

基于 Agent 技术的交通流仿真研究

田翠华, 于天放, 刘 革

(沈阳工业大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110178)

摘 要: 基于我国当前的交通问题以及传统交通管理系统的特点, 在前人的理论上, 文中将 agent 技术应用于智能交通系统, 运用系统中各个元素进行 agent 建模。介绍了 KQML 语言规范并详细探讨了 KQML 消息机制在 agent 通信中的应用, 在此基础上选择 Java 编写 agent 消息类, 构建仿真系统。系统在周期边界条件下进行单车道交通流仿真, 真实地再现了流量-平均速度、密度-流量之间的关系。仿真结果表明, 基于 agent 的智能交通仿真能够细致地刻画交通流特性和交通实体的微观行为。

关键词: Agent; KQML; 交通流; 仿真

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)02-0233-04

Research on Traffic Flow Simulation Based on Agent Technology

TIAN Cui-hua, YU Tian-fang, LIU Ge

(School of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, China)

Abstract: In view of traffic problems of our country and features of traditional traffic management systems, applies agent technology to intelligent traffic system and builds models of traffic elements. It discusses the KQML message mechanism in the communication of agents and achieves the message class and simulation system with java, and then it carries out a lane simulation, which can reveal the relationship of flow-average velocity and density-flow. The result suggests that the microscopic behavior of traffic entities and the features of traffic flow will be depicted clearly by traffic simulation based on agent technology.

Key words: agent; KQML; traffic flow; simulation

0 引言

随着我国的经济贸易和社会活动日益频繁, 城市交通发生了前所未有的迅速增长, 传统的道路交通设施已经不能适应现代社会的需要。当前, 我国城市特别是大城市的交通问题已经极其严重, 对我国经济的健康发展构成了严重的威胁。在解决交通问题的过程中, 人们逐渐认识到单纯依靠加强道路设施建设、交通工具改进等方法已不能满足实际的需要, 而是应采用现代的计算机、电子、通讯、人工智能、汽车等领域内的最新研究成果来改造传统的交通系统, 达到车、路的智能化, 从而能够最大程度地提高交通效率。

在智能交通系统的研究过程中, 如何运用软件技术进行交通工程的设计开发, 使各个系统间可以相互作用和协调, 从而促进交通更好地发展, 使之能够顺

畅、安全、高效地运营。因此, 实现对交通系统准确、真实地模拟^[1]是一个至关重要的问题。在人工智能领域里发展起来的新型计算模型—agent 以其独特的认知功能和高度智能化的应激性, 为解决这一问题提供了崭新的思路。agent 技术符合交通系统的实际特征, 交通系统中如车辆、路段等各组成元素都可以作为 agent 进行建模, 这些由基本交通元素构成的 agent 都有自己的行为目的和准则, 并互相影响和互相作用, 从而共同完成对整个实际交通系统的模拟^[2]。

1 Agent

1.1 Agent 技术

agent 起源于早期的分布式人工智能, 它是一种智能实体。agent 既可以通过传感器感知环境, 又能通过效应器作用于环境; 它不仅能运用自己所拥有知识进行问题求解, 而且能与其它 agent 进行信息交流并协同工作。通常, 这种实体包括智能软件、智能设备、智能机器人或智能计算机系统。

尽管“agent”一词已被广泛使用, 但目前还没有一

收稿日期: 2009-05-19; 修回日期: 2009-08-08

基金项目: 辽宁省教育科学技术研究项目(20086417)

作者简介: 田翠华(1970-), 女, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为网络计算、智能信息处理; 于天放, 硕士, 辽宁中医药大学附属医院工程师, 研究方向为多媒体软件与智能软件、网络计算。

个统一的定义。英国理论专家 Wooldridge 和 Jennings 在 1995 年做出了如下的定义^[3]：“agent 是一个自主的程序，它能基于其对环境的理解，有能力控制自己的决策行为，以追求达到一个或多个目标”。随着计算机科学的高速发展，agent 技术已经成为人工智能和计算机软件学的热点研究问题，并且在其他工程、科学中获得了广泛的应用。

1.2 Agent 特点

虽然目前人们对 agent 的理解还存在着不同的观点，但通常认为一个 agent 应该具有以下基本特性^[4]：

(1)自主性。它是指 agent 具有自己的目标或意图，并且可以根据不同的状态自主地控制其行为，在没有人或其它程序介入时自主地运行和执行操作。

(2)应激性。它是指 agent 能感知其所处的环境，并对环境发生的变化做出及时的、正确的响应。

(3)适应性。它是指适应环境，具有从经验中学习的能力，以实现在变化的环境中改善自己。agent 在接受任务、完成任务的过程中不断地更新自己的知识库，使自己的行为计划与实际目标的偏差不断减小。

(4)社会性。它是指 agent 通过某种通信语言与其它 agent 进行交流，特别是有能力积极参与到社会活动中，如协同问题求解或协商，以达到它们的目标。

2 基于 Agent 技术的智能交通仿真

计算机仿真技术是以计算机硬件及相应的软件技术为基础，以现代控制理论与相似原理为方法，借助系统模型对设想的或真实的系统进行解析或半实物混合试验研究的一门综合性技术。

交通仿真是计算机仿真技术在交通工程领域的一个重要应用。在以往的交通仿真中，交通中的仿真实体往往具有较少的智能性，仿真实体的行为主要依靠仿真程序的控制来实现，与实际中交通元素的个体自治运行特点有较大差距。而采用 agent 技术来模拟现实交通系统中的实体的行为和它们彼此间相互作用的关系，进而模拟出系统的整体性质和演化过程，这种研究思路与智能交通系统仿真研究所面对的“由部分到整体”的系统现象非常一致。因此，运用 agent 技术进行交通模拟，是进行交通问题研究的最佳手段。

2.1 系统各 Agent 的构建

(1)车辆 agent。作为交通系统中最重要的组成元素，车辆 agent 通常兼具车辆和驾驶员两者的特征，其结构包含环境感知、信息处理、决策与智能控制、通信、执行等模块以及车辆状态演化规则和交通控制规则知识库。决策与智能控制模块是车辆 agent 的智能核心部分，车辆 agent 通过该模块在行驶过程中根据自己

的驾驶特性、自己的位置、与前方车辆的距离以及与其它 agent 的通信获取的周围交通信息，不断地进行推理判断并实时做出下一步驾驶行为。

(2)路段 agent。路段 agent 主要负责本路段的监测、维护和协调工作。它通过传感器了解车辆的数量和当前的运行位置以及路段当前的拥挤情况，同时与交通决策 agent 进行通信，实时提供该路段的状况，以便交通决策 agent 能够及时处理突发事件。

(3)交通决策 agent。交通决策 agent 具有最高的决策权力，通常具有决策库、知识库和由一系列的优化模型组成的模型库。它根据路段 agent 提供的路况信息进行综合评估，得到满足条件的道路效用值，然后以广播的形式将道路效用值以及道路能完成的次任务提供给所有车辆 agent，以追求总体控制效果最优，完成系统的精确管理和控制。

2.2 基于 KQML 消息的 Agent 通信方式

在进行基于 agent 的智能交通仿真时，各个交通元素之间的交互是非常频繁和复杂的。它们在充分实现个体的目标基础上，互相协调、互相帮助，从而保证整个系统的良好运行。而对于多个智能体间任何一种有意义的合作，通信语言在信息共享中是不可缺少的。

目前应用最广泛的 agent 通信语言就是 KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)语言^[5]，它是一种用于交换信息和知识的语言和协议，为表达消息和处理消息提供了标准的格式，用于支持 agent 之间的实时知识共享。KQML 的核心是预先定义的行为词(performative)，采用 ASCII 串表示的行为词定义了 agent 对知识和目标的各种操作，在其上可以建立 agent 互操作的高层模型。行为词带有的参数由关键字标识，与参数顺序无关。这些称作参数名的关键字必须以冒号开头，后面加上具体的参数值，具体含义见表 1。

表 1 行为词参数及其意义

参数名	含义
:sender	消息的发送方
:receiver	消息的接收方
:form	转发请求时，参数 content 内信息的最初发送者
:to	转发请求时，参数 content 内信息的最初接收者
:reply-with	回应消息的标识
:in-reply-to	使用参数 reply-with 所回应的前条消息的标识
:language	参数 content 中使用的语言名称
:ontology	参数 content 中本体集的名称
:content	传递消息的内容

由于 KQML 语言具有扩展性，可以根据需要自己定义新的行为词，只要这些行为词符合 KQML 规范即可。下面是一个 KQML 的消息实例：Car1 和 Car2 是

道路上前后相邻行驶的两个车辆 agent, Car2 想获得 Car1 所在的位置,通过计算得出两者间距离,然后根据行驶规则知识判断出这个距离与自己当前速度的关系,从而调整自己下一时步的行驶状态。为了实现这一愿望,Car2 发送给 Car1 一条请求消息,代码如下:

```
(ask-one
:sender Car2
:receiver Car1
:language Prolog
:ontology Car
:content "locate(Car1,X)"
:reply-with msg1)
```

在这一消息中,ask-one 是 KQML 的预留行为词,消息的发送、接收方分别为 Car2 和 Car1。消息的描述语言为 Prolog,消息的标识为 msg1,消息的内容为确定 Car1 的具体位置。当 Car1 接收到消息后,将自己目前所在位置的信息作为应答消息发送给 Car2,代码如下:

```
(tell
:sender Car1
:receiver Car2
:language Prolog
:ontology Car
:content "locate(Car1,100)"
:in-reply-to msg1)
```

以上就是一个 KQML 消息完整的传递流程,在这里 agent 的请求与应答被透明地完成了,因此不必关心复杂的实现过程。以此为依据,运用 Java 定义如下的 agent 消息类,它不仅包括上面所表述的行为词参数,还实现了序列化。

Class Agent_ExtMsg extends Object implements Serializable //实现序列化接口

```
{
//消息的属性
private String performative;
private String sender;
private String receiver;
private String l_msg;
private String ontology;
private Date timestamp;
private Object content;
//构造函数
Agent_ExtMsg();
Agent_ExtMsg(String performative,String sender,String receiver);
.....
//具体方法
Set_performative();
```

```
Set_sender();
Set_receiver();
Set_timeformat(Date timestamp);
Set_priority(int num);
Set_msgcontent(Object content);
.....
Get_performative();
Get_sender();
Get_receiver();
Get_msgcontent(Object content);
.....
}
```

任何消息都可作为 Agent_ExtMsg 的一个实例,当 agent 接收到某条消息时,就可以通过调用相应的方法来获得消息的实际内容。

2.3 数值仿真与分析

文中采用周期性边界条件进行仿真,设仿真区间长度为 L ,区间内车辆总数为 N ,车辆最大速度 $V_{\max} = 135\text{km/h}$,则车流密度 $D = N/L$,平均速度 $V(t) =$

$$\sum_{i=0}^N V_i(t), \text{车流量 } F = DV(t).$$

相应地将车辆状态演化规则定义如下:

(1) 车辆 agent 根据接收到近邻车辆的交通数据,由其决策与智能控制模块决定 $V_i(t+1)$;

(2) 若 $(\text{Random}() < P)$, 则 $V_i(t+1) = \text{Max}(V_i(t) - 1, 0)$;

(3) 车辆 agent 向前移动的位移量为 $V_i(t+1)$ 。

所有车辆按照上述规则采用并行方式进行状态更新。其中, $V_i(t)$ 为第 i 辆车在 t 时刻的速度, P 为车辆具有的随机延迟概率^[6]。通常随机延迟概率大小与车流密度和车辆速度成正比,它们之间关系可定义为:

$$P \sim D^a (V_i/V_{\max})^b$$

其中, a 和 b 为指数参数,通过调节 a 和 b 的取值便可得到对应的流量和平均速度等特征量的变化趋势。

为了更好地描述车辆运动的演化过程,本研究采用 Java 语言开发了基于 agent 的单车道交通流仿真系统,所用操作平台是 Java Applet。Java Applet 不仅提供了图形操作环境,而且还可以内嵌入网页中,使应用不再受到地域的限制。考虑到系统中的车辆状态是同步更新的,因此,该系统运用 Java 提供的多线程程序设计的方法将每个车辆定义为一个单独的线程在固定的时间间隔下进行状态更新,从而保证了同步运行;同时,系统采用动画的方式来动态显示当前道路的流量、平均速度、密度值和这三者之间的实时关系图,为了消除动画带来的画面闪烁的问题,运用了 Java 中的双缓

冲机制来保证界面的平滑变换,从整个视觉效果上来讲,车辆的状态演化过程相当明显,车辆的运行行为十分贴近现实。

在进行数值模拟时,每个样本运行 30800 时步,为了消除暂态的影响,只对最后 800 个时步的数值模拟结果作时间平均;由于初始分布是随机的,故取 20 个样本作系统平均,以减小随机性的影响,图 1、图 2 中的每个点是 20 次运行的平均值。

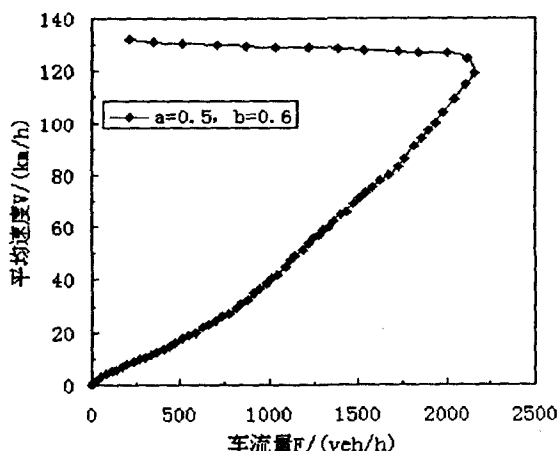


图 1 数值模拟得到的流量-平均速度关系基本图

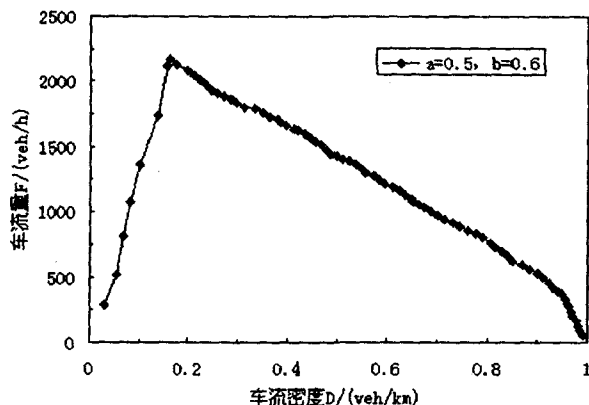


图 2 数值模拟得到的密度-流量关系基本图

从以上两图可以看出,当指数参数 $a = 0.5, b = 0.6$ 时最大车流量为 2203 veh/h,非常接近于实际高速公路的基本通行能力(2200 veh/h)^[7]。在低密度的自

由流阶段,所有车辆都以自己期望的速度值行驶,因此系统的平均速度大致等于最大允许速度;随着车辆密度的增大,系统中的车辆逐渐受到其他车辆的影响,车辆速度缓慢减小,车流量则继续增大;随着车流密度的继续增加,车流状态逐渐由自由流转变成为拥挤流,局部车流段开始出现堵塞区,从而导致车流量的急剧下降,在基本图上的具体表现为曲线从最大流量点快速回归到速度、流量都为零的原点。

3 结束语

agent 技术作为人工智能领域的最新技术,为进行交通问题研究提供了有效的方法。基于 agent 的智能交通仿真研究有助于真正实现从交通个体的角度模拟其行为,并且考虑到与其他交通个体和环境之间的信息交流的特点,能够在仿真系统中实现个体的智能感知、决策和行为反应等特征,这样既能准确地模拟交通实体的微观运行特性,又能满足交通系统复杂性、实时性的需要,从而实现交通系统真正的智能控制。

参考文献:

- [1] 赵建有,赵丽平. 基于多智能体的城市交通流控制原型系统[J]. 交通运输工程学报, 2003, 3(3): 101-105.
- [2] Wolfram S. Theory and Application of Cellular Automata [M]. Singapore: World Scientific, 1986.
- [3] 王宏生. 人工智能及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [4] Ashri, Ronald, Luck, et al. From SMART To Agent Systems Development[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2005, 18(2): 129-140.
- [5] 孙宪鹏, 张宇, 王成恩, 等. 基于 KQML 语言的合同网协议模型及实现[J]. 信息与控制, 2000, 29(5): 454-460.
- [6] 程晓明, 李文权. 元胞自动机交通流模型的随机规则[J]. 交通运输工程与信息学报, 2007, 5(3): 96-99.
- [7] 中华人民共和国交通部. JTG B01-2003 公路工程技术标准[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

(上接第 144 页)

- [8] 丁文霞, 卢焕章, 王浩, 等. 一种基于混沌的彩色图像空域半脆弱水印算法[J]. 国防科技大学学报, 2008, 30(4): 59-63.
- [9] 王丽娜, 郭迟, 李鹏. 信息隐藏技术实验教程[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
- [10] 姜炳强, 江铭炎, 赵立军. 一种新的基于小波变换与混沌加密的彩色数字水印算法[J]. 山东大学学报, 2004, 34(3): 68-71.
- [11] 陈颢, 陈凌. 分形几何学[M]. 第 2 版. 北京: 地震出版

社, 2005: 54-71.

- [12] Feng J. Fractional fractal geometry for image processing[D]. USA: Northwestern University, 2000.
- [13] Ni Rongrong, Ruan Qiuqi, Cheng H D. Secure semi-blind watermarking based on iteration mapping and image features[J]. Pattern Recognition, 2005, 38: 357-368.
- [14] 余成波. 数字图像处理及 MATLAB 实现[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2003.