

图中符号 D 所标识的网格区域为仿真模型中的人员疏散目标,其中包含了人员疏散过程的最终目的地和途中的子目标。图 1 描述了三个个体 Agent 由不同位置疏散所采用的可能路径方案。子目标都预先设定,个体 Agent 以极小的幅度朝子目标运动,并充分考虑到环境中障碍所造成的影响^[5]。

每一个体 Λ_k , 包括任意时间段内的运动方向 $\theta(x, y, t)$ 和速度 $v(x, y, t)$, 由公式计算得到下一时间段的运动方向 $\theta(x, y, t)$ 以及速度 $v(x, y, t+1)$ 。这个过程确定了运动方向和速度,也构成了个体 Agent 进行局部路径规划^[6]。

在设定的方向选取模型中,需要考虑个体 Agent 因所选取方向上障碍而造成的影响。当运动受阻时,假设个体以某一概率调整自己的运动方向,则该调整为:

$$\Delta\theta = R \cdot \text{random}\left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$$

上式中, R 等于 0 时表示个体 Agent 可到达最邻近运动方向上的网格,且运动不受阻碍,此时不需要做调整^[7]。 R 等于 1 表示个体运动受到阻碍时,需要调整运动^[8]。但存在着概率,即一次随机调整的方向仍然

受阻的。例如设定常数 m 用以表示在某个移动方向上可尝试最多次数,当 $m=5$ 时,表示个体 Agent 在进行战术决策时如果遇到障碍可以尝试到达的目标所允许选择的任意方向的次数,若个体在选择过程中第 5 次尝试仍不成功,个体的运动方向和速度大小公式定义如下:

$$\begin{cases} \theta_k(t+1) = \theta_k(t) \\ v_k(t+1) = 0 \end{cases}$$

个体 Agent 经过了战略及战术级决策后也并不能保证个体可以完全避免与模拟环境中动态障碍物的碰撞冲突,尤其是与其他人员的冲突。个体 Agent 在运动过程中如果检测到冲突时一般会选择临时策略调整^[9]。为了避免临时策略调整所带来的计算复杂性,文中采用三步式决策法,具体过程如图 2 所示。

$$\begin{aligned} & \dots X_{i-1} \xrightarrow{a} X_i \oplus \text{决策} \xrightarrow{a^1} X_{i+1} \xrightarrow{a^2} X_{i+2} \xrightarrow{a^3} X_{i+3} \\ & \oplus \text{决策} \xrightarrow{a} X_{i+4} \dots \\ & X_i \oplus \text{决策} \xrightarrow{a^1} X_{i+1} \xrightarrow{a^2} X_{i+2} \xrightarrow{a^3} X_{i+3} \oplus \text{决策} \end{aligned}$$

图 2 三步式决策法

上图中, a 表示个体运行的动作。Agent 在 t 时刻进行战术决策或战略决策,在时隔三步后,在 $t+3$ 时刻个体再次进行决策。在 $t+1$ 和 $t+2$ 时刻,若模拟系统检测到个体运动可能会和动态障碍物碰撞时,个体 Agent 将选择放弃设定的决策,并做出相应的调整 and 反应。此时个体 Agent 会进行调整,然后选择重新决策。仿真模型设定人员在紧急疏散过程中遇到障碍物在进行下一步决策之前将保持停止不动,即做出以下的动作:

$$\begin{cases} \theta(t+1) = \theta_k(t) \\ v_k(t+1) = 0 \end{cases}$$

文中定义 Δt 为足够小的时间步长。当个体处在 X_{i+1} 状态感知到物理障碍时, α^2 和 α^3 表示个体将停止不动,当个体 Agent 处在 X_{i+3} 状态并感应到障碍的存在时, α^3 表示个体将原地不动。于是,个体会在状态 X_i 时做出决策直到状态 X_{i+3} 时再次进行决策,称这种行为为一次运动^[10]。

c) 动作。经过相关的决策之后,在个体已知运动方向和速度大小的情况下,为了模拟个体运动轨迹,采用拉格朗日法描述:

$$\begin{cases} x_k(t+1) = x_k(t) + v_x \Delta t \\ y_k(t+1) = y_k(t) + v_y \Delta t \end{cases}$$

当个体 Agent 再次遇到动态障碍或发生冲突时,会选择停留在原地不动,直到个体运动进行临时调整。

因此,这次动作模拟了个体 Agent 在离散坐标空间上的运动过程。对应坐标的属性和值,个体首先更

新自身的 xy 坐标。当个体 Agent 位于新的坐标空间时,个体 Agent 会选择更新对应的 xy 网格坐标,然后设置网格状态为 1,原来的网格状态就为 0。

3 基于 Agent 的应急疏散模型仿真

3.1 系统仿真

运用美国 Santa Fe 研究所的 Swarm 平台试验仿真在不同情况下场馆的人员疏散状况^[11]。聚集类中不同角色的 Agent 对应于 Swarm 仿真试验系统中的一系列不同 Agent 之间的信息流交互,Agent 模型中合同网协已的任务分派、角色分派和承诺的兑现对应于 Swarm 试验系统中离散事件仿真和时间调度所触发的 Agent 行为。

表 1~3 模拟了应急情况下设定三个模型参数:人员恐慌等级、人员运动方向惯性、人员运动速度惯性,并且每种组合执行仿真 20 次系统的模拟情况。

表 1 恐慌参数的影响

恐慌等级	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
方向惯性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
速度惯性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
平均疏散时间(秒)	13.6	13.9	14.2	18.5	20.8	24.1	29.9	49.2	86.4	—	—

表 2 方向惯性的影响

恐慌等级	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
方向惯性	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
速度惯性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
平均疏散时间(秒)	20.2	20.4	19.8	21.8	22.5	24.1	26.4	37.9	—	—	—

表 3 速度惯性的影响

恐慌等级	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
方向惯性	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
速度惯性	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
平均疏散时间(秒)	22.7	24.5	24.7	24.0	25.2	24.2	23.3	25.4	24.6	26.0	—

3.2 实验分析

从表 1~3 可以看出疏散过程中人群的心理恐慌程度对疏散时间的影响是非常大的,在疏散过程中人群只要能够保持当前的运动方向,并不会显著地增加疏散时间^[12,13]。

4 结束语

文中创新:建立了基于 Agent 的应急疏散仿真方法学,阐述了其原则、要素和方法;建立了基于 Agent 的应急疏散仿真模型,可以模拟不同情况下疏散动态,通过仿真实例可以看出,该模型具有一定实用价值。

参考文献:

- [1] Griffel F, Tu M T, Munke M. Electronic Contract Negotiation as an Application Niche for Mobile Agents[J]. IEEE, 2000

表 1 OJ 测试评价对照表

测试方法	调用 windows API 攻击	调用 system 删去重要文件	拷贝头文件后调用 win- dow API 或 system	恶意写垃圾数据	考试与比赛时拷贝他人代 码作弊
实验使用 OJ	返回 Compiler Error	返回 Restricted Function	返回 Restricted Function	服务器不受影响	大部分能识别
现有普通 OJ	服务器仍能运行,但服 务器已出现故障	服务器崩溃	服务器出故障或崩溃	服务器硬盘满,阻塞	完全不能识别

3 测试与评价

直接采用提交恶意代码的方式对整个 OJ 系统进行评测,并与目前普遍采用的 OJ 进行对照测试评估,结果见表 1。

4 结束语

综上所述,该方案大大增强了现有 OJ 的安全性,有效地防范了用户的多种恶意行为。系统采用源码级控制,sandbox 技术,帐户管理,ACL 技术,哈希等方法,多重设防,在 Windows 平台下搭建了十分安全的 ACM OJ 平台。方案的不足之处,正是因为使用了多种技术,操作较为复杂,要求技术人员对 Windows 的相关技术十分熟悉,方能达到理想的安全。

参考文献:

[1] 瞿绍军. 以学科竞赛为载体,培养大学生创新能力——以大学生程序设计竞赛为例[J]. 电脑知识与技术,2010,6(15):3980-3981.

[2] Revilla M A,Manzoor S,Liu Rujia. Competitive Learning in Informatics: The UVa Online Judge Experience[J]. Olympiads in Informatics,2008(2):131-148.

[3] 孙广磊. 征服 python——语言基础与典型应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2007:3-6.

[4] Richter J,Nasarré C. Windows 核心编程[M]. 第 5 版. 葛子昂,周靖,廖敏译. 北京:清华大学出版社,2008:121-139.

(上接第 203 页)

(4):366-370.

[2] Still C K. Crowd Dynamics[D]. Warsick:University of Warsick, 2000.

[3] Helbing D. Traffic and related self-driven many-particle system[J]. Reviews of Modern Physics, 2001,73:1067-1141.

[4] 方正,卢兆明. 建筑物避难疏散的网格模型[J]. 中国安全科学学报,2001,11(4):10-14.

[5] 方正,卢兆明. 试论建筑物人员疏散的量化研究[J]. 武汉大学学报,2002,4(8):79-84.

[6] Foschini G J, Gans M J. On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas[J]. Wireless Pers. Commun., 1998,10(2):315-335.

[7] 田翠华,于天放. 基于 Agent 技术的交通流仿真研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(2):232-235.

[5] 杨志伟,曾艳珊. 基于 Linux 的 ACM 在线评测系统研究[J]. 计算机与现代化,2010(6):166-169.

[6] Ferraiol D,Kuhn D R. Role based access control[C]// Proceedings of the 15th Annual Conference on National Computer Security. Gaithersburg:MD National Institute of Standards and Technology,1992:554-563.

[7] Li Shoupeng, Wu Shizhong, Guo Tao. The Consistency of an Access Control List [C]//Information and Communications Security,4th International Conference, ICICS 2002. Singapore:[s. n.],2002:367-373.

[8] 李秋敬,刘广亮. 基于时间约束的角色访问控制模型研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(8):162-165.

[9] Cichelli R J. Minimal Perfect Hash Functions Made Simple [J]. Communications of the ACM,1980,23(1):17-19.

[10] Hagerup T,Tholey T. Efficient minimal perfect hashing in nearly minimal space[C]// Proceedings of the 18th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS ' 01),2001. [s. l.]:Springer,2001:317-326.

[11] 林雅榕,侯整风. 对哈希算法 SHA-1 的分析和改进[J]. 计算机技术与发展,2006,16(3):124-126.

[12] Touch J D. Performance Analysis of MD5 [J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 1995,25(4):77-86.

[13] Groff J R, Weinberg P N. SQL 完全手册[M]. 第 2 版. 章小莉,宁欣,汪永好,等译. 北京:电子工业出版社,2004:2-9.

[14] 姜博. 浅谈 Windows 环境下站点服务器的安全与攻防[J]. 计算机安全,2010(5):96-98.

[8] Sandhu R, Conye E. Role - based Access Control Models [J]. IEEE Computer,1996,10(7):125-130.

[9] 朱雅丽,熊前兴. 移动 Agent 在电子商务中的应用研究[J]. 计算机与数字工程, 2008(4):165-166.

[10] 陈建刚,王汝传. 基于模糊集合的网格资源访问的信任机制[J]. 计算机学报, 2009,32(8):1676-1682.

[11] 黄智维,倪子伟. 网格计算环境下资源管理的研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(3):200-204.

[12] 李钦,余谅. 基于免疫遗传算法的网格入侵检测模型[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(5):162-169.

[13] Chen J G, Wang R C, Wang H Y. The extended RBAC model based on grid computing[J]. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 2006,13(3):93-97.