

第1章 概述

• 互联网概述

- 互联网的基本特点： **连通性和共享**
- 网络的网络
 - 网络 (network)：由若干结点 (node) 和连接这些结点的链路 (link) 组成
 - 互连网 (internet)：多个网络通过路由器互相连接起来，构成了一个覆盖范围更大的网络；因此 **互连网是“网络的网络” (Network of Network)**
 - 互联网/因特网 (Internet)：是世界上最大的互连网络
 - 网络把许多计算机连接在一起，而互连网则把许多网络通过一些路由器 (router) 连接在一起；与网络相连的计算机常称为主机 (host)
 - 路由器是一种专用计算机，但不能称为主机
- 互联网发展的三个阶段
 - 第一阶段 (1969)： **从单个网络ARPANET向互连网发展的过程**；1969年第一个分组交换网ARPANET；1983年TCP/IP协议成为ARPANET的标准协议 (互联网的诞生时间)
 - 第二阶段 (1985)： **建成了三级结构的互连网**；1985年建设NSFNET (分为主干网、地区网和校园网 (或企业网))
 - 第三阶段 (1993)：逐渐形成了全球范围的多层次ISP结构的互联网；万维网WWW技术促使互联网迅猛发展； **互联网服务提供者 (ISP)**，分为主干ISP、地区ISP和本地ISP
- 标准化工作的三个阶段
 - (1) **互联网草案** (在这个阶段还不是RFC文档)
 - (2) **建议标准** (从这个阶段开始就成为RFC文档)
 - (3) **互联网标准** (只有少部分RFC文档最后可以变成互联网标准)

• 互联网的组成

- 从工作方式划分
 - **边缘部分**：由所有连接在互联网上的主机组成；这部分是用户直接使用的，用来进行通信 (传送数据、音频或视频) 和资源共享
 - **核心部分**：由大量网络和连接这些网络的路由器组成；这部分是为边缘部分提供服务的 (提供连通性和交换)
- 边缘部分
 - 互联网上的主机又称为端系统
 - 通信方式：客户-服务器方式 (C/S)、对等方式 (P2P)
- 核心部分
 - 在网络核心部分起特殊作用的是路由器，是实现分组交换的关键构件，其任务是转发收到的分组

• 三种交换方式

• 电路交换：电话交换机接通电话线

- 从通信资源的分配角度来看，交换就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源
- 步骤：建立连接（分配通信资源）->通话（一直占用通信资源）->释放连接（归还通信资源）
- 特点：在通话的全部时间内，通话的两个用户始终占用端到端的通信资源
- 当使用电路交换来传送计算机数据时，其线路的传输效率往往很低

• 报文交换

• 分组交换：采用存储转发技术

- 发送方：构造分组、发送分组；路由器：缓存分组、转发分组；接收方：接收分组、还原报文
- 优点：高效、灵活、迅速、可靠

• 三种交换方式的对比



• 计算机网络的类别

• 计算机网络的定义

- 计算机网络的精确定义并未统一
- 简单的定义：互连、自治的计算机的集合
- 较好的定义：计算机网络主要是由一些通用的、可编程的硬件互连而成的，而这些硬件并非专门用来实现某一特定目的（例如，传送数据或视频信号）；这些可编程的硬件能够用来传送多种不同类型的数据，并能支持广泛的和日益增长的应用
- 计算机网络所连接的硬件，并不限于一般的计算机，而是包括了智能手机等智能硬件
- 计算机网络并非专门用来传送数据，而是能够支持很多种应用（包括今后可能出现的各种应用）

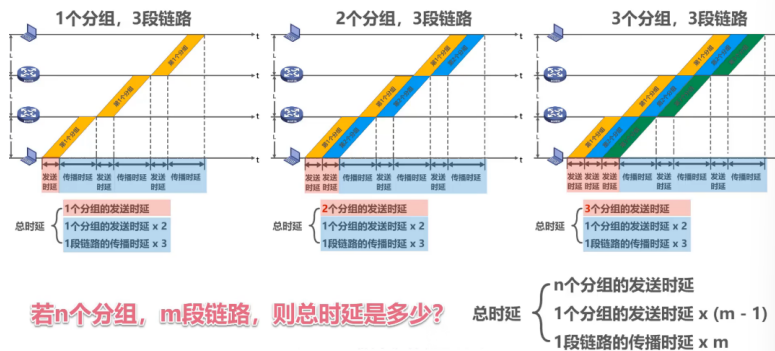
• 计算机网络的分类



- 接入网AN：用来把用户接入到互联网；接入网也叫本地接入网
- 主干网：是计算机网络核心部分的重要组成部分；是由许多高速通信链路组成的
- 计算机网络的性能
 - 计算机网络的性能指标
 - 速率（数据率，比特率）：数据的传送速率
 - 计算机网络中最重要的性能指标
 - 单位：bit/s (b/s, bps)
 - 带宽：表示网络中某通道传送数据的能力，表示在单位时间内网络中的某信道所能通过的“**最高数据率**”；单位与速率单位相同
 - 吞吐量：表示在单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的实际数据量（**表示平均数据率 = 数据量 / 时间**）；受网络带宽或网络额定速率的限制；
 - 时延（延迟，迟延）
 - 总时延 = 发送时延 + 传播时延 + 处理时延 + 排队时延
 - 发送时延：是主机或路由器发送数据帧所需要的时间
 - 发送时延 = 数据帧长度(bit) / 发送速率(bit/s)
 - 与传输信道的长度（信号传送的距离）无关
 - 传播时延：电磁波在信道中传播一定距离需要花费的时间
 - 传播时延 = 信道长度(m) / 电磁波传播速率(m/s)
 - 电磁波传播速率：自由空间为光速 (3.0×10^8 m/s)，铜线为 2.3×10^8 m/s，光纤为 2.0×10^8 m/s
 - 与信号的发送速率无关，信号传送的距离越远，传播时延就越大
 - 处理时延：主机或路由器在收到分组时要花费一定的时间进行处理
 - 排队时延：在进入路由器后，先在输入队列中排队等待处理，在路由器确定了转发接口后，要在输出队列中排队等待转发
 - 排队时延的长短往往取决于网络当时的通信量，当网络的通信量很大时会发生队列溢出，使分组丢失，相当于排队时延无穷大

分组交换的时延

假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延



时延带宽积：传播时延和带宽的乘积

- 链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度

往返时间RTT

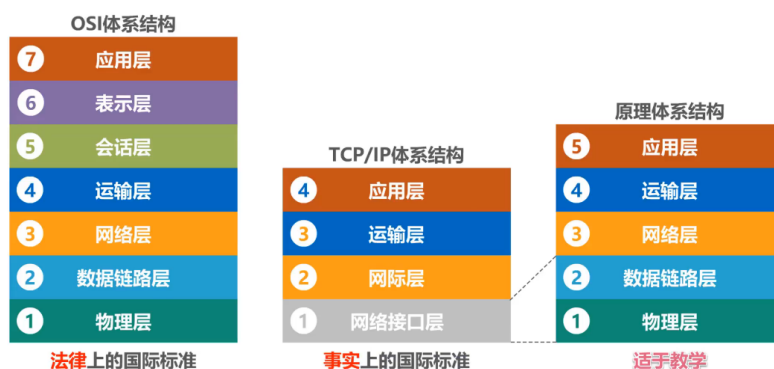
利用率

- 信道利用率：指出某信道有百分之几的时间是被利用的（有数据通过）
- 网络利用率：是全网络的信道利用率的加权平均值
- 信道利用率并非越高越好；当某信道的利用率增大时，该信道引起的时延也就迅速增加
- $D = D_0 / (1 - U)$ ， D_0 表示网络空闲时的时延， D 表示网络当前的时延， U 表示网络利用率；信道利用率或网络利用率过高就会产生非常大的时延；通常控制信道利用率不超过50%

- 计算机网络的非性能特征：费用、质量、标准化、可靠性、可扩展性和可升级性、易于管理和维护

计算机网络体系结构

常见的计算机网络体系结构



7	应用层	解决通过应用进程之间的交互来实现特定网络应用的问题
6	表示层	解决通信双方交换信息的表示问题
5	会话层	解决进程之间进行会话问题
4	运输层	解决进程之间基于网络的通信问题
3	网络层	解决分组在多个网络之间传输（路由）的问题
2	数据链路层	解决分组在一个网络（或一段链路）上传输的问题
1	物理层	解决使用何种信号来传输比特0和1的问题

OSI参考模型

- 协议与划分层次
 - 协议（网络协议）：为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定
 - 语法：数据与控制信息的结构或格式
 - 语义：需要发出何种控制信号，完成何种动作以及做出何种相应
 - 同步：事件实现顺序的详细说明
 - 分层的好处：各层之间是独立的、灵活性好、结构上可分隔开、易于实现和维护、能促进标准化工作
 - 各层完成的功能（可以只包括一种，也可以包括多种）：差错控制、流量控制、分段和重装、复用和分用、连接建立和释放
 - 网络的体系结构：计算机网络的各层及其协议的集合

• 具有五层协议的体系结构

•

原理体系结构

5	应用层	解决通过应用进程的交互来实现特定网络应用的问题
4	运输层	解决进程之间基于网络的通信问题
3	网络层	解决分组在多个网络上传输（路由）的问题
2	数据链路层	解决分组在一个网络（或一段链路）上传输的问题
1	物理层	解决使用何种信号来传输比特的的问题

- 应用层
 - 任务：通过应用进程间的交互来完成特定网络应用
 - 应用层协议：定义应用进程间通信和交互的规则
 - 数据单元：报文
- 运输层
 - 任务：向两台主机中进程之间的通信提供通用的数据传输服务
 - 运输层协议
 - 传输控制协议TCP：提供面向连接的、可靠的数据传输服务，其数据传输的单位是报文段
 - 用户数据报协议UDP：提供无连接的、尽最大努力的数据传输服务（不保证数据传输的可靠性），其数据传输的单位是用户数据报
 - 数据单元：TCP报文段或UDP用户数据报

- 网络层（网际层，IP层）
 - 任务：为分组交换网上的不同主机提供通信服务；把运输层产生的报文段或用户数据报封装成分组或包进行传送
 - 具体任务：在每一个路由器上生成一个用来转发分组的转发表；每一个路由器在接收到一个分组时，依据转发表中指定的路径把分组转发到下一个路由器
 - 网络层协议：无连接的网际协议IP、多种路由选择协议
 - 数据单元：分组（IP数据报，数据报）
- 数据链路层（链路层）
 - 任务：将网络层交下来的IP数据包封装成帧，每一帧包括数据和必要的控制信息（如同步信息、地址信息、差错控制等）
 - 数据单元：帧
- 物理层
 - 数据单元：比特
 - 物理传输媒体不属于物理层协议（可以看作是第0层）
- 分层体系结构
 - 协议数据单元PDU：对等层次之间传送的数据单位
 - 服务数据单元SDU：层与层之间交换的数据单位
 - 多个SDU可以合成为一个PDU，一个SDU也可以划分成几个PDU
 - 实体：任何可发送或接受信息的硬件或软件进程
 - 协议：控制两个对等实体（或多个实体）进行通信的规则集合
 - 服务：在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务；要实现本层协议，还需要使用下面一层所提供的服务；只有能被高一层实体看到的功能才能称为服务
 - 服务原语：指上层使用下层所提供的服务必须通过与下层交换一些命令
 - 协议是“水平的”，服务是“垂直的”
 - 下层的协议对上面的实体是透明的
 - 计算机网络体系结构的专用术语

4 计算机网络体系结构中的专用术语

- **实体** 任何可发送或接收信息的硬件或软件进程
- **对等实体** 收发双方相同层次中的实体
- **协议** 控制两个对等实体进行逻辑通信的规则集合
- **协议的三要素**
 - **语法** 定义所交换信息的格式
 - **语义** 定义收发双方所要完成的操作
 - **同步** 定义收发双方的时序关系
- **服务** 在协议的控制下，两个对等实体间的逻辑通信使得本层能够向上一层提供服务。
 - 要实现本层协议，还需要使用下面一层所提供的服务。
 - 协议是“水平的”，服务是“垂直的”。
 - 实体看得见相邻下层所提供的服务，但并不知道实现该服务的具体协议。也就是说，下面的协议对上面的实体是透明的。
- **服务访问点** 在同一系统中相邻两层的实体交换信息的逻辑接口，用于区分不同的服务类型。
- **服务原语** 上层使用下层所提供的服务必须通过与下层交换一些命令，这些命令称为服务原语。
- **协议数据单元PDU** 对等层次之间传送的数据包称为该层的协议数据单元。
- **服务数据单元SDU** 同一系统内，层与层之间交换的数据包称为服务数据单元。

以上内容整理于 [幕布文档](#)