

## 摘要

智能交通系统在缓解交通压力、保障交通安全、提高运输效率等方面做出了巨大贡献，因此车辆监控系统作为智能交通系统的重要组成部分，也备受关注。在车辆监控系统中精确定位、地理信息是必不可少的两个部分。全球定位系统能够连续、实时地为全球用户提供高精度的位置、速度和时间等信息，因此是车辆监控系统的精确定位功能可以依靠全球定位系统来实现。地理信息系统以地理空间数据库为基础，能够提供多种空间的和动态的地理信息，因此车辆监控系统中应采用地理信息系统构建电子地图。

该文介绍的基于 GPS 技术的车联网监控系统集全球定位系统、地理信息系统和无线通信网络一体，能够有效地对车辆实施监控，可以应用于车辆调度、物流运输等行业。该系统采用专用通信网络与公用通信网络相结合的方式传输定位数据，较好地解决了专用网络覆盖范围小、公用网络通信费用高的问题。另外该系统采用了专用的矢量交通地图，具有制作简单、成本低廉、操作方便的特点，并具有地理信息功能。

**关键字：** 车辆监控 全球定位系统 地理信息系统 通信网络

## Abstract

Intelligent Transportation System contributes to the modern traffic in many aspects, such as alleviation of traffic pressure, guarantee of traffic safety, improvement of traffic efficiency and so on. As an important part of ITS, vehicle monitoring system is concerned by more and more people. There are two important functional parts in vehicle monitoring system. One is to supply the accurate positioning information the other is to supply geographic information. Global Positioning System can supply the accurate position, velocity and time information continuously for the people, so the vehicle monitoring system can get positioning information by GPS. Geographic Information System, which based on the database of geographic information, can supply space information for the users, so the vehicle monitoring system can get geographic information by GIS.

In this article, the GPS vehicle monitoring system based on Internet is introduced. GPS, GIS and communications network are used in the system. The communications network used in the system is neither public communications networks nor a personal communications network, but a mixed one. So the mixed network can have large coverage area and little communication cost. The map used in the system is the vector traffic map. It is simple, cheap, convenient, and can supply rich geographic information.

**Keywords:** vehicle monitoring, GPS, GIS, communications network

## 第一章 前言

随着经济的高速发展，车辆的数量日益增多，交通拥挤和交通阻塞现象日益严重，交通污染与交通事故也日渐频繁，道路网络的通行能力已经不能满足交通量增长的需求。在这种情况下，智能交通系统应运而生。作为智能交通系统的重要组成部分，车辆监控系统在缓解交通压力、保障交通安全、提高运输效率等方面具有广阔的市场前景和极高的应用价值。

### 1.1 智能交通系统概述

智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)又称智能运输系统，是目前交通运输领域研究的前沿课题。它是在比较完善的道路设施基础上，将先进的计算机技术、数据通讯技术、电子控制技术等有效地综合应用于整个交通运输管理系统。其实质就是利用高新技术对传统的交通系统进行改造和提升而形成的一种信息化、智能化、社会化的新型交通系统，是城市交通进入信息时代的重要标志<sup>[1]</sup>。智能交通能够有效地缓解交通压力、减少交通事故，建立舒适安全的交通环境<sup>[2]</sup>。

智能交通系统主要有以下几个发展方向：先进的交通管理系统(ATMS)、先进的交通信息系统(ATIS)、先进的车辆控制系统(AVCS)、先进的公共交通系统(APTS)、货物和流量管理系统(FFMS)、异常交通紧急救援系统(SEVMS)、交通设施管理系统(TIMS)等。

由于智能交通系统具有很好的经济和社会效益，它正成为 21 世纪交通发展的方向。目前，很多国家和地区纷纷成立各种组织对智能交通系统展开研究开发工作，其中，美国、日本和欧盟等国家的 ITS 发展处于领先地位<sup>[3]</sup>。美国的 ITS America、日本的 VERTIS 和欧洲的 ERITCO 成为国际上推动 ITS 的三大组织。

日本是最早开始进行 ITS 研究的国家，早在 1973 年就进行了名为汽车交通综合控制系统 CATCS(Comprehensive Automobile Traffic Control System)的项目研究，20 世纪 80 年代后期，日本的上百个汽车和电子业公司会同大学和研究所进行了近 14 个项目的联合开发研究。日本研究 ITS 的目标是在未来 30 年内大幅度的减少道路交通事故次数，减少由于道路阻塞而引起的汽车燃油等资源浪费及对环境造成的污染。日本的 ITS 推动委员会由政府的 5 个部门于 1993 年成立，该组织于 1995 年制定了日本推动 ITS 发展的原则和方针，并于 1996 年完成了日本综合发展规划，作为日本发展 ITS 的蓝图。日本的智能型车辆道路及交通协会(Vehicle Road and Traffic Intelligent Society, VERTIS)由部分企业和学术团体于 1994 年组成。VERTIS 在推动日本 ITS 发展方面发挥了极其重要的作用，其主要任务是推动 ITS 的开发和研究，与各企业及学术机构间联合和协调一些技术上的问题，以及支持 ITS 的相关标准化活动等。

欧洲的 ITS 研究开发是由官方与民间并行进行的。由于欧洲的国家大部分很小，因此 ITS 的开发与应用是与欧盟的交通运输一体化建设进程紧密联系在一起的。1969 年，欧共体委员会就提出要在成员国之间开展交通控制电子技术的开发。自 1986 年以来，西欧国家主要在欧洲高效安全交通系统计划(PROMETHEUS)和保障车辆安全的欧洲道路基础设施计划(DRIVE)的指导下开展交通运输信息化领域的研究、开发与应用。1991 年，欧盟各国的相关制造业、

汽车业、通讯业,以及学术研究机构和政府部门等共同组成了欧洲智能交通协会(European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization, ERTICO)。ERTICO 的使命是促进和支持 ITS 在整个欧洲的应用,创造一个更令人满意的交通环境,并取得良好的经济回报。通过 ERTICO,企业及机构没有部门及国家的限制,能更有效地合作,共同创建一个成功的欧洲 ITS 大市场。

美国在 ITS 的试验研究和实践应用上处于国际领先地位。美国非常重视 ITS 系统即将形成的巨大市场,对其进行了广泛而深入的研究。1991 年,美国国会通过了综合地面运输效率法案,其目的就在于要发展经济上有效、环境上完善的国家级综合地面运输系统,以便能够高效率地运送人员和货物。1992 年,由美国交通部、联邦顾问委员会和美国智能交通协会联合制定了智能交通系统发展战略计划。1995 年 3 月,美国交通部正式出版了国家智能交通系统项目规划。1996 年,美国亚特兰大市交通局运用已有的智能交通系统的科技成果开发了奥林匹克交通控制系统,为第 26 届奥运会提供了有效的服务。美国交通部是推动美国 ITS 工程的核心机构,而 ITS 技术的研究和开发则主要由美国智能交运系统协会(ITS America)来完成。ITS America 成立于 1994 年 9 月,其宗旨是协调和加速美国的先进运输技术的发展,该组织致力于用 10 年时间将全美 75 个大城市区域的行车时间缩短 15%以上,在全美 450 个行政区域内的公路网上建设智能工作点,并与大城市的系统联网。在美国政府大力支持下,ITS America 发展十分迅速,目前已在国际 ITS 组织中占据了关键的地位。

智能交通系统 ITS 是交通运输现代化的必然产物,它的实施必将大大改观交通运输系统的面貌,对促进社会进步、经济发展将起着极其重要的作用。与发达国家相比,目前我国经济和交通运输发展水平尚有较大差距。我国现在不但存在着交通设施短缺的问题,而且现有交通设施的技术水平和自动化程度都比较低,不足以满足越来越高的路网通行能力的要求。国内对 ITS 的研究现处于初级阶段,在 ITS 的各系统中,我国只在高速公路上使用了通信系统、监控系统和收费系统。因此,我国交通运输业面临着空前严峻的挑战。

我国 ITS 研究刚刚起步,基本上处于对国外研究成果的介绍、学习阶段。虽然我国关于 ITS 的基础研究很薄弱,但是随着科学技术的进步和社会的发展,开发研究 ITS 已具备了技术基础、国家政策倾斜和一定的市场需求。20 世纪 90 年代以来,有关部门正组织中国 ITS 发展战略研究、全球定位系统在公路信息系统中的应用研究与开发、公路货运站场及运输网络系统关键技术研究等陆续开始的科研项目。

智能交通系统的研究要分清层次,有所侧重,进行多元化发展。根据我国的实际情况,应综合考虑城市交通、公路、铁路、水运和航空等多种运输方式,制定出分阶段、目标及优先研究领域。就目前而言,中国 ITS 的研究应分成如下两个部分:一是以提高现有交通设施利用效率为主要目标的先进交通管理系统、信息服务系统、自动收费系统和实现合理交通结构为中心的先进的公共交通系统等近期内可以实现的部分;二是以实现先进的车辆控制系统和先进的公路系统为目标的未来部分。

总之,智能交通系统的开发和应用是改造中国传统交通运输产业的一个重要手段,同时它还将为中国高新技术产业创造一个巨大的潜在市场,发展前景十分诱人。智能交通系统 ITS 必将在提高运输效率和安全性、减少资源浪费、减轻对生态环境破坏等方面发挥重大作用。

智能交通系统技术的开发和应用将使各交通要素相互协调,从而达到交通系统化以建立起快速、准时、安全、便捷的交通运输体系<sup>[4]</sup>。

## 1.2 车辆监控系统简介

车辆监控系统是智能交通系统的重要组成部分，它集定位技术、无线通信技术以及计算机技术于一体，能够对车辆进行实时定位、监控和调度，在提高运输效率和保障车辆安全等方面发挥着巨大作用。全球定位系统（Global Positioning System，GPS）能够为用户提供位置、速度和时间等信息，并且具有精度高、速度快和成本低的特点，已经广泛应用于诸多行业和领域，车辆监控系统自然也在其中。现在所说的车辆监控系统一般是指GPS车辆监控系统。

GPS车辆监控系统主要有车载移动台、监控中心和移动通信网络三部分组成。车载移动台可以通过其GPS接收模块获得自己的精确的位置信息，并能够利用移动通信网络将其位置信息以及其他车辆状态信息发送至监控中心。监控中心能够通过移动通信网络接收车载移动台发送来的车辆信息，并且将车辆实际行驶的轨迹在电子地图上正确地显示出来。这样监控中心就能够时时刻刻监视车辆的状态，并且可以根据需要向车载移动台发送相关命令。

在车辆的运输过程中，为了提高运输效率，减少车辆事故，并对事故及时处理，车辆管理部门需要对车辆合理调度，严密管理和监视。汽车司机需要选择交通情况良好的最短行驶路线，乘客需要及时了解公交车辆的到站时间。警用车辆、运钞车辆要求调度、指挥和控制。车辆被盗，车主希望及时发出报警，报告车辆所在位置和车辆的动向。这些都要求实时测定和显示车辆所在位置，并将车辆位置及其他信息及时报告给有关部门，这都离不开车辆监控系统。

目前，少数发达的国家，例如美国、日本、意大利、新加坡、加拿大等国家，普遍应用GPS车辆监控系统，其应用的行业多数集中在出租车调度管理、医疗急救调度、特种及危险车辆管理、公众车辆的安全救护和自主导航等。

在国内，GPS车辆监控系统主要应用于特种车辆的管理和调度，因为运钞车、急救车、救火车、巡逻车、迎宾车等特种车辆一般要求实现全程监控、调度和指挥。国内很多银行和公安部门都纷纷构建自己的车辆监控系统。GPS车辆监控系统在物流运输、公共交通等行业的应用也开始出现，它能够有效地对车辆实施调度和指挥，极大的提高了运输效率，有效的保障了行车安全。随着社会的发展，GPS车辆监控系统也将普遍应用于普通车辆，它能够为车辆提供紧急报警、远程控制、引导行驶等服务，为车辆出行提供了方便。此外，GPS车辆监控系统为交通部门实现公路管理信息化提供了强有力的技术支持。

GPS车辆监控系统主要具有以下几个作用：

(1) 以车辆监控系统为核心，组成货物运输车队的遥控指挥系统，监控中心根据每辆车的实时位置与货物的起始点对车辆的行驶路径进行综合规划，从而提高车辆利用率，降低成本，最大限度地减少车辆在路上的时间，提高道路利用率。

(2) 以车辆监控系统为核心，进行适当地改造，实时地将道路堵塞情况通知给移动车辆，使系统内的用户能及时调整最佳运行路线，为城市内各条道路的交通流量实现自动调节，从而达到提高道路通行能力的目的。

(3) 车辆监控系统可以使监控范围内发生事故的车辆及时得到抢救，并通知相关部门以最快的速度排除道路故障，使交通秩序由事故引起的混乱时间尽可能缩短。

衡量 GPS 车辆监控系统的优劣，首先要考虑系统的实用性、可靠性以及工程的实际造价等。其次，还应该主要考虑系统实时性能、报警反应时间、系统容量、监控范围等性能指标。此外，电子地图与车辆行驶轨迹的吻合程度也是衡量 GPS 车辆监控系统的优劣的一个标准。

GPS 的应用领域中，车辆应用所占的比重最大，约占总数的 50%，其中 GPS 车辆监控系统在 GPS 车辆应用系统的一个重要部分。中国 GPS 车辆监控系统的应用，走过了起伏而缓慢的发展道路，经历了几起几落的艰难历程。现在中国 GPS 车辆监控已经发展到了关键时刻。随着无线通信技术的不断发展，车辆监控系统中的通信问题基本得到了解决。在 2000 年底，全国累计有近 300 个左右的车辆监控网络，入网车辆达五六万辆。如果把特种车辆的应用扩展到私家车辆和公众车辆的应用，特别是运输车辆的应用，则在未来的几年之内，入网车辆将大幅度增加，每年的相关产值将达到 7-10 亿元<sup>[5]</sup>。

总之，随着新技术的不断出现、GPS 车辆监控系统的性能将不断提高，其应用范围也将越来越广泛。

### 1.3 课题的研究意义与论文的内容安排

目前，GPS 车辆监控系统已经备受关注，但是在国内的应用还不够广泛。车辆监控系统采用的通信网络主要有公用无线通信网和专用无线通信网两大类。目前国内的 GPS 车辆监控系统主要采用公用无线通信网络（例如 GSM、GPRS 等）进行数据传输，这就需要向移动通信运营商支付大量的通信费用，而普通用户很难接受如此昂贵的费用，同时，使用公用无线通信网络的车辆监控系统的业务发展受到公用网络所提供业务类型的限制。采用专用无线通信网络的车辆监控系统的监控范围和用户容量一般较小，很难满足用户需求。因此，GPS 车辆监控系统的推广受到了很大阻碍。

本文介绍的基于 GPS 的车联网监控系统将使用专用无线通信网与公用 Internet 网相结合的方式来实现车辆状态信息的传送，它利用专用无线网络进行数据传输，不再需要向移动通信运营商支付巨额通信费用。同时可以用 Internet 连接各个监控中心，以扩大监控范围，增加用户容量，解决了专用无线通信网络覆盖面积小和系统容量小的问题。

本文内容共分为六章，

第一章，《前言》，简要介绍智能交通系统和车辆监控系统的概念以及在国内外的发展应用状况。

第二章，《全球定位系统》，主要介绍全定位系统的构成和工作原理。

第三章，《GPS 车辆监控系统中的通信网络》，主要介绍目前可以应用于车辆监控系统的通信网络的种类和各自的特点。

第四章《基于 GPS 的车联网监控系统的通信网络》，主要介绍基于 GPS 的车联网监控系统的通信网络的构成。

第五章《基于 GPS 的车联网监控系统的实现》，主要介绍基于 GPS 的车联网监控系统软硬件结构。

第六章《车辆监控系统的展望》，介绍新技术在新的车辆监控系统的应用。

## 第二章 全球定位系统

自从赫兹证明了麦克斯韦的电磁波辐射理论以后，人们便开始了对无线电导航定位系统研究。无线电导航定位系统是根据无线电波的传播特性，利用接收机测定在地面上的方位、距离、距离差等参数，确定测量点的位置，以完成对船舶、车辆、飞机等运载体的定位和导航的系统<sup>[6]</sup>。

早期的无线电导航系统都是由建立在地面或地面载体上的发射台和用户接收机组成，称为地面无线电导航系统或者陆基无线电导航系统。无线电测向系统（Radio Direction Finding）是最早的无线电导航系统，它通过接收机测定信标电台的方位，来确定测量点的位置。无线电信标电台工作于中频或低频段，在海上的作用距离为 50-200 海里，定位误差为几海里。台卡（Decca）、罗兰 C（Loran-C）、欧米伽（Omega）以及雷达（Radar）都是双曲线陆基无线电导航系统，它们必须接收到三个或三个以上的地面发射台才能定位。台卡和罗兰 C 都工作在低频段，前者发射连续波，由于受天波干扰，有效作用距离为 100-200km，定位误差为几百米。后者发射脉冲调制信号，作用距离可达 1200 海里，定位精度为 300-1000m。欧米伽共有 8 个发射台分布于全球，发射 10-14kHz 的甚低频无线电波，该频段的无线电波传播损耗小，系统覆盖区接近全球，但是甚低频电波传播受电离层变化的影响较大，定位误差通常在 1 海里以上。

由此可见陆基无线电导航系统作用距离或者定位精度难以提高，只能满足小部分用户的需求。

1957 年，原苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星，标志着人类已经进入了空间时代<sup>[6]</sup>。1958 年美国海军武器试验室委托霍普金斯大学应用物理研究室研制美国海军导航卫星系统（Navy Navigation Satellite System, NNSS）。该系统于 1964 年研制成功并交付使用。卫星导航具有无线电波传播不受地面的影响，可进行全球定位，定位精度高等优点。原苏联于 70 年代也建成了类似于 NNSS 的奇卡达（Tsikada）卫星导航系统。这类卫星导航系统与陆基无线电导航系统相比具有全球全天候、定位精度较高等优点，但是由于卫星高度低、卫星数目少（仅 6 颗），系统存在定位不连续、实时性差的缺点，此外定位信息为二维，缺少高度，卫星轨道容易产生摄动，限制了定位精度的进一步提高。因此这种卫星导航系统逐渐不能满足许多用户对定位的要求。全球定位系统（Global Positioning System, GPS）就在这种情况下产生了。

1973 年 12 月，美国国防部批准海陆空三军及其他机构组成联合计划局，研制新型卫星导航系统——NAVSTAR GPS（Navigation Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System），即通常所说的“GPS”或者“全球卫星定位系统”。GPS 被美国列为重点空间计划之一，成为继阿波罗登月计划、航天飞机计划之后的第三项庞大的空间计划<sup>[1]</sup>。GPS 系统经过漫长的方案论证、工程研制、生产作业等三个研制阶段，于 1994 年 3 月 10 日全面运行。GPS 卫星运行高度为 20183km，轨道倾角为 55°，运行周期接近 12 小时。它不仅能在全球范围内向用户提供 4 颗卫星以上的信号从而实行高精度的三维位置测定，还能实时测定运载体的三维速度，并能够提供高精度的授时服务。

## 2.1 全球定位系统的组成

全球定位系统由三大部分组成：空间卫星部分——GPS 卫星星座；地面控制部分——地面监控系统；用户设备部分——GPS 信号接收机。

### 2.1.1 空间卫星部分

GPS 的空间卫星星座是由 24 颗卫星组成，其中 21 颗工作卫星，3 颗备用卫星。这 24 颗卫星均匀分布在 6 个倾角为 55° 的地心轨道上。GPS 卫星由收发设备、操作系统、太阳能电池、原子钟、推动系统以及各种辅助设备组成。卫星的运行周期为半个恒星日，即 11 小时 58 分。卫星运行高度为 20183km。因此，同一观测站上，每天出现的卫星分布图形相同，只是每天提前大约 4 分钟。地面观测者见到地平面上的卫星数目随时间和地点不同而不同。

为了测量卫星至接收机的伪距，GPS 卫星发射三种伪随机码信号，即 C/A 码、P 码、和 Y 码。它们分别调制在两个载频上发射。C/A 码——粗测/捕获码，为民间用户提供标准定位服务 (SPS)，为了限制 C/A 码的定位精度，美国政府引入了选择可用性 (Selective Availability, SA) 政策，人为将误差引入卫星钟和导航电文，降低 GPS 定位精度；为了争夺 GPS 市场，美国于 2000 年 5 月 1 日取消了 SA 政策。P 码——精密码，为美国军方用户和特许的用户提供精密定位服务 (PPS)。为了严格限制非特许用户使用 P 码，并防止敌方发送虚假 P 码进行电子欺骗，美国在 1994 年 1 月 31 日在卫星上采取了反电子欺骗 (Anti-Spoofing, A-S) 的技术措施，将 P 码进一步加密编译成 Y 码。

### 2.1.2 地面控制部分

GPS 的地面控制部分的主要任务是维护卫星和维持其正常功能。主要功能包括：将卫星保持在正确的轨道位置；监视星载分系统的运行；监视卫星的太阳能电池；更新卫星的星历，以及在导航电文中其它指示量；判定卫星的异常；控制选择可用性 (SA) 和反电子欺骗 (A-S) 等。此外地面控制部分的另一重要作用是保持所有 GPS 卫星处于同一时间标准——GPS 时间。这就需要地面控制部分监测 GPS 卫星的时间，求出钟差，然后由注入站发给卫星。GPS 卫星再以导航电文的形式发送给用户设备。

地面控制部分包括 1 个主控站、3 个注入站和 5 个监测站。

主控站对地面监控部分实行全面控制，它的主要任务是收集各个监测站对 GPS 卫星的全部观测数据，利用这些数据计算每颗卫星的轨道和卫星钟的改正值。

监测站是无人值守的数据采集中心，安装有精密的铯原子钟和能够连续测量所有可见卫星伪距的接收机，对卫星进行常年观测，并采集电离层数据和气象数据。

注入站的主要任务是在每颗卫星运行至其上空时把导航数据以及主控站的指令注入到卫星。这种注入对每颗 GPS 卫星每天进行一次或两次注入，并在卫星离开注入站作用范围之前进行最后的注入。

### 2.1.3 用户设备部分

GPS 用户设备部分通常称作 GPS 接收机，它处理来自卫星的 L 波段信号以确定用户的位置、速度和时间等信息。对 GPS 接收机的要求是能迅速捕获到按一定卫星截至高度角所选择的待测卫星信号，并跟踪这些卫星的运行，对所接收的卫星信号进行放大、变换和处理，以便测定出 GPS 信号从卫星到接收天线的传播时间，解译出 GPS 卫星所发送的导航电文，实时地计算出三维位置、三维速度和时间等所需数据。

GPS 接收机可以分为天线单元和接收单元两大部分。天线单元由接收天线和前置放大器两部分组成。接收天线大多采用全向天线，可接收来自任何方向的 GPS 信号，并将电磁波能量转化为变化规律相同的电流信号。前置放大器可将极微弱的 GPS 电流信号予以放大。接收单元的核心部件是信号通道和微处理器。信号通道主要有平方型和相关型两种形式，所具有的信号通道数目不等。利用多个通道同时对多个卫星进行观测，实现快速定位。接收机所采集的定位数据存储在存储器中，以供后续处理之用。微处理器具有各种数据处理软件，能选择合适的卫星进行测量，以获得最佳的几个图形；能根据观测值和卫星的星历进行计算，求得所需定位信息。

软件也是 GPS 接收机的重要组成部分，软件包括内置软件和应用软件两部分。内置软件控制接收机信号通道，按时序对各卫星信号进行测量和处理；控制微处理器自动操作，以及与外设接口。这类软件已经和接收机融为一体，一般固化在 GPS 接收机的存储器中。应用软件主要指对观测数据进行后续处理的一些软件，要求功能齐全，能够改善位置、速度和时间精度，提高作业效率，方便用户使用，满足用户的多方面要求，开拓新的应用领域。软件的质量与功能已经成为反映 GPS 接收机的一个重要指标。

## 2.2 全球定位系统的原理

全球定位系统能够为全球用户提供高精度的位置、速度和时间等信息，现在简要介绍其定位原理、测速原理和授时原理。

### 2.2.1 GPS 定位原理

GPS 定位按照测量方法主要有伪距测量法、多普勒测量法、载波相位测量法和干涉法四种，其中伪距测量法简单易行，应用较为广泛，在此只介绍伪距测量法的原理。

通过测定卫星与用户之间的距离来确定用户位置的方法，称为卫星测距定位法。用户接收机接收卫星信号，测定卫星至用户的传播时间，从而确定卫星至用户的距离的方法，称为卫星无源测距。

距离和电波传播延迟时间的关系如下：

$$R = c \times T \quad (2.1)$$

其中式中  $c$  为光速， $T$  为电波传播延迟时间， $R$  为卫星至用户的距离。

根据卫星信号所含有的卫星的星历信息，可以求得每颗卫星在发射时刻的位置，从而确

定用户的位置在以卫星为球心, 以  $R$  为半径的球面上。用同样的方法, 测定用户至三颗卫星的距离, 可以确定用户在空间的位置, 即三个球面的交点。如果测量点在地面上, 则只需要测量二维位置, 故只需测定用户至两颗卫星的距离就可以测定用户的位置。

卫星无源测距定位原理简单。但是要测定用户至卫星的距离, 就要测量卫星至用户的电波传播延迟时间, 为此用户时间必须和卫星钟时间保持准确的同步。这就需要卫星和用户同时配备精确的原子钟。由于原子钟非常昂贵, 一般用户是不可能配用原子钟的。因此卫星无源测距定位只能用于地面站测控卫星或某些特种用户。

由于普通用户不能配备原子钟, 用户接收设备测量得到的用户至卫星的距离就包含了由卫星钟和用户钟的钟差引入的误差。称这种含有钟差误差的测量距离为“伪距”。

测点  $P$  至第  $i$  颗卫星  $S_i$  的伪距  $PR_i$  可由下式确定:

$$PR_i = R_i + c\Delta t_{Ai} + c(\Delta t_u - \Delta t_{si}) \quad (2.2)$$

其中:  $i = 1, 2, 3, 4$ ;

$R_i$  ——第  $i$  颗卫星至观测点的真实距离;

$c$  ——光速;

$\Delta t_{Ai}$  ——第  $i$  颗卫星电波传播延迟误差和其他误差;

$\Delta t_u$  ——用户钟相对于 GPS 系统时的偏差;

$\Delta t_{si}$  ——第  $i$  颗卫星的卫星钟相对于 GPS 系统时的偏差

设卫星  $S_i$  和测点  $P$  在地心直角坐标系中的位置分别为  $(X_{si}, Y_{si}, Z_{si})$  和  $(X, Y, Z)$ , 则

$$R_i = \sqrt{(X_{si} - X)^2 + (Y_{si} - Y)^2 + (Z_{si} - Z)^2} \quad (2.3)$$

将 (2.3) 式代入 (2.2) 式得到:

$$PR_i = \sqrt{(X_{si} - X)^2 + (Y_{si} - Y)^2 + (Z_{si} - Z)^2} + c\Delta t_{Ai} + c(\Delta t_u - \Delta t_{si}) \quad (2.4)$$

在 (2.4) 式中, 卫星位置  $(X_{si}, Y_{si}, Z_{si})$  和卫星钟偏差  $\Delta t_{si}$  到包含在导航电文中, 可以通过解调卫星电文并通过计算获得; 电波传播延迟误差  $\Delta t_{Ai}$  用双频测量法修正, 或者利用卫星电文所提供的校正参数根据电波传播模型估算得到。伪距  $PR_i$  由接收机测定。

这样在 (2.4) 式中观测点位置  $(X, Y, Z)$  和钟差  $\Delta t_u$  为方程中的 4 个未知数, 需要通过求解方程组获得。所以 GPS 接收机只要获得 4 颗卫星的伪距, 就可能得到 4 个方程, 才能求解所有未知数。这也就是为什么必须至少观测到 4 颗卫星才能进行三维坐标定位的原因。对于陆上或者海上用户来说, 如果知道天线的高度, 则只需要测量用户至 3 颗卫星的伪距就可以确定二维位置和用户钟相对于 GPS 系统时的偏差。

差分 GPS (Differential GPS, DGPS) 可以进一步提高定位的精度。差分 GPS 的原理是把高精度的 GPS 接收机安装在已知准确位置的基准站上, 通过 GPS 测定位置与基准站实际位置可以求得伪距测量误差, 基准站将此误差作为校正值, 向周围空间发送, 附近的 GPS 接收机接受到此校正信号后, 可以通过它修正自身的 GPS 测量值, 从而提高定位精度。

### 2.2.2 GPS 测速原理

按照类似于求解用户位置和钟差的方程式 (2.4)，可以列出 4 颗卫星距离变化率方程。根据已经测定的伪距和解得的用户位置，通过对卫星信号的多普勒频移的测量，可以求得用户的三维速度和钟差的变化率。

将伪距方程变化为距离变化方程：

$$\dot{PR}_i = \frac{(X_{si} - X)(\dot{X}_{si} - \dot{X}) + (Y_{si} - Y)(\dot{Y}_{si} - \dot{Y}) + (Z_{si} - Z)(\dot{Z}_{si} - \dot{Z})}{\sqrt{(X_{si} - X)^2 + (Y_{si} - Y)^2 + (Z_{si} - Z)^2}} + c \Delta t_{Ai} + c(\Delta t_u - \Delta t_{si}) \quad (2.5)$$

$i=1,2,3,4$

其中：

$\dot{PR}_i$  ——伪距变化率，由多普勒测量获得；

$(X_{si}, Y_{si}, Z_{si})$  ——第  $i$  颗卫星位置坐标；

$(\dot{X}_{si}, \dot{Y}_{si}, \dot{Z}_{si})$  ——第  $i$  颗卫星运动速度；

$(X, Y, Z)$  ——用户位置，由定位获得；

$(\dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z})$  ——用户速度，为未知数；

$\dot{\Delta t}_u$  ——用户钟差变化率；

$\dot{\Delta t}_{Ai}$  ——第  $i$  颗卫星传播延迟误差变化率，由导航电文得知；

$\dot{\Delta t}_{si}$  ——卫星钟钟差变化率，因为测量时间短， $\dot{\Delta t}_{si} \approx 0$ 。

### 2.2.3 GPS 授时原理

GPS 授时具有精度高，方法简便，可在全球连续、实时进行等优点，GPS 授时原理可以分为单站法和共视法两种

如果授时用户的位置已知，卫星位置可以通过 GPS 接收机所获得的卫星导航电文求得，因此可以计算卫星到用户接收机之间的距离，从而，可以计算出卫星发射信号的电波传播延迟。另外，由导航电文可以获得信号发射时刻的卫星钟时间，把发射信号的时刻的卫星钟时间加上电波传播延迟，就可以确定在接收时刻的卫星钟时间。用导航电文中的卫星钟修正参数，根据接收机中的卫星钟的修正模型，对上述卫星钟时间进行修正。修正后的卫星钟时间就是 GPS 系统时间。因为 GPS 卫星昼夜向全球发射信号，卫星钟时间都同步 GPS 系统时间，

所以分散在全球的用户都可以将它们的时间同步到 GPS 系统时间上。由于用户位置已知，授时接收设备不需要求解位置。授时用户是无源的，用户不发射信号，只需要接收一颗卫星的信号。

如果用户的位置未知，只要 GPS 接收机能够同时接收到 4 颗的卫星的信号，可以根据方程式 (2.4) 组成的方程组，求出用户钟的钟差  $\Delta t_u$  和位置 (X, Y, Z)。用此进行时间传递，用户不需要预先知道测量点的位置，在运载体上的 GPS 接收机可以取得精密时间。

在 GPS 导航电文中还包含 GPS 时间和 UTC 时间之间的偏差数据。因此用户钟的时间可以自动同步到 UTC 时间上。

共视法时间传递是在地理坐标确定的两地设置时间传递系统设备，在两地同时接收同一卫星的信号，取得本地钟对于卫星钟的钟差。再将两地所得钟差相减，就可两地钟的钟差。

共视法时间传递能够基本消除 GPS 时间因 SA 引入的误差、星历误差、电离层和对流层引入的误差。这是因为在两地距离不大的情况下，这些误差值基本上是相同或相干的，通过两地钟差相减，可以消除大部分误差，从而提高了时间传递精度。

### 2.3 全球定位系统的应用

GPS 对人类活动的影响极大，应用价值极高。它从根本上解决人类在地球上的导航和定位问题，可以满足各种不同用户的需要。虽然最初 GPS 卫星定位系统是为军事用途而设计，但其精密的全球定位、简便的观测、优异的实时性、丰富的功能、良好的抗干扰性能、极强的保密性等特点，使其获得了广泛的应用。近年来，对 GPS 卫星的应用开发表明，用 GPS 信号可以进行海陆空导航、导弹制导、精密定位、工程测量、设备安装、大地测量、速度测量等。GPS 的应用主要分为两种类型，一种为单机应用，即采用独立的接收机做单点静态或动态定位测量，另一种则以 GPS 接收机配合中心控制站，辅以无线数据通讯设备，实时进行数据交换，构成 GPS 应用系统。对舰船而言，它能在海上协同作战、海洋交通管制、石油勘探、海洋捕鱼、管道铺设、暗礁定位、海港领航等方面做出贡献；对飞机而言，它可在飞机起飞、中途导航、着陆、空中会合、空中加油和武器投掷、空中交通管制等方面进行服务；在陆地上可以用于各种车辆、坦克、陆军部队等的定位，还可用于大地测量、野外考察、勘探定位，甚至深入到每个人的生活之中；在空间技术方面，可以用于弹道导弹制导、空间飞行器的导航定位等。对 GPS 技术的研究和对 GPS 信息资源的开发也给地学研究和应用提供了一种崭新的观测手段，并能进行快速的大地定位和布设大地网。有些学者指出，随着 GPS 系统的问世，将导致测绘行业、导航领域一场深刻的技术革命。

据统计目前 GPS 的全球用户数量已经超过 1000 万，相关产品和服务市场正在迅速扩大，GPS 已经发展成为一个重要产业。据权威部门估计，2005 年 GPS 的全球市场达到了 150 亿美元<sup>[5]</sup>。全球定位系统产业的发展已经带起一个潜力巨大、竞争激烈的新兴市场。随着用户需求的明确以及技术的逐步完善，中国的卫星定位导航应用日趋成熟，已经进入应用行业的高速发展时期。中国的卫星定位导航产品与服务一直呈现出强劲的增长势头，据估计中国的 GPS 应用市

场的总产值将超过100亿元，导航定位运营服务产值将超过30亿元。由于GPS技术的民用化在国内也仅是从20世纪90年代才正式开始，再加上国内技术的滞后，目前国内普遍应用的是美、日等国产品。因此，加强GPS原理以及应用方面的研究，迅速推出适合国情的GPS产品，具有巨大的社会效益和经济效益。

### 第三章 GPS 车辆监控系统中的通信网络

在 GPS 车辆监控系统中，车载移动台中的 GPS 接收机能够时刻接收来自 GPS 卫星的信号，从而解算出其位置、速度等信息。而监控中心本身并不能获取各车载移动台的具体位置、速度等信息。然而系统要实现对车辆的监控，各个车载移动台就必须把车辆位置等信息传递至监控中心，所以车载移动台与监控中心的通信必不可少。由于车辆监控系统的特殊性，无线通信是唯一的通信方式。

目前，应用于 GPS 车辆监控系统的通信方式主要可分为专用无线通信网络和公用无线通信网络两大类。

专用无线通信网络就是在给定业务范围内，为部门、行业、集团服务的专用移动通信系统，典型的如生产调度系统。集群移动通信系统是专用移动通信系统高层次发展的形式。为车辆监控定位系统建设的专用无线通信网，有自己的交换中心、基地台及监控平台等。一般来说专用无线通信网的组网费用较高、覆盖面积有限，但它更改灵活、抗毁能力强且具有移动性，适合用于抗洪救灾指挥系统、军事作战指挥系统等专用性较强的领域。

公用无线通信网络不是服务于特定部门和行业的通信系统，而是服务于公众通信系统。过去的第一代公众移动通信网络、目前我国使用第二代公众移动通信网络、未来的第三代移动通信网络等都是公用无线通信网络。这类网络通常有移动通信运营商建设和管理，采用公用无线通信网络建立车辆监控系统，不需要单独建设和管理通信网络，而且具有网络容量和覆盖面积大的优点。但是必须依靠无线运营商提供的服务进行设计，且需要支付昂贵的通信费用。

在目前的 GPS 车辆监控系统中，常见的无线寻呼网、集群通信网、卫星通信网、蜂窝通信网等都可以为车辆监控系统提供无线通信链路。

#### 3.1 无线寻呼通信网

无线电寻呼系统(Radio Paging system)简称为无线寻呼系统或者寻呼系统。无线电寻呼的传统业务是通过公用电话网和无线电寻呼系统来实现主叫用户向寻呼机持有者单向传递简单信息。无线电寻呼系统曾经在我国得到迅猛的发展，寻呼范围已经不仅局限于一个城市，可以进行全省和全国的漫游寻呼。但是传统的寻呼系统是单工单向的，有很大的局限性，不适合应用于 GPS 车辆监控系统。近年来，传统寻呼受到蜂窝系统新业务的影响不断增大，使寻呼业的进一步发展受到了很大的阻碍。

传统单向寻呼存在频率利用率低、系统容量小、传输速率不高，难以开展灵活多样的增值服务的缺点。如何克服这些缺点成为寻呼业务亟待解决的问题。于是高速寻呼、双向寻呼相继出现。

高速寻呼用新的编码技术替代以前广泛使用的 Pocsag 编码，使编码速率得到大幅提高。高速寻呼在单位时间内、单频点上发送的信息量的增加，使寻呼系统能够容纳的用户数量大

幅度增加。ERMS、FLEX 和 APOC 等都是较为成熟的常用的高速寻呼编码方案。

双向寻呼就是寻呼机不仅能够接收来自控制中心的信号，而且还可以向控制中心发送各种有用的信号，这种信号包括识别码、各种简单信息、预制信息以及其他有用信息等。即双向寻呼系统是在单向寻呼系统的下行信道基础上增加了一个上行信道传送应答信息。利用该系统，可以实现寻呼机自动定位、寻呼机与控制中心的信息交换，甚至是寻呼机间的信息交换。双向寻呼在增加了大量的双向寻呼信息的发送和接收后，必然导致网络信息量的剧烈增加，单频点用户容量降低，必须增加新的频点。

双向寻呼技术的出现，给传统的寻呼系统带来了希望。GPS 车辆监控系统的车载终端就可以通过双向寻呼网络与监控中心进行信息交换，实现对车辆的监控。

双向寻呼系统能够漫游联网，这就是寻呼网络的覆盖面积大大增加，但是 GPS 车辆监控系统如果使用双向寻呼网络提供的通信服务，就要支付大量的通信费用。况且无线寻呼系统的实时性也不太令人满意。故目前很少见到使用无线寻呼网络的 GPS 车辆监控系统。

## 3.2 集群移动通信网

集群移动通信系统(Trunked Mobile Radio System)是目前常见的专用无线通信方式，其基本思想是让基站有多个公用信道，其中有用于控制与管理的控制信道。移动交换中心可以通过控制信道对公用信道及业务实行统一规划与集中管理，达到使用户共用多信道、共用覆盖区、共享通信业务、降低费用的目的。

### 3.2.1 集群通信系统的基本概念

集群通信系统是专用调度通信系统。集群就是频率共用的意思，其特点是资源共享，即许多移动用户动态地共用少数无线信道。集群系统中一个基站有多个共用信道，受集群控制中心控制。通常，基站共有多部收、发信机提供多个信道，其中一个为控制信道，用于信令的传递，为用户选择空闲信道，完成接续任务。移动台总是在收状态，处在控制信道上等候，当用户开启移动台希望与其它移动台通信时，集群系统在有空闲信道的情况下，立即为该用户分配某一通信信道，移动台就转入指定的空闲信道进行通话。通信一旦结束，被使用的信道立即释放并给他人继续使用。这种频率的动态分配有效地汇聚所有信道的可用时间，从而为每个用户提供了最大的可用通信时间，并将信道的阻塞减至最小。由于集群系统内所有信道均被占用的概率要远远小于单个信道忙的概率，因而用户台通话排队或受阻的概率大大降低，使集群系统的话务量大大提高，从而提高了系统容量。另一方面从信道利用的角度来讲，它大大提高了信道的利用率，缓解了频率资源紧张的问题。

### 3.2.2 集群通信系统的分类

集群通信体制利用多信道共用技术，与公用移动通信网不同，没有统一的国际标准，不同的系统使用不同的控制方式和信令标准，具有不同的实现方法。集群移动通信系统具有以

下几种分类方法<sup>[7]</sup>。

按通话占用信道方式可以分为信息集群和传输集群系统。在信息集群中，用户通话占用一次信道完成整个通信过程。而在传输集群系统中，一个完整的通话要分几次在不同的信道上才能完成。

按控制方式可以分为集中控制式和分布控制式。集中控制式是指由一个智能控制终端统一管理系统的话务信道的方式；分布控制式是指每一信道都有单独的智能控制终端的管理方式。

按信令方式可以分为共路信令方式和随路信令方式。共路信令是设定一个专门控制信道传送信令；随路信令方式是在一个信道中同时传送话音和信令，不单独占用信道。

按信令占有信道方式可以分为固定式和搜寻式。在固定式系统中，起呼占用固定信道；而搜索式系统中起呼占用信道随机变化，需要不断搜索信道。

按呼叫处理方式可以分为损失制系统和等待制系统。在损失制系统中，当话音信道被全部占用时，呼叫被示忙，要通话需要重新呼叫，信道利用率低；在等待制系统中信道被全部占用时，对新申请者采用排队方式处理，不必重新申请，信道利用率高。

### 3.2.3 集群通信系统的特点

集群通信系统是一种高级专业指挥调度系统，所以它在使用、用户入网、系统维护管理及多区联网上具有较齐全的功能，且操作方便，运行可靠，组网灵活等。

集群通信系统具有如下特点：

- (1) 可以实现话音通信、保密语音通信，数据及状态信息传输；
- (2) 多种呼叫接续方式和呼叫类型。
- (3) 可设置入网功能，如遇忙排队、紧急呼叫优先、遥毙某移动台等。
- (4) 系统维护管理功能全，如通话记录并计费、参数设置、无人值守、收发机遇故障或干扰自行关闭直到故障消除、多区联网等。

利用集群移动通信系统组建的 GPS 车辆监控系统有如下优点：

- (1) 集群系统话务量的能力比常规系统高，系统容量较大；多样化的呼叫方式如群呼，组呼等加强了控制中心对车辆的调度能力。
- (2) 集群系统中即使系统中某一信道机出现故障，也不影响整个系统的正常运行，系统可靠性高。
- (3) 集群系统具有一定的通信保密性。

基于集群系统的车辆监控系统也有如下缺点：由于集群系统属于专用移动通信网，一般由某一单位组建，因此集群网的覆盖范围一般不大，容量也不可能太大，这就限制了车辆监控的范围，不能满足大范围车辆监控系统的需要。而且由于集群系统一般采用大区制，通信受多径干扰以及通信盲区的问题依然不能改善，数据通信质量较差。此外，构建集群通信系统费用高。

### 3.3 卫星移动通信网

随着 21 世纪的到来, 卫星通信将进入个人通信时代。这个时代的特点就是卫星通信终端达到手持化, 个人通信实现全球化。所谓卫星通信是指利用人造地球卫星作为中继站转发或反射无线电波, 在两个或多个地球站之间进行的通信<sup>[8]</sup>。所谓卫星移动通信系统是指提供卫星移动业务的通信系统, 其典型特征是利用卫星作中继站向用户提供移动业务, 即利用卫星转接实现移动用户间、或移动用户与固定用户间的相互通信。

卫星移动通信具有覆盖范围大、通信距离远、组网灵活、通信费用基本与距离无关、不受地面现有设备的限制及受地形地物影响小等突出优点。但是卫星通信却存在费用高, 延迟大等缺点。

利用卫星通信网组建 GPS 车辆监控系统在发达国家已经开始应用。目前比较合适车辆监控系统的卫星通信系统是 Inmarsat 卫星系统。Inmarsat 系统是世界上第一个提供全球性卫星移动业务的通信系统, 其用户接收、发射系统已将 GPS 信息包括在其中, 为移动目标定位打下了基础。以美国 Trimble 公司的 Galaxy Inmarsat-C/GPS 系统为例, 其有专门的适合陆地移动通信的 TNL7002 型接收设备, 可方便地完成数据采集和传输任务。其性能如下:

(1) 存储和发送信息: 在陆地地球站和任何用户之间通过信息交换数据网、电传、和电子邮件进行双向信息传输。

(2) GPS 导航接收机: 可提供用户的位置和时间信息, 由 NEMA-0813 标准数据接口输出, 并在遇难信息缓冲器内存放。

(3) 终端设备定时询问: 无操作人员, 可在远距离对位置和数据的询问自动响应。由定时询问和定时报告就可以得到连续的高精度 GPS 位置、速度和航路信息。

(4) 综合监视: Galaxy 提供了连续的失败——安全监视电路, 内部性能鉴定和自动运行测试装置。

(5) 增强的群呼能力: 借助安全措施网可满足国际海事组织的全球海难和安全系统 (GMDSS) 的要求。

(6) 用户联络: 用户可利用网络服务功能, 靠广播信息对多船进行寻址。

针对 Inmarsat-C/GPS 系统强大的通信能力和完善的 GPS 信息获取能力, 利用 Inmarsat 卫星进行端到端的双向通信建立时间为 30s, 其发送格式为非打包格式, 可有效地保证数据传输的准确性和实时性。

卫星移动通信可满足远距离、高可靠性、大范围的联络, 所以卫星移动通信适应于车辆监控系统。但高昂的卫星移动通信终端价格及通信使用费大大的限制了它的使用范围, 在我国限于经济等方面的原因, 除非是特殊的场合, 一般的车辆监控系统不用卫星移动通信的方式。

### 3.4 蜂窝移动通信网

蜂窝系统的概念和理论是美国贝尔实验室于 20 世纪 60 年代末提出的, 所依据的就是电波传播损耗与传播距离的四次方成比例这一客观事实。无线电频谱资源十分有限, 移动通信

的频段也就更有限。在工作频段受限的情况下，在相距一定距离的地方实现频率复用，并以此构造成一个个无线覆盖小区，彼此相互无缝隙邻接，恰似蜂窝一样的移动通信覆盖区域，虽然频谱资源受限，理论上，这种移动通信网可以覆盖全世界<sup>[10]</sup>。蜂窝移动通信网络是一个高容量的陆上移动通信系统，分配给系统中的频谱被划分为独立的信道，信道按组分配给各个覆盖了一个蜂窝地理服务区的小区。独立的信道组能够被服务区内的不同小区复用。

因此，第一代移动通信的模拟网络，第二代移动通信的数字网络，还有第三代移动通信的 CDMA 网络都是蜂窝移动通信网络。由于当前我国使用的蜂窝移动通信网主要是第二代移动通信 GSM 数字蜂窝通信系统，故在此仅介绍 GSM 网络在 GPS 车辆监控系统中的应用。GSM 网络由国家电信部门统一经营，它能够向用户提供话音、数据等业务。如果选择使用 GSM 网络来为车辆监控系统提供无线通信链路，那就必须接受电信部门的管理，选择 GSM 网络的提供的业务来完成通信，而不能随心所欲地定义自己的通信方式。目前 GSM 网络中主要有三种业务能够为车辆监控系统提供无线通信服务，它们是话音业务、短消息业务和数据业务。

### 3.4.1 利用话音业务传输定位数据

话音业务是 GSM 网络提供的最基本的业务，利用话音业务为车辆监控系统提供无线通信链路是指利用 GSM 网络的话音信道传输 GPS 定位数据，这就跟用普通电话线传输数据基本一样，因此必须在收发两端加上调制解调器 Modem。发送端在发送数据前必须先用 Modem 将数字信号调制成为音频信号，然后才能送到话音通道上，接收端必须将接收到的音频信道通过 Modem 解调成数字信号。使用话音业务传输定位信息，在传输前必须通过拨号建立连接。而且一旦建立连接便开始计费。目前 GSM 网络最小计费时间单位是 1 分钟，GPS 每次的定位数据不到 20 字节，若按 9600 bps 的速率传输，传输一次 GPS 位置信息的时间话不超过 0.02s，但是却按 1 分钟计费。用这样的方式传输 GPS 定位信息费用昂贵。若把一段时间的位置信息存储起来，当调度中心需要时一起打包发送到中心站是可以降低通信费用的，但是却降低了监控系统的实时性。利用话音业务为监控系统提供无线通信服务的优点是在 GSM 网覆盖的范围内均可使用，缺点是在数据传输之前需要先拨号，呼叫建立时间较长，时延大，一般为 10s 左右，而且通信费用与移动电话费相同，费用太高。因此这种方式很少被采用。

### 3.4.2 利用短消息业务传输定位数据

短消息业务(Short Message Service, SMS)是 GSM 网的一项增值业务，它通过 GSM 网络的控制信道传输数据，不用拨号建立连接，直接把要发送的信息内容和信息目的地址发送至短消息服务中心，再由短消息服务中心转发给最终目的地。

SMS 是利用控制信道来传输数据的，速度不可能太高，因为控制信道的传输速率有限，且还要传输网络控制信息。短消息的长度限制在 140 字节，这就决定了传输的数据不能太长，它适用于信息量少而通信频繁的系统应用。这样来看，将 SMS 用于车辆监控系，还是比较适合的，采用采用短消息业务的与采用语音业务的车辆监控系统相比，有以下优点：

- 信道建立时间较短, 数据传输速率较快;  
(2)不占用话音信道, 通话时不影响数据传输;  
(3)由于不占用话音通道, 通信费用相对较低;

正因为如此, 目前大多数 GPS 车辆监控系统都是采用短消息业务来传输 GPS 定位数据。但是短消息业务并不是车辆监控系统的最佳选择。短消息的实时性不够理想, 且消息容易丢失。在 GSM 网络负载较小的时候短消息传送相对比较及时, 但是随着 GSM 网络负载的增大, 短消息延迟加大, 甚至会出现丢失。我们都会遇到过发送的短消息, 需要几分钟后甚至是几个小时后才能收到, 甚至根本收不到的情况。目前, 短消息广播业务还未向普通用户开通, 因此不便于使用差分 GPS 技术。虽然短消息的费用看起来较低, 但是对于 GPS 车辆监控系统来说每天发送的短消息数量巨大, 综合费用还是太高。

### 3.4.3 利用数据业务传输定位数据

目前, GSM 网络能够提供的无线数据传输业务主要有电路交换数据业务 (Circuit Switched Data, CSD) 和通用分组无线业务 (General Packet Radio Service, GPRS)。

电路交换数据业务提供传输速率为 9.6kbps, 传输速率低, 且电路交换要占用专门的话路, 无论用户是否发送数据都占用此信道, 因此收费方式与话音业务相同。采用 CSD 业务传输 GPS 定位数据与采用话音业务一样存在传输速率低, 通信费用高的特点, 因此应用较少。

通用分组无线业务是在 GSM 的电路交换网络上增加了一个基于分组的无线接口来实现的, 其显著特点是提高了数据传输的速率, 最高可达 171.2kbps。GPS 车辆监控系如果采用 GPRS 业务进行定位数据传输, 比使用 GSM 的话音业务和短消息业务和电路交换数据业务的费用要低, 速度要快, 但是 GPRS 也并非没有缺点, 它传输过程中可能有部分数据丢失, 从而导致转接延迟。GPRS 占用的无线信道资源有专用静态分组数据业务信道与随机分组数据业务信道。由于目前语音业务优先于数据业务, GPRS 是利用 GSM 网络的空闲资源来提供服务的, 有的小区内没有保留专门的分组数据业务信道, 当话音业务繁忙时就会没有 GPRS 服务, 正在进行的 GPRS 业务也将停止。这样, 如果被监控车辆的 GPRS 服务中止, 则它将不能被监控, 如果监控中心的 GPRS 服务中断, 则整个车辆监控系统将发生瘫痪。此外, 使用 GPRS 的费用虽然比使用话音业务和短消息业务要低, 但是, 对普通用户而言还是不能接收。

总之, 采用蜂窝移动通信网来传输 GPS 定位数据车辆监控系统, 具有网络覆盖面积大等优点, 但是需要支付大量通信费用。

## 第四章 基于 GPS 的车联网监控系统的通信网络

在 GPS 车辆监控系统中移动通信网络作用极其重要，它关系着系统的性能以及造价。在基于 GPS 的车联网监控系统中采用了专用网络与公用网络相结合的通信网络，这样它既可以拥有专用通信网络的优点，又可以拥有公用通信网络的优点。采用该网络来为 GPS 车辆监控系统提供无线通信链路，既不需要支付大量的通信费用，又可以获得较大网络容量和覆盖面积。这里所讲的专用网络是常规的无线专用通信网络，而公用网络是指已经走进千家万户的 Internet。

常规无线专用通信网络的最大缺点就是网络容量和覆盖范围太小，而公用无线通信网络的最大缺点就是通信费用过高。因此在本文所介绍的车辆监控系统采用 Internet 连接多个无线专用通信网络，其原理如图 4.1 所示。这样，该系统就具有了专用网络和公用网络的优点。该系统不需要支付无线网络通信费用，其网络容量和覆盖范围却增大了，系统的实时性较好，而且便于扩展。

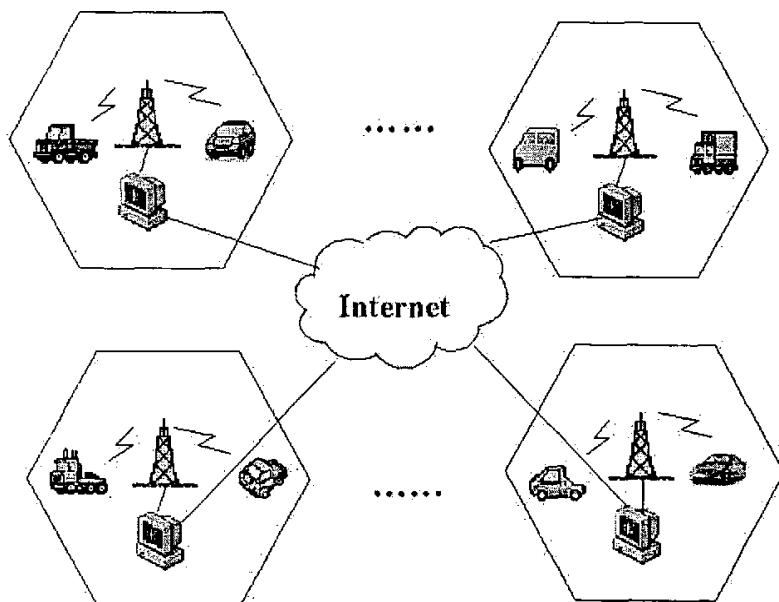


图 4.1 通信网络结构图

基于 GPS 的车联网监控系统是有多个局域监控子系统构成。一个局域监控子系统中有一个监控中心和多个车辆终端组成。基地台与监控计算机合称为监控中心。当一个小型城市需要建立一个车辆监控系统时，如果被监控车量不是太多，则可以采用一个基地台覆盖整个城区，构建一个局域监控系统，这样监控计算机就不需要接入 Internet。例如小型城市警车监控系统完全可以采用一个局域监控系统。这是因为在一个城市内的警车数量不会太多，也就是说系统对网络所容纳的用户数量要求不大；此外警车的巡逻范围为城区，这样对监控网

络的覆盖范围要求较低。故一个局域监控网络足以满足要求。当一个大型城市甚至是更大的地区需要建立车辆监控系统时，局域监控网络的系统容量和覆盖范围就不能满足要求，需要建立多个局域监控子系统，并通过 Internet 将各个监控中心连接起来，实现监控数据跨局域监控子系统传送。基于 GPS 的车联网监控系统可以根据需要来建立局域监控子系统，并不追求无缝覆盖。例如在物流车辆监控中，当车辆进入城区时，其行驶状态容易受到外界影响，需要对其进行监控；而当车辆离开城区进入高速公路时，其行驶比较平稳，通常不需要对其进行监控。这样我们就不需要在高速公路建立监控网络，而只需要在城区建设监控网络就可以满足要求了。

## 4.1 无线通信网络设计

在 GPS 车辆监控系统中，无线通信链路是联系监控中心和车载移动台的唯一途径，因此无线通信必不可少。车载移动台是可以运动的，因此这里所说的无线通信网络主要是指移动通信网络。

通信系统的性能指标可以从有效性、可靠性、适应性、标准性、经济性等多项指标来衡量。从信息传输的角度来说，其中最基本、最重要的性能指标有两个：通信的有效性和可靠性。有效性主要是指信息传输的“速度”问题，而可靠性主要是指信息传输的“质量”问题。对于数字信号系统，其有效性通常用信息传输速率来衡量。信息传输速率，定义为系统每秒钟传输的信息量，单位比特 / 秒。数字信号系统的可靠性是用差错率来衡量的。差错率可以用误码率来表示。无线通道中，存在多径衰落效应等多种影响因素；传输速率过高会导致误码率升高。因此有效性和可靠性的实现实际上两个相互矛盾的问题，通常只能依据实际要求取得相对的统一，或在满足一定可靠性指标下，尽量提高信息的传输速度；或在维持一定有效性下，使信息传输质量尽可能地提高。

为保证系统的监控和报警两大基本功能，通信网除满足基本的通信性能标准外，还特别地要满足以下两方面要求：一是所有车辆的定位信息都能及时送至监控中心并不断更新，以实现对车辆的实时跟踪，这称之为实时性。我们定义监控中心遍历系统内所有车载移动台的定位信息的最短时间为巡回检测周期，简称巡检周期。巡检周期可以用来衡量实时性的好坏。二是车载移动台报警触发后，报警信息能迅速传递至监控中心，即系统的警报快速反应能力。它是靠报警响应时间即车载台触发警报至中心站收到警报所需时间来衡量的。巡回检测周期和警报响应时间是衡量系统性能的两个关键指标。

经过多方面考虑，在基于 GPS 的车联网监控系统中的每个局域监控子系统的通信网络采用了常规无线通信网络。

### 4.1.1 无线通信网络的工作方式

无线通信网络的工作方式可以分为三类：单工、半双工和全工三种。单工是指通信双方使用同一频率的按键通信方式，通信双方设备交替地进行接收和发送，即发射时不能接收，接收时不能发射。半双工是指收发信机分别使用两个不同的频率按键通信的方式，通信双方

有一方使用双工方式，即收发信机同时工作且使用两个不同的频率，而另一方则采用双频单工的方式，即收发信机交替工作。双工是指通信双方收发信机均同时工作，即通信双方均可以在发送数据的同时接受数据<sup>[13]</sup>。

单工方式不需要天线共用装置，组网方便、设备简单、耗电小，造价低，但是容易造成强干扰。半双工方式设备简单、功耗较小、受邻台干扰小。双工方式功耗大、设备复杂、使用方便、抗干扰能力强。总之，各种方式都有其优缺点，采用哪种方式需要根据系统的具体条件而定。另外为了增加通信距离，可以设置中继站。

半双工方式具有设备简单，功耗较小，受邻台干扰小等特点，而基于 GPS 的车联网监控系统的局域监控子系统中的无线通信网络也要求投资少，组网简单，功耗小等，因此半双工电台可以满足系统要求，故系统了半双工电台。

在局域监控子系统移动台发出的呼叫只有基地台可以收到，而基地台发出的呼叫是广播式的，所有的移动台都可以收到，这有利于 GPS 差分信息的发送。由于基地台的天线可以架设的很高，因此通信范围较远，一般在地势起伏缓慢的地区通信距离可以达到 20-50Km 半径。系统中各移动台之间不能直接相互通信。

#### 4.1.2 无线通信网络的访问控制方式

在局域监控子系统的无线通信网络中有一个基地台和多个移动台，各移动台都要与基地台进行通信，传输定位信息。但是在这个无线系统中只使用了一个物理信道，如果有两个或两个以上的移动台同时使用这个信道发送信号，则信号之间就会发生干扰，所有信号都将不能被正确接收，信道堵塞也就发生了。在局域监控子系统中，基地台和各个车载移动台都要使用此信道，信息必将发生冲突和碰撞，如果没有合适的管理规则，整个通信网络必将陷入瘫痪。因此必须要有完善的管理方式，所以在此先确定无线通信网络的系统的访问控制方式。

在网络的访问控制方式中，主要有信道划分协议、随机访问协议和轮流协议三种方式。

信道划分协议是指通过频分复用（FDMA）或时分复用（TDMA）等方法为每个通信节点划分固定信道。每个节点使用各自的信道发送数据。这种方法可以有效地避免冲突和碰撞的发生。在局域监控子系统的通信网中只有一个频道可以使用，显然频分复用不适合该系统。时分复用将信道平均分配给基地台和所有的移动台，即使它们没有数据要发送也同样占有信道，信道利用率低，而且要求各发射台精确计时，严格同步并控制时间片的大小，实现难度较大。

随机访问协议是指各个节点在发送信息时，占用整个信道全速发送数据，如果发生冲突或碰撞，则发射台延迟一段随机时间后重新发送。随机访问协议种类很多，常见的有 ALOHA 协议和 CSMA（载波侦听多路访问）协议以及在它们的基础上改进的时隙 ALOHA、CSMA/CD 等协议。这种控制方式适合于负载不大的计算机网络，然而却不适合于这里的局域监控子系统。这是因为计算机网络中的各台计算机并不是在所有时刻都需要占用网络，它们几乎是随机使用网络总线，且各台计算机对总线使用情况也有很大差别，不适合预先分配信道的方式，而需要这种竞争的方式来获取通信时隙的办法来增大信道的利用率。然而局域监控子系统的无线通信网络不但负载大，而且同一个监控级别的移动台所发送的数据量几乎相等。若采用这种随即访问的控制方式，必将不断的产生冲突和碰撞，从而使整个通信网络陷入瘫痪。

轮流协议顾名思义指各个节点轮流使用通信信道。常用的轮流协议有轮询协议 (polling protocol) 和令牌传递协议 (token-passing protocol)。令牌传递协议中没有主节点，令牌在各个节点之间以某个固定次序传递，这显然不符合局域监控子系统的无线通信网络，因为它存在主节点——基地台，而且节点（移动台）间不能直接通信。轮询协议要求存在主节点，主节点以循环的方式轮询每个节点。轮询协议消除了困扰随机访问协议的冲突和碰撞，但是它引入了轮询时延。这种方式显然可以应用于局域监控子系统的无线通信网络。监控中心的基地台可以作为主节点，移动台作为普通节点。监控中心的基地台按照一定顺序与通信网内各个车载移动台轮流交换信息。所有的车载台都遍历过后，监控中心就通过基地台获得了所有车载移动台的位置、状态等信息，然后再开始重复下一轮查询。在一般工作情况下，基地台向其网络发送广播查询信息（信息内含有被查询车辆的编号），对特定车辆进行查询。车载移动台收到查询信息后，判别自己是否为被查询的对象，若是被查询对象，则立刻向基地台发送自己的定位信息及其他车况信息；否则不响应，继续等待接收下一次的查询信息。在正常工作情况下，这种轮询方式保证了单信道上任意时刻最多只有一个电台发射信号，避免了信息碰撞的发生，从而提供了可靠的信息传送。但是，监控中心的基地台为了获得一辆车的定位信息就必须发出一次查询信令。这种信令本身完全可能是不必要的，而且信令中还含同步码、校验码等冗余信息，因而大大降低了信道的利用率，延长了车辆巡检周期，使系统容量受到了很大限制，成为系统发展和性能提高的“瓶颈”。更为重要的是，在这种通信网络中报警信息无法及时传送，必须当该车辆被查询时，方能将其报警信息传回监控中心，系统的报警响应时间过长，这样很可能错过了对警情处理的最佳时机。因此轮询控制方式也不适合应用于局域监控子系统的无线网络。

在车辆监控系统中，同一监控级别的移动台的使用通信信道的几率相同，且各个移动台每次发送的数据量差别不大。此外，监控系统要求报警信息及时传送等特点，因此可以根据这些特点为局域监控子系统设计专门的访问控制方式。

在基于 GPS 的车联网监控系统的局域监控子系统的通信网中可以采用信道划分、随机访问、和轮流协议相结合的访问控制方式。首先基地台以轮询的方式发布车辆组号，组内的各车辆以信道划分的方式向基地台发送数据。对于车辆报警则以随机访问的方式竞争信道向监控中心发送报警信息。

因为各移动台每次发送的数据量几乎相等，可以按照每次发送的数据量和通信速率来划分大小合适的时隙，如果时隙划分太小，则在一个时隙中定位数据不能完成发送，如果时隙太大，则造成信道浪费，增加巡检时间，所以时隙的大小以稍大于发送一次数据所需的时间为宜。将本区域内所有被监控车辆分组管理，每组车辆不宜太多或太少，以 10-20 辆为宜，如果每个组的车辆太少，基地台就需要发送更多的查询信息，若是每组只有一辆车，则该退化为普通的轮询方式，基地台需要为每一辆车都发送查询信令；如果每个组内的车辆太多，则各移动台计时会出现误差，容易造成信息冲突或碰撞，若所有车辆划分为一个组则退化为信道划分方式，此外，为了实现对不同监控级别的车辆实行不同级别的监控，不宜将不同监控级别的车辆编入同一个组。

采用这种 TDMA 信道划分、ALOHA 随机访问、Polling 轮询相结合的方式可以有效地对车辆实行监控。基地台在每次发送车辆组号后，都预留一个时隙，这个时隙供所有局域内的需要报警的车辆所共用，它们对这个时隙供采用 ALOHA 随机访问的方式竞争使用，这样如

果两个以上的移动台同时在该时段发送报警信息，就会发生冲突或碰撞，使报警信息不能及时被收到，但是，移动台在随机等待一段延时后，仍然可以竞争以后的报警时段。即使一直未能在报警时段中成功发送报警信息，它也可以在自己被轮询到时，将报警信息与其定位信息一起发送。当然，冲突发生的话报警响应时间会较长，但是由于预留了较多的报警时段，发生报警冲突的几率很小。如果基地台对每一个移动台进行轮询，则大量的时间要花费发送查询信息上，造成信道利用率降低。基地台仅轮询到组，这样对每个组仅发送一次查询信息，而组内的车辆以 TDMA 的方式分别占有各自的信道。移动台依靠基地台发布查询组命令时携带的同步信息来统一时基并开始计时，以按照其组内编号确定自己的固定时段，由于组内车辆数目不多稍微的计时偏差不会造成冲突的发生。采用多种访问方式相结合的办法可以有效地提高信道利用率，避免信息冲突或碰撞的发生，同时保证了报警响应的快速性和系统的实时性。

#### 4.1.3 无线通信网络的体系结构

网络体系结构是计算机网络的分层、各层协议和层间接口的集合，不同的网络具有不同的体系结构。在网络中，每一层都是为了向它邻接的上层提供一定的服务而设置的，而且每一层都对上层屏蔽如何实现协议的具体细节。在发送数据时，每一层都把由数据和控制信息组成的报文分组传输给它的下一层，直到物理传输媒体；接收数据时，则是每层从它的下一层接收相应的分组，并去掉与本层有关的控制信息后，把剩余部分提交给与它邻接的上层。

如何定义层之间的接口是网络体系结构的关键问题之一。为了保证接口服务调用操作和响应的功能完整性，他们被设计成在执行过程中不允许中断的原语。在设计网络体系结构时，首先必须定义出每一层所要完成的功能集合，然后定义出上下层之间的接口，最后才设计为完成所需要功能的协议。

如何划分协议的层次是网络体系结构的另一个重要问题。层的划分必须适当。层次太多会造成系统处理时间增加和分组首部长度增加，从而使系统开销增加；层次太少又会造成每层的功能不明确，相邻层间接口不宜确定，从而使得协议的可靠性降低。

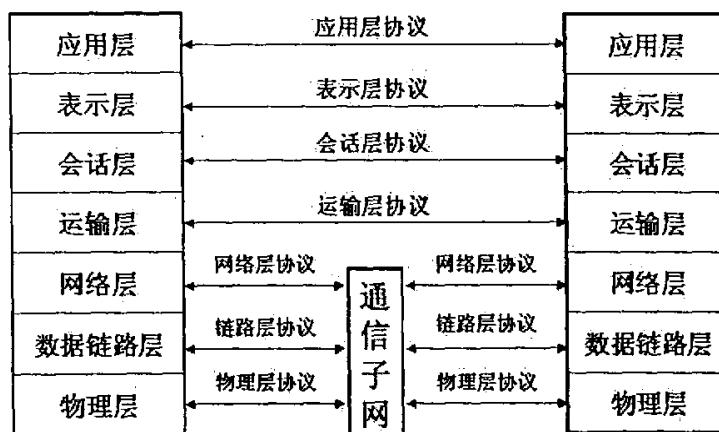


图 4.2 OSI 网络体系结构示意图

首先提出计算机网络体系结构概念的是 IBM 公司，IBM 于 1974 年提出了系统网络体系结构 (SNA) 之后，DEC 公司于 1975 年提出了数字网络体系结构 (DNA)。其它计算机厂商也分别提出了各自的计算机网络体系结构，特别是 1978 年国际标准化组织 (ISO) 提出了开放系统互联 (OSI) 参考模型，并陆续推出了有关协议的国际标准，从而确立了如图 4.2 所示的 OSI 网络体系结构<sup>[18]</sup>。

OSI 网络体系结构是提出和定义的计算机网络分层、各层协议和层间接口的集合。OSI 网络体系机构中，低层协议为相邻的高层协议提供相应服务，高层协议作为低层协议的用户而存在。它共分为物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层和应用层。

在 OSI 网络体系结构中，高层协议通过服务访问点 (Service Access Point, SAP) 和低层协议发生作用。服务访问点是服务使用者和服务提供者之间的接口。同一层中的不同服务访问点用被称为地址的服务访问点标识来区别。相邻的高层协议和低层协议的交互作用通过服务原语来实现。服务原语是服务提供者和服务使用者交互作用的原子行动的描述，它描述服务提供者和服务使用者一次原子交互作用的功能和各参数的意义。

在 OSI 网络体系结构中，除了物理层外，网络中的数据的实际传输方向是垂直的。用户发送数据时，首先由发送进程把数据交给应用层，应用层在数据的前面加上该层的有关控制信息和识别信息，再把它交给表示层。这一过程一直重复到物理层，并由传输媒体把数据传送到接收端。在接收端计算机中，信息向上传递时，各层的有关控制和识别信息被剥去，最后，数据被发送到接收进程。数据传输时变化如图 4.3 所示。

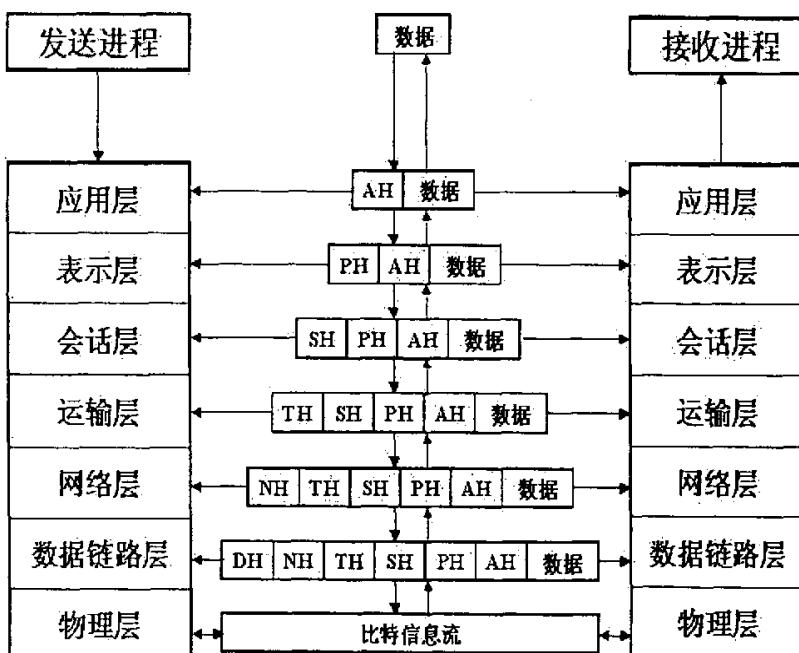


图 4.3 OSI 网络体系结构中数据传输时变化过程

在局部监控子系统中的无线通信网络也是分层设计的，但是考虑到该网络的复杂程度以及单片机的处理速度，无线通信网络仅被分为三层，分别为物理层、数据链路层和应用层，

如图 4.4 所示, 其中数据链路层是该网络中最主要的部分。

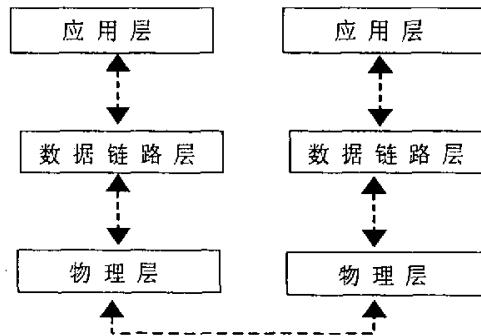


图 4.4 无线网络的体系结构

### 1. 物理层

物理层保证数据在信道上正确传输, 它是局域监控子系统中监控中心的基地台和各车载移动台之间的物理接口, 为数据通信提供了传输媒体及互连设备, 保证发送和接收信号的一致性。物理层具体包括: 基地台和移动台的无线电台, 通信控制器和无线信道等, 如图 4.5 所示。物理层协议规定了系统的机械特性、电气特性、功能特性和过程特性等。

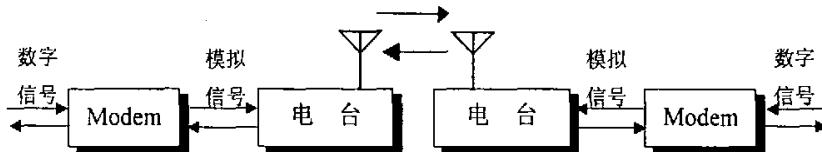


图 4.5 基地台与移动台间的通信

对于半双工电台来说, 本系统用到的接口一般有信号输出、信号输入、PTT(Push To Talk)和地等。其中 PTT 是控制电台发射和接收状态的。当 PTT 与地之间为高阻状态时, 电台为发射状态; 当 PTT 与地之间是低阻状态时, 则电台为接收状态。因为电台的型号不同, 其输入输出阻抗和对输入输出信号的要求存在不同, 因此需要对输入输出信号做适当的电平转换, 以适应不同的电台。此外当车辆驶出局域监控子系统的网络覆盖范围后, 需要切换移动台的通信频率, 以便与新的基地台通信。

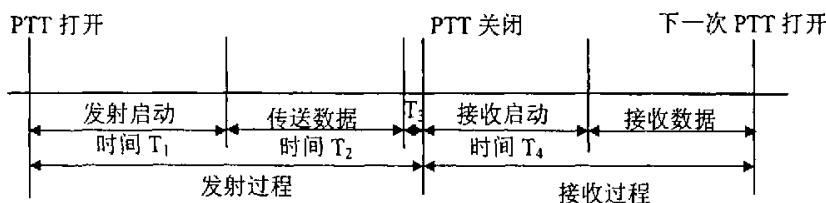


图 4.6 电台发射与接收数过程

电台的发射和接收过程如图 4.6 所示。通常电台在 PTT 有效之后，需要有一段调整时间方能正确无误的发送音频信号。因此在把 PTT 置为有效到把信号输入电台发送要有一段延时  $T_1$ 。这段延迟因电台型号不同而有差异。若设置太短，则信号易丢失；若设置太长，则必将增加信号所需的时间，降低信道的利用率，延长巡检周期。实测几种常用车载话音电台，发现这段时间一般在几十毫秒到一百数十毫秒之间。若是采用专门的数传电台，则此参数有希望降到十毫秒左右。

$T_2$  是指传送有效信号的时间。它即为从调制解调器送来的音频信号持续时间。我们要传送的数据就在这段时间内被传送。

$T_3$  是指信号传送结束后到我们把 PTT 信号置成无效的延时。为避免信号被延时而没有发出和保证无线信号的稳定，一般情况下，在确认所有信号都送到电台之后，我们可以稍微延时后再把 PTT 信号关闭。这之间的延时一般为二到五毫秒就可以了。

另外在实现中要注意的是车载电台在从发射状态转到接收状态、从接收状态转到发射状态不是立即实现的，这中间有一定的延时。因此在把关闭发射（指把 PTT 关闭）到下一次发射（指把 PTT 打开）不能相隔太近（即图中的  $T_4$ ）。对于不同的电台，此项参数差异较大，可能在几毫秒到数十毫秒之间。在存在电台连续两次发射的情况下必须要注意这项参数。

系统的电台的输入信号和输出信号都是音频信号，因此需要调制解调器来把数字信号和音频信号相互转化。对于常用的 FSK 调制方式来说，是采用不同频率的正弦波表示数字信号中的‘0’和‘1’的。如调制解调芯片 FX469 在 1200 波特率下是用 1200/1800Hz 的正弦波表示‘1/0’，而在 2400 波特率下是用 1200/2400Hz 的正弦波表示‘1/0’。调制解调器的调制和解调功能不是瞬间完成的而且其延时对于严格的同步通讯来说是不可忽略的（通常调制的延时很小，可以不计；解调的延时则比较大）。我们以 FX469 为例：调制时，从数字信号送出到正弦波出现，其中间的延时（Tx Delay to Output Time）典型值为 1.2 微秒；而解调时，Rx 数字信号输出端的数据滞后 Rx 信号输入端的正弦信号，这段延时（Internal Rx Delay）的典型值则为 1.5 毫秒。

## 2. 数据链路层

数据链路层加强物理层原始比特信息流的传送，保证物理链路的可靠。并负责建立和释放链路。物理层只负责传输和接收数据，并不关心它的意义和结构。数据链路层将数据按帧格式化，并进行差错控制和介质访问控制，保证数据发送和接收的正确性。

在局域监控子系统的无线通信网络中，系统采用了 TDMA 的方式将单一的物理信道划分为多个逻辑信道。每个逻辑信道称为一个时间片或时隙。每一片的长度可以一样，也可以不一样。这些时间片分给基地台和各个移动台使用。由于基地台负责时间基准控制，所以基地台向移动台发送数据所占的时间片的长度可以随意变化。然而各移动台所使用的时间片长度不能随意变化，因为信道上是否有移动台正在发送数据，其他移动台不能知晓，各个移动台都是依靠基地台的同步信息校准时后，各自计时来确定时间片的占有者。因此将移动台向基地台发送的数据的时间片设置为大小相等，时间片的长度以稍大于发送完一帧定位数据所用时间为宜。这样，当基地台发送查询组内车辆信息的命令后，组内各移动台可以依靠自己计时来确定各自的时间片，以防发生冲突。当移动台获得当前时间片使用权时，其电台在时

间片的开始处把 PTT 打开，在结束处把 PTT 关闭。

由于整个系统要严格同步，每个移动台才能找准自己的时间片，保证各个时间片的正交性，否则很有可能干扰其他移动台的正常工作。而各个移动台的时钟在一次校准后，过一段时间就会有偏差。因此，监控中心的基地台必须每隔一段时间发出一个同步帧来校准整个系统的时钟。

1975 年国际标准化组织(ISO)将 IBM 公司的面向比特的传输控制规程(SDLC)做了适当修改，制定了高级数据链路控制规程 (HDLC)。其链路监控功能通过一定的比特组合所表示的命令和响应来实现，这些监控比特和信息比特一起以帧的形式传送。它对应于 OSI 七层模型中的第二层——数据链路层。

HDLC 中的帧的基本结构如图 4-7 所示。

起始标志	地址数据	控制数据	信息数据	校验序列	结束标志
01111110	8bits	8bits	可变	16bits	01111110

图 4.7 HDLC 中的帧的基本结构

结合局部监控子系统中无线通信的特点，参照 HDLC 帧的基本结构建立了本通信协议的帧结构，如图 4.8 所示。

起始标志	地址	类型	信息数据	校验序列	结束标志
01111110	12bits	4bits	可变	16bits	01111110

图 4.8 无线网络的帧结构

(1) 起始标志和结束标志是表明一帧的开始和结束的标志。帧的起始标志和结束标志由 8 位二进制序列 01111110 (即十六进制 7EH) 组成，也就是说，检测到连续的六个 (只能是六个) ‘1’ 就表示是标志字了。一个标志字表示一帧数据的开始，下一个标志字表示该帧数据的结束。如果在两个标志字之间的比特流串中碰巧出现了和标志字段一样的组合，那么就会误认为是帧的边界。为了避免出现这种错误，对两个标志字串 ‘7EH’ 中间的位串 (包括任何数据，含 CRC 校验码) 采用了发送端“零位插入”和接收端“零位删除”技术。“零位插入”就是在发送端，通信控制器或程序对发送的每一组信息进行检查，发现有连续 5 个 ‘1’ 的数据流出现时 (不论其后一位是 ‘1’ 还是 ‘0’)，在 5 个 ‘1’ 之后插入一个 ‘0’，这样，就可以保证不会出现 6 个连续的 ‘1’ 即不会出现与标志字相同的内容；“零位删除”是指在接收端，通信控制器或程序检查输入位流，若发现有连续的 5 个 ‘1’ 之后是一个 ‘0’，则把这个 ‘0’ 删除，将数据还原成原来的比特流。通过“零位插入”和“零位删除”的处理，发送任意组合的比特流都不会引起帧边界的判断错误，从而可以传送任意组合的比特流。这样就可以实现数据链路层的透明传输。特别的是，若从接收端位串中检测到连续 7 个 ‘1’，即 0x7F，则表示这串信息出错。因此，‘0x7F’ 也叫做“无效标志”。

(2) 地址字段对于下行帧和上行帧代表的意义不同。所谓下行帧，是指从基地台发送数据给移动台，此时的地址，是指接收的移动台的地址。当基地台发送数据给某一个移动台时(例如该移动台发生报警，基地台对其做出命令)，地址就是指移动台的编号。当然在该系统中，基地台很少直接发送数据给某一个移动台。在大多数情况下，是基地台向一组移动台

发送同步命令信息，要求该组移动台向监控之心发送各自的定位等数据，这时，地址代表组号。因为有时移动台会驶入和驶出该监控区域。这样先前的部分分组可能会失效，需要更改部分移动台的组号及其组内序号，这时要求所有移动台接收该分组帧，至于是否需要更改其分组信息，从信息字段中读取。当移动台向基地台发送数据时，这时，接受者肯定是基地台，所以这时的地址可以设置成移动台编号。为了区分各中地址设定移动台地址为“1xxxxxxxxxxxx”，组号为“01xxxxxxxx”，而用“000000000000”代表所有移动台。

(3) 类型代表该帧的类别，因为不同类别的帧的信息结构不同，各位数据代表的意义也就不同。只有明确了帧的类别，后面的信息的意义才能被正确地解析出来。在局域监控子系统的无线通信网络中，根据信息数据字段内容的性质将帧主要分为以下几类：同步帧、命令帧、注册帧、报警帧、数据帧、分组帧等几种类型。类型字段预留了 4 位，可以表示 16 种不同的帧类型。

(4) 信息字段是这一帧要传送的实际内容，其中包含了这帧数据的含义。帧的长度随类型不同而不同，含义的解释也因帧类型而异。我们所要传输的数据就以某种编码格式存放于其中。

帧可以按照其携带的信息的功能而分为如下几类：

- 同步帧 (Synchronization Frame, S) ——基地台向移动台发送的时基控制信令，提供系统同步基准时间，如果需要可以向移动台提供 GPS 接收机初始化信息。各个移动台根据收到的同步帧来校准自己的内部时钟，从而使整个系统保持一致的同步状态。由于移动台计时存在误差，同步帧应每隔一段时间发一次，以免时间太长，误差积累太大，各移动台时基不再统一。
- 命令帧 (Command Frame, C) ——基地台向移动台发送的命令信息。在命令帧中可以对移动台发出操作命令，如控制移动台中设备中某个输出口的状态，以达到控制移动台运行状态的目的。命令报警的移动台停止报警、遥控车辆熄火点火等动作就可以由这个命令帧发布命令，此外命令帧还要负责处理移动台的越区切换。另外，基地站还利用命令帧发布命令，要求组内车辆回传定位信息。如果需要可单独向某个移动台询问命令。
- 分组帧 (Group Frame, G) ——基地台向移动台发送的分组信息。该帧信息命令入网车辆进行分组，并为车辆提供组内编号。由于移动台可以在不同的局域网络内越区切换，当监控网内车辆数量变化较大后，重新对车辆进行重新分组后，可以提高信道利用率。同时不能将监控级别不同的车辆编入同一个组，这样，便可以对重点监控的车辆进行高频率询问，以实现重点监控。在局域监控子系统的无线网络中，没有采用轮询到每个移动台的方式获取各个移动台的状态信息，而是由移动台发布组号，而后该组内的移动台按照其在组内的编号依次向基地台传送信息。
- 注册帧 (Register Frame, R) ——移动台向基地台发送的申请注册入网信息。当移动台进入新的局域监控子系统的网络中或者移动台刚刚开机，它可以向基地台发送申请入网信息。但是由于按照网络控制方式，此时该移动台并没有固定分配的通信信道，故应该为注册信息预留一个时间片。此时间片是各个申请入网的移动台共用

的。各个申请入网的移动台竞争使用同一个时间片，必然会有发生信息碰撞的可能。发生冲突或碰撞后，移动台应该延迟一个随机时间，再等待注册时间片，重新发送注册信息。

- 报警帧（Alarm Frame, A）——移动台向基地台发送的报警信息。当移动台发生意外，需要向基地台发送的报警信息。当某个移动台发生报警时，可以抢占最近一个报警时间片发出报警信息，而不须等到基地台轮询到自己的时候再发出，这样可以大大加快报警的速度。因而在时间域上，应该每隔一段时间就有一个报警片。这样，在不发生报警冲突的情况下，移动台的报警响应时间就是两个报警片的间隔时间，通常能控制在几秒之内。
- 数据帧（Data Frame, D）——移动台向基地台发送其位置、速度等信息。发送数据帧的时间片被分配给各个移动台，也就是说该时间片为某个移动台私有，其它移动台是不能占用的，因此不会发生冲突或碰撞。若移动台处在报警状态且报警信息还未得到响应，则都要将报警状态与定位信息可以在该时间片一并发出，以达到不丢失报警信息的目的。

（5）校验序列是该帧的校验数据。在实际信道上传输数字信号时，由于信道传输特性不理想以及噪声的影响，所收到的数字信号不可避免地会发生错误。因此除了要合理设计基带信号外，还要采用差错控制编码。差错控制编码的基本做法是：在发送端将被传输的信息序列上附加一些监督码元，这些监督码元与信息码元之间以某种确定的规则相互关联约束。接收端按照既定的规则检验信息码元与监督码元之间的关系，一旦传输过程中发生差错，则信息码元与监督码元之间的关系将受到破坏，从而可以发现错误，乃至纠正错误。

目前常用的差错控制方式主要有三种：检错重发（ARQ）、前向纠错（FEC）和混合纠错（HEC）。检错重发方式中，发送端经编码后发出能够发现错误的编码，接收端收到后经检验如果发现传输中有错误，则通过反向信道把这一判断结果反馈给发送端。然后发送端把前面发出的信息重新传送一次，直到接收端认为已经收到正确的信息为止。前向纠错方式中，发送端经编码后发送出能够纠正错误的编码，接收端收到这些码组后，通过译码能自动发现并纠正错误。混合纠错方式是前向纠错和检错重发方式的结合。在这种系统中发送端不但有纠正错误的能力，而且对超出纠错能力的错误有检错重发的能力。

差错控制编码的分类标准很多，按照不同的分类标准划分方式也不同。例如按照其功能可以分为检错码、纠错码、纠删码。按照信息码元与监督码元之间的检验关系可以分为线性码和非线性码。按照信息码元和监督码元之间的约束方式可以分为分组码和卷积码。此外还可以分为系统码和非系统码、二进制码和多进制码等。

无论哪种纠错方式，都是以降低传输效率来获得传输可靠性的。该系统采用循环冗余校验码（CRC），它是一种循环编码，其生成多项式为：

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

CRC 校验码在通信系统中通常用硬件实现，在研究了其校验原理后该系统决定采用软件实现，充分利用了软件的灵活性，取得了较好的效果。其实现原理如下：

对于系统码形式的(n,k)循环码，其码组前面 k 位就是信息码，后面  $n-k = r$  位就是附加

的监督码，其码多项式前  $k$  项与信息多项式

$$A(X) = a_{k-1}X^{k-1} + a_{k-2}X^{k-2} + \dots + a_1X + a_0$$

的相应系数相同，只是将  $A(X)$  各项的系数提高了  $(n-k)$  次。码多项式后面的  $n-k = r$  项就是监督多项式

$$r(X) = C_{r-1}X^{r-1} + C_{r-2}X^{r-2} + \dots + C_rX + C_0,$$

所以  $(n,k)$  循环码的码多项式可表示为  $C(X) = X^{n-k}A(X) + r(X)$ ，也可写作  $X^{n-k}A(X) = C(X) + r(X)$ 。用  $g(X)$  去除上式，得

$$X^{n-k}A(X)/g(X) = C(X)/g(X) + r(X)/g(X)$$

我们知道码多项式是  $g(X)$  的倍式，即  $C(X) = V(X)g(X)$ 。 $g(X)$  是  $n-k = r$  次，而  $r(X)$  的幂次不超过  $r-1$  次，故可得  $r(X) \equiv X^{n-k}A(X) \bmod g(X)$ 。上式表明监督多项式  $r(X)$  就是用生成多项式  $g(X)$  除  $X^{n-k}A(X)$  所得余式。于是得编码步骤：

1. 用  $X^{n-k}$  乘多项式  $A(X)$  以提高幂次，这一运算实际就是在信息码组后附上  $(n-k)$  个 0；
2. 用生成的多项式  $g(X)$  去除  $X^{n-k}A(X)$ ，求出余式  $r(X)$ ；
3. 以  $r(X)$  作为监督多项式附加在  $X^{n-k}A(X)$  之后，即得码多项式  $C(X)$ 。

接收码多项式  $C'(X)$  除以生成多项式  $g(X)$  得到的余式，即错型多项式  $E(X)$  除以生成多项式  $g(X)$  后的余式。若结果为 0，则表明未出错。否则，则表明传输过程中发生了错误，从而可以根据余式查出错型多项式  $E(X)$ ，也就可以恢复出正确的码组  $C(X)$ 。

在该系统的无线通信网络中基地台和移动台之间的通信方式有多种，例如，基地台可以单独给某一个移动台发布命令，然后该移动台对其应答，但是在该系统中最多的时候是对一组车辆发布命令，组内车辆按照次序回传数据。在这种时候，通常还要预留同步时间片、注册时间片和报警时间片，如图 4.9 所示：



图 4.9 逻辑信道的划分

为了进一步降低报警和注册发生冲突的情况，基地台可以在每次轮询期间增加预留的报警和注册时间片。以增加至两个报警片为例，则可以把报警片分成 0 号和 1 号报警片，移动台分成奇偶两个部分。编号为奇数的移动台抢占 0 号报警片；编号为奇偶数的移动台抢占 1 号报警片。这样若有两个移动台同时报警，只要是分属在奇偶号两类中就不会产生冲突。两个移动台报警冲突的概率减少了一半，但是增加报警和注册时间片必然会导致信道利用率降低，巡回周期加长，系统实时性变差。至于报警和注册时间片发布的频度可以根据系统内报警和注册发生的频度来具体决定。

### 3. 应用层

应用层是局域监控子系统中无线通信网络的最高层，负责向数据链路层发送数据和从数据链路层接收数据。因为系统较为简单，应用层和数据链路层之间没有设置其它层。应用层还要完成对数据的压缩与解压缩以及对收到的信息进行解析。由于定位信息时刻更新，为了

避免发送错误，移动台接收从 GPS 接收机接收定位数据采用双缓冲区。此外由于一个基地台所覆盖的地理位置有限，故定位信息的经纬度存在冗余，则在发送时可以将这些冗余数据去除，基地台接收后可以根据其位置添加其冗余数据，构成完整的经纬度信息。

## 4.2 Internet 通信的设计

随着城市规模的不断扩大，车辆监控系统的监控范围也要随之增大，甚至有时候需要进行跨城市监控，在这种情况下，仅靠一个基地台是不能覆盖整个监控区域的。同时由于需要监控的车辆的增多，原有的系统容量也很难满足要求。因此就需要建立能够灵活扩展监控区域和监控容量的车辆监控系统。

在基于 GPS 的车联网监控系统中，我们采用 Internet 将分布在不同地理位置的车辆监控网络进行连接已达到扩展系统容量和监控范围的目的。因为每个监控中心都有一台操作系统为 Windows 的监控计算机，用来显示电子地图以及被监控车辆的相关信息等，现在只需将其接入 Internet 即可。

每个监控小区内的监控计算机作为 Internet 中的一台客户机，此外在 Internet 中还需要一台服务器。当监控计算机运行后，便可以通过 Socket 与服务器建立连接。客户机与服务器时刻准备着传输信息。

当车辆从一个局域监控子系统的覆盖区域驶入一个新局域监控子系统的覆盖区域后，移动台会申请注册入网，则当地监控中心会分配给该车辆一个逻辑信道，这样车辆的位置等信息就可以通过当地局域监控子系统的无线网络传送至当地监控计算机，如果需要，当地监控计算机可以将该车辆的位置信息转发至服务器端，服务器可以通过车辆信息数据库查找出该车辆的归属地的 IP 地址，然后将这些信息通过 Socket 将其转发至车辆归属地监控计算机。

监控小区的监控计算机的主要任务是通过串口接收基地台单片机送来的处于本基地台覆盖范围内的被监控车辆的信息，将部分异地漫游至此服务区的车辆信息通过 Internet 送至服务器，同时还要通过 Internet 接收服务器端送来的本地漫游至其他监控区域的车辆信息。此外要实时将车辆行驶轨迹显示在电子地图上。

服务器的主要任务是接收各个局域监控子系统的监控计算机送来的车辆信息，对信息做适当处理，并将其转发给适当的监控计算机，同时可以将车辆信息实时地显示在电子地图上。此外服务器中有车辆信息数据库和基地台信息数据库，以便于管理。

### 4.2.1 Socket 通信原理

Windows 系统能够为应用程序提供接口来调用系统的功能或者与系统进行交互。在 Windows 系统中包含着专门针对网络编程的接口——WinSock API。WinSock API 在 Windows 系统中为网络开发提供的接口中包含了一组网络 I/O 和获取网络信息的库函数，网络应用程序可以通过调用这部分函数实现自己的功能<sup>[25]</sup>。

WinSock 库函数都包含在 WinSock.dll 这个动态链接库中，这个动态链接库是连接网络应用程序与 TCP/IP 协议的中间桥梁。

服务器端 Socket 与客户机端 Socket 是如何交互的呢？目前最常用的方式是：服务器程序在某个 IP 地址的某个端口监视对服务的请求，时刻等待客户机对其提出连接请求，并对请求做出反应。常见的 Socket 编程主要调用的函数及过程如图 4.10 所示。

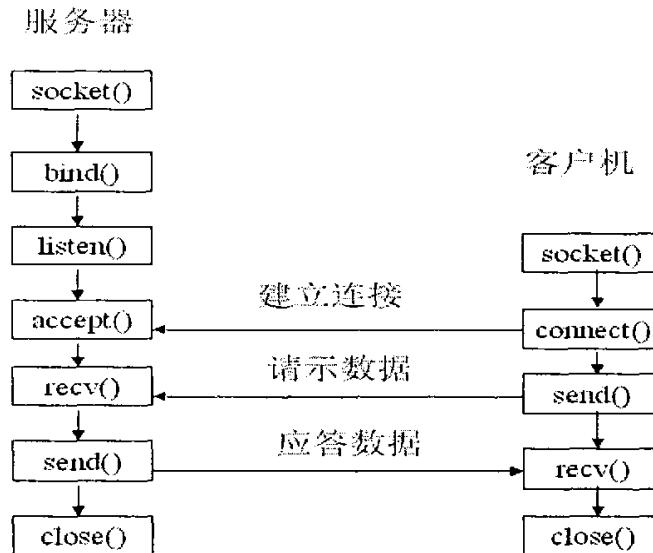


图 4.10 Socket 的交互编程模型

在使用 WinSock API 前，必须加载 Winsock.dll 的相应版本。这是强制性的，否则当调用函数时会返回错误。

应用程序在进行网络通信之前必须建立 Socket，若需要应付多个通信进程的要求，就必须在每个进程中建立独立的 Socket，这里所说的 Socket 是 Winsock 中定义的数据类型，可以将其类比成一个文件句柄，它用于标志系统中每一个 Socket 连接。在 Delphi 中定义如下：

```

type Tsocket=u_int;
function socket(AF, Struct, protocol: integer):Tsocket; stdcall;

```

其中 af 协议族标志，Internet 协议族的标志是 PINET，Struct 是协议类型标志，表明协议是面向连接的字节流类型(SOCK\_STREAM)还是面向无连接数据类型(SOCK\_DGRAM)，protocol 是指 Socket 采用的协议类型。关于套接字的协议类型分为以下三种：字节流套接字 (SOCK\_STREAM)、数据报套接字 (SOCK\_DGRAM)、原始数据报套接字(SOCK\_RAW)。字节流型套接字是最常用的套接字类型，TCP/IP 协议族中的 TCP 协议使用此类接口，它提供面向连接的、带有校验机制的网络信息包的传输；数据报套接字提供无连接的服务，以独立的信包进行网络传输，信包的最大长度为 32kB，传输不保证顺序性、可靠性和无重复性，通常用于单个报文传输或可靠性不重要的场合，TCP/IP 协议族中的 UDP 协议使用此类接口；原始数据报套接字提供网络下层通信协议（如 IP 协议）的直接访问，它一般不是提供给普通用户的，而是用于开发新的协议或提取协议较隐蔽的功能。

应用程序在调用了 Socket 函数之后，还应该配置该 TSocket 相关的描述表，里面包括的信息有双方主机使用的端口号、双方的 IP 地址以及数据传送协议等，这就是绑定的过程。通

常在本地 Socket 的创建过程中，本地信息就已经保存在描述表中了，程序也可以通过 bind() 函数配置。函数 bind() 指定了该 TSocket 的本机地址或端口。Server 端的程序必须执行 bind() 函数。

使用 socket() 和 bind() 函数创建并且配置了 Socket 以后，应用程序就可以开始调用相应的 WinSock API 函数建立 Socket 连接。客户机与服务器程序在这方面是有区别的，他们分别执行不同的函数用于连接。服务器端的 listen() 函数用于等待客户机的连接请求。客户机端的 connect() 函数向服务器端发出建立连接的申请，使用的参数中包括了服务器地址等信息，该函数并负责将客户机端的信息发送给服务器。服务器端的 accept() 函数接收客户机的请求，并向客户机发送应答信息。函数 send() 和 recv() 可以运行于服务器端也可以运行于客户机端，它们分别是在面向连接的情况下发送和接收数据。函数 sendto() 和 recvfrom() 分别与 send() 和 recv() 类似，不过它们可以用于无连接的情况。

在应用程序完成网络通信以后，应该调用 WinSock API 的库函数将其关闭，通知 WinSock 网络通信已经结束，以释放资源。

在网络发生错误时，应用程序可以调用 WSAGetLastError() 来获得 WinSock 错误码，并可以调用 WSASetLastError() 重置当前进程的网络错误。常见的错误码有 10060（连接超时）、10061（连接被拒绝）、11001（找不到主机）等。

#### 4.2.2 Socket 通信设计

在该车辆监控系统的监控计算机上运行的应用程序都是用 Delphi 编写的。Delphi 自带 Socket 的控件将 WinSock API 库函数进行封装，使 Socket 编程工作大大简化。

每个监控小区的监控计算机作为 Internet 上的客户机，ClientSocket 控件是其 Internet 通信的客户端程序核心。Internet 上设置一台服务器（可以选取一台监控计算机来兼用），ServerSocket 控件是服务器端的程序的核心。为了表述方便，将客户端程序中的 ClientSocket 控件命名为 Client，将服务器端程序中 ServerSocket 控件命名为 Server。

客户机端程序运行后，需要与服务器建立连接。

```
procedure TClientForm.ConnectNWClick(Sender: TObject); //建立连接
begin
  Client.Address:=NetWorkForm.ServerIP_Edit.Text; // 指定连接 IP 地址
  Client.Port:=StrToInt(NetWorkForm.ServerPort_Edit.Text); // 设置通信端口
  Client.ClientType:=ctNonBlocking; //设置为非阻塞工作方式
  Client.Active:=true;
end;
```

当客户机接收到从串口接收到数据后要对其进行处理、判断，如果需要将某车辆信息发送至服务器时，则发送。

```
procedure TClientForm.OpenSPClick(Sender: TObject); //打开串口
var
  Flag_SendToServer : Boolean;
  ReceiveBuffer : Array [0..1024] of Char;
```

```

begin
    .....; //打开串口，建立串口通信监视线程，接受数据并处理
    if ClientForm.Client.Active and Flag_SendToServer then
        ClientForm.Client.Socket.SendText(StrPas(ReceiveBuffer));
end;
当客户机通过 Internet 接收来自服务器的消息时，也需要对其进行处理并显示。
procedure TClientForm.ClientRead(Sender: TObject; Socket: TCustomWinSocket);
var
    ReceiveLength:integer;
    ReceiveBuffer: Array [0..1024] of Char;
begin
    while Socket.ReceiveLength>0 do
    begin
        ReceiveLength:=Socket.ReceiveLength;
        Socket.ReceiveBuf(ReceiveBuffer,Socket.ReceiveLength);
        .....; //数据处理、显示
    end;
end;
最后在终止 Internet 通信后，应该关闭 Socket 对象。
procedure TClientForm.CloseNWClick(Sender: TObject);
begin
    if Client.Active then Client.Close;
end;
网络的服务器需要有效地处理多个客户的请求，服务器端程序一般由一个端口用于监听客户端的连接请求。在有客户端连接上之后，网络服务程序就需要新建立一个进程来处理该连接，同时原来的监听进程仍然保持激活状态，准备接收新的连接请求。ServerSocket 控件的内部实现了这些过程。当有连接请求时，ServerSocket 控件会触发一个事件来通知主程序，这样主程序就可以通过事件传递的参数获得当前连接的属性、状态等信息。通过对这些信息的纪录，主程序可以掌握当前本服务程序的工作状况，也可以对内部的单个连接进行特殊处理。
当服务器端程序运行时，便启动 ServerSocket，开始侦听在某一个端口上进行监听。该程序中将 ServerSocket 的工作方式设置为非阻塞方式。
procedure TServerForm.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    Server.Port:=PortNum; //设置监听端口号
    Server.ServerType:=sfNonBlocking; //设置为非阻塞工作方式
    Server.Active:=true; //启动 Socket 通信
end;
当有客户连接到该服务器时，ServerSocket 控件 OnClientConnect 事件会做出反应，此时

```

应该记录客户机信息（如主机 IP 地址、）。

```
procedure TServerForm.ServerClientConnect(Sender: TObject;
  Socket: TCustomWinSocket);
var
  HostIP, HostName: string;
  HandleNum: integer;
begin
  HostIP:=Socket.RemoteAddress;
  HostName:=Socket.RemoteHost;
  HandleNum:=Socket.SocketHandle;
  .....; //在基地台数据库中查找该主机 IP 地址、主机名称等
  .....; //将本次连接的 Socket 对象句柄号写入数据库。
end;
```

当 ServerSocket 接收到来自客户端的程序时，其 OnClientRead 事件被触发，接收客户端发送的信息，负责转发给某一个客户端。

```
procedure TServerForm.ServerClientRead(Sender: TObject; Socket: TCustomWinSocket);
var
  ReceiveLength, HandleNum: integer;
  ReceiveBuffer: Array [0..1024] of Char;
  TempSocket:TCustomWinSocket;
begin
  while Socket.ReceiveLength>0 do
  begin
    ReceiveLength:=Socket.ReceiveLength;
    Socket.ReceiveBuf(ReceiveBuffer,Socket.ReceiveLength);
    .....; //查找车辆信息数据库，确定将其发送给哪个监控计算机
    .....; //查找基地台信息数据库，确定此监控计算机监控计算机的 HandleNum 非空
    TempSocket:=TCustomWinSocket.Create(HandleNum);
    TempSocket.SendBuf(ReceiveBuffer,ReceiveLength);
  end;
end;
```

当有客户端程序退出 Internet 通信时，要及时更新数据库内容，删除以前记录的 Socket 对象的句柄号。因此需要响应 OnClientDisconnect 事件。

```
procedure TServerForm.ServerClientDisconnect(Sender: TObject;
  Socket: TCustomWinSocket);
var
  HandleNum:integer;
begin
  HandleNum:=Socket.SocketHandle;
```

```
.....; //删除句柄号为 HandleNum 的 Socket 对象的句柄号  
end;
```

以上介绍的只是利用 WinSock 进行数据传送的基本操作,除此之外程序中还有很多细节需要处理,例如程序运行过程中不可避免的会出现网络故障,因此必须由有错误处理等程序。

## 第五章 基于 GPS 的车联网监控系统的实现

### 5.1 系统的主要器件

在基于 GPS 的车联网监控系统中使用的主要器件有 Rockwell Jupiter GPS 接收机、CML FX469 调制解调器、Atmel AT89S52 单片机、Motorola GM300 移动电台，此外还有电源、接口转换等器件。在此仅介绍 GPS 接收机和调制解调器，其他器件较为常见，不做详细介绍。

#### 5.1.1 GPS 接收机

本系统使用的GPS接收机是美国著名的GPS卫星制造商的Rockwell公司生产的Jupiter接收机。它体积小、重量轻、精度高、操作简便、易于开发，非常适合在各种导航定位设备及车、船等移动目标中使用，其主要特性如下：

性能特点：

- 12个并行通道，可以快速捕获卫星
- 无静态漂移
- 提供载波相位伪距，伪距率，仰角，角度，XYZ坐标，星历等多种数据输出
- 自动存储功能（即任何情况掉电可将当时的信息固化在芯片内部）
- 提供两个串口，主串口传送定位数据，辅助串口接收/发射RTCM SC 104差分数据
- 自动检测天线状态
- 提供IPPS 标准时钟，10KHz频率输出

接收性能：

- 12个并行通道，L1波段，C/A 码（1.023MHz码片速率）+载波跟踪（载波辅助跟踪）
- 速度为950-1550米/秒；加速度：9G
- 定位精度小于15米
- IPPS脉冲输出，精度1us(80ns)

启动时间：

- TTFF典型重捕获时间2.0秒；
- TTFF典型温启动15秒
- 典型初始化启动45秒
- TTFF典型冷启动120秒

Rockwell Jupiter GPS接收机上有一个标准20 (2×10) 针的输入输出接口，接口上的各个引脚的定义如表5.1所示：

插针	名称	说明	插针	名称	说明
1	PREAMP	预放大器电源输入	11	SDO1	1号串行数据输出口
2	PWRIN-5	主+5 伏直流电源输入	12	SDI1	1号串行数据输入口
3	VBRRTC	备用电源输入	13	GND	地
4	PWRIN-3	保留(不连接)	14	N/C	保留(不连接)
5	M-RST	主复位输入(低电平)	15	SDI2	2号串行数据输入口
6	GPIO1	保留(不连接)	16	GND	地
7	GPIO2	NMEA 协议选择	17	GND	地
8	GPIO3	ROM 缺省选择	18	GND	地
9	GPIO4	保留(不连接)	19	TMARK	1PPS 时标输出
10	GND	地	20	10KHZ	10KHz 时钟方波输出

表 5.1 Rockwell Jupiter GPS 接收机输入输出接口定义

Rockwell Jupiter GPS 接收机接口的 11 号插针 (SDO1) 和 12 号插针 (SDI1) 是连接接收机的主串行口, 分别用于输出和输入串行数据, 15 号插针 (SDI1) 是辅助串行输入口, 用于接收 RTCM 差分 GPS 校正数据消息。

Rockwell Jupiter GPS 接收机的主串行端口采用 TTL 电平, 能够支持两种格式的消息协议, 一种是 Zodiac 二进制消息, 一种是 NMEA 字符串消息。当接收机输入输出接口的 7 号插针 GPIO2 (NMEA 协议选择) 被下拉为低电平时, 则其主串行口通信支持 NMEA 消息格式 (4800bps, 无奇偶校验, 8 位数据位, 1 位停止位); 当该插针被上拉为高电平时, 其主串行口支持的通信方式取决于 8 号插针 GPIO3 (ROM 缺省选择), 只有当 GPIO3 为低电平时, 主串行口通信才支持 Zodiac 二进制消息格式 (9600bps, 无奇偶校验, 8 位数据位, 1 位停止位)。此外, GPIO3 还负责决定接收机的初始化数据参数是取自 ROM 还是 SRAM/EEPROM。

Zodiac 二进制消息分为输入消息和输出消息两大类, 每一条二进制消息都具有一个消息 ID, 以区分不同用途的消息。例如消息 ID 为 1000 的消息, 它是大地位置状态输出 (Geodetic Position Status Output) 消息; 例如消息 ID 为 1200 的消息, 它是大地位置与速度初始化 (Geodetic Position and Velocity Initialization) 输入消息。

在 Zodiac 二进制消息中有 Bit、Character、Integer、Double Integer、Triple Integer、Unsigned Integer、Unsigned Double Integer、Unsigned Triple Integer 等数据类型, 分别简称为 Bit、C、I、DI、TI、UI、UDI、UTI, 其中 Character (字符型) 占 8 个 Bit (位), Integer (整型) 类型数据占 1 个 word (字), 其它类型所占空间显而易见。

Zodiac 二进制消息的消息头中 Word 1 为同步字 (100000011111111), Word 2 为消息号, Word 3 为消息数据部分的字数 (不包括校验和), Word 4 为标记位 (0 代表保留位), Word 5 为消息头校验和, 首先根据公式  $SUM = Mod2^{16} \sum_{i=1}^4 Word(i)$  求取 SUM 的值, 若  $SUM = -32768$ , 则校验和为 SUM, 否则为 -SUM。消息头结构如表 5.2 所示:

Zodiac 二进制消息的消息头结构如表 5.2 所示:

消息号为 1000 的 Geodetic Position Status Output 消息是 GPS 车辆监控系统常用的消息,

因为其内部包含了经度、纬度、速度、高度等监控所需定位数据以及UTC时间等信息，UTC时间与三维位置的格式分别如表5.3和表5.4所示。Geodetic Position Status Output消息的长度为55个字，输出频率可变（默认设置为1Hz），其格式如表5.5所示。

Word 1	Word 2	Word 3	Word 4	Word 5
10000001 1111111111	消息号	数据字数	DCLO QRAN 00XX XXXX	校验和

表5.2 Zodiac二进制消息头的结构

字号	名称	类型	单位	范围	分辨率
19	UTC日	UI	日	1-31	
20	UTC月	UI	月	1-12	
21	UTC年	UI	年	1980-2079	
22	UTC时	UI	时	0-23	
23	UTC分	UI	分	0-59	
24	UTC秒	UI	秒	0-59	
25-26	UTC纳秒	UDI	纳秒	0-99999999	

表5.3 Geodetic Position Status Output消息中的UTC时间格式

字号	名称	类型	单位	范围	分辨率
27-28	纬度	DI	弧度	$\pm 0 - \pi/2$	$10^{-8}$
29-30	经度	DI	弧度	$\pm 0 - \pi$	$10^{-8}$
31-32	高度	DI	米	$\pm 0-50000$	$10^{-2}$

表5.4 Geodetic Position Status Output消息中的三维位置格式

NMEA字符串消息是符合NMEA-0183标准格式。NMEA-0183是美国国家海洋电子协会(National Marine Electronics Association, NMEA)为海用电子设备制定的标准格式。由于NMEA字符串消息采用ASCII码字符串，故消息含义直观易懂。

NMEA字符串消息也分为输入输出消息两大类，每条NMEA字符串消息都具有一个消息ID，以区分不同用途的消息。例如消息ID为RMC的NMEA字符串消息，为推荐最小详细GPS数据(Recommended Minimum Specific GPS Data)输出消息；消息ID为INIT的NMEA字符串消息为Rockwell接收机初始化(Rockwell Proprietary Receiver Initialization)输入消息。

消息号为RMC的Recommended Minimum Specific GPS Data消息，是GPS车辆监控系统常用的消息，因为其内部包含了经度、纬度、速度等监控所需数据。Recommended Minimum Specific GPS Data消息有11个字段组成，输出频率可变（默认设置为1Hz），其消息格式如表5.6所示。

字号	名称	类型	单位	范围	分辨率
1-4	消息字头				
5	字头校验和				
6-7	设置时间	UDI	10 毫秒	0-4294967295	
8	序列号	I		0-32767	
9	卫星测量序号	I		0-32767	
10	导航求解状态	Bit			
11	导航求解类型	Bit			
12	测量所用卫星的数目	UI		0-12	
13	极地导航	Bit		1=true	
14	GPS 星期数	UI	星期	0-32767	
15-16	GPS 秒	UDI	秒	0-604799	
17-18	GPS 纳秒	UDI	纳秒	0-999999999	
19-26	UTC 时间 (详见表 5.3)				
27-32	三维位置 (详见表 5.4)	DI			
33	大地水准平面差	I	米	$\pm 0-200$	$10^{-2}$
34-35	地面速度	UDI	米/秒	0-1000	$10^{-2}$
36	真航线角	UI	弧度	0- $\pi$	$10^{-3}$
37	磁偏角	I	弧度	$\pm 0$ 到 $\pi/4$	$10^{-4}$
38	爬升率	I	米/秒	$\pm 300$	$10^{-2}$
39	地图坐标系统	UI		0-188 和 300-304	
40-41	预计水平位置误差	UDI	米	0-320000000	$10^{-2}$
42-43	预计垂直位置误差	UDI	米	0-250000	$10^{-2}$
44-45	预计时间误差	UDI	米	0-300000000	$10^{-2}$
46	预计水平速度误差	UI	米/秒	0-1000	$10^{-2}$
47-48	时钟偏压	DI	米	$\pm 0-9000000$	$10^{-2}$
49-50	时钟偏压标准偏差	DI	米	$\pm 0-9000000$	$10^{-2}$
51-52	时钟漂移	DI	米/秒	$\pm 0-1000$	$10^{-2}$
53-54	时钟漂移标准方差	DI	米/秒	$\pm 0-1000$	$10^{-2}$
55	数据校验和				

表 5.5 Geodetic Position Status Output 消息 (消息 ID 1000) 格式说明

字段号	符号	字段描述	类型	举例
	\$_ _RMC	消息开始标志与消息编号		\$GPRMC
1	POS_UTC	UTC 时间	hhmmss. ss	185203
2	POS_STAT	定位状态 (A: 有效, V: 无效)	a	A
3	LAT	纬度	IIII.II	3339.7332
4	LAT_REF	纬度方向 (N: 北, S: 南)	a	N
5	LON	经度	yyyyy. yy	11751.7598
6	LON_REF	经度方向 (E: 东, W: 西)	a	W
7	SPD	地面速度 (节)	x. x	0.000
8	HDG	方向 (度)	x. x	121.7
9	DATE	日期 (dd/mm/yy)	xxxxxx	160496
10	MAG_VAR	磁变(度)	x. x	13.8
11	MAG_REF	磁变方向	A	E
	CKSUM	校验和	*hh	*55
	<CR><LF>	消息结束标志		<CR><LF>

表 5.6 Recommended Minimum Specific GPS Data 消息 (消息 ID RMC) 格式说明

### 5.1.2 调制解调器

该系统中的调制解调器采用的是英国 CML 公司生产的 FX469，它是一种单片式的全双工 FFSK (快速频移键控) 调制解调芯片。FX469 在相对恶劣的环境下，仍然具有较高的灵敏度和较低的误码率。该芯片功耗低、体积小，仅需要少量外围元器件便可正常工作，已经被广泛地应用于无绳电话、便携数据终端等设备上。

FX469 芯片内含 A/D、D/A 转换电路，可实现调制、解调、滤波等功能，具有 1200、2400、4800 三种波特率可供选择。图 5.1 是其功能方框图。

FX469 芯片主要管脚说明如下：

**Tx Sync O/P:** 片内产生的方波信号输出脚，用来同步逻辑数据的输出以及 FFSK 信号的传送。

**Tx Signal O/P:** 当发送 (调制) 允许时，此管脚输出 FFSK 信号 (140-step 的伪正弦波)。当发送禁止时，呈高阻状态。

**Tx Data I/P:** 将被发送 (调制) 的数据根据 Tx Sync O/P 周期地串行输入此引脚。

**Tx Enable:** 发送 (调制) 允许端，低电平有效。此管脚在内部被上拉至 V<sub>DD</sub>。当输入高电平时，处于节电方式，此时，Tx Sync Out 输出为高电平，Tx Signal Out 呈高阻。

**Bandpass O/P:** Rx 带通滤波器输出端，其输出阻抗典型值为 10K Ω，使用前应加驱动隔离电路。

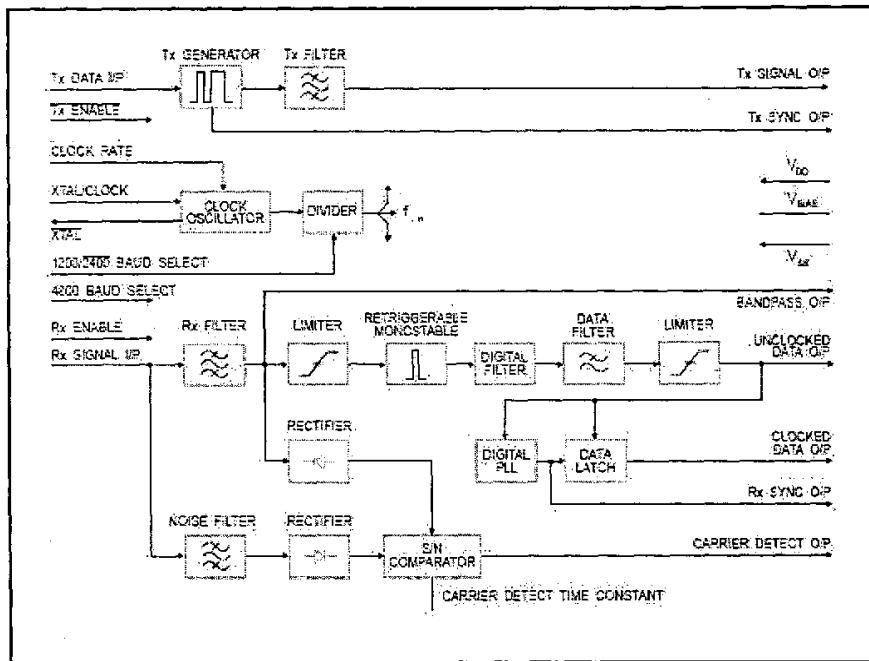


图 5.1 FX469 功能方框图

**V<sub>BIAS</sub>**: 片内模拟偏置电路输出端。将其通过一去耦电容与 V<sub>ss</sub>相连, 可以将中心电压控制在 V<sub>DD</sub>/2。在节电状态, 偏压仍然能够保持不变。

**Rx Enable**: 接收 (解调) 允许端, 高电平有效。当输入低电平时, 接收机处于低功耗方式, Clocked Data O/P 输出为 ‘0’, Carrier Detect 输出为 0, Rx Sync O/P 输出为 ‘0’ 或 ‘1’; 当输入为高电平时, 除接收有效外, Clocked Data O/P、Carrier Detect、Rx Sync O/P 皆有效。

**Unclocked Data O/P**: 解调出来的异步串行数据。

**Clocked Data O/P**: 解调出来的同步串行数据, 此数据被恢复时钟锁存, 在 Rx Sync O/P 信号的下降沿有效。

**Carrier Detect O/P**: 当接收到 FFSK 信号时, 输出高电平。

**Rx Signal I/P**: FFSK 信号输入管脚。FFSK 信号必须通过一个 0.1μF 的电容耦合至此管脚。

**Rx Sync O/P**: 时钟方波输出端。与 FFSK 输入信号同步。

**Clock Rate**: 时钟频率选择输入端, 高电平是 4.032MHz 有效, 低电平 1.008MHz 有效。

**Carrier Detect Time Constant**: 载波检测时间常数设置引脚, 与该引脚相连的电容决定载波检测常数的大小。时间常数大则抗扰性好, 但是响应时间长。电容的选择应综合考虑响应速度和抗干扰性。

**Baud Select**: 共有 1200/2400 Baud Select 和 4800 Baud Select 两个引脚。波特率选择情况

见表 5.7。当工作于 1200Baud 时：一个周期的 1200Hz 音频信号代表逻辑“1”，一个半周期的 1800Hz 音频信号代表‘0’；当工作于 2400Baud 时：半个周期的 1200Hz 音频信号代表逻辑“1”，一个周期的 2400Hz 的音频信号代表‘0’；当工作于 4800Baud 时：半个周期的 2400Hz 的音频信号代表逻辑“1”一个周期的 4800Hz 的音频信号代表逻辑“0”。

时钟频率	1.008MHz		4.032MHz		
Clock Rate	0	0	1	1	1
1200/2400 Baud Select	1	0	1	0	0
4800 Baud Select	0	0	0	0	1
波特率	1200	2400	1200	2400	4800

表 5.7 FX469 的波特率选择

FX469 的典型应用电路如图 5.2 所示。图 5.2 所示电路中输入信号的参考电压为  $V_{BIAS}$ ，如果参考电压为  $V_{SS}$ ，则只需要将  $V_{BIAS}$  和  $V_{SS}$  通过电容相连，而不需要与  $V_{DD}$  相连。

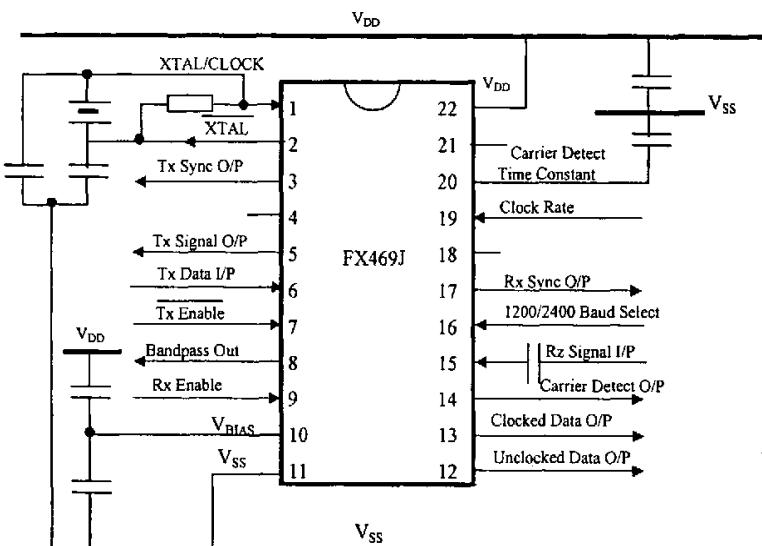


图 5.2 FX469 典型应用电路

FX469 调制和解调时序如图 5.3、5.4 所示。从图中可以看出，芯片进行调制和解调时都要有一些延迟。调制过程中的延迟  $t_{TxD}$  相对较小，典型值为  $1.2\mu s$ ；而解调时延迟  $t_{ID}$  较长，典型值达  $1.5ms$ 。表 5.8 列出了其在波特率为 1200 时的时间参数，这些在实际应用中都必须注意。另外，在 Tx Sync O/P 的上升沿，被发送（调制）的数据要保持稳定；在 Rx Sync O/P 的下降沿读取解调后的数据。

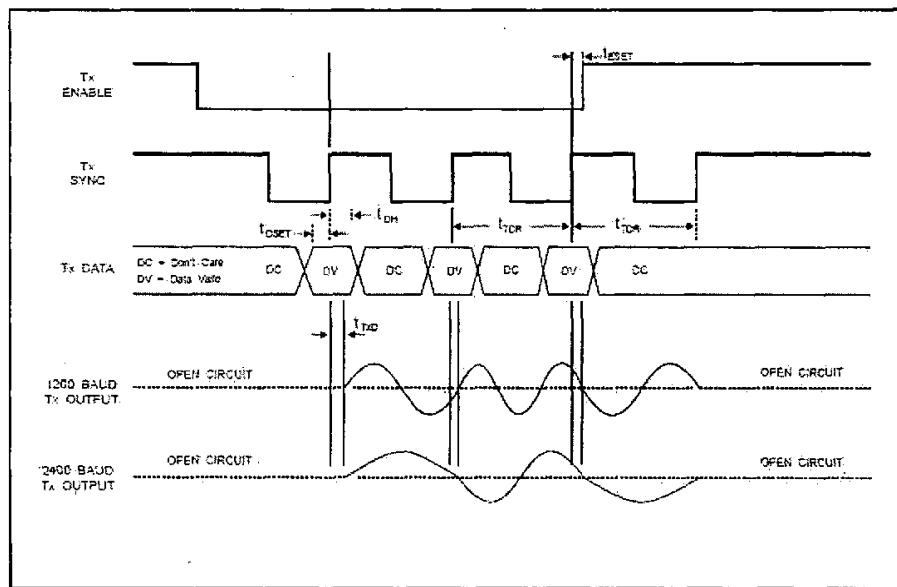


图 5.2 FX469 调制时序图

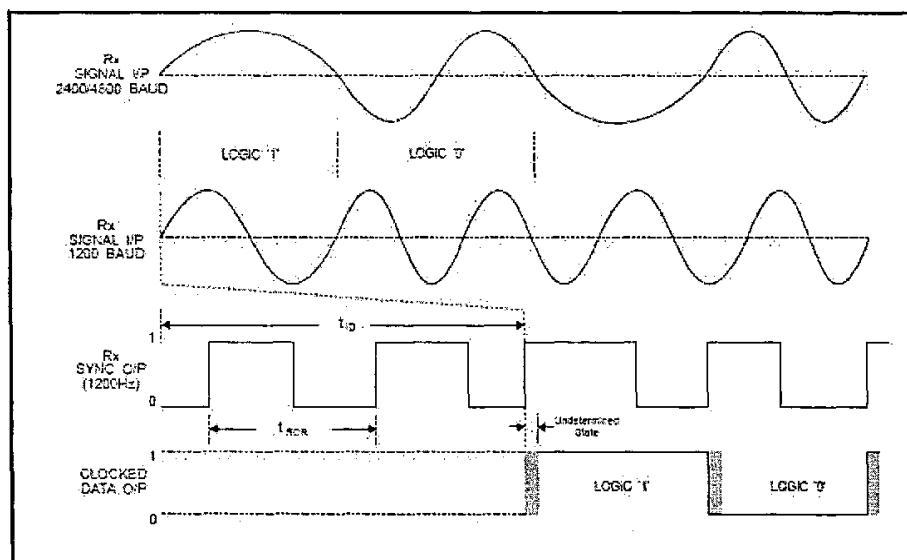


图 5.3 FX469 解调时序图

时间符号	特性描述	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{ESET}$	发送时延, 信号无效时间	2.0		800	$\mu s$
$t_{DSET}$	数据准备时间	2.0			$\mu s$
$t_{DH}$	数据保持时间	2.0			$\mu s$
$T_{TxD}$	调制发送时延		1.2		$\mu s$
$t_{TDR}$	数据发送周期	800	833		$\mu s$
$t_{RDR}$	数据接收周期	800	865		$\mu s$
$t_{US}$	不确定状态时间			2.0	$\mu s$
$t_{ID}$	接收解调时延				ms

表 5.8 FX469 时间特性 (波特率为 1200) 表

FX469 芯片的误码率曲线如图 5.5 所示。由曲线可知, 当输入信号电平保持在 230mVrms 时, 该芯片的误码率最低, 应用效果最好, 最小输入信号一般不能低于 100mVrms, 最大输入信号不大于 1000mVrms。FX469 发送信号一般为 775mVrms。因此在设计与电台接口时, 必须保证 FX469 的电平与电台的电平相匹配, 才能获取最佳的调制解调效果。

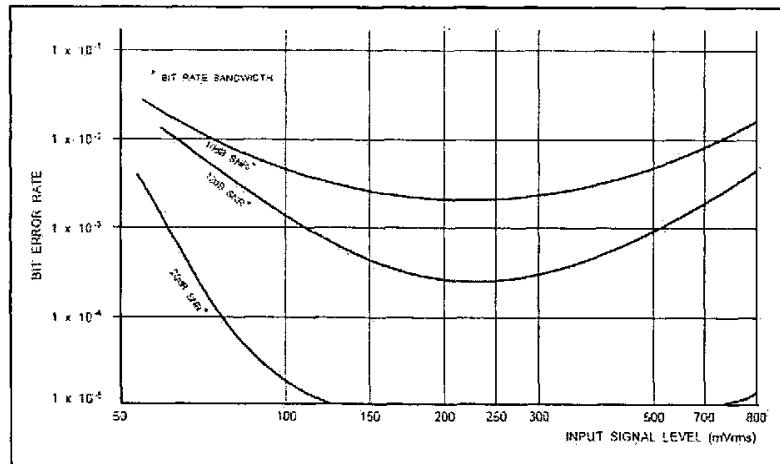


图 5.5 误码率与输入信号电平关系曲线

## 5.2 车载移动台

### 5.2.1 移动台设计

车载移动台主要有 GPS 接收机、单片机、调制解调器和电台等部分构成。单片机是整个移动台的控制器，负责协调各个部分有条不紊的工作。GPS 接收机负责接收 GPS 卫星的信号，然后解算出定位数据并将数据通过串口送给单片机。电台负责发送和接收信号。由于电台的输入与输出为音频模拟信号，而单片机只能处理的数字信号，因此需要调制解调器来对这两种不同信号进行转换。图 5.6 是移动台的结构框图。

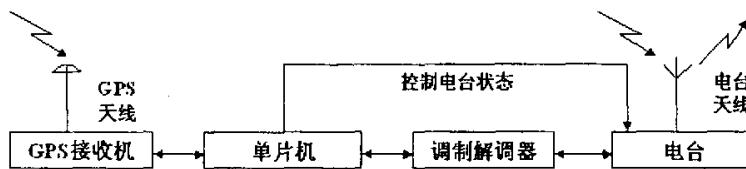


图 5.6 车载移动台结构框图

该系统中的选用了 AT89S52 单片机、Jupiter GPS 接收机、FX469 调制解调芯片和 GM300 移动电台。图 5.7 为移动台主要电路连接示意图，该图并非实际的电路图，而是为了便于表述，省略和简化了许多接口电路和辅助电路。

GPS 接收机是定位数据的生产者，它将 GPS 天线接收到的 GPS 卫星的信号进行处理，可以解算出其所在的地理位置等信息。这些信息被按照一定的格式通过其 SDO1 口向外发送。Jupiter GPS 接收机可以发送两种格式的数据：一种是 NEMA 字符格式，一种是 Zodiac 二进制格式。图 5.8 和 5.9 分别是 GPS 接收机实际发送的 NEMA 字符格式数据和 Zodiac 二进制格式数据的片断，它们是在中国科技大学的同一地点所采集。

无论是 NEMA 字符格式数据还是 Zodiac 二进制格式数据都含有丰富的信息，包括卫星信息、时间信息、定位信息等。而在车辆监控系统中我们主要关心定位信息。在 NEMA 字符格式数据中 Recommended Minimum Specific GPS Data 消息（即以“\$GPRMC”开头的消息）中含有足够的定位数据。例如图 5.8 中的 Recommended Minimum Specific GPS Data 消息所含的信息为：UTC 时间：02:20:12 (021220)，纬度：北纬 31° 50.3748' (3150.3748, N)，经度：东经 117° 15.0820' (11715.0820, E)，地面速度：0 (0.000)，航向：0 (0.0)，日期：05 年 09 月 21 日 (210905)，磁变：4.1, W (4.1, W)，校验和：\*6B (\*6B)。因此我们可以从 Recommended Minimum Specific GPS Data 消息中取得所需要的纬度、经度、速度、航向等定位数据。在 Zodiac 二进制消息中，Geodetic Position Status Output 消息（消息 ID 为 1000 的消息）中也含有足够的定位数据。但是其数据是以二进制数表示的，不如字符直观。在 Zodiac 二进制消息中，数据是以字（两个字节）双字、三字数为单位进行处理的，SDO1 口传送它们时先传送其低位字节，后传高位字节。在图 5.9 中可以找到以“ff 81 e8 03”开始的消息，这就是消息 ID 为 1000 的 Geodetic Position Status Output 消息。其中“ff 81”为同步字 100000011111111（即十六进制数 81ff，传输过程先传低位字节所以显示为 ff81）。“e8 03”即消息号 1000 ((03e8) H=

$(1000)_D$ 。消息的第 27、28 两个字“d7 f2 4f 03”代表纬度: 北纬  $31^{\circ} 39.5723'$  ( $(034ft2d7)$   $\text{H} = (55571159)_D$ , 在这里是用整数来表示小数, 实际上是  $55571159 \times 10^8$ , 单位为弧度, 而  $55571159 \times 10^{-8} \text{rad} = 31.839928273^{\circ} = 31^{\circ} 39.5723'$ )。同理, 第 29, 30 两个字“24 98 32 0c”代表经度:  $117^{\circ} 15.0854'$ 。第 34、35 两个字“00 00 00 00”代表速度: 0。由于两种数据格式的片断是在同一地点采集, 所以所得的位置信息在误差范围内相同。

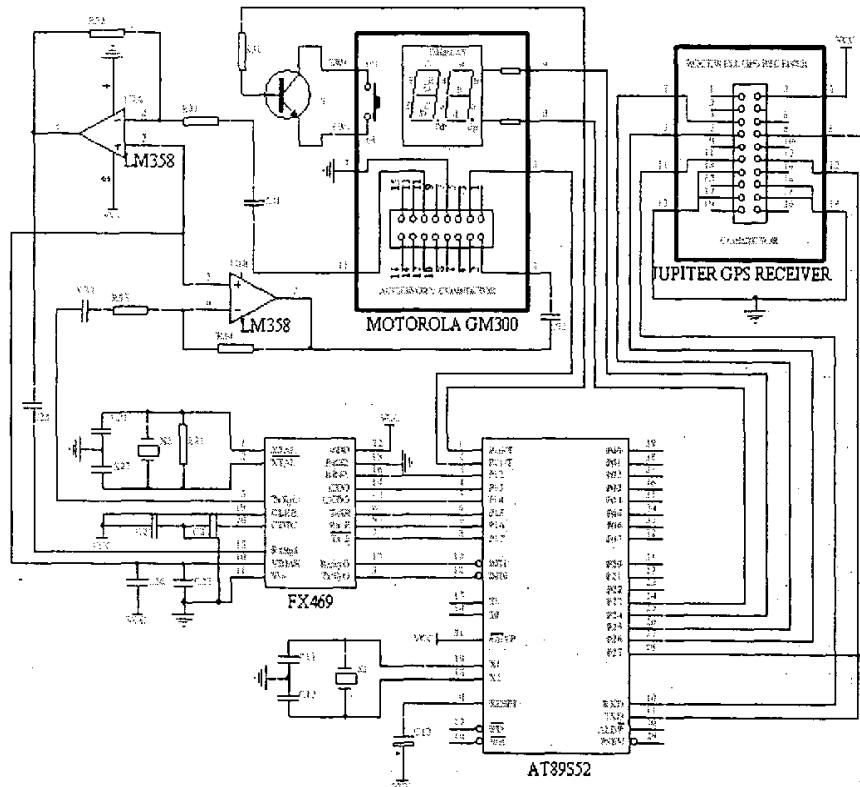


图 5.7 车载移动台电路连接示意图

```

$GPGGA,021220,3150.3748,N,11715.0820,E,1,06,1.21,43.3,M,0.2,M,,*75
$GPGSA,A,3,30,14,05,25,18,22,,,,2.21,1.21,1.85*00
$GPGSV,3,1,09,30,62,090,49,22,61,183,50,14,59,349,47,25,37,268,48*7E
$GPGSV,3,2,09,05,35,051,41,18,26,158,47,06,09,134,30,09,03,059,33*7D
$GPGSV,3,3,09,15,02,192,00,,,,,*4C
$GPRMC,021220,A,3150.3748,N,11715.0820,E,0.000,0.0,210905,4.1,W*6B
$PRWIZCH,30,7,14,7,05,7,25,7,18,7,22,7,00,0,09,6,15,0,06,2,00,0,00,0*4F

```

图 5.8 NEMA 字符格式数据

图 5.9 Zodiac 二进制格式数据

Rockwell Jupiter GPS 接收机车的 SDIO 口与 AT89S52 单片机的 RXD 口相连接, 以便向单片机发送数据, 单片机以中断的方式通过串口接收数据, 并对数据进行筛选, 最后将对监控系统有用的定位数据保存在缓冲区中。因为 NEMA 字符格式数据传输参数为 4800bps, 无奇偶校验, 8 位数据位, 1 位停止位, 而 Zodiac 二进制格式数据传输参数为 9600bps, 无奇偶校验, 8 位数据位, 1 位停止位, 所以要根据选择的数据格式, 设置单片机串口的各项参数。因为二进制数据占用空间少, 使用方便, 在该车辆监控系统中采用了 Zodiac 二进制数据格式。因此可以将定时器 1 作为波特率发生器, 设置 SMOD=0, 其 C/T=0 (定时器方式), 定时器 1 工作于模式 2 (自动重装载模式)。根据公式(5-1)求出 TH1 的值为 253, 即十六进制数 FD。(fosc 为单片机的晶振频率, 该系统中为 11.0592MHz)。

$$Baud\ Rate = \frac{2^{SMOD}}{32} \times \frac{f_{osc}/12}{256 - (TH_1)} \quad (5.1)$$

单片机时刻不停地接收来自GPS接收机的送来数据,以保持定位数据最新。移动台和基地台之间的通信需要严格同步,当移动台接收到基地台发布的发送数据命令后,应该立即对定位数据的进行装载、发送。这样移动台就没有时间等待单片机从GPS接收机接收完毕当前的最新数据。也就是说,移动台发送的定位数据的前半部分可能是当前正在接收的最新定位数据,而后半部分是上一个时刻接收的定位数据,即单片机没有能够将缓冲中的数据更新完毕,便发送出去了。这样基地台所接收的数据不是一次完整的定位数据,而是两个不完整的定位数据的叠加后的结果。这样会给定位带来很大的误差,甚至是错误。为了避免出现这种情况,可以采用双缓冲技术。其工作过程是这样的:单片机不断接收GPS接收机送来的数据,并筛选出定位数据,并将其存入第一个缓冲区,当接收完这一次完整的定位数据,将标志位置位;然后单片机继续接收来自GPS接收机送来的数据,筛选出定位数据存储于第二个缓冲区,接收完毕后,将标志位取反;单片机下一次再将数据存入第一个缓冲区,如此周而复始地交替使用两个缓冲区。这样当移动台接收到基地台要求其发送定位数据的时候,移动台可以根据标志位来选择发送哪个缓冲区的数据,如果标志位为“1”,则发送第一个缓冲区中的数据,如果标志位为“0”,则发送第二个缓冲区中的数据。这样既可以不断地更新定位数据,又能保证所发送数据的正确性。

移动电台 GM300 用来接收和发送无线信号, 以与基地台通信, 其 Microphone Audio Input 和 Discriminator Audio Output 两个输入输出端口要求为音频模拟信号, 而单片机只能处理模拟信号, 因此二者之间需要调制解调器对两种信号进行相互转换。将车载移动电台 GM300 的 Microphone Audio Input 和 Discriminator Audio Output 端通过电平转换电路分别与调制解调器 FX469 的 Tx Signal O/P 和 Rx Signal I/P 端相连接。这样 FX469 可以将单片机送来的数据调制成音频信号送给电台再调制发送, 而电台可以将接收的信号解调成音频信号送给 FX469, FX469 将音频解调为数字信号后传给单片机。

调制解调器 FX469 的 Clocked Data O/P 、Tx Data I/P、Rx Enable 和 Tx Enable 与单片机 AT89S52 的 P1.4、P1.5、P1.6 和 P1.7 四根口线相连接, 发送和接收数据。调制解调器的 Tx Sync O/P 和 Rx Sync O/P 的上升沿分别与单片机的 INT0、INT1 相连接。单片机外部中断设置为边沿激活 ( $IT_1=1, IT_2=1$ )。当发送有效时, Tx Sync O/P 端输出的方波的下降沿, 引起单片机 INT0 中断, 中断处理程序将数据写入 P1.5 口, 此时数据并未开始调制, 直到在 Tx Sync O/P 输出的方波的上升沿, Tx Data I/P 才将 P1.5 的数据读入, 并开始调制, 这样被发送 (调制) 的数据可以保持稳定; 在 Rx Sync O/P 的下降沿引起单片机 INT1 中断, 中断处理程序将 FX469 接收并解调出来的数据从 P1.4 读入。

经过测试, 在实际环境中, 选择通信波特率为 4800 时, 误码率较高, 通信效果不够理想, 所以系统没有选择 4800bps 的速率进行通信, 故直接将 FX469 的 4800 Baud Select 引脚直接接地, 而将 1200/2400 Baud Select 引脚与单片机相连, 以根据不同的实际情况选择波特率为 1200 还是 2400。

由于在该系统允许移动台进行漫游, 因此, 需要电台能够进行频率切换。GM300 车载电台虽然有可以设置 16 个通信频道, 但是需要按键来选择当前通信频道, 并没有在其 16 针的接口中预留频道切换功能引脚。然而, 当移动台进行越区切换时需要自动切换电台的通信频道。由于电台内部电路结构复杂, 且缺少相关资料, 很难通过改变其内部结构来实现自动频道切换, 因此可以从电台频道切换按键的两个触点中高电平的一端接在一个 NPN 型三极管的集电极上, 低电平的一端接在这个三极管的射极上, 将三极管的基极通过限流电阻接到单片机的输入输出口线 P1.1 上。这样当向该端口写入 “1” 时, 三极管导通, 相当于频道切换按键被按下, 当写入 “0” 时, 三极管截至, 相当于按键弹起, 这样对 P1.1 连续进行两次取反运算, 就可以改变频道一次。在该系统中共使用 3 个不同频率的通信信道。因此, 我们对电台进行编程, 使其仅保留频道 1、2 和 3。因为通过按键进行频道切换, 只是顺序的从一个频道切换到下一个频道, 例如从频道 1 切换到频道 2、从频道 2 切换到频道 3、从频道 3 切换到频道 1, 如此周而复始。因此, 在确定目标频道后, 还需要知道当前所用频道, 才能确定按键次数, 以顺利完成频道切换。电台的面板上有两个八段数码管来显示当前所用的频道号, 因此可以通过数码管来确定当前的频道号。由于只使用了 1、2、3 三个频道号, 因此可以通过判断数码管的 c、d 两段的通断状态来确定当前使用的频道号。若 c、d 的状态为分别为 “通、断”, 则为频道 1; 若为 “断、通”, 则为频道 2; 若为 “通、通”, 则为频道 3, 若为 “断、断”, 则为出错。数码管各段发光二极管的通断, 可以通过其两端的电压反应出来, 因此可以

用单片机的 I/O 口线来读取。如果需要使用更多的频道，则需要适当的增加与单片机 I/O 口的连线。这样电台的频率切换就可以由单片机程序来控制。

移动台软件部分采用汇编语言编写，其主程序流程结构图见图 5.10。为了描述方便将基地台发送给移动台的信息统称为命令信息。

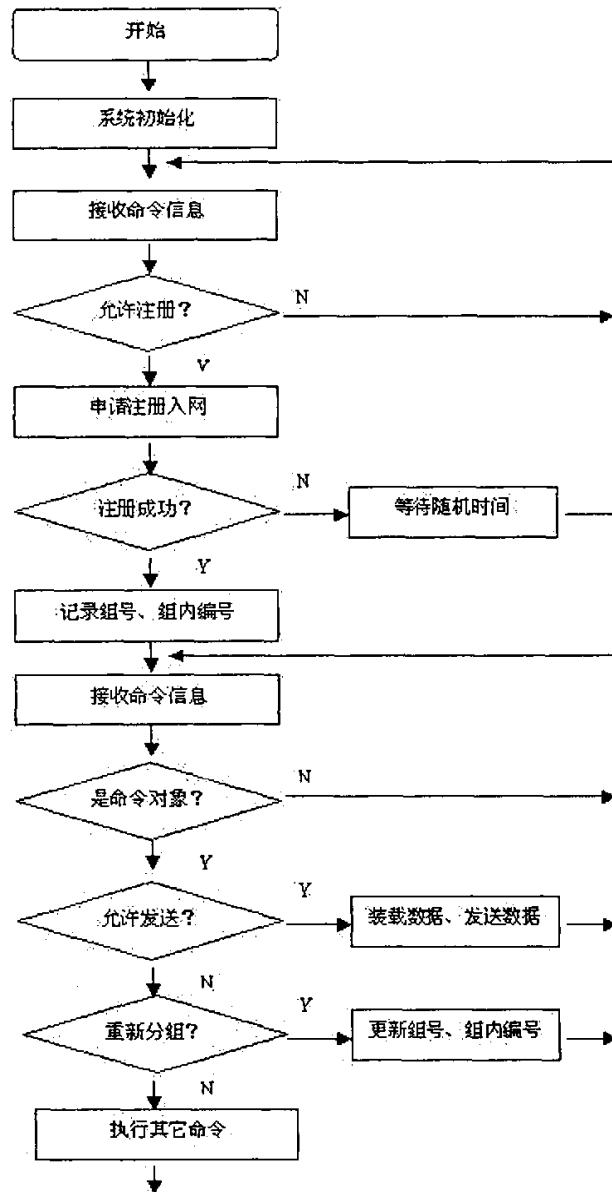


图 5.10 移动台主程序流程图

### 5.2.2 移动台的越区切换

由于局域监控子系统的网络容量及覆盖面积在很多情况下不能满足监控要求，因此采用 Internet 将各个监控子系统互联。这样不但增大了系统容量，而且使移动台漫游成为可能。

在整个监控系统中存在多个无线网络。如果各个无线网络相距很远，例如各个基地台都分布在不同的城市，那么它们仍然可以有效地工作。当移动台从一个局域监控子系统的无线网络覆盖区行驶至另一个局域监控子系统时，其通信频率无须改变，只需要向新的监控子系统提出入网申请即可。但是，如果两个存在两个局域监控子系统相距不是很远，例如同一城市的多个监控子系统，那么如果它们还使用同样的频率进行无线通信，势必造成相互影响，必将使整个监控网络失效。

为了使基于 GPS 车联网监控系统能够更有效地工作，系统引入了蜂窝通信的概念。相邻的两个监控子系统不再使用相同的信道，而且相隔一定距离的监控子系统可以使用相同的通信信道。由于使用相同通信信道的两个局域监控子系统相距甚远，一个通信网络的无线电信号在进入另一个无线网络时已经损耗殆尽，不会对另一个网络的通信构成影响。这样各个子系统便可以相互独立的运行。

由于各个局域监控子系统所采用的无线通信信道不是完全相同，这样移动台要实现在各个局域监控子系统中相互漫游必须改变其通信频率。移动台在什么时候切换频率呢？

通常无线通信网络判断越区切换可以比较原小区和目标小区的信号强度，当其比值达到某一设定值时，即进行切换。此外还可以根据原小区和目标小区的信噪比（信号和噪声的强度比）作为切换标准。

该系统所采用的设备简单，很难实现信号强度和信噪比的测量，但是该系统具有另外一个特点，那就是移动台通过 GPS 接收机时刻知道自己的精确地理位置。那么我们可以考虑将地理位置作为越区切换的标准。

第一种方案：移动台控制切换。在每个移动台中保存有各个基地台的大致服务范围以及基地台所使用的通信频道。在我们的系统当中共使用了 3 个通信频道。当移动台与基地台不能正常通信时，移动台启动越区程序。首先移动台通过 GPS 接收机接收的经度和纬度值，判断其当前所在的区域属于哪个局域监控子系统的服务范围，然后查表获得该监控子系统的通信信道。然后移动台将自己的通信电台切换到该信道上来，开始接收基地台发送的同步、命令等信息，在收到基地台的允许注册的信号后，立即向其申请注册入网，如果注册成功基地台会为其发送分组等相关注册成功的信息，并为其分配通信时隙。如果移动台未能收到注册成功的信息，则可能在发送时与其他移动台出现冲突，可以延迟一个随机事件后重新启动注册过程。

这种方案是在移动台彻底与原基地台失去联系后才开始启动越区切换，中间会存在一定的时间的通信中断。由于移动台控制器为单片机其数据存储量和运算能力有限，通常只存储基地台的地理坐标，以及基地台的覆盖半径，即将其网络覆盖区理想化为一个圆形，未考虑地形等因素对无线电波传输造成的影响。这样移动台只是判断其当前位置是在哪个圆形区域内即可。这样移动台运算量和数据量相对降低，但是可能出现误判。例如基地台甲与移动台相距很近，但是之间有高大建筑物的阻挡，移动台与基地台甲不能通信；而基地台乙虽然与

移动台距离较远，但是移动台与基地台乙之间地势平坦，二者可以通信。但是这时移动台却会错误的切换到基地台甲的频率上而不能正常通信。

第二种方案：监控中心控制切换。由于移动台在行驶出原局域监控网络的覆盖区域之前会通过无线网络将其位置信息传送给基地台。这样监控中心的监控计算机也会知道移动台的所处位置。因为移动台在行驶至接近本监控子网络的覆盖区域前，已经进入了另一个监控网络的覆盖区域，即两个网络的共同覆盖区（两个网络使用不同的通信频率，不会造成相互干扰），所以监控中心可以在其行驶出本监控子系统的网络覆盖区域前，根据其行驶方向判断其即将进入的监控子系统，向移动台发送越区切换命令。移动台收到越区切换命令后，立刻将其通信频道切换，等待注册时机，收到允许注册信息后，立即向新网络提出注册申请，若成功，新网络就会向其发送分组等信息。

这种方案越区切换的判断由监控计算机负责完成，由于监控计算机的存储量很大，而且运算速度快。可以将监控网络的覆盖范围记录成接近实际的形状，而计算机完全有能力计算移动台当前位置与基地台覆盖范围之间的关系，这样进行越区切换判断比较准确，且切换过程中断通信的时间很短。但是由于天气等随机因素发生监控区域范围变化等情况，容易使车辆行驶出原监控网络，而不能进入新的网络。例如，监控范围受随机因素干扰突然变小，当车辆行驶至某一位置后，突然驶出监控网络，而在正常情况下移动台还完全在原监控网络的覆盖范围内。这样原基地台与移动台彻底失去联系，监控中心将不能通知其进行越区切换，移动台将永远与监控中心失去联系。

由此可见，以上两种方案各有其优缺点，在基于 GPS 的车联网监控系统中可以共同使用两种方案。这样当移动台在原网络覆盖范围内时由监控中心根据移动台的位置控制其越区切换，当移动台突然行驶出原网络覆盖范围后，移动台会根据自己所处位置选择合适的通信频率进行注册。这样既可以缩短切换时中断通信的时间，又可以保证移动台不会彻底与所有监控网络失去联系。

此外在有时基于位置进行频率切换可能会失败，例如移动台由于被遮挡而不能收到位置信息或者要加入的新网络的基地台临时故障等。这时移动台将搜索所有的通信频道。并在每一个通信频道上停留足够长的时间，判断是否能够获取允许注册信息。直到注册成功。当然这种方法在通信频道太多的时候，需要花费时间较长。但是能够保证在有网络可用的时候，能够申请注册入网。

## 5.3 监控中心

### 5.3.1 监控中心设计

监控中心由 GPS 接收机、单片机、调制解调器、电台和监控计算机等组成。也就是说监控中心是由基地台和监控计算机两大部分组成。单片机是基地台部分的控制器，负责控制基地台各个部分协调的工作，并且负责与监控计算机通信。电台负责发送和接收信号。调制解调器负责数字信号和模拟音频信号的相互转换。监控计算机是人机交互工具，它负责在电子地

图上实时显示被监控车辆的位置，并将监控数据通过Internet传送给其它计算机。监控中心的GPS接收机是为了实现差分GPS（DGPS）而设置的。图5.11是其工作原理框图。

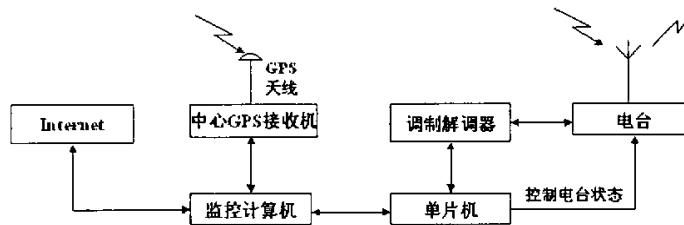


图 5.11 监控中心结构框图

基地台的设计与移动台的设计相类似。仍然选用了AT89S52单片机、FX469调制解调芯片和GM300移动电台。与移动台相比，基地台可以不再接GPS接收机。因此也就不需要考虑通过串口接收GPS定位数据，但是基地台的单片机要和监控计算机进行串口通信通信。图5.12是基地台主要电路连接示意图，该图并非实际的电路图，而是为了便于表述，省略和简化了许多接口电路和辅助电路。

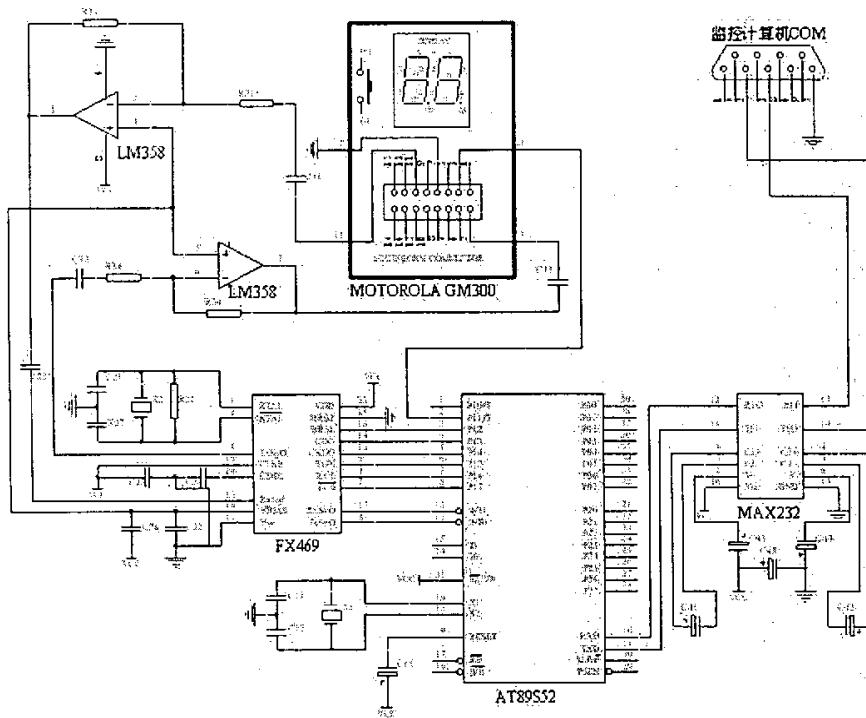


图 5.12 基地台电路连接示意图

基地台中的调制解调器FX469、电台GM300的连接方式与移动台几乎一致。由于基地台的通信频率一般是固定不变的，也就不需要程序控制电台进行自动频率切换了，故电台的连接方式也就更简单了。

基地台部分的软件也是采用汇编语言编写的，其主程序流程图结构如图5.13所示。为了描述方便，将监控计算机发送给基地台的信息统称为命令信息，将移动台发送给基地台的信息

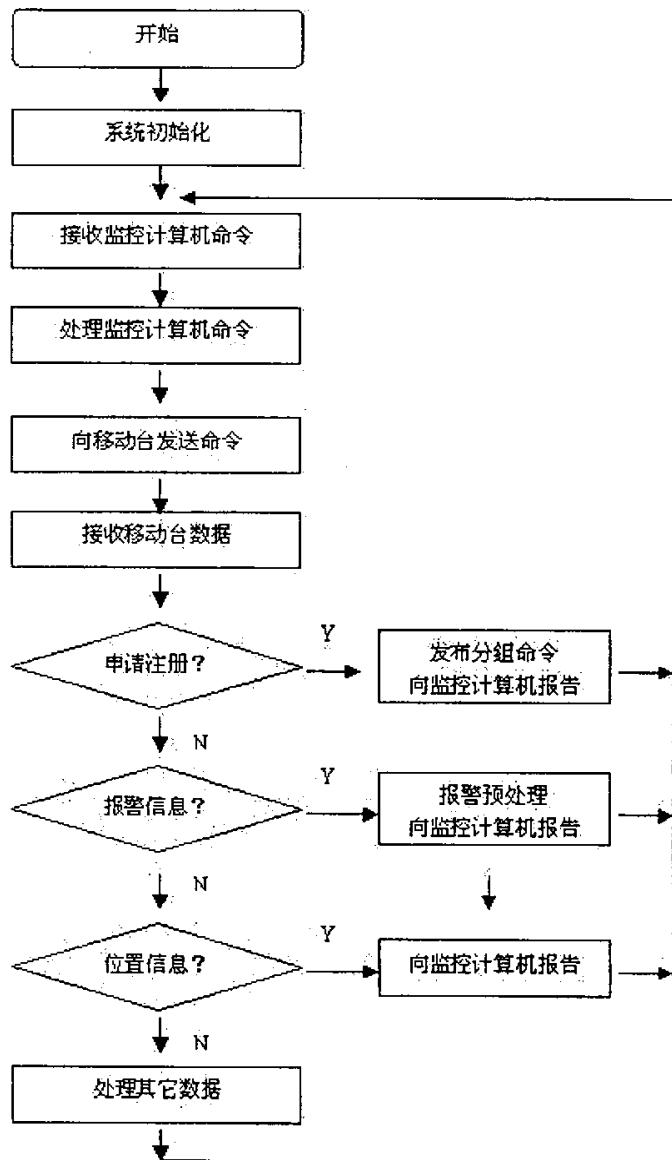


图 5.13 基地台主程序流程图

统称为数据信息。

监控中心的GPS接收机是为了实现差分GPS（DGPS）而设置的。它可以利用已知的基准站精确坐标，与观测值进行比较，从而得出一修正数，并通过基地台发送给移动台，移动台接收到该修正数据后再传送给其GPS接收机。接收机收到该修正数后，与自身的观测值进行比较，消去大部分误差，得到一个更加准确的定位信息。如今，美国已经取消了SA政策，定

位精度已经达到了较高水平,如果系统要求的定位精度不是太高,可以省略该GPS接收机。在本系统中就没有使用中心GPS接收机。

监控计算机与基地台单片机之间是通过串口通信的,这与GPS接收机与移动台单片机之间相类似。但单片机和GPS接收机的接口都是TTL电平,二者可以直接相连接,而计算机的串口符合RS-232标准,不是TTL电平,故二者不能直接连接。EIA-RS-232C标准协议中规定:在其TxD和RxD上,逻辑1=-3V~+15V;逻辑0=+3~+15V,也就是说EIA-RS-232C用正负电压来表示逻辑状态。这与TTL以高低电平表示逻辑状态的规定不同。因此为了能够将TTL器件与计算机的串口相连接,必须在EIA-RS-232C与TTL电路之间进行电平和逻辑关系的转换。实现这种转换可以采用分立元件,也可以采用集成电路芯片。由于采用集成电路芯片简单易行,因此得到广泛应用。如MC1488、SN75150芯片可以完成TTL电平到EIA电平的转换,而MC1489、SN75154可以实现EIA电平到TTL电平的转换,MAX232芯片可以完成TTL $\leftrightarrow$ EIA双向电平转换。

由于RS-232C并未定义连接器的物理特性,因此出现了DB25、DB9等类型的连接器。它们的引脚数目不同,各针脚的定义也不相同。其各针的定义如表5.9所示。目前计算机上常见的为DB9型连接器,

串口 DB9 型			串口 DB925 型		
针号	功能说明	缩写	针号	功能说明	缩写
1	数据载波检测	DCD	8	数据载波检测	DCD
2	接收数据	RxD	3	接收数据	RxD
3	发送数据	TxD	2	发送数据	TxD
4	数据终端准备	DTR	20	数据终端准备	DTR
5	信号地	GND	7	信号地	GND
6	数据设备准备好	DSR	6	数据设备准备好	DSR
7	请求发送	RTS	4	请求发送	RTS
8	清除发送	CTS	5	清除发送	CTS
9	振铃指示	DELL	22	振铃指示	DELL

表 5.9 串口信号角说明

在该系统中,只需要与单片机建立简单的双向连接,不需要使用其它控制信号,因此只连接了RxD、TxD和GND。此外RS-232C在通信速率低于20kbit/s时,其直接连接的最大物理距离为15米。在该系统中我们仅考虑基地台与监控计算机之间的距离小于15米的情况,如果大于15米,则基地台和监控计算机之间的通信需要使用Modem或者借助于网络。

监控计算机的串口输出端TxD与Max232的T<sub>1IN</sub>相连,单片机的接收端RxD与Max232的R<sub>1OUT</sub>相连,这样Max232就将计算机的EIA电平转换为单片机所需的TTL电平。同理,将单片机的输出串口TxD与Max232的T<sub>1IN</sub>相连,计算机的串口接收端RxD与Max232的T<sub>1OUT</sub>相连这样,Max232又实现了从TTL电平到EIA电平的转换。

基地台单片机与监控计算机之间的通信参数仍然采用9600bps,无奇偶校验,8位数据位,1位停止位,所以基地台单片机的设置与移动台单片机设置相同,即定时器1作为波特率发

生器, 设置 $C/T=0$  (定时器方式), 并使其工作于模式2 (自动重装载模式) 设置SMOD=0, TH1仍然设置为253, 即十六进制数FD。

监控计算机上使用Windows操作系统, 在该系统中监控计算机上的应用程序都是采用Delphi来编写的。串口通信的计算机端可以使用Windows API进行编程。在32位Windows系统中串口和其它通信设备是作为文件处理的。串口的打开、关闭、读取和写入所用的函数与操作文件的函数完全一致。

在使用串口前应该先将串口打开, 主要调用CreateFile()函数来实现。在打开串口后, 通常要对串口进行配置, 通常使用SetCommState()函数来配置端口。配置前可以先使用GetCommState()函数来获取当前串口的DCB结构, 更改部分DCB结构后再用SetCommState()来配置端口。下面程序是实现打开串口, 并将串口配置为系统需要的9600bps、无奇偶校验, 8位数据位, 1位停止位。

```
Procedure TclientForm.OpenSPClick(Sender: TObject); //打开串口
var
  DCB : TDCB;
begin
  CommHandle := CreateFile(Pchar(SerialPortForm.PortName.Text), GENERIC_WRITE or
    GENERIC_READ, 0, nil, OPEN_EXISTING,
    FILE_FLAG_OVERLAPPED or FILE_ATTRIBUTE_NORMAL, 0);
  If(CommHandle=INVALID_HANDLE_VALUE) then
    begin
      .....; //错误处理程序
      exit;
    end;
  GetCommState(CommHandle, DCB); //获取当前DCB结构
  DCB.BaudRate := 9600;
  DCB.ByteSize := 8;
  DCB.Parity := NOPARITY
  DCB.StopBits := ONESTOPBIT
  SetCommState(CommHandle, DCB); //用修改过的DCB配置串口
end;
```

在使用完毕串口后应该调用CloseHandle()函数将串口关闭。

```
procedure TclientForm.CloseSPClick(Sender: TObject);
begin
  CloseHandle(CommHandle);
end;
```

利用Win32 API读写串口时,既可以同步执行,也可以重叠(异步)执行。在同步执行时函数直到操作完毕才返回,这意味着在同步执行时线程会被阻塞,从而导致效率降低。在重叠执行时,即使操作还未完成,调用函数也会立即返回,这样线程就可以做其它工作。在该系统中,显然应该采用重叠方式。读串口操作有两个函数:一个是ReadFile(),它对同步异

步操作都支持；另一个是ReadFileEx（），它只支持异步操作。同样写串口操作也有两个函数WriteFile（）和WriteFileEx（）。这四个函数都受函数是否异步操作、超时操作等参数的影响和限定。

监控计算机是否需要连接到Internet上，也是根据系统需要而定的，如果系统需要的监控范围比较小，可以用一个基地台覆盖整个监控区域，则可以不把监控计算机连接到Internet；如果系统需要覆盖一个很大的城市甚至是几个城市，则需要Internet来连接所有监控计算机，以扩大监控范围和系统容量。

监控计算机中还应该保存有车辆信息数据库和基地台信息数据库等。车辆信息数据库负责管理被监控车辆的信息，如车辆编号、车牌号、车主、归属地、监控级别等信息；基地台信息数据库负责管理基地台相关信息，如基地台编号、基地台网络覆盖区域、基地台通信信道、监控计算机IP地址等。有了这些信息不但利于了解其相关信息，还可以为移动台的越区切换提供支持。

### 5.3.2 电子地图设计

电子地图是车辆监控系统的重要组成部分，有了它才可以直观的显示被监控车辆的具体位置，以便于对被监控车辆进行管理和调度。

电子地图是存储在计算机的硬盘、软盘、光盘或磁带等介质上的，地图内容是通过数字来表示的，需要通过专用的计算机软件对这些数字进行显示、读取、检索、分析。电子地图按其数据存储方式可分为矢量地图和栅格地图（又称点阵地图）两种。栅格地图采用基于栅格的数据结构，将地图离散化成一个象素阵列，其优点是结构简单，操作方便，缺点是精度低，数据存储量大，难以操作单个目标，叠加动态目标后，影响显示效果。矢量地图采用基于矢量的数据结构，用点、线、面来描述地图，记录存储的内容是所描述对象的关键点，同时带有关键点的属性描述，在显示时，用软件读取相应数据按一定规则变换后再显示。虽然矢量地图数据结构复杂，计算量大，但是其数据存储量小，图形精度高，易于操作和变换。因此矢量地图也就更加符合地理信息系统（GIS）和智能交通系统（ITS）的发展需要。

矢量地图的核心是数据，它可以看作是由点、线、面三种几何对象以及其属性数据构成的数据的集合。因此可以引入地图矢量库和地图数据库两个概念来描述矢量地图。所谓地图矢量库是一组图形数据，它保存了地图的几何数据；所谓地图数据库则是一组描述数据，它保存了地图的各种几何对象的属性数据。地图矢量库和地图数据库通过地物的序号建立索引关系，如图5.14所示。

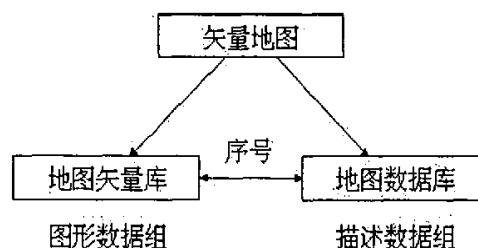


图 5.14 矢量地图的组成

矢量地图主要由点、线、面三种几何图形构成，地图矢量库也就主要保存这三类数据。单位之类的地物实体用点来表示；公路、铁路等地物实体可以用线来表示；湖泊、区划等实体则可以用面来表示。依照传统习惯，把点、线、面这三类地物按照从上倒下的顺序排列，便可构成地图的几何结构。

点标志和面标志比较简单，分别对应于几何点和多变形。线标志的构成相对复杂，为了表述线标志我们引入了矢量边、节点、路等概念。所谓矢量边是一些点的坐标集合，表征一条连续曲折的线，点的排列顺序决定了折线的行进方向以及折线的形状和位置。并且只有两个端点可以属于不同的矢量边。节点是大节点和小节点的统称，也就是构成矢量边的点，大节点是矢量边的端点即其起点或终点；小节点是矢量边中除大节点以外的节点；路就是矢量边的集合。

图 5.15 是矢量地图的道路示意图，其中点 1、4、7、8 是大节点，点 2、3、5、6 是小节点，点 1、2、3、4，点 4、5、6、7，点 4、8 分别构成矢量边，以上 3 个矢量边的任意组合都可以构成路。

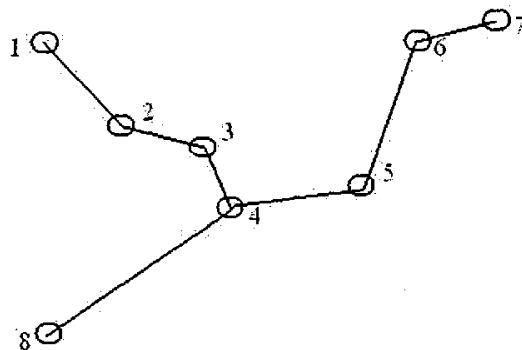


图 5.15 矢量地图的道路示意图

矢量地图中的地物属性信息保存在地图数据库中。对于点地物其属性包括类型、位置、名称、显示图标、显示级别等；对于面地物其属性包括类型、位置、名称、颜色和形状等；线地物的属性包括类型、位置、名称、颜色、显示宽度、显示级别等。

所以生成、编辑电子地图的过程就是生成、编辑地图矢量库和地图数据库的过程。

鉴于栅格地图和矢量地图的特点，在该车辆监控系统中的电子地图选择了矢量地图。目前，大多数矢量地图依据卫星拍摄或者是航空拍摄的图片来制作的，且制作周期长。虽然这种矢量地图精度较高，但是成本更高，通常一个中等规模城市的地图就需要几百万元。很难令人接受。

中国科学技术大学 GPS 实验室依据普通纸质地图，用计算机自动或半自动完成矢量地图的制作，具有制作周期短、费用低等特点。首先用扫描仪、数码相机等工具将常见的纸质地图输入计算机，然后通过图像处理的方法将道路网络提取出来，然后对道路网络进行细化、矢量化，这时便可以得到矢量道路网，再对该矢量道路网进行校正，提高地图精度。然后在此基础上添加其他地图信息，便可以得到经济适用的矢量地图。

下面以合肥市为例介绍该系统所使用的电子地图的制作方法和过程。首先将纸质地图扫描进计算机，如图 5.16 所示。对于交通地图来说，道路网络是最重要的部分，也是位置关

系最复杂的部分。因此，我们先用图像处理的方法（例如基于外延特征的栅格地图噪声去除算法<sup>[27]</sup>）将其中的道路网络进行识别，获得道路网络图，如图 5.17 所示。此时道路网络图仍然是一幅栅格地图，它在计算机中还是以位图的方式存储在计算机中，只是将地图中的文字、区域等信息去除了。

现在对道路网络进行细化矢量化后便可以将道路网络栅格地图变为道路网络矢量地图，



图 5.16 合肥市区栅格地图



图 5.17 合肥市区道路分布图

如图 5.18 所示。它已不再以位图的方式存储于计算机中，而是以地图矢量数据库的方式存储于计算机中。在制作过程中，我们没有改变地图的精度，也就是说原栅格地图的精度决定了我们道路网络矢量图的精度。通常我们所用的栅格地图只是标明各种地物的相对位置关系，精度不高。这样我们所获得的道路网络矢量图也不高，从图 5.19 可以看出，实际道路与地图道路的位置有较大差别（道路实际位置数据来自手持 GPS 设备采集的道路的位置信息，它虽然不是精确的道路位置，但与实际位置相差较小，故可以看作实际位置）。很难达到监控系统对电子地图的要求，因此，必须提高矢量地图的精度。



图 5.18 道路网络矢量图



图 5.19 实际道路与地图道路

为了提高地图精度，需要对地图进行进一步处理。在这里可以采用计算机对道路网络进行自动校正。在实际位置曲线中分散地选取数个点，并找出地图中的相应点，如图 5.20 所示，并以这数对点为参照，将地图分区域进行平移、缩放、旋转等操作，最终使实际位置与地图位置相吻合，此过程中选取的点越多，校正效果也越好。图 5.21 是选取了 18 个点的以及其

校正效果，从中可以看出实际采集路线与地图道路曲线已经基本重合。完全可以应用于车辆监控系统<sup>[30]</sup>。

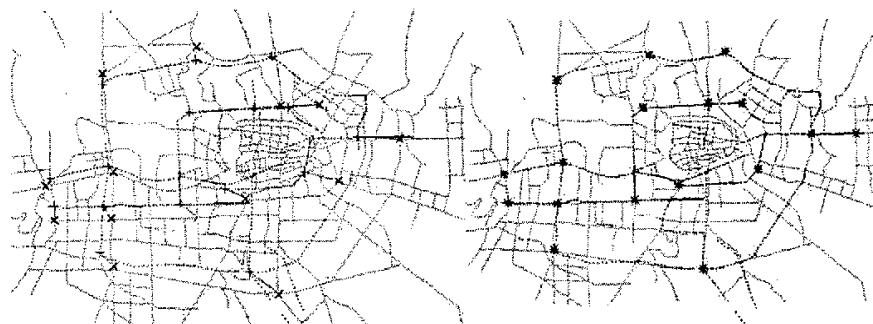


图 5.20 地图校正前的效果

图 5.21 地图校正后的效果

经过以上步骤，比较精确道路网络矢量地图已经建立起来了，我们还需要在上面添加点状地物和面状地物，以及各种地物的属性数据。由于，该地图主要是应用于车辆监控系统中的交通地图，因此对道路的精度要求较高，而对其他地物的精度要求可以适当降低，因此完全可以以道路位置为参考，手动添加其他地物的信息。图 5.22 是添加完整信息后的合肥市矢量电子地图，它能够任意放大或缩小、支持地理信息查询等，有着普通栅格地图不能比拟的优点。

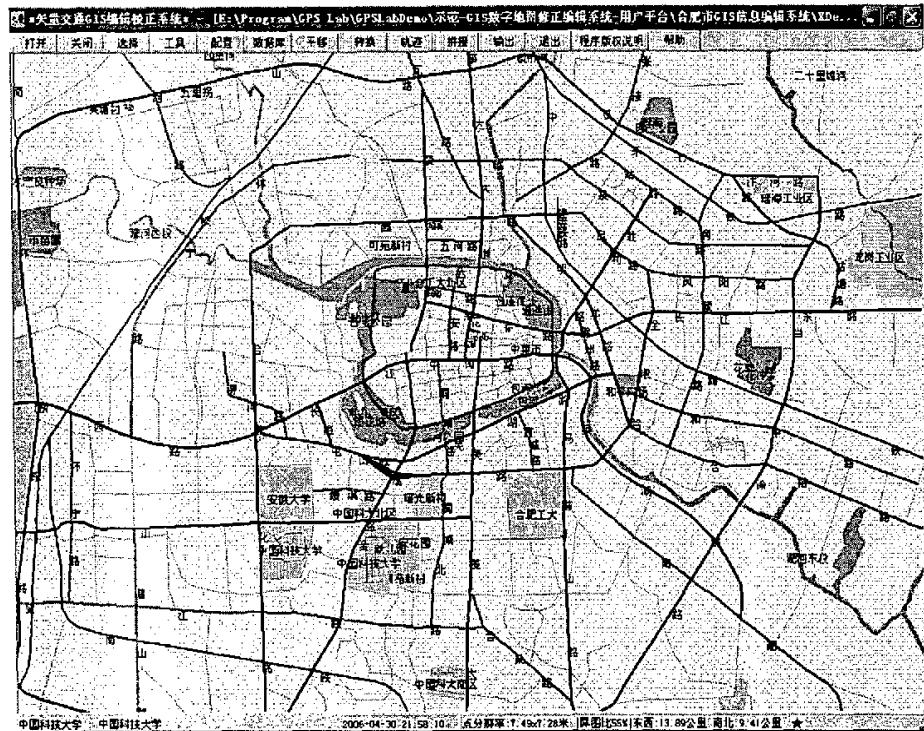


图 5.22 合肥市区矢量电子地图

车辆监控系统的监控计算机安装矢量电子地图以后，可以根据被监控车辆的经度、纬度等信息，直观地显示被监控车辆的位置，如图 5.23 所示。监控中心的工作人员可以根据车辆的分布情况及时对被监控车辆进行指挥和调度。

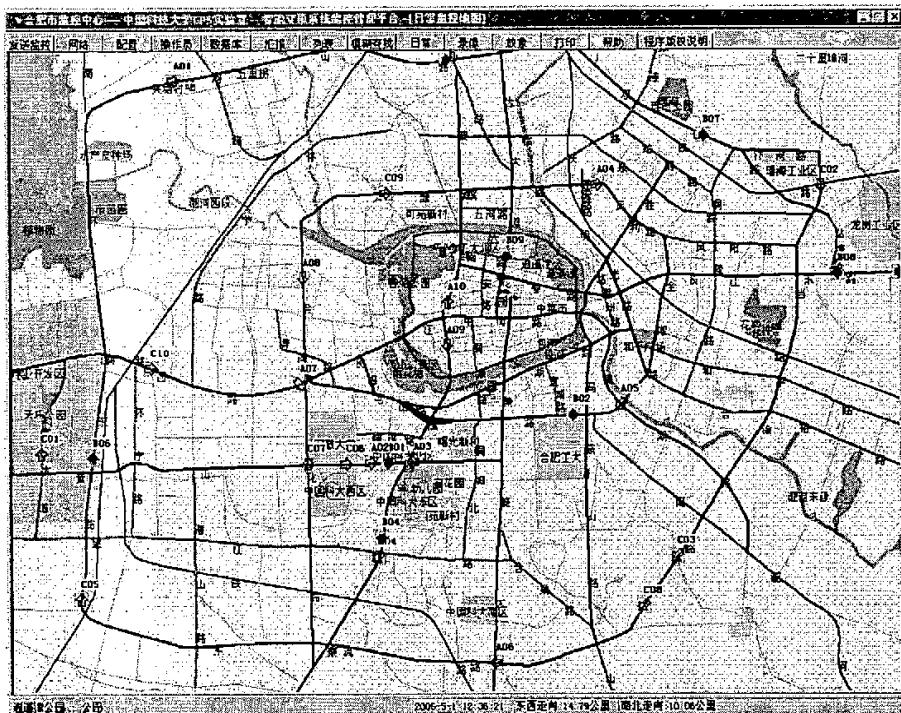


图 5.23 车辆监控系统场景

## 第六章 车辆监控系统的展望

随着社会的发展，车辆监控系统的应用范围变的越来越广，因此用户数量必将大幅度增加，同时用户对系统的性能要求也将不断提高，因此车辆监控系统必将有新的发展。更加精确的定位技术、以及更加先进的无线通信网络等新技术将越来越多地应用到车辆监控系统。

### 6.1 定位技术的发展

虽然 GPS 能够为用户提供高精度、全天候的定位数据，但是只有在 GPS 接收机能够接收到足够多的 GPS 卫星的信号才有效。当 GPS 接收机能够接收到 4 颗卫星的信号时，它便能够解算出其三维坐标；当只能接收到 3 颗卫星的信号时，可以解算出其经度和纬度。如果低于 3 颗，便不能正常定位。在空旷的乡间，GPS 接收机能够畅通无阻的接收到卫星的信号，因此定位效果很好。然而在高楼林立的城市中，GPS 卫星信号容易受到建筑物等的阻挡，以至于 GPS 接收机可见的卫星有时会低于 4 颗，而不能正常定位。为了能够保持连续定位，通常需要采取一些辅助措施。

航位推算(Dead Reckoning, DR)是一种常见的自主式定位技术,它主要由路程传感器和方向传感器构成,能够通过实时测量车辆行驶的距离和方向来推算车辆的位置<sup>[34]</sup>。

假设车辆起始位置为平面坐标为  $(x_0, y_0)$ ，起始行驶方向角为  $\theta_0$ ，各时间段内的行驶距离和方向分别为  $s_i$  和  $\theta_i$ ，则车辆在任意时刻的平面位置坐标  $(x_k, y_k)$  可以通过以下公式求出其平面直角坐标，并可以根据需要转换为经度和纬度。

$$x_k = x_0 + \sum_{i=0}^{k-1} s_i \cos \theta_i, \quad y_k = y_0 + \sum_{i=0}^{k-1} s_i \sin \theta_i \quad (6.1)$$

航位推算DR是典型的自主定位技术，在短时间内可以保持较高的精度，且其有效性不受外界的影响。但该方法仅能确定相对位置，且误差将随推算过程而累加<sup>[35]</sup>。

因此在实际的车辆定位技术中，可以采用组合定位方式将GPS和DR两种定位技术结合起来使用。当GPS信号被遮挡而使GPS定位技术失效时，DR系统可以照常工作，而GPS提供的高精度的定位信息可以对DR的误差进行校正和补偿。GPS和DR可以相互取长补短，提高定位技术的可靠性和自主性，同时可以提高监控系统的性能。

随着蜂窝网络的发展，基于蜂窝网络的无线定位技术也日益完善。在基于蜂窝网络的无线定位系统中，对移动台的定位是通过检测移动台和蜂窝网络内多个蜂窝小区的基地台的之间的无线电信号传播的特征参数来计算目标移动台的几何位置。根据测量参数的类型可以分为方向角定位方案和距离定位方案<sup>[36]</sup>。

在方向角定位方案中，基地台上安装有天线阵列，测量电波的到达角度 (Arrival of Angle, AOA)，则可以确定基地台与移动台之间的径向连线，即测位线，两条测位线的交点

就是移动台的位置。采用该技术需要基地台配备天线阵列，并且需要准确校准，接收设备复杂。

在距离定位方案中，通过测量移动台发出的信号到达时间（Time of Arrival, TOA）或者测量传输时间差（Time Difference of Arrival, TDOA）进行定位。利用TOA定位，要求基地台发送时间同步标记，同时移动台必须与各个基地台严格同步；利用TDOA定位，可以消除对时间基准的依赖性，可以降低成本。

无论是方向角定位还是距离定位方案，其定位精度都不是很高，当移动台与基地台之间的直射路径存在障碍物阻挡时，无线电波虽然能够经过反射或者衍射后到达接收方，但是其方向角和传输时间将不能很好的反应移动台与基地台之间的位置关系。由于这种非视距传播的存在，定位精度存在明显下降。

为了进一步提高定位性能，美国QUALCOMM公司开发了gpsOne，它是无线辅助GPS与CDMA三角定位技术相结合的混合定位技术。简单讲，gpsOne技术首选CDMA网络辅助GPS定位，在GPS定位环境较为恶劣（如地下室，大型百货商店内等）以致GPS不能进行定位的情况下，采用CDMA三角定位技术进行辅助定位。这种CDMA网络辅助GPS与CDMA三角定位的有机结合可以使两种不同的定位技术在不同的定位环境中优劣势得到充分互补：在农村或郊外CDMA三角定位因无线基站稀少，精度较差，而CDMA网络辅助GPS定位在这些环境中正好充分发挥优势；反之，在城市繁华地区或大型商厦、写字楼环境下，CDMA网络辅助GPS定位较为困难，而在这些地区由于CDMA基站往往分布较密，因此CDMA三角定位技术的优势得以充分发挥。gpsOne技术也同时支持Cell ID定位方式，可以确定移动台所处的小区，以确保定位成功率。目前中国联合通信公司已经开始gpsOne定位服务。故采用中国联合通信公司CDMA网络的车辆监控系统，可以选用此方案<sup>[37]</sup>。

此外，“伽利略”全球定位系统将于2008年建成，它是中国同欧盟国家共同投资建设的民用全球卫星定位系统，与GPS相比，它更先进、更有效、也更可靠。它提供的服务比GPS多，服务水平也将比GPS高。它将为车辆监控系统提供误差不超过1m，甚至20cm的精确定位服务。

## 6.2 无线通信的发展

随着车辆监控系统中用户数量的增加，监控系统的实时性将会下降。为了提高系统性能，必须采用新的移动通信技术。

扩频通信技术是GPS车辆监控系统的一个理想选择。扩频通信具主要有以下优点：（1）抗干扰性强，能提高输出信号的信噪比。（2）发射功率小，设备功耗较低，对其他通信系统产生干扰小。（3）可以实现码分多址，频带利用率很高。（4）抗多径干扰性能好，能够在恶劣环境下稳定运行。（5）无线数据传输速率高，而且误码率低。

最基本的扩频的方法有两种：（1）直接序列调制，简称直接扩频（DS）。这是用比特速率非常高的数字编码的随机序列去调制载波，使信号带宽远远大于原始信号带宽。（2）频率跳变调制，简称跳频（FH）。这是用较低速率的编码序列的指令去控制载波的中心频率，离散地在一个给定频带内跳变，形成一个宽带的离散频率谱。这些基本调制类型还可以进行组合，形成各种混合系统，如跳频/直扩系统等。

GPS车辆监控系统仍然可以采用建立专用无线通信网络的方案。系统需要选择合适的扩

频通信设备，建立专用无线通信网络。由于采用扩频技术，无线通信速率将会大幅度提高，监控系统的实时性将更好，用户容量也将更大。

目前，我国的无线通信运营商正在积极地筹建各自的 CDMA 通信网络。CDMA 是国际电联 ITU 规定的第三代移动通信系统的基础，它采用扩频技术，能够提供比其他无线技术更好的、成本更低的语音效果、保密性、系统容量和灵活性，拥有高速数据传输能力。国际上最具代表性的第三代移动通信技术标准有三种，它们分别是 CDMA2000、WCDMA 和 TD-SCDMA。无论无线通信运营商采用哪种标准，都能够为用户提供比现在移动通信系统更好的服务。

由于第三代移动通信能够提供高速率、低费用的服务，GPS 车辆监控系统可以借助于无线通信运营商提供的服务来完成车辆定位数据传送。并且这种公用无线通信网络覆盖全国甚至全球，因此监控范围极广，这是专用无线通信网络不可能实现的。

总之，随着新技术的不断出现，GPS 车辆监控系统的性能将不断提高。

## 参考文献

- [1] 袁智德. 空间信息产业化现状与趋势[M]. 科学出版社, 2004
- [2] 李树广, 刘允才. 智能交通的发展与研究[J]. 微型电脑应用, 2005, 21(6): 1-6
- [3] 闻淑芳, 饶泓. 智能交通系统的发展与思考[J]. 科技广场, 2005, (2): 114-117
- [4] 史新宏, 蔡伯根, 穆建成. 智能交通系统的发展[J]. 北方交通大学学报, 2002, 26(1): 29-34
- [5] 牛鱼龙. GPS 知识与应用[M]. 海天出版社, 2004
- [6] 洪大永. GPS 全球定位系统技术及其应用[M]. 厦门大学出版社, 1998
- [7] 张乃通, 徐玉滨, 谭学治, 沙学军. 移动通信系统[M]. 哈尔滨工业大学, 2001
- [8] 郑林华, 韩方景, 聂皞. 卫星移动通信原理与应用[M]. 国防工业出版社, 2000
- [9] 张更新, 张抗. 卫星移动通信系统[M]. 人民邮电出版社, 2001
- [10] 孙增军, 胡延平. 基于 GSM 的移动监控定位系统设计[J]. 现代电子技术, 2003, (9): 44-47
- [11] 韦惠民, 李白萍. 蜂窝移动通信技术[M]. 西安电子科技大学出版社, 2002
- [12] 朱民, 鲍远律, 张旺生. 小区制式的 GPS 车辆监控系统无线通讯网[J]. 微机发展, 1998, (6): 55-58
- [13] 曹仲达, 候春平. 移动通信原理、系统及技术[M]. 清华大学出版社, 2003
- [14] 张涛, 王文清, 邓菲. 分组无线数据网在 GPS 车辆监控中的应用研究[J]. 交通科技, 2004, 204(3): 101-103
- [15] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础[M]. 高等教育出版社, 2001
- [16] 阎石, 王红. 数字电子技术基础[M]. 高等教育出版社, 2003
- [17] 胡春雨, 朱明, 王蔚然, 李寅. GPS 车辆监控系统移动通信协议[J]. 微机发展, 1997, (06): 50-53
- [18] 张尧学, 王晓春, 赵艳标. 计算机网络与 Internet 教程[M]. 清华大学出版社, 1999
- [19] Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks[M]. Prentice-Hall International, Inc., 1997
- [20] 张志华, 卢钢, 卢益民. 基于 GSM 的 GPS 车辆监控系统设计[J]. 无线电工程, 2003, 33(12): 27-29
- [21] 张旺生, 鲍远律, 史久根. 矢量电子地图的自动生成[J]. 微电子学与计算机, 1999, 16(4): 30-32.
- [22] Rockwell International Corporation. Zodiac Serial Data Interface Specification[Z], 1996.
- [23] Consumer Microcircuits Limited. CML Semiconductor Products[Z], 1997.
- [24] 胡汉才. 单片机原理及系统设计[M]. 清华大学出版社, 2002
- [25] 黄超, 罗宏宇. Delphi 应用开发技术与实例[M]. 清华大学出版社, 2002

- [26] Theodore S. Rappaport. Wireless Communications Principles and practice [M]. Prentice Hall Inc, 1996
- [27] 季方, 鲍远律. 基于外延特征的栅格地图噪声去除算法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(8): 1062-1068.
- [28] 海涛, 鲍远律. 彩色栅格交通地图图像中道路识别与提取[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(9): 2010-2014
- [29] Yuanlu Bao, Guojiang Wang, Jiaming Ye. Overall design of Xiamen city GPS intelligent vehicle monitoring system[C]. Proceedings of the 2002 International Conference on Control and Automation, 2002, 887-891
- [30] 鲍远律, 海涛. GPS 车辆轨迹对数字交通地图精确性校验的研究[J]. 微型机与应用, 2004, 23(12): 48-49
- [31] 曹志刚, 钱亚生. 现代通信原理[M]. 清华大学出版社, 1998
- [32] 赵兰涛, 苏彦华. Delphi 串口通信技术与工程实践[M]. 人民邮电出版社, 2004
- [33] 胡安平, 徐月平. 铁水运输动态监测系统无线通讯网[J]. 电子技术应用, 2002, (8):53-56
- [34] 毕军, 关伟. 申金升车辆 GPS/DR 定位硬件系统的设计[J]. 交通运输系统工程与信息, 2005, 5(3): 24-26
- [35] 黄俊, 罗钧. 基于 GPS/DR 的嵌入式车载导航系统研究[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(8): 489-590
- [36] 何林娜, 尹伟. CDMA 蜂窝网无线定位技术的研究[J]. 无线电工程, 2001, 31(5): 36-37
- [37] 张鹏超, 史忠科. GPSOne 技术在智能车载定位系统中的应用[J]. 交通与计算机, 2004, 22(6): 17-19

## 致谢

感谢鲍远律教授，本篇论文是在鲍老师精心指导下才顺利完成的。鲍老师严谨的治学态度、实事求是的科研精神、乐观勤奋的工作作风和丰富扎实的实践经验给我留下了深刻的印象。鲍老师传授给我的知识，将使我受益终生。

感谢刘振安教授，在三年的学习和生活中，刘老师给了我无微不至地关怀，在论文的写作过程中，刘老师也给予了很多帮助。刘老师的教导使我受益匪浅。

感谢实验室的所有成员。实验室活跃的学术气氛、融洽的同学关系，都将成为我美好的回忆。

感谢所有帮助或关心过我的老师、同学和朋友。