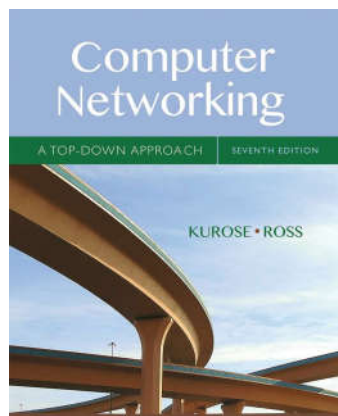


第1章 计算机网络复习

中国科学技术大学
自动化系 郑烱
改编自Jim kurose, Keith Ross



**Computer
Networking: A Top
Down Approach**
7th edition
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley
April 2016

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-1

中科大-高网-2021秋

第1章：计算机网络复习

目标:

- 复习网络课程中的关键原理、技术和协议
- 同步一下学习进度

提纲:

1. 计算机网络概述
2. 应用层
3. 传输层
4. 网络层：数据平面
5. 网络层：控制平面
6. 数据链路层和局域网

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-2

中科大-高网-2021秋

第1章：提纲

1. 计算机网络概述
2. 应用层
3. 传输层
4. 网络层：数据平面
5. 网络层：控制平面
6. 数据链路层和局域网

1. ACN-计算机网络课程回顾



中科大-高网-2021秋

第1章：提纲

1. 计算机网络概述
2. 应用层
3. 传输层
4. 网络层：数据平面
5. 网络层：控制平面
6. 数据链路层和局域网

1. ACN-计算机网络课程回顾



中科大-高网-2021秋

1.1 什么是计算机网络

□ 从构成的角度来看:

- 点: (端系统, 网络应用) + 路由器等网络交换设备
- 边: 链路
- 协议: 对等层实体在通信过程中所遵循的规则集合: 语法+语义+时序

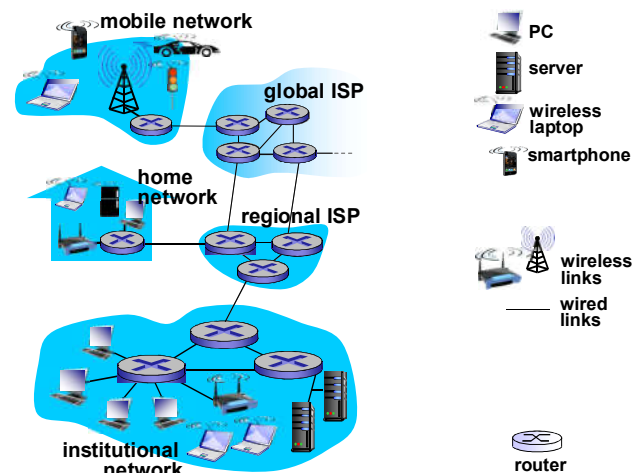
□ 从服务的角度来看:

- 能够为应用提供通信服务的通信架构(有连接可靠的服务和无连接的不可靠服务)
- 使用通信服务相互配合工作的分布式应用

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-5

中科大-高网-2021秋

构成角度看计算机网络



1.ACN-计算机网络课程回顾 1-6

中科大-高网-2021秋

1.2 网络边缘

□ 网络的结构= 网络边缘(应用, 主机)+网络核心(路由器等网络交换设备及链路)+接入网络与通信链路

□ 网络边缘: 运行应用的端系统 (端系统中的应用交互方式)

- C/S模式, 特点(资源在服务器, 客户端主动, 方便管理, 不便扩展)
- P2P模式, 特点(资源在各个Peer, 管理困难, 扩展性强)

□ 利用网络的服务

- 面向连接的服务
- 无连接的服务

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-7

中科大-高网-2021秋

1.3 网络核心

□ 网络核心

- 组成: 网络交换设备如: 路由器+链路
- 功能: 数据交换 (全局的路由+局部的转发)

□ 数据交换方式及比较

- 线路交换: 不适合计算机之间的通信
 - ⑩ FDM TDM WDM
 - ⑩ 线路建立时间长、不可靠、不适合突发式的计算机之间的通信
- 分组交换: 存储转发方式, 统计复用
 - ⑩ VC, Datagram

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-8

中科大-高网-2021秋

1.4 网络接入与物理媒介

- 将端系统连接到边缘路由器的链路或网络
- 住宅接入：点到点接入
 - ADSL
 - HFC: Cable Modem
 - FTTH, GPON, EPON
 - Home Networks
- 机构接入：LAN
 - 以太网
 - WLAN
- 物理链路
 - 导向型介质
 - 非导向型介质
- 常用介质
 - TP双绞线
 - 同轴电缆
 - 光纤
 - Radio

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-9

中科大-高网-2021秋

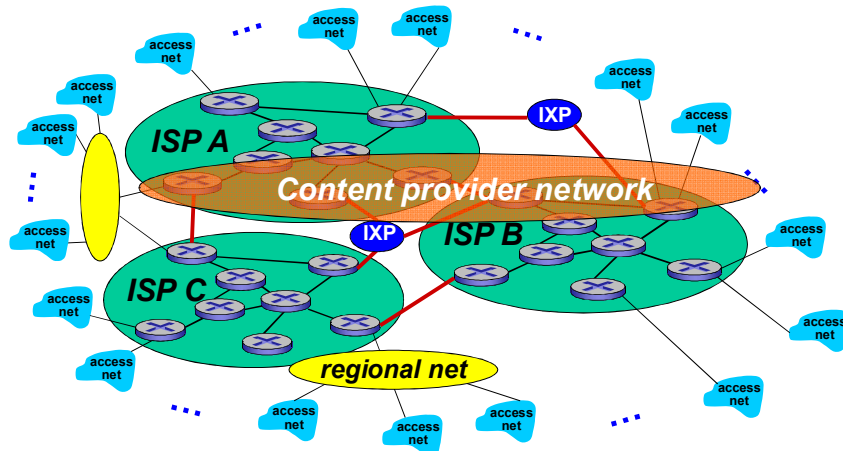
1.5 互联网络结构与ISP

- 近似层次型结构
 - T-1 ISP
 - T-2 ISP(Regional ISP)
 - Local ISP
- ISP之间的连接
 - POP
 - 对等连接
 - IXP
- 内容提供商网络
 - 在全球部署DC
 - 内容提供商网络在多处与各个ISP相联
 - 内容提供商自己部署专用网络将全球DC相联
 - ⑩ 内容提供商DC自己之间的访问，通过自己部署的专网
 - ⑩ 用户接入后通过离用户最近的DC为之服务

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-10

中科大-高网-2021秋

松散的层次性ISP结构和ICP网络



1. ACN-计算机网络课程回顾 1-11

中科大-高网-2021秋

1.6 分组交换网络中的延迟与丢失

- 延迟的4个原因
 - 处理延迟
 - 排队延迟
 - 传输延迟
 - 传播延迟
 - n段所有延迟之和
- 流量强度： $\lambda a/R$
 - 排队延迟 依赖流量强度的公式
- 丢失原因：缓冲区溢出+出错没通过校验
- 吞吐量：
 - 瞬间吞吐量
 - 平均吞吐量
 - 瓶颈链路决定了主机之间的吞吐量
 - ⑩ 从每段链路获得的大致带宽是 $1/N$
 - ⑩ 瓶颈链路是所有链路段中获得带宽最小的



1. ACN-计算机网络课程回顾 1-12

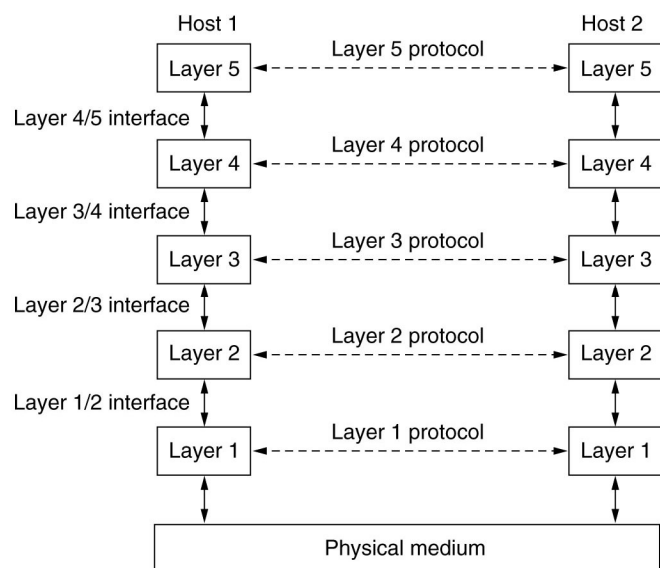
中科大-高网-2021秋

1.7 协议层次与服务模型

- 为什么要分层：网络比较复杂，分层实现比较容易设计、调试、实现；
- 分层：将复杂的网络功能划分成功能明确的层次，上层利用下层提供的服务来实现本层的协议，从而为上层提供更复杂的功能；
- 一些术语和概念：
 - 实体：实现某个协议的软件或者硬件模块
 - 服务、服务访问原语、服务访问点
 - 面向连接的服务，无连接的服务
 - 协议，协议数据单元PDU
 - 服务和协议之间的关系（区别与联系）

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-13

中科大-高网-2021秋



1. ACN-计算机网络课程回顾 1-15

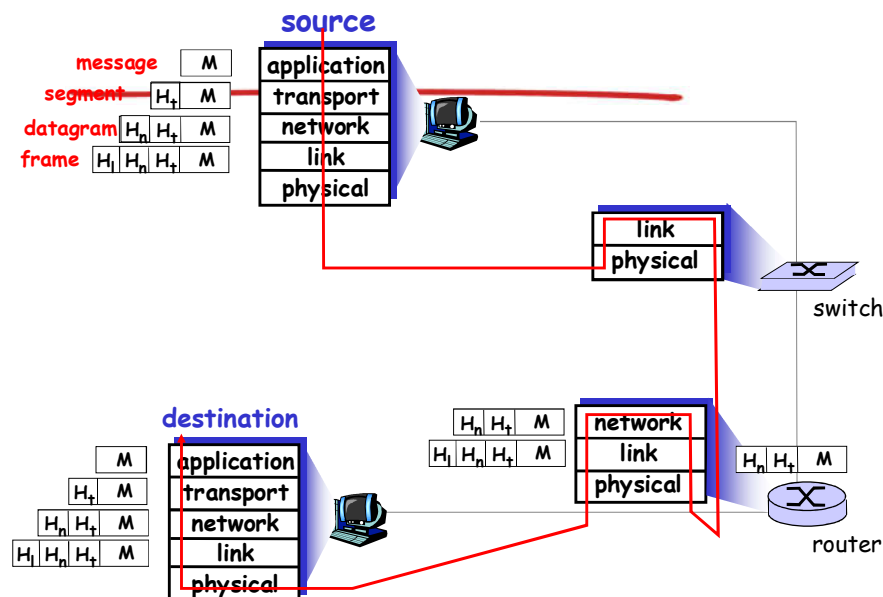
中科大-高网-2021秋

1.7 协议层次与服务模型

- 互联网络分层模型及每一层的功能
 - 应用层：按照应用协议交换报文，实现各类应用
 - 传输层：进程到进程的报文段
 - 网络层：主机到主机的分组传输
 - 链路层：点到点帧传输
 - 物理层：bit序列和物理信号转换
- 封装和解封装
 - 源主机的大封装
 - 中间交换节点的小封装和封装
 - 目标主机的大解封装

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-14

中科大-高网-2021秋



1. ACN-计算机网络课程回顾 1-16

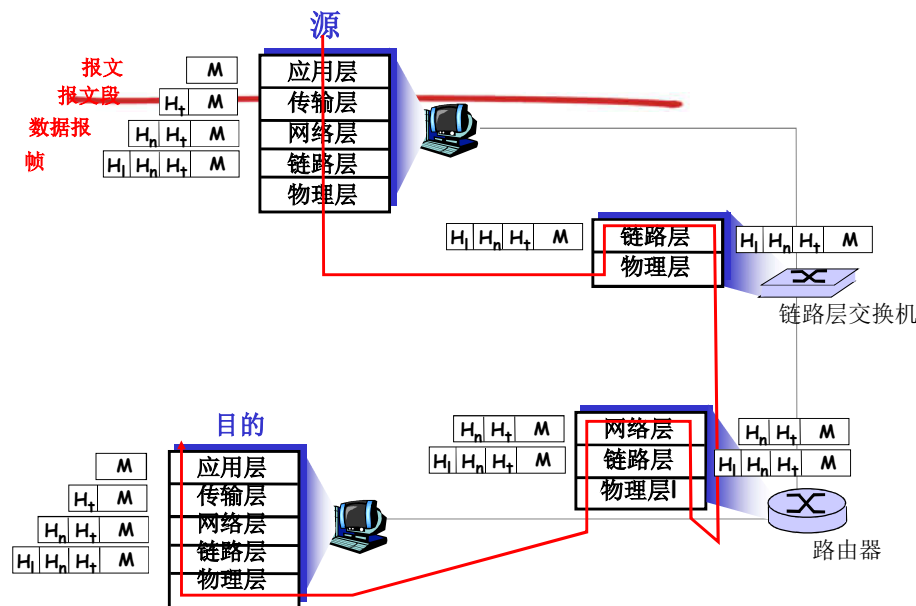
中科大-高网-2021秋

1.8 互联网历史

□ ARPANET->Internet

- 美国军方资助的分组交换试验网
- 1983年转换成TCP/IP架构
- 由于TCP/IP架构的包容性、免费使用、架构便于应用创新吸引更多的用户等原因，用户数量、节点数量和应用数量越来越多。
- NSF建立ARPANET的访问网
- 民用网络从军用网络脱开，成为现在的互联网。
- 技术：新的应用形式、各层次：传输层、网络层、接入形式、链路方式，在应用需求和网络规模等的牵引下不断向前演化
- 非技术：规模、用户数快速增加，杀手级（多媒体，电子商务，游戏，社交网络等）应用不断涌现，带动实体经济的发展，深刻地改变人类社会的运转模式

□ 术语：IETF（ITU，IEEE）、RFC



1. ACN-计算机网络课程回顾 1-17

中科大-高网-2021秋

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-18

中科大-高网-2021秋

第1章：提纲

1. 计算机网络概述
2. 应用层
3. 传输层
4. 网络层：数据平面
5. 网络层：控制平面
6. 数据链路层和局域网

2.1 应用层

- 原理+应用实例+SOCKET编程
- 应用部署
 - 只集中在端系统上，对网络核心的路由器没有任何改变
 - 互联网架构鼓励应用创新
 - 互联网成功的重要原因之一

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-19

中科大-高网-2021秋

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-20

中科大-高网-2021秋

2.1 网络应用原理

- 应用架构
 - C/S P2P 混合
- 进程间通信
 - 同主机：操作系统定义的通信方法
 - 不同主机：利用网络提供的架构交换报文
- SOCKET
 - 一个整数，OS用于标示应用通信关系所采用的本地标示
 - TCP：连接的本地标示
 - UDP：端节点的本地标示

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-21

中科大-高网-2021秋

2.2 WEB和HTTP

- WEB应用包括：
 - HTTP协议
 - HTML
 - CLIENT, SERVER
- 术语：网页、对象、引用URL
- HTTP协议
 - 定义了C和S之间通信的报文格式，解释和时序
 - HTTP连接
 - ⑩ 持续性连接1.0 非持续性连接1.1 2.0, 3.0
 - 往返延迟RTT和对象的抓取时间

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-23

中科大-高网-2021秋

2.1 网络应用原理

- 进程编址：IP+PORT（本质上在传输层上引入端口号，用于区分应用，TCP和UDP使用端口号的方式不同）
- 应用所需服务考虑的因素（网络基础设施所提供服务的指标）
 - 丢失率可靠性；延迟、延迟差（抖动）；带宽；安全性
- 传输层协议
 - TCP提供的服务特性：可靠字节流服务，面向连接，流量控制，拥塞控制
 - UDP提供的服务特性：无连接，不可靠的服务
 - 都能够提供进程的标示，区分不同的进程

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-22

中科大-高网-2021秋

2.2 WEB和HTTP

- HTTP报文格式：
 - 请求报文：方法+响应报文：状态码
- COOKIES：把原始的HTTP协议从无状态变成有状态的机制
 - 服务器HTTP响应报文中的setcookies字段，客户端cookie文件
 - 客户端http请求报文中的cookies字段，服务器cookie存储（关联着用户的id行为等）
- WEB缓存
 - 作用：通过本地命中，减少这些对象的访问延迟；进一步减少接入链路的流量强度，从而降低派对延迟带来总体平均延迟的减少；减轻服务器的负担。
 - 优点：降低延迟，服务器负担，减少接入链路流量

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-24

中科大-高网-2021秋

2.3 EMAIL

- 电子邮件应用的构成
 - 用户代理+邮件服务器+SMTP
- 邮件报文格式解析
 - 报文头 报文体
 - **MIME**: 邮件多媒体扩展, 可以在邮件中编解码多媒体内容
- 邮件存取协议
 - 作用: 邮件客户端从服务器上取回自己的邮件
 - 常用: IMAP+POP3+http

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-25

中科大-高网-2021秋

2.4 DNS

- 域名解析的过程(解析器->本地DNS服务器->上层域名服务器->...->权威名字服务器, 返回)
 - 递归解析
 - 迭代解析
- DNS缓存
 - 作用: DNS名字服务器或者本地缓存名字和IP (还有其他map) 映射, 查询时提高效率
 - ④ 为了应对源端map的修改, 过期时间, 一致性
 - ④ 高效和一致性的折中
 - 本地缓存+服务器缓存

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-27

中科大-高网-2021秋

2.4 DNS

- DNS作用: 完成域名到IP地址的转换 (还包括, 别名->正式名字; 邮件服务器名字->正式名字转换等)
- 应用层面的基础设施, 其他应用使用的应用。
- DNS的概念: 分布式、层次数据库
 - 命名是分层的: 字符串有意义, 层次命名防止重名
 - 域名信息存储和服务是分布的, 每个域名服务器担任一个区域ZONE的名字到IP地址的权威转换, 也缓存名字-ip信息的转换
- DNS的构成
 - 解析器 (本地应用) + 域名服务器+DNS协议

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-26

中科大-高网-2021秋

2.5 视频流化服务和CDN

- 下载播放和流化播放
- 服务器向客户端进行视频流化的方式
 - UDP流化、http流化
 - DASH (Dynamic, Adaptive Streaming over HTTP)
- DASH 流化的过程
 - 客户端获取广告文件
 - 客户端按照情况, 向 (可能是不同的) 服务器请求不同视频质量的内容块
 - 智能表现在客户端, 根据当时缓存的播放数据块的情况, 各服务器通往它自己的网络情况, 决定什么时候向哪个服务器请求哪些块

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-28

中科大-高网-2021秋

2.5 视频流化服务和CDN

□ CDN:

- 单个服务器，或者服务器群向客户端提供海量内容并发服务的问题：扩展性差
- **CDN: 原理**
 - ⑩ 应用层面的协作服务网络(与DNS一样部署在应用层)
 - ⑩ 在全网部署缓存节点，内容预先部署到CDN缓存节点上
 - ⑩ 用户请求通过域名解析重定向向离自己“最近的节点”请求内容
- 缓存节点放置的方式：
 - ⑩ **Enter Deep:** 深入到各叶子ISP，离客户很近，效果好，数量很多，代价大，管理困难
 - ⑩ **Bring Home:** 在关键点，到各ISP的距离都比较近，通常在比较高层次，代价少，效果一般

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-29

中科大-高网-2021秋

2.6 TCP的SOCKET编程

- **TCP socket:** 4元组的本地标识，代表一个连接（分布式应用之间）
- 向这个**SOCKET**写就是发送给对方的进程；从**SOCKET**中读，就是读取对方发送过来的数据
- **SOCKET API:** 创建、使用（读和写）、关闭；
- **TCP SOCKET**传输的特点：面向连接、可靠字节流服务
- **TCP SOCKET编程**
 - 建立**SOCKET**
 - ⑩ 客户端**TCP**实体动作：和服务器的**TCP**实体握手沟通
 - ⑩ 服务器端的动作
 - ⑩ 三次握手（通常和第一次数据传递合并）
 - 使用**SOCKET**（同时双向）
 - 关闭**SOCKET**

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-30

中科大-高网-2021秋

2.7 UDP的SOCKET编程

- **UDP SOCKET** 本地端节点标识（本地IP，端口）
- **UDP**数据传输的特点：无连接，不可靠
- **编程**
 - 建立**SOCKET**(之前客户端UDP实体和服务端不用握手，不为之后的通信做准备)，只和本地端节点捆绑
 - 使用：
 - ⑩ 发送时由于**socket**仅仅和进程本地ip和port 相捆绑，必须提供对方的 IP地址和端口号
 - ⑩ 接收时，还得获取对方进程的IP地址和端口号，便于来回传
 - 关闭

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-31

中科大-高网-2021秋

第1章：提纲

1. 计算机网络概述
2. 应用层
3. 传输层
4. 网络层：数据平面
5. 网络层：控制平面
6. 数据链路层和局域网

1. ACN-计算机网络课程回顾



中科大-高网-2021秋

3.1 传输层服务

- 传输服务：使端系统**应用之间**进行逻辑通信
- 传输协议：运行于端系统的**2**个对等传输层实体相互通信应该遵守的规则集合
- 传输服务和网络服务的区别
 - 网络服务：主机到主机的通信
 - 传输服务：进程到进程的通信，更细的端到端
- 互联网络传输层协议
 - TCP：有连接、可靠保序数传服务
 - UDP：无连接、不可靠、不保序的数传服务

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-33

中科大-高网-2021秋

3.2 复用与解复用

- 复用：源端（TCP或者UDP实体）从多个上层应用收集数据：应用报文，封装报文
- 解复用：接收端将数据按照端口号（结合IP地址）给相应的SOCKET对应的应用
- 复用和解复用的工作原理：IP PORT
 - TCP连接情况：SOCKETS为4元组
 - UDP无连接情况：SOCKETS为2元组

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-34

中科大-高网-2021秋

3.3 无连接传输层协议UDP

- UDP的必要性：
 - 应用对实时性要求高，对可靠性要求不高
 - 或者某些应用需要可靠性，但是基于TCP之上，应用受不了TCP为了实现可靠性付出的延迟大等成本，基于UDP在应用层自己实现可靠性：QUIC
 - 开销小：8B头部
 - 事务性应用：一次交互完成的应用
- UDP报文（无连接的，因此叫做UDP数据报）格式
 - UDP报文校验和的计算：有进位回滚的和，然后求补
 - 校验：校验范围和校验和之和（有进位回滚的）为全1

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-35

中科大-高网-2021秋

3.4 可靠数据传输原理

- 协议演进的方式讲解如何进行RDT
 - 加入一些假设，简单的协议可以提供可靠数据传递
 - 依次去掉一些假设，需要协议实体做相应的变化从而能够进行RDT
- 技术机制
 - 校验和，正向确认，反向确认
 - 序号：检查重复，乱序，gap
 - 只有正向确认的机制
 - 检错重发和超时重发：处理丢失
 - ⑩ 滑动窗口

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-36

中科大-高网-2021秋

3.4 可靠数据传输原理

- 利用率：单位时间内 $x\%$ 时间用于有效数据的传递
- 停止等待技术：链路带宽延迟积（容量）高的时候信道利用率低
 - 管道技术：在未经对方确认的情况下，可以连续发送多个PDU
 - ⑩ GBN：发送窗口大于1，接收窗口=1
 - ☞ 只能顺序接收：发送方只设置一个超时定时器，一旦出错，返回到出错的那一个PDU重发
 - ⑩ SR：发送窗口大于1，接收窗口大于1
 - ☞ 能够乱序接收：发送方为每个发送出去的PDU设置超时定时器，哪个超时重发哪个

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-37

中科大-高网-2021秋

3.5 面向连接的传输层协议：TCP

- TCP服务特性
 - 点-点；可靠保序字节流；管道；缓冲；全双工；面向连接；流控制；
- TCP段结构
 - 各个字段的作用
 - 连接建立时协商好双方的起始序号，随机或者和时钟相关
 - ⑩ 防止老的连接上的数据对新的连接上的数据造成影响
 - 序号是首字节在字节流的偏移量；
 - 确认：是对顺序收到的最后一个字节+1，对于那个字节及以后的期待
- RTT时间估计和重发超时时间估计
 - 移动平均计算：平均往返延迟
 - 移动平均计算：当前往返延迟采样值 与 平均值的 标准差
 - $TRO = \text{平均值} + 4 \times \text{标准差}$

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-38

中科大-高网-2021秋

3.5 面向连接的传输层协议：TCP

- TCP的可靠数据传输原理
 - 快速重传：在没有超时情况下，收到对方对于某一个段的重复三次（一共4个）ACK
- 流量控制
 - 流控目的：防止淹没接收方
 - 流控手段：反馈将接收窗口大小捎带方式传递给发送端
- TCP连接管理
 - 连接建立：3次握手技术 对双方选择的初始序号给予确认，准备好缓冲区
 - 连接：资源准备、控制变量置位，为通信做好准备
 - 连接拆除：对称，存在2军问题不完美（也不存在完美释放连接的方案，用定时器凑合解决）
 - 连接状态及其变迁

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-39

中科大-高网-2021秋

3.6 拥塞控制原理

- 拥塞的概念，什么是拥塞，为什么会发生拥塞
 - 太多数据需要网络核心发送，超过了部分路由器的处理能力
- 拥塞表现：
 - 延迟大、丢包多
 - 总体上看吞吐量随着注入的速率增加输出不再增加或者下降
 - 加速变坏
- 拥塞控制目的：恢复到不拥塞状态，不拥塞情况下尽量传得快（吞吐量大）+延迟小
- 拥塞控制手段
 - 端到端的拥塞控制：传统TCP采用这种方式
 - 网络辅助的拥塞控制：ATM 网络标志和携带拥塞信息，反馈给主机（不要求），升级TCP的ECN

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-40

中科大-高网-2021秋

3.7 TCP的拥塞控制原理

□ 传统TCP拥塞控制原理

- 检测拥塞：超时（拥塞，存在误判的可能性，但是概率比较低）、三个冗余ACK（轻微拥塞）
- 拥塞控制机制：AIMD 慢启动 超时之后的保守策略

□ TCP拥塞控制的2种算法：

- ⑩ Tahoe :超时事件和3个冗余ACK 处理一样的
- ⑩ Reno算法: (超时事件发生和 3个冗余ACK处理不一样)

□ 后续：

- New Reno, Sack, ECN, CUBIC, BBR

4.1 网络层的功能简介

□ 网络层的主要服务和功能

- 服务：向传输层提供主机到主机的段传输服务
- 功能1—全局的路由功能，控制平面的功能：决定从源到目的的路径
- 功能2—局部的转发功能，数据平面功能：从路由器的一个端口流入，从另外一个端口流出
- 以上2个功能相互配合将数据报从源传送到目标主机，从而实现网络核心的交换功能
 - ⑩ 关联是转发表（路由表）、流表

第1章：提纲

1. 计算机网络概述
2. 应用层
3. 传输层
4. 网络层：数据平面
5. 网络层：控制平面
6. 数据链路层和局域网

4.1 网络层的功能简介

□ 实现网络层功能的两种方式

- 传统方式：
 - ⑩ 控制平面和数据平面功能垂直集成在每个设备上（路由器）；
 - ⑩ 控制平面功能：路由协议实体分布式地计算路由表；
 - ⑩ 数据平面的功能：IP协议按照路由表进行分组的转发；
- SDN通用转发方式
 - ⑩ 控制平面和数据平面分离，在不同设备上实现；
 - ⑩ sdn控制器集中式计算、下发流表实现控制平面功能；
 - ⑩ sdn分组交换机按照流表对到来的分组进行转发，实现数据平面的功能

□ 网络层提供服务的一些重要指标

- 带宽；延迟，延迟差；丢包与否，丢包率

4.2 传统方式路由器结构与工作原理

□ 路由器的2大功能

- 路由协议：结果形成路由表(转发表)
- 转发分组：使用转发表转发分组，交换

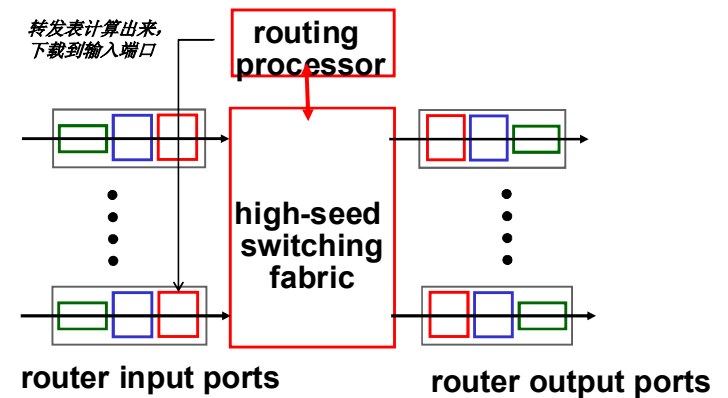
□ 构成

- 输入端口：线路终端实现物理层功能、链路协议实体实现链路层功能，网络层功能实现分布式分组转发；最长前缀匹配
- 交换结构：基于内存的，基于bus的，基于Crossbar的
- 输出端口三个层面的功能
 - ⑩ 网络层可以实现分组的调度：FIFO, RR, WFQ
 - ⑩ 调度支持对多媒体分组等优先级分组的传输支持
 - ⑩ 网络层、链路层和物理层实体协议处理，将分组形成的帧对应的bits形成物理信号打出去
- 路由处理器：控制各部分协调工作

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-45

中科大-高网-2021秋

路由器结构和分组处理



1.ACN-计算机网络课程回顾 1-46

中科大-高网-2021秋

4.3 互联网网络层协议

□ IP网络提供的服务模型：尽力而为

- 包括含义：丢包、乱序、不可靠、（可能包括重复）

□ 网络层构成

- IP协议、路由选择协议、ICMP协议等
- 转发表

□ IP数据报格式

- 各个字段的作用
- 分片和重组
 - ⑩ 一个分组的总体大小超过了转发链路的MTU，因此要切片
 - ⑩ 到目标主机重组

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-47

中科大-高网-2021秋

4.3 互联网网络层协议

□ IP编址

- IP地址：主机或路由器和网络接口的标识
- 子网：在一个子网内的设备之间的通信有2个特点：1) 通信无需借助路由器；2) 子网前缀一样；
- IP地址分类：ABCDE
- 特殊IP地址
- 子网掩码和CIDR

□ NAT

- DHCP协议：上网主机获得IP、掩码、默认网关和 local name server

1.ACN-计算机网络课程回顾 1-48

中科大-高网-2021秋

4.3 互联网网络层协议

□ 路由聚集:

- 连续的子网前缀的子网可达信息可以做聚集, 减少向外部传输路由的数量, 减少路由计算的负担
- 支持大概路由聚集, 与此对应的是**最长前缀匹配**

□ IPV6

- IPV6格式(固定头部长度**40B**), 地址: **128bits**
- IPV6的变化
- IPV4到IPV6的迁移
 - ⑩隧道

第1章: 提纲

1. 计算机网络概述
2. 应用层
3. 传输层
4. 网络层: 数据平面
5. 网络层: 控制平面
6. 数据链路层和局域网

4.4 通用转发和SDN

□ SDN方式控制平面和数据平面**分离**的优点

- 集中在控制器上实现控制逻辑, 网络可编程, 可以实现各种复杂的网络功能、新功能(一次部署, 持续升级)、方便管理
- 形成开发生态(控制器, 分组交换机, 网络应用, 在一个开放的框架下协作)
- SDN分组交换机按照计算出的流表进行分组转发、通用、便于升级

□ 分组交换机工作原理

- 模式匹配+行动(**action**不仅仅是转发, 还可以组播, 泛洪, 修改字段和阻塞等)
- 进来分组, 按照多字段**match**流表, 按照表项的**action**对分组作用
- 如果多个流表匹配上, 按照优先权进行判断
- 统计计数

5.1 网络层控制平面概述

□ 两种方式实现控制平面功能: 传统方式和SDN方式

□ 传统方式: 分布式实现控制平面功能

- 在每个路由器上**分布式**实现路由功能
- **集成**在一台设备上实现控制平面和数据平面的功能

□ SDN方式: 集中方式实现控制平面的功能

- 在SDN控制器上由网络应用集中式计算、生成流表
- SDN控制器按照南向接口向SDN交换机分发流表
- SDN交换机按照流表对到来的分组进行: 匹配+行动
- SDN交换机上报状态等

5.2 路由选择算法

- 路由目标：根据收集到的路由信息（拓扑，链路代价等）计算出源到目标较好的路径，代价比较低的路径
 - 主机-主机的路径 == 路由器到路由器的路径；
 - 路由目标实际上是计算出路由节点的汇集树
 - 路由原则：完整正确，简单，健壮，稳定公平，最优（次优）
- 路由分类
 - 静态和动态（自适应）
 - 局部和全局的

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-53

中科大-高网-2021秋

5.2 路由选择算法

- 层次路由
 - 一个平面解决路由的问题：计算、传输和存储路由信息的量太大，不具备可扩展性，也不满足不同网络运营方不同的管理需求
 - 分成一个个AS
 - ⑩ AS内部之间的节点路由有内部网关协议解决：OSPF,RIP,IGRP
 - ⑩ AS之间的路由，有外部网关协议解决：BGP
 - ⑩ 路由到网关，由网关（经过内部网关协议穿过一个个AS，穿过AS网关之间路由靠外部网关协议）路由到目标网关，到了目标AS内部，采用AS内部的路由解决
 - 分层路由优势：
 - ⑩ 规模性问题：每个AS的子网数量有限，路由计算传输代价小
 - ⑩ 管理性问题：不同AS可以采用自己的协议

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-55

中科大-高网-2021秋

5.2 路由选择算法

- LS算法：全局的路由选择算法，工作原理
 - 每个节点收集邻居信息，生成LS；LS全AS泛洪
 - 节点收集各LS状态分组，形成网络拓扑
 - 按照最短路径算法算出到其他节点的最优路径
- DV算法：局部的路由选择算法，工作原理
 - 每个节点维护到所有其他节点的下一跳和代价值
 - 邻居节点之间定期交换DV
 - 按照Bellman-Ford不断迭代生成到所有目标的代价和相应的下一跳

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-54

中科大-高网-2021秋

5.3 互联网的路由协议

- 路由协议分类
 - 内部网关协议 IGP
 - ⑩ RIP, OSPF: AS内部支持分层路由，同时支持多种代价，IGRP
 - 外部网关协议EGP: BGP
 - ⑩ 网关路由器参与AS内部路由计算，收集AS内部子网可达信息
 - ⑩ 网关路由器通过AS间路由向其他AS网关通告子网可达信息
 - ⑩ 网管路由器还转发“过手”子网可达信息，但是AS路径要加上它自己AS编号（防止形成环路）
 - ⑩ 网关路由器通过i-BGP向AS内部所有路由节点通告收集到的子网可达信息
 - ⑩ 内部路由器通过AS内路由和AS间路由共同决定向AS外部子网的下一跳
 - ③ 内部网关协议决定如何往网关
 - ③ 外部网关协议决定通过那个网关可到达AS外部子网

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-56

中科大-高网-2021秋

5.3 互联网的路由协议

□ 内部网关协议和外部网关协议的对比

- 内部网关协议重视效率和性能
- 外部网关协议重视策略：
 - ⑩ 经济策略：能否通过这种转发获得经济上的效益
 - ⑩ 政治策略：例如不为某些竞争性的AS提供便利

5.5 ICMP协议

- 作用：包括错误，echo请求和应答
- 报文类型有echo，Tracert等

5.4 SDN 控制平面

- 在控制器上集中实现控制功能
- 控制器和SDN交换机按照openflow等南向接口协议等下发流表，上报设备状态
- SDN控制器按照北向接口和网络应用app打交道

第1章：提纲

1. 计算机网络概述
2. 应用层
3. 传输层
4. 网络层：数据平面
5. 网络层：控制平面
6. 数据链路层和局域网

6.1 引论

- 链路层的服务：点到相邻节点的以帧为单位的数据
 - 成帧、链路存取控制（链路访问控制）
 - 在相邻节点间进行可靠数据传递（有些，如无线网络）
 - 流量控制
 - 检错 纠错
 - 全双工和半双工服务
- 链路层网络节点的连接方式
 - 点到点方式：比较适合广域网，联网复杂，但是链路层功能简单
 - 多点连接的方式：比较适合局域、联网方便，但需要解决**MAC**问题，复杂

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-61

中科大-高网-2021秋

6.2 检错与纠错

- 检错原理
 - 奇偶校验
 - **CRC**
 - ⑩ 发送接收方约定的生成多项式：**G**，**r**次（**r+1**位）
 - ⑩ 发送方按照**G**对数据**D**进行**CRC**编码：左移**r**位，除**G**得到的余数
 - ⑩ **D**左移**r**为**+R**，一起传输
 - ⑩ 接收方进行解码：**D**左移**r**为**+R**，能否被**G**整除

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-62

中科大-高网-2021秋

6.3 多路访问协议

- **MAC**的必要性：多点连接网络协调各节点对共享式信道的使用
- **MAP**
 - 信道划分
 - ⑩ **TDMA**、**FDMA**、**CDMA**：删掉
 - ⑩ 综合**TD**和**FD**
 - **RAP**：随机访问协议
 - ⑩ **slotted ALOHA** **ALOHA**
 - ⑩ **CSMA**，**CSMA/CD**（至少2+长度帧），**CSMA/CA**
 - 轮转协议：令牌协议

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-63

中科大-高网-2021秋

6.4 链路层编地址

- **MAC**地址
 - 格式：**48**位平面地址，标示一个具体的网卡等
 - 分配：**IEEE**
- **MAC**地址和网络层**IP**地址的区别
 - 层次不同，链路层和网络层
 - **MAC**地址平面的，用于标示一个物理网络的不同站点；**IP**是可以聚集的，便于计算路由；
- **ARP**协议
 - 目的：物理网络范围内**IP**地址到**MAC**地址的转换
 - 工作原理：广播查询，单播应答

1. ACN-计算机网络课程回顾 1-64

中科大-高网-2021秋

6.5 以太网

- IEEE802.3标准，链路层和相应的物理层
- 以太网络的帧结构
- 向上提供服务的特点：无连接、不可靠
- 访问控制技术：CSMA/CD
 - 指数后退
- 编码：Manchester编码+4b5b编码+8b10b编码
 - 物理层技术
- WLAN介质访问控制技术：CSMA/CA

6.6 HUB和交换机

- HUB连接方式的问题：
 - 物理层设备，信号整形放大
 - 一个端口进，所有端口出，处在一个碰撞域之内
 - 无法隔离冲突
- 交换机的工作原理
 - 选择性转发：SW
 - 自学习：学习MAC地址和交换机端口的捆绑关系
 - 流量隔离：选择性转发
 - 专用接入：交换机端口直接接主机
- 路由器和交换机的区别：2层工作、3层工作