

# 智能体(Agent)技术在交通枢纽仿真系统中的研究与应用

张 娜<sup>1</sup>, 陈 震<sup>1</sup>, 陈 彬<sup>1</sup>, 吕 涛<sup>2</sup>, 王甦菁<sup>1</sup>

(1.吉林大学 计算机科学与技术学院, 长春 130012)

(2. 炮兵指挥学院 武器系统工程教研室, 张家口, 075100)

**摘要** 基于目前存在的交通问题, 在已有理论的基础上, 将 Agent 技术应用于交通枢纽仿真, 以导入的 AutoCAD 枢纽模型文件和用户绘制的逻辑区作为仿真场景, 智能体以逻辑设施节点的转向比例选择路径, 结合社会力模型, 模拟了行人在枢纽内的目标选择、行走、避让和排队行为, 实现了行人智能体在枢纽内的自由行走, 揭示出枢纽内客流瓶颈随时间的变化过程。

**关键词** 智能体 微观仿真 交通枢纽

**中图分类号:** TP391.9    **文章标志码:** A

## Research and Application of Agent Technology in Transportation Hub Simulation Systems

ZHANG Na<sup>1</sup>, CHEN Zhen<sup>1</sup>, CHEN Bin<sup>1</sup>, LV Tao<sup>2</sup>, WANG Su-jing<sup>1</sup>

(1. College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China; 2.

Weapon System Engineering Center, Artillery Command Academy, Zhangjiakou, 075100, China)

**Abstract:** According to the current situation of traffic, this paper applies Agent technology to transportation hub simulations based on previous theories. We use the imported AutoCAD hub models files and the logic devices drawn by users to form the simulation scene. Agent can determine its route by the turning and pro rata control way using logic devices as node. Using social force model, we have simulated the ways of pedestrians' choosing goals, walking, dodging and queuing, realized pedestrians' freely walking and reflected the process of bottlenecks' changing by time in the hub.

**key word:** Agent microscopic simulation transportation hub

## 1 引言

随着城市化进程的发展, 交通问题已经成为影响城市功能正常发挥和城市可持续发展的一个全局性问题, 而组织交通方式换乘最有效的途径是建设大型交通换乘枢纽[1]。由于城市交通枢纽造价高、工程复杂实施难度大, 建成后很难再进行较大规模的改进。传统的静态客流预测和能力计算的方法无法在设计阶段保证枢纽的服务水平和安全体系能够满足远期客流增长的需求, 因此只有充分分析我国城市居民出行特征, 综合考虑枢纽内部静态设施、移动单元及动态控制模式等各方面因素, 开发实现客运枢纽运行效率及换乘协调性定量化仿真评估系统, 才能为解决以上问题提供科学的方法和途径[2]。

本课题在国家 863 计划支持下使用智能体技

术对行人走行行为在交通枢纽中的仿真进行了系统研究。

## 2 相关研究

对行人交通的系统研究开始于上世纪 50 年代末, 1958 年 Hankin 和 Wright 研究了伦敦地铁通道内行人交通流的速度、密度和流量的关系。Henderson 在 70 年代初采用了流体力学模型来研究行人的交通特性。而后, Okazaki 等建立了磁力模型, Helbing 提出了支配行人运动的社会力模型[3]。Biham 等提出了二维元胞自动机 (CA) 模型[4]。

我国对城市大型客运枢纽的规划与设计技术的研究起步较晚, 方伟峰等提出了基于元胞自动机的多智能体行为模型, 张培红等提出了行人群体流动动力学模型, 李得伟等提出了基于多智

能体的交通枢纽内部客流及设施协调性微观仿真评价模型。虽然国内在行人走行行为的微观分析方面取得了一定的成果，但尚未开发出包含行人微观走行行为的成熟仿真系统。

### 3 智能体在系统中的应用

#### 3.1 智能体简介

Intelligent Agent 中文译为智能体，是人工智能的一个分支。所谓的 Agent，在信息技术尤其是人工智能和计算机领域，可以看作是能够通过传感器感知环境，并借助于执行器作用于该环境的任何事物。

1987 年 Bratman 提出一种描述智能体基本特性的 BDI 模型，他认为一个智能体包含三种基本状态：信念(belief)，期望(desire)和意图(intention)，分别代表其拥有的知识、能力和要达到的目标。所有智能体的自主行为，都是基于它的三个基本状态通过与环境之间以及智能体相互之间的交互来完成[5]。力图建立 Agent 的 BDI(信念、愿望和意图)模型，已成为 Agent 理论模型研究的主要方向。

#### 3.2 系统概述

我们正在开发一个综合客运枢纽功能与结构数值实验系统[6]，它是一个功能强大的城市客运交通枢纽的仿真与分析实验平台，包括仿真建模、二维仿真、分析实验和三维仿真四大模块，四个模块的关系如错误!未找到引用源。所示。建模系统实现仿真场景的建模工作；仿真系统实现人在模型中的微观行走仿真；分析实验系统是进行结构数值分析的实验平台；3D 仿真系统与二维仿真系统同步，用来实现仿

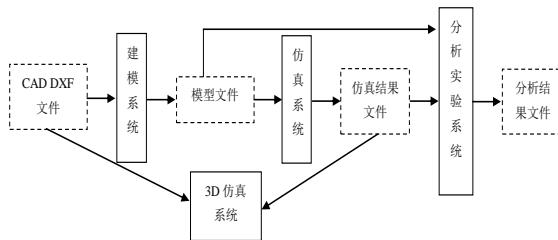


图 1 系统各模块的关系框图

真的 3D 效果。

使用建模系统建模时，首先导入 AutoCAD 绘制的枢纽平面图，修改后作为场景，然后绘制逻辑区和设置模型参数等，最后输出一个无误模型文件。仿真系统导入无误模型文件进行仿真，输出仿真结果文件。分析实验系统导入

模型文件和仿真结果文件进行分析，产生分析结果文件。3D 仿真系统比较独立，具有建模与仿真的功能，但不具备分析功能，它导入 AutoCAD 制作好的 DXF 文件作为场景，导入仿真结果文件作为数据，来产生模型进行三维仿真。

#### 3.3 智能体的实现

##### 3.3.1 智能体的知识准备

建模模块采用导入 CAD 文件方式来产生仿真场景的平面图，系统默认 CAD 图中的线是行人不能穿越的静态实体，为了让行人智能体了解场景内的具体设施，我们引进了逻辑区的概念，逻辑区是用于描述现实中存在的影响行人行为的具体物理设施，包括入口、出口、楼梯、电梯、延迟点、等待区等。用户需要手动把它们标识出来，并为其设置相应的属性，以告知智能体这些信息。然后引入了 Link 的概念，Link 连接一个个的逻辑区，由逻辑区和它们之间的 Link 构成行人行走宏观上的路径。用户还需设置动态实体的行走属性。场景设置完毕后进行模型检测，找出场景中设置有误的地方并提示用户去改正，直到模型无误后，用户要导出正确无误的模型文件以供仿真模块使用。

##### 3.3.2 智能体的路径选择

仿真模块中，首先导入建模模块生成的模型文件，然后通过观察行人的行走习惯，参考社会力模型，使用多智能体的方法建立了行人的动态行为模型，描述了系统中对象及对象间的操作行为的规则。对交通枢纽内客流的微观行为与设施的协调进行了仿真，通过智能体自主决策、相互通信机制观察不同的群体行为和枢纽设施布局之间的相互影响。建立了不同特征的乘客所组成的客流在枢纽内的移动特征计算机模型，显示乘客流在枢纽系统中的冲突、瓶颈和延误现象，揭示行人在拥挤情况下出现的涌现特征和枢纽内瓶颈随时间的演化过程。行人流采取微观仿真模式，用多线程方式实现[7]。

路径选择采用以逻辑设施为节点的转向比例控制方式，仿真系统运行的过程如下：

step 1. 读取建模系统构建的枢纽物理设施模型，包括建筑设施和服务设施，分析每个设施的通过能力和绕行方式。

step 2. 读取逻辑设施模型，取得设施内的行人行走路径。逻辑设施包括枢纽的入口、出口、转向区、等待区等等，以及逻辑区之间的路径

连接关系。

step 3. 行人智能体根据建模系统输入的行人属性、速度、产生时间和人数的分布等参数在枢纽的各个入口产生，根据逻辑区的连接关系及路径选择比例向下游逻辑区行走。

step 4. 在各逻辑区之间的行走过程中，如果两个相邻接的上下游逻辑区之间存在其他行人或障碍物，行人智能体启动避让或排队过程，等待或绕开行人和障碍物。

step 5. 如果到达某个出口，行人智能体将从枢纽内消失。

step 6. 对仿真全过程进行记录，用做分析系统的原始数据。

### 3. 3. 3 智能体的行走和避让过程

结合多智能体技术建立行走行为模型，将每个行人作为一个智能体，智能体的决策过程在两相邻的逻辑区之间进行。参考 BDI 模型，将物理设施作为智能体的信念(belief)，将达到下一逻辑区作为智能体的愿望(desire)，将搜寻路径、扫描其它行人、行走、躲避、排队等行为作为智能体的意图(intention)，在每个仿真的

Recursive procedure Agent<sub>i</sub>.Walk(Destination)  $i=1, 2, \dots, n$

```
1. Loop: D ← Agenti.Scan(Destination);
2. if D == ∅ then goto(Destination); end
3. do P ← Agenti.Near(D)
   Destination1 ← P.far()
   Agenti.Walk(Destination1)
until P ∈ Agenti.Scan(Destination)
```

4. go Loop

### 图 2 算法

步长，参考社会力模型，从意图集合中选择一个可行的动作作为当前实施的动作予以执行。每一步都由两个线程控制----移动线程和避让线程，线程间通过共享的内存空间来交互信息，获取其他行人的状态。

行人智能体的行走和避让过程可用图 3 的算法表示。算法说明：Agent<sub>i</sub>，代表编号为 i 的行人；Destination, Destination1，两个点变量；Scan(Destination)，一个扫描函数，扫描行人 Agent<sub>i</sub> 与其目标 Destination 的连线上有无障碍物，返回扫描结果集（障碍物）；D，一个集合；goto(Destination)，智能体的一个成员函数，代表智能体以理想速度和直线方向向目标节点

Destination 行进；Near(D)，智能体的一个成员函数，返回 D 中距离智能体最近的障碍物；P，障碍物类定义的一个对象；P.far()，障碍物类的函数，返回障碍物 P 的所有顶点中此智能体可直接达到的最远的点。

### 3. 3. 4 智能体的简单排队过程

在普通区域不排队时，一个行人遇到其它行人是要绕行的，在某些服务设施（如售票口）前行人需要排队，这时就不让他绕行，而是采用队列模型。队列模型：1. 行人智能体接近服务台等设施，读取队列区有无队列，各队列的长度、服务类型等信息；2. 根据读取到的信息，判断队列长短，选择队列短的队或者就近排队；3. 队列最后一位或多为行人动态计算当前各队尾端的等候时间，以动态调整队列。4. 行人智能体在队列中的移动，采用简单跟随模型。

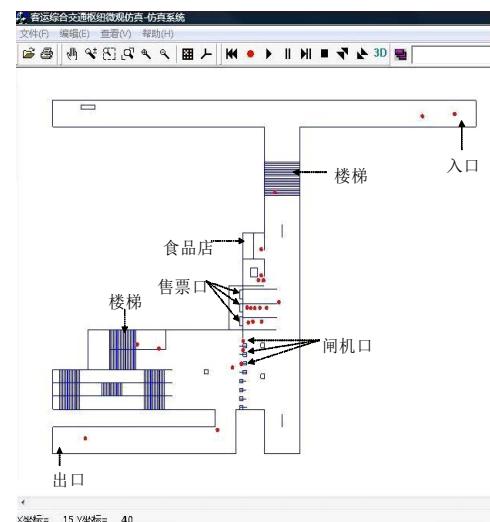


图 3 仿真图

图 4 是对一个小型的枢纽仿真的效果图，从图的中间部分可以看到：一部分行人进入食品店购物，售票口前行人排队依次购票，闸机口处有人在检票。

## 4 结论

我们把智能体技术成功的引入到综合交通客运枢纽仿真平台中，采用了以逻辑设施为节点的转向比例控制方式确定路径，结合社会力模型，模拟了行人在枢纽内的目标选择、行走、避让和排队行为，实现了行人智能体在枢纽内的自由行走，揭示出枢纽内客流瓶颈随时间的变化过程，并成功地解决了行人在 U 形通道内行走的难点。在以上研究基础上可以利用仿真

---

提供的大量数据，进一步分析行人走行过程中枢纽内部的冲突、瓶颈和延误现象，使多方面综合评估枢纽和对枢纽的设计提出修改方案成为可能。该方法正在北京西直门地铁站上进行仿真实验。

### 参 考 文 献

- 1) 程婕.城市客运交通枢纽规划研究:[硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2005.
- 2) 李得伟. 城市轨道交通枢纽乘客集散模型及微观仿真理论:[ 博士学位论文]. 北京:北京交通大学, 2007.
- 3) Helbing. D. Social force model for pedestrian dynamics. Physical Review E, May (1995).
- 4) Hernandez Gonzalo, Hans J Herrmann. Cellular automata for elementary image enhancement. Graphical Models and Image Processing, 1996, 58(1).
- 5) 焦李成,刘静,钟伟才. 协同进化计算与多智能体系统. 科学出版社,2006,9(1):35.
- 6) 吕涛. 综合交通客运枢纽功能与结构数值实验系统设计:[硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2008.
- 7) 刘健勤,盛津芳,魏敏洁. 面向智能体的视觉信息处理. 科学出版社,2000,4(1):39.