

# 一种用于交通监测的多 Agent 系统

吴伟蔚, 徐兆坤, 陈力华, 刘长虹

(上海工程技术大学汽车工程学院, 上海 201620)

**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。建立交通监测的本体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。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以及符合 SPARQL 标准的信息查询。通过编程试验证明了系统的可行性。

**关键词:** 智能交通系统; 多 Agent 系统; 本体; 语义 Web

## Multi-agent System for Transportation Monitor

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

(Institute of Automobile Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620)

**【Abstract】** A multi-agent system, which is distributed among moving vehicles, is proposed for transportation monitoring. Ontology is developed to describe the transportation monitoring concepts and the relationships between them, so as to facilitate semantic information queries between agents. The developed agent system, which is built on the base of JADE platform, has a description logic ontology model, and the information inquiries comply with SPARQL. Simulation result proves feasibility of the system.

**【Key words】** intelligent transportation system; multi-Agent system; ontology; semantic Web

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”获得了较多的研究与开发。这类监测系统大多依赖于道路上的交通流检测设备, 而且成本高昂、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<sup>[1]</sup>。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。另一种方法是通过GPS或蜂窝无线定位进行交通信息实时采集<sup>[2]</sup>, 这需要很强的数据处理能力。本文提出将交通信息系统的部分功能, 主要是交通状态(路段的平均车速)检测, 分布到Agent, 即交通工具中去。这样, 大量复杂的运算可以被各Agent的简单测量替代, 而信息的查询或检索通过基于语义的Agent通信来完成。

### 1 交通监测多 Agent 系统

在城市交通中, 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, 由车辆自身获取车速信息是简单易行的。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。由此提出如下的交通监测多 Agent 系统, 作为完整交通信息系统的一部分运行。

在图 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)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。

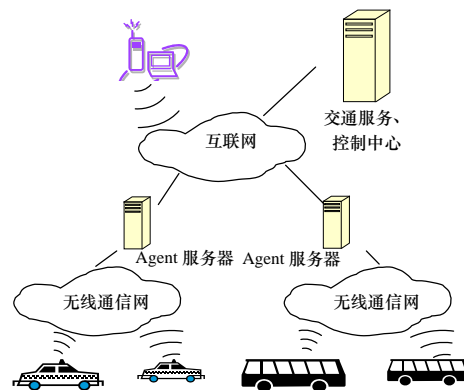


图 1 交通监测多 Agent 系统的组成

对于在本质上这样分布异构的系统, 主要关心的是 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 FIPA 的相关规范在推理能力以及实现上有不足之处<sup>[3]</sup>, 笔者认为, 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<sup>[4]</sup>。在众多知识表示的形式化方法中, 描述逻辑在十多年来受到人们的特别关注, 主要原因在于它很适合于通过概念分类来表示应用领域;

**基金项目:** 上海市科委启明星项目(04QMX1452)

**作者简介:** 吴伟蔚(1972-), 男, 副教授、博士, 主研方向: 智能交通系统; 徐兆坤, 副教授; 陈力华、刘长虹, 教授

**收稿日期:** 2007-01-20 **E-mail:** wuzilin@263.net

并提供了很有用的推理服务。描述逻辑具有较强的表达能力和可判定性，它保证推理算法总能停止并返回结果。因此，在Agent内部采用基于描述逻辑的本体模型，而Agent间消息的内容部分采用语义Web语言RDF和OWL。OWL语言是由W3C最新规范的一种语义Web本体语言，在语法和语义中都融合了很多描述逻辑的思想。OWL与RDF一起可描述网络上的各类资源及资源间的语义联系。

图2描述了交通监测Agent之间的通信。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RDF/OWL表示的内容封装在这些消息中。

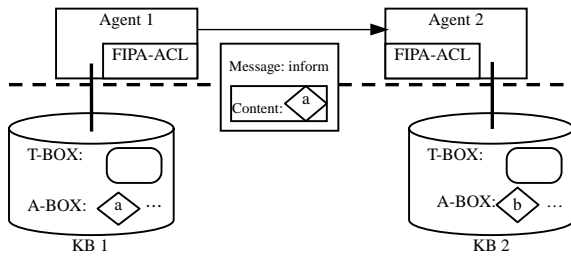


图2 以RDF/OWL为内容的Agent通信

## 2 交通监测本体

为了使大量分布、异构的Agent之间的通信有意义，词汇之间的约定是必需的，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来描述领域内的术语和术语间的关系。在交通监测多Agent系统中采用的本体(即图2中的T-Box)建立在交通信息领域的语义基础上，从而能灵活地实现各种异构的交通监测多Agent系统的集成。

近年来，以描述逻辑来建立本体日益受到重视。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。本文采用描述逻辑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 ≡ {NE, SE, E, NW, SW, N, W, S}
Distance_Unit ≡ {meter, mile, km}
Time_Unit ≡ {hour, minute, second}
Location ⊆ (=1 has_latitude) ∧ (=1 has_longitude)
Elevated_way ⊆ Road
Street ⊆ Road
Distance_Unit ⊆ Unit
Time_Unit ⊆ Unit
Variable ⊆ (=1 has_value)
Distance ⊆ Variable ∧ (∀ has_Unit.Distance_Unit) ∧ (=1 has_Unit)
Time ⊆ Variable ∧ (∀ has_Unit.Time_Unit) ∧ (=1 has_Unit)
Velocity ⊆ Variable ∧ (=1 has_distance_Unit) ∧ (=1 has_time_Unit)
Vehicle_velocity_record ≡ (=1 at_location) ∧ (=1 at_time) ∧ (=1 has_direction) ∧ (=1 has_velocity)
has_distance_unit ⊆ has_Unit
has_time_unit ⊆ has_Unit
( has_latitude.⊤ ) ⊆ Location
⊤ ⊆ (∀ has_latitude.float)
( has_longitude.⊤ ) ⊆ Location

```

```

⊤ ⊆ (∀ has_longitude.float)
( at_time.⊤ ) ⊆ Vehicle_velocity_record
⊤ ⊆ (∀ at_time.dateTime)
( has_value.⊤ ) ⊆ Variable
⊤ ⊆ (∀ has_value.float)
( at_location.⊤ ) ⊆ Vehicle_velocity_record
⊤ ⊆ (∀ at_location.Location)
( has_velocity.⊤ ) ⊆ Vehicle_velocity_record
⊤ ⊆ (∀ has_velocity.Velocity)
( has_direction.⊤ ) ⊆ Vehicle_velocity_record
⊤ ⊆ (∀ has_direction.Direction)
( has_unit.⊤ ) ⊆ Variable
⊤ ⊆ (∀ has_unit.Unit)
( has_distance_unit.⊤ ) ⊆ Variable
⊤ ⊆ (∀ has_distance_unit.Distance_Unit)
( has_time_unit.⊤ ) ⊆ Variable
⊤ ⊆ (∀ 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)，Vehicle\_velocity\_record(车速记录)等。定义的角色，即属性包括：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，而属性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、属性之间的约束、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/second，另一Agent的单位为km/hour，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。

## 3 系统实现和试验

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, dateTime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，因此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；虚线以下部分基于以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及RDF表示的本体和个体映射到Agent的内部，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。另外还在JADE的通信程序基础上进行了一定扩充，将RDF/OWL作为内容封装在消息内。

由于本系统只涉及信息查询，即对实例的检索，因此采用SPARQL<sup>[5]</sup>作为查询语言。SPARQL定义了RDF查询语言和相应的协议，对SPARQL查询的处理也可以由Jena完成。对编程实现的Agent进行了试验，将一些随机生成的交通信息，即Vehicle\_velocity\_record个体，输入到生成的Agent中。一个Agent发出如下的查询请求消息：

```

(QUERY-REF
:sender ...
:receiver ...
:content "...
SELECT ?x WHERE {?x rdf:type ont:Vehicle_velocity_record. ?x
ont:at_location ?y. ?y ont:on_road ont:虹桥路}"

```

...)

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 ...
:receiver ...
:content " ...
  <j.0:Vehicle_velocity_recordrdf:about="http://onto.cn/ITS/
velocity.owl#Vehicle_velocity_record_1">
...
  <j.0:at_time ...
  <j.0:at_location>
    <j.0:Location ...
      <j.0:on_road ...
      <j.0:has_latitude ...
      <j.0:has_longitude...
    <j.0:Location>
  <j.0:at_location>
  <j.0:has_velocity>
    <j.0:Velocity ...
      <j.0:has_value...
      <j.0:has_distance_unit ...
      <j.0:has_time_unit ...
    <j.0:Velocity>
  <j.0:has_velocity>
  <j.0:has_direction>
    <j.0:Direction rdf:about="http://onto.ui.sav.sk/ agents.
owl#NE"/>
      <j.0:has_direction>
    <j.0:Vehicle_velocity_record>
  </rdf:RDF>"
```

(上接第 266 页)

[11] 钱仲焱. 复杂结构协同优化理论、方法及技术的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2001.

[12] 郭庆. 多 Agent 系统协商中若干关键技术的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2001.

[13] 王栩. Agent 系统通信理论及组织结构的研究[D]. 北京: 中国科学院, 2001.

[14] Xu D L, Yang J B, The Intelligent Decision System and Its

(上接第 269 页)

**致谢** 感谢清华大学网络中心的王兰佳博士、狄剑光老师，他们设计并部署的校园网分布式 IDS 为本文的工作提供了良好的软硬件环境，感谢 CCERT 小组全体老师和同学给予宝贵的支持和建议。

### 参考文献

[1] Ptacek T H, Newsham T N. Insertion, Evasion, and Denial of Service: Eluding Network Intrusion Detection[Z]. Secure Networks Inc., 1998.

[2] Kruegel C, Robertson W. Alert Verification: Determining the Success of Intrusion Attempts[C]//Proceedings of the 1st Workshop on Detection of Intrusions and Malware & Vulnerability Assessment. Germany: [s. n.], 2004-07.

[3] Ning Peng, Cui Yun. An Intrusion Alert Correlator Based on

```
:language http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#
:ontology http://onto.cn/ITS/velocity.owl )
```

## 4 结束语

本文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 及 Agent 系统的开放性，因此通过集成其他领域的本体，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。

### 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] 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(1): 53-60.

[3] Obitko M, Marik V. Ontologies for Multi-agent Systems in Manufacturing Domains[C]//Proc. of the 13th IEEE International Workshop on Database and Expert Systems Applications. [S. l.]: IEEE Press, 2002: 597-602.

[4] Franz B, Diego C, Deborah M, et al. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications[M]. [S. l.]: Cambridge University Press, 2003.

[5] W3C. RDF Data Access Working Group[EB/OL]. (2006-06-06). <http://www.w3.org/2001/sw/DataAccess/>.

Applications in Supplier Assessment[C]//Proc. of the 6th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies. Edinburgh: [s. n.], 2002-07-08.

[15] Xu D L, Yang J B, An Intelligent Decision System Based on the Evidential Reasoning Approach and Its Applications[J]. Journal of Telecommunications and Information Technology, 2005, 27(3): 73-80.

Prerequisites of Intrusions[R]. Department of Computer Science, North Carolina State University of Erlangen, Technical Report: TR-2002-01, 2002-01.

[4] Porras P A, Fong M W, Valdes A. A Mission Impact Based Approach to INFOSEC Alarm Correlation[C]//Proceedings of the 5th International Symposium on Recent Advances in Intrusion Detection. Zurich: [s. n.], 2002-10.

[5] Real-time Network Awareness[DB/OL]. [2006-12-21]. <http://www.sourcefire.com/technology/whitepapers.html>.

[6] Ramesh S, Elango K. Reducing False Positives Using Vulnerability Assessment[DB/OL]. [2006-12-21]. <http://www.securitydocs.com/library/2563/library/2563>.

[7] 段海新, 于雪丽, 王兰佳. 基于地址关联图的分布式 IDS 报警关联算法[J]. 大连理工大学学报, 2005, 45(z1): 126-132.