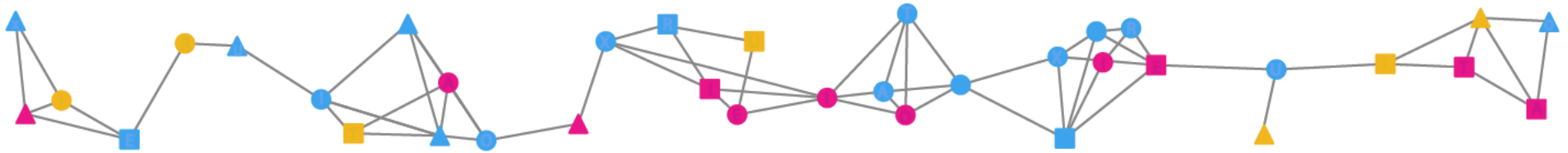


计算机网络

第三章 传输层

谢瑞桃
xie@szu.edu.cn
rtxie.github.io
计算机与软件学院
深圳大学

第三章讲解内容

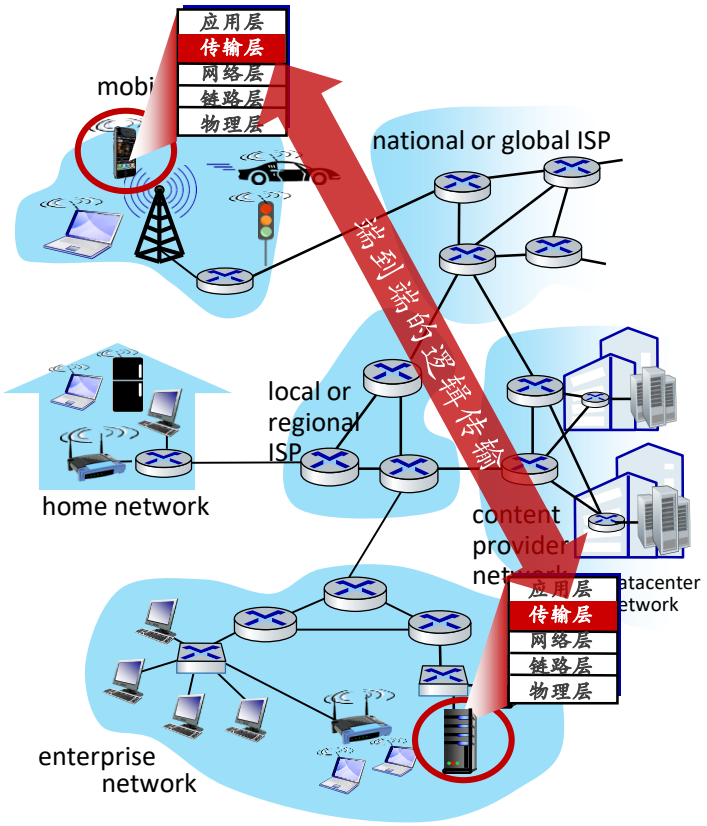
1. 传输层概述与UDP
   - 需求/服务/协议、多路复用/分解、UDP协议
2. 可靠传输
   - 可靠传输基础知识、TCP可靠传输
3. TCP
   - 报文段结构、超时间隔、流量控制、连接管理
4. TCP拥塞控制
   - 网络拥塞、TCP拥塞控制、吞吐量分析

概述讲解内容

- 传输层需求、服务、协议
- 多路复用与多路分解
- UDP协议

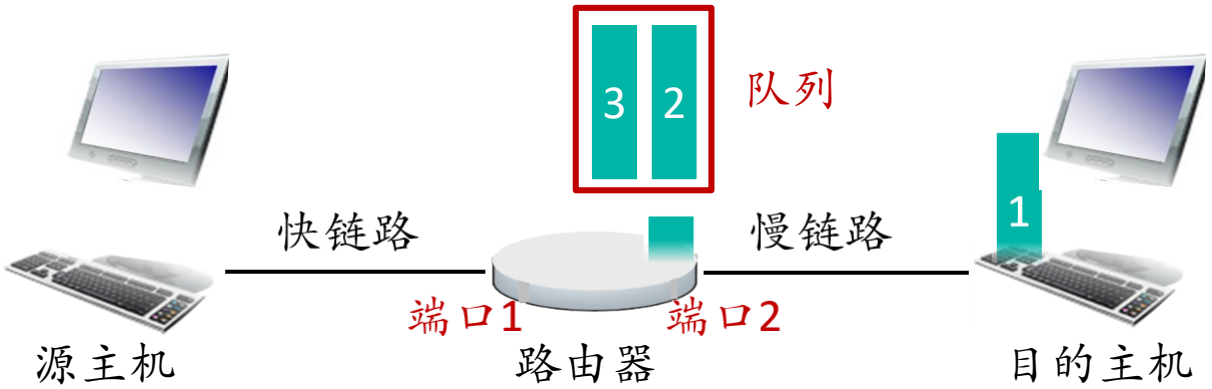
传输层服务

- 为运行在不同主机上的进程之间提供逻辑通信
- 传输层协议运行在端系统里
  - 发送方：将应用层报文转换成报文段，交给网络层
  - 接收方：将报文段组装成报文，交给应用层
- 依赖网络层的服务



网络层服务

- 为主机提供逻辑通信
- 采用分组交换的网络层
  - 会发生丢包，因为链路速率不匹配，以及网络流量的突发性质
  - 会发生乱序，因为每个分组独立路由
  - 会发生差错，因为链路传输和路由器存储都可能引入比特差错。



传输层需求、服务和协议

需求	服务	协议	
为运行在不同主机上的进程之间提供逻辑通信	进程间交付		

传输层需求、服务和协议

需求	服务	协议	
为运行在不同主机上的进程之间提供逻辑通信	进程间交付		
检测报文段是否出错	差错检测		

传输层需求、服务和协议

需求	服务	协议	
为运行在不同主机上的进程之间提供逻辑通信	进程间交付		
检测报文段是否出错	差错检测		
解决丢包、差错问题	可靠传输		
解决乱序问题	按序交付		

传输层需求、服务和协议

需求	服务	UDP	TCP
为运行在不同主机上的进程之间提供逻辑通信	进程间交付	✓	✓
检测报文段是否出错	差错检测	✓	✓
解决丢包、差错问题	可靠传输	✗	✓
解决乱序问题	按序交付	✗	✓

传输层需求、服务和协议

需求	服务	UDP	TCP
为运行在不同主机上的进程之间提供逻辑通信	进程间交付	✓	✓
检测报文段是否出错	差错检测	✓	✓
解决丢包、差错问题	可靠传输	✗	✓
解决乱序问题	按序交付	✗	✓
解决接收缓存溢出问题	流量控制	✗	✓
应对网络拥塞	拥塞控制	✗	✓

第三章知识点汇总

- 理解传输层的需求、服务与协议三者的关系

概述讲解内容

- 传输层需求、服务、协议
- 多路复用与多路分解
- UDP协议

多路复用/多路分解

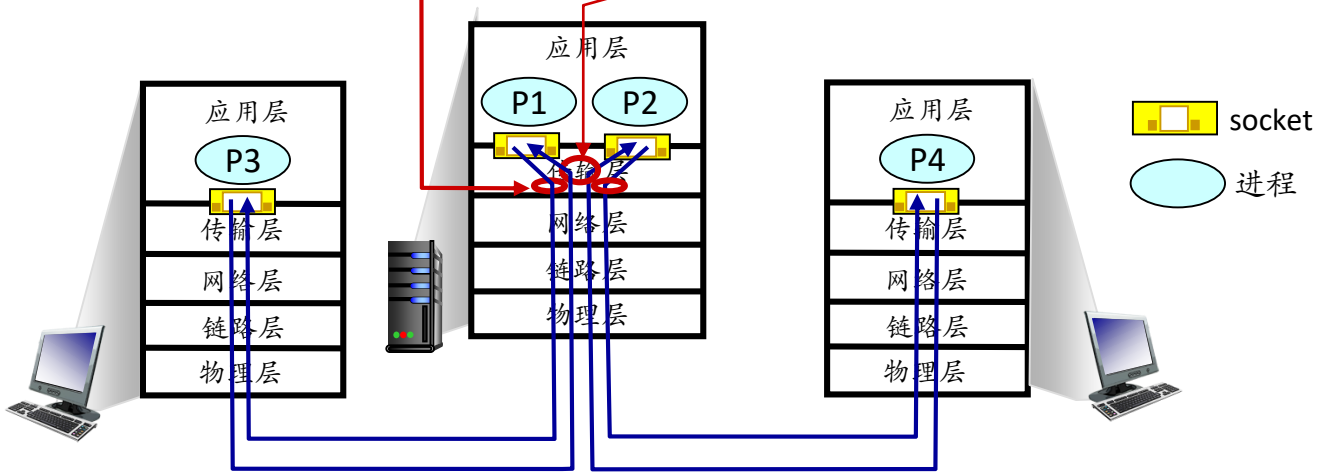
- 解决进程间交付的技术

发送方多路复用

处理来自多个套接字的数据，添加传输层首部

接收方多路分解

利用报文段的首部，将数据交给正确的套接字

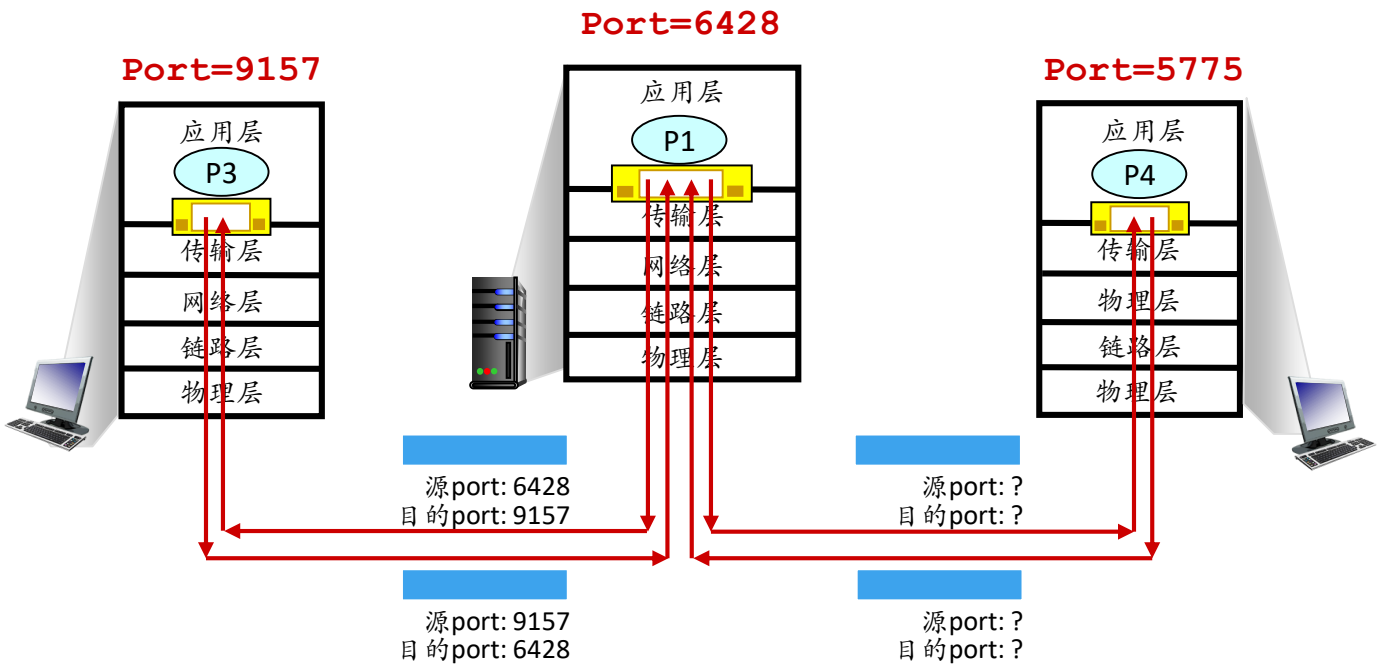


多路复用/多路分解

- IP地址标识主机
- 端口号标识进程
  - 16比特，0—65535之间
  - 其中0—1023是周知端口号（HTTP80，FTP21）

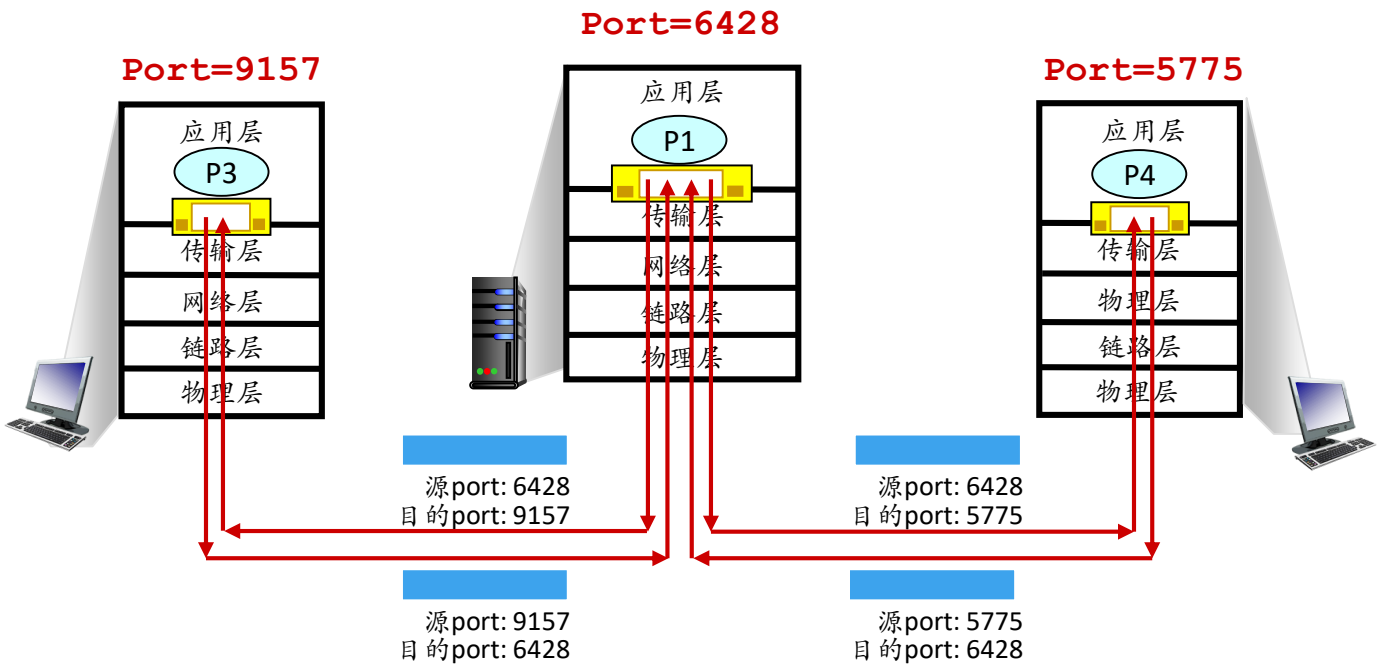
无连接（UDP）

- 创建套接字
  - `clientSocket = socket (AF_INET, SOCK_DGRAM)`
  - 函数运行时，传输层自动地为该套接字分配端口号



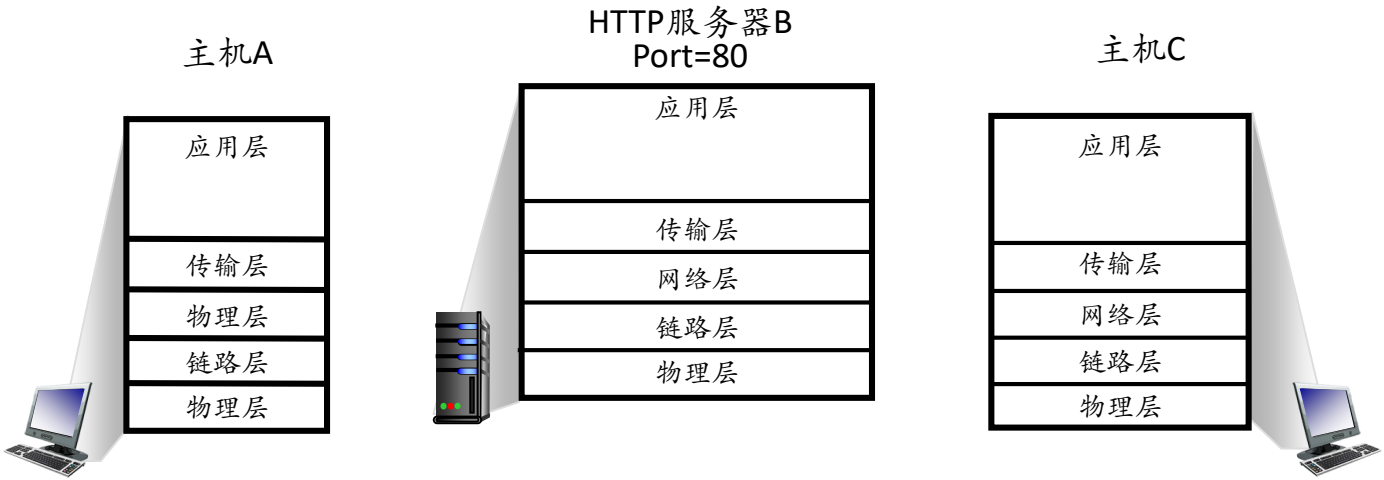
无连接（UDP）

- 注意：一个套接字可以和多个套接字通信
- 套接字由二元组<IP地址，端口号>识别
- 所以，通过套接字发送数据的时候需要明示对方的IP地址和端口号



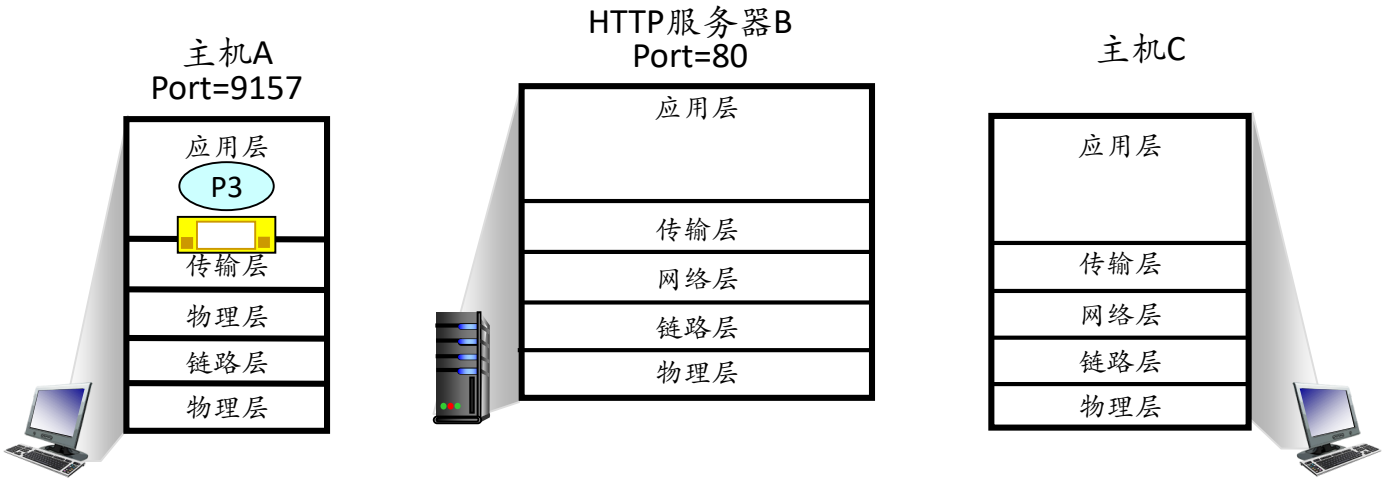
面向连接（TCP）

- 服务器创建监听套接字
  - `serverSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)`
  - `serverSocket.bind(('',serverPort))` #为套接字关联端口号
  - `serverSocket.listen(1)`



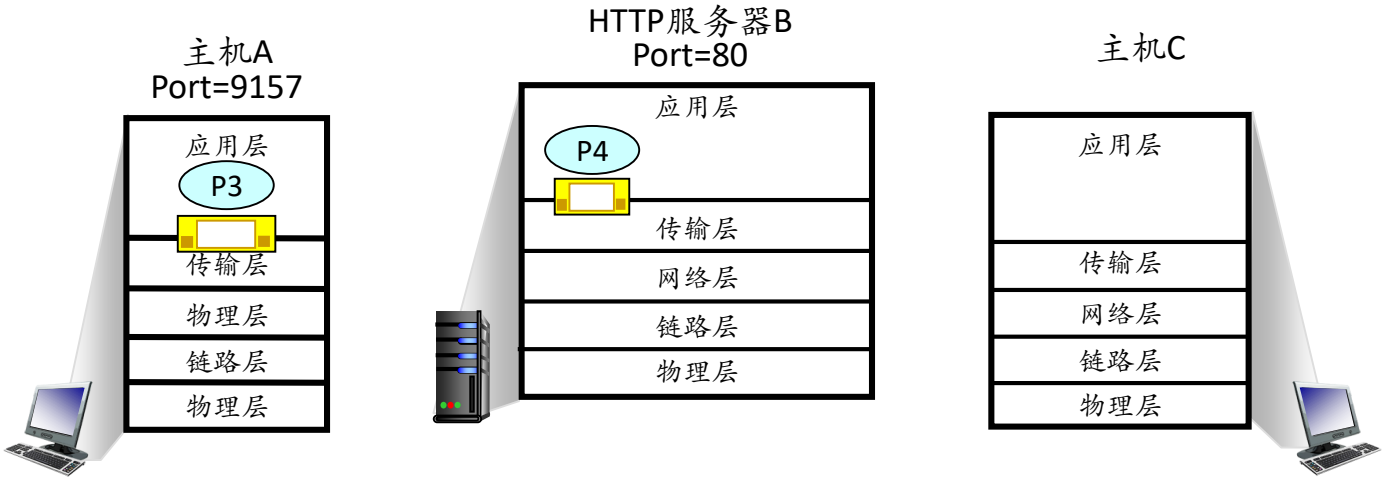
面向连接（TCP）

- 客户端创建套接字
  - `clientSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)`
  - `clientSocket.connect((serverName, serverPort))` #发起连接



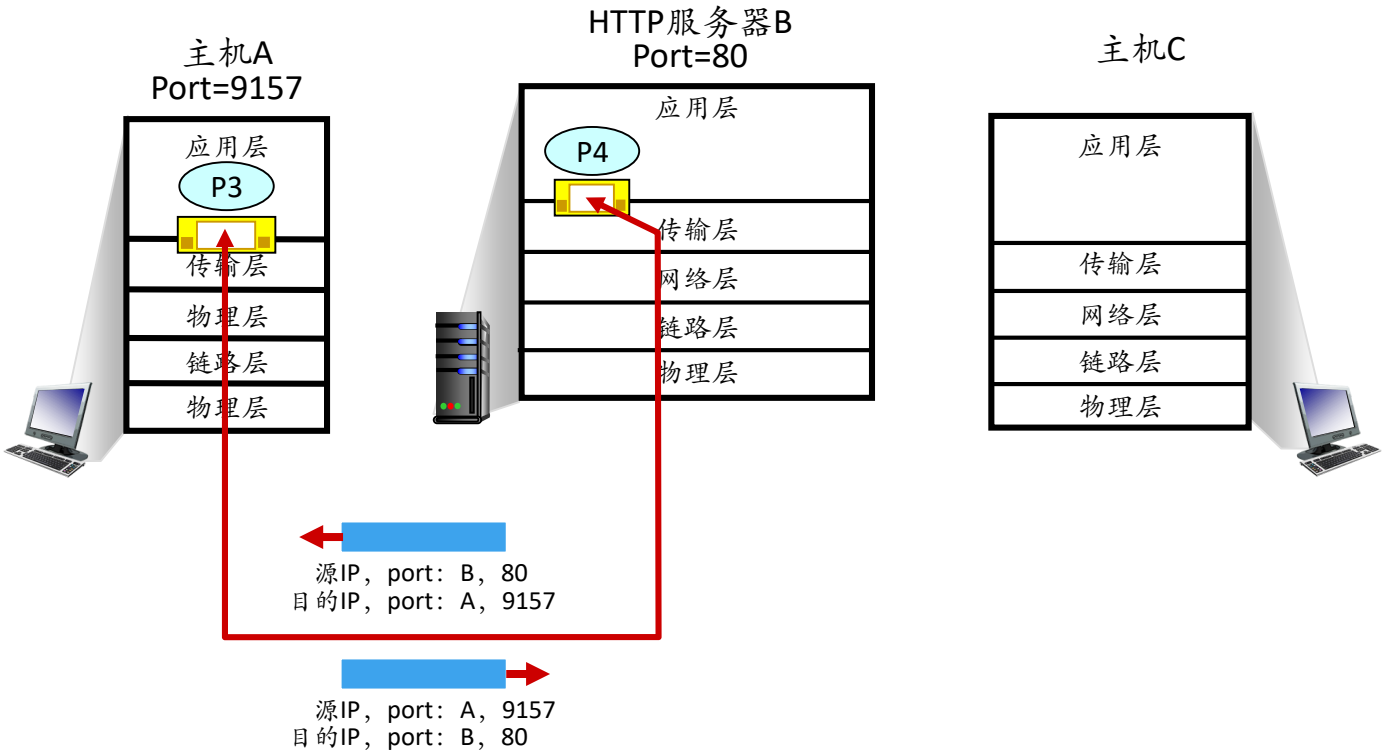
面向连接（TCP）

- 服务器创建通信套接字（连接）
  - `connectionSocket, addr = serverSocket.accept()`
  - `connectionSocket`的端口号与`serverSocket`相同
  - `addr`是客户端的地址



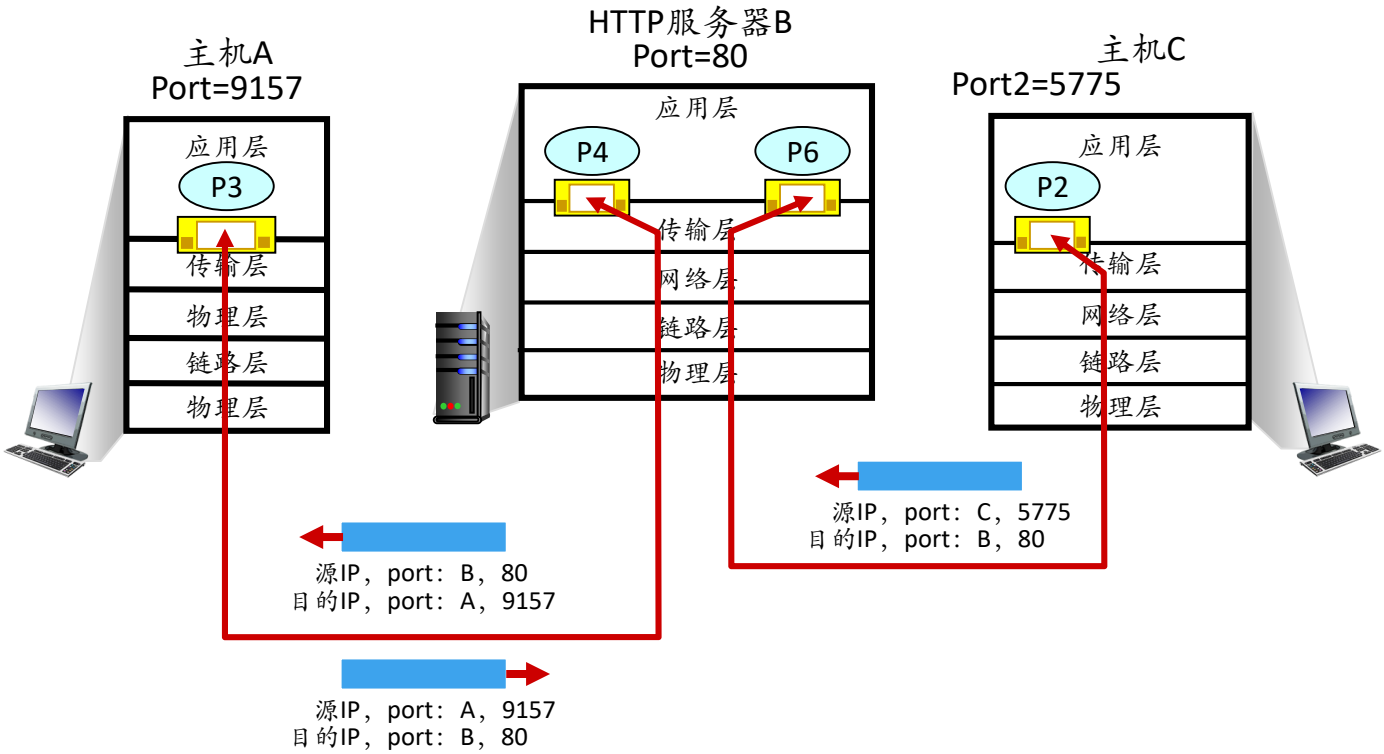
面向连接（TCP）

- 服务器创建通信套接字
  - `connectionSocket, addr = serverSocket.accept()`



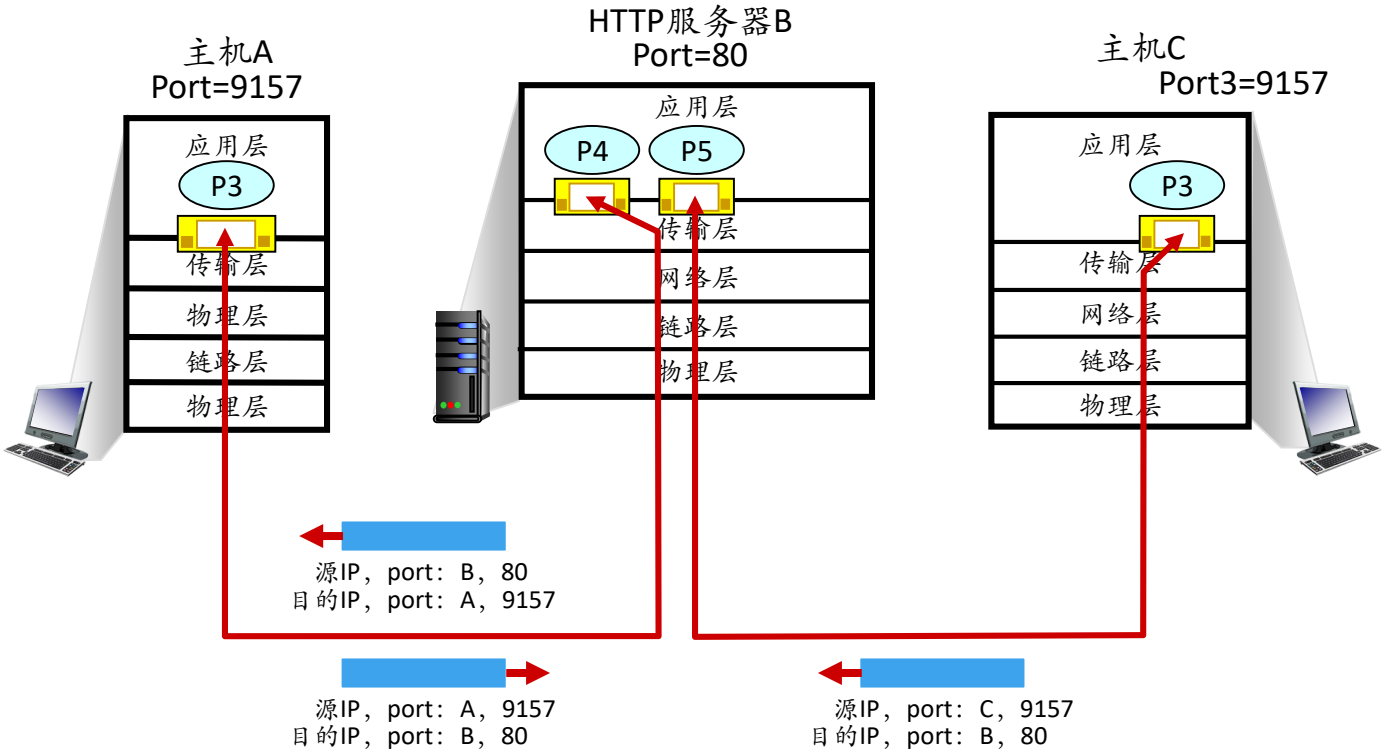
面向连接（TCP）

- 服务器创建通信套接字



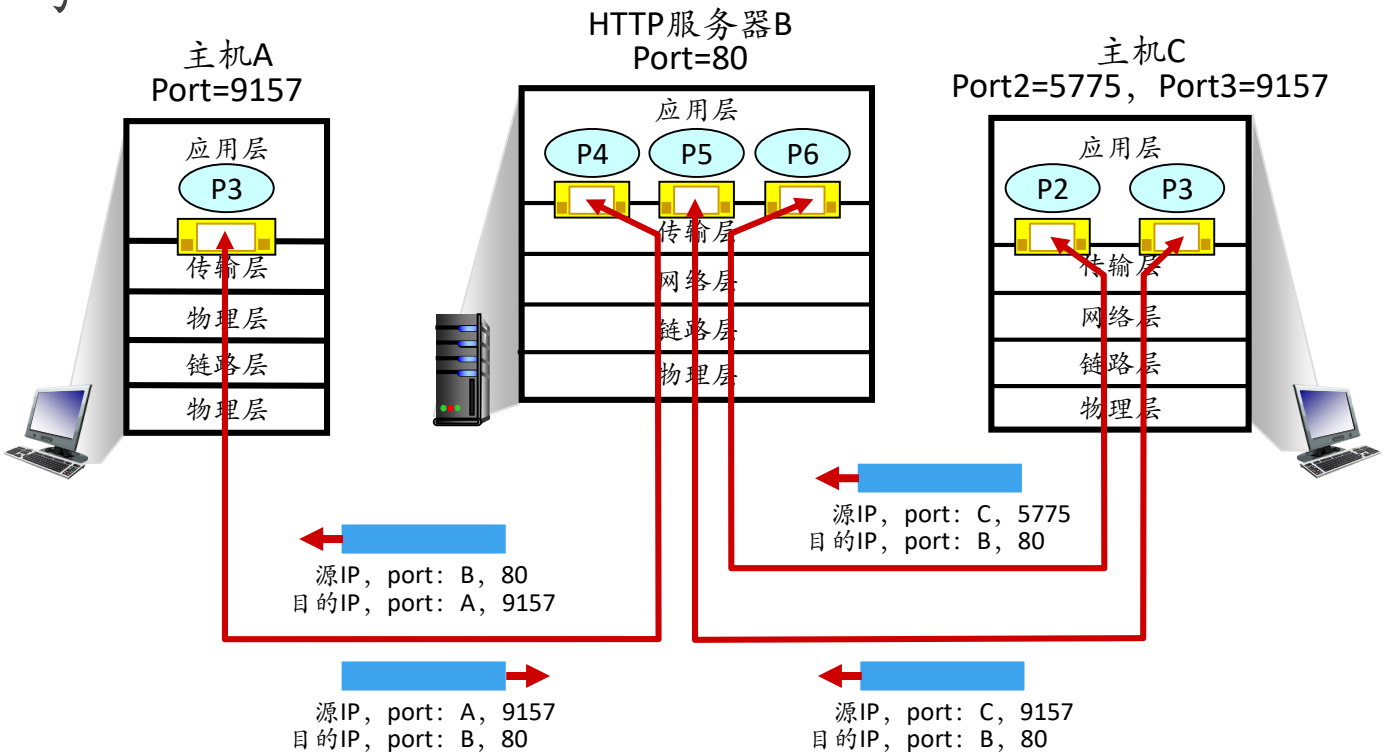
面向连接（TCP）

- 客户端使用了同样的端口号，可以吗？
- 一个套接字对应一个连接，由四元组<源IP地址，源端口号，目的IP地址，目的端口号>识别



面向连接（TCP）

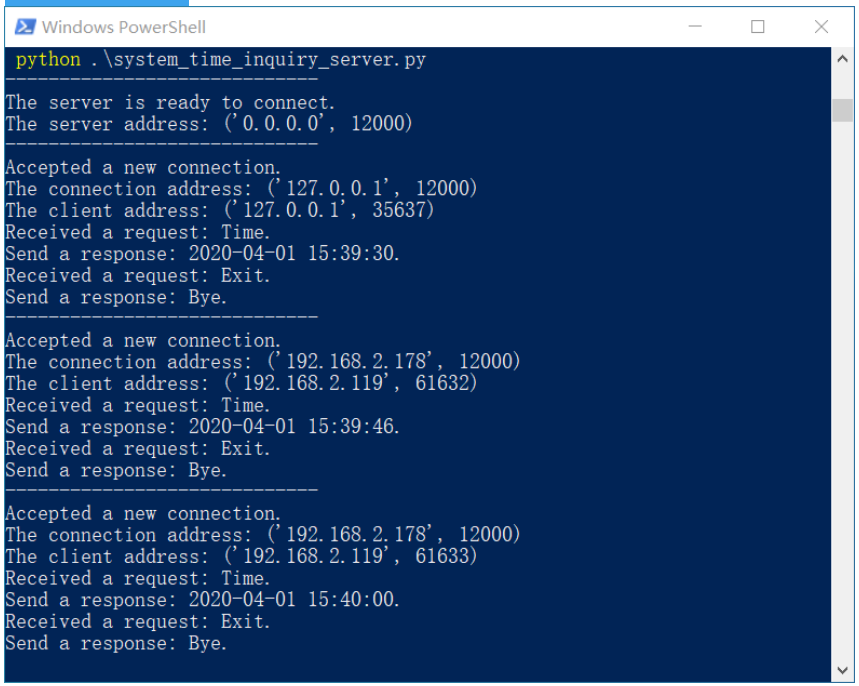
- 注意：一个套接字只能和一个套接字通信
- 一个套接字对应一个连接，由四元组<源IP地址，源端口号，目的IP地址，目的端口号>识别
- 所以，通过套接字发送数据的时候不需要明示对方的IP地址和端口号



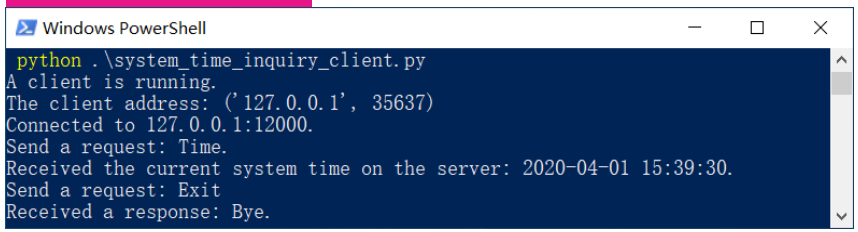
TCP应用程序举例

- 客户端发送请求"Time"，服务器应答当前系统时间；请求"Exit"，服务器应答"Bye"并结束连接。

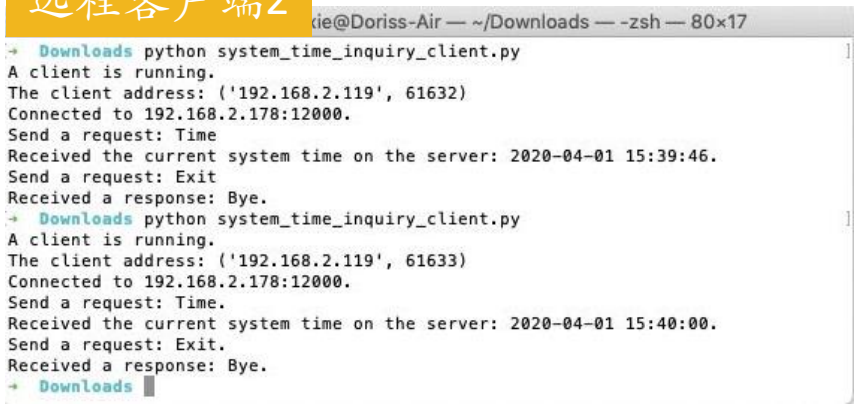
服务器



本地客户端1



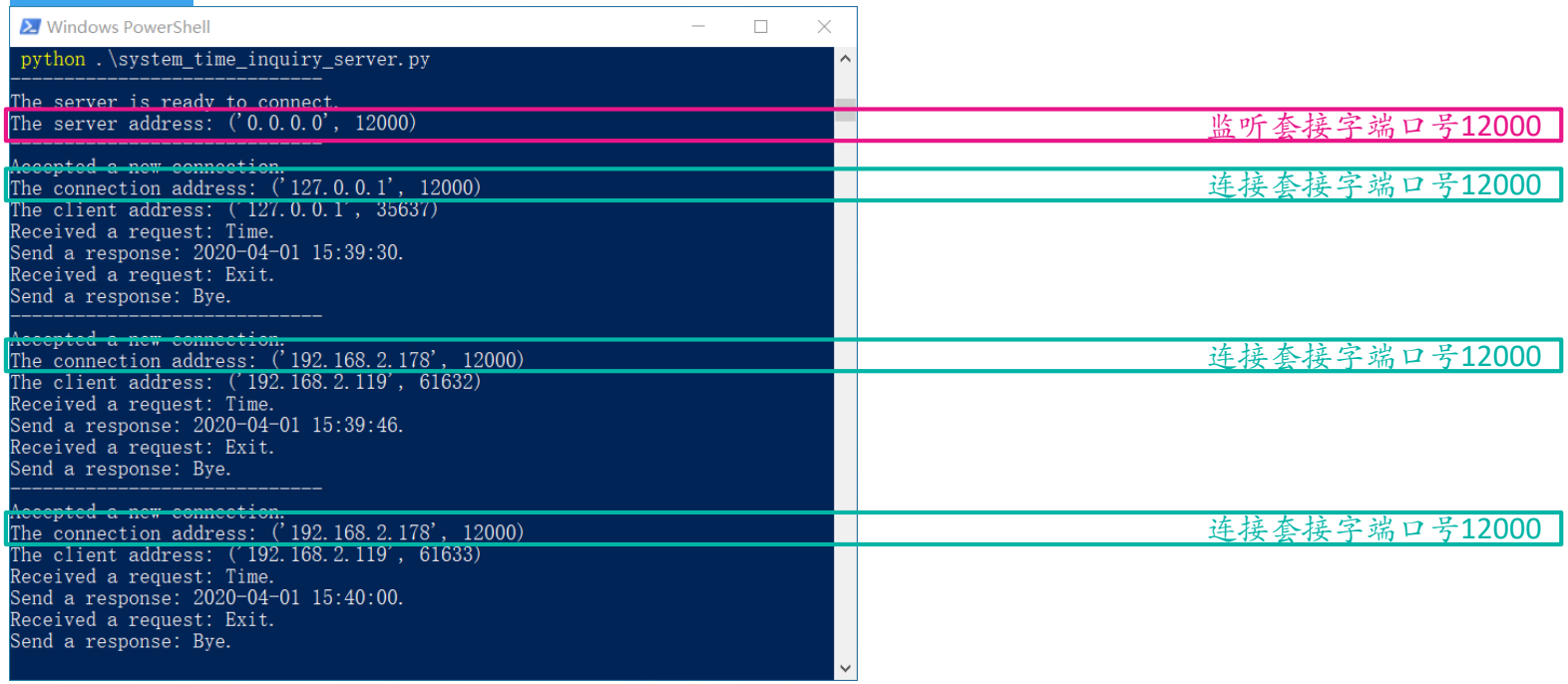
远程客户端2



TCP应用程序举例

- 对于每个客户端，都创建一个新的连接套接字。

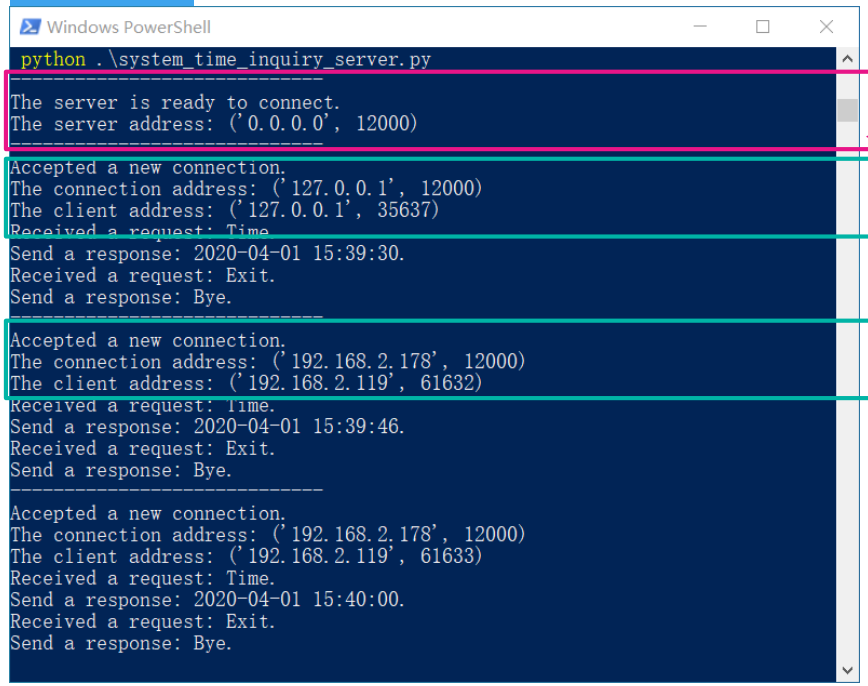
服务器



TCP应用程序举例

- 为什么IP地址不同呢?
  - ‘0.0.0.0’此处指匹配本地主机的所有IPv4地址;
  - ‘127.0.0.1’指本地主机;
  - ‘192.168.2.178’是本地主机在局域网中的IP地址。

服务器



指匹配本地主机的所有IPv4地址，
指在本地主机的所有IPv4地址上的12000端口监听

是本地主机在局域网中的IP地址，
客户端是网络中的其他主机

指本地主机，
客户端是本地主机自己

第三章知识点汇总

- 理解多路复用与多路分解的原理
- 理解无连接的复用/分解原理
- 理解面向连接的复用/分解原理

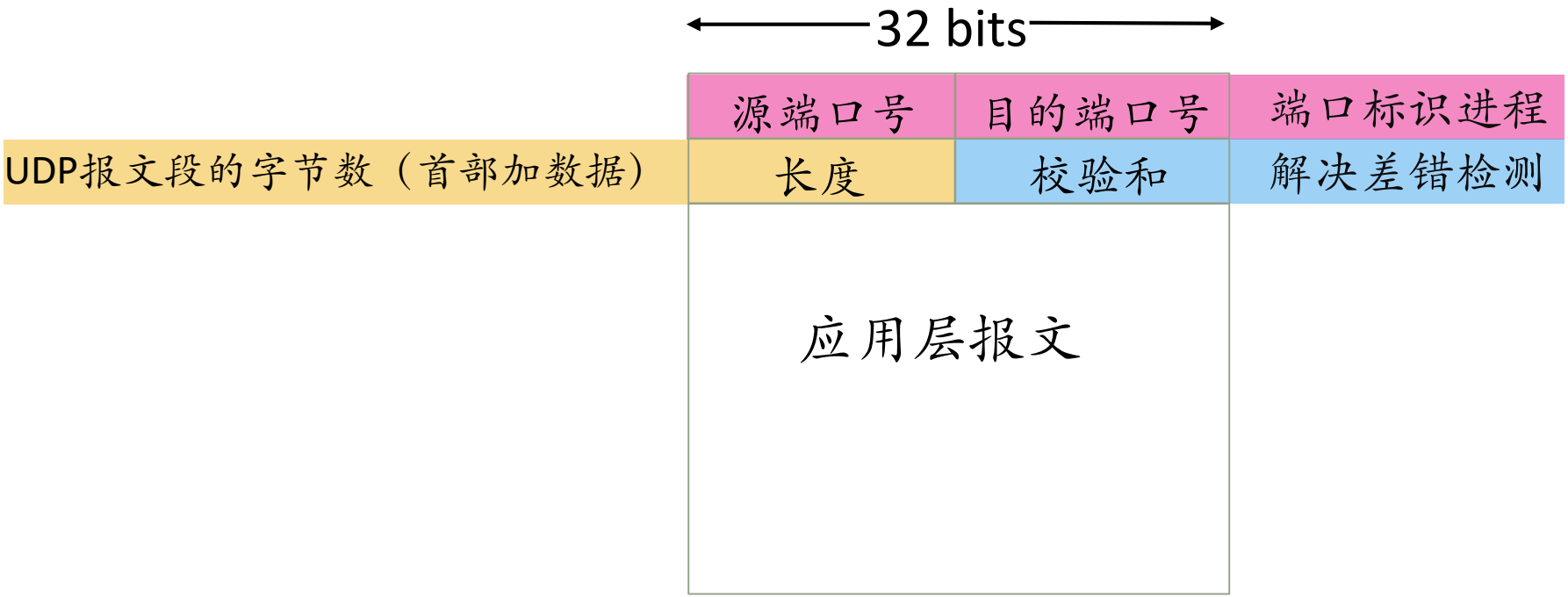
概述讲解内容

- 传输层需求、服务、协议
- 多路复用与多路分解
- UDP协议

UDP: User Datagram Protocol [RFC 768]

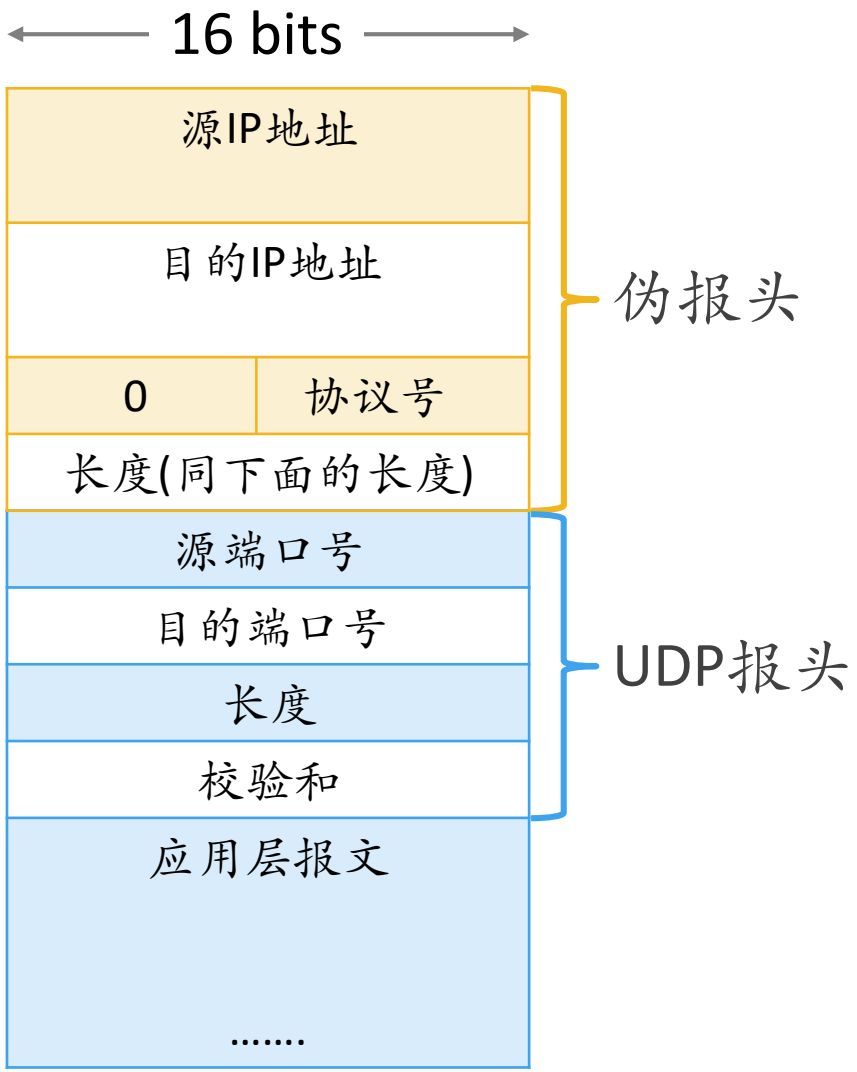
- 进程间交付
  - IP地址 + 端口号
- 差错检测
  - 校验和
- 不可靠的传输层协议
  - 无法恢复差错
  - 可能丢包
  - 可能乱序
- 使用UDP的应用层程序
  - 流媒体应用
  - DNS
  - 网络管理协议
  - ……

UDP报文段结构


32 bits
源端口号
目的端口号
端口标识进程
UDP报文段的字节数（首部加数据）
长度
校验和
解决差错检测
应用层报文

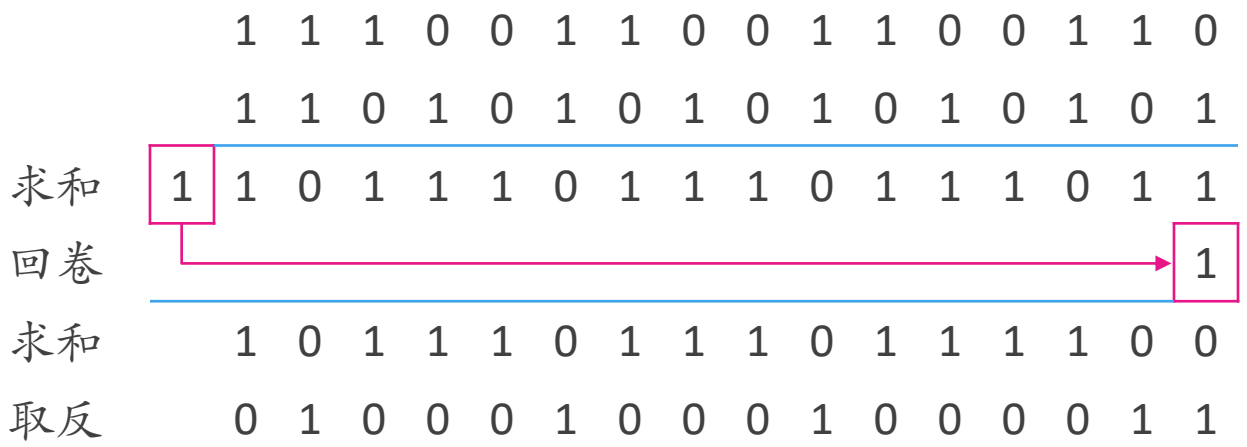
校验和

- 检查报文段是否出错
- （回卷）求和取反
- 伪报头
  - UDP在计算校验码时，构造这部分用于计算，但不传输。
  - （历史遗留问题）



UDP校验和

- 举例：两个16位整数



UDP校验和

- 接收方差错检测
  - 如果传输未产生差错，则接收方将所有数据（包括校验和）按照16位求和，结果应该为？

UDP校验和

- 接收方差错检测
  - 如果传输未产生差错，则接收方将所有数据（包括校验和）按照16位求和，结果应该为16位全幺

	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
求和	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
回卷																1
求和		1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
校验和		0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
求和		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

UDP校验和

- 接收方差错检测
  - 如果传输未产生差错，则接收方将所有数据（包括校验和）按照16位求和，结果应该为16位全幺

- 在接收方，如果求和结果不是16位全幺，则说明传输产生了差错
- 否则，说明传输未产生差错

这种检测方法对吗?

UDP校验和

- 举例：红色加框数字表示传输出错了

		1	1	1	0	0	1	1	**1**	0	1	**0**	0	0	1	1	0
		1	1	0	1	0	1	0	**0**	0	1	0	1	0	1	0	1
求和	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	**0**	1	1	0	1	1
回卷																		1
求和		1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	**0**	1	1	1	0	0
校验和		0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	**1**	0	0	0	1	1
求和		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

UDP校验和

- 接收方差错检测
  - 如果传输未产生差错，则接收方将所有数据（包括校验和）按照16位求和，结果应该为16位全幺

- 在接收方，如果求和结果不是16位全幺，则说明传输产生了差错
- 否则，不能说明传输未产生差错，只能说明未检测出差错

第三章知识点汇总

- 理解UDP协议的服务类型
- 了解UDP报文格式
- 掌握校验和的计算方法
- 理解校验和存在无法检测出差错的情况

We read the world wrong and say that it deceives us.

——Tagore