

## 第一章计算机网络体系结构 1.1计算机网络概述

### 1.1.1计算机网络的概念

1、计算机网络是一个将分散，具有独立功能的计算机系统的**计算机系统**，**通过通信设备与线路连接**起来，由功能完善的**软件**实现**资源共享**和**信息传递**的系统。

2、计算机网络的定义，分为三种：

- 广义观点
- 资源共享观点
- 用户透明性观点

(1) 广义观点：“只要是能实现**远程信息处理**的系统或能进一步**到达资源共享**的系统，都是计算机网络。”

广义观点在物理结构上具有计算机网络的雏形，但**资源共享能力弱**，是计算机网络发展的**低级阶段**。

(2) 资源共享观点：“以能够相互共享资源的方式互联起来的自治计算机系统的集合。”

该观点包含三层含义 (1) 目的：资源共享；

(2) 组成单元：分布在不同地理位置的的多台独立的“自治计算机”；

(3) 网络中的计算机必须遵循的统一规则-----**网络协议**

(3) 用户透明性观点：“存在一个能为用户自动管理资源的网络操作系统，它能够调用用户所需要的资源，而整个网络对用户是透明的。用户使用网络就像使用一台单一的超级计算机，无需了解网络的存在、资源的位置信息。”

用户透明性观点的定义描述了一个分布式系统，它是网络未来发展追求的目标。

### 1.1.2 计算机网络的组成

计算机网络的组成为如下几类：

- 从组成部分上看
- 从工作方式上看
- 从功能组成上看

(1) 从**组成成分**上看：一个完整的计算机网络主要由**硬件、软件、协议**三大部分组成

硬件主要由：主机、通信链路、交换设备和通信处理机等组成。

软件主要由：各种实现资源共享的软件和方便用户使用的各种工具软件。

协议：规定了网络传输数据时所遵循的规范。

软件部分多属于应用层。

**协议是计算机网路的核心。**

(2) 从**工作方式**上看：计算机网络可分为**边缘部分**和**核心部分**

边缘部分由所有连接到因特网上，供用户直接使用的主机组成，用来进行通信，和资源共享

核心部分由大量的网络和连接这些网络的路由器组成，它为边缘部分提供连通性和交换服务。

下图为这这两个部分的示意图。

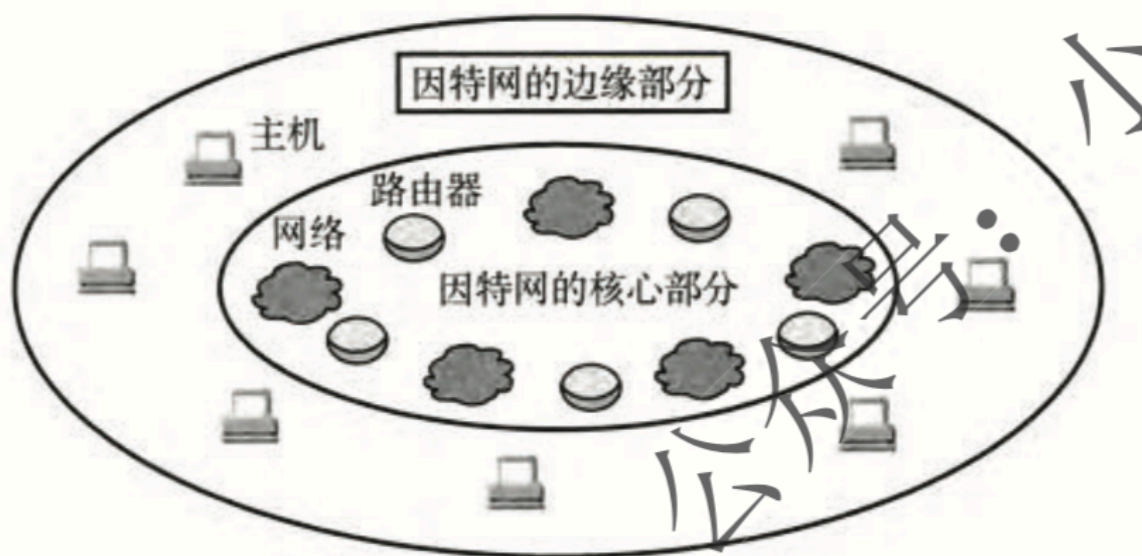


图 1.1 因特网的核心部分与边缘部分

(3) 从功能组成上看：计算机由**通信子网**和**资源子网**组成

\* 通信子网由各种传输介质、通信设备和相应的网络协议组成，它使网络具有**数据传输**、**交换**、**控制**和**存储**的能力，实现联网计算机之间的数据通信。

\* 资源子网是**实现资源共享功能的设备及其软件的集合**、向网络用户提供共享其他计算机上硬件资源、软件资源和数据资源的服务。

### 1.1.3 计算机网络的功能

1、计算机网络的五大功能：

- **数据通信：最基本和最重要的功能**
- **资源共享**
- **分布式处理**
- 提高可靠性
- 负载均衡

(1) 数据通信：**最基本最重要的功能**，用来实现联网计算机之间的各种信息的传输，并将分散在不同地理位置的计算机联系起来。

(2) 资源共享：资源共享可以是**软件共享、数据共享、也可以是硬件共享**。是计算机网路中的资源互通有无、分工协作、从而极大地提高硬件资源、软件资源和数据资源的利用率。

(3) 分布式处理：当计算机网络中的某个计算机系统负荷过重时，可以将其处理的某个复杂任务分配给网络中的其他计算机系统。

(4) 提高可靠性：计算机网络中的各台计算机可以通过网络互为替代机。

(5) 负载均衡：将工作任务均衡地分配给计算机网络中的各台计算机。

---

#### 1.1.4 计算机网络的分类

具体分为：

- 按分布范围
- 按传输技术
- 按拓扑结构分类
- 按使用者分类
- 按交换技术分类
- 按传输介质分类

1、按分布范围分类：

\* 广域网（远程网）（WAN）：长距离通信，运送主机所发送的数据；覆盖范围：几十千米到几千千米。是因特网的核心部分。

\* 城域网（MAN）：覆盖范围：几个街区甚至整个城市，约为5~50km。多采用以太网技术。

\* 局域网（LAN）：一般用微机或工作站通过高速线路相连；覆盖范围：较小，约为几十米到几千米。

\* 个人区域网（无线个人区域网）（PAN）：指个人工作的地方将

消费电子设备用无线技术连接起来的技术；覆盖范围：直径约为10米。

注意：（1）传统上，**局域网使用广播技术，广域网使用交换技术。**

（2）若中央处理器之间的距离非常近，则一般就称之为**多处理器系统**，而不称它为计算机网络。

## 2、按传输技术分类

### \* **广播式网络：**

**定义：**所有联网计算机都共享一个公共的通信信道。

**具体形式：**当一台计算机利用共享通信信道发送报文分组时，所有其他的计算机都会“收听”到这个分组。接收到该分组的计算机将通过检查目的地址来决定是否接受该分组。

**特点：****局域网基本上都采用广播式通信技术**，广域网中的无线、卫星通信网络也采用广播式通信技术。

### \* **点对点网络：**

**定义：**每条物理线路都**连接一对计算机**。

**具体形式：**如果通信的两台主机之间没有直接连接的线路，那么它们之间的分组传输就要通过中间结点的接受，存储和转发，直至目的结点。

是否采用**分组存储转发**与**路由选择机制**是点对点网络与广播式网络的重要区别。

## 3、按拓扑结构分类

网络拓扑结构是指由**网中结点**（路由器、主机等）与**通信线路**（网线）之间的几何关系表示的网络结构。主要指**通信子网**的拓扑结构

按网络的拓扑结构主要分为：

### \* **星形：**

特点：每个终端或计算机都以单独的线路与中央设备相连。中央设备早期是计算机，现在一般是交换机或者路由器。

优点：便于集中控制和管理。端用户之间的通信必须通过中央设备。

缺点：成本高，**中心结点对故障敏感。**

#### **\*总线形网络：**

特点：用单根传输线把计算机连接起来。

优点：建网容易、增减结点方便、节省线路。

缺点：重负载时通信效率不高，总线任意一处对故障敏感。

#### **\*环形网络：**

特点：所有计算机接口设备连接一个环。环形网络最典型的例子是令牌环局域网。

环可以是单环，也可以是双环，环中信号是**单向传输**的。

#### **\*网状形网络：**

特点：一般情况下，每个结点至少有两条路径与其他节点相连，**多用在广域网中**，有**规则型**和**非规则型**两种。

优点：可靠性高。

缺点：控制复杂，线路成本高。

### **4、按使用者分类**

(1) 公用网：指电信公司出资建造的大型网络。“公用”的意思是指所有愿意按电信公司的规定缴纳费用的人都可以使用这种网络，因此也称**公众网**。

(2) 专用网：指某个部门为满足本单位特殊业务的需要而建造的网络。这种网络不向本单位以外的人提供服务。

### **5、按交换技术分类**

交换技术是指各个主机之间，各通信设备之间或主机与通信设备之间为交换信息所采用的**数据格式**和**交换装置**的方式。



按交换技术可将网络分为如下几种。

### **\*电路交换网络：**

定义：在源结点和目的结点之间建立一条**专用的通路**用于传送数据，包括**建立连接、传输数据和断开连接**三个阶段。**最典型的电路交换网是传统电话网络。**

特点：整个报文的比特流连续地从源点直达终点，好像是在一条管道中传送。

优点：数据直接传送，时延小。

缺点：线路利用率低，不能充分利用线路容量，不便于进行差错控制。

### **\*报文交换网络（存储-转发网络）：**

定义：用户数据加上源地址、目的地址、校验码等辅助信息、**然后封装成报文**，整个报文传送到相邻结点、**全部存储后、在转发给下一个结点**，重复这一过程直到到达目的结点。每个报文可以单独选择到达目的结点的路径。

特点：整个报文先传送到相邻结点，全部存储后查到转发表，转发到下一个结点。

优点：可以充分利用线路容量，实现不同链路不同数据率的转换。可以实现格式转化，实现一对多，多对一的访问，可以实现差错控制。

缺点：增大了资源开销，增加了缓冲时延，需要额外的控制机制来保证多个报文的顺序不乱序，缓冲区难以管理。

注：**报文的大小不确定，接收方在接受到报文之前不能预知报文的大小。**

### **\*分组交换网络(包交互网络)：（主流网络基本上都可视为分组交换网络）**

定义：将数据分成较短的固定长度的数据块，在每个数据块中加上目的地址、源地址等辅助信息组成分组（包），以存储-转发的方式传输。

特点：单个分组（只是整个报文的一部分）传送到相邻结点，存储后查找转发表，转发到下一个结点，

优点：缓冲易于管理；包的平均时延更小，网络占用的平均缓冲区更

少，更易于标准化；更适合应用。

## 6、按传输介质分类

传输介质可分为**有线**和**无线**两类，故网络可以分为有线网络和无线网络。

有线网络又分为：（1）双绞线网络（2）同轴电缆网络

无线网络又分为：（1）蓝牙（2）微波（3）无线电

### 1.1.5 计算机网络的标准化工作及相关组织

1、因特网的所有标准都以**RFC**的形式在因特网上发布，RFC要上升到因特网的正式标准需要经过一下四个阶段：

- 因特网草案：这个阶段还不是RFC文档
- 建议标准：开始就成为RFC文档
- 草案标准
- 因特网标准

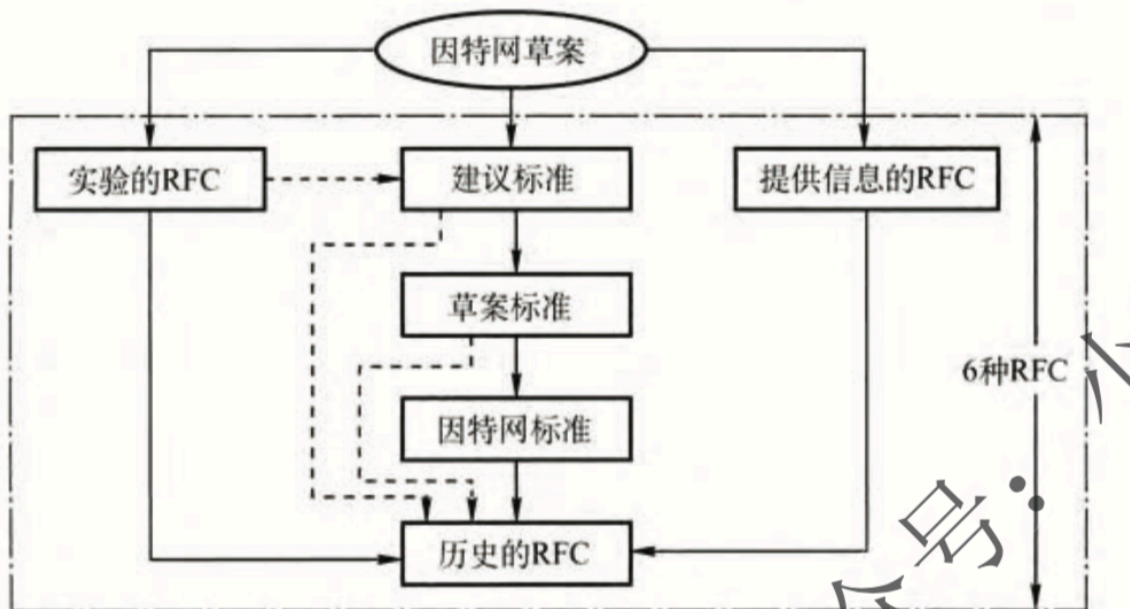


图 1.2 各种 RFC 之间的关系



## 2、标准化组织：

- 国际标准化组织 (ISO)
- 国际电信联盟 (ITU)
- 国际电气电子工程师协会 (IEEE)
- Internet工程任务组 (IETF)

---

### 1.1.6 计算机网络的性能标准

常用的性能指标：

(1) **带宽**：计算机网络中表示网络的**通信线路所能传送数据的能力**。是数字信道所能传送的**“最高数据率”**的同义词，单位是**比特/秒 (b/s)**

(2) **时延**：指数据（一个报文或者分组）**从网络（或链路）的另一端传送到另一端所需要的总时间**。

时延由4个部分构成：

- 发送时延（传输时延）
- 传播时延
- 处理时延
- 排队时延

**\*发送时延（传输时延）**：结点将分组的所有比特推向（传输）链路所需要的时间，即从发送分组第一个比特算起，到该分组的最后一个比特发送完毕所需的时间。

计算公式：**发送时延=分组长度/信道宽度**

**\*传播时延**：电磁波在信道中传播一定的距离需要花费的时间，即一个比特从链路的一段传播到另一端所需要的时间

计算公式：**信道长度/电磁波在信道上的传播速率**

**\*处理时延**：数据在交换节点为存储转发而进行的一些必要的处理所花费的时间。

**\*排队时延**：分组在进入路由器后要先在输入队列中排队等待处理，

路由器确定转发端口后，还要在输出队列中排队等待转发，这就产生了排队时延。

数据在网络中经历的总时延就是以上4部分时延之和：

**总时延=发送时延+传播时延+处理时延+排队时延**

注意：排队时延和处理时延一般忽略不计。另外对于高速链路，提高的仅是数据发送速率而非比特在链路上的传播速率，提高数据的发送速率只是为了减少数据的发送时延。

### (3) 时延带宽积：

定义：指发送端连续发送数据且发送的第一个比特即将到达终点时，发送端已经发出的比特数，

即：**时延带宽积=传播时延\*信道带宽**

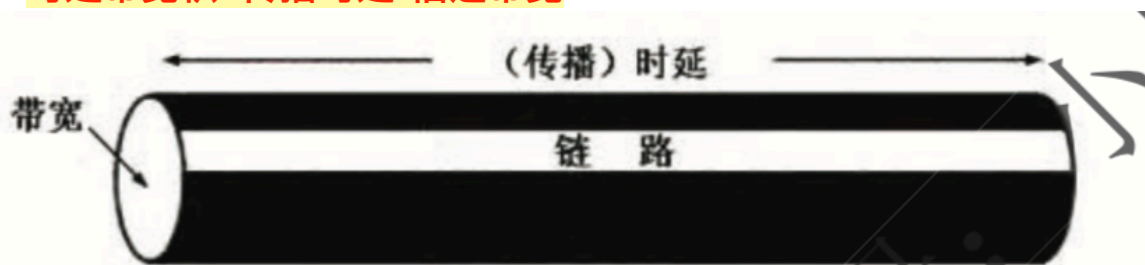


图 1.3 链路就像一条空心管道

### (4) 往返时延 (RTT)：

定义：指从发送端发送数据开始，到发送端收到来自接收端的确认，**(接收端收到数据后立即发送确认)**，总共经历的时延。

RTT包括2倍的传播时延+末端处理时间（可忽略不计）

### (5) 吞吐量 (Throughput)

定义：指**单位时间内通过某个网络（信道、接口）的数据量**。

吞吐量受**网络带宽**或**网络额定速率**的限制。

### (6) 速率 (Speed)

定义：网络中的速率指连接到计算机网络上的主机在数字信道上传送数据的速率，也称数据率或比特率。单位为b/s（比特/秒）（或者bit/s，有时也写成bps）。

数据率较高时，可用kb/s（ $k=10^3$ ）、Mb/s（ $M=10^6$ ）或者Gb/s（ $G=10^9$ ）表示。

通常把最高数据率称为带宽。

### （7）利用率

利用率包括信道利用率和网络利用率

**信道利用率=有数据通过时间 / （有+无）数据通过时间**

**网络利用率=信道利用率加权平均值**

---