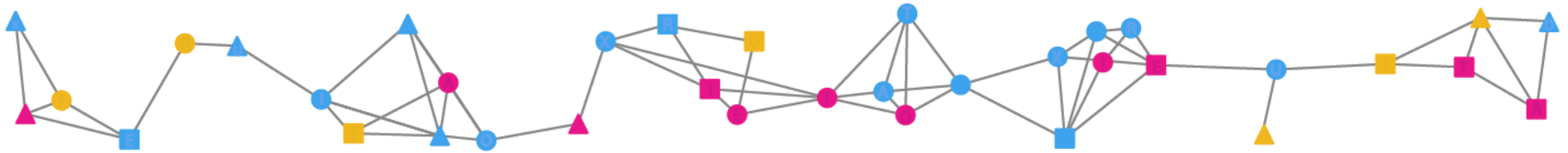


计算机网络

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

传输层需求、服务和协议

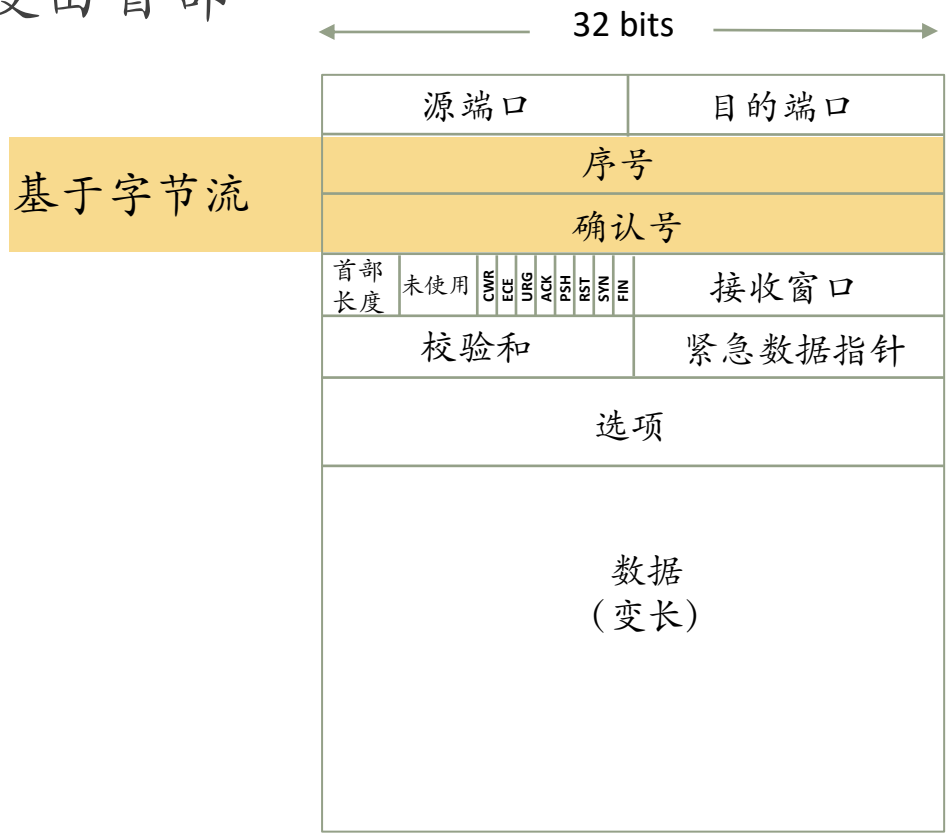
应用层需求	传输层服务	UDP	TCP
为运行在不同主机上的进程之间提供逻辑通信	进程间交付	✓	✓
检测报文段是否出错	差错检测	✓	✓
解决丢包、差错问题	可靠传输	✗	✓
解决乱序问题	按序交付	✗	✓
解决接收缓存溢出问题	流量控制	✗	✓
应对网络拥塞	拥塞控制	✗	✓

TCP讲解内容

- 报文段结构
- 超时间隔
- 流量控制
- 连接管理

TCP报文段结构

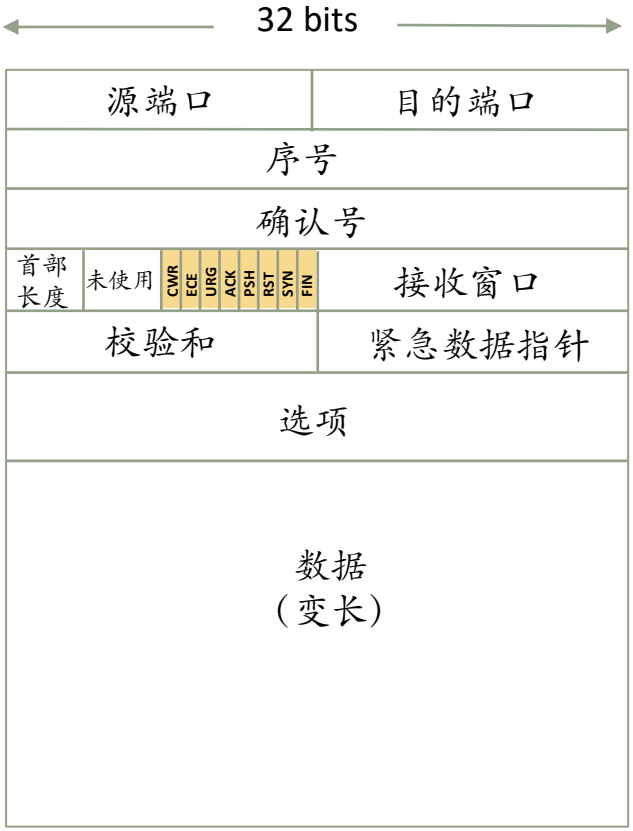
- 固定首部长度：20字节
- 选项：变长，长度由首部长度可知



TCP报文段结构

- 选项字段
  - ACK比特：指示确认字段中的值有效
  - SYN比特：用于建立连接
  - FIN比特：用于拆除连接

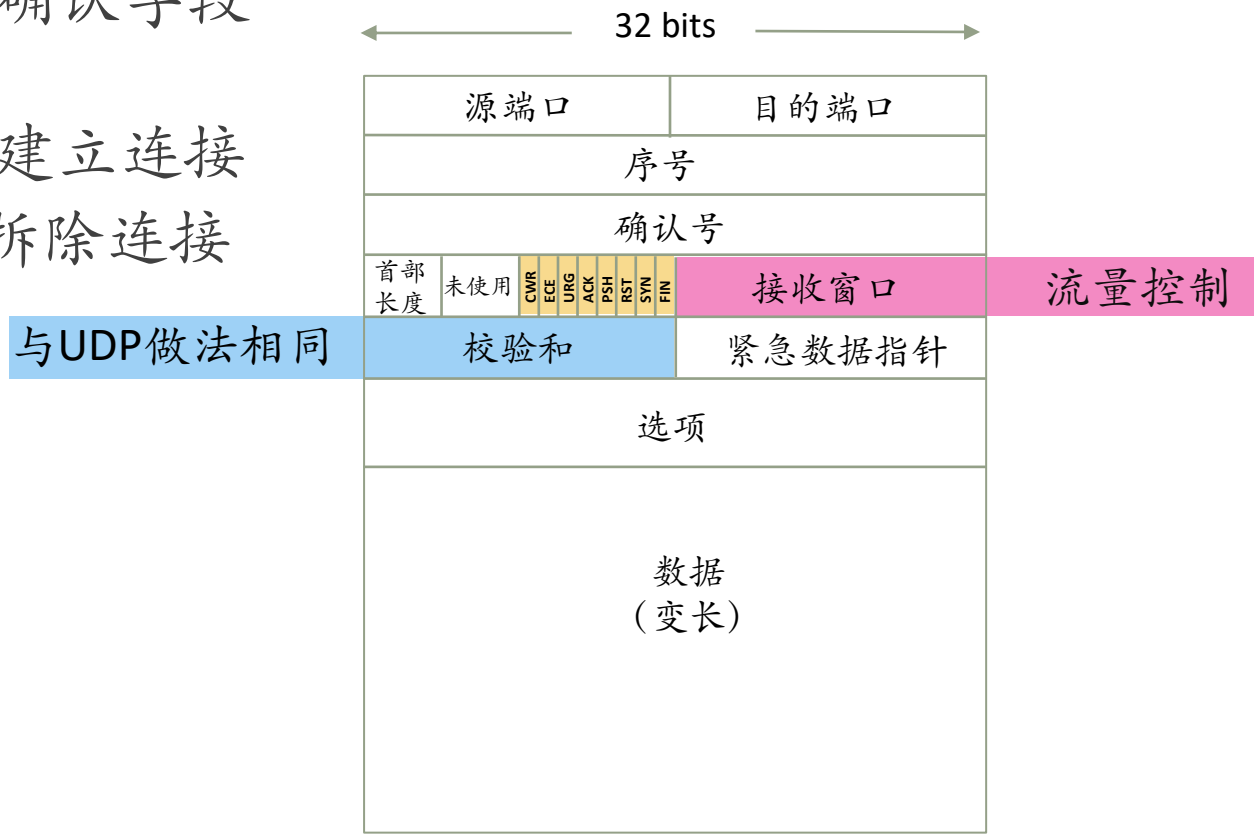
CWR
ECE
URG
ACK
PSH
RST
SYN
FIN



TCP报文段结构

- 选项字段
  - ACK比特：指示确认字段中的值有效
  - SYN比特：用于建立连接
  - FIN比特：用于拆除连接

CWR
ECE
URG
ACK
PSH
RST
SYN
FIN



TCP报文段结构

- 数据长度 <= MSS
  - Maximum Segment Size
    最大报文段长度
  - 典型值1460字节
- 链路层帧长度 <= 最大传输单元MTU
  - 典型值1500字节
  - 链路层帧长度

= 报文段数据 + TCP固定首部 + IP固定首部

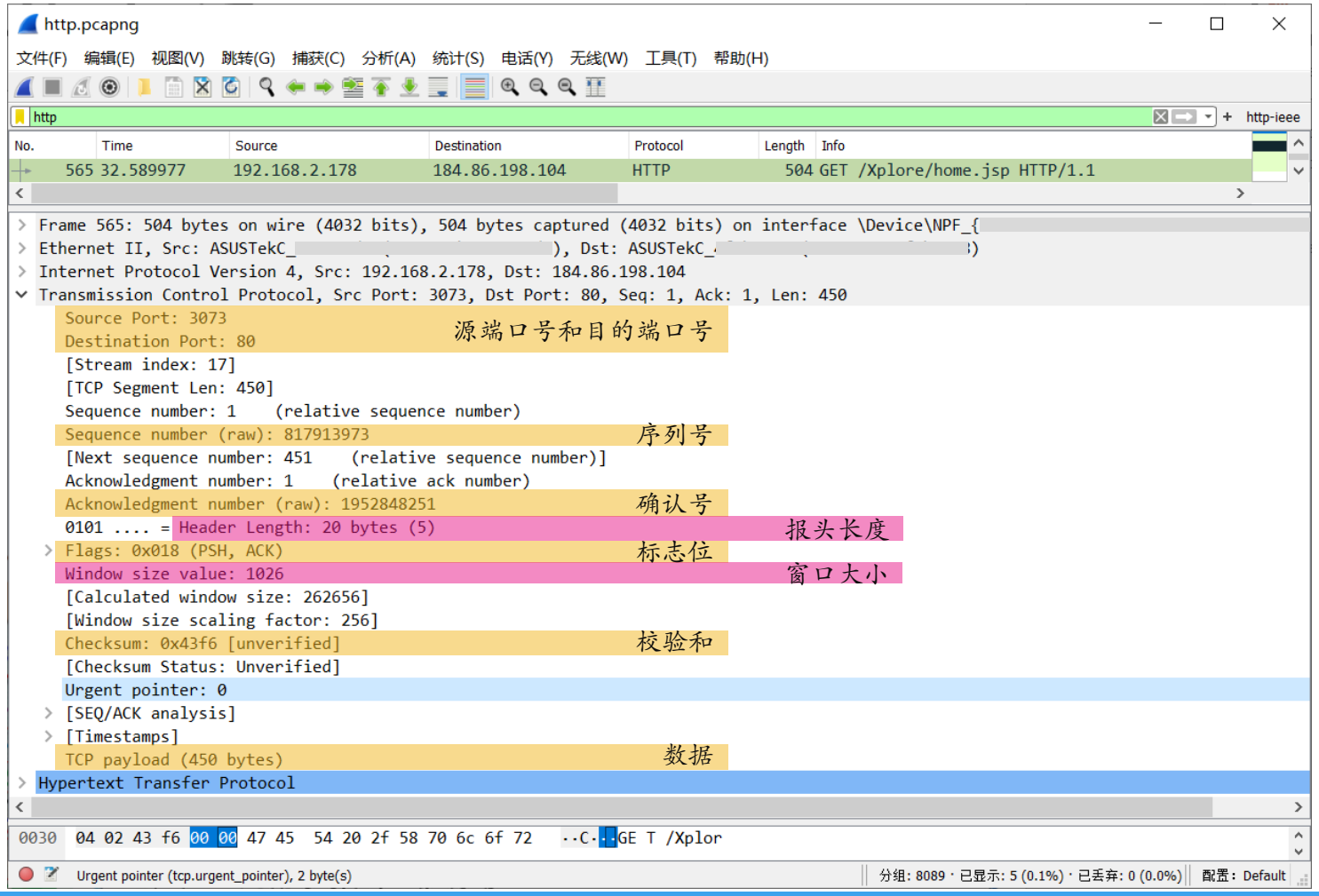
= 1460+20+20

= 1500字节

TCP报文段结构

- 在Windows10的powershell里执行下列指令，看看你的主机用的MTU值是多少？
- **netsh interface ipv4 show subinterfaces**

TCP报文段结构：举例


http.pcapng
文件(F) 编辑(E) 视图(V) 跳转(G) 捕获(C) 分析(A) 统计(S) 电话(Y) 无线(W) 工具(T) 帮助(H)
http
http-ieee
No. Time Source Destination Protocol Length Info
565 32.589977 192.168.2.178 184.86.198.104 HTTP 504 GET /Xplore/home.jsp HTTP/1.1
Frame 565: 504 bytes on wire (4032 bits), 504 bytes captured (4032 bits) on interface \Device\NPF_{
Ethernet II, Src: ASUSTekC_), Dst: ASUSTekC_)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.2.178, Dst: 184.86.198.104
Transmission Control Protocol, Src Port: 3073, Dst Port: 80, Seq: 1, Ack: 1, Len: 450
Source Port: 3073
Destination Port: 80
源端口号和目的端口号
[Stream index: 17]
[TCP Segment Len: 450]
Sequence number: 1 (relative sequence number)
Sequence number (raw): 817913973
序列号
[Next sequence number: 451 (relative sequence number)]
Acknowledgment number: 1 (relative ack number)
Acknowledgment number (raw): 1952848251
确认号
0101 .... = Header Length: 20 bytes (5)
报头长度
Flags: 0x018 (PSH, ACK)
标志位
Window size value: 1026
窗口大小
[Calculated window size: 262656]
[Window size scaling factor: 256]
Checksum: 0x43f6 [unverified]
校验和
[Checksum Status: Unverified]
Urgent pointer: 0
[SEQ/ACK analysis]
[Timestamps]
TCP payload (450 bytes)
数据
Hypertext Transfer Protocol
0030 04 02 43 f6 00 00 47 45 54 20 2f 58 70 6c 6f 72 ··C···GE T /Xplor
Urgent pointer (tcp.urgent_pointer), 2 byte(s)
分组: 8089 · 已显示: 5 (0.1%) · 已丢弃: 0 (0.0%)
配置: Default

第三章知识点汇总

- 了解TCP报文段首部主要字段的含义

TCP讲解内容

- 报文段结构
- 超时间隔
- 流量控制
- 连接管理

TCP超时间隔

- 如何设置TCP超时间隔?
- 须大于往返时延（RTT）
  - 如果太短，误判丢包，产生不必要的重传
  - 如果太长，等待时间就很长
- 如何预测RTT?
  - 在报文段传输时，采集样本
  - 估计RTT为近期样本的统计平均

TCP超时间隔

- 指数加权滑动平均(EWMA)计算RTT估计

RTT估计 =(1-α)*RTT估计 + α*RTT样本

- 参数典型取值α = 1/8

指数加权滑动平均: 单个样本的权值随时间递减，指数衰减

$E_0 = 0$

$E_1 = \alpha S_1$

$E_2 = (1-\alpha)E + \alpha S_2 = (1-\alpha)\alpha S_1 + \alpha S_2$

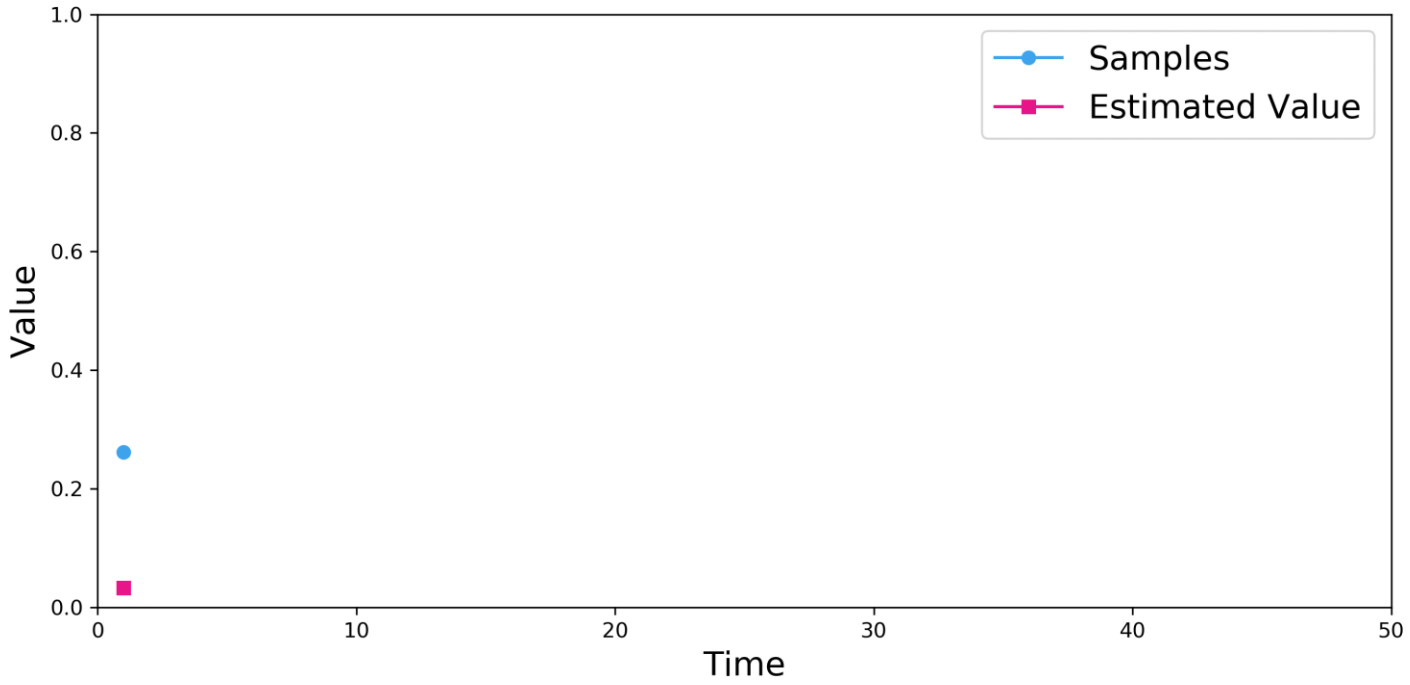
$E_3 = (1-\alpha)^2 \alpha S_1 + (1-\alpha)\alpha S_2 + \alpha S_3$

TCP超时间隔

- 指数加权滑动平均(EWMA)计算RTT估计

```
RTT估计 =(1-α)*RTT估计 + α*RTT样本
```

- 参数典型取值α = 1/8

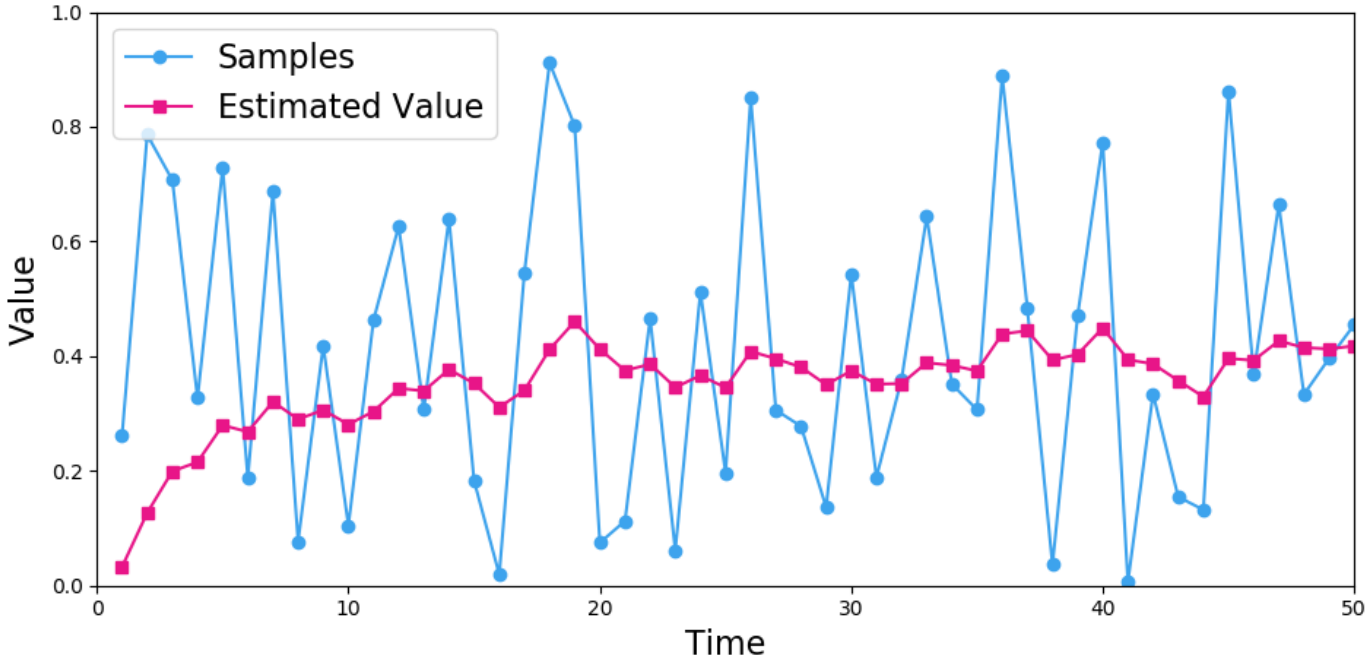


TCP超时间隔

- 指数加权滑动平均(EWMA)计算RTT估计

```
RTT估计 =(1-α)*RTT估计 + α*RTT样本
```

- 参数典型取值α = 1/8



TCP超时间隔

- 超时间隔要大于EstimatedRTT，大多少好呢?
- RTT偏差（典型取值β=0.25）

```
RTT偏差 = (1-β)*RTT偏差 + β*|RTT样本-RTT估计|
```

- 超时间隔

```
超时间隔 = RTT估计 + 4*RTT偏差
```

- RTT样本波动大时，余量大;
- RTT样本波动小时，余量小。

第三章知识点汇总

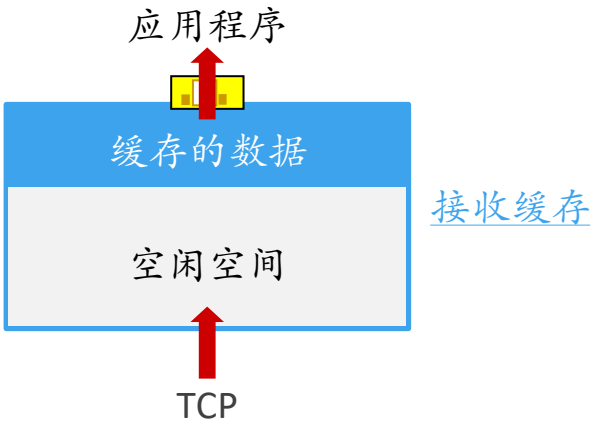
- 理解TCP定时器超时间隔的设置方法

TCP讲解内容

- 报文段结构
- 超时间隔
- 流量控制
- 连接管理

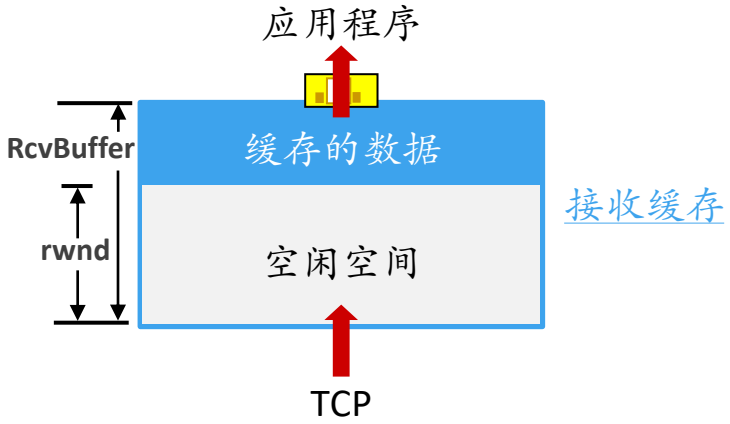
TCP流量控制

- TCP向接收缓存存储数据
  - 速度主要由发送方决定
- 应用层从接收缓存读取数据
  - 速度由应用程序决定
- 如果应用层读取太慢，会发生什么呢?
  - 接收缓存很快就会被塞满
- 流量控制
  - 接收方控制发送方的发送速度，避免接收方的接收缓存溢出。



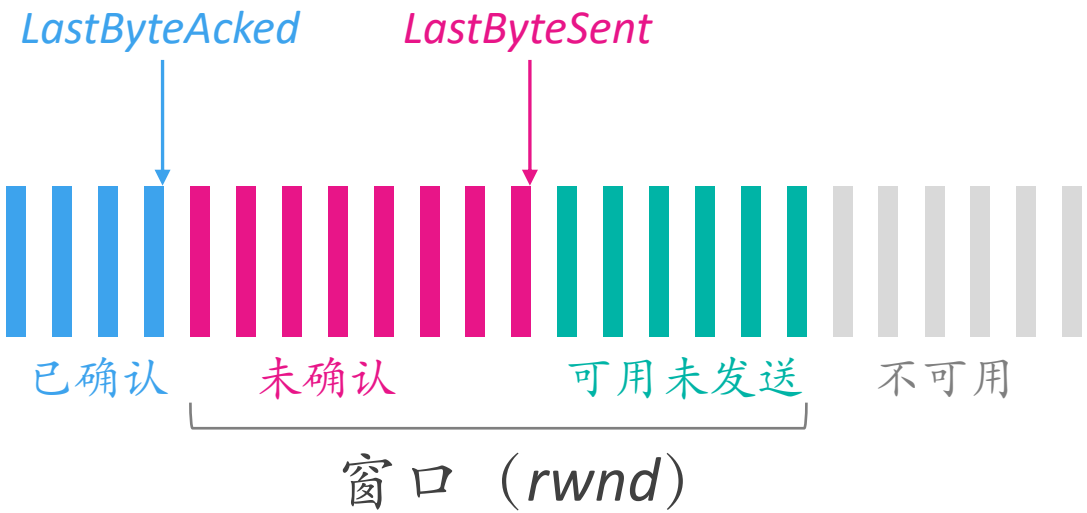
TCP流量控制

- 接收方计算接收窗口（rwnd），将其放在TCP首部随数据发给发送方
- 发送方限制已发送未确认的字节数（窗口）不超过rwnd
- 接收缓存（RcvBuffer）的容量由socket的选项决定



TCP流量控制

- 已发送未确认的字节数 <= *rwnd*
- *LastByteSent – LastByteAcked <= rwnd*



图示：发送方的序号空间

第三章知识点汇总

- 理解流量控制技术的目的
- 理解流量控制技术的原理

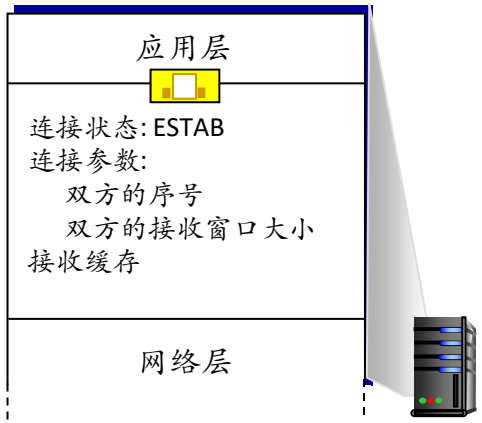
TCP讲解内容

- 报文段结构
- 超时间隔
- 流量控制
- 连接管理

TCP连接管理

- 在交换数据之前，发送方和接收方要先“握手”
  - 双方同意建立连接
  - 分配缓存和初始化变量

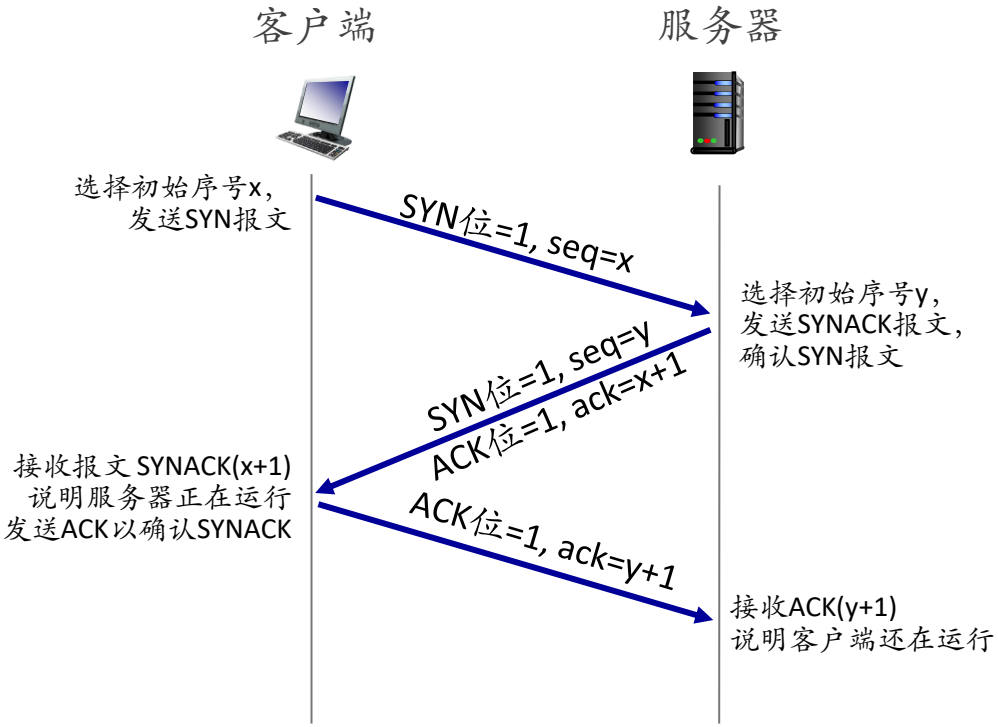

```
clientSocket.connect((serverName,
   serverPort))
```




```
connectionSocket, addr =
   serverSocket.accept()
```

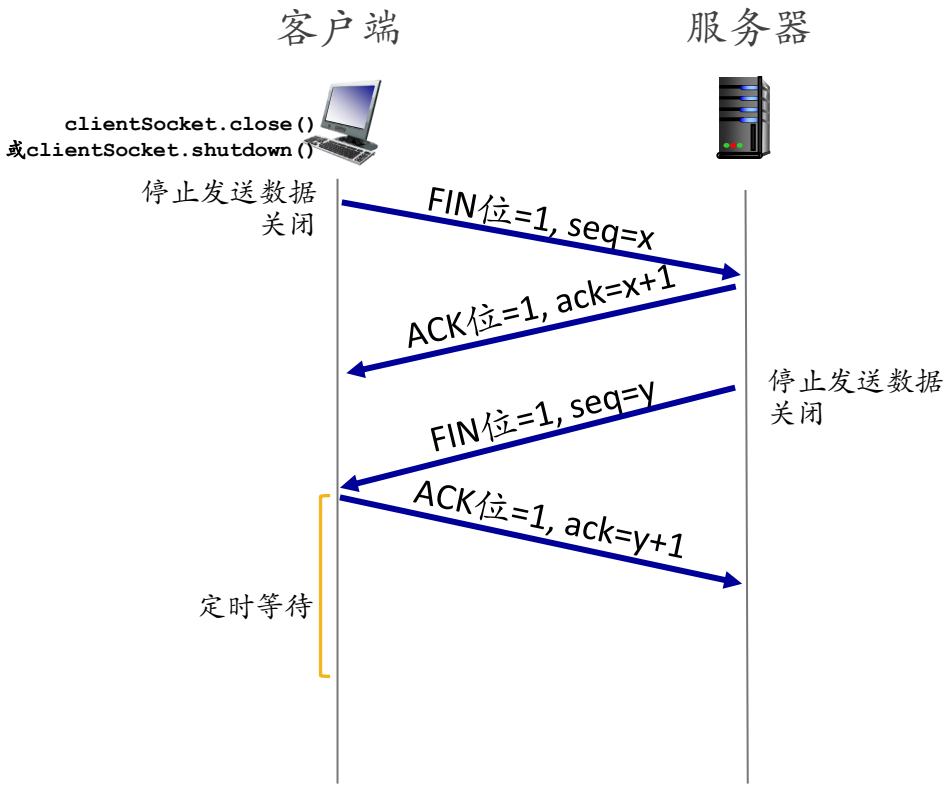
TCP建立连接

- 三次握手
  - SYN报文虽然不带数据，但在计算ack时仍然算一个字节



TCP关闭连接

- 双方分别关闭连接
  - ACK分组和FIN分组可以合并



第三章知识点汇总

- 理解TCP建立连接的步骤
- 理解TCP关闭连接的步骤

That I exist is a perpetual surprise which is life.

我的存在，是一个永恒的神奇，这就是生活。

——*Tagore*