

# 基于电子地图的多终端定位追踪系统设计

张 蒙 梁海涵 叶国悦 刘诗娴 张研平

(吉林大学通信工程学院 长春 130022)

**摘 要:**基于 LabVIEW 丰富的网络互联工具和强大的数据处理能力,建立了一种针对物流运输行业的多终端定位追踪系统。介绍了硬件系统的 GPS 配置方法,以及利用 GPRS 实现了基站定位功能,详细论述了 LabVIEW 如何调用百度地图 API,如何实现 GPS 定位信息的解析、坐标系转换、网页信息获取与解析、多终端定位、速度与航向角惯性推算等功能。通过多次系统功能测试,获取了大量数据,经过数据分析和系统调试,完善并提高了系统的功能和可靠性。实验结果表明,该设计方案具有精度较高、成本低廉、结构简单等优点,具有一定的实际使用价值。

**关键词:**LabVIEW;GPS;地图 API;基站定位;GPRS

**中图分类号:** TN962    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 510.5015

## Design of multi-terminal location tracking system based on digital map

Zhang Meng Liang Haihan Ye Guoyue Liu Shixian Zhang Yanping  
(Communication Engineering College of Jilin University, Changchun 130022, China)

**Abstract:** Based on LabVIEW's rich internet tools and powerful data processing capability, we establish a multi-terminal location tracking system for logistics industry. This paper introduces the hardware system GPS configuration method, and the use of GPRS to achieve the function of the base station positioning. It discusses how LabVIEW calls Baidu map API, and the way to achieve the analysis of GPS positioning information, coordinating system transformation, web page information acquisition and analysis, multi-terminal location, speed and heading angle inertia calculation and other functions. Through a number of system function tests, we get a large number of data. By data analysis and system debugging, we improve the function and reliability of the system. The experimental results show that the design scheme has the advantages of high precision, low cost and simple structure, it has a certain practical reference value.

**Keywords:** LabVIEW; GPS; map API; location based service; GPRS

### 1 引言

互联网时代下,人们对网络购物、订餐等消费习惯不断加深,快递、外卖等货物运输投递行业得到了迅猛的发展<sup>[1]</sup>。然而随着此类行业队伍的不断壮大,逐渐暴露出了运输过程监管难度大、信息不透明等诸多问题。

目前电子地图的实现有多种,大多是使用 JavaScript、C#、C++、Java 等开发语言编写。例如:1) Android 移动端的光缆故障监测<sup>[2]</sup>。2) Android 的手机校园导航系统<sup>[3]</sup>。均是基于 Android 平台利用 Java 语言进行编写开发,虽具有移植性好、运行效率高等优点,但普遍存在需要从底层驱动开发的问题,导致开发周期加长、难度加大。

为解决上述问题,介绍一种基于 LabVIEW 和百度地

图 API 的多终端定位追踪系统的设计过程。本系统利用 GPS 全球定位系统,并结合惯性导航、基站定位等技术原理,使用 LabVIEW 软件开发设计环境,利用 SQL 语言、LabSQL 工具包,对 MySQL 数据库进行设计和使用,实现数据存储查询功能。并通过调用百度地图 API,完成对多个终端的定位追踪功能<sup>[4]</sup>。

LabVIEW 由于其图形化编程特点以及对底层驱动的整体封装,使得开发人员只需要通过拖拽、连线等方式,就能完成之前较为复杂的开发工作,因此能够把更多的时间和精力投入到对系统整体开发和优化工作之上,大大减少了工作量<sup>[5]</sup>。

### 2 系统整体结构设计

系统整体结构如图 1 所示。

收稿日期:2017-03

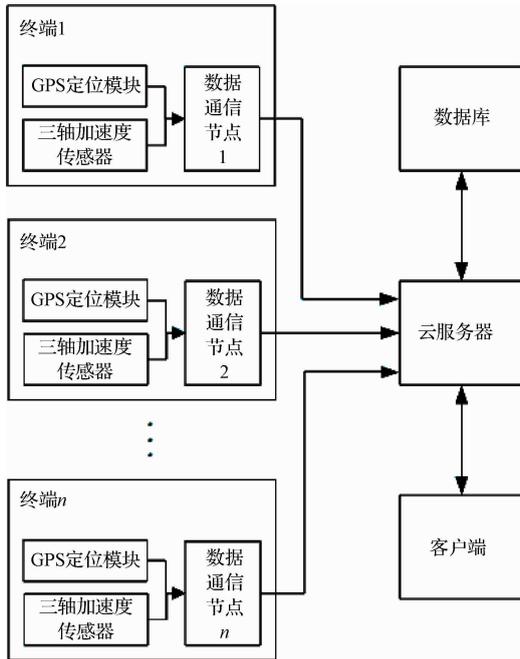


图1 系统整体结构

其中,各定位终端中含有GPS定位模块、MPU6050三轴加速度传感器模块、单片机系统、GPRS无线网络通信模块等主要部件,分别完成对定位信息的采集、解析运算、网络传输等功能;云服务器主要是指利用LabVIEW编写开发的具有对数据的接收、数据库存储、发送等功能的云服务器服务软件;客户端是指利用LabVIEW调取百度地图API,实现对各定位终端进行定位追踪的PC客户端软件。各定位终端、云服务器和数据库、客户端之间,通过TCP/IP网络通信协议进行数据的传输<sup>[6]</sup>。

### 3 系统下位机硬件系统设计

#### 3.1 GPS定位模块的介绍与配置

本系统选用瑞士U-blox公司生产,世界上最小的GPS独立接收机模块AMY-6M GPS模块。该模块提供有串行通信接口,极大方便了用户获取GPS定位信息。并且为用户配套有u-center配置调试软件,如图2所示,用于对GPS模块各参数信息进行在线配置调试工作,极大降低了配置调试难度,方便了用户的开发和使用。

由于GPS定位信息是以NMEA 0183标准格式传输的多帧数据<sup>[7]</sup>,分别以GPGGA、GPGSA、GPGSV、GPRMC、GPVTG、GPGLL、GPZDA作为每帧数据的包头,不同帧之间的信息内容各不相同。本系统采用GPRMC(推荐最小定位信息),主要包含日期时间、经纬度、速度、航向等定位信息。为达到此目的,需要利用u-center软件进行参数配置。本系统以u-center v8.10软件为例,具体配置过程如下:

- 1) 下载并安装u-center v8.10软件;
- 2) 将USB转TTL串口线中VCC、GND、TXD、RXD

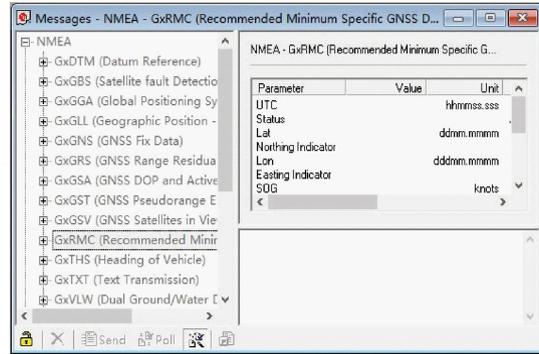


图2 GPS配置软件u-center

接口,分别与GPS模块的VCC、GND、RXD、TXD接口对应连接,并连接上电脑;

3) 开始菜单>所有程序>u-center v8.10>Connect按钮>选择GPS模块所用对应串口与波特率;

4) View > Messages View > 展开NMEA卷展栏,出现如图2所示窗口;

5) 选择其中任一项,如GxRMC项,右键,点击Enable Message或Disable Message,使用或者屏蔽该条信息。

#### 3.2 基站定位信息的获取

由于GPS全球定位系统受限于只有在开阔地带才能够精确定位,如遇到隧道、楼房等遮挡,会出现定位漂移甚至完全丢失信号的问题<sup>[8]</sup>。为应对此种情况,本系统通过GPRS无线网络通信模块,利用移动运营网络的基站定位技术(LBS)来解决此问题。大致原理为:GPRS模块通过测量不同基站的下行导频信号,得到不同基站下行导频的到达时刻(time of arrival, TOA)或到达时间差(time difference of arrival, TDOA),根据该测量结果并结合基站的坐标,一般采用三角公式估计算法,能够粗略计算出所在位置<sup>[9]</sup>。并且通过使用MPU6050三轴加速度传感器,利用惯性导航原理,完成对运动速度、航向角度等信息的估算。当GPS信号丢失,下位单片机向GPRS模块发送读取基站定位信息指令,GPRS模块会自动计算并返回对应的定位经纬度信息。读取基站定位信息指令如表1所示,基站定位信息返回指令如表2所示。

表1 读取基站定位信息指令

命令	长度/byte	说明
命令头	1	0x77
数据包长度	1	总包长
命令号	1	0x15
基本参数	1	0x00
扩展字	3	0x00,0x00,0x00
固定字符	6	0x47,0x45,0x54, 0x47,0x50,0x53
命令尾	1	0x18

表 2 基站定位信息返回指令

命令	长度/byte	说明
命令头	1	0x77
数据包长度	1	总包长
命令号	1	0x15
基本参数	1	0x00
扩展字	3	0x00,0x00,0x00
是否已定位	1	0x00:定位失败,0x01:定位成功
经度字符串长度	1	
经度字符串	n	
纬度字符串长度	1	
纬度字符串	n	
命令尾	1	0x18

### 3.3 信息格式的设计和字段说明

为提高系统各部分间 TCP/IP 通信的稳定性和可靠性,选用了轻量级的数据交换格式 JSON,作为本系统约定的通信格式协议进行数据传输。具体格式举例如下:

```
T0001 $ 264 $
{"GPS":{
    "Date":20160924,
    "Time":140510.00,
    "Lng":12519.64684E,
    "Lat":4351.12983N,
    "Speed":0.088,
    "Dir":null
},
"DATA":{
    "Acc":{"X":108,"Y":1340,"Z":256},
    "GyZ":-28
}
}
```

其中,“T0001”为定位终端编号,用于区分不同的定位终端;“\$”为分隔符;“264”为每帧数据的字符长度;“Date”表示日期;“Time”表示时间;“Lng”表示经度;“Lat”表示纬度信息;“Speed”表示速度大小;“Dir”表示航向角,0°为正北方向,90°为正东方向,180°为正南方向,270°为正西方向,静止时为“null”;“Acc”表示 X、Y、Z 轴方向加速度信息,用于对速度的运算;“GyZ”为 Z 轴角速度信息,用于航向角的计算。

## 4 客户端定位追踪的设计实现

### 4.1 数据的获取

打开 LabVIEW 函数选板,选择位于函数>数据通信>协议>TCP 中,依次选取打开 TCP 连接、读取 TCP 数据、关闭 TCP 连接,组成基本的运行框架。建立 TCP

连接后,首先每次只接收一个字符的数据,判断是否接收到字符“T”,该字符位于每帧数据的开头位置,表示数据接收开始。接收到字符“T”后,再依次接收数据长度等信息。最后的读取 TCP 数据函数选择“Immediate”工作模式,表示函数在未接收够读取字节中所指定数目的字节前,一直等待接收<sup>[10]</sup>。具体接收数据程序如图 3 所示。

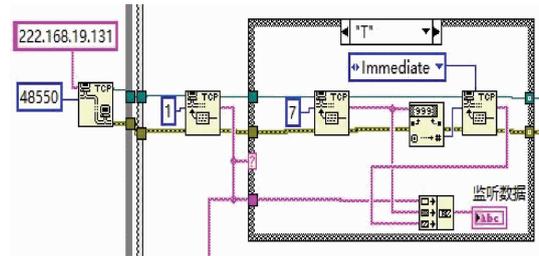


图 3 接收数据

### 4.2 JSON 数据的解析

JSON 数据格式非常易于人的阅读和硬件单片机系统的解析与生成。LabVIEW 为用户提供了关于 JSON 的解析工具包 JSON API,下载导入后,位于函数>附加工具包>JSON API 中。其中包含大量的例程和注释,使得 LabVIEW 对 JSON 语句的解析变得十分简单。JSON 数据部分解析程序(以解析获取日期时间、经纬度信息为例)如图 4 所示。

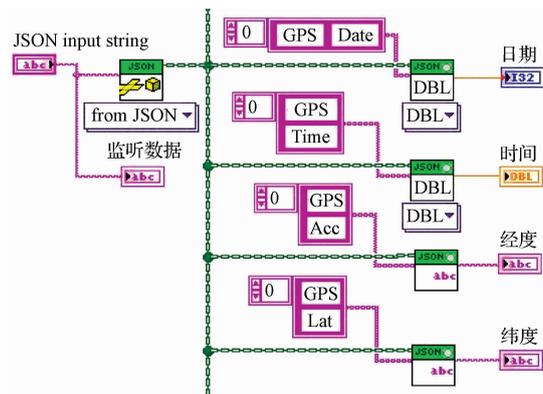


图 4 JSON 部分数据解析

### 4.3 经纬度坐标的转换与提取

由于在 NMEA 0183 标准格式中,GPS 定位信息中的经纬度坐标为十进制形式,因此需要进行进制的转换,具体方法是利用 LabVIEW 丰富的字符串、浮点数等数据操作函数,对分秒部分整体除以 60。由于涉及到运算精度问题,选择将数据通过扩大倍数的方法,转换为整数运算,之后重新对数据进行拼接,完成转换。

在百度地图开放平台网站,注册成为开发者并登录网站后,通过建立自己的应用和申请得到密钥(ak),即可调用大部分免费开放的各类 API。通过调用百度地图 API,可以在不访问源码和理解内部工作机制的前提下,简单方便的实现了地图定位等功能,提高了程序开发的效率<sup>[11]</sup>。

本系统通过调用坐标转换 API,完成经纬度坐标从 WGS-84 地球坐标系到 BD-09 坐标系的转换。其输入参数为经纬度坐标,返回信息是含有坐标系转换完成后的坐标信息,格式为 XML 格式的网页数据<sup>[12]</sup>。具体经纬度坐标系转换程序流程如图 5 所示。

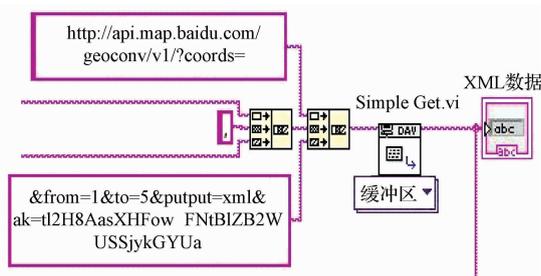


图 5 坐标体系转换

利用 LabVIEW 的字符操作函数和 .NET 节点函数,完成对 XML 网页数据的解析和对经纬度信息的提取,至此完成了经纬度坐标转换与提取的工作。其中 .NET 相关函数位于函数 >互连接口>.NET 选板中。具体 XML 网页数据内经纬度信息提取程序(以经度提取为例)如图 6 所示。

#### 4.4 地图显示 VI 设计

通过 LabVIEW 调用百度地图静态图 APIv2,根据所给各参数定义和使用方法,对图片宽度(width)、图片高度(height)、地图中心位置(center)、地图缩放级别(zoom)、位置标注(markers)、标注样式(markerStyles)、信息标签(labels)、标签样式(labelStyles)等关键参数分别进行设置。并通过调用节点,实现定位信息的地图显示功能<sup>[13]</sup>。具体地图显示程序如图 7 所示。

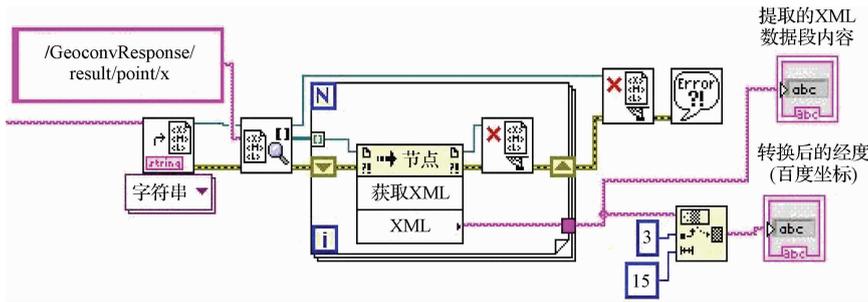


图 6 坐标信息提取

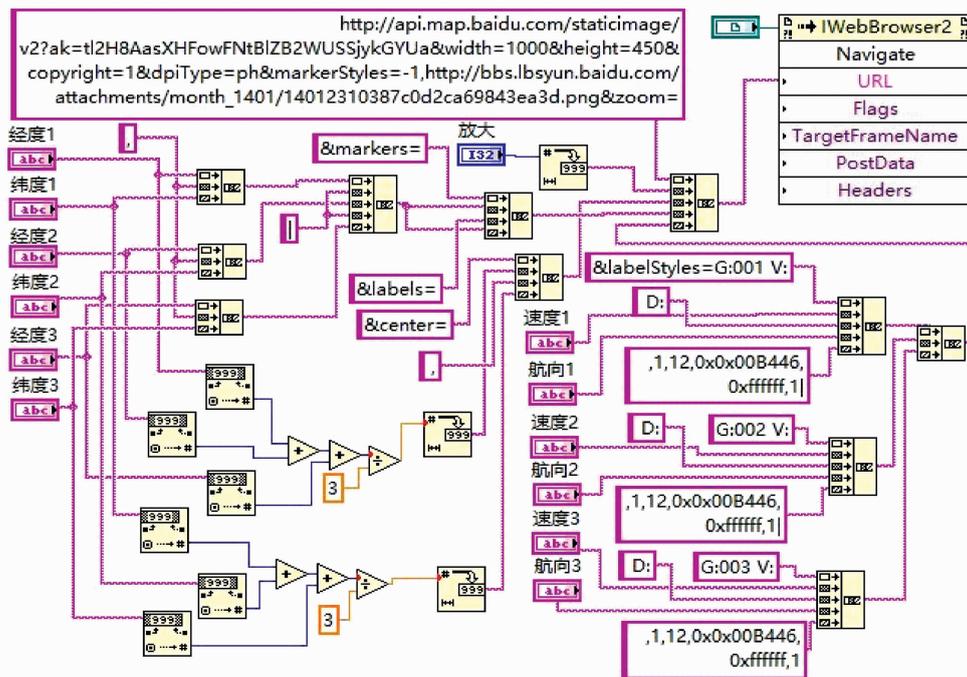


图 7 地图显示程序

#### 4.5 速度、航向角惯性推算的实现

在 GPS 信号丢失的情况下,由于本系统是利用 GPRS 基站定位技术实现粗略定位,该方案只能获取经纬度位置

信息,而速度、航向角等信息不能获取。针对以上情况,本系统利用 MPU6050 三轴加速度传感器所采集的加速度、角速度等信息,通过进行积分累加运算,完成对速度、航向

角信息的粗略惯性推算<sup>[14]</sup>。

$x, y, z$ 某方向上第  $n$  个测算时刻的速度分量大小计算公式为:

$$V_n = V_{n-1} + \sum_{i=1}^{10} \frac{A_i}{32\ 768} 2g\Delta t + B \quad (1)$$

式中:  $V_n$  为此测算时刻的速度分量大小;  $V_{n-1}$  为上一测算时刻的速度大小;  $A_i$  为该方向上加速度传感器第  $i$  次所测数值;  $g$  为重力加速大小, 取  $9.807\text{ m/s}^2$ ;  $\Delta t$  为采样周期, 取  $0.5\text{ s}$ ;  $B$  为误差修正系数。

最终的速度大小计算公式为:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} \quad (2)$$

以传感器  $x$  轴正方向为前进基准方向, 航向角计算公式为:

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \sum_{j=1}^{10} \frac{\omega_j}{32\ 768} C\Delta t + D \quad (3)$$

式中:  $\theta_n$  为此测算时刻的航向角大小, 范围  $0^\circ \sim 360^\circ$ ;  $\theta_{n-1}$  为上一测算时刻航向角大小;  $\omega_j$  为加速度传感器  $z$  轴方向上第  $j$  次所测数值;  $C$  为倍率, 取  $250$ ;  $\Delta t$  为采样周期, 取  $0.5\text{ s}$ ;  $D$  为误差修正系数。由于速度和航向角的两测算时刻之间均进行了 10 次累加运算, 因此测算周期均为  $5\text{ s}$ 。

由于数据运算量较大, 若利用 LabVIEW 常用的数据运算函数实现该功能, 会使程序较为繁杂。因此, 可通过调用 LabVIEW 中的公式节点, 实现对复杂数学公式的运

算功能。公式节点位于函数 > 数学 > 脚本与公式 > 公式节点中。

## 5 数据库的建立和服务器软件设计

### 5.1 服务器软件设计

服务器软件采用 LabVIEW 编写, 主要具备以下功能:

- 1) 接收来自定位终端数据;
- 2) 向客户端发送数据;
- 3) 对 JSON 数据进行解析提取;
- 4) 拼接 MySQL 操作命令;
- 5) 数据库信息的存储与查询。

### 5.2 数据库的建立

本系统数据库使用的是由瑞典 MySQL AB 公司开发的 MySQL 关系型数据库管理系统<sup>[15]</sup>。主要承担对系统监控信息的存储和管理工作。使用 Navicat for MySQL 软件工具建立数据库表, 内容主要包括 ID、定位终端编号、日期、时间、经度、纬度、速度、航向、加速度 ( $x, y, z$ )、角速度 ( $z$ ) 等信息。使用 MySQL ODBC Driver 软件工具设置数据源 (ODBC), 使得 LabVIEW 能够利用 LabSQL 工具, 通过数据源与数据库进行连接和数据操作<sup>[16]</sup>。其中, 利用 LabSQL 对数据操作程序如图 8 所示。

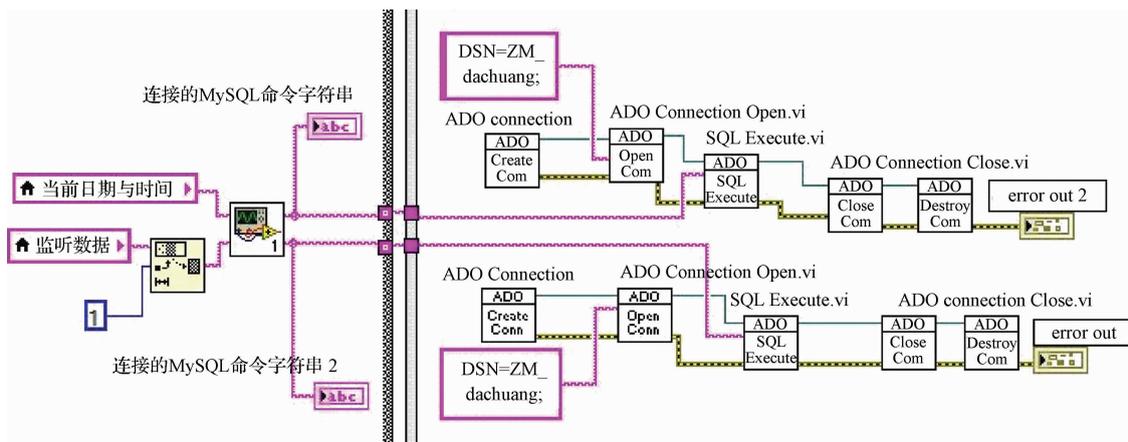


图 8 LabSQL 数据库操作程序

## 6 系统测试

为了更加真实的测试系统的功能正确性和工作可靠性, 采用了分别让系统处于 GPS 定位和基站定位工作状态下, 对系统的定位精度、速度、航向角等信息, 分别进行测试与验证。具体方法如下:

### 1) GPS 定位工作状态测试

分别对单个和 3 个定位终端进行 GPS 定位测试。通过模拟实际情况下各终端的速度、航向角等运动状态, 测试系统定位精度、实时性等指标。以 3 个定位终端为例, 测试效果如图 9 所示。

其中, 3 个终端分别以不同的速度和航向进行运动, 速度航向信息分别在红色定位标记点处进行注释, 例如图 10 中最左边定位标记点, 其显示信息为: G:001 V:3.541 D:164, 表示其定位终端标号为 001; 运动速度为  $3.541\text{ m/s}$ ; 航向为  $164^\circ$ 。经测试发现, 本系统 GPS 定位功能完善, 定位精度较高, 符合方案设计要求。

### 2) 基站定位工作状态测试

通过利用两个定位终端进行基站定位测试。其中一个定位终端以 GPS 定位状态工作, 另外一个终端以基站定位状态工作, 对速度、航向角惯性推算功能进行测试和验证, 通过对数据的收集、整理、对比、分析, 完成对误差修



图9 定位测试效果图

正系数  $B$ 、 $D$  的选定,减少信息推算误差。经过多次实验测试和对大量数据的计算分析,最终误差修正系数分别设定为  $B=2.63, D=-1.97$ 。修正后测试数据结果如图 10 所示。

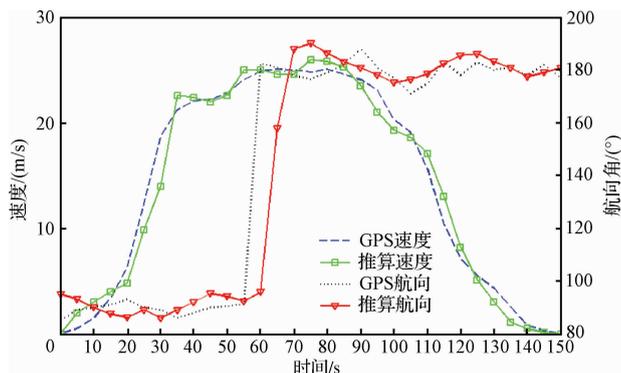


图10 测试数据结果

其中,横轴表示时间,左边纵轴表示速度信息,右边纵轴表示航向角。由图中各曲线可以看出,推算速度与GPS速度曲线、推算航向角与GPS航向角曲线之间,拟合度较高,证明该功能实现程度较好,符合设计指标要求。

## 7 结论

本文较为详细的介绍了基于 LabVIEW 和百度地图 API 的多终端定位追踪系统设计,对于其中硬件配置和客户端地图定位的设计部分,进行了大量的说明和举例。较为全面的论述了系统方案的设计与验证过程,并对该系统进行了较为完整的功能测试,实现了对多终端的定位和追踪功能,方案经过验证具有实际应用价值。

### 参考文献

[1] 李祥书. 基于物联网的运输监控系统的设计与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2015.

[2] 胡光雄,彭志荣,李瑞德,等. 基于 Android 移动终端的光缆故障监测研究[J]. 自动化与仪器仪表,2017(2): 92-94.

[3] 郑秋梅,苏政,龚雪松,等. 基于 Android 的手机校园导航系统[J]. 计算机系统应用,2017,26(2):58-62.

[4] 邹媛. 车联网节点定位及监控系统的设计与研究[D]. 上海:上海交通大学,2015.

[5] 陈硕章,刘海斌,王春晖,等. 基于 LabVIEW 和云数据库存储的远程测试系统设计[J]. 国外电子测量技术,2016,35(6):67-72,81.

[6] 曹玉,李子华. 基于嵌入式以太网的轮重传感器信号采集系统设计[J]. 铁道机车车辆,2016,26(6):14-17.

[7] 李美菊. 基于北斗/GPS 终端的道路运输车辆监控管理系统设计[D]. 长沙:湖南大学,2016.

[8] 岳贵庭,杨萍,陆慧伟,等. 基于 RFID、GPS 和 GPRS 的珍稀花卉智能物流监控系统设计[J]. 轻工科技,2017(3):80-82.

[9] 王肖楠,张兴波,李炳祥. 基于 GPRS 和基站定位的城市公交监控装置[J]. 电子技术应用,2013,39(2): 39-41.

[10] 梁忠仔,姜金辉,陈洋,等. 基于 LabVIEW 的智能语音控制振动数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术,2017,36(2):63-68.

[11] 赵意鹏,赵河明,邓星星,等. 基于 GPRS 和百度地图 API 的火灾定位系统[J]. 自动化与仪表,2016(1): 26-29,47.

[12] 常赞杰,张位勇,李桂香. 基于 Web Service 的智能家居系统设计与实现[J]. 计算机时代,2017(3):44-47.

[13] 李艳,高扬. 基于地图 API 的 Web 地图服务及应用研究[J]. 地理信息世界,2010,8(2):54-57,89.

[14] 贺晶晶,姜平,冯晓荣. 基于 UWB 的无人运输车的导航定位算法研究[J]. 电子测量与仪器学报,2016, 30(11):1743-1749.

[15] 李荣国,王见. MySQL 数据库在自动测试系统中的应用[J]. 计算机应用,2011,31(S2):169-171,175.

[16] 张丽彬,陈晓宁. 基于 LabSQL 的 LabVIEW 与数据库接口技术[J]. 数字技术与应用,2012(1):106-107.

### 作者简介

张蒙,1995 年出生,本科在读,主要研究方向为自动控制技术和虚拟仪器。

E-mail: 15093645860@163.com