

嵌入式 Linux 平台下 GPS/INS 组合导航系统的软件设计

匡启和 刘建业 南京航空航天大学自动化学院(210016)

abstract

Free software and Linux have caused a revolution in embedded system, and bring the novel realization to embedded system design. The real time core may be tailored to application. According to data flow diagram, GPS/INS coupling navigation system logical model based on embedded Linux is composed of four processes and three device drivers, which are clearly expressed. Then the system design is provided which is helpful for coding.

Keywords: inertial navigation system, data flow diagram, real time system, Linux

摘要

自由软件运动和 Linux 的兴起,给嵌入式系统的设计带来全新的设计思想,即可以根据应用定制实时内核。本文利用软件工程中的数据流图工具,给出了嵌入式 Linux 平台上的 GPS/INS 组合导航系统的软件逻辑模型:4 个独立的任务和 3 个设备驱动程序,该逻辑模型清晰、完整,然后给出了组合导航系统软件的设计,为编码提供依据。

关键词:惯性导航系统,数据流图,实时系统, Linux 系统

0 引言

将航行载体从起始点引导到目的地的技术或方法称为导航。惯性导航是一种自主式的导航方法,它完全依靠机载设备自主地完成导航任务,其基本工作原理是以牛顿力学定律为基础,在载体内部测量载体运动加速度,经积分运算得载体速度和位置等导航信息。

由于惯性导航系统(INS)的导航定位误差随时间增长,因而难以长时间的独立工作,采用组合导航技术可以解决这一问题,组合导航技术的实质是通过软件技术来提高精度。实践证明,这是一种很有效的方法,所以组合导航技术是目前导航技术发展的主要方向之一,其中 GPS 与 INS 的组合可以构成一种比较理想的导航系统^[1],原理框图如图 1 所示。

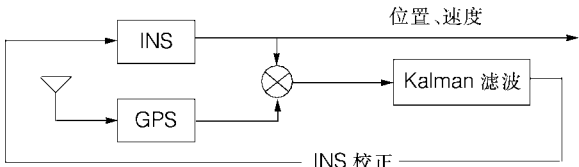


图 1 GPS/INS 组合导航系统原理图

本文根据 GPS/INS 组合导航系统的功能和性能要求,从软件工程的角度,给出了嵌入式 Linux 平台下的 GPS/INS 组合导航系统的软件逻辑模型,解决了所开发的软件“做什么”的问题。

1 GPS/INS 组合导航系统功能及性能

惯性导航系统采用捷联惯性导航系统,其工作原理^[1]如图 2 所示。

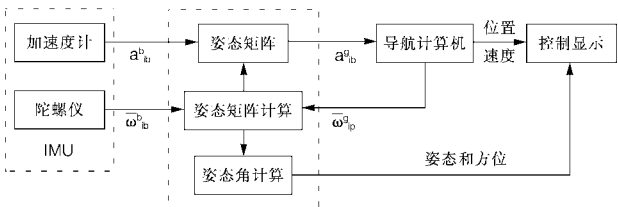


图 2 捷联惯导系统原理

采用图 1 所示的组合模式,即用 GPS 和捷联惯导输出的位置、速度信息的差值作为量测值,经 Kalman 滤波,估计惯导系统的误差,然后对惯导系统进行校正。GPS/INS 组合导航系统的硬件框图如图 3 所示。

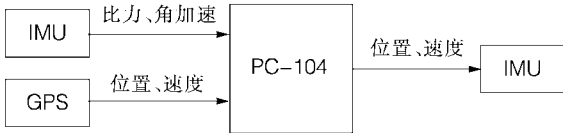


图 3 GPS/INS 组合导航系统的硬件框图

IMU 的采频率为 50Hz, GPS 的采样频率为 1Hz, 位置、速度信息的输出频率为 10Hz, 从而要求导航计算机每 20ms 计算一次姿态阵, 每 100ms 进行一次导航计算和姿态角计算, 并输出位置和速度信息, 每 1000ms 进行一次 Kalman 滤波估计惯导系统的误差, 用于反馈控制。

为使实时应用程序的设计和扩展变得容易,选用嵌入式 Linux 作为实时内核^[2]。这样,通过将应用程序分割成若干独立的任务,实时内核使得应用程序的设计过程大为简化。

2 GPS/INS 组合导航系统的数据流图

所谓数据流图(DFD)是指从数据传递和加工的角度,以图形的方式刻画数据流从输入到输出的移动变换过程^[3]。组合导航系统的功能就是对 IMU 和 GPS 提供的信息进行加工,最后输出准确的位置、速度信息,因此组合导航系统的数据流图如图 4 所示。



图 4 GPS/INS 组合导航系统的数据流图 (DFD/L0)

进一步细化,可得到组合导航系统的数据流子图,如图 5 所示。

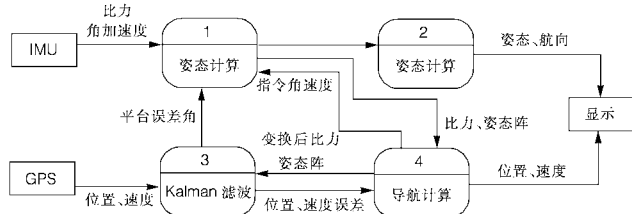


图 5 GPS/INS 组合导航系统的数据流子图 (DFD/L1)

根据图 5, GPS/INS 组合导航系统分成 7 个模块, 其中 3 个与输入/输出有关: GPS 和 IMU 数据的读取、导航信息的显示; 4 个用于完成数据的加工: 姿态阵计算、导航计算、姿态计算、Kalman 滤波。针对嵌入式 Linux 平台, 组合导航系统设计成 4 个独立的任务和 3 个设备驱动程序, 即姿态阵计算任务、导航计算任务、姿态计算任务、Kalman 滤波任务和 GPS、IMU、显示终端的驱动程序, 各个任务之间采用实时内核提供的消息队列或共享内存机制来保持同步, 共同完成导航任务。

3 GPS/INS 组合导航系统软件设计

通过数据流图的分析, 把 GPS/INS 组合导航系统的物理模型转换成软件逻辑模型, 从而清晰地给出了整个软件的控制层次关系和各部分的接口情况, 只需确定各部分的处理细节, 即可生成源程序代码, 细节主要由数据结构设计和过程设计组成。

3.1 数据结构设计

导航系统主要是对三维空间的数据进行处理, 数据量虽然大, 但数据类型只有两类, 故数据结构比较简单。一类是用来表示三维空间的矢量, 考虑到导航系统中用到四元数, 故这类量使用如下数据结构 struct

{double x_1, x_2, x_3, x_4 };。另一类是用来表示矩阵的二维数组, 这类数据结构主要用在姿态阵计算和 Kalman 滤波器中, 如用 double cnb[3][3] 表示姿态阵, 即三维空间中坐标变换关系。

由于采用多进程模型设计导航系统, 各进程之间通过通信来协调完成任务, 若采用消息队列, 则需如下数据结构

```
struct msg { struct msg *next; /* 消息队列指针 */
            int mtype; /* 消息类型 */
            long mlength; /* 消息正文长度 */
            double *mptr; /* 指向消息正文, 导航系统中的数据类型只有两类 */
}
```

若采用共享内存机制, 也应给出相应的数据结构。

3.2 过程设计

除了各任务间的通信外, 各个任务的实现细节(包括数据和过程)对于其它任务来说是隐蔽的, 因此每个任务的过程设计是独立的, 仅需对各自所采用算法的逻辑关系进行分析, 设计出全部必要的过程细节, 并给予清晰地表达, 画出程序流程图, 使之成为编码的依据。根据图 5 和导航系统理论中给出的算法, 不难画出每个任务的程序流程图, 本文略去程序流程图。

除了 4 个任务外, 还有 3 个设备驱动程序的设计。在嵌入式 Linux 平台上, 设备驱动程序的框架符合 DDI/DKI 规范(即设备-驱动程序接口/设备驱动程序-内核接口)。

设备——驱动程序接口设计就是写中断处理子程序。设备是作为特殊文件来处理的, 即任务通过用操作普通文件的方式来打开、关闭、读取或写入设备, 设备驱动程序-内核接口设计是通过填写文件系统的两个数据结构 file 和 file_operations 来完成, 即编写 file_operations 中的几个函数。这两个数据结构是:

```
struct file {
    .....
    struct inode *inode;
    struct file_operations *f_op; /* 指向 file_ops 结构 */
    void *private_data; /* 设备私有数据区 */
}

struct file_operations {
    int *lseek(struct inode *, struct file *, off_t, int);
    /* 重新定位位置 */
    int *read((struct inode *, struct file *, char *, int);
    /* 从设备读 */
    int *write((struct inode *, struct file *, const char *, int);
    /* 向设备写 */
    NULL,
    NULL,
```

基于 MSChart 的历史趋势曲线的设计与实现

张国荣 曹彩萍 史斌宁 合肥工业大学电气工程学院(230009)

Abstract

Data collection is a familiar task in a control system. An important means is to analyze a mass data using history trendline. In this paper, a application of MSChart control in VB is briefly introduced. The design and implementation process is offered and an example program is demonstrated.

Keywords: VB, control, history trendline

摘要

数据采集是控制系统最常见的任务,对于大量的历史数据采用曲线加以分析已成为很重要的一种手段。文章介绍了用 VB 6.0 中的 MSChart 控件实现控制软件中的历史趋势曲线的设计与绘制,并结合一个实例程序加以具体说明。

关键词: VB, 控件, 历史趋势曲线

0 引言

数据采集是控制系统最常见的任务,对于大量的历史数据采用曲线加以分析已成为很重要的一种手段。通常还要求曲线可伸缩、可漫游、可取值,可若干条曲线的比较,以增强其可分析性。传统的控制软件开发工具多用 DOS 或 Windows 下的 C 语言开发,导致系统开发周期长,可维护性差,并且不具有标准的 Windows 图形用户界面。VB 由于它简单易行的特点,近年来日益流行。它既可以使用 DLL、API 函数来实现 I/O 端口的输入输出功能,也可以使用 Mscomm 控件实现串口通信,使用 MSChart 控件,可以简单高效地实现图形的自动绘制。本文将详细介绍如何用 VB6.0 中的 MSChart 控件实现历史趋势曲线绘制,这对于具

有大量实时数据采集和处理的控制系统是必不可少的功能;并给出一个已用于实际工程项目的实例程序。

1 设计方法

1.1 创建新的工程

1) 启动 VB 6.0

2) 在“文件”菜单中,单击“新建工程”,选择“标准.exe”,单击确定。

1.2 加入 MSChart 控件

1) 在“工程”菜单中,单击“部件”显示“部件”对话框。

2) 选定“Microsoft Chart Control”控件名称左边的复选框。

3) 单击“确定”关闭“部件”对话框。MSChart 控

任务的调度和消息的传递,该软件逻辑模型清晰、完整,在此基础上讨论了 GPS/INS 组合导航系统的软件设计,使之成为编码的依据。

参考文献

- 1 袁信,俞济祥,陈哲.导航系统[M].北京:航空工业出版社,1993
- 2 郑人杰,殷人昆,陶永雷.实用软件工程.北京:清华大学出版社,1997
- 3 王学龙.嵌入式 Linux 系统设计与应用.北京:清华大学出版社,2001
- 4 Daniel P. Bovet and Marco Cesati. Understanding the Linux Kernel. O'Reilly & Associates, Inc. 2001
- 5 Alessandro Rubini. Linux Device Drivers. O'Reilly & Associates, Inc. 1998

[收稿日期:2002.1.4]

(接上页)

```
int * ioctl (struct inode *, struct file *, unsigned int,
unsigned long); /* 配置设备参数 */
NULL,
int * open(struct inode *, struct file *); /* 打开
设备,为读设备作准备 */
int * release(struct inode *, struct file *); /* 关闭设备 */
}
```

为节省篇幅,本文略去这些函数的设计细节,唯一要注意的是 Linux 中设备驱动程序是内核的一部分,设备驱动程序的错误可能是致命的^{[4][5]}。

4 结束语

利用数据流图工具,给出了嵌入式 Linux 平台上的 GPS/INS 组合导航系统的软件逻辑模型,即 4 个独立的任务和 3 个设备驱动程序,实时内核负责 4 个