

# 1 概 述

## 1.1 计算机网络在信息时代中的作用

21 世纪的一些重要特征就是数字化、网络化和信息化，它是一个以网络为核心的信息时代。由于网络能迅速传递信息，因此实现信息化必须依靠完善的网络。网络现在已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。网络对社会生活的方方面面，对经济发展已经产生了巨大影响。

生活中的网络是指“三网”，即电信网络、有线电视网络和计算机网络。这三种网络向用户提供的服务各不相同。电信网络的用户可得到电话、电报以及传真等服务；有线电视网络的用户能够观看各种电视节目；而计算机网络则可使用户能够迅速传送数据文件，以及从网络上查找并获取各种资料，包括图像和视频文件。在信息化过程中这三种网络都起到十分重要的作用，但其中发展最快并起到核心作用的是计算机网络。随着科学技术的发展，电信网络和有线电视网络也逐渐融到了现代计算机网络，这就产生了“网络融合”的概念。

现在人们的生活、工作、学习和交往都已离不开因特网。计算机网络向用户提供了两个最重要的功能，分别是连通性和共享。正是这两大功能为计算机网络的普及和发展奠定了重要的基础。如果在某一天计算机网络突然出故障不能工作了，那时我们将无法正常购买飞机票或火车票；我们也无法到银行存钱或取钱，无法去超市购买生活用品、交纳水电费和煤气费等；股市交易都将停顿；在图书馆我们也无法检索所需要的图书和资料；我们既不能上网，也无法使用电子邮件和朋友及时交流信息。总之，这时的社会将会是一片混乱。

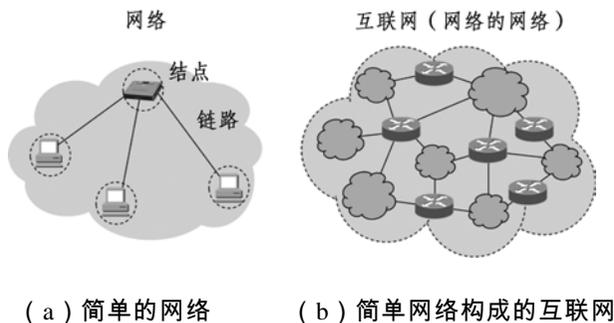
计算机网络也是向广大用户提供休闲娱乐的场所。我们通过计算机网络可以在线观看多种视频节目，可以利用鼠标随时点击各种在线节目，还可以接受通过网络提供的一对一或多对多的网上聊天（包括视频图像的传送）服务。随着网络游戏的迅猛发展，它已经成为许多人日常生活中不可或缺的一种娱乐方式。

目前，因特网已成为全球性信息基础结构的雏形。全世界所有的发达国家和许多发展中国家都纷纷研究和制订本国建设信息基础结构的计划。这就使计算机网络的发展进入一个新的历史阶段，成为几乎人人皆知且十分关心的热门学科。

## 1.2 因特网概述

### 1.2.1 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。网络中的结点可以是计算机、集线器、交换机或路由器等。如图 1-1（a）所示给出了一个具有四个结点和三条链路的网络。我们看到，有三台计算机通过三条链路连接到一个集线器上，构成了一个简单的网络。在很多情况下，我们可以用一朵云表示一个网络。这样做的好处是可以不去关心网络中的细节问题，因而可以集中精力研究涉及与网络互连有关的一些问题。



(a) 简单的网络

(b) 简单网络构成的互联网

图 1-1 网络

网络和网络还可以通过路由器互连起来，这样就构成了一个覆盖范围更大的网络，即互联网(或互联网)，如图 1-1(b)所示。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)。一般地，大家习惯把连接在因特网上的计算机都称为主机(host)。因特网也常常用一朵云来表示，如图 1-2 所示表示许多主机连接在因特网上。这种表示方法是把主机画在网络的外边，而网络内部的细节(即路由器怎样把许多网络连接起来)往往就省略了。

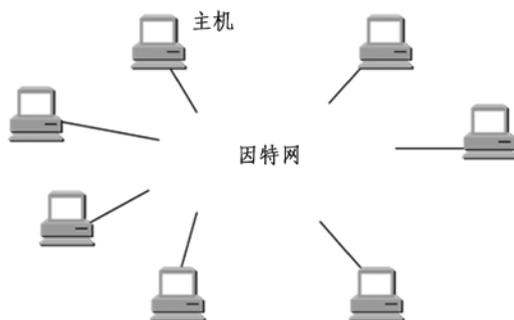


图 1-2 因特网与主机相连

那么，可以先建立这样的基本概念：网络把许多计算机连接在一起，而因特网则把许多网络连接在一起。需要说明的是，网络互连并不是把计算机仅仅简单地在物理上连接起来，因为这样做并不能达到计算机之间相互交换信息的目的，还必须在计算机上安装许多使计算机能够交换信息的软件才行。因此当我们谈到网络互联时，就隐含地表示在这些计算机上已经安装了适当的软件，因而在计算机之间可以通过网络交换信息。

### 1.2.2 因特网发展的三个阶段

因特网的基础结构大体上经历了三个阶段的演进。这三个阶段在时间划分上并非截然分开而是有部分重叠的，因为网络的演进是逐渐变化的。

第一阶段是从单个网络 ARPANET 向互联网发展的过程。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）。

特别说明以下两个词语的意思 internet 和 Internet，虽然只有一个字母不同，但是意思却相差很大。以小写字母 i 开始的 internet（互联网或互连网）是一个通用名词，它泛指由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（即通信规则）可以是任意的。以大写字母 I 开始的 Internet（因特网）则是一个专用名词，它指当前全球最大的、开放的、由众多网络相互连接而成的特定计算机网络，它采用 TCP/IP 协议族作为通信的规则，且其前身是美国的 ARPANET。

第二阶段的特点是建成了三级结构的因特网。从 1985 年起，美国国家科学基金会 NSF（National Science Foundation）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，并且成为因特网中的主要组成部分。

第三阶段的特点是逐渐形成了多层次 ISP 结构的因特网。从 1993 年开始，由美国政府资助的 NSFNET 逐渐被若干个商用的因特网主干网替代，这样就出现了一个新的名词：因特网服务提供者 ISP（Internet Service Provider）。在许多情况下，ISP 又常译为因特网服务提供商。如图 1-3 所示说明了用户上网与 ISP 的关系。

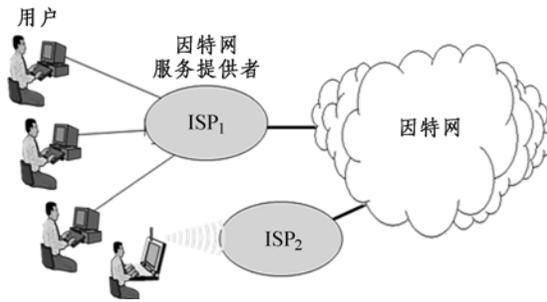


图 1-3 用户通过 ISP 接入因特网

如图 1-4 所示是具有三层 ISP 结构的因特网的概念示意图，但这种示意图并不表示各 ISP 的地理位置关系。

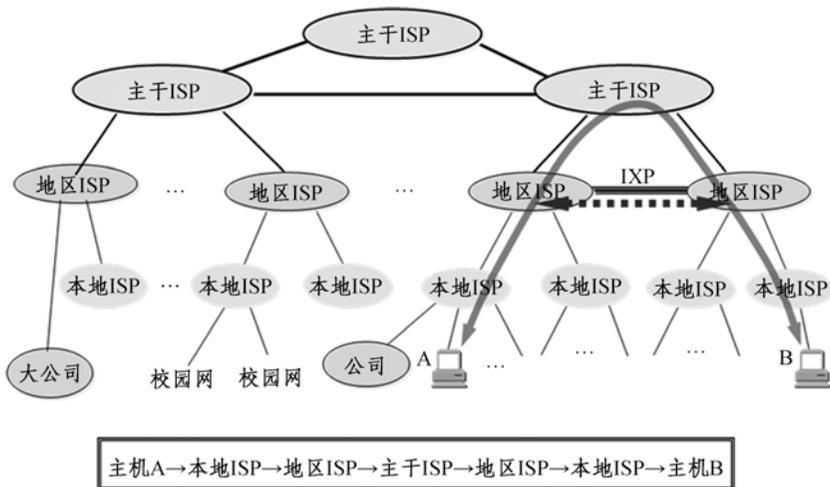


图 1-4 基于 ISP 的多层结构的因特网的概念示意图

在图中，最高级别的第一层 ISP 的服务面积最大（一般都能够覆盖国家范围），并且还拥有高速主干网。第二层 ISP 和一些大公司都是第一层 ISP 的用户。第三层 ISP 又称为本地 ISP，它们是第二层 ISP 的用户，且只拥有本地范围的网络。一般的校园网或企业网以及拨号上网的用户都是第三层 ISP 的用户。

从图 1-4 可看出，因特网逐渐演变成基于 ISP 和 NAP 的多层次结构网络。但今日的因

特网由于规模太大，已经很难对整个网络结构给出细致的描述。但下面这种情况是经常遇到的，就是相隔较远的两个主机的通信可能需要经过多个 ISP (如图 1-4 中的灰色粗线表示主机 A 要经过许多不同层次的 ISP 才能把数据传送到主机 B)。因此，当主机 A 和另一个主机 B 通过因特网进行通信时，实际上也就是它们通过许多中间的 ISP 进行通信。

因特网的迅猛发展始于 20 世纪 90 年代。由欧洲原子核研究组织 CERN 开发的万维网 WWW (World Wide Web) 被广泛使用在因特网上，大大方便了广大非网络专业人员对网络的使用，成为因特网的这种指数级增长的主要驱动力。

### 1.2.3 因特网的标准化工作

1992 年，因特网相关机构成立了一个国际性组织，叫作因特网协会 (Internet Society, ISOC)，对因特网进行全面管理，因特网不再归美国政府管辖。ISOC 不仅全面管理因特网，还在世界范围内促进其发展和使用，在 ISOC 下面还专门设立了因特网体系结构委员会，负责管理因特网有关协议的开发。

所有的因特网标准都是以 RFC 的形式在因特网上发表。RFC (Request For Comments) 的意思就是“请求评论”。所有的 RFC 文档都可从因特网上免费下载。但需要说明的是，并非所有的 RFC 文档都是因特网标准，只有一小部分 RFC 文档最后才能变成因特网标准。

## 1.3 因特网的组成

因特网的拓扑结构虽然非常复杂，并且在地理上覆盖了全球，但从其工作方式上看，可以划分为以下两大块，如图 1-5 所示给出了这两部分的示意图。

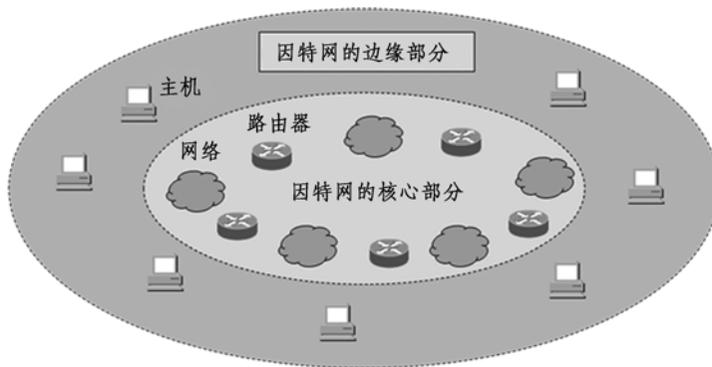


图 1-5 因特网边缘部分和核心部分示意图

(1) 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，用来进行通信（传送数据、音频或视频）和资源共享。

(2) 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）。

### 1.3.1 因特网的边缘部分

因特网的边缘部分就是连接在因特网上的所有主机；也可以把这些主机称为端系统，即因特网的末端。端系统在功能上可能有很大的差别，端系统可以是一台普通个人计算机，是很小的掌上计算机，也可以是一台非常昂贵的大型计算机等。那么相应的端系统的拥有者可以是个人，也可以是学校、企业、政府机关等，当然端系统也可以是某个 ISP，因为 ISP 不仅仅是向端系统提供服务，它也可以拥有一些端系统。边缘部分是利用因特网的核心部分所提供的服务，使众多主机之间能够互相通信并交换或共享信息。

计算机之间的通信，假设有主机 A 和主机 B，主机 A 和主机 B 进行通信是指“主机 A 的某个进程和主机 B 上的另一个进程进行通信”，由于“进程”就是“运行着的程序”，所以这个

说法的实质是指“运行在主机 A 上的某个程序和运行在主机 B 上的另一个程序进行通信”。

在网络边缘的端系统中运行的程序之间的通信方式通常可划分为两大类：客户服务器方式 ( C/S 方式 ) 和对等方式 ( P2P 方式 )。

### 1. 客户服务器方式

这种方式在因特网上是最常用的，也是传统的方式。在网上发送电子邮件或在网站上查找资料时，都是使用客户服务器方式 ( 也可以写为客户-服务器方式或客户/服务器方式 )。客户服务器方式可以使两个应用进程能够进行通信。

客户 ( client ) 和服务器 ( server ) 都是指通信中所涉及的两个应用进程，客户服务器方式所描述的是进程之间服务和被服务的关系。在图 1-6 中，主机 A 运行客户程序而主机 B 运行服务器程序。

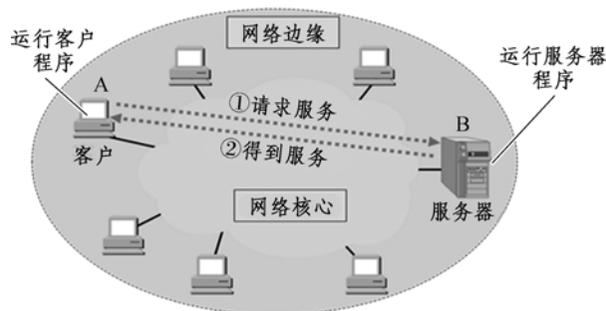


图 1-6 客户服务器工作方式

在实际应用中，客户程序和服务器程序通常具有的主要特点是：在客户程序中，被用户调用后运行，在通信时主动向远地服务器发起通信 ( 请求服务 )。因此，客户程序必须知道服务器程序的地址。同时客户程序中不需要特殊的硬件和很复杂的操作系统。

## 2. 对等连接方式

对等连接 ( peer-to-peer , P2P ) 是指两个主机在通信时并不区分哪一个是服务请求方还是服务提供方。只要两个主机都运行了对等连接软件 ( P2P 软件 ) , 它们就可以进行平等的、对等连接通信。此时 , 双方都可以下载对方已经存储在硬盘中的共享文档。因此这种工作方式也称为 P2P 文件共享。对等连接工作方式可支持大量对等用户 ( 如上百万个 ) 同时工作。

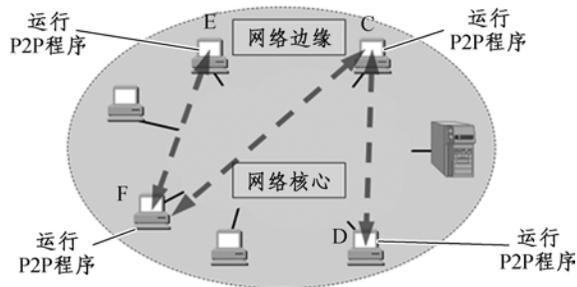


图 1-7 对等连接方式

在图 1-7 中 , 主机 C、D、E 和 F 都运行了 P2P 软件 , 这几个主机都可进行对等通信 ( 如 C 和 D、E 和 F、C 和 F )。实际上 , 对等连接方式从本质上看仍然是使用客户服务器方式 , 只是对等连接中的每一个主机既是客户又同时是服务器。在图 1-7 中 , 当主机 C 请求 D 的服务时 , C 是客户 , D 是服务器 , 而如果 C 又同时向 F 提供服务 , 那么 C 又同时起着服务器的作用。

### 1.3.2 因特网的核心部分

网络核心部分是因特网中最复杂的部分 , 因为网络中的核心部分要向网络边缘中的大量主机提供连通性 , 使边缘部分中的任何一个主机都能够向其他主机通信 , 即传送或接收各种形式的数据。

## 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。在使用电路交换打电话之前，必须先拨号建立连接。当拨号的信令通过许多交换机到达被叫用户所连接的交换机时，该交换机就向被叫用户的电话机振铃。在被叫用户摘机且摘机信令传送到主叫用户所连接的交换机后，呼叫即完成。这时，从主叫端到被叫端就建立了一条连接（物理通路）。这条连接占用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才能互相通电话。正是因为有了这个特点，电路交换对端到端的通信质量有可靠的保证。通话完毕挂机后，挂机信令告诉这些交换机，使交换机释放刚才使用的这条物理通路（即归还刚才占用的所有通信资源）。必须经过“建立连接占用通信资源，然后一直占用通信资源进行通话，最后在释放连接、归还通信资源这三个步骤的交换方式称为电路交换气。

## 2. 分组交换的主要特点

分组交换是采用存储转发技术。通常把要发送的整块数据称为一个报文（message）。在发送报文之前，先把较长的报文划分成一个个更小的等长数据段，例如，每个数据段为1024 bit。在每一个数据段前面，加上一些必要的控制信息组成的首部（header）后，就构成了一个分组（packet）。分组又称为“包”，而分组的首部也可称为“包头”。分组是在因特网中传送的数据单元。分组中的“首部”是非常重要的，正是由于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，每一个分组才能在因特网中独立地选择传输路径。

因特网的核心部分中的路由器转发分组的过程时，往往把单个的网络简化成一条链路，

而路由器成为核心部分的结点，如图 1-8 所示，在转发分组时最重要的就是要知道路由器之间是怎样连接起来的。

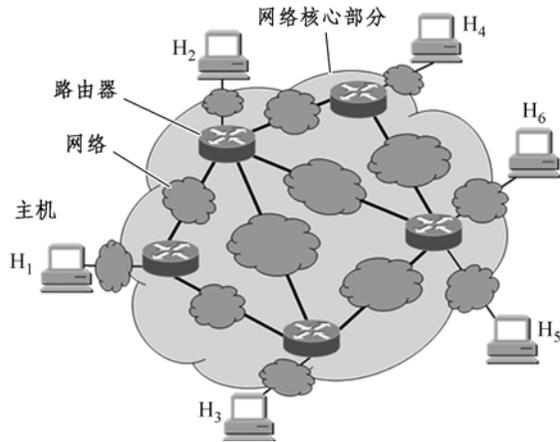


图 1-8 核心部分的网络可以简化成一条链路

在图 1-8 中，主机 H<sub>1</sub> 向主机 H<sub>5</sub> 发送数据。主机 H<sub>1</sub> 先将分组逐个地发往与它直接相连的路由器 A。路由器 A 把主机 H<sub>1</sub> 发来的分组放入缓存。如果此时从路由器 A 的转发表中查出应把该分组转发到链路 A-C，于是分组就传送到路由器 C，路由器 C 继续按上述方式查找转发表，假定查出应转发到路由器 E。当分组到达路由器 E 后，路由器 E 就最后把分组直接交给主机 H<sub>5</sub>。当然在这个过程中，如果链路 A-C 的通信量太大，那么路由器 A 可以把分组沿另一个路由转发到路由器 B，再转发到路由器 E，最后把分组送到主机 H<sub>5</sub>。

分组在传输时就这样一段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。在网络中可以同时有多个主机进行通信，除了正在进行分组信息传送的链路，其他通信链路都不被目前通信的双方所占用，而且即使是当前链路也只是当分组正在此链路上传送时才被占用，在各分组传送之间的空闲时间，链路仍可

为其他主机发送的分组使用。

三种交换方式在数据传送阶段的主要特点是：

电路交换——整个报文的比特流连续地从源点直达终点，好像在一个管道中传送。

报文交换——整个报文先传送到相邻结点，全部存储下来后查找转发表，转发到下一个结点。

分组交换——单个分组( 整个报文的一部分 )传送到相邻结点，存储下来后查找转发表，转发到下一个结点。

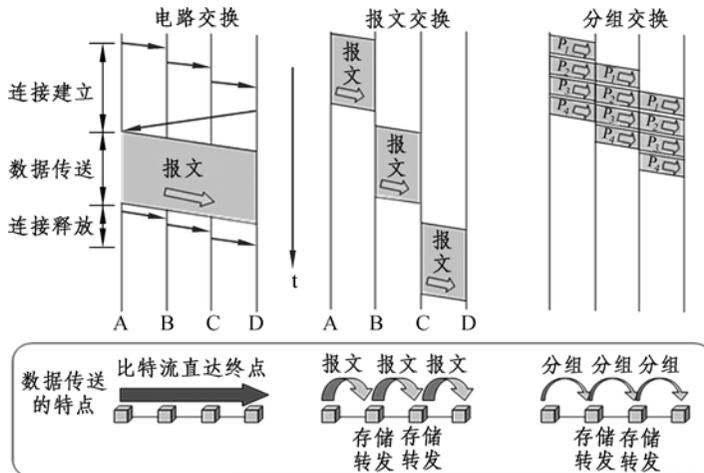


图 1-9 三种交换的比较

如图 1-9 所示，图中的 A 和 D 分别是源点和终点，而 B 和 C 是在 A 和 D 之间的中间结点。从图 1-9 可看出，若要连续传送大量的数据，且其传送时间远大于连接建立时间，则电路交换的传输速率较快。报文交换和分组交换不需要预先分配传输带宽，在传送突发数据时可提高整个网络的信道利用率。由于一个分组的长度往往远小于整个报文的长度，因此分组交换比报文交换的时延小，同时也具有更好的灵活性。

## 1.4 计算机网络在我国的发展

在我国，最早着手建设专用计算机广域网的是铁道部（现改为中国铁路总公司）。铁道部在 1980 年即开始进行计算机联网实验。1989 年 11 月我国第一个公用分组交换网 CNPAC 建成运行。

这里应当特别提到的是，1994 年 4 月 20 日我国用 64 kb/s 专线正式联入因特网。从此，我国被国际上正式承认为接入因特网的国家。同年 5 月，中国科学院高能物理研究所设立了我国第一个万维网服务器。同年 9 月，中国公用计算机互联网 CHINANET 正式启动。

基于因特网技术的计算机网络发展得非常快，几乎每个月都有新的发展。

## 1.5 计算机网络的类别

### 1.5.1 计算机网络的定义

计算机网络的最简单的定义是：一些互相连接的、自治的计算机的集合。

最简单的计算机网络就只有两台计算机和连接它们的一条链路，即两个结点和一条链路。因为没有第三台计算机，因此不存在交换的问题。

### 1.5.2 网络的分类

#### 1. 不同作用范围的网络

(1) 广域网 WAN ( Wide Area Network )。广域网的作用范围通常为几十到几千千米，因而有时也称为远程网。

(2) 城域网 MAN ( Metropolitan Area Network )。城域网的作用范围一般是一个城市，

可跨越几个街区甚至整个城市，其作用距离约为 550 km。

(3) 局域网 LAN ( Local Area Network )。局域网一般用微型计算机或工作站通过高速通信线路相连 ( 速率通常在 10 Mb/s 以上 )，但地理上则局限在较小的范围 ( 如 1 km 左右 )。

(4) 个人区域网 PAN ( Personal Area Network )。个人区域网就是在个人工作地方把属于个人使用的电子设备 ( 如便携式计算机等 ) 用无线技术连接起来的网络，因此也常称为无线个人区域网 WPAN ( Wireless PAN )，其范围大约在 10 m。

## 2. 不同使用者的网络

(1) 公用网 ( public network )。这是指电信公司 ( 国有或私有 ) 出资建造的大型网络。“公用”的意思就是所有愿意按电信公司的规定交纳费用的人都可以使用这种网络。因此公用网也可称为公众网。

(2) 专用网 ( private network )。这是某个部门为本单位的特殊业务工作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。例如，军队、铁路、电力等系统均有本系统的专用网。

## 3. 把用户接入到因特网的网络

把用户接入到因特网的网络就是接入网 AN ( Access Network )，它又称为本地接入网或居民接入网。这是一类比较特殊的计算机网络。由于从用户家中接入到因特网可以使用的技术有许多种，因此就出现了可以使用多种接入网技术连接到因特网的情况。接入网本身既不属于因特网的核心部分，也不属于因特网的边缘部分。实际上，由 ISP 提供的接入网

只是起到让用户能够与因特网连接的“桥梁”作用。在因特网发展初期，用户多用电话线拨号接入因特网，速率很低（每秒几千比特到几十千比特），因此那时并没有使用接入网这个词。现在，由于出现了多种宽带接入技术，宽带接入网才成为因特网领域中的一个热门课题。

## 1.6 计算机网络的性能

计算机网络的性能一般是指它的几个重要的性能指标。除了这些重要的性能指标外，还有一些非性能特征( nonperformance characteristics )也对计算机网络的性能有很大的影响。

### 1. 速率

计算机发送出的信号都是数字形式的，比特 ( bit ) 是计算机中数据量的单位，它也是信息论中使用的信息量的单位。网络技术中的速率指的是连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送数据的速率，称为数据率或比特率。速率是计算机网络中最重要的一个性能指标。速率的单位是 b/s ( 比特每秒，或 bit/s )。当数据率较高时，就可以用 kb/s (  $k=10^3=$  千 )、Mb/s (  $M=10^6=$  兆 )、Gb/s (  $G=10^9=$  吉 ) 或 T/s (  $T=10^{12}=$  太 )。通常人们常用更简单的并且是很不严格的记法来描述网络的速率，如 100 M 以太网，而省略了单位中的 b/s，它的意思是速率为 100 Mb/s 的以太网。

### 2. 带宽

“带宽”( band width ) 有以下两种不同的意义：

( 1 ) 带宽本来是指某个信号具有的频带宽度。信号的带宽是指该信号所包含的各种不

同频率成分所占据的频率范围。

(2) 在计算机网络中，带宽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”，一般提到“带宽”时，主要是指这个意思，此时带宽的单位是“比特每秒”，记为 b/s。在这种单位的前面也常常加上千 (k)、兆 (M)、吉 (G) 或太 (T) 这样的倍数。

### 3. 吞吐量

吞吐量 (through put) 表示在单位时间内通过某个网络 (或信道、接口) 的数据量。吞吐量更经常地用于对现实世界中的网络的一种测量，以便知道实际上到底有多少数据量能够通过网络。显然，吞吐量受网络的带宽或网络的额定速率的限制。

### 4. 时延

时延 (delay 或 latency) 是指数据 (一个报文或分组，甚至比特) 从网络 (或链路) 的一端传送到另一端所需的时间。时延是个很重要的性能指标，它有时也称为延迟或迟延。

### 5. 时延带宽积

网络性能的两个度量：传播时延和带宽，将这两个度量相乘，就得到另一个很有用的度量——传播时延带宽积。

时延带宽积 = 传播时延 × 带宽

以图 1-10 所示的示意图来表示时延带宽积。这是一个代表链路的圆柱形管道，管道的长度是链路的传播时延，以时间作为单位来表示链路长度，而管道的截面面积是链路的带

宽。那么时延带宽积就表示这个管道的体积，表示这样的链路可容纳多少个比特。例如，设某段链路的传播时延为 20 ms，带宽为 10 Mb/s。算出时延带宽积 =  $20 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^6 = 2 \times 10^5$  bit。这就表示，若发送端连续发送数据，则在发送的第一个比特即将达到终点时，发送端就已经发送了 20 万个比特，而这 20 万个比特都正在链路上向前移动。因此，链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度。



图 1-10 链路像一条主心管道

从图 1-10 中可以看出，管道中的比特数表示从发送端发出的但尚未达到接收端的比特。对于一条正在传送数据的链路，只有在代表链路的管道都充满比特时，链路才得到充分利用。

## 6. 往返时间 RTT

在计算机网络中，往返时间 RTT (Round-Trip Time) 也是一个重要的性能指标，它表示从发送方发送数据开始，到发送方收到来自接收方的确认，总共经历的时间。在互联网中，往返时间还包括各中间结点的处理时延、排队时延以及转发数据时的发送时延。

## 7. 利用率

利用率有信道利用率和网络利用率两种。信道利用率指出某信道有百分之几的时间是被利用的，也就是有数据通过。完全空闲的信道的利用率是零。网络利用率则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。这是因为，根据排队论的理论，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。这和高速公路的情况有些相似。当高速公路上的车流量很大时，由于在公路上的某些地方会出现堵塞，因此行车所需的时间就会增大。网络也有类似的情况。当网络的通信量很少时，网络产生的时延并不大。但在网络通信量不断增大的情况下，由于分组在网络结点（路由器或结点交换机）进行处理时需要排队等候，因此网络引起的时延就会增大。如果令  $D_0$  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  $U$  之间的关系：

$$D = \frac{D_0}{1-U}$$

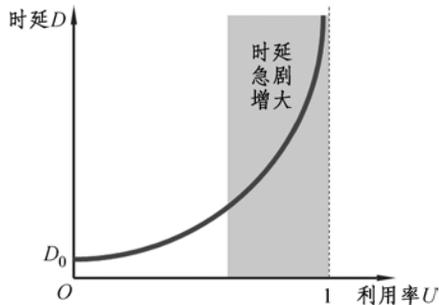


图 1-11 时延与利用率的关系

这里  $U$  是网络的利用率，数值在 0 到 1 之间。当网络的利用率达到其容量的  $1/2$  时，时延就要加倍。特别值得注意的就是：当网络的利用率接近最大值 1 时，网络的时延就趋于无穷大。因此，信道或网络利用率过高会产生非常大的时延。图 1-11 给出了上述概念的示意图。因此一些拥有较大主干网的 ISP 通常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。

### 1.6.2 计算机网络的非性能特征

计算机网络还有一些非性能特征也很重要。这些非性能特征与前面介绍的性能指标有很大的关系。

### 1. 费用

网络的价格（包括设计和实现的费用）总是必须考虑的，因为网络的性能与其价格密切相关。一般来说，网络的速率越高，其价格也越高。

### 2. 质量

网络的质量取决于网络中所有构件的质量，以及这些构件是怎样组成网络的。网络的质量影响到很多方面，如网络的可靠性与网络管理的简易性。但网络的性能与网络的质量并不是一回事。例如，有些性能也还可以的网络，运行一段时间后就出现了故障，变得无法再继续工作，说明其质量不好。高质量的网络往往价格也较高。

### 3. 标准化

网络的硬件和软件的设计既可以按照通用的国际标准，也可以遵循特定的专用网络标准。最好采用国际标准的设计，这样可以得到更好的操作性，更易于升级换代和维修，也更容易得到技术上的支持。

### 4. 可靠性

可靠性与网络的质量和性能都有密切关系。速率更高的网络的可靠性不一定会更差。但速率更高的网络要可靠地运行，则往往更加困难，同时所需的费用也会较高。

### 5. 可扩展性和可升级性