

NEW Technologies for Dynamic
TRAFFIC DATA COLLECTION AND ANALYSIS

交通动态数据获取与分析 应用新技术

刘浩 张可 王笑京 邵长桥
涂辉招 Hans Van Lint

著



人民交通出版社
China Communications Press

New Technologies for Dynamic Traffic Data
Collection and Analysis

交通动态数据获取与分析 应用新技术

刘 浩 张 可 王笑京 邵长桥 著
涂辉招 Hans Van Lint

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分六章,主要包括:交通数据采集技术、交通数据预处理技术、行程时间估计及预测技术、行程时间可靠性预测技术、交通状态估计技术以及交通综合信息平台。

本书由中国和荷兰的科研人员联合完成。可作为交通运输工程领域的教学、科研、管理人员的参考书用,也可以作为交通工程、交通规划、交通运输和交通管理专业研究生的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

交通动态数据获取与分析应用新技术/刘浩等著

. --北京:人民交通出版社,2012.9

ISBN 978-7-114-09869-7

I. ①交… II. ①刘… III. ①交通运输系统—数据采集②交通运输系统—数据—分析 IV. ①U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 127515 号

书 名: 交通动态数据获取与分析应用新技术

著 者: 刘 浩 等

责任编辑: 任雪莲

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 13.25

彩 插: 2

字 数: 245 千

版 次: 2012 年 9 月 第 1 版

印 次: 2012 年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09869-7

定 价: 50.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

随着交通信息化建设的大力推进,智能交通应用和服务的日益拓展,以及信息通信技术的飞速发展,交通动态数据越来越丰富,并已逐步成为一种宝贵的资源,在提升交通系统运行效率和管理服务水平方面发挥着越来越重要的作用。与此相适应,围绕动态交通数据的采集、处理、分析和应用,形成了交通信息领域的一个技术研发和应用的热点。如何更加合理有效地采集交通数据,对海量、时变、多源、异构的交通数据进行综合管理,并面向特定应用的定制需求,从中抽取相关的数据,进而形成所需的信息,成为充分发挥交通数据资源应有作用的关键技术问题,也成为各国交通科研工作者技术成果不断涌现的源泉和不懈努力的持续推动力。

来自中国和荷兰的本书作者们,有幸在 10 年前就投身于动态交通数据的研究和应用工作中。依托两国一系列的国家级科研项目,以及基于双方对于技术和应用的共同关注而开展的一系列技术交流、人才培养与项目合作,历经 10 年的辛勤探索和潜心研究,在动态交通数据采集与预处理、行程时间估计及预测、行程时间可靠性、交通状态估计,以及综合交通信息平台的技术研发与应用等方面,取得了丰硕的研究成果。本书是几位作者多年相关科研成果的凝练,也是中荷两国科研工作者友好合作的结晶。从内容上看,本书力求兼顾知识的系统性与技术的专业性,注重基础理论知识与实际应用案例相结合。书中涉及的建模思想和数据验证都具有原创性,在国内也是首次将这些成果完整地进行展示。

本书定位于交通运输、特别是交通信息专业的科研参考书,力图为读者提供多角度、深入的专业理论基础知识和交通数据应用实际案例,成为科研工作有益的参考资料。

本书共六章,由交通运输部公路科学研究院刘浩副研究员、张可研究员、王笑京研究员,北京工业大学邵长桥副教授,同济大学涂辉招副教授,荷兰代尔夫特理工大学 Hans Van Lint 副教授等合著,全书由刘浩和邵长桥统稿。第一章由刘浩、王笑京和 Hans Van Lint 撰写,张海林、张晓亮和周小勇协助完成;第二章由刘浩、王笑京、Hans Van Lint 和邵长桥撰写;第三章由刘浩和 Hans Van Lint 撰写,张海林和张晓亮协助完成;第四章由涂辉招、刘浩和邵长桥撰写;第五章由邵长桥、Hans Van Lint 撰写,牛树云、张晓亮协助完成;第六章由张可撰写,李静、

贺瑞华协助完成。

研究成果的取得离不开研究团队的共同努力,在此向中荷双方研究团队中未及的研究工作者,一并致谢。特别感谢国家高技术研究发展计划(863 计划)“基于信息提取计算的路网动态交通分析技术”、荷兰国家科技课题 ATMO、“十一五”国家科技支撑计划“重特大道路交通事故综合预防与处置集成技术开发与示范应用”、中荷政府合作计划“面向行程时间估计的数据融合技术研究”等项目对本书出版提供的资助。

本书在整理的过程中参阅了大量国内外著作、学位论文和有关文章,有的文献可能由于疏忽遗漏未能在参考文献中列出,在此谨向本书直接或间接引用的研究成果的作者表示深切的谢意。

限于作者的理论水平和实践经验,书中难免存在不妥和错误之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

作 者

2012 年 5 月

目 录

1 交通数据采集技术	1
1.1 动态交通信息服务	1
1.2 交通状况监测系统	6
1.3 交通数据采集系统	9
2 交通数据预处理技术	21
2.1 数据检查	21
2.2 线圈检测器数据检查与校正	23
2.3 行程时间数据检查和校正	33
2.4 小结	40
3 行程时间估计及预测技术	41
3.1 概述	41
3.2 行程时间采集技术	44
3.3 行程时间估计技术	46
3.4 行程时间预测技术	52
3.5 高速公路状态空间神经网络模型	58
3.6 城市道路状态空间神经网络模型	75
3.7 小结	89
4 行程时间可靠性预测技术	90
4.1 可靠度研究概述	91
4.2 行程时间可靠度影响分析	96
4.3 基于行程时间分布特性的可靠度模型	110
4.4 行程时间可靠度分析新技术	115
4.5 小结	120
5 交通状态估计技术	121
5.1 贝叶斯方法	121
5.2 卡尔曼滤波算法	126
5.3 模糊聚类 and 概率神经网络	133
5.4 粗糙集法	147

6 交通综合信息平台	159
6.1 交通综合信息平台的概念与功能	159
6.2 交通综合信息平台总体架构	163
6.3 交通综合信息平台关键技术	168
6.4 交通信息提取计算技术	184
6.5 交通综合信息平台发展历程、现状与实施建议	192
参考文献	196

1 交通数据采集技术

城市交通日益拥堵、事故频发,以及交通带来的环境恶化和能源短缺已成为当前世界各国面临的共同挑战和各国政府亟待解决的重要问题。交通系统是一个复杂的、开放的庞大系统,仅从道路或车辆的角度来考虑,很难解决交通问题。因此,以智能交通系统为代表的系统分析与集成技术成为缓解交通问题的新手段。智能交通系统(Intelligent Transportation System,简称为ITS)是将信息处理技术、通信技术、电子传感技术以及控制技术等有效地集成运用于整个交通管理与服务中,从而建立起一种大范围、全方位发挥作用的,实时、准确、高效的综合交通运输管理和信息服务系统。

交通数据采集是交通信息服务的基础。以人工调查方法和感应线圈法等为代表的交通数据采集手段尽管仍是交通数据采集的主要手段,但很难满足日益发展的动态交通信息服务需求。无线定位技术(GPS/蜂窝无线定位)、传感器技术、移动通信技术、IPv6网络技术、车辆自动识别技术(AVI)、浮动车数据采集技术(Floating Car Data,FCD)、遥感技术和视频图像处理技术等动态数据采集技术已成为交通数据获取的新手段,也为高质量的动态交通信息服务提供了关键技术。

1.1 动态交通信息服务

交通信息服务系统是智能交通系统的重要组成部分,也是当前智能交通领域研究的热点。建设先进的交通信息服务系统旨在完善的信息网络基础上,通过装备在道路、车辆、换乘车站、停车场以及气象中心的传感器和传输设备,获得各类实时交通信息并进行综合处理,实时为不同用户和部门提供全面、准确的道路交通信息。先进的交通信息服务系统将不仅为交通管理人员提供及时、准确的交通信息,使交通管理控制系统能有效适应各种交通状况,为交通路网能力的规划与改造提供决策支持;而且将帮助道路使用者选择合适的出行方式、出行时间、出行路线,有效避开交通拥挤,缓解因拥堵导致的焦虑,从而减少交通事故频

发因素和提高路网系统通行能力。交通信息服务系统的建立还将对城市环境污染的抑制和能源的有效使用起到不可低估的作用。

动态交通信息服务一直是智能交通领域的研究热点问题,美国、日本、欧洲等发达国家政府和企业投入了大量精力和资源进行交通信息服务的研究与应用,将其作为解决大城市交通拥挤问题的有效手段。通过国际间广泛的竞争与合作,交通信息服务技术已日趋成熟,并形成了相关设施建设、终端设备销售、各类服务应用等完整的交通信息产业链和大规模的产业市场。在美国、日本、欧洲等国都相继建立起了较完备的实时交通信息服务与发布体系,美国的 511/On-Star、日本的 VICS 系统以及欧洲的 RDS-TMC 交通广播就是成功的范例,其中尤其以 VICS 系统成效最为显著。

发达国家在交通信息服务系统技术研究和应用中已取得了大量成功经验,并从中获得显著的社会和经济效益。我国自 20 世纪 90 年代开始便积极跟踪国际智能交通系统领域技术的发展,经过多年努力,我国智能交通系统建设已进入发展期,在软件、产品开发、技术标准、产业化等方面都取得了相应进展。但在交通信息服务上与发达国家比仍然存在较大差距,面临巨大挑战。

移动通信技术、网络传输、中间件技术的不断发展,为动态交通信息服务技术提供了新的发展机遇。先进的第三代无线通信网络,可实现更大规模的数据采集和更高效的数据传输;一代互联网技术为更有效的数据传输和共享提供了技术支撑;基于 IP 化的网络解决方案将为交通信息系统中大量终端设备、通信系统的有效统一互联提供途径,屏蔽了低层通信方式的差异,将极大地简化各系统间的通信方式和接口,实现系统接口的标准化和规范化,降低系统大规模部署和应用的成本;IPv6 具有更好的多播放功能,以文字、图像的形式对车辆进行动态广播实时交通拥堵情况。

动态交通信息服务越来越面向集成化、平台化方向发展。为不同的用户和部门提供多样性的交通信息服务,需要建立统一的集成信息平台,充分利用现有的计算机软硬件、数据资源以及原有系统软硬件平台的可用资源。有效避免重复性投资和低水平开发建设,消除信息孤岛、信息烟囱等现象,在一个较高起点上实现业务管理信息化,实现信息的统一表示,为用户提供更方便的交通服务,为各级交通部门提供统一的数据交换中心。

1.1.1 日本

日本交通信息服务的发展最早是从导航服务开始的。早在 1973 年,日本就开始了有关 CASS(整体汽车交通控制系统项目)的研究,开发和测试车载动态

路线指示系统。1981年,本田公司售出了第一套导航系统,并装配在 Accord 轿车上。1987年,丰田公司在 Crown 轿车上首先配置了含有电子地图的导航仪。但是,由于当时技术条件的限制,车载导航系统只能提供一些简单的导航功能,例如方向引导,基于最短距离的路径规划等,而车辆还是一个信息闭塞的空间,只能通过收听交通信息广播节目或路边信息板等方式来获得交通信息,缺乏一种有效的交通信息获取手段。因此,日本的警察厅和建设省开始考虑向驾驶员直接提供道路交通信息,并进行相关系统的开发(其中警察厅的系统为 AMTICS,建设省的系统为 RACS)。AMTICS 和 RACS 分别成立了由 200 多家民间企业组成的促进团体,以促进系统的实用化。动态交通信息的发布,极大地促进了车载导航技术的发展,当时的导航仪销量明显增长。1990年3月,当时的警察厅、邮政省和建设省(现在的警察厅、总务省、国土交通省)三省厅达成“以实现交通的安全与畅通为基本目标,在电波的有效利用及其相关方面实现各系统的协调运行”的共识,各省厅同意整合各自开发的系统,发展一体化的 VICS(Vehicle Information and Communication System)系统。1994年1月,以民间企业和团体为主的日本道路·交通·车辆智能化推进协会(VERTIS)成立,成员包括与智能交通运输系统有关的学术组织、行业与机构,并与政府的相关5省厅结成联席会议制度。1996年7月,5个省厅联合制定了“智能交通运输系统和系统结构的全面计划”,这一计划确定了日本智能交通运输系统研究和发展的长期目标,它包括9个发展区域和20种用户服务。其发展区域包括导航系统、电子收费系统、安全驾驶系统、最佳交通管理、提高交通管理的效率、支持公共交通、提高商业车辆的管理、支持行人和支持紧急车辆管理。VICS 系统于1996年4月开始应用,并且从那时起不断扩大范围,遍布日本的高速公路和主要城市道路。

经过近年来的不断发展和完善,VICS 已经在日本全国范围内进行多种出行信息的实时发布和服务,包括实时路况和旅行时间预测、停车场信息、交通事件和天气状况。在提高运行效率和改善环境方面作出了巨大的贡献。

1.1.2 欧盟

欧共体从20世纪60年代末70年代初开始了有关 ITS 的讨论。20世纪70年代后半期,德国博世和大众公司开始进行路车通信的研究和导航实验计划。1988年,在法国总统密特朗的倡导下,欧洲19个国家的政府和企业界开始了名为“尤里卡”的联合开发计划,投资50亿美元,旨在建立跨欧洲的智能化道路网。为了将研究成果尽快投入使用,欧盟委员会与民间企业(汽车、电子和通信业)成立了欧洲道路运输信息通信合作组织(ERTICO),负责产业界与地方、中

央与欧盟外国家政府间的联系。ERTICO 作为欧盟委员会的咨询机构,制订战略性的实用化计划,推动标准化工作进程。

RDS-TMC 是在欧洲应用最成功,使用范围最广的大规模交通信息解决方案。RDS 是于 1984 年由欧洲广播联盟(EBU)制定的数据广播系统的欧洲规范。TMC(Traffic Message Channel, 交通信息频道)是一个数字编码系统。TMC 能产生连续的交通状况信息,将 TMC 信息与地图导航结合到一起,提高了车辆导航对前方路况预测的准确性。建立 DGPS 数据的 FM 负载波广播服务,提供广播电台周围的 GPS 差分校正数据,大大提高了 GPS 的定位精度。TMC 将交通状况、事故、天气等有关的数据通过交通监控系统、应急服务、汽车出行者报告等汇集在一起,并在交通信息中心进行整理后,将这些信息传输到 TMC 交通信息服务提供商,由他们根据 ALERT-C 编码协议生成 TMC 消息,以各种方式传达给驾驶员。其中最为常见的是 TMC 导航系统,它可以提供动态的路线引导,预测驾驶员计划行驶路线上出现的问题并推算出一条备选路线,以避免交通延误。

经过 30 年左右的发展,目前 RDS-TMC 技术已经成熟,相关产品在全球已经形成了年销售上百亿欧元的产业规模。

1.1.3 美国

美国在信息服务方面的代表性系统有:511、TRAVTEK、ADVANCE、FASTT-RAC。美国交通部向各州的交通信息系统的运营机构发放该系统应用软件,以帮助各州系统运营商提高他们的服务质量。511 交通信息系统可提供及时快捷、用户与系统互动、稳定可靠的交通服务信息。因此,出行者能够更及时获得信息,享受更高质量的服务。出行与交通管理依靠交通信息来实现整体交通网络的优良表现。美国交通部网站有关 511 交通信息系统的内容保持经常更新,同时,有关该系统的情况也可在智能交通联合办公室网站查看。此外,可在美国联邦公路局网站查看最新 511 交通信息系统的应用拓展情况。511 交通信息系统作为交通管理及智能交通系统的窗口,使更多的人群感受到交通科技发展给人们带来的方便。其中,TRAVTEK 以实时路线引导和服务信息系统实用化为目的,系统由交通管理中心、信息与服务中心、装有导航装置的车辆组成。VANCE 通过电波的双向通信直接将车载导航装置和交通管制中心连通,导航装置由接触式屏幕、显示器及导航计算机构成。输入最终目的地便可利用最新交通信息计算最佳路线。路线引导采用声音合成及显示器上的符号指示的形式。

美国交通信息服务提供商 Inrix、LandSonar、Traffic.com 等积极开展交通信息领域的研究,把握先进的移动通信网络、无线通信、无线定位技术的发展方向,

通过合作与竞争,不断开拓交通信息服务市场,从广播媒体、政府部门、汽车导航系统制造商、网络内容提供商、无线服务商、广告商乃至普通消费者,都成为这些公司的潜在客户。其中 Inrix 公司为美国的 138 个城市提供交通事故数据,为 30 多个城市提供交通流量和流量预测的数据。Inrix 联合美国最大的无线广播公司 Clear Channel 为 125 个大城市提供广播媒体、车内导航系统、网络和无线设备等多种形式的交通信息服务。Inrix 又与定位服务(LBS)市场一流的平台及服务供应商 deCarta 携手,提供便捷的导航信息服务。

随着交通信息服务行业的发展,建立集成化的交通信息服务平台,提供多样化的交通信息已成为交通信息服务系统发展的必然趋势。

1.1.4 中国

随着我国经济的持续发展,人民生活水平不断提高,人们对高质量的交通出行服务的需求越来越迫切,期望的服务标准越来越高。而现实情况是:一方面,虽然我国道路交通基础设施建设日新月异,高速发展,但交通供给增长的速度仍难以应对呈加速增长态势发展的机动车保有量带来的交通需求的高速增长,交通供需矛盾日益突出;另一方面,与道路基础设施的发展相比,交通信息服务的发展更是处于弱势地位,对动态交通运输信息,一是无法全面掌握,二是缺乏有效的发布手段,使得原本可以提高道路基础设施运行效率的交通信息化手段,由于未能得到充分发展和有效应用,反而成了影响交通运输服务水平提高的“瓶颈”所在。

交通运输部网站提供了全国路况快讯、公路气象预报、航道通告、海事气象等信息服务。在全国 32 个省(自治区、直辖市)组织实施了交通信息化示范工程和推广工程,推动了各省级交通出行信息服务系统的建设。2004 年,由北京市交通委、山东省交通厅、浙江省交通厅和成都市交通局承担了公众出行交通信息服务系统示范工程建设。这些示范工程是在对我国交通信息化建设透彻认识和正确把握基础上的明智选择,对适应信息产业的快速发展,加快我国交通信息化的整体进程,加强交通信息系统的服务能力将产生示范效应,从而为我国交通运输业的跨越式发展起到应有的促进作用。

以北京公众出行网为例,该网为公众提供了动态交通信息、交通基础设施信息、客运信息、交通黄页、出行常识等服务。针对公交出行和自驾车出行用户的需求,该网站推出了公交、地铁、长途客运线路、班次及换乘信息服务,加油站、停车场、汽车维修企业、汽车租赁站点等交通服务机构信息以及北京旅游景点的交通解决方案信息等。通过该网站还可以方便地查询到道路事故、施工、封路、临

时管理等信息。为方便新手上路和外地驾驶员来京,该网站推出了立交桥、复杂路段、重点路段等行车示意检索专栏,以图片或动画的形式导航。

交通运输部《公路水路交通运输信息化“十二五”发展规划》中,明确提出了组织开展公路水路交通出行信息服务系统重大工程建设,深化完善省域公路交通出行信息服务系统,积极推动跨区域交通出行信息的交换共享。依托路网监测监控系统的完善,强化路况、养护施工、交通管制、气象等实时信息服务,并在完善网站、服务热线、交通广播、短信平台等服务方式的基础上,充分利用路上固定和移动式可变信息板、服务区显示终端、车载终端等服务手段,为公路出行者提供覆盖高速公路和国省干线普通公路的出行信息服务。在地市级以上城市加快建设覆盖城乡的公共交通信息服务系统。积极推进开展动态车载导航系统的研发与产业化应用试点。建设以全国统一特服号、统一交通广播频率为特征,提供有机衔接的多种服务手段,并覆盖国家高速公路、重要普通国省干线及广大城乡地区的交通出行信息服务体系。鼓励和引导社会力量广泛参与,培育交通出行信息服务产业的健康发展,方便百姓安全便捷出行。

1.2 交通状况监测系统

交通系统可以被抽象为需求和供给关系(图 1-1)。交通需求与供给是一对错综复杂的矛盾。由于人们在经济、社会和环境等方面的观念差异,处理这一对矛盾的手段和实施效果会有很大的不同。人、车、路是交通系统的三个重要因素。其中,路的状况将直接影响到人的出行。因此,各种 ITS 系统的应用,其目的是为了人们能够尽量全面地了解交通网络及其状态,并且,根据采集到的实时交通信息,预测出采用了 ITS 措施后对人们行为的影响,以及由这些行为反过来对交通系统产生的影响。如果将交通系统整体看作一个控制过程的话,那么,交通状况监测系统是这个控制过程中的一个关键环节。

图 1-1 所示中间向下粗箭头的左、右两个控制环描绘出了 ITS 的两种控制手段。第一种(左边的环)目的是通过影响(出行者)交通需求,来达到控制交通出行;第二种(右边的环)目的是改变交通供给特性(例如高速公路或交叉口的通行能力)来影响交通出行。

(1)交通需求管理(Traffic Demand Management, TDM)。交通需求管理是一种新的交通规划与管理理念。其基本思想就是从交通问题产生的根源上采取措施,解决目前的问题,并防止交通问题的进一步恶化。例如,为了缓解大城市的交通拥堵问题,可以采取一系列的交通需求管理措施,包括:

①大幅提高中心城区停车费标准。提高停车收费标准,增加机动车的使用成本,是抑制交通需求的重要经济手段。

②征收交通拥堵费。在交通拥挤时段,对进入拥挤区域的车辆实行收费,控制交通出行的需求和调节车流的时空分布,减少拥挤区域道路交通流量。

③实行错时上下班制度。将出行者的上下班出行时间错开,是被证明的行之有效的提高道路资源利用率、缓解城市拥堵压力的一种方法。

④采取车牌限制通行措施。禁止某一类型车牌号码的车辆在特定时间及特定区域和车道通行,通过行政手段限制车辆使用,从而减小交通流量,缓解交通拥堵。

⑤优先发展公共交通,鼓励使用公共交通。在客运交通中,就使用道路面积而言,公共交通被认为是最节约道路资源的交通工具,而小汽车是最浪费的交通工具。

⑥鼓励合乘出行。在美国,城市周围的高速公路和市内的快速路上,一般都有 Carpool 专用车道。这种车道规定在一定时段(有些地方如洛杉矶是全天)载有两人(包括驾驶人)或两人以上的车辆(也有规定三人的)通行,大大提高了车辆载客率,降低车辆出行率。

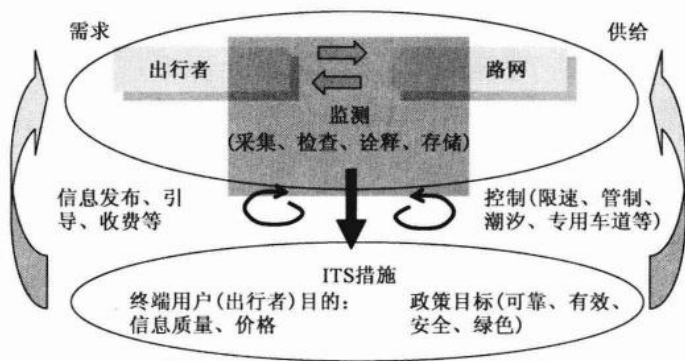


图 1-1 交通系统供需关系

(2)交通供给控制。交通供给包括交通基础设施和交通管理措施等方面。建设快速路、主干路、高架路、立交桥、地铁、轻轨等交通设施,能够在一定程度上扩大交通系统的供给能力。但是,交通经济学里有一条非常著名的定律,即当斯定律(Downs Law):在政府对城市交通不进行有效管制和控制的情况下,新建的道路设施会诱发新的交通量,导致交通需求总是倾向于超过交通供给。当人均收入水平达到一定程度并不再成为(相当部分)家庭汽车消费的主要障碍时,必

然会出现的一种交通需求和交通基础设施供给之间的竞赛,而在政府不进行管制的情况下,这种竞赛的结果必然是交通拥挤。只有在加大交通基础设施建设的同时,提高城市路网建设和常规公共汽(电)车的发展,改善停车、加油、步行、换乘等交通设施以及交通管理和服,才能共同发挥出作用和效果。

在交通需求和供给相互影响、相互制约的过程中,交通数据采集起着至关重要的作用。例如,交通状况可以通过一些采集的数据来反映:

- ①当前路网中的交通拥堵点及拥堵程度。
- ②当前路网中发生的交通事件(包括类型、程度、影响范围等)。
- ③特定通道或路段的当前平均速度以及短时间的预测期望速度。
- ④当前路网或特定路段上的车量数,特定断面的车流量。
- ⑤车辆从路网上 *A* 到 *B* 将遇到的延误。

从图 1-1 的描述来看,交通监测系统在实际应用中有四个主要功能:

(1)数据采集。通过传感器采集原始交通数据。

(2)数据检查。发现、校正丢失和不可靠的数据,通过数据融合,提高数据可靠性,为 ITS 系统和交通信息服务。

(3)状态诠释。深入理解原始数据的时间和空间特性,并由路段的交通空间特性推断全路网的交通状态,也可以用相邻路段的交通空间特性推断没有监测设备的路段(这个过程通常称为状态估计);或由交通空间和时间特性推断交通网络未来的交通状态,也就是预测路网交通状态(称为交通状态预测)。

(4)数据存储。将所有的数据和信息(原始数据、融合信息、预测信息)存入一个易管理的数据环境下用来实时和离线应用。

荷兰正在建设覆盖全国高速公路网的 MONICA 系统,这是一个在线运行的全国交通监测系统(图 1-2)。该系统是由荷兰交通部、公共事业部门和水利管理部门所有,由 Rijkswaterstaat 进行维护 and 管理的。该系统已经覆盖了全荷兰境内 90% 的高速公路网,每隔 500m 左右设置双感应线圈,用来采集交通流量、速度和占有率,这些数据通过路侧设备将数据实时传送到中心系统。中心系统还可采集气象信息、交管信息和交通事故信息等,为荷兰国家交通数据中心提供全方位的数据基础。这些数据经过处理、分析、融合后,通过交通广播、可变信息板(Variable Message Sign, VMS)、互联网等方式发布给出行者。根据检测的数据,中心系统将进行优化分析,给出相应的交通控制策略,例如车辆诱导、限速、匝道控制、封闭车道等,使得全路网交通最优。

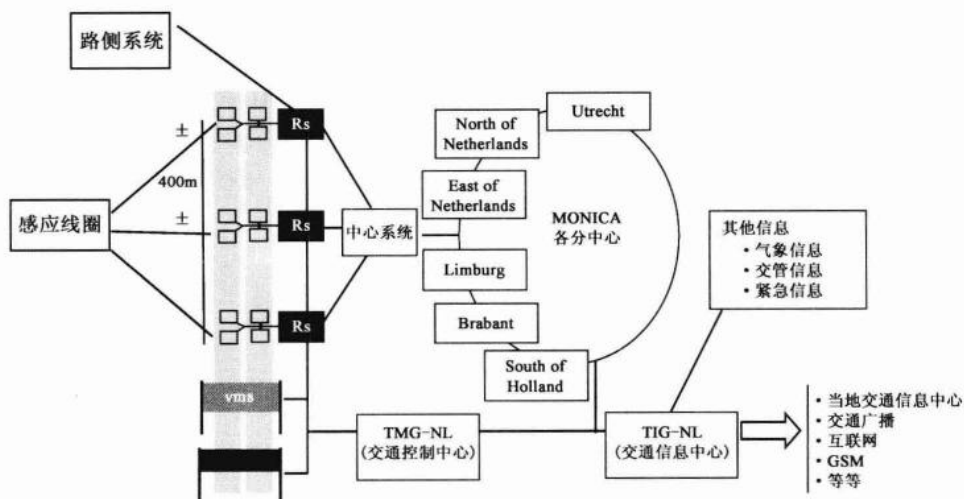


图 1-2 荷兰高速公路网 MONICA 系统

1.3 交通数据采集系统

1.3.1 固定点交通数据采集

固定点交通检测器主要是检测固定位置的交通数据,这种数据也称为“点”数据。固定式交通检测器根据安装的方式可分为嵌入式和非嵌入式。嵌入式检测器需要埋设在路面下,因此要临时阻断交通来进行安装和维护。环形线圈检测器是应用最广泛的嵌入式检测器。非嵌入式检测器是指安装在立柱、路侧路肩和道路中间分隔带的检测器,安装和维修不需要阻断交通。因此,非嵌入式检测器近几年在世界各地应用越来越广泛。

1) 环形线圈检测器

这种检测器是将环形线圈埋置在路面之下。环形线圈是检测装置中振荡器的一个元件(电感)。振荡器由电源供电,以谐振频率振荡。车辆行至线圈上方时,其金属构件引起谐振回路中电感参数改变和谐振频率的偏移。根据谐振频率,能够检测出车辆的流量和占有率。通过设定平均有效车辆长度,能够估计出密度和时间平均速度。双磁力线圈是由两个磁力线圈组成,单车速度、时间平均速度、调和平均速度以及单车或平均车长度可以被直接测得。

环形线圈检测器是传统的交通检测器,是目前世界上用量最大的一种检测

设备。车辆通过埋设在路面下的环形线圈,引起线圈磁场的变化,检测器据此计算出流量、速度、时间占有率和长度等交通参数,并上传给中央控制系统,以满足交通控制系统的需要。此种方法技术成熟,易于掌握,并有成本较低的优点。这种方法也有以下缺点:安装过程对可靠性和寿命影响很大;修理或安装需中断交通;影响路面使用寿命;易因重型车辆的通过、路面修理等受损坏。

2) 气压式检测器

气压式检测器是一根空的橡胶管,横向铺设在道路上。当有车辆通过时,车轮压在橡胶管上而改变了气压,因此能够检测车辆。路侧有一个检测设备与气压管相连,用以记录每个车轴通过时气压的改变。通过气压改变的大小和车轴计数,就能够得到车辆数和速度。

3) 压电式检测器

压电式检测器被安置在路面切割开的一个凹槽里。检测器通过把机械能转换为电能获得数据。压电式检测器的材料由于机械变形引起表面的密度改变导致电极间的电压变化。信号的振幅和频率直接与变形程度成比例。当车辆轴的压力移动,输出的电压反向对电极。改变电极的结果是改变输出电压。这种电压的改变可以被应用于检测和记录车辆数量和分类,以及移动中的车重和速度。

4) 被动和主动红外检测器

主动红外检测器发射激光束到地面上并且检测反射信号返回设备的时间。当车辆通过有激光束的路面时,反射信号的时间就会减少。时间的减少表示有车辆出现,可以用来采集车辆数和速度。主动红外线检测器一般采用反射式和阻断式检测技术。反射式红外检测器使用反射接收器,用来反射光束和接收反射光束,通过记录路面和车顶反射率的变化对车辆进行检测。阻断式红外线检测器由位于道路一侧的反射接收器和车道另一侧的强反射板组成,车辆通过时,反射波被切断而检测到车辆。

被动红外设备通过测量来自检测区的红外能量来检测车辆。车辆总是和环境存在一定温差。路面红外能量辐射与车辆红外能量辐射存在差异。由于路面辐射与车辆辐射或多或少不同,能量对比就可以被检测出来。由于该技术完全为被动,所以受其他车辆的影响较小。典型的被动红外检测器被直接安装在支架、天桥、桥梁,以及路侧立柱上。

5) 微波—多普勒/雷达检测器

微波—多普勒检测器向车道检测区发射连续的低能量微波,然后再分析信号反射。检测器记录微波源和车辆运动的相互影响,使得频率发生改变。根据