

分类号：TP391

学校代码：10406

学号： 090430102012

南昌航空大学
硕 士 学 位 论 文
(学位研究生)

基于 GPS 浮动车的高速公路
实时路况系统的研究

硕士研究生：	周洋
导 师：	贺红林 教授 贺芳林 高工
申请学位级别：	硕 士
学科、专业：	机械工程
所 在 单 位：	南昌航空大学
答 辩 日 期：	2012 年 6 月

Research on Real-time Traffic System Of The Highway Based on GPS Floating Vehicle

A Dissertation

Submitted for the Degree of Master

On Mechanical Engineering

By Zhou Yang

Under the Supervision of

Prof. He Honglin

Senior engineer He Fanglin

School of Aeronautical Manufacturing Engineering

Nanchang Hangkong University, Nanchang, China

June, 2012

摘 要

基于 GPS 浮动车(Floating Car)技术是通过采集分布在路网交通流中行驶的车辆定位信息,并结合 GIS(Geographic Information System)地理信息和相关算法来确定车辆所在路段的实时路况信息。与传统的路况检测方法相比具有在花费较少的情况下比较灵活的采集各个路段的路况信息的优点,该技术是智能交通系统 (ITS) 的一个新的发展方向 and 重要组成部分。

为了缓解目前日益严重的交通拥堵问题,更好地推动智能交通技术的发展,本文着力研究了基于 GPS 浮动车技术原理及其算法实现,并结合高速公路地图制定相关算法,研发出了一套高速公路实时路况系统。论文主要完成了以下工作:

1. 系统地总结和分析了国内外基于 GPS 浮动车技术的背景及发展趋势,阐述了基于 GPS 浮动车技术的基本原理,介绍了 GPS 浮动车技术的利弊及其应用发展趋势。

2. 根据 GPS 浮动车技术的理论,随机选取部分在高速公路上的车辆运行数据进行分析,论证了基于 GPS 浮动车技术的高速公路路况系统的可行性,探索出一种道路匹配算法和道路拥堵判断的算法。在算法理论的基础上,开发出相关程序,通过实际测试,验证了理论与算法的可行性。

3. 在对高速公路实时路况系统进行需求分析、功能分解和概念设计的基础上,提出了一种适用于基于 GPS 浮动车技术的高速公路实时路况系统的解决方案。该方案全面地考虑了系统的性能、稳定性和经济效益等相关方面的问题。

4. 在现有的全国电子地图的基础上,抽取所相关的图层,也就是高速公路部分的相关图层。利用切图软件完成地图的切图功能,从而实现了全国高速公路 6-14 级的切图。

5. 开发出一套基于 GPS 浮动车技术的全国高速路路况系统 (B/S 系统),实现高速公路路况 5 分钟实时刷新,并且实现了路况预报功能。同时对外提供二次开发接口,方便其他地图开发商进行二次开发。

关键词: GPS 浮动车, 智能交通 (ITS), 高速路, 实时路况系统

Abstract

Combined with GIS (Geographic Information System) geographic information and related algorithms, GPS floating vehicle-based technology is able to determine the real-time traffic information by collecting the distribution location information of vehicles traveling in the network traffic flow. Compared with the traditional traffic detection methods, GPS floating vehicle-based technology can collect the various sections of the traffic information in a more flexible way with lower cost. It is a new direction of development of intelligent transportation systems (ITS) and important part.

In order to alleviate the growing traffic congestion problems and promote the development of intelligent transportation technologies, this article efforts to study the principle and the algorithm realization of the GPS floating vehicle-based technology, meanwhile, combined with a highway map on which related algorithms are developed, we established a high-speed real-time road traffic system. The paper completed the following work:

1. Systematically summarized and analyzed the background and development trend of the based on GPS equipped floating vehicle technology at home and abroad, elaborated the basic principles based on GPS equipped floating vehicle technology. Describes the pros and cons of GPS equipped floating vehicle technology and its application development trends.

2. According to GPS equipped floating vehicle technology theory, randomly selected part data to analysis the vehicles which running on the highway, demonstrated the feasibility of the highway traffic system which based on GPS equipped floating vehicle technology, and explored the path of a matching algorithm and the judgment of road congestion algorithm. Basis on the algorithm theory, the author developed related procedures, after the actual test, verified the feasibility of the theory and algorithms.

3. Based on the real-time traffic needs analysis on the highway system, functional decomposition and conceptual design, we develop a highway real-time traffic system solutions based on the GPS floating vehicle technology. The program has fully considered the relevant aspects of system performance, stability and economic.

4. On the basis of the existing electronic map, we extract the associated layers,

namely the highway portion of the relevant layers on which we national highway 6-14 levels of cut figure with map figure cut function of the figure software.

5. Based on the GPS floating vehicle technology, a national highway traffic system (B/S system) is developed, which refresh the 5 minutes real-time record and realize the traffic forecast function. At the same time, external secondary development interface was provided in the convenience of other map developers for a secondary development.

Keywords: GPS floating car, ITS, highway, real-time traffic system

目录

第一章 绪 论	1
1.1 课题来源	1
1.2 交通问题及路况检测方法概述	1
1.2.1 固定检测方法	1
1.2.2 基于 GPS 浮动车的动态检测方法	2
1.3 研究背景	2
1.4 国内外智能交通技术研究现状	3
1.4.1 智能交通的发展	3
1.4.2 国内典型的高速公路系统	4
1.5 论文的内容及结构	6
第二章 GPS 浮动车技术和算法	8
2.1 GPS 浮动车技术基础	8
2.1.1 GPS 浮动车原理	8
2.1.2 浮动车技术背景	9
2.2 存在问题以及解决方案	10
2.3 地图匹配算法描述	11
2.3.1 浮动车信息与高速路匹配	12
2.3.2 车辆方向与道路方向匹配	14
2.4 获取实时速度的算法	15
2.4.1 根据行程-时间积分法	15
2.4.2 车辆跟踪-直接获取法	16
2.4.3 路况可信度与分析规则	17
第三章 系统需求分析与设计目标	18
3.1 系统需求分析	18
3.1.1 业务需求	18
3.1.2 功能需求	18
3.2 系统总体解决方案	19
3.2.1 系统运作流程设计	19
3.2.2 系统采用的架构层次	19

3.3 系统设计目标.....	20
第四章 系统的总体框架设计	22
4.1 系统设计技术路线.....	22
4.2 系统功能	22
4.3 系统硬件设计与模块介绍	23
4.3.1 计算机通信网络子系统.....	23
4.3.2 数据接收转发子系统.....	24
4.3.3 分析服务子系统.....	24
4.3.4 数据存储共享子系统.....	25
4.3.5 高速路接口网关.....	26
4.3.6 信息发布子系统.....	26
4.4 系统软件总体设计	27
4.4.1 软件的三层结构.....	27
4.4.2 软件总体描述	28
4.4.3 软件结构设计	29
4.4.4 系统软件的抉择.....	30
4.4.5 系统支撑软件	30
4.5 数据库设计.....	31
4.5.1 业务需求分析	31
4.5.2 数据库模型与结构图.....	32
4.5.3 表结构详细列表.....	34
第五章 程序开发与系统的实现	37
5.1 程序开发总体流程.....	37
5.2 主要模块编程.....	38
5.2.1 分析服务器模块.....	38
5.2.2 地图匹配模块	42
第六章 系统的运行与试验	45
6.1 系统实施的思路.....	45
6.2 系统的软硬件支持体系	45
6.2.1 硬件配置.....	45
6.2.2 软件配置.....	46
6.2.3 用户场景	47
6.3 运行参数与业务模式	47
6.3.1 运行参数设置	47

6.3.2 运行业务	49
6.4 功能展现	49
6.5 项目效益	52
6.5.1 经济效益	52
6.5.2 社会效益	52
第七章 总结与展望.....	54
7.1 主要研究成果.....	54
7.2 主要工作	54
7.3 需要进一步解决的问题	55
参考文献.....	56
攻读学位期间主要的研究成果和参与科研项目	59
致谢.....	60

术语释义

HR: HighWay Road 高速公路。

HRCC: Highway Road Congestion Credibility 拥堵可信度；路况拥堵可以信赖的程度，即根据技术分析道路拥堵情况为真的相信程度。

HRTD: Highway Road Traffic Data 交通路况数据；在本系统而言，是指来源于后台分析出来的数据。

HR Seciton: 这里提出这个概念主要是针对高速公路中的分段信息而言，一条高速公路由不同的路段组成。

HRTA: HighWay Road Traffic Analysis 高速公路路况分析服务。

HRDS: HighWay Road Dispatch Service 高速公路数据派发服务。

HRPS: HighWay Road Publish Service 高速公路路况发布服务。

HRWDP: HighWay Road Write Data Proxy Service 高速公路写库服务。

HTG: HighWay Traffic Gateway 高速路况网关。

MEMCACHED: 是一个高性能的分布式内存对象缓存系统，用于动态应用以减轻数据库负载。它通过在内存中缓存数据和对象来减少读取数据库的次数，从而提供动态、数据库驱动网站的速度。

C/S 结构: Client/Server(客户机/服务器) 结构，是大家熟知的软件系统体系结构，通过将任务合理分配到 Client 端和 Server 端，降低了系统的通讯开销，需要安装客户端才可进行管理操作，最典型的例子就是桌面版 QQ。

B/S 结构: Browser/Server (浏览器/服务器) 结构，是随着 Internet 技术的兴起，对 C/S 结构的一种变化或者改进的结构。在这种结构下，用户界面完全通过 WWW 浏览器实现，最典型的例子有 WEBQQ。

第一章 绪论

1.1 课题来源

本课题属于交通部交通信息化重点项目“全国重点营运车辆联网联控系统”的扩展项目，该项目依托“全国重点营运车辆联网联控系统”提供“全国两客一危”车辆（长途班线、旅游包车、危险品车）以及部分其它普通车辆的GPS/北斗卫星定位数据。项目采取校企合作的方式来开展，由北京大学课题组提供道路匹配算法以及可行性的理论验证，由中国交通通信中心来实现软件的开发、运行与维护以及程序的推广。本论文主要对基于GPS浮动车技术的研究和论证，对整个项目的架构设计及可行性进行探讨。

1.2 交通问题及路况检测方法概述

随着我国经济和社会的发展，我国车辆数量正处于高速的增长阶段，由于各种原因交通基础设施建设的速度远远跟不上交通车辆的增长速度。据相关机构的统计，全球车辆增长速度为基础道路增长速度的2~3倍^[1]。同时由于人力、物力、资源等的限制，无法通过大规模的建立道路来解决交通拥堵问题。

随着信息社会的发展特别是智能交通的发展，世界各地都在建立信息化的交通管理系统，对交通车辆进行科学合理的管理和疏导，以提高对道路的使用效率。然而实时道路交通状态的获取是各个工作开展的前提，而道路交通状态检测的方法主要分为固定检测方法和浮动车动态检测法。

1.2.1 固定检测方法

目前较为广泛应用的交通流量和交通拥堵检测手段主要有微波雷达测速、感应线圈、摄像头视频技术等^[2]。这些采集技术都属于固定工作方式的采集方法，需要在道路、路口等地安装相应设备，要投入很大财力、物力和人力，而且后期维护和不同区域联网比较困难。

固定检测法存在的不足：

- （1）固定检测方法需要在道路和交通入口处安装检测设备，这些设备的铺设

会受到人力、物力、环境等条件的约束。就目前的情况来看，交通管理部门只有在关键路段和主要路口进行了部署，而且数量有限，特别是在高速公路的山区地段，铺设这些固定检测设备就更加少之又少。

(2) 固定检测方法有些需要在特定的环境下才能实现；比如线圈检测器需要铺设在地下，最好在道路建设之初就铺设好，后期增加比较麻烦，需要对道路进行破坏，影响交通正常运行并且存在一定的浪费。而且这种设备还容易受到雨雪天气的干扰，从而使该类型的检测器的铺设范围受到限制。

(3) 系统并网难度大；目前国内部分大城市用固定检测方法实现了城市主干道实时交通的监控，但是各个市的技术标准不统一，要实现全国并网比较困难。

(4) 固定检测方法的最大的缺点就是他的固定性；它只能检测路段上某一区域的交通状态，这样的检测结果也只能反应出部分路段路况信息，不能反应整个路段的路况信息^[3~5]。

1.2.2 基于 GPS 浮动车的动态检测方法

随着全球卫星定位系统（GPS、北斗、格罗纳斯等）和智能交通的发展，车载定位监控和导航系统成了智能交通系统的一个重要热点，越来越多的车辆安装了 GPS 车载终端。采用浮动车检测分析方法，对安装了车载终端的车辆实现全天候、全地域获取车辆的实时定位信息（包括经纬度、速度、时间、方向等信息）。这些车辆实时定位数据具有地域分布范围广、数据量大、精度高等特点，是获取道路实时交通状况的非常有效的数据来源。

采用 GPS 浮动车动态获取路况信息也存在一些缺陷，因高大建筑、隧道、树木等对卫星定位信号的遮挡，会在部分区域造成 GPS 检测盲区，影响检测效果。同时各个厂家的车载终端标准不统一，各个运营商监控软件标准不一致，定位信息传输的干扰和定位信息本身误差干扰等都会对路况分析结果产生影响^[6~8]。

1.3 研究背景

为了加强企业车辆信息的 GPS 定位和监控，企业 GPS 车辆监控平台在全国已经形成了一个比较完善的产业链。进入 21 世纪安保工作变得越来越重要，政府部门加强了对重点营运车辆的监管。2009 年，交通运输部决定管理整合重点营运车辆动态监控资源，规划建设重点营运车辆联网联控系统，解决各省道路运输管理部门对外省车辆无法监控的问题，为营运车辆的跨区域、跨部门的联合监管提供有效的技术手段。全国重点营运车辆联网联控系统于 2010 年 4 月 14 日上海世博

会开幕前开通运行。随着全国重点营运车辆联网联控平台的建立, 各省通过协议对接的模式, 实现了大量的车辆的定位数据的实时传入, 同时也实现了重点营运车辆联网的相关功能^[9]。

到 2011 年 10 月入网车辆总数有 108 万余辆, 其中重点营运车辆 43 万余辆, 而 10 分钟内一直有定位数据上传的车辆也有 15 万多辆车。随着交通部道路运输司对联网联控系统重视度的增加, 以及联网联控系统在相关领域影响力的增加, 系统平台的在线车辆数将会逐步增加。因此, 基于 GPS 浮动车的技术来实现对全国的高速公路拥堵路况分析具备了数据源, 也具有了可行性。

1.4 国内外智能交通技术研究现状

1.4.1 智能交通的发展

随着信息技术的发展, 世界各国纷纷发展和定制智能交通 (ITS) 体系, 它运用于城市地面交通和高速公路管理系统, 建立实时、准确、高效的综合交通管理系统。智能交通可以有效的利用交通道路设备, 指导交通出行、均衡交通负载、提高运输效率、减少环境污染等, 由此各个国家都在重视智能交通的发展。

(1) 国外研究现状:

目前国际上 ITS 发展得比较早的还是美日欧等发达国家, 美国在 ITS 领域独树一帜。根据本国的交通基础设施特点和实际需要, 目前美国已经建立起相对完善的车队管理、公交出行信息、电子收费和交通需求管理等四大系统及多个子系统和技术规范标准。日本 ITS 的实现和发展是建立在产、学、官的紧密结合基础之上的。产业上由国际巨头 (丰田、三菱、松下等) 的先行投入, 从基础研究到产品研发; 学术理论上有国际高水平的大学 (如名古屋大学、东京大学等) 理论研究和人才培养; 在官厅上有专业的技术官的政策咨询和行业指导。欧洲在 ITS 建设方面的进展介于美国和日本之间, 目前正在进行 Telematic 的全面应用发展工作, 计划在全欧洲范围内建立专门的交通无线通信网, ITS 的主要功能如管理、导航和电子收费等都围绕 Telematic 和全欧洲运行系统 (ACVO)、电子收费等方案^{[9][10]}。

(2) 国内研究现状:

国内主要是沿海大城市和经济发达地区发展比较前列。目前北京、上海、广州等大城市已经初步建立了一系列智能交通系统, 包括道路交通控制、公共交通指挥与调度、高速公路管理、紧急事件管理等相关系统, 它们分散在各交通管理和运营部门。2008 年奥运会, 北京市加快了交通领域的建设, 在这期间北京市投

资 2000 亿元用于交通基础建设,其中包括高速公路、轨道交通以及智能交通系统,其中智能交通在交通总投资中占到 1.5%,不过与国外的投资水平相比还是比较落后^{[11][12]}。目前北京市在五环以内已经建立了实时交通路况系统,市民可以登录北京交通发展研究中心(<http://www.bjtrc.org.cn/>)网站实时查看北京五环以内的实时路况信息^[13]。

事实上从 20 世纪 80 年代开始,上海就开始开展智能交通系统的相关实验工作,2000 年以来,结合申报政府科技项目,推进了上海 ITS 发展“官、产、学、研”相结合体制环境的形成,建立了一支智能交通技术研发队伍,自主创新能力不断提高。如公共交通“一卡通”系统、公众出行系统,2010 年世博会在上海举行,上海更加加快了智能交通的发展,分别应用在城市道路交通管理、公共交通、高速公路管理等发面的应用^{[14][15]}。

1.4.2 国内典型的高速公路系统

(1) 安徽省基于 B/S 模式高速公路路况信息系统的分析与管理系统

采用 B/S 模式开发高速公路信息管理和查询程序,建立相应的高速公路路况信息库,实现路况监控管理的信息化。其基本原理是:当某个高速公路入口发生堵车或者交通事故,工作人员通过 B/S 系统将信息上报到系统,同时系统将上报的信息写入数据库,在整个系统的显示页面,通过网站的刷新就能实时显示出该信息,同时其他路段的值班人员能及时看到其他路段的路况信息。其基本原理如下图 1-1 所示。

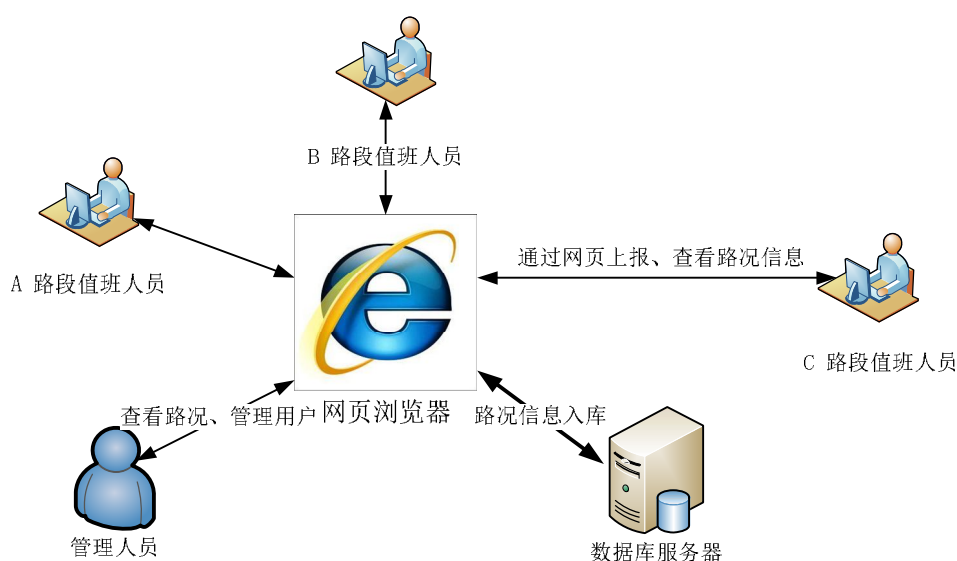


图 1-1 安徽省高速公路分析系统原理图

安徽省的这个高速公路路况系统是一个简单通过人工和 WEB 网页结合的方式实现本区域网络内的高速公路联网查询路况信息的功能。主要优点是实现简单、成本低，只需建立一个 WEB 网站和一个简单的数据库即可实现其功能。

其主要缺点是自动化程度不高，完全离不开工作人员，其次是只能查看高速公路出入口的路况。

(2) 上海公路公众出行地图服务系统

上海公路公众出行地图服务系统是一个通过闭路电视判别法和 WEB 网络的结合来实现的。在高速公路的每一个入口或者出口都设置有闭路电视，而且每一个闭路电视的实时录像都通过 WEB 的形式发布到了网络，公众和监管部门可以随时调用任何一个路口的闭路电视，通过闭路电视查看路况的状态。



图 1-2 上海公路公众出行地图服务系统

此系统的优点在于可以不到现场就能实时动态查看每个路口的交通运营状况。

缺点：只能查看安装有闭路电视的路段，不能查看没有闭路电视的路段。不能用形象的方式来查看路段的状况，必须点到某个路口才能查看该路口的实时路况。投入大量的闭路电视采购资金，需要消耗大量网络带宽，夜间效果不好等。

从目前的实时路况系统来看，大部分的路况系统主要还是采用固定数据采集方式，比如上海公众出行系统和天津市实时路况信息都采用视频采集技术来实现，而且这些系统主要应用在市内的主要交通干道。浮动车技术获取路况信息在国内目前大部分地区还处于理论研究验证阶段，不过部分大城市慢慢在采用浮动车技术来获取实时路况信息。北京市在 2006 年的时候考虑通过出租车作为浮动车来实

现北京市路况信息，2008 年广州市开始通过广东出租车和公交车作为浮动车来获取广州市的实时路况信息，在高速公路上的应用目前有浙江省正在通过浮动车技术开发高速公路实时路况系统^{[2][15][16]}。

1.5 论文的内容及结构

作者根据软件系统的开发流程结合硕士学位论文基本要求来规划了全文，下面是全国高速公路实时路况系统软件的总体流程图。

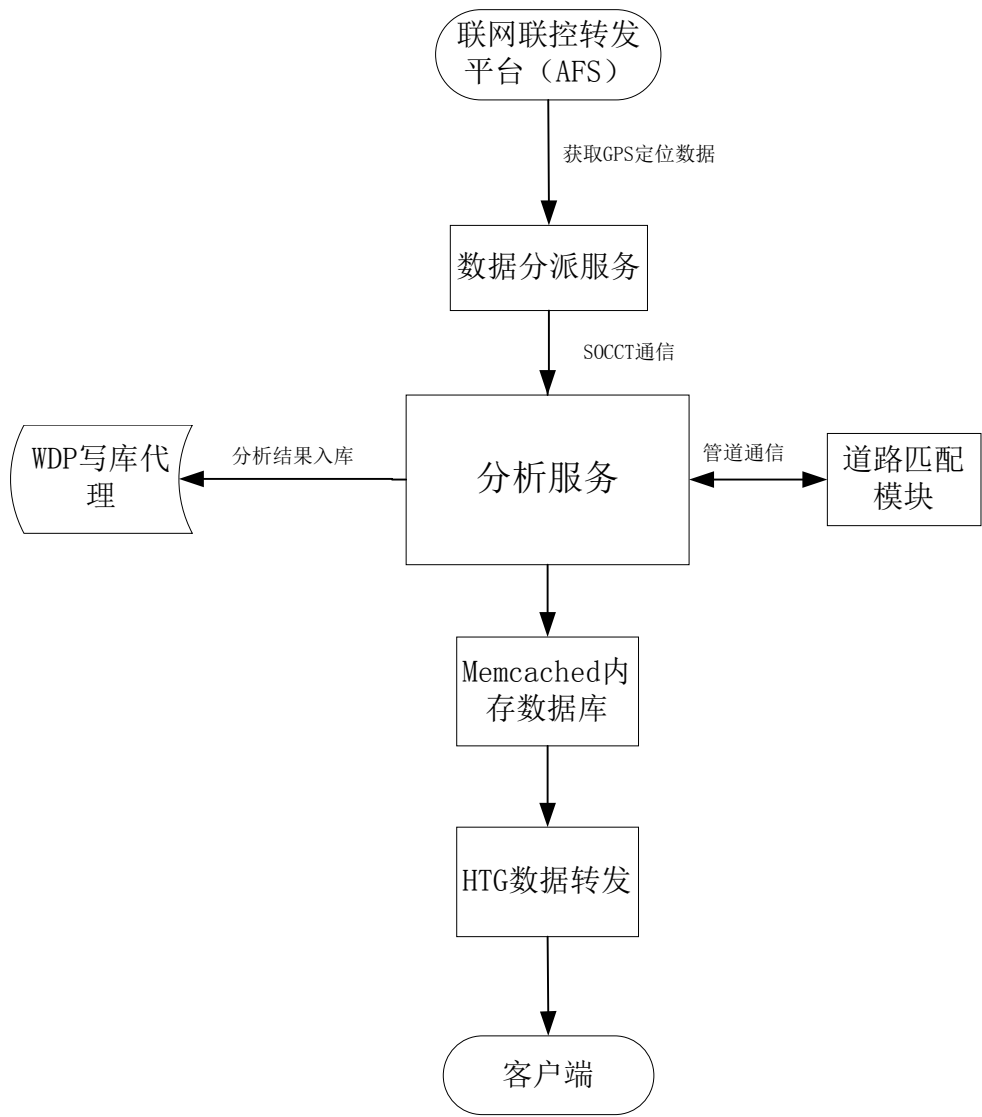


图 1-3 系统总体流程图

本文的各个章节的内容安排大致如下：
第一章：依据实际情况，提出了项目的背景以及项目的可行性，然后对技术原理和理论以及国内研究现状做了简单介绍。

第二章：详细介绍浮动车的基本原理和理论支持，介绍 GPS/GIS 技术及 GPS 数据的特点，针对系统的实际情况对相关算法进行了详细介绍。

第三章：对项目的需求进行了介绍，进行系统需求说明。对项目的总体设计进行了规划，同时提出了系统的设计目标。

第四章：系统总体框架的设计。分别从硬件、软件以及数据库出发介绍了其总体设计，对各个模块的设计思想和特性进行了描述。

第五章：对路况获取的方法进行了详细介绍。包括对获取路况的算法的分析介绍，并对关键功能模块的功能、模块之间的联系、类和函数进行了详细描述。

第六章：介绍系统运行概况。对系统的安装、部署、运行环境、配置参数等进行了描述，对系统运行效果进行了展示，对项目成果进行了描述。

第七章：总结本文工作的成果，并对下一步的研究工作做了展望。

第二章 GPS 浮动车技术和算法

2.1 GPS 浮动车技术基础

2.1.1 GPS 浮动车原理

1) 总体结构原理说明

基于 GPS 浮动车技术是以全球定位系统（GPS）为基础，结合地理信息技术、无线通信技术（如 CDMA，GSM，WCDMA 等）、计算机通信与数据处理技术等来实现。它通过在行驶的车辆上安装移动车载终端（包括 GPS 定位模块和内置无线通信装置），车载终端实时将车辆的定位数据（包括车牌号、经纬度、速度、方向等）信息上传到定位信息收集点，然后将不同采集点采集到的浮动车信息进行汇总传到信息处理中心，在信息中心结合 GIS 地图和相关算法开发配套软件建立计算模型对定位数据进行处理和分析，从而得到道路的交通拥堵状况信息。总体结构图如下图 2-1 所示^{[17][18]}。

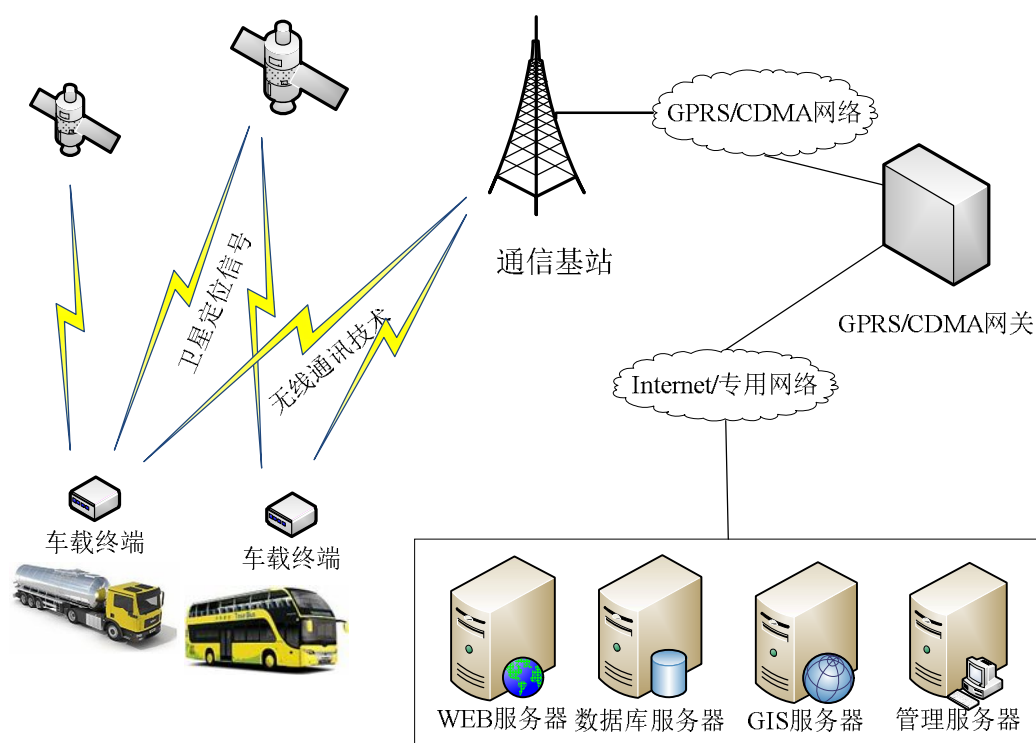


图 2-1 基于 GPS 浮动车技术总体结构图

2) 车载终端描述

GPS 车载终端又称 GPS 车载监控终端，它是依托卫星定位、地理信息以及无线通信技术手段，实时掌握车辆定位信息和车辆状态，提供管理信息的软硬件综合系统。GPS 车载终端主要由 GPS 定位模块、微处理器单元、无线通信模块、客户端软件、其他扩展单元等部分组成。

GPS 模块的作用就是获取车辆的实时定位信息，包括车辆的经纬度、速度、方向、高度、时间等信息，并且将获取的定位信息发送给微处理器单元。微处理器单元是车载定位终端的中央处理器，各个模块和功能都由微处理器单元来管理和统一协调。通信模块的主要功能是负责车载终端和监控平台通信的功能。目前主要是通过 GPRS/CDMA 来实现无线通信功能，他的主要作用就是跟企业监控平台通信，将定位数据、车辆状态等信息发送到监控平台，同时监控平台也可以发送天气预报、路况信息、通知等消息发送给车载终端。车载终端软件是车载终端的灵魂，各项功能都需要软件的支持。其他模块还有电源模块、显示模块、车辆状态检测模块等，其结构图如下图 2-2 所示^{[18][19]}。

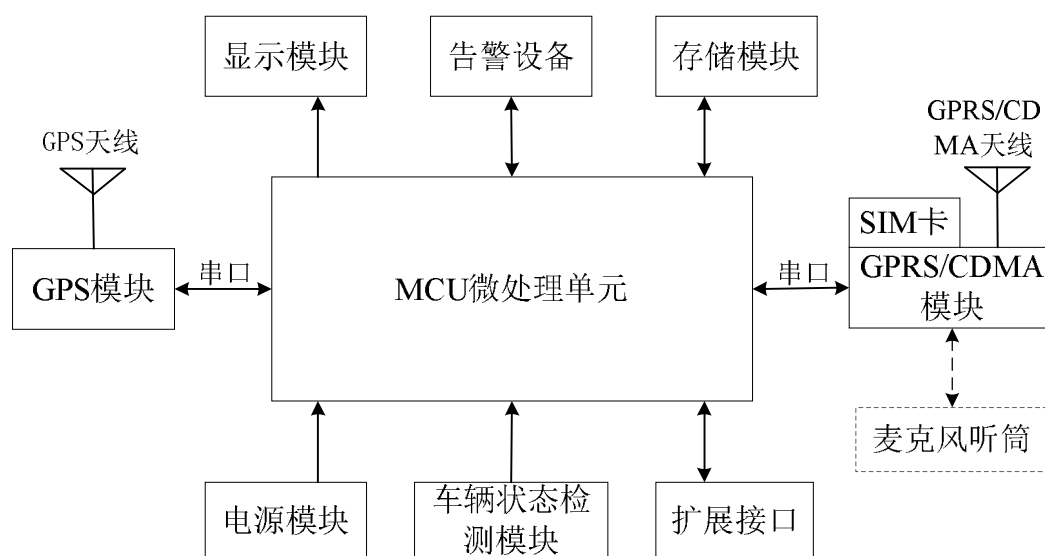


图 2-2 车载终端结构图

2.1.2 浮动车技术背景

浮动车（Floating Car Data）技术，是上世纪 90 年代发展起来的交通参数检测技术，这种类型的检测技术是通过分析安装在行驶的车辆上的 GPS 车载终端发送过来的实时定位数据进行相关处理和分析得出所在路段的交通信息状态的新技术。随着 GPS 卫星定位技术的发展与普及，越来越多的车辆安装了 GPS 车载终端，

这种车辆不仅可以提供准确及时的交通信息，而且无需投入大量的费用，因此是一种比较理想的动态数据采集分析手段^[20]。

伴随着浮动车技术的发展，国际交通领域采用很多方法对浮动车技术理论进行广泛的研究，并获得了一定的研究成果。

2002 年 Ruey^[21]等用新加坡 Clementi 镇的数据，利用 INTERGATION 仿真软件测试了在浮动车占总车辆比率的 3%-8%时，利用浮动车估计路段平均速度的情况，得出了浮动车比率与计算精度的验证行结论。该方法采用了分析时间间隔对覆盖率和浮动车比率的影响，并且分析了城市主要干道和高速公路的不同。得出的计算结论：高速公路浮动车比率推荐值为 3%，而城市道路推荐为 5%。

近年来，浮动车数据采集后通过地图匹配与 GIS 系统的结合，2005 年，我国学者王力等提出了在数据的错误匹配率为 p ，期望精度为 \bar{E} 时，路网浮动车覆盖率为 α 的估算公式^{[22][23]}

$$\alpha = \frac{-\ln(1-\bar{E})}{\rho \times L \times (1-\rho)} \quad (2-1)$$

其中 ρ 和 L 分别是路网交通流平均度和平均路段长度。

与此同时，根据对交通仿真模型的分析研究^[24]，在高速路上浮动车覆盖率应该大于 3%，在其他一般的道路上覆盖率应该大于 5%。Chen M 和 Chien S 的研究^[25]指出，保证估计结果出错率 5%的情况下，车流中应该不少于 3%的浮动车，在高峰期，需要 12%的浮动车；但是他同时也指出，浮动车覆盖率由 3%下降到 1%后，估计精度仅下降了不到 3%。可见，在实际应用中，浮动车的覆盖率可以低于 3%，同样，这样的结论也被英国浮动车系统所证实^[26]。

2.2 存在问题以及解决方案

由于浮动车动态数据来自全国重点营运车辆联网联控系统，根据我们开发全国重点营运车辆的经验，存在以下几种影响该路况分析结果的因素，会对系统的可靠性与可信度造成影响。

(1) 数据的准确度的问题：由于全国重点营运车辆联网联控平台是采集来自全国各省的重点运营车辆的 GPS 车载设备的定位数据，而这些设备来自不同的厂家，在硬件产品质量等各个方面都是不同的，因此 GPS 的定位精确度方面也就存在不同情况。主要包括：位置的经纬度数据的采集可靠性与可信度的问题和车辆的当前速度数值的可靠度与可信度的问题。这些数据质量问题从某种意义上是一个关键问题，数据质量（可靠度与可信度）没有保证，将直接影响到路况的准确

度，也就降低了系统的价值。

(2) 系统 GPS 有效数据量：对于全国高速路网而言，要得到较为精确的路网拥堵数据分析效果，则一定数量的实时 GPS 定位数据是必须的。这也就是说，在前面保证数据的质量前提下，保证数据的有效实时数据量是得到路况高可信度效果的关键。

(3) 浮动车在高速公路上的有效数：这个问题，存在两个角度来看，一方面，我们如何判断车辆高速公路上，这个是一个算法中关键的因素。另外一方面，从真实角度来看，同一时间，到底有多少车辆真实在高速公路上，如何判断车辆在路上的往来方向，也是影响实时路况的关键因素。

(4) 营运车辆的运输特性：比如重载货运车辆本身行驶速度较慢，无法利用标准的加权平均算法来分析路段车速。

因此，通过数据过滤、地图匹配、角度匹配阈值等措施解决上述提及的 5 个方面的问题，同时优化我们的算法与策略，得到了较好的路况分析效果。

2.3 地图匹配算法描述

地图匹配是一种基于软件技术的定位与修正方法。它的基本思想是将车辆定位轨迹与数字地图中的道路交通网信息联系起来，并由此确定移动目标相对于地图的位置。地图匹配技术一方面可以满足卫星导航功能的需要，另一方面还可以利用较高精度的道路信息来修正定位系统的误差，从而使系统准确性得到改善。目前，现有的基于浮动车技术的地图匹配算法主要包括“点-点匹配、点-线匹配、线-线匹配”。三种方法的基本思想是一致的，即在考虑车辆的位置及行驶方向，以模式识别理论为基础，以某个车辆位置点或车辆某段车行轨迹曲线作为待匹配样本，以该点或该轨迹曲线附近的所有道路上的位置点或道路曲线作为模板，通过待匹配样本与模板间的匹配，选择形状相似度最高的模板作为匹配结果。但是根据具体数据情况和系统功能要求的不同，这些算法各有各的优势，也各有各的局限性。

(1) 点-点匹配算法：只考虑 GPS 定位点与电子地图节点之间的匹配关系，其算法比较简单，但没有考虑车辆的历史信息，匹配效果不好，匹配精度对道路节点数量有较大的依赖。

(2) 点-线匹配算法：是对点-点匹配方法的一种改进，它考虑 GPS 定位点到道路中心线的匹配关系，但同样没有考虑车辆的历史信息，结果不稳定。

(3) 线-线匹配算法：考虑一系列连续的 GPS 定位点所确定的曲线与道路中心线之间的匹配关系，实现起来比较复杂，对一些误差比较大的 GPS 点比较敏感，

同时对路网精度要求也较高^[27~29]。

2.3.1 浮动车信息与高速路匹配

高速路路况系统是针对全国高速公路路况进行分析，匹配算法的速度极大的影响到系统整体的效率。所以让浮动车的 GPS 信息尽快的匹配到相应道路上，是匹配算法的关键部分。

浮动车辆的数据点与高速公路路段匹配，通过车辆的 GPS 定位信息，与高速公路路段的地图位置进行查找匹配。通过 GPS 点位置，查找在一定范围内的高速公路，在该范围内的高速公路路段则作为初步的匹配选择路段，即先进行点-线匹配算法查找。通过点线匹配找到初步的匹配路段后，进一步分析 GPS 的方向以及高速公路路段的方向的夹角，设定一个角度范围，筛选出在夹角范围内的定位信息，视为最终浮动车与道路匹配的结果，最后通过浮动车的速度判断所匹配路段的路况。其基本流程如下图 2-3 所示。

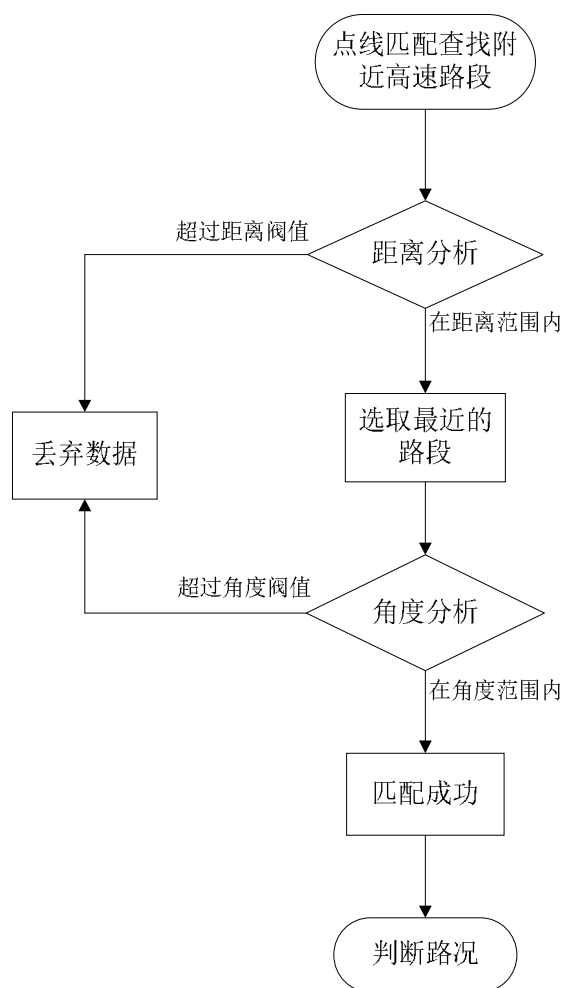


图 2-3 匹配算法流程图

根据上面的流程还有其他问题需要解决，如：距离阈值的选择，角度阈值的选取及其实现，在后面章节中会做详细介绍。

(1) 距离阈值的选取：

在距离阈值的选取的时候，我们以河北省 2010 年 11 月 3 日 9:14-9:18, 5 分钟内 GPS 点数据做为随机抽样试验，落入在不同缓冲区内的点个数进行统计(总点数为 44642 个)，通过设置不同的缓冲区距离来观察落入缓冲区车辆数量。通过分析观测其不同阈值范围内有效的 GPS 定位点所占百分比来确定选取的阈值。下表 2-1 列出了不同缓冲区阈值有效定位点的百分比。

表 2-1 不同缓冲区阈值有效百分比列表

缓冲区半径(m)	落入缓冲区内累计点个数	百分比 (%)	缓冲区半径(m)	落入缓冲区内累计点个数	百分比 (%)
0	0	0	16.45	5599	12.542
1.5	1272	2.849335	17.95	5710	12.79065
2.99	2354	5.273061	19.44	5831	13.06169
4.49	3241	7.259979	20.94	5897	13.20953
5.98	3991	8.940012	22.43	5953	13.33498
7.48	4522	10.12947	23.93	6019	13.48282
8.97	4856	10.87765	25.42	6084	13.62842
10.47	5068	11.35254	26.92	6169	13.81883
11.97	5224	11.70198	28.42	6254	14.00923
13.46	5351	11.98647	30	6318	14.15259
14.96	5485	12.28664	>30	44642	100

根据上表，可以看出，当缓冲区半径大于 15m 时，落入缓冲区内的累计点个数增长缓慢，所以开发的时候我们选择 15m 作为距离阈值。

(2) 匹配距离的查找与实现：

在本系统中，通过匹配算法的实现，主要通过 MAPX 来进行分析，通过 MAPX 的查找图元算法来实现 GPS 与高速公路路段匹配，其函数方法如下：

OBJECT.SearchWithinDistance(Source, double Distance, short Units, short SearchType);

此方法以某点或者某图元为基准，搜索一定范围内的地物，第一个参数设置一个点对象或者一个 feature 对象，第二个参数设置距离，第三个参数设置单位，第四个参数设置返回结果与基准及距离的位置关系。

上述函数通过输入 GPS 位置信息，查找在一定范围内的高速公路路段信息，然后根据初步匹配的路段信息，来进一步分析方向夹角，最终确定 GPS 点信息的匹配路段。

由于 MAPX 在同进程里的并行处理应用中有一定的局限性，不能发挥系统的

多线程并行操作性能,在当前情况下,很难满足全国浮动车辆信息的匹配分析要求。所以,在本系统中,将 GPS 点匹配高速路段功能独立出来,按照独立进程来设计,通过多进程的方式来进行设计。通过多进程的设计方法,大大提高系统整体匹配的效率,提升系统的整体性能。

2.3.2 车辆方向与道路方向匹配

对于高速公路路段的方向判断,通过获取地图数据中的信息来进行判断。地图数据中包含有路段的通行方向标志:

0: 未调查; 1: 双向; 2: 顺方向(单向通行,通行方向与画线方向一致); 3: 逆方向(单向通行,通行方向与画线方向相反); 4: 施工中。

在本系统中,高速公路的通行方向判断只有 2 和 3 两种情况。通过获取地图数据的通行方向标志,得到路段是顺方向或者是逆方向;然后通过 MAPX 获取匹配路段的点坐标点信息(一个路段由多个线段组成,画线方向就是点的顺序方向),从而得到画线的方向;根据通行方向和画线方向,得到匹配路段的方向信息。

通过路段的方向信息计算出匹配路段最近线段的角度后,与 GPS 定位信息中的角度进行匹配,剔除方向误差比较大的路段,从而保留方向与 GPS 方向接近的路段进行匹配,提高线路匹配的准确性。如图 2-4 所示:

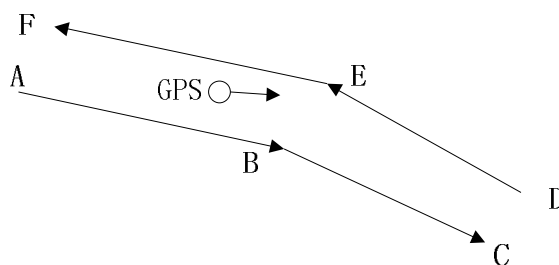


图 2-4 方向匹配描述

A-B-C 和 F-E-D 两个路线是高速公路通行的两向,在 MAPX 中进行画线的时候,都是根据地图数据来进行画线,比如 A-B-C 路线就是根据点 A、B、C 三个点来画线;而 F-E-D 路线是根据点 F、E、D 三个点来画。这样 A-B-C 路段的画线方向就是 A->B->C,通过获取地图格式数据得到 A-B-C 的方向标志是“2”,通行方向跟画线方向一致,即路段的方向是从 A 到 B 到 C;而 F-E-D 的画线方向就是 F->E->D, F-E-D 的方向标志是“3”,通行方向与画线方向相反,所以 F-E-D 的通行方向是 D 到 E 到 F;

假如 GPS 点落在了道路的中间,通过匹配算法得到了 2 个路段,然后,需要

进行进一步处理。通过查找这两个路段的最近两个线段，得到 AB 和 FE；因为 AB 在 A-B-C 路段上，方向是顺方向，所以方向是从 A 到 B，再获取 A、B 两点的坐标，从而计算出 AB 的角度。同理，FE 在 F-E-D 路段上，方向是逆方向，所以线段 FE 的方向是从 E 到 F，然后再计算出 FE 的角度。得到两个线段的角度后，通过与 GPS 的角度进行匹配，发现 FE 线段的方向与 GPS 的方向误差太大，去除角度误差角度比较大的路段，即 FE 所在的路段 F-E-D，则最后剩下的路段 A-B-C 作为最终的匹配线路。

2.4 获取实时速度的算法

为获取某区间路段平均速度的估计，一般先按照一定的规则将道路分为多个段，然后再基于路段进行区间平均速度的计算，而速度的获取则主要有两种方案：根据行程估计平均速度，车辆跟踪法估计平均速度。

2.4.1 根据行程-时间积分法

Cesar A. Quirioga^[30]提出速度-时间积分法即可获取单一浮动车的平均行程速度，然后对获取的单一浮动车的平均行程速度作加权平均获取路段区间平均速度。

(1) 单一浮动车平均行程速度

图5-1为 ΔT 时段内目标路段 l 上单一浮动车各定位点按行车方向分布情况， p 为浮动车 r 在路段 l 上的最后一个定位编号。

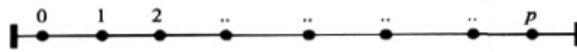


图 2-5 ΔT 时段内目标路段 l 上单一浮动车定位分布

L_r 为浮动车 r 在路段 l 上行驶的有效距离；序列 $t_r^0 \dots t_r^p$ 和 $u_r^0 \dots u_r^p$ 分别为浮动车 r 在路段 l 上的时间序列和速度序列。计算 L_r 的公式为：

$$L_r = \int_{t_r^0}^{t_r^p} u_r dt \approx u_r^0 \left(\frac{t_r^1 - t_r^0}{2} \right) + \sum_{i=1}^{p-1} u_r^i \left(\frac{t_r^{i+1} - t_r^{i-1}}{2} \right) + u_r^p \left(\frac{t_r^p - t_r^{p-1}}{2} \right) \quad (2-1)$$

浮动车 r 在有效距离 L_r 行驶的平均速度 u_r 可由下式求得：

$$u_r = \frac{L_r}{t_r^p - t_r^0} \quad (2-2)$$

将式 (2-2) 所得的 u_r 作为浮动车 r 在路段 l 上行驶的。

(2) 路段平均速度

将路段上各车的平均速度加权可得路段区间平均速度。其权值为浮动车在给定路段上行驶的有效距离与路段长度的比值，因它反映了浮动车区间平均速度估算值对路段速度反映的完成程度，在使用时先对各权值作归一化处理，具体计算如下：

$$\omega_r = \frac{a_r}{\sum_{r=1}^n a_r} \quad (2-3)$$

$$a_r = \frac{L_r}{L} \quad (2-4)$$

其中， ω_r 为浮动车 r 的权值； n 为分析时段内从路段 l 经过的浮动车； L 为路段 l 的长度。路段 l 的平均速度 u_l 估算如下：

$$u_l = \sum_{r=1}^n \omega_r u_r \quad (2-5)$$

此方法要求同一浮动车有连续的定位点，并且同一路段必须至少有 2 个定位点，只有同时满足这两个条件才能使用此方法。

2.4.2 车辆跟踪-直接获取法

在车辆定位数据包里面有一个字段是车辆速度，这个速度是 GPS 车载终端获取的，它的速度即是车辆的瞬时速度。对于在同一路段没有连续定位点的浮动车数据，根据获取行驶在该路段的车辆的瞬时速度，然后进行加权获取其平均速度。

$$\omega_r = \frac{p_r}{\sum_{r=1}^n p_r} \quad (2-6)$$

$$u_l = \sum_{r=1}^n \omega_r u_r \quad (2-7)$$

其中， ω_r 为浮动车 r 的权值； n 为分析时段内从路段 l 经过的浮动车定位数据包个数， u_r 为定位数据包中车辆速度。

因为我们系统在单一路段定位数据有限，再加上全国数据的数据量的庞大，从计算的复杂度来考虑，本系统采用车辆跟踪-直接获取法来获取路段的速度。

2.4.3 路况可信度与分析规则

针对某些高速公路的相关路段上，一时间可能浮动车的车辆数目不多，导致路况拥堵分析的结果可能与实际路况之间存有一定的出入，所以，在这里引入路况拥堵分析可信度的概念。如果在某个高速公路相关路段上，落在该路段上的浮动车 GPS 点信息比较多，则可以认为分析出来的结果拥堵可信度比较高；反之，则认为路况分析的结果的拥堵可信度比较低。

我们在实践上，需要在对应路段上结合拥堵可信度概念，通过在显示拥堵颜色（红、黄、绿、灰色等）的情况下，同时采用拥堵可信度的相关数值标识，以便于更好的展示全国高速公路网的拥堵情况；

我们这里对于拥堵可信度定义如下：

0x00：可信度最高，落在某路段超过 5 个有效浮动车数据得到的拥堵状态；

0x01：可信度高，落在某路段超过 3 个，小于 5 个有效浮动车数据得到的拥堵状态；

0x02：可信度一般，落在某路段小于 3 个，大于 1 个有效浮动车数据得到的拥堵状态；

0x03：可信度低，落在某路段只有一个有效浮动车数据得到的拥堵状态。

在进行描述路段的拥堵颜色时候，有一些规则，可以判断简易判断路况，对于能基本判断路况的路段，如果缺乏 GPS 数据来有力支撑的情况下，我们基本通过降低一个级别可信度的模式来加以标注；因此，我们在 HRPS 中对于线路要加以逻辑规则管理判断，以便确保相关路段没有 GPS 数据点的情况下，可以实现简单的判断路况，下面是相应的规则：

（1）A\B\C 三个毗邻路段，如果 A 能通过分析判断是畅通，C 也能确立分析判断是畅通，那我们基本可以判断 B 也是畅通（尽管 B 没有相关的点数据来加以判断），同时我们通过可信度降低来描述 B 路段；

（2）A\B\C 三个毗邻路段，如果 A,C 路段通过 GPS 数据能确立是拥堵，我们基本可以判断 B 也是拥堵（虽然 B 路段没有 GPS 数据可以来支撑），可信度要降低一个级别；

（3）ABCD 几个路段，如果 A 是畅通、B 是拥堵，D 是畅通，我们基本判断 C 是缓慢；可信度减低一个级别。

如果某个路段确立为一个畅通状态的情况下，如果长时间没有后续的 GPS 路况信息来加以确认，那么它的路况的可信度要进行减低级别，直到没有可信度。

第三章 系统需求分析与设计目标

3.1 系统需求分析

3.1.1 业务需求

项目的需求很简单明了，即它能根据浮动车的 GPS 信息（含车牌基本信息，速度、经纬度、方向），来分析各个高速公路的路况拥堵情况，并能通过 B/S 和 CS 方式展示全国高速路实时路况，用户随时可以通过客户端或者通过网页模式查看全国高速公路路况信息。同时系统提供对外接口，其他地图服务商（如 Google 地图）可以通过账号登陆服务端获取路况信息。

3.1.2 功能需求

根据项目所要实现的功能，总结了甲方（中国交通通信中心）提出的一系列要求，经过总结得出相关表格，如下表 3-1 所示。

表 3-1 系统功能需求说明

序号	功能说明	详细说明
1	在地图上显示实时路况数据，通过褐色、红色、黄色、绿色、灰色五种颜色渲染不同路况，渲染美观。	a) 将通过浮动车 GPS 定位信息分析的结果通过不同颜色展现出来，不同颜色分别代表拥堵、缓慢、一般、畅通、无数据。 b) 地图展示要能让用户比较方便、快速区分高速公路及拥堵状况。
2	地图显示全国高速公路	C/S 版本的采用 MAPX 地图，B/S 版本采用泰瑞公司的地图。
3	支持地图的拖动和缩放	支持 6-14 级缩放功能（根据缩放比例的不同显示不同等级的道路。）
4	数据自动刷新	C/S 基于变化实时刷新，B/S 每五分钟刷新显示最新的路况信息。
5	路况数据更新时间显示	更新的时间为后台交通数据最新产生的时间。
6	褐、红、黄、绿、灰图例	各个颜色的图例让用户容易明白路况信息。
7	比例尺图例	左上角有明显的比例尺标示。
8	鹰眼地图	右下角需要有鹰眼地图

3.2 系统总体解决方案

系统分前端和后端，前端完成数据的展示，后端完成对数据的实时分析，并将分析的结果按照指定的数据格式返回到前端，为前台（B/S，C/S）客户端界面上显示更新全国高速公路的路况信息。

3.2.1 系统运作流程设计

通过分析基于 GPS 浮动车高速路实时路况系统的总体概况，划分系统所关联范围，熟悉系统相关数据的来源和去向，明确系统与系统、系统与外部各实体的联系，确定系统的主要的逻辑功能，并且明确各功能之间的联系，得出系统的运作流程如^{[31][32]}如图 3-2 所示。

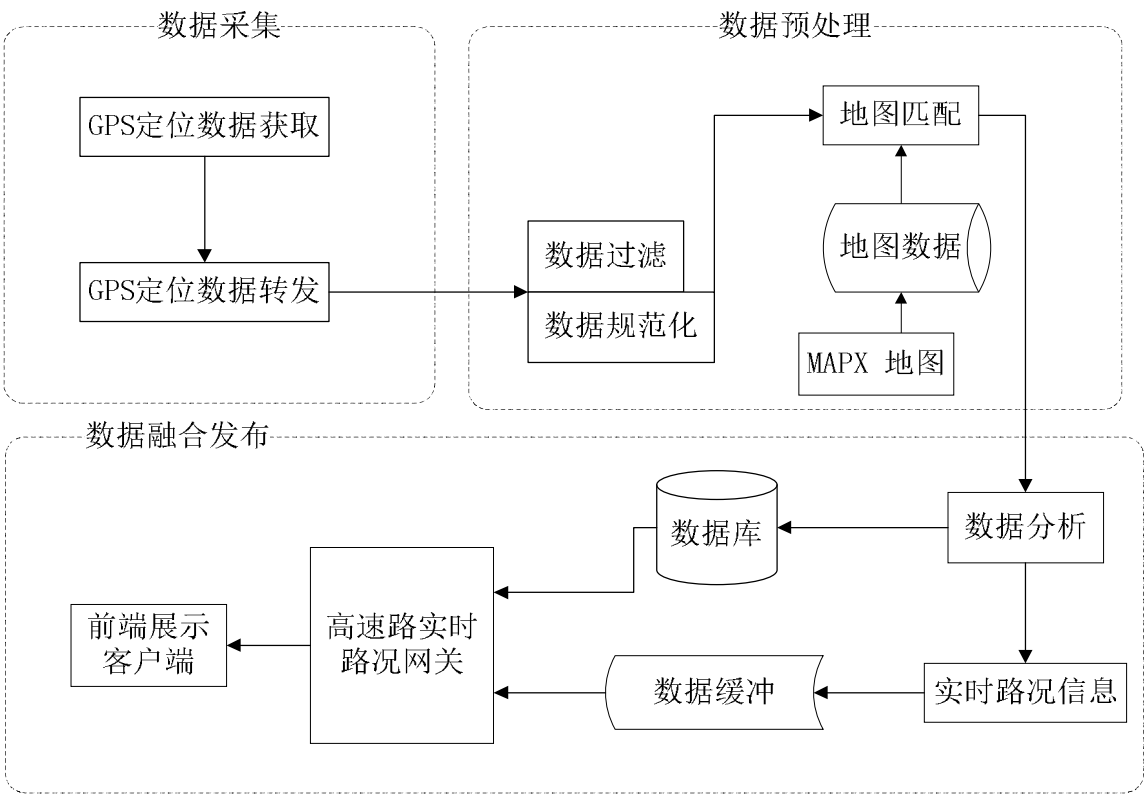


图 3-2 系统运作流程图

3.2.2 系统采用的架构层次

根据高速公路路况系统的设计目标、运作流程和业务需求，在逻辑上将整个系统分为三层：基础数据层、数据分析共享层和表现应用层^[38]其结构如图 3-3 所

示。

基础数据层集中了系统的主要基础数据，包括 GIS 地图信息，用户信息，基本配置信息以及车辆 GPS 定位数据，是整个系统数据的来源。

数据分析共享层完成数据的采集、处理、分析和共享。它从基础数据层获取地图信息和 GPS 定位信息，GPS 定位数据经过过滤和规范化后跟地图信息匹配，匹配完成以后跟经过分析获取匹配路段的路况信息，并且将分析结果分别存入 ORACLE 数据和 MEMCACHED 中，方便应用层的调用。

表现应用层通过应用转发服务器的数据交换共享接口，从 MEMCACHED 和 ORACLE 数据库获取客户端所需的信息。由于有了数据交换共享接口，这样系统就能够方便地提供给第三方客户端和用户的调用。

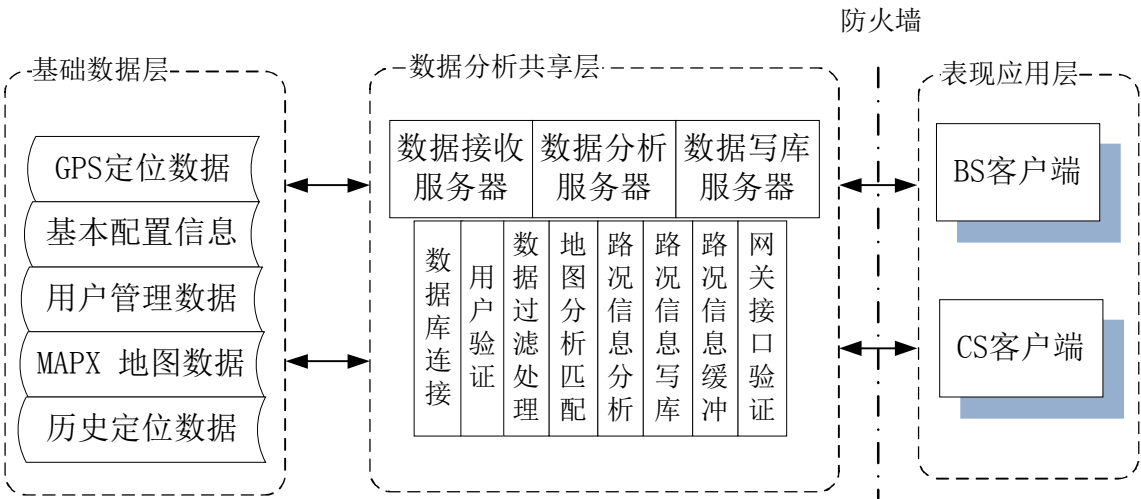


图 3-3 系统三层架构

3.3 系统设计目标

系统的设计目标主要是根据项目的需求来设计的，主要包括在响应速度、并发性、稳定性、灵活性等方面。

(1) 响应速度：

系统响应速度保证能够正常的 B/S 和 C/S 客户端的调用，在并发访问用户数目在不大于 20 情况下，客户端能快速获取高速路况信息。

(2) 并发性

并发性指的是同时支持最大访问规模数，应该至少支持 20 人访问（后续随着系统的扩大希望加大到 50 甚至更大的并发访问量）

(3) 稳定性

要保证系统的稳定，正常运行时间在 98% 上（最好能实现 7*24 小时不间断服

务)，并且死机后能在 10 分钟内自动重启。

(4) 灵活性

系统要有较好的灵活性，提供对外调用的通用接口，同时当有新的需求或者需求修改后，能够容易实现。

第四章 系统的总体框架设计

4.1 系统设计技术路线

系统总体设计的要求是：从全国高速路存在的问题出发，考虑到现有的 ITS 技术手段以及项目背景解决项目需求。首先面向的范围是全国，要顾及的范围很广，系统性能是要考虑的一个重要方面；其次面向的对象是高速公路路况信息，对象是比较明确，所以我们的研究主要是关注高速公路的特点；项目技术背景是基于 GPS 浮动车技术获取路况信息，在本系统中将要用到很多最新的技术理论研究结果并根据我们的实际情况进行相关改进；项目数据来源是全国重点营运车辆联网联控系统，数据来源已经确定但是数据比较复杂，需要进行相关处理。

综合系统实际情况，我们将系统分为四个大的流程，包括信息采集、信息传输、信息处理和信息发布四部分^[34]。信息采集内容包括 GPS 定位数据、GIS 基础信息、车辆运政信息等数据，这些信息通过内网分别从联网联控系统、GIS 地图和数据库获取。信息传输主要包括 GPS 定位数据的传输，模块与模块之间数据的传输，客户端与发布服务器之间的数据传输等。信息处理主要是定位数据的过滤、地图匹配相关算法的实现，数据存储与共享等。信息发布是在系统服务平台将实时的高速公路路况信息提供给用户查询与调用。

4.2 系统功能

整个系统主要需要实现的功能有：

- (1) 实时高速路路况系统通过 GPS 浮动车技术来实现，做到数据采集、分析、发布自动化并且实现数据实时更新。
- (2) 实时路况信息提供对外接口，提供给 B/S 和 C/S 平台客户端调用。
- (3) 在 GIS 地图上能够显示高速路实时路况（通过红、褐、黄、绿分别代表拥堵、缓慢、一般、畅通），支持拖动与缩放，客户端展示能够自动刷新路况信息（五分钟自动刷新）。

4.3 系统硬件设计与模块介绍

根据前面第三章的需求分析，系统运作流程，系统的三层架构设计思路探讨设计出如图 4-1 所示的硬件结构。

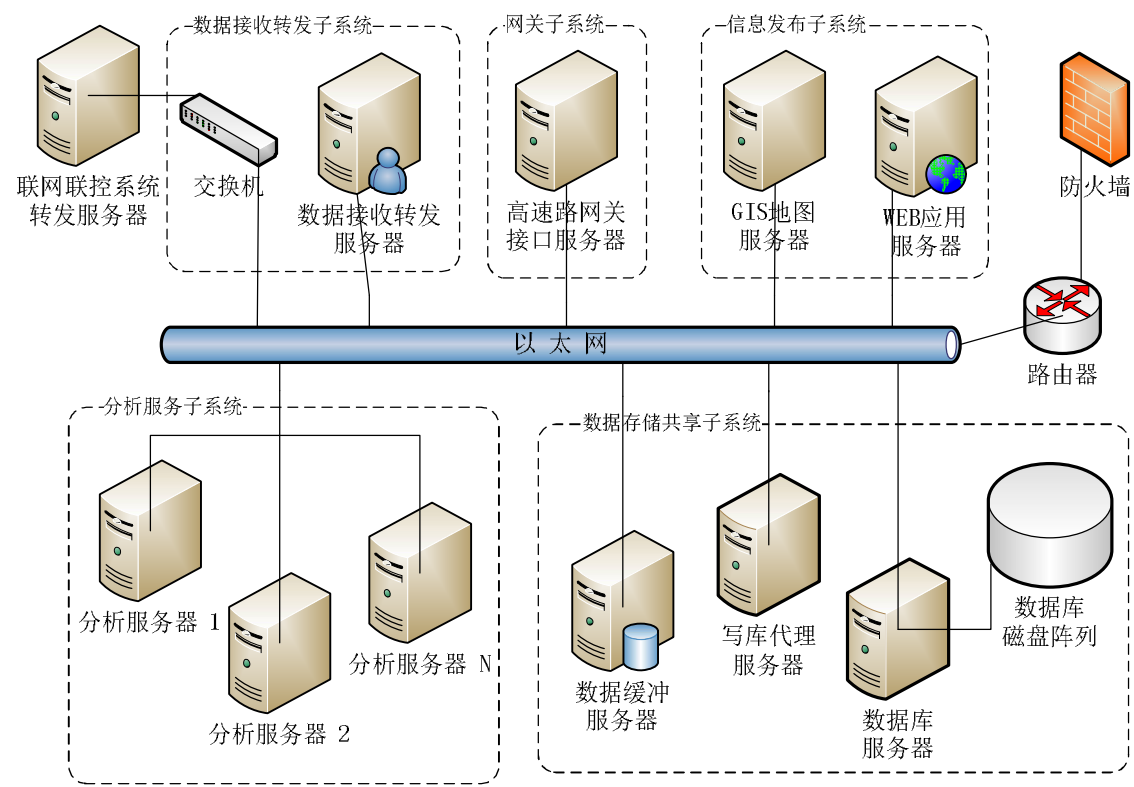


图 4-1 系统硬件总体设计

对高速路实时路况系统的总体结构和功能进行划分，可将系统分为计算机通信网络子系统、数据转发子系统、分析服务子系统、数据存储与共享子系统、网关接口子系统、实时路况信息发布子系统，各个子系统彼此分工又相互协调，共同构成一个完整大型系统。各个子系统的主要作用和硬件要求在后面章节详细介绍。

4.3.1 计算机通信网络子系统

整个系统以计算机网络为中心枢纽组成，要为系统内部各个系统的各个模块高速频繁访问提供通信基础条件。将需要映射到公网的服务器提供公网访问，并且需要保证网络的安全，对网络方面提供下面的要求：

- (1) 整个网络应具有良好的性能价格比。
- (2) 有足够的带宽支持各个子系统之间的高速的业务访问。

- (3) 可靠的网络结构，保证网络可靠不间断的运行。
- (4) 网络具有开放性，采用市场上标准的接口方式。
- (5) 网络具有较好的扩展性，方便后期系统的扩容。
- (6) 网络具有较强的管理能力，便于维护、运行管理和网络安全等^[35]。

根据上述要求和网络设计遵循的基本原则，我们采用网络分层构造，将系统分为核心层和网络接入层。主干交换机为系统的核心层，各个分支交换构成网络的接入层。主干交换机连接分支交换机同时连接到交通部的通信专网，其他设备通过分支交换机接入到主干交换机。磁盘阵列、数据库服务器采用存储区域网（SAN）来实现专用超超高速通信。数据接收服务器、数据分析服务器、数据库网关服务器、应用服务器等服务器都采用 100/1000M 以太网交换机连接，桌面用户接入采用 10/100M 交换机^[36]。

4.3.2 数据接收转发子系统

数据接收转发子系统主要的作用是起到一个桥梁作用，联网联控系统和高速路系统通过这个中间桥梁来连接。它主要由数据接收转发服务器和联网联控转发服务器组成。

联网联控转发服务器是对外转发的关键服务器，负责整个联网联控系统的数据对外转发服务，前期联网联控系统已经建设完毕，所以在硬件方面我们可以和联网联控复用，不必再购置服务器。

数据接收转发服务器是高速路系统的入口，它通过局域网从联网联控系统获取车辆实时 GPS 定位数据，同时将接收到的定位数据经过初步处理转发给分析服务器。此服务器需要对大量数据进行转发，对网络的要求比较大。

4.3.3 分析服务子系统

分析服务器子系统是整个系统的核心部分，它主要分成两个部分：分析服务和地图匹配服务，其中地图匹配服务主要是辅助分析服务模块来实现相关功能的，其主要功能如下。

1. 分析服务模块接收从数据接收转发服务器的 GPS 定位数据。
2. 通过数据分析判断过滤掉时间、经纬度、方向非法的定位数据。
3. 地图匹配模块辅助分析系统模块完成 GPS 定位数据和读取到的地图信息匹配，其算法是根据前面介绍的算法来实现，同时将不能匹配上的数据丢弃。
4. 地图匹配完成后，通过分析算法判断相关匹配的路段的拥堵情况。

5. 将分析结果通过局域网发送给 HRWDP 写库代理，完成路况信息的长期存储；同时将分析结果更新到实时路况缓冲区（MEMERCAHED），方便客户端的调用。具体的流程图如下图 4-2 所示。

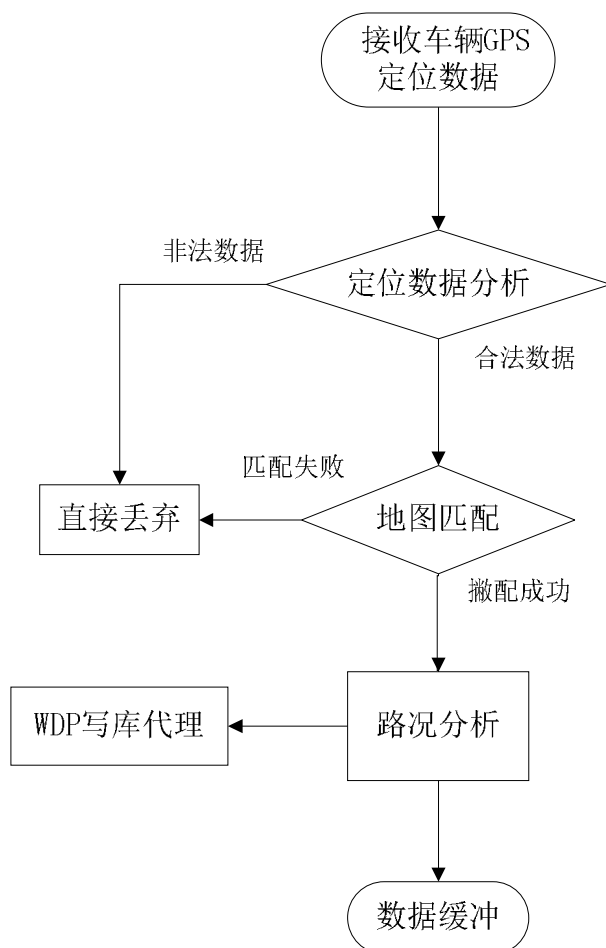


图 4-2 数据分析模块流程图

分析服务器是系统的重点与关键，对硬件配置的要求相对来说比较高。首先对定位数据的分析、地图匹配、路况分析三个步骤都需要做庞大的运算，所以需要高性能的 CPU，其次地图数据、GPS 定位数据都需要读到内存当中运行处理，所以分析服务器的内存要求也比较高，同时高速访问的硬盘也是必须的。由于是全国的数据，数据量和处理量很大，我们分省接收处理 GPS 定位数据，通过多台服务器开多个服务进程分省处理，分省处理完后再汇总，从而实现全国 GPS 定位数据的处理分析。

4.3.4 数据存储共享子系统

数据存储共享子系统主要有三大模块，分别为数据库、数据库写库代理

(WDP)、MEMECAHD。数据库负责存储路况分析结果、基础数据、配置信息等其他信息；数据库写库代理负责将分析子系统的分析结果高速实时入库；MEMECAHD 是一个高速内存数据库，又可以视为高速缓存，主要用来存储实时高速路况信息，方便客户端高频率高速的访问。

数据库：数据库我们采用业界强大的 ORACLE10G，他的硬件分为数据库服务器和存储盘阵。由于数据库是系统的核心，数据库的稳定性关系到整个系统的正常运行，所以稳定性和性能是数据库的关键。数据库服务器需要用高稳定性高性能的服务器，所以采用集群系统来实现高稳定性和高性能。盘阵采用光线通道高速硬盘并且采用 Raid 来实现高稳定性和高性能。同时数据库要实现定期备份，有条件需要一个物理备用数据库，当主数据库出现故障后系统自动切换到物理备用数据库。

数据库写库代理：主要是为了高速稳定存储动态数据，提高数据存储的稳定性和性能。由于每天的产生的实时数据量大，对服务器要求还是比较高。

MEMECAHD：为内存数据库，数据都存储在内存中。内存是 CPU 进行沟通的桥梁，计算机的运行都在内存中运行的，他是计算机中存储速度最快的部件，但是内存存在掉电数据丢失的特性。在系统我们需要给数据缓存服务器大的内存，同时 UPS 供电，保证数据不丢失。

4.3.5 高速路接口网关

高速路接口网关负责高速路分析结果的获取和转发，它对外起到了一个网关验证的作用。首先它会有一个账号验证的过程，验证通过后它会从 MEMECAHD 获取实时路况信息或者从数据库获取历史路况信息，将这些信息转发给客户端。

由于高速路网关这个机器要提供给外部用户调用，此机器需要映射到公网，网络安全问题是我们需要考虑的问题，所以防火墙是这个系统必须具备的。

4.3.6 信息发布子系统

此模块通过 WEB 应用服务和 GIS 技术，它从高速公路网关获取实时路况信息并且通过 WEB 发布，给用户提供高速路实时路况信息并且对路况信息提供预报功能，给用户的出行提供参考同时给交通运管部门提供管理参考。主要内容是通过互联网的方式在 WEB 应用服务器上展现出分析服务器分析的实时路况信息，让用户能够方便的查看。

4.4 系统软件总体设计

4.4.1 软件的三层结构

所谓软件的三层结构，是在客户端与访问的数据之间加入了一个中间层，也叫做组件层。这里所说的三层结构，不是物理上的三层，更不是简单地放置三台机器就是三层体系结构，三层体系结构是逻辑上的三层。三层体系的应用程序将业务规则、数据访问、合法性校验等工作放到了中间层来处理。通常情况下，客户端不直接与数据库进行交互，而是通过 COM/DCOM 通讯与中间层建立。再由中间层与数据库进行交互，其基本构成如下如 4-3 所示。

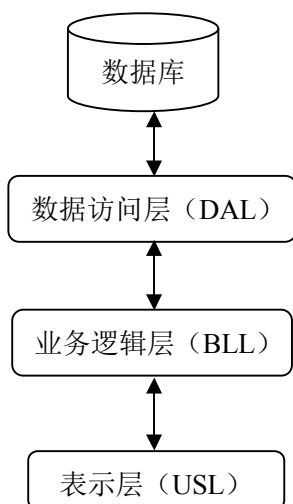


图 4-3 软件的三层结构

三层结构的优点：

- 1) 系统灵活：由于客户端不是直接和数据库打交道，而是间接通过在应服务器来和数据库打交道，利于各个层次的逻辑复用，提高了软件的灵活性。
- 2) 方便开发：实现应用的分层，开发人员可以只关注整个结构的某一层，这样便于分工开发以及团队的协作。
- 3) 数据库共享：由于数据是通过服务器来访问数据库，其他程序也可以通过应用服务器提供的接口功能来访问数据库。
- 4) 提高性能：应用服务器提供了数据库的连接管理以及访问规则等，各个模块分开，降低了层与层之间的依赖，提高了数据库的性能。
- 5) 可靠性：应用服务器起到了中间作用，当数据库出现故障后，方便系统数据库的切换^[37]。

4.4.2 软件总体描述

高速公路路况系统，通过数据分派服务器连接到全国重点营运车辆联网联控平台，请求到实时车辆 GPS 定位信息；通过数据分派服务器，将对应的 GPS 数据信息，分派到各个分析服务器；分析服务器将接收到的 GPS 位置等信息，与高速公路路段进行匹配，然后根据前面第二章介绍的算法来判断相关路段的路况；分析服务器将各个路段的路况分析完成后，将分析结果发送到高速公路写库服务（HRWDP），通过 HRWDP 来将所有的路况信息写入到数据库，以备后续查询各个路段的历史路况信息；与此同时，分析服务器将分析完成的路况信息，写入到 MEMCACHED，以便于外部客户端的调用，提高系统整体的访问速度；高速路况网关（HTG）负责从 MEMCACHED 中获取数据，然后将客户端请求的数据返回给客户端。具体流程图如下图 4-4 所示。

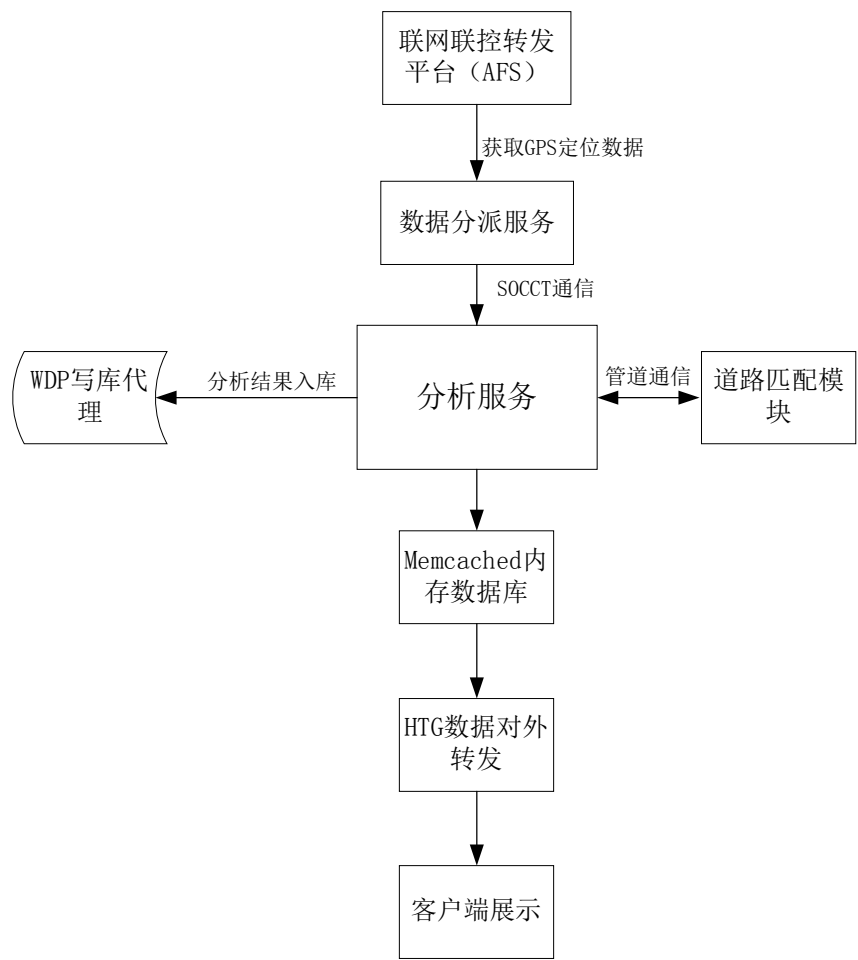


图 4-4 系统总体流程图

4.4.3 软件结构设计

软件是建立在硬件平台基础上的，软件的体系结构主要取决于系统的计算方式以及所提供的服务方式，系统依据三层结构模式的思想，高速路实时路况系统主要由系统软件、支持软件以及应用软件三部分组成。系统必须保证实现数据采集、信息管理、信息处理、综合分析、交换共享、应用支持等功能，并且实现信息展示、实时运行、系统维护管理、系统扩展改进开发支持等功能。

高速路实时路况系统由数据采集模块、数据处理分析模块、信息存储共享平台、信息发布模块等组成。从逻辑上来说，GPS 定位数据的获取是本系统的数据采集；数据处理、道路匹配、路段畅通计算、存储共享平台是本系统的数据处理；而信息发布模块是本系统的数据应用，如图 4-5 所示。

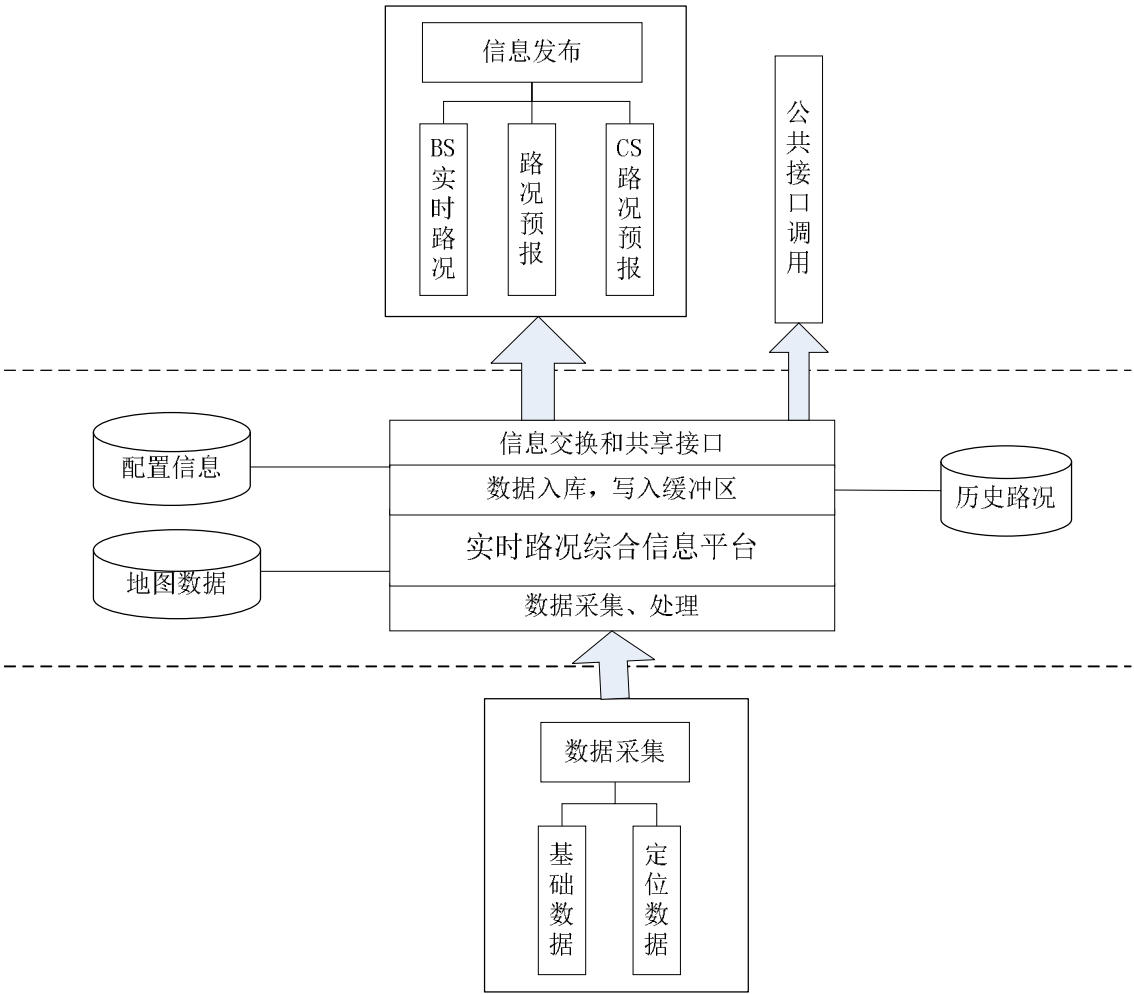


图 4-5 软件体系结构图

4.4.4 系统软件的抉择

对于本系统，操作系统应满足实时多任务，多用户环境，对于不同的任务和用户提供不同的功能和要求，提供不同的优先级别和安全备份级别，实现系统的备份、数据安全、容错和性能价格比的控制，关键模块的系统实现集群和 SMP(Symmetrical Multi-Processing, 对称多处理)技术。支持各种网络资源的共享，可以实现为不同的用户的资源共享规定相应的权限，提供与网络中心的接口；提供具有良好的用户界面，具有多窗口、命令、菜单等多种控制方式；提供多种网络规范；具有开放的程序设计接口；具有一定的网络安全，不轻易受到网络攻击。

目前主流的操作系统有 Windows、Linux、Unix 等，根据不同的系统的性能、特性、价格等我们在不同的模块采用不同的操作系统。在信息发布展示部分，需要比较好的用户展示界面，适应大部分用户的使用习惯，同时考虑到操作系统的采购价格，信息发布模块我们采用 Windows Server 2008 操作系统。数据共享模块：需要高稳定性、高性能，并且用户不必直接使用所以对界面方面要求不高，在此模块我们采用稳定性和性能更好的 Unix 和 Linux 系统，并且在数据库采用集群系统，保证系统关键部分的稳定。数据转发、数据分析模块虽然对界面要求不高，但是考虑到性能和开发速度，我们也采用 Windows Server2008。

4.4.5 系统支撑软件

4.4.5.1 数据库软件

对数据库软件有如下要求：

- (1) 需要保证 7*24 小时不间断稳定工作，稳定性特别重要
- (2) 在大量数据处理，多用户访问的情况，保证数据库稳定运行
- (3) 支持多系统平台（Unix、Linux、Windows、HPUX、OS 等）的访问
- (4) 具有比较丰富的开发工具，需要覆盖开发周期的各个阶段
- (5) 采用标准的 SQL 结构化查询语言
- (6) 具有字符界面和图形界面，易于开发。

综合终端处理系统和数据库的特性，采用 Oracle10GR2 (RAC+ASM) 数据库。

4.4.5.2 GIS 地图开发应用工具：

GIS 地图开发应用工具采用 MapX4.5 和 MapX5.0。

MapX 是一个基于 ActiveX(OCX)技术的可编程控件。它使用与 MapInfo

Professional 一致的地图数据格式，并实现了大多数 MapInfo Professional 的功能。MapX 为开发人员提供了一个快速、易用、功能强大的地图化组件。在 VB, Delphi, PowerBuilder, VC 等可视化开发环境中，只需在设计阶段将 MapX 控件放入窗体中，并对其进行编程，设置属性或调用方法或响应事件，即可实现数据可视化，专题分析，地理查询，地理编码等丰富的地图信息系统功能。

4.4.5.3 开发调试工具：

后台支持 C++ 的主流开发语言程序，在开发的时候主要采用 VC8.0。前端展示部分开发基于 .NET 框架，选取 VisualStudio2008/2010。

4.5 数据库设计

4.5.1 业务需求分析

数据库存储各种数据，包括全国实时路况信息、基本配置信息、用户信息等其他的信 息，我们需要根据各个功能的需求规格来设计，其基本业务要求如下表 4-1 所示。

表 4-1 数据库需求

编号	表描述	业务描述	备注
1	营 运 数 据 表：高速公路路况示例表。	数据存储：记录历史路况分析结果。 需要字段：高速路名称、省区域编码、路况结果、拥堵可信度、路况分析时间、路段编号、道路编号等。 数据查询：根据时间、路段编号、路段名等获取历史路况信息。	每天产生一张表，分别存储每天的路况信息；数据根据省行政区域编码实现分区存储；建立分区索引，增加查询访问速度。
2	营 运 数 据 表：高速公路路况动态详情表。	数据存储：记录高速公路路段匹配详情。 需要字段：路段编号、省区域编码、车牌号码、车牌颜色、开始时间、结束时间、经度、纬度、速度、角度、车辆状态、分析服务器编号等。 数据查询：根据车牌号码和车牌颜色查询道路匹配情况。	根据省行政区域编码分区存储；车牌号码和车牌颜色建立分区索引，增加查询速度。
3	营 运 数 据 表：高速公路与车辆匹配示例表	数据存储：记录历史匹配情况。 需要字段：公路编号、省区域编码、车牌号、车牌颜色、经度、纬度、速度、角度、路段 ID 等。	根据省行政区域编码分区存储；车牌号码和车牌颜色建立分区索引。

		数据查询：根据车牌号码和车牌颜色查询匹配情况。	
4	统计表：高速公路路况统计表	数据存储：按天统计各个省各个路段匹配情况。 需要字段：统计日期、高速路编号、路段编号、省区域编码、线路名称、平均速度、最高速度、最低速度、平均点数等。 数据查询：高速路编号、路段编号，统计时间查询。	根据省行政区域编码分区存储；统计日期、高速路编号、路段编号字段建立分区索引。
5	统计表：高速公路与车辆匹配统计表	数据存储：统计高速公路与车辆匹配情况。 需要字段：统计日期、高速路编号、高速路名称、省行区域编码、车辆数。 数据查询：根据高速路编号、统计时间查询。	根据省行政区域编码分区存储；统计日期、高速路编号字段建立分区索引。
6	基础信息表：业户信息表	数据存储：存储各省业户信息。 需要字段：业户编码、业户名称、业户所属省、业户登陆密码等。 数据查询：根据业户名称查询。	业户名称字段建立索引。
7	基础信息表：车辆信息表	数据存储：存储各省车辆信息 需要字段：车牌号码、车牌颜色、业户编号、省行政编码等字段。 查询数据：根据车牌号，车牌颜色等查询	车牌号码、车牌颜色建立索引。
8	基础信息表：用户信息表	数据存储：用户信息，包括用户名和密码等。 需要字段：用户 ID、用户名、密码、真实姓名，所属单位等。 数据查询：根据用户查询。	用户名建立索引。

4.5.2 数据库模型与结构图

数据库属于关系型数据库，需要遵循数据库设计的基本准则，充分考虑系统的性能和数据库表与表之间的关系，保证数据库逻辑结构清晰，开发方便等。

本系统中系统主要有四种表类型，分别是基础信息表、营运信息表、统计信息表、运行日志表。

- 基础信息表：用户信息表 (BD_BASEINFO_USER)；
 业户信息表 (BD_BASEINFO_ENTER)；
 车辆信息表 (BD_BASEINFO_VEHICLE)；
- 营运信息表：高速公路路况表 (BD_HIS_HRD_TRAFFIC_XXXX)；

- 路况动态详情表 (BD_HIS_HRD_VEHMATCH_DETAIL);
- 高速路与车辆匹配表 (BD_HIS_HRD_VEHMATCH_XXXX);
- 统计信息表: 高速公路路况统计表 (BD_HIS_HRD_TRAFFIC_STAT);
- 高速路与车辆匹配统计 (BD_HIS_HRD_VEHMATCH_STAT);
- 运行日志表: 写库日志表、错误日志、数据运行日志等信息。

数据库表结构的关系充分考虑到了之前联网联控系统数据库的基础和系统的可行性, 经过慎密的设计得出了表与表之间的关系。首先基础信息表中, 车辆信息表的业户 ID (ENTER_ID) 和业户信息表的主键 ENTER_ID 关联。其次车辆信息表的和业户信息表的主键都和路况动态详情表关联起来。同时高速路与车辆匹配统计表的数据是用触发器分析路况动态详情表而得到。再次高速公路路况表通过高速路与车辆匹配表的情况来得出路况信息, 然后高速公路路况统计表通过高速公路路况表统计得出。具体的结构请看图 4-6。

考虑到数据量的庞大, 为了提高数据库的性能和可用性, 高速公路路况表和高速路与车辆匹配表采用日分表, 所产生的数据每天产生一个表来存储。他们实际的表明如 BD_HIS_HRD_TRAFFIC_111201, 代表 2011 年 12 月 1 号的高速公路路况详情表, 此表存储当天所有路况信息。

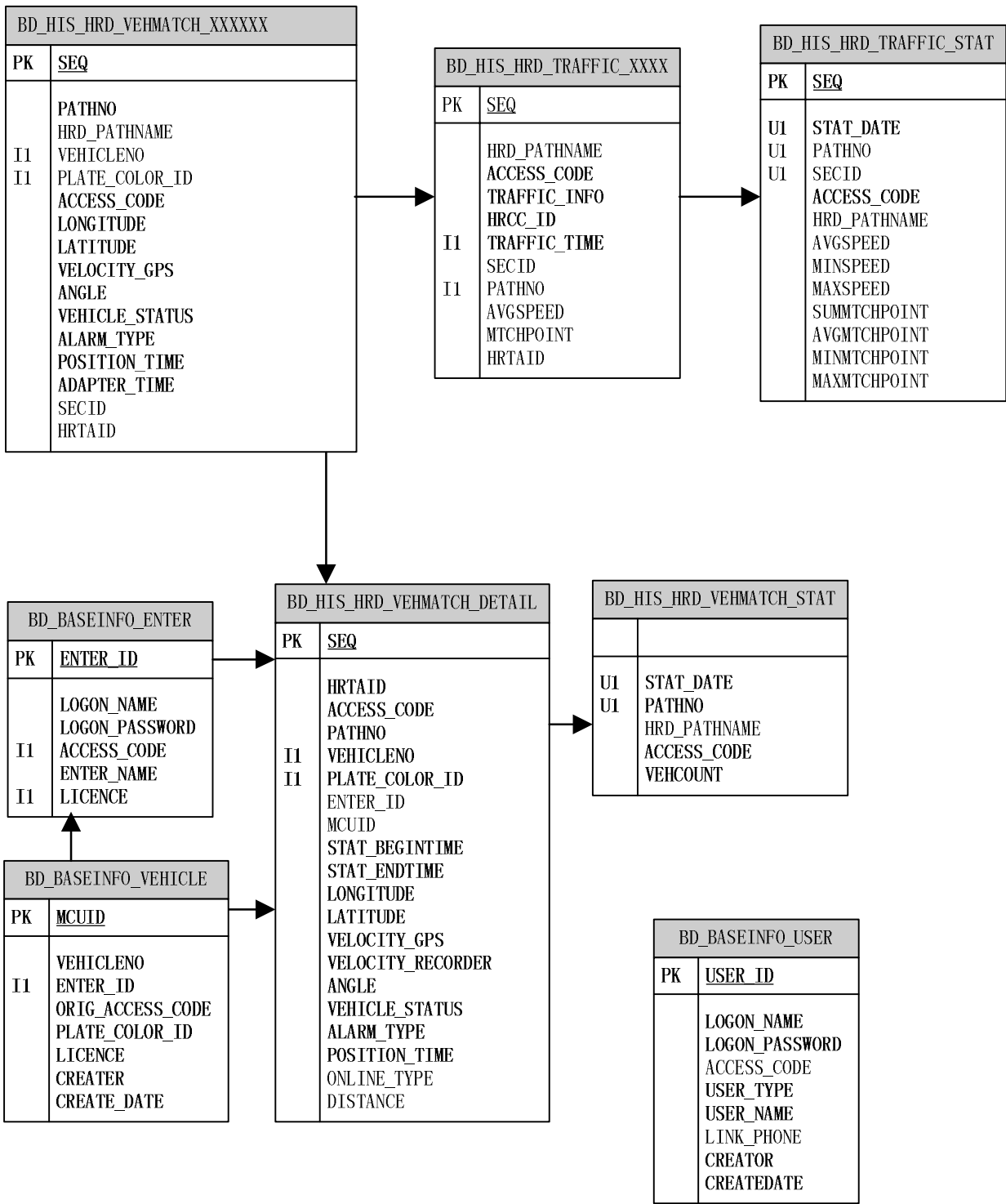


图 4-6 数据库模型结构关系图

4.5.3 表结构详细列表

数据库的设计对于一个系统来说至关重要，表结构的设计关联整个系统的功能与开发全过程。由于商业性和篇幅限制，本文只对部分表结构进行详细列表介

绍，详情如下表 4-2 所示。

表 4-2 数据库设计详情表

BD_HIS_HRD_TRAFFIC_XXXX			分区表	营运数据表:高速公路路况示例表	
序号	字段名称	字段类型	是否可空	缺省值	字段描述
1	HRD_PATHNAME	VARCHAR2(40)	Y		高速公路路线名称
2	ACCESS_CODE	NUMBER(6, 0)			接入码（分区键）
3	TRAFFIC_INFO	NUMBER(1, 0)			路况（1-红色 2-绿色 3-黄色 4-灰色 5-褐色）
4	HRCC_ID	NUMBER(1, 0)			拥堵可信度（0-可信度最高 1-可信度较高 2-可信度一般 3-可信度低）
5	TRAFFIC_TIME	DATE		sysdate	路况分析时间
6	SECID	VARCHAR2(20)	Y		路段编号
7	PATHNO	NUMBER(20, 0)	Y		道路编号
8	AVGSPEED	NUMBER(10, 2)	Y		路段平均速度
9	MTCHPOINT	NUMBER(10, 0)	Y		路段支撑点数
10	HRTAID	NUMBER(20, 0)	Y		路况分析服务器编号
	分区索引	IDX_HIS_HRD_TRAFFIC_XXXX (TRAFFIC_TIME, PATHNO)			
	分区索引	IDX_HIS_HRD_TRAFFIC_XXXX_T (TRAFFIC_TIME)			
BD_HIS_HRD_VEHMATCH_DETAIL			分区表	营运数据表:高速公路路况动态详情表	
序号	字段名称	字段类型	是否可空	缺省值	字段描述
1	SEQ	NUMBER			序列号（取自序列 SEQ_HIS_HRD_VEHMATCH_DETAIL）
2	HRTAID	NUMBER(20, 0)	Y		路况分析服务器编号
3	ACCESS_CODE	NUMBER(6, 0)			接入码（分区键）
4	PATHNO	NUMBER(20, 0)			高速公路路线编号
5	HRD_PATHNAME	VARCHAR2(40)	Y		高速公路路线名称
6	VEHICLENO	VARCHAR2(21)			车牌号码
7	PLATE_COLOR_ID	NUMBER(1, 0)			车牌颜色
8	ENTER_ID	NUMBER(10, 0)	Y		业户编号
9	MCUID	NUMBER(10, 0)	Y		车辆编号
10	STAT_BEGINTIME	DATE			统计开始时间
11	STAT_ENDTIME	DATE			统计结束时间
12	LONGITUDE	NUMBER(10, 0)			经度，单位毫秒
13	LATITUDE	NUMBER(10, 0)			纬度，单位毫秒
14	VELOCITY_GPS	NUMBER(4, 0)			GPS 速度（公里/小时）

15	VELOCITY_REC ORDER	NUMBER(4, 0)			行驶记录仪速度（公里/小时）
16	ANGLE	NUMBER(3, 0)			角度（度）
17	VEHICLE_STAT US	NUMBER(5, 0)			车辆状态 0 未定位、熄火 1 未定位、 点火 2 定位、熄火 3 定位、点火
18	ALARM_TYPE	NUMBER(5, 0)			报警类型 0 无报警 1 紧急报警 2 超速 报警 3 疲劳报警 4 紧急和超速报警 5 疲劳和超速报警 6 疲劳和紧急报警 7 疲劳紧急超速报警
19	POSITION_TIM E	DATE			位置时间
20	ONLINE_TYPE	NUMBER	Y		在线状态
21	DISTANCE	NUMBER	Y		总里程
	分区索引	BD_HIS_HRD_VEHMATCH_DETAIL (PLA TE_COLOR_ID, VEHICLENO)			
BD_HIS_HRD_VEHMATCH_XXXXXX			分区表	营运数据表:高速公路与车辆匹配示例表	
序号	字段名称	字段类型	是否可 空	缺省值	字段描述
1	PATHNO	NUMBER(20, 0)			高速公路线路编号
2	HRD_PATHNAME	VARCHAR2(40)	Y		高速公路路线名称
3	VEHICLENO	VARCHAR2(21)	Y		车牌号码
4	PLATE_COLOR_ ID	NUMBER(1, 0)	Y		车牌颜色
5	ACCESS_CODE	NUMBER(6, 0)			接入码（分区键）
6	LONGITUDE	NUMBER(10, 0)			经度，单位毫秒
7	LATITUDE	NUMBER(10, 0)			纬度，单位毫秒
8	VELOCITY_GPS	NUMBER(4, 0)			GPS 速度（公里/小时）
9	ANGLE	NUMBER(3, 0)			角度（度）
10	VEHICLE_STAT US	NUMBER(5, 0)			车辆状态 0 未定位、熄火 1 未定位、 点火 2 定位、熄火 3 定位、点火
11	ALARM_TYPE	NUMBER(5, 0)			报警类型 0 无报警 1 紧急报警 2 超速 报警 3 疲劳报警 4 紧急和超速报警 5 疲劳和超速报警 6 疲劳和紧急报警 7 疲劳紧急超速报警
12	POSITION_TIM E	DATE			位置时间
13	ADAPTER_TIME	DATE		sysdate	匹配时间
14	SECID	VARCHAR2(20)	Y		路段 ID
15	HRTAID	NUMBER(20, 0)	Y		路况分析服务器编号
	分区索引	IDX_HIS_HRD_VEHMATCH_XXXXXX (PL ATE_COLOR_ID, VEHICLENO)			

第五章 程序开发与系统的实现

5.1 程序开发总体流程

本系统是一个庞大的系统工程，系统分为很多模块来运行和开发，主要包括七个部分：数据库、MEMCACHED、数据分派服务器、分析服务器、高速公路写库服务、高速路网关服务和监控终端，其结构如下图 5-1 所示。

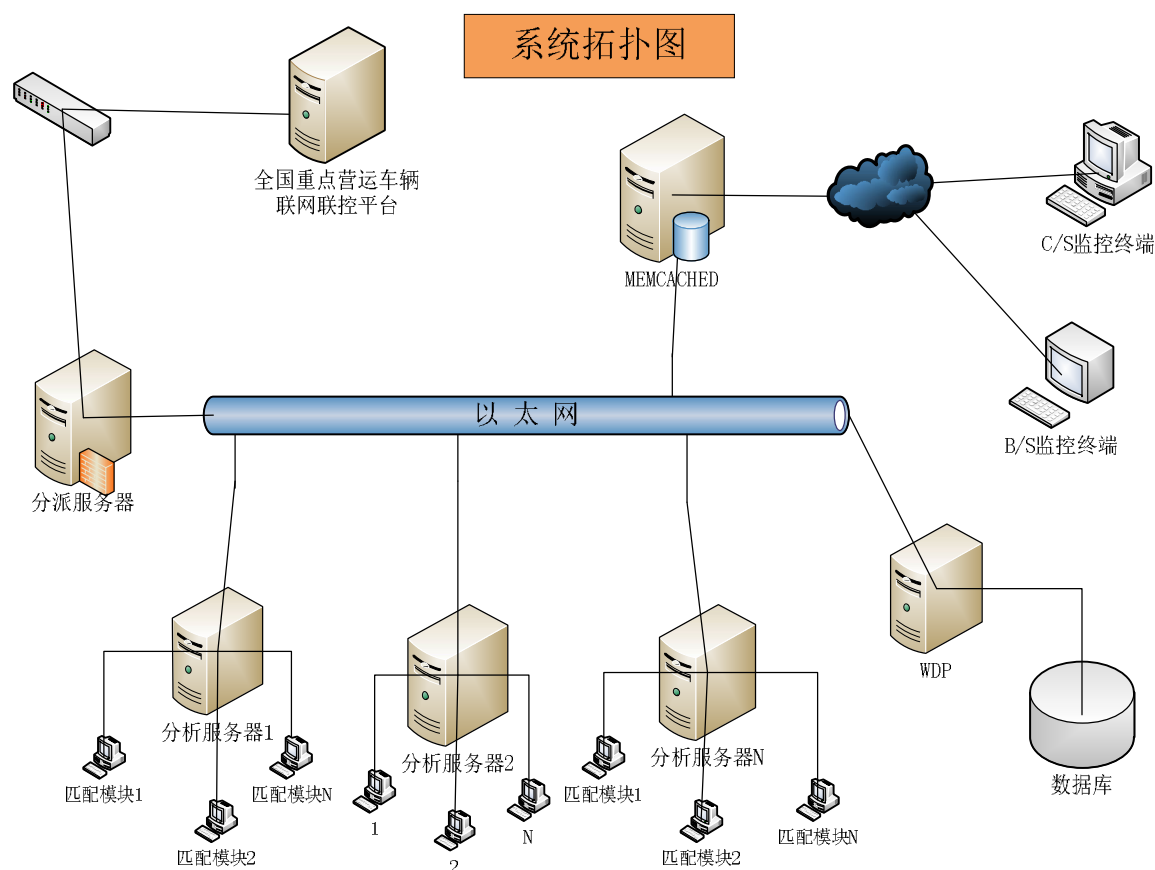


图 5-1 系统拓扑图

数据库：主要用于存放高速公路路况信息；包括高速公路路况动态详情表、高速公路与车辆匹配表、高速公路路况统计表、地图信息表等其他基础信息和动态信息表。

MEMCACHED：存放从分析服务器中写入的各个路段的最新信息，它同时对外的路况监控系统提供最新的路况状态信息。

数据分派服务：从全国重点营运车辆联网联控平台获取到车辆的 GPS 信息，

然后转发到各个分析服务器。

分析服务：主要是用于做 GPS 点与高速公路路段匹配，以及计算各个路段的路况信息。其中分析服务器中的匹配模块，使用的是独立模块。一个分析服务器对应多个路段匹配模块，匹配模块将匹配完成的 GPS 点信息，返回到分析服务器，分析服务器将匹配的点来计算路况状态结果。

高速公路写库服务：该模块主要是用于完成各个分析服务器的路况信息入库过程，因为各个分析服务器上的路况信息比较多，如果通过分析服务器直接入库，则会导致分析服务器整体对路况分析的效率，所以路况状态信息，统一通过高速公路写库服务（HRWDP）来入库，提高系统的整体效率。

高速公路路况转发服务：该模块主要是将分析的路况结果对外发布，包括对 C/S 和 B/S 监控终端的转发，以及后续考虑对外开放接口提供给其他地图服务商调用。

高速公路路况状态监控端：主要是提供路况的监控以及查询服务。

各个模块由各个同事和同学协调合作并行开发，加快开发速度，提高代码的质量。在此论文对主要模块的开发做了详细介绍。

5.2 主要模块编程

本系统是一个庞大的程序，由于篇幅的限制并且从本人参与开发模块的实际情况出发，本文主要对道路分析模块和地图匹配模块进行比较详细介绍。

5.2.1 分析服务器模块

5.2.1.1 类总体结构描述

通过 CHRDSCliSocket 类与高速公路数据派发服务（HRDS）通讯，同时 HRDS 类中按区域获取和发送 GPS 定位信息。通过 CRdLocalAnalyMgr 类进行分区管理接收的 GPS 定位数据，通过主控类，CHRDdAnalyMgr 来统一管理，然后将 GPS 定位信息通过 CMatchSrv 传输到 RoadMatch 匹配模块，然后获取匹配结果。得到匹配结果后，通过 CRdAnalyAlgorithm 类来计算路况信息。最后得到结果后，将结果传输到 CHRDdRsltMgr 结果管理类，CHRDdRsltMgr 类通过 CDbpSrv 和 CMemCachedCliObj 类分别与高速公路写库服务（HRDWP）和 MemCached 通讯，将路况结果发送给接收端。类与类之间关系结构图如下 5-2 所示。

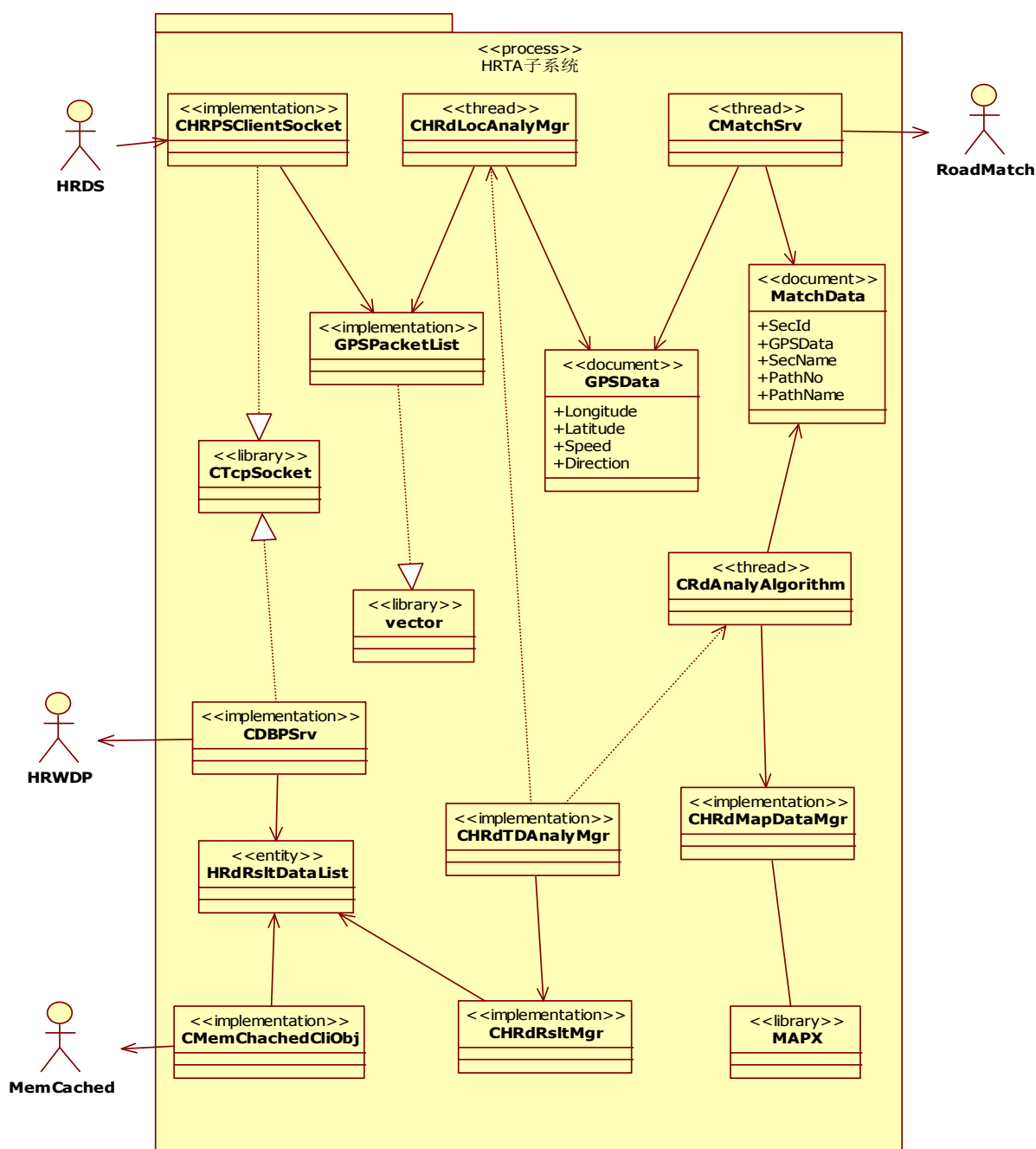


图 5-2 分析服务类与类关系结构图

5.2.1.2 类功能的描述

1. CHRDSClientSocket 类

高速公路数据派发服务（HRDS）接入类：实现高速公路路况分析服务（HRTA）与 HRDS 之间的通讯连接。通过 TCP/IP，从 HRDS 中按不同的区域获取对应的车辆 GPS 定位信息，接收到数据包后按照所定协议进行拆包处理。

主要功能与方法：

- 1) 连接 HRDS 服务器：通过 IP 和端口连接到 HRDS 服务器。
- 2) 停止连接 HRDS 服务器：断开 HRDS 的连接，停止服务。
- 3) 接收数据：接收从 HRDS 返回来的 GPS 数据信息。
- 4) 添加 GPS 数据包：把 GPS 数据包加入到队列中，根据省行政区域编码分别存放。
- 5) 处理一个数据包：处理一个 GPS 数据包。

2. CHRdLocAnalyMgr 类

GPS 定位数据区域分析管理类，负责将接收到的数据分省行政区域编码管理、匹配。

主要功能与方法：

- 1) 启动服务：启动区域匹配模块服务。
- 2) 停止服务：停止区域匹配模块服务。
- 3) 获取 GPS 数据包：从 GPS 数据队列中获取 GPS 数据包。
- 4) GPS 点位置匹配分析：通过 GPS 点信息，进行对路段信息匹配。
- 5) 创建匹配 RoadMatch 匹配模块：创建 RoadMatch 匹配进程模块。

3. CMatchSrv 类

道路匹配管理服务器类：负责启动管理道路匹配模块，将定位数据发送给相应的道路匹配模块，管理匹配后的数据。

主要功能与方法：

- 1) 模块启动：监听相对的端口（可由配置文件配置），同时启动相应的匹配模块。
- 2) 模块停止运行：停止端口监听，同时停止相应的匹配模块。
- 3) 创建进程：创建匹配进程模块。
- 4) 启动进程：通过制定模块名和命令行的方式来启动进程。
- 5) 检查进程状态：不停检查相应进程的状态信息，确保进程正常运行。
- 6) 获取匹配信息：从匹配队列中获取一个匹配的信息。
- 7) 处理数据包：对一个 GPS 数据包进行匹配处理。

4. CRdAnalyAlgorithm 类

路况分析算法类：实现路况信息计算以及分析，通过匹配的数据点，计算最终符合的 GPS 信息点，然后计算出对应路段的路况信息。

主要功能与方法：

- 1) 角度计算：返回两个角度之间的夹角。
- 2) 计算距离：计算两个点之间的距离。
- 3) 计算匹配线角度：计算点与匹配线段之间的夹角。

- 4) 点与线距离计算: 计算一个点与一个直线之间的距离。
- 5) 路况分析: 通过匹配的点与地图路段信息, 计算出对应路段的路况结果信息。

5. CHRdMapDataMgr 类

地图数据管理类: 实现系统对地图数据的管理, 通过该类, 来实现地图数据信息点的统一管理和使用。

主要功能与方法

- 1) 加载地图: 加载地图数据到 pMapX 对象上, 同时获取接入码。
- 2) 添加路段信息: 将读取到的一个路段信息, 加入到地图数据管理对象中。
- 3) 获取一个地图对象: 通过道路编号以及路段编号, 获取相应的地图数据信息。
- 4) 查找接入码: 通过地图的 Layer 信息, 获取到对应层的接入码信息。
- 5) 释放地图数据: 释放加载到系统中的地图数据信息。

6. CHRdTDAnalyMgr 类

路况分析管理类: 实现系统路况的系统的分析与管理, 系统的整体分析过程, 通过该类来进行统一管理与分配, 最终得到路况的分析结果。

主要功能与方法

- 1) 服务启动: 启动路况分析管理模块。
- 2) 停止服务: 停止路况分析管理模块服务。
- 3) 处理匹配数据包: 处理一个匹配完路段信息的数据包。
- 4) 保存道路匹配信息: 保存一个道路上对应的 GPS 匹配信息。
- 5) 保存路况结果: 保存一个计算完成的路况信息。
- 6) 分析路况状态: 分析道路的路况状态。
- 7) 设置道路路况信息: 设置一个路段的分析结果信息。
- 8) 显示路况匹配信息: 显示匹配的路段信息。
- 9) 获取道路匹配数据: 从队列中获取一个道路匹配信息。
- 10) 设置接入码: 设置系统的所包含的接入信息。

7. CHRdRsItMgr 类

路况结果管理类: 实现系统路况分析结果的管理。通过该类, 实现所有路况分析结果的统一管理, 同时由该结果管理类, 实现对其他系统的发布等;

主要功能与方法

- 1) 服务启动: 启动结果管理模块服务。
- 2) 服务停止: 停止结果管理服务模块。
- 3) 添加 MEMCACHED 服务信息: 添加一个 MemCached 服务信息到模块中。

4) 添加路况结果队列：添加路况分析结果到发送队列。

5) 获取 GPS 数据：从队列中获取 GPS 数据包。

8. CDBPSrv 类

数据库服务类：实现系统数据库之间的服务。通过服务该类，实现相应的路况信息和 HRWDP 通信，从而将数据存入数据库中。

主要功能与方法

1) 启动服务：启动数据库模块服务。

2) 停止服务：停止数据库模块服务。

3) 添加数据包到队列：添加一个数据包到数据库的发送队列中。

4) 获取数据包：从数据库发送队列中获取一个数据包。

5) 发送到 HRWDP：发送数据包到 HRWDP。

9. CMemChachedCliObj 类

MemCached 管理类：实现 MemCached 服务模块对象的管理。通过该对象实现对 MemCached 的输入和输出；

主要功能与方法

1) 服务启动：启动 MemCached 模块的服务。

2) 服务停止：停止 MemCached 模块的服务。

3) 设置 MemCached 的内容：设置相应的路况信息到 MemCached 中。

4) 获取 MemCached 内容：通过关键字从 MemCached 获取路况信息。

5.2.2 地图匹配模块

5.2.2.1 类总体结构描述

通过 CHRTAClient 与高速公路路况分析服务（HRTA）通讯，CHRTAClient 将接收到的数据转入 CGPSPkgList 列表，CRoadMatchDlg 类负责数据的处理，并且将处理结果存入 CMatchResltList 中，然后通过管道通信（Pipe）将处理的结果传给 HRTA。

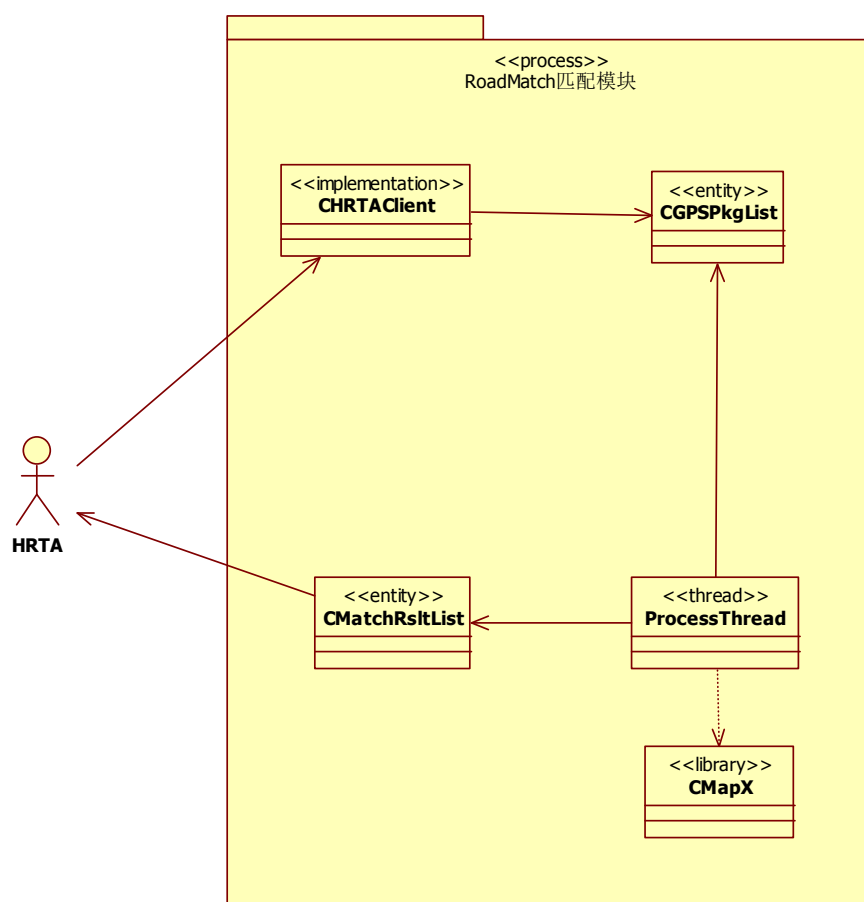


图 5-5 地图匹配模块类结构图

5.2.2.2 类功能的描述

1. CHRTAClient 类

HRTA 接入类：实现 RoadMatch 与 HRTA 之间的通讯连接。通过 TCP/IP 通讯，从 HRTA 中获取对应的 GPS 信息。

主要功能与方法：

- 1) 连接 HRDS 服务器：通过 IP 和端口连接到 HRTA 服务器。
- 2) 停止连接服务器：断开 HRTA 的连接，停止服务。
- 3) 接收数据：接收从 HRDS 返回来的 GPS 数据信息。

2. CRoadMatchDlg 类

RoadMatch 管理类：实现 RoadMatch 的匹配和管理。另外也通过 Pipe 的方式与 HRTA 通讯，从 HRTA 中获取对应的 GPS 信息，匹配完成后，将结果返回到 HRTA。

主要功能与方法：

- 1) 连接 HRTA 服务器：通过 PIPE 名连接到 HRTA 服务器。

- 2) 获取 GPS 数据：通过管道从 HRTA 中获取 GPS 数据。
- 3) 解析数据：对一个 GPS 数据包进行解析。
- 4) 搜索匹配图元：通过 GPS 位置信息来搜索图层上的路段信息。
- 5) 处理匹配数据：处理一个匹配的数据信息。
- 6) 接收数据：断开一个管道 (pipe)。

第六章 系统的运行与试验

6.1 系统实施的思路

高速路实时路况系统作为本论文的研究成果,其结合当前浮动车的研究理论基础,在全国重点营运车辆联网联控系统为平台依托的基础上,添加了部分服务器和网络硬件配置设备,按照现有的数据规划,将实时路况分析结果的信息纳入平台主数据库统一存储管理和维护。根据本项目的数据融合、信息处理和信息发布服务的需要,再次配置了分析服务器、应用服务器,同时调用信息平台原有数据,实施数据查询与处理。

6.2 系统的软硬件支持体系

6.2.1 硬件配置

本项目是在全国重点营运车辆联网联控系统的基础上扩展项目,所以部分硬件设备不需要专门购置,不需要另外购置的设备包括:数据接口服务器、数据库服务器、信息发布服务器等。只需要在平台添加路况分析服务器,接口转发服务器, GIS 地图服务器。

基于 GPS 浮动车技术的全国高速路况系统的数据源来自全国重点营运车辆联网联控系统,这些数据是按照国家标准来制定的,而它的数据采集也是按照国家标准层层转发然后统一汇聚到交通部信息中心。首先通过 GPRS/CDMA 传到运营商,然后通过公网转发到各个省级平台,最后再通过交通部的专网汇聚到了交通部通信中心。GPS 定位数据的采集和存储都已经实现了其功能,所以我们需要用到的服务器包括分析服务器(多台)、数据转发服务器、数据分派服务器、GIS 地图服务器、网关接口服务器、防火墙、网络设备等,这些设备有很多可以和联网联控系统共享相应服务器,也就是一台服务器上即可以跑高速路系统的服务器同时也跑联网联控系统的服务。主要需要添加的服务器包括分析服务器、GIS 地图服务器、写库服务器。

所用到的服务器硬件配置表如表 6-1 所示。

表 6-1 服务器硬件配置表

子系统名称	设备名称	数量及技术要求	是否共享
通信网络子系统	交换机	1 台 1000/100M 普通交换机, 1 台 1000M 核心交换机。	是
	防火墙	1 台防火墙	是
数据接收转发子系统	数据转发服务器	1 台 (2 个 Intel 6 核, 2.66G, 32GB SDRAM)	是
分析服务子系统	分析服务器	3 台 (4 个 Intel 6 核, 2.66G, 48GB SDRAM)	否
数据存储共享子系统	数据库写库代理服务器	1 台 (2 个 Intel 6 核, 2.66G, 32GB SDRAM)	
	MEMECAHD 服务器	1 台 (2 个 Intel 6 核, 2.66G, 48GB SDRAM)	是
	数据库服务器	4 台 (4 个 IBM 4 核, 3.5G, 48GB SDRAM)	是
	备份数据库服务器	2 台 (4 个 IBM 4 核, 3.5G, 48GB SDRAM)	是
	数据库磁盘阵列	80 个 1500R/Min 400G 硬盘	是
	备份数据库磁盘阵列	40 个 1500R/Min 400G 硬盘, 60 个 7200R/Min 1T 硬盘	是
信息发布子系统	网关接口服务器	1 台 (2 个 Intel 6 核, 2.66G, 32GB SDRAM)	是
	GIS 地图服务器	1 台 (2 个 Intel 6 核, 2.66G, 32GB SDRAM)	否
	WEB 服务器	1 台 (2 个 Intel 6 核, 2.66G, 32GB SDRAM)	是
	监控客户端 PC	多台 (1 个 Intel4 核, 3.0G, 4GB SDRAM)	是

6.2.2 软件配置

高速路实时路况系统主要由应用软件、支撑软件、系统软件三部分构成。根据不同模块的特点, 选择不同的操作系统、支撑软件和应用软件, 其目就是要确保全国高速路系统各个模块高效、稳定、高性价比。同时提供系统服务、实时运行指挥、系统维护管理、系统开发支持等功能。

表 6-2 软件配置表

软件类型	软件名称	数量	备注
系统软件	Windows Server 2008 R2	4（套）	
	IBM AIX6.1	6（套）	包括备份的数据库
	Suse linux 10	1（套）	
	Windows XP/Win7	多（套）	PC 监控终端
支撑软件	Oracle 10G R2 企业版	2（套）	使用 RAC+ASM。
	Mapx4.5	多（项）	
	IIS 7.1	1（项）	用于 WEB 服务部署
	切图软件	多（套）	
	.net 3.5SP1	多（套）	CS 监控运行环境
应用软件	数据转发服务	1（套）	
	分析服务	多（套）	
	地图匹配服务	多（套）	
	高速缓存服务	1（套）	
	高速路接口网关服务	1（套）	
	地图服务	1（套）	
	数据发布服务	1（套）	

6.2.3 用户场景

（1）客户端通过调用网关服务器的接口，按照相关接口说明，调取实时路况数据，然后客户端根据数据说明结合地图展示给用户。

（2）用户直接登录到全国重点营运车辆联网联控系统门户网站，通过相关链接查看，具体网址为 http://lwlk.mot.gov.cn/smartearth_traffic/traffic.html。

6.3 运行参数与业务模式

6.3.1 运行参数设置

1、分析服务器参数设置：

分析服务器主要设置的参数有：地图路径、匹配模块路径、路段匹配距离、路段匹配夹角阈值、分析间隔时间、分派服务器地址、发布服务器地址等信息，如下图 6-1 所示。


```
MapXPath="D:\hrs\qchen\拥堵图层\全国高速公路.gst"
RoadMatchModuleName="D:\hrs\qchen\RoadMatch\RoadMatch.exe"

DispSecId=0

;路段匹配线程数目
SearchThreadCount=8

;路段匹配距离
SearchDistance=15

;路段匹配夹角阈值
MaxSearchDegree=60

;分析时间间隔(秒)
AnalyTimeSpace=120
;上传时间间隔
UpLoadTimeSpace=240

[HRDS]
Ip="127.0.0.1"
;Ip="219.143.235.110"
;Ip="10.1.88.10"
Port=9900
TimeOut=300

[HRPS]
Ip="127.0.0.1"
;Ip="219.143.235.110"
Port=9910
TimeOut=60
```

图 6-1 分析服务参数设置

2、地图匹配模块

地图匹配模块需要配置的信息包括：地图路径信息、路段匹配线程数、路段匹配距离、路段匹配夹角阈值、分析服务模块（HRDS）地址、服务区域等相关配置信息，具体如下图 6-2 所示。



图 6-2 匹配模块参数设置

6.3.2 运行业务

系统的对外运行业务主要包括两方面：一方面是通过发布服务器对外发布高速公路实时路况信息，另外一方面是对外提供二次开发的接口，其主要的要求如下：

- (1) 用户能够方便的通过 WEB 查询道路实时路况；
- (2) 路况每 5 分钟自动刷新；
- (3) 能够预测近期交通拥堵情况（根据昨天同时刻道路状况预测）。

6.4 功能展现

系统主要分前端部分和后端部分，前端部分运行效果展现用户可以通过登录到路况信息网站查看，后端部分用户不能对外开放，在此就只能通过截图方式来展现。下面分别对数据分派服务（HRDS）、分析服务（HRTA）、地图匹配模块，路况发布模块进行展示。

分派服务器 [HRDS]

系统 帮助

客户端列表

分析服务器
未知客户端

区域接入码	区域名称	[HRTA]连接情况	未发送数据包
110000	北京市	已连接	9897
120000	天津市	已连接	9289
130000	河北省	已连接	9674
140000	山西省	已连接	9427
150000	内蒙古自治区	已连接	9554
210000	辽宁省	已连接	9255
220000	吉林省	已连接	9900
230000	黑龙江省	已连接	9635
310000	上海市	已连接	9169
320000	江苏省	已连接	9427
330000	浙江省	已连接	9396
340000	安徽省	已连接	9484
350000	福建省	已连接	9640
360000	江西省	已连接	9393
370000	山东省	已连接	9201
410000	河南省	已连接	9764
420000	湖北省	已连接	9315
430000	湖南省	已连接	9203
440000	广东省	已连接	9390
450000	广西壮族自治区	已连接	9151
460000	海南省	已连接	9306
500000	重庆市	已连接	9664
510000	四川省	已连接	9450
520000	贵州省	已连接	9454
530000	云南省	已连接	9417
610000	陕西省	已连接	9531
620000	甘肃省	已连接	9829
630000	青海省	已连接	9741
640000	宁夏回族自治区	已连接	9184

时间	类型	日志信息
2012-04-04 11:01:57	[提示]	收到AFS握手应答数据包
2012-04-04 11:01:57	[提示]	发送握手请求包到AFS
2012-04-04 11:00:23	[提示]	发送握手请求包到AFS
2012-04-04 10:59:52	[提示]	收到AFS握手应答数据包
2012-04-04 10:59:52	[提示]	发送握手请求包到AFS
2012-04-04 10:59:21	[提示]	收到AFS握手应答数据包
2012-04-04 10:59:21	[提示]	发送握手请求包到AFS
2012-04-04 10:58:50	[提示]	收到AFS握手应答数据包
2012-04-04 10:58:50	[提示]	发送握手请求包到AFS

2012-03-16 15:48:31 AFS: 10.1.88.15:9994 AFS Status: 已连接 总GPS包: 23904956 Server (9900) 启动成功! 当前注册区域个数: 30

图 6-1 分派服务器

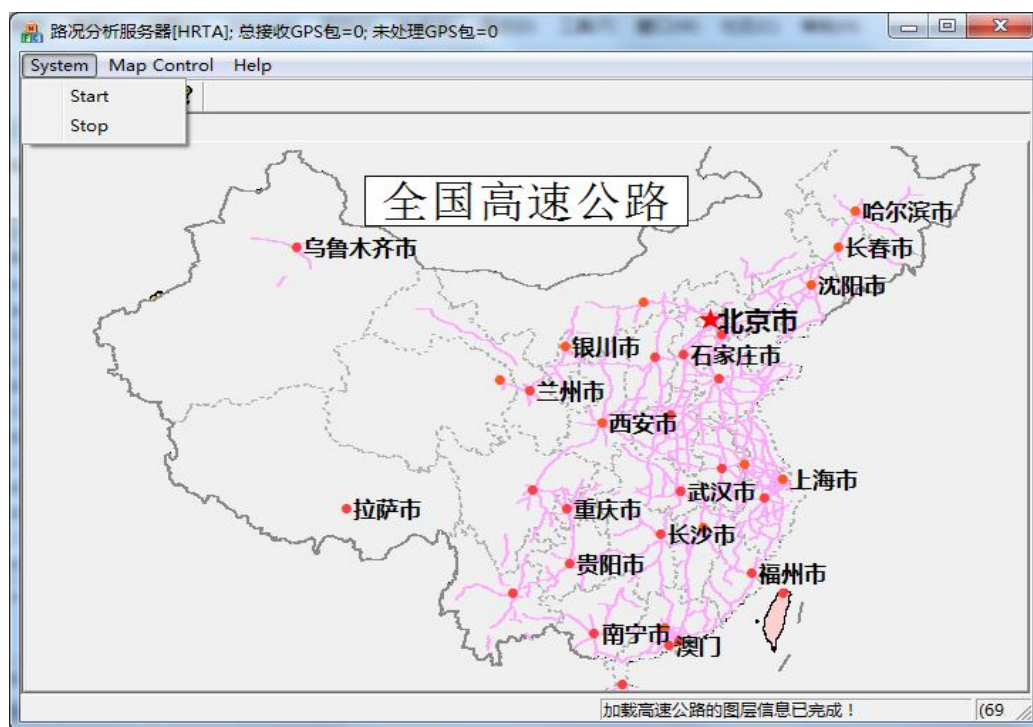


图 6-2 后台分析模块启动效果图

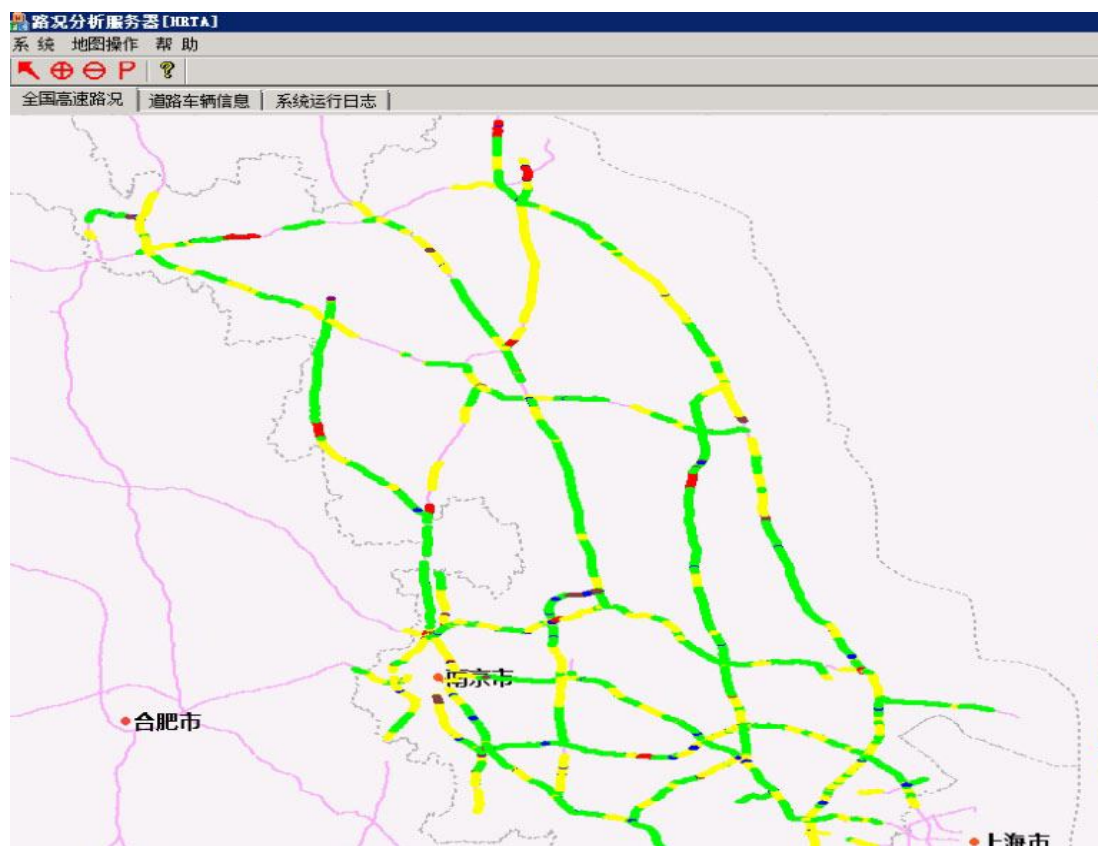


图 6-3 江苏路况运行效果图

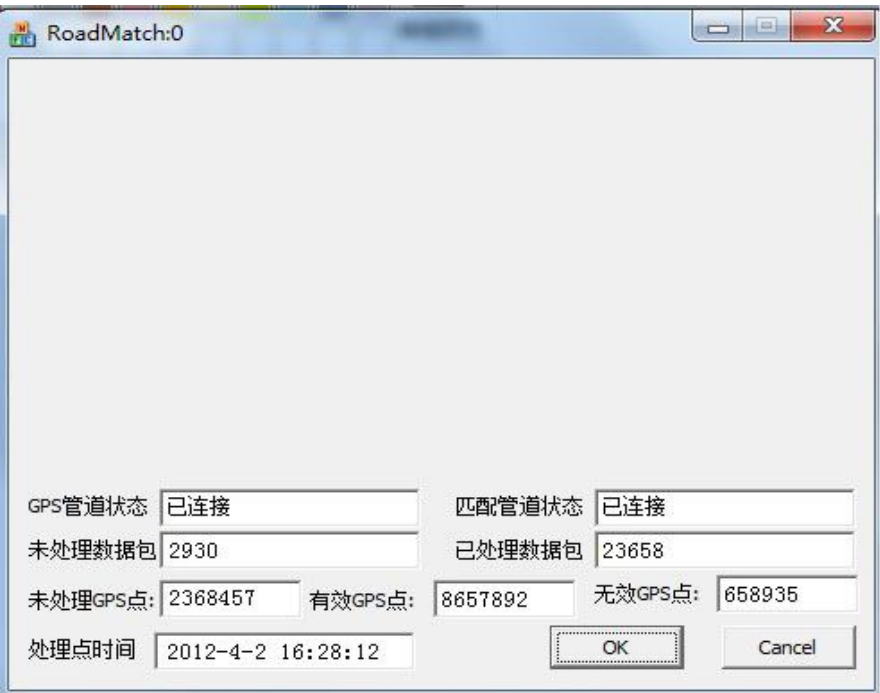


图 6-4 地图匹配模块

前端展示部分用户可以通过 IE 或者其他浏览器，输入如下网址网址：
http://lwlk.mot.gov.cn/smartearth_traffic/traffic.html 打开查看实时路况信息，以及
路况预报，其运行效果图如下图 6-5 和 6-6 所示。

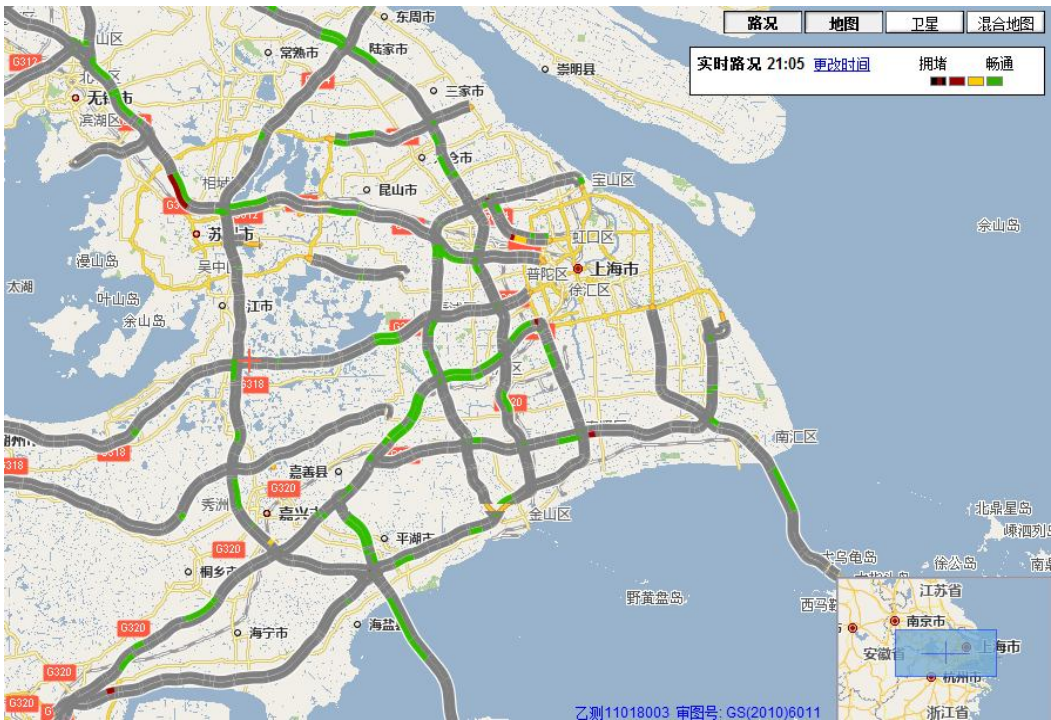


图 6-5 实时路况信息



图 6-6 路况预报

6.5 项目效益

6.5.1 经济效益

本项目涉及的范围很广，对于不同对象所获得的经济效益体现在不同的方面，从本工程实施后的用处和内容来看，经济效益有以下主要方面：

- 1. 节约旅客出行时间从而产生经济效益
通过本平台查询高速路交通路况信息，驾驶员可以根据实时路况信息，选择合适的出行路线，减少出行时间。
- 2. 减少汽车运输成本直接产生经济效益
通过本平台，能减少汽车运输经济直接成本主要体现在节省燃油、减少车辆损耗、减少司机工作时间，最终能够体现在运输企业成本的降低。

6.5.2 社会效益

本项目的功能具有很好的社会效益，能够为社会的长远发展、环境的发展起到一定的作用，主要体现在下面几方面

- 1. 提高道路利用率、缓解交通拥堵压力、方便民众出行

通过本项目的运行和实施，民众能够获取实时、透明和准确的交通信息，合理选择出行路线，避开拥堵路线，从而提高交通网络利用率，提高出行效率。

2. 帮助交通管理部门提升对高速公路管理水平

通过本项目的运行和实施，交通管理部门可以通过这个系统及时掌握高速公路交通动态信息，为指挥交通、交通组织管理、突发应急事务处置、公众交通服务提供信息支撑。于此同时，相关部门可以根据系统中的数据进行分析，获取多方面和多类型的统计信息，为以后的重大交通问题决策提供依据。

第七章 总结与展望

7.1 主要研究成果

1. 开发出高速公路实时路况系统满足了实际应用需求。

本项目基于 GPS 浮动车技术,涵盖了当前智能交通系统需要获取的数据,实现了高速公路路况的监控功能,同时在设计当中对外提供业务接口,方便其他组织和机构进行二次开发。这对 ITS 业务需求的扩充和完善保留了扩展空间,比如方便路况回放、第三方地图开发等。

2. 探索出基于 GPS 浮动车技术一种可行的系统架构

一直以来,基于 GPS 浮动车技术的实时路况系统,在国内外都还处于一种理论研究和探索中,或者少数区域实现了该功能,但是作为全国范围内实现该功能的还是第一个。为验证系统的可行性,探索性的研究出一种适合基于 GPS 浮动车实时路况系统的架构。

7.2 主要工作

1. 理论研究探索、抽样调查测试与分析、制定方案

基于 GPS 浮动技术的研究在国内外已经有很多理论成果,但是很多实验都是城市主干道车辆比较密集区域来进行试验研究,但是我们项目主要面对的是全国高速路,相对来说车辆密度和支撑点数没能达到之前研究成果的数量。通过实际观察和分析,我们面对的高速公路和之前的研究成果有一些不同,高速路和城市交通道路来比车辆密度没那么大,但是高速公路的道路交通结构更加简单,少数车辆即可反应交通状况,不需要城市道路车辆数据那么多的数据。其次我们通过增加拥堵可行度来供参考,并且通过周边路段推测等方法探索出一套适合本系统的方案。

2. 各个模块的开发及测试与运行

按照系统设计架构来开发各个模块,是一个很大的工作,有很多编码工作需要完成,并且各个模块之间的调试也有比较大的工作。海量数据在需要处理,性能和稳定是一个比较棘手的问题,有个时候功能实现了,但是性能和稳定性达不到,还是不合要求,系统也是经过多次改进。

3. 地图切图以及系统的部署等

我们开发的工具是 MAPX4.5，地图是灵图公司提供的电子地图，他们提供的电子地图是全国所有图层的数据，而我们需要的只有高速公路的地图，地图的抽取是一个比较大的工作量。地图抽取完毕后，需要和泰瑞合作，渲染出一个新的图层，又需要多个图层来实现切图，工作量大。

7.3 需要进一步解决的问题

本次研究中，由于时间、技术水平、运营条件的限制，本项目很多地方还需要完善的，到目前为止还只是实现了一个可运行的程序，后续数据质量问题、响应速度、交互性、功能验证、平台推广等都还有很多工作要做。

另外由于时间、技术积累、资金等其他方面的影响，项目开发过程也是断断续续，项目拖延了很长时间。同时在算法实现方面也还有待进一步的研究和完善，在实际应用过程中道路拥堵状况的判断可能还存在一些偏差。还有就是数据量和数据质量对项目的影响比较大，需要提供更好的数据质量同时提出更好的算法来减小误差。其次电子地图数据需要更新，地图的切图还有待完善。

今后在研究基于 GPS 浮动车实时路况方面还有很多需要积累和完善的方面，希望基于 GPS 浮动车技术进一步完善，同时我们的项目也进一步推进和更新，为交通事业做出相应的贡献。

参考文献

- [1] 杨兆升. 智能运输系统概论. 人民交通出版社. 2003.
- [2] 常颖.北京市浮动车交通信息采集系统规模研究.硕士论文, 北京工业大学, 2008.
- [3] 杨志宏,李思达,李大众.城市信号主干道网络交通事件检测.吉林交通科技.2009,2(12): 45~49.
- [4] 张存保,严新平.固定检测器和移动检测器的交通信息融合法.交通与计算机.2007,136 (25): 14~17.
- [5] 郑丹,徐佩霞,何佳.视频监控中运动物体的检测与跟踪.计算机工程与应用.2010,46 (31): 192~195.
- [6] 贺丽芬.高速公路路况检测方法研究与实践.华东公路,2010,3(183):19~20.
- [7] 刘志宇,王冠军.智能交通检测系统中动态目标检测方法研究.计算机应用与软件.2010,1(27): 29~31.
- [8] 姜桂艳,常安德,吴超腾.基于 GPS 浮动车的交通信息采集方法.吉林大学学报(工学版),2010,2(40) 398~401.
- [9] 中国交通通信信息中心.全国重点营运车辆联网联控系统信息服务网.
- [10] 迟铁军,高鹏.国外智能交通系统发展状况分析及对我国的启示.黑龙江交通科技.2009,2(1): 111~114.
- [11] 美日欧的 ITS 发展战略.物流科技, 2011 年 07 期, 他山之石: 3~4.
- [12] 丁兆威.智能交通发展前景.中国公共安全(综合版),2008,11(11):144~147.
- [13] 许焱,刘小明,杨孝宽.北京奥运 ITS 发展基础研究.交通运输系统工程与信息,2004,3 (4):29~32.
- [14] 中国交通技术网 <http://tranbbs.com>.
- [15] 曲广妍.上海 ITS 发展基础研究.交通运输, 2006, 22 (2): 50~51.
- [16] 汪庭举,邹杰.广东省浮动车交通信息系统方案设计.中国交通信息化,2010,6(2):112~115.
- [17] 章威,徐建闽,张孜.基于出租车 GPS 定位技术的 ITS 共用信息平台实时路况信息采集及处理方法.公路交通科技,2007,5 (24) :125~129.
- [18] B.Kwella,H.Lehmann.Floating Car Data Analysis of Urban Road Networks.Lecture Notes in Computer Science,2000,2000(1798):357~367.
- [19] 李建玲,刘宏立.基于 GPRS/GPS 的多功能公交车载终端系统.计算机系统应用,2011,6(20):113~116.

- [20] Sotiris Brakatsoulas etc. Practical Data Management Techniques for Vehicle Tracking Data. Proceeding of the 21st International Conference on Data Engineering (ICDE 2005), 2005: 487~492.
- [21] Ruey L X, Xie C, Lee D H. Probe Vehicle Population and Sample Size for Arterial Speed Estimation [J]. Computer aided Civil and Infrastructure Engineering, 2002, 17(1): 53~60.
- [22] 王力, 王川久, 张海, 范跃祖. 基于浮动车的城市动态交通信息采集处理方法研究. 第一届中国智能交通年会论文集. 2005. 291~296.
- [23] 王力, 王川久, 沈晓荣, 范跃祖. 智能交通系统中实时交通信息采集处理新方法. 系统工程. 2005. 23 (2): 86~89.
- [24] Kolbl R, McDonal M, Fisher G, Brachsetone M. Probe vehicle: a comparison of motorway performance measure with other motorway flow detection techniques. Proc: Road Transport Information and Control, 2002, 182~186.
- [25] Chen M, Chien S. Determining the Number of Probe Vehicles for Freeway Travel Time Estimation Using Microscopic Simulation. Transportation Research Record, 2000. 61~68.
- [26] Cowan K, Gates, G. Floating Vehicle Data system-realisation of a commercial system. Proc Road Transport Information and Control, 2002, 187~189.
- [27] 曾波, 江资斌. GPS 车载导航系统的地图匹配算法. 测绘工程, 2004, 3(13): 65~67.
- [28] 章威, 徐建闽, 林锦峰. 基于大规模浮动车数据的地图匹配算法. 交通运输系统工程与信息, 2007, 2(7): 39~45.
- [29] 陈波, 王茂林, 王宏, 杨天克. 一种基于网络拓扑关系的地图匹配算法. 测绘科学技术学报, 2006, 5(23): 331~334.
- [30] QUIROGA C A, BULLOCK D. Travel Time Studies with Global Positioning and Geographic Information System: an Integrated Methodology [J]. Transportation Research Part C, 1998, 6(1-2): 101~127.
- [31] 张帆. 软件开发技术. 北京: 电子工业出版社, 2009, 20~20.
- [32] Kurose, J.F 等著; 陈鸣等译. 自顶向下方法与 Internet 特色 (原书第三版): 北京: 机械工业出版社, 2006, 20~100.
- [33] 宁松威, 蔡伯根. 基于 J2EE 的城市交通诱导 Web-GIS 系统的设计与实现. 交通运输系统工程与信息, 2007, 7 (3): 55-59.
- [34] 李清泉, 熊炜, 李宇光. 智能道路系统的体系框架及其关键技术研究. 交通运输工程与信息, 2008, 8 (1): 40~48.
- [35] 门维江. 网络系统设计的一般步骤和应遵循的原则. 甘肃教育学院学报(自然科学版), 2000, 14 (04): 29~31.
- [36] 赵炯, 林旺城, 洪翔, 杨根兴. 大型企业信息化网络设计方案研究. 制造业自动化, 2010,

32 (8): 31~33.

[37] 付燕.软件体系结构实用教程.西安:西安电子科技大学出版社,2009,10~78.

[38] 徐宝林.基于 ASP.NET 三层结构软件的研究与开发.广东白云学院学报.2010,2
(17):52~57.

攻读学位期间主要的研究成果和参与科研项目

攻读硕士学位期间的科研成果

1. 参与的全国重点营运车辆联网联控系统获得“2010 信息北京十大应用成果奖”。

攻读硕士学位期间参加科研情况

1. 交通部信息化重点项目：全国重点营运车辆联网联控系统。
2. 交通部信息化项目：高速公路实时路况系统。
3. 国家自然科学基金项目：拟心脏柔性多腔人工肌肉泵及其控制技术研（50865009）。

致谢

在本文结束之际，我首先要对我的两位导师：贺红林教授，贺方林高级工程师表示诚挚的感谢。在三年的研究生学习和生活中，两位导师在学业上谆谆教导，同时在生活上对我也是处处关心。在研究生三年的学习上，贺老师勤奋严谨的学风、坚韧不拔的意志、缜密细致的思维、渊博深厚的学识和勇担重任的责任心给予了我深刻的印象和影响。在研究生期间参与的科研项目上要感谢贺工对我的亲切指导，把我从一个不懂编程的无知青年带入了程序员的世界，带领我们参与了意义重大科研项目的建设。

感谢交通部通信中心的领导和海事卫星地面站的同事们，感谢汪宏宇、牛文江、李春华、王孝广、李志强、刘静沙、蒋政、向奎等同事和同学们在海事卫星地面站参与科研项目阶段在工作、学习、生活方面的帮助。感谢王俊平、陈文君以及实验室的其他同学给我的帮助。

最后感谢家人和我女朋友对我读研的支持，感谢所有给我帮助的人！硕士论文研究工作毕竟是有限的，但硕士期间的磨练对于我今后的人生道路具有深远的影响。

南昌航空大学硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的硕士学位论文，是我个人在导师指导下，在南昌航空大学攻读硕士学位期间独立进行研究工作所取得的成果。尽我所知，论文中除已注明部分外不包含他人已发表或撰写过的研究成果。对本文的研究工作做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确地说明并表示了谢意。本声明的法律结果将完全由本人承担。

签名：_____日期：_____

南昌航空大学硕士学位论文使用授权书

本论文的研究成果归南昌航空大学所有，本论文的研究内容不得以其它单位的名义发表。本人完全了解南昌航空大学关于保存、使用学位论文的规定，同意学校保留并向有关部门送交论文的复印件和电子版本，允许论文被查阅和借阅。本人授权南昌航空大学，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文，可以公布论文的全部或部分内容。同时授权中国科学技术信息研究所将本学位论文收录到《中国学位论文全文数据库》，并通过网络向社会公众提供信息服务。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）

签名：_____导师签名：_____日期：_____