

一种基于 EI 技术的 EIDI 模型的研究及实现

张德干, 郝先臣, 赵 海

(东北大学信息学院通信与信息系统研究所 134[#], 辽宁沈阳 110006)

摘 要: 提出了一个可以使嵌入到 Internet 上的设备具有智能的 EIDI 模型, 提供了模型的结构、要实现的功能以及一些具体的实现方法。基于开发的产品, 给出了两个设计实例。该模型基于 EI 技术同时发展了 EI 技术, 使得 EI 技术从分散式管理阶段进入了智能管理阶段。该模型的实现, 可以使一些不具备智能的设备具有一定的事件处理能力; 可以使众多嵌入到 Internet 中的设备根据一定的条件智能地相互控制, 并使设备主动地发起与人的通信等。

关键词: 嵌入互联网; 嵌入式设备智能; 智能; 接入服务器; 摇控 CD 机

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 05-0749-0

Research & Realization of EIDI Model Based on EI

ZHANG De-gan, HAO Xiarr-chen, ZHAO Hai

(134[#], Com. & Information Institute, School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang, Liaoning 110006, China)

Abstract: EIDI model which makes the embedded Internet devices intelligent has been presented. The architecture, function and realization methods have been proposed. Based on our products, two design examples have been shown. This model is based on the Embedded Internet technology which was developed by us at the same time, to make EI from discrete management stage to intelligent management one. The realization of EIDI model can enable the unintelligent devices to have a certain adaptive processing capabilities and mutual controlling capabilities, which can communicate with human being actively.

Key words: EI (Embedded Internet); EIDI (EI Device Intelligence); Intelligence; Webit; WebCD

1 引言

目前 Embedded Internet (嵌入互联网技术, 下文简称 EI) 的发展十分迅速, 这在很大程度上归功于基础良好的嵌入芯片技术和其它嵌入式相关技术, 如嵌入式 Web 服务器和嵌入式网关以及嵌入式协议栈等技术的飞速发展。现在利用该技术已经可以把 Internet 技术嵌入到许多不同种类、采用不同芯片的设备中, 从而使它们具有网络功能, 可以通过 Internet 来进行远程的控制与监控了。但是实现这一目标只是设备上网的开始, 人们对这种技术提出了更高的要求: (1) 能否利用 EI 技术使一些不具备智能的电器设备嵌入到 Internet 上, 并且使它们具备某种程度的智能? (2) 能否使已经具备一些智能的设备, 如自动售货机, 嵌入到 Internet 并为其添加新的智能, 如让其每隔一小时向控制中心发回当前的状态; (3) 能否让众多已经嵌入到 Internet 中的设备能通过 Internet 智能的相互控制? (4) 能否当底层控制结构发生变化时, 通过客户端的配置就可以使已经上网的设备能适应这种变化, 而不用重新修改客户端的程序? 这些问题的解决将极大地推动 EI 技术的发展, 从而赋予那些嵌入到网络上的设备以新的生命^[1-5]。

本文将对这些问题进行深入的研究。这些问题的解决, 使为数众多的嵌入到 Internet 中的设备具有了一定程度的智能,

使它们不仅可以接受远程的控制, 返回设备状态, 而且可以根据用户的需求自动地完成一些处理功能。众多的这种设备将使 Internet 真正成为连接这个世界的纽带。

2 EIDI 模型

EI 技术在经历了集中式管理阶段和分散式管理阶段后, 已经解决了使设备上网的难题。它的下一步发展应是改变上网设备的控制方式。以前的做法是人利用浏览器通过 Internet 网络来控制设备, 现在应该再进一步, 即不仅人可以控制设备, 同时设备也可以控制设备, 即设备具有一定程度的智能, 可以根据特定的条件控制特定的设备, 可以完成设备之间智能的相互控制。这种智能化的发展是嵌入到 Internet 的设备 (EI Device, 以下简称 EID) 发展的一个必然趋势, 为此提出了一种新的 EI 模型, 称为嵌入式设备智能 (EI Device Intelligence) 模型, 以下简称 EIDI 模型。

2.1 EIDI 模型的定义

这种模型有两层含义, 首先它是一种基于 EI 技术的模型, 即它可以实现 EI 的功能, 可以使 Internet 技术嵌入到设备中, 可以利用 Web 技术从远程利用浏览器通过 Internet 来控制设备、监视设备的运行状态; 第二层含义是指通过实现该模型, 可以使原本不具备智能的普通 EID 具有一定程度的智能。

对设备具有智能的定义是:设备本身具有一定的事件处理能力.设备可以根据一定的规则主动发起与人的通信或实现设备之间的相互控制.例如可以使一台打印机在没有墨时自动发 E mail 到销售商订货,而当打印机有硬件故障时,发 E mail 到打印机维修机构.从以上的定义可以看出,应用 EIDI 模型才能充分体现出 EI 技术带来的好处,实现了原本想象不到的应用.

2.2 EIDI 模型结构

在这一结构中,EIDI 控制模块是嵌入在设备当中的,模块中的基本控制单元实现了网络接口功能和嵌入式网关功能,它可以把客户端发来的控制命令转换为底层扩展控制单元所能识别的格式传到扩展控制单元中执行.扩展控制单元实现了底层的控制 I/O 控制及与设备的控制逻辑接口,当一个 EIDI 控制模块的底层 I/O 能力不够时,不用扩展整个控制模块,只要扩展一个扩展控制单元就可以了.

2.2.1 模型的硬件结构 任何控制都必须有硬件的载体,EIDI 模型就是一个软硬件结合的产物.要完成 EIDI 模型定义提出的要求,首先要使设备接入 Internet.在硬件上,首先要支持这种接入.EIDI 模型的硬件结构中采用了双 MCU 结构,从而实现了基本控制单元与扩展控制单元的分离,实现控制的扩展功能.如图 1 所示.在基本控制单元中,必须存在网络接口,以便使控制模块以某种形式与 Internet 网络相连接.通常的接口形式是 RJ-45 接口.在基本控制单元中,要完成嵌入式网关功能和嵌入式 Web 服务器,所以 MCU 应该足够强大.预留了 DOC 接口,是为了当使用功能强大的嵌入式 OS 时,ROM 不能胜任存储的任务.一般情况下,EIDI 模型使用的嵌入式 OS 不会太大,但有可能应用所占的存储空间比较大,这时需要有 DOC 的支持.在扩展控制单元中,扩展控制接口提供了多个控制单元的扩展功能,I/O 端口经过控制逻辑与设备相连.远程控制设备实际上是控制扩展控制单元的 I/O 端口.总线是基本控制单元与扩展控制单元的接口,使得数据可以双向的相互传递.

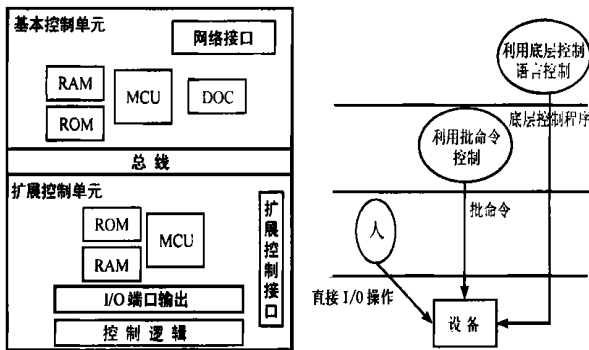


图 1 EIDI 模型的硬件结构 图 2 EIDI 模型的三层控制结构

2.2.2 EIDI 模型的功能 基于以上 EIDI 模型的硬件结构,为了完成 EIDI 模型定义的目标,设计了 EIDI 模型的功能.模型的功能框图如图 3 所示.EIDI 模型从功能上完全支持定义所提及的功能.图中表示了远程用户通过 Internet 网络控制设备并使设备具有智能所需要的主要功能模块,以下对这些功

能分别进行讨论.(1)网络接口.在网络接口功能中,要保证 EIDI 控制模块能接入网络,可以建立与客户端或其他设备中的 EIDI 控制模块的网络连接.是 EIDI 模型的基础.(2)安全认证功能.对于一个网络产品而言,可以说安全问题是首要的问题.虽然现在的网络上存在着各种安全漏洞,但其中大部分的问题是可以管理者的细心得到解决的.技术依赖于 Internet 技术,当 Internet 上的安全问题得到完善时,会随之得到发展的.在这里,抛开 Internet 的安全问题,EIDI 模型本身提供了有效的用户认证手段,并提供用户权限的划分,使得不同的用户拥有不同的权利.这一功能不算复杂,但非常必要.(3)三层控制结构.EIDI 模型提出了一个三层的控制结构,是为了给模

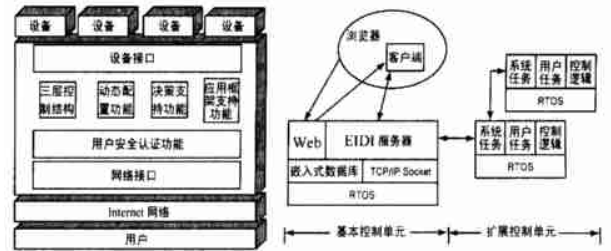


图 3 EIDI 模型的功能

图 4 EIDI 模型的软件结构

型的使用者提供最大限度的控制能力和控制的灵活性.三层控制结构分为直接 I/O 操作控制层、利用批命令进行控制、利用扩展控制单元的底层控制语言进行控制.实际上是提供了三种可以使设备具有智能的控制方式,使得控制者可以使用任何一层的控制来实现设备的智能.如图 2 所示,是按照控制形式的不同把三种控制从低到高进行了排序.

2.2.3 模型的软件结构 结构概述 硬件只是控制的载体,而软件才是 EIDI 模型中的控制的主体.EIDI 模型在软件技术上采用了许多以往控制领域不用的技术,如嵌入式数据库技术,因为在一些实时控制领域,不需要进行数据的存储,EIDI 模型正相反,大量的数据需要存储以实现众多的智能控制功能.EIDI 模型的软件结构如图 4 所示.EIDI 服务器在 EIDI 模型的软件结构中,EIDI 服务器是最复杂的一个模块,在这个结构中的各种服务,实现了 EIDI 模型的大部分功能:群组管理服务、决策支持服务、用户认证服务、应用服务、认证请求服务和状态监视服务、应用网关以及设备网关等.

应用发布形式 EIDI 模型的软件结构决定了整个应用的发布形式.主要体现在客户端应用上.在客户端,可以采用 Java 小程序建立与 EIDI 服务器的连接,也可以用普通的 Web 技术,把认证信息提交到 Web 服务器端,由 CGI 程序来建立与 EIDI 服务器的连接.前面的图 2 是一种客户端为 Java 小程序的发布形式.首先浏览器请求 Web 服务器,获得 Java 小程序,然后 Java 小程序建立与 EIDI 服务器的连接.由于 Java 小程序的安全限制,小程序只能与自己的 Web 服务器进行通信.从一个设备中取得的客户端应用可以同时控制多台设备,而不用切换客户端程序.甚至这个客户端程序可以从其他的 Web 服务器取得,从而可以建成一个控制中心网站,用户到这个网站取得客户端程序,然后控制他们想要控制的设备.

总结 EIDI 模型,可以看出,EIDI 模型为实现使嵌入式设

备具有一定程度的智能这一目标提供了所需要的功能,并从硬件结构上和软件结构上给予了支持。

3 EIDI 模型的设计与实现

EIDI 模型的具体设计、实现依赖于现有的软硬件水平,通过 EIDI 模型的实现,形成一个具有通过功能的 Internet 设备接入装置,对外提供统一的电器接口,可以把各种电器设备经过改造后接入 Internet。

3.1 模型硬件的实现

在硬件的实现上,采用了一种 PC 机的主板来实现 EIDI 模型硬件结构中的基本控制单元,用 MCS51 单片机系统来实现扩展控制单元,其系统结构如图 5 所示。

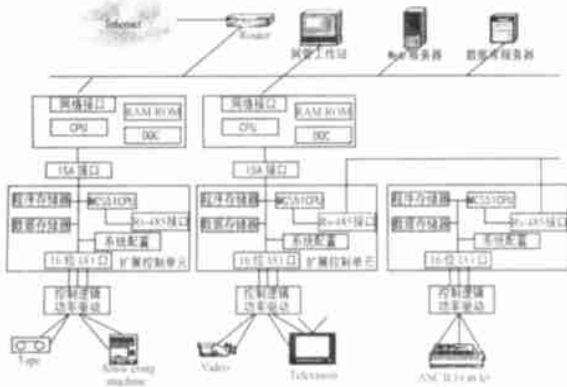


图 5 EIDI 模型的系统结构

这一结构完全符合 EIDI 模型的要求,其中的 PC 主板上配有网卡,解决了网络连接的问题,采用 PC 主板还因为实现的 EIDI 服务器是基于 Windows 系统的,而这样的主板能更好的支持 Windows。实际上在 EIDI 模型中,基本控制单元的操作系统应采用比较小的 RTOS 直接运行在 MCU 上,在扩展控制单元中,采用 MCS51 系列的单片机系统,实现了 RS-485 扩展控制接口,从而满足了系统的可扩展性。在模型的实现中,为扩展控制单元提供了 8 位输入、8 位输出共 16 位 I/O 端口。在每种设备的前面要加上控制逻辑和功率驱动,以实现不同的设备接入。基本控制单元与扩展控制单元提供 ISA 总线连接,相互交换数据。多个扩展控制单元通过 RS-485 接口连接。

3.2 软件的实现

3.2.1 软件平台 EIDI 模型在软件平台的选择上要求不是很高,基本控制单元的操作系统平台可以是 Windows9x、Windows NT、Windows 2000、Windows CE、Linux 等平台,也可以是某种形式的 RTOS。当然系统越小越好,目前的嵌入式 Linux 系统发展很快,而且功能强大,自带的 Web Server 可以满足 EIDI 模型的要求,省去了自己开发的麻烦。目前已经在 Windows 系列平台上实现了 EIDI 模型的功能,其他平台的移植工作已经开始。

3.2.2 EIDI 服务器功能的实现 EIDI 模型的大部分功能由 EIDI 服务器完成,因此服务器的实现是整个模型实现的关键。关键是要完成几个重要的功能,如批命令支持功能、应用框架支持功能等。实现的内容包括用户认证服务的实现、决策支持功能的实现、设备网关的实现、应用网关的实现、应用框架的

实现以及应用服务的实现等,下面仅就其中的两项进行说明。

(1) 应用网关的实现 应用网关提供了批命令的解释支持功能,它的最基本功能是把用户发来的批命令解释翻译成许多对底层的直接 I/O 操作命令,然后把这些命令依次送到设备网关去再次转换。批命令是以分号结尾的,部分可以编制批命令的基本控制单元如下:

`write(ff, c2, 55);` ——向 `ff` 节点的 `c2` 端口写一个 16 进制的值 55

`and(ff, c2, aa);` ——对 `ff` 节点的 `c2` 端口的当前值与上值 `aa`

`or(ff, c2, 32);` ——对 `ff` 节点的 `c2` 端口的当前值或上值 32

`delay(2000);` ——延时 2000 毫秒

`loop(0003){ write(ff, c2, ff) delay(2000) and(ff, c2, aa) delay(2000);}` 这是一个循环过程,在小括号中是循环次数,循环体在大括号内。先在 `ff` 节点, `c2` 端口写 `ff`, 然后延时 2 秒,再与上 `aa`, 再延时 2 秒,如此循环 3 次。以上是批命令部分控制单元,如果掌握了其基本控制单元,就可以利用这一智能的工具远程编制一条批命令传到 EIDI 服务器上执行,使设备具有一定的智能。

(2) 应用框架的实现 在 EIDI 服务器中,应用框架的实现涉及到群组管理服务、认证请求服务和状态监视服务。要想使一个设备能够根据条件来控制另一个设备,首先必须给出控制规则,设计的控制规则是“if(条件) then 动作”的形式。这里的条件是当前的 I/O 端口的状态,分为点状态与范围状态。点状态为某一端口的固定值,如(`c2 55`),表示 `c2` 端口的值为 55。而范围状态包含四种,分别是全开区间、两种半开半闭区间、全闭区间,如(`c2 55, c2 58`), (`c2 55, c2 58`), [`c2 55, c2 58`], [`c2 55, c2 58`]。规则的动作是一条批命令实现的。只有控制规则还不够,必须知道要控制的设备的 IP,用户名,口令等信息,他们合起来才能使状态监视服务根据规则的条件判断,来决定是否向固定的 IP 地址发送控制命令。用户在使用这一功能时只需提供相应的控制规则,受控者 IP、用户名、口令,就可以实现设备之间的智能相互控制。

4 EIDI 模型应用的实例

4.1 Webit 介绍

Webit 是沈阳东北大学新业信息技术股份有限公司根据 EIDI 模型的软硬件结构开发的因特网非标电器设备接入服务器。取名为 Webit 是想让所有的设备都可以利用它连入 Internet,通过浏览器的方式访问、控制它们。Webit 为传统设备提供一种能力,使远程的使用者透过 Internet 来对设备进行控制、诊断、管理以及监视,当然,用户可以将 Webit 嵌入到现有的设备中,也可以设计电路,由此为设备增加新的功能。图 6 中 (a) 是普通模式 Webit 形态,它长 57(mm) × 宽 36(mm) × 高 20(mm),不到 3 个一元硬币大; (b) 是其嵌入方式。

它的功能是把非标的电器设备接入到网络中,从而可以在远程利用浏览器来对设备进行控制。在软件上,它实现了 EIDI 模型的三层控制结构和 Webit 与设备之间接口的动态配置功能。目前该产品的体积还比较大,还无法把它嵌入到很小



图 6 Webit 产品及嵌入方式

的设备中,但这些问题会在将来得到解决的. 它的硬件技术参数是: 每个 Webit 自带 16 个 I/O 口; 每个 Webit 可拖带最多 255 个扩展控制单元; 每个扩展控制单元可提供 16 个 I/O 口; 每 8 个、12 个、16 个、20 个 I/O 口可自由组合成相应精度的 A/D、D/A 转换接口; 每个数字接口可提供 TTL I/O、继电器 I/O 和光电隔离. 通过把 Webit 提供的 I/O 端口同相应的设备连接起来,就可以在远程通过浏览器来控制设备了. 它的客户端的界面如图 7 所示. 上边的端口 c0 的 8 个灯代表 8 位输入, 端口 c2 是 8 位的输出. 在这个界面中, 可以做直接的 I/O 操作, 如 IO_WRT(写)、IO_AND(与)、IO_XOR(异或)、IO_OR(或)、IO_RD(读).

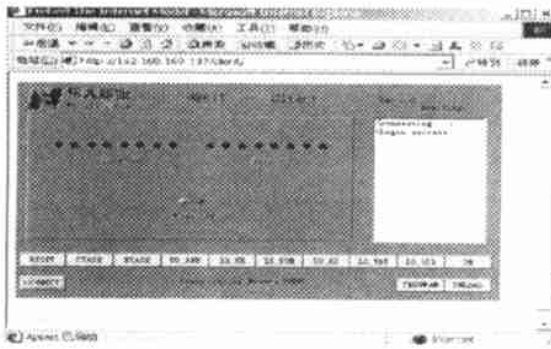


图 7 远程客户端的界面

4.2 实例

下面以 WebCD 的实现为例来说明. 一台 CD 机是可以通过手动或遥控器来控制的, 现在想法是扩展遥控的功能——把它的控制放到 Internet 网络上, 使得 Internet 上的任何一个浏览器都可以访问到这一控制, 从而使任何一个浏览器都可以成为 CD 机的遥控器. 在具体的实现时, 利用了 Webit 来完成这一功能. 首先从 CD 播放机中取出面板控制信号, 然后设计相应的控制逻辑电路, 在这里, 设计了一个 3X3 的控制矩阵作为功能选择, 一路控制信号用于接受控制脉冲, 还有一路电源控制开关, 共 8 路信号接到 Webit 的输出控制端口上. 还设了两路反馈号, 一是 CD 机的电源, 另一路是 CD 机的托盘的打开和关闭信号. 反馈信号接到 Webit 的控制输入端口上. 这样就可以利用浏览器通过 Internet 来控制这台 CD 机了. 需要指出的是, Webit 与 CD 机之间的控制信号的连接是随机的, 具体控制时, 只需要配置一下接口形式就可以了, 不会影响到客户端的控制. CD 机的音频信号也应该通过 Webit 被远程的浏览器访问到, 只需要在 Webit 上实现一个音频流服务器就可以了. 由 Webit 采集 CD 机的音频信号、电源信号和托盘信

号在远程的客户端都有显示, 当这台 CD 机被其他人远程控制或者在本地控制了, 在这个客户端上都可以反应出来, 如托盘是否被别人在本地打开了. 客户端的每一个按钮都会执行一个命令把一条批命令发送到 Webit 上执行, 避免了连续控制中的网络延时. 这些命令实现了 CD 机的大部分功能, 如可以实现快进、暂停、选曲、升降调等功能. 当连接修改后, 只要重新配置一下就可以了.

5 结论

本文提出了一个可以使嵌入到 Internet 上的设备具有智能的 EDI 模型, 详细地叙述了模型的结构、要实现的功能以及一些具体的实现方法, 给出了两个设计实例. 本模型基于 EI 技术同时发展了 EI 技术, 使得 EI 技术从分散式管理阶段进入了智能管理阶段. EDI 模型的实现, 可以使一些不具备智能的设备具有一定的事件处理能力; 可以使众多嵌入到 Internet 中的设备可以根据一定的条件智能地相互控制, 并可以使设备主动地发起与人的通信. EDI 模型并不是 EI 技术的边界, 随着新的应用需求的产生, 新的 EI 技术必然会不断地涌现, 我们将继续该技术的创新研究.

致谢 该项目的研究得到了国家自然科学基金 (No. 69873007) 的资助, Webit 产品, 通过了辽宁省科委的技术鉴定, 鉴定结果为国际领先水平, 并取得了专利权.

参考文献:

- [1] 赵海. Fieldbus 网络通信模型中的 MAC 层 [J]. 东北大学学报, 1996(8): 434-440.
- [2] 赵海. 现场总线网络通信模型中的逻辑链路层 [J]. 东北大学学报, 1996(6): 230-234.
- [3] 赵海. 嵌入式 Internet 二十一世纪的一场信息技术革命 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001, 9.
- [4] 陈飞鸣, 赵海. 一种嵌入式模型的设计 [J]. 东北大学学报, 1999(3): 130-134.
- [5] Douglas E. C. Internetworking with TCP/IP [M]. NY: Prentice Hall Press, 2001, 4.
- [6] Atallah M. Algorithms for variable length subnet address assignment [J]. IEEE Transaction on computers, 1998, 47(6): 693-699.

作者简介:



张德干 男, 1970 年 2 月出生于湖北黄冈, 东北大学博士, 研究方向为信息处理技术、通信技术. gandegande@etang.com

郝先臣 男, 1961 年 5 月出生于辽宁沈阳. 研究员, 研究方向为信息处理技术.

赵海 男, 1959 年 6 月出生于辽宁沈阳. 东北大学教授, 博士生导师, 研究方向为信息处理技术、通信技术等.