

基于 Web 的嵌入式应用系统的模型设计与研究

陈启安,洪雪玉

(厦门大学计算机科学系,福建 厦门 361005)

摘要:对目前嵌入式系统开发中存在的不足,分析了以 Web 为应用系统的开发和应用平台具有的优点,提出了结合嵌入式系统技术和 Web 技术的模型:基于 Web 的嵌入式系统的开发模型.文中主要从“模型的设计原理”、“模型的逻辑结构”以及“模型的实现方法”3 个方面对该模型进行阐述.探讨了系统实现的一些技术:组件化技术、压缩技术和系统的安全机制等.并列举了基于该模型的一个应用实例.

关键词: Web 技术;嵌入式;嵌入式应用系统;模块;组件技术

中图分类号: TP393.4

文献标识码: A

嵌入式系统是指用于实时控制、监视、管理或辅助其他设备运行的系统,在智能化设备开发、工业控制、过程控制、通讯、仪器、汽车、船舶、航空、军事装备等领域中存在着广泛的应用.几乎所有的现代电子设备中都有嵌入式系统.随着嵌入式技术和网络技术的不断发展,嵌入式系统将渗透生活的各个角落,但目前的大多数嵌入式系统的开发存在着如下的不足:

1) 处于单独的开发和应用阶段,为了实现特定的功能,需要选择相应的底层硬件设备、操作系统,还有以该操作系统为平台开发出来的应用系统,如果需要增强系统的功能,则需要重新开发系统,因此应用系统的通用性差,不符合软件设计过程中软件重用性、可扩展性和移植性的要求,从另一个意义上讲,不能保护系统原有的投资.

2) 嵌入式系统本身只作为智能化设备的辅助功能,在大部分时间内处于闲置状态,因此不能占据太多的内存空间,这就限制了系统实现更多、更强大的功能.

3) 没有较好地与网络技术相结合、充分利用现有的网络资源,在一定程度上限制了系统的功能与开发.

4) 管理和维护比较不方便,需要技术人员在现

场实施管理和维护工作,可以想象在充满智能化设备的社会里,管理人员的需求量是惊人的.

Web 技术是一种成熟的、重要的网络技术,它实现了真正的跨平台,目前基于 Web 进行应用系统的开发具有下列优点:

1) 统一的客户界面:客户端只需要一个通用的浏览器,解决了过去不同的应用采用不同界面的问题,而且此软件可自由获得,节省了客户端软件的开发费用;

2) 平台独立性:浏览器所运行的平台与 Web 服务器所在的平台无关,真正实现了跨平台;

3) 高可扩展性:服务器端可以在任何需要的时候进行功能的增强与扩展,而且管理员通过客户端即可完成这些操作,实现了远程管理和控制;

4) 并行性与分布性:Web 不仅实现了跨平台,也是一个多处理机系统和分布式系统,可并发的处理多个不同用户的服务请求.

根据上述的分析,本文提出了基于 Web 的嵌入式应用系统的开发与应用模型,将成熟的网络技术与嵌入式技术相结合,解决传统的嵌入式系统开发中存在的不足(有关将小型应用程序与网络技术相结合的问题,参考文献[1]).

1 基于 Web 的嵌入式应用系统的模型设计

我们知道,利用 SNMP 开发远程设备管理系统存在诸多的局限性,例如开发费用高,复杂度高,通用性和可扩展性较差,管理和维护复杂等.基于

收稿日期:2002-05-08

作者简介:陈启安(1962-),男,副教授.

Web 的嵌入式系统主要应用于远程监控设备中,例如远程管理 routers、switches、hubs 等网络设备,它的优点是现有的其他开发技术所无法比拟的。

该模型的设计目标是为了满足可扩展性、可移植性的要求,遵循提高软件系统开发效率的需要,因此必须抽象和概括为一个嵌入式应用系统的通用模型,而不是一个具体的实现。

1) 基于 Web 的嵌入式应用系统的模型设计原理

该模型按照处理过程可抽象为 3 个层次:客户端的输入请求、服务器端请求处理过程以及处理结果的返回。其算法及设计原理描述如下:首先,分析客户端请求的各种可能情况,并抽象为一个个输入元素 i ,同时对每个 i 用 $d(i)$ 进行描述,所有的 $d(i)$ 构成集合 I ,相应地,对于 I 中的任何一个输入元素描述 $d(i)$,都有一个处理模块 $R(i)$ 来负责处理该输入元素,所有的 $R(i)$ 构成集合 O ,因此, I 到 O 存在映射关系 F ,用一个 3 元组表示为 (I, F, O) ,其中 I 中的元素作为 F 的输入, O 中的元素作为 F 的输出。可用数学中的映射关系表示为: $F: I \rightarrow O$,其中, $I = \{d(i) | i \text{ 为输入元素}\}$, $O = \{R(i) | i \text{ 为输入元素}\}$ 。该模型可应用于实现其他的嵌入式软件系统,参考文献[2]。

2) 基于 Web 的嵌入式应用系统的模型结构

如上所述,该模型按照处理过程可抽象为 3 个层次(如图 1 所示):客户端的输入请求、服务器端请求处理过程以及处理结果的返回。服务器端的请

求处理过程为模型的核心,具体可以分为 3 个层次:输入元素描述层、输入元素解析层和输入元素处理层。另一方面,嵌入式系统的功能按照服务的对象在逻辑上又分为 3 层(一般的大型 Web 服务器功能按照服务的对象在逻辑上也分为 3 层,参考文献[3]):

- a. 用户服务层:主要负责信息的定位、浏览、验证、收集和 处理,实现技术有 Java applet、VBScript、JavaScript 等,Java applet 经下载后在客户端执行,VBScript 和 JavaScript 则由浏览器解释执行;
- b. 服务请求处理层:处理客户方的请求,并根据需要决定是否与数据库服务器交互,最后将处理结果返回给客户方;
- c. 数据请求处理层:负责数据的定义、存储和检索,主要存储嵌入式设备的状态信息,用户的账户及访问权限等,实现技术:CGI、ISAPI 等;

输入元素描述层:包含了所有可能输入情况的描述,对应于上述集合 I 。

输入元素处理层:包含了对应于所有可能输入情况的处理模块,根据输入元素的需要确定是否要访问数据库,对应于上述集合 O 。

输入元素解析层:以描述层的元素作为输入,处理层的元素作为输出,对应于上述集合 F ,负责将输入元素定位到相应的处理模块,因此当描述层元素增加时,处理层元素也相应地增加。

下面给出输入元素描述层、处理层以及解析层的实现方法:

1) 输入元素描述层的实现

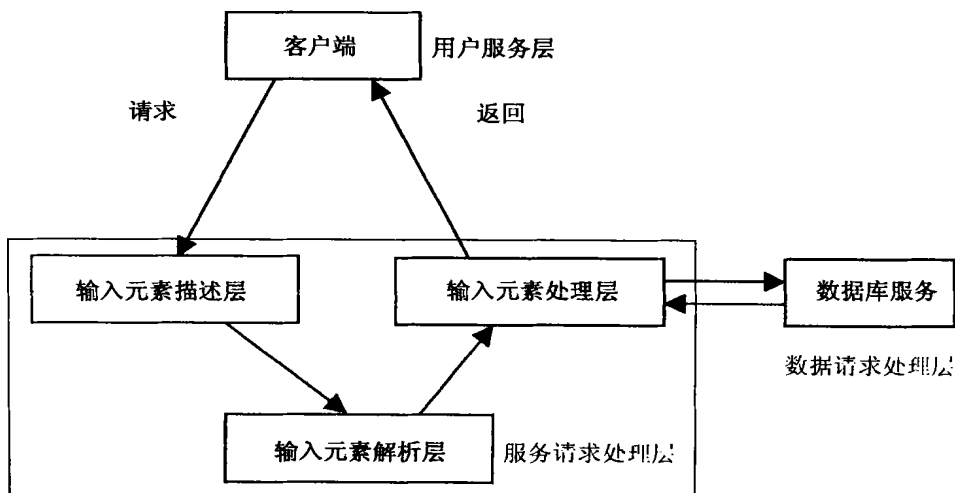


图 1 模型逻辑图

Fig. 1 Logic Model

描述层包含了对所有可能输入情况的描述,可通过一套客户端与服务器端的协议(如 http)来实现,对于不同的请求,以该协议包装的输入元素将不一样.

2) 输入元素解析层的实现

解析层的实现可用算法描述如下:

- a. 根据描述层的协议规范,对客户端输入元素的语法进行合法性分析;
- b. 如果有语法错误,执行 d;
- c. 否则执行 e;
- d. 判断错误类型,并调用处理层中相应的错误信息处理模块,然后执行 f;
- e. 分析请求类型,并调用处理层中相应的处理模块,若处理模块在执行过程中发生错误,则执行 d;
- f. 将处理结果返回给客户端.

3) 输入元素处理层的实现

处理层包含各种输入元素的处理模块,可以用全局函数的方式来实现,具体实现时将函数的接口描述和实现分开,形成了接口库和实现库.当解析层调用处理模块时,先定位到对应的函数接口,再根据接口描述,执行相应的函数实现.

2 基于 Web 的嵌入式应用系统模型的实现技术研究

1) 组件结构(功能封装技术)

嵌入式系统的设计和实现可采用上面提及的一般模块化技术,也可采用面向对象技术和组件化技术,下面着重探讨组件化技术.

采用组件化技术,将使得系统由一系列承担不同职能的组件构成.组件结构如图 2 所示:

其中“组件管理模块”主要负责维护系统中的全部组件及各组件之间的相互通信机制,它可根据开发的需要卸载某些不用的组件,若应用程序需要使用组件,则需要组件管理模块的服务;“组件”封装了特定的功能,它由两部分组成:对象类和接口;对象类是组件的功能实现部分,其中包含对象的属性和方法,方法的具体实现对用户是透明的;接口是组件的功能接口部分,提供给外部程序使用.当组件的功能需要增强时,只需修改对象类相应的实现方法,接口保持不变,因此不影响原有的应用程序;当系统需要实现新功能,只需开发新组件,再将新组件注册到组件管理模块中,此后应用程序通过组件接口获得相应的服务.此外,采用组件化技术还具有下列优

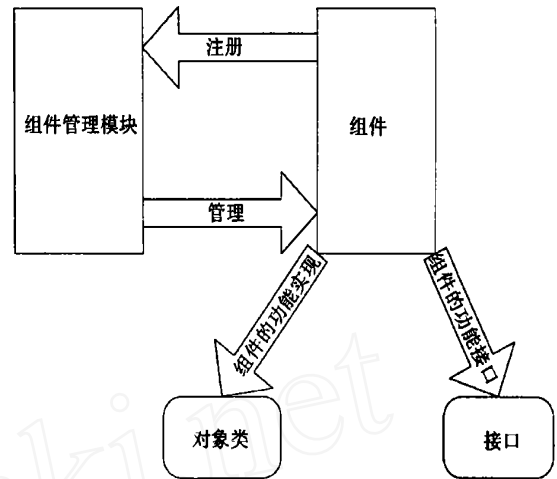


图 2 组件结构图

Fig. 2 Structure of Component

点:

- a. 语言独立性:组件是二进制可执行代码,因此开发人员可选择适合特定任务的语言和工具进行开发;
- b. 组件可以部署在网络上,从而获得效率、性能、安全和维护上的最大利益,可以将系统的组件部署在客户机上、嵌入式 Web 服务器上和数据库服务器上;
- c. 管理简单:将对复杂系统的管理转为对简单组件的管理;
- d. 可重用性:组件可被不同的应用程序使用,具有可重用性,另一方面也节省了内存空间.

2) 压缩技术

嵌入式系统的存储空间是有限的,因此一般需要采用压缩技术将静态网页的信息以压缩方式存储.可以选择常用的压缩技术,也可以根据需要自行设计特定的压缩技术.

3) 系统的安全机制

访问远程监控设备的用户一般为系统管理员,因此应该设置用户的访问许可和权限,以保证系统的安全,使得其中的参数信息不遭破坏.当系统发生故障时,可以采用警报的方式通知管理员,管理员根据日志信息来维护系统.正如上面所述,系统的功能均采用组件技术实现,因此,访问控制、日志和警报分别采用不同的组件来实现.若系统需要更完善的安全机制,可增强原有安全组件的功能,或开发新的安全组件.

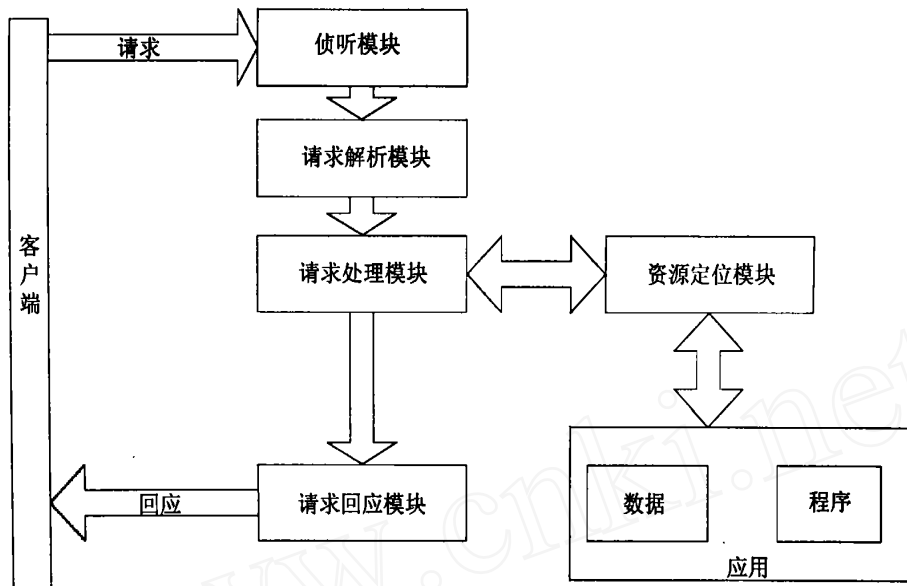


图 3 一个实例

Fig. 3 A Example

(有关嵌入式系统的实现问题,参考文献[4])

3 基于 Web 的嵌入式应用系统模型的应用实例

笔者在嵌入式系统软件设计的研究过程中,根据上述模型给出了一个应用实例:远程服务器的状态监控.在本实例中,模型中的输入元素描述层用 http1.1 规范实现,处理层采用一般的模块化技术实现,即将系统功能以函数的方式封装,将函数的接口规范描述于接口库文件中,函数的接口实现描述于实现库文件中,这样当某函数的功能需要增强时,尽量保持其接口不变,而只改变实现部分,因此不会影响原有程序.此外,当服务器需要新功能时,只需实现新的函数模块,同样不会影响原有程序,使得原有应用系统具有较好的可扩展性和可移植性.

本实例的逻辑结构如图 3 所示:

侦听模块:用来监听 http 端口的服务请求,并对符合 http1.1 规范的合法请求建立连接,然后把请求交给请求解析模块;

请求解析模块:按照 http 服务的网络协议标准解析请求的内容,判别所请求的服务类别,然后将解析的结果作为参数交给请求处理模块;

请求处理模块:根据客户的输入参数,执行相应的处理程序,负责整个处理流程;

资源定位模块:用来建立从网络命名到应用的数据和程序资源的映射关系,同时还管理这些资源的类型、访问权限等其他属性.例如:实现网络命名 http://www.host.net/state.cgi 到资源物理地址/cgi/state.cgi 的映射;

请求回应模块:将处理结果以双方的通信协议 http1.1 包装,然后返回.

其中,“侦听模块”和“请求解析模块”实现了上述“基于 Web 的嵌入式应用系统的模型”中“输入元素解析层”功能;“请求处理模块”和“请求回应模块”实现了该模型中“输入元素处理层”的功能.在这个例子中,用户界面信息主要包含:内存的利用率(Used Memory Rate);CPU 的利用率(Current CPU Rate);系统中当前运行的进程数(Current Process)等.

主要的函数模块有:Listening():实现侦听功能,Checking():根据 http1.1 规范对请求进行语法检查,Analyzing():对合法的请求进行分析,并将分析的结果作为参数传递给相应的处理模块,例如获取服务器状态信息的 GetCurState()函数,最后将结果通过 GetBack()返回给用户.

4 结束语

以上对基于 Web 的嵌入式应用系统模型的设计原理、逻辑结构和实现方法进行了阐述,还根据该模型设计和实现了一个应用实例.实践证明在实现

嵌入式应用系统时,就提高系统开发效率,增强系统可移植性和可扩展性等方面,该模型与传统的设计方法相比都具有较好的优势.

充分利用网络技术实现类型各异的设备之间的跨平台互访,是网络技术发展的目标,也是将来网络发展的趋势.近两年来,基于 Web 的嵌入式网络管理已经初见端倪,共占数据通信市场 2/3 份额的 Bay Networks、3Com、Cabletron 和 Cisco 等大公司纷纷以嵌入式 Web Server 来装备他们的新产品.但在国内,目前这方面的工作还做得很少.

将 Web 技术的应用推广到嵌入式系统的开发中,结束了以 PC 为基本网络结点的网络时代,网络结点除了 PC 机外,还有各种类型的 Web 嵌入式设备. Web 服务也不光只存在于一些高端的服务器和

工作站中,用户端只需通用浏览器就可访问网络上的各种设备.

参考文献:

- [1] Riihijarvi J, Mahonen P, Saarinen M J, et al. Providing network connectivity for small appliances: A functionally minimized embedded Web server [J]. IEEE Commun Mag., 2001, 39 (10): 74 - 79.
- [2] 李小将,胡正国,陈启安. 嵌入式软件系统界面可定制模型[J]. 西北工业大学学报, 2001, 19(3): 418 - 421.
- [3] 刘仲编. Web 系统开发技术[M]. 长沙:国防科技大学出版社, 1999.
- [4] Witchey N. An easy-to-do embedded Web Server [J]. IEEE Internet Comput., 1998, 2 (3): 100.

Design and Research Based on the Model of Embedded Application System of Web

CHEN Qi-an, HONG Xue-yu

(Department of Computer Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: A model of embedded application system based on Web is proposed for solving the disadvantages of current embedded application development. Firstly, designing principle, logic structure and designing methods about the model are described; secondly, some designing methods, especially, component technology, compress technology and security mechanism are introduced; and then, an example of the model is given.

Key words: Web technology; embedded technology; embedded application system; model; component technology