

39 | 案例分析（二）：高性能网络应用框架Netty

2019-05-28 王宝令

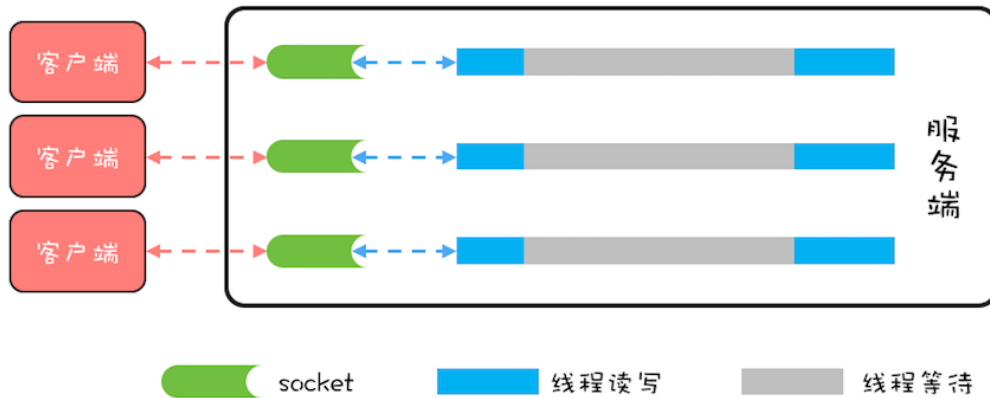


Netty是一个高性能网络应用框架，应用非常普遍，目前在Java领域里，Netty基本上成为网络程序的标配了。Netty框架功能丰富，也非常复杂，今天我们主要分析Netty框架中的线程模型，而线程模型直接影响着网络程序的性能。

在介绍Netty的线程模型之前，我们首先需要把问题搞清楚，了解网络编程性能的瓶颈在哪里，然后再看Netty的线程模型是如何解决这个问题的。

网络编程性能的瓶颈

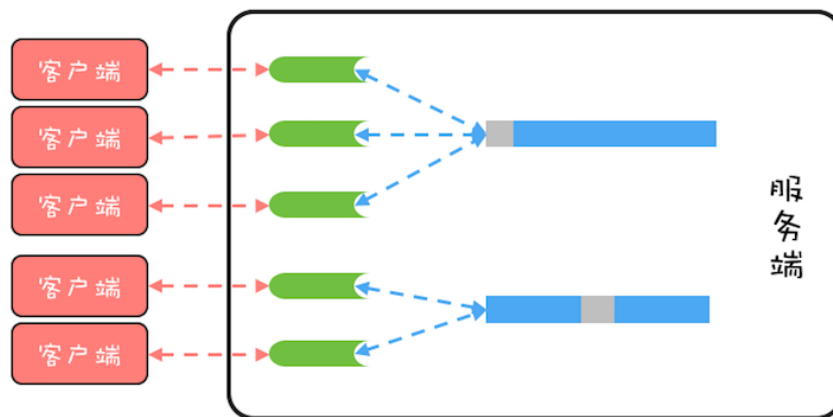
在[《33 | Thread-Per-Message模式：最简单实用的分工方法》](#)中，我们写过一个简单的网络程序echo，采用的是阻塞式I/O（BIO）。BIO模型里，所有read()操作和write()操作都会阻塞当前线程的，如果客户端已经和服务端建立了一个连接，而迟迟不发送数据，那么服务端的read()操作会一直阻塞，所以使用BIO模型，一般都会为每个socket分配一个独立的线程，这样就不会因为线程阻塞在一个socket上而影响对其他socket的读写。BIO的线程模型如下图所示，每一个socket都对应一个独立的线程；为了避免频繁创建、消耗线程，可以采用线程池，但是socket和线程之间的对应关系并不会变化。



BIO的线程模型

BIO这种线程模型适用于socket连接不是很多的场景；但是现在的互联网场景，往往需要服务器能够支撑十万甚至百万连接，而创建十万甚至上百万个线程显然并不现实，所以BIO线程模型无法解决百万连接的问题。如果仔细观察，你会发现互联网场景中，虽然连接多，但是每个连接上的请求并不频繁，所以线程大部分时间都在等待I/O就绪。也就是说线程大部分时间都阻塞在那里，这完全是浪费，如果我们能够解决这个问题，那就不需要这么多线程了。

顺着这个思路，我们可以将线程模型优化为下图这个样子，可以用一个线程来处理多个连接，这样线程的利用率就上来了，同时所需的线程数量也跟着降下来了。这个思路很好，可是使用BIO相关的API是无法实现的，这是为什么呢？因为BIO相关的socket读写操作都是阻塞式的，而一旦调用了阻塞式API，在I/O就绪前，调用线程会一直阻塞，也就无法处理其他的socket连接了。

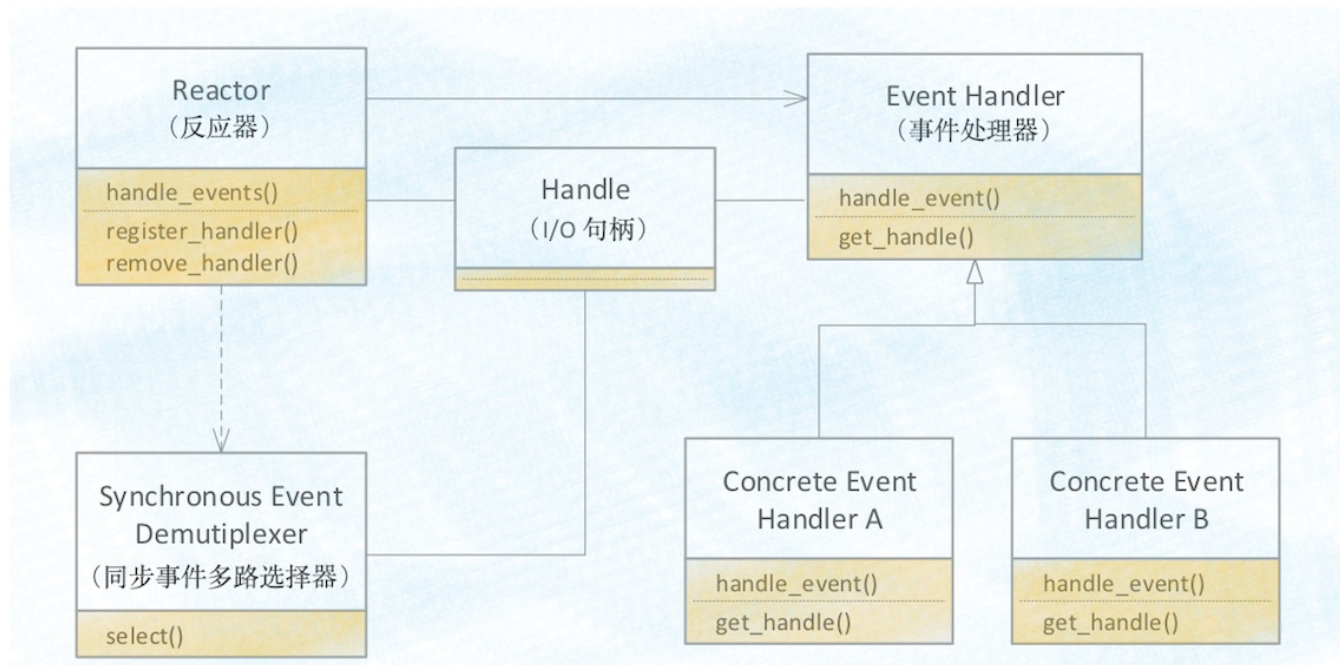


理想的线程模型图

好在Java里还提供了非阻塞式（NIO）API，利用非阻塞式API就能够实现一个线程处理多个连接了。那具体如何实现呢？现在普遍都是采用Reactor模式，包括Netty的实现。所以，要理解Netty的实现，接下来我们就需要先了解一下Reactor模式。

Reactor模式

下面是Reactor模式的类结构图，其中Handle指的是I/O句柄，在Java网络编程里，它本质上就是一个网络连接。Event Handler很容易理解，就是一个事件处理器，其中handle_event()方法处理I/O事件，也就是每个Event Handler处理一个I/O Handle；get_handle()方法可以返回这个I/O的Handle。Synchronous Event Demultiplexer可以理解为操作系统提供的I/O多路复用API，例如POSIX标准里的select()以及Linux里面的epoll()。



Reactor模式类结构图

Reactor模式的核心自然是Reactor这个类，其中register_handler()和remove_handler()这两个方法可以注册和删除一个事件处理器；handle_events()方式是核心，也是Reactor模式的发动机，这个方法的核心逻辑如下：首先通过同步事件多路选择器提供的select()方法监听网络事件，当有网络事件就绪后，就遍历事件处理器来处理该网络事件。由于网络事件是源源不断的，所以在主程序中启动Reactor模式，需要以 while(true){} 的方式调用handle_events()方法。

```
void Reactor::handle_events(){
    //通过同步事件多路选择器提供的
    //select()方法监听网络事件
    select(handlers);
    //处理网络事件
    for(h in handlers){
        h.handle_event();
    }
}

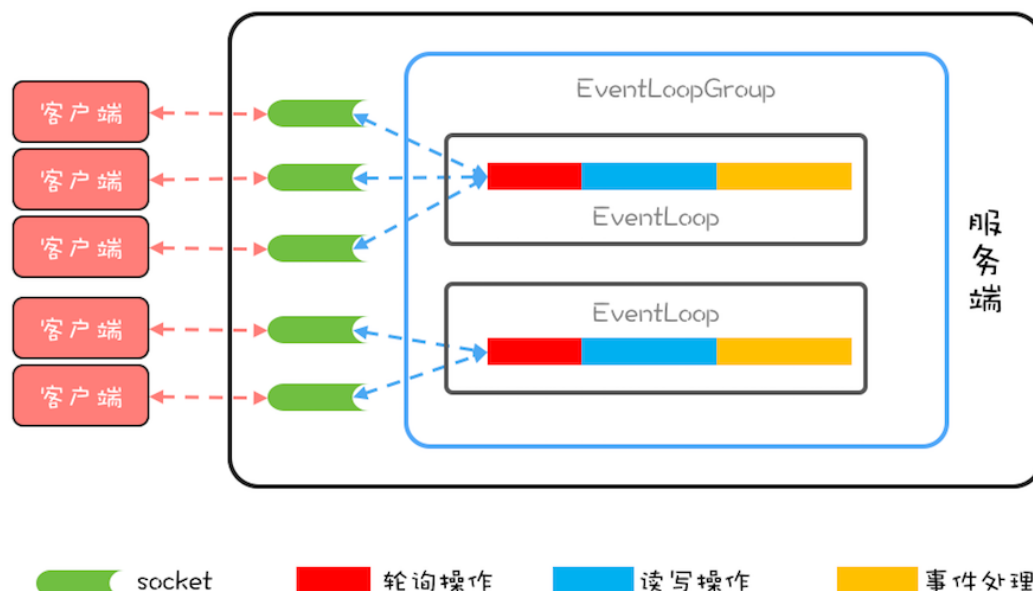
// 在主程序中启动事件循环
while (true) {
    handle_events();
}
```

Netty中的线程模型

Netty的实现虽然参考了Reactor模式，但是并没有完全照搬，**Netty**中最核心的概念是事件循环（**EventLoop**），其实也就是Reactor模式中的Reactor，负责监听网络事件并调用事件处理器进行处理。在4.x版本的Netty中，网络连接和EventLoop是稳定的多对1关系，而EventLoop和Java线程是1对1关系，这里的稳定指的是关系一旦确定就不再发生变化。也就是说一个网络连接只会对应唯一的一个EventLoop，而一个EventLoop也只会对应到一个Java线程，所以一个网络连接只会对应到一个Java线程。

一个网络连接对应到一个Java线程上，有什么好处呢？最大的好处就是对于一个网络连接的事件处理是单线程的，这样就避免了各种并发问题。

Netty中的线程模型可以参考下图，这个图和前面我们提到的理想的线程模型图非常相似，核心目标都是用一个线程处理多个网络连接。



Netty中的线程模型

Netty中还有一个核心概念是**EventLoopGroup**，顾名思义，一个EventLoopGroup由一组EventLoop组成。实际使用中，一般都会创建两个EventLoopGroup，一个称为bossGroup，一个称为workerGroup。为什么会有两个EventLoopGroup呢？

这个和socket处理网络请求的机制有关，socket处理TCP网络连接请求，是在一个独立的socket中，每当有一个TCP连接成功建立，都会创建一个新的socket，之后对TCP连接的读写都是由新创建处理的socket完成的。也就是说处理TCP连接请求和读写请求是通过两个不同的socket完成的。上面我们在讨论网络请求的时候，为了简化模型，只是讨论了读写请求，而没有讨论连接请求。

在Netty中，bossGroup就用来处理连接请求的，而workerGroup是用来处理读写请求的。bossGroup处理完连接请求后，会将这个连接提交给workerGroup来处理，workerGroup里面有多个EventLoop，那新的连接会交给哪个EventLoop来处理呢？这就需要一个负载均衡算法，Netty中目前使用的是轮询算法。

下面我们用Netty重新实现以下echo程序的服务端，近距离感受一下Netty。

用Netty实现Echo程序服务端

下面的示例代码基于Netty实现了echo程序服务端：首先创建了一个事件处理器（等同于Reactor模式中的事件处理器），然后创建了bossGroup和workerGroup，再之后创建并初始化了ServerBootstrap，代码还是很简单的，不过有两个地方需要注意一下。

第一个，如果NettybossGroup只监听一个端口，那bossGroup只需要1个EventLoop就可以了，多了纯属浪费。

第二个，默认情况下，**Netty**会创建“2*CPU核数”个**EventLoop**，由于网络连接与**EventLoop**有稳定的关系，所以事件处理器在处理网络事件的时候是不能有阻塞操作的，否则很容易导致请求大面积超时。如果实在无法避免使用阻塞操作，那可以通过线程池来异步处理。

```
//事件处理器
final EchoServerHandler serverHandler
    = new EchoServerHandler();
//boss线程组
EventLoopGroup bossGroup
    = new NioEventLoopGroup(1);
//worker线程组
EventLoopGroup workerGroup
    = new NioEventLoopGroup();
try {
    ServerBootstrap b = new ServerBootstrap();
    b.group(bossGroup, workerGroup)
    .channel(NioServerSocketChannel.class)
    .childHandler(new ChannelInitializer<SocketChannel>() {
        @Override
        public void initChannel(SocketChannel ch){
            ch.pipeline().addLast(serverHandler);
        }
    });
//bind服务端端口
ChannelFuture f = b.bind(9090).sync();
f.channel().closeFuture().sync();
} finally {
    //终止工作线程组
    workerGroup.shutdownGracefully();
    //终止boss线程组
    bossGroup.shutdownGracefully();
}

//socket连接处理器
class EchoServerHandler extends
    ChannelInboundHandlerAdapter {
    //处理读事件
```



```
@Override
public void channelRead(
    ChannelHandlerContext ctx, Object msg){
    ctx.write(msg);
}
//处理读完成事件

@Override
public void channelReadComplete(
    ChannelHandlerContext ctx){
    ctx.flush();
}
//处理异常事件

@Override
public void exceptionCaught(
    ChannelHandlerContext ctx, Throwable cause) {
    cause.printStackTrace();
    ctx.close();
}
}
```

总结

Netty是一款优秀的网络编程框架，性能非常好，为了实现高性能的目标，**Netty**做了很多优化，例如优化了**ByteBuffer**、支持零拷贝等等，和并发编程相关的就是它的线程模型了。**Netty**的线程模型设计得很精巧，每个网络连接都关联到了一个线程上，这样做的好处是：对于一个网络连接，读写操作都是单线程执行的，从而避免了并发程序的各种问题。

你要想深入理解**Netty**的线程模型，还需要对网络相关知识有一定的理解，关于**Java IO**的演进过程，你可以参考[Scalable IO in Java](#)，至于**TCP/IP**网络编程的知识你可以参考韩国尹圣雨写的经典教程——《**TCP/IP**网络编程》。

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「👤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



那只羊

👍 5

QQ怪：Netty可以先从《Netty实战》开始，虽然翻译得一般，但是对于它的整体及各个组件你都能了解到；再就是调试源码来了解它了；最后应用到项目中去啦，比如实现一个简单的RPC，一个IM之类的

2019-05-28

作者回复

感谢回复！

2019-05-28



QQ怪

👍 4

老师，学习netty除了学习老师的专栏还有什么从入门到专精的学习路线吗？

2019-05-28

作者回复

热心同学回复了，我再加一点就是把网络编程的基础搞好

2019-05-28



王维

👍 3

分享一下我之前学Netty的学习笔记，主要是源码分析：<https://wangwei.one/tags/Netty/>

2019-05-29



潭州太守

👍 0



老师，Reactor可以理解是Actor模式的一种吗

2019-06-04

作者回复

我没这么想过，思路好像也有相通的地方，不过感觉还不是

2019-06-10



锦

0

问下老师零拷贝是怎么实现的呢？

2019-05-30



张德

0

谢谢老师讲这个reactor模式 我最近要优化的系统主体就是采用这个模式 今天看了一天都云里雾里的 看到这篇文章瞬间有了一种有章可循的感觉

2019-05-29

作者回复

对你有帮助就好

2019-05-29



ban

0

文章说的echo那篇文章应该是
34 | Worker Thread模式：如何避免重复创建线程？
才对。

2019-05-28



张三

0

打卡！了解皮毛是不够的。

2019-05-28



Sunqc

0

我想知道老师后续有发布新的课程吗，喜欢你的课程

2019-05-28

作者回复

感谢信任，写不动了

2019-05-28



周治慧

0

没太明白netty的线程模型，老师说一个socket对应一个Java线程，一个Java线程对应一个event Group，那图中不应该是一个socket对应一个eventgroup吗

2019-05-28



晓杰

0

之前做的充电桩也是用的netty，但是只能单机部署，因为netty用的是长连接，但是在分布式框架中网络连接是随机的，请问老师这种情况怎么解决

2019-05-28

| 作者回复

没太明白你的痛点，你可以在客户端做负载均衡

2019-05-28



苏志辉

netty中eventloop是延迟创建的

2019-05-28

👍 0



GeekAml

netty可以开设另一门课啦

2019-05-28

👍 0