

PC 机上基于 Linux 的实时平台的实现

王文珍 唐红文 (中南民族大学电子与信息工程学院 武汉 430074)

张成利 (武汉市信息产业局 武汉 430014)

摘要:标准 Linux 对实时应用提供有限的支持,为了改进 Linux 的实时性能,目前 Linux 实时化的主要技术方法有很多种。本文主要介绍了一种基于 Red Hat 操作系统的标准 Linux 内核加载 RTLinux 模块,实现在 X86 体系下实时平台的方法。

关键词:Linux 实时平台 RTLinux

1 引言

近年来,实时操作系统在多媒体通信、在线事务处理、生产过程控制、交通控制等各个领域得到广泛的应用,越来越引起人们的重视。由于 Linux 廉价,开放源代码以及系统的稳定性,日益受到大众的青睐。对于安装 Linux 的 X86 体系的 PC 机而言,通过进行一定的改造,同样也可以搭建相应的实时平台^[2],其优点如下:

(1) 可以使用 C 语言进行开发,不必担心效率问题(PC 机平台下优秀的 C 编译器可以达到汇编语言编码执行效率的 90% 以上);程序具有移植性,不依赖于硬件;软件的可重用性好,后续的开发工作不必从头开始。

(2) 软件资源丰富,尤其在 RTLinux 下,所需开发软件基本为免费软件,软件开发成本低廉;能在图形界面下进行开发,充分利用 PC 机平台的开发优势;有强大的实时操作系统支持,可轻松实现多任务调度。通过多任务编程,能实时改变控制参数和控制算法,实时监控控制器的输入、输出及内部变量。

(3) 易于实现网络编程,必要时可通过局域网进行远程监控。

(4) 运算速度以及实时性能可以随 PC 机硬件的改善而自然升级,兼容性好,升级成本低,性能提升迅速^[4]。

然而,现有的 Linux 也是一个通用的操作系统,虽然它采用了许多技术来提高系统的运行和响应速度,但它本质上不是一个实时操作系统;应用于实时环境中还存在诸多的不足,具体表现如下^[5]:

① 关中断问题。在系统调用中,为了保护临界区资源,Linux 处于内核临界区时,中断会被系统屏蔽,这就意味着如果当前进程正处于临界区,即使它的优先级较低,也会延迟高优先级的中断请求。这在实时应用中,是一个十分严重的问题。

② 进程调度问题。由于 Linux 采用标准的 UNIX 技术,使得其内核具有不可抢占性。Linux 采用基于固定时间片的可变优先级调度,不论进程的优先级多么低,Linux 总会在某个时候分给该进程一个时间片运行,即使同时有可以运行的高优先级进程,它也必须等待低优先级进程的时间片用完。这对一些要求高优先级进程立即抢占 CPU 的实时应用是不能满足要求的。

③ 时钟问题。Linux 为了提高系统的平均吞吐率,将时钟中断的最小间隔默认设置为 10ms。这对于一个周期性的实时任务,当间隔要求小于 10ms 时,就不能满足实时任务的需要。但如果要把时钟的间隔改小以满足周期性的实时任务的需要,由于 Linux 的进程切换比较费时,时钟中断越频繁,而花在中断处理上的时间就越多,系统的大部分时间是调用进程调度程序进行进程调度,而不能进行正常的处理。

这些问题是将 Linux 用于实时环境时必然会碰到的问题,但是 Linux 操作系统本身的优势决定了 Linux 经过改造后仍然适合实时环境。例如,RTLinux 就可以改造 Linux 实现实时环境。

2 RTLinux 机理^[1]

RTLinux 是由美国新墨西哥理工学院开发的基于

标准 Linux 的嵌入式操作系统。它是一硬实时系统,可从网上免费获取,并且其源码是完全公开的。到目前为止,RTLinux 已成功应用于从航天飞机的空间数据采集、科学仪器测控到电影特技图像处理等广泛的应用领域。

RTLinux 提供了一个精巧的实时内核,并把标准的 Linux 核心作为实时核心的一个进程,同用户的实时进程一起调度。这样做的好处是由于对 Linux 的改动量最小,充分利用了 Linux 平台现有的丰富的软件资源。其系统结构如图 1 所示。

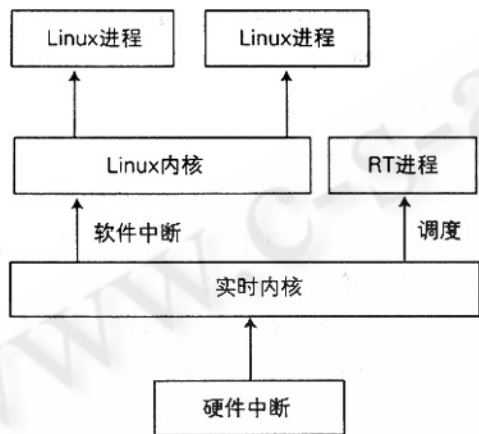


图 1 RTLinux 系统结构图

这样的结构,一方面保证了它的稳定性,另一方面由于它将实时进程的优先级设为高于标准的 Linux 进程,从而保证了系统的实时性。并且 RTLinux 的实时特性与硬件密切相关,只要硬件速度得到提升,它的实时特性将相应提升。这就能充分发挥 PC 机平台硬件速度上的优势及硬件升级的便利性。

3 实时平台的搭建

因为 Linux 本身并不是实时操作系统。根据搭建实时平台的需要,还必须对其进行实时化改造,对于不同的 Linux 内核,RTLinux 有相应的内核与之对应。采用 Linux 标准内核与 RTLinux 的实时内核相结合,由实时内核提供时间保证,标准内核提供扩展功能,即可实现基于 Linux 的实时操作系统。

首先在 PC 机上安装 Linux。要确保已经安装了内

核开发工具、gcc 编译器、patch、depmod、make、bzip2 等工具。这里采用的是现在非常流行的内核为 2.4.22 的 RedHat Linux 10.0,与其相对应的 RT Linux 内核为 rlinux-3.2-pre3.tar.bz2。下面详细的介绍一下实时平台的搭建步骤^[6]。

(1) 从相应的网站下载“linux-2.4.22.tar.gz”和“rlinux-3.2-pre3.tar.bz2”;

(2) 将 rlinux-3.2-pre3.tar.bz2 拷贝到/usr/src 目录下,执行如下命令:

```
cd /usr/src
tar xjf rlinux-3.2-pre3.tar.bz2
```

这将在/usr/src 目录下产生一个“rlinux-3.2-pre3”目录;

(3) 将 linux-2.4.22.tar.gz 拷贝到/usr/src/rlinux-3.2-pre3/linux 目录下,执行如下命令:

```
cd /usr/src/rlinux-3.2-pre3
tar xjf linux-2.4.22.tar.gz
ln -fs linux-2.4.22/linux
```

这将在/usr/src/rlinux-3.2-pre3 目录下创建一个“linux”符号连接;

(4) 用 rlinux 补丁 Patch Linux 实时内核

由于在/usr/src/rlinux3.2-pre3/pathches 下没有 rlinux 的补丁,需要从网下载 kernel_patch-2.4.22,并将其拷贝在/usr/src/rlinux3.2-pre3/pathches 目录下,执行如下命令:

```
cd /usr/src/rlinux-3.2-pre3/linux
patch -p1 < /usr/src/rlinux-3.2-pre3/pathches/kernel_patch-2.4.22
```

(5) 清除所有“.o”文件和不相关的文件,执行如下命令:

```
cd /usr/src/rlinux-3.2-pre3/linux
make mrproper
```

(6) 配置 linux 内核,执行如下命令:

```
cd /usr/src/rlinux-3.2-pre3/linux
make config /*Text 模式*/ 或者 make xconfig /X 模式*/
```

这是使得 rlinux 成功运行的最困难的一部分。在用“make config”或“make xconfig”进行配置时,下面的几点需要注意。(由于各计算机设置可能有些不同,

所以,首先只是改变如下设置而保持其他选项为“DEFAULT”。

- ① code maturity level options: 选择“YES”;
- ② loadable module support: 将“(1) Enable loadable module support, (2) set version info on all system module, (3) kernel module loader”均选定;
- ③ Processor type: 选择你的处理器类型。关于有关你的处理器的信息可以查看“/proc/cpuinfo”;
- ④ Network device support: 选择合适的网络设备;
- ⑤ 选定 kernel hacking 和 Magic SysRq Key;
- ⑥ 对于其他选项,保持其缺省设置。如果失败,就对可疑选项的设置进行修改,直至成功。

(7) 编译内核,依次执行如下命令。

```
cd /usr/src/rtlinux-3.2-pre3/linux
make dep /* dependency refresh */
make bzImage /* compile linux kernel */
make modules /* compile modules */
su /* become the root to do the followings */
make modules_install /* install the compile linux
modles */
```

```
cp arch/i386/boot/bzImage /boot/rtzImage
```

(8) 配置启动装载器

这里我们采用的是 LILO 作为启动管理器,而且 root 文件系统“/”位于/dev/had3, boot 文件系统在/dev/had2,在文件“/etc/lilo.conf”要加入如下几行:

```
image = /boot/rtzImage
label = rtlinux
read-only
root = /dev/hda3
```

(9) 重启系统进入 rtlinux;

(10) 编译 rtlinux,依次执行如下命令:

```
cd /usr/src/rtlinux-3.2-pre3
make dep /* dependency refresh */
make
su /* become the root to do the followings */
make drives
make install
```

(11) 运行 regression 测试。

```
./scripts/regression.sh
```

所有的测试应显示为“ok”。至此,已经完成了整个实时平台的搭建。

4 实时平台的测试

实时平台的搭建完成后,重新启动进入 RTLinux 平台下,在进行性能测试时,我们采用了 RTLinux 自带的例子,位于 rtlinux-3.2/example 目录下。可以选用 rt_process.o,该例子位于/vlapi/measurements 目录下,这个内核模型测试的是硬件的调度时间,运行后看到是以千纳秒级(微秒级)表示的结果,由分析结果可知该实时平台能够保证严格的实时。

5 结论

本文针对实时应用的需求,提出了在 PC 和通用 linux 操作系统上搭建实时平台的原理和方法,并给出了具体实现步骤。由于该实时平台成本低廉,操作简单,性能稳定,并能较好的满足实时性应用的需要,是进行实时系统设计和研究的优良可选方案,将具有很好的应用和发展前景。

参考文献

- 1 于锋,嵌入式操作系统 RTLinux 实现实时性能,赛迪网-开放系统世界,2004.12。
- 2 李俊平、梅洪、单家元,基于 linux 的实时平台的研究,嵌入式操作系统应用,2005.7。
- 3 RTLinux: <http://www.rtlinux.com> 或者 <http://www.FSMLabs.com>
- 4 张判、赵雷、白金刚、赵鸿宾,基于 PC 机与 RTLinux 构建的新一代磁悬浮轴承控制器实验平台,电子技术应用,2003.4。
- 5 《世界商业评论》ICXO.COM,嵌入式实时操作系统 RTLinux 的分析和实现,2004-04。
- 6 Prof. Chang-gun Lee. RTLinux Installation Guide