

# 基于多 Agent 系统的自动导航车系统研究

李艳艳, 张海涛

(河南科技大学 电子信息工程学院, 河南 洛阳 471003)

**摘要:** 车辆诱导系统的大部分工作是利用全球定位系统来实现, 但是全球定位系统存在一定误差, 且费用较高等。为解决这些问题, 提出了自动导航车系统, 它是车辆诱导系统基础上的一个重要分支, 是以多 Agent 系统为基础的。重点研究的是最优路线的路径诱导策略和多 Agent 间的通信。自动导航车系统替代安装全球定位系统, 减少了其在资源利用、成本等方面的开支, 对缓解当今社会的交通压力有一定的积极作用。

**关键词:** 车辆诱导; 自动导航车系统; 多 Agent 系统

中图分类号: TN965

文献标识码: A

## Study of the AGV system based on MAS

LI Yan Yan, ZHANG Hai Tao

(College of Electronic Information Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

**Abstract:** Most work of vehicle guidance system use GPS to achieve, but GPS exists errors and higher costs. To solve these problems, the automatic guidance vehicles (AGV) system is proposed in this paper, that is an important branch of the vehicle guidance system, and based on multi-agent systems. This article focuses on the route guidance strategy of the optimal route and communication among multi-agents. In the system, automatic guidance vehicles replaces the GPS, reducing spend in the resources and the cost, and playing a positive role in alleviate the traffic pressure of the city.

**Key words:** vehicle guidance; automatic guidance vehicles system; multi-agent system

智能交通系统 ITS<sup>[1-2]</sup>(Intelligent Transportation System) 是近年来兴起的运用各种先进的技术手段解决交通问题的综合系统。它将信息、通信控制、计算机网络等高新技术有效地综合运用于地面交通管理体系, 从而建立起一种大范围、全方位发挥作用, 实时、准确、高效的交通运输管理系统。智能交通系统将成为 21 世纪现代化地面交通运输体系的模式和发展方向, 使用 ITS 能有效地提高道路使用效率, 是交通运输进入信息时代的重要标志。ITS 主要有以下 2 个系统: 城市交通控制系统和车辆路径诱导系统<sup>[2]</sup>。作为 ITS 的重要组成部分, 随着相关技术的成熟, 车辆诱导系统将在未来的智能交通系统中扮演重要角色<sup>[3]</sup>。

车辆诱导系统<sup>[4]</sup>, 即车辆路径诱导系统, 是利用全球定位系统(GPS)、电子交通图、计算机和先进的通信技术, 为驾驶员找到从当前位置到目的地的最优行驶路线。但是 GPS 信号的缺点是误差比较大, 引起误差的原

因比较多, 如 GPS 信号存在受高楼和隧道遮挡问题、无法连续地进行车辆定位<sup>[3]</sup>。另外, 安装 GPS 装置的费用比较高。

在发达国家车辆诱导系统的研究起步较早, 并取得了一些比较有意义的成果。特别是美国、德国、日本已经开发出一些各具特点的车辆诱导系统。虽然与大范围的应用还存在一些差距, 但初步的实验已经表明, 在加强交通控制与管理功能方面有很大的作用。目前, 研究开发比较成功的有美国的 TravTek 系统<sup>[6]</sup>、德国的 Ali-Scout<sup>[7]</sup>系统和日本的导航系统<sup>[8]</sup>等。

我国对车辆诱导系统的研究起步较晚, 主要的研究有: 由上海交警总队和同济大学合作完成的多段接力式动态标志路线引导系统; 哈尔滨工业大学运用 GPS 和集群通信系统设计的试验性指挥调度系统; 清华大学、北京人民广播电台和中科院遥感所共同研制的车辆定位导航系统<sup>[10]</sup>。目前处于对定位系统、电子地图、双向通

信等问题的研究阶段,投入使用的基本上都是以无线电广播为基础的初级诱导手段,基于GPS、集群通信、可变标牌的诱导系统正处于研究和实验阶段,而缺少对车辆诱导系统全面的研究<sup>[10]</sup>。

为了解决车辆诱导系统存在的诸多问题,本文提出了自动导航车AGV(Automatic Guidance Vehicles)系统,它是车辆诱导系统基础上的一个研究分支,以多Agent系统为基础,以多Agent间的通信来得到各种实时信息。

### 1 自动导航车系统

本文提出的自动导航车(AGV)系统是车辆诱导系统基础上的一个研究分支,但又有很大不同。自动导航车系统以多Agent系统<sup>[11]</sup>为基础,并结合计算机和通信技术,为驾驶员提出的目的地找到最佳路径,并在车辆的行驶过程中实时地进行定位,以满足驾驶员的各种需求。该系统能够有效地防止交通阻塞的发生,减少车辆在道路上的逗留时间,并最终实现交通流量在网络中各路段上的最优分配。

自动导航车系统由指挥中心Agent<sup>[12]</sup>与多辆安装有Agent系统的自动导航车组成。指挥中心Agent将多辆AGV Agent组成1个或若干个编队,指挥中心Agent统一指挥各个编队,其中每个编队里由1辆AGV Agent担任组长。

指挥中心Agent是自动导航车系统的核心,对整个系统有全局控制的作用。指挥中心Agent的一个重要的部分是知识库,包含各个AGV Agent的基本信息和路网信息。基本信息包括静态信息(如名字、地址、接口和提供的服务等)和动态信息(如某些驶入或驶出指挥中心Agent域范围的AGV Agent的信息);路网信息也有2种形式:静态信息和动态信息。静态信息包含的是指挥中心域范围内的所有的道路信息,即路网信息、信号灯信息、立交桥相关信息等。动态信息即实时交通信息,由指挥中心Agent随时与每辆AGV Agent进行通信得到。

指挥中心Agent可以随时与每辆AGV Agent进行通信,并对得到的数据进行融合而得到动态路网交通信息,如交通事故、因施工而关闭的道路情况等信息,指挥中心Agent将这些交通信息传送给自动导航车Agent,并了解任务的完成情况及态势信息。

自动导航车Agent可以通过定位来确定车辆当前在网络中的位置和驾驶员输入的目的地,结合动态路网交通信息,为驾驶员提供能够避免拥挤、减少延误、快速到达终点的最优行车路线,在屏幕上显示出车辆行驶前方的交通状况,并以颜色线来标示所建议的最优路径。所得到的最优路径随驾驶员需求的不同而不同,既可以是路程最短的路径,也可以是时间最短的路径。最优路径的提示可以有3种方式:文本方式、声音方式、图形方式。其中,文本方式是在显示器上用文字显示诱导信息,如“在前方路口左转”等;声音方式是通过语音转换和语

音合成单元将文本信息以声音的形式输出,这是一种最直接方式;图形方式是在电子地图上用特殊颜色的连线表示出最优路径信息,这是一种常见的比较直观的屏幕输出形式。

在自动导航车系统中,自动导航车Agent不仅充当系统的感应器和传送器,在路段上感应、收集实时交通信息并向指挥中心Agent传送。同时,作为系统的接收器,接收由指挥中心Agent传送的实时路网信息,并充当诱导系统的计算单元,利用其收集的实时的局部交通信息,修正生成的最优路径。在AGV系统中,自动导航车Agent充当了感应器、传送器、计算单元和用户的多重角色,发挥了极其重要的作用。

自动导航车Agent的功能有:(1)接收实时交通信息数据;(2)定位;(3)显示交通信息,即用不同的颜色表示各不同路段的交通拥挤情况;(4)路径选择,即依据车辆定位所确定的车辆在网络中的位置和出行者输入的目的地,结合动态路网交通信息进行动态交通分配,为驾驶员计算到达终点的最优行车路径;(5)路径在线导航提示,即在车载PC的电子地图上以颜色线标示所建议行驶的最优行驶路线,并通过多媒体设备在线提示。

自动导航车系统实现的功能主要有:自由浏览所在城市的路网地图;准确定位车辆和显示车辆的实时位置;车辆Agent向指挥中心Agent发送位置和行驶轨迹数据;车辆Agent可向指挥中心Agent发送请求服务及紧急求救信号;车辆Agent的显示设备可以显示最优行车路径;实时诱导行车(在行车过程中以文字或语音的形式,对前方的转弯、行驶方向及目的地等进行实时的提示);指挥中心Agent接收车辆Agent发送来的各种数据;指挥中心Agent向入网车辆Agent发送路况信息;指挥中心Agent对单车或集群车辆Agent的跟踪、监控;信息查询,即能够查到入网车辆的型号、档案、驾驶员姓名等用户资料。

由于篇幅有限,本文仅对系统中较重要的路径诱导策略、搜索方式和多Agent间的通信进行了具体的研究。

## 2 最优路径的路径诱导策略及搜索方式

### 2.1 路径诱导策略

路径诱导是自动导航车系统的重要功能之一。其作用是依据车辆Agent定位所确定的车辆在网络中的位置和驾驶员输入的目的地,结合车辆Agent采集动态交通信息与中心Agent知识库中的路网交通信息,为驾驶员提供能够避免拥挤、减少延误、快速到达终点的行车路线,在车辆的屏幕上显示出车辆行驶前方的交通状况,并以箭头标示所建议的最优行驶路线。

路径诱导系统可分为集中式和分布式<sup>[13]</sup>。集中式是在交通信息中心Agent的主机上,基于实时交通信息进行路径优化选择,为每一个可能的车辆Agent计算出最

## 网络与通信 Network and Communication

优或准最优路线,然后通过 Agent 间的信息交换将最优路径提供给用户;而分布式则是信息中心 Agent 负责从车辆 Agent 接收实时交通信息,并将此信息发送给网络中的车辆 Agent,车辆 Agent 则根据接收到的实时交通信息,结合车辆 Agent 存储的有关数据,计算出最优或准最优路径,依次进行路径诱导。集中式路径诱导系统是一种典型的预测型诱导系统,而分布式路径诱导系统则是一种典型的反应型诱导系统<sup>[5]</sup>。分布式路径诱导系统能提供高质量的诱导信息,因此,本文中采用的是分布式路径诱导系统,其功能框图如图 1 所示。

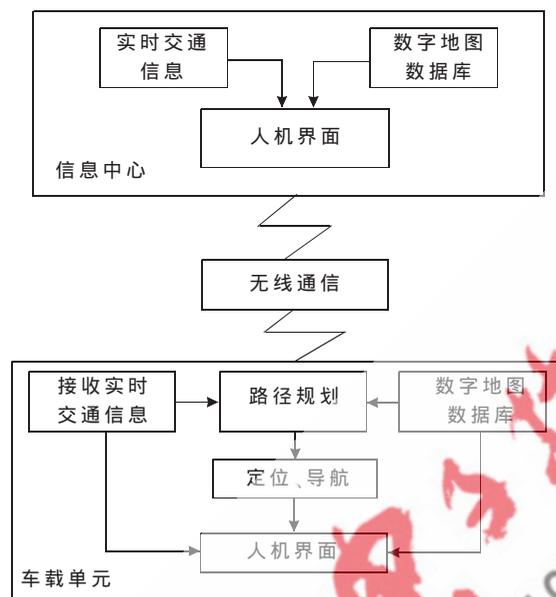


图 1 分布式路径诱导系统功能框图

## 2.2 最优路径的搜索方式

车辆 Agent 对最优路径的搜索方法有静态路径搜索和动态路径搜索 2 种方法<sup>[14]</sup>。静态路径搜索策略的依据是从路段的历史信息中得到的统计,认为是在现实交通状况与统计数据一致的情况下的最优路径,而在实际交通路网中这种情况很难实现。因此,必须在此静态路径的基础上根据路段行程时间的动态信息进行调整,静态最优路径对于交通情况的变化或者突发事件(如交通事故等)缺乏有效的应变措施。动态路径诱导必须依靠车辆 Agent 获得的实时交通信息进行自主导航,根据车辆 Agent 定位信息获取车辆当前的位置信息,并在车辆行驶过程中,根据路段行程时间的实时动态信息在线调整路径。

本文采用静态路径搜索和动态路径搜索相结合的混合道路交通路径诱导策略。首先,车辆 Agent 根据定位信息获得车辆当前的位置信息,其路径诱导模块先采用静态路径搜索方法,从交通状况的历史数据库或者地理信息数据库等静态信息中得到最优或准最优路径,并进行路线诱导。在车辆行驶过程中,车辆 Agent 采用动

态路径诱导方法,根据得到的实时交通路网信息,得到路段行程时间的实时动态信息,并实时、局部地进行路径调整,引导车辆避开拥挤路段,以最短行程时间抵达目的地。该策略能够有效地防止交通阻塞的发生,减少车辆在道路上的逗留时间,并最终实现交通流量在网络中各路段上的最优分配。混合道路交通路径诱导策略,以车辆获得的实时交通信息对车辆行程时间进行预测,根据预测结果的变化进行判断,然后根据判断结果在 2 种方式之间进行切换,对车辆进行动态诱导,引导车辆以最短行程时间到达目标点。

## 3 系统中多 Agent 的通信

系统中的一个关键问题就是通信<sup>[17]</sup>。多 Agent 之间需要进行通信,以便相互交换信息、进行协调或合作、完成求解任务。Agent 的通信能力是其自主性的基础,社会性的体现,是其学习能力的工具和智能性的外在表现。Agent 的通信是它与其环境(指它所生存的系统),包括其他 Agent 协调、交流、合作和竞争等活动的基础。

多 Agent 系统内部或不同多 Agent 系统之间的各个 Agent 必须通过通信来实现知识与信息共享,以进行交互和协商,进而分工合作解决复杂的异构性问题。Agent 通信语言 ACL (Agent Communication Language) 是实现 Agent 之间通信的基础和关键。

Agent 的基本交互模式<sup>[16]</sup>如图 2 所示。

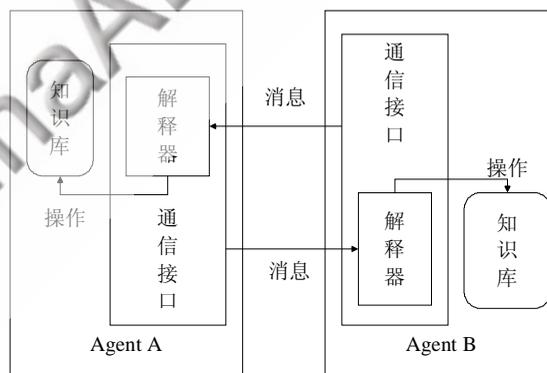


图 2 Agent 基本交互模式示意图

ACL 是专用于支持多 Agent 系统的协调、协商、信息传递和合作等活动的通信命令高级语言。知识查询及操作语言 KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) 是目前最主要的 Agent 通信语言之一。KQML 是一种交换知识和信息的描述性语言,它定义了 Agent 间传递消息的格式和消息处理的协议,通过提供一套标准的通信原语实现 Agent 间信息的交流和知识的共享。它既是一种 Agent 间消息的表示格式,也是一种处理消息的协议。

KQML 分为内容层、消息层和通信层等 3 个层次。内容层以 KIF (Knowledge Interchange Format) 为语法对需要传输的知识进行编码、明确消息所包含的内容,用相

# 网络与通信

Network and Communication

应的程序语言表示;消息层是 KQML 的核心,包括行为类型、资格等,其中行为类型主要从言语行为(Speech Acts)理论演化而来,该层的基本功能是确定消息传递时所使用的协议、动作或原语(如判断、查询、命令,或是一

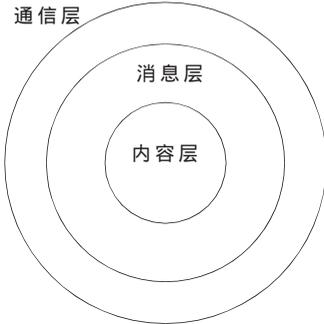


图3 KQML 的层次结构

组已知的原语),主要明确通信原语和知识表述语言以及使用的本体;通信层包括底层的通信参数,如消息的发送者、接收者、唯一标识、同步等。KQML 语言已成为一种比较成熟的 Agent 通信语言。KQML 的层次结构如图 3 所示。

KQML 的语言格式如下所示。

```
(performative
: sender <word> //消息发送者
: receiver <word> //消息接收者
: reply-with <word> //响应当前消息的期
//望标识符 ID
: in-reply-to <word> //响应先前消息的期
//望标识符 ID
: from <word> //消息的最终发送者
: to <word> //消息的最终接受者
: ontology <word> //本体特征
: language <word> //内容语言
: content <expression> //消息内容)
```

例如,当车辆 Agent C1 想要查询道路 R1 的路况信息,向指挥中心 Agent Server 发送一个查询的消息,其具体消息如下:

```
(recruit-all
: sender Agent C1
: receiver Agent Server
: reply_with Agent C1id1
: language KQML
: content(ask_all
: sender Agent C1
: receiver Agent C2
: reply_with Agent C1id1
: language C
: content [Information About("R1")]))
```

Agent Server 收到消息后派遣一个查询 Agent 到知识库中执行查询操作:rd ("road", "R1", ?status, ?length)。如果知识库中没有关于 R1 的信息,则该 Agent 一直等待,直到元组空间出现一个匹配的元组,然后把它复制到域中返回给 Agent Server。假设元组空间中有

一个 road name 为 R1 的元组:

```
<"road", R1, free, 520>
```

则 rd 操作得到了一个匹配的元组,它把结果返回给 Agent Server,然后 Agent Server 再将结果发送给 Agent C1,其消息如下:

```
(tell
: sender Agent Server
: receiver Agent C1
: in_reply_to Agent C1id1
: language KQML
: content [<"road", R1, free, 520>])
```

以上过程实现了从车辆 Agent 到 Agent server 再到知识库的通信。

本文提出的自动导航车系统,是车辆诱导系统的基础上的一个研究分支。研究了自动导航车系统的组成,对各个部分的功能及作用进行了详细的研究。在 AGV 系统中,路线诱导是非常重要的一个功能,文中对路线诱导的方式进行研究,采用静态路径搜索和动态路径搜索相结合的混合道路交通路径诱导策略。系统中的一个关键问题就是通信,文中对最常用的 Agent 通信语言 KQML 进行了研究,并给出了系统中 Agent 间的通信语言,实现了车辆 Agent、指挥中心 Agent、好友车辆 Agent 之间的相互通信。

参考文献

- [1] U.S Department of Transportation. ITS Architecture development program. ITS AMERICA, phase 1,1994.
- [2] Intelligent transportation system:evaluation, driver behavior, and artificial intelligence, Transportation Research Record, No.1453,1994.
- [3] 钱蓓蕾,王慧,闻育.城市车辆诱导系统的建立[J].江南大学学报(自然科学版),2006.
- [4] 城市交通流诱导系统.北京:中国铁道出版社,2004.
- [5] 范东凯.城市动态路径诱导算法研究[D].长安大学硕士学位论文,2006.
- [6] TravTek Evaluation: Orlando test network study publication No.FHWA-RD-95-162 [J]. U.S Department of Transportation, Federal Highway Adnustration, 1996.
- [7] Homepage of advance project. <http://aj5,its-program an1.gov>.
- [8] WETHERBY B, RABKA H, VANAERDE M. Architecture study of SEIFT research report prepared for W. S.1998,10.
- [9] 杨兆生.城市交通流诱导系统[M].北京:中国铁道出版社,2004.
- [10] 翟晓峰.车辆诱导系统及关键技术研究[D].江苏大学硕士学位论文,2007.
- [11] BAI Q, ZHANG M J ,WIN K T. A colored petri net based approach for multi-agent interactions [C].2nd Inter-

- national Conference on Autonomous Robots and Agents December 13–15, 2004 Palmerston North, New Zealand.
- [12] BRENNAN R W, FLETCHER M, NORRIE D H. An agent-based approach to reconfiguration of real-time distributed control systems [J]. IEEE Transaction on Robotics and Automation, AUGUST 2002, 18(4).
- [13] 秦进, 史峰, 侯桂荣. 基于车辆的混合式路径诱导系统 [C]. Proceedings of the 27 Chinese Control Conference, 2008(7): 16–18.
- [14] 朱俊岭, 田庆, 崔平远, 等. 基于 GIS 环境的一种混合车辆路径诱导策略 [J]. 计算机工程与应用, 2006(5).
- [15] 王丰元, 郜旭东, 李洪民, 等. 车辆诱导系统及其诱导路径优化设计 [C]. 第七届世界华人交通运输学术大会论文集. 2007.
- [16] 马寿峰, 李艳君, 贺国光. 城市交通控制与诱导协调模式的系统分析 [J]. 管理科学学报, 2003, 6(3).
- [17] 魏晓斌, 周盛宗, BACHMENDO B, et al. Agent 通信机制探讨 [J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(5).
- [16] 石慧, 徐从富, 刘勇, 等. Agent 通信语言 KQML 的实现及应用 [J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(13).
- [17] 王珑, 章毅, 吴跃. MAS 环境下实现 Agent 交互协作的关键技术. 电子科技大学学报, 2003, 32(2).
- [18] 王世进, 周炳海, 陶丽华, 等. Agent 通信语言综述 [J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(21).
- [19] 周传生. 多 Agent 系统中消息通信模型的研究与设计 [J]. 计算机应用与软件, 2008, 25(3).
- [20] 林和平, 余元辉. 基于 KQML 的移动 Agent 通信机制的分析 [J]. 集美大学学报(自然科学版), 2003, 8(3).

(收稿日期: 2009-05-13)

电子技术应用  
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE  
www.chinaAET.com