

实 验 报 告

学号：2022141460176 姓名：杨一舟 专业：计算机科学与技术 第 12 周

课程名称	操作系统课程设计	实验课时	2
实验项目	Linux 虚拟内存管理	实验时间	2024. 5. 13
实验目的	1、熟悉 Linux 内存管理的常见命令 2、理解 Linux 内存管理机制		
实验环境	Ubuntu 操作系统		
实验内容	<div>实验步骤</div> <div>一、创建一个大数据（512M）,然后清除缓存，使用程序读取该文件并计时，使用 cat /proc/meminfo 观察运行前后 cache 的使用情况；然后再次重复运行程序读取，比较两次速度差异。</div> <div>准备好三个实验程序</div> <div><pre>mountain@Lumous:~\$ vim fileCreator.c mountain@Lumous:~\$ gcc -o fileCreator fileCreator.c mountain@Lumous:~\$ vim memConsumer.c mountain@Lumous:~\$ gcc -o memConsumer memConsumer.c mountain@Lumous:~\$ vim readTimer.c mountain@Lumous:~\$ gcc -o readTimer readTimer.c</pre></div> <div>创建文件</div> <div><pre>mountain@Lumous:~\$./fileCreator 512MB的文件创建成功，所有字节设置为1。</pre></div> <div>清除缓存</div> <div><pre>mountain@Lumous:~\$ sync mountain@Lumous:~\$ echo 3 sudo tee /proc/sys/vm/drop_caches 3</pre></div>		

读取并计时

```
mountain@Lumous:~$ ./readTimer  
读取文件花费了 700.722020 毫秒。
```

执行 cat /proc/meminfo 命令

```
mountain@Lumous:~$ cat /proc/meminfo  
MemTotal:      8084728 kB  
MemFree:       6846204 kB  
MemAvailable:  7319960 kB  
Buffers:       2120 kB  
Cached:        677000 kB  
SwapCached:    0 kB  
Active:        36252 kB  
Inactive:      885836 kB  
Active(anon):  1716 kB  
Inactive(anon): 244512 kB  
Active(file):  34536 kB  
Inactive(file): 641324 kB  
Unevictable:   0 kB  
Mlocked:       0 kB  
SwapTotal:     2097152 kB  
SwapFree:      2097152 kB  
Dirty:         0 kB  
Writeback:     0 kB  
AnonPages:     243164 kB  
Mapped:        148212 kB  
Shmem:         3064 kB  
KReclaimable:  27652 kB  
Slab:          82352 kB  
SReclaimable:  27652 kB  
SUnreclaim:    54700 kB  
KernelStack:   4680 kB  
PageTables:    3844 kB  
NFS_Unstable:  0 kB  
Bounce:        0 kB  
WritebackTmp:  0 kB  
CommitLimit:   6139516 kB  
Committed_AS:  1178316 kB  
VmallocTotal:  34359738367 kB  
VmallocUsed:    25908 kB  
VmallocChunk:   0 kB  
Percpu:        7232 kB  
AnonHugePages: 114688 kB  
ShmemHugePages: 0 kB  
ShmemPmdMapped: 0 kB  
FileHugePages: 0 kB
```

续

```
HugePages_Free:      0  
HugePages_Rsvd:      0  
HugePages_Surp:      0  
Hugepagesize:        2048 kB  
Hugetlb:             0 kB  
DirectMap4k:         78848 kB  
DirectMap2M:         6160384 kB  
DirectMap1G:         11534336 kB
```

	<p>再次读取并计时</p> <pre>mountain@Lumous:~\$./readTimer 读取文件花费了 229.800665 毫秒。</pre>
实验内容	<p>二、执行 <code>find / -name .conf</code> 命令，使用 <code>cat /proc/meminfo</code> 观察执行前后 buffers 使用情况；然后再次执行命令，比较两次速度差异，说明原因。</p> <p>执行前 buffers 使用情况</p> <pre>mountain@Lumous:~\$ cat /proc/meminfo MemTotal: 8084728 kB MemFree: 6792836 kB MemAvailable: 7293108 kB Buffers: 22336 kB Cached: 677340 kB SwapCached: 0 kB Active: 56596 kB Inactive: 898124 kB Active(anon): 1724 kB Inactive(anon): 256388 kB Active(file): 54872 kB Inactive(file): 641736 kB Unevictable: 0 kB Mlocked: 0 kB SwapTotal: 2097152 kB SwapFree: 2097152 kB Dirty: 0 kB Writeback: 0 kB AnonPages: 255048 kB Mapped: 148212 kB Shmem: 3068 kB KReclaimable: 39188 kB Slab: 95020 kB SReclaimable: 39188 kB SUnreclaim: 55832 kB KernelStack: 4676 kB PageTables: 3868 kB NFS_Unstable: 0 kB Bounce: 0 kB WritebackTmp: 0 kB CommitLimit: 6139516 kB Committed_AS: 1186508 kB VmallocTotal: 34359738367 kB VmallocUsed: 25908 kB VmallocChunk: 0 kB Percpu: 7232 kB AnonHugePages: 122880 kB ShmemHugePages: 0 kB ShmemPmdMapped: 0 kB FileHugePages: 0 kB FilePmdMapped: 0 kB HugePages_Total: 0 HugePages_Free: 0</pre>

执行后 buffers 使用情况

```
mountain@Lumous:~$ cat /proc/meminfo
```

```
MemTotal:      8084728 kB
MemFree:       6792836 kB
MemAvailable:  7293108 kB
Buffers:       22336 kB
Cached:        677340 kB
SwapCached:    0 kB
Active:        56596 kB
Inactive:      898124 kB
Active(anon):  1724 kB
Inactive(anon): 256388 kB
Active(file):  54872 kB
Inactive(file): 641736 kB
Unevictable:   0 kB
Mlocked:       0 kB
SwapTotal:     2097152 kB
SwapFree:      2097152 kB
Dirty:         0 kB
Writeback:     0 kB
AnonPages:     255048 kB
Mapped:        148212 kB
Shmem:         3068 kB
KReclaimable:  39188 kB
Slab:          95020 kB
SReclaimable:  39188 kB
SUnreclaim:    55832 kB
KernelStack:   4676 kB
PageTables:    3868 kB
NFS_Unstable:  0 kB
Bounce:        0 kB
WritebackTmp:  0 kB
CommitLimit:   6139516 kB
Committed_AS:  1186508 kB
VmallocTotal:  34359738367 kB
VmallocUsed:    25908 kB
VmallocChunk:   0 kB
Percpu:        7232 kB
AnonHugePages: 122880 kB
ShmemHugePages: 0 kB
ShmemPmdMapped: 0 kB
FileHugePages: 0 kB
FilePmdMapped: 0 kB
HugePages_Total: 0
HugePages_Free: 0
```

三、运行内存消耗程序，直到耗尽系统内存进程被杀死，使用 top 命令观测在这个过程中 free, used, buffer/cache, swap 使用情况变化，记录并说明原因。

运行前 top 情况

```
top - 22:26:24 up 1:39, 1 user, load average: 0.00, 0.11, 0.17
Tasks: 38 total, 1 running, 37 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 0.1 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 99.9 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
MiB Mem : 7895.2 total, 7510.9 free, 316.0 used, 68.3 buff/cache
MiB Swap: 2048.0 total, 1807.5 free, 240.5 used. 7416.1 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
1	root	20	0	167120	4136	2460	S	0.7	0.1	0:33.47	systemd
382	root	20	0	934840	5620	4008	S	0.3	0.1	0:04.92	python3.10
24032	laiwei	20	0	7936	1644	1268	R	0.3	0.0	0:00.07	top
2	root	20	0	2284	816	816	S	0.0	0.0	0:00.00	init-systemd(Ub
7	root	20	0	2308	4	4	S	0.0	0.0	0:00.00	init
40	root	19	-1	47740	6480	6272	S	0.0	0.1	0:00.15	systemd-journal
60	root	20	0	22104	856	548	S	0.0	0.0	0:00.11	systemd-udev
75	root	20	0	4496	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	snapfuse
76	root	20	0	4912	1208	644	S	0.0	0.0	0:01.00	snapfuse
80	root	20	0	4628	0	0	S	0.0	0.0	0:00.33	snapfuse
84	root	20	0	4804	1116	644	S	0.0	0.0	0:04.29	snapfuse
87	root	20	0	4496	4	4	S	0.0	0.0	0:00.18	snapfuse
89	root	20	0	4856	1008	620	S	0.0	0.0	0:03.35	snapfuse
99	systemd+	20	0	25540	636	560	S	0.0	0.0	0:00.14	systemd-resolve
113	root	20	0	4308	100	0	S	0.0	0.0	0:00.01	cron
115	message+	20	0	8592	0	0	S	0.0	0.0	0:00.05	dbus-daemon
144	root	20	0	30104	0	0	S	0.0	0.0	0:00.10	networkd-dispat
145	syslog	20	0	222404	1016	836	S	0.0	0.0	0:00.05	rsyslogd
146	root	20	0	1985004	3696	0	S	0.0	0.0	0:01.94	snappd
151	root	20	0	15336	20	0	S	0.0	0.0	0:00.11	systemd-logind
216	root	20	0	4784	0	0	S	0.0	0.0	0:00.06	subiquity-serve
219	root	20	0	107216	0	0	S	0.0	0.0	0:00.07	unattended-upgr
222	root	20	0	10160	4	0	S	0.0	0.0	0:00.00	vsftpd
226	root	20	0	3240	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	agetty
236	root	20	0	3196	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	agetty
242	bind	20	0	2018240	0	0	S	0.0	0.0	0:01.09	named
387	root	20	0	2288	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	SessionLeader
388	root	20	0	2304	0	0	S	0.0	0.0	0:00.13	Relay(389)
389	laiwei	20	0	6176	2172	1888	S	0.0	0.0	0:00.12	bash
390	root	20	0	7528	4	0	S	0.0	0.0	0:00.00	login
448	laiwei	20	0	16912	0	0	S	0.0	0.0	0:00.04	systemd
449	laiwei	20	0	168868	108	0	S	0.0	0.0	0:00.00	(sd-pam)
454	laiwei	20	0	6124	0	0	S	0.0	0.0	0:00.01	bash
472	root	20	0	44172	6124	1872	S	0.0	0.1	0:17.53	python3
1943	root	20	0	4764	48	4	S	0.0	0.0	0:00.37	snapfuse
23979	root	20	0	2288	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	SessionLeader
23980	root	20	0	2304	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	Relay(23983)
23983	laiwei	20	0	6084	8	4	S	0.0	0.0	0:00.02	bash

实验结果	<p>按实验要求依次成功执行</p> <p>各问题原因分析如下：</p> <p>问题一：</p> <p>第二次读取文件之所以比第一次显著更快，原因在于文件的内容已经被 Linux 系统缓存至内存中。首次读取文件时，其内容必须从磁盘加载到内存中，这一过程相较于直接从内存中读取数据要慢得多。然而，Linux 系统具有高效的文件缓存机制，该机制会存储最近访问的文件数据。因此，当再次读取同一文件时，大部分甚至全部内容都可以直接从内存中快速获取，无需再次经历从磁盘加载的耗时过程。</p> <p>问题二：</p> <p>find 命令在默认情况下不会保留或重用其先前的搜索结果，这意味着无论是否之前执行过相同的搜索，第二次执行该命令时通常都会进行全新的搜索，因此与第一次执行的速度相近。然而，由于文件系统缓存（特别是缓存区域）可能存储了先前读取过的文件数据，第二次执行 find 命令时，对磁盘的 I/O 访问可能会相应减少，从而在一定程度上提高了命令的执行效率。这种效果可能会导致第二次执行的速度相比第一次略有提升，但总体提升程度受限于缓存命中的频率和文件系统的具体实现。</p> <p>问题三原因：</p> <p>随着程序的运行并占用更多的系统资源，我们可以观察到内存使用情况的以下变化：</p> <p>free（空闲内存）：这部分内存空间将逐渐缩小，因为程序正在不断消耗内存。</p> <p>used（已用内存）：与此同时，已使用的内存部分将不断扩大，这是因为程序正在积极利用这部分内存。</p> <p>buffers/cache（缓冲区/缓存）：最初，系统可能会增加这部分内存的使用，以缓存数据来优化磁盘 I/O 性能。然而，当物理内存趋近饱和时，为了保持系统的稳定运行，系统可能会回收这部分缓存以释放内存供其他进程使用。</p> <p>swap（交换空间）：如果物理内存完全耗尽，并且系统配置了交换空间（swap space），那么部分内存页面将被转移到交换空间，从而释放物理内存供其他程序继续使用。这种操作将导致交换空间的使用量增加。</p> <p>在极端情况下，当系统内存几乎耗尽时，内核可能会采取一些紧急措施，如选择并终止一些进程（即“杀掉”进程），以释放内存资源供系统继续使用。</p>
------	---

小 结	在 Linux 虚拟内存管理的实验中,我深入了解了操作系统如何有效地管理内存资源。实验让我认识到,通过页表、交换空间 (swap space) 和内存缓存 (buffers/cache) 的协同工作, Linux 能够高效地分配和回收内存, 确保系统稳定运行。此外, 我也观察到, 在内存紧张时, Linux 会自动调整缓存策略, 甚至通过 swap 来释放物理内存, 这些机制都极大地提高了系统性能。
指导老师 评 议	<div>成绩评定:</div> <div>指导教师签名:</div>