第九周上机实验：基于套接字的网络程序设计

Author: 秦华谦 21312683

Date: April 30, 2023

实验1 套接字基础与UDP通信

1.1 代码部分（代码的说明包含在注释内）

服务器端（时间戳服务器）

```
from socket import *
from time import ctime
import time
import random

HOST = ''
PORT = 8080
BUFSIZ = 1024
ADDR = (HOST, PORT)

udpSerrverSocket=socket(AF_INET,SOCK_DGRAM) # 创建UDP连接
udpSerrverSocket.bind(ADDR) # 绑定服务器地址

while True: # 服务器无限循环
    print('等待连接...')
    data,addr=udpSerrverSocket.recvfrom(BUFSIZ)  # 接受客户的连接
    # udpSerrverSocket.sendto(bytes('[%s] %s' % (ctime(),   data),encoding='utf-
8'), addr) # 发送UDP 数据
    timestamp_ms = int(time.time() * 1000 + time.time_ns() % 1000000 // 1000)
    # 构造新的时间戳字符串
    timestamp_str = bytes('[%d] %s' % (timestamp_ms, data), encoding='utf-8')
    # 一个调用random的随机函数，30%的概率重启循环
    if random.randint(0,9) < 3:
        continue
    udpSerrverSocket.sendto(timestamp_str, addr) # 反馈给客户端同样的时间
    print( '连接地址:', addr)

udpSerrverSocket.close() # 关闭服务器连接
```

用户端

```
from socket import *
from datetime import datetime
import threading
import time

HOST = '172.28.63.133'  # 服务器连接地址
PORT = 8080  # 服务器启用端口
BUFSIZ = 1024  # 缓冲区大小
ADDR = (HOST, PORT)  # 目标地址
```

```
udpCliendSocket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)

count = 0  # 计数器（用于计算送达的package个数）
time_start = '' # 第一个包的送达时间
time_end = 0  # 最后一个包的送达时间
ADDA = 0  # 目的地信息

def recv_timeout():
    pass  # 为了配合函数调用变量需要设置的无用函数

def timestamp_diff_ms(timestamp1, timestamp2):  # 两个时间戳时间差的函数，用于计算RTT
    dt1 = datetime.fromtimestamp(timestamp1 / 1000 + (timestamp1 % 1000) /
1000000)
    dt2 = datetime.fromtimestamp(timestamp2 / 1000 + (timestamp2 % 1000) /
1000000)
    diff_seconds = (dt2 - dt1).total_seconds()
    diff_ms = diff_seconds * 1000
    return diff_ms

print("正在ping", HOST, "端口号", PORT)

for i in range(10):
    data = '1'  # 模拟传输的报文
    data = bytes(data, encoding='utf-8')  # 将字符中解码为bytes类型
    # 创建一个发送时间的时间戳，小数点后6位级别的
    send_timestamp = int(time.time() * 1000 + time.time_ns() // 1000000 % 1000 +
time.time_ns() % 1000000 / 1000000)

    ADDR = (HOST, PORT)  # 在每次循环中更新ADDR的值
    udpCliendSocket.sendto(data, ADDR)  # 调用发送接口
    udpCliendSocket.settimeout(1)  # 设置超时时间为1秒
    data, ADDR = None, None
    try:  # 捕捉错误
        data, ADDR = udpCliendSocket.recvfrom(BUFSIZ)  # 等待接受服务器回应
        if not time_start:  # 如果当前的是第一个包
            time_start = data
        time_end = data
        count += 1  # 计数器加一
        # 创建接受时间时间戳
        recv_timestamp = int(time.time() * 1000 + time.time_ns() // 1000000 %
1000 +          time.time_ns() % 1000000 / 1000000)
        print("连接成功...", "RTT =", timestamp_diff_ms(send_timestamp,
recv_timestamp), "ms")
    except timeout:
        print("请求超时。")  # 超时输出
        continue  # 超时后使用continue跳过本轮循环
    finally:
        udpCliendSocket.settimeout(None)  # 恢复默认的超时时间


# 将服务器时间戳bytes字符串转换为字符串，并使用切片操作获取时间戳部分
if time_start:
    # 将时间戳bytes字符串转换为字符串，并使用切片操作获取时间戳部分
    time_start = time_start.decode('utf-8')[1:14]
    time_end = time_end.decode('utf-8')[1:14]
```

```
    # 将时间戳字符串转换为datetime对象
    dt1 = datetime.fromtimestamp(int(time_start) / 1000)
    dt2 = datetime.fromtimestamp(int(time_end) / 1000)

    # 计算两个datetime对象之间的时间差
    delta = dt2 - dt1

    # 总共发送了十个数据包，count用于计数已经收到了的个数，输出丢失率
    print("==================================")
    print(ADDR, "的统计信息：")
    print("\t 数据包：已发送 = 10, 已接收 =", count, ", 丢失 =", 10 - count, "(", 100
* (10 - count) / 10, "% 丢失)")
    # Max RTT in RTT_list
    print("\t 最大RTT：", max(RTT_list), "ms")
    # Min RTT in RTT_list
    print("\t 最小RTT：", min(RTT_list), "ms")
    # Average RTT in RTT_list
    print("\t 平均值：", sum(RTT_list) / len(RTT_list), "ms")
    print("单趟行程的总时间：")
    print("\t",delta)
else:
    print("未收到任何时间戳数据包")
    print("请检查连接（IP or  Port）是否正确")

udpCliendSocket.close()
```

1.2 运行结果展示（不同环境下代码运行的结果）

服务器端（运行在同一台终端上）

```
PS E:\OneDrive -
mail2.sysu.edu.cn\Project\SYSU_Computer_Network_exp\No.1_TCP&UDP\UDP> python
Release_server.py
等待连接...
等待连接...
连接地址: ('172.28.63.133', 53127)
等待连接...
连接地址: ('172.28.63.133', 53127)
等待连接...
连接地址: ('172.28.63.133', 53127)
等待连接...
连接地址: ('172.28.63.133', 53127)
等待连接...
等待连接...
等待连接...
连接地址: ('172.28.63.133', 53127)
等待连接...
连接地址: ('172.28.63.133', 53127)
等待连接...
等待连接...
```

客户端

```
PS E:\OneDrive -
mail2.sysu.edu.cn\Project\SYSU_Computer_Network_exp\No.1_TCP&UDP> &
D:/Python/3.11/python.exe "e:/OneDrive -
mail2.sysu.edu.cn/Project/SYSU_Computer_Network_exp/No.1_TCP&UDP/UDP/Release_use
r.py"
正在ping 172.28.63.133 端口号 8080
请求超时。
连接成功... RTT = 2.002 ms
连接成功... RTT = 2.002 ms
连接成功... RTT = 2.002 ms
连接成功... RTT = 2.002 ms
请求超时。
请求超时。
连接成功... RTT = 0.0 ms
连接成功... RTT = 2.002 ms
请求超时。
==================================
统计信息：
        数据包：已发送 = 10，已接收 = 6 ，丢失 = 4 ( 40.0 % 丢失)
        最大RTT： 2.002 ms
        最小RTT： 0.0 ms
        平均值： 1.668333333333333 ms
单趟行程的总时间：
        0:00:01.856000
```

说明：因为本人在完成代码的时候，身边仅有本人自己的终端，因此没有包含不同终端的展示结果。但是在实验课上本人已经完成了在不同终端上面的测试，在同一局域网下可以正常运行。

1.3 分析与总结

1.3.1 实验思路

最开始我写了第一版程序，仅仅测试了UDP的基础功能，实现了报文的传输，在服务器端也没有模拟报文丢失的情况，如下：

```
from socket import *
port=12000
socket_server=socket(AF_INET,SOCK_DGRAM)
socket_server.bind(('',port))
message_server="I'm server!"
while True:
    message,address_client=socket_server.recvfrom(1024)
    print('The address of client is:',address_client)
    print('The message from client is:',message.decode())
    socket_server.sendto(message_server.encode(),address_client)
--------------------------------------------------------------------------------
---
from socket import *
server='192.168.2.24'
server_port=12000
socket_client=socket(AF_INET,SOCK_DGRAM)
for i in range(10):
```

```
    message="this is NO."
    socket_client.sendto(message.encode(),(server,server_port)) # 两台主机之间建立通信是通过进程的进行的，因此需要明确端口号(当然首先要明确主机地址)
    message_receive,address_server=socket_client.recvfrom(1024) # 1024表示缓存长度
print("The address of server is:",address_server)
print("The message from server is:",message_receive.decode())
socket_client.close()
```

碰到的第一个错误是：`[WinError 10054] 远程主机强迫关闭了一个现有的连接。`，检查发现是因为IP地址和服务器端不匹配所致

以上是在课堂上实现的部分，课下，我重新思考了一下如何实现功能，需要实现以下功能

- 连续发送十个数据包并监测是否收到
- 判断每一个数据包的RTT
- 计算有几个数据包送达，有几个数据包丢失，计算丢包率

围绕这些功能，需要以下方法实现

- 有一个循环连续发送10次
- 要有一个时间戳，在发送时记录，在接收时记录，最后相减算出差值
- 要有一个计数器来为到达的数据包进行计数

然后开始具体实现，问题主要出现在时间戳部分，在进展的过程中主要遇到了以下问题

1.3.2 过程中遇到的问题

1. 对RTT认识错误

最开始我以为RTT是数据包从发送端到接收端的单程时间，因此大费周章的设计了一个时间戳服务器——当报文送达的时候，服务器会给报文加盖时间戳并进行回传。

客户端收到报文以后，将对报文进行解析，将时间戳拆解出来，与发送的时间相减即可得到单程时间。

但在实现以后我才发现，RTT是一个完整来回的时间，这样我只需要在客户端完成时间的计算即可，无需将时间再报文中来回传输。

不过我最终还是选择了将这个时间戳服务器保留了下来，数据用在了最后的`单趟行程的总时间: 0:00:01.856000`中，算是没有白干一场hhh

2. 时间精度不够

最开始我想着时间简单调用`time.time()`即可，但是这个函数返回的时间是秒级的数据，在报文传输的过程中都是毫秒级的数据，因此每次显示的都是`RTT = 0s`。无奈，只得调整时间戳的数据，但是调整以后对时间戳的解读也变得比较复杂

最后的解决方案如下

生成时间

```
int(time.time() * 1000 + time.time_ns() // 1000000 % 1000 + time.time_ns() % 1000000 / 1000000)
```

解析时间

```
datetime.fromtimestamp(timestamp1 / 1000 + (timestamp1 % 1000) / 1000000)
```

这样时间的精度就被提升至了小数点后六位，可以显示毫秒级的数据了

3. `recvfrom`的阻塞模式影响超时退出

因为`socket_client.recvfrom`是以阻塞模式运行的，因此当发生丢包的时候就没办法退出，卡住。

最开始考虑过使用`timer`+多线程+回调函数的方式实现，但是实践过程中发现这种方法性能开销过大并且我写出了调不玩的bug（主要原因），放弃

后来了解到`udpCliendSocket.recvfrom(BUFSIZ)`同样是以阻塞模式进行运行的，但是可以使用`udpCliendSocket.settimeout(1)`设定超时时间，当超时以后`recvfrom`函数会自动抛出`timeout`，被except捕捉到以后，输出"请求超时"，因此使用这种方法，成功实现

实验2 TCP通信与Web服务器

2.1 代码展示

2.1.1 服务器

```
# -*- coding: utf-8 -*-
from socket import *

# 定义服务器地址和端口
serverHost = ''
# serverHost = '192.168.1.666'
serverPort = 8080

# 准备服务器端 socket
serverSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)
serverSocket.bind((serverHost, serverPort))
serverSocket.listen(1)

while True:
    print("Ready to serve...")

    # 接受客户端连接请求
    connectionSocket, addr = serverSocket.accept()

    try:
        # 接收客户端发送的 HTTP 请求消息
        message = connectionSocket.recv(1024).decode()
        if not message:
            continue

        # 获取客户端请求的文件名
        filename = message.split()[1].lstrip('/')
```

```
        # 打开文件并读取文件内容
        with open(filename, 'rb') as f:
            content = f.read()
            # 构造 HTTP 响应消息头部
            response = 'HTTP/1.1 200 OK\r\n' + \
                       'Content-Type: text/html; charset=UTF-8\r\n' + \
                       'Content-Length: {}\r\n'.format(len(content)) + \
                       '\r\n'

            # 将响应消息头部和文件内容发送给客户端
            connectionSocket.send(response.encode())
            connectionSocket.send(content)
    except IOError:
        # 如果文件不存在，发送 404 Not Found 响应消息
        response = 'HTTP/1.1 404 Not Found\r\n\r\n'
        connectionSocket.send(response.encode())
    finally:
        # 关闭客户端 socket
        connectionSocket.close()

# 关闭服务器 socket
serverSocket.close()
```

2.1.2 客户端

```
# -*- coding: utf-8 -*-

import socket

# 自动找出本机的IP地址以完成全自动访问操作
# 获取本机的主机名
hostname = socket.gethostname()

# 获取本机的 IP 地址
ip_address = socket.gethostbyname(hostname)

# 打印本机的 IP 地址
print("My IP address is:", ip_address)

# 将本机的 IP 地址作为服务器的地址
serverHost = ip_address
serverPort = 8080


# 创建客户端 socket
clientSocket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)

# 连接到服务器
clientSocket.connect((serverHost, serverPort))

# 发送 HTTP GET 请求
request = 'GET /helloworld.html HTTP/1.1\r\nHost: {}\r\n\r\n'.format(serverHost)
clientSocket.send(request.encode())
```

```
# 接收服务器响应
response = clientSocket.recv(1024).decode()

# 输出服务器响应的内容
print(response)

# 关闭客户端 socket
clientSocket.close()
```

2.1.3 网页代码

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Simple HTML Page</title>
    <style>

        body {
            background-color: #f1f1f1;
            font-family: Arial, sans-serif;
        }

        h1 {
            font-size: 36px;
            color: #333;
            margin-bottom: 20px;
        }

        p {
            font-size: 18px;
            color: #666;
            line-height: 1.5;
            margin-bottom: 20px;
        }

        ul {
            list-style: none;
            margin: 0;
            padding: 0;
        }

        li {
            margin-bottom: 10px;
        }

        a {
            color: #0099cc;
            text-decoration: none;
        }

        a:hover {
            text-decoration: underline;
        }
    </style>
```

```
</head>
<body>
    <h1>Welcome to My Website!</h1>
    <p>This is a simple HTML page, designed to demonstrate the basics of HTML
and CSS.</p>
    <ul>
        <li><a href="#">Home</a></li>
        <li><a href="#">About Us</a></li>
        <li><a href="#">Products</a></li>
        <li><a href="#">Contact Us</a></li>
    </ul>
</body>
</html>
```

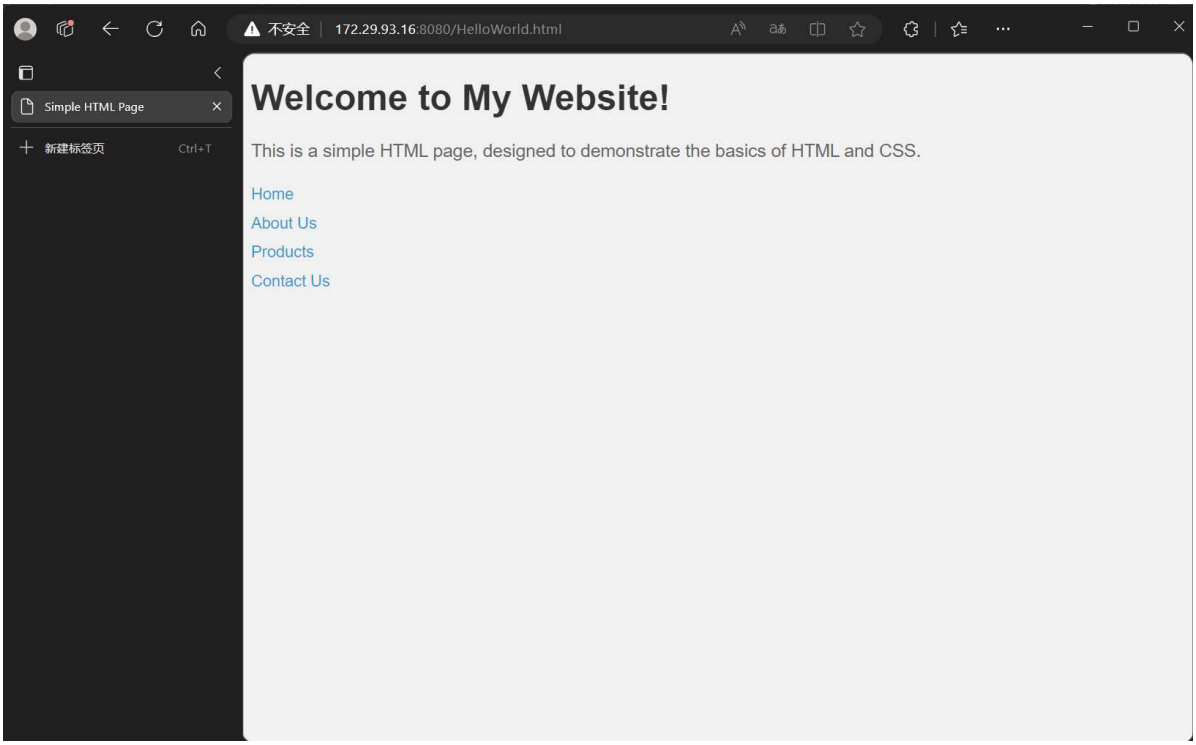
2.2 运行结果展示

2.2.1 客户端——终端执行效果

```
PS E:\OneDrive -
mail2.sysu.edu.cn\Project\SYSU_Computer_Network_exp\No.1_TCP&UDP\TCP> &
D:/Python/3.11/python.exe "e:/OneDrive -
mail2.sysu.edu.cn/Project/SYSU_Computer_Network_exp/No.1_TCP&UDP/TCP/release_use
r.py"
My IP address is: 172.29.93.16
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
Content-Length: 1200

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Simple HTML Page</title>
    <style>

        body {
            background-color: #f1f1f1;
            font-family: Arial, sans-serif;
        }

        h1 {
            font-size: 36px;
            color: #333;
            margin-bottom: 20px;
        }

        p {
            font-size: 18px;
            color: #666;
            line-height: 1.5;
            margin-bottom: 20px;
        }
```

```
        ul {
            list-style: none;
            margin: 0;
</head>
<body>
    <h1>Welcome to My Website!</h1>
    <p>This is a simple HTML page, designed
```

2.2.2 客户端——浏览器执行效果



2.2.3 服务器执行效果

```
PS E:\OneDrive -
mail2.sysu.edu.cn\Project\SYSU_Computer_Network_exp\No.1_TCP&UDP\TCP> python
release_server.py
Ready to serve...
```

2.3分析与总结

2.3.1 实验过程

经过查询，在Python程序中，如果想要完成一个tcp服务器的功能，需要的流程如下：

- socket创建一个套接字
- bind绑定ip和port
- listen使套接字变为可以被动链接
- accept等待客户端的链接
- recv接收数据

按照以上思路，具体的实验过程在代码的注释中都有详细地给出

想要实现多个进程并行连接只需要修改`serverSocket.listen(1)`即可，例如`serverSocket.listen(128)`，即可实现128个进程并行

2.3.2 一些思考

1） 客户端执行一次只发送一次数据就将接口close了还是会保持连接?

因为TCP相较于UDP的一个显著的区别就在于能够建立一次连接以后，持续性的进行沟通。但是对于这次的任务来讲，服务器只需要响应一次，将html的内容回传即可，所以这个程序是单词连接以后，在`finally`语句中就将接口进行了关闭。

我尝试写了一个报文发送服务器，能够在建立一次连接以后保持住，发送多条报文，主要代码如下

```
# 本地信息
address = ('', 7788)
# 绑定
tcp_server_socket.bind(address)
tcp_server_socket.listen(128)
while True:
    # 等待新的客户端连接
    client_socket, clientAddr = tcp_server_socket.accept()
    while True:
        # 接收对方发送过来的数据
        recv_data = client_socket.recv(1024)  # 接收1024个字节
        if recv_data:
            print('接收到的数据为:', recv_data.decode('gbk'))
        else:
            break
    client_socket.close()

tcp_server_socket.close()
```

recv函数工作在阻塞模式下，recv解堵塞有两种情况，对方发过来数据或者对方调用close，当对方调用close的时候，也就是发送报文为空的情况下，就能将这个连接关闭。

2） 关于listen与accept

- 当一个tcp客户端连接服务器时，服务器端会有1个新的套接字，这个套接字用来标记这个客户端，单独为这个客户端服务。
- listen后的套接字是被动套接字，用来接收新的客户端的链接请求的，而accept返回的新套接字是标记这个新客户端的。
- 关闭listen后的套接字意味着被动套接字关闭了，会导致新的客户端不能够链接服务器，但是之前已经链接成功的客户端正常通信。
- 关闭accept返回的套接字意味着这个客户端已经服务完毕。

3）遇到的问题： IP地址的变化导致的代码调试麻烦

因为在我的电脑连接在校园网中，而校园网是由多个路由器搭建的无线信号，每当链接到一个新的路由器的时候，我就会分配到一个新的IP地址，意味着我客户端中写的那个自己的地址就不再可用了，为此经常出现报错如：`远程主机关闭了一个连接`

因此，经过查找，我选择了调用这段代码，自动查找本机的IP地址，大大方便了代码的调试过程

```
ip_address = socket.gethostbyname(hostname)
```

4） 对运行结果的改进

最开始我只是在html文件里面写了一个简单的helloworld字符，后来我研究了一下，简单的写了一个网页，这样使得在浏览器中调用的时候能够更加美观

然后我考虑了一下，如果我修改一下http响应头部是否能够获取一个互联网上面的网页的信息呢?

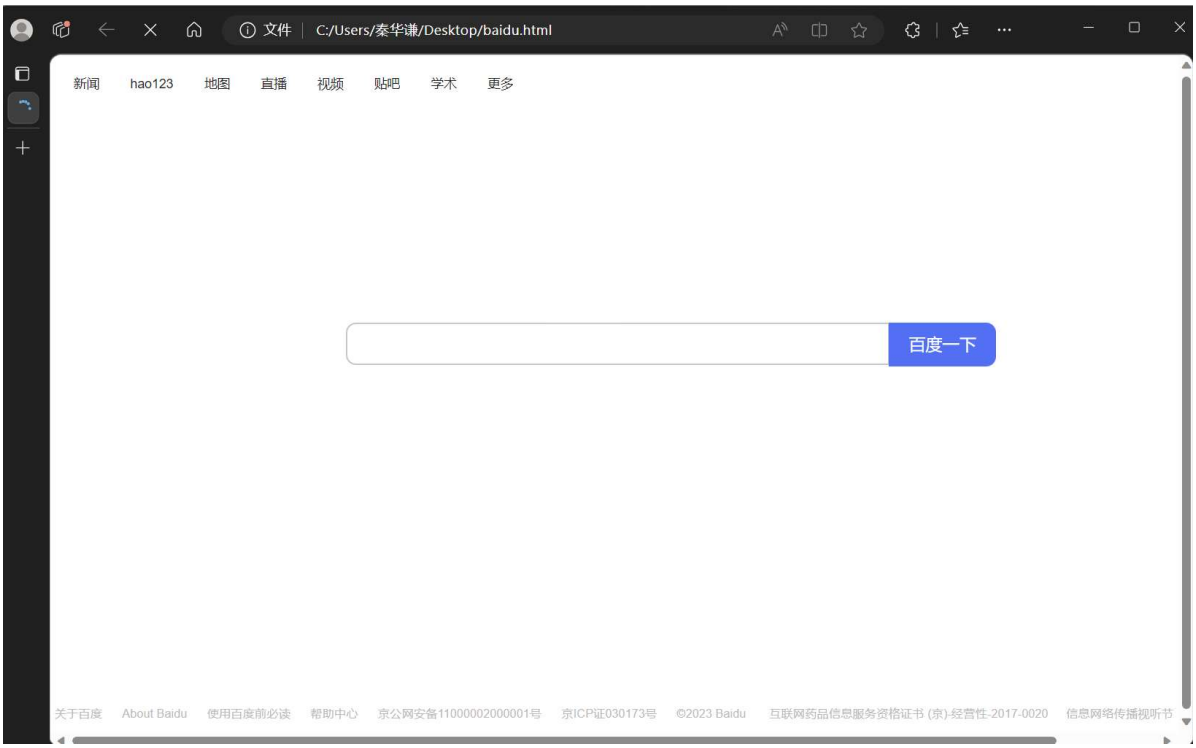
于是我进行里如下的尝试

```
# 导入socket库:
import socket
# 创建一个socket:
s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
# 建立连接:
s.connect(('www.baidu.com', 80))

# 发送数据:
s.send(b'GET / HTTP/1.1\r\nHost: www.baidu.com\r\nConnection: close\r\n\r\n')

# 接收数据:
buffer = []
while True:
    # 每次最多接收1k字节:
    d = s.recv(1024)
    if d:
        buffer.append(d)
    else:
        break
data = b''.join(buffer)

# 关闭连接:
s.close()
print(data)
header, html = data.split(b'\r\n\r\n', 1)
print(header.decode('utf-8'))
# 把接收的数据写入文件:
with open('baidu.html', 'wb') as f:
    f.write(html)
```

成功获取到了百度的主页的html代码，如下（过长，截取部分）

```
<!DOCTYPE html><html><head><meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
charset=UTF-8"><meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge,chrome=1">
<meta content="always" name="referrer"><meta name="description" content="全球领先
的中文搜索引擎、致力于让网民更便捷地获取信息，找到所求。百度超过千亿的中文网页数据库，可以瞬间找
到相关的搜索结果。"><link rel="shortcut icon" href="//www.baidu.com/favicon.ico"
type="image/x-icon"><link rel="search"
type="application/opensearchdescription+xml" href="//www.baidu.com/content-
search.xml" title="百度搜索"><title>百度一下，你就知道</title><style
type="text/css">body{margin:0;padding:0;text-
align:center;background:#fff;height:100%}html{overflow-
y:auto;color:#000;overflow:-moz-scrollbars;height:100%}body,input{font-
size:12px;font-family:"PingFang SC",Arial,"Microsoft YaHei",sans-serif}a{text-
decoration:none}a:hover{text-decoration:underline}img{border:0;-ms-interpolation-
mode:bicubic}input{font-size:100%;border:0}body,form{position:relative;z-
index:0}#wrapper{height:100%}#head_wrapper.s-ps-islite{padding-
bottom:370px}#head_wrapper.s-ps-islite .s_form{position:relative;z-
index:1}#head_wrapper.s-ps-islite .fm{position:absolute;bottom:0}#head_wrapper.s-
ps-islite .s-p-
Date,year=date.getFullYear();document.getElementById("year").innerText="©"+year+"
Baidu "</script></body></html>
```

在浏览器中打开的效果如下



写在最后

本次实验的所有代码和图片，包括这个报告的markdown版本都已经上传至Github上，欢迎老师及助教前往浏览，期待您给出宝贵的指导意见

网址：

```
https://github.com/pbcn2/SYSU_Computer_Network_exp
```