

# 嵌入式 Linux 系统在温室 计算机控制中的应用

张圣荣 张侃瑜 (上海大学 电机与控制工程研究所 200072)



**摘要** 本文介绍了Linux系统在现代温室计算机控制中的应用, 主要就硬件实现平台, Linux针对本系统的特点, 嵌入式Linux内核实现, 基于Linux的嵌入式软件实现方法作了较为详细的说明。

**关键词** 嵌入式 Linux 温室计算机控制

## 1 引言

温室产业目前在我国处于蓬勃发展的阶段, 其现代化程度在生物及信息技术快速发展的带动下有了可喜的进步, 温室内环境因子及施肥灌溉控制已基本实现计算机全自动化管理, 几乎不需要或很少需要人的直接参与, 大大提高了生产效率。然而, 笔者在实际的研究工作中发现, 目前国内现有的现代化温室计算机系统大多采用两种类型的实现方案见图1和图2。在其实现中, 现场机及通信机硬件平台一般基于8位或16位单片机, 软件实现多采用单流程循环控制方式, 主要存在以下缺点:

- (1) 运算能力较差, 难以完成较复杂的控制算法;
- (2) 硬件平台依赖性强, 不利于应用软件的开发、升级与移植;

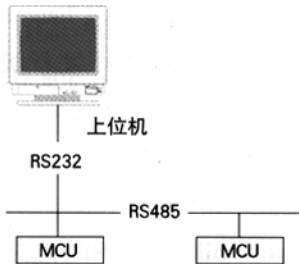


图 1

- (3) 针对温室这样一个复杂控制

系统, 在缺乏有力的多任务调度机制的情况下, 应用软件不仅实现难度大, 且可靠性难以保证;

(4) 分布式多任务处理能力差, 网络化、智能化支持难以适应长远发展需要。为此, 在充分借鉴国内外现有温室计算机控制系统经验的基础上, 提出了基于嵌入式Linux技术的新型现代化温室计算机控制系统实施方案。

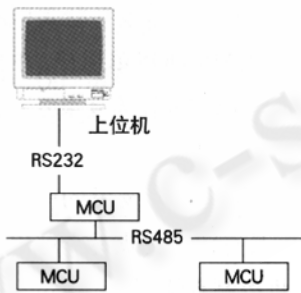


图 2

## 2 系统应用平台

温室计算机控制系统大多需要长时间连续运行, 且系统大部分节点分布在不同地方, 环境条件不尽相同, 一般要求体积小、功耗低、抗干扰能力强、可靠性高等。鉴于此, 提出了上位管理机采用标准PC机、中间层采用标准工业嵌入式PC/104系列模块、现场控制机采用带CAN控制器的Intel 87C196CA 十六位高性能微处理

器作为硬件平台的三级系统解决方案如图3。

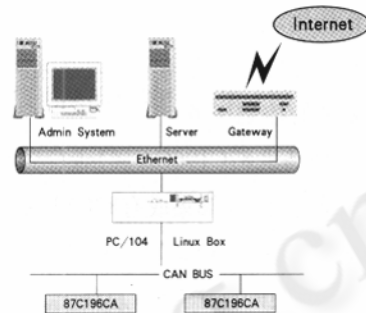


图 3 三级系统方案

### 2.1 平台特点

本系统中间层采用标准工业嵌入式PC/104系列模块, 一方面用以提高系统的处理能力及抗干扰能力, 另一方面便于系统进行外围器件的扩展, 如键盘、鼠标、软驱、LCD、I/O模块等。

基于IEEE PC/104的嵌入式模块具有以下特点:

- (1) 体积小, 标准模块大小90mm\*96mm。
- (2) 功耗低 (+5V供电, 最大电流约1A), 工作温度范围宽 (一般可达0°C~+70°C)。
- (3) 主板模块一般集成有Intel386、486或Pentium等32位微处理器, 与IBM兼容个人计算机具有相同架构。
- (4) 自堆栈式结构, 标准PC/104

接口,易于扩展及升级。

## 2.2 平台功能

管理机 (Admin System) 主要是进行命令发送、参数设定、系统运行状态显示,以及与 PC/104 嵌入式系统、服务器进行数据通信。服务器 (包括 DataBase Server 和 Web Server) 负责将各种参数存储于数据库中,并为管理机、PC/104 嵌入式系统、Internet 远程用户提供服务。网关主要起路由与防火墙功能,提供 Internet 连接并对内部网络加以保护。

PC/104 嵌入式系统用一个以太网模块同上位系统进行通信,一个 CAN 模块连接到 CAN 总线,承担上位系统与现场系统传递信息的桥梁,同时可并行处理现场节点发送来的较为复杂的控制任务。

现场机 87C196CA 属 Intel 高性能 16 位单片机,内部集成有 82C527 CAN 控制器,支持 CAN2.0A 及 CAN2.0B 协议,可方便的挂于 CAN 总线上。主要实现现场信号采集与处理,现场信号输出及设备控制,同时通过 CAN 总线与 PC/104 嵌入式系统以及其他现场节点进行双向多主式通信。

## 3 嵌入式 Linux 系统软件平台

### 3.1 嵌入式 Linux 发展现状及趋势

所谓嵌入式操作系统,是指在嵌入式硬件平台上运行的基本软件支撑平台,除具有一般操作系统的基本功能外,如任务调度、中断处理、存储管理、文件系统管理等,还应具有如下几个特点:

- (1) 多硬件平台支持;
- (2) 核心代码效率高、代码量小;
- (3) 系统稳定性和可靠性高;
- (4) 系统可根据特定需求进行定制与组态,且易于升级。

目前,基于嵌入式的软件操作系统有很多,如 WindowsCE、QNX、

VxWorks、Palm OS、pSOS 等,但这些都属商业化产品,且一般不公开源代码,在此基础上作开发需要较大的人力及资金投入。而近几年自由软件 Linux 的出现,不仅源代码免费开放和世界范围内广泛的技术支持,而且具备嵌入式操作系统的通用特点,成为嵌入式应用领域的一个热点。Linux 是一种类 Unix 的真正的多用户、多任务网络操作系统,且可在多种 CPU 上运行,如 Intel X86、PowerPC、ARM、MIPS、68000、Alpha、Sparc 等。据报道,目前正在开发的嵌入式系统中,49% 的项目选择了 Linux 作为嵌入式操作系统,这与 Linux 自身具有的优良特性是分不开的,同时也表明 Linux 在嵌入式应用中的可靠性与成熟性。

### 3.2 嵌入式 Linux 针对本温室计算机控制系统的特点

针对本方案中采用标准工业 PC/104 模块作为嵌入式硬件平台的特点,软件平台采用多任务嵌入式操作系统 Linux 来实现,改变传统类似硬件平台下采用 MS-DOS 单用户、单任务操作系统难以完成较为复杂分布式多任务应用的缺点。

作为嵌入式应用的一种选择, Linux 具有以下优点适合应用于温室计算机控制系统中:

(1) 多任务系统:对于温室这样一个实际系统,其大多数环境因子,如温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度等,变化缓慢,滞后较明显,对实时性控制要求并不高。这样 Linux 系统可以同时处理多个下位节点发送来的较为复杂的控制任务,如预测控制、神经网络控制等,提高系统的整体响应速度及并发处理能力。

(2) 丰富的网络支持:考虑到温室系统节点分布分散性,给调试及管理带来了不方便,而 Linux 内核直接支持

TCP/IP、IPX/SPX、AppleTalk 等网络协议,便于实施高层网络应用,如 TELNET、HTTP 等,可采用多种连接登陆方式进行远程管理与调试。

(3) 窗口交互功能: Linux 嵌入式系统能够提供传统上只有在 PC 和高端系统中才能提供的类似于 Microsoft Windows 的图形化窗口交互系统,改变目前温室系统中大多只提供数字、字符显示的缺陷,给现场操作者提供更丰富的显示画面和更简洁的操作。

(4) 内核模块化及可定制: Linux 所有源代码对外开放,使整体开发及维护费用降低,而且具有优秀的开发平台,使用与 POSIX 标准兼容的应用编程接口,以及优异的 GNU C/C++ 编译器。内核经重新定制及裁减后,可缩小至 300K 左右,且可直接支持 Telnet 及 IEEE 802.3 以太网卡驱动等。

(5) 支持动态加载功能模块及在线升级:考虑到温室计算机控制系统客户特定需求,除系统软件可定制外,还要求应用软件易于扩展与升级,这对传统的实现方法提出了很大的置疑与挑战。而使用 Linux 系统可以轻松的处理此类问题, Linux 系统可在运行时添加和删除功能模块,一方面可以减少系统运行时的资源需求,同时可以根据实际需求在线定制与升级控制应用软件。

### 3.3 嵌入式 Linux 内核实现方法

Linux 内核可直接从 Internet 上下载获取,也可选择一发行版本如 RedHatLinux、TurboLinux 得到。Linux 核心源代码执行 GPL 版权协议,任何人都可在遵循 GPL 版权协议的条件下对 Linux 核心进行修改和补充,并可根据自身应用系统的需求,进行裁减定制,形成针对应用的嵌入式 Linux 内核。本方案采用 RedHat6.2 发行版内核

2.2.14版本,在保留TCP/IP网络支持、RealTek RTL8139 以太网卡驱动的情况下,定制后的内核大小为360 K,足以满足本方案中嵌入式硬件及软件应用需要。具体实现方法如下:

首先进入 /usr/src/linux 目录下, Linux 核心源代码一般被安装在此目录下,之后按下面步骤进行:

(1) 去除核心源代码目录中的旧文件,即运行命令

```
#make mrproper
```

(2) 运行内核配置命令,即

```
#make menuconfig 或  
#make xconfig
```

内核定制的过程实际上是根据自身应用选择所需支持模块,并确定所选部分是以模块化方式存在,还是被直接包括进新内核中。模块化方式适于不经常使用的功能块,如软驱驱动、声卡驱动等,由内核守护进程根据系统需要动态加载与卸载,也可在系统运行时利用 insmod 和 rmmod 命令手工加载与卸载不再需要的模块,以减少系统运行时的资源开销。对于频繁使用的功能块,如文件系统支持、以太网卡驱动等,宜直接编译进新内核中,在系统启动时随内核一并被加载并常驻RAM中,以提高系统的整体响应速度。

配置结束后,运行

```
#make dep  
#make clean
```

以刷新源代码目录中的依赖信息。

(3) 重新编译内核,即

```
#make bzImage
```

如果在定制内核过程中,对有些功能块选择了以模块化方式包含在新核心中的话,在内核编译之后,还要对这些功能模块进行编译和安装,即

```
#make modules  
#make modules_install
```

编译好的新内核在 /usr/src/linux/arch/i386/boot/bzImage 文件中。

(4) 安装新的内核。将编译好的新内核文件拷贝到目录 /boot 下,修改 /boot/vmlinuz 文件,使其指向新内核文件,之后再编辑 /etc/lilo.conf 文件,最后运行 lilo 以安装新的内核,重新启动系统即可加载新内核。

### 4 嵌入式通信应用软件的实现方法

作为连接管理机与现场机的通信桥梁, Linux 通信应用软件实现分为两大部分,一部分利用TCP/IP协议同管理机及服务器进行交互,另一部分通过 CAN 模块与现场机传递信息。

#### 4.1 与管理机及服务器的交互

Linux 应用软件与管理机及服务器通过BSD Socket网络套接口进行通信,既作为客户方又作为服务方,作为服务方主要是监听管理机发送来的命令并进行相应的处理;作为客户方主要是主动向管理机及数据库服务器发送现场信息,如现场实时数据及报警信息。程序流程图及部分关键函数如图4、5所示:

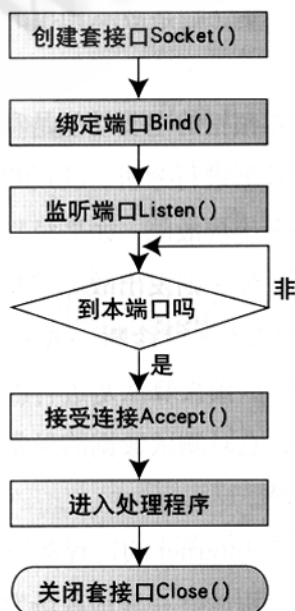


图4 服务应用流程图

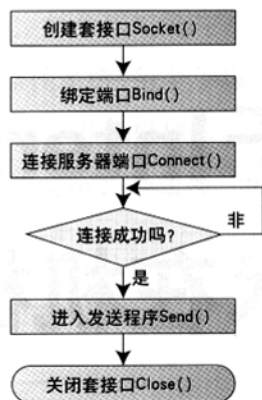


图5 客户应用流程图

#### 4.2 与现场机的交互

考虑到温室系统特点,即 Linux 系统与现场机的交互不间断性,为避免中断方式开中断、关中断、入栈与出栈等操作过度频繁带来的系统复杂性及开销问题,本方案采用查询方式与现场机进行通信,主要是进行CAN通信模块的初始化工作,包括节点地址及通信速率、数据格式等的约定,之后便进入查询方式处理现场机发送来的任务及状态信息,同时负责向现场机发送命令及参数设定信息。程序流程图如图6所示:

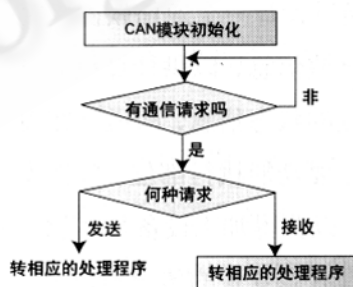


图6 CAN模块流程图

### 5 结论及展望

嵌入式 Linux 应用在温室计算机控制中,目前国内外尚不多见,本文提出的实现方案,旨在提高现存温室系统网络支持、并发处理及功能升级能力,降低系统开发及维护难度,满足温室计算机控制系统日益复杂化的需要,在实际系统开发过程中,经实验证明是可行的。当然,对于实时性要求比较严格的场合,可考虑采用实时 Linux 内核(如 RTLinux)进行相关开发工作。■