

文章编号: 1005-0523(2005)05-0038-04

多智能体技术在交通系统协调控制中的应用

郭建钢, 伍雄斌

(福建农林大学, 福建 福州 350002)

摘要: 多智能体在交通控制系统中的应用逐渐成为交通控制领域的一个研究热点. 应用多智能体技术, 建立交通系统控制模型逐步得到交通工程相关研究者的重视. 在分析交通系统协调控制模型和多智能体技术在交通系统协调控制中的应用现状的基础上, 提出了建立基于多智能体技术的交通系统协调控制模型应注意的问题和发展趋势, 以期能为相关研究提供一种新的思路.

关键词: 交通工程; 多智能体; 交通系统; 协调控制; 模型

中图分类号: U491

文献标识码: A

城市化进程的加快和交通量的增加, 推动着交通运输的现代化, 同时也使城市面临交通堵塞、交通事故等问题的困扰, 交通问题已成为制约城市经济可持续发展的“瓶颈”. 解决城市交通问题的传统措施是加快道路交通基础设施的建设步伐, 提高城市路网的交通容量. 但增加路网交通供给量既受到城市交通用地和投资的限制, 又会刺激交通需求, 使交通供需矛盾出现新的不平衡. 随着科学技术的进步, 计算机技术、网络技术、通讯技术和智能控制技术的飞速发展, 给城市交通控制带来了一次新的革命. 因此, 从交通管理设施入手, 对交通流进行科学的组织与管理控制, 充分发挥现有交通网络的通行潜力, 最大程度上使交通流做到有序流动, 已成为解决交通拥堵的主要方法, 城市智能交通控制应运而生^[1-3].

1 国内外交通系统协调控制相关研究的发展状况

按系统论观点, 应使系统内部活动协调一致, 防止侧重某一子系统的目标实现而忽视整个系统的最优, 并尽可能地把系统内耗降到最低. 在进行道路交通系统协调控制时, 应从高层次对交通系统整体进行组织、协调和优化, 并建立统一模型应用于实际控制, 达到道路交通系统的最优化.

1.1 国外相关研究的发展状况

为了解决交通拥挤与阻塞, 20 世纪 60 年代, 发达国家

开始交通控制的研究. Allosp(1974) 第一次将控制引入交通流分配问题后, 有关交通控制和路径选择行为之间相互影响和作用的研究成为有关专家研究的焦点. Charlesworth 等使用 TRANSYT 模型, 为人为给定的一套信号控制网络的所有路段, 提供了估计运行时间就交通流之间关系的方法; Smith 考虑了将控制引入分配的基本问题; 欧洲在开发 DRIVE 时, 把重点放在动态线路引导系统和交通控制系统的一体化方面; Menga 等采用随机控制理论建立非饱和交通量的自适应递阶控制模型, 在仅考虑上、下游交叉口的相互影响, 采用关联预估法实现网络的协调控制, 整个系统由微机网络来实现; Singh 和 Tamura 建立了基于高峰小时过饱和和交通网络的递阶控制模型, 之后, Leininger 等对 Singh 模型进行了改进, 由于改进模型的算法较为复杂, 在实际应用中存在着一定的困难. 90 年代后, Ghali 提出了估计交通控制系统和路线诱导策略的动态交通分配模型^[4-9]. 随着计算机技术的发展和多智能体在交通的应用, Claudia 提出了在交通多智能体系统的增量相互学习方法来协调交叉口的 2 个控制器; Findler 给出了交通网络的分级结构; Weib 给出了多智能体在交通领域的其他一些应用^[10].

1.2 国内相关研究的发展状况

20 世纪 80 年代后, 我国在城市交通系统管理与控制方面开展了一系列科学研究和工程实践, 取得了一定的研究成果, 并研发出车辆检测器、可变情报板、监控地图等多种设

收稿日期: 2005-09-23

基金项目: 福建省教育厅科研基金资助(JA03075)

作者简介: 郭建钢(1962-), 男, 浙江诸暨人, 教授.

中国知网 <https://www.cnki.net>

备,制定了一些标准和规范.随着人工智能的发展,部分学者把人工智能技术应用到交通管理与控制中,并开始交通控制系统与诱导系统的协调研究.在相关研究基础上,一些学者提出了二级结构控制与诱导递阶协调的系统结构,并建立协调优化模型,给出了迭代协调的求解算法,并进行仿真研究^[11,12];有的学者提出了以智能体为控制单元、具有分层递阶结构的交通控制体系的概念模型.对于智能体在交通控制中的学习功能,我国学者提出自己的观点,在城市交通控制中引入基于递归建模方法(RMM)和贝叶斯学习的多智能体方法,结合这2种方法,可根据实际观测到的行为变化,在线调整对其他智能体的信念^[10,13,14].同时,有些学者把多智能体技术应用到交通诱导中,利用多智能体之间的协商和合作机制,对出行诱导和动态路径选择算法进行了研究,以此来辅助实现交通系统的智能化^[15-18].

由于我国关于交通系统协调控制的研究起步较晚,从事相关研究的学者较少,在交通智能方面研究较为薄弱,主要还是借鉴大量的国外研究成果.

2 多智能体的交通系统协调控制的模型研究

智能体(Agent)出现于20世纪70年代的人工智能中,80年代后期才发展起来,Agent这个概念近年来无论是在人工智能领域还是在其它领域频繁出现^[19,20].智能体是一个运行于动态环境的具有较高自制能力的实体.智能体具有自主性、通信性、反应性、能动性、推理性、协同性、进化性等基本特征属性^[16,21,22].在智能体概念的基础上,人们又提出了多智能体系统(Multi-agent System, MAS).以智能体为结构单元,使用分布式问题求解方法的多智能体系统由于其各个智能体之间目标一致,整个系统可看作一个团队的工作组^[23-25].多智能体的这些特征,为交通系统这一具有很大突变性和随机性的典型分布式系统的协调控制和建模提供了解决方案.

2.1 基于多智能体的交通系统协调控制总体结构

当前的交通协调控制策略一般由交通控制中心制定,该控制方式反应慢、动态调节能力差.交通系统具有流体特性及波的传递特性,以往的控制方式已经无法满足要求.因此,赵建有等提出基于多智能体的交通系统的协调控制体系结构,该结构由主控中心智能体、区域中心智能体和路口智能体等构成:(1)主控中心智能体是整个系统的最高层即决策层,负责整个系统整体的管理、各区域智能体之间的监测和整个城市路网运行状况的评估,实现城市交通系统总体控制效果的最优.(2)区域中心智能体是协调控制系统的中间层,负责本区域内各路口的监测维护、控制模式的设置和紧急事件的处理以及把有关局部路况分析结果及路口信号配时限制条件传送到决策层.(3)路口智能体是协调控制系统的底层,负责各交叉路口的信号监控、调整以及与相邻交叉路口或区域控制中心的实时通讯,并根据需要完成区域控制中心下达的控制工作,是实现交通控制任务的主要承担

者^[26].

2.2 基于多智能体的交通模型

2.2.1 车辆 Agent 模型 李伟等以 Agent 技术为基础,根据驾驶员实际驾车特点建立车辆 Agent 模型,由4部分组成:驾驶员的类型(谨慎型或鲁莽型);车辆状态及属性(车型、速度、加速度等);控制决策层(基于知识的决策部分,通过内部及外部车辆的状态决定自身的行驶状态);通信层(构成了 Agent 交互通讯通道,用于传输车辆的驾驶状态).其结构框图,见图1^[27].

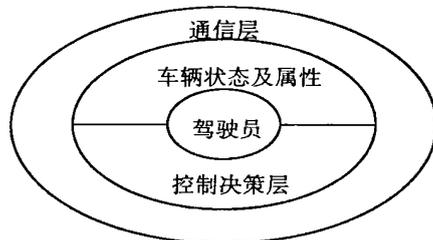


图1 车辆 Agent 模型结构

2.2.2 路口 Agent 控制模型 蔡朝辉等提出了路口 Agent 控制模型,有2个功能层次,即本能模块和意识模块,见图2^[28].本能模块由环境接口(用来收集路口交通流信息和相邻路段的信息,是执行单元的执行依据)和执行单元(根据环境接口提供的环境信息及相对固定的控制策略,实时控制本路口的绿信分配)2部分组成,它直接作用于路口的控制目标——绿信的分配,并以此为依托,时刻监视所在路口的交通流状况并直接控制绿信在各个相位间的切换.意识模块由预测单元(模拟未来一段时间的交通流运行,与附近路口 Agent 的预测单元进行交互预测,从而获取相应预测数据)、评价单元(评估一段时间内路口交通流运行综合指标)、决策单元(反复调用预测单元和评价单元预测评价路口在不同参数下的控制效果,得出未来一段时间内的最优控制参数)和通讯单元(传递和接受 Agent 间的交通流控制请求和仿真数据请求).因此,意识模块是属于 Agent 的“高层思维”,直接作用于本能模块,通过本能模块运行状况的观察和预测,自行调节自身的控制参数,必要时与其它 Agent 进行协商和联络,形成 Agent 之间的协商控制.

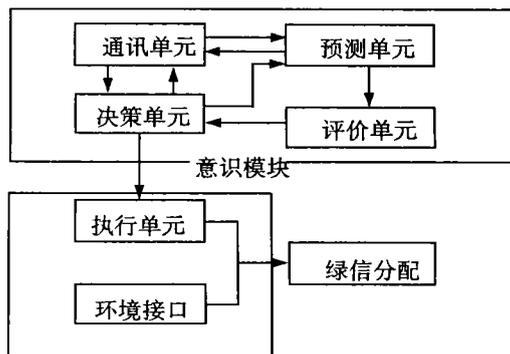


图2 路口 Agent 控制模型

2.2.3 出行者 Agent 模型 在混合交通流中,出行者 Agent 模型包括机动车 Agent、非机动车 Agent、行人 Agent。一般出行者 Agent 的通用模型,见图 3^[29]。在出行者 Agent 模型中的推理模块是使出行者 Agent 具有自治能力的关键。由于模型中存在知识库和推理机,出行者 Agent 具有学习能力以及根据历史经验对交通状况进行预测的能力。出行者 Agent 决策的制定过程采用集中式,依赖于表达出行者自身的信念、愿望和意图的数据结构之间的操作来实现。

2.3 现有多智能体交通模型存在的不足

由于交通系统是一个由人为直接参与的复杂大系统,包含不同的要素,现有的多智能体交通模型过于单一,主要是面向交通系统单一元素的多智能体建模,并非真正意义上的交通系统协调控制模型;在现有模型中,对于 Agent 的内部机理还处于探索中,没有将学习作为一种积累经验的机制引入模型中;在基于多智能体交通系统建模过程中,都对建模对象进行了一定程度的抽象和简化,忽略了交通系统中各个要素之间的相互影响关系,因此,模型无法全面反应系统原貌,存在一定的局限;现有多智能体交通系统模型的适用性和有效性也有待提高,应该与深入、细致的交通系统仿真研究相结合,并根据实际工程验证模型的有效性,逐步完善多智能体交通模型。

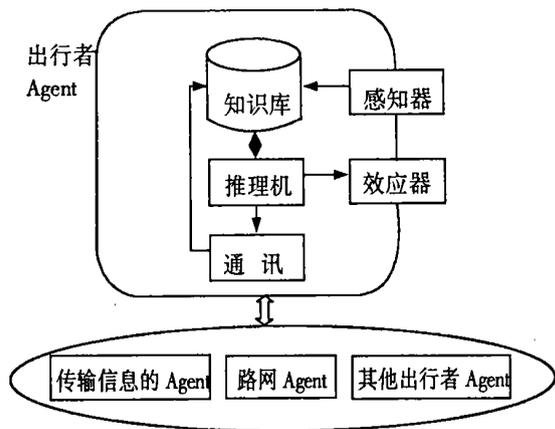


图 3 出行者 Agent 的通用模型

3 交通系统协调控制模型研究展望

人们对城市交通问题日益关注,出现了许多新的研究方法和控制策略。随着计算机技术和人工智能在交通系统控制中的深入应用,交通系统协调控制模型将朝着集成化、智能化、实用化和深入化的方向发展。

3.1 交通系统协调控制模型的集成化

现有的交通系统协调控制模型一般以管理方法为主,其实质是对一种交通控制或诱导方法的改进,没有真正做到交通系统的协调控制。交通系统是一个复杂的结构体,未来城市交通系统的目标是实现交通系统协调的集成。因此,在交通系统协调控制建模研究中,应将交通控制与诱导置于同等重要位置,充分考虑 2 者之间的相互影响,应用系统

理论建立统一的优化协调控制模型,实现交通系统协调控制的一体化。

3.2 交通系统协调控制模型的智能化

智能体技术是计算机与人工智能领域的新成果,鉴于交通智能体系统的特点,把先进智能体技术与交通建模结合起来,从而达到交通系统模型的智能化,使建立的模型可以更好地适应交通系统的随机性及交通流的波动特征。基于多智能体的交通系统协调控制模型的研究是一个崭新的研究领域,是计算机技术和人工智能在交通领域的新发展。运用多智能体技术解决交通问题是交通系统的内在要求,是智能交通系统研究的重要组成部分,传统的交通系统协调方式已经无法满足现代化城市交通管理与控制的需要,智能化城市交通系统协调控制是城市管理与控制发展的必然趋势^[30]。目前,相关研究工作还处于萌芽阶段,有待于进一步研究。

3.3 交通系统协调控制模型的实用化

基于多智能体的交通模型还处于理论阶段,其实用性还有待进一步的验证。在今后的建模过程中,应该结合实际工程,使所建立的模型能应用于交通系统的协调控制中。同时,针对智能体的推理性,应加强对具有预测能力的多智能体交通模型研究。通过模型,预测交通系统未来状态的变化,从而能够及时采取相应的措施来疏导交通,达到最优的协调控制。

3.4 交通系统协调控制模型的深入化

我国的大规模交通基础设施建设已经进行了较长时间,城市内交通设施扩建的余地也越来越少,进入 21 世纪后,在城市交通系统协调控制中应用多智能体技术,给解决城市交通问题带来了新的方法。尽管我国学者对这方面的研究也逐步重视,并取得一定的研究成果,但还处于初级阶段,集多智能体于一体的交通系统协调控制模型的相关研究还有待于进一步深入和加强。

参考文献:

- [1] 周溪召. 一个新的城市交通控制模型[J]. 交通运输系统工程与信息, 2003, 3(4): 69.
- [2] 陶志伟, 黄卫. 城市交通控制的新发展[J]. 交通运输系统工程与信息, 2002, 2(3): 14-17.
- [3] 陈建平, 房海蓉, 胡准庆. 城市交通的智能控制系统综述[J]. 北京汽车, 2001, (4): 10-13.
- [4] 李振龙, 陈德望. 交通信号区域协调优化的多智能体博弈模型[J]. 公路交通科技, 2004, 21(1): 85-86.
- [5] Bonsall P W, T Parry. Drivers Requirements for Route Guidance [C]. Proceedings of Third International Conference on Road Traffic Control, 1990: 1-5.
- [6] Gartner, Nathan H, Stamatiadis. Integration of dynamic traffic assignment with real-time traffic adaptive control system Transportation Research Record, 1998: 150-156.

- [7] Allosp R E. Some possibilities for using traffic control to influence trip distribution and Route choice [C]. Proceedings of 6th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 1974.
- [8] 潘文敏. 城市交通控制系统综述[J]. 控制理论与应用, 1985, 2(2): 4.
- [9] Singh, M, G and Tamura, H. Modeling and Hierarchical Optimization for oversaturated urban road traffic networks[J]. INT. J. control, 1974, (6): 913—934.
- [10] 欧海涛, 张卫东, 张文渊等. 基于多智能体技术的城市智能交通控制系统[J]. 电子学报, 2002, 28(12): 52—55.
- [11] 韩志新, 魏连雨. 交通控制系统与诱导系统的协调[J]. 广西交通科技, 2002, 27(4): 23—25.
- [12] 王亮, 马寿峰等. 一种交通控制与诱导递阶协调优化模型[J]. 系统工程理论与实践, 2004, (6): 126—132.
- [13] 俞峥, 李建勇. 多智能体在交通控制系统中的应用[J]. 交通运输工程学报, 2001, 1(1): 55—57.
- [14] 桂本焯, 钱徽, 朱淼良. 基于多智能体的自动驾驶车辆仿真调试系统[J]. 华中科技大学学报, 2004, (32): 68—70.
- [15] 夏冰, 张佐等. 基于多智能体系统的动态路径选择算法研究[J]. 公路交通科技, 2003, 20(1): 93—96.
- [16] 朱茵, 唐祯敏, 钱大琳. 基于多智能体技术的交通管理系统的研究[J]. 中国公路学报, 2002, 15(3): 80—83.
- [17] 徐丽群. 基于多智能体技术的出行诱导管理系统研究[J]. 东南大学学报, 2004, 34(6): 814—818.
- [18] 李瑞敏, 史其信. 基于多智能体系统的城市交通控制与诱导集成化研究[J]. 公路交通科技, 2004, (21): 109—112.
- [19] 承向军, 杨肇夏. 智能体技术的城市交通控制系统的探讨[J]. 北方交通大学学报, 2002, 26(5): 48—49.
- [20] 王会霞, 王行仁. 面向 Agent 方法在计算机生成兵力中的应用研究[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(7): 867—889.
- [21] 武海鹰, 王绪安. 分布式人工智能与多智能体系统研究[J]. 微机发展, 2004, 14(3): 81.
- [22] 刘大有, 杨鲲, 陈建中. Agent 研究现状与发展趋势[J]. 软件学报, 2000, 11(3): 315—321.
- [23] Stuart Russel, Peter Norving. Artificial Intelligence: A Modern Approach [M]. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1995.
- [24] 何煜普, 李晓萌, 许晓鸣. 多智能体协作技术综述[J]. 信息与控制, 2001, 30(4): 337—342.
- [25] 吴继伟, 杨定鹏, 萧蕴诗. 多智能体协作方法及其应用研究[J]. 控制与决策, 2004, 19(1): 216—217.
- [26] 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): 102—103.
- [27] 李伟, 何东之, 李润梅. 基于 Multi-Agent 的多车道交通流的分布式仿真研究[J]. 计算机仿真, 2005, 22(2): 191—193.
- [28] 蔡朝辉, 宋靖雁, 张毅, 李志恒. 基于 Multi-agent 的道路交通流控制模型[J]. 公路交通科技, 2002, 19(2): 106.
- [29] 张晋, 李平, 王慧. 基于多智能体的城域混合交通系统仿真系统的体系结构[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2004, 1(3): 85—86.
- [30] 翟高寿, 查建中, 鄂明成. 集成智能城市交通控制系统体系结构的提出[J]. 系统工程理论与实践, 2002, (7): 82—83.

The Application of the Multi-agent Technology on the Traffic System Cooperative Control

GUO Jian-gang, WU Xiong-bin

(Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The research of multi-agent applied on traffic control system is becoming a hot spot. The related researchers had paid more attention to set up the model of the traffic control based on multi-agent. After analyzed the research of the traffic cooperative control system and the multi-agent used in the model of the traffic cooperative control system, the prospect for the development of the traffic cooperative control model had been made in the paper.

Key words: Traffic engineering; multi-agent system; traffic system; cooperative control; model