

基于 IPv6 的家庭网关设计

姚崇高, 王佳丹, 彭亚雄

(贵州大学 信息工程学院, 贵州 贵阳 550003)

摘 要: 家庭网关是下一代互联网延伸到家庭网络的核心设备。IPv6 协议克服 IPv4 协议的缺点和不足, 更具有灵活性和高效性, IPv6 在数字化家庭中具有广阔的前景。设计了一种基于 IPv6 的家庭网关, 并给出系统模块化设计、任务调度、事务控制的实现, 对应用中的一些问题作了探讨和实践。

关键词: IPv6; 家庭网关; Linux

中图分类号: TP393.02

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)03-0207-03

Design of Home Gateway Based on IPv6

YAO Chong-gao, WANG Jia-dan, PENG Ya-xiong

(School of Information Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

Abstract: Home gateway is the core device by which the NGN is extended into the home network. IPv6 has some benefits, overcomes these problems in IPv4, and more flexible and efficient as well. It will play a more and more role on digital home network. Design a kind of home gateway based on IPv6. Then introduce the module design, task assign and transaction control of the system. Finally, pay great attention to the issues of application, and make some study and efforts.

Key words: IPv6; Home gateway; Linux

0 引言

IPv6 使家庭的每一个设备都拥有自己的 IP 地址, 而将家庭网络和 Internet 连接起来的设备是家庭网关, 家庭网关是实现家庭网络数字化、智能化的枢纽。通常具备安全防范系统、抄表系统、家电控制系统、语言控制系统等功能。文中重点介绍一种基于 IPv6 的嵌入式家庭网关的设计。

1 下一代互联网协议 IPv6

IPv6 是 Internet 协议族中关于网络层的一个最新版本, 它的设计被认为是对 IPv4 革命性的一步。IPv6 继承、保留、修改、完善和扩充了 IPv4 协议, 能够无限制地增加 IP 网址数量, 拥有巨大的地址空间和卓越的网络安全等特点的新一代互联网协议。作为下一代 Internet 的核心协议, 不仅能够满足互联网飞速发展的需求, 即插即用的接入方式、网络层的认证与加密、对

服务质量和对移动 IP 的支持使其成为构造下一代互联网的最佳选择^[1]。IPv4 与 IPv6 对比见表 1^[2,3]。

表 1 IPv4 与 IPv6 的对比

IPv4	IPv6
地址长度 32 位	地址长度 128 位
IPSec 为可选扩展协议	IPSec 为 IPv6 的组成部分, 对 IPSec 的支持是必需的
包头 TOS 域未被利用, 不支持 QoS 的数据流识别项	包头含 COS, 增加流标识字段提供数据流识别功能, 支持不同 QoS 要求
由路由器和发送主机完成分段	路由器不做分段工作, 分段仅由发送机进行
包头中包含可选项	所有可选内容全部移至扩展包头中
包头中包括完整性校验和	包头中不包括完整性校验和
ARP 协议使用广播 ARP 请求帧对 IPv4 地址解析	组播邻居请求报文替代 ARP 请求帧
ICMP 路由器发现未可选协议, 用于确定最佳默认网关的 IPv4 地址	ICMPv6 路由器请求和路由器发布报文为必选协议
使用广播地址发送数据流至子网	没有广播地址, 而使用面向链路局部范围内所有节点的组播地址
地址配置方式为手工或者通过 DHCP 协议	地址自动配置
IGMP 协议管理本地子网成员	MLD 报文替代 IGMP 协议

IPv6 对于包头的简化减少了路由器上所需的处理过程, 从而提高了选路的效率^[1]。全面支持 IPSec 安全协议, 利用身份认证扩展报头和加密扩展报头可以提高网络互连和互访的安全性^[1]。利用 IPv6 的地

收稿日期: 2006-06-27

基金项目: 黔发改委 2005 年高新技术项目(黔发改高技 20051141 号)

作者简介: 姚崇高(1982-), 男, 湖北崇阳人, 硕士研究生, 研究方向为网络与多媒体技术; 彭亚雄, 副教授, 研究方向为通信网络与编码技术。

址自动配置功能,与网络连接的每个设备均可自动地得到唯一的地址,可以帮助简化家庭网络的构建和 IP 地址的管理。IPv6 对移动性的支持可使用户随时随地访问家庭网络中的资源,如将家里的空调与 Internet 连接后,可使用移动电话远距离地调节温度等。

IPv6 是用于建立安全、可靠和高效的 IP 网络的一个长期解决方案。将 IPv6 技术与现有家庭网络方案相结合,可以为用户提供一个简单实用的软件化的家庭网络平台系统。

2 家庭网关硬件设计

家庭网关类似于服务器的功能,集中控制家庭网络中的家庭设备,如信息家电、安防系统、报警系统等。而信息家电要完全融入到数字化应用中,一般来讲,信息家电应该包括嵌入式处理器、相关支持硬件、嵌入式操作系统以及应用层的软件包等。针对联网要求,可以在电器设备中嵌入 TCP/IP 协议栈,通过家庭网关自动分配 IPv6 地址,还要在家电设备中嵌入网络通信接口,如: USB,Bluetooth 或 IrDA 等通信接口,并提供相应的通信协议软件和物理层驱动程序^[4,5]。

家庭网关的硬件模块可分为:主控模块、存储模块、接口模块(电话、RS-485、Ethernet、家庭总线)、人机界面模块、Internet 接入模块、无线接收和发送模块、报警系统驱动模块、语音模块、时钟电路模块等。一般具有多个物理层接口,在高层协议中还应该包含 TCP/IP 协议、MPEG 协议、Bluetooth 等协议。家庭网关可以屏蔽不同连接技术的物理层和数据链路层的差异,在较高层上实现各设备之间相互通信,数据交换、存储和控制。如图 1 所示,家庭网关的设计分为以下几个模块:MCU 主控模块、接口模块、控制模块等,

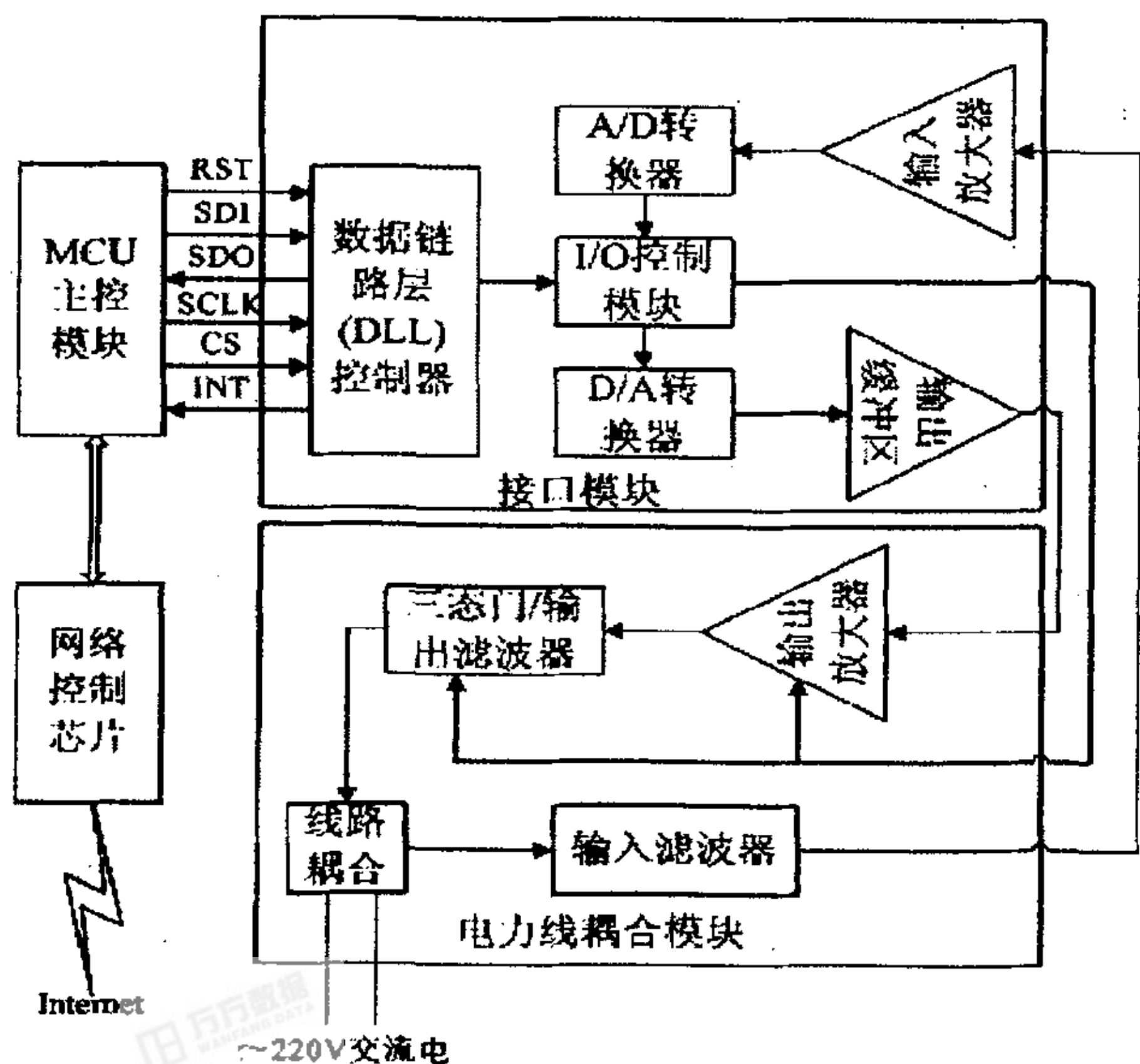


图 1 家庭网关的硬件结构设计

MCU 主控模块协调各模块工作,是设计中的关键。我们选用的是基于 51 架构的 SST 公司的高性能 MCU-SST89E564RD,该 MCU 时钟频率最高 40MHz,片内有 1k RAM、两块 Flash(64k + 8k)、3 个 16 位定时器以及看门狗。还支持 64k 的外部程序数据空间和 4 个优先级的 8 个终端源。其性能高、价格低,完全能够满足家庭网关的需求。

3 家庭网关软件设计

家庭网关主要是协议的转化,功能模块设计如图 2 所示。通过 Linux 驱动程序的形式连接各个模块和操作系统,完成整个软件的构架,CPU 总控模块负责初始化和协调各个模块的操作,是整个系统的大脑,事务控制模块支持并发控制,主要保证传递过程中的可靠性和高效性。系统软件工作流程:任务 Init()进行初始化,并创建任务 HomeBus()、Rec()、Monitor(),并中止自身任务执行。任务 HomeBus 不停巡检家庭总线设备,发送控制指令。任务 Rec 分配串口中断,进行数据接收。当相关数据接收完成,创建对应任务,执行相关动作,同时发送接收完成信号通知相应任务,当发生发送中断时,释放信号量,允许任务对串口的访问。任务 Monitor 监控各任务的执行,定时器控制时钟节拍,一旦任务超时,中止该任务的执行,重新创建任务。当被监控任务执行时,监控任务处于等待状态,等待被监控任务给它发送消息,等待时间被设定为估计任务正常执行的最大时间。Monitor 的优先级是最高的,因为担负监控任务执行情况,维护系统的稳定。Rec 与串口中断相连,负责小区网络以及家庭总线数据通信,实时性要求高,优先级设置仅次于 Monitor。

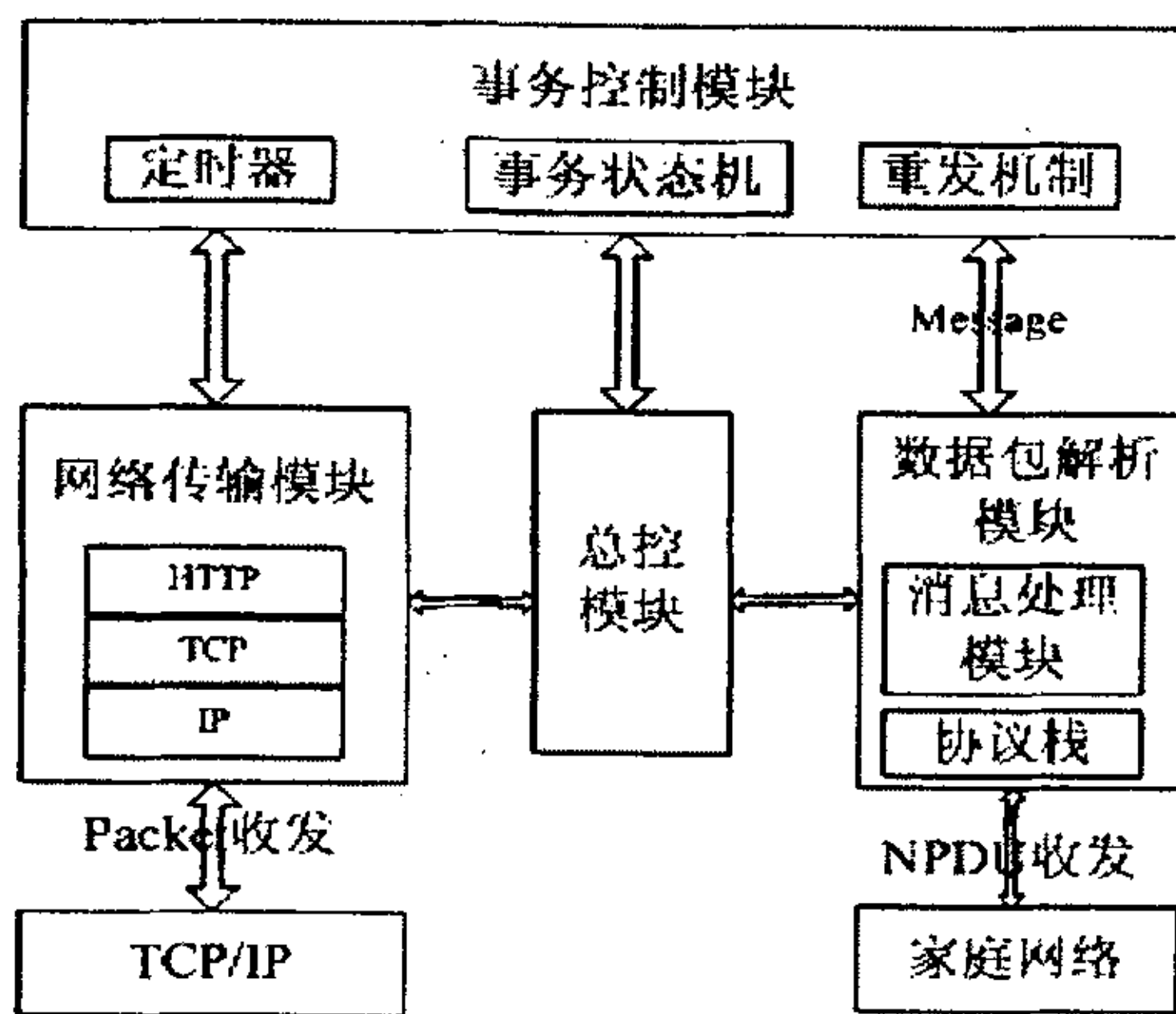


图 2 家庭网关的功能模块设计

事务控制模块向上提供一个可靠的双向连接,为了保证连接的可靠性,使用了重发、定时器、事务标识符三种机制。整个模块运行如下:首先初始化,接收数据包解析模块的消息,并创建消息队列,从队列中提取

将要处理的信息。然后根据信息的事务标识符进行查询,激活相应事务,如果其不存在,则新建一个事务并转换状态。根据事务的状态通过查询找到相应入口,通过入口找到合适的规则,如果没有合适的规则匹配,则返回一个错误信息。根据找到的规则进入相对应的处理程序,同时更新状态。最后从队列中获取新的信息,重复上述过程。

网络传输模块中创建一个 HTTP 服务器,并支持 CGI,使得用户可以通过 B/S 模式来提交事务,配置相应参数,实现家庭网络的可视化操作。TCP/IP 协议栈通过 Socket 编程来实现,主要程序设计如下:

- 1) 采用 `socket_init()`,初始化系统网络接口;
- 2) 构造 `socket` 类型对象作为服务器端的 `socket`;
- 3) 调用 `socket_listen()` 开始网络监听;
- 4) 调用 `socket_wait_established()` 以等待连接建立;
- 5) 使用 `socket_mode()` 设置数据流格式,通过 `socket_gets()`、`socket_puts()` 来收发数据;
- 6) 使用 `socket_tick()` 进行客户端与服务器端的通信;
- 7) 通信结束,调用 `socket_close()` 关闭 `socket`,断开连接。

4 家庭网关设计中的相关问题

4.1 Linux 系统

嵌入式微处理器经历了从 8 位到 32 位的发展,为开发复杂的家电应用提供了硬件平台。过去的许多嵌入式系统没有操作系统,只不过有一个控制环而已。这对很简单的嵌入式系统来说,可能已经足够。不过,随着嵌入式系统在复杂性上的增长,如果没有操作系统,将使软件复杂度变得极不合理。PalmOS 和 WinCE 是当前信息家电操作系统中应用最广泛的两种。但这两种操作系统的许可费用都不低,而 Linux 是一个自由软件,具有开放源代码、免费、安全、良好的网络支持、易于移植等特点,此外还提供高速率的 TCP/IP 协议栈和高度集成的网络部件(包括 Ftp/Ftpd, telnet/telnetd, SSL, 各种邮件 C/S, 各种 Http Server),所以成为开发家庭网络的首选软件。

4.2 IPv6 协议栈的加载和简化

给每个家电设备都加载 IPv6 协议栈,使之能够利用 IPv6 地址进行通信和识别,但是家庭中所用到的家电种类繁多,结构、体积和性能上有很大的差异,因此通过为每个家电配置完整的网络服务功能(包括软件和硬件)来处理与上网有关的配置和操作,如 TCP/IP 协议的处理、安全的加密/解密算法、用户合法性检验、

相关应用程序的运行等,将是不切实际的。这就需要制定一个适合 8 位、16 位微型计算机以及只有数十 kB 存储容量的设备的 IPv6 协议栈简化方案^[6]。该方案需要涉及简化扩展头的接收处理、省去复杂的路由功能等。

另外,还可以考虑根据不同的家电的性能和功能对协议栈进行模块化的改造设计,以便分段加载,从而充分利用资源,提高网络处理能力。例如,对于小型家电设备,可以通过远程启动服务(Remote boot,通常也叫 RPL),利用协议栈服务器(家庭网关)上的软件来引导自己,实现动态加载网络配置信息。这样,家电不需要配备能够永久保存配置信息的存储器,只需要装一个 RPL ROM 芯片就可以了。

4.3 IPv4 向 IPv6 的平稳过渡

IPv4 向 IPv6 的转变有一个较长的过渡时期,实现 IPv6 的家庭网关在过渡期间需要相互共存,那么就要解决这两者之间相互兼容的问题。因此,必须充分利用现有的条件构造下一代互联网,以避免过多的投资浪费,实现 IPv4 向 IPv6 的平稳演进。保证 IPv4 和 IPv6 具有互操作性的两种技术与策略,这两种技术分别是隧道(tunnels)技术和协议转换技术^[1]。在 IPv4 的环境里组建 IPv6 网络,可以通过双栈主机、隧道技术和纯 IPv6 链路混合组网技术来实现。对终端主机,路由设备和网络结构的升级需要有相应的过渡技术。在此过程中,IPv6 主机还必须维持与 IPv4 的连接。所以过渡阶段 IPv6 主机运行的是双协议栈,在网络层 IPv6 与 IPv4 共存。路由器升级比较复杂,因为 IPv6 和 IPv4 在 IP 报文的格式上相差甚远。路由器必须为 IPv6 配备全新的报文转发、路由协议和网络管理软件。要运行 IPv6,至少应该保证 IPv6 传送的报文到达目的地,即 IPv6 主机间能建立连通性。为了充分利用 IPv4 的资源,IPv6 可覆盖在 IPv4 网络上,以虚拟网的形式运行。而支持 IPv6 的路由器间的链路采用 IP 隧道技术,将 IPv6 报文封装到 IPv4 报文中传输。

5 结束语

家庭网关融合家用设备的各种连接方式,包括 Ethernet、WLAN、AV 线缆、IEEE1394、USB 等,实现了家庭网络中的设备与 Internet 接口相连。将 IPv6 应用于各个领域是形势所趋,本系统的设计会进一步提高智能化、数字化家庭的水平。

参考文献:

- [1] Ldshin P. IPv6 Clearly Expained[M]. [s.l.]: Morgan Kauf-

(下转第 213 页)

最高管理员具有最高的权限,用来定义及规范各类管理员角色的工作职责,直接对用户管理员、角色管理员和文档管理员进行管理。用户管理员完成各类角色的定义以及指定角色与用户之间的联系。角色管理员负责建立角色与文档操作集之间的联系。文档管理员完成各类文档操作集的创建,为文档指定操作许可,建立文档操作集与各个文档的联系。

引入文档操作集(D-OS)概念后,系统增加了文档管理员角色。文档管理员主要工作是进行文档归类和设置文档的操作许可。在活塞文档资料中包含机械加工工序卡、工艺卡片、毛坯样图以及检验作业书等大量文档。虽然活塞的种类是各种各样的,但是每一种活塞对应的文档是一模一样的,并且在处理流程上也是相同的。通过将这些文档进行有效分类,可很好地解决多次授权问题。如果采用角色与目标直接相连,当存在 N 个此类文档时,则需要进行 N 次相同权限指派工作,采用文档封装处理后, N 次的操作就可以转化为一次完成,大大削减了管理的工作量,更能够体现出 RBAC 模型的简洁性原则。

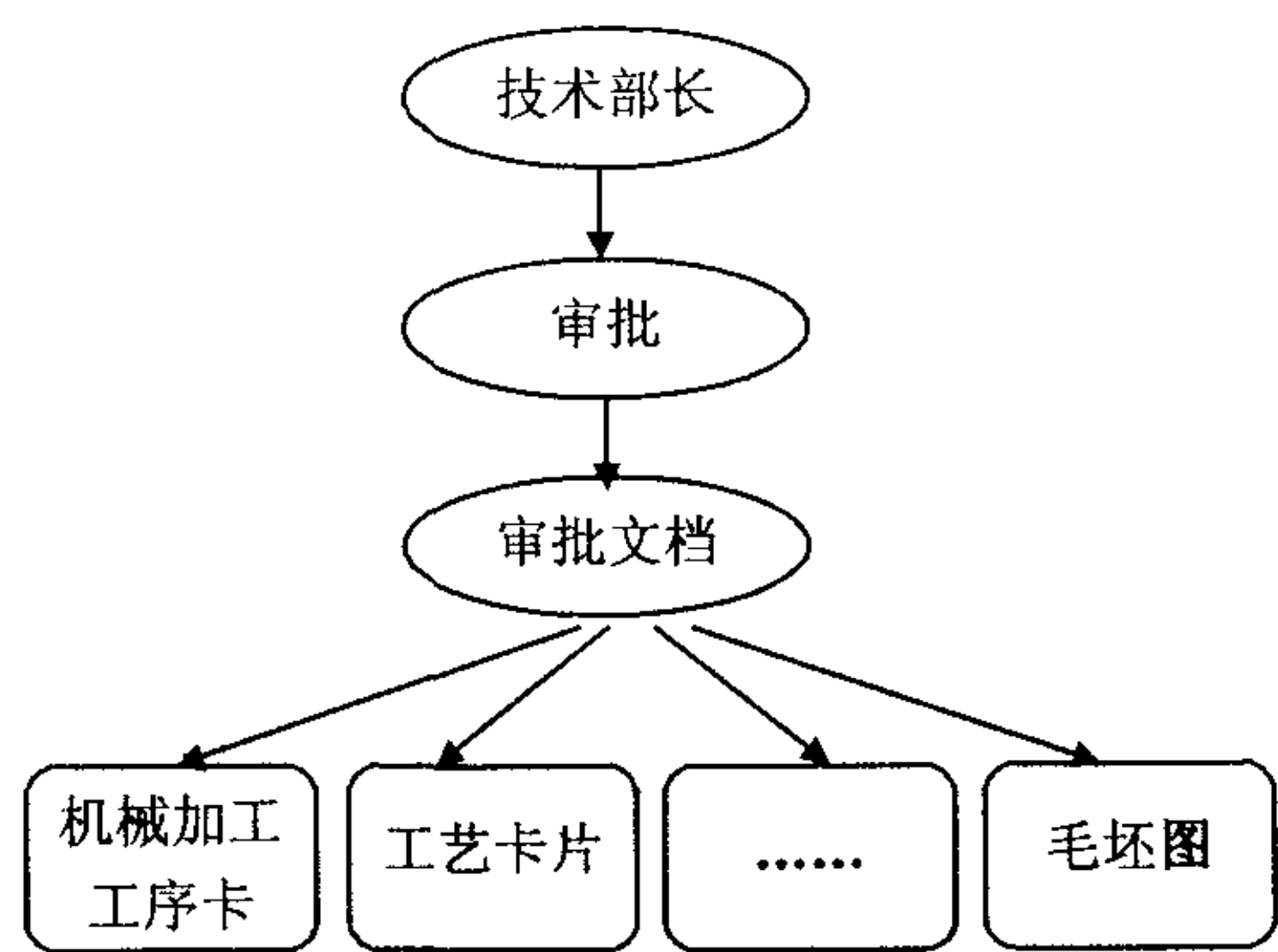


图4 扩展 RBAC 审批实例图

图4是扩展 RBAC 模型在文档审批中的应用,其中审批文档是自定义的文档操作集,它是连接文档与审批角色的桥梁。由于组织和功能的非频繁变化,人员、角色与文档操作集之间的关系比较稳定,而文档部分变化频率较快,在不同时期将对应不同的文档。审批文档的引入,使审批角色与文档的联系变成间接关系,避免了大量的文档直接与审批角色进行联系。当

审批文档中的项需要调整时,只需向审批文档中增加或撤销文档即可,而不必修改审批角色与审批文档的关系或者审批角色与文档的关系。这种操作模式能很好解决繁琐的角色分配问题,符合实际的工作情况。

4 结 语

文中在典型的 RBAC 模型的基础上,提出一种新的基于角色的访问控制模型。该模型对 RBAC 模型进行了扩展,引入了文档操作集(D-OS)概念,它通过将相关文档进行封装处理,进一步简化了对操作对象的管理。给出了扩展 RBAC 模型的形式化定义,并对模型进行了分析和研究,最后介绍了该模型在文档管理系统中的应用。D-RBAC 模型是一个访问控制模型,在系统应用中对文档的管理带来方便,并不能完全解决文档的实际安全问题,除了采用访问控制技术外,系统采用了安全数据库存储技术、加密技术以及文件压缩等多种技术来加强文档的安全管理。现阶段 D-RBAC 模型处于简单的应用时期,还存在若干问题:如文档安全的可分级问题,文档操作集的约束规则及安全继承问题,这将作为下一步的工作内容。

参考文献:

- [1] Ferraiolo D F, Sandhu R, Gavrila S. A Proposed Standard for Role - Based Access Control[M]. USA: [s. n.], 2000.
- [2] Sandhu R S, Coyne E J, Feinstein H L, et al. Role based access control models[J]. IEEE Computer, 1996, 29(2): 38 - 47.
- [3] Ferraiolo D, Kuhn R. Role - based access control[C]//Proceedings of the 15th NIST - NCSC National Computer Security Conference. [s. l.]: Artech House, 1992.
- [4] Ferraiolo D F, Sandhu R, Gavrila S, et al. Proposed NIST standard for role - based access control[J]. ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC), 2001, 4(3): 225 - 274.
- [5] Schaad A. The Role - based Access Control System of a European Bank[C]//Sixth ACM Symposium on Access Control Model and Technologies. Chantilly, VA, USA: ACM, 2001: 87 - 96.

(上接第 209 页)

mann, 2000.

- [2] Deering S, Hinden R. Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification[S]. RFC2460. 1998.
- [3] Narten T S. IPv6 Stateless Address Autoconfiguration[S]. RFC2462. 1998.
- [4] 黄克强, 吴明光. 基于家庭总线的智能住宅[J]. 浙江大学

学报:工学版, 2002, 36(6): 616 - 619.

- [5] 张振川, 张琳琳. 基于 CEBus 的家庭局域网网络物理层研究[J]. 计算机工程与设计, 2004, 25(2): 255 - 258.
- [6] 刘晓胜, 吴乐南, 周 爽. 智能小区系统工程技术导论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.