

自从互联网诞生以来，现在基本上所有的程序都是网络程序，很少有单机版的程序了。

计算机网络就是把各个计算机连接到一起，让网络中的计算机可以互相通信。网络编程就是如何在程序中实现两台计算机的通信。

举个例子，当你使用浏览器访问新浪网时，你的计算机就和新浪的某台服务器通过互联网连接起来了，然后，新浪的服务器把网页内容作为数据通过互联网传输到你的电脑上。

由于你的电脑上可能不止浏览器，还有QQ、Skype、微信、邮件客户端等，不同的程序连接的别的计算机也会不同，所以，更确切地说，网络通信是两台计算机上的两个进程之间的通信。比如，浏览器进程和新浪服务器上的某个Web服务进程在通信，而QQ进程是和腾讯的某个服务器上的某个进程在通信。

原来网络通信就是两个进程之间在通信



网络编程对所有开发语言都是一样的，Python也不例外。用Python进行网络编程，就是在Python程序本身这个进程内，连接别的服务器进程的通信端口进行通信。

本章我们将详细介绍Python网络编程的概念和最主要的两种网络类型的编程。

TCP/IP简介

虽然大家现在对互联网很熟悉，但是计算机网络的出现比互联网要早很多。

计算机为了联网，就必须规定通信协议，早期的计算机网络，都是由各厂商自己规定一套协议，IBM、Apple和Microsoft都有各自的网络协议，互不兼容，这就好比一群人有的说英语，有的说中文，有的说德语，说同一种语言的人可以交流，不同的语言之间就不行了。

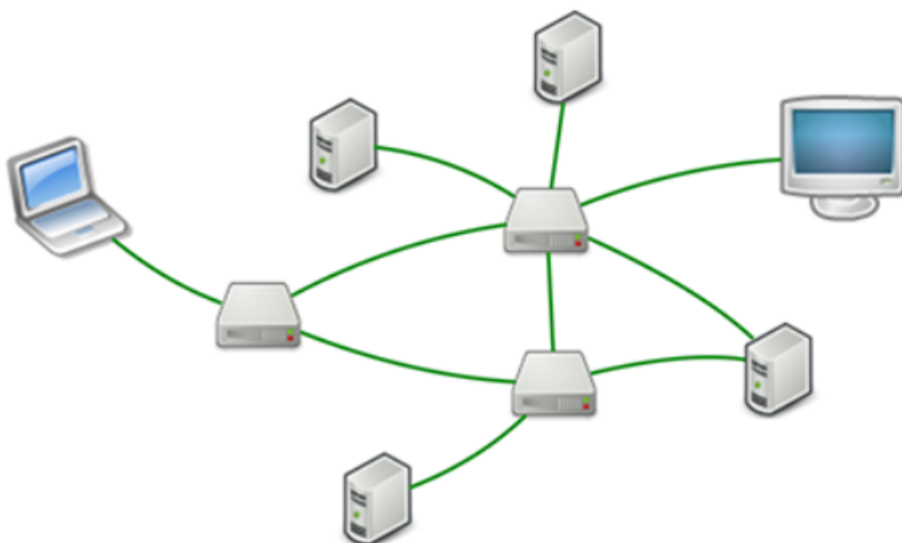
为了把全世界的所有不同类型的计算机都连接起来，就必须规定一套全球通用的协议，为了实现互联网这个目标，互联网协议簇（Internet Protocol Suite）就是通用协议标准。Internet是由inter和net两个单词组合起来的，原意就是连接“网络”的网络，有了Internet，任何私有网络，只要支持这个协议，就可以联入互联网。

因为互联网协议包含了上百种协议标准，但是最重要的两个协议是TCP和IP协议，所以，大家把互联网的协议简称TCP/IP协议。

通信的时候，双方必须知道对方的标识，好比发邮件必须知道对方的邮件地址。互联网上每个计算机的唯一标识就是IP地址，类似 123.123.123.123。如果一台计算机同时接入到两个或更多的网络，比如路由器，它就会有多个IP地址，所以，IP地址对应的实际上是计算机的网络接口，通常是网卡。

IP协议负责把数据从一台计算机通过网络发送到另一台计算机。数据被分割成一小块一小块，然后通过IP包发送出去。由于互联网链路复杂，两台计算机之间经常有多条线路，因此，路由器就负责决定如何把一个IP包转发出去。IP包的特点是按块发送，途径多个路由，但不保证能到达，也不保证顺序到达。万一到达不了或者出现什么问题是需要一个机制告诉相应设备。在网络层使用ICMP完成这一功能

ICMP：CMP（Internet Control Message Protocol）Internet控制报文协议。它是TCP/IP协议簇的一个子协议，用于在IP主机、路由器之间传递控制消息。控制消息是指网络通不通、主机是否可达、路由是否可用等网络本身的消息。这些控制消息虽然并不传输用户数据，但是对于用户数据的传递起着重要的作用



IP地址实际上是一个32位整数（称为IPv4），以字符串表示的IP地址如 192.168.0.1 实际上是把32位整数按8位分组后的数字表示，目的是便于阅读。

IPv6地址实际上是一个128位整数，它是目前使用的IPv4的升级版，以字符串表示类似于 2001:0db8:85a3:0042:1000:8a2e:0370:7334。

TCP协议则是建立在IP协议之上的。TCP协议负责在两台计算机之间建立可靠连接，保证数据包按顺序到达。TCP协议会通过握手建立连接，然后，对每个IP包编号，确保对方按顺序收到，如果包丢掉了，就自动重发。

许多常用的更高级的协议都是建立在TCP协议基础上的，比如用于浏览器的HTTP协议、发送邮件的SMTP协议等。

一个TCP报文除了包含要传输的数据外，还包含源IP地址和目标IP地址，源端口和目标端口。

端口有什么作用？在两台计算机通信时，只发IP地址是不够的，因为同一台计算机上跑着多个网络程序。一个TCP报文来了之后，到底是交给浏览器还是QQ，就需要端口号来区分。每个网络程序都向操作系统申请唯一的端口号，这样，两个进程在两台计算机之间建立网络连接就需要各自的IP地址和各自的端口号。

一个进程也可能同时与多个计算机建立链接，因此它会申请很多端口。

了解了TCP/IP协议的基本概念，IP地址和端口的概念，我们就可以开始进行网络编程了。

TCP编程

Socket是网络编程的一个抽象概念。通常我们用一个Socket表示“打开了一个网络链接”，而打开一个Socket需要知道目标计算机的IP地址和端口号，再指定协议类型即可。

客户端

大多数连接都是可靠的TCP连接。创建TCP连接时，主动发起连接的叫客户端，被动响应连接的叫服务器。

举个例子，当我们在浏览器中访问百度时，我们自己的计算机就是客户端，浏览器会主动向新浪的服务器发起连接。如果一切顺利，百度的服务器接受了我们的连接，一个TCP连接就建立起来的，后面的通信就是发送网页内容了。

所以，我们要创建一个基于TCP连接的Socket，可以这样做：

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

创建 socket 时，AF_INET 指定使用IPv4协议，如果要用更先进的IPv6，就指定为 AF_INET6。

SOCK_STREAM 指定使用面向流的TCP协议，这样，一个 socket 对象就创建成功，但是还没有建立连接。

客户端要主动发起TCP连接，必须知道服务器的IP地址和端口号。百度网站的IP地址可以用域名www.baidu.com自动转换到IP地址，但是怎么知道百度服务器的端口号呢？

答案是作为服务器，提供什么样的服务，端口号就必须固定下来。由于我们想要访问网页，因此百度提供网页服务的服务器必须把端口号固定在 80 端口，因为 80 端口是Web服务的标准端口。其他服务都有对应的标准端口号，例如SMTP服务是 25 端口，FTP服务是 21 端口，等等。端口号小于1024的是Internet标准服务的端口，端口号大于1024的，可以任意使用。

因此，我们连接百度服务器的代码如下：

```
1 # 建立连接：
2 s.connect(('www.baidu.com', 80))
```

注意参数是一个 tuple，包含地址和端口号。

建立TCP连接后，我们就可以向百度服务器发送请求，要求返回首页的内容：

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

TCP连接创建的是双向通道，双方都可以同时给对方发数据。但是谁先发谁后发，怎么协调，要根据具体的协议来决定。例如，HTTP协议规定客户端必须先发请求给服务器，服务器收到后才发数据给客户端。

发送的文本格式必须符合HTTP标准，如果格式没问题，接下来就可以接收百度服务器返回的数据了：

```
1 # 接收数据：
2 buffer = []
3 while True:
4     # 每次最多接收1k字节：
5     d = s.recv(1024)
6     if d:
7         buffer.append(d)
8     else:
9         break
10 data = b''.join(buffer)
```

接收数据时，调用 `recv(max)` 方法，一次最多接收指定的字节数，因此，在一个while循环中反复接收，直到 `recv()` 返回空数据，表示接收完毕，退出循环。

当我们接收完数据后，调用 `close()` 方法关闭Socket，这样，一次完整的网络通信就结束了：

```
1 # 关闭连接：
2 s.close()
```

接收到的数据包括HTTP头和网页本身，我们只需要把HTTP头和网页分离一下，把HTTP头打印出来，网页内容保存到文件：

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

现在，只需要在浏览器中打开这个baidu.html文件，就可以看到百度的首页了。



服务器

和客户端编程相比，服务器编程就要复杂一些。

服务器进程首先要绑定一个端口并监听来自其他客户端的连接。如果某个客户端连接过来了，服务器就与该客户端建立Socket连接，随后的通信就靠这个Socket连接了。

所以，服务器会打开固定端口（比如80）监听，每来一个客户端连接，就创建该Socket连接。由于服务器会有大量来自客户端的连接，所以，服务器要能够区分一个Socket连接是和哪个客户端绑定的。一个Socket依赖4项：服务器地址、服务器端口、客户端地址、客户端端口来唯一确定一个Socket。

但是服务器还需要同时响应多个客户端的请求，所以，每个连接都需要一个新的进程或者新的线程来处理，否则，服务器一次就只能服务一个客户端了。

我们来编写一个简单的服务器程序，它接收客户端连接，把客户端发过来的字符串加上 `Hello` 再发回去。

首先，创建一个基于IPv4和TCP协议的Socket：

```
1 sk = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
```

然后，我们要绑定监听的地址和端口。服务器可能有多块网卡，可以绑定到某一块网卡的IP地址上，也可以用 `0.0.0.0` 绑定到所有的网络地址，还可以用 `127.0.0.1` 绑定到本机地址。`127.0.0.1` 是一个特殊的IP地址，表示本机地址，如果绑定到这个地址，客户端必须同时在本机运行才能连接，也就是说，外部的计算机无法连接进来。

端口号需要预先指定。因为我们写的这个服务不是标准服务，所以用 8080 这个端口号。请注意，小于 1024 的端口号必须要有管理员权限才能绑定：

```
1 # 监听端口：
2 sk.bind(('127.0.0.1', 8080))
```

紧接着，调用 `listen()` 方法开始监听端口，传入的参数指定等待连接的最大数量：

```
1 sk.listen(5)
2 print('Waiting for connection...')
```

接下来，服务器程序通过一个永久循环来接受来自客户端的连接，`accept()` 会等待并返回一个客户端的连接：

```
1 while True:
2     conn, addr = sk.accept()
3     data = conn.recv(8096)
4     # 取得连接后，直接返回数据
5     # 返回的状态信息
6     conn.send(b"HTTP/1.1 200 OK\r\n\r\n")
7     # 返回的数据
8     conn.send(b"<h1>Hello world!</h1>")
9     conn.close()
```

运行程序后，通过浏览器访问：<http://127.0.0.1:8080/>

返回结果：



小结

用TCP协议进行Socket编程在Python中十分简单，对于客户端，要主动连接服务器的IP和指定端口，对于服务器，要首先监听指定端口，接收到信息后，做出相应

UDP编程

TCP是建立可靠连接，并且通信双方都可以以流的形式发送数据。相对TCP，UDP则是面向无连接的协议。

使用UDP协议时，不需要建立连接，只需要知道对方的IP地址和端口号，就可以直接发数据包。但是，能不能到达就不知道了。

虽然用UDP传输数据不可靠，但它的优点是和TCP比，速度快，对于不要求可靠到达的数据，就可以使用UDP协议。

我们来看看如何通过UDP协议传输数据。和TCP类似，使用UDP的通信双方也分为客户端和服务端。服务器首先需要绑定端口：

```
1  from socket import *
2  from time import ctime
3
4  HOST = '127.0.0.1'
5  PORT = 8081
6  BUFSIZE = 4096
7  ADDR = (HOST, PORT)
8
9  udpServer = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)
10 udpServer.bind(ADDR)
```

创建Socket时，`SOCK_DGRAM` 指定了这个Socket的类型是UDP。绑定端口和TCP一样，但是不需要调用 `listen()` 方法，而是直接接收来自任何客户端的数据：

```
1  while True:
2      print('waiting for message...')
3      data, addr = udpServer.recvfrom(BUFSIZE)
4      print(data.decode())
5      if not data:
6          print('-----')
7          break;
8
9      buf = '[' + ctime() + ']' + data.decode()
10     udpServer.sendto(buf.encode(), addr)
11
12     udpServer.close()
```

`recvfrom()` 方法返回数据和客户端的地址与端口，这样，服务器收到数据后，直接调用 `sendto()` 就可以把数据用UDP发给客户端。

注意这里省掉了多线程，因为这个例子很简单。

客户端使用UDP时，首先仍然创建基于UDP的Socket，然后，不需要调用 `connect()`，直接通过 `sendto()` 给服务器发数据：

```
1  """
2  server.py
3  encode()/decode()
4  """
5  import socket
6  from time import ctime
7
8  HOST = '127.0.0.1'
9  PORT = 8080
10 BUFSIZE = 4096
11 ADDR = (HOST, PORT)
12
13 udpServer = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
```

```

14 udpServer.bind(ADDR)
15
16 while True:
17     print('waiting for message...')
18     # 等待客户端发送请求
19     data, addr = udpServer.recvfrom(BUFSIZE)
20     # 返回的data为byte类型，需要decode解码
21     print(data.decode())
22     if not data:
23         print('-----')
24         break
25     send_data = input(">>>")
26     buf = '[' + ctime() + ']:' + send_data
27     udpServer.sendto(buf.encode(), addr)
28
29 udpServer.close()

```

从服务器接收数据使用 `recvfrom()` 方法。

客户端代码：

```

1  """
2  client.py
3  encode()/decode()
4  """
5  import socket
6
7  HOST = 'localhost'
8  PORT = 8080
9  BUFSIZE = 4096
10 # 地址和端口号需要和服务端一致
11 ADDR = (HOST, PORT)
12 # 创建socket连接
13 udpClient = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
14
15 while True:
16     data = input('> ')
17     if not data:
18         break
19     # 发送数据 udp使用sendto发送
20     udpClient.sendto(data.encode(), ADDR)
21     # 接收数据。udp使用recvfrom接收
22     data, ADDR = udpClient.recvfrom(BUFSIZE)
23     print(data.decode())
24     if not data:
25         break
26
27 udpClient.close()
28

```

UDP的使用与TCP类似，但是不需要建立连接。此外，服务器绑定UDP端口和TCP端口互不冲突，也就是说，UDP的8080端口与TCP的8080端口可以各自绑定。

回忆：

python3默认编码为unicode，由str类型进行表示。二进制数据使用byte类型表示

字符串通过编码转换成字节码，字节码通过解码成为字符串

encode: str -> bytes

decode: bytes -> str