理解inode

作者： 阮一峰

日期： 2011年12月 4日

inode是一个重要概念，是理解Unix/Linux文件系统和硬盘储存的基础。

我觉得，理解inode，不仅有助于提高系统操作水平，还有助于体会Unix设计哲学，即如何把底层的复杂性抽象成一个简单概念，从而大大简化用户接口。

下面就是我的inode学习笔记，尽量保持简单。

==========

理解**inode**

作者：阮一峰

一、**inode**是什么？

理解inode，要从文件储存说起。

文件储存在硬盘上，硬盘的最小存储单位叫做"扇区"（Sector）。每个扇区储存512字节（相当于0.5KB）。

操作系统读取硬盘的时候，不会一个个扇区地读取，这样效率太低，而是一次性

连续读取多个扇区，即一次性读取一个"块"（block）。这种由多个扇区组成的"块"，是文件存取的最小单位。"块"的大小，最常见的是4KB，即连续八个sector组成一个 block。

文件数据都储存在"块"中，那么很显然，我们还必须找到一个地方储存文件的元信息，比如文件的创建者、文件的创建日期、文件的大小等等。这种储存文件元信息的区域就叫做inode，中文译名为"索引节点"。

每一个文件都有对应的inode，里面包含了与该文件有关的一些信息。

二、inode的内容

inode包含文件的元信息，具体来说有以下内容：

```
* 文件的字节数
* 文件拥有者的User ID
* 文件的Group ID
* 文件的读、写、执行权限
* 文件的时间戳，共有三个：ctime指inode上一次变动的时间，mtime指文件内容上一次变动的时间，atime指文件上一次打开的时间。
* 链接数，即有多少文件名指向这个inode
* 文件数据block的位置
```

可以用stat命令，查看某个文件的inode信息：

```
stat example.txt
```

```
$ stat debug.txt
  File: `debug.txt'
  Size: 4444            Blocks: 16         IO Block: 4096   regular file
Device: 801h/2049d      Inode: 387079      Links: 1
Access: (0644/-rw-r--r--)  Uid: ( 1000/  ruanyf)   Gid: ( 1000/  ruanyf)
Access: 2011-12-03 22:54:20.659676310 +0800
Modify: 2011-08-20 00:21:15.429968188 +0800
Change: 2011-08-20 00:21:15.429968188 +0800
$
```

总之，除了文件名以外的所有文件信息，都存在inode之中。至于为什么没有文件名，下文会有详细解释。

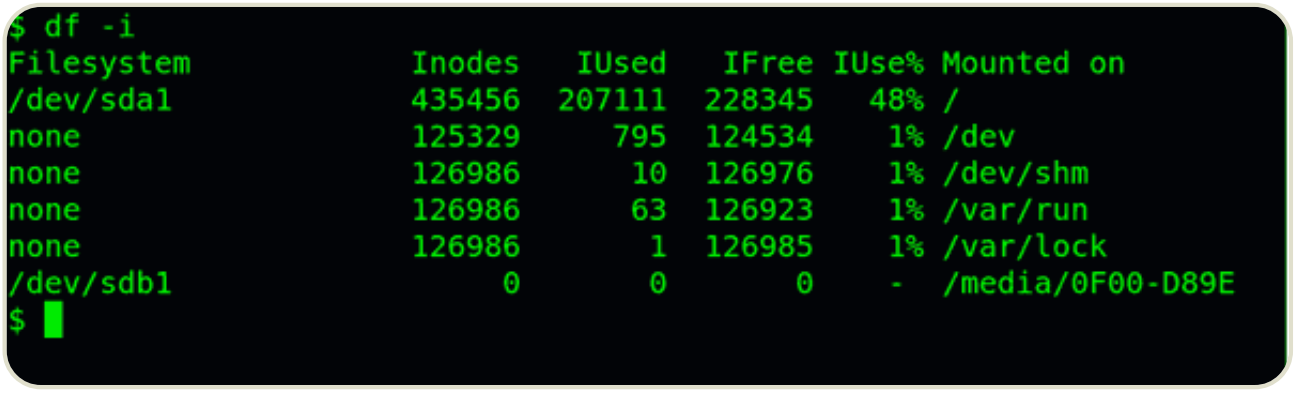
三、**inode**的大小

inode也会消耗硬盘空间，所以硬盘格式化的时候，操作系统自动将硬盘分成两个区域。一个是数据区，存放文件数据；另一个是inode区（inode table），存放inode所包含的信息。

每个inode节点的大小，一般是128字节或256字节。inode节点的总数，在格式化时就给定，一般是每1KB或每2KB就设置一个inode。假定在一块1GB的硬盘中，每个inode节点的大小为128字节，每1KB就设置一个inode，那么inode table的大小就会达到128MB，占整块硬盘的12.8%。

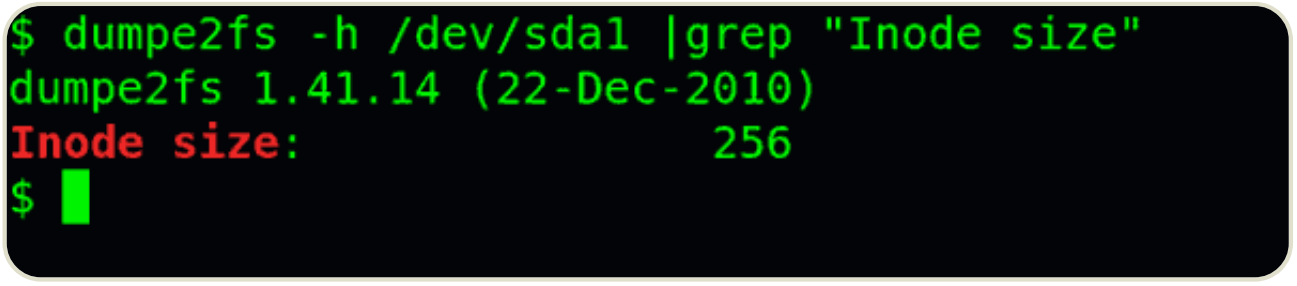
查看每个硬盘分区的inode总数和已经使用的数量，可以使用df命令。

```
df -i
```



查看每个inode节点的大小，可以用如下命令：

```
sudo dumpe2fs -h /dev/hda | grep "Inode size"
```



由于每个文件都必须有一个inode，因此有可能发生inode已经用光，但是硬盘还未存满的情况。这时，就无法在硬盘上创建新文件。

四、**inode**号码

每个inode都有一个号码，操作系统用inode号码来识别不同的文件。

这里值得重复一遍，Unix/Linux系统内部不使用文件名，而使用inode号码来识

别文件。对于系统来说，文件名只是inode号码便于识别的别称或者绰号。

表面上，用户通过文件名，打开文件。实际上，系统内部这个过程分成三步：首先，系统找到这个文件名对应的inode号码；其次，通过inode号码，获取inode信息；最后，根据inode信息，找到文件数据所在的block，读出数据。

使用ls -i命令，可以看到文件名对应的inode号码：

```
ls -i example.txt
```

```
$ ls -i debug.txt
387079 debug.txt
$
```

五、目录文件

Unix/Linux系统中，目录（directory）也是一种文件。打开目录，实际上就是打开目录文件。

目录文件的结构非常简单，就是一系列目录项（dirent）的列表。每个目录项，由两部分组成：所包含文件的文件名，以及该文件名对应的inode号码。

ls命令只列出目录文件中的所有文件名：

```
ls /etc
```

```
$ ls ./code
helloworld.js  imgHash.jpg  imgHash.py  server.js  tmp
$
```

ls -i命令列出整个目录文件，即文件名和inode号码：

```
ls -i /etc
```

```
$ ls -i ./code
388776 helloworld.js  389698 imgHash.py   13886 tmp
389031 imgHash.jpg    395507 server.js
$
```

如果要查看文件的详细信息，就必须根据inode号码，访问inode节点，读取信息。ls -l命令列出文件的详细信息。

```
ls -l /etc
```

```
$ ls -l ./code
total 84
-rw-r--r-- 1 ruanyf ruanyf    28 2011-07-15 18:57 helloworld.js
-rw-r--r-- 1 ruanyf ruanyf 69007 2011-07-21 14:48 imgHash.jpg
-rw-r--r-- 1 ruanyf ruanyf  1589 2011-07-21 14:46 imgHash.py
-rw-r--r-- 1 ruanyf ruanyf   298 2011-07-15 19:01 server.js
drwxr-xr-x 2 ruanyf ruanyf  4096 2011-07-21 15:00 tmp
$
```

理解了上面这些知识，就能理解目录的权限。目录文件的读权限（r）和写权限（w），都是针对目录文件本身。由于目录文件内只有文件名和inode号码，所以如果只有读权限，只能获取文件名，无法获取其他信息，因为其他信息都储存在inode节点中，而读取inode节点内的信息需要目录文件的执行权限（x）。

六、硬链接

一般情况下，文件名和inode号码是"一一对应"关系，每个inode号码对应一个文件名。但是，Unix/Linux系统允许，多个文件名指向同一个inode号码。

这意味着，可以用不同的文件名访问同样的内容；对文件内容进行修改，会影响到所有文件名；但是，删除一个文件名，不影响另一个文件名的访问。这种情况就被称为"硬链接"（hard link）。

ln命令可以创建硬链接：

```
ln 源文件 目标文件
```

```
$ ls -li
total 4
1108 -rw-r--r-- 1 root root 13 2011-12-04 13:03 f1.txt
$ ln f1.txt f2.txt
$ ls -li
total 8
1108 -rw-r--r-- 2 root root 13 2011-12-04 13:03 f1.txt
1108 -rw-r--r-- 2 root root 13 2011-12-04 13:03 f2.txt
$
```

运行上面这条命令以后，源文件与目标文件的inode号码相同，都指向同一个inode。inode信息中有一项叫做"链接数"，记录指向该inode的文件名总数，这时就会增加1。

反过来，删除一个文件名，就会使得inode节点中的"链接数"减1。当这个值减到0，表明没有文件名指向这个inode，系统就会回收这个inode号码，以及其所对应block区域。

这里顺便说一下目录文件的"链接数"。创建目录时，默认会生成两个目录项："."和".."。前者的inode号码就是当前目录的inode号码，等同于当前目录的"硬链接"；后者的inode号码就是当前目录的父目录的inode号码，等同于父目录的"硬链接"。所以，任何一个目录的"硬链接"总数，总是等于2加上它的子目录总数（含隐藏目录）。

七、软链接

除了硬链接以外，还有一种特殊情况。

文件A和文件B的inode号码虽然不一样，但是文件A的内容是文件B的路径。读取文件A时，系统会自动将访问者导向文件B。因此，无论打开哪一个文件，最终读取的都是文件B。这时，文件A就称为文件B的"软链接"（soft link）或者"符号链接（symbolic link）。

这意味着，文件A依赖于文件B而存在，如果删除了文件B，打开文件A就会报错："No such file or directory"。这是软链接与硬链接最大的不同：文件A指向文件B的文件名，而不是文件B的inode号码，文件B的inode"链接数"不会因此发生变化。

ln -s命令可以创建软链接。

```
ln -s 源文文件或目录 目标文件或目录
```

```
$ ls -li
total 4
1108 -rw-r--r-- 1 root root 13 2011-12-04 13:04 f1.txt
$ ln -s f1.txt f2.txt
$ ls -li
total 4
1108 -rw-r--r-- 1 root root 13 2011-12-04 13:04 f1.txt
1130 lrwxrwxrwx 1 root root  6 2011-12-04 13:05 f2.txt -> f1.txt
$
```

八、**inode**的特殊作用

由于inode号码与文件名分离，这种机制导致了一些Unix/Linux系统特有的现象。

1. 有时，文件名包含特殊字符，无法正常删除。这时，直接删除inode节点，就能起到删除文件的作用。

2. 移动文件或重命名文件，只是改变文件名，不影响inode号码。

3. 打开一个文件以后，系统就以inode号码来识别这个文件，不再考虑文件名。因此，通常来说，系统无法从inode号码得知文件名。

第3点使得软件更新变得简单，可以在不关闭软件的情况下进行更新，不需要重启。因为系统通过inode号码，识别运行中的文件，不通过文件名。更新的时候，新版文件以同样的文件名，生成一个新的inode，不会影响到运行中的文件。等到下一次运行这个软件的时候，文件名就自动指向新版文件，旧版文件的inode则被回收。

（完）