



# Unity3D 网络游戏实战

(第2版)

罗皓钧 著

.....  
Multiplayer Game Development With Unity3D  
(Second Edition)  
.....

- 详解Socket编程，指导搭建稳健的网络框架；解析网络中常见的卡顿、阻塞掉线等问题；探索适宜的实时同步算法。
- 包含完整的多人对战游戏案例：网络登录注册、游戏大厅、战斗系统等模块的实现细节。





# Unity3D 网络游戏实战

(第2版)

罗增羽 著

.....  
Multiplayer Game Development With Unity3D  
(Second Edition)  
.....

- 讲解Socket编程，指导搭建稳健的网络框架，解决网络中常见的卡顿、丢帧、掉线等问题，探索最佳的实时同步算法。
- 包含完整的多人对战游戏案例，涵盖登录注册、游戏大厅、战斗系统等模块的实现细节。

 机械工业出版社  
China Machine Press

## 版权信息

书名：Unity3D网络游戏实战(第2版)

作者：罗培羽

排版：情缘

出版社：机械工业出版社

出版时间：2018-11-01

ISBN：9787111612179

— · 版权所有 侵权必究 · —

## 前言

---

### 为什么要写这本书

玩到好玩的游戏时，我总希望有朝一日能做出优秀的游戏作品；对生活有感悟时，也总会期待在游戏中表达感想。自Unity引擎流行开来，个人和小团队也能制作精良的游戏，实现梦想不再遥远。

使用Unity引擎，游戏开发者再也不用过度关心底层复杂系统的实现，只需关心具体的游戏逻辑。一般来说，游戏引擎都能够很好地处理渲染、物理等通用的底层模块，但对于那些不完全通用的功能，比如本书介绍的网络模块，引擎往往没能提供通用的解决方案。这就要求开发者对网络底层有足够深刻的理解，才能做出优质的网络游戏。

如今，游戏联网是一大趋势。几大热门的手机游戏厂商只开发网络游戏，老牌单机游戏也纷纷添加联网功能。作为有志于从事游戏行业、渴望做出顶级产品的我们，更需要深入探讨网络游戏的开发技术。然而市面上的Unity教程，大多是介绍引擎的使用方法和简单的单机游戏的开发过程，就算涉及网络，也只是简单带过。市面上也有不少介绍网络底层的资料，但大部分没有和游戏开发结合起来，更不可能提供完整的游戏示例。想要制作当今热门的网络游戏，特别是开发手机网络游戏，或者想要到网游公司求职，很难找到实用的教程。

本书以制作一款完整的多人坦克对战游戏为例，详细介绍网络游戏的开发过程。书中还介绍一套通用的服务端框架和客户端网络模块——它是商业游戏的简化版本。相信通过本书，读者能够掌握Unity网

络游戏开发的大部分知识，能够深入了解TCP底层机制，能够亲自搭建一套可重复使用的客户端框架，也能够从框架设计中了解商业游戏的设计思路。本书分为三个部分，分别是“扎基础”“搭框架”和“做游戏”，本书结合实例，循序渐进，深入地讲解网络游戏开发所需的知识。

2013年8月，在筹备第一本著作《手把手教你用C#制作RPG游戏》的同时，我也在规划这本介绍网络游戏技术的书籍。2016年11月，《Unity3D网络游戏实战》正式出版。此后一年多的时间里，陆续有热心读者与我交流，探讨网络游戏的开发知识，我也一直在学习和积累。2018年1月，在收集了足够多的反馈，也相信自己的技术水平又上一个层次之后，我便着手本书第2版的写作。第2版的结构与第1版有颇多差异，对网络底层有更详细的介绍，而对场景搭建和单机游戏部分做了必要的精简，代码质量也有了很大提高，可以说全书几乎重写。

这本书凝结了我多年的工作经验，也凝结着我对国产游戏的美好愿景。愿与诸位一同努力，造就举世瞩目的游戏。

## 读者对象

这里将根据用户需求划分出一些可能使用本书的用户。

**游戏开发爱好者：**想要自己制作一款游戏的人。书中理论与实践结合，很适合作为自学的参考书。

**求职者：**想要谋求游戏公司开发岗位的人。书中对网络底层和商业游戏常遇到的问题都有介绍，覆盖常见的面试内容。

**职场新人：**刚入行的程序员。书中所介绍的网络知识和问题，是每个游戏从业人员都会遇到且必须去解决的。本书很适合作为提升技术水平的资料。

**游戏公司：**作为新人培训材料，本书能够帮助新人快速提高自身技术水平，同时书中有完整的实践项目，可使新人更快融入实际工

作。

**学校：**可作为大学或游戏培训机构的教科书。本书结构安排合理，循序渐进，理论与实践相结合，适合教学。

## 如何阅读本书

本书给予读者一个明确的学习目标，即制作一款完整的多人对战游戏，然后一步一步去实现它。全书涉及TCP网络底层知识、常见网络问题解决方法、客户端网络框架、客户端界面系统、网络游戏房间系统、坦克游戏战斗系统等多项内容。在涉及相关知识点时，书中会有详细的讲解。本书分为三个部分，阅读时要注意它们之间的递进关系。

第一部分“扎基础”主要介绍TCP网络游戏开发的必备知识，包括TCP异步连接、多路复用的处理，以及怎样处理粘包分包、怎样发送完整的网络数据、怎样设置正确的网络参数。第3章介绍了一款简单网络游戏开发的全过程，在后续章节中会逐步完善这个游戏。

第二部分“搭框架”主要介绍商业级客户端网络框架的实现方法。这套框架具有较高的通用性，解决了网络游戏开发中常遇到的问题，且达到极致的性能要求，可以运用在多款游戏上。书中还介绍了一套单进程服务端框架的实现，服务端框架使用select多路复用，做到底层与逻辑分离，设有消息分发、事件处理等模块。

第三部分“做游戏”通过一个完整的实例讲解网络游戏的设计思路，包括游戏实体的类设计、怎样组织代码、怎样实现游戏大厅（房间系统）、怎样实现角色的同步。这一部分会使用第二部分搭好的框架，一步步地做出完整的游戏项目。

由于本书重点在网络部分，因此不会过多着墨于Unity的基础操作和C#语言的基本语法。同时作为实例教程，本书偏重于例子涉及的知识点。读者如果想要深入地了解某些内容，或者了解实现某种功能的

更多方法，建议在阅读本书的过程中多多查询相关资料，以做到举一反三。

本书提供的所有示例的源码和素材，读者可以在Github或网盘下载。我也会在Github上发表勘误、补充篇等内容，欢迎关注。由于网盘的不稳定性，作者不能保证多年后网盘地址还有效。若读者发现网盘地址失效，可以发送邮件到我的邮箱，我将会把最新的下载地址发给你。

Github: [https://luopeiyu.github.io/unity\\_net\\_book/](https://luopeiyu.github.io/unity_net_book/)

百度网盘: <https://pan.baidu.com/s/1XhYKHJYjWTtGAqMb3uBYxQ>密码: hxuz

作者邮箱: [aglab@foxmail.com](mailto:aglab@foxmail.com)

本书资源中的“Final”文件夹是最终游戏成品，包含服务端程序（Serv）和客户端程序（Client）两大部分。读者可以先按照7.6节的介绍，配置MySQL数据库和两个数据表，然后运行服务端程序，再打开客户端程序的exe文件，体验游戏。

## 勘误和支持

由于作者水平有限，编写的时间也很仓促，书中难免会出现一些错误或者不准确的地方，恳请读者批评指正。如果读者发现书中的错误，或者有更多的宝贵意见，欢迎发送邮件至我的邮箱 [aglab@foxmail.com](mailto:aglab@foxmail.com)，我很期待能够听到你们的真挚反馈。

## 致谢

若没有身边众多亲朋好友的支持，本书的出版过程不可能一帆风顺。首先要感谢我的父母，他们的努力，让我有了坚实的后盾，我才能义无反顾地前行。

感谢机械工业出版社华章公司的杨绣国编辑。在她的帮助下，本书得以顺利出版。

感谢邝松恩和张永明，他们是最早接触第2版书稿的同事，给了我很多建议。

感谢黄剑基、蒙屿森、周阳鸣、詹俊雄、陆俊壕、沙梓社、吴嘉琪、郑志铭、卢阳飞、许远帆、林文佳、梁浩林、官文达、葛剑航、罗斌汉、江宇晴、肖聪等人在我编写本书的过程中给予诸多鼓舞。

每一款游戏都是梦想与智慧的结晶！

罗培羽  
2018年8月于广州

## 第1章

# 网络游戏的开端：Echo

网络通信和电话通信很相似。想象一下打电话的过程，拿起手机拨通号码，等待对方说“喂”，然后开始通话，最后挂断。记住这个过程（如图1-1所示），将有助于理解本章的内容。

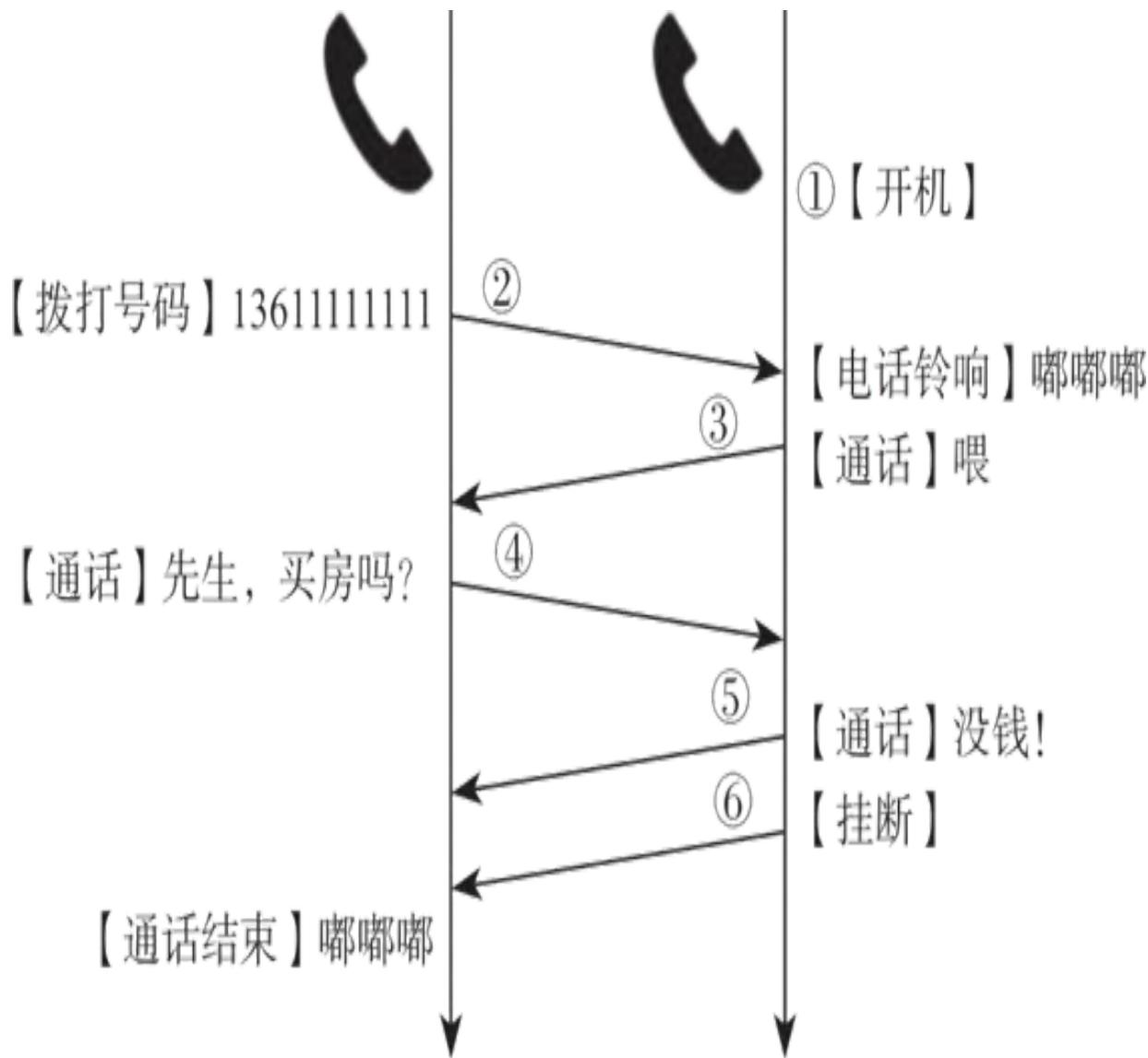


图1-1 拨打电话的过程

本章会先介绍Socket（套接字）的概念，然后着手开发Echo程序。学完本章，读者能够动手编写基础网络应用程序，还能够编写一套时间查询程序。本章的知识是网络游戏中最基础的。

## 1.1 藏在幕后的服务端

一款网络游戏分为客户端和服务端两个部分，客户端程序运行在用户的电脑或手机上，服务端程序运行在游戏运营商的服务器上。如图1-2所示，多个客户端通过网络与服务端通信。图1-2中间的TCP连接

指的是一种游戏中常用的网络通信协议，与之对应的还有UDP协议、KCP协议、HTTP协议等。

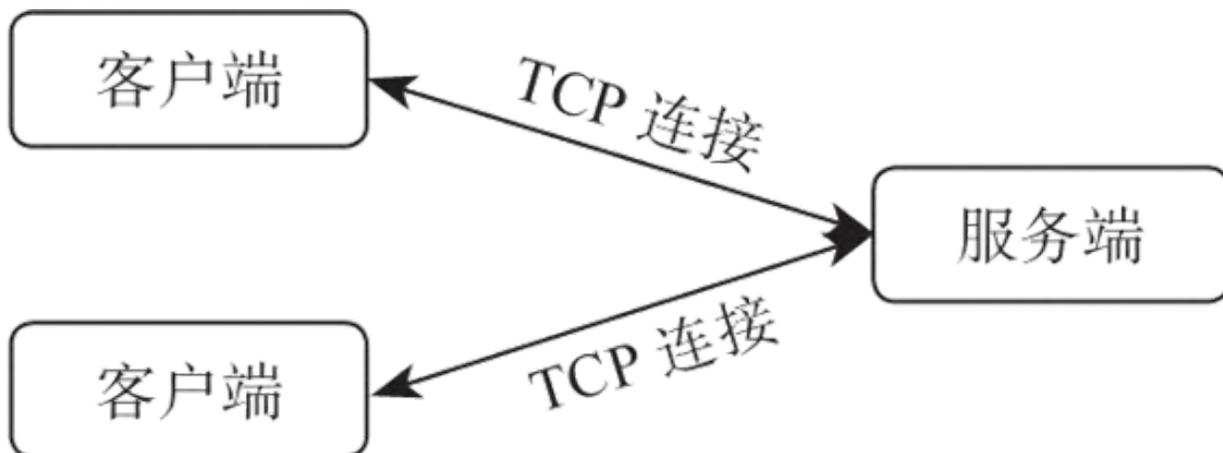


图1-2 典型的网络游戏架构

客户端和客户端之间通过服务端的消息转发进行通信。例如在一款射击游戏中，玩家1移动，玩家2会在自己的屏幕中看到玩家1的位置变化，这个过程称为“位置同步”，它会涉及表1-1和图1-3所示的5个步骤。

表1-1 位置同步涉及的步骤

步骤	说明
1	玩家1移动
2	客户端1向服务端发送新的坐标信息
3	服务端处理消息
4	服务端将玩家1的新坐标转发给客户端2
5	客户端2收到消息并更新玩家1的位置

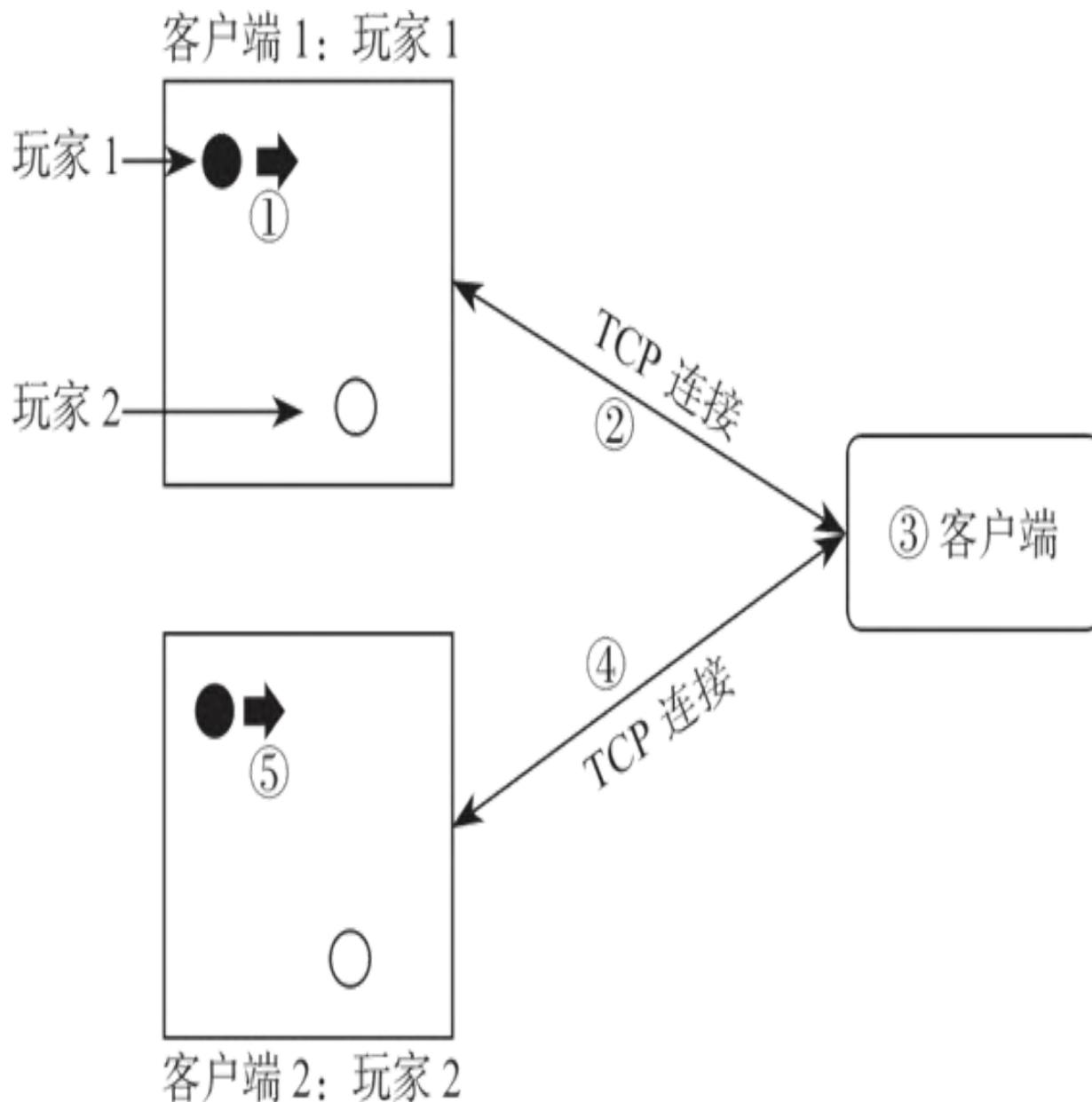


图1-3 位置同步的5个步骤

一款流行的网络游戏，可能有数百万玩家同时在线。为了支撑这么多玩家，游戏服务端通常采取分布式架构。图1-4所示的是一组分区服务端，由2个区组成，每个服务端负责不同区的玩家。

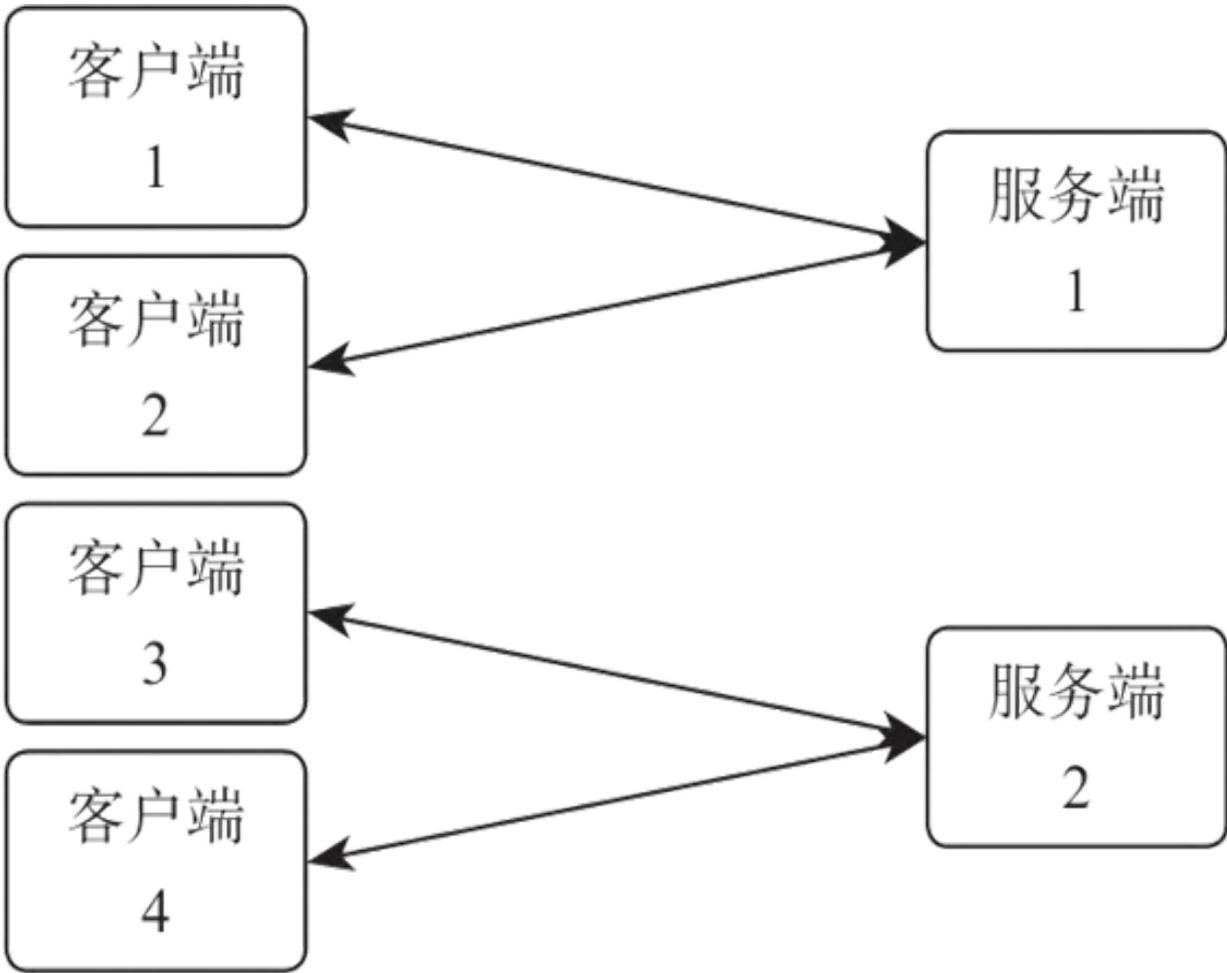


图1-4 服务端分区

服务端与服务端之间通常使用TCP网络通信，如图1-5所示，各个服务端相互连接，形成服务端集群。

客户端和服务端之间、服务端和服务端之间都是使用TCP网络通信的。网络编程是开发网络游戏的基础，那么，我们就从最基础的Socket开始吧！

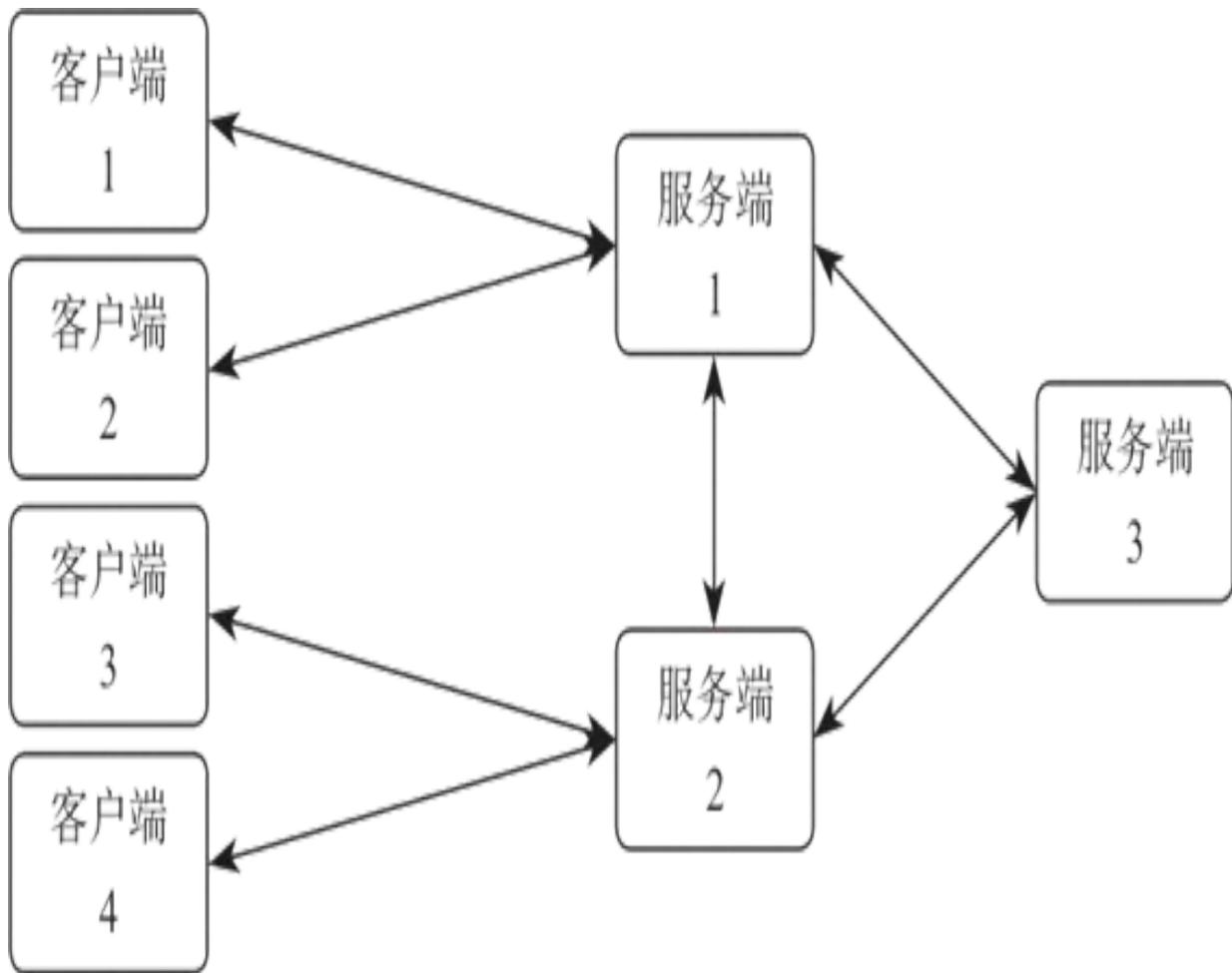


图1-5 服务端的分布式架构

## 1.2 网络连接的端点：Socket

### 1.2.1 Socket

网络上的两个程序通过一个双向的通信连接实现数据交换，这个连接的一端称为一个Socket。一个Socket包含了进行网络通信必需的五种信息：连接使用的协议、本地主机的IP地址、本地的协议端口、远程主机的IP地址和远程协议端口（如图1-6所示）。如果把Socket理解成一台手机，那么本地主机IP地址和端口相当于自己的手机号码，远程主机IP地址和端口相当于对方的号码。至少需要两台手机才能打电话，同样地，至少需要两个Socket才能进行网络通信。

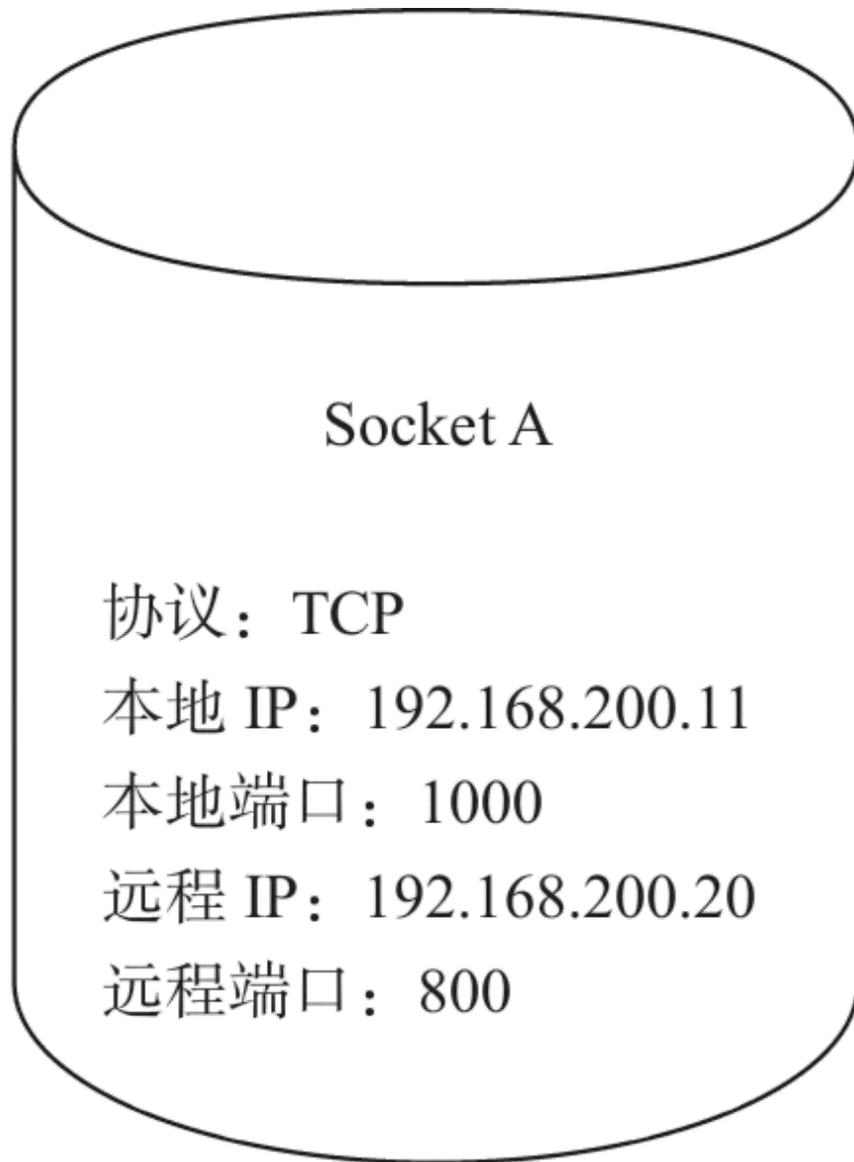


图1-6 Socket示意图

### 1.2.2 IP地址

网络上的计算机都是通过IP地址识别的，应用程序通过通信端口彼此通信。通俗地讲，可以理解为每一个IP地址对应于一台计算机

（实际上一台计算机可以有多个IP地址，此处仅作方便理解的解释）。在图1-7中，从计算机1的角度看，192.168.1.5是自己的IP，称为“本地IP”。192.168.1.12是别人的IP，称为“远程IP”。

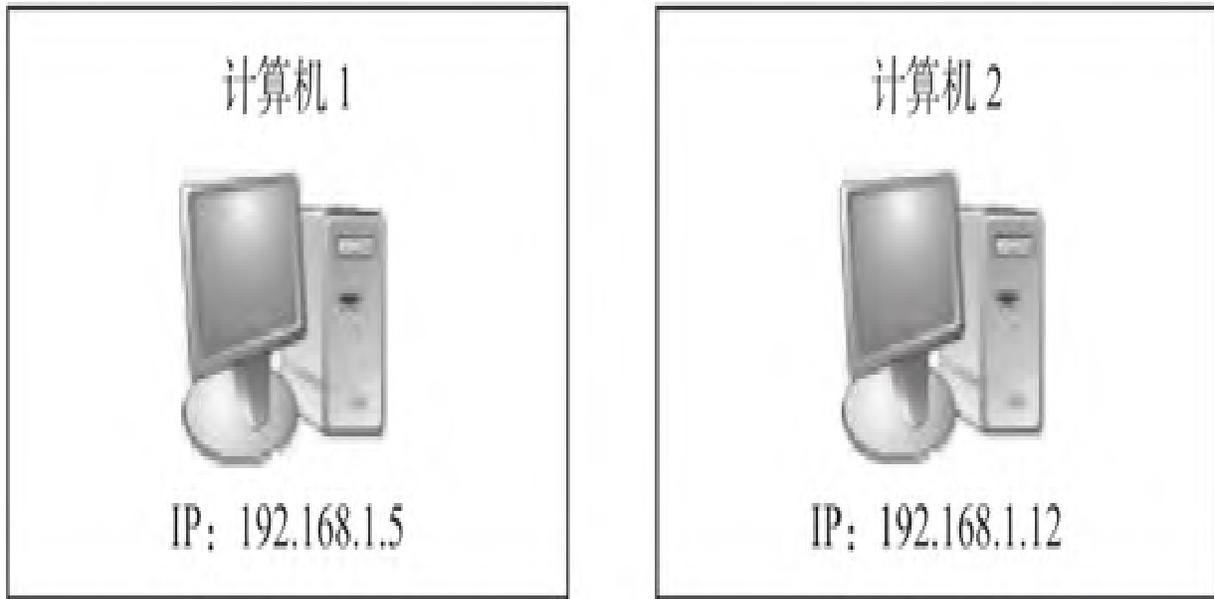


图1-7 IP地址示意图



**提示** 在Windows命令提示符中输入ipconfig，便能够查看本机的IP地址。图1-8所示计算机的IP地址为192.168.0.105。

```
管理员: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 6.1.7601]
版权所有 (c) 2009 Microsoft Corporation。保留所有权利。

C:\Users\Administrator>ipconfig

Windows IP 配置

无线局域网适配器 wifi热点stu:

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

无线局域网适配器 无线网络连接:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
    本地连接 IPv6 地址. . . . . : fe80::c4d:c759:ff78:3282%14
    IPv4 地址 . . . . . : 192.168.0.105
    子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
    默认网关. . . . . : 192.168.0.1
```

图1-8 查看本机IP地址

### 1.2.3 端口

“端口”是英文port的意译，是设备与外界通信交流的出口。每台计算机可以分配0到65535共65536个端口。通俗地讲，每个Socket连接都是从一台计算机的一个端口连接到另外一台计算机的某个端口，如图1-9所示。

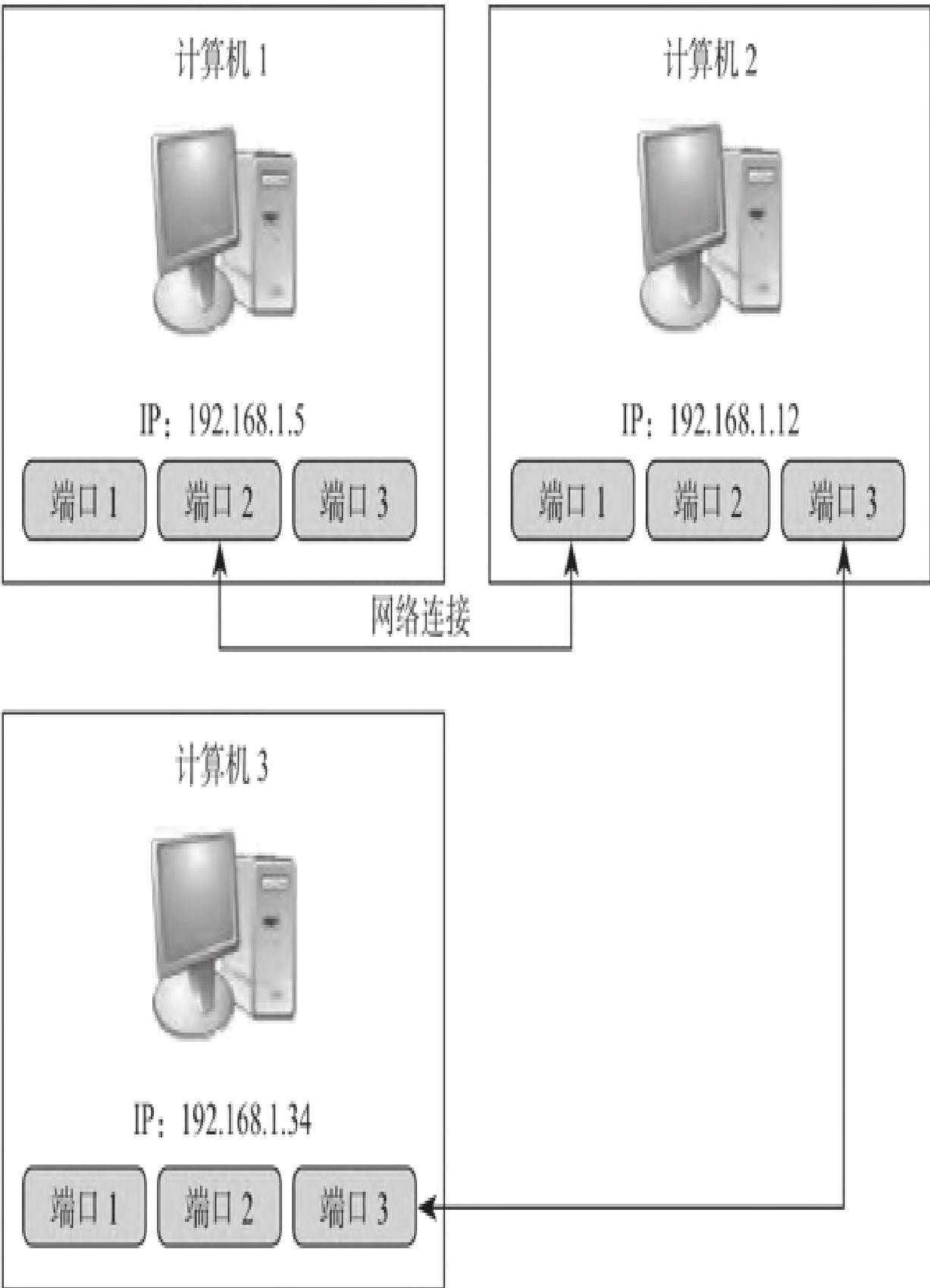
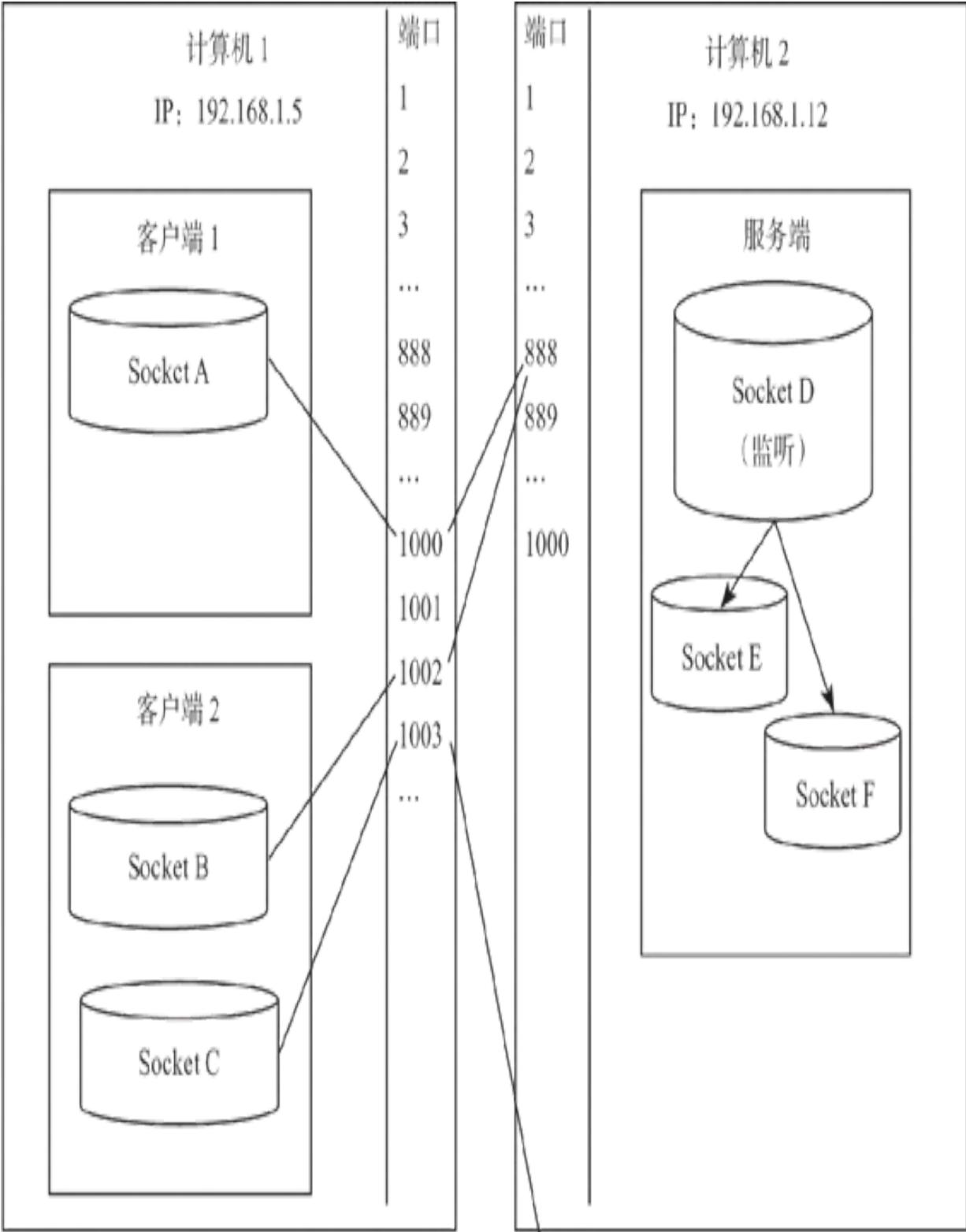


图1-9 端口示意图

端口是个逻辑概念。很久以前，计算机没有“多任务”的概念，也没有“端口”的概念，只需要两台计算机的地址，便能够进行网络通信。就像很久以前，每家每户都住平房，寄信给别人时，只需在信封上写××路××号一样。随着城市的发展，人们都住上了高楼，这时候写信的地址就变成××路××号××层××室。同样的，随着计算机多任务系统的发展，人们定义了“端口”的概念，把不同的网络消息分发给不同的任务。就像写上门牌号能够把信发送到每家每户一样，使用IP和端口也能够把信息发送给对应的任务。

图1-10和表1-2展示了Socket、IP和端口之间的关系。每一个进程（客户端1、客户端2、服务端）可以拥有多个Socket，每个Socket通过不同端口与其他计算机连接。每一条Socket连接代表着本地Socket→本地端口→网络介质→远程端口→远程Socket的链路，例如在计算机1的Socket A通过1000端口连接到计算机2的888端口。值得注意的是，就像打电话分为“呼叫方”和“接听方”一样，Socket通信分为“连接方”和“监听方”：连接方使用不同的端口连接，监听方只使用一个端口监听。图1-10中Socket E在Socket A连接后产生，代表着Socket A和服务端的连接，Socket F在Socket B连接后产生，代表着Socket B和服务端的连接。



计算机 3

图1-10 Socket连接示意图

表1-2 图1-10中各个Socket的属性

Socket	属性
Socket A	协议: TCP 本地 IP: 192.168.1.5 本地端口: 1000 远程 IP: 192.168.1.12 远程端口: 888
Socket B	协议: TCP 本地 IP: 192.168.1.5 本地端口: 1002 远程 IP: 192.168.1.12 远程端口: 888
Socket C	协议: TCP 本地 IP: 192.168.1.5 本地端口: 1003 远程 IP: (略) 远程端口: (略)
Socket D	协议: TCP 本地 IP: 192.168.1.12 本地端口: 888 远程 IP: 未知 远程端口: 未知
Socket E	协议: TCP 本地 IP: 192.168.1.12 本地端口: 888 远程 IP: 192.168.1.5 远程端口: 1000
Socket F	协议: TCP 本地 IP: 192.168.1.12 本地端口: 888 远程 IP: 192.168.1.5 远程端口: 1002

## 1.2.4 Socket通信的流程

为了能够理解下一节的程序，请务必认真阅读本节。图1-11展示了一套基本的Socket通信流程。这个过程和手机通话很相似，连接方（客户端）和监听方（服务端）有着不同的流程。图1-11中的Socket、Connect、Bind、Listen等词汇指的是Socket通信过程中所需要调用的API，三次握手、四次挥手等词汇指的是操作系统内部的处理过程。

1) 开启一个连接之前，需要创建一个Socket对象（使用API Socket），然后绑定本地使用的端口（使用API Bind）。对服务端而言，绑定的步骤相当于给手机插上SIM卡，确定了“手机号”。对客户端而言，连接时（使用API Connect）会由系统分配端口，可以省去绑定步骤。

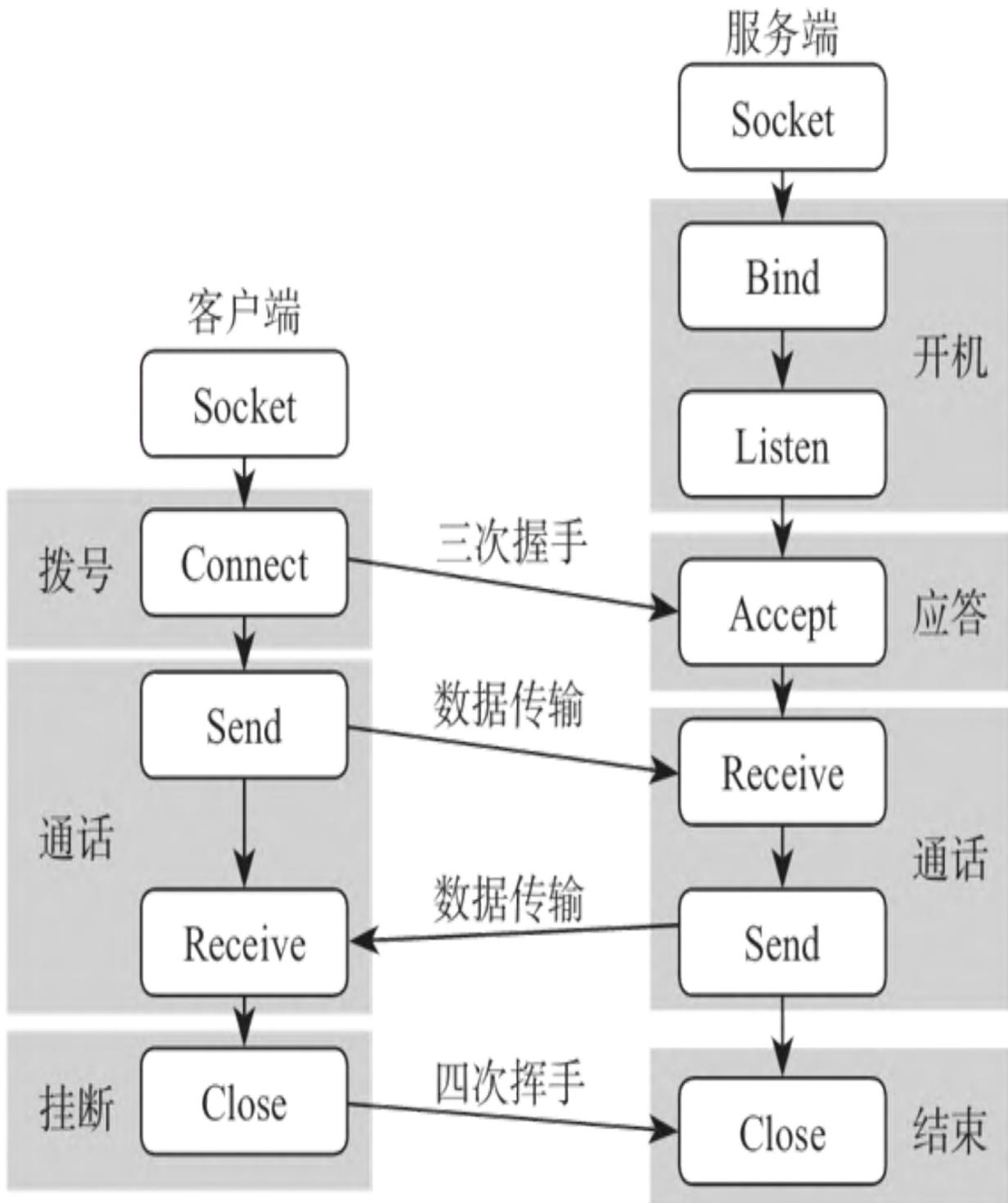


图1-11 Socket通信的基本流程

2) 服务端开启监听（使用API Listen），等待客户端接入。相当于电话开机，等待别人呼叫。

- 3) 客户端连接服务器（使用API Connect），相当于手机拨号。
- 4) 服务器接受连接（使用API Accept），相当于接听电话并说出“喂”。

通过这4个步骤，成功建立连接，可以收发数据。

5) 客户端和服务端通过Send和Receive等API收发数据，操作系统会自动完成数据的确认、重传等步骤，确保传输的数据准确无误。

6) 某一方关闭连接（使用API Close），操作系统会执行“四次挥手”的步骤，关闭双方连接，相当于挂断电话。

## 1.2.5 TCP和UDP协议

从概念上讲，TCP是一种面向连接的、可靠的、基于字节流的传输层通信协议，与TCP相对应的UDP协议是无连接的、不可靠的、但传输效率较高的协议。在本章的语义中，“Socket通信”特指使用TCP协议的Socket通信。

也许能够以寄快递的例子解释不同协议的区别。有些快递公司收费低，对快递员的要求也低，丢件的事情频频发生；有些公司收费高，但要求快递员在每个节点都做检查和记录，丢件率很低。不同快递公司有着不同的行为规则，有的奉行低价优先，有的奉行服务至上。TCP、UDP协议对应不同快递公司的行为规则。它们的目的是将数据发送给接收方，但使用的策略不同：TCP注重传输的可靠性，确保数据不会丢失，但速度慢；UDP注重传输速度，但不保证所有发送的数据对方都能够收到。至于孰优孰劣，得看具体的应用场景。游戏开发最常用的是TCP协议，所以本书也以TCP为主。

## 1.3 开始网络编程：Echo

### 1.3.1 什么是Echo程序

Echo程序是网络编程中最基础的案例。建立网络连接后，客户端向服务端发送一行文本，服务端收到后将文本发送回客户端（见图1-12）。

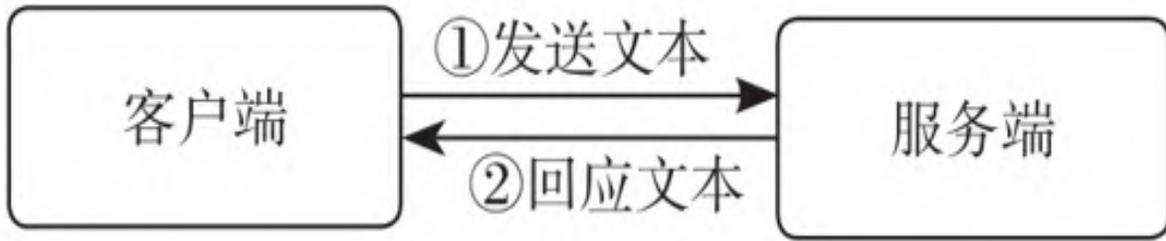


图1-12 Echo程序示意图

Echo程序分为客户端和服务端两个部分，客户端部分使用Unity实现，为了技术的统一，服务端使用C#语言实现。

### 1.3.2 编写客户端程序

由于本书偏重于开发网络游戏，重点讲解网络相关的内容。假定你对Unity的基本操作、UGUI有一定的了解（如果你对此还不是很了解，推荐阅读本书第1版中的入门章节）。

打开Unity，新建名为Echo的项目，制作简单的UGUI界面。在场景中添加两个按钮（右击Hierarchy面板，选择UI→Button，分别命名为ConnButton和SendButton。Unity会自动添加名为Canvas的画布和名为EventSystem的事件系统），添加一个输入框（命名为InputField）和一个文本框（命名为Text），如图1-13和表1-3所示。

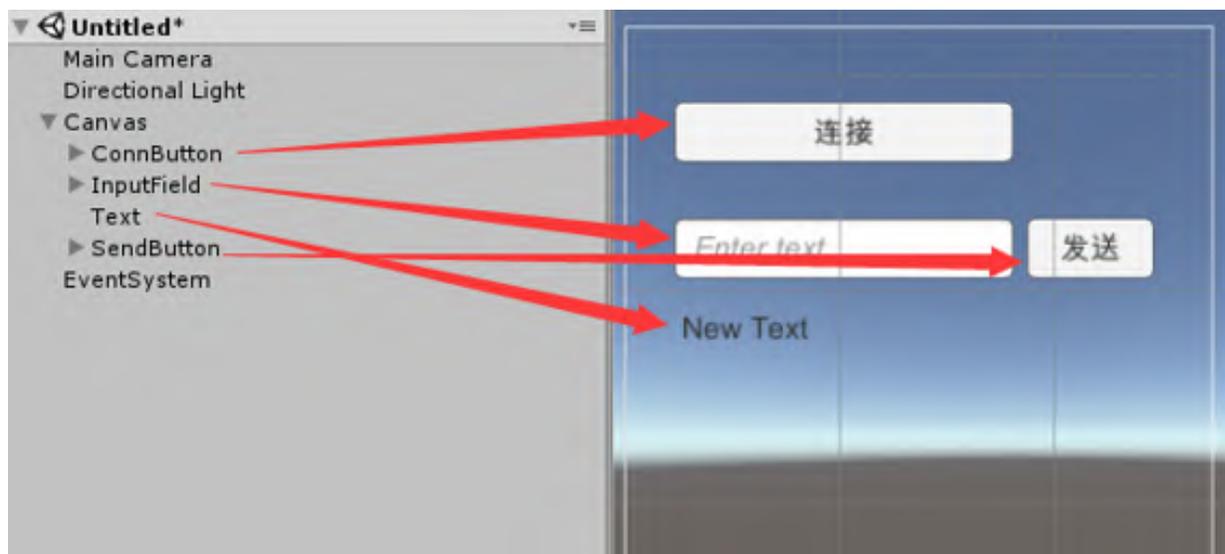
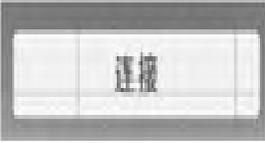


图1-13 添加按钮和文本

表1-3 客户端UGUI界面部件说明

部件	内容
ConnButton (按钮)	连接按钮，用于发起网络连接 
Inputfield (输入框)	文本输入框，用于输入发给服务端的文本 

(续)

部件	内容
SendButton (按钮)	发送按钮，用于将玩家输入的文本发送给服务端 
Text (文本框)	文本框，用于显示从服务端接收到的文本 

建立界面后，就可以开始写代码了。新建名为Echo.cs的脚本，输入下面的代码。（这段代码的结构和1.2.4节中的客户端流程一样，客户端通过Connect命令连接服务器，然后向服务器发送输入框中的文本；发送后等待服务器回应，并把服务器回应的字符串显示出来；代码中标有底纹的语句表示需要特别注意。）

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System.Net.Sockets;
using UnityEngine.UI;
public class Echo : MonoBehaviour {
    //定义套接字
    Socket socket;
    //UGUI
    public InputField InputFeld;
    public Text text;

    //点击连接按钮
    public void Connection()
    {
        //Socket
        socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
            SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
        //Connect
        socket.Connect("127.0.0.1", 8888);
    }

    //点击发送按钮
    public void Send()
    {
        //Send
        string sendStr = InputFeld.text;
        byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
        socket.Send(sendBytes);
        //Recv
        byte[] readBuff = new byte[1024];
        int count = socket.Receive(readBuff);
        string recvStr =
System.Text.Encoding.Default.GetString(readBuff, 0, count);
        text.text = recvStr;
        //Close
        socket.Close();
    }
}

```

---

是否对代码有疑惑？不用怕，一句一句弄懂它。

### 1.3.3 客户端代码知识点

1.3.2节中的代码涉及不少网络编程的知识点，它们的含义如下。

### (1) using System.Net.Sockets

Socket编程的API（如Socket、AddressFamily等）位于System.Net.Sockets命名空间中，需要引用它。

### (2) 创建Socket对象

Socket（AddressFamily.InterNetwork，SocketType.Stream，ProtocolType.Tcp）这一行用于创建一个Socket对象，它的三个参数分别代表地址族、套接字类型和协议。

表1-4 AddressFamily的含义

AddressFamily 的值	含义
InterNetwork	使用 IPv4
InterNetworkV6	使用 IPv6

· 地址族指明使用IPv4还是IPv6，其含义如表1-4所示，本例中使用的是IPv4，即InterNetwork。

· SocketType是套接字类型，类型如表1-5所示，游戏开发中最常用的是字节流套接字，即Stream。

表1-5 SocketType的含义

SocketType 的值	含义
Dgram	支持数据报，即最大长度固定（通常很小）的无连接、不可靠消息。消息可能会丢失或重复并可能在到达时不按顺序排列。Dgram 类型的 Socket 在发送和接收数据之前不需要任何连接，并且可以与多个对方主机进行通信。Dgram 使用数据报协议（UDP）和 InterNetworkAddressFamily
Raw	支持对基础传输协议的访问。通过使用 SocketTypeRaw，可以使用 Internet 控制消息协议（ICMP）和 Internet 组管理协议（Icmp）这样的协议来进行通信。在发送时，您的应用程序必须提供完整的 IP 标头。所接收的数据报在返回时会保持其 IP 标头和选项不变
RDM	支持无连接、面向消息、以可靠方式发送的消息，并保留数据中的消息边界。RDM（以可靠方式发送的消息）消息会依次到达，不会重复。此外，如果消息丢失，将会通知发送方。如果使用 RDM 初始化 Socket，则在发送和接收数据之前无须建立远程主机连接。利用 RDM，可以与多个对方主机进行通信
Seqpacket	在网络上提供排序字节流的面向连接且可靠的双向传输。Seqpacket 不重复数据，它在数据流中保留边界。Seqpacket 类型的 Socket 与单个对方主机通信，并且在通信开始之前需要建立远程主机连接
Stream	支持可靠、双向、基于连接的字节流，而不重复数据，也不保留边界。此类型的 Socket 与单个对方主机通信，并且在通信开始之前需要建立远程主机连接。Stream 使用传输控制协议（TCP）和 InterNetworkAddressFamily
Unknown	指定未知的 Socket 类型

· ProtocolType 指明协议，本例使用的是 TCP 协议，部分协议类型如表 1-6 所示。若要使用传输速度更快的 UDP 协议而不是较为可靠的 TCP（回顾 1.2.5 节的内容），需要更改协议类型

“Socket (AddressFamily. InterNetwork, SocketType. Dgram, ProtocolType. Udp) ”。

表1-6 常用的协议

常用的协议	含义	常用的协议	含义
GGP	网关到网关协议	PARC	通用数据包协议
ICMP	网际消息控制协议	RAW	原始 IP 数据包协议
ICMPv6	用于 IPv6 的 Internet 控制消息协议	TCP	传输控制协议
IDP	Internet 数据报协议	UDP	用户数据包协议
IGMP	网际组管理协议	Unknown	未知协议
IP	网际协议	Unspecified	未指定的协议
Internet	数据包交换协议		

### (3) 连接Connect

客户端通过socket.Connect (远程IP地址, 远程端口) 连接服务端。Connect是一个阻塞方法, 程序会卡住直到服务端回应 (接收、拒绝或超时)。

### (4) 发送消息Send

客户端通过socket.Send发送数据, 这也是一个阻塞方法。该方法接受一个byte []类型的参数指明要发送的内容。Send的返回值指明发送数据的长度 (例子中没有使用)。程序用System.Text.Encoding.Default.GetBytes (字符串) 把字符串转换成byte []数组, 然后发送给服务端。

### (5) 接收消息Receive

客户端通过`socket.Receive`接收服务端数据。`Receive`也是阻塞方法，没有收到服务端数据时，程序将卡在`Receive`不会往下执行。`Receive`带有一个`byte[]`类型的参数，它存储接收到的数据。`Receive`的返回值指明接收到数据的长度。之后使用`System.Text.Encoding.Default.GetString(readBuff, 0, count)`将`byte[]`数组转换成字符串显示在屏幕上。

## (6) 关闭连接Close

通过`socket.Close`关闭连接。

### 1.3.4 完成客户端

编写完代码后，将`Echo.cs`拖曳到场景中任一物体上，并且给`InputField`和`Test`两个属性赋值（将对应游戏物体拖曳到属性右侧的输入框上），如图1-14所示。

在属性面板中给`ConnButton`添加点击事件，设置为`Echo`组件的`Connection`方法。使得玩家点击连接按钮时，调用`Echo`组件的`Connection`方法，如图1-15所示（图中的游戏物体显示为“`Main Camera`”，是因为把`Echo`组件挂在了相机上，如果挂在其他物体上，需选择对应的物体）。采用同样的方法，给`SendButton`添加点击事件，设置为`Echo`组件的`Send`方法。

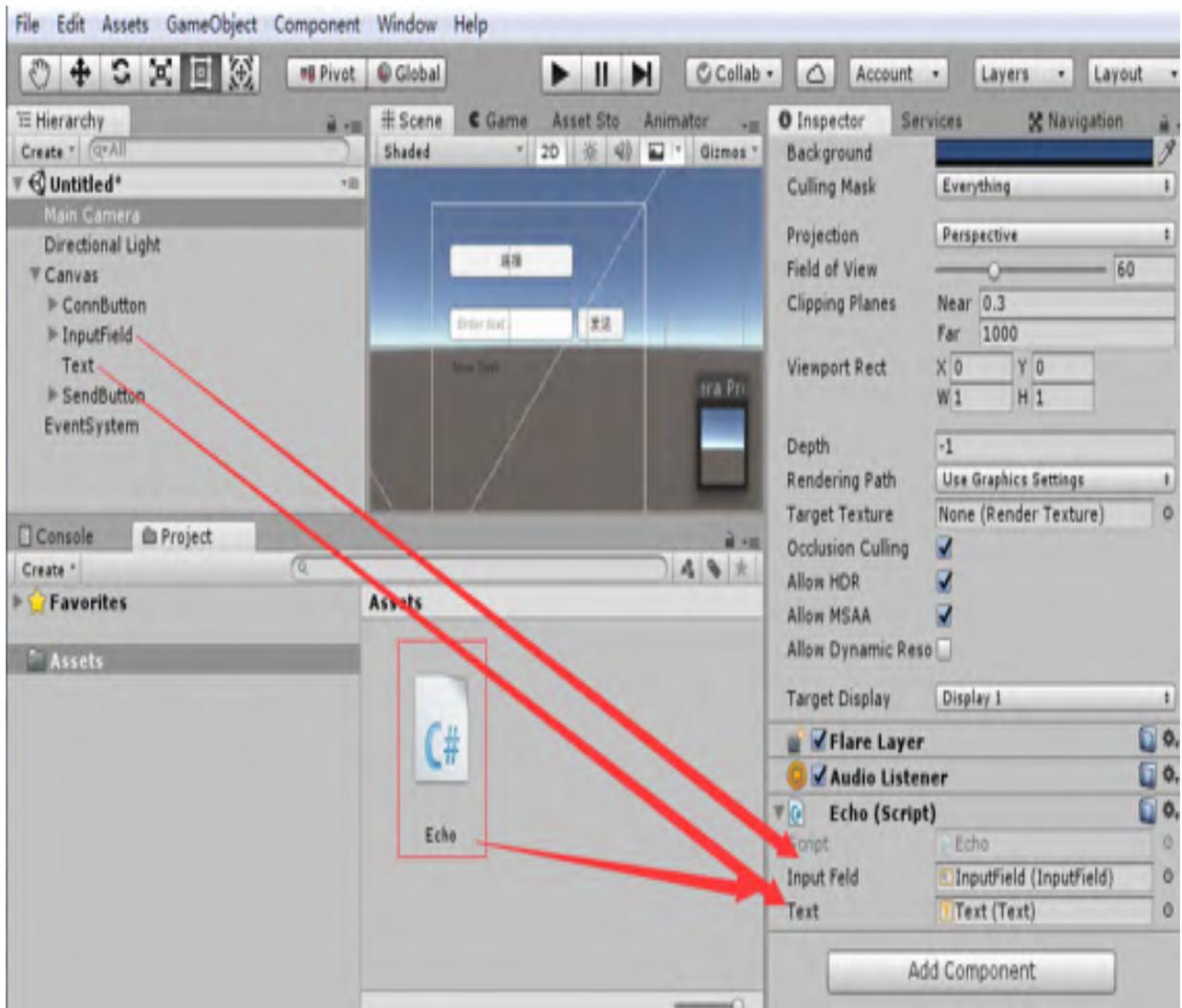


图1-14 Echo组件

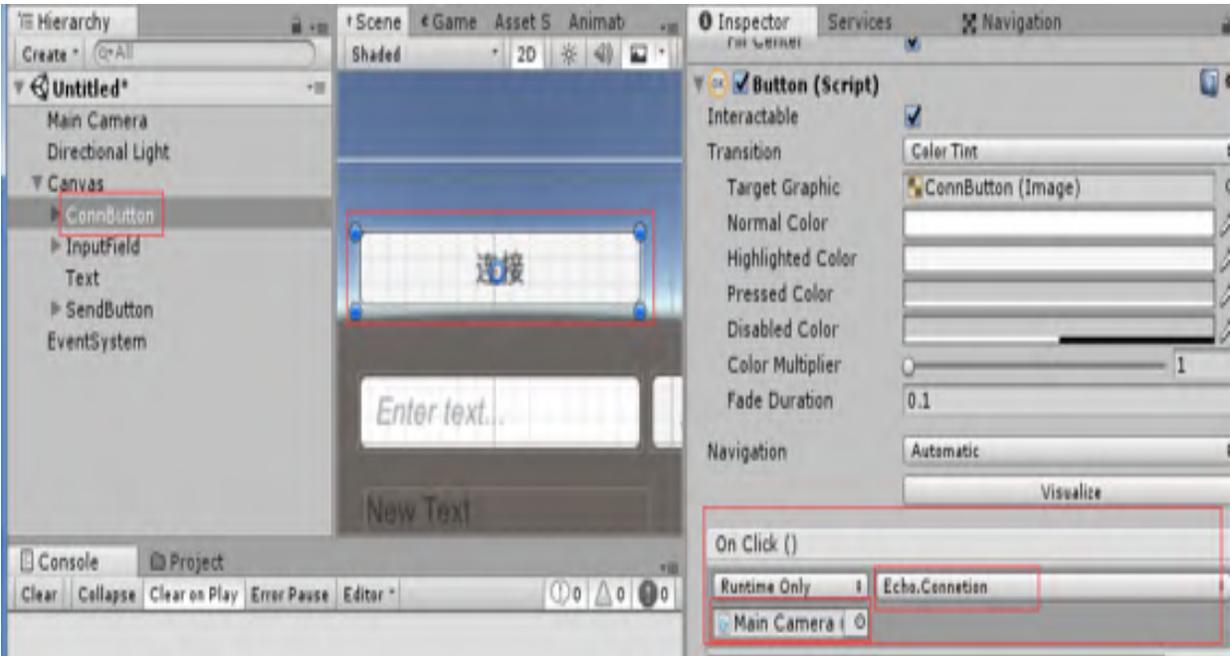


图1-15 设置点击事件

由于服务端尚未开启，此时运行客户端，点击连接按钮，会提示无法连接，属于正常现象，如图1-16所示。



图1-16 连接服务端失败

### 1.3.5 创建服务端程序

游戏服务端可以使用各种语言开发，为了与客户端统一，本书使用C#编写服务端程序。打开位于Unity安装目录下的MonoDevelop（也可以使用Visual Studio等工具），选择File→New→Solution创建一个控制台（Console）程序，如图1-17所示。

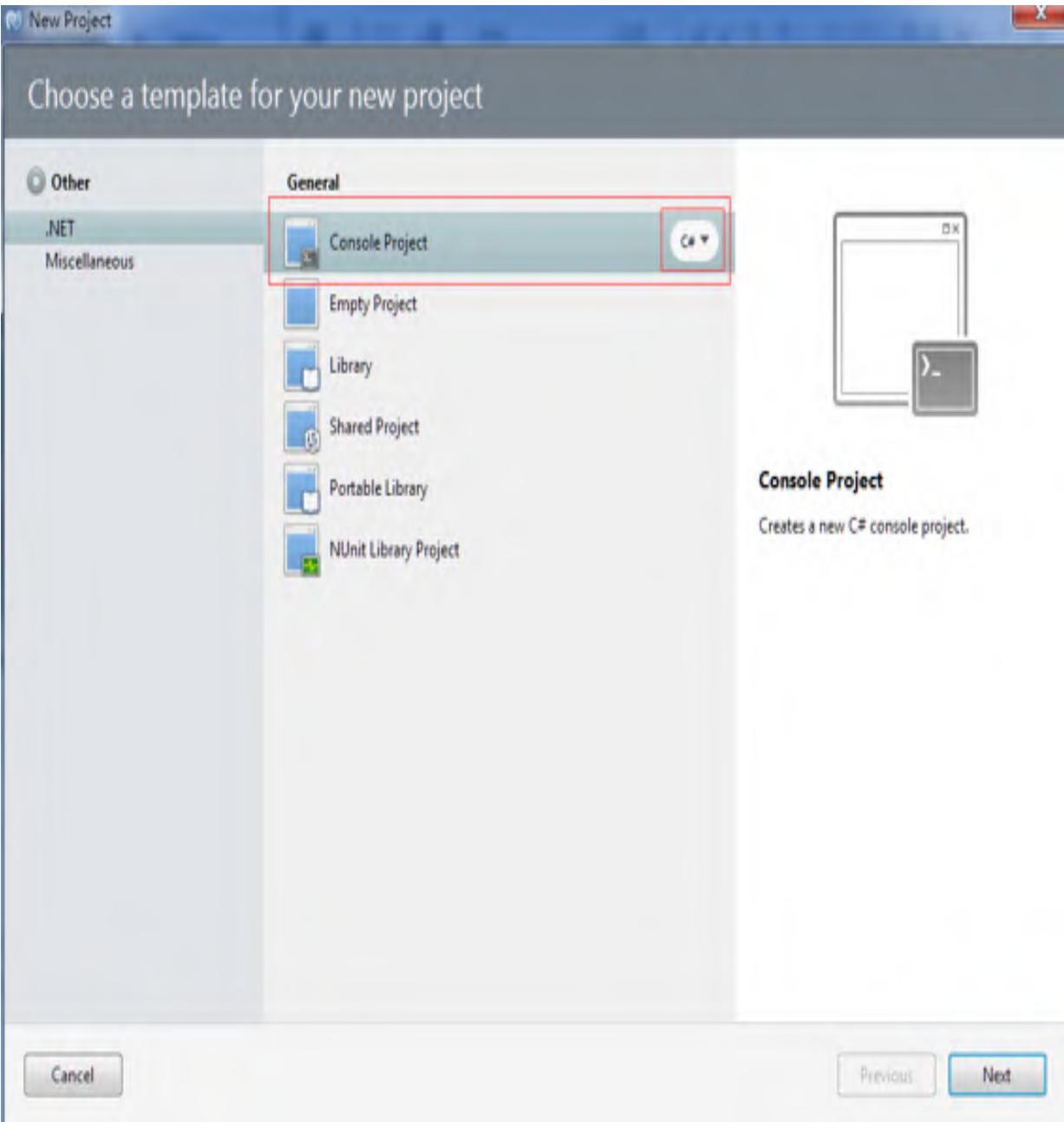


图1-17 创建控制台程序

MonoDevelop为我们创建了图1-18左侧所示的目录结构。打开 Program.cs将能看到使用 `Console.WriteLine("Hello World!")` 在屏幕上输出“Hello World!”的代码。

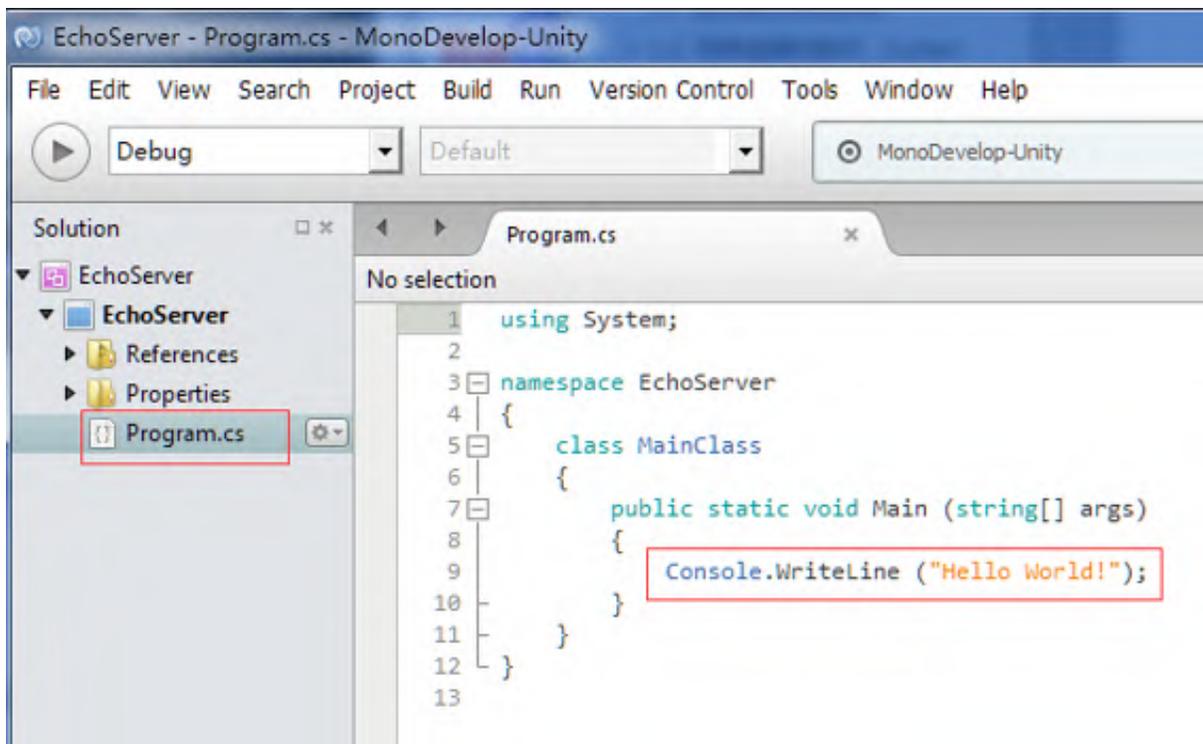


图1-18 默认目录结构

选择Run→Restart Without Debugging即可运行程序（如图1-19所示）。如果程序一闪而过，可以在Console.WriteLine后面加上一行“Console.Read();”，让程序等待用户输入。读者还可以在程序目录下的bin\Debug找到对应的exe文件，直接执行。

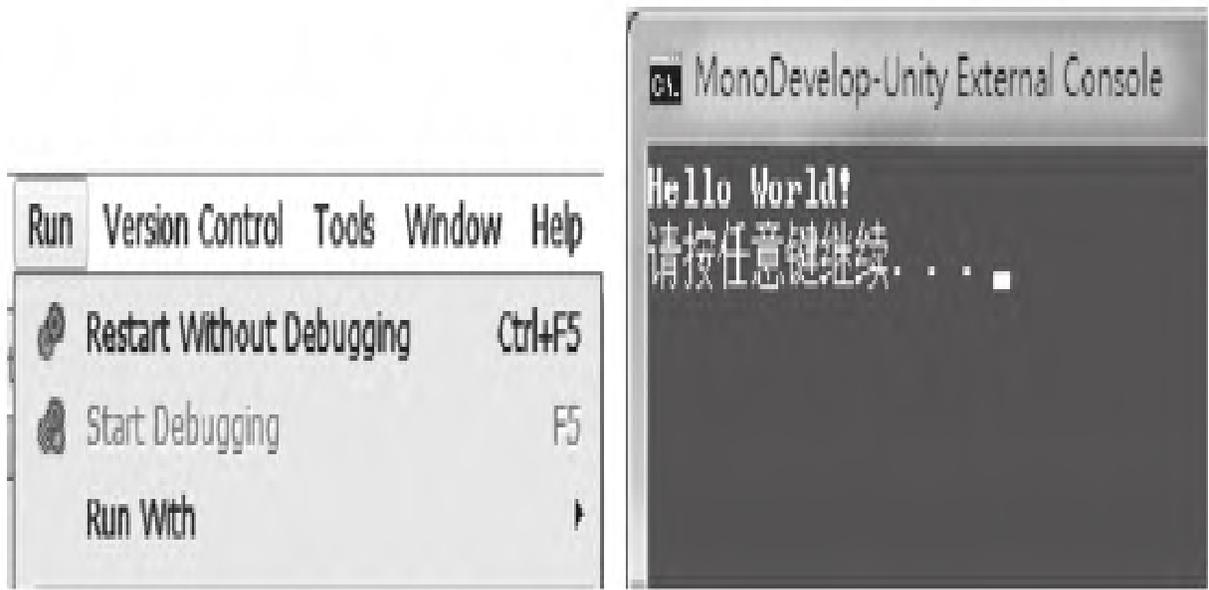


图1-19 运行控制台程序

### 1.3.6 编写服务端程序

服务器遵照Socket通信的基本流程，先创建Socket对象，再调用Bind绑定本地IP地址和端口号，之后调用Listen等待客户端连接。最后在while循环中调用Accept应答客户端，回应消息。代码如下：

```
using System;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
namespace EchoServer
{
    class MainClass
    {
        public static void Main (string[] args)
        {
            Console.WriteLine ("Hello World!");
            //Socket
            Socket listenfd = new
Socket (AddressFamily.InterNetwork,
        SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
            //Bind
            IPAddress ipAdr = IPAddress.Parse ("127.0.0.1");
            IPEndPoint ipEp = new IPEndPoint (ipAdr, 8888);
            listenfd.Bind (ipEp);
```

```

//Listen
listenfd.Listen(0);
Console.WriteLine("[服务器]启动成功");
while (true) {
    //Accept
    Socket connfd = listenfd.Accept ();
    Console.WriteLine ("[服务器]Accept");
    //Receive
    byte[] readBuff = new byte[1024];
    int count = connfd.Receive (readBuff);
    string readStr =
System.Text.Encoding.Default.GetString (readBuff, 0, count);
    Console.WriteLine ("[服务器接收]" + readStr);
    //Send
    byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes (readStr);
    connfd.Send(sendBytes);
}
}
}
}
}

```

运行程序，读者将能看到如图1-20所示的界面，此时服务器阻塞在Accept方法。下面会详细解释这一段代码的含义。



图1-20 运行着的服务端程序

### 1.3.7 服务端知识点

上一节的代码涉及不少网络编程的知识点，它们的含义如下。

#### (1) 绑定Bind

`listenfd.Bind(ipEp)` 将给 `listenfd` 套接字绑定 IP 和端口。程序中绑定本地地址 “127.0.0.1” 和 8888 号端口。127.0.0.1 是回送地址，

指本地机，一般用于测试。读者也可以设置成真实的IP地址，然后在两台计算机上分别运行客户端和服务端程序。

## (2) 监听Listen

服务端通过`listenfd.Listen(backlog)`开启监听，等待客户端连接。参数`backlog`指定队列中最多可容纳等待接受的连接数，0表示不限制。

## (3) 应答Accept

开启监听后，服务器调用`listenfd.Accept()`接收客户端连接。本例使用的所有Socket方法都是阻塞方法，也就是说当没有客户端连接时，服务器程序卡在`listenfd.Accept()`不会往下执行，直到接收了客户端的连接。`Accept`返回一个新客户端的Socket对象，对于服务器来说，它有一个监听Socket（例子中的`listenfd`）用来监听（`Listen`）和应答（`Accept`）客户端的连接，对每个客户端还有一个专门的Socket（例子中的`connfd`）用来处理该客户端的数据。

## (4) IPAddress和IPEndPoint

使用`IPAddress`指定IP地址，使用`IPEndPoint`指定IP和端口。

## (5) System.Text.Encoding.Default.GetString

`Receive`方法将接收到的字节流保存到`readBuff`上，`readBuff`是`byte`型数组。`GetString`方法可以将`byte`型数组转换成字符串。同理，`System.Text.Encoding.Default.GetBytes`可以将字符串转换成`byte`型数组。

### 1.3.8 测试Echo程序

运行服务端和客户端程序，点击客户端的连接按钮。在文本框中输入文本，点击发送按钮后，客户端将会显示服务端的回应信息“Hello Unity”，如图1-21所示。



图1-21 Echo程序

读者可能会觉得Echo程序没太大用处，其实只要稍微修改一下，就能够制作有实际作用的程序，比如制作一个时间查询程序。更改服务端代码，发送服务端当前的时间，如果服务器时间是准确的，客户端便可以获取准确的时间，如图1-22所示。

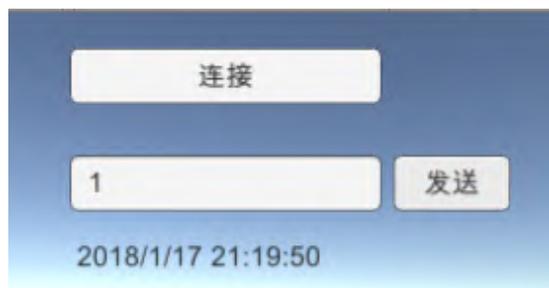


图1-22 时间查询程序

---

```
//Send
string sendStr = System.DateTime.Now.ToString();
byte[] sendBytes = System.Text.Encoding.Default.GetBytes
(sendStr);
connfd.Send (sendBytes);
```

---

思考一个问题：当前的服务端每次只能处理一个客户端的请求，如果我们要做一套聊天系统，它必须同时处理多个客户端请求，那又该怎样实现呢？

## 1.4 更多API

System.Net.Sockets命名空间的Socket类为网络通信提供了一套丰富的方法和属性，表1-7和表1-8分别列举了Socket类的一些常用方法和属性，使读者可以有个初步的印象，特别是异步API。

表1-7 Socket类的一些常用方法

方法	说明
Bind	使 Socket 与一个本地终结点相关联
Listen	将 Socket 置于侦听状态
Accept	为新建连接创建新的 Socket
Connect	建立与远程主机的连接
Send	将数据发送到连接的 Socket
Receive	接收来自绑定的 Socket 的数据
Close	关闭 Socket 连接并释放所有关联的资源
Shutdown	禁用某 Socket 上的发送和接收

(续)

方法	说明
Disconnect	关闭套接字连接并允许重用套接字
BeginAccept	开始一个异步操作来接受一个传入的连接尝试
EndAccept	异步接受传入的连接尝试
BeginConnect	开始一个对远程主机连接的异步请求
EndConnect	结束挂起的异步连接请求
BeginDisconnect	开始异步请求从远程终结点断开连接
EndDisconnect	结束挂起的异步断开连接请求
BeginReceive	开始从连接的 Socket 中异步接收数据
EndReceive	将数据异步发送到连接的 Socket
BeginSend	开始异步发送数据
EndSend	结束挂起的异步发送
GetSocketOption	返回 Socket 选项的值
SetSocketOption	设置 Socket 选项
Poll	确定 Socket 的状态
Select	确定一个或多个套接字的状态

表1-8 Socket类的一些常用属性

属性	说明
AddressFamily	获取 Socket 的地址族
Available	获取已经从网络接收且可供读取的数据量
Blocking	获取或设置一个值，该值指示 Socket 是否处于阻止模式
Connected	获取一个值，该值指示 Socket 是否连接
IsBound	指示 Socket 是否绑定到特定本地端口
OSSupportsIPv6	指示操作系统和网络适配器是否支持 Internet 协议第 6 版 (IPv6)
ProtocolType	获取 Socket 的协议类型
SendBufferSize	指定 Socket 发送缓冲区的大小
SendTimeout	指定之后同步 Send 调用将超时的时间长度
ReceiveBufferSize	指定 Socket 接收缓冲区的大小
ReceiveTimeout	指定之后同步 Receive 调用将超时的时间长度
Ttl	指定 Socket 发送的 Internet 协议 (IP) 数据包的生存时间 (TTL) 值

## 1.5 公网和局域网

本书上一版出版后，有些读者问“这套程序能不能在外网运行”和“怎样写外网能连接的服务端”。其实只要是服务端所在的计算机拥有外网IP，便能够访问。本地程序和外网的程序完全一样。

假设读者将服务端连到公网，例如连接宽带，或者购买阿里云、腾讯云等服务器，就可以获得这一台计算机的公网IP（如图1-23所示的123. 207. 111. 220）。客户端只需连接这个公网IP和端口，便能够连接到服务端。

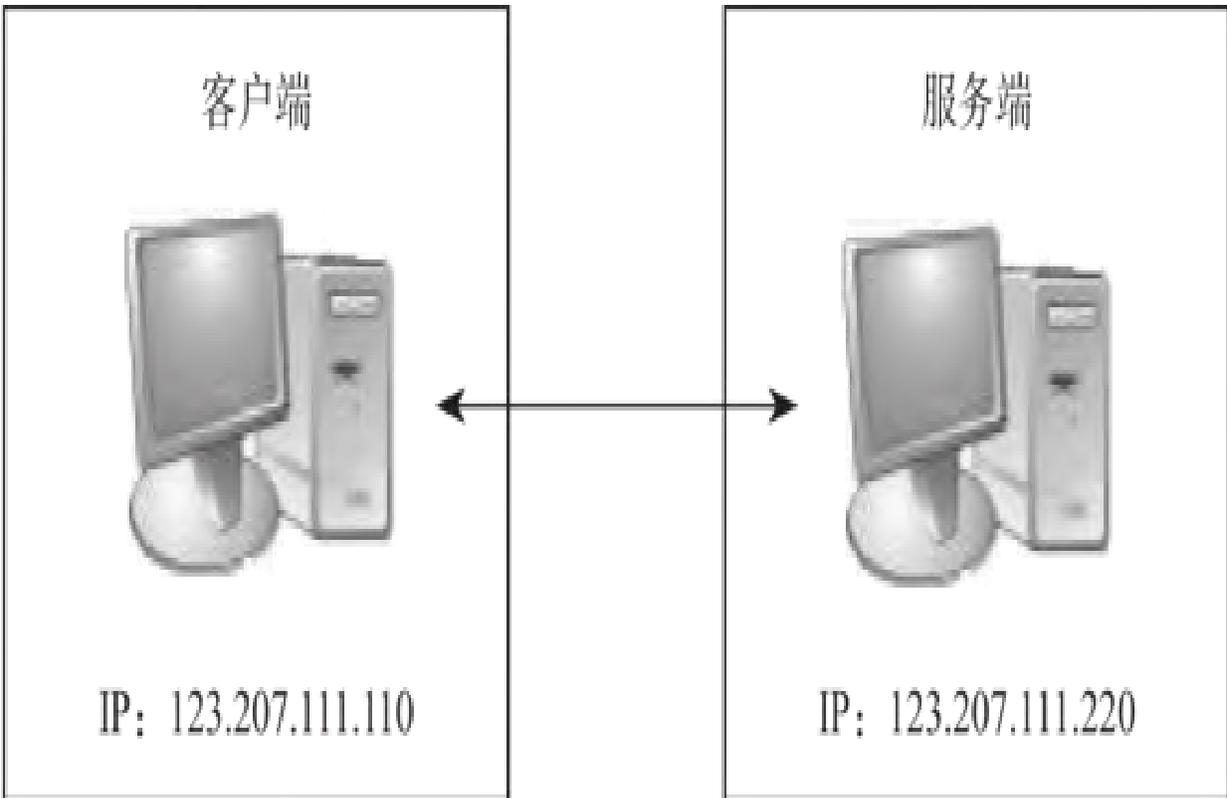


图1-23 公网示意图

有些读者家里使用了无线路由，或者在校园网的局域网内，那情况就稍有不同。如图1-24所示，一些读者把宽带连接到家里的路由器，再由路由器分发到多台计算机（校园网、公司局域网同理），在这种情况下，路由器会有公网和局域网两个IP。在图1-24中，路由器的公网IP是123.207.111.220，局域网IP为192.168.0.1，连接路由器的计算机只有内网IP，它们分别是192.168.0.10和192.168.0.12。如果将服务端放到连接路由器的某台计算机上，因为它只有局域网IP，所以只有局域网内的计算机可以连接上。如果拥有路由器的控制权，可以使用一种叫“端口映射”的技术，即设置路由器，将路由器IP地址的一个端口映射到内网中的一台计算机，提供相应的服务。当用户访问该IP的这个端口时，路由器自动将请求映射到对应局域网内部的计算机上。

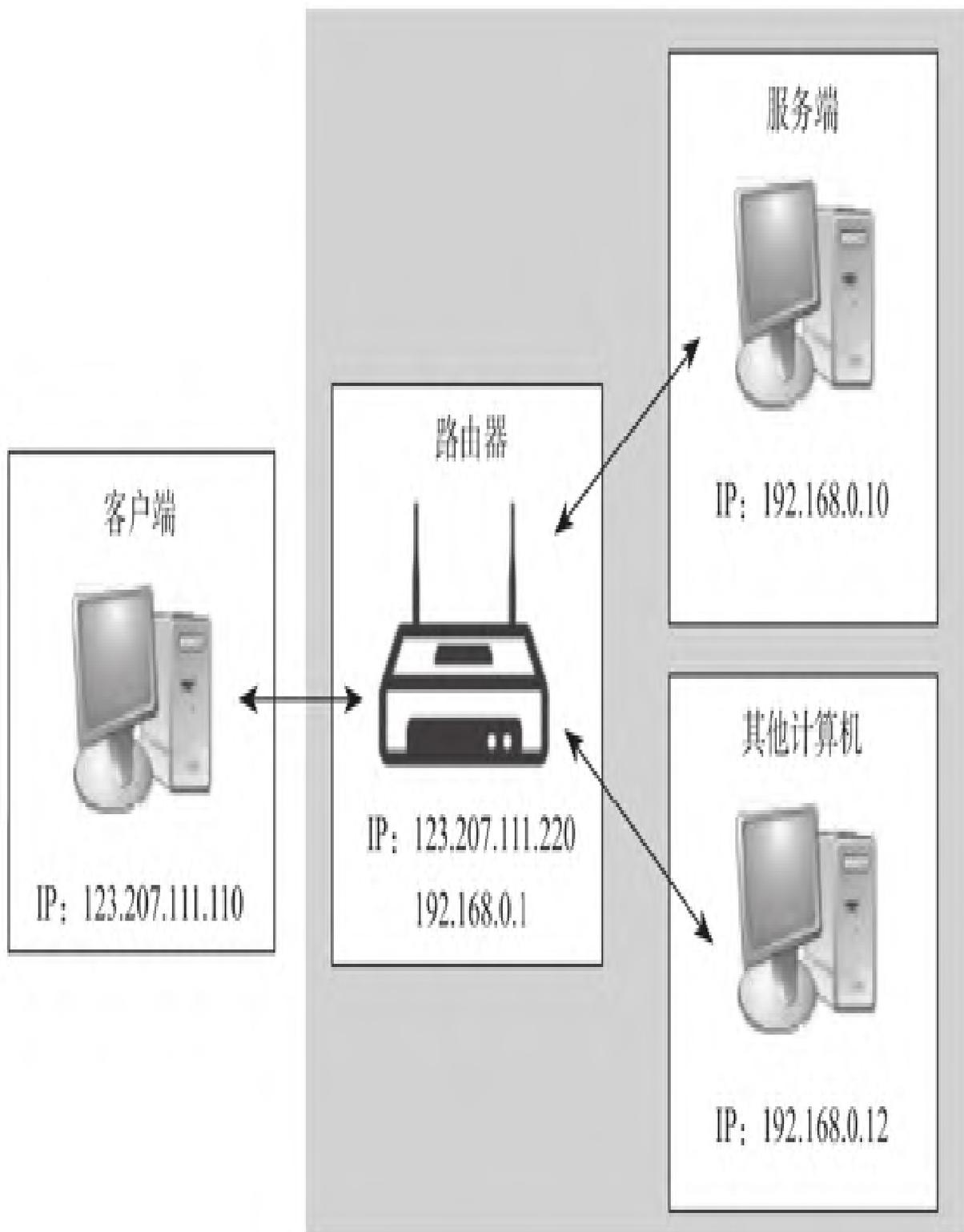


图1-24 局域网示意图

如果没有路由器的控制权（例如校园网），将服务端程序部署到阿里云、腾讯云等云服务器即可。

## 第2章

# 分身有术：异步和多路复用

第1章中的程序全部使用阻塞API（Connect、Send、Receive等），可称为同步Socket程序，它简单且容易实现，但时不时卡住程序却成为致命的缺点。客户端一卡一顿、服务端只能一次处理一个客户端的消息，不具有实用性。于是，人们发明了异步和多路复用两种技术，完美地解决了阻塞问题。学完本章，读者能够用Unity制作聊天室程序，聊天室程序涉及的知识是网络游戏同步技术的基础。

## 2.1 什么样的代码是异步代码

假设有一个“实现一个闹钟，5秒后铃响”的功能，Unity中有很多方法可以实现，其中有一个方法是下面这样的。这是个同步方法，会卡住程序。代码中的Sleep方法表示让程序休眠，程序运行到该方法时，会等待5000毫秒（即5秒），再打印出“铃铃铃”。

---

```
void Start () {  
    System.Threading.Thread.Sleep(5000);  
    Debug.Log("铃铃铃");  
}
```

---

另一个实现方法称为异步程序，代码如下：

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System.Threading;

public class Async : MonoBehaviour {
    // Use this for initialization
    void Start () {
        //创建定时器
        Timer timer = new Timer(TimeOut, null, 5000, 0);
        //其他程序代码
        //.....
    }

    //回调函数
    private void TimeOut(System.Object state){
        Debug.Log("铃铃铃");
    }
}
```

---

### 代码解释：

在Start方法中创建一个定时器对象timer（定时器Timer类位于System.Threading命名空间内）。Timer类的构造函数有4个参数：第一个参数TimeOut代表回调函数，即打印“铃铃铃”的方法；第三个参数5000代表5000毫秒，即5秒；另外两个参数暂不需要关心。整个程序的功能就是开启定时器，5秒后回调TimeOut方法，打印“铃铃铃”。

这种方法称为异步，它指进程不需要一直等下去，而是继续往下执行，直到满足条件时才调用回调函数，这样可以提高执行的效率。

如图2-1所示，异步的实现依赖于多线程技术。在Unity中，执行Start、Update方法的线程是主线程，定时器会把定时任务交给另外的线程去执行，在等待5秒后，“另外的某条线程”调用回调函数。主线程继续往下执行代码，不受影响。

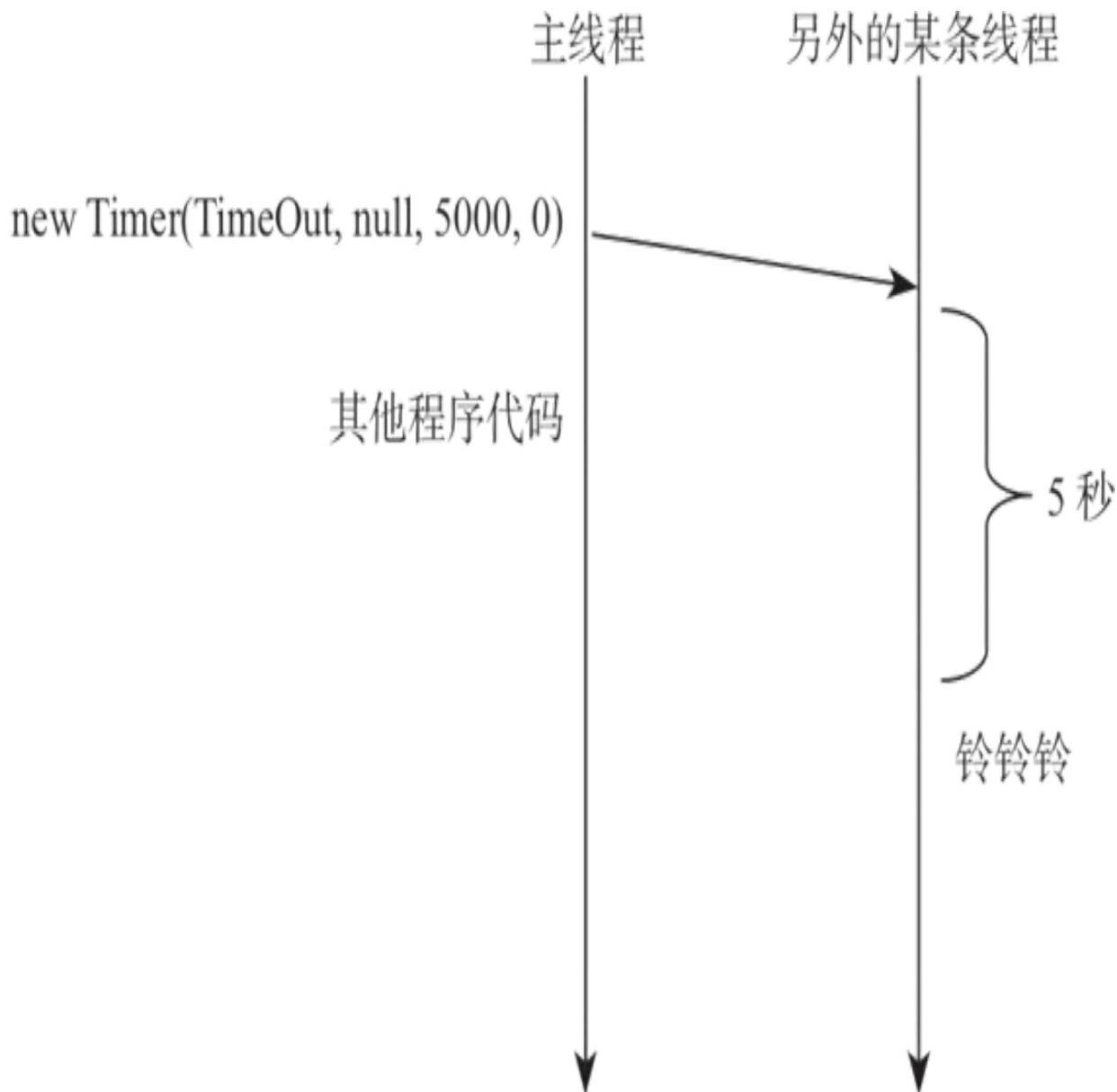


图2-1 闹钟程序示意图

## 2.2 异步客户端

同步模式中，客户端使用API `Connect`连接服务器，并使用API `Send`和`Receive`接收数据。在异步模式下，客户端可以使用`BeginConnect`和`EndConnect`等API完成同样的功能。

### 2.2.1 异步Connect

每一个同步API（如Connect）对应着两个异步API，分别是在原名称前面加上Begin和End（如BeginConnect和EndConnect）。客户端发起连接时，如果网络不好或服务端没有回应，客户端会被卡住一段时间。读者可以做一个这样的实验：使用NetLimiter等软件限制网速，然后打开第1章制作的Echo程序。点击连接后，客户端会卡住十几秒，并弹出“由于连接方在一段时间后没有正确答复或连接的主机没有反应，连接尝试失败。”的异常信息。而在这卡住的十几秒，用户不能做任何操作，游戏体验很差。

若使用异步程序，则可以防止程序卡住，其核心的API BeginConnect的函数原型如下：

```
public IAsyncResult BeginConnect(  
    string host,  
    int port,  
    AsyncCallback requestCallback,  
    object state  
)
```

表2-1中针对BeginConnect的参数进行了说明。

表2-1 BeginConnect的参数

参数	说明
host	远程主机的名称（IP），如“127.0.0.1”
port	远程主机的端口号，如“8888”
requestCallback	一个 AsyncCallback 委托，即回调函数，回调函数的参数必须是这样的形式：void ConnectCallback(IAsyncResult ar)
state	一个用户定义对象，可包含连接操作的相关信息。此对象会被传递给回调函数



**知识点** `IAsyncResult`是.NET提供的一种异步操作，通过名为 `BeginXXX`和`EndXXX`的两个方法来实现原同步方法的异步调用。`BeginXXX`方法包含同步方法中所需的参数，此外还包含另外两个参数：一个`AsyncCallback`委托和一个用户定义的状态对象。委托用来调用回调方法，状态对象用来向回调方法传递状态信息。且`BeginXXX`方法返回一个实现`IAsyncResult`接口的对象，`EndXXX`方法用于结束异步操作并返回结果。`EndXXX`方法含有一个`IAsyncResult`参数，用于获取异步操作是否完成的信息，它的返回值与同步方法相同。

`EndConnect`的函数原型如下。在`BeginConnect`的回调函数中调用`EndConnect`，可完成连接。

---

```
public void EndConnect(  
    IAsyncResult asyncResult  
)
```

---

## 2.2.2 Show Me The Code

“码不出何以论天下”，开始编程吧！使用异步`Connect`修改Echo客户端程序如下所示。

---

```
using System;  
  
//点击连接按钮  
public void Connection()  
{  
    //Socket  
    socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,  
        SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);  
    //Connect  
    socket.BeginConnect("127.0.0.1", 8888, ConnectCallback,  
socket);  
}  
  
//Connect回调
```

```
public void ConnectCallback(IAsyncResult ar){
    try{
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        socket.EndConnect(ar);
        Debug.Log("Socket Connect Succ");
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Connect fail" + ex.ToString());
    }
}
```

---

### 说明：

1) 由BeginConnect最后一个参数传入的socket，可由ar.AsyncState获取到。

2) try-catch是C#里处理异常的结构。它允许将任何可能发生异常情形的程序代码放置在try {}中进行监控。异常发生后，catch {}里面的代码将会被执行。catch语句中的参数ex附带了异常信息，可以将它打印出来。如果连接失败，EndConnect会抛出异常，所以将相关的语句放到try-catch结构中。

打开Echo服务端，运行程序。点击连接按钮后，客户端不再被卡住。图2-2展示的是在限制网速的情况下，客户端无法连接服务端，弹出异常的情形。但无论如何，客户端不再卡住。

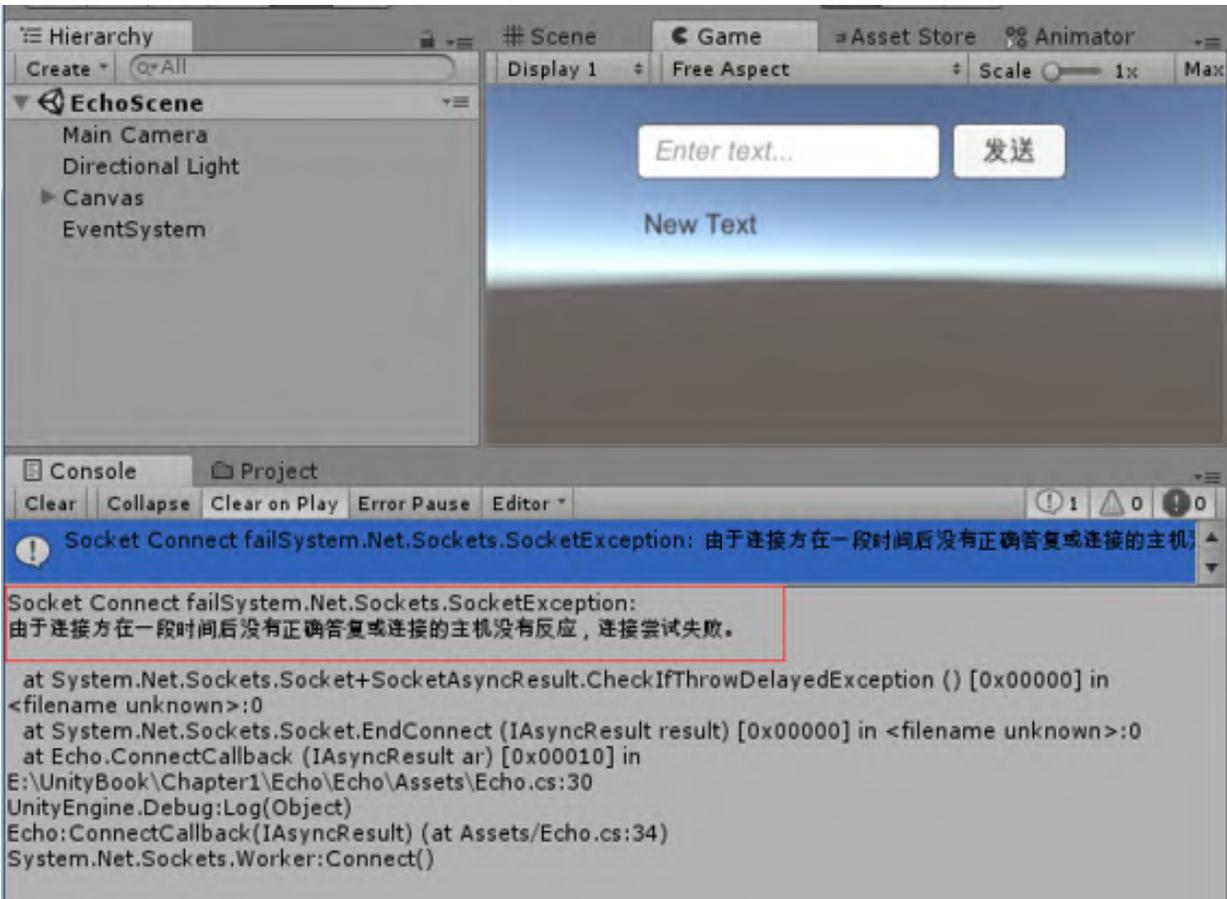


图2-2 限制网速，客户端无法连接服务端，弹出异常

### 2.2.3 异步Receive

Receive是个阻塞方法，会让客户端一直卡着，直至收到服务端的数据为止。如果服务端不回应（试试注释掉Echo服务端的Send方法！），客户端就算等到海枯石烂，也只能继续等着。异步Receive方法BeginReceive和EndReceive正是解决这个问题的关键。

与BeginConnect相似，BeginReceive用于实现异步数据的接收，它的原型如下所示。

---

```
public IAsyncResult BeginReceive (
    byte[] buffer,
    int offset,
    int size,
    SocketFlags socketFlags,
    AsyncCallback callback,
```

```
    object state
)

```

表2-2对BeginReceive的参数进行了说明。

表2-2 BeginReceive的参数说明

参数	说明
buffer	Byte 类型的数组，它存储接收到的数据
offset	buffer 中存储数据的位置，该位置从 0 开始计数
size	最多接收的字节数
socketFlags	SocketFlags 值的按位组合，这里设置为 0
callback	回调函数，一个 AsyncCallback 委托
state	一个用户定义对象，其中包含接收操作的相关信息。当操作完成时，此对象会被传递给 EndReceive 委托

虽然参数比较多，但我们先重点关注buffer、callback和state三个即可。对应的EndReceive的原型如下，它的返回值代表了接收到的字节数。

```
public int EndReceive(
    IAsyncResult asyncResult
)

```

冗谈无用，源码拿来！修改Echo客户端程序如下所示，其中底纹标注的部分为需要特别注意的地方。

```
using System.Collections;
```

```

using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System.Net.Sockets;
using UnityEngine.UI;
using System;
public class Echo : MonoBehaviour {

    //定义套接字
    Socket socket;
    //UGUI
    public InputField InputFeld;
    public Text text;
    //接收缓冲区
    byte[] readBuff = new byte[1024];
    string recvStr = "";

    //点击连接按钮
    public void Connection()
    {
        //Socket
        socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
            SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
        //Connect
        socket.BeginConnect("127.0.0.1", 8888, ConnectCallback,
socket);
    }

    //Connect回调
    public void ConnectCallback(IAsyncResult ar){
        try{
            Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
            socket.EndConnect(ar);
            Debug.Log("Socket Connect Succ");
            socket.BeginReceive( readBuff, 0, 1024, 0,
                ReceiveCallback, socket);
        }
        catch (SocketException ex){
            Debug.Log("Socket Connect fail" + ex.ToString());
        }
    }

    //Receive回调
    public void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
        try {
            Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
            int count = socket.EndReceive(ar);
            recvStr =

```

```
System.Text.Encoding.Default.GetString(readBuff, 0, count);

        socket.BeginReceive( readBuff, 0, 1024, 0,
            ReceiveCallback, socket);
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}

//点击发送按钮
public void Send()
{
    //Send
    string sendStr = InputFeld.text;
    byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
    socket.Send(sendBytes);
    //不需要Receive了
}

public void Update(){
    text.text = recvStr;
}
}
```

---

上述代码运行的结果如图2-3所示。

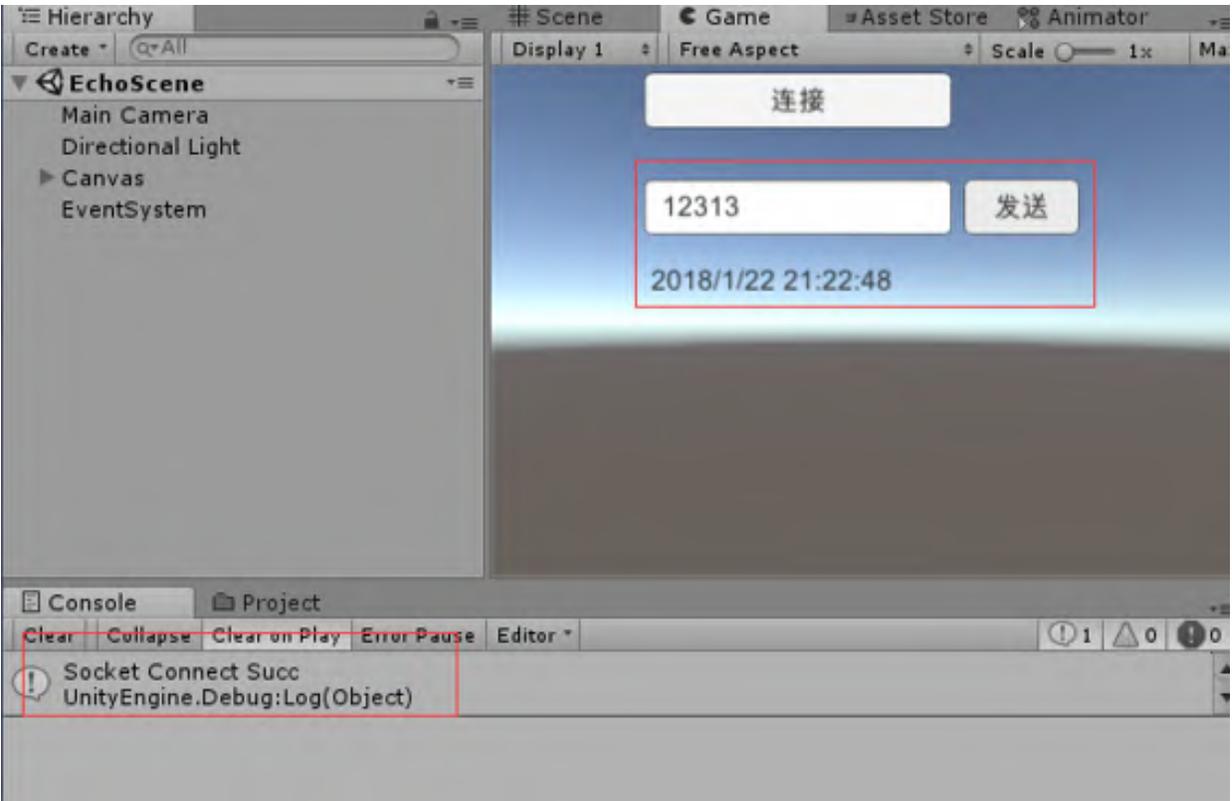


图2-3 程序运行结果

下面对值得注意的地方进行进一步解释。

### (1) BeginReceive的参数

上述程序中，BeginReceive的参数为(readBuff, 0, 1024, 0, ReceiveCallback, socket)。第一个参数readBuff表示接收缓冲区；第二个参数0表示从readBuff第0位开始接收数据，这个参数和TCP粘包问题有关，后续章节再详细介绍；第三个参数1024代表每次最多接收1024个字节的数据，假如服务端回应一串长长的数据，那一次也只会收到1024个字节。

### (2) BeginReceive的调用位置

程序在两个地方调用了BeginReceive：一个是ConnectCallback，在连接成功后，就开始接收数据，接收到数据后，回调函数ReceiveCallback被调用。另一个是BeginReceive内部，接收完一串数据后，等待下一串数据的到来，如图2-4所示。

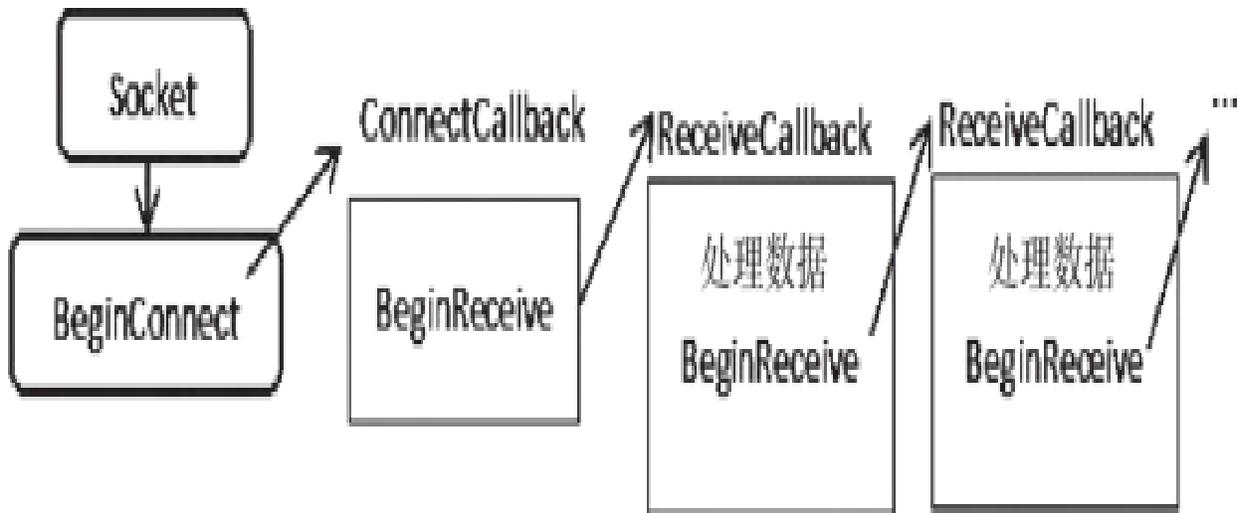


图2-4 程序结构图

### (3) Update和recvStr

在Unity中，只有主线程可以操作UI组件。由于异步回调是在其他线程执行的，如果在BeginReceive给text.text赋值，Unity会弹出“get\_isActiveAndEnabled can only be called from the main thread”的异常信息，所以程序只给变量recvStr赋值，在主线程执行的Update中再给text.text赋值（如图2-5所示）。

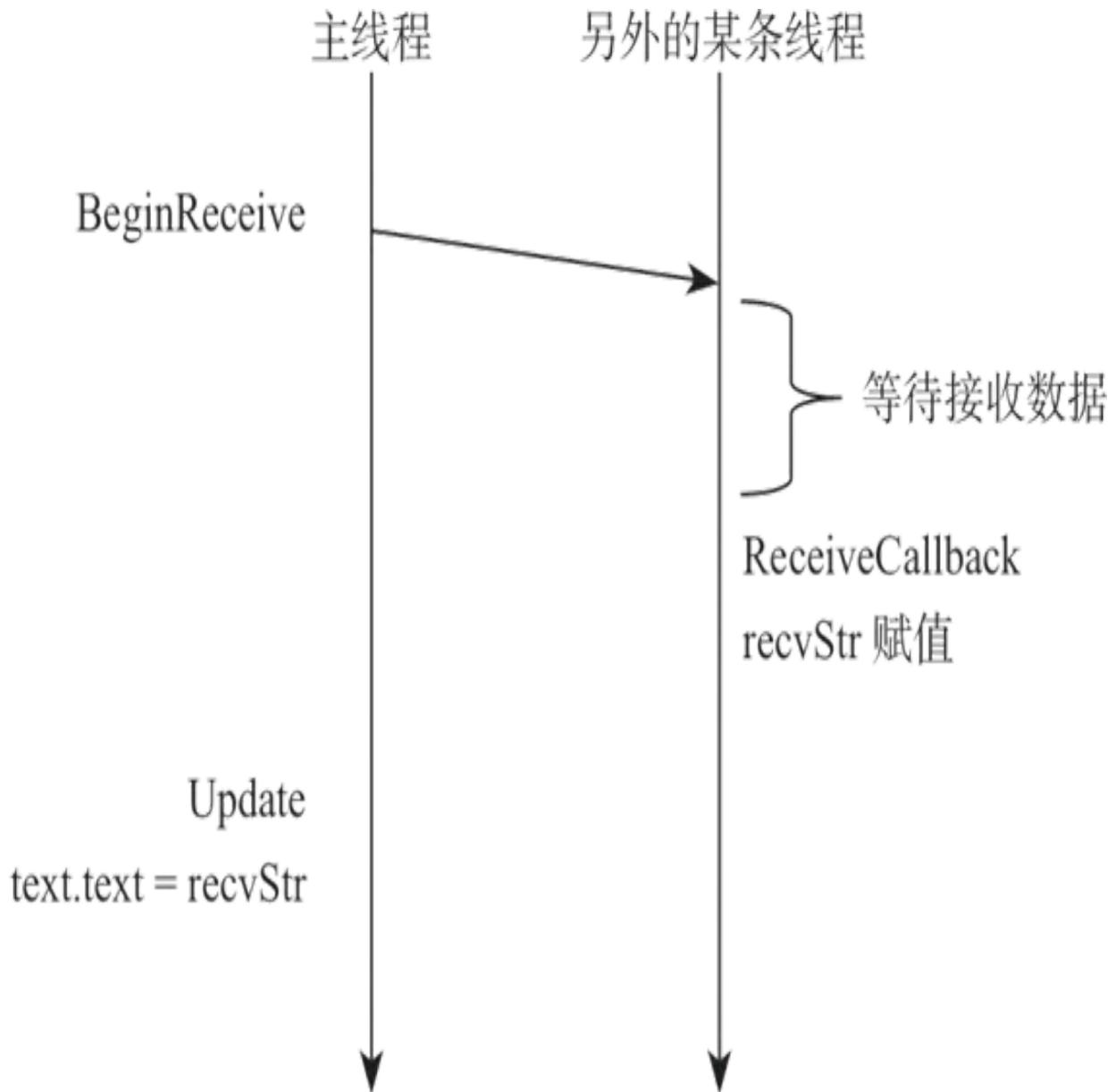


图2-5 在主线程中给UI组件赋值

## 2.2.4 异步Send

尽管不容易察觉，Send也是个阻塞方法，可能导致客户端在发送数据的一瞬间卡住。TCP是可靠连接，当接收方没有收到数据时，发送方会重新发送数据，直至确认接收方收到数据为止。

在操作系统内部，每个Socket都会有一个发送缓冲区，用于保存那些接收方还没有确认的数据。图2-6指示了一个Socket涉及的属性，它分为“用户层面”和“操作系统层面”两大部分。Socket使用的协

议、IP、端口属于用户层面的属性，可以直接修改；操作系统层面拥有“发送”和“接收”两个缓冲区，当调用Send方法时，程序将要发送的字节流写入到发送缓冲区中，再由操作系统完成数据的发送和确认。由于这些步骤是操作系统自动处理的，不对用户开放，因此称为“操作系统层面”上的属性。

发送缓冲区的长度是有限的（默认值约为8KB），如果缓冲区满，那么Send就会阻塞，直到缓冲区的数据被确认腾出空间。

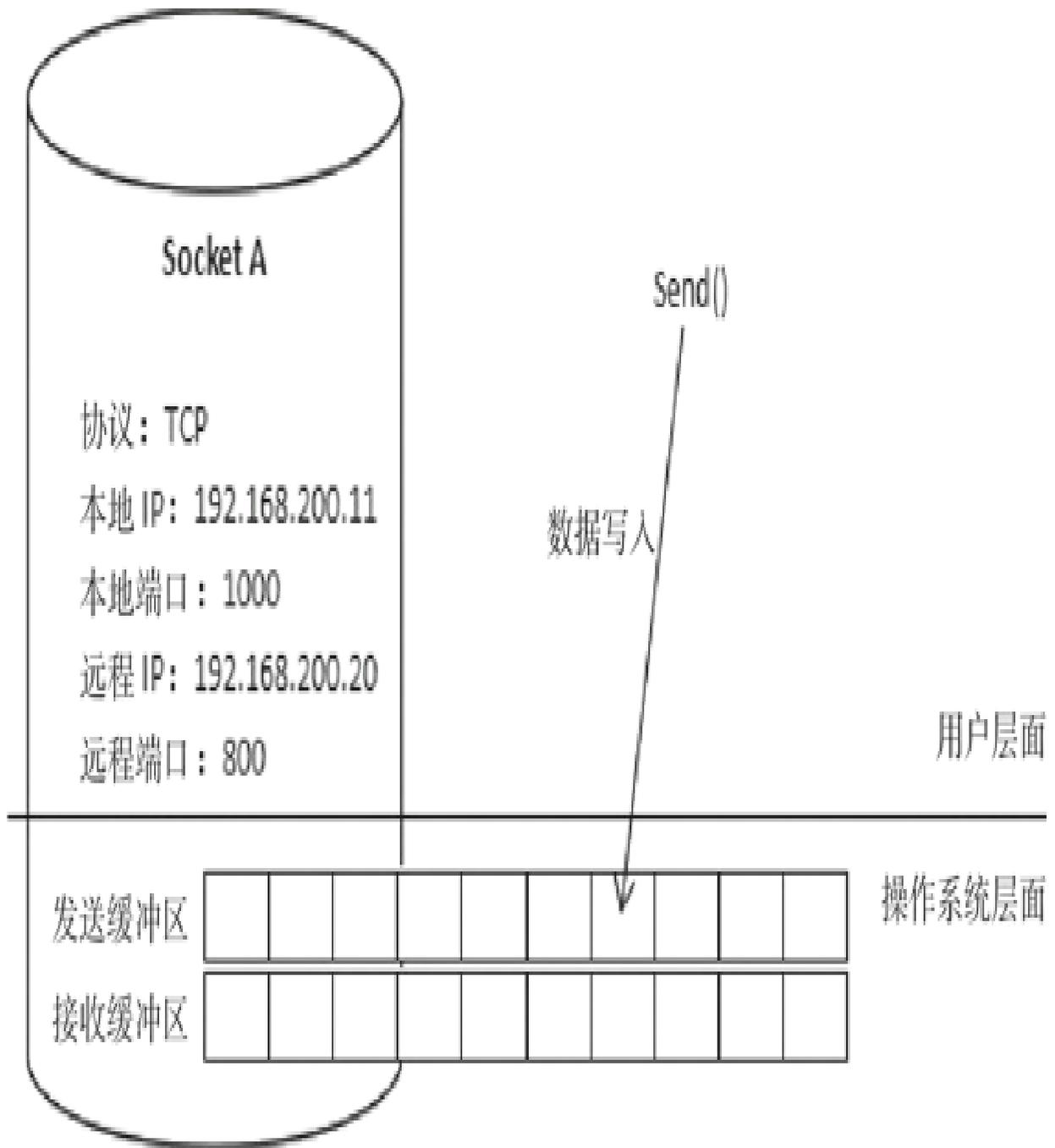


图2-6 发送缓冲区示意图

可以做一个这样的实验：删去服务端Receive相关的内容，使客户端的Socket缓冲区不能释放，然后发送很多数据（如下代码所示），这时就能够把客户端卡住。

```
//点击发送按钮
public void Send()
{
    //Send
    string sendStr = InputFeld.text;
    byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
    for(int i=0;i<10000;i++){
        socket.Send(sendBytes);
    }
}
```

---

值得注意的是，Send过程只是把数据写入到发送缓冲区，然后由操作系统负责重传、确认等步骤。Send方法返回只代表成功将数据放到发送缓存区中，对方可能还没有收到数据。

异步Send不会卡住程序，当数据成功写入输入缓冲区（或发生错误）时会调用回调函数。异步Send方法BeginSend的原型如下。

---

```
public IAsyncResult BeginSend(
    byte[] buffer,
    int offset,
    int size,
    SocketFlags socketFlags,
    AsyncCallback callback,
    object state
)
```

---

表2-3对BeginSend的参数进行了说明。

表2-3 BeginSend参数说明

参数	说明
buffer	Byte 类型的数组，包含要发送的数据
offset	从 buffer 中的 offset 位置开始发送
size	要发送的字节数
socketFlags	SocketFlags 值的按位组合，这里设置为 0
callback	回调函数，一个 AsyncCallback 委托
state	一个用户定义对象，其中包含发送操作的相关信息。当操作完成时，此对象会被传递给 EndSend 委托

EndSend 函数原型如下。它的返回值代表发送的字节数，如果发送失败会抛出异常。

```
public int EndSend (
    IAsyncResult asyncResult
)
```

又到“Show Me The Code”的时间了，修改客户端程序，使用异步发送。

```
//点击发送按钮
public void Send()
{
    //Send
    string sendStr = InputFeld.text;
    byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
    socket.BeginSend(sendBytes, 0, sendBytes.Length, 0,
SendCallback, socket);
}
```

```
//Send回调
public void SendCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        int count = socket.EndSend(ar);
        Debug.Log("Socket Send succ" + count);
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Send fail" + ex.ToString());
    }
}
```

---

注意：在上述代码中BeginSend的第二个参数设置为0；第三个参数sendBytes.Length，代表发送sendBytes一整串数据。读者可以将它们分别设置为1、endBytes.Length-1，代表从第2个字符开始发送。

一般情况下，EndSend的返回值count与要发送数据的长度相同，代表数据全部发出。但也不绝对，如果EndSend的返回值指示未全部发完，需要再次调用BeginSend方法，以便发送未发送的数据（本章只介绍异步程序，后面章节再详细介绍缓冲区）。

使用异步Send时，无论发送多少数据，客户端都不会卡住。测试程序如下所示。

---

```
//点击发送按钮
public void Send()
{
    //Send
    string sendStr = InputFeld.text;
    byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
    for(int i=0;i<10000;i++){
        socket.BeginSend(sendBytes, 0, sendBytes.Length, 0,
SendCallback, socket);
    }
}
```

---

图2-7是上述代码的输出结果。

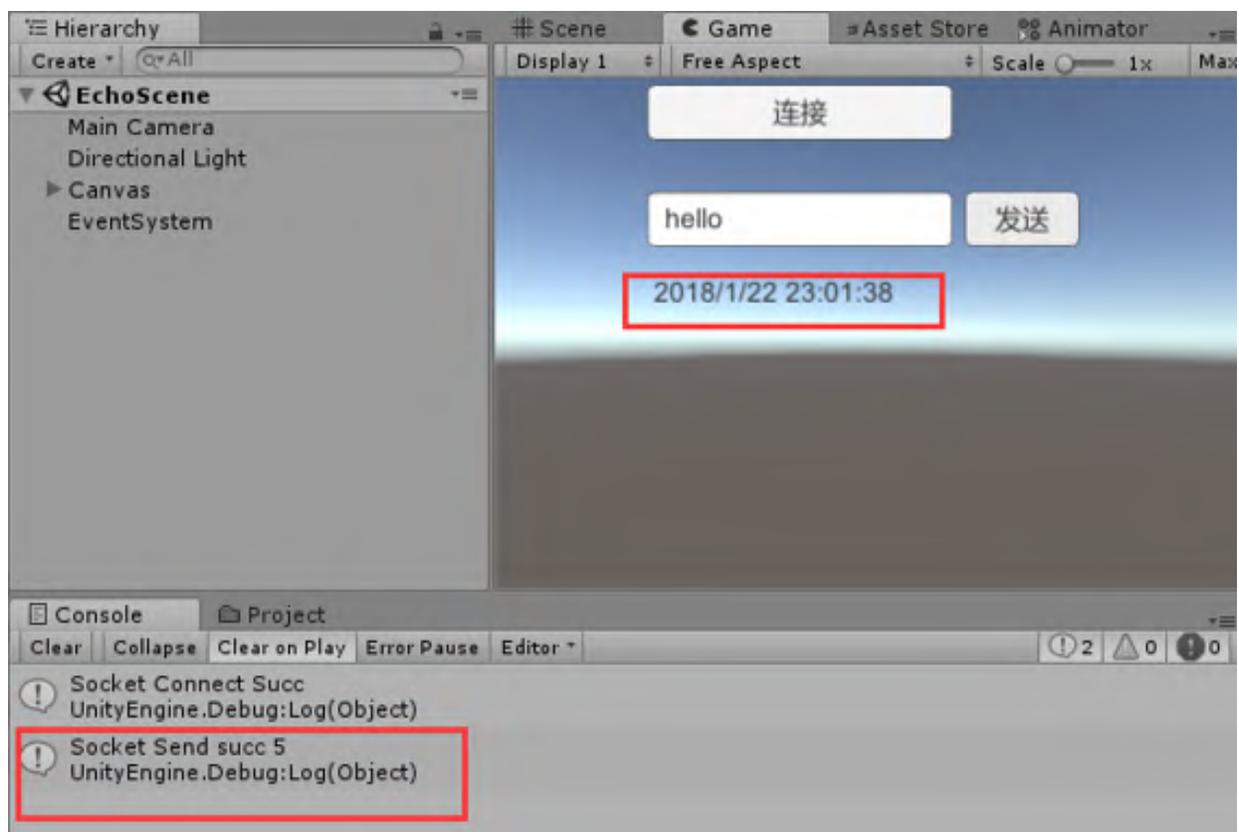


图2-7 代码输出信息

## 2.3 异步服务端

第1章的同步服务端程序同一时间只能处理一个客户端的请求，因为它会一直阻塞，等待某一个客户端的数据，无暇接应其他客户端。使用异步方法，可以让服务端同时处理多个客户端的数据，及时响应。

### 2.3.1 管理客户端

想象一下在聊天室里，某个用户说了一句话后，服务端需要把这句话发送给每一个人。所以服务端需要有个列表，保存所有连接上来的客户端信息。可以定义一个名为ClientState的类，用于保存一个客户端信息。ClientState包含TCP连接所需Socket，以及用于填充BeginReceive参数的读缓冲区readBuff。

---

```
class ClientState
```

```
{
    public Socket socket;
    public byte[] readBuff = new byte[1024];
}
```

---

C#提供了List和Dictionary等容器类数据结构（System.Collections.Generic命名空间内），其中Dictionary（字典）是一个集合，每个元素都是一个键值对，它是常用于查找和排序的列表。可以通过Add方法给Dictionary添加元素，并通过ContainsKey方法判断Dictionary里面是否包含某个元素。这里假设读者对这些数据结构稍有了解，如果不是很了解，可以先搜索相关的资料。可以在服务端中定义一个Dictionary<Socket, ClientState>类型的Dictionary，以Socket作为Key，以ClientState作为Value。命令如下：

---

```
static Dictionary<Socket, ClientState> clients =
    new Dictionary<Socket, ClientState>();
```

---

clients的结构如图2-8所示，通过clientState=clients[socket]能够很方便地获取客户端的信息。

Dictionary<Socket, ClientState>

clients

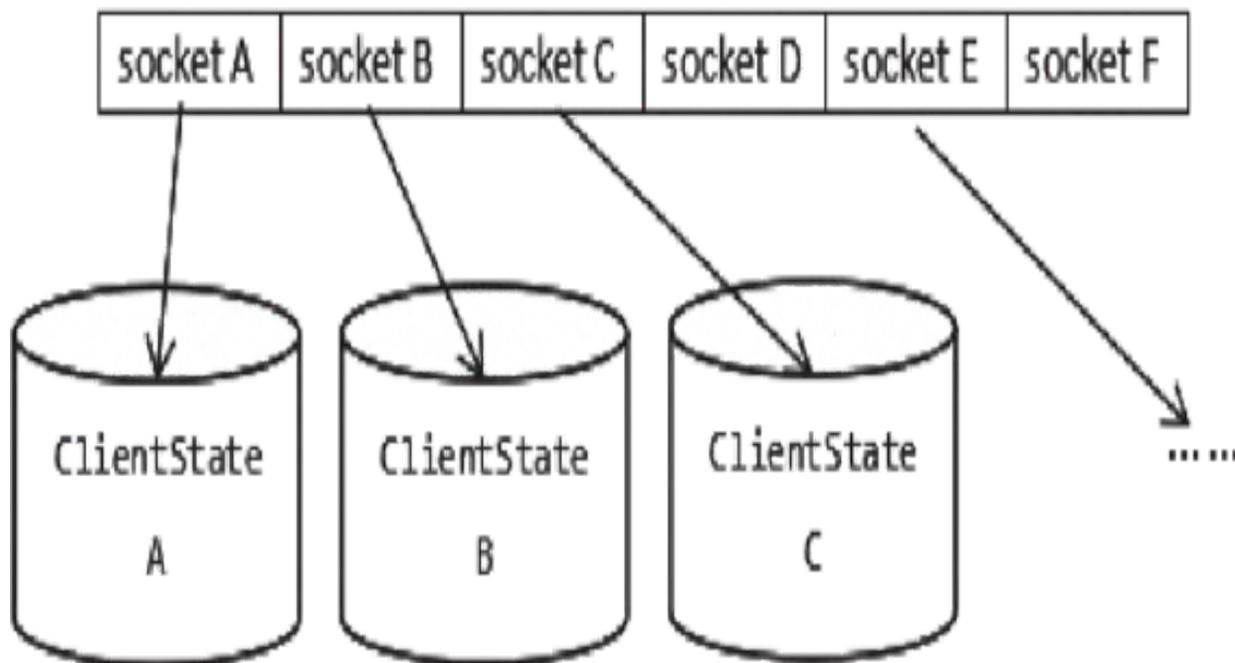


图2-8 clients列表示意图

### 2.3.2 异步Accept

除了BeginSend、BeginReceive等方法外，异步服务端还会用到异步Accept方法BeginAccept和EndAccept。BeginAccept的函数原型如下。

---

```
public IAsyncResult BeginAccept(  
    AsyncCallback callback,  
    object state  
)
```

---

表2-4对BeginAccept的参数进行了说明。

表2-4 BeginAccept参数说明

参数	说明
AsyncCallback	回调函数
state	表示状态信息，必须保证 state 中包含 socket 的句柄

调用BeginAccept后，程序继续执行而不是阻塞在该语句上。等到客户端连接上来，回调函数AsyncCallback将被执行。在回调函数中，开发者可以使用EndAccept获取新客户端的套接字（Socket），还可以获取state参数传入的数据。其中EndAccept的原型如下，它会返回一个客户端Socket。

```
public Socket EndAccept(  
    IAsyncResult asyncResult  
)
```

### 2.3.3 程序结构

图2-9展示了异步服务端的程序结构，服务器经历Socket、Bind、Listen三个步骤初始化监听Socket，然后调用BeginAccept开始异步处理客户端连接。如果有客户端连接进来，异步Accept的回调函数AcceptCallback被调用，会让客户端开始接收数据，然后继续调用BeginAccept等待下一个客户端的连接。

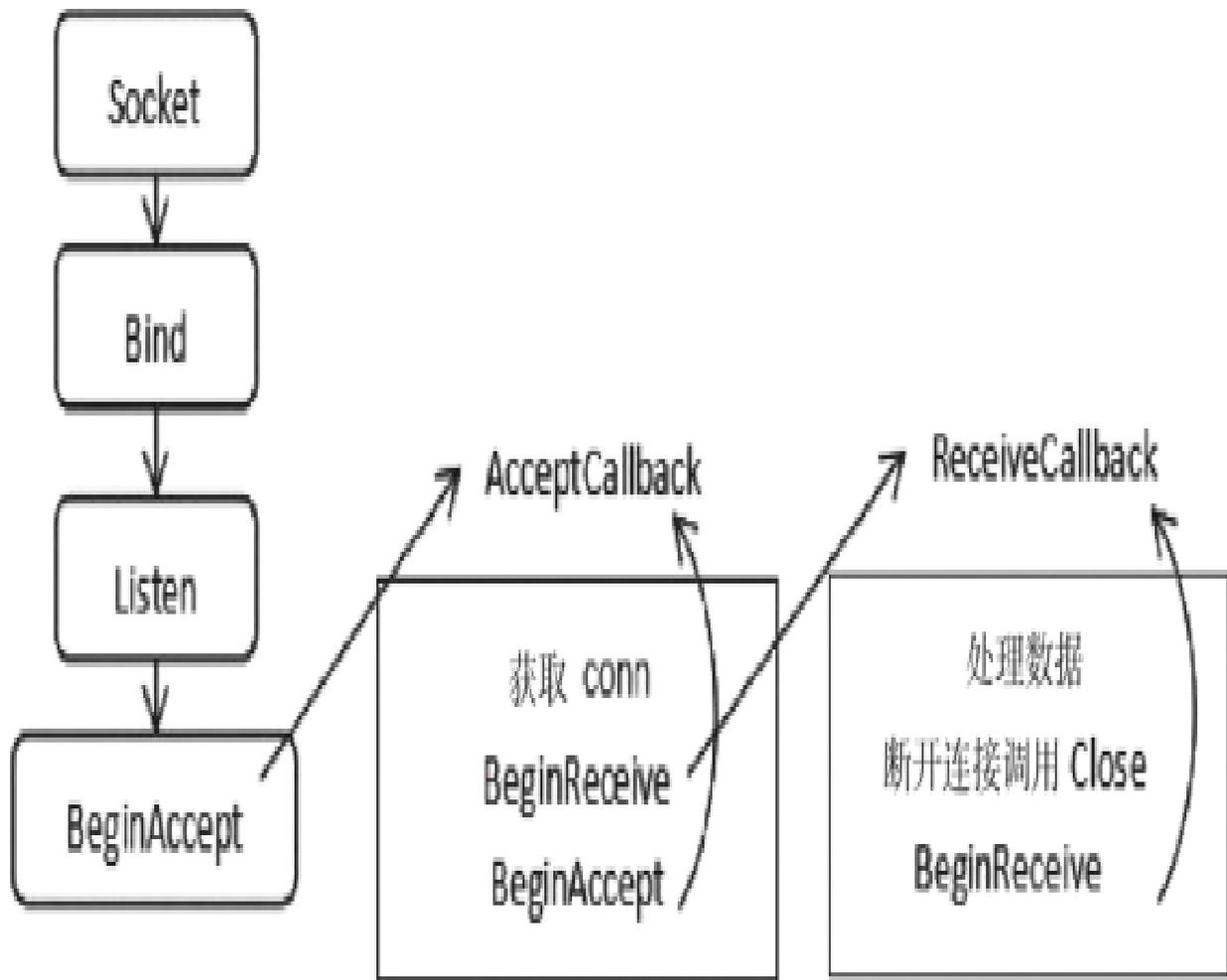


图2-9 异步服务端的程序结构

### 2.3.4 代码展示

“读万卷书不如行万里路”，直接来看看代码吧！服务端程序的主体结构中，定义客户端状态类ClientState，客户端管理列表clients。除了调用BeginAccept外，其大体与同步服务端相似。具体代码如下。

---

```

using System;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
using System.Collections.Generic;

class ClientState
{

```

```

    public Socket socket;
    public byte[] readBuff = new byte[1024];
}

class MainClass
{
    //监听Socket
    static Socket listenfd;
    //客户端Socket及状态信息
    static Dictionary<Socket, ClientState> clients =
        new Dictionary<Socket, ClientState>();

    public static void Main (string[] args)
    {
        Console.WriteLine ("Hello World!");
        //Socket
        listenfd = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
            SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
        //Bind
        IPAddress ipAdr = IPAddress.Parse("127.0.0.1");
        IPEndPoint ipEp = new IPEndPoint(ipAdr, 8888);
        listenfd.Bind(ipEp);
        //Listen
        listenfd.Listen(0);
        Console.WriteLine("[服务器]启动成功");
        //Accept
        listenfd.BeginAccept (AcceptCallback, listenfd);
        //等待
        Console.ReadLine();
    }
}

```

---

AcceptCallback是BeginAccept的回调函数，它处理了三件事情：

- 1) 给新的连接分配ClientState，并把它添加到clients列表中；
- 2) 异步接收客户端数据；
- 3) 再次调用BeginAccept实现循环。

注意BeginReceive的最后一个参数，这里以ClientState代替了原来的Socket。

---

```

//Accept回调
public static void AcceptCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Console.WriteLine ("[服务器]Accept");
        Socket listenfd = (Socket) ar.AsyncState;
        Socket clientfd = listenfd.EndAccept(ar);
        //clients列表
        ClientState state = new ClientState();
        state.socket = clientfd;
        clients.Add(clientfd, state);
        //接收数据BeginReceive
        clientfd.BeginReceive(state.readBuff, 0, 1024, 0,
            ReceiveCallback, state);
        //继续Accept
        listenfd.BeginAccept (AcceptCallback, listenfd);
    }
    catch (SocketException ex){
        Console.WriteLine("Socket Accept fail" +
ex.ToString());
    }
}

```

---

ReceiveCallback是BeginReceive的回调函数，它也处理了三件事情：

- 1) 服务端收到消息后，回应客户端；
  - 2) 如果收到客户端关闭连接的信号“if(count==0)”，断开连接；
  - 3) 继续调用BeginReceive接收下一个数据。
- 

```

//Receive回调
public static void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        ClientState state = (ClientState) ar.AsyncState;
        Socket clientfd = state.socket;
        int count = clientfd.EndReceive(ar);
        //客户端关闭
        if(count == 0){
            clientfd.Close();
        }
    }
}

```

```
        clients.Remove(clientfd);
        Console.WriteLine("Socket Close");
        return;
    }

    string recvStr =
System.Text.Encoding.Default.GetString(state.readBuff, 0,
count);
    byte[] sendBytes =
        System.Text.Encoding.Default.GetBytes("echo" +
recvStr);
    clientfd.Send(sendBytes); //减少代码量, 不用异步
    clientfd.BeginReceive( state.readBuff, 0, 1024, 0,
        ReceiveCallback, state);
    }
    catch (SocketException ex){
        Console.WriteLine("Socket Receive fail" +
ex.ToString());
    }
}
```

---



## 更多知识点

### 收到0字节

当Receive返回值小于等于0时，表示Socket连接断开，可以关闭Socket。但也有一种特例，上述程序没有处理，后面章节再做介绍。

开始测试程序吧！导出exe文件（如图2-10所示），运行多个客户端，便可以愉快地聊天了。读者可以试着完善这个聊天工具，做一款QQ软件。

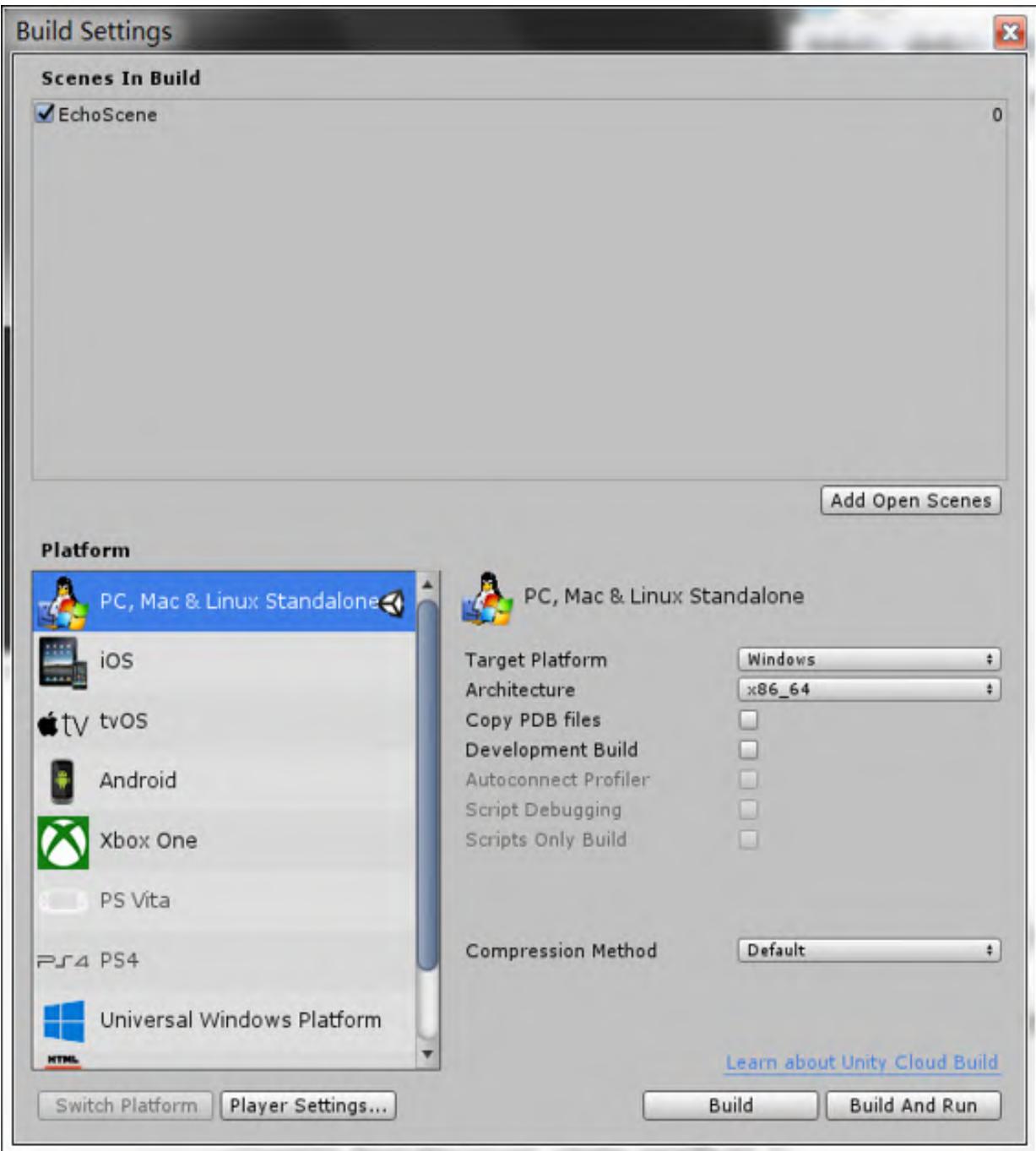


图2-10 导出exe文件

程序运行结果如图2-11所示。



图2-11 Echo程序运行结果

## 2.4 实践：做个聊天室

下面运用前面学到的知识，搭建聊天室。在聊天室中，某个客户端发送聊天消息，所有在线的客户端都会收到这条消息。

### 2.4.1 服务端

聊天室与Echo程序的不同之处在于服务端对消息的处理。服务端会遍历在线的客户端，然后推送消息。代码如下：

---

```
//Receive回调
public static void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        .....
        string recvStr =
System.Text.Encoding.Default.GetString(state.readBuff, 0,
count);
        string sendStr = clientfd.RemoteEndPoint.ToString() +
":" + recvStr;
        byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
        foreach (ClientState s in clients.Values){
            s.socket.Send(sendBytes);
        }
    }
}
```

```
    }
    clientfd.BeginReceive( state.readBuff, 0, 1024, 0,
        ReceiveCallback, state);
}
catch (SocketException ex){
    .....
}
}
```

---

## 2.4.2 客户端

聊天客户端与Echo客户端大同小异，不同的是，它会显示以前的聊天信息。示例代码如下：

---

```
//Receive回调
public void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        int count = socket.EndReceive(ar);
        string s =
System.Text.Encoding.Default.GetString(readBuff, 0, count);
        recvStr = s + "\n" + recvStr;

        socket.BeginReceive( readBuff, 0, 1024, 0,
            ReceiveCallback, socket);
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}
```

---

## 2.4.3 测试

现在运行多个客户端，如图2-12所示，愉快地聊天吧！



图2-12 聊天程序

## 2.5 状态检测Poll

使用异步程序，我们已经能够开发一套聊天程序。除了异步，有没有其他技术可以改善聊天室呢？

### 2.5.1 什么是Poll

比起异步程序，同步程序更简单明了，而且不会引发线程问题。智慧的人们经过多年辛勤钻研，终于在某一天灵光一闪，想到一个处理阻塞问题的绝佳方法，那就是：

---

```
if(socket有可读数据){
    socket.Receive()
}

if(socket缓冲区可写){
    socket.Send()
}

if(socket发生程序){
    错误处理
}
```

---

只要在阻塞方法前加上一层判断，有数据可读才调用Receive，有数据可写才调用Send，那不就既能够实现功能，又不会卡住程序了么？可能有人会在心里感叹，这样的好方法我怎么就没有想到呢？

微软当然很早就想到了这个解决方法，于是给Socket类提供了Poll方法，它的原型如下：

```
public bool Poll (  
    int microseconds,  
    SelectMode mode  
)
```

表2-5对Poll的参数进行了说明。

表2-5 Poll的参数说明

参数	说明
microSeconds	等待回应的时间，以微秒为单位，如果该参数为-1，表示一直等待，如果为0，表示非阻塞
mode	有3种可选的模式，分别如下： SelectRead: 如果Socket可读(可以接收数据)，返回true，否则返回false； SelectWrite: 如果Socket可写，返回true，否则返回false； SelectError: 如果连接失败，返回true，否则返回false

Poll方法将会检查Socket的状态。如果指定mode参数为SelectMode.SelectRead，则可确定Socket是否为可读；指定参数为SelectMode.SelectWrite，可确定Socket是否为可写；指定参数为SelectMode.SelectError，可以检测错误条件。Poll将在指定的时段（以微秒为单位）内阻止执行，如果希望无限期地等待响应，可将microSeconds设置为一个负整数；如果希望不阻塞，可将microSeconds设置为0。

## 2.5.2 Poll客户端

卡住客户端的最大“罪犯”就是阻塞Receive方法，如果能在Update里面不停地判断有没有数据可读，如果有数据可读才调用Receive，那不就解决问题了么？代码如下：

---

```
//省略各种using
public class Echo : MonoBehaviour {

    //定义套接字
    Socket socket;
    //UGUI
    public InputField InputFeld;
    public Text text;

    //点击连接按钮
    public void Connection()
    {
        //Socket
        socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
            SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
        //Connect
        socket.Connect("127.0.0.1", 8888);
    }

    //点击发送按钮
    public void Send() {.....//略}

    public void Update(){
        if(socket == null) {
            return;
        }

        if(socket.Poll(0, SelectMode.SelectRead)){
            byte[] readBuff = new byte[1024];
            int count = socket.Receive(readBuff);
            string recvStr =
                System.Text.Encoding.Default.GetString(readBuff,
0, count);
            text.text = recvStr;
        }
    }
}
```

---

上述代码调用了`socket.Poll`，设置为不阻塞模式（`microSeconds`为0）。比起异步程序，这段代码可谓简洁。程序只处理阻塞`Receive`，阻塞`Send`就由读者自己实现吧（也是因为涉及后面的缓冲区章节的内容，所以就留到后面再讲解）。

### 2.5.3 Poll服务端

服务端可以不断检测监听`Socket`和各个客户端`Socket`的状态，如果收到消息，则分别处理，流程如下所示。

---

```
初始化listenfd
初始化clients列表
while(true){
    if(listenfd可读) Accept;
    for(遍历clients列表){
        if(这个客户端可读) 消息处理;
    }
}
```

---

服务端使用主循环结构`while(true) {……}`，不断重复做两件事情：

1) 判断监听`Socket`是否可读，如果监听`Socket`可读，意味着有客户端连接上来，调用`Accept`回应客户端，以及把客户端`Socket`加入客户端信息列表。

2) 如果某一个客户端`Socket`可读，处理它的消息（在聊天室中，服务端把消息广播给各个客户端）。

服务端代码如下：

---

```
class MainClass
{
    //监听Socket
    static Socket listenfd;
    //客户端Socket及状态信息
    static Dictionary<Socket, ClientState> clients =
```

```

        new Dictionary<Socket, ClientState>();
public static void Main (string[] args)
{
    //Socket
    listenfd = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
        SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
    //Bind
    IPAddress ipAdr = IPAddress.Parse("127.0.0.1");
    IPEndPoint ipEp = new IPEndPoint(ipAdr, 8888);
    listenfd.Bind(ipEp);
    //Listen
    listenfd.Listen(0);
    Console.WriteLine("[服务器]启动成功");
    //主循环
    while(true){
        //检查listenfd
        if(listenfd.Poll(0, SelectMode.SelectRead)){
            ReadListenfd(listenfd);
        }
        //检查clientfd
        foreach (ClientState s in clients.Values){
            Socket clientfd = s.socket;
            if(clientfd.Poll(0, SelectMode.SelectRead)){
                if(!ReadClientfd(clientfd)){
                    break;
                }
            }
        }
        //防止CPU占用过高
        System.Threading.Thread.Sleep(1);
    }
}
}

```

---

这段代码有三个注意点。

其一是在主循环最后调用了 `System.Threading.Thread.Sleep(1)`，让程序挂起1毫秒，这样做的目的是避免死循环，让CPU有个短暂的喘息时间。

其二是 `ReadClientfd` 会返回 `true` 或 `false`，返回 `false` 表示该客户端断开（收到长度为0的数据）。由于客户端断开后，`ReadClientfd` 会删除 `clients` 列表中对应的客户端信息，导致 `clients` 列表改变，而 `ReadClientfd` 又是在 `foreach (ClientState s in clients.Values)`

的循环中被调用的，clients列表变化会导致遍历失败，因此程序在检测到客户端关闭后将退出foreach循环。

其三是将Poll的超时时间设置为0，程序不会有任何等待。如果设置较长的超时时间，服务端将无法及时处理多个客户端同时连接的情况。当然，这样设置也会导致程序的CPU占用率很高。

下面来看看ReadListenfd和ReadClientfd两个方法的实现。

ReadListenfd代码如下。它和异步服务端中AcceptCallback很相似，用于应答（Accept）客户端，添加客户端信息（ClientState）。

---

```
//读取Listenfd
public static void ReadListenfd(Socket listenfd) {
    Console.WriteLine("Accept");
    Socket clientfd = listenfd.Accept();
    ClientState state = new ClientState();
    state.socket = clientfd;
    clients.Add(clientfd, state);
}
```

---

ReadClientfd代码如下。它和异步服务端中的ReceiveCallback很相似，用于接收客户端消息，并广播给所有的客户端。

---

```
//读取Clientfd
public static bool ReadClientfd(Socket clientfd) {
    ClientState state = clients[clientfd];
    //接收
    int count = 0;
    try {
        count = clientfd.Receive(state.readBuff);
    } catch (SocketException ex) {
        clientfd.Close();
        clients.Remove(clientfd);
        Console.WriteLine("Receive SocketException " +
ex.ToString());
        return false;
    }
    //客户端关闭
```

```
        if(count == 0){
            clientfd.Close();
            clients.Remove(clientfd);
            Console.WriteLine("Socket Close");
            return false;
        }
        //广播
        string recvStr =
            System.Text.Encoding.Default.GetString(state.readBuff,
0, count);
        Console.WriteLine("Receive" + recvStr);
        string sendStr = clientfd.RemoteEndPoint.ToString() + ":" +
recvStr;
        byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
        foreach (ClientState cs in clients.Values){
            cs.socket.Send(sendBytes);
        }
        return true;
    }
}
```

---

尽管逻辑清晰，但Poll服务端的弊端也很明显，若没有收到客户端数据，服务端也一直在循环，浪费了CPU。Poll客户端也是同理，没有数据的时候还总在Update中检测数据，同样是一种浪费。从性能角度考虑，还有不小的改进空间。

## | 2.6 多路复用Select

### 2.6.1 什么是多路复用

此节内容为重点知识，因为后面章节的服务端程序将全部使用Select模式。多路复用，就是同时处理多路信号，比如同时检测多个Socket的状态。

又是辛勤的人们，经过没日没夜的加班，终于灵光一闪，想到了解决Poll服务端中CPU占用率过高的方法，那就是：同时检测多个Socket的状态。在设置要监听的Socket列表后，如果有一个（或多个）Socket可读（或可写，或发生错误信息），那就返回这些可读的Socket，如果没有可读的，那就阻塞。

Select方法便是实现多路复用的关键，它的原型如下：

---

```

public static void Select(
    IList checkRead,
    IList checkWrite,
    IList checkError,
    int microseconds
)

```

表2-6对Select的参数进行了说明。

表2-6 Select的参数说明

参数	说明
checkRead	检测是否有可读的 Socket 列表
checkWrite	检测是否有可写的 Socket 列表
checkError	检测是否有出错的 Socket 列表
microSeconds	等待回应的时间，以微秒为单位，如果该参数为 -1 表示一直等待，如果为 0 表示非阻塞

Select可以确定一个或多个Socket对象的状态，如图2-13所示。使用它时，须先将一个或多个套接字放入IList中。通过调用Select（将IList作为checkRead参数），可检查Socket是否具有可读性。若要检查套接字是否具有可写性，可使用checkWrite参数。若要检测错误条件，可使用checkError。在调用Select之后，Select将修改IList列表，仅保留那些满足条件的套接字。如图2-13所示，把包含6个Socket的列表传给Select，Select方法将会阻塞，等到超时或某个（或多个）Socket可读时返回，并且修改checkRead列表，仅保存可读的socket A和socket C。当没有任何可读Socket时，程序将会阻塞，不占用CPU资源。

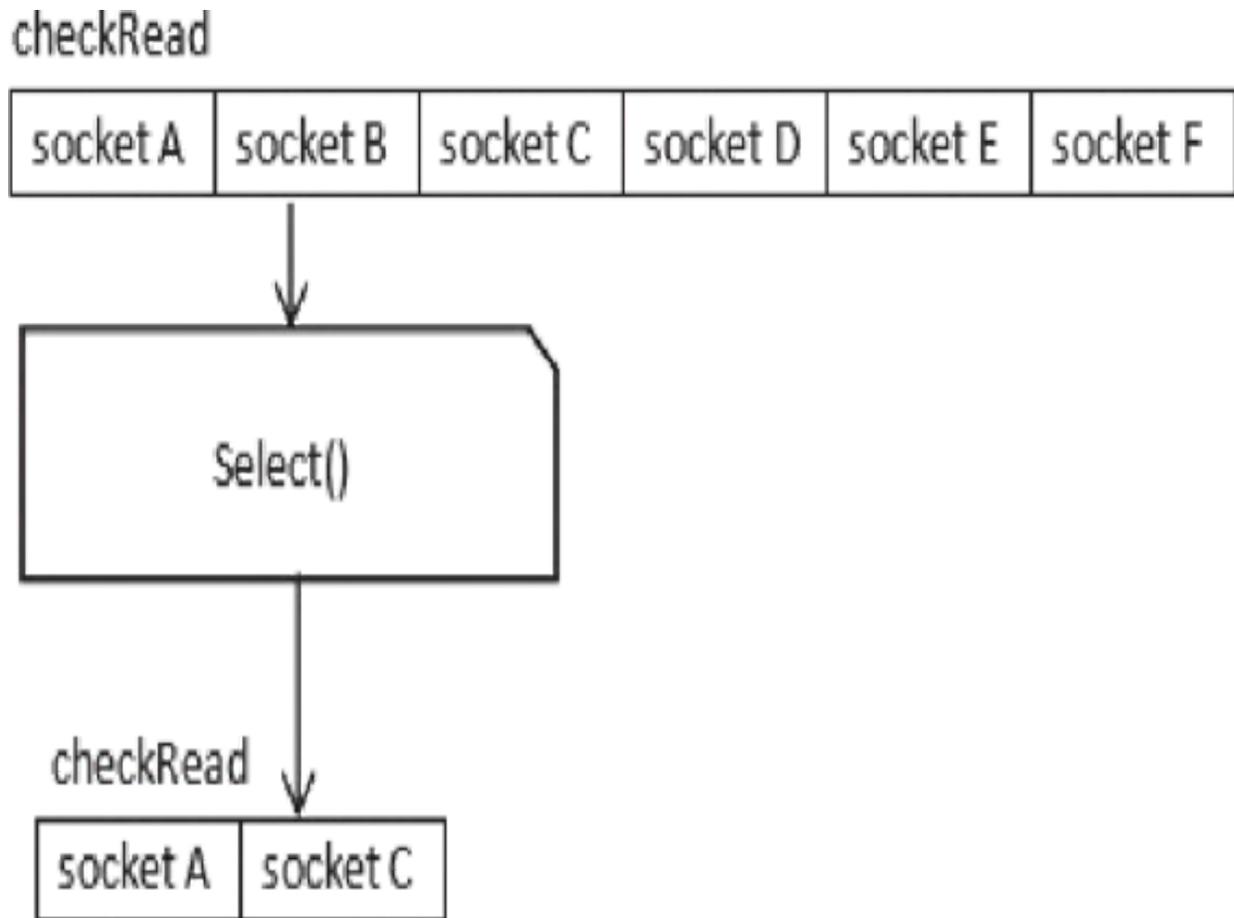


图2-13 Select示意图

## 2.6.2 Select服务端

服务端调用Select，等待可读取的Socket，流程如下。

---

```

初始化listenfd
初始化clients列表
while(true) {
    checkList = 待检测Socket列表
    Select(checkList ...)
    for(遍历可读checkList 列表){
        if(listenfd可读) Accept;
        if(这个客户端可读) 消息处理;
    }
}

```

---

服务端使用主循环结构while(true) {...}, 不断地调用Select检测Socket状态, 其步骤如下:

- 将监听Socket (listenfd) 和客户端Socket (遍历clients列表) 添加到待检测Socket可读状态的列表checkList中。
- 调用Select, 程序中设置超时时间为1秒, 若1秒内没有任何可读信息, Select方法将checkList列表变成空列表, 然后返回。
- 对Select处理后的每个Socket做处理, 如果监听Socket (listenfd) 可读, 说明有客户端连接, 需调用Accept。如果客户端Socket可读, 说明客户端发送了消息 (或关闭), 将消息广播给所有客户端。

上述过程的示例代码如下:

---

```
using System;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
using System.Collections.Generic;

class ClientState
{
    public Socket socket;
    public byte[] readBuff = new byte[1024];
}

class MainClass
{
    //监听Socket
    static Socket listenfd;
    //客户端Socket及状态信息
    static Dictionary<Socket, ClientState> clients =
        new Dictionary<Socket, ClientState>();

    public static void Main (string[] args)
    {
        //Socket
        listenfd = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
            SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
        //Bind
        IPAddress ipAdr = IPAddress.Parse("127.0.0.1");
```

```

IPEndPoint ipEp = new IPEndPoint(ipAdr, 8888);
listenfd.Bind(ipEp);
//Listen
listenfd.Listen(0);
Console.WriteLine("[服务器]启动成功");
//checkRead
List<Socket> checkRead = new List<Socket>();
//主循环
while(true){
    //填充checkRead列表
    checkRead.Clear();
    checkRead.Add(listenfd);
    foreach (ClientState s in clients.Values){
        checkRead.Add(s.socket);
    }
    //select
    Socket.Select(checkRead, null, null, 1000);
    //检查可读对象
    foreach (Socket s in checkRead){
        if(s == listenfd){
            ReadListenfd(s);
        }
        else{
            ReadClientfd(s);
        }
    }
}
}
}

```

---

其中ReadListenfd和ReadClientfd与2.5.3节的实现相同，这里不再重复。

### 2.6.3 Select客户端

使用Select方法的客户端和使用Poll方法的客户端极其相似，因为只需检测一个Socket的状态，将连接服务端的socket输入到checkRead列表即可。为了不卡住客户端，Select的超时时间设置为0，永不阻塞。示例代码如下：

---

```

public void Update(){
    if(socket == null) {

```

```
        return;
    }
    //填充checkRead列表
    checkRead.Clear();
    checkRead.Add(socket);
    //select
    Socket.Select(checkRead, null, null, 0);
    //check
    foreach (Socket s in checkRead){
        byte[] readBuff = new byte[1024];
        int count = socket.Receive(readBuff);
        string recvStr =
            System.Text.Encoding.Default.GetString(readBuff,
0, count);
        text.text = recvStr;
    }
}
}
```

---

由于程序在Update中不停地检测数据，性能较差。商业上为了做到性能上的极致，大多使用异步（或使用多线程模拟异步程序）。本书将会使用异步客户端、Select服务端演示程序。

如果读者想要了解更多异步服务端的知识，欢迎阅读本书的第一版，第一版内容全程使用了异步服务端程序。

实践出真知，尽管还有一些“坑”没有处理，但最基本的知识都掌握了。先动手做一款简单的网络游戏吧！

## 第3章

# 实践出真知：大乱斗游戏

通过前面两章的学习，读者应该对Socket编程有了一定的了解。那么，开发网络游戏还会涉及哪些概念？怎样将Socket编程和实际游戏项目结合起来？

本章将通过完整实例介绍开发网络游戏的过程，以及其中会涉及的概念。尽管它并不完美，没有避开深藏其中的“坑”，但它展示了网络模块的设计思路，以及网络消息的处理方法。

## 3.1 什么是大乱斗游戏

大乱斗是一种常见的游戏模式，所有角色会进入同一个场景，玩家可以控制它们移动，也可以让角色攻击敌人，如图3-1所示。



图3-1 大乱斗游戏

游戏说明：

- 1) 打开客户端即视为进入游戏，在随机出生点刷出角色。
- 2) 使用鼠标左键点击场景，角色会自动走到指定位置。
- 3) 在站立状态下，点击鼠标右键可使角色发起攻击，角色会向鼠标指向的方向进攻。
- 4) 每个角色默认有100滴血（hp），受到攻击会掉血，死亡后从场景消失，提示“game over”。
- 5) 若玩家掉线，视为死亡，从场景中消失。

以下是游戏开发的步骤，随后将根据这些步骤来介绍这个游戏的开发过程。

- 搭建场景。
- 编写角色类代码，这一步会介绍角色类的继承结构。

- 编写客户端网络模块，这一步会介绍“协议”“消息队列”等几个概念，是本章的重点。
- 编写服务端程序，这一步会介绍一种常用的服务端处理网络消息的方法。
- 各个协议的处理，包括进入游戏协议、移动协议等。

## 3.2 搭建场景

大乱斗游戏需要两个素材：一个平面场景、一个带动作的人物模型。Unity自带的Standard Assets包含了这个示例需要的大部分素材，读者可以导入Standard Assets的Characters和Environment两个库，以获取素材（右击Assets面板，选择Import Package，再分别选择Characters和Environment，如图3-2所示）。

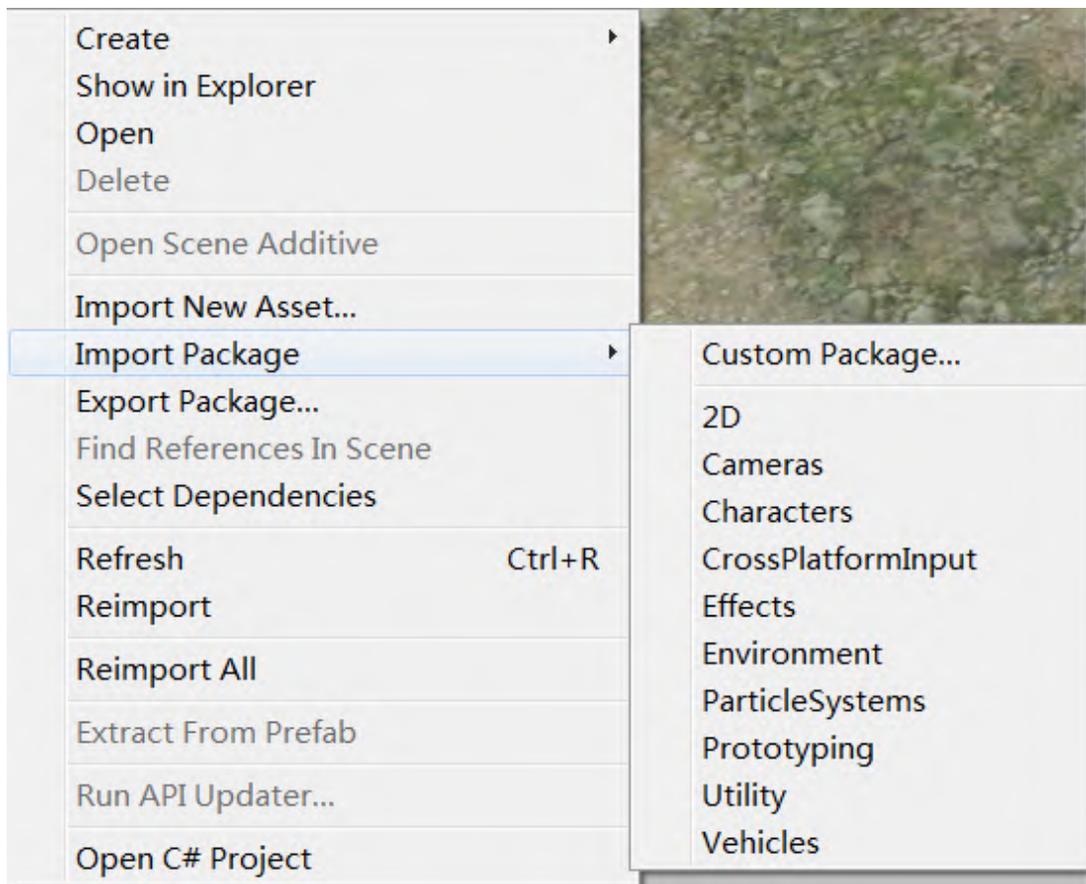


图3-2 导入Standard Assets素材

导入素材后，可以使用Terrain搭建场景，再在地表上画出好看的纹理，如图3-3所示。为方便后续的制作，可将Terrain的中心点放到原点的位置，再调整摄像机的角度，45° 俯视角对准原点，如图3-4所示。

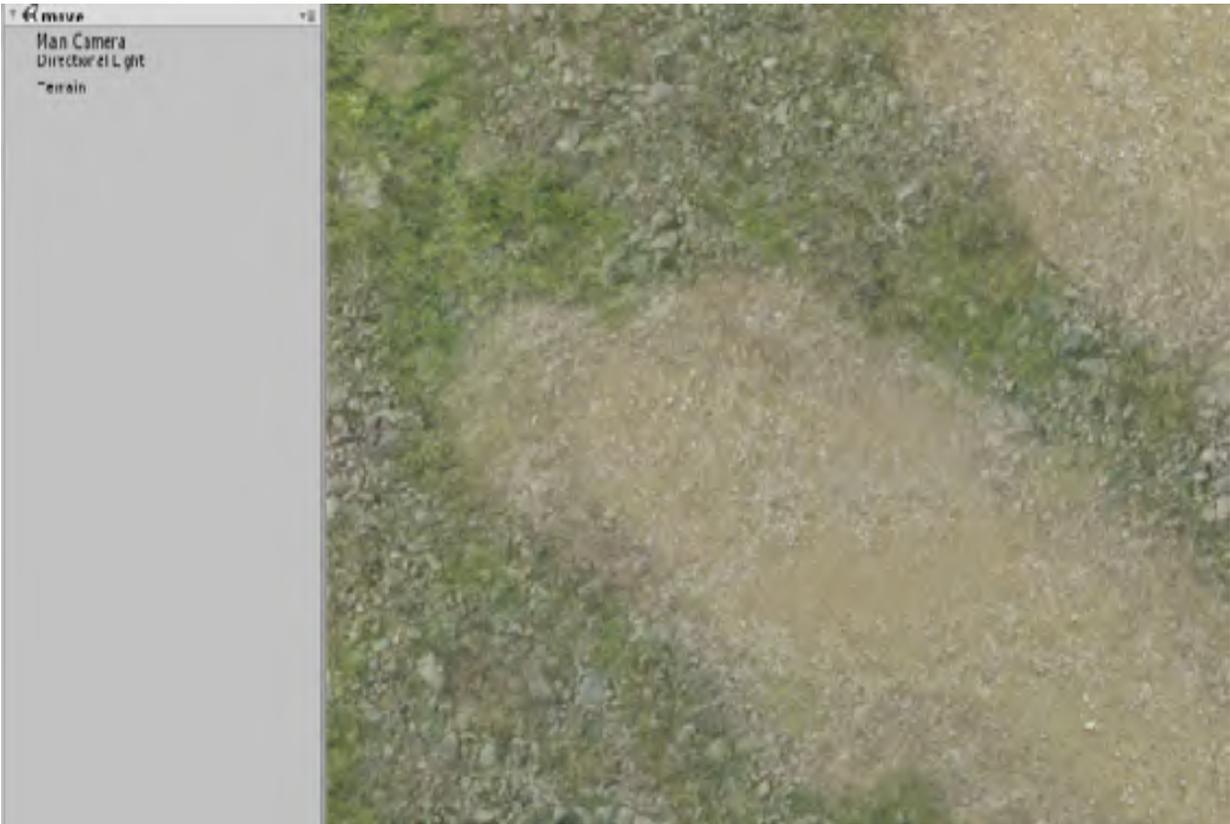


图3-3 使用Terrain搭建场景

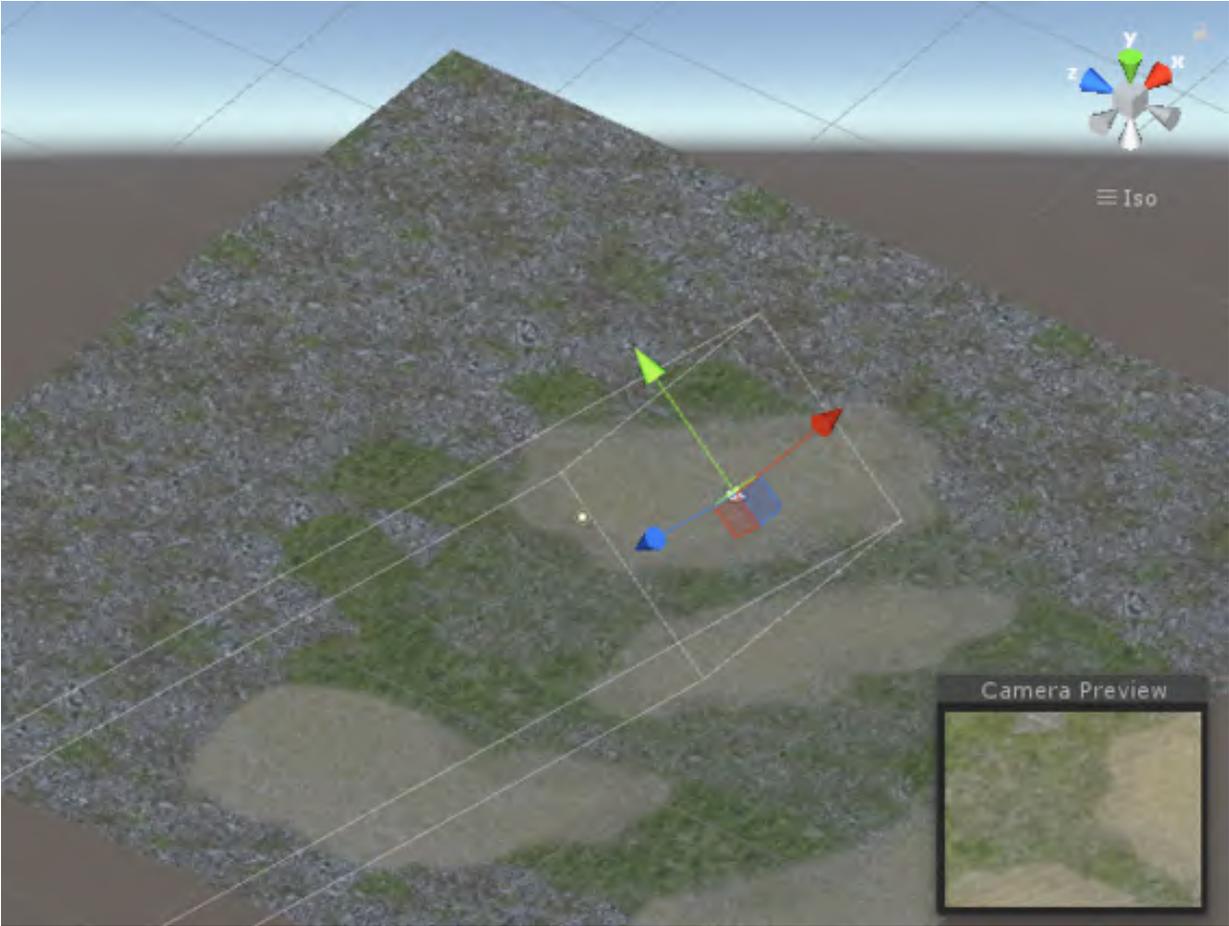


图3-4 45° 俯视的相机

然后添加一个名为“Terrain”的Tag，将地形的标签设为 Terrain。在制作“玩家通过鼠标左键点击场景，角色会自动走到指定位置”的功能时，会通过该标签判断是否点击到场景，如图3-5所示。

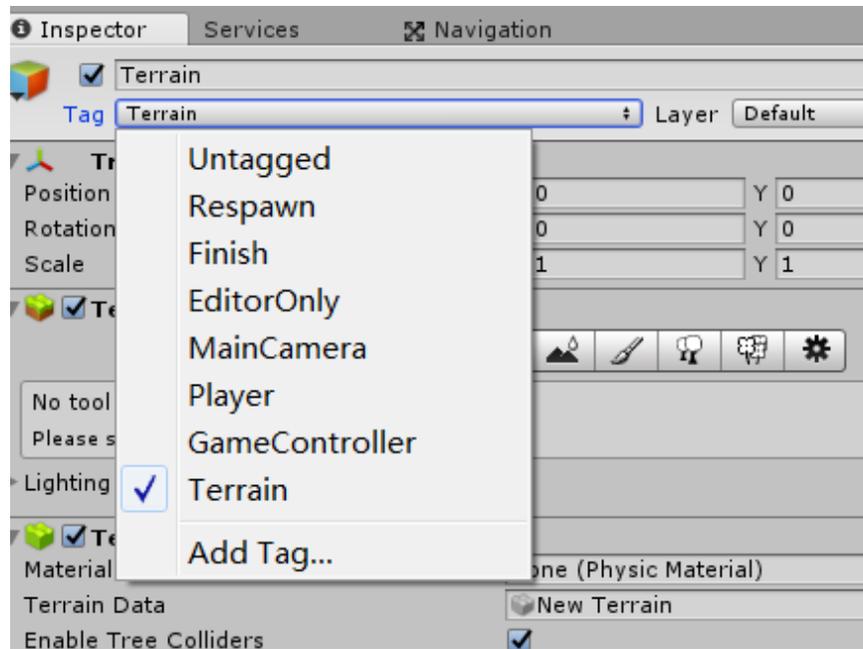


图3-5 设置标签 (Tag)

Standard Assets的Characters库提供了一个人物模型（导入后位于Assets/Standard Assets/Characters/ThirdPersonCharacter/Models，如图3-6和图3-7所示），还提供了行走、站立等动作，可以用来作为游戏中的角色素材。

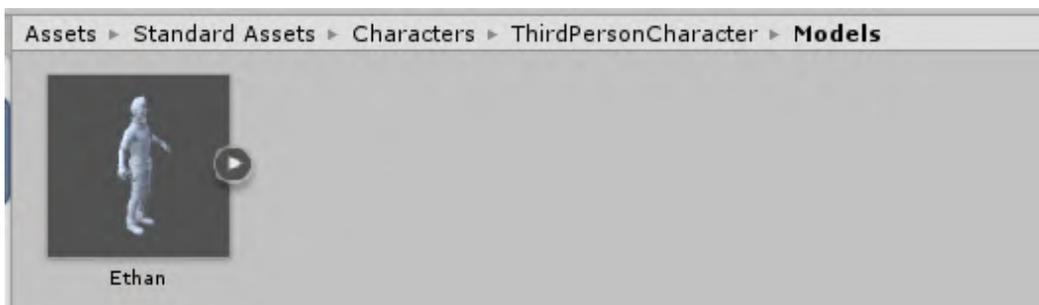


图3-6 人物模型（一）

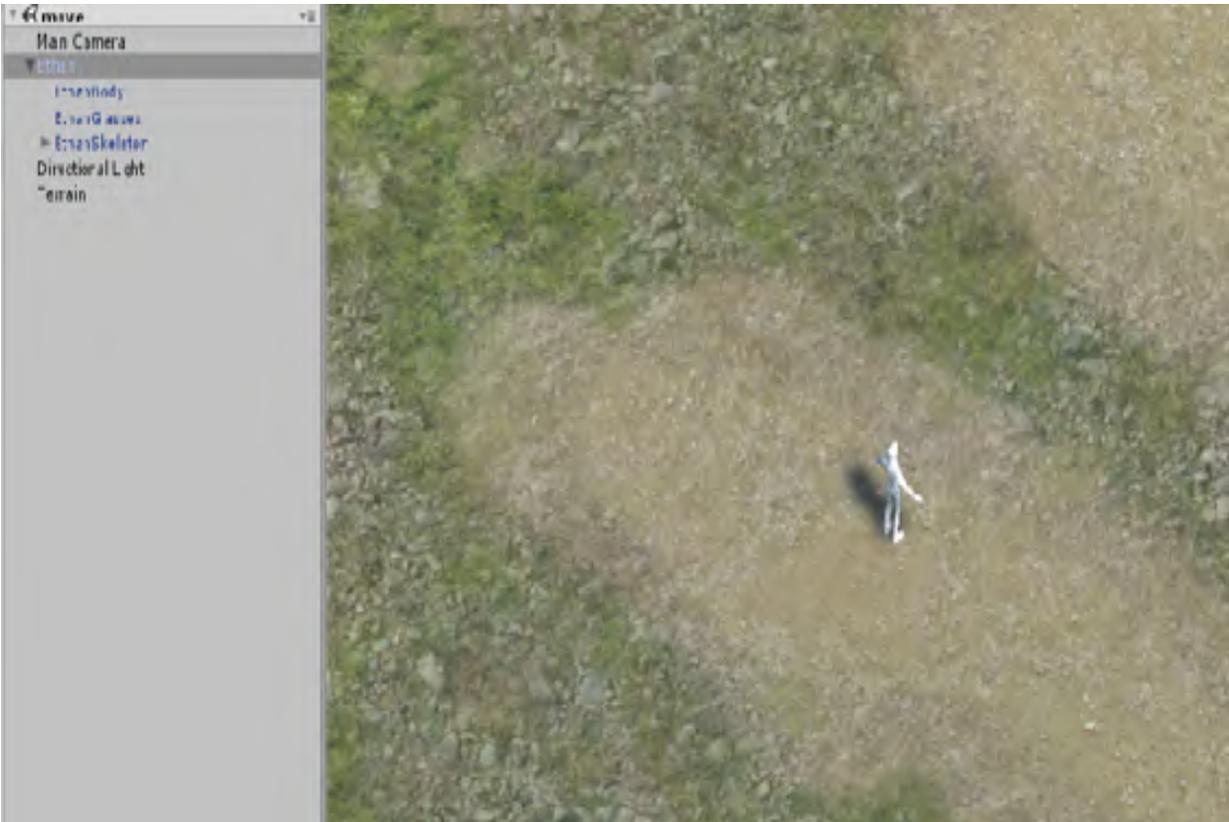


图3-7 人物模型（二）

场景搭建完成，接下来开始编写代码吧！

## 3.3 角色类Human

### 3.3.1 类结构设计

大乱斗游戏的核心要素之一是玩家所控制的角色，它可以行走，还可以攻击其他角色。玩家可以操控一个角色，又能够看到其他玩家操控的角色，可想而知，这两种角色应有不同的表现。玩家操控的角色是由玩家驱动的（下称“操控角色”），它接受鼠标的控制；其他玩家操控的角色（下称“同步角色”）是由网络数据驱动的，由服务端转发角色的状态信息。这两种角色有很多共同点，比如都可以行走、都可以表现攻击动作等。

可以设计图3-8所示的类结构，其基类BaseHuman是基础的角色类，它处理“操控角色”和“同步角色”的一些共有功能；CtrlHuman类代表“操控角色”，它在BaseHuman类的基础上处理鼠标操控功能；

SyncHuman类是“同步角色”类，它也继承自BaseHuman，并处理网络同步（如果有必要）。

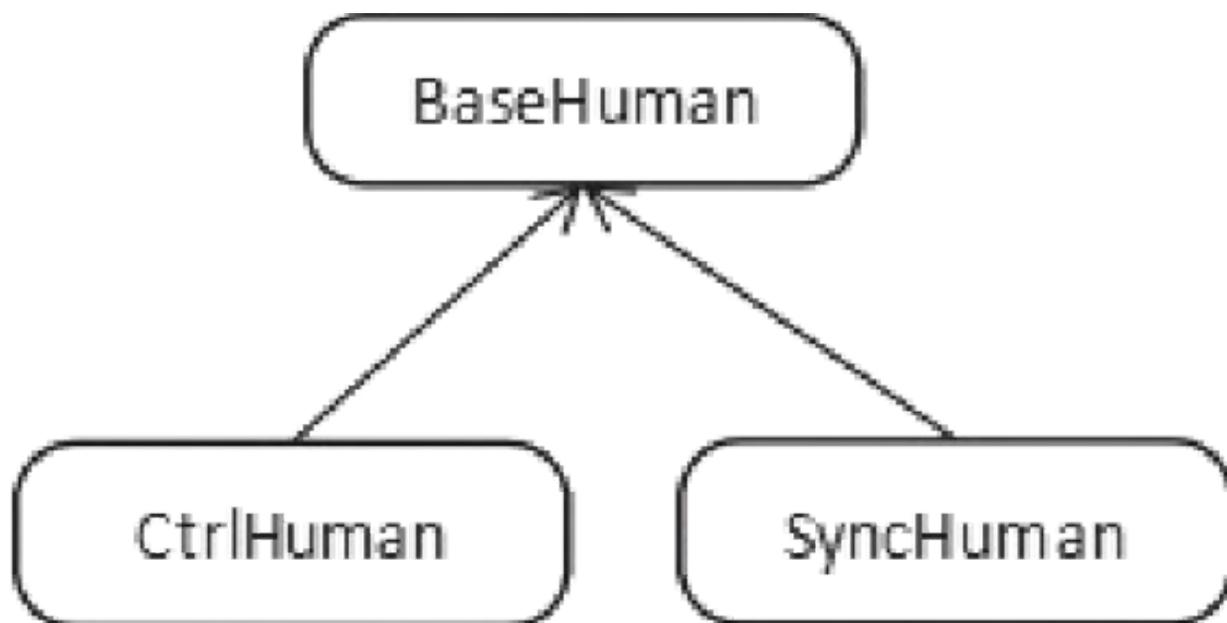


图3-8 Human类结构图

### 3.3.2 BaseHuman

接下来开始编写代码。一句句添加代码，一步步实现功能。首先要实现的是角色在场景中出现、消失和移动，后续再实现角色的攻击和死亡。BaseHuman作为角色类的基类，处理移动、攻击等功能。

第一版的BaseHuman代码如下：

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class BaseHuman : MonoBehaviour {
    //是否正在移动
    protected bool isMoving = false;
    //移动目标点
    private Vector3 targetPosition;
    //移动速度
    public float speed = 1.2f;
    //动画组件
```

```

private Animator animator;
//描述
public string desc = "";

//移动到某处
public void MoveTo(Vector3 pos){
    targetPosition = pos;
    isMoving = true;
    animator.SetBool("isMoving", true);
}

//移动Update
public void MoveUpdate(){
    if(isMoving == false) {
        return;
    }

    Vector3 pos = transform.position;
    transform.position = Vector3.MoveTowards(pos,
targetPosition, speed*Time.deltaTime);
    transform.LookAt(targetPosition);
    if(Vector3.Distance(pos, targetPosition) < 0.05f){
        isMoving = false;
        animator.SetBool("isMoving", false);
    }
}

// Use this for initialization
protected void Start () {
    animator = GetComponent<Animator>();
}

// Update is called once per frame
protected void Update () {
    MoveUpdate();
}
}

```

---

以下是上述代码的说明。

### (1) 继承关系

BaseHuman类继承自MonoBehaviour（如图3-9所示），说明它可以作为组件挂到GameObject身上，也说明它拥有MonoBehaviour的一些性质，比如在唤醒时会执行Awake和Start，每帧会执行一次Update。代

码中Start和Update方法使用了protected关键字修饰，意味着只有该类本身和继承类可以调用这两个方法。当然，将它修改为public也无伤大雅。

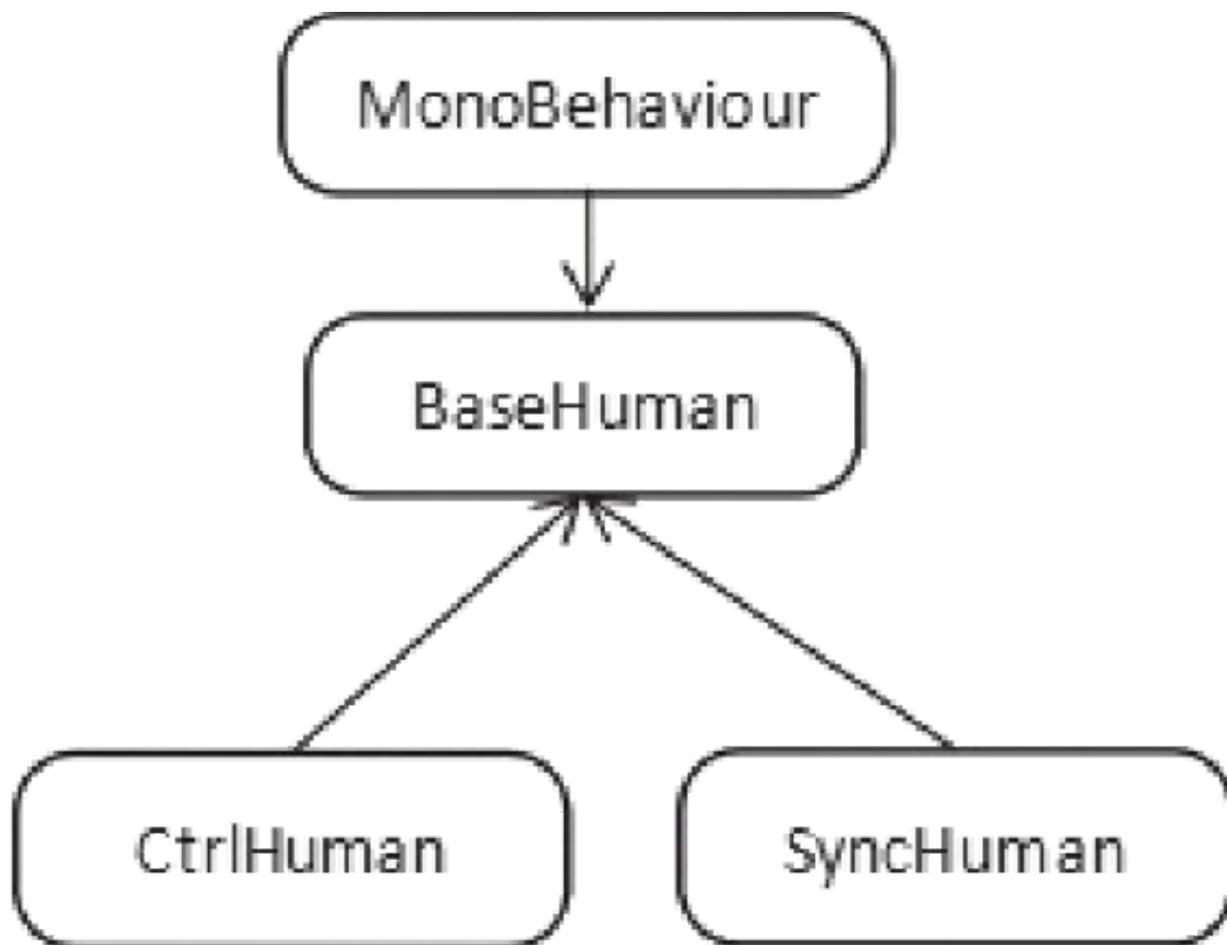


图3-9 类结构示意图

## (2) 移动功能

BaseHuman的一大半代码都是在处理移动功能，移动功能会涉及isMoving、targetPosition和speed三个变量，以及MoveTo和MoveUpdate两个方法。角色移动的流程如图3-10所示。

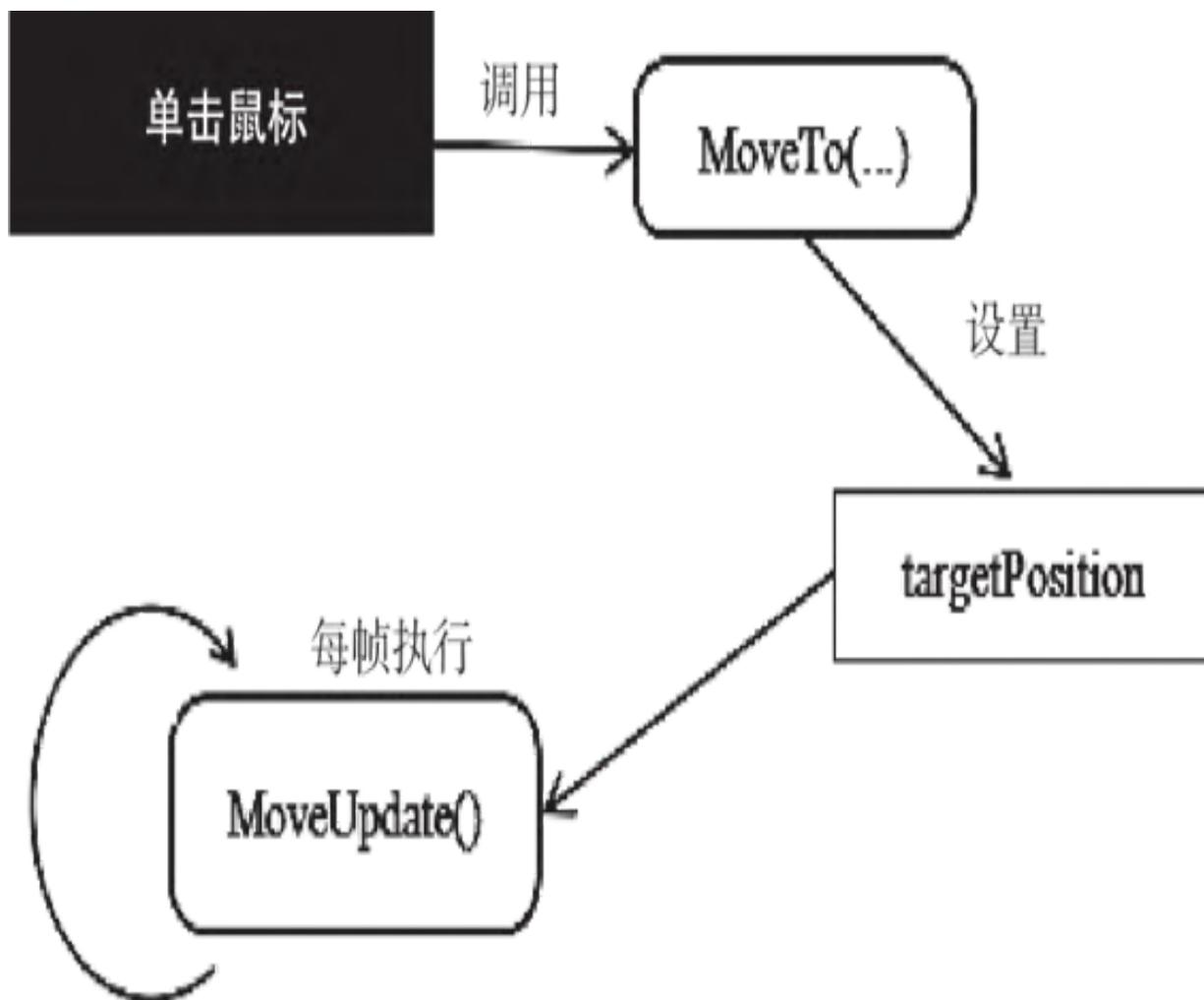


图3-10 移动功能流程图

- `isMoving`是bool型变量，指代角色是否正在移动。
- `targetPosition`是Vector3类型的坐标，代表角色移动的目的地。在玩家点击鼠标左键（或通过网络同步）获取目的地坐标后，`MoveTo`方法会把目的地的坐标赋给`targetPosition`，而后续的`MoveUpdate`会让玩家一步步往目的地方向移动。
- `speed`代表移动的速度。
- `MoveTo`方法是给玩家指定目的地的方法，当玩家单击鼠标时，会调用所控制角色的`MoveTo`方法，设置目的地坐标（`targetPosition`）和动画状态。

· MoveUpdate是一个被Update调用的方法，所以它会每帧执行一次。首先通过if(isMoving==false)判断当前是否处于行走状态，如果不是行走状态，就无须往目的地行进了；接着通过Vector3.MoveTowards计算新位置，MoveTowards的作用是计算pos朝targetPosition方向移动一段距离后的位置；之后使用transform.LookAt让角色转向目标点；最后使用Vector3.Distance判断当前位置与目标位置的距离，如果距离足够小，就认为角色到达了目的地，再将角色状态更改为站立状态(isMoving=false)。

### (3) 动画功能

BaseHuman中定义了Animator型变量animator，它会指代角色身上的动画控制器。动画控制器中设有isMoving参数，程序通过类似“animator.SetBool("isMoving", false);”的语句改变动画控制器的值，从而让角色播放行走和站立两种动画。

#### 3.3.3 角色预设

接下来开始制作角色预设。

为使角色可以播放不同的动作，需要新建一个动画控制器（如图3-11所示，此处命名为HumanAniCtrl），给动画控制器添加Idle和Run两个状态，如图3-12所示，并设置Idle和Run的转换条件。

接着添加每个状态的动画，StandardAsset中包含了站立（HumanoidIdle）和跑步（HumanoidRun）等动作，只需要给Idle和Run两个状态设置相应的动作（Motion）即可，如图3-13所示。

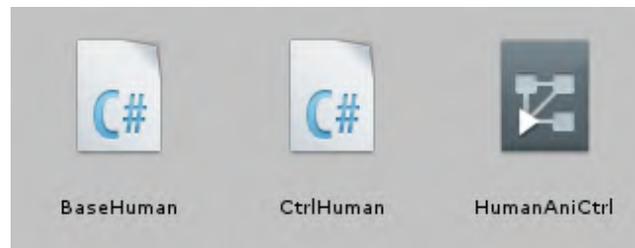


图3-11 动画控制器

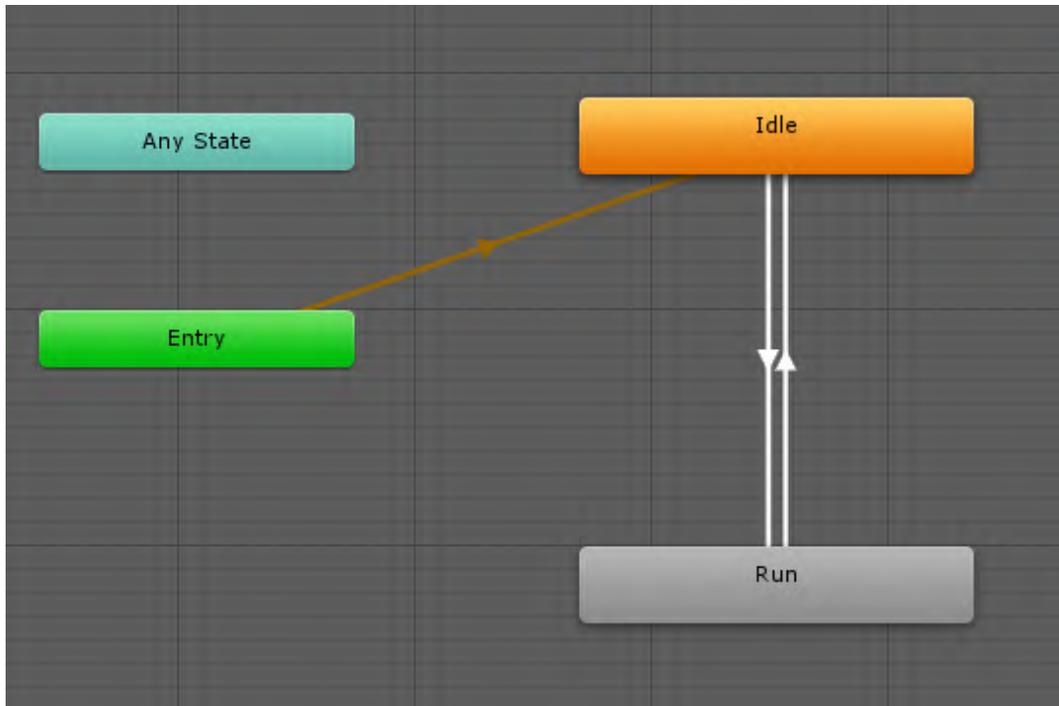


图3-12 动画编辑器的两个状态

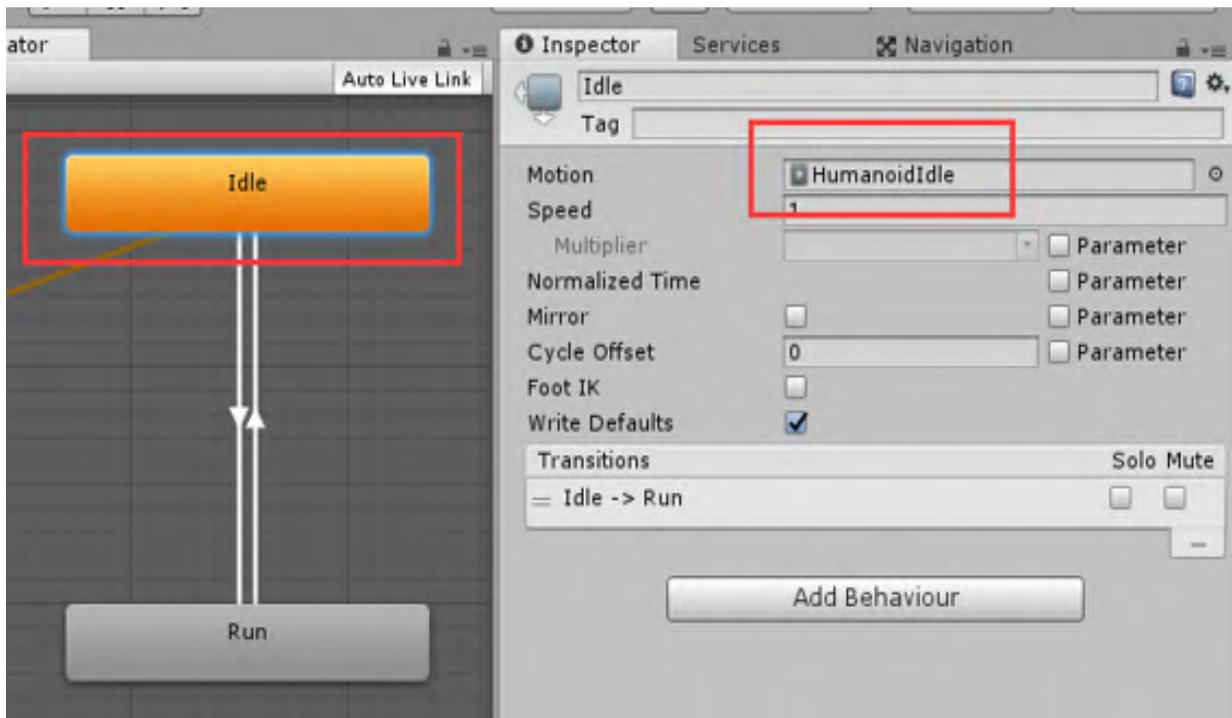


图3-13 给Idle状态设置动作

为了能控制动画的切换状态，可给动画控制器添加一个Bool类型的参数isMoving，如图3-14所示，用来控制角色的动作。

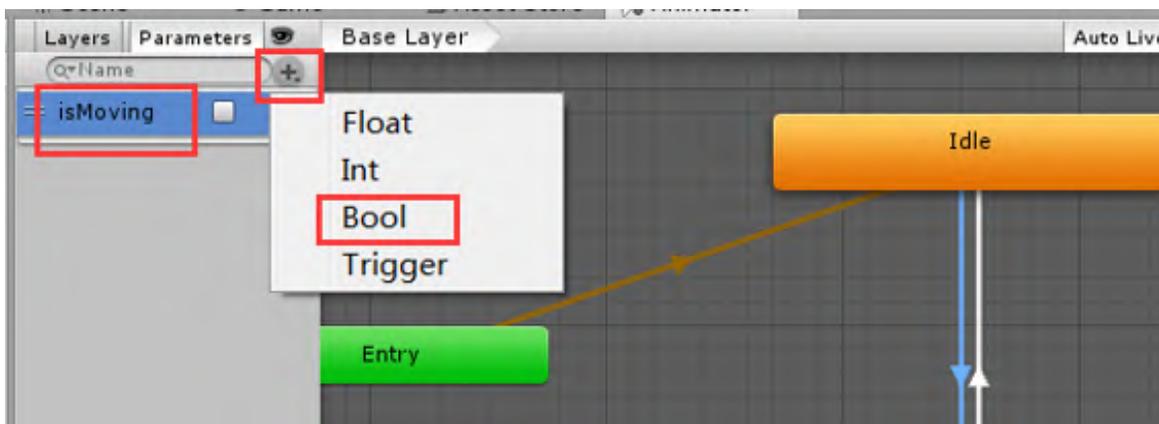


图3-14 添加参数isMoving

然后设置两组状态的切换条件，图3-15展示的是从Idle状态切换到Run状态的条件，当参数isMoving为true时，切换状态。为了有更好的动作表现效果，可将Has Exit Time设置为false，并缩短动画混合的时间。从Run切换到Idle状态的条件（Conditions）是isMoving为false，用参数isMoving控制动画状态机。

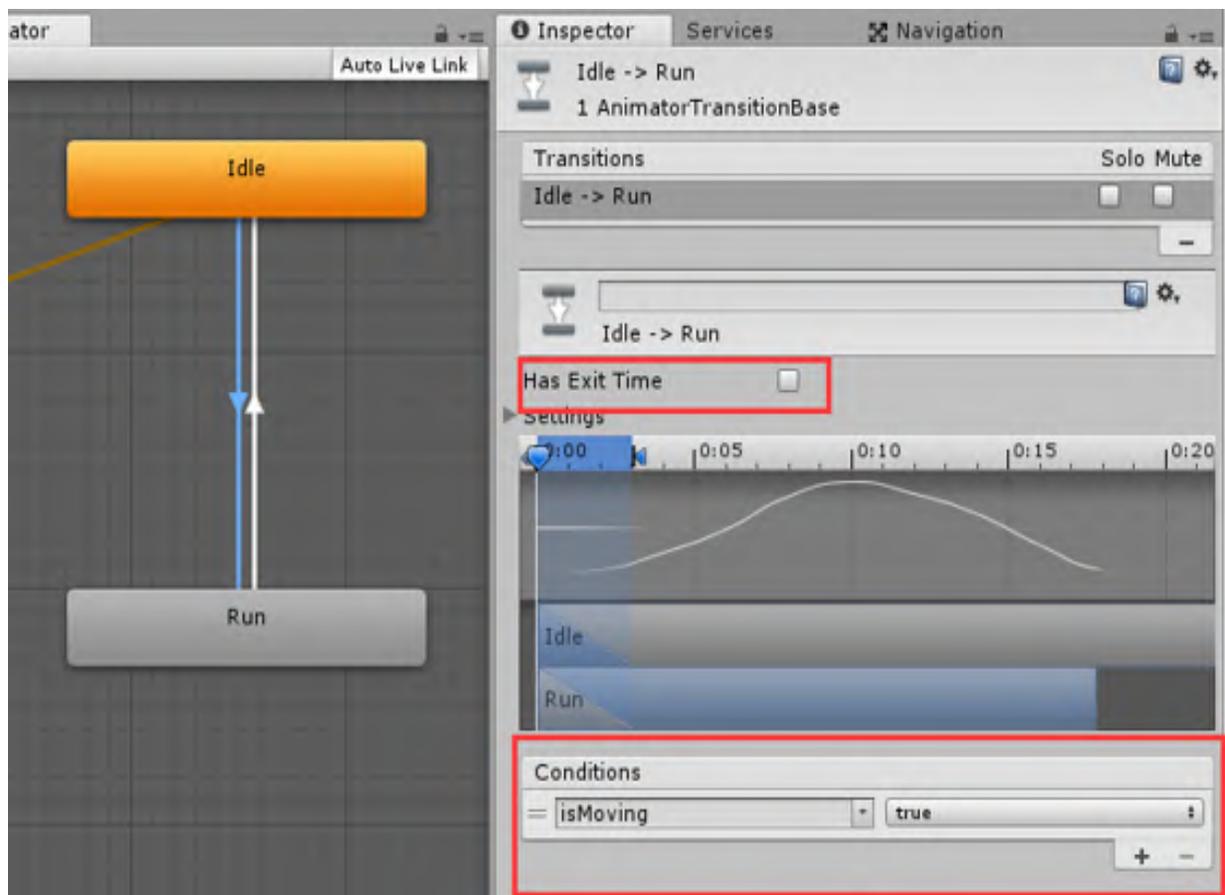


图3-15 Idle状态切换到Run状态的设置

最后，将人物模型做成预设（按Ctrl+D复制Characters库的模型，移动到Assets目录下），并添加Animator组件，设置Animator的动画控制器（Controller）为之前创建的HumanAniCtrl，如图3-16所示。

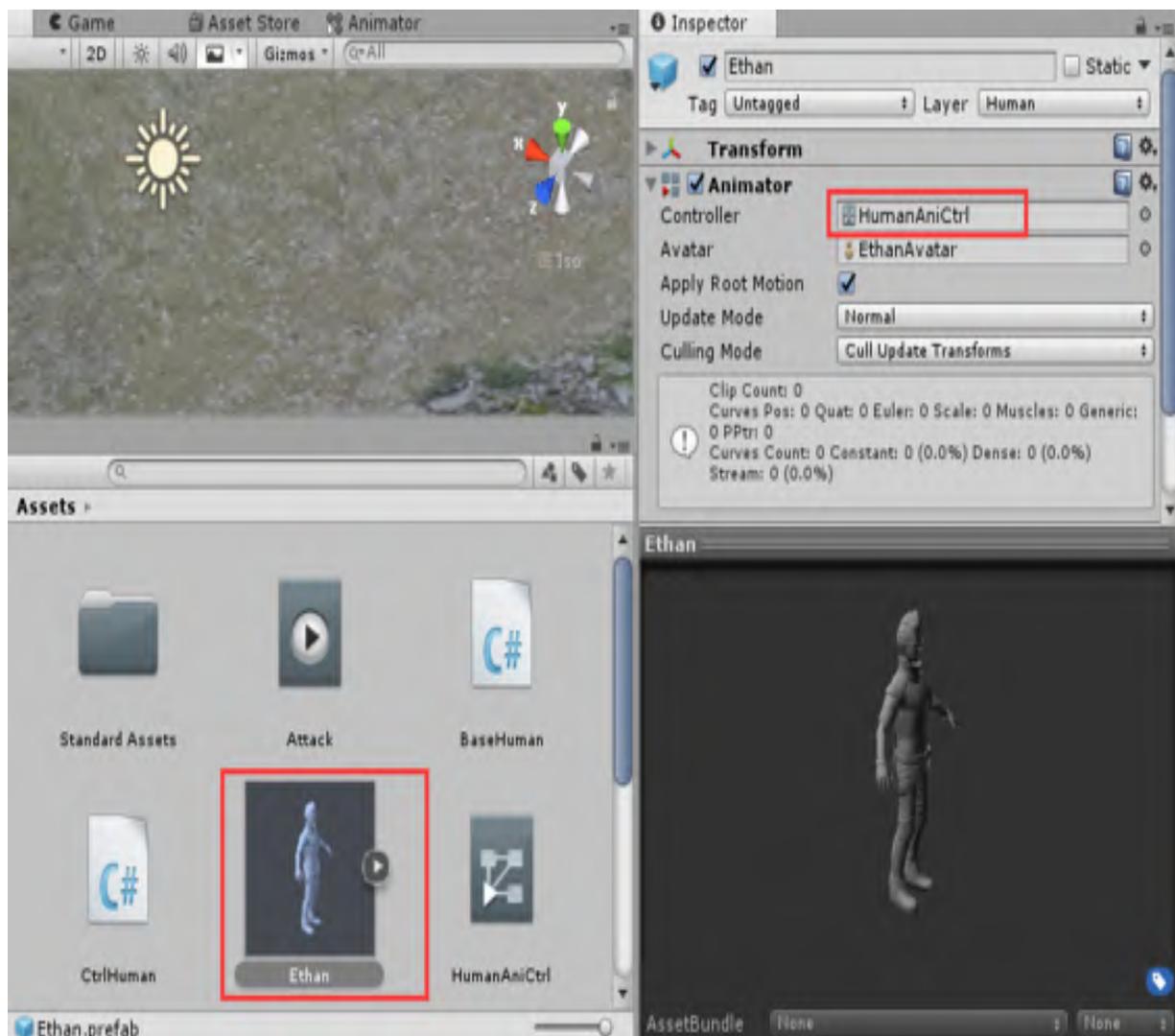


图3-16 设置动画控制器

### 3.3.4 CtrlHuman

完成了Human基类BaseHuman和角色预设，接下来开始设计“操控角色”类CtrlHuman。CtrlHuman继承自BaseHuman，拥有BaseHuman的所有功能。除此之外，CtrlHuman还实现了鼠标操控角色移动的功能。图3-17展示了CtrlHuman的核心功能。

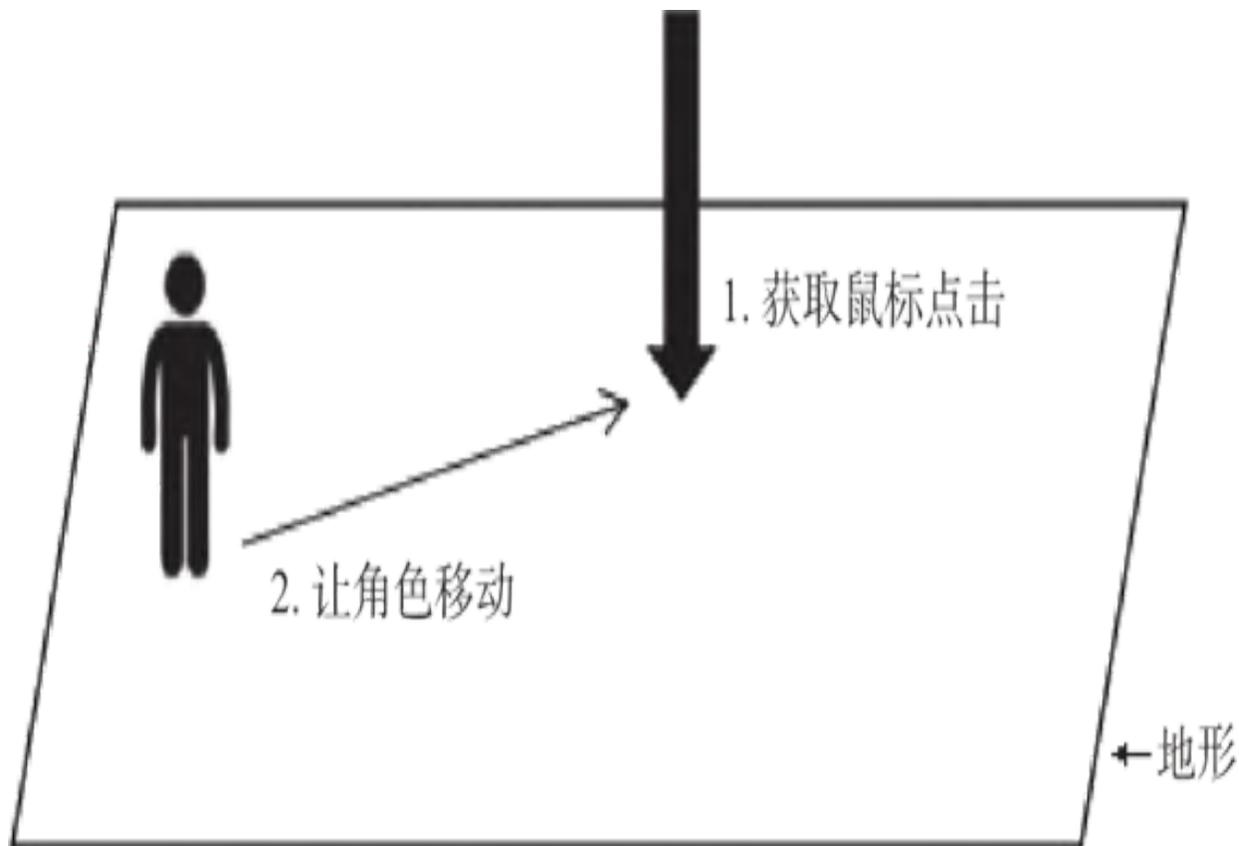


图3-17 CtrlHuman核心功能

CtrlHuman类代码如下：

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class CtrlHuman : BaseHuman {

    // Use this for initialization
    new void Start () {
        base.Start();
    }

    // Update is called once per frame
    new void Update () {
        base.Update();

        if(Input.GetMouseButtonDown(0)){
            Ray ray =
```

```
Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition);
    RaycastHit hit;
    Physics.Raycast(ray, out hit);
    if (hit.collider.tag == "Terrain"){
        MoveTo(hit.point);
    }
}
}
```

---

以下是上述代码说明。

### (1) base.XXX, new void XXX ()

base指当前类的父类，可调用父类的非私有属性和方法，代码中的base.Start和base.Update指代调用父类BaseHuman的Start和Update方法。

new用作修饰符时，new关键字可以显式地隐藏从基类继承的成员。隐藏继承的成员时，该成员的派生版本将替换基类版本。虽然可以在不使用new修饰符的情况下隐藏成员，但会生成警告。

### (2) 判断鼠标输入

Input.GetMouseButtonDown(0)用于判断鼠标是否被按下：参数为0表示判断鼠标左键是否被按下，参数为1表示判断鼠标右键是否被按下。而Input.mousePosition代表当前鼠标所指的屏幕坐标。

### (3) 获取点击位置

Unity3D中的Camera.ScreenPointToRay方法能够将屏幕位置转成一条射线，只需填入屏幕坐标点，该方法将返回对应的射线。射线是在三维坐标中一个点向一个方向发射的一条线，Unity3D中可以使用Ray和Physics.Raycast来做射线检测。当射线射向碰撞器时Raycast返回true，否则为false，并且可以通过out hit变量获取碰撞点。如果射线与场景发生碰撞（Tag为Terrain），那么碰撞点就是角色移动的目标点。

写好代码，怎能不测试一番？将角色预设拉到场景上，添加CtrlHuman组件，然后运行游戏，如图3-18所示。



图3-18 运行游戏，看到刚刚创建的角色

点击鼠标左键设置目的地，角色朝目的地跑过去，如图3-19所示。



图3-19 角色朝着目的地跑过去

### 3.3.5 SyncHuman

同步角色SyncHuman暂无特殊功能，编写一个继承自BaseHuman的类SyncHuman，并处理它的Start和Update方法即可。代码如下：

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class SyncHuman : BaseHuman {

    // Use this for initialization
    new void Start () {
        base.Start();
    }

    // Update is called once per frame
    new void Update () {
        base.Update();
    }
}
```

```
}  
}
```

## 3.4 如何使用网络模块

前两章介绍了异步Socket编程的基础知识，还介绍了Echo、聊天室的例子。但在实际的网络游戏开发中，网络模块往往是作为一个底层模块用的，它应该和具体的游戏逻辑分开，而不应该把处理逻辑的代码（例如之前给recvStr赋值）写到ReceiveCallback里面去，因为ReceiveCallback应当只处理网络数据，不应该去处理游戏功能。一个可行的做法是，给网络管理类添加回调方法，当收到某种消息时就自动调用某个函数，这样便能够将游戏逻辑和底层模块分开。制作网络管理类前，需要先了解委托、协议和消息队列这三个概念。

### 3.4.1 委托

网络管理类会使用委托实现消息分发，可以把委托理解成回调函数的实现方式。委托是一个类，它定义了方法的类型，从而可以将方法当作另一个方法的参数来进行传递，这种将方法动态地赋给参数的做法，可以避免在程序中大量使用if-Else（或Switch）语句，同时使得程序具有更好的可扩展性。

delegate（委托）是C#中的一种类型，它能够引用某种类型的方法，它相当于C/C++中的函数指针，使用委托需要：

- 1) 声明一个delegate类型，它必须与要传递的方法具有相同的参数和返回值类型；
- 2) 创建delegate对象，并将要传递的方法作为参数传入；
- 3) 在适当的地方调用它。

在如下的代码中，“delegate void DelegateStr(string str)”创建了一个名为“DelegateStr”的delegate类型，它可以引用带有一个string参数、返回值类型为void的方法。接着在Main方法中使用“DelegateStr fun=new DelegateStr(PrintStr)”创建名为“fun”的DelegateStr对象，并将需要调用的方法PrintStr传入其中。最后使用fun("Hello Lpy")调用该方法。

---

```
//声明委托类型
public delegate void DelegateStr(string str);
//需要调用的方法
public static void PrintStr(string str)
{
    Console.WriteLine("PrintStr: " + str);
}
//主函数
public static void Main (string[] args)
{
    //创建delegate对象
    DelegateStr fun = new DelegateStr(PrintStr);
    //调用
    fun("Hello Lpy");
    Console.ReadLine();
}
```

---

运行程序，调用fun("Hello Lpy")相当于调用了PrintStr("Hello Lpy")。运行结果如图3-20所示。

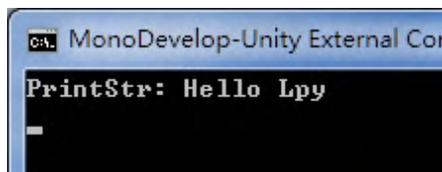


图3-20 委托示例程序

“+=”和“-=”是委托对象的操作符。例如下面代码中添加新方法PrintStr2，然后使用fun+=PrintStr2传入PrintStr2方法。这时委托对象fun带有PrintStr和PrintStr2这两个方法，调用时两个方法会被依次调用。运行结果如图3-21所示。

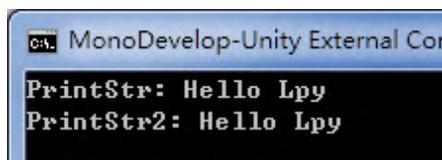


图3-21 程序运行结果

---

```
//需要调用的方法2
public static void PrintStr2(string str)
{
    Console.WriteLine("PrintStr2: " + str);
}
DelegateStr fun = new DelegateStr(PrintStr);
fun += PrintStr2;
```

---

使用“-=”可以删除某个传入的方法，如下面的代码中使用“DelegateStr fun=new DelegateStr (PrintStr)”和fun+=PrintStr2给fun添加了PrintStr和PrintStr2两个方法，随后又使用fun-=PrintStr删除了PrintStr。这时调用fun，将只有PrintStr2起作用。运行结果如图3-22所示。

---

```
DelegateStr fun = new DelegateStr(PrintStr);
fun += PrintStr2;
fun -= PrintStr;
```

---

总而言之，读者可以把委托当作是回调函数的一种实现。由于定义了委托类型，也相当于定义了回调函数的形式，回调函数必须符合委托类型所定义的参数和返回值类型。而且一个委托可以对应多个回调函数；一次调用，多个函数会被回调。



图3-22 传入委托的PrintStr被删除

### 3.4.2 通信协议

通信协议是通信双方对数据传送控制的一种约定，通信双方必须共同遵守，方能“知道对方在说什么”和“让对方听懂我的话”。例如，当有玩家在场景里面走动，就需要将位置信息广播给其他在线玩家，那么该发送什么样的数据给服务端呢？本小节会使用一种最简单的字符串协议来实现。协议格式如下所示，消息名和消息体用“|”隔开，消息体中各个参数用“,”隔开。

---

消息名|参数1,参数2,参数3,...

---

如果玩家在场景里面移动，它至少需要告诉其他在线玩家以下信息：

- 1) 要做什么事情——由消息名决定，消息名为“Move”表示移动，“Leave”表示离开，“Enter”表示进入场景；
- 2) 谁在移动——通过参数1表明身份，可以使用客户端的IP和端口表示；
- 3) 目的地是什么——通过参数2到4说明目的地坐标点。

所以该客户端会发送类似下面的字符串给其他客户端。其中：“Move”代表这条协议是移动同步协议，“127.0.0.1:1234”代表了客户端的身份，“10,0,8”三个值代表目的地的坐标。

---

Move|127.0.0.1:1234, 10, 0, 8,

---

其他客户端收到服务端转发的字符串后，使用Split('|')和Split(',')便可将协议中各个参数解析出来，进而处理数据。代码如下：

---

```
string str = "Move|127.0.0.1:1234, 10, 0,8,";

string[] args = str.Split('|');
string msgName = args[0]; //协议名: Move
string msgBody = args[1]; //协议体: 127.0.0.1:1234, 10, 0,8,

string[] bodyArgs = msgBody.Split(',');
string desc = bodyArgs [0];           //玩家描述: 127.0.0.1:1234
float x = float.Parse(bodyArgs [1]); //x坐标: 10
float y = float.Parse(bodyArgs [2]); //y坐标: 0
float z = float.Parse(bodyArgs [3]); //z坐标: 8
```

---

结合委托的知识，客户端程序提供各种消息类型（通过消息名区分）的处理方法，网络模块解析消息，将不同类型的消息派发给不同的方法去处理。例如：如果收到一条“Move”协议，就交给OnMove方法处理；如果收到一条“Enter”协议，就交给OnEnter方法去处理。

### 3.4.3 消息队列

由于在Unity中，只有主线程才能操作UI组件，所以在第2章的聊天室例子中，定义了变量recvStr作为主线程和回调线程之间的桥梁。多线程消息处理虽然效率较高，但非主线程不能设置Unity3D组件，而且容易造成各种莫名其妙的混乱。由于单线程消息处理足以满足游戏客户端的需要，因此大部分游戏会使用消息队列让主线程去处理异步Socket接收到的消息。

C#的异步通信由线程池实现，不同的BeginReceive不一定在同一线程中执行。创建一个消息列表，每当收到消息便在列表末端添加数据，这个列表由主线程读取，它可以作为主线程和异步接收线程之间的桥梁。由于MonoBehaviour的Update方法在主线程中执行，可让Update方法每次从消息列表中读取几条信息并处理，处理后便在消息列表中删除它们。本章例子中，消息队列可以使用List<String>实现。图3-23是消息队列的示意图，图中的“4364”“4365”和“5522”代表玩家的身份。

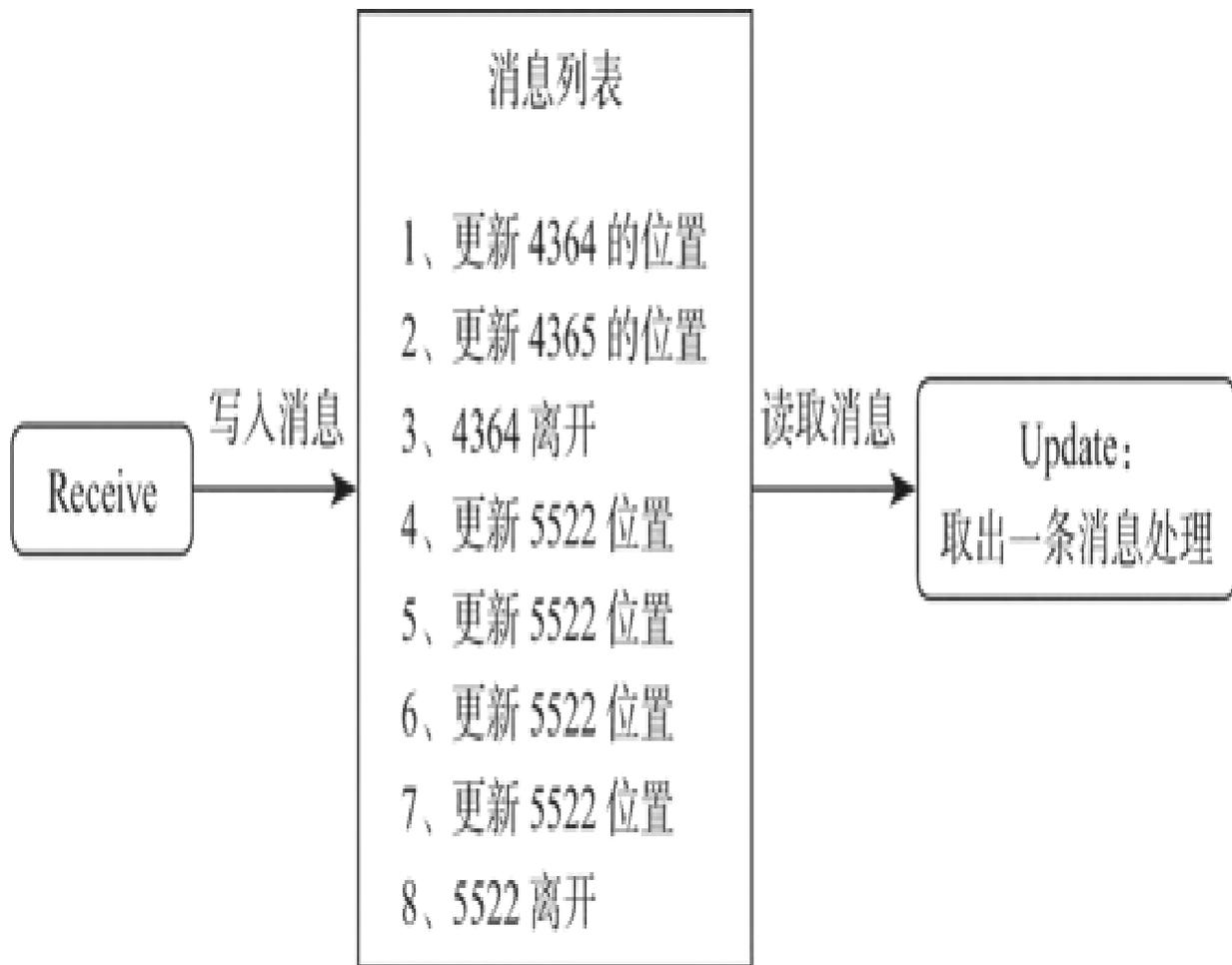


图3-23 消息队列示意图

### 3.4.4 NetManager类

又到Show me the code的时间了，结合异步Socket编程、委托回调、消息队列等知识，实现一套通用的网络模块。当然，它是不完美的，有漏洞的，后续章节会逐步完善它。网络模块中最核心的地方是一个称为NetManager的静态类，这个类对外提供了三个最主要的接口。

- Connect方法，调用后发起连接；
- AddListener方法，消息监听。其他模块可以通过AddListener设置某个消息名对应的处理方法，当网络模块接收到这类消息时，就会回调处理方法；
- Send方法，发送消息给服务端。

无论内部实现有多么复杂，网络模块对外的接口只有图3-24所展示的这几个。



图3-24 NetManager对外示意图

下面的代码展示网络模块的使用方法，当收到Enter协议时，NetManager就会调用OnEnter方法。

---

```
void Start () {
    NetManager.AddListener("Enter", OnEnter);
    NetManager.Connect("127.0.0.1", 8888);
}

void Update() {
    NetManager.Update();
}

void OnEnter (string msg) {
```

```
    Debug.Log("OnEnter");  
}
```

---

对内部而言，NetManager使用了异步Socket接收消息，每次接收到一条消息后，NetManager会把消息存入消息队列中（如图3-25所示）。NetManager有一个供外部调用的Update方法，每当调用它就会处理消息队列里的第一条消息，然后根据协议名将消息分发给对应的回调函数。

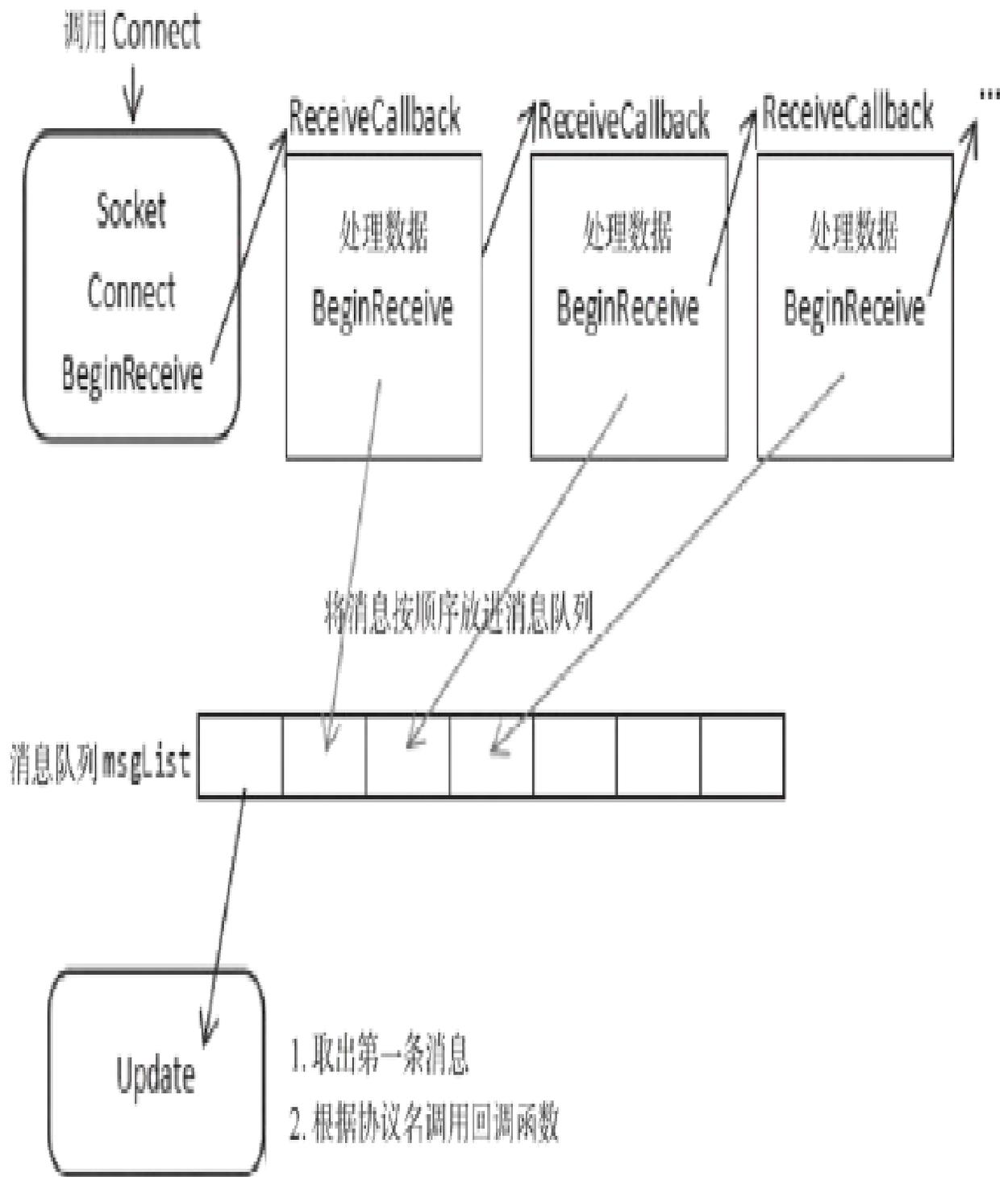


图3-25 NetManager的内部处理流程

NetManager的代码如下：

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System.Net.Sockets;
using UnityEngine.UI;
using System;

public static class NetManager {
    //定义套接字
    static Socket socket;
    //接收缓冲区
    static byte[] readBuff = new byte[1024];
    //委托类型
    public delegate void MsgListener(String str);
    //监听列表
    private static Dictionary<string, MsgListener> listeners =
        new Dictionary<string, MsgListener>();
    //消息列表
    static List<String> msgList = new List<string>();

    //添加监听
    public static void AddListener(string msgName, MsgListener
listener){
        listeners[msgName] = listener;
    }

    //获取描述
    public static string GetDesc(){
        if(socket == null) return "";
        if(!socket.Connected) return "";
        return socket.LocalEndPoint.ToString();
    }

    //连接
    public static void Connect(string ip, int port)
    {
        //Socket
        socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
            SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
        //Connect (用同步方式简化代码)
        socket.Connect(ip, port);
        //BeginReceive
        socket.BeginReceive( readBuff, 0, 1024, 0,
            ReceiveCallback, socket);
    }
}

```

```

//Receive回调
private static void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        int count = socket.EndReceive(ar);
        string recvStr =
            System.Text.Encoding.Default.GetString(readBuff,
0, count);
        msgList.Add(recvStr);
        socket.BeginReceive( readBuff, 0, 1024, 0,
            ReceiveCallback, socket);
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}

//发送
public static void Send(string sendStr)
{
    if(socket == null) return;
    if(!socket.Connected) return;

    byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
    socket.Send(sendBytes);
}

//Update
public static void Update(){
    if(msgList.Count <= 0)
        return;
    String msgStr = msgList[0];
    msgList.RemoveAt(0);
    string[] split = msgStr.Split('|');
    string msgName = split[0];
    string msgArgs = split[1];
    //监听回调;
    if(listeners.ContainsKey(msgName)){
        listeners[msgName](msgArgs);
    }
}
}
}

```

---

代码说明如下。

### (1) MsgListener

MsgListener是一个委托类型，它指明了回调函数只有一个string参数。

### (2) listeners

监听列表，它指明了各个消息名所对应的处理方法（如图3-26所示），外部可以通过AddListener方法添加对应消息名的处理函数。

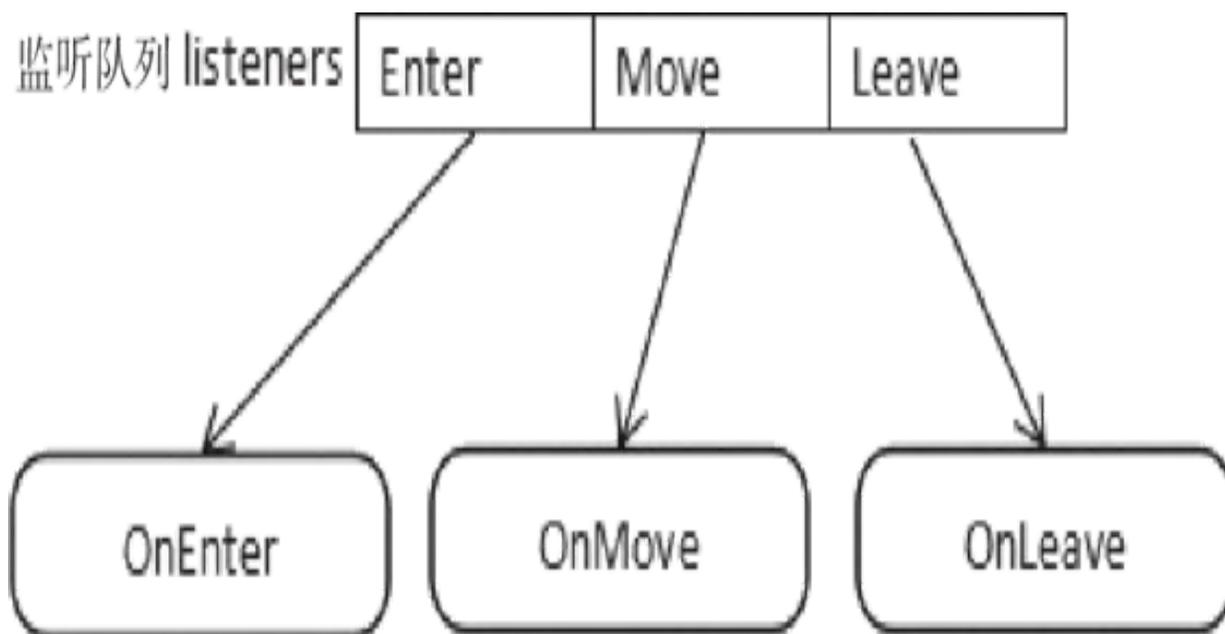


图3-26 监听列表示意图

### (3) Connect/Send

为了减少代码量，使用同步Connect和Send，读者可以自行改为异步方式。

### (4) 漏洞

上述代码没有处理粘包分包、线程冲突等问题，后续章节会逐一解决它们。

## 3.4.5 测试网络模块

完成简易的网络模块，编写一小段代码来测试它，从而确保网络模块能够正常工作。新建一个Main组件，并挂到场景中任一物体上。在Start方法中调用NetManager的AddListener方法，分别监听Enter、Move和Leave三个协议，然后调用Connect方法连接服务端。代码如下所示，后续的游戏功能也会在Main中实现。

客户端测试代码：

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Main : MonoBehaviour {

    void Start () {
        NetManager.AddListener("Enter", OnEnter);
        NetManager.AddListener("Move", OnMove);
        NetManager.AddListener("Leave", OnLeave);
        NetManager.Connect("127.0.0.1", 8888);
    }

    void OnEnter (string msg) {
        Debug.Log("OnEnter" + msg);
    }

    void OnMove (string msg) {
        Debug.Log("OnMove" + msg);
    }

    void OnLeave (string msg) {
        Debug.Log("OnLeave" + msg);
    }
}
```

---

做个最简单的测试，角色移动时给服务端发送Enter协议，服务端原封不动地转发数据，客户端收到消息后，理应回调OnEnter方法，打印出消息内容。

在客户端的CtrlHuman类中添加发送协议的代码，如下所示：

---

```

public class CtrlHuman : BaseHuman {
    new void Update () {
        .....
        if (Input.GetMouseButtonDown (0)) {
            .....
            if (hit.collider.tag == "Terrain") {
                MoveTo(hit.point);
            }
        }
    }
}

```

---

本书会使用Select来演示服务端程序。参照上一章的Select服务端程序，将收到的消息原封不动地广播给所有客户端。

服务端部分代码如下：

```

//读取Clientfd
public static bool ReadClientfd(Socket clientfd){
    .....
    //广播
    string recvStr =

System.Text.Encoding.Default.GetString(state.readBuff, 0,
count);
    Console.WriteLine("Receive" + recvStr);
    string sendStr = recvStr;
    byte[] sendBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
    foreach (ClientState cs in clients.Values){
        cs.socket.Send(sendBytes);
    }
    return true;
}
}

```

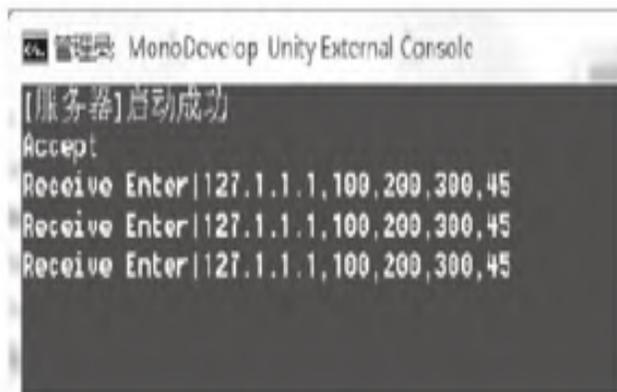
---

运行服务端和客户端，点击鼠标让小人移动，可以看到客户端和服务端都输出了消息内容，如图3-27a和图3-27b所示，表示网络模块

正常工作。接下来便可以编写具体的网络协议了。



a) 客户端收到消息



b) 服务端收到消息

## 3.5 进入游戏：Enter协议

当玩家打开游戏，客户端程序会生成一个操控角色（CtrlHuman），并把它放到场景中的一个随机位置。然后发送一条Enter协议给服务端，包含了对玩家的描述、位置等信息。服务端将Enter协议广播出去，其他客户端收到Enter协议后，创建一个同步角色（SyncHuman），如图3-28所示。

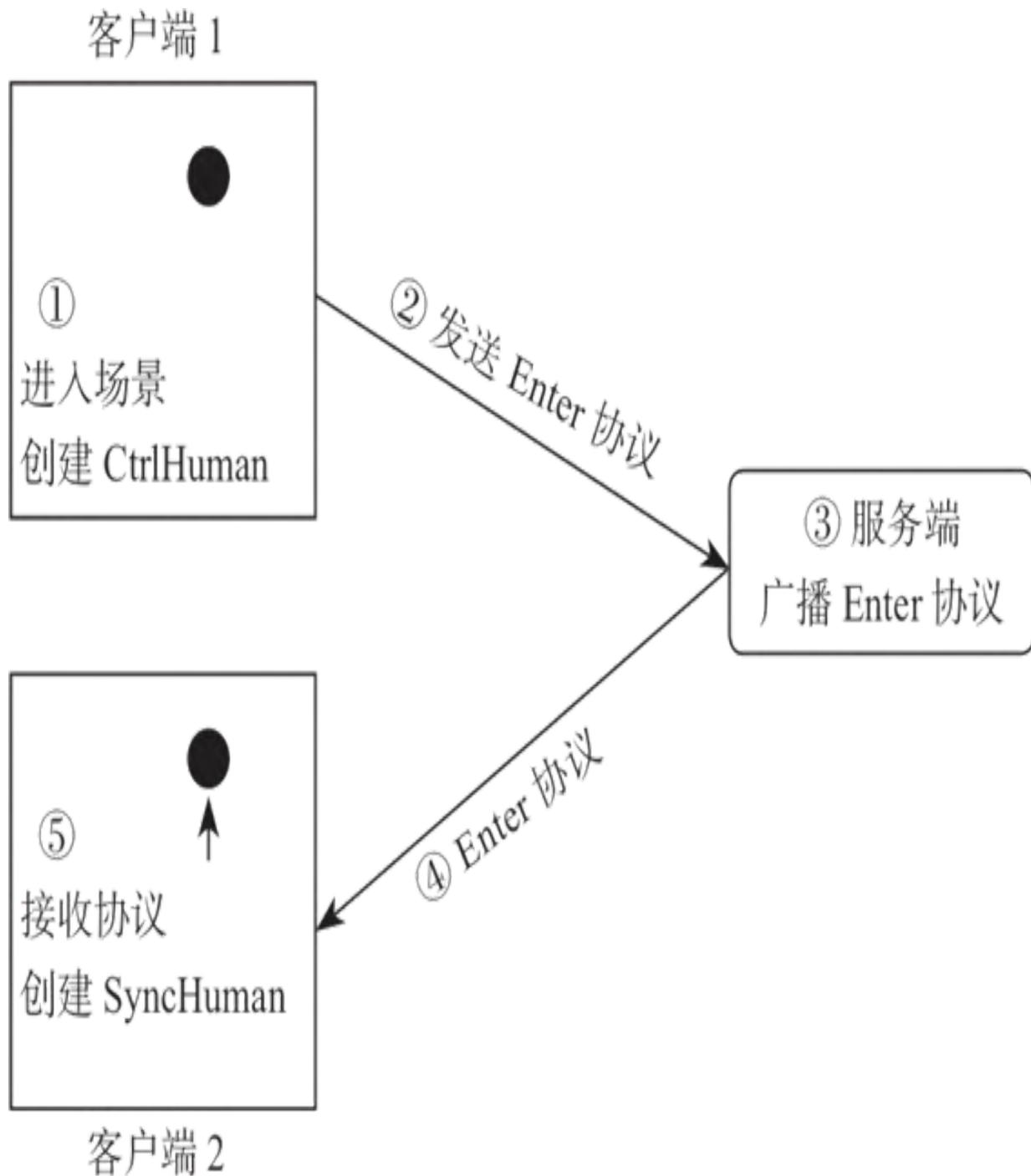


图3-28 Enter协议流程图

### 3.5.1 创建角色

玩家进入场景便会创建角色，使用Main组件的Start编写相关功能最为合适（由于只有单一功能，所有代码都写到了Main类里面，读者也可以根据需要划分模块）。修改后的Main代码如下所示。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Main : MonoBehaviour {

    //人物模型预设
    public GameObject humanPrefab;
    //人物列表
    public BaseHuman myHuman;
    public Dictionary<string, BaseHuman> otherHumans;

    void Start () {
        //网络模块
        NetManager.AddListener("Enter", OnEnter);
        NetManager.AddListener("Move", OnMove);
        NetManager.AddListener("Leave", OnLeave);
        NetManager.Connect("127.0.0.1", 8888);
        //添加一个角色
        GameObject obj = (GameObject)Instantiate(humanPrefab);
        float x = Random.Range(-5, 5);
        float z = Random.Range(-5, 5);
        obj.transform.position = new Vector3(x, 0, z);
        myHuman = obj.AddComponent<CtrlHuman>();
        myHuman.desc = NetManager.GetDesc();

        //发送协议
        Vector3 pos = myHuman.transform.position;
        Vector3 eul = myHuman.transform.eulerAngles;
        string sendStr = "Enter|";
        sendStr += NetManager.GetDesc() + ",";
        sendStr += pos.x + ",";
        sendStr += pos.y + ",";
        sendStr += pos.z + ",";
        sendStr += eul.y;
        NetManager.Send(sendStr);
    }

    void OnEnter (string msgArgs) {
        Debug.Log("OnEnter" + msgArgs);
    }

    void OnMove (string msgArgs) {
        Debug.Log("OnMove" + msgArgs);
    }
}
```

```
void OnLeave (string msgArgs) {  
    Debug.Log("OnLeave" + msgArgs);  
}  
}
```

这里完成了创建角色和发送Enter协议两项功能，Enter协议包含了角色描述和坐标信息，如图3-29所示。

## 字符串协议

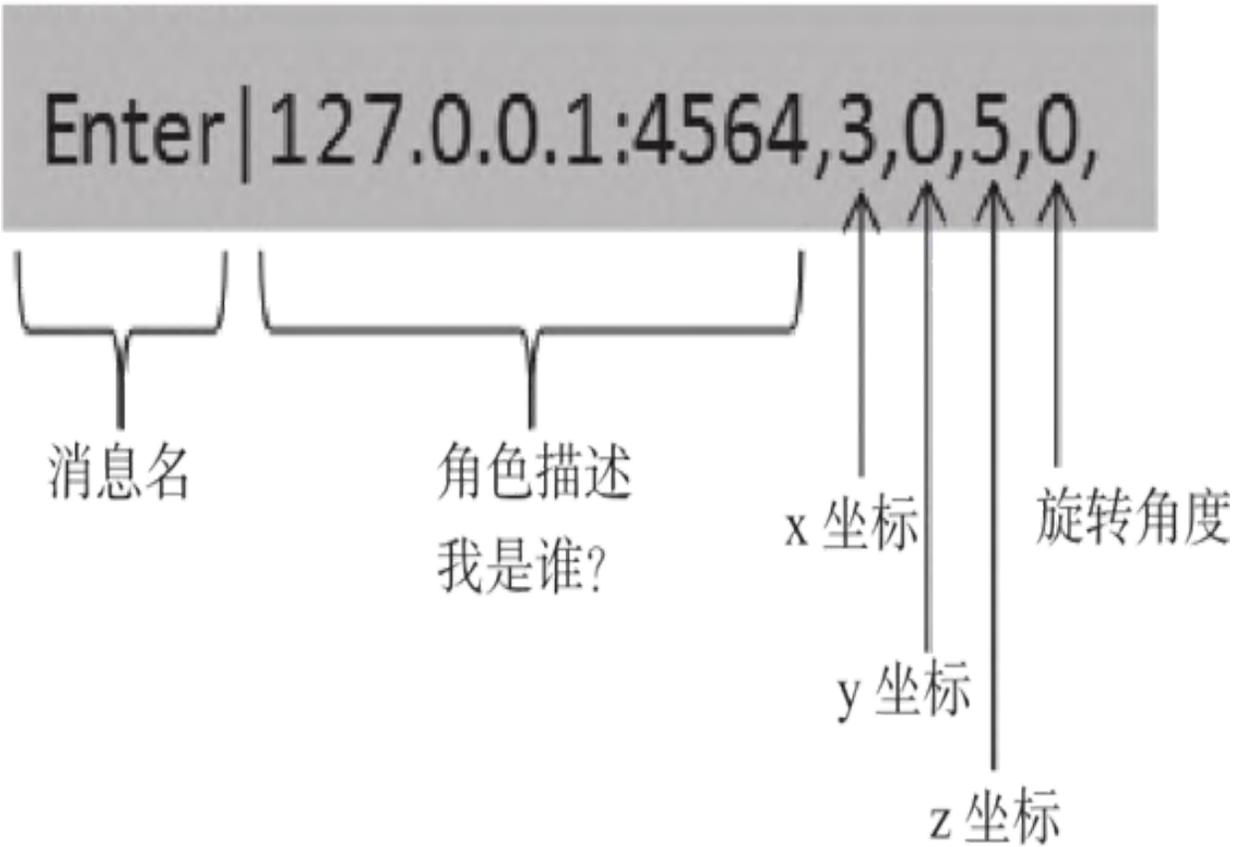


图3-29 Enter协议

以下是上述代码的说明。

### (1) 玩家操控角色

游戏中的角色都由代码生成，定义humanPrefab代表角色预设。角色预设只是一个带动画控制器的模型，不带任何Human类组件（如图3-30所示）。程序会按需给角色添加CtrlHuman或SyncHuman组件。将角

色预设拉入Main的humanPrefab属性，如图3-31所示，即可完成预设的设置。

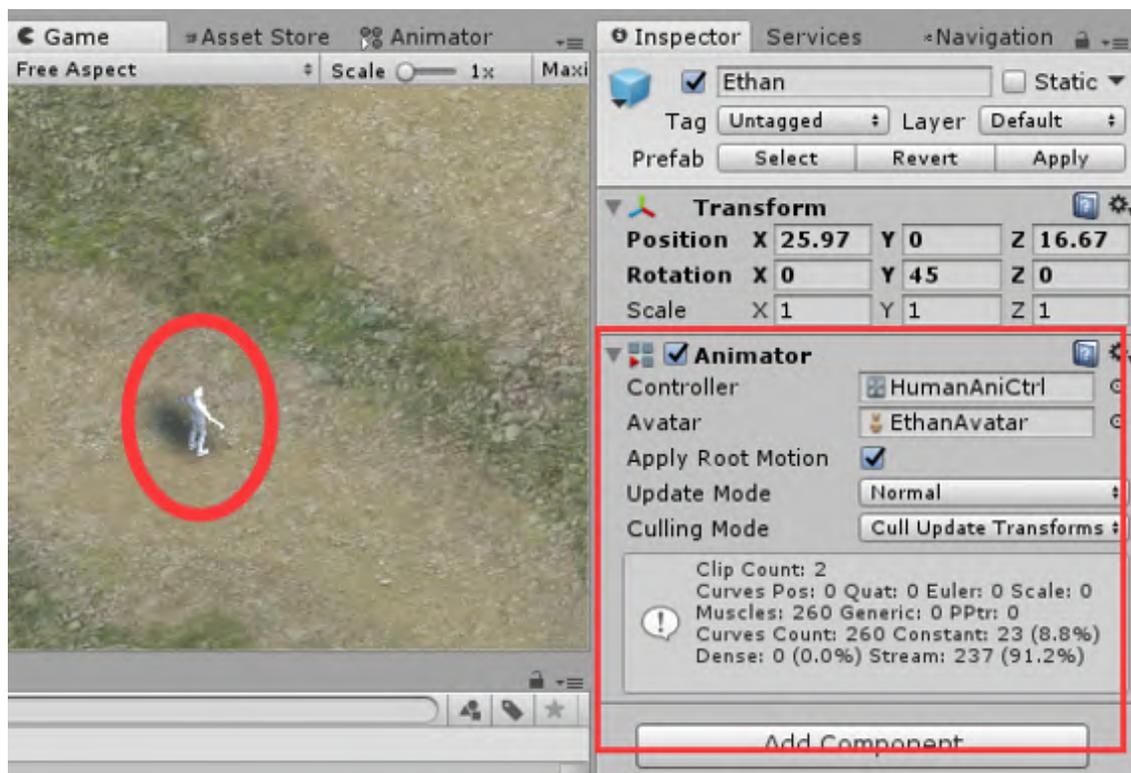


图3-30 角色预设属性

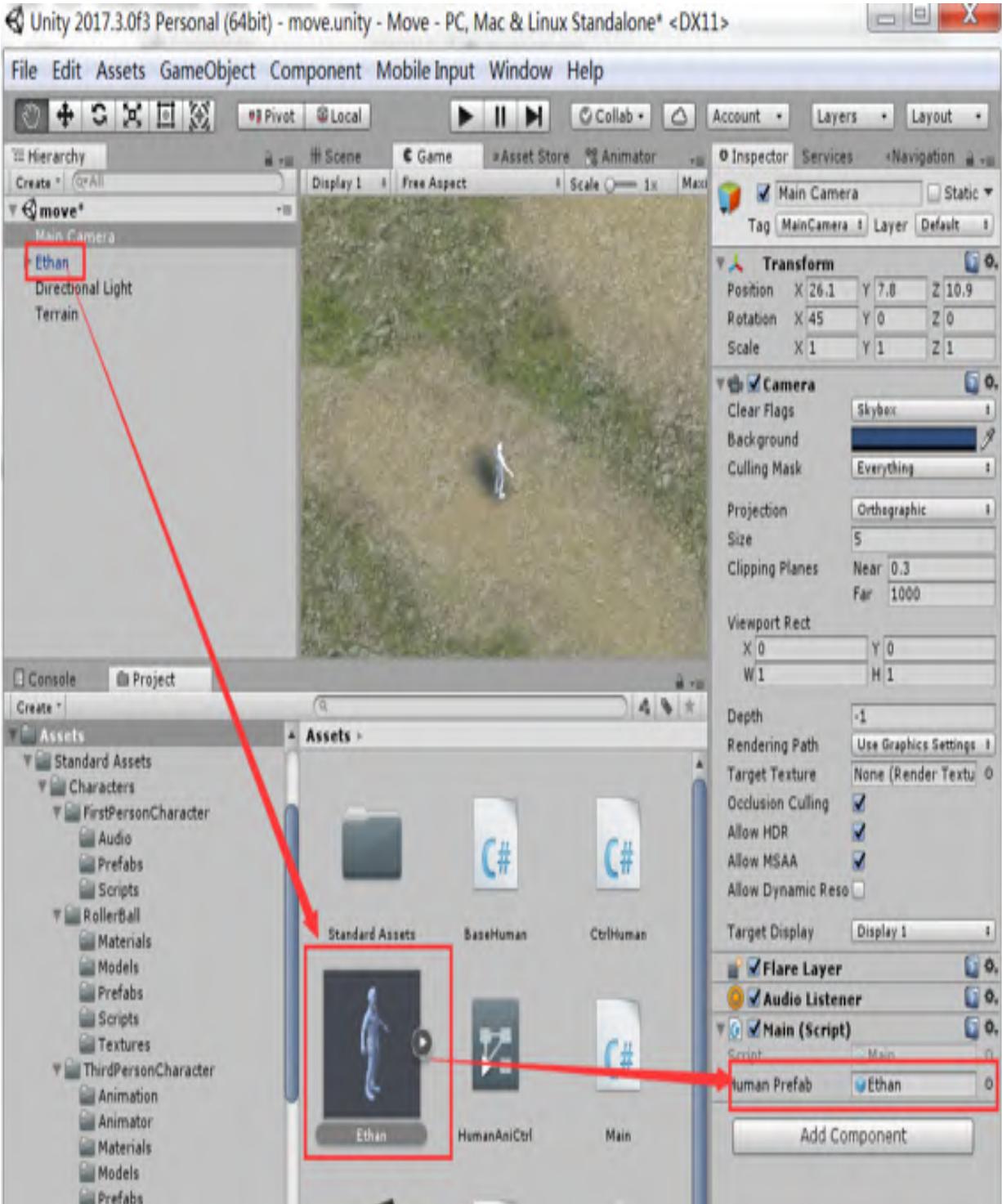


图3-31 设置角色预设

定义BaseHuman类型的myHuman代表生成出来的操控角色，即玩家自己的角色。程序使用Instantiate(humanPrefab)在场景中生成角色

GameObject，再生成随机位置，最后通过AddComponent<CtrlHuman>()给GameObject添加CtrlHuman组件。

## (2) 其他同步角色

程序中定义了Dictionary<string, BaseHuman>类型的成员otherHumans，otherHumans列表将会保存所有同步角色的信息（后续会用到）。

## (3) 发送协议

调用NetManager的Send方法发送Enter协议，Enter协议包含了角色描述、位置坐标（pos. x, pos. y, pos. z）和旋转角度（eul. y）。

### 3.5.2 接收Enter协议

客户端收到服务端转发的Enter协议后，需要解析Enter协议的各个参数，包括角色描述（desc）、三个坐标信息（x、y、z）以及旋转角度（eulY），然后添加一个同步角色，把它记录到otherHumans列表中。Main代码修改如下。

---

```
void OnEnter (string msgArgs) {
    Debug.Log("OnEnter" + msgArgs);
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string desc = split[0];
    float x = float.Parse(split[1]);
    float y = float.Parse(split[2]);
    float z = float.Parse(split[3]);
    float eulY = float.Parse(split[4]);
    //是自己
    if(desc == NetManager.GetDesc())
        return;
    //添加一个角色
    GameObject obj = (GameObject)Instantiate(humanPrefab);
    obj.transform.position = new Vector3(x, y, z);
    obj.transform.eulerAngles = new Vector3(0, eulY, 0);
    BaseHuman h = obj.AddComponent<SyncHuman>();
    h.desc = desc;
    otherHumans.Add(desc, h);
}
```

### 3.5.3 测试Enter协议

为了测试多个客户端的同步状态，可以打开Unity中PlayerSettings中的Run In Background（如图3-32所示），客户端方能在后台运行。

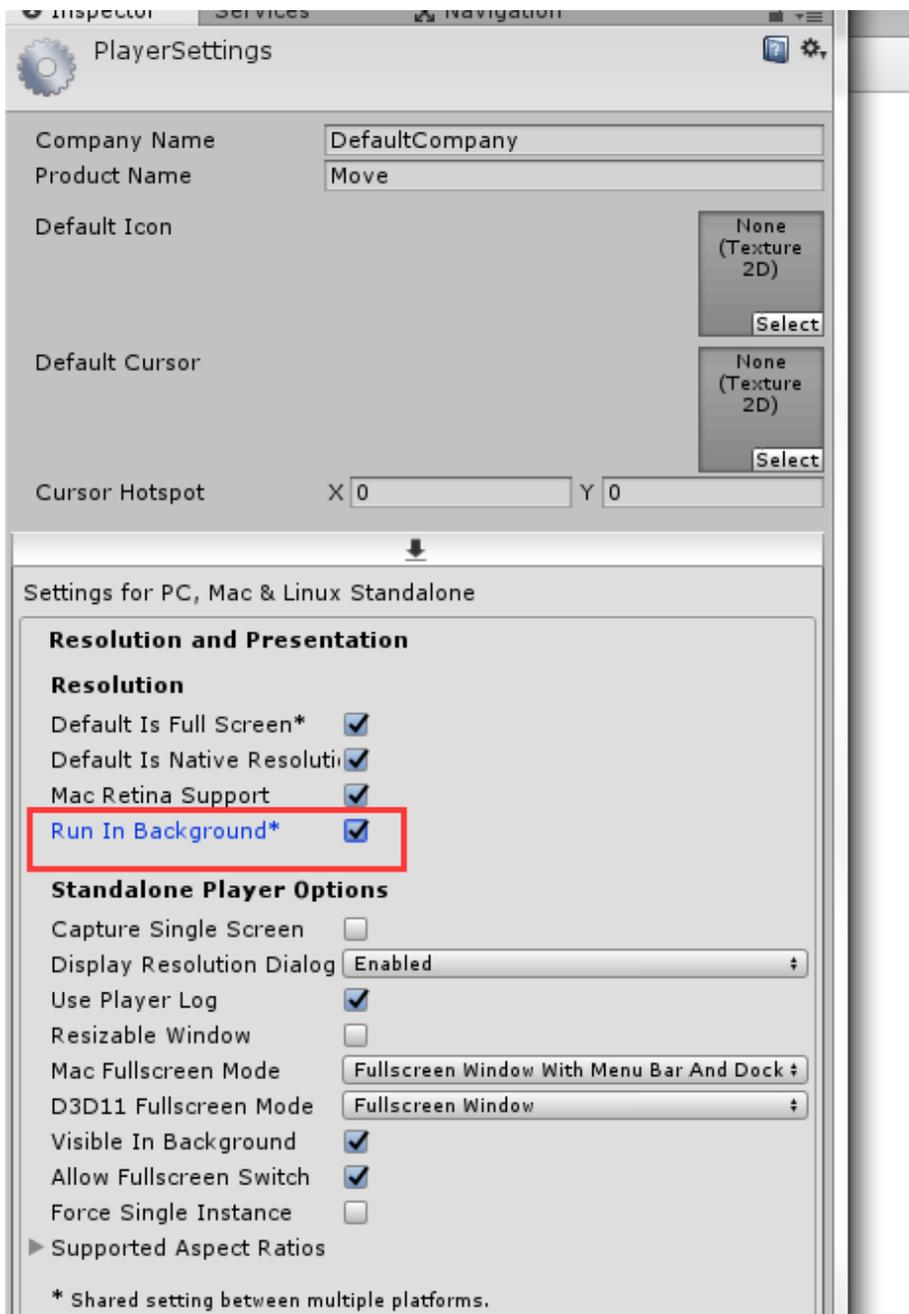


图3-32 打开PlayerSettings中的Run In Background

打开只有转发功能的服务端程序，然后按先后顺序运行客户端A和客户端B。可以看到，当客户端B打开时，客户端A出现了客户端B的角色，如图3-33所示。可能有读者会问，客户端B为什么没有出现在客户端A上呢？因为客户端B没有收到任何关于其他玩家的消息。后续的List协议将会解决这个问题。

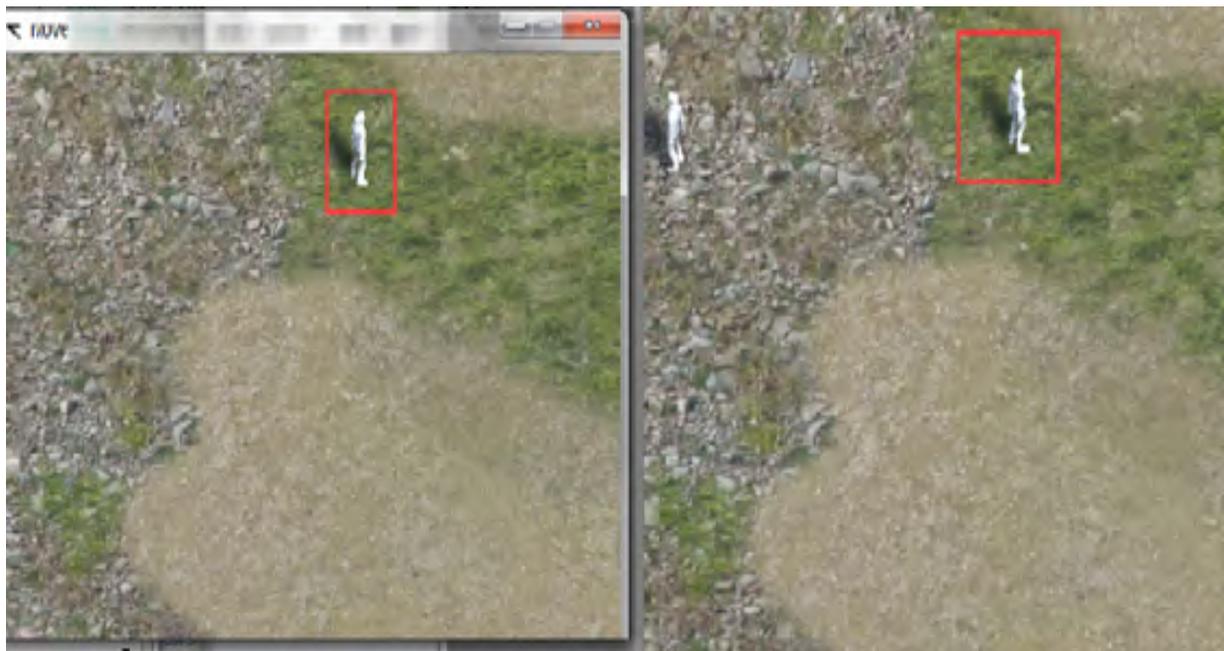


图3-33 测试Enter协议

## 3.6 服务端如何处理消息

既然客户端可以通过AddListener把网络协议和具体的处理函数对应起来，那服务端能不能有类似的机制，把底层网络模块和具体的消息处理函数分开呢？答案必须是肯定的。

### 3.6.1 反射机制

设想在服务端程序里面也定义了一堆如下的方法：

---

```
public static void MsgEnter(ClientState c, string msgArgs){
    .....
}
public static void MsgList(ClientState c, string msgArgs){
```

```
.....  
}
```

如果网络模块能在解析协议名后，自动调用名为“Msg+协议名”的方法，那便大功告成（如图3-34所示），而这其中，C#的反射机制是实现该功能的关键。

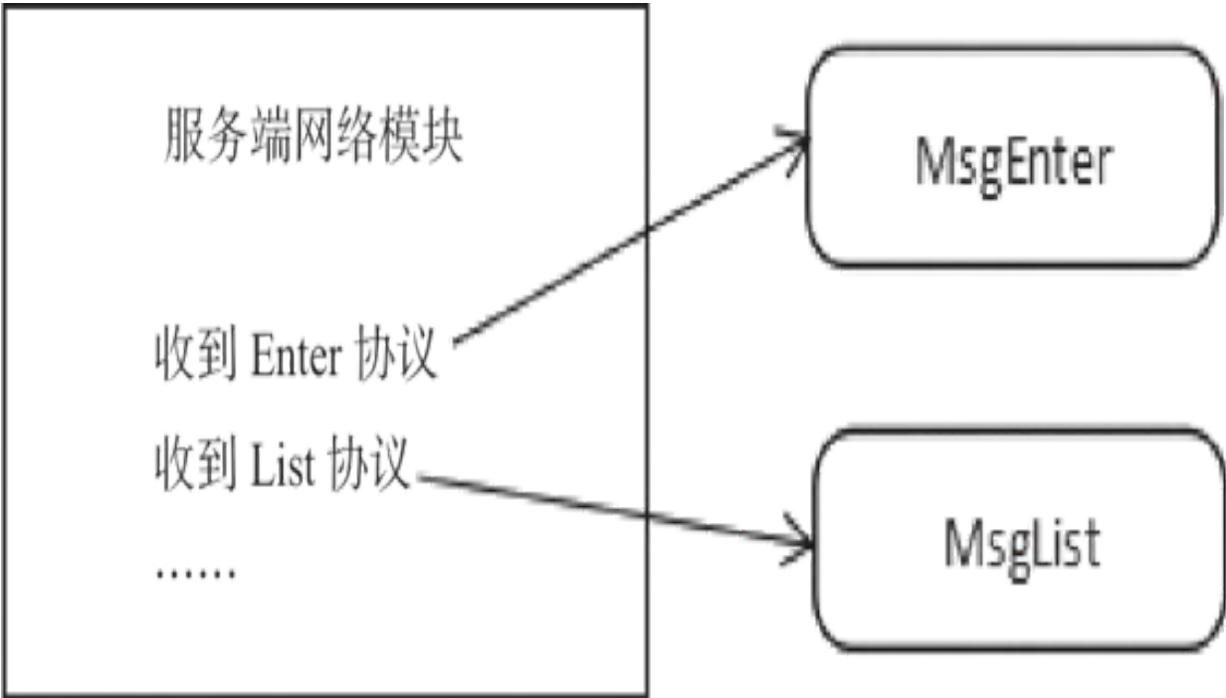


图3-34 服务端消息处理示意图

修改Select服务端接收消息部分的代码，如下所示，完成消息处理函数的自动调用。

```
using System.Reflection;  
using System.Linq;  
  
//读取Clientfd  
public static bool ReadClientfd(Socket clientfd) {  
    ClientState state = clients[clientfd];  
    //接收消息  
    .....  
    //客户端关闭 (count==0)  
    .....  
}
```

```
//消息处理
string recvStr =
    System.Text.Encoding.Default.GetString(state.readBuff,
0, count);
string[] split = recvStr.Split('|');
Console.WriteLine("Recv" + recvStr);
string msgName = split[0];
string msgArgs = split[1];
string funName = "Msg" + msgName;
MethodInfo mi = typeof(MsgHandler).GetMethod(funName);
object[] o = {state, msgArgs};
mi.Invoke(null, o);
return true;
}
```

---

以下是上述代码中关于反射的说明。

MethodInfo类对象mi包含它所指代的方法的所有信息，通过这个类可以得到方法的名称、参数、返回值等，并且可以调用它。假设所有的消息处理方法都定义在MsgHandler类中，且都是静态方法，通过typeof(MsgHandler).GetMethod(funName)便能够获取MsgHandler类中名为funName的静态方法。由于MethodInfo定义于System.Reflection命名空间下，因此需要引用(using)该命名空间。

mi.Invoke(null, o)代表调用mi所包含的方法。第一个参数null代表this指针，由于消息处理方法都是静态方法，因此此处要填null。第二个参数o代表的是参数列表。这里定义的消息处理函数都有两个参数，第一个参数是客户端状态state，第二个参数是消息的内容msgArgs。

### 3.6.2 消息处理函数

接下来在服务端创建一个名为MsgHandler.cs的文件，用它来定义存放所有消息处理函数的MsgHandler类（如图3-35所示）。

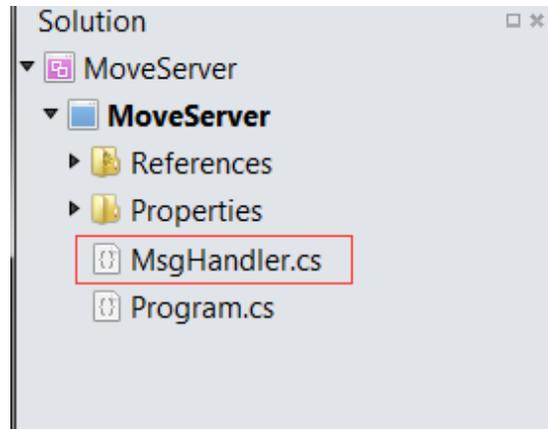


图3-35 添加MsgHandler类

MsgHandler类的代码如下所示，后续再根据需要添加消息处理内容。

---

```
using System;
using System.Collections.Generic;

class MsgHandler
{
    public static void MsgEnter(ClientState c, string msgArgs){
        Console.WriteLine("MsgEnter" + msgArgs);
    }

    public static void MsgList(ClientState c, string msgArgs){
        Console.WriteLine ("MsgList" + msgArgs);
    }
}
```

---

图3-36展示了服务端的消息处理流程。诸如在MsgEnter等消息处理函数中，第一个参数c指代了这条消息是哪个客户端发来的，参数msgArgs代表具体的消息内容。

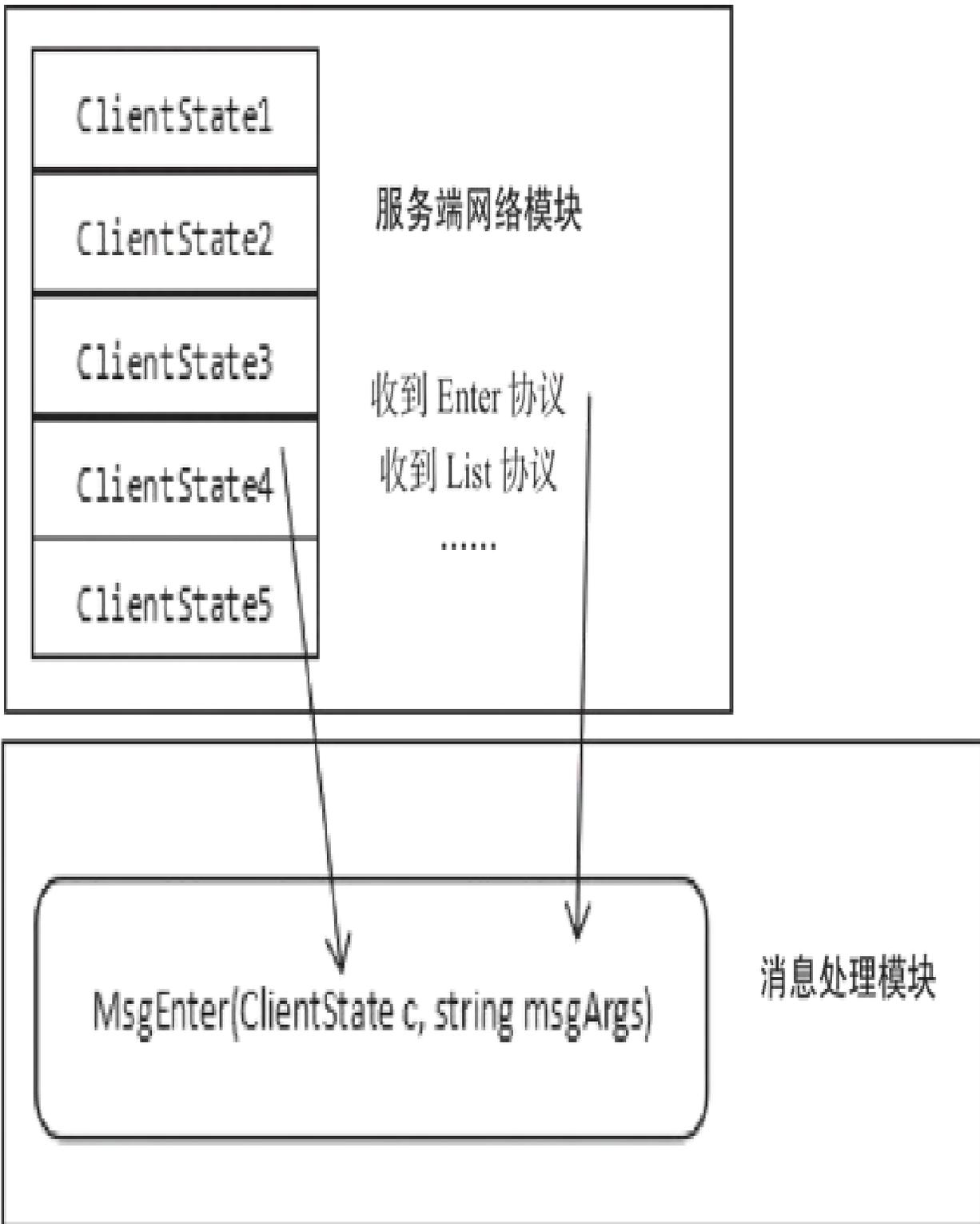


图3-36 消息处理示意图

### 3.6.3 事件处理

有时候服务端需要对玩家上线、玩家下线等事件做出反应。比如在大乱斗游戏中，如果游戏玩家下线，服务端就需要通知其他客户端该玩家下线，从而使客户端删除角色。对此，可以使用类似于消息处理的方法来处理事件，添加一个处理事件的类EventHandler（如图3-37所示），在里面定义一些消息处理函数（目前只有处理玩家下线的OnDisconnect）就可实现该功能。

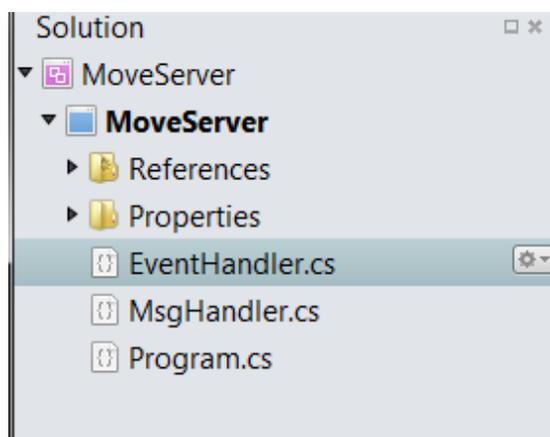


图3-37 添加EventHandler类

EventHandler的代码如下：

---

```
using System;

public class EventHandler
{
    public static void OnDisconnect(ClientState c){
        Console.WriteLine ("OnDisconnect");
    }
}
```

---

修改服务端接收消息的代码ReadClientfd，当玩家下线时，调用EventHandler.OnDisconnect，代码如下所示。同理可以在Accept处添加接受客户端连接的事件。

---

```
//读取Clientfd
public static bool ReadClientfd(Socket clientfd){
```

```

ClientState state = clients[clientfd];
//接收
int count = 0;
try{
    count = clientfd.Receive(state.readBuff);
}catch(SocketException ex){
    MethodInfo mei =
typeof(EventHandler).GetMethod("OnDisconnect");
    object[] ob = {state};
    mei.Invoke(null, ob);

    clientfd.Close();
    clients.Remove(clientfd);
    Console.WriteLine("Receive SocketException" +
ex.ToString());
    return false;
}
//客户端关闭
if(count <= 0){
    MethodInfo mei =
typeof(EventHandler).GetMethod("OnDisconnect");
    object[] ob = {state};
    mei.Invoke(null, ob);

    clientfd.Close();
    clients.Remove(clientfd);
    Console.WriteLine("Socket Close");
    return false;
}
//消息处理
.....
}

```

---

图3-38展示了服务端消息处理和事件处理的流程。

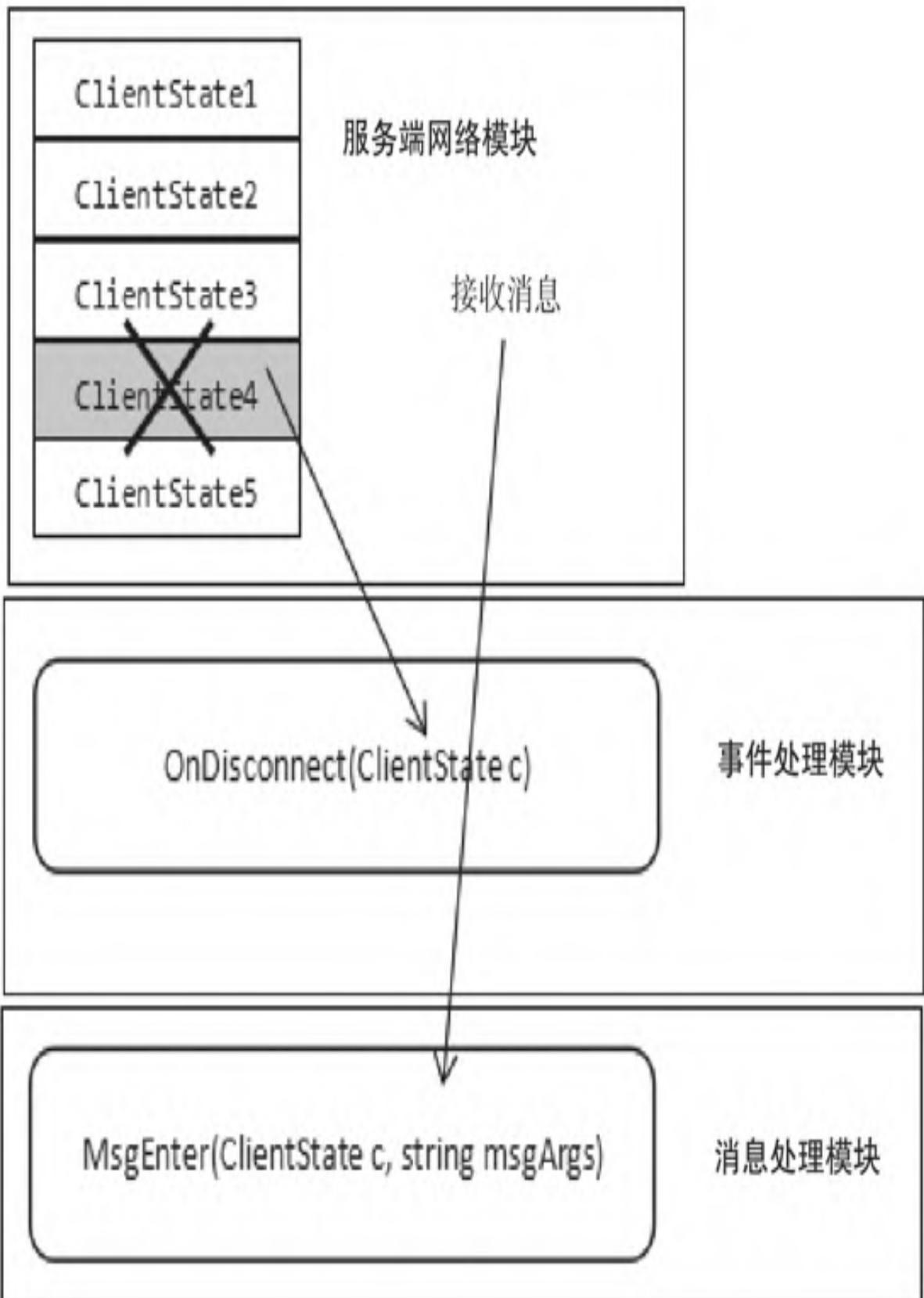


图3-38 事件处理示意图

使用这套带有消息处理机制和事件处理机制的Select服务端，继续完成大乱斗游戏吧！

### 3.6.4 玩家数据

现在，回过头来看看3.5.3节留下的问题——进入游戏场景的玩家没有收到任何关于其他玩家的消息。一个常规的解决办法就是：当玩家进入场景时，向服务端请求List协议，服务端收到后，将场景中的人物信息返回给客户端。要达成这个功能，服务端必须要记录各个玩家的坐标信息。最直接的就是在客户端状态结构ClientState中添加一些变量，代码如下所示。

---

```
public class ClientState
{
    public Socket socket;
    public byte[] readBuff = new byte[1024];
    public int hp = -100;
    public float x = 0;
    public float y = 0;
    public float z = 0;
    public float eulY = 0;
}
```

---

上述代码添加的状态信息包括角色的生命值（hp）、位置信息（x、y、z）和旋转角度（eulY）。

### 3.6.5 处理Enter协议

服务端接收到Enter协议（以及后续的Move协议）后，需要把玩家的坐标信息记录下来，再广播出去。可通过修改处理消息的MsgHandler.MsgEnter方法来实现。它先解析客户端发来的协议参数，然后给代表该客户端的ClientState赋值，最后将协议广播给所有的客户端。代码如下：

---

```
public static void MsgEnter(ClientState c, string msgArgs)
```

```
{
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string desc = split[0];
    float x = float.Parse(split[1]);
    float y = float.Parse(split[2]);
    float z = float.Parse(split[3]);
    float eulY = float.Parse(split[4]);
    //赋值
    c.hp = 100;
    c.x = x;
    c.y = y;
    c.z = z;
    c.eulY = eulY;
    //广播
    string sendStr = "Enter|" + msgArgs;
    foreach (ClientState cs in MainClass.clients.Values){
        MainClass.Send(cs, sendStr);
    }
}
```

---

### 3.7 玩家列表：List协议

当玩家进入场景后，调用NetManager.Send发送List协议。服务端收到后回应各个客户端的信息。请求和回应的字符串协议如图3-39所示。请求的协议不必带任何参数，回应协议的参数依次为角色A描述、角色A坐标X、角色A坐标Y、角色A坐标Z、角色A旋转角度、角色A生命值、角色B描述、角色B坐标X、角色B坐标Y、角色B坐标Z、角色B旋转角度、角色B生命值。以此类推，每个角色带有6个参数，发送所有角色的消息。

请求

List|

回应

List|127.0.0.1:4564,3,0,5,0,100,127.0.0.1:4578,4,0,9,0,100,



图3-39 List协议的请求和回应形式

### 3.7.1 客户端处理

客户端发送和接收List协议的代码如下所示，它解析参数后，生成一个同步角色。

```
public class Main : MonoBehaviour {  
  
    .....  
  
    void Start () {  
        //网络模块  
        NetManager.AddListener("Enter", OnEnter);  
        NetManager.AddListener("List", OnList);  
        NetManager.AddListener("Move", OnMove);  
        NetManager.AddListener("Leave", OnLeave);  
        NetManager.Connect("127.0.0.1", 8888);  
        //添加角色，发送Enter协议  
        .....  
        //请求玩家列表  
        NetManager.Send("List|");  
    }  
}
```

```

void OnList (string msgArgs) {
    Debug.Log("OnList" + msgArgs);
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    int count = (split.Length-1)/6;
    for(int i = 0; i < count; i++){
        string desc = split[i*6+0];
        float x = float.Parse(split[i*6+1]);
        float y = float.Parse(split[i*6+2]);
        float z = float.Parse(split[i*6+3]);
        float eulY = float.Parse(split[i*6+4]);
        int hp = int.Parse(split[i*6+5]);
        //是自己
        if(desc == NetManager.GetDesc())
            continue;
        //添加一个角色
        GameObject obj =
(GameObject)Instantiate(humanPrefab);
        obj.transform.position = new Vector3(x, y, z);
        obj.transform.eulerAngles = new Vector3(0, eulY, 0);
        BaseHuman h = obj.AddComponent<SyncHuman>();
        h.desc = desc;
        otherHumans.Add(desc, h);
    }
}
.....
}

```

---

以下是上述代码的说明。

### (1) count

假设服务端回应的角色数量为N，每个角色有6个参数（描述、x、y、z、eulY、hp）。因为协议最后还带有个逗号，所以msgArgs.Split(',')返回的数量为6\*N+1，反推得到count=(split.Length-1)/6。

### (2) hp

hp是角色的生命值，后面制作击打功能时会用到。

## 3.7.2 服务端处理

服务端代码如下所示，它会组装List协议，将字符串发送出去。

```
public static void MsgList(ClientState c, string msgArgs){
    string sendStr = "List|";
    foreach (ClientState cs in MainClass.clients.Values){
        sendStr+=cs.socket.RemoteEndPoint.ToString() + ",";
        sendStr+=cs.x.ToString() + ",";
        sendStr+=cs.y.ToString() + ",";
        sendStr+=cs.z.ToString() + ",";
        sendStr+=cs.eulY.ToString() + ",";
        sendStr+=cs.hp.ToString() + ",";
    }
    MainClass.Send(c, sendStr);
}
```

### 3.7.3 测试

运行服务端和多个客户端，后进入场景的客户端也能看到已在线的玩家，虽然他们只会站立不会移动，如图3-40所示。

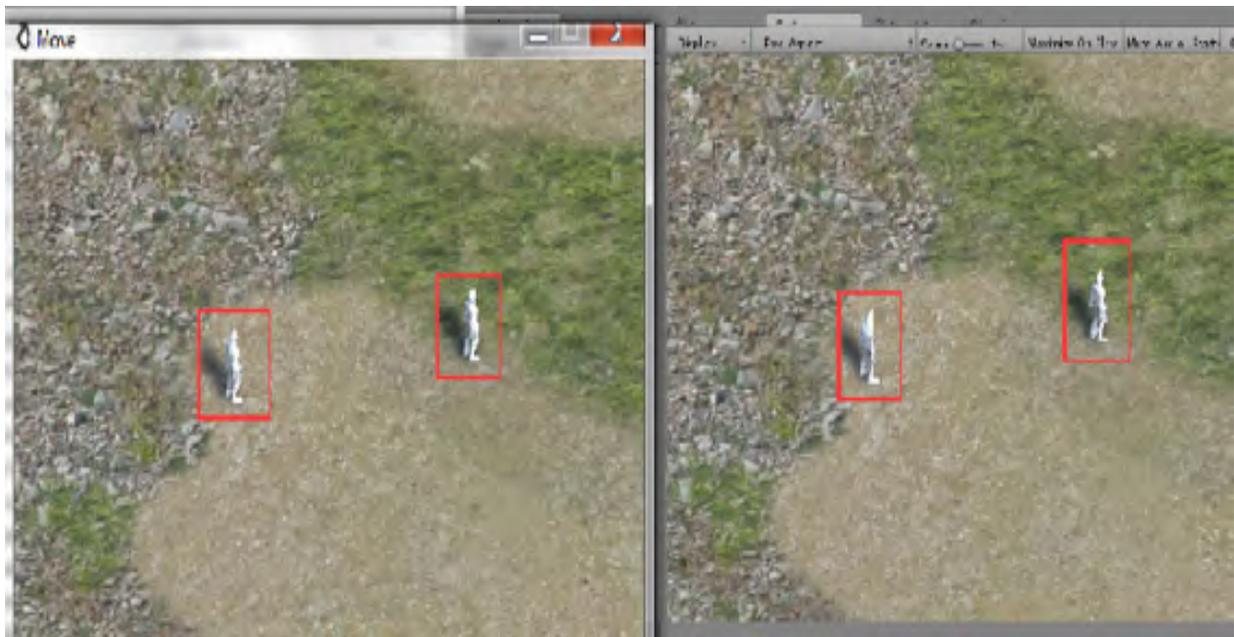
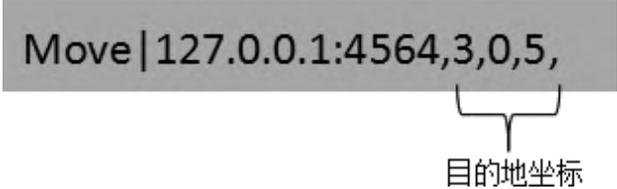


图3-40 List协议测试结果

## 3.8 移动同步：Move协议

当玩家用鼠标点击场景，角色移动时，客户端应把目的地位置发送给服务端。服务端一方面记录位置信息，另一方面将目的地位置信息广播给其他客户端。其他客户端收到协议后，解析目的地位置信息，然后控制SyncHuman走到对应的位置去。Move协议如图3-41所示。



Move|127.0.0.1:4564,3,0,5,

目的地坐标

图3-41 Move协议

### 3.8.1 客户端处理

修改CtrlHuman类中控制角色移动的代码，当角色移动时，将目的地信息发送给服务端。代码如下：

---

```
new void Update () {
    base.Update();

    if (Input.GetMouseButtonDown(0)) {
        Ray ray =
Camera.main.ScreenPointToRay (Input.mousePosition);
RaycastHit hit;
Physics.Raycast(ray, out hit);
if (hit.collider.tag == "Terrain") {
    MoveTo (hit.point);
    //发送协议
    string sendStr = "Move|";
    sendStr += NetManager.GetDesc () + ",";
    sendStr += hit.point.x + ",";
    sendStr += hit.point.y + ",";
    sendStr += hit.point.z + ",";
    NetManager.Send (sendStr);
}
}
}
```

---

修改Main的协议处理函数OnMove（记得添加对该协议的监听），解析协议参数，然后找到对应的同步角色，调用MoveTo方法让同步角

色走到目的地。

---

```
void OnMove (string msgArgs) {
    Debug.Log("OnMove" + msgArgs);
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string desc = split[0];
    float x = float.Parse(split[1]);
    float y = float.Parse(split[2]);
    float z = float.Parse(split[3]);
    //移动
    if(!otherHumans.ContainsKey(desc))
        return;
    BaseHuman h = otherHumans[desc];
    Vector3 targetPos = new Vector3(x, y, z);
    h.MoveTo(targetPos);
}
```

---

### 3.8.2 服务端处理

服务端收到Move协议后，解析参数，记录坐标信息，然后广播Move协议。代码如下：

---

```
public static void MsgMove(ClientState c, string msgArgs){
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string desc = split[0];
    float x = float.Parse(split[1]);
    float y = float.Parse(split[2]);
    float z = float.Parse(split[3]);
    //赋值
    c.x = x;
    c.y = y;
    c.z = z;
    //广播
    string sendStr = "Move|" + msgArgs;
    foreach (ClientState cs in MainClass.clients.Values){
        MainClass.Send(cs, sendStr);
    }
}
```

---

### 3.8.3 测试

运行服务端和多个客户端，移动角色，其他客户端也能看到该角色向目的地走去（如图3-42所示）。值得注意的是，由于网络延迟等原因，这种同步方式可能会有些误差，几个客户端的表现并不会完全一致。但这并不妨碍大乱斗游戏的功能，现在的网络游戏也很难保证所有客户端的表现是完全一样的，只要误差在可接受范围内即可。后面的章节还会继续探讨移动同步算法，更好地处理移动同步问题。



图3-42 通过Move协议同步位置

## 3.9 玩家离开：Leave协议

当某个客户端掉线，服务端会广播Leave协议，客户端收到后删除对应的角色。Leave协议格式如图3-43所示。

```
Leave | 127.0.0.1:4564,
```

图3-43 Leave协议

### 3.9.1 客户端处理

当客户端收到Leave协议后，调用监听函数OnLeave，删除对应的同步角色，同时把它从同步角色列表otherHumans中删掉。代码如下：

---

```
void OnLeave (string msgArgs) {
    Debug.Log("OnLeave" + msgArgs);
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string desc = split[0];
    //删除
    if(!otherHumans.ContainsKey(desc))
        return;
    BaseHuman h = otherHumans[desc];
    Destroy(h.gameObject);
    otherHumans.Remove(desc);
}
```

---

### 3.9.2 服务端处理

当客户端掉线时，会触发服务端的Disconnect事件，只要在Disconnect事件的处理函数OnDisconnect中编写发送Leave协议的代码即可。

---

```
using System;

public class EventHandler
{
    public static void OnDisconnect(ClientState c){
        string desc = c.socket.RemoteEndPoint.ToString();
        string sendStr = "Leave|" + desc + ",";
        foreach (ClientState cs in MainClass.clients.Values){
            MainClass.Send(cs, sendStr);
        }
    }
}
```

---

### 3.9.3 测试

运行服务端和多个客户端，然后关掉其中一个客户端，这个客户端的角色也会在其他客户端的场景中消失。到目前为止，已经完成了大乱斗游戏的角色移动部分，那么角色战斗部分又该如何实现呢？

## 3.10 攻击动作：Attack协议

既是大乱斗，自然少不了攻击敌人。在角色站立状态下，玩家右击鼠标，角色就会发出攻击动作（Attack协议）。如果打到敌人（Hit协议），敌人会扣血，直至死亡（Die协议）。Attack、Hit和Die三个协议是处理大乱斗游戏战斗部分的关键。

### 3.10.1 播放攻击动作

由于Unity的Standard Asset中并没有附带攻击动作，读者可以在本书附带的素材或者Asset Store上找到通用的攻击动作文件，把它导入到项目中，如图3-44所示。

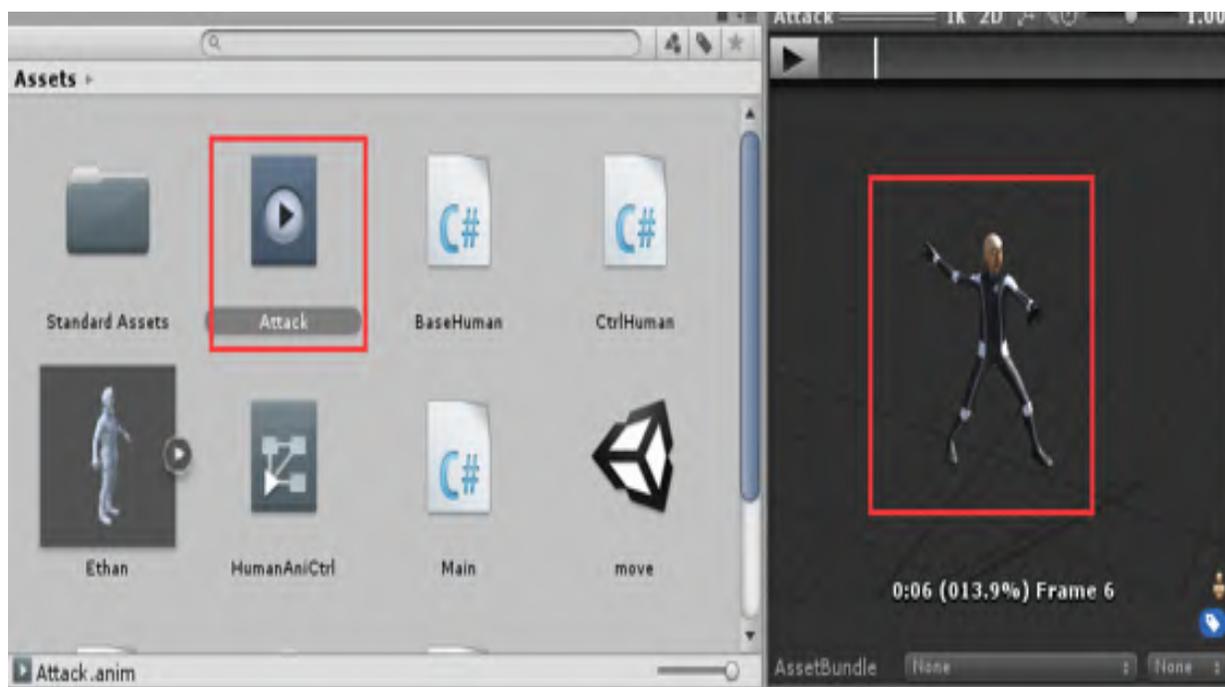


图3-44 导入攻击动作

然后修改动画控制器，添加Attack状态和isAttacking参数。由于只有在站立状态下可以攻击，因此Attack状态也只能与Idle状态相互切换，如图3-45所示。

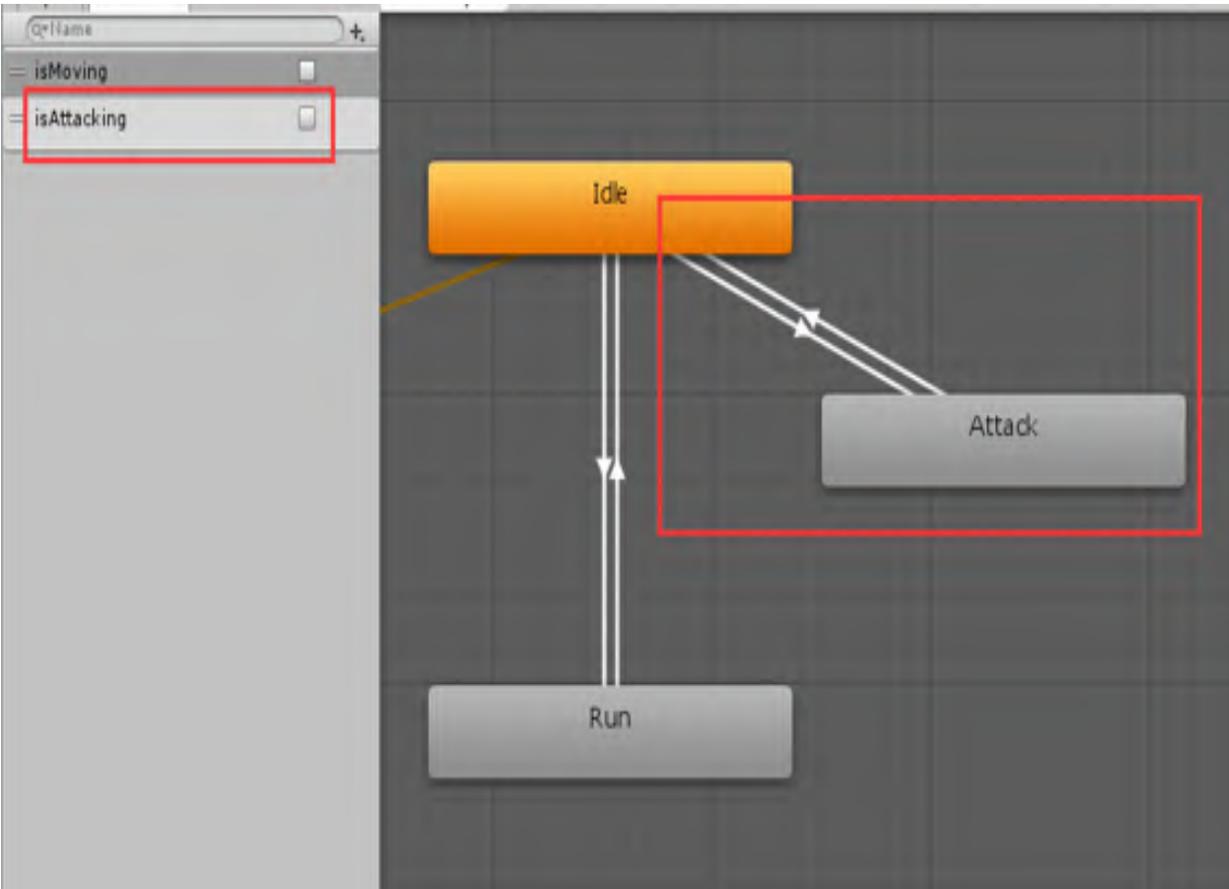


图3-45 修改动画控制器，添加Attack状态

然后编辑Attack状态的切换条件：如果角色处于Idle状态，等到参数isAttacking变为true时，切换为Attack状态，如图3-46所示；如果角色处于Attack状态，等到参数isAttacking变为false时，切换为Idle状态，如图3-47所示。

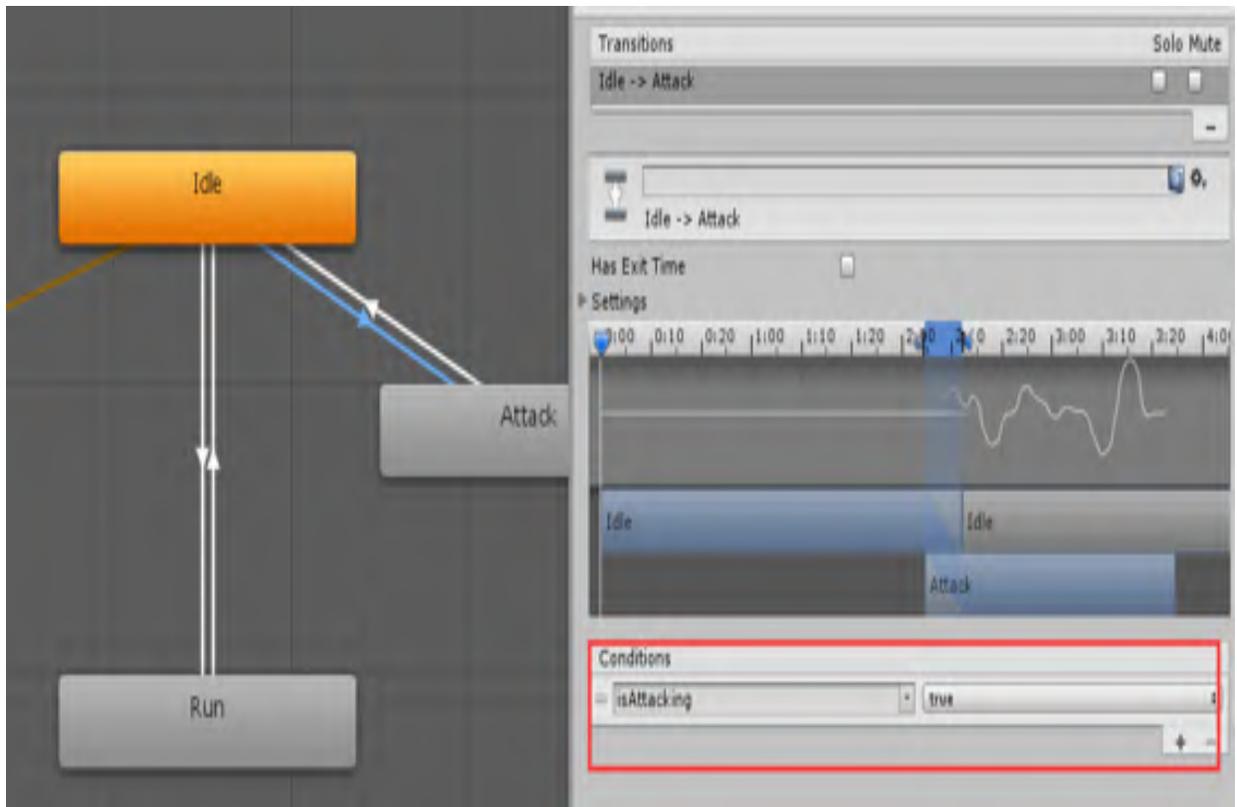


图3-46 Idle到Attack的切换条件

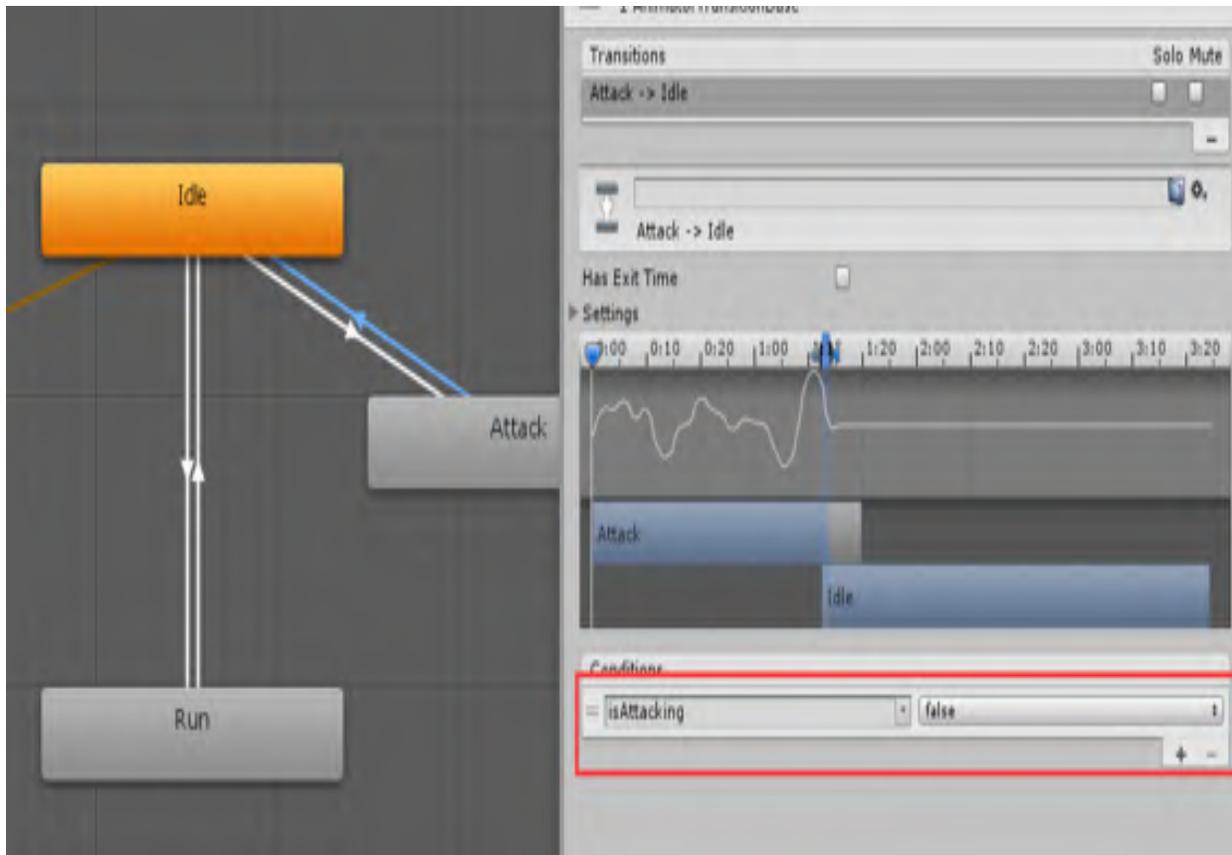


图3-47 Attack到Idle的切换条件

操控角色和同步角色都会播放攻击动作，可以在Human的基类BaseHuman添加播放攻击动作的功能。添加变量isAttacking指示角色当前是否处于攻击状态，添加变量attackTime记录上一次发动攻击的时间，假设攻击动作的冷却时间为1.2秒，在冷却时间内不能再次发起进攻。BaseHuman修改的代码如下：

```
//是否正在攻击
internal bool isAttacking = false;
internal float attackTime = float.MinValue;

//攻击动作
public void Attack(){
    isAttacking = true;
    attackTime = Time.time;
    animator.SetBool("isAttacking", true);
}
```

```
//攻击Update
public void AttackUpdate(){
    if(!isAttacking) return;
    if(Time.time - attackTime < 1.2f) return;
    isAttacking = false;
    animator.SetBool("isAttacking", false);
}

// Update is called once per frame
internal void Update () {
    MoveUpdate();
    AttackUpdate();
}
```

---

至此，角色已经具备了播放攻击动作的功能。只需在合适的地方调用Attack方法，角色便会发起攻击。对于操控角色，只要玩家在合适的时间右击鼠标，角色就会转到鼠标所指的方向，然后发起攻击。修改操控角色类CtrlHuman，添加发起攻击功能的代码。程序会判断当前能否发起攻击（不处于攻击状态、不处于移动状态），然后使用LookAt方法让角色转向，最后调用BaseHuman的Attack方法播放攻击动作。

---

```
// Update is called once per frame
new void Update () {
    base.Update();
    //移动
    .....
    //攻击
    if(Input.GetMouseButtonDown(1)){
        if(isAttacking) return;
        if(isMoving) return;

        Ray ray =
Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition);
        RaycastHit hit;
        Physics.Raycast(ray, out hit);

        transform.LookAt(hit.point);
        Attack();
    }
}
```

```
}  
}
```

---

上述代码中的hit.point代表右击时鼠标对应到场景的位置，也就是攻击的方向。角色转到该方向（transform.LookAt），然后播放攻击动作。

测试游戏，右击鼠标，角色会转到鼠标指示的方向，然后挥动左手，向前方打下去，如图3-48和图3-49所示。



图3-48 发起攻击



图3-49 转向并发起攻击

当客户端收到播放攻击动作的Attack协议时，同步角色要做出处理，播放攻击动作。

可在SyncHuman类中添加一个播放同步攻击动作的SyncAttack方法，它接受一个参数eulY，代表角色的旋转角度。调用SyncAttack方法后，同步角色会转向，然后播放攻击动作。代码如下：

---

```
public class SyncHuman : BaseHuman {
    .....

    public void SyncAttack(float eulY){
        transform.eulerAngles = new Vector3(0, eulY, 0);
        Attack();
    }
}
```

---

### 3.10.2 客户端处理

Attack协议设计如图3-50所示。它带有两个参数，第一个参数为角色描述，第二个参数为攻击的方向。在CtrlHuman发起攻击动作后，将Attack协议发送给服务端，代码如下。

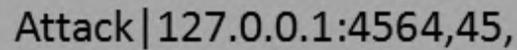
The image shows a dark gray rectangular box containing the text "Attack|127.0.0.1:4564,45," in a white, monospaced font. This represents the format of the Attack protocol message.

图3-50 Attack协议示意图

---

```
if(Input.GetMouseButtonDown(1)) {
    if(isAttacking) return;
    if(isMoving) return;
    .....
    //发送协议
    string sendStr = "Attack|";
    sendStr += NetManager.GetDesc()+ ",";
    sendStr += transform.eulerAngles.y + ",";
    NetManager.Send(sendStr);
}
```

---

当客户端接收到服务端转发的Attack协议时，它会解析协议参数，然后调用对应同步角色的SyncAttack方法。修改的Main代码如下：

---

```
NetManager.AddListener("Attack", OnAttack);

void OnAttack (string msgArgs) {
    Debug.Log("OnAttack" + msgArgs);
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string desc = split[0];
    float eulY = float.Parse(split[1]);
    //攻击动作
    if(!otherHumans.ContainsKey(desc))
        return;
    SyncHuman h = (SyncHuman)otherHumans[desc];
    h.SyncAttack(eulY);
}
```

---

### 3.10.3 服务端处理

服务端只需转发Attack协议，代码如下：

```
public static void MsgAttack(ClientState c, string msgArgs){  
    //广播  
    string sendStr = "Attack|" + msgArgs;  
    foreach (ClientState cs in MainClass.clients.Values){  
        MainClass.Send(cs, sendStr);  
    }  
}
```

### 3.10.4 测试

运行游戏，然后右击鼠标，可以看到角色发出攻击的动作。在其他客户端上，也能够看到该角色的攻击动作（如图3-51和图3-52所示）。

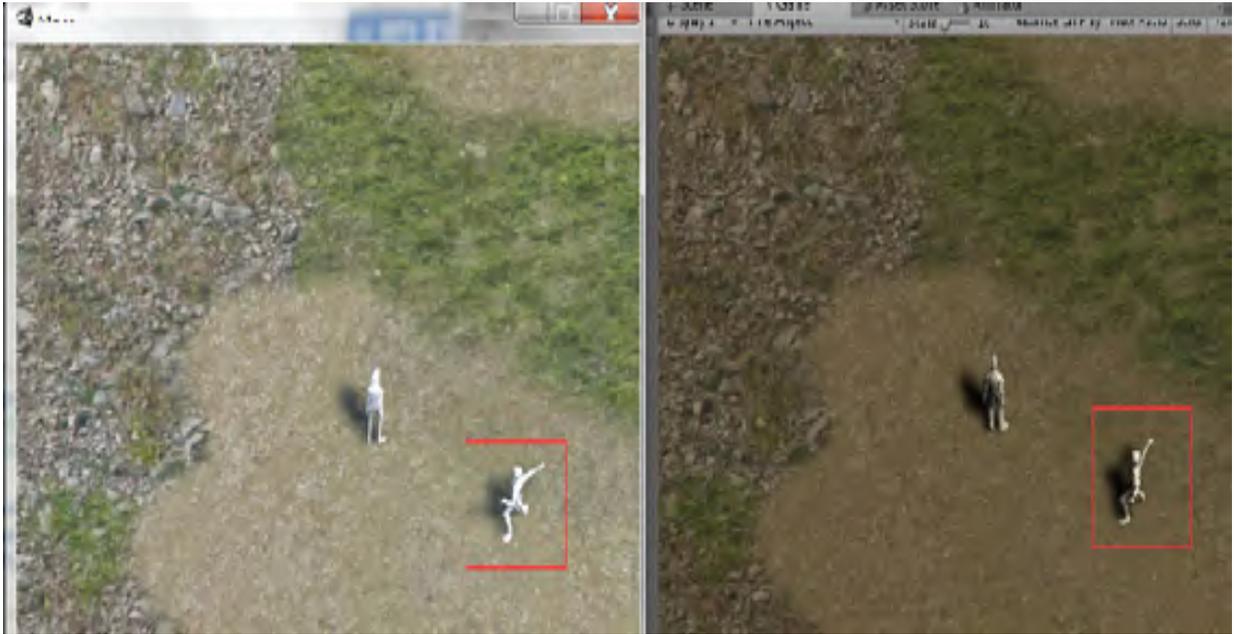


图3-51 测试Attack协议



图3-52 移动到敌人面前，攻击他

### 3.11 攻击伤害：Hit协议

当玩家发起进攻，且打击到敌人时，敌人会受到伤害。假设不会有玩家作弊，服务端完全信任客户端，一种可能的实现方式是，当攻击到敌人时，攻击方发送Hit协议，如图3-53所示，协议中带有被攻击者的信息。服务端收到协议后，扣除被攻击角色的血量。

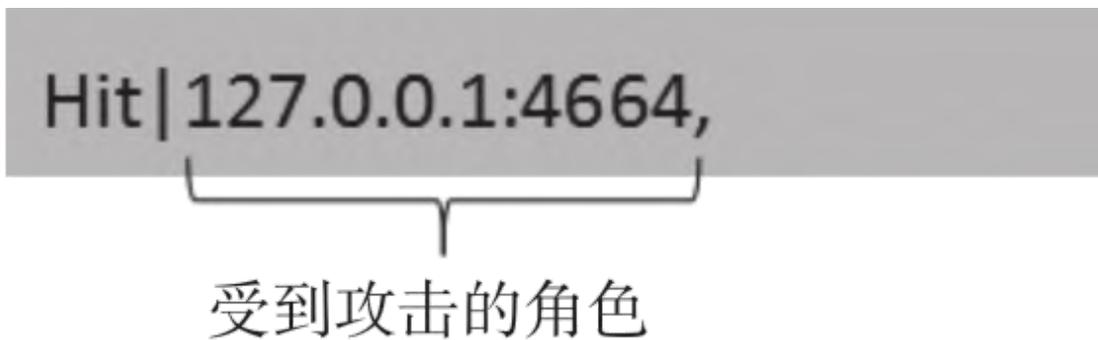


图3-53 Hit协议示意图

#### 3.11.1 客户端处理

假设玩家发动攻击时刚好有角色位于玩家的正前方，便判断该玩家受到攻击。可以在攻击角色正前方做一条有方向的线段，如图3-54和图3-55所示，线段从lineStart延伸到lineEnd，如果有角色被线段

射穿，说明该角色位于攻击者的正前方，会受到伤害（更准确的做法是在角色挥动手臂、拳头刚好位于前方时去做判断，这部分和网络功能无关，就留给读者自己实现）。

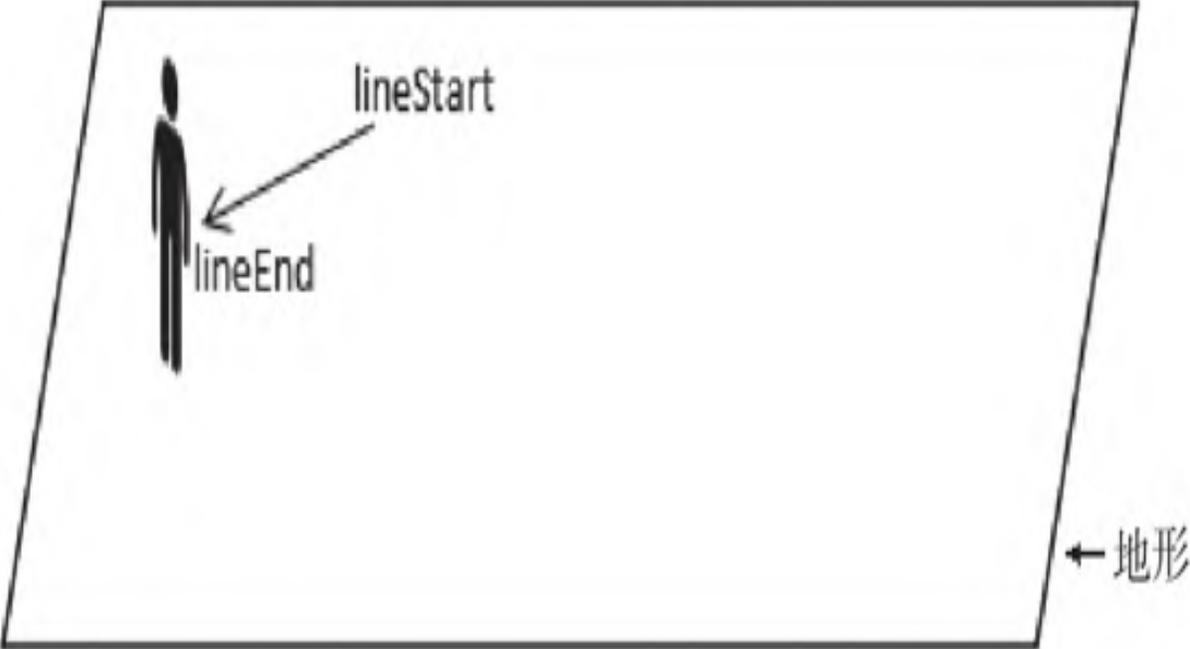


图3-54 使用有向线段判断是否攻击到敌人

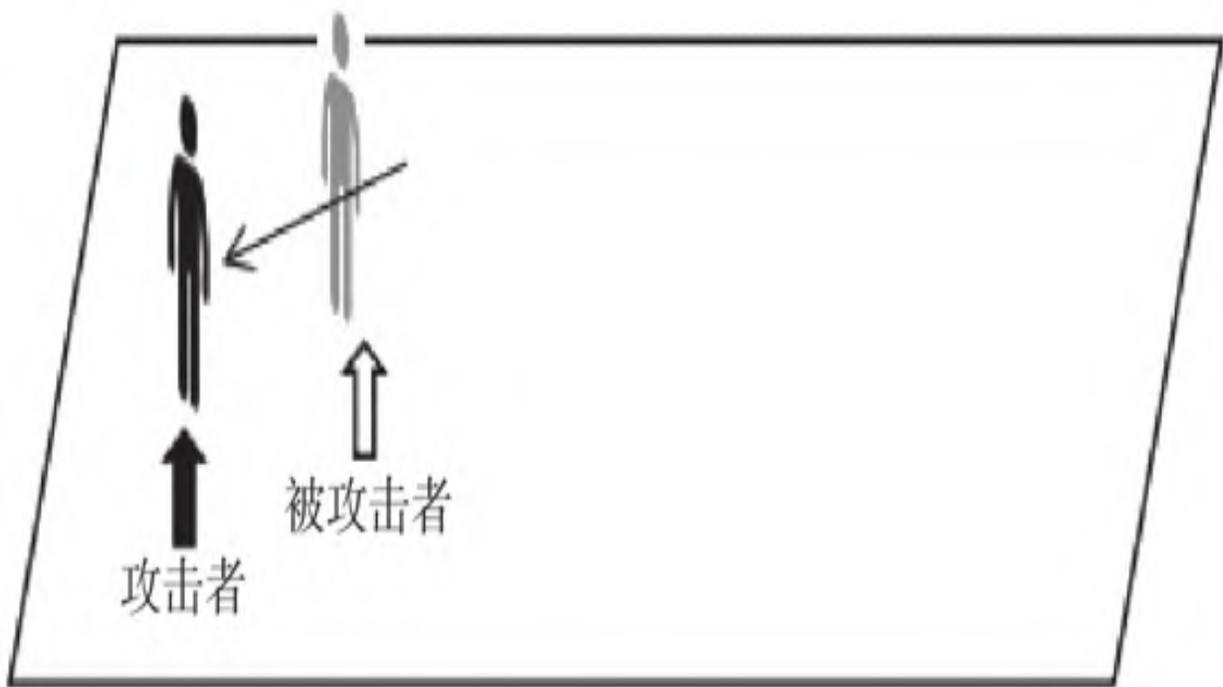


图3-55 攻击到敌人

Unity中的Physics.Linecast（线性投射）恰好能实现上述功能。该方法会从开始位置（lineStart）到结束位置（lineEnd）做一个光线投射，如果碰到碰撞体，返回true。为了实现碰撞检测，还需要给角色预设添加Collider组件，一般会给人形角色添加Capsule Collider，如图3-56所示。

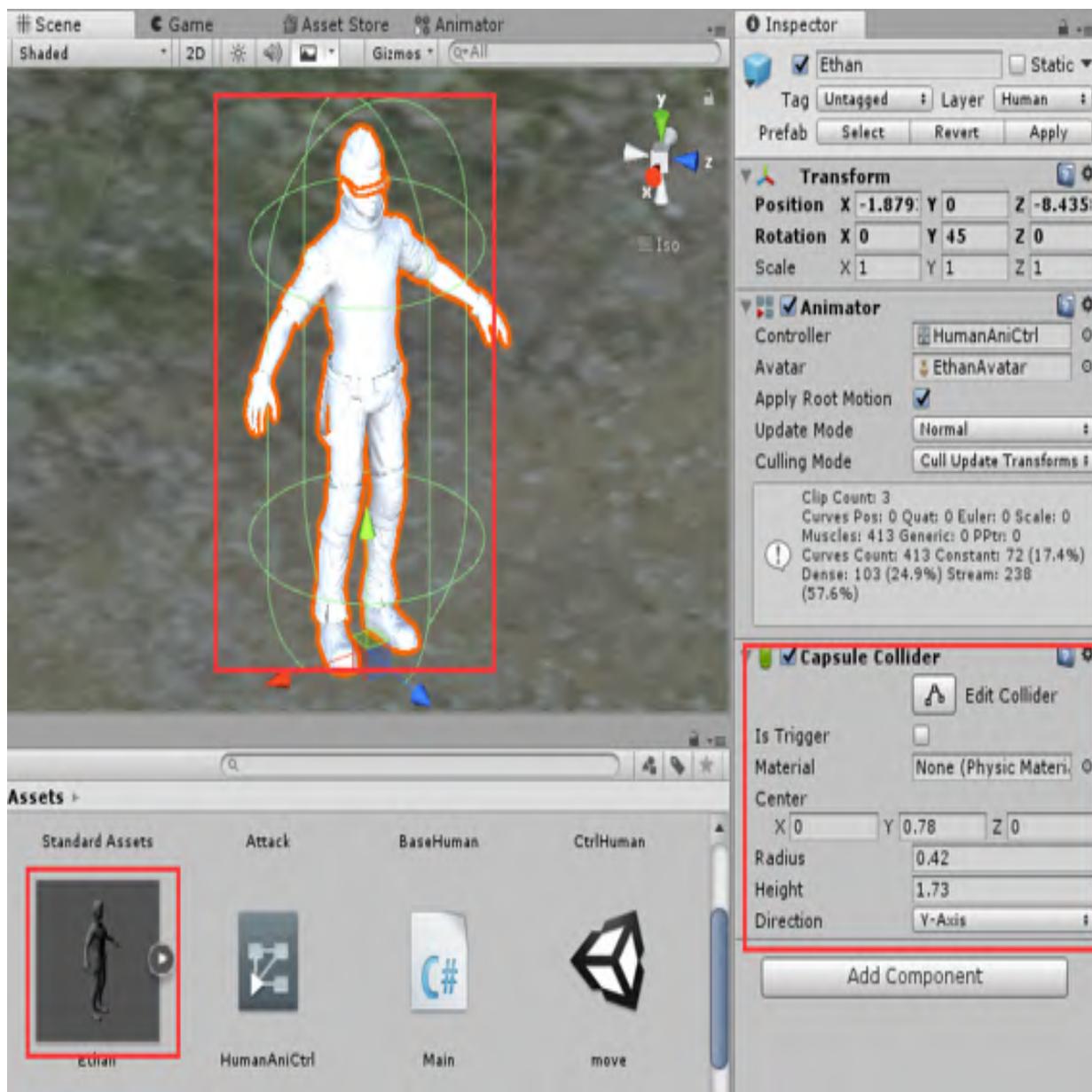


图3-56 给角色添加Capsule Collider

修改CtrlHuman，添加攻击判断的代码，如下所示。先做一条有向线段，如果线段碰到了带有SyncHuman组件的角色，表示角色被击中，客户端发送Hit协议通知服务端谁被击中了。

```
//攻击
if (Input.GetMouseButtonDown(1)) {
    .....
```

```

//发送协议
.....
//攻击判定
Vector3 lineEnd = transform.position + 0.5f*Vector3.up;
Vector3 lineStart = lineEnd + 20*transform.forward;
if(Physics.Linecast(lineStart, lineEnd, out hit)){
    GameObject hitObj = hit.collider.gameObject;
    if(hitObj == gameObject)
        return;
    SyncHuman h = hitObj.GetComponent<SyncHuman>();
    if(h == null)
        return;
    sendStr = "Hit|";
    sendStr += NetManager.GetDesc()+ ",";
    sendStr += h.desc + ",";
    NetManager.Send(sendStr);
}
}

```

---

### 3.11.2 服务端处理

当服务端收到Hit协议后，它会找出受到攻击的角色，然后扣血（此处固定扣除25滴血）。当被攻击的角色血量小于0，代表角色死亡，服务端会广播Die协议，通知客户端删除该角色。

---

```

public static void MsgHit(ClientState c, string msgArgs){
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string attDesc = split[0];
    string hitDesc = split[1];
    //找出被攻击的角色
    ClientState hitCS = null;
    foreach (ClientState cs in MainClass.clients.Values){
        if(cs.socket.RemoteEndPoint.ToString() == hitDesc)
            hitCS = cs;
    }
    if(hitCS == null)
        return;
    //扣血
    hitCS.hp -= 25;
    //死亡
    if(hitCS.hp <= 0){

```

```
        string sendStr = "Die|" +
hitCS.socket.RemoteEndPoint.ToString();
        foreach (ClientState cs in MainClass.clients.Values){
            MainClass.Send(cs, sendStr);
        }
    }
}
```

---

## 3.12 角色死亡：Die协议

当角色死亡时，服务端会广播Die协议（图3-57），客户端收到协议后删除该角色。



图3-57 Die协议示意图

### 3.12.1 客户端处理

客户端处理函数如下，如果是玩家操控的角色死亡，打印出“GameOver”，如果是其他玩家死亡，删掉他 [通过 SetActive(false) 实现]。

```
void OnDie (string msgArgs) {
    Debug.Log("OnDie" + msgArgs);
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string attDesc = split[0];
    string hitDesc = split[0];
    //自己死了
    if(hitDesc == myHuman.desc){
        Debug.Log("Game Over");
        return;
    }
    //死了
    if(!otherHumans.ContainsKey(hitDesc))
        return;
    SyncHuman h = (SyncHuman)otherHumans[hitDesc];
```

```
h.gameObject.SetActive(false);  
}
```

---

### 3.12.2 测试

现在打开多个客户端，攻击对方角色，在攻击一定次数后，敌方死亡，从屏幕上消失（见图3-58、图3-59和图3-60）。



图3-58 攻击敌方，敌方受到伤害

```

Accept
Recv Enter|127.0.0.1:8421,2,0,-5,45,
Recv List|
Recv Move|127.0.0.1:8350,-1.854167,0,1.708803,
Recv Move|127.0.0.1:8350,-1.270833,0,-3.800841,
Recv Move|127.0.0.1:8350,1.395834,0,-5.126586,
Recv Attack|127.0.0.1:8350,44.18994,Hit|127.0.0.1:8350,127.0.0.1:8421,
Recv Attack|127.0.0.1:8350,33.17539,Hit|127.0.0.1:8350,127.0.0.1:8421,
Recv Attack|127.0.0.1:8350,43.61479,Hit|127.0.0.1:8350,127.0.0.1:8421,
Recv Attack|127.0.0.1:8350,26.30796,
Recv Hit|127.0.0.1:8350,127.0.0.1:8421,

```

图3-59 服务端显示收到Hit协议

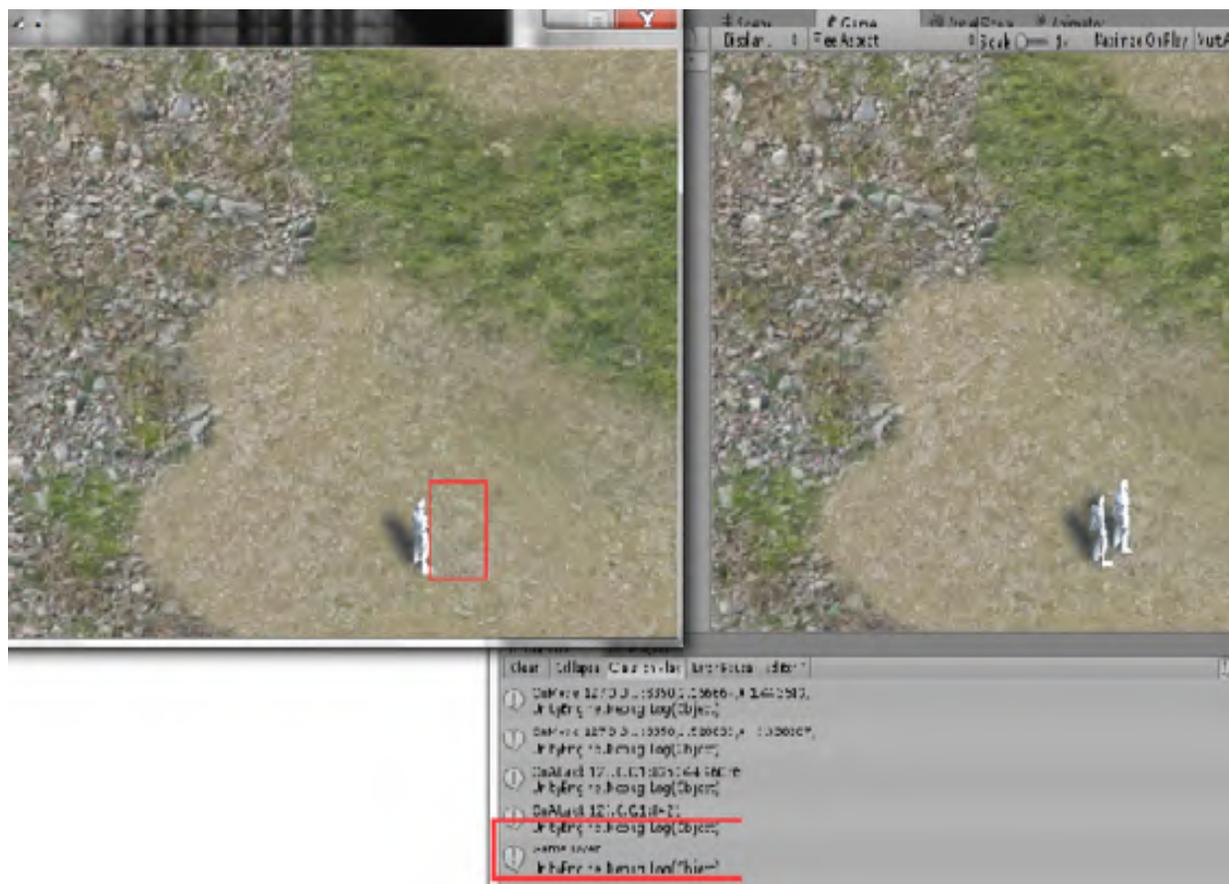


图3-60 客户端A（左）杀死客户端B（右）角色

还记得本章开头说的吗？虽然已经搭建了网络游戏开发的基本框架，但并不完美。如果读者在测试的过程中莫名其妙地断线，或者莫名其妙地收不到协议（在本机测试很少出现，但如果放到网络很差的环境，出现概率比较大）也纯属正常。因为TCP协议是基于数据流的协议，并不保证每次接收的数据都是完整的。制作商业级游戏，必须解决各种隐患。

## 第4章

# 正确收发数据流

TCP协议是一种基于数据流的协议。想象一下看网络直播的过程：直播平台不断把最新画面推送给观众；观众的播放器程序会读出网络数据，播放最新画面，然后丢弃播放过的数据。在图4-1中，在t1时刻，直播平台（服务端）向观众（客户端）依次推送第1帧、第2帧、第3帧数据……到了t2时刻，客户端已经播放了第1帧画面，于是数据向前移动，变成了第2帧、第3帧……整个数据的处理过程就像流水一般，因此称为数据流。本章将介绍怎样正确和高效地处理TCP数据。

本章和第5章会涉及TCP的底层机制，有一定难度。但读者不必担心，第6章的“客户端网络模块”会封装这两章介绍的功能，只要对TCP机制稍有了解，能够调用几个函数就好。等做成了游戏，再回头继续探求TCP机制，也是个好办法。

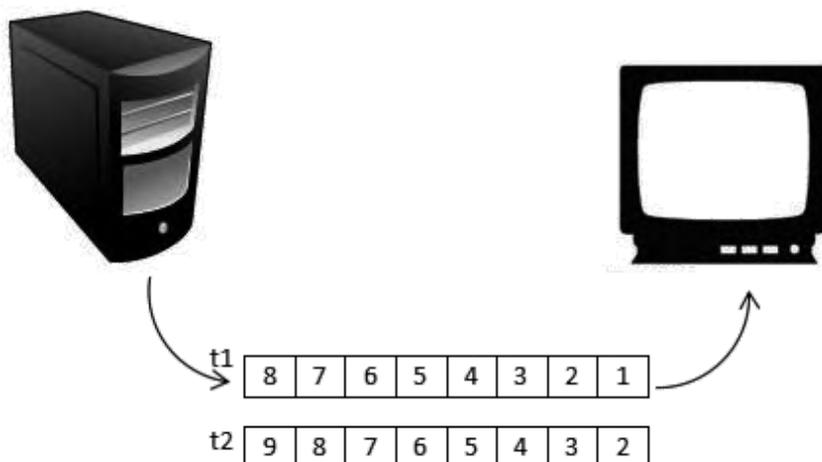


图4-1 数据流示意图

## 4.1 TCP数据流

### 4.1.1 系统缓冲区

图4-2展示的是接收缓冲区存有数据的TCP Socket示意图。当收到对端数据时，操作系统会将数据存入到Socket的接收缓冲区中，图4-2中接收缓冲区有4个字节数据，分别是1、2、3、4。操作系统层面上的缓冲区完全由操作系统操作，程序并不能直接操作它们，只能通过 `socket.Receive`、`socket.Send` 等方法来间接操作。

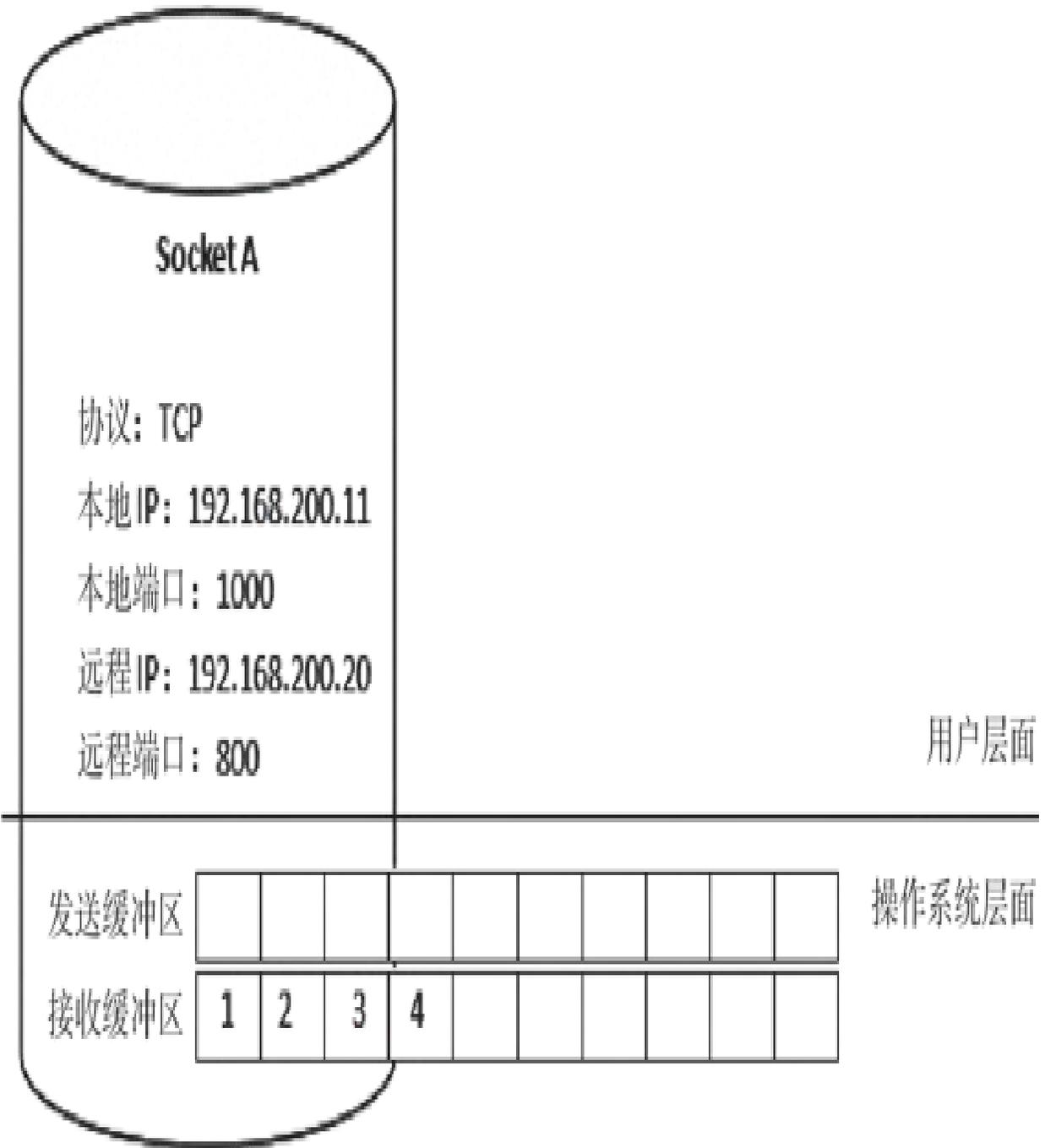


图4-2 TCP缓冲区示意图

Socket的Receive方法只是把接收缓冲区的数据提取出来，比如调用Receive(readBuff, 0, 2)（API的参数说明详见第1章），接收2个字节的数据到readbuff。在图4-2所示的例子中，调用后操作系统接收缓冲区只剩下了2个字节数据，用户缓冲区readBuff保存了接收到的2字

节数据，形成图4-3所示的缓冲区。当系统的接收缓冲区为空，Receive方法会被阻塞，直到里面有数据。

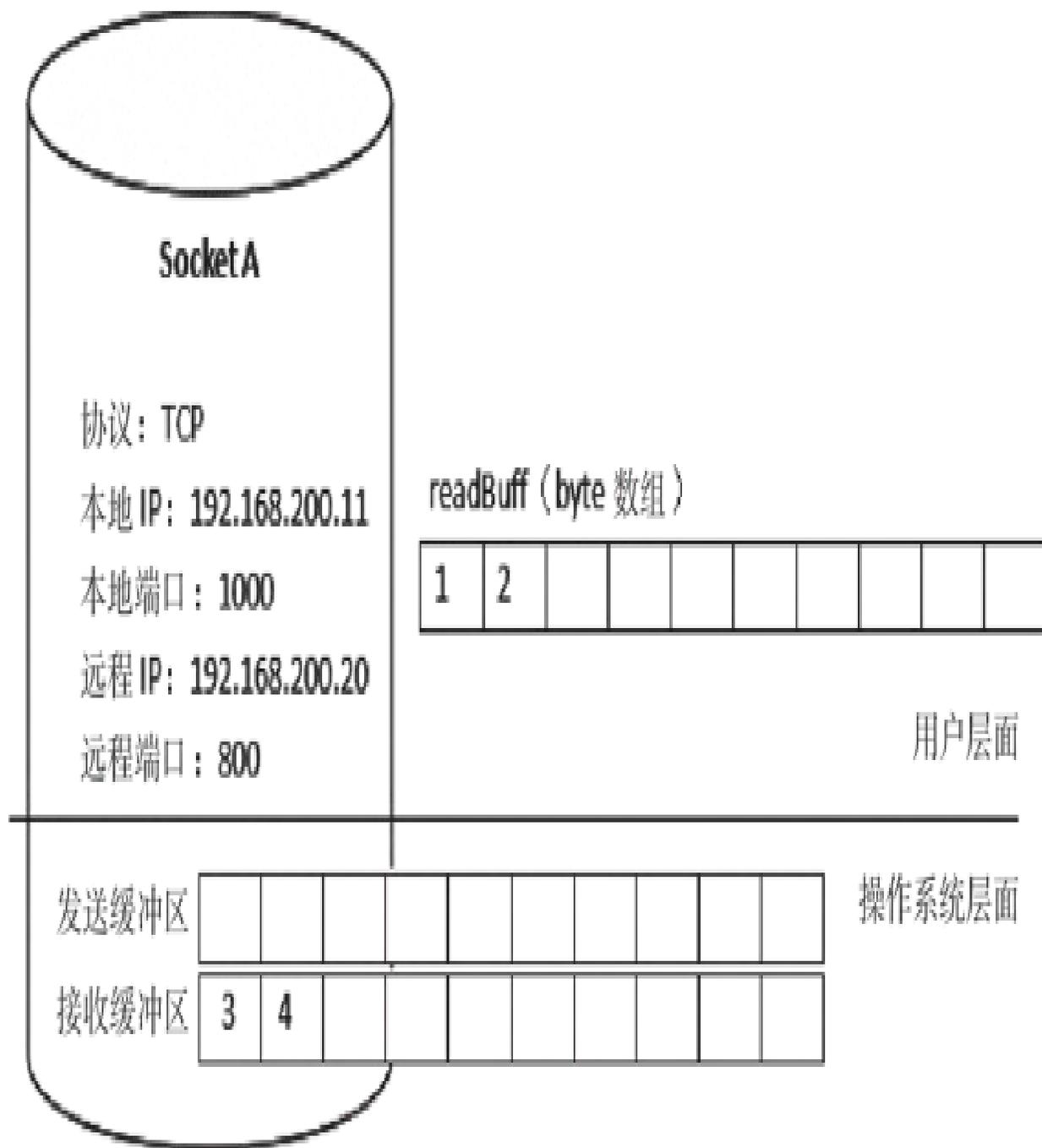


图4-3 Receive示意图

同样地，Socket的Send方法只是把数据写入到发送缓冲区里，具体的发送过程由操作系统负责。当操作系统的发送缓冲区满了，Send

方法将会阻塞。

## 4.1.2 粘包半包现象

如果发送端快速发送多条数据，接收端没有及时调用Receive，那么数据便会在接收端的缓冲区中累积。如图4-4所示，客户端先发送“1、2、3、4”四个字节的数据，紧接着又发送“5、6、7、8”四个字节的数据。等到服务端调用Receive时，服务端操作系统已经将接收到的数据全部写入缓冲区，共接收到8个数据。

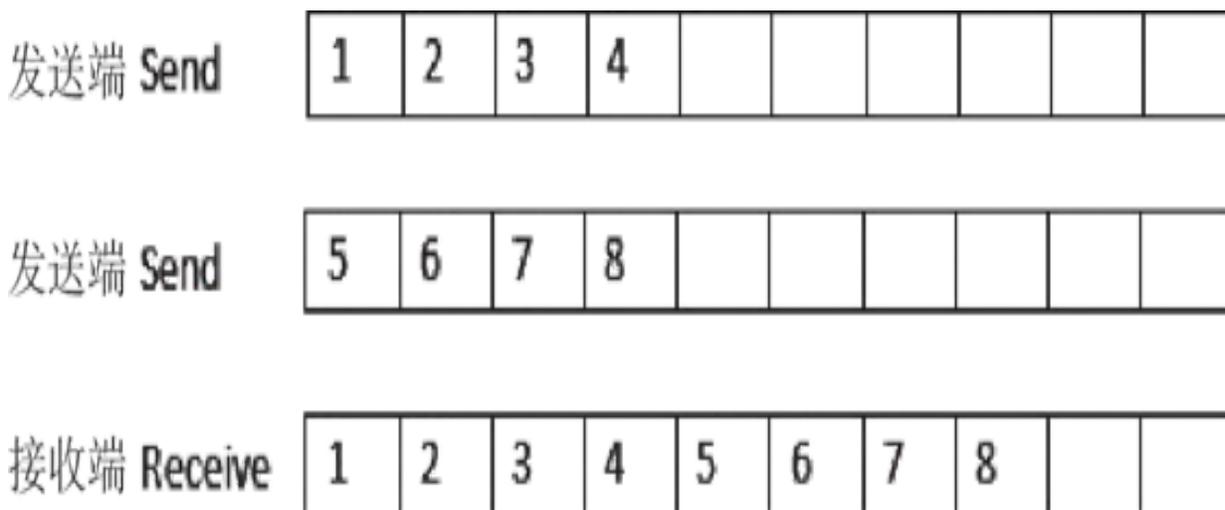


图4-4 客户端两次发送数据，服务端只响应一次接收

这一现象有时与功能需求不符，比如在聊天软件中，客户端依次发送“Lpy”和“\_is\_handsome”，期望其他客户端也展示出“Lpy”和“\_is\_handsome”两条信息，但由于Receive可能把两条信息当作一条信息处理，有可能只展示“Lpy\_is\_handsome”一条信息（如图4-5所示）。Receive方法返回多少个数据，取决于操作系统接收缓冲区中存放的内容。

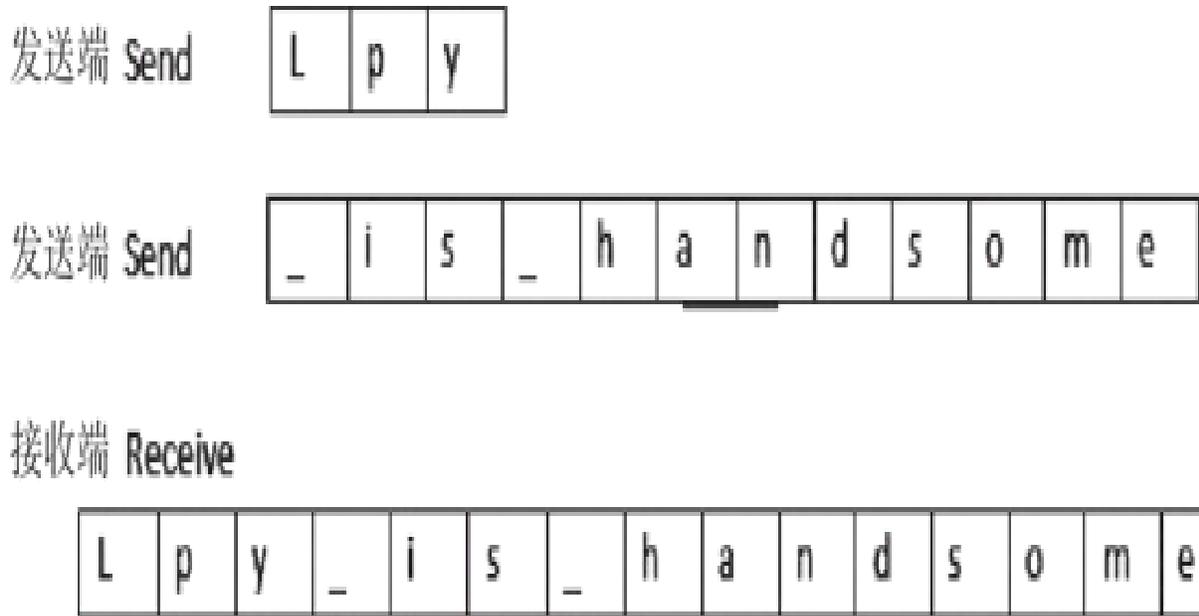


图4-5 聊天程序可能出现的粘包现象

发送端发送的数据还有可能被拆分，如发送“HelloWorld”（如图4-6所示），但在接收端调用Receive时，操作系统只接收到了部分数据，如“Hel”，在等待一小段时间后再次调用Receive才接收到另一部分数据“loWorld”。

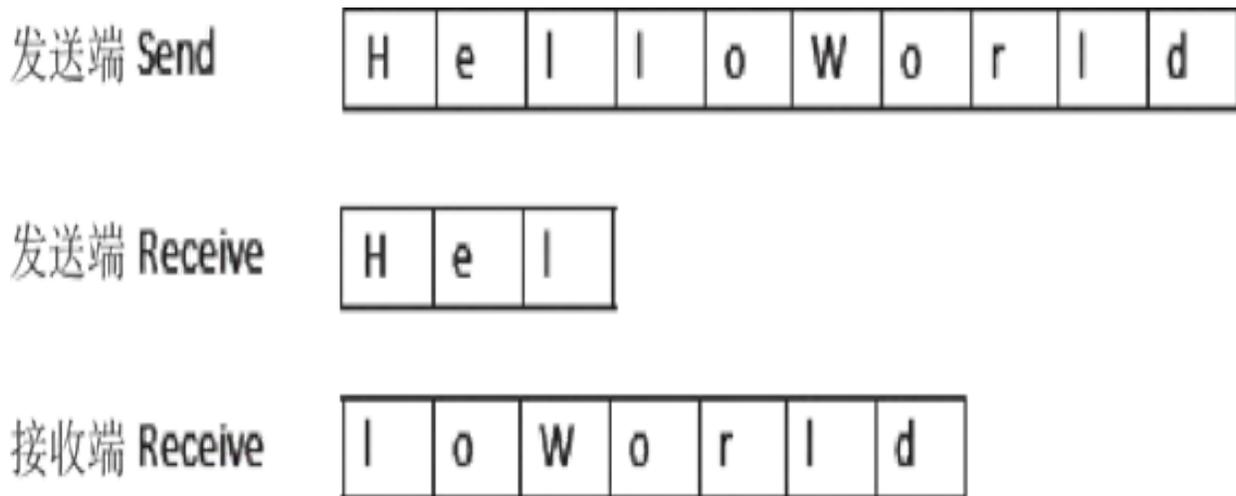


图4-6 半包现象

由于TCP是基于流的数据，粘包现象本身是很正常的现象。但它与直觉不符，直觉告诉我们，“一次发送多少数据，一次也接收多少数据”才正常。

### 4.1.3 人工重现粘包现象

一种人工重现粘包现象的方法是，在Accept后让服务端等待一段时间（如30秒，代码如下所示），在此期间让客户端多次发送数据，比如分别发送“hello”和“unity”，那么服务端最终会输出“[服务器接收]hellounity”。

同步服务端程序：

---

```
public static void Main (string[] args)
{
    //Socket Bind Listen (略)
    //Accept
    Socket connfd = listenfd.Accept ();
    //等待
    System.Threading.Thread.Sleep(30*1000);
    //Receive
    byte[] readBuff = new byte[1024];
    int count = connfd.Receive (readBuff);
    string readStr = System.Text.Encoding.UTF8.GetString
(readBuff, 0, count);
    Console.WriteLine ("[服务器接收]" + readStr);
}
```

---

## 4.2 解决粘包问题的方法

一般有三种方法可以解决粘包和半包问题，分别是长度信息法、固定长度法和结束符号法。一般的游戏开发会在每个数据包前面加上长度字节，以方便解析，后续也将详细介绍这种方法。

### 4.2.1 长度信息法

长度信息法是指在每个数据包前面加上长度信息。每次接收到数据后，先读取表示长度的字节，如果缓冲区的数据长度大于要取的字节数，则取出相应的字节，否则等待下一次数据接收。

在图4-7所示的例子中，客户端要发送“hellounity”和“love”两个字符串（为了方便解释，并不严格按照字节流绘图，对应图4-7的

客户端Send①和②），它在每个包前面加上一个代表字符串长度的字符。按照TCP机制，接收端收到的字节顺序一定和发送顺序一致。

1) 假设第一次接收到的是“10hel”，服务端程序将接收到的数据存入缓冲区（特指用户缓冲区readBuff，下同），然后读取第一个字节“10”，此时缓冲区长度只有4（见图4-7，服务端Buff①），服务端不处理，等待下一次接收。

2) 假设第二次接收到了9个字节“lounity4l”（见图4-7，服务端Buff②），此时缓冲区便有了13个字节，超出第一个包所需的11个字节（10个数据字节加上1个长度字节）。于是程序读取缓冲区前11个字节的数据并处理。之后缓冲区便只剩下“4l”两个字节。

3) 假设服务端第三次接收到“ove”三个字节（见图4-7，服务端Buff③），这时缓冲区便有了“4love”5个字节。程序读取缓冲区的这5个字节并作出处理。

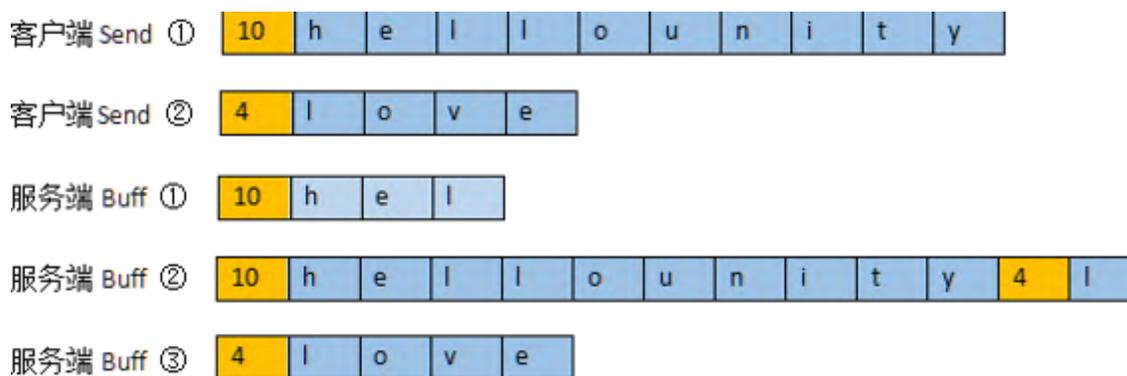


图4-7 使用程度信息法处理粘包半包问题

前面的例子使用一个字节表示长度，最大值为255。游戏程序一般会使用16位整型数或32位整型数来存放长度信息（如图4-8和图4-9所示），16位整型数的取值范围是0~65535，32位整型数的取值范围是0~4294967295。对于大部分游戏，网络消息的长度很难超过65535字节，使用16位整型数来存放长度信息较合适。

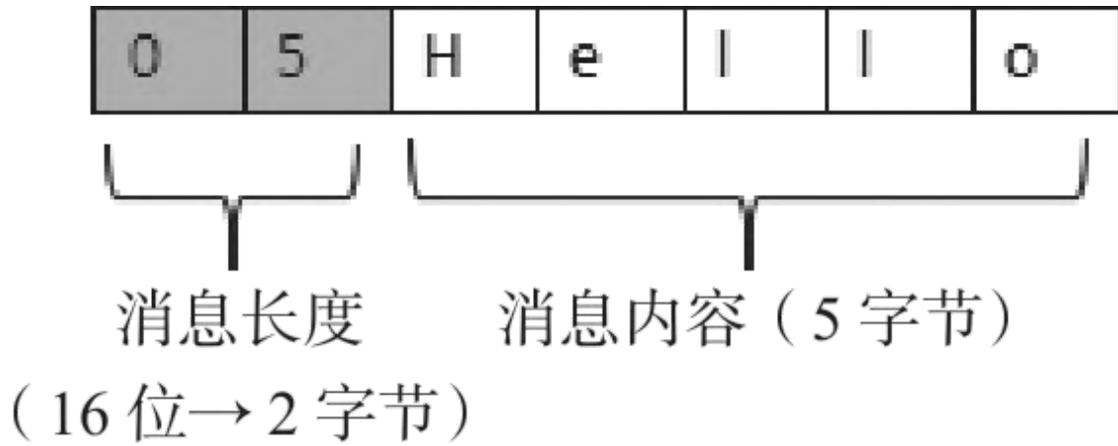


图4-8 16位消息长度的格式

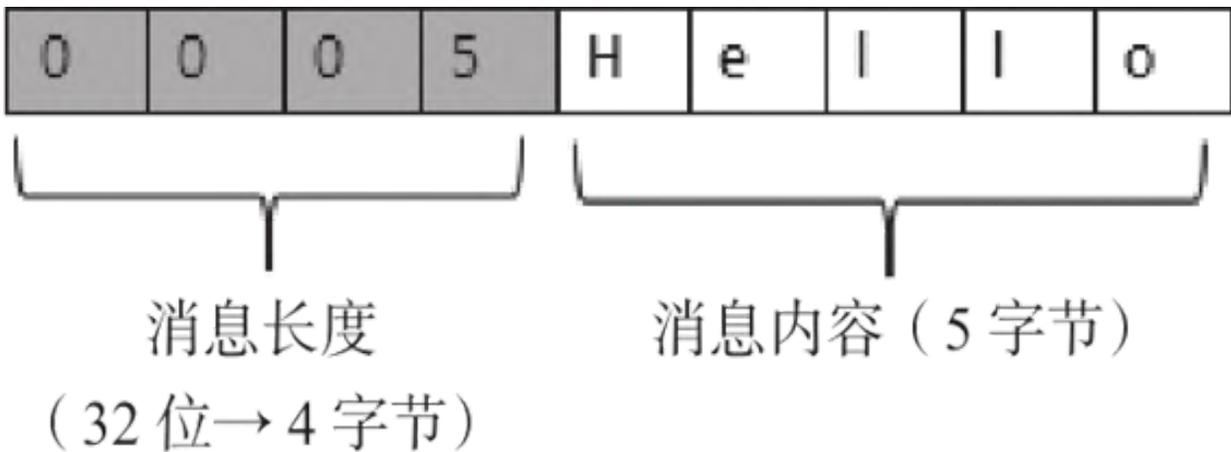


图4-9 32位消息长度的格式

### 4.2.2 固定长度法

每次都以相同的长度发送数据，假设规定每条信息的长度都为10个字符，那么发送“Hello”“Unity”两条信息可以发送成

“Hello...”“Unity...”，其中的“.”表示填充字符，是为凑数，没有实际意义，只为了每次发送的数据都有固定长度。接收方每次读取10个字符，作为一条消息去处理。如果读到的字符数大于10，比如第1次读到“Hello...Un”，那它只要把前10个字节“Hello...”抽取出来，再把后面的两个字节“Un”存起来，等到再次接收数据，拼接第二条信息。

### 4.2.3 结束符号法

规定一个结束符号，作为消息间的分隔符。假设规定结束符号为“\$”，那么发送“Hello”“Unity”两条信息可以发送成“Hello\$”“Unity\$”。接收方每次读取数据，直到“\$”出现为止，并且使用“\$”去分割消息。比如接收方第一次读到“Hello\$Un”，那它把结束符前面的Hello提取出来，作为第一条消息去处理，再把“Un”保存起来。待后续读到“ity\$”，再把“Un”和“ity”拼成第二条消息。

## 4.3 解决粘包的代码实现

本节会展示在异步客户端上，实现带有16字节长度信息的协议，来解决粘包问题。

### 4.3.1 发送数据

假设要发送一条字符串消息“HelloWorld”。由于要解决粘包问题，发送的数据需要包含长度信息，实际发送的数据变成了“0AHelloWorld”（0A表示数字10）。下面用Send方法实现了该功能。

---

```
//点击发送按钮
public void Send(string sendStr)
{
    //组装协议
    byte[] bodyBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
    Int16 len = (Int16)bodyBytes.Length;
    byte[] lenBytes = BitConverter.GetBytes(len);
    byte[] sendBytes = lenBytes.Concat(bodyBytes).ToArray();
    //为了精简代码：使用同步Send
    //不考虑抛出异常
    socket.Send(sendBytes);
}
```

---

图4-10展示了以上程序各个变量的取值。

sendStr "HelloWorld"

bodyBytes 

H	e	l	l	o	W	o	r	l	d
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

len 10

lenBytes 

0	A
---	---

sendBytes 

0	A	H	e	l	l	o	W	o	r	l	d
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

图4-10 Send程序中各个变量取值示意图

其中的Concat方法位于Linq命名空间，使用前需要加上“using System.Linq;”，它的功能是拼接数组。

“lenBytes.Concat(bodyBytes).ToArray();”一句的含义是生成一个lenBytes后接bodyBytes的byte数组。

### 4.3.2 接收数据

游戏程序一般会使用“长度信息法”处理粘包问题，核心思想是定义一个缓冲区（readBuff）和一个指示缓冲区有效数据长度变量（buffCount）。

---

```
//接收缓冲区
byte[] readBuff = new byte[1024];
//接收缓冲区的数据长度
int buffCount = 0;
```

---

比如，readBuff中有5个字节的数据“world”（其余为byte的默认值0），那么buffCount的值应是5，如图4-11所示。

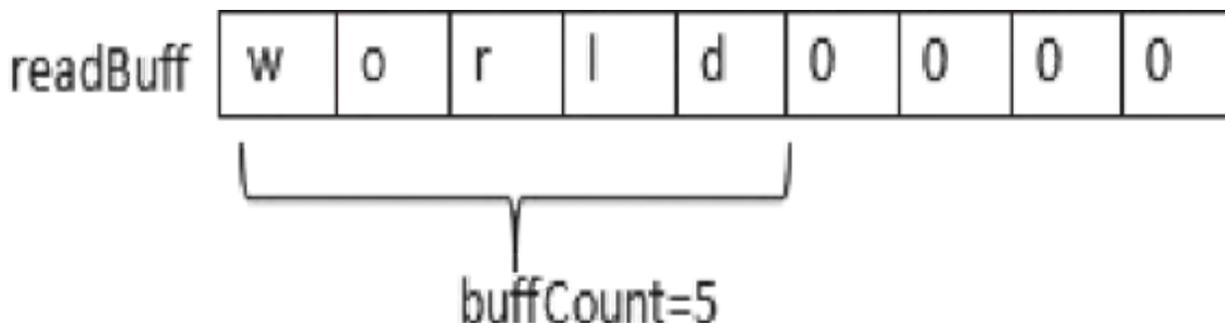


图4-11 接收缓冲区示意图

因为存在粘包现象，缓冲区里面会保存尚未处理的数据。所以接收数据时不再从缓冲区开头的位置写入，而是把新数据放在有效数据之后。比如在图4-11所示的缓冲区中增加两个字节的数据“hi”，缓冲区将会变成图4-12所示的样式，同时让buffCount增加2。

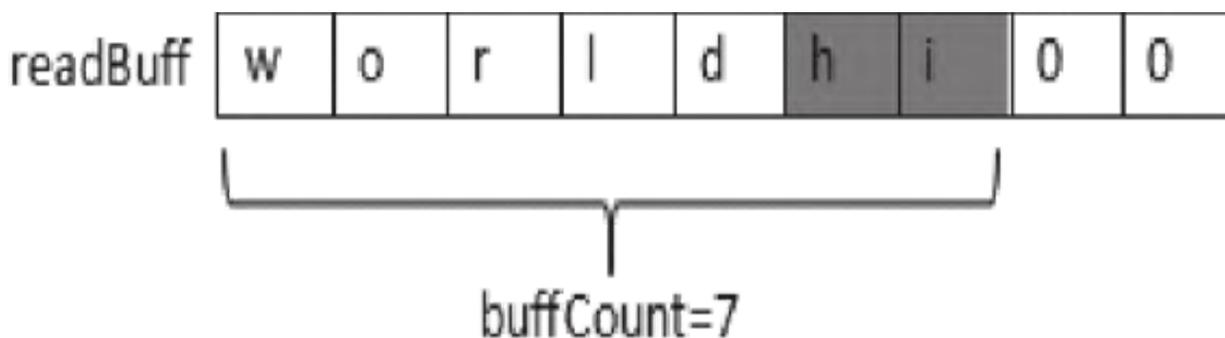


图4-12 新增两字节数据的缓冲区

如果使用异步Socket，BeginReceive的参数应填成下面的样子：

```
socket.BeginReceive(readBuff,           //缓冲区
                    buffCount,          //开始位置
                    1024-buffCount,     //最多读取多少数据
                    0,                  //标志位，设成0即可
                    ReceiveCallback,    //回调函数
                    socket);           //状态
```

图4-13所展示的是，BeginReceive从缓冲区buffCount的位置开始写入，因为缓冲区的索引从0开始，所以第6个位置的索引为5，正好等于buffCount。假设缓冲区长度为9，那么剩余量是“总长度-buffCount”。图4-13缓冲区还剩余4个字节，所以下一次接收数据最多只能接收4个字节。对于长度为1024的缓冲区，剩余量便是“1024-buffCount”。

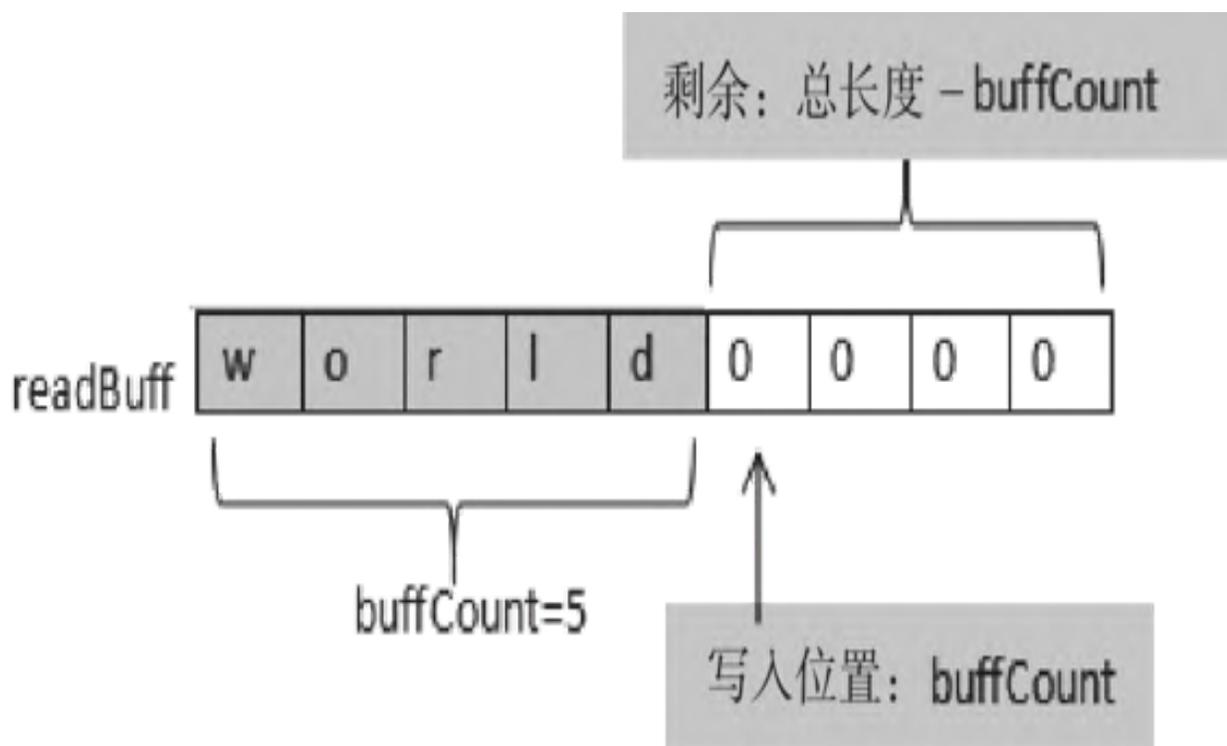


图4-13 BeginReceive参数示意图

在收到数据后，程序需要更新buffCount，以使下一次接收数据时，写入到缓冲区有效数据的末尾（如图4-14所示）。

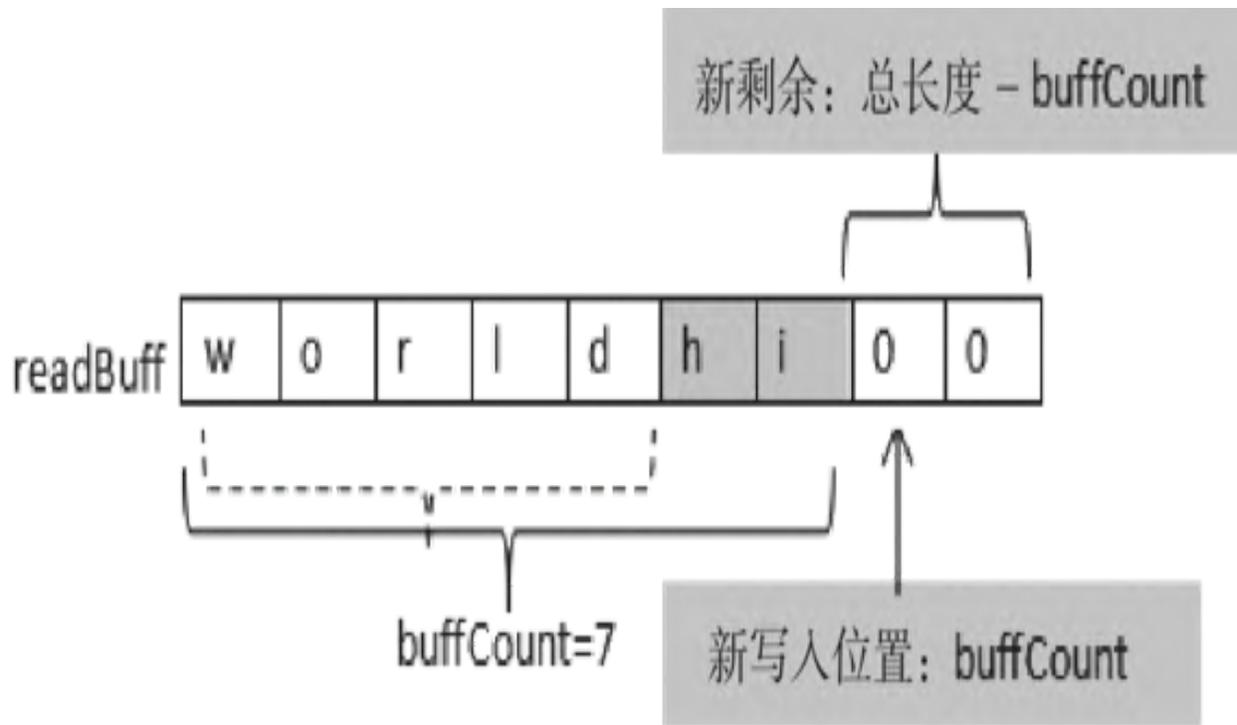


图4-14 更新buffCount

---

```
public void ReceiveCallback(IAsyncResult ar) {  
    Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;  
    //获取接收数据长度  
    int count = socket.EndReceive(ar);  
    buffCount+=count;  
    .....  
}
```

---

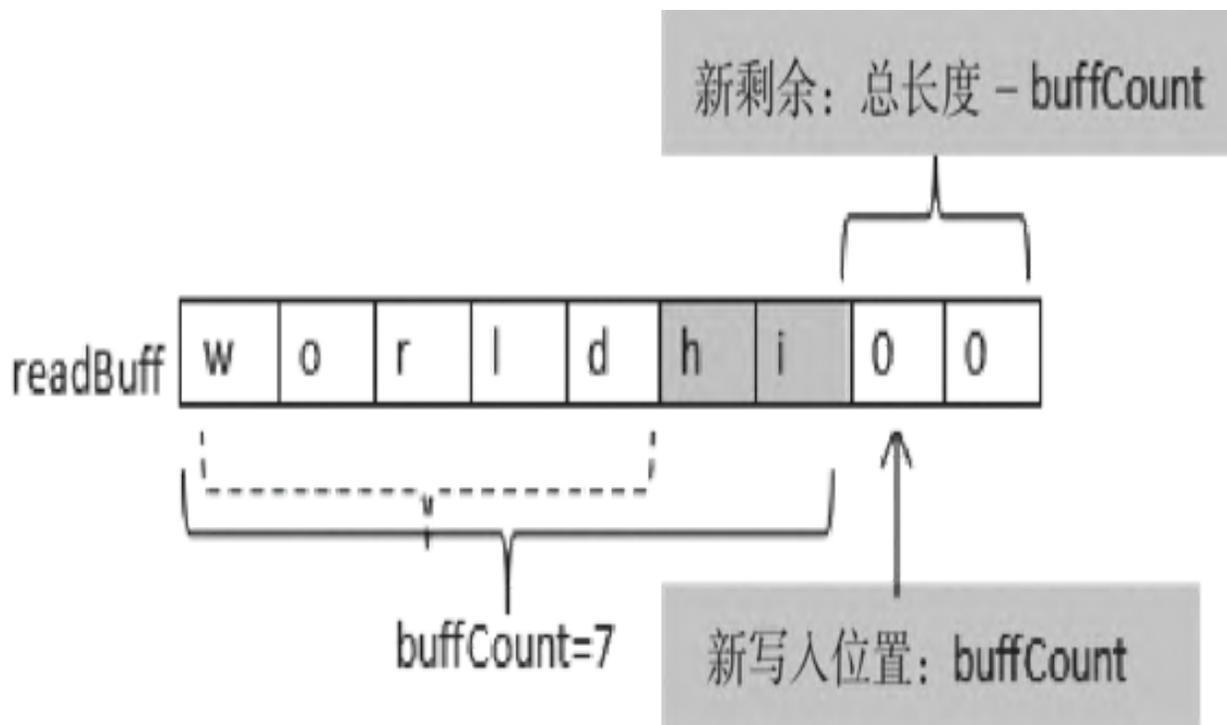


图4-14 更新buffCount

### 4.3.3 处理数据

收到数据后，如果缓冲区的数据足够长，超过1条消息的长度，就把消息提取出来处理。如果数据长度不够，不去处理它，等待下一次接收数据。对于缓冲区数据长度，会有以下几种情况。

#### 1. 缓冲区长度小于等于2

由于消息长度是16位（2字节），缓冲区至少要有2个字节数据才能把长度信息解析出来（这里假设长度值一定要大于0）。如果缓冲区长度小于2（如图4-15所示），不去处理它，等待下一次接收。

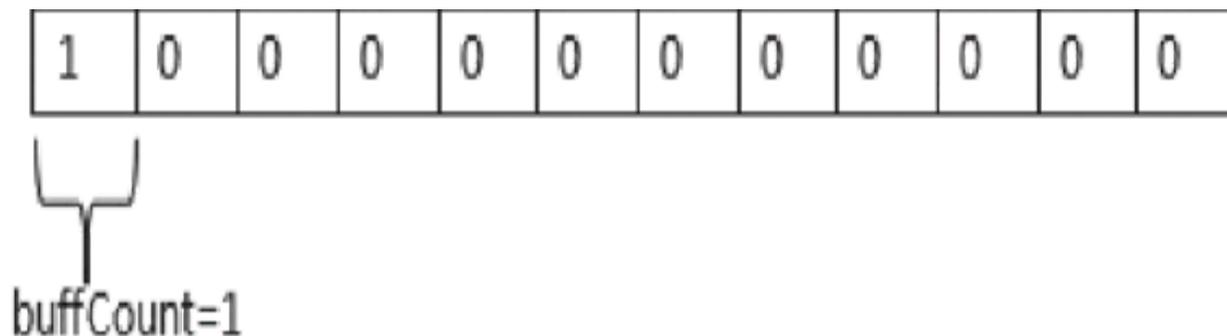


图4-15 缓冲区数据长度小于2的情况

假设OnReceiveData是处理缓冲区消息的方法，对应的代码如下：

---

```
public void OnReceiveData() {
    if(buffCount <= 2)
        return;
    //如果是完整的消息，就处理它
}
```

---

## 2. 缓冲区长度大于2，但还不足以组成一条消息

在图4-16中，缓冲区有6个有效字节“05hell”。取出前2个字节“05”，解析后会得到这条消息总共有5个字节。加上表示长度的2个字节，这条消息总共有7个字节。显然，缓冲区里的数据不足以组成一条完整的消息。也不去处理它，等待下一次接收。

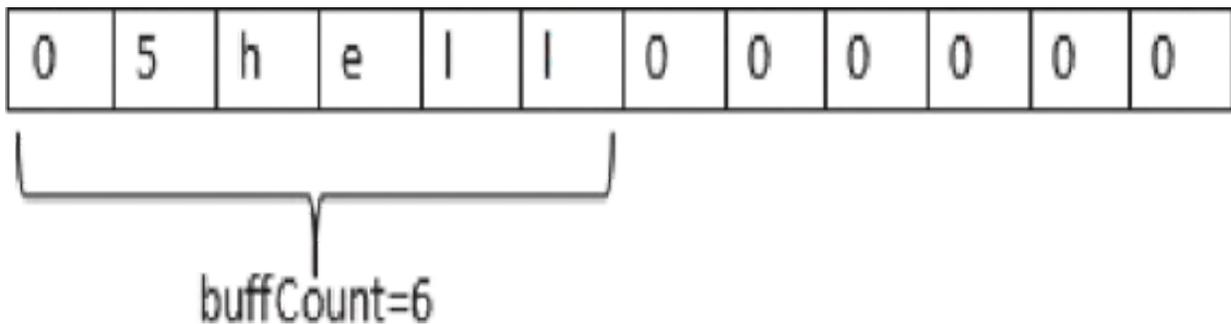


图4-16 缓冲区长度大于2，但还不足以组成一条消息

对应的代码如下：

---

```
public void OnReceiveData() {
    if(buffCount <= 2)
        return;
    Int16 bodyLength = BitConverter.ToInt16(readBuff, 0);
    //消息体长度
    if(buffCount < 2+bodyLength)
        return;
}
```

---

```
//如果是完整的消息，就处理它  
}
```

---

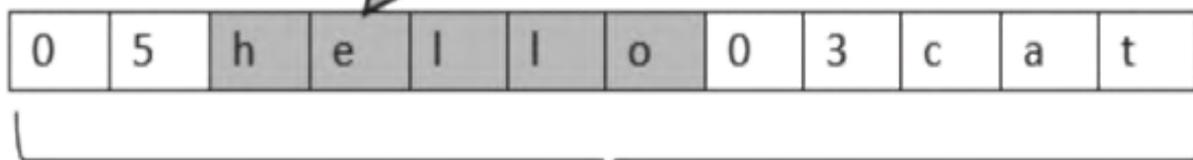
其中的BitConverter.ToInt16表示取缓冲区readBuff某个字节开始（这里是0，表示从第1个字节开始）的2个字节（因为Int16需要用2个字节表示）数据，再把它转换成数字。

### 3. 缓冲区长度大于等于一条完整信息

如果缓冲区长度大于等于一条完整的消息，那应该解析出这一条消息，然后更新缓冲区。如图4-17所示，缓冲区的内容为

“05hello03cat”，前两个字节“05”代表第一条消息有5个字节，那么将缓冲区第3到第7个字节给解析出来，形成第一条消息。下面的代码使用System.Text.Encoding.UTF8.GetString(缓冲区, 开始位置, 长度)将缓冲区的指定数据转换为字符串，读取消息内容。

取出字符串 s



buffCount=12

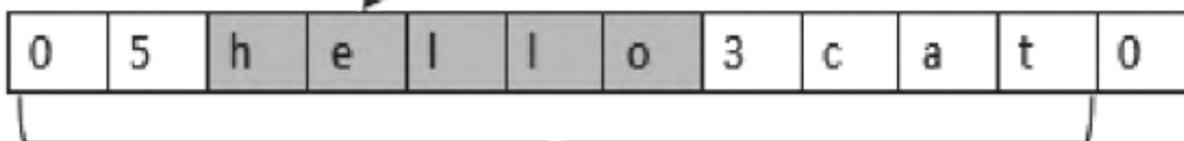


更新缓冲区



buffCount=5

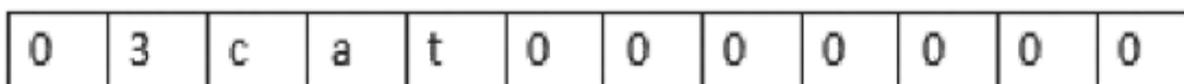
取出字符串 s



buffCount=11



更新缓冲区



buffCount=5

图4-17 缓冲区数据长度大于一条完整信息

---

```
public void OnReceiveData() {
    //消息体长度判断 (略)
    string s = System.Text.Encoding.UTF8.GetString(readBuff, 2,
buffCount);
    //如果有更多消息, 就处理它
}
```

---

读取出的缓冲区数据已经没有用了, 需要删除它。一个直观的办法是将缓冲区后面的数据向前移位, 在图4-17所示的例子中, 第一条消息共有7位, 读取完后, 可将缓冲区的第8位移动至缓冲区的第1位, 将缓冲区的第9位移动至缓冲区的第2位, 以此类推, 最终缓冲区将只保留第二条之后的数据“03cat”。

移动缓冲区数据可使用Array.Copy方法, 它的原型如下:

---

```
public static void Copy(
    Array sourceArray,
    long sourceIndex,
    Array destinationArray,
    long destinationIndex,
    long length
)
```

---

sourceArray代表源数组, destinationArray代表目标数据, sourceIndex代表源数组的起始位置, destinationIndex代表目标数组的起始位置, length代表要复制的消息的长度。在图4-17所示的例子中, 需要把缓冲区的第8位(索引为7)到第12位数据“03cat”复制到缓冲区最前面, 也就是从源数据的第8位到第12位(索引7到11), 复制到目标数据的第1位到第5位(索引0到4), 共复制5字节数据。代码如下所示:

---

```
public void OnReceiveData() {
```

---

```
//处理一条消息 (略)
//更新缓冲区
int start = 2 + bodyLength;
int count = buffCount - start;
Array.Copy(readBuff, start, readBuff, 0, count);
buffCount -= start;
//如果有更多消息, 就处理它
}
```

---

上述代码中, 代表起始位置的start指向第一条消息的末尾, 在例子中取值为2+5=7。长度count取值为缓冲区有效数据的长度, 即12-7=5, 最后更新代表缓冲区有效数据长度的buffCount, 取值为12-7=5。

如果缓冲区数据足够长, 还可以继续处理下一条消息。处理消息方法OnReceiveData的完整代码如下:

---

```
public void OnReceiveData(){
    //消息长度
    if(buffCount <= 2)
        return;
    Int16 bodyLength = BitConverter.ToInt16(readBuff, 0);
    //消息体
    if(buffCount < 2+bodyLength)
        return;
    string s = System.Text.Encoding.UTF8.GetString(readBuff, 2,
buffCount);
    //s是消息内容
    //更新缓冲区
    int start = 2 + bodyLength;
    int count = buffCount - start;
    Array.Copy(readBuff, start, readBuff, 0, count);
    buffCount -= start;
    //继续读取消息
    if(readBuff.length > 2){
        OnReceiveData();
    }
}
```

---

#### 4.3.4 完整的示例

下面以第2章的聊天客户端为例，给出粘包分包处理的完整代码。比起上一章的程序，它有以下几处改进。

1) 使用buffCount记录缓冲区的数据长度，使缓冲区可以保存多条数据；

2) 接收数据（BeginReceive）的起点改为buffCount，由于缓冲区总长度为1024，所以最大能接收的数据长度变成了1024-buffCount；

3) 通过OnReceiveData处理消息，OnReceiveData每一行代码的具体功能前几节已有详细介绍。这里还增加一些打印内容，以便测试；

4) 给发送的消息添加长度信息。

代码如下：

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System.Net.Sockets;
using UnityEngine.UI;
using System;
using System.Linq;

public class Echo : MonoBehaviour {

    //定义套接字
    Socket socket;
    //UGUI
    public InputField InputFeld;
    public Text text;
    //接收缓冲区
    byte[] readBuff = new byte[1024];
    //接收缓冲区的数据长度
    int buffCount = 0;
    //显示文字
    string recvStr = "";

    //点击连接按钮
    public void Connection()
```

```

{
    //Socket
    socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
        SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
    //为了精简代码：使用同步Connect
    //不考虑抛出异常
    socket.Connect("127.0.0.1", 8888);
    socket.BeginReceive( readBuff, buffCount, 1024-
buffCount, 0,
        ReceiveCallback, socket);
}

//Receive回调
public void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        //获取接收数据长度
        int count = socket.EndReceive(ar);
        buffCount+=count;
        //处理二进制消息
        OnReceiveData();
        //继续接收数据
        socket.BeginReceive( readBuff, buffCount, 1024-
buffCount, 0,
            ReceiveCallback, socket);
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}

public void OnReceiveData(){
    Debug.Log("[Recv 1] buffCount=" +buffCount);
    Debug.Log("[Recv 2] readbuff=" +
BitConverter.ToString(readBuff));
    //消息长度
    if(buffCount <= 2)
        return;
    Int16 bodyLength = BitConverter.ToInt16(readBuff, 0);
    Debug.Log("[Recv 3] bodyLength=" +bodyLength);
    //消息体
    if(buffCount < 2+bodyLength)
        return;
    string s = System.Text.Encoding.UTF8.GetString(readBuff,
2, buffCount);
    Debug.Log("[Recv 4] s=" +s);
    //更新缓冲区

```

```

        int start = 2 + bodyLength;
        int count = buffCount - start;
        Array.Copy(readBuff, start, readBuff, 0, count);
        buffCount -= start;
        Debug.Log("[Recv 5] buffCount=" + buffCount);
        //消息处理
        recvStr = s + "\n" + recvStr;
        //继续读取消息
        OnReceiveData();
    }

    //点击发送按钮
    public void Send()
    {
        string sendStr = InputFeld.text;
        //组装协议
        byte[] bodyBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
        Int16 len = (Int16)bodyBytes.Length;
        byte[] lenBytes = BitConverter.GetBytes(len);
        byte[] sendBytes = lenBytes.Concat(bodyBytes).ToArray();
        //为了精简代码：使用同步Send
        //不考虑抛出异常
        socket.Send(sendBytes);
        Debug.Log("[Send]" + BitConverter.ToString(sendBytes));
    }

    public void Update(){
        text.text = recvStr;
    }
}

```

---

## 4.3.5 测试程序

### 1. 正常的流程

现在修改第2章的Select服务端程序，让服务端仅做转发。读者也可以仿照本节的代码，让服务端拥有处理粘包分包的能力。后续章节会详细介绍服务端的实现，这里的测试程序仅作观察客户端数据是否正确之用。

服务端程序修改如下：

---

```
//读取Clientfd
public static bool ReadClientfd(Socket clientfd){
    ClientState state = clients[clientfd];
    int count = clientfd.Receive(state.readBuff);
    //客户端关闭
    if(count == 0){
        //略
    }
    //显示
    string recvStr = System.Text.Encoding.Default.GetString(
        state.readBuff, 2, count-2);
    Console.WriteLine("Receive" + recvStr);
    //广播
    byte[] sendBytes = new byte[count];
    Array.Copy(state.readBuff, 0, sendBytes, 0, count);
    foreach (ClientState cs in clients.Values){
        cs.socket.Send(sendBytes);
    }
    return true;
}
```

---

运行服务端和客户端程序，在客户端的窗口输入一些数据，然后发送，如图4-18所示。



图4-18 客户端发送和接收“hello”

图4-19展示了客户端收到服务端转发的数据。客户端收到的数据为“05hello”，转换为16进制即是“05-00-68-65-6C-6C-6F”，长度为7个字节。取出前两个字节“05-00”，解析得到数据的长度是5。从第三个字节开始读取5个字节“68-65-6C-6C-6F”，解析出来得到文字“hello”（如图4-20所示）。读取完成后，更新缓冲区，缓冲区长度变为0（buffCount为0，至于缓冲区内的数据已经无关紧要了，它们会在下一次Receive被覆盖掉）。

```
[Recv 1] buffCount=7
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Send] 05-00-68-65-6C-6C-6F
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 2] readbuff=05-00-68-65-6C-6C-6F-00-00-00-00-00-00-00-00-0
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 3] bodyLength=5
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 4] s=hello
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 5] buffCount=0
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 1] buffCount=0
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 2] readbuff=05-00-68-65-6C-6C-6F-00-00-00-00-00-00-00-0
UnityEngine.Debug:Log(Object)
```

图4-19 客户端解析数据打印的日志

```
Accept
Receive hello
Socket Close
```

图4-20 服务端打印的日志

## 2. 手动模拟粘包

修改客户端ReceiveCallback方法，在接收一次数据后，强制等待30秒，然后再开启下一次接收。因为ReceiveCallback是在子线程中执行，调用Sleep不会卡住主线程，客户端不会被卡住。只要在这30秒内多次发送数据，经由服务端转发，再次调用BeginReceive时，缓冲区已经有足够多的数据，产生粘包现象。客户端代码如下：

---

```
//Receive回调
public void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        //获取接收数据长度
        int count = socket.EndReceive(ar);
        buffCount+=count;
        //处理二进制消息
        OnReceiveData();
        //等待
        System.Threading.Thread.Sleep(1000*30);
        //继续接收数据
        socket.BeginReceive( readBuff, buffCount,
            1024-buffCount, 0, ReceiveCallback,
socket);
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}
```

---

现在开启服务端和客户端，连接后，迅速让客户端发送“hi”“hello”“unity”三条数据。如图4-21和图4-22所示，客户端收到“hi”之后，进入30秒的等待，唤醒之后，客户端再次调用BeginReceive接收消息，此时缓冲区已存了“hello”和“unity”两条数据，OnReceiveData将会解析它们，并打印日志。

```
Accept
Receive hi
Receive hello
Receive unity
```

图4-21 服务端打印的日志

在图4-22中，收到“hi”时，缓冲区共有4个字节数据“02-00-68-69”，前两字节表示长度，后两字节表示内容。处理过程和“正常的流程”一致。

如图4-23所示，在第二次收到消息后，缓冲区共有14字节的数据“05-00-68-65-6C-6C-6F-05-00-75-6E-69-74-79”（图中Recv 1），解析得到第一条消息长度是5（图中Recv 3），得到字符串字节“68-65-6C-6C-6F”，解析字符串得到hello（图中Recv 4）。更新缓冲区后，缓冲区还剩下7个字节，于是程序继续解析它，最终得到“75-6E-69-74-79”，即“unity”。

```
! [Recv 1] buffCount=4
UnityEngine.Debug:Log(Object)

! [Send] 02-00-68-69
UnityEngine.Debug:Log(Object)

! [Recv 2] readbuff=02-00-68-69-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-
UnityEngine.Debug:Log(Object)

! [Recv 3] bodyLength=2
UnityEngine.Debug:Log(Object)

! [Recv 4] s=hi
UnityEngine.Debug:Log(Object)

! [Recv 5] buffCount=0
UnityEngine.Debug:Log(Object)

! [Recv 1] buffCount=0
UnityEngine.Debug:Log(Object)

! [Recv 2] readbuff=02-00-68-69-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-
UnityEngine.Debug:Log(Object)
```

图4-22 收到“hi”时客户端打印的日志

[Send] 05-00-68-65-6C-6C-6F  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Send] 05-00-75-6E-69-74-79  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 1] buffCount=14  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 2] readbuff=05-00-68-65-6C-6C-6F-05-00-75-6E-69-74-79-00-00-00-00-00  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 3] bodyLength=5  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 4] s=hello  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 5] buffCount=7  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 1] buffCount=7  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 2] readbuff=05-00-75-6E-69-74-79-05-00-75-6E-69-74-79-00-00-00-00-00-  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 3] bodyLength=5  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 4] s=unity  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 5] buffCount=0  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 1] buffCount=0  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

[Recv 2] readbuff=05-00-75-6E-69-74-79-05-00-75-6E-69-74-79-00-00-00-00-00-  
UnityEngine.Debug:Log(Object)

## 4.4 大端小端问题

在实际测试中，粘包半包问题的出现频率很高，占据了收发数据问题的80%，然而还有20%的问题尚未解决，大端小端问题就是其中之一。前面解决粘包问题中读取消息长度的方法，使用的是 `BitConverter.ToInt16(buffer, offset)`。这个方法的底层是怎样实现的呢？一起探究 .Net 的源码吧！

下面是经过简化的 `BitConverter.ToInt16` 源码，其中的 `IsLittleEndian` 代表这台计算机是大端编码还是小端编码，不同的计算机编码方式会有不同。那么问题就是，不同编码方式下，计算方法不同，那对于不同的计算机，读取出来的数据长度有没有可能不同呢，答案是肯定的，需要我们自己做处理。

---

```
public static short ToInt16(byte[] value, int startIndex) {
    if( startIndex % 2 == 0) { // data is aligned
        return *((short *) pbyte);
    }
    else {
        if( IsLittleEndian) {
            return (short)((*pbyte) | (*(pbyte + 1) << 8)) ;
        }
        else {
            return (short)((*pbyte << 8) | (*(pbyte + 1)));
        }
    }
}
```

---

### 4.4.1 为什么会有大端小端之分

这真是一个历史问题啊！在计算机中，所有数据都是用二进制表示的，举个例子，如果用16位二进制表示数字258，它的二进制是0000000100000010，转换成16进制是0x0102。假如使用大端模式存入内存，内存数据如图4-24所示。

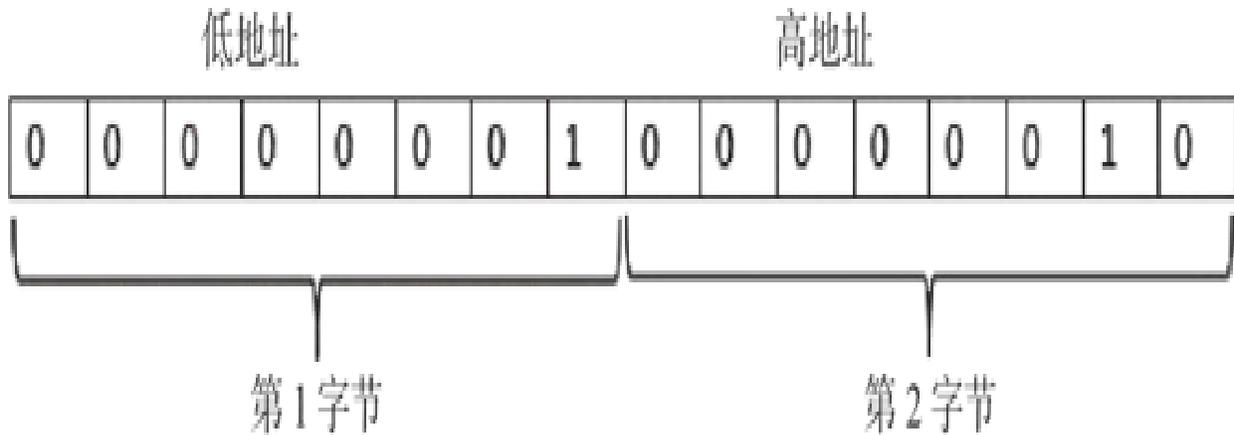


图4-24 大端模式

还原这个数字的步骤是：

- 拿到第1个字节的数据00000001，乘以进制位256（2的8次方），得到256，即第1个字节（低地址）代表了十进制数字256；
- 拿到第2个字节的数据00000010，它代表十进制数字2，乘以进制位1，得到2；
- 将前两步得到的数字相加，即 $256+2$ ，得到258，还原出数字。

如果所有人都用这种方式存储数据最好了，可是有些人偏不（当然，这是属于历史问题），他们规定存入内存的数据使用如图4-25所示的小端模式。

还原这个数字的步骤是：

- 拿到第2个字节的数据00000001，乘以进制位256（2的8次方），得到256，即第2个字节（高地址）代表了十进制数字256。
- 拿到第1个字节的数据00000010，它代表十进制数字2，乘以进制位1，得到2。
- 将前两步得到的数字相加，即 $256+2$ ，得到258，还原出数字。

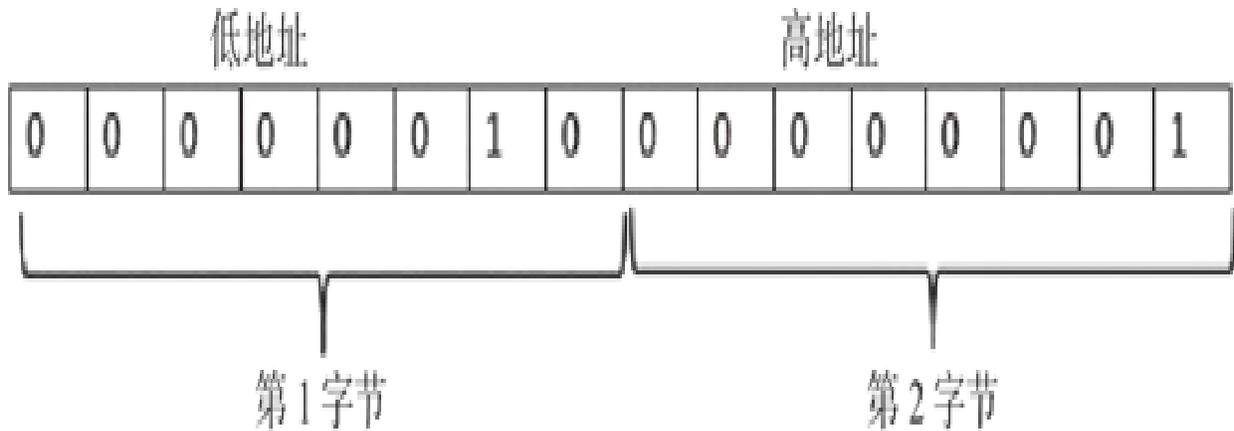


图4-25 小端模式

常用的X86结构是小端模式，很多的ARM、DSP都为小端模式，但KEIL C51则为大端模式，有些ARM处理器还可以由硬件来选择是大端模式还是小端模式。也就是说市面上的手机有些采用大端模式，有些采用小端模式。

为了兼容所有的机型，我们规定，写入缓冲区的数字，必须按照小端模式来存储。有两种方法可以做到大小端兼容，下面分别介绍。

#### 4.4.2 使用Reverse()兼容大小端编码

如果使用BitConverter.GetBytes将数字转换成二进制数据，转换出来的数据有可能基于大端模式，也有可能基于小端模式。因为我们规定必须使用小端编码，一个简单的办法是，判断系统是否是小端编码的系统，如果不是，就使用Reverse()方法将大端编码转换为小端编码。以Send为例，代码如下：

---

```
//点击发送按钮
public void Send()
{
    string sendStr = InputFeld.text;
    //组装协议
    byte[] bodyBytes =
System.Text.Encoding.Default.GetBytes(sendStr);
    Int16 len = (Int16)bodyBytes.Length;
    byte[] lenBytes = BitConverter.GetBytes(len);
    //大小端编码
    if(!BitConverter.IsLittleEndian){
```

```
        Debug.Log("[Send] Reverse lenBytes");
        lenBytes.Reverse();
    }
    //拼接字节
    byte[] sendBytes = lenBytes.Concat(bodyBytes).ToArray();
    socket.Send(sendBytes);
}
```

---

### 4.4.3 手动还原数值

BitConverter.ToInt16中根据系统大小端采用不同的编码方式，如果是小端编码，返回的是 $(*pbyte) | (*(pbyte+1) \ll 8)$ ，如果是大端编码，返回的是 $(*pbyte \ll 8) | (*(pbyte+1))$ 。以小端为例，由于采用指针， $(*pbyte)$ 指向缓冲区中指定位置的第1个字节， $*(pbyte+1)$ 指向缓冲区中指定位置的第2个字节， $*(pbyte+1) \ll 8$ 表示左移8位，相当于乘以256，返回的数字便是“第1个字节+第2字节\*256”，与4.4.1节中介绍的步骤相同。

以接收数据为例。在下面的代码中，readBuff[0]代表缓冲区的第1个字节，readBuff[1]代表缓冲区的第2个字节， $(readBuff[1] \ll 8)$ 代表将缓冲区第2个字节的数据乘以256，中间的“|”代表逻辑与，在这里等同于相加。

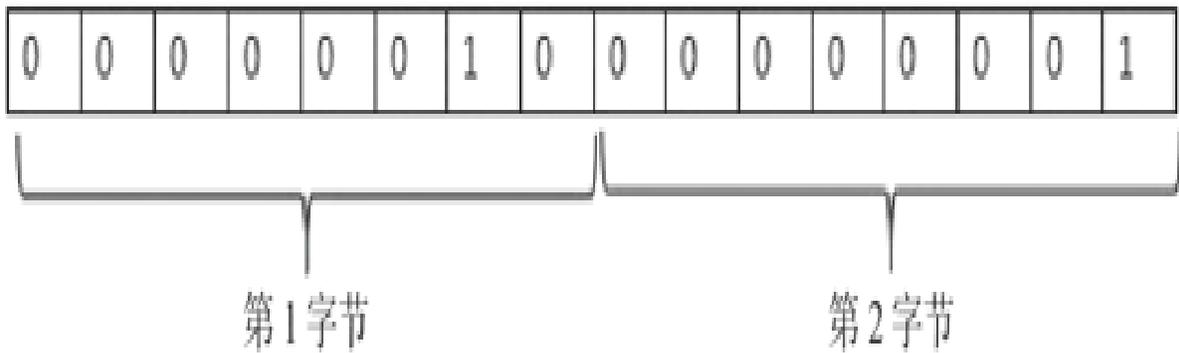
---

```
public void OnReceiveData(){
    //消息长度
    if(buffCount <= 2)
        return;
    //消息长度
    Int16 bodyLength = (short)((readBuff[1] << 8) |
readBuff[0]);
    Debug.Log("[Recv] bodyLength=" + bodyLength);
    //消息体、更新缓冲区
    //消息处理、继续读取消息
    .....
}
```

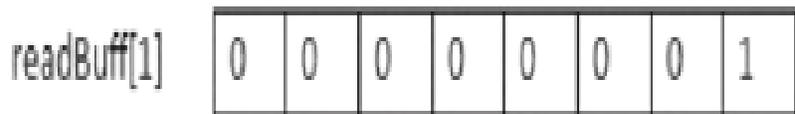
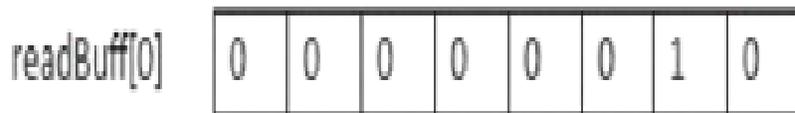
---

以数字258为例，解析过程如图4-26所示。

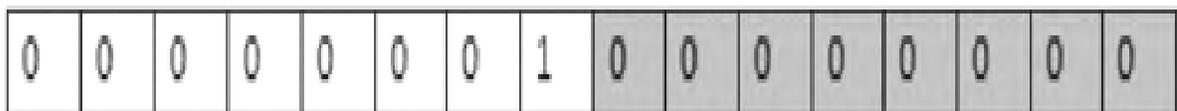
readBuff



各个数据:



$$(\text{readBuff}[1] \ll 8) = 1 * 256 = 256$$



$$(\text{readBuff}[1] \ll 8) | \text{readBuff}[0] = 1 * 256 + 2 = 258$$

图4-26 代码中各个数据示例

## 4.5 完整发送数据

回忆一下Send方法，该方法会把要发送的数据存入操作系统的发送缓冲区，然后返回成功写入的字节数。这句话的另一层含义是，对于那些没有成功发送的数据，程序需要把它们保存起来，在适当的时机再次发送。由于在网络通畅的环境下，Send只发送部分数据的概率并不高，很多商业游戏也没有处理这种情况。但作为有志于开发百万级在线玩家的读者，必然渴望做到完美。

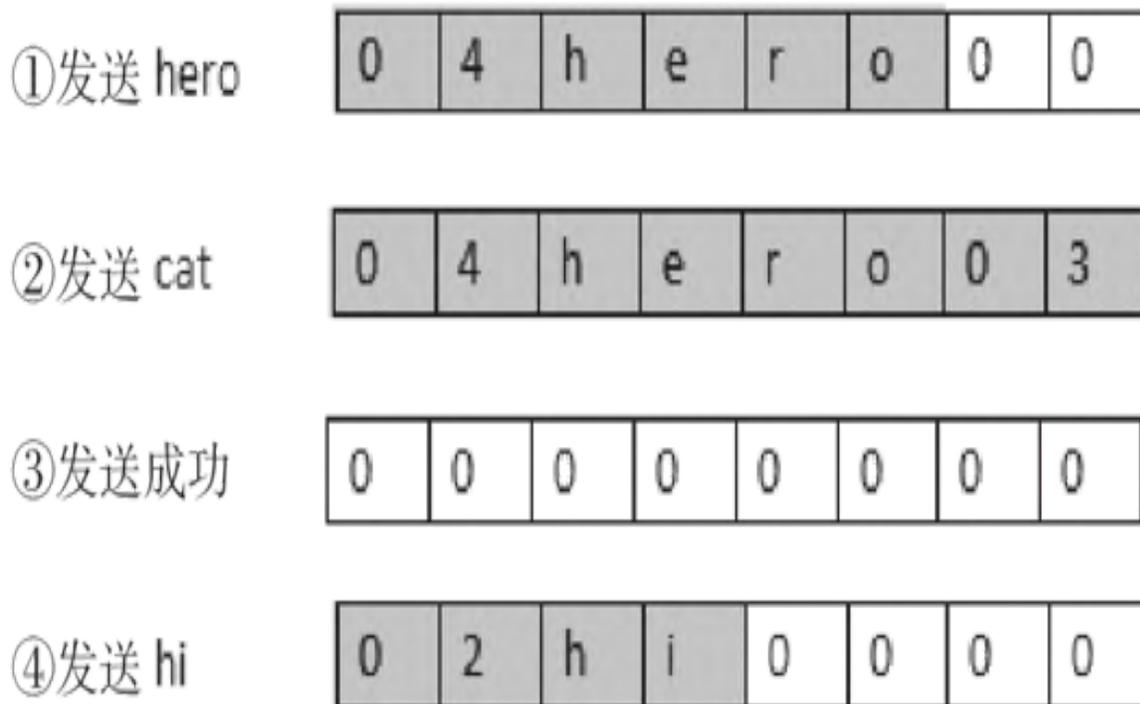
### 4.5.1 不完整发送示例

以异步聊天客户端为例，假设操作系统缓冲区被设置得很小，只有8个字节，再假设网络环境很差，缓冲区的数据没能及时的发送出去。如图4-27步骤①所示，假设客户端发送字符串“hero”，发送后，Send返回6（包含两字节的长度），数据全部存入操作系统缓冲区中。但此时网络拥堵，TCP尚未把数据发送给服务端。此时，客户端又发送了字符串“cat”，由于操作系统的发送缓冲区只剩下2字节空位，只有代表数据长度的“03”被写入缓冲区（图4-27步骤②）。此时，网络环境有所改善，TCP成功把缓冲区的数据发送给服务端，操作系统缓冲区被清空，如图4-27步骤③所示。稍后，客户端又发送了字符串“hi”，数据成功发送。

对于服务端而言，接收到的数据是“04hero0302hi”，第一个字符串“hero”可以被解析，但对于后续的“0302hi”，服务端会解析成一串3个字节的数据“02h”，以及不完整的长度信息“i”。

“04hero”往后的数据全部无法解析，通信失败。

## 操作系统缓冲区



## 对方接收到的数据

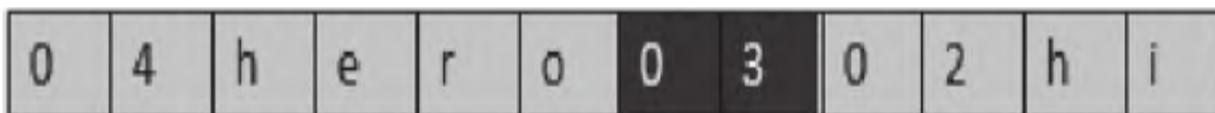


图4-27 不完整的发送流程

### 4.5.2 如何解决发送不完整问题

要让数据能够发送完整，需要在发送前将数据保存起来；如果发送不完整，在Send回调函数中继续发送数据，示意代码如下。

---

```
//定义发送缓冲区  
byte[] sendBytes = new byte[1024];  
//缓冲区偏移值  
int readIdx = 0;
```

```

//缓冲区剩余长度
int length = 0;

//点击发送按钮
public void Send()
{
    sendBytes = 要发送的数据;
    length = sendBytes.Length;           //数据长度
    readIdx = 0;
    socket.BeginSend(sendBytes, 0, length, 0, SendCallback,
socket);
}

//Send回调
public void SendCallback(IAsyncResult ar){
    //获取state
    Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
    //EndSend的处理
    int count = socket.EndSend(ar);
    readIdx += count;
    length -= count;
    //继续发送
    if(length > 0){
        socket.BeginSend(sendBytes,
            readIdx, length, 0, SendCallback, socket);
    }
}
}

```

---

一步一步来解析上面的代码。假如要发送的数据是“08hello!py”，在调用BeginSend时，缓冲区sendBytes的数据如图4-28所示。

sendBuff

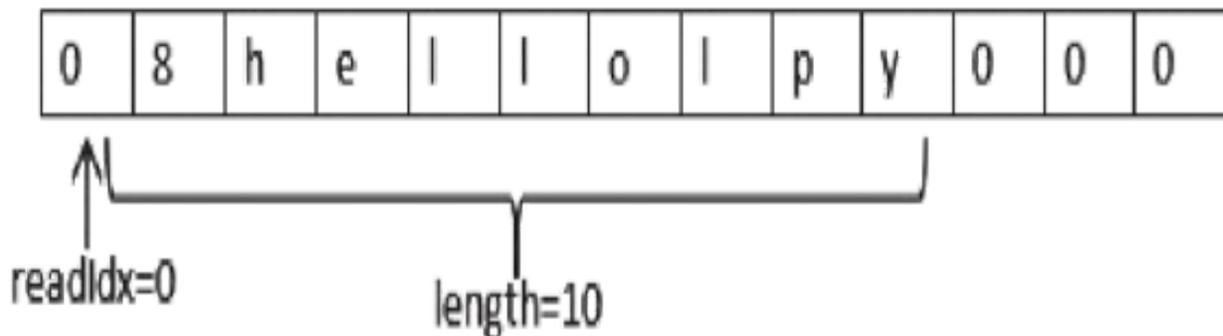


图4-28 调用BeginSend时，sendBytes示意图

假设Socket只发送了6个数据，即发送了“08hell”，在SendCallback中，count返回6，程序会调整readIdx和length，使缓冲区相关的数据如图4-29所示。

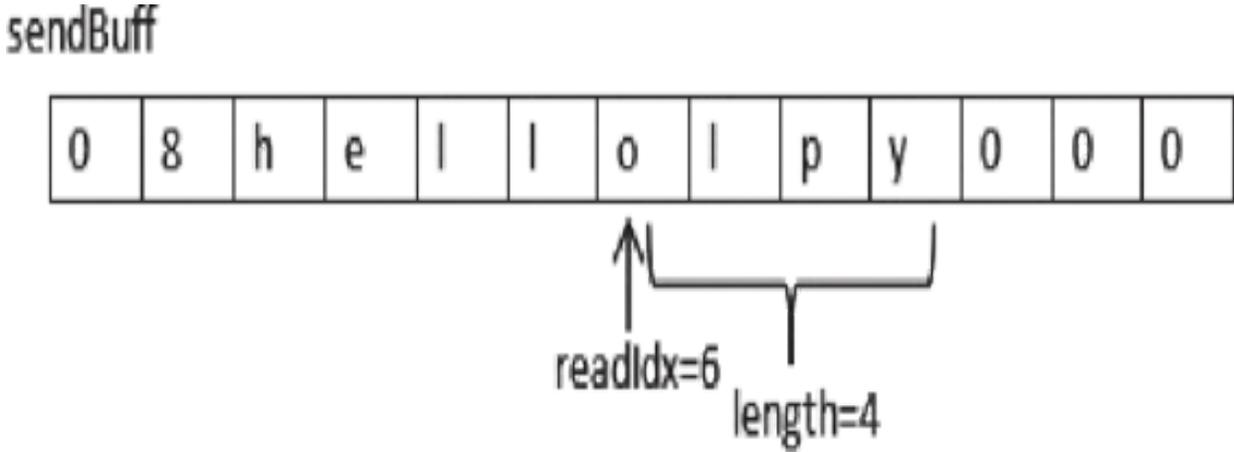


图4-29 接收6个字节数据后，缓冲区示意图

此时length>0，于是程序再次调用BeginSend，发送剩余的数据。BeginSend的参数解释如下：

---

```
socket.BeginSend(sendBytes, //发送缓冲区
                 readIdx,   //从索引为6的数据开始发送
                 length,    //因为缓冲区只剩下4个数据，最多发送
4个数据
                 0,         //标志位，设置为0即可
                 SendCallback, //回调函数
                 socket);  //传给回调函数的对象
```

---

如果再次调用的BeginSend能够把数据发完，那万事大吉。如果不能完整发送，第二次BeginSend的回调函数也会把剩余的数据发送出去。

上面的方案解决了一半问题，因为调用BeginSend之后，可能要隔一段时间才会调用回调函数，如果玩家在SendCallback被调用之前再次点击发送按钮，按照前面的写法，会重置readIdx和length，

SendCallback也就不可能正确工作了。为此我们设计了加强版的发送缓冲区，叫作写入队列（writeQueue），它的结构如图4-30所示。

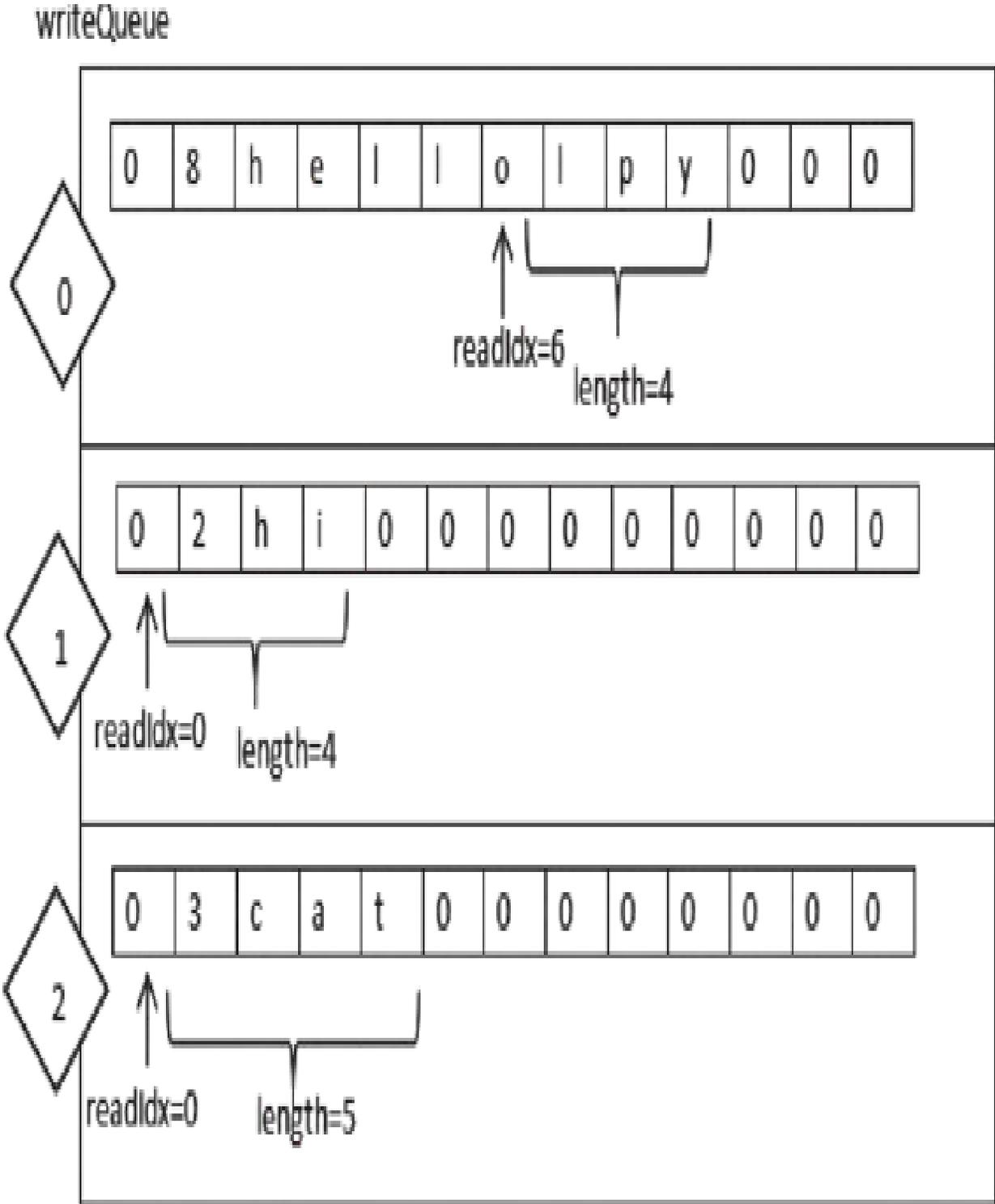


图4-30 写入队列示意图

图4-30展示了一个包含三个缓冲区的写入队列，当玩家点击发送按钮时，数据会被写入队列的末尾，比如一开始发送“08hello!py”，那么就在队列里添加一个缓冲区，这个缓冲区和本节前面介绍的缓冲区一样，包含一个bytes数组，以及指向缓冲区开始位置的readIdx、缓冲区剩余长度的length。Send方法会做这样的处理，示意代码如下：

---

```
public void Send() {
    sendBytes = 要发送的数据;
    writeQueue.Enqueue(ba);    //假设ba封装了readbuff、readIdx、
length等数据
    if(writeQueue只有一条数据){
        socket.BeginSend(参数略);
    }
}

public void SendCallback(IAsyncResult ar){
    count = socket.EndSend(ar);
    ByteArray ba = writeQueue.First(); //ByteArray后面再介绍
    ba.readIdx+=count; //length的处理略
    if(发送不完整){
        取出第一条数据，再次发送
    }
    else if(发送完整，且writeQueue还有数据){
        删除第一条数据
        取出第二条数据，如有，发送
    }
}
```

---

我们以一个例子来说明这个过程。假设玩家发送的第一条数据是“08hello!py”，调用writeQueue.Enqueue把数据写入writeQueue末尾，因为此时writeQueue为空，即写入第一条数据。此时的写入队列如图4-31所示。因为队列只有一条数据，程序会调用socket.BeginSend将第一条数据发送出去。

writeQueue

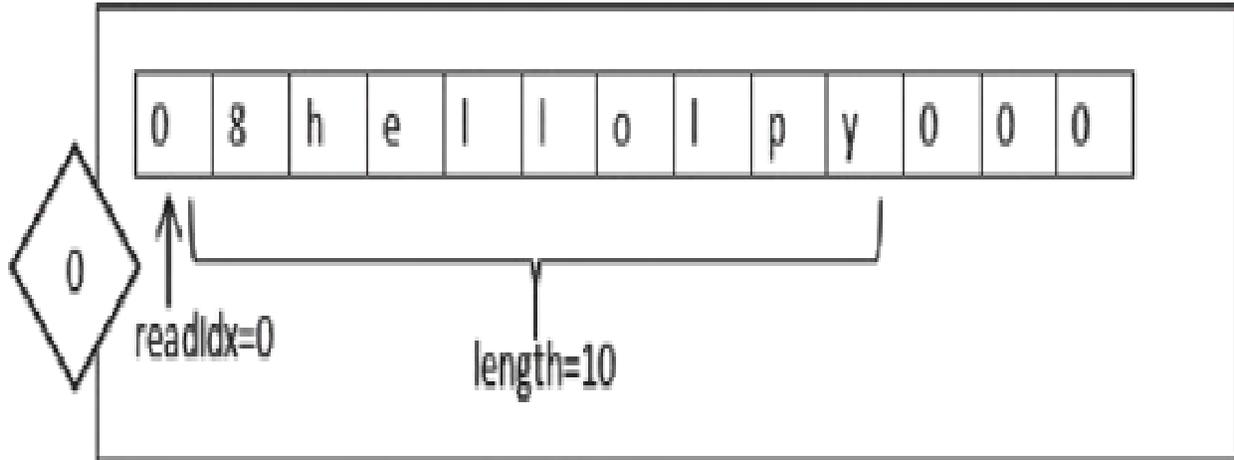


图4-31 发送第一条数据前，写入队列示意图

假设BeginSend的回调方法尚未返回，玩家又发送了第二条数据“02hi”，程序会把数据写入writeQueue末尾，形成图4-32所示的队列。由于此时发送队列有两条数据，不会调用BeginSend。这样做的目的是控制发送的数据，不同时发送多条数据，导致混乱。

writeQueue

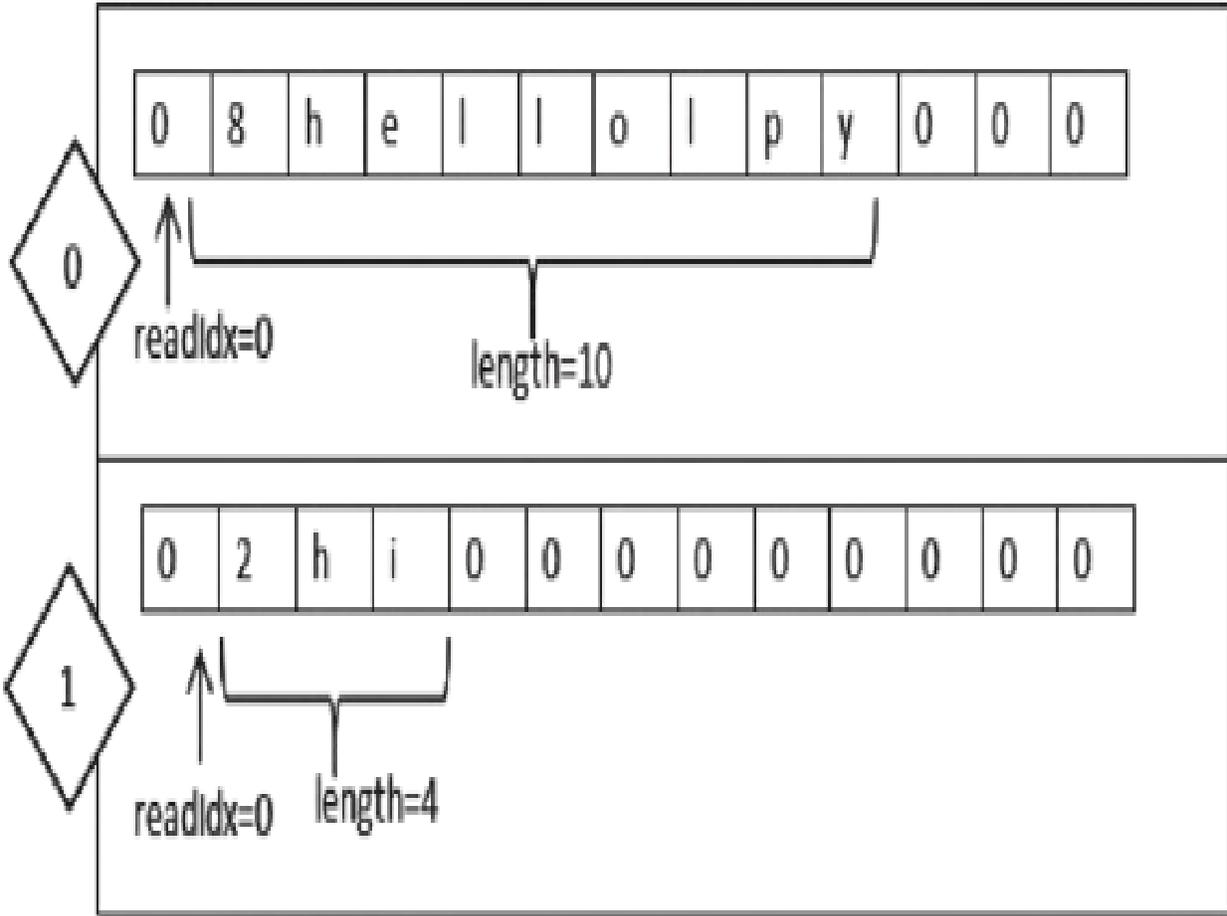


图4-32 发送第二条数据前，写入队列示意图

假如第一次BeginSend的回调函数被调用，成功发送了6个数据，调整readindex和length后，写入队列，如图4-33所示。

writeQueue

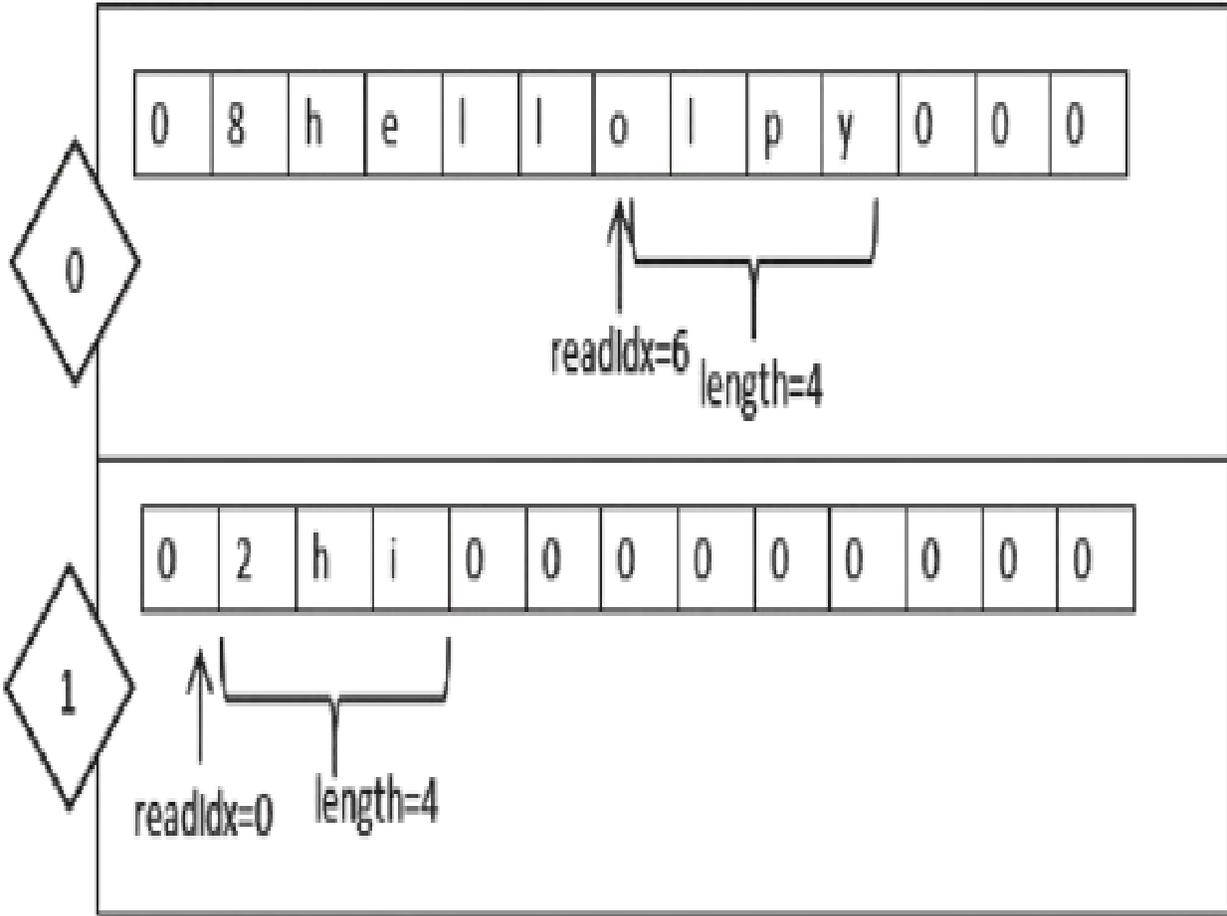


图4-33 成功发送6个字节数据后，写入队列示意图

此时会进入“if(发送不完整)”的真分支，重新调用BeginSend发送数据，假如这次把数据都发送出去了，会进入“if(发送不完整)”的假分支，删除第一条数据。此时的写入队列只剩下第二条数据，如图4-34所示。

## writeQueue

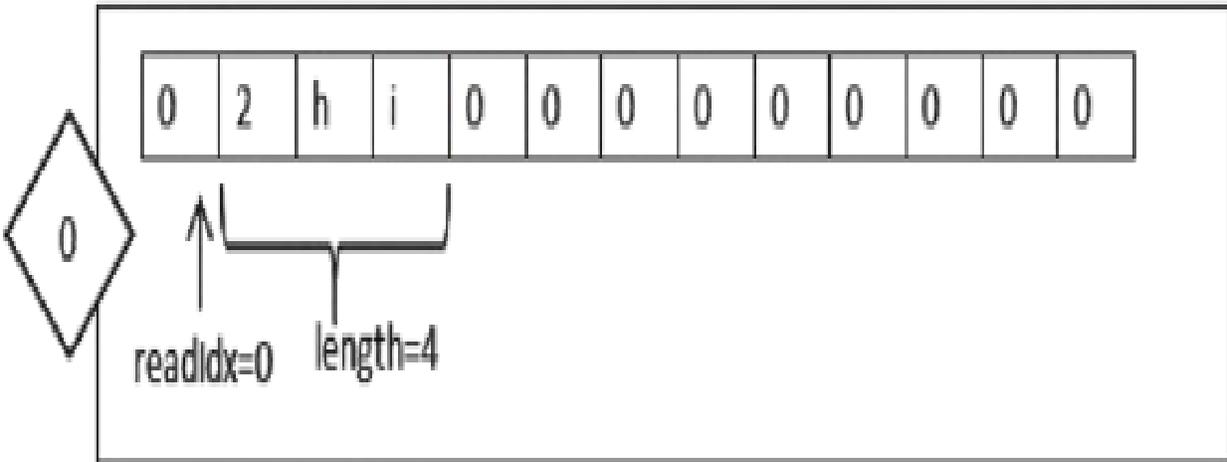


图4-34 成功发送第一条数据后，写入队列示意图

程序会取出“02hi”这条数据，然后调用BeginSend发送出去，直到缓冲区被清空。如此往复，可以保证完整地发送数据。

以上过程涉及两个结构，分别是封装byte[]、readIdx和length的缓冲区ByteArray，以及队列Queue。这两种结构是什么样子呢？

### 4.5.3 ByteArray和Queue

#### 1. ByteArray

由上一节可知，ByteArray是封装byte[]、readIdx和length的类，可以这样定义它（添加文件ByteArray.cs）：

```
using System;

public class ByteArray {
    //缓冲区
    public byte[] bytes;
    //读写位置
    public int readIdx = 0;
    public int writeIdx = 0;
    //数据长度
    public int length { get { return writeIdx-readIdx; }}

    //构造函数
```

```
public ByteArray(byte[] defaultBytes){
    bytes = defaultBytes;
    readIdx = 0;
    writeIdx = defaultBytes.Length;
}
}
```

使用方法如下面的代码所示。代码中，通过构造函数 `ByteArray(byte[] defaultBytes)` 给 `ByteArray` 对象赋初值，赋值后的 `ba` 如图4-35所示，`readIdx` 为0，`writeIdx` 为数据长度5，计算可得缓冲区有效数据的长度 `length` 为5。发送数据时，根据 `ba` 的 `readIdx`、`length` 选择合适的参数即可。

```
byte[] sendBytes = new byte[]{'0', '3', 'c', 'a', 't'};
ByteArray ba = new ByteArray(sendBytes);
socket.BeginSend(ba.bytes, ba.readIdx, ba.length, 0,
SendCallback, socket);
```

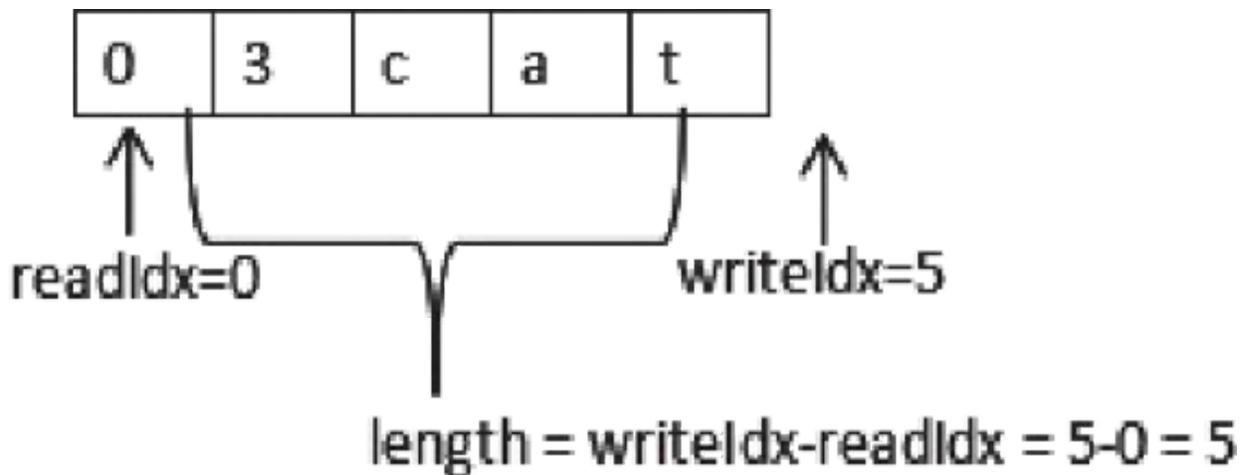


图4-35 `ByteArray`对象 `ba` 示意图

## 2. `ByteArray` 调试

为了调试方便，可以给 `ByteArray` 类添加两个将缓冲区数据 (`bytes`) 转换成字符串的方法，以便把缓冲区数据打印出来。这里定义的 `ToString` 方法会把缓冲区的有效数据 (从 `readIdx` 开始，长度为 `length` 的数据) 打印出来，`Debug` 方法会把 `readIdx`、`writeIdx` 和 `bytes`

的完整数据打印出来。如果bytes存放的数据是“345”，  
Debug.Log(ba.ToString())将会打印出“03-04-05”，  
Debug.Log(ba.Debug())将会打印出  
“readIdx(0) writeIdx(3) bytes(03-04-05)”

---

```
//打印缓冲区（仅为调试）
public override string ToString(){
    return BitConverter.ToString(bytes, readIdx, length);
}

//打印调试信息（仅为调试）
public string Debug(){
    return string.Format("readIdx({0}) writeIdx({1})
bytes({2})",
        readIdx,
        writeIdx,
        BitConverter.ToString(bytes, 0, bytes.Length)
    );
}
```

---

### 3. Queue

C#提供了一种队列数据结构Queue。和List一样，它是一种容器，使用示例如下面代码所示。常用的有Enqueue、Dequeue和First三个方法，其中：Enqueue代表把元素放入到队列中，该元素会放到队列的末尾；Dequeue代表出列，队列的第一个元素被弹出来；First代表获取队列的第一个元素。

---

```
Queue<ByteArray> writeQueue = new Queue<ByteArray>();
ByteArray ba = new ByteArray(sendBytes);

writeQueue.Enqueue(ba);           //将ba放入队列
ByteArray ba2 = writeQueue.First(); //获取writeQueue的第一个元素，队列保持不变
ba2 = writeQueue.Dequeue();       //弹出队列的第一个元素
```

---

### 4. 代码示例

使用了ByteArray和Queue后，4.5.2节的代码变成了下面的样子。该结构与4.5.2节的代码基本相同，只是多了些实现细节。

---

```
//定义
Queue<ByteArray> writeQueue = new Queue<ByteArray>();

//点击发送按钮
public void Send()
{
    //拼接字节，省略组装sendBytes的代码
    byte[] sendBytes = 要发送的数据;
    ByteArray ba = new ByteArray(sendBytes);
    writeQueue.Enqueue(ba);
    //send
    if(writeQueue.Count == 1){
        socket.BeginSend(ba.bytes, ba.readIdx, ba.length,
            0, SendCallback, socket);
    }
}

//Send回调
public void SendCallback(IAsyncResult ar){
    //获取state、EndSend的处理
    Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
    int count = socket.EndSend(ar);
    //判断是否发送完整
    ByteArray ba = writeQueue.First();
    ba.readIdx+=count;
    if(ba.length == 0){ //发送完整
        writeQueue.Dequeue();
        ba = writeQueue.First();
    }
    if(ba != null){ //发送不完整，或发送完整且存在第二条数据
        socket.BeginSend(ba.bytes, ba.readIdx, ba.length,
            0, SendCallback, socket);
    }
}
```

---

#### 4.5.4 解决线程冲突

由异步的机制可以知道，BeginSend和回调函数往往执行于不同的线程，如果多个线程同时操作writeQueue，有可能引发些问题。在图

4-36所示的流程中，玩家连续点击两次发送按钮，假如运气特别差，第二次发送时，第一次发送的回调函数刚好被调用。如果线程1的Send刚好走到writeQueue.Enqueue(ba)这一行（t2时刻），按理说writeQueue.Count应为2，不应该进入if(writeQueue.Count==1)的真分支去发送数据（因为此时writeQueue.Count==2）。但假如在条件判断之前，回调线程刚好执行了writeQueue.Dequeue()（t3时刻），由于writeQueue里只有1个元素，在t4时刻主线程判断if(writeQueue.Count==1)时，条件成立，会发送数据。但SendCallback中ba=writeQueue.First()也会获取到队列的第一条数据，也会把它发送出去。第二次发送的数据将会被发送两次，显然不是我们需要的。

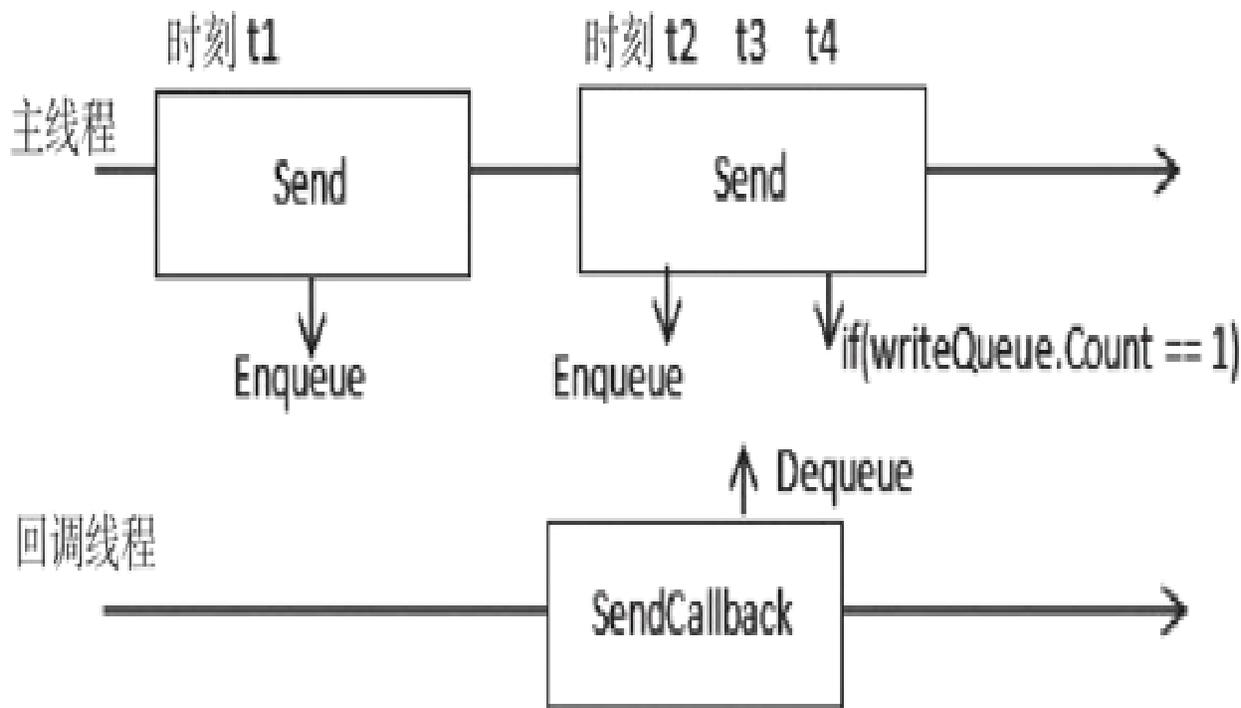


图4-36 线程冲突示意图

为了避免线程竞争，可以通过加锁（lock）的方式处理。当两个线程争夺一个锁的时候，一个线程等待，被阻止的那个锁变为可用。关于锁的介绍，读者可以去网上搜寻更多资料。加锁后，4.5.3节的代码如下：

---

```
//发送缓冲区
```

```
Queue<ByteArray> writeQueue = new Queue<ByteArray>();

//点击发送按钮
public void Send()
{
    //拼接字节, 省略组装sendBytes的代码
    byte[] sendBytes = 要发送的数据;
    ByteArray ba = new ByteArray(sendBytes);
    int count = 0;
    lock(writeQueue){
        writeQueue.Enqueue(ba);
        count = writeQueue.Count;
    }
    //send
    if(count == 1){
        socket.BeginSend(sendBytes, 0, sendBytes.Length,
            0, SendCallback, socket);
    }
    Debug.Log("[Send]" + BitConverter.ToString(sendBytes));
}

//Send回调
public void SendCallback(IAsyncResult ar){

    //获取state、EndSend的处理
    Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
    int count = socket.EndSend(ar);

    ByteArray ba;
    lock(writeQueue){
        ba = writeQueue.First();
    }

    ba.readIdx+=count;
    if(count == ba.length){
        lock(writeQueue){
            writeQueue.Dequeue();
            ba = writeQueue.First();
        }
    }
    if(ba != null){
        socket.BeginSend(ba.bytes, ba.readIdx, ba.length,
            0, SendCallback, socket);
    }
}
```

---

以上代码把临界区设计得很小，拥有较高的执行效率。

## 4.5.5 为什么要使用队列

可能有读者会有疑惑，为什么要使用队列`Queue<ByteArray>`做写缓冲区，而不使用一个很大的byte数组做写缓冲区。例如要发送的数据分别是“03cat”和“02hi”，为什么不使用byte数组呢（如图4-37所示）？

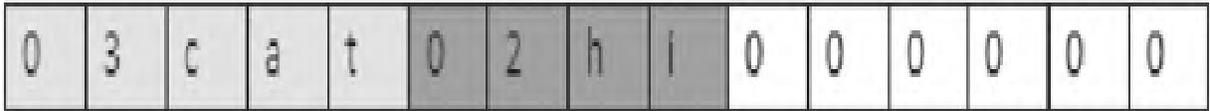


图4-37 使用bytes数组的写缓冲区

使用队列是从“极致性能”的角度考虑，为了做到最佳性能，lock里面代码的执行时间必须非常的短，最大限度地减少程序等待的时间。而队列的入队（Enqueue）和出队（Dequeue）时间复杂度是 $o(1)$ 。如果操作bytes缓冲区，比如移动数据，时间复杂度是 $o(n)$ ，对于高并发的游戏产品，两者会有差距。

## 4.6 高效的接收数据

### 4.6.1 不足之处

#### 1. Copy操作

要做到极致，那就极致到底。回顾4.3.4节中接收数据的代码（`OnReceiveData`），每次成功接收一条完整的数据后，程序会调用`Array.Copy`，将缓冲区的数据往前移动。但`Array.Copy`是个时间复杂度为 $o(n)$ 的操作，假如缓冲区中的数据很多，那移动全部数据将会花费较长的时间。

---

```
public void OnReceiveData() {
    .....
    //更新缓冲区
    int start = 2 + bodyLength;
    int count = buffCount - start;
```

```
Array.Copy(readBuff, start, readBuff, 0, count);
buffCount -= start;
.....
}
```

一个可行的办法是，使用ByteArray结构作为缓冲区，使用readIdx指向的数据作为缓冲区的第一个数据，当接收完数据后，只移动readIdx，时间复杂度为 $o(1)$ 。例如客户端收到服务端发来的两条数据“03cat”和“02hi”，由于出现粘包现象，读缓冲区如图4-38所示。

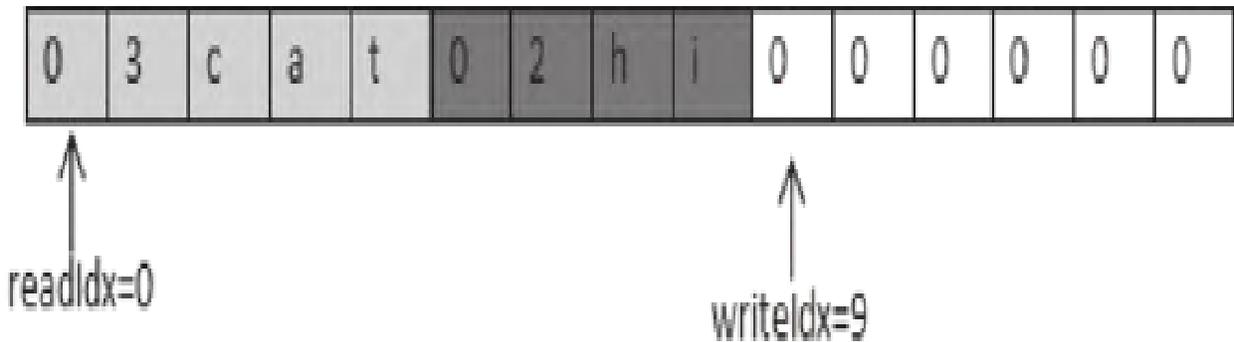


图4-38 读缓冲区示意图

程序解析出第一条数据“03cat”后，仅将readIdx增加5，形成图4-39所示的缓冲区。

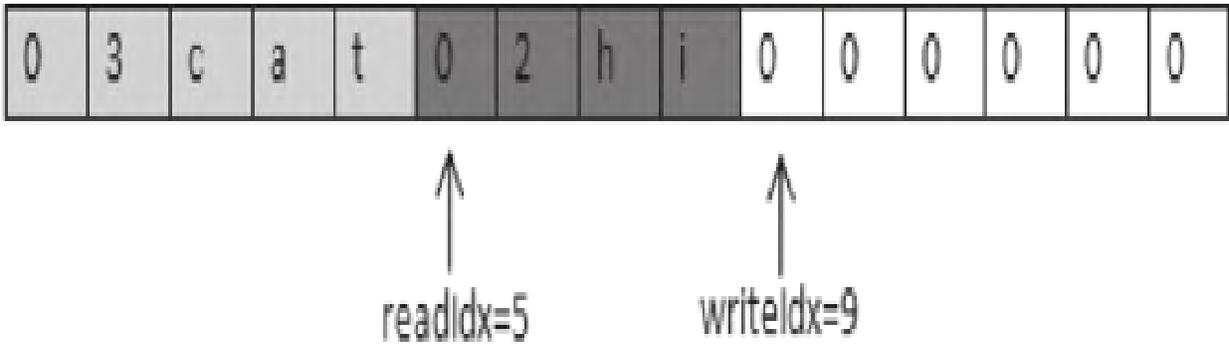


图4-39 移动readIdx后的读缓冲区

后续读取数据时，只要从readIdx处开始读取即可。写入数据时，也只需在writeIdx处开始写入。当缓冲区长度不够时，再做一次Array.Copy，调整readIdx和writeIdx的值，即可以做到不断接收数据，平均复杂度只会比 $o(1)$ 高一点点。

## 2. 缓冲区不够长

4.3.2节中定义的输入缓冲区最大长度是1024 (`byte[] readBuff=new byte[1024]`)，如果网络状况很不好，缓冲区数据一直堆积，总有一天会把缓冲区撑爆。一个解决办法是，当缓冲区长度不够时，就让它自动扩展，重新申请一个较长的bytes数组。

## 4.6.2 完整的ByteArray

ByteArray作为一种通用的byte型缓冲区结构，它应该支持自动扩展，支持常用的读写操作。同时，为了做到极致的效率，ByteArray的大部分成员变量都设为public，以提供灵活性。

### 1. 构造ByteArray

现在，我们在4.5.3节的基础上编写完整的ByteArray。成员函数定义和构造函数代码如下所示，ByteArray拥有两个构造函数，其中一个是`ByteArray(byte[] defaultBytes)`，它可以实现4.5节中发送缓冲区的数据构造，当使用`ByteArray(byte[] defaultBytes)`构造函数时，函数成员`bytes`、`readIdx`和`writeIdx`的值与传进来的数据长度相关。另一个构造函数是`ByteArray(int size=DEFAULT_SIZE)`，用于初始化指定长度的bytes，如果不填写size，将会生成一个长度为1024 (`DEFAULT_SIZE`)的byte数组，如图4-40所示。

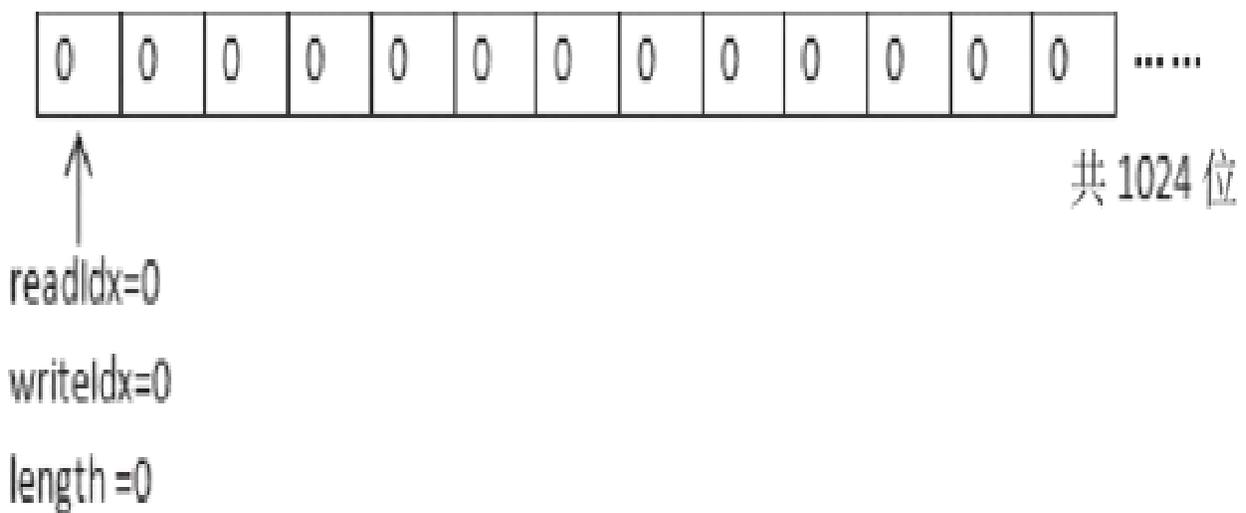


图4-40 形如“`ByteArray ba=new ByteArray()`”的对象示意图

成员变量capacity代表缓冲区容量，也就是bytes的长度，即与bytes.Length相同。成员变量initSize代表ByteArray被构造时的长度，即初始长度，后续会用到。readIdx代表可读位置，即缓冲区有效数据的起始位置，writeIdx代表可写位置，即缓冲区有效数据的末尾。成员函数remain代表缓冲区还可以容纳的字节数（示意如图4-41所示）。

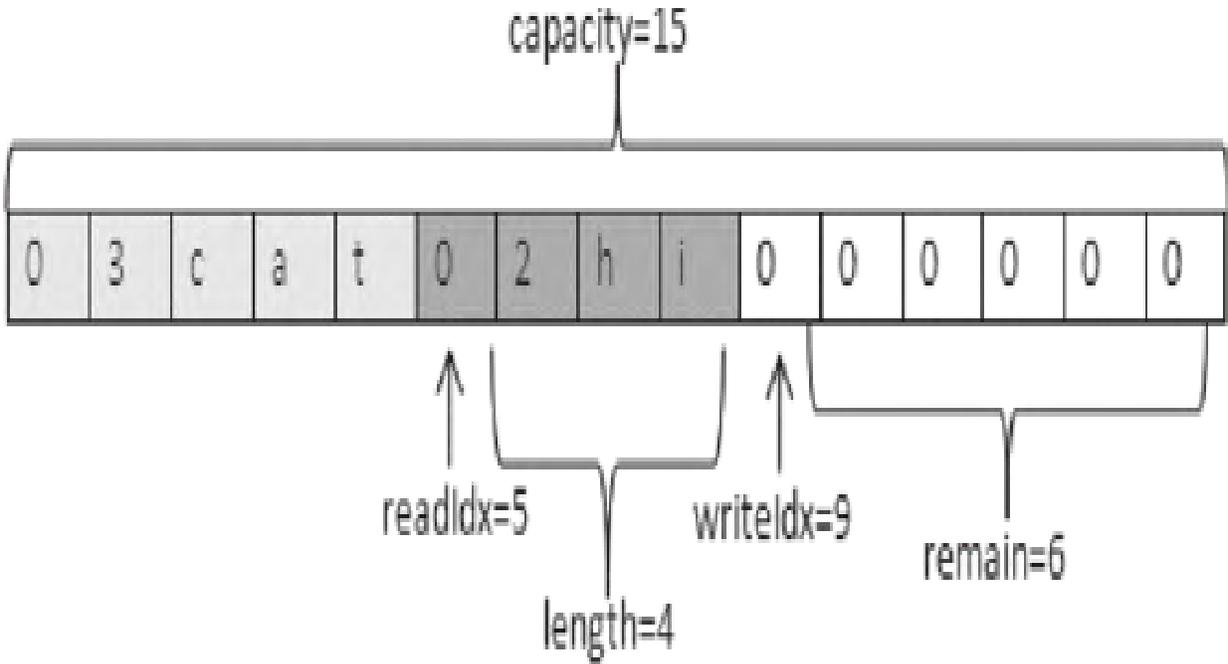


图4-41 capacity、remain等成员变量示意图

ByteArray的部分代码如下所示：

```
using System;

public class ByteArray {
    //默认大小
    const int DEFAULT_SIZE = 1024;
    //初始大小
    int initSize = 0;
    //缓冲区
    public byte[] bytes;
    //读写位置
    public int readIdx = 0;
    public int writeIdx = 0;
```

```
//容量
private int capacity = 0;
//剩余空间
public int remain { get { return capacity-writeIdx; }}
//数据长度
public int length { get { return writeIdx-readIdx; }}

//构造函数
public ByteArray(int size = DEFAULT_SIZE){
    bytes = new byte[size];
    capacity = size;
    initSize = size;
    readIdx = 0;
    writeIdx = 0;
}

//构造函数
public ByteArray(byte[] defaultBytes){
    bytes = defaultBytes;
    capacity = defaultBytes.Length;
    initSize = defaultBytes.Length;
    readIdx = 0;
    writeIdx = defaultBytes.Length;
}
```

---

## 2. 重设尺寸

在某些情况下，比如需要写入的数据量大于缓冲区剩余长度（remain）时，就需要扩大缓冲区。例如要在图4-42所示缓冲区后面添加数据“05hello”，使缓冲区数据变成“02hi05hello”。此时缓冲区只剩余6个字节，但“05hello”是7个字节，放不下。此时的做法是，重新申请一个长度合适的byte数组，然后把原byte数组的数据复制过去，再重新设置readIdx、writeIdx等数值。

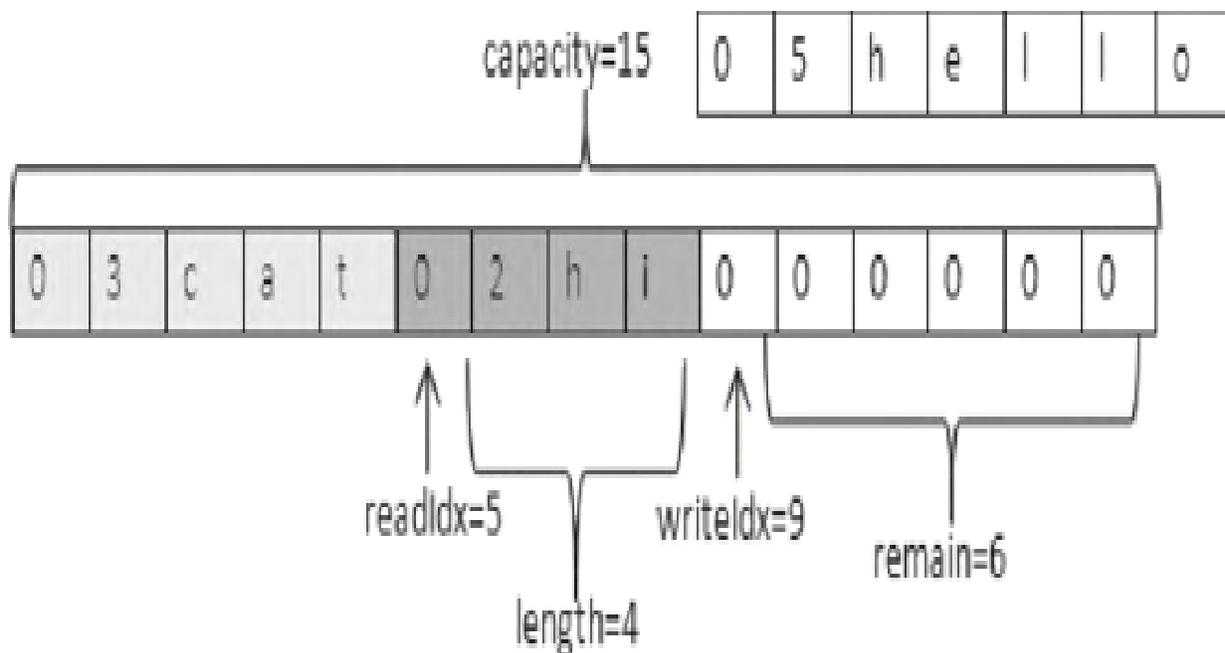


图4-42 需要重设尺寸的情形

重设尺寸的ReSize方法如下面的代码所示。它带有一个参数size，代表所需数据长度，在图4-42中，需要11个字节，即“02hi05hello”的长度。该方法会先做些判断，避免size值不合理，size值必须比现有有效数据大，不然有些数据放不下，为了避免缓冲区尺寸太小，规定byte数组必须大于初始长度。

Resize方法如下所示：

---

```
//重设尺寸
public void ReSize(int size){
    if(size < length) return;
    if(size < initSize) return;
    int n = 1;
    while(n<size) n*=2;
    capacity = n;
    byte[] newBytes = new byte[capacity];
    Array.Copy(bytes, readIdx, newBytes, 0, writeIdx-readIdx);
    bytes = newBytes;
    writeIdx = length;
    readIdx = 0;
}
```

---

为了避免频繁重设尺寸，规定每次翻倍增加bytes数组长度，即长度是1、2、4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048等值。如果参数size是1500，缓冲区长度会被设置成2048，如果参数size是130（假设size值合理），缓冲区长度会被设置成256。通过“int n=1;while(n<size)n\*=2”这两行代码，即可得出长度值。在图4-42所示的缓冲区上执行Resize(6)后，缓冲区将变成图4-43所示的样式。

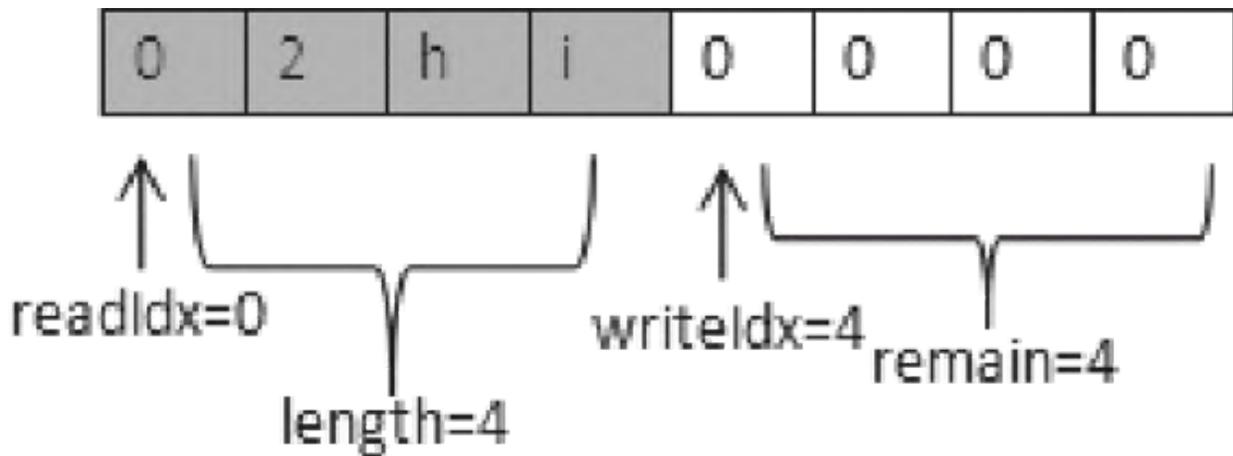


图4-43 Resize(6)后的缓冲区

### 3. 移动数据

在某些情形下，例如有效数据长度很小（这里设置为8），或者数据全部被读取时（readIdx==writeIdx），可以将数据前移，增加remain，避免bytes数组过长。由于数据很少，程序执行的效率不会有影响。在图4-40所示的缓冲区上执行CheckAndMoveBytes后，缓冲区将变成图4-44所示的样式。

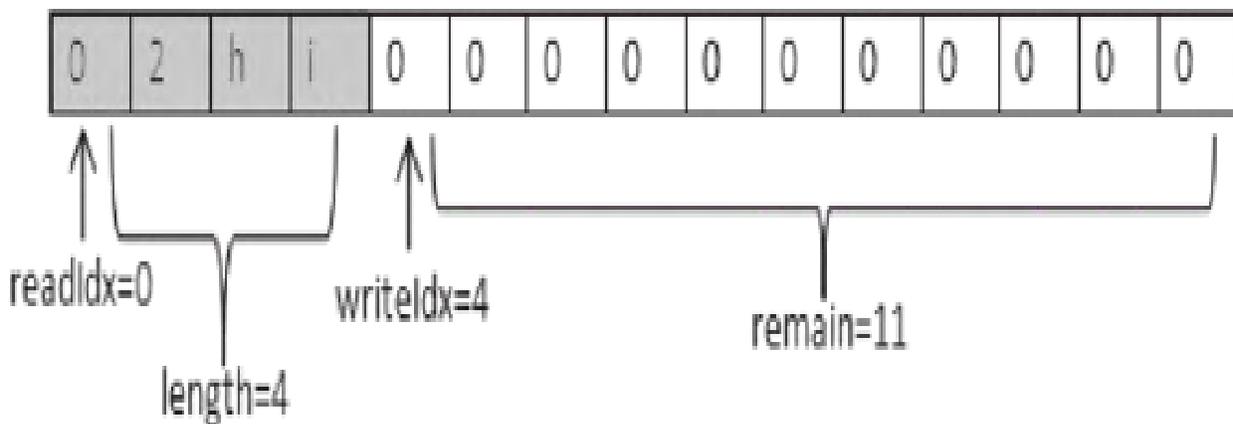


图4-44 执行CheckAndMoveBytes后的缓冲区

CheckAndMoveBytes的实现代码如下：

---

```
//检查并移动数据
public void CheckAndMoveBytes(){
    if(length < 8){
        MoveBytes();
    }
}

//移动数据
public void MoveBytes(){
    Array.Copy(bytes, readIdx, bytes, 0, length);
    writeIdx = length;
    readIdx = 0;
}
```

---

#### 4. 读写功能

接下来编写一些读写缓冲区数据的方法。写数据的方法Write带有3个参数，该方法会把bs从offset位置开始的count个数据写入缓冲区。Write方法会判断缓冲区是否有足够的剩余量，必要时调用ReSize方法调整byte数组长度。读方法Read也带有3个参数，它代表把缓冲区前count个数据放到bs中，数据从bs的offset位置开始放入。Read方法会调用CheckAndMoveBytes，必要时移动数据，以增加remain。

---

```
//写入数据
public int Write(byte[] bs, int offset, int count){
    if(remain < count){
        ReSize(length + count);
    }
    Array.Copy(bs, offset, bytes, writeIdx, count);
    writeIdx+=count;
    return count;
}

//读取数据
public int Read(byte[] bs, int offset, int count){
    count = Math.Min(count, length);
    Array.Copy(bytes, 0, bs, offset, count);
    readIdx+=count;
}
```

```
        CheckAndMoveBytes();
        return count;
    }
}
```

---

为了方便读取数据，可以给缓冲区添加读取数值的方法ReadInt16和ReadInt32。其中ReadInt16代表读取16位int型整数，ReadInt32代表读取32位int型整数，它们的实现方式与Read方法相似。ReadInt16和ReadInt32代码如下所示，程序还使用4.4.3节介绍的方法处理大小端问题。

---

```
//读取Int16
public Int16 ReadInt16(){
    if(length < 2) return 0;
    Int16 ret = (Int16)((bytes[1] << 8) | bytes[0]);
    readIdx += 2;
    CheckAndMoveBytes();
    return ret;
}

//读取Int32
public Int32 ReadInt32(){
    if(length < 4) return 0;
    Int32 ret = (Int32)( (bytes[3] << 24) |
                        (bytes[2] << 16) |
                        (bytes[1] << 8) |
                        bytes[0] );

    readIdx += 4;
    CheckAndMoveBytes();
    return ret;
}
```

---

## 5. 测试缓冲区

最后给ByteArray添加4.5.3节提供的调试方法ToString和Debug。然后添加如下的测试程序，看看ByteArray是否能够正常运行。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
```

```
using System;

public class TestByteArray : MonoBehaviour {

    // Use this for initialization
    void Start () {
        //[1 创建]
        ByteArray buff = new ByteArray(8);
        Debug.Log("[1 debug ]->" + buff.Debug());
        Debug.Log("[1 string]->" + buff.ToString());
        //[2 write]
        byte[] wb = new byte[]{1,2,3,4,5};
        buff.Write(wb, 0, 5);
        Debug.Log("[2 debug ]->" + buff.Debug());
        Debug.Log("[2 string]->" + buff.ToString());
        //[3 read]
        byte[] rb = new byte[4];
        buff.Read(rb, 0, 2);
        Debug.Log("[3 debug ]->" + buff.Debug());
        Debug.Log("[3 string]->" + buff.ToString());
        Debug.Log("[3 rb      ]->" + BitConverter.ToString(rb));
        //[4 write, resize]
        wb = new byte[]{6,7,8,9,10,11};
        buff.Write(wb, 0, 6);
        Debug.Log("[4 debug ]->" + buff.Debug());
        Debug.Log("[4 string]->" + buff.ToString());
    }
}
```

---

程序运行结果如图4-45所示。

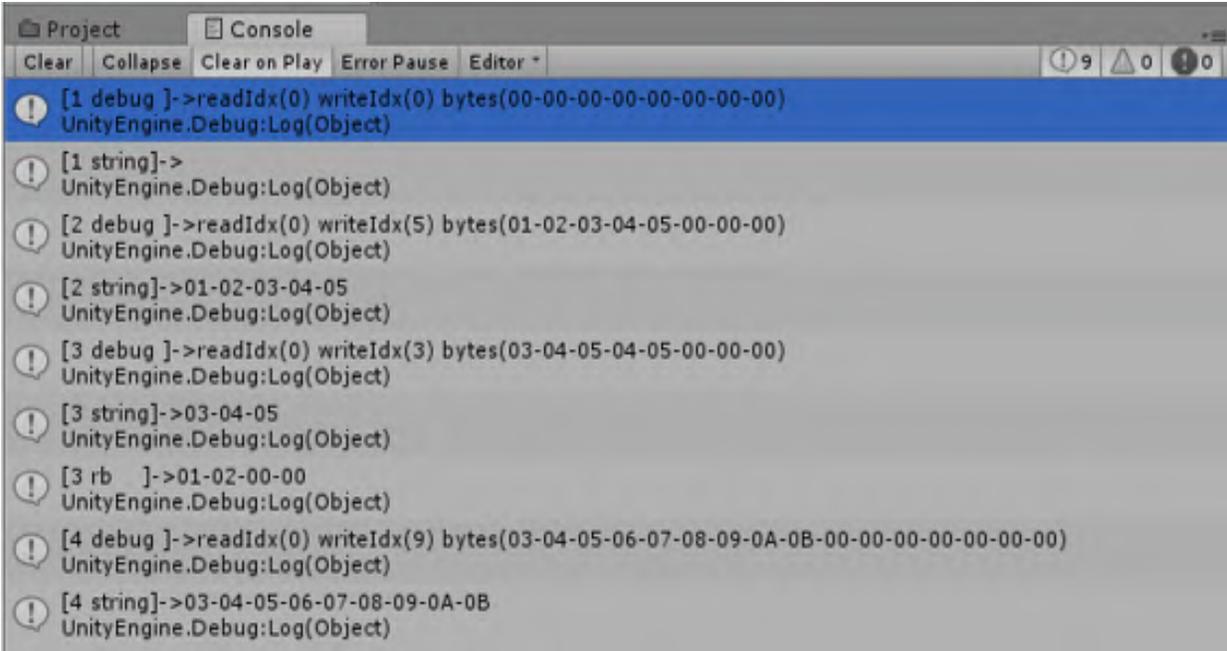


图4-45 程序运行结果

在“[1创建]”阶段，程序创建了一个长度为8的空缓冲区，如图4-46所示，打印的信息“[1 debug]”和“[1 string]”也能反映缓冲区的结构。

在“[2 write]”阶段，程序创建了一个bytes数组{1, 2, 3, 4, 5}，并通过buff. Write将这5个数据写入缓冲区，此时缓冲区结构如图4-47所示。

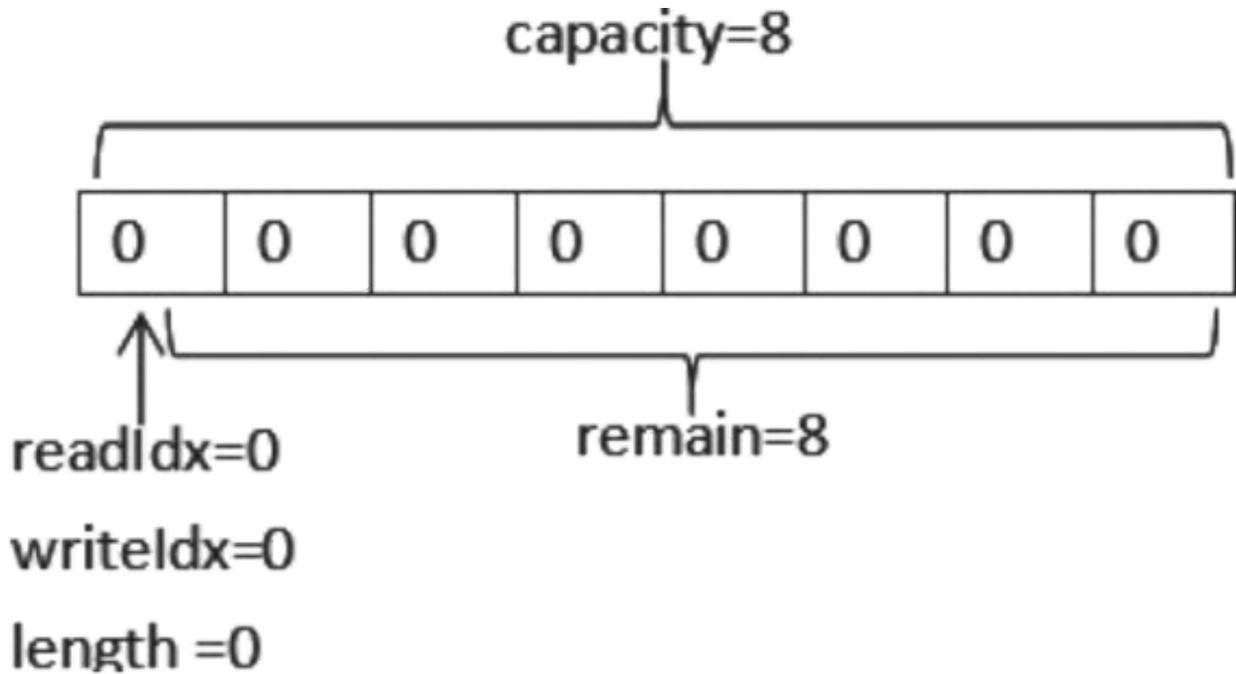


图4-46 创建一个长度为8的空缓冲区

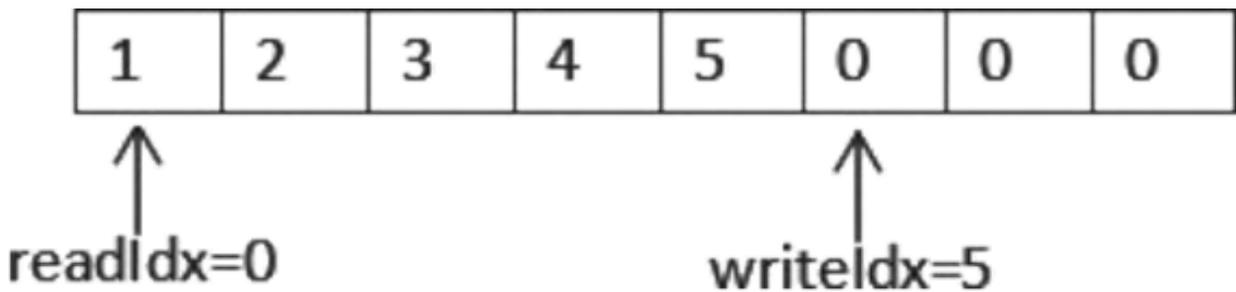


图4-47 写入阶段的缓冲区

在“[3 read]”阶段，程序从缓冲区读出两个字节“12”数据到rb，读取时缓冲区的结构如图4-48所示。由于数据长度小于8，程序会移动数据，读取完成的缓冲区如图4-49所示。

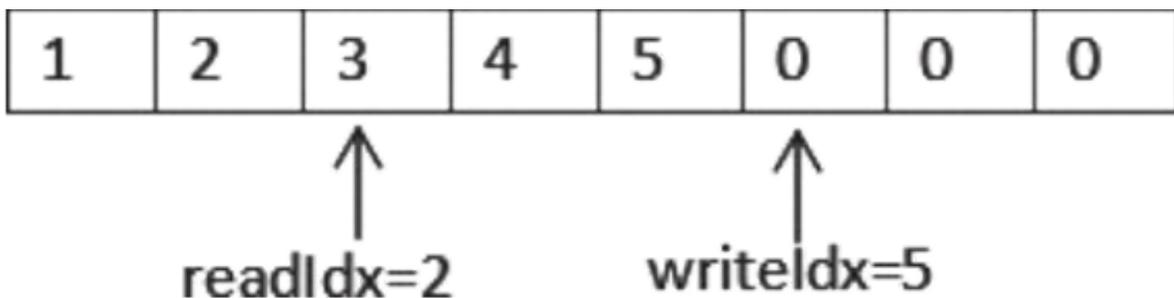


图4-48 读取时的缓冲区（未完成）

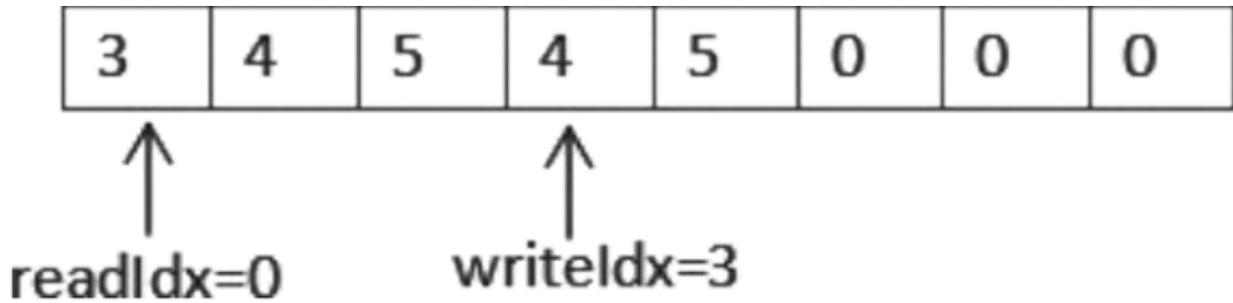


图4-49 读取完成的缓冲区

在 “[4 write, resize]” 阶段，程序往缓冲区写入数据 {6, 7, 8, 9, 10, 11}。由于所需的存储长度较大，缓冲区会扩展，最终的缓冲区如图4-50所示。

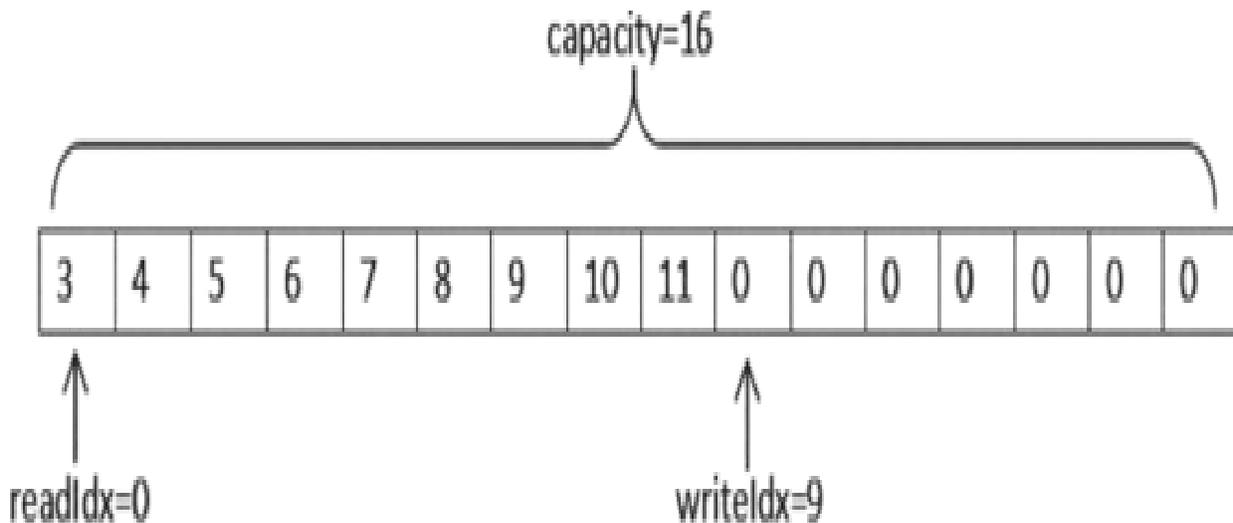


图4-50 扩展后的缓冲区

### 4.6.3 将ByteArray应用到异步程序

现在，将ByteArray应用到异步程序，以避免Array.Copy导致的效率问题，同时避免网络环境不好的情况下缓冲区溢出。示范程序中，将异步程序的byte[] readbuff替换成了ByteArray readBuff。为了提高执行效率，避免一次数据复制，socket.BeginReceive会直接操作readBuff.bytes，往缓冲区里写入数据，而不是使用ByteArray的Write方法，也意味着需要自己处理缓冲区扩展的功能。在ReceiveCallback中，由于不知道下一次接收的数据量，程序会使用“if(readBuff.remain<8)”判断缓冲区是否有一定的剩余量，如果不够，会执行readBuff.ReSize(readBuff.length\*2)让缓冲区增大。在

OnReceiveData中，程序通过readBuff.ReadInt16读取消息长度，再使用readBuff.Read将缓冲区数据读取出来。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System.Net.Sockets;
using UnityEngine.UI;
using System;
using System.Linq;
public class Echo : MonoBehaviour {

    //定义套接字
    Socket socket;
    //UGUI
    public InputField InputFeld;
    public Text text;
    //接收缓冲区
    ByteArray readBuff = new ByteArray();
    //显示文字
    string recvStr = "";

    //点击连接按钮
    public void Connection()
    {
        //Socket
        socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
            SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
        //为了精简代码：使用同步Connect
        //不考虑抛出异常
        socket.Connect("127.0.0.1", 8888);
        socket.BeginReceive( readBuff.bytes, readBuff.writeIdx,
            readBuff.remain, 0, ReceiveCallback, socket);
    }

    //Receive回调
    public void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
        try {
            Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
            //获取接收数据长度
            int count = socket.EndReceive(ar);
            readBuff.writeIdx+=count;
            //处理二进制消息
            OnReceiveData();
        }
    }
}
```

```

        //继续接收数据
        if(readBuff.remain < 8){
            readBuff.MoveBytes();
            readBuff.ReSize(readBuff.length*2);
        }
        socket.BeginReceive( readBuff.bytes,
readBuff.writeIdx,
            readBuff.remain, 0, ReceiveCallback, socket);
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}

//数据处理
public void OnReceiveData() {
    Debug.Log("[Recv 1] length =" + readBuff.length);
    Debug.Log("[Recv 2] readbuff=" + readBuff.ToString());
    if(readBuff.length <= 2)
        return;
    //消息长度
    int readIdx = readBuff.readIdx;
    byte[] bytes =readBuff.bytes;
    Int16 bodyLength = (Int16)((bytes[readIdx+1] << 8 )|
bytes[readIdx]);
    if(readBuff.length < bodyLength)
        return;
    readBuff.readIdx+=2;
    Debug.Log("[Recv 3] bodyLength=" +bodyLength);
    //消息体
    byte[] stringByte = new byte[bodyLength];
    readBuff.Read(stringByte, 0, bodyLength);
    string s =
System.Text.Encoding.UTF8.GetString(stringByte);

    Debug.Log("[Recv 4] s=" +s);
    Debug.Log("[Recv 5] readbuff=" + readBuff.ToString());
    //消息处理
    recvStr = s + "\n" + recvStr;
    //继续读取消息
    if(readBuff.length > 2){
        OnReceiveData();
    }
}

//点击发送按钮
public void Send() {

```

```
        //略
    }

    public void Update(){
        text.text = recvStr;
    }
}
```

使用纯转发服务器程序测试上述客户端程序，在聊天客户端中输入“hello”（图4-51），会得到图4-52和4-53所示的输出。



图4-51 在聊天客户端中输入“hello”，并接收返回

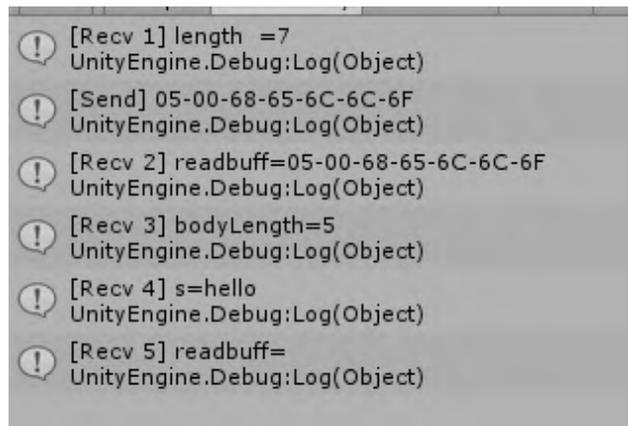


图4-52 客户端输出

```
[服务器]启动成功
Accept
Receive hello
```

图4-53 服务端输出

发送字符串“hello”，程序会给字符串添加长度，构成7字节的字节流“05-00-68-65-6C-6C-6F”，经由服务端转发，客户端再将字符串解析出来。

通过这一章的学习，读者应能够深入了解正确且高效收发TCP数据所需要做的工作了。那么TCP通信的底层原理是什么？还有哪些要注意的地方？下一章将会探讨这两个问题。

# 深入了解TCP，解决暗藏问题

TCP协议最早由斯坦福大学的两名研究人员于1973年提出，1983年TCP/IP被Unix 4.2BSD系统采用，至今已有三四十年的历史。当时的设计理念和现今的理念并不完全相同，以前人们注重技术的灵活性，会留下很多可供用户自由选择和处理的功能。但对于初学者，这些灵活性却成为“大坑”。在网络游戏的运营过程中，经常会有玩家反馈“游戏登录不上”“游戏网络很卡”等问题，导致这些问题的有可能是游戏程序没写好，在特殊的条件下暴露了出来。怎样正确发送数据？怎样正确接收数据？怎样正确关闭连接？这些都是很值得探讨的问题。

本章将会深入介绍TCP协议的机制，分析网络游戏中可能会遇到的一些“暗藏”问题，以及它们的解决方法。

## 5.1 从TCP到铜线

TCP协议是一种什么样的协议？它的数据格式是什么样子的？想象一下寄信，网络传输和寄信的过程有些相似。寄信是一个不稳定的过程，时不时会丢件；它还有重量限制，总不能在信封里塞个大包裹吧？网络传输更不稳定，需要进行多次编码和校验来确保数据的有效传输。网络传输过程很复杂，下面将以客户端向服务端发送数据为例，一步步揭开网络传输的底层机制。

### 5.1.1 应用层

应用层功能是应用程序（游戏程序）提供的功能。在给客户端发送“hello”的例子中，程序把“hello”转化成二进制流传递给传输层（传送给send方法，如图5-1所示）。操作系统会对二进制数据做一系列加工，使它适合于网络传输。

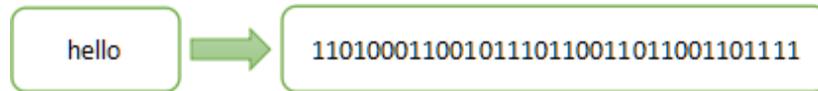


图5-1 应用层的数据转换

## 5.1.2 传输层

收到二进制数据后，传输层协议会对它做一系列加工，并提供数据流传送、可靠性校验、流量控制等功能。依然想象一下寄信，在寄出一封信后，为了确保对方一定会收到信件，人们可以约定如下的规则。

1) 加个确认机制，收到信件的人必须写回信，告诉对方收到了信件。寄件人在收到回信后，可以确认对方一定收到了信件。

2) 信件寄出后，寄信人会等待回信。如果过一个月时间都没能收到回信，说明信件很有可能丢失了，寄件人会重新写一封一模一样的信，再次寄出，等待回信。如果三次重寄都没有回音，只能放弃，当作对方不可能收到信件。

TCP协议有着类似的机制，双端约定收到消息后会给对方回应，可以确保对方收到消息，或者在多次尝试后假定对方无法收到信息。

5.2.2节会进一步介绍TCP的数据传输机制。

正如4.2.1节所介绍的长度信息法，底层的IP协议使用了两个字节代表数据长度，每个IP包的最大长度是65535个字节，这就像邮局强制规定，每一个信封只能写70个字。如果千言万语说不尽，就要分成很多封信发出去。为了让接收方能够还原信件，还需要在信中写明这是第几封信，如图5-2所示。

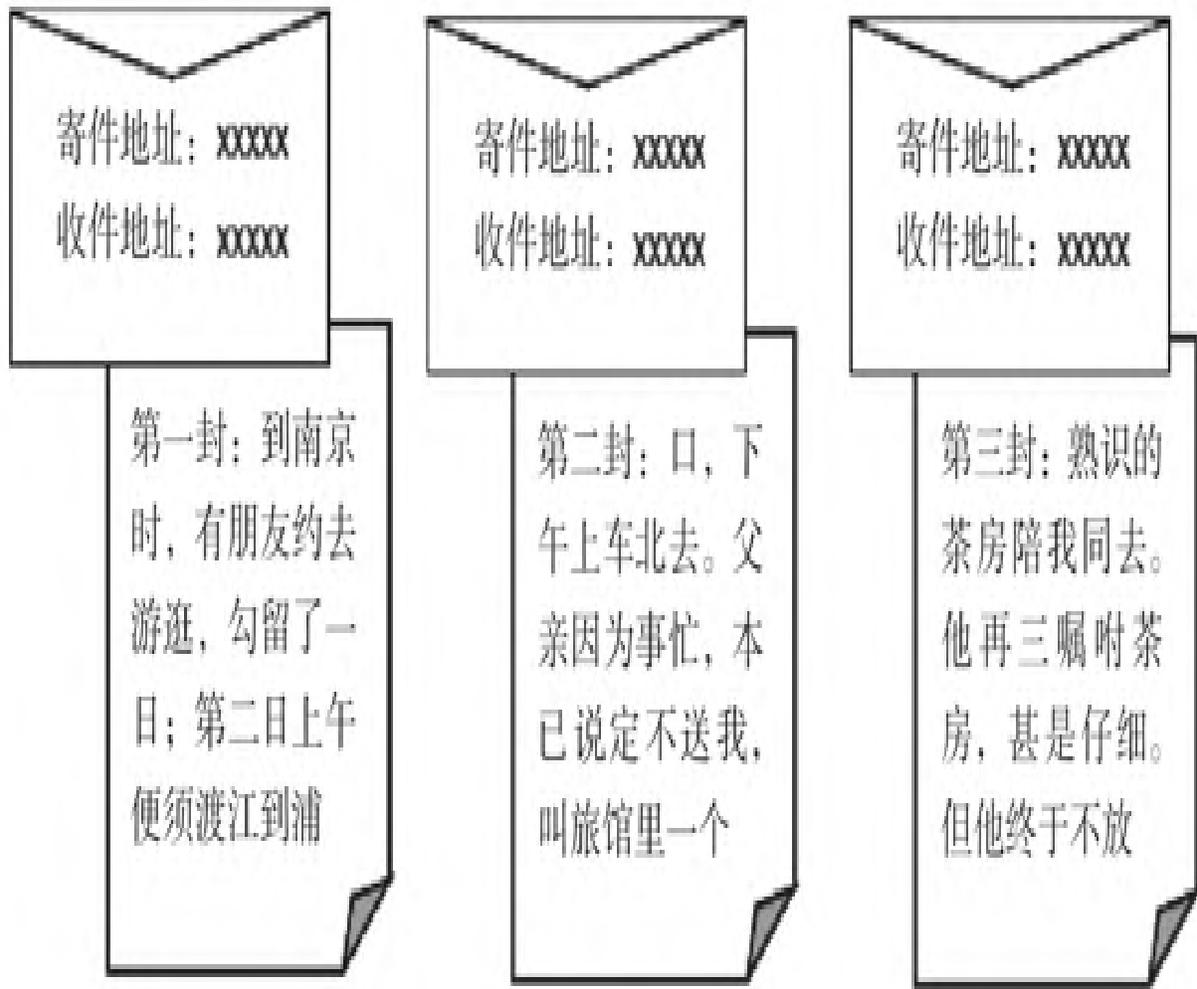


图5-2 一系列信件

TCP会遵循图5-3所示的传输模型，一层层加工数据。其中的网络层相当于邮政系统，它能把信件送出去，但网络层有一些限制，每个包的最大数据量是65535字节，同时它发送的数据有可能丢包。TCP就是在网络层（IP协议）的基础上，增加了数据拆分（把TCP数据拆分成多个IP包）、确认重传、流量控制等机制，让“邮政系统”更加强大。

图5-2中信件正文的“第一封”“第二封”和“第三封”指明了信件的编号，收件人收到信件后回应“收到第一封”“收到第二封”“收到第三封”，寄件人便能够知道哪几封信发送成功、哪几封信需要重新寄出。TCP协议在把用户数据拆分成合适大小的“信件”后，会

给每封信添加20个字节的头部信息，包含了“信件”编号。由于IP协议最大的数据长度是65515字节，TCP头部信息有20个字节，因此一个TCP包的用户数据最多能有65535-20=65515个字节，这样才能把它们装进“信封”里。图5-4展示了两个TCP数据包，每个数据包包含20个字节的头部信息和一定长度的用户数据。



图5-3 四层网络模型



图5-4 两个TCP数据包

### 5.1.3 网络层

邮政系统并不是直达系统，当寄件人想要把信件从广州天河区寄到北京西城区的时候，信件会先从天河区邮局发送到广州市邮局，再由广州市邮局发送到北京市邮局，北京市邮局再发送到西城区邮局，最后再由邮递员投递到指定地址。网络通信同理，数据包会经过层层传送，最终到达目的地（5.3.3节会有进一步介绍），所以网络消息必须附带“寄件人地址”“收件人地址”等数据，方便“各地邮局”投递。IP协议会给TCP数据添加本地地址、目的地地址等信息（如图5-5所示）。



图5-5 两个IP数据包

### 5.1.4 网络接口

在多层处理后，数据通过物理介质（如电缆、光纤）传输到接收方，接收方再依照相反的过程解析，得到用户数据。实际上，IP协议还会被封装成更为底层的链路层协议，以完成数据校验等一些功能。

## 5.2 数据传输流程

TCP是一种面向连接的、可靠的、基于字节流的传输层通信协议，与TCP相对应的UDP协议是无连接的、不可靠的协议，但传输效率比TCP高。那么TCP是通过怎样的机制保障数据传输的可靠性的呢？下面将从连接的建立、数据传输和连接的终止三个方面展开讲解。

## 5.2.1 TCP连接的建立

TCP是面向连接的，无论哪一方向另一方发送数据之前，都必须先在双方之间建立一条连接。以邮政系统比喻，在寄信前，寄信人会先发出送一封特殊信件（SYN），收信人收到后会回应另一封特殊信件（SYN/ACK），收到回信的寄信人知道信件可达，才开始发送真正的信。

在TCP/IP协议中，TCP协议提供可靠的连接服务，连接是通过三次握手进行初始化的。三次握手的目的是同步连接双方的序列号和确认号并交换TCP窗口的大小信息。

考虑下面的情形：军队A和军队B是盟军，若两者同时对军队C发起总攻，必将获胜；若只有一支军队攻打C，会被击败，如图5-6所示。



图5-6 三军对峙

1) 军队A派出通讯员告知军队B今夜子时发起总攻。通讯员有可能在途中被敌人杀死，不一定能够完成任务，所以军队A只有在确认军队B收到消息后才敢发起总攻。派出通讯员后，军队A等待军队B的回音，如果等待太长时间，会派出另一位通讯员，多次尝试失败后才放弃。

这个过程和5.1.1节的寄信回信过程相似，对应图5-6的①→②→③步骤。

2) 军队B收到通讯员的消息，会派出通讯员回应A。然而军队B还是不敢发起总攻，因为如果军队B派出的通讯员不能完成任务，军队A就收不到回音，军队A也就不敢发起总攻。派出通信员后，军队B就等待军队A的回应。同样，如果等待太长时间，会派出另一位通讯员。对应图5-6的②→③→④步骤。

3) 完成图5-6的①→②→③→④的步骤后，双方确信与对方达成了协议，在子时发起总攻。

4) 唯一导致行动失败的情况是，所有负责③→④阶段的通信员都没有能够完成任务，但此时军队A已经确认了军队B的回应，军队A会发起进攻，而军队B没有收到军队A的回应，不敢发起进攻。最终只有军队A单打独斗，行动失败。但由于①→②→③步骤能够走通，说明道路通畅，唯独③→④步骤失败的可能性很小。对于TCP而言，监听方如果重发指定次数后，仍然未收到ACK应答（对应③→④步骤），会关闭这个连接。但连接方认为这个连接已经建立，如果连接方向监听方写数据，监听方将以RST包（用于强制关闭TCP连接）响应，使连接方关闭连接。

图5-7展示了TCP连接的三次握手过程。连接方调用Connect后，Client（连接方）向Server（监听方）发送一个数据包SYN，SYN包含了序列号seq，这是以后传送数据时要使用的。Server收到数据包后由标志位SYN知道Client请求建立连接，Server将SYN/ACK数据包发送给Client以确认连接请求。Client收到SYN/ACK数据包后Connect返回，连接成功。网络不好的情况下，Connect很可能要十多秒才会返回，这是因为底层一直在等待和尝试发送SYN或SYN/ACK包，直到连接建立或者超出重试次数。待到Server收到ACK包，将连接状态设置成ESTABLISHED时，表示成功建立连接。

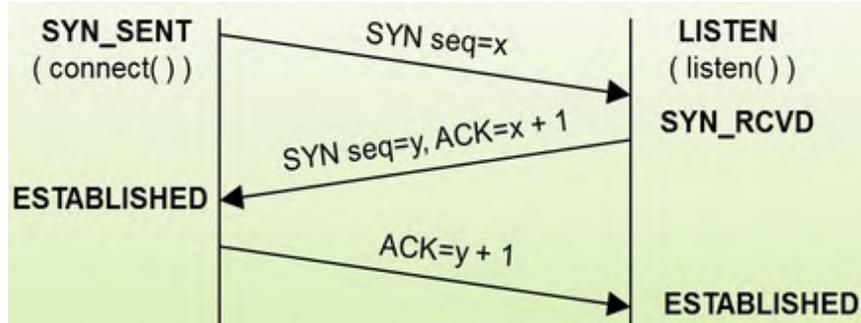


图5-7 TCP连接的建立

### 5.2.2 TCP的数据传输

图5-8展示了TCP数据传输的过程。发送一个数据后，发送方并不能确保数据被对方接收。于是发送方会等待接收方的回应，如果太长时间没有收到回应，发送方会重新发送数据。发送数据时，TCP会考虑对方缓冲区的容量，当对方缓冲区满时，会暂停发送数据，防止对端溢出。TCP还会根据数据返回的时间判断网络是否拥堵，如果网络拥堵就减慢发送的速度，以求“道路畅通”。

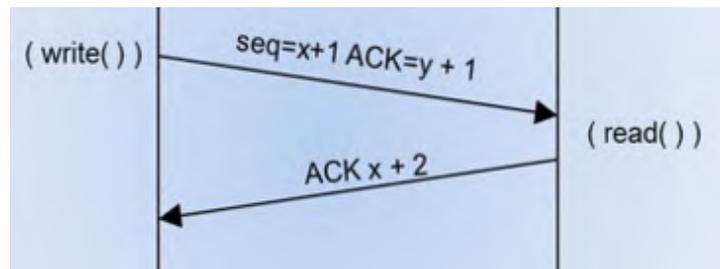


图5-8 TCP的数据传输

### 5.2.3 TCP连接的终止

客户端和服务端通过三次握手建立了TCP连接以后，完成数据传输，便要断开连接。与三次握手相似，TCP通过“四次挥手”确保双端释放socket资源，如图5-9所示。

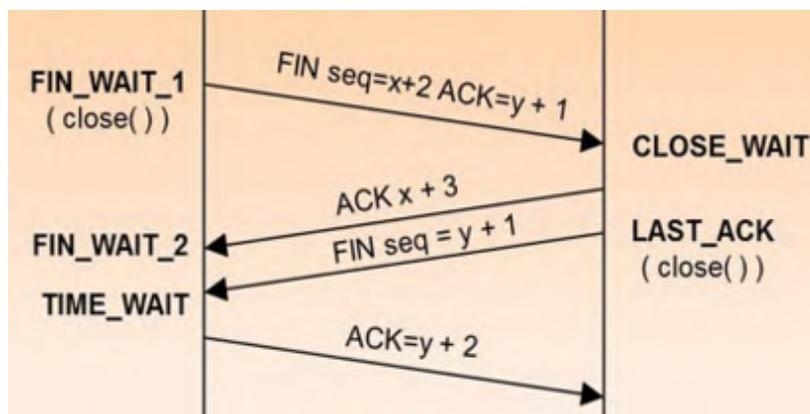


图5-9 TCP连接的终止

第一次挥手：主机1（可以是客户端也可以是服务端）向主机2发送一个终止信号（FIN），此时，主机1进入FIN\_WAIT\_1状态，它不需要发送的数据，等待着主机2的回应。

第二次挥手：主机2收到了主机1发送的终止信号（FIN），向主机1回应一个ACK。收到ACK的主机1进入FIN\_WAIT\_2状态。

第三次挥手：在主机2把所有数据发送完毕后，主机2向主机1发送终止信号（FIN），请求关闭连接。

第四次挥手：主机1收到主机2发送的终止信号（FIN），向主机2回应ACK。然后主机1进入TIME\_WAIT状态（等待一段时间，以便处理主机2的重发数据）。主机2收到主机1的回应后，关闭连接。至此，TCP的四次挥手便完成了，主机1和主机2都关闭了连接。在5.3.5节中，还会继续探讨TCP关闭连接的过程。

## 5.3 常用TCP参数

本节会介绍一些TCP常用的参数，理解这些参数对开发高效的程序很有意义。

### 5.3.1 ReceiveBufferSize

ReceiveBufferSize指定了操作系统读缓冲区的大小，默认值是8192（如图5-10所示）。在第4章的例子中，会有“假设操作系统缓冲区的长度是8”这样的描述，可通过`socket.ReceiveBufferSize=8`实

现。当接收端缓冲区满了的时候，发送端会暂停发送数据，较大的缓冲区可以减少发送端暂停的概率，提高发送效率。

### 5.3.2 SendBufferSize

SendBufferSize指定了操作系统写缓冲区的大小，默认值也是8192。对于那些没有处理好“完整发送数据”的网络模块（见4.5节），可以将SendBufferSize设成较大的值，以避免因发送不完整而带来的各种问题（图5-10）。笔者见过有些还算成功的游戏项目，虽没有处理好数据的接收问题，但将SendBufferSize调大10倍，也能让游戏正常运转。

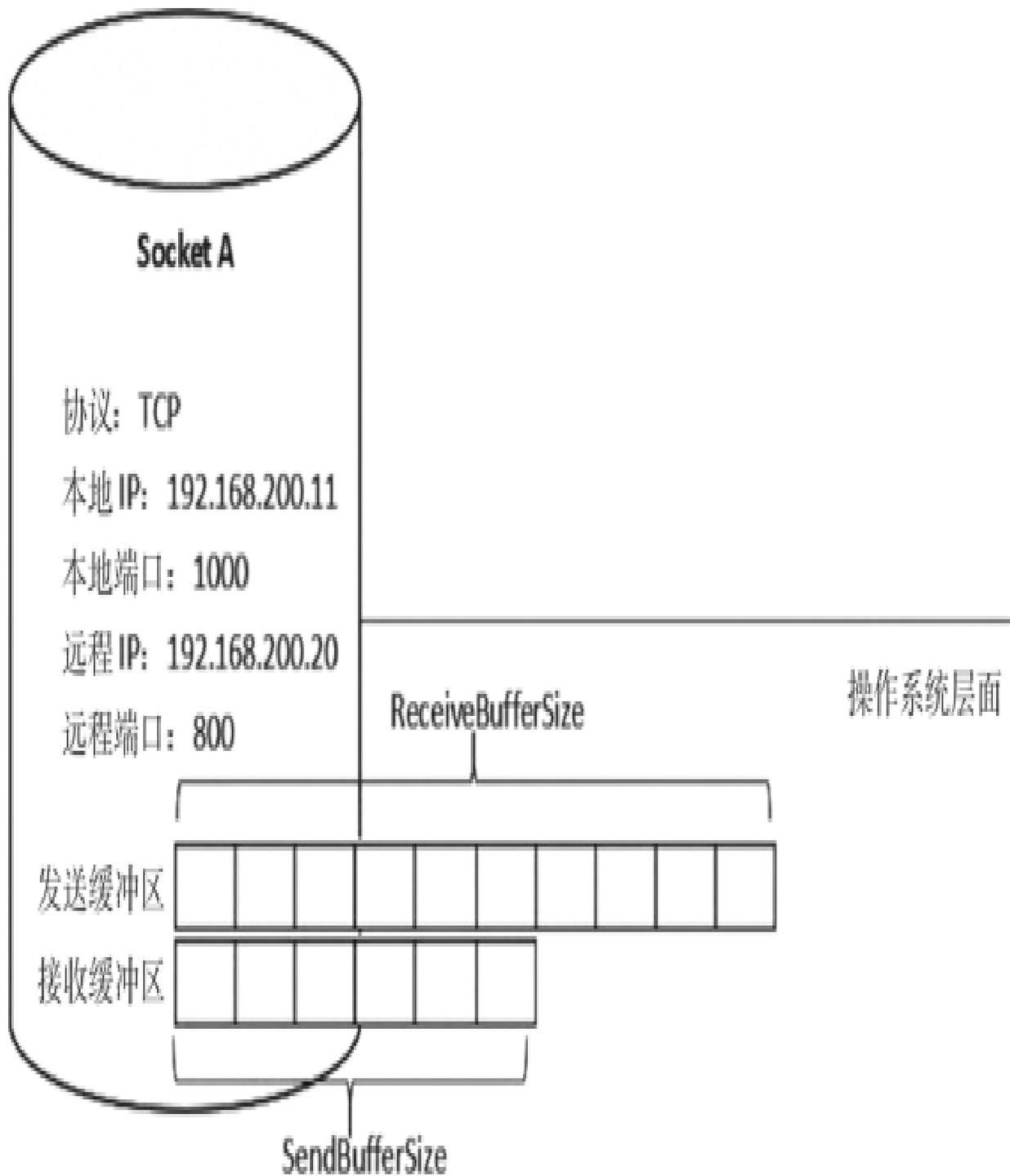


图5-10 BufferSize示意图

### 5.3.3 NoDelay

指定发送数据时是否使用Nagle算法，对于实时性要求高的游戏，该值需要设置成true。Nagle是一种节省网络流量的机制，默认情况

下，TCP会使用Nagle算法去发送数据。

5.1节中讲到TCP/IP协议会给用户数据添加一些头部信息，然后发送出去。假如用户要发送“hello”，操作系统会把该字符串包装成图5-11所示的形式，总数据量是 $20+20+5=45$ 字节。

IP 头部 20 个字节	TCP 头部 20 个字节	用户数据 hello
-----------------	------------------	---------------

图5-11 包装后的字符串“hello”

假如程序频繁发送数据量很小的数据，比如用户一个个地输入字符“h”“e”“l”“l”“o”，包装后的数据会是图5-12所示的样式，总数据量是 $41*5=205$ 字节。比起直接发送“hello”多了160字节的数据。

Nagle算法的机制在于，如果发送端欲多次发送包含少量字节的数据包时，发送端不会立马发送数据，而是积攒到了一定数量后再将其组成一个较大的数据包发送出去。启用Nagle算法后，当用户一个个字符地输入“h”“e”“l”“l”“o”时，操作系统还是会将这些字符组成大的数据包发送出去。

IP 头部 20 个字节	TCP 头部 20 个字节	用户数据 h
IP 头部 20 个字节	TCP 头部 20 个字节	用户数据 e
IP 头部 20 个字节	TCP 头部 20 个字节	用户数据 l
IP 头部 20 个字节	TCP 头部 20 个字节	用户数据 l
IP 头部 20 个字节	TCP 头部 20 个字节	用户数据 o

图5-12 包装后的字符串“h” “e” “l” “l” “o”

启用Nagle算法可以提升网络传输效率，但它要收集到一定长度的数据后才会把它们一块儿发送出去。这样一来，就会降低网络的实时性，大部分实时网络游戏都会关闭Nagle算法，将socket.NoDelay设置成true。

### 5.3.4 TTL

TTL指发送的IP数据包的生存时间值（Time To Live, TTL）。TTL是IP头部的一个值，该值表示一个IP数据报能够经过的最大的路由器跳数。发送数据时，TTL默认为64（TTL的默认值和操作系统有关，Windows Xp默认值为128，Windows7默认值为64，Windows10默认值为65，Linux默认值为255）。

数据在网络上传输，实际上是经过多个路由器转发的。如图5-13所示，发送端往接收端发送一个IP数据报，初始的TTL为64，在经过第一个路由器时，IP头部的TTL减小，变成63；在经过第二个路由器时，变成了62。以此类推，直到TTL等于0，路由器就会丢弃数据。

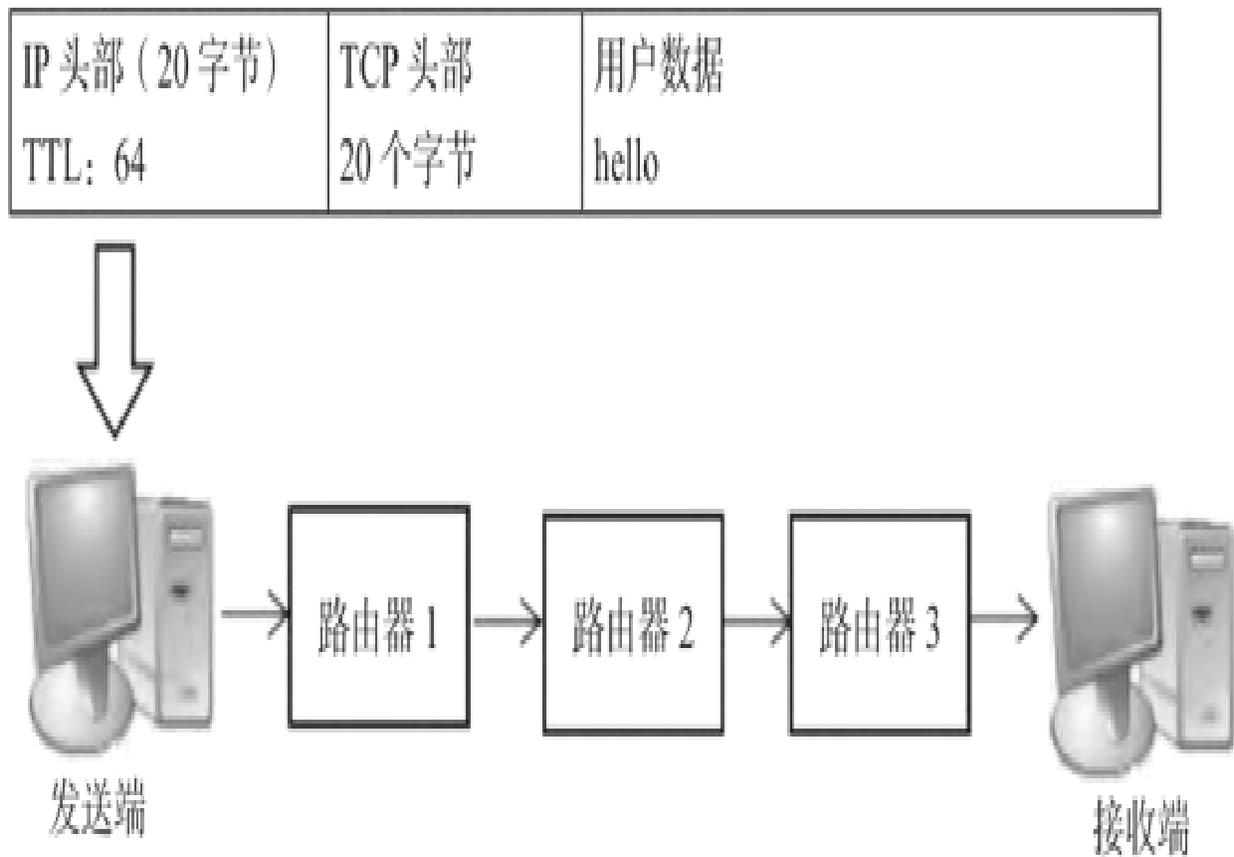


图5-13 数据经由路由器转发

TTL的主要作用是避免IP包在网络中的无限循环和收发。在图5-14中，路由器1和路由器2链路不通，所以路由器1将数据转发给路由器4，路由器4又将数据转发给路由器5，路由器5则将数据转发给路由器

1，形成了循环。IP数据报既不会被接收端接收，还会浪费路由器资源。有了TTL作为计数器，将会把无限循环变成有限次循环。

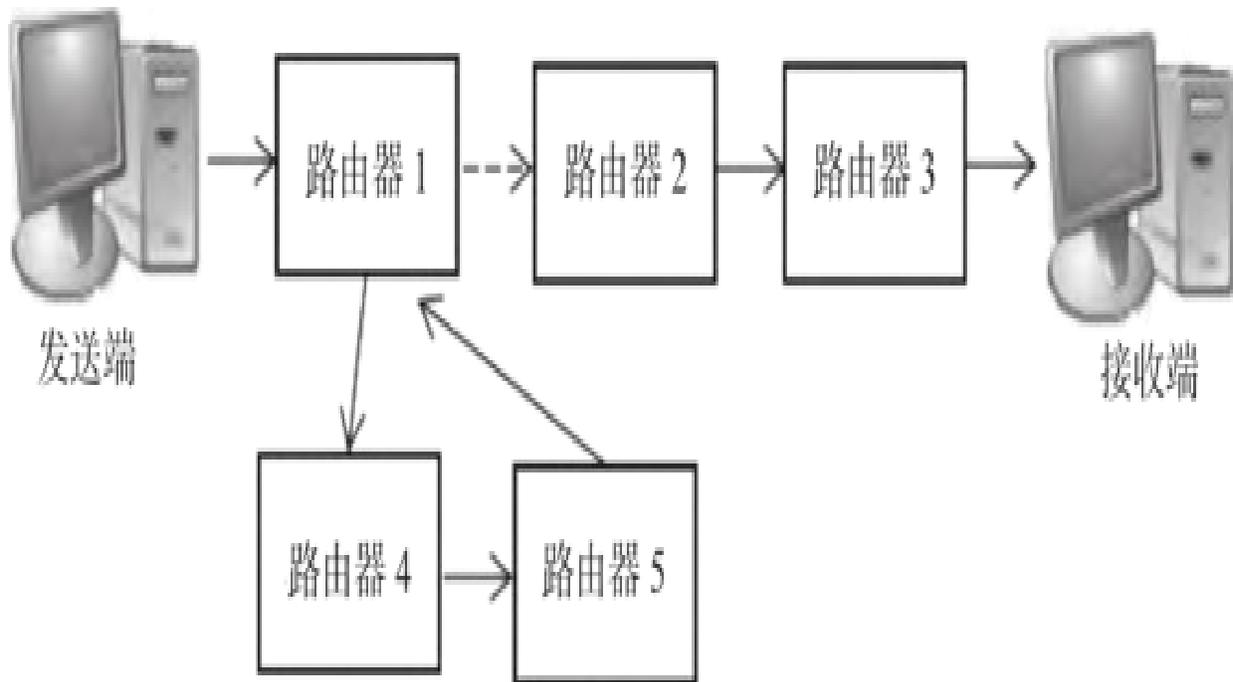


图5-14 数据无限转发的示意图

在网络游戏中，如果某些偏远地区用户时不时无法接收数据，可以尝试增大TTL值（`socket.ttl=xxx`）来解决问题。

### 5.3.5 ReuseAddress

ReuseAddress即端口复用，让同一个端口可被多个socket使用。一般情况下，一个端口只能由一个进程独占，假设服务端程序都绑定了1234端口，若开启两个服务端程序，虽然，第一个开启的程序能够成功绑定端口并监听，但第二个程序会提示“端口已经在使用中”，无法绑定端口。在计算机中，退出程序与释放端口并不同步。在5.2.3节“TCP连接的终止”中，我们知道TCP断开连接会经历4次挥手。4次挥手需要时间，在网络不好的情况下，程序还会多次重试。当服务端程序崩溃，但它持有的Socket不会被立马释放，这时候重启服务器就会遇到“端口已经在使用中”的情形。等到Socket被释放后（这个过程可能要十几分钟时间），服务端才能成功重启。

对于人气爆棚的大型网游，十几分钟的等待时间会造成很大损失，一般要求在程序崩溃（尽管也不应该崩溃，但人算不如天算）后立刻重启，继续提供服务。端口复用最常见的用途是，防止服务器重启时，之前绑定的端口还未释放或者程序突然退出而系统没有释放端口。这种情况下如果设定了端口复用，则新启动的服务器进程可以直接绑定端口。如果没有设定端口复用，绑定会失败，提示端口已经在使用中，只好等十几分钟再重试了。

设置端口复用使用socket的SetSocketOption方法，代码如下所示。

---

```
Socket socket= new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
socket.SetSocketOption(SocketOptionLevel.Socket,
SocketOptionName.ReuseAddress, true);
```

---

尽管端口复用能解决服务端立即重启的问题，但它存在安全隐患。主动关闭方有可能在下次使用时收到上一次连接的数据包，包括关闭连接响应包或者正常通信的数据包，有可能会出现问题。

### 5.3.6 LingerState

LingerState的功能是设置套接字保持连接的时间。要解释这个功能，需要再次回顾5.2.3节中连接终止的流程。在图5-15中，客户端调用Close()关闭Socket连接（客户端或服务端关闭连接都是同样的流程，服务端主动关闭连接同理），这时，客户端会给服务端发送FIN信号（①），然后进入等待。当服务端收到FIN信号时，会返回一个长度为0的数据，然后向客户端回应信息（②）。这也是为什么关闭连接时，对端Receive会收到0个数据。如果服务端不做处理，客户端将会持续等待。

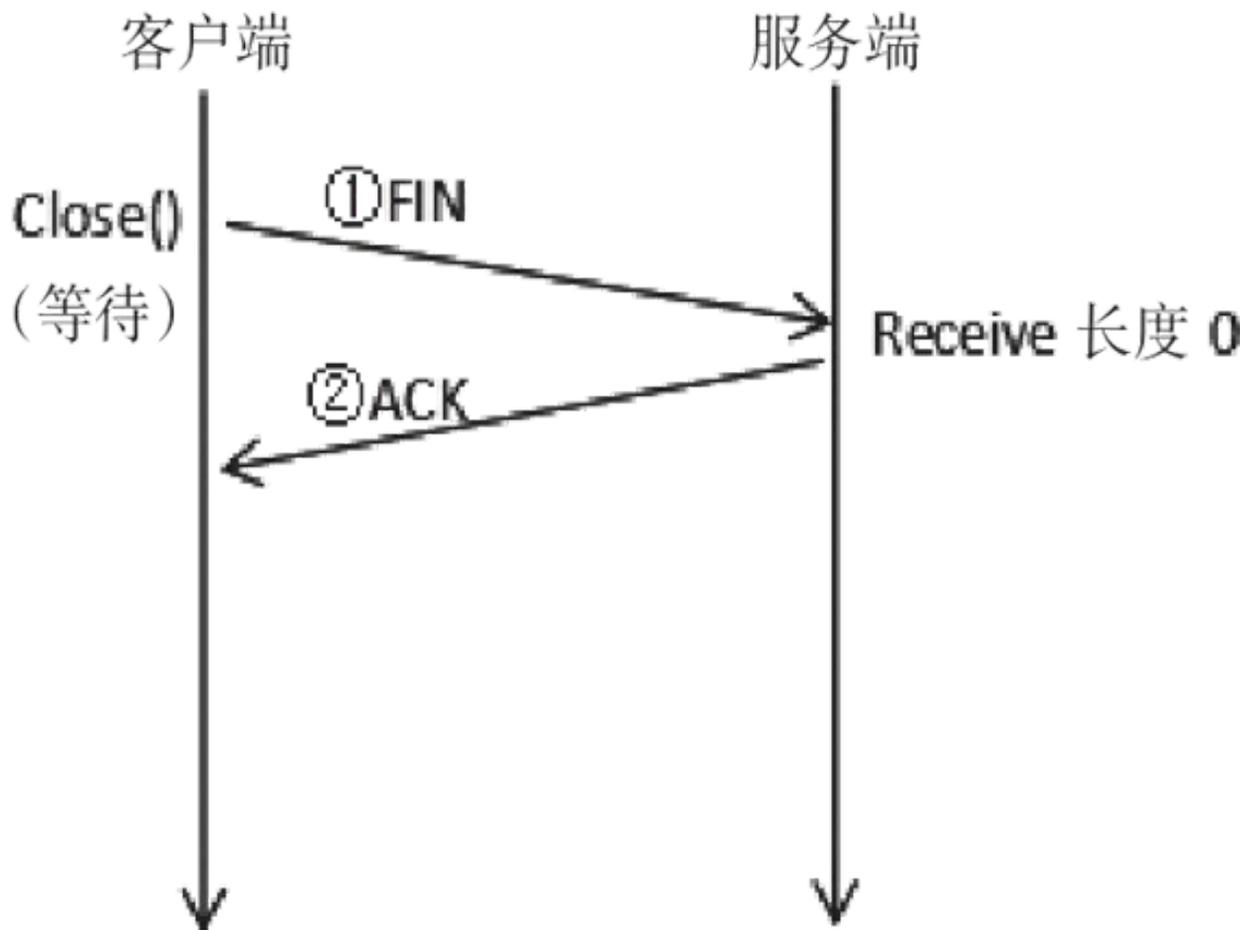


图5-15 客户端关闭连接

服务端中，会使用下面的代码处理客户端主动关闭连接，即在收到长度为0的消息后，调用`clientfd.Close()`关闭连接。

---

```
public static void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    .....
    int count = clientfd.EndReceive(ar);
    //客户端关闭
    if(count == 0){
        clientfd.Close();
        .....
        return;
    }
    .....
}
```

---

图5-16展示了上述代码的工作流程，服务端在调用Close后，它向客户端发送FIN信号（③），然后等待客户端回应。当服务端收到客户端的回应信息时，它会释放socket资源，真正完成关闭连接的流程。对客户端来说，它在收到服务端的FIN（③）信号后，会进入一个称为TIME\_WAIT的状态，等待一段时间后（Windows下默认为4分钟），才会释放socket资源，真正完成关闭连接的流程。TIME\_WAIT状态的意义在于，如果网络状况不好，服务端迟迟没有收到客户端回应的信号（④），那它会重发FIN信号（③），客户端socket需要维持一段时间，以回应重发的信号，确保对方有很大概率能够收到回应信号（④）。

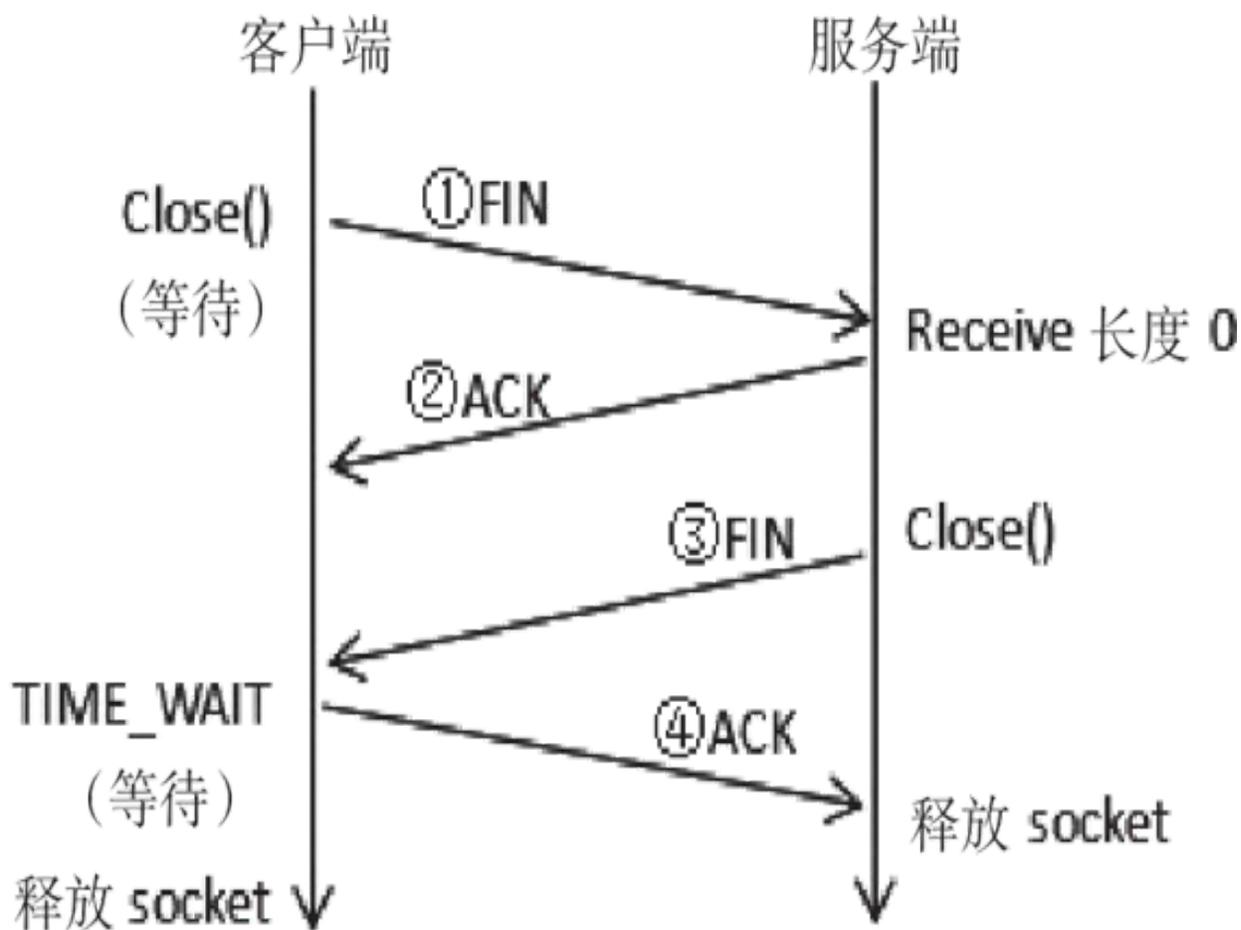


图5-16 服务端调用Close

这种机制可以让服务端在关闭连接前处理尚未完成的事情，例如，假设收到客户端FIN信号时，服务端socket处于图5-17所示的状态，即发送缓冲区还有尚未发送的数据，那么直接调用Close关闭连接，缓冲区中的数据将被丢弃。这种关闭方式很暴力，因为对端可能

还需要这些数据。在服务端收到关闭信号后，有没有办法先把发送缓冲区中的数据发完，再关闭连接呢？LingerState就是为了解决这个问题而诞生的。

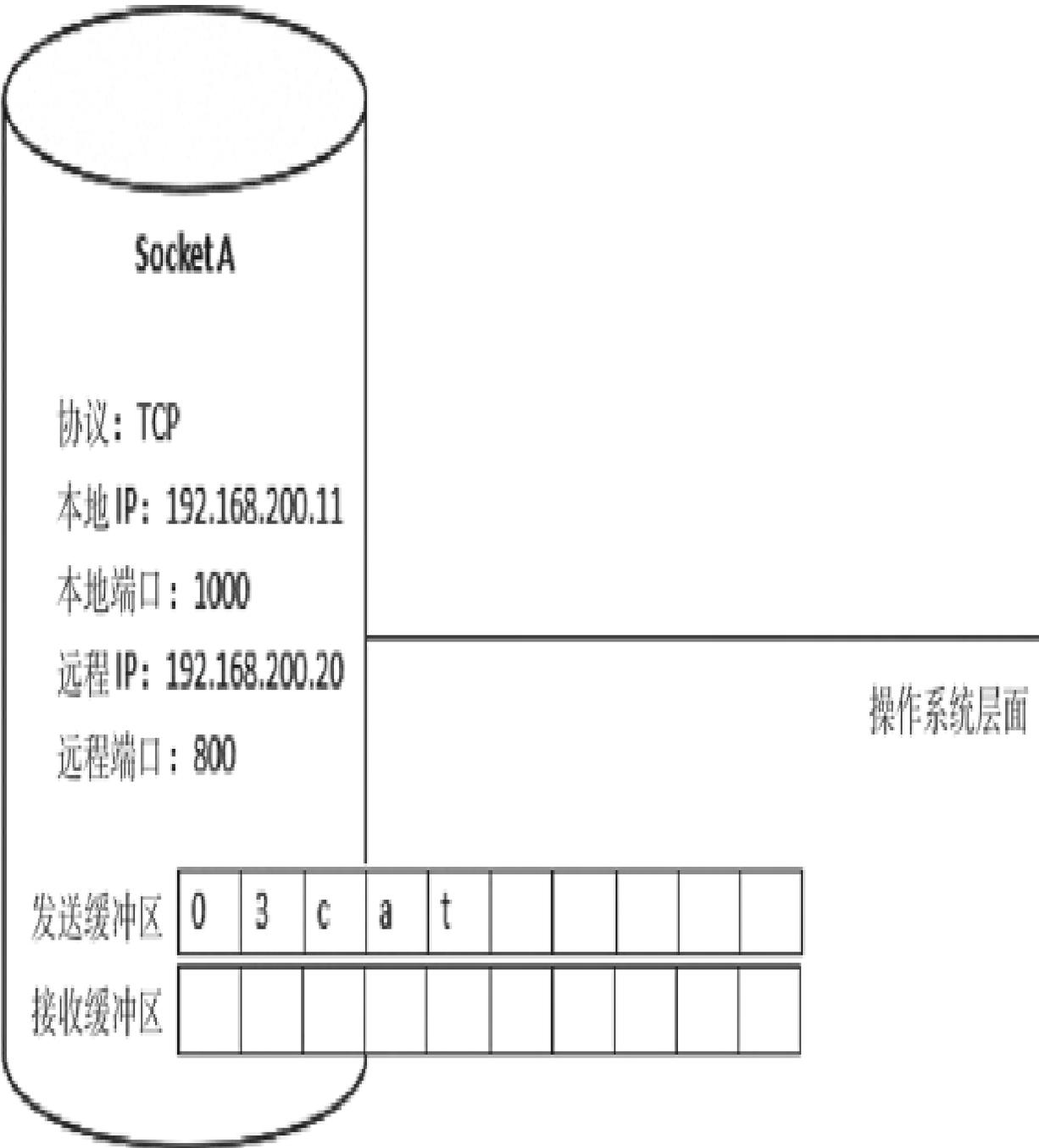


图5-17 关闭连接时，服务端发送缓冲区还有数据

设置socket的LingerState，代码如下所示。

---

```
socket.LingerState = new LingerOption (true, 10);
```

---

其中的LingerOption带有两个参数。第一个参数是LingerState.Enabled，代表是否启用LingerState，只有设置为true才能生效。第二个参数是LingerState.LingerTime，指定超时时间。如果超时时间大于0（比如10秒），操作系统会尝试发送缓冲区中的数据，但如果网络状况不好，超过10秒还没有发完，它还是会强制关闭连接。如果LingerState.LingerTime设置为0，系统会一直等到数据发完才关闭连接，无论等待多长时间。开启LingerOption能够在一定程度上保证发送数据的完整性。整个过程如图5-18所示。

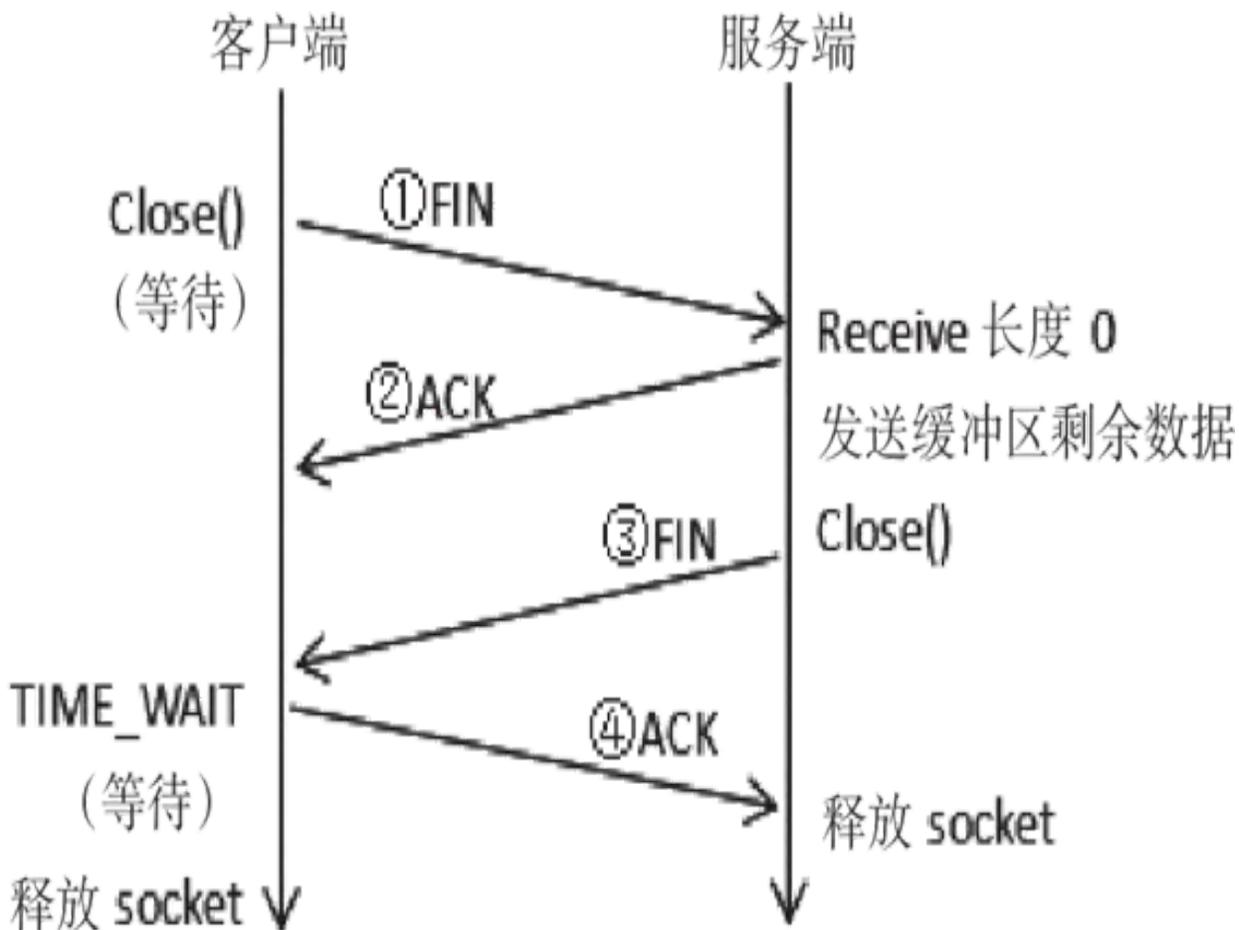


图5-18 服务端发送完缓冲区剩余数据，再关闭连接

从图5-18还能看出另一个问题，断开连接的一方会进入TIME\_WAIT状态，服务端断开连接的情况也同理（如图5-19所示）。一般情况下，当服务端判断客户端发来的数据包不合法时，它会主动断开与客户端的连接。比如在第3章大乱斗游戏中，玩家的旋转角度值取值范围是0~360°，如果客户端发送一个不在此范围内的数据，很有可能是数据错乱或者客户端作弊，服务端会调用Close断开连接。

服务端进入TIME\_WAIT状态后，会等待一段时间再释放资源（Windows下默认为4分钟）。对于高并发的服务端，过多的TIME\_WAIT会占用系统资源，不是一件好事。有时候需要减小服务器的TIME\_WAIT值，以求快速释放资源。

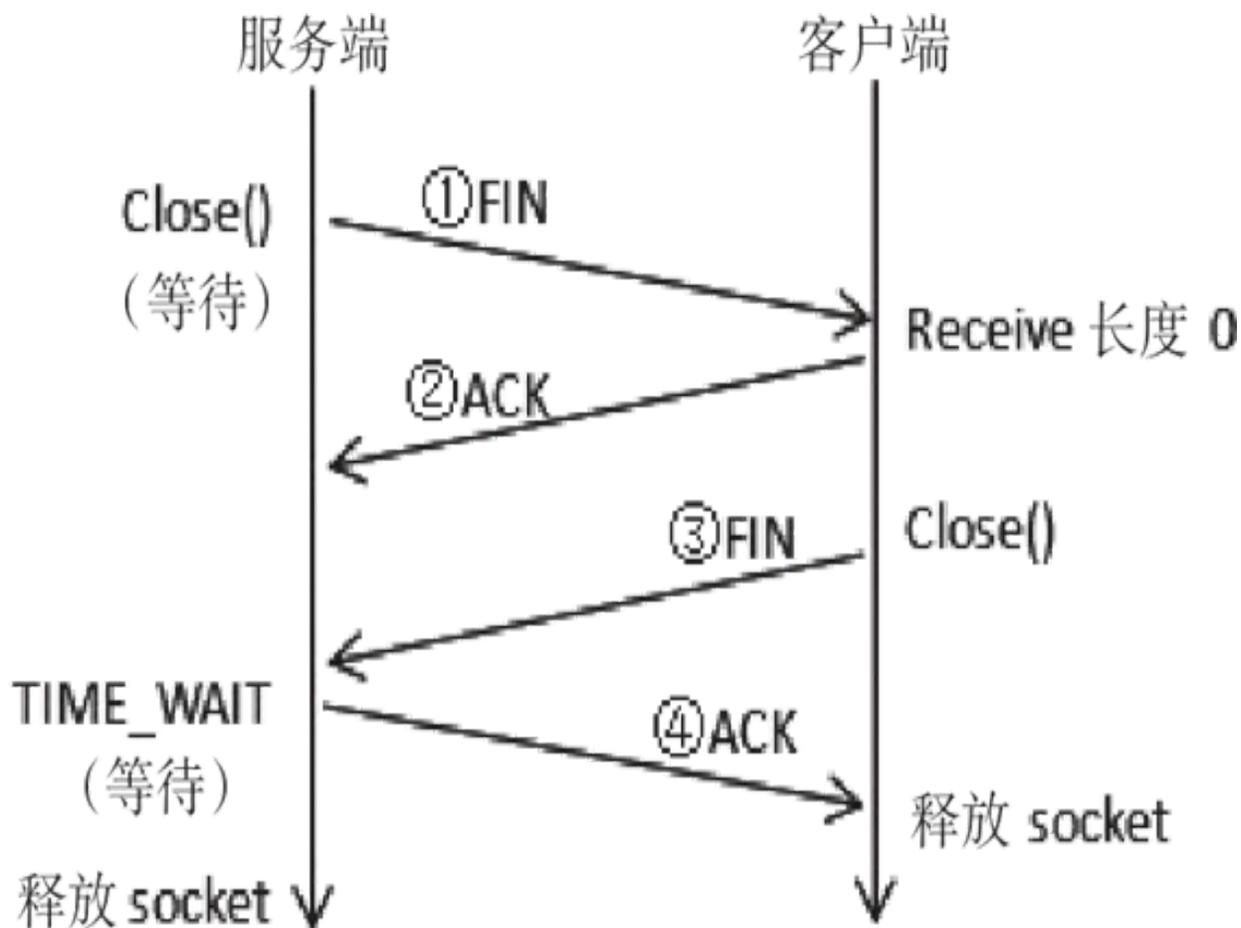


图5-19 服务端断开连接

## 5.4 Close的恰当时机

LingerState选项可以让程序在关闭连接前发完系统缓冲区中的数据，然而，这并不代表能将所有数据发出去。回顾第4章的“完整发送数据”一节，使用的是写入队列writeQueue保存要发送的数据，再逐一发送。本节会在4.5节的基础上完善代码，使连接关闭时，依然能够完整地发送数据。

在图5-20中，socket的发送缓冲区已经有5个字节的数据“03cat”，写入队列writeQueue中也有2条数据，分别是“05hello”和“04good”。在此状态下，假如调用Close关闭连接，就算开启LingerState选项，“05hello”和“04good”这两条数据也会丢失，达不到完整发送数据的目的。

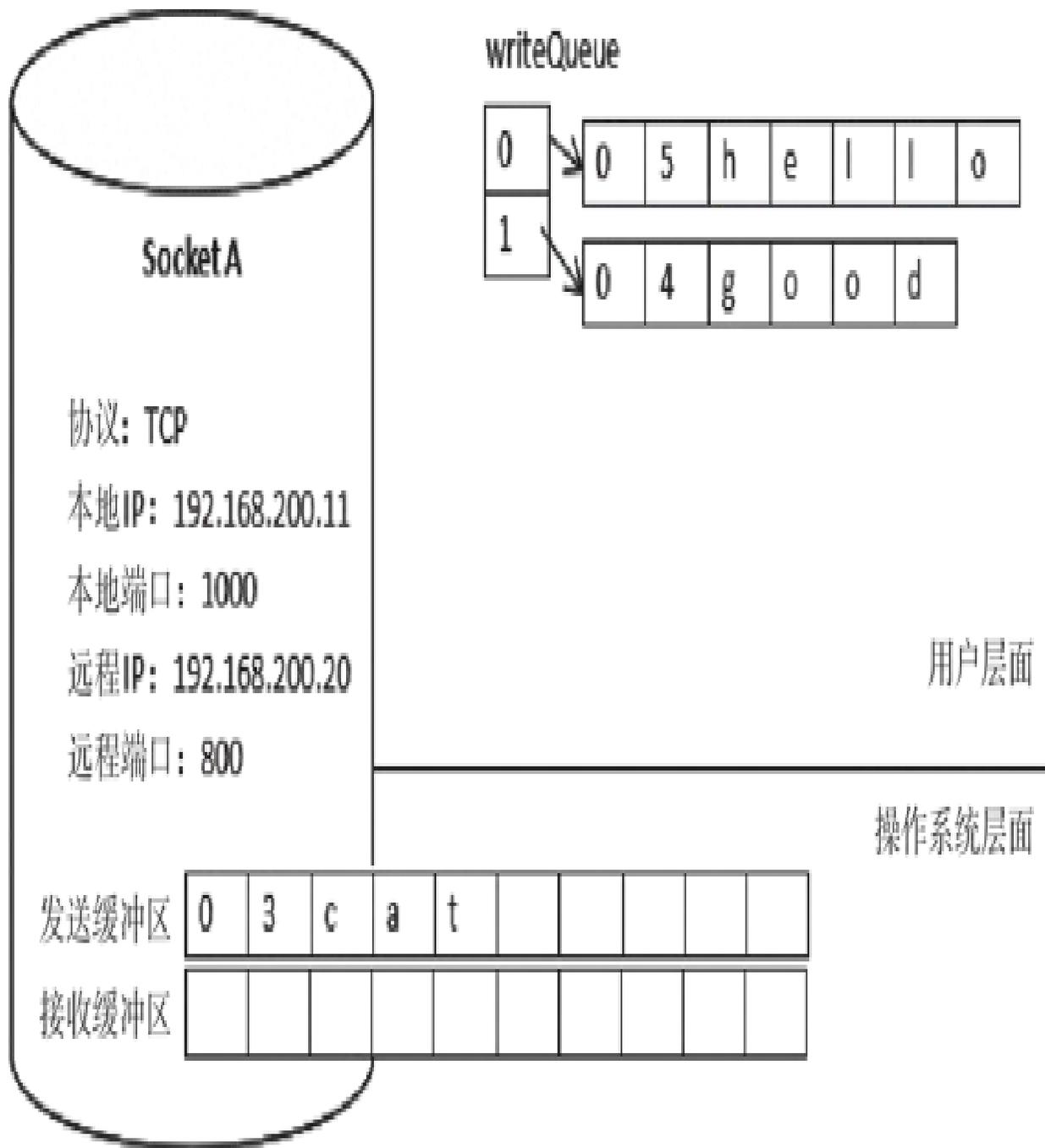


图5-20 writeQueue存在数据的情况

对于主动关闭的一方（假设调用下述Close方法关闭连接），应判断当前是否还有正在发送的数据。如有，只将标志位isClosing设置为true，等数据发送完再关闭连接；如果没有正在发送数据，直接调用socket.Close()关闭连接。代码如下：

```
bool isClosing = false;

//关闭连接
public void Close(){
    //还有数据在发送
    if(writeQueue.Count > 0){
        isClosing = true;
    }
    //没有数据在发送
    else{
        socket.Close();
    }
}
```

---

由于设置了isClosing标志位，在关闭连接的过程中，程序只负责将已有的数据发送完，不会发送新的数据。可以在Send方法中添加判断，假如程序处于Closing状态，不能发送信息。代码如下：

---

```
//点击发送按钮
public void Send()
{
    if(isClosing){
        return;
    }
    //拼接字节，省略组装sendBytes的代码
    byte[] sendBytes = 要发送的数据;
    ByteArray ba = new ByteArray(sendBytes);
    writeQueue.Enqueue(ba);
    //send
    if(writeQueue.Count == 1){
        socket.BeginSend(ba.bytes, ba.readIdx, ba.length,
            0, SendCallback, socket);
    }
}
```

---

在BeginSend回调函数中，还需要判断程序是否处于isClosing状态，如果程序发送完写入队列的所有数据，而且处于isClosing状态，应调用socket.Close关闭连接。代码如下：

---

```

public void SendCallback(IAsyncResult ar){
    //获取state、EndSend的处理
    Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
    int count = socket.EndSend(ar);
    //判断是否发送完整
    ByteArray ba = writeQueue.First();
    ba.readIdx+=count;
    if(count == ba.length){    //发送完整
        writeQueue.Dequeue();
        ba = writeQueue.First();
    }
    if(ba != null){            //发送不完整, 或发送完整且存在第二条数据
        socket.BeginSend(ba.bytes, ba.readIdx, ba.length,
            0, SendCallback, socket);
    }
    else if(isClosing) {
        socket.Close();
    }
}
}

```

---

如此，才能保证完整地发送数据。

## 5.5 异常处理

大部分的Socket API会在某些时刻抛出异常，以EndReceive为例，一般会把它放到try-catch结构里面，以便捕获异常，代码如下。

---

```

//Receive回调
public void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        //获取接收数据长度
        int count = socket.EndReceive(ar);
        readBuff.writeIdx+=count;
        //处理二进制消息
        .....
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}
}

```

---

EndReceive可能引发的异常如表5-1所示。

表5-1 EndReceive的异常

异常	发生条件
ArgumentNullException	AsyncResult 为 null
ArgumentException	AsyncResult 通过调用未返回 BeginReceive 方法
InvalidOperationException	EndReceive 之前已调用为异步读取
SocketException	尝试访问套接字时出错
ObjectDisposedException	Socket 已关闭

ReceiveCallback返回时，如果Socket被关闭，会引发ObjectDisposedException异常。如果编写如下多次调用EndReceive的程序，在第二次调用EndReceive时，会引发“InvalidOperationException”异常。

---

```
//Receive回调
public void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        //获取接收数据长度
        int count = socket.EndReceive(ar);
        int count2 = socket.EndReceive(ar);
        .....
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}
```

---

对于大部分的Socket API，需要将他们放到try-catch结构里面。

## 5.6 心跳机制

断开连接时，主动方会给对端发送FIN信号，开启4次挥手流程。但在某些情况下，比如拿着手机进入没有信号的山区，更极端的，比如有人拿剪刀把网线剪断。虽然断开了连接，但主动方无法给对端发送FIN信号（网线剪断了还能干什么？），对端会认为连接有效，一直占用系统资源。

TCP有一个连接检测机制，就是如果在指定的时间内没有数据传送，会给对端发送一个信号（通过SetSocketOption的KeepAlive选项开启）。对端如果收到这个信号，回送一个TCP的信号，确认已经收到，这样就知道此连接通畅。如果一段时间没有收到对方的响应，会进行重试，重试几次后，会认为网络不通，关闭socket。

---

```
Socket.SetSocketOption(SocketOptionLevel.Socket,  
SocketOptionName.KeepAlive, true)
```

---

游戏开发中，TCP默认的KeepAlive机制很“鸡肋”，因为上述的“一段时间”太长，默认为2小时。一般会自行实现心跳机制。心跳机制是指客户端定时（比如每隔1分钟）向服务端发送PING消息，服务端收到后回应PONG消息。服务端会记录客户端最后一次发送PING消息的时间，如果很久没有收到（比如3分钟），就假定连接不通，服务端会关闭连接，释放系统资源。后续章节“客户端网络模块”和“服务端框架”会有心跳机制的具体实现。

心跳机制也有缺点，比如在短暂的故障期间，它们可能引起一个良好连接被释放；PING和PONG消息占用了不必要的宽带；在流量如黄金的移动网络中，会让玩家花费更多的流量费。

至此，相信读者对网络编程有了较好的理解。尽管本书不能全面介绍网络编程，还有不少遗漏，但也覆盖了网络游戏开发所用到的大部分知识。接下来搭建框架，然后制作游戏吧！

## 第6章

# 通用客户端网络模块

本书的第二部分“搭框架”旨在与读者一起搭建一套商业级的客户端网络模块，和一套可用于小型游戏的服务端框架。无论是完成第三部分“做游戏”的示例，还是开发其他游戏，都可以使用这一部分的代码。一次搭建，长期使用。

回顾本书第3章的大乱斗游戏，初步编写了网络管理器NetManager，还介绍了基于NetManager开发一款网络游戏的方法。本章会结合第4章和第5章的内容，完善第3章的网络模块，解决粘包分包、完整发送数据、心跳机制、事件分发等功能。

## 6.1 网络模块设计

### 6.1.1 对外接口

网络模块的核心是静态类NetManager，它对外提供了Connect、AddListener、Send等多个方法，与第3章介绍的NetManager相似，它提供如下方法。

- NetManager.Connect("127.0.0.1", 8888) 连接服务端。
- NetManager.Close() 关闭连接。
- NetManager.Send(msgMove) 发送消息，其中的参数msgMove为协议对象，NetManager会自动把它转换成二进制数据。

- `NetManager.Update()` 需外部调用，用于驱动`NetManager`。
- `NetManager.AddMsgListener("MsgMove", OnMsgMove)`；添加消息事件，对应第3章的`AddListener`方法。如果收到`MsgMove`协议，便调用`OnMsgMove`方法。
- `NetManager.AddEventListener(NetManager.NetEvent.ConnectSucc, OnConnectSucc)`；监听网络事件，该语句表示当连接成功时调用`OnConnectSucc`方法，一共会有3种监听事件，如表6-1所示。这个方法第3章中没有的。

表6-1 监听事件

事件	说明
<code>NetManager.NetEvent.ConnectSucc</code>	连接成功
<code>NetManager.NetEvent.ConnectFail</code>	连接失败
<code>NetManager.NetEvent.Close</code>	连接关闭

设想有这样的需求（如图6-1所示），进入游戏会弹出选服界面，玩家选择一个服务器（如华南区）后点击登录，这时界面会提示“登录中”等待服务器回应，最后进入游戏。使用监听事件便可以实现上述功能（6.3节会详细介绍）。

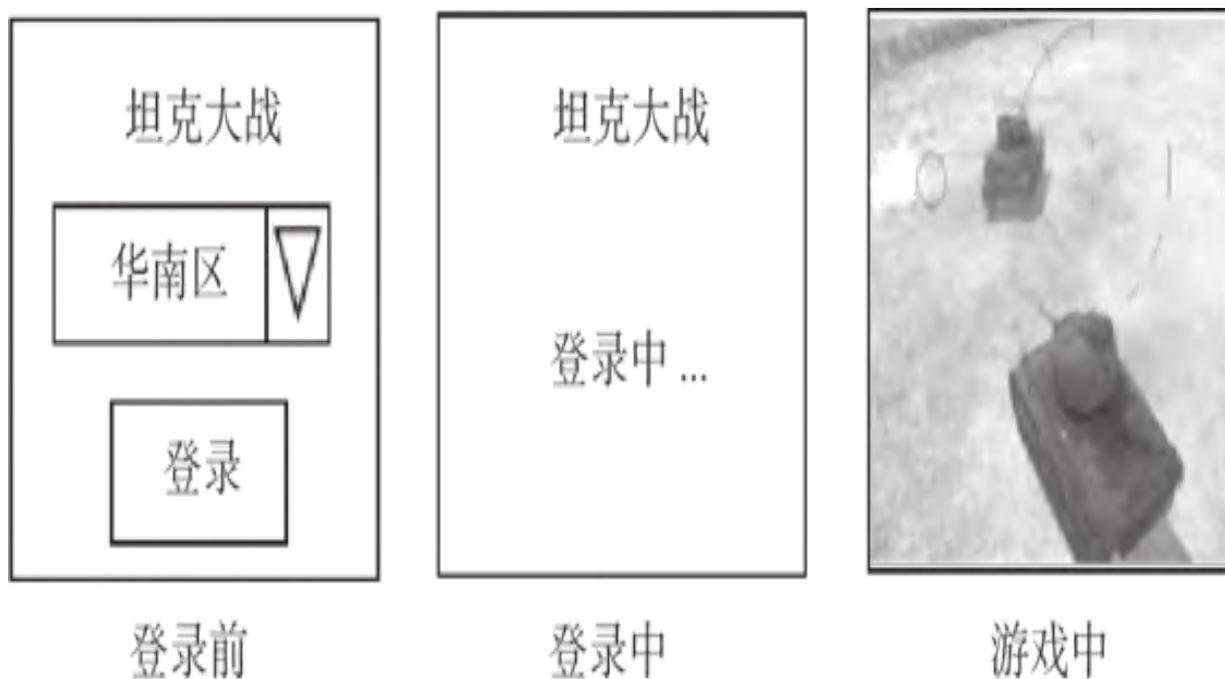


图6-1 游戏登录过程示意图

### 6.1.2 内部设计

NetManager基于异步Socket实现。异步socket回调函数把收到的消息按顺序存入消息队列msgList中，如图6-2所示，Update方法依次读取消息，再根据监听表和协议名，调用相应的处理方法。



图6-2 NetManager的消息处理

网络模块分为两个部分，如图6-3所示。第一部分是框架部分 framework。framework包含网络管理器NetManager、为提高运行效率使用的ByteArray缓冲区（第4章中已实现）、以及协议基类 MsgBase（6.5节会详细介绍）。第二部分是协议类（对应图6-3的 proto部分）。它定义了客户端和服务端通信的数据格式，例如第3章中出现的移动协议MsgMove、攻击协议MsgAttack会定义在BattleMsg中。

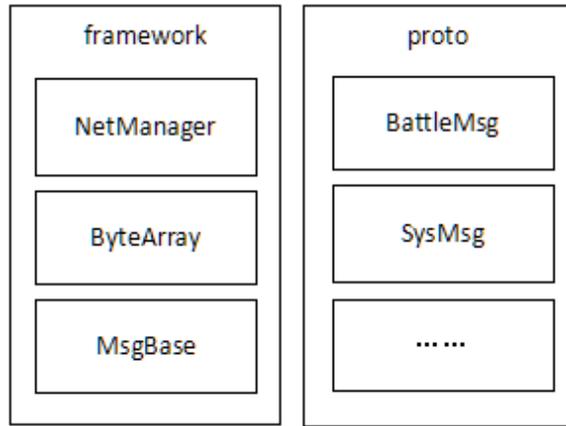


图6-3 网络模块类设计

开始编写网络模块吧！在Unity中添加文件夹Script/framework，将第4章编写的ByteArray复制进来，再新建文件NetManager，如图6-4所示。

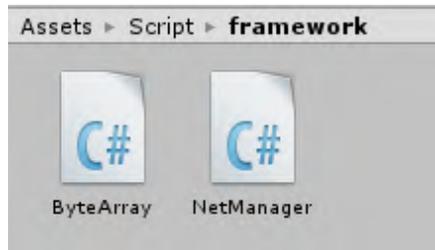


图6-4 建立framework文件夹，并添加文件

然后编写如下的NetManager类代码：

---

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System.Net.Sockets;
using System;
using System.Linq;

public static class NetManager {
    //定义套接字
    static Socket socket;
    //接收缓冲区
    static ByteArray readBuff;
  
```

```
//写入队列
static Queue<ByteArray> writeQueue;
}
```

---

基本的NetManager包含一个Socket对象、接收缓冲区readBuff和写入队列writeQueue。

## 6.2 网络事件

本节将会实现网络管理器的事件分发功能。

### 6.2.1 事件类型

按照6.1节的设计方案，网络管理器会提供“连接成功”“连接失败”和“断开连接”三种事件的回调。在NetManager中定义这三种事件，分别是ConnectSucc、ConnectFail和Close。网络事件的实现和第3章监听网络消息的实现很类似，只不过在第3章中，程序是根据协议名区分监听方法的，而这里根据NetEvent来区分监听方法。

```
//事件
public enum NetEvent
{
    ConnectSucc = 1,
    ConnectFail = 2,
    Close = 3,
}
```

---

### 6.2.2 监听列表

定义委托类型EventListener，它对应带有一个string参数的方法。然后添加事件列表eventListeners，它是一个字典结构，会记录每种网络事件对应的回调方法（如图6-5所示）。每一种事件类型可以对应多个回调方法，当事件发生时，依次调用。

```
//事件委托类型
public delegate void EventListener(String err);
```

```
//事件监听列表
private static Dictionary<NetEvent, EventListener>
eventListeners=newDictionary<NetEvent,EventListener>();
```

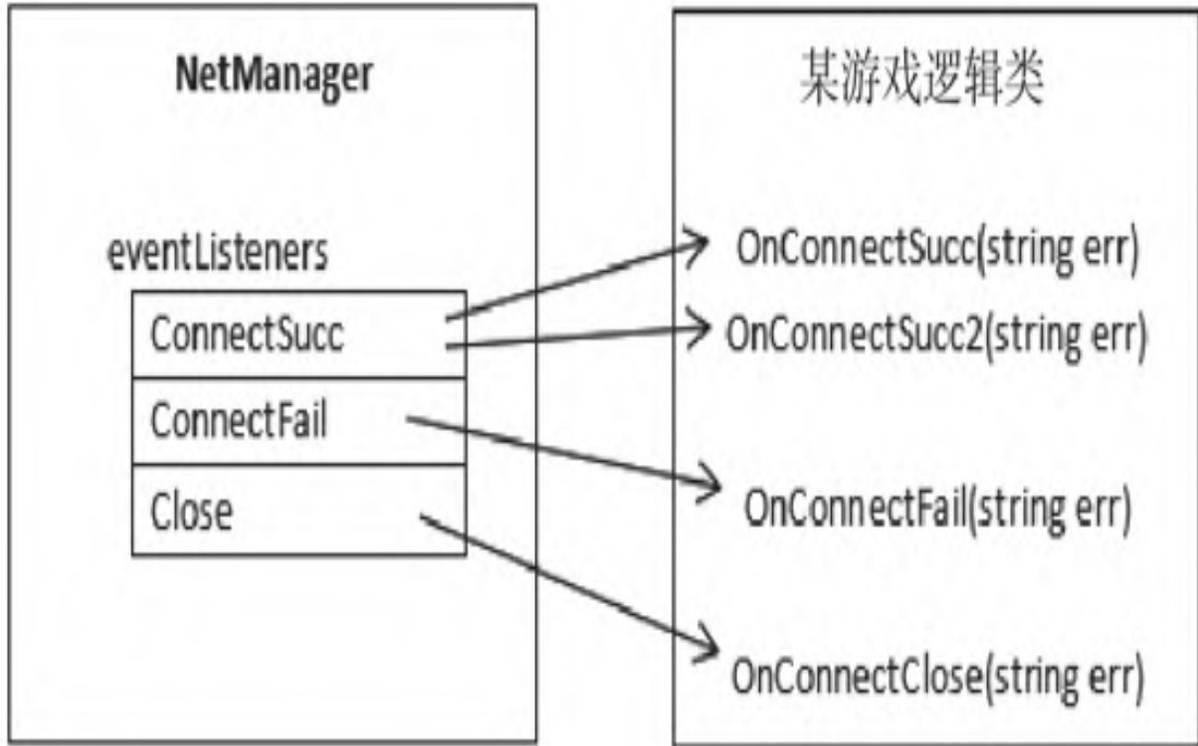


图6-5 监听列表示意图

为了给监听列表添加和删除事件，给NetManager添加AddEventListener和RemoveEventListener方法。在AddEventListener中，会先判断给定事件是否已经存在，如果是新增的事件，使用“eventListeners[netEvent]=listener”添加该事件的第一个监听函数；如果已有监听事件，使用“+=”添加事件，使同一个事件可以有多个监听函数。删除事件的方法RemoveEventListener中，会有个“if(eventListeners[netEvent]==null)”的判断，如果事件为空，则从eventListeners移除事件。如果不使用Remove移除事件，尽管对象的值为null，eventListeners.ContainsKey还是会返回true。代码如下：

```

//添加事件监听
public static void AddEventListener (NetEvent netEvent,
                                     EventListener
listener) {
    //添加事件
    if (eventListeners.ContainsKey(netEvent)) {
        eventListeners[netEvent] += listener;
    }
    //新增事件
    else {
        eventListeners[netEvent] = listener;
    }
}
//删除事件监听
public static void RemoveEventListener (NetEvent netEvent,
                                         EventListener
listener) {
    if (eventListeners.ContainsKey(netEvent)) {
        eventListeners[netEvent] -= listener;
        //删除
        if (eventListeners[netEvent] == null) {
            eventListeners.Remove(netEvent);
        }
    }
}
}

```

---

### 6.2.3 分发事件

给NetManager添加分发事件的方法FireEvent。指定事件类型netEvent，以及要传给回调方法的字符串err，然后判断该事件是否有监听方法，如有，就调用它们。代码如下：

```

//分发事件
private static void FireEvent (NetEvent netEvent, String err) {
    if (eventListeners.ContainsKey(netEvent)) {
        eventListeners[netEvent] (err);
    }
}
}

```

---

6.3节将会演示网络事件的调用方法。

## 6.3 连接服务端

本节将会实现网络管理器连接服务端的功能。

### 6.3.1 Connect

编写NetManager中连接服务端的Connect方法，它接收两个参数，分别代表服务端的IP地址和端口。Connect方法的核心是调用BeginConnect发起连接，它还会将Socket参数NoDelay设置为true，表明不使用Nagle算法。

商业级程序和Demo级程序的一大区别在于，商业级的程序会处理各种意外情况。待客户端程序连接服务端后，再次连接服务端会发生什么？当客户端发起连接而回调函数尚未返回时，再次连接是否会发生异常？这些都需要考虑。程序定义了isConnecting成员，它代表当前是否处于正在连接的状态，即调用BeginConnect但回调函数尚未返回的阶段。Connect会做出各种状态判断：当连接成功时，它会阻止再次连接；若Socket处于“连接中”，则不能再次发起连接。代码如下：

---

```
//是否正在连接
static bool isConnecting = false;

//连接
public static void Connect(string ip, int port)
{
    //状态判断
    if(socket!=null && socket.Connected){
        Debug.Log("Connect fail, already connected!");
        return;
    }
    if(isConnecting){
        Debug.Log("Connect fail, isConnecting");
        return;
    }
    //初始化成员
    InitState();
    //参数设置
    socket.NoDelay = true;
    //Connect
```

```
isConnecting = true;
socket.BeginConnect(ip, port, ConnectCallback, socket);
}
```

---

上述代码调用了InitState，它的功能是重置缓冲区等成员变量。设想这样一种情况：客户端连接服务端后开始接收数据，一段时间后断开，断开时读缓冲区readBuff可能还有未处理的数据。客户端再次调用Connect重新连接后，readBuff还有之前未处理的数据，这显然不符合要求。因此，在每次连接前，需要重置缓冲区。代码如下：

---

```
//初始化状态
private static void InitState(){
    //Socket
    socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
        SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
    //接收缓冲区
    readBuff = new ByteArray();
    //写入队列
    writeQueue = new Queue<ByteArray>();
    //是否正在连接
    isConnecting = false;
}
```

---

### 6.3.2 ConnectCallback

Connect的回调函数需要处理3个事项。

1) 将可能抛出异常的代码放置在try-catch结构中，用于捕获异常。

2) 连接成功时，调用FireEvent(NetEvent.ConnectSucc, "")分发连接成功事件，连接失败时，调用FireEvent(NetEvent.ConnectFail, ex.ToString())分发连接失败事件。

3) 将标识“连接中”的变量isConnecting设置为false。isConnecting的状态切换过程如图6-6所示。

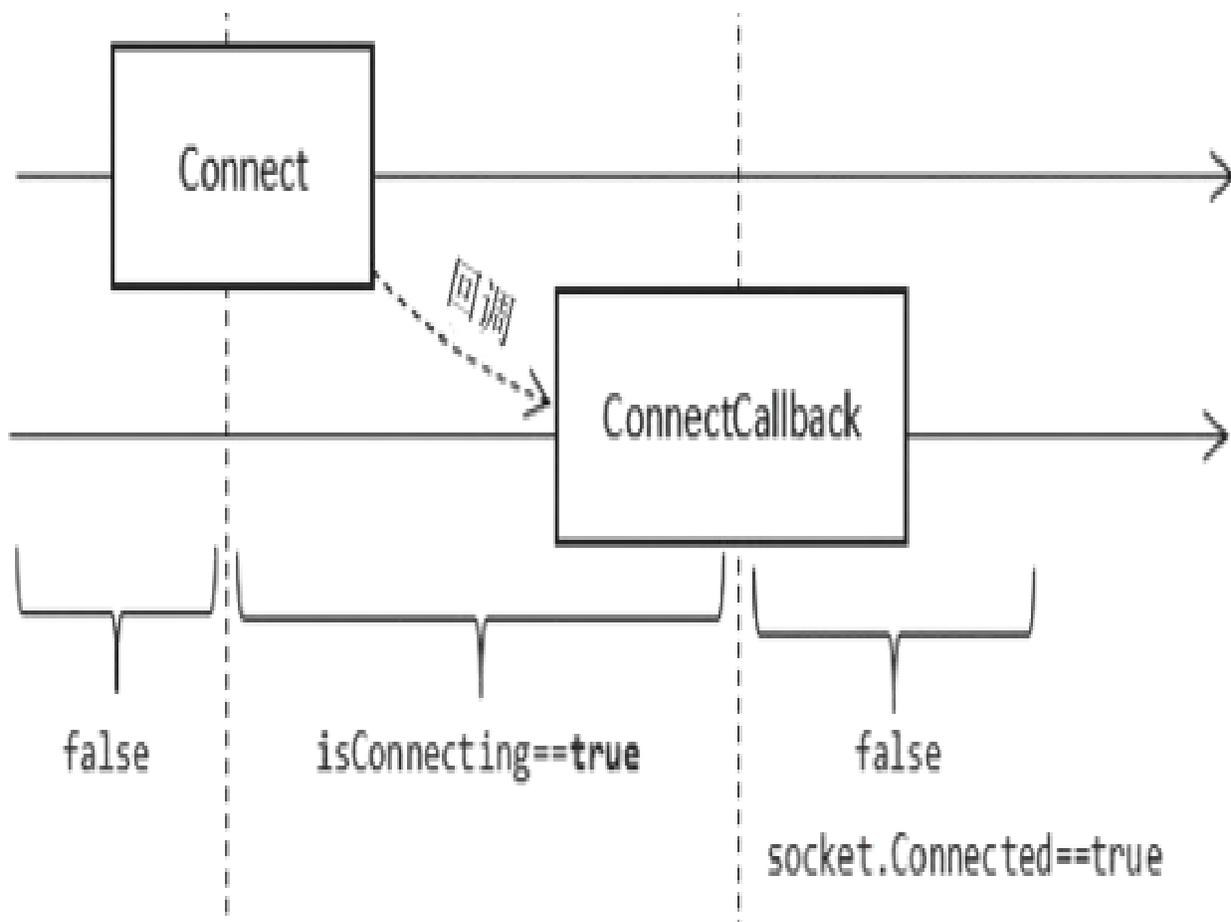


图6-6 `isConnecting`状态

ConnectCallback代码如下:

---

```
//Connect回调
private static void ConnectCallback(IAsyncResult ar){
    try{
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        socket.EndConnect(ar);
        Debug.Log("Socket Connect Succ ");
        FireEvent(NetEvent.ConnectSucc, "");
        isConnecting = false;
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Connect fail " + ex.ToString());
        FireEvent(NetEvent.ConnectFail, ex.ToString());
        isConnecting = false;
    }
}
```

```
}  
}
```

### 6.3.3 测试程序

编写连接服务端的功能后，编写测试程序。新建Unity场景，制作类似图6-7所示的界面，界面中只有一个按钮“连接服务器”。设置按钮的OnClick事件，当点击“连接服务器”时，调用test类（下面实现）的OnConnectClick方法。

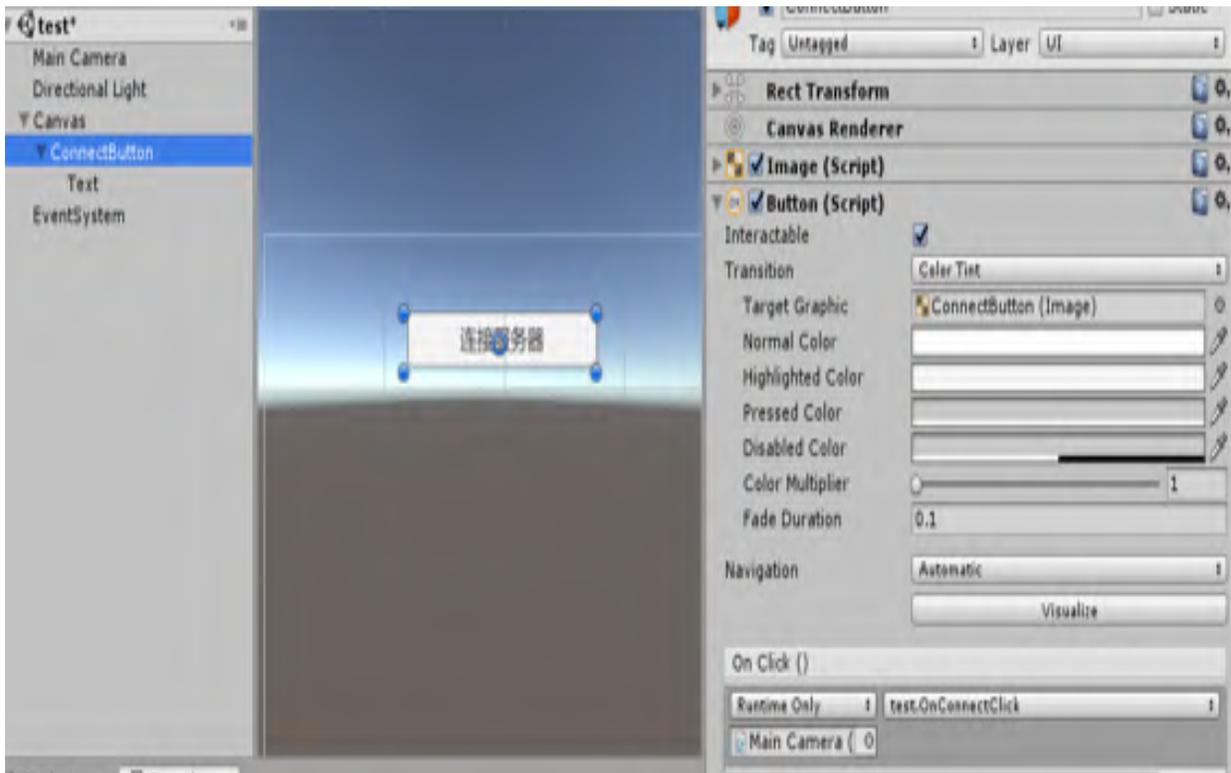


图6-7 连接服务器按钮

测试程序test如下所示，在Start中监听“连接成功”“连接失败”和“关闭连接”三种事件，对应于OnConnectSucc、OnConnectFail和OnConnectClose三个回调方法。当玩家点击“连接服务器”按钮时，调用OnConnectClick方法，它会调用NetManager.Connect("127.0.0.1", 8888)发起连接。

```
using System.Collections;
```

```

using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class test : MonoBehaviour {
    //开始
    void Start() {

NetManager.AddEventListener(NetManager.NetEvent.ConnectSucc,
OnConnectSucc);

NetManager.AddEventListener(NetManager.NetEvent.ConnectFail,
OnConnectFail);
        NetManager.AddEventListener(NetManager.NetEvent.Close,
OnConnectClose);
    }

    //玩家点击连接按钮
    public void OnConnectClick () {
        NetManager.Connect("127.0.0.1",8888);
        //TODO:开始转圈圈,提示“连接中”
    }

    //连接成功回调
    void OnConnectSucc(string err){
        Debug.Log("OnConnectSucc");
        //TODO:进入游戏
    }

    //连接失败回调
    void OnConnectFail(string err){
        Debug.Log("OnConnectFail" + err);
        //TODO:弹出提示框(连接失败,请重试)
    }

    //关闭连接
    void OnConnectClose(string err){
        Debug.Log("OnConnectClose");
        //TODO:弹出提示框(网络断开)
        //TODO:弹出按钮(重新连接)
    }
}

```

---

由于只需测试连接功能，可以开启上一章只有转发功能的服务端程序，然后运行客户端。点击连接按钮，连接成功后程序会调用 OnConnectSucc 方法，打印出 “OnConnectSucc”。若此时再点击连接

按钮，会提示“Connect fail”，因为已经连接上，不能重复连接，如图6-8所示。

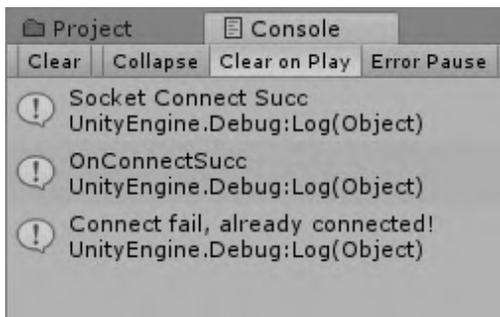


图6-8 再次连接，提示“Connect fail”

如若关闭服务器，客户端发起连接后，OnConnectFail会被调用，弹出提示，如图6-9所示。

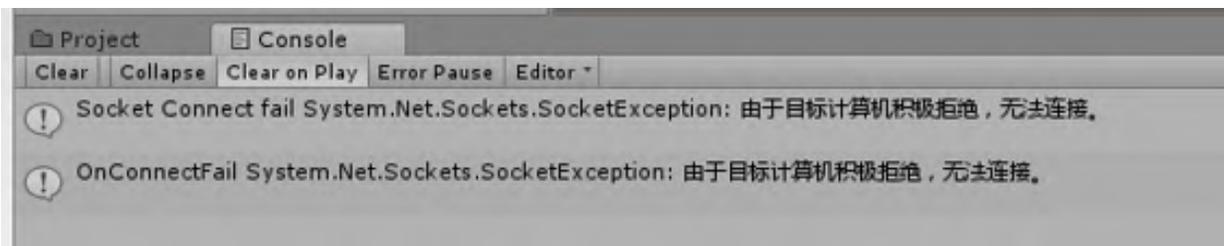


图6-9 连接失败

若快速地点击两次连接按钮，第二次点击时，会提示“Connect fail”，因为此时还处于“连接中”的状态。读者还可以尝试给事件添加多个监听函数，连接成功或失败时，多个监听函数都会被调用。

## 6.4 关闭连接

本节会实现网络管理器中关闭连接的功能。

### 6.4.1 isClosing

在第4章中，为了“完整地发送数据”，客户端关闭连接时，程序并不会直接关闭连接，而是判断写入队列是否还有数据，如果还有数据，会等待数据发送完毕再关闭连接。在NetManager中通过定义变量isClosing来标识程序是否处于“关闭中”的状态。除了定义变量，还

需在InitState设置它的初始值，每一次发起连接时，必然不处于“关闭中”的状态。示例代码如下：

---

```
//是否正在关闭
static bool isClosing = false;

private static void InitState(){
    .....
    //是否正在关闭
    isClosing = false;
}
```

---

## 6.4.2 Close

给NetManager添加关闭连接的方法Close，它会做一系列的状态判断，只有在连接建立后才能关闭。然后依据写入队列writeQueue的长度判断是否需要延迟关闭。如果需要延迟关闭，设置状态位isClosing，等待发送数据的回调函数去处理。否则，调用socket.Close()关闭连接，再调用FireEvent(NetEvent.Close, "")分发连接关闭的事件。

---

```
//关闭连接
public static void Close(){
    //状态判断
    if(socket==null || !socket.Connected){
        return;
    }
    if(isConnecting){
        return;
    }
    //还有数据在发送
    if(writeQueue.Count > 0){
        isClosing = true;
    }
    //没有数据在发送
    else{
        socket.Close();
        FireEvent(NetEvent.Close, "");
    }
}
```

```
}  
}
```

---

### 6.4.3 测试

在客户端程序中添加“断开”按钮，如图6-10所示，再给test类添加关闭连接的OnCloseClick方法，让OnCloseClick成为按钮的点击事件回调。



图6-10 在客户端程序中添加“断开”按钮

---

```
//主动关闭  
public void OnCloseClick () {  
    NetManager.Close();  
}
```

---

测试多种可能的情况，包括：还没有连接时断开连接，“连接中”断开连接，连接成功后断开连接。无论在什么情况下，程序都不会出错。

## 6.5 Json协议

本节将会实现网络管理器协议编码解码的功能。

### 6.5.1 为什么会有协议类

回顾第3章“大乱斗游戏”的协议处理方法，大致形式如下：

---

```
void OnMove (string msgArgs) {
    //解析参数
    string[] split = msgArgs.Split(',');
    string desc = split[0];
    float x = float.Parse(split[1]);
    float y = float.Parse(split[2]);
    float z = float.Parse(split[3]);
    //.....各种处理
}
```

---

无论采用字符串协议还是字节流协议（本书第一版第7章的内容，即直接读取二进制数据），都避免不了“参数解析”这个步骤。这个步骤很烦琐。假如可以定义一个协议类，例如：

---

```
public class MsgMove {
    public int x = 0;
    public int y = 0;
    public int z = 0;
}
```

---

然后把协议处理函数写成下面的形式，即传入的参数可以被转换成对应的协议对象，再直接操作协议对象，会方便很多。至少，游戏开发人员看到MsgMove的定义就知道它包含x、y、z三个参数。

---

```
void OnMove (MsgBase msgBase) {
    MsgMove msgMove = (MsgMove) msgBase;
    //.....各种处理
    msgMove.x = 1234;
    msgMove.y = 5678;
    msgMove.z = -765;
}
```

---

协议类的核心在于图6-11展示的功能，即把一个协议对象转换成二进制数据（编码），再把二进制数据转换成协议对象（解码）。为了方便理解，本书会使用Json协议，即把协议对象转换成形如“{“x”:100, “y”:200, “z”:300}”的字符串，再把对应的字符串转换成

协议对象。本章还会介绍使用protobuf协议的方法，读者只需稍微修改，就能适配效率更高的protobuf协议。

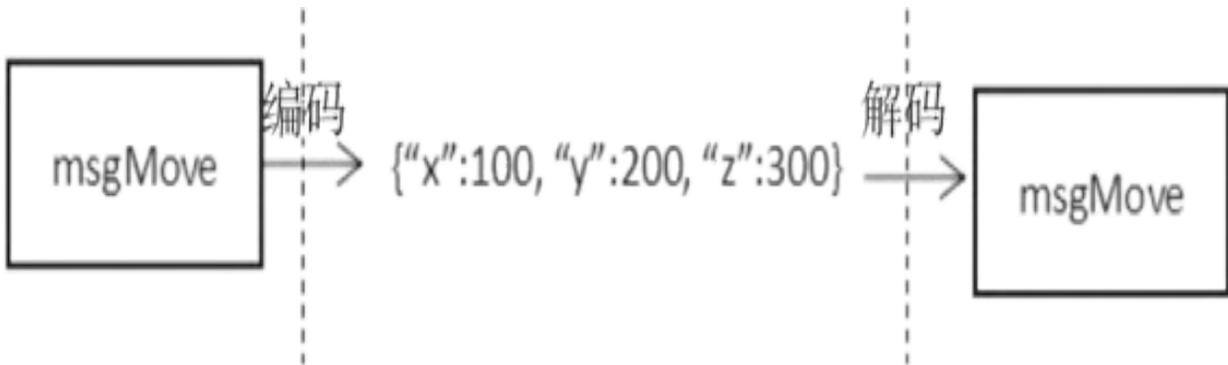


图6-11 Json协议的编码解码

## 6.5.2 使用JsonUtility

Unity中提供Json辅助类JsonUtility，通过JsonUtility.ToJson和JsonUtility.FromJson可以实现Json协议的编码和解码。例如有如下的两个协议类MsgMove和MsgAttack，其中MsgMove包含x、y、z三个成员，MsgAttack包含desc一个成员。

---

```
public class MsgMove {
    public int x = 0;
    public int y = 0;
    public int z = 0;
}

public class MsgAttack {
    public string desc = "127.0.0.1:6543";
}
```

---

编写一个测试程序。新建一个MsgMove对象，给成员赋值，然后调用JsonUtility.ToJson可将协议类转换成字符串，结果如图6-12所示。Json字符串形如“{“成员1”:值,“成员2”:值}”，很直观。

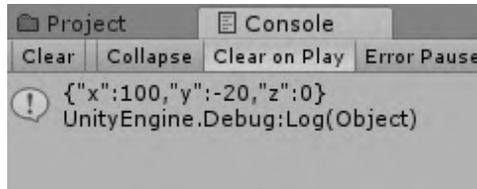


图6-12 将msgMove编码成Json字符串

```
MsgMove msgMove = new MsgMove();  
msgMove.x = 100;  
msgMove.y = -20;  
//相当于取得要发送的字符串  
string s = JsonUtility.ToJson(msgMove);  
Debug.Log(s);
```

下面的程序演示JsonUtility.FromJson的使用方法。它可以将字符串转换成指定的协议对象。FromJson的第一个参数指定要解析的字符串s，第二个参数指定了要还原的协议类的类型，这里使用Type.GetType由协议类的名字来指定类型。字符串s包含了一些“\”，这是因为在C#的字符串中，引号由“\”表示。

```
string s = "{\"desc\":\"127.0.0.1:1289\"}";  
MsgAttack msgAttack =  
    JsonUtility.FromJson(s, Type.GetType("MsgAttack"))  
Debug.Log(msgAttack.desc);
```

JsonUtility有多种解码方式，FromJsonOverwrite是另外一种，先定义要解析的协议对象，再调用FromJsonOverwrite给协议对象赋值。FromJson或FromJsonOverwrite还具备一定的错误处理能力。下面的程序中，msgMove.x应是int型，但s却指定x的值是字符串“hehe”，无法解码。这时，JsonUtility会把x设置为默认值0。

```
string s = "{\"x\":\"hehe\"}";  
MsgMove msgMove = new MsgMove();  
JsonUtility.FromJsonOverwrite(s, msgMove);  
Debug.Log(msgMove.x);
```

### 6.5.3 协议格式

根据第4章的“分包粘包”处理方式，需要在消息前面加上2字节的长度信息。配合Json编码（或protobuf编码），可以定义图6-13所示的协议格式。

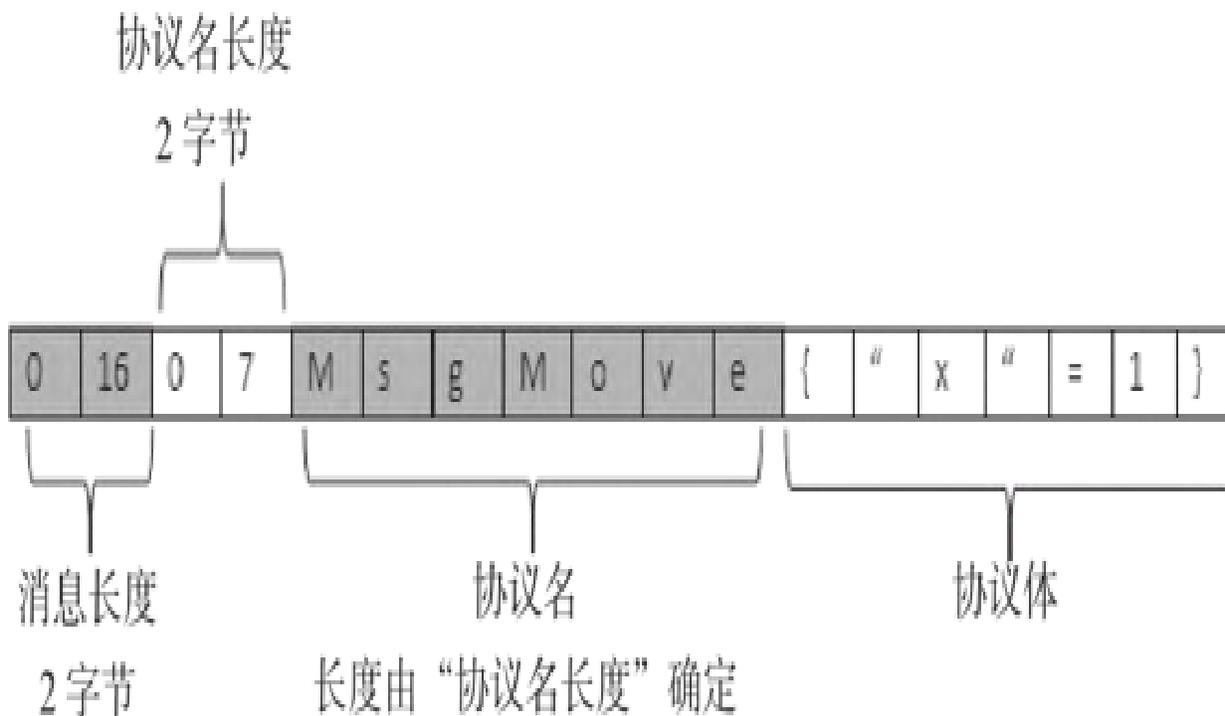


图6-13 Json协议格式

消息的前两个字节代表消息长度，即示例中“07MsgMove{“x”=1}”的长度，为16字节，第3和第4字节为协议名长度，即示例中“MsgMove”的长度，为7字节。通过协议名长度，程序可以正确解析协议名称，根据名称做消息分发。示例中“{“x”=1}”为协议体，可由它解析出MsgMove对象。

### 6.5.4 协议文件

为了方便处理协议，在Script/framework中定义MsgBase类（如图6-14所示），所有的协议类都继承它。由于每个协议都含有协议名，在MsgBase中定义了代表协议名的字符串protoName。定义MsgBase还为了实现处理消息的统一接口，形如“OnMove(MsgBase msgBase)”，接口参数类型为MsgBase，用户只需使用形如“MsgMove msgMove=

(MsgMove)msgBase”的语句即可得到真正的协议对象。另一个目的是方便实现Send方法。后续我们会给NetManager添加Send(MsgBase msgBase)函数，基于类的多态性，它可以发送具体的协议类，如“NetManager.Send(msgMove)”。示例代码如下：

---

```
using System;
using UnityEngine;

public class MsgBase{
    //协议名
    public string protoName = "";
}
```

---

开始编写真正的协议文件。在客户端程序Assets/Script中新建proto目录，用于存放包含协议类的文件。比如添加一个协议文件BattleMsg（如图6-15所示），在里面定义MsgMove和MsgAttack两个类。

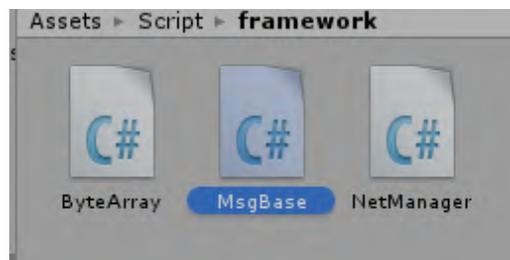


图6-14 在Script/framework中定义MsgBase类



图6-15 添加协议文件BattleMsg.cs

代码如下：

---

```

public class MsgMove:MsgBase {
    public MsgMove() {protoName = "MsgMove";}

    public int x = 0;
    public int y = 0;
    public int z = 0;
}

public class MsgAttack:MsgBase {
    public MsgAttack() {protoName = "MsgAttack";}

    public string desc = "127.0.0.1:6543";
}

```

---

MsgMove和MsgAttack都继承自MsgBase，它们会在构造函数中设置协议名。为了实现后续的编码解码，协议名必须与类名相同。

### 6.5.5 协议体的编码解码

为了统一处理协议的编码解码，在MsgBase中添加静态方法Encode和Decode，后续只要解析出Json字符串所在的缓冲区位置和协议名，再使用“MsgBase.Decode(协议名,缓冲区,起始位置,长度)”即可获得协议对象。编码方法Encode包含一个协议体对象参数，程序使用JsonUtility.ToJson将协议体转化成字符串，再使用

“System.Text.Encoding.UTF8.GetBytes”将字符串转化成byte数组。解码方法Decode会先使用

“System.Text.Encoding.UTF8.GetString”将byte数组中的部分数据解析成字符串，再使用JsonUtility.FromJson将字符串还原成指定类型的协议对象。协议对象的类型由协议名指定，程序使用

“Type.GetType(protoName)”获取协议名对应的类型。代码如下：

---

```

using System;
using UnityEngine;

public class MsgBase{
    //协议名
    public string protoName = "";
    //编码

```

```

public static byte[] Encode(MsgBase msgBase){
    string s = JsonUtility.ToJson(msgBase);
    return System.Text.Encoding.UTF8.GetBytes(s);
}

//解码
public static MsgBase Decode(string protoName,
                             byte[] bytes, int
offset, int count){
    string s = System.Text.Encoding.UTF8.GetString(bytes,
offset, count);
    MsgBase msgBase = (MsgBase)JsonUtility.FromJson(s,
Type.GetType(protoName));
    return msgBase;
}
}

```

例如在图6-16所示的数组中，假如使用MsgBase.Decode解码，完整的参数则为MsgBase.Decode("MsgMove", bytes, 11, 7)。

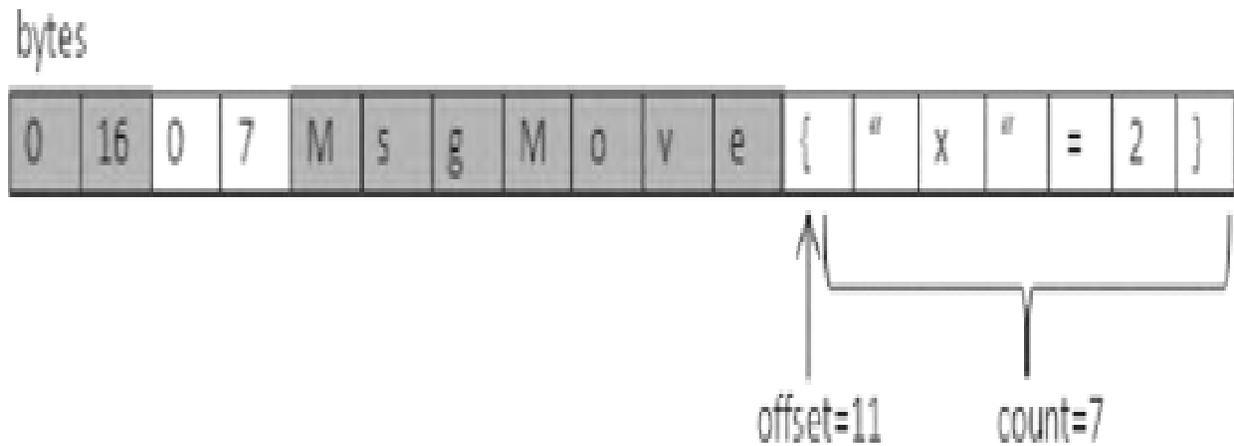


图6-16 要解码的byte数组示意图

下面的代码演示编码函数的调用方法，将协议对象传入Encode即可。

```

MsgMove msgMove = new MsgMove();
msgMove.x = 100;
msgMove.y = -20;
//相当于取得要发送的字符串

```

```
byte[] bytes = MsgBase.Encode(msgMove);  
//转成字符串  
string s = System.Text.Encoding.UTF8.GetString(bytes);  
Debug.Log(s);
```

---

下面的代码演示解码函数的调用方法，将协议名、byte数组、起始位置和长度传入Decode方法即可。

---

```
string s = "  
{\"protoName\": \"MsgMove\", \"x\": 100, \"y\": -20, \"z\": 0}";  
//转换成byte数组  
byte[] bytes = System.Text.Encoding.UTF8.GetBytes(s);  
//解码  
MsgMove m = (MsgMove)MsgBase.Decode("MsgMove", bytes, 0,  
bytes.Length);  
Debug.Log(m.x);  
Debug.Log(m.y);  
Debug.Log(m.z);
```

---

## 6.5.6 协议名的编码解码

根据6.5.3节的协议格式，给MsgBase添加编码协议名和解码协议名的方法。编码协议名的方法EncodeName会将协议名转换成byte数组（nameBytes），然后将名字长度以小端编码的形式放置在nameBytes前面，如图6-17所示。

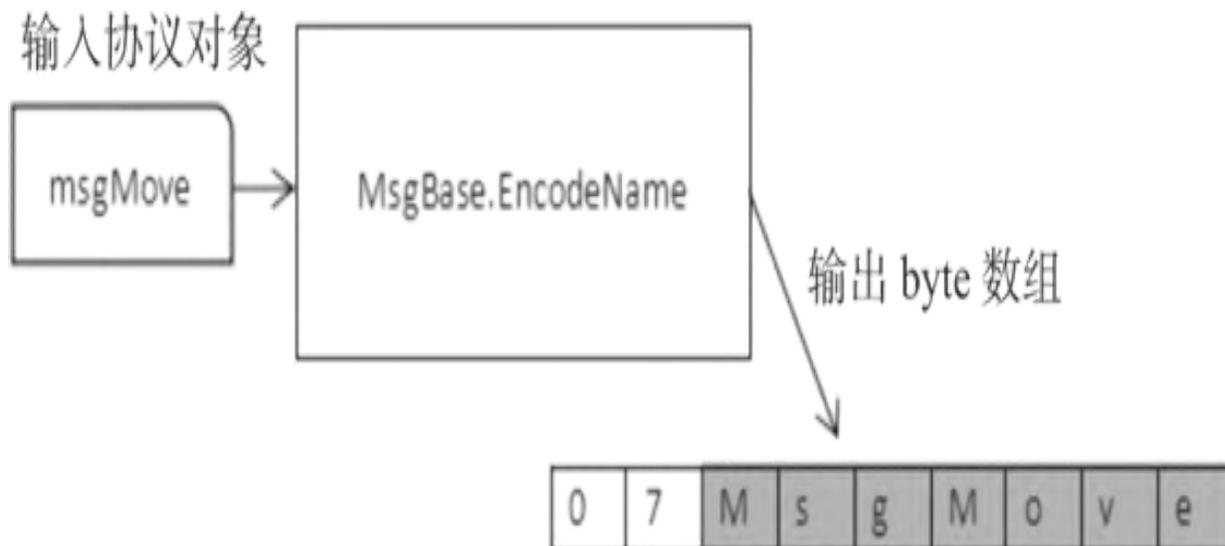


图6-17 EncodeName示意图

**MsgBase.EncodeName的代码如下：**

---

```

//编码协议名 (2字节长度+字符串)
public static byte[] EncodeName(MsgBase msgBase) {
    //名字bytes和长度
    byte[] nameBytes =
System.Text.Encoding.UTF8.GetBytes(msgBase.protoName);
    Int16 len = (Int16)nameBytes.Length;
    //申请bytes数值
    byte[] bytes = new byte[2+len];
    //组装2字节的长度信息
    bytes[0] = (byte)(len%256);
    bytes[1] = (byte)(len/256);
    //组装名字bytes
    Array.Copy(nameBytes, 0, bytes, 2, len);

    return bytes;
}

```

---

协议名解码方法DecodeName会根据参数bytes和offset找到协议名数据的起始地址，先解析出协议名长度，再将协议名字符串解析出来。参数中的count由out修饰，表明它是个引用，函数会给count赋值，返回协议名信息的字节数。

## MsgBase.DecodeName的代码如下:

---

```
//解码协议名(2字节长度+字符串)
public static string DecodeName(byte[] bytes, int offset, out
int count){
    count = 0;
    //必须大于2字节
    if(offset + 2 > bytes.Length){
        return "";
    }
    //读取长度
    Int16 len = (Int16)((bytes[offset+1] << 8 )| bytes[offset]
);
    //长度必须足够
    if(offset + 2 + len > bytes.Length){
        return "";
    }
    //解析
    count = 2+len;
    string name = System.Text.Encoding.UTF8.GetString(bytes,
offset+2, len);
    return name;
}
```

---

图6-18展示了DecodeName的输入和输出。

下面的代码演示EncodeName和DecodeName的调用方法。

---

```
MsgMove msgMove = new MsgMove();
byte[] bs = MsgBase.EncodeName(msgMove);

int count;
string name = MsgBase.DecodeName(bs, 0, out count);
Debug.Log(name);    //MsgMove
Debug.Log(count);  //2+7=9
```

---

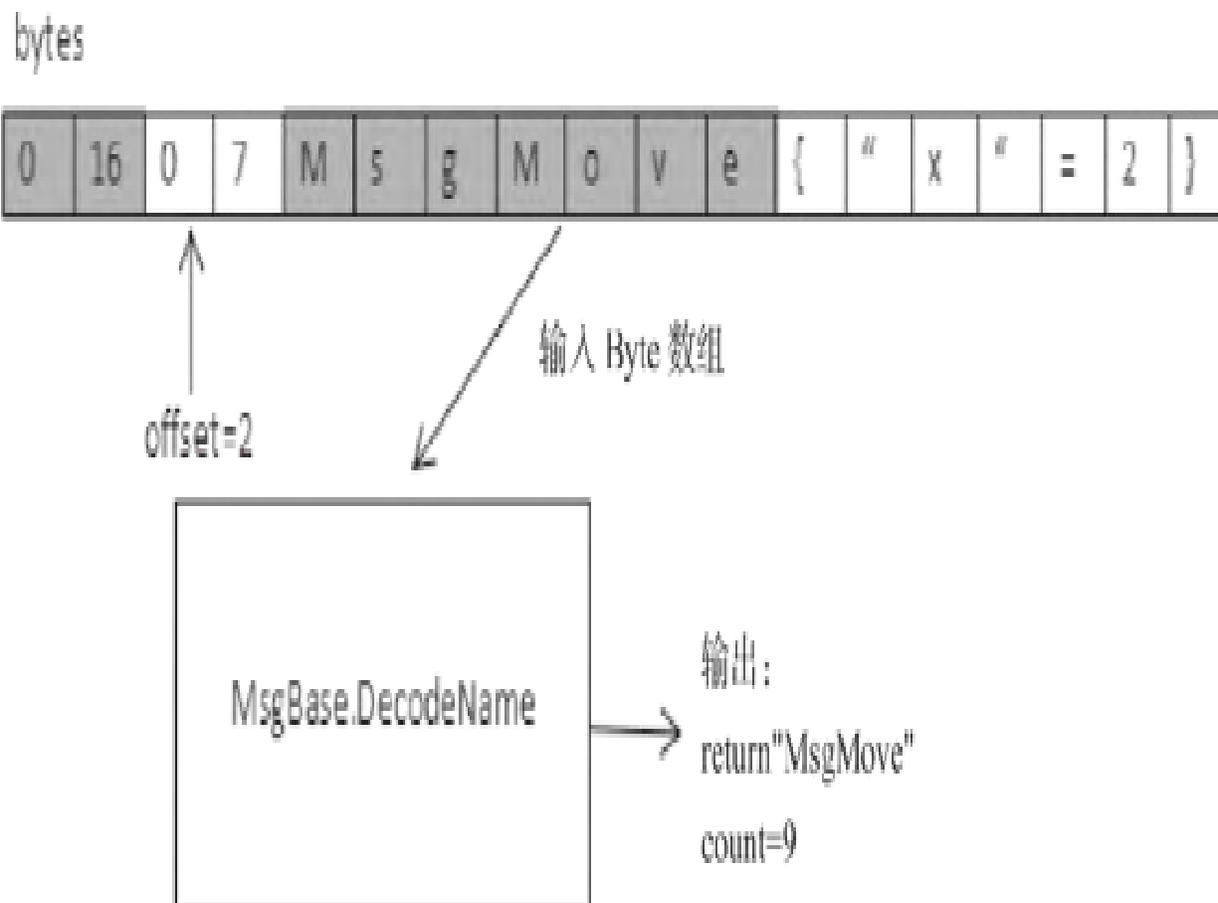


图6-18 DecodeName示意图

有了协议类和它的编码解码方法，就可以开始编写发送和接收消息的功能。本节虽然采用了直观的Json协议，如果读者想要使用更为高效的protobuf协议，只需用6.10节提及的编码解码方法替换本节的编码解码方法即可。

## 6.6 发送数据

本节实现网络管理器发送数据的功能。

### 6.6.1 Send

给NetManager添加发送数据的Send方法，此处的Send方法不仅综合了第4章和第5章“完整发送数据”的功能，还拥有处理6.5.3节定义的协议格式的功能。NetManager.Send方法接受一个Msgbase类型的参数，调用方法形如“NetManager.Send(msgMove)”。根据类的多态

性，程序中的MsgBase.EncodeName和MsgBase.Encode能够正确识别MsgMove的类型。

本节Send方法的另一个特点是它做了很多条件判断，只有在成功连接服务器后，才能发送数据，这样做避免了特殊情况下的程序异常。

在Send的数据编码部分，它会先使用“MsgBase.EncodeName(msg)”获取协议名的编码数据，使用“MsgBase.Encode(msg)”获取协议体的编码数据，再将它们整合成6.5.3节定义的协议格式。图6-19展示了各个变量的含义。至于写入队列的处理部分，与第5章完全相同。代码如下：

---

```
//发送数据
public static void Send(MsgBase msg) {
    //状态判断
    if(socket==null || !socket.Connected){
        return;
    }
    if(isConnecting){
        return;
    }
    if(isClosing){
        return;
    }
    //数据编码
    byte[] nameBytes = MsgBase.EncodeName(msg);
    byte[] bodyBytes = MsgBase.Encode(msg);
    int len = nameBytes.Length + bodyBytes.Length;
    byte[] sendBytes = new byte[2+len];
    //组装长度
    sendBytes[0] = (byte)(len%256);
    sendBytes[1] = (byte)(len/256);
    //组装名字
    Array.Copy(nameBytes, 0, sendBytes, 2,
nameBytes.Length);
    //组装消息体
    Array.Copy(bodyBytes, 0, sendBytes, 2+nameBytes.Length,
bodyBytes.Length);
    //写入队列
    ByteArray ba = new ByteArray(sendBytes);
    int count = 0;    //writeQueue的长度
```

```

lock(writeQueue){
    writeQueue.Enqueue(ba);
    count = writeQueue.Count;
}
//send
if(count == 1){
    socket.BeginSend(sendBytes, 0, sendBytes.Length,
        0, SendCallback, socket);
}
}

```

图6-19展示了上述代码中编码部分各个变量的含义。

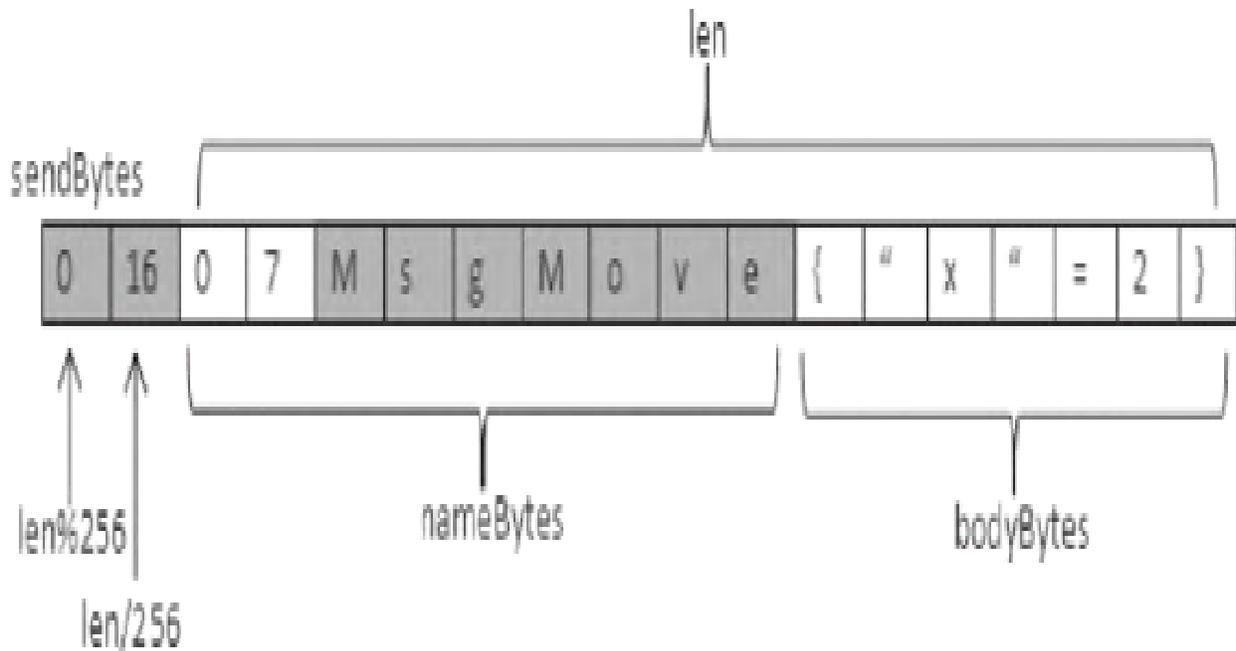


图6-19 Send方法数据编码部分各变量含义

## 6.6.2 SendCallback

编写Send方法的回调函数SendCallback，它整合了第4章和第5章“完整发送数据”的功能。回调方法会判断写入队列是否还有数据，如果写入队列不为空，它会继续调用BeginSend发送数据。由于代码调用了First函数，而它在Linq命名空间中定义，因此需要引用它（using System.Linq）。代码如下：

```

//Send回调
public static void SendCallback(IAsyncResult ar){

    //获取state、EndSend的处理
    Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
    //状态判断
    if(socket == null || !socket.Connected){
        return;
    }
    //EndSend
    int count = socket.EndSend(ar);
    //获取写入队列第一条数据
    ByteArray ba;
    lock(writeQueue){
        ba = writeQueue.First();
    }
    //完整发送
    ba.readIdx+=count;
    if(ba.length == 0){
        lock(writeQueue){
            writeQueue.Dequeue();
            ba = writeQueue.First();
        }
    }
    //继续发送
    if(ba != null){
        socket.BeginSend(ba.bytes, ba.readIdx, ba.length,
            0, SendCallback, socket);
    }
    //正在关闭
    else if(isClosing) {
        socket.Close();
    }
}
}

```

---

### 6.6.3 测试

现在，测试发送数据的功能吧！在客户端中添加“移动”按钮（如图6-20所示），让它绑定test类的OnMoveClick方法。OnMoveClick会创建MsgMove类型的协议对象msg，然后调用NetManager.Send发送给服务端。

OnMoveClick的代码如下：

---

```
//玩家点击发送按钮
public void OnMoveClick () {
    MsgMove msg = new MsgMove ();
    msg.x = 120;
    msg.y = 123;
    msg.z = -6;
    NetManager.Send (msg);
}
```

---



图6-20 添加“移动”按钮

如果使用纯转发数据的服务端，客户端在发送MsgMove协议后，也会收到同样的协议。只是，我们还没有编写接收数据的功能。

## 6.7 消息事件

第3章中，游戏程序定义了一系列的消息事件。程序可以给不同的协议添加不同的回调方法，比如给MsgMove协议添加OnMsgMove方法的监听，给MsgAttack添加OnMsgAttack方法的监听。消息事件和6.2节的网络事件很类似，不同的地方只在于它根据协议名称去分发消息。

定义如下形式的委托类型MsgListener和监听列表msgListeners。

---

```
//消息委托类型
```

```
public delegate void MsgListener(MsgBase msgBase);
//消息监听列表
private static Dictionary<string, MsgListener> msgListeners
    = new Dictionary<string,
MsgListener>();
```

---

定义添加消息监听的方法AddMsgListener和删除消息监听的方法RemoveEventListener。它们的形式与6.2节“网络事件”完全一致，两者共同组成了NetManager的监听结构（如图6-21所示）。代码如下：

---

```
//添加消息监听
public static void AddMsgListener(string msgName, MsgListener
listener){
    //添加
    if (msgListeners.ContainsKey(msgName)){
        msgListeners[msgName] += listener;
    }
    //新增
    else{
        msgListeners[msgName] = listener;
    }
}
//删除消息监听
public static void RemoveMsgListener(string msgName, MsgListener
listener){
    if (msgListeners.ContainsKey(msgName)){
        msgListeners[msgName] -= listener;
        //删除
        if(msgListeners[msgName] == null){
            msgListeners.Remove(msgName);
        }
    }
}
}
```

---

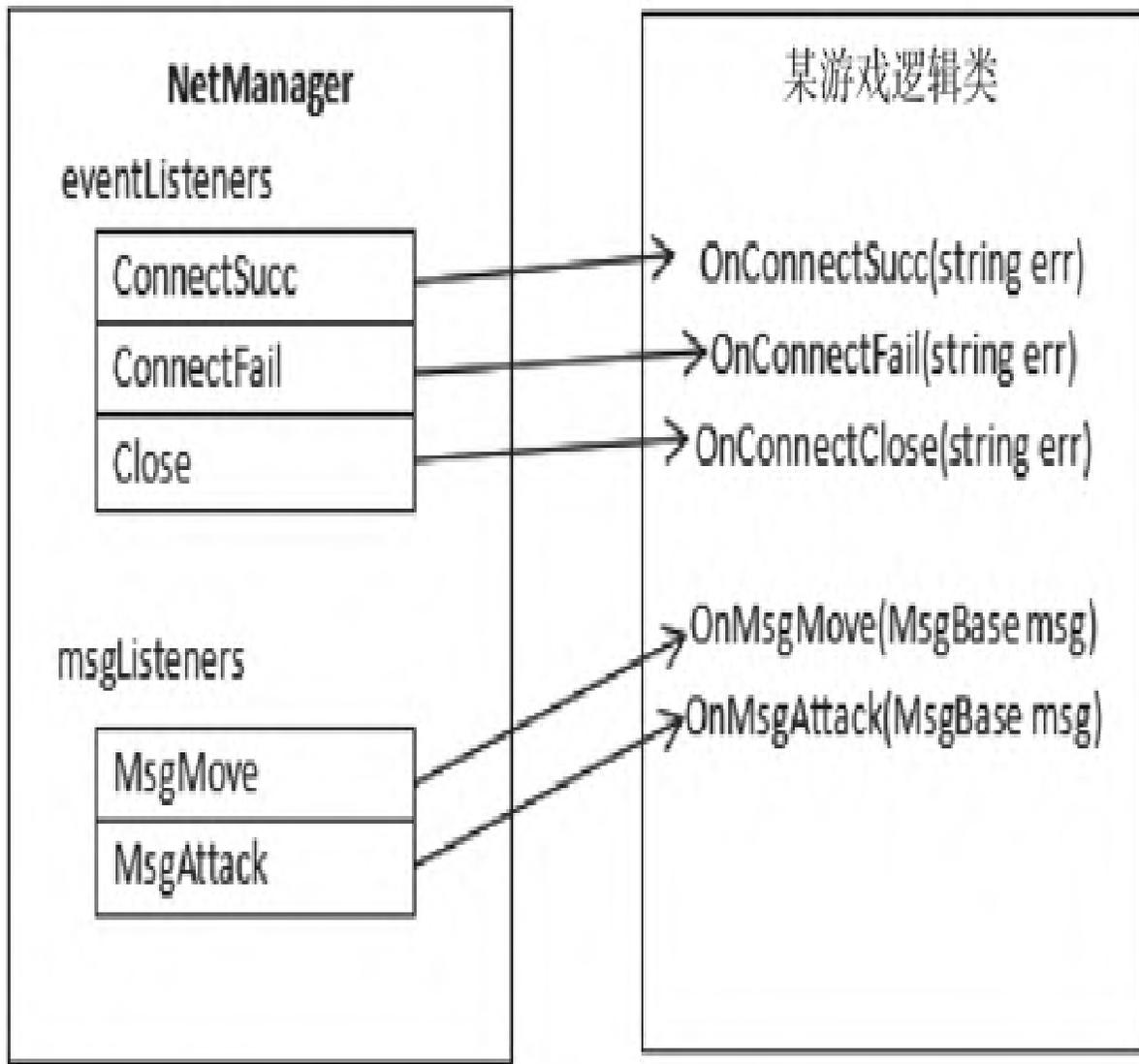


图6-21 NetManager监听结构示意图

定义分发消息的FireMsg方法，它会判断监听列表msgListeners中是否有对应消息名的回调函数，如有，调用它。代码如下：

---

```
//分发消息
private static void FireMsg(string msgName, MsgBase msgBase) {
    if(msgListeners.ContainsKey(msgName)) {
        msgListeners[msgName](msgBase);
    }
}
```

---

下面的代码演示了监听函数的调用方法。程序通过 `NetManager.AddListener` 添加 `MsgMove` 的监听函数 `OnMsgMove`，当程序收到 `MsgMove` 协议后（下一节实现）会分发消息，调用 `OnMsgMove` 方法。`OnMsgMove` 的参数为协议基类 `MsgBase` 类型的对象，程序通过 `"MsgMove msg=(MsgMove)msgBase"` 将它转换成 `MsgMove` 类型，然后获取它的成员。

---

```
NetManager.AddListener("MsgMove", OnMsgMove);
```

```
//收到MsgMove协议
public void OnMsgMove (MsgBase msgBase) {
    MsgMove msg = (MsgMove)msgBase;
    //消息处理
    Debug.Log("OnMsgMove msg.x = " + msg.x);
    Debug.Log("OnMsgMove msg.y = " + msg.y);
    Debug.Log("OnMsgMove msg.z = " + msg.z);
}
```

---

## 6.8 接收数据

接收数据的过程与第3章使用消息队列接收消息的过程类似。回调函数 `ReceiveCallback` 会将消息存放到消息列表 `msgList` 中，主线程 `Update` 会读取消息列表，再一条一条处理。但是第3章的网络模块只是个简易版本，本节会做下面几点改进。

1) 每次 `Update` 处理多条数据。Unity 每一帧执行一次 `Update`，一般每秒会执行 30 到 60 帧，也就是说第3章的网络模块每秒最多只能处理 60 条消息。如果游戏场景比较复杂，会增大渲染时间，说不定每秒只能处理 30 条消息。对于某些实时性要求高的游戏，客户端与服务端之间的通信频率可能很高，超过网络模块的处理能力。本章的程序会给 `NetManager` 定义只读变量 `MAX_MESSAGE_FIRE`，指示每一帧处理多少条消息，如图 6-22 所示。

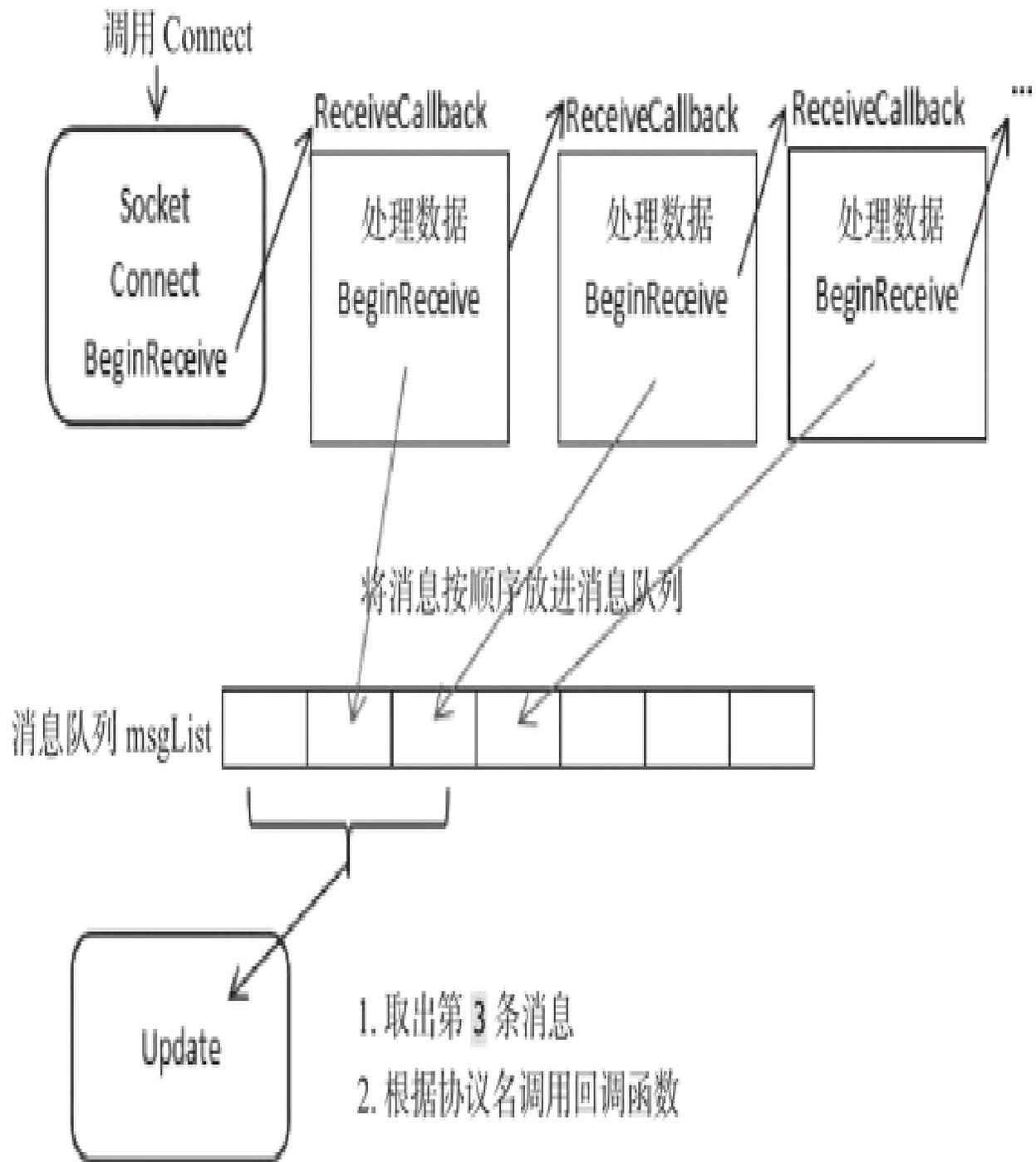


图6-22 每一帧取出多条消息处理

2) 添加粘包半包、大小端判断等处理。这部分内容第4章和第5章已经有详细的描述，本节会给出完整的代码。

3) 使用了Json协议，使得后续开发游戏功能时，无须关心协议的格式。

## 6.8.1 新的成员

如下面的代码所示，给NetManager添加List<MsgBase>类型的消息列表msgList，它会存放协议对象，再添加变量msgCount指示消息列表的长度。虽然也可以使用msgList.Length获取消息长度，但由于主线程（Update）和其他线程（ReceiveCallback）可能在同一时间操作msgList，为避免操作msgList引发的冲突，可定义msgCount来减少对msgList的操作次数。再定义MAX\_MESSAGE\_FIRE代表每一帧最多处理多少条消息。重新连接时，需要在InitState中重置msgList和msgCount。

---

```
//消息列表
static List<MsgBase> msgList = new List<MsgBase>();
//消息列表长度
static int msgCount = 0;
//每一次Update处理的消息量
readonly static int MAX_MESSAGE_FIRE = 10;

//初始化状态
private static void InitState(){
    .....
    //消息列表
    msgList = new List<MsgBase>();
    //消息列表长度
    msgCount = 0;
}
```

---

## 6.8.2 ConnectCallback

在6.3节编写的连接回调函数ConnectCallback中添加开始接收数据的方法BeginReceive，它会将网络数据读取到读缓冲区readBuff中。

代码如下：

---

```
//Connect回调
private static void ConnectCallback(IAsyncResult ar){
    try{
        .....
        //开始接收
        socket.BeginReceive( readBuff.bytes, readBuff.writeIdx,
            readBuff.remain, 0, ReceiveCallback,
socket);
    }
    catch (SocketException ex){
        .....
    }
}
}
```

---

### 6.8.3 ReceiveCallback

BeginReceive的回调函数ReceiveCallback会判断是否成功接收到数据。如果收到FIN信号（count==0），断开连接；如果收到正常的数  
据，它会更新缓冲区的writeIdx，再调用OnReceiveData处理消息。  
OnReceiveData会解析协议，并把协议对象放置到消息列表msgList  
中。在ReceiveCallback的最后，它再次调用BeginReceive，开启下一  
轮的数据接收。

代码如下：

---

```
//Receive回调
public static void ReceiveCallback(IAsyncResult ar){
    try {
        Socket socket = (Socket) ar.AsyncState;
        //获取接收数据长度
        int count = socket.EndReceive(ar);
        if(count == 0){
            Close();
            return;
        }
        readBuff.writeIdx+=count;
        //处理二进制消息
        OnReceiveData();
        //继续接收数据
        if(readBuff.remain < 8){
            readBuff.MoveBytes();
        }
    }
}
```

```
        readBuff.ReSize(readBuff.length*2);
    }
    socket.BeginReceive( readBuff.bytes,
readBuff.writeIdx,
        readBuff.remain, 0, ReceiveCallback,
socket);
    }
    catch (SocketException ex){
        Debug.Log("Socket Receive fail" + ex.ToString());
    }
}
```

---

## 6.8.4 OnReceiveData

OnReceiveData有两个功能。其一是根据协议的前两个字节判断是否接收到一条完整的协议。如果接收到完整协议，便解析它；如果没有接收完整协议，则退出等待下一波消息。其二是解析协议，下面的代码会按照6.5节的协议格式，解析出协议对象，然后通过

“msgList.Add(msgBase)”将协议对象添加到协议列表中。添加到协议列表之前，程序使用“lock(msgList)”锁住了消息列表，这是因为OnReceiveData在子线程将数据写入消息队列（如图6-23所示），而Update在主线程读取消息队列，为了避免线程冲突，对msgList的操作都需要加锁。

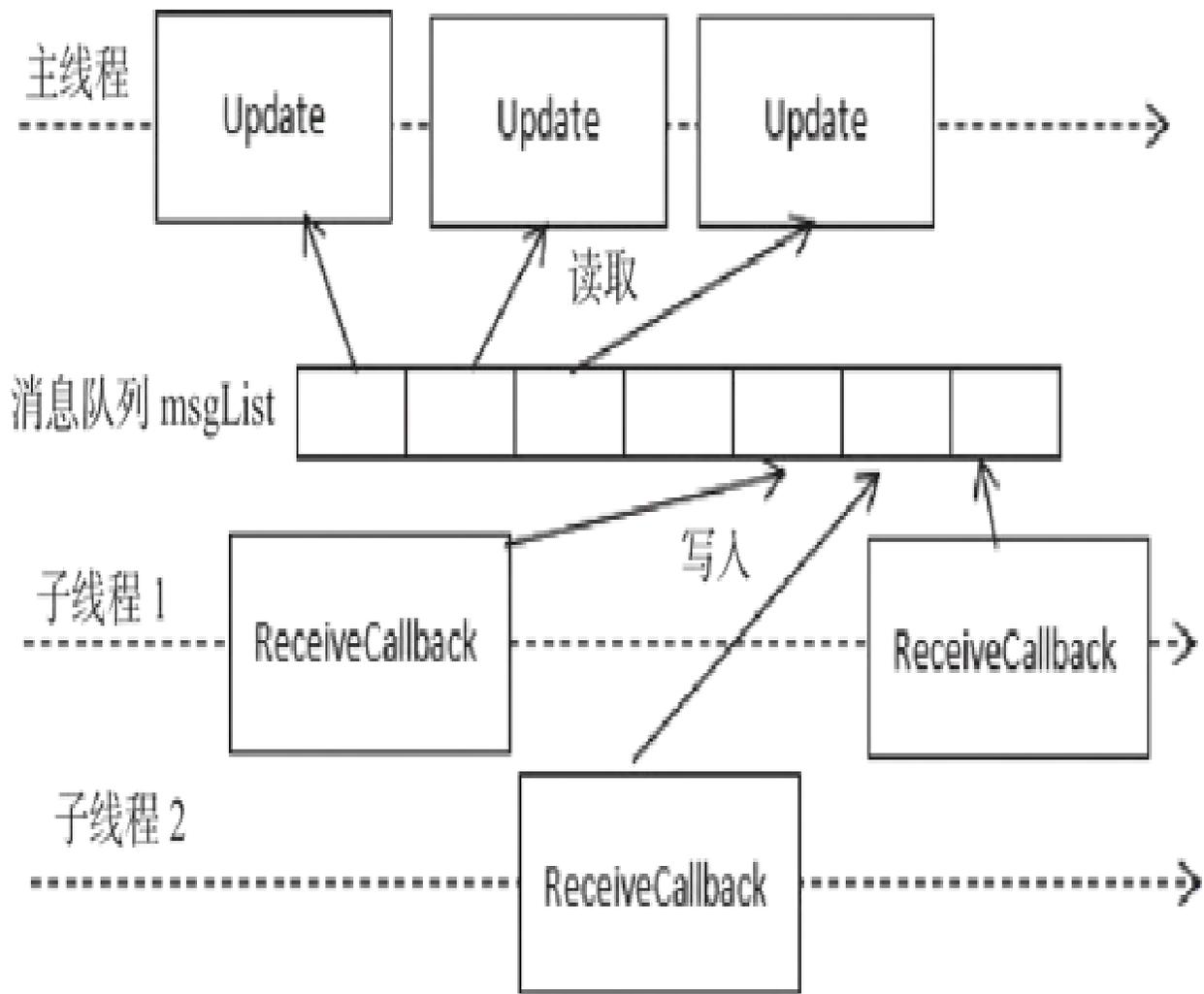


图6-23 Update和ReceiveCallback处于不同的线程

代码如下：

---

```

//数据处理
public static void OnReceiveData(){
    //消息长度
    if(readBuff.length <= 2) {
        return;
    }
    //获取消息体长度
    int readIdx = readBuff.readIdx;
    byte[] bytes =readBuff.bytes;
    Int16 bodyLength = (Int16)((bytes[readIdx+1] << 8 )|
bytes[readIdx]);

```

```

        if(readBuff.length < bodyLength)
            return;
        readBuff.readIdx+=2;
        //解析协议名
        int nameCount = 0;
        string protoName = MsgBase.DecodeName(readBuff.bytes,
                                              readBuff.readIdx,
out nameCount);
        if(protoName == ""){
            Debug.Log("OnReceiveData MsgBase.DecodeName fail");
            return;
        }
        readBuff.readIdx += nameCount;
        //解析协议体
        int bodyCount = bodyLength - nameCount;
        MsgBase msgBase = MsgBase.Decode(protoName,
                                         readBuff.bytes,
readBuff.readIdx, bodyCount);
        readBuff.readIdx += bodyCount;
        readBuff.CheckAndMoveBytes();
        //添加到消息队列
        lock(msgList){
            msgList.Add(msgBase);
        }
        msgCount++;
        //继续读取消息
        if(readBuff.length > 2){
            OnReceiveData();
        }
    }
}

```

---

图6-24描述了上述代码中解析协议相关变量的含义。

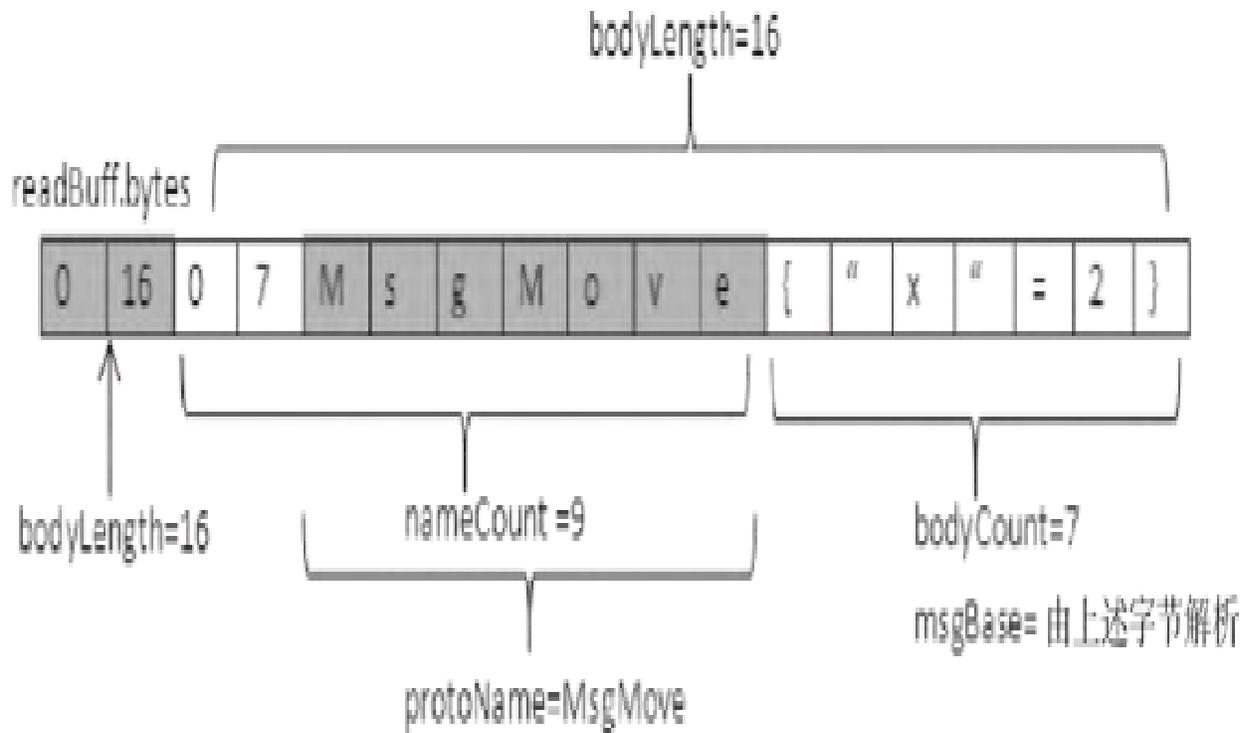


图6-24 OnReceiveData中负责解析协议的变量示意图

### 6.8.5 Update

`NetManager.Update`需要实现每帧处理`MAX_MESSAGE_FIRE`（例如10）条消息的功能。它做如下的处理。

1) 先根据`msgCount`是否为0判断需不需要处理消息。如果`msgCount`为0，说明消息列表很可能为空，就不需要往下执行，提高程序运行的效率。为什么这里说“消息列表很可能为空”而不是确切为空呢？是因为`msgCount`可能受到线程冲突的影响。比如在某一帧中，`msgCount`为0，但当程序刚好执行到“`if(msgCount==0)`”时，子线程的`ReceiveCallback`很可能刚好执行完“`msgList.Add(msgBase)`”但还没有执行“`msgCount++`”，实际上消息队列不为空。这种情况会导致消息延迟一帧处理，但影响不大。另一种做法是使用“`lock(msgList){if(msgList.Length==0)}`”去判断消息列表是否有数据，但因为引入了锁，可能导致主线程等待。若不是万不得已，一般不要輕易在主线程上用锁，不正确的运用会降低程序运行效率。

2) 程序会使用“`for(int i=0;i<MAX_MESSAGE_FIRE;i++)`”做循环，读取多条消息并处理。每一次循环中，程序都会锁住`msgList`，然后取出它的第一条数据，最后调用`FireMsg`分发消息。如果必须在主线

程用锁，切记要尽量让lock的作用范围很小，以免让子线程阻塞太久。所以，此处锁的作用域中只有5行代码。代码如下：

---

```
//Update
public static void Update(){
    MsgUpdate();
}

//更新消息
public static void MsgUpdate(){
    //初步判断，提升效率
    if(msgCount == 0){
        return;
    }
    //重复处理消息
    for(int i = 0; i< MAX_MESSAGE_FIRE; i++){
        //获取第一条消息
        MsgBase msgBase = null;
        lock(msgList){
            if(msgList.Count > 0){
                msgBase = msgList[0];
                msgList.RemoveAt(0);
                msgCount--;
            }
        }
        //分发消息
        if(msgBase != null){
            FireMsg(msgBase.protoName, msgBase);
        }
        //没有消息了
        else{
            break;
        }
    }
}
```

---

### 6.8.6 测试

最后在6.6.3节测试程序的基础上，编写接收消息的测试程序吧！在程序中使用“NetManager.AddMsgListener”添加“MsgMove”协议的监听。当程序收到“MsgMove”协议后，理应调用OnMsgMove方法。代码如下：

---

```
//开始
void Start() {
    NetManager.AddEventListener(NetManager.NetEvent.ConnectSucc,
    OnConnectSucc);
    NetManager.AddEventListener(NetManager.NetEvent.ConnectFail,
    OnConnectFail);
    NetManager.AddEventListener(NetManager.NetEvent.Close,
    OnConnectClose);
    NetManager.AddMsgListener("MsgMove", OnMsgMove);
}

//收到MsgMove协议
public void OnMsgMove (MsgBase msgBase) {
    MsgMove msg = (MsgMove)msgBase;
    //消息处理
    Debug.Log("OnMsgMove msg.x = " + msg.x);
    Debug.Log("OnMsgMove msg.y = " + msg.y);
    Debug.Log("OnMsgMove msg.z = " + msg.z);
}

//Update
public void Update(){
    NetManager.Update();
}
```

---

开启转发消息的服务端，在客户端上点击“移动”按钮，消息经过服务端转发后回到客户端。网络模块会接收消息，然后把消息解析出来存入到消息队列，等待主线程的Update去处理它。

## 6.9 心跳机制

5.6节说到，如果玩家拿着手机进入没有信号的山区，或者有人拿剪刀剪断网线，都会导致链路不通。但TCP本身的心跳机制太“鸡肋”，要经过2个小时的时间才能主动释放资源，游戏程序一般都会自行实现心跳机制。具体来说就是，客户端会定时（如30秒）给服务端发送PING协议，服务端收到后会回应PONG协议。正常情况下，客户端每隔一段时间（如30秒）必然会收到服务端的PONG协议（就算网络不畅通，最慢120秒也总该收到了吧）。如果客户端很长时间（如120秒）没有收到PONG协议，很大概率是网络不畅通或服务端挂掉，客户端程序可以释放Socket资源。其实对于客户端来说，释放不释放关系

不大，毕竟只有一个Socket。但对服务端来说却很重要，因为服务端可能保持着数以万计的连接，当游戏在线人数很多时，只有及时释放资源，才能让玩家正常玩游戏（不然，内存爆满服务器挂掉大家都玩不了）。心跳机制如图6-25所示。

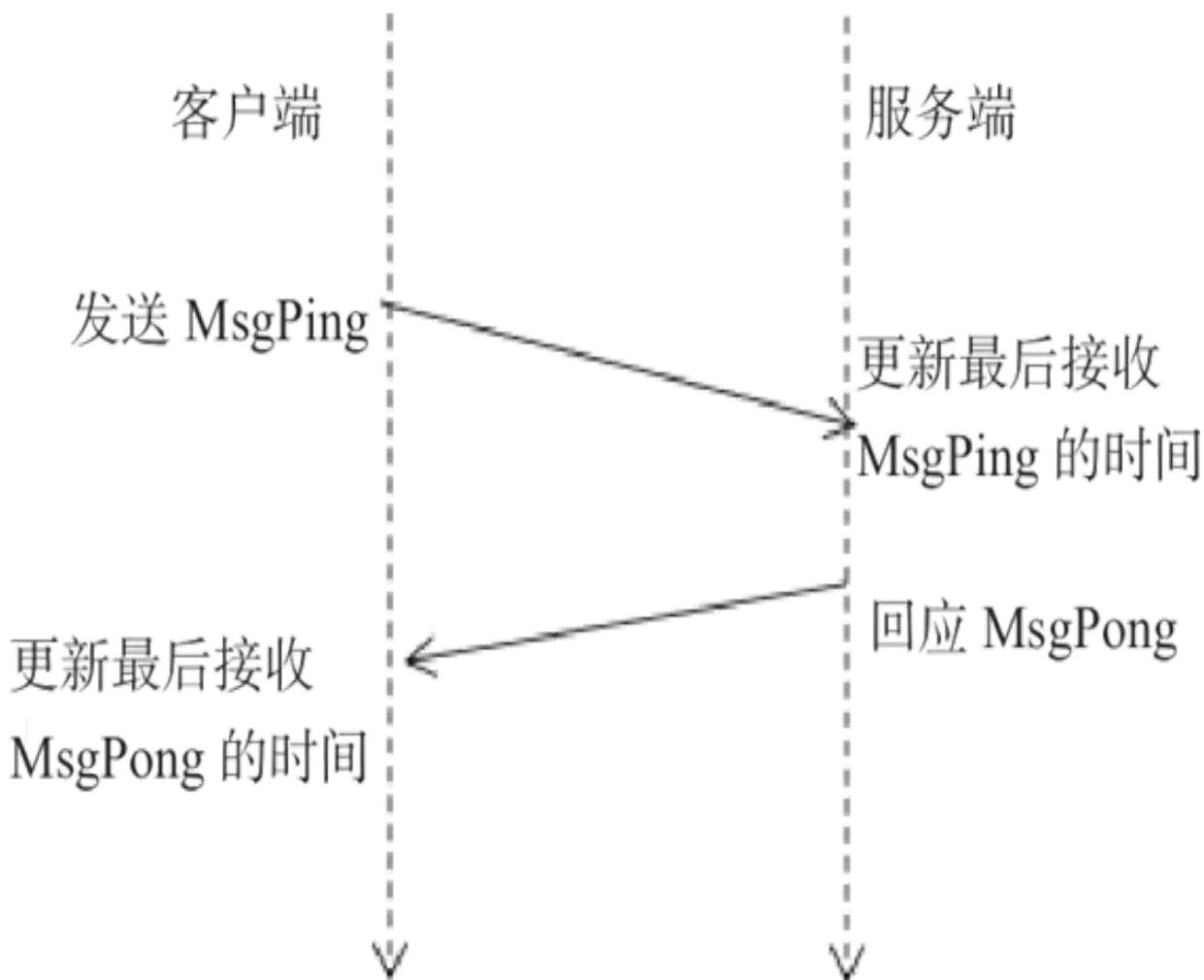


图6-25 心跳机制示意图

### 6.9.1 PING和PONG协议

心跳机制会涉及PING和PONG两条协议，需要先定义它们。根据Json协议类的编写方式，在客户端Script/proto下添加文件SysMsg.cs，如图6-26所示。这里Sys是System的缩写，代表系统协议。

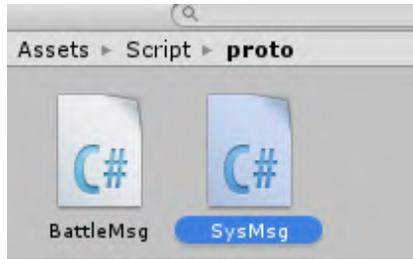


图6-26 添加协议文件

在SysMsg中定义PING协议MsgPing和PONG协议MsgPong，代码如下：

---

```
public class MsgPing:MsgBase {
    public MsgPing() {protoName = "MsgPing";}
}

public class MsgPong:MsgBase {
    public MsgPong() {protoName = "MsgPong";}
}
```

---

## 6.9.2 成员变量

客户端需要控制发送MsgPing协议的时间，以及判断多长时间没有收到MsgPong协议就断开连接。在NetManager中定义下面这几个成员处理相关事务。其中isUsePing代表是否启用心跳机制，因为心跳机制会增加游戏所需的网络流量，也增加消息量，需要根据游戏类型判断是否要启用它。pingInterval代表发送MsgPing协议的时间间隔，默认为30秒。lastPingTime会记录上一次发送MsgPing协议的时间，程序可以根据“if(Time.time-lastPingTime>pingInterval)”判断是否需要发送MsgPing协议。lastPongTime会记录上一次收到MsgPong协议的时间，如果太长时间没有收到，判断语句“if(Time.time-lastPongTime>pingInterval\*4)”成立，则关闭连接。代码如下：

---

```
//是否启用心跳
public static bool isUsePing = true;
//心跳间隔时间
```

```
public static int pingInterval = 30;
//上一次发送PING的时间
static float lastPingTime = 0;
//上一次收到PONG的时间
static float lastPongTime = 0;

//初始化状态
private static void initState(){
    .....
    //上一次发送PING的时间
    lastPingTime = Time.time;
    //上一次收到PONG的时间
    lastPongTime = Time.time;
}
```

---

### 6.9.3 发送PING协议

在NetManager中编写发送MsgPing协议的PingUpdate方法，并在Update中调用它。PingUpdate会实现以下三种功能。

1) 根据isUsePing判断是否启用心跳机制，如果没有开启，直接跳过。

2) 判断当前时间与上一次发送MsgPing协议的时间（lastPingTime）间隔，如果超过指定时间（pingInterval），调用Send(msgPing)向服务端发送MsgPing协议。

3) 判断当前时间与上一次接收MsgPong协议的时间（lastPongTime）间隔，如果超过指定时间（pingInterval\*4），调用Close关闭连接。

发送PING协议代码如下：

---

```
//发送PING协议
private static void PingUpdate(){
    //是否启用
    if(!isUsePing){
        return;
    }
}
```

```
//发送PING
if(Time.time - lastPingTime > pingInterval){
    MsgPing msgPing = new MsgPing();
    Send(msgPing);
    lastPingTime = Time.time;
}
//检测PONG时间
if(Time.time - lastPongTime > pingInterval*4){
    Close();
}
}

//Update
public static void Update(){
    MsgUpdate();
    PingUpdate();
}
}
```

---

## 6.9.4 监听PONG协议

在NetManager中监听MsgPong协议，如果收到该协议，回调OnMsgPong方法。考虑到客户端可能与服务端断线重连，InitState可能被多次调用，但MsgPong协议无须多次监听，因此代码中会判断监听列表中是否已经存在MsgPong协议的监听，不会重复添加。代码如下：

---

```
//初始化状态
private static void initState(){
    .....
    //监听PONG协议
    if(!msgListeners.ContainsKey("MsgPong")){
        AddMsgListener("MsgPong", OnMsgPong);
    }
}
}
```

---

编写消息处理方法OnMsgPong，它负责更新lastPongTime：

---

```
//监听PONG协议
private static void OnMsgPong(MsgBase msgBase){
```

```
    lastPongTime = Time.time;
}
```

---

## 6.9.5 测试

开启转发消息的服务端，打开客户端。可以看到服务端每隔一段时间就会收到客户端发来的MsgPing协议。由于服务端没有回应MsgPong协议（下一章实现），因此在等待一段时间后，客户端就会主动关闭连接，如图6-27所示。

```
Accept
Receive aMsgPing{"protoName":"MsgPing"}
Receive aMsgPing{"protoName":"MsgPing"}
Receive aMsgPing{"protoName":"MsgPing"}
Socket Close
```

图6-27 服务端的输出

## 6.10 Protobuf协议

### 6.10.1 什么是Protobuf

正如6.5节的Json协议，我们规定网络数据采用形如“{"protoName"="MsgMove", "x"=10, "y"=20}"的方式传输，并且编写了将协议对象（如msgMove）编码成字节流，以及由字节流解码成协议对象的方法。Protobuf是谷歌发布的一套协议格式，它规定了一系列的编码和解码方法。比如对于数字，它要求根据数字的大小选择存储空间，小于15的数字只用1个字节表示，大于16的数字用2个字节表示，以此类推，尽可能地节省空间。目前，网上已经有不少实现Protobuf编码解码的库，可以直接使用。Protobuf协议的一大特点是编码后的数据量较小，可以节省网络带宽。

若以图6-28表示Json协议的编码流程，开发者需要先编写协议类，再通过编码方法将协议对象转换成byte数组。

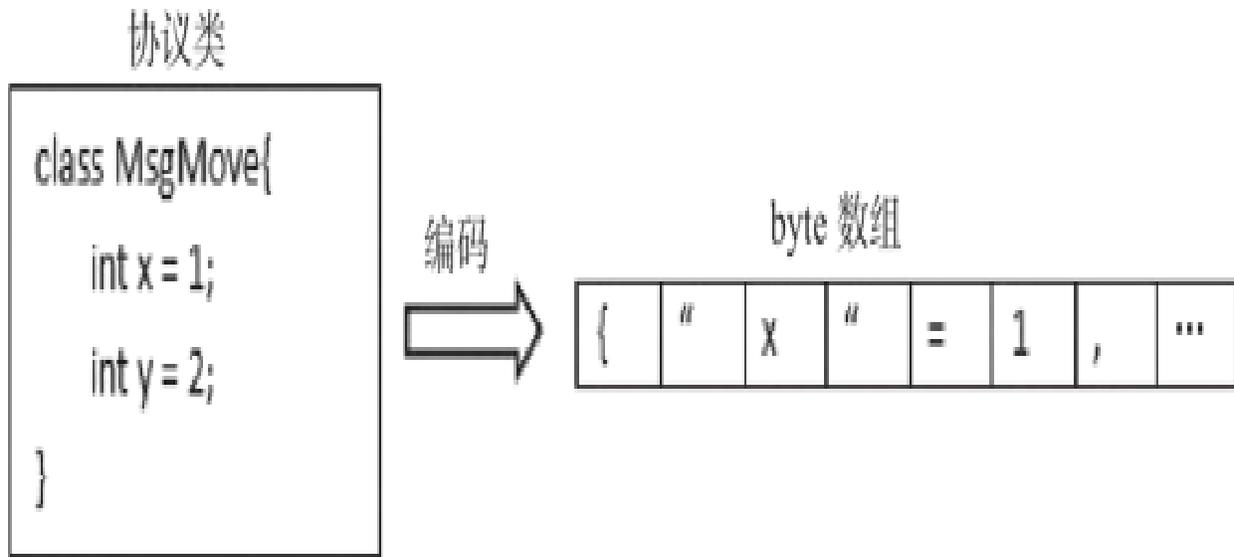


图6-28 Json协议的编码方式

图6-29则表示Protobuf协议的使用流程，开发者需要编写描述文件。描述文件有其特定的格式。由于网上资料很多，这里假设读者对它有一定的了解。开发者可以网上下载一些第三方工具，这些工具可以根据描述文件自动生成协议类，协议类里面除了成员属性外，还会包含编码解码所需的一些信息。最后开发者可以调用第三方库，将协议对象编码成byte数组。

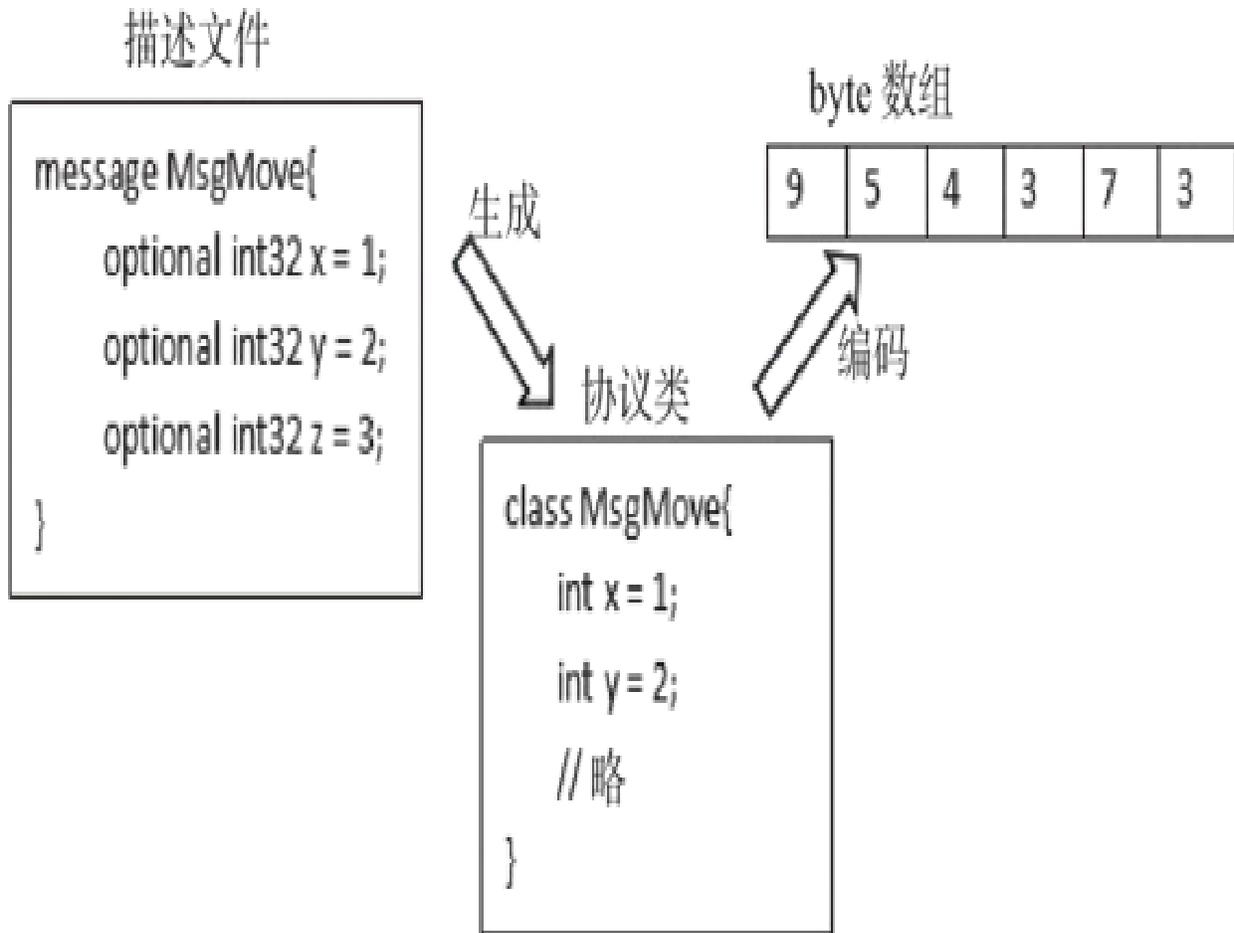


图6-29 Protobuf协议的编码方式

## 6.10.2 编写proto文件

使用Protobuf的第一步是编写描述文件（即.proto文件）。新建两个文件BattleMsg.proto和SysMsg.proto，以前面Json协议的内容为例，两个描述文件分别如下：

- BattleMsg.proto

---

```
message MsgMove{
  optional int32 x = 1;
  optional int32 y = 2;
  optional int32 z = 3;
}

message MsgAttack{
```

```
    optional string desc = 1;
}
```

---

#### ▪ SysMsg.proto

---

```
message MsgPing{
}

message MsgPong{
}
```

---

### 6.10.3 生成协议类

Protobuf-net是一套开源的第三方库，它不仅提供了将Protobuf描述文件转换成协议类的工具，还实现了协议对象编码解码的方法，不少Unity游戏使用Protobuf-net处理Protobuf协议。

使用Protobuf-net生成协议类的方法如下。

#### 1. 下载protobuf-net

方法1：读者可以在下列地址下载protobuf-net，然后编译它。但由于搭建编译环境需要花费一些时间精力，因此更推荐第二种方法。

<https://github.com/mgravell/protobuf-net>

<https://code.google.com/p/protobuf-net/>

方法2：本书附带的资源中，提供了编译好的protobuf-net，直接拿来用就好。读者也可以在网上找到编译好的软件。

#### 2. 设置目录

打开编译好的protobuf-net目录（如图6-30所示），会看到里面有两个文件夹。proto文件夹是存放proto文件的地方，需将前面写好的proto文件放进去。cs文件夹为生成出的协议类存放目录。run.bat

是一个批处理文件，可以用记事本打开，里面记录需要生成的文件和路径，设置正确的文件和目录才能生成协议类。run.bat的内容如下：

```
protogen.exe -i:proto\BattleMsg.proto -o:cs\BattleMsg.cs
protogen.exe -i:proto\SysMsg.proto -o:cs\SysMsg.cs
pause
```

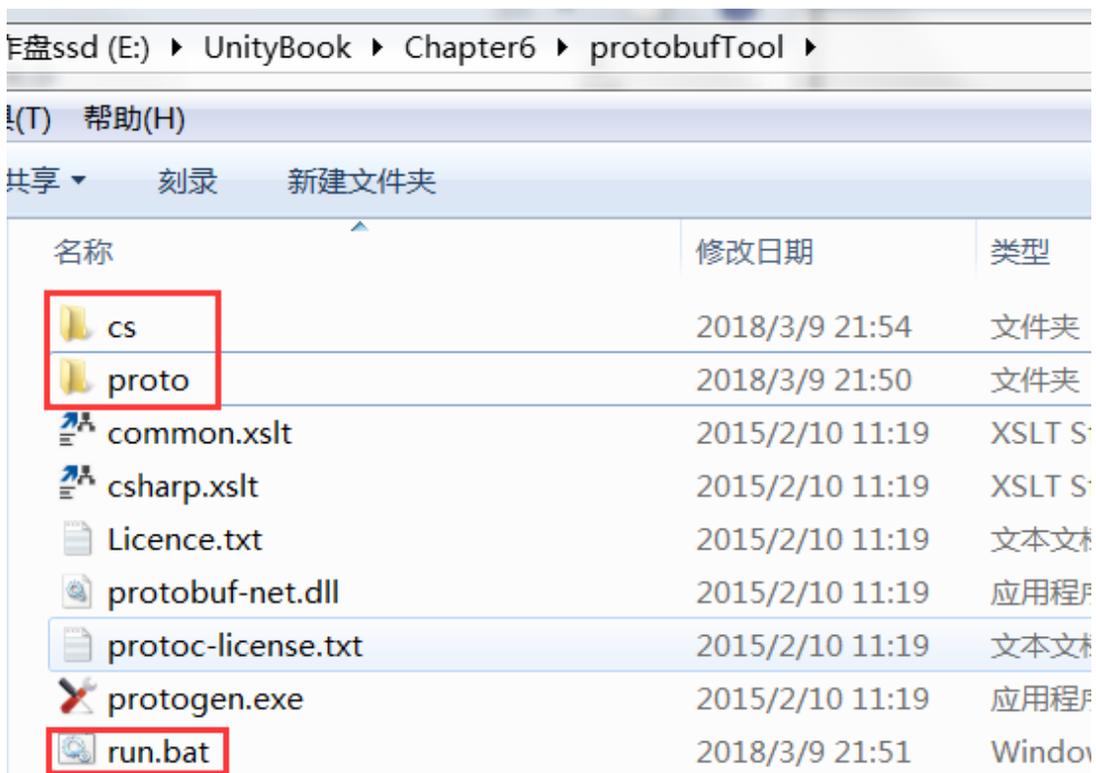


图6-30 编译好的protobuf-net目录

### 3. 生成协议类

将proto文件存放到proto目录下，修改run.bat之后，双击run.bat运行它，如图6-31所示。程序会生成协议类文件，并存放到cs目录下，如图6-32所示。

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
E:\UnityBook\Chapter6\protobufTool>protogen.exe -i:proto\BattleMsg.proto -o:cs\BattleMsg.cs
protobuf-net:protogen - code generator for .proto
E:\UnityBook\Chapter6\protobufTool>protogen.exe -i:proto\SysMsg.proto -o:cs\SysMsg.cs
protobuf-net:protogen - code generator for .proto
E:\UnityBook\Chapter6\protobufTool>pause
请按任意键继续. . .
```

图6-31 运行run.bat的结果

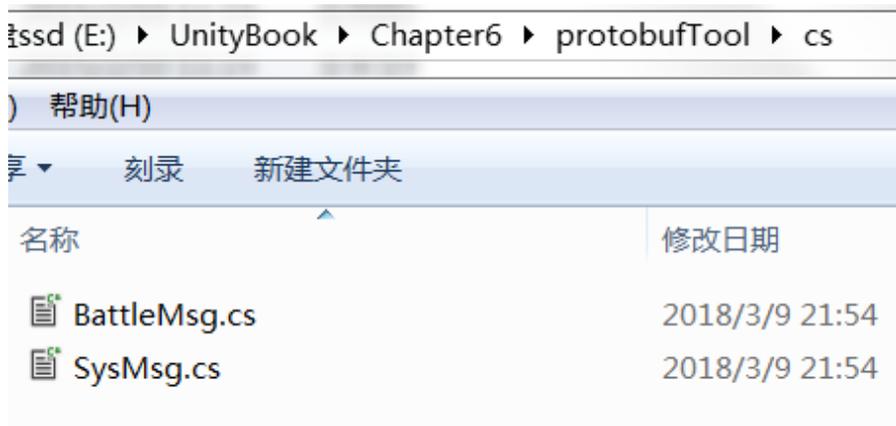


图6-32 生成的协议类文件

打开BattleMsg.cs，能够看到如下的协议类（以MsgAttack为例）。除了成员desc外，协议类还附带了编码解码所需要的一些信息。MsgAttack继承自global::ProtoBuf.IExtensible，使用Protobuf协议，可将global::ProtoBuf.IExtensible当作协议基类。

```
[global::System.Serializable,
global::ProtoBuf.ProtoContract (Name=@"MsgAttack")]
public partial class MsgAttack : global::ProtoBuf.IExtensible
{
    public MsgAttack() {}
```

```
private string _desc = "";
[global::ProtoBuf.ProtoMember(1, IsRequired = false,
Name=@"desc", DataFormat =
global::ProtoBuf.DataFormat.Default)]
[global::System.ComponentModel.DefaultValue("")]
public string desc
{
    get { return _desc; }
    set { _desc = value; }
}
private global::ProtoBuf.IExtension extensionObject;
global::ProtoBuf.IExtension
global::ProtoBuf.IExtensible.GetExtensionObject (bool
createIfMissing)
    { return
global::ProtoBuf.Extensible.GetExtensionObject (ref
extensionObject, createIfMissing); }
}
```

---

#### 4. 将协议文件复制到游戏工程

将生成出来的BattleMsg.cs和SysMsg.cs放入游戏工程Script/proto目录下，放入后游戏不能运行，会有一些报错。这是因为生成的文件引用了ProtoBuf.ProtoMember和ProtoBuf.Extensible等类型，它在protobuf-net的库文件中定义，需要把protobuf-net的库文件引入到游戏项目中。

### 6.10.4 导入protobuf-net.dll

protobuf-net.dll是protobuf-net的库文件，可以在编译好的目录中找到它，将它复制到游戏工程的任一目录中，如图6-33所示。

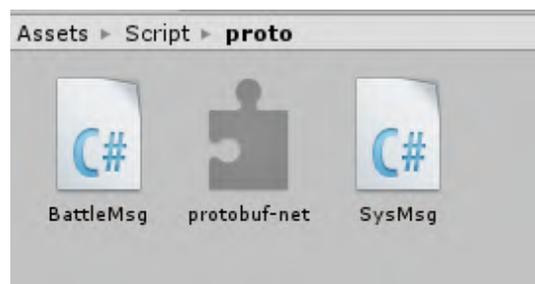


图6-33 导入protobuf-net.dll

## 6.10.5 编码解码

在前面实现Json协议解析的代码中，协议类都继承自MsgBase类，改用Protobuf协议后，协议基类改为global::ProtoBuf.IExtensible，需修改NetManager.Send、FireMsg方法的接口。使用Protobuf协议，核心在于编写它的编码和解码方法，本节会给出编码解码方法和测试程序，读者只需将它替换MsgBase中的编码解码程序，即可让NetManager支持Protobuf协议。

### 1. 编码方法

编码方法Encode如下所示。它接受ProtoBuf.IExtensible类型的协议基类，然后调用ProtoBuf.Serializer.Serialize将协议对象转化成字节流。下面的代码还展示了Encode的调用方法，它的调用方法和6.5节编写的Encode完全一样。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using proto.BattleMsg;

public class testProto : MonoBehaviour {

    //将protobuf对象序列化为Byte数组
    public static byte[] Encode(ProtoBuf.IExtensible msgBase)
    {
        using (var memory = new System.IO.MemoryStream())
        {
            ProtoBuf.Serializer.Serialize(memory, msgBase);
            return memory.ToArray();
        }
    }

    // Use this for initialization
    void Start () {
        //Protobuf测试
        MsgMove msgMove = new MsgMove();
        msgMove.x = 214;
        byte[] bs = Encode(msgMove);
        Debug.Log(System.BitConverter.ToString(bs));
    }
}
```

```
}  
}
```

上述程序运行结果如图6-34所示，只用了3字节就能编码协议对象msgMove，可见Protobuf的紧凑性。

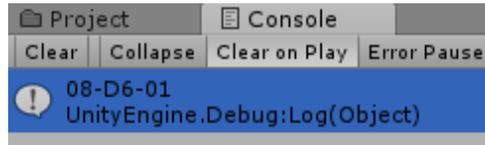


图6-34 测试程序运行结果

## 2. 获取协议名字

由于协议类中已经包含了编码解码所需的一些数据，只需通过ToString方法即可获取协议名。在如下的程序中，获取到的协议名是“proto.BattleMsg.MsgMove”（如图6-35所示），读者可以使用一些字符串解析的方法，将“MsgMove”解析出来。

```
MsgMove msgMove = new MsgMove();  
Debug.Log(msgMove.ToString());
```

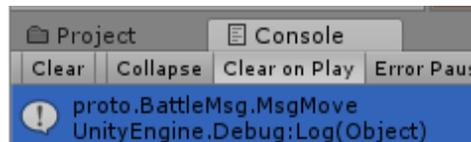


图6-35 获取协议名字示例

## 3. 解码

解码方法Decode如下所示。它和6.5节Json协议的解码方法形式上基本一样。第一个参数protoName代表协议名称，如

“proto.BattleMsg.MsgMove”。第二个参数代表要解码的byte数组，第三和第四个参数代表协议体数据所在的起始位置和长度。程序使用“ProtoBuf.Serializer.NonGeneric.Deserialize”解码Protobuf数

据，并将它转换成基于Protobuf协议基类ProtoBuf.IExtensible的对象返回。

---

```
//解码
public static ProtoBuf.IExtensible Decode(string protoName,
                                           byte[] bytes, int offset,
                                           int count){
    using (var memory = new System.IO.MemoryStream(bytes,
offset, count))
    {
        System.Type t = System.Type.GetType(protoName);
        return
        (ProtoBuf.IExtensible)ProtoBuf.Serializer.NonGeneric.Deserialize
        (t, memory);
    }
}
```

---

编写如下的测试程序，先定义协议对象，然后对它编码和解码。如果最终打印出来的属性正确，说明解码成功。

---

```
//编码
MsgMove msgMove = new MsgMove();
msgMove.x = 214;
byte[] bs = Encode(msgMove);
Debug.Log(System.BitConverter.ToString(bs));
//解码
ProtoBuf.IExtensible m = Decode("proto.BattleMsg.MsgMove", bs,
0, bs.Length);
MsgMove m2 = (MsgMove)m;
Debug.Log(m2.x);
```

---

考虑到使用Protobuf协议会多出编写proto文件和生成协议类的步骤，还需要读者对proto文件有一定的了解。本书后续章节会使用直观的Json协议，但Json协议和Protobuf协议的编码解码接口形式基本一样，读者可以自行替换。

完成客户端网络模块，还需编写一套服务端程序。只有客户端和服务端相互配合，方能实现游戏功能。

## 第7章

# 通用服务端框架

网络游戏涉及客户端和服务端，服务端程序需要记录玩家数据，处理客户端发来的协议。本章将会介绍一套通用服务端框架的实现。该框架基于Select多路复用处理网络消息，具有粘包半包处理、心跳机制等功能，还使用MySQL数据库存储玩家数据，是一套功能较为完备的C#服务端程序。一般来说，单个服务端进程可以承载数百名玩家；若游戏大火，读者可以将它改成分布式结构，支撑更多玩家。

本章除了实现服务端的底层功能，还会结合在线记事本实例（如图7-1所示），讲解这套框架的具体调用方式。在线记事本是最基本的“网络游戏”，它包含了用户注册、登录、客户端服务端通信、数据保存等功能，是测试网络框架的法宝。

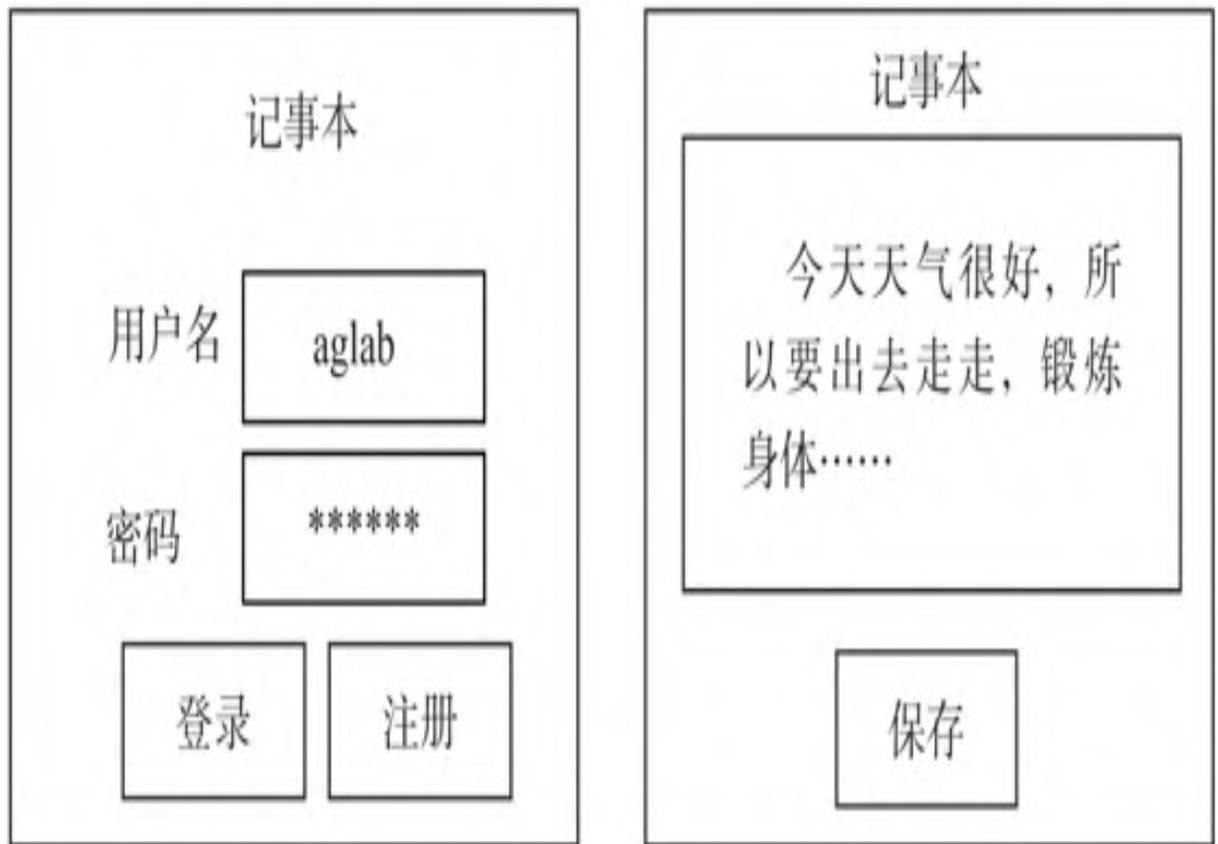


图7-1 在线记事本

## 7.1 服务端架构

### 7.1.1 总体架构

服务端程序的两大核心是处理客户端的消息和存储玩家数据。图7-2展示的是最基础的单进程服务端结构，客户端与服务端通过TCP连接，使两者可以传递数据；服务端还连接着MySQL数据库，可将玩家数据保存到数据库中。

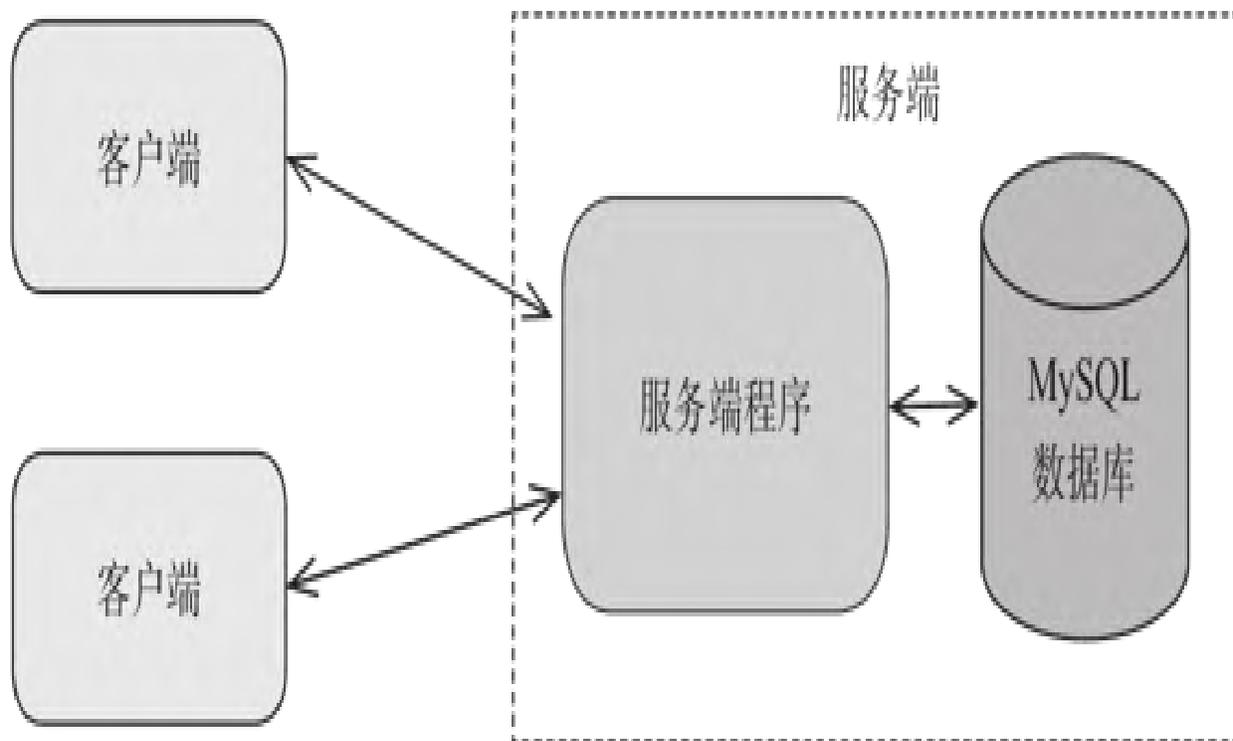


图7-2 单进程服务端程序

### 7.1.2 模块划分

图7-3展示了服务端程序的内部结构，大部分模块可以与第3章的服务端程序对应。“网络底层”是指处理网络连接的底层模块，它有处理粘包半包、协议解析等功能。消息处理模块属于游戏的逻辑层，比如当收到客户端的MsgMove协议时，服务端会在消息处理模块中记录玩家坐标，然后将MsgMove协议广播给所有客户端。在服务端中，事件处理指的是玩家上线和下线。当玩家上线，可能需要做些初始化的操作；当玩家下线，可能也需要做些数据记录，这些逻辑便在事件处理模块中执行。数据库底层模块提供了保存玩家数据、读取玩家数据、注册、检验用户名密码是否正确等的功能，是服务端和数据库交互的一层封装。存储结构指定哪些数据需要保存，比如在线记事本中需要保存文本信息，对于大部分游戏需要存储玩家的金币、经验、等级等信息。

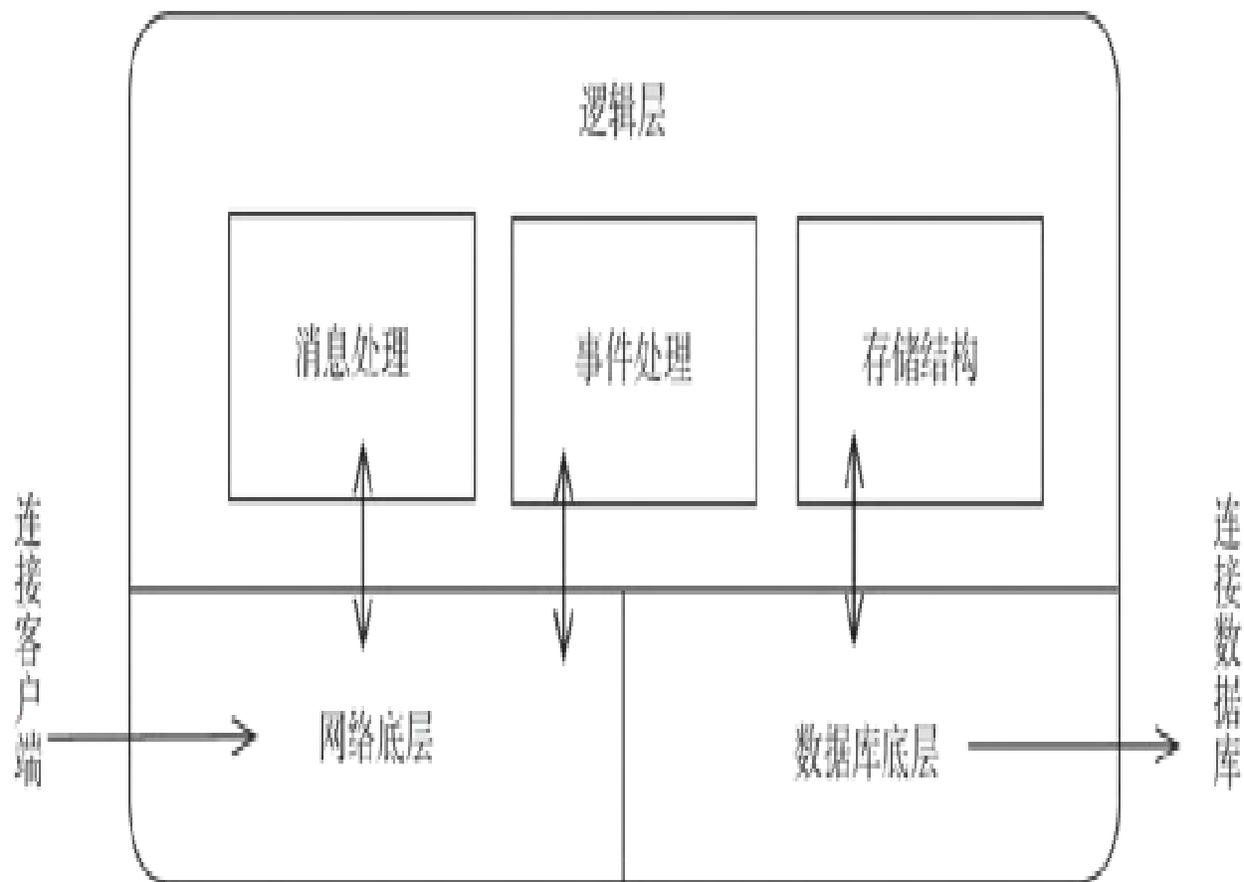


图7-3 服务端内部结构

### 7.1.3 游戏流程

从服务端的角度看，一个玩家会经历连接、登录、获取数据、操作交互、保存数据和退出六个阶段，如图7-4所示。

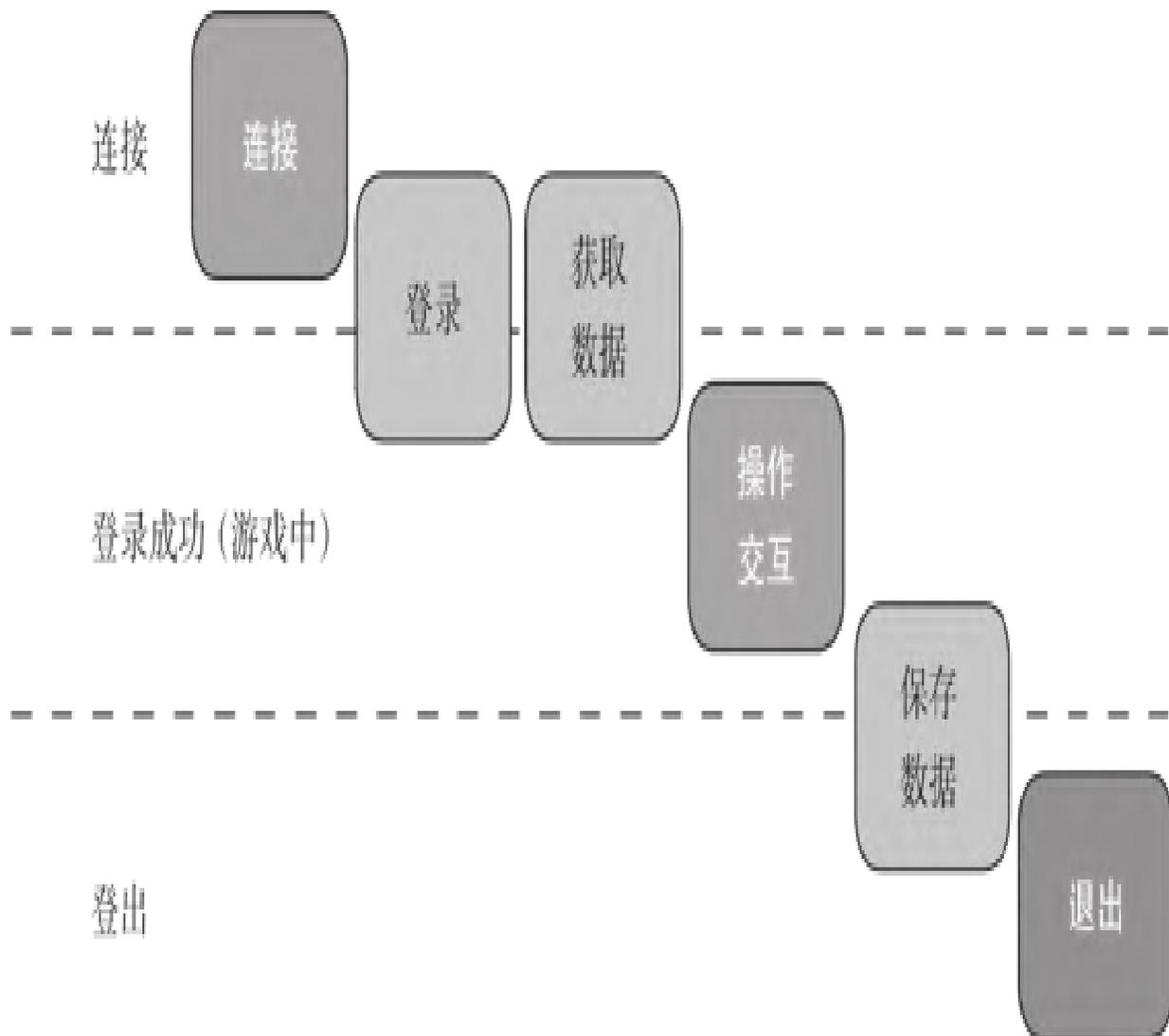


图7-4 游戏流程

- **连接阶段**：客户端调用Connect连接服务端即为连接阶段。连接后双端即可通信，但服务端还不知道玩家控制的是哪个角色。于是客户端需要发送一条登录协议，协议中包含用户名、密码等信息，待检验通过后服务端会将网络连接与游戏角色对应起来，从数据库去获取该角色的数据，才算登录成功。

- **交互阶段**：双端互通协议，第3章的MsgMove、MsgAttack，本章记事本程序的保存文本功能，都发生在这一阶段。

- **登出阶段**：玩家下线，服务端把玩家的数据保存到数据库中。对于保存玩家数据的时机，不同的服务端会有不同实现。有些服务端采用

定时存储的方式，每隔几分钟把在线玩家的数据写回数据库；有些服务端采用下线时存储的方式，只有在玩家下线时才保存数据。不同方式各有优缺点，定时存储相对于下线时存储安全，在服务端突然挂掉的情况下，能够挽回一部分在线玩家数据，但也因为要频繁写数据库，性能较差。本章采用玩家下线时才保存数据的方式。

对应于上述几个步骤，一个连接会有“连接但未登录”和“登录成功”两种状态，如表7-1所示。

表7-1 连接状态

状态	说明
连接但未登录	客户端连接 (Connect) 服务端，服务端还不知道该客户端对应哪个游戏角色。玩家需要输入用户名、密码，服务端验证后从数据库读取角色数据，把连接和角色关联起来
登录成功	连接和角色关联后，玩家可以操作游戏角色，比如打副本、吃药水

## 7.2 Json编码解码

服务端程序会有两处功能涉及类的序列化。其一是与客户端交互需要编码和解码Json协议，这部分已在上一章中有详细描述，服务端只需要仿照客户端网络模块处理协议的方法，便能够与客户端通信。其二是玩家数据存储，我们会定义名为PlayerData的类，里面包含需要存储的信息，如金币、等级等。然后把PlayerData对象序列化为Json字符串存入数据库。当需要增加玩家数据时，只需要修改PlayerData类，不用修改数据库结构。

上一章“客户端网络模块”中，使用了Unity提供Json辅助类JsonUtility来序列化Json协议，但服务端程序和Unity无关，无法使用JsonUtility，会改用System.Web提供的方法实现。

### 7.2.1 添加协议文件

除了使用不同的Json解析方法，服务端和客户端的协议处理模块基本相同，本节将会把客户端协议部分移植到服务端。新建一个控制台程序，建立如图7-5所示的目录。其中script代表脚本，所有的程序

文件会放在里面。script里面包含net和proto两个目录。net代表网络，会存放服务端程序的网络模块；proto代表协议，会存放协议文件，它与客户端程序中的proto目录完全相同。将客户端中的协议文件BattleMsg.cs和SysMsg.cs复制到proto目录下，将缓冲区类ByteArray.cs和协议基类MsgBase.cs复制到net目录下。

由于服务端程序不依赖Unity，程序会出现找不到UnityEngine等错误，因此需将“using UnityEngine”删去，然后处理JsonUtility相关的报错。

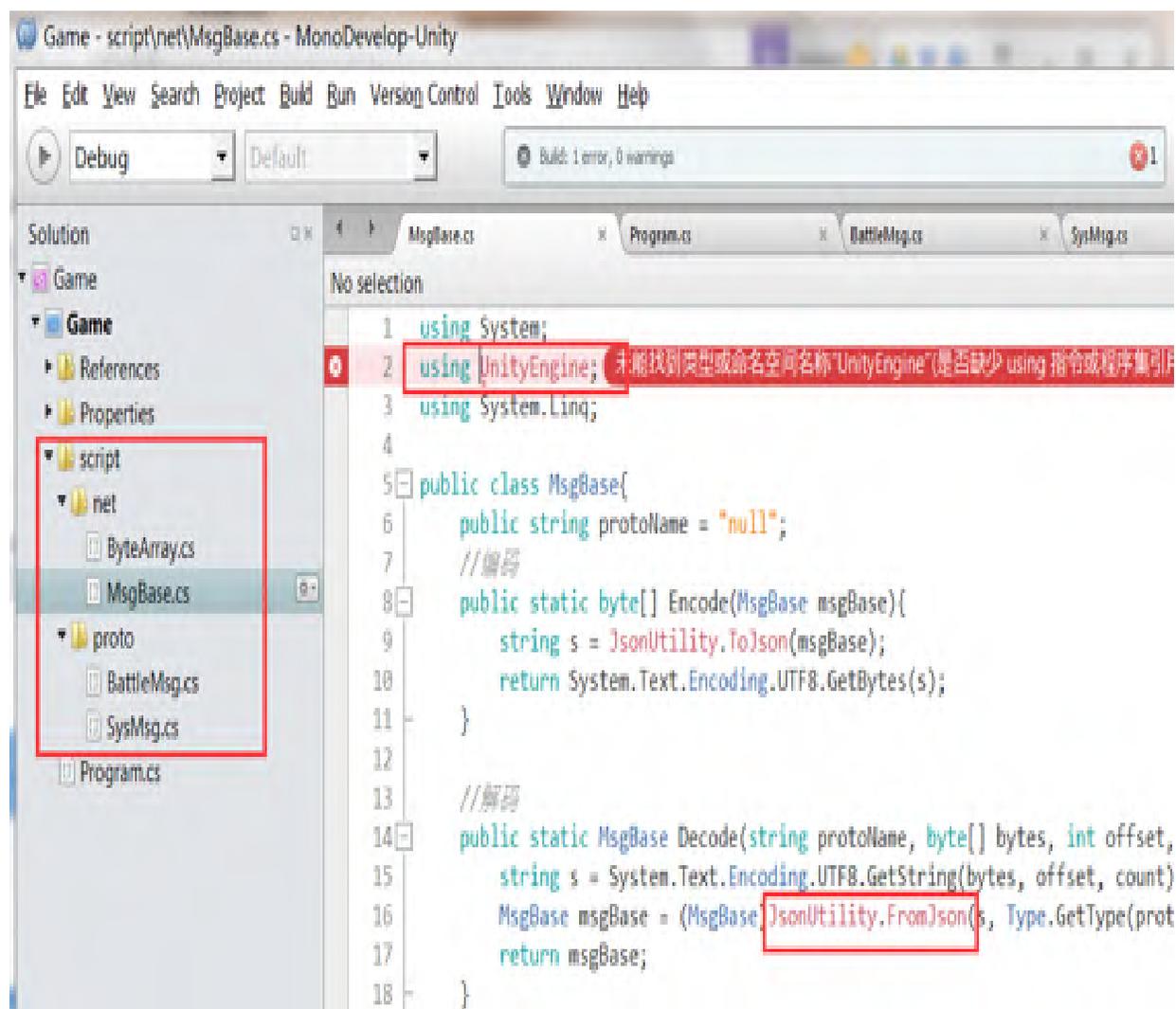


图7-5 服务端协议文件

## 7.2.2 引用System.web.Extensions

.net提供了多种编码解码Json的方法，最常用的是“JavaScriptJsonSerializer”，但默认的程序并不包含它，需要手动引用System.web.Extensions。这一步的操作称为“添加引用”，可以让程序使用一些系统安装好的类库，后续章节中使用MySQL数据库也需要添加MySQL相关的引用。具体做法如下。

1) 右击程序列表的References文件夹，选择Edit References，如图7-6所示。

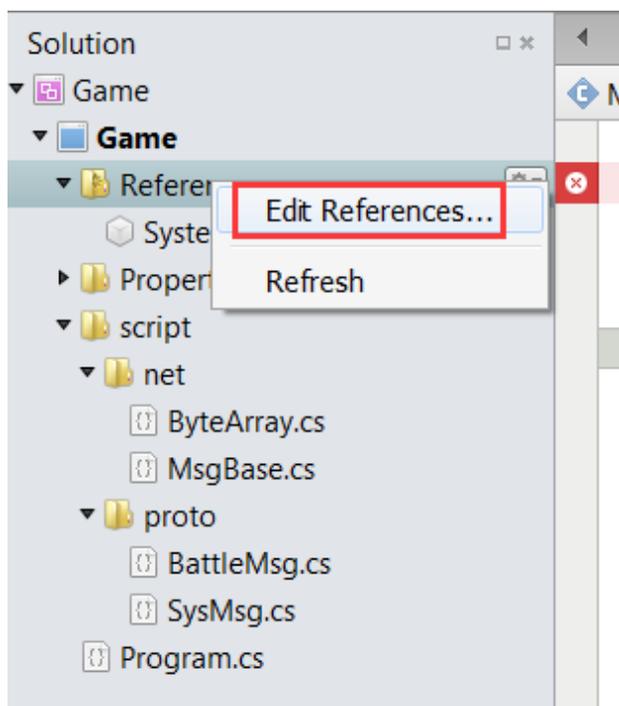


图7-6 右击程序列表的References文件夹，选择Edit References

2) 在弹出的“Edit References”窗口中，点击“.Net Assembly”选项卡，再点击下方的“Browse”按钮，如图7-7所示。在弹出的“选择文件”窗口中，选择本书附带资源中的“System.Web.Extensions.dll”（或者在C盘中搜索该文件）。

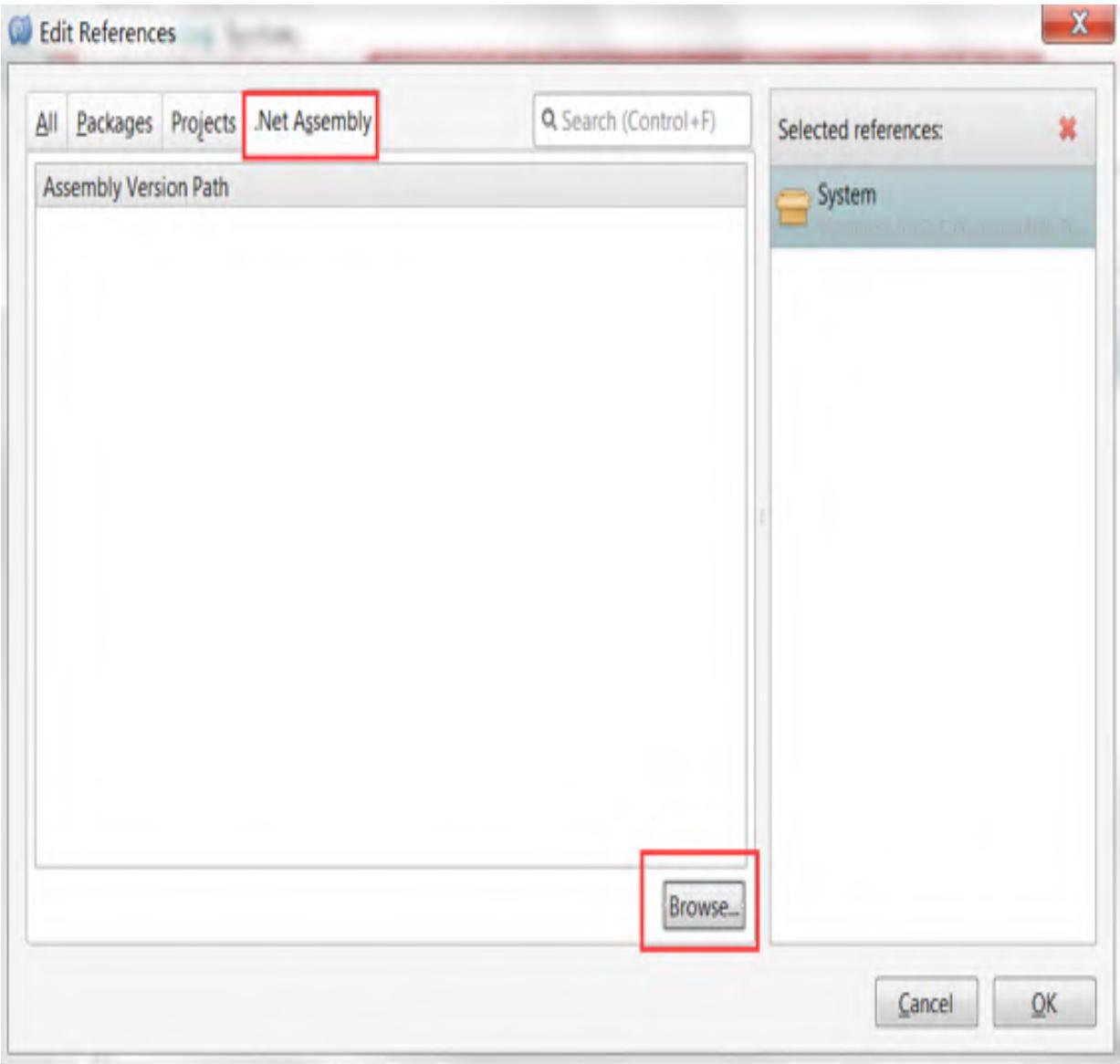


图7-7 点击“.Net Assembly”选项卡中的“Browse”按钮

3) 添加后，可在程序中的References目录看到 System. web. Extensions，表示引用成功，如图7-8所示。

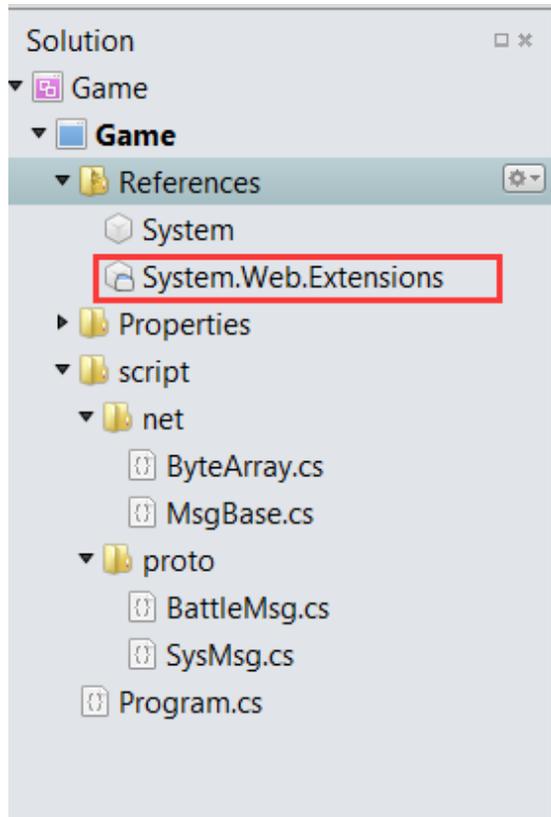


图7-8 添加引用成功

### 7.2.3 修改MsgBase类

添加引用后，即可修改协议基类MsgBase中有关Json编码解码的方法，避免报错。“JavaScriptSerializer”的调用方法与JsonUtility略有不同。首先，JavaScriptSerializer位于System.Web.Script.Serialization命名空间中，需要引用（using）它。其次，JavaScriptSerializer不是静态类，需要先定义一个JavaScriptSerializer对象（此处命名为Js），再使用Js.Serialize和Js.Deserialize编码解码，编码解码方法的参数与JsonUtility大同小异。

修改后的MsgBase类代码如下：

---

```
using System;
using System.Linq;
using System.Web.Script.Serialization;
public class MsgBase{
```

```

public string protoName = "null";

//编码器
static JavaScriptSerializer Js = new JavaScriptSerializer();

//编码
public static byte[] Encode(MsgBase msgBase){
    string s = Js.Serialize(msgBase);
    return System.Text.Encoding.UTF8.GetBytes(s);
}

//解码
public static MsgBase Decode(string protoName,
                             byte[] bytes, int offset,
int count){
    string s = System.Text.Encoding.UTF8.GetString(bytes,
offset, count);
    MsgBase msgBase = (MsgBase)Js.Deserialize(s,
Type.GetType(protoName));
    return msgBase;
}

//编码协议名(2字节长度+字符串)
public static byte[] EncodeName(MsgBase msgBase){
    //.....(与客户端程序一样)
}

//解码协议名(2字节长度+字符串)
public static string DecodeName(byte[] bytes, int offset,
out int count){
    //.....(与客户端程序一样)
}
}

```

---

## 7.2.4 测试

### 1. 编码

编写程序测试MsgBase能否正常工作。在如下的程序中，先定义MsgMove类型的协议对象msgMove，给它赋值。再使用MsgBase.Encode编码，打印编码后的字符串。

---

```

using System;

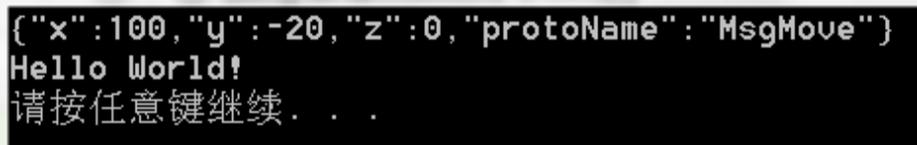
namespace Game
{
    class MainClass
    {
        public static void Main (string[] args)
        {
            MsgMove msgMove = new MsgMove();
            msgMove.x = 100;
            msgMove.y = -20;
            //相当于取得要发送的字符串
            byte[] bytes = MsgBase.Encode(msgMove);
            //当作接收后解码
            string s =
System.Text.Encoding.UTF8.GetString(bytes);
            Console.WriteLine(s);

            Console.WriteLine ("Hello World!");
        }
    }
}

```

---

程序运行结果如图7-9所示，MsgBase将协议编码成字符串“{"x":100, "y":-20, "z":0, "protoName":"MsgMove}"”，符合Json格式。



```

{"x":100, "y":-20, "z":0, "protoName":"MsgMove"}
Hello World!
请按任意键继续...

```

图7-9 编码测试程序的运行结果

## 2. 解码

编写如下程序测试MsgBase能否正确解码。定义符合Json格式的字符串s，然后将它转换成byte数组，调用MsgBase.Decode解码，看看打印出来的属性是否正确。运行结果如图7-10所示。

```
100
-20
0
请按任意键继续. . .
```

图7-10 解码测试程序的运行结果

```
string s = "
{\"protoName\": \"MsgMove\", \"x\": 100, \"y\": -20, \"z\": 0}";
//相当于收到的数据
byte[] bytes = System.Text.Encoding.UTF8.GetBytes(s);
//解码
MsgMove m = (MsgMove)MsgBase.Decode("MsgMove", bytes, 0,
bytes.Length);
Console.WriteLine (m.x);
Console.WriteLine (m.y);
Console.WriteLine (m.z);
```

## 7.3 网络模块

### 7.3.1 整体结构

本章的服务端程序与第3章的服务端程序在结构上基本相似，是在第3章程序的基础上，添加粘包半包处理、协议解析、数据库存储等功能。除了协议解析相关，网络模块还分为4个部分：一是处理select多路复用的网络管理器NetManager，它是服务端网络模块的核心部件；二是定义客户端信息的ClientState类，第3章的ClientState类相对简单，本章会继续完善它；三是处理网络消息的MsgHandler类，第3章中所有的消息处理都写在同一个文件里，但对于大型游戏来说，一个几十万行的文件不太容易编辑，本章会根据消息的类型，将MsgHandler分拆到多个文件中（如BattleMsgHanler.cs专门处理战斗相关的协议，SysMsgHandler.cs专门处理MsgPing、MsgPong等系统协议）；四是事件处理类EventHandler。

图7-11展示了服务端网络模块的整体结构，与第3章不同的是，程序引入了玩家列表，玩家登录后clientState会与player对象关联。通过判断clientState是否持有player对象即可判断客户端是处于“连接但未登录”状态，还是处于“登录成功”状态。

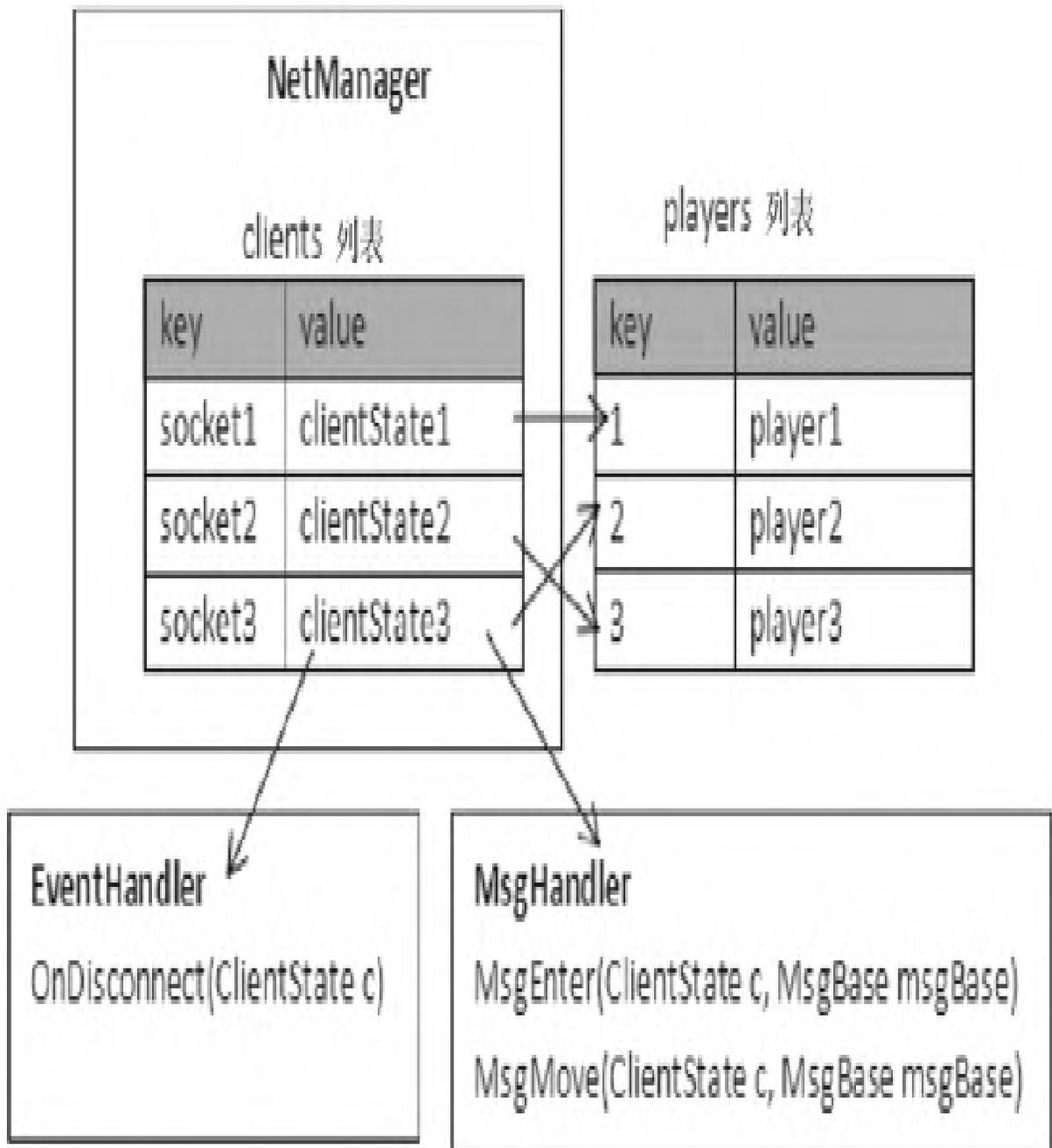


图7-11 服务端网络模块结构

在服务端程序中添加logic文件夹，代表游戏逻辑部分，添加BattleMsgHandler.cs、EventHandler.cs和SysMsgHandler.cs三个空文件；在net文件夹下添加ClientState.cs和NetManager.cs两个空文件，如图7-12所示。

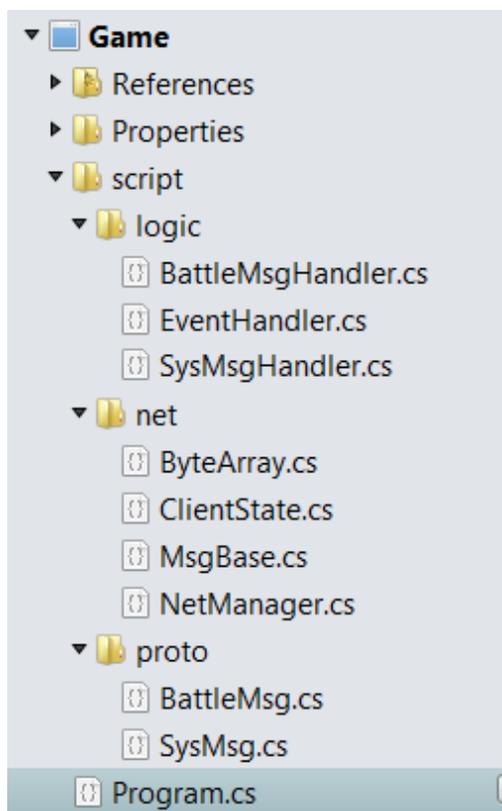


图7-12 网络模块相关的文件

### 7.3.2 ClientState

ClientState即客户端信息，每一个客户端连接会对应一个ClientState对象。ClientState含有与客户端连接的套接字socket和读缓冲区readBuff。为了突出重点，服务端程序不会实现“完整发送数据”“写入队列”等功能，读者可以自行实现。在ClientState.cs中编写存放客户端信息的ClientState类。代码如下：

---

```
using System.Net.Sockets;

public class ClientState
{
    public Socket socket;
    public ByteArray readBuff = new ByteArray();
    //玩家数据后面添加
}
```

---

当前的ClientState只是初步的版本，后续还会向里面添加更多内容。

### 7.3.3 开启监听和多路复用

服务端的网络管理器NetManager功能与客户端的NetManager相似，都有处理连接、分发消息和网络事件的能力。不同的是，服务端是监听方，客户端是连接方，服务端需要按照Socket→Listen→Accept的步骤与客户端交互；为了管理多个连接，服务端采用了多路复用技术。

与第3章的服务端程序类似，NetManager至少包含下面几个成员：一个是用于监听的套接字listenfd，一个管理客户端状态的列表clients和一个用于Select多路复用的列表checkRead。NetManager的代码如下：

---

```
using System;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
using System.Collections.Generic;
using System.Reflection;
using System.Linq;

class NetManager
{
    //监听Socket
    public static Socket listenfd;
    //客户端Socket及状态信息
    public static Dictionary<Socket,ClientState> clients = new
Dictionary<Socket,
ClientState>();
    //Select的检查列表
    static List<Socket> checkRead = new List<Socket>();
}
```

---

编写开启服务端监听的方法StartLoop，它接受一个参数listenPort，代表监听的端口。StartLoop的程序结构与第2章的多路复用程序很相似，如图7-13所示。

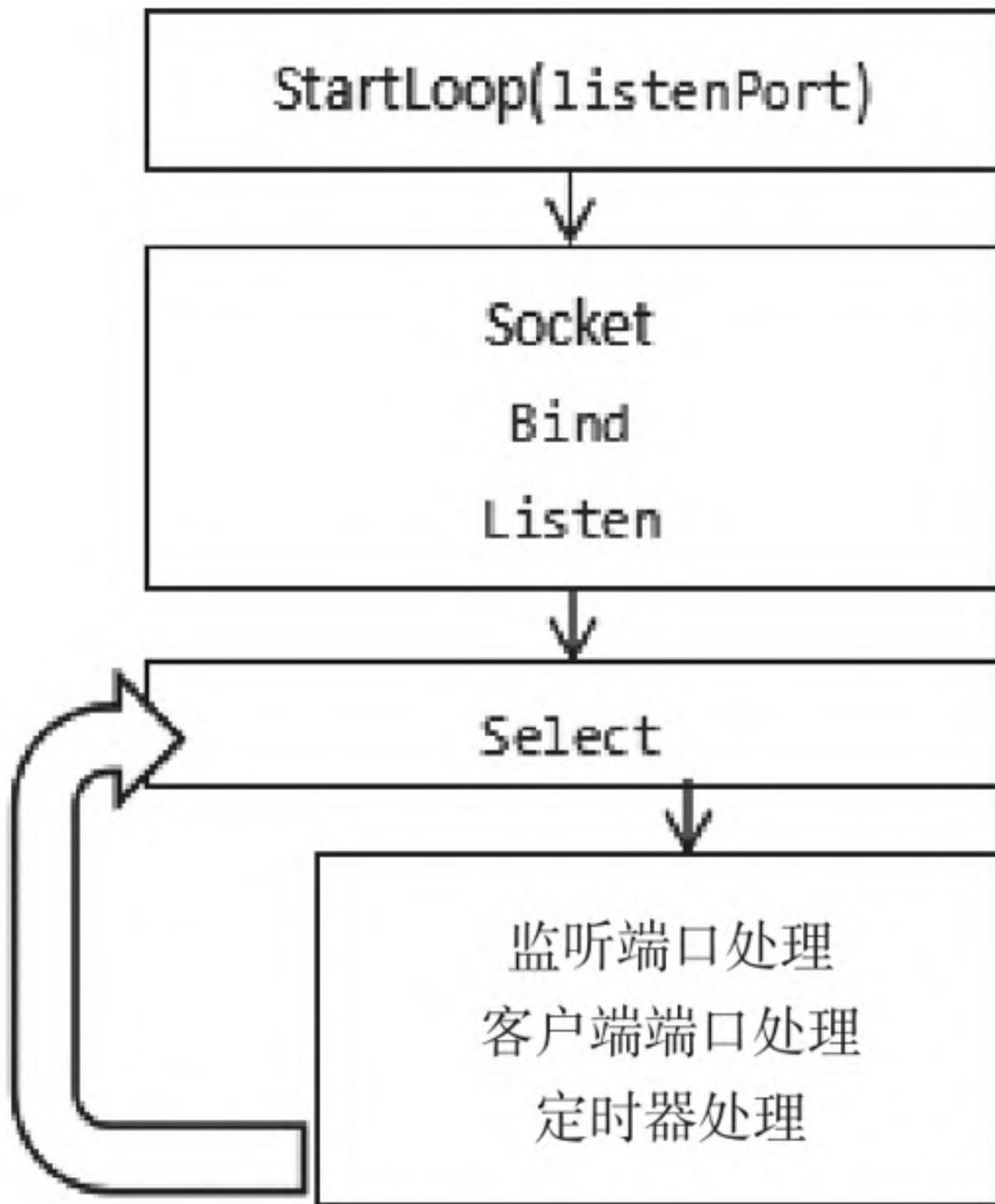


图7-13 StartLoop的程序结构

经过`Socket`→`Bind`→`Listen`三个步骤后，服务端开启了端口监听，然后进入循环。在循环中，程序先调用`ResetCheckRead`重置需要传入`Select`的`Socket`列表，包括监听套接字`listenfd`以及每个已连接的客户端套接字。针对`Select`返回的列表，程序会遍历它，判断是有

新的客户端连接还是某个客户端发来消息，然后分别调用处理函数 ReadListenfd和ReadClientfd。代码中Socket.Select的第三个填写了1000，代表设置1秒的超时时间。当程序执行到Socket.Select时，它会阻塞等待可读的连接。当1秒内没有可读消息时，它会停止阻塞，返回空的checkRead列表，程序继续执行。所以，程序在Select有可读事件和超时都会调用Timer方法，空闲状态下每秒调用一次。

StartLoop的代码如下：

---

```
public static void StartLoop(int listenPort)
{
    //Socket
    listenfd = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
        SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
    //Bind
    IPAddress ipAdr = IPAddress.Parse("0.0.0.0");
    IPEndPoint ipEp = new IPEndPoint(ipAdr, listenPort);
    listenfd.Bind(ipEp);
    //Listen
    listenfd.Listen(0);
    Console.WriteLine("[服务器]启动成功");
    //循环
    while(true){
        ResetCheckRead(); //重置checkRead
        Socket.Select(checkRead, null, null, 1000);
        //检查可读对象
        for(int i = checkRead.Count-1; i>=0; i--){
            Socket s = checkRead[i];
            if(s == listenfd){
                ReadListenfd(s);
            }
            else{
                ReadClientfd(s);
            }
        }
        //超时
        Timer();
    }
}
```

---

ResetCheckRead代码如下，它会重置checkRead列表。至于ReadListenfd、ReadClientfd和Timer方法的具体实现，会在后面详细介绍。

---

```
//填充checkRead列表
public static void ResetCheckRead() {
    checkRead.Clear();
    checkRead.Add(listenfd);
    foreach (ClientState s in clients.Values) {
        checkRead.Add(s.socket);
    }
}
```

---

### 7.3.4 处理监听消息

ReadListenfd是处理监听事件的方法，它会调用Accept接受客户端连接，然后新建一个客户端信息对象state，把它存入客户端信息列表clients。由于在访问套接字时出错、Socket已经关闭等情形下调用Accept方法会抛出异常，因此程序代码会放到try-catch结构中，以便捕获异常。

---

```
//读取Listenfd
public static void ReadListenfd(Socket listenfd) {
    try {
        Socket clientfd = listenfd.Accept();
        Console.WriteLine("Accept " +
clientfd.RemoteEndPoint.ToString());
        ClientState state = new ClientState();
        state.socket = clientfd;
        clients.Add(clientfd, state);
    } catch (SocketException ex) {
        Console.WriteLine("Accept fail" + ex.ToString());
    }
}
```

---

### 7.3.5 处理客户端消息

处理客户端消息的ReadClientfd程序结构如图7-14所示。它先会调用clientfd.Receive接收数据，将数据保存在缓冲区（readBuff.bytes）中，为了提高程序的运行效率，需要手动设置缓冲区readBuff的readIdx和writeIdx，以及手动调用移动缓冲区数据的CheckAndMoveBytes方法。

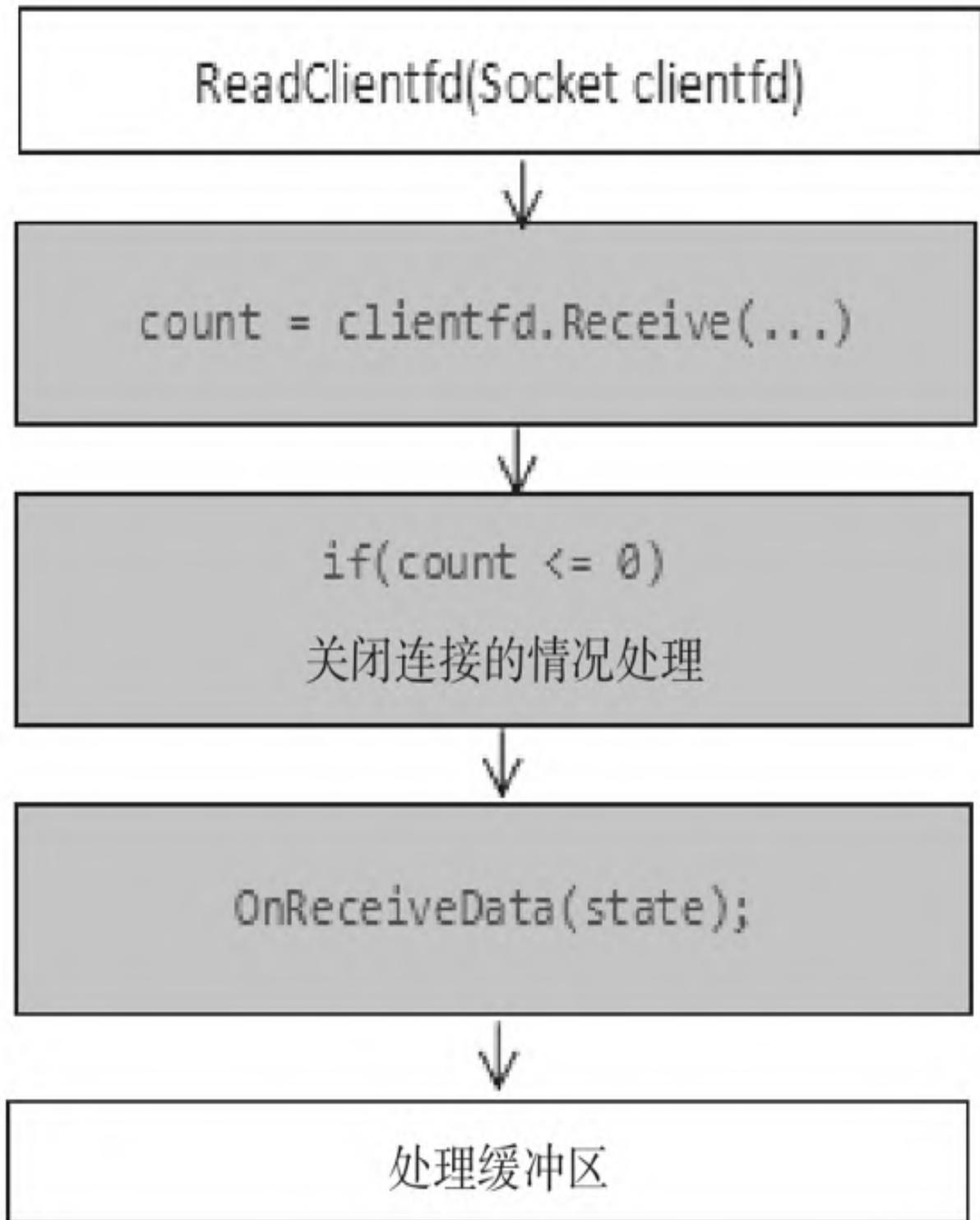


图7-14 ReadClientfd的程序结构

`clientfd.Receive`: `clientfd.Receive`的第一个参数  
`readBuff.bytes`代表缓冲区的byte数组, 第二个参数  
`readBuff.readIdx`代表从`readIdx`处开始写入接收到的数据, 第三个参  
数`readBuff.remain`代表最多接收`remain`个字节的数据, 避免缓冲区溢  
出。由于`clientfd.Receive`可能引发异常, 因此要将它们放到try-  
catch结构中, 以便捕获异常。如果发生了异常, 说明该连接失效, 调  
用`Close`方法(后面章节实现)关闭连接。

`if(count<=0)`: 当客户端主动断开连接时, 服务端会收到长度为0  
的数据。当收到长度为0的数据时, 调用`Close`方法(后面章节实现)  
关闭连接。

`OnReceiveData`: `OnReceiveData`(后面章节实现)会处理粘包分  
包问题, 并解析出协议对象。

代码如下:

---

```
//读取Clientfd
public static void ReadClientfd(Socket clientfd){
    ClientState state = clients[clientfd];
    ByteArray readBuff = state.readBuff;
    //接收
    int count = 0;
    //缓冲区不够, 清除, 若依旧不够, 只能返回
    //缓冲区长度只有1024, 单条协议超过缓冲区长度时会发生错误, 根据需要调整
    长度
    if(readBuff.remain <=0){
        OnReceiveData(state);
        readBuff.MoveBytes();
    };
    if(readBuff.remain <=0){
        Console.WriteLine("Receive fail , maybe msg length >
buff capacity");
        Close(state);
        return;
    }

    try{
        count = clientfd.Receive(readBuff.bytes,
                                readBuff.writeIdx, readBuff.remain,
0);
```

```

    }catch(SocketException ex){
        Console.WriteLine("Receive SocketException " +
ex.ToString());
        Close(state);
        return;
    }
    //客户端关闭
    if(count <= 0){
        Console.WriteLine("Socket Close " +
clientfd.RemoteEndPoint.ToString());
        Close(state);
        return;
    }
    //消息处理
    readBuff.writeIdx+=count;
    //处理二进制消息
    OnReceiveData(state);
    //移动缓冲区
    readBuff.CheckAndMoveBytes();
}

```

---

### 7.3.6 关闭连接

关闭连接的Close方法会处理三件事情：其一是分发OnDisconnect事件，让程序可以在玩家掉线时做些处理；其二是调用socket.Close关闭连接；其三是将客户端状态state移出clients列表。

代码如下：

```

//关闭连接
public static void Close(ClientState state){
    //事件分发
    MethodInfo mei =
typeof(EventHandler).GetMethod("OnDisconnect");
    object[] ob = {state};
    mei.Invoke(null, ob);
    //关闭
    state.socket.Close();
    clients.Remove(state.socket);
}

```

---

### 7.3.7 处理协议

处理协议的方法 `OnReceiveData` 与客户端网络模块的同名方法相似。它会先判断读缓冲区的数据是否足够长，如果条件满足，它会调用 `MsgBase.DecodeName` 和 `MsgBase.Decode` 解析出协议名和协议体。最后做消息分发，即调用 `MsgHandler` 类名为 `protoName`（例如：`MsgHandler::MsgMove`、`MsgHandler::MsgPing`）的方法。它会传入两个参数，第一个参数 `state` 代表该消息来自哪个客户端，第二个参数 `msgBase` 代表协议对象。图7-15展示了 `OnReceiveData` 的程序结构。出于对程序运行效率的考虑，`OnReceiveData` 也需手动设置缓冲区的 `readIdx` 等属性。

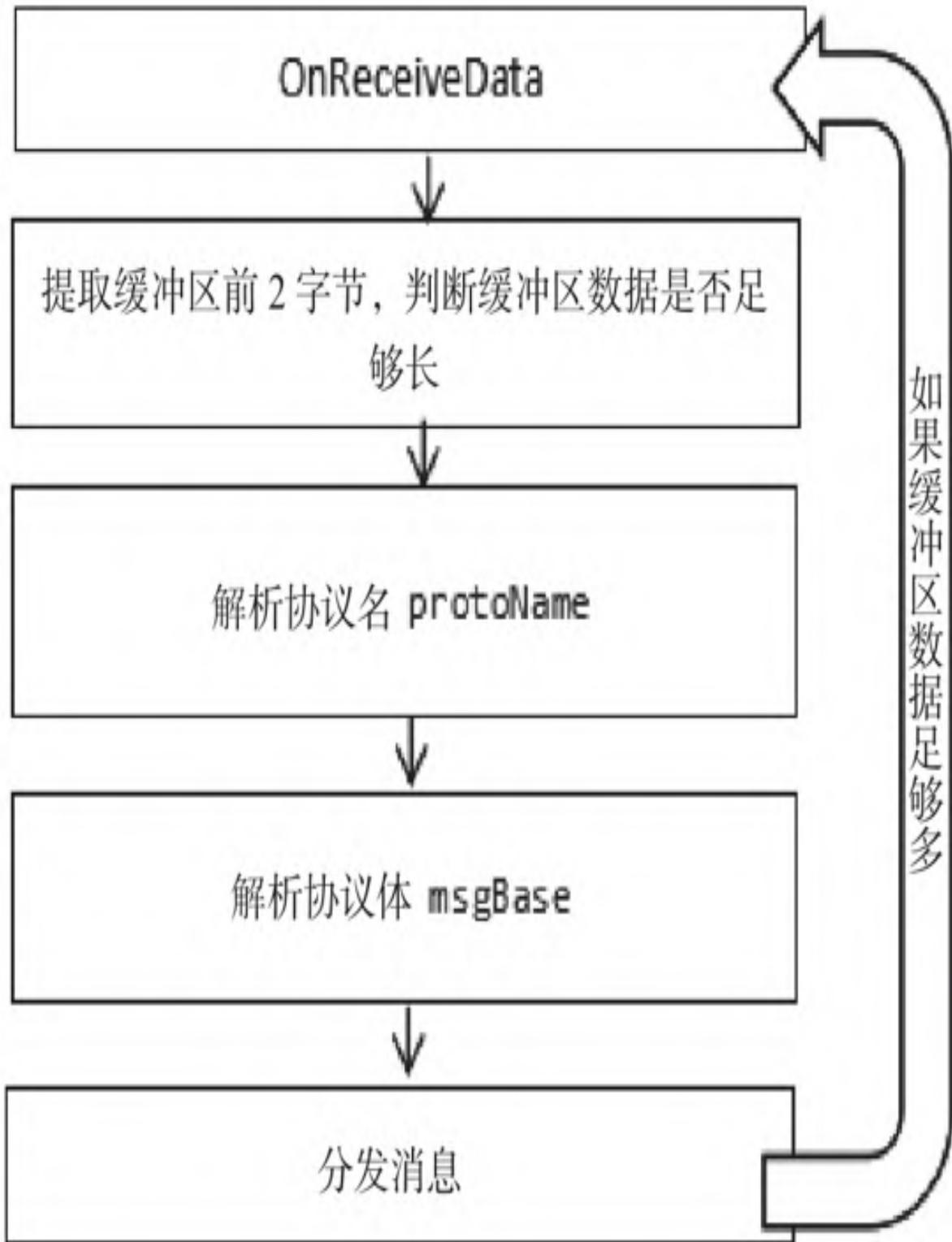


图7-15 OnReceiveData的程序结构

## OnReceiveData代码如下：

---

```
//数据处理
public static void OnReceiveData(ClientState state){
    ByteArray readBuff = state.readBuff;
    //消息长度
    if(readBuff.length <= 2) {
        return;
    }
    Int16 bodyLength = readBuff.ReadInt16();
    //消息体
    if(readBuff.length < bodyLength){
        return;
    }
    //解析协议名
    int nameCount = 0;
    string protoName = MsgBase.DecodeName(readBuff.bytes,
                                           readBuff.readIdx, out
nameCount);
    if(protoName == ""){
        Console.WriteLine("OnReceiveData MsgBase.DecodeName
fail");
        Close(state);
    }
    readBuff.readIdx += nameCount;
    //解析协议体
    int bodyCount = bodyLength - nameCount;
    MsgBase msgBase = MsgBase.Decode(protoName,
                                     readBuff.bytes,
readBuff.readIdx, bodyCount);
    readBuff.readIdx += bodyCount;
    readBuff.CheckAndMoveBytes();
    //分发消息
    MethodInfo mi = typeof(MsgHandler).GetMethod(protoName);
    object[] o = {state, msgBase};
    Console.WriteLine("Receive " + protoName);
    if(mi != null){
        mi.Invoke(null, o);
    }
    else{
        Console.WriteLine("OnReceiveData Invoke fail " +
protoName);
    }
    //继续读取消息
    if(readBuff.length > 2){
```

```
        OnReceiveData(state);
    }
}
```

---

由于OnReceiveData与客户端网络模块的代码相似，这段代码的解析也可参考6.8.4节。

### 7.3.8 Timer

定时器Timer方法如下所示，它会调用EventHandler的OnTimer方法。这一步的目的是将游戏逻辑与网络模块分开，使开发者只需在EventHandler、MsgHandler等几个类中编写逻辑，让NetManager可以通用。

```
//定时器
static void Timer(){
    //消息分发
    MethodInfo mei = typeof(EventHandler).GetMethod("OnTimer");
    object[] ob = {};
    mei.Invoke(null, ob);
}
```

---

### 7.3.9 发送协议

在NetManager中编写发送协议的方法Send，它接受两个参数：第一个参数是客户端信息对象cs，代表要将协议发送给哪个客户端；第二个参数msg代表要发送的协议对象。Send方法会先做一系列的状态判断，确保客户端连接有效，然后将msg编码成6.5节描述的Json协议格式，最后调用cs.socket.Send将字节流发送给客户端。

```
//发送
public static void Send(ClientState cs, MsgBase msg){
    //状态判断
    if(cs == null){
        return;
    }
    if(!cs.socket.Connected){
```

```

        return;
    }
    //数据编码
    byte[] nameBytes = MsgBase.EncodeName(msg);
    byte[] bodyBytes = MsgBase.Encode(msg);
    int len = nameBytes.Length + bodyBytes.Length;
    byte[] sendBytes = new byte[2+len];
    //组装长度
    sendBytes[0] = (byte)(len%256);
    sendBytes[1] = (byte)(len/256);
    //组装名字
    Array.Copy(nameBytes, 0, sendBytes, 2, nameBytes.Length);
    //组装消息体
    Array.Copy(bodyBytes, 0, sendBytes, 2+nameBytes.Length,
bodyBytes.Length);
    //为简化代码, 不设置回调
    try{
        cs.socket.BeginSend(sendBytes,0, sendBytes.Length, 0,
null, null);
    }catch(SocketException ex){
        Console.WriteLine("Socket Close on BeginSend" +
ex.ToString());
    }
}

```

---

由于Send方法与客户端网络模块的代码相似, 这段代码的解析也可参考6.6.1节。

## 7.3.10 测试

### 1. 协议处理

为了测试网络模块是否能正常工作, 这里以第6章编写的客户端程序作为测试客户端, 如图7-16所示。它可以连接服务端, 然后发送MsgMove协议。



图7-16 第6章制作的客户端程序

在BattleMsgHandler.cs中定义MsgHandler类，添加处理MsgMove协议的方法。它会解析出msgMove协议，打印出x坐标，再将x坐标加1，发回给客户端0。代码如下：

---

```
using System;

public partial class MsgHandler {
    public static void MsgMove(ClientState c, MsgBase msgBase) {
        MsgMove msgMove = (MsgMove)msgBase;
        Console.WriteLine(msgMove.x);
        msgMove.x++;
        NetManager.Send(c, msgMove);
    }
}
```

---

注意到程序中使用partial修饰MsgHandler类。Partial表明类是局部类型，它允许我们将一个类、结构或接口分成几个部分，分别实现在几个不同的.cs文件中。考虑到游戏中有成百上千条协议，很难全部放到一个cs文件中，因此必要时可以根据功能模块将逻辑代码分到多个文件，例如把MsgPing协议的处理函数放置到SysMsgHandler.cs中，如下所示：

---

```
using System;

public partial class MsgHandler {
    public static void MsgPing(ClientState c, MsgBase msgBase) {
```

---

```
        Console.WriteLine("MsgPing");
    }
}
```

---

## 2. 事件处理

在EventHandler.cs中编写处理玩家下线的事件OnDisconnect、定时器事件OnTimer的处理函数。目前，它们没有实质的逻辑功能，只是个空函数。代码如下：

---

```
using System;

public partial class EventHandler
{
    public static void OnDisconnect(ClientState c){
        Console.WriteLine("Close");
    }

    public static void OnTimer(){
    }
}
```

---

## 3. 启动网络监听

在程序入口（Program.cs）调用NetManager.StartLoop即可开启服务端监听，此处监听8888端口。代码如下：

---

```
using System;

namespace Game
{
    class MainClass
    {
        public static void Main (string[] args)
        {
            NetManager.StartLoop(8888);
        }
    }
}
```

```
}  
}
```

## 4. 开始测试

开启服务端程序和第6章编写的客户端程序，点击客户端程序的“移动”按钮，看看服务端是否能够收到并且正确解析协议。在图7-17和图7-18的示例中，客户端发送了x坐标为120的MsgMove协议，服务端收到后将120打印出来，再将x坐标修改为121回应给客户端。

```
[服务器]启动成功  
Accept 127.0.0.1:6839  
Receive MsgPing  
MsgPing  
Receive MsgPing  
MsgPing  
Receive MsgPing  
MsgPing  
Receive MsgMove  
120  
Receive MsgPing  
MsgPing  
Socket Close 127.0.0.1:6839  
Close
```

图7-17 服务端测试程序输出

```
! Socket Connect Succ  
UnityEngine.Debug:Log(Object)  
! OnConnectSucc  
UnityEngine.Debug:Log(Object)  
! OnMsgMove msg.x = 121  
UnityEngine.Debug:Log(Object)  
! OnMsgMove msg.y = 123  
UnityEngine.Debug:Log(Object)  
! OnMsgMove msg.z = -6  
UnityEngine.Debug:Log(Object)  
! OnConnectClose  
UnityEngine.Debug:Log(Object)
```

图7-18 客户端测试程序输出

作为完整的测试流程，读者还需测试单个客户端上线、下线，多个客户端上线、下线的过程，确保服务端程序正常工作。

## 7.4 心跳机制

### 7.4.1 lastPingTime

按照6.9节介绍的心跳机制，客户端会定时向服务端发送MsgPing协议，服务端收到后需要回应MsgPong协议，并记录当前时间。由于“最后收到MsgPing协议的时间”和各个客户端状态息息相关，因此在ClientState中定义long类型的lastPingTime，用以记录时间。服务端程序和客户端程序不同：游戏客户端的运行时间最多只有几个小时，Unity提供的Time.time可以记录程序开启到现在的时间差，但服务端程序可能连续运行数年，这里使用long类型以保存更大的数值。代码如下：

---

```
public class ClientState
{
    public Socket socket;
    public ByteArray readBuff = new ByteArray();
    //玩家数据后面添加
    public long lastPingTime = 0;
}
```

---

服务端需要判断客户端是否太久没有发送MsgPing协议，在NetManager中定义static成员pingInterval，代表客户端发送MsgPing的时间间隔，该值最好与客户端程序中的数值一样，这里设置为30秒。代码如下：

---

```
class NetManager
{
    //监听Socket.....
    //客户端Socket及状态信息.....
    //Select的检查列表.....
    //ping间隔
```

```
public static long pingInterval = 30;
.....
```

---

## 7.4.2 时间戳

记录时间的方法很多，时间戳是其中一种。时间戳是指1970年1月1日零点到现在秒数，比如1970年1月1日1时的时间戳是3600，2019年1月1日零点的时间戳是1546272000。在NetManager中添加获取时间戳的方法GetTimeStamp，代码如下所示。它通过DateTime.UtcNow-new DateTime(1970, 1, 1, 0, 0, 0)获取现今距离1970年1月1日零点的时间，把这个时间的总秒数转换成long类型数据。

---

```
//获取时间戳
public static long GetTimeStamp() {
    TimeSpan ts = DateTime.UtcNow - new DateTime(1970, 1, 1, 0,
0, 0, 0);
    return Convert.ToInt64(ts.TotalSeconds);
}
```

---

## 7.4.3 回应MsgPing协议

当服务端收到MsgPing协议时，它需要更新lastPingTime，并且回应MsgPong协议。在SysMsgHandler中改写MsgPing协议的处理方法。代码如下：

---

```
using System;

public partial class MsgHandler {
    public static void MsgPing(ClientState c, MsgBase msgBase) {
        Console.WriteLine("MsgPing");
        c.lastPingTime = NetManager.GetTimeStamp();
        MsgPong msgPong = new MsgPong();
        NetManager.Send(c, msgPong);
    }
}
```

---

服务端处理MsgPing协议流程如图7-19所示。

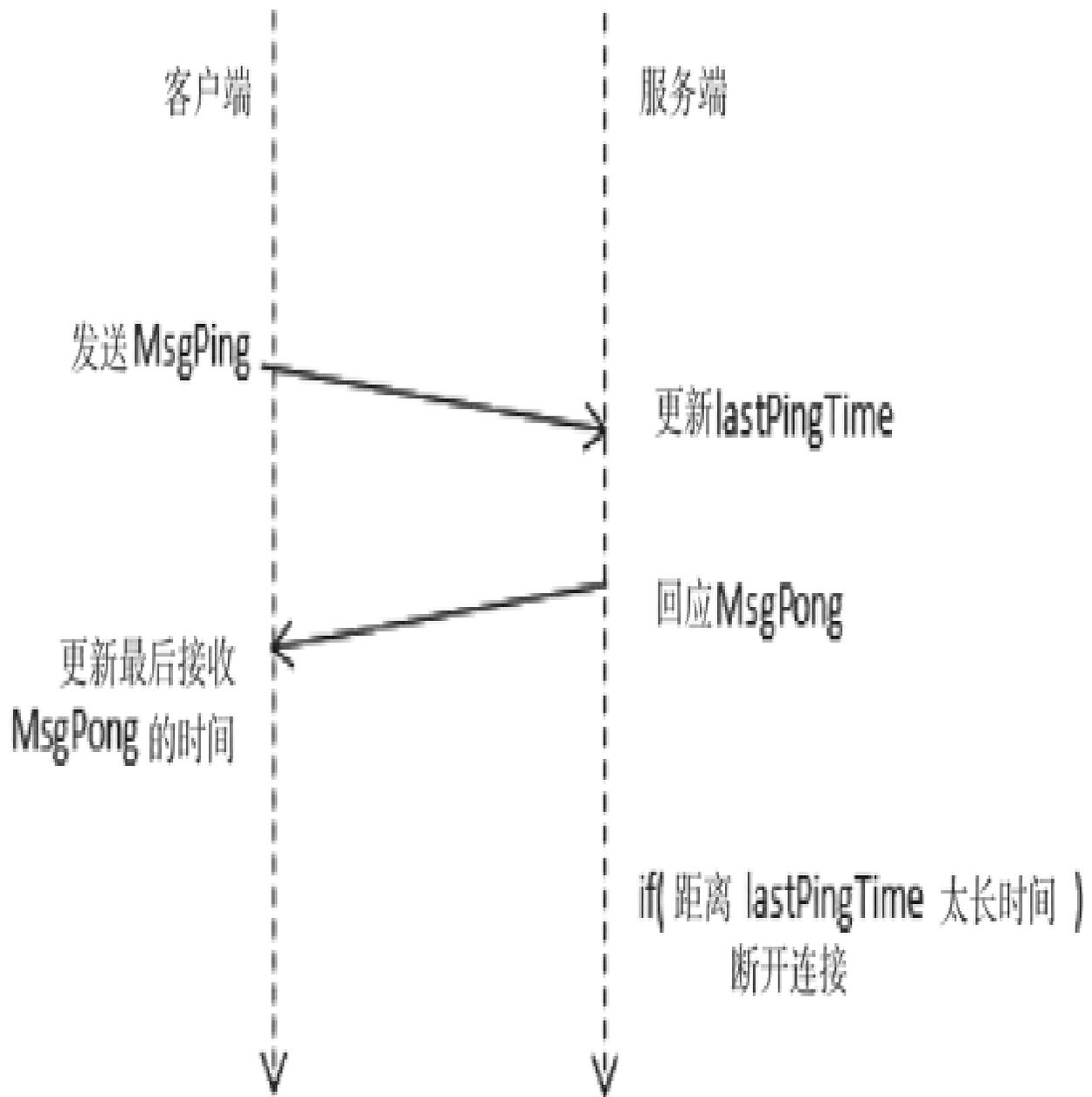


图7-19 服务端处理MsgPing协议流程

#### 7.4.4 超时处理

当服务端很久没有收到MsgPing时，可以认为连接已经断开。在服务端的定时事件中（EventHandler的OnTimer方法）编写心跳机制的处理函数。CheckPing方法会遍历所有的客户端信息，然后判断连接是否超时（`if(timeNow - s.lastPingTime > NetManager.pingInterval*4)`），由于网络可能存在

延迟，服务端使用了较为宽松的条件判断，默认120（30\*4）秒没有收到MsgPing协议才调用NetManager.Close断开连接。

注意到下面代码在调用NetManager.Close后返回，这是因为NetManager.Close会删除客户端信息列表clients的元素，而这一段程序位于对clients的遍历之中。如果继续遍历，有可能会出错。因此，每一次CheckPing最多断开一个客户端连接。

---

```
public static void OnTimer(){
    CheckPing();
}

//Ping检查
public static void CheckPing(){
    //现在的时间戳
    long timeNow = NetManager.GetTimeStamp();
    //遍历，删除
    foreach(ClientState s in NetManager.clients.Values){
        if(timeNow - s.lastPingTime > NetManager.pingInterval*4)
        {
            Console.WriteLine("Ping Close " +
s.socket.RemoteEndPoint.ToString());
            NetManager.Close(s);
            return;
        }
    }
}
```

---

## 7.4.5 测试程序

若调节服务端的pingInterval为很小的值，比如设置为2。让客户端的pingInterval保持比较大的值，如30。当服务端连接后，等待8秒，服务端会断开连接。

## 7.5 玩家的数据结构

### 7.5.1 完整的ClientState

当客户端连接服务端时，它还只是一个连接，只需要处理网络信息收发和心跳。当玩家输入用户名和密码，点击登录按钮后，客户端会和某个游戏角色关联起来。为了达成这个目的，游戏服务端会设计图7-20所示的客户端信息结构。它包含了一个player对象，当客户端处于“连接但还没有登录”的状态时，player对象为空，如图7-21所示。

当玩家成功登录后，程序会给player对象赋值，player对象包含id（账号）等信息，代表一个游戏角色。游戏角色的某些数据需要保存到数据库，某些数据则不需要。比如在第3章的大乱斗游戏中，角色在战场中的坐标不需要保存到数据库，因为当玩家下线，他只能重新进入战斗，重新随机出生点。另外一些角色数据比如金币、经验需要保存到数据库，无论多少次上线下线，金币都不会重置。因此给player对象定义一个PlayerData类型（后续实现）的data对象（图7-20），它包含了所有需要保存到数据库的信息。后续的程序会自动序列化clientState.player.data，保存数据。当玩家重新登录后，程序会从数据库中读取data，恢复角色的数值。而player的成员（如坐标x，y，z）为临时对象，每一次上线都会重置。

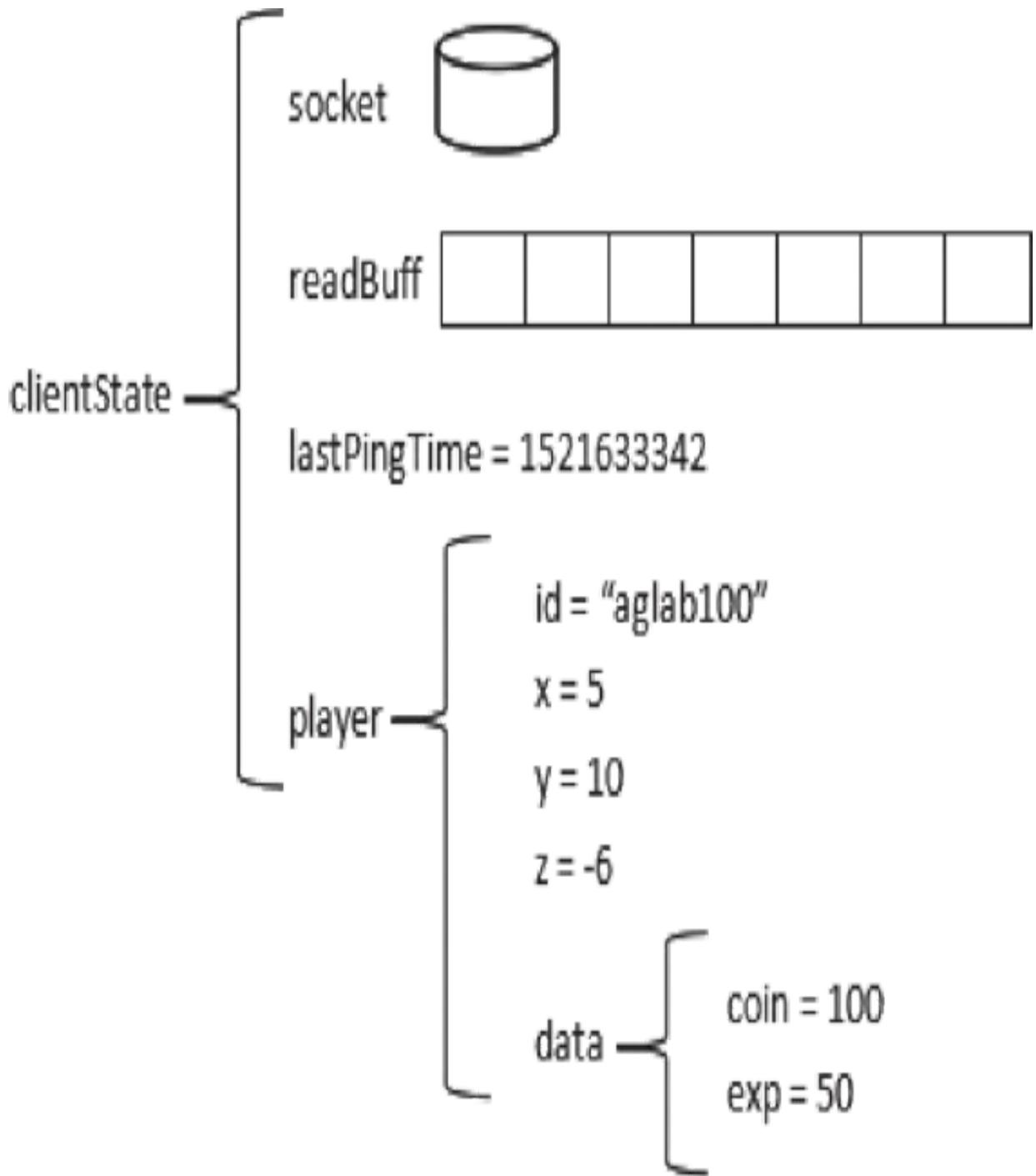


图7-20 player不为空时的客户端信息

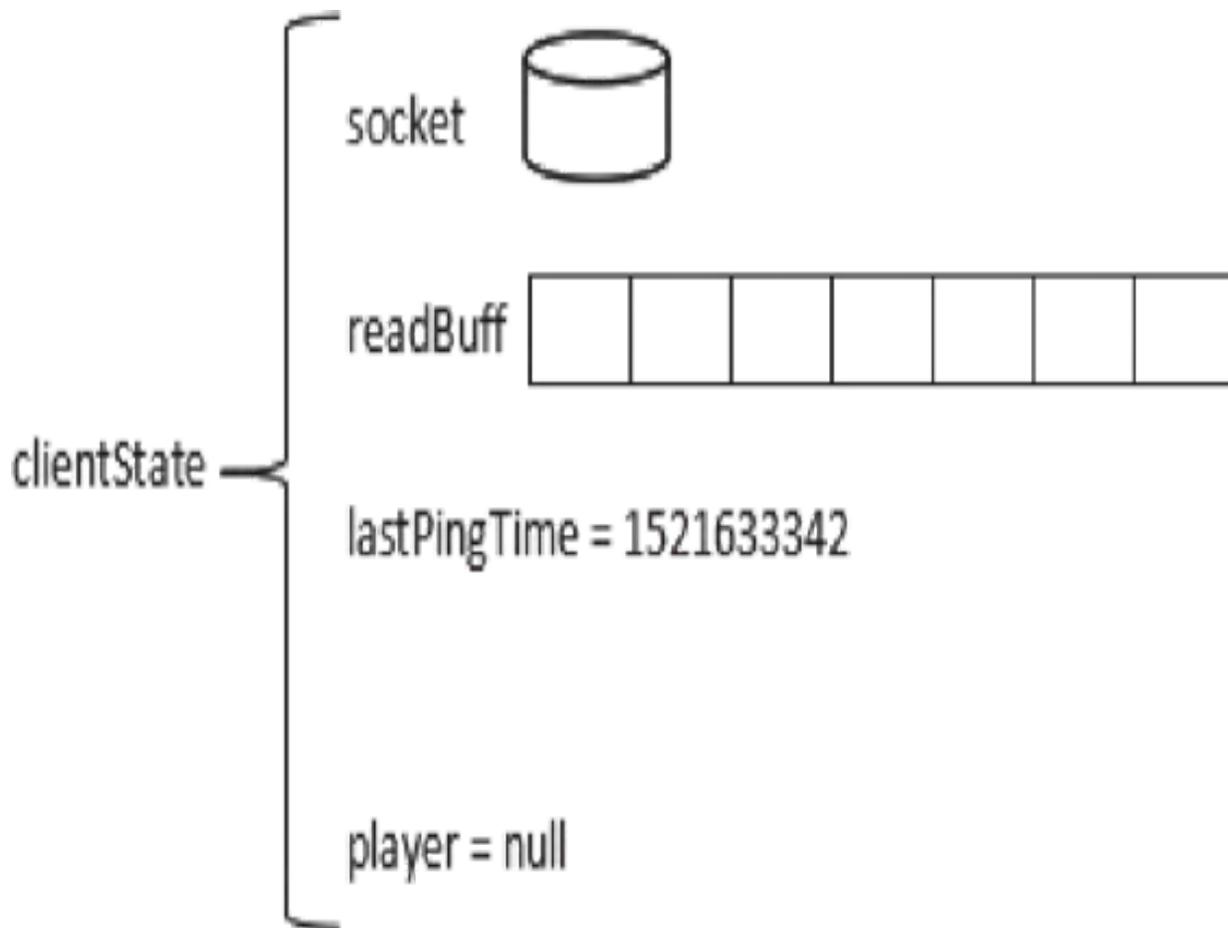


图7-21 `player`为空时的客户端信息

给`ClientState`添加`Player`类型（后面章节实现）的`player`对象，如下所示，默认为空。

---

```
using System.Net.Sockets;

public class ClientState
{
    public Socket socket;
    public ByteArray readBuff = new ByteArray();
    //Ping
    public long lastPingTime = 0;
    //玩家
    public Player player;
}
```

---

## 7.5.2 PlayerData

给服务端程序添加Player.cs和PlayerData.cs两个文件，分别用于定义Player类和PlayerData类，如图7-22所示。



图7-22 给服务端程序添加Player.cs和PlayerData.cs两个文件

暂时给PlayerData添加coin和text两个需要保存的数据，用于测试服务端。后续会根据游戏的具体功能给PlayerData添加所需的数据。

---

```
public class PlayerData{
    //金币
    public int coin = 0;
    //记事本
    public string text = "new text";
}
```

---

## 7.5.3 Player

编写代表游戏角色的Player类，依照图7-20，Player类包含了id、x、y、z等不需要保存到数据库的数据。id即是玩家在登录时输入的账号，可以在登录时获取，它作为玩家数据的键值，不需要存入数据库。代码如下：

---

```
using System;

public class Player {
    //id
    public string id = "";
```

```
//指向ClientState
public ClientState state;
//临时数据, 如: 坐标
public int x;
public int y;
public int z;
//数据库数据
public PlayerData data;

//构造函数
public Player(ClientState state){
    this.state = state;
}
//发送信息
public void Send(MsgBase msgBase){
    NetManager.Send(state, msgBase);
}
}
```

---

上述代码还定义了指向客户端信息的state, 它需在构造函数中赋值, 用于指向持有player对象的clientState, 如图7-23所示。添加state成员是为了方便实现某些逻辑功能, 比如在处理玩家A发送的“玩家A攻击了玩家B, 玩家B受到100点伤害”的协议时, 程序需要根据玩家B的id找到对应的clientState, 给它发送通知。程序只需要找到玩家B的player对象(7.5.4节会详细介绍), 再调用NetManager.Send(player.state, msg)。

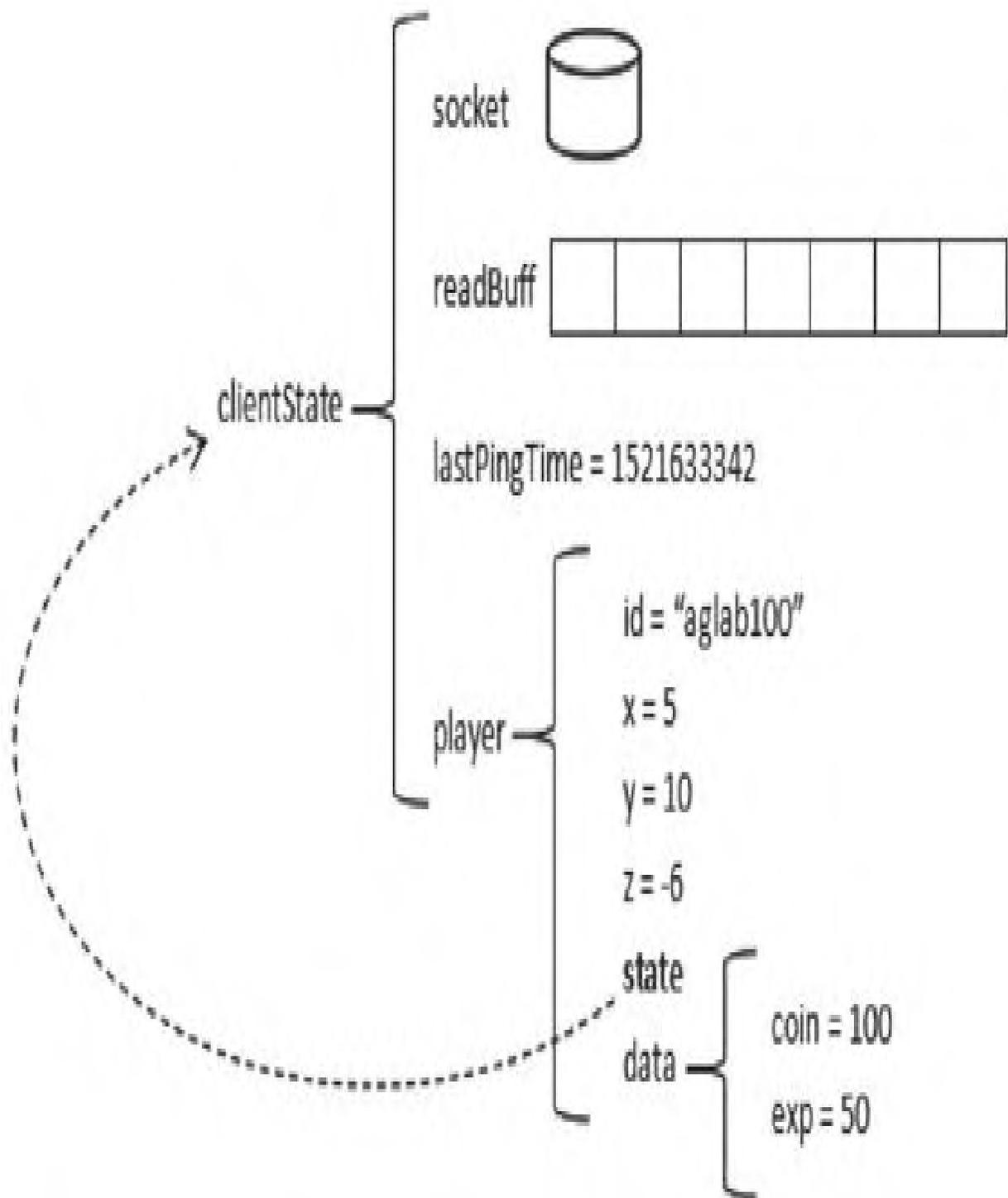


图7-23 Player的state成员

上述程序还定义了Send方法，它的目的只是为了简化“`NetManager.Send(player.state, msg)`”，当获取到player对象

后，只需调用`player.send(msg)`便可以给它关联的客户端发送协议，这比调用`NetManager.Send`要简洁许多。

## 7.5.4 PlayerManager

回想第3章的Hit协议，其形式如图7-24左图，使用客户端的IP和端口，如`127.0.0.1:4664`来表示游戏中的角色。这种表示方法并不实用，因为当对方重新登录，IP和端口可能发生变化。试想假如游戏里有好友系统，程序一定不会以IP和端口作为好友的标识，而会以玩家的id作为标识。一般游戏会使用玩家id作为标识，真实的Hit协议可能会是图7-24右图的形式，表示攻击了名为lily的角色。

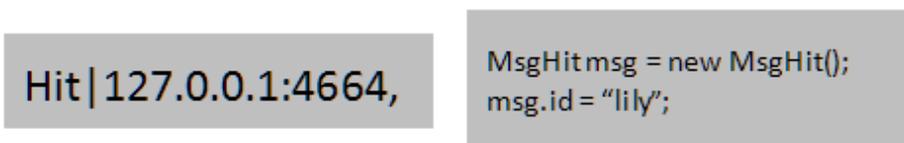


图7-24 表示游戏角色的两种方式

当服务端收到`MsgHit`时，它能够直接获取的只有被攻击方的id。假如要扣除lily的player对象的血量（假设在`Player`类中添加了`hp`成员），程序只能遍历客户端信息列表`clients`，寻找`state.player.id=="lily"`的对象。假如有几千个玩家同时在线，遍历几千个对象会耗费较长的时间。

为了解决这个问题，我们定义`PlayerManager`类，给它定义`GetPlayer`方法，通过id快速地获取player对象。`PlayerManager`类的核心是一个名为`players`的字典（为统一描述，下面会将它称为角色列表），它和`NetManager`的客户端信息列表`clients`相似，通过id获取player对象。

现在开始编写`PlayerManager`类，新增名为`PlayerManager.cs`的文件，如图7-25所示。

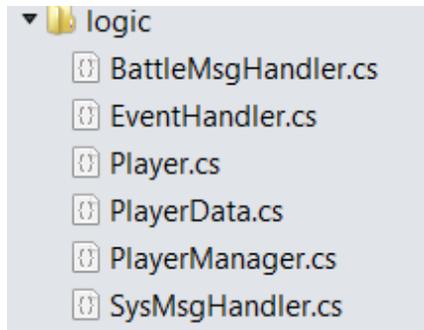


图7-25 新增名为Player Manager.cs的文件

PlayerManager包含Dictionary<string, Player>类型的角色列表players，用于索引player对象。PlayerManager所包含的各个方法归根结底都是对players列表的操作：AddPlayer为添加玩家；RemovePlayer为删除玩家；GetPlayer为获取玩家对象；IsOnline判断某个玩家是否在列表中，即玩家是否在线。

当玩家登录游戏，程序会调用AddPlayer方法将玩家对象添加到players列表；当玩家下线，程序会调用RemovePlayer方法将玩家对象从列表中删除。后续的登录注册部分将会实现这些功能。

PlayerManager代码如下：

---

```
using System;
using System.Collections.Generic;

public class PlayerManager
{
    //玩家列表
    static Dictionary<string, Player> players = new
Dictionary<string, Player>();
    //玩家是否在线
    public static bool IsOnline(string id){
        return players.ContainsKey(id);
    }
    //获取玩家
    public static Player GetPlayer(string id){
        if(players.ContainsKey(id)){
            return players[id];
        }
        return null;
    }
}
```

```
}
//添加玩家
public static void AddPlayer(string id, Player player){
    players.Add(id, player);
}
//删除玩家
public static void RemovePlayer(string id){
    players.Remove(id);
}
}
```

图7-26展示的是从管理器（Manager）的角度来看的程序结构。NetManager.clients保存着所有的客户端信息（clientState），PlayerManager保存着所有的玩家对象（player）。客户端信息通过clientState.player引用玩家对象，玩家对象通过player.state引用客户端信息，两者相互引用，相互配合。

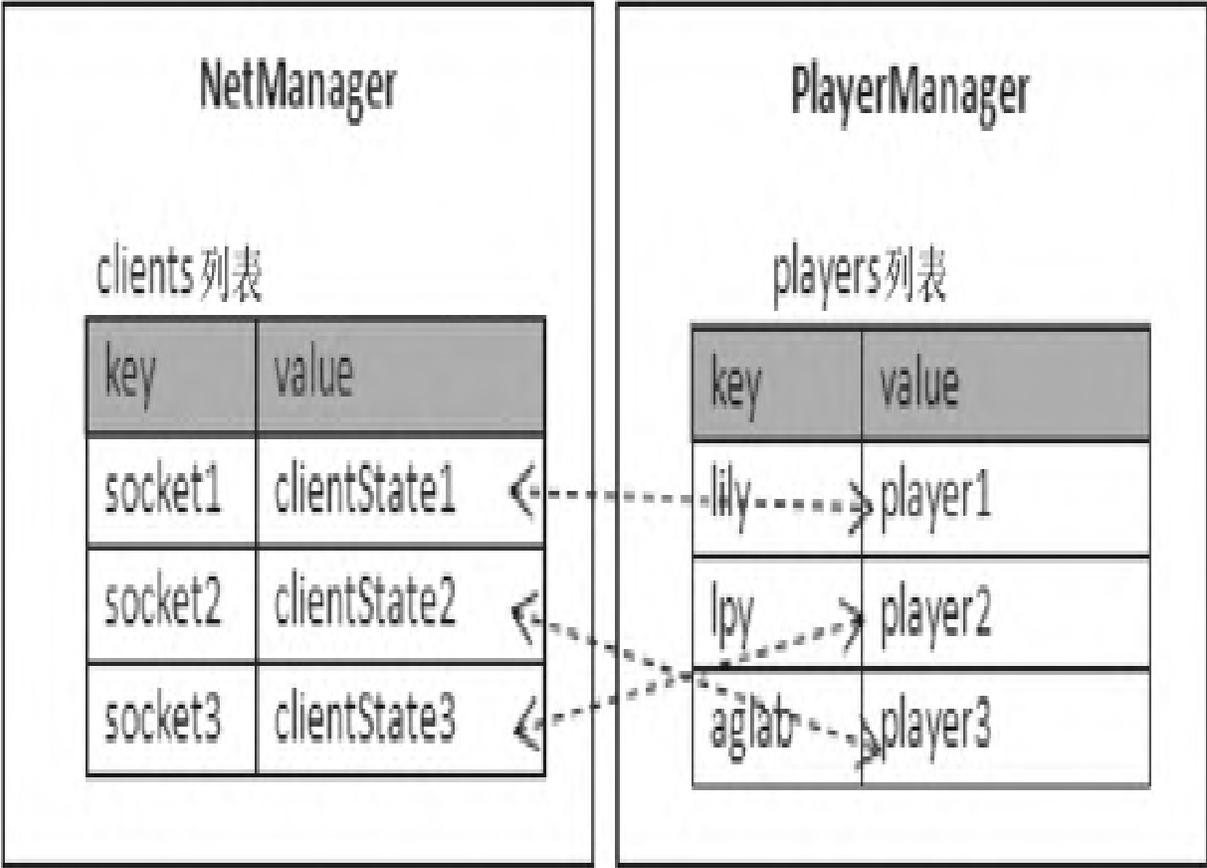


图7-26 clientState和player相互引用

## 7.6 配置MySQL数据库

游戏需要保存两种信息：一种是账号信息，即玩家的账号和密码；另一种是玩家信息，包括玩家身上的金币、经验。这些数据通常会保存在数据库中，MySQL是游戏开发中最常用的数据库。

从服务端的角度看，MySQL数据库是个服务端程序，服务端与MySQL通过TCP连接交互数据，如图7-27所示。当服务端需要获取数据时，会以特定的形式发送形如“查询账号为“aglab”的玩家数据”的消息，MySQL收到消息后，回应查询到的数据。配置MySQL数据库包括两个部分：首先是安装和启动MySQL服务器，让它监听某个端口；其次是使用第三方库来编码和解码MySQL特定形式的协议。

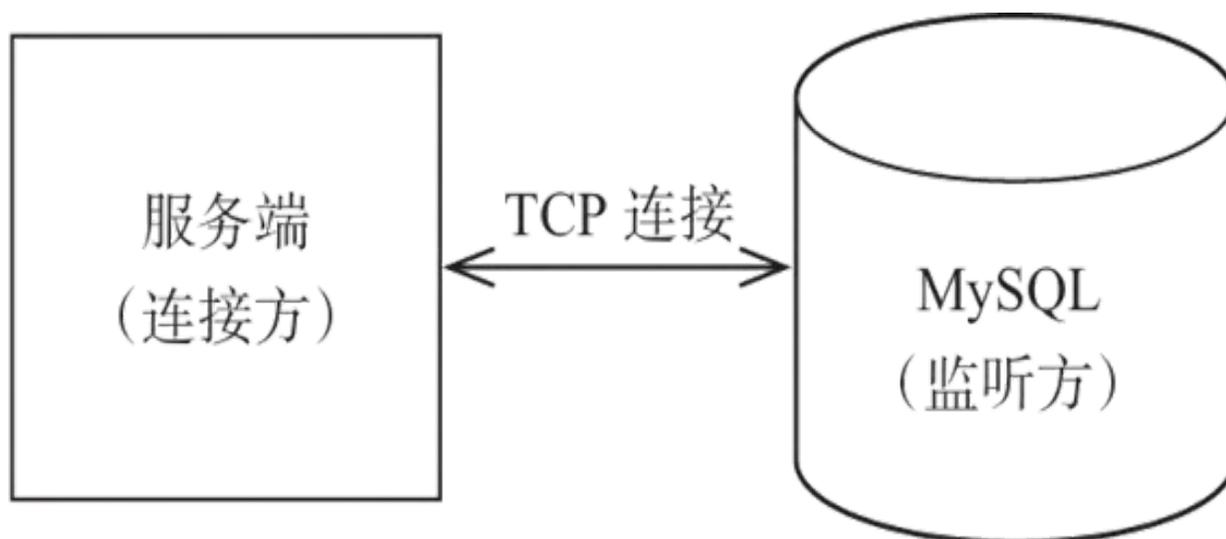


图7-27 服务端与MySQL通过TCP连接

### 7.6.1 安装并启动MySQL数据库

第一种安装MySQL的方法是登录<https://dev.mysql.com/downloads/mysql/>下载MySQL安装包，安装后配置数据库用户和密码。由于过程比较烦琐，推荐第二种方法，安装别人已经配置好的集成环境（如xampp）。

这里以xampp为例介绍第二种方法。以管理员身份打开xampp安装包，如图7-28所示，一直点击下一步，在弹出的选择组件窗口中（如图7-29所示），可以只选择MySQL和一些不能取消的项目。



图7-28 以管理员身份打开xampp安装包

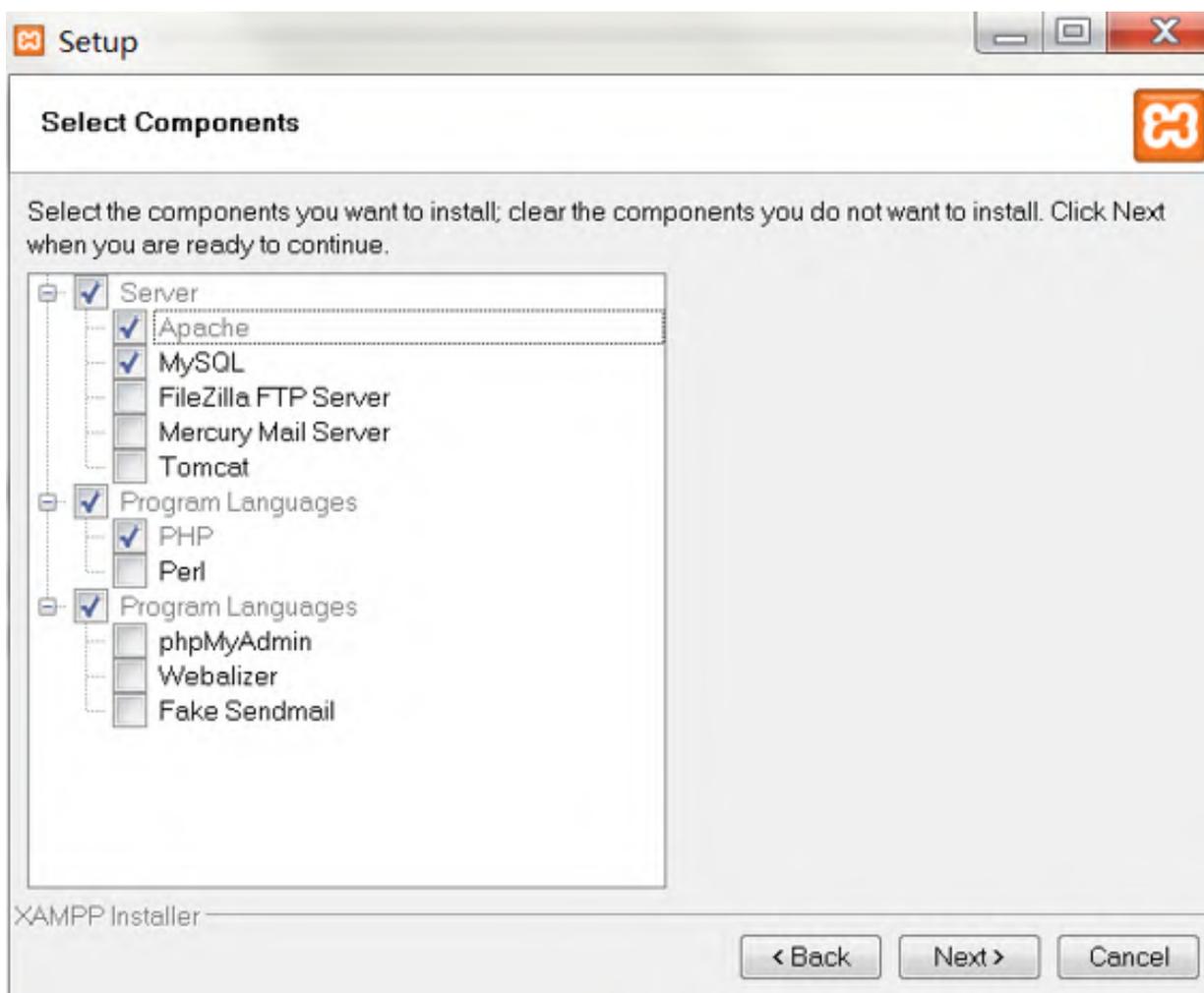


图7-29 xampp选择组件窗口

安装完成，打开xampp-control.exe，点击MySQL后方的Start按钮（如果没有开启MySQL，开启MySQL服务，如图7-30所示。默认情况下，xampp的数据库端口为3306，用户名是root，密码为空。

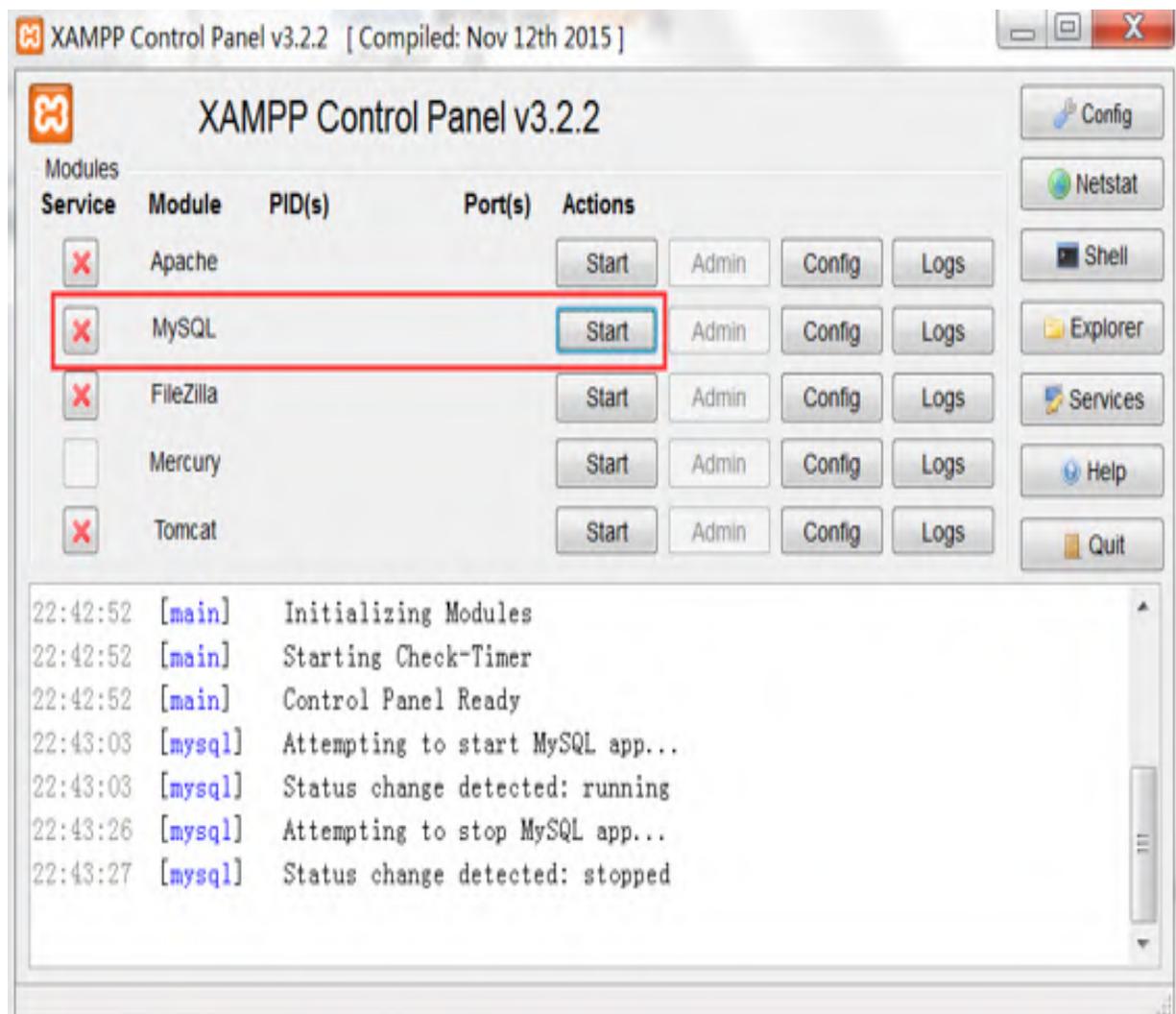


图7-30 启动MySQL

## 7.6.2 安装Navicat for MySQL

Navicat for MySQL是一套专为MySQL数据库服务的管理工具。我们将使用Navicat建立数据库并查看数据表的内容。这一步并非必须的，但使用管理工具要比使用MySQL的命令行语句方便得多。

安装后，点击Navicat的连接按钮，新建一个连接，填入MySQL数据库的IP、端口用户名和密码，登录数据库，如图7-31所示。

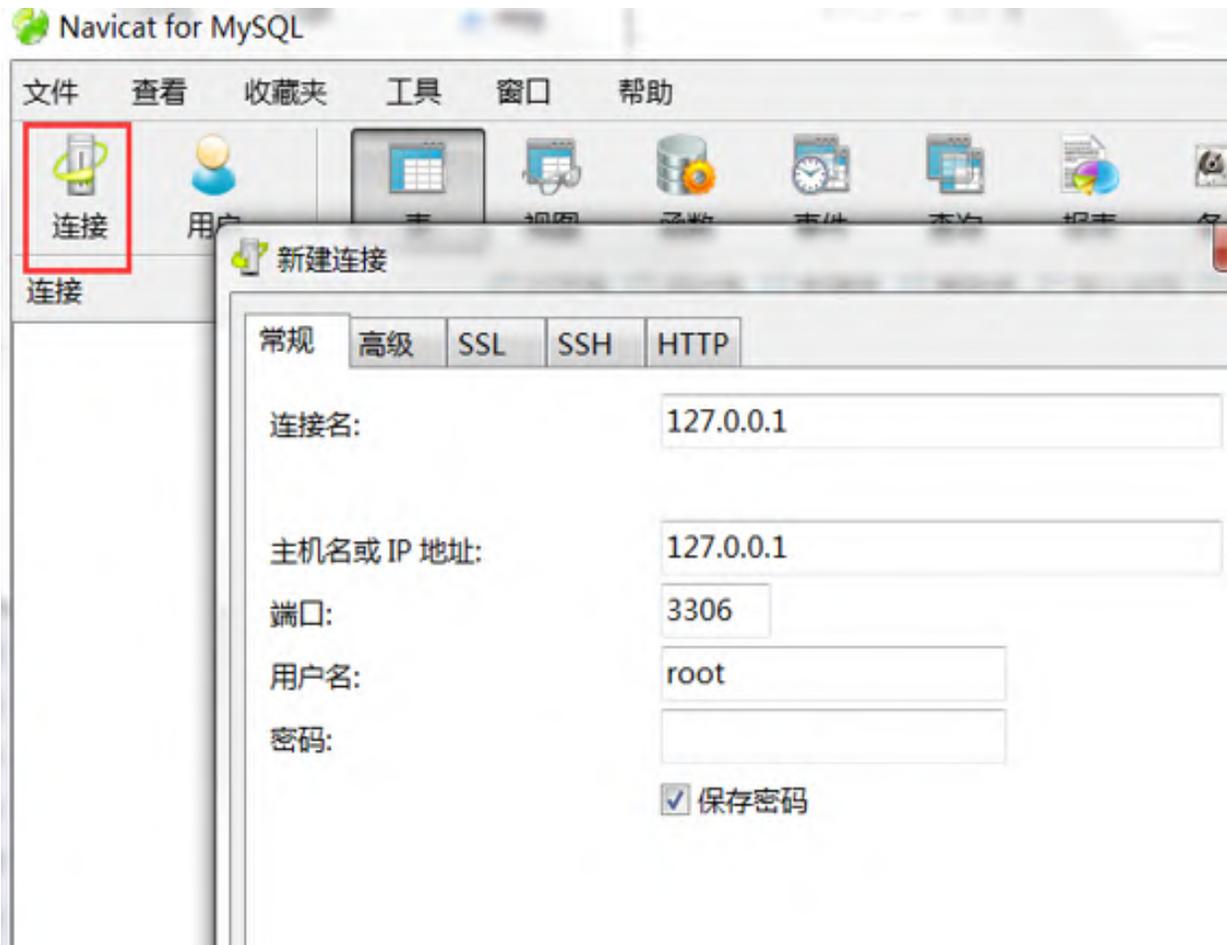


图7-31 连接数据库

登录后，可以看到MySQL默认包含了图7-32所示的几个数据库。

如图7-33所展示的，MySQL数据库里面包含多个库，库中可能包含多个表，每个表也会包含多个栏位。



图7-32 MySQL默认包含的数据库

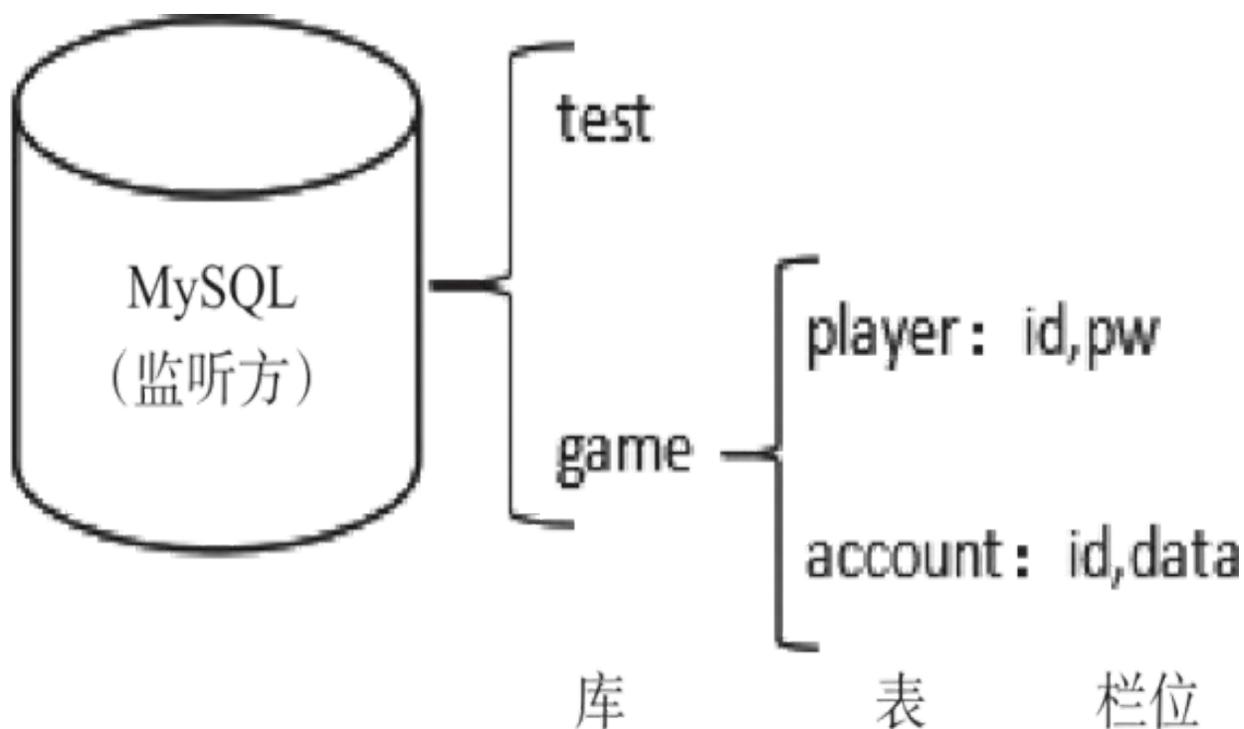


图7-33 MySQL的层次结构

### 7.6.3 配置数据表

服务端的数据都保存到game库（需要新建）里。game库包含account和player两个表：account代表账号信息，拥有id（账号）和

pw（密码）两个栏位；player表包含id（账号）和data（数据）两个栏位，data将存储玩家身上的金币、经验等信息。

新建名为game的数据库，在里面创建account和player两个数据表，如图7-34所示。

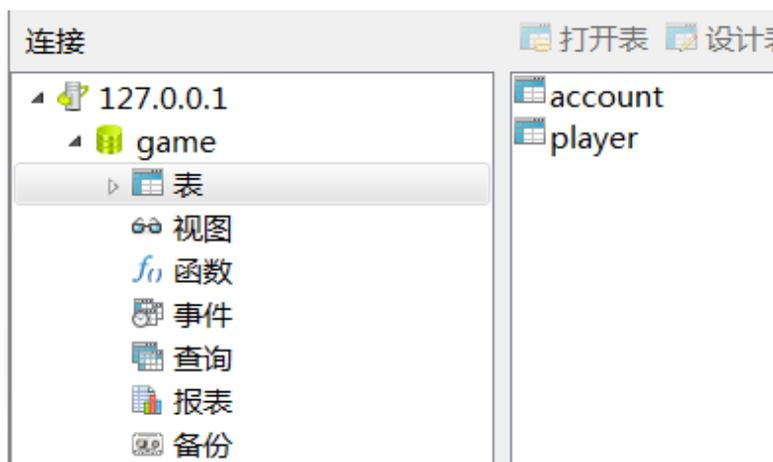


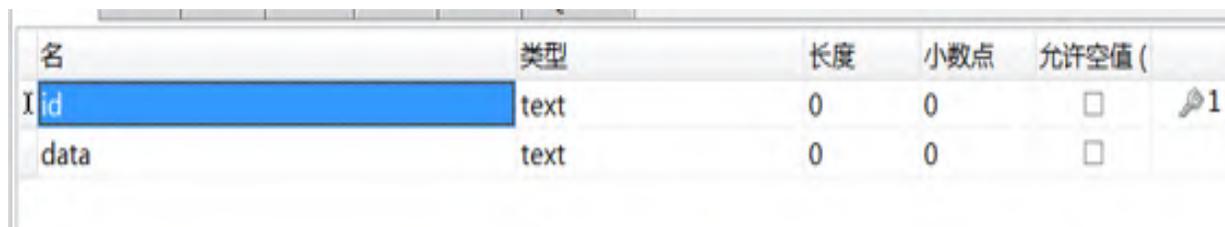
图7-34 game数据库

account表拥有id（账号）和pw（密码）两个栏位，两者都是text类型的数据，id为键长度为20的主键，如图7-35所示。



图7-35 account数据表

player表包含id和data两个栏位，两者也都是text类型的数据，且id为主键，如图7-36所示。



名	类型	长度	小数点	允许空值 (	
id	text	0	0	<input type="checkbox"/>	1
data	text	0	0	<input type="checkbox"/>	

图7-36 player数据表

至于为什么不把account和player合成一个表，是因为在商业游戏中，账号信息和游戏信息往往是分开的，一个账号可能对应多个游戏。例如在4399.com上面注册了个账号，玩家可以使用这个账号玩4399上面的所有游戏。

#### 7.6.4 安装connector

为解析MySQL的网络数据，可以使用MySQL官方提供的连接文件。第一种方法是登录

<http://dev.mysql.com/downloads/connector/net/6.6.html#downloads>下载（如图7-37所示）并安装。由于比较烦琐，推荐使用第二种方法，即直接使用本书资源提供的文件。connector是一个第三方库，需要引用它。

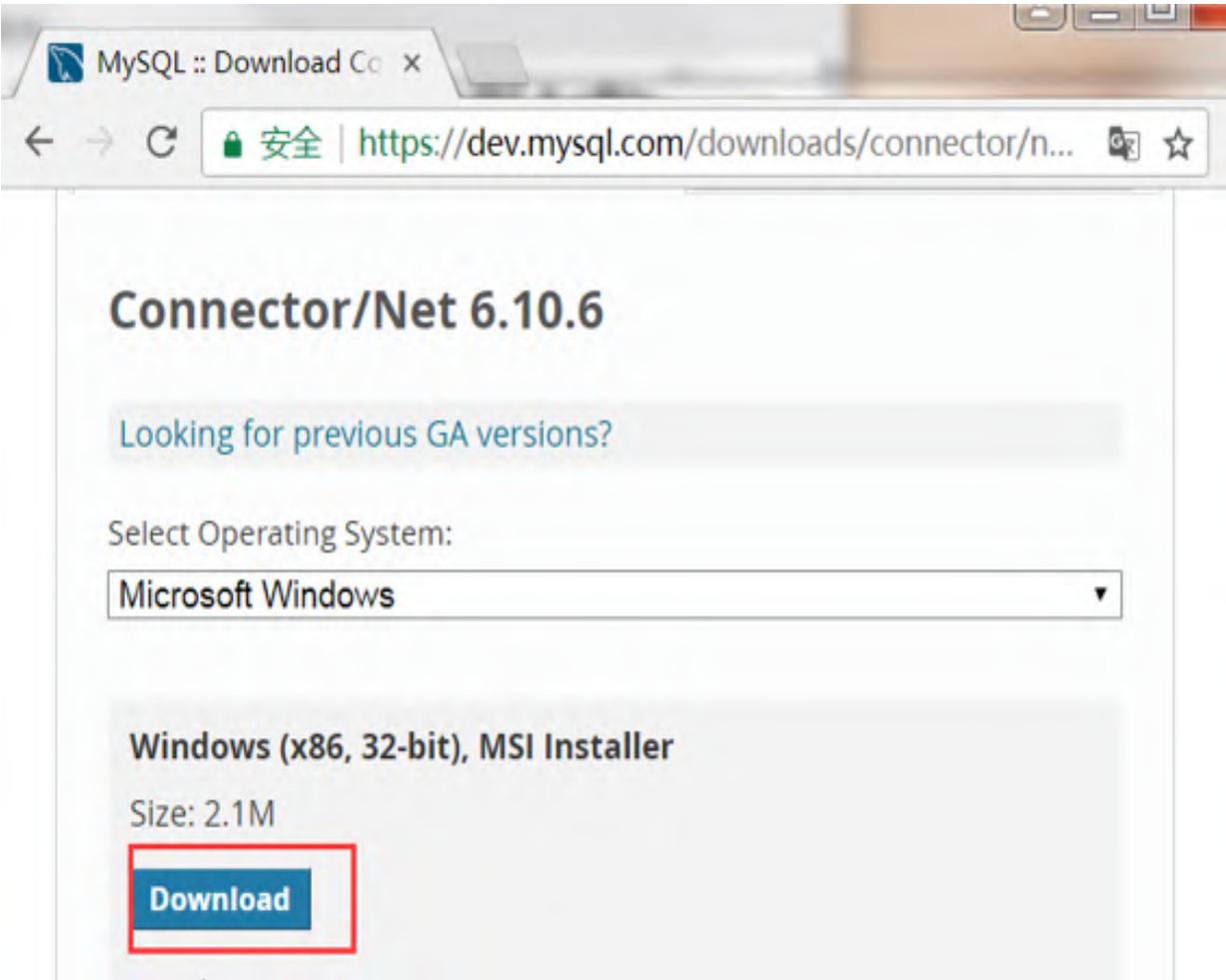


图7-37 下载connector

右击服务端工程的References，选择“Edit References”，如图7-38所示。

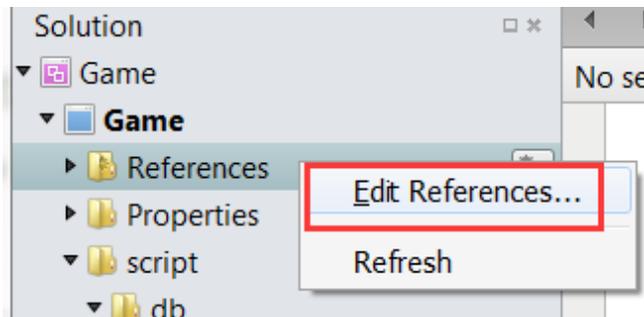


图7-38 右击References

在弹出的窗口中选择MySQL.Data.dll，如果没有找到，可以手动浏览Connector的安装目录（如图7-39所示，或浏览本书附带的资源）。除了MySQL.Data.dll，还需要引用System.Data.dll。

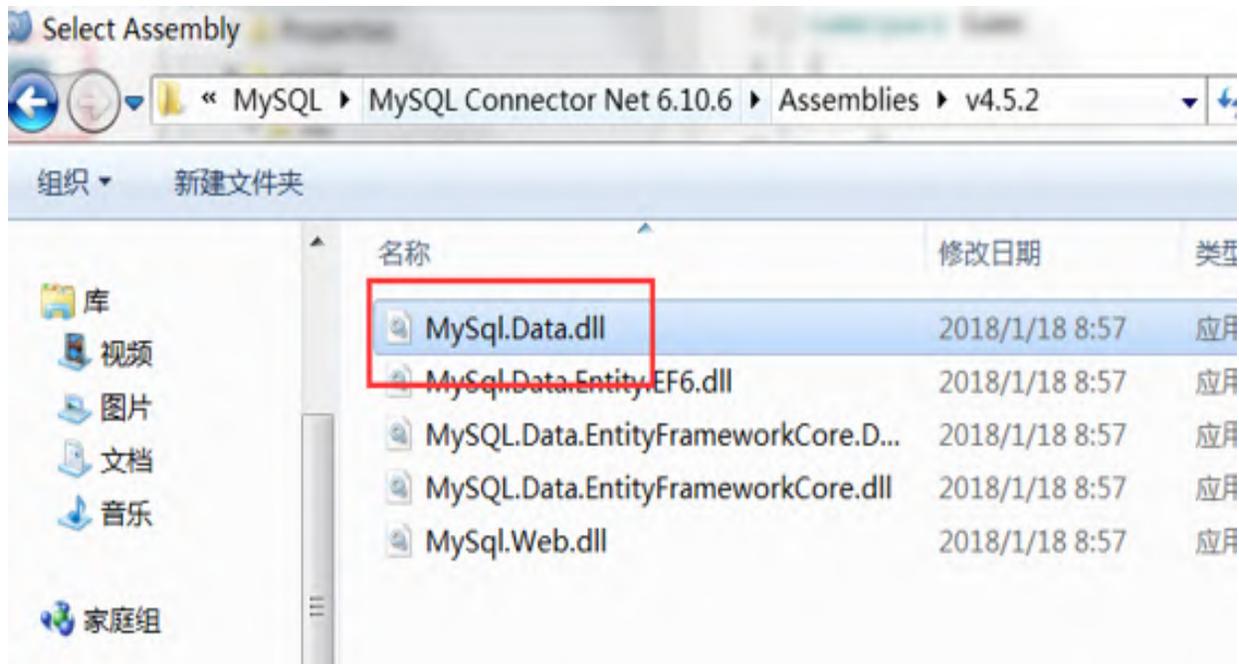


图7-39 引用MySQL.Data.dll

完成后，应当能看到图7-40所示的引用状态。

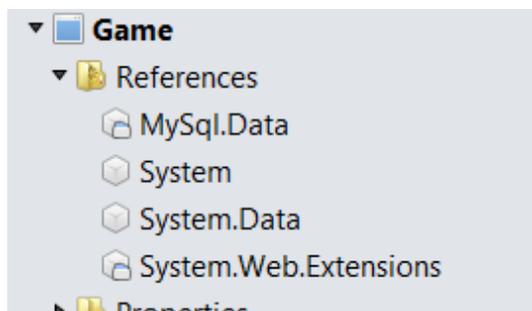


图7-40 引用了MySQL.Data.dll和System.Data.dll

### 7.6.5 MySQL基础知识

MySQL有数字、日期、字符串等几类数据类型（如表7-2所示），每一类又划分了许多子类，服务端程序只会使用文本类型。

表7-2 MySQL的数据类型

类 型	子 类
数字类型	整数: tinyint, smallint, mediumint, int, bigint 浮点数: float, double, real, decimal
日期和时间	date, time, datetime, timestamp, year
字符串	char, varchar
文本	tinytext, text, mediumtext, longtext
二进制	tinyblob, blob, mediumblob, longblob

常用的SQL语句包括查询、插入、更新和删除四种，如表7-3所示。

表7-3 常用的SQL语句

语 句	说 明
select	查询表中的数据 select 列名称 from 表名称 [ 查询条件]; Select * from msg where name = "小明";

(续)

语 句	说 明
insert	将数据插到数据库表中，基本的使用形式为： insert [into] 表名 [(列名 1, 列名 2, 列名 3, ...)] values (值 1, 值 2, 值 3, ...); insert into msg values(1, "小明", "你好"); insert into students ("name", "msg") values("小红", "Love LPY");
update	可用来修改表中的数据，基本的使用形式为： update 表名称 set 列名称 = 新值 where 更新条件； update msg set msg="ha ha" where id = 123;
delete	语句用于删除表中的数据，基本用法为： delete from 表名称 where 删除条件； delete from msg where id = 123;

操作MySQL的流程如图7-41所示，需要经历连接、执行SQL语句等几个步骤。

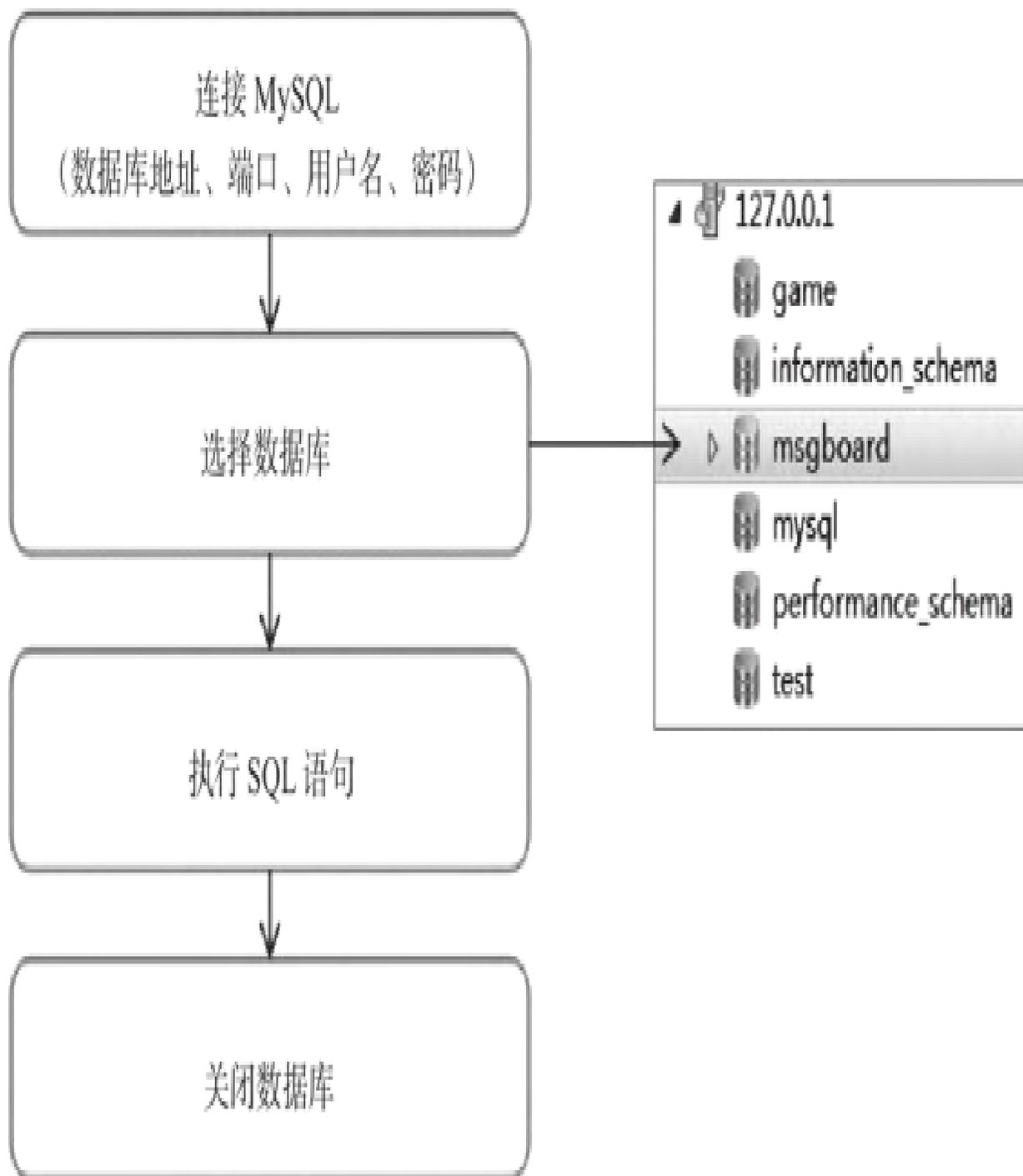


图7-41 使用MySQL的流程

本章假设读者对MySQL数据库有初步的了解，如果尚有疑惑，网上查找MySQL的入门资料即可。

## 7.7 数据库模块

在服务端程序中添加名为DbManager.cs的文件，用于处理数据库相关事务。它会提供从数据库读取玩家数据、将玩家数据保存到数据库、注册、检测密码是否正确等功能。

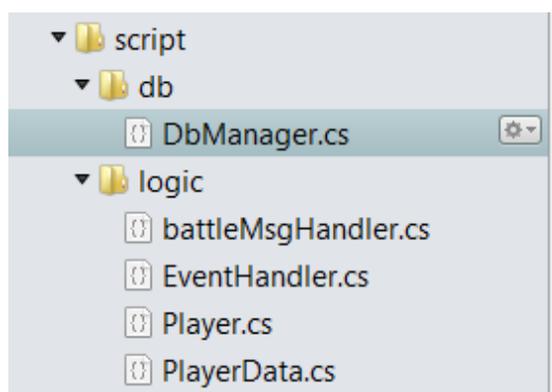


图7-42 添加数据库模块

在后续测试程序中，如果提示找不到Mysql.Data的引用，可以选择不同的Target framework版本（见图7-43），使服务端程序与connector的框架相同。

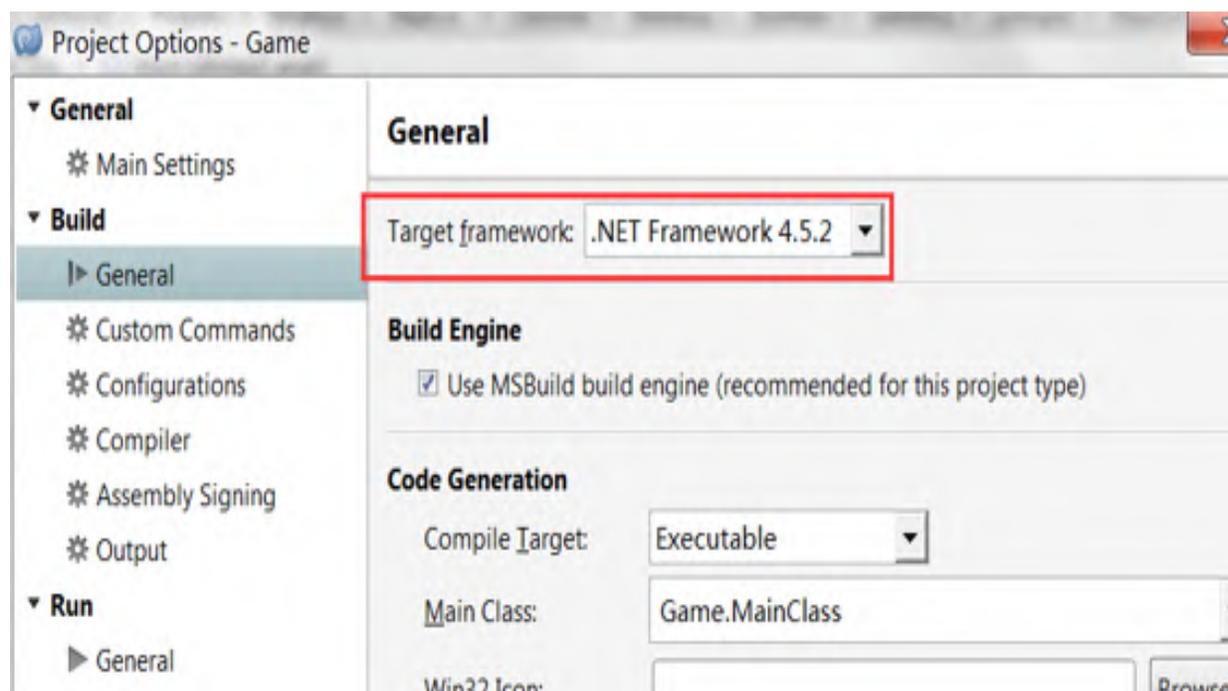


图7-43 选择Target framework

## 7.7.1 连接数据库

连接MySQL的第一步是发起对数据库的网络连接。connector已经封装了所有与数据库交互的方法，在引用

“`MySql.Data.MySqlClient`”后，新建一个MySQL连接对象（`new MySqlConnection()`），设置数据库、用户名和密码等信息后，调用`mysql.Open`即可发起连接。

`DbManager`定义了一个静态的数据库连接对象`mysql`，它和客户端网络模块的`socket`相似，是一个连接对象。静态方法`Connect`的参数包含了数据库名（如`game`），数据库IP地址（如`127.0.0.1`），数据库端口号（如`3306`）以及用户名（如`root`）和密码等信息。程序会把这些信息组装成`mysql.ConnectionString`所需的格式，再调用`mysql.Open`发起连接。`mysql.Open`包含在`try-catch`结构中，如果连接失败（如数据库没有启动），程序会进入到`catch`部分，提示连接失败。

`DbManager`代码如下：

---

```
using System;
using MySql.Data.MySqlClient;

public class DbManager {
    public static MySqlConnection mysql;

    //连接mysql数据库
    public static bool Connect(string db,
                                string ip, int port, string user, string
pw) {
        //创建MySqlConnection对象
        mysql = new MySqlConnection();
        //连接参数
        string s = string.Format("Database={0};
Data Source={1}; port={2};User Id={3}; Password={4}",
                                db, ip, port, user, pw);
        mysql.ConnectionString = s;
        //连接
        try {
            mysql.Open();
            Console.WriteLine("[数据库]connect succ ");
        }
    }
}
```

```
        return true;
    }
    catch (Exception e) {
        Console.WriteLine("[数据库]connect fail, " +
e.Message);
        return false;
    }
}
}
```

---

在服务端程序开启时，先连接数据库，再开启网络监听。如果连接数据库失败，说明服务端启动失败，无须往下执行。测试代码如下：

---

```
using System;

namespace Game
{
    class MainClass
    {
        public static void Main (string[] args)
        {
            if(!DbManager.Connect("game", "127.0.0.1", 3306,
"root", "")){
                return;
            }
            NetManager.StartLoop(8888);
        }
    }
}
```

---

运行服务端，应当能够看到图7-44所示的成功信息或图7-45所示的失败信息。



图7-44 成功连接数据库

```
[数据库]connect fail, Unable to connect to any of the specified MySQL hosts.
请按任意键继续. . . ■
```

图7-45 连接数据库失败

## 7.7.2 防止SQL注入

所谓SQL注入，就是通过输入请求，把SQL命令插入到SQL语句中，以达到欺骗服务器执行恶意SQL命令的目的。假设服务端要获取玩家数据，可能使用这样的SQL语句：

---

```
string sql = "Select * form player where id =" + id;
```

---

正常情况下该语句能够完成读取数据的工作。但如果一名恶意玩家注册了类似“xiaoming;delete\*form player;”的名字，这条SQL语句将变成下面两条语句。

---

```
Select * form player where id = xiaoming ;delete * form player;
```

---

执行这样的SQL语句后，player表的数据将被删除，后果不堪设想。如果把含有逗号、分号等特殊字符的字符串判定为不安全字符串，在拼装SQL语句前，对用户输入的字符串进行安全性检测，便能够有效地防止SQL注入。使用正确表达式编写判定安全字符串的方法IsSafeString，它把含有“-;,\|/() []} {%\*!'" ”这些特殊符号的字符串判定为不安全字符串。在DbManager中引用“System.Text.RegularExpressions”，然后编写如下的IsSafeString方法。

---

```
using System.Text.RegularExpressions;

//判定安全字符串
private static bool IsSafeString(string str) {
    return !Regex.IsMatch(str, @"[-|;|,|\|/|\(\\)|\[\]|\}\|!|'|\"
```

```
{|%|@|\*|!|\'|");  
}
```

---

### 7.7.3 IsAccountExist

当玩家注册账号时，程序需要判断账号是否已经存在，如果存在，就返回错误信息。DbManager的IsAccountExist方法通过select\*from user where id=XXX查询数据库，如果有记录，说明数据库中已存在该用户，不能再次注册。MySqlDataReader提供遍历数据集的方法，HasRows指明数据集是否包含数据。在数据库模块中，所有由玩家输入的字符串（如这里的id）都需要做安全检测，以免被恶意玩家黑掉。

---

```
//是否存在该用户  
public static bool IsAccountExist(string id)  
{  
    //防SQL注入  
    if (!DbManager.IsSafeString(id)){  
        return false;  
    }  
    //SQL语句  
    string s = string.Format("select * from account where  
id='{0}';", id);  
    //查询  
    try {  
        MySqlCommand cmd = new MySqlCommand (s, mysql);  
        MySqlDataReader dataReader = cmd.ExecuteReader ();  
        bool hasRows = dataReader.HasRows;  
        dataReader.Close();  
        return !hasRows;  
    }  
    catch(Exception e) {  
        Console.WriteLine("[数据库] IsSafeString err, " +  
e.Message);  
        return false;  
    }  
}
```

---

### 7.7.4 Register

玩家注册账号时，程序会调用DbManager.Register方法完成注册流程。它会先做一系列判断，然后通过insert into user set id=XXX, pw=XXX向account表插入数据。在磁盘空间已满、SQL语句写错等情况下，插入数据会失败，程序抛出异常。因此，我们把ExecuteNonQuery放入到try-catch结构中。

---

```
//注册
public static bool Register(string id, string pw) {
    //防SQL注入
    if(!DbManager.IsSafeString(id)){
        Console.WriteLine("[数据库] Register fail, id not
safe");
        return false;
    }
    if(!DbManager.IsSafeString(pw)){
        Console.WriteLine("[数据库] Register fail, pw not
safe");
        return false;
    }
    //能否注册
    if (!IsAccountExist(id)) {
        Console.WriteLine("[数据库] Register fail, id
exist");
        return false;
    }
    //写入数据库User表
    string sql = string.Format("insert into account set id
='{0}' ,
                                pw
                               ='{1}';", id, pw);
    try{
        MySqlCommand cmd = new MySqlCommand(sql, mysql);
        cmd.ExecuteNonQuery();
        return true;
    }
    catch(Exception e){
        Console.WriteLine("[数据库] Register fail " +
e.Message);
        return false;
    }
}
```

---

一般来说，服务端不会把明文的密码存入数据库，而是会先做加密。当数据库被盗时，黑客很难从加密的密码获取用户的信息。读者可以自行给密码加上md5加密。

可以编写如下的程序测试Register方法是否有效，在连接数据库后，调用DbManager.Register，注册名为“lpy”、密码为“123456”的账号。注册成功后（如图7-46所示），读者可以在数据库的account表中看到新增的账号数据。

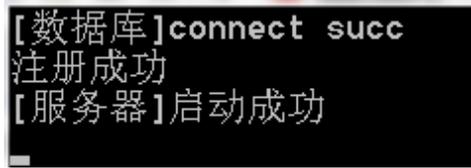
---

```
using System;

namespace Game
{
    class MainClass
    {
        public static void Main (string[] args)
        {
            if(!DbManager.Connect("game", "127.0.0.1", 3306,
"root", "")){
                return;
            }
            //测试
            if(DbManager.Register("lpy", "123456")){
                Console.WriteLine("注册成功");
            }

            NetManager.StartLoop(8888);
        }
    }
}
```

---



```
[数据库]connect succ
注册成功
[服务器]启动成功
```

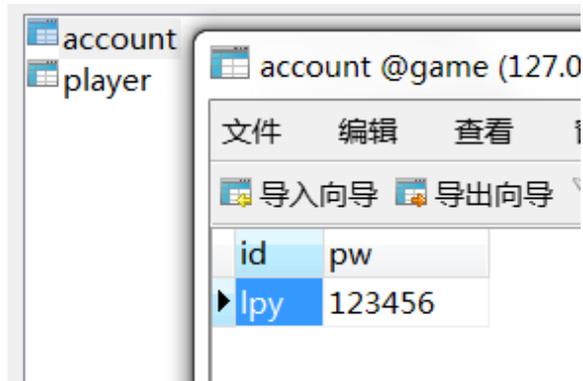


图7-46 注册成功

第二次运行程序，由于账号“lpy”已经存在，程序会提示注册失败，如图7-47所示。



图7-47 注册失败

### 7.7.5 CreatePlayer

Register方法只是将用户名和密码写入account表，服务端中account和player是对应的，程序还需要将默认的角色数据写入player表。创建角色包含两个步骤，一是将默认的PlayerData对象序列化成Json数据，二是将数据保存到player表的数据栏位中。

为了实现Json序列化，在DbManager中引用“System.Web.Script.Serialization”，然后定义JavaScriptSerializer类型的对象Js。这一步与7.2节中的说明相似。

---

```
using System.Web.Script.Serialization;

public class DbManager {
    public static MySqlConnection mysql;
    static JavaScriptSerializer Js = new JavaScriptSerializer();
    .....
}
```

---

下述的CreatePlayer方法使用Js.Serialize将PlayerData对象序列化成Json字符串，然后保存到player表中。

---

```
//创建角色
public static bool CreatePlayer(string id) {
    //防sql注入
    if(!DbManager.IsSafeString(id)){
        Console.WriteLine("[数据库] CreatePlayer fail, id not
safe");
        return false;
    }
    //序列化
    PlayerData playerData = new PlayerData ();
    string data = Js.Serialize(playerData);
    //写入数据库
    string sql = string.Format ("insert into player set id
='{0}' ,
data ='{1}';", id, data);
    try {
        MySqlCommand cmd = new MySqlCommand (sql, mysql);
        cmd.ExecuteNonQuery ();
        return true;
    }
    catch (Exception e){
        Console.WriteLine("[数据库] CreatePlayer err, " +
e.Message);
        return false;
    }
}
```

---

测试DbManager.CreatePlayer，如果调用成功，程序将会把默认的玩家数据写入到数据库，如图7-48所示。

---

```
//测试
if(DbManager.CreatePlayer("aglab")){
    Console.WriteLine("创建成功");
}
```

---

```
[数据库]connect succ  
创建成功  
[服务器]启动成功
```



图7-48 成功创建角色

### 7.7.6 CheckPassword

登录时，服务端程序需要检测玩家输入的用户名和密码是否正确。定义CheckPassword方法，它通过select\*from user where id=XXX and pw=XXX查询数据库，如果有数据（dataReader.HasRows==true），说明用户名和密码正确。

```
//检测用户名密码  
public static bool CheckPassword(string id, string pw){  
    //防sql注入  
    if(!DbManager.IsSafeString(id)){  
        Console.WriteLine("[数据库] CheckPassword fail, id not  
safe");  
        return false;  
    }  
    if(!DbManager.IsSafeString(pw)){  
        Console.WriteLine("[数据库] CheckPassword fail, pw not  
safe");  
        return false;  
    }  
    //查询  
    string sql = string.Format("select * from  
                                account where id='{0}' and  
pw='{1}';", id, pw);  
    try {  
        MySqlCommand cmd = new MySqlCommand (sql, mysql);
```

```

    MySqlDataReader dataReader = cmd.ExecuteReader();
    bool hasRows = dataReader.HasRows;
    dataReader.Close();
    return hasRows;
}
catch(Exception e) {
    Console.WriteLine("[数据库] CheckPassword err, " +
e.Message);
    return false;
}
}

```

---

### 7.7.7 GetPlayerData

GetPlayerData是读取玩家数据的方法，它通过角色账号（id）在player表中搜寻数据。player表以id为key（图7-49），以字符串的形式存放着序列化后的Json数据。

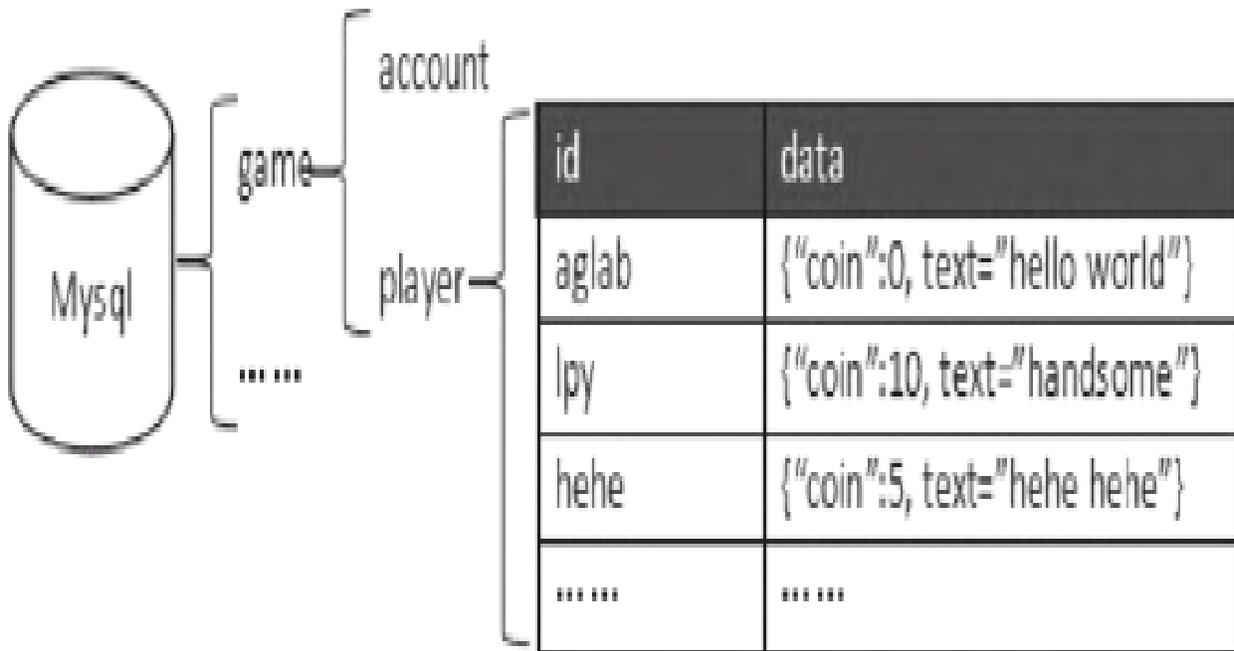


图7-49 player表的示例

GetPlayerData通过dataReader在获取到对应账号的玩家数据后，使用Js.Deserialize将字符串反序列化成PlayerData对象，然后返回。

---

```

//获取玩家数据
public static PlayerData GetPlayerData(string id) {
    //防SQL注入
    if(!DbManager.IsSafeString(id)){
        Console.WriteLine("[数据库] GetPlayerData fail, id
not safe");
        return null;
    }

    //SQL
    string sql = string.Format("select * from player where
id ='{0}';", id);
    try {
        //查询
        MySqlCommand cmd = new MySqlCommand (sql, mysql);
        MySqlDataReader dataReader = cmd.ExecuteReader();
        if(!dataReader.HasRows) {
            dataReader.Close();
            return null;
        }
        //读取
        dataReader.Read();
        string data = dataReader.GetString("data");
        //反序列化
        PlayerData playerData = Js.Deserialize<PlayerData>
(data);

        dataReader.Close();
        return playerData;
    }
    catch(Exception e) {
        Console.WriteLine("[数据库] GetPlayerData fail, " +
e.Message);
        return null;
    }
}

```

---

### 7.7.8 UpdatePlayerData

按照图7-4所示的游戏流程，当玩家下线时，服务端需要更新玩家数据。程序会将玩家数据playerData序列化成字符串

(Js.Serialize(playerData))，然后使用形如“update player set data="{\"coin\":100}\"where id=\"lpy\";”的SQL语句更新数据库中的数据。

---

```
//保存角色
public static bool UpdatePlayerData(string id, PlayerData
playerData){
    //序列化
    string data = Js.Serialize(playerData);
    //sql
    string sql = string.Format("update player
                                set data='{0}' where id
                                ='{1}';", data, id);
    //更新
    try {
        MySqlCommand cmd = new MySqlCommand (sql, mysql);
        cmd.ExecuteNonQuery ();
        return true;
    }
    catch (Exception e) {
        Console.WriteLine("[数据库] UpdatePlayerData err, " +
e.Message);
        return false;
    }
}
```

---

我们已经完成了注册、创建角色、密码校验、获取数据和保存数据五项基本功能的数据库模块，接下来可以编写程序检测数据模块能否正常工作。例如下面的程序先调用DbManager.CreatePlayer，在player表中插入名为aglab的账号。由于新插入的是玩家默认数据，data栏位中的coin应为0。随后使用DbManager.GetPlayerData获取角色数据，给它的属性赋值，最后调用DbManager.UpdatePlayerData更新数据。运行后，应能看到player表对应账号的coin属性被更改，如图7-50所示。

---

```
//测试
DbManager.CreatePlayer("aglab");
PlayerData pd = DbManager.GetPlayerData("aglab");
pd.coin = 256;
DbManager.UpdatePlayerData("aglab", pd);
```

---

至此，我们已经完成了服务端的所有基础模块。



图7-50 更新玩家数据

## 7.8 登录注册功能

到目前为止，已经完成服务端框架的底层功能。本节将通过一个在线记事本（如图7-1所示）的例子跑通游戏流程，特别是完成通用的登录和注册功能，这两个功能在所有游戏中都会出现。

从客户端的角度看，在线记事本至少需要4条协议。MsgRegister和MsgLogin是注册和登录协议。登录后，客户端需要显示已保存的文本信息，它通过MsgGetText获取文本。编辑文本后，玩家点击保存按钮，客户端发送MsgSaveText协议，更新文本信息。协议发送的流程如图7-51所示。

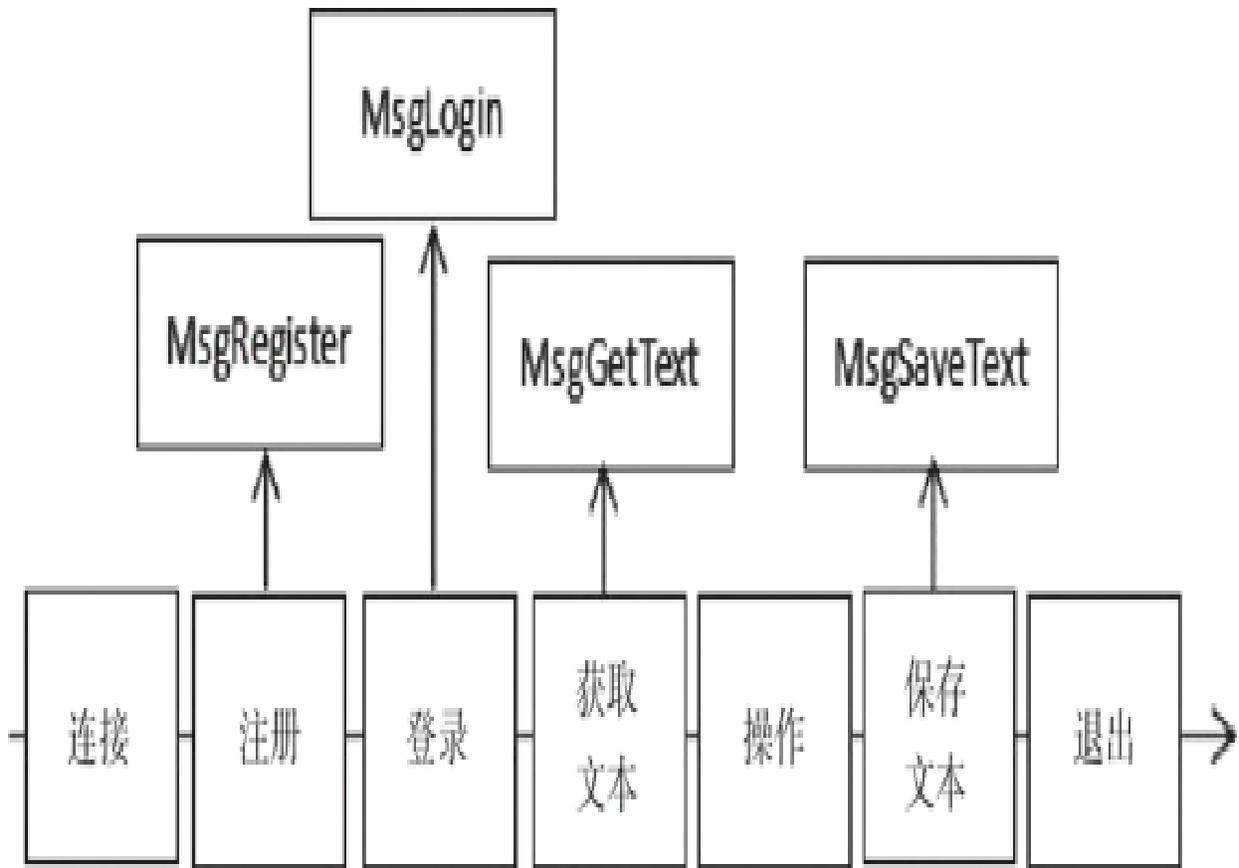


图7-51 客户端需要发送的协议

### 7.8.1 注册登录协议

在服务端程序中为proto文件夹中添加LoginMsg.cs和NotepadMsg.cs两个文件，用于定义登录和记事本相关的协议，如图7-52所示。

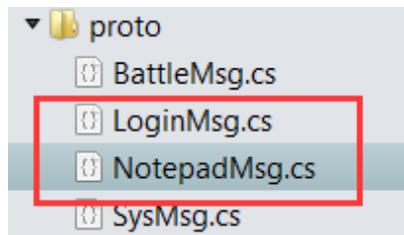


图7-52 添加LoginMsg.cs和Notepad-Msg.cs两个文件

LoginMsg中包含了注册、登录和踢出三条协议。MsgRegister即注册协议，客户端需要发送id和pw字段，指定要注册的用户名和密码。服务端处理消息后，也会给客户端回应MsgRegister协议，如果服务端

回应的result为0，代表注册成功，如果为1，代表注册失败，如图7-53所示。

客户端发送

协议名: MsgRegister	id=aglab	pw=123456	result=0 (默认值)
------------------	----------	-----------	----------------

服务端回应

协议名: MsgRegister	id=aglab	pw=123456	result=1
------------------	----------	-----------	----------

图7-53 MsgRegister协议

MsgLogin即登录协议，客户端也需要发送id和pw字段，指定要登录的用户名及其密码。服务端收到消息后，会判断密码是否正确，然后加载玩家数据，回应客户端。如果服务端回应的result为0，代表登录成功，如果为1，代表登录失败。

MsgKick是由服务端推送的“强制下线”协议。游戏中常有多个客户端同时登录同一个账号的情况，后登录的客户端会把早前登录客户端踢下线。服务端会给早前登录的客户端推送MsgKick协议，指明被踢下线的原由。

协议代码如下：

---

```
//注册
public class MsgRegister:MsgBase {
    public MsgRegister() {protoName = "MsgRegister";}
    //客户端发
    public string id = "";
    public string pw = "";
```

```

        //服务端回 (0-成功, 1-失败)
        public int result = 0;
    }

    //登录
    public class MsgLogin:MsgBase {
        public MsgLogin() {protoName = "MsgLogin";}
        //客户端发
        public string id = "";
        public string pw = "";
        //服务端回 (0-成功, 1-失败)
        public int result = 0;
    }

    //踢下线 (服务端推送)
    public class MsgKick:MsgBase {
        public MsgKick() {protoName = "MsgKick";}
        //原因 (0-其他人登录同一账号)
        public int reason = 0;
    }

```

---

## 7.8.2 记事本协议

在NotepadMsg.cs中编写读取和保存记事本的协议，客户端发送MsgGetText协议后，服务端会返回带有test字段的同名协议，返回记事本文本。编辑完文本后，玩家点击保存按钮，客户端会发送MsgSaveText协议，并将修改后的文本以text字段发送给服务端。服务端收到后，更新文本，并返回同名协议。如果result为0，代表保存成功。

---

```

//获取记事本内容
public class MsgGetText:MsgBase {
    public MsgGetText() {protoName = "MsgGetText";}
    //服务端回
    public string text = "";
}

//保存记事本内容
public class MsgSaveText:MsgBase {
    public MsgSaveText() {protoName = "MsgSaveText";}
    //客户端发
    public string text = "";
}

```

```
//服务端回（0-成功 1-文字太长）
public int result = 0;
}
```

---

### 7.8.3 注册功能

在服务端程序中添加LoginMsgHandle.cs和NotepadMsgHandle.cs两个文件，用于处理登录注册和记事本的协议，如图7-54所示。

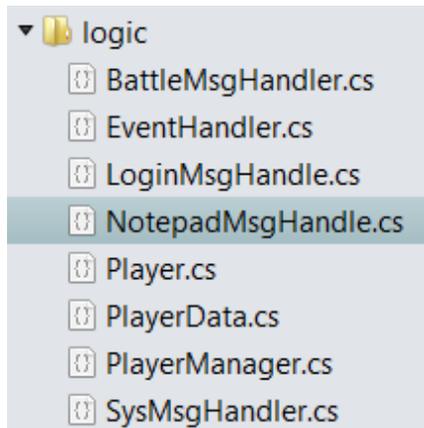


图7-54 添加LoginMsgHandle.cs和Notepad-MsgHandle.cs两个文件

在LoginMsgHandle中编写MsgHandler类（partial class MsgHandler），添加处理注册协议的方法MsgRegister。MsgRegister会调用DbManager.Register向account表写入账号信息，再使用DbManager.CreatePlayer向game表写入默认的角色信息。最后调用NetManager.Send返回协议给客户端。

---

```
//注册协议处理
public static void MsgRegister(ClientState c, MsgBase msgBase){
    MsgRegister msg = (MsgRegister)msgBase;
    //注册
    if(DbManager.Register(msg.id, msg.pw)){
        DbManager.CreatePlayer(msg.id);
        msg.result = 0;
    }
    else{
        msg.result = 1;
    }
}
```

```
NetManager.Send(c, msg);  
}
```

---

## 7.8.4 登录功能

添加处理登录协议的方法MsgLogin，它相对复杂，因为要处理下面几项任务。

1) 验证密码：通过DbManager.CheckPassword验证用户名和密码，如果密码错误，返回result=1给客户端。

2) 状态判断：如果该客户端已经登录，不能重复登录。

3) 踢下线：通过PlayerManager.IsOnline判断该账户是否已经登录，如果已经登录，需要先把它踢下线。程序会通过PlayerManager.GetPlayer(msg.id)获取已登录的玩家对象，给它发送MsgKick协议，通知被踢下线的客户端。最后调用NetManager.Close关闭Socket连接。

4) 读取数据：通过DbManager.GetPlayerData从数据库中读取玩家数据。

5) 构建Player：根据读取到的数据，构建player对象，并把它添加到PlayerManager的列表中，将客户端信息clientState和player对象关联起来。

---

```
//登录协议处理  
public static void MsgLogin(ClientState c, MsgBase msgBase){  
    MsgLogin msg = (MsgLogin)msgBase;  
    //密码校验  
    if(!DbManager.CheckPassword(msg.id, msg.pw)){  
        msg.result = 1;  
        NetManager.Send(c, msg);  
        return;  
    }  
    //不允许再次登录  
    if(c.player != null){  
        msg.result = 1;  
        NetManager.Send(c, msg);  
    }  
}
```

```

        return;
    }
    //如果已经登录, 踢下线
    if (PlayerManager.IsOnline(msg.id)) {
        //发送踢下线协议
        Player other = PlayerManager.GetPlayer(msg.id);
        MsgKick msgKick = new MsgKick();
        msgKick.reason = 0;
        other.Send(msgKick);
        //断开连接
        NetManager.Close(other.state);
    }
    //获取玩家数据
    PlayerData playerData = DbManager.GetPlayerData(msg.id);
    if (playerData == null) {
        msg.result = 1;
        NetManager.Send(c, msg);
        return;
    }
    //构建Player
    Player player = new Player(c);
    player.id = msg.id;
    player.data = playerData;
    PlayerManager.AddPlayer(msg.id, player);
    c.player = player;
    //返回协议
    msg.result = 0;
    player.Send(msg);
}

```

---

### 7.8.5 退出功能

当玩家退出游戏时（下线），服务端需要保存玩家数据，以及维护PlayerManager中的玩家列表。在EventHandler.OnDisconnect中添加如下玩家下线的处理：

---

```

public static void OnDisconnect(ClientState c) {
    Console.WriteLine("Close");
    //Player下线
    if (c.player != null) {
        //保存数据
        DbManager.UpdatePlayerData(c.player.id, c.player.data);
    }
}

```

```
        //移除
        PlayerManager.RemovePlayer(c.player.id);
    }
}
```

---

### 7.8.6 获取文本功能

在NotepadMsgHandle.cs编写MsgGetText协议（获取记事本文本）的处理方法，它只是将玩家数据（player.data.text）发送给客户端。

---

```
using System;

public partial class MsgHandler {
    //获取记事本内容
    public static void MsgGetText(ClientState c, MsgBase
msgBase){
        MsgGetText msg = (MsgGetText)msgBase;
        Player player = c.player;
        if(player == null) return;
        //获取text
        msg.text = player.data.text;
        player.Send(msg);
    }
}
```

---

### 7.8.7 保存文本功能

编写MsgSaveText协议（保存记事本文本）的处理方法，它将客户端发来的数据（msg.text）赋予PlayerData（player.data.text）。

---

```
//保存记事本内容
public static void MsgSaveText(ClientState c, MsgBase msgBase){
    MsgSaveText msg = (MsgSaveText)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;
    //获取text
    player.data.text = msg.text;
}
```

```
    player.Send(msg);  
}
```

### 7.8.8 客户端界面

为调试服务端的登录注册功能，需要编写一套简易的客户端程序。客户端使用第6章编写的网络模块，界面如图7-55所示。它有“连接服务器”“断开”“登录”“注册”“保存”五个按钮，以及“用户名输入框”“密码输入框”“记事本文本框”三个文本框。玩家需要依次点击“连接”“登录”按钮，登录后“记事本文本框”会显示已保存的文本信息，玩家在更改文本信息后，需要点击“保存”按钮保存文本。



图7-55 客户端界面

表7-4对客户端界面按钮进行了说明。

表7-4 客户端界面说明

部 件	说 明
ConnectButton	“连接服务器”按钮 
CloseButton	“断开”按钮 

(续)

部 件	说 明
IdInput	用户名输入框  The image shows a rectangular input field with a light gray background and a thin border. To the left of the field is the label '用户名' (Username) in a dark gray font. Inside the field, the placeholder text 'Enter text...' is visible in a light gray font.
PwInput	密码输入框  The image shows a rectangular input field with a light gray background and a thin border. To the left of the field is the label '密码' (Password) in a dark gray font. Inside the field, the placeholder text 'Enter text...' is visible in a light gray font.
LoginButton	“登录”按钮  The image shows a rectangular button with a light gray background and a thin border. The button contains the Chinese characters '登录' (Login) in a dark gray font.
RegisterButton	“注册”按钮  The image shows a rectangular button with a light gray background and a thin border. The button contains the Chinese characters '注册' (Register) in a dark gray font.
TextInput	记事本文本框  The image shows a text area with a light gray background and a thin border. To the left of the text area is the label '记事本' (Text Area) in a dark gray font. Inside the text area, the placeholder text 'Enter text...' is visible in a light gray font. The text area is divided into a grid by thin lines.
SaveButton	“保存”按钮  The image shows a rectangular button with a light gray background and a thin border. The button contains the Chinese characters '保存' (Save) in a dark gray font.

## 7.8.9 客户端监听

客户端和服务端需要用到一样的协议文件，可将之前定义的登录协议、记事本协议复制到客户端的协议目录（如图7-56所示）。

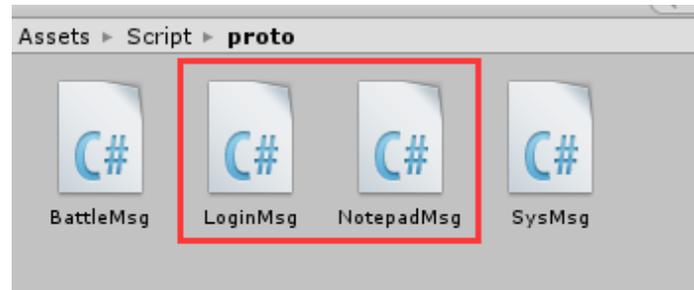


图7-56 添加协议文件

客户端程序与第六章的测试程序相似，监听了各种网络事件和协议，并且做出相应处理。其中的idInput、pwInput和textInput分别对应“用户名输入框”“密码输入框”和“记事本文本框”（如图7-57所示）。客户端程序连接和监听部分如下：

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class test : MonoBehaviour {
    public InputField idInput;
    public InputField pwInput;
    public InputField textInput;
    //开始
    void Start() {
        NetManager.AddEventListener(
            NetManager.NetEvent.ConnectSucc,
OnConnectSucc);
        NetManager.AddEventListener(
            NetManager.NetEvent.ConnectFail,
OnConnectFail);
        NetManager.AddEventListener(
            NetManager.NetEvent.Close,
OnConnectClose);

        NetManager.AddMsgListener("MsgRegister", OnMsgRegister);
        NetManager.AddMsgListener("MsgLogin", OnMsgLogin);
```

```
NetManager.AddMsgListener("MsgKick", OnMsgKick);
NetManager.AddMsgListener("MsgGetText", OnMsgGetText);
NetManager.AddMsgListener("MsgSaveText", OnMsgSaveText);
}

//玩家点击连接按钮OnConnectClick (略)
//主动关闭OnCloseClick (略)
//连接成功回调 OnConnectSucc (略)
//连接失败回调 OnConnectFail (略)
//关闭连接 OnConnectClose (略)
//Update (略)
}
```

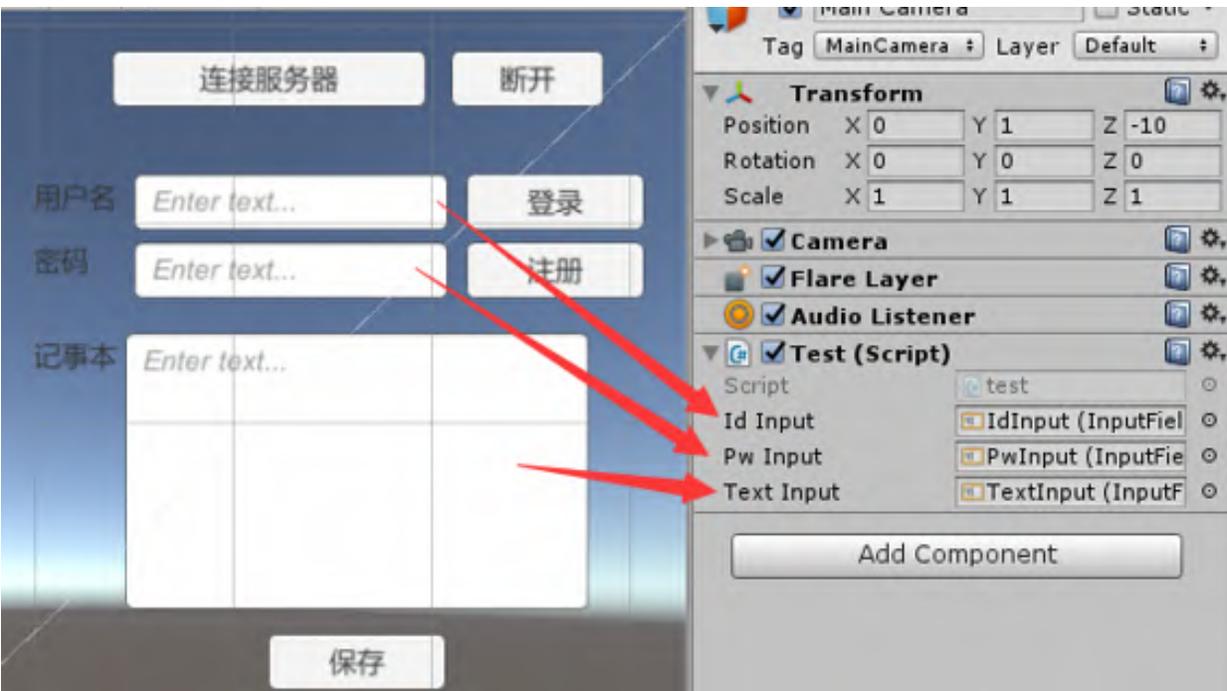


图7-57 给组件的属性赋值

### 7.8.10 客户端注册功能

开始编写客户端注册功能。当玩家点击“注册”按钮，程序会调用OnRegisterClick方法（在按钮的属性界面中设置），发送MsgRegister协议。当客户端收到服务端发来的MsgRegister协议，会调用回调函数OnMsgRegister，显示“注册成功”或“注册失败”。

```
//发送注册协议
public void OnRegisterClick () {
    MsgRegister msg = new MsgRegister();
    msg.id = idInput.text;
    msg.pw = pwInput.text;
    NetManager.Send(msg);
}

//收到注册协议
public void OnMsgRegister (MsgBase msgBase) {
    MsgRegister msg = (MsgRegister)msgBase;
    if(msg.result == 0){
        Debug.Log("注册成功");
    }
    else{
        Debug.Log("注册失败");
    }
}
}
```

---

完成后，读者可以测试注册功能是否有效。

### 7.8.11 客户端登录功能

当玩家点击登录按钮，程序会调用OnLoginClick方法发送MsgLogin协议。收到回应后，会调用OnMsgLogin显示登录成功或者失败的信息。如果登录成功，程序还会向服务端发送MsgGetText协议，请求文本信息。当收到服务端推送的OnMsgKick，表示被顶下线，弹出提示信息。

---

```
//发送登录协议
public void OnLoginClick () {
    MsgLogin msg = new MsgLogin();
    msg.id = idInput.text;
    msg.pw = pwInput.text;
    NetManager.Send(msg);
}

//收到登录协议
public void OnMsgLogin (MsgBase msgBase) {
    MsgLogin msg = (MsgLogin)msgBase;
    if(msg.result == 0){
```

```
        Debug.Log("登录成功");
        //请求记事本文本
        MsgGetText msgGetText = new MsgGetText();
        NetManager.Send(msgGetText);
    }
    else{
        Debug.Log("登录失败");
    }
}

//被踢下线
void OnMsgKick(MsgBase msgBase){
    Debug.Log("被踢下线");
}
```

---

## 7.8.12 客户端记事本功能

当收到服务端回应的MsgGetText协议，客户端会更新“记事本文本框”textInput。

---

```
//收到记事本文本协议
public void OnMsgGetText (MsgBase msgBase) {
    MsgGetText msg = (MsgGetText)msgBase;
    textInput.text = msg.text;
}
```

---

当玩家点击“保存”按钮，客户端调用OnSaveClick方法，发送MsgSaveText协议。当收到服务端回应的MsgSaveText协议，客户端调用OnMsgSaveText方法，显示提示信息。

---

```
//发送保存协议
public void OnSaveClick () {
    MsgSaveText msg = new MsgSaveText();
    msg.text = textInput.text;
    NetManager.Send(msg);
}

//收到保存协议
public void OnMsgSaveText (MsgBase msgBase) {
```

```
MsgSaveText msg = (MsgSaveText)msgBase;
if(msg.result == 0){
    Debug.Log("保存成功");
}
else{
    Debug.Log("保存失败");
}
}
```

## 7.8.13 测试

### 1. 注册

完成在线记事本的客户端和服务端程序，需要对它做全方位的测试，确保注册登录模块能够正常运转。打开服务端和客户端程序，连接服务端，输入用户名和密码注册账号，如图7-58所示。如果客户端提示注册成功（见图7-59），可以在数据库中看到默认的玩家数据，如图7-60和图7-61所示。



图7-58 注册账号

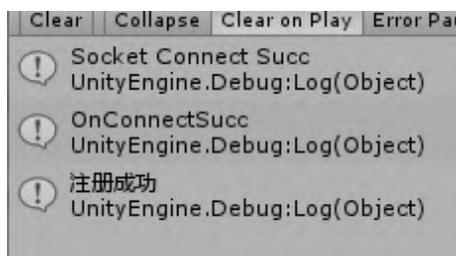


图7-59 注册成功

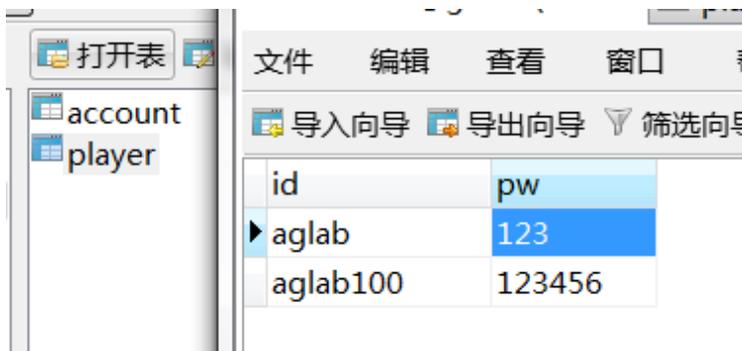


图7-60 account表新增的数据

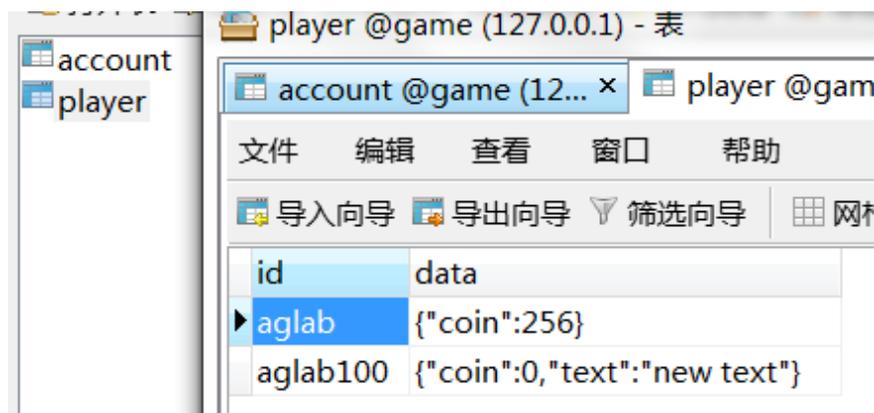


图7-61 player表新增的数据

## 2. 登录和保存

登录游戏后，玩家应能看到默认的记事本文本（见图7-62），修改文本后保存（见图7-63），下线。应能在数据库中看到更新的文本（见图7-64）。

如果再次登录，或者将服务器重新开启后登录，客户端应能显示正确的数据。如果使用不同的账号登录，玩家数据应当是独立的。

### 3. 多端登录

开启多个客户端，登录同一账号，后登录的客户端应能把稍早登录的客户端顶下线，如图7-65所示。



图7-62 登录游戏后，显示默认文本



图7-63 修改文本后保存

The image shows a screenshot of a database management tool. The interface includes a sidebar on the left with '打开表' (Open Table) and a list of tables: 'account' and 'player'. The main area displays a table with two columns: 'id' and 'data'. The table contains three rows: 'account', 'player', and 'aglab100'. The 'aglab100' row is highlighted with a red box. The 'data' column for 'aglab100' contains the JSON object: {"coin":0,"text":"hello everyone"}. The table header is as follows:

id	data
account	
player	
aglab100	{"coin":0,"text":"hello everyone"}

图7-64 数据库保存着更新后的文本



图7-65 后登录的客户端应能把稍早登录的客户端顶下线

本章我们实现了一套通用C#服务端框架，该框架为单进程单线程架构，使用Select多路复用处理网络连接，用MySQL数据库保存玩家数据，具有粘包半包处理、心跳机制、消息分发等功能。一个单进程单线程服务器只能处理几百名玩家，大型服务器大多是分布式结构，协同工作，同时承载数十万玩家（参见1.1节）。

## 第8章

# 完整大项目《坦克大战》

完成了通用的客户端网络模块和服务端框架，便能够使用它们制作各式各样的网络游戏。第8章到第12章是本书的第三部分“做游戏”，会通过一个3D坦克对战游戏说明网络模块的使用方法，以及网络游戏常规的结构、游戏逻辑组织等内容。通读本书，读者应能具备独立开发网络游戏的能力。

本章会先介绍《坦克大战》是一款怎样的游戏，然后实现一些基础功能，包括导入坦克模型、设计游戏资源管理器、实现坦克的行走、相机跟随、开炮、受击等功能。

## 8.1 《坦克大战》游戏功能

坦克游戏会有以下的功能。

### 8.1.1 登录注册

打开客户端，会看到如图8-1所示的登录面板。玩家可以输入用户名和密码登入游戏，或者点击注册按钮注册一个新账号，如图8-2所示。

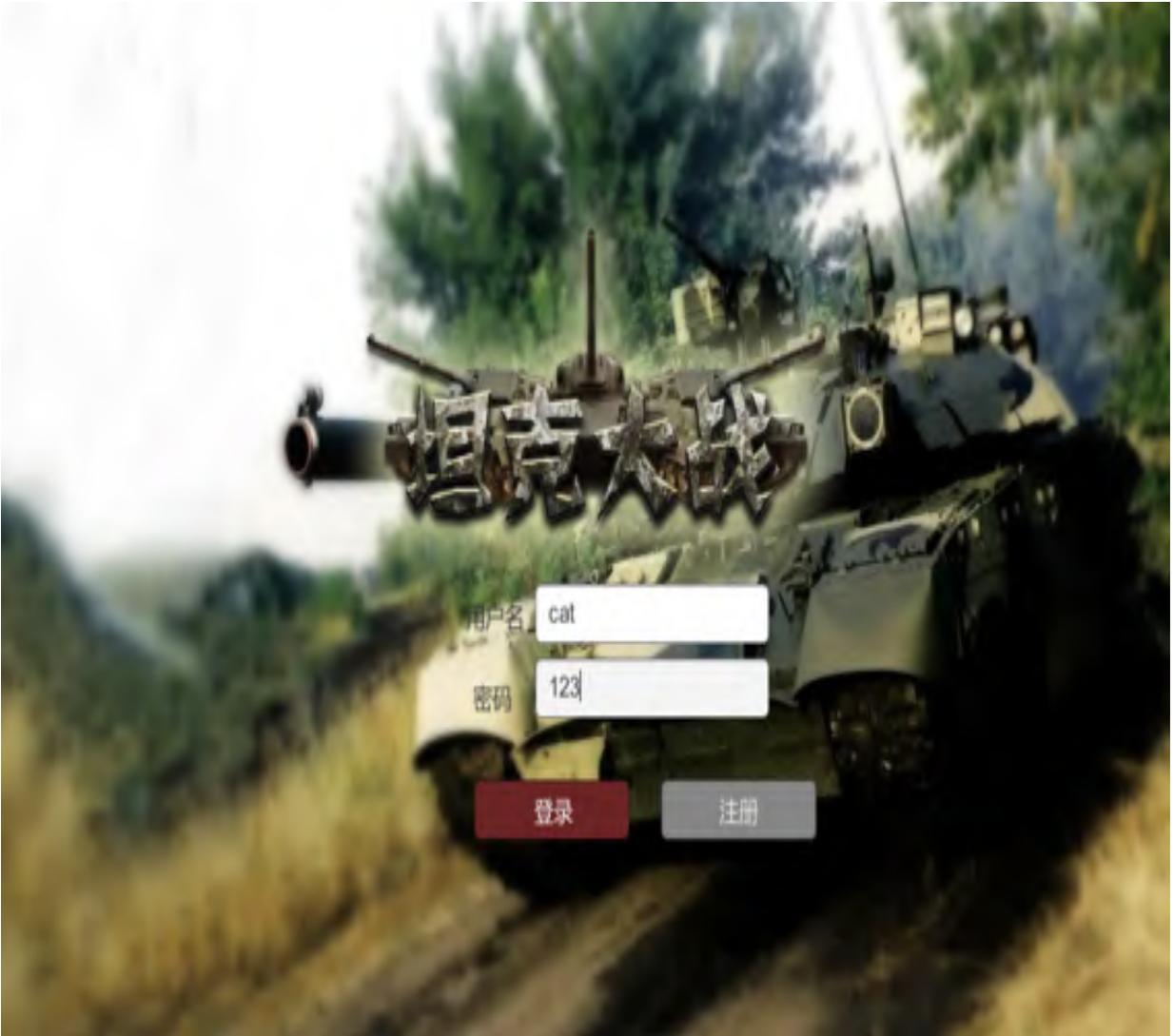


图8-1 坦克大战登录面板



图8-2 注册面板

### 8.1.2 房间系统

登录游戏后，会弹出图8-3所示的房间列表面板，显示游戏中所有房间的状态。玩家可以选择一个房间加入，也可以自己新建房间。房间列表面板还会显示玩家的战绩，显示赢了多少场、输了多少场。



图8-3 房间列表

加入某个房间后，会弹出图8-4所示的房间面板，展示房间内的玩家信息。程序会随机把玩家分成两个阵营，当房主点击“开战”按钮，开启一场战斗。



图8-4 进入房间

### 8.1.3 战斗系统

进入战场后，不同阵营的玩家处于地图两侧（见图8-5），相互攻击（见图8-6），直到歼灭敌方。玩家可以通过键盘操控坦克，使坦克移动、旋转炮塔和开炮。



图8-5 出生点位置



图8-6 攻击敌人

## 8.2 坦克模型

### 8.2.1 导入模型

既然是坦克游戏，少不了3D坦克模型，读者可以从网上下载漂亮的坦克模型，也可以使用本书提供的资源。如果使用本书提供的资源，可以导入tank.unitypackage包（右击Import Package→Custom Package），如图8-7所示。

导入后的坦克预设（tankPrefab）如图8-8所示，这是整理好结构的坦克模型。

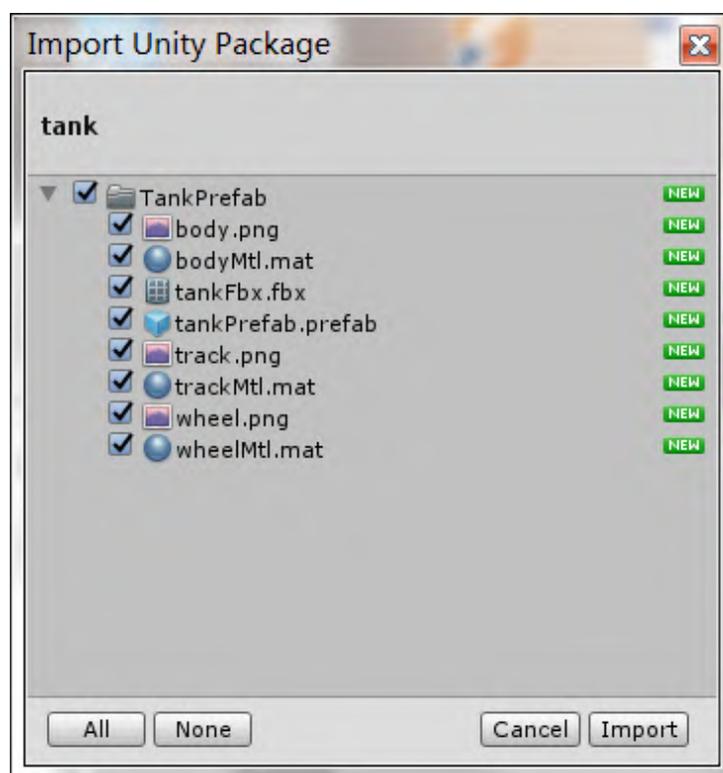


图8-7 导入tank.unitypackage

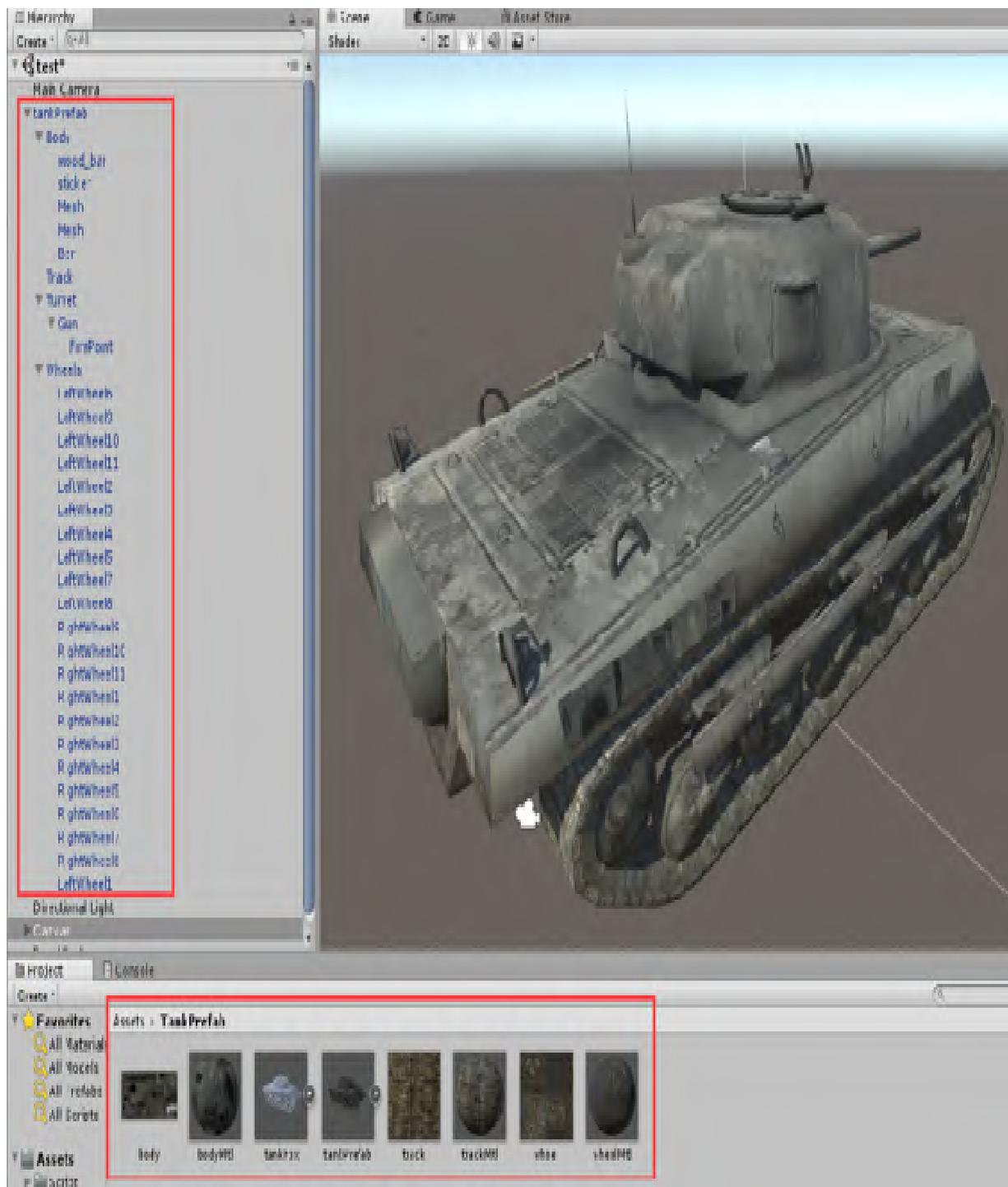


图8-8 坦克预设

## 8.2.2 模型结构

坦克模型分为四大部分，如图8-9所示：Body代表车身，是坦克的主体结构；Track代表履带；Turret代表炮塔；Wheels代表轮子。



图8-9 坦克模型层级

炮塔（Turret）以炮台中心为中心点，旋转炮塔时，会形成图8-10所示的样式，与真实坦克一样。炮管（Gun）固定在炮塔上，会跟着炮塔旋转。炮管下面还有名为FirePoint的点，发射炮弹时，炮弹会以FirePoint的位置和方向作为起始的位置和方向。

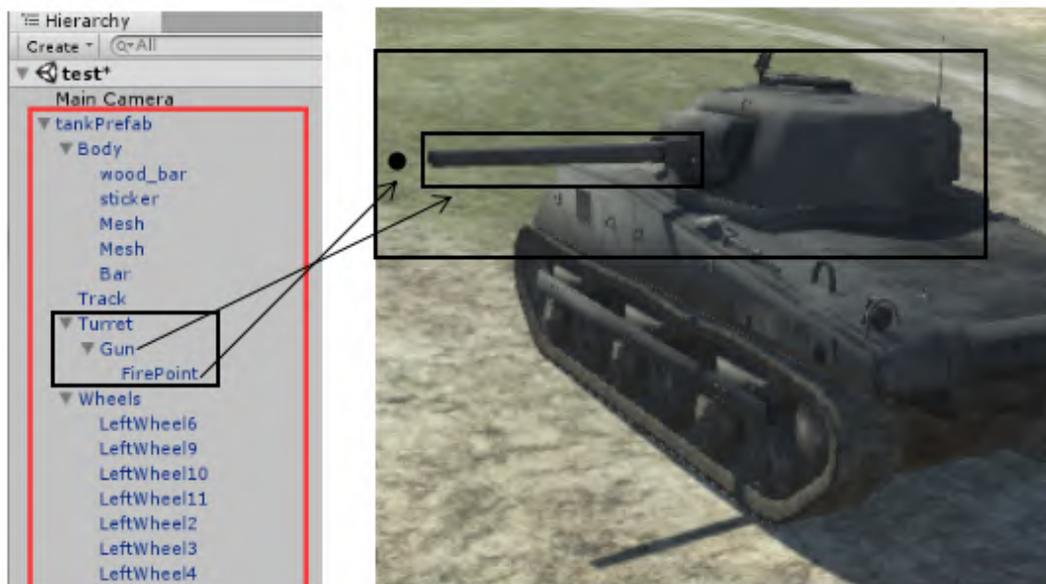


图8-10 炮塔层级

## 8.3 资源管理器

导入坦克模型后，要怎样管理它们呢？

### 8.3.1 设计构想

代码与资源分离是游戏程序设计的核心思想之一，被广大游戏公司所采用。相比于乱成一团的编码方式，它有以下几点优势。

1) 游戏公司里，美术人员负责模型的设计和制作，程序人员负责实现功能。代码分离有利于美术人员和程序人员的分工合作，两者既相互配合，又互不干扰。

2) 有利于代码的重复使用。功能相同但外观不同实体（如坦克）只需一套代码。

3) 为游戏的热更新提供可能性。若游戏需要更新模型，只需要下载新的模型资源。

当游戏中需要使用坦克模型时，可以使用动态加载的方式，即通过代码把坦克模型加载到场景中，而不是在编辑场景的时候直接把坦克模型拉进去。

Unity工程的Assets/Resources目录是个特殊的目录，它和Resources类相关联。当使用形如Resources.Load<GameObject>("tankPrefab")的语句去加载资源时，Unity会把Assets/Resources/tankPrefab.prefab加载到内存。

### 8.3.2 代码实现

我们实现一套基于Resources.Load的资源管理器ResManager，在Script/framework中添加名为ResManager.cs的代码文件，如图8-11所示。

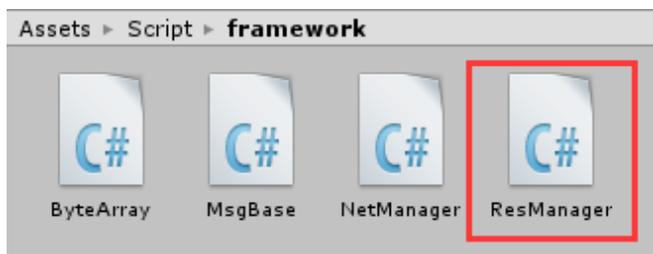


图8-11 添加ResManager.cs

然后编写资源管理器，它只是对Resources.Load的一层封装。之所以不直接使用Resources.Load，主要是考虑到后续如果实现热更新等功能，会有不同的处理，届时，只需要修改LoadPrefab的具体实现，不需要更改逻辑代码。

---

```
using UnityEngine;

public class ResManager : MonoBehaviour {

    //加载预设
    public static GameObject LoadPrefab(string path){
        return Resources.Load<GameObject>(path);
    }
}
```

---

### 8.3.3 测试

将坦克预设tankPrefab放到Resources目录下，如图8-12所示，然后执行下面两句代码，即可让坦克模型出现在场景上。其中的ResManager.LoadPrefab会把坦克预设加载到内存，而Instantiate语句会把坦克预设实例化到场景里面。这里使用skin代表坦克模型，含义是“皮肤”。美术资源就像一层皮肤，不同样式的资源只像是换个皮，核心代码没有改变。



图8-12 将坦克预设tankPrefab放到Resources目录下

测试代码如下：

---

```
GameObject skinRes = ResManager.LoadPrefab("tankPrefab");
GameObject skin = (GameObject)Instantiate(skinRes);
```

---

执行以上代码，读者应能在场景中看到坦克。

## 8.4 坦克类

本节将探讨坦克类的设计。

### 8.4.1 设计构想

与第3章的角色（Human）类相似，设计如图8-13所示的坦克类结构。BaseTank是坦克基类，它包含坦克的一些通用功能，比如开炮、皮肤设置等。CtrlTank为玩家控制的坦克，它会包含行走控制等功能。SyncTank是同步坦克，它会根据网络数据移动坦克、控制开炮。

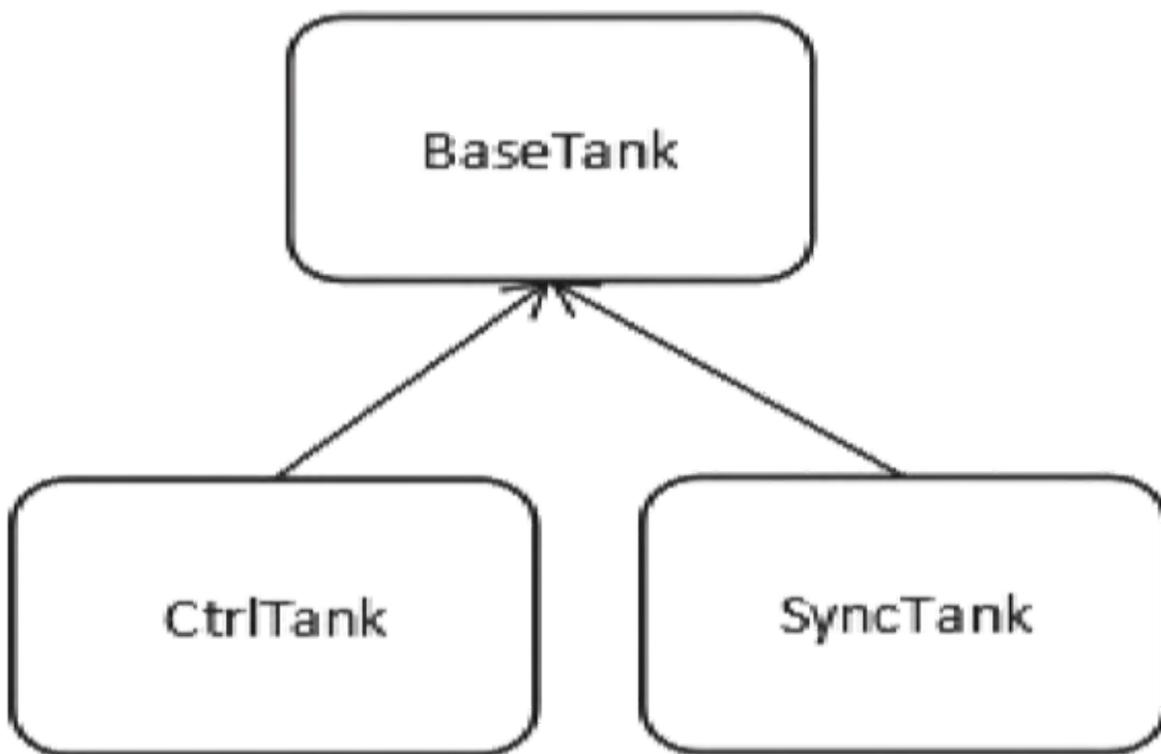


图8-13 坦克类的层级结构

### 8.4.2 代码实现

现在实现最基础的坦克基类，后面再慢慢完善它。如下的坦克基类包含一个成员skin，代指坦克模型资源。目前它只有一个Init方法，根据参数skinPath去加载模型，再让它显示到场景中。BaseTank或其继承类（CtrlTank、SyncTank）会挂载在一个空物体上，然后通

过BaseTank的Init方法给这个空物体添加子物体，即把坦克模型资源作为子物体添加到挂载BaseTank（或其继承类）的空物体上。使用virtual修饰Init方法，主要是考虑到后面的CtrlTank和SyncTank有可能需要重写Init方法，所以设置为虚方法。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class BaseTank : MonoBehaviour {
    //坦克模型
    private GameObject skin;

    // Use this for initialization
    void Start () {
    }

    //初始化
    public virtual void Init(string skinPath){
        GameObject skinRes = ResManager.LoadPrefab(skinPath);
        skin = (GameObject)Instantiate(skinRes);
        skin.transform.parent = this.transform;
        skin.transform.localPosition = Vector3.zero;
        skin.transform.localEulerAngles = Vector3.zero;
    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {
    }
}
```

---

### 8.4.3 测试

编写如下的测试代码测试BaseTank，程序会先创建一个名为myTank的空物体tankObj，再通过AddComponent给它挂上BaseTank组件，最后调用BaseTank组件的Init方法。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
```

```
public class testTank : MonoBehaviour {  
  
    // Use this for initialization  
    public void Start () {  
        GameObject tankObj = new GameObject("myTank");  
        BaseTank baseTank = tankObj.AddComponent<BaseTank>();  
        baseTank.Init("tankPrefab");  
    }  
}
```

运行程序后，当能看到程序在场景中创建了一辆坦克（如图8-14所示），坦克组件BaseTank挂载在空物体myTank上，坦克模型资源（坦克预设，tankPrefab(Clone)）作为皮肤成为myTank的子物体，并被baseTank.skin所引用。

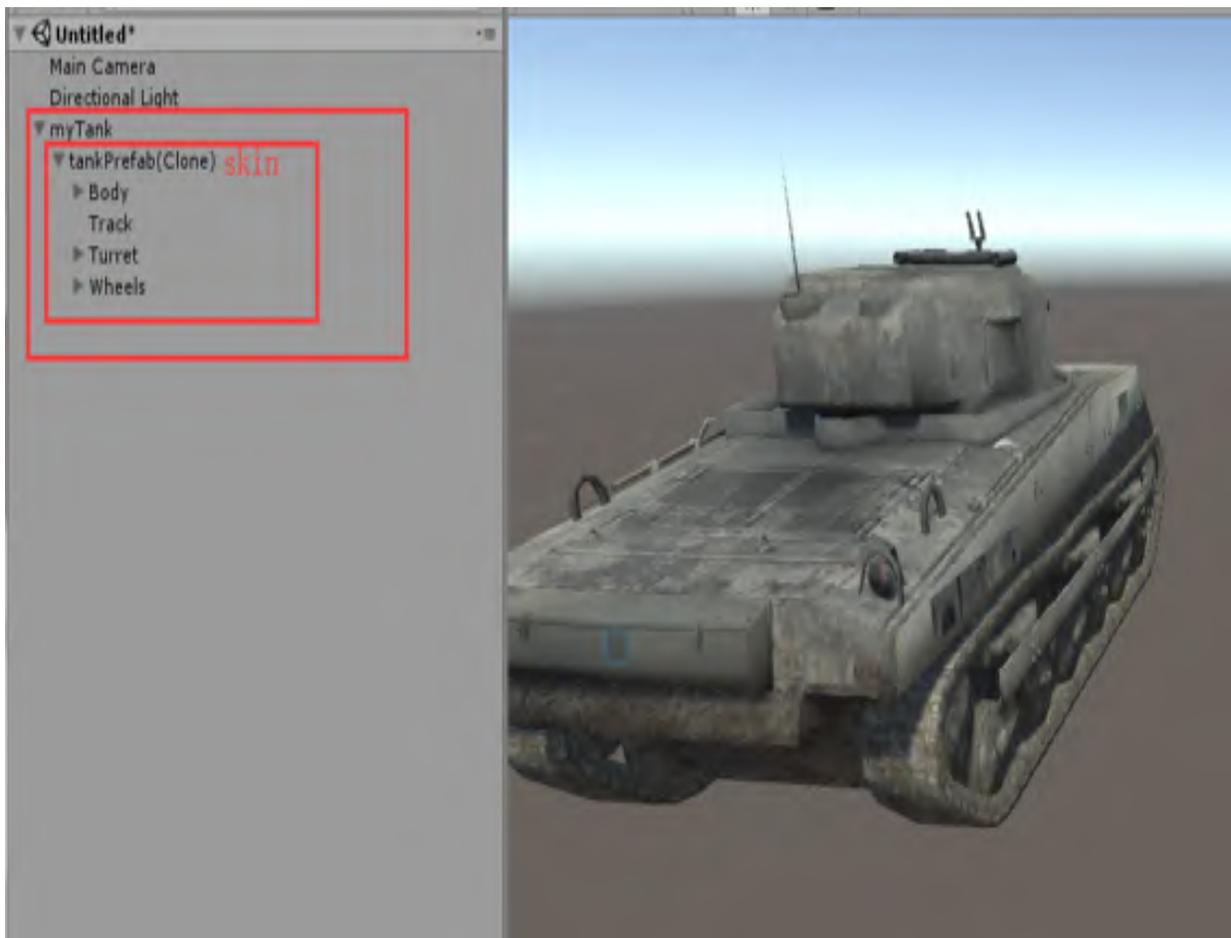


图8-14 场景中的坦克

## 8.5 行走控制

玩家应当能够通过键盘控制坦克移动。只有玩家控制的坦克能够接收键盘事件，由网络驱动的坦克不能接收键盘事件。定义BaseTank的子类CtrlTank，代表玩家控制的坦克（如图8-15所示），然后开始编写控制坦克行走的代码。

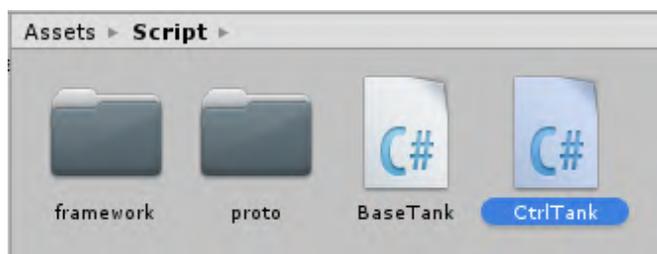


图8-15 定义BaseTank的子类CtrlTank

### 8.5.1 速度参数

坦克移动的速度和转向速度是坦克自身的属性，无论是玩家控制的坦克还是网络驱动的坦克，它们都应包含这两个速度值。在BaseTank中添加两个成员变量steer和speed，其中steer代表转向速度，speed代表移动速度。

---

```
public class BaseTank : MonoBehaviour {
    //坦克模型
    private GameObject skin;

    //转向速度
    public float steer = 20;
    //移动速度
    public float speed = 3f;
    .....
}
```

---

### 8.5.2 移动控制

开始编写控制坦克类CtrlTank，它继承自BaseTank，而且在Update中调用了移动控制的核心方法MoveUpdate。

---

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class CtrlTank : BaseTank {

    new void Update() {
        base.Update();
        //移动控制
        MoveUpdate();
    }

    //移动控制
    public void MoveUpdate() {
        //旋转
        float x = Input.GetAxis("Horizontal");
        transform.Rotate(0, x * steer * Time.deltaTime, 0);
        //前进后退
        float y = Input.GetAxis("Vertical");
        Vector3 s = y*transform.forward * speed *
Time.deltaTime;
        transform.transform.position += s;
    }
}

```

---

上述代码涉及三个知识点。

- **获取轴向：** `Input.GetAxis("Horizontal")` 为获取横轴轴向的方法，也就是说按下“左”键时，该方法返回-1，按下“右”键时该方法返回1。`Input.GetAxis("Vertical")` 为获取纵轴轴向的方法，按下“上”键时，该方法返回1，按下“下”键时该方法返回-1。

- **Time.deltaTime：** `Time.deltaTime` 指的是两次执行Update的时间间隔。因为“距离=速度\*时间”，所以坦克在Update每次中的移动距离应为“距离=速度\*`Time.deltaTime`”。

**速度的方向：** `transform` 的 `right`、`up` 和 `forward` 代表物体自身坐标系 `x`、`y`、`z` 三个轴的方向，其中 `forward` 代表 `z` 轴，即坦克前进的方向。由于速度是矢量，因此“速度=`transform.forward*speed`”指定是在坦克前进的方向上，每秒移动 `speed` 的距离。图8-16展示了坦克自身的坐标系。

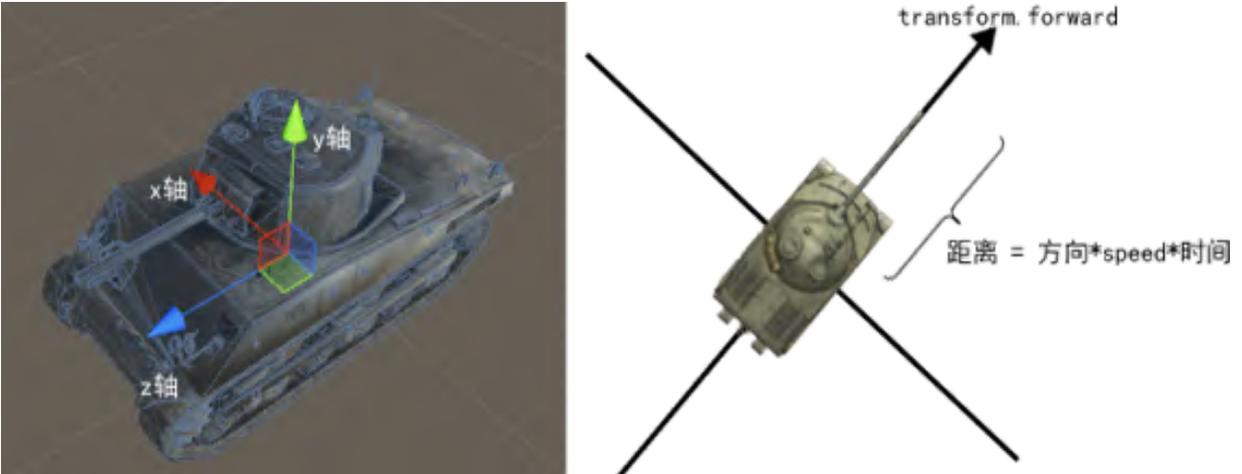


图8-16 坦克自身坐标系

### 8.5.3 测试

编写如下的测试程序，产生一辆挂载CtrlTank组件的坦克。

---

```
public class testTank : MonoBehaviour {
    // Use this for initialization
    void Start () {
        GameObject tankObj = new GameObject("myTank");
        CtrlTank ctrlTank = tankObj.AddComponent<CtrlTank>();
        ctrlTank.Init("tankPrefab");
    }
}
```

---

运行游戏，玩家便可以通过左右键控制坦克方向，上下键控制前进或者后退，如图8-17所示。



图8-17 控制坦克旋转和前进后退

#### 8.5.4 走在地形上

Unity3D内置一套强大的山体系统（也翻译成地形系统），点击GameObject-3DObject-Terrain便能创建一块地形。假设读者已经初步掌握了地形的绘制方法，能够绘制图8-18所示的简单地形。

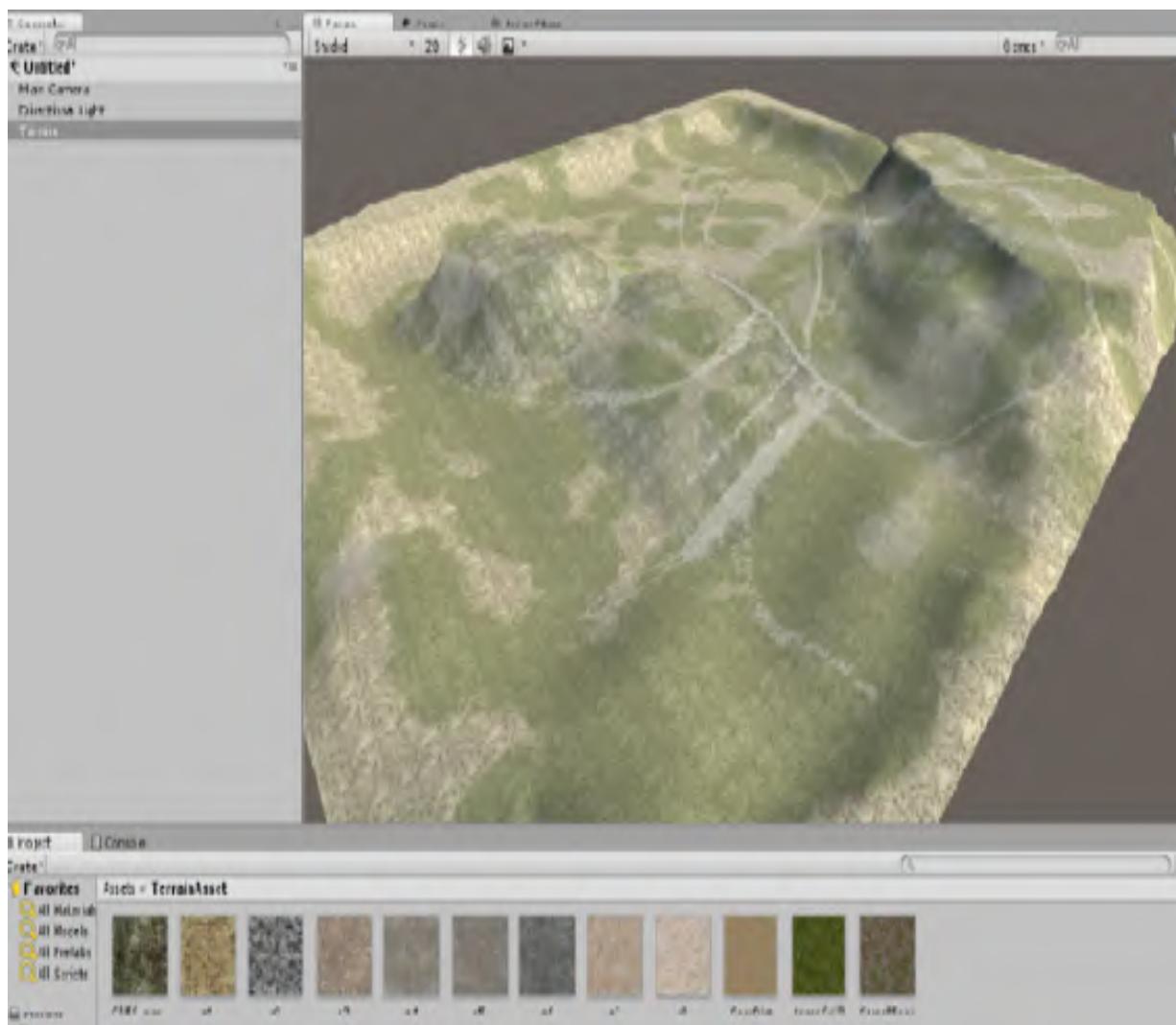


图8-18 简单的地形

调整地形的位罝，让世界坐标(0,0)点位于地形中心，完成后再执行控制坦克的程序，可以看到坦克能够在地形上行走，更加真实，如图8-19所示。



图8-19 坦克在地形上行走

然而，当前的坦克只能沿着地面行走，不能紧贴起伏的地面，只要地面不平坦，坦克就会穿插在山体里或悬浮在空中，如图8-20所示。



图8-20 坦克穿插在山体里

## 8.6 坦克爬坡

本节会继续完善坦克移动功能，让坦克可以爬坡。

### 8.6.1 Unity的物理系统

Unity内置了强大的物理系统，只要给物体添加Rigidbody和Collider组件，这个物体就会拥有物理特性。比如当遇到障碍物时，它便不会穿插进去。

Rigidbody（刚体）是物体的基本物理属性设置，碰撞发生后，带有Rigidbody的物体将会产生物理效果。Collider（碰撞器）产生触发物理的条件，例如碰撞检测。除了重力外，没有Collider的物理系统几乎没有意义，所以Rigidbody和Collider会被配合使用。如图8-21所示，让一个带有Collider和Rigidbody的物体从高空落下，因为受到力的作用，在物体碰到地面后会倒下。

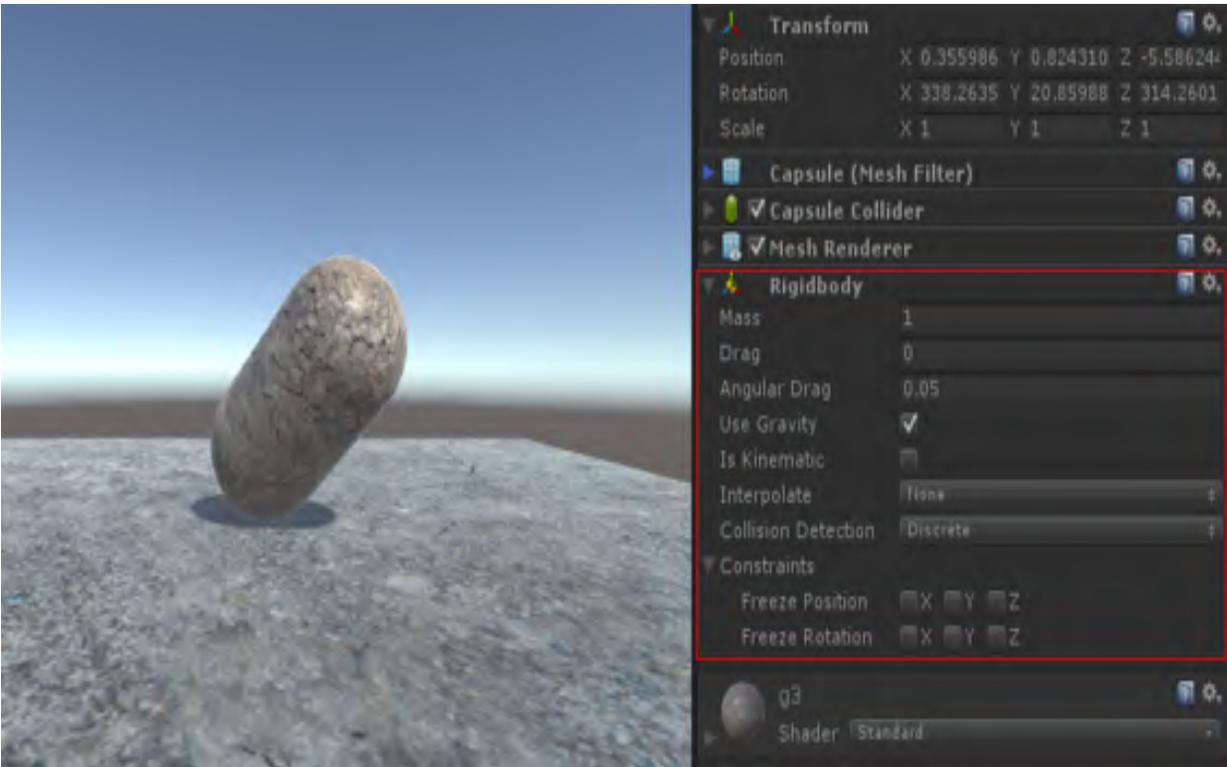


图8-21 将带有Rigidbody组件和一定初始角度的胶囊体放到场景中，它会自动掉落

## 8.6.2 添加物理组件

物理属性是坦克的自有属性，可以把添加物理组件的功能放置到坦克基类BaseTank里。在BaseTank添加一个Rigidbody类型的成员rigidBody，用它指向新添加的Rigidbody组件。然后在Init方法里，通过两句AddComponent给坦克添加Rigidbody和BoxCollider组件，再调整BoxCollider的大小和中心位置。代码如下：

```
public class BaseTank : MonoBehaviour {
    //坦克模型、转向速度、移动速度
    .....

    //物理
    protected Rigidbody rigidBody;

    //初始化
    public void Init(string skinPath){
        //皮肤
        GameObject skinRes = ResManager.LoadPrefab(skinPath);
```

```
skin = (GameObject)Instantiate(skinRes);
skin.transform.parent = this.transform;
skin.transform.localPosition = Vector3.zero;
//物理
rigidBody = gameObject.AddComponent<Rigidbody>();
BoxCollider boxCollider =
gameObject.AddComponent<BoxCollider>();
boxCollider.center = new Vector3(0, 2.5f, 1.47f);
boxCollider.size = new Vector3(7, 5, 12);
}
.....
}
```

BoxCollider的中心位置（center）和大小（size）是根据坦克模型的大小而定，BoxCollider大致覆盖了坦克车身（如图8-22所示），读者可以根据模型大小给它调整到合适的数值。

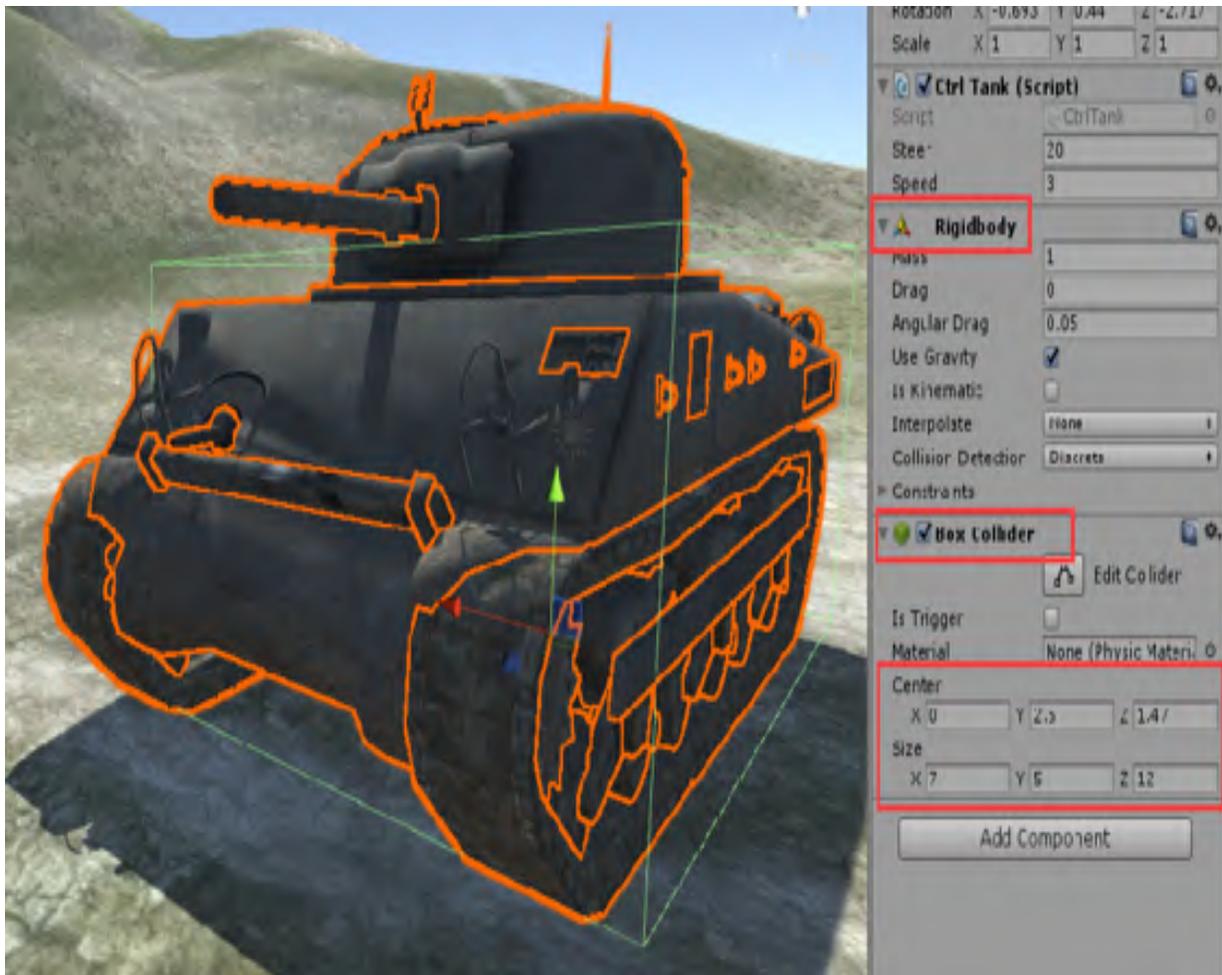


图8-22 BoxCollider的中心位置和大小

### 8.6.3 测试

运行游戏，控制坦克行进，履带紧贴起伏的地表，达到良好的驾驶体验，如图8-23所示。



图8-23 坦克行驶在陡坡上

## 8.7 相机跟随

### 8.7.1 功能需求

相机是场景中不可缺少的元素，它就像是人的眼睛。在坦克游戏中，视角应紧跟在坦克身后。但是如果相机完完全全紧跟着坦克，玩家只能看到坦克背后，没法欣赏坦克模型，本节将实现如下的跟随模式。

- 1) 坦克移动时，相机原则上紧跟着坦克移动，最终会形成盯着坦克身后的视角。

2) 相机有自己的移动速度，坦克移动时，相机会以自己的速度跟上坦克。

这种相机跟随模式既照顾了多角度观察坦克模型的需求，还可以模拟坦克高速移动时视野变大的效果。

## 8.7.2 数学原理

相机跟随功能的核心是确定相机的位置。在图8-24中，`transform.forward`、`transform.up`和`transform.right`分别代表坦克自身坐标系的三条轴，其中`transform.forward`代表坦克向前的方向。假设相机跟随在坦克后面， $xy$ 平面上的距离为`distance.z`，距离坦克中心的高度为`distance.y`。那么相机的坐标（目标位置`targetPos`）可以用下面代码表示：

---

```
targetPos = pos + forward*distance.z; //pos代表坦克的坐标，forward  
代表向前方向  
targetPos.y += distance.y;
```

---

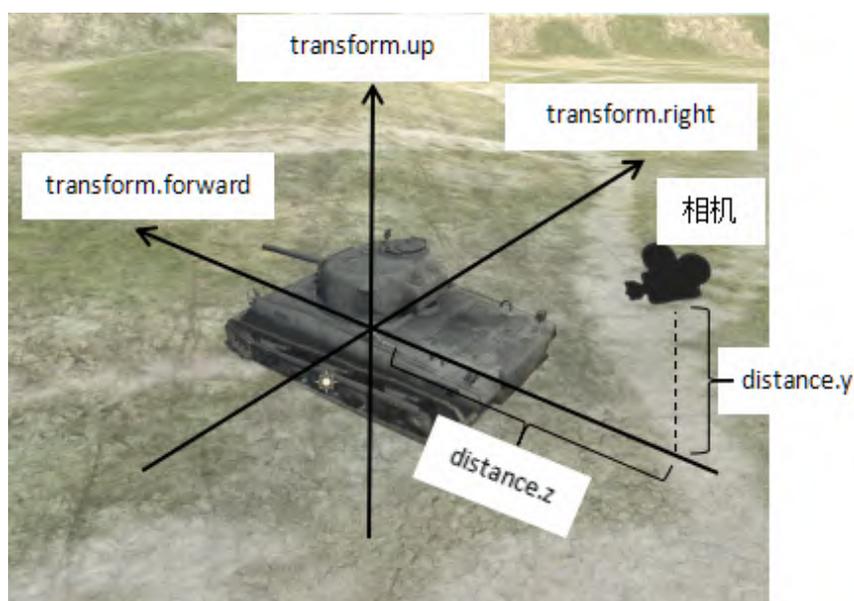


图8-24 坦克与相机的相对位置

坦克模型的中心一般在坦克底部，如果相机盯着坦克底部，视觉效果一般不太好，如图8-25左图所示。游戏中会设置一个offset值，调整相机“盯着”的位置，如图8-25右图、图8-26所示。具体的代码是：

---

```
Camera.main.transform.LookAt(pos + offset)
```

---

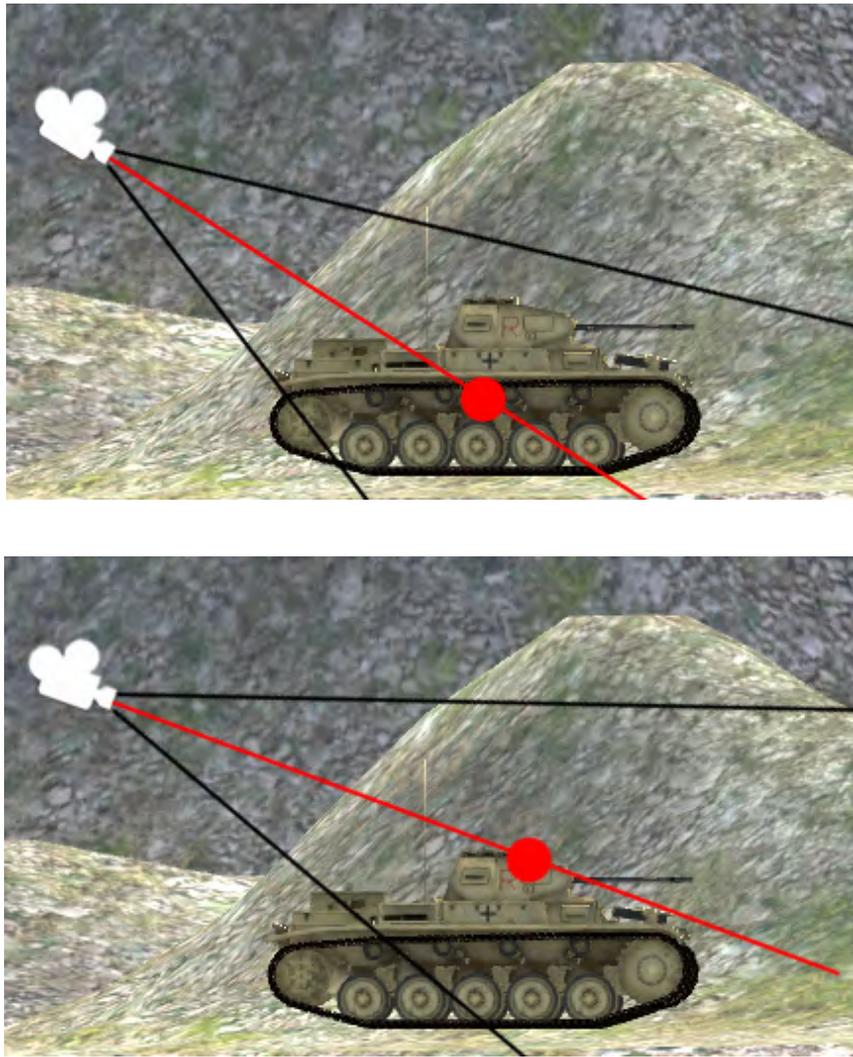


图8-25 相机对准不同的中心点

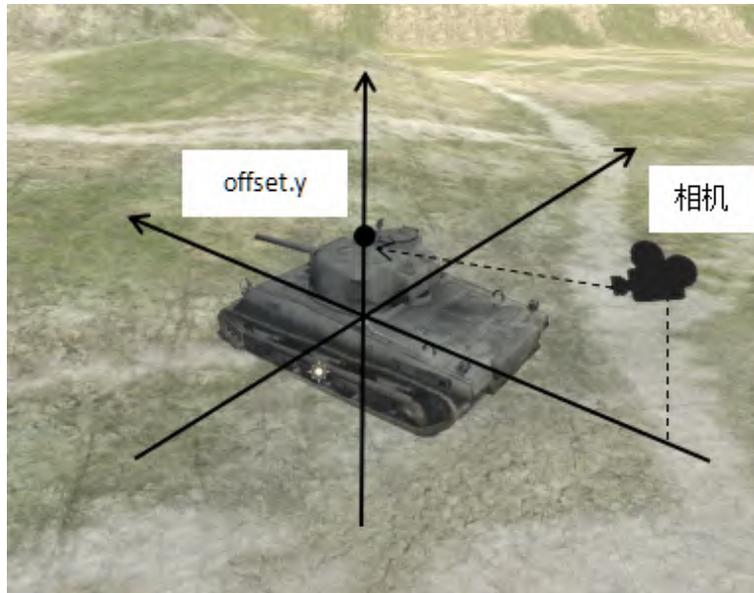


图8-26 调整相机“盯着”的位置

要实现“相机有自己的移动速度，坦克移动时，相机会以自己的速度跟上坦克”，我们会定义一个变量speed，让相机不断向目标位置移动，如图8-27所示。

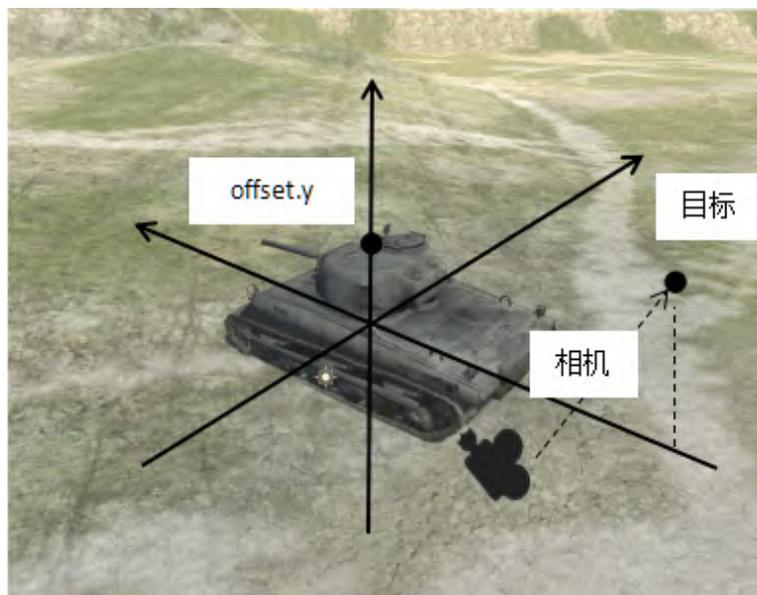


图8-27 相机向目标位置移动

### 8.7.3 编写代码

在客户端工程中新建名为CameraFollow的组件（图8-28），开始编写相机跟随功能代码。CameraFollow会被挂载到坦克身上，控制相机的位置。

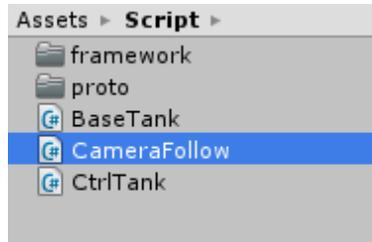


图8-28 新建名为Camera-Follow的组件

代码如下所示。定义Vector3类型的变量distance代表相机目标点的位置，其中distance.z代表目标位置距离坦克原点在xy平面上的距离，distance.y代表目标位置距离坦克原点的高度差。变量camera代表场景中的相机，在Start方法中会给它赋默认值（camera=Camera.main），代表主相机。变量offset代表相机“盯着”的坐标偏移值，speed代表相机移动的速度。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class CameraFollow : MonoBehaviour {
    //距离矢量
    public Vector3 distance = new Vector3(0, 8, -18);
    //相机
    public Camera camera;
    //偏移值
    public Vector3 offset = new Vector3(0, 5f, 0);
    //相机移动速度
    public float speed = 3f;
    // Use this for initialization
    void Start () {
        //默认为主相机
        camera = Camera.main;
        //相机初始位置
        Vector3 pos = transform.position;
        Vector3 forward = transform.forward;
        Vector3 initPos = pos - 30*forward + Vector3.up*10;
    }
}
```

```

        camera.transform.position = initPos;
    }

    //所有组件update之后发生
    void LateUpdate () {
        //坦克位置
        Vector3 pos = transform.position;
        //坦克方向
        Vector3 forward = transform.forward;
        //相机目标位置
        Vector3 targetPos = pos;
        targetPos = pos + forward*distance.z;
        targetPos.y += distance.y;
        //相机位置
        Vector3 cameraPos = camera.transform.position;
        cameraPos = (cameraPos, targetPos, Time.deltaTime*speed);
        camera.transform.position = cameraPos;
        //对准坦克
        camera.transform.LookAt(pos + offset);
    }
}

```

---

在LateUpdate中，程序先计算相机目标点的位置（targetPos），然后使用Vector3.MoveTowards计算坦克在下一帧的坐标。如图8-29所示，Vector3.MoveTowards的第一个参数cameraPos代表相机当前的位置，第二个参数targetPos代表目标位置，第三个参数Time.deltaTime\*speed代表移动的最大距离，Vector3.MoveTowards会根据这些参数计算出新坐标。最后程序调用camera.transform.LookAt让相机“盯着”坦克。

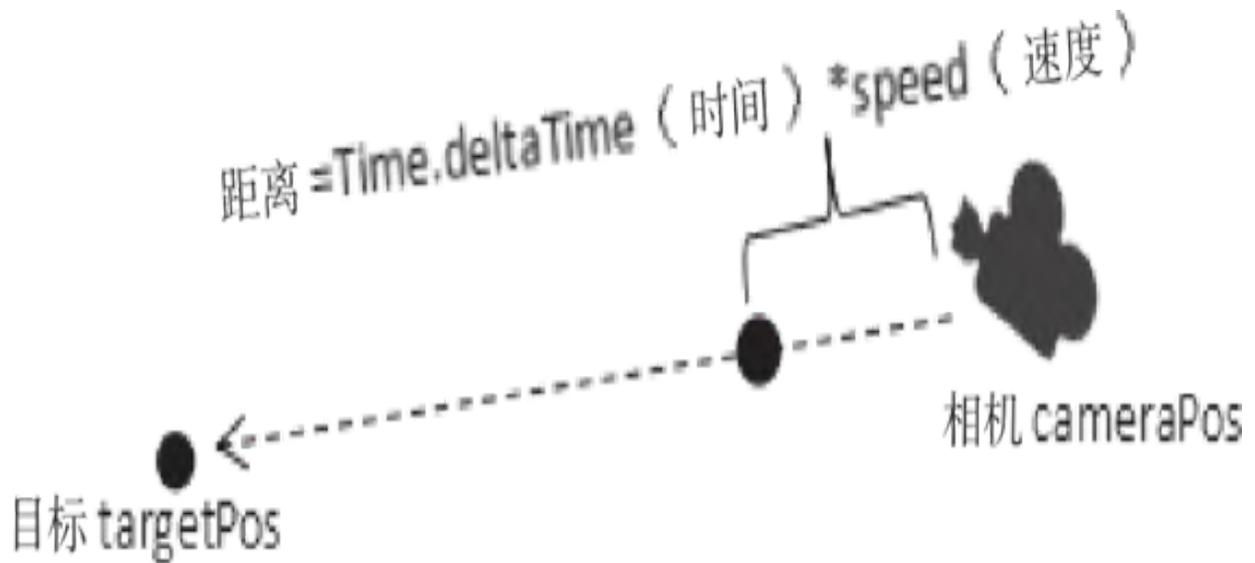


图8-29 Vector3.MoveTowards示意图

#### 8.7.4 测试

完成相机组件，要测试它能否正常工作。在创建坦克的基础上，给它添加CameraFollow组件，即可让相机跟着坦克移动，如图8-30、图8-31所示。

测试代码如下：

---

```
//坦克
GameObject tankObj = new GameObject("myTank");
CtrlTank ctrlTank = tankObj.AddComponent<CtrlTank>();
ctrlTank.Init("tankPrefab");
//相机
tankObj.AddComponent<CameraFollow>();
```

---



图8-30 相机慢慢移动向坦克后方



图8-31 相机紧跟着爬坡中的坦克

## 8.8 旋转炮塔

发现敌人，坦克旋转炮塔转向敌军，然后开炮。为了瞄准目标，坦克的炮塔可以左右旋转。

### 8.8.1 炮塔元素

为完成旋转炮塔和开炮功能，在BaseTank中定义如下几个变量：  
turretSpeed代表炮塔的旋转速度，turret指向炮塔，gun指向炮管，firePoint指向发射点，如图8-32所示。

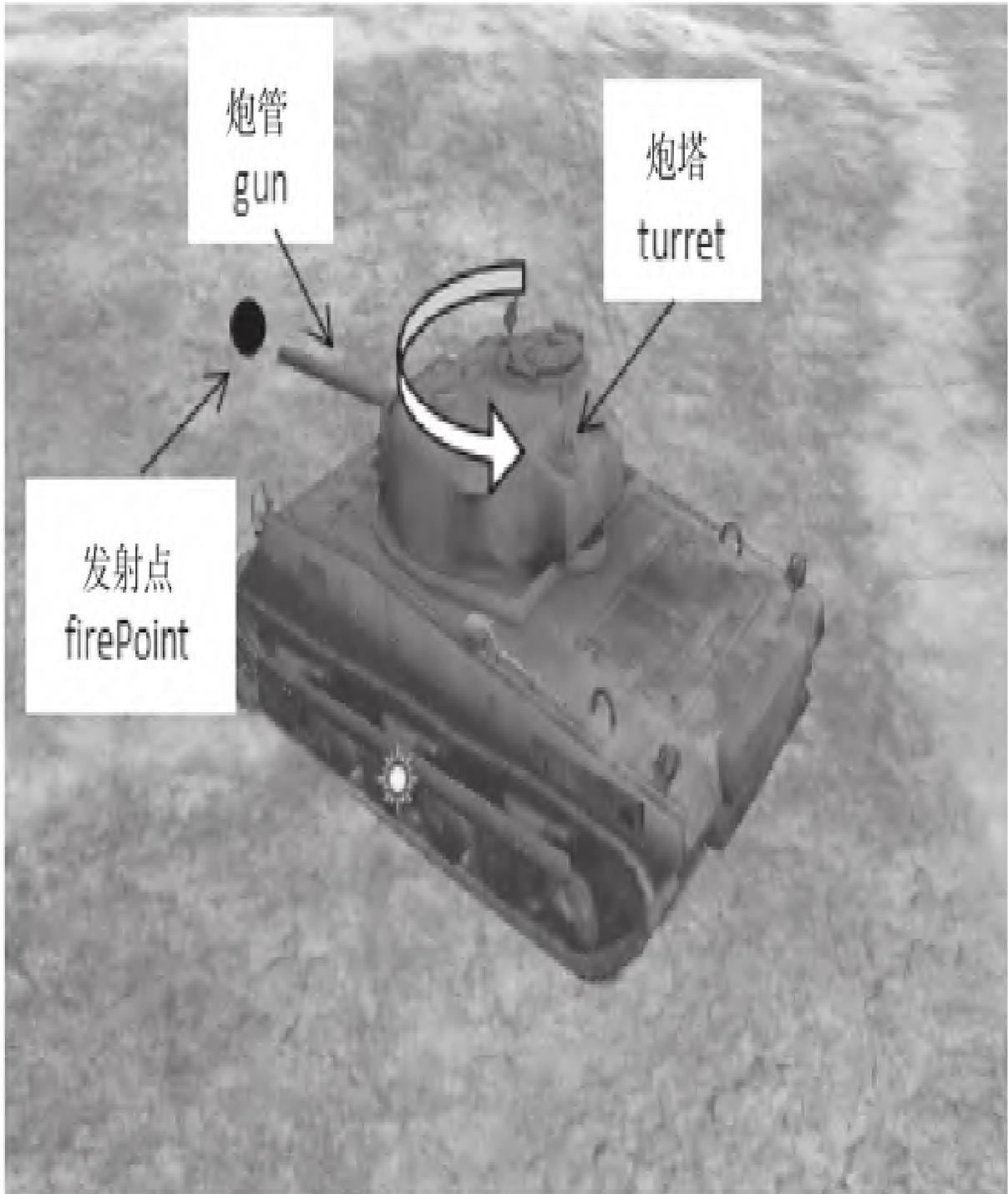


图8-32 炮塔元素示意图

具体代码如下：

---

```
public class BaseTank : MonoBehaviour {
    //坦克模型
    private GameObject skin;

    //转向速度
    public float steer = 20;
    //移动速度
    public float speed = 3f;
    //炮塔旋转速度
    public float turretSpeed = 30f;
    //炮塔
    public Transform turret;
    //炮管
    public Transform gun;
    //发射点
    public Transform firePoint;
}
```

根据坦克模型的层次结构（如图8-33所示），在BaseTank的初始化方法Init中给以上变量赋值。

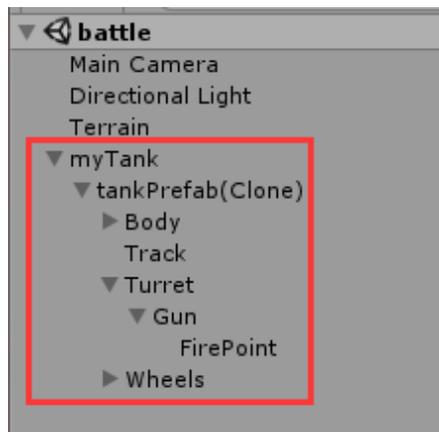


图8-33 坦克的层级结构

具体代码如下：

```
//初始化
public void Init(string skinPath){
    //皮肤.....
    //物理.....
}
```

```
//炮塔炮管
turret = skin.transform.Find("Turret");
gun = turret.transform.Find("Gun");
firePoint = gun.transform.Find("FirePoint");
}
```

---

## 8.8.2 旋转控制

只有由玩家控制的坦克可以使用键盘控制炮塔。在CtrlTank中新增TurretUpdate方法，它会判断玩家是否按下了Q键或者E键，如果按下，让炮塔旋转。由于炮塔架在车身上，我们会使用本地角度turret.localEulerAngles的y轴控制旋转。代码如下：

---

```
public class CtrlTank : BaseTank {
    .....
    new void Update() {
        base.Update();
        //移动控制
        MoveUpdate();
        //炮塔控制
        TurretUpdate();
    }

    //炮塔控制
    public void TurretUpdate() {
        //或者轴向
        float axis = 0;
        if(Input.GetKey(KeyCode.Q)) {
            axis = -1;
        }
        else if(Input.GetKey(KeyCode.E)) {
            axis = 1;
        }
        //旋转角度
        Vector3 le = turret.localEulerAngles;
        le.y += axis*Time.deltaTime*turretSpeed;
        turret.localEulerAngles = le;
    }
}
```

---

上述程序定义了变量axis，如果玩家按下Q键，该值被设为-1，如果玩家按下E键，该值被设为1。然后程序获取炮塔的本地角度le，再根据“角度增量=方向\*时间\*速度”计算出炮塔的旋转角度。

### 8.8.3 测试

完成旋转炮塔的功能，玩家应能控制炮塔，使它瞄准“敌人”，如图8-34所示。



图8-34 转动炮塔，瞄准“敌人”

## 8.9 发射炮弹

坦克瞄准目标，发射炮弹，敌军被摧毁，燃起熊熊大火。我们把坦克发射炮弹、炮弹向前飞行并击中目标这一过程称为发射炮弹的全过程，它涉及炮弹的制作、爆炸效果制作、炮弹的飞行逻辑以及发射炮弹的条件。

### 8.9.1 制作炮弹预设

炮弹飞行速度极快，难以看清它的形状，制作拉伸的球体来代表炮弹即可。给炮弹添加碰撞体，碰撞体尺寸可以稍大一些，以方便击中目标。将炮弹拖拉到项目面板中做成预设（prefab），如图8-35所示。

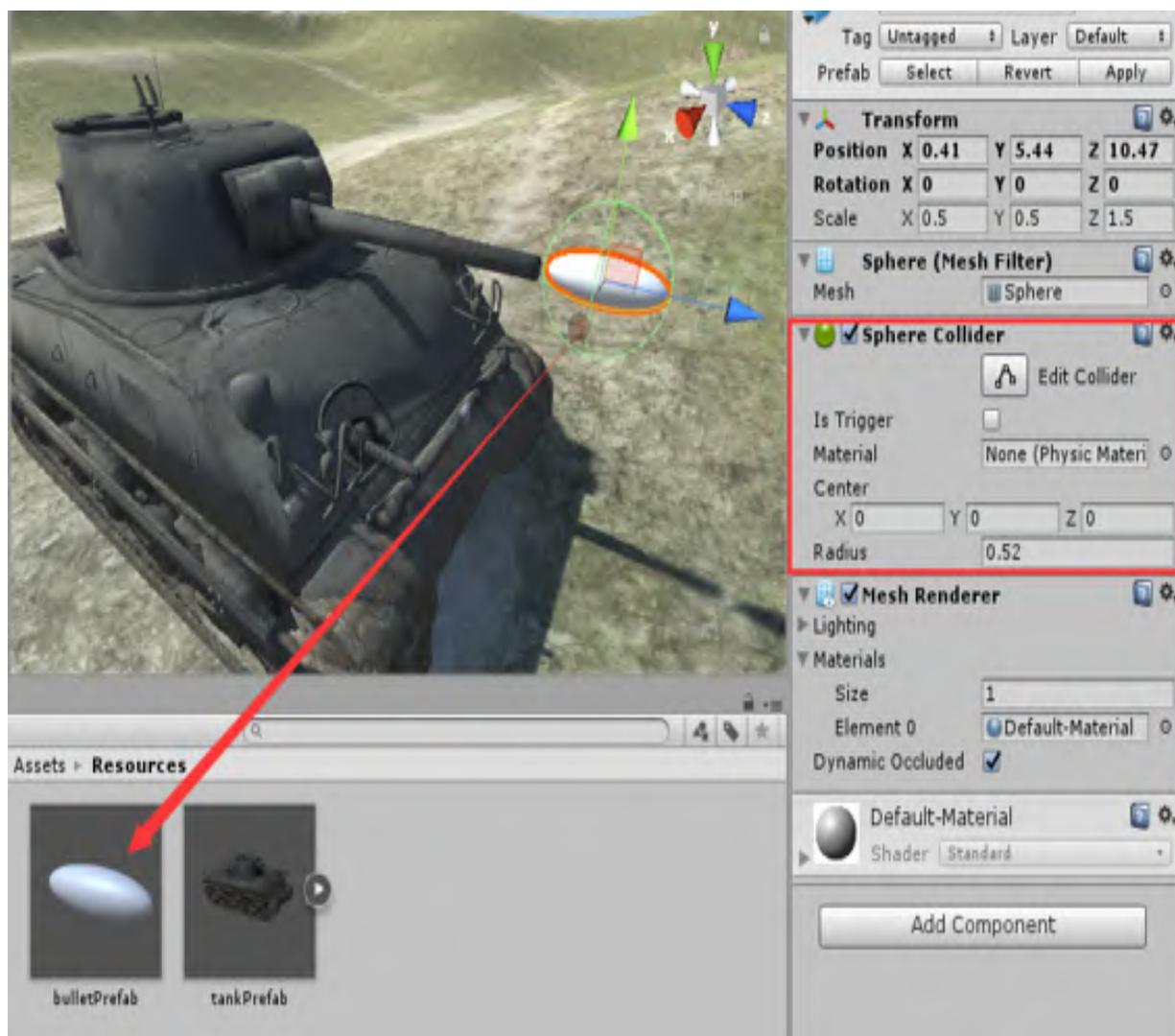


图8-35 制作炮弹预设

## 8.9.2 制作爆炸效果

读者可以在AssetStore中找到烟雾、气流、火焰等各种效果。本书提供的资源中有一个名为Particles.unitypackage的资源包，它包含了Unity自带的两种爆炸粒子特效，可以将它导入到游戏工程中，如图8-36所示。

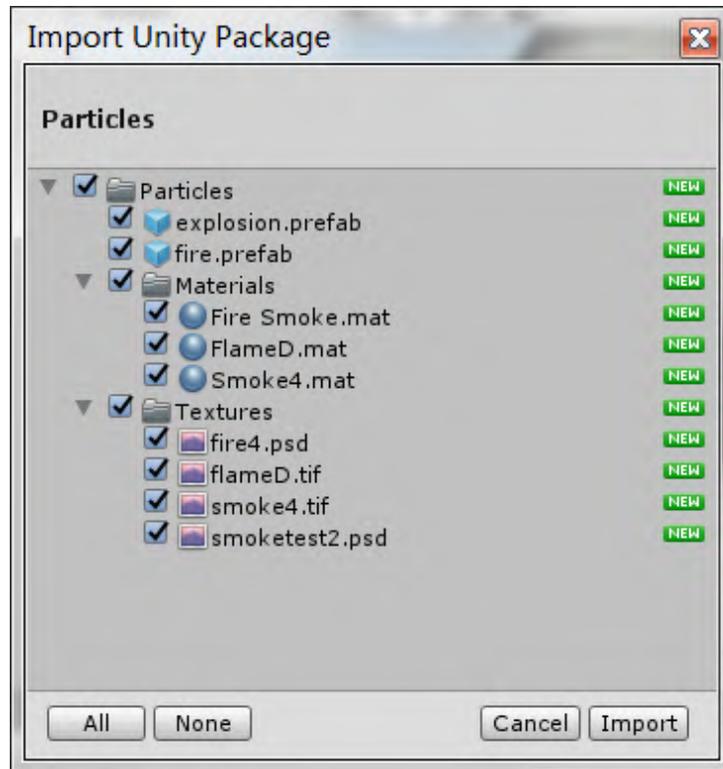


图8-36 导入Particles.unitypackage资源包

资源包里包含fire（开火特效）和explosion（爆炸特效）两个预设，读者可以调整它们的参数，然后把它们复制到Resources文件夹下，以便动态加载，如图8-37和图8-38所示。

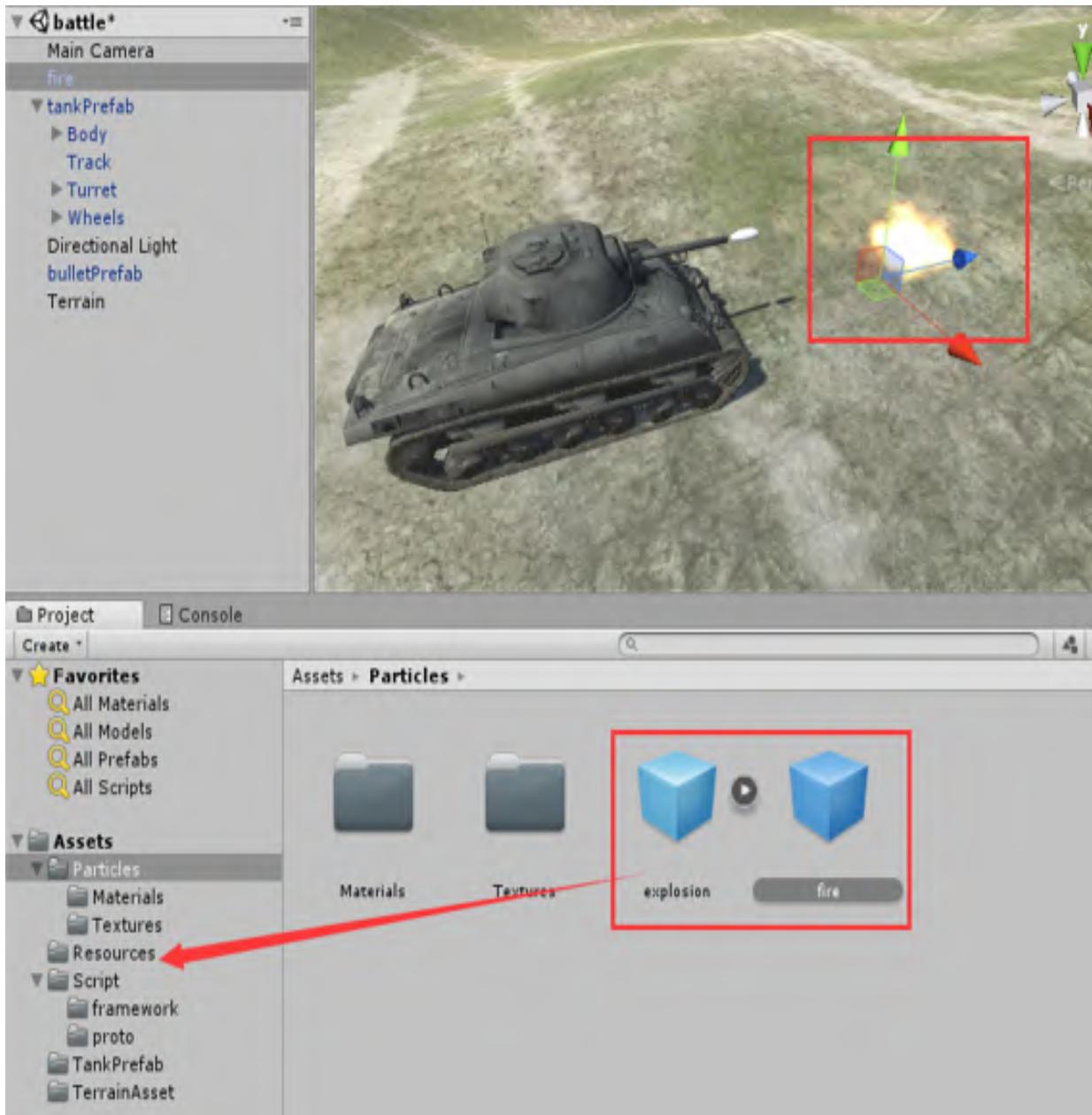


图8-37 复制粒子特效到Resources文件夹下，以便动态加载

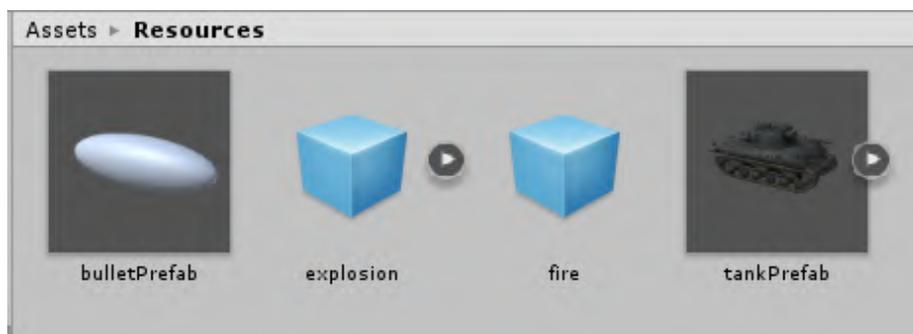


图8-38 当前的Resources文件夹

### 8.9.3 炮弹组件

炮弹有它自身的属性，我们会定义一个炮弹组件，把它挂载到炮弹上，用以控制炮弹的飞行轨迹和爆炸效果。在游戏工程中新建名为Bullet的组件（如图8-39所示），开始编写炮弹组件。

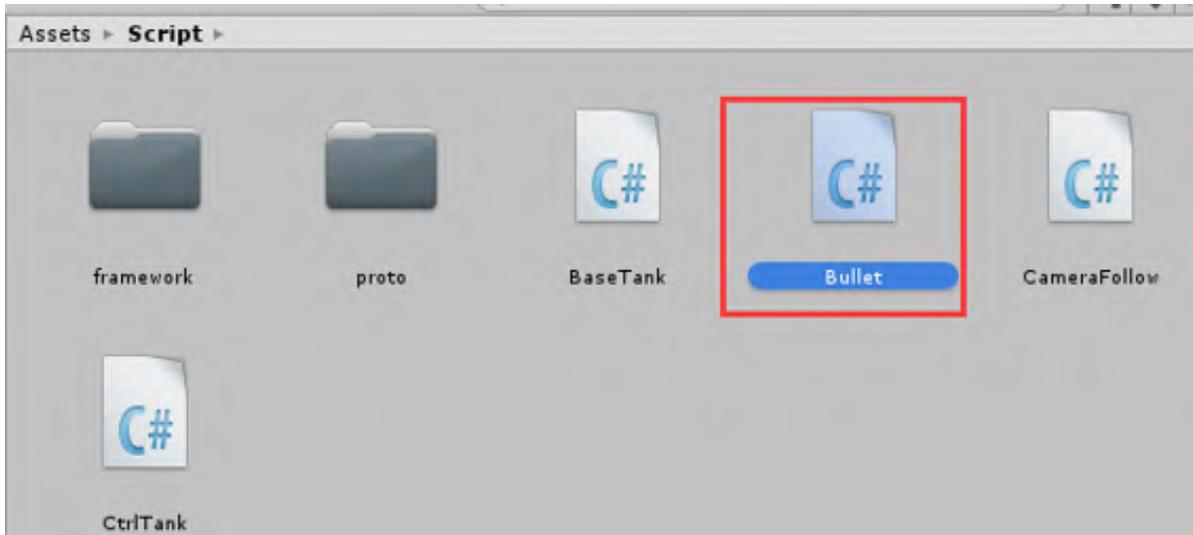


图8-39 在游戏工程中新建名为Bullet的组件

炮弹组件的部分代码如下。其中：`speed`代表炮弹的移动速度；`tank`指向发射炮弹的坦克，用于防止炮弹打到自己，以及后续的分数的计算；`skin`指向炮弹的皮肤，炮弹和坦克一样，也会由代码动态加载模型资源；`rigidBody`指向炮弹的`rigidBody`组件。在炮弹组件的`Init`方法中，程序会先加载皮肤，然后把它添加到场景，这一过程和产生坦克的过程完全一样。最后程序还会给炮弹添加`rigidBody`组件。

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Bullet : MonoBehaviour {
    //移动速度
    public float speed = 100f;
    //发射者
    public BaseTank tank;
```

```
//炮弹模型
private GameObject skin;
//物理
Rigidbody rigidBody;

//初始化
public void Init(){
    //皮肤
    GameObject skinRes =
ResManager.LoadPrefab("bulletPrefab");
    skin = (GameObject)Instantiate(skinRes);
    skin.transform.parent = this.transform;
    skin.transform.localPosition = Vector3.zero;
    skin.transform.localEulerAngles = Vector3.zero;
    //物理
    rigidBody = gameObject.AddComponent<Rigidbody>();
    rigidBody.useGravity = false;
}
}
```

---

在Update方法中更新炮弹的坐标，让炮弹向前飞行，代码如下：

---

```
// Update is called once per frame
void Update () {
    //向前移动
    transform.position += transform.forward * speed *
Time.deltaTime;
}
```

---

当坦克碰撞到障碍物和敌人，它的OnCollisionEnter方法会被调用。程序会先判断坦克打到的对象是不是自己（发射炮弹的坦克），避免乌龙。然后显示爆炸效果，最后调用Destroy摧毁自身。

---

```
//碰撞
void OnCollisionEnter(Collision collisionInfo) {
    //打到的坦克
    GameObject collObj = collisionInfo.gameObject;
    BaseTank hitTank = collObj.GetComponent<BaseTank>();
    //不能打自己
```

```
    if(hitTank == tank){
        return;
    }
    //显示爆炸效果
    GameObject explode = ResManager.LoadPrefab("fire");
    Instantiate(explode, transform.position,
transform.rotation);
    //摧毁自身
    Destroy(gameObject);
}
```

---

### 8.9.4 坦克开炮

要使坦克开炮，只需在开火点（FirePoint）位置生成一颗炮弹。坦克开炮会有一个cd时间，即发射两颗炮弹的最小时间间隔，它是坦克自身的属性。在BaseTank中定义代表炮弹cd时间的变量fireCd，默认值是0.5秒。再定义记录上一次开炮时间的变量lastFireTime。

---

```
public class BaseTank : MonoBehaviour {
    //.....

    //炮弹Cd时间
    public float fireCd = 0.5f;
    //上一次发射炮弹的时间
    public float lastFireTime = 0;
}
```

---

无论是玩家控制的坦克还是由网络驱动的坦克，都会发出炮弹。不同的是：对于玩家控制的坦克，当玩家按下空格键时，坦克发射炮弹；对于网络驱动的坦克，当收到发射炮弹协议时，坦克发射炮弹。在BaseTank中添加发射炮弹的方法Fire，它会先新建一个名为bullet的空物体，给它挂上Bullet组件，并做些初始化工作。然后根据开火点（firePoint）的位置和方向，设置炮弹的初始位置和方向，再更新代表最近一次开火时间的lastFireTime。Fire方法不会判断开炮的cd时间，转而交给CtrlTank去处理。

BaseTank的Fire方法代码如下：

---

```
//发射炮弹
public Bullet Fire(){
    //已经死亡
    if(IsDie()){
        return null;
    }
    //产生炮弹
    GameObject bulletObj = new GameObject("bullet");
    Bullet bullet = bulletObj.AddComponent<Bullet>();
    bullet.Init();
    bullet.tank = this;
    //位置
    bullet.transform.position = firePoint.position;
    bullet.transform.rotation = firePoint.rotation;
    //更新时间
    lastFireTime = Time.time;
    return bullet;
}
```

图8-40展示了开炮一瞬间开火点与炮弹间的位置关系。



图8-40 开火点与炮弹

在CtrlTank中编写当玩家按下空格键时，坦克开炮的功能。添加FireUpdate方法，它会先判断玩家是否按下空格键，再判断是否过了cd时间，最后调用BaseTank的Fire方法发射一颗炮弹。

CtrlTank相关代码如下：

---

```
//开炮
public void FireUpdate(){
    //按键判断
    if(!Input.GetKey(KeyCode.Space)){
        return;
    }
    //cd是否判断
    if(Time.time - lastFireTime < fireCd){
        return;
    }
    //发射
    Fire();
}

new void Update(){
    //.....
    //开炮
    FireUpdate();
}
```

---

### 8.9.5 测试

完成开炮功能，测试游戏。玩家按下空格键，坦克发射炮弹，当炮弹与山体相撞时爆炸，然后消失，如图8-41和图8-42所示。



图8-41 坦克开炮



图8-42 坦克连续发射两颗炮弹

## 8.10 摧毁敌人

### 8.10.1 坦克的生命值

一般来说坦克不会脆弱到一击毙命，因此给坦克添加生命值，每当坦克被炮弹击中，生命值减少。在BaseTank中定义变量hp，代表生命值。再定义方法IsDie，它会通过判断生命值是否小于等于0来判断玩家是否已经死亡。

## BaseTank修改代码如下：

---

```
//生命值
public float hp = 100;

//是否死亡
public bool IsDie(){
    return hp <= 0;
}
```

---

如果坦克被摧毁，它将不能够开炮，也不能够移动。我们会在BaseTank和CtrlTank中添加判断坦克是否死亡的功能。代码如下。

### BaseTank:

---

```
//发射炮弹
public void Fire(){
    //已经死亡
    if(IsDie()){
        return;
    }
    //产生炮弹
    .....
}
```

---

### CtrlTank:

---

```
//移动控制
public void MoveUpdate(){
    //已经死亡
    if(IsDie()){
        return;
    }
    //.....
}

//炮塔控制
public void TurretUpdate(){
```

```
//已经死亡
if(IsDie()){
    return;
}
//.....
}

//开炮
public void FireUpdate(){
    //已经死亡
    if(IsDie()){
        return;
    }
    //.....
}
```

---

## 8.10.2 焚烧特效

坦克被摧毁后，会在它身上播放火焰焚烧的特效，从视觉上区分该坦克是“活”还是“死”。这里会使用Particles.unitypackage资源包的explosion特效，当坦克死亡，在坦克所在的位置具象化explosion。参考代码如下，效果如图8-43所示。

---

```
if(IsDie()){
    //显示焚烧效果
    GameObject explode = ResManager.LoadPrefab("explosion");
    Instantiate(explode, transform.position,
transform.rotation);
}
```

---



图8-43 焚烧特效

### 8.10.3 坦克被击中处理

在BaseTank中添加一个名为Attacked的方法，用它来处理坦克受到攻击后的反应。它接受一个参数att，代表炮弹的威力，即坦克受到的伤害值。读者还可以尝试给坦克添加防御属性，根据防御值来减少受到的伤害。Attacked方法会扣除坦克生命值，然后判断坦克是否被打死，如果被打死会显示焚烧特效。这里将焚烧特效作为坦克的子物体，主要是考虑到后续若需要删除坦克，只要Destroy坦克，焚烧特效就会一起消失。代码如下：

```
//被攻击
public void Attacked(float att){
    //已经死亡
    if(IsDie()){
        return;
    }
    //扣血
    hp -= att;
    //死亡
```

```
if(IsDie()){
    //显示焚烧效果
    GameObject obj = ResManager.LoadPrefab("explosion");
    GameObject explosion = Instantiate(obj,
                                       transform.position,
transform.rotation);
    explosion.transform.SetParent(transform);
}
}
```

---

读者可以尝试调用Attacked让坦克死亡，测试焚烧效果是否有效。

### 8.10.4 炮弹的攻击处理

坦克是由炮弹击毁的，Attacked方法应当由炮弹调用。在Bullet类中添加炮弹攻击的处理，当炮弹攻击到坦克，调用被攻击坦克的Attacked方法。这里默认的攻击力是35，读者还可以编写各种计算攻击力的方法，比如距离越近攻击力越大。

Bullet类修改代码如下：

---

```
//碰撞
void OnCollisionEnter(Collision collisionInfo) {
    //打到的坦克
    GameObject collObj = collisionInfo.gameObject;
    BaseTank hitTank = collObj.GetComponent<BaseTank>();
    //不能打自己
    if(hitTank == tank){
        return;
    }
    //打到其他坦克
    if(hitTank != null){
        hitTank.Attacked(35);
    }
    //显示爆炸效果
    GameObject explode = ResManager.LoadPrefab("fire");
    Instantiate(explode, transform.position,
transform.rotation);
    //摧毁自身
```

```
    Destroy(gameObject);  
}
```

---

## 8.10.5 测试

测试坦克打坦克的功能吧。在场景中添加玩家控制的坦克、相机以及另外一辆敌方坦克（enemyTank），代码如下：

---

```
public class testTank : MonoBehaviour {  
  
    // Use this for initialization  
    void Start () {  
        //坦克  
        GameObject tankObj = new GameObject("myTank");  
        CtrlTank ctrlTank = tankObj.AddComponent<CtrlTank>();  
        ctrlTank.Init("tankPrefab");  
        //相机  
        tankObj.AddComponent<CameraFollow>();  
        //被打的坦克  
        GameObject tankObj2 = new GameObject("enemyTank");  
        BaseTank baseTank = tankObj2.AddComponent<BaseTank>();  
        baseTank.Init("tankPrefab");  
        baseTank.transform.position = new Vector3(0, 10, 30);  
    }  
    .....
```

---

控制坦克击打敌方，如图8-44所示。敌方坦克中弹三次，会被摧毁，如图8-45所示。



图8-44 控制坦克击打敌方



图8-45 敌方坦克被摧毁

通过这一章的学习，不仅能够令坦克正常行驶，还能开炮攻击敌人。本书第一版对坦克的控制有着更详细的描述，会使用

WheelCollider（轮子碰撞器）让坦克爬坡，还有鼠标移动镜头、鼠标控制准心的功能，还可以实现AI坦克的人工智能。第二版为了突出重点，在坦克控制方面有所精简，如果读者想要制作更完善的控制系统，可以参考第一版。

界面系统中在游戏中占据重要地位。游戏界面是否友好，很大程度上决定了玩家的体验；界面开发是否便利，也影响着游戏的开发进度。Unity内置的UGUI系统，使用户可以“可视化地”开发界面。本章将会实现一套简单的界面模块，然后为坦克游戏添加登录面板、注册面板。

## 9.1 界面模块的设计

### 9.1.1 简单的界面调用

UGUI系统包含Canvas（画布）、EventSystem（事件系统）、Text（文本）、Image（图像）、Button（按钮）、Panel（面板）等多种组件。点击GameObject→UI，弹出的菜单列出UGUI的常用组件。读者可以依次添加它们，了解各个组件的用途。Canvas（画布）是UI组件的容器，所有UI组件都必须是画布的子物体。

下面的例子说明最简单的界面调用方法。假设有这样的需求：游戏中有两个面板，每个面板各有一个按钮。点击面板1的按钮后弹出面板2，点击面板2的按钮将会关闭该面板。

新建一个游戏工程，添加如图9-1所示的两个面板，并分别命名为Panel1和Panel2。

最简单的实现代码如下。其中OnPanel1BtnClick是界面1的按钮事件，OnPanel2BtnClick是界面2的按钮事件。在场景中新建一个空物

体，添加上述PanelManager组件，然后设置它的属性。让panel1指向面板1，panel2指向面板2。设置按钮的OnClick()属性，添加对应的事件，即可完成简单的界面管理。



图9-1 面板示意图

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class PanelManager : MonoBehaviour {
    public GameObject panel1;
    public GameObject panel2;

    //界面1按钮
    public void OnPanel1BtnClick() {
```

```
        panel1.gameObject.SetActive(false);
        panel2.gameObject.SetActive(true);
    }

    //界面2按钮
    public void OnPanel2BtnClick() {
        panel2.gameObject.SetActive(false);
    }
}
```

---

虽然实现了功能，但这样的界面管理器存在几个问题。其一是所有面板的逻辑都在一个文件中处理，如果游戏包含几十个面板，那这个文件可能有数万行之长。其二是需要手动设置面板和按钮的点击事件，如果面板很多，会很烦琐。

### 9.1.2 通用界面模块

开发商业游戏，需要处理好9.1.1节提到的两个问题。首先，每一个面板对应一个类，在这个类里面编写面板的功能。再定义一个界面管理器，通过它来控制界面的显示和关闭。界面管理器有两个基本方法，分别是Open和Close。形如：

---

```
PanelManager.Open<XXXPanel>();
PanelManager.Close<XXXPanel>();
```

---

只要程序调用“PanelManager.Open<LoginPanel>();”，游戏就会显示出登录面板（对应LoginPanel类）；只要调用“PanelManager.Open<Tip>("作者很帅");”就会弹出显示“作者很帅”的提示框。图9-2展示了界面管理器的基本结构，除了Open和Close两个方法，它一般还包含一个列表（这里取名为panels），索引着所有已经打开的界面，避免重复打开。

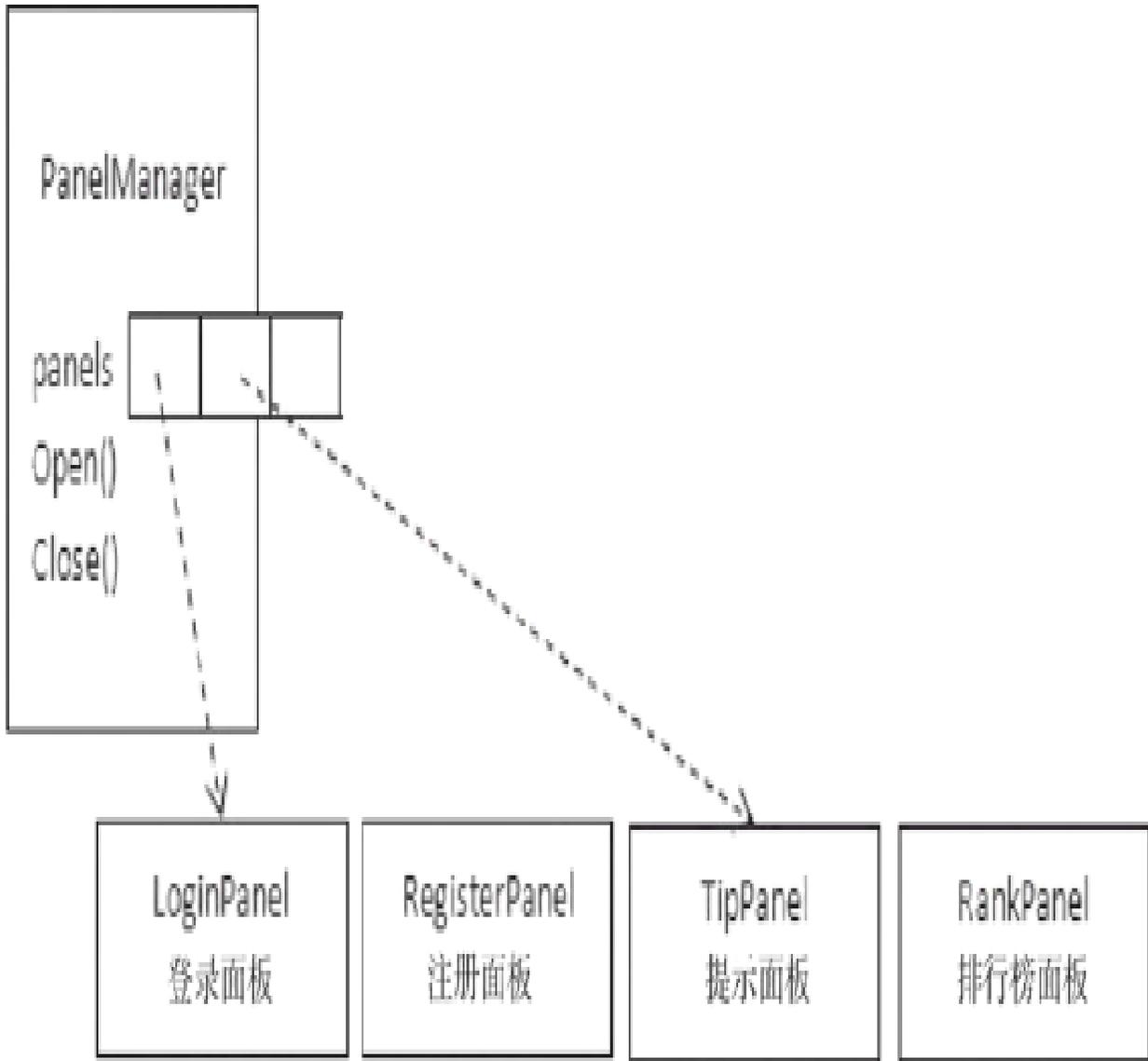


图9-2 界面管理器示意图

×××Panel是继承自面板基类（这里命名为BasePanel）的类，它指代具体的面板，包含该面板的功能逻辑。×××Panel的形式大体如下：

---

```

public class LoginPanel : BasePanel {
    //账号输入框
    private InputField idInput;

    //初始化
    public override void OnInit() {
  
```

```
        skinPath = "LoginPanel";
        layer = PanelManager.Layer.Panel;
    }

    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
        //寻找组件
        idInput =
skin.transform.Find("IdInput").GetComponent<InputField>();
    }

    //关闭
    public override void OnClose() {

    }
}
```

---

×××Panel有OnInit、OnShow和OnClose三个固定的方法。当调用PanelManager.Open时，界面管理器会依次调用OnInit和OnShow，开发者可以在这两个函数里编写一些初始化方法，包括添加按钮事件监听、网络消息监听等。在调用PanelManager.Close时，界面管理器会调用面板类的OnClose方法，开发者可以在里面编写一些释放资源的功能（例如取消网络监听）。在上述程序中，程序在OnInit方法中设置了skinPath和layer，这两个属性都在BasePanel中定义，skinPath代表皮肤，程序会像动态加载坦克模型和子弹模型一样，动态地加载界面资源。layer代表层级，可以想象有一些面板总会显示在最上层，比如提示面板会显示在其他功能面板之上，开发者便可以通过layer属性设置哪些面板在上面、哪些在下面。界面系统的类结构如图9-3所示。

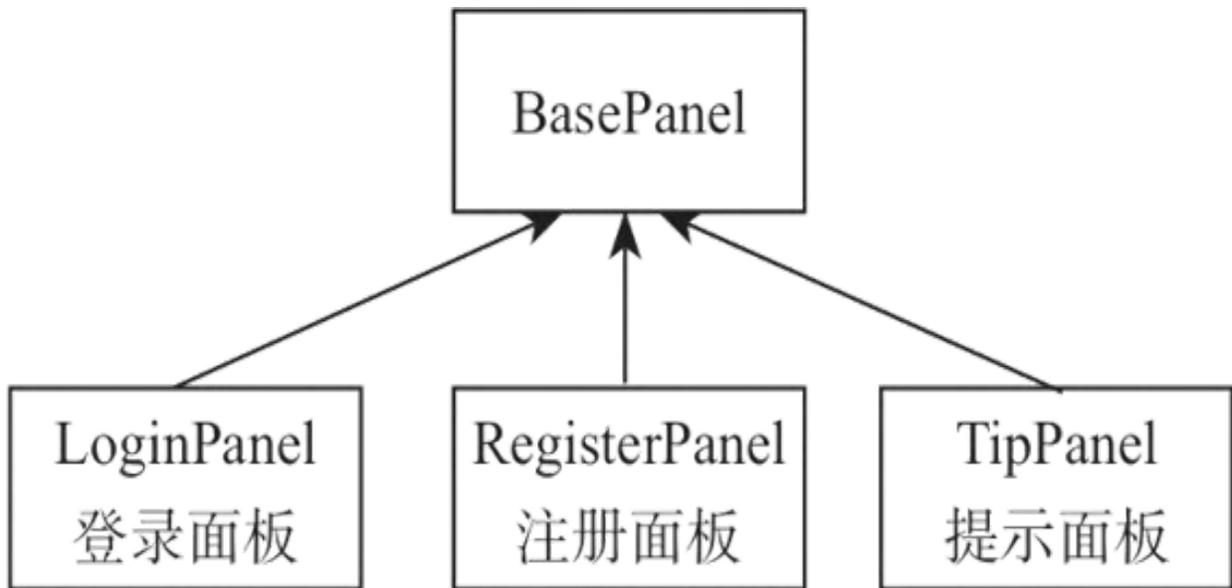


图9-3 界面系统的类结构

## 9.2 场景结构

在Unity的界面系统中，所有面板组件都应放置在画布下。考虑到不同面板间会有层级关系，我们在Unity场景中添加名为Root的空物体，Root将永久保留在场景上。如图9-4所示，Root下面有一个名为Canvas的子物体，是一个画布。再下面有名为Panel和Tip的空物体，代表不同的层级。

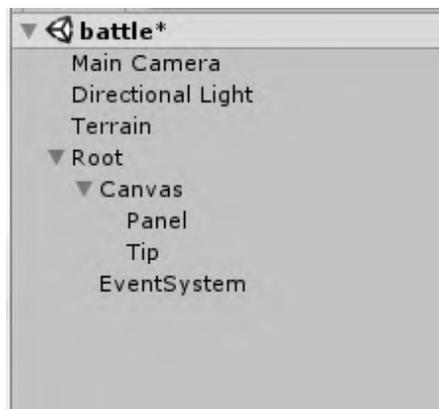


图9-4 Root层级

图9-5展示了面板的层级关系，诸如登录面板、注册面板会放置在Panel层，提示面板会放置在Tip层，提示面板永远在其他面板的上面。

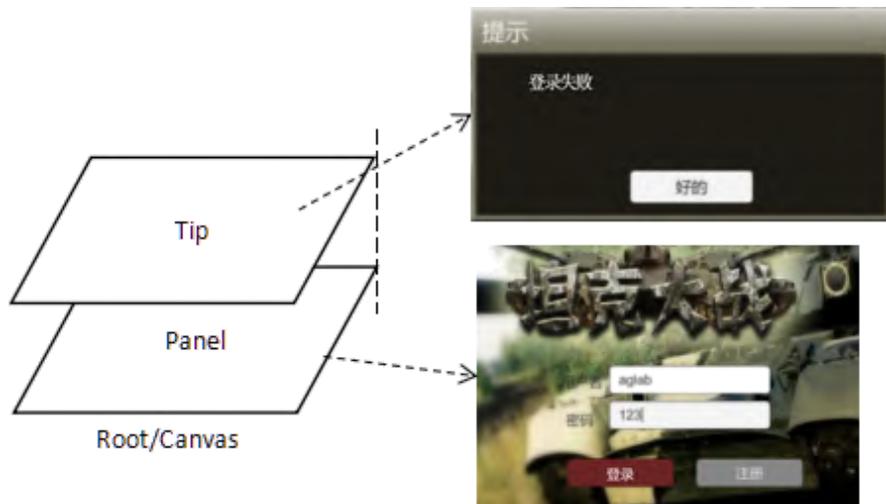


图9-5 界面的层级

## 9.3 面板基类BasePanel

### 9.3.1 设计要点

这套界面系统由面板基类（BasePanel）、界面管理器（PanelManager）和多个具体的面板组件（如LoginPanel、RegisterPanel）组成。所有面板都继承自BasePanel，而PanelManager提供打开某个面板、关闭某个面板的方法。BasePanel是面板基类，所有的面板类都要继承它。BasePanel的一些设计要点如下。

1) 面板的资源称为皮肤（skin，为GameObject类型），皮肤的路径称为skinPath。界面管理器将会根据skinPath去实例化skin。

2) 由于某些面板有层级关系，比如提示框总要覆盖普通面板。在PanelManager中会定义名为Layer的枚举，指定面板的层级。

3) 某些面板需要通过参数来确定它的表现形式。比如提示框显示的内容由调用它的语句指定。

4) 面板有着图9-6所示的生命周期。在打开面板后，管理器会调用面板的OnInit方法，做些初始化工作。随后加载资源，将面板预设添加到场景上。再调用面板的OnShow方法，做些和面板资源有关的初始化工作。当关闭面板时，会调用面板的OnClose方法。

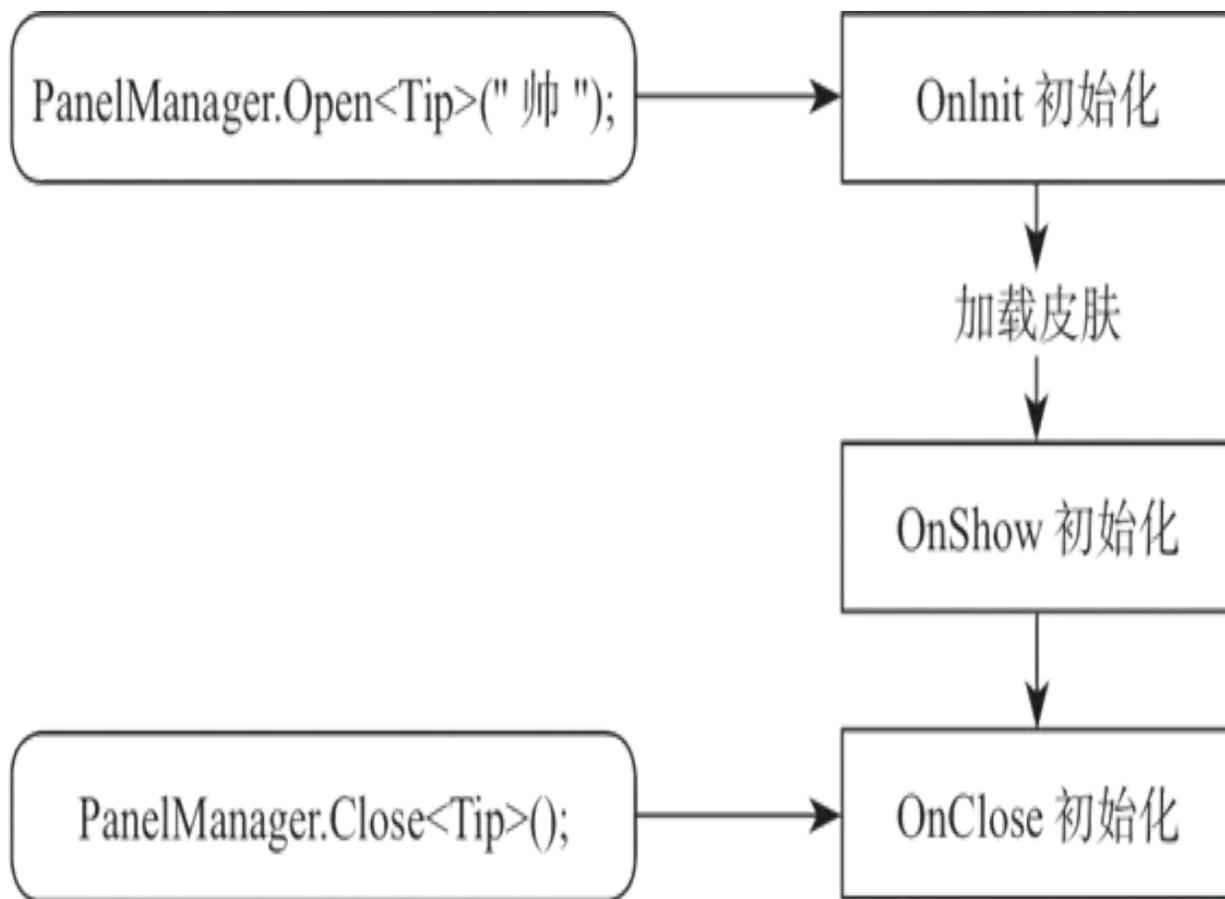


图9-6 面板的生命周期

### 9.3.2 代码实现

在游戏工程中添加`BasePanel`和`PanelManager`两个文件，如图9-7所示，开始编写`BasePanel`类。

代码中的`PanelManager.Layer`枚举将在下一节的`PanelManager`中实现，指示面板的层级；在`Init`方法中（会由`PanelManager`调用），程序会通过`ResManager`加载`skinPath`设定的资源，然后加载和实例化，并通过`skin`成员引用实例化的对象；`Close`方法只是对`PanelManager.Close`的简单封装，方便编写程序，其中的`name`代表类名，例如对于`LoginPanel`类，`name`将会是字符串“`LoginPanel`”；`OnInit`、`OnShow`和`OnClose`是虚方法，由具体的面板类去实现，`OnShow`方法的参数是“`params object[] para`”，代表可变参数。

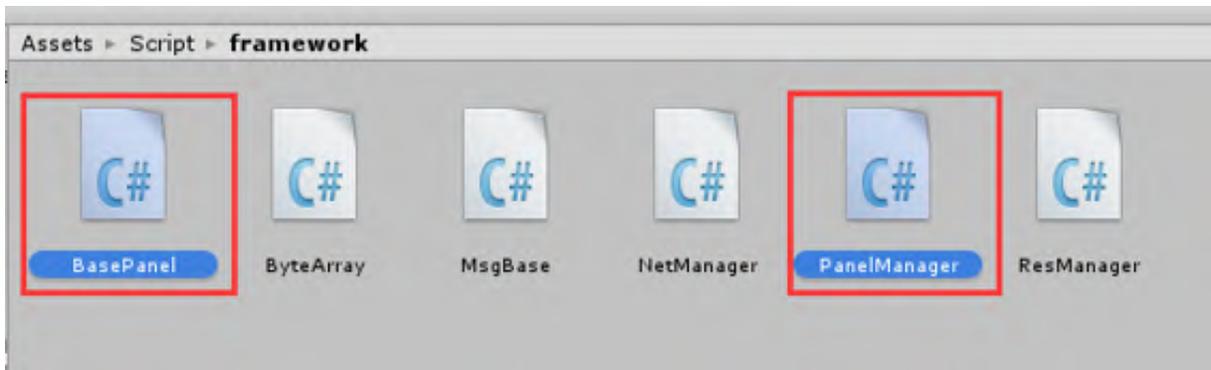


图9-7 添加BasePanel和PanelManager两个文件

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class BasePanel : MonoBehaviour {
    //皮肤路径
    public string skinPath;
    //皮肤
    public GameObject skin;
    //层级
    public PanelManager.Layer layer = PanelManager.Layer.Panel;
    //初始化
    public void Init(){
        //皮肤
        GameObject skinPrefab = ResManager.LoadPrefab(skinPath);
        skin = (GameObject)Instantiate(skinPrefab);
    }
    //关闭
    public void Close(){
        string name = this.GetType().ToString();
        PanelManager.Close(name);
    }

    //初始化时
    public virtual void OnInit(){
    }
    //显示时
    public virtual void OnShow(params object[] para){
    }
    //关闭时
    public virtual void OnClose(){
    }
}
```

---

### 9.3.3 知识点

9.3.2节中涉及下面两个知识点。

- Virtual:

Virtual表示虚函数，在基类中用virtual修饰符声明一个虚方法，然后在派生类中用override修饰符覆盖基类虚方法，表明是对基类的虚方法重载。虚函数的优势在于它可以在程序运行时再决定调用哪一个方法，这就是所谓的“运行时多态”。下面的代码中定义了BaseClass、ClassA和ClassB三个类，其中ClassA和ClassB都继承自BaseClass，BaseClass的Print方法是一个虚函数。

---

```
public class BaseClass
{
    public virtual void Print()
    {
        Debug.Log("Print BaseClass");
    }
}

public class ClassA : BaseClass
{
    public override void Print()
    {
        Debug.Log("Print ClassA");
    }
}

public class ClassB : BaseClass
{
    public override void Print()
    {
        Debug.Log("Print ClassB");
    }
}
```

---

定义BaseClass类型的c（实际是ClassA），调用它的Print方法，会发现实际打印出来的是ClassA的Print方法。定义BaseClass类型的

c1（实际是ClassB），调用它的Print方法，会发现实际打印出来的是ClassB的Print方法。代码如下，运行结果如图9-8所示。

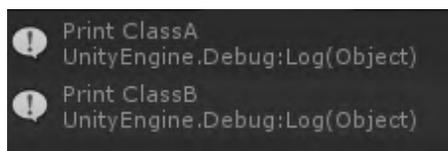


图9-8 类的多态运行结果

```
void Start()
{
    BaseClass c = new ClassA();
    c.Print();

    BaseClass c1 = new ClassB();
    c1.Print();
}
```

#### · params

params是C#开发语言中的关键字，主要的用处是给函数传递不定长度的参数。例如，以“tipPanel.OnShow(“呵呵”)”调用面板类的OnShow方法，会得到(string)args[0]==“呵呵”，以“tipPanel.OnShow(“第一”, 1234)”的形式调用，会得到(string)args[0]==“第一”，(int)args[1]==1234。

## 9.4 界面管理器PanelManager

顾名思义，界面管理器的功能是管理界面，它有下列三项功能。

- 层级管理
- 打开面板
- 关闭面板

### 9.4.1 层级管理

既是层级管理，就需要定义有哪些层级。以下代码展示了界面管理器的整体结构，定义枚举类型Layer，分别有Layer.Panel和Layer.Tip两项。layers、root和canvas三个成员分别指向场景中的物体，Dictionary类型的layers让Layer枚举和场景物体相对应，后续的代码会让layers[Layer.Panel]指向“Root/Canvas/Panel”，让layers[Layer.Tip]指向“Root/Canvas/Tip”，如图9-9所示。

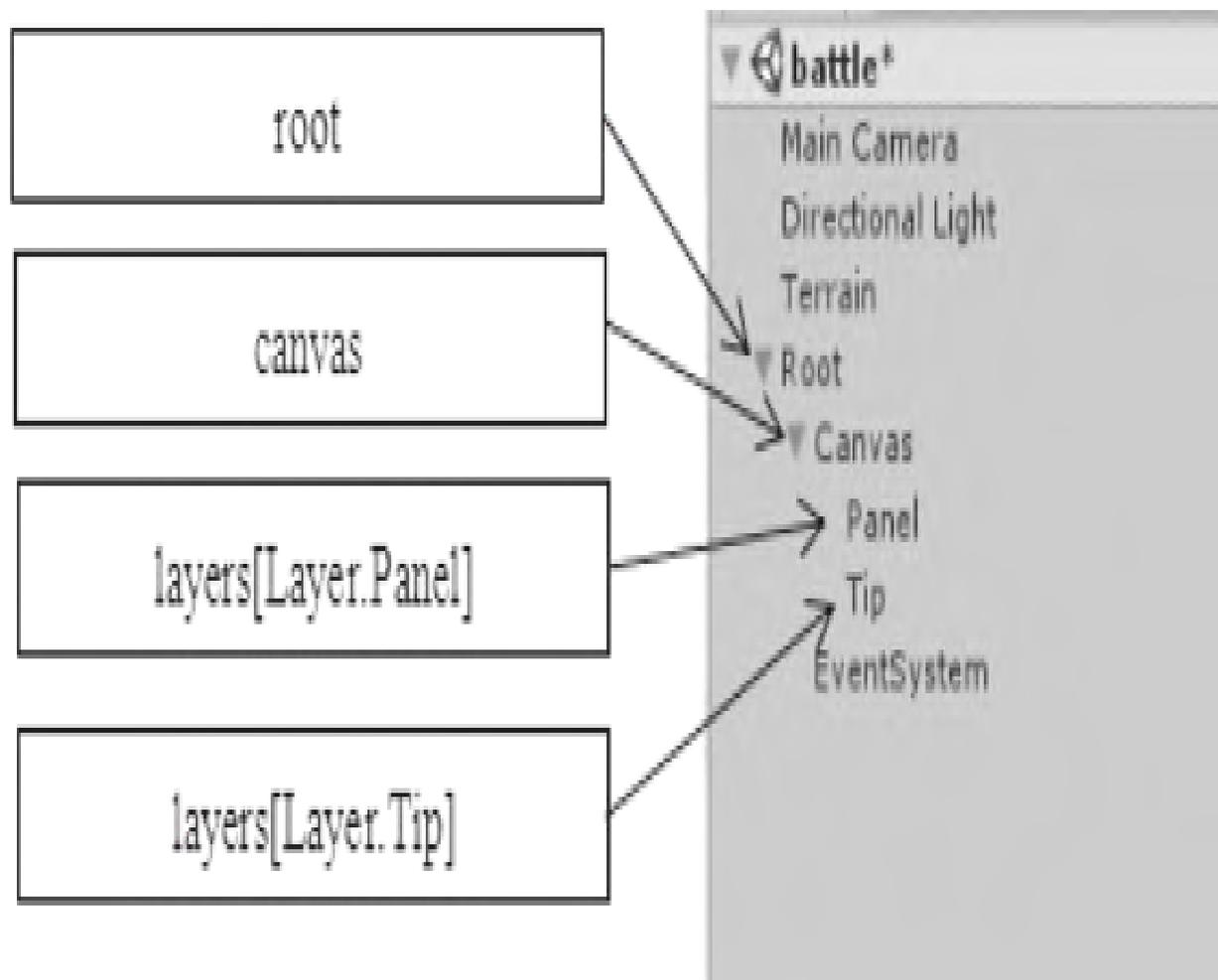


图9-9 管理器的成员和场景的对应关系

panels列表会保存所有已经打开的面板，以便阻止重复打开，方便实现关闭功能。

```
using UnityEngine;  
using System.Collections;
```

```

using System.Collections.Generic;

public static class PanelManager{
    //Layer
    public enum Layer{
        Panel,
        Tip,
    }
    //层级列表
    private static Dictionary<Layer, Transform> layers =
        new
Dictionary<Layer, Transform>();
    //面板列表
    public static Dictionary<string, BasePanel> panels =
        new
Dictionary<string, BasePanel>();
    //结构
    public static Transform root;
    public static Transform canvas;
    //初始化
    public static void Init(){
        .....
    }

    //打开面板
    public static void Open<T>(params object[] para) where
T:BasePanel{
        .....
    }

    //关闭面板
    public static void Close(string name){
        .....
    }
}

```

---

界面管理器的Init方法如下。它给root、canvas、layers三个成员赋值。Init是初始化方法，需要在外部调用它。

---

```

//初始化
public static void Init(){
    root = GameObject.Find("Root").transform;
    canvas = root.Find("Canvas");
}

```

```

Transform panel = canvas.Find("Panel");
Transform tip = canvas.Find("Tip");
layers.Add(Layer.Panel, panel);
ayers.Add(Layer.Tip, tip);
}

```

## 9.4.2 打开面板

Open<T>是打开面板的方法，后续的程序只需调用它便能够完成面板的管理操作。它的要点如下：

1) PanelManager使用泛型方法Open<T>打开面板，其中T表示要打开的面板类，比如登录面板（LoginPanel）和注册面板（RegisterPanel）就是两种不同的面板类（稍后会实现这两个面板）。“where T:BasePanel”指明它们都必须继承自BasePanel，如果指定的类不是面板类（继承自BasePanel），程序编译会报错。

2) 程序会判断该面板是否已经打开（panels是否含有该界面），然后给root添加面板组件（例如登录面板类LoginPanel，如图9-10所示）。实际上面板类挂载到哪个物体下并没有太大关系，当面板类挂载到场景上后，程序会调用面板类的OnInit和Init方法，OnInit的功能由面板类实现，而Init在面板基类中实现，它会根据面板的skinPath将面板资源实例化到场景中。程序再通过SetParent方法将面板皮肤放到设定的层级之下。

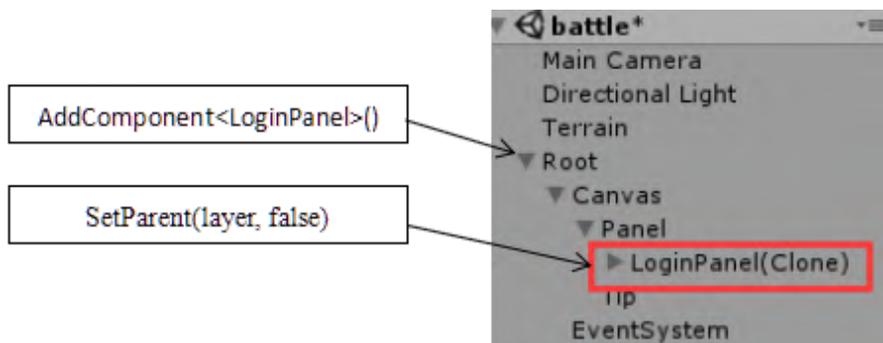


图9-10 添加面板

3) 最后将面板添加到panels列表中，方便管理。再调用OnShow方法，让面板类可以实现一些自定义的功能。

Open方法代码如下：

---

```
//打开面板
public static void Open<T>(params object[] para) where
T:BasePanel{
    //已经打开
    string name = typeof(T).ToString();
    if (panels.ContainsKey(name)){
        return;
    }
    //组件
    BasePanel panel = root.gameObject.AddComponent<T>();
    panel.OnInit();
    panel.Init();
    //父容器
    Transform layer = layers[panel.layer];
    panel.skin.transform.SetParent(layer, false);
    //列表
    panels.Add(name, panel);
    //OnShow
    panel.OnShow(para);
}
```

---

**相关知识点如下。**

<T>：泛型方法是使用类型参数声明的方法，相当于用类型作为参数。比如一个函数的定义为：

---

```
public void Get<T>()
{
    T a;
    a = a + 1;
}
```

---

那么如果使用Get<int>()，整个函数相当于下面的代码，T被int替代。

---

```
public void Get()
{
```

```
int a;
a = a + 1;
}
```

---

### 9.4.3 关闭面板

关闭面板功能的实现比较简单，只要销毁皮肤和面板组件，并适时调用面板类的OnClose。在PanelManager类中添加Close方法，它的参数代表要关闭的面板名称，代码如下：

---

```
//关闭面板
public static void Close(string name){
    //没有打开
    if(!panels.ContainsKey(name)){
        return;
    }
    BasePanel panel = panels[name];
    //OnClose
    panel.OnClose();
    //列表
    panels.Remove(name);
    //销毁
    GameObject.Destroy(panel.skin);
    Component.Destroy(panel);
}
```

---

面板基类和界面管理器相辅相成，缺少任何一部分都无法完整演示。

接下来终于可以着手编写具体的面板类了，随后便能看到展现出来的界面。

## 9.5 登录面板LoginPanel

虽然第7章的记事本程序已经实现了登录注册功能，但第7章的界面比较简陋。通常登录面板含有“用户名”和“密码”两个输入框，“登录”和“注册”两个按钮。玩家输入用户名密码后，点击“登

录”按钮，客户端将向服务端发送MsgLogin协议，点击“注册”按钮将打开注册面板。

### 9.5.1 导入资源

本书附带的素材中包含了可用于界面系统的图片资源，如图9-11所示，可以直接使用。

读者还需将用于UI图片的TextureType设置成Sprite (2D and UI) (如图9-12所示)，Unity内部会对不同的TextureType图片做不同的优化。

读者还可以设置部分图片 (如bg1、bg2和bg3) 的九宫格 (如图9-13所示)，使图片不在拉伸中变形 (还需将图片对象的Image Type设置成Sliced)。



图9-11 图片资源

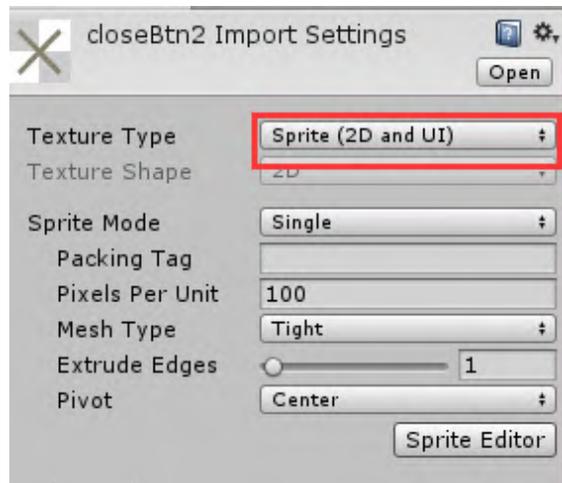


图9-12 设置TextureType

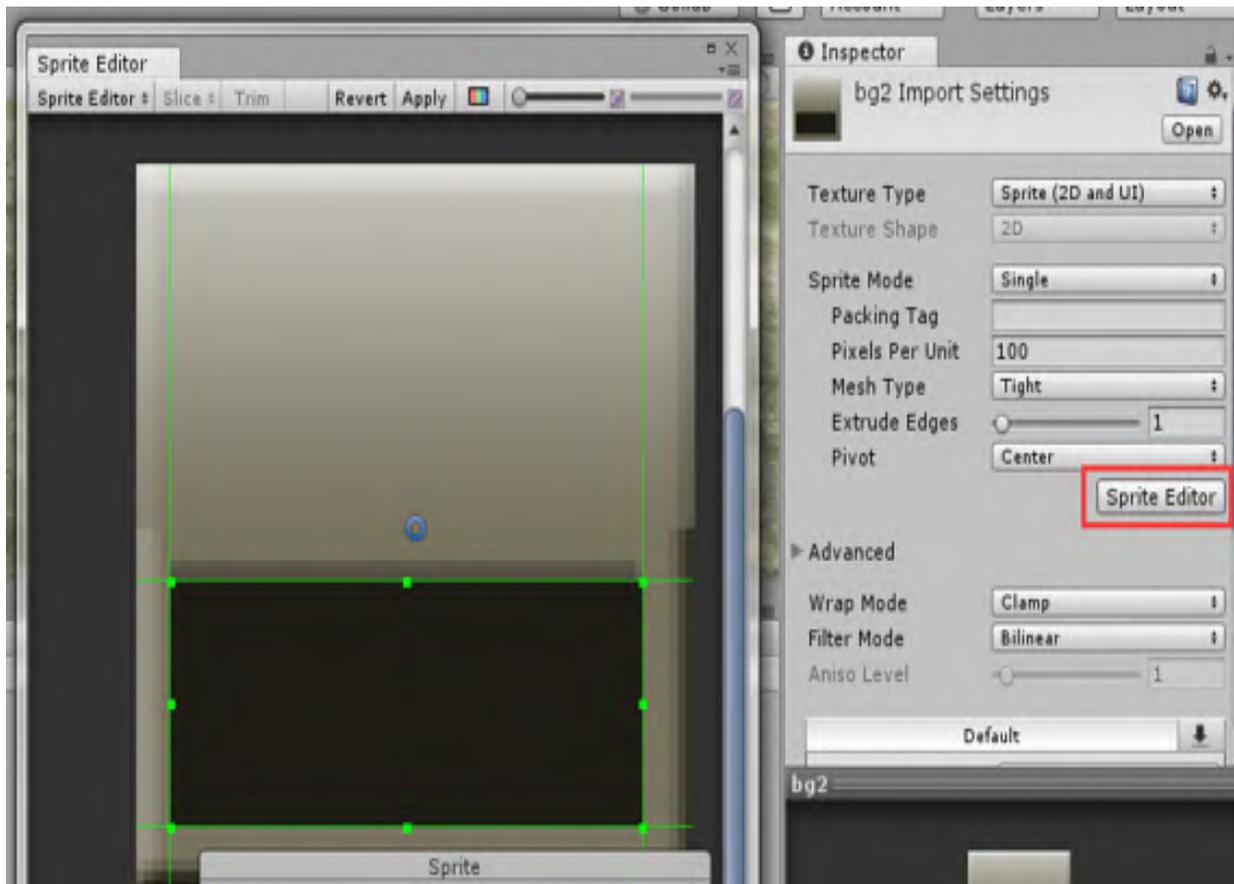


图9-13 九宫格

## 9.5.2 UI组件

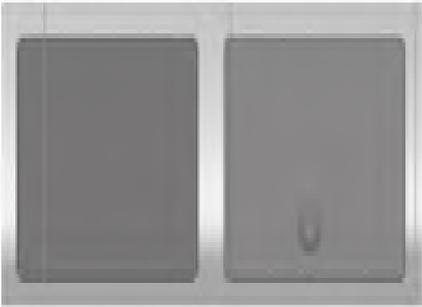
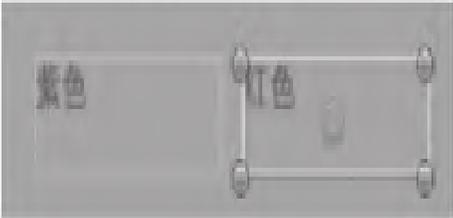
本节列举常用的UGUI组件及其属性，如图9-14所示，读者只需随意设置UI对象的各种属性，便能了解它的功能。



图9-14 UGUI组件

表9-1对UGUI组件的一些常用属性进行了说明。

表9-1 UGUI组件的一些常用属性

属 性	说 明
Color	<p>颜色，下图展示两张不同颜色的图片</p> 
Source Image	<p>源图片，下图展示不同的图片</p> 
Text	<p>文本，下图展示显示不同文本的文本框</p> 

### 9.5.3 制作面板预设

登录面板含有“用户名”和“密码”两个输入框，“登录”和“注册”两个按钮。在Unity中制作如图9-15所示的面板。面板最顶层是名为LoginPanel的空物体，各个部件的介绍见表9-2。

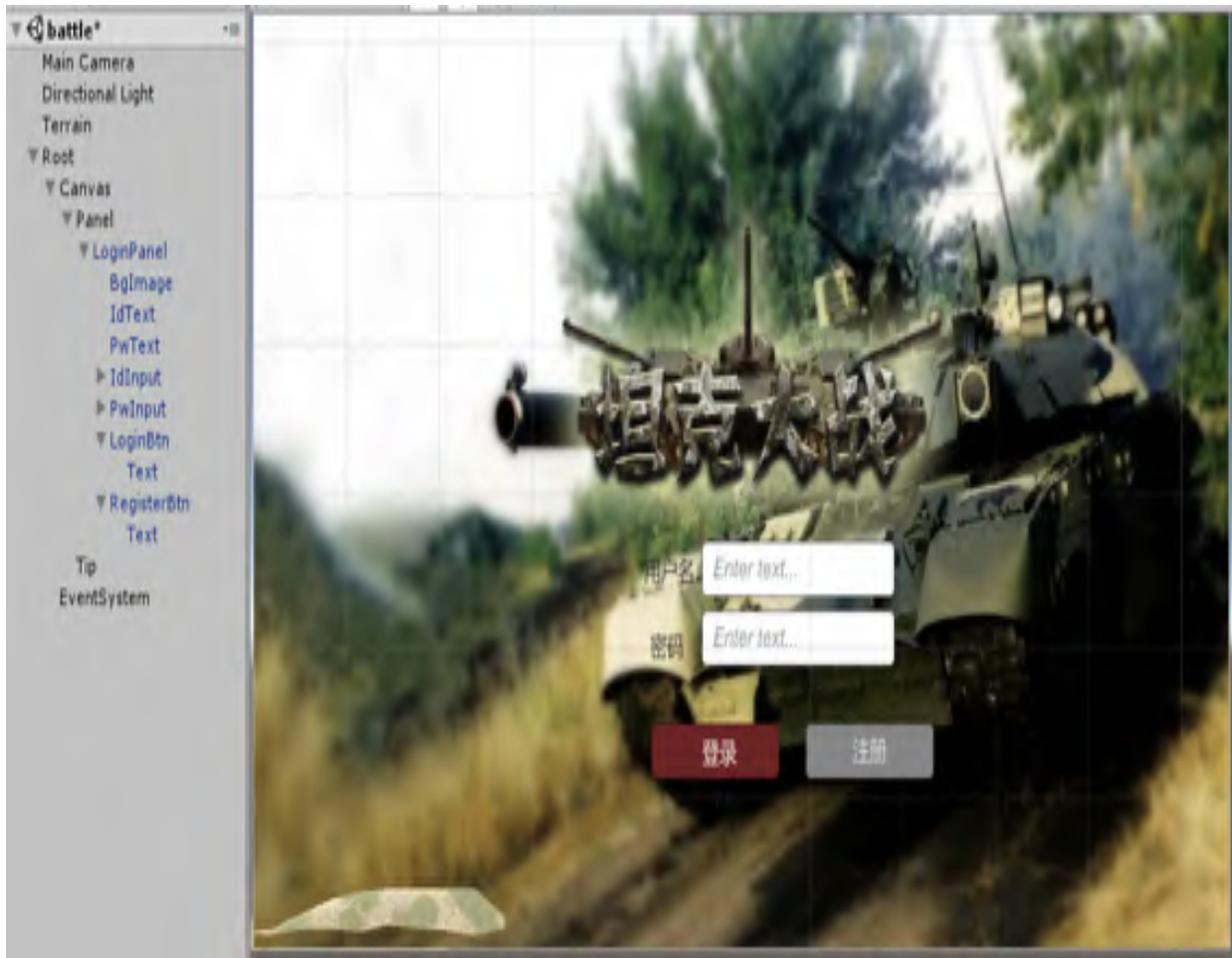
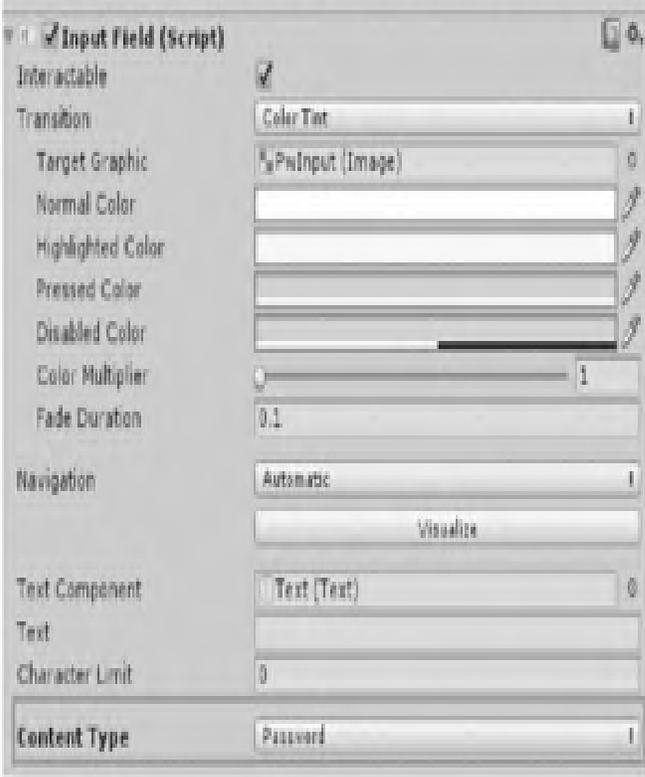
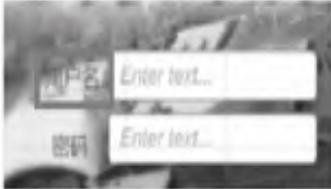
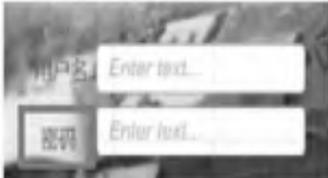


图9-15 登录面板

表9-2 登录面板部件说明

部 件	说 明
IdInput	<p>用户名输入框</p> 
PwInput	<p>密码输入框</p>  <p>如果有需要，读者还可以将密码框的 ContentType 设置为 Password，将会以 “*” 代替文本</p> 

(续)

部 件	说 明
LoginBtn	<p>登录按钮</p>  <p>The image shows a login form with two input fields labeled '用户名' (Username) and '密码' (Password). Below the fields are two buttons: '登录' (Login) and '注册' (Register). A red rectangular box highlights the '登录' button.</p>
RegisterBtn	<p>注册按钮</p>  <p>The image shows a registration form with two input fields labeled '用户名' (Username) and '密码' (Password). Below the fields are two buttons: '登录' (Login) and '注册' (Register). A red rectangular box highlights the '注册' button.</p>
BgImage	<p>背景图，仅为了美观</p>  <p>The image is a grayscale photograph of a military tank, viewed from a side-rear perspective, set against a dark background.</p>
IdText	<p>用户名文字标签，仅为了美观</p>  <p>The image is a close-up of the '用户名' (Username) input field. A red rectangular box highlights the text label '用户名' to the left of the input field.</p>
PwTest	<p>密码文字标签，仅为了美观</p>  <p>The image is a close-up of the '密码' (Password) input field. A red rectangular box highlights the text label '密码' to the left of the input field.</p>

完成后将登录面板（LoginPanel）做成预设，存放到Resources文件夹下，以便让PanelManager加载它，如图9-16所示。

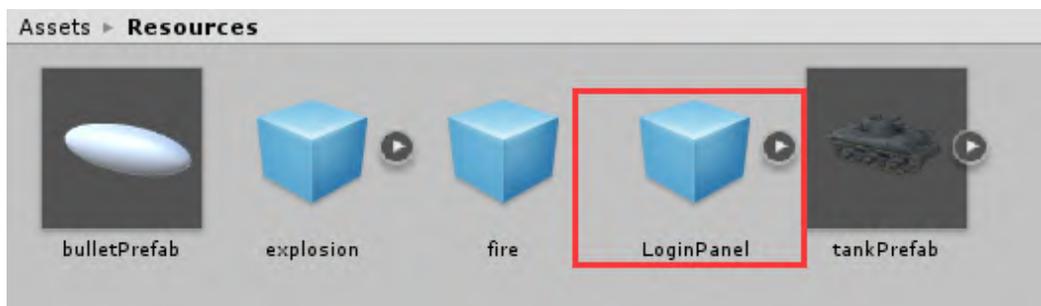


图9-16 将登录面板（LoginPanel）做成预设

#### 9.5.4 登录面板类

制作好面板资源，需要编写实现面板功能的类。新建名为LoginPanel的代码文件，如图9-17所示，编写面板功能。考虑到游戏会有很多功能，不同功能属于不同的模块，一般会将同一模块的代码放在一起，方便管理。这里将LoginPanel放置在module/Login的目录，Login代表登录模块。



图9-17 新建名为LoginPanel的代码文件

根据9.1.2节和9.3节的内容，LoginPanel的基本代码如下。LoginPanel继承自面板基类BasePanel，代表它是个面板类；在OnInit方法中设置了皮肤地址skinPath和面板的层级layer；OnShow和OnClose方法留空，待后面实现。

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
```

```
public class LoginPanel : BasePanel {
    //初始化
    public override void OnInit() {
        skinPath = "LoginPanel";
        layer = PanelManager.Layer.Panel;
    }
    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {

    }
    //关闭
    public override void OnClose() {

    }
}
```

---

### 9.5.5 打开面板

在编写登录面板的功能之前，我们先尝试调用 `PanelManager.Open<LoginPanel>()` 打开它，测试面板管理器 `PanelManager` 能否正常工作。编写如下的程序，然后将它挂载到场景上。程序先调用 `PanelManager.Init()` 初始化界面管理器，再调用 `PanelManager.Open` 打开登录面板。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class testTank : MonoBehaviour {
    // Use this for initialization
    void Start () {
        //界面
        PanelManager.Init();
        PanelManager.Open<LoginPanel>();
        .....
    }
}
```

---

运行程序，应能看到登录面板被实例化，并且显示在正确的层级和位置上，如图9-18所示。

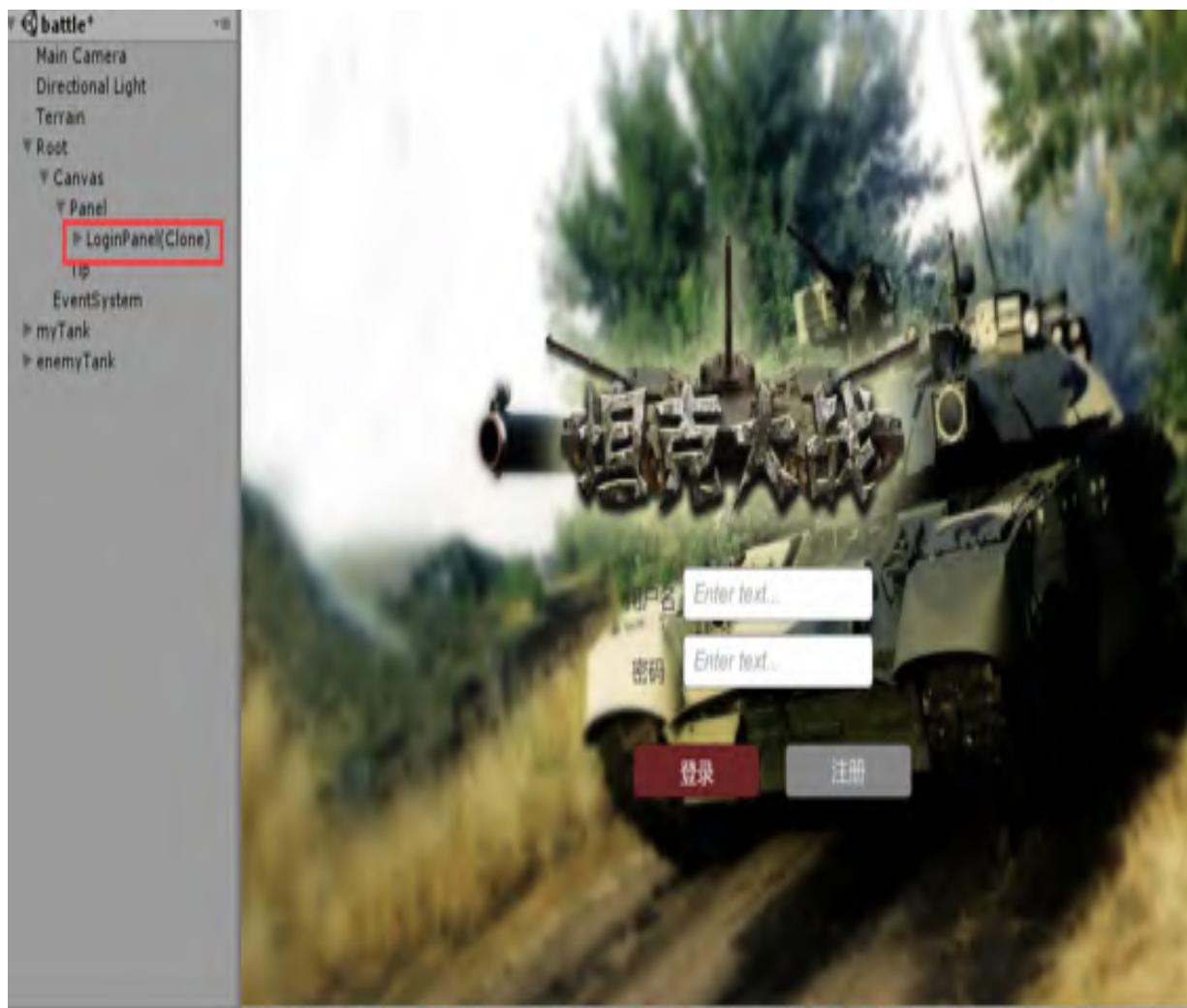


图9-18 由管理器打开的登录面板

### 9.5.6 引用UI组件

在面板类中，需要定义一些成员来引用面板中的按钮和输入框。在LoginPanel类中定义idInput指向账号输入框，定义pwInput指向密码输入框，定义loginBtn指向登录按钮，定义regBtn指向注册按钮。程序还通过按钮的onClick.AddListener给按钮添加监听事件，当玩家按下登录按钮时，会调用OnLoginClick方法（尚未实现），当玩家按下注册按钮时，会调用OnRegClick方法（尚未实现）。

代码如下：

```
public class LoginPanel : BasePanel {
    //账号输入框
    private InputField idInput;
    //密码输入框
    private InputField pwInput;
    //登录按钮
    private Button loginBtn;
    //注册按钮
    private Button regBtn;

    .....

    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
        //寻找组件
        idInput =
skin.transform.Find("IdInput").GetComponent<InputField>();
        pwInput =
skin.transform.Find("PwInput").GetComponent<InputField>();
        loginBtn =
skin.transform.Find("LoginBtn").GetComponent<Button>();
        regBtn =
skin.transform.Find("RegisterBtn").GetComponent<Button>();
        //监听
        loginBtn.onClick.AddListener(OnLoginClick);
        regBtn.onClick.AddListener(OnRegClick);
    }
    .....
}
```

---

图9-19展示了各个变量和UI组件的关系。



图9-19 LoginPanel成员和UI组件的关系

### 9.5.7 网络监听

登录面板一般会作为游戏的启动界面。当游戏启动时，客户端需要先连接服务端（NetManager.Connect），后续才能够收发协议。我们让LoginPanel在显示时（OnShow）发起网络连接，并且添加对连接成功（NetManager.NetEvent.ConnectSucc）和连接失败

（NetManager.NetEvent.ConnectFail）的回调。这里还添加对MsgLogin的监听（登录协议的具体内容参见第7章），当客户端收到服务端发来的MsgLogin协议，会调用OnMsgLogin方法。值得注意的是，在面板关闭时（OnClose方法），需要删去OnShow中添加的监听。试想当面板关闭后，LoginPanel被销毁，loginPanel.OnMsgLogin方法也就不复存在了。如果NetManager回调一个已销毁对象的方法，会引发一些不可预测的后果。

## LoginPanel修改代码如下：

---

```
//显示
public override void OnShow(params object[] args) {
    //寻找组件监听
    .....
    //网络协议监听
    NetManager.AddMsgListener("MsgLogin", OnMsgLogin);
    //网络事件监听
    NetManager.AddEventListener(
        NetManager.NetEvent.ConnectSucc, OnConnectSucc);
    NetManager.AddEventListener(
        NetManager.NetEvent.ConnectFail, OnConnectFail);
    //连接服务器
    NetManager.Connect("127.0.0.1", 8888);
}

//关闭
public override void OnClose() {
    //网络协议监听
    NetManager.RemoveMsgListener("MsgLogin", OnMsgLogin);
    //网络事件监听
    NetManager.RemoveEventListener(
        NetManager.NetEvent.ConnectSucc,
OnConnectSucc);
    NetManager.RemoveEventListener(
        NetManager.NetEvent.ConnectFail,
OnConnectFail);
}
```

---

图9-20展示了LoginPanel类各个回调函数和UI部件的关系。



图9-20 LoginPanel的回调函数

成功连接服务端的回调函数OnConnectSucc和连接失败的回调函数OnConnectFail代码如下，只是弹出提示。  
 PanelManager.Open<TipPanel>(err)中的TipPanel指代提示框，会在后续章节中实现。

```
//连接成功回调
void OnConnectSucc(string err){
    Debug.Log("OnConnectSucc");
}

//连接失败回调
void OnConnectFail(string err){
    PanelManager.Open<TipPanel>(err);
}
```

---

### 9.5.8 登录和注册按钮

当玩家按下登录按钮时，会调用OnLoginClick方法。程序会先判断输入框中的用户名和密码是否合法（不为空），然后组装MsgLogin协议，发送给服务端。当玩家按下注册按钮时，会调用PanelManager.Open打开注册面板（稍后实现）。

---

```
//当按下登录按钮
public void OnLoginClick() {
    //用户名密码为空
    if (idInput.text == "" || pwInput.text == "") {
        PanelManager.Open<TipPanel>("用户名和密码不能为空");
        return;
    }
    //发送
    MsgLogin msgLogin = new MsgLogin();
    msgLogin.id = idInput.text;
    msgLogin.pw = pwInput.text;
    NetManager.Send(msgLogin);
}

//当按下注册按钮
public void OnRegClick() {
    PanelManager.Open<RegisterPanel>();
}
```

---

### 9.5.9 收到登录协议

玩家按下登录按钮后，程序会发送MsgLogin协议给服务端，服务端处理后，会返回MsgLogin协议。MsgLogin协议的回调函数OnMsgLogin会判断是否登录成功（msg.result==0）。如果登录成功，在场景中添加一辆坦克，然后关闭登录面板；如果登录失败，会弹出提示。

---

```
//收到登录协议
public void OnMsgLogin (MsgBase msgBase) {
    MsgLogin msg = (MsgLogin)msgBase;
    if(msg.result == 0){
        Debug.Log("登录成功");
        //进入游戏
        //添加坦克
        GameObject tankObj = new GameObject("myTank");
        CtrlTank ctrlTank = tankObj.AddComponent<CtrlTank>
();
        ctrlTank.Init("tankPrefab");
        //设置相机
        tankObj.AddComponent<CameraFollow>();
        //关闭界面
        Close();
    }
    else{
        PanelManager.Open<TipPanel>("登录失败");
    }
}
}
```

---

读者可以注释掉涉及TipPanel和RegisterPanel的报错语句，然后运行程序，看看登录功能是否正常。

## 9.6 注册面板RegisterPanel

### 9.6.1 制作面板预设

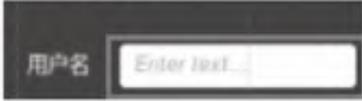
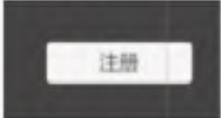
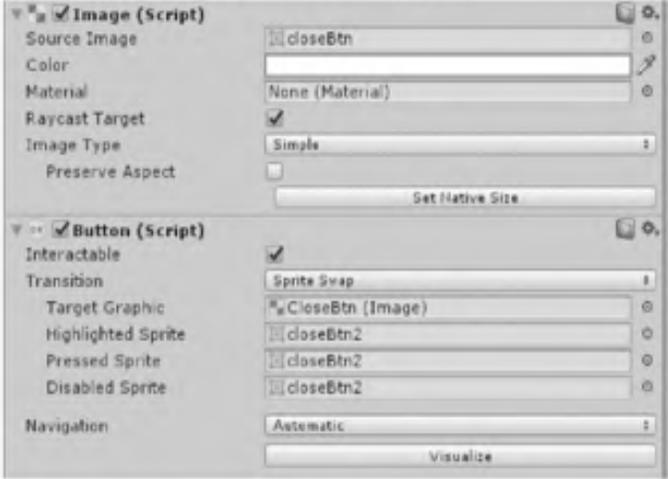
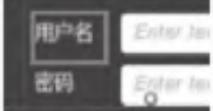
注册面板含有“用户名”“密码”“重复密码”三个输入框，“注册”和“关闭”两个按钮，如图9-21所示。玩家输入用户名和两次密码后，点击“注册”按钮，客户端将向服务端发送MsgRegister协议请求注册。点击“关闭”按钮将返回登录面板。



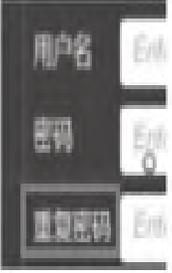
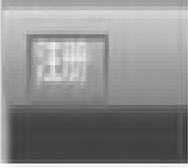
图9-21 注册面板

各个部件的介绍见表9-3。

表9-3 注册面板部件说明

部件	说明
IdInput	用户名输入框 
PwInput	密码输入框 
RepInput	重复密码输入框 
RegisterBtn	注册按钮 
CloseBtn	关闭按钮  <p>关闭按钮使用自定义的图片样式，设置如下：</p> 
IdText	用户名标签，仅为了美观 

(续)

部件	说明
PwText	<p>密码标签，仅为了美观</p>  A screenshot of a login form. It features two input fields. The top field is labeled '用户名' (Username) and has an 'Enter' button to its right. The bottom field is labeled '密码' (Password) and also has an 'Enter' button to its right. The labels and buttons are styled with a dark background and light text.
RepText	<p>重复密码标签，仅为了美观</p>  A screenshot of a registration form. It features three input fields. The top field is labeled '用户名' (Username) with an 'Enter' button. The middle field is labeled '密码' (Password) with an 'Enter' button. The bottom field is labeled '重复密码' (Repeat Password) with an 'Enter' button. The labels and buttons are styled with a dark background and light text.
BgImage	<p>背景图，仅为了美观</p>  A vertical rectangular image with a gradient, likely a background element. It has a light gray top and a dark gray bottom.
TitleText	<p>标题，仅为了美观</p>  A rectangular button with the text '注册' (Register). The button has a dark background and light text.
RegisterPanel	<p>顶层的 RegisterPanel 包含 Image 组件，显示一张白色半透明图片。当注册面板显示在登录面板之上时，这张白色半透明图片可以遮挡登录面板的按钮，使玩家不能点击它们</p>

完成后将注册面板（RegisterPanel）做成预设，存放到Resources文件夹下，以便让PanelManager加载它，如图9-22所示。

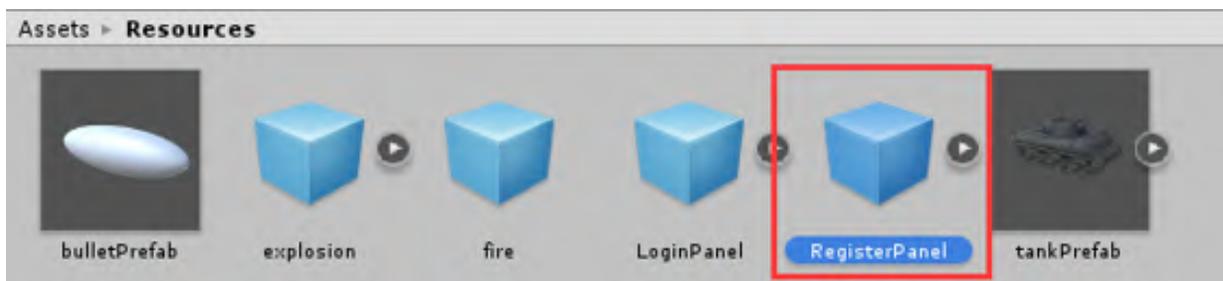


图9-22 将注册面板（RegisterPanel）做成预设

## 9.6.2 注册面板类

制作好面板资源，新建名为RegisterPanel的代码文件，编写面板功能。注册面板类代码的结构如下，其中定义idInput指向用户名输入框，pwInput指向密码输入框，repInput指向重复输入框，regBtn指向注册按钮，closeBtn指向关闭按钮。

在OnInit方法中设定皮肤（skinPath）为RegisterPanel，层级为PanelManager.Layer.Panel。

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class RegisterPanel : BasePanel {
    //账号输入框
    private InputField idInput;
    //密码输入框
    private InputField pwInput;
    //重复输入框
    private InputField repInput;
    //注册按钮
    private Button regBtn;
    //关闭按钮
    private Button closeBtn;

    //初始化
    public override void OnInit() {
```

```

        skinPath = "RegisterPanel";
        layer = PanelManager.Layer.Panel;
    }

    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
        .....
    }

    //关闭
    public override void OnClose() {
        .....
    }
}

```

图9-23展示了RegisterPanel各成员和UI组件的关系。

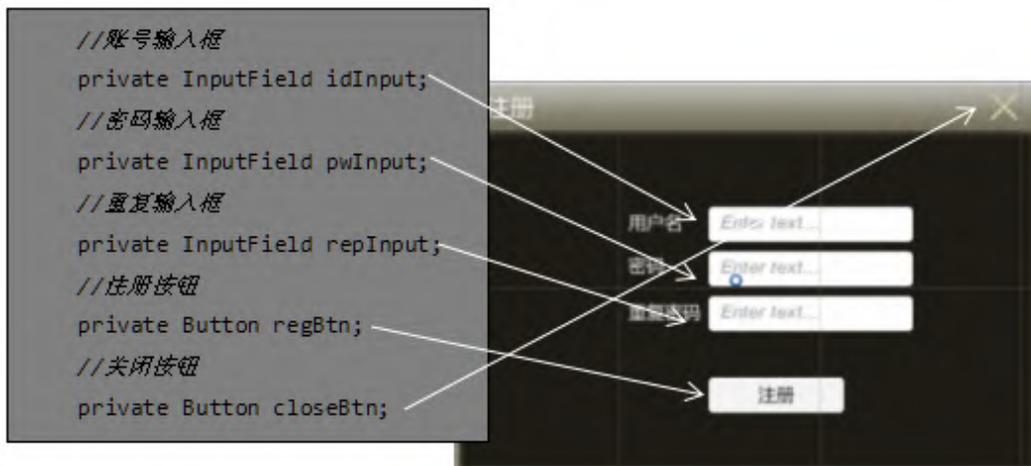


图9-23 RegisterPanel成员和UI组件的关系

在RegisterPanel的OnShow方法中，给各个引用UI组件的成员赋值，并给按钮添加点击回调。当玩家点击注册按钮时，会调用OnRegClick方法，点击关闭按钮时，会调用OnCloseClick方法。

当玩家点击注册按钮，客户端会发送OnMsgRegister协议，注册面板还需要监听该协议。当服务端返回注册成功或注册失败时，调用OnMsgRegister方法，弹出提示。

```
//显示
public override void OnShow(params object[] args) {
    //寻找组件
    idInput =
skin.transform.Find("IdInput").GetComponent<InputField>();
    pwInput =
skin.transform.Find("PwInput").GetComponent<InputField>();
    repInput =
skin.transform.Find("RepInput").GetComponent<InputField>();
    regBtn =
skin.transform.Find("RegisterBtn").GetComponent<Button>();
    closeBtn =
skin.transform.Find("CloseBtn").GetComponent<Button>();
    //监听
    regBtn.onClick.AddListener(OnRegClick);
    closeBtn.onClick.AddListener(OnCloseClick);
    //网络协议监听
    NetManager.AddMsgListener("MsgLogin", OnMsgRegister);
}

//关闭
public override void OnClose() {
    //网络协议监听
    NetManager.RemoveMsgListener("MsgLogin", OnMsgRegister);
}
```

---

图9-24展示了RegisterPanel回调函数和UI组件的关系。

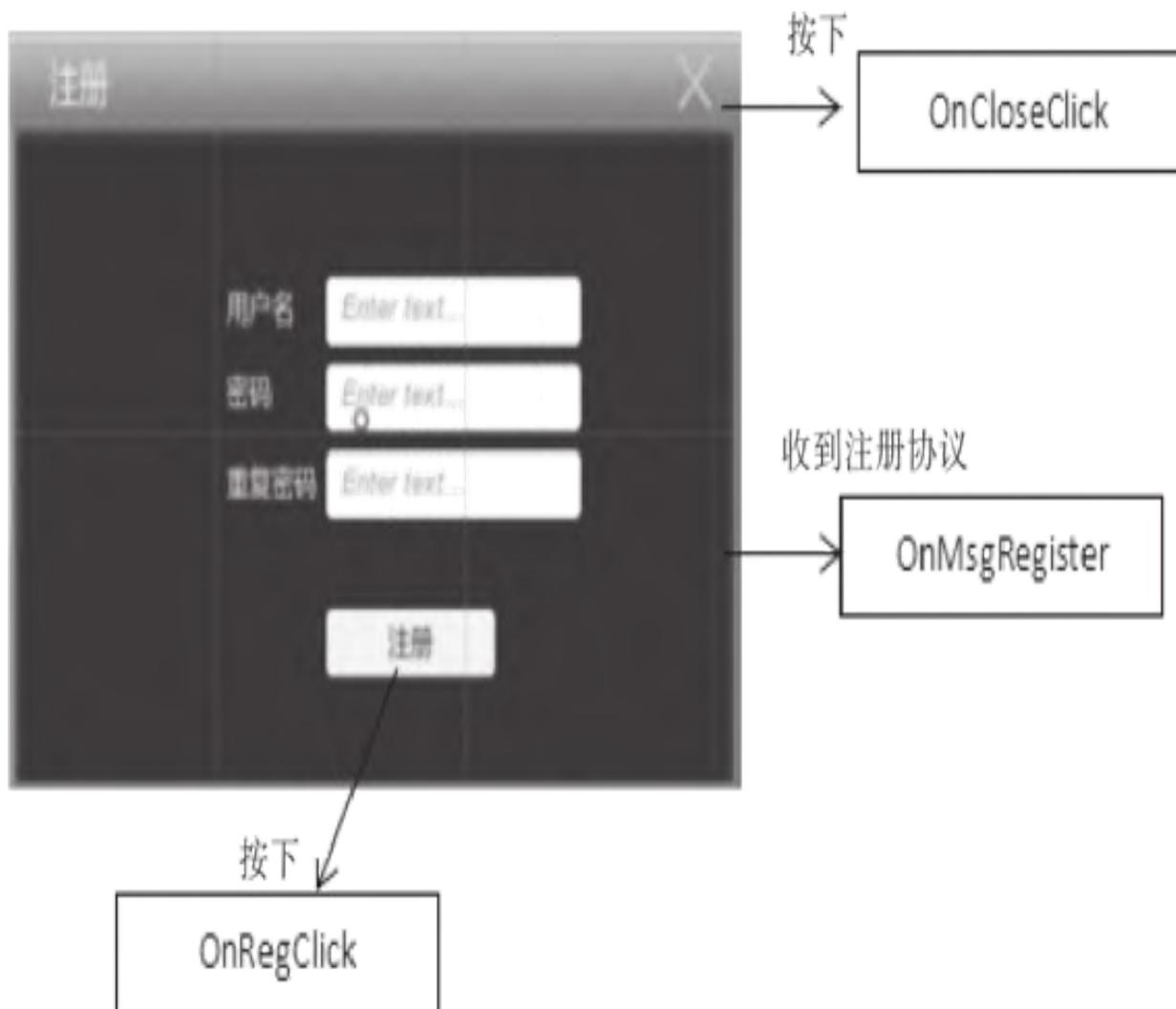


图9-24 RegisterPanel的回调函数

### 9.6.3 按钮事件

注册按钮的回调方法OnRegClick会先做一系列判断，检验用户名密码是否为空，检验两次输入的密码是否相同，然后向服务端发送MsgRegister协议。

关闭按钮的回调方法OnCloseClick仅调用Close关闭面板。

---

```
//当按下注册按钮
public void OnRegClick() {
    //用户名密码为空
    if (idInput.text == "" || pwInput.text == "") {
```

```
        PanelManager.Open<TipPanel>("用户名和密码不能为空");
        return;
    }
    //两次密码不同
    if (repInput.text != pwInput.text) {
        PanelManager.Open<TipPanel>("两次输入的密码不同")
        return;
    }
    //发送
    MsgRegister msgReg = new MsgRegister();
    msgReg.id = idInput.text;
    msgReg.pw = pwInput.text;
    NetManager.Send(msgReg);
}

//当按下关闭按钮
public void OnCloseClick() {
    Close();
}
```

---

## 9.6.4 收到注册协议

当收到服务端返回的注册协议，会调用回调函数OnMsgRegister。如果注册成功（msg.result==0），会弹出“注册成功”的提示框，然后关闭注册面板；如果注册失败，会弹出“注册失败”的提示框。

---

```
//收到注册协议
public void OnMsgRegister (MsgBase msgBase) {
    MsgRegister msg = (MsgRegister)msgBase;
    if(msg.result == 0){
        Debug.Log("注册成功");
        //提示
        PanelManager.Open<TipPanel>("注册成功");
        //关闭界面
        Close();
    }
    else{
        PanelManager.Open<TipPanel>("注册失败");
    }
}
```

---

完成注册面板功能，读者可以注释掉提示面板相关的报错，做些调试工作。

## 9.7 提示面板TipPanel

### 9.7.1 制作面板预设

提示面板是用于显示“用户名密码错误”“两次输入密码不同”等信息的弹出框。它包含用于显示提示语的文本和“好了”按钮，如图9-25所示。需要弹出提示框时，只需使用参数给提示面板的文本赋值，类似于PanelManger.Open<TipPanel>("这是提示框显示的内容!")。当玩家点击“好的”按钮，关闭面板。各个部件的介绍见表9-4。

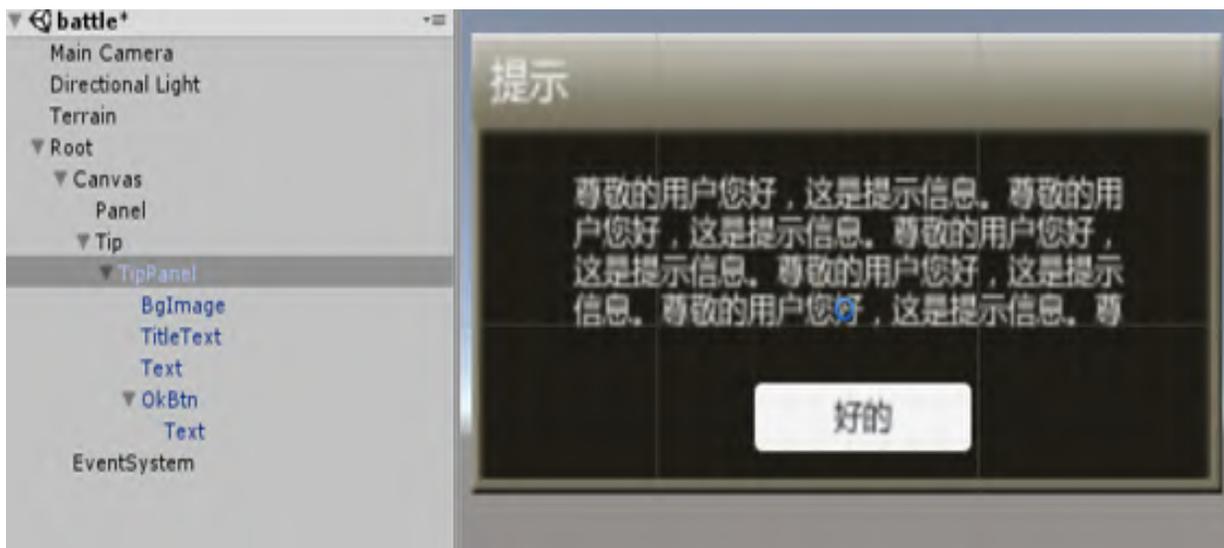


图9-25 提示面板

表9-4 提示面板部件说明



完成后将提示面板（TipPanel）做成预设，存放到Resources文件夹下。

## 9.7.2 提示面板类

提示面板是游戏的通用面板，很多模块都会用到它。登录模块会使用提示面板弹出“用户名密码错误”“注册失败”等提示；房间系统（游戏大厅）会使用提示面板弹出“进入房间失败”“只有房主才能开始战斗”的提示。我们把提示面板当作通用模块（Common）的功能，在Script/module/Common目录下建立TipPanel类，如图9-26所示。

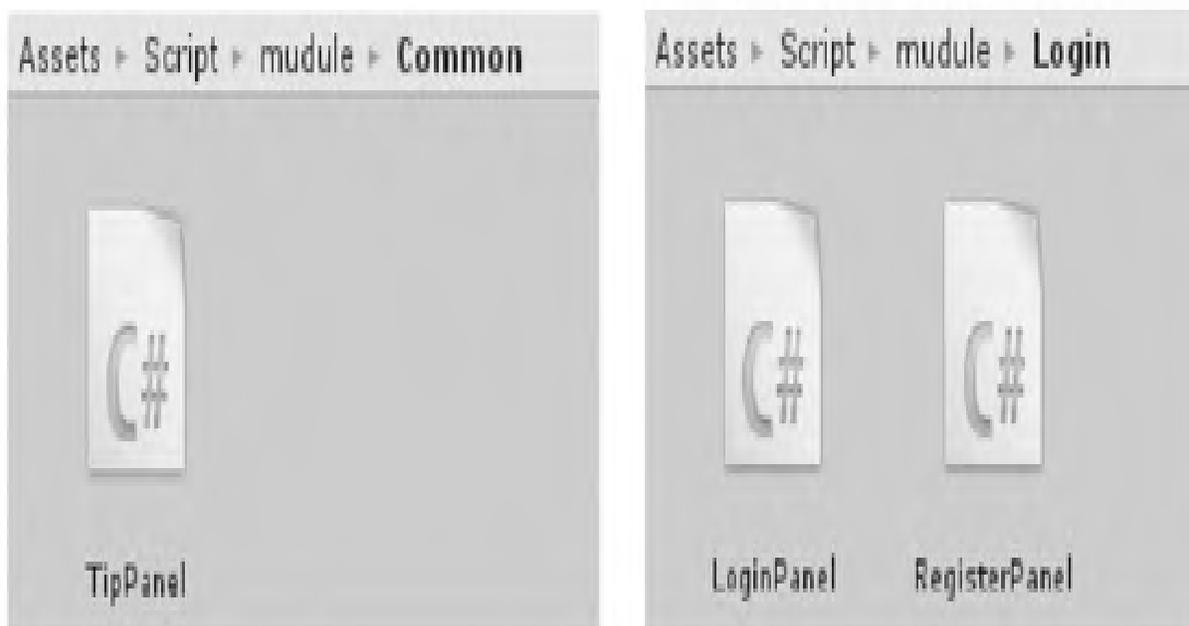


图9-26 通用模块（Common）和登录模块（Login）

接下来开始编写TipPanel类的功能，提示面板代码如下。定义文本类型的text指向文本框；okBtn指向“好的”按钮；设置skinPath为“TipPanel”；提示面板往往在所有面板的上层，设置层级为“PanelManager.Layer.Tip”。当玩家点击“好的”按钮时，会回调OnOkClick方法，关闭面板。

在OnShow方法中，程序通过args[0]获取传入的第一个参数，把它转换成string类型后给文本赋值。例如使用

PanelManager.Open<TipPanel>("hello") 打开提示面板，OnShow的“(string)args[0]”语句最终会返回“hello”。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class TipPanel : BasePanel {
    //提示文本
    private Text text;
    //确定按钮
    private Button okBtn;

    //初始化
    public override void OnInit() {
        skinPath = "TipPanel";
        layer = PanelManager.Layer.Tip;
    }
    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
        //寻找组件
        text = skin.transform.Find("Text").GetComponent<Text>();
        okBtn =
skin.transform.Find("OkBtn").GetComponent<Button>();
        //监听
        okBtn.onClick.AddListener(OnOkClick);
        //提示语
        if(args.Length == 1){
            text.text = (string)args[0];
        }
    }

    //关闭
    public override void OnClose() {

    }

    //当按下确定按钮
    public void OnOkClick(){
        Close();
    }
}
```

---

图9-27展示了提示面板的成员和监听方法的关系。

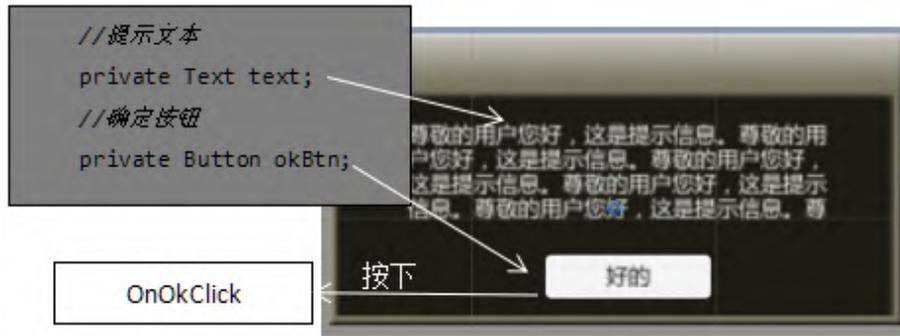


图9-27 提示面板的成员和监听方法

### 9.7.3 测试面板

编写如下程序，即可测试面板功能。调用PanelManager前，需要先使用PanelManager.Init初始化它，然后使用PanelManager.Open打开对应的面板。

---

```
void Start () {
    //界面
    PanelManager.Init();
    PanelManager.Open<LoginPanel>();
    PanelManager.Open<TipPanel>("用户名或密码错误!");
    .....
}
```

---

运行结果如图9-28所示，弹出登录面板和提示面板。当玩家点击“好的”按钮时，提示面板会消失。

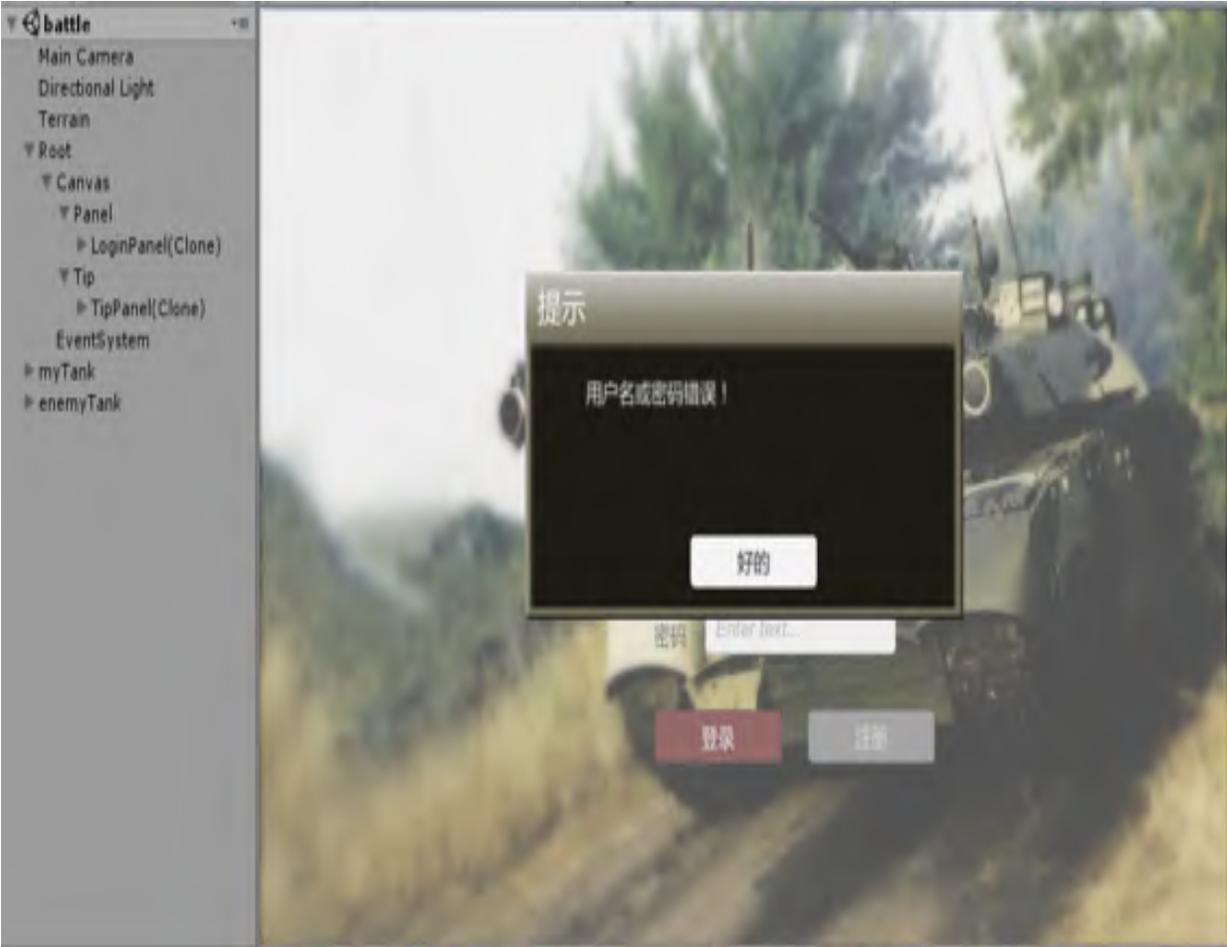


图9-28 程序运行结果

## 9.8 游戏入口GameMain

### 9.8.1 设计要点

游戏入口类GameMain是一个挂载在场景中的组件，它作为整个游戏的驱动类，解决下面几个问题。

1) 当玩家打开游戏时，登录面板会作为第一个弹出的面板。那么游戏项目中，应该在哪里调用弹出登录面板的PanelManager.Open呢？我们会把游戏的初始功能放置到GameMain里。

2) 客户端需要保存一些玩家数据，这些数据在整个游戏中都会用到。例如在游戏的很多地方都会显示玩家的id，如果客户端能够自己记录，便不需要从服务端获取。

3) 网络框架NetManager需要外部调用它的Update方法来驱动，GameMain可完成这项功能。

4) GameMain还会完成一些通用事件的处理，例如当网络断开时弹出提示，当玩家被顶下线时也弹出提示。

图9-29展示了GameMain的功能。

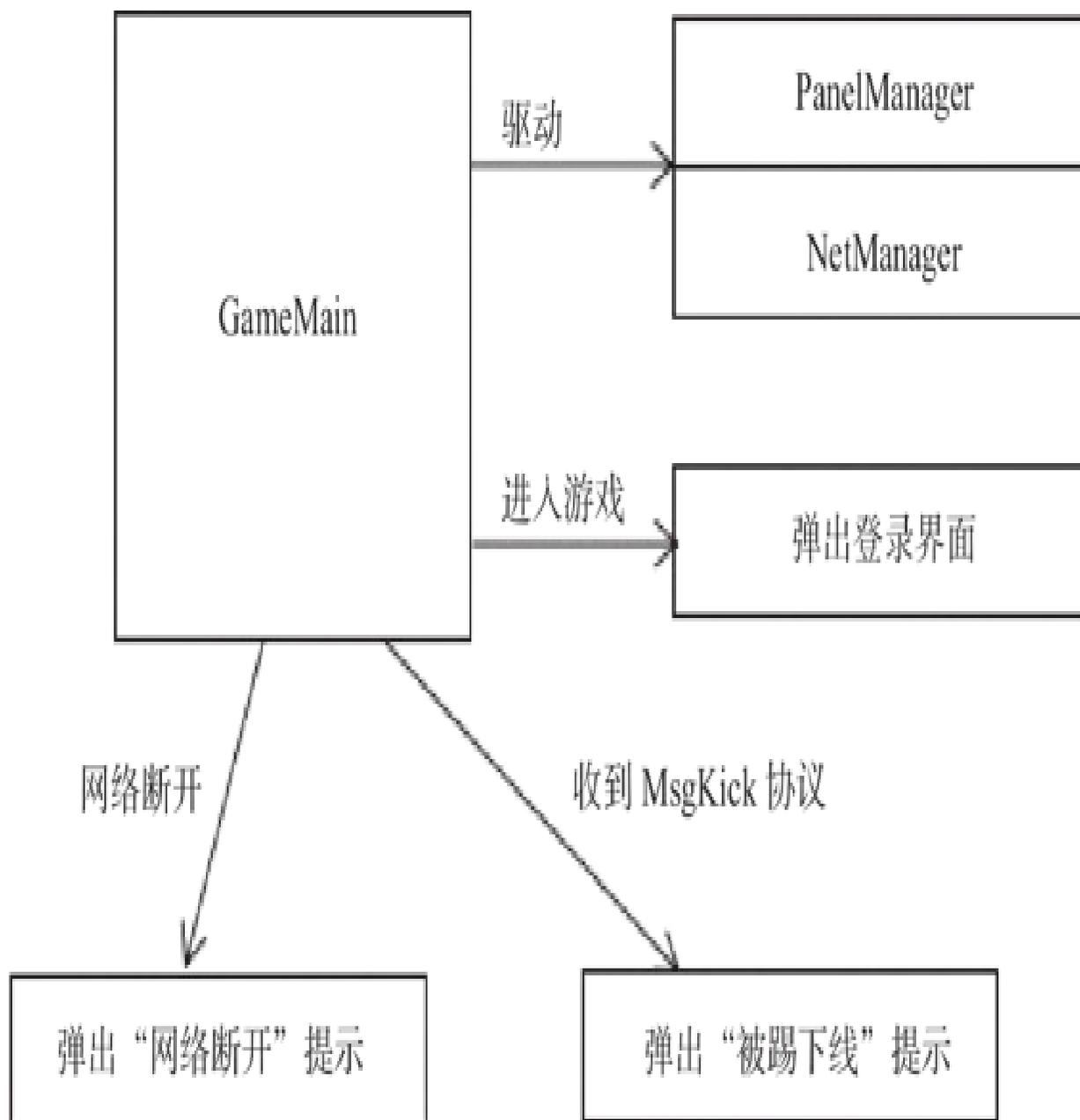


图9-29 GameMain功能示意图

## 9.8.2 代码实现

GameMain作为启动脚本，一般直接放置在代码根目录下，如图9-30所示。

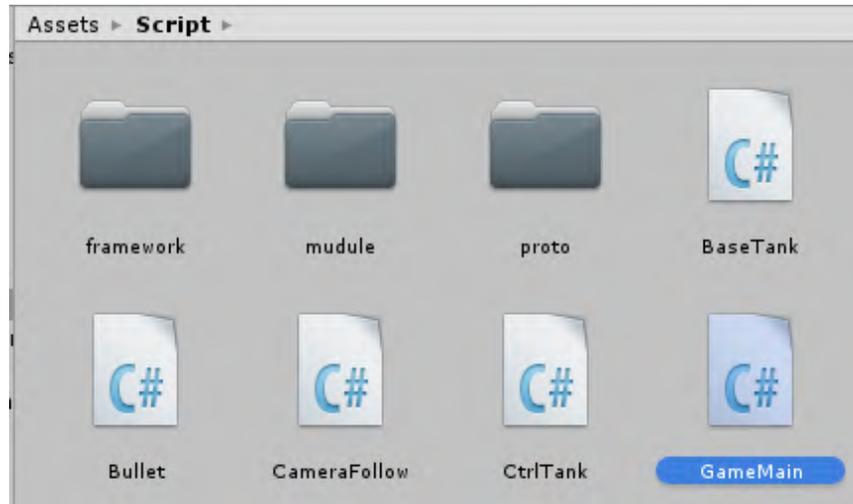


图9-30 在Script目录下创建GameMain类

GameMain的代码如下。其中定义了static变量id，用于记录玩家角色id，如果后续还需要记录更多的信息，会在GameMain中添加更多的成员。在Start方法中，程序添加了网络关闭事件的监听，以及MsgKick协议的监听。当网络断开，程序会回调OnConnectClose方法；当收到MsgKick协议，程序会回调OnMsgKick方法。

在Start和Update中，程序调用PanelManager.Init和NetManager.Update驱动管理器。最后在Start中调用PanelManager.Open打开登录面板。

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class GameMain : MonoBehaviour {
    public static string id = "";

    // Use this for initialization
    void Start () {
        //网络监听
```

```
        NetManager.AddListener(NetManager.NetEvent.Close,
OnConnectClose);
        NetManager.AddMsgListener("MsgKick", OnMsgKick);
        //初始化
        PanelManager.Init();
        //打开登录面板
        PanelManager.Open<LoginPanel>();
    }

    // Update is called once per frame
    void Update () {
        NetManager.Update();
    }
}
```

---

回调函数OnConnectClose和OnMsgKick仅弹出提示框。

---

```
//关闭连接
void OnConnectClose(string err){
    Debug.Log("断开连接");
}

//被踢下线
void OnMsgKick(MsgBase msgBase){
    PanelManager.Open<TipPanel>("被踢下线");
}
```

---

### 9.8.3 缓存用户名

在LoginPanel中，如果登录成功，我们会把玩家的id记录到GameMain中。修改LoginPanel的OnMsgLogin方法，在服务端返回登录成功的消息时，给GameMain.id赋值。LoginPanel修改的代码如下：

---

```
//收到登录协议
public void OnMsgLogin (MsgBase msgBase) {
    .....
    if(msg.result == 0){
        //进入游戏 添加坦克 设置相机 .....
        //设置id
    }
}
```

```
    GameMain.id = msg.id;  
    //关闭界面  
    Close();  
}  
.....  
}
```

---

完成后，将GameMain挂载到场景中的Root空物体下。当进入场景后，Unity就会自动调用GameMain。

## 9.9 功能测试

### 9.9.1 登录

运行游戏，即能够看到登录面板，如图9-31所示。

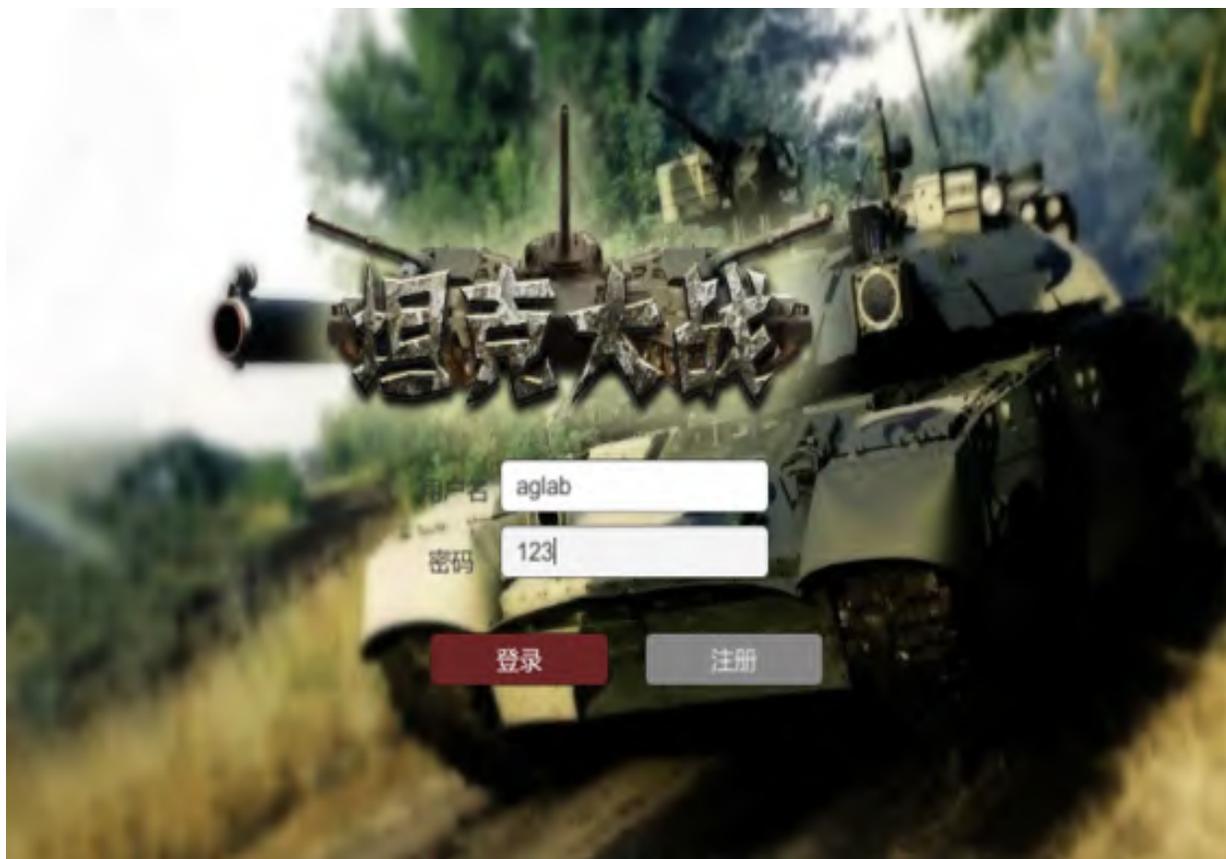


图9-31 登录界面

若随便输入用户名和密码，会看到“登录失败”的提示，如图9-32所示。



图9-32 登录失败

输入正确的用户名和密码，登录成功，进入游戏，如图9-33所示。



图9-33 进入游戏

## 9.9.2 注册

点击登录面板中的注册按钮，在弹出的注册面板中输入用户名和密码，注册新账号，如图9-34所示。



图9-34 注册新账号

如果两次输入的密码不一致，会弹出密码不一致的提示，如图9-35所示。



图9-35 密码不一致提示

如果用户名已经被注册，会弹出注册失败提示，如图9-36所示。



图9-36 注册失败提示

注册成功，也会弹出注册成功的提示，如图9-37所示。用新注册的用户名和密码，即可登录游戏。



图9-37 注册成功提示

### 9.9.3 下线

游戏过程中，如果另一客户端登录同一账号，先登录的客户端会被踢下线，如图9-38所示。



图9-38 被踢下线提示

本章完成了游戏的登录和注册，下一章将介绍如何制作游戏大厅。

## 第10章

# 游戏大厅和房间

游戏大厅（房间系统）是网络游戏中最常见的系统之一，玩家可以自由地开房间、加入房间，与同一房间里的玩家战斗。房间系统所使用的技术拥有较高的通用性，它不仅涵盖了普通游戏系统的开发方法，还涉及游戏对象（如房间）的管理。理解了房间系统，也就能够理解排行榜、聊天、签到、任务等常见系统的实现方式。

本章将会实现这样的房间系统：玩家登录游戏后，会弹出房间列表面板，如图10-1所示，面板中显示了玩家的基本信息，以及当前服务器中的所有房间，玩家可以选择一个房间进入，也可以自己创建房间。



图10-1 登录游戏后，界面上列出房间列表

进入房间后，会弹出房间面板，如图10-2所示，玩家可以看到房间里所有玩家的名字、阵营、胜利次数、失败次数等信息。当房主点击“开始战斗”按钮后，开启一场战斗。



图10-2 进入房间后，玩家可以看到房间的详细信息

## 10.1 列表面板预设

房间系统涉及“房间列表面板”和“房间面板”两个面板，我们会先制作这两个面板的预设，再编写功能。

### 10.1.1 整体结构

玩家登录游戏后，会弹出房间列表面板，供玩家创建房间或者选择房间加入。面板分为“个人信息”“操作”和“房间列表”三大部分，如图10-3所示。

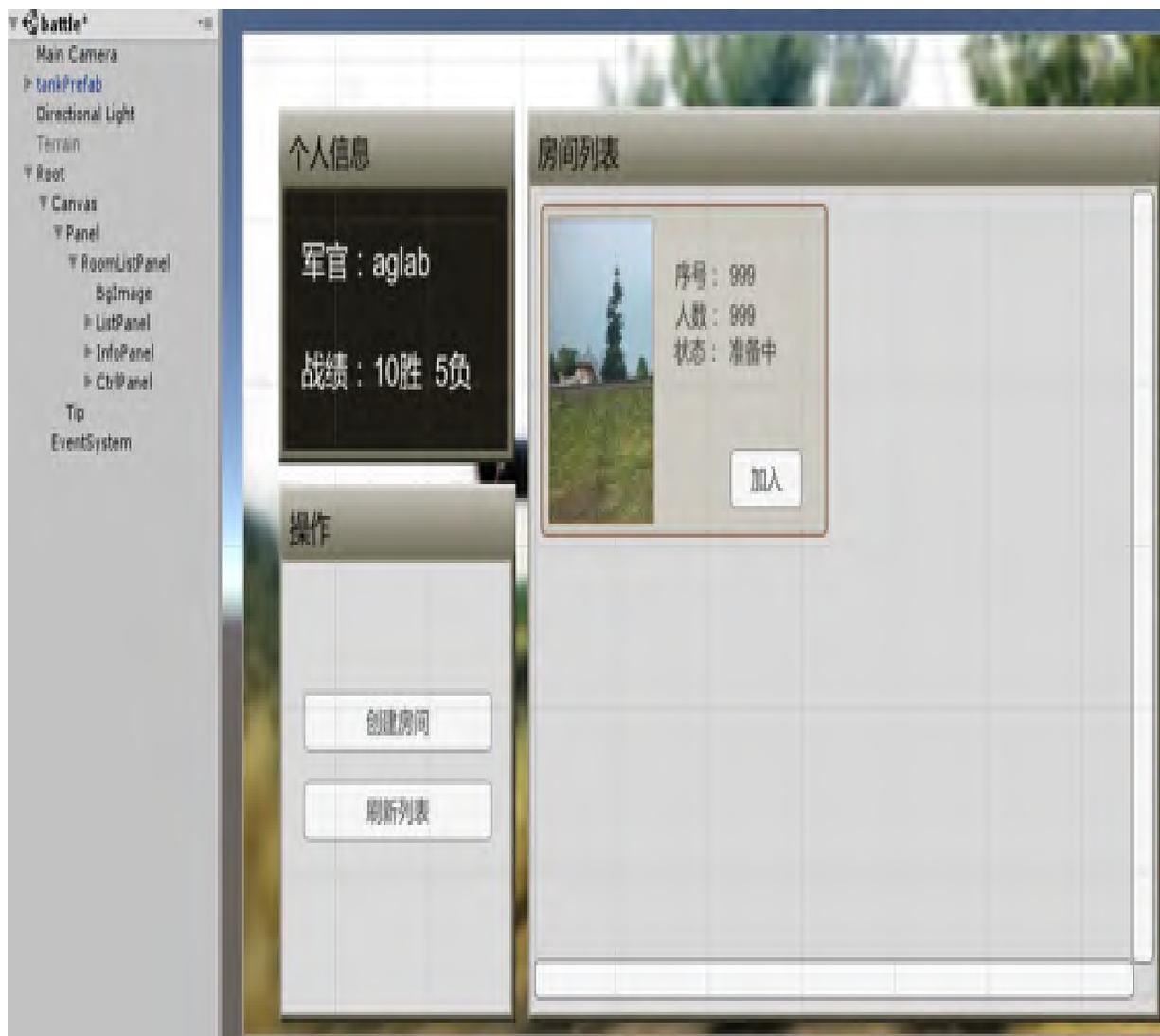


图10-3 房间列表面板

### 10.1.2 个人信息栏

个人信息栏会显示玩家的一些数据，包括用户名和胜负次数，如图10-4所示。

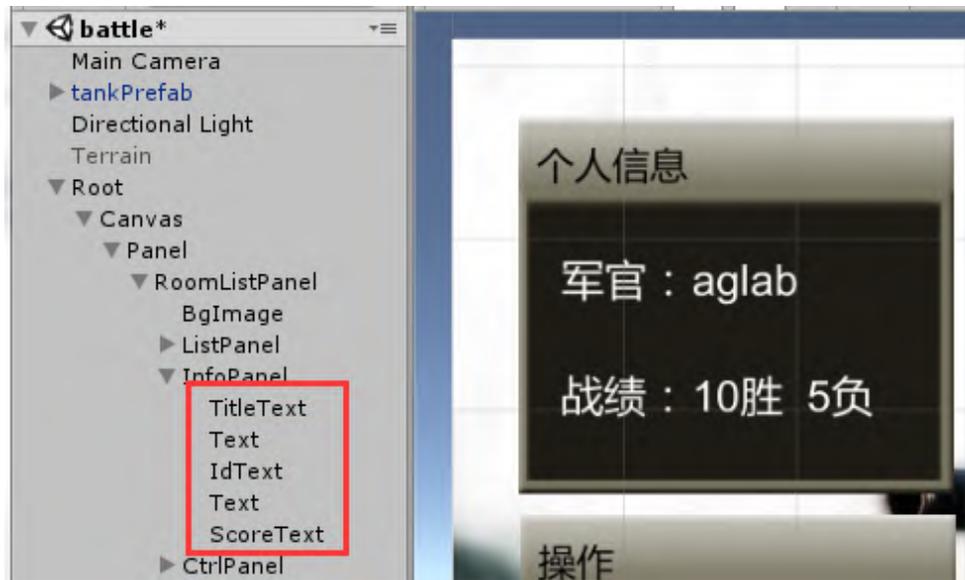


图10-4 个人信息栏

个人信息栏部件说明见表10-1。

表10-1 个人信息栏部件说明

主要部件	说明
InfoPanel	背景图，仅为了美观 
TitleText	标题文本，仅为了美观 
IdText	用户名文本框 
ScoreText	战绩文本框 

### 10.1.3 操作栏

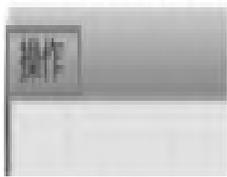
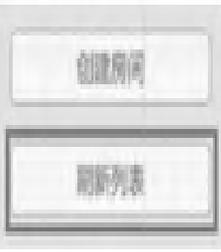
操作栏拥有“创建房间”和“刷新列表”两个按钮。点击“创建房间”按钮时，客户端会发送创建房间的协议给服务端；点击“刷新列表”按钮时，客户端也会发送查询房间列表的协议，如图10-5所示。



图10-5 操作栏

操作栏部件说明见表10-2。

表10-2 操作栏部件说明

主要部件	说明
CtrlPanel	背景图，仅为了美观 
TitleText	标题文本，仅为了美观 
CreateButton	创建房间按钮 
ReflashBurton	刷新列表按钮 

#### 10.1.4 房间列表栏

房间列表栏显示当前所有的房间信息，每一项都包含房间序号、人数、状态以及“加入”按钮，玩家可以通过该按钮进入一个已经存在的房间，如图10-6所示。

房间列表栏部件说明见表10-3。

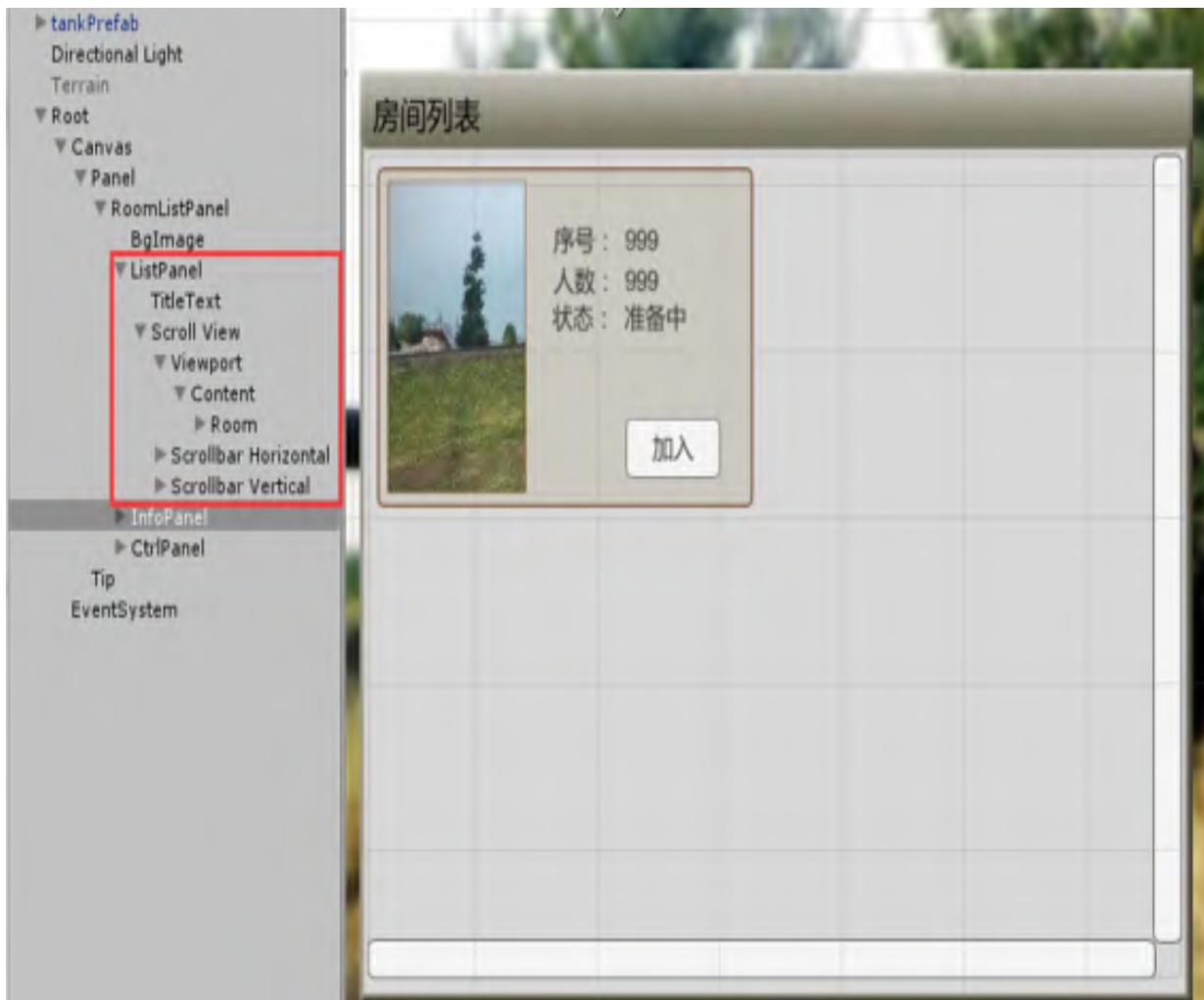


图10-6 房间列表栏

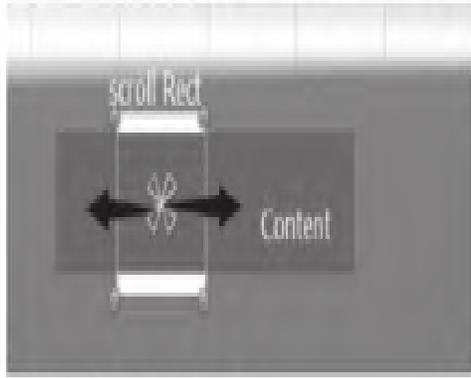
表10-3 房间列表栏部件说明

主要部件	说明
ListPanel	背景图，仅为了美观 
TitleText	标题文本，仅为了美观 
Scroll View	<p>Scroll View 是 Unity 内置的 Scroll View 组件，通过右击 Hierarchy → UI → Scroll View 添加。通过 Scroll View 组件，可以实现列表的展示</p> 

## 10.1.5 Scroll View

Scroll View是实现列表的最重要部件。Scroll View包含了名为Scroll Rect的组件，它能够实现区域的滑动，还可以设置滑动的方向、绑定滑动条。Scroll Rect的常用属性见表10-4。

表10-4 Scroll Rect的常用属性

常用属性	描述
Content	<p>滑动的内容。如下图的例子中，给白色图片添加 ScrollRect 组件，使它成为滑动窗口。指定蓝色图片为它的 Content，蓝色图片将能够在白色图片区域内滑动。对于超出 Scroll Rect 的部分，Content 可以被遮罩</p> 
Horizontal	该区域是否允许水平滑动
Vertical	该区域是否允许垂直滑动
Horizontal Scrollbar	对应的水平滑动条。拉动滑动条时，Content 将随之移动
Vertical Scrollbar	对应的垂直滑动条。拉动滑动条时，Content 将随之移动

RoomListPanel中的Scroll Rect各项属性设置应如图10-7所示，图中的Scroll View/Viewport/Content/Room是列表项，后续会制作。

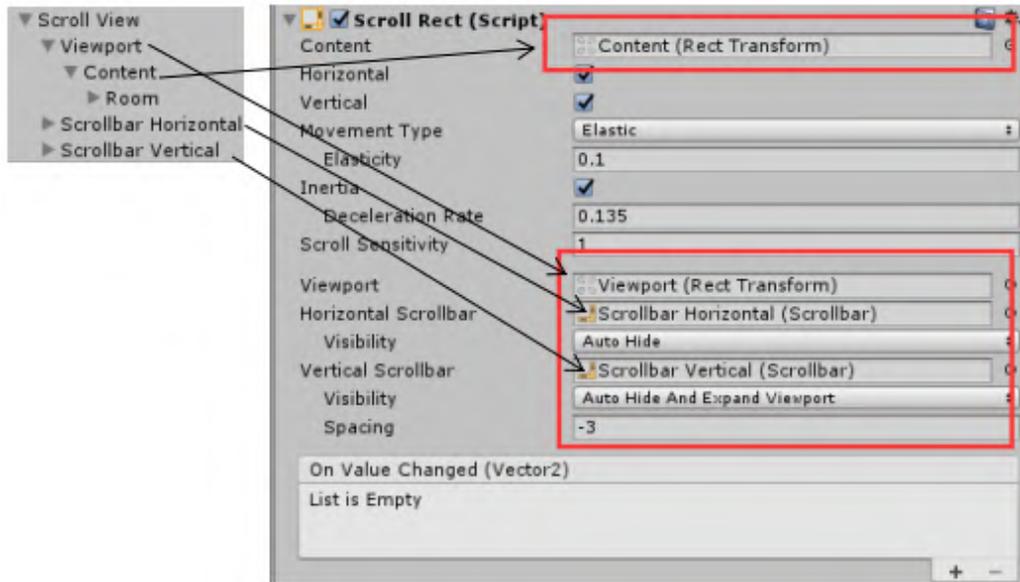


图10-7 Scroll Rect各项属性

除了Scroll Rect, GridLayoutGroup也是实现列表的必要组件。GridLayoutGroup是一个布局组件，它可以管理列表中的单元格，设置单元格大小、排列方式、行列参数等。给Content添加GridLayoutGroup后，Content的子物体的位置和大小将会由GridLayoutGroup自动设定。我们会把列表项当作Content的子物体，让GridLayoutGroup去排列它们。给Content添加GridLayoutGroup组件，设置图10-8所示的参数。其中Cell Size指定列表项的尺寸；Padding指定列表项与边框的间隔；Spacing指定列表项与列表项之间的间隔。再给Content添加的Content Size Fiter组件，它会自动调节Content尺寸；当列表项增多时，它会自动增大Content，反之亦然。

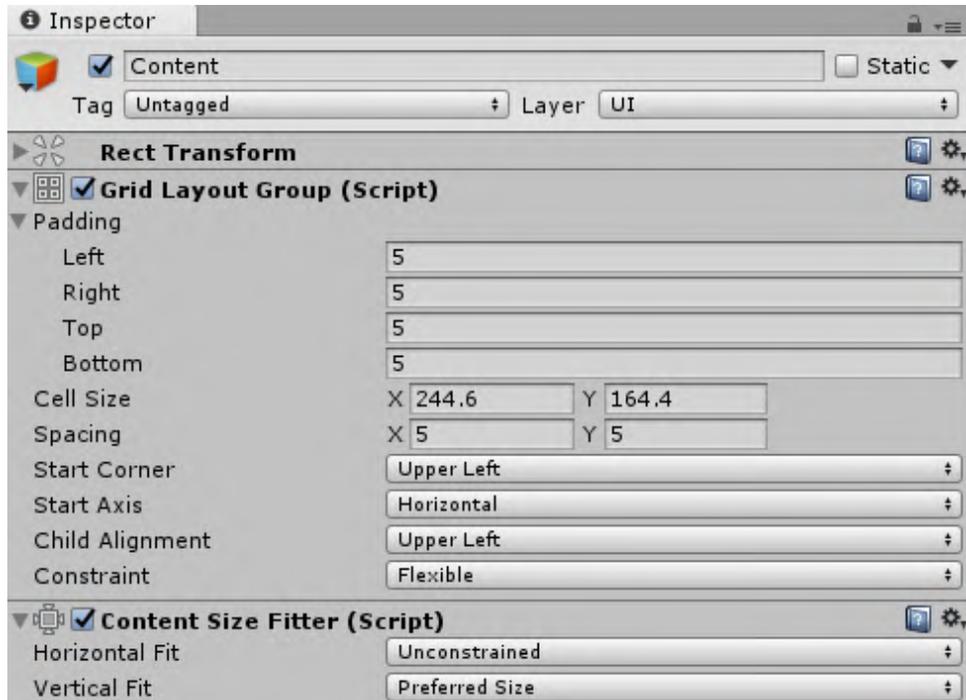


图10-8 给Content添加GridLayoutGroup组件

### 10.1.6 列表项Room

列表项Room用于显示房间信息。它包含idText、CountText和StatusText三个文本框，分别用于显示房间序号、房间人数和状态。它还包含“加入”按钮JoinButton，如图10-9所示。



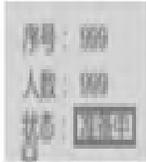
图10-9 列表项Room

列表项部件说明见表10-5。

表10-5 列表项部件说明

主要部件	说明
Room	背景框, 仅为了美观 

(续)

主要部件	说明
BgImage	背景图，仅为了美观 
IdText	房间序号文本 
CountText	人数文本 
StatusText	状态文本 
JoinButton	加入按钮 

由于Content包含GridLayoutGroup组件，会自动调节Content的子物体的位置和大小。如果多次复制列表项Room，如图10-10所示，最终会得到图10-11所示的表现效果。

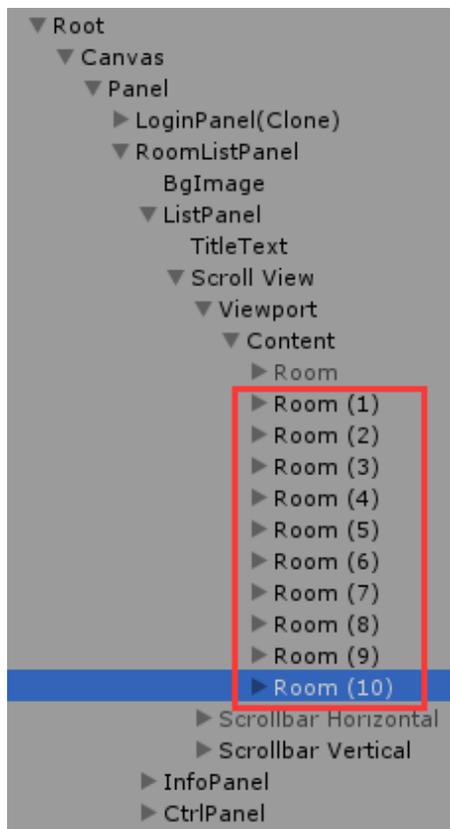


图10-10 多次复制列表项Room



图10-11 房间列表栏的显示效果

完成列表项Room，将Room移动到RoomListPanel中，如图10-12所示，让Content子物体为空。后续将会由程序实例化Room，把实例化对象放置到Content之下。

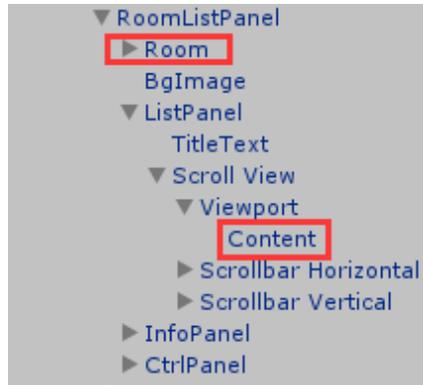


图10-12 将Room移动到RoomListPanel中

最后，将RoomListPanel做成预设，存放到Resources文件夹下，以便让PanelManager加载它。

## 10.2 房间面板预设

### 10.2.1 整体结构

玩家创建房间或加入房间后，将通过房间面板看到房间的详细信息。面板还包含“退出房间”和“开始战斗”两个按钮，如图10-13所示。当玩家按下“退出房间”按钮时，返回房间列表面板；当玩家按下“开始战斗”时，开启一场战斗。



图10-13 房间面板

### 10.2.2 列表栏

与10.1.4节相似，房间面板包含列表栏和控制栏。列表栏的核心是Scroll View部件，用于列出房间中的玩家，如图10-14所示。

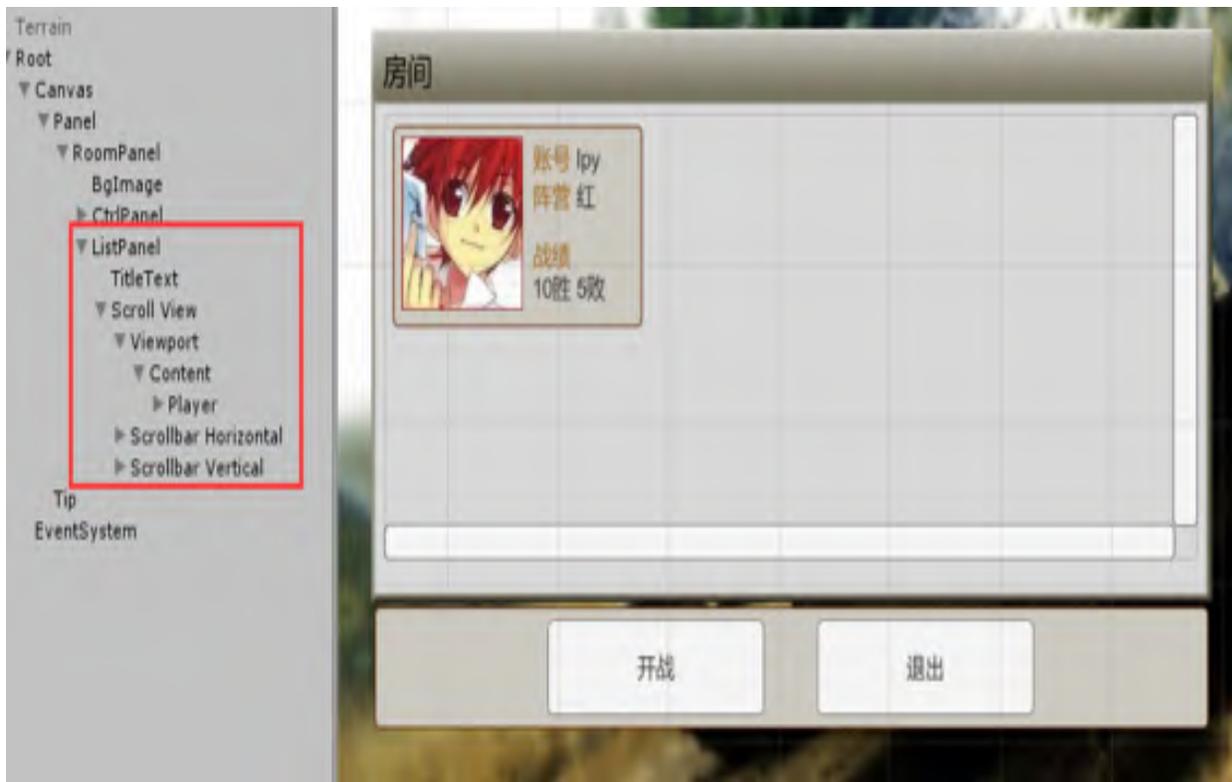


图10-14 列表栏部件

列表栏部件说明见表10-6。

表10-6 列表栏部件说明

主要部件	说明
ListPanel	背景图，仅为了美观 

(续)

主要部件	说明
TitleText	标题文本，仅为了美观 
Scroll View	Scroll View 部件，用于显示玩家信息。和 10.1.5 节相同，需要给 Scroll View 的 Content 添加 GridLayoutGroup 组件

### 10.2.3 列表项Player

列表项Player用于显示玩家信息，包含IdText、CampText和ScoreText三个文本框，分别用于显示玩家的账号、阵营和战绩，如图10-15所示。

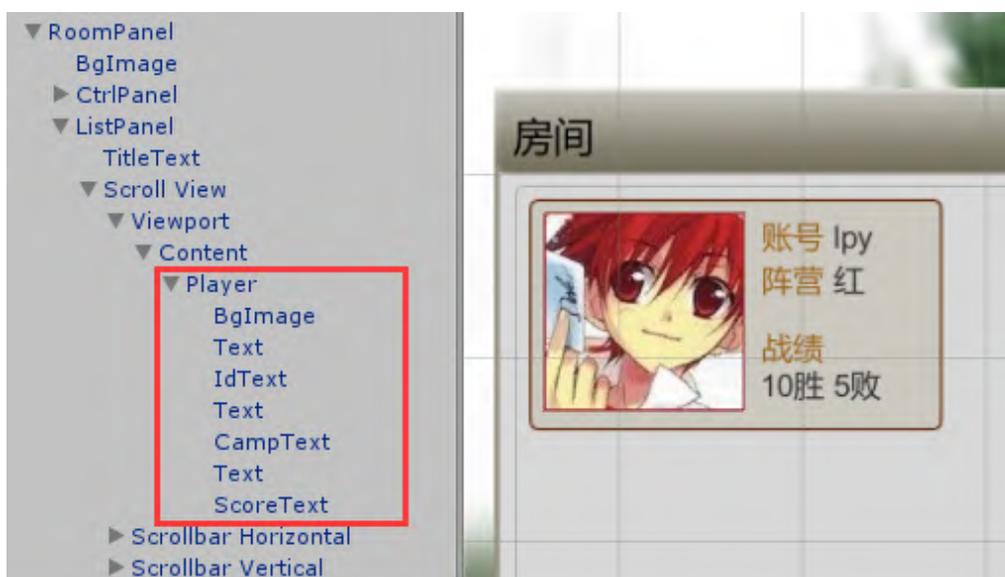


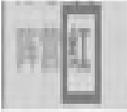
图10-15 列表项部件

列表项部件说明见表10-7。

表10-7 列表项部件说明

主要部件	说明
Player	背景框，仅为了美观 
BgImage	头像，仅为了美观 
IdText	账号文本 

(续)

主要部件	说明
CampText	阵营文本 
ScoreText	战绩文本 

如果多次复制列表项Player，最终会得到图10-16所示的表现效果。



图10-16 列表栏的显示效果

完成列表项Player，将其移动到RoomPanel中，如图10-17所示，后续将会由程序实例化它。



图10-17 将Player移动到RoomPanel中

### 10.2.4 控制栏

控制栏包含StartButton和CloseButton两个按钮，对应于开战和退出房间的功能，如图10-18所示。



图10-18 控制栏

控制栏部件说明见表10-8。

表10-8 控制栏部件说明

主要部件	说明
CtrlPanel	背景框，仅为了美观 
StartButton	开战按钮 
CloseButton	退出按钮 

完成后将房间面板（RoomPanel）做成预设，存放到Resources文件夹下。

### 10.3 协议设计

打开房间列表面板后，面板左侧显示玩家的战绩（总胜利次数和总失败次数），需要定义查询战绩的协议MsgGetAchieve；面板右侧显示了房间列表，需要获取房间列表的协议MsgGetRoomList；面板中有“新建房间”和“加入房间”按钮，涉及MsgCreateRoom和MsgEnterRoom两条协议；若玩家加入房间，需要获取房间信息（MsgGetRoomInfo协议）；玩家还可以选择离开房间（MsgLeaveRoom协议）或者开始战斗（MsgStartBattle）。综上，设计下面七条用于房间系统的协议。

在proto目录中新建名为RoomMsg的文件，编写房间系统的协议类，如图10-19所示。

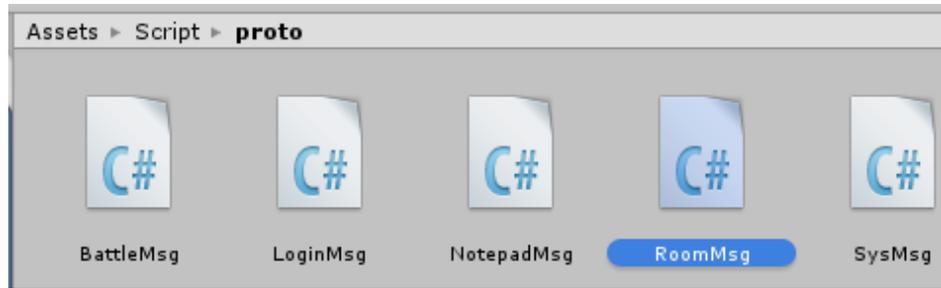


图10-19 RoomMsg的文件，编写房间系统的协议类

### 10.3.1 查询战绩MsgGetAchieve协议

服务端收到MsgGetAchieve协议后，返回玩家的总胜利次数win和总失败次数lost。协议类代码如下：

---

```
//查询成绩
public class MsgGetAchieve:MsgBase {
    public MsgGetAchieve() {protoName = "MsgGetAchieve";}
    //服务端回
    public int win = 0;
    public int lost = 0;
}
```

---

### 10.3.2 查询房间列表MsgGetRoomList协议

服务端收到MsgGetRoomList协议后，会将所有房间信息发送给客户端。协议类包含RoomInfo类型的数组，而RoomInfo类包含了房间的各种信息，包括序号（id）、人数（count）、状态（status）。status为0代表“准备中”状态，status为1代表“开战中”状态。

RoomInfo由“[System.Serializable]”修饰，代表这个类是可以被序列化的。只有加上这个修饰符，Unity的JsonUtility才能够正确解析rooms数组。协议类代码如下：

---

```
//房间信息
[System.Serializable]
public class RoomInfo{
    public int id = 0;           //房间id
```

---

```
    public int count = 0;        //人数
    public int status = 0;      //状态0-准备中1-战斗中
}

//请求房间列表
public class MsgGetRoomList:MsgBase {
    public MsgGetRoomList() {protoName = "MsgGetRoomList";}
    //服务端回
    public RoomInfo[] rooms;
}
```

---

### 10.3.3 创建房间MsgCreateRoom协议

服务端收到MsgCreateRoom协议后，会创建一个新的房间并把玩家添加到新的房间里。返回值result代表执行结果，result为0代表创建成功，其他数值代表创建失败。例如，如果玩家已经加入别的房间中，便不能创建新房间。代码如下：

---

```
//创建房间
public class MsgCreateRoom:MsgBase {
    public MsgCreateRoom() {protoName = "MsgCreateRoom";}
    //服务端回
    public int result = 0;
}
```

---

### 10.3.4 进入房间MsgEnterRoom协议

玩家请求加入房间时将房间序号(id)发送给服务端，服务端把玩家添加到房间中。服务端的返回值result代表执行结果，result为0代表成功进入，其他数值代表进入失败。例如玩家已经在房间中，就不能重复进入。代码如下：

---

```
//进入房间
public class MsgEnterRoom:MsgBase {
    public MsgEnterRoom() {protoName = "MsgEnterRoom";}
    //客户端发
    public int id = 0;
}
```

```
//服务端回
public int result = 0;
}
```

---

### 10.3.5 查询房间信息MsgGetRoomInfo协议

玩家进入房间后，可以通过MsgGetRoomInfo协议请求该房间的详细信息。服务端返回PlayerInfo类型的数组players，告诉客户端房间里所有玩家的信息，包括账号（id）、所在队伍（camp）、胜利总数（win）、失败总数（lost）、是否是房主（isOwner）。camp的取值为1或者2，代表在第一个阵营或者第二个阵营；如果isOwner为1，代表玩家是房主，如果为0，代表是普通成员。如有玩家加入或离开房间，服务端还会给房间里的所有玩家推送该协议，让客户端更新界面。代码如下：

---

```
//玩家信息
[System.Serializable]
public class PlayerInfo{
    public string id = "lpy";        //账号
    public int camp = 0;             //阵营
    public int win = 0;              //胜利数
    public int lost = 0;             //失败数
    public int isOwner = 0;          //是否是房主
}

//获取房间信息
public class MsgGetRoomInfo:MsgBase {
    public MsgGetRoomInfo() {protoName = "MsgGetRoomInfo";}
    //服务端回
    public PlayerInfo[] players;
}
```

---

经过Json协议的编码，MsgGetRoomInfo会被编码成如下形式的字符串，会以“[]”代表数组。

---

```
{"players":
```

```
[{"id":"aglab100","camp":2,"win":12,"lost":3,"isOwner":1}], "protoName":"MsgGetRoomInfo"}
```

---

### 10.3.6 退出房间MsgLeaveRoom协议

玩家退出房间时发送MsgLeaveRoom协议，服务端的返回值result代表离开房间的结果，result为0代表离开成功，其他数值代表离开失败（如玩家不在房间中却发送离开房间的协议）。代码如下：

```
//离开房间
public class MsgLeaveRoom:MsgBase {
    public MsgLeaveRoom() {protoName = "MsgLeaveRoom";}
    //服务端回
    public int result = 0;
}
```

---

### 10.3.7 开始战斗MsgStartBattle协议

当房主点击开始战斗按钮时，客户端会发送MsgStartBattle协议。服务端的返回值result代表开始战斗的结果，result为0代表成功，其他数值代表失败。代码如下：

```
//开战
public class MsgStartBattle:MsgBase {
    public MsgStartBattle() {protoName = "MsgStartBattle";}
    //服务端回
    public int result = 0;
}
```

---

## 10.4 列表面板逻辑

打开房间列表面板时，客户端会向服务端发送请求，服务端将返回房间列表信息，客户端再根据收到的信息刷新列表。

在Room模块中新增两个文件RoomListPanel和RoomPanel，分别编写房间列表面板和房间面板的逻辑，如图10-20所示。

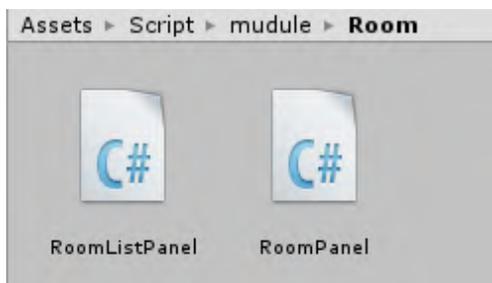


图10-20 新增两个文件RoomListPanel和RoomPanel

### 10.4.1 面板类

RoomListPanel的基本结构如下，它继承自BasePanel，皮肤为“RoomListPanel”，层级为PanelManager.Layer.Panel。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class RoomListPanel : BasePanel {

    //初始化
    public override void OnInit() {
        skinPath = "RoomListPanel";
        layer = PanelManager.Layer.Panel;
    }

    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
    }

    //关闭
    public override void OnClose() {
    }
}
```

---

### 10.4.2 获取部件

房间列表面板是本书最复杂的面板，它涉及较多的部件和功能。在RoomListPanel中定义指向各个面板部件的变量，idText代表账号文本，scoreText代表战绩文本，createButton代表创建房间按钮，reflashButton代表刷新列表按钮，content代表列表容器，roomObj代表列表项，如图10-21所示。还给创建房间按钮添加点击事件回调OnCreateClick，给刷新列表按钮添加回调OnReflashClick。图10-21展示了各变量和面板部件的对应关系。

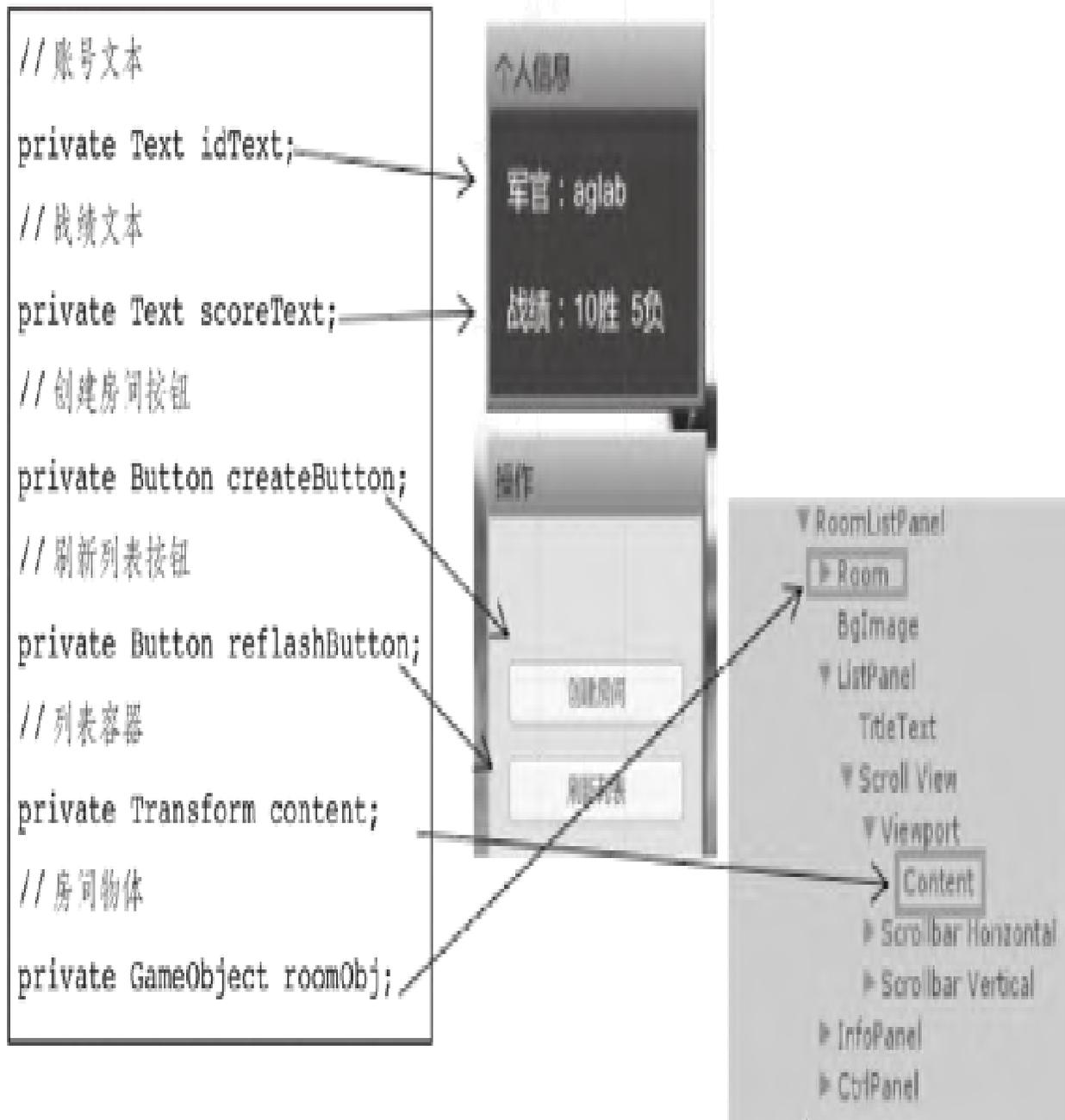


图10-21 各变量和面板部件的对应关系

由于登录之后，用户名会由客户端保存在GameMain.id中，直接给idText赋值即可。roomObj默认不应该显示出来，需要将它设置为不激活状态，程序将会以roomObj为模板，实例化出列表项。

代码如下：

---

```
public class RoomListPanel : BasePanel {
    //账号文本
    private Text idText;
    //战绩文本
    private Text scoreText;
    //创建房间按钮
    private Button createButton;
    //刷新列表按钮
    private Button reflashButton;
    //列表容器
    private Transform content;
    //房间物体
    private GameObject roomObj;

    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
        //寻找组件
        idText =
skin.transform.Find("InfoPanel/IdText").GetComponent<Text>();
        scoreText =
skin.transform.Find("InfoPanel/ScoreText").GetComponent <Text>
();
        createButton =
skin.transform.Find("CtrlPanel/CreateButton").GetComponent
<Button>();
        reflashButton =
skin.transform.Find("CtrlPanel/ReflashButton").GetComponent
<Button>();
        content = skin.transform.Find("ListPanel/Scroll
View/Viewport/Content");
        roomObj = skin.transform.Find("Room").gameObject;
        //按钮事件
        createButton.onClick.AddListener(OnCreateClick);
        reflashButton.onClick.AddListener(OnReflashClick);
        //不激活房间
```

```
        roomObj.SetActive(false);
        //显示id
        idText.text = GameMain.id;
    }
    .....
}
```

---

### 10.4.3 网络监听

房间列表面板需要监听MsgGetAchieve（查询战绩）、MsgGetRoomList（刷新房间列表）、MsgCreateRoom（创建房间）和MsgEnterRoom（进入房间）四条协议。收到服务端发送的这几条协议后，客户端调用OnMsgGetAchieve和OnMsgGetRoomList更新界面，调用OnMsgCreateRoom和OnMsgEnterRoom执行进入房间的逻辑。

在面板打开时，客户端会主动查询战绩和房间列表（MsgGetAchieve和MsgGetRoomList），所以在OnShow中将这两条协议发给服务端，待服务端回应时，更新面板。代码如下：

---

```
//显示
public override void OnShow(params object[] args) {
    //寻找组件、按钮事件、不激活房间、显示id
    .....
    //协议监听
    NetManager.AddMsgListener("MsgGetAchieve", OnMsgGetAchieve);
    NetManager.AddMsgListener("MsgGetRoomList",
OnMsgGetRoomList);
    NetManager.AddMsgListener("MsgCreateRoom", OnMsgCreateRoom);
    NetManager.AddMsgListener("MsgEnterRoom", OnMsgEnterRoom);
    //发送查询
    MsgGetAchieve msgGetAchieve = new MsgGetAchieve();
    NetManager.Send(msgGetAchieve);
    MsgGetRoomList msgGetRoomList = new MsgGetRoomList();
    NetManager.Send(msgGetRoomList);
}

//关闭
public override void OnClose() {
    //协议监听
    NetManager.RemoveMsgListener("MsgGetAchieve",
OnMsgGetAchieve);
}
```

```
NetManager.RemoveMsgListener("MsgGetRoomList",
OnMsgGetRoomList);
NetManager.RemoveMsgListener("MsgCreateRoom",
OnMsgCreateRoom);
NetManager.RemoveMsgListener("MsgEnterRoom",
OnMsgEnterRoom);
}
```

---

#### 10.4.4 刷新战绩

客户端收到MsgGetAchieve协议后，调用OnMsgGetAchieve方法，它会根据服务端返回的胜（win）负（lost）数，更新scoreText。

---

```
//收到成绩查询协议
public void OnMsgGetAchieve (MsgBase msgBase) {
    MsgGetAchieve msg = (MsgGetAchieve)msgBase;
    scoreText.text = msg.win + "胜" + msg.lost + "负";
}
```

---



图10-22 刷新战绩文本

#### 10.4.5 刷新房间列表

客户端收到MsgGetRoomList协议后，调用OnMsgGetRoomList方法。它会先删去已经生成的列表项。然后根据服务端发来的房间信息重新生成列表项（GenerateRoom方法）。下面代码中，程序通过content.GetChild获取已经生成的列表项，再通过Destroy方法摧毁它们，执行完“清除房间列表”的操作，content将没有任何子物体。由于msg.rooms是一个包含所有房间信息的数组，程序遍历这个数组，再调用GenerateRoom创建列表项。

---

```

//收到房间列表协议
public void OnMsgGetRoomList (MsgBase msgBase) {
    MsgGetRoomList msg = (MsgGetRoomList)msgBase;
    //清除房间列表
    for(int i = content.childCount-1; i >= 0 ; i--){
        GameObject o = content.GetChild(i).gameObject;
        Destroy(o);
    }
    //如果没有房间，不需要进一步处理
    if(msg.rooms == null){
        return;
    }
    for(int i = 0; i < msg.rooms.Length; i++){
        GenerateRoom(msg.rooms[i]);
    }
}

```

GenerateRoom是创建列表项（房间信息）的方法，它通过Instantiate生成列表项，把列表项设为content的子对象。由于content包含了GridLayoutGroup组件，它会自动调节列表项的大小和位置。然后GenerateRoom根据参数RoomInfo（在协议文件RoomMsg.cs中定义）的数据给列表项的部件赋值。对应关系见图10-23。

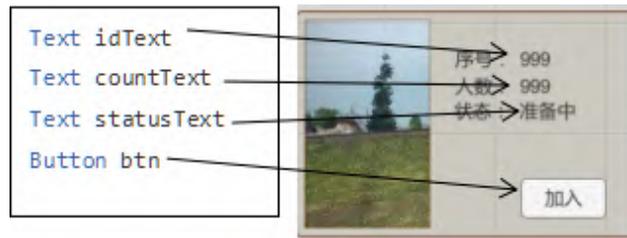


图10-23 GenerateRoom中变量与组件的对应关系

**GenerateRoom代码如下：**

```

//创建一个房间单元
public void GenerateRoom(RoomInfo roomInfo) {
    //创建物体
    GameObject o = Instantiate(roomObj);
    o.transform.SetParent(content);
    o.SetActive(true);
}

```

```

o.transform.localScale = Vector3.one;
//获取组件
Transform trans = o.transform;
Text idText = trans.Find("IdText").GetComponent<Text>();
Text countText = trans.Find("CountText").GetComponent<Text>
());
Text statusText =
trans.Find("StatusText").GetComponent<Text>();
Button btn = trans.Find("JoinButton").GetComponent<Button>
());
//填充信息
idText.text = roomInfo.id.ToString();
countText.text = roomInfo.count.ToString();
if(roomInfo.status == 0){
    statusText.text = "准备中";
}
else{
    statusText.text = "战斗中";
}
//按钮事件
btn.name = idText.text;
btn.onClick.AddListener(delegate(){
    OnJoinClick(btn.name);
});
}

```

---

当玩家点击加入按钮时，OnJoinClick方法被调用，它的参数是按钮名字，即房间序号。点击按钮后，客户端将会向服务端发送MsgEnterRoom协议（稍后实现）。

### 10.4.6 加入房间

玩家点击“加入”按钮请求加入房间，客户端会发送MsgEnterRoom协议并期待服务端回应。如果服务端返回0，表示成功进入房间，需要打开房间面板。如果返回其他值，表示进入房间失败，弹出提示。

OnJoinClick的具体实现如下，参数idString代表要加入房间的序号。

---

```

//点击加入房间按钮

```

```
public void OnJoinClick(string idString) {
    MsgEnterRoom msg = new MsgEnterRoom();
    msg.id = int.Parse(idString);
    NetManager.Send(msg);
}
```

---

收到进入房间协议的回调方法OnMsgEnterRoom如下。它根据服务端的返回值弹出提示。

---

```
//收到进入房间协议
public void OnMsgEnterRoom (MsgBase msgBase) {
    MsgEnterRoom msg = (MsgEnterRoom)msgBase;
    //成功进入房间
    if(msg.result == 0){
        PanelManager.Open<RoomPanel>();
        Close();
    }
    //进入房间失败
    else{
        PanelManager.Open<TipPanel>("进入房间失败");
    }
}
```

---

### 10.4.7 创建房间

玩家点击“创建房间”按钮，客户端向服务端发送MsgCreateRoom协议。服务端返回后，客户端读取返回值。如果返回0，代表创建成功，打开房间面板；如果返回其他值，表示创建失败，弹出失败提示。

点击新建房间按钮代码如下：

---

```
//点击新建房间按钮
public void OnCreateClick() {
    MsgCreateRoom msg = new MsgCreateRoom();
    NetManager.Send(msg);
}
```

---

MsgCreateRoom协议处理代码如下：

---

```
//收到新建房间协议
public void OnMsgCreateRoom (MsgBase msgBase) {
    MsgCreateRoom msg = (MsgCreateRoom)msgBase;
    //成功创建房间
    if(msg.result == 0){
        PanelManager.Open<TipPanel>("创建成功");
        PanelManager.Open<RoomPanel>();
        Close();
    }
    //创建房间失败
    else{
        PanelManager.Open<TipPanel>("创建房间失败");
    }
}
```

---

### 10.4.8 刷新按钮

当玩家点击“刷新列表”按钮，客户端向服务端发送MsgGetRoomList协议。当服务端返回时，10.4.5节的OnMsgGetRoomList方法会被调用，重新生成列表项。

---

```
//点击刷新按钮
public void OnReflashClick(){
    MsgGetRoomList msg = new MsgGetRoomList();
    NetManager.Send(msg);
}
```

---

为测试面板能否正确显示，读者可以自行编写协议然后手动调用OnMsgGetRoomList等方法，模拟服务端的数据。

## 10.5 房间面板逻辑

房间面板会显示房间里所有玩家的信息，开始编写房间面板的逻辑吧！

## 10.5.1 面板类

定义如下的房间面板类，它继承自BasePanel，设置皮肤（skinPath）为“RoomPanel”，层级（layer）为“PanelManager.Layer.Panel”。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class RoomPanel : BasePanel {

    //初始化
    public override void OnInit() {
        skinPath = "RoomPanel";
        layer = PanelManager.Layer.Panel;
    }

    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
        .....
    }

    //关闭
    public override void OnClose() {
        .....
    }
}
```

---

## 10.5.2 获取部件

房间面板主要涉及玩家列表和开始战斗、退出房间两个按钮。定义startButton指向开始战斗按钮，closeButton指向退出战斗按钮，content指向列表容器，playerObj指向列表项，房间面板中变量与部件的对应关系如图10-24所示。

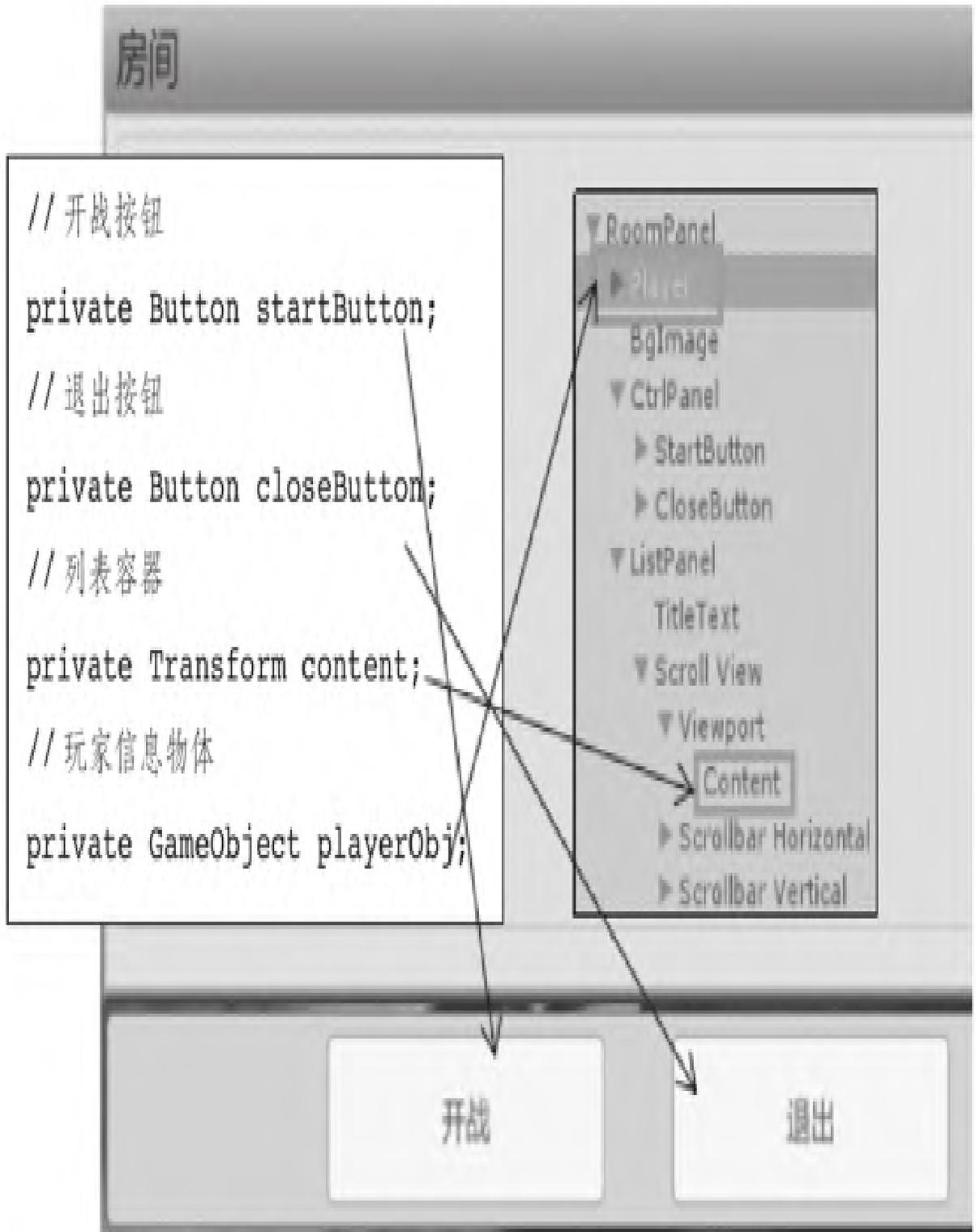


图10-24 房间面板中变量与部件的对应关系

与列表面板一样，将列表项（playerObj）设置为不激活状态，同时给开始战斗按钮添加点击事件回调OnStartClick，给关闭房间按钮添加回调OnCloseClick。

代码如下：

---

```
public class RoomPanel : BasePanel {
    //开战按钮
    private Button startButton;
    //退出按钮
    private Button closeButton;
    //列表容器
    private Transform content;
    //玩家信息物体
    private GameObject playerObj;

    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
        //寻找组件
        startButton =
skin.transform.Find("CtrlPanel/StartButton").GetComponent
<Button>();
        closeButton =
skin.transform.Find("CtrlPanel/CloseButton").GetComponent
<Button>();
        content = skin.transform.Find("ListPanel/Scroll
View/Viewport/Content");
        playerObj = skin.transform.Find("Player").gameObject;
        //不激活玩家信息
        playerObj.SetActive(false);
        //按钮事件
        startButton.onClick.AddListener(OnStartClick);
        closeButton.onClick.AddListener(OnCloseClick);
    }
}
```

---

### 10.5.3 网络监听

房间面板需要监听房间信息协议（MsgGetRoomInfo）、离开房间协议（MsgLeaveRoom）和开始战斗协议（MsgStartBattle），当收到

这些协议时，会回调OnMsgGetRoomInfo、OnMsgLeaveRoom或OnMsgStartBattle。

除了客户端主动请求，服务端会在玩家加入、退出房间时向房间里的所有玩家广播MsgGetRoomInfo协议，以便客户端更新界面。

---

```
//显示
public override void OnShow(params object[] args) {
    //寻找组件、不激活玩家信息、按钮事件
    .....
    //协议监听
    NetManager.AddMsgListener("MsgGetRoomInfo",
OnMsgGetRoomInfo);
    NetManager.AddMsgListener("MsgLeaveRoom", OnMsgLeaveRoom);
    NetManager.AddMsgListener("MsgStartBattle",
OnMsgStartBattle);
    //发送查询
    MsgGetRoomInfo msg = new MsgGetRoomInfo();
    NetManager.Send(msg);
}

//关闭
public override void OnClose() {
    //协议监听
    NetManager.RemoveMsgListener("MsgGetRoomInfo",
OnMsgGetRoomInfo);
    NetManager.RemoveMsgListener("MsgLeaveRoom",
OnMsgLeaveRoom);
    NetManager.RemoveMsgListener("MsgStartBattle",
OnMsgStartBattle);
}
```

---

#### 10.5.4 刷新玩家列表

与10.4.5节的处理过程相似，客户端收到MsgGetRoomInfo协议后，会先清除房间面板的列表项，再根据服务端返回的信息，一个个添加。

---

```
//收到玩家列表协议
```

```

public void OnMsgGetRoomInfo (MsgBase msgBase) {
    MsgGetRoomInfo msg = (MsgGetRoomInfo)msgBase;
    //清除玩家列表
    for(int i = content.childCount-1; i >= 0 ; i--){
        GameObject o = content.GetChild(i).gameObject;
        Destroy(o);
    }
    //重新生成列表
    if(msg.players == null){
        return;
    }
    for(int i = 0; i < msg.players.Length; i++){
        GeneratePlayerInfo(msg.players[i]);
    }
}

```

GeneratePlayerInfo会根据服务端发来的PlayerInfo信息，添加一个列表项，并设置列表项中各个部件的属性，图10-25展示了玩家列表项中变量与部件的对应关系。



图10-25 玩家列表项中变量与部件的对应关系

GeneratePlayerInfo会先实例化（Instantiate）列表项，将它设置为content的子物体（transform.SetParent）。如果玩家在第一阵营，会显示“红”阵营；如果玩家在第二阵营，会显示“蓝”阵营；如果玩家是该房间的房主，会在阵营后面加上“！”，以区分房主和普通玩家。代码如下：

```

//创建一个玩家信息单元
public void GeneratePlayerInfo(PlayerInfo playerInfo){
    //创建物体
    GameObject o = Instantiate(playerObj);
    o.transform.SetParent(content);
    o.SetActive(true);
    o.transform.localScale = Vector3.one;
}

```

```

//获取组件
Transform trans = o.transform;
Text idText = trans.Find("IdText").GetComponent<Text>();
Text campText = trans.Find("CampText").GetComponent<Text>();
Text scoreText = trans.Find("ScoreText").GetComponent<Text>
();
//填充信息
idText.text = playerInfo.id;
if(playerInfo.camp == 1){
    campText.text = "红";
}
else{
    campText.text = "蓝";
}
if(playerInfo.isOwner == 1){
    campText.text = campText.text + "! ";
}
scoreText.text = playerInfo.win + "胜" + playerInfo.lost +
"负";
}

```

---

### 10.5.5 退出房间

玩家点击退出按钮时，客户端向服务端发送MsgLeaveRoom协议。如果服务端的返回值为0，代表退出成功，重新打开房间列表面板。代码如下：

---

```

//点击退出按钮
public void OnCloseClick(){
    MsgLeaveRoom msg = new MsgLeaveRoom();
    NetManager.Send(msg);
}

//收到退出房间协议
public void OnMsgLeaveRoom (MsgBase msgBase) {
    MsgLeaveRoom msg = (MsgLeaveRoom)msgBase;
    //成功退出房间
    if(msg.result == 0){
        PanelManager.Open<TipPanel>("退出房间");
        PanelManager.Open<RoomListPanel>();
        Close();
    }
}

```

```
//退出房间失败
else{
    PanelManager.Open<TipPanel>("退出房间失败");
}
}
```

---

## 10.5.6 开始战斗

当玩家点击开始战斗按钮，客户端会发送MsgStartBattle协议，如果服务端的返回值为0，代表操作成功，关闭面板。如果操作失败，会弹出提示。房间模块仅关闭面板，不做额外的处理。

在下一章实现的战场功能中，如果成功开战，服务端会向房间里的所有玩家广播MsgEnterBattle协议，并附上战场信息，战斗模块会监听这条协议，然后初始化战场。代码如下：

```
//点击开战按钮
public void OnStartClick(){
    MsgStartBattle msg = new MsgStartBattle();
    NetManager.Send(msg);
}

//收到开战返回
public void OnMsgStartBattle (MsgBase msgBase) {
    MsgStartBattle msg = (MsgStartBattle)msgBase;
    //开战
    if(msg.result == 0){
        //关闭界面
        Close();
    }
    //开战失败
    else{
        PanelManager.Open<TipPanel>("开战失败！两队至少都需要一名玩
家，只有队长可以开始战斗！");
    }
}
}
```

---

## 10.6 打开列表面板

当玩家成功登录游戏，程序会打开房间列表面板。需要在LoginPanel收到登录协议的回调方法中，打开列表面板。

LoginPanel修改代码如下：

---

```
//收到登录协议
public void OnMsgLogin (MsgBase msgBase) {
    MsgLogin msg = (MsgLogin)msgBase;
    if(msg.result == 0){
        Debug.Log("登录成功");
        //设置id
        GameMain.id = msg.id;
        //打开房间列表界面
        PanelManager.Open<RoomListPanel>();
        //关闭界面
        Close();
    }
    else{
        PanelManager.Open<TipPanel>("登录失败");
    }
}
```

---

完成了客户端的功能，服务端又该怎样处理房间系统呢？下一节继续。

## 10.7 服务端玩家数据

完成房间系统客户端部分，接着我们便着手实现房间系统的服务端功能。游戏服务端需要记录玩家数据、管理房间、处理客户端发来的协议，房间系统的服务端功能会基于之前实现的服务端框架，进一步编写游戏逻辑。

### 10.7.1 存储数据

房间列表面板和房间面板都会显示玩家的战绩，指示玩家一共打赢了多少场战斗，以及输掉多少场战斗。战绩的数据不会因为玩家的上线下线而重置，需要保存在数据库中。在定义玩家存储数据的PlayerData中添加代表胜利数的win和代表失败数的lost。代码如下：

---

```
public class PlayerData{
    //金币
    public int coin = 0;
    //记事本
    public string text = "new text";
    //胜利数
    public int win = 0;
    //失败数
    public int lost = 0;
}
```

---

## 10.7.2 临时数据

当玩家进入房间后，服务端需要记录玩家所在的房间号（roomId，-1代表没有在房间里）、阵营（camp）等数据。当玩家开始一场战斗时，服务端需要记录坦克的位置和旋转角度（x，y，z，ex，ey，ez），还需要记录坦克的生命值（hp）。每当玩家进入战场，这些数据都会被刷新，不需要存入数据库。在Player类中定义如下临时数据：

---

```
public class Player {
    //id、ClientState、构造函数、Send（略）
    //坐标和旋转
    public int x;
    public int y;
    public int z;
    public float ex;
    public float ey;
    public float ez;
    //在哪个房间
    public int roomId = -1;
    //阵营
    public int camp = 1;
    //坦克生命值
    public int hp = 100;
    .....
}
```

---

图10-26展示了客户端状态clientState的结构，标注底纹的成员是此次添加的成员。

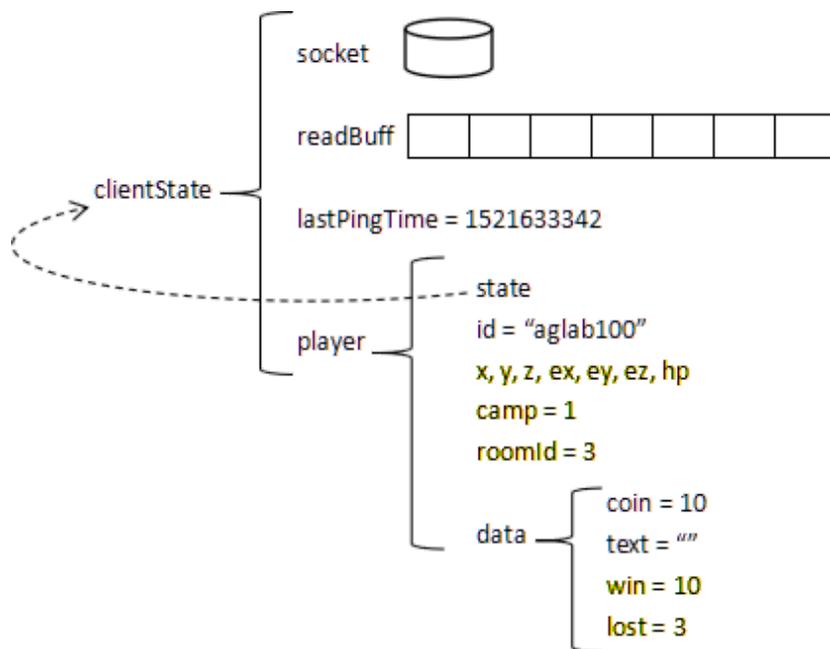


图10-26 一个客户端连接对应的数据结构

## 10.8 服务端房间类

### 10.8.1 管理器和房间类的关系

在服务端中，每一个房间是一个房间类对象，它们存放在房间管理器的列表中，由管理器添加和删除。在图10-27中，客户端房间列表面板显示了两个房间，对应的，服务端的`roomManager`也带有两个房间对象，和客户端上显示的信息一一对应。

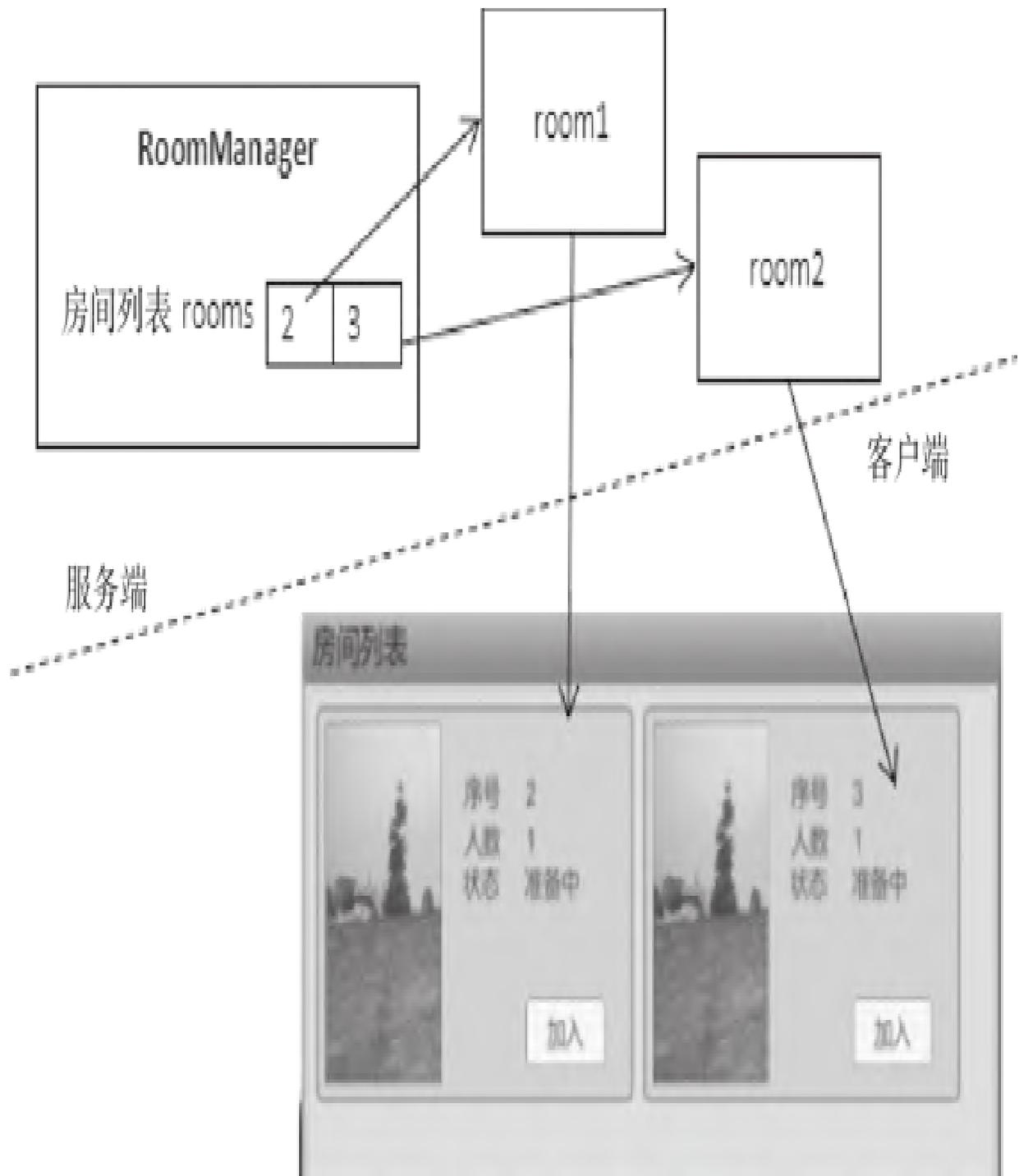


图10-27 服务端和客户端房间对象的对应关系

在服务端中的逻辑代码中添加`Room.cs`和`RoomManager.cs`，分别用于编写房间类和房间管理器。在`proto`中添加房间系统协议`RoomMsg.cs`，将10.3节的协议复制进来，如图10-28所示。

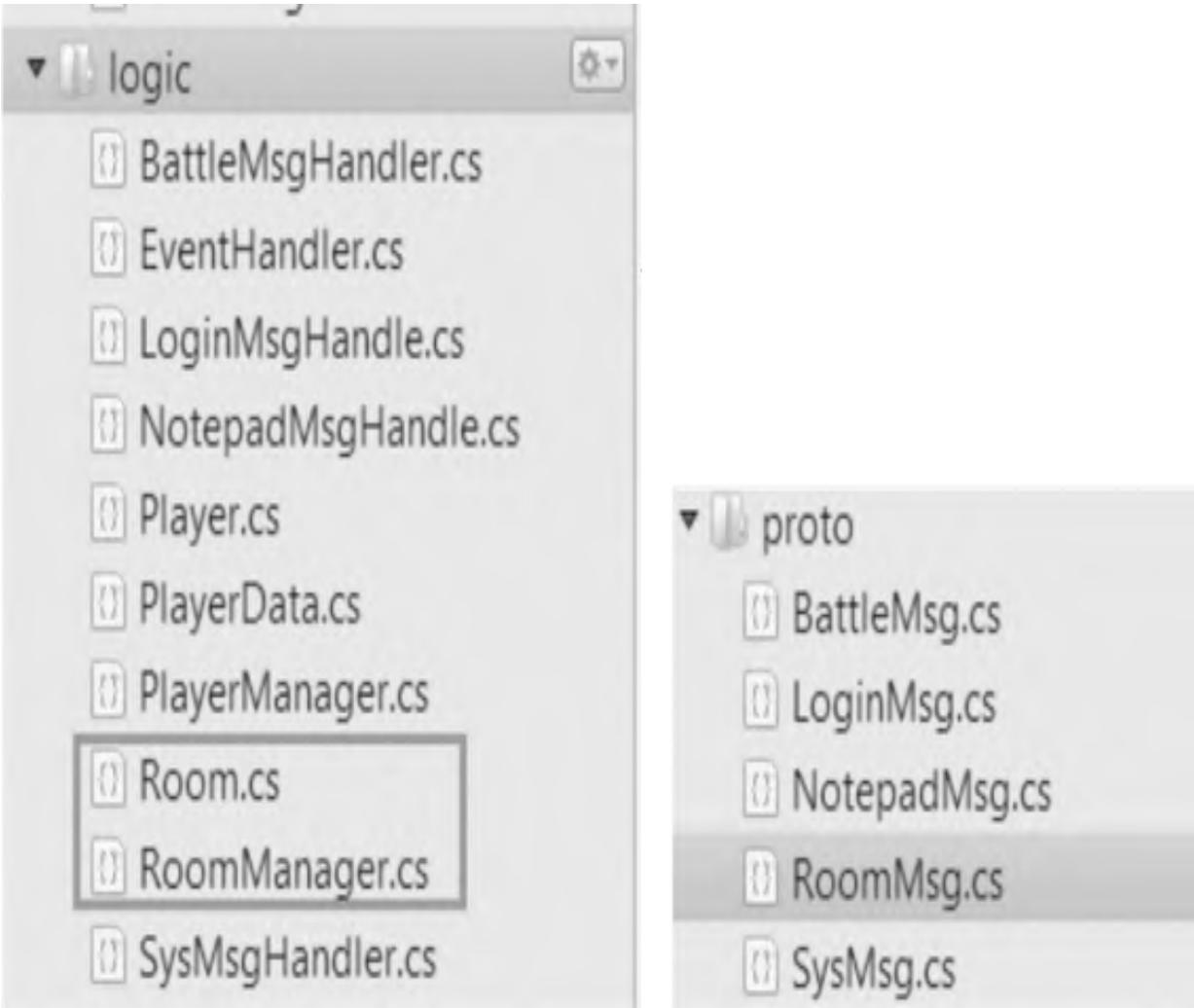


图10-28 添加房间系统文件

## 10.8.2 房间类的设计要点

房间对象应当包含这个房间的所有信息，包括房间id、玩家列表、房主是谁、房间状态。定义如下的Room类，其中：id代表房间的序号；maxPlayer代表该房间最多能够容纳多少名玩家，默认为6名；playerIds列表会索引房间里的玩家，它是一个Dictionary<string, bool>类型的数据，用玩家的id做索引，如果bool类型的值为true，代表这名玩家在房间里；ownerId代表房主的id，创建房间的玩家即是房主；status代表房间的状态，房间会有准备中（PREPARE）和战斗中（FIGHT）两种状态，玩家只能进入准备状态的房间。

---

```
using System;
using System.Collections.Generic;

public class Room {
    //id
    public int id = 0;
    //最大玩家数
    public int maxPlayer = 6;
    //玩家列表
    public Dictionary<string, bool> playerIds = new
Dictionary<string, bool>();
    //房主id
    public string ownerId = "";
    //状态
    public enum Status {
        PREPARE = 0,
        FIGHT = 1 ,
    }
    public Status status = Status.PREPARE;

    .....
}
```

---

图10-29展示了服务端房间类成员与客户端面板的关系。

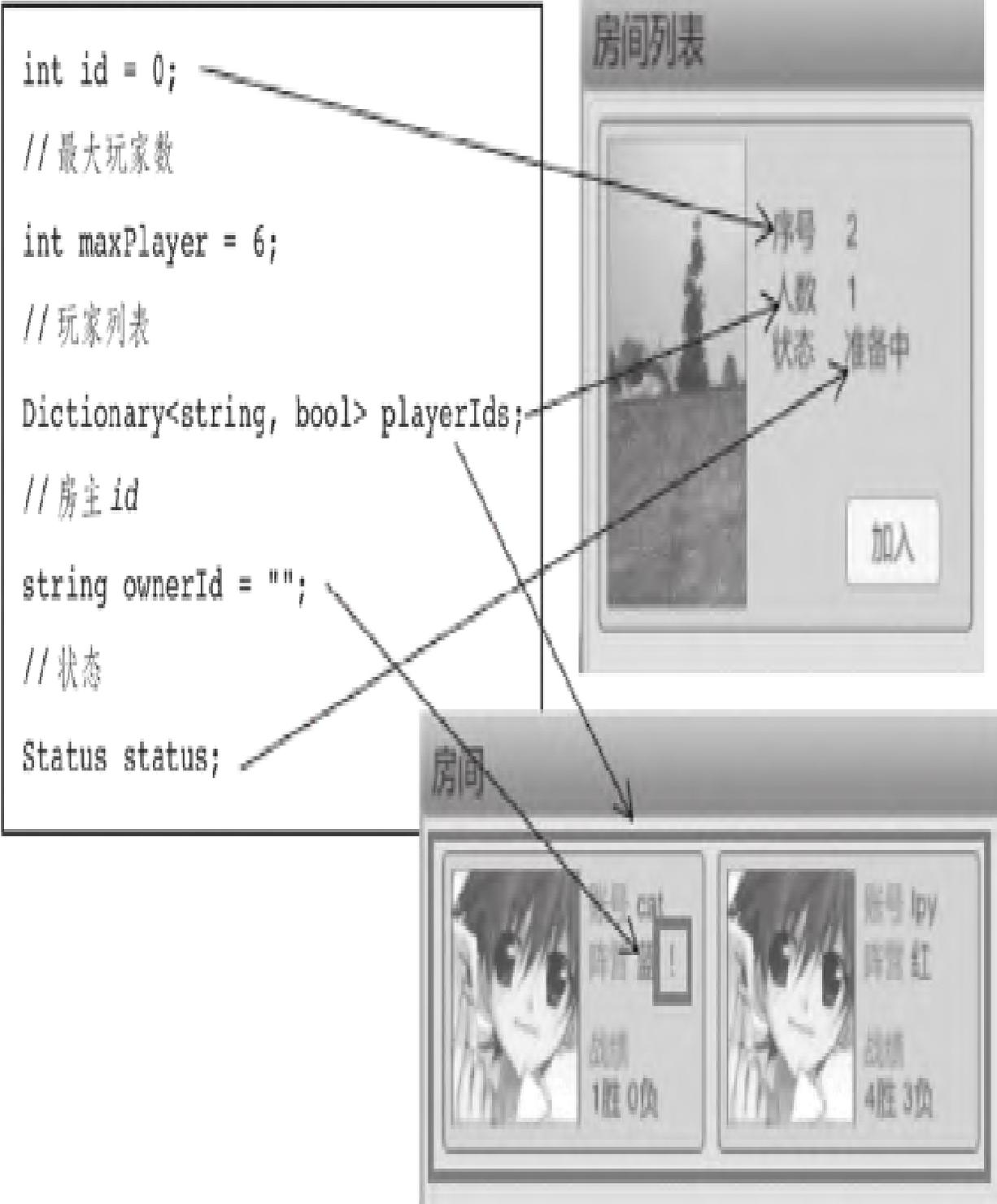


图10-29 服务端房间类成员与客户端面板的关系

### 10.8.3 添加玩家

当玩家创建房间或者请求进入一个已经存在的房间时，程序需要把这个玩家添加到房间里。具体来说就是在Room对象的playerIds列表中添加一项，对应这名玩家的id。同时，为了方便索引，还会设置Player对象的roomId属性。图10-30展示了服务端中各个管理器和具体对象的索引关系，房间对象（room）通过playerIds列表索引着玩家id，而player对象通过roomId属性索引着它所在的房间。

程序需要对玩家能否进入房间做一系列判断，比如房间人满的时候加入失败；房间如果已经是开战状态，也不能添加玩家；或者请求加入房间的玩家已经在某一个房间里面，在他退出所在房间之前，不能重复加入。

定义给房间添加玩家的方法AddPlayer，它的参数id代表要加入房间的玩家id。如果AddPlayer返回true，代表加入成功；如果返回false，代表加入失败。

在一系列判断之后，程序会设置房间和玩家的索引属性（playerIds列表和roomId）；通过SwitchCamp方法（稍后实现）给玩家选择一个阵营；还会判断当前房间是否是新建的（房主ownerId为空），如果是新建的房间，第一个加入的玩家即是房主。

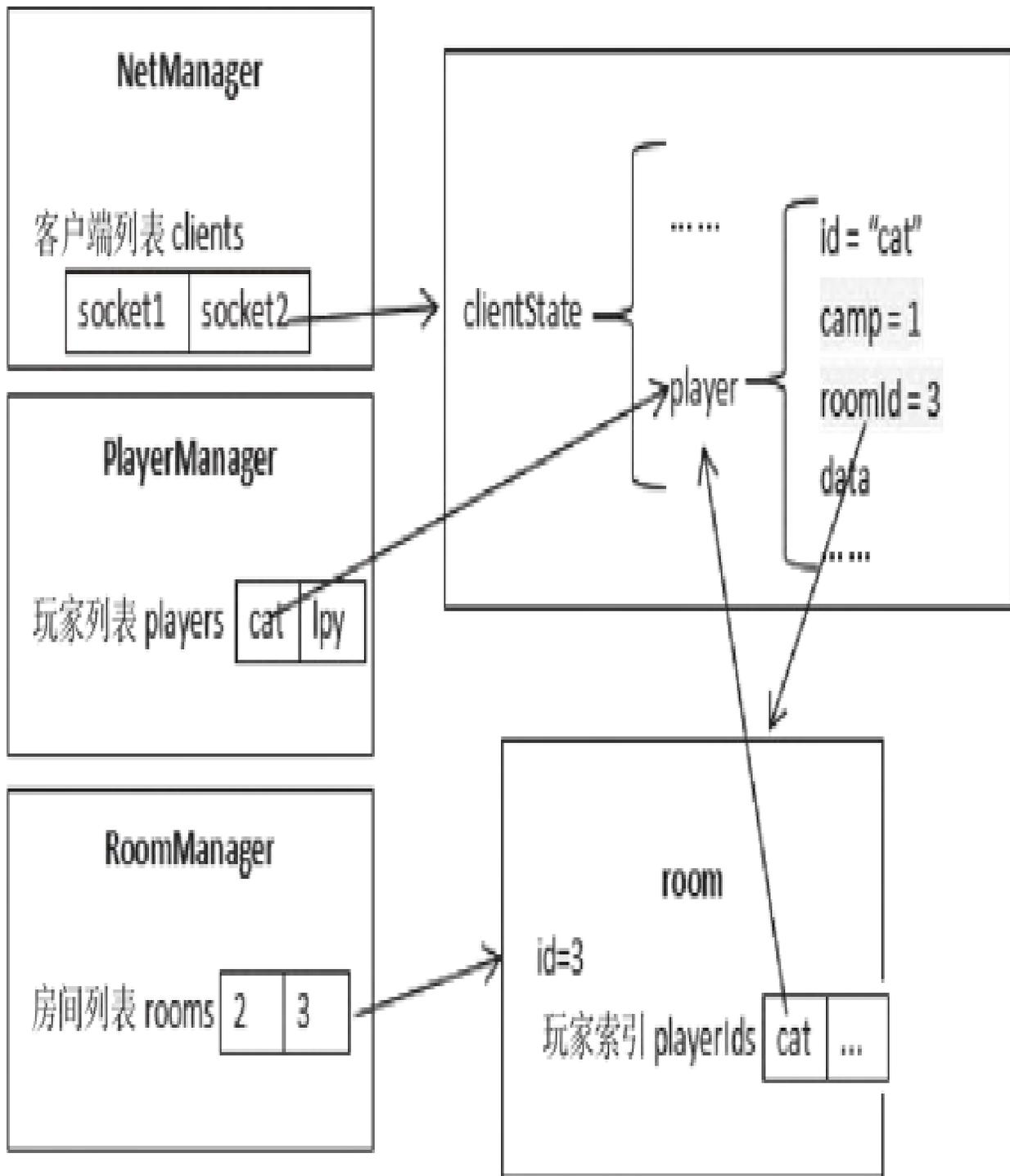


图10-30 服务端中管理器、房间、玩家的索引关系

当玩家成功加入房间，程序会向房间中的所有玩家广播 `MsgGetRoomInfo` 协议（具体代码是“`Broadcast (ToMsg())`”，稍后会实现 `Broadcast` 和 `ToMsg` 方法），让客户端更新界面。

## Room类相关代码如下：

---

```
//添加玩家
public bool AddPlayer(string id){
    //获取玩家
    Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
    if(player == null){
        Console.WriteLine("room.AddPlayer fail, player is
null");
        return false;
    }
    //房间人数
    if(playerIds.Count >= maxPlayer){
        Console.WriteLine("room.AddPlayer fail, reach
maxPlayer");
        return false;
    }
    //准备状态才能加入
    if(status != Status.PREPARE){
        Console.WriteLine("room.AddPlayer fail, not PREPARE");
        return false;
    }
    //已经在房间里
    if(playerIds.ContainsKey(id)){
        Console.WriteLine("room.AddPlayer fail, already in this
room");
        return false;
    }
    //加入列表
    playerIds[id] = true;
    //设置玩家数据
    player.camp = SwitchCamp();
    player.roomId = this.id;
    //设置房主
    if(ownerId == ""){
        ownerId = player.id;
    }
    //广播
    Broadcast(ToMsg());
    return true;
}
```

---

图10-31展示了AddPlayer的流程。

room.AddPlayer



条件判断  
玩家是否在线?  
房间是否满人?  
房间是否在准备状态?  
玩家是否已在房间中?



设置索引值  
room.playerlds  
player.roomld



设置属性  
阵营 player.camp  
房主 room.ownerld



广播协议  
MsgGetRoomInfo

## 10.8.4 选择阵营

玩家加入房间时，AddPlayer会调用SwitchCamp给玩家分配一个阵营。SwitchCamp会分别统计房间中两个阵营的人数（count1和count2），选择人数少的阵营返回。

代码如下：

---

```
//分配阵营
public int SwitchCamp() {
    //计数
    int count1 = 0;
    int count2 = 0;
    foreach(string id in playerIds.Keys) {
        Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
        if(player.camp == 1) {count1++;}
        if(player.camp == 2) {count2++;}
    }
    //选择
    if (count1 <= count2){
        return 1;
    }
    else{
        return 2;
    }
}
```

---

## 10.8.5 删除玩家

定义删除玩家的方法RemovePlayer。和AddPlayer相反，RemovePlayer会删去玩家列表（playerIds）中对应的玩家，同时将玩家身上的房间索引（player.roomId）设置成-1，代表没有在房间中。

RemovePlayer会做一系列判断，比如玩家如果没有在房间里，那就不存在删除玩家的事情，它会返回false代表删除失败。

如果删除的玩家恰好是房主（通过isOwner方法判断，稍后实现），需要指定另一名玩家作为房主，程序会根据SwitchOwner方法

(稍后实现) 返回的新房主id, 设置room.ownerId。

无论是玩家进入房间还是退出房间, 程序都需要给房间里面的所有玩家推送MsgGetRoomInfo协议, 让客户端更新界面。如果该名玩家退出之后, 房间里面已经没有人了, 说明这个房间已经被废弃, 可以删除它。程序会判断房间人数是否为0, 如果为0, 调用RoomManager.RemoveRoom(后面实现)删除它。代码如下:

---

```
//删除玩家
public bool RemovePlayer(string id) {
    //获取玩家
    Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
    if(player == null){
        Console.WriteLine("room.RemovePlayer fail, player is
null");
        return false;
    }
    //没有在房间里
    if(!playerIds.ContainsKey(id)){
        Console.WriteLine("room.RemovePlayer fail, not in this
room");
        return false;
    }
    //删除列表
    playerIds.Remove(id);
    //设置玩家数据
    player.camp = 0;
    player.roomId = -1;
    //设置房主
    if(isOwner(player)){
        ownerId = SwitchOwner();
    }
    //房间为空
    if(playerIds.Count == 0){
        RoomManager.RemoveRoom(this.id);
    }
    //广播
    Broadcast(ToMsg());
    return true;
}
```

---

图10-32展示了RemovePlayer的流程。

room.RemovePlayer



条件判断  
玩家是否在线?  
玩家是否在房间里?



设置索引值  
room.playerlds  
player.roomld



设置属性  
阵营 player.camp  
房主 room.ownerld



是否需要删除房间  
RoomManager 操作



广播协议  
MsgGetRoomInfo

图10-32 RemovePlayer流程图

判断玩家是不是房主的方法isOwner代码如下。它只是简单的拿玩家id和room.ownerId做比较。如果玩家是房主，isOwner会返回true，否则返回false。代码如下：

---

```
//是不是房主
public bool isOwner(Player player){
    return player.id == ownerId;
}
```

---

## 10.8.6 选择新房主

若房主退出房间，需要重新选取房主。SwitchOwner方法会选择playerIds列表中第一位玩家作为新的房主。在10.8.5节中，程序先调用playerIds.Remove(id)将退出房间的玩家从列表中删去，再调用SwitchOwner选择一名新的房主。代码如下：

---

```
//选择房主
public string SwitchOwner() {
    //选择第一个玩家
    foreach(string id in playerIds.Keys) {
        return id;
    }
    //房间没人
    return "";
}
```

---

图10-33展示了SwitchOwner的流程。

玩家 id 列表



第一位玩家设为房主

图10-33 将列表中的第一位玩家设为房主

### 10.8.7 广播消息

添加给房间内所有玩家发送协议的方法Broadcast，它遍历玩家列表，然后调用player.Send发送协议。Broadcast方法在添加玩家和删除玩家等地方被用到，可以向房间里的玩家广播最新的房间信息。代码如下：

---

```
//广播消息
public void Broadcast(MsgBase msg){
    foreach(string id in playerIds.Keys){
        Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
        player.Send(msg);
    }
}
```

---

### 10.8.8 生成房间信息

根据10.3节定义的MsgGetRoomInfo协议，在房间类中添加ToMsg方法，它会返回包含该房间信息的MsgGetRoomInfo协议对象。ToMsg会遍历playerIds列表，逐个填充玩家信息，包括账号、阵营、胜利数、失败数和是否为房主。

代码如下：

---

```
//生成MsgGetRoomInfo协议
public MsgBase ToMsg(){
```

```
MsgGetRoomInfo msg = new MsgGetRoomInfo();
int count = playerIds.Count;
msg.players = new PlayerInfo[count];
//players
int i = 0;
foreach(string id in playerIds.Keys){
    Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
    PlayerInfo playerInfo = new PlayerInfo();
    //赋值
    playerInfo.id = player.id;
    playerInfo.camp = player.camp;
    playerInfo.win = player.data.win;
    playerInfo.lost = player.data.lost;
    playerInfo.isOwner = 0;
    if(isOwner(player)){
        playerInfo.isOwner = 1;
    }

    msg.players[i] = playerInfo;
    i++;
}
return msg;
}
```

---

图10-34展示了MsgGetRoomInfo各变量和客户端的对应关系。

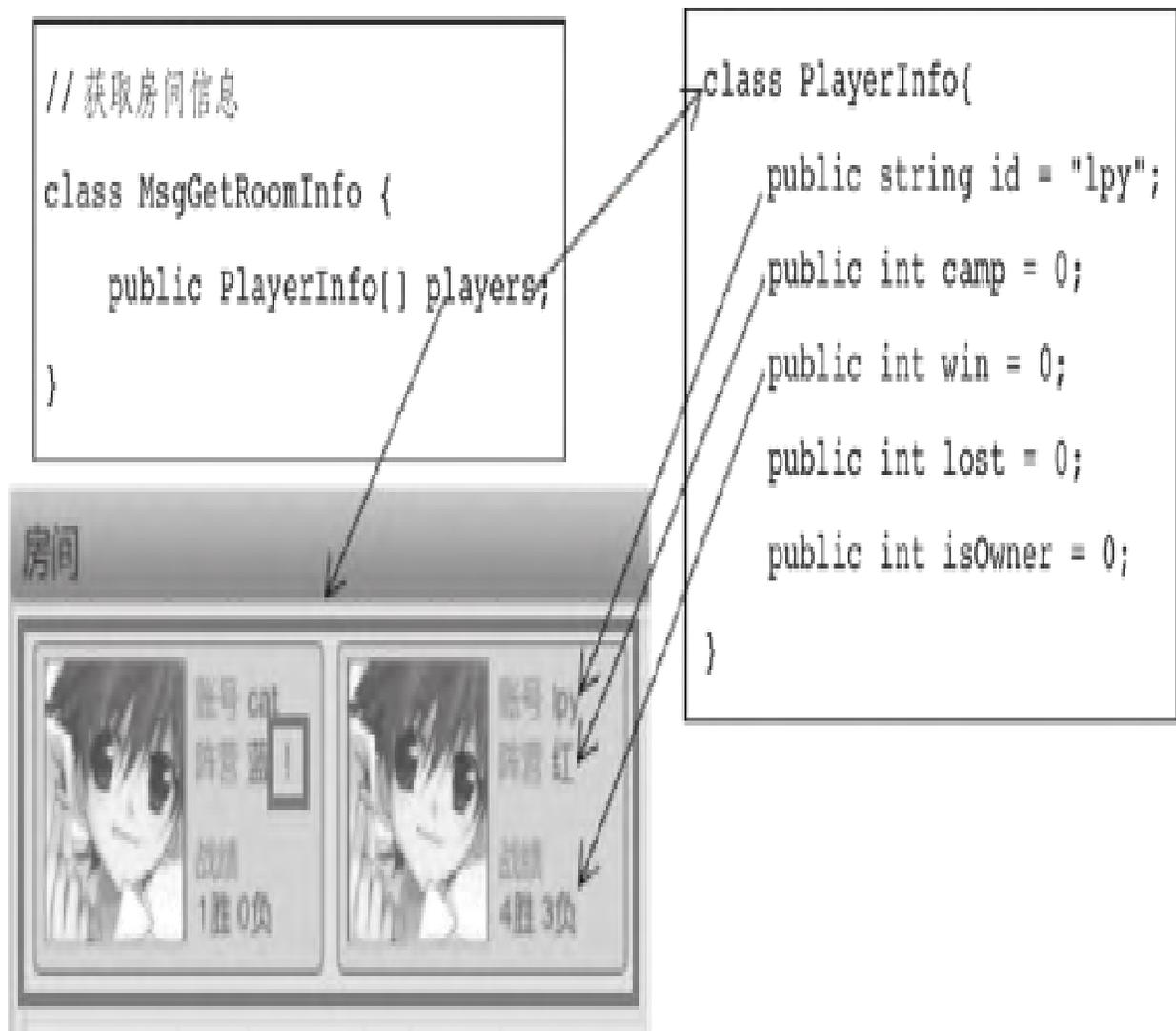


图10-34 MsgGetRoomInfo各变量和客户端的对应关系

## 10.9 服务端房间管理器

### 10.9.1 数据结构

房间管理器是管理服务端中所有房间的静态类，它的核心内容是一个名为rooms的列表（Dictionary<int, Room>类型）。rooms列表以房间的序号为索引，保存着具体的房间对象。成员maxId的功能是给房间分配一个唯一的id，每当创建新房间，maxId会加1。这样第一个创建的房间序号为1，第二个序号为2，以此类推。代码如下：

```
using System;
using System.Collections.Generic;

public class RoomManager
{
    //最大id
    private static int maxId = 1;
    //房间列表
    public static Dictionary<int, Room> rooms =
        new Dictionary<int, Room>();
}
```

---

图10-35展示了房间管理器的结构。



图10-35 房间管理器示意图

### 10.9.2 获取房间

给房间管理器添加根据序号（id）获取房间对象的方法`GetRoom`，它会根据参数id查找房间列表rooms。如果存在id，返回房间对象；如果房间不存在，返回`null`。

代码如下：

---

```
//获取房间
public static Room GetRoom(int id) {
    if (rooms.ContainsKey(id)) {
        return rooms[id];
    }
    return null;
}
```

---

### 10.9.3 添加房间

给房间管理器添加创建房间的方法AddRoom，它会新建一个room对象，然后把room对象添加到房间列表rooms中。AddRoom会根据maxId给新建的房间设定唯一编号。

代码如下：

```
//创建房间
public static Room AddRoom() {
    maxId++;
    Room room = new Room();
    room.id = maxId;
    rooms.Add(room.id, room);
    return room;
}
```

---

### 10.9.4 删除房间

给房间管理器添加删除房间的方法RemoveRoom，RemoveRoom的参数id指明要删除的房间序号。和AddRoom的过程相反，RemoveRoom会将指定id的房间从rooms列表中删除。

代码如下：

```
//删除房间
public static bool RemoveRoom(int id) {
    rooms.Remove(id);
}
```

```
    return true;
}
```

---

### 10.9.5 生成列表信息

根据10.3节定义的MsgGetRoomList协议，管理器的ToMsg方法会根据当前的房间信息生成MsgGetRoomList对象。它会把每个房间的序号、人数、状态添加到协议对象中。

代码如下：

---

```
//生成MsgGetRoomList协议
public static MsgBase ToMsg(){
    MsgGetRoomList msg = new MsgGetRoomList();
    int count = rooms.Count;
    msg.rooms = new RoomInfo[count];
    //rooms
    int i = 0;
    foreach(Room room in rooms.Values){
        RoomInfo roomInfo = new RoomInfo();
        //赋值
        roomInfo.id = room.id;
        roomInfo.count = room.playerIds.Count;
        roomInfo.status = (int)room.status;

        msg.rooms[i] = roomInfo;
        i++;
    }
    return msg;
}
```

---

图10-36展示了MsgGetRoomList各变量和客户端的对应关系。

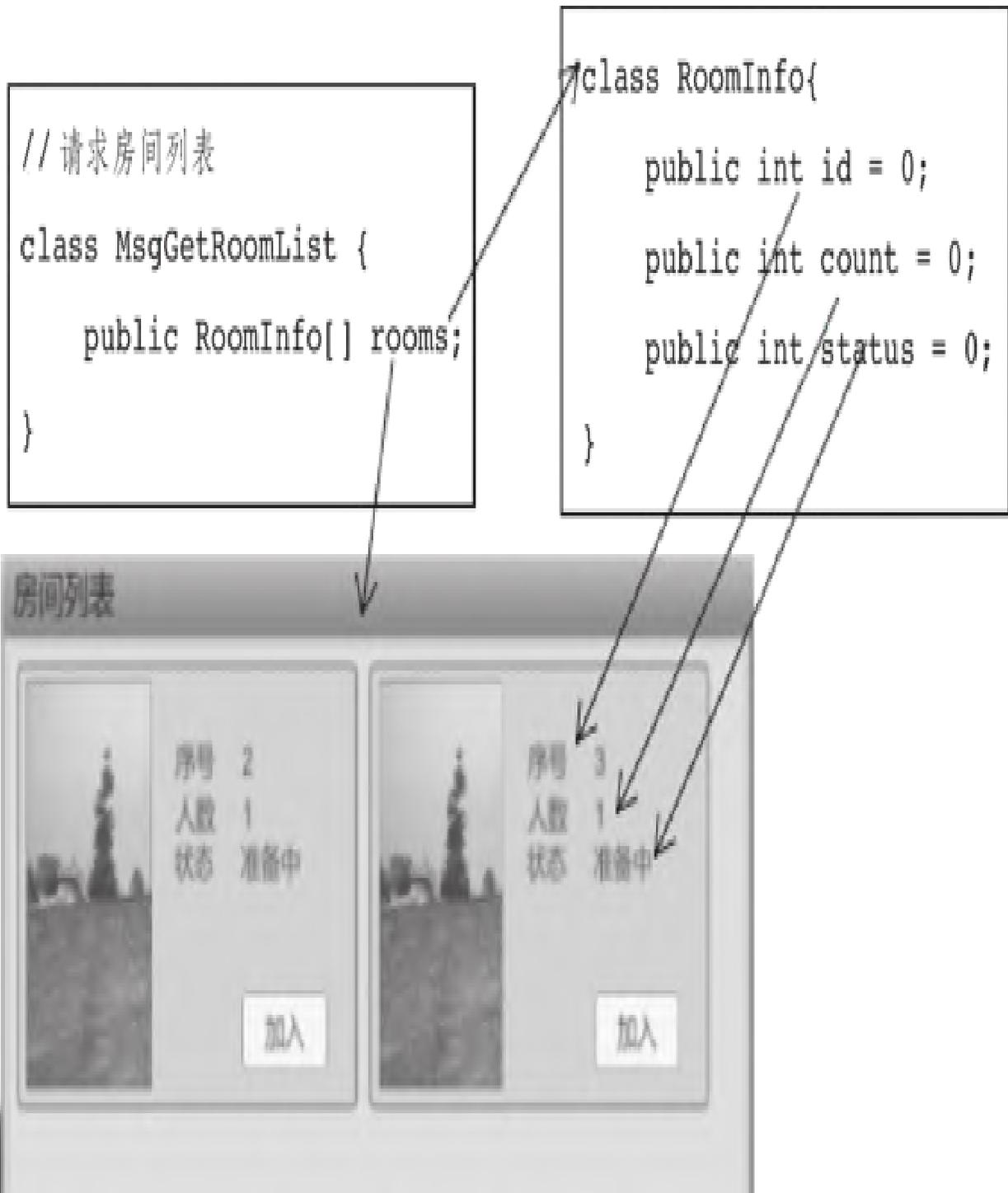


图10-36 MsgGetRoomList各变量和客户端的对应关系

房间和房间管理器是服务端房间系统的核心部分，完成这两项之后，便要解决客户端与服务端交互的问题。

## 10.10 服务端消息处理

服务端收到客户端的协议后，经过消息分发，会调用对应的处理方法。在房间系统中，服务端需要处理查询战绩MsgGetAchieve、查询房间列表MsgGetRoomList、创建房间MsgCreateRoom、进入房间MsgEnterRoom、查询房间信息MsgGetRoomInfo、退出房间MsgLeaveRoom和开始战斗MsgLeaveRoom共七条协议。

在服务端的逻辑代码中，添加名为RoomMsgHandle.cs的文件，专门处理房间系统的协议，如图10-37所示。

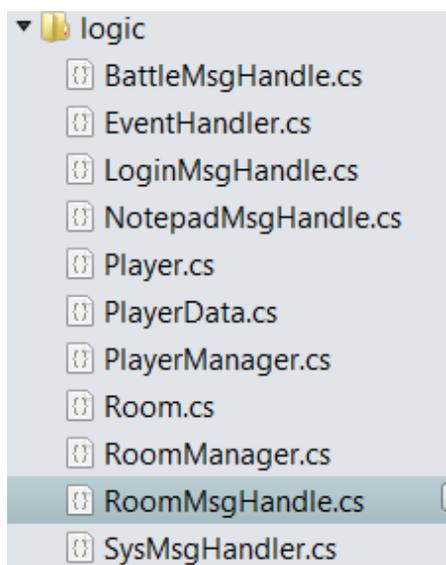


图10-37 添加名为RoomMsgHandle.cs的文件

RoomMsgHandle.cs代码如下，我们会在里面添加各种消息处理的方法。

---

```
using System;
public partial class MsgHandler {
    .....
}
```

---

### 10.10.1 查询战绩MsgGetAchieve

服务端收到查询战绩的协议后，返回玩家的总胜利次数win和总失败次数lost。在RoomMsgHandle.cs中添加方法，完成MsgGetAchieve协议的处理。

MsgGetAchieve协议处理方法如下：

---

```
//查询战绩
public static void MsgGetAchieve(ClientState c, MsgBase msgBase)
{
    MsgGetAchieve msg = (MsgGetAchieve)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;

    msg.win = player.data.win;
    msg.lost = player.data.lost;

    player.Send(msg);
}
```

---

## 10.10.2 查询房间列表MsgGetRoomList

服务端收到获取房间列表协议后，将房间列表信息发送给客户端。由于RoomManager.ToMsg会返回带有列表信息的MsgGetRoomList对象，只要把它发送给客户端即可。

MsgGetRoomList协议处理方法如下：

---

```
//请求房间列表
public static void MsgGetRoomList(ClientState c, MsgBase
msgBase){
    MsgGetRoomList msg = (MsgGetRoomList)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;

    player.Send(RoomManager.ToMsg());
}
```

---

### 10.10.3 创建房间MsgCreateRoom

服务端收到创建房间协议后，先进行一些条件检测，如果玩家在房间中或者在战斗中，返回1表示不能创建。通过条件检测后，调用RoomManager的AddRoom方法创建房间，再通过room.AddPlayer把玩家添加到房间里面。最后返回0（msg.result）表示创建成功。

MsgCreateRoom协议处理方法如下：

---

```
//创建房间
public static void MsgCreateRoom(ClientState c, MsgBase msgBase)
{
    MsgCreateRoom msg = (MsgCreateRoom)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;
    //已经在房间里
    if(player.roomId >=0 ){
        msg.result = 1;
        player.Send(msg);
        return;
    }
    //创建
    Room room = RoomManager.AddRoom();
    room.AddPlayer(player.id);

    msg.result = 0;
    player.Send(msg);
}
```

---

### 10.10.4 进入房间MsgEnterRoom

服务端根据客户端发来的房间序号（msg.id）找到房间，然后通过room.AddPlayer方法把玩家添加到房间中。在下面的代码中，程序会先做一些条件判断，如果玩家已经在房间里，那他不能够再进入房间；如果客户端发送的房间序号（msg.id）不正确，服务端并没有这个房间，也会返回失败。接着程序通过room.AddPlayer把玩家加入到房间里。room.AddPlayer也会做一系列判断，比如房间是否处于准备状态，房间是否满员了，如果这些条件不满足，依然会返回失败。如果满足了room.AddPlayer的条件，程序不仅把玩家添加到房间中，还会把房间信息推送给房间内的玩家（参考10.8.3节）。

MsgEnterRoom协议处理方法如下：

---

```
//进入房间
public static void MsgEnterRoom(ClientState c, MsgBase msgBase){
    MsgEnterRoom msg = (MsgEnterRoom)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;
    //已经在房间里
    if(player.roomId >=0 ){
        msg.result = 1;
        player.Send(msg);
        return;
    }
    //获取房间
    Room room = RoomManager.GetRoom(msg.id);
    if(room == null){
        msg.result = 1;
        player.Send(msg);
        return;
    }
    //进入
    if(!room.AddPlayer(player.id)){
        msg.result = 1;
        player.Send(msg);
        return;
    }
    //返回协议
    msg.result = 0;
    player.Send(msg);
}
```

---

### 10.10.5 查询房间信息MsgGetRoomInfo

进入房间后，客户端会发送MsgGetRoomInfo协议请求该房间的详细信息。在下面的处理方法中，程序先判断玩家是否在房间里（if(room==null)）。如果玩家不在房间，会回应空消息（msg.players没有值）；如果玩家在某个房间里面，程序会调用room.ToMsg获取该房间的信息（参考10.8.8节），然后发送给客户端。

MsgGetRoomInfo协议处理方法如下：

---

```
//获取房间信息
public static void MsgGetRoomInfo(ClientState c, MsgBase
msgBase){
    MsgGetRoomInfo msg = (MsgGetRoomInfo)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;

    Room room = RoomManager.GetRoom(player.roomId);
    if(room == null){
        player.Send(msg);
        return;
    }

    player.Send(room.ToMsg());
}
```

---

## 10. 10. 6 离开房间MsgLeaveRoom

服务端收到离开房间的协议后，会调用room.RemovePlayer将玩家移出房间。下面的代码中，程序先会判断玩家是否在某个房间里（if(room!=null)），如果不在，自然就不存在退出房间的操作，会返回失败（msg.result=1）。如果玩家确实在某个房间里，直接调用room.RemovePlayer将玩家移出房间，room.RemovePlayer还会给房间里的其他玩家广播MsgGetRoomInfo，让客户端更新界面。

**MsgLeaveRoom协议处理方法如下：**

---

```
//离开房间
public static void MsgLeaveRoom(ClientState c, MsgBase msgBase){
    MsgLeaveRoom msg = (MsgLeaveRoom)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;

    Room room = RoomManager.GetRoom(player.roomId);
    if(room == null){
        msg.result = 1;
        player.Send(msg);
        return;
    }
}
```

```
room.RemovePlayer(player.id);  
//返回协议  
msg.result = 0;  
player.Send(msg);  
}
```

---

## 10.11 玩家事件处理

网络游戏中，总避免不了网络断线的情况，程序应当作出适当的处理。假如玩家加入某个房间后突然掉线，可视为玩家在网络断开前自行退出房间。事件处理类EventHandler的OnDisconnect会在掉线前被调用，可以在这里做退出房间的处理。

程序会通过player.roomId是否大于等于0判断玩家是否在房间里，如果在房间，调用room.RemovePlayer让玩家退出。由于room.RemovePlayer会将房间信息广播给其他玩家，其他玩家会看到这名玩家在房间中消失。

代码如下：

---

```
public partial class EventHandler {  
    public static void OnDisconnect(ClientState c){  
        Console.WriteLine("Close");  
        //Player下线  
        if(c.player != null){  
            //离开战场  
            int roomId = c.player.roomId;  
            if(roomId >= 0){  
                Room room = RoomManager.GetRoom(roomId);  
                room.RemovePlayer(c.player.id);  
            }  
            //保存数据  
            DbManager.UpdatePlayerData(c.player.id,  
c.player.data);  
            //移除  
            PlayerManager.RemovePlayer(c.player.id);  
        }  
    }  
    .....  
}
```

---

## 10.12 测试

完成房间系统客户端和服务端程序，必然迫不及待地调试它。打开服务端，开启客户端，登录游戏后会看到图10-38所示的界面。

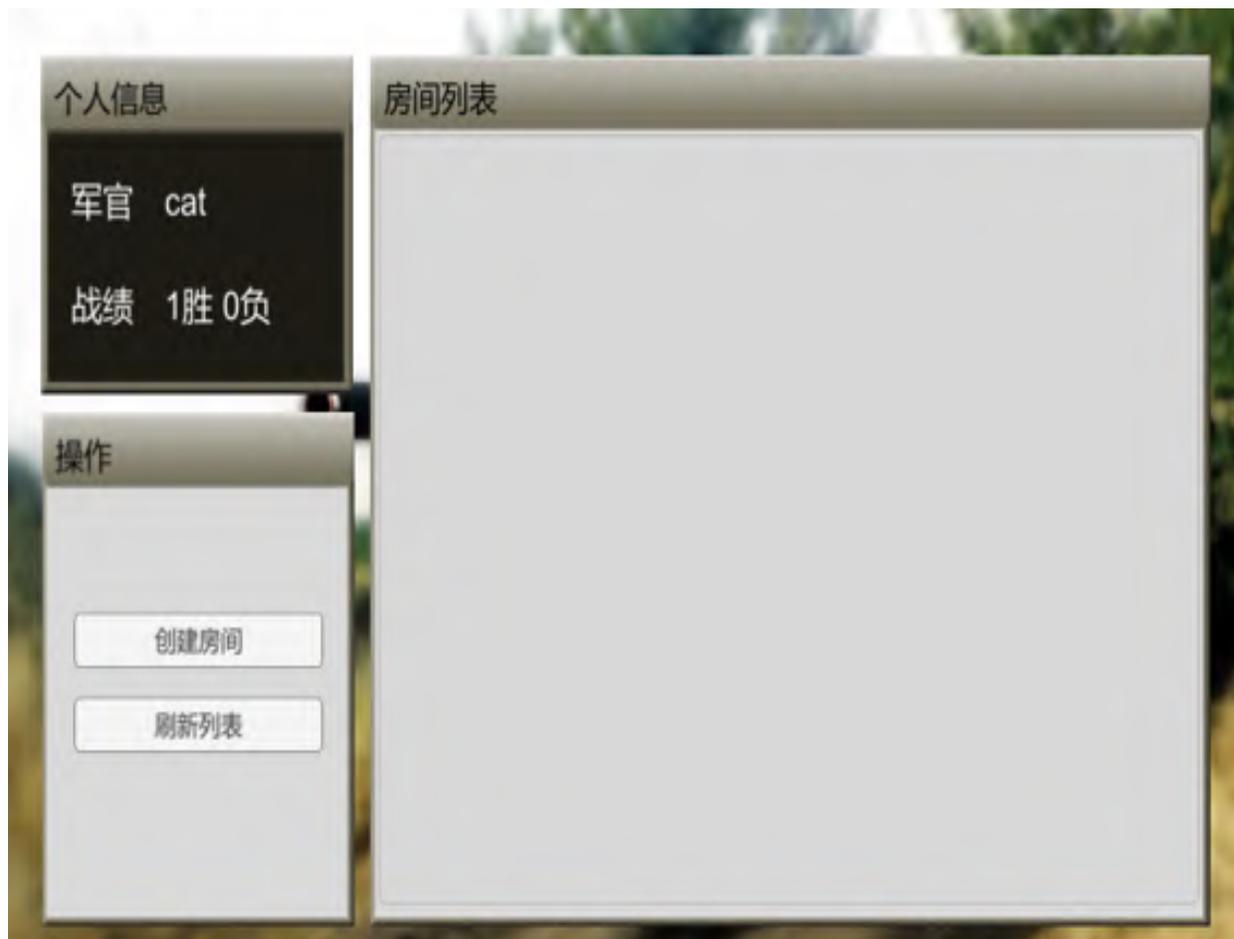


图10-38 没有房间的房间列表面板

点击操作栏的创建房间按钮，可以创建一个房间，如图10-39所示。



图10-39 创建房间

创建房间后，玩家会被拉入自己创建的房间，并且成为房主（阵营后面有个感叹号标识）。房间面板中会显示房间内所有玩家的信息，目前只有自己一个人，如图10-40所示。

打开另一个客户端程序，登录另一个账号。会发现房间列表面板中显示了之前其他玩家（cat）创建的房间，该房间处于准备中状态，如图10-41所示。



图10-40 只有一名玩家的房间面板



图10-41 拥有一个房间的房间列表面板

点击房间列表的加入按钮，可以加入该房间。此时房间里面有两名玩家，位于不同的阵营，如图10-42所示。



图10-42 加入房间

再打开另一个客户端程序，登录另一个账号（hero）。会发现房间列表面板中房间信息的不同，房间里的人数是2，如图10-43所示。

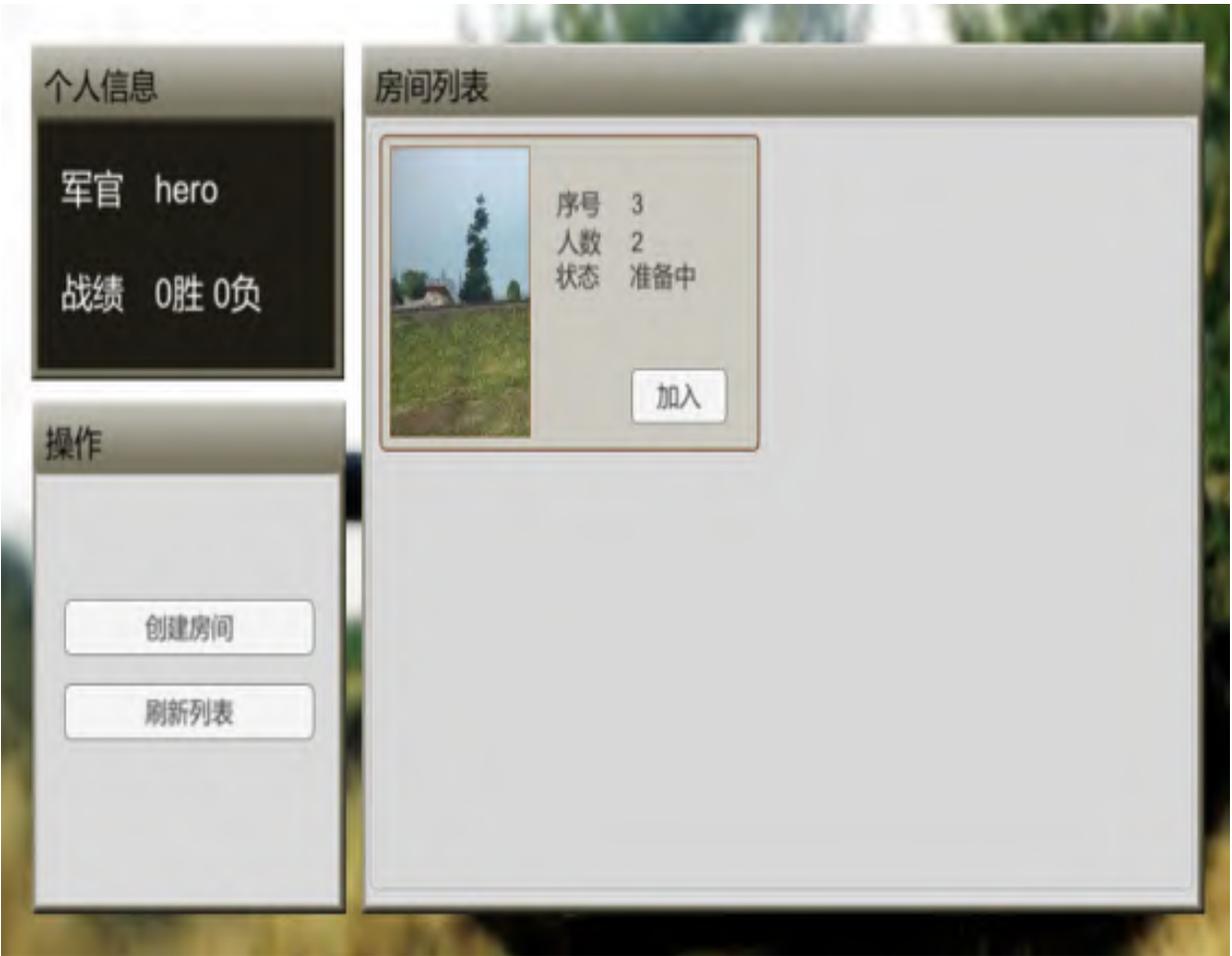


图10-43 第三位玩家看到的面板

如果某一个玩家退出房间（cat），他会看到退出房间的提示，如图10-44所示。



图10-44 某一个玩家退出房间

由于cat是房主，在他退出之后，房间里的另一个玩家（lpy）成为房主，如图10-45所示。



图10-45 房间里的另一个玩家成为房主

切换到第三位登录的玩家（hero），刷新房间列表，会看到房间的人数变成了1，如图10-46所示。



图10-46 房间人数变成1

当房主点击“开始战斗”按钮，会开启一场多人坦克对战，这也是坦克游戏的核心玩法。那么怎样实现一个战场？又怎样实现战场上坦克的位置同步呢？我们将在下一章继续。

## 第11章

# 战斗和胜负判定

玩家点击房间面板的“开始战斗”按钮，会开启一场多人坦克对战。坦克会从各自的出生点开始行动，以歼灭敌人为目标，各自奋战。歼灭敌方阵营的所有坦克，将会获得胜利。完整的战场系统功能见表11-1。

表11-1 战场系统的功能

功能	说明
定义初始状态	定义战场的初始状态，比如战场中每辆坦克的阵营和初始坐标（出生点）
同步	客户端需要实时更新战场中坦克的位置信息，以及各个坦克的血量等信息，这一部分会在第12章讨论
胜负判定	如果歼灭了敌人，应看到胜利的提示

本章及下一章将会介绍战场系统的实现方法，本章会实现初始状态和胜负判定两大内容，使玩家可以跑通整个战斗流程，下一章主要探讨游戏中的同步方法。战场系统在对战类游戏中具有较高的普遍性（如图11-1所示），可运用于各种MMORPG、ARPG、枪战、棋类等游戏。



图11-1 对战中的坦克

## 11.1 协议设计

玩家点击房间面板的“开始战斗”按钮，客户端会向服务端发送MsgStartBattle协议（参考10.5.6节）。服务端在收到该协议后，会做一系列的条件判断：判断发送协议的玩家是不是房主；判断房间是否处于准备状态，然后回应MsgStartBattle。MsgStartBattle仅作为发起者的回应，不会附带战场的信息。如果符合各项条件，可以开启一场战斗，那么服务端会初始化战场，设置每辆坦克的初始位置和方向，重置坦克的生命值，然后服务端会广播MsgEnterBattle协议，告诉客户端开启战斗。战斗过程中，程序会通过MsgSyncTank、MsgFire、MsgHit等协议去同步坦克的位置、炮弹位置等信息。当某个

阵营取得胜利，服务端会广播MsgBattleResult协议，通知客户端哪个阵营获得了胜利。

接下来在客户端和服务端程序中添加协议文件 proto/BattleMsg.cs，编写战场协议。

### 11.1.1 进入战斗MsgEnterBattle

如果成功开启一场战斗，服务端向房间内所有玩家广播MsgEnterBattle协议，把玩家“拉入”战场，该协议包含战场初始状态的信息。数组msgEnterBattle.tanks代表战场里面的所有坦克信息，包括坦克的玩家账号（id）、阵营（camp）、生命值（hp）以及出生点的位置坐标和旋转角度（x, y, z, ex, ey, ez）。msgEnterBattle.mapId代表使用哪一张地图，由于目前只有一张地图，该值没有实际意义，作为预留属性。代码如下：

---

```
//坦克信息
[System.Serializable]
public class TankInfo{
    public string id = "";    //玩家id
    public int camp = 0;    //阵营
    public int hp = 0;    //生命值

    public float x = 0;    //位置
    public float y = 0;
    public float z = 0;
    public float ex = 0;    //旋转
    public float ey = 0;
    public float ez = 0;
}

//进入战场（服务端推送）
public class MsgEnterBattle:MsgBase {
    public MsgEnterBattle() {protoName = "MsgEnterBattle";}
    //服务端回
    public TankInfo[] tanks;
    public int mapId = 1;    //地图，只有一张
}
```

---

## 11.1.2 战斗结果MsgBattleResult

战斗开始后，服务端会持续地判断是否有某一阵营取得胜利。如果某个阵营歼灭了敌人，服务端向房间内的玩家广播MsgBattleResult协议，说明战斗结果。它的参数winCamp指明取得胜利的阵营。如果winCamp等于1，说明红方取得胜利；如果为2，说明蓝方取得胜利。代码如下：

---

```
//战斗结果（服务端推送）
public class MsgBattleResult:MsgBase {
    public MsgBattleResult() {protoName = "MsgBattleResult";}
    //服务端回
    public int winCamp = 0;    //获胜的阵营
}
```

---

## 11.1.3 退出战斗MsgLeaveBattle

网络游戏不可避免会出现战斗中掉线的情况，当战场中有玩家掉线，服务端会向房间内的其他玩家广播MsgLeaveBattle协议，通过参数id告知谁退出了比赛。代码如下：

---

```
//玩家退出（服务端推送）
public class MsgLeaveBattle:MsgBase {
    public MsgLeaveBattle() {protoName = "MsgLeaveBattle";}
    //服务端回
    public string id = "";    //玩家id
}
```

---

# 11.2 坦克

为适应战场需求，我们会对之前的坦克类做些许修改。

## 11.2.1 不同阵营的坦克预设

为了区分战场中的坦克，不同阵营的坦克应有不同的外观。本书附带的资源提供了两套坦克贴图（如图11-2所示），读者可以再建立

几个材质球，应用到新的坦克预设，做成不同外观的坦克。



图11-2 本书附带的资源提供的第二套坦克贴图

图11-3展示了两辆不同外观的坦克tankPrefab和tankPrefab2，把它们都放到Resources目录下，方便后续使用。

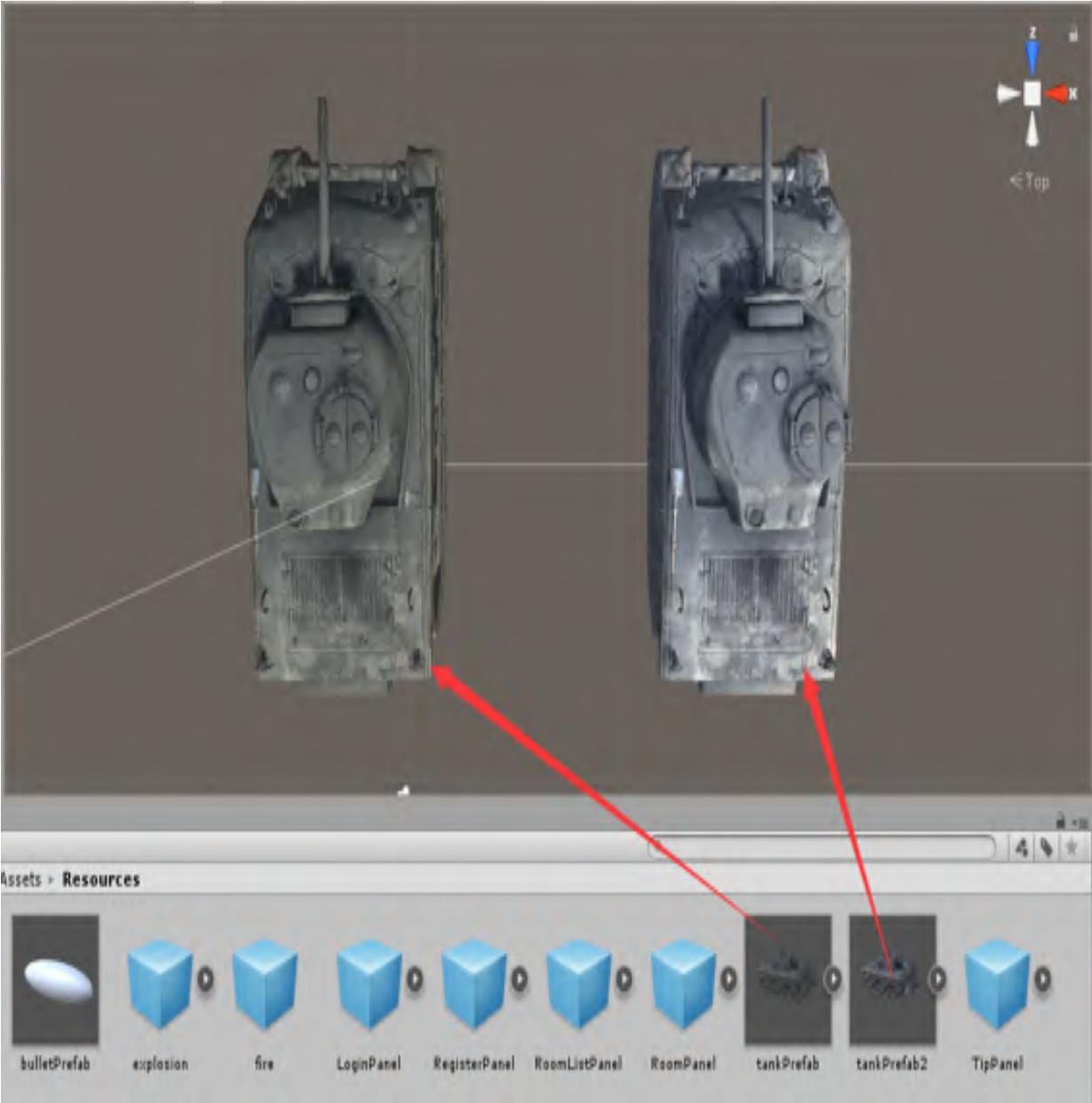


图11-3 两辆不同外观的坦克

## 11.2.2 战斗模块

我们将战场相关的代码都放到战斗模块module/Battle之下，如图11-4所示，并在战斗模块中添加SyncTank和BattleManager两个文件。SyncTank是同步坦克类，它与CtrlTank相对应；BattleManager是战斗管理器，会管理整个客户端战场。

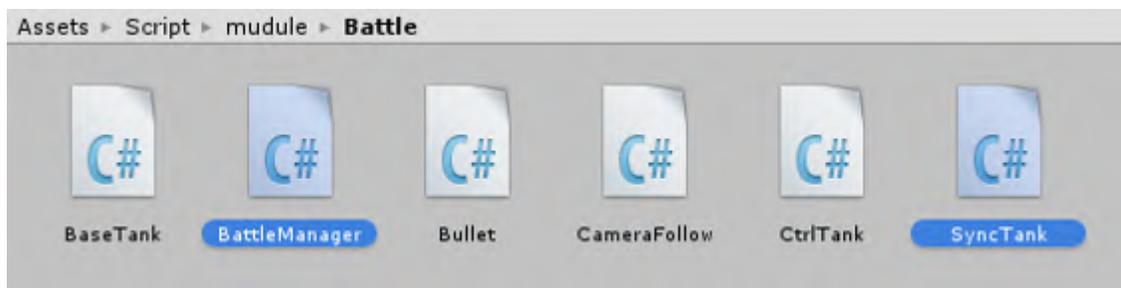


图11-4 战斗模块的代码文件

整理后，代码目录会变得简洁与工整，如图11-5所示。



图11-5 简洁工整的代码目录

### 11.2.3 同步坦克SyncTank

在第8章中，我们设计了坦克类的结构。坦克类由坦克基类BaseTank和两个派生类CtrlTank和SyncTank所组成，CtrlTank代表玩家控制的坦克，SyncTank代表由网络驱动的坦克。第8章中仅仅实现了CtrlTank，现需要编写SyncTank。SyncTank的基本代码如下。它继承自BaseTank，目前它还只是一个空类，待后续需要编写SyncTank的特殊功能时，再填充它的内容。

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class SyncTank : BaseTank {

}
```

---

## 11.2.4 坦克的属性

作为战场中的坦克，它会有一些和战斗相关的属性，除了第8章中定义的生命值hp，还需要记录该坦克是由哪一位玩家操控（id）以及玩家的阵营（camp）。在坦克基类BaseTank中添加这两个属性，代码如下：

---

```
public class BaseTank : MonoBehaviour {
    //坦克模型、转向速度、移动速度
    //炮塔旋转速度、炮塔、炮管、发射点
    //炮弹Cd时间、上一次发射炮弹的时间、物理
    .....
    //生命值
    public float hp = 100;
    //属于哪一名玩家
    public string id = "";
    //阵营
    public int camp = 0;
    .....
}
```

---

## 11.3 战斗管理器

### 11.3.1 设计要点

为方便管理战场，定义战斗管理器BattleManager。BattleManager有以下几项功能。

1) 拉入战斗。当房主选择开战时，服务端会给房间里所有的玩家推送MsgEnterBattle协议。BattleManager会监听该协议，然后初始化战场（例如生成坦克和相机）。

2) 管理战场。BattleManager中会有一个名为tanks的列表，索引战场里的坦克，还会提供添加坦克、删除坦克等方法，管理战场中的坦克。战斗管理器的结构如图11-6所示。



图11-6 战斗管理器示意图

3) 结束战斗。战斗的结果是由服务端判定的，当服务端认为某一个阵营取得胜利，它会广播MsgBattleResult协议。BattleManager会监听该协议，弹出战斗结果。

4) 战场同步。在战斗中，坦克的移动、开炮等操作都需要同步，BattleManager需要监听相关的协议，做出适当处理。如果战斗中有玩家离开战场（服务端推送MsgLeaveBattle协议），BattleManager也要做出处理。

### 11.3.2 管理器类

初步定义如下的战场管理器类。由于战场管理器会一直存在，可以把它做成静态类。BattleManager包含了坦克列表 tanks (Dictionary<string, BaseTank>类型，由static修饰)。列表以玩家账号为键，以坦克组件 (BaseTank、CtrlTank、SyncTank) 为值。再给BattleManager定义初始化方法Init，添加MsgEnterBattle、MsgBattleResult和MsgLeaveBattle三条协议的监听，对应 OnMsgEnterBattle、OnMsgBattleResult和OnMsgLeaveBattle三个回调方法（后面实现）。

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
```

```

using UnityEngine;

public class BattleManager {
    //战场中的坦克
    public static Dictionary<string, BaseTank> tanks =
        new Dictionary<string, BaseTank>();

    //初始化
    public static void Init() {
        //添加监听
        NetManager.AddMsgListener("MsgEnterBattle",
OnMsgEnterBattle);
        NetManager.AddMsgListener("MsgBattleResult",
OnMsgBattleResult);
        NetManager.AddMsgListener("MsgLeaveBattle",
OnMsgLeaveBattle);
    }
}

```

---

我们会在游戏入口GameMain中初始化各个管理器（如下代码），所以，当游戏开启后，客户端就会自动地监听战场相关的协议。

**GameMain修改代码如下：**

---

```

public class GameMain : MonoBehaviour {
    public static string id = "";

    // Use this for initialization
    void Start () {
        //网络监听
        NetManager.AddEventListener(NetManager.NetEvent.Close,
OnConnectClose);
        NetManager.AddMsgListener("MsgKick", OnMsgKick);
        //初始化
        PanelManager.Init();
        BattleManager.Init();
        //打开登录面板
        PanelManager.Open<LoginPanel>();
    }
}

```

---

### 11.3.3 坦克管理

为方便管理战场中的坦克，给战斗管理器添加AddTank、RemoveTank、GetTank和GetCtrlTank四个方法。AddTank为增加坦克的方法，它会把参数中的id和坦克组件记录到坦克列表tanks中；RemoveTank为删除坦克的方法，它会根据参数id删除列表中对应的项；GetTank是一个根据玩家账号查找坦克的方法，例如服务端推送了移动协议MsgSync（下一章实现），MsgSync会附带坦克的id以及它的坐标，客户端就可以使用GetTank找到对应的坦克，然后设置新坐标；GetCtrlTank是获取玩家控制的坦克的方法，如想要获取玩家当前生命值，便可以使用GetCtrlTank().hp。

BattleManager新增方法代码如下：

---

```
//添加坦克
public static void AddTank(string id, BaseTank tank){
    tanks[id] = tank;
}

//删除坦克
public static void RemoveTank(string id){
    tanks.Remove(id);
}

//获取坦克
public static BaseTank GetTank(string id) {
    if(tanks.ContainsKey(id)){
        return tanks[id];
    }
    return null;
}

//获取玩家控制的坦克
public static BaseTank GetCtrlTank() {
    return GetTank(GameMain.id);
}
```

---

### 11.3.4 重置战场

开启一场新的战斗前，需要清空场景里的坦克，初始化坦克列表。定义Reset方法实现该功能，程序会遍历tanks列表，然后调用

MonoBehaviour.Destroy摧毁所有坦克。

BattleManager新增如下方法：

---

```
//重置战场
public static void Reset() {
    //场景
    foreach(BaseTank tank in tanks.Values){
        MonoBehaviour.Destroy(tank.gameObject);
    }
    //列表
    tanks.Clear();
}
```

---

图11-7展示了上述代码的工作结果。



图11-7 清除战场中的坦克

### 11.3.5 开始战斗

当客户端收到服务端推送的进入战斗协议MsgEnterBattle，战斗管理器的OnMsgEnterBattle方法会被调用。一切数据以服务端为准，无论当前客户端是什么状态，战斗管理器都会立即开启一场战斗。

OnMsgEnterBattle（调用EnterBattle）会先做一些清理战场的工作。其一是调用11.3.4节编写的Reset方法，删除战场中残留的坦克。其二是关闭所有可能打开着的面板，例如玩家加入房间后，弹出了房间面板，当房主点击开战，所有房间内的玩家都会收到MsgEnterBattle协议，此时房间面板还是打开着的，需要把它关掉。另一个需要关掉的面板是ResultPanel（战斗结果面板，后面实现），因为当一场战斗结束后，房主可能在其他玩家手动关闭ResultPanel之前就点击了开战。

由于MsgEnterBattle包含了战场初始状态各个坦克的信息（生命值、位置、旋转等），程序会遍历msg.tanks，将坦克信息传入GenerateTank（下一节实现），生成一辆坦克。

**BattleManager新增如下方法：**

---

```
//收到进入战斗协议
public static void OnMsgEnterBattle(MsgBase msgBase) {
    MsgEnterBattle msg = (MsgEnterBattle)msgBase;
    EnterBattle(msg);
}

//开始战斗
public static void EnterBattle(MsgEnterBattle msg) {
    //重置
    BattleManager.Reset();
    //关闭界面
    PanelManager.Close("RoomPanel"); //可以放到房间系统的监听中
    PanelManager.Close("ResultPanel");
    //产生坦克
    for(int i=0; i<msg.tanks.Length; i++){
        GenerateTank(msg.tanks[i]);
    }
}
```

---

### 11.3.6 产生坦克

定义产生坦克的GenerateTank方法，它将根据传入坦克信息（tankInfo）实例化一辆坦克，它主要完成下面几件事情。

1) 生成坦克物体。程序会使用new GameObject生成一个空物体，把它命名为“Tank\_账号”（如Tank\_cat）。

2) 添加坦克组件。程序会判断这辆坦克是玩家控制的坦克还是别人的坦克，给坦克物体添加CtrlTank或SyncTank组件。

3) 添加相机跟随组件。程序会给玩家控制的坦克添加相机跟随组件（CameraFollow），让相机紧跟着坦克。

4) 设置坦克属性。传入的参数tankInfo包含了玩家账号（id）、生命值（hp）、阵营等属性，程序会给坦克组件的对应属性赋值。

5) 设置位置和旋转。程序会根据tankInfo的坐标信息（x, y, z, ex, ey, ez）设置坦克的坐标和旋转角度。

6) 初始化坦克组件。调用坦克组件的Init方法，让坦克组件去加载坦克皮肤。根据阵营的不同，加载不同的皮肤（tankPrefab1和tankPrefab2）。

7) 列表处理：将生成的坦克组件添加到坦克列表中（调用AddTank方法），以便查找该坦克。

GenerateTank方法代码如下：

---

```
//产生坦克
public static void GenerateTank(TankInfo tankInfo){
    //GameObject
    string objName = "Tank_" + tankInfo.id;
    GameObject tankObj = new GameObject(objName);
    //AddComponent
    BaseTank tank = null;
    if(tankInfo.id == GameMain.id) {
        tank = tankObj.AddComponent<CtrlTank>();
    }
    else {
```

```
        tank = tankObj.AddComponent<SyncTank>();
    }
    //camera
    if(tankInfo.id == GameMain.id) {
        CameraFollow cf = tankObj.AddComponent<CameraFollow>();
    }
    //属性
    tank.camp = tankInfo.camp;
    tank.id = tankInfo.id;
    tank.hp = tankInfo.hp;
    //pos rotation
    Vector3 pos = new Vector3(tankInfo.x, tankInfo.y,
tankInfo.z);
    Vector3 rot = new Vector3(tankInfo.ex, tankInfo.ey,
tankInfo.ez);
    tank.transform.position = pos;
    tank.transform.eulerAngles = rot;
    //init
    if(tankInfo.camp == 1){
        tank.Init("tankPrefab");
    }
    else{
        tank.Init("tankPrefab2");
    }
    //列表
    AddTank(tankInfo.id, tank);
}
```

---

图11-8展示了多次调用GenerateTank生成多辆坦克。

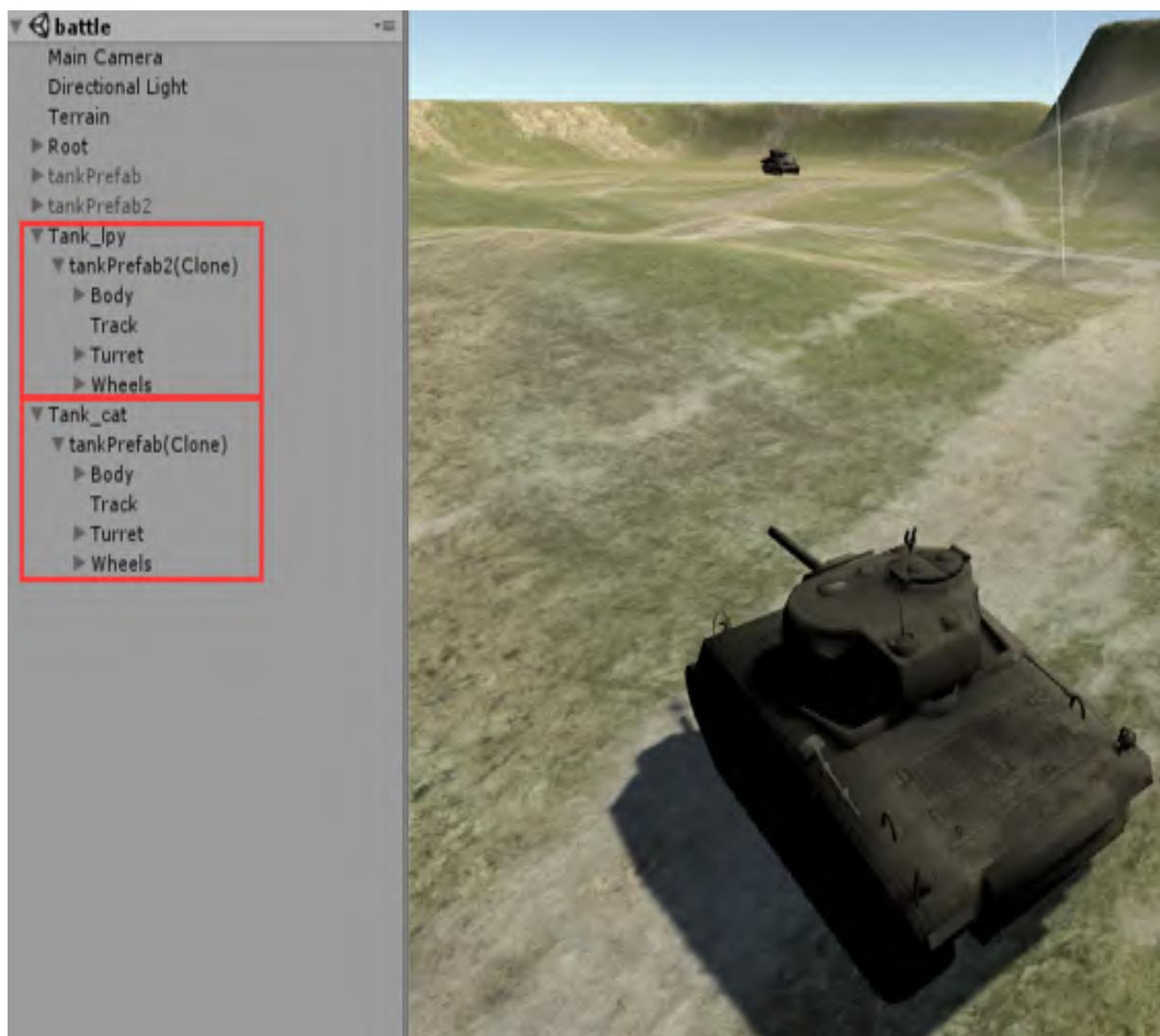


图11-8 多次调用GenerateTank生成的坦克

### 11.3.7 战斗结束

当战斗管理器收到MsgBattleResult协议，会调用OnMsgBattleResult方法。MsgBattleResult指示了一场战斗的结束，还指示了胜利方是谁（msg.winCamp）。OnMsgBattleResult根据msg.winCamp和玩家控制的坦克所在的阵营（GetCtrlTank()和tank.camp），调用战斗结果面板ResultPanel（稍后实现），ResultPanel会根据参数isWin显示胜利或失败。

---

//收到战斗结束协议

```
public static void OnMsgBattleResult(MsgBase msgBase) {
    MsgBattleResult msg = (MsgBattleResult)msgBase;
    //判断显示胜利还是失败
    bool isWin = false;
    BaseTank tank = GetCtrlTank();
    if(tank!= null && tank.camp == msg.winCamp){
        isWin = true;
    }
    //显示界面
    PanelManager.Open<ResultPanel>(isWin);
}
```

---

### 11.3.8 玩家离开

当有玩家离开战场，服务端会推送MsgLeaveBattle协议，战斗管理器的协议处理方法OnMsgLeaveBattle会把对应玩家的坦克删掉。

---

```
//收到玩家退出协议
public static void OnMsgLeaveBattle(MsgBase msgBase) {
    MsgLeaveBattle msg = (MsgLeaveBattle)msgBase;
    //查找坦克
    BaseTank tank = GetTank(msg.id);
    if(tank == null){
        return;
    }
    //删除坦克
    RemoveTank(msg.id);
    MonoBehaviour.Destroy(tank.gameObject);
}
```

---

## 11.4 战斗结果面板

当战斗结束，客户端会弹出战斗结果面板，指示玩家取得了胜利或者失败。

### 11.4.1 面板预设

图11-9展示了战斗结果面板的结构，中间的图片可以替换成胜利或者失败两种样式，面板还包含了一个“好的”按钮，点击后会关闭面板。



图11-9 战斗结果面板

战斗结果面板部件说明见表11-2。

表11-2 战斗结果面板部件说明

部件	说明
WinImage	<p>胜利图片，当玩家取得胜利时，会显示该图片</p> 
LostImage	<p>失败图片，当玩家输掉比赛时，会显示该图片</p> 
OkBtn	<p>“好的”按钮</p> 

(续)

部件	说明
BgImage	背景图，仅为了美观 
TitleText	标题，仅为了美观 
ResultPanel	顶层的 ResultPanel 包含 Image 组件，显示一张白色半透明图片，用于屏蔽下层的按钮

完成后将战斗结果面板（ResultPanel）做成预设，存放到 Resources 文件夹下。

## 11.4.2 面板逻辑

战斗结果面板的逻辑和提示面板很类似，唯一不同的是，提示面板会根据参数显示不同的文字，而战斗结果面板会根据参数显示不同的图片（胜利或失败）。在 Script/module/Battle 中新建 ResultPanel 类，开始编写面板逻辑。

定义 Image 类型的 winImage 指向胜利图片；lostImage 指向失败图片；okBtn 指向“好的”按钮；设置 skinPath 为“ResultPanel”；层级和提示面板相同，设置为“PanelManager.Layer.Tip”。当玩家点击“好的”按钮时，会回调 OnOkClick 方法，关闭面板。由于战斗结束后，玩家会退回房间，开始新的战斗，OnOkClick 还会重新打开房间面板。

在 OnShow 方法中，程序通过 args[0] 获取传入的第一个参数，把它转换成 bool 类型后给 isWin 赋值。isWin 代表是否取得胜利，如果 isWin

为true, 显示winImage, 否则显示lostImage。外部程序可以通过 PanelManager.Open<ResultPanel>(true) 打开胜利样式的战斗结果面板, 通过PanelManager.Open<ResultPanel>(false) 打开失败样式的战斗结果面板。

ResultPanel代码如下:

---

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class ResultPanel : BasePanel {
    //胜利提示图片
    private Image winImage;
    //失败提示图片
    private Image lostImage;
    //确定按钮
    private Button okBtn;

    //初始化
    public override void OnInit() {
        skinPath = "ResultPanel";
        layer = PanelManager.Layer.Tip;
    }
    //显示
    public override void OnShow(params object[] args) {
        //寻找组件
        winImage =
skin.transform.Find("WinImage").GetComponent<Image>();
        lostImage =
skin.transform.Find("LostImage").GetComponent<Image>();
        okBtn =
skin.transform.Find("OkBtn").GetComponent<Button>();
        //监听
        okBtn.onClick.AddListener(OnOkClick);
        //显示哪个图片
        if(args.Length == 1){
            bool isWin = (bool)args[0];
            if(isWin){
                winImage.gameObject.SetActive(true);
                lostImage.gameObject.SetActive(false);
            }else{
```

```
        winImage.gameObject.SetActive(false);
        lostImage.gameObject.SetActive(true);
    }
}

//关闭
public override void OnClose() {

}

//当按下确定按钮
public void OnOkClick() {
    PanelManager.Open<RoomPanel>();
    Close();
}
}
```

---

图11-10展示了战斗结果面板的成员和监听方法的关系。

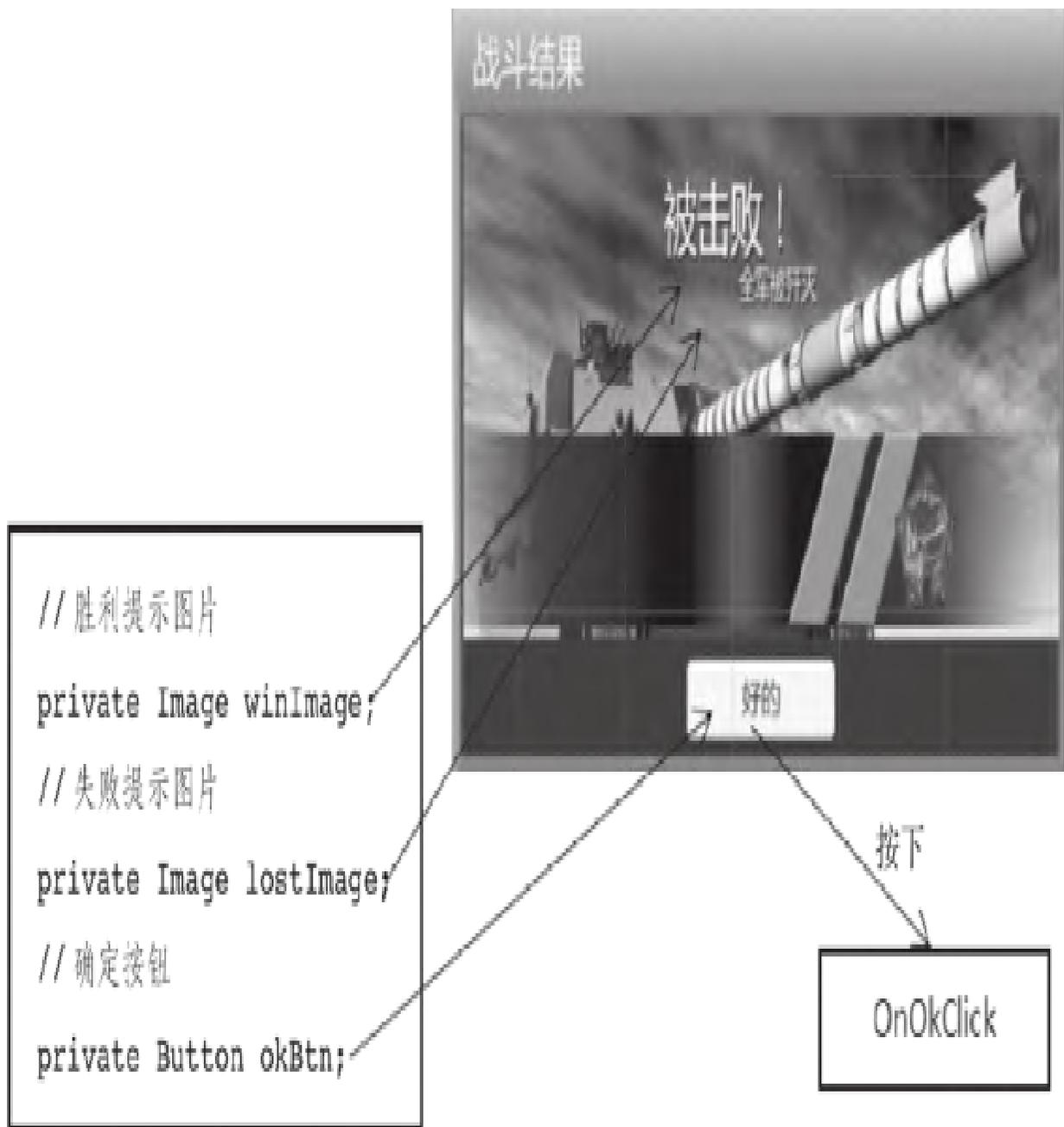


图11-10 战斗结果面板的成员和监听方法

## 11.5 服务端开启战斗

完成了战场系统的客户端部分，接着制作服务端部分。服务端部分需要实现两个功能：其一是开启战斗的逻辑处理，其二是判断哪一方获得胜利。在开启战斗的逻辑处理中，第一步要判断房间是否符合开战的条件。

## 11.5.1 能否开始战斗

在服务端的Room类中添加名为CanStartBattle的方法，用于判断房间能否开启战斗。CanStartBattle会返回true或者false。程序首先判断房间是否处于准备状态，只有准备状态的房间才能开战；其次，程序会判断房间里每个阵营是否至少有一名玩家，只有两个阵营都有人，才能开战。

Room.cs中CanStartBattle代码如下：

---

```
//能否开战
public bool CanStartBattle() {
    //已经是战斗状态
    if (status != Status.PREPARE){
        return false;
    }
    //统计每个阵营的玩家数
    int count1 = 0;
    int count2 = 0;
    foreach(string id in playerIds.Keys) {
        Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
        if(player.camp == 1){ count1++; }
        else { count2++; }
    }
    //每个阵营至少要有1名玩家
    if (count1 < 1 || count2 < 1){
        return false;
    }

    return true;
}
```

---

## 11.5.2 定义出生点

开战时，服务端会初始化整个战场的信息，然后通过MsgEnterBattle协议广播给客户端。MsgEnterBattle中最重要的数据是每辆坦克的信息，包括生命值、位置和旋转等。我们会在地图上定义图11-11圈定的六个出生点。如果是阵营1的坦克，程序会选择左下角三个出生点中的一个给坦克，如果是阵营2的坦克，会选择右上角三个出生点中的一个。

读者可以在地图上摆放几辆坦克，让他们位于出生点上，并且调整合适的角度。通过图11-12所示的属性栏，记录下出生点的信息。



图11-11 出生点示意图

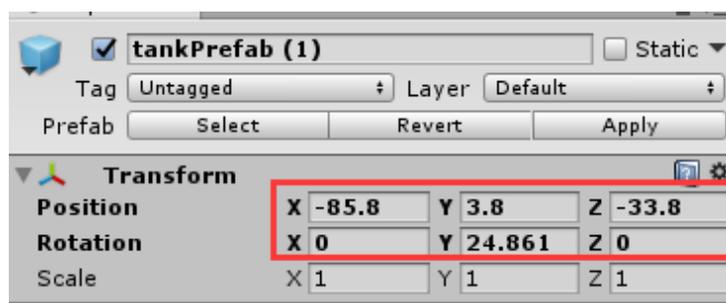


图11-12 记录位置和旋转

在Room类中添加一个名为birthConfig的变量，它是个三维数组，第一维代表坦克的阵营，第二维代表出生点序号，第三维度代表出生点信息。birthConfig的定义如下：

---

```
//出生点位置配置
static float[, ] birthConfig = new float[2, 3, 6] {
    //阵营1出生点
    {
        {-85.8f, 3.8f, -33.8f, 0, 24.9f, 0f}, //出生点1
        {-49.9f, 3.8f, -61.4f, 0, 21.4f, 0f}, //出生点2
        {-6.2f, 3.8f, -70.7f, 0, 21.9f, 0f}, //出生点3
    },
    //阵营2出生点
    {
        {150f, 0f, 178.9f, 0, -156.8f, 0f}, //出生点1
        {105f, 0f, 216.5f, 0, -156.8f, 0f}, //出生点2
        {52.0f, 0f, 239.2f, 0, -156.8f, 0f}, //出生点3
    },
};
```

---

以static修饰birthConfig，让它成为静态变量。主要是考虑到各个房间的出生点都相同，无须让每个房间对象复制一份数据。

birthConfig第一维代表阵营，可以填入0或者1。例如birthConfig[0]代表第一个阵营的三个出生点，birthConfig[1]代表第二个阵营的3个出生点。第二维代表每个阵营出生点的序号，如birthConfig[0, 1]代表阵营1的第二个出生点。birthConfig第三维的六个数字分别代表x坐标、y坐标、z坐标和x轴旋转、y轴旋转、z轴旋转。例如第一列的{-85.8f, 3.8f, -33.8f, 0, 24.9f, 0f}代表坦克位置是(-85.8f, 3.8f, -33.8f)，旋转角度是(0, 24.9f, 0f)。所以可以通过birthConfig[0, 0, 0]获取第一个阵营第一个出生点的x坐标，通过birthConfig[0, 0, 1]获取第一个阵营第一个出生点的y坐标。birthConfig的结构如图11-13所示。

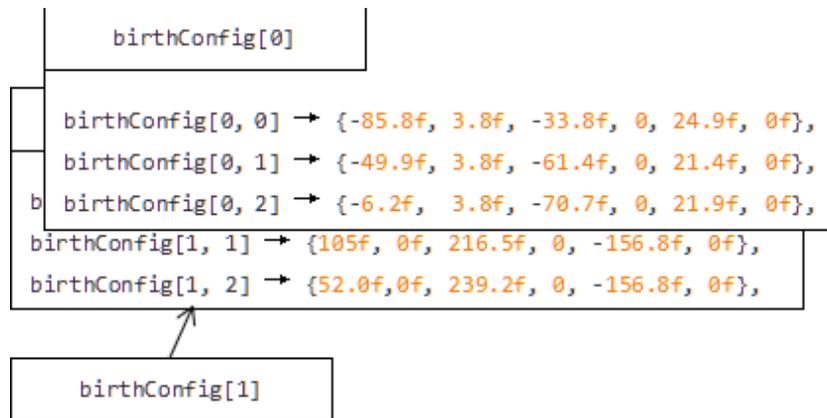


图11-13 birthConfig示意图

为了方便处理，编写如下的SetBirthPos方法。它接受两个参数，一个是玩家对象player，另一个是出生点的序号。SetBirthPos将会根据出生点配置birthConfig，给玩家对象的坐标和旋转赋值。具体代码如下，程序会自动获取玩家的阵营（camp），作为birthConfig的第一维，将参数index作为birthConfig的第二维。

---

```
//初始化位置
private void SetBirthPos(Player player, int index){
    int camp = player.camp;

    player.x = birthConfig[camp-1, index, 0];
    player.y = birthConfig[camp-1, index, 1];
    player.z = birthConfig[camp-1, index, 2];
    player.ex = birthConfig[camp-1, index, 3];
    player.ey = birthConfig[camp-1, index, 4];
    player.ez = birthConfig[camp-1, index, 5];
}
```

---

战斗开始前，服务端需要初始化所有玩家的战斗属性。定义重置数据的方法ResetPlayers，它会给房间里的玩家赋予合适的出生点，再会重置它们的生命值。程序会先遍历房间里的玩家（foreach(string id in playerIds.Keys)），根据count1和count2的计数，递增地选择出生点序号，再调用SetBirthPos设置玩家的出生点。

---

```

//重置玩家战斗属性
private void ResetPlayers(){
    //位置和旋转
    int count1 = 0;
    int count2 = 0;
    foreach(string id in playerIds.Keys) {
        Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
        if(player.camp == 1){
            SetBirthPos(player, count1);
            count1++;
        }
        else {
            SetBirthPos(player, count2);
            count2++;
        }
    }
    //生命值
    foreach(string id in playerIds.Keys) {
        Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
        player.hp = 100;
    }
}

```

---

### 11.5.3 坦克信息

开启战斗后，服务端会向房间内的玩家广播MsgEnterBattle协议，而MsgEnterBattle最重要的数据是TankInfo类型的数组tanks，它包含所有坦克的信息。为了方便后面调用，在Room中定义名为PlayerToTankInfo的方法，它会根据参数player的信息，生成TankInfo类型的数据。填充的内容包括坦克阵营camp、位置x、y、z和旋转ex、ey、ez。

---

```

//玩家数据转成TankInfo
public TankInfo PlayerToTankInfo(Player player){
    TankInfo tankInfo = new TankInfo();
    tankInfo.camp = player.camp;
    tankInfo.id = player.id;
    tankInfo.hp = player.hp;

    tankInfo.x = player.x;
    tankInfo.y = player.y;
}

```

```
tankInfo.z = player.z;
tankInfo.ex = player.ex;
tankInfo.ey = player.ey;
tankInfo.ez = player.ez;

return tankInfo;
}
```

---

## 11.5.4 开启战斗

定义开启战斗的方法StartBattle，只要调用它，程序就会将房间设置成战斗状态（status=Status.FIGHT），然后重置所有玩家的战斗属性（ResetPlayers），最后生成MsgEnterBattle协议广播出去。在生成MsgEnterBattle协议的过程中，程序会遍历房间内的玩家，调用PlayerToTankInfo生成每一个玩家的坦克信息。StartBattle会返回true或者false，代表开启成功或失败。

---

```
//开战
public bool StartBattle() {
    if(!CanStartBattle()){
        return false;
    }
    //状态
    status = Status.FIGHT;
    //玩家战斗属性
    ResetPlayers();
    //返回数据
    MsgEnterBattle msg = new MsgEnterBattle();
    msg.mapId = 1;
    msg.tanks = new TankInfo[playerIds.Count];

    int i=0;
    foreach(string id in playerIds.Keys) {
        Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
        msg.tanks[i] = PlayerToTankInfo(player);
        i++;
    }
    Broadcast(msg);
    return true;
}
```

---

## 11.5.5 消息处理

当服务端收到客户端发来的MsgStartBattle协议，它需要做一系列判断。其一是根据玩家的索引信息（player.roomId）找到对应房间，如果玩家没有在房间中，那自然找不到房间，会返回错误

（msg.result=1）。因为只有房主才能发起战斗，程序会判断发起协议的玩家是不是房主（if(!room.isOwner(player))），如果不是，也会返回错误信息。最后调用room.StartBattle开启战斗。

RoomMsgHandle中的协议处理方法MsgStartBattle如下：

---

```
//请求开始战斗
public static void MsgStartBattle(ClientState c, MsgBase
msgBase) {
    MsgStartBattle msg = (MsgStartBattle)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;
    //room
    Room room = RoomManager.GetRoom(player.roomId);
    if(room == null){
        msg.result = 1;
        player.Send(msg);
        return;
    }
    //是否是房主
    if(!room.isOwner(player)){
        msg.result = 1;
        player.Send(msg);
        return;
    }
    //开战
    if(!room.StartBattle()){
        msg.result = 1;
        player.Send(msg);
        return;
    }
    //成功
    msg.result = 0;
    player.Send(msg);
}
```

---

至此，当房主点击开始战斗按钮时，所有玩家会被拉入战场。

## 11.6 服务端胜负判断

服务端需要处理战斗开始和战斗结束两项大事，当服务端判断某一个阵营获得胜利，就会广播MsgBattleResult协议，并且让房间返回准备状态。

图11-14展示了胜负判断功能的整体程序结构。程序每隔10秒会调用一次Judgment判断战局，如果某一方获得了胜利，会将房间重新设置成准备状态，再计算玩家的战绩，胜利方加一个胜利次数，失败方加一个失败次数，随后将战斗结果（MsgBattleResult）发送给客户端。图11-14展示了服务端胜负判断功能的程序结构。

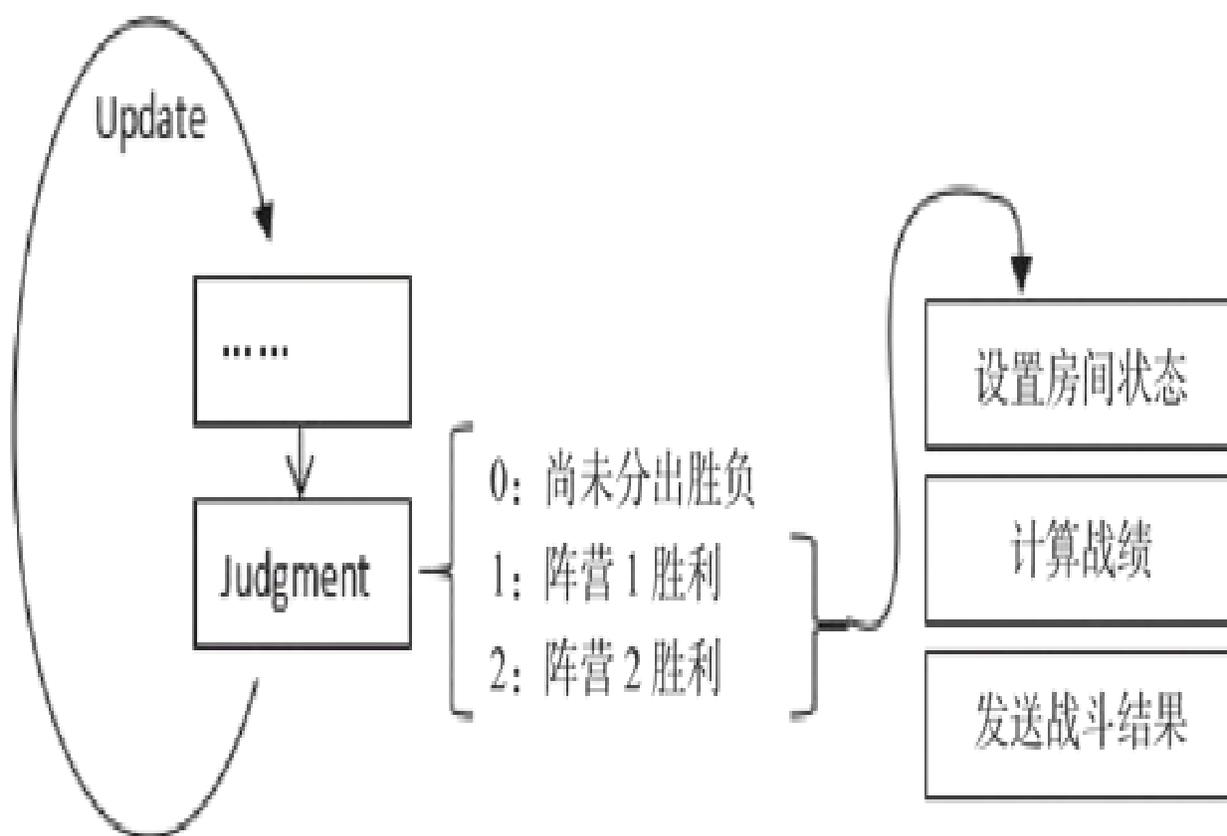


图11-14 胜负判断的程序结构

### 11.6.1 是否死亡

在Room中定义一个判断坦克是否死亡的方法IsDie，它简单地判断玩家的生命值是否小于等于0，然后返回true或者false。

```
//是否死亡
public bool IsDie(Player player){
    return player.hp <= 0;
}
```

---

## 11.6.2 胜负决断函数

当某一个阵营的所有坦克都死了，另一个阵营获得胜利。在Room中定义判断胜负的方法Judgment，它可能会返回0、1或2。如果返回0，代表尚未分出胜负；如果返回1，代表阵营1取得了胜利；如果返回2，代表阵营2取得了胜利。

Judgment方法会记录下两个阵营的存活人数（count1和count2）。如果某个阵营的存活人数是0，说明全被歼灭，另一个阵营获得胜利。

---

```
//胜负判断
public int Judgment(){
    //存活人数
    int count1 = 0;
    int count2 = 0;
    foreach(string id in playerIds.Keys) {
        Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
        if(!IsDie(player)){
            if(player.camp == 1){count1++;};
            if(player.camp == 2){count2++;};
        }
    }
    //判断
    if(count1 <= 0){
        return 2;
    }
    else if(count2 <= 0){
        return 1;
    }
    return 0;
}
```

---

## 11.6.3 定时器

还记得网络模块中的定时事件吗？eventHandler中有个名为OnTimer的方法，它大概每秒会执行一次，在第7章中我们使用它完成心跳机制的处理。现在在OnTimer中再添加一行代码，让程序定时执行RoomManager的Update方法。

---

```
public static void OnTimer(){
    CheckPing();
    RoomManager.Update();
}
```

---

RoomManager的Update方法很简单，它只是遍历房间列表，然后调用各个房间的Update方法（稍后实现）。

---

```
//Update
public static void Update(){
    foreach(Room room in rooms.Values){
        room.Update();
    }
}
```

---

## 11.6.4 Room:Update

每个房间会有一个Update方法，由OnTimer和RoomManager.Update驱动，它大概每秒会执行一次，我们将在Update方法中完成胜负判断的功能。依照图11-14所示的流程，Update方法会先判断房间是否处于战斗状态，只有在战斗状态的房间才需要判断胜负；然后它会每10秒调用一次Judgment方法（通过代表上一次判断时间的lastJudgeTime实现）。如果此时尚未分出胜负，程序不做任何调整，直接return掉；如果某个阵营取得了胜利，程序会做出结束战斗的处理，具体为三个方面。

- 1) 将房间设置为准备状态（status=Status.PREPARE）；
- 2) 统计战绩，给胜利玩家的胜利次数加1（player.data.win++），给失败玩家的失败次数加1（player.data.lost++）；

3) 发送战斗结果，服务端会发送MsgBattleResult协议，告诉客户端哪一个阵营获得了胜利（msg.winCamp）。

Update代码如下：

---

```
//上一次判断结果的时间
private long lastJudgeTime = 0;

//定时更新
public void Update(){
    //状态判断
    if(status != Status.FIGHT){
        return;
    }
    //时间判断
    if(NetManager.GetTimeStamp() - lastJudgeTime < 10f){
        return;
    }
    lastJudgeTime = NetManager.GetTimeStamp();
    //胜负判断
    int winCamp = Judgment();
    //尚未分出胜负
    if(winCamp == 0){
        return;
    }
    //某一方胜利，结束战斗
    status = Status.PREPARE;
    //统计信息
    foreach(string id in playerIds.Keys) {
        Player player = PlayerManager.GetPlayer(id);
        if(player.camp == winCamp){player.data.win++;}
        else{player.data.lost++;}
    }
    //发送Result
    MsgBattleResult msg = new MsgBattleResult();
    msg.winCamp = winCamp;
    Broadcast(msg);
}
```

---

## 11.7 服务端断线处理

正如10.11节所描述的，网络游戏中，总避免不了网络断线的情况，程序应当作出适当的处理。若玩家在战斗中掉线，服务端需要向房间内的所有玩家广播MsgLeaveBattle协议，让客户端把下线玩家的坦克删掉。由于玩家断线时，程序会调用room.RemovePlayer方法，只需对它稍加处理即可。

修改后的Room类RemovePlayer方法如下：

---

```
//删除玩家
public bool RemovePlayer(string id) {
    //获取玩家、有没有在房间里、删除列表、设置房主
    .....
    //战斗状态退出
    if(status == Status.FIGHT){
        player.data.lost++;
        MsgLeaveBattle msg = new MsgLeaveBattle();
        msg.id = player.id;
        Broadcast(msg);
    }
    //房间为空的情况处理、广播消息
    .....
}
```

---

为了避免玩家在快输掉时退出游戏，以达到不扣分（失败次数加1）的目的。上述程序中，无论什么原因，当玩家在战斗中退出，都视为输掉比赛（player.data.lost++）。

## 11.8 测试

完成了战场系统客户端和服务端两部分，开始测试。

### 11.8.1 进入战场

选择一个账号（如lpy）登录游戏，创建一个房间。由于是房间内的第一个玩家，lpy成为房主。如果点击开战按钮，会弹出“两队至少都需要一名玩家”的提示，如图11-15所示。

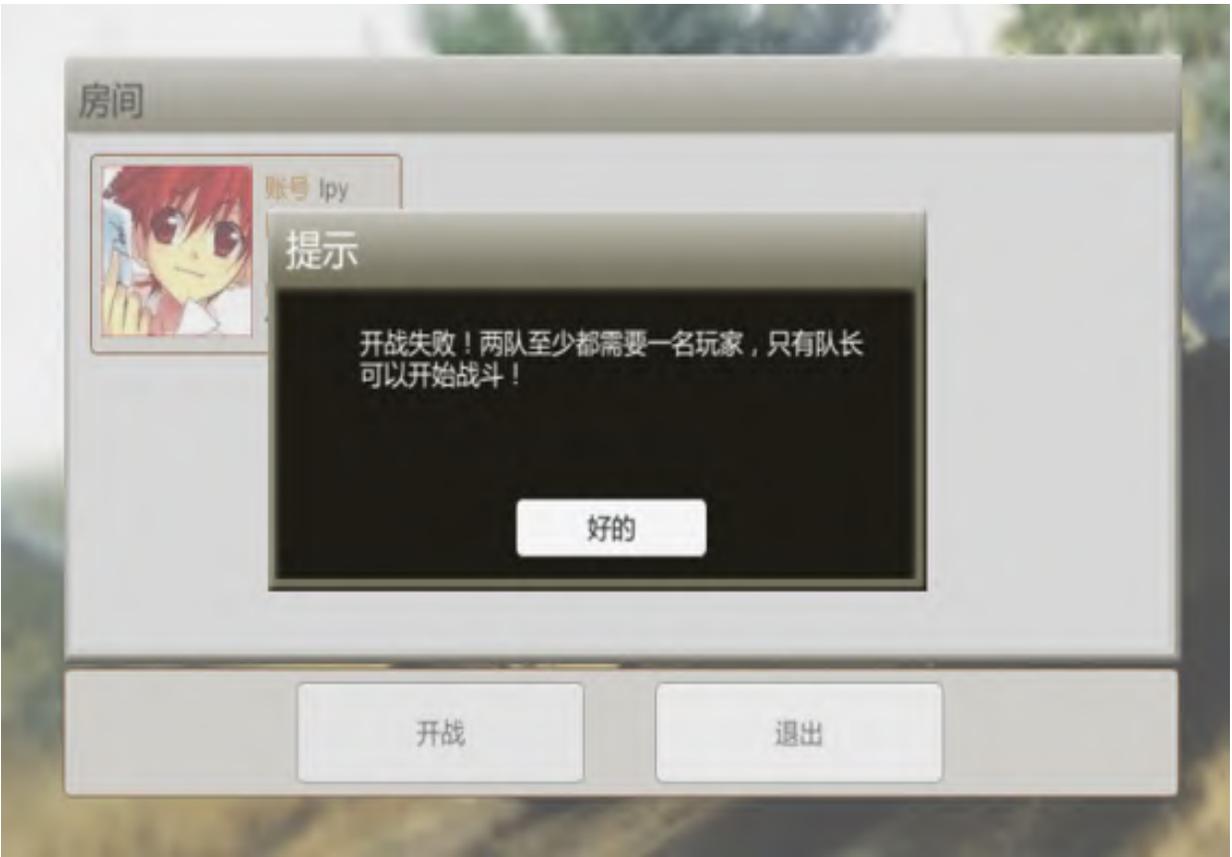


图11-15 弹出“两队至少都需要一名玩家”的提示

登录更多账号（cat、dog、hero），进入同一房间。此时每个阵营各有两名玩家（如图11-16所示），可以进入战斗。



图11-16 拥有4名玩家的房间

当房主点击开战，4个客户端都会进入战场，它们的初始位置如图11-17所示。



图11-17 四辆坦克的初始位置

图11-18展示了从某个玩家的视角，看到另一阵营的两个敌人。



图11-18 某玩家看到两个敌人

我方坦克和敌方坦克有着不同的颜色和样式，用于区分阵营，如图11-19所示。



图11-19 不同阵营对应不同的坦克样式

## 11.8.2 离开战场

当某个玩家（如hero）退出时，服务端会广播MsgLeaveBattle协议，客户端收到后会删掉该名玩家对应的坦克，如图11-20所示。

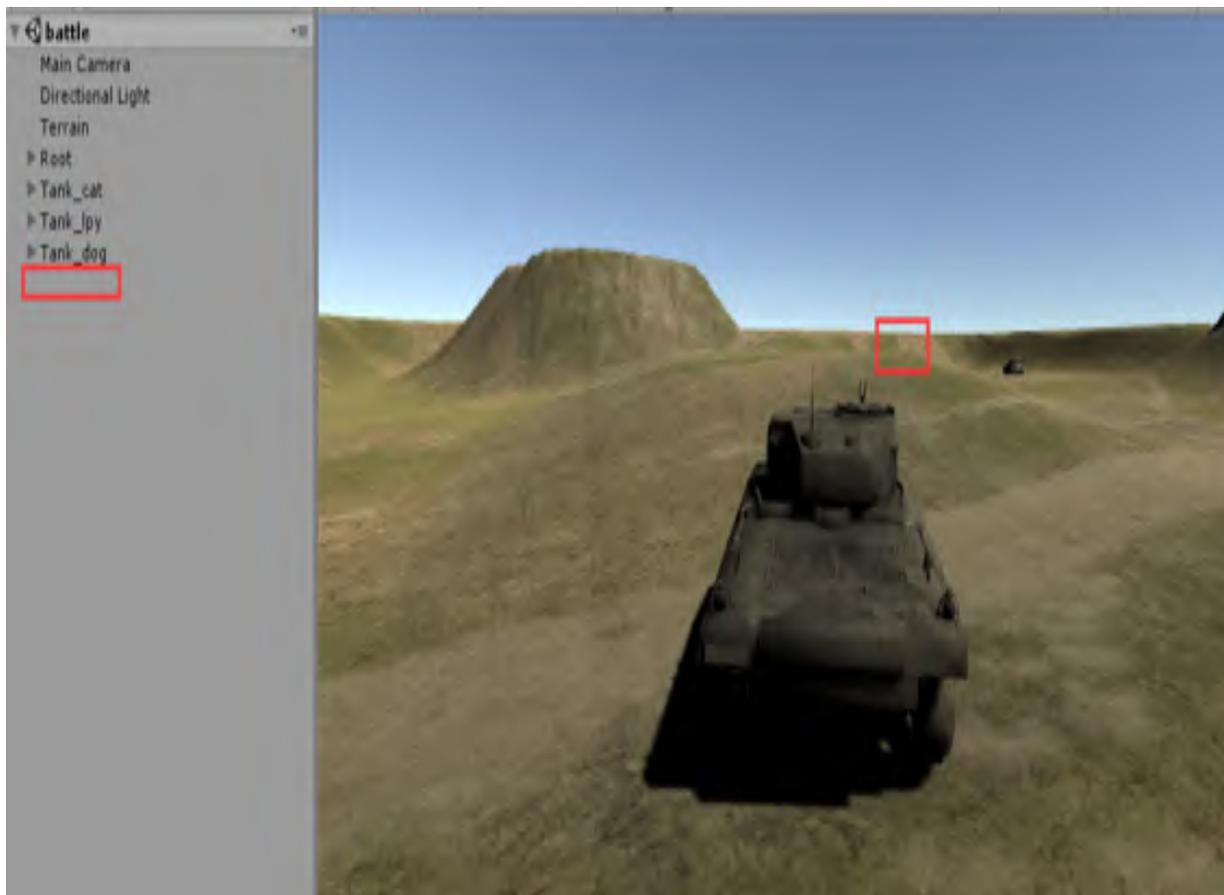


图11-20 某位玩家退出

当某一个阵营的玩家全部退出时，另一个阵营的玩家会看到战斗胜利的提示，如图11-21所示。

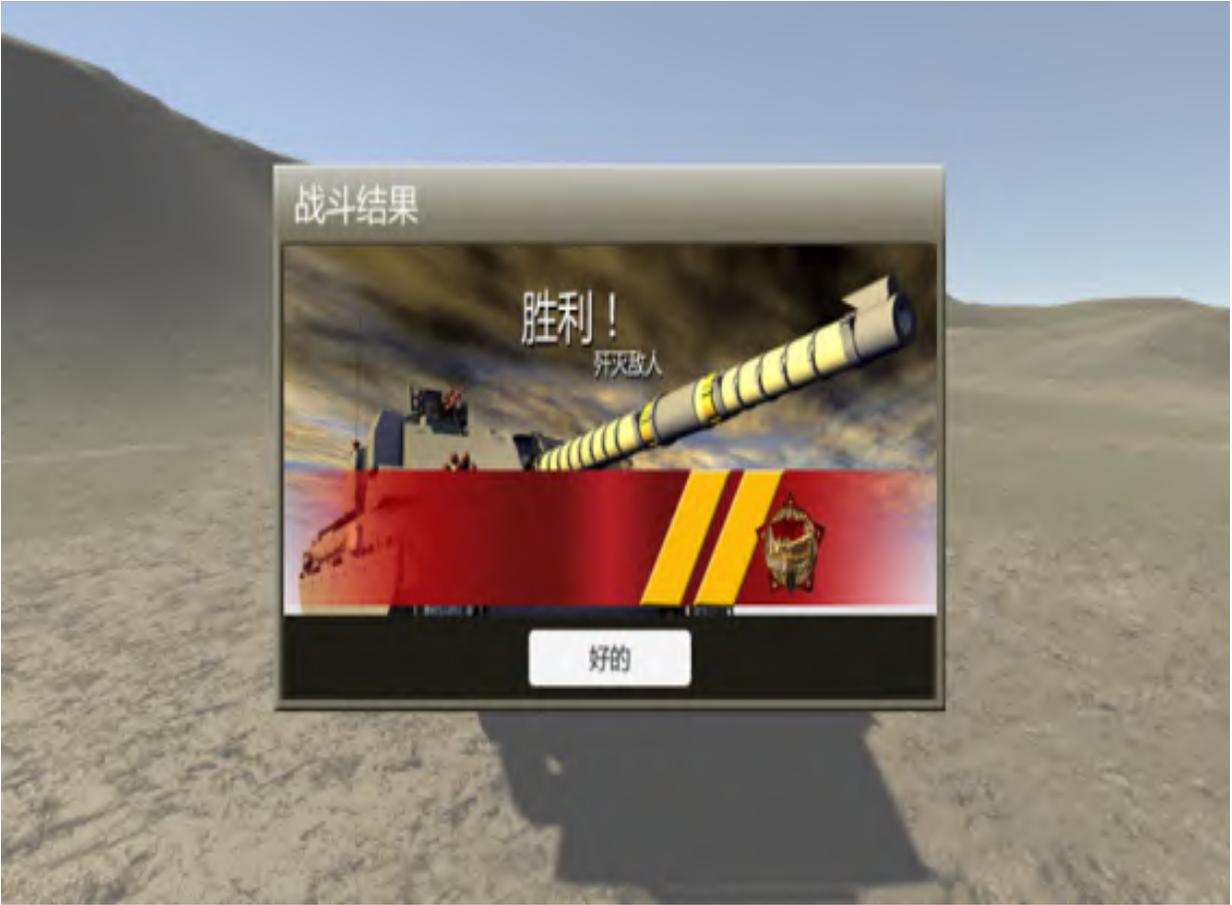


图11-21 战斗胜利提示

至于战斗过程中坦克移动、炮弹、伤害的同步，将在下一章中实现。

## 第12章

# 同步战斗信息

战场中，玩家能够看到其他玩家的坦克。坦克移动时，战场上的玩家也应能够看到坦克的位置变化；开炮时，玩家要能看到纷飞的弹片。“同步”是网络游戏的一大课题，也是很难做到完美的课题。图12-1展示了四个客户端的同步，每个玩家都看到相同的战场。

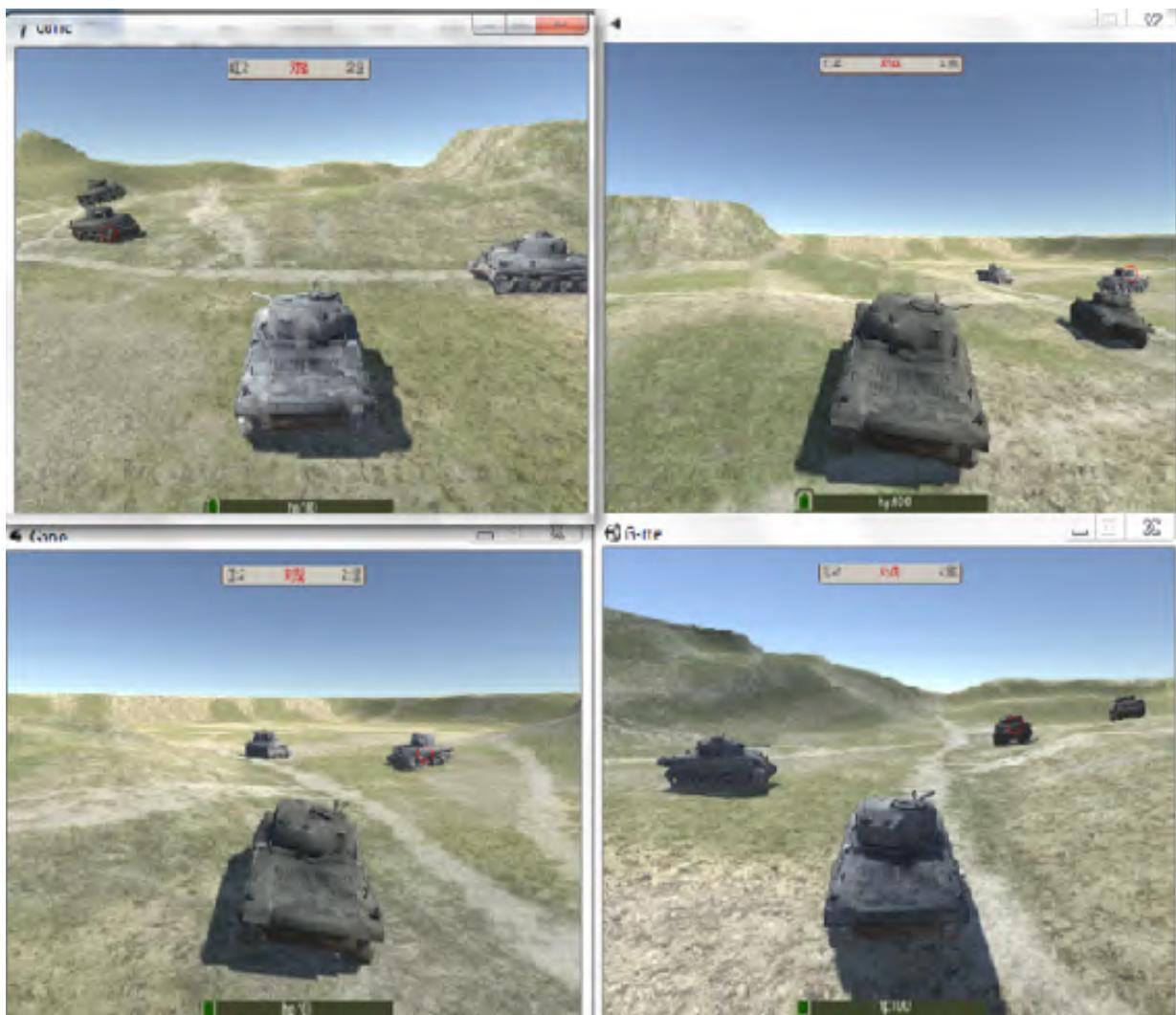


图12-1 四个客户端的同步

网络传播会有延迟，玩家看到的坦克轨迹和真实轨迹会有误差，怎样减少误差呢？如果要得到准确的同步信息，就要求高频率地发送同步信息，游戏性能可能受到影响，又该怎样解决呢？

本章会先介绍两种同步方法——状态同步和指令同步（帧同步是一种常见的指令同步），再将它们运用到坦克游戏中，完成坦克游戏。

## 12.1 同步理论

## 12.1.1 同步的过程

在客户端—服务端架构中，无论是用什么样的同步方法，都始终遵循着图12-2所示的过程。客户端1向服务端发送一条消息，服务端收到后稍作处理，把它广播给所需的客户端（客户端1、客户端2和客户端3）。所传递的消息可以是坦克的位置、旋转这样的状态值，也可以是“向前走”这样的指令值。前者称之为状态同步，后者称之为指令同步。

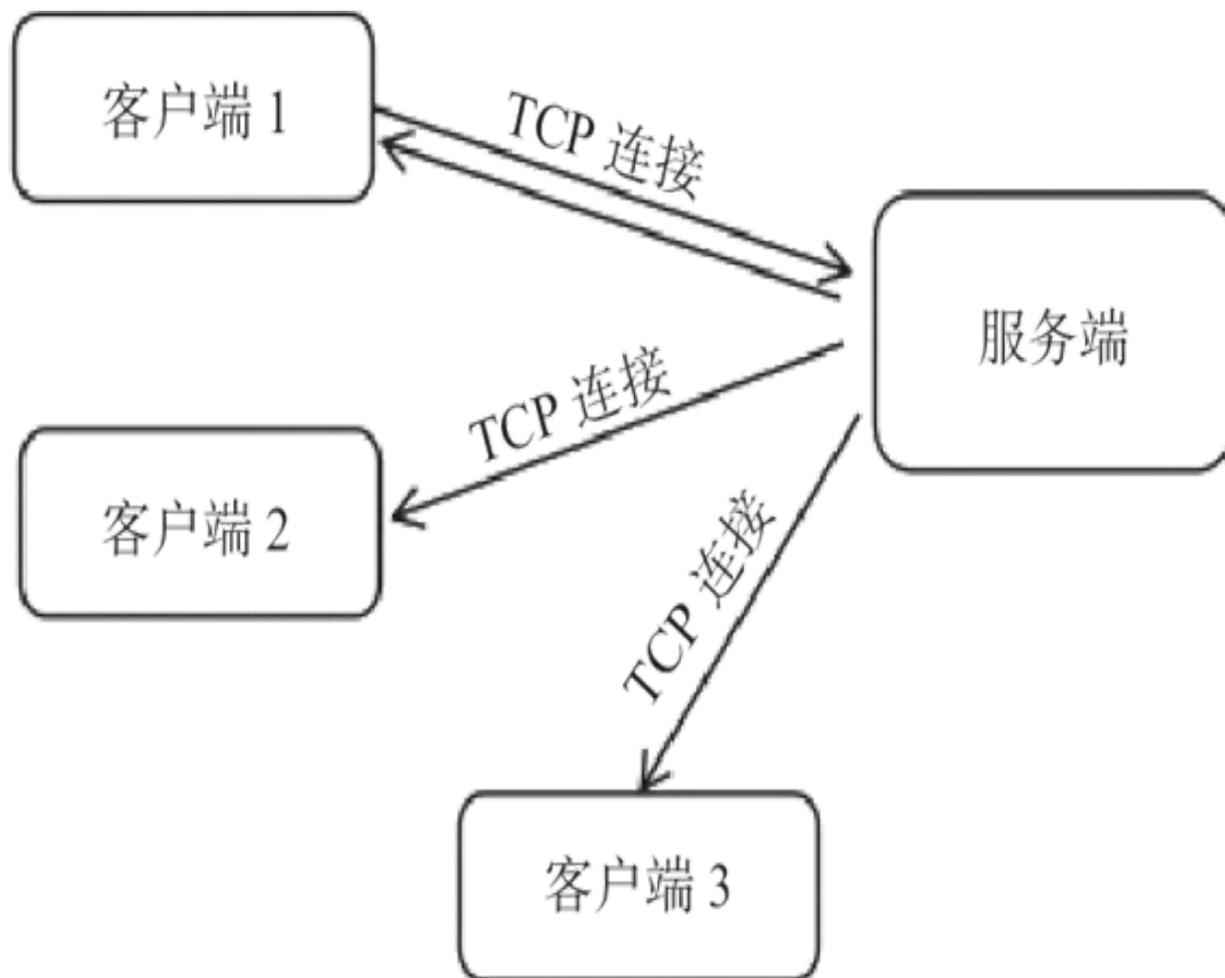


图12-2 同步的一般方法

## 12.1.2 同步的难题

由于存在网络延迟和抖动，往往很难做到精确的同步。图12-3左图展示的是理想的网络情况，服务端定时发送消息给客户端，客户端立刻就能够收到。而实际的网络情况并非如此，更像图12-3右图所展

示的，存在两个问题：其一，消息的传播需要时间，会有延迟；其二，消息的到达时间并不稳定，有时候两条消息会相隔较长时间，有时候却相隔很短。

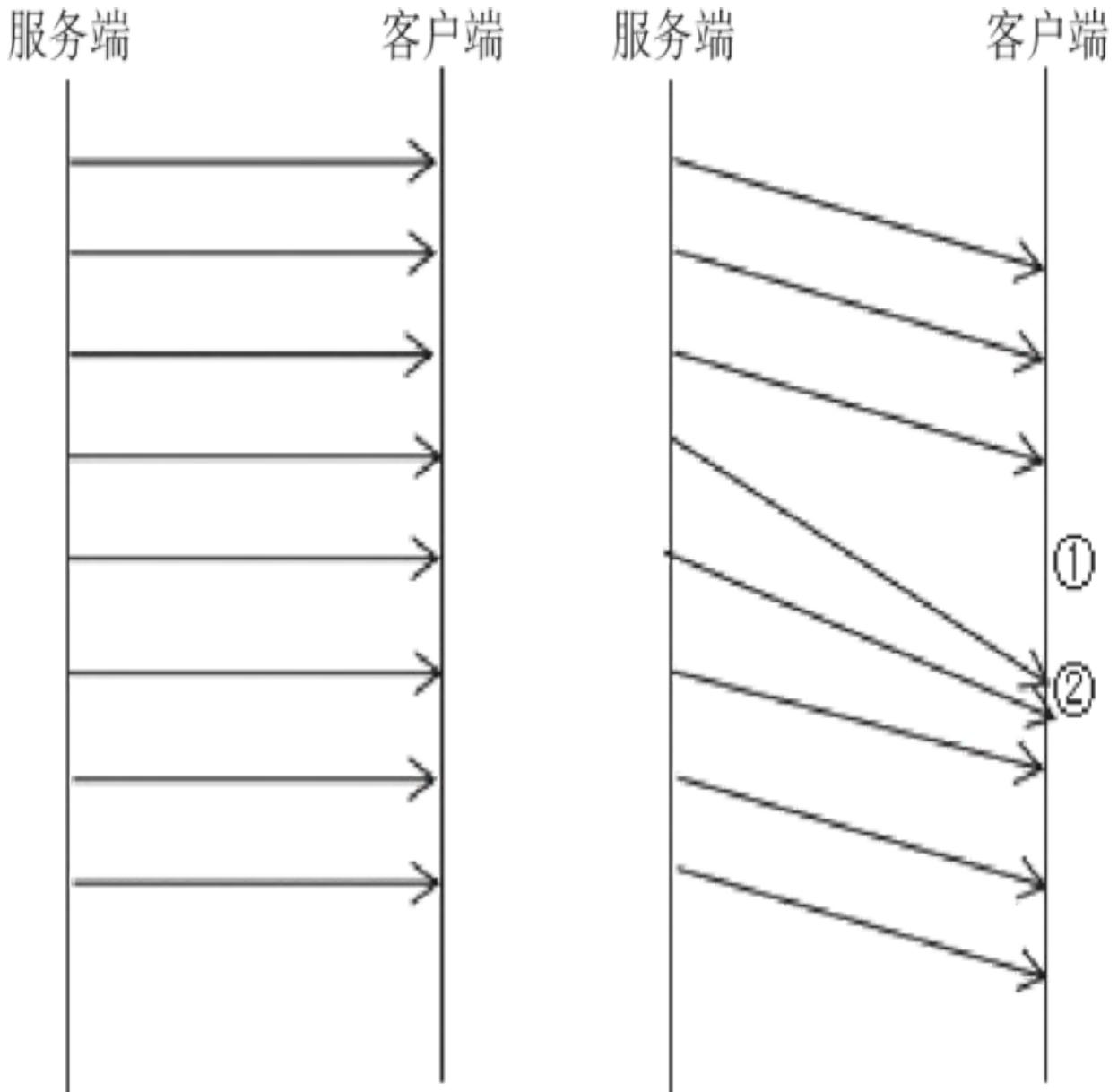


图12-3 网络传播的理想和现实情况

表12-1列举了网络延迟时间的参考值，即服务端发送一条消息给客户端，客户端多久才能够收到。尽管只是一个参考值，但也可以看出不同环境下网络延迟有很大的不同。在本地测试的时候，延迟时间几乎可以忽略不计，若把服务器部署到外网，就必须要考虑延迟问

题。为了照顾网络不好的玩家，我们会假定网络延迟都比较高，比如100毫秒。

表12-1 网络延迟时间参考值

网 络	时 间
局域网	0.1 毫秒
PC 宽带—外网服务器	12 毫秒
手机 wifi—外网服务器	25 毫秒
手机 4G—外网服务器	50 毫秒

图12-4展示了在网络不太通畅的情况下，服务端每隔0.033秒（即每秒发送30次）发送消息给客户端，客户端收到消息的间隔时间。可见，有部分接近0.4秒，对应图12-3右图①的情形，还有部分接近0，对应图12-3右图②的情形。平均间隔时间约为0.1秒，相当于每秒同步10次，远不及服务端发送的30次。

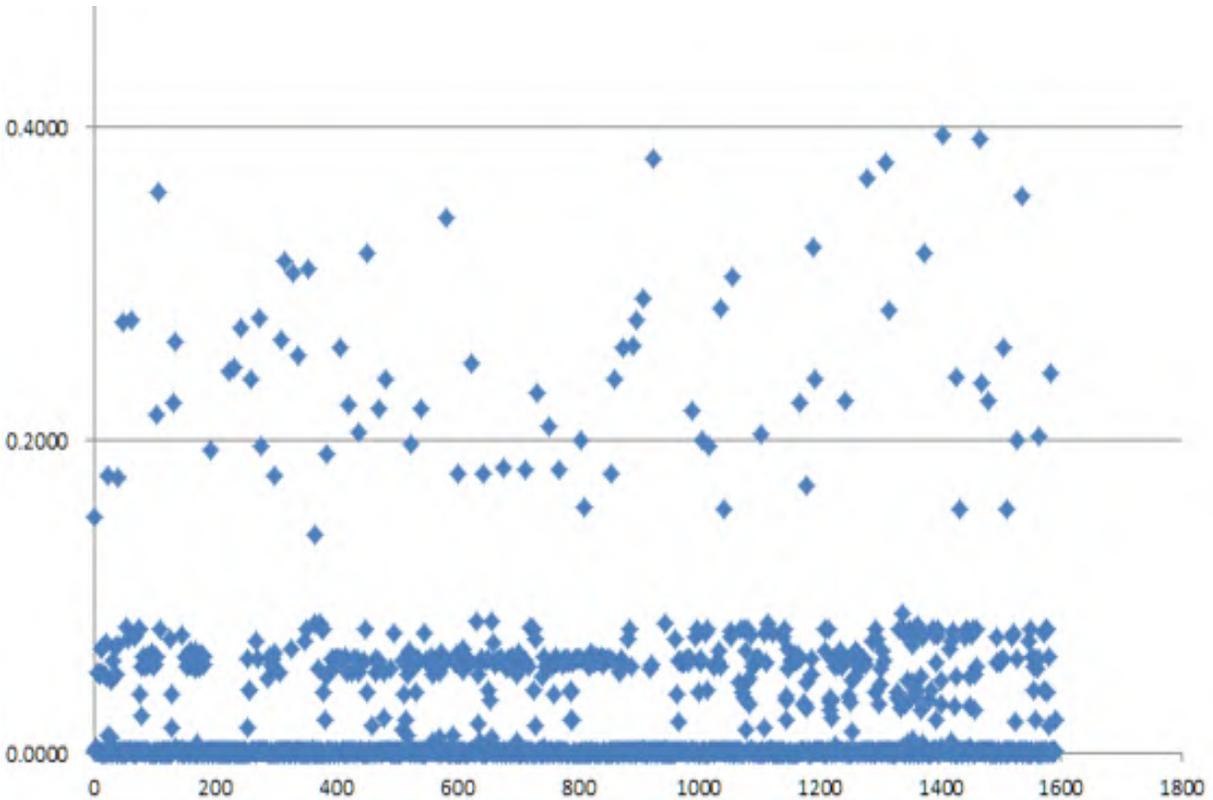


图12-4 服务端每0.033秒发送消息，客户端收到消息的时间差

假如客户端每隔0.033秒向服务端发送坦克的位置信息，服务端转发给其他客户端，其他客户端并不能保证每隔0.033秒就更新一次位置，较坏的情况下，有可能每1秒才更新一次位置，玩家会明显感觉到卡顿。

图12-5展示了坦克游戏中可能的不同步情况。玩家1控制的坦克从A点走向C点，玩家2看到的坦克总是延迟了一小段时间，所以玩家1和玩家2看到的战场不会完全一致。

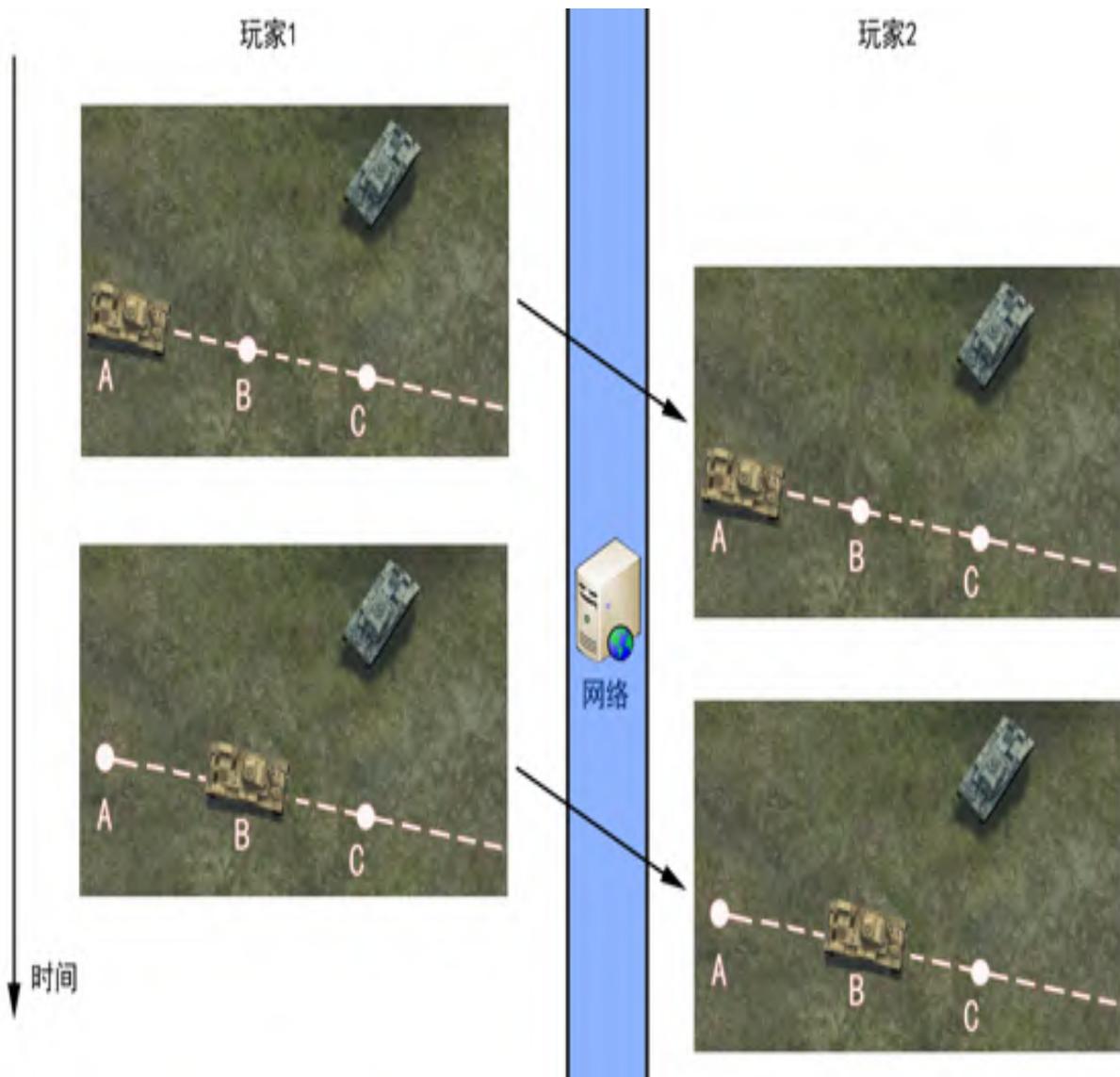


图12-5 坦克游戏中的延迟

网络延迟问题基本无解，只能权衡。比如，尽量发送更少的数据，数据越少，发生数据丢失并重传的概率就越小，平均速度越快。又比如，在客户端上做些“障眼法”，让玩家感受不到延迟。

## 12.2 状态同步

状态同步指的是同步状态信息。在坦克游戏中，客户端把坦克的位置坐标、旋转发送给服务端，服务端再做广播。

### 12.2.1 直接状态同步

## · 是什么

最直接的同步方案莫过于客户端定时向服务端报告位置，其他玩家收到转发的消息后，直接将对方坦克移动到指定位置。

## · 分析

假设玩家1为发送位置信息的一方，玩家2为同步方，网络延迟为250毫秒。如图12-6所示，玩家1在经过B点时发送同步信息，经过一定的网络延迟，当玩家1的坦克走到C点时，玩家B才收到消息。这时两个客户端的误差为“速度\*延迟”。假设玩家1在C点时又发送了位置信息，玩家2看到的同步坦克是瞬移的，从B直接跳到了C，很不自然。所以，商业游戏中一般不会这么直接地同步位置。

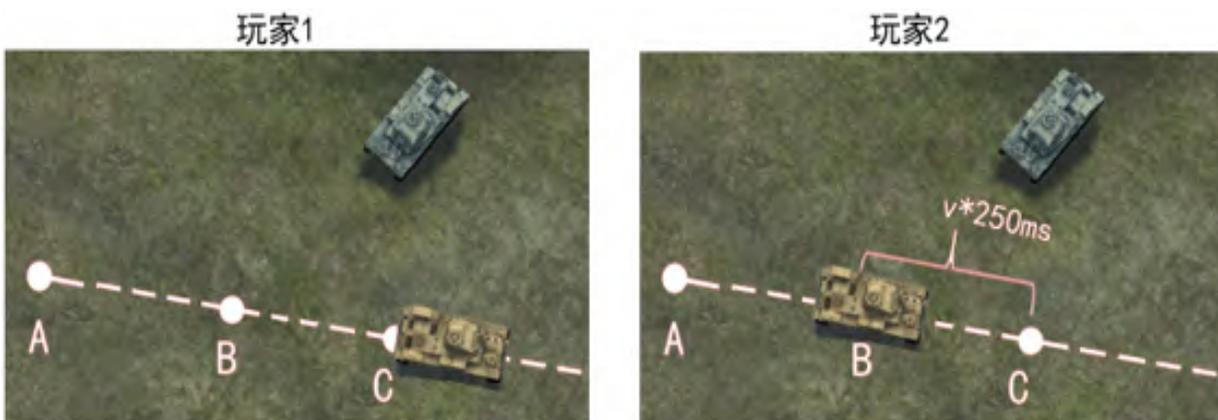


图12-6 直接状态同步

## 12.2.2 跟随算法

### · 是什么

为了解决“直接状态同步”的瞬移问题，人们引入了一种障眼法，称为“跟随算法”。在收到同步协议后，客户端不直接将坦克拉到目的地，而是让坦克以一定的速度移动。

### · 分析

如图12-7所示，玩家1经过B点时发送同步信息，玩家2收到后，将坦克以同样的速度从A点移动到B点。此种情况下，误差更大了，因为在玩家1从B点移到C点的过程中，玩家2看到的坦克才从A点移向B点。

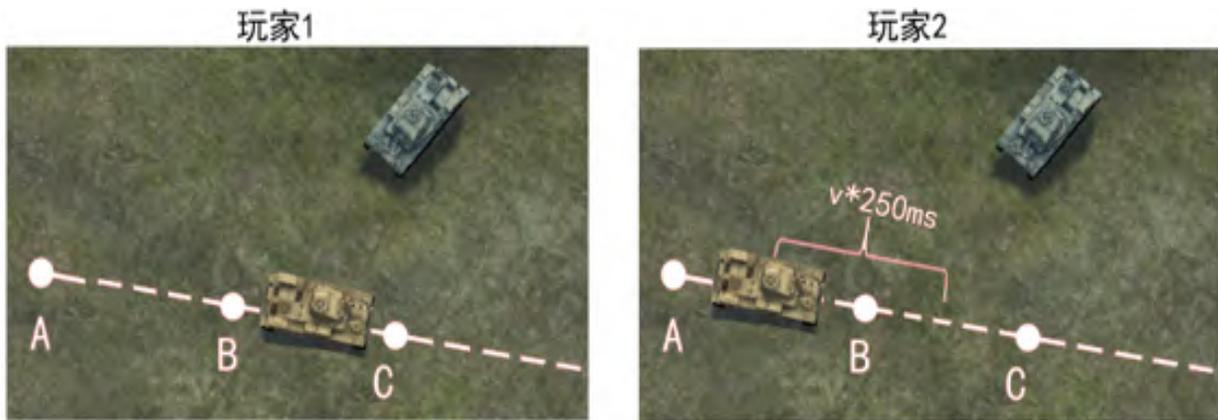


图12-7 跟随算法

然而很多时候，游戏并不需要非常精确的同步，只要同步频率足够高（玩家每1秒发送位置的次数，比如每秒发送30次），误差就可以忽略。跟随和预测算法普遍应用在商业游戏中。

### 12.2.3 预测算法

#### · 是什么

跟随算法的一大缺陷就是误差会变得很大，那么还有没有办法可以减少误差呢？在某些有规律可循的条件下，比如坦克匀速运动，或者匀加速运动，我们能够预测坦克在接下来某个时间点的位置，让坦克提前走到预测的位置上去。这就是预测算法。

#### · 分析

在图12-8中，假设坦克匀速前进。玩家1经过B点时发送位置信息，玩家2根据“距离=速度\*时间”可以计算出下一次收到同步信息时，坦克应移动到C点。于是玩家2让同步坦克移向C点，玩家1和玩家2之间的误差会很小。

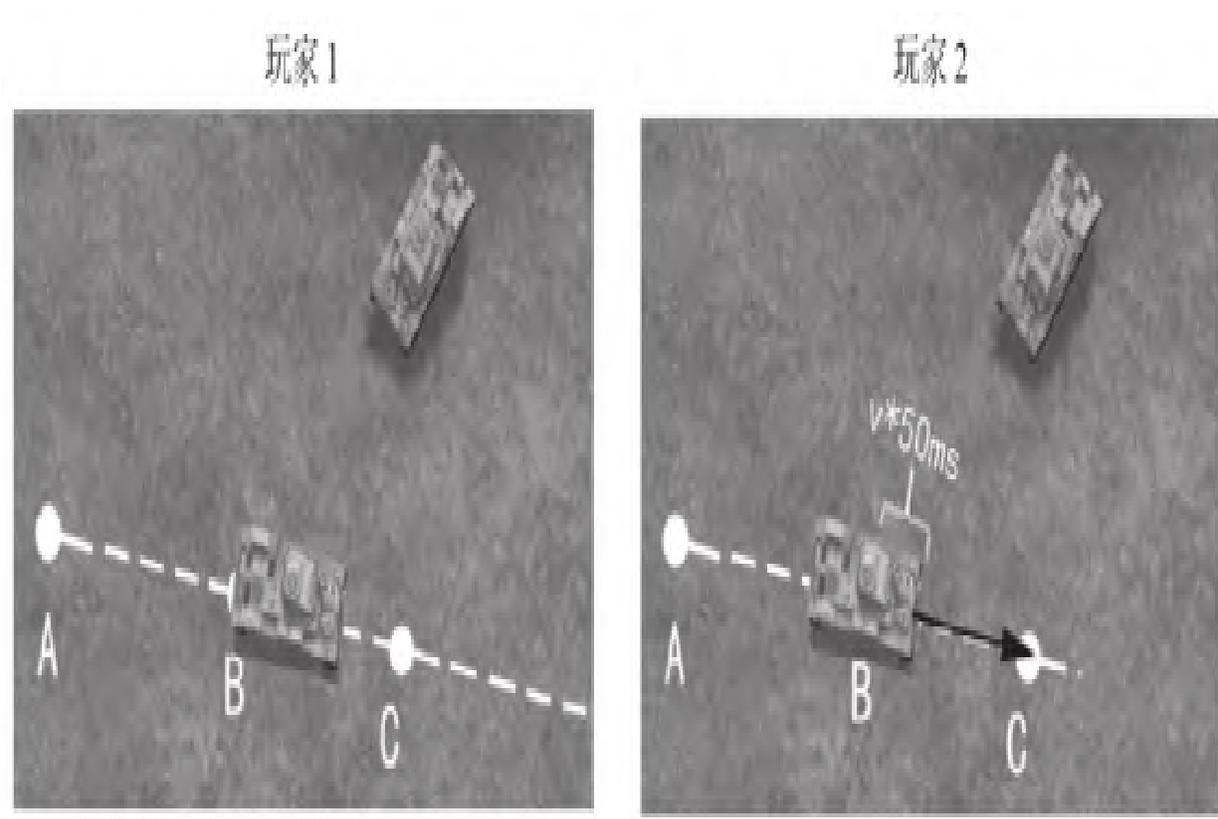


图12-8 预测算法

然而玩家1操控的坦克不可能一直保持匀速。当玩家1突然停下，玩家2看到的坦克会向前移动一段距离，又再向后移动一段距离，如图12-9所示。

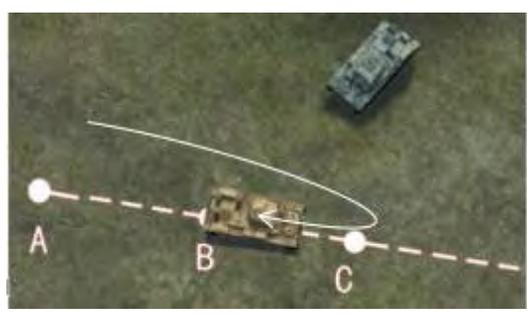


图12-9 预测算法的缺点

跟随算法和预测算法各有优缺点，具体使用哪种算法，应当视项目需求而定。由于预测算法相对复杂，本章我们会使用预测算法来实现同步。

## 12.3 帧同步

帧同步是指令同步的一种，即同步操作信息。基本上所有指令同步方法都结合了帧同步，两者可以视为一体。这里“帧”的概念与Unity中“每一帧执行一次Update”“30FPS（每秒传输帧数，Frames Per Second）”里的“Unity帧”有所不同，我们会实现独立于“Unity帧”的另外一种“同步帧”。

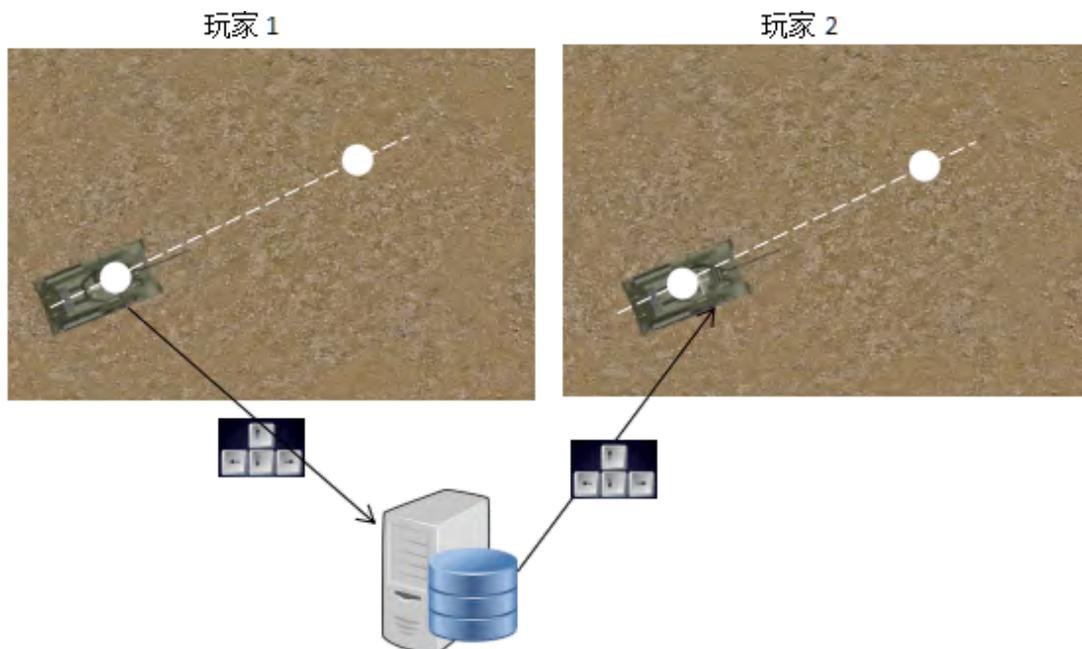
### 12.3.1 指令同步

#### · 是什么

状态同步所同步的是状态信息，如果要同步坦克的位置和旋转，那就需要同步六个值（三个坐标值和三个旋转值）。12.1.2节中提到，缓解网络延迟的一个办法是减少传输的数据量，如果只传输玩家的操作指令，数据量就会减少很多。

#### · 分析

图12-10中，当玩家1要移动坦克，按下键盘上的“上”键时，玩家1会发送“往前走”的消息给服务端，经由转发，玩家2收到后，让同步坦克向前移动。当玩家1要停止移动坦克，会放开按键，发送“停止”指令，玩家2收到后，让坦克停止移动。



## · 缺点

上述过程的一大缺点是误差的累积。有些电脑速度快，有些电脑速度慢，尽管玩家2收到了玩家1的指令，但只要两者的电脑运行速度不同，可能有人看到坦克走了很远，有人看到的却只移动了一点点的距离。为了解决这个问题，人们在操作同步的基础上，引入了“同步帧”的概念。

### 12.3.2 从Update说起

如果有一种办法，让不同的电脑有一致的运行效果，便可以解决指令同步中的误差累积问题。在第8章中，我们在Update中设置控制坦克的新位置，代码如下：

---

```
public void MoveUpdate(){ //Update中调用
    .....
    float y = Input.GetAxis("Vertical"); //如果是SyncTank, 改为由网络传播的指令
    Vector3 s = y*transform.forward * speed * Time.deltaTime;
    transform.transform.position += s;
}
```

---

由于采用了“速度\*时间”的计算式，理论上说，无论电脑运行速度快慢，坦克移动的路程都能够保持一致。因为当电脑很慢时，Update的执行次数会变少，但Time.deltaTime的值变大，反之亦然，但坦克移动的路程保持不变。

尽管如此，我们还不能够保证经由网络同步的坦克能够有一致的行为。因为网络延迟的存在，从发出“前进”到“停止”指令之间的时间可能不一致，坦克移动的路程也就不同。一种解决办法是，在发送命令的时候附带时间信息，客户端根据指令的时间信息去修正路程的计算方式，使所有客户端表现一致。人们定义了一种名为“帧”的概念，来表示时间（为和Unity本身的帧区分，这里称为“同步帧”）。

### 12.3.3 什么是同步帧

假如我们自己实现一个类似Update的方法，称之为FrameUpdate，程序会固定每隔0.1秒就调用它一次。每一次调用FrameUpdate称之为帧，第1次调用称为第1帧，第2次调用称为第2帧，以此类推。在图12-11中，在第0.1秒的时候执行了第1帧，在第0.2秒的时候执行了第2帧。

然而图12-11展示的是一种理想情况，现实往往很残酷。比如在执行第2帧的时候，系统突然卡顿了一下，这一帧的执行时间变长了，超过0.1秒（图12-12），这会导致第3帧无法按时执行。为了保证后面的帧能够按时执行，程序需要做出调整，即减少第2帧和第3帧之间、第3帧和第4帧之间的时间间隔，保证程序在第0.5秒时，执行到第5帧。

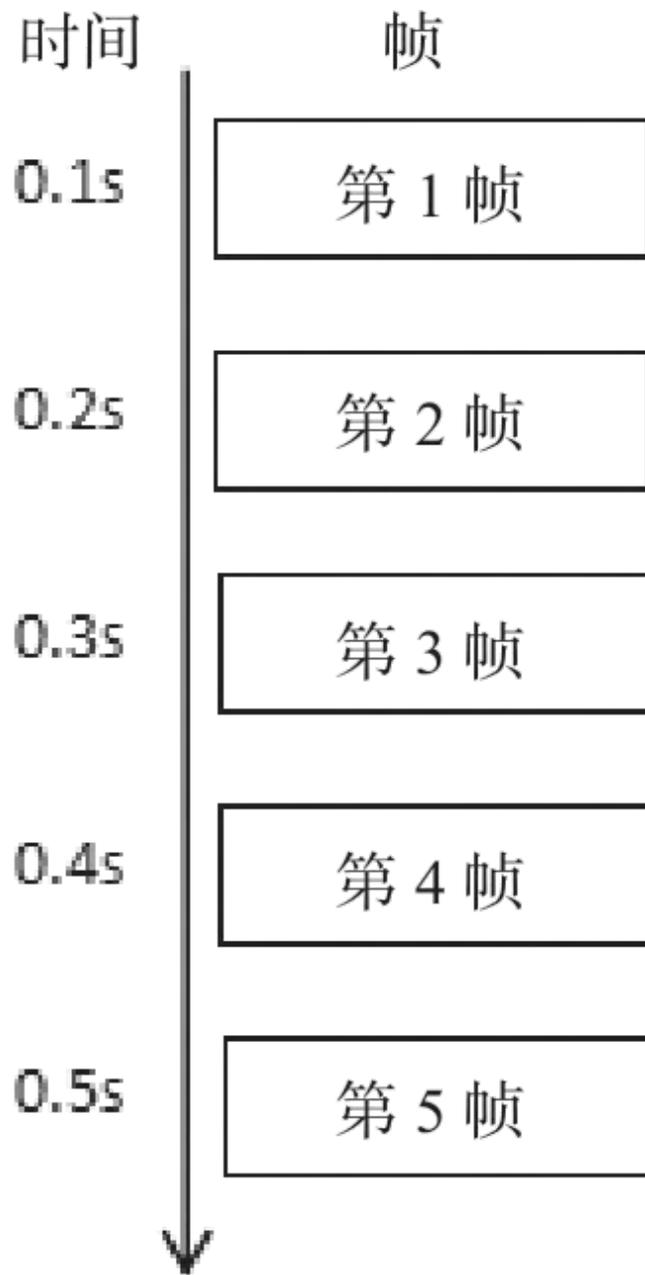


图12-11 理想情况的帧

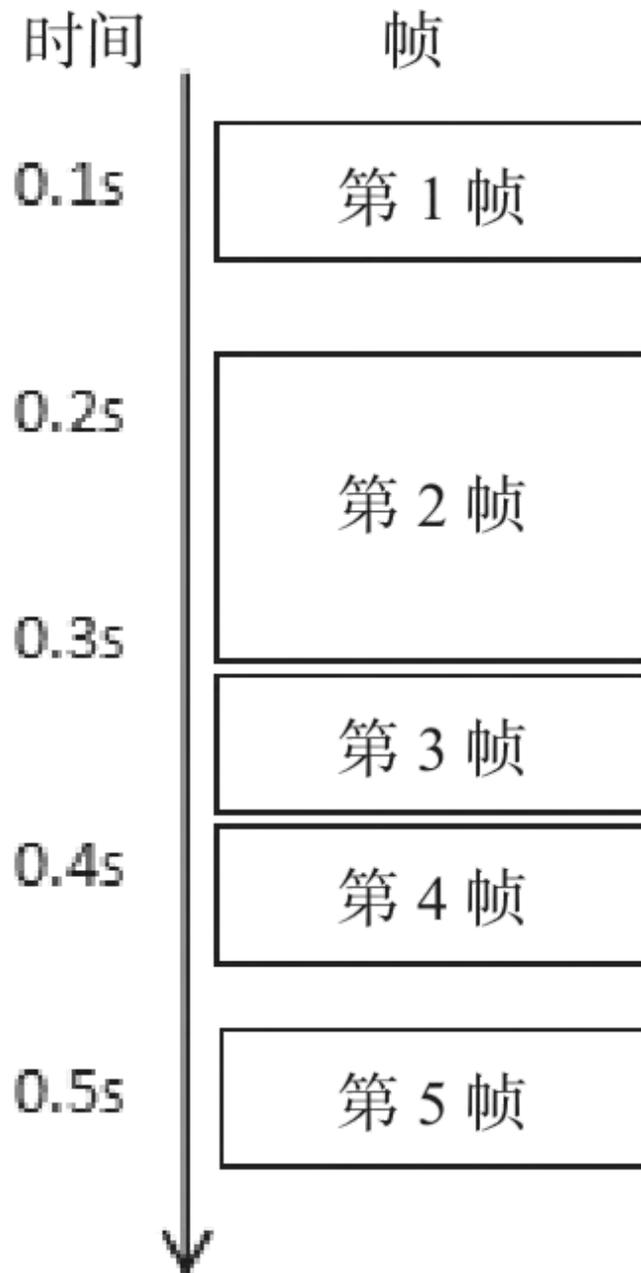


图12-12 现实情况的帧

同步帧的具体实现如下：

---

```
int frame = 0;           //当前执行到第几帧
float interval = 0.1f;  //两帧之间的理想间隔时间

public void Update(){
```

```
while(Time.time < frame*interval){
    FrameUpdate();
    frame++;
}
}
```

---

上述程序中，如果某几帧的执行时间太长，程序就会立刻调用下一帧（注意使用到while循环），间隔时间为0。程序尽量保证在第N秒的时候，执行到第10\*N帧。FrameUpdate每执行一次，即表示执行一次同步帧。如果程序运行了较长时间，FrameUpdate的执行频率会相对稳定。

帧同步所保证的，就是各个客户端在执行到同一个“同步帧”时，表现效果完全一样。如果将移动坦克的逻辑写在FrameUpdate里，无论这一帧的执行时间多长，每一帧移动的距离都设定为“速度\*0.1秒”，只要执行相同的帧数，移动的距离必然相同。

### 12.3.4 指令

比起操作同步，在指令同步中，客户端向服务端发送的指令包含了具体的指令和时间信息，即是在哪一帧（特指同步帧）做了哪些操作。例如：在第10帧发出了“前进”指令（按下“上”键），在第20帧发出了“后退”指令（按下“下”键）。

指令同步的协议形式如下，cmd代表指令的内容，可能是前进、后退、左转、右转、停止。frame代表该指令在第几帧发出。

---

```
//同步协议
public class MsgFrameSync:MsgBase {
    public MsgFrameSync() {protoName = "MsgFrameSync";}
    //指令, 0-前进 1-后退 2-左转 3-右转 4-停止 ...
    public int cmd = 0;
    //在第几帧发生事件
    public int frame = 0;
}
```

---

### 12.3.5 指令的执行

为了保证所有客户端有一样的表现，往往要做一些妥协，有两种常见的妥协方案。

1) 有的客户端运行速度快，有的运行速度慢，如果要让它们表现一致，那只能让快的客户端去等待慢的客户端，所有客户端和最慢的客户端保持一致，才有可能表现一致，毕竟，慢的客户端无论如何都快不了。这种方案对速度快的客户端较为不利。达成此方案的一个方法称为延迟执行，如果客户端1在第3帧发出向前的指令，由于网络延迟，客户端2可能在第5帧才收到，所以客户端1的坦克也只能在第5帧（或之后的某一帧）才开始前进。

2) 对于速度慢客户端所发送的，丢弃那些已经过时的指令，直到它赶上来。此种方案也称之为乐观帧同步，对速度慢的玩家较为不利，因为某些操作指令会被丢弃。比如发出“前进”指令，但该指令被丢弃了，坦克不会移动。

所以，帧同步是一种为了保证多个客户端表现一致，让某些客户端做妥协的方案。而且如果启用了延迟执行，在玩家发出“前进”指令之后，要隔一小段时间坦克才能移动，玩家会感受到延迟。但无论如何，只要帧率（每秒执行多少帧）足够高，玩家就不会感觉到明显的延迟。

在方案一中，为了让各个客户端知道对方是否执行完某一帧，我们假定客户端每一帧都需要向服务端发送指令，没有操作也要发送一个代表“没有操作”的指令。服务端要收集各个客户端的指令，收集满时，才在接下来的某一帧广播出去。而客户端也只有在收到服务端的消息时，才执行下一帧。此时客户端的帧调用完全由服务端控制。

图12-13展示了一种帧同步的执行情况。在第1帧时（0.1s）客户端1和客户端2都向服务端发送指令，由于网络延迟，指令到达的时间也不同。服务端收集两个客户端的指令后将两条指令都广播出去，两个客户端会根据指令去执行，比如让坦克向前移动。如果某一个客户端执行很慢，另一个客户端也要等待很久才能收到服务端的指令，才会执行新的一帧，相当于等待慢的客户端。

按照每秒执行30帧的频率，客户端和服务端之间的信息交流也许太过频繁，会带来较大的网络负担。于是人们把多个帧合称为一轮

（比如4帧组成一轮），每一轮向服务端同步一次指令，如图12-14所示。

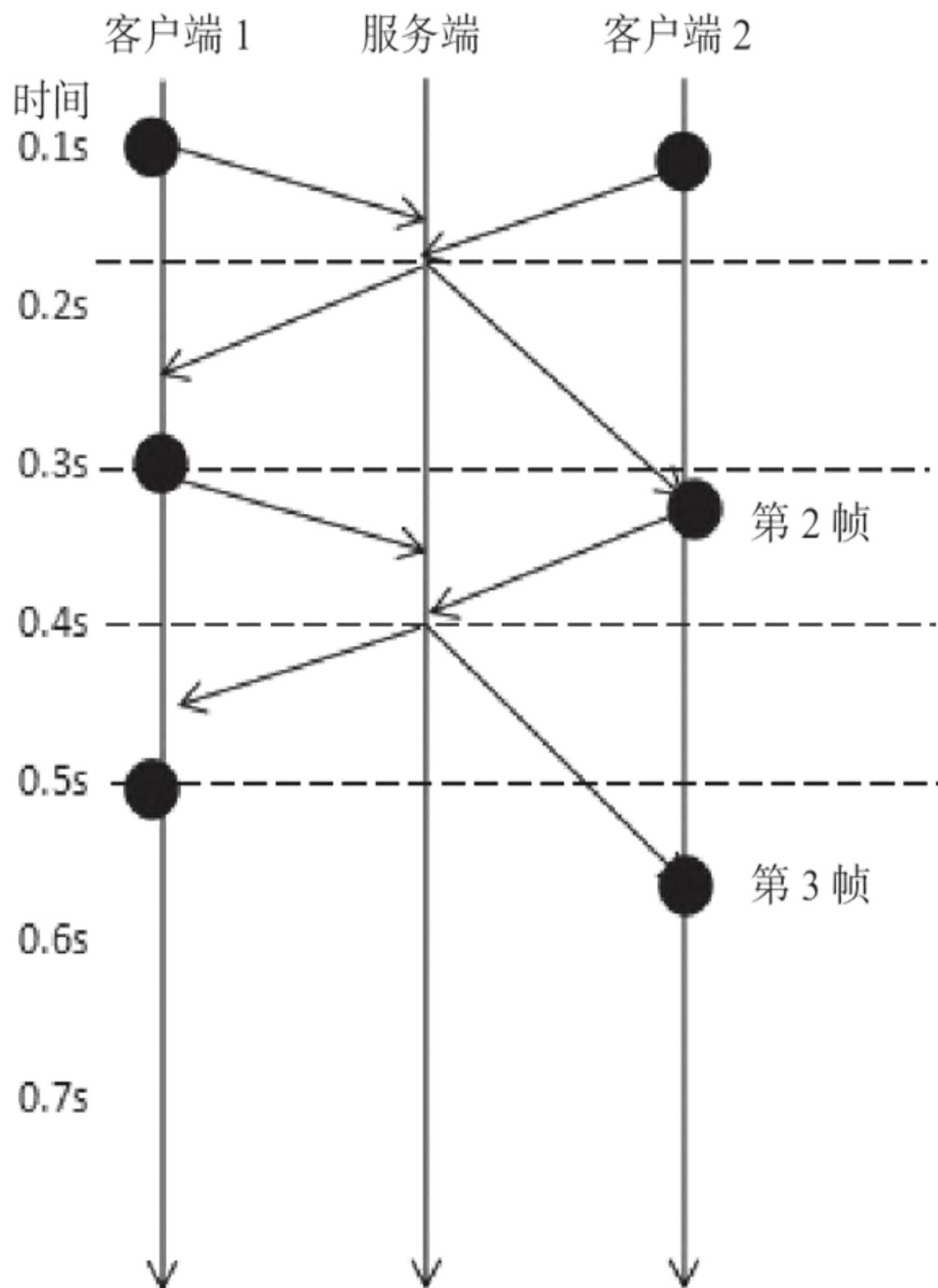


图12-13 帧同步的指令执行

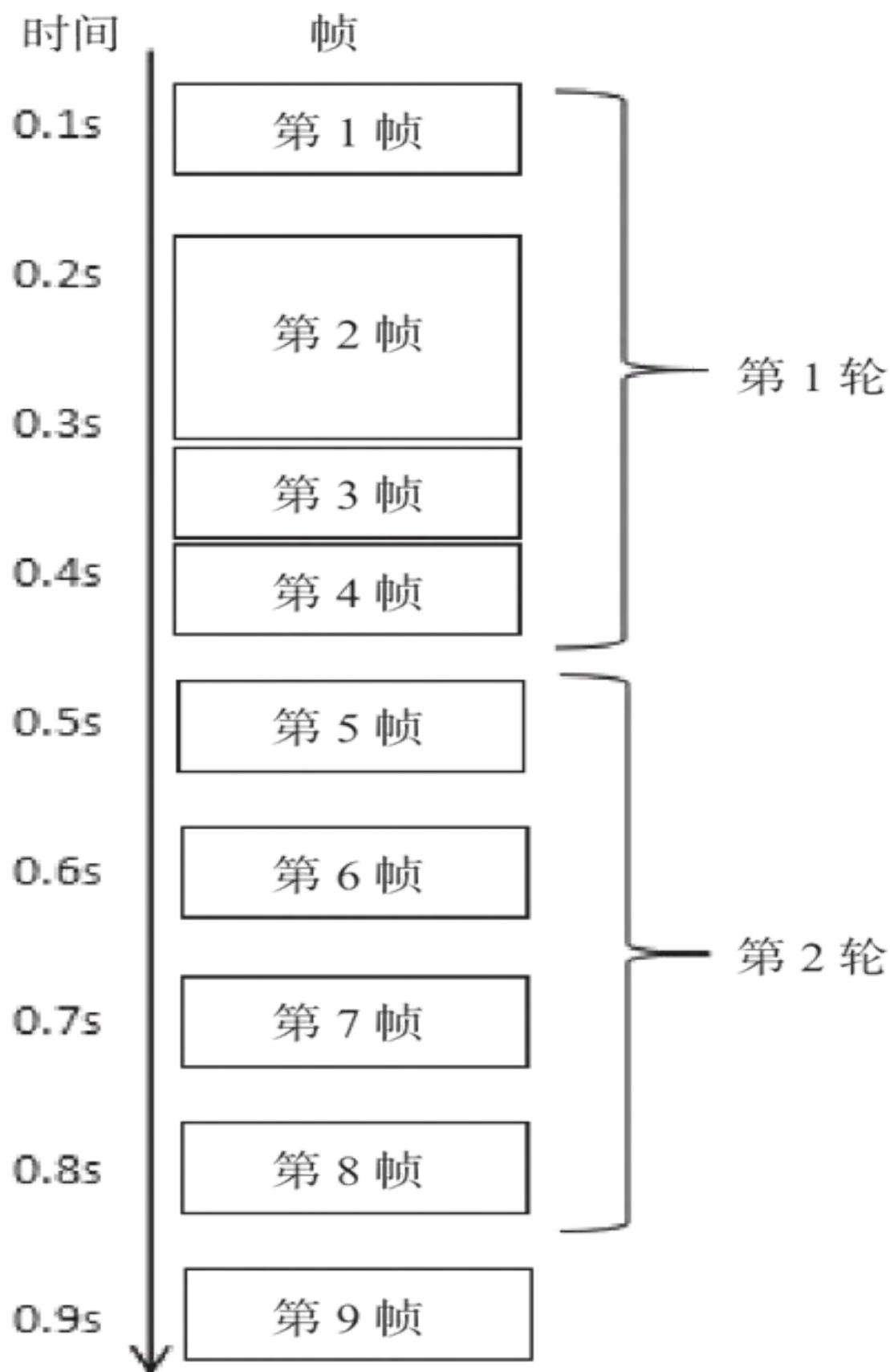


图12-14 帧和轮

帧同步还可以配合投票法来防止作弊。例如在坦克游戏中，某个玩家击中另外一个玩家，由于所有客户端的运行结果严格一致，它们都可以向服务端发送“谁击中了谁”的消息。服务端可以收集这些信息，如果半数以上的玩家都发送了击中消息，才认为有效。

## 12.4 协议设计

本章将会以状态同步的方式来演示坦克游戏。坦克需要定时上报它的位置、旋转、炮塔角度等信息，还需要告知服务端是否发射了炮弹，以及是否击中了敌人。在客户端和服务端的协议目录里，添加名为SyncMsg.cs的文件，编写同步战场的协议，如图12-15所示。

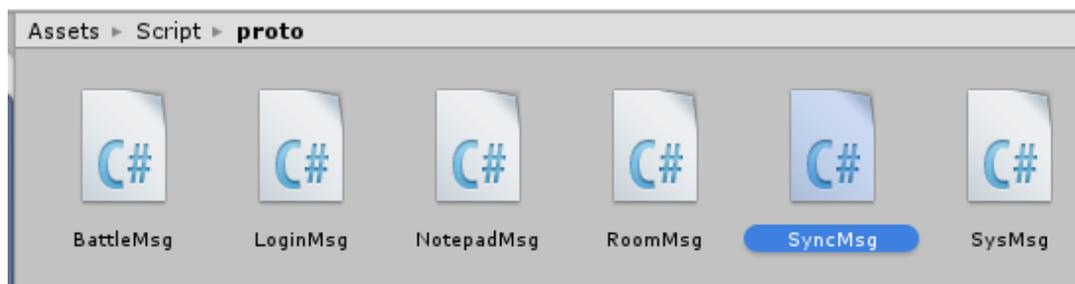


图12-15 新增文件SyncMsg

### 12.4.1 位置同步MsgSyncTank

坦克需要定时告诉服务端它的位置和坐标，定义如下的MsgSyncTank协议，协议中包含了坦克的位置(x, y, z)，坦克的旋转(ex, ey, ez)和炮塔旋转角度turretY。协议中还包含了玩家的id，战场中的客户端可以根据id值找到对应的坦克，然后设置坦克坐标。由于在收到协议时，服务端能够知道玩家id，所以发送位置的客户端无须填写该值，由服务端填充即可，可以省去几个字节的数据量。

MsgSyncTank协议类如下：

---

```
//同步坦克信息
public class MsgSyncTank:MsgBase {
```

```
public MsgSyncTank() {protoName = "MsgSyncTank";}
//位置、旋转、炮塔旋转
public float x = 0f;
public float y = 0f;
public float z = 0f;
public float ex = 0f;
public float ey = 0f;
public float ez = 0f;
public float turretY = 0f;
//服务端补充
public string id = ""; //哪个坦克
}
```

---

## 12.4.2 开火MsgFire

坦克发射炮弹时，其他客户端也应能看到炮弹从坦克炮管中发射。发射炮弹的坦克会发送MsgFire协议给服务端，经由转发，其他客户端便可以在坦克开火点产生一颗炮弹。然而状态同步下，多个客户端的坦克位置会有一些的误差，炮弹的轨迹很难统一。MsgFire会附带炮弹出生点的位置(x, y, z)和旋转(ex, ey, ez)，其他客户端在MsgFire指定的位置产生新炮弹，只要初始的位置和旋转相同，炮弹的轨迹必然相同。代码如下：

---

```
//开火
public class MsgFire:MsgBase {
    public MsgFire() {protoName = "MsgFire";}
    //炮弹初始位置、旋转
    public float x = 0f;
    public float y = 0f;
    public float z = 0f;
    public float ex = 0f;
    public float ey = 0f;
    public float ez = 0f;
    //服务端补充
    public string id = ""; //哪个坦克
}
```

---

## 12.4.3 击中MsgHit

当炮弹击中敌人，发射炮弹的客户端向服务端发送MsgHit协议。协议中的id和targetId代表谁击中了谁；x，y，z代表击中点的位置。目前没有实际作用。它可以给服务端提供作弊校验的数据，如果击中位置和坦克位置相差甚远，那玩家就有作弊的嫌疑。damage代表炮弹伤害值，hp代表被击中后受击坦克的生命值。所有的伤害值都由服务端计算，客户端只是告诉服务端谁打中了谁，坦克的血量都以服务端的数据为准。代码如下：

---

```
//击中
public class MsgHit:MsgBase {
    public MsgHit() {protoName = "MsgHit";}
    //击中谁
    public string targetId = "";
    //击中点
    public float x = 0f;
    public float y = 0f;
    public float z = 0f;
    //服务端补充
    public string id = "";           //哪个坦克
    public int hp = 0;              //被击中坦克血量
    public int damage = 0;         //受到的伤害
}
```

---

## 12.5 发送同步信息

客户端需要定时发送MsgSyncTank协议，在开炮时发送MsgFire协议，以及在炮弹击中敌人时发送MsgHit协议。

### 12.5.1 发送位置信息

由玩家控制的坦克需要定时发送MsgSyncTank协议，向服务端报告自己的位置、旋转等信息。我们在CtrlTank中定义两个变量，记录上一次发送同步信息时间的lastSendSyncTime和设定同步频率的syncInterval，这里设置为每0.1秒发送一次同步信息。然后在Update中调用处理发送同步信息的SyncUpdate（后面实现）。

CtrlTank修改代码如下：

---

```
public class CtrlTank : BaseTank {
    //上一次发送同步信息的时间
    private float lastSendSyncTime = 0;
    //同步帧率
    public static float syncInterval = 0.1f;

    new void Update() {
        base.Update();
        //移动控制、炮塔控制、开炮
        .....
        //发送同步信息
        SyncUpdate();
    }
}
```

---

SyncUpdate会处理两件事情。其一，处理时间间隔，它会判断距离上一次同步的时间是否超过了syncInterval（0.1秒），满足条件才往下执行。其二，它会组装并发送MsgSyncTank协议。代码如下：

---

```
//发送同步信息
public void SyncUpdate() {
    //时间间隔判断
    if(Time.time - lastSendSyncTime < syncInterval){
        return;
    }
    lastSendSyncTime = Time.time;
    //发送同步协议
    MsgSyncTank msg = new MsgSyncTank();
    msg.x = transform.position.x;
    msg.y = transform.position.y;
    msg.z = transform.position.z;
    msg.ex = transform.eulerAngles.x;
    msg.ey = transform.eulerAngles.y;
    msg.ez = transform.eulerAngles.z;
    msg.turretY = turret.localEulerAngles.y;
    NetManager.Send(msg);
}
```

---

图12-16展示了发送MsgSyncTank的时序。

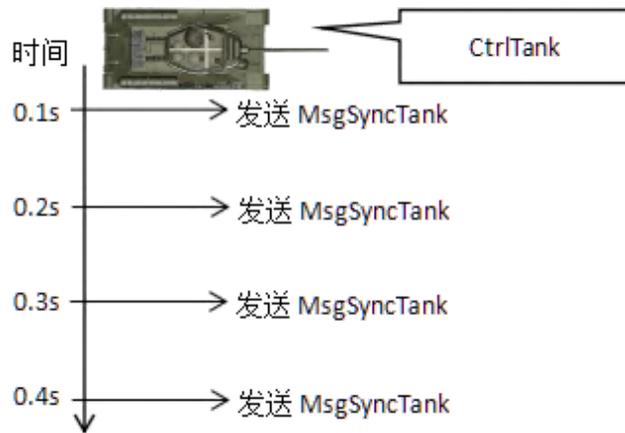


图12-16 定时发送MsgSyncTank

## 12.5.2 发送开火信息

在CtrlTank中，当玩家按下空格键，就会发射炮弹。只需稍作修改，在发射炮弹的同时发送MsgFire协议即可。具体修改的代码如下：

---

```
//开炮
public void FireUpdate(){
    //是否已经死亡、按键判断、cd时间判断
    .....
    //发射
    Bullet bullet = Fire();
    //发送同步协议
    MsgFire msg = new MsgFire();
    msg.x = bullet.transform.position.x;
    msg.y = bullet.transform.position.y;
    msg.z = bullet.transform.position.z;
    msg.ex = bullet.transform.eulerAngles.x;
    msg.ey = bullet.transform.eulerAngles.y;
    msg.ez = bullet.transform.eulerAngles.z;
    NetManager.Send(msg);
}
```

---

BaseTank的Fire方法会返回炮弹组件bullet，通过炮弹组件可以获取炮弹的位置和旋转信息，可用它们填充MsgFire协议。

## 12.5.3 发送击中信息

当炮弹击中敌人，客户端会发送MsgHit协议，稍微修改Bullet类的碰撞方法OnCollisionEnter。在击中坦克时调用SendMsgHit（后面实现），以发送击中信息。至于击中后坦克的扣血、摧毁，会以服务端的信息为准，此处不做处理。

---

```
//碰撞
void OnCollisionEnter(Collision collisionInfo) {
    //打到的坦克
    GameObject collObj = collisionInfo.gameObject;
    BaseTank hitTank = collObj.GetComponent<BaseTank>();
    //不能打自己
    if(hitTank == tank){
        return;
    }
    //打到其他坦克
    if(hitTank != null){
        SendMsgHit(tank, hitTank);
    }
    //显示爆炸效果、摧毁自身
    .....
}
```

---

SendMsgHit代码如下。第一个参数tank代表发射炮弹的坦克，第二个参数hitTank代表被击中的坦克。SendMsgHit会做一系列的判断，然后组装MsgHit协议，发送给服务端。

---

```
//发送伤害协议
void SendMsgHit(BaseTank tank, BaseTank hitTank){
    if(hitTank == null || tank == null){
        return;
    }
    //不是自己发出的炮弹
    if(tank.id != GameMain.id){
        return;
    }
    MsgHit msg = new MsgHit();
    msg.targetId = hitTank.id;
    msg.id = tank.id;
    msg.x = transform.position.x;
    msg.y = transform.position.y;
```

```
msg.z = transform.position.z;
NetManager.Send(msg);
}
```

---

## 12.6 处理同步信息

### 12.6.1 协议监听

本章定义了MsgSyncTank、MsgFire和MsgHit三条同步协议，这几条协议都会经由服务端转发给房间里的所有玩家。客户端需要监听这三条协议，再做处理。修改战斗管理器BattleManager，添加如下的监听。

---

```
public class BattleManager {
    //战场中的坦克
    public static Dictionary<string, BaseTank> tanks = new
Dictionary<string, BaseTank>();

    //初始化
    public static void Init() {
        //添加监听
        NetManager.AddMsgListener("MsgEnterBattle",
OnMsgEnterBattle);
        NetManager.AddMsgListener("MsgBattleResult",
OnMsgBattleResult);
        NetManager.AddMsgListener("MsgLeaveBattle",
OnMsgLeaveBattle);

        NetManager.AddMsgListener("MsgSyncTank", OnMsgSyncTank);
        NetManager.AddMsgListener("MsgFire", OnMsgFire);
        NetManager.AddMsgListener("MsgHit", OnMsgHit);
    }
}
```

---

OnMsgSyncTank、OnMsgFire和OnMsgHit会根据协议附带的id找到对应的坦克，然后调用同步坦克的相关方法，如图12-17所示。

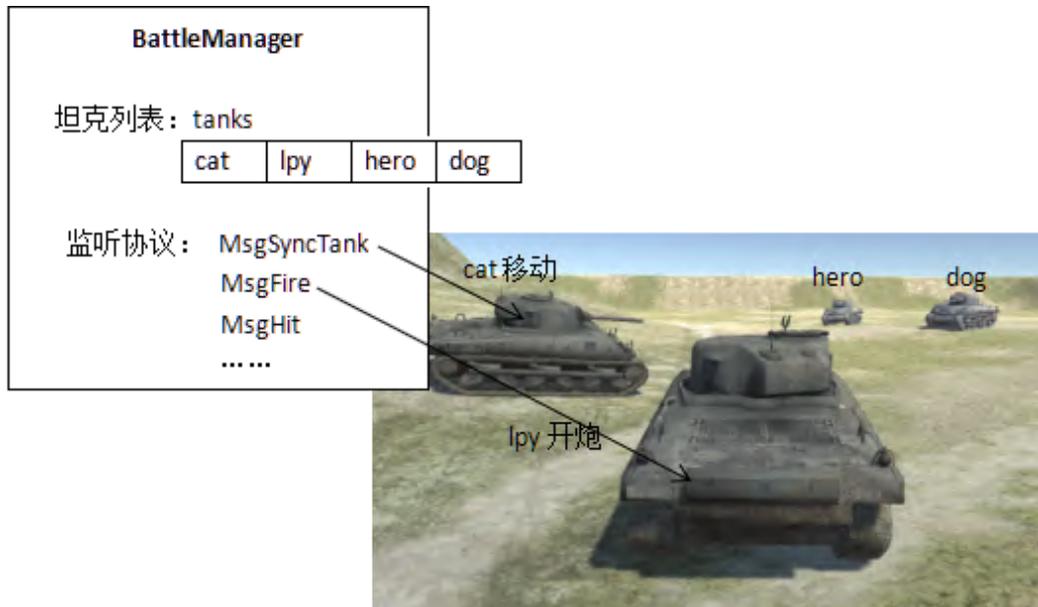


图12-17 同步协议处理示意图

## 12.6.2 OnMsgSyncTank

当收到位置同步的协议MsgSyncTank时，战斗管理器的OnMsgSyncTank会被调用。OnMsgSyncTank会根据MsgSyncTank附带的id找到对应的同步坦克，然后调用它的SyncPos方法（后面实现）。由于只需设置同步坦克的信息，OnMsgSyncTank还会屏蔽自己的信息（if(msg.id==GameMain.id)）。

SyncPos会根据协议的具体内容，设置坦克的位置和旋转：

---

```
//收到同步协议
public static void OnMsgSyncTank(MsgBase msgBase){
    MsgSyncTank msg = (MsgSyncTank)msgBase;
    //不同步自己
    if(msg.id == GameMain.id){
        return;
    }
    //查找坦克
    SyncTank tank = (SyncTank)GetTank(msg.id);
    if(tank == null){
        return;
    }
    //移动同步
```

```
tank.SyncPos(msg);  
}
```

---

### 12.6.3 OnMsgFire

和OnMsgSyncTank相似，OnMsgFire会根据id找到同步坦克，再调用它的SyncFire方法（后面实现）。SyncFire会根据MsgFire的位置信息，产生一颗炮弹：

---

```
//收到开火协议  
public static void OnMsgFire(MsgBase msgBase){  
    MsgFire msg = (MsgFire)msgBase;  
    //不同步自己  
    if(msg.id == GameMain.id){  
        return;  
    }  
    //查找坦克  
    SyncTank tank = (SyncTank)GetTank(msg.id);  
    if(tank == null){  
        return;  
    }  
    //开火  
    tank.SyncFire(msg);  
}
```

---

### 12.6.4 OnMsgHit

也是和OnMsgSyncTank相似，OnMsgHit会根据id找到同步坦克，再调用它的Attacked方法。我们已经在第8章实现了Attacked。代码如下：

---

```
//收到击中协议  
public static void OnMsgHit(MsgBase msgBase){  
    MsgHit msg = (MsgHit)msgBase;  
    //查找坦克  
    BaseTank tank = GetTank(msg.targetId);  
    if(tank == null){  
        return;  
    }  
}
```

```
}  
//被击中  
tank.Attacked(msg.damage);  
}
```

---

## 12.7 同步坦克SyncTank

在第11章中，我们新建了空的SyncTank类，但并没有给它添加功能。现在需要给SyncTank添加SyncPos、SyncFire等方法，让坦克拥有处理同步协议的能力。

### 12.7.1 预测算法的成员变量

为了实现预测算法，在SyncTank中定义如下几个变量。其中lastPos和lastRot代表最近一次收到的位置同步协议（MsgSyncTank）的位置和旋转信息，forecastPos和forecastRot代表预测的信息；forecastTime代表最近一次收到的位置同步协议的时间。

SyncTank修改如下：

---

```
public class SyncTank : BaseTank {  
    //预测信息，哪个时间到达哪个位置  
    private Vector3 lastPos;  
    private Vector3 lastRot;  
    private Vector3 forecastPos;  
    private Vector3 forecastRot;  
    private float forecastTime;  
}
```

---

在图12-18中，服务端在0.1s的时候转发MsgSyncTank协议，指示坦克当前的位置在A点，此时客户端将坦克放置在A点的位置。

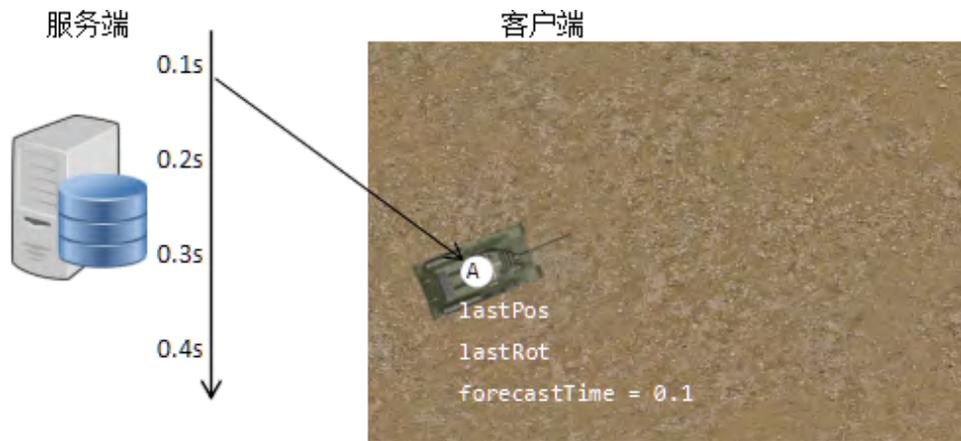


图12-18 预测算法示例 (A点)

在图12-19中，服务端在第0.2s的时候转发第二条MsgSyncTank协议，指示坦克当前的位置在B点。客户端只需根据A点位置（lastPos和lastRot）就能够计算出预测位置C点（假设坦克匀速前进）。有了预测位置后，客户端需要让坦克匀速运动，在第0.3秒时刚好走到C点。

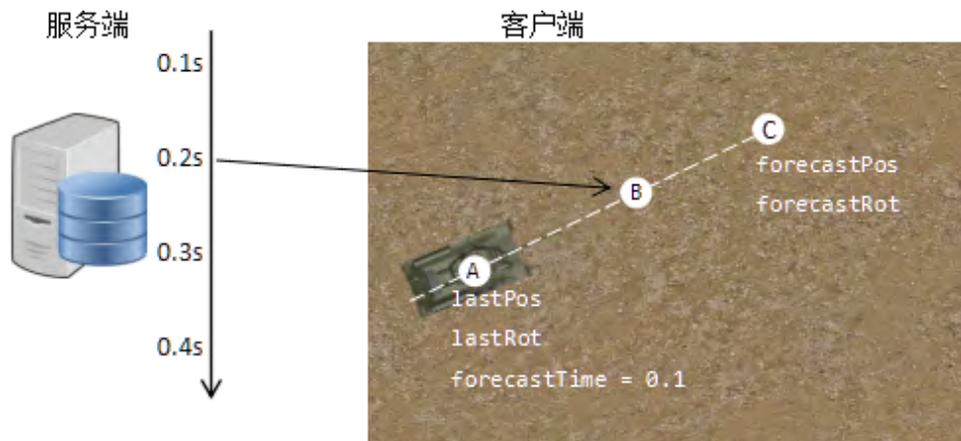


图12-19 预测算法示例 (B点)

## 12.7.2 移动到预测位置

在SyncTank中添加名为ForecastUpdate的方法，并在Update中调用它。ForecastUpdate会让坦克在指定时间移动到预测位置（旋转同理）。ForecastUpdate会先计算归一化的时间差 $t$ 。在图12-20的例子中：如果客户端时间是0.2秒， $t=0$ ；如果客户端时间是0.3秒， $t=1$ ；如果客户端时间是0.23秒， $t=0.3$ 。然后使用Vector3.Lerp计算出坦克当前的位置。

SyncTank修改的代码如下：

```
new void Update() {
    base.Update();
    //更新位置
    ForecastUpdate();
}

//更新位置
public void ForecastUpdate() {
    //时间
    float t = (Time.time - forecastTime)/CtrlTank.syncInterval;
    t = Mathf.Clamp(t, 0f, 1f);
    //位置
    Vector3 pos = transform.position;
    pos = Vector3.Lerp(pos, forecastPos, t);
    transform.position = pos;
    //旋转
    Quaternion quat = transform.rotation;
    Quaternion forcastQuat = Quaternion.Euler(forecastRot);
    quat = Quaternion.Lerp(quat, forcastQuat, t);
    transform.rotation = quat;
}
```

Vector3.Lerp是计算两个向量之间线性插值的方法。它带有三个参数，分别为初始位置from、目标位置to、参数t。插值是数学上的一个概念，用公式表示就是： $from + (to - from) * t$ ，这也就是Lerp的返回值，如图12-20所示。同理，Quaternion.Lerp是计算两个旋转角度之间线性插值的方法。

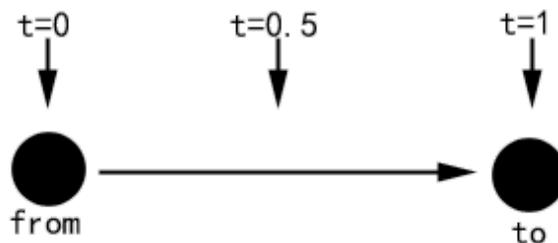


图12-20 Vector3.Lerp示意图

### 12.7.3 初始化

由于同步坦克的位置完全由网络信息驱动，我们不希望它受到物理系统的影响。在SyncTank中重写初始化坦克的Init方法，完成如下三项功能。

- 1) 冻结rigidBody，让坦克不受物理系统影响；
- 2) 设置useGravity，让坦克不受重力影响；
- 3) 初始化lastPos、lastRot等成员。

代码如下：

---

```
//重写Init
public override void Init(string skinPath){
    base.Init(skinPath);
    //不受物理运动影响
    rigidBody.constraints = RigidbodyConstraints.FreezeAll;
    rigidBody.useGravity = false;
    //初始化预测信息
    lastPos = transform.position;
    lastRot = transform.eulerAngles;
    forecastPos = transform.position;
    forecastRot = transform.eulerAngles;
    forecastTime = Time.time;
}
```

---

运行游戏时，能够看到同步坦克的Rigidbody属性发生变化，如图12-21所示。



图12-21 冻结了的rigidBody

#### 12.7.4 更新预测位置

在12.6.2节中，当客户端收到MsgSyncTank协议，最终会调用到指定坦克的SyncPos方法。编写如下的SyncPos方法，用于更新预测位置。SyncPos的参数msg是服务端转发的MsgSyncTank协议，它包含了当前坦克的位置、旋转等信息。

由于坦克游戏使用固定的同步时间（0.1秒），如果坦克的速度保持不变，那么它在接下来的0.1秒所移动的距离，与之前的移动的距离相同。故而可以通过“ $forecastPos = pos + 2 * (pos - lastPos)$ ”计算预测位置。同理可以计算预测的旋转角度。图12-22展示了代码中各个变量的含义。

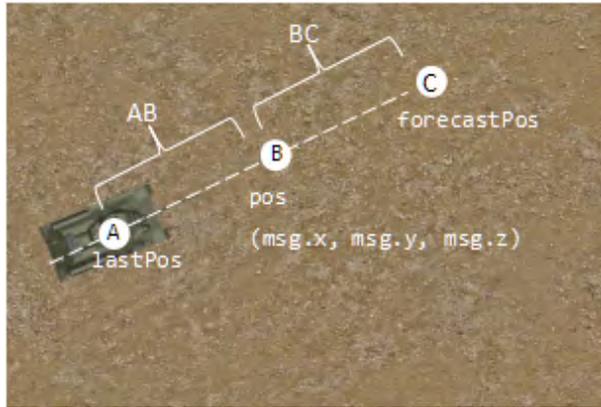


图12-22 C点=A点+2\*线段AB

SyncPos代码如下:

---

```
//移动同步
public void SyncPos(MsgSyncTank msg) {
    //预测位置
    Vector3 pos = new Vector3(msg.x, msg.y, msg.z);
    Vector3 rot = new Vector3(msg.ex, msg.ey, msg.ez);
    forecastPos = pos + 2*(pos - lastPos);
    forecastRot = rot + 2*(rot - lastRot);
    //更新
    lastPos = pos;
    lastRot = rot;
    forecastTime = Time.time;
    //炮塔
    Vector3 le = turret.localEulerAngles;
    le.y = msg.turretY;
    turret.localEulerAngles = le;
}
```

---

为了简单化, 我们没有预测炮塔的旋转角度, 而是直接给它赋值, 读者可以自行实现。

### 12.7.5 炮弹同步

在12.6.3节中, 当客户端收到MsgFire协议, 最终会调用到指定坦克的SyncFire方法。编写如下的SyncFire方法, 用于产生炮弹, 以及设置它的初始位置和旋转。

---

```
//开火
public void SyncFire(MsgFire msg){
    Bullet bullet = Fire();
    //更新坐标
    Vector3 pos = new Vector3(msg.x, msg.y, msg.z);
    Vector3 rot = new Vector3(msg.ex, msg.ey, msg.ez);
    bullet.transform.position = pos;
    bullet.transform.eulerAngles = rot;
}
```

---

至此，我们已经完成客户端的同步功能。网络游戏需要客户端和服务端的配合，接下来编写服务端的功能。

## 12.8 服务端消息处理

对于同步协议，服务端只需做简单的记录（方便检测作弊行为），然后将协议转发给房间里的所有玩家。在服务端程序中新增名为SyncMsgHandle.cs的文件，我们会在里面编写战场同步的消息处理逻辑。另外记得把协议文件SyncMsg.cs复制到服务端，如图12-23所示。

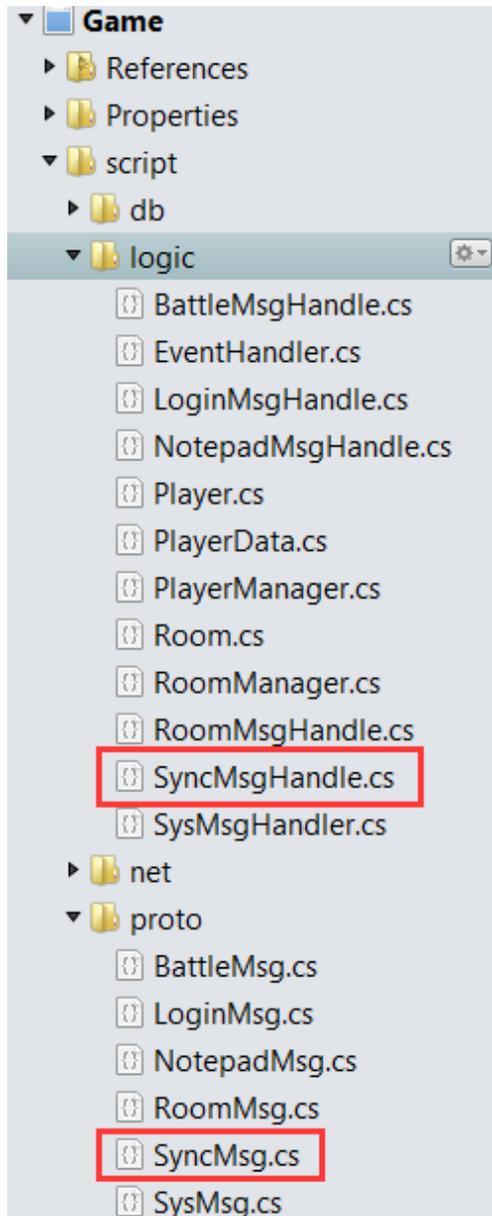


图12-23 新增的文件

SyncMsgHandle.cs初始代码如下：

---

```
using System;

public partial class MsgHandler {

}
```

---

## 12.8.1 位置同步MsgSyncTank

协议处理方法MsgSyncTank如下。程序会先判断发送协议的玩家是否真的在房间里（if(room==null)），如果不在房间里，自然就不存在战场同步的需要，不去处理它。程序还会判断房间是否处于开战状态（if(room.status!=Room.Status.FIGHT)），否则也不去处理它。

如果玩家作弊，用特殊手段调整坦克的位置，服务端应当有一定的检测能力。处理程序会粗略地判断两次同步信息的位置差。如果相差太大，很可能坦克不是自然地走过去，程序会打印出“疑似作弊”的日志。

最后，程序会更新player的属性（player.x、player.y等），然后调用Broadcast将消息转发给房间里的所有玩家。

协议处理代码如下：

---

```
//同步位置协议
public static void MsgSyncTank(ClientState c, MsgBase msgBase){
    MsgSyncTank msg = (MsgSyncTank)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;
    //room
    Room room = RoomManager.GetRoom(player.roomId);
    if(room == null){
        return;
    }
    //status
    if(room.status != Room.Status.FIGHT){
        return;
    }
    //是否作弊
    if(Math.Abs(player.x - msg.x) > 5 ||
        Math.Abs(player.y - msg.y) > 5 ||
        Math.Abs(player.z - msg.z) > 5){
        Console.WriteLine("疑似作弊" + player.id);
    }
    //更新信息
    player.x = msg.x;
    player.y = msg.y;
    player.z = msg.z;
    player.ex = msg.ex;
```

```
player.ey = msg.ey;
player.ez = msg.ez;
//广播
msg.id = player.id; //填充id
room.Broadcast(msg);
}
```

---

## 12.8.2 开火MsgFire

与MsgSyncTank相似，MsgFire的处理方法也是先做一系列的判断，然后将消息广播给房间内所有玩家。代码如下：

---

```
//开火协议
public static void MsgFire(ClientState c, MsgBase msgBase){
    MsgFire msg = (MsgFire)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;
    //room
    Room room = RoomManager.GetRoom(player.roomId);
    if(room == null){
        return;
    }
    //status
    if(room.status != Room.Status.FIGHT){
        return;
    }
    //广播
    msg.id = player.id;
    room.Broadcast(msg);
}
```

---

图12-24展示了炮弹同步的流程。

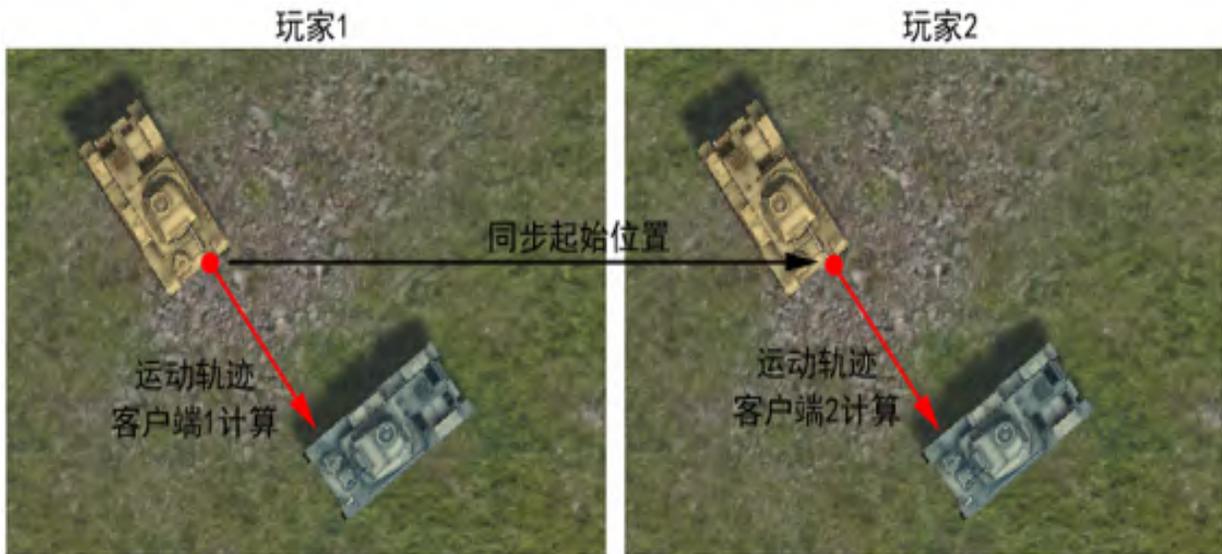


图12-24 炮弹同步

### 12.8.3 击中MsgHit

与MsgSyncTank相似，MsgHit的处理方法也是先做一系列的判断，然后将消息广播给房间内所有玩家。

MsgHit会根据msg.targetId查找被击中的坦克，如果targetId不正确（if(targetPlayer==null)），程序不会处理它。如果玩家不在房间里（if(room==null)）或房间不是战斗状态

（if(room.status!=Room.Status.FIGHT)），程序也不会处理。炮弹击中坦克，客户端就会发送MsgHit协议，在一个6人房间里，对于同一次击中，服务端可能会收到6次协议。服务端需要做出甄别，只处理其中一条。所以服务端会校验协议的发送者（player.id!=msg.id），只处理发射炮弹的玩家。

假设炮弹的攻击力是35，服务端需要扣除坦克血量，填充协议，最后将协议广播给房间里所有玩家。代码如下：

---

```
//击中协议
public static void MsgHit(ClientState c, MsgBase msgBase){
    MsgHit msg = (MsgHit)msgBase;
    Player player = c.player;
    if(player == null) return;
    //targetPlayer
```

```
Player targetPlayer = PlayerManager.GetPlayer(msg.targetId);
if(targetPlayer == null){
    return;
}
//room
Room room = RoomManager.GetRoom(player.roomId);
if(room == null){
    return;
}
//status
if(room.status != Room.Status.FIGHT){
    return;
}
//发送者校验
if(player.id != msg.id){
    return;
}
//状态
int damage = 35;
targetPlayer.hp -= damage;
//广播
msg.id = player.id;
msg.hp = player.hp;
msg.damage = damage;
room.Broadcast(msg);
}
```

---

至此，我们也完成了战场同步的服务端部分。

#### 12.8.4 调试

开启服务端，打开多个客户端。移动坦克时，另外的客户端也能看到坦克移动，如图12-25所示。

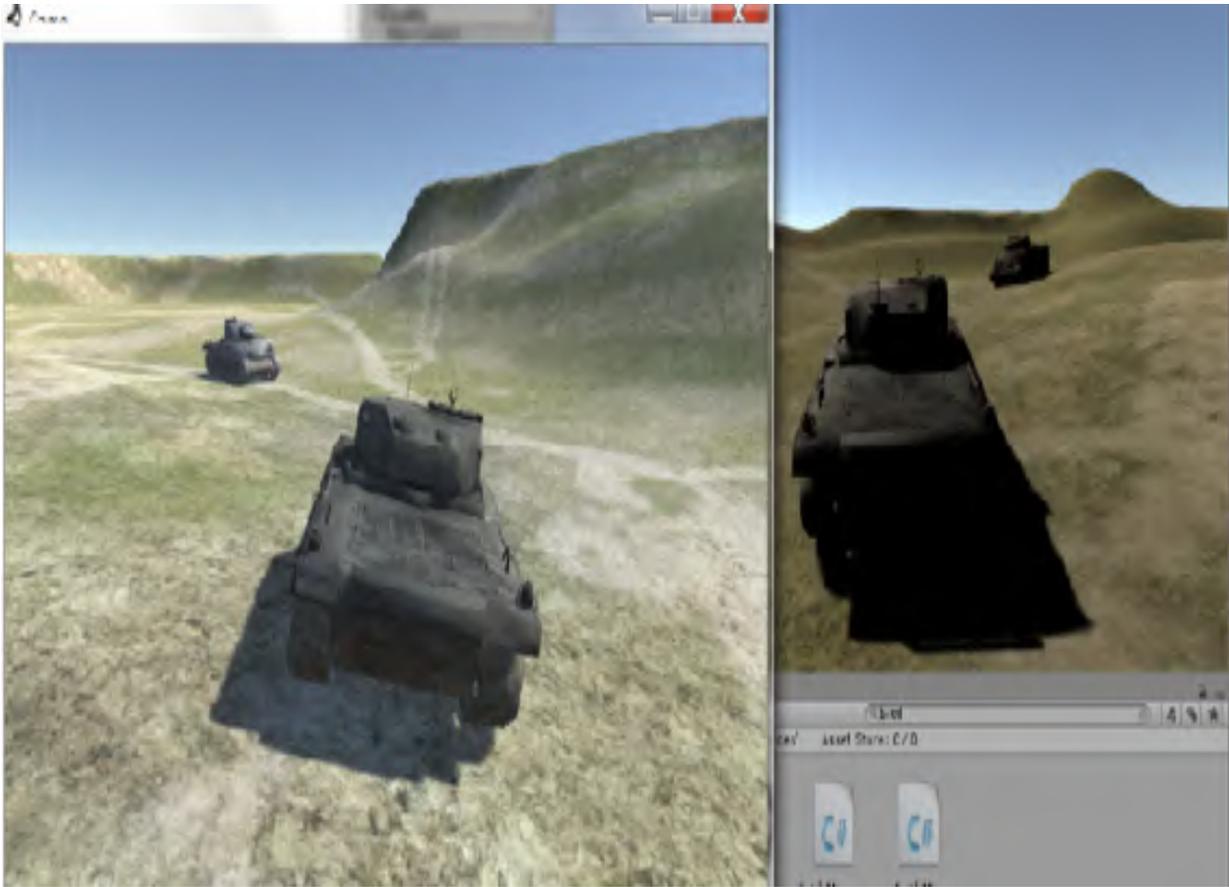


图12-25 移动同步

发射炮弹，另外的客户端也能看到炮弹发射出去，如图12-26所示，炮弹也应在同一个地方爆炸，如图12-27所示。



图12-26 炮弹同步



图12-27 炮弹爆炸

摧毁敌人时，两个客户端都能看到坦克着火的特效，如图12-28所示。

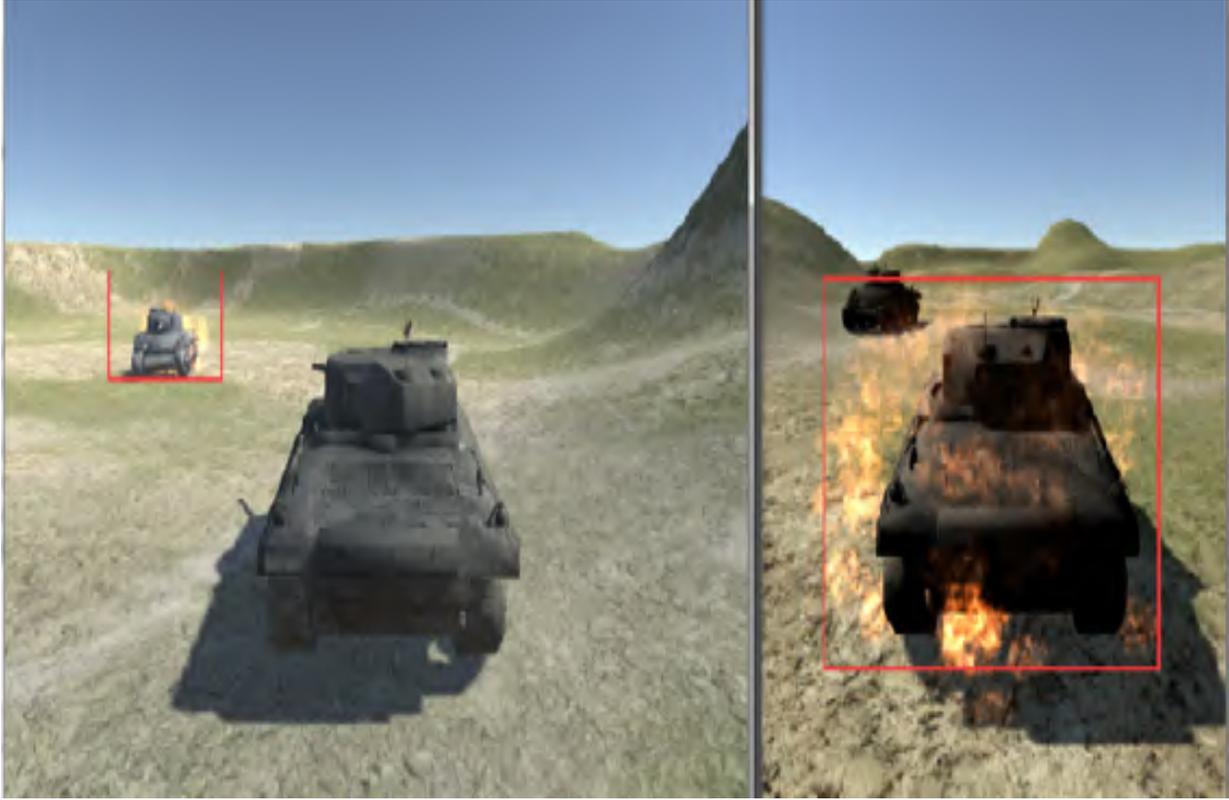


图12-28 坦克着火

等待几秒钟，一个客户端会弹出胜利提示，另一个会弹出失败提示，如图12-29所示。

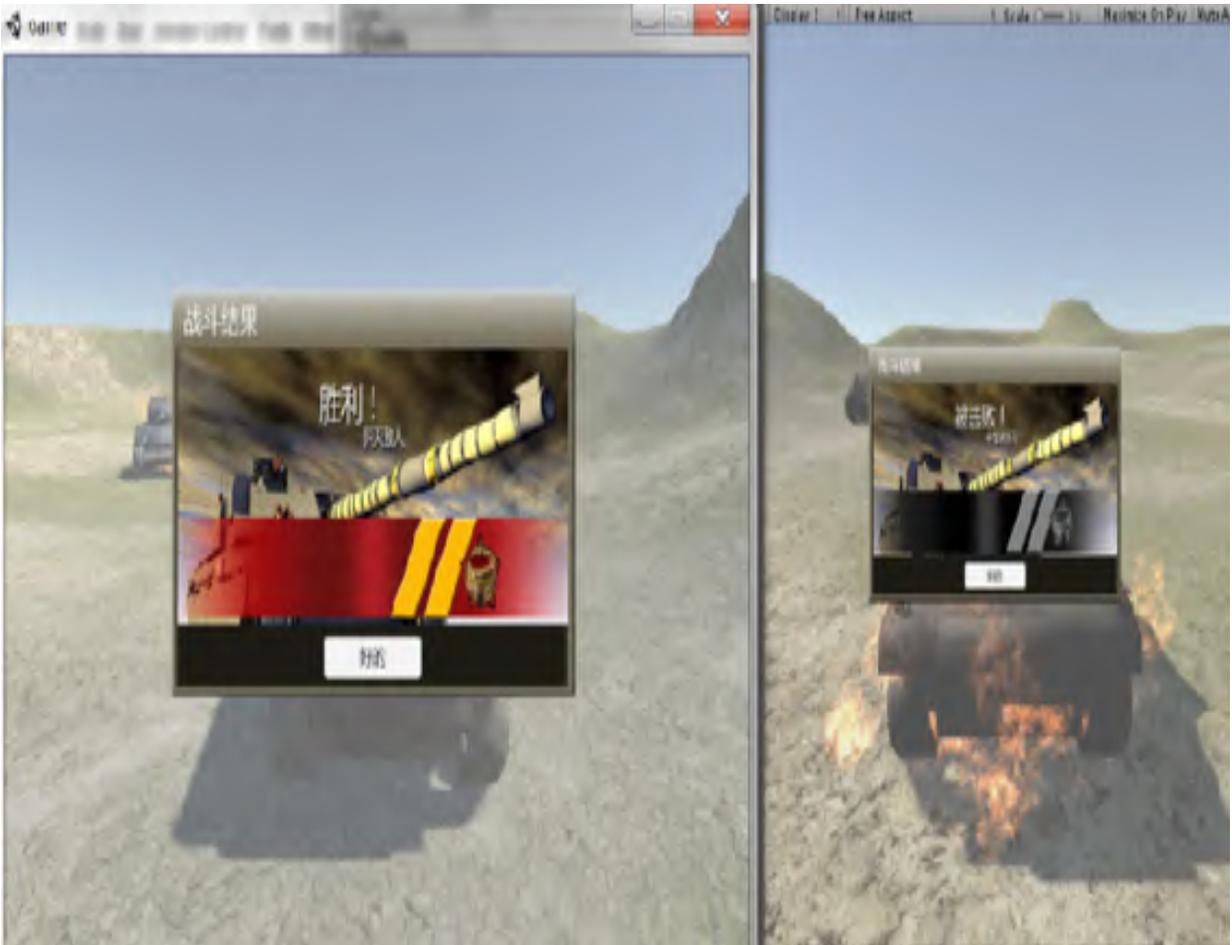


图12-29 战斗结果

## 12.9 完善细节

至此，我们也完成了坦克游戏的核心功能。在本书附带的游戏成品中，还对游戏做了一些细节上的优化。这些优化并不复杂，读者可以直接参考游戏代码。

### 12.9.1 滚动的轮子和履带

在坦克移动的过程中，会让轮子和履带滚动，使游戏更加真实（如图12-30所示）。



图12-30 滚动的轮子和履带

## 12.9.2 灵活操作

添加使用鼠标滚轮调整相机距离的功能；添加点击鼠标左键开炮的功能；还调整了相机的角度（如图12-31所示）。



图12-31 远距离观察坦克

### 12.9.3 准心

添加准心面板，显示准心（如图12-32所示）。



图12-32 准心（注意中间的圆圈）

#### 12.9.4 自动瞄准

当敌人在可视范围内时，坦克会自动旋转炮塔和炮管，使它瞄准敌人。

#### 12.9.5 界面和场景优化

重新排布了游戏的界面和场景，使游戏美术提高一个层次（如图12-33到图12-35所示）。



图12-33 优化版登录面板



图12-34 优化版房间列表面板



图12-35 优化版房间面板

### 12.9.6 战斗面板

添加战斗面板，在战场中，该面板会显示玩家的血量，以及两个阵营还存活的坦克数量。读者可以在战斗面板上添加摇杆操作、小地图等功能（如图12-36所示）。



图12-36 战斗面板

### 12.9.7 击杀提示

添加击杀面板，当玩家击杀敌人时，会弹出提示（如图12-37所示）。



图12-37 击杀提示

## 12.10 结语

本书给予读者一个明确的学习目标，便是要制作一款完整的多人对战游戏，然后一步一步去实现它。读完本书，相信读者已经具备一定的游戏开发能力，也能够独立完成一款小型网络游戏。然而作为实例教程，本书偏重于例子中涉及的知识点，很多细节未能详尽展开。希望读者能够搜寻更多的学习资料，不断深造。

受限于作者的水平，书中难免会有错漏之处，敬请读者指正！如果读者制作出好玩的游戏，勿忘与笔者分享（aglab@foxmail.com）。