

1.1 计算机网络在信息时代的作用

- 计算机网络已由一种通信基础设施发展为一种重要的信息服务基础设施。
- 计算机网络已成为生活中不可或缺的一部分。

1.2 因特网概述

1 网络、互联网和因特网

- 网络（Network）由若干结点（Node）和连接这些结点的链路（Link）组成。
- 多个网络还可以通过路由器互相连接起来，这样就构成了一个覆盖范围更大的网络，即互联网。因此，互联网是“网络的网络”（Network of Networks）。
- 因特网（Internet）是世界上最大的互连网络（用户数以亿计，互连的网络数以百万计）。

internet 和 Internet的区别

- internet（互联网）是一个通用名词，它泛指多个计算机网络互连而成的网络，在这些网络之间的通信协议可以是任意的。
- Internet（因特网）则是一个专用名词，它指全球最大的、开放的、由众多网络相互连接而成的特定计算机网络，它采用TCP/IP协议作为通信的规则，其前身是美国的ARPANET

2 因特网发展的三个阶段

1969	1985	1993
从单个网络ARPANET向互联网发展	逐步建成三级结构的因特网	逐步形成了多层次ISP结构的因特网
1969年，第一个分组交换网 ARPANET；	1985年，NSF围绕六个大型计算机中心建设NSFNET（主干网、地区网、校园网）	1993年，NSFNET逐渐被若干个商用因特网主干网替代；政府机构不再负责因特网运营，让各种因特网服务提供者ISP来运营；
70年代中期，研究多种网络之间的互连性；	1990年，ARPANET任务完成，正式关闭	1994年，万维网WWW技术促使因特网迅猛发展；
1983年，TCP/IP协议成为ARPANET的标准协议（因特网诞生的时间）	1991年，美国政府将因特网主干网交给私人公司经营，并开始对接入因特网的单位收费	1995年，NSFNET停止运作，因特网彻底商业化

- 因特网服务提供者ISP（Internet Service Provider）

3 因特网的标准化工作

- 因特网的标准化工作对因特网的发展起到了非常重要的作用
- 因特网在制定其标准上的很大的一个特点是**面向公众**
 - 因特网所有的RFC（Request For Comments）技术文档都可以从因特网上免费下载；
 - 任何人都可以随时用电子邮件发表对某个文档的意见或建议
- **因特网协会ISOC**是一个国际性组织，它负责对因特网进行全面管理，以及在全世界范围内促进其发展和使用。
 - 因特网体系结构委员会IAB，负责管理因特网有关协议的开发
 - 因特网工程部IETF，负责研究中短期工程问题，主要针对协议的开发和标准化
 - 因特网研究部IRTF，从事理论方面的研究和开发一些需要长期考虑的问题
- 制定因特网的正式标准要经过**4个阶段**
 1. 因特网草案（此阶段还不是RFC文档）
 2. 建议标准（从此阶段开始成为RFC文档）
 3. 草案标准
 4. 因特网标准

4 因特网的组成

- 边缘部分

- 由所有连接在因特网上的**主机**组成，这部分是**用户直接使用的**，用来**通信**（传送数据、音频和视频）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）。

1.3 三种交换方式

- 电路交换（Circuit Switching）
 - 电话交换机接通电话线的方式称为电路交换
 - 从通信资源的分配角度来看，交换（Switching）就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源
 - 电路交换的三个步骤：
 1. 建立连接（分配通信资源）
 2. 通话（一直占用通信资源）
 3. 释放连接（归还通信资源）

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

- 分组交换（Packet Switching）

发送方	路由器	接收方
构造分组	缓存分组	接收分组
发送分组	转发分组	还原报文

- 电路交换、报文交换、分组交换的对比
 - 电路交换
 - 优点：
 1. 通信时延小
 2. 有序传输
 3. 没有冲突
 4. 通用范围广
 5. 实时性强
 6. 控制简单
 - 缺点：
 1. 建立时间长

- 2. 线路独占，使用效率低
 - 3. 灵活性差
 - 4. 难以规格化
- 报文交换
 - 优点：
 - 1. 无需建立连接
 - 2. 动态分配线路
 - 3. 提高线路可靠性
 - 4. 提高线路利用率
 - 5. 提供多目标服务
 - 缺点：
 - 1. 引起了转发时延
 - 2. 需要较大的存储缓存空间
 - 3. 需要传输额外的信息量
- 分组交换
 - 优点：
 - 1. 无需建立连接
 - 2. 线路利用率高
 - 3. 简化了存储管理
 - 4. 加速传输
 - 5. 减少出错率和重发数据量
 - 缺点：
 - 1. 引起了转发时延
 - 2. 需要传输额外的信息量
 - 3. 对于数据报服务，存在失序、丢失或重复分组的问题；对于虚电路服务，存在呼叫建立，数据传输和虚电路释放三个过程

1.4 计算机网络定义和分类

1 计算机网络的定义

- 计算机网络的精确定义并为统一
- 计算机网路简单定义：一些**互相连接的、自治的计算机的集合**
 - 互连：是指计算机之间可以通过有线或者无线的方式进行数据通信
 - 自治：是指独立的计算机，它拥有自己的 硬件和软件，可以单独运行使用

- 集合：是指至少需要**两台**计算机
- 计算机网络较好定义：计算机网络主要是由一些**通用的、可编程的硬件互连**而成，而这些硬件并非专门用来实现某一特定目的（例如，传送数据或者视频信号）。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，而是包括了只能手机等智能硬件
 - 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）

2 计算机网络的分类

- 按交换技术分类：
 1. 电路交换网络
 2. 报文交换网络
 3. 分组交换网络
- 按使用者分类：
 1. 公用网
 2. 专用网
- 按传输介质分类：
 1. 有线网络
 2. 无线网络
- 按覆盖范围分类：
 1. 广域网 WAN
 2. 城域网 MAN
 3. 局域网 LAN
 4. 个域网 PAN
- 按拓扑结构分类：
 1. 总线型网络
 2. 星型网络
 3. 环型网络
 4. 网状型网络

1.5 计算机网络的性能指标

- 性能指标可以从不同方面来度量计算机网络的性能
- 常用的计算机网网络性能指标有8个：

1. 速率

- 比特：计算机中**数据量的单位**，也是信息论中信息量的单位，一个比特就是二进制数字中的一个0或1； 8 bit = 1 Byte
- 速率：连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送比特的速率，也称**比特率**，或者**数据率**； bit/s (b/s)

2. 带宽

- 带宽在模拟信号系统中的意义：**信号所包含的各种不同频率成分所占据的频率范围**； 单位Hz (KHz, MHz)
- 带宽在计算机网络中的意义：用来表示网络的**通信线路**所能传送数据的能力，因此网络带宽表示在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的“**最高数据率**”； 单位： b/s (Kb/s, Mb/s, Gb/s)
- 关系：一条通信线路的“频带宽度”越宽，其所传输数据的“最高数据率”也越高

3. 吞吐量

- 吞吐量表示在在单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的数据量
- 吞吐量被疆场用于对现实世界中网络的一种测量，以便知道实际上有多少数据能通过网络
- 吞吐量受网络的带宽或额定速率的限制

4. 时延

- 发送时延：分组长度(b) / 发送速率(b/s)
- 传播时延：信道长度(m) / 电磁波传播速率(m/s) 【自由空间： 3×10^8 m/s; 铜线： 2.3×10^8 m/s; 光纤： 2.0×10^8 m/s】
- 网络时延
- 处理时延(一般不方便计算)

5. 时延带宽积

- 时延带宽积 = 传播时延 X 带宽
- 若发送端连续发送数据，则在所发送的第一个比特即将到达终点时，发送端就已经发送了时延带宽积个比特
- 链路的时延带宽积又称为**以比特为单位的链路长度**

6. 往返时间

- 在许多情况下，因特网上的信息不仅仅是单方向传输，而是双向交互
- 我们有时需要知道双向交互一次所需的时间
- 往返时间RTT (Round-Trip Time) 也是一个重要性能指标

7. 利用率

- 信道利用率：用来表示某信道又百分之几的时间是被利用的（有数据通过）

- 网络利用率：全网络的信道利用率的加权平均
- 根据排队论，当某信道利用率增大时，该信道引起的时延也会迅速增加
- 因此，**信道利用率并非越高越好**
- 如果用 D_0 表示网络空闲时的时延， D 表示网络当前的时延，那么在适当的假定条件下，可以用下面的简单公式来表示 D 、 D_0 和利用率 U 之间的空间：

$$D = D_0 / 1 - U$$

- 当网络的利用率达到50%时，时延就要加倍
- 当网络的利用率超过50%时，时延急剧增大
- 当网络的利用率接近100%时，时延就趋于无穷大
- 因此，一些拥有较大主干网的ISP通常会控制它们的信道利用率不超过50%，如果超过了，就要准备扩容，增大线路的带宽
- 也不能使信道利用率太低，这会使宝贵的通信资源被白白浪费，应该使用一些机制，可以根据情况动态调整输入到网络中的通信量，使网络利用率保持在一个合理的范围

8. 丢包率

- 丢包率即分组丢失率，指在一定时间范围内，传输过程中丢失的分组数量与总分组数量的比率
- 丢包率具体可分为接口丢包率、结点丢包率、路径丢包率、网络丢包率
- 丢包率时网络运维人员非常关心的一个网络性能指标
- 分组丢失主要有两种情况：
 - 分组在传输过程中出现**误码**，被结点丢弃
 - 分组在达到一台队列已满的分组交换机时被丢弃；在通信量较大时就可能造成**网络拥塞**
- 无拥塞时路径丢包率为0
- 轻度拥塞时路径丢包率为1%~4%
- 沿着拥塞时路径丢包率为5%~15%

1.6 计算机网络体系结构

1 常见的计算机网络体系结构

OSI体系结构	TCP/IP体系结构	原理体系结构
应用层	应用层	应用层
表示层	运输层	运输层
会话层	网际层	网络层
运输层	网路接口层	数据链路层
网络层		物理层
数据链路层		
物理层层		
法律上的国际标准	事实上的国际标准	适于教学

2 计算机网络体系分层的必要性

- 计算机网络是个非常复杂的系统。早在最初的ARPANET设计时就提出了分层的设计理念
- “分层”可将庞大而复杂的问题，转化为若干较小的格局问题，而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理

物理层

- * 采用怎样的传输媒体（介质）
- * 采用怎样的物理接口
- * 使用怎样的信号表示比特 0 和 1
 - * 可以将以上3个问题划分到物理层，需要注意：
 1. 严格来说，传输媒体并不属于物理层，它不包含在体系结构之中
 2. 计算机网络中传输的信号，并不是举例的方波信号，之所以举例方波信号，是为了容易理解记忆。

数据链路层

- * 如何标识网络中的各主机（主机编址问题，例如MAC地址）
- * 如何从信号所表示的一连串比特流中区分出地址和数据
- * 如何协调各主机争用总线

网络层

- * 如何标识各网络以及网络中的各主机（网络 and 主机共同编址的问题，例如IP地址）
- * 路由器如何转发分组，如何进行路由选择

运输层

- * 如何解决进程之间基于网络的通信问题
- * 出现传输错误时，如何处理

应用层

- * 通过应用进程间的交互来完成特定的网络应用

物理层：解决使用何种信号来传输比特的問題

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

网络层：解决分组在多个网络上传输（路由）的问题

运输层：解决进程之间网络的通信问题

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

3 计算机网络体系结构分层思想举例

4 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、语义、同步
 - 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
- 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：
 - 例如，数据链路层对等实体享受物理层提供的服务，并在数据链路层协议的控制下进行逻辑通信，给网络层提供服务
 - 例如，网络层对等实体享受数据链路层提供的服务，并在网络层协议的控制下进行逻辑通信，并给运输层提供服务...
- 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：在同义系统中**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
 - 数据链路层的服务访问点为帧的“类型字段”
 - 网络层的服务访问点为IP数据报首部中的“协议字段”
 - 运输层的服务访问点为“端口号”
- 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
 - 物理层数据包：比特流（bit stream）
 - 数据链路层数据包：帧（frame）
 - 网络层数据包：IP数据报或分组（packet）
 - 运输层数据包：TCP报文段（segment）或UDP用户数据报（datagram）
 - 应用层数据包：报文（message）
- 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
- 多个SDU可以合为一个PDU；一个SDU也可划分为几个PDU