为什么要看源码：

1、**提升技术功底：**学习源码里的优秀设计思想，比如一些疑难问题的解决思路，还有一些优秀的设计模式，整体提升自己的技术功底

2、**深度掌握技术框架：**源码看多了，对于一个新技术或框架的掌握速度会有大幅提升，看下框架demo大致就能知道底层的实现，技术框架更新再快也不怕

3、**快速定位线上问题：**遇到线上问题，特别是框架源码里的问题(比如bug)，能够快速定位，这就是相比其他没看过源码的人的优势

4、**对面试大有裨益：**面试一线互联网公司对于框架技术一般都会问到源码级别的实现

5、**知其然知其所以然：**对技术有追求的人必做之事，使用了一个好的框架，很想知道底层是如何实现的

6、**拥抱开源社区：**参与到开源项目的研发，结识更多大牛，积累更多优质人脉

看源码方法(凭经验去猜)：

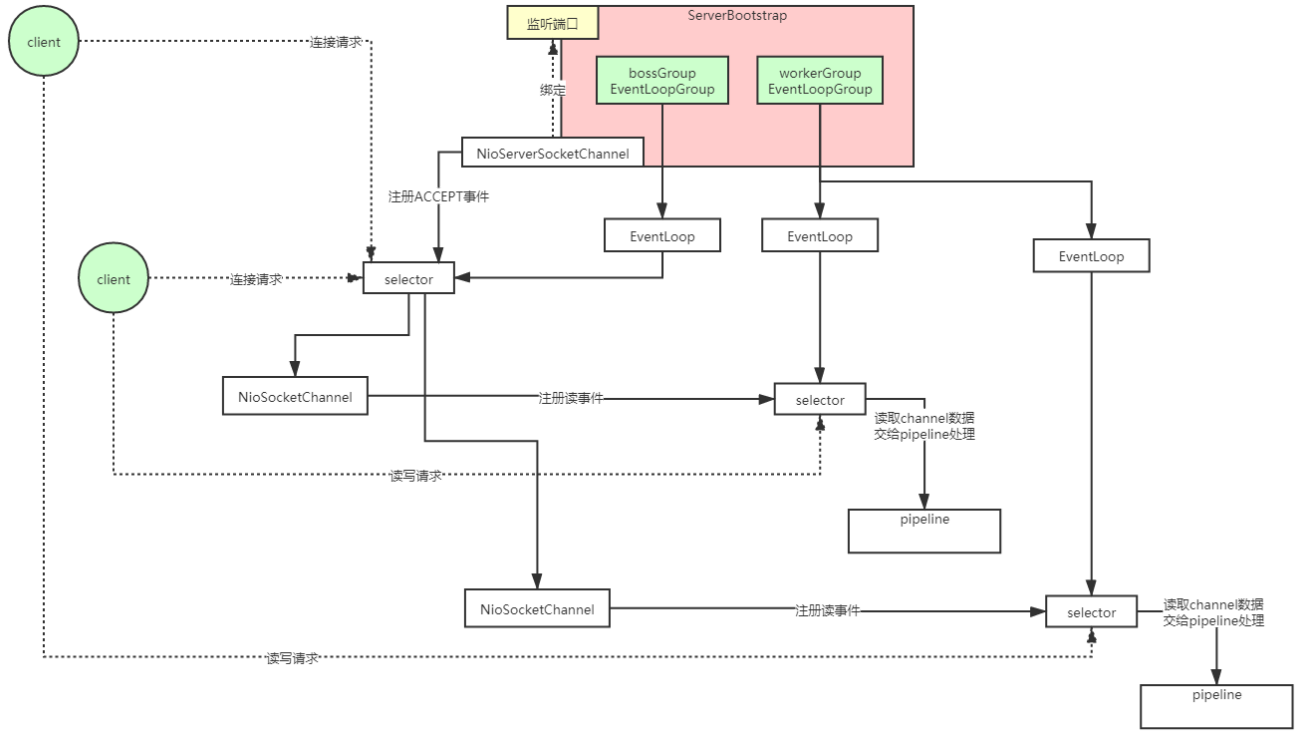
1、**先使用：**先看官方文档快速掌握框架的基本使用

2、**抓主线：**找一个demo入手，顺藤摸瓜快速静态看一遍框架的主线源码(**抓大放小**)，画出源码主流程图，切勿一开始就陷入源码的细枝末节，否则会把自己绕晕

3、**画图做笔记：**总结框架的一些核心功能点，从这些功能点入手深入到源码的细节，**边看源码边画源码走向图**，并对关键源码的理解做笔记，把源码里的闪光点都记录下来，后续借鉴到工作项目中，理解能力强的可以直接看静态源码，也可以边看源码边debug源码执行过程，观察一些关键变量的值

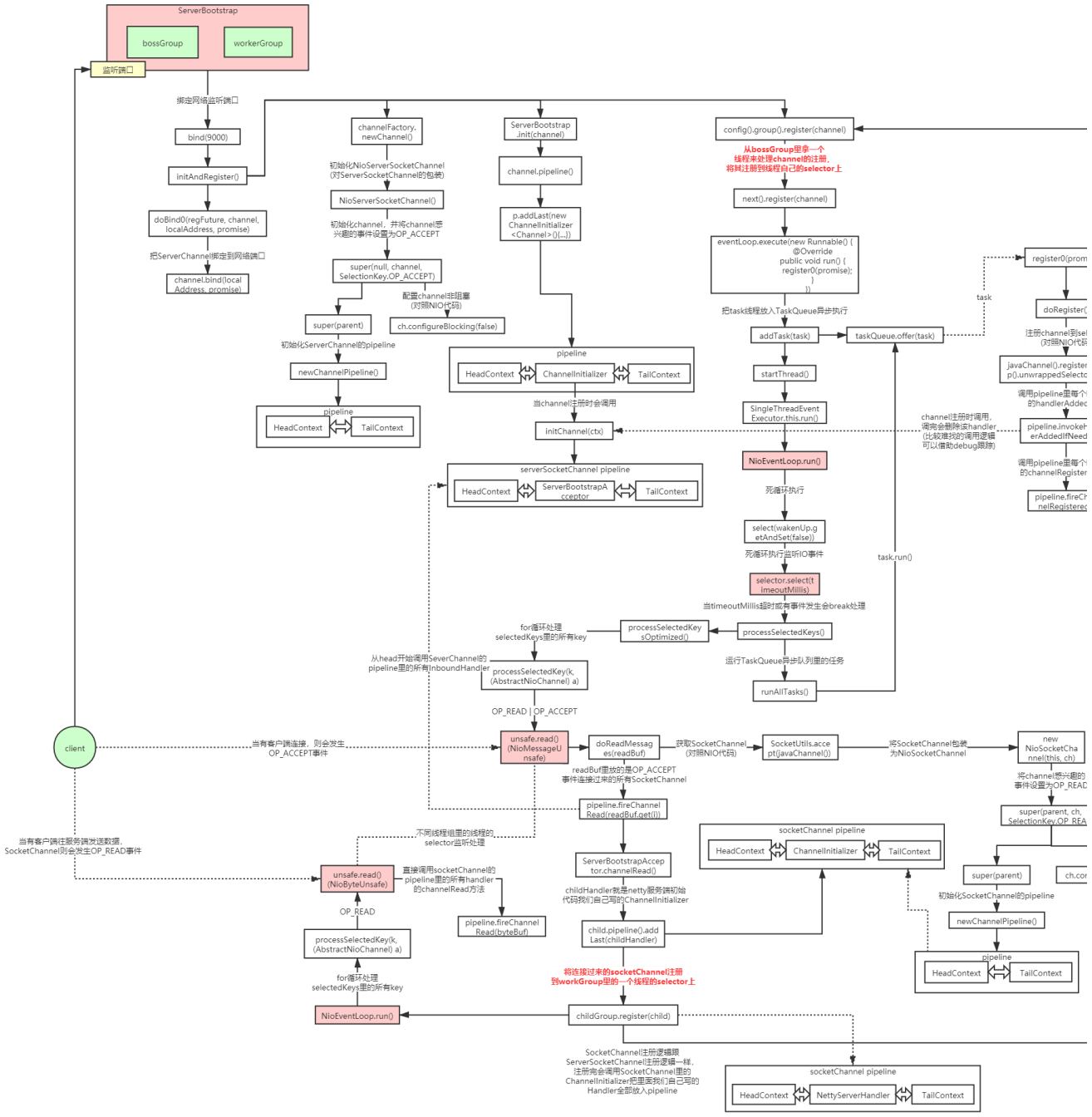
4、**整合总结：**所有功能点的源码都分析完后，回到主流程图再梳理一遍，争取把自己画的所有图都在脑袋里做一个整合

Netty线程模型图



Netty线程模型源码剖析图

图链接：https://www.processon.com/view/link/5dee0943e4b079080a26c2ac



Netty高并发高性能架构设计精髓

- 主从Reactor线程模型
- NIO多路复用非阻塞
- **无锁串行化**设计思想
- 支持高性能序列化协议
- 零拷贝(直接内存的使用)
- ByteBuf内存池设计
- 灵活的TCP参数配置能力
- 并发优化

无锁串行化设计思想

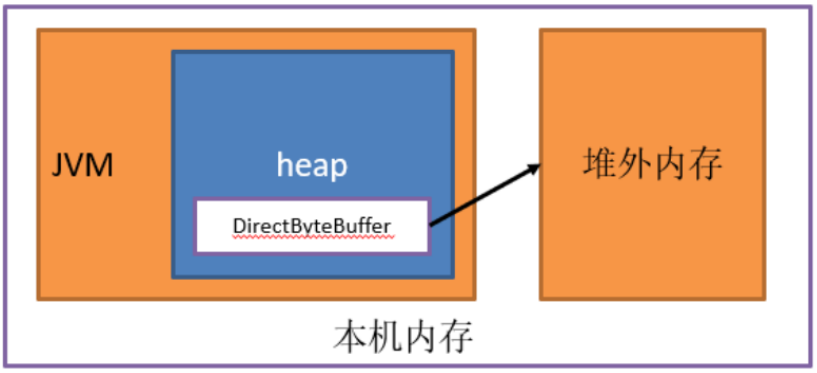
在大多数场景下，并行多线程处理可以提升系统的并发性能。但是，如果对于共享资源的并发访问处理不当，会带来严重的锁竞争，这最终会导致性能的下降。为了尽可能的避免锁竞争带来的性能损耗，可以通过串行化设计，即消息的处理尽可能在同一个线程内完成，期间不进行线程切换，这样就避免了多线程竞争和同步锁。NIO的多路复用就是一种无锁串行化的设计思想(理解下Redis和Netty的线程模型)

为了尽可能提升性能，Netty采用了串行无锁化设计，在IO线程内部进行串行操作，避免多线程竞争导致的性能下降。表面上看，串行化设计似乎CPU利用率不高，并发程度不够。但是，通过调整NIO线程池的线程参数，可以同时启动多个串行化的线程并行运行，这种局部

无锁化的串行线程设计相比一个队列-多个工作线程模型性能更优。
Netty的NioEventLoop读取到消息之后，直接调用ChannelPipeline的fireChannelRead(Object msg)，只要用户不主动切换线程，一直会由NioEventLoop调用到用户的Handler，期间不进行线程切换，这种串行化处理方式避免了多线程操作导致的锁的竞争，从性能角度看是最优的。

直接内存

直接内存（Direct Memory）并不是虚拟机运行时数据区的一部分，也不是Java虚拟机规范中定义的内存区域，某些情况下这部分内存也会被频繁地使用，而且也可能导致OutOfMemoryError异常出现。Java里用DirectByteBuffer可以分配一块直接内存(堆外内存)，元空间对应的内存也叫作直接内存，它们对应的都是机器的物理内存。




```java
/**
 * 直接内存与堆内存的区别
 */
public class DirectMemoryTest {

 public static void heapAccess() {
 long startTime = System.currentTimeMillis();
 //分配堆内存
 ByteBuffer buffer = ByteBuffer.allocate(1000);
 for (int i = 0; i < 100000; i++) {
 for (int j = 0; j < 200; j++) {
 buffer.putInt(j);
 }
 buffer.flip();
 for (int j = 0; j < 200; j++) {
 buffer.getInt();
 }
 buffer.clear();
 }
 long endTime = System.currentTimeMillis();
 System.out.println("堆内存访问:" + (endTime - startTime) + "ms");
 }

 public static void directAccess() {
 long startTime = System.currentTimeMillis();
 //分配直接内存
 ByteBuffer buffer = ByteBuffer.allocateDirect(1000);
 for (int i = 0; i < 100000; i++) {
 for (int j = 0; j < 200; j++) {
 buffer.putInt(j);
 }
 buffer.flip();
 for (int j = 0; j < 200; j++) {
 buffer.getInt();
 }
 buffer.clear();
 }
 long endTime = System.currentTimeMillis();
```

```
 System.out.println("直接内存访问:" + (endTime - startTime) + "ms");
 }

 public static void heapAllocate() {
 long startTime = System.currentTimeMillis();
 for (int i = 0; i < 100000; i++) {
 ByteBuffer.allocate(100);
 }
 long endTime = System.currentTimeMillis();
 System.out.println("堆内存申请:" + (endTime - startTime) + "ms");
 }

 public static void directAllocate() {
 long startTime = System.currentTimeMillis();
 for (int i = 0; i < 100000; i++) {
 ByteBuffer.allocateDirect(100);
 }
 long endTime = System.currentTimeMillis();
 System.out.println("直接内存申请:" + (endTime - startTime) + "ms");
 }

 public static void main(String args[]) {
 for (int i = 0; i < 10; i++) {
 heapAccess();
 directAccess();
 }

 System.out.println();

 for (int i = 0; i < 10; i++) {
 heapAllocate();
 directAllocate();
 }
 }
}

运行结果:
堆内存访问:44ms
直接内存访问:29ms
堆内存访问:33ms
直接内存访问:19ms
堆内存访问:55ms
直接内存访问:38ms
堆内存访问:39ms
直接内存访问:20ms
堆内存访问:38ms
直接内存访问:18ms
堆内存访问:36ms
直接内存访问:19ms
堆内存访问:34ms
直接内存访问:19ms
堆内存访问:40ms
直接内存访问:20ms
堆内存访问:37ms
直接内存访问:24ms
堆内存访问:59ms
直接内存访问:25ms

堆内存申请:11ms
直接内存申请:36ms
堆内存申请:13ms
```

```
直接内存申请:52ms
堆内存申请:62ms
直接内存申请:40ms
堆内存申请:2ms
直接内存申请:37ms
堆内存申请:1ms
直接内存申请:81ms
堆内存申请:2ms
直接内存申请:23ms
堆内存申请:1ms
直接内存申请:31ms
堆内存申请:2ms
直接内存申请:32ms
堆内存申请:7ms
直接内存申请:41ms
堆内存申请:8ms
直接内存申请:142ms
```

从程序运行结果看出直接内存申请较慢，但访问效率高。在java虚拟机实现上，本地IO一般会直接操作直接内存（直接内存=>系统调用=>硬盘/网卡），而非直接内存则需要二次拷贝（堆内存=>直接内存=>系统调用=>硬盘/网卡）。

直接内存分配源码分析：

```
public static ByteBuffer allocateDirect(int capacity) {
 return new DirectByteBuffer(capacity);
}


DirectByteBuffer(int cap) { // package-private
 super(-1, 0, cap, cap);
 boolean pa = VM.isDirectMemoryPageAligned();
 int ps = Bits.pageSize();
 long size = Math.max(1L, (long)cap + (pa ? ps : 0));
 //判断是否有足够的直接内存空间分配，可通过-XX:MaxDirectMemorySize=<size>参数指定直接内存最大可分配空间，如果不指定默认为最大堆内存大小，
 //在分配直接内存时如果发现空间不够会显示调用System.gc()触发一次full gc回收掉一部分无用的直接内存的引用对象，同时直接内存也会被释放掉
 //如果释放完分配空间还是不够会抛出异常java.lang.OutOfMemoryError
 Bits.reserveMemory(size, cap);

 long base = 0;
 try {
 // 调用unsafe本地方法分配直接内存
 base = unsafe.allocateMemory(size);
 } catch (OutOfMemoryError x) {
 // 分配失败，释放内存
 Bits.unreserveMemory(size, cap);
 throw x;
 }
 unsafe.setMemory(base, size, (byte) 0);
 if (pa && (base % ps != 0)) {
 // Round up to page boundary
 address = base + ps - (base & (ps - 1));
 } else {
 address = base;
 }

 // 使用Cleaner机制注册内存回收处理函数，当直接内存引用对象被GC清理掉时，
 // 会提前调用这里注册的释放直接内存的Deallocator线程对象的run方法
 cleaner = Cleaner.create(this, new Deallocator(base, size, cap));
 att = null;
}
```

```
38
39
40 // 申请一块本地内存。内存空间是未初始化的，其内容是无法预期的。
41 // 使用freeMemory释放内存，使用reallocateMemory修改内存大小
42 public native long allocateMemory(long bytes);
43
44 // openjdk8/hotspot/src/share/vm/prims/unsafe.cpp
45 UNSAFE_ENTRY(jlong, Unsafe_AllocateMemory(JNIEnv *env, jobject unsafe, jlong size))
46  UnsafeWrapper("Unsafe_AllocateMemory");
47  size_t sz = (size_t)size;
48  if (sz != (julong)size || size < 0) {
49  THROW_0(vmSymbols::java_lang_IllegalArgumentException());
50  }
51  if (sz == 0) {
52  return 0;
53  }
54  sz = round_to(sz, HeapWordSize);
55  // 调用os::malloc申请内存，内部使用malloc这个C标准库的函数申请内存
56  void* x = os::malloc(sz, mtInternal);
57  if (x == NULL) {
58  THROW_0(vmSymbols::java_lang_OutOfMemoryError());
59  }
60  //Copy::fill_to_words((HeapWord*)x, sz / HeapWordSize);
61  return addr_to_java(x);
62 UNSAFE_END
```

使用直接内存的优缺点：

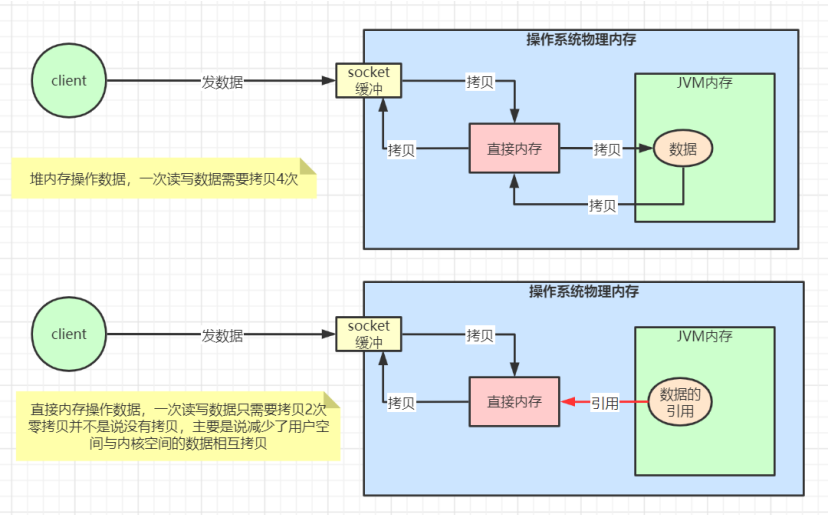
优点：

- 不占用堆内存空间，减少了发生GC的可能
- java虚拟机实现上，本地IO会直接操作直接内存（直接内存=>系统调用=>硬盘/网卡），而非直接内存则需要二次拷贝（堆内存=>直接内存=>系统调用=>硬盘/网卡）

缺点：

- 初始分配较慢
- 没有JVM直接帮助管理内存，容易发生内存溢出。为了避免一直没有FULL GC，最终导致直接内存把物理内存耗完。我们可以指定直接内存的最大值，通过-XX：MaxDirectMemorySize来指定，当达到阈值的时候，调用system.gc来进行一次FULL GC，间接把那些没有被使用的直接内存回收掉。

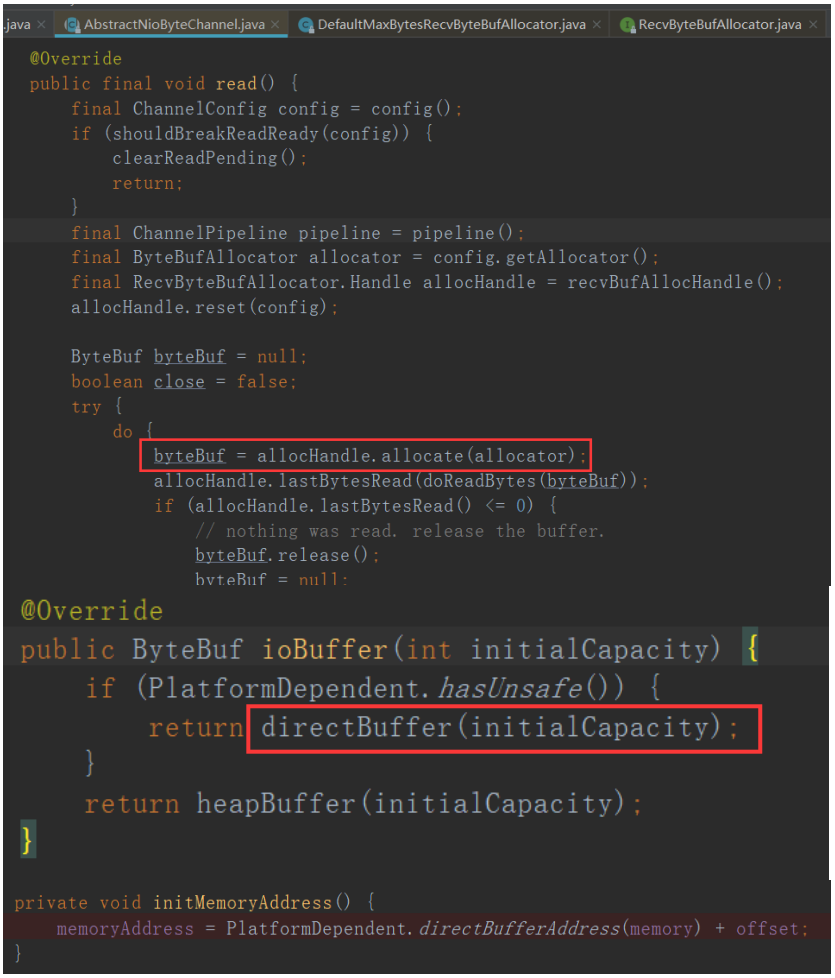
Netty零拷贝



Netty的接收和发送ByteBuf采用DIRECT BUFFERS，使用堆外**直接内存**进行Socket读写，不需要进行字节缓冲区的二次拷贝。

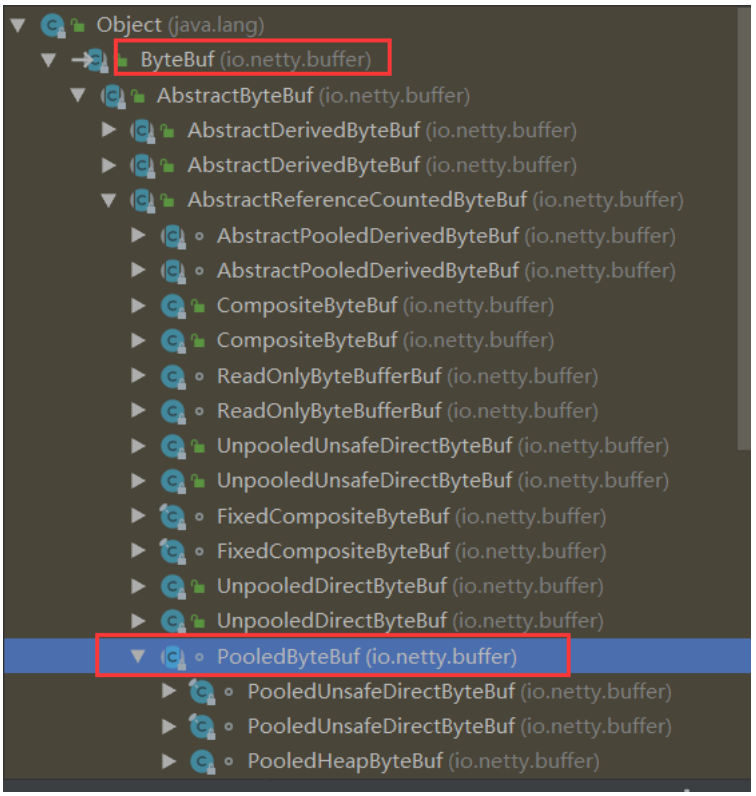
如果使用传统的JVM堆内存（HEAP BUFFERS）进行Socket读写，JVM会将堆内存Buffer拷贝一份到直接内存中，然后才能写入Socket中。JVM堆内存的数据是不能直接写入Socket中的。相比于堆外直接内存，消息在发送过程中多了一次缓冲区的内存拷贝。

可以看下netty的读写源码，比如read源码NioByteUnsafe.read()



ByteBuf内存池设计

随着JVM虚拟机和JIT即时编译技术的发展，对象的分配和回收是个非常轻量级的工作。但是对于缓冲区Buffer(相当于一个内存块)，情况却稍有不同，特别是对于堆外直接内存的分配和回收，是一件耗时的操作。为了尽量重用缓冲区，Netty提供了基于ByteBuf内存池的缓冲区重用机制。需要的时候直接从池子里获取ByteBuf使用即可，使用完毕之后就重新放回到池子里去。下面我们一起看下Netty ByteBuf的实现：



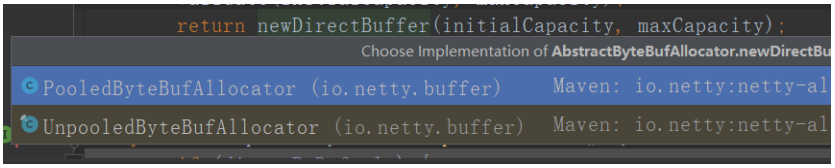
可以看下netty的读写源码里面用到的ByteBuf内存池，比如read源码NioByteUnsafe.read()

```
.java × AbstractNioByteChannel.java × DefaultMaxBytesRecvByteBufAllocator.java × RecvByteBufAllocator.java ×
@Override
public final void read() {
    final ChannelConfig config = config();
    if (shouldBreakReadReady(config)) {
        clearReadPending();
        return;
    }
    final ChannelPipeline pipeline = pipeline();
    final ByteBufAllocator allocator = config.getAllocator();
    final RecvByteBufAllocator.Handle allocHandle = recvBufAllocHandle();
    allocHandle.reset(config);

    ByteBuf byteBuf = null;
    boolean close = false;
    try {
        do {
            byteBuf = allocHandle.allocate(allocator);
            allocHandle.lastBytesRead(doReadBytes(byteBuf));
            if (allocHandle.lastBytesRead() <= 0) {
                // nothing was read. release the buffer.
                byteBuf.release();
                byteBuf = null;
```

```
@Override
public ByteBuf ioBuffer(int initialCapacity) {
    if (PlatformDependent.hasUnsafe()) {
        return directBuffer(initialCapacity);
    }
    return heapBuffer(initialCapacity);
}
```

```
@Override
public ByteBuf directBuffer(int initialCapacity, int maxCapacity) {
    if (initialCapacity == 0 && maxCapacity == 0) {
        return emptyBuf;
    }
    validate(initialCapacity, maxCapacity);
    return newDirectBuffer(initialCapacity, maxCapacity);
}
```

继续看newDirectBuffer方法，我们发现它是一个抽象方法，由AbstractByteBufAllocator的子类负责具体实现，代码如下：



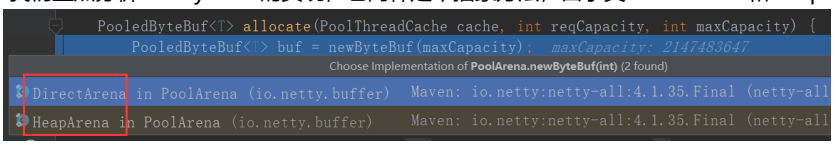
代码跳转到PooledByteBufAllocator的newDirectBuffer方法，从Cache中获取内存区域PoolArena，调用它的allocate方法进行内存分配：

```
@Override
protected ByteBuf newDirectBuffer(int initialCapacity, int maxCapacity) {
    PoolThreadCache cache = threadCache.get();
    PoolArena<ByteBuffer> directArena = cache.directArena;

    final ByteBuf buf;
    if (directArena != null) {
        buf = directArena.allocate(cache, initialCapacity, maxCapacity);
    } else {
        buf = PlatformDependent.hasUnsafe() ?
                UnsafeByteBufUtil.newUnsafeDirectByteBuf(this, initialCapacity, maxCapacity) :
                new UnpooledDirectByteBuf(this, initialCapacity, maxCapacity);
    }

    return toLeakAwareBuffer(buf);
}
```

PoolArena的allocate方法如下：

```
PooledByteBuf<T> allocate(PoolThreadCache cache, int reqCapacity, int maxCapacity) {
    PooledByteBuf<T> buf = newByteBuf(maxCapacity);
    allocate(cache, buf, reqCapacity);
    return buf;
}
```

我们重点分析newByteBuf的实现，它同样是个抽象方法，由子类DirectArena和HeapArena来实现不同类型的缓冲区分配



我们这里使用的是直接内存，因此重点分析DirectArena的实现

```
@Override
protected PooledByteBuf<ByteBuffer> newByteBuf(int maxCapacity) {
    if (HAS_UNSAFE) {
        return PooledUnsafeDirectByteBuf.newInstance(maxCapacity);
    } else {
        return PooledDirectByteBuf.newInstance(maxCapacity);
    }
}
```

最终执行了PooledUnsafeDirectByteBuf的newInstance方法，代码如下：

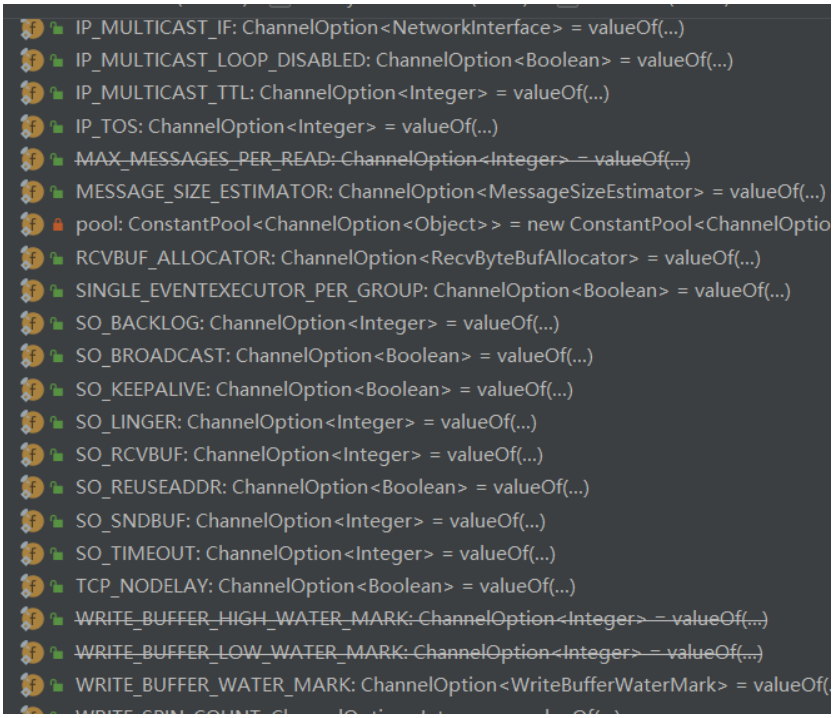
```
static PooledUnsafeDirectByteBuf newInstance(int maxCapacity) {
    PooledUnsafeDirectByteBuf buf = RECYCLER.get();
    buf.reuse(maxCapacity);
    return buf;
}
```

通过RECYCLER的get方法循环使用ByteBuf对象，如果是非内存池实现，则直接创建一个新的ByteBuf对象。

灵活的TCP参数配置能力

合理设置TCP参数在某些场景下对于性能的提升可以起到显著的效果，例如接收缓冲区SO_RCVBUF和发送缓冲区SO_SNDBUF。如果设置不当，对性能的影响是非常大的。通常建议值为128K或者256K。

Netty在启动辅助类ChannelOption中可以灵活的配置TCP参数，满足不同的用户场景。

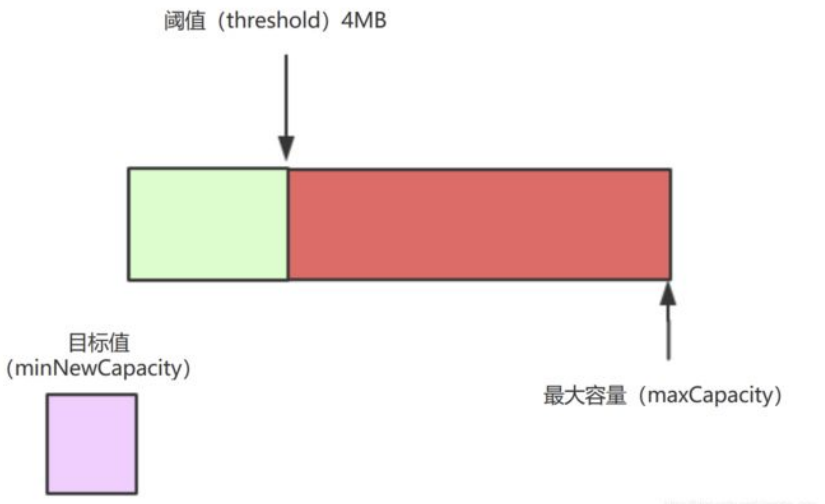


并发优化

- volatile的大量、正确使用;
- CAS和原子类的广泛使用;
- 线程安全容器的使用;
- 通过读写锁提升并发性能。

ByteBuf扩容机制

如果我们需要了解ByteBuf的扩容,我们需要先了解ByteBuf中定义的几个成员变量，再从源码的角度来分析扩容。

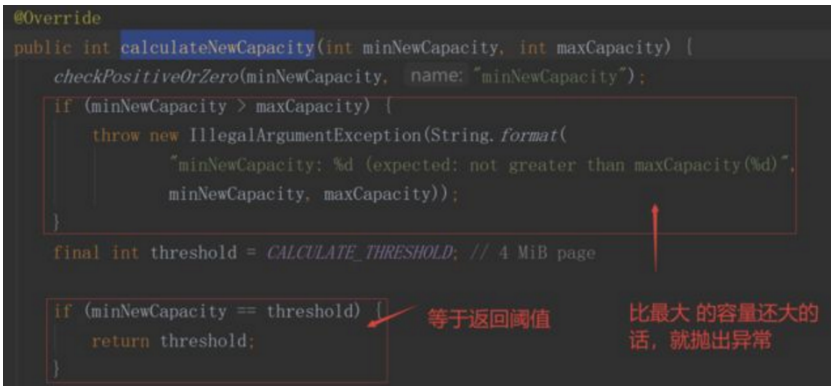


- minNewCapacity：表用户需要写入的值大小
- threshold：阈值，为Bytebuf内部设定容量的最大值
- maxCapacity：Netty最大能接受的容量大小，一般为int的最大值

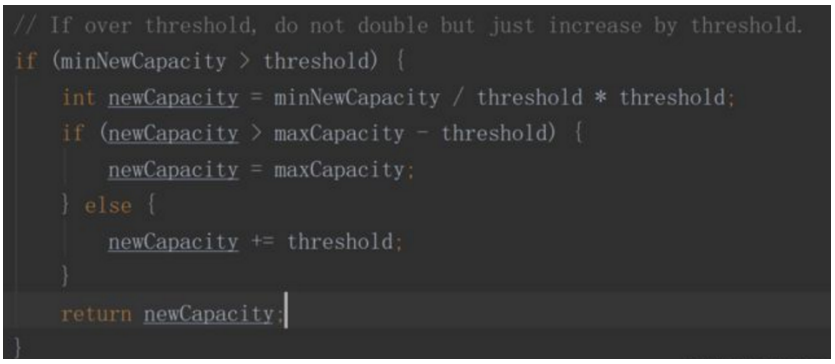
`ByteBuf`核心扩容方法

进入ByteBuf源码中，深入分析其扩容方法： idea源码进入：ByteBuf.writeByte()->AbstractByteBuf->calculateNewCapacity

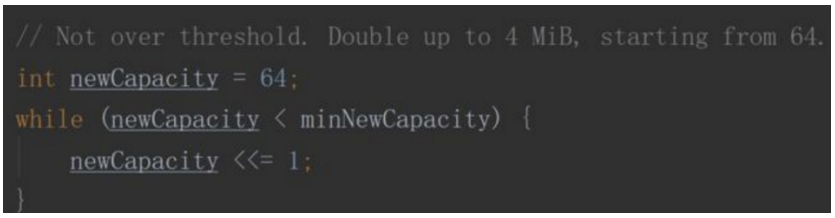
1. 判断目标值与阈值threshold（4MB）的大小关系，等于直接返回阈值



2. 采用步进4MB的方式完成扩容



3. 采用64为基数，做倍增的方式完成扩容



总结：Netty的ByteBuf需要动态扩容来满足需要，扩容过程： 默认门限阈值为4MB(这个阈值是一个经验值，不同场景，可能取值不同)，当需要的容量等于门限阈值，使用阈值作为新的缓存区容量 目标容量，如果大于阈值，采用每次步进4MB的方式进行内存扩张（(需要扩容值/4MB)*4MB），扩张后需要和最大内存（maxCapacity）进行比较，大于maxCapacity的话就用maxCapacity,否则使用扩容值 目标容量，如果小于阈值，采用倍增的方式，以64（字节）作为基本数值，每次翻倍增长64 -->128 --> 256，直到倍增后的结果大于或等于需要的容量值。

补充：handler的生命周期回调接口调用顺序

```
1
2  /**
3   * 在channel的pipeline里如下handler：ch.pipeline().addLast(new LifeCycleInBoundHandler());
4   * handler的生命周期回调接口调用顺序：
5   * handlerAdded -> channelRegistered -> channelActive -> channelRead -> channelReadComplete
6   * -> channelInactive -> channelUnRegistered -> handlerRemoved
7   *
8   * handlerAdded：新建立的连接会按照初始化策略，把handler添加到该channel的pipeline里面，也就是channel.pipeline.addLast(new LifeCycleInBoundHandler)执行完成后的回调；
9   * channelRegistered：当该连接分配到具体的worker线程后，该回调会被调用。
10  * channelActive：channel的准备工作已经完成，所有的pipeline添加完成，并分配到具体的线上上，说明该channel准备就绪，可以使用了。
11  * channelRead：客户端向服务端发来数据，每次都会回调此方法，表示有数据可读；
12  * channelReadComplete：服务端每次读完一次完整的数据之后，回调该方法，表示数据读取完毕；
13  * channelInactive：当连接断开时，该回调会被调用，说明这时候底层的TCP连接已经被断开了。
14  * channelUnRegistered：对应channelRegistered，当连接关闭后，释放绑定的workder线程；
15  * handlerRemoved：  对应handlerAdded，将handler从该channel的pipeline移除后的回调方法。
16  */
17 public class LifeCycleInBoundHandler extends ChannelInboundHandlerAdapter {
18  @Override
19  public void channelRegistered(ChannelHandlerContext ctx)
```

```
    throws Exception {
    System.out.println("channelRegistered: channel注册到NioEventLoop");
    super.channelRegistered(ctx);
    }

    @Override
    public void channelUnregistered(ChannelHandlerContext ctx)
    throws Exception {
    System.out.println("channelUnregistered: channel取消和NioEventLoop的绑定");
    super.channelUnregistered(ctx);
    }

    @Override
    public void channelActive(ChannelHandlerContext ctx)
    throws Exception {
    System.out.println("channelActive: channel准备就绪");
    super.channelActive(ctx);
    }

    @Override
    public void channelInactive(ChannelHandlerContext ctx)
    throws Exception {
    System.out.println("channelInactive: channel被关闭");
    super.channelInactive(ctx);
    }

    @Override
    public void channelRead(ChannelHandlerContext ctx, Object msg)
    throws Exception {
    System.out.println("channelRead: channel中有可读的数据" );
    super.channelRead(ctx, msg);
    }

    @Override
    public void channelReadComplete(ChannelHandlerContext ctx)
    throws Exception {
    System.out.println("channelReadComplete: channel读数据完成");
    super.channelReadComplete(ctx);
    }

    @Override
    public void handlerAdded(ChannelHandlerContext ctx)
    throws Exception {
    System.out.println("handlerAdded: handler被添加到channel的pipeline");
    super.handlerAdded(ctx);
    }

    @Override
    public void handlerRemoved(ChannelHandlerContext ctx)
    throws Exception {
    System.out.println("handlerRemoved: handler从channel的pipeline中移除");
    super.handlerRemoved(ctx);
    }
}
```

```
文档：04-Netty核心源码剖析.note
链接：http://note.youdao.com/noteshare?id=ab45dc97644411c44fbd27ee95d8244e&sub=AD6E37D6A0A242E2B43BAAA8952102CA
```