

## FC-RAID 3000 的远程实时管理系统设计与实现

冯 丹, 欧阳瑾

(华中科技大学 信息存储系统教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074)

(oyjww@eyou.com)

**摘 要:** 针对光纤磁盘阵列远程管理的需求, 设计并实现了 FC-RAID 3000 的基于嵌入式 Web 服务器 GoAhead 的远程实时管理系统。该系统利用 GoAhead 实现与远程用户的通讯, 获知用户请求后, 对用户身份进行权限认证, 解析用户请求, 并以存储在小型文件系统中的 RAID 监控页面作为响应; 用户发出监控命令后, 远程管理控制模块负责解析用户命令并通过底层磁盘阵列控制模块执行相应的监控操作。利用该系统, 连接在网络上的任一合法客户端都可通过 Web 浏览器实现对磁盘阵列的管理及实时监控, 从而增强了磁盘阵列的管理性能。

**关键词:** 磁盘阵列; 嵌入式 Web 服务器; 远程管理

**中图分类号:** TP273 **文献标识码:** A

## Design and implementation of remote real-time management system for FC-RAID 3000

FENG Dan, OUYANG Jin

(Key Laboratory of Storage System of Ministry of Education, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan Hubei 430074, China)

**Abstract:** A remote real-time management system for FC-RAID 3000 based on embedded Web server GoAhead was designed and implemented. The system communicated with remote user through GoAhead, which accepted the user's requests and responded with corresponding Web pages stored in the minimal file system. When the user logged in, the remote management module would authenticate the user's authority; and when the user sent configuring and monitoring command, the remote management module would parse the command and execute it by calling the functions provided by RAID controlling module. The system can efficiently improve the management performance of FC-RAID 3000.

**Key words:** RAID; embedded Web server; remote management

### 0 引言

为满足日益增长的信息存储和信息处理的要求, 磁盘阵列被应用到越来越多的领域, 且根据不同的性能需求, 磁盘阵列需要被设置成不同的阵列级别。FC-RAID 3000 是在 HUSTRAID<sup>[1]</sup> 基础之上, 提出并实现了基于光纤通道接口的光纤磁盘阵列, FC-RAID 3000 的本地管理系统利用光纤卡作为与外部设备的接口来达到设置阵列级别、阵列卷分配等参数的目的。

为了提高磁盘阵列的管理性能, 本文提出 FC-RAID 3000 远程实时管理子系统的设想, 利用远程管理系统, 使得网络中的任意一台机器可以实现对该磁盘阵列的任意方式、任意地点的管理和监控。本文介绍了光纤磁盘阵列 FC-RAID 3000 基于嵌入式 Web 服务器的远程实时管理系统的设计与实现, 该系统采用 B/S 结构和基于嵌入式 Web 服务器的网络管理方式, 使用户可以通过 Web 浏览器对磁盘阵列进行远程分布管理, 支持对系统用户进行分级认证和管理, 并能图形化显示出系统当前运行状况, 方便用户利用连接在网络上的任何客户端来创建、管理各种设定或是监控存储硬件。

### 1 FC-RAID 3000 系统结构

FC-RAID 3000 系统框图如图 1 所示。

磁盘阵列控制器 CPU 的主要作用是实时读取前置处理机 RAM 内的数据, 将其分解为每个独立磁盘驱动器的子命令, 并实时写入对应磁盘驱动器内。同时完成数据分块/重组、计算校验信息, 以及 Cache-Buffer 管理等功能。多条 SCSI 总线各自通过 PCI-SCSI I/O 处理器 LSI53C1010-66 与磁盘阵列控制器相连, 充当串控制器的多个 LSI53C1010-66 并行工作, 执行调度程序交付的 I/O 命令。串内 SCSI 总线上的多个磁盘驱动器通过多线程调度可同时响应各自盘上的 I/O 请求。4 串 SCSI 总线上的磁盘驱动器正交构成多个校验组<sup>[2]</sup>。采用 QLA2200A 光纤通道适配卡作为阵列的外部设备接口, 通过光纤通道总线与主机相连实现磁盘阵列的本地管理。采用 RealTek8139 网卡作为阵列与远程客户端的接口, 通过 PCI 总线与主机相连, 实现对磁盘阵列的远程管理。DOM 盘用来存放编译好的 FC-RAID 3000 的管理系统, 当系统运行起来之后, 远程管理模块作为一个单独的模块加载; 该模块启动之后, 远程用户利用 Web Browser 通过 Internet 与 Web Server 进

行通讯,实现远程管理,其中所有相关的监控网页从 DOM 盘中调用。

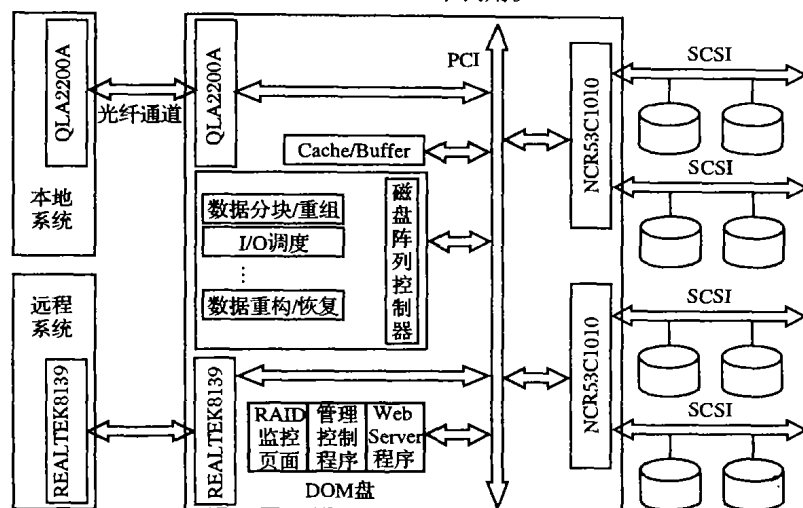


图1 FC-RAID 3000 系统结构

## 2 FC-RAID 3000 远程管理系统的体系结构

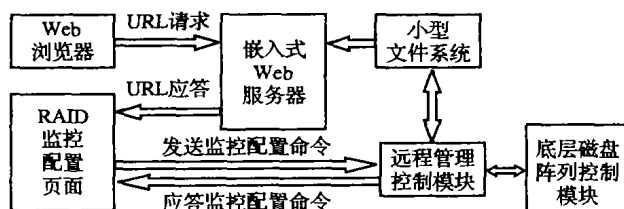


图2 远程管理子系统体系结构

来自客户端 Web 浏览器的 URL 请求通过 Internet 到达嵌入式 Web 服务器的以太网接口,嵌入式 Web 服务器响应这一 URL 请求,经过安全认证后调用存储在小型文件系统中的磁盘阵列监控页面并返回这一页面;客户端 Web 浏览器在得到响应后通过磁盘阵列监控页面发出对磁盘阵列的配置等命令;远程管理控制模块响应并解释这个命令,向底层磁盘阵列控制模块发送这个解释后的命令并将响应或来自底层磁盘阵列控制模块的报警信息上传给客户端的浏览器。另外,在管理人员不在现场的情况下,将报警信息以 E-mail 形式传送到管理人员邮箱中。系统实现的功能有:

- 1) 可以通过 Web 页面很方便地对 FC-RAID 3000 进行管理;
- 2) 保证所传递数据的安全性;
- 3) 把用户分为不同权限的组。但对于可以更改系统配置的管理员来说,同一时间只能有一个在线;
- 4) 当 FC-RAID 3000 出现异常情况时,快速通知管理员。

## 3 远程管理子系统的实现

### 3.1 嵌入式 Web 服务器的实现

Web 服务器从本质上来说就是一段能响应 Web 浏览器请求的程序。Web 服务器监听某一个端口(通常端口号为:80)。Web 浏览器使用 HTTP 协议向 Web Server 发送一个请求,该请求包含所请求文件的名称和存放位置(URL)。Web 服务器收到请求后对请求进行解析,找到所请求的文件并返回给 Web 浏览器;如果所请求的文件不存在,则返回一个错误信息。嵌入式 Web 服务器则是根据其运行的系统环境来决定大小及功能,针对特定的嵌入式设备实现的 Web 服务器。

根据系统的功能要求,采用 GoAhead Web Server 作为 Web 服务器,这是一款开放源代码的嵌入式 Web 服务器程序,支持 Active Server Pages、嵌入式 JavaScript、CGI、DHTML、SSL 验证和加密;具有支持虚拟服务器、可使用 SNMP 代理、具有搜索引擎、可不使用文件系统、容易移植和系统集成等重要特性;支持多种操作系统,如 eCos, LINUX, LynxOS, QNX, VxWorks, WinCE, pSOS 等。通过移植,可以和 VxWorks<sup>[3]</sup> 紧密结合,实现 HTTP Server 的全部功能。

嵌入式 Web 服务器 GoAhead 的软件结构如图 3 所示: GoAhead 建立在系统适配层之上<sup>[4]</sup>,它的主体是一组实现 HTTP 协议、SSL 协议、CGI 等标准的组件包。上层应用通过它实现界面友好的远程数据访问和功能调用。它的驻留程序调用这些组件响应 HTTP 请求,以 Web 页面的形式向客户端浏览器提供数据浏览功能;通过 CGI 应用程序使客户端方便地进行服务器端数据的修改、添加、删除;通过 HTTP 身份认证保证应用层和 Web 服务器本身的安全性。应用层包括 XML 网页、CGI 程序和 JavaScript 程序等,它们配合 Web 服务器共同使用,完成远程数据访问和远程功能调用的最终实现。

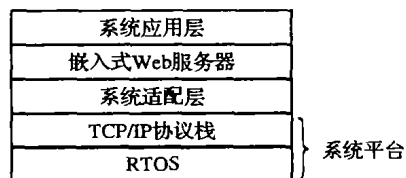


图3 嵌入式 Web 服务器软件结构图

嵌入式 Web 服务器面向单用户或者少数用户,数据传输量有限,因此在设计上采取了时间换空间的策略,使用信息压缩存储和动态组装技术,满足了占用内存少和动态生成应答信息的要求。

### 3.2 远程管理控制模块的实现

远程管理模块的工作流程是:远程用户通过 Web 浏览器发送用户名及密码两项认证信息和对磁盘阵列的监控配置命令信息;远程管理控制模块提取其中两项认证信息与存在 DOM 盘中的预先设置好的参数进行比较,再把其中监控配置命令提取出来,发送给底层磁盘阵列控制模块;底层磁盘阵列控制模块接收命令后进行相应的处理,并将响应信息传回远程管理控制模块,再通过 Web 服务器传递到远程客户端。

远程管理控制模块主要实现的是远程信息的管理和传递。远程信息包括用户管理信息、磁盘阵列管理信息以及报警信息。其中用户管理信息以用户管理信息表(UMIT)的格式存在 DOM 盘中的文本文件中,包括群组信息、用户信息和权限信息,每次启动 Web 服务后自动读取这些管理信息到内存,从而保证远程用户登录管理系统的快捷性。而磁盘阵列管理信息被直接传递给底层磁盘阵列控制模块,在得到成功配置响应后将配置信息存储在磁盘阵列管理信息表中。

#### 1) 基于密码控制的用户分级管理

根据系统要求,在 GoAhead 所提供的功能上进行完善和修改。用户按照权限分为管理员和普通用户:管理员身份的用户可以对磁盘阵列进行配置、根据需要增加删除普通用户账号以及对其权限的控制;普通用户则只能根据管理员分配的权限查看到相应页面的信息以及对自身账号信息进行修改。所有用户信息以 key = value 的格式存储在用户管理信息表(UMIT)中,如用户密码:password = 12233 等。用户管理信息表分为群组信息表、用户信息表和权限信息表。所有表中,ROW 值(ROW = value)作为每个 data record 的在表内的 id,每张表的初始 data record 的 ROW 值为 0(即 ROW = 0),每增加一个新的 data record,ROW 值递增加 1。因此,需要某个用户的某项信息时,就根据表名、表内 id 和 key 在 UMIT 中查找。

#### 2) 数据加密

采用 MD5 算法对用户登录信息进行数据加密。用户试图登录时,Web 服务器端提供给用户一个随机数,当用户登录输入用户名和口令时,客户端将这个随机数值添加到口令后并加以 MD5 单向运算,然后以 MD5 算法的输出作为口令。当用户名和 MD5 算法得出的口令被 Web 服务器端接收到后,Web 服务器端执行与客户端相同的操作,它将当初传给用户的随机数加到用户口令后(此口令取自用户管理信息表(UMIT)中),然后计算出正确的 MD5 口令值,将此数值与从浏览器收到的值逐一比较,如相等,则确定用户认证通过<sup>[5]</sup>。随机数是用来防止重新攻击的,如果仅用户口令经过 MD5 运算,此 MD5 口令将始终保持一个值,这样口令很容易被截获并用来登录进远程管理系统页面。这个随机数保证了每次新的登录都有一个特定的 MD5 口令。在该系统中,这个随机数的产生由自定义字符串和 Web 服务器最近一次与 Web 浏览器连接的时间以及客户端主机的信息来决定,即由自定义字符串、时间戳(timestamp)、主机信息(host)经过运算组合而成,保证随机数的不确定性和每次 MD5 口令的特殊性。

使用 MD5 加密算法保护用户登录信息是一种安全且相对简便的方法。如果要进行全面的数据加密,采用 SSL(Secure Sockets Layer)协议通信是最安全的方法。

#### 3) 故障实时报警

当磁盘阵列检测到失效盘后会发送报警信息给用户,报警信息是由底层磁盘阵列管理程序生成并上传给远程管理控制模块,远程管理控制模块将该报警信息以网页形式发送至客户端或者以 E-mail 形式发送到用户指定邮箱中,还可以更及时地以手机短信的方式通知管理员。由于 VxWorks 中没有直接对 SMTP 协议的支持,需要通过 socket 编程来实现邮件通知的功能。

所有实现远程管理控制模块的源程序用 C 语言编写。

## 4 系统优化方案

为了保证数据在客户端和服务端传输的安全性,应使用 SSL 协议进行通信。SSL 协议的提出是为了在 Web 系统上为通信双方提供统一的安全解决方案,即在 TCP 上提供一种通用的数据传输安全机制,任何可以在 TCP 连接上运行的协议都能够使用 SSL 协议加以保护。SSL 协议的优势在于它是与应用层协议独立无关的。高层的应用层协议(如 HTTP, FTP, TELNET)能透明地建立与 SSL 协议之上,SSL 协议在应用层协议通信之前就已经完成加密算法,通信密钥的协商以及服务器认证工作。在此之后应用层协议所传送的数据都被加密,从而保证通信的私密性。为嵌入式服务器配置 SSL 协议,使嵌入式服务器与客户端建立加密的数据连接,从而保证传输中的信息不会被任何第三方窃取和篡改,同时对用来访问和控制以及更新嵌入式服务器信息的客户端进行身份认证是非常重要的。

现在多数 SSL 协议都是以由相应的安全中间件平台提供 API 的方式实现的,在该系统中 GoAhead 不提供实现 SSL 协议的接口,但 GoAhead 提供了对实现 SSL 协议工具包 BSAFE SSL-C 的接口,且 BSAFE SSL-C 工具包所提供的接口是 C 语言,与系统源程序相符。因此可利用 BSAFE SSL-C 工具包实现 SSL 协议,保证数据传输的安全性。

但是利用工具包来实现 SSL 协议的缺点是:工具包实现的是标准 SSL 协议,用标准的 SSL 协议来配置嵌入式系统,会造成系统资源的浪费,这就有必要根据嵌入式 Web 服务器使用的范围,对 SSL 协议进行小型化,形成即能满足安全传输的要求,又能满足嵌入式软件特征的嵌入式 SSL 协议<sup>[4]</sup>。因此,根据嵌入式 Web 服务器只需面向少数用户、数据传输量有限的特点,在嵌入式 Web 服务器上配置 SSL 协议时,要求在保证系统所需要的安全性的前提下,尽量减小 SSL 协议栈,制订嵌入式 SSL 协议使其符合嵌入式软件特征的要求,采取时间换空间的策略,使系统开销力争达到最小。针对嵌入式 SSL 协议就不能使用工具包来实现了,必须根据实际情况自行研究开发嵌入式 SSL 协议。

## 5 结语

为了满足光纤磁盘阵列 FC-RAID 3000 远程管理的需求,本文设计并实现了一种基于嵌入式 Web 服务器的远程实时磁盘阵列管理系统。为了解决该系统中数据传输的问题,本文提出了一种基于 SSL 协议的优化方案。在 FC-RAID 3000 的远程管理系统中,客户端主机通过网卡与磁盘阵列通信,实现对磁盘阵列任意方式、任意地点的管理。

#### 参考文献:

- [1] CHENG P, JIN H, ZHOU XR, et al. HUSTRAID: Design of High Performance RAID in Real-time System [J]. ACM Computer Architecture News, 1999, 27(3).
- [2] 张江陵, 冯丹. 海量信息存储[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] 王金刚, 高伟, 苏琪, 等. VxWorks 程序员指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] 裴新风. SSL 数据安全传输系统在嵌入式系统中的研究与实现[D]. 西北工业大学, 2003.
- [5] 何俊杰, 李广锡. 采用 MD5 加密算法保护用户口令[J]. 计算机工程, 2000, 26(增刊): 278.