

计算机网络

计算机网络

1 计算机网络体系结构

1.1 OSI和TCP/IP模型 ※※※※※

1.2 协议三要素 ※※

1.3 计算机网络分层的原因 ※※

1.4 电路交换、报文交换、分组交换 ※※※

2 物理层

奈奎斯特定理、香农定理 ※

3 数据链路层

3.1 IP地址和MAC地址的区别

3.2 ARP协议 (Address Resolution Protocol, 地址解析协议) ※※※

3.3 CSMA/CD协议 ※※※※

3.4 ARQ (Automatic Repeat reQuest, 自动重传请求) ※※※

4 网络层

4.1 路由算法

4.1.1 内部网关协议 (IGP, Interior Gateway Protocol) ※※※※※

4.1.2 外部网关协议 (EGP, External Gateway Protocol) ※※※

4.2 路由器的作用 ※※※

4.3 DHCP协议 (动态主机配置协议) ※※※

4.4 ICMP协议 (网际控制报文协议) ※※

4.5 IPv4

4.6 IPv6 ※※※

5 传输层

5.1 TCP和UDP的异同 ※※※※※

5.2 TCP

5.2.1 三次握手和四次挥手 ※※※※

5.2.2 TCP可靠传输 ※※※※

5.2.3 TCP流量控制 ※※※※

5.2.4 TCP拥塞控制 ※※※※

6 应用层

6.1 网络应用模型 ※※※

6.2 DNS (Domain Name System, 域名解析协议) ※※※

6.3 HTTP和HTTPS ※※※

6.4 点击网页会发生什么 ※※※※※

1 计算机网络体系结构

1.1 OSI和TCP/IP模型 ※※※※※

- OSI：物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层
- TCP/IP：网络接口层、网际层、传输层、应用层
- 各层常见协议
 - 数据链路层：CSMA/CD, ARQ, PPP
 - 网络层：ARP, RARP, ICMP, OSPF
 - 传输层：NAT, TCP, UDP
 - 应用层（基于UDP）：DHCP, RIP, IGMP, DNS, SFTP
 - 应用层（基于TCP）：FTP, HTTP, BGP, SMTP, TELNET

1.2 协议三要素 ※※

语法、语义、同步

1.3 计算机网络分层的原因 ※※

- 各层相互独立，下层为上层提供服务，上层使用下层接口，将复杂问题分解为多个子问题
- 灵活性好，每一层可以用最合适的技术实现该层功能；易于实现和维护
- 促进标准化工作，可扩展性强

1.4 电路交换、报文交换、分组交换 ※※※

电路：传输前建立专用物理通信路径，一直独占。通信时延小，有序；但建立连接时间长，线路使用效率低。

报文：存储转发，交换单位是报文。无需建立连接，利用率高；但存储转发时延高，缓存空间大。

分组：存储转发，限制数据块大小。利用率高，加速传输，简化存储；但需要额外信息量，容易失序重複丢失

2 物理层

奈奎斯特定理、香农定理 ※

奈奎斯特：理想低通信道下的极限数据传输速率 = $2W \log_2 V$

香农定理：信道的基线数据传输速率 = $W \log_2(1 + S/N)$

其中， W 是信道频率带宽 (Hz)， V 是码元的离散电平数目， S/N 是信噪比 (经过 $10 \log_{10}(S/N)$)

3 数据链路层

3.1 IP地址和MAC地址的区别

| 对比条目 | MAC地址 | IP地址 |
|------|-----------|-------------|
| 工作地点 | 数据链路层 | 网络层 |
| 作用 | 区分网卡，有唯一性 | 区分用户，每个用户一个 |
| 地址性质 | 物理地址 | 逻辑地址 |

冲突域：由交换机划分；广播域：由路由器划分

3.2 ARP协议 (Address Resolution Protocol, 地址解析协议) ※※※

用途：将同一广播域内目标主机的IP地址解析为物理MAC地址 (RARP：将MAC解析为IP)。是**网络层**协议。

工作流程：

- 发送数据的设备首先**检查ARP缓存表** (存储IP与MAC地址对)
- 若无则发送**广播ARP请求**，询问IP对应的MAC地址。
- 若有设备匹配，则回复**ARP应答消息**发送MAC地址；发送设备将其**添加至自己的ARP缓存表**，发送

3.3 CSMA/CD协议 ※※※

先听后发，边发边听，冲突停发，随机延迟后重发

- CSMA（载波监听多路访问）
 - 非持续式：侦听，空闲则发；若忙则放弃监听，等待随机时间重新监听
 - p-持续式：侦听，空闲则以p的概率发送，以 $(1-p)$ 的概率延迟一个时间单元发送；若忙则持续侦听直至空闲
- CD（冲突检测）：传输数据过程中，边传边监听：
 - 若争用期（2倍单程传播时延）内无碰撞则独占信道可持续发送，若发生碰撞，则停止发送。
 - 检测到碰撞后，执行二进制指数退避算法，等待随机延迟后重发

无线局域网不适用CSMA/CD的原因：无线信道有传播延迟，存在信号干扰，隐藏终端，无法准确检测信号冲突

3.4 ARQ (Automatic Repeat reQuest, 自动重传请求) ※※※

ARQ是数据链路层的流量控制和可靠传输机制。GBN和SR又称连续ARQ协议。 $W_T + W_R \leq 2^n$

- 停止-等待协议：发送窗口1，接收窗口1，一次发送一帧，收到确认才发下一帧，超时重传。信道利用率低
- 后退N帧协议：发送窗口 >1 ，接收窗口1，一次发送多帧，一次接收一帧，累积确认。超时重传出错帧及其后N帧
- 选择重传协议：发送窗口 \geq 接收窗口 >1 ，只重传出现差错和超时的数据帧，接收方需设置接收窗口大小的帧缓冲区。重传后重组失序帧送交上层

4 网络层

4.1 路由算法

4.1.1 内部网关协议 (IGP, Interior Gateway Protocol) ※※※※

是自治系统内的路由协议

- 距离-向量算法：RIP (Routing Information Protocol, 路由信息协议。应用层，基于UDP)
 - 只和相邻路由器进行信息交换，内容为路由表，按固定时间间隔交换，
 - 一条RIP路径最多15个路由器，适用于小型网络
- 链路状态算法：OSPF (开放最短路径优先)
 - 洪泛法发送相邻路由器的链路状态。最终每个路由器有一个链路状态数据库（整个网络的拓扑结构）

4.1.2 外部网关协议 (EGP, External Gateway Protocol) ※※※

不同自治系统之间的路由选择协议。例：BGP，每个自治系统选择一个路由器作为发言人，建立TCP连接

4.2 路由器的作用 ※※※

1. 路由选择：根据路由器构造路由表并定期维护
2. 分组转发：根据转发表，将分组从路由器输入端口转移到合适的输出端口

4.3 DHCP协议（动态主机配置协议）※※※

应用层，基于UDP，用于动态分配IP地址和其他网络配置给计算机。均采用广播
主机**DHCP发现报文**；服务器**响应DHCP提供报文**，报文中包含IP；主机**DHCP请求报文**；服务器**DHCP确认报文**，分配IP

4.4 ICMP协议（网际控制报文协议）※※

网络层协议，包含**差错报告报文**和**询问报文**，如PING，Tracert

4.5 IPv4

- **NAT**：将专用网络地址（内网）与外部网络地址相转换。基于传输层UDP
- **CIDR**：无类别编址，基于变长子网掩码。可用路由聚合把网络前缀相同的地址组成地址块

4.6 IPv6 ※※※

- 动机：IPv4地址不够用了。
- 大规模地址空间：128位地址；改进性能和效率：优化头部格式和地址分配；增强安全性

5 传输层

5.1 TCP和UDP的异同 ※※※※※

都是传输层协议，提供进程间的端到端数据传输服务

| TCP | UDP |
|-----------------------|-----------------------|
| 面向连接，可靠，用流量控制和拥塞控制，复杂 | 无连接，尽最大努力交付，简单。可能丢失数据 |
| 面向字节流 | 面向报文 |
| 首部20B | 首部8B |
| 适用于文件传输等可靠传输应用 | 适用于实时应用（视频会议、直播、ROS） |

5.2 TCP

5.2.1 三次握手和四次挥手 ※※※

- **三次握手**：①客户端SYN发起TCP连接，②服务器SYN-ACK，③客户端ACK
- **四次挥手**：①客户端发送FIN，②服务器ACK半关闭状态，③待服务器没有数据发送时发送FIN，④客户端收到FIN后发送ACK，等待2MSL后关闭，服务器收到ACK后也关闭
- **为什么不能2次握手**：因为连接是双工的，2次只能保证服务器收到客户端的消息，服务器不知道客户端有没有连上
- **为什么等待2MSL（最长报文段寿命）**：因为网络不可靠，客户端回给服务器的ACK可能丢失

5.2.2 TCP可靠传输 ※※※※

- 校验 (UDP也有)
- 序号：TCP每个字节都编号
- (累计) 确认：接收端收到数据后发送期待下一序号的ACK
- 重传：超时未收到ACK (RTO, 大于RTTS) 重传，连续收到3个冗余ACK重传

5.2.3 TCP流量控制 ※※※※

- 实现：接收方根据自己的接收缓存大小，通过报文段的窗口字段通知rwnd，动态调整发送方发送速率
 - $swnd = \min(rwnd, cwnd)$
- 作用：使发送方发送速率与接收方程序读取速率匹配，防止发送方发的太快

5.2.4 TCP拥塞控制 ※※※※

- 慢启动：TCP刚建立时拥塞窗口为1MSS (最大报文段长度)，每收到新的ACK，**拥塞窗口cwnd指数增长**
- 拥塞避免：cwnd达到阈值ssthresh后，进入拥塞避免，**每RTT线性增加一个MSS**
- 快重传：接收方立即发送ACK，发送方收到连续3个冗余ACK则重传相应报文段，进入快恢复
- 快恢复：收到3个连续ACK，**ssthresh和cwnd都减为cwnd的一半** (不是各自的一半，超时则cwnd置1)

6 应用层

6.1 网络应用模型 ※※※

- 客户服务器模型：随时服务，方便管理，但可扩展性差
- P2P模型：提高资源利用率，可扩展性好，但不便管理，消息延迟

6.2 DNS (Domain Name System, 域名解析协议) ※※※

基于UDP，将域名映射为IP

主机向本地域名服务器查询：递归查询；向其他域名服务器：迭代查询

过程：本地缓存 - 本地DNS服务器 - 根域名服务器 - 顶级域名服务器 - 权限域名服务器，过程中均先查找自己的缓存

6.3 HTTP和HTTPS ※※※

HTTP：超文本传输协议，基于TCP，**无连接，不需要建立HTTP连接**，cookie存客户端，一般持续连接 (HTTP/1.1)

HTTPS：使用SSL协议对HTTP传输的数据进行加密，较为安全

6.4 点击网页会发生什么 ※※※※※

- DNS 域名解析
- 三次握手，建立TCP连接
- 客户端发起HTTP请求

- **服务器响应**HTTP请求，发送HTML文档
- 浏览器解析HTML代码，**请求其他资源**
- **四次挥手**，断开TCP连接
- 浏览器渲染页面，呈现给用户