

基于多 Agent 的交通流仿真平台

张发^{1,2}, 赵巧霞³

(1. 西安交通大学管理学院, 西安 710049; 2. 空军工程大学工程学院, 西安 710038; 3. 空军工程大学电讯工程学院, 西安 710077)

摘要: 采用多 Agent 方法设计并实现交通流仿真平台, 仿真钟等步长推进, 由调度 Agent 协调仿真的运行。以 MaSE 方法对多 Agent 系统建模, 用自动机描述人车单元 Agent 和路段 Agent 之间的交互。人车单元 Agent 采用刺激-反应混合结构, 路网采用分层结构分解为路网、路段(交叉口)、车道, 信号控制方案分解为入口车道-流向灯色组合, 用分叉树表示信号灯组的状态。用 Visual C++ 实现该仿真平台, 证明其能有效再现交通流特征。

关键词: 交通流; 仿真; 多 Agent

Traffic Flow Simulation Platform Based on Multi-Agent

ZHANG Fa^{1,2}, ZHAO Qiao-xia³

(1. School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049; 2. School of Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an 710038;

3. School of Telecom Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an 710077)

【Abstract】 A traffic simulation platform based on Multi-Agent is designed and implemented. The simulation advances are with fixed-increment, and the scheduler Agent coordinates the activities. The Multi-Agent system is modeled with MaSE method. The interaction between DVE and segment is described with automata. DVE Agent is with S-R hybrid architecture. Road network is hierarchical and it is layered into network, segment (intersection) and lanes. The setting of traffic lights is presented by a tree, whose each leaf is corresponding to a light color for entry lane-traffic. The simulation platform is implemented with Visual C++. It is proved to be able to reproduce the features of traffic flow effectively.

【Key words】 traffic flow; simulation; Multi-Agent

采用多 Agent 技术对交通系统建模具有一定的优势^[1]。文献[2]分析了多 Agent 系统在交通中的应用。文献[3]对驾驶员建立了一个反应型 Agent, 对城市交通仿真原型进行了测试。INRETS 开发了基于驾驶行为的仿真模型 ARCHISIM^[4]。但这些研究均没有披露技术细节, 而采用多 Agent 方法设计交通仿真平台面临很多技术问题。本文采用多 Agent 思想设计并实现了交通流仿真平台, 能够对交通运行进行模拟。

1 仿真平台总体设计

1.1 交通流多 Agent 仿真平台总体结构

本文的仿真平台总体结构如图 1 所示。

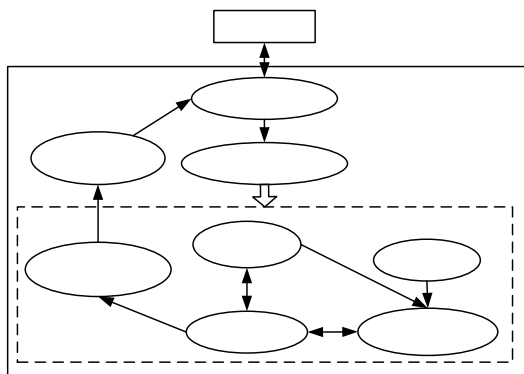


图 1 交通流多 Agent 仿真平台总体结构

图 1 是对实际交通系统简化建立的多 Agent 模型, 主要有人车单元 Agent、交通路网 Agent 和信号灯 Agent, 此外还有一些功能性 Agent, 主要包括仿真调度 Agent、发车 Agent、交通流检测 Agent、人机接口 Agent 和数据处理 Agent。仿真

调度 Agent 根据设定的实验条件, 启动人工交通系统, 推进仿真钟, 协调各 Agent 的交互, 当终止条件满足时, 结束仿真。发车 Agent 根据指定的发车规律, 产生车辆, 将其输入交通网络。交通流检测 Agent 收集实时数据。人机接口 Agent 接收用户输入, 呈现输出数据。数据处理 Agent 接收交通流检测 Agent 发来的数据, 进行统计处理, 发送给接口 Agent。

1.2 仿真调度

仿真调度 Agent 协调系统中其他各类 Agent 的行为。仿真钟等步长推进, 调度 Agent 根据时间脉冲协调路网、人车单元、信号灯、检测器的动作, 保证各 Agent 的时间同步, 并触发各 Agent 进行状态更新。它们之间的相互作用如图 2 所示。其中, Scheduler 为仿真调度 Agent, Road_Network 为交通路网 Agent; DVE 为人车单元 Agent; Traffic_Light 为交通灯 Agent; Detector 为检测器 Agent。仿真过程分为初始化、运行和结束 3 个阶段, 初始化和结束过程比较简单, 关键是交通流运行阶段。在运行阶段, Scheduler 推进仿真钟, 将时间信息发送到交通灯, 促使交通灯进行状态更新, 然后将 step 消息发送到路网, 路网以随机顺序遍历所拥有的 DVE, 然后每个 DVE 获取相邻车辆的位置、速度等数据以及交通灯数据, 根据驾驶逻辑进行状态更新, 并将新状态存入路网, 该过程重复进行直至满足终止条件。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70971106); 中国博士后科学基金资助项目(20070421118)

作者简介: 张发(1970-), 男, 博士后, 主研方向: 系统仿真; 赵巧霞, 讲师

收稿日期: 2009-04-30 **E-mail:** Richter2000@163.com

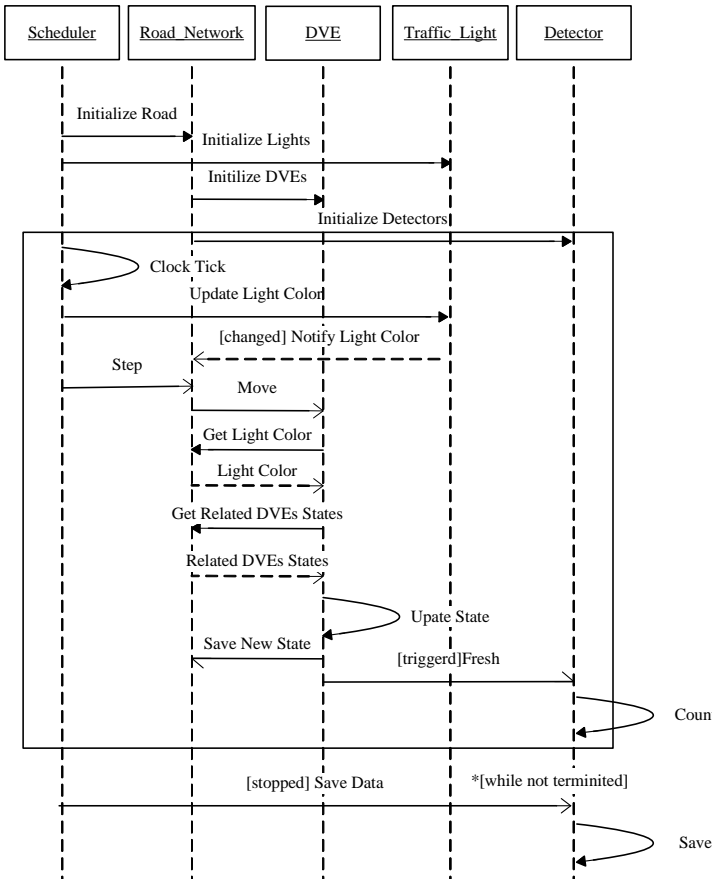


图 2 仿真过程 UML 序列图

2 Agent类和对话

本文采用 MaSE 方法对人工交通系统中主体之间的关系建模。图 3 是主要 Agent 类之间的静态关系，其中，矩形表示主体类；箭线表示主体类之间的对话。

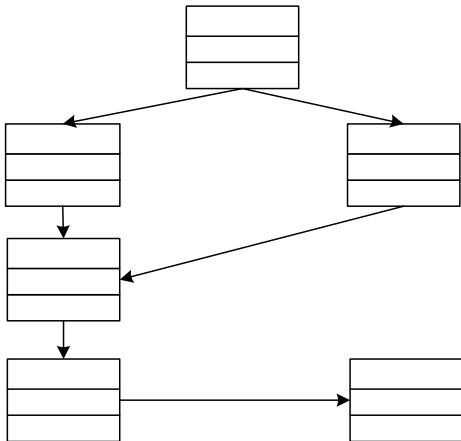


图 3 人工交通系统主体类图

主体类图上有多种对话，其中，Segment 和 DVE 之间的对话 Update_Vehicle 最重要。该对话的发起方是 Segment，响应方是 DVE。Segment Agent 的对话自动机如图 4 所示，nb_state 表示相邻车辆状态。该对话由 3 个阶段组成：

(1) Segment 主体请求 DVE 主体进行状态更新。

(2) DVE 收到更新请求后，向 Segment 查询相邻车辆及信号灯的状态。

(3) DVE 得到回复后执行状态更新行为，并将新的状态通知 Segment。

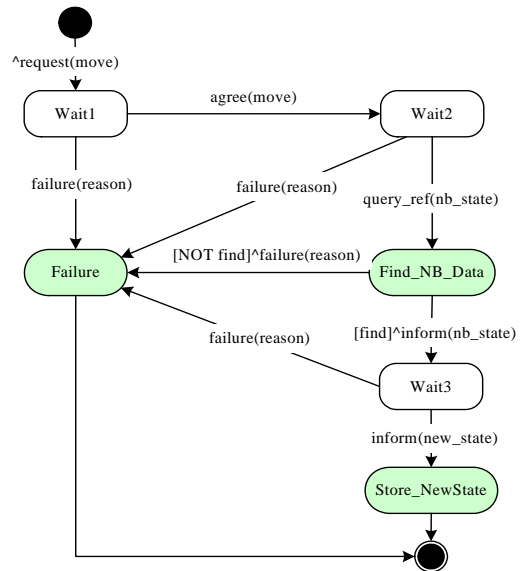


图 4 Segment 主体关于 Update_Vehicle 的自动机描述

响应主体 DVE Agent 的对话自动机如图 5 所示，也分为 3 个阶段：(1) DVE Agent 收到 Segment 发来的更新请求 request(move)，判断(Check_Need)后发出回应。(2) 同意更新后，向 Segment 发出查询 query_ref(nb_state)，以获得相邻车辆状态信息。(3) 收到相邻车辆状态信息后进行新状态计算，完成状态更新(Move)，并将新状态通知 Segment。2 个主体之间所需的同步由一些设定的等待状态进行协调，共同完成车辆在路段上的状态更新，实现车辆在路段上的运行。

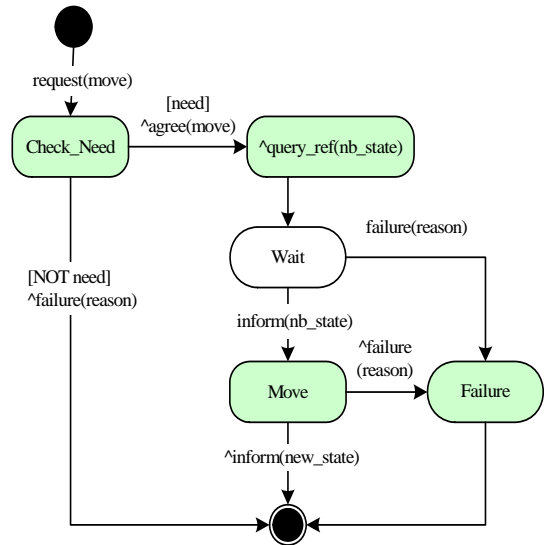


图 5 DVE 主体关于 Update_Vehicle 的自动机描述

3 主体的设计

3.1 人车单元

DVE Agent 是驾驶员和车辆的组合，具有感知、决策和操作实施 3 个主要部件，此外还具有通信部件，实现与其他主体的信息传递。驾驶决策主要由驾驶员根据当前交通状况以及自身当前状态做出，因此，DVE Agent 具有内部状态。在多数情况下，驾驶员根据交通信息做出理性选择，但在一些特殊情况下，如突然出现障碍物或与前车危险接近时，驾驶决策具有刺激-反应特点。因此，该类主体采用慎思与刺激-反应混合结构。

3.2 路网

路网具有复杂的拓扑结构和几何特征。对交通路网采用分层描述,分为路网、路段(和交叉口)、车道3层,将每一层抽象为相应的Agent类,各类之间进行分工协作。其中,路网Agent的基本功能是存储、维护整个交通路网的拓扑关系,为交通实体提供路网信息;路段Agent负责本路段的描述;交叉口Agent描述所连接路段之间的通行关系,一个交叉口包含一个信号灯对象,实现各入口车道交通流的时间分离。一个路段包含一个车道组,车道组由性质相同的一组车道构成,车道是交通网络的基本单元,记录车道各方面的属性。路段Agent与人车单元Agent以及信号灯Agent相互协作实现交通流的运行。

3.3 信号灯

信号灯的基本控制单位是对单一车道单一流向通行权的分配,这种分配用红、黄、绿3种信号灯色表示,信号控制方案就是对所有入口车道-流向通行权的协调。因此,可以将交叉口处的信号灯组分解到各入口车道-流向上,控制部件根据配时方案控制协调各车道-流向灯色的变化。这样,信号灯的状态就由各车道-流向信号灯状态组成。交叉口处的信号灯用分叉树表示,分叉树最多有3层分支,第1层为各入口道方向,第2层为某方向的各车道,第3层为某车道的各交通流向,叶子节点为车道-流向灯色。

交叉口的信号灯抽象为一个信号灯Agent,它是一种有状态的Agent,其状态用分叉树表示。信号控制算法是信号灯的决策部件。信号灯Agent没有动作部件,因为信号灯不直接作用于环境,只能通过通信部件通知其他Agent自身的状态。当然,通信部件还接收其他Agent发来的信息。信号灯决策部件的基本功能是根据控制方案,当条件满足时切换信号灯状态。

4 结束语

基于以上方案,本文采用Visual C++编程实现了交通流多主体仿真平台。其中,人车单元的运动采用基于有限状态自动机的集成框架^[5],纵向运动采用基于决策树的方法^[6]。分别对单车道、多车道交通流进行了模拟,结果证明其能真实再现交通流的运行特性。在一般PC上能够对数万车辆的运行进行实时仿真。说明采用多主体技术设计交通仿真平台完全可行,能够应用于工程实际。下一步将对仿真平台进行扩展,容纳更多类型的交通参与者,并能刻画各项智能交通技术的应用。

参考文献

- [1] 宣慧玉,张发. 复杂系统仿真及应用[M]. 北京:清华大学出版社,2008.
- [2] Burmeister B, Haddadi A, Matylis G. Application of Multi-Agent Systems in Traffic and Transportation[J]. IEE Proceedings on Software Engineering, 1997, 144(1): 51-60.
- [3] Ehlert P A M, Rothkrantz L J M. Microscopic Traffic Simulation with Reactive Driving Agents[C]//Proc. of Intelligent Transportation Systems Conference. Okland, USA: IEEE Press, 2001.
- [4] Hadouaj S E, Drogoul A. A Study of Coordination Within a Road Traffic Environment[C]//Proc. of International Conference on Intelligent Agent Technology. [S. l.]: IEEE Press, 2004.
- [5] 张发,宣慧玉,赵巧霞. 基于有限状态自动机的车道变换模型[J]. 中国公路学报, 2008, 21(3): 97-101.
- [6] Zhang Fa, Li Jinling, Zhao Qiaoxia. Single-lane Traffic Simulation with Multi-Agent System[C]//Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. Vienna, Austria: IEEE Press, 2005.

编辑 张帆

(上接第8页)

从图3中可以看出,CFDR-MAC协议的平均吞吐率性能优于CFDAMA-RA和CFDAMA-PB。通过定量分析可知,CFDAMA-RA,CFDAMA-PB的平均信道利用率分别为55.53%,46.74%,CFDR-MAC的平均信道利用率为77.68%。这是因为CFDR-MAC采用了适应性的集成带宽分配算法,能更好地适应卫星网络应用流量的动态变化,更充分地利用卫星网络的可用带宽,提高卫星网络信道利用率。从图4中可以看出,CFDR-MAC与CFDAMA-RA的平均时延性能较为接近,CFDR-MAC的平均时延略优于CFDAMA-RA,而CFDAMA-PB的平均时延最大。这是因为CFDR-MAC与CFDAMA-RA集成了随机接入协议的优点,在剩余带宽分配上减少了预约请求的时延。尽管CFDAMA-PB采用捎带方式的预约请求,但仍有一定的预约响应时延。

5 结束语

本文提出了一种适应性的卫星通信网络多级MAC协议CFDR-MAC,集成了固定分配、按需分配和随机分配机制的优点,并提出了相应的链路带宽分配算法。通过比例因子可调节机制,达到了协议机制和带宽分配策略的灵活性和适应性。进一步的工作是高带宽环境下卫星通信网络数据链路传输控制以及异构系统互联的研究。

参考文献

- [1] Kota S L. Broadband Satellite Networks: Trends and Challenges[C]//Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference. [S. l.]: IEEE Press, 2005.
- [2] Wen Jyh-Horng, Huang Kuo-Ting, Wang Hung-Chung, et al. Performance Evaluation of a Satellite-switched Variable-frame TDMA System[J]. AEU-International Journal of Electronics and Communications, 2006, 60(5): 345-352.
- [3] Koutsakis P. On Providing Dynamic Resource Allocation Based on Multimedia Traffic Prediction in Satellite Systems[J]. Computer Communications, 2007, 30(2): 404-415.
- [4] Mitchell P D, Grace D, Tozer T C. Performance of the Combined Free/Demand Assignment Multiple Access Protocol with Combined Request Strategies via Satellite[C]//Proc. of the 12th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. [S. l.]: IEEE Press, 2001.
- [5] McCanne S, Floyd S. The LBNL Network Simulator: NS-2[Z]. [2008-05-18]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

编辑 张帆