# Linux2.6 内核的 Initrd 机制解析

Linux 的 initrd 技术是一个非常普遍使用的机制，linux2.6 内核的 initrd 的文件格式由原来的文件系统镜像文件转变成了 cpio 格式，变化不仅反映在文件格式上，linux 内核对这两种格式的 initrd 的处理有着截然的不同。本文首先介绍了什么是 initrd 技术，然后分别介绍了 Linux2.4 内核和 2.6 内核的 initrd 的处理流程。最后通过对 Linux2.6 内核的 initrd 处理部分代码的分析，使读者可以对 initrd 技术有一个全面的认识。为了更好的阅读本文，要求读者对 Linux 的 VFS 以及 initrd 有一个初步的了解。

1．什么是 Initrd

initrd 的英文含义是 boot loader initialized RAM disk，就是由 boot loader 初始化的内存盘。在 linux内核启动前， boot loader 会将存储介质中的 initrd 文件加载到内存，内核启动时会在访问真正的根文件系统前先访问该内存中的 initrd 文件系统。在 boot loader 配置了 initrd 的情况下，内核启动被分成了两个阶段，第一阶段先执行 initrd 文件系统中的"某个文件"，完成加载驱动模块等任务，第二阶段才会执行真正的根文件系统中的 /sbin/init 进程。这里提到的"某个文件"，Linux2.6 内核会同以前版本内核的不同，所以这里暂时使用了"某个文件"这个称呼，后面会详细讲到。第一阶段启动的目的是为第二阶段的启动扫清一切障爱，最主要的是加载根文件系统存储介质的驱动模块。我们知道根文件系统可以存储在包括IDE、SCSI、USB在内的多种介质上，如果将这些设备的驱动都编译进内核，可以想象内核会多么庞大、臃肿。

Initrd 的用途主要有以下四种：

1. linux 发行版的必备部件

linux 发行版必须适应各种不同的硬件架构，将所有的驱动编译进内核是不现实的，initrd 技术是解决该问题的关键技术。Linux 发行版在内核中只编译了基本的硬件驱动，在安装过程中通过检测系统硬件，生成包含安装系统硬件驱动的 initrd，无非是一种即可行又灵活的解决方案。

2. livecd 的必备部件

同 linux 发行版相比，livecd 可能会面对更加复杂的硬件环境，所以也必须使用 initrd。

3. 制作 Linux usb 启动盘必须使用 initrd

usb 设备是启动比较慢的设备，从驱动加载到设备真正可用大概需要几秒钟时间。如果将 usb 驱动编译进内核，内核通常不能成功访问 usb 设备中的文件系统。因为在内核访问 usb 设备时， usb 设备通常没有初始化完毕。所以常规的做法是，在 initrd 中加载 usb 驱动，然后休眠几秒中，等待 usb设备初始化完毕后再挂载 usb 设备中的文件系统。

4. 在 linuxrc 脚本中可以很方便地启用个性化 bootsplash。

2．Linux2.4内核对 Initrd 的处理流程

为了使读者清晰的了解Linux2.6内核initrd机制的变化，在重点介绍Linux2.6内核initrd之前，先对linux2.4内核的initrd进行一个简单的介绍。Linux2.4内核的initrd的格式是文件系统镜像文件，本文将其称为image- initrd，以区别后面介绍的linux2.6内核的cpio格式的initrd。linux2.4内核对initrd的处理流程如下：

1. boot loader把内核以及/dev/initrd的内容加载到内存，/dev/initrd是由boot loader初始化的设备，存储着initrd。

2. 在内核初始化过程中，内核把 /dev/initrd 设备的内容解压缩并拷贝到 /dev/ram0 设备上。

3. 内核以可读写的方式把 /dev/ram0 设备挂载为原始的根文件系统。

4. 如果 /dev/ram0 被指定为真正的根文件系统，那么内核跳至最后一步正常启动。

5. 执行 initrd 上的 /linuxrc 文件，linuxrc 通常是一个脚本文件，负责加载内核访问根文件系统必须的驱动， 以及加载根文件系统。

6. /linuxrc 执行完毕，真正的根文件系统被挂载。

7. 如果真正的根文件系统存在 /initrd 目录，那么 /dev/ram0 将从 / 移动到 /initrd。否则如果 /initrd 目录不存在， /dev/ram0 将被卸载。

8. 在真正的根文件系统上进行正常启动过程 ，执行 /sbin/init。 linux2.4 内核的 initrd 的执行是作为内核启动的一个中间阶段，也就是说 initrd 的 /linuxrc 执行以后，内核会继续执行初始化代码，我们后面会看到这是 linux2.4 内核同 2.6 内核的 initrd 处理流程的一个显著区别。

3．Linux2.6 内核对 Initrd 的处理流程

linux2.6 内核支持两种格式的 initrd，一种是前面第 3 部分介绍的 linux2.4 内核那种传统格式的文件系统镜像 - image-initrd，它的制作方法同 Linux2.4 内核的 initrd 一样，其核心文件就是 /linuxrc。另外一种格式的 initrd 是 cpio 格式的，这种格式的 initrd 从 linux2.5 起开始引入，使用 cpio 工具生成，其核心文件不再是 /linuxrc，而是 /init，本文将这种 initrd 称为 cpio-initrd。尽管 linux2.6 内核对 cpio-initrd和 image-initrd 这两种格式的 initrd 均支持，但对其处理流程有着显著的区别，下面分别介绍 linux2.6 内核对这两种 initrd 的处理流程。

cpio-initrd 的处理流程

1． boot loader 把内核以及 initrd 文件加载到内存的特定位置。

2． 内核判断initrd的文件格式，如果是cpio格式。

3．将initrd的内容释放到rootfs中。

4．执行initrd中的/init文件，执行到这一点，内核的工作全部结束，完全交给/init文件处理。

image-initrd的处理流程

1．boot loader把内核以及initrd文件加载到内存的特定位置。

2．内核判断initrd的文件格式，如果不是cpio格式，将其作为image-initrd处理。

3．内核将initrd的内容保存在rootfs下的/initrd.image文件中。

4．内核将/initrd.image的内容读入/dev/ram0设备中，也就是读入了一个内存盘中。

5．接着内核以可读写的方式把/dev/ram0设备挂载为原始的根文件系统。

6．.如果/dev/ram0被指定为真正的根文件系统，那么内核跳至最后一步正常启动。

7．执行initrd上的/linuxrc文件，linuxrc通常是一个脚本文件，负责加载内核访问根文件系统必须的驱动， 以及加载根文件系统。

8．/linuxrc执行完毕，常规根文件系统被挂载

9．如果常规根文件系统存在/initrd目录，那么/dev/ram0将从/移动到/initrd。否则如果/initrd目录不存在， /dev/ram0将被卸载。

10．在常规根文件系统上进行正常启动过程 ，执行/sbin/init。

通过上面的流程介绍可知，Linux2.6内核对image-initrd的处理流程同linux2.4内核相比并没有显著的变化， cpio-initrd的处理流程相比于image-initrd的处理流程却有很大的区别，流程非常简单，在后面的源代码分析中，读者更能体会到处理的简捷。

4．cpio-initrd同 image-initrd的区别与优势

没有找到正式的关于cpio-initrd同image-initrd对比的文献，根据笔者的使用体验以及内核代码的分析，总结出如下三方面的区别，这些区别也正是cpio-initrd的优势所在：

cpio-initrd的制作方法更加简单

cpio-initrd的制作非常简单，通过两个命令就可以完成整个制作过程

而传统initrd的制作过程比较繁琐，需要如下六个步骤

本文不对上面命令的含义作细节的解释，因为本文主要介绍的是linux内核对initrd的处理，对上面命令不理解的读者可以参考相关文档。

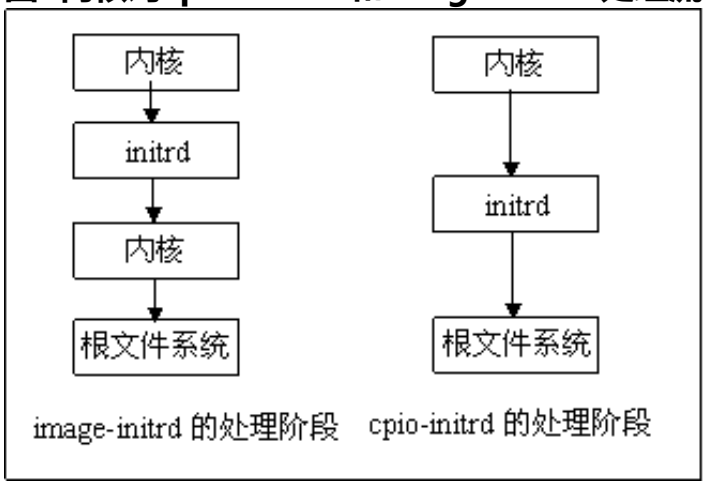
cpio-initrd的内核处理流程更加简化

通过上面initrd处理流程的介绍，cpio-initrd的处理流程显得格外简单，通过对比可知cpio-initrd的处理流程在如下两个方面得到了简化：

1． cpio-initrd并没有使用额外的ramdisk,而是将其内容输入到rootfs中，其实rootfs本身也是一个基于内存的文件系统。这样就省掉了ramdisk的挂载、卸载等步骤。

2． cpio-initrd启动完/init进程，内核的任务就结束了，剩下的工作完全交给/init处理；而对于image-initrd，内核在执行完 /linuxrc进程后，还要进行一些收尾工作，并且要负责执行真正的根文件系统的/sbin/init。通过图1可以更加清晰的看出处理流程的区别：

**图1内核对cpio-initrd和image-initrd处理流程示意图**




cpio-initrd的职责更加重要

如图1所示，cpio-initrd不再象image-initrd那样作为linux内核启动的一个中间步骤，而是作为内核启动的终点，内核将控制权交给cpio-initrd的/init文件后，内核的任务就结束了，所以在/init文件中，我们可以做更多的工作，而不比担心同内核后续处理的衔接问题。当然目前linux发行版的cpio-initrd的/init文件的内容还没有本质的改变，但是相信initrd职责的增加一定是一个趋势。

5．linux2.6内核initrd处理的源代码分析

上面简要介绍了Linux2.4内核和2.6内核的initrd的处理流程，为了使读者对于Linux2.6内核的initrd的处理有一个更加深入的认识，下面将对Linuxe2.6内核初始化部分同initrd密切相关的代码给予一个比较细致的分析，为了讲述方便，进一步明确几个代码分析中使用的概念：

**rootfs**：一个基于内存的文件系统，是linux在初始化时加载的第一个文件系统,关于它的进一步介绍可以参考文献[4]。

**initramfs**：initramfs同本文的主题关系不是很大，但是代码中涉及到了initramfs，为了更好

的理解代码，这里对其进行简单的介绍。Initramfs 是在 kernel 2.5中引入的技术，实际上它的含义就是：在内核镜像中附加一个cpio包，这个cpio包中包含了一个小型的文件系统，当内核启动时，内核将这个 cpio包解开，并且将其中包含的文件系统释放到rootfs中，内核中的一部分初始化代码会放到这个文件系统中，作为用户层进程来执行。这样带来的明显的好处是精简了内核的初始化代码，而且使得内核的初始化过程更容易定制。Linux 2.6.12内核的initramfs还没有什么实质性的东西，一个包含完整功能的initramfs的实现可能还需要一个缓慢的过程。对于initramfs的进一步了解可以参考文献[1][2][3]。

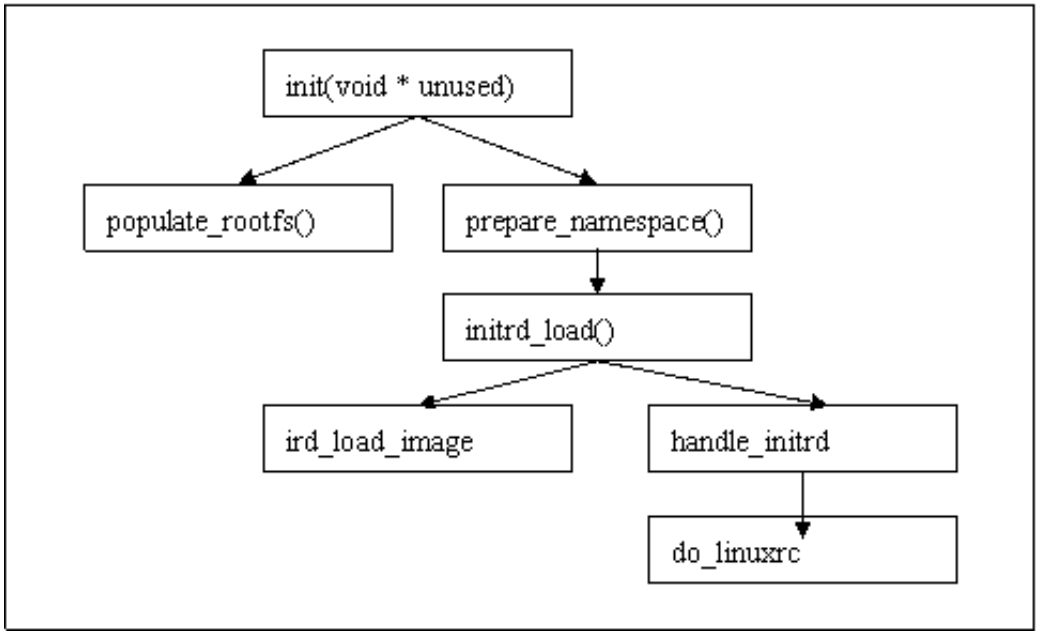
**cpio-initrd**：前面已经定义过，指linux2.6内核使用的cpio格式的initrd。

**image-initrd**：前面已经定义过，专指传统的文件镜像格式的initrd。

**realfs**：用户最终使用的真正的文件系统。

内核的初始化代码位于 init/main.c 中的 static int init(void * unused)函数中。同initrd的处理相关部分函数调用层次如下图，笔者按照这个层次对每一个函数都给予了比较详细的分析，为了更好的说明，下面列出的代码中删除了同本文主题不相关的部分：

**图2 initrd相关代码的调用层次关系图**




init函数是内核所有初始化代码的入口，代码如下，其中只保留了同initrd相关部分的代码。

代码[1]：populate_rootfs函数负责加载initramfs和cpio-initrd，对于 populate_rootfs函数的细节后面会讲到。

代码[2]：如果rootfs的根目录下中包含/init进程，则赋予execute_command,在init函数的末尾会被执行。否则执行prepare_namespace函数，initrd是在该函数中被加载的。

代码[3]：将控制台设置为标准输入，后续的两个sys_dup(0),则复制标准输入为标准输出和标准错误输出。

代码[4]：如果rootfs中存在init进程，就将后续的处理工作交给该init进程。其实这段代码的含义是如果加载了cpio-initrd则交给cpio-initrd中的/init处理，否则会执行realfs中的init。读者可能会问：如果加载了cpio- initrd, 那么realfs中的init进程不是没有机会运行了吗？确实，如果加载了cpio-initrd,那么内核就不负责执行realfs的init进程了，而是将这个执行任务交给了cpio-initrd的init进程。解开fedora core4的initrd文件，会发现根目录的下的init文件是一个脚本，在该脚本的最后一行有这样一段代码：

就是switchroot语句负责加载realfs,以及执行realfs的init进程。

对cpio-initrd的处理

对cpio-initrd的处理位于populate_rootfs函数中。

代码[1]：加载initramfs， initramfs位于地址__initramfs_start处，是内核在编译过程中生成的，initramfs的是作为内核的一部分而存在的，不是 boot loader加载的。前面提到了现在initramfs没有任何实质内容。

代码[2]：判断是否加载了initrd。无论哪种格式的initrd，都会被boot loader加载到地址initrd_start处。

代码[3]：判断加载的是不是cpio-initrd。实际上 unpack_to_rootfs有两个功能一个是释放cpio包，另一个就是判断是不是cpio包， 这是通过最后一个参数来区分的， 0：释放 1：查看。

代码[4]：如果是cpio-initrd则将其内容释放出来到rootfs中。

代码[5]：如果不是cpio-initrd,则认为是一个image-initrd，将其内容保存到 /initrd.image中。在后面的image-initrd的处理代码中会读取/initrd.image。

对image-initrd的处理在prepare_namespace函数里，包含了对image-initrd进行处理的代码，相关代码如下：

代码[1]：执行initrd_load函数，将initrd载入，如果载入成功的话initrd_load函数会将 realfs的根设置为当前目录。

代码[2]：将当前目录即realfs的根mount为Linux VFS的根。initrd_load函数执行完后，将真正的文件系统的根设置为当前目录。

initrd_load函数负责载入image-initrd，代码如下：

代码[1]：如果加载initrd则建立一个ram0设备 /dev/ram。

代码[2]：/initrd.image文件保存的就是image-initrd，rd_load_image函数执行具体的加载操作，将image-nitrd的文件内容释放到ram0里。判断ROOT_DEV!=Root_RAM0的含义是，如果你在grub或者 lilo里配置了 root=/dev/ram0 ,则实际上真正的根设备就是initrd了，所以就不把它作为initrd处理 ，而是作为realfs处理。

handle_initrd()函数负责对initrd进行具体的处理，代码如下：

handle_initrd函数的主要功能是执行initrd的linuxrc文件，并且将realfs的根目录设置为当前目录。

代码[1]：real_root_dev，是一个全局变量保存的是realfs的设备号。

代码[2]：调用mount_block_root函数将initrd文件系统挂载到了VFS的/root下。

代码[3]：提取rootfs的根的文件描述符并将其保存到root_fd。它的作用就是为了在chroot到initrd的文件系统，处理完initrd之后要，还能够返回rootfs。返回的代码参考代码[7]。

代码[4]：chroot进入initrd的文件系统。前面initrd已挂载到了rootfs的/root目录。

代码[5]：执行initrd的linuxrc文件，等待其结束。

代码[6]：initrd处理完之后，重新chroot进入rootfs。

代码[7]：如果real_root_dev在 linuxrc中重新设成Root_RAM0，则initrd就是最终的realfs了，改变当前目录到initrd中，不作后续处理直接返回。

代码[8]：在linuxrc执行完后，realfs设备已经确定，调用mount_root函数将realfs挂载到root_fs的 /root目录下，并将当前目录设置为/root。

代码[9]：后面的代码主要是做一些收尾的工作，将initrd的内存盘释放。

到此代码分析完毕。

6．结束语

通过本文前半部分对cpio-initrd和imag-initrd的阐述与对比以及后半部分的代码分析，我相信读者对 Linux 2.6内核的initrd技术有了一个较为全面的了解。在本文的最后，给出两点最重要的结论：

1．尽管Linux2.6既支持cpio-initrd，也支持image-initrd，但是cpio-initrd有着更大的优势，在使用中我们应该优先考虑使用cpio格式的initrd。

2．cpio-initrd相对于image-initrd承担了更多的初始化责任，这种变化也可以看作是内核代码的用户层化的一种体现，我们在其它的诸如 FUSE等项目中也看到了将内核功能扩展到用户层实现的尝试。精简内核代码，将部分功能移植到用户层必然是linux内核发展的一个趋势。