

# 基于 Web 的嵌入式网络管理平台的研究和设计<sup>\*</sup>

李捷<sup>1,2</sup> 王汝传<sup>1</sup>

(南京邮电学院计算机科学与技术系 南京210003)<sup>1</sup> (河南大学计算机与信息工程学院 开封475001)<sup>2</sup>

**摘要** 根据 Web Server 在网络管理系统中的位置,分别有基于中间层和嵌入式两种解决方案。而后者凭借其强实时性而具有较高的理论和实用价值。本文首先提出了嵌入式 WEB 网管的几个关键模块的结构模型和内部工作流程并在此基础上提出了一个基于 WEB 的嵌入式网管平台的模型 EWBMS(Embedded Web Based Management),考虑到作为事实工业标准的 SNMP 应用的广泛性,作者以 SNMP 作为网管协议,实现了与传统 SNMP 设备的平滑过渡和无缝集成。最后作者结合实际项目并利用业界主流软硬件平台,给出了一个该模型的实例。

**关键词** 网络管理平台, Web, 嵌入式, SNMP, VxWorks

## Research and Design of Embedded Network Management Platform Based on Web

LI Jie<sup>1,2</sup> WANG Ru-Chuan<sup>1</sup>

(Dept. of Computer Science and Technology, NJUPT, Nanjing 210003)<sup>1</sup>

(College of Computer&Information Engineer, Henan University, kaifeng 475001)<sup>2</sup>

**Abstract** By virtue of the location of Web server in the area of NM (Network Management), there are two solutions which are Middle-level Based and Embedded respectively. And the latter possesses high theoretical and practical value. In this paper, we bring forth the structure model and inner work flow of several key module after which we advance a Web Embedded NM Model named EWBMS(Embedded Web Based Management). Taking the universality of the application of SNMP, we use SNMP as the NM protocol of EWBMS to realize the smoothness transition and seamless integration. Finally we utilize the experience of practical Research & Development, using currently leading software & hardware development platform to supply an instance of EWBMS.

**Keywords** Network management platform, Web, Embedded, SNMP, VxWorks

## 1 引言

网络管理平台为网络管理应用程序提供网管协议支持,是整个网管系统的核心。作为针对特定管理目的而编制的管理工具,网管应用程序通过网管平台实现网管操作。SNMP(简单网络管理协议)是目前在计算机网络中使用最为广泛的网络管理协议,作为计算机网络管理事实上的工业标准,它在多厂商混合网络环境下通过提供单一的网络操作控制环境来管理所有子网和被管理设备,从而以集中的、统一的方式实现网络的远程管理,以排除故障和重新配置网络设备。SNMP采用基于客户端/服务器的管理模型。管理进程和代理进程分别作为客户端和服务器端驻留于管理站和被管理设备端。MIB(管理信息库)是管理对象的集合,它是由代理进程维护的被管资源的虚拟数据库。

基于 Web 的网络管理 WBM(Web-Based Management)将 WWW 技术与现有的网络管理技术相融合,管理员通过标准 WWW 浏览器可以在任何地点任何网络平台上与服务器进行通信。为管理人员提供更有分布性和实时性,操作更简便,功能更强大的网络管理方案,近些年来发展非常迅速。

基于 Web 的网络管理方案的关键在于 Web 服务器层,它除了具备普通 Web 服务器的提供 Web 服务的基本功能,还充当了 HTTP 协议/网管协议的网关。根据 Web 服务器层

在网管平台中的位置,WBM 可分为基于中间层和嵌入式两种。前者将 Web 服务器层置于管理站与被管理设备群之间;后者则是将 Web 服务器嵌入到每个被管理的网络设备中,使得每个被管理设备拥有各自的 Web 地址。由于受到网络带宽、网络延时以及 Web 服务器资源的限制,基于中间层的 WBM 方案实时性较差。而嵌入式 WBM 方案不仅可以提供较高的实时性,还给每个设备带来了图形化的管理、提供了简单易用的接口。另外由于嵌入式 Web 管理的设备提供了真正的即插即用安装方式、减少了安装时间和故障排除时间,因而具有很强的实用意义。

我们设计了一个支持多种接口和多种编解码协议的 VoIP 企业级网关,该网关既可以应用于大型运营商的边缘接入,也可以应用于用户建立基于 PSTN 或 Internet 的点对点语音传输,因此该网关的管理系统必须能够适应这种灵活性的要求。考虑到 SNMP 的广泛应用和 WBM 的主流地位以及产品的应用环境,我们认为应该将传统的 SNMP 与 WBM 有机地结合起来,实现二者的无缝集成以增强产品的互联能力和市场竞争力。鉴于 VoIP 网关产品的高实时性和低时延的特殊要求,我们决定采用嵌入式 WBM 方案实现该网关的管理模块。

在第2节我们提出了一个嵌入式 Web 网管方案 EWBMS(Embedded Web Based Management System),并对其中的几

<sup>\*</sup> 本课题得到国家自然科学基金(70271050和60173037)、江苏省自然科学基金(BK2001123)资助。李捷 讲师,博士研究生,研究方向为基于通信网络的计算机软件技术。王汝传 教授,博士生导师,主要研究方向是计算机软件理论、计算机网络安全、移动代理技术。

个关键模块进行分析,在此基础上,我们实现了网关产品的嵌入式 SNMP 网管模块。第3节我们给出了该模型的实例,证明了模型的可行性和正确性。最后我们进行了总结和展望。

## 2 嵌入式 Web 网管的实现方案 EWBMS

### 2.1 SNMP 基本结构模型

在我们的嵌入式 Web 方案 EWBMS 中,考虑到 SNMP 已成为事实上的标准,我们采用 SNMP 作为网络管理协议。

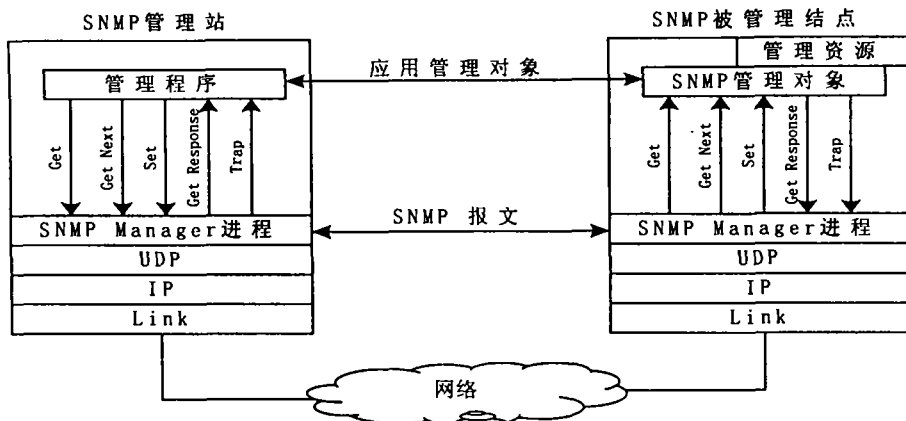


图1 SNMP 协议结构模型

2)SNMP 代理则是一个在被管理网络设备上运行的软件模块,设备出厂时已开发好并被录入设备上。它负责维护本地的管理信息以及通过 SNMP 向管理进程发送相关信息。

3)SNMP 中信息的交换可以由两种情况触发。一个是管理者以轮询的方式开始,另一个则是代理进程发送 trap 报文开始。管理进程和代理进程之间的连接可通过各种传输协议(如 UDP 协议)实现。

### 2.2 EWBMS 中 Web Server 的结构模型

Web Server 是整个方案的核心。一方面它给用户提供了前端的 HTTP 服务,另一方面它作为 HTTP/SNMP 网关,向底层 SNMP 协议引擎提供了报文的协议转换。我们提出了本方案的 Web Server,其结构模型如图2所示。

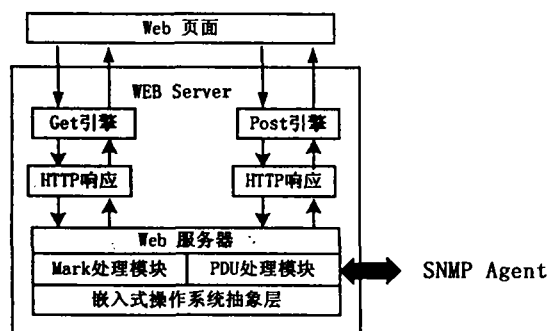


图2 嵌入式 Web Server 结构模型

图2中的灰色部分负责提供 Web 服务,Get/Post 引擎负责接收页面提交的数据并通过 HTTP 响应模块(在此我们采用 CGI 技术)将数据传送给 Web 服务器模块。为了实现 HTTP/SNMP 网关,我们设计了 Mark 处理模块与 PDU 处理模块,我们采取如下方案:

在管理页面的 HTML 代码中,我们定义术语 Mark,这是一种特殊的字符串,取值仅限于被管理设备的 MIB 变量的名字,为了将 Mark 与普通字符串区分,我们采用特殊字符作为

SNMP 是基于客户端/服务器模型的,这里分别对应着管理进程和代理进程。图1描述了 SNMP 代理, MIB 以及管理者之间的关系。

1)管理者是运行在管理系统中的软件模块,它为网络管理提供了一个友好的图形界面,用户通过它完成部分或全部配置操作以实现网路管理的各种需要。在 WBM 方案中,所有的人机接口统一为标准 Web 浏览器。

其边界符以进行标识,这样 HTTP 响应模块可以很方便地从 Post/Get 数据流中过滤解析获得 Mark,为了标识该 Mark 的操作性质,Mark 处理模块还必须向 PDU 处理模块提供 Mark 的提交性质,PDU 处理模块接收到 Mark 后,根据其提交性质 Post/Get 和 Mark 字符串的内容构造 SNMP PDU 后发送给 SNMP Agent,同时 PDU 将 Mark 以链表的形式存储起来,实现了 HTTP 到 SNMP 协议的转换。SNMP Agent 将处理结果以 SNMP PDU 形式返回给 PDU 处理模块,PDU 处理模块将返回结果 PDU 解析获得结果后将存储的 Mark 字符串的内容替换为结果插入到 HTML 中自动生成查询结果页面由 Web 服务器发布至前端页面,从而实现了 SNMP 到 HTTP 协议的转换。

### 2.3 EWBMS 中嵌入式 SNMP Agent 结构模型

由于从 Web Server 端传来的已经是标准 SNMP PDU,因此在功能结构方面嵌入式 SNMP Agent 并没有特别之处。图2为嵌入式 SNMP Agent 结构模型。

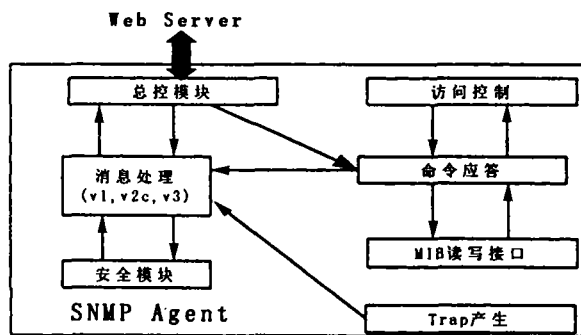


图3 嵌入式 SNMP Agent 结构模型

SNMP Agent 进程首先和 Web Server 进程握手建立连接,然后进入一个无限循环,当它接收到来自 Web Server 端的报文,总控模块负责解析报文然后根据报文的 SNMP 版本号将报文交给对应版本的消息处理模块(v1、v2c、v3),消息处

理模块调用相对应的安全模块;安全模块进行身份鉴别认证、报文完整性检测、时间戳是否同步等信息,如果各项安全性检测均通过,则返回明文的 PDU;消息处理模块解析出 PDU 的内容,交给总控模块;总控模块按照 PDU 类型,调用不同的应用程序,对于代理来说,一般应由命令应答模块接着对 PDU 进行处理;命令应答模块调用访问控制模块检查是否允许访问;如果通过访问控制检查,命令应答模块则调用 MIB 维护模块对 MIB 变量进行访问;如果需要返回应答报文,并

且成功完成变量的访问,命令应答模块再调用消息处理模块产生新的报文,发送给请求方。这样,代理就完成了一次对请求的应答过程。当出现差错时,代理进程生成一个包括差错类型码和差错索引差错回复报文,该报文指出差错发生原因和导致出现差错的变量名。

#### 2.4 EWBMS 的结构模型

综合 Web 服务器和嵌入式 SNMP Agent,我们设计了嵌入式 Web 的网管平台的结构模型,如图4所示。

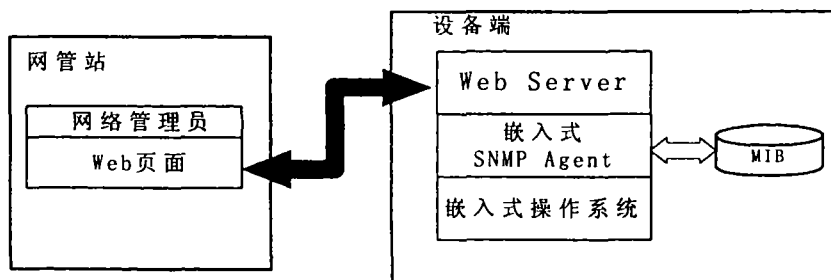


图4 嵌入式 Web 网管平台结构模型

### 3. EWBMS 模型的实现

#### 3.1 硬件和软件平台

硬件方面我们选择了摩托罗拉公司的 MPC860 作为网关的 CPU;软件方面,嵌入式实时操作系统我们采用了 WindRiver 公司的 VxWorks,嵌入式 Web 的开发利用 WindRiver 公司的 WWS 软件包,SNMP Agent 的开发采用了 WindRiver 公司的 Envoy9.1 软件包。

VxWorks 是一套具有微内核、高性能、可伸缩的嵌入式实时操作系统。它支持广泛的网络通信协议,并能够根据用户的需求进行组合,其开放式的结构和对工业标准的支持,使开发人员只需做极少的工作即可设计出高效的、适合于不同用户需求的系统。除了性能出众的操作系统之外,风河公司还提供了优秀的实时操作系统开发工具 Tornado。VxWorks 的所有机制和功能都是基于 C 于程序,即:VxWorks 的所有功能都是由 C 程序库提供的,任何 C 程序都能够作为 VxWorks 的一个任务从 Tornado 工具或者应用程序中产生。

#### 3.2 MIB 的设计与实现

在编写 MIB 文档方面,除了需要对标准的 MIB(如 MIB-II)提供支持外,实际系统还需要根据实际需要定义和扩充自己的 MIB。VxWorks 提供的软件包 Envoy 9.1 提供的工具 mibcomp 可以将 MIB 编译成 C 代码,但是我们发现,AdventNet 公司的 AgentToolkit 具有可视化的 MIB 编辑器和编译器,可以直观形象地创建 SNMP MIB 文档,且可以生成嵌入式代理的 ANSI-C 平台,所以我们选择了 AgentToolkit 设计实现了网关的 MIB。

#### 3.3 SNMP Agent 的实现和调试

Envoy9.1 软件包的 SNMP Agent 组建须与系统内核联合编译,作为系统内核的一部分在系统启动时运行,其调试步骤如下:

1) 在主机上完成 MIB 框架变量的 Get/Set 代码的编写工作,利用安装在主机上的符合目标机 CPU 类型的编译器生成目标代码;

2) 用归档工具把生成的 Agent 目标代码加入系统库后,编译系统内核;

3) 启动目标机,在主机端下载没有联编进系统内核的

Agent 目标代码,利用 Tornado 进行编译调试;

4) 对目标机进行配置,使得目标机启动后加载运行 Agent 目标代码;

5) 在只有 Agent 的情况下,可以使用 AdventNetToolkit 的 MIB Browser 对网关的 MIB 和 SNMP 功能进行功能测试。

#### 3.4 嵌入式 Web Server 的实现

VxWorks 提供的嵌入式 Web 服务器组件是通过使用操作系统抽象层的技术来实现的。它集成的 Web 服务器的源代码,不仅提供了所有 Web 服务器需要访问的设备网络堆栈和其他操作系统服务的函数,而且提供了 CGI 读写接口,利用这些接口我们实现了 Mark 处理模块和 PDU 处理模块,从而实现了 HTTP/SNMP 网关功能。

#### 3.5 EWBMS 的实现

以上几个关键模块的实现,为 EWBMS 方案的实现扫清了道路,按照上述思想和开发步骤,我们成功地将 EWBMS 方案应用于 VoIP 网关产品,达到了预期的目的,获得了较好的市场反应。

图5为基于 EWBMS 模型的 VoIP 网关的管理软件 GUI。在认证模块中,主要有下面的一个结构类型变量需要借助于 HTML 页面的表单进行访问。

结构类型定义:  
 Typedef struct UserEntry

```
{
char * name;
char * password;
}UserEntry
```

该 HTML 页面代码如下:

```
<FORM METHOD=POST>
<input type="text" name="UserName" value=" # $ UserName $ %">
<input type="password" name="Password" value=" # $ Password $ %">
</FORM>
```

HTML 代码中的 # \$ UserName \$ % 与 # \$ Password \$ % 即为 MARK。分别对应于结构 UserEntry 中定义的变量,同时也是我们为网关定义的 MIB 变量。MARK 处理模块利用特殊字符对“# \$ \$ %”来自前端提交的 CGI 文本数据流中筛选出 MARK,将该 MARK 的提交性质“POST”和内容作为参数传递给 PDU 处理过程,后者根据参数生成 SNMP PDU 包传给我们定制的 SNMP Agent,SNMP

Agent 将接收到的用户名和口令与 MIB 中的变量进行比较判断并将结果回复给 Web Server,从而实现了用户的认证过程。

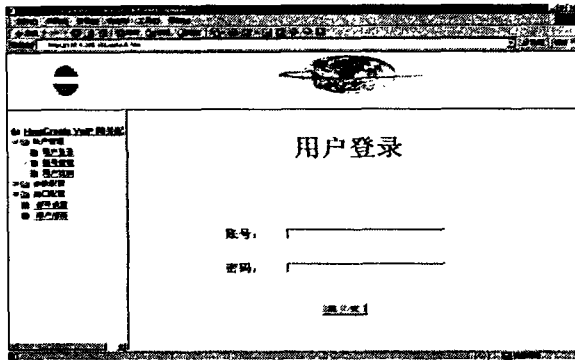


图5 基于 EWBMS 模型的 VoIP 网关的管理软件 GUI

结束语 随着嵌入式网络设备的大量出现,EWBMS 的

研究具有极重要的理论和实用意义。我们以 SNMP 作为 EWBMS 方案的网管协议,实现了与传统 SNMP 设备的平滑过渡和无缝集成。最后作者结合实际项目并利用业界主流软硬件平台,将 EWBMS 模型商品化,不仅给出了 EWBMS 的实例,还对其可行性进行了有力的验证。相关理论可推广至所有的嵌入式网络设备的网管系统的开发。

### 参考文献

- 1 岑贤道,安常青. 网络管理协议与应用开发[M]. 北京: 清华大学出版社,1998
- 2 杨家海,任宪坤,王沛瑜. 网络管理与实现技术[M]. 北京: 清华大学出版社,2000
- 3 DAVID Z(美). SNMPV3与网络管理[M]. 北京: 人民邮电出版社,2000
- 4 STALLINGS W(美) SNMP 网络管理[M]. 北京: 中国电力出版社,2001
- 5 周明天,汪文勇. TCP/IP 网络原理与技术[M]. 北京: 清华大学出版社,1993
- 6 郭军. 网络管理[M]. 北京: 北京邮电大学出版社,2001

(上接第55页)

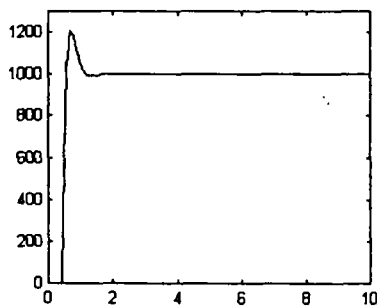


图3 静态队列长度

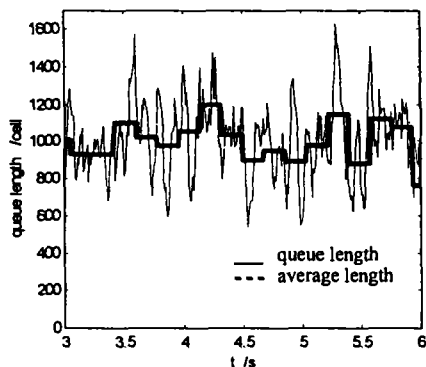


图4 无前馈动态队列长度

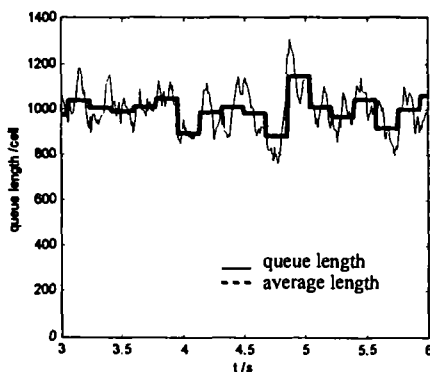


图5 有前馈动态队列长度

结论 本文针对 ATM 网络单瓶颈节点模型,提出用 PID 控制算法解决 ATM 网络中的拥塞问题,给出保证系统稳定对控制参数的约束条件,通过设置虚队列的方法提取出带宽波动信息,同时为了抑制带宽波动对交换机队列长度的影响,根据确定的 PID 控制器,设置前馈环节,该算法简单,易于实现。仿真结果表明控制效果得到明显改善,保证了网络服务质量。

### 参考文献

- 1 Traffic management specification version 4.1, ATM Forum, AF-TM-0121.000, 1999
- 2 Jain R, Kalyanaraman S, Viswanathan S, Goyal R. A sample switch algorithm, ATM Forum 95-0178R1, 1995
- 3 Tsang D, Wong W. A new rate-based switch algorithm for ABR traffic to achieve Max-Min fairness with analytical approximation and delay adjustment, IEEE Proc. Infocom, 1996. 1174~1181
- 4 Arulambalam A, Chen X, Ansiri N. Allocating fair rates for available bit rate service in ATM networks. IEEE Communication Mag., 1996,34(11):92~100
- 5 Kalyanaraman S, et al. The ERICA switch algorithm for ABR traffic management in ATM networks. IEEE/ACM Transactions on networking, 2000,8(1):87~98
- 6 Saverio Masxolo Congestion control in high-speed communication networks using the Smith principle[J]. Automatica 1999.35:1921~1935
- 7 Fei Xiang, He Xiaoyan, Luo junzhou. Fuzzy neural network based traffic prediction and congestion control in high speed networks [J]. Journal of Computer Science and Technology. 2000,15(2): 144~149
- 8 Keshav S. A Control-theoretic Approach to flow control [C]. In: proc. of ACM SIGCOMM'91 Zurich, 1991. 3~15
- 9 Kolarov A, Rammamurthy G. A control-theoretic approach to the design of an explicit rate controller for ABR service [J]. IEEE/ACM Transactions on networking, 1999,7(5):741~753
- 10 Benmohamed L, Meekov S M. Feedback control of congestion in Packet Switching Networks: the case of a single congested node [J]. IEEE ACM Transactions on networking, 1993,1(6):693~707
- 11 Bhatt S J, Hsu C S. Stability criteria for second-order dynamical systems with time lag. J. Appl. Mech. 1966. 113~118
- 12 Vandalore B, Jain R, Goyal R, Fahmy S. Dynamic queue control functions for ATM ABR switch schemes design and analysis. Computer Networks, 1999, 31:1935~1949