# 第1章 概述

## 1.1 计算机网络在信息时代的作用

**电信网络**：向用户提供电话、电报及传真等服务。

**有线电视网络**：向用户传送各种电视节目。

**计算机网络**：使用户能够在计算机之间传送数据文件。

互联网的两个基本特点：**连通性**和**共享性**。**连通性**就是互联网使上网用户之间，不管相距多远，都可以非常便捷、经济地交换各种信息，好像这些用户终端都彼此直接连通一样。**共享**可以是信息共享、软件共享和硬件共享。例如，互联网上有许多服务器存储了大量有价值的电子文档，可供上网的用户很方便地读取或下载。由于网络的存在，这些资源就在用户身边一样。

## 1.2 互联网概述

### 1.2.1 网络的网络

计算机网络由若干**结点**和连接这些结点的**链路**组成。网络中的结点可以是**计算机**、**集线器**、**交换机**或**路由器**等。网络之间还可以通过**路由器**互连起来，这就构成了一个覆盖范围更大的计算机网络。这样的网络称为**互连网**。因此互连网就是“**网络的网络**”。与网络相连的计算机常称为**主机**。

### 1.2.2 互联网基础结构发展的三个阶段

**第一个阶段**是**从单个网络ARPANET向互连网发展**的过程。1969年美国国防部创建的第一个分组交换网ARPANET最初只是一个单个的分组交换网（并不是一个互连的网络）。**所有要连接在ARPANET上的主机都直接与就近的结点交换机相连**。但到了20世纪70年代中期，人们已认识到不可能使用一个单独的网络来满足所有的通信问题。于是ARPA**开始研究多种网络互连的技术**，这就导致了互连网络的出现。这就成为现今互联网的雏形。**1983年TCP/IP协议成为ARPANET上的标准协议，使得所有使用TCP/IP协议的计算机都能利用互连网相互通信，因而人们就把1983年作为互联网的诞生时间**。1990年ARPANET正式宣布关闭，因为它的实验任务已经完成。

**internet（互连网）**：通用名词，泛指由多个计算机网络互连而成的计算机网络。在这些网络之间的通信协议可以任意选择，不一定非要使用TCP/IP协议。

**Internet（互联网）**：专用名词，指当前全球最大的、开放的、由众多网络相互连接而成的特定互连网，它采用TCP/IP协议族作为通信的规则，且其前身是美国的ARPANET。

**第二个阶段**的特点是**建成了三级结构的互联网**。从1985年起，美国国家科学基金会NSF就围绕六个大型计算机中心建设计算机网络，即国家科学基金网NSFNET。它是一个三级计算机网络，分为**主干网**、**地区网**和**校园网**（或**企业网**）。这种三级计算机网络覆盖了全美国主要的大学和研究所，并且成为互联网中的主要组成部分。1991年，NSF和美国的其他政府机构开始认识到，互联网必将扩大其使用范围，不应仅限于大学和研究机构。世界上的许多公司纷纷接入到互联网，网络上的通信量急剧增大，使互联网的容量已满足不了需要。于是美国政府决定将互联网的主干网转交给私人公司来经营，并开始对接入互联网的单位收费。

**第三个阶段**的特点是**逐渐形成了多层次ISP结构的互联网**。从1993年开始，由美国政府资助的NSFNET逐渐被若干个商用的互联网主干网替代，而政府机构不再负责互联网的运营。这样就出现了一个新的名词：互联网服务提供者ISP（Internet Service Provider）。例如，中国电信、中国联通和中国移动。

ISP可以从互联网管理机构申请到很多IP地址，同时拥有通信线路以及路由器等连网设备，因此任何结构和个人只要向某个ISP交纳规定的费用，就可从该ISP获取所需IP地址的使用权，并可通过该ISP接入到互联网。IP地址的管理机构不会把一个单个的IP地址分配给单个用户（**不“零售”IP地址**），而是把一批IP地址有偿租赁给经审查合格的ISP（**只“批发”IP地址**）。由此可见，**现在的互联网已不是某个单个组织所拥有而是全世界无数大大小小的ISP所共同拥有的**，这就是互联网也称为“网络的网络”的原因。



根据提供服务的覆盖面积大小以及所拥有的IP地址数目不同，ISP也分为不同层次的ISP：**主干ISP**、**地区ISP**和**本地ISP**。

主干ISP由几个专门的公司创建和维持，服务面积最大（国家范围），并且还拥有高速主干网。有一些地区ISP网络也可直接与主干ISP相连。

地区ISP是一些较小的ISP。这些地区ISP通过一个或多个主干ISP连接起来。它们位于等级中的第二层，数据率也低一些。

本地ISP给用户提供直接的服务。**本地ISP可以连接到地区ISP，也可直接连接到主干ISP**。绝大多数的用户都是连接到本地ISP的。本地ISP可以是一个仅仅提供互联网服务的公司，也可以是一个拥有网络并向自己的雇员提供服务的企业，或者是一个运行自己的网络的非营利机构。

从原理上讲，只要每一个本地ISP都安装了路由器连接到某个地区ISP，而每一个地区ISP也有路由器连接到主干ISP，那么在这些相互连接的ISP的共同合作下，就可以完成互联网中的所有的分组转发任务。但随着互联网上数据流量的急剧增长，人们开始研究如何更快地转发分组，以及如何更加有效地利用网络资源。于是，**互联网交换点IXP**（Internet eXchange Point）就应运而生了。

互联网交换点IXP的主要作用就是**允许两个网络直接相连并交换分组，而不需要再通过第三个网络来转发分组**。这样就使互联网上的数据流量分布更加合理，同时也减少了分组转发的迟延时间，降低了分组转发的费用。现在许多IXP在进行对等交换分组时，都互相不收费。但本地ISP或地区ISP通过IXP向高层的IXP转发分组时，则需要交纳一定的费用。IXP的结构非常复杂。典型的IXP由一个或多个网络交换机组成，许多ISP再连接到这些网络交换机的相关端口上。IXP常采用工作在数据链路层的网络交换机，这些网络交换机都用局域网互连起来。

### 1.2.3 互联网的标准化工作

所有的互联网标准都是以RFC（Request For Comments）的形式在互联网上发表的。但并非所有的RFC文档都是互联网标准。只有很少部分的RFC文档最后能变成互联网标准。RFC文档按发表时间的先后编上序号（即RFC xxxx，这里的xxxx是阿拉伯数字）。一个RFC文档更新后就使用一个新的编号，并在文档中指出原来老编号的RFC文档已成为陈旧的或被更新，但陈旧的RFC文档并不会被删除，而是永远保留着，供用户参考。

制定互联网的正式标准要经过以下三个阶段：

（1）**互联网草案**——互联网草案的有效期只有六个月，在这个阶段还不能算是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**——达到正式标准后，每个标准就分配到一个编号STD xx。一个标准可以和多个RFC文档关联。

## 1.3 互联网的组成

**边缘部分**：由所有连接在互联网上的主机（端系统）组成。这部分是**用户直接使用**的，用来进行通信和资源共享。

**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。

在互联网核心部分的路由器之间一般用高速链路相连接，而在网络边缘的主机接入到核心部分则以相对较低速率的链路相连接。

### 1.3.1 互联网的边缘部分

**计算机之间通信**：主机A的某个进程和主机B上的另一个进程进行通信。

在网络边缘的端系统之间的通信方式通常可划分为两大类：**客户-服务器**（C/S）方式和**对等**（P2P）方式。

#### 1. 客户-服务器方式

**客户程序**：

（1）被用户调用后运行，在通信时主动向远地服务器发起通信。客户程序必须知道服务器程序的地址。

（2）不需要特殊的硬件和很复杂的操作系统。

**服务器程序**：

（1）是一种专门用来提供某种服务的程序，可**同时处理**多个远地或本地客户的请求。

（2）系统启动后即自动调用并一直不断地运行着，被动地等待并接受来自各地的客户的通信请求。服务器程序不需要知道客户程序的地址。

（3）一般需要有强大的硬件和高级的操作系统支持。

#### 2. 对等连接方式

在通信时不区分哪一个是服务请求方哪一个是服务提供方。只要两台主机都运行了对等连接软件，它们就可以进行平等的、对等连接通信。实际上，对等连接方式从本质上看仍然是客户-服务器方式，只是对等连接中的每一台主机既是客户又同时是服务器。

### 1.3.2 互联网的核心部分

**路由器**是一种专用计算机（但不叫主机），是实现**分组交换**的关键构件，其任务是转发收到的分组，这是网络核心部分最重要的功能。路由器收到一个分组，先暂时存储一下（存储在**内存**中），检查其首部，查找转发表，按照首部中的目的地址，找到合适的接口转发出去，把分组交给下一个路由器。这样一步一步地以存储转发的方式，把分组交付最终的目的主机。**各路由器之间必须经常交换彼此掌握的路由信息，以便创建和动态维护路由器中的转发表**。

#### 1. 电路交换的主要特点

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。在使用电路交换通话之前，必须先拨号请求建立连接。当被叫用户听到交换机送来的振铃音并摘机后，从主叫端到被叫端就建立了一条连接，也就是专用的物理通路。这条连接保证了双方通话时所需的通信资源，而这些资源在双方通信时不会被其他用户占用。此后主叫和被叫双方就能互相通电话。通话完毕挂机后，交换机释放刚才使用的这条专用的物理通路。这种必须经过“**建立连接**（占用通信资源）→**通话**（一直占用通信资源）→**释放连接**（归还通信资源）”三个步骤的交换方式称为**电路交换**。电路交换的一个重要特点就是**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。这是因为计算机数据时突发式地出现在传输线路上的，因此线路上真正用来传送数据的时间往往不到10%。已被用户占用的通信线路资源在绝大部分时间里都是空闲的。

#### 2. 分组交换的主要特点

分组交换采用**存储转发**技术。



通常把要发送的整块数据称为一个**报文**。在发送报文之前，先把较长的报文划分成为一个个更小的等长数据段。在每一个数据前面，加上一些由必要的控制信息组成的**首部**后，就构成了一个**分组**。分组又称为“**包**”，而分组的首部也可称为“**包头**”。分组是在互联网中传送的数据单元。**分组的首部包含了诸如目的地址和源地址等重要控制信息**。

分组交换在传送数据之前不必先占用一条端到端的链路的通信资源。分组在哪段链路上传送才占用这段链路的通信资源。分组到达一个路由器后，先暂时存储下来，查找转发表，然后从一条合适的链路转发出去。分组在传输时就这样一段一段地断续占用通信资源，而且还省去了建立连接和释放连接的开销，因而数据的传输效率更高。

分组交换的缺点：

（1）分组在各**路由器存储转发时需要排队**，会造成一定的时延。

（2）不像电路交换那样通过建立连接来保证通信时所需的各种资源，**无法保证通信时端到端的带宽**。

（3）**各分组必须携带的控制信息**造成一定的开销。

（4）**整个分组交换网需要专门的管理和控制机制**。

## 1.4 计算机网络在我国的发展

## 1.5 计算机网络的类别

### 1.5.1 计算机网络的定义

#### 1. 按照网络的作用范围进行分类

**广域网WAN**（Wide Area Network）、**城域网MAN**（Metropolitan Area Network）、**局域网LAN**（Local Area Network）、**个人区域网PAN**（Personal Area Network）

#### 2. 按照网络的使用者进行分类

**公用网**、**专用网**

#### 3. 用来把用户接入到互联网的网络

**接入网AN**（Access Network），又称为**本地接入网**或**居民接入网**。接入网本身既不属于互联网的核心部分，也不属于互联网的边缘部分。接入网是**从某个用户端系统到互联网中的第一个路由器之间的一种网络**。在互联网发展初期，用户多用电话线拨号接入到互联网，速率很低，因此那时并没有使用接入网这个名词。直到最近，由于出现了多种宽带接入技术，宽带接入网才成为互联网领域中的一个热门课题。

## 1.6 计算机网络的性能

### 1.6.1 计算机网络的性能指标

#### 1. 速率

一个**比特**就是二进制数字中的一个1或0。网络技术中的**速率**指的是数据的传送速率，它也称为**数据率**或**比特率**，单位是**比特每秒**。

#### 2. 带宽

在计算机网络中，带宽用来表示网络中某通道传送数据的能力，因此网络带宽表示**在单位时间内网络中的某信道所能通过的“最高数据率”**，单位是比特每秒。

#### 3. 吞吐量

吞吐量表示在单位时间内通过某个网络的**实际**的数据量，单位是比特每秒。

#### 4. 时延

**时延**是指数据从网络的一端传送到另一端所需的时间。

（1）**发送时延**

发送时延是主机或路由器发送数据帧所需要的时间，也就是从发送数据帧的第一个比特算起，到该帧的最后一个比特发送完毕所需的时间。

（2）**传播时延**

传播时延是电磁波在信道中传播一定的距离需要的时间。

**发送时延发生在机器内部的发送器（网络适配器）中，与传输信道的长度没有任何关系。传播时延发生在机器外部的传输信道媒体上，而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。**

（3）**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。

（4）**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**。**在路由器确定了转发接口后，还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，这相当于排队时延为无穷大。

“**光纤信道的传输速率高**”是指可以用很高的速率向光纤信道发送数据，而光纤信道的传播速率实际上还要比铜线的传播速率略低一点。