

# 蓝牙技术在车辆导航系统中的应用研究

熊 慧<sup>1</sup> 刘建业<sup>1</sup> 孙永荣<sup>1,2</sup> 陈武<sup>2</sup>

1 南京航空航天大学导航研究中心(210016) 2 香港理工大学土地测量与地理资讯学系

## Abstract

This paper deals with the wireless communication between the Vehicle and the Beacon. The transmission of navigation data is realized by bluetooth module, which is a short-range module. It introduces the usage process of the bluetooth module. What's more, it analyzes how to program to realize the transmission function. It introduces the three parts of Vehicle Navigation System, which include their hardware, software and function. Finally, the experimental result demonstrates the position accuracy the Bluetooth is applied to Vehicle Navigation System, and satisfy general user. Bluetooth has a vast developing space.

**Keywords:** bluetooth, bluetooth module, bluetooth technique, beacon, vehicle navigation, wireless GSM communication

## 摘 要

本文主要讨论了把蓝牙技术应用到汽车上,和车载导航系统进行短距离无线 GSM 通信技术,提出了车载导航系统、路标传感器、控制中心的具体实现方法,对各部分硬件组成、软件的实现及其实现的功能进行了较为详细的叙述,重点介绍了蓝牙模块的硬件组成,给出了利用蓝牙通用模块进行无线数据传输的过程,同时介绍了它的实现方法。最后通过实验证明,把蓝牙技术应用到车辆导航系统中系统的精度大大提高,并且满足了一般用户的要求,具有广阔的发展空间。

**关键词:** 蓝牙, 蓝牙模块, 路标, 车载导航, 无线 GSM 通讯

## 0 引言

近年来 GPS 卫星定位技术的应用是智能交通系统得以迅速发展和普及的重要条件。然而,对于高楼大厦林立的城市而言,由于 GPS 信号的严重遮挡,几乎无法进行 GPS 定位,例如香港、澳门等等。与其它几种定位方法相比较,路标传感器定位技术得到了应用,它是一种无线电信标(Beacon 或 Signpost),由发射或接收装置两部分组成,为了达到定位的目的,必须使发射或者接收信号在某一特定的范围之内有效,否则就达不到定位的目的。为此,一般通过信号和天线来实现,发射一种高频、低功率信号。随着蓝牙技术(Bluetooth)的出现,实现了近距离间的无线信息交换,把它作为路标进行定位。

蓝牙技术是一种无线数据与语音通信的开放性全球规范,它以低成本的近距离无线连接为基础,为固定与移动设备通信环境建立一个特别连接。将蓝牙技术用于 ITS 系统,将是一个很有前途的发展方向,具有重要的应用价值。利用“GPS+DR+Beacon”这种方式,无疑是城市交通导航的一个很重要的方法,特别是对于街道比较狭窄, GPS 信号遮挡严重的城市,更是一种有效的方法。在交通路线固定的情况下,可以使用“DR+Beacon”进行导航定位,当驶出固定路线,或者 GPS 定位精度较高时,可以用“GPS+DR”进行组合导航,从而可以达到比较好的导航定位效果。

本文着重研究了把蓝牙技术运用到车辆导航系统中后整个系统方案的及其具体实现。实验表明,通过“GPS+DR+Beacon”对车辆导航系统进行定位,确实达到比较理想的效果,可以满足实际的需求。

## 1 系统设计与结构组成

### 1.1 系统方案

车辆导航系统的技术方案要充分考虑到将来实现时的工程化和商业化,因此不仅性能要可靠,而且还要最大限度地降低成本。

单片机的 I/O 接口性能好,容易实现人机接口,便于实现一些逻辑控制。但是单片机的浮点数计算能力弱,车载导航系统需用到大量的浮点运算,用单片机来进行处理就显得比较困难。因此我们采用 DSP 芯片来进行数学运算, DSP 是专门为快速实现各种数字信号处理算法而设计的、具有特殊结构的微处理器,它与单片机形成了互补的关系,价格也非常适宜,在系统软件的实现方面,单片机和 DSP 都可以通过 C 语言进行编程开发,很方便。

综上,我们选用了以 DSP 芯片为核心的“单片机+DSP”双 CPU 车载导航系统方案。另外,为了实现车载导航系统与 Beacon 之间的数据通讯,必须选择一种短距离无线通信产品,考虑到蓝牙模块采用了跳频技术,并且跳频的速度很高,抗干扰能力相当强,可以保证信息传输的稳定可靠性能,因此我们采用蓝牙

模块作为导航系统的通讯模块。

### 1.2 硬件设计及其实现的研究

本系统主要由三部分组成:车载系统、Beacon(路标)系统和控制中心组成。

车载系统用来接收 GPS 信号和里程仪、陀螺信号进行组合得到车辆当前的位置,通过蓝牙模块把车辆当前的位置、速度、时间等信息传送给 Beacon,同时 Beacon 会把天气预报、路况信息传送给车辆。Beacon 通过 GSM MODEM 和控制中心交换信息,从而可以对车辆进行实时监控。如图 1、2 所示。

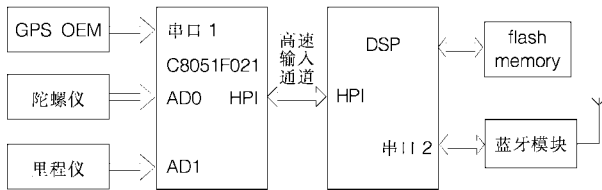


图1 车辆导航系统原理图

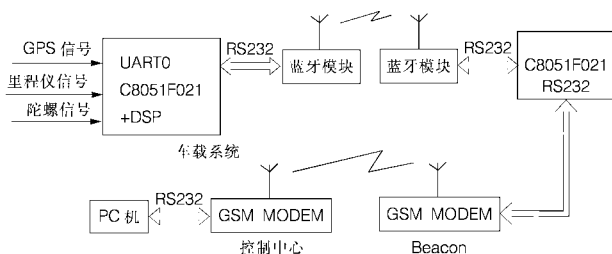


图2 车载系统、Beacon系统和控制中心之间的相互通信

#### (1)车载导航系统

车辆导航系统主要包括 C8051F021 单片机、DSP (TMS320C5402) 及其外扩 flash memory、GPS OEM 板、陀螺仪、里程仪、蓝牙模块 (ROK 101007) 及其转接板 (TURNEASY)、GSM MODEM。当车辆沿着固定路线行驶过程中,通过蓝牙模块和 Beacon 之间实现数据的传送,获得车辆的准确定位信息;当车辆行驶在野外,没有路标传感器提供信息时,则利用接收机接收 GPS 信息,然后和 DR 进行信息组合,从而获得车辆的运动信息。车辆的运动信息通过 Beacon 实时传送到监控中心。

由于我们采用的双 CPU 系统,数据采集和串口通信部分主要由 C8051F021 单片机来完成,采用单片机的 C 语言来编写程序,它和标准 C 在很大程度上都很相似,没有汇编语言那么繁琐,对特殊功能寄存器的操作上更加方便,并且生成的代码效率很高,它主要完成陀螺、里程仪和 GPS 信号的采集处理,DSP 的最大特点是运算速度快,所以我们主要用它来做组合运算,并把运算结果通过串口传送给蓝牙模块,它也是采用 C 语言进行编写软件,操作方便。

#### (2)Beacon 传感器

Beacon 系统主要包括 C8051F021 单片机、蓝牙

模块及 GSM MODEM。当车辆经过时,Beacon 通过蓝牙模块和车辆相互交换信息并且通过 GSM MODEM 和控制中心相互传输信息,如图 3 所示。

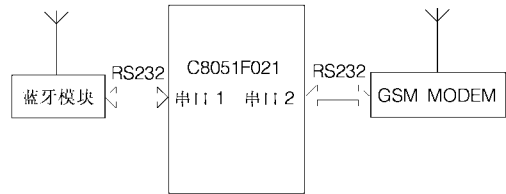


图3 Beacon 传感器系统

Beacon 系统的 CPU 是单片机,所以我们在编写程序时,采用单片机的 C 语言,主要完成两个串口通信,由于 C8051F021 单片机本身带有两个串口,所以硬件上实现就比较方便。

#### (3)控制中心

控制中心是车辆控制与指挥调度中心,主要具有两个功能:对各 Beacon 进行控制管理,设定各 Beacon 的位置等参数;接收 Beacon 发来的有关车辆的信息,并在地图上显示车辆的位置,从而对车辆进行监控,原理如图 4 所示。



图4 控制中心原理方框图

控制中心硬件上实现相对容易,只需要把 GSM MODEM 通过串口接到 PC 机上就可以了。软件采用 C/C++ 语言进行编写,主要是完成和 Beacon 之间信息的相互传输,并且把车辆的信息显示在地图上。

## 2 蓝牙通信的实现技术

### 2.1 硬件组成

本系统使用的蓝牙模块是以爱立信的蓝牙芯片为无线通信的蓝牙通用模块,其中在进行二次开发的过程中,对串口协议进行了进一步的开发,加上了一个 CPU, 如图所示。它的尺寸为

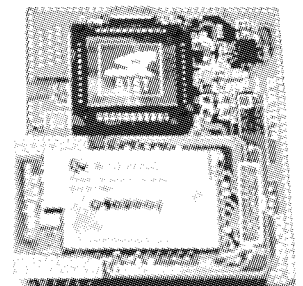


图5 蓝牙通用模块

60mm \* 50mm \* 8mm (长\*宽\*高), 供电电压为 2.5V~10V。

### 2.2 蓝牙模块的指令

蓝牙模块指令是一种 HCI 指令的方式,它是通过传输 16 进制的命令包来实现对蓝牙模块的控制,当蓝牙模块收到一个指令包后,会返回事件包,而它的事件又分为好多种,如状态事件包、完成事件包、结果事件包等等,所以在对返回信息进行处理的时候一定要确认:命令包返回了几个事件,各是什么事件? 因为在

进行数据传输时,我们会用到其中的一些信息。命令包是一帧一帧地传送的,我们在发送命令包的时候,还要加上帧头和帧尾。

### 2.3 蓝牙模块的驱动

蓝牙模块的接口灵活,可根据用户的要求提供 RS232、UART、RS485、SPI 或者 I<sup>2</sup>C 等多种通信接口标准的协议转换,本系统中使用的 RS232 串口进行信息交换;利用嵌入式高速 CPU 处理用户数据;支持点对点 7 点通讯;利用 RS232 串口,用户系统与模块的信息交换速度最高可达 721Kbps。无线传输距离可以达到 10 米。只要给蓝牙模块通电,通过串口和 PC 机或者单片加相连,就可以完成硬件上的连接了。

在进行数据或者文件传送之前,必须对蓝牙模块进行初始化,先初始化从设备,再初始化主设备,初始化的过程主要包括蓝牙模块的复位、读蓝牙模块的地址和初始化为从模块,如果初始化为从模块,那么就等待主模块来连接;如果初始化为主模块,那么就发送命令包去连接从模块,如果连接成功,则可以发送数据;如果返回事件指示连接不成功,则主模块重新进行连接,直到事件指示连接成功,一般在 10 米的通讯范围内可以一次连接成功。

主从设备之间是可以相互发送数据,它按照自己的分组协议格式进行数据的传送。当收发数据完毕后,断开连接,并发复位命令包。

信息格式是以 16 位进行传送的,在进行发送数据包的时候,一次最大可以发送 127 个字符。在接收端,数据被分成一个个小包接收,接收的格式和前面提到的数据格式相似,即一帧一帧的,从中可以提取出我们需要的信息。

### 2.4 命令包的发送

发送命令包时,要按照分组协议的格式,比如我们对蓝牙模块进行复位,它的指令是 0x0C 0x01 0x01 0x01 0x0C,首尾分别为帧头和帧尾,均为 0x0C,而第二个字节 0x01 代表它属于命令分组,即是一个命令,第三个字节 0x01 代表有效载荷的长度,那么第四个字节 0x01 即为有效载荷,把这个命令包发送给蓝牙通用模块,它就会返回一个事件完成包:0x0C 0x04 0x03 0x02 0x01 0x00 0x0C,同样,首尾为帧头和帧尾,第二个字节代表它属于事件分组,第三个字节 0x03 代表有效载荷的长度,接下来三个字节代表有效载荷 0x02 0x01 0x00,其中 0x02 代表此事件为命令完成事件,0x01 代表复位,0x00 代表事件状态,如果为 0x00,则代表指令执行成功,如果为非零则代表命令执行失败。我们对返回的事件进行判断,如果执行成功继续向下发指令,如果失败,则重发指令。

在进行数据传输之前,我们必须先获得对方的地址,然后建立连接,得到数据连接句柄 DC\_Handle,然后才能进行数据传输,所以如果建立联系失败,那么肯定不能完成后面的工作,因此对每个返回的事件包进行判断是必要的。

### 2.5 导航信息的传送

我们在进行信息传输时,传输的字符长度不会超过 100 个,就是说一次就可以发送完,比如我们发送 50 个字符“\$N,112401,11845.1234...”,他们发送的格式如下:

帧头	数据分组	有效载荷长度	有效载荷	帧尾
0x0C	0x02	52	DC_Handle+50 个字符	0x0C

这里有效载荷长度为 52 个字节,因为有效载荷除了 50 要发送的字符外,还有数据连接句柄 DC\_Handle,占两个字节,所以有效载荷长度就加了两个,所有的数据发送都是这样。接收方收到信息以后,以一个个小包接收的,像前面发送的 50 个字符,在接收方,可能是分成两个包接收,也可能是三个包,这是由他们之间的协议决定的。从中我们去掉不用的信息,就可以得到需要的数据信息。

## 3 实验情况及分析

经过大量的跑车试验和测试得到系统的主要技术指标如下:

### (1) 车载系统的定位特性:

第一次定位时间(取决于 GPS 的性能和陀螺测漂时间):热启动时间≤45s,冷启动时间≤120s;

主要技术指标:在市区允许 GPS 信号中断,利用航位推算和 Beacon 的定位信息可以准确地对车辆进行定位。

### (2) GPS 的性能

跟踪能力:同时跟踪 12 颗卫星。

捕获时间:重捕获时间 1.5 秒,温度启动 15 秒。

定位精度:< 100m(有 SA 限制),<15m(无 SA 干扰)。

### (3) 蓝牙模块通信特性

连接及数据时间:2 秒左右;

波特率:115200bps;

输入电压:2.5~5V;

输入电流:90mA;

工作电压:3.3V;

功耗:连接状态下,主设备为 140mW,从设备为 110mW,在睡眠状态为 45mW;

发射功率:达到蓝牙 2 级,1.5dBm;

有效无线传输距离:7~8 米;

工作频率:2.4GHz。

### (4) GSM 通信特性

传输时间:由当地短息信服务中心而定,通常延时时间为:3~110 秒。夜间短消息通信相对来说快一些,一般发出在 5 秒内均能接收到;由于白天短消息中心比较繁忙,所以相对来说传输时间可能长一些,一般在 30 秒内均能接收到。

传输速率:9600bps;  
短消息中心可向 Beacon 提供:天气、当前车辆的准确位置等;  
Beacon 可向短消息中心提供:当前车流量、车牌号等;  
串口输出:二进制及标准 NMEA-0183 协议;  
误码率:<0.0001;  
最大发射信号强度:33 dB。

#### (5)系统指标

可覆盖范围:无距离限制,有 Beacon 和 GSM 网络覆盖的所有地区,主要用于市区;

系统容量:不少于 100 辆;实时监控 25 辆;  
遥控率:准确率为 100%(在通讯系统有效覆盖范围内)  
车载单元正常工作的温度:15~45℃;  
尺寸:20×10×9cm。

#### (6)电源与功耗:

供电电压:DC 12V;  
平均功耗:小于 13W,主要是 GSM MODEM 的功耗比较大,大约为 12W。

对系统的原理样机多次实验证明,利用 GPS/DR 和 Bluetooth+GPS/DR 分别进行系统定位,在城中街道密集的情况下,把 Bluetooth 加入到 GPS/DR 导航系统中,定位精度大大提高,弥补了在 GPS 信号被遮挡的情况下定位精度下降的缺陷。

实验表明,利用 Bluetooth+GPS/DR 导航系统可以满足一般用户对定位精度的要求。车载导航系统与路标传感器之间信息传送的速度很快,串口波特率为

(上接第 29 页)

程序跑飞的软件抗干扰措施主要有“软件狗”、“指令冗余”和“软件陷阱”,下面逐一介绍。

#### (1)软件狗

软件狗实际上是一个软件监视系统,通常利用软件定时器或硬件定时器的中断,在中断程序中查询某个设定的标志,若标志不为零,则清零或减 1 后退出;若标志为零,则执行复位指令或转向出错处理程序,在出错处理程序中完成各种善后工作,再使系统复位。在系统程序中根据要求的监视时间的长短去设置标志,一旦程序未能在给定的时间内重置标志,就会导致系统复位。软件狗对不带硬件狗电路而有定时器中断的微机系统特别有用,其缺点是额外占了一个定时器。

#### (2)指令冗余

指令冗余指在一些对程序流向起着决定作用的指令(如跳转指令)及对系统工作状态至关重要的指令(如中断指令)前面,人为地插入几条空操作指令,以保证跑飞的程序能重返正常轨道。指令冗余得以实现的前提是程序跑飞到程序区并执行了空操作,否则指令冗余不起作用。应当注意的是在一个程序中“指令冗余”不要使用过多,以免降低程序的执行效率。

115200bps,只是主从设备连接的过程大约需要两秒左右,一旦连接上以后,就可以很快进行数据传输了,并且信息传送的正确率是可以保证的。

#### 4 结束语

本文所设计的 Beacon 用在市区作为路标和车辆进行信息交换是可行的,并且蓝牙的价格会逐渐下跌,那么成本就会越来越低,并且性能会越来越稳定,所以用蓝牙作为短距离无线通信还是比较经济实惠的,具有一定的发展空间。

#### 参考文献

- 1 严紫建,刘元安.蓝牙技术.北京邮电大学出版社,2001
- 2 张禄春,雷春娟,郎晓虹.蓝牙协议及其实现.人民邮电出版社,2001
- 3 Cording,S.Blutetooth Function integrated in RISC microcontroller,Elektronik,Elektronik,2002
- 4 Ali,M./Hayes.G.J.,Small printed integrated inverted-F antenna for Bluetooth application.Microwave and Optical Technology Letters.Microw.Opt.Technol.Lett.(USA),2002,June
- 5 Min-Te Sun,Chung-Kuo Chang,Ten-Hwang Lai.A self-routing topology for Bluetooth scatternets.Proceedings 2002 International Symposium on Parallel Architectures,Algorithms,and Networks.IEEE Comput,2002

[收稿日期:2002.8.30]

#### (3)软件陷阱

软件陷阱是指在非用户程序区(如未使用的 EPROM 区、未使用的中断向量区、数据表格区的周围)填充空操作指令并周期性写入一条指引指令,当程序跑飞到这些区域时,强行将程序引向一个指定的地址,在那里有一段专门对程序出错处理的程序,以便引导程序进入正常的运行状态。

#### 4 结束语

微机保护装置软件抗干扰方法很多,本文仅给出一些比较常用和有效的措施。作者已将上述若干软件抗干扰措施应用在自行研制的智能断路器测控单元和开关柜在线温度检测单元,取得了良好的效果,大大提高了系统的抗干扰能力和可靠性。

#### 参考文献

- 1 张学宁.应用计算机软件抗干扰.安全与电磁兼容,2001(3),37~40
- 2 陈德树,张哲,尹项根.微机继电保护.北京:中国电力出版社,2000
- 3 张捍东,刘丽萍.微机控制系统的软件抗干扰.电气传动自动化,1996(2)
- 4 张松春.电子控制设备抗干扰技术及其应用.北京:机械工业出版社,1995

[收稿日期:2002.6.12]