

地理信息系统理论与应用丛书

蒋捷 韩刚 陈军 著

导航地理数据库



科学出版社

www.sciencep.com



2008年12月 第12期

2008年12月 第12期



地理信息系统理论与应用丛书

导航地理数据库

蒋捷 韩刚 陈军 著

本研究得到以下项目的支持：

国家自然科学基金项目(编号 40171076)

国家计划与发展委员会高技术产业发展项目(2000年)

国家测绘科技发展基金项目(2000年)

科学出版社

北京

内 容 简 介

支持智能交通系统(ITS)与基于位置的服务(LBS)的地理数据库叫做“导航地理数据库”,简称“导航数据库”。本书系统地论述了导航数据库的技术特点、实现方法及关键技术。全书共分七章。第一章简述了ITS与LBS的起源与发展,并阐述了导航数据库在ITS与LBS中的作用及其实现步骤。第二章讨论了导航数据库的基本概念,包括其定义与技术特点、关键技术问题等。第三章详细论述导航数据库的概念模型,从空间要素分类与定义、空间要素属性定义、空间要素关系定义、空间要素表达方法等几个方面展开了讨论。第四章介绍了基于关系数据模型的导航数据库逻辑模型。第五章探讨了导航数据库的数据组织与索引方法。第六章讨论了导航数据的生产与服务。第七章介绍了导航数据库的应用。

本书读者对象为导航数据库设计、建设与应用领域的工程技术人员,以及智能交通系统(ITS)、基于位置的服务(LBS)领域的管理、开发及应用人员;也可供广大从事地理信息系统(GIS)研究与应用的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

导航地理数据库/蒋捷,韩刚,陈军著. —北京:科学出版社,2003
(地理信息系统理论与应用丛书)

ISBN 7-03-011993-2

I. 导… II. ①蒋…②韩…③陈… III. 导航-地理信息系统-数据库
IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 073383 号

责任编辑:朱海燕 姚岁寒/责任校对:钟洋

责任印制:钱玉芬/封面设计:王浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2003年10月第一次印刷 印张:9

印数:1—3 000 字数:196 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

《地理信息系统理论与应用丛书》编委会

学术顾问	陈述彭	徐冠华	李德仁	高俊
	杨凯			
编委会主任	陈军			
副主任	李根洪	何建邦	边馥苓	李志林
编委	(按姓氏笔画为序)			
	王丹	王桥	王家耀	毛其智
	方裕	毋河海	刘闯	池天河
	汤国安	杜清运	李京	杨崇俊
	吴登洲	闵宜仁	张清浦	林琿
	林鹏	周成虎	周启鸣	闫国年
	姜作勤	郭仁忠	黄杏元	龚健雅
	崔伟宏	蒋景瞳	程承旗	

《地理信息系统理论与应用丛书》出版说明

若从 1980 年陈述彭院士建立第一个 GIS 研究室算起,中国 GIS 已经走过了 23 年的发展历程,开始进入了青、壮年发展时期。这主要表现为国家和省、市基础地理信息系统提供着权威的基础地理数据,一些应用系统已从早期的“实验型”或“科研成果型”提升为业务化运作型,具有自主知识产权的 GIS 软件初步地具备了与国外同类软件竞争的能力,多层次的 GIS 研究、开发队伍不断扩大,GIS 高科技公司不断涌现,约 100 所大专院校开设了 GIS 本科专业,GIS 硕士、博士培养点逐渐增加。今后我国的 GIS 业务化应用将蔚然成风,地理空间数据库将动态更新和不断丰富,具有自主产权的 GIS 系统将成为主流技术平台,GIS 基础和应用基础研究将在国际上占有一席之地,GIS 产业将会成为一些地区新的经济增长点。

应该指出的是,过去国内外 GIS 的发展都主要是靠“应用驱动”和“技术导引”的。随着 GIS 在国家信息化、国家安全、经济建设、科学研究、产业推进等方面应用的不断扩展与深化,原有的 GIS 方法与技术已难以解决应用实践中提出的许多问题,GIS 理论研究滞后于应用、教学、软件开发及科普的情况日益明显,系统的科学理论指导对 GIS 持续发展的重要性和必要性已为越来越多的 GIS 工作者所认识。自上个世纪 90 年代初以来,国内外学术界都加强了对 GIS 的理论研究,经常组织高水平的 GIS 学术会议,多个国际和国内学术性组织设立了 GIS 专题委员会或工作组,一些国家和地区的政府设立了专门的 GIS 理论研究机构,以期推动 GIS 科学理论体系的形成与发展。

针对当前全国各地对理论方法的迫切需要,中国地理信息系统协会(CAGIS)会同科学出版社启动了《地理信息系统理论与应用丛书》的出版计划。其目的旨在组织出版一套能系统、深入地反映 GIS 理论方法、关键技术、应用系统、政策管理等学术专著,在为广大 GIS 工作者提供知识读本、工具书、教学参考书的同时,逐步地构建我国 GIS 的科学体系,提升我国 GIS 的发展和水平。就总体而言,本丛书力求反映 GIS 科学的知识体系,将包括理论与概念、方法与关键技术、工程与集成应用以及政策、法规、教育四大部分的

著作。就每一单本书来说,要求作者应有深厚的科学研究功底或工程实践经验,所编著作有独到的体系和见解,能反映国内外本领域发展历程、主要流派、最新成果和发展趋势,争取出精品、创品牌。

为了切实地推动这项事业,中国地理信息系统协会邀请了一批具有不同专业背景,活跃在 GIS 科研、工程、教学、产业、管理和出版前沿的专家、学者担任丛书编委,具体地组织本丛书的选题、审稿等工作,面向全国发布指南和征集著作。这项出版工作从一开始就得到了徐冠华院士、陈述彭院士、李德仁院士等的热心指导,并得到了科技部高新技术司等政府部门的鼎力支持。我们相信,经过丛书编委会和全国 GIS 专家、科学出版社的通力合作,将会有一大批反映我国 GIS 研究和实践水平、在内容和形式上与国际同类著作接轨的 GIS 优秀专著面世,这将会有力地推动我国 GIS 科学理论体系的形成和发展,成为我国 GIS 科技创新一个新的亮点。

中国地理信息系统协会
《地理信息系统理论与应用丛书》编委会
2003年9月25日

前 言

基于位置的服务(Location Based Service, LBS),顾名思义,可以理解为与地理位置相关的信息服务。众所周知,地理信息系统(Geographic Information System, GIS)技术的主要特点就是能够向用户提供与空间位置相关的信息。从这个角度来看,几乎所有的基于GIS的信息服务都属于基于位置服务的范畴,我们可称之为广义的LBS服务。另一方面,随着计算机技术、无线通讯技术、定位技术(Positioning)、Internet技术及移动计算(Mobile Computing)技术的飞速发展,由移动通信和互联网的融合而形成的移动环球网(Mobile Web)使用户在任何地点、任何时间都能通过移动终端获取各种信息服务,其中包括与移动终端用户所在地理位置相关的服务。我们可以称这种通过移动终端而获得的定位服务为狭义的LBS服务,本书中所讨论的LBS主要是指这一种。智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)是新兴的交叉学科,是先进的信息处理技术、数据通信技术、电子控制技术以及计算机处理技术等运输管理体系的综合运用,其目的是提高交通效率、减少交通对环境的污染和其他影响、增进交通安全。ITS与LBS都是当前世界最具活力的新的经济增长点,具有极大的市场潜力和应用前景。

地理信息是ITS和LBS的重要支撑平台,是各类社会经济信息及交通信息的空间定位框架。导航是ITS与LBS中最重要的应用之一,其中车辆自主导航与自动驾驶对于地理数据的要求最高,也最全面。可以说,满足了车辆自主导航与自动驾驶需求的地理数据库就能够满足大多数的ITS和LBS应用,因而一般对于支持ITS、LBS地理数据库的研究与开发也都首先基于导航系统的需求。人们习惯上将支持ITS、LBS的地理数据库叫做“导航地理数据库(Geo-Spatial Database for Navigation 或 Navigable Geo-Spatial Database)”,简称“导航数据库(Navigable Database)”。导航数据库的主要服务对象是ITS与LBS,在数据建模技术、数据组织与管理技术、数据生产技术乃至产品服务等方面与传统的地理数据有很大的不同,需要加以专门的研究与开发。

笔者长期从事空间数据库的理论研究与实际工程设计及应用,对空间数据库有较深的理解与建设经验。近年来涉足导航数据库的研究与设计,承担了多项国家项目与产业界项目,对ITS和LBS领域的应用需求有一定的了解。自2000年起,对当前为欧美及日本广泛采用的导航数据标准“地理数据文件(Geographic Data Files, GDF)”进行了深入的研究。2001年中国全球定位系统

技术应用协会组织专家对已成为国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)国际标准草案的 ISO GDF4.0 进行了翻译及国产化的工作,笔者是此项工作的主要翻译者与起草人。根据长期以来积累的研究成果与经验,我们编写了此《导航地理数据库》,对导航数据库的特点、实现方法及关键技术展开了一些讨论,便于有兴趣的读者更好地了解导航数据库的基本概念与建设方法。本书也可为生产、应用导航数据库的人员提供一定的参考。

本书力求全面介绍导航数据库的有关内容,但由于作者学识浅陋,见闻有限,必有许多不足,谬误之处,敬请同行专家和读者指正。

作者

2003年1月

目 录

前言

第一章 地理空间数据与 ITS 及 LBS 的关系	1
§ 1.1 ITS 及 LBS 的起源与发展	1
1.1.1 ITS 的起源与发展	1
1.1.2 LBS 的起源与发展	9
§ 1.2 导航数据库的作用及其实现步骤	14
1.2.1 地理空间信息在 ITS 和 LBS 中的作用	14
1.2.2 导航数据库的实现步骤	16
第二章 导航数据库的基本概念	20
§ 2.1 空间数据库与空间数据库产品	20
2.1.1 数据库与空间数据库	20
2.1.2 地理数据库产品	23
§ 2.2 导航数据库的定义与技术特点	24
2.2.1 导航数据库的定义	24
2.2.2 导航数据库的技术特点	24
§ 2.3 导航数据库的关键技术问题	29
2.3.1 通用的技术标准	29
2.3.2 高效的数据组织与索引方法	31
2.3.3 产业化生产保障技术	32
第三章 导航数据库概念模型	34
§ 3.1 导航数据库概念模型的总体构成	34
3.1.1 导航数据库概念模型中的基本数据单元	34
3.1.2 导航数据库概念模型中的拓扑关系	37
§ 3.2 导航数据模型空间要素的分类与定义	39
3.2.1 构成交通网络的要素	40
3.2.2 构成区域单元的要素	46
3.2.3 零散分布的要素	48
3.2.4 作为显示背景的要素及其他要素	50
§ 3.3 导航数据模型中空间要素的属性	52
3.3.1 属性分类与构成	52
3.3.2 道路元素的属性	53
3.3.3 服务的属性	53
§ 3.4 导航数据模型中空间要素的语义关系	56

3.4.1	要素语义关系概述	56
3.4.2	道路网络中的交通关系	56
3.4.3	导航数据空间要素的空间关系及链接关系	58
§ 3.5	导航数据模型中空间要素的表达	59
3.5.1	空间要素表达规则	59
3.5.2	各类要素的表达	61
第四章	导航数据库逻辑模型	63
§ 4.1	关系数据模型概述	63
4.1.1	关系数据结构	63
4.1.2	关系操作	65
4.1.3	关系的完整性约束	66
§ 4.2	导航数据库要素的逻辑表达	67
4.2.1	交通网络要素的逻辑表达	67
4.2.2	区域单元要素的逻辑表达	78
4.2.3	其他要素的逻辑表达	81
§ 4.3	导航数据要素属性和关系的逻辑表达	82
4.3.1	要素属性的逻辑表达	82
4.3.2	交通关系的逻辑表达	84
4.3.3	要素间空间链接关系的逻辑表达	89
第五章	导航数据库的数据组织与索引	90
§ 5.1	导航数据的组织方法	90
5.1.1	分尺度方法	90
5.1.2	分区域的方法	92
5.1.3	分层次的方法	94
§ 5.2	导航数据的索引方法	95
5.2.1	基于点对象的索引方法	96
5.2.2	基于面对象的索引方法	101
5.2.3	基于三维对象的索引方法	104
第六章	导航数据的生产与服务	107
§ 6.1	导航数据的生产与服务过程	107
6.1.1	数据库建设工程	108
6.1.2	产品工程	110
6.1.3	产品分发与服务	111
§ 6.2	导航数据生产专用工具与产业化组织	111
6.2.1	导航数据生产专用工具	111
6.2.2	导航数据生产产业化组织	112
第七章	导航数据的应用举例	115
§ 7.1	车辆自动驾驶与自动驾驶	115
7.1.1	车辆自动驾驶系统	115

7.1.2 车辆自动驾驶系统	117
§ 7.2 交通管理与车辆监控	119
7.2.1 交通管理与指挥	119
7.2.2 车辆监控与调度管理	120
§ 7.3 移动定位服务	121
参考文献	123
附录 ITS 及 LBS 常用术语缩写	125

第一章 地理空间数据与 ITS 及 LBS 的关系

智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)是新兴的交叉学科,其目的是提高交通效率、减少交通对环境的污染和其他影响、增进交通安全。基于位置的服务(Location Based Service, LBS)使用户在任何地点、任何时间都能通过移动终端来获取与移动终端用户所在地理位置相关的服务。智能交通系统与基于位置的服务都是当前世界最具活力的新的经济增长点,具有极大的市场潜力和应用前景。

地理空间信息是 ITS 和 LBS 的重要支撑平台,是集成各类社会经济信息及交通信息的空间定位框架。导航是 ITS 与 LBS 中最重要的应用之一,对于地理数据的要求也最高。可以认为,满足了车辆自主导航与自动驾驶需求的地理数据库能够满足大多数的 ITS 和 LBS 应用。因而,人们习惯上将支持 ITS、LBS 的地理数据库叫做“导航地理数据库(Geo-Spatial Database for Navigation 或 Navigable Geo-Spatial Database)”,简称“导航数据库(Navigable Database)”。

本章首先讨论 ITS 和 LBS 的起源与发展,然后论述导航数据库的作用及其实现步骤,最后介绍本书各章节的内容安排。

§ 1.1 ITS 及 LBS 的起源与发展

1.1.1 ITS 的起源与发展

1. ITS 的起源

现代化的交通是当今世界各国实现国家现代化的一项重要内容。但各国在进行交通现代化建设的过程中遇到的突出矛盾是车辆增长的速度远远高于道路和其他交通设施的增长速度。这个矛盾导致交通系统的复杂性和拥挤度与日俱增,对社会经济生活和生态环境造成了很大影响。以美国为例,虽然其拥有世界上最好的地面交通系统,但仍感受到持续增长的交通压力。在 1980~1998 年的近 20 年间,美国的道路通行能力提高了 1%,而与此同时车辆增加了 72%。交通堵塞不仅仅在大城市蔓延,中小城市交通堵塞程度也增长了 300%。^① 德克萨斯交通研究所最近调查了 68 个城市地区,根据他们的调查,1999 年在所调查区域内由于交通堵塞所造成的损失(时间耽搁加上燃料浪费)就达 780 亿美元,相当于 45 亿小时加上 68 亿加仑的燃料。每人每年耽搁的时间由 1982 年的 11 小时增加到 1999 年的 36 小时,在人口小于 100 万的地区被同时堵塞的人数增长了 5 倍。^② 据美

^① Johnson C. M., The Future of ITS, Keynote Presentation. Intelligent Transportation Society of America Eleventh Annual Meeting, Miami Beach, FL, June 4, 2001

^② Texas Transportation Institute, 1995. Urban Roadway Congestion 1982~1992, Volume 1: Annual Report

国国家交通统计报告,1999年有41611人死于交通事故,另有320万人受伤。华盛顿邮报2001年5月15日报道“除了两次世界大战期间,美国的交通系统从未承受如此巨大的压力”,交通堵塞已成为美国政府需要优先解决的头号问题。日本也有类似的问题,每年约发生14000次车祸,交通拥挤造成的损失达55亿人时,相当于每年损失1200亿美元。我国这方面的情况也较严重。自20世纪90年代以来,随着中国经济高速发展,我国交通需求越来越大,车辆和道路的矛盾也越来越尖锐。据来自中国国家安全生产监督管理局的消息,仅1999年,全国就发生41280起交通事故,83529人死亡,286808人受伤,因交通事故和交通拥堵引起的损失折款多达21亿元人民币。2003年1~4月,全国共发生道路交通事故221914起,死亡32387人。我国道路交通事故死亡人数连续上升,在全国总死亡人数中居第七位。因交通事故死亡的绝对人数已经居世界第一位(段里仁,2002)。这种状态已严重制约了我国经济的发展,影响了环境质量和人民生活质量。

起初人们用加快道路设施建设的方法来解决这个问题。但是,交通堵塞主要发生于城市之内,而在城市建成区内扩展道路的费用极其高昂,道路扩展程度有限。受土地资源不足、资金缺乏、环境影响等因素的限制,扩建道路不足以解决问题,大部分交通负担还是需要由已经超载的道路系统来承担。另一方面,有些交通堵塞并不是仅仅通过道路建设就可以解决的。实际上50%的高峰期堵车是由于交通事故引起的,1分钟的事故处理时间可造成45分钟的交通阻塞。此外道路建设与维修也会增加交通堵塞,美国加州每5英里道路中就有1英里在维修,而中国的道路施工更是随处可见。天气的因素(雨雪)、特殊事件(假日、灾害)等都有可能引起交通堵塞。还有其他的一些影响交通效率的因素,如找不到停车位、停车交费、货物等候检查等。这些问题都无法单纯地通过增加道路设施来解决。

在这种形势下,人们逐渐认识到单纯地进行道路基础设施建设不可能从根本上解决交通问题,因而就寻求用其他的方法来提高现有道路设施的效率,如改进交通控制信号及标志、增加提示信息、快速处理交通事故、增加车道或根据交通流量改变车道行车方向、提高交通流管理效率、优化行车路线、发展公共交通等。随着现代计算机、信息、通讯技术及安全系统技术的发展,交通管理部门越来越多地借助于新技术,在充分利用现有道路基础设施的前提下,保障交通顺畅、改善道路安全、减少交通拥挤和空气污染对生态环境影响。由此出现了新兴的领域——智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)。

2. ITS的定义

不同国家、不同背景的人对ITS的定义不尽相同,但总体来说是一致的。以下是较为常见的ITS定义。

智能交通系统是在较完善的基础设施条件下,利用信息化的交通参与者的趋利性和智能技术,通过大范围 and 密集的信息交换与集成,进行交通运输的组织管理。其目标是在减少拥挤、污染和对环境影响的同时,使交通更安全有效地运行。它的本质是以服务促进管理,让交通参与者知道周围发生的一切,在系统最优的条件下给他们更多的(服务)选择,通过交通运输系统与交通参与者的充分信息交互,达到人、车、设施、环境、服务的“天人合一”。

ITS是新兴的交叉学科研究领域,是先进的信息处理技术、数据通信技术、电子控制技术以及计算机处理技术等,在运输管理体系的综合运用,其目的是提高交通效率、减少交

通对环境的污染和其他影响、增进交通安全。形象地说,ITS 使车辆有“头脑”,使道路“聪明”起来,使人、车、路密切配合,达到和谐地统一。智能车辆能在道路上自由行驶;智能公路能使交通流运转达到最佳状态;两者结合能使驾驶员对其周围环境了如指掌,使管理人员对交通状况和所有车辆的行踪一清二楚;两者相互通信,共同减少交通阻塞。ITS 是 21 世纪现代运输管理体系的模式和发展方向。^{①②}

3. ITS 的构成

1) ITS 的功能模块

不同国家对 ITS 构成的定义也略有差异。图 1.1 是美国交通部定义的美国国家 ITS

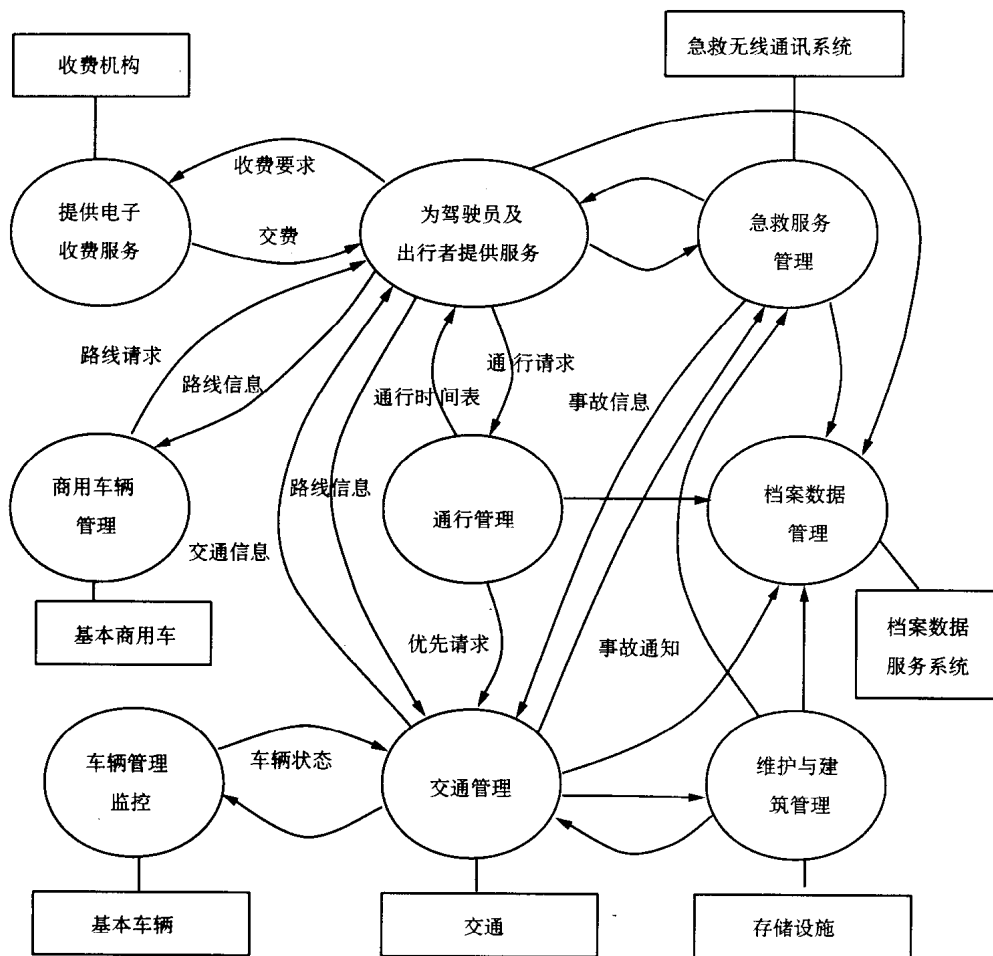


图 1.1 美国国家 ITS 逻辑框架

① Implementation of the National Intelligent Transportation System Program, 1994 ~ 1995 Report to Congress, USDOT, FHWA, ITS Joint Program Office, Washington, DC

② Architecture Development Team of Iteris, Inc., National ITS Architecture Executive Summary prepared for Federal Highway Administration, US Department of Transportation, April 2002

框架最顶层的数据流图^①,是表明 ITS 功能模块的逻辑框架。它定义了功能(即处理)及功能之间需交互的信息(即数据流)。其中圆圈表示功能,可以分解为子图;方框表示外部实体;箭头表示数据流。ITS 的这些功能可以为用户提供各种服务,表 1.1 是 ITS 各功能模块能够提供的服务。

表 1.1 ITS 提供的服务^②

功能模块	能够提供的服务
交通及运输管理	出行前的旅行信息 行驶中的驾驶员信息 路线导航 驾车比赛与预定 出行者服务信息 交通控制 事故管理 旅行需求管理 排气测试与消减 高速路与铁路交叉口管理
公共交通管理	公共交通管理 行驶中运输信息 标出物主姓名的公共运输 公共交通安全
电子收费	电子收费服务
商业车辆运营	商业车辆电子票据交换 自动路侧安全检测 商业车辆管理过程 有害物质事故响应 商业运输车队管理 事故通告与个人安全
急救管理	急救车辆管理 正向碰撞避免
先进车辆安全系统	侧向碰撞避免 交叉口碰撞避免 视觉增强(避免碰撞) 安全准备状态 碰撞前安全装置 自动车辆驾驶

2) ITS 的物理构成

图 1.2 是美国交通部定义的美国国家 ITS 框架最顶层的物理构成图^③。这个物理框

① Architecture Development Team of Iteris, Inc., National ITS Architecture Executive Summary prepared for Federal Highway Administration, US Department of Transportation, April 2002

② Architecture Development Team of Iteris, Inc., National ITS Architecture Executive Summary prepared for Federal Highway Administration, US Department of Transportation, April 2002

③ Architecture Development Team of Iteris, Inc., National ITS Architecture Executive Summary prepared for Federal Highway Administration, US Department of Transportation, April 2002

架中包括四个组成部分,即出行者服务平台、管理中心、道路设施、车辆装置,其下又划分 21 个子系统。这些子系统彼此之间通过各种通讯网络进行联络。

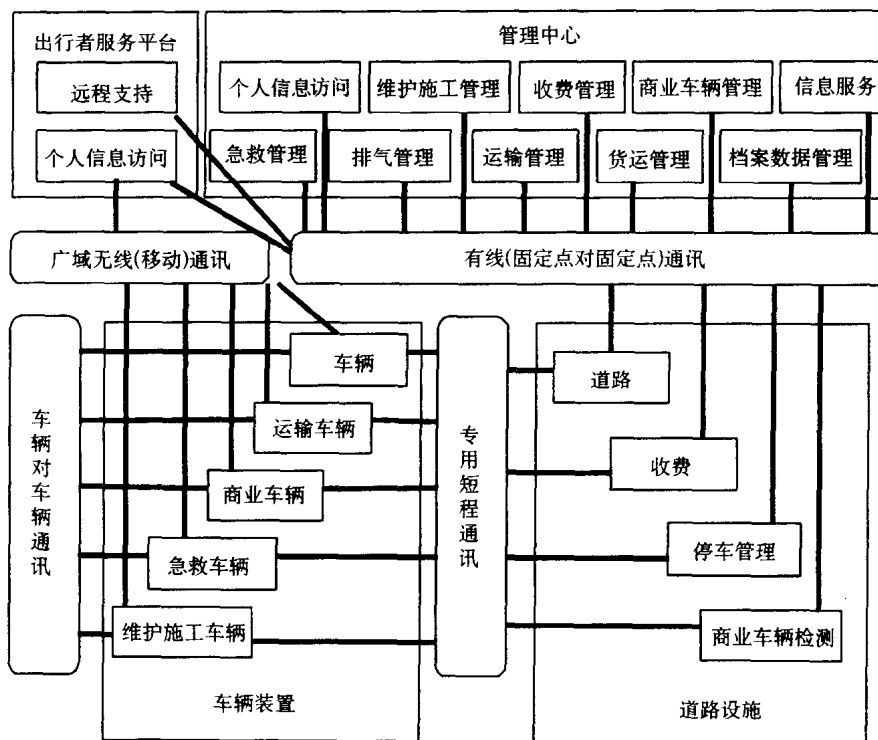


图 1.2 美国国家 ITS 物理框架

(1) “管理中心”主要涉及以下 10 类,一般由公共或私有管理机构来运营:

- 商业车辆管理中心(Commercial Vehicle Administration): 出售并管理许可证、管理税收、保存安全记录、与其他商业车辆管理中心进行信息交流;
- 车队与货物管理中心(Fleet and Freight Management): 监控并调度车队与货物;
- 收费管理中心(Toll Administration): 支持电子收费;
- 运输管理中心(Transit Management): 采集运输车辆的运行数据,为驾驶员与车辆提供行驶计划;
- 紧急情况管理中心(Emergency Management): 响应紧急事件;
- 排气管理中心(Emissions Management): 采集并处理污染数据,提供给交通管理中心;
- 档案管理中心(Archived Data Management): 采集、归档、管理与 ITS 相关的数据并提供分发服务;
- 交通管理中心(Traffic Management): 处理交通数据,并通过道路设施和其他子系统提供基本交通服务与事故管理服务;
- 信息服务中心(Information Service Provider): 这类中心可以单独运营,也可以与其他中心联合运营。服务商可以从相关中心采集、处理交通数据并发布出去;