Linux RCU 机制详解

阅读目录

昵称： yooooooo
园龄： 4年
粉丝： 72
关注： 2
+加关注

正文

回到顶部

1、简介：

RCU（Read-Copy Update）是数据同步的一种方式，在当前的Linux内核中发挥着重要的作用。

RCU主要针对的数据对象是链表，目的是提高遍历读取数据的效率，为了达到目的使用RCU机制读取数据的时候不对链表进行耗时的加锁操作。这样在同一时间可以有多个线程同时读取该链表，并且允许一个线程对链表进行修改（修改的时候，需要加锁）。

回到顶部

2、应用场景：

RCU适用于需要频繁的读取数据，而相应修改数据并不多的情景，例如在文件系统中，经常需要查找定位目录，而对目录的修改相对来说并不多，这就是RCU发挥作用的最佳场景。

回到顶部

3、相应资料：

Linux内核源码当中,关于RCU的文档比较齐全，你可以在 /Documentation/RCU/ 目录下找到这些文件。

Paul E. McKenney 是内核中RCU源码的主要实现者，他也写了很多RCU方面的文章。他把这些文章和一些关于RCU的论文的链接整理到了一起。相应链接如下：

http://www2.rdrop.com/users/paulmck/RCU/

回到顶部

随笔档案

4、实现过程：

在RCU的实现过程中，我们主要解决以下问题：

1，在读取过程中，另外一个线程删除了一个节点。删除线程可以把这个节点从链表中移除，但它不能直接销毁这个节点，必须等到所有的读取线程读取完成以后，才进行销毁操作。RCU中把这个过程称为宽限期（Grace period）。

2，在读取过程中，另外一个线程插入了一个新节点，而读线程读到了这个节点，那么需要保证读到的这个节点是完整的。这里涉及到了发布-订阅机制（Publish-Subscribe Mechanism）。

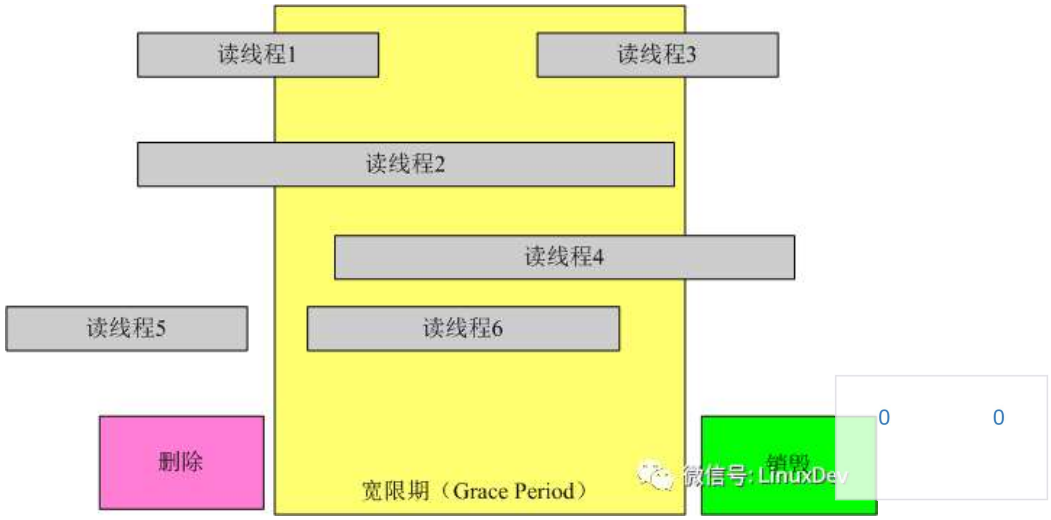
3， 保证读取链表的完整性。新增或者删除一个节点，不至于导致遍历一个链表从中间断开。但是RCU并不保证一定能读到新增的节点或者不读到要被删除的节点。

4.1 宽限期：

通过例子，方便理解这个内容。以下例子修改于Paul的文章。

```
1  struct foo{
2      int a;
3      char b;
4      long c;
5  };
6
7  DEFINE_SPINLOCK(foo_mutex);
8
9  void foo_read(void)
10 {
11     foo *fp = gbl_foo;
12     if( fp != NULL )
13     {
14         dosomthing(fp->a, fp->b, fp->c);
15     }
16 }
17
18 void foo_update(foo * new_fp)
19 {
20     spin_lock(&foo_mutex);
21     foo *old_fp = gbl_foo;
22     gbl_foo = new_fp;
23     spin_unlock(&foo_mutex);
24 }
```

如上的程序，是针对于全局变量gbl_foo的操作。假设以下场景。有两个线程同时运行 foo_ read和foo_update的时候，当foo_ read执行完赋值操作后，线程发生切换；此时另一个线程开始执行foo_update并执行完成。当foo_ read运行的进程切换回来后，运行dosomething 的时候，fp已经被删除，这将对系统造成危害。为了防止此类事件的发生，RCU里增加了一个新的概念叫**宽限期（Grace period）**。如下图所示：



- 2018年9月(22)
- 2018年8月(9)
- 2018年7月(10)
- 2018年6月(21)
- 2018年5月(11)
- 2018年4月(14)
- 2018年3月(15)
- 2018年2月(11)
- 2018年1月(15)
- 2017年12月(10)
- 2017年11月(12)
- 2017年10月(4)
- 2017年9月(10)
- 2017年8月(8)
- 2017年7月(6)
- 2017年6月(5)
- 2017年5月(5)
- 2017年4月(9)
- 2017年3月(3)
- 2017年2月(1)
- 2016年12月(1)
- 2016年11月(1)
- 2016年10月(1)
- 2016年9月(2)
- 2016年7月(2)
- 2016年6月(1)

最新评论

1. Re:Android音频系统
@ 我呆不了一个月了这些都是韦东山的视频上的图片，我暂时发不了呢...
--yooooooo
2. Re:Android音频系统
楼主您好，请问文中的图片有较为清楚的版本吗？
--我呆不了一个月了
3. Re:6. [mmc subsystem] mmc core（第六章）——mmc core主模块
看了一系列的文章，只能感叹大佬大佬
--不知也
4. Re:生成前N个自然数随机置换的3个程序
算法3写错了洗牌算法每个元素和未确定元素交换一次之后就确定 你的做法 应该从高循环到低 for (int i = n-1; i > 0; i--) { swap(a[i], a[RandInt(0,...
--求道于盲
5. Re:MMU工作原理
@ 1577670619@15776706191引用在没有使用虚拟存储器的机器上，虚拟地址被直接送到内存总线上，使具有相同地址的物理存储器被读写。而在使用了虚拟存储器的情况下，虚拟地址不是被直接送到内存...
--yooooooo

阅读排行榜

1. Git的gc功能(7155)
2. C语言函数不定参数实现方式(4990)
3. main函数是主线程吗(4096)
4. 信号量、互斥锁、自旋锁、原子操作(3939)
5. 高通GPIO驱动（DTS方式）(3929)

图中每行代表一个线程，最下面的一行是删除线程，当它执行完删除操作后，线程进入了宽限期。宽限期的意义是，在一个删除动作发生后，它必须等待所有在宽限期开始前已经开始的读线程结束，才可以进行销毁操作。这样的原因是这些线程有可能读到了要删除的元素。图中的宽限期必须等待1和2结束；而读线程5在宽限期开始前已经结束，不需要考虑；而3,4,6也不需要考虑，因为在宽限期结束后开始后的线程不可能读到已删除的元素。为此RCU机制提供了相应的API来实现这个功能。

```
1  void foo_read(void)
2  {
3      rcu_read_lock();
4      foo *fp = gbl_foo;
5      if( fp != NULL )
6          dosomthing(fp->a, fp->b, fp->c);
7      rcu_read_unlock();
8  }
9
10 void foo_update(foo *new_fp)
11 {
12     spin_lock(&foo_mutex);
13     foo *old_fp = gbl_foo;
14     gbl_foo = new_fp;
15     spin_unlock(&foo_mutex);
16     synchronize_rcu();
17     kfree(old_fp);
18 }
```

其中foo_read中增加了rcu_read_lock和rcu_read_unlock，这两个函数用来标记一个RCU读过程的开始和结束。其实作用就是帮助检测宽限期是否结束。foo_update增加了一个函数synchronize_rcu()，调用该函数意味着一个宽限期的开始，而直到宽限期结束，该函数才会返回。我们再对比着图看一看，线程1和2，在synchronize_rcu之前可能得到了旧的gbl_foo，也就是foo_update中的old_fp，如果不等它们运行结束，就调用kfee(old_fp)，极有可能造成系统崩溃。而3,4,6在synchronize_rcu之后运行，此时它们已经不可能得到old_fp，此次的kfee将不对它们产生影响。

宽限期是RCU实现中最复杂的部分,原因是在提高读数据性能的同时，删除数据的性能也不能太差。

4.2 订阅——发布机制：

当前使用的编译器大多会对代码做一定程度的优化，CPU也会对执行指令做一些优化调整,目的是提高代码的执行效率，但这样的优化，有时候会带来不期望的结果。如例：

```
1  void foo_update(foo *new_fp)
2  {
3      spin_lock(&foo_mutex);
4      foo *old_fp = gbl_foo;
5
6      new_fp->a = 1;
7      new_fp->b = 'b';
8      new_fp->c = 100;
9
10     gbl_foo = new_fp;
11     spin_unlock(&foo_mutex);
12     synchronize_rcu();
13     kfree(old_fp);
14 }
```

0 0

这段代码中，我们期望的是6，7，8行的代码在第10行代码之前执行。但优化后的代码并不对执行顺序做出保证。在这种情形下，一个读线程很可能读到 new_fp，但new_fp的成员赋值还没执行完成。当读线程执行

dosomething(fp->a, fp->b , fp->c) 的 时候，就有不确定的参数传入到dosomething，极有可能造成[illegible]望的结果，甚至程序崩溃。可以通过优化屏障来解决该问题，RCU机制对优化屏障做了包装，提供了专用的API来[illegible]问题。这时候，第十行不再是直接的指针赋值，而应该改为：

rcu_assign_pointer(gbl_foo,new_fp);

rcu_assign_pointer的实现比较简单，如下：

```
1 #define rcu_assign_pointer(p, v) \
2     __rcu_assign_pointer((p), (v), __rcu)
```

```
1 #define RCU_INIT_POINTER(p, v) \
2         p = (typeof(*v) __force __rcu *)(v)
```

在DEC Alpha CPU机器上还有一种更强悍的优化，如下所示：

```
1 void foo_read(void)
2 {
3     rcu_read_lock();
4     foo *fp = gbl_foo;
5     if( fp != NULL )
6         dosomthing(fp->a, fp->b, fp->c);
7     rcu_read_unlock();
8 }
```

第六行的 fp->a,fp->b,fp->c会在第3行还没执行的时候就预先判断运行，当他和foo_update同时运行的时候，可能导致传入dosomething的一部分属于旧的gbl_foo，而另外的属于新的。这样导致运行结果的错误。为了避免该类问题，RCU还是提供了宏来解决该问题：

```
 1 #define rcu_dereference_check(p, c) \
 2     __rcu_dereference_check((p), rcu_read_lock_held() || (c), __rcu)
 3
 4 #define __rcu_dereference_check(p, c, space) \
 5     ({ \
 6         typeof(*p) *_________p1 = (typeof(*p)*__force )ACCESS_ONCE(p); \
 7         rcu_lockdep_assert(c, "suspicious rcu_dereference_check()" \
 8                       " usage"); \
 9         rcu_dereference_sparse(p, space); \
10         smp_read_barrier_depends(); \
11         ((typeof(*p) __force __kernel *)(_________p1)); \
12     })
13
14 static inline int rcu_read_lock_held(void)
15 {
16     if (!debug_lockdep_rcu_enabled())
17         return 1;
18     if (rcu_is_cpu_idle())
19         return 0;
20     if (!rcu_lockdep_current_cpu_online())
21         return 0;
22     return lock_is_held(&rcu_lock_map);
23 }
```

这段代码中加入了调试信息，去除调试信息，可以是以下的形式（其实这也是旧版本中的代码）：

```
1 #define rcu_dereference_check(p) ({\
2                                     typeof(p) _____p1  = p; \
3                                     smp_read_barrier_depends(); \
```

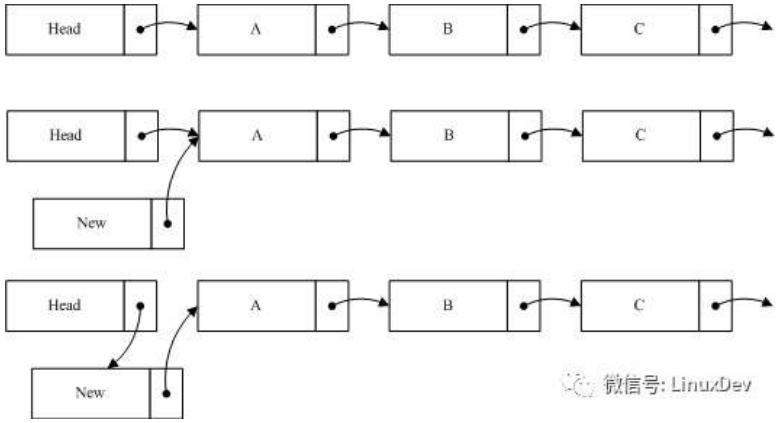
```
4                                       (_____p1); \
5                                   })
```


在赋值后加入优化屏障smp_read_barrier_depends()。

我们之前的第四行代码改为 foo *fp = rcu_dereference(gbl_foo);，就可以防止上述问题。

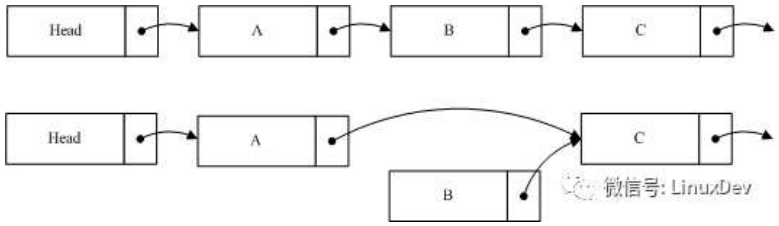
4.3 数据读取的完整性：

还是通过例子来说明这个问题：



如图我们在原list中加入一个节点new到A之前，所要做的第一步是将new的指针指向A节点，第二步才是将Head的指针指向new。这样做的目的是当插入操作完成第一步的时候，对于链表的读取并不产生影响，而执行完第二步的时候，读线程如果读到new节点，也可以继续遍历链表。如果把这个过程反过来，第一步head指向new，而这时一个线程读到new，由于new的指针指向的是Null，这样将导致读线程无法读取到A，B等后续节点。从以上过程中，可以看出RCU并不保证读线程读取到new节点。如果该节点对程序产生影响，那么就需要外部调用做相应的调整。如在文件系统中，通过RCU定位后，如果查找不到相应节点，就会进行其它形式的查找，相关内容等分析到文件系统的时候再进行叙述。

我们再看一下删除一个节点的例子：



如图我们希望删除B，这时候要做的就是将A的指针指向C，保持B的指针，然后删除程序将进入宽限期检测。由于B的内容并没有变更，读到B的线程仍然可以继续读取B的后续节点。B不能立即销毁，它必须等待宽限期结束后，才能进行相应销毁操作。由于A的节点已经指向了C，当宽限期开始之后所有的后续读操作通过A找到的是C，而B已经隐藏了，后续的读线程都不会读到它。这样就确保宽限期过后，删除B并不对系统造成影响。

回到顶部

5、小结：

RCU的原理并不复杂，应用也很简单。但代码的实现确并不是那么容易，难点都集中在了宽限期的检测上，后续分析源代码的时候，我们可以看到一些极富技巧的实现方式。

yooooooo
关注 - 2
粉丝 - 72
+加关注

« 上一篇： 如何使用C语言的面向对象
» 下一篇： 什么是负载均衡？【转】

posted @ 2018-02-23 21:23 yooooooo 阅读(1433) 评论(0) 编辑 收藏

相关博文：
· Linux RCU机制详解
· RCU原理分析
· Linux RCU机制详解 [转]
· Linux RCU 机制详解
· 深入理解 Linux 的 RCU 机制