



全球定位智能交通应用系统

开发与研究

孙志林 著



黄河水利出版社

全球定位智能交通应用系统 开发与研究

孙志林 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书主要是针对 GPS(全球卫星定位系统)在智能交通领域的应用作了较深入的研究论述。本书的第 1 章概述了目前 GPS 在国内外应用的现状、发展动态和存在的问题;第 2 章用数学方法较详细地描述了 GPS 静态和动态的理论模型以及存在的误差和误差分析,并描述了 GSM(移动通信系统)的结构与理论模型;第 3 章、第 4 章在分析了 GPS、GSM 理论模型的基础上,提出和构建了四网合一的理论模型与四网合一的信息平台理论模型;第 5 章概述了 GIS(地理信息系统)发展的几个方向及其应用和制作方法;第 6 章在上述几章理论研究与分析的基础上,设计了某省示范工程实际应用的案例,并验证其正确性;第 7 章对全书进行了总结并提出了随着科学的进步 GPS 应用的发展方向。

本书读者对象主要为从事 GPS 应用研究的科技工作者。

图书在版编目(CIP)数据

全球定位智能交通应用系统开发与研究 / 孙志林著. — 郑州:
黄河水利出版社, 2005.12
ISBN 7-80734-002-9

I.全… II.孙… III.①全球定位系统(GPS)—技术开发②全球
定位系统(GPS)—应用—研究 IV.P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 130742 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1 / 16

印张:10.5

字数:240 千字

印数:1—1 000

版次:2005 年 12 月第 1 版

印次:2005 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-002-9 / P · 51

定价:25.00 元

前 言

我国市场经济的迅速发展,带来运输物流业的蓬勃兴起,长途客货运是运输物流业的一个重要支柱产业,在这一行业迅速发展的态势下,如何提高长途客货运的效能、管理好车辆的运输、保证人们生命财产的安全,是运输业、物流业的一个新课题。

据国外有关资料表明:车辆交通管理搞得越好,综合效能可提高 50%,交通事故的死亡率可下降 30%。因此,建立行之有效的科学管理手段,对管理者提出了新的要求。同时,现在城市车辆增长速度远远大于城市道路建设速度,如何有效疏导交通、避免交通阻塞、实现智能交通已成为政府交通管理部门正在研究的课题。交通事故发生后,公安交警如何在人力、物力、财力有限的条件下,有效、快速、准确地出警、处理事故,保证交通畅通,是公安部门面临的现实问题。

随着现代科学技术的发展,尤其是全球定位技术、通信技术、网络技术、计算机信息处理技术、地理信息技术日新月异的发展,为解决上述问题提供了良好的技术基础。本书就是在研究现有理论体系和现代技术的基础上,依据社会需求的实际情况,提出解决问题的理论模型及实际应用的方法。

本书第 1 章对世界上的两个全球定位系统(即美国的 GPS 和俄罗斯的 GLONASS)、2003 年启动的由中国参与的欧盟 Galileo 计划和“冷战”结束后全球定位技术的国内外研究、应用现状和发展动态作了全面综述,提出了全球定位技术在现代车辆管理和智能交通应用中存在的问题和解决该问题需要研究的内容、关键技术、试验条件和试验手段。第 2 章对 GPS 进行了理论和数学模型研究,对 GSM(全球数字通信系统)进行了网络结构的分析。GPS 能提供标准的经度、纬度、速度、时间、方向、高度等数据,而不能进行网络数据传输;GSM 本身没有精确的移动目标定位数据,但它可以传输 GPS 信号,如何将 GPS 信号通过 GSM 网传输呢?经过认真研究分析,如果将 GPS 数据转换为 PRE-LPT 编码格式就可以进入 GSM 网传输,采用 GSM 语言数据格式传输 GPS 数据,要两次发送才能完成,速度慢且实际应用费用较高。又对 GSM 进行深入研究后发现,GSM 网中 MS 到 BTS 控制信道中有传输消息格式存在,采用该消息格式传输 GPS 定位数据,一次性发送即可完成,并且速度快、应用成本低,完全可以达到传输 GPS 数据的目的,该项理论和技术奠定了 GPS 与 GSM 两大系统结合的基础。第 3 章在完成 GPS/GSM 两大系统结合能够实现数据传输的理论和技术研究后,提出了实际应用问题,即如何通过有线、无线网络把定位数据应用到车辆管理和智能交通中,在分析现代网络协议 TCP/IP 模型后,提出了四网合一的理论模型(四网指 GPS、GSM、Internet、110 网)和四网合一的四层网络结构模型(四层网络结构是指信息源层、通信媒介层、信息平台层、应用层)及完全符合其逻辑结构关系的相应软件结构模型和协议,并对四网合一的功能和接入使用方法进行了全面研究和分析。第 4 章对信息平台进行全面的理论研究。在四层网络结构中,信息平台起着核心的作用,支持和承载着整个网络的运行,因此对其结构、协议和承载数据的能力、数据库的建立等进行了理论和应用的全面分析,为四网合一的

实际应用奠定了理论和技术基础。在四网合一的实际应用中，地理信息系统是不可缺少的组成部分，如何实现地理信息数据能够在实际应用中跨区域漫游、自动切换，是实际中需要解决的一个难题。第5章针对该问题，在深入分析地理信息系统理论上，提出以创建对象的方法达到地理信息数据跨区域实现的新方法，并且应用 MapXtreme 技术在 Internet 网上发布地理信息数据，实现 GPS 数据在四网合一的网络结构中自动切换和漫游，在国内均属首次。

在完成了上述理论研究和数学模型后，为了验证理论研究和数学模型的正确性，第6章提出了实际应用系统——某省四网合一的示范工程，其中包括物理模型、网络结构、信息平台、接入方法，以及相应软件和计费系统的设计、协议、开发、测试等内容。该示范工程被列为某省重大科技项目和国家科技部的国家级火炬计划。该项目在课题组的协助下，在上述理论设计、分析的基础上，经过两年的勤奋工作，投巨资完成了该示范工程的建设、测试，现已开始进入市场，正在推广应用，使用情况良好。目前该示范工程是国内 GPS 应用网络最大、技术先进的应用系统，并且申报了国家发明专利。

本研究的创新点主要表现在：

(1) 车载终端把 GPS 接收的卫星定位数据按照 GSM 的格式要求转换为 GSM 网能够接收和传输的通信数据，实现了 GPS/GSM 两大系统的互联互通；

(2) 完成 GPS/GSM/110/Internet 四网合一理论模型、网络结构的设计，合理优化网络技术资源，使之相互渗透、相互融合，实现资源共享；

(3) 完成四网合一综合应用信息平台及多线程的数据有效处理和传输的理论分析设计，使之有较强的扩容能力；

(4) 完成 110 报警数据、GPS 传输数据、管理调度数据在四网合一省域网上跨区域自动切换和漫游，奠定了全网设计、建设的思想和基础；

(5) 通信软件、信息平台数据处理软件、数据库软件、用户应用软件等软件的设计、协议的制定；

(6) 利用 MapXtreme 中 MapX 控件，以创建对象的方法实现地理信息数据跨区域的漫游，实现移动目标准确定位；

(7) 整个四网合一系统的软硬件技术原则制定。

示范工程完成以后，在本书的最后提出了全国网的建设设想，如主干网采用环状结构还是主平台的备份结构，并针对存在的问题提出改进意见，如由 GSM 传输上升到 GPRS(或 WCDMA)实时在线传输，包括下一步要研究的无线图像传输和 IP 网的设计等问题，为构造全国网提出了自己的看法和需要继续深入研究的课题，使该领域的研究能够随着科学技术的发展、成果的转化，逐步形成一个产业，创造出巨大的社会和经济双重效益。

作者

2005年10月

目 录

前 言

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 研究的来源、依据和目的	(1)
1.2 研究的理论意义和应用价值	(1)
1.3 全球定位系统国内外研究现状、发展动态	(2)
1.4 理论研究和实践内容	(11)
1.5 研究条件和试验手段	(13)
1.6 小 结	(13)
第 2 章 理论研究内容	(14)
2.1 全球定位系统定位的理论研究和数学分析	(14)
2.2 全球移动通信数字网的结构与数据传输的分析	(39)
2.3 GPS 系统与 GSM 网连接的物理模型	(47)
2.4 现代网络结构遵循的协议模型	(49)
2.5 小 结	(51)
第 3 章 四网合一的理论模型	(52)
3.1 四网合一理论模型的提出	(52)
3.2 四网合一理论模型的创建	(52)
3.3 四网合一通信协议的建立	(55)
3.4 四网合一网络数据的算法	(87)
3.5 小 结	(88)
第 4 章 四网合一的信息平台理论模型	(89)
4.1 四网合一信息平台的创建	(89)
4.2 四网合一信息平台通信协议的建立	(92)
4.3 四网合一信息平台的算法	(117)
4.4 小 结	(118)
第 5 章 四网合一的地理信息系统	(119)
5.1 地理信息系统(GIS)概述	(119)
5.2 创建对象的方法及实现数据跨区域的传输	(120)
5.3 地理信息系统数字化的方法	(124)
5.4 地理信息系统发展趋势与展望	(138)
5.5 小 结	(138)
第 6 章 四网合一示范工程应用实例及非 GPS 误差校正方法	(139)
6.1 情况介绍	(139)
6.2 网络结构	(139)

6.3	用户接入方法	(143)
6.4	非 GPS 系统误差分析和校正方法	(144)
6.5	应用图片展示	(147)
6.6	小 结	(150)
第 7 章	总结与研究展望	(151)
7.1	总 结	(151)
7.2	研究展望	(153)
参考文献	(155)

第1章 绪论

1.1 研究的来源、依据和目的

近几年来,我国的汽车工业迅速发展,每年都有几百万辆新汽车进入社会,除单位用车、商务用车外,汽车已经开始进入家庭。可是随着汽车日益增多,城市智能交通、车辆管理表现出了相对滞后的现象,如道路阻塞、交通事故、车辆丢失已成为一个严重的社会问题。公安、交警部门几乎每天都要接到车辆丢失和事故发生的报警电话,小则车辆事故,重则车毁人亡。公安、交警部门由于受到人力、物力、财力及科技手段的限制,往往不能及时侦破案件和处理事故,反过来又严重影响着交通安全和道路畅通,尤其是高速公路上发生交通事故时情况更为严重。而且,随着道路建设加快、各级公路的发展、经济的快速增长,又带动了一个新的产业——物流运输业,它对于车辆运输和调度管理、保护人民生命财产安全、提高经济效益和管理水平也提出了客观要求。同时,我国的城市发展加快,金融业开放,金融部门、特殊行业部门、家庭车辆的安全保障也提到议事日程,等等。总之,如何解决这些问题,向我们提出了新的课题。在深入研究现代科学理论(如全球定位技术、无线通信技术、网络技术、计算机技术)以后,提出了采用移动目标全球卫星定位调度报警通信系统的课题,为解决上述问题提供了良好的科技尝试。同时,随着现代科技的发展,使上述问题的解决由理论变为现实。

在现阶段,为了完成上述课题,在研究和获得多项成果的基础上,通过与现代科学技术的结合、对现代技术的理论分析和深入研究,实现理论和技术的相互融合、相互渗透和技术创新,充分利用现有的技术资源,实现对移动目标卫星定位、跟踪、调度、监控、报警、通信,对发生的事故在有效时间内进行处理,对丢失车辆有效地查找跟踪,使公安交巡警快速反应能力大大提高;对集团用户车辆实现集团化调度管理,提高物流运输业对车辆的利用率和信息化管理水平;给移动、电信部门拓宽新的市场,带来经济效益;课题的完成对提高整个移动目标和固定目标的科技管理水平,以及为正在兴起的物流运输业和社会安全保障系统建立起一个良好的网络服务平台,同时对实现本领域的科技创新、技术进步也有着极其重要的意义。

1.2 研究的理论意义和应用价值

该研究的理论意义和实际应用价值就在于在完成多项科技成果的基础上,通过对现代科学技术不同领域的研究,在科学技术相互融合、相互渗透、相互交叉的基础上,实现先进科学技术资源的优化配置和科技创新,为新技术实际应用创造良好的理论模型、应用平台和网络系统,为市场应用打下一个良好的科技基础。该系统的分析和创新完成既是一个由理论到实践的过程,也是一个由示范到实际应用的过程,即GPS/GSM的结合是目前世界上两个最大的无线通信网络的结合,他们的结合必将带动一个新的产业的发展。

1.3 全球定位系统国内外研究现状、发展动态

1.3.1 国内外全球定位理论研究现状和发展趋势

目前在世界上,除互联网系统、移动通信系统外,发展比较快的就是全球定位系统(也称为全球定位导航系统,用GNSS表示)。

现在世界上已经有了两大全球定位系统,一个是美国的全球定位系统,另一个是俄罗斯的全球定位系统。在20世纪70年代,美国和苏联处于“冷战”阶段,为了独霸世界,满足各自国家政治、军事的需要,两国投巨资建立了全球卫星定位导航系统,美国称为GPS,苏联称为GLONASS。目前美国的GPS还在正常使用,如应用于海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争、伊拉克战争;而俄罗斯的GLONASS由于苏联解体后经济问题等原因,人们对其安全性、可靠性产生怀疑,目前除俄罗斯军事上仍在用外,其他使用比较少。当时建设的全球卫星定位系统主要应用在军事上,随着美苏冷战的结束,美国的GPS和俄罗斯的GLONASS开始向民用方向发展,并正在形成一个以卫星定位导航系统为主的新兴产业。随着民用市场的发展,新兴产业的兴起带来了丰厚的经济利益和巨大的全球市场。但是,有着先进技术和雄厚经济实力的欧盟自然不甘心让美国独霸这一市场,因此经过几年的酝酿,欧盟各国于2002年3月正式决定启动由欧盟15个成员国共同参加、联合共建的世界上第三个全球卫星定位系统,代号为伽利略计划,目前这一计划正在实施之中。

中国政府了解到这一情况后,于2002年6月邀请欧盟主席访问中国,表达了中国要参与伽利略计划的研究、开发和建设工作的愿望。我国于2002年12月和欧盟达成了在第六框架协议下参与伽利略计划的协议,2002年12月17~18日在北京召开中欧工业界的伽利略计划研讨会,2003年10月30日中欧领导人在北京第六次会晤后,正式签署了中国与欧盟及其成员国参与共建全球卫星定位导航系统合作协议(以下简称协议),该协议是中国领导人花费两年半的时间,通过多次谈判达成的,是目前中国与欧盟在科技合作领域最大的一个合作项目,具有战略意义,也是中欧双边关系发展的重要里程碑。

关于美国的GPS、俄罗斯的GLONASS、中国参与的伽利略计划的基本情况分别陈述如下:

(1)美国的GPS是美国国防部在子午仪卫星导航系统基础上发展起来的全球定位系统,它由空间星座、地面监控网和用户接收机三大部分组成。GPS的空间星座部分有24颗卫星基本均匀分布在6个轨道平面内,轨道平面相对赤道平面倾角为 55° ,卫星轨道平均高度为2.02万km,卫星运行周期为11小时58分,每个轨道上的卫星全天候、高精度向地球提供位置数据,采用码分多址(CDMA)方式和两个频率 $L_1(1\ 575.42\ \text{MHz})$ 、 $L_2(1\ 227.6\ \text{MHz})$,以载波形式进行无线电广播,在 L_1 载波上调制有1.023 MHz的伪随机噪声码称粗捕获码(或称C/A码),有10.23 MHz的伪随机噪声码称为精码(或称P码),以及每秒50比特(小块)的导航电文(又称D码),在 L_2 载波上只调制精码和导航电文给接收机。地面监控网部分由四个监控站、一个上行电文注入站和一个主控站三部分组成,作为军事系统,地面监控网部分均在美国国内布站。监控站的任务就是获取卫星观测数据并将数据传送给

主控站, 主控站对地面监控网部分实行全面监控, 如接收各监控站的数据和向上行注入站发布指令, 每颗卫星运行至上空时, 会把各类导航数据及主控站的指令注入到卫星上去。用户接收机的主要作用就是接收卫星广播的信号和导航电文及主控站发出的各种指令。民用 C/A 码水平精度在 25 m 以内, 军事 P 码在 1 m 以内。该系统在军事上应用的成功案例, 如导弹、精确制导炸弹加装的 GPS, 应用于上述几次战争; 在民用上, 由用户接收机产生出的经度、纬度、速度、方向、时间、高度, 广泛应用于导航和定位救援。

(2) 俄罗斯的 GLONASS 是俄罗斯的星基无线电导航系统, 它在全世界范围内提供三维定位、测速、时间广播。GLONASS 在许多方面类似于 GPS, 如该系统也是由空间的星座、一个地面监控网和各类型的接收机三部分组成。空间星座包括 3 个轨道平面, 每个平面上有 8 颗卫星, 地面监控网由位于俄罗斯境内的多个监控站和数据上行加装数据站组成, 接收机由俄罗斯及世界上几家用户接收机设备厂制造, 用于接收 GLONASS 的卫星信号和电文, 有些制造单位还制造组合 GPS/GLONASS 接收机。GLONASS 由俄罗斯国防部操作, 和美国相似。GLONASS 计划是在 20 世纪 70 年代中期开始执行的, 当时的目的就是军用, 然而现在情况和 GPS 类似, 除军用外还用在民用上, 即这个系统现在也真正实现了双用(军用和民用), 但是卫星发射的信号与 GPS 不同, GLONASS 使用的是频分多址(FDMA), 其中每颗卫星在不同的频率上发射, GLONASS 军用和民用也是分开的, 民用精度实测水平在 26 m 以内, 垂直在 46 m 以内, 军用与 GPS 的 P 码相当。由于俄罗斯的经济原因, 目前 GLONASS 仅有几颗卫星在使用, 随着俄罗斯经济好转, 计划到 2010 年, 重新完成 24 颗卫星的布置, 届时将达到原设计要求, 可以与 GPS 相抗衡。

(3) 中国参与了欧盟的伽利略计划, 该计划主要是针对全世界方兴未艾的全球卫星定位导航系统市场而开发的一套民用全球定位系统, 该系统是欧盟 15 个成员国于 2002 年 3 月份决定联合开发建设的全球卫星定位导航系统(称为 NASS)。伽利略计划已在 2003 年 3 月正式启动, 投资约 50 亿欧元, 预计 2008 年完成。计划的基本内容为: 2005 年发射 2 颗实验卫星, 2005~2008 年在 27 000 km 空间 3 个轨道平台上发射布置 30 颗同步卫星, 即完成整个伽利略计划。该系统也是由空间星座、地面监控网和接收机三部分组成。但是, 这一计划是在系统分析了 GPS 和 GLONASS 之后, 专门针对全世界的民用市场开发的一套系统, 它的卫星数目比美国的 GPS 还要多 6 颗, 民用用户目标位置精度在 5 m 以内, 将大大优于美国的 25 m 以内的精度, 在使用上将会比 GPS/GLONASS 更精确、更安全、更稳定, 届时将对 GPS/GLONASS 民用市场构成巨大的冲击和挑战。

中国作为欧盟成员国的第三方在第六框架协议下参与伽利略计划, 除特种码服务外将进行全面合作, 同时还要在中国建立亚太区域数据监测中心和地面监控中心, 为亚太地区服务。中国于 2003 年 5 月由科技部牵头正式启动该项合作计划, 欧盟委员会、欧盟空间局在北京设立代表团办事处, 专门负责有关合作事宜。在未来几年内, 中国将组成 36 家成员单位参与伽利略计划的卫星研制、发射、应用等工作; 同时, 该计划也是中欧科技界合作时间最长、水平最高、规模最大的科技项目。

目前, 世界上的全球卫星定位系统 GPS/GLONASS 由军用变为军民两用后, 正在兴起一个新的卫星定位导航产业, 该产业将在未来的 20 年时间内得到快速发展, 是被全世

界看好的一个新兴的高科技、高经济收益的领域，各个国家正在投入大量的人力、财力进行研究、开发、应用，来参与竞争。它除在军事领域应用外，在民用领域广泛应用在航空、航天、航海、火车、汽车、智能交通、大地测量、野外勘测、大型建筑结构安全性测量(如桥梁、大坝)、水文、地质、天气预报、急救、山林火灾、地震、房地产、农业、城市规划、国家的基本控制网建设等。尤其是伽利略计划完成后，更加符合提高民用精度要求的系统，它将产生巨大的社会和经济效益，服务于全人类。

1.3.2 目前全球定位系统应用现状

GPS 技术以前主要用于军事上，用于陆、海、空导航，定点轰炸以及舰载导弹制导。该技术在海湾战争及近期反恐战争中发挥了巨大威力。

海湾战争后，GPS 在美国民用领域的应用和研究获得迅速发展，目前已涉及人员救生、交通导航、绘制地图、火灾跟踪、地震监控等诸多方面。在农业上，美国 8 年前就在明尼苏达州的两个农场进行精准农业技术的试验，使用 GPS 指导施肥的产量比传统平衡施肥的产量提高 30% 左右，经济效益大大提高。当然，GPS 与人们日常生活接触最多的还是交通引导系统，尤其在汽车、轮船、火车、飞机上的应用迅速普及。装置在汽车里的“GPS 系统”不仅可以使驾驶员找到自己的位置，还能指明方向。驾驶者只要在 GPS 车载终端的显示屏上输入目的地名称，汽车就会自动选择最佳路线，并避开交通堵塞路段，如遇险情还能及时提醒驾驶员。由于“GPS 系统”体积小、价格便宜，它的安装已成为美国汽车消费者的一种时尚选择；欧洲、日本在 GPS 的民用上同美国完全一样，已经成为汽车消费者的一种时尚。此外，登山、航空、测量等方面应用的各类小型 GPS 产品也已大举进入市场，大大提高了人们进行这些野外运动的安全性。专家估计，随着研发的深入，GPS 技术在人们日常生活中的应用前景将非常广阔。

未来几年内，借助导航电子地图产品，中国驾车族们轻松游四方的美梦很快可以成真。

卫星导航应用是指利用卫星导航系统装置提供的位置、速度及时间信息对各种目标进行定位、导航及监管。交通部的统计显示，目前中国有 430 万辆货运车、170 万辆客运车、90 多万船只需要加装卫星导航系统，同时新车选装系统的需求量也在迅速增长。2005 年中国汽车需求将超过 550 万辆，今后几年内汽车对卫星导航系统需求量将以每年 20% 以上的速度迅猛发展。目前，中国政府正大力推动卫星导航定位系统在民用上的开发，将使全球卫星定位导航系统成为中国发展最快的三大信息产业之一。

2002 年 10 月，中国研制的第一份具有自主知识产权、符合汽车工业标准和中国法律的汽车自主导航电子地图产品已投放市场。预计 2005 年以后，该系统将覆盖全国主要城市和大部分地区。

2003 年 10 月，固定投资超过 1.55 亿元的国家卫星导航应用系统设计与集成工程研究中心正式成立，负责制定国内卫星导航市场的标准和进行相关的研发工作，并着力推动中国卫星导航产业民用化。

预计到 2005 年，中国卫星导航应用市场规模将超过百亿元，卫星导航应用产品产值达到 60 亿元，导航运营服务产值超过 40 亿元。

同网络的发展一样，中国的卫星导航系统的研发和应用将利用后发优势，在巨大的

市场需求推动下获得迅猛发展。

1.3.3 GPS 软硬件研究现状和发展趋势

美国科学网站 2003 年 8 月 25 日报道, 目前全球约有 2 000 万人在使用全球定位系统(GPS)来进行导航, 尤其是在阿富汗和伊拉克战争期间, GPS 被证明是美军取得战争胜利所必不可少的工具。美国政府已经开始研究下一代卫星导航技术——GPS III, GPS III 的首次发射可能在 2010 年初进行, 目前正在使用的是第二代 GPS 系统, 第三代 GPS 的目标是获得更好的准确性和可靠性。

斯坦福大学 GPS 实验室主任 PerEnge 说, GPS 技术研究近期有三大趋势。第一个大趋势就是频率分集技术(frequency diversity), 实际上已经在第二代 GPS 系统替换老化卫星过程中进行, 完成以后, 现代化的卫星星座将为民用用户提供三种新的定位信号。而且, 能更好地为美军提供另外两种高功率抗干扰信号。第二个大趋势就是克服射频干扰(RFI)。GPS 广播的功率特别低, 相当于 5 个灯泡的功率, 如果被接收信号的功率是 10~16 W, 那很容易被周围的射频信号淹没。GPS 接收器将通过把接收到的测距码与储存在本地的复制码的相位进行匹配来穿透噪声。当相位一致时, 接收器就能够以定时信号作为精确的参考, 因此就可以准确地定位。第三个大趋势就是安装保证定位误差小于某一个特定值的综合机械系统。采用微分 GPS 技术, 系统将获得来自地球同步轨道通信卫星的最新误差校正信息, 修正数据来自于地面参考接收器, 过去 GPS 的误差为 2 m, 现在更小。

美国政府开始研究下一代卫星导航系统——GPS III, 目的是使 GPS 目标获得更好的准确性和可靠性, 现在为了提高 GPS II 系统抗干扰性和精准度, 在以下几方面进行了研究:

(1) 美国《每日防务》2002 年 6 月 21 日报道, 美国国会批准了国防部申请, 在 2003 年国防预算中增加 5 000 万美元, 改进 GPS II F 卫星的抗干扰系统。这 5 000 万美元用于改进 GPS II F 与 GPS II R 卫星的抗干扰能力, 改进之后系统的抗干扰性能将优于当前的 GPS 系统 10 倍。第一批资金在 2004 年投入, 能力增强后能对付更多的干扰。

GPS 联合项目办公室也希望通过改进 GPS 地面控制站来提高 GPS II 卫星的精度。2002 年, 美国空军在阿富汗战争开始时, 就希望能提高小口径炸弹的 GPS 精度, 精度的改进能使联合定向攻击弹药的精度范围从 10~13 m 减少到 1~3 m。

GPS 卫星在阿富汗战争中暴露出的性能上的问题也导致美空军加强 GPS III 项目。项目合同金额 150 亿美元, 准备用 30 年时间开发、建造 GPS III 卫星群和地面控制站。GPS III 卫星将比当前卫星具有 100~150 倍的抗干扰能力。

(2) 美国《电子防御杂志》2002 年 6 月报道, 在 2002 财年项目预算决定中, 美国国防部追加了 900 万美元用于开发新的军用定位信号 M 码, 该信号将有助于在对抗情况下很好地使用全球定位系统(GPS)。追加的经费会使 M 码的开发期缩短一年, 并降低整个计划的风险, M 码用户终端设备计划于 2007 财年交付。2002 财年追加的 400 万美元将会用于解决选择可用性反欺骗模块(SAASM)的可生产问题。

另外, 国防部计划从 2003 年开始将 GPS 卫星的信号功率加大 10 dB。在已计划发射的 26 颗 GPS II 卫星中将至少有 20 颗卫星具有高功率。

(3)美国波音公司 2003 年 6 月 23 日宣布,该公司与美空军共同完成了 GPS II F 综合基线评估。此次评估是全球定位系统(GPS)控制系统的重要转折点。

波音公司负责新型 GPS 运行控制系统,该系统包括分布式结构以及现代化软、硬件的广泛使用,新型 GPS 运行控制系统将有力地推动 GPS II R 和 GPS II F 系列卫星现代化项目的进展。此外,波音公司还负责现有控制系统的持续运行,监控站、地面天线的改进,以及异常发射处理系统。

GPS 地面控制系统于 1999 年由美空军建立,其研制工作主要由波音公司负责,整个 GPS 地面系统结构现代化设计的目的是减少操作者的工作负荷和运行开支。此次评估前,波音公司已经采取了一些措施,重新调整了部件结构,以降低首颗 GPS II F 卫星发射的风险。GPS II F 卫星发射推迟到 2006 年中期进行。

按照 2002 年 9 月签订的合同,波音公司总共要建造 12 颗卫星,目前正在制造前 3 颗。GPS II F 卫星具有多种新能力,进一步增强了抗干扰能力,提高了精度,综合性加强,军事密码运行极其安全。

1.3.4 GPS 数据发射、传输、接收、处理、应用的现状和发展趋势

全球卫星定位导航涉及到世界上所有国家的安全问题。全球卫星定位导航系统为全球所有区域提供精确导航信息,这也给该系统建设国自身带来安全问题。为了控制第三方对全球卫星定位导航资源的利用,美国在其卫星上设计了选择服务(SA)功能和选择失效(SD)功能。SA 是一种人为增加导航定位误差的手段,可以使用户接收机定位误差达 100 m;SD 是在人工控制下,有选择地停止卫星在某些指定区域的服务。考虑到 GPS 巨大的民用市场,加上美国民用接收机开发商的呼吁,美国白宫新闻发言人于 2000 年 5 月 1 日宣布总统决定,为实现 1996 年总统竞选承诺,“鼓励世界范围内民间、商业和科学研究和平利用 GPS”,决定于当日零点停止使用 SA 功能。这一决定使普通民用接收机定位精度由原来的 100 m 提高到 10 m。根据需要,美国政府随时可以再开启 SA。

据外刊报道,在接收机应用上,美军早期装备了“轻型精确 GPS 接收机”(PLGR),随着科技的迅猛发展已日渐“衰老”。为此,美军正加紧研制新型高效和更加先进的“国防高级 GPS 接收机”(DAGR)。两者相比,新型机具有感知高效、保密措施强、传输带宽处理数据快、绘制地图目标定位准确和使用方便等更受用户青睐的特点。其优点突出表现在:结构新颖,美观大方,体积为老式的 1/3,质量为老式的 1/2,相当于一部手机的大小及质量;先进高效,使用方便,新增第二个(L₂)频道,接收能力为老式的 2 倍;新增带宽,接收比老式更快更佳;新增 GPS 保密锁模块,更便于士兵在战场上使用;新增左右手使用方式,比老式只能以左手操作更为方便。

1.3.5 GPS 数据误差及其补偿理论研究现状和发展趋势

全球卫星导航系统(GPS)简称定位导航系统。定位导航系统在经济和军事领域中的重要作用,正在使该项技术成为世界强国间新一轮竞争的焦点。

在美国,经过近 40 年的研究和开发,今天的全球卫星定位导航系统(GNSS)已经趋于实用。截至 2001 年底,世界上最后一段海岸线即南美洲阿根廷沿海差分 GPS 基站投入使用,标志着全球航海导航实现了 GPS 化。

航空导航 GPS 化技术上相对复杂, 2003 年底, 美国宣布广域增强系统投入使用, 标志着北美洲航路导航、终端导航、进近(机头对准跑道准备着陆那一刻)和飞机一级着陆 GPS 化基础设施的完成。目前, 局域增强系统(LAAS)正在建设中, LAAS 的建成, 将为三级着陆 GPS 化提供保障。届时, 军用和民用飞机从航路导航、终端导航、进近, 到零能见度自动着陆、跑道滑行等航行的五个阶段导航全面实现 GPS 化。GPS 将逐步取代二战以来形成的陆基导航系统, 成为海陆空主要导航手段, 目前的雷达和地面导航设施将逐步退居次要地位。因此, 美国导航界认为, 21 世纪是卫星定位导航的世纪。卫星定位导航加现代武器, 将使大国控制全球的梦想变得似乎更加容易实现, 这也许就是大国之间争夺卫星定位导航控制权的原动力。

在卫星定位导航时代, 如果某个国家有能力控制太空所有的导航卫星, 就相当于控制了当今地面上所有的雷达系统, 其后果可想而知。在无法控制所有导航卫星的情况下, 如果能让世界上其他国家尽量推迟卫星定位导航系统的建设进程, 使自己国家卫星定位导航技术和应用水平领先于世界上其他国家, 也不失为一种缓兵之计。

在欧洲, 欧洲地球同步导航增强服务 EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) 系统是欧洲的一个用于提高现行卫星导航系统(美国 GPS 和俄罗斯 GLONASS 系统)定位精度和可靠性的广域差分增强系统。它将克服在地面布设差分信息发布站的庞大建设和维护费用, 满足众多领域对高精度、高可靠性的导航需求。

EGNOS 由三颗地球同步卫星和一个包括 34 个测距完好性监测站 RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Station)、4 个主控制中心 MCC (Master Control Centre) 和 6 个陆地导航地面站 NLES (Navigation Land Earth Station) 的复杂网络组成, 建成后可将目前欧洲地区的卫星导航定位精度从 20 m 提高到 5 m。同时, EGNOS 还将实时提供定位数据的可信度和可靠性信息, 使得现行的卫星导航系统可应用于高安全性服务领域, 如在精确航线和狭窄航道中飞机和轮船的导航等。

EGNOS 是欧洲 GNSS 计划第一阶段(GNSS-1)的重要工作, 于 2004 年进入正式运营, 之后它将融入欧洲 GNSS 计划第二阶段(GNSS-2)即“伽利略”系统之中。

欧洲 EGNOS 系统的在华测试可以验证该系统在欧洲以外广大区域的性能(包括精度、可靠性、可用性和完好性), 对于欧洲 GNSS 计划的实施、中欧伽利略计划的合作以及建立和完善中国广域差分增强系统都具有重要意义。

EGNOS 中国测试平台由 3 个地面监测站(北京房山、武汉九峰和上海佘山)、6 个测试站和相应的通信链路组成, 3 个监测站和 6 个测试站是从“中国地壳运动观测网络”中选择的坐标开放的基准站和区域站, 由欧空局提供 3 个监测站的设备和用户接收机。3 个监测站的数据通过专线实时传输到欧洲 EGNOS 数据处理中心, 经改正后由印度洋上空的 IOR 卫星向东亚地区发布导航差分信号供测试。测试过程中, 在 6 个测试站进行了静态精度测试, 上海—武汉间沿长江局部地段的水运导航应用测试作为动态精度测试内容。

该项目以国家重大科技工程“中国地壳运动观测网络”为依托, 由科技部国际合作司直接领导, 中国地震局负责。目前, 项目的整个测试工作已经基本完成。

在北京房山、武汉九峰和上海佘山 3 个基准测试站, 分别架设了欧方提供的基准完

好性测试站 RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Station) 设备, 接收 GPS 信号。接收到的卫星信号实时传送到位于挪威的 EGNOS 系统数据中心, 结合其他边站的观测资料计算得到 EGNOS 差分改正信号, 利用通信卫星向中国大陆地区发布。选定的测试站的位置是精确已知的, 在测试站上利用单频接收机实时接收 GPS 信号和发布改正信号, 从而验证单历元定位的实际精度, 并研究影响精度的因素和规律。

EGNOS 动态测试的目的是比较 EGNOS 的定位精度, 评价 HPL (Horizontal Protection Level) 和 VPL (Vertical Protection Level) 的正确性, 以及 EGNOS 信号在内河和港口环境中的可用性。

测试的场地选在长江武汉航段, 从上游的白沙洲大桥到下游的龙口镇, 航段 43 km。在测试中用动态 RTK/GPS 作为测量参考基准, 与装备在船上的 EGNOS 接收机进行比较, 测试船是长江航道测量中心的标准专业测量船“航测 301 号”, EGNOS 接收机是 NOVATEL OEM 4 接收机, RTK 系统是 TRIMBLE 的 GPS TOTAL STATION 5700。

测试需要收集两种数据: 用于动态实时数据处理的 ASCII NMEA 数据和用于后处理的二进制数据。2003 年 11 月 10 日, 在测试全程航线进行了 RTK 信号覆盖的试验, 确定了试验航线和 RTK 参考点; 2004 年 1 月 8 日, 进行了部分航段的演习测试; 动态测试于 2004 年 1 月 30 日进行, 往返航程共 86 km, 收集了所有的实时数据用于数据处理。

2003 年 12 月 23 ~ 26 日, 由多家单位人员参加的数据处理小组在清华大学进行了静态测试的数据处理工作, 动态测试数据处理工作仍在进行。数据处理分别按 EGNOS 广域差分单点定位和 GPS 单点定位两种方式进行, 数据处理以“中国地壳运动观测网络”基本站的坐标为比较基准, 各测试点独立处理。数据分析是将每天观测数据的计算结果合并, 并剔除数据采集出现故障的时间段。每个站都按不差分和差分的定位结果绘制平面和高程位置误差图、精度统计图、可用性门限图、可用性统计图等。每个站统计不差分和差分定位误差的最大值、最小值、平均值和方差, 并对 HPL、HPE (Horizontal Position Error)、VPL、VPE (Vertical Position Error) 超限值进行了统计。数据处理采用法国 EUROCONTROL 公司开发的 PEGASUS 软件。得到的基本结论为: 本次试验静态测试接收数据完整, 除参考站出故障时段无 EGNOS 差分信息, 其他时段接收数据正常。总体上, EGNOS 的差分定位中误差优于 5 m。

EGNOS 系统于 1998 年 11 月通过系统初步设计评审, 进入执行阶段。2002 年 5 月 24 日, 通过关键设计的评审, 进入最后的研发和验证阶段。2003 年 6 月, EGNOS 系统的第一个主控站在德国朗根正式启动, 这标志着欧洲自主卫星导航系统发展历程中的重要一步。目前, 位于西班牙的 Torrejon 主控站也进入了运行, 接下来的两个月, 另外两个主控站(位于意大利的 Ciampin 和英格兰的 Swanwick)也将正式启动; 同时, 25 个参考站的布设工作已经完成。

2003 年 6 月, 欧空局在巴黎举行了 EGNOS 接收机制造商研讨会, 双方进行了深入的交流, 确保 EGNOS 进入运行后能够提供稳定的服务信号。

2004 年, EGNOS 系统将完成最后的布设任务, 进入正式运行。目前, 基础设施已经布设完成, 利用 Artemis 卫星完成了测试工作, 在中国、非洲、地中海地区以及南美洲的 EGNOS 测试都受到了广泛关注。

组织管理方面,根据欧盟委员会关于将 EGNOS 集成到伽利略系统中的决议,伽利略联合执行体已经被授权,在 2005 年 EGNOS 项目的系统运行评审之后,接管该系统。

EGNOS 当前的任务是期望通过系统运行评审,如期完成 EGNOS 研发阶段的工作。长期的目标是关注欧洲卫星导航技术的发展和多模式服务市场,保障 2008 年伽利略系统的顺利运行。

卫星定位导航的频率资源、轨道资源是有限的。卫星定位导航的资源是长期基础研究和科技进步的结果,从这个意义上说,卫星定位导航的资源是有限的。40 多年来,通过对卫星轨道监控、传输误差、抗干扰、地面设备等问题的研究探索和综合论证,全世界卫星定位导航界科学家们几乎得出了相同的结论,建立了几乎相同的系统模式,即 2.4 万~2.6 万 km 中高度卫星轨道,频分多址 FDMA 或码分多址 CDMA 数据编码调制, L 频段信号传输。目前,人们基本掌握了 L 频段电离层信号延迟、大气层信号折射等误差特性、中高度卫星轨道的变化特性、将卫星轨道误差控制在 3 m 以内技术、可能的干扰、欺骗方式,并研究了相应的措施和被动式接收机的设计开发和应用技术。因此,中高度轨道、L 频段将是卫星定位导航的宝贵资源,必将受到卫星定位导航大国的重视。

1.3.6 多网数据交换及其协议研究现状和发展趋势

目前在世界上,在多网数据交换及其协议的研究上主要集中在 GPS 系统内部的星座网、地面控制网上,在外部主要集中在差分校正的广域网和局域网上,在终端机的应用上涉及比较少,这是由美国、欧盟成员国的国情和体制决定的。GPS 是美国系统,美国使用比较多的是 CDPD 无线网、CDMA 无线数据网和国际互联网,如果说在接收机应用上应该是 GPS 与 CDPD、CDMA 网的结合比较多,遵循 GPS 标准和码分多址协议及互联网 TCP/IP 协议标准;在美国没有 GSM 网,若有也是刚刚建立,还远远没有达到传输 GPS 数据的程度,因此在美国应用最多的是 GPS 自导航和急救。自导航就是接收 GPS 信号,在终端机上实现;急救是 GPS/CDPD 的结合,而且美国只有一个大的位置服务公司,采用 GPS/CDPD 结合向全美国提供位置服务,通过互联网和无线 PDA/CDMA 的方式主要应用在物流上,在多网和多协议的应用上几乎是不存在的。

在欧洲,主要还是用在野外测量、航空、航海、车辆自主导航,在 GPS/GSM 结合上已经开始使用,主要是急救和车辆的管理上应用比较多,尤其在物流上,为满足不同需求,出现的 GPS/GSM 的各种各样的小系统也比较多,适合应用于不同领域,但是在欧洲主导的还是自导航产品,说明还处于 GPS 系统单独使用阶段。在多网方面,表现不是太明显,很多车辆已经安装了 GPS 导航产品,不是在多协议网上应用,而是在 GPS 系统下应用。

而在我国情况则不同,单一 GPS 系统的产品主要使用在海上、野外、勘测、测量等方面,在导航上,除用在飞机上外,汽车上应用比较少,除此之外的其他方面很少使用。但在车辆的管理上 GPS 系统应用比较多,基本上都采用“车载终端加系统管理模式”,有公网和专网两种,市场上出现了无数个重复建设网,都局限于一个单位、一个车队的使用,这是 GPS 在中国应用的初期阶段,根本无法适应未来经济、交通运输业、汽车业的发展,无法适应给中国智能交通带来大交通、大物流的信息化管理和应用。因此,国家科技部牵头开始对中国智能交通进行课题研究,来推动这一领域的发展。主要表现在

以下四个方面：一是车载终端机的研究，现在市场上的终端机普遍属于较低层次的系统集成终端机；二是网络资源和信息平台的研究，包括网络构架和多协议的研究；三是数据采集和采集信息设备的研究；四是智能交通应用研究。2002年8月，国家科技部牵头在重庆召开了以上四个问题的研讨会，提出了一些相关研究的思想方向。目前，我国在该领域的研究处于GPS/GSM网与互联网结合应用的发展阶段，还不存在行业标准、国家标准，在该领域仅有一些框架、设想，在实际应用上提出了一个城市示范工程，更大的一个省或全国性的试验网还没有，多网多协议的行业政策也没有，提出的网络和信息平台的课题，在实际应用上还处于研讨和试验阶段。

多网络数据交换及其协议标准的研究，标志着未来GPS应用发展的方向之一，因为它是在资源共享、多学科的基础上发展起来的，从应用的角度来说，网络资源共享、信息平台的建设给使用者提供了极大的方便，这是本书研究的主题。

1.3.7 现在应用研究中相关情况及存在的问题

在研究中相关情况及存在的问题突出表现在以下几方面：

(1) 终端机产品单一。目前主要集中表现在车载终端机的研制上，从形式上表现在GPS/电台或GPS/GSM-OEM的结合上，在技术层面上属于OEM版的系统集成，存在产品技术不稳定性、各种OEM芯片仅用其一种功能，造成设备浪费、成本过高、功耗增加等突出问题；在设备制作上，“人工+机械”相结合，不够规范，产品质量可靠性差，没有做到“GPS+GSM+功耗+功能要求”整体设计和贴片，如能在一块OEM上实现，可提高产品质量、增加可靠性、减少功耗、减小体积；在产品多样性上，没有做到满足不同层次需求的专业化产品，如适用于儿童、老人、手机内、汽车、火车、轮船等个性化产品，本质上表现为芯片设计能力和整版OEM能力比较差。

(2) 在网络设计上，在1994~1997年，GPS主要与150 MHz、350 MHz、400 MHz等专网通过“GPS~OEM+单片机+电台”结合的模式，应用于车辆管理，属于专网时代。该模式存在的问题是，一般只能在半径小于25 km范围内使用，单信道自容量小，该系统开始用于特殊车辆，成本很高。由于容量限制和单信道资源的制约，1997~1999年我国的科技人员开始研究GPS与800 MHz集群多信道通过“GPS~OEM+单片机+集群电台”结合的模式，克服容量的限制，开始进入800 MHz数字信号传输的集群化时代，存在的问题是适用的范围仍是半径小于25 km，仍制约着GPS大范围应用。因此，有些地方（主要在沿海和经济发达地区）开始考虑和研究加中继站扩展区域，或通过微波、有线线路扩展使用范围和使用空间，结果加大了投资，局域网络建设一是不够大、二是稳定性差，仍受到相当大的限制，制约着GPS在中国的应用和发展。所以1999年以前，GPS除单独使用或特殊行业、特种车辆和专网在小范围内使用外，一直没有根本性的进展和很好地推广使用，只是停留在概念上。

1999年至今，GSM网在中国进一步发展，GPS与GSM的结合使GPS在中国交通运输业和车辆管理上的应用有了质的飞跃，即以9.6 kbps数据速率语音连接方式和短消息方式完成覆盖了全国的GSM网的建设，完成了GPS数据在全国性的GSM网上的数据通信，使GPS应用真正进入了在覆盖范围内无障碍的卫星定位应用时代，最大特点是投资小、容量大、数字信号传输、安全可靠、应用空间大、维护费用低，明显优于上述