

一种交通监测多 Agent 系统研究

吴伟蔚, 陈力华, 徐兆坤, 刘长虹

WU Wei-wei, CHEN Li-hua, XU Zhao-kun, LIU Chang-hong

上海工程技术大学 汽车工程学院, 上海 201620

Institute of Automobile Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China

E-mail: wuzilin@263.net

WU Wei-wei, CHEN Li-hua, XU Zhao-kun, et al. Research on multi-Agent system for transportation monitoring. *Computer Engineering and Applications*, 2007, 43(26): 233-235.

Abstract: A multi-Agent system, which is distributed among moving vehicles, is proposed for transportation monitoring. Ontology is written in OWL to describe the transportation monitoring concepts and the relationship between them, so to facilitate semantic information queries between Agents. On top of it, an open and heterogeneous transportation information system can be constructed. An agent system is built on the base of JADE platform. The developed Agent has an inside ontology model based on description logic, and its communication is based on OWL. The information inquiries comply with SPARQL. Simulation proves the feasibility of the system.

Key words: intelligent transportation system; Agent; ontology; semantic Web

摘 要: 针对路口监测系统的不足, 提出一种分布于行驶车辆上的交通监测多 Agent 系统。采用本体语言 OWL 对有关概念及其相互关系进行描述, 方便了 Agent 间基于语义的信息查询, 从而可以构建开放、异构的交通信息系统。在 JADE 平台基础上进行了编程, 实现了 Agent 内的描述逻辑本体模型、OWL 基础上的 Agent 通信以及符合 SPARQL 标准的信息查询。通过编程实验证明了系统的可行性。

关键词: 智能交通系统; Agent; 本体; 语义 Web

文章编号: 1002-8331(2007)26-0233-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

1 引言

世界经济发展使汽车数量急剧增长, 这导致了交通状况日益恶化, 道路建设不能满足需要, 经常发生车辆拥挤、堵塞, 交通事故发生率居高不下, 城市交通污染日益严重。为了缓解这些日益严重的城市交通问题, 世界各国投入了大量经费研究智能交通系统(ITS), 希望能够有效地解决交通堵塞问题。

智能交通系统中的交通信息系统运用各种先进的通信、信息技术向出行者提供到达目的地所需的各种信息。它提供的信息主要分为 5 类: 出发前出行信息、与目的地相关信息、公交信息、在途交通与道路状况信息、行驶路线导航信息。系统应在需要的时候向出行者提供包括各路段交通拥挤情况、通行时间的交通信息以及停车泊位信息、公交信息等。作为交通信息系统的主要内容, 交通信息的获取、处理和管理包括交通运行状态的检测(交通流量检测、车速检测、阻塞及拥挤检测等); 车辆及其牌照的检测、识别和分类; 交通异常事件检测(堵车检测、车祸检测、违章超车检测、闯红灯违章检测等); 交通运行状态的估计与预测; 交通的智能控制与管理等。

近年来, 使用电子技术、图像信息处理及网络传输系统执行道路交通管理任务的所谓“电子警察系统”获得了深入地研

究与开发, 并已开始逐步在我国经济发达地区的大、中城市的道路交通管理中运行。但是这类监测系统大多依赖于道路上的交通流检测设备, 如环形感应线圈、雷达、红外传感器和 CCTV 等, 这些设备成本高昂、需人工维护、易磨损、受气候和光线条件影响大, 使得很多城市的交通管理部门仅在关键路段和主要交叉口安装这些设备, 使用检测器的交叉口数量不到全部交叉口的 1/10^[1]。这导致了城市交通网络状况信息存在“真空”地带, 很难反映全局的交通状况, 使得城市交通管理系统无法准确地进行诱导和控制。而且其信息不能直接与一般用户(出行者)交互。由此, 本文提出将交通信息系统的一部分功能, 主要是交通状态(路段的平均车速)检测, 分布到大量的 Agent, 即交通工具中去。大量复杂的运算可以被各个 Agent 的简单测量替代, 而信息的查询或共享通过基于语义的 Agent 通信来完成。

2 系统组成

一般的城市交通中, 限制行车速度的一般是道路而非车辆本身。因此, 在路况信息中, 路段的平均车速直接地反映了道路的状况, 是出行者最为关注的信息。相对于主要道口的集中监测或基于无线定位的交通信息采集^[2,3], 由车辆自身获取车速信

基金项目: 上海市科委启明星项目(编号: 04QMX1452)。

作者简介: 吴伟蔚(1972-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为智能交通系统; 陈力华, 教授。

息是简单易行的。这样,通过城市里大量运行的出租车、公交车可以为各条道路提供充足的交通信息,而且不需要经过复杂的计算和数据融合。由此提出如下的分布式交通信息系统,作为完整交通信息系统的一部分运行。

图1所示系统中,作为Agent的用户(通常利用无线通信方式)可以向其他Agent(出租车、公交车、其他用户等等)查询或提供当前的交通信息。交通服务、控制中心中的交通信息采集子系统也可以向这些Agent查询或提供信息,为交通控制或诱导提供数据支持。出租车或公交车则利用已有的公司内无线通信网相互通信,也可以通过Agent服务器进行跨网络的通信。Agent服务器主要负责本组内Agent名字解析和组间通信的维护,也可以在Agent服务器中集成交通信息缓存,从而提高查询效率。

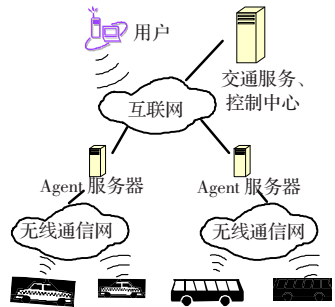


图1 交通监测多Agent系统的组成

3 交通监测本体

上面描述的系统中包含大量分布、异构的Agent。为了使相互之间的通信有意义,使新的Agent容易加入,词汇之间的约定是必须的,也就是说基于语义的通信是极为重要的。因此,有必要建立一个关于交通监测的本体。

本体的描述和共享是语义Web技术的主要内容。本体作为一种能在语义和知识层次上描述信息系统的概念模型建模工具,在许多领域得到了重视并开始应用。具体地说,本体通过词汇或术语描述了世界某一方面中的实体、属性和功能,从而能够作为独立于模型或系统的集成工具。在交通监测多Agent系统中采用本体的目的是为了实现在一种信息系统结构,它建立于交通信息的语义而不是各自表现的基础上,从而能灵活地实现各种异构的Agent系统的集成。

本体的重要设计基础是描述逻辑^[5]。描述逻辑的基本组成部分为概念、角色和实例,可以通过对简单的概念和角色进行约束、继承等操作来表示复杂的概念或角色。描述逻辑还包含相应的推理机制,主要实现相容和规约的判断。采用一类描述逻辑SHIQ的语法来表达交通监测(主要是车速)中的术语,主要部分如下:

$$Direction \equiv \{NE, SE, E, NW, SW, N, W, S\}$$

$$Distance_Unit \equiv \{meter, mile, km\}$$

$$Time_Unit \equiv \{hour, minute, second\}$$

$$Location \sqsubseteq (=1 \text{ has_latitude}) \cap (=1 \text{ has_logitude})$$

$$Elevated_way \sqsubseteq Road$$

$$Street \sqsubseteq Road$$

$$Distance_Unit \sqsubseteq Unit$$

$$Time_Unit \sqsubseteq Unit$$

$$Variable \sqsubseteq (=1 \text{ has_value})$$

$$Distance \sqsubseteq Variable \cap (\forall \text{ has_Unit. } Distance_Unit) \cap (=1 \text{ has_Unit})$$

$$Time \sqsubseteq Variable \cap (\forall \text{ has_Unit. } Time_Unit) \cap (=1 \text{ has_Unit})$$

$$Velocity \sqsubseteq Variable \cap (=1 \text{ has_distance_Unit}) \cap (=1 \text{ has_time_Unit})$$

$$Vehicle_velocity_record \equiv (=1 \text{ at_location}) \cap (=1 \text{ at_time}) \cap (=1 \text{ has_location}) \cap (=1 \text{ has_velocity})$$

$$\text{has_distance_unit} \sqsubseteq \text{has_Unit}$$

$$\text{has_time_unit} \sqsubseteq \text{has_Unit}$$

$$(\exists \text{ has_latitude. } T) \sqsubseteq Location$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ has_latitude. } float)$$

$$(\exists \text{ has_longitude. } T) \sqsubseteq Location$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ has_longitude. } float)$$

$$(\exists \text{ at_time. } T) \sqsubseteq Vehicle_velocity_record$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ at_time. } dateTime)$$

$$(\exists \text{ has_value. } T) \sqsubseteq Variable$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ has_value. } float)$$

$$(\exists \text{ at_location. } T) \sqsubseteq Vehicle_velocity_record$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ at_location. } Location)$$

$$(\exists \text{ has_velocity. } T) \sqsubseteq Vehicle_velocity_record$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ has_velocity. } Velocity)$$

$$(\exists \text{ has_direction. } T) \sqsubseteq Vehicle_velocity_record$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ has_direction. } Direction)$$

$$(\exists \text{ has_unit. } T) \sqsubseteq Variable$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ has_unit. } Unit)$$

$$(\exists \text{ has_distance_unit. } T) \sqsubseteq Variable$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ has_distance_unit. } Distance_Unit)$$

$$(\exists \text{ has_time_unit. } T) \sqsubseteq Variable$$

$$T \sqsubseteq (\forall \text{ has_time_unit. } Time_Unit)$$

其中定义的概念包括:Direction(方向),Distance_Unit(距离单位),Time_Unit(时间单位),Location(地点),Road(道路)等。定义的角色,即性质包括:at_location(位于),has_velocity(车速为),has_direction(方向为),has_unit(单位为),on_road(位于某路)等。这些术语是描述道路上车辆速度所必需的,而性质则规定了概念之间的联系。上面的逻辑表达式还将概念之间、性质之间的约束、组合和继承等关系也都表达出来了。

通过使用本体,使用不同术语的Agent之间的信息共享问题得到了解决,比如某Agent所用的速度单位为m/s,另一Agent的单位为km/h,这些Agent根据本体,利用已有的描述逻辑工具就可以判断所获得的车速信息是否使用正确的单位,自己能进行相应的转换。

4 系统实现和实验

对于本文提出的以交通监测为目的的系统,主要关心Agent之间的通信,即信息查询。智能物理代理基金会(FIPA)制定了一系列的规范来描述Agent间的通信以及本体的共享等问题。JADE是符合这些规范的一个实现,现被广泛使用。但是由于FIPA的相关规范在推理能力以及实现上的不足^[6],认为系统的通信语言部分应该遵照FIPA的相关定义,但本体模型和消息内容应该基于描述逻辑。因此,使用本体描述语言OWL来建立本体,并且Agent间消息的内容(Content)部分也采用OWL,关于Agent通信的主要组成如图2所示。Agent内部的领域知识库采用了描述逻辑的定义、方法以及推理机制,在这里

各 Agent 的 T-BOX(概念和角色)应该是等同的, Agent 之间的信息查询则仅限于 A-BOX(个体或实例)。Agent 之间传递符合 FIPA 标准的消息, 以 OWL 表示的内容封装在这些消息中。

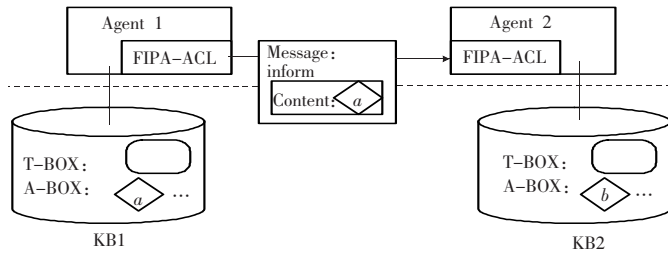


图2 以 OWL 为内容的 Agent 通信

通过具体的编程, 对提出的道路监测 Agent 系统进行了验证。首先在著名本体编辑器 Protégé 下建模, 将上文中用描述逻辑表达的本体转化为 OWL 文件(逻辑表达式中的 float, date-Time 使用 XML Schema 中的标准数据类型), 并通过有关工具检验了上述本体的一致性。

由于 JADE 不支持 OWL, 需要对其做一些扩展才能实现所述的 Agent。图 2 中虚线以上部分基于 FIPA 相关标准, 可以利用 JADE 平台来实现; 以下部分基于以 OWL 表示的描述逻辑, 通过 Jena 软件实现。编程开发实现的扩展功能之一是将 OWL 表示的本体和个体映射到 Agent 的内部模型中, 这里采用了 Jena 程序包。内部模型可以存储在内存或者 Jena 支持的数据库中。当然, 也可以先将 OWL 文件映射为对应的 Agent 编程语言^[7], 直接在源程序中体现本体的概念模型。另外还在 JADE 的通信程序基础上进行了一定扩充, 将 OWL 作为内容封装在消息内。

由于本系统只涉及信息查询, 故采用 SPARQL 作为查询语言, 对 SPARQL 查询的处理也由 Jena 完成。对编程实现的 Agent 进行了试验, 生成的 Agent 含有一些随机生成的交通信息, 即 Vehicle_velocity_record 个体。下面的消息是一个 Agent 发出的查询请求:

```
(QUERY-REF
:sender(agent-identifier
:name AskAgent@www32:1099/JADE
:X-JADE-agent-classname askagent.Main)
:receiver(set (agent-identifier:name AnswerAgent@www32:1099/
JADE))
:content "PREFIX ont;<http://onto.ui.sav.sk/agents.owl#>
PREFIX rdf;<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs;<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
SELECT ?x WHERE {?x rdf:type ont:Vehicle_velocity_record.?x
ont:at_location ?y.?y ont:on_road ont:虹桥路}"
:language SPARQL
:ontology http://onto.cn/ITS/velocity.owl)
```

即查询所有关于“虹桥路”的道路信息, 消息的内容用 SPARQL 的语法写成。对此查询的一个回复的主要部分如下:

```
(INFORM
:sender(agent-identifier
:name AnswerAgent@www32:1099/JADE
:X-JADE-agent-classname agent.test.answerAgent.AnswerAgent)
:receiver(set (agent-identifier:name AskAgent@www32:1099/
```

JADE))

```
:content "<rdf:RDF
xmlns:j.0=\ http://onto.cn/ITS/velocity.owl#\"
xmlns:rdf=\ http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#\"
xmlns:rdfs=\ http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#\"
xmlns:owl=\ http://www.w3.org/2002/07/owl#\"
xmlns:daml=\ http://www.daml.org/2001/03/daml+oil#\">
<owl:Class rdf:about =\ http://onto.cn/ITS/velocity.owl#Vehi-
cle_velocity_record\">
<owl:equivalentClass rdf:parseType=\ Resource\">
<owl:equivalentClass>
<owl:Class>
<j.0:Vehicle_velocity_record rdf:about=\ http://onto.cn/ITS/ve-
locity.owl#Vehicle_velocity_record_1\">
...
</j.0:Vehicle_velocity_record>
</rdf:RDF>\"
:language http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#
:ontology http://onto.cn/ITS/velocity.owl)
```

5 总结与展望

提出并通过编程验证一种基于语义 Web 技术的用于道路监测的多 Agent 系统。系统可以将需要大量计算或信息融合才能完成的任务转化为交通工具自身的简单测量。研究了使用描述逻辑表达的用于交通监测(主要是获取路段的车速数据)的本体, 并通过对现有 Agent 平台的扩展将其融入 FIPA 框架, 使 Agent 的推理和通信满足要求, 实现了基于语义的信息查询。

由于 OWL 的开放性, 本文描述的内容可以推广到包括交通监测、预测及控制的整个交通信息系统。

(收稿日期: 2006 年 12 月)

参考文献:

- [1] 张赫. 无检测器交叉口交通流量预测方法研究[J]. 公路交通科技, 2002, 19(1): 91-95.
- [2] Boyce D, Kirson A, Schofer J. Design and implementation of ADVANCE[C]//IEEE Proc of 3rd Inter Conf on Vehicle Navigation and Information Systems, Ottawa, 1993: 415-426.
- [3] Cheu R L, Xie C, Lee D H. Probe vehicle population and sample size for arterial speed estimation[J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2002, 17: 53-60.
- [4] Neches R, Fikes R E, Gruber T R, et al. Enabling technology for knowledge sharing[J]. AI Magazine, 1991, 12(3): 36-56.
- [5] Franz B, Diego C, Deborah M, et al. The description logic handbook: theory, implementation, and applications[M]. [S.l.]: Cambridge University Press, 2003.
- [6] Obitko M, Marik V. Ontologies for multi-Agent systems in manufacturing domains[C]//IEEE Proc of the 13th Inter Workshop on Database and Expert Systems Applications, 2002: 597-602.
- [7] Kalyanpur A, Jiménez D, Battle S, et al. Automatic mapping of OWL ontologies into Java[EB/OL]. [2003-12-01]. <http://www.mindswap.org/~aditkal/SEKE04.pdf>.