**中标麒麟系统性能优化解决方案**

# 性能优化介绍

性能优化概念

# 性能优化实验平台

## 硬件平台

### 龙芯3A2000

系统版本：

[root@node02 rt-ltp]# cat /etc/.productinfo

-NeoKylin Server

-5.0\_U2

-loongson\_64

-Release

-B014/20200316

内核版本：

[root@node02 rt-ltp]# uname -a

Linux node02 3.10.0 #1 SMP PREEMPT Thu Dec 5 16:01:33 CST 2019 00001-g8a289a9 mips64 mips64 mips64 GNU/Linux

处理器型号：

[root@node02 rt-ltp]# lscpu

Architecture: mips64

Byte Order: Little Endian

CPU(s): 4

On-line CPU(s) list: 0-3

Thread(s) per core: 1

Core(s) per socket: 4

座： 1

NUMA 节点： 1

型号名称： Loongson-3A R2 (Loongson-3A2000) @ 999MHz

CPU MHz： 999.96

L1d 缓存： 64K

L1i 缓存： 64K

L2 缓存： 256K

L3 缓存： 1024K

NUMA 节点0 CPU： 0-3

### X86服务器

系统版本：

[root@baojiayi ~]# cat /etc/.productinfo

-NeoKylin Server

-5.0\_U4

-Release

-x86\_64

-B14/20190320

内核版本：

[root@baojiayi ~]# uname -a

Linux baojiayi 3.10.0-693.el7.x86\_64 #1 SMP Thu Sep 14 15:11:35 CST 2017 x86\_64 x86\_64 x86\_64 GNU/Linux

处理器型号：

[root@baojiayi ~]# lscpu

Architecture: x86\_64

CPU op-mode(s): 32-bit, 64-bit

Byte Order: Little Endian

CPU(s): 8

On-line CPU(s) list: 0-7

Thread(s) per core: 2

Core(s) per socket: 4

座： 1

NUMA 节点： 1

厂商 ID： GenuineIntel

CPU 系列： 6

型号： 62

型号名称： Intel(R) Xeon(R) CPU E5-1620 v2 @ 3.70GHz

步进： 4

CPU MHz： 1948.136

CPU max MHz: 3900.0000

CPU min MHz: 1200.0000

BogoMIPS： 7400.56

虚拟化： VT-x

L1d 缓存： 32K

L1i 缓存： 32K

L2 缓存： 256K

L3 缓存： 10240K

NUMA 节点0 CPU： 0-7

Flags: fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov pat pse36 clflush dts acpi mmx fxsr sse sse2 ss ht tm pbe syscall nx pdpe1gb rdtscp lm constant\_tsc arch\_perfmon pebs bts rep\_good nopl xtopology nonstop\_tsc aperfmperf eagerfpu pni pclmulqdq dtes64 monitor ds\_cpl vmx smx est tm2 ssse3 cx16 xtpr pdcm pcid dca sse4\_1 sse4\_2 x2apic popcnt tsc\_deadline\_timer aes xsave avx f16c rdrand lahf\_lm epb tpr\_shadow vnmi flexpriority ept vpid fsgsbase smep erms xsaveopt dtherm ida arat pln pts

## 测试工具

### 计算性能测试工具--

测试工具介绍：

测试命令：

### 内存性能测试工具--

测试工具介绍：**lmbench**是个用于评价系统综合性能的多平台开源benchmark，能够测试包括文档读写、内存操作、进程创建销毁开销、网络等性能，测试**方法**简单。

测试命令：

### I/O性能测试工具—Iozone

测试工具介绍：iozone是一个文件系统的benchmark工具，可以测试不同的操作系统中文件系统的读写性能。 可以测试 Read, write, re-read,re-write, read backwards, read strided, fread, fwrite, random read, [pread](https://baike.baidu.com/item/pread/1839183" \t "_blank), mmap, aio\_read, aio\_write 等等不同的模式下的硬盘的性能。

iozone常用的几个参数:

-a 全面测试，比如块大小它会自动加

-i N 用来选择测试项, 比如Read/Write/Random 比较常用的是0 1 2,可以指定成-i 0 -i 1 -i2.这些别的详细内容请查man

0=write/rewrite

1=read/re-read

2=random-read/write

3=Read-backwards

4=Re-write-record

5=stride-read

6=fwrite/re-fwrite

7=fread/Re-fread

8=random mix

9=pwrite/Re-pwrite

10=pread/Re-pread

11=pwritev/Re-pwritev

12=preadv/Re-preadv

-r block size 指定一次写入/读出的块大小

-s file size 指定测试文件的大小

-f filename 指定测试文件的名字,完成后会自动删除(这个文件必须指定你要测试的那个硬盘中)

-F file1 file2... 指定多线程下测试的文件名

批量测试项:

-g -n 指定测试文件大小范围,最大测试文件为4G,可以这样写 -g 4G

-y -q 指定测试块的大小范围

输出:

下面是几个日志记录的参数.好象要输出成图象进行分析，需要指定-a的测试才能输出

-R 产生Excel到标准输出

-b 指定输出到指定文件上. 比如 -Rb ttt.xls

### 网络性能测试工具--

测试工具介绍：Netperf是一种网络性能的测量工具，主要针对基于[TCP](https://baike.baidu.com/item/TCP/33012" \t "_blank)或[UDP](https://baike.baidu.com/item/UDP/571511" \t "_blank)的传输。Netperf根据应用的不同，可以进行不同模式的网络性能测试，即批量数据传输（bulk data transfer）模式和请求/应答（request/reponse）模式。Netperf测试结果所反映的是一个系统能够以多快的速度向另外一个系统发送数据，以及另外一个系统能够以多快的速度接收数据。

测试命令：

# 性能优化方案

针对系统配置阶段，Linux系统的性能优化包含如下四个阶段：

1. BIOS设置：BIOS中包含很多从硬件角度调整设备性能、能耗的配置，为了实现高性能，可关闭节能、动态调整处理频率等配置。
2. Linux内核配置：linux内核无疑对系统性能有着重要影响，同样是可通过修改内核编译前的相关配置进行优化。
3. 系统配置：linux在系统层提供了大量控制linux运行特征的接口和机制，通过调整这些机制可进行优化。
4. 程序的并行化：linux系统默认已经支持了并行编程模型，openmp，mpi等，但是程序只有是通过并行编程才能获得并行的计算性能。

针对系统的不同模块，性能优化可包含对处理器、内存、IO、网络等方面的优化。

## BIOS设置优化方案

针对BIOS进行性能优化，主要是：

1. 关闭能耗相关的所有设置
2. 关闭频率切换的设置
3. 关闭超频
4. 开启低延迟的设置

### \*\*机制优化方案

配置参数介绍：

修改BIOS配置参数：

## 内核配置优化方案

配置内核：

[root@localhost linux-3.10.0]# make menuconfig

根据如下方案修改内核配置参数后，然后编译内核、替换内核。

### \*\*机制优化方案

#### \*\*机制实现方案

修改内核配置参数：

#### \*\*机制测试

#### 测试及结果分析

## 内核启动参数优化方案

根据如下方法进行内核启动参数配置，系统重启后，验证是否修改成功：

# cat /proc/cmdline

### \*\*机制优化方案

#### \*\*机制实现方案

要实现该机制，方法是在内核启动参数中添加参数：

#### \*\*机制测试方案

#### 测试及结果分析

## 系统配置优化方案

### 基于tmpfs文件系统的I/O优化方案

（1）tmpfs介绍

tmpfs是基于内存的虚拟文件系统，是一种临时文件系统。它利用内存或者swap分区存储文件，具有较快的读写速度。

（2）tmpfs实现原理

tmpfs是基于Linux的虚拟内存管理（VM）子系统，它面向普通用户，用户可根据使用需求将目录创建为此文件系统类型目录，以获得快速的读写速度。VM由RAM+Swap两部分组成，tmpfs最大的存储空间可达RAM和SWAP分区之和（The size of RAM + The size of Swap）。

linux内核中的VM子系统负责在后台管理虚拟内存资源，即RAM和SWAP资源，透明的将RAM页移动到交换分区或从交换分区到RAM页。对于tmpfs本身而言，它并不知道自己使用的空间是RM还是Swap，做这个决定是VM系统的工作，tmpfs文件系统所知道的就是它在使用某种形式的虚拟内存。

（3）tmpfs文件系统的优点和缺点

Tmpfs文件系统的优点：

1、速度快；

2、使用方便（使用tmpfs文件系统的时候，不需要使用mkfs命令进行格式化）；

3、动态调节大小：tmpfs的大小是动态的，用多少分配多少，删除则会释放对应的VM空间；；

4、扩展性好：当物理内存不足以支撑分配的tmpfs的大小时，它会自动使用swap页面。

Tmpfs文件系统的缺点：

1、断电或卸载文件系统的时候，存储在文件目录下的数据会立即丢失；

2、成本高：相比硬盘的价格来说，内存无疑是很昂贵的（tmpfs使用的是内存和swap资源）；

#### tmpfs机制实现方案

（1）临时挂载tmpfs在某个目录下

[root@localhost bao]# mount -t tmpfs -o size=20G tmpfs /home/tmpsf/

对该指令的详细解释：

-t tmpfs：指定文件系统类型为tmpfs

-o：数据的同步（sync）或异步模式（async），同步模式下，内存的任何修改都会实时的同步到硬盘当中，这种模式的安全性最高，但是因为内存的数据基本一致都在变化，所以这种模式会使得程序运行变得缓慢，影响效率；在异步模式下，虽然同步没有实时，但是现在考虑到日志文件系统的存在，所以安全性基本不用考虑，而异步模式的效率会更高；

size：设置分配的文件系统的空间。不加该参数，tmpfs默认大小是RAM的一半。

tmpfs：特殊设备文件 tmpfs

/home/tmpsf：挂载文件的地址。

（2）永久挂载tmpfs在某个目录下

在/etc/fstab下写入挂载规则：tmpfs /tmp/tmpsf tmpfs defaults 0 0

（3）检验挂载是否成功

[root@localhost bao]# df -Th

文件系统          类型      容量  已用  可用 已用% 挂载点

/dev/mapper/ns-root xfs      300G  17G  284G  6% /

devtmpfs          devtmpfs   16G   0    16G   0% /dev

tmpfs            tmpfs     16G   21M  16G   1% /dev/shm

tmpfs            tmpfs     16G  1.5G  15G   10% /run

/dev/sda1         xfs      30G  180M  30G  1% /boot

/dev/mapper/ns-home xfs      300G  19G  282G  7% /home

tmpfs            tmpfs    3.2G  36K  3.2G   1% /run/user/1000

tmpfs            tmpfs     3.2G    0  3.2G    0% /run/user/0

tmpfs            tmpfs    20G 0   20G 0% /tmp/tmpsf

注：建议将创建的tmpfs文件系统挂载在/tmp目录下（tmp目录为Linux常用的临时使用文件目录）。

#### IO性能测试方案

**测试1：iozone测试**

测试软硬件平台：X86服务器

数据块大小：分别设为4K,16k，64k。

测试文件大小：为10G

测试的文件系统分别为：xfs、ext4、tmpfs

测试流程：利用iozone测试工具测试在不同文件系统下（xfs、ext4、tmpfs），磁盘的读写速率。测试前需要进行清缓存和sync同步操作，以保证系统在相同的物理环境下进行性能测试。

sync

echo 3 > /proc/sys/vm/drop\_caches

测试命令：

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /tmpfs/tmp.txt -Rb /home/tmpfs4k.xls

该执行命令必须在iozone所在的目录下执行。

**测试2：cp拷贝测试**

测试软硬件平台：X86服务器。

测试步骤：

（1）将/xfs\_test目录（xfs文件系统）下的NeoKylin-Live-Desktop.iso文件（4.0G）复制到xfs文件系统的目录下，记录拷贝文件的时间；

（2）将/xfs\_test目录下的NeoKylin-Live-Desktop.iso文件（4.0G）复制到tmpfs文件系统的目录下，记录拷贝文件的时间；

（3）将tmpfs文件系统的目录下的文件NeoKylin-Live-Desktop.iso文件（4.0G）复制到/xfs\_test目录下，记录拷贝文件的时间；

同样，测试前需要进行清缓存和sync同步操作，以保证系统在相同的物理环境下进行性能测试。

测试拷贝速率的指令为：

time cp NeoKylin-Live-Desktop-5.0\_U1-x86\_64-Release-B055-20171229.iso /xfs\_test/

测试文件读速率的指令为：

time cat NeoKylin-Live-Desktop-5.0\_U1-x86\_64-Release-B055-20171229.iso >/dev/null

#### 测试及结果分析

**测试一：iozone测试结果与分析：**

下表是各文件系统在Ionzone测试下磁盘的读写速度，单位为MB/s。（测试硬盘为机械硬盘）。“表格中加了h的为对照测试组”

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Initial write | Rewrite | Read | Re-read |
| xfs\_64k | 1567.678833 | 1420.570557 | 10304.9834 | 10306.97363 |
| ext4\_64k | 1433.271118 | 1703.289795 | 10358.40723 | 10408.06836 |
| tmpfs\_64k | 4920.984863 | 7449.239746 | 9490.787109 | 9485.793945 |
| xfs\_16k | 1164.962769 | 1292.142334 | 9495.381836 | 9481.21875 |
| ext4\_16k | 1105.772705 | 1682.454102 | 9755.417969 | 9726.386719 |
| tmpfs\_16k | 4752.233887 | 7192.075684 | 9049.037109 | 9053.814453 |
| xfs\_4k | 1123.032518 | 1021.877258 | 7409.229492 | 7440.21582 |
| ext4\_4k | 1086.659668 | 1303.946533 | 7838.833496 | 7856.592285 |
| tmpfs\_4k | 4257.316406 | 6254.989746 | 7923.837891 | 7905.919434 |

测试结果分析：

**写性能上，tmpfs的性能要优于ext4，xfs文件系统，读性能无显著差异。**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 对比 | Initial write | Rewrite | Read | Re-read |
| 64K | tmpfs:xfs | 3.139026157 | 5.243836507 | 0.920990044 | 0.920327759 |
| tmpfs:ext4 | 3.433394283 | 4.373442363 | 0.916240007 | 0.911388513 |
| 16k | tmpfs:xfs | 4.079301086 | 5.566008863 | 0.952993494 | 0.954920954 |
| tmpfs:ext4 | 4.297658881 | 4.27475298 | 0.927590918 | 0.930850758 |
| 4k | tmpfs:xfs | 3.790911072 | 6.121077358 | 1.069455049 | 1.062592756 |
| tmpfs:ext4 | 3.917801067 | 4.796967964 | 1.010844011 | 1.006278441 |

**提高块大小，能够提高磁盘的写性能。**

当文件系统为xfs时，块大小为64k的写速率是16k和4k的1.35倍和1.39倍。

当文件系统为ext4时，块大小为64k的写速率是16k和4k的1.29倍和1.32倍

当文件系统为tmpfs时，块大小为64k的写速率是16k和4k的1.035倍和1.16倍

**测试二：cp拷贝测试结果与分析：**

下表是拷贝实验的结果，单位为s。测试硬盘为机械硬盘。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Write | Read |
| Xfs->xfs | 0m19.64s | 0m10.936s（xfs） |
| Xfs->tmpfs | 0m17.179s |
| tmpfs->xfs | 0m4.803s | 0m0.403（tmpfs） |
| tmpfs->tmpfs | 0m1.117s |

测试结果分析：

1. 将文件从tmpfs拷贝至tmpfs的速率是xfs拷贝至xfs的17.58倍
2. 将文件从tmpfs拷贝至xfs的速率是xfs拷贝至tmpfs速率的3.58倍。
3. 将文件从xfs拷贝至xfs的速率是tmpfs拷贝至xfs速率的1.14倍。
4. 从tmpfs文件系统读取数据的速率是从xfs文件系统读取速率的27.1倍。

### 基于缓存回写机制的I/O优化方案

* 缓存机制介绍

linux引入缓存机制的主要目的是为了提高磁盘的I/O性能，即将一部分磁盘上的数据缓存到内存中。通过缓存能提高I/O性能是因为：

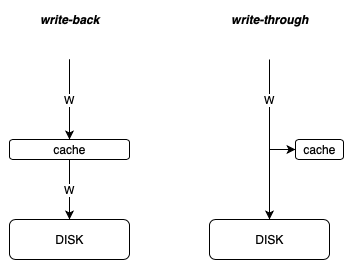
1. CPU访问内存的速度远远大于访问磁盘的速度
2. 数据一旦被访问，就有可能在短期内再次被访问（临时局部原理）

写缓存有三种机制：

1.不缓存(nowrite)：当对缓存中的数据进行写操作时，直接写入磁盘，同时使此数据的缓存失效。

2.透写缓存(write-through cache)：当进行写操作时，会写入缓存中，并且马上再写入磁盘中（写数据时同时更新磁盘和缓存）。在透写缓存技术中，写操作的执行性能与无缓存系统的性能相仿，但读操作使用的时间短。

3.回写(copy-write or write-behind)：这种机制在写操作时，会先将数据写至缓存中，而不会立即写入磁盘中，在一些特定条件或操作，才会把缓存中的数据写入磁盘。



**三种策略的优缺点如下：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 策略 | 复杂度 | 性能 |
| 不缓存 | 简单 | 不缓存写操作，对于写操作较多的I/O，性能会下降 |
| 透写缓存 | 简单 | 缓存写操作，提升了读性能，写性能有些下降 |
| 回写 | 复杂 | 读写的性能都有提高(机制比较灵活，目前内核中采用的方法) |

* Write back机制介绍

Linux下默认使用的是Write back机制，即将要写入的磁盘数据写至缓存中就返回（CPU可以处理别的任务），之后缓存到磁盘的更新操作是异步进行的。缓存中被修改的内存页称之为脏页（Dirty Page），脏页在特定的时候被一个叫做pdflush(Page Dirty Flush)的进程写入磁盘。

当用户试图将数据写入文件的时候，Linux系统不会立马将数据写入disk之中，而是先将它们临时存放在memory的一块区域，这块区域的名称是page cache（页高速缓冲存储器），通过cat /proc/meminfo能够查看系统的相关信息。

/proc/meminfo有两个重要指标，Cached和Dirty。Cached指的是page cache（大小固定值），Dirty指的是有数据存于page cache中（大小动态变化），被标记的dirty page会被加入到一个链表中，等待写入disk。在下文的几种情况下，dirty page的数据会被写入至磁盘：

1、当空闲的内存低于一个特定的阈值时，内核必须将脏页写回磁盘，以便释放内存。

2、当dirty page超过dirty\_background\_ratio的设定值或dirty\_ratio超过设定值，会进行回写操作

3、当数据在dirty page中的时间超过dirty\_expire\_centisecs秒，内核必须将超时的脏页写回磁盘，以确保脏页不会无限期地驻留在内存。

4、当用户程序调用了sync()和 fsync()系统调用（建议在适当的时候进行同步操作，否则可能造成系统阻塞）。

正是因为有pdflush进程的服务，使得数据能够及时flush到disk中。

有两种方式可以把脏页写回磁盘：

（1）手动调用sync()或者fsync()系统调用把脏页写回

（2）pdflush进程会定时把脏页写回到磁盘

注意，脏页不能被置换出内存，如果脏页正在被写回，那么会被设置写回标记，这时候该页就被上锁，其他写请求被阻塞直到锁释放。

* 相关概念

缓存: [文件](https://baike.baidu.com/item/%E6%96%87%E4%BB%B6/6270998)是指存储在外部存储介质上的、由文件名标识的一组相关信息的集合。由于CPU 与 I/O 设备间速度不匹配。为了缓和 CPU 与 I/O 设备之间速度不匹配矛盾。文件缓冲区是用以暂时存放读写期间的文件数据而在内存区预留的一定空间。使用文件缓冲区可减少读取硬盘的次数。

脏页Dirty page：当进程修改了高速缓存里的数据时，该页就被内核标记为脏页，内核将会在合适的时间把脏页的数据写到磁盘中去，以保持高速缓存中的数据和磁盘中的数据是一致的。

**说明**：脏页没有及时回写是掉电造成文件系统损坏的罪魁祸首，因此，本方案的主要目标就是研究如何在保证性能的前提下，降低内存中脏页的数据量。

#### Write back机制实现方案

系统中控制脏页回写的参数有：

* vm.dirty\_ratio

vm.dirty\_ratio单位是百分比，表示当脏数据可占用系统内存最多的百分比。当系统到达这一值时，系统不得不开始回写脏页，此时所有新的I/O块都会被阻塞，直到脏数据被写入磁盘。参数的修改方法如下：

echo "40" > /proc/sys/vm/dirty\_ratio

* 3.2 vm.dirty\_background\_ratio

vm.dirty\_background\_ratio参数控制文件系统的后台进程在何时刷新磁盘，单位是百分比，表示系统内存的百分比，即当写缓冲使用到系统内存多少的时，会触发pdflush/flush/kdmflush等后台回写进程运行，将一定缓存的脏页异步地刷入外存。参数的修改方法如下：

echo "60" > /proc/sys/vm/dirty\_background\_ratio

注意：如果dirty\_ratio设置比dirty\_background\_ratio大，可能认为dirty\_ratio的触发条件不可能达到，因为每次肯定会先达到vm.dirty\_background\_ratio的条件，然而，确实是先达到vm.dirty\_background\_ratio的条件然后触发flush进程进行异步的回写操作，但是这一过程中应用进程仍然可以进行写操作，如果多个应用进程写入的量大于flush进程刷出的量那自然会达到vm.dirty\_ratio这个参数所设定的值，此时操作系统会转入同步地处理脏页的过程，阻塞应用进程。

* vm.dirty\_expire\_centisecs

vm.dirty\_expire\_centisecs参数声明Linux内核写缓冲区里面的脏数据停留多长时间，pdflush进程就开始考虑写到磁盘中去。单位是1/100秒。缺省是 3000（30秒），系统认为脏数据在内存中停留的时间超过30秒，会将脏数据异步的写到磁盘中。参数的修改方法如下：

echo "60000" > /proc/sys/vm/dirty\_expire\_centisecs

* **vm.dirty\_writeback\_centisecs**

vm.dirty\_writeback\_centisecs该参数控制内核的脏数据刷新进程pdflush的运行间隔。单位是1/100秒。参数的修改方法如下：

echo "12000" > /proc/sys/vm/dirty\_writeback\_centisecs

#### IO性能测试

测试1：iozone测试

测试软硬件平台：X86服务器

数据块大小：分别设为4K,16k，64k。

测试文件大小：为10G

测试的文件系统分别为：xfs、ext4

测试流程：测试分默认组和高性能组。

（1）默认组是指操作系统设定默认的磁盘读写参数值。

（2）高性能组是系统尽可能多的将数据缓存在内存中，提高数据的读写速率。但可能在系统突然断电的场景下，数据因没有及时写入磁盘而导致数据大量流失。

测试的参数值如下表：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数 | 默认组 | 高性能组 |
| vm.dirty\_ratio | 10 | 40 |
| vm.dirty\_background\_ratio | 40 | 60 |
| vm.dirty\_expire\_centisecs | 3000 | 60000 |
| vm.dirty\_writeback\_centisecs | 500 | 12000 |

利用iozone测试工具测试在不同文件系统下（xfs、ext4），磁盘的读写速率。

测试前需要进行清缓存和sync同步操作，以保证系统在相同的物理环境下进行性能测试。

sync

echo 3 > /proc/sys/vm/drop\_caches

测试命令：

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/xfs4k.xls

#### 测试及结果分析

下表是各文件系统在Ionzone测试下磁盘的读写速度，单位为MB/s。（测试硬盘为机械硬盘）。“表格中加了h的为对照测试的高性能组”

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Initial write | Rewrite | Read | Re-read |
| xfs\_64k | 1567.678833 | 1420.570557 | 10304.9834 | 10306.97363 |
| hxfs\_64k | 2174.119873 | 2967.100098 | 10371.9502 | 10427.69824 |
| ext4\_64k | 1433.271118 | 1703.289795 | 10358.40723 | 10408.06836 |
| hext4\_64k | 1801.864868 | 2659.022461 | 10409.78418 | 10476.71094 |
| xfs\_16k | 1164.962769 | 1292.142334 | 9495.381836 | 9481.21875 |
| hxfs\_16k | 1989.109741 | 2661.182861 | 9368.410156 | 9476.279297 |
| ext4\_16k | 1105.772705 | 1682.454102 | 9755.417969 | 9726.386719 |
| hext4\_16k | 1699.835938 | 2635.384277 | 9692.647461 | 9768.111328 |
| xfs\_4k | 1123.032518 | 1021.877258 | 7409.229492 | 7440.21582 |
| hxfs\_4k | 1335.021729 | 1813.126587 | 7372.592773 | 7363.870605 |
| ext4\_4k | 1086.659668 | 1303.946533 | 7838.833496 | 7856.592285 |
| hext4\_4k | 1525.131104 | 2500.235596 | 7750.975098 | 7814.19873 |

测试结果分析：

* **写性能上，高性能组的性能要优于默认组，读性能无显著差异。**

性能对比数据如下表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 对比 | Initial write | Rewrite | Read | Re-read |
| 64K | hxfs\_64k:xfs\_64k | 1.386840102 | 2.088667883 | 1.006498487 | 1.011712906 |
| hext4\_64k:ext4\_64k | 1.257169593 | 1.561109841 | 1.004959928 | 1.006595131 |
| 16k | hxfs\_16k:xfs\_16k | 1.707444903 | 2.059512169 | 0.98662806 | 0.999479028 |
| hext4\_16k:ext4\_16k | 1.537238105 | 1.56639297 | 0.993565575 | 1.004289837 |
| 4k | hxfs\_16k:xfs\_16k | 1.516364861 | 1.776047583 | 0.995055259 | 0.989738844 |
| hext4\_16k:ext4\_16k | 1.40350392 | 1.917437205 | 0.988791904 | 0.994604079 |

* **提高块大小，能够提高磁盘的写性能。**

当文件系统设置为xfs时，块大小为64k的写速率是块大小为16k和4k写速率的1.35倍和1.39倍。

当文件系统设置为ext4时，块大小为64k的写速率是块大小为16k和4k写速率的1.29倍和1.32倍

### 基于磁盘文件预取机制的I/O优化方案

文件预取的原理，就是根据局部性原理，在读取数据时，会多读一定量的相邻数据缓存到内存。如果预读的数据是后续会使用的数据，那么系统性能会提升，如果后续不使用，就浪费了磁盘带宽。

#### 磁盘文件预取机制实现方案

文件预取参数由文件“/sys/block/$DEVICE-NAME/queue/read\_ahead\_kb”指定（DEVICE-NAME是具体磁盘设备的名称，机械硬盘和固态硬盘具有不同的磁盘名称）。此参数的默认值4096KB，可使用echo来调整：

# echo 8192 > /sys/block/$DEVICE-NAME /queue/read\_ahead\_kb

#### IO性能测试方案

测试：iozone测试，测试文件大小为10G、测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read。

read\_ahead\_kb：4096、8192、16384、32768

测试软硬件平台：X86服务器

测试数据块大小：4K、8K、16K、32K

测试的文件系统为：xfs

测试的IO调度算法为：cfq（默认算法）

测试的硬盘：机械硬盘、SSD硬盘

利用iozone测试工具测试设置不同的预读参数（4096、8192、16384、32768），磁盘的读写速率。

测试前需要进行清缓存和sync同步操作，以保证系统在相同的物理环境下进行性能测试。

测试命令：

./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/read\_ahead\_4k.xls

./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/read\_ahead\_8k.xls

./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/read\_ahead\_16k.xls

./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/read\_ahead\_32k.xls

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径）

#### 测试及结果分析

机械硬盘测试结果

Command line used: ./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /scheduler/xfs\_test.txt -Rb /test\_result/read\_ahead/hdra\_32768.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

10485760 4 1061503 1261309 7430121 7436814 4948202 839639 6292100 3018534 5881627 1215686 1196605 7168000 7199295

10485760 8 1130913 1323103 9232306 9276806 7043000 1033998 8198944 5108660 7612708 1281681 1295474 9102255 9096782

10485760 16 1222381 1370399 9497248 9683134 8114788 1114476 9003518 6975115 8510499 1354010 1434613 9604701 9591637

10485760 32 1275838 1404656 10141606 10252404 9242292 1242936 9813294 9118598 9552614 1417931 145237910267485 10221872

Command line used: ./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /scheduler/xfs\_test.txt -Rb /test\_result/read\_ahead/hdra\_16384.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

10485760 4 1087442 1266671 7355862 7390203 4981583 833747 6197557 2928356 5823713 1242435 1240501 7089441 7085078

10485760 8 1156790 1307184 9136810 9176174 6924822 1007167 8126511 4876222 7501740 1255088 1256075 8975497 9077001

10485760 16 1202462 1362089 9523687 9581611 8051840 1103566 8924439 6913371 8409556 1327797 1321828 9475201 9519587

10485760 32 1261982 1375334 10067873 10207969 9217804 1158688 9744552 8913028 9542042 1391718 138491110254902 10272783

Command line used: ./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /scheduler/xfs\_test.txt -Rb /test\_result/read\_ahead/hdra\_8192.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

10485760 4 1014143 1238591 6965389 6879865 4737119 815401 6086276 2883032 5754077 1193509 1169017 6991318 6856444

10485760 8 1192080 1323965 8904174 8926422 6807308 968712 7953489 4962059 7368118 1276810 1317171 8766824 8755366

10485760 16 1183395 1338565 9419474 9486422 7990744 1032676 8820798 6790182 8234582 1307313 1328047 9393182 9446723

10485760 32 1253436 1391104 10027694 10153172 9187364 1159343 9690544 9229147 9412777 1378341 145762910047816 10082277

Command line used: ./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /scheduler/xfs\_test.txt -Rb /test\_result/read\_ahead/hdra\_4096.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

10485760 4 1070127 1315342 7256571 7519450 5019881 845942 6312904 3024148 5809616 1232291 1280521 7137462 7182175

10485760 8 1154832 1313814 9119384 9137361 6846796 979223 8038661 4961425 7530288 1375683 1375594 8945857 8947244

10485760 16 1286221 1351210 9496379 9591829 8123136 1060106 8972763 6786042 8527517 1323037 1359428 9610133 9618418

10485760 32 1353237 1418661 10066490 10160148 9247304 1252174 9788339 9045685 9545240 1428621 141262510197754 10267725

**测试结果显示：调整预读参数，对磁盘IO性能的提升不明显（机械硬盘）**

固态硬盘测试结果

Command line used: ./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/xfs\_test.txt -Rb /test\_result/read\_ahead/sdra\_32768.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

10485760 4 1308679 1595855 7348928 7482303 5034369 1604533 6235028 3003773 5874806 1496987 1731873 7105194 7063109

10485760 8 1566694 2298468 9116830 9184557 6901722 1674470 8125990 4925104 7567116 1651558 1996088 8914202 9018596

10485760 16 1509078 2171745 9430904 9510322 8007520 2108457 8905490 6859018 8414759 1752612 2160983 9472181 9472685

10485760 32 1856004 2292366 10115942 10253458 9238840 2270960 9787818 8897314 9598256 2239628 182201710168501 10164292

Command line used: ./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/xfs\_test.txt -Rb /test\_result/read\_ahead/sdra\_16384.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

10485760 4 1262985 1488187 7330069 7376431 5054111 1306601 6122907 3085778 5849591 1415339 1379056 7068866 7073846

10485760 8 1289460 1802826 9096078 9124218 6941899 1718668 8114662 5237581 7558922 1789824 1793252 8457390 8948695

10485760 16 1590708 1903902 9493878 9537208 8061906 1864668 8914923 6816902 8363063 1504746 2162476 9479339 9482501

10485760 32 1574117 2270112 10040918 10149465 9159029 1645175 9754522 8802374 9482219 1846520 167247310149142 10112174

Command line used: ./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/xfs\_test.txt -Rb /test\_result/read\_ahead/sdra\_8192.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

10485760 4 1152464 1591987 7441928 7542420 5131656 1284861 6368201 3163695 5989874 1616805 1386133 7247156 7282946

10485760 8 1511884 1713104 9327183 9370024 7081857 1728193 8288627 5193433 7775846 1794411 1798741 9150301 9162837

10485760 16 1590377 2068647 9548045 9598838 8085517 1850360 8967638 6783412 8566460 1873038 1897920 9553527 9574446

10485760 32 1672010 2253937 10127869 10250029 9242300 1634621 9782021 9052207 9533281 1847541 159423510208138 10153849

Command line used: ./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/xfs\_test.txt -Rb /test\_result/read\_ahead/sdra\_4096.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

10485760 4 1138184 1681365 7494978 7525936 5062515 1451434 6322752 3058083 5860890 1865140 1522832 7236974 7183331

10485760 8 1532676 2003907 9202022 9261828 6955516 1935555 8217126 5089507 7633630 1697487 1683440 9127426 9206159

10485760 16 1976365 2228674 9581181 9735865 8134713 2354332 8995045 7045726 8505728 1760853 2174746 9693912 9608275

10485760 32 1863065 2504208 10162145 10263493 9296124 1862563 9848383 9286969 9555806 2295983 223430310213111 10286560

**测试结果显示：调整预读参数，能够提高磁盘的IO性能（固态硬盘）**

### 基于请求队列数机制的I/O优化方案

#### 请求队列数机制实现方案

在LINUX系统中，如果有大量读写请求，可以调整请求队列数来提高效率，默认的请求队列数存放在/sys/block/$DEVICE-NAME/queue/nr\_requests文件中（DEVICE-NAME是具体磁盘设备的名称，机械硬盘和固态硬盘具有不同的磁盘名称），查看磁盘的默认请求队列：

# cat /sys/block/$DEVICE-NAME/queue/nr\_requests

128

通过如下命令进行修改：

# echo 512 > /sys/block/$DEVICE-NAME /queue/nr\_requests

#### IO性能测试方案

测试1：iozone测试，测试文件大小为10G、测试数据块大小为4K、测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read等。

测试2：文件拷贝测试time dd，测试的同时监控内存的在文件拷贝期间的平均利用率。

测试软硬件平台：X86服务器

nr\_requests的值：128、256、512、1024

测试数据块大小：4K、8K、16K、32K

测试的IO调度算法为：cfq、deadline

测试的文件系统为：xfs

测试的硬盘：机械硬盘、SSD硬盘

测试前需要进行清缓存和sync同步操作，以保证系统在相同的物理环境下进行性能测试。（清缓存的指令是执行sync和echo 3 > /proc/sys/vm/drop\_caches，后文不再赘述）

测试命令：

./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/nr\_request\_128.xls

./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/nr\_request\_256.xls

./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/nr\_request\_512.xls

./iozone -a -s 10G -y 4k -q 32k -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/nr\_request\_1024.xls

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径）

#### 测试及结果分析

### 基于I/O调度算法的I/O优化方案

文件系统在通过驱动读写磁盘时，不会立即将读写请求发送给驱动，而是延迟执行，这样Linux内核的I/O调度器可以将多个读写请求合并为一个请求或者排序（减少机械磁盘的寻址）发送给驱动，提升性能。

目前Linux版本主要支持3种调度机制：

1. CFQ，完全公平队列调度

早期Linux 内核的默认调度算法，它给每个进程分配一个调度队列，默认以时间片和请求数限定的方式分配IO资源，以此保证每个进程的 IO 资源占用是公平的。这个算法在IO压力大，且IO主要集中在某几个进程的时候，性能不太友好。

CFQ把I/O请求按照进程分别放入进程对应的队列中，所以A进程和B进程发出的I/O请求会在两个队列中。而各个队列内部仍然采用合并和排序的方法，区别仅在于，每一个提交I/O请求的进程都有自己的I/O队列。

CFQ的“公平”是针对进程而言的，它以时间片算法为前提，轮转调度队列，默认从当前队列中取4个请求处理，然后处理下一个队列的4个请求。这样就可以确保每个进程享有的I/O资源是均衡的。

2. DeadLine，最终期限调度

这个调度算法维护了4个队列，读队列,写队列,超时读队列和超时写队列。当内核收到一个新请求时，如果能合并就合并，如果不能合并，就会尝试排序。如果既不能合并，也没有合适的位置插入，就放到读或写队列的最后。一定时间后， I/O调度器会将读或写队列的请求分别放到超时读队列或者超时写队列。这个算法并不限制每个进程的IO资源，适合IO压力大且IO集中在某几个进程的场景，比如大数据、数据库使用HDD磁盘的场景。

为解决Linus电梯的饥饿问题，DeadLine在全局吞吐量和延迟方面取了权衡。在DeadLine算法中，每个I/O请求都有一个超时时间，默认读请求是500ms，写请求是5s。

DeadLine除了和Linus电梯一样维护了一个拥有合并和排序功能的请求队列以外，额外维护了两个队列，分别是读请求队列和写请求队列，它们都是带有超时的FIFO队列。当新来一个I/O请求时，会被同时插入普通队列和读/写队列，然后处理普通队列中的请求。当调度器发现读/写请求队列中的请求超时的时候，会优先处理这些请求，保证尽可能不产生请求饥饿。当然，这里会牺牲一定的全局吞吐量。

3. NOOP，也叫NONE，是一种简单的FIFO调度策略

因为固态硬盘支持随机读写，所以固态硬盘可以选择这总最简单的调度策略，性能最好。而Noop做的事情非常简单，它不会对I/O请求排序也不会进行任何其它优化（除了合并）。Noop除了对请求合并以外，不再进行任何处理，直接以类似FIFO的顺序提交I/O请求。

4.Linux电梯

Linus电梯实现了向前合并和向后合并，对应扇区的增长和减少，而排序操作则如同上面所说的，通过将新请求插入到已有请求队列中合适的位置去实现。那么这里就有一个问题了，如果一个请求比较倒霉，老是被插队怎么办？Linus电梯解决这个问题的办法是当一段时间后检测到队列中有长期没有被处理的请求，那么就暂时中止插入，将新请求直接放到队列尾部，寄希望于顺序处理当前队列中现有的请求来保证响应。但这种做法的**缺点在于，I/O调度器并没有真正去处理饥饿的请求，而是采取了一种间接的方式，所以很有可能饥饿的请求仍然饥饿，并没有解决实质的问题。**

5. Anticipatory

Anticipatory是基于预测的I/O算法，大体上它和DeadLine很类似，也维护了三个请求队列。**区别在于，当它处理完一个I/O请求以后并不会直接返回处理下一个请求，而是会等待片刻，默认为6ms。如果这时候有新来的针对当前扇区相邻扇区的请求，那么会直接处理它，当等待时间结束后，调度器才返回处理下一个队列请求。**

#### I/O调度算法的实现方案

查看当前的调度方式：

# cat /sys/block/$DEVICE-NAME/queue/scheduler

noop deadline [cfq] # [ ]中即为当前使用的磁盘IO调度模式。

如果需要修改，可以采用echo来修改，比如要将sda修改为noop：

# echo noop > /sys/block/sda/queue/scheduler

#### IO性能测试方案

测试一：iozone测试，测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read。

测试软硬件平台：X86服务器

机械硬盘测试的IO调度算法为：cfq、deadline、noop

固态硬盘测试的IO调度算法为：cfq、deadline、noop

测试的文件系统为：xfs

测试的数据块大小：4k、8k、16k、32k、64k、128k、256k、512k、1m、2m、4m、8m、16m

测试文件的大小：2G、4G、8G、16G、32G、64G

测试的硬盘：机械硬盘、SSD硬盘

测试前需要进行清缓存和sync同步操作，以保证系统在相同的物理环境下进行性能测试。

测试命令：

./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/cfq.xls

./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/deadline.xls

./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /xfs/tmp.txt -Rb /home/noop.xls

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径，测试文件大小如果设置为4G、8G、16G、32G，就将测试命令中的2G更变为4G、8G、16G、32G）

**测试2：cp拷贝测试**

测试软硬件平台：X86服务器。

测试的文件系统为：xfs

测试的硬盘：机械硬盘、SSD硬盘

机械硬盘测试的IO调度算法为：cfq、deadline、noop

固态硬盘测试的IO调度算法为：cfq、deadline、noop

测试步骤：

（1）利用命令echo noop> /sys/block/sdb/queue/scheduler将磁盘的调度算法更换为需要测试的算法。（测试deadline算法的时候将noop更换为deadline）

（2）将/ scheduler目录（机械硬盘）下的NeoKylin-Live-Desktop.iso文件（3.3G）复制到scheduler文件系统的目录下，命名为a.iso，记录拷贝文件的时间；

（3）将/scheduler目录下的NeoKylin-Live-Desktop.iso文件复制到scheduler目录下，命名为a.iso，记录拷贝文件的时间；

（4）将/scheduler目录下的文件NeoKylin-Live-Desktop.iso文件复制到scheduler目录下，命名为a.iso，记录拷贝文件的时间；

测试固态硬盘的时候，重复上文的1,2,3步骤，只需要将/ scheduler目录更换为固态硬盘的目录即可

同样，测试前需要进行清缓存和sync同步操作，以保证系统在相同的物理环境下进行性能测试。

测试拷贝速率的指令为：

time cp NeoKylin-Live-Desktop-5.0\_U1-x86\_64-Release-B055-20171229.iso a.iso

测试文件读速率的指令为：

time cat NeoKylin-Live-Desktop-5.0\_U1-x86\_64-Release-B055-20171229.iso >/dev/null

#### 测试及结果分析

三种调度算法在机械硬盘上的测试结果：

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/noop1.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

2097152 4 1493228 2344333 7229064 7267949 5171575 2076965 6124876 2907376 5688901 2318926 2364294 7007343 7020341

2097152 8 1968672 3348345 8911498 8988153 7079425 3145150 7990304 4841451 7354840 3360222 3390427 8753230 8815011

2097152 16 2451215 4122603 9053271 9320296 8008586 4059401 8640887 6722072 8219350 4047251 4103019 9177110 9216708

2097152 32 2785268 4881958 9751065 9998346 9062019 5119449 9486841 8757247 9282184 4700204 4748351 9846940 9958410

2097152 64 2976194 5310951 9979730 10316463 9726363 580872110015342 10100574 9819459 5187232 522910010194198 10270532

2097152 128 3043351 5388878 9742144 10078827 9602744 5982768 9714836 10886040 9483455 5048161 5127575 9996823 10082223

2097152 256 3137987 5414743 9292048 9422220 9221617 6004057 9278248 10256676 9219432 4937204 4987355 9296507 9397868

2097152 512 3203284 5442905 9340268 9460913 9316949 6139707 9372364 9968635 9330627 4975180 4981677 9379279 9442672

2097152 1024 3085140 5557844 9429816 9519614 9421594 6230340 9463631 10355693 9423966 4207574 4227021 9462195 9514949

2097152 2048 3239545 5583042 9406370 9512448 9414535 6238090 9489502 10618763 9469407 3693970 3709298 9473129 9508695

2097152 4096 3153640 5264713 9051733 9159507 9166274 5890014 9136322 9517533 9077675 3355556 3346041 9144215 9148399

2097152 8192 2897058 4597262 6962929 7009527 7028699 5086790 6988453 5218781 7015413 3643824 3662431 6994911 7037421

2097152 16384 2901239 4609783 6863374 6893420 6888146 5098008 6881932 5165182 6881706 3624403 3662450 6888853 6933603

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/deadline1.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

2097152 4 1498659 2360737 7246150 7288938 5207433 2092369 6188827 2924151 5745967 2397218 2391088 7030441 7007673

2097152 8 1977382 3364680 8869552 8978685 7124518 3144037 7969267 4949990 7488325 3393164 3384572 8827697 8841842

2097152 16 2405288 4166182 9231721 9405364 8143333 4082181 8724570 6856644 8356183 4083988 4134266 9299426 9303311

2097152 32 2835433 4955908 9720333 9997675 9172286 5115105 9576253 9035982 9362906 4675841 4668034 9908636 9943640

2097152 64 3008959 5364904 10064170 10357949 9822672 569817710046376 10529088 9942314 5215835 510119210212923 10345426

2097152 128 3075883 5484861 9881598 10112895 9730850 6042879 9921903 11170637 9848969 5189016 5183206 9987300 10095415

2097152 256 3125064 5444478 9293207 9403384 9302730 6038445 9315213 10386312 9280666 4978438 5015491 9339653 9398541

2097152 512 3201817 5517674 9389321 9472742 9439824 6122910 9411020 9988343 9404108 5023781 5014373 9386636 9470518

2097152 1024 3252764 5566799 9236073 9545741 9493158 6223261 9497371 10319101 9468296 4243666 4230756 9492810 9522726

2097152 2048 3263699 5561277 9440554 9515083 9494880 6217691 9491048 10433595 9472701 3676626 3694375 9466116 9505335

2097152 4096 3141942 5266977 9121419 9164269 9152188 5888279 9136322 8973885 9092990 3355609 3363893 9152111 9149836

2097152 8192 2881490 4610392 6995501 7053233 7073886 5092571 7028014 5222369 7014966 3655727 3663071 7024877 7093767

2097152 16384 2893944 4619217 6946718 6998139 7020789 5116813 6979060 5191717 6955105 3656326 3668941 6993699 7020839

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/cfq1.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

2097152 4 1490294 2348690 7129166 7236349 5257787 2080022 6108377 2928488 5713222 2363483 2359627 7008588 6988687

2097152 8 1974516 3356045 8871090 8950563 7081169 3077800 7957717 4947560 7376074 3310238 3295009 8716737 8758974

2097152 16 2436542 4145569 9136085 9341726 8115818 4046352 8680333 6812805 8316781 4064240 4058781 9232583 9219384

2097152 32 2806095 4868505 9885085 10010031 9260421 5073622 9785877 9042447 9398702 4765823 4773926 9950378 9968918

2097152 64 2982272 5391203 9995437 10505246 9884852 5792807 9987583 10767599 9871041 5221392 521660210261797 10253914

2097152 128 3015701 5285999 9736224 9979549 9800007 5795204 9766146 10657670 9666526 5075367 501554810050623 10161800

2097152 256 3086057 5390206 9324238 9327521 9159307 5785533 9252453 10059244 9161424 4869092 4861393 9275694 9414233

2097152 512 3159189 5345473 9273807 9431626 9406169 5977499 9333201 9931762 9318351 4867748 4927797 9438254 9393522

2097152 1024 3211289 5530465 9332251 9469958 9469499 6069465 9418668 9924388 9376140 4184061 4216388 9395971 9447307

2097152 2048 3242375 5657441 9475650 9494183 9479081 6263690 9485818 10425088 9464150 3751225 3723557 9466798 9543493

2097152 4096 3110961 5340585 9095077 9200935 9156075 5820848 9166924 9228031 9104359 3348178 3358570 9188921 9174420

2097152 8192 2872492 4475326 7088993 7083154 7062753 4961242 7015693 5179123 6799397 3289217 3633779 7009007 7129363

2097152 16384 2873200 4682531 6995662 7001030 6996452 5097609 6923599 5181503 6930511 3633779 3583771 6944239 6980268

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 4G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/noop2.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

4194304 4 1506703 2366917 7309520 7358518 5164311 2031468 6117981 2925051 5848108 2330307 2300532 7090278 7062758

4194304 8 2023850 3359447 9031017 9022495 7016068 3075609 8002410 4918025 7507361 3323829 3294790 8952530 8897111

4194304 16 2539527 4156373 9378338 9507101 8144263 4044917 8849362 6670754 8405908 4124749 4082858 9429112 9439636

4194304 32 2909448 5021572 9936613 10171217 9262380 5152359 9710679 8803850 9472124 4788909 480453110077180 10081563

4194304 64 3156336 5523217 10348023 10532680 9950473 583224110242826 10445178 10110993 5318893 535544510478501 10488353

4194304 128 3177601 5653592 10214316 10397741 9999436 617202310202137 11067937 10086488 5250334 521300810307135 10378523

4194304 256 3241029 5553920 9445312 9529410 9375090 6129720 9415376 10060480 9409755 5032297 5037404 9486134 9503372

4194304 512 3298219 5638832 9532054 9574198 9504964 6222301 9506084 9963971 9489460 5077180 5057369 9554221 9562499

4194304 1024 3354592 5695880 9742230 9640479 9633553 6308588 9624667 10402801 9599945 4329214 4325036 9669549 9803234

4194304 2048 3381752 5686837 9616612 9633310 9597661 6329172 9610770 10395732 9612618 3752606 3750338 9602560 9766752

4194304 4096 3285385 5443103 9335300 9383315 9368834 6012081 9341288 9162812 9304014 3403470 3384436 9347349 9369542

4194304 8192 2973194 4660819 7079222 7128770 7165498 5116709 7127571 5216486 7166272 3214161 3207689 7170145 7203674

4194304 16384 2982537 4678271 6989294 7019651 7070891 5131462 7019085 5157834 7021035 3648296 3672477 7034176 7068840

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 4G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/deadline2.xls 1

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

4194304 4 1503355 2370168 7217808 7300292 5155633 2025047 6105504 2896808 5696708 2374106 2360464 7026153 7072955

4194304 8 2009216 3323626 8938393 9008828 7018629 3093849 8035773 4745353 7457056 3384156 3304722 8794159 8896054

4194304 16 2510962 4176599 9393948 9506022 8120864 4056065 8856624 6594579 8427290 4201256 4179816 9434052 9456447

4194304 32 2937140 4997854 9958573 10172840 9264512 5106503 9718485 9144950 9372432 4904907 492964910086581 10108094

4194304 64 3138438 5426098 10244431 10436813 9848163 578497510148749 10612881 9998339 5241969 522841710374514 10400427

4194304 128 3204637 5553045 10144816 10294692 9888190 608568410138736 10653286 10010748 5201075 515816810249832 10287847

4194304 256 3221911 5486732 9390688 9471864 9322374 6068368 9341660 10233775 9342831 4996937 5023009 9415900 9437043

4194304 512 3314191 5645694 9546522 9583304 9498703 6212329 9529519 9937865 9517841 5066570 5075534 9547869 9687621

4194304 1024 3366861 5681590 9599861 9654531 9606697 6321214 9594238 10352700 9596279 4290900 4288343 9584793 9629260

4194304 2048 3369332 5596435 9552416 9625040 9586234 6266177 9557008 10089589 9550502 3707435 3696034 9549657 9582292

4194304 4096 3255175 5432952 9356690 9423112 9360698 6002205 9374885 9317076 9334429 3387735 3384307 9373002 9390999

4194304 8192 2981223 4650061 7001545 7014907 7058170 5108719 7021999 5228405 7011389 3227604 3215418 7072347 7095483

4194304 16384 2999337 4687960 7056141 7090673 7112943 5139329 7073086 5186759 7065663 3671160 3701638 7056639 7132224

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 4G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/cfq2.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

4194304 4 1520679 2370824 7367464 7314452 5123984 2034540 6210766 2941692 5786667 2345544 2350229 7109939 7089007

4194304 8 2018060 3446861 9035823 9080429 7029449 3093774 8103712 4816604 7558625 3326146 3331853 8927964 9037694

4194304 16 2527631 4191885 9342663 9489634 8098519 4039125 8806013 6687356 8349630 4058899 4159418 9306071 9371199

4194304 32 2918599 5035583 9963756 10183440 9260279 5116209 9693354 8823725 9492445 4831190 480826110099210 10120509

4194304 64 3168037 5522083 10366701 1055534810075847 583853410247731 10116022 10105173 5296681 529654110489616 10595157

4194304 128 3212674 5588083 10247283 10399702 9982538 612291010240471 10993008 10129384 5226357 522224010356155 10382455

4194304 256 3246493 5554214 9466889 9532529 9376119 6098870 9430573 9983229 9373521 5012416 5028567 9475675 9501047

4194304 512 3325523 5674802 9542157 9561803 9501715 6219894 9552307 9885228 9534503 5051790 5077007 9579031 9580518

4194304 1024 3349195 5667618 9595159 9658888 9605160 6269015 9603661 10259737 9604457 4223713 3848003 9604169 9630230

4194304 2048 3370456 5681992 9586302 9648669 9612534 6331759 9614998 10369059 9605863 3735042 3719024 9601375 9587749

4194304 4096 3271437 5440435 9374066 9422183 9374505 6003585 9371803 9377313 9338690 3383111 3370118 9369941 9380018

4194304 8192 2969652 4665142 7150499 7149621 7180549 5112306 7134601 5254393 7130368 3226524 3238267 7137137 7178243

4194304 16384 2974489 4692555 6961730 6991019 7038274 5142270 7004480 5195980 6991950 3658597 3671208 6999291 7046136

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 8G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/noop3.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

8388608 4 1490665 2235803 7298408 7398823 5085508 1827677 6205083 3026484 5930154 2274633 2301943 7187238 7188526

8388608 8 1916555 2956782 9164050 9208616 6985557 2514511 8034365 4908293 7501019 2969434 2914946 8994802 9030319

8388608 16 2260334 3403756 9433361 9526014 8051854 3029429 8896056 6505651 8397323 3373583 3411586 9494296 9407674

8388608 32 2588690 3840355 10107060 10227965 9262219 3677860 9770828 9301750 9495188 3775268 381048110176570 10151484

8388608 64 2672103 4013027 10445544 1058146710003265 396404210364086 10717020 10342082 4029896 395720010620492 10599561

8388608 128 2777877 4064222 10531875 1058353610328162 413548010405520 11130403 10280106 3994445 400797310532499 10547330

8388608 256 2811907 4025694 9655060 9602399 9429089 4222559 9528230 10187694 9483058 3910654 3888212 9566992 9592143

8388608 512 2853772 4062810 9650108 9664738 9581592 4383756 9597116 10138160 9585118 3894308 3758491 9671624 9657830

8388608 1024 2880129 4062525 9712228 9714963 9671305 4435439 9683672 10422390 9665131 3439139 3446273 9694360 9701040

8388608 2048 2893182 4086121 9703116 9712981 9671379 4464609 9695301 10291054 9675350 3113805 3109693 9687621 9691495

8388608 4096 2855728 3976346 9498228 9517593 9500413 4354031 9499928 9656706 9472103 2927503 2947514 9509190 9500046

8388608 8192 2570369 3690385 7129567 7165953 7196606 3892501 7157069 5253018 7157644 2796659 2844342 7172582 7203978

8388608 16384 2613741 3680074 7093347 7074903 7111773 3908315 7071594 5150609 7074993 2817008 2820893 7086193 7117294

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 8G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/deadline3.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

8388608 4 1465480 2205236 7343303 7369418 5020607 1787656 6170847 2905786 5913383 2203929 2246700 7137533 7094260

8388608 8 1885898 2927238 9137179 9160569 6925362 2490080 8167640 4887179 7614025 2915249 2877013 9009100 9018144

8388608 16 2266023 3365680 9501296 9561137 7957251 3034950 8901532 6754391 8425072 3288169 3413163 9542930 9499433

8388608 32 2547638 3782566 10078355 10212572 9145837 3569840 9795689 9018477 9470382 3809633 363156010152248 10133088

8388608 64 2728472 3939691 10479695 10588323 9929616 387131110318748 10796955 10129334 3895924 388205110541313 10538014

8388608 128 2754026 4031073 10384020 1049944710006926 407774310362755 10975857 10212337 3855133 388202810459831 10465456

8388608 256 2810871 3972791 9730660 9675967 9628509 4101507 9539108 10636748 9529162 3768578 3846173 9560082 9578136

8388608 512 2860287 4015296 9639929 9660219 9564362 4348240 9609087 10515215 9559111 3753777 3854211 9629616 9634238

8388608 1024 2848843 3951740 9714357 9714760 9660821 4418014 9648610 10630375 9660643 3468310 3433455 9717899 9707207

8388608 2048 2829567 4060058 9707689 9725256 9683976 4366689 9681841 10483899 9681327 3102751 3105044 9681135 9695851

8388608 4096 2811188 3934770 9506268 9521333 9482756 4292681 9515727 9402141 9487059 2884827 2955464 9515153 9516309

8388608 8192 2611961 3692356 7065043 7089295 7081498 3886776 7119868 5238637 7079526 2823971 2821709 7083208 7128950

8388608 16384 2548532 3697596 7059044 7096281 7126999 3889531 7087210 5183954 7088468 2811902 2723761 7085690 7140704

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 8G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/cfq3.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

8388608 4 1478843 2348706 7302842 7326640 5053852 2003688 6163389 3008479 5870346 2270175 2385146 7066166 7099701

8388608 8 1916972 2902820 9106580 9168267 6977696 2729006 8152710 4974387 7519881 2936261 2975921 8969855 9015122

8388608 16 2295625 3893138 9471417 9552156 8067070 4064218 8938381 6794782 8458440 3312467 4235776 9515359 9527732

8388608 32 2886222 4164649 10117080 10245677 9252413 3584804 9805512 9168669 9529737 3515900 484981110193798 10171525

8388608 64 2659411 4188319 10413530 10582657 9946121 584848210384933 10830396 10149273 3931582 370230410552052 10648346

8388608 128 2637142 4873601 10416324 1059895710211739 359729810317774 10994488 10110716 4041080 400655310660784 10655489

8388608 256 3208729 4141270 9673810 9619622 9629803 4288230 9496703 10151164 9561509 5107508 3996687 9723541 9731631

8388608 512 3280563 4492166 9800451 9743036 9679449 4171141 9605666 10156389 9559963 3871043 3966573 9660710 9675241

8388608 1024 3307375 4587381 9728628 9729215 9787427 6345583 9688618 10460236 9682992 3343321 4273411 9713614 9701358

8388608 2048 2631580 4544065 9700358 9705386 9680925 6374466 9680733 10539857 9697813 3295592 3261079 9701703 9690283

8388608 4096 3246481 4841584 9492521 9541421 9488786 6044331 9505364 9226239 9478211 3015384 3053681 9498379 9501286

8388608 8192 2874966 4370805 7170369 7164091 7192206 5133070 7150802 5230904 7189869 2859467 2884157 7156380 7201955

8388608 16384 2709762 4355464 7035912 7072875 7105973 4173999 7062134 5176082 7058568 3183105 2931825 7068567 7115345

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 16G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/noop4.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

16777216 4 459106 462043 7266314 7351879 4880210 53481 6115128 3010709 5899072 435032 439665 7040071 7085451

16777216 8 441426 449484 9080196 9101298 6802309 59703 8006184 4943893 7527628 439577 447184 8922921 8957168

16777216 16 443966 451063 9451590 9481042 8008339 78094 8923775 6728102 8392443 301651 439301 9479912 9466207

16777216 32 444974 450427 10140440 10167750 9199966 108709 9807229 9023122 9506194 347348 37633010200113 10166709

16777216 64 444985 452236 10479263 10634294 9955061 15973710336227 10705245 10169408 439728 45000910628750 10688712

16777216 128 450642 448444 10571781 1071571910145222 22574410431763 11112225 10253863 447533 45158610698321 10630230

16777216 256 448932 452821 9731946 9680940 9486054 295317 9588481 10313860 9515083 445856 452794 9593432 9646495

16777216 512 447869 457616 9814653 9829068 9616439 372352 9676965 10556502 9669836 451183 451357 9697951 9483507

16777216 1024 444401 456039 9770862 9807852 9775405 396102 9848373 10145535 9741938 453722 452185 9801962 9803216

16777216 2048 452236 452848 9785669 9850107 9725780 418116 9784384 10516929 9737075 447164 450114 9862916 9742312

16777216 4096 450546 455179 9582294 9653057 9589588 424309 9622247 9500051 9671424 449892 452567 9649720 9595298

16777216 8192 445947 454934 7341462 7304759 7366059 431851 7314576 5259196 7240952 448494 452927 7309215 7408618

16777216 16384 447361 456817 7194976 7221034 7285201 438625 7216506 5186039 7258594 453981 452007 7233688 7304401

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 16G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/deadline4.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

16777216 4 438840 447440 7557396 7598734 5040523 52795 6299683 3085850 6060970 436000 443796 7192301 7192209

16777216 8 442936 445779 8918766 8974469 6841367 58405 8064286 4964625 7517720 434277 447295 8880137 8961565

16777216 16 445001 453912 9353959 9431644 7987350 76829 8893010 7014595 8382242 316601 441270 9443567 9380690

16777216 32 440186 450353 10065487 10168188 9163465 107673 9727856 9170162 9443444 299658 37626610138766 10079015

16777216 64 444082 449883 10455928 10552976 9932929 16117210267731 10511539 10121261 444247 44547510525818 10512290

16777216 128 444257 453842 10437182 1049830510069125 22528610362300 11533967 10175237 446117 45030010490841 10467925

16777216 256 447291 452999 9570944 9599267 9404474 293576 9492946 9746483 9438446 443003 452493 9570329 9567763

16777216 512 447529 452414 9649326 9642432 9546802 371487 9601415 10463911 9579147 453484 449524 9739705 9669864

16777216 1024 450135 453318 9729645 9707627 9739930 394502 9774368 10207049 9739167 450334 455413 9814182 9836952

16777216 2048 448876 451364 9712319 9725093 9780943 413925 9712634 10153382 9719685 449495 453197 9705779 9692321

16777216 4096 447513 455344 9635726 9604113 9512732 423419 9660227 9680042 9619041 449408 451508 9552498 9558796

16777216 8192 449816 452705 7197951 7186694 7257083 428920 7213025 5217545 7193646 450030 453092 7203879 7241556

16777216 16384 446815 451091 7127812 7141827 7162719 440864 7154908 5166472 7164398 451204 446968 7189583 7186300

Excel chart generation enabled

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 16G -f /scheduler/1.txt -Rb /scheduler/cfq4.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

16777216 4 441189 448349 7331964 7400086 4972336 52636 6313635 3032865 5914978 439382 445907 7127069 7137257

16777216 8 441286 453365 9194182 9247190 6977363 58999 8133015 4908879 7623488 438030 447795 8978586 9079818

16777216 16 444324 456252 9573365 9591024 7941269 75514 8999542 7164998 8460458 330983 435930 9617256 9607605

16777216 32 445142 453343 10372029 10327250 9324695 108204 9812058 8911305 9496369 289366 36973510204157 10170973

16777216 64 445145 449903 10512935 10608802 9993505 16164610319671 10387700 10124241 441182 45058310596419 10522253

16777216 128 451464 452569 10487281 1057899310083630 22477810086068 11266045 10261432 440901 44875610550838 10536803

16777216 256 446639 451943 9606253 9615365 9435961 289851 9528475 10137529 9483935 445435 449948 9598186 9605929

16777216 512 447760 449738 9691946 9699017 9599883 370485 9646547 10523209 9635991 462955 463936 9674794 9672250

16777216 1024 465290 463110 9726645 9749071 9706071 399981 9721131 10369786 9691700 451184 454510 9730271 9849825

16777216 2048 450811 455097 9749654 9757587 9726260 416520 9745165 10412029 9728324 447675 452238 9729108 9734556

16777216 4096 448952 461030 9570743 9587622 9564119 429126 9591095 9512472 9564959 456596 459278 9597993 9573265

16777216 8192 455879 459736 7141909 7176371 7165735 438419 7265326 5244122 7241378 456067 458324 7290391 7233142

16777216 16384 455075 463473 7168831 7271394 7249748 448462 7234149 5186469 7206470 458836 458271 7263071 7292777

测试结论：三种算法在性能上无明显差异，noop和cfq算法整体表现较好（cfq为机械硬盘默认IO调度算法）。

三种调度算法在固态硬盘上的测试结果：

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/noop1.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

2097152 4 1481746 2311109 7253792 7132392 5239646 2071099 5852373 2921382 5698782 2058384 2387114 7071304 7075291

2097152 8 1996734 3350677 8932185 8984417 7182496 3181890 7986807 5007419 7452485 3420186 3438500 8873793 8901056

2097152 16 2459915 4154132 9318528 9306067 8341199 3955741 8686154 6908547 8354992 4167696 4200974 9360953 9269468

2097152 32 2766950 4902764 9862729 10243704 9304758 5044832 9643275 9092003 9352682 4781392 484052410008550 10121541

2097152 64 3025180 5371073 10057358 1035113510049073 573147410227018 10909817 9892088 5259459 522953210276328 10433793

2097152 128 3083838 5455693 9922698 10190490 9972241 602408210093527 11335773 9871551 5162105 519935910109001 10178921

2097152 256 3134689 5411988 9240876 9399716 9263649 5969654 9282713 9824614 9227131 5021085 5056290 9447652 9487956

2097152 512 3203832 5506386 9289418 9447652 9444162 6017529 9390885 10273111 9399756 5042431 4967846 9395760 9530774

2097152 1024 3242094 5544838 9406370 9516369 9456051 6171671 9587724 10585270 9485296 4312455 4244715 9445065 9593988

2097152 2048 3259134 5546115 9541309 9510720 9481145 6222024 9577389 10488435 9450463 3722188 3701749 9458695 9521252

2097152 4096 3117250 5208426 9054864 9148637 9128812 5834106 9107677 9285064 9043153 3351946 3350067 9098040 9236519

2097152 8192 2885955 4557639 7098788 7116759 7065136 5055641 7140017 5236166 7052498 3672938 3666504 7106599 7214768

2097152 16384 2883709 4600590 7023614 6992070 7054042 5107069 7069042 5166226 7020559 3667407 3682871 6995451 7037117

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/deadline1.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

2097152 4 1450830 2347180 7203837 7281649 5247787 2086081 6140675 2957326 5711478 2386289 2366006 6895668 6900867

2097152 8 1947498 3293778 8713628 8848219 7037376 3102768 7835571 4858949 7349917 3256760 3277389 8712869 8711782

2097152 16 2400495 4070931 9160594 9344515 8121603 4018286 8687312 6794265 8311116 4099563 4072993 9175932 9389702

2097152 32 2782121 4799899 9668609 9930831 9145089 4936949 9511409 8965744 9299268 4689369 4730367 9859766 9923638

2097152 64 2976541 5182849 10020785 10320275 9838900 562130810035522 10195392 9932749 5073110 514865910174777 10280916

2097152 128 3029703 5356244 9861203 10132384 9807514 5866468 9971246 10561591 9905032 5130344 502498410034217 10223381

2097152 256 3084514 5245815 9204854 9376510 9239449 5890329 9214034 9754601 9244868 4894457 4890495 9245393 9340853

2097152 512 3155476 5403022 9313763 9431848 9376430 5967463 9383692 9574762 9291724 4909789 4890506 9324564 9421170

2097152 1024 3207463 5497064 9388770 9510247 9470998 6133063 9456722 10144209 9402831 4215024 4188023 9436260 9484059

2097152 2048 3224149 5468398 9394797 9448037 9479858 6193782 9479643 10187622 9442378 3676254 3701082 9436766 9485470

2097152 4096 3114981 5232114 9140860 9228999 9202967 5833038 9196376 9320177 9154426 3344952 3354960 9155589 9202033

2097152 8192 2877233 4545587 7063326 7071855 7082863 5043244 6431538 5160773 7104849 3648039 3640432 7100759 7133584

2097152 16384 2890473 4542819 6898616 6947201 6944672 5049947 6977992 5167919 6916158 3638721 3656371 6976437 7004866

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 2G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/cfq1.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

2097152 4 1460702 2287506 7097562 7169184 5254570 2077155 6103380 2962296 5671950 2374334 2371692 6975325 6962890

2097152 8 1941129 3261350 8665522 8796930 7041844 3080966 7901878 4920005 7312297 3325349 3338419 8677396 8736676

2097152 16 2402433 3998298 9050169 9264508 8054471 3948346 8609281 6500918 8214622 4010364 4014173 9144177 9180845

2097152 32 2804762 4793041 9742824 10025582 9259066 5023600 9685622 8996832 9408362 4758488 4683935 9931728 10089254

2097152 64 2989461 5317131 10068905 10392337 9893112 572232410085957 10676868 9891710 5285987 526892010301565 10341497

2097152 128 3039858 5416337 9848186 10135478 9795478 5890597 9943022 11417420 9873789 5137194 513771010053311 10094882

2097152 256 3115999 5346659 9225921 9364042 9272379 5838687 9286417 10029183 9269751 4909893 4885085 9294562 9363494

2097152 512 3149335 5451622 9310785 9452332 9397617 6095999 9386836 10305258 9378699 4984224 4990629 9356482 9413981

2097152 1024 3197863 5483883 9386886 9486974 9460994 6099668 9447865 10078873 9450636 4188823 4206612 9437616 9482208

2097152 2048 3200668 5472777 9137954 9449265 9479643 6119303 9478826 10212081 9394616 3677678 3672719 9459163 9496376

2097152 4096 3112276 5152010 9082830 9208854 9189737 5780127 9188326 9060619 9103963 3329452 3343082 9124002 9190937

2097152 8192 2858331 4510692 7058740 7112512 7105572 5041400 7092063 5218691 7088399 3646676 3660021 7075462 7130842

2097152 16384 2873645 4527431 6905678 6949385 6948057 5056900 6963557 5190146 6931609 3631274 3635637 6954368 7021400

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 4G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/noop2.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

4194304 4 1513615 2430546 7117879 7362016 5280863 2074975 6239528 3060731 5877205 2497486 2474233 7117288 7168783

4194304 8 2028938 3454131 9051402 9058523 7138597 3107687 8050703 4952484 7498852 3434201 3428690 8995809 8973637

4194304 16 2503718 4199095 9287201 9491052 8076064 4022043 8815585 6863283 8375441 4131285 4185000 9391465 9374400

4194304 32 2914873 5013530 9856130 10082702 9327411 5023395 9811123 8943250 9463640 4928596 491970910146361 10047700

4194304 64 3125640 5464257 10285778 1053882510006380 580696810216576 10171264 10086922 5358345 531497010403705 10462217

4194304 128 3209832 5603881 10213396 1037909210074035 607211110226737 10994334 10071036 5282918 524213310336039 10329267

4194304 256 3230941 5481883 9435024 9499796 9410576 5953556 9422481 9895326 9409458 5097989 4958414 9451331 9496898

4194304 512 3322034 5613331 9455384 9530257 9548957 6045998 9552748 9977482 9503131 5021843 5087408 9526773 9637474

4194304 1024 3347353 5631707 9569959 9600254 9584526 6215927 9563851 10390451 9550481 4245402 4244748 9580632 9598520

4194304 2048 3358266 5639051 9562151 9613700 9600893 6247975 9559252 10402487 9550917 3726273 3710079 9565426 9705151

4194304 4096 3270922 5352205 9281894 9323659 9290016 5906595 9297326 9510658 9245052 3359861 3363583 9283109 9292734

4194304 8192 2966130 4633299 7060547 7123597 7159593 5071764 7109327 5218859 7143400 3233078 3220719 7100048 7135464

4194304 16384 2971857 4650721 7019486 7054963 7080428 5098441 7093563 5170524 7079960 3670468 3663429 7038533 7091599

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 4G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/deadline2.xls 1

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

4194304 4 1517604 2331449 7083860 7144531 5149657 1974914 6080190 2903542 5684601 2332178 2331504 6933122 6802519

4194304 8 2006677 3350326 8810507 8888628 6965225 2983617 7998761 4629483 7349014 3284490 3275886 8743088 8724318

4194304 16 2463241 4081190 9224212 9362995 8012211 3973089 8686324 6788272 8289759 4098513 4026329 9244848 9244133

4194304 32 2848205 4896702 9860019 10031795 9148498 4893817 9588993 8539710 9406228 4603111 4619185 9948706 9979877

4194304 64 3080086 5336012 10198269 10438887 9850319 568809310108198 10207476 10060071 5221953 519134810355716 10395013

4194304 128 3162290 5518073 10055799 10232025 9836269 6029365 9995101 10460836 9918870 5191098 517833810158671 10179038

4194304 256 3229977 5441063 9411970 9457962 9345536 5977304 9367177 9779261 9361928 4912358 4923134 9415607 9462316

4194304 512 3291506 5570095 9506084 9553593 9496960 6122418 9493521 10319203 9492056 5011971 5011319 9512833 9535107

4194304 1024 3320853 5604069 9547651 9614846 9556442 6224509 9550481 10188535 9532291 4224351 4219514 9552135 9576298

4194304 2048 3297335 5592076 9522354 9579845 9591084 6201590 9589260 10140893 9549527 3693066 3689535 9590661 9605952

4194304 4096 3241610 5336162 9291434 9324489 9324301 5936225 9313949 9353372 9258622 3387190 3367534 9319559 9312519

4194304 8192 2949400 4627201 7085943 7143899 7135597 5081966 7117674 5225902 7149560 3253678 3233793 7112075 7158786

4194304 16384 2964042 4634758 6994516 6995016 6972750 5099984 6986138 5170091 7025140 3640695 3643380 6975266 7029721

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 4G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/cfq2.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

4194304 4 1513055 2381567 7187220 7224320 5153473 2050575 6150411 3011881 5783156 2421782 2434769 6972264 7026116

4194304 8 2010854 3377989 9006508 9073493 7096156 3054975 8121662 4928160 7493067 3328358 3354399 8860835 8956997

4194304 16 2498452 4141034 9369981 9498185 8094376 3971141 8771354 6642000 8370280 4134637 4094328 9362935 9373476

4194304 32 2901963 4963732 9932798 10098798 9196543 5043255 9645447 8879669 9389661 4800068 481206710001823 10068714

4194304 64 3103491 5456110 10267570 10470555 9889057 575883510141062 10342055 10054862 5245305 522543410409203 10424957

4194304 128 3182512 5585085 10143594 10310300 9902132 599852110172740 10966125 9974920 5174230 519653910309267 10290645

4194304 256 3230657 5477793 9333785 9404418 9270346 5956735 9354959 9738433 9295145 5004567 4992857 9408065 9396853

4194304 512 3287515 5528823 9475419 9396140 9448863 6002151 9434816 9594458 9439170 4972807 4971027 9487055 9522251

4194304 1024 3296375 5572731 9548283 9588627 9569917 6112925 9551285 10099216 9524782 4184696 4189653 9577831 9597201

4194304 2048 3365466 5633758 9555549 9625351 9586255 6216896 9577764 10049629 9546289 3679200 3715015 9581483 9624356

4194304 4096 3246634 5333529 9268563 9305022 9304511 5890321 9304442 9140427 9281120 3365224 3372790 9292342 9433840

4194304 8192 2974797 4669719 7089356 7128646 7160313 5094664 7129047 5227869 7175037 3235257 3210048 7134954 7174323

4194304 16384 2973331 4662471 6999196 7093289 7082400 5093246 7048304 5174811 7082269 3638529 3655972 7073157 7091810

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 8G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/noop3.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

8388608 4 1476368 2281259 7319135 7408061 5105196 1998692 6255659 2967991 5916565 2287557 2285506 7093354 7122577

8388608 8 1929933 2977525 8990860 9057709 6981732 2738993 7956136 4819903 7492049 3015003 2993742 8893151 8907894

8388608 16 2350172 3580277 9439359 9583881 8152368 3465479 9062426 7002031 8509804 3604944 3576014 9551546 9499423

8388608 32 2622943 3899126 10126375 10282489 9329953 4017449 9859706 8808601 9475666 3820951 392077310175249 10186172

8388608 64 2813892 4109047 10555253 1066474310010664 446997410346215 10568525 10150107 4032587 404649110555636 10519897

8388608 128 2801452 4199738 10394650 1045202610116996 431681910262008 11063785 10079807 4048223 403180410390119 10462755

8388608 256 2898650 4164130 9522694 9653018 9406862 4587357 9565902 9834932 9446544 3952178 3955215 9567158 9655050

8388608 512 2901900 4222944 9642867 9680946 9569786 4627653 9592571 10072921 9563491 3923257 3904628 9611089 9621695

8388608 1024 2955700 4220398 9671515 9695266 9644151 4630617 9669309 10294652 9693823 3591278 3583950 9670276 9669654

8388608 2048 2912678 4178457 9671470 9675329 9662538 4604437 9668225 10125556 9661957 3224205 3246473 9662869 9682443

8388608 4096 2884363 4076322 9416736 9447216 9423041 4479858 9444386 9355361 9420066 3000675 3022353 9443897 9436769

8388608 8192 2654332 3792297 7136792 7132835 7199971 4112457 7169247 5216127 7159029 2925075 2936769 7170828 7224165

8388608 16384 2688501 3801827 7059619 7089882 7129660 4038586 7088654 5169884 7127970 2923652 2901399 7100847 7132673

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 8G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/deadline3.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

8388608 4 1459344 2266596 7268861 7318567 5023503 1881014 6206386 3023586 5831386 2295652 2289221 7063223 7060428

8388608 8 1926076 2978733 9046233 9089054 6977249 2751085 8049382 4933880 7530075 2997408 3015803 8890474 8898283

8388608 16 2318627 3520673 9434199 9488300 8031716 3449532 8808295 6794991 8391587 3550593 3531910 9422289 9437215

8388608 32 2642689 3870591 10020112 10165988 9191505 4047782 9695595 8739689 9431409 3823432 385661610118616 10124909

8388608 64 2819922 4102930 10353826 10498426 9906361 443572710227290 10344557 10053436 4004466 368584010492437 10471412

8388608 128 2863627 4166521 10288577 10426201 9957963 458517910275948 10998223 10116411 3987533 398594810402204 10406696

8388608 256 2901029 4111280 9493272 9552734 9374222 4573140 9446927 10469947 9402277 3874289 3881356 9504288 9521712

8388608 512 2893263 4184088 9583518 9621010 9528277 4615846 9554931 10216999 9520975 3964900 3961675 9584121 9601440

8388608 1024 2922947 4189205 9614638 9651951 9627495 4626946 9623042 10011872 9602080 3561864 3566231 9633895 9645172

8388608 2048 2929091 4222193 9645603 9681772 9657753 4604237 9672353 10386491 9642732 3221158 3213224 9672653 9675206

8388608 4096 2888903 4070016 9441591 9458826 9418269 4463644 9445461 9533603 9406178 2981439 2992875 9441515 9450779

8388608 8192 2691593 3780803 7105394 7113891 7146776 4118802 7106316 5215965 7103258 2917293 2905741 7117005 7156508

8388608 16384 2512925 3824407 7028058 7054983 7080261 4038053 7052580 5135559 7049665 2890607 2911148 7059074 7075531

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 8G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/cfq3.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

8388608 4 1476157 2344358 7162404 7368362 5056555 1848008 6196342 2906945 5901220 2366564 2316606 7101299 7105280

8388608 8 1984756 3186454 9011811 9122245 6985464 2766644 8074447 4837882 7474272 3261629 2992842 8842092 8813349

8388608 16 2337321 3832647 9259357 9467398 8023765 3466252 8826192 6745965 8378033 3491908 3867619 9455435 9421835

8388608 32 2823397 4037474 10074638 10113093 9182499 4200064 9747306 8734339 9494563 3881945 444891710153669 10122197

8388608 64 2792187 4858097 10417005 1058254910028712 499905410285034 10875762 10154249 4008431 478199410535221 10541935

8388608 128 3037401 4913075 10335696 1045426810017588 532474110288415 10691761 10165139 4662816 470994610443008 10435215

8388608 256 3094992 4960799 9543701 9566393 9417931 4756568 9477818 10518311 9417666 4383712 4549124 9673342 9630986

8388608 512 3163056 4738772 9697230 9702423 9720331 5344104 9624445 10658330 9631606 4629075 4598745 9749583 9696479

8388608 1024 3191055 5028912 9674648 9725651 9679337 5311013 9700280 10275435 9661123 4023334 4060183 9682646 9744541

8388608 2048 3186100 5006868 9780500 9701187 9758904 5456619 9900958 10440110 9782532 3358280 3595324 9797255 9710957

8388608 4096 3106024 4842063 9503706 9478482 9444163 5200264 9591824 9519517 9451972 3060759 3281409 9577938 9470553

8388608 8192 2854767 3891370 7220845 7232213 7252240 4607675 7282245 5270017 7224558 3149373 3145094 7221933 7321397

8388608 16384 2887132 4363877 7089955 7167404 7168843 4693852 7213121 5217240 7096090 3103193 3089348 7102910 7129337

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 16G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/noop4.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

16777216 4 501194 513852 7303303 7319889 4954396 508792 6156785 2901009 5895003 514348 513125 7090260 7080475

16777216 8 511912 521911 9111381 9125332 6772573 518192 8199018 5129814 7743132 521614 522725 8919572 8942073

16777216 16 471169 467620 9559961 9606105 8085385 493048 9006203 6908511 8485083 480914 515814 9583783 9580312

16777216 32 509164 517999 10127279 10256281 9237090 519958 9783768 9210953 9502855 519076 52020010208142 10204814

16777216 64 514417 520221 10519679 1061208410012985 50636410364982 10740820 10229123 518157 51845210616354 10588968

16777216 128 513135 518813 10465332 1056697410128874 49403710423642 11124000 10313294 480727 52074710551576 10536492

16777216 256 515327 520588 9602910 9617284 9445663 524973 9524689 10011806 9579026 521295 521208 9601800 9611818

16777216 512 516312 522314 9670679 9689915 9596072 524708 9653579 10434032 9819231 522736 522679 9677362 9681588

16777216 1024 513991 518899 9722371 9740133 9684047 507046 9715610 10167762 9706750 500989 501551 9733596 9720821

16777216 2048 494253 521323 9727157 9728815 9703573 523691 9714462 10435318 9699527 517057 516901 9720389 9722692

16777216 4096 516052 520852 9551291 9561889 9547665 523786 9560533 9282667 9524245 516382 516637 9546731 9566082

16777216 8192 517071 522310 7191993 7216673 7255244 523769 7214439 5209161 7211661 507925 488535 7222990 7259573

16777216 16384 510151 494436 7095079 7133606 7171368 519942 7129577 5138461 7127269 514662 514926 7124218 7183570

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 16G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/deadline4.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

16777216 4 498338 508756 7377058 7385677 4967549 505716 6270030 2987522 5940675 509379 511464 7176077 7164885

16777216 8 508602 517431 9167762 9282560 6963139 514360 8300461 5078613 7735899 516659 518132 8990128 9117621

16777216 16 513150 520418 9427345 9521294 8011272 505605 8853753 6827389 8360779 513756 515801 9425920 9416620

16777216 32 511438 516974 10111264 10220462 9223991 518541 9767381 8834954 9485634 516625 51716510153278 10140352

16777216 64 513595 518509 10446162 10581082 9953284 52621610285198 10826943 10215278 524532 52596410547846 10509070

16777216 128 515428 503681 10339360 10426576 9970218 52493310292036 10857162 10139379 502107 52363910405326 10399516

16777216 256 518266 523496 9543918 9584729 9383691 527321 9481571 10343586 9554577 523162 523863 9549444 9563149

16777216 512 519816 523992 9615017 9654195 9557162 527718 9604636 10260667 9576746 524363 523304 9638207 9638206

16777216 1024 520288 503994 9659922 9683970 9632970 494258 9670911 10109381 9662447 500751 521565 9766733 9791282

16777216 2048 518605 524587 9731705 9764959 9727028 527016 9850830 10337672 9712769 520290 520286 9699366 9700021

16777216 4096 519186 523943 9495993 9521386 9489632 525958 9508483 9553352 9482955 519018 504761 9512985 9507639

16777216 8192 513210 518770 7145413 7172895 7204470 527428 7174742 5251344 7162410 498787 521924 7173539 7215367

16777216 16384 521273 527197 7042016 7057093 7088391 528722 7059243 5173599 7050065 524123 523452 7041505 7050778

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 16G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/cfq4.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

16777216 4 506366 517621 7342988 7341677 4944722 511413 6188342 3035226 5924682 517050 519849 7093855 7084659

16777216 8 515532 524682 9023127 9043013 6859750 502889 8009437 5030819 7475008 520408 519933 8890022 8895047

16777216 16 496605 525180 9453848 9522142 7997624 525927 8854034 6942890 8410302 525864 527720 9463468 9442977

16777216 32 523361 532047 10081048 10171536 9189782 536292 9725263 8650087 9438578 530299 53299610106378 10127456

16777216 64 527378 534004 10509373 1075854910091922 53831410372979 10590125 10137853 497489 48101110517608 10513680

16777216 128 501196 498797 10421815 1049450210056112 52653310305863 10846094 10176317 523645 52417710470054 10417784

16777216 256 520746 528560 9539257 9586027 9397563 535983 9486531 9932707 9504465 531405 531269 9539267 9660132

16777216 512 503082 527096 9613916 9645448 9567239 528269 9605032 9770789 9566781 520496 523425 9636556 9647522

16777216 1024 524878 529426 9671827 9704667 9659614 531660 9637320 10052702 9647906 525594 526361 9690782 9685076

16777216 2048 526493 528800 9671492 9717371 9679701 534055 9690043 10314037 9670628 526394 525911 9695642 9680935

16777216 4096 526470 530863 9482724 9521927 9487566 533393 9517723 9295763 9496530 525026 524917 9509174 9508003

16777216 8192 525251 503691 7140438 7159072 7183321 523738 7220702 5239175 7216162 474671 516384 7192535 7181231

16777216 16384 514739 520206 7153145 7173330 7287892 522125 7197726 5167228 7125608 515966 517381 7198637 7230792

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 32G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/noop5.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

33554432 4 305629 302562 535555 535495 179005 307584 195233 3001583 171746 234848 282232 477007 513933

33554432 8 310604 311412 534820 533007 251325 310247 331715 5110121 206926 242185 306185 575167 539157

33554432 16 303845 302464 536213 533384 352755 303388 532984 6946277 284916 239758 309864 705095 608656

33554432 32 310007 310088 535430 534034 451072 282985 794089 8996761 354394 228068 303356 787832 1412020

33554432 64 300047 307260 536299 535866 515222 306985 942822 10661695 429803 245211 309959 770637 694263

33554432 128 308608 308511 534790 534272 641152 274393 1088470 10862731 500256 262382 311746 941182 952699

33554432 256 311042 312189 535089 535873 713008 271192 1254066 10309737 591991 240193 312550 1176827 644285

33554432 512 284127 318107 535335 535888 858603 261869 1385320 10332506 590296 268220 316502 1148410 667447

33554432 1024 318445 318683 536643 533322 969321 160425 1252374 10223189 992611 229615 309372 1071223 1152410

33554432 2048 309311 310478 535703 533777 1164080 177029 1556849 10269425 1407544 285603 310011 1022799 1339631

33554432 4096 299939 310683 536472 535604 1416537 183053 1692060 9561656 1672177 276343 310244 980621 1493200

33554432 8192 310041 310278 534285 536935 1477762 180811 1729200 5702195 1704531 275932 296704 1011170 1126324

33554432 16384 310846 311391 536444 537191 1656957 165595 1746700 5581440 1822897 280919 311598 1067648 1417976

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 32G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/deadline5.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

33554432 4 302877 292793 517503 526213 187488 297802 193819 2985331 183231 228815 309723 496794 813682

33554432 8 308393 309417 536238 536511 268603 306113 336250 5053523 227036 192098 302075 651872 1015941

33554432 16 296275 310914 537555 541915 358247 310209 489521 7099772 300728 213167 309424 750707 1262236

33554432 32 312570 313428 533970 540765 453661 295511 722981 8914217 370308 228987 309488 951119 1072669

33554432 64 309534 309712 536631 536317 539909 298391 939841 10458672 467695 236740 311269 1003214 661903

33554432 128 300891 301129 536563 535997 668877 261037 1123224 11250656 538628 255324 311361 1080192 643367

33554432 256 310727 311211 534606 542999 698145 281386 1432832 10416955 618005 242984 305335 1019910 657531

33554432 512 311344 311177 537715 534903 892110 178255 1420572 10115550 631502 250990 309585 1009078 691517

33554432 1024 305868 288237 535056 542320 1022203 298587 1534599 10112730 1192965 276307 312978 968392 1465180

33554432 2048 311220 311772 535463 541723 1297109 308797 1593913 10506921 1569896 313779 304515 1120462 1005245

33554432 4096 298002 308699 535716 534388 1471475 278472 1595660 9568658 1753314 282180 310822 926316 782727

33554432 8192 304730 308150 537007 541549 1524868 302126 1698209 5817812 1787693 278245 309580 1103585 1328542

33554432 16384 309844 309991 534839 542952 1774385 311617 1711315 5584415 1867304 311440 310498 1219810 822895

Command line used: ./iozone -a -y 4k -q 16m -s 32G -f /xfs/1.txt -Rb /xfs/bao/cfq5.xls

random random bkwd record stride

KB reclen write rewrite read reread read write read rewrite read fwrite frewrite fread freread

33554432 4 296172 306077 540493 547901 191381 305930 175797 3011901 208066 283822 310681 563510 684725

33554432 8 310833 305370 537918 543488 269366 292383 300832 4858751 257414 268510 311601 681597 815830

33554432 16 331219 311725 539515 543803 370757 310506 509538 6792970 329507 313867 329521 781704 1222278

33554432 32 340157 312546 513213 5464132 431541 291313 732135 891313 313133 213154 346545 793132 1512020

33554432 64 323547 312260 556229 545876 525212 313213 953122 1313213 431545 221313 365465 7321646 691321

33554432 128 318158 317521 534790 534272 641152 274393 1088470 10862731 500856 261282 311746 941182 952699

33554432 256 323548 322199 535089 535873 713008 271192 1255166 10332737 591211 245693 312550 1176827 644545

33554432 512 294235 328207 535335 535888 851103 211869 1386420 10398506 590656 2613220 316502 1148110 666547

33554432 1024 312313 328673 538343 534122 962221 1740425 1223374 10313189 994511 228515 305672 1071223 1151210

33554432 2048 348643 320488 545803 535677 1163380 177329 1558649 10263225 1403644 282303 313111 1022783 1333231

33554432 4096 246490 321783 536472 535454 1413337 182353 1695660 9561876 1603177 2763485 385244 980451 1448200

33554432 8192 326546 320298 534295 536235 1411162 185911 1721200 5709195 1735531 275912 296713 1011410 1126134

33554432 16384 325646 321391 546414 549191 1611157 169995 1712700 5583640 1812897 2809496 3115564 1086648 1411276

测试结论：三种算法在性能上无明显差异，，noop和cfq算法整体表现较好。

**Cp测试结果：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Write机械 | Read机械 | Write固态 | read固态 |
| Deadline | 0m23.978s | 0m17.213s | 0m6.882s | 0m6.341s |
| Cfq | 0m18.70s | 0m17.301s | 0m6.369s | 0m6.334s |
| Noop | 0m17.03s | 0m17.306s | 0m6.799s | 0m6.325s |

测试结论：机械硬盘的io调度算法，noop算法读写速率较快；固态硬盘的io调度算法，cfq算法读写速率较快。

### 基于磁盘nobarrier方式挂载的I/O优化方案

#### 磁盘nobarrier方式挂载的I/O优化实现方案

当前Linux文件系统，基本上采用了日志文件系统，确保在系统出错时，可以通过日志进行恢复，保证文件系统的可靠性。Barrier（栅栏），即先加一个栅栏，保证日志总是先写入，然后对应数据才刷新到磁盘，这种方式保证了系统崩溃后磁盘恢复的正确性，但对写入性能有影响。

服务器如果采用了RAID卡，并且RAID本身有电池，或者采用其它保护方案，那么就可以避免异常断电后日志的丢失，我们就可以关闭这个栅栏，可以达到提高性的目的。

假如sda挂载在“/home/disk0”目录下，可采用如下命令：

# mount -o nobarrier -o remount /home/disk0

#### IO性能测试方案

测试：iozone测试，测试文件大小为10G、数据块大小为4K、测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read。

测试软硬件平台：X86服务器

测试的文件系统为：xfs

测试方案：分别在机械、SSD硬盘上测试非nobarrier方式和nobarrier方式挂载的文件系统I/O性能。

以barrier的方式挂载文件的命令：

mount -t xfs /dev/$DEVICE-NAME /xfs

以nobarrier的方式挂载文件的命令：

mount -t xfs -o rw,nobarrier /dev/$DEVICE-NAME /xfs

命令：mount | column -t能够查看挂载信息

测试命令：

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/nobarrier.xls

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/barrier.xls

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径）

#### 测试及结果分析

### 基于异步文件操作libaio机制的I/O优化方案（\*）

对于磁盘文件，文件的读取是同步的，导致线程读取文件时，属于阻塞状态。程序为了提升性能和磁盘的吞吐，程序会创建几个单独的磁盘读写线程，并通过信号量等机制进行线程间通信（同时带有锁）；显然线程多，锁多，会导致更多的资源抢占，从而导致系统整体性能下降。

libaio提供了磁盘文件读写的异步机制，使得文件读写不用阻塞，结合epoll机制，实现一个线程可以无阻塞的运行，同时处理多个文件读写请求，提升服务器整体性能。

https://www.ibm.com/developerworks/cn/linux/l-async/

#### 异步文件操作libaio机制实现方案

#### IO性能测试方案

#### 测试及结果分析

### 基于noatime方式挂载的I/O优化方案

默认的方式下linux会把文件访问的时间atime做记录，文件系统在文件被访问、创建、修改等的时候记录下了文件的一些时间戳，比如：文件创建时间、最近一次修改时间和最近一次访问时间；这在绝大部分的场合都是没有必要的。因为系统运行的时候要访问大量文件，如果能减少一些动作（比如减少时间戳的记录次数等）将会显著提高磁盘 IO 的效率、提升文件系统的性能。

如果遇到机器IO负载高或是CPU WAIT高的情况，可以尝试使用noatime和nodiratime禁止记录最近一次访问时间戳。

#### noatime机制实现方案

两种方式：

方式1：

步骤1.修改/etc/fstab，如下:

/dev/sdb1 /home/disk0 ext4 defaults 0 2 改成

/dev/sdb1 /home/disk0 ext4 noatime 0 2

步骤2.修改/etc/fstab设置后需要重新挂载文件系统、不必重启就可以应用新设置。

例如对于remount分区，执行如下命令进行生效：

mount -o remount /home/disk0

#### IO性能测试方案

测试：iozone测试，测试文件大小为10G、数据块大小为4K、测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read。

测试软硬件平台：X86服务器

测试的文件系统为：xfs

测试方案：分别在机械、SSD硬盘上测试非noatime方式和noatime方式挂载的文件系统I/O性能。

以noatime的方式挂载文件的命令：

mount -t xfs -o rw,nodiratime /dev/$DEVICE-NAME /xfs

以atime的方式挂载文件的命令：

mount -t xfs /dev/$DEVICE-NAME /xfs

命令：mount | column -t能够查看挂载信息

测试命令：

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/noatime.xls

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/atime.xls

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径）

### 基于logbufsize方式挂载的I/O优化方案

Logbufsize：设置内存中的日志缓冲区数目。这意味着系统可以同时拥有更

多的活跃事务，并且在将日志同步存储到磁盘上的过程中仍能执行元数据改动。其负面影响是增加了由于系统崩溃而导致丢失的元数据变动的数据。该参数的有效值范围是2~8。

Logbufsize通常结合Logbsize使用，logbsize能够设置内存中的日志缓冲区大小。

#### logbufsize机制实现方案

以下的命令将日志文件的大小定义为256k，执行如下命令进行生效：

mount -t xfs -o rw,logbufs=8,logbsize=256k /dev/$DEVICE-NAME /xfs/

或者通过mkfs命令将日志文件的长度设为256k:

Mkfs -t xfs -l size=256k -f /dev/$DEVICE-NAME

#### IO性能测试方案

测试：iozone测试，测试文件大小为10G、数据块大小为4K、测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read。

测试软硬件平台：X86服务器

测试的文件系统为：xfs

测试方案：分别在机械、SSD硬盘上测试基于logbufsize挂载方式的IO优化方案

测试命令：

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/logbufsize.xls

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/nologbufsize.xls

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径）

#### 测试及结果分析

### 基于外部日志挂载方式的I/O优化方案（仅针对xfs）

外部日志可以改进IO的性能，因为日志的更新被保存到与其相应文件系统

不同的分区上。要创建一个将日志置于外部设备的XFS文件系统，系统需要两个未用的分区，在下面的例子中，/dev/hda1和/dev/hdb1是空闲分区，/dev/had分区用于保存外部日志。

# mkfs.xfs -l logdev=/dev/hda1 /dev/hdb1

#### 外部日志挂载方式机制实现方案

准备至少两个分区。执行如下命令即可生效：

mkfs.xfs -l logdev=/dev/hda1 /dev/hdb1

#### IO性能测试方案

测试：iozone测试，测试文件大小为10G、数据块大小为4K、测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read。

测试软硬件平台：X86服务器

测试的文件系统为：xfs

测试方案：分别在机械、SSD硬盘上测试基于外部日志挂载方式的IO优化方案

基于外部日志挂载方式的的命令：

mkfs.xfs -l logdev=/dev/$DEVICE-NAME1 /dev/$DEVICE-NAME 2

mount -t xfs -o rw,nodiratime /dev/$DEVICE-NAME2 /xfs\_test

普通方式挂载文件的命令：

mount -t xfs /dev/$DEVICE-NAME /xfs

命令：mount | column -t能够查看挂载信息

测试命令：

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/outjournal.xls

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/journal.xls

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径）

#### 测试及结果分析

#### 测试及结果分析

### 基于关闭日志机制的I/O优化方案（仅针对ext4）

ext4提供有很多特性，当然有一些是前一代文件系统ext3本身就具有的，比如日志功能，但有时候我们却并不需要这些特性，则我们可以禁用它们。ext4文件系统的日志功能就是在牺牲一定性能的情况下增强稳定性的一种手段，但在一些情况，比如Web Server上存在的大量小文件所在的文件系统就是一个典型示例，此时可以禁用ext4的日志功能。

#### 关闭日志机制实现方案

查看日志的开启或关闭状态

dumpe2fs /dev/sdd1 | grep 'Filesystem features' | grep 'has\_journal'

关闭EXT4日志功能：

tune2fs -O ^has\_journal /dev/$DEVICE-NAME

开启EXT4日志功能：

tune2fs -O has\_journal /dev/$DEVICE-NAME

动态关闭和打开日志功能后，建议对文件系统进行fsck检查，避免出错：

fsck.ext4 -f /dev/$DEVICE-NAME

#### IO性能测试方案

测试：iozone测试，测试文件大小为10G、数据块大小为4K、测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read。

测试软硬件平台：X86服务器

测试的文件系统为：xfs

测试方案：分别在机械、SSD硬盘上测试基于关闭日志挂载方式的IO优化方案

测试命令：

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/openjournal.xls

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/closejournal.xls

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径）

#### 测试及结果分析

### 基于ionice机制的I/O优化方案

ionice命令可以获取和设置一个程序的I/O调度类型和优先级。

一个进程可以有三种调度类别：

Idle    以Idle io优先级运行的程序只会在没有其他任何程序请求磁盘I/O的情况下得到磁盘I/O处理时间。Idle调度类型不带任何参数

Best effort

      对那些还没有申请一个指定的io优先级的任何进程，这是有效的调度类型。这个类型会带一 个优先级参数，0-7，数字越小，优先级越高。如果多个进程的优先级相同，Linux内核会以Round-robin轮询的方式为其提供I/O服务。需要注意的是，2.6.26内核之前，没有申请I/O优先级的进程通常使用“none”作为调度类型，但是IO调度算法会当作这些进程使用的是best effort调度类型。使用best effort调度类型的进程的I/O优先级会根据这些进程的CPU nice级别动态变更， io\_priority = (cpu\_nice +20)/5

        2.6.26内核版本之后，并且使用CFQ作为调度算法的情况下，如果一个进程没有申请I/O优先级，那么它将使用CPU的调度类型作为I/O的调度类型，I/O优先级和2.6.26内核版本之前的计算方式相同。

Real time

使用这个调度类型的进程会不管系统上的任何其他任务，会第一时间去访问磁盘。以此使用RT调度类型时需要小心，因为它可能会饿死其他进程(starve other processes)。同best effor一样，RT也有8个优先级。RT不允许普通用户使用。

#### ionice实现方案

通过ionice指令获取和设置一个程序的I/O调度类型和优先级。其命令为

ionice

-c  class  指定调度类型，0代表none，1代表real time,2代表best effort, 3代表idle

-n  classdata   指定优先级  real time和best effor可以使用0-7

-p  pid    查看或改变已经运行的进程的调度类型和优先级。

-t  忽略设置指定优先级的错误信息

#### IO性能测试方案

测试：iozone测试，测试文件大小为10G、数据块大小为4K、测试指标为Initial write、Rewrite、Read、Re-read。

测试软硬件平台：X86服务器

测试的文件系统为：xfs

测试方案：分别在机械、SSD硬盘上测试基于ionice机制的IO优化方案

测试命令：

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/ionice3.xls

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/ ionice2.xls

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/ ionice1.xls

./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/ ionice0.xls

运行“./iozone -i 0 -i 1 -s 10G -r 4k -t 1 -F /xfs/tmp.txt -Rb /home/ionice.xls”指令后，获取iozone的Pid，执行ionice -c 3 -p PID（-c 3调度策略是idle，-c 2 -n 0调度策略是最高优先级，-c 1调度策略是实时，-c 0表示不作任何操作）

（如果测试硬盘为机械硬盘，/xfs/tmp.txt路径为机械硬盘所在路径，如果测试硬盘为固态硬盘，/xfs/tmp.txt路径为固态硬盘所在路径）

#### 测试及结果分析

## 程序的并行性改造方案

### \*\*的并行性改造方案

#### \*\*并行性改造实现方案

要实现该机制，方法是在源代码中添加代码：

#### \*\*并行性改造测试方案

#### 测试及结果分析