

基于 ARM9 的无线数据终端的设计与实现

吴金华, 郑耿, 李驹光

(中国科学院自动化研究所, 北京 100080)

摘要: 介绍一个基于 AT91RM9200 的无线数据终端应用系统设计的全过程。硬件设计中充分利用 ARM 丰富的硬件资源来简化系统结构, 同时通过运行嵌入式 Linux 系统实现了丰富的协议接口, 并以 2 种常见的应用需求为例, 对无线数据终端上的高端应用开发作了分析, 对设计中所有技术关键点进行说明。

关键词: 无线数据终端; ARM-Linux 操作系统; GPRS 网络

Design and Implementation of Wireless Data Terminal Based on ARM9

WU Jin-hua, ZHENG Geng, LI Ju-guang

(Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

【Abstract】 Based on AT91RM9200 microprocessor, the paper introduces the implementation process of one embedded wireless data terminal. This design can bring two advantages: the simplified hardware frame and the complete network protocols achieved by running ARM-Linux operating system on it. The two typical applications based on the device are presented and the key points of the design are analyzed in the paper.

【Key words】 wireless data terminal; ARM-Linux operating system; GPRS

1 概述

在某些工业应用中, 选择无线网络进行数据传输逐渐成为最为理想的选择。目前的无线网络主要有 GPRS 和 CDMA 2 种, 虽然 CDMA 网络采用的是码分多址技术, 在理论上比 GPRS 更为先进, 但考虑到信号覆盖范围和成本等因素, 在许多实际工业应用中, 仍然选择了 GPRS 网络。无线数据终端就是一种能够通过 GPRS 等广域无线网络接入 Internet 的设备, 它为客户提供稳定、高速、永远在线、成本低廉的数据传输通道, 因此被广泛应用于各种远程数据传输与监控系统中。

传统的无线数据终端一般是采用“单片机 + GPRS 调制解调器”的系统结构, 这样由于硬件运算能力限制, 整体功能较弱, 尤其是在网络协议的开发与支持上都有相当的难度。而近年来, 以 ARM 为代表的嵌入式 32 位微处理器技术得到了飞速发展, 无论是在功耗、便携性还是在硬件成本上, 许多高性能的 ARM 芯片已经与单片机相差无几, 因此在许多工业应用设计中, 使用 ARM 芯片取代传统的 8/16 位单片机已经是一个非常经济、理想的选择。

本文以“ARM + GPRS 模块”的系统架构取代传统的无线数据终端设计方案, 这样不仅可以利用 ARM 芯片丰富的片内、片外资源简化系统硬件结构, 更为方便的是, 可以通过运行嵌入式操作系统实现丰富的协议接口, 减小实际应用的开发难度, 便于向高端系统应用升级。

2 硬件平台的选择与设计

本文设计的无线数据终端是嵌入到一个工业控制系统中使用的, 同时综合考虑其他相关需求和功能扩展, 因此选用 AT91RM9200 处理器作为系统的核心处理单元, 外接 GPRS 模块, 作为整个系统的硬件平台。AT91RM9200^[1]是 ATME

公司生产的一款高性能的 ARM9 芯片, 它是一款通用工业级 ARM 芯片, 主频为 180 MHz/200 MIPS, 已经在工业控制、智能仪器仪表等领域内得到了大量的应用。

图 1 是硬件平台的最小系统的硬件结构图。

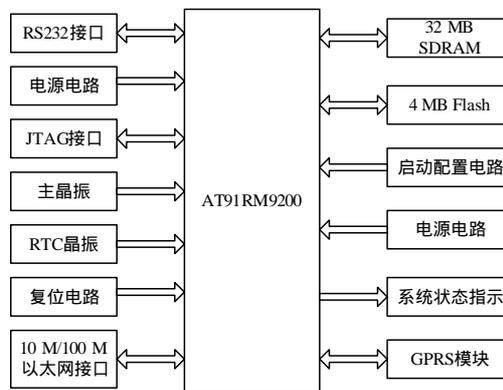


图 1 无线数据终端的硬件结构

在图 1 所示的硬件结构中, RS232 接口和以太网接口用来实现客户的接口需求; GPRS 模块提供系统的无线数据通信链路, 通过 UART 接口和 AT91RM9200 通信, 实现数据的无线传输; 图中的其他功能模块实现系统所需的基本功能。整体硬件结构相对比较简单, 具体实现的更多内容可参考文献[2]。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60528002, 60621001)

作者简介: 吴金华(1978 -), 男, 博士研究生, 主研方向: 网络化控制系统, 嵌入式系统设计与应用; 郑耿, 助理研究员、博士; 李驹光, 博士

收稿日期: 2007-08-24 **E-mail:** wjh_zdh@163.com

GPRS模块选用Wavecom公司的Q2403A模块^[3]，它是一个独立支持E-GSM/GPRS 900/1800的双频模块，通过一个60针的通用接口与外界连接，本应用使用了3个接口，即电源接口、SIM接口和串行接口。

Q2403A模块包含完整的SIM接口信号和一个完整的全功能串口，因此模块的SIM接口和串口的连接非常简单，直接将模块的接口与ARM系统的对应接口连接即可。电源部分则是硬件设计的一个重点，它对系统的正常工作起着至关重要的作用。由于模块的工作特点，电源必须能够提供用于模块数据发送的瞬时大电流，因此在电源电路连接较大的电容，图2是模块电源电路的原理图。其中，U700为输出电压可调的电源芯片，通过对电阻R701、R702的选择，使输出电压在3.8V(模块工作电压)左右，C702和C703为大容量电容，用于提供模块工作时所需要的瞬时大电流。

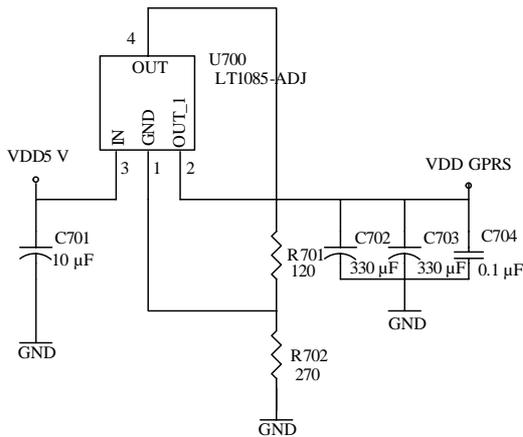


图2 Q2403A的电源电路原理图

3 系统软件的移植与配置

无线数据终端的软件开发一般分为2部分，即系统软件的移植与配置和高级应用程序的开发，其中前者是后者实现的基础。

3.1 操作系统的移植

Linux是一种类Unix操作系统，功能强大、稳定性好、免费并开放源代码。同时Linux内核采用模块化设计，具有良好的移植性和可定制性，因此也成为了一种主流的嵌入式操作系统。目前，许多ARM生产厂商都已经将Linux移植到其生产的ARM芯片上，并发布了源代码供用户免费使用。本系统中的操作系统就是ATMEL公司发布的支持AT912RM9200处理器的ARM-Linux系统的当前最新版本，版本号为2.4.27。

另外，为满足系统的应用需求，本例中还对系统源代码作了如下2点改进：

(1)改写串口驱动代码。AT91RM9200芯片支持DMA机制，并对串口、网卡等多种外设都提供了独立的DMA读、写通道。因此本文对发布源码中的串口驱动代码进行了改写，将数据收发方式由原先的字节中断改为DMA方式，这样便可以通过避免大量的CPU计算开销来提高核心处理单元与GPRS模块间通信的吞吐量。

(2)增加Flash文件系统支持。系统需要实现对配置参数和其他数据文件的掉电保存，在硬件设计中外扩了4MB的Flash芯片，在内核中移植了基于Nor Flash的jffs2日志文件系统，并将根文件系统由常用的ramdisk形式升级成了jffs2映像文件的方式。

3.2 GPRS 联网

GPRS的网络连接是无线数据终端的基础功能，它是通过点对点(PPP)协议来完成的。PPP是在串行连接的数据链路实现IP以及其他网络协议的一种机制。ARM-Linux系统已经完整实现了PPP协议，因此系统中GPRS联网的实现非常简单，主要有3个步骤：

(1)增加ARM-Linux内核的PPP支持。使用PPP协议前，必须将该功能编译到ARM-Linux内核中。内核中与PPP协议相关的配置选项都包含在“Network device support”选项下，需要选中的选项包括PPP协议支持、PPP异步/同步串口通信及PPP压缩等。配置完成后，保存配置并重新编译内核。

(2)移植PPP应用程序PPPD和Chat。PPPD是PPP的一个应用程序，为PPP提供一种在点对点串行线路上传输数据流的方法，而Chat则是PPPD一个配套程序，它用来拨号并等待提示，然后根据提示输入用户名和密码等登录信息。可以从网络上下载PPP源码，然后交叉编译得到ARM架构的PPPD和Chat程序即可。

(3)编写上网脚本文件，调试GPRS联网。调试GPRS联网的核心工作是编写PPP脚本和配置文件。幸运的是Linux的许多桌面发行版中，如Redhat 9.0系统，都提供了支持PPP工作的脚本和配置文件的范本及帮助文件，只需要根据具体应用，修改运营商参数和与GPRS模块连接的串口参数即可。

4 高级应用程序的开发示例

GPRS的网络连接成功后，就需要根据设备的具体应用需求开发相关的应用程序。

4.1 网络地址转换

在许多实际应用中，为节省成本，无线数据终端常常是作为一个无线路由网关来使用，即内部局域网计算机能够通过它透明访问Internet。目前为这种应用需求所提出的各种实现方案中，网络地址转化技术(NAT)是最为简单、常用的一种方式。

NAT技术本质上是通过修改IP包的源地址或目的地址来实现。如果一个节点执行了NAT，它会修改通过它转发的IP包的源地址或者目的地址，并且节点会记住它是怎样修改了这个包，因此当相应的应答包从另一个方向到达时，它就知道如何反向修改应答包。

其中，修改IP包的源地址常被称为IP伪装技术，当内部网络节点作为客户端，需要发起对Internet的访问时，就可以采用这种方式。而修改IP包的目的地址中最常用的就是端口转发技术，它可以让内部网络上运行的服务器，如Web、FTP等，能够被外部网络的机器访问。

因为运行了ARM-Linux操作系统，所以在无线数据终端上实现NAT功能就简便多了。

(1)重配置内核 增加ARM-Linux内核的NAT技术支持。内核中与NAT相关的配置都在“Networking options”菜单下，一般需要选中的选项包括：“Network packet filtering(replaces ipchains)”选项和“IP: Netfilter Configuration”子菜单中与NAT规则相关的配置，其他选项则根据应用需求来选择。另外，还需要选中内核的“/proc file system support”和“Sysctl support”选项，这样系统运行时才可以通过Sysctl接口来动态更改内核参数，保存配置，重新编译内核。

(2)移植IPTables应用程序。IPTables是Linux系统上用来创建NAT规则的一个开源工具程序，从网络上可以下载其源码。下载后，根据源代码版本使用相应版本的ARM-Linux

交叉编译器进行编译，便可以得到相应二进制程序。

(3)根据应用需求,制定相应的 NAT 规则。对于各种 NAT 应用,需要使用 IPTables 程序来设定相应的控制规则。例如,实现上文所述的 IP 伪装功能,在控制台中运行下列命令:

```
$ echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
$ iptables -t nat -A POSTROUTING -o ppp0 -j MASQUERADE
```

第 1 行指令是用来开启操作系统的 IP 转发功能,第 2 条命令则是设置所有通过 ppp0 设备(拨号后生成的网络设备)发出数据报的源地址都使用 ppp0 的 IP 地址。这样,与 GPRS 数据相连的局域网内的计算机只需要将网络连接的默认网关和 DNS 服务器设置成 GPRS 数据终端的 IP 地址就可以访问 Internet。

而对于 NAT 的端口转发功能,如假定 GPRS 数据终端的内部 IP 为 192.168.0.1 通过拨号上网得到的 IP 为 220.192.60.118,运行 Web 服务器的计算机节点的 IP 为 192.168.0.88,监听常用的 80 端口。那么需要在 GPRS 数据终端上进行端口注册,假定将该服务注册为 GPRS 数据终端上的 TCP 10080 端口。则运行命令:

```
$ iptables -A PREROUTING -t nat -p tcp -i ppp0 --dport 10080 -j
DNAT --to 192.168.0.88:80
```

完成端口注册并开启 IP 转发功能后,外部用户通过访问 http://220.192.60.118:10080 就可访问到内部的 Web 服务器。

在实际应用中,一般都是将上述 Shell 命令和 NAT 规则编写为一个可执行的脚本文件,由系统启动后自动调用执行。关于 NAT 技术与 IPTables 使用的更多资料可参考文献[4]。

4.2 串行通信转网络(TCP/IP)通信

在许多传统工业设备中,如数据采集设备、POS 机等,都使用诸如 RS-232/422/485 等串行方式与外界通信,而随着以太网架构逐渐成为通信的主流,需要一种简单、经济的方式,能将传统设备接入主流网络,同时不需要对这些设备的结构进行改变。当将 GPRS 无线数据终端应用于这种需求时,就必须在它上面实现串行通信转网络(TCP/IP)通信的功能。

串行通信转网络(TCP/IP)通信实际上就是在 GPRS 无线数据终端中运行一个转换网关程序,能够将串行通信数据以 TCP/IP 包的形式发出,而将收到的 TCP/IP 数据包用串行通信的方式传输,完成相互间的透明转换。

在许多应用中,与 GPRS 无线数据终端相连的串口设备是作为一个网络客户端,需要通过无线终端与 Internet 网络上服务器进行网络通信。下面便给出了基于当前应用前提下,

无线数据终端中串行通信转网络(TCP/IP)通信技术的程序实现逻辑:

(1)通过配置文件或者命令行参数的方式得到所需的各种配置参数,包括串口设置参数,如波特率、数据位、停止位、奇偶校验、流控等,以及网络通信的设置参数,如网络通信协议、服务端口等。

(2)根据串口设置参数进行相应的系统串口设置。

(3)根据网络通信设置,建立 Socket,如果网络通信采用的是 TCP 协议,还需要预先建立网络连接。

(4)使用 Linux 的 select 机制,不断检查 Socket 和串口是否可以发送和接收。程序必须同时维持 2 个缓存区,一个是 Socket 数据缓存,另一个是串口数据缓存。如果 Socket 有数据获得就放入串口数据缓存中,串口有数据获得就放入 Socket 数据缓存。如果 Socket 或串口可以发送,就将相应的缓存数据发送出去。

上述程序运行后,无线数据终端便充当了串行通信设备与以太网之间的通信转换器的角色,实现了两者间的信息交互。关于 Linux 的网络通信编程和 select 机制的更多内容也参考文献[5]。

5 结束语

当无线数据终端设备应用于实际应用时,一些相关的辅助功能也是非常重要的,如心跳监控、短信收发、网络通信统计等,因篇幅限值,并未在文中详述。目前,本文设计的 GPRS 数据终端已在某实际的安防系统中得到了应用,使用结果表明终端设备的功能和安全性都满足了设计要求。本文所给出的实现示例也为其他嵌入式设备上的无线应用开发提供了一个设计参考。

参考文献

- [1] Atmel Semiconductors. Data Sheet AT91RM9200[EB/OL]. (2005-04-01). <http://www.atmel.com>.
- [2] 北京恒颐高科技技术有限公司. Hyesco 9200F 用户手册[EB/OL]. (2006-06-30). <http://www.hyesco.com>.
- [3] Wavecom. WISMO Quik Q2400 Series, Starter Kit Description [EB/OL]. (2003-07-10). <http://www.wavecom.com>.
- [4] Andreasson O. Iptables 指南 1.1.19[EB/OL]. [2007-05-20]. <http://iptables-tutorial.frozentux.net/cn/iptables-tutorial-cn-1.1.19.html>. 2001.
- [5] Matthew N, Stones R. Linux 程序设计[M]. 杨晓云,王建桥,杨涛,等,译. 2 版. 北京:机械工业出版社,2002-01.

(上接第 252 页)

HLA 这一仿真的高级体系结构是未来仿真平台的发展方向,空间环境是航天器的活动场所,空间将是各国竞争的热点,将 HLA 应用在“近地空间环境仿真平台”中无疑具有极为广泛的应用价值。作为一个分布式近地空间环境仿真系统,该平台将在空间环境和航天任务规划等研究领域发挥重要的作用,其研究和应用前景十分广阔^[1]。

参考文献

- [1] 李建胜. HLA 在“空间环境要素仿真”中的应用[D]. 郑州:解放军信息工程大学,2004.
- [2] 周彦,戴剑伟. HLA 仿真程序设计[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 都亨,叶宗海. 地轨道航天器空间环境手册[M]. 北京:国防工业出版社,1996.