

文章编号:1001-9081(2007)07-1792-03

嵌入式附网刻录系统的设计与实现

殷建军¹,张明武¹,刘财兴¹,万军洲¹,刘东²

(1. 华南农业大学 信息学院, 广州 510642; 2. 广东外语外贸大学 南国商学院, 广州 510545)

(yingxiong_1980@163.com)

摘要:设计并实现了一个基于虚拟本机刻录的嵌入式附网 DVD 刻录系统。详细介绍了这个系统的整体设计方案,着重介绍了基于“生产者 and 消费者”模型的三级缓冲结构和缓冲区管理策略,并进行了相应的实验测试和性能分析。

关键词:嵌入式系统;网络存储;光存储;附网刻录

中图分类号: TP303 **文献标志码:** A

Design and implementation of embedded network-attached recording system

YIN Jian-jun¹, ZHANG Ming-wu¹, LIU Cai-xing¹, WAN Jun-zhou¹, LIU Dong²

(1. College of Informatics, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong 510642, China;

2. College of Nanguo Commerce, Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou Guangdong 510545, China)

Abstract: Embedded system, network storage and optical storage are very popular nowadays. Network-attached DVD recording system based on embedded system is the combination of the three technologies. One embedded network-attached DVD recording system based on virtual local recording was designed and implemented. The design of this system was particularly described, and the three-level cache architecture and the strategy of cache management based on producer/consumer model were emphatically introduced. At last, the corresponding testing and performance analysis were carried out.

Key words: embedded system; network storage; optical storage; network-attached recording

0 引言

信息时代人们对海量信息的数字化存储要求与日俱增,具有大容量、低廉的 DVD 光盘刻录机的出现一定程度上满足了人们的要求。但是流行的 DVD 光盘刻录机一般都是基于单机,缺乏便携性、共享性,这就使得其使用效率很低。同时,数据的海量存储、高速存取及海量数据备份日益重要,越来越成为信息高速公路的瓶颈问题。附网存储(Network Attached Storage, NAS)^[1-4]和存储局域网(Storage Area Network, SAN)^[5,6]应运而生,代表着未来以网络为基础的存储结构的发展方向。附网存储由于构建成本低、扩展性好、可用性高,方便从现有的企业内部 LAN 中升级改建,是中小企业的首选方案^[7]。然而,当前的网络存储的主要存储设备是硬盘,而光盘和磁带等存储设备在数据备份中起着重要的作用,特别是光盘技术的飞速发展,使得光存储在存储技术中的地位越来越重要^[8];光盘的低廉价格和优秀的保存性能使得其在数据备份中广泛使用^[9,10]。

光存储技术和网络技术的结合产生了网络光存储技术,它既满足了大容量的存储要求,又具有很高的共享性,使用嵌入式系统来实现网络光存储,其成本将非常低廉。本文在研究嵌入式系统、网络存储、光存储等技术的基础上,设计并实现了一个嵌入式附网刻录系统。该系统具有共享性高、“即插即用”、易安装、易维护、成本低廉的特点。

1 刻录系统设计方案

1.1 总体设计

如图 1 所示,嵌入式附网 DVD 刻录系统采用 C/S 模式,由客户端和服务器两部分组成,二者之间通过网络连接在一起。客户端是支持 TCP/IP 协议的任何计算机系统,包括刻录软件、操作系统和客户端驱动软件。其中客户端驱动软件共分四个模块:网络处理、模拟 ATAPI 驱动、写入策略设置和缓冲区处理。服务器则是一个嵌入式系统的构架,由嵌入式系统和刻录设备(包括 DVD 刻录机和 IDE 硬盘)共同组成。在嵌入式系统中也包括了网络处理、缓冲区处理、ATAPI 接口驱动和写入策略伺服控制等四个模块,刻录设备则按照系统给定的写入策略对光盘机构进行刻录操作和控制。

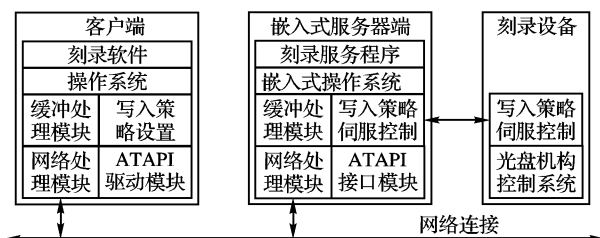


图 1 嵌入式附网 DVD 刻录系统的组成框图

1.2 服务器端硬件设计

图 2 描述了服务器端的硬件构架。服务器主要模块有嵌

收稿日期:2007-01-08;修回日期:2007-03-20。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60273077);华南农业大学校长基金资助项目(2005X028)。

作者简介:殷建军(1981-),男,湖北广水人,助教,硕士,主要研究方向:嵌入式系统、光存储设备、计算机网络、信息安全;张明武(1972-),男,湖北仙桃人,副教授,主要研究方向:嵌入式系统、计算机网络、信息安全;刘财兴(1963-),男,广东曲江人,副教授,主要研究方向:嵌入式系统、计算机网络、信息安全;万军洲(1972-),男,湖北云梦人,助教,硕士,主要研究方向:计算机网络、嵌入式系统;刘东(1982-),男,湖北石首人,助教,硕士研究生,主要研究方向:计算机网络、嵌入式系统。

入式处理器、电源模块、网络接口模块、CPLD 接口控制模块、硬盘驱动器和 DVD 刻录驱动器。另外,还有用于调试的 JTAG 接口和串行接口。

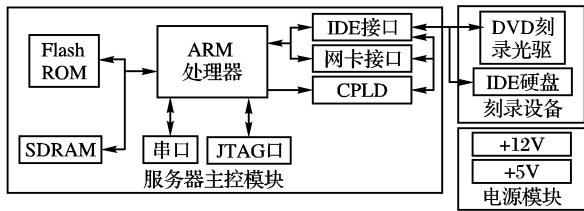


图2 服务器端硬件构架

嵌入式处理器是整个服务器端的核心,它主要负责整个系统的运行,控制各部件工作和协议的转换。电源模块负责整个系统的供电,主要是向嵌入式系统和 DVD 刻录机提供直流电压。网络接口模块则负责整个系统和外部网络的接口处理。客户端一般通过以太网对服务器进行访问并传送待刻录的数据,也可以通过以太网络接口对嵌入式系统进行程序下载和开发调试。CPLD 接口控制模块负责嵌入式处理器对 DVD 刻录驱动器、以太网接口的控制访问,还充当了解决处理器数据总线电压和外部设备的电压不匹配问题的数据缓冲角色。调试接口模块主要有 JTAG 调试接口和串口。

1.3 软件设计

为了给用户最大的灵活性,可将远程的刻录机映射到本地使用。用户使用附网 DVD 刻录机就如同使用一个本地的刻录机一样灵活,也就是虚拟本机刻录。图 3 给出了基于虚拟本机刻录的软件构架,其中刻录部分包括刻录客户端和刻录服务器端。

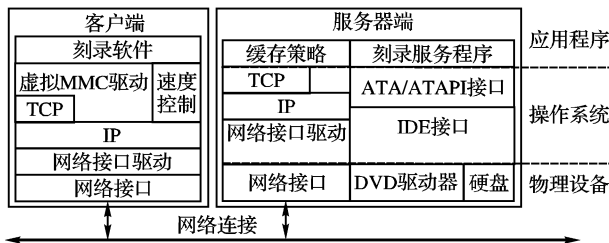


图3 虚拟本机刻录方式软件结构

客户端软件构造一个虚拟的 DVD 刻录机,提供虚拟多媒体指令集(SCSI3 Multi Media Commands, MMC)驱动,并利用系统的 TCP/IP 协议栈和以太网网络设备驱动实现同服务器的通信,写入策略设置也在客户端由刻录软件完成。刻录软件开始刻录时,客户端软件将刻录指令和刻录数据拦截并包装在 TCP/IP 包中,利用 TCP/IP 协议,将刻录指令和数据传递给服务器端。

服务器需要实现对以太网接口设备的驱动、TCP/IP 协议栈、通信模块、IDE 接口设备驱动及 ATAPI 驱动。服务器端基本工作流程如下:服务器端从网络接口获得 TCP/IP 数据包并进行解包,对数据包和命令包进行分流处理;得到刻录数据和刻录命令,将刻录数据生成映像文件;再将映像文件数据按 ATAPI 协议转化为 ATAPI 包,通过 ATAPI 接口将数据刻录到可写 DVD 光盘上;等刻录机返回结果和状态信息后再将它们进行 TCP/IP 打包并传回客户端。

2 缓冲区管理策略

刻录光盘最大的问题就是缓冲区欠载,一旦缓冲区欠载,意味着刻录失败,盘片报废。所以缓冲区管理策略尤为重要。目前,解决缓冲区欠载的方案除了增大缓冲区以外,主要有 Burn Proof、Just link 和 Seamless link 三种技术。本刻录系统

使用三级缓冲结构和循环队列算法管理缓冲区,并结合 Seamless link 技术,可以大大提高刻录机的成功率。

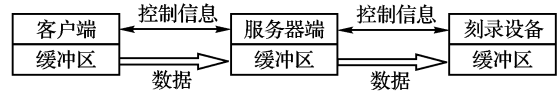


图4 缓冲区控制关系

如图 4 所示,客户端、服务器端和刻录设备都有自己的缓冲区,构成三级缓冲结构,最大限度地降低网络数据的不稳定性。在系统确定当前进入刻录状态之后,客户端、服务器端和刻录设备使用“生产者和消费者”的算法来协调缓冲区之间的同步和互斥关系。

在图 4 所示的三级缓冲结构中,服务器端与刻录设备之间的缓冲区最为重要,本文将详细阐述该缓冲区管理的策略。

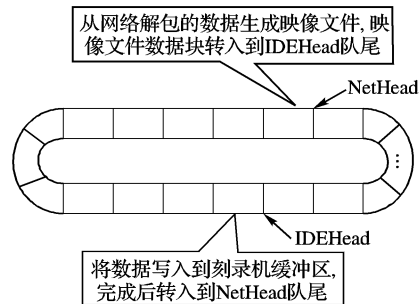


图5 数据缓冲区和队列处理

由于刻录数据本身是连续数据流,为了有效地使用和管理数据缓冲区,使用循环队列来访问和控制数据缓冲区。在实现的刻录系统中,嵌入式系统本身有 16MB 的内存空间,我们建立了如图 5 所示的数据缓冲区,总共有 4MB 的空间,将其分割成 256 块大小,平均每块大小为 16KB。使用数据块大小为 16KB 的两个队列标识数据缓冲区,队列 NetHead 用于缓冲从网络传过来并生成映像文件的数据,队列 IDEHead 用于将数据传送到 IDE 刻录机。初始时,NetHead 队列是满空间的(4MB),当网络的数据被解包并生成映像文件后,映像文件数据块被传送到 NetHead 队列并填满一个数据块后,该数据块就会转入 IDEHead 队列,从而传送到 IDE 刻录机的缓冲区中,开始数据刻录。我们使用的 4MB 数据缓冲区实际上就是一个循环缓冲区,为此我们可以使用“生产者和消费者”算法来解决数据的并发和数据流的控制问题。在实际问题处理时,我们也是使用 Head 和 Tail 来寻址循环缓冲区,处理逻辑上 NetHead 队列和 IDEHead 队列之间数据块的转入和转出操作的。Head 是指向数据写入的位置并且只能被数据的生产者更新的指针;数据从 Tail 读出并只能由消费者更新。通过锁机制和信号量,我们将两个进程同步,从而保证了数据流量的控制。

3 性能测试与结果分析

网络刻录过程一般分三个部分,首先是将待刻录的数据传送到服务器端,再转换成光盘映像文件,然后再将映像文件刻录到可写 DVD 光盘上。即在附网刻录中,刻录总时间 = 文件传输时间 + 光盘映像文件生成时间 + 数据写入光盘时间。本文测试的性能指标主要是平均刻录速率(刻录文件的大小与刻录总时间之比),比较虚拟本机刻录和 Web 刻录;同时比较在刻录不同大小文件时三部分时间所占比例,从而找出性能瓶颈,加以改善。

3.1 性能测试平台

本方案的试验平台是 Hp-Link10/100Hub、8 台 P4 PC 机

和附网刻录机。客户机配置为 Windows XP (Service Pack2), CPU Pentium4 1.8G, 内存 256M, 希捷硬盘 ST340016A (40G/7200 rpm/2M Cache), 网卡 100M RealTek8139D; 服务器端配置为本附网刻录系统, IDE 刻录机 VOM-4B12J (1~4xDVD +/- RW); 理光 1~4xDVD + RW 盘片, 100M Base-T 以太网; 测试工具为 Nero 6. 6. 1. 4CD/DVD Speed V3. 61, DVD InfoPro V3. 48 及自编测试程序。

表 1 虚拟本机刻录性能测试结果

源文件大小/MB	网络传输时间/s	生成映像文件时间/s	数据写入光盘时间/s	总刻录时间/s	平均刻录速率/MBps
1	0.9	6	11	17.9	0.059
10	8.4	11	32	51.4	0.194
100	47	35	131	213	0.469
400	179	143	341	663	0.603
1000	431	357	849	1637	0.611
4000	1793	1442	3197	6378	0.627

3.2 测试数据及分析

表 1 给出了虚拟本机刻录的各个部分所用时间的测试结果及刻录不同大小文件时的平均刻录速率。可以看出, 当源文件较小时, 平均刻录速率很小, 随着源文件的增大平均刻录速率逐渐增大, 最后趋于稳定。

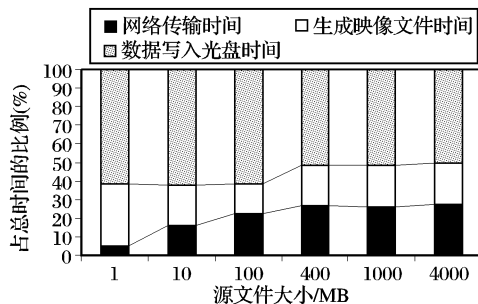


图 6 总刻录过程时间比例分配图

如图 6 所示, 刻录过程的三部分在刻录不同大小的文件时, 每个部分耗费的时间占总时间的比例是不同的, 随着源文件的增大, 数据写入光盘耗时的比例却逐渐减小, 生成映像文件耗时的比例缓慢减小, 网络传输耗时的比例却逐渐增加。这是因为数据开始写入光盘和数据写入光盘结束动作耗时是固定的, 数据量越大, 数据写入光盘的效率得到了提高, 生成映像文件的效率也随着数据量的增大而逐渐提高; 而网络传输耗时随着数据量增加而增加, 其传输效率变化并不大。

图 7 是虚拟本机刻录和 Web 刻录两种方式的平均刻录速率的曲线图。测试结果显示, 随着源文件的增大, 两种刻录方式的平均刻录速率都随之增大。总体上, 在源文件较小 (<10 MB) 时, 两种方式刻录速率接近, 但是随着源文件的增大, 虚拟本机刻录的平均刻录速率明显高于 Web 刻录。虚拟本机刻录速率比 Web

刻录快的原因主要是: 在虚拟本机刻录方式中, 光盘映像文件生成、文件的网络传输可以并行; 而在 Web 方式中, 先将源文件全部传到服务器端, 再生成映像文件, 这样二者只可串行, 所以虚拟本机刻录比 Web 刻录节约时间。

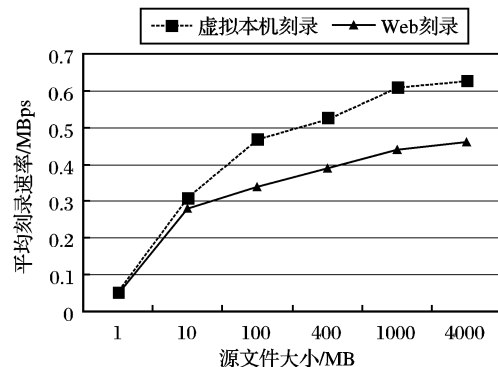


图 7 平均刻录速率曲线

4 结语

结合嵌入式系统、网络存储和光存储三大热门技术, 设计并实现了嵌入式附网刻录系统, 该系统有着使用灵活、成本低廉、共享性好等特点, 具有良好的实用价值, 特别适合中小企业和单位。该系统目前只实现了有线网络接入, 无线网络接入将是下一个研究的方向。

参考文献:

- [1] GIBSON G A, VAN METER R. Network attached storage architecture [J]. *Communication of the ACM*, 2000, 43(11): 37-54.
- [2] 韩德志, 谢长生, 傅湘林, 等. 一种基于 iSCSI 的附网存储服务器系统的设计与实现 [J]. *计算机研究与发展*, 2003, 41(1): 208-213.
- [3] NAGLE D, GANGER G, BUTLER J, et al. Network support for network-attached storage [J]. *Proceedings of Hot Interconnects*, 1999, 24(2): 45-51.
- [4] 付长冬, 舒继武, 沈美明, 等. 网络存储体系结构的发展和研究 [J]. *小型微型计算机系统*, 2004, 25(4): 485-489.
- [5] WILSON S. Managing a fiber channel storage area network [J]. *Storage Network Management Working Group for Fiber Channel*, 1998, 31(3): 68-76.
- [6] 谢长生, 罗益辉. IP-SAN 的研究与设计 [J]. *小型微型计算机系统*, 2005, 26(6): 912-915.
- [7] 谭志虎, 裴先登, 谢长生, 等. 附网存储——一种新的网络存储方案 [J]. *电子计算机和外部设备*, 1999, 23(1): 3-6.
- [8] 王海卫, 夏又新. 光海量存储的现状与发展趋势 [J]. *半导体光电*, 2002, 23(5): 351-360.
- [9] GAIL P. MBE springs blue-violet laser diodes [J]. *Euro III-Vs Review*, 2004, 17(2): 33.
- [10] 丁冬艳, 顾敏芬, 梁忠诚. 光存储技术的进展 [J]. *金陵科技学院学报*, 2004, 20(4): 17-21.

(上接第 1782 页)

参考文献:

- [1] CLAVERIE J M, DE JONG K, SHETA A F. Robust nonlinear control design using competitive coevolution [C] // *IEEE Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation*. Piscataway: IEEE Service Center, 2000, 1: 403-409.
- [2] 陈秋莲, 李陶深, 吴恒, 等. 基于遗传算法的基坑支护协同演化处理模型 [J]. *计算机应用*, 2004, 24(10): 139-140.
- [3] MARTINS JRRA. A coupled-adjoint method for high-fidelity aerostuctural optimization [D]. Stanford University, Department of Aeronautics and Astronautics, Stanford, CA, 2002.
- [4] WIEGAND RP. An analysis of cooperative coevolutionary algorithms [D]. Virginia: George Mason University, 2003.
- [5] 周东. 基坑支护工程遗传优化设计研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2002.
- [6] 高尚, 杨静宇. 群智能算法及其应用 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [7] 钟一文, 杨建刚, 宁正元. 求解 TSP 问题的离散粒子群优化算法 [J]. *系统工程理论与实践*, 2006, 26(6): 88-94.