

基于 RTLinux 的机载实时信息显示系统

王浩学, 季中恒, 汪斌强

(国家数字交换工程技术研究中心, 郑州 450002)

摘 要: 为解决各种航空平台下, 高速率、高可靠性的数据传输问题, 保证航空信息系统发挥更佳效能, 该文根据对实时操作系统与机载信息显示要求的分析, 基于 RTLinux 技术实现了机载实时嵌入式操作系统, 并在此基础上, 利用面向对象技术实现了机载信息显示系统, 取得了良好的实践效果。

关键词: 机载信息显示系统; 实时嵌入式操作系统; 实时内核改造; 面向对象

Airborne Real-time Information Display System Based on RTLinux

WANG Haoxue, JI Zhongheng, WANG Binqiang

(National Digital Switching System and Engineering Technological Research Center, Zhengzhou 450002)

【Abstract】 In order to solve the problem of high-rate and high-reliability data transmitting, to ensure better effect of aviation information system, according to the analysis of real-time OS and airborne information display, this paper implements the airborne real-time and embedded OS, beyond which airborne information display system is finished.

【Key words】 Airborne information display system; Real-time embedded operating system; Real kernel reconstruction; Object-orientation

1 概述

随着航空平台的不断完善和空地、空空信息实时传输要求越来越高, 如何适应各种不同航空平台, 保证高速率、高可靠性的空地、空空数据传输链路设计成为保证航空信息系统发挥效能的关键环节。本文介绍的基于 RTLinux 的实时数据显示系统是一种地空数据链系统的终端, 是保证飞行人员高效、可靠地实时获取各种飞行信息的设备。

航空飞行中, 雷达获得的“视觉”信息通过机载计算机处理, 转换成适当的格式输出给飞行员。我们设计的机载信息显示系统就是把空情信息、态势信息、指挥引导控制指令、导航信息等, 以最直观的图形和数字形式显示在机载显示器上, 飞行员可实时读取这些信息, 做出正确的判断和决策。系统组成如图 1 所示。

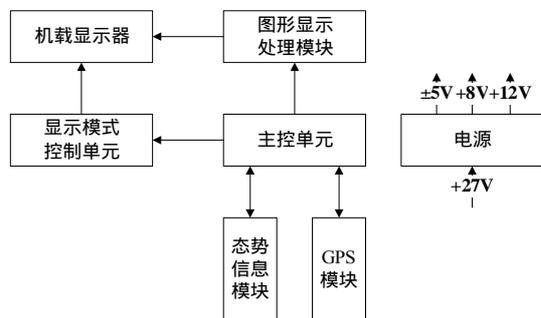


图 1 机载信息显示系统结构

雷达系统接收到的信息与 GPS 数据被机载系统接收, 经过处理, 在显示器上以直观的图形方式显示飞机的位置与周边情况; 同时, 机载系统将 GPS 数据和自身目前的状态下行传给地面监控系统, 地面指挥人员可对飞机的飞行情况进行监测。该系统的实现分为两部分: 机载实时嵌入式操作系统的实现和实时显示系统的实现。

2 基于 RTLinux 的机载实时嵌入式操作系统设计

2.1 实时内核的实现

RTLinux 的实时内核设计思路, 是在通用 Linux 内核之下实现一个实时内核, 用于完成底层任务创建、中断服务程序; 并为中断和 Linux 进程之间完成通信、排队工作, 使硬中断能被实时捕获, 提高系统的实时性。

在机载信息显示系统中, 是在 PC 上, 针对 Linux2.4.18 内核源代码在实时性能上的缺陷, 改进相应的代码, 并且裁剪 Linux2.4.18 内核源代码中不需要的支持, 通过配置工具生成配置文件, 然后条件编译生成实时内核。

其中, 关键是对系统中断管理进行改进。设计中, 通过在 Linux 和中断控制器之间加入一个中断控制的仿真层, 作为其实时内核的一部分。通用 Linux 内核中所有的 cli, sti 和 iret(中断返回指令)分别被替换为 S_CLI, S_STI 和 S_IRET 等几个宏。所有的硬件中断指令都被中断仿真层捕捉。如果该中断是一个实时内核控制的中断, 则会真正地执行开、关中断的硬件操作; 而如果该中断是一个 Linux 控制的中断, 则不会真正地执行系统的开、关中断, 只是设置一个标志位。只有当 RTLinux 的实时内核没有实时任务执行时, 这些等待处理的 Linux 中断才会被执行。这样就从系统的角度, 根本上解决了原 Linux 内核非抢占式的实时性缺陷。

2.2 系统库的裁剪

Linux 运行环境包括大量运行时需要的系统库, 这里主要指的是 GNU 的 C 函数库 GNU libc。它作为操作系统的重要组成部分, 封装了系统调用的细节, 给用户提供了一个方便请求内核服务的接口。系统库过大会占用大量资源, 不

作者简介: 王浩学(1976 -), 男, 工程师、博士生, 主研方向: 信息传输; 季中恒, 工程师、硕士; 汪斌强, 教授、博导

收稿日期: 2006-02-23 **E-mail:** whx@mail.ndsc.com.cn

满足系统设计的要求,因此需要裁剪。

系统库裁剪,指的是动态库裁剪。动态库由动态链接形成,由于在应用程序中只是包含了对库函数的引用,在运行时加载即可。因此裁剪工作量虽大,但思路清晰。对动态库进行裁剪时,需要根据应用程序用到的库函数确定它们所在的库和目标文件(.os文件),然后根据这些库函数,从目标文件入手,对库函数之间的依赖关系进行检验,从而将所需的目标文件链接生成新的 GNU libc 库。

经过对实时内核的改造调试和系统库的裁剪调试,以及向机载设备的移植编译调试,就实现了一个稳定的、基于 RTLinux 的机载实时嵌入式操作系统。

3 基于 RTLinux 的实时数据显示系统设计与实现

3.1 面向对象建模

在机载信息显示系统中,主要从串口获得各种数据,然后根据当前显示的阶段绘制屏幕,要求不仅能在机载 RTLinux 操作系统上,而且在地面 Windows 操作系统上运行。同时,机载信息显示系统是一个嵌入式系统,由于嵌入式系统硬件设计可以根据需要灵活调整,因此要求应用程序也要有很强的可移植性。采用面向对象的分层方法,把与硬件及操作系统相关的接口完全封装起来,对上层应用程序编写者来讲,完全感觉不到底层的变化,硬件改变只需将硬件依赖性接口内部改变即可,因此系统采用面向对象的 C++ 语言设计。整个应用程序结构可抽象为串口操作类、数据包处理类、显示阶段对象类以及图元组件类等具体类,不仅考虑到了输入、输出数据结构,也包含了所有对象的数据结构。

(1)串口操作类

串口操作通过一个串口操作对象完成,属于硬件依赖层接口。

(2)数据包处理类

从串口接收到的各种数据,对其进行解析分类,将不同的数据包设置不同的 ID,各个对象根据 ID 区分数据,同时从数据包中得到数据,从而把输入数据的接口统一起来。例如,将本机的经纬度、航向角、速度、高度及本机机号等数据打包为 IPackage_SelfPlane 子类,从串口来的更新数据,只刷新该子类的值。这样对数据的处理和使用可完全分开,增强了系统的灵活性和可靠性。

(3)阶段对象类

在 GPS 接收机得到的信息中,有星图、定位、查看数据、导航、穿云、返航等不同的阶段,针对每个阶段还有不同的操作,如果逐一编写代码,会增加程序的复杂度。而从面向对象的角度,只是把数据用不同的图形组合显示出来,因此设计一个阶段类 IStage,各个阶段都可从 IStage 继承,并具有多态性,从而将各阶段的接口统一起来。

(4)图元类

系统中有大量的图形绘制,根据显示需要,有很多图形要多次使用,故系统采用基于组件的思想,先设计好一系列图元类,其中包括一些基本的图元。如三角形、矩形、圆、坐标轴等,而不同的显示都可以由基本图元间的不同关系集合构成。这样,进入一个阶段信息绘制画面后,该阶段对象从数据中选取本阶段显示所需要的数据,并根据图元类设置好参数,实现绘制。

3.2 显示系统设计与实现

机载信息显示系统是基于实时嵌入式操作系统,将态势处理机处理后的数据与 GPS 采集的数据通过串口传递到机载

显示器显示,并对各个按键进行响应。系统采用 GCC 作为编译器和调试平台,图像显示使用 Sglib 库,而数据结构主要采用 STL,系统主程序流程如图 2 所示。

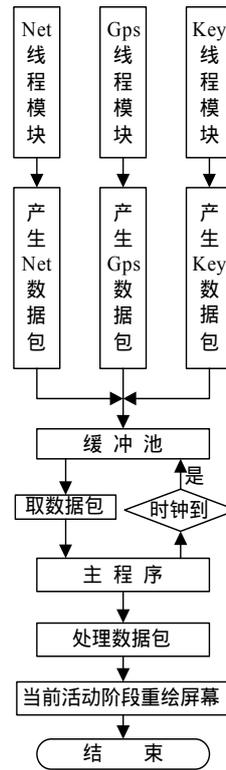


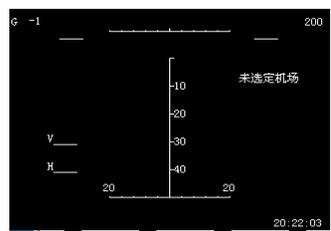
图 2 程序流程



(a)星图阶段



(b)返航导航阶段



(c)穿云阶段

图 3 系统实现各阶段界面

程序启动后,系统自检并产生和发送自检数据包到 GPS 等处理机,然后建立数据包到达信号量、数据包缓冲池,并依次建立 Net 线程、GPS 线程、Key 线程,进入消息循环;串口收到的态势数据包、GPS 数据包及按键数据包经处理后,放入缓冲池。主程序从缓冲池取数据包进行处理,处理完成后由当前阶段绘制屏幕。

显示系统实现以下功能:(1)能将所有数据以图形和数字参数的直观形式显示。(2)显示系统可相应按键,飞行员能选择不同的画面来显示信息。(3)显示系统能加装电子地图,以标示飞机位置和执行导航功能。

系统实现界面如图 3 所示。

4 总结

基于机载实时嵌入式操作系统设计的信息显示系统,经过系统库裁剪,冗余减少,符合机载特殊环境要求;对于外部中断响应的的时间减少到毫秒级,增强了系统的显示实时性;程序更易于功能扩充,隐蔽了具体实现细节,可靠性增强。本系统已开发完成,并在飞机上试飞成功,取得了良好的飞行效果。

参考文献

- 1 黄传国. 基于 RTLinux 的实时控制系统[J]. 电子技术应用, 2002, 11(8): 13-15.
- 2 Divakaran D. RTLinux-HOWTO[EB/OL]. 2002. <http://www.rtlinux.com>.
- 3 Hlchou. Linux 动态函数库解析[EB/OL]. 2001-03. <http://www.linuxfab.cx>.
- 4 袁 明. 面向对象技术在嵌入式开发中的应用研究[J]. 计算机应用研究, 2003, 20(2): 48-50.