

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.03.028

嵌入式军用车载定位导航系统

朱徐华, 曾昭周
(上海电控研究所, 上海 200092)

摘要: 为提高精度和可靠性并降低成本, 提出一种基于 PowerPC 平台与 VxWorks 操作系统的嵌入式军用车辆导航系统。从硬件结构、软件设计 2 方面进行详细论述, 并在目标机上进行试验。结果表明, 该系统运行稳定、可靠, 能较好满足军用车辆定位导航的要求, 具有良好的应用前景。

关键词: PowerPC; VxWorks; 定位导航系统
中图分类号: TP311.54; P228.1 **文献标志码:** A

Embedded Armed Vehicle Location and Navigation System

Zhu Xuhua, Zeng Zhaozhou
(Shanghai Electrical Control Research Institute, Shanghai 200092, China)

Abstract: To improve the precision, reliability and reduce the cost, introduce an embedded armed vehicular navigation system based on PowerPC platform and VxWorks operating system. The hardware architecture and software design are discussed in detail, meanwhile, the system is tested on the target machine. The result shows that the system is stable, reliable and can meet the requirements of armed vehicular navigation system, has a good prospect.

Keywords: PowerPC; VxWorks; vehicle location and navigation system

0 引言

车载定位导航系统 (Vehicle Location and Navigation System, VLNS) 是利用现在普遍流行的全球定位系统对车辆所在位置进行地理定位, 并与地理信息系统相结合, 配合电子地图, 为驾驶员提供实时行车辆导航信息的系统。近年来, 嵌入式系统凭借其体积小、实时性强、可裁剪、易于扩展、稳定性强、接口统一、功耗低等优良特性得到突飞猛进的发展^[1]。在国防领域, 为迎合部队快速反应机制、连续作战、多样化的战斗模式, 作战车辆、保障车辆等越来越需要精度高、成本低、可靠性高的导航系统。笔者采用基于 PowerPC 的硬件平台和 VxWorks 嵌入式操作系统, 设计一种嵌入式军用车载定位导航系统。

1 车载定位导航系统的组成

系统的功能框图如图 1。

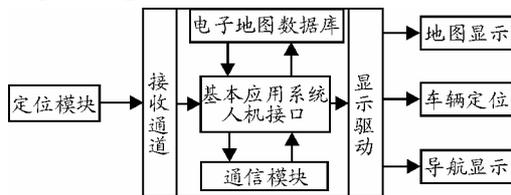


图 1 车载定位导航系统框图

电子地图数据库: 包含以预定格式存贮的数字地图信息, 是系统的软件平台;

定位模块: 通过GPS、GLONASS或北斗系统等

方法对车辆进行定位;

人机接口: 提供友好的界面允许驾驶员与系统进行人机交互;

通信模块: 允许驾驶员与外界进行通信, 如联机通信, 车间协同通信等;

地图显示: 将地图数据库以人机界面的方式在显示在终端上, 供驾驶员浏览, 查询;

车辆定位: 通过适当的匹配和识别过程来确定车辆在地图上的位置, 并不断刷新车辆在地图中的显示位置;

导航显示: 根据电子地图数据库和实时定位信息帮助驾驶员规划行驶路线。

2 系统的硬件平台

系统的硬件部分由导航信息处理终端和导航天线组成。导航信息处理终端采用军用一体式加固计算机, 内部由主板、显卡、导航接收卡、底板及显示屏组成。如图 2。其中, 导航信息处理终端负责导航信号的接收、处理以及显示等功能。

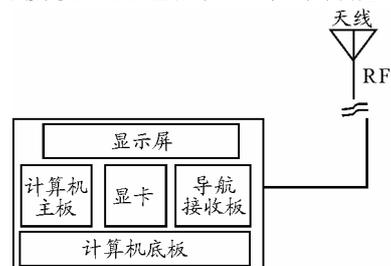


图 2 系统硬件结构图

收稿日期: 2010-10-05; 修回日期: 2010-11-15

作者简介: 朱徐华 (1981—), 男, 江苏人, 硕士, 工程师, 从事嵌入式 GIS、车载导航系统、计算机图形学研究。

2.1 CPU模块

车载定位导航系统对硬件平台的要求是: 小型化、低功耗、接口丰富、能适应恶劣的环境。因此, 选用上海凯电电子科技有限公司生产的 VEB-5200-3U。该产品能适应比较恶劣的使用环境, 包括 $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 的温宽、强震动、高冲击等。VEB-5200-3U 主 CPU 采用 MPC5200/400 M, 该芯片工作温度宽、接口丰富、功耗低、性能稳定, 在工业控制、汽车电子等强安全性场合使用广泛。

其 CPU 核心板硬件特性如下:

- 1) PowerPC MPC5200/400 MHz;
- 2) 32-bit/33-MHz CPCI总线到CPCI插座;
- 3) CAN总线接口;
- 4) 64MB SDRAM内存;
- 5) 16MB FLASH;
- 6) 512K Boot BIOS (BOOTROM);
- 7) 10/100M, RS232/485, USB, 网络口;
- 8) RTC, watchDog;
- 9) CPCI标准。

2.2 导航接收模块

导航接收模块选用北京寰亚翔宇科技有限责任公司生产的多星兼容导航板, 该模块采用紧耦合方式, 可以更好地实现北斗与 GPS 或 GLONASS 信息的融合解算, 能在高噪声和不规律电磁干扰情况下提供高精度的位置、速度、方向和时间参数, 保证导航信号的可靠连续输出。

2.3 其他模块

电子盘选用西安奇维测控科技有限公司生产的 DOM 电子盘, 它是标准 IDE 接口的模块电子盘, 最大容量为 6 GB, 具有尺寸小, 接插牢固, 使用方便等优点并支持多种操作系统 (DOS、WinCE、VxWorks、Linux 等)。

显示模块选用三菱系列液晶屏, 该系列产品具有宽温 ($-20 \sim 70^{\circ}\text{C}$)、高亮、高分辨率、宽视角等特点, 广泛用于军工、医疗、通信、车载 GPS 及金融领域。

3 系统的软件设计

由于车载定位导航系统对多任务性、实时性、稳定性的要求比较高。因此, 采用了 VxWorks 嵌入式操作系统。它具有以下特性: 1) 微内核结构; 2) 微秒级中断处理; 3) 高效的任务管理; 4) 多处理器支持; 5) 灵活的任务间通信; 6) 符合 POSIX 1003.1b 实时扩展标准; 7) 完全符合 ANSI C 标准。

其中, 微内核 wind 处于 VxWorks 操作系统的

核心, 支持所有的实时特征: 快速任务切换、中断支持、抢占式和时间片轮转调度等, 能很好地满足导航系统对实时性和多任务的要求。

系统的软件功能框图^[2]如图 3, 主要分为 GIS 电子地图的开发、系统人机界面的设计、导航数据接收与处理和导航系统应用程序的设计 4 部分。

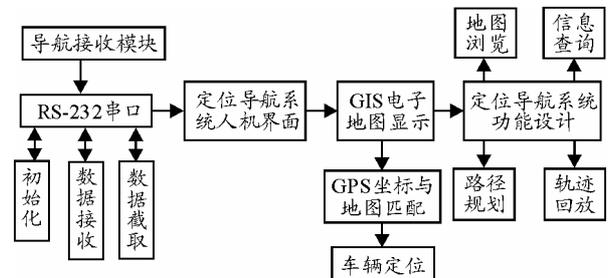


图 3 车载定位导航系统软件功能框图

3.1 GIS 电子地图的开发

GIS 电子地图的开发包括图形界面和地图数据库 2 部分。

3.1.1 图形界面设计

WindML 即 Wind Media Library (媒体库), 是基于实时嵌入式操作系统 VxWorks 多媒体应用的支持链接库, 并为多种操作系统提供基本的图形、视频和音频技术, 它还提供了一系列的 API 函数, 功能强大, 易于实现图形用户界面的开发。系统通过 WindML 实现了电子地图的图形界面。为提高电子地图显示速度, 系统采用了内存位图技术。

在显示电子地图时, 如果直接把地图画在屏幕上, 则会产生严重的抖动感, 这样的显示效果用户是无法接受的。内存位图技术既能得到平滑移图的效果, 又能加快屏幕更新速度, 故采用内存位图技术。具体方法是: 在内存作图区中绘制地图, 生成一个大的内存位图, 这个内存位图应该比屏幕大一些, 屏幕始终显示内存位图的中心部分。当屏幕移动时, 无需重绘屏幕, 只需将内存位图的内容拷贝到当前屏幕窗口, 也就是从内存位图中拷贝当前需要显示区域部分到显存, 就可以完成刷新。在移图操作完成后, 在后台以新的屏幕中心为内存位图中心, 更新位图。这样, 屏幕更新的速度很快, 而后台内存位图的更新重画在移图后进行, 用户基本感觉不到画图工作的存在。这就能得到很好的调图速度和画图效果。

3.1.2 地图数据库

系统采用军用数字地图矢量数据模型。军用数字地图矢量数据按区域进行组织, 包括元数据文件、区域描述数据文件、要素层描述数据文件、以及各

要素层的属性数据文件、几何数据文件、拓扑数据文件、关系数据文件和注记数据文件。

为便于系统开发，系统将一个数据集分成若干个图幅，一个图幅又按矩形分块方式划分成若干个逻辑数据块。每个数据块包含若干地理要素层，每一要素层包括一组在地理意义上相关的地理要素。每个要素层之间在数据组织和结构上相对独立，数据更新、查询、分析和显示等操作以要素层为基本单位来执行^[3]。采用这种数据模型组织数据，将每次调用数据的最小单位由图幅变成了图块，从而缩小了读取的数据量，加快了显示和分析的速度。

3.2 系统人机界面的设计

为提高驾驶员与计算机之间的友好程度，力求将系统软件界面设计得简洁明了，操作方便。主要采用了如下技术：

1) 键盘模拟鼠标：通过按键盘箭头键，实现左右、上下移动当前光标位置，按确认键执行相应的功能；2) 软键盘技术：画一键盘显示在屏幕，当光标点击某键，将该键值传给系统处理；3) 动态菜单编程技术：因为动态菜单是在运行时确定菜单项，而 VxWorks 组件的菜单项是在编译时决定，因此，采用 VxWorks 组件不能实现动态菜单，故采用编程方法实现动态菜单。

3.3 导航数据接收与处理

利用导航接收模块串口通讯将定位所需的经度、纬度、速度、时间等定位导航信息采集到车载计算机中，为车载定位导航系统准确的定位导航提供有利的数据资源。主要工作包括串口的初始化、导航数据的接收和处理。其中，串口的读操作采用了 select 函数，利用其触发机制阻塞任务。有数据到来时，任务才会被激活并从串口读取数据，然后通过任务间通信机制，通知其他任务进行相应的处理。

3.4 导航系统应用程序的设计

导航应用程序实现了电子地图操作、信息查询、车辆定位、路径规划、轨迹回放、人机接口等功能。在设计中，根据 VxWorks 提供的良好的多任务特性，将不同的功能模块分给不同任务去执行，通过任务间通信机制保证多任务的同步，系统的主函数负责实现硬件设备的初始化、电子地图的初始化和显示、发起子任务等功能。

以最优路径规划算法的实现为例，系统采用 A* 算法，对每个结点关联一个指引搜索方向的估价函

数，估计从起点途经此结点到达终点所需的最小通行代价，在算法计算过程中，不断去拓展估价函数值最小的那个结点，不断拓展最优路径搜索树，直至终点。保证找到最短路径（最优解的）条件，关键在于估价函数的选取，对于几何路网来说，可以取两节点间欧几里德距离（直线距离）做为估价，即 $f=g(n)+h(n)=g(n)+\sqrt{(dx-nx)^2+(dy-ny)^2}$ ，这样，估价函数 f 在 g 值一定的情况下，会或多或少地受估价值 h 的制约，节点距目标点近， h 值小， f 值相对就小，能保证最短路径的搜索向终点的方向进行。这种方法明显优于经典 Dijkstra 算法的毫无方向的向四周搜索。此外，系统对算法搜索过程进行了优化，在找不到最优路径解的情况下优先选择次优解，从而保证算法的运算速度。

4 实验结果

为验证系统软件的运行效果，在目标机上进行了试验。系统的硬件平台如图 4，图 5 展示了其道路查询功能，图 6 展示了其最优路径查询功能。



图 4 系统硬件平台



图 5 道路查询功能



图 6 最优路径查询功能

实验结果证明，该系统能够稳定可靠地运行。目前，该系统已完成样机研制，并已应用在某装甲车上，跑车试验证明，运行效果良好。

5 结束语

该系统能较好地满足导航系统的要求, 具有开发简单、性能可靠等优点, 有着良好的应用前景。下一步, 还将继续完善系统功能模块, 并对现有的设计进行改进和优化。

参考文献:

[1] 屈继楠, 付梦印, 等. 基于ETX与VxWorks的嵌入式车辆导航系统的设计[J]. 汽车电子, 2007, 23(1): 308-309.

[2] 周游. 基于GIS/GPS的车载定位导航监控软件系统的研究与设计[D]. 武汉科技大学, 2005: 37-38.
 [3] 汪永红, 解云虹. 车辆导航系统实现中的关键技术[J]. 测绘科学技术学报, 2007, 24(增刊): 37-38.
 [4] 赵亦林(美). 车辆定位与导航系统[M]. 谭国真译. 北京: 电子工业出版社, 1999: 110-132.
 [5] 陈智育, 等. VxWorks 程序开发实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
 [6] 汤璇, 陈和平, 陈彬. 嵌入式车载导航系统的设计与研究[J]. 计算机与现代化, 2009(3): 108-109.

(上接第74页)

3.1 仿真初值

设定仿真初值, 初始高度 $H_{ini} = 1\ 000\ m$, 初始姿态角 $\theta_{ini} = 0^\circ$, 飞艇保持巡航速度, $V = 10\ m/s$; 指令高度 $H_{cmd} = 1\ 500\ m$, 单一控制的姿态指令保持为零, $\theta_{cmd} = 0^\circ$, 复合控制的姿态指令随高度偏差自动生成, 仿真时间 $t = 500\ s$ 。

3.2 仿真结果与分析

如图4, 单一控制方案俯仰角保持在 0° , 符合控制要求, 而复合控制方案俯仰角在增大和减小过程中都没有超过 6° , 在安全范围之内, 只是存在 0.76° 的静差。

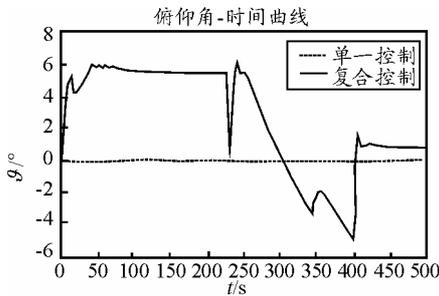


图4 俯仰角时间曲线

如图5, 2种控制方案的压差都在要求范围之内, 当高度超调时, 复合控制方式下副气囊有一个充气回调的过程, 而单一控制方式因为没有在规定的时间内到达高度, 所以没有充气的过程。

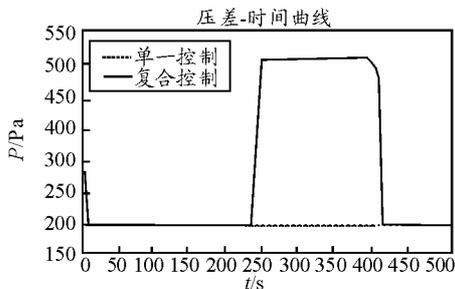


图5 压差时间曲线

如图6, 复合控制方案上升速度达到 $2.5\ m/s$, 回调速度也有 $2\ m/s$, 而单一控制方案上升速度不足

$0.053\ m/s$ 。

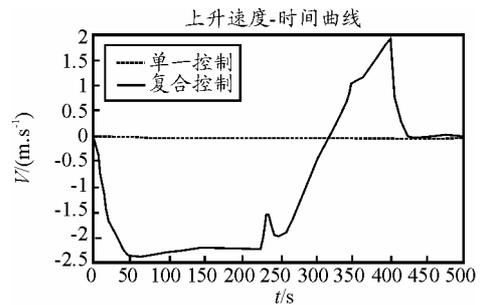


图6 上升速度时间曲线

如图7, 单一控制方案在 $500\ s$ 之内只上升了 $24.7\ m$, 没有达到指定高度; 复合控制方案在 $236.95\ s$ 到达指定高度, 并在 $180\ s$ 之内进入定点状态, 定高精度 $0.15\ m$ 。

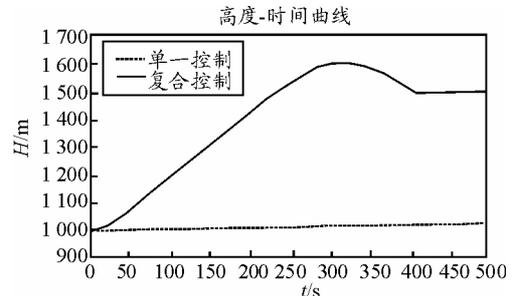


图7 高度时间曲线

4 结论

理论分析和 MATLAB/SIMULINK 仿真验证证明, 复合控制比副气囊单一控制更适合于飞艇的上升段的高度控制。

参考文献:

[1] 施红, 等. 平流层飞艇上升过程的数值模拟[J]. 导弹与航天运载技术, 2008(3): 37.
 [2] 李智斌, 等. 近空间浮空飞艇飞行控制研究现状及问题[J]. 控制工程, 2006(5): 16-17.
 [3] 王明建. 平流层飞艇平台的建模与控制方法研究[D]. 15-18.
 [4] 邓黎. 平流层飞艇的环境控制[J]. 航天返回与遥感, 2006(9): 52.
 [5] Joseph B.Mueller, Michael A.Paluszek and Yiyuan Zhao, Development of an Aerodynamic Model and Control Law Design for a High Altitude Airship, AIAA 2004-6479: 16.