

EDNM: 基于 EI 技术支持嵌入式设备网络 管理模型的研究与实现^{*})

韩光洁 王金东 林 涛 王济勇 赵 海

(东北大学信息科学与工程学院 沈阳110004)

摘 要 随着 EI 技术的不断发展,人们目前可以对非 Internet 设备进行访问、管理和控制,但是如何才能有效系统管理大量的嵌入式设备一直都是困扰人们的难题。作者针对面向设备级动态驱动的异种网络互连的研究,提出了一种基于 EI 技术的支持嵌入式设备的网络管理的研究,通过该模型可以透明地加入和删除节点以实现系统的可伸缩性;通过检测节点或设备故障和正确地重置系统达到高可重用性。该模型可以实现设备的动态管理,可以对接入到互联网大量的嵌入式设备进行访问和控制,从而真正实现设备的网络化和智能化管理。本文详细讨论了嵌入式设备网络管理模型的体系结构、设计方法和实现技术,并给出了相应的性能测试结果。

关键词 EI, EDNM, 设备, 嵌入式, 网络管理

EDNM: Research and Implementation of the Model of Supported Embedded Device Network Management Based on EI Technology

HAN Guang-Jie WANG Jin-Dong LIN Tao WANG Ji-Yong ZHAO Hai

(School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004)

Abstract With the technology of EI continuous development, people now can access, manage and control the information of non-PC devices, however the difficult problem is how to effectively manage a lot of embedded devices. The author studies the dynamic device-driver oriented architecture of connecting heterogeneous networks, and supposes the research about the model of supported embedded devices network management based on EI technology. In this system, scalability can be achieved by transparently adding or removing a node from network, and high availability can be obtained by detecting the node or daemon failures and reconfiguring the system appropriately. The model can be used to realize the dynamic management of device, to access and control a lot of embedded devices via the Internet, thus to really implement the management of network and intelligentize these devices. The architecture, design and implementation of the embedded device network management model are discussed in details. Brief performance testing results are also provided.

Keywords EI, EDNM, Device, Embedded, Network management

1 引言

如何通过互联网共享大量的嵌入式设备信息;如何解决工业控制领域中设备的网络互联和管理问题,将亿万个嵌入式设备加入 Internet,实现一个全面普及的网络世界。嵌入式设备加入 Internet (Embedded Internet, 以下简称 EI) 技术产生的基础是 Internet 技术、Web 技术和嵌入式技术,它的出现使得众多的传统设备、仪器、家电等上网成为可能^[1,2]。设备上网的概念不只是简单地指设备可以访问 Internet,可以获取网上资源。除此之外,设备也应该能够被用户或网上其它的设备访问到。这里的被访问有两个方面的含义。以网络上的摄像机为例,一方面它把自己拍下的图像共享给网络用户;另一方面,用户可以在网络上管理这个摄像机,设置它的功能参数并控制它进行拍摄,这种通过网络进行的远程管理和控制就是“Action over IP”。

为了有效地解决大量嵌入式设备的互联和管理,我们给

出了基于 EI 技术的嵌入式设备网络管理的解决方法,将一组设备构成一个可伸缩的、可重用性的网络,利用该模型有效的管理网络中的设备。利用浏览器就可以透明地查看所管理设备的情况。系统的伸缩性是通过在系统中动态添加和删除节点来达到的;通过检测节点和设备故障就可以正确地重置系统达到可重用性。

2 相关的解决方法

异种网络平台的存在以及网络管理方法和模型的多样性,使得接入网络中的大量嵌入式设备不易管理。目前,解决设备网络管理的现有方法主要分为以下两类。

(1) 基于 SNMP 协议的网络管理模式。SNMP 协议是由一系列协议簇和规范集组成,提供了一种利用客户端的方式从网络设备中收集管理信息的方法^[6]。SNMP 协议采用的管理者——代理 (Manager-Agent) 管理模型,每一个支持 SNMP 协议的设备中都包含一个代理,此代理随时记录网络

^{*}) 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (69873007)。韩光洁 博士研究生,研究方向为嵌入式互联网和计算机网络;王金东 博士研究生,研究方向为嵌入式互联网和计算机网络;林 涛 博士研究生,研究方向为嵌入式互联网和计算机网络;王济勇 博士研究生,研究方向为嵌入式互联网和计算机网络;赵 海 教授,博士生导师,研究方向为嵌入式互联网、计算机网络和数据融合。

设备的信息。当设备有异常事件发生时立即以 Trap 的方式实时通知 Manager, SNMP Agent 可以在任何时候报告错误情况。但是, 由于基于 SNMP 的网络管理系统不能实现设备的远程管理, 并且在开发网络管理系统时需要较大的精力进行客户端软件的开发。

(2) 传统的基于 Web 技术的网络管理模式。基于 Web 技术的网络管理模式的实现是利用代理方式, 即在客户端运行 Web 服务器 (Agent)。客户端轮流与远程设备通信, 浏览器用户与代理通信, 同时代理与设备之间通信^[4]。网络管理软件介于浏览器和设备之间。在管理过程中, 网络管理软件负责将收集到的信息传送到浏览器, 并将传统管理协议 (如 SNMP) 转换成 Web 协议 (如 HTTP)。然而, 该方法存在以下问题: 首先, 协议的转换使得系统处理的开销增大, 容易造成系统拥塞, 最终导致系统崩溃; 其次, 由于客户端访问设备的突发性和访问方式的不同, 造成设备的负载过大, 使得设备增大了处理开销, 这样设备的可靠性和维护性就差; 最后, 由于大多数嵌入式设备本身就具有大量的管理数据, 这种模式却没有很好利用设备的已有资源造成不应有的浪费, 可重用性较差。

3 EDNM 模型的体系结构

通过分析传统网络管理模型的优缺点, 同时针对嵌入式系统中设备的特点, 如何方便和有效地把大量嵌入式设备进行统一的管理和维护, 为此需要提出一个专门针对设备级的嵌入式网络管理模型 (EDNM), 用以实现非 Internet 设备的远程化和智能化管理, 该模型把 Web Server 嵌入到设备中, 使每个设备具有自己的 IP 地址, 这样可通过浏览器直接访问并管理该设备, 把网络管理软件与设备集成在一起, 无需完成协议转换。该模型允许用户通过 Web 浏览器对大量设备进行统一的网络管理, 实现设备的远程在线配置、报警、监视和控制等管理功能, 它的体系结构如图1所示, 这个模型的复杂结构对用户来讲是透明的, 且无需修改客户端和设备端的程序。为此, 在设计过程中主要考虑了设备的透明性、负载均衡性、设备的故障检测和设备的动态管理等问题。

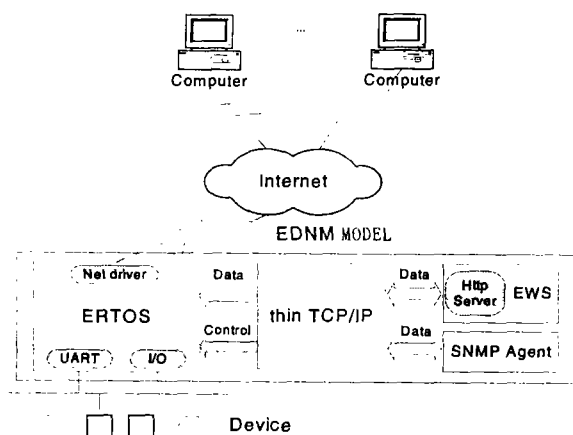


图1 EDNM 模型的体系结构

3.1 设备的透明性

设备的透明性是通过网络地址转换实现的。用户通过服务器访问设备时, 当请求报文到达服务器时, EDNM 模型从报文中分析出所要选择的设备, 修改报文中的参数, 然后将报文发送给所选定的设备。同时, 在 Hash 表中记录这个连接, 当这个连接的下一个报文到达时, 在 Hash 表中找到相应的

记录, 对报文进行修改, 并将该报文发给原设备。同样, 当返回的报文经过 EDNM 时, 作相应的修改, 发送给用户。当这个连接终止或超时的时候, 则在 Hash 表中删除该记录。这样, 用户看到的只是服务器所提供的服务, 而设备的结构对用户是透明的。对于改写后的报文, 需要重新计算并调整报文的校验和。

3.2 负载均衡

EDNM 模型采用基于 IP 层负载均衡的调度技术, 将 IP 层上的 TCP 连接的负载均衡地转移到不同的设备上, 从而将一组设备构成一个高可靠的、高可用的设备网络。从客户端获取每个对象都需要建立一个 TCP 连接, 同一用户的不同请求会被调度到不同的设备上, 这种调度请求避免了因用户访问的突发性而引起的负载不平衡问题。在调度算法上, 采用不同的处理方式, 如果是对设备的浏览信息, 则是采用基于设备的不同阈值的处理方式, 用相应的阈值表示不同设备的处理性能, 根据请求的数目记录设备已建立的 TCP 连接的数目, 当某个设备被调用的时候, 其连接数加1; 当连接终止或超时的时候, 其连接数减1, 算法实现也比较简单。如果对于设备的控制信息, 则是利用互斥的条件保证设备的唯一操作性。对于设备的故障, 是通过 Trap 方式通知的, 而不是通过查询的方式, 这就减少了系统的处理开销和拥塞发生。

3.3 设备的故障检测

由于把 SNMP Agent 嵌入到设备中, 当设备发生故障时就发送报警消息, 报警是以 Trap 方式主动通知的, 这时就可以通过 Email 或短信的方式把报警信息发送给用户。另外, 还可以通过嵌入式服务器每隔一段时间向设备发 ARP (Address Resolve Protocol) 请求, 如果设备在规定的时间内没有响应, 则说明该设备已经发生故障。然后服务器可以通过命令的方式让该设备重起并从新开始工作, 以保证系统的正常运行, 达到系统的高可重用性。

3.4 设备的动态管理

该模型通过 Internet 的方式把大量设备利用网络的方式连接起来, 每当有设备加入到网络中的时候, 利用 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) 协议自动为该设备分配 IP 地址, 而当设备离开网络的时候系统收回已分配的 IP 地址。该模型还可以手工的方式透明地加入和删除节点, 实现系统的可伸缩性。

4 EDNM 模型的设计与实现

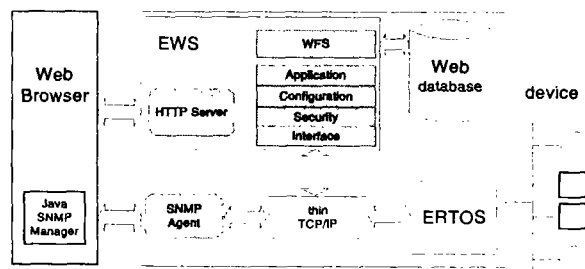


图2 EDNM 模型的主要模块

EDNM 模型的主要功能模块如图2所示, 其中 ERTOS (Embedded RTOS) 是设备驱动程序之上的系统内核, 主要完成任务管理、存储管理、时钟管理和中断管理等功能; thin TCP/IP 协议栈模块主要完成与设备的 Internet 通讯问题; EWS (Embedded Web Server) 模块是把 Web Server 嵌入到

设备中为客户机提供利用浏览器访问网页的模块,并在 Web 浏览器和设备之间提供了统一的接口以便和所有的 Web 浏览器相互兼容,同时 EWS 中加入了用户的安全认证机制,从而保证设备数据的安全性;SNMP Agent 模块提供了一个用于设备的网络管理、报警和监视设备以太网连接状况的功能。

4.1 ERTOS 模块

ERTOS 提供了一个基于优先级的抢占式多任务内核、设备驱动程序和基于 FLASH 的小型文件系统^[5]。结构上分三部分:(1)设备驱动程序;(2)系统内核;(3)I/O 和嵌入式文件系统等。它属于分布式控制执行程序,具有实时多任务操作系统的特点,运行在分布式多控制器环境之下,能提供实时控制和多任务管理所需的功能。任务采用“抢占式”执行方式,支持64个任务。在具体的嵌入式应用中,由于进程(或线程)的数量和各自可能使用的内存容量是可以在开发时预测,因此采用静态内存分配策略,开发时事先定义堆栈大小和优先级等参数,系统在编译时为每个任务分配堆栈并创建任务控制块。

4.2 thin TCP/IP 协议栈模块

由于嵌入式设备的存储资源是有限的,不可能把所有的 TCP/IP 协议都集成到设备中,而是根据具体应用嵌入相应的协议模块,这样不但提高了 TCP/IP 运行效率和系统的性能,而且节省系统资源。我们对协议进行了有针对性的模块化裁减而不使其失去标准和机制,设计并实现了 TCP/IP 协议簇的一个子集,称之为 thin TCP/IP 协议栈,包括 IP、UDP 和 TCP 等协议的全部或部分功能,协议的每一层都被设计成一个功能上相对独立的模块^[7]。对数据报采用了全新的字节处理方式,为了尽量少地使用内存作为发送或接收数据的缓冲区,尽量在发送或接收一个或多个字节数据的同时对数据进行打包或解包处理,而不是等到所有的数据打包后再发送或等完整的数据包接收到再进行解包,这样可以降低协议对内存的要求,从而可以获得更大的带宽利用率。

4.3 EWS 模块

EWS 设计必须考虑以下特点^[3]:(1)最大程度地满足客户请求的实时性和突发性;(2)保证对设备访问的一致性,使设备与 Internet 透明互联得到保证;(3)提供安全访问机制,确保设备数据的安全;(4)实现设备参数的在线可配置;(5)实现设备的故障智能报警。EWS 是以 thin TCP/IP 协议栈为基础构建而成,具有自己的 IP 地址,通过网络就可以把设备接入 Internet 中。在设备和 Internet 通信过程中,EWS 为了能够产生动态 HTML 来显示不断变化的信息,采用 Server Push 技术使 EWS 定期发送新文档。EDNM 模型中嵌入 Java Applet 文档,很好地解决了异构设备网络平台的访问。当浏览器请求一个任务时,客户端可以根据动态更新的信息反馈系统的状态。

4.4 SNMP Agent 模块

SNMP 协议是基于 TCP/IP 协议簇的网络管理协议,具有简单、灵活,并且易于扩展的特点。现在几乎所有的网络设备都能够通过 SNMP 协议进行管理。作者对 SNMP 协议进行一定程度的裁减后,将其嵌入到设备中,这样 EDNM 模型

中 SNMP Agent 就可以为设备提供网络管理和控制的功能。通过 SNMP 协议,用户就能够对设备进行地址查询命令,以便从设备中得到详尽的数据和信息,利于管理、控制和维护设备,EDNM 的设备管理如图3所示。

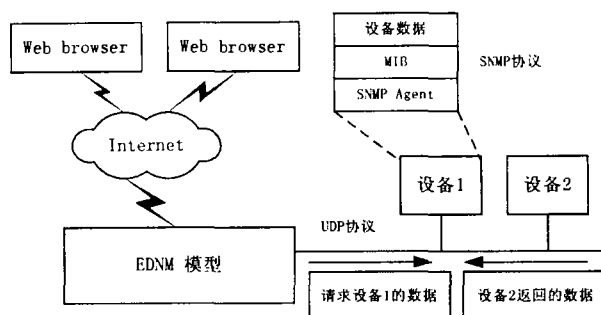


图3 EDNM 的设备管理

EDNM 模型可以同时管理多个嵌入式设备,通过与设备中的 SNMP Agent 通信捕捉设备内部出现的缺陷和故障,及时产生报警信息。同时 SNMP Agent 也提供一系列功能,包括远程报警、监视、控制和管理等,还可用于设备网络管理的系统配置以及监视以太网连接状况的功能,它允许用户去配置和监视远程系统,还包括配置报警和报警回应。

结论 本文对解决嵌入式设备网络管理的已有方法进行分析 and 比较,指出了它们存在的不足,并给出了基于 EI 技术的支持嵌入式设备的网络管理—EDNM 模型的研究与实现,通过网络地址转换、负载均衡、设备的故障检测和设备的动态加载等技术,可以将一组嵌入式设备融入到 Internet。该模型具有良好的可伸缩性和可重用性,给用户提供了友好、方便和交互式的通信方式,这样人们就以透明地访问、控制和管理设备。嵌入式异构设备网络管理模型应用在传统工业的改造,利用该模型可以真正实现嵌入式设备的网络化管理和现场非 Internet 设备的透明互连。但是,该模型在如何实现异构网络的管理以及 QoS 等方面还有许多工作要做。

参考文献

- 1 Robert F. Embedded Internet systems come home [J]. IEEE Internet Computing, 2001, 40(14): 52~53
- 2 赵海. Embedded Internet—21世纪的一场信息技术革命. 北京:清华大学出版社, 2002. 27~40
- 3 韩光洁,王金东,林涛,赵海. 基于 Web 管理的 Embedded Web Server 研究与实现[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2001(11): 1021~1024
- 4 李木金,王光兴. 一种基于 Web 的网络管理模型及实现[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(10): 1232~1240
- 5 Ready J F. VRTX: A real-time operating system for embedded microprocessor applications [J]. IEEE Micro, 1986, 6(4): 8~17
- 6 Stevens W. TCP/IP Illustrated Volume I. Addison-Wesley, Reading, MA, 1996. 270~292