

云南大学数学与统计学院

《计算机网络实验》上机实践报告

课程名称：计算机网络实验	年级：2015 级	上机实践成绩：
指导教师：陆正福	姓名：刘鹏	专业：信息与计算科学
上机实践名称：计算机网络平台预备实验	学号：20151910042	上机实践日期：2018-08-27
上机实践编号：No.01	组号：	

一、 实验目的

1. 熟悉本学期计算机网络编程实验的平台，为计算机网络实验课程的后继实验奠定基础；
2. 熟悉教材第一章的基本概念。

二、 实验内容

1. 查阅本机 IP 地址（CLI 运行 ipconfig）
2. 测试连通性（CLI 运行 ping 127.0.0.1）
3. 查阅网络文档，建立主要网络服务（telnet, ftp, ssh 等）
4. 查阅网络文档，找到与 Java 网络编程有关的类库包（net, io, nio 等），做简单分析。
5. 查阅网络文档，安装配置虚拟机平台，形成宿主机与虚拟机之间的联机调试网络程序的环境。
6. 两人或者三人成组，形成两台或多台物理机之间的联机调试网络程序的环境。

三、 实验平台

Windows 10 Pro 1803;
Cygwin GCC 编译器。

四、 算法设计

五、 程序代码

1.1 查阅本机 IP 地址

由于计算机网络主要在 UNIX 环境下完成了初期开发，所以为了模拟一个 UNIX 环境，这里采用 Cygwin 进行实验。

1.1.1.1 Shell 命令与输出

```
Newton@Newton-PC-3 ~
$ ipconfig.exe

Windows IP 配置

以太网适配器 SSTAP 1:

    媒体状态 . . . . . : 媒体已断开连接
    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :

以太网适配器 以太网 3:

    媒体状态 . . . . . : 媒体已断开连接
    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :

无线局域网适配器 本地连接* 10:

    媒体状态 . . . . . : 媒体已断开连接
    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :

无线局域网适配器 本地连接* 2:

    媒体状态 . . . . . : 媒体已断开连接
    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :

以太网适配器 以太网 2:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
    本地链接 IPv6 地址. . . . . : fe80::bd6c:4f20:6b4f:54cf%24
    自动配置 IPv4 地址 . . . . . : 169.254.84.207
    子网掩码 . . . . . : 255.255.0.0
    默认网关. . . . . :

以太网适配器 VMware Network Adapter VMnet1:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
    本地链接 IPv6 地址. . . . . : fe80::59b0:6d2a:6756:c974%19
    IPv4 地址 . . . . . : 192.168.146.1
    子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
    默认网关. . . . . :

以太网适配器 VMware Network Adapter VMnet8:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
    本地链接 IPv6 地址. . . . . : fe80::d8f7:d1da:f50c:41e9%14
    IPv4 地址 . . . . . : 192.168.153.1
    子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
    默认网关. . . . . :

无线局域网适配器 WLAN:

    媒体状态 . . . . . : 媒体已断开连接
    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :

以太网适配器 蓝牙网络连接:

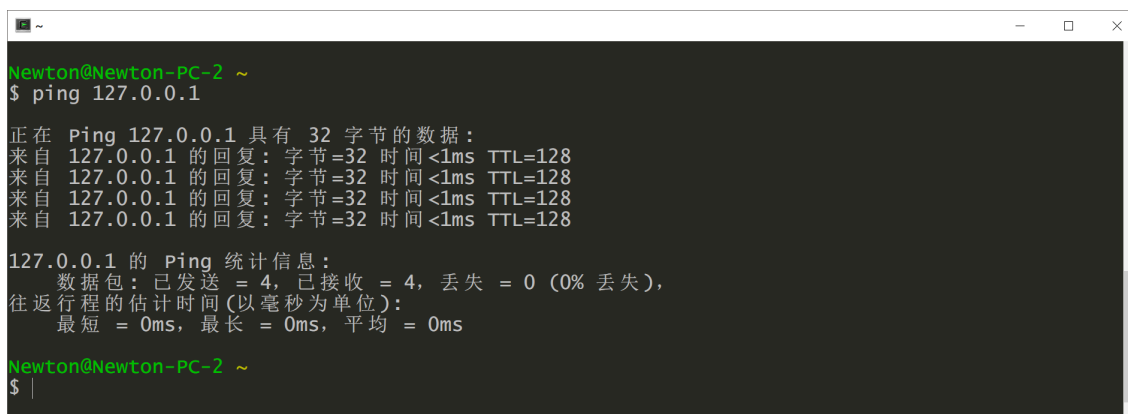
    媒体状态 . . . . . : 媒体已断开连接
    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :

以太网适配器 以太网:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
    本地链接 IPv6 地址. . . . . : fe80::791d:aebf:294:c0f4%20
    IPv4 地址 . . . . . : 192.168.1.75
    子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
    默认网关. . . . . : 192.168.1.1

Newton@Newton-PC-3 ~
$ |
```

1.2 测试连通性



```

Newton@Newton-PC-2 ~
$ ping 127.0.0.1

正在 Ping 127.0.0.1 具有 32 字节的数据:
来自 127.0.0.1 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 127.0.0.1 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 127.0.0.1 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128
来自 127.0.0.1 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=128

127.0.0.1 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 0ms, 最长 = 0ms, 平均 = 0ms

Newton@Newton-PC-2 ~
$

```

1.3 FTP、SSH 的服务建立

查阅网络文档，建立主要网络服务（telnet，ftp，ssh 等）

如果采用安装了 Ubuntu 系统的 PC 作为 host，那么建立这些网络服务非常简单。在另一台 Windows 系统上，安装 Xshell，可以快速建立 ssh（Secure Shell）连接

1.3.1 SSH

SSH 为 Secure Shell 的缩写，由 IETF 的网络小组（Network Working Group）所制定；SSH 为建立在应用层基础上的安全协议。SSH 是目前较可靠，专为远程登录会话和其他网络服务提供安全性的协议。利用 SSH 协议可以有效防止远程管理过程中的信息泄露问题。SSH 最初是 UNIX 系统上的一个程序，后来又迅速扩展到其他操作平台。SSH 在正确使用时可弥补网络中的漏洞。SSH 客户端适用于多种平台。几乎所有 UNIX 平台一包括 HP-UX、Linux、AIX、Solaris、Digital UNIX、Irix，以及其他平台，都可运行 SSH。

传统的网络服务程序，如：ftp、pop 和 telnet 在本质上都是不安全的，因为它们在网上用明文传送口令和数据，别有用心的人非常容易就可以截获这些口令和数据。而且，这些服务程序的安全验证方式也是有其弱点的，就是很容易受到“中间人”（man-in-the-middle）这种方式的攻击。所谓“中间人”的攻击方式，就是“中间人”冒充真正的服务器接收你传给服务器的数据，然后再冒充你把数据传给真正的服务器。服务器和你之间的数据传送被“中间人”一转手做了手脚之后，就会出现很严重的问题。通过使用 SSH，你可以把所有传输的数据进行加密，这样“中间人”这种攻击方式就不可能实现了，而且也能够防止 DNS 欺骗和 IP 欺骗。使用 SSH，还有一个额外的好处就是传输的数据是经过压缩的，所以可以加快传输的速度。SSH 有很多功能，它既可以代替 Telnet，又可以为 FTP、PoP、甚至为 PPP 提供一个安全的“通道”。

由于系统支持，所以直接用 Xshell 在 Windows 平台，填写 Ubuntu PC 的 IP 地址，用户以及密钥，就可以快速进行远程 Shell 登录。SSH 主要由三部分组成：

传输层协议 [SSH-TRANS]

提供了服务器认证，保密性及完整性。此外它有时还提供压缩功能。SSH-TRANS 通常运行在 TCP/IP 连接上，也可能用于其它可靠数据流上。SSH-TRANS 提供了强力的加密技术、密码主机认证及完整性保护。该协议中的认证基于主机，并且该协议不执行用户认证。更高层的用户认证协议可以设计为在此协议之上。

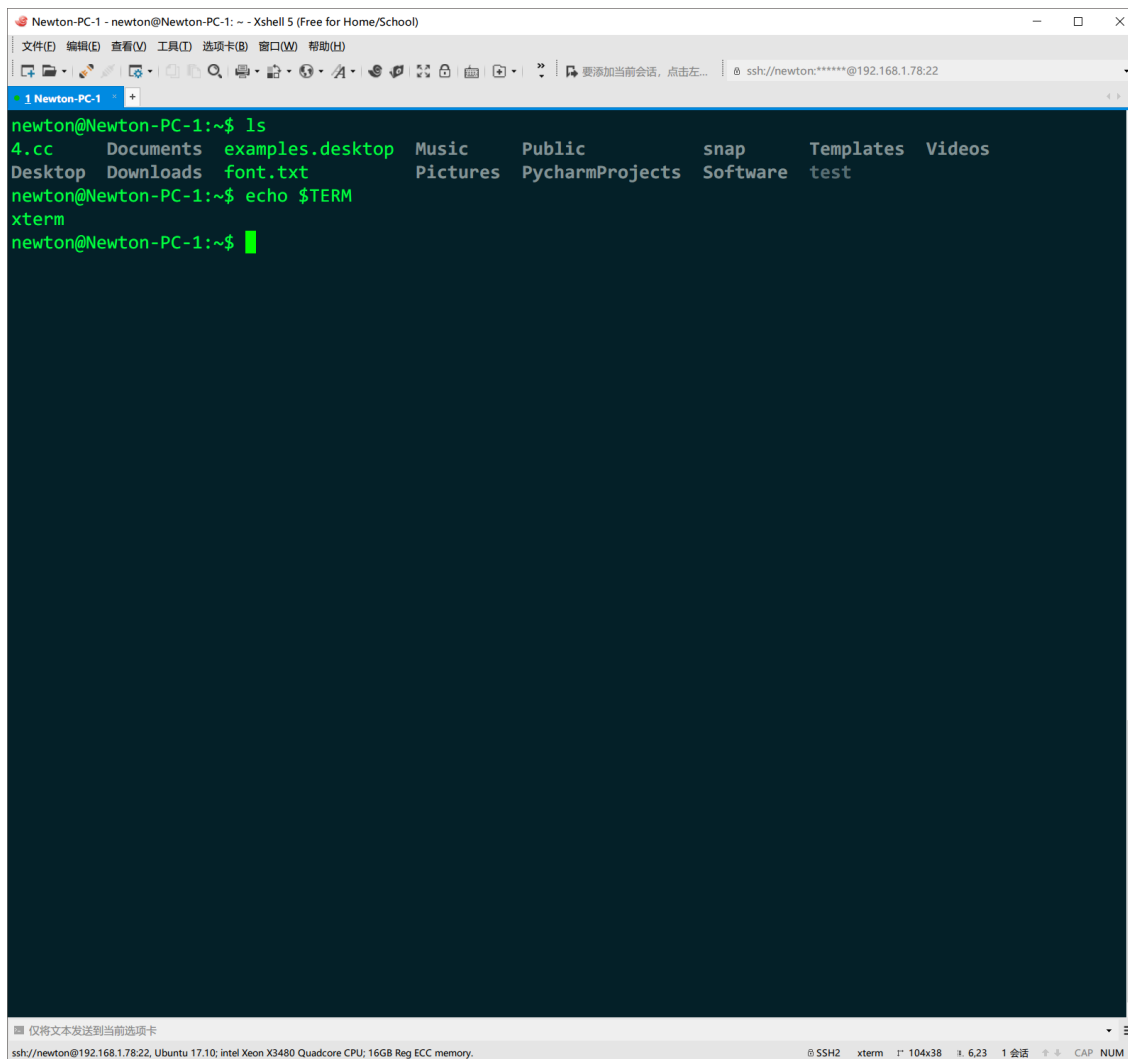
用户认证协议 [SSH-USERAUTH]

用于向服务器提供客户端用户鉴别功能。它运行在传输层协议 SSH-TRANS 上面。当 SSH-USERAUTH

开始后，它从低层协议那里接收会话标识符（从第一次密钥交换中的交换哈希 H ）。会话标识符唯一标识此会话并且适用于标记以证明私钥的所有权。SSH-USERAUTH 也需要知道低层协议是否提供保密性保护。

连接协议 [SSH-CONNECT]

将多个加密隧道分成逻辑通道。它运行在用户认证协议上。它提供了交互式登录话路、远程命令执行、转发 TCP/IP 连接和转发 X11 连接。



```
newton@Newton-PC-1: ~$ ls
4.cc  Documents  examples.desktop  Music  Public  snap  Templates  Videos
Desktop  Downloads  font.txt  Pictures  PycharmProjects  Software  test
newton@Newton-PC-1: ~$ echo $TERM
xterm
newton@Newton-PC-1: ~$
```

1.3.2 ftp

ftp 也比较简单，通过 WinSCP 这款软件也可以实现 FTP 上传下载的服务。

1.3.3 telnet

Telnet 是电信（Telecommunications）和网络（Networks）的联合缩写，这是一种在 UNIX 平台上最为人所熟知的网络协议。Telnet 使用端口 23，它是专门为局域网设计的。Telnet 不是一种安全通信协议，因为它并不使用任何安全机制，通过网络/互联网传输明文格式的数据，包括密码，所以谁都能嗅探数据包，获得这个重要信息。Telnet 中没有使用任何验证策略及数据加密方法，因而带来了巨大的安全威胁，这就是为什么 telnet 不再用于通过公共网络访问网络设备和服务器。因为不安全，而且 SSH 更加先进，这里仅作描述，不再进行实验。

1.4 Java 网络编程类库包的简单分析

1.4.1 net 包

java.net 提供了一些用于网络编程的类的实现。java.net 包可以大致分为两个部分，首先是低级 API 部分，它完成了 IP 地址、套接字、网络接口之类的抽象，高级 API 解决了对 URIs、URLs, Connections 等对象的抽象。由于还没有深入了解网络编程，所以这里仅作参考。

1.4.2 io 包

Java 语言中的 io 包支持 Java 的基本 I/O（输入/输出）系统，包括文件的输入/输出。Java 所有的 I/O 机制都是基于数据流进行输入输出，这些数据流表示了字符或者字节数据的流动序列。Java 的 I/O 流提供了读写数据的标准方法。任何 Java 中表示数据源的对象都会提供以数据流的方式读写它的数据的方法。

java 中将输入输出抽象成流，流通过输入输出系统与物理设备连接，尽管与它们链接的物理设备不尽相同，所有流的行为具有同样的方式。将数据从外部（包括磁盘文件、键盘、套接字）读入到内存中的流称为输入流，将从内存写入到外部设备（控制台、磁盘文件或者网络）的称为输出流。

流序列中的数据既可以是未经加工的原始二进制数据，也可以是经一定编码处理后符合某种格式规定的特定数据。因此 Java 中的流分为两种：

- 字节流：数据流中最小的数据单元是字节 多用于读取或书写二进制数据
 - 字符流：数据流中最小的数据单元是字符，Java 中的字符是 Unicode 编码，一个字符占用两个字节。
- 在最底层，所有的输入/输出都是字节形式的。基于字符的流只为处理字符提供方便有效的方法。

1.4.2.1 程序代码

```
1  import java.io.*;
2  //byte streams are used to perform input and output of 8-bit bytes
3
4  public class CopyFileByte {
5      public static void main(String[] args) throws IOException {
6          FileInputStream in = null;
7          FileOutputStream out = null;
8          try {
9              in = new FileInputStream("input.txt");
10             out = new FileOutputStream("output.txt");
11             int c;
12             while ((c = in.read()) != -1) {
13                 out.write(c);
14             }
15         } finally {
16             if (in != null) {
17                 in.close();
18             }
19             if (out != null) {
20                 out.close();
21             }
22         }
23     }
```

1.4.3 nio 包

在 JDK 1.4 以前, Java 的 IO 操作集中在 `java.io` 这个包中, 是基于流的阻塞 (blocking) API。对于大多数应用来说, 这样的 API 使用很方便, 然而, 一些对性能要求较高的应用, 尤其是服务端应用, 往往需要一个更为有效的方式来处理 IO。从 JDK 1.4 起, NIO API 作为一个基于缓冲区, 并能提供非阻塞 (non-blocking) IO 操作的 API 被引入。NIO API 主要集中在 `java.nio` 和它的 subpackages 中:

`java.nio` 定义了 `Buffer` 及其数据类型相关的子类。其中被 `java.nio.channels` 中的类用来进行 IO 操作的 `ByteBuffer` 的作用非常重要。

`java.nio.channels` 定义了一系列处理 IO 的 Channel 接口以及这些接口在文件系统和网络通讯上的实现。通过 `Selector` 这个类, 还提供了进行非阻塞 IO 操作的办法。这个包可以说是 NIO API 的核心。

`java.nio.channels.spi` 定义了可用来实现 channel 和 selector API 的抽象类。

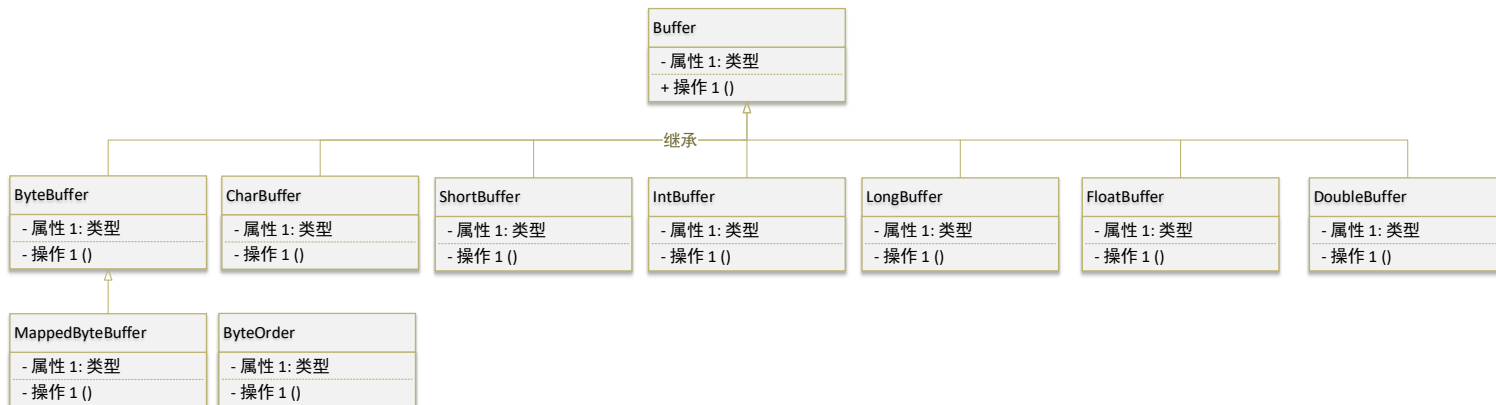
`java.nio.charset` 定义了处理字符编码和解码的类。

`java.nio.charset.spi` 定义了可用来实现 charset API 的抽象类。

`java.nio.channels.spi` 和 **`java.nio.charset.spi`** 这两个包主要被用来对现有 NIO API 进行扩展, 在实际的使用中, 我们一般只和另外的 3 个包打交道。下面将对这 3 个包一一介绍。

`java.nio` 这个包主要定义了 `Buffer` 及其子类。`Buffer` 定义了一个线性存放 primitive type 数据的容器接口。对于除 `boolean` 以外的其他 primitive type, 都有一个相应的 `Buffer` 子类, `ByteBuffer` 是其中最重要的一个子类。

下面这张 UML 类图描述了 **`java.nio`** 中的类的关系:



`Buffer` 定义了一个可以线性存放 primitive type 数据的容器接口。**`Buffer`** 主要包含了与类型 (byte, char) 无关的功能。值得注意的是 **`Buffer`** 及其子类都不是线程安全的。每个 **`Buffer`** 都有以下的属性:

- **`capacity`** 这个 `Buffer` 最多能放多少数据。**`capacity`** 一般在 `buffer` 被创建的时候指定。
- **`limit`** 在 `Buffer` 上进行的读写操作都不能越过这个下标。当写数据到 `buffer` 中时, `limit` 一般和 `capacity` 相等, 当读数据时, `limit` 代表 `buffer` 中有效数据的长度。
- **`position`** 读/写操作的当前下标。当使用 `buffer` 的相对位置进行读/写操作时, 读/写会从这个下标进行, 并在操作完成后, `buffer` 会更新下标的值。
- **`mark`** 一个临时存放的位置下标。调用 `mark()` 会将 `mark` 设为当前的 `position` 的值, 以后调用 `reset()` 会将 `position` 属性设置为 `mark` 的值。`mark` 的值总是小于等于 `position` 的值, 如果将 `position` 的值设的比

mark 小，当前的 *mark* 值会被抛弃掉。

这些属性总是满足以下条件： $0 \leq \text{mark} \leq \text{position} \leq \text{limit} \leq \text{capacity}$

limit 和 *position* 的值除了通过 *limit()* 和 *position()* 函数来设置，也可以通过下面这些函数来改变：

Buffer clear() 把 *position* 设为 0，把 *limit* 设为 *capacity*，一般在把数据写入 *Buffer* 前调用。

Buffer flip() 把 *limit* 设为当前 *position*，把 *position* 设为 0，一般在从 *Buffer* 读出数据前调用。

Buffer rewind() 把 *position* 设为 0，*limit* 不变，一般在把数据重写入 *Buffer* 前调用。

Buffer 对象有可能是只读的，这时，任何对该对象的写操作都会触发一个 *ReadOnlyBufferException*。*isReadOnly()* 方法可以用来判断一个 *Buffer* 是否只读。

ByteBuffer 在 *Buffer* 的子类中，*ByteBuffer* 是一个地位较为特殊的类，因为在 *java.io.channels* 中定义的各种 channel 的 IO 操作基本上都是围绕 *ByteBuffer* 展开的。*ByteBuffer* 定义了 4 个 static 方法来做创建工作：*ByteBuffer allocate(int capacity)* 创建一个指定 *capacity* 的 *ByteBuffer*。***ByteBuffer allocateDirect(int capacity)*** 创建一个 direct 的 ***ByteBuffer***，这样的 ***ByteBuffer*** 在参与 IO 操作时性能会更好（很有可能是在底层的实现使用了 DMA 技术），相应的，创建和回收 direct 的 *ByteBuffer* 的代价也会高一些。*isDirect()* 方法可以检查一个 *buffer* 是否是 direct 的。*ByteBuffer wrap(byte [] array)*，*ByteBuffer wrap(byte [] array, int offset, int length)* 把一个 *byte* 数组或 *byte* 数组的一部分包装成 *ByteBuffer*。*ByteBuffer* 定义了一系列 *get* 和 *put* 操作来从中读写 *byte* 数据，如下面几个：

byte get()

ByteBuffer get(byte [] dst)

byte get(int index)

ByteBuffer put(byte b)

ByteBuffer put(byte [] src)

ByteBuffer put(int index, byte b)

这些操作可分为绝对定位和相对定为两种，相对定位的读写操作依靠 *position* 来定位 *Buffer* 中的位置，并在操作完成后会更新 *position* 的值。在其它类型的 *buffer* 中，也定义了相同的函数来读写数据，唯一不同的就是一些参数和返回值的类型。

除了读写 *byte* 类型数据的函数，***ByteBuffer*** 的一个特别之处是它还定义了读写其它 *primitive* 数据的方法，如：*int getInt()* 从 ***ByteBuffer*** 中读出一个 *int* 值。***ByteBuffer putInt(int value)*** 写入一个 *int* 值到 ***ByteBuffer*** 中。读写其它类型的数据牵涉到字节序问题，***ByteBuffer*** 会按其字节序（大字节序或小字节序）写入或读出一个其它类型的数据（*int*，*long*...）。字节序可以用 *order* 方法来取得和设置：***ByteOrder order()*** 返回 ***ByteBuffer*** 的字节序。***ByteBuffer order(ByteOrder bo)*** 设置 ***ByteBuffer*** 的字节序。***ByteBuffer*** 另一个特别的地方是可以在它的基础上得到其它类型的 *buffer*。如：***CharBuffer asCharBuffer()*** 为当前的 ***ByteBuffer*** 创建一个 ***CharBuffer*** 的视图。在该视图 *buffer* 中的读写操作会按照 ***ByteBuffer*** 的字节序作用到 ***ByteBuffer*** 中的数据上。

1.4.3.1 程序代码

```
1  import java.nio.*;
2  import java.io.IOException;
3
4  public class ByteBuffer_read {
5      public static void main(String[] args) throws IOException {
```

```
6      ByteBuffer buf = ByteBuffer.allocate(256);
7      while (true) {
8          int c = System.in.read();
9
10         if (c == -1)
11             break;
12
13         buf.put((byte) c);
14
15         if (c == '\n') {
16             buf.flip();
17             byte[] content = new byte[buf.limit()];
18             buf.get(content);
19             System.out.print(new String(content));
20             buf.clear();
21         }
22     }
23 }
24 }
```

1.5 联机调试环境的搭建

通过手头的三台设备（一台纯 Windows 10 Pro 台式机，一台 Windows 10 Pro 与 Ubuntu 18.04 Bionic 双系统笔记本，一台纯 Ubuntu 18.04 Bionic 台式机），加上部署在 Ubuntu 端的 SSH server 程序以及部署在 Windows 端的 SSH client 程序，可以通过 Vim 编辑器在命令行交互环境下进行联机编程与调试。虚拟机环境与此类似，这里不再赘述。

六、实验体会

通过本次实验，基本搞清楚 Telnet、SSH、FTP 这三种网络协议的内涵以及如今的使用场景，完成了联机环境的搭建。对于 Java 网络编程类库还存在一些问题，Java 语言之前并没有深入接触过，对于一些类库的 API 更是无从下手。

七、参考文献

- [1] 林锐. 高质量 C++/C 编程指南 [M]. 1.0 ed., 2001.
- [2] java IO: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/21444494>
- [3] java NIO: <https://www.jianshu.com/p/093b7c408dba>
- [4] java NIO: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/nio/package-summary.html>
- [5] java NET: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/net/package-summary.html>