IO模型精讲

IO模型就是说用什么样的通道进行数据的发送和接收，Java共支持3种网络编程IO模式：**BIO，NIO，AIO**

BIO(Blocking IO)

同步阻塞模型，一个客户端连接对应一个处理线程

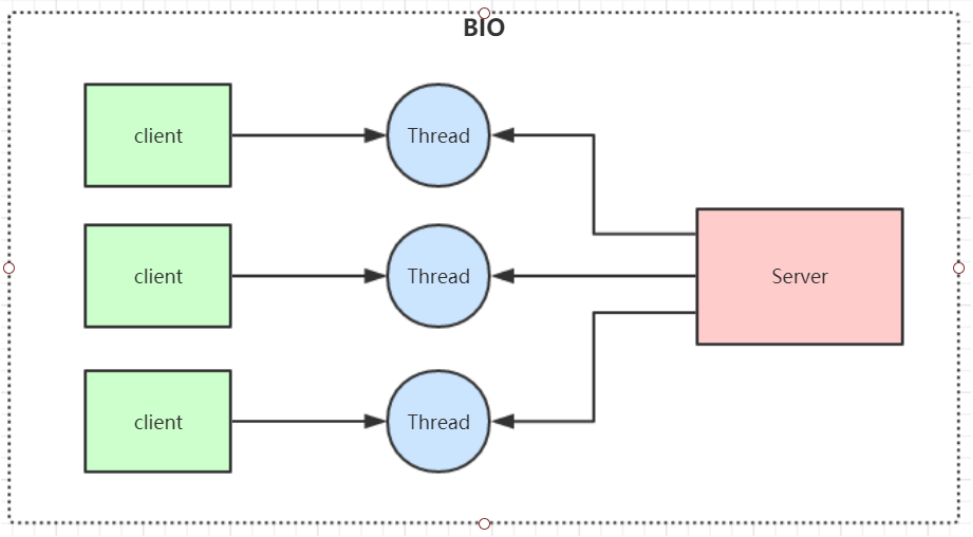
缺点：

1、IO代码里read操作是阻塞操作，如果连接不做数据读写操作会导致线程阻塞，浪费资源

2、如果线程很多，会导致服务器线程太多，压力太大。

应用场景：

BIO 方式适用于连接数目比较小且固定的架构， 这种方式对服务器资源要求比较高， 但程序简单易理解。



BIO代码示例：

```
//服务端示例
public class SocketServer {
 public static void main(String[] args) throws IOException {
 ServerSocket serverSocket = new ServerSocket(9000);
 while (true) {
 System.out.println("等待连接。。");
 Socket socket = serverSocket.accept(); //阻塞方法
 System.out.println("有客户端连接了。。");
 new Thread(new Runnable() {
 @Override
 public void run() {
 try {
 handler(socket);
 } catch (IOException e) {
 e.printStackTrace();
 }
 }
 }).start();
 }
 }

 private static void handler(Socket socket) throws IOException {
 System.out.println("thread id = " + Thread.currentThread().getId());
 byte[] bytes = new byte[1024];

 System.out.println("准备read。。");
 //接收客户端的数据，阻塞方法，没有数据可读时就阻塞
 int read = socket.getInputStream().read(bytes);
 System.out.println("read完毕。。");
 if (read != -1) {
 System.out.println("接收到客户端的数据：" + new String(bytes, 0, read));
```

```
32   System.out.println("thread id = " + Thread.currentThread().getId());
33
34   }
35   socket.getOutputStream().write("HelloClient".getBytes());
36   socket.getOutputStream().flush();
37   }
38 }
39
```

```
1  //客户端代码
2  public class SocketClient {
3   public static void main(String[] args) throws IOException {
4   Socket socket = new Socket("localhost", 9000);
5   //向服务端发送数据
6   socket.getOutputStream().write("HelloServer".getBytes());
7   socket.getOutputStream().flush();
8   System.out.println("向服务端发送数据结束");
9   byte[] bytes = new byte[1024];
10   //接收服务端回传的数据
11   socket.getInputStream().read(bytes);
12   System.out.println("接收到服务端的数据: " + new String(bytes));
13   socket.close();
14   }
15 }
```

NIO(Non Blocking IO)

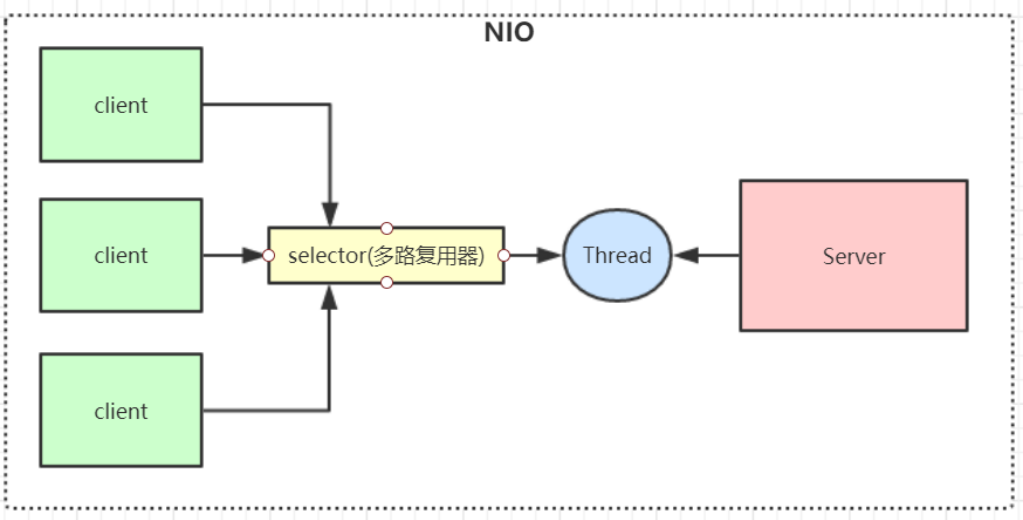
同步非阻塞，服务器实现模式为一个线程可以处理多个请求(连接)，客户端发送的连接请求都会注册到多路复用器selector上，多路复用器轮询到连接有IO请求就进行处理。

I/O多路复用底层一般用的Linux API（select，poll，epoll）来实现，他们的区别如下表：

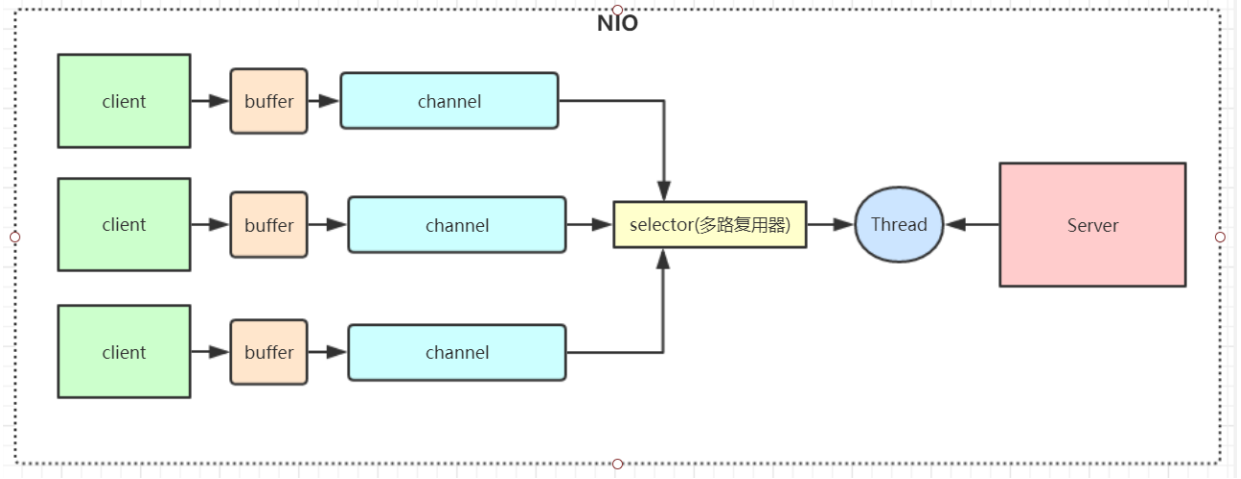
	select	poll	epoll(jdk 1.5及以上)
操作方式	遍历	遍历	回调
底层实现	数组	链表	哈希表
IO效率	每次调用都进行线性遍历，时间复杂度为O(n)	每次调用都进行线性遍历，时间复杂度为O(n)	事件通知方式，每当有IO事件就绪，系统注册的回调函数就会被调用，时间复杂度O(1)
最大连接	有上限	无上限	无上限

应用场景：

NIO方式适用于连接数目多且连接比较短（轻操作） 的架构， 比如聊天服务器， 弹幕系统， 服务器间通讯，编程比较复杂， JDK1.4 开始支持



NIO 有三大核心组件： **Channel(通道)， Buffer(缓冲区)，Selector(选择器)**



1、channel 类似于流，每个 channel 对应一个 buffer缓冲区，buffer 底层就是个数组

2、channel 会注册到 selector 上，由 selector 根据 channel 读写事件的发生将其交由某个空闲的线程处理

3、selector 可以对应一个或多个线程

4、NIO 的 Buffer 和 channel 都是既可以读也可以写

NIO代码示例：

```
//服务端代码
public class NIOServer {
 public static void main(String[] args) throws IOException {
 // 创建一个在本地端口进行监听的服务Socket通道.并设置为非阻塞方式
 ServerSocketChannel ssc = ServerSocketChannel.open();
 //必须配置为非阻塞才能往selector上注册，否则会报错，selector模式本身就是非阻塞模式
 ssc.configureBlocking(false);
 ssc.socket().bind(new InetSocketAddress(9000));

 // 创建一个选择器并将serverSocketChannel注册到它上面
 Selector selector = Selector.open();
 // 把channel注册到selector上，并且selector对客户端accept连接操作感兴趣
 ssc.register(selector, SelectionKey.OP_ACCEPT);

 while (true) {
 System.out.println("等待事件发生。。");
 // 轮询监听key，select是阻塞的，accept()也是阻塞的
 selector.select();
 System.out.println("有事件发生了。。");
 // 有客户端请求，被轮询监听到
 Iterator<SelectionKey> it = selector.selectedKeys().iterator();
 while (it.hasNext()) {
 SelectionKey key = it.next();
 //删除本次已处理的key，防止下次select重复处理
 it.remove();
 handle(key);
 }
 }

 }

 private static void handle(SelectionKey key) throws IOException {
 if (key.isAcceptable()) {
 System.out.println("有客户端连接事件发生了。。");
 ServerSocketChannel ssc = (ServerSocketChannel) key.channel();
 //此处accept方法是阻塞的，但是这里因为是发生了连接事件，所以这个方法会马上执行完
 SocketChannel sc = ssc.accept();
 sc.configureBlocking(false);
```

```
39  //通过Selector监听Channel时对读事件感兴趣
40  sc.register(key.selector(), SelectionKey.OP_READ);
41  } else if (key.isReadable()) {
42  System.out.println("有客户端数据可读事件发生了。。");
43  SocketChannel sc = (SocketChannel) key.channel();
44  ByteBuffer buffer = ByteBuffer.allocate(1024);
45  buffer.clear();
46
47  int len = sc.read(buffer);
48  if (len != -1) {
49  System.out.println("读取到客户端发送的数据: " + new String(buffer.array(), 0, len));
50  }
51  ByteBuffer bufferToWrite = ByteBuffer.wrap("HelloClient".getBytes());
52  sc.write(bufferToWrite);
53  key.interestOps(SelectionKey.OP_READ | SelectionKey.OP_WRITE);
54  sc.close();
55  }
56  }
57 }
```

NIO服务端程序详细分析：

1、创建一个 ServerSocketChannel 和 Selector ，并将 ServerSocketChannel 注册到 Selector 上

2、 selector 通过 select() 方法监听 channel 事件，当客户端连接时，selector 监听到连接事件， 获取到 ServerSocketChannel 注册时绑定的 selectionKey

3、selectionKey 通过 channel() 方法可以获取绑定的 ServerSocketChannel

4、ServerSocketChannel 通过 accept() 方法得到 SocketChannel

5、将 SocketChannel 注册到 Selector 上，关心 read 事件

6、注册后返回一个 SelectionKey, 会和该 SocketChannel 关联

7、selector 继续通过 select() 方法监听事件，当客户端发送数据给服务端，selector 监听到read事件，获取到 SocketChannel 注册时绑定的 selectionKey

8、selectionKey 通过 channel() 方法可以获取绑定的 socketChannel

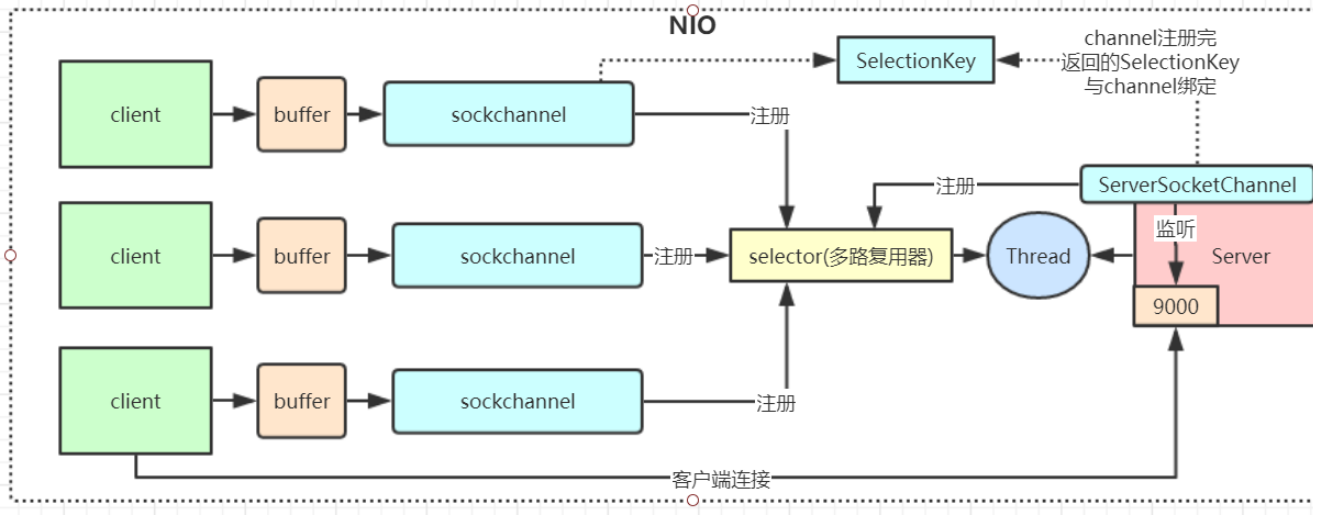
9、将 socketChannel 里的数据读取出来

10、用 socketChannel 将服务端数据写回客户端

总结：NIO模型的selector 就像一个大总管，负责监听各种IO事件，然后转交给后端线程去处理

NIO相对于BIO非阻塞的体现就在，BIO的后端线程需要阻塞等待客户端写数据(比如read方法)，如果客户端不写数据线程就要阻塞，NIO把等待客户端操作的事情交给了大总管 selector，selector 负责轮询所有已注册的客户端，发现有事件发生了才转交给后端线程处理，后端线程不需要做任何阻塞等待，直接处理客户端事件的数据即可，处理完马上结束，或返回线程池供其他客户端事件继续使用。还有就是 channel 的读写是非阻塞的。

Redis就是典型的NIO线程模型，selector收集所有连接的事件并且转交给后端线程，线程连续执行所有事件命令并将结果写回客户端




```
1  //客户端代码
2  public class NioClient {
3   //通道管理器
```

```
4  private Selector selector;
5
6  /**
7  * 启动客户端测试
8  *
9  * @throws IOException
10 */
11 public static void main(String[] args) throws IOException {
12 NioClient client = new NioClient();
13 client.initClient("127.0.0.1", 9000);
14 client.connect();
15 }
16
17 /**
18 * 获得一个Socket通道，并对该通道做一些初始化的工作
19 *
20 * @param ip 连接的服务器的ip
21 * @param port 连接的服务器的端口号
22 * @throws IOException
23 */
24 public void initClient(String ip, int port) throws IOException {
25 // 获得一个Socket通道
26 SocketChannel channel = SocketChannel.open();
27 // 设置通道为非阻塞
28 channel.configureBlocking(false);
29 // 获得一个通道管理器
30 this.selector = Selector.open();
31
32 // 客户端连接服务器,其实方法执行并没有实现连接，需要在listen（）方法中调
33 //用channel.finishConnect();才能完成连接
34 channel.connect(new InetSocketAddress(ip, port));
35 //将通道管理器和该通道绑定，并为该通道注册SelectionKey.OP_CONNECT事件。
36 channel.register(selector, SelectionKey.OP_CONNECT);
37 }
38
39 /**
40 * 采用轮询的方式监听selector上是否有需要处理的事件，如果有，则进行处理
41 *
42 * @throws IOException
43 */
44 public void connect() throws IOException {
45 // 轮询访问selector
46 while (true) {
47 // 选择一组可以进行I/O操作的事件，放在selector中,客户端的该方法不会阻塞，
48 //这里和服务端的方法不一样，查看api注释可以知道，当至少一个通道被选中时，
49 //selector的wakeup方法被调用，方法返回，而对于客户端来说，通道一直是被选中的
50 selector.select();
51 // 获得selector中选中的项的迭代器
52 Iterator<SelectionKey> it = this.selector.selectedKeys().iterator();
53 while (it.hasNext()) {
54 SelectionKey key = (SelectionKey) it.next();
55 // 删除已选的key,以防重复处理
56 it.remove();
57 // 连接事件发生
58 if (key.isConnectable()) {
59 SocketChannel channel = (SocketChannel) key.channel();
60 // 如果正在连接，则完成连接
61 if (channel.isConnectionPending()) {
62 channel.finishConnect();
63 }
```

```
// 设置成非阻塞
channel.configureBlocking(false);
//在这里可以给服务端发送信息哦
ByteBuffer buffer = ByteBuffer.wrap("HelloServer".getBytes());
channel.write(buffer);
//在和服务端连接成功之后，为了可以接收到服务端的信息，需要给通道设置读的权限。
channel.register(this.selector, SelectionKey.OP_READ); // 获得了可读的事件
} else if (key.isReadable()) {
read(key);
}
}
}
}

/**
* 处理读取服务端发来的信息 的事件
*
* @param key
* @throws IOException
*/
public void read(SelectionKey key) throws IOException {
//和服务端的read方法一样
// 服务器可读取消息:得到事件发生的Socket通道
SocketChannel channel = (SocketChannel) key.channel();
// 创建读取的缓冲区
ByteBuffer buffer = ByteBuffer.allocate(512);
int len = channel.read(buffer);
if (len != -1) {
System.out.println("客户端收到信息: " + new String(buffer.array(), 0, len));
}
}
}
```

AIO(NIO 2.0)

异步非阻塞， 由操作系统完成后回调通知服务端程序启动线程去处理， 一般适用于连接数较多且连接时间较长的应用

应用场景:

AIO方式适用于连接数目多且连接比较长（重操作） 的架构，JDK7 开始支持

AIO代码示例:

```
//服务端代码
public class AIOServer {
 public static void main(String[] args) throws Exception {
 final AsynchronousServerSocketChannel serverChannel =
 AsynchronousServerSocketChannel.open().bind(new InetSocketAddress(9000));

 serverChannel.accept(null, new CompletionHandler<AsynchronousSocketChannel, Object>() {
 @Override
 public void completed(AsynchronousSocketChannel socketChannel, Object attachment) {
 try {
 // 再此接收客户端连接，如果不写这行代码后面的客户端连接连不上服务端
 serverChannel.accept(attachment, this);
 System.out.println(socketChannel.getRemoteAddress());
 ByteBuffer buffer = ByteBuffer.allocate(1024);
 socketChannel.read(buffer, buffer, new CompletionHandler<Integer, ByteBuffer>() {
 @Override
 public void completed(Integer result, ByteBuffer buffer) {
 buffer.flip();
 System.out.println(new String(buffer.array(), 0, result));
 socketChannel.write(ByteBuffer.wrap("HelloClient".getBytes()));
 }
```

```
22
23  @Override
24  public void failed(Throwable exc, ByteBuffer buffer) {
25  exc.printStackTrace();
26  }
27  });
28  } catch (IOException e) {
29  e.printStackTrace();
30  }
31  }
32
33  @Override
34  public void failed(Throwable exc, Object attachment) {
35  exc.printStackTrace();
36  }
37  });
38
39  Thread.sleep(Integer.MAX_VALUE);
40  }
41 }
```

```
1  //客户端代码
2  public class AIOClient {
3
4   public static void main(String... args) throws Exception {
5   AsynchronousSocketChannel socketChannel = AsynchronousSocketChannel.open();
6   socketChannel.connect(new InetSocketAddress("127.0.0.1", 9000)).get();
7   socketChannel.write(ByteBuffer.wrap("HelloServer".getBytes()));
8   ByteBuffer buffer = ByteBuffer.allocate(512);
9   Integer len = socketChannel.read(buffer).get();
10   if (len != -1) {
11   System.out.println("客户端收到信息: " + new String(buffer.array(), 0, len));
12   }
13   }
14  }
```

BIO、 NIO、 AIO 对比:

	BIO	NIO	AIO
IO 模型	同步阻塞	同步非阻塞（多路复用）	异步非阻塞
编程难度	简单	复杂	复杂
可靠性	差	好	好
吞吐量	低	高	高

同步异步与阻塞非阻塞(段子)

老张爱喝茶，废话不说，煮开水。

出场人物：老张，水壶两把（普通水壶，简称水壶；会响的水壶，简称响水壶）。

1 老张把水壶放到火上，立等水开。 **（同步阻塞）**

老张觉得自己有点傻

2 老张把水壶放到火上，去客厅看电视，时不时去厨房看看水开没有。 **（同步非阻塞）**

老张还是觉得自己有点傻，于是变高端了，买了把会响笛的那种水壶。水开之后，能大声发出嘀~~~~的噪音。

3 老张把响水壶放到火上，立等水开。 **（异步阻塞）**

老张觉得这样傻等意义不大

4 老张把响水壶放到火上，去客厅看电视，水壶响之前不再去看它了，响了再去拿壶。 **（异步非阻塞）**

老张觉得自己聪明了。

所谓同步异步，只是对于水壶而言。
普通水壶，同步；响水壶，异步。
虽然都能干活，但响水壶可以在自己完工之后，提示老张水开了。这是普通水壶所不能及的。
同步只能让调用者去轮询自己（情况2中），造成老张效率的低下。
所谓阻塞非阻塞，仅仅对于老张而言。
立等的老张，阻塞；看电视的老张，非阻塞。

有道云链接：文档：01-VIP-BIO，NIO，AIO精讲.note
链接：http://note.youdao.com/noteshare?id=916f44987d1fe0e35ec935bf5391d762&sub=4A9134F6DB4F424EB5F1CC2AF939B11B