

ITS

智能交通系统(ITS)系列丛书

无线通信技术在 ITS 中的应用

■ 张 海 范耀祖 编著

2



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

智能交通系统(ITS)系列丛书

U495

2

无线通信技术在 ITS 中的应用

■ 张 海 范耀祖 编著



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书从智能交通系统对无线通信系统的需求出发,选择了几种已经或即将得到广泛应用的无线通信系统,并对其原理、应用方法进行了介绍。全书共6章:第1章绪论,在对国家智能交通框架设计分析的基础上,给出无线通信的需求;第2章模拟集群系统,给出了集群通信系统的基本概念以及相关无线通信系统设计基本思想;第3章GSM通信系统,主要围绕GSM短消息通信以及实际应用的具体问题展开;第4章GPRS系统,在分析GPRS通信原理基础上,给出了具体的GPRS硬件系统设计与分组数据传输的实现方法;第5章数字集群通信系统,以TETRA为对象分析了其工作机理与服务功能,较详细地给出了短数据业务的相关技术介绍;第6章近距无线通信技术,对蓝牙与DSRC两种技术的原理进行了介绍,并给出了实现蓝牙系统通信的具体方法。

本书注重的是无线通信系统的应用,简要阐述了所选择系统的基本原理,针对性强,可为智能交通系统管理人员以及研究相关设备与系统的工程技术人员提供参考,也可作为智能交通相关专业的本科生教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

无线通信技术在ITS中的应用/张海,范耀祖编著.
北京:中国铁道出版社,2006.5
(智能交通系统(ITS)系列丛书)
ISBN 7-113-06972-X

I. 无... II. ①张... ②范... III. 无线电通信—通
信技术—应用—交通运输—自动化系统 IV. U495

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第020224号

书 名: 智能交通系统(ITS)系列丛书
无线通信技术在ITS中的应用

作 者: 张 海 范耀祖

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑: 殷小燕

责任编辑: 殷小燕

封面设计: 陈东山

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16 印张: 13.5 字数: 308千

版 本: 2006年5月第1版 2006年5月第1次印刷

印 数: 1~3000册

书 号: ISBN 7-113-06972-X/U·1875

定 价: 30.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话: 市电(010)51873147 路电(021)73147 发行部电话: 市电(010)51873172 路电(021)73172

丛书编委会成员名单

(按汉语拼音排序)

名誉主编：蔡文沁 杨 钧

主 编：范耀祖 王笑京

副 主 编：蔡庆华 段里仁 贺国光 黄 卫

李江平 刘小明 陆化普 马 林

全永燊 史其信 王富章 王 炜

王英杰 徐建闽 杨 浩 杨晓光

杨兆升 于春全 袁宝军 张殿业

序

随着经济发展和技术进步,交通运输已经成为人们经济生活中不可缺少的重要组成部分。它对保证社会经济体系及日常生活的正常运转发挥着越来越大的作用。

近20年来,世界各国先后建立了四通八达的交通运输网络,但交通工具的增长速度远远高于道路和其他交通设施的增长,因此随之引起交通拥堵、环境污染、交通事故等一系列交通问题,也造成了巨大的物质与经济损失。这些情况表明,单纯依靠修建道路与交通设施和采用传统的管理方式来解决交通问题,不仅成本昂贵、环境污染严重,而且其缓解交通拥堵、提高交通运输效果也是十分有限的。

为此早在30多年前人们就提出了智能交通系统的概念,但对智能交通系统或智能运输系统(ITS)进行系统的研究则始于20世纪80年代。ITS是将驾驶员、交通工具和道路、环境三位一体来考虑。广义上ITS应包括交通系统的规划、设计、实施与运营的管理实现智能化;而狭义上ITS则主要是指交通运输管理和组织的智能化。其实质就是采用现代高新技术对传统的交通运输系统进行改造而形成一种新型现代交通系统。也即是说,ITS就是将先进的信息技术、传感技术、数据通信技术、自动控制技术、运筹学、图像分析技术、计算机网络以及人工智能等有效地综合运用整个交通管理系统。在系统工程综合集成的总体思想指导下,建立起一种在大范围内全方位发挥作用的实时、准确、高效的运输综合体系。ITS智能化的特征体现在:原理上是基于知识系统;系统功能上应至少具有判断能力、推理能力和学习能力,并应有辅助决策的作用;结构上应由机器感知、机器学习、机器识别及知识库等部分组成。

当然,ITS并不意味着交通系统完全智能化。在组织或控制交通系统时,只是希望系统运行秩序化,即尽可能达到高度组织化的程度,利用计算机和其他设备部分地替代交通主体——人,完成部分预测、处理和决策。在交通系统管理中,更重要的还是人的参与。

ITS的发展将推动交通运输进入信息时代,是21世纪现代化交通运输系统的发展方向。只有将“人和物的运载和运输”和“信息的运载和运输”融为一体,充分利用信息技术的最新成果,挖掘信息资源的最大潜力,才能大幅度提高运输效率和服务质量,满足日益增多的社会需要。

中国是当今世界交通基础设施建设发展最快的国家,但仍满足不了经济的快速

发展和人民生活水平提高的要求，而且这一供需矛盾也日益突出。为此近十年来，我国也加速了 ITS 的研究，特别是国家在“九五”期间，原国家科委与十几个部委成立了全国智能运输系统协调指导小组及办公室，将全球定位系统 GPS（Global Positioning System）、地理信息系统 GIS（Geographic Information System）以及管理信息系统 MIS（Management Information System）简称“3S”（GPS、GIS、MIS）作为重点项目予以支持，并初步启动了 ITS 体系框架和标准体系的研究；“十五”期间，随着各项技术成熟与发展，ITS 应用已经成为社会的共识，为此科学技术部将“智能交通系统关键技术开发和示范工程”列入“十五”国家科技攻关计划的重大项目。目前该项目已经全面启动，首批确定了北京、上海、天津、重庆、广州、济南、青岛、杭州、深圳和中山 10 个城市作为智能交通试点示范城市。

我们相信，随着现代高科技的飞速发展，ITS 必将在我国有着良好的发展前景与非常广泛的应用领域。它的成功定会对未来的生活起着不可估量的重要作用。

本丛书的作者都是长期从事 ITS 研究的第一线工作人员。我们期望本丛书的出版将有助于推动我国 ITS 事业的积极探索与健康发展。

中国科学院院士

中国工程院院士



2002 年 10 月 20 日

丛书前言

随着经济全球化与科学技术日新月异的发展,人类社会文明进入了一个快速发展的新时期。知识经济的兴起,信息时代的到来,使很多传统领域都面临着革命性的变革。交通运输作为社会经济生活的一个重要方面,对保证社会经济体系的正常运转发挥着越来越大的作用。改革开放以来,我国经济和社会得到了快速的发展,高效、快捷的交通系统已成为社会经济发展的有力保障。在深入学习贯彻党的十六大精神、全面建设小康社会、走新型工业化道路的新时期,如何实现信息化带动工业化,如何利用信息技术改造与提升传统的交通运输业成为一个必须面对的问题。我国政府在“十五”国民经济发展纲要中明确指出:“交通建设要统筹规划,合理安排,扩大网络,优化结构,完善系统,推进改革,建立健全畅通、安全、便捷的现代综合运输体系。”特别是要以“信息化、网络化为基础,加快智能型交通的发展”。

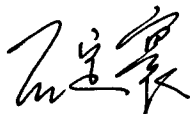
智能交通与运输系统是将计算机、通信等众多高新技术与传统交通运输融合的集成和应用,是集高新技术的研究开发、系统集成、产业化和推广应用为一体的系统工程,它涉及到国家和地方的诸多相关部门,其内容与广大人民群众的利益直接相关。智能交通与运输系统技术的发展符合未来交通运输发展的方向,也将为我国高新技术产业的发展提供一个巨大的市场。因此在我国开展智能交通与运输系统的开发和应用,将对促进国民经济和社会的快速发展,增强国际竞争力有十分重要的意义。

2000年由科学技术部牵头成立了全国智能交通系统(ITS)协调指导小组及办公室。在国务院各有关部门的大力协同和配合下,地方政府及科研单位、院校、企业积极参与,经过不懈努力,取得了许多令人可喜的研究和建设成果,其中包括建立了国家级的智能交通系统工程技术研究中心,制定了中国智能交通发展战略和中国智能交通系统体系框架,一些城市编制了地方智能交通系统发展规划和体系框架,开发了各种智能交通应用系统,在某些关键技术和产品开发及产业化等方面也取得了令人瞩目的成绩。“十五”期间,科学技术部在国家科技攻关计划中设立了“智能交通系统关键技术开发和示范工程”项目,以及北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、济南、青岛、杭州、中山等10个城市进行的试点示范工程等项目正在顺利实施。这些成绩得到了社会的广泛关注和认可,社会各界对通过智能交通系统建设、解决或缓解日益严重的交通问题寄予了厚望。

为了加快我国 ITS 的人才培养,提高 ITS 从业人员的专业素质,更好地促进我国 ITS 事业的快速、健康发展,在国内 ITS 领域有关专家的努力下将于 2003 年撰写智能交通系列丛书。

本套丛书涉及到与智能交通系统建设相关的体系框架原理与应用、标准体系原理与方法、评价技术、控制技术以及车辆定位、地理信息及智能交通系统研究文集等,是各位专家及作者努力攻关、积极思考和辛勤劳动的成果。在此,我谨代表科学技术部全国智能交通系统协调指导小组向参与丛书撰写的各位专家、学者表示衷心的感谢,希望大家的共同努力下,使中国 ITS 的研究和应用为国民经济和社会发展发挥更大的作用。

科学技术部秘书长



2002 年 12 月

前言

随着改革开放以来我国经济的高速发展、城市化进程的不断加快,各大中城市都开始面临交通状况不断恶化的现实,加强智能交通系统及相关法规建设已经成为解决城市交通问题的共识。智能交通系统是一个复杂的系统工程,所涉及的服务领域广泛、服务功能众多、内部逻辑关系复杂,是自动控制、信息处理、计算机、检测、通信、电子等众多技术的交叉与综合,因此对管理人员与工程设计人员都提出了较高的要求。本书的写作目的在于对主要无线通信技术的原理与应用进行介绍,为智能交通系统建设提供参考。

自第二次世界大战以来,无线通信技术得到了迅速的发展,电视与广播早已成为基本的生活需要。特别是20世纪70年代后,随着移动通信技术的出现与推广,无线通信技术的应用得到迅速的扩张,据统计目前全球拥有移动电话的用户数量超过17亿,可以说无线通信正在改变我们的生活。

智能交通系统从其服务领域与服务内容上分析,在许多地方需要使用具有可移动性、安装简便的无线通信技术,尤其是面向途中出行者或车辆的各种信息服务、不停车电子收费、车辆调度监控以及身份识别等方面,无线通信的介入大大简化了系统设计,并提供了良好的灵活性。可以预测,随着无线通信技术的进步以及智能交通系统服务的展开,无线通信技术无论是在信息广播、双向数据传输还是在设备接入等方面都会有更大的发展。

现代无线通信技术已经超越了仅注重信号调制、解调与放大等基础技术的阶段,在网络化、信息化的今天,任何无线通信系统特别是面向公共服务的系统,必须建立合理、完整、有效、标准化协议体系,才能够满足各种不同应用功能的需求,从某种程度上说协议体制决定了一个系统的生存能力。这样,如何在掌握无线通信系统基本原理的基础上,对其协议体系有明确的认识,并能够充分利用其协议体系的特点构造或选择符合具体要求的无线通信系统,是智能交通系统管理职能部门与系统设计人员所需掌握的关键。

本书是一本面向具体系统应用的参考书,首先对从国家智能交通系统发展体系框架设计的角度分析了可能存在的无线通信需求,然后选择了对已经有了较广泛应用或近期将会得到大规模推广应用的模拟集群技术、GSM短消息技术、GPRS技术、数字集群技术、蓝牙通信技术和DSRC技术进行简要的介绍。在对各种系统的介绍中,选取的材料都来自于相关的国际或行业标准以及作者的工程实际经验,对

每一种技术的实际应用方法、技术关键、可能出现的问题及其相应解决方法进行了简明、扼要的阐述。

作者

2006 年 1 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 智能交通系统的需求	2
1.1.1 智能交通系统的构成	2
1.1.2 智能交通对无线通信的需求	3
1.2 无线通信技术概况	5
1.2.1 无线通信技术的发展	5
1.2.2 无线通信资源的管理	6
1.3 无线通信的基本概念	9
1.3.1 信道	9
1.3.2 公网、共网与专网	10
1.3.3 蜂窝网络	10
1.3.4 载波服务与电信服务	11
1.4 本书的选题与结构	12
1.4.1 内容的选择	12
1.4.2 目的与重点	13
1.4.3 总体结构	13
第2章 模拟集群系统	15
2.1 集群系统的概念	15
2.2 模拟集群系统的构成	17
2.2.1 基站	17
2.2.2 移动台	17
2.2.3 系统管理终端	18
2.2.4 调度台	18
2.2.5 系统控制器	18
2.3 集群系统的主要功能与工作方式	19
2.3.1 组的概念	19
2.3.2 集群系统的呼叫方式	20
2.3.3 集群系统的控制功能	20

2.3.4 集群系统的工作过程	22
2.4 集群系统的分类	23
2.4.1 消息集群与传输集群	24
2.4.2 共路信令集群与随路信令集群	27
2.5 模拟集群系统的信令	28
2.5.1 模拟信令	28
2.5.2 数字信令	29
2.6 模拟集群系统在 ITS 中的应用	30
2.6.1 ITS 对集群通信的需求分析	31
2.6.2 模拟集群数据传输方法	32
2.6.3 基于模拟集群的车辆监控系统设计	34
第3章 GSM 通信系统	45
3.1 GSM 系统概况	45
3.1.1 GSM 系统起源	45
3.1.2 GSM 系统主要性能	46
3.2 基于 GSM 网络的设备设计	48
3.3 AT 指令系统	49
3.3.1 AT 指令的由来	49
3.3.2 GSM 模块控制的实现	50
3.3.3 AT 指令的特点	50
3.4 GSM 短消息通信	52
3.4.1 短消息的工作方式	52
3.4.2 短消息的主要结构	54
3.4.3 GSM 发送短消息结构	54
3.4.4 GSM 接收短消息结构	61
3.5 采用短消息数据传输需要考虑的问题	64
3.5.1 短消息延误	64
3.5.2 短消息阻塞	64
3.5.3 短消息内容组织	69
3.5.4 通信可靠性	69
3.6 基于 GSM-SMS 的车辆监控系统	70
3.6.1 车辆监控系统的需求	71
3.6.2 抢修救援车辆监控系统设计	72

第4章 GPRS 系统	77
4.1 电路交换与分组交换	77
4.2 IP 技术基础	79
4.2.1 IP 传输技术的基本原理	79
4.2.2 网络结构模型	80
4.2.3 Internet 的地址	82
4.2.4 基本网络协议	84
4.3 GPRS 系统概要	90
4.3.1 基本特性	90
4.3.2 承载的业务	90
4.3.3 终端分类	91
4.4 GPRS 系统基本网络结构	91
4.4.1 GSM 网络主要组成部分	92
4.4.2 GPRS 扩展网络部分	93
4.5 GPRS 系统接口划分	93
4.6 传输结构	95
4.6.1 应用层	96
4.6.2 IP/X. 25 层	96
4.6.3 子网汇聚协议层 (SNDCP)	96
4.6.4 逻辑链路层 (LLC)	97
4.6.5 无线链路控制/介质接入控制层 (RLC/MAC)	97
4.6.6 无线层 GSMRF	98
4.7 GPRS 无线传输信道组织形式	98
4.7.1 GPRS 的逻辑信道	98
4.7.2 无线传输结构	99
4.8 GPRS 应用的主要模式	101
4.9 基于 GPRS 传输设备的设计方法	102
4.9.1 嵌入式系统实现 GPRS 功能条件	102
4.9.2 实现 GPRS 功能的方法	102
4.9.3 建立 GPRS 链路的条件	105
4.9.4 标准 GPRS 相关 AT 指令	106
4.9.5 常用模块 GPRS 功能实现	114
4.10 基于 GPRS 数据传输系统设计的主要问题	117
4.10.1 动态 IP 的解决	118

4 目 录

4.10.2 分组连接的维持	120
第5章 数字集群通信系统	122
5.1 数字集群发展概况	122
5.1.1 数字集群标准发展情况	122
5.1.2 数字集群应用情况	123
5.1.3 数字集群技术的新进展	124
5.2 数字集群主要功能	125
5.2.1 工作模式	125
5.2.2 集群方式	126
5.2.3 数据业务方式	127
5.3 网络结构与功能	127
5.3.1 系统的结构	127
5.3.2 系统的主要接口	128
5.3.4 网络主要操作	129
5.4 TETRA 的工作原理	130
5.4.1 TETRA 系统的协议结构	130
5.4.2 TETRA 的时分多址	135
5.4.3 TETRA 信号传输的原理	137
5.4.4 无线传输结构	139
5.4.5 TETRA 的逻辑信道	143
5.4.6 数字集群的标识码	143
5.5 TETRA 的短消息服务	147
5.5.1 短消息的传输过程	147
5.5.2 短消息的传输形式	149
5.6 直通模式服务	152
5.7 TETRA 系统的应用	154
5.7.1 基于语音的实时调度指挥应用	154
5.7.2 基于数据业务的位置服务	154
第6章 近距无线通信技术	158
6.1 蓝牙通信技术	158
6.1.1 蓝牙技术概述	158
6.1.2 系统工作原理	161
6.1.3 蓝牙的协议体系	174
6.1.4 基于 HCI 的控制方法	176

6.2 DSRC 技术.....	184
6.2.1 DSRC 技术的标准化.....	185
6.2.2 DSRC 主要技术.....	187
6.2.3 DSRC 在 ETC 中的应用	191
参考文献.....	196

第1章 绪论

智能交通系统 (Intelligent Transport System, ITS) 是通过对各种交通资源的优化配置并利用现代科技成果向广大交通系统使用者提供全方位交通服务的系统。它起源于 20 世纪 70 年代, 成长壮大于 20 世纪 90 年代, 目前已经在世界范围内得到广泛的重视。为促进 ITS 系统的快速、有序发展, 国际标准化组织 (ISO) 成立了专门的智能交通技术委员会 ISO/TC204, 参与相关标准化工作。目前每年都有世界 ITS 大会召开, 对最新的研究成果进行展示与交流。

随着 20 多年来我国经济高速发展, 城市化的脚步不断加快, 机动车保有量的增长大大超出预计情况, 各个主要城市的交通状况都已经开始恶化, 因此在我国发展 ITS 意义尤为重大, 其必要性主要表现在以下几个方面:

(1) 缓解交通阻塞。在我国各主要城市, 由于基础交通设施比较落后, 近年来的机动车增长迅速, 而交通设施建设速度明显落后于车辆增长速度, 造成城市交通拥堵, 北京、上海等城市高峰期道路阻塞已十分严重, 大大降低了道路通行能力, 给人们的出行带来极大不便。

(2) 减少经济损失。由于交通阻塞, 给城市经济带来巨大的损失。根据法国与美国的统计, 每年因交通拥堵造成的经济损失高达几百亿乃至上千亿美元。据有关部门测算, 我国每年因交通事故和拥挤造成的经济损失至少在 1 700 亿元以上。发展智能交通可以大大提高道路通行能力、降低事故率。

(3) 减少空气污染。交通不畅会大大降低车辆的行驶速度, 甚至排队等候, 因而会加重空气污染。特别是我国机动车车况相对发达国家较差, 尾气排放超标严重, 因此更需要加强治理。

(4) 交通服务潜在压力的需要。我国人口众多, 中心城市的人口数量大大超过国外水平, 近年来经济改革促使机动车数量高速增长, 据测算到 2010 年将达到 1.3 亿辆, 无论是交通工具服务还是交通信息服务潜在压力巨大。

(5) 科技、社会进步的需要。智能交通是庞大的系统工程, 它的建设将成为 21 世纪重要的经济增长点, 将极大地带动电子、信息、材料、机械等科学技术的进步, 并促进社会的发展。

(6) 国际竞争的需要。ITS 带来的不仅仅是交通服务的变革, 它还将启动一规模庞大的市场, 带动科技与社会的发展, 这为我国企业参与国际竞争提供了一个很好的机会。

我国于 20 世纪 90 年代启动 ITS 研究工作, 经过科技部、交通部、铁道部、公安部和建设部等其他有关部门的不懈努力与积极工作, 智能交通的概念已经渗透到交通管理部门与广大的交通设施使用者之中, 绝大多数的智能交通系统与基础设施建设已经能够进行同规划、同设计、同部署、同建设、同验收, 对原有交通设施的改造工作也开始展开。因此未来 10 ~ 20 年内, 是我国的智能交通系统建设的黄金阶段。

1.1 智能交通系统的需求

交通系统的一个最主要特点就是交通事件参与者的流动性, 无论是车还是人都处于高度机动的状态, 且随机性很大。为达到提高交通管理服务水平目的, 必须建立起移动目标与各类交通设施之间的联系, 进行各种动态、静态信息的传输。因此, 通信技术尤其无线通信技术是智能交通系统不可缺的重要组成部分。下面将从智能交通系统的构成出发, 对智能交通系统对无线通信技术的需求进行简要的分析。

1.1.1 智能交通系统的构成

2000 年我国针对智能交通系统发展的需要, 进行了中国智能运输体系框架设计研究, 在宏观上给出我国智能交通系统完整的逻辑与物理框架, 为我国相关领域系统建设提供指导性建议。

该体系广泛参考了世界各国智能交通系统的设计、规划、标准等情况, 在系统功能、构成上都具有良好的完整性与前瞻性, 因此了解我国 ITS 体系框架对无线通信技术的选择与使用具有重要的指导作用。

根据制定的体系框架, 我国 ITS 主要服务领域如表 1.1 所示。

表 1.1 我国智能交通系统的服务领域及内容

服务领域	服务内容
交通管理与规划	交通法规监督与执行、交通运输规划支持、基础设施的维护与管理、交通控制、需求管理、紧急事件管理
电子收费	路桥隧不停车电子收费、停车场电子收费、路侧电子收费、公交电子收费、有偿交通信息服务收费
出行者信息	出行前信息服务、行驶中驾驶员信息服务、途中公共交通信息服务、个性化信息服务、路径诱导与导航服务
车辆	视野扩展、纵向防撞、横向防撞、交叉口防撞、车辆安全状况监测、碰撞前成员防护