### 36-生产者-消费者模式:用流水线思想提高效率

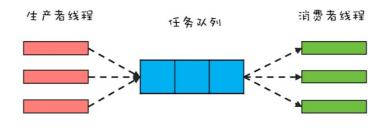
前面我们在<u>《34 | Worker Thread模式:如何避免重复创建线程?》</u>中讲到,Worker Thread模式类比的是工厂里车间工人的工作模式。但其实在现实世界,工厂里还有一种流水线的工作模式,类比到编程领域,就是**生产者-消费者模式**。

生产者-消费者模式在编程领域的应用也非常广泛,前面我们曾经提到,Java线程池本质上就是用生产者-消费者模式实现的,所以每当使用线程池的时候,其实就是在应用生产者-消费者模式。

当然,除了在线程池中的应用,为了提升性能,并发编程领域很多地方也都用到了生产者-消费者模式,例如Log4j2中异步Appender内部也用到了生产者-消费者模式。所以今天我们就来深入地聊聊生产者-消费者模式,看看它具体有哪些优点,以及如何提升系统的性能。

### 生产者-消费者模式的优点

生产者-消费者模式的核心是一个**任务队列**,生产者线程生产任务,并将任务添加到任务队列中,而消费者 线程从任务队列中获取任务并执行。下面是生产者-消费者模式的一个示意图,你可以结合它来理解。



生产者-消费者模式示意图

从架构设计的角度来看,生产者-消费者模式有一个很重要的优点,就是**解耦**。解耦对于大型系统的设计非常重要,而解耦的一个关键就是组件之间的依赖关系和通信方式必须受限。在生产者-消费者模式中,生产者和消费者没有任何依赖关系,它们彼此之间的通信只能通过任务队列,所以**生产者-消费者模式是一个不错的解耦方案**。

除了架构设计上的优点之外,生产者-消费者模式还有一个重要的优点就是**支持异步,并且能够平衡生产者 和消费者的速度差异**。在生产者-消费者模式中,生产者线程只需要将任务添加到任务队列而无需等待任务 被消费者线程执行完,也就是说任务的生产和消费是异步的,这是与传统的方法之间调用的本质区别,传统 的方法之间调用是同步的。

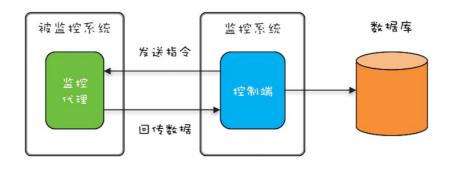
你或许会有这样的疑问,异步化处理最简单的方式就是创建一个新的线程去处理,那中间增加一个"任务队列"究竟有什么用呢?我觉得主要还是用于平衡生产者和消费者的速度差异。我们假设生产者的速率很慢,而消费者的速率很高,比如是1:3,如果生产者有3个线程,采用创建新的线程的方式,那么会创建3个子线程,而采用生产者-消费者模式,消费线程只需要1个就可以了。Java语言里,Java线程和操作系统线程是一一对应的,线程创建得太多,会增加上下文切换的成本,所以Java线程不是越多越好,适量即可。而生产者-消费者模式恰好能支持你用适量的线程。

#### 支持批量执行以提升性能

前面我们在<u>《33 | Thread-Per-Message模式:最简单实用的分工方法》</u>中讲过轻量级的线程,如果使用轻量级线程,就没有必要平衡生产者和消费者的速度差异了,因为轻量级线程本身就是廉价的,那是否意味着生产者-消费者模式在性能优化方面就无用武之地了呢?当然不是,有一类并发场景应用生产者-消费者模式就有奇效,那就是**批量执行**任务。

例如,我们要在数据库里INSERT 1000条数据,有两种方案:第一种方案是用1000个线程并发执行,每个线程INSERT一条数据;第二种方案是用1个线程,执行一个批量的SQL,一次性把1000条数据INSERT进去。这两种方案,显然是第二种方案效率更高,其实这样的应用场景就是我们上面提到的批量执行场景。

在 《35 | 两阶段终止模式:如何优雅地终止线程?》文章中,我们提到一个监控系统动态采集的案例,其实最终回传的监控数据还是要存入数据库的(如下图)。但被监控系统往往有很多,如果每一条回传数据都直接INSERT到数据库,那么这个方案就是上面提到的第一种方案:每个线程INSERT一条数据。很显然,更好的方案是批量执行SQL,那如何实现呢?这就要用到生产者-消费者模式了。



动态采集功能示意图

利用生产者-消费者模式实现批量执行SQL非常简单:将原来直接INSERT数据到数据库的线程作为生产者线程,生产者线程只需将数据添加到任务队列,然后消费者线程负责将任务从任务队列中批量取出并批量执行。

在下面的示例代码中,我们创建了5个消费者线程负责批量执行SQL,这5个消费者线程以 while(true){}循环方式批量地获取任务并批量地执行。需要注意的是,从任务队列中获取批量任务的方法pollTasks()中,首先是以阻塞方式获取任务队列中的一条任务,而后则是以非阻塞的方式获取任务;之所以首先采用阻塞方式,是因为如果任务队列中没有任务,这样的方式能够避免无谓的循环。

```
//执行批量任务
         execTasks(ts):
       }
     } catch (Exception e) {
       e.printStackTrace();
   });
 }
//从任务队列中获取批量任务
List<Task> pollTasks()
   throws InterruptedException{
 List<Task> ts=new LinkedList<>();
 //阻塞式获取一条任务
 Task t = bq.take();
 while (t != null) {
   ts.add(t);
   //非阻塞式获取一条任务
   t = bq.poll();
 }
 return ts;
}
//批量执行任务
execTasks(List<Task> ts) {
 //省略具体代码无数
}
```

# 支持分阶段提交以提升性能

利用生产者-消费者模式还可以轻松地支持一种分阶段提交的应用场景。我们知道写文件如果同步刷盘性能会很慢,所以对于不是很重要的数据,我们往往采用异步刷盘的方式。我曾经参与过一个项目,其中的日志组件是自己实现的,采用的就是异步刷盘方式,刷盘的时机是:

- 1. ERROR级别的日志需要立即刷盘;
- 2. 数据积累到500条需要立即刷盘;
- 3. 存在未刷盘数据,且5秒钟内未曾刷盘,需要立即刷盘。

这个日志组件的异步刷盘操作本质上其实就是一种分阶段提交。下面我们具体看看用生产者-消费者模式如何实现。在下面的示例代码中,可以通过调用 info()和error()方法写入日志,这两个方法都是创建了一个日志任务LogMsg,并添加到阻塞队列中,调用 info()和error()方法的线程是生产者;而真正将日志写入文件的是消费者线程,在Logger这个类中,我们只创建了1个消费者线程,在这个消费者线程中,会根据刷盘规则执行刷盘操作,逻辑很简单,这里就不赘述了。

```
"foo", ".log");
   final FileWriter writer=
     new FileWriter(file);
    this.es.execute(()->{
     try {
       //未刷盘日志数量
       int curIdx = 0;
       long preFT=System.currentTimeMillis();
       while (true) {
         LogMsg log = bq.poll(
           5, TimeUnit.SECONDS);
         //写日志
         if (log != null) {
           writer.write(log.toString());
           ++curIdx;
         }
         //如果不存在未刷盘数据,则无需刷盘
         if (curIdx <= 0) {
           continue;
         }
         //根据规则刷盘
         if (log!=null && log.level==LEVEL.ERROR ||
             curIdx == batchSize ||
             System.currentTimeMillis()-preFT>5000){
           writer.flush();
           curIdx = 0;
           preFT=System.currentTimeMillis();
       }
     }catch(Exception e){
       e.printStackTrace();
     } finally {
       try {
         writer.flush();
         writer.close();
       }catch(IOException e){
         e.printStackTrace();
     }
   });
  }
  //写INFO级别日志
 void info(String msg) {
   bq.put(new LogMsg(
     LEVEL.INFO, msg));
 }
 //写ERROR级别日志
 void error(String msg) {
   bq.put(new LogMsg(
     LEVEL.ERROR, msg));
  }
}
//日志级别
enum LEVEL {
 INFO, ERROR
class LogMsg {
 LEVEL level;
 String msg;
 //省略构造函数实现
 LogMsg(LEVEL lvl, String msg){}
 //省略toString()实现
 String toString(){}
}
```

Java语言提供的线程池本身就是一种生产者-消费者模式的实现,但是线程池中的线程每次只能从任务队列中消费一个任务来执行,对于大部分并发场景这种策略都没有问题。但是有些场景还是需要自己来实现,例如需要批量执行以及分阶段提交的场景。

生产者-消费者模式在分布式计算中的应用也非常广泛。在分布式场景下,你可以借助分布式消息队列 (MQ)来实现生产者-消费者模式。MQ一般都会支持两种消息模型,一种是点对点模型,一种是发布订阅模型。这两种模型的区别在于,点对点模型里一个消息只会被一个消费者消费,和Java的线程池非常类似 (Java线程池的任务也只会被一个线程执行);而发布订阅模型里一个消息会被多个消费者消费,本质上是一种消息的广播,在多线程编程领域,你可以结合观察者模式实现广播功能。

## 课后思考

在日志组件异步刷盘的示例代码中,写日志的线程以 while(true){} 的方式执行,你有哪些办法可以优雅地终止这个线程呢?

```
this.writer.execute(()->{
  try {
    //未刷盘日志数量
    int curIdx = 0;
    long preFT=System.currentTimeMillis();
    while (true) {
        ......
    }
    } catch(Exception e) {}
}
```

欢迎在留言区与我分享你的想法,也欢迎你在留言区记录你的思考过程。感谢阅读,如果你觉得这篇文章对你有帮助的话,也欢迎把它分享给更多的朋友。



Java 并发编程实战

全面系统提升你的并发编程能力

王宝令

资深架构师



新版升级:点击「探请朋友读」,20位好友免费读,邀请订阅更有现金奖励。

## 精选留言:

• 兔斯基 2019-05-21 07:50:01

增加一个volatile标志位,刷盘结束后,判断标志位,这样不会影响数据落盘,但是可能会发起听之后5秒才结束。或者用线程中断方式,处理好中断异常以及中断标识即可

。密码123456 2019-05-21 06:55:36

设置一个volitle。这里中断设置不了,没有引用。我觉得一个volite关键字够了。之前说happens before 的时候说,volit写,优于volit读,应该立刻可见。还要问下老师,这么理解可以吗?中断是不是一定必须的?

• 刘66 2019-05-21 06:51:02

一大早就更新了, 够早的