

JIYUDUOYUANSUJU
RONGHEDECHENGSHI
DAOLUJIAOTONG
KONGZHIYUGUANLI

唐克双 孙剑 著

基于多源数据融合的城市道路交通 控制与管理



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

基于多源数据融合的城市道路 交通控制与管理

唐克双 孙 剑 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

在现代交通信息化迅速发展的背景下,如何综合利用不同类型的交通检测数据来提升城市交通系统的运行效率和安全,成为了目前我国智能交通系统技术研发和工程应用的重要方向。本书重点介绍了笔者团队在基于多源数据融合的城市道路交通控制与管理方面的最新研究成果,涉及信号控制、交通状态估计、车辆轨迹估计、车辆行驶路径判别与重构、快速路匝道控制和速度引导等。

本书兼具知识性和学术性的特色,可作为大专院校本科生、研究生在学习智能交通系统相关课程时的辅助资料,同时也可作为智能交通系统技术研发工程师、系统集成工程师、交通数据分析师提供有价值的参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于多源数据融合的城市道路交通控制与管理/唐克双,孙剑著.--上海:同济大学出版社,2015.9

ISBN 978-7-5608-5949-1

I. ①基… II. ①唐…②孙… III. ①城市道路—交通运输管理 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 193345 号

上海市高校服务国家重大战略出版工程入选项目
2015 年上海市重点图书

基于多源数据融合的城市道路交通控制与管理

唐克双 孙 剑 著

责任编辑 高晓辉 葛永霞 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 19

字 数 474 000

版 次 2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5949-1

定 价 68.00 元

前 言

近年来,伴随现代传感技术、计算机技术、通信技术以及信息技术的快速发展,越来越多的交通检测设备和技術被应用于城市道路交通系统的控制和管理之中。交通检测设备包括环形线圈、地磁、微波雷达、超声波、红外线、高清视频、浮动车、移动通信、车辆电子标签、车辆自动识别、遥感技术、车路协同系统、传感器网络等。不同类型检测器采集的交通数据形式复杂多样,在数据格式、数据粒度、采集频率、时空覆盖范围以及时效性和准确性等方面呈现巨大的差异。如何将这些“杂乱无章”的多源交通数据以较高的质量、一致的形式、匹配的时空关系进行整理,并通过一定的方法进行融合,转化成有效的交通信息,从而为不同层次需求的交通控制与管理提供决策支持,成为目前我国智能交通系统技术研发和工程应用的重要方向之一。

本书面向信息化环境下城市道路交通控制与管理的需求,在对国内外最新的相关研究进行总结和分析的基础上,重点介绍了笔者团队在基于多源数据融合的城市道路交通控制与管理方面的研究成果。本书共包括9章内容:第1章简要回顾了我国交通信息化、智能化的发展历程、现状和趋势,分析了我国城市道路交通控制与管理的典型需求。第2章系统梳理了目前常用的交通数据预处理和融合的基础理论和方法,为后续章节的介绍奠定基础。第3—9章按照研究背景与目的、研究综述、方法介绍和案例分析的基本结构,系统介绍了笔者团队的相关研究成果。其中,第3章介绍了基于定点检测数据和浮动车数据融合的城市道路交通状态估计与判别技术;第4章介绍了基于定点检测数据和车辆自动识别数据融合的城市路网车辆起讫点动态估计与路径重构技术;第5章介绍了基于历史和实时浮动车数据融合的高架快速路—地面主干道复合交通走廊浮动车行驶轨迹的实时判别技术;第6章介绍了基于车辆自动识别数据、浮动车数据和信号配时数据融合的城市干道车辆运行轨迹估计技术;第7章介绍了基于定点检测数据、车辆自动识别数据和浮动车数据融合的实时干线协调信号控制技术;第8章介绍了基于定点检测数据和交通流仿真数据融合的快速路瓶颈点入口匝道与速度引导联合控制技术;第9章介绍了在交叉口全息检测技术背景下,基于个体车辆速度、位置、等待时间等动态检测数据融合的交叉口感应信号控制与“两难区”信号控制技术。

本书紧密围绕理论知识与实践应用相结合,体现新颖性和原创性的基本理念,对基于数据融合的城市道路交通控制与管理进行了一些粗浅的探索,希望能为我国道路交通管控信息化、智能化水平的进一步提高贡献一份微薄之力。

本书兼具知识性和学术性的特色,可作为大专院校本科生、研究生在学习智能交通系统相关课程时的学习资料。同时,本书也可为智能交通系统技术研发工程师、系统集成工程师、交通数据分析师提供有价值的参考。

唐克双、孙剑于同济大学

2015年6月23日

目 录

前言

第 1 章 绪论	(1)
1.1 我国道路交通信息化发展历程、现状与趋势	(1)
1.1.1 交通数字化、信息化、智能化的基本内涵	(1)
1.1.2 我国道路交通信息化、智能化的发展历程	(1)
1.1.3 我国道路交通信息化、智能化的发展现状与趋势	(4)
1.2 我国道路交通控制与管理的需求	(6)
1.2.1 业务需求	(6)
1.2.2 功能需求	(7)
1.3 本书的目的、内容及章节结构	(9)
1.4 本章小结	(12)
参考文献	(12)
第 2 章 交通数据融合的基础理论与方法	(13)
2.1 交通数据的采集与分类	(13)
2.1.1 交通数据的类型	(13)
2.1.2 交通数据采集技术的分类	(14)
2.1.3 常用交通检测数据的特点	(15)
2.2 交通数据融合的基本内容与框架	(17)
2.2.1 数据融合的基本概念	(17)
2.2.2 交通数据融合的特点	(18)
2.2.3 交通数据融合的基本内容与框架	(19)
2.3 交通数据的预处理方法	(21)
2.3.1 交通数据的问题分析	(22)
2.3.2 不规则时间点数据处理	(23)
2.3.3 异常数据处理	(24)
2.3.4 缺失数据处理	(31)
2.3.5 冗余数据处理	(36)

2.4	交通数据融合的方法	(39)
2.4.1	概率统计融合方法	(39)
2.4.2	逻辑推理融合方法	(43)
2.4.3	人工智能融合方法	(47)
2.4.4	交通数据融合方法比较	(55)
2.5	本章小结	(57)
	参考文献	(57)
第3章	城市道路交通状态估计与判别	(59)
3.1	研究背景与目的	(59)
3.2	研究综述	(60)
3.3	基于浮动车数据的行程速度估计方法	(62)
3.3.1	浮动车数据预处理	(62)
3.3.2	地图匹配	(63)
3.3.3	路段车速计算	(67)
3.3.4	时段平均车速计算	(68)
3.3.5	案例分析	(69)
3.4	基于定点检测数据和浮动车数据融合的行程速度估计方法	(74)
3.4.1	基于权重的融合方法	(75)
3.4.2	基于自适应卡尔曼滤波的融合方法	(78)
3.4.3	案例分析	(82)
3.5	城市道路交通状态判别	(90)
3.5.1	基于阈值的交通状态判别	(90)
3.5.2	基于模糊逻辑的交通状态判别	(91)
3.6	本章小结	(93)
	参考文献	(93)
第4章	城市路网动态 OD 估计和路径重构	(96)
4.1	研究背景与目的	(96)
4.2	研究综述	(96)
4.2.1	OD 估计模型研究	(97)
4.2.2	粒子滤波在轨迹追踪中的应用	(98)
4.2.3	基于 AVI 采集路径信息下的车辆 OD 估计和路径重构	(98)
4.3	全时空车辆路径重构模型及 OD 估计方法	(99)
4.3.1	基本思想	(99)

4.3.2	基于时空一致性的车辆路径重构模型	(102)
4.3.3	基于车辆路径重构模型的 OD 获取	(117)
4.4	宏微观混合框架下重构车辆完整出行路径方法	(119)
4.4.1	混合框架	(119)
4.4.2	粒子滤波组件建模	(121)
4.4.3	路径流量估计器组件建模	(122)
4.4.4	路径重构总算法	(125)
4.5	案例分析	(127)
4.5.1	研究对象	(128)
4.5.2	全时空车辆路径重构模型及 OD 估计方法的案例分析	(128)
4.5.3	宏微观混合框架下重构车辆完整出行路径方法的案例分析	(148)
4.6	车辆路径重构系统开发及设计	(153)
4.6.1	车辆路径重构系统框架设计	(153)
4.6.2	车辆路径重构组块功能设计	(155)
4.7	本章小结	(159)
	参考文献	(160)
第 5 章	复合交通走廊的浮动车行驶轨迹判别	(162)
5.1	研究背景与目的	(162)
5.2	研究综述	(163)
5.2.1	地图匹配算法	(163)
5.2.2	复合走廊车辆轨迹判别方法	(164)
5.2.3	半监督学习方法	(164)
5.3	基于半监督聚类的高架快速路走廊浮动车行驶轨迹判别方法	(165)
5.3.1	准备样本车辆数据	(166)
5.3.2	预标记样本车辆数据	(167)
5.3.3	优化初始聚类中心	(170)
5.3.4	求解算法	(171)
5.4	案例分析	(172)
5.4.1	数据采集与处理	(172)
5.4.2	算法评价	(174)
5.4.3	结果分析	(178)
5.5	本章小结	(179)

参考文献	(179)
第 6 章 城市干道车辆运行轨迹估计	(182)
6.1 研究背景与目的	(182)
6.2 研究综述	(183)
6.2.1 车辆运行轨迹的重构	(183)
6.2.2 车辆运行轨迹的应用	(184)
6.3 基于多源数据融合的干道车辆运行轨迹估计方法	(185)
6.3.1 理论基础	(185)
6.3.2 计算方法	(187)
6.3.3 案例分析	(189)
6.3.4 应用系统开发	(192)
6.3.5 基于仿真数据的评价	(194)
6.4 本章小节	(197)
参考文献	(197)
第 7 章 城市干道实时协调信号控制	(200)
7.1 研究背景与目的	(200)
7.2 研究综述	(201)
7.2.1 干线协调信号控制理论研究	(201)
7.2.2 车队识别模型	(203)
7.2.3 车队离散模型	(203)
7.3 基于数据融合的实时干线协调信号控制方法	(206)
7.3.1 基本假设与环境设定	(206)
7.3.2 控制算法框架与结构	(206)
7.3.3 战略层控制的原理	(208)
7.3.4 战术层控制的原理	(217)
7.4 案例分析	(221)
7.4.1 仿真平台与数据交换	(221)
7.4.2 算法仿真评价	(222)
7.5 本章小结	(228)
参考文献	(229)
第 8 章 城市快速路匝道与速度引导联合控制	(232)
8.1 研究背景与目的	(232)
8.2 研究综述	(233)
8.2.1 匝道控制	(233)

8.2.2	速度引导	(234)
8.2.3	匝道控制与速度引导联合控制	(235)
8.3	基于交通流模型的匝道控制与速度引导联合控制	(236)
8.3.1	方法介绍	(236)
8.3.2	案例分析	(241)
8.4	基于数据驱动的匝道控制与速度引导联合控制	(249)
8.4.1	方法介绍	(249)
8.4.2	案例分析	(252)
8.5	本章小结	(257)
	参考文献	(257)
第9章	交叉口单点感应与两难区信号控制	(261)
9.1	研究背景与目的	(261)
9.2	研究综述	(261)
9.2.1	交叉口感应信号控制	(261)
9.2.2	交叉口两难区信号控制	(264)
9.3	基于实时车辆轨迹的交叉口感应信号控制策略	(267)
9.3.1	方法介绍	(267)
9.3.2	案例分析	(276)
9.4	基于实时车辆轨迹的交叉口两难区信号控制策略	(281)
9.4.1	方法介绍	(281)
9.4.2	案例分析	(285)
9.5	本章小结	(290)
	参考文献	(291)
后记	(294)

第 1 章 绪 论

1.1 我国道路交通信息化发展历程、现状与趋势

1.1.1 交通数字化、信息化、智能化的基本内涵

近二十年来,伴随现代传感技术、计算机技术、通信技术、信息技术的快速发展及我国道路交通领域的数字化、信息化和智能化水平的不断提高,交通规划、控制与管理部门的业务模式以及社会大众的日常出行方式正受到深刻影响。

交通数字化是指利用现代信息技术对获取的交通数据进行压缩处理将其转化为数字信息,并通过计算机技术进行存储和处理,通过网络通信技术进行传输和接收^[1]。

交通信息化是指在交通系统的规划、建设、养护、运营、管理等方面广泛应用各种高新技术,完成从信息采集、信息处理到信息服务的系统过程,实现信息交互与共享,以达到提高交通系统服务水平的目标^[2]。

交通智能化是将人工智能、专家系统、知识工程等智能技术应用于交通系统,使其具有一定的预测、推理、判断和决策能力,提高交通系统的智能化水平^[2]。

交通数字化是交通信息化的技术基础,是智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)发展的初级阶段;交通信息化是实现交通智能化的前提条件,是 ITS 发展的中级阶段;交通智能化是交通信息化发展的必然趋势,是 ITS 发展的高级阶段。

交通数字化、信息化和智能化涵盖众多的专业领域,例如交通工程、计算机科学与技术、电子信息工程、通信工程、车辆工程等;服务不同类型的用户主体,例如交通规划、控制与管理政府部门、科研院所、社会大众、物流企业、地铁和公交公司等;通过数据共享与交换平台,承担决策支持、专业分析、协同办公和公众服务等多种功能。交通数字化、信息化、智能化与各用户主体之间的关联性如图 1-1 所示^[2]。

1.1.2 我国道路交通信息化、智能化的发展历程

交通信息化、智能化伴随 ITS 概念的提出而产生,并随之发展。目前,ITS 已在世界范围内受到广泛关注,各类 ITS 技术、产品和系统已逐渐在交通控制与管理中发挥重要作用,并成为提升交通安全、缓解交通拥堵和改善交通环境的有效手段。

美国、日本和欧洲一些发达国家早在 20 世纪 60 年代就提出了 ITS 概念;在 20 世纪 70 年代至 80 年代,先后建立了国家 ITS 框架体系和标准体系,明确了主要应用系统的组成,同时开展了大量的基础理论研究工作;在 20 世纪 80 年代至 90 年代,迈入了 ITS 技术和产品的开发和实用化阶段;21 世纪以来,在强调大规模 ITS 的集成运用的同时,不断制定和完善 ITS 相关的国际、国内标准,并探索自动驾驶、车联网、大数据和云计算等新兴技术在 ITS 中的应用。目前,积极发展 ITS 已成为美国、欧盟和日本等众多发达国家的国家战略。

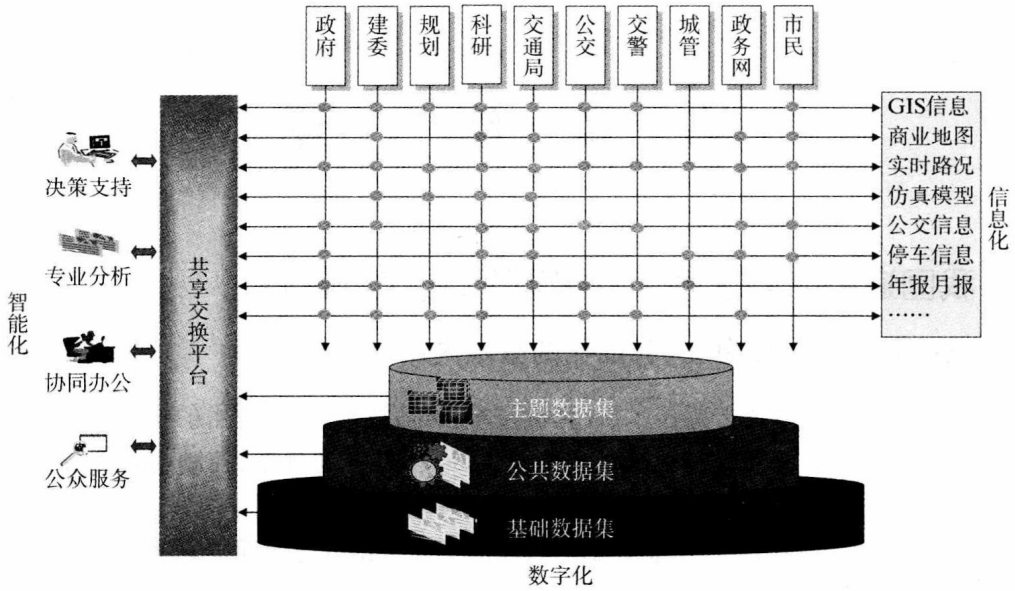


图 1-1 交通数字化、信息化、智能化与各用户主体之间的关联性

例如,美国交通运输部发布的《2045 交通展望:趋势与选择》(*Beyond Traffic 2045: Trends and Choices*)中强调了 ITS 在解决未来国家、社会 and 经济发展问题中的重要作用,在 ITS 2015—2019 战略规划中重点开展主动交通管理(Active Transportation Management)、车联网和自动驾驶等几个方面的技术研发和应用;欧盟的《地平线计划》(*Horizon 2020*)中明确未来重点进行“积极与健康的老龄化社会、原材料及有效利用、未来食品与安全、先进制造业和城市智能交通”等 5 个新领域的研发和技术创新,同时在其 ITS 2020 战略计划中提出要建设智慧、绿色、综合的交通运输系统;日本的《2030 社会挑战》(*Social Challenges toward 2030*)中则强调了 ITS 在节能减排、防灾救灾和服务老龄化社会等几个方面的技术研发和应用。

相比于上述发达国家,我国城市道路交通信息化、智能化虽然起步较晚,但发展迅速,其发展历程可按我国五年计划的时间进行如下的总结。

1. “七五”之前及“七五”期间(1990 年之前)

该阶段的主要特征是国外 ITS 概念的引入以及城市交通监控与管理系统的引进、自主研发和应用。20 世纪 70 年代末,我国启动了交通运输管理领域中电子信息技术应用的研究;20 世纪 80 年代,我国从整治城市中的各类交通问题入手,将计算机技术、通信技术和电子信息技术等高新科技应用到交通监控和管理系统中^[3],其中,北京和上海分别引进了英国的 SCOOT 和澳大利亚的 SCATS 信号控制系统。1987 年,由同济大学等单位承担的“七五”国家重点科技攻关项目“城市交通控制系统”开发了我国第一个实时自适应城市交通控制系统。

2. “八五”期间(1991—1995 年)

该阶段的主要特征是基于可变信息板和广播的交通诱导系统的技术研发与应用。这期间由同济大学等单位承担的国家自然科学基金项目“交通诱导系统理论及模型”、上海市科委“八五”重点项目“上海交通路线引导系统”以及上海市交警总队“上海城市交通路线诱导系统”等研究课题,针对我国交通诱导系统的基础理论和关键技术率先开展了研究工作,为

后续的工程应用提供了坚实的理论基础。

3. “九五”期间(1996—2000年)

该阶段的主要特征是国家 ITS 框架体系和标准体系的提出,以及交通管理信息系统方面的大量科学研究和工程实践。借鉴国际上 ITS 的发展,科技部在国家“九五”科技攻关项目中添加了与 ITS 相关的内容,重点研究了“国家智能运输体系框架”、“国家智能运输体系标准”等。交通部启动的“加强智能公路运输系统的研究与发展”等项目,从我国国情出发,按阶段启动交通控制系统、驾驶人信息系统、车辆调度与导航系统、交通安全系统及收费管理系统 5 个领域的研发和整合工作^[3]。其中,北京、上海和广州等大城市率先开展相关的技术研发和应用,在 ITS 建设方面取得了较大的发展。

4. “十五”期间(2001—2005年)

该阶段的主要特征是 ITS 领域基础理论和关键技术研究力度的加大以及全国大范围 ITS 示范工程的建设。2001 年,科技部启动了国家“十五”科技攻关项目“智能交通系统关键技术开发和示范工程”,重点开展智能交通系统项目评价方法、快速路系统通行能力、基础交通信息采集与融合技术、城市公共交通系统优化技术、智能交通系统数据管理技术、具有我国自主知识产权的面向 ITS 领域的应用软件、汽车安全辅助装置、车载信息装置、专用短程通信设备、交通信息采集设备 10 个专题关键技术的攻关和示范工程建设。2002 年,北京、上海等 10 个重点示范城市开始建设 ITS 示范工程。

5. “十一五”期间(2006—2010年)

该阶段的主要特征是新技术背景下的交通状态监测、控制与诱导系统集成与工程应用,特别是针对大型活动期间的综合智能交通管理系统的键技术研发与示范工程建设。2006 年,科技部实施的国家科技支撑计划项目“国家综合智能交通技术集成应用示范”,设立了“北京奥运智能交通管理与服务综合系统”、“上海世博智能交通技术服务系统”、“广州亚运智能交通综合信息平台系统”、“国家高速路联网不停车收费和服务系统”、“远洋航船及战略物资运输在线监控系统”和“国家智能交通发展综合模式及评估评价系统”6 个课题。同时,国家“863”计划设立了“新一代智能化交通控制系统技术”、“城市交通控制与诱导一体化协调管理核心技术”、“基于多源交通数据的道路交通状态预测技术”、“交通状态获取的新型传感器和传感器网络的优化与融合”、“区域交通系统状态特征提取与集成技术”、“基于视频的交叉口交通状态全息检测技术”、“基于多源交通数据的道路交通状态预测技术”等专题。

6. “十二五”期间(2011—2015年)

该阶段的主要特征是基于海量异构交通数据融合与挖掘的交通信息服务以及车路协同系统等新兴技术的研发与工程应用。其中,国家科技支撑计划项目“交通安全信息集成、分析及平台构建技术开发与示范应用”,针对跨部门异构系统数据可信接入机制、跨部门交通安全综合评估模型、道路安全措施和技术手段效果评估模型、跨部门交通安全决策支持模型、信息与应用资源监控与状态评估技术等开展技术研发与示范工程建设;国家科技支撑计划项目“中等城市道路交通智能网联技术集成及示范”项目设置了 5 个课题,分别针对动静态一体化城市交通智能网联技术集成及示范、基于数据驱动的城市交通智能网联关键技术及示范、公交主导型城市交通智能网联关键技术及示范、城市核心功能区交通智能网联关键技术及示范、基于信息融合的城市交通智能管控与服务技术应用示

范等展开专题研究。同时,国家“863”计划设立了“车路协同系统交通协调控制关键技术”、“车路协同系统仿真、测试与验证关键技术”、“车路协同系统设计、信息交互和集成验证研究”、“多源多维城市交通状态感知与交互处理”、“多维多态交通状态感知”、“多源道路交通状态数据分布式交互处理”、“道路交通全息感知与交互关键技术及其应用”等专题。

1.1.3 我国道路交通信息化、智能化的发展现状与趋势

面对当今世界全球化和高新技术的发展趋势,传统的交通技术和手段已难以适应经济社会发展的要求,以交通信息化、智能化为特征的智能交通已成为我国交通行业发展的必然选择。我国2006年2月颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》将“交通运输业”列为十六项国家重点支持的发展领域之一,把“智能交通管理系统”作为“交通运输业”中的一项重要内容。

“十二五”期间,我国用于建设智慧城市的投资将高达5 000亿元,各地智慧城市建设将带来20 000亿元产业机会。智能交通行业是目前智慧城市建设中投资大、覆盖范围广的细分领域。智能交通产业正获得来自政府政策到企业投资等多方面的推动。受益于鼓励政策逐步落实,国内智能交通行业年均复合增长率超过20%。第三方研究数据显示,2015年,我国智能交通领域规模将达到1 500亿元。国内目前从事智能交通相关的企业超过了2 000家,有关政策在直接驱动着市场对视频、安防、监控、电子收费等设备以及各种软件开发和系统集成等方面的需求,预计到2020年,国内智能交通领域的投入也将达到上千亿元,智能交通产业将进入新一轮的快速发展轨道^[4]。

近几年,我国智慧城市建设步伐不断提速,智慧城市试点工作正在全国上百个地方如火如荼地进行。根据国家发改委、交通运输部等八部委起草并上报国务院的《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》,“智能交通”被列为十大领域智慧工程建设之一,将深化城市智慧化应用,为公众提供更加便捷、高效的交通服务。从实际情况来看,目前北京、上海、广州在智能交通领域的投入已突破10亿元大关,西安、成都等二线城市投入规模也已经过亿元,智能交通领域呈现出“遍地开花”式的兴建热潮。智能交通产业正伴随着智慧城市的建设快速成长,成为智慧城市建设的突出表现^[5]。

目前,我国道路交通信息化、智能化建设已经渗透到城市公共交通、慢行交通、静态交通等各个领域,正日益深刻地影响着交通企业运营服务、交通管理部门日常监管业务和公众出行。但是,相对美、欧、日等发达国家,我国道路交通系统的整体信息化和智能化水平依然存在较大的差距与不足,例如实时交通数据的采集能力不足,导致交通出行预测与实际状况差距较大;各类应用系统的基础数据格式不统一,系统间较难实现数据协同分析与共享;公交调度指挥中心、公安交警部门、气象等部门交通信息融合困难,降低了交通信息决策效率及能力等^[4]。

未来面临“加快城镇化发展”和“建设智慧城市”两个机遇,我国城市交通信息化、智能化发展将进入“深度应用、全面创新”的新阶段。从目前我国智能交通发展的内部结构来看,智能交通信息采集与处理、信息整合与服务以及信息发布这三个环节依然占据主导地位。面向2014年交通运输部提出的建设“综合交通、智慧交通、绿色交通、平安交通”的新要求,构建具有中国特色的新一代智能交通系统,将是未来一段时间内我国交通信息化、智能化的重要发展方向。特别是移动互联网、大数据、物联网、云计算等技术的飞速发展,为全面精确的

交通信息感知、基于数据驱动的智能交通管控与协同、面向主动安全的车路协同与自动驾驶、以“互联网+”为特征的个性化交通信息服务等提供了技术支撑。

1. 交通信息感知与交互技术

随着无线通信技术、微电子技术的发展,交通信息的感知已不再局限于环形线圈、浮动车等检测设备,更加丰富的数据将会来自于汽车电子标识、智能手机、车载智能终端以及多种多样的车辆、道路和环境传感器。智能终端等新型交通采集设备具有强大的感知能力,使得交通信息感知变得无处不在,可以提供更加全面、及时、准确的人、车、路、环境信息。

随着交通采集技术的多样化,交通数据的交互技术也成为亟待解决的技术难题。目前没有一个现成的通信网络和通信方式能够完全满足 ITS 的发展需求。因此,需要充分利用现有通信技术的发展成果,综合利用多种网络和通信方式。

2. 大数据和云计算技术

随着 ITS 的发展,交通数据急剧膨胀并且更加复杂,展现出明显的大数据的 4V 特点: Volume(大量)、Velocity(高速)、Variety(多样)、Value(价值)。然而,庞大的数据量也带来了一些问题。例如,海量的数据中有 90% 以上的数据从未被使用,极低的利用率使得相关部门只能被动地通过数据解决已有问题,而无法使用现有数据进行分析和拓展应用。原因在于传统的关系数据库面对如此庞大的数据量,无法进行高效的处理,受此限制,大部分的数据也发挥不出本来的价值。现有数据量仍然在以惊人的速度不断增长,这一问题对数据库的革新提出了要求,由传统的关系型数据库向分布式数据库(例如, Hadoop 大数据平台)的转型势在必行。传统的数据融合、分析和挖掘方法已不再适用,需要采用大数据的挖掘技术对多源的交通信息进行处理,实现交通数据的增值。交通大数据将全面提升国内智能交通的整体管控水平和信息服务水平,将为交通信息可视化分析、交通管理模式的转变等提供强大的技术支撑。

同时,随着交通数据规模从 TB 级向 PB 级,甚至向 ZB 级扩展,所部署的服务器数量变得越来越庞大,而服务器的平均利用率却处于较低的水平。并且,以企业服务器为主的 IT 基础结构模式不能快速有效地调配系统资源,适应业务需求变化。而云计算技术以自动化 IT 资源调度和快速部署为目标,具有优异的扩展能力,将成为整合交通资源、提供 ITS 所需的各种硬件、软件支持的重要技术手段。交通数据和云计算构成了交通信息云,给交通信息化带来一个崭新的阶段。如海量的交通数据通过通信技术存储到网络上构成交通信息云,由于其特定的性质,它的存储和计算能力不会受到限制,可以进行交通信息的交换,也可以为用户提供计算平台,实现交通数据的共享,提高了数据利用率。

3. 自动驾驶与车联网技术

车联网是以车内网、车际网和车载移动互联网为基础,按照约定的通信协议和数据交互标准,在车-X(X 为车、路、行人及互联网等)之间,进行无线通信和信息交换的大系统网络,是实现智能化交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化网络,是物联网技术在交通系统领域的典型应用。车联网技术的推广应用,对于优化车载服务、提高车辆性能、提升交通效率均具有重要意义。而在我国,车联网技术的出现,为解决机动车的快速增长带来的交通拥堵、环境污染、能源消耗、交通事故等诸多问题提供了新的思路 and 手段。

从车联网的技术演进来看,随着物联网技术的兴起,将从目前车人(Vehicle to Person, V2P)为主,车车(Vehicle to Vehicle, V2V)、车路(Vehicle to Roadside, V2R)、车与基础设

施(Vehicle to Infrastructure, V2I)等方向发展,自动驾驶成为技术发展的方向。自动驾驶通过采用红外、短波雷达、视频、超声波等多种探测手段同时采集道路信息的方式,以实现主动巡航、车道保持、自动跟车、自动刹车、碰撞预警及缓解等功能。

1.2 我国道路交通控制与管理的需求

1.2.1 业务需求

我国城市道路交通控制与管理的职能部门主要包括交通委员会和交通警察。表 1-1 以深圳市为例,总结了这两个职能部门的业务需求。

表 1-1 深圳市城市道路交通控制与管理的业务需求^[6-9]

职能部门	业务模块	具体需求说明
交通委员会	交通拥堵治理	整个道路网的交通流状况监测; 各类交通管理数据的整合分析; 交通热点及重点片区持续的交通跟踪评估; 实时交通拥堵、交通运行、交通预警等信息发布
	公共交通服务与诱导系统	各地区交通卡互联互通的实施; 公交实时运行情况查询; 公交场站建设; 乘客服务信息平台建设; 出租汽车的规模化、集约化、公司化经营; 电召及预约出租汽车服务管理; 车载 GPS 监控的后台管理; 室外诱导显示屏建设
	物联网建设	“电子专用标签”等检测手段的应用; 全市车辆的动态感应和有效控制; 涉车涉驾信息应用系统开发
	绿色低碳交通	高速公路 ETC 系统应用; 动态车载导航系统应用; 路径诱导系统应用
	交通应急指挥	应急预案制定; 应急资源管理; 应急保障方案制定
	旅客运输系统	公交优先信号申请; 优先控制方案决策; 实施效果信息存储与统计分析; 监督和检查出租小汽车越界、违章停车、聚集等违规行为; 车辆定期维护检测等安全措施落实情况检查; 出租车牌照投放决策; 公交、出租、长途客运运行信息的实时采集与统计分析
	货物运输系统	新技术及货运信息平台的开发和应用; 公共物流信息平台建设; 道路货运公共信息服务系统应用; 危险品等专用车辆的 GPS 行车记录仪管理; 危险品运输监控平台

(续表)

职能部门	业务模块	具体需求说明
交通警察	城市道路信号控制	干线交通诱导控制系统应用； 区域协调控制系统应用； 行人过街信号控制系统应用； 匝道实时控制系统应用； 非机动车信号控制系统应用
	交通指挥管理	警力派遣 GPS车辆定位跟踪； 道路交通状况实时监测； 交通信息综合发布； 重点车辆管理； 交通设备管理； 大屏幕集成系统显示及应用
	交通秩序管理	交通事件检测系统应用； 交通违章管理系统应用
	停车管理	泊位信息采集、处理与发布； 设备状态处理与展示； 停车信息统计分析
	车辆管理	道路视频监控系统建设； 机动车缉查布控系统建设； 智能公交路网电子警察监控系统建设； 交通监控指挥中心、网格化机动车识别等系统的建设
	交通安全监控	交通事故自动发现； 交通拥堵及时发现； 自动报警并对意外过程全程录像； 路面积水等各种意外事件检测； 交通运行状态实时监控； 交通违法行为跟踪录像； 交通运行参数的采集和处理； 车牌自动识别
	刑侦支持/ 盗抢车辆侦缉	车辆违章驾驶查询； 机动车车牌识别； 车牌比对、自动报警； 前排乘坐人员体征识别； 部分行驶轨迹录像

1.2.2 功能需求

针对以上两个主要政府职能部门的业务需求,表 1-2 总结了城市道路交通控制与管理的主要功能需求。

表 1-2

城市道路交通控制与管理的功能需求^[6-9]

交通管理部门	功能项	功能子项
交通委员会	交通运行管理	交通流量分析； 交通流预测； 交通流相关性分析； 拥堵预警
	城市智能交通管理系统	可视化、扁平化、预案化的指挥调度； 综合交通监测； 多样化、人性化交通信息服务； 数字化闭环管理
	公众出行信息服务	公交到发间隔时间、满载率信息采集； 公共自行车租赁信息采集； 出租车 GPS 定位信息采集
	货物运输管理	电子标签信息查询； 货物运输路径信息采集； 货运超载、超限等信息采集
	旅客运输管理	旅行时间采集； 旅客运输路径信息采集
	交通基础设施监测	综合交通枢纽客流采集； 公交换乘枢纽和公路客运站客流采集； 口岸出入客流采集； 高速公路客流采集
	交通场站及枢纽监测	公交场站信息采集； 公交停靠站信息采集； 客运站信息采集； 道路属性信息采集； 道路附属设施信息采集
	交通流量检测	环形线圈检测； 闭路电视监视； 超声波检测； 浮动车检测； 手机定位检测
交通警察	交通信号控制	单点多时段控制； 单点动态优化控制； 匝道实时控制； 干线协调式控制； 区域协调控制； 合乘车道控制； 行人过街控制； 非机动车信号控制
	交通安全监控	路网运行状况实时信息采集； 交通违章、违法行为信息采集； 路面状况信息采集