

VxWorks 操作系统下光纤通道通信软件的实现

王红春, 王世奎

(中国航空计算技术研究所, 陕西 西安 710068)



摘要: 为了实现光纤通道技术在机载计算机中的应用, 介绍了光纤通道优点, 说明基于 PCI 接口的光纤通道主机适配器的工作原理, 分析了该适配器提供的邮箱命令和队列两种软件编程接口工作机制, 给出嵌入式 VxWorks 环境下通信软件的实现方案。为开发机载光纤通道实时通信软件奠定了基础, 对光纤通道嵌入式应用具有普遍意义。

关键词: 光纤通道; VxWorks; 通信软件; 嵌入式系统

中图分类号: TP393.04

文献标识码: A

文章编号: 1671-654X(2004)02-0067-04

引言

光纤通道是由美国标准化协会制定的计算机之间以及计算机与 I/O 设备之间进行高速数据传输的接口标准, 它集千兆网络通信技术和通道控制技术优点于一身, 为高速通信网络提供了一种高可靠、低成本、实时性强、可扩展性好的解决方案, 同时支持 SCSI、IP、ATM 等多种上层应用协议, 提供 1Gbps 的传输速率, 是解决高速通信的理想选择。目前已广泛应用于数据仓库、图像处理、存储网络、并行计算和协同工作等领域。国内光纤通道技术嵌入式系统中的应用研究刚刚起步。本文在对光纤通道适配器硬件工作原理和软件接口分析基础上, 给出嵌入式 VxWorks 环境下通信软件的实现方案, 为机载光纤通道网络实时通信软件的开发奠定了基础。

1 光纤通道协议

光纤通道包括多个层次的协议, 可分为五层: FC0、FC1、FC2、FC3 和 FC4。其层次结构如图 1 示。

FC0 层定义了 FC 的物理链路, 规定了传输物理介质和传输速率。FC1 是编/解码层, 定义了串行序列的物理传输, 定时恢复和线路平衡功能; FC2 是信号协议层, 规定了块传输的传输机制和规则, 包括帧格式、节点间的信息交换管理; FC3 提供高级特性所需的通用服务; FC4 协议映射层, 定义了各种高层协议向低层映射的规则。

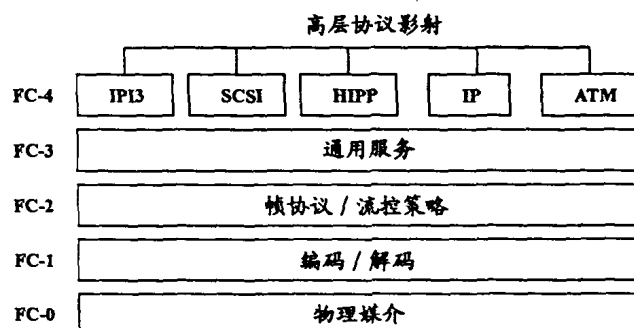


图 1 光纤通道协议层次结构

2 光纤通道主机适配器的工作原理

光纤通道主机适配器(简称 FC HBA)是一款高度智能化的通信处理机, 它支持光纤通道协议标准和 PCI2.2 接口。支持点到点、环网、交换网络等拓扑结构。内部集成一个高速微处理器, 在固件的控制下能够完成数据接收/发送、时钟恢复、串行/并行转换、8B/10B 编/解码, 流量控制等功能。并为驱动和应用程序提供了编程接口。在驱动配合下能实现 FC1. 层到 FC4 全部功能。

2.1 FC-HBA 组成

FC-HBA 主要由下面几部分组成, 其原理图如图 2 示。

- a. 光收发器: 负责光电转换;
- b. FC 协议处理器: 负责光纤通道协议处理和固

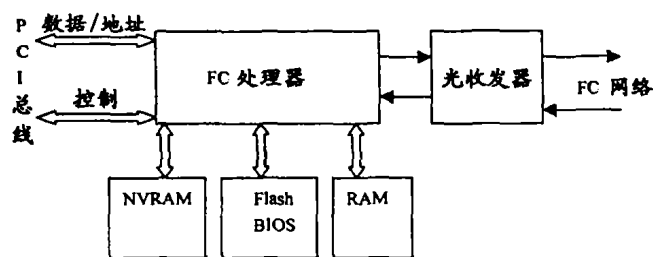


图 2 FC-HBA 结构

件程序的执行;

c. Flash BIOS: 用于存储 FC 协议处理器执行的固件程序;

d. RAM: 用作 FC 协议处理器的内存;

e. NVRAM: 用于配置 PCI 接口和网络通信参数;

f. PCI 接口: 提供主机访问接口。

2.2 FC-HBA 工作原理

2.2.1 数据的发送

数据从主机内存空间,通过 PCI 接口到光收发器发出的过程如下:

a. 主机将数据封装成 I/O 控制块,放入发送缓冲区,并通过 PCI 接口通知 FC 协议处理器有新的数据传输请求;

b. FC 协议处理器根据 I/O 控制块的要求,采用 DMA 方式将数据转移到通信接口的内存中,等待发送;

c. FC 协议处理器将数据从通信接口的内存读出并加上帧开始界定符、CRC 校验、帧尾结束界定符;

d. 将帧进行 8B/10B 编码,并进行并串转换;

e. 通过光收发器将串行的电信号转换为光信号发送到网上。

2.2.2 数据的接收

从网上传输的串行数据信息流转换为 32 位并行数据放入主机内存空间的过程:

a. 判断接收的数据是否为有效的光纤通道数据,并对有效的数据进行帧界定,去掉帧开始和帧结束界定符;

b. 对界定后的数据进行 10B/8B 解码,将四个 10 位的传输符转换为四个 8 位字节的有效数据;

c. 对解码后的有效数据进行 CRC 校验,并保存中间结果;

d. 根据帧头信息判断该帧是否发往本机,若是,则将数据写入接收 FIFO 缓存,否则将该帧继续传给下一节点;

e. 将该帧转移到通信模块的内存;

f. 在 DMA 控制下,将接收到的数据通过 PCI 写入主机内存,并通过中断通知主机。

3 FC-HBA 工作机制

FC-HBA 的固件程序支持邮箱命令和队列两种主机编程接口。邮箱命令接口负责配置固件、硬件和发送高优先级的 I/O 控制块。队列分为请求队列和响应队列两种,主机发送数据时,通过请求队列向固件提交 I/O 控制块;固件收到 I/O 请求块后,将其放入响应队列后通知主机处理。

3.1 邮箱命令接口工作机制

固件提供了可访问 16 个邮箱寄存器,其中 8 个为输入寄存器,用于主机向固件传递命令和参数,另外 8 个为输出寄存器,用于固件向主机返回命令执行状态。固件邮箱命令接口工作机制如下:

a. 邮箱命令的提交

主机确保不覆盖固件还未服务的邮箱寄存器内容,将要执行的命令和其相应参数写入邮箱寄存器。设置主机中断命令位通知固件进行服务。

b. 邮箱命令的处理

固件得知有新的邮箱命令需要服务后,保存邮箱命令,并根据邮箱命令及其参数作相应处理,将执行状态和数据放入输出邮箱寄存器,并发一个中断通知主机邮箱命令的处理完毕。

c. 邮箱命令的完成

主机得到中断后,进入中断服务。读取寄存器的内容来判断邮箱命令的执行状态。

3.2 队列接口的工作机制

固件提供队列接口由请求队列和响应队列两部分组成,分别对应主机内存空间的一个环形列表,每个列表包含了一个 in - pointer 和 out - pointer 索引指针。列表中每个实体长度由 64 个字节组成,每个实体地址通过列表首地址和索引可得到:实体地址 = 列表首地址 + 实体索引 X 64。环形列表的状态可通过两个索引指针来判断,当 in - pointer = out - pointer 时环形列表为空,当 (in - pointer + 1) % 环形列表长度 = out - pointer 时环形列表为满。环形列表实体个数 = (in - pointer + 环形列表长度 - out - pointer) % 环形列表长度。

队列接口是固件提供给主机发送和处理 I/O 控制块的软件接口,队列工作机制如下:

a. 请求块的提交

主机负责将发送的数据和命令封装成固件支持的请求块放入环形列表,调整队列的 in - pointer 指针,并通过中断通知固件请求队列已更新。

b. 请求块的处理

固件通过比较请求队列的两索引指针,判断队列是否有新的请求块。若存在新的请求块将其保存,调

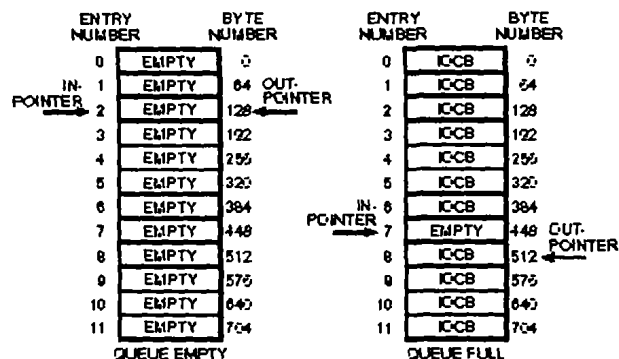


图3 队列状态

整请求队列 out - pointer 指针,并根据请求块内容作相应处理。处理完后将结果封装成一个响应块放入响应队列,调整响应队列的 in - pointer 指针,并通过中断通知主机响应队列已更新。

c. 请求块的处理完成

主机得到中断后,进入中断服务。通过响应队列的两个索引来判断是否有新的响应块,若收到响应块将其保存,并调整响应队列 out - pointer 指针。然后根据响应块获得请求的执行结果和状态。

4 VxWorks 下通信程序开发与实现

VxWorks 是美国 WindRiver 公司开发的高性能嵌入式实时操作系统。现已被广泛地应用在军事、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中,如卫星通讯、军事演习、弹道制导、飞机导航等。

下面给出在 Tornado 集成化开发环境下实现光纤通道通信程序的基本过程。

4.1 PCI 设备检测

PCI 总线是一种即插即用的总线,在 BIOS 和操作系统的支持下,能够自动地为设备分配合适的内存映射地址、I/O 端口和系统中断控制器的输入 (IRQ)。在 Vxworks 中有专门的 PCI 函数来检测设备的总线号、设备号和功能号。首先利用 pciFindDevice() 函数对给定 VendorID 和 DeviceID 的设备进行检测,检测完后同时给出了设备的总线号、设备号和功能号;接下来就是获得该设备的中断号、基地址 (包括 IO 和内存)。Vxworks 中 pciConfigLib.h 文件中定义 PCI 总线的常量。如中断号 (PCI_CFG_BRG_INT_LINE)、IO 基地址 (PCI_CFG_BASE_ADDRESS_0)、内存基地址 (PCI_CFG_BASE_ADDRESS_1) 等。利用函数 pciConfigInByte 和 pciConfigInLong 就可以很容易地获得设备的中断号和基地址。

4.2 固件和协议初始化

固件初始化通过邮箱命令实现下载、校验下载、

执行、初始化固件和获取固件状态等功能。

4.3 中断初始化

通过 VxWorks 提供的 pciIntConnect 函数,为配置适配器相应中断号设置中断服务函数。配置主机控制寄存器和 8259 中断控制器中断使能。

4.4 中断服务

当固件收到一个异步事件或数据,进入中断服务。中断服务根据不同的中断原因作相应的处理。中断服务处理流程如下:

a. 读取 PCI 中断状态寄存器,判断是否存在更高优先级中断未处理,若有更高优先的中段未处理退出中断服务。

b. 读取 PCI 信号寄存器,判断是否有异步事件发生,若有异步事件,从 MailBox0 中读取事件原因。异步事件可分为登录、离线、环网初始化、同步、系统错误等事件。根据异步事件原因做相应处理。并清除 PCI 信号寄存器。

c. 根据响应队列两索引指针判断队列是否为空,若队列为空跳转到步骤 d,若不为空,逐个读取响应控制块,控制块可分为网络状态、数据发送完成、数据收到等几种类型,根据控制块的类型做相应处理,并调整响应队列的输出索引指针。然后重复步骤 c。

d. 清除中断。

4.5 数据发送/接收

数据的发送是通过调用队列提供的 I/O 请求块来完成,应用程序将要发送的数据封装成 I/O 控制块,调用队列接口将数据发送到相应的目标节点。数据的接收是在中断服务程序中完成的,当中断服务程序判断收到数据,将接收的数据将其拷贝到接收缓冲区。

5 结束语

采用 FC - HBA,分析其软件工作机制,在 VxWorks 操作系统环境下,开发的 FC HBA 通信软件已调试完成,并通过了实际光纤联网通信的验证。该工作对下一步开发机载光纤通道实时容错分布式通信软件奠定了基础,对开发光纤通道的嵌入式应用也具有广泛意义。

参考文献:

- [1] Weimer Tom. Fibre Channel Fundamentals [M]. Spectra Logic Corporation, 1995.
- [2] Alan F. Benner Fibre Channel For SANs [M]. McGraw - Hill Companies, Inc.
- [3] VxWorks 5.5 BSP Developer's Guide [M]. Wind River

Systems.

- [4] 王世奎. 机载光纤通道通信技术研究[A]. 2003 中国计算机大会论文集[C], 2003, 11.

- [5] 杨建茜, 王世奎. 机载 FDD2 高速光纤数据总线系统通信管理软件设计[J]. 航空计算技术, 2003, 33, (1).

The Implement of Fibre Channel Communication Software in VxWorks Operation System

WANG Hong-chun, WANG Shi-kui

(Aeronautic Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, China)

Abstract: The thesis is proposed to apply the FC (Fibre Channel) technology to the airborne computer systems. Firstly, the advantages of the FC technology are introduced. Secondly, the principle of FC host adapter based on PCI interface is described. Thirdly, two kinds of programming interface mechanisms of mailbox and queue are analyzed. Lastly, the implementation of communication software in VxWorks is provided. The result provides a basis for developing real-time communication software of FC technology in airborne system and is of prevalent significance in embedded application of FC technology.

Key words: fibre channel; VxWorks; communication software; embedded system

(上接第 66 页)

多花的时间与节省的时间和所带来的方便而言,是完全可以接受的。将来的工作是:1) 针对特定应用(如在 y 向单调性设备上输出)对算法加以改进;2) 寻找避免重复访问象素的途径。

参考文献:

- [1] 马越, 王厚生, 何继承. 改进的线刷子算法[J]. 西安电子科技大学学报, 1999, 26, (4).

- [2] Donald Hearn, M. Pauline Baker, 蔡士杰译. 计算机图形学[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998 年 4 月. pp. 45 - 49, 98 - 100.
- [3] Ed. David Kirk. Graphic Gems III[M]. Boston: Academic Press Inc. c1992, pp. 1993 - 1998.
- [4] Ed. Glassner. Graphic Gems[M]. Boston: Academic Press Inc. c1990, pp. 107 - 113.

The Method for Two Wide Lines Join Smoothly

DANG Zhong-hua¹, WANG Bao¹, WU Xia-dong²

(1. School of Computer, Xidian Univ., Xi'an 710071, China;
2. School of Communication Engineering, Xidian Univ., Xi'an 710071, China)

Abstract: The wide lines are widely used for engineering drawing, and PCB drawing. So it has effect on the quality of the final result. The wide lines joints problem is one of the known problems, which would be resolved during wide line generation. With two methods described here the two wide lines join smoothly with round joints, and so with bevel joints. In practice we show that the two methods are available and efficient

Key words: computer graphics; wide lines joints; circular arc fillet; bevelling fill