

基于 VxWorks 的无人机视频记录仪的实现

Implementation of video recorder on UAV based on VxWorks

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 吴文亮^{1,2} 金光¹ 刘洵¹ 马天伟¹
WU Wen-liang JIN Guang LIU Xun MA Tian-wei

摘要: 无人机(UAV)投入作战使用的最大优势一直体现在情报侦察上,而视频图像信号是无人机的主要侦察信息,因此,视频记录仪是无人机系统一个重要的信息获取手段。当前,各种类型的无人机使用的视频记录仪主要是还是模拟视频记录仪,记录载体一般是磁带,这对视频的后期处理和分析带来了很大的不便。有效的解决方法就是实现视频信息的数字化,并利用数字压缩算法压缩视频信息的容量。VxWorks 是嵌入式实时操作系统,可靠性高,稳定性好。此文研究了 VxWorks 平台的嵌入式视频记录仪的实现。

关键词: 嵌入式; 视频记录; 数字信号处理
中图分类号: TN957.52 **文献标识码:** A

Abstract: the information reconnaissance has been the biggest advantage in the UAVs application, and the video image signal is the major UAV reconnaissance information. Video Recorder is an important means of access to information in UAV systems. At present, most of video recorder in use is analog recorder with tape. This has brought a lot of inconvenience to video post-processing and analysis. The effective solution realizes the video information digitization, And use of digital video compression algorithm compresses information capacity. VxWorks is a strong RTOS, this thesis researched design and Implementation of video recorder on UAV based on VxWorks.

Key words: embedded; video recorder; VxWorks; DSP

引言

无人机投入作战使用的最大优势一直体现在情报侦察上,而视频图像信号是无人机的主要侦察信息,因此,视频记录仪是无人机系统一个重要的信息获取手段。当前,各种类型的无人机使用的视频记录仪主要是还是模拟视频记录仪,记录载体一般是磁带。这对视频的后期处理和分析带来了很大的不便,有效的解决方法就是实现视频信息的数字化,并利用数字压缩算法压缩视频信息的容量。VxWorks 是嵌入式实时操作系统,可靠性高,稳定性好。嵌入式视频记录技术改善了模拟视频记录的许多缺陷还有利于记录仪本身的小型化。本文研究了 VxWorks 平台的嵌入式视频记录仪的实现。

1 视频压缩编码技术

无人机一般在高空高速飞行的情况下对地面景物进行拍摄,所得到的图像和一般的图像有很大的区别。由于无人机飞行高度较高、速度快,所以图像内目标像素小且目标数量大,帧内相关性差,加上图像是满屏运动,帧间相关性差。因此视频图像的编码必须采用高分辨率且具有运动补偿的算法。

新一代的基于对象的编码标准 MPEG-4 和传统的 MPEG-1、MPEG-2 和 H.263 相比较,它在交互性、抗误码性和高效压缩上都具有巨大的优势。在交互性方面,MPEG-4 采用的是基于对象的编码,便于操作和控制对象,在抗误码性方面,MPEG-4 提供了强壮性和可扩展性,并且对其误码恢复技术(包括再同步、数据恢复和错误隐藏)都进行了优化,在高效压缩方面,由

于采用了基于对象的编码方式,使得在编码过程中能够考虑到人对图像信息的主观感受以及人眼的视觉神经特性。这就可以给人们感兴趣的对象分配较多的码率,而一些诸如背景等人们感觉迟缓的对象分配较少的码率,从而大大提高压缩率。更重要的是,MPEG-4 在提供高压缩比的同时,对资料的损失很小,可以达到接近 DVD 的效果(D1 分辨率)。

2 系统硬件结构和视频采集卡的设计

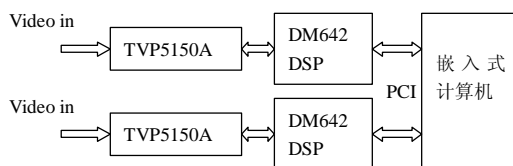


图1 系统硬件结构图

本系统是采用了 PC104+总线结构,PC104+是目前全球嵌入式系统普遍采用的硬件结构,具有体积小、功耗小、扩展性和可靠性高的特点,被广泛应用于航空、航天、军事领域和大量的国家高科技攻关项目中。PC104+有两部分组成,分别与 32 位 PCI 总线和 ISA 总线完全兼容。如图 1 所示,系统为了采集两路 D1 分辨率的视频,采用了双采集卡的设计。TVP5150A 完成视频流的采集,用 DSP 芯片 TMS320DM642 实现 MPEG-4 视频信号的压缩后通过 PCI 总线传输到嵌入式计算机,并将视频文件存储于本地硬盘。

芯片 TMS320DM642, BGA548 封装,输入/输出电压 3.3V,核电压 1.4V,内部工作时钟 600MHz(1.67ns),计算能力为 4.8 亿条指令每秒,外部总线时钟为 133MHz, TMS320DM642 采用程序总线 and 数据总线分离的修正哈佛结构,从并行处理的角度来看,体系结构上采用了 VeLociTl 的甚长指令字结构。采用了

吴文亮: 硕士研究生

基金项目: 基金申请人: 金光; 国家自然科学基金资助项目;

项目名称: 主动成像的图像多帧后处理算法研究(No.60575025)

类 RISC 指令集,多数指令拥有的相同流水级数,便于程序进行流水的优化。DM642 是一个强大的多媒体处理器,是构成多媒体通信系统的良好平台。它的丰富的外围接口使得它近乎是一个多媒体嵌入式系统的单芯片硬件平台;它的完全可编程性,又可以使得它能够兼容正在发展的各种多媒体信号处理标准,构成通用的软件平台。

视频前端 A/D 芯片 TVP5150A,是一款超低功耗,支持 NTSC/PAL/SECAM 制式的视频解码芯片。它可以将 NTSC/PAL/SECAM 制式的视频信号转换成 ITU-R.656 格式。

3 系统软件开发流程

本系统开发工具是 TI 公司发布的 DSP 集成开发环境 CCS (code composer studio)和风河公司的 Tornado2.2。软件流程如图 2 所示:主机通过 PCI 初始化 DSP 并对其加载程序,DSP 开始运行 MPEG-4 编码程序,从视频端口获取实时采集的视频;TVP5150A 输出 BT.656 格式的数字视频,作为 DM642 VPORT 的输入,VPORT 输出 YUV (4:2:0)格式的图像,作为编码程序的输入,DSP 完成一帧图像的编码,通过 PCI 向主机发出中断;主机响应中断,从 DSP 存储空间读取原始图像数据和压缩后的码流,然后存入本地硬盘,形成文件。存储的文件可通过地面回放软件回放,所以软件开发主要包括系统软件和底层软件 2 部分。其中系统软件方面,主要是在 VxWorks 下 PCI 设备的驱动和 DSP 程序的加载以及 DSP 中断的处理。在底层软件主要是用 DSP 实现 MPEG-4 算法运行程序,这些程序可在 CCS 环境下由 C 语言编写并进行汇编优化,这部分程序的编写和调试按照 C6000 软件开发流程进行。

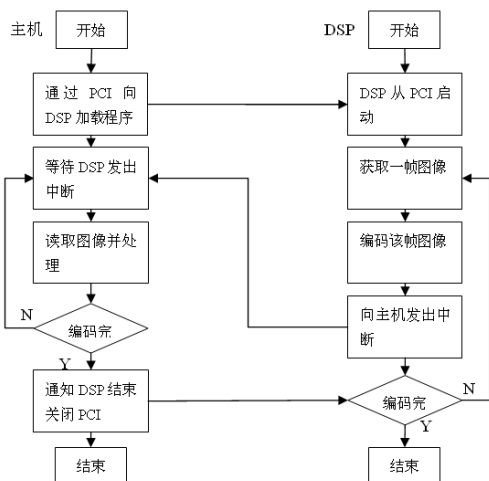


图 2 软件流程图

4 VxWorks 下驱动程序的设计

风河公司开发的 VxWorks 系统是专门为实时嵌入式系统设计开发的操作系统软件,为程序员提供了高效的实时任务调度、中断管理、实时的系统资源以及实时的任务间通信。程序员可以将更多的精力放在应用程序的开发,而不再去关心系统资源的管理。应用程序必须通过驱动程序才能与硬件进行数据通信,而驱动程序的编写又是与操作系统密切相关的。VxWorks 下设备驱动程序可以嵌入内核随系统一起启动,也可以作为加载模块在系统启动之后运行。后一种方式比较简单,与一般的应用程序很相似,本文采用了此方式。

板卡驱动步骤:

每个 PCI 设备有 3 种物理空间:配置空间、存储器空间和 I/

O 空间。配置空间是长度 256 字节的一段连续空间(16 个 32bit 寄存器),其中前 64 个字节为 Header (头标),其余 192 字节为设备相关信息。在 64 字节的 Header 中,前 16 字节的定义是确定的,后 48 字节的具体含义因设备而异,下图为配置空间头标区。配置空间中的一个重要部分是基地址寄存器 (Base Address Register),它的内容是 PCI 设备的地址空间映射到系统地址空间的起始物理地址。其中 bit0=1 表示 I/O 空间映射,bit0=0 表示存储器空间映射。所有 PCI 设备必须实现存储器空间映射。通过向 BAR 写全 1 即可确定所需地址空间的大小。

1. 在驱动 PCI 设备时,首先是 PCI 设备的查找。由于采用了双采集卡的设计,就不能直接使用 pciFindDevice(),通过借鉴 pciFindDevice()原函数,查找 PCI 设备的代码如下:

```

for ( busNo = 0; busNo < PCI_MAX_BUS; busNo ++ )
{
    for ( deviceNo = 0; deviceNo < PCI_MAX_DEV; deviceNo ++ )
    {
        pciConfigInWord (busNo, deviceNo, funcNo,
            PCI_CFG_VENDOR_ID, &data); if (data == VENDORID){pciCon-
            figInWord (busNo, deviceNo, funcNo, PCI_CFG_DEVICE_ID,
            &data);if (data == DEVICEID)
            {i++; ;...}}}}
  
```

偏移	定义			
00H	设备识别		供应商代码	
04H	状态		命令	
08H	分类代码			版本
0CH	内含自测试	头标类型	延时计数	Cache 大小
10H	基址寄存器			
14H				
18H				
1CH				
20H				
24H				
28H	CardBus CIS 指针			
2CH	子系统代码		子系统供应商代码	
30H	扩展 ROM 基地址			
34H	保留		能力指针	
38H	保留			
3CH	MAX_LAT	MIN_GNT	中断引脚	中断线

图 3 PCI 配置头信息定义

2. PCI 设备配置空间寄存器的设置。通过调用函数 pciConfigIn, pciConfigOut 来实现对配置空间寄存器的读写。首先通过步骤 1 中的返回值设备总线号、设备号与功能号作为输入参数调用 pciConfigIn 读取 PCI 设备配置空间的基地址寄存器、命令寄存器、状态寄存器、中断寄存器。由 PCI 设备配置参数编写初始化程序,中断服务程序。将设备映射到内存中。

/* 配置基地址寄存器 */

```
pciConfigInLong (busNo, deviceNo, funcNo,
    PCI_CFG_BASE_ADDRESS_0, &base0[i]);
```

```
pciConfigInLong (busNo, deviceNo, funcNo,
    PCI_CFG_BASE_ADDRESS_1, &base1[i]);
```

```
pciConfigInLong (busNo, deviceNo, funcNo,
    PCI_CFG_BASE_ADDRESS_2, &base2[i]);
```

/* 确定映射到系统中的设备的基地址? */

```
base&=PCI_MEMBASE_MASK;
```

/* 将设备映射到系统内存中 */

```
if (sysMmuMapAdd ((void*)base0 [i],0x2000000,INIT_STATE
_MASK, INIT_STATE) == ERROR) {printf("DSP1 Mpeg4 init ER-
ROR! ");}
```

```
if (sysMmuMapAdd((void *)base1[i], 0x2000000,INIT_STATE_MASK,
INIT_STATE) == ERROR) {printf("DSP2 Mpeg4 init ERROR! ");}
```

5 图像文件的存储和回放

本系统采集压缩后的图像存储于嵌入式计算机的 SSD 硬盘中。考虑到长时间的记录,单个文件偏大的问题,设计了看门狗定时器,单个文件记录时间到时,会自动重新记录。要回放视频图像,有两种方式:

1. 在嵌入式计算机的 VxWorks 系统上建立了 FTP SERVER,可以在 PC 机上用 FTP 客户端通过网口连接嵌入式计算机,直接下载视频。

2. 把 SSD 硬盘从记录仪上取出,通过 USB 连接 PC 机,拷贝 SSD 硬盘里面的文件。

6 结论

当系统 D1 分辨率编码时,测得输出码率为 600kbps,编码速率达 25fps 以上,实现了 MPEG-4 的高分辨率实时编码。压缩后的图像清晰,即保证了图像质量,又兼顾了存储硬盘空间,以实现长时间的视频录制。

本文作者创新点:构建了一种基于 VxWorks RTOS 的视频记录仪,板卡采用了 PC104+,保证了系统的可靠性和实时性,并利用 FTP 协议达到了上位机和下位机通信的目的,便于录制视频的回放和管理。采用了 MPEG-4 压缩算法,兼顾了图像质量和存储空间,以达到长时间录制视频。

项目经济效益(20 万元)

参考文献

[1]肖忠炳.基于 DSP 和 VxWorks 的 MPEG-4 视频采集压缩系统的技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学.2006

[2]江宏伟,罗飞,陈治明.基于 VxWorks 的无人直升机控制系统设计[J].微计算机信息,2008,7-1:17-18

[3]孔祥营,张保山,俞烈彬.VxWorks 驱动及分布式编程[M].中国电力出版社.2007

[4]WindRiver.VxWorks 5.5 Programmer's Guild [M]. USA: Wind River System, Inc.2002

[5]陈智育,温彦军,陈琪.VxWorks 程序开发实践[M].人民邮电出版社.2004

作者简介:吴文亮(1982-),男,四川内江人,光学工程硕士研究生,主要从事嵌入式系统开发与应用等;金光(1958-),男,吉林长春人,研究员,博士研究生导师,主要研究方向为天基空间光学成像技术;刘洵(1954-),女,吉林长春人,研究员,硕士生导师,主要从事机载光电设备与计算机控制与应用等方向的研究。

Biography: WU Wen-liang (1982-), male, Born in Neijiang Sichuan Province, Master candidate, majoring in optical engineering, engaged in the development and application of embedded system.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 吴文亮 金光 刘洵 马天伟

(100039 北京 中国科学院研究生院) 吴文亮

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences Changchun, Jilin 130033, China) WU Wen-liang JIN Guang LIU Xun MA Tian-wei

(Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China) WU Wen-liang

通讯地址:(130033 吉林长春东南湖大路 16 号 长春光机所航测部) 刘洵

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)

(上接第 31 页)

[2]田东风. WinCE 通知 API 的解析及在控制程序中的应用[J]. 微机计算机信息, 2002, 04

[3]周立功等. ARM&WinCE 实验与实践:基于 S3C2410[M]. 北京航空航天大学出版社, 2007.7

作者简介:田文博(1983-),男,内蒙呼和浩特人,从事嵌入式设备与应用方面的研究;金光(1958-),男,吉林长春人,研究员,博士生导师,主要研究方向为天基空间光学成像技术;刘洵(1954-),女,吉林长春人,研究员,硕士生导师,主要从事机载光电设备与计算机控制与应用等方向的研究。

Biography: TIAN Wen-bo (1983-), male (Han), inner Mongolia, Now engaged in the development and application of embedded system.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 田文博 金光 刘洵

(100039 北京 中国科学院研究生院) 田文博

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

TIAN Wen-bo JIN Guang LIU Xun

Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) TIAN Wen-bo

通讯地址:(130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号中科院长春光机所航测部) 刘洵

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)

(上接第 41 页)

作者简介:谭力宁(1985-),男,河南省许昌市人,硕士研究生,主要研究方向:ARM 嵌入式开发;芦利斌(1964-),男,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向:信号与信息处理;金国栋(1979-),男,硕士,研究方向为无人机应用与仿真;周淑华(1981-),男,硕士研究生,主要研究方向为“动中通”通信问题研究。

Biography: TAN Li-ning (1985-), Male, Born in Henan province, Master, Main research field: UAV flight control, embedded system program design.

(710025 西安 第二炮兵工程学院研究生一队) 谭力宁 周淑华

(710025 西安 第二炮兵工程学院 602 教研室) 芦利斌 金国栋

(No.1001 team, The Second Artillery Engineering Institute, Xian 710025, China) TAN Li-ning ZHOU Shu-hua

(Faculty 602, The Second Artillery Engineering Institute, Xian 710025, China) LU Li-bin JIN Guo-dong

通讯地址:(710025 陕西西安第二炮兵工程学院研一队) 谭力宁

(收稿日期:2009.04.03)(修稿日期:2009.05.05)

《现场总线技术应用 200 例》已出版,
每册定价 55 元(含邮资),汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室
微计算机信息 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616 (T/F)