

IP 在 IEEE 1394 高速串行总线上的应用研究

雷 宙,张春熹,王 妍

(北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院,北京 100191)

摘 要:高速数据总线技术是航空电子中的关键技术之一。IEEE 1394 是一种新型的高速串行数据总线,并已成功用于航空电子中。其异步传输保证数据传输的可靠性,广泛用于命令、状态数据的传输;等时传输又能满足航电系统中大容量数据实时传输的需求。IP 是互联网中最基本的通信协议,把 IP 运用在 1394 串行总线上(IP over 1394),充分利用 1394 的高速可靠等特点,将使 IEEE 1394 的应用更加广泛。文中主要讨论了通过 1394 串行总线传输 IP 数据包所必然的方法、数据格式和 1394 ARP。

关键词:IEEE 1394;航空电子;IP over 1394;异步传输;等时传输

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)03-0190-03

Application Research of IP Over IEEE 1394 High-Speed Serial Bus

LEI Zhou, ZHANG Chun-xi, WANG Yan

(School of Instrument and Opto-electronic Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: High speed data bus technology is one of the core techniques in avionics. IEEE 1394 is a novel high-speed serial data bus, and has been applied in avionics successfully. Its asynchronous transfer mechanism guarantees the reliability of data transferred and is widely used to transfer command and status data. Isochronous transfer also can meet the need of avionics system demanding for real-time transmission of mass data. IP is the basic communication protocols of internet, using the IP protocol over 1394 and making the best of high speed and reliability of 1394 which will make it widely used. Mainly discuss the necessary methods, data structures and 1394 address resolution protocol (ARP) for the transport of internet protocol datagrams over IEEE 1394.

Key words: IEEE 1394; avionics; IP over 1394; asynchronous transfer; isochronous transfer

0 引 言

以往,为了使兼容性更好,每次通信平台改变了,系统集成者不得不重新编写系统通信代码。为了解决这种无止境的兼容性难题,大多数系统集成者选择使用 IP 协议来进行节点之间的通信。IP 网际协议已经成为当今一种标准的通信协议,它是 TCP/IP 协议栈的基础,工作在 OSI 的网络层^[1],负责将数据传输到正确的目的地,同时也负责路由。无论传输层使用何种协议,都要信赖 IP 来发送和接收数据^[2]。不管使用哪种通信系统,如果上层应用程序是基于标准 IP 协议的,软件可以方便移植到一个新的通信平台而不需要修改。

IEEE 1394 是 1987 年 Apple 公司发布的高速串行总线^[3],并于 2001 年 5 月 21 日发布了最新版本

“1394b”^[4]。鉴于 IEEE 1394 接口具有数据传输高速、实时和可靠等特性,将 IEEE 1394 串行总线协议与 IP 协议有机结合起来,首先,在网络上有广泛的应用。对于经常传送大量音视频信号的环境,比如航电系统内建立的局域网络环境,通过 IEEE 1394 创建的局域网络能够以很高的速率进行声音与图像信号的实时传送,还可以传送数字数据和设备控制指令。其次,在实现 IEEE 1394 设备传输 IP 数据报之后,所有带有火线接口的设备都可以高速访问互联网,充分利用互联网的资源。最后,利用 IEEE 1394 创建的局域网络中不使用路由器或集线器,使用的是对等结构,不需要某个节点来控制整个网络数据流,故不需要设置专门的服务器^[5]。

1 IEEE 1394 的体系结构和通信模型

1.1 IEEE 1394 的体系结构

IEEE 1394 串行总线的体系结构是按照节点来定义的。一个节点就是一个寻址实体,它有自己的标识 ROM 和标准的控制状态寄存器,能够独立进行初始化和配置。一个模块可以有多个节点,而一个节点又可

收稿日期:2010-07-06;修回日期:2010-10-08

基金项目:国家航空科学基金资助项目(2008ZC51032)

作者简介:雷 宙(1986-),男,硕士研究生,主要研究方向为光纤数据总线、嵌入式软件开发;张春熹,教授,博士生导师,研究方向为光纤陀螺及其导航系统、光电检测与信号处理。

以有多个元件。当然,模块只是一个物理概念,节点和元件属于逻辑寻址实体。

IEEE 1394 串行总线的拓扑结构可分成两种环境:底板环境和线缆环境^[6],如果是不同环境的总线,其连接需要总线桥。线缆环境下的物理拓扑结构则是无环网络结构,每个端口由收发器和一些简单的逻辑单元组成,线缆和端口的作用就是总线中继器,在节点间形成一条逻辑总线。

1394 遵循 CSR 体系结构的 64 位固定寻址方式,高 16 位为节点标识,它由总线标识和物理标识组成,分别占 10 位和 6 位,故 1394 最多支持 2^{16} 个节点, $2^{10}-1$ 条总线和 2^6 个节点^[7](地址全为 1 的总线和节点留作特殊用途)。

1394 的协议结构由三部分组成:事务层、链路层和物理层^[8]。用于请求者和响应者之间的数据传输过程中完成相关服务。事务层支持异步传输的读、写和锁定操作,遵循 CSR 结构的请求/响应协议;链路层主要为事务层服务,它实现对等时和异步数据包的寻址、数据校验、分析等功能,链路层还提供了等时传输服务;物理层主要是把逻辑信号转换成能在串行总线上传输的电信号并实现仲裁服务。

1.2 IEEE 1394 的通信模型

IEEE 1394 支持两种通信类型:异步通信和等时通信。

异步通信能准确无误地把数据传输到目标节点^[9],它可应用在那些需要毫无差错地传输数据的场合。异步通信需要确认数据,故它由两个事务组成,请求子事务和响应子事务,请求子事务初始化本次事务并发送请求包,响应子事务是在接收到请求后返回响应包。异步通信通过确定的 64 位地址来指向某一特定的节点,占有 20% 的总线带宽。而等时通信的地址不是通过 64 位地址来指定的,而是一个 6 位的信道号来确定目标节点的,它占有 80% 的总线带宽,这种通信只有获得总线带宽和等时信道号才可以进行,它可以同时向多个节点发送数据。

2 IP over 1394

IP/1394(IP over 1394 的简称)协议是介于操作系统的 IP 栈和 1394 协议栈之间的软件层,此层管理数据结构和 IP 数据包在传输过程中的封装,也包括 ARP(地址解析协议)。图 1 为系统的层次框图,如图可知,它和网卡驱动的地位是一样的。

为了使支持 IP 协议的节点间顺利的通信,每个节点必须建立一个映射表,使用 ARP 协议把 IP 地址和与之通信的 1394 地址(接收者的存储器映射的地址或接收信道号)进行映射。其实 16 位的 1394 节点 ID

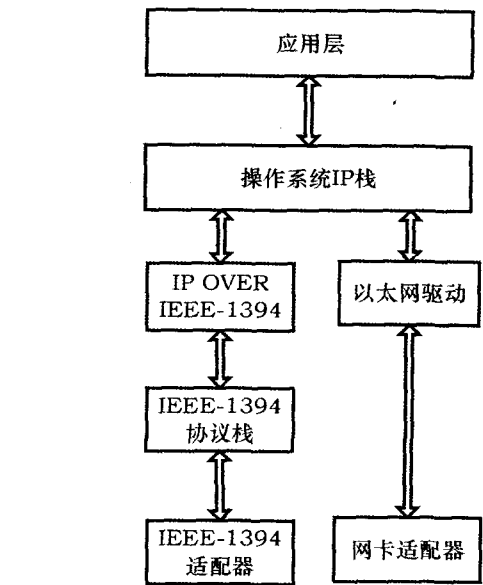


图 1 系统层次框图

(总线 ID 和物理 ID)类似于网络硬件地址,但是 1394 节点 ID 是动态变化的,随着总线上节点的插入或移除其节点 ID 会重新分配。1394 设备有一个 64 位的惟一标识符,它由厂商 ID 和芯片标识组成,不会随总线复位而改变。ARP 发送广播请求包请求目的 IP 节点的 1394 硬件地址或通道号,ARP 请求包中包含目的主机的 IP 地址,所有支持 IP 协议的节点把自己的 IP 地址和 ARP 请求包中的 IP 地址相比较,如果相匹配,就发送一个 ARP 应答包,这个 ARP 应答包包含 IP 地址及对应的硬件地址或通道号。发送方知道 IP 地址和目标节点的 1394 硬件地址后便可以开始向目标节点传送 IP 数据报了。1394 ARP 请求/响应的数据包格式^[10]如表 1 所示。

表 1 1394 ARP 请求/响应包格式

0	7	15	31
硬件类型		协议类型	
硬件地址长度	IP 地址长度	操作码	
源节点标识(64 位)			
最大有效长度	速度	缓冲偏移地址高字节	
缓冲偏移地址低字节			
源 IP 地址			
目的 IP 地址			

IP 数据包可以通过等时流、异步流或异步块写请求包进行发送。最初在 IEEE139-1995 中定义了同步流数据概念,它指链路层向上层提供的基于通道号的、占用总线带宽的同步包传输,其事务代码为 0x0A。后来在 IEEE1394a 标准中,对这一概念进行了扩展,提出了异步流数据概念。异步流数据指在总线周期的异步时间段内传输的使用通道号的包。与同步流数据传输相比,它不提供 QoS 支持,并且在一个总线周期异步时段内可以传输多个同一通道的异步流包。当通过等时流发送 IP 数据包时,必须先获得等时资源管理器

节点给定的信道号码。这种传输方式的好处是有预定的总线带宽,缺点是每条通信链路必须保留一个信道号,但 1394 只支持 64 个等时信道,数量有限。需要固定带宽通信的可以采用这种传输方式。当采用异步流发送数据包时,它与等时流的特性一样,也是通过信道号的方式传输数据,与等时流不同的是,数据包是在公平间隔内发送,而采用等时流方式的数据包则是在等时总线间隔内发送。大多 IP 数据包,包括 1394 ARP 请求和响应包以及 IP 广播包一般都采用异步流数据包的方式传送。在这里讨论一下 IEEE 1394 总线中异步流数据传输。如若使用异步流数据包,则必须遵从 IEEE 1394a 协议规定的异步流数据包格式 (GASP),异步流数据包的格式^[11]如表 2 所示。

表 2 异步流数据包格式

0	7	15	17	23	27	31
数据长度		标签	通道号	事务代码	同步代码	
数据包头 CRC 校验						
源节点标识		特征码高字节				
特征码低字节		版本				
数据(64 位)						
数据 CRC 检验						

当然,并不是所有的串行总线设备都能够接收和发送 1394 ARP 请求/响应包或 IP 数据包。一个能传输 IP 数据包的节点必须至少满足下列要求:

(1) 必须实现 ISO/IEC 13213 规定的通用的配置 ROM 内容、IEEE1394a 制定的总线信息块以及此标准规定的单元目录。

(2) 总线信息块中的 max_rec 域必须大于等于 8。它表明能够接收带有 512 字节数字的数据块读写请求包和异步流数据包。

(3) 它必须具有 IEEE 1394a 规定的承担等时资源管理的能力。

(4) 它必须具有 IEEE 1394a 规定的接收和传输异步流数据的能力。

3 IP 数据包封装头格式

IP 数据包要通过 1394 串行总线传输必须封装成 1394 数据包的格式,并且要加一个封装头,封装头的作用是用来判断一个 IP 数据包是完整的还是碎片,如果是碎片,从封装头的前缀便可判定此碎片是 IP 数据包的头分片、中间分片还是最后一个分片。具体的格式依传输方式而定。完整的 IP 数据包封装头格式如表 3 所示。

表 3 完整数据包的封装头

Lf	Reserved	ether_type
Bit 0~1	Bit 2~15	Bit 16~31

Lf:如果是完整的 IP 数据包,这个值为 0。

Ether_type:此域说明即将发送数据包的协议类型。若其值为 0x0800,表明此数据包为 IPv4 数据包;为 0x0806 时,则为 1394ARP 请求或响应数据包;为 0x8861 值时,则为 MCAP 数据包。

对于大小超过网络硬件所允许的最大值 (MTU) 的发送,数据包在传输时要进行分片,然后在接收方进行重组^[10]。第一个分片的封装头应遵从格式如表 4 所示。

表 4 第一分片封装头

lf	rsv	Buffer_size	Ether_type
Dgl			reserved

第二及之后的分片的封装头应遵从的格式如表 5 所示。

表 5 其余分片封装头

lf	rsv	Buffer_size	Rsv	Fragment_offset
Dgl			reserved	

这 lf 域指明分片数据包在整个数据包中的相对位置,0 代表未分片数据包,1 代表第一个分片,2 代表最后一个分片,3 代表中间的分片。

Buffer_size:缓冲区的大小,所有分片数据包的值都一样,用于分片数据包的重组。

Ether_type:此域只在第一分片有,其值为 0x800,指明其为 IPv4 数据包。

Fragment_offset:此域只在第二及之后的分片上有,指明此分片在整个 IP 数据包中的位置,用于分片数据包重组的时候。

Dgl:IP 数据包的所有分片具有同一个标识值,每发送一份数据包,它的值就要加 1。此值的范围在 0 ~ 65535 间循环。

所有的 IP 数据包不管采用哪种传输方式,都应该加上如上描述的封装头,这样数据包传输才能顺利的进行。

4 结束语

文中详细介绍了 IP 与 1394 的结合方式,主要包括采用的传输方法,异步流数据包和 1394 ARP 的格式及 IP 数据包通过 1394 总线传输必须附加的封装头。为满足未来战争海量信息传输需求,高带宽、大容量将成为航空电子系统中各种通信技术的发展方向。IEEE 1394 作为一种新型的串行通信协议标准,以其传输速度快、兼容性好、可靠性高等特点在计算机网络与高速总线领域正逐渐得到认可与应用,其在航空航天领域的发展前景十分乐观。实现了 IP 数据包通过

(下转第 196 页)

擦除时,由于送入地址的时间相对可忽略,显然擦除耗时减少了约一半。

根据技术手册说明 t_{A+D} 大约为 75 微秒, t_{PROG} 大约为 675 微秒^[12],可以看出使用双片操作写入时理论上也节省了写入时间,也就是提高了写入的速度。

4 测试及分析

文中通过编写一个测试应用程序来测试读、写、擦除的速度。该应用程序可以测试出读、写和擦除文件的时间。使用到的 Windows CE API 函数主要有 CeReadFile、CeWriteFile、CeDeleteFile、QueryPerformanceCounter、QueryPerformanceFrequency。

以 20M 文件为例,测试结果对比结果见表 1(单位:ms)。

表 1 20M 文件读、写、擦除耗时

已有容量	10%		65%		90%	
	改进前	改进后	改进前	改进后	改进前	改进后
读	6115	4724	6125	4691	6126	4852
写	9875	5618	11093	5945	11203	6013
擦除	833	452	817	471	793	466

可以用需用时间的多少来衡量速度的慢快。由以上对比测试可以看出,读性能提高了约 1.8 倍,写性能提高约 1.3 倍,擦除速度接近原来的 2 倍。可靠性不易测试,但从理论上可知可靠性提高了。

5 结束语

目前市场对大容量便携存储器需求与日俱增,WinCE 也被广泛用于诸如手机、PDA、导航仪等嵌入设备中。文中前半部分简单介绍了硬件原理及实现方法,其后介绍了在 WinCE 系统下的驱动架构和改进了

常用的实现的方法。此方案具有较强实用性及一定的理论价值,可满足一般的应用需求。

参考文献:

- [1] SEP0718 Datasheet[S]. 2009.
- [2] Flash Memory K9G8G08U0M Datasheet[S]. Samsung Corp., 2006.
- [3] 陈一新,汪伟. WinCE 环境下大页 NAND Flash 存储系统实现[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(4): 108-110.
- [4] Microsoft Visual Studio 2005 documentation[S]. Microsoft Corp., 2006.
- [5] 陆林燕,王鲁静,郑正奇. NAND FLASH 编程实现研究分析[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(3): 118-120.
- [6] 沈祺,时龙兴. 大容量 NAND FLASH 驱动及 YAFFS 文件系统在 WinCE 下的实现[D]. 南京:东南大学, 2007.
- [7] 魏建磊,王茹. DSP 芯片中双通道 DMA 的研究与设计[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(3): 36-39.
- [8] 史斌,丁志刚,张伟宏. 基于 PXA3xx 处理器的 NAND 闪存 DMA 方案[J]. 计算机应用, 2009, 29(8): 2136-2142.
- [9] Improving Performance Using Two-Plane Commands Introduction Technical Note[S]. Micron Corp., 2007.
- [10] Boboila S, Desnoyers P. Writer Endurance in Flash Drivers: Measurements and Analysis[C]//8th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST'10). San Jose, California: [s. n.], 2010.
- [11] 张纪艳,张萌,张伟伟. WinCE 系统中 MLC 型闪存的编程支持研究[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2): 60-63.
- [12] Fisher R. Optimizing NAND Flash Performance [EB/OL]. 2008-08. http://download.micron.com/pdf/presentations/e-events/flash_mem_summit_08_rfisher_optimizing_flash.pdf, 2008.

(上接第 192 页)

1394 设备传输之后,带有 1394 接口的设备就可以充分利用互联网上的资源,而且,在下一代互联网规范中,IEEE 1394 网络上的 IPv6 数据包传输被纳入互联网草案^[12],并作为重点发展方向,前景一片光明。

参考文献:

- [1] Stevens W R. TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols [M]. 北京:机械工业出版社, 2002.
- [2] 宫纪明. IEEE 1394 串行总线协议在以太网中的应用研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2009.
- [3] 龚东磊,胡继波. IEEE 1394 高速串行总线及其应用[J]. 计算机工程, 2002(11): 237-238.
- [4] 1394b IEEE Standard for a High-Performance Serial Bus [S]. IEEE Std. 1394b, 2002.
- [5] 樊鑫,段喜龙,舒坚. IEEE 1394 技术及其发展综述[J]. 计算机与现代化, 2004(6): 79-80.
- [6] 张大朴,王 晓,张大为,等. IEEE 1394 协议及接口设计 [M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2004.
- [7] 马金发. IEEE 1394 的体系结构[J]. 现代计算机, 2002(1): 9-12.
- [8] 胡云. 对 IEEE 1394 总线技术的研究[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(3): 288-302.
- [9] 何霞,刘青昆,张玲. IEEE1394 异步传输模式下数据通信机制的研究[J]. 淮北煤师师范学院学报(自然科学版), 2008, 28(2): 57-61.
- [10] Johansson P. IPv4 over IEEE 1394[S]. RFC 2734, 1999.
- [11] Draft Std. for a High Performance Serial Bus [S]. IEEE p1394a, 1998.
- [12] 丁振国,张玲. IPv6 环境下多级 QoS 控制研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(6): 221-223.