

# 基于多 Agent 的高速公路 AIMS 架构

左大杰<sup>1</sup> 徐学才<sup>2</sup>

1. 西南交通大学, 交通运输学院, 成都 610031

2. Department of Civil & Environment Engineering,

University of Nevada, Las Vegas NV 89154, USA

**摘要:** 多智能体 (Multi-agent) 技术是人工智能领域中的一个研究热点。通过介绍 Agent 技术的概念与原理, 与传统的事件管理系统相比, 本文提出一种基于多 Agent 的高速公路事件管理系统 (AIMS) 的基本架构, 描述了其内部各 Agent 的功能, 探讨了 Agent 之间的协调与全局规划行为。建立在 CORBA 规范上的多 Agent 系统, 支持异构环境集成, 可充分利用其互操作性, 资源可重用性, 能够较好的满足高速公路事件管理的分布式实时优化控制的需要。

**关键词:** 人工智能; 多智能体; 高速公路事件管理系统; 智能交通系统

中图分类号: U491.3; U491.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2007)03-0006-06

## A Multi-agent Based Architecture for Freeway AIMS

ZUO Da-jie XU Xue-cai

1. College of Traffic & Transportation,

Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

2. Department of Civil & Environmental Engineering,

University of Nevada, Las Vegas, NV 89154, USA

**Abstract:** Multi-agent technology is a hot topic in artificial intelligent field. By introducing the concept and principle of agent technology, this paper presents a multi-agent based architecture for freeway Automatic Incident Management System (AIMS) compared with the conventional incident management system. Then, the functions of each agent within AIMS were described, and the coordination and global planning among agents were discussed. The multi-agent system established on CORBA norms, supporting isomeric environment integration, can make full use of its interoperability and reusability, which satisfactorily meets the requirements of distributed real-time optimal control over freeway incident management.

收稿日期: 2006-08-09.

作者简介: 左大杰 (1978-), 男, 汉族, 湖北广水人, 西南交通大学讲师, 博士研究生, 研究方向为交通运输规划与管理。

The future work will focus on the simulation of agent functions and the realization of algorithms within AIMS.

**Key words:** Artificial intelligence, multi-agent, freeway incident management system, intelligent transportation system

## 0 引言

据估计,发达国家高速公路中 60%~70% 的延误是由交通事件引起的<sup>[1]</sup>。交通事件定义为经常发生的非重复性事件,它在短时间内会引起道路有效通行能力的下降或交通需求的增加。为了减少由交通事件带来的负效应,许多国家的运输部门建立了高速公路事件管理系统(Automatic Incident Management System, AIMS)。交通事件管理系统通过计划和协调手段使处于事故状态的高速公路尽快恢复正常运行。

由于高速公路系统是一种复杂的实时性、非线性的分布式系统<sup>[2]</sup>,传统的事件管理系统是由基于精确数学模型的最优算法产生的,为简化问题和解决某些数学求解技术上的具体限制,在建模时常需对模型进行理想化以及对一些不确定或未知因素加以人为设定。而这种简化与现代交通系统所具有的动态时变性、非线性和复杂性特征相悖,经常出现不合理的结果。一个解决的方法是将交通事件管理分布到一些智能的、可自动获取并完成任务的智能体上<sup>[3]</sup>。这种方法不是将子系统进行部分或全部集成,而是提供一种在松散耦合的子系统间进行协调的机制,通过增强子系统的自治能力来提高管理系统的功能。

笔者主要是结合目前人工智能领域的研究热点问题——Agent 技术,利用其求解纯数学方法难以胜任的复杂、非线性和巨系统的优点,提出基于多 Agent 技术的高速公路事件管理系统的架构,从而提高高速公路事件检测的效率,实行有效的交通控制和路线引导,同时为出行者提供实时的交通信息。

## 1 Agent 的概念与原理

Agent 是一个运行于动态环境的具有较高自治能力的实体,其根本目标是接受另外一个实体的委托并

为之提供帮助和服务,能够在该目标的驱动下主动采取包括社交、学习等手段在内的各种必要的行为以感知、适应并对动态环境的变化进行适当的反应,它与 Agent 之间具有较为松散和相对独立的关系。

Agent 具有自主能力(Autonomy)、社交能力(Sociability)、反应能力(Reactivity)、预动能力(Preactivity)和理性行为(Rationality)等基本特征<sup>[4]</sup>,拥有一定的计算资源和行为控制机制,可以在没有外界直接操纵的情况下,根据内部状态和对外部环境信息的感知,做出决定并控制自身的行为;它能够与其它智能体进行多种形式的交互,可以同其它智能体进行有效的合作;它能够对承诺采取主动行动,致力于实现目标;它可以感知所处环境,并对相关事件做出及时、适当的反应。

目前,Agent 有两个主要发展方向:构建结构复杂、知识丰富和功能强大的单个 Agent,以及由多个结构和性能较为简单的 Agent 进行协作,使整个系统具有丰富的知识和强大的功能<sup>[5]</sup>。多 Agent 系统的整体智能性建立在 Agent 之间的通讯、合作、学习、协调、调度、管理及控制之上,因此,可以表达实际系统的结构、功能及行为特性,而且各 Agent 可以是异构的,所以,多 Agent 技术对复杂、分布式大系统具有独特的表现力,非常适合构建具有分布特性的复杂大系统,可以构建自下而上的资源共享、交互协商分布式人工智能系统(Distributed Artificial Intelligence, DAI)来实现高速公路事件管理。

## 2 基于多 Agent 的高速公路事件管理系统架构

### 2.1 传统的事件管理系统结构分析

一般来说,高速公路事件管理系统包括事件的检测和确认、现场的交通管理和控制、以及实时信息的

发布<sup>[6,7]</sup>,基本对整个系统进行集中控制,如图1所示。

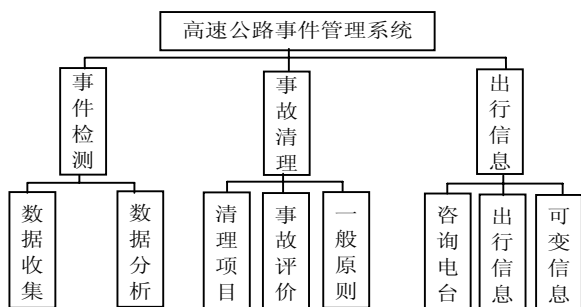


图1 集中式管理系统

Fig.1 Centralized management system

这种方式对中心管理系统的要求较高,中心系统的误操作将导致整个系统功能的瘫痪,并且,大量数据的集中处理及整个系统的集中控制需要庞大的通信传输系统和巨大的存储容量,极大地影响了控制的实时性,并限制了控制的区域范围。

## 2.2 基于多 Agent 的事件管理系统结构

(1) 根据高速公路交通的基本特点,提出两个主要原则:由于高速公路交通状况的动态时变性、非线性和复杂性特征,要求整条高速公路或整个高速公路路网在系统管理情况下能达到最优状态是不现实的,只能要求保持在一定的合理状态。

(2) 局部的最优化与整体的合理性通常是不矛盾的。当此种矛盾产生时,可以由相近局部进行协商、协作来实现局部优化与整体合理性的一致。

因此,采用多 Agent 协作是一种合理、有效的方案,按照事件管理系统的各组成部分划分出各个 Agent,每个 Agent 根据其部分的主要职能独立自主地进行局部优化控制,从而避免了全局控制的复杂性,并且在必要时通过灵活的通信能力与相邻的 Agent 进行协同工作,解决冲突。

目前,高速公路已经形成路网,每个路网中的 AIMS 也可以看作一个 Agent,在各自道路内实现自主控制,与相邻道路的 AIMS 进行协调合作。因此,基于多 Agent 的高速公路事件管理系统是一个多层分布式控制结构,如图2所示。这种结构与传统的分散管理系统很相似,但从控制原理和内部机理上却截

然不同。传统的分散管理系统是上一层决定控制目标,到下一层去执行,是一种“自上而下”的控制方式,底层控制实体很少或者没有自主控制能力;而基于多 Agent 的管理系统则将各个部分的控制策略的制定下放给各个子 Agent,每个子 Agent 都是一个具有智能性的知识系统,相互之间进行实时数据通信,协调彼此的控制策略,上一层的 Agent 负责监视下一层系统的运行,只在必要时进行干涉,因此,是一种“自下而上”和“自上而下”相结合的协调控制方法。根据萨里迪斯关于智能控制系统的递阶控制结构理论<sup>[8]</sup>及高速公路 AIMS 自身的层次性结构特征,可将高速公路 AIMS 划分为四层,自下而上依次为执行层、战术控制层、战略控制层、和决策层。

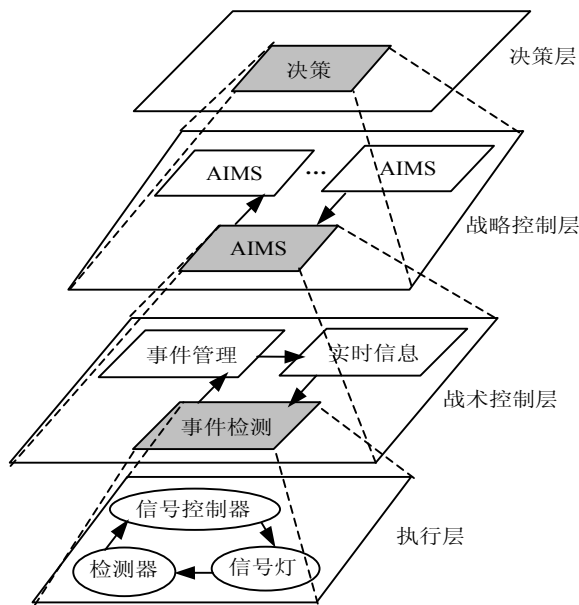


图2 多 Agent 的高速公路 AIMS 结构

Fig.2 Freeway AIMS structure of multi-agent

### 2.2.1 执行层

执行层位于系统的最底层,包括检测器、信号控制器和信号灯等设备,通过对路况进行检测,将数据传送到战术控制层进行分析和控制,负责为各 Agent 提供大量的信息。由于 Agent 在较高层次的子系统间的协调才能较好的发挥其作用,所以,执行层多为目前常用设施,主要为上层的子系统提供数据支持和信息服务。

### 2.2.2 战术控制层

战术控制层由事件检测 Agent、事件管理和控制 Agent 以及实时信息 Agent 构成。根据来自执行层的实时数据，进行分析处理，及对事件现场进行事故清理、交通控制和路线引导，并借助电台、可变信息标志(VMS)、Internet 和电话进行实时交通信息的发布。内部结构如图 3 所示。

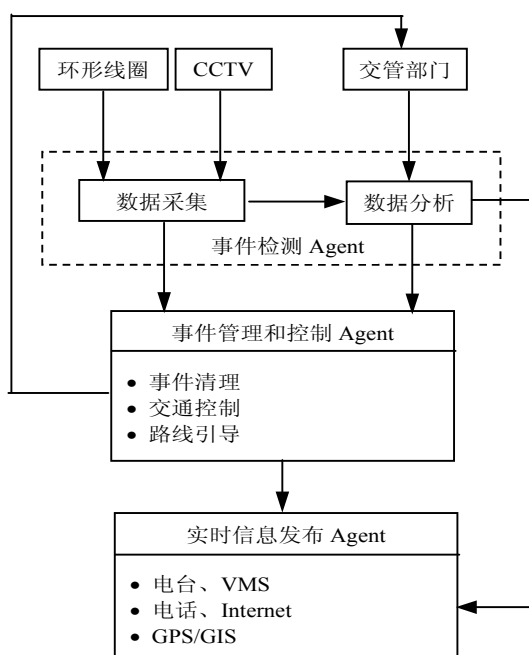


图 3 AMIS 的子 Agent 的内部结构

Fig. 3 Internal structure of sub-agent in AMIS

(1) 事件检测 Agent 由两个过程组成，即数据收集和数据分析。数据收集主要是通过硬件设施(检测器)收集车辆在道路上运行状态参数(流量和占有率)，车辆速度通过检测车辆通过已知长度的检测区的时间获得；数据分析主要是通过软件和具体的算法对数据进行过滤处理，获得能够真实反映交通状态的规律。由于检测硬件的不同，相应的获取数据的方法也不相同，最常使用感应式环型线圈作为前端检测工具来获取车辆数据<sup>[9]</sup>，并能和其它子系统 Agent 如可变信息标志和匝道汇合标志进行集成。

数据处理包含三个步骤。首先对检测站提供的实时交通流数据(流量和车道占有率)进行预处理，对检测器故障、传输线路故障等非交通流因素进行分析

和判别，并进行相应的处理。然后以平均的方式得到交通参数，以此作为没有随机干扰和交通事件的“正常”交通流参数。最后，采用事件检测算法对事件进行检测，进而经图像采集设备确认后，即可采取相应的救援措施和交通控制方案。

(2) 事件管理和控制 Agent 由事故清理、交通控制和路线引导构成。事故清理项目的主要目标是保持道路上没有任何临时障碍物。有效的事故清理要求各个部门人员协调进行，不论是在现场的或不在现场的，如警察、医护人员、消防人员、道路巡查人员等等。由于发生重大事故时以往人工协调能力较差，所以，需要建立事故清理项目。

事件条件下的交通控制一方面是为了给响应者提供一个安全的工作环境，另一方面是为了尽量减轻事件造成的交通混乱和车辆延误<sup>[10]</sup>。因此，事件发生后，尽快建立安全的工作现场十分重要，最初的事件现场通常由响应车辆来维护，然后才实施正式的交通控制。

对高速公路不同路段道路引导的计划十分有利于重大事件发生时道路引导方案的实施。路线引导方案的实施步骤必须结合所在地区的实际情况。典型的步骤如下所示：a. 对实施道路引导做出决策；b. 从事先计划好的引导道路中确定最合适的；c. 通知引导道路的主管部门并与其建立通信联系；d. 引导道路上交通信号控制方案的更改；e. 监视引导道路的运行状况；f. 在适当的情况下终止使用引导道路。

(3) 实时信息发布 Agent 提供路上司机关于交通条件、事故、道路建设、公交时刻表、天气条件、灾害性道路条件和建议的安全速度等信息<sup>[9]</sup>。这些信息有助于司机选择最佳路径或者中途改变路径，在路上行驶时借助公路咨询电台、商业电台、VMS、个人通讯设备(寻呼机、蜂窝电话)或者车载导航系统 GPS/GIS 以及 Internet 在线服务来获得这些信息。

### 2.2.3 战略控制层

战略控制层由若干区域 AIMS 系统和干线级交通管理系统构成，分别接受各区域事件信息和整个管理系统内部的协调，在综合分析评估的基础上，自主

决定相应的管理策略,下传至各个子 Agent 予以实施。同时,本层系统需及时把各自的区域事件管理状况传送至决策层,以作为整个高速公路管理系统的参考依据,并进行实时调整。

#### 2.2.4 决策层

决策层主要由高速公路网管理系统构成。其功能是根据高速公路网结构、交通流状况、交通需求预测等因素对整个高速公路网的运行状况做出评估,寻求总体管理控制效果最优。正如人类的大脑,根据多方面汇总来的信息做出决策,具有自组织能力,相当于多 Agent 的管理 Agent,运用其优越的推理、学习和规划能力使系统步调统一,实现所有区域控制系统间的协作。

### 3 AIMS 系统内 Agent 间的协调与全局规划

Agent 间的协调与全局规划是多 Agent 系统的重要组成部分,因为单个 Agent 的资源、知识和能力等都是有限的,协调和合作在多 Agent 系统中就变得非常重要<sup>[3]</sup>。即便有些任务单个 Agent 能够完成,但面对复杂多变的交通系统,须选择耗费系统资源最少、控制效果最好的交通 Agent 来完成,能够大幅度地提高完成任务的效率,这就是交通 Agent 间的协调问题。

高速公路的局部优化并不能保证整个路网的全部优化,为了完成共同任务而合作的交通 Agent 的集体形成一个多 Agent 联盟,通过 Agent 间的协调与全局规划,利用决策 Agent 来控制全局优化。因此,在设计时要把其它 Agent 的资料放在 Agent 的数据库内,并且 Agent 自身能够根据实际情况对数据库进行修改,根据这些资料选择合作对象。

### 4 AIMS 系统面向多 Agent 的软件机制

面向 Agent 的通讯机制是设计各应用领域多 Agent 的软件基础,包括面向 Agent 的分布式软件协

议(CORBA、COM/DCOM)、Agent 间的通讯协议(KQML)、面向 Agent 的开发环境平台以及程序设计(AOP)等<sup>[11]</sup>。本文结合事件管理系统的任务,对 CORBA 结构和交通 Agent 间的通讯进行介绍。

#### 4.1 CORBA 结构

CORBA (Common Object Request Broker Architecture,公共对象请求代理体系结构)是由 OMG (对象管理组织, Object Management Group)提出的应用软件体系结构和对象技术规范,其核心是一套标准的语言、接口和协议,以支持异构分布应用程序间的互操作性及独立于平台和编程语言的对象重用<sup>[12]</sup>。CORBA 的平台独立性和语言无关性对分布式智能交通管理系统研制和功能实现至关重要,因为分布式智能交通管理系统运行时的数据传输量可能很大,且各子系统很可能分布在异种平台上,不考虑操作系统和编程语言的差异,将大大减轻系统开发的工作量,更要求各终端系统具有可移植性 (Portability)、可重用性 (Reusability) 和互操作性 (Interoperability)。

#### 4.2 交通 Agent 间的通讯

Agent 间的通讯是 Agent 组合协调的基础。目前,国际上比较流行的 Agent 通讯语言是 KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)。KQML 是对系统之间通讯行为的一种抽象,由一组通讯原语(如 evaluate、reply 等)组成<sup>[13]</sup>,定义了 Agent 之间传递消息的格式和处理协议,通过提供一套标准的通讯原语使得 Agent 间可以交流和共享知识,具有通用性和兼容性,故选择 KQML 作为交通 Agent 间的通讯语言。

### 5 结束语

多 Agent 技术已经成为当今人工智能领域的热门技术,以其优越的特性在各种复杂系统的建模方面取得了较大的进展。Agent 机制能够自主适应环境变化,对于不同目标进行清理和搜寻,而且 Agent 具有主动出发功能,针对不同的事件采取相应的动作,因

此 Agent 技术更适合应用于交通管理系统中。通过与传统的事件管理系统相比, 本文提出一种基于多 Agent 的高速公路事件管理系统的思想, 并描述了此系统的基本架构, 探讨了 Agent 之间的协调行为。建立在 CORBA 规范上的多 Agent 系统, 支持异构环境集成, 可充分利用其互操作性, 资源可重用性, 能够

较好的满足高速公路事件管理的分布式实时优化控制的需要。

本文仅仅提供了一个框架结构, 进一步的工作要实现各个 Agent 功能, 并通过仿真进行试验对整个框架结构及其内部的算法进行深入研究。

#### 参考文献

- [1] 姜桂艳, 温慧敏, 杨兆升. 高速公路交通事件自动检测系统与算法设计[J]. 交通运输工程学报, 2001, (3): 1-2.
- [2] 王震宇, 高更君, 黄卫. 基于多智能主体的高速公路控制系统结构[J]. 交通运输工程学报, 2003, (3): 77.
- [3] 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, (3): 55.
- [4] 宣慧玉, 高宝俊 著. 管理与社会经济系统仿真[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002: 116-118.
- [5] 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, (7): 82.
- [6] 刘伟铭 主编. 高速公路系统控制方法[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998: 65-76.
- [7] Hualiang Teng, Yi Qi. Application of wavelet technique to freeway incident detection [J]. Transportation Research 2003, Part C 11: 289-290.
- [8] 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, 2000, (7): 82.
- [9] 赵亚男, 达庆东, 杨群, 刘焱宇, 张国伍. 智能交通安全系统的研究[J]. 中国安全科学学报, 2001 (6): 27-29.
- [10] 徐学才. 高速公路事件管理系统及其算法实现[D]. 西南交通大学硕士学位论文. 2004.
- [11] 詹剑锋, 程虎. 基于 Mobile Agent 技术的遗留系统再工程方法[J]. 软件学报, 2002, 13 (12): 2343-2348.
- [12] 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, (9): 101-105.
- [13] Finin T, Labrou Y, Mayfield J. KQML as an agent communication language. Bradshaw J. Software Agents [G]. Cambridge: MIT Press, 1997: 291-316.