

第 1 章 概 述

本章是全书的概要。在本章的开始，先介绍计算机网络在信息时代的作用。接着对互联网进行了概述，包括互联网发展的三个阶段以及今后的发展趋势。然后，讨论了互联网的组成，指出互联网的边缘部分和核心部分的重要区别。在简单介绍了计算机网络在我国的发展以及计算机网络的类别后，讨论计算机网络的性能指标。最后，论述整个课程都要用到的重要概念——计算机网络的体系结构。

本章最重要的内容是：

(1) 互联网的边缘部分和核心部分的作用，这里面包含分组交换的概念。

(2) 计算机网络的主要性能指标。

(3) 计算机网络分层次的体系结构，包含协议和服务的概念。这部分内容比较抽象。在没有了解具体的计算机网络之前，很难一下子就完全掌握这些很抽象的概念。但这些抽象的概念又能够指导后续的学习，因此也必须先从这些概念学起。建议读者在学习到后续章节时，经常再复习一下本章中的基本概念。这对掌握好整个计算机网络的概念是有益的。

1.1 计算机网络在信息时代中的作用

我们知道，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**。要实现信息化就必须依靠完善的网络，因为网络可以非常迅速地传递信息。因此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。网络对社会生活的很多方面以及对社会经济的发展已经产生了不可估量的影响。

有三大类大家很熟悉的网络，即**电信网络、有线电视网络和计算机网络**。按照最初的服务分工，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。计算机网络则使用户能够在计算机之间传送数据文件。这三种网络在信息化过程中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则是计算机网络，而这正是本书所要讨论的内容。

随着技术的发展，电信网络和有线电视网络都逐渐融入了现代计算机网络的技术，扩大了原有的服务范围，而计算机网络也能够向用户提供电话通信、视频通信以及传送视频节目的服务。从理论上讲，把上述三种网络融合成一种网络就能够提供所有的上述服务，这就是很早以前就提出来的“**三网融合**”。然而事实上并不如此简单，因为这涉及到各方面的经济利益和行政管辖权的问题。

自从 20 世纪 90 年代以后，以 **Internet** 为代表的计算机网络得到了飞速的发展，已从最初的仅供美国人使用的免费教育科研网络，逐步发展成为供全球使用的商业网络（有偿使用），成为全球最大的和最重要的计算机网络。可以毫不夸大地说，**Internet** 是人类自印刷术发明以来在存储和交换信息的领域中的最大变革。

Internet 的中文译名并不统一。现有的 **Internet** 译名有两种：

(1) **因特网**，这个译名是全国科学技术名词审定委员会推荐的。然而实际上，因特网这个较为准确的译名，却长期未得到推广。本书的前几版都采用因特网这个译名。

(2) **互联网**，这是目前流行最广的、事实上的标准译名。现在我国的各种报刊杂志、政府

文件以及电视节目中都使用这个译名。由于 Internet 是由数量极大的各种计算机网络互连起来的，因此采用互联网这个译名能够体现出 Internet 最主要的特征。本书从第 3 版开始，改用“互联网”作为 Internet 的译名。

也有些人直接使用英文名词 Internet，而不使用中文译名。但编者认为，在中文教科书中，常用的重要名词应当使用中文的。当然，对国际通用的英文缩写词，我们还是要尽量多使用。例如，直接使用更简洁的“TCP”，比使用冗长的中文译名“传输控制协议”要方便得多。这样做也更加便于阅读外文技术资料。

曾有人把 Internet 译为国际互联网。其实互联网本来就是覆盖全球的，因此“国际”二字显然是多余的。

对于仅在局部范围互连起来的计算机网络，只能称之为互连网，而不是互联网。

有时，我们往往使用更加简洁的方式表示互联网，这就是只用一个“网”字。例如，“上网”就是表示使用某个电子设备连接到互联网，而不是连接到其他的网络上。还有如网民、网吧、网银（网上银行）、网购（网上购物），等等。这里的“网”，一般都不是指电信网或有线电视网，而是指当今世界上最大的计算机网络 Internet——互联网。

那么，什么是互联网呢？很难用几句话说明清楚。但我们可以从两个不同的方面来认识互联网。这就是互联网的应用和互联网的工作原理。

绝大多数人认识互联网都是从接触互联网的应用开始的。现在小孩就会上网玩游戏，看网上视频，或和朋友在微信上聊天。而更多的成年人则经常在互联网上搜索和查阅各种信息。现在人们经常利用互联网的电子邮件相互通信（包括传送各种照片和视频文件），这就使得传统的邮政信函的业务量大大减少。在互联网上购买各种物品，既方便又经济实惠，改变了必须到商店购物的方式。在互联网上购买机票或火车票，可以节省大量排队的时间，极大地方便了旅客。在金融方面，利用互联网进行转账或买卖股票等交易，都可以节省大量时间。需要注意的是，互联网的应用并不是固定不变的，而是不断会有新的应用出现。本书无法详细地介绍互联网的各种应用，这需要有另一本专门的书。

从应用这个方面认识互联网的门槛较低，因为这不需懂得很多的互联网工作原理。现在很多小学生都能够非常熟练地使用手机上的各种应用程序（比编者要熟练得多）。但本书是大学的计算机网络教材，要着重讲解计算机网络的工作原理。通过掌握计算机网络的基本工作原理，可以使我们更好地理解互联网是怎样工作的。这就是从另一个角度来认识互联网。

互联网之所以能够向用户提供许多服务，就是因为互联网具有两个重要基本特点，即**连通性**和**共享**。

所谓**连通性(connectivity)**，就是互联网使上网用户之间，不管相距多远（例如，相距数千公里），都可以非常便捷、非常经济地（在很多情况下甚至是免费的）交换各种信息（数据，以及各种音频视频），好像这些用户终端都彼此直接连通一样。这与使用传统的电信网络有着很大的区别。我们知道，传统的电信网向用户提供的最重要的服务就是人与人之间的电话通信，因此电信网也具有连通性这个特点。但使用电信网的电话用户，往往要为此向电信网的运营商缴纳相当昂贵的费用，特别是长距离的越洋通信。但应注意，互联网具有虚拟的特点。例如，当你从互联网上收到一封电子邮件时，你可能无法准确知道对方是谁（朋友还是骗子），也无法知道发信人的地点（就在附近，还是在地球对面）。

所谓**共享**就是指**资源共享**。资源共享的含义是多方面的。可以是信息共享、软件共享，也可以是硬件共享。例如，互联网上有许多服务器（就是一种专用的计算机）存储了大量有价值的电子文档（包括音频和视频文件），可供上网的用户很方便地读取或下载（无偿或有偿）。由于网络的存在，这些资源好像就在用户身边一样地方便使用。

现在人们的生活、工作、学习和交往都已离不开互联网。设想一下，在某一天我们所在城市的互联网都突然瘫痪不能工作了。这会出现什么结果呢？这时，我们将无法购买机票或火车票，因为在售票处无法通过互联网得知目前还有多少余票可供出售；我们也无法到银行存钱或取钱，无法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。互联网瘫痪后，我们既不能上网查询有关的资料，也无法使用电子邮件和朋友及时交流信息，网上购物也将完全停顿。总之，这样的城市将会是一片混乱。由此还可看出，人们的生活越是依赖于互联网，互联网的可靠性也就越重要。现在互联网已经成为社会最为重要的基础设施。

互联网现在可以向广大用户提供休闲娱乐的服务，如各种音频和视频节目。上网的用户可以利用鼠标随时点击各种在线节目。互联网还可进行一对一或多对多的网上聊天（文字的、声音的或包括视频的交流），使人们的社交方式发生了重大的变化。

现在常常可以看到一种新的提法，即“互联网+”。它的意思就是“互联网+各个传统行业”，因此可以利用信息通信技术和互联网平台来创造新的发展生态。实际上“互联网+”代表一种新的经济形态，其特点就是把互联网的创新成果深度融合于经济社会各领域之中，这就大大地提升了实体经济的创新力和生产力。我们也必须看到互联网的各种应用对各行各业的巨大冲击。例如，电子邮件迫使传统的电报业务退出市场。网络电话的普及使得传统的长途电话（尤其是国际长途电话）的通信量急剧下降。对日用商品快捷方便的网购造成了不少实体商店的停业。原来必须排长队购买火车票的网点已被非常方便的网购所替代。网络叫车对出租车行业的巨大冲击，使得政府必须及时制定出合理的法规来解决出现的问题。这些例子说明了互联网应用已对整个社会的各领域产生了多么大的影响。

互联网也给人们带来了一些负面影响。有人肆意利用互联网传播计算机病毒，破坏互联网上数据的正常传送和交换；有的犯罪分子甚至利用互联网窃取国家机密和盗窃银行或储户的钱财；网上欺诈或在网上肆意散布谣言、不良信息和播放不健康的视频节目也时有发生；有的青少年弃学而沉溺于网吧的网络游戏中；等等。

虽然如此，但互联网的负面影响毕竟还是次要的。随着对互联网的管理的加强，我们可以使互联网给社会带来正面积极的作用成为互联网的主流。

由于互联网已经成为世界上最大的计算机网络，因此下面我们先介绍互联网概述，包括互联网的主要构件，这样就可以对计算机网络有一个最初步的了解。

1.2 互联网概述

1.2.1 网络的网络

起源于美国的互联网^①现已发展成为世界上最大的覆盖全球的计算机网络。

我们先给出关于网络、互连网、互联网（因特网）的一些最基本的概念。

请读者注意：在本书中，为了方便，下面凡是“网络”就是“计算机网络”的简称，而不是表示电信网或有线电视网。

^① 注：1994年全国自然科学名词审定委员会公布的名词中，interconnection是“互连”，interconnection network是“互连网络”，internetworking是“网际互连”。但1997年8月全国科学技术名词审定委员会在其推荐名(一)中，将internet, internetwork, interconnection network的译名均推荐为“互联网”，而在注释中说“又称互连网”，即“互联网”与“互连网”这两个名词均可使用，但请注意，“联”和“连”并不是同义字。术语“互连”一定不能用“互联”代替。“连接”也一定不能用“联接”代替。

计算机网络（简称为网络）由若干结点(node)^①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（在后续的两章我们将会介绍集线器、交换机和路由器等设备的作用）。图 1-1(a)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，构成了一个简单的计算机网络（简称为网络）。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相当复杂的细节问题，因而可以集中精力研究涉及到与网络互连有关的一些问题。

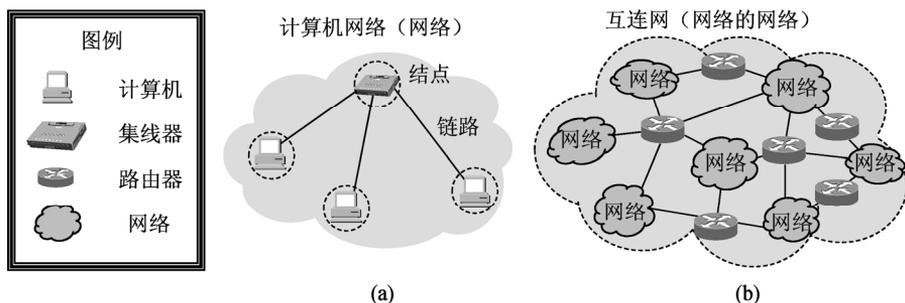


图 1-1 简单的网络(a)和由网络构成的互连网(b)

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(internetwork 或 internet)，如图 1-1(b)所示。因此互连网是“网络的网络”(network of networks)。

请读者注意，当我们使用一朵云来表示网络时，可能会有两种不同的情况。一种情况如图 1-1 所示，用云表示的网络已经包含了和网络相连的计算机。但有时为了讨论问题的方便（例如，要讨论几个计算机之间如何进行通信），也可以把有关的计算机画在云的外面，如图 1-2 所示。习惯上，与网络相连的计算机常称为主机(host)。这样，用云表示的互连网里面就只剩下许多路由器和连接这些路由器的链路了。

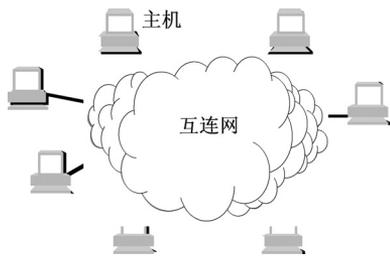


图 1-2 互连网与所连接的主机

这样，我们初步建立了下面的基本概念：

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路由器连接在一起。与网络相连的计算机常称为主机。

还有一点也必须注意，就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能够相互交换信息的目的。我们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连时，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。

现在使用智能手机上网已非常普遍。由于智能手机中有中央处理机 CPU，因此也可以把连接在计算机网络上的智能手机称之为主机。实际上，智能手机已经不是一个单一功能的机器，它既是电话机，也是计算机、照相机、摄像机、电视机等集多种功能于一体的设备。

1.2.2 互联网基础结构发展的三个阶段

互联网的基础结构大体上经历了三个阶段的演进。但这三个阶段在时间划分上并非截然分

① 注：根据《计算机科学技术名词》第 112 页，名词 node 的标准译名是：节点 08.078，结点 12.023。再查一下 12.023 这一节是计算机网络，因此，在计算机网络领域，node 显然应当译为结点，而不是节点。在网络领域中，很多人宁愿使用不太准确的“节点”，也不愿使用标准译名“结点”。

开而是有部分重叠的，这是因为网络的演进是逐渐的，而并非在某个日期发生了突变。

第一阶段是从单个网络 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仅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（如分组无线电网络）互连的技术，这就导致互连网络的出现。这就成为现今互联网 (Internet) 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。

请读者注意以下两个意思相差很大的名词 internet 和 Internet:

以小写字母 i 开始的 **internet** (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计算机网络。在这些网络之间的通信协议（即通信规则）可以任意选择，不一定非要使用 TCP/IP 协议。

以大写字母 I 开始的 **Internet** (互联网，或因特网) 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。

可见，任意把几个计算机网络互连起来（不管采用什么协议），并能够相互通信，这样构成的是一个互连网(internet)，而不是互联网(Internet)。

第二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 (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，并且成为互联网中的主要组成部分。1991 年，NSF 和美国的其它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。1992 年互联网上的主机超过 100 万台。1993 年互联网主干网的速率提高到 45 Mbit/s (T3 速率)。

第三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)**。在许多情况下，ISP 就是一个进行商业活动的公司，因此 ISP 又常译为**互联网服务提供商**。例如，中国电信、中国联通和中国移动等公司都是我国最有名的 ISP。

ISP 可以从互联网管理机构申请到很多 IP 地址（互联网上的主机都必须有 IP 地址才能上网，这一概念我们将在第 4 章的 4.2 节详细讨论），同时拥有通信线路（大 ISP 自己建造通信线路，小 ISP 则向电信公司租用通信线路）以及路由器等连网设备，因此任何机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。所谓“上网”就是指“（通过某 ISP 获得的 IP 地址）接入到互联网”。IP 地址的管理机构不会把一个单独的 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 地址数目的不同，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（一般都能够覆盖国家范围），并且还拥有高速主干网（例如 10 Gbit/s 或更高）。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 给用户直接的服务（这些用户有时也称为端用户，强调是末端的用户）。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（如学院或大学）。本地 ISP 可以与地区 ISP 或主干 ISP 连接。

图 1-3 是具有三层 ISP 结构的互联网的概念示意图，但这种示意图并不表示各 ISP 的地理位置关系。图中给出了主机 A 经过许多不同层次的 ISP 与主机 B 通信的示意图。

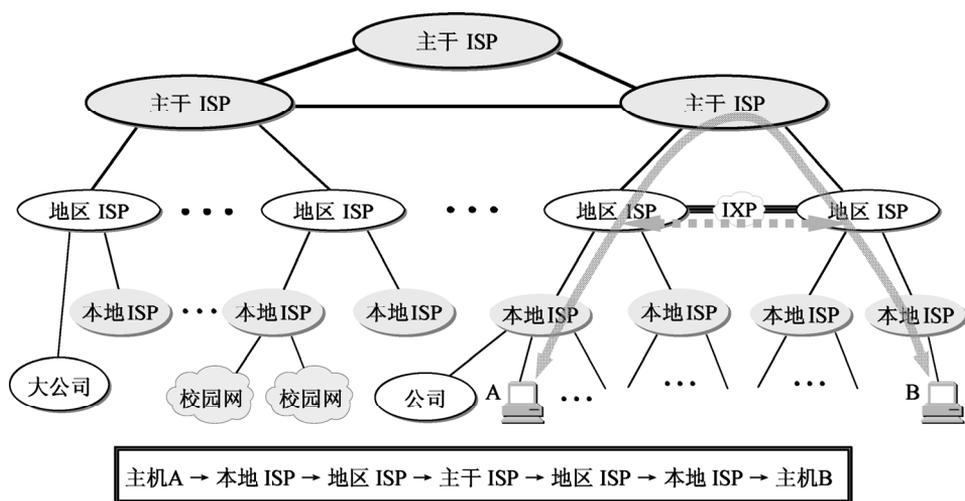


图 1-3 基于 ISP 的多层结构的互联网的概念示意图

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，那么在相互连接的 ISP 的共同合作下，就可以完成互联网中的所有分组转发任务。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。例如，在图 1-3 中右方的两个地区 ISP 通过一个 IXP 连接起来了。这样，主机 A 和主机 B 交换分组时，就不必再经过最上层的主干 ISP，而是直接在两个地区 ISP 之间用高速链路对等地交换分组。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。

互联网已经成为世界上规模最大和增长速率最快的计算机网络，没有人能够准确说出互联网究竟有多大。互联网的迅猛发展始于 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) 被广泛使用在互联网上，大大方便了广大非网络专业人员对网络的使用，成为互联网的这种指数级增长的主要驱动力。互联网上准确的通信量是很难估计的，但有文献介绍，互联网上的数据通信量每月约增加 10 %。图 1-4 是从 1993 年至 2016 年互联网用户数的增长情况。这里的用户是指在家中上网的人，而数据的统计时间是在每年的 7 月 1 日（正好是每年的中间），其中 2015 年和 2016 年的数据是估算的。可以看出，在 2005 年互联网的用户数超过了 10 亿，在 2010 年超过了 20 亿，而在 2014 年已接近 30 亿。

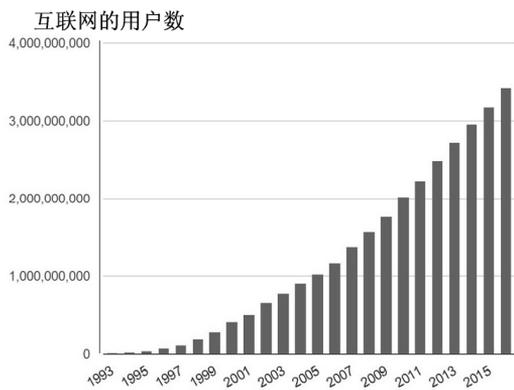


图 1-4 1993 年至 2016 年互联网用户的的增长情况

1.2.3 互联网的标准化工作

互联网的标准化工作对互联网的发展起到了非常重要的作用。我们知道，标准化工作的好坏对一种技术的发展有着很大的影响。缺乏国际标准将会使技术的发展处于比较混乱的状态，而盲目自由竞争的结果很可能形成多种技术体制并存且互不兼容的状态（如过去形成的彩电三大制式），给用户带来较大的不方便。但国际标准的制定又是一个非常复杂的问题，这里既有很多技术问题，也有很多属于非技术问题，如不同厂商之间经济利益的争夺问题等。标准制定的时机也很重要。标准制定得过早，由于技术还没有发展到成熟水平，会使技术比较陈旧的标准限制了产品的技术水平。其结果是以后不得不再次修订标准，造成浪费。反之，若标准制定得太迟，也会使技术的发展无章可循，造成产品的互不兼容，因而也会影响技术的发展。互联网在制定其标准上很有特色。其中的一个很大的特点是面向公众。互联网所有的 RFC 文档都可从互联网上免费下载，而且任何人都可以用电子邮件随时发表对某个文档的意见或建议。这种开放方式对互联网的迅速发展影响很大。

1992 年由于互联网不再归美国政府管辖，因此成立了一个国际性组织叫做互联网协会 (Internet Society, 简称为 ISOC)，以便对互联网进行全面管理以及在世界范围内促进其发展和使用。ISOC 下面有一个技术组织叫做互联网体系结构委员会 IAB (Internet Architecture Board)^①，负责管理互联网有关协议的开发。IAB 下面又设有两个工程部：

(1) 互联网工程部 IETF (Internet Engineering Task Force)

IETF 是由许多工作组 WG (Working Group) 组成的论坛 (forum)，具体工作由互联网工程指导小组 IESG (Internet Engineering Steering Group) 管理。这些工作组划分为若干个领域 (area)，每个领域集中研究某一特定的短期和中期的工程问题，主要是针对协议的开发和标准化。

(2) 互联网研究部 IRTF (Internet Research Task Force)

IRTF 是由一些研究组 RG (Research Group) 组成的论坛，具体工作由互联网研究指导小组 IRSG (Internet Research Steering Group) 管理。IRTF 的任务是研究一些需要长期考虑的问题，包括互联网的一些协议、应用、体系结构等。

① 注：最初的 IAB 中的 A 曾经代表 Activities（活动）。在一些旧的 RFC 中使用的是这个旧名词。

所有的互联网标准都是以 RFC 的形式在互联网上发表的。RFC (Request For Comments) 的意思就是“请求评论”。所有的 RFC 文档都可从互联网上免费下载。但应注意，并非所有的 RFC 文档都是互联网标准。互联网标准的制定往往要花费漫长的时间，并且是一件非常慎重的工作。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(Internet Draft) ——在这个阶段还不能算是 RFC 文档。

(2) 建议标准(Proposed Standard)——从这个阶段开始就成为 RFC 文档。

(3) 互联网标准(Internet Standard)——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。

原来从 RFC 文档成为互联网标准要经过三个阶段，即建议标准→草案标准→互联网标准。但现已简化为两个阶段，即建议标准→互联网标准。草案标准容易和互联网草案混淆。

互联网草案的有效期只有六个月。只有到了建议标准阶段才以 RFC 文档形式发表。

除了建议标准和互联网标准这三种 RFC 文档外，还有三种 RFC 文档，即历史的、实验的和提供信息的 RFC 文档。历史的 RFC 文档或者是被后来的规约所取代，或者是从未到达必要的成熟等级因而未变成为互联网标准。实验的 RFC 文档表示其工作属于正在实验的情况，而不能在任何实用的互联网服务中进行实现。提供信息的 RFC 文档包括与互联网有关的一般的、历史的或指导的信息。

1.3 互联网的组成

互联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：

(1) 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。

(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）。

图 1-5 给出了这两部分的示意图。下面分别讨论这两部分的作用和工作方式。

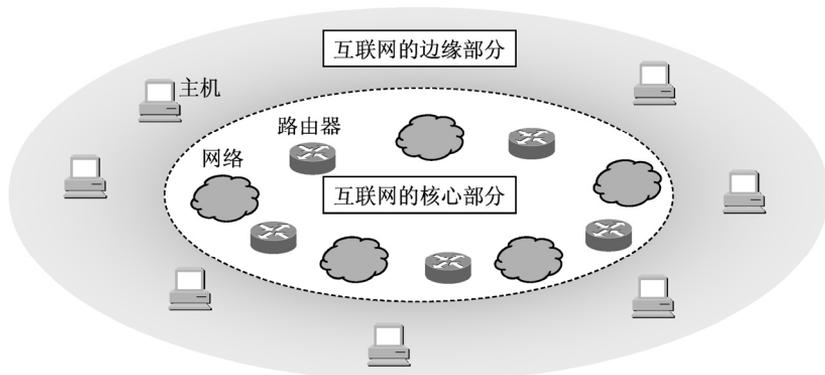


图 1-5 互联网的边缘部分与核心部分

1.3.1 互联网的边缘部分

处在互联网边缘的部分就是连接在互联网上的所有的主机。这些主机又称为端系统，“端”就是“末端”的意思（即互联网的末端）。端系统在功能上可能有很大的差别，小的端系统可以是一台普通个人电脑（包括笔记本电脑或平板电脑）和具有上网功能的手机，甚至是一个很小的网络摄像头（可监视当地的天气或交通情况，并在互联网上实时发布），而大的端系统则可以是一台非常昂贵的大型计算机。端系统的拥有者可以是个人，也可以是单位（如学校、企业、政府机关等），当然也可以是某个 ISP（即 ISP 不仅仅是向端系统提供服务，它也可以拥有一些端系统）。边缘部分利用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。

我们先要明确下面的概念。我们说：“主机 A 和主机 B 进行通信”，实际上是指：“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”。由于“进程”就是“运行着的程序”，因此这也就是指：“主机 A 的某个进程和主机 B 上的另一个进程进行通信”。这种比较严密的说法通常可以简称为“计算机之间通信”。

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-服务器方式（C/S 方式）和对等方式（P2P 方式）^①。下面分别对这两种方式进行介绍。

1. 客户-服务器方式

这种方式在互联网上是最常用的，也是传统的方式。我们在上网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（有时写为客户/服务器方式）。

我们知道，当我们打电话时，电话机的振铃声使被叫用户知道现在有一个电话呼叫。计算机通信的对象是应用层中的应用进程，显然不能用响铃的办法来通知所要找的对方的应用进程。然而采用客户-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。在这种情况下，A 是客户而 B 是服务器。客户 A 向服务器 B 发出请求服务，而服务器 B 向客户 A 提供服务。这里最主要的特征就是：

客户是服务请求方，服务器是服务提供方。

服务请求方和服务提供方都要使用网络核心部分所提供的服务。

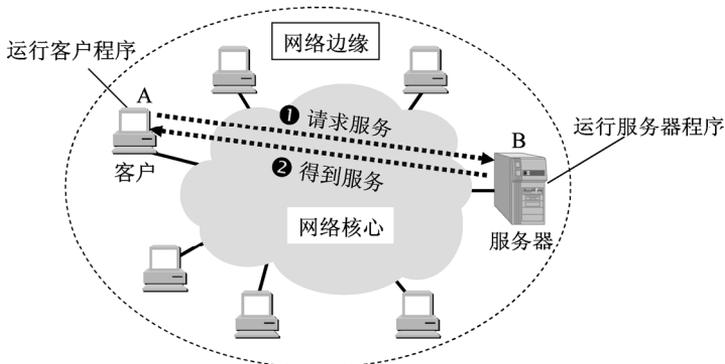


图 1-6 客户-服务器工作方式

^① 注：C/S 方式表示 Client/Server 方式，P2P 方式表示 Peer-to-Peer 方式。有时还可看到另外一种叫做浏览器-服务器方式，即 B/S 方式（Browser/Server 方式），但这仍然是 C/S 方式的一种特例。

在实际应用中，客户程序和服务器程序通常还具有以下一些主要特点。

(1) 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（请求服务）。因此，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。

(2) 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。因此，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。

客户与服务器的通信关系建立后，通信可以是双向的，客户和服务器都可发送和接收数据。

顺便要说一下，上面所说的客户和服务器本来都指的是计算机进程（软件）。使用计算机的人是计算机的“用户”（user）而不是“客户”（client）。但在许多国外文献中，经常也把运行客户程序的机器称为 client（在这种情况下也可把 client 译为“客户机”），把运行服务器程序的机器称为 server。因此我们应当根据上下文来判断 client 或 server 是指软件还是硬件。在本书中，有时为了清楚起见，我们也使用“客户端”（或“客户机”）或“服务器端”来表示“运行客户程序的机器”或“运行服务器程序的机器”。

2. 对等连接方式

对等连接（peer-to-peer，简称为 P2P。这里使用数字 2 是因为英文的 2 是 two，其读音与 to 同，因此英文的 to 常缩写为数字 2）是指两台主机在通信时并不区分哪个是服务请求方哪个是服务提供方。只要两台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。这时，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 方式。在图 1-7 中，主机 C、D、E 和 F 都运行了 P2P 软件，因此这几台主机都可进行对等通信（如 C 和 D、E 和 F，以及 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台主机既是客户又同时是服务器。例如主机 C，当 C 请求 D 的服务时，C 是客户，D 是服务器。但如果 C 又同时向 F 提供服务，那么 C 又同时起着服务器的作用。

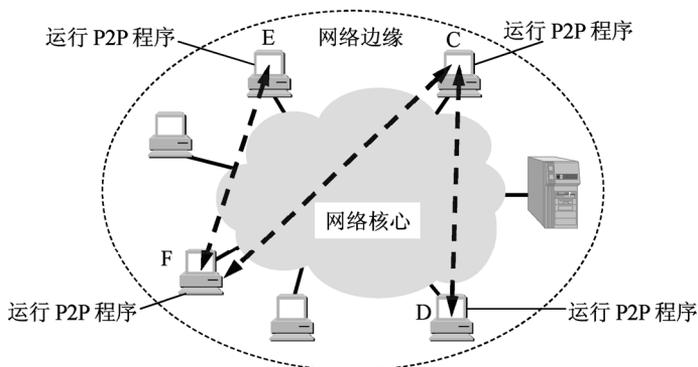


图 1-7 对等连接工作方式（P2P 方式）

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。关于这种工作方式我们将在后面第 6 章的 6.9 节进一步讨论。

1.3.2 互联网的核心部分

网络核心部分是互联网中最复杂的部分，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台主机都能够向其他主机通信。

在网络核心部分起特殊作用的是**路由器（router）**，它是一种专用计算机（但不叫做主机）。路由器是实现**分组交换（packet switching）**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。为了弄清分组交换，下面先介绍电路交换的基本概念。

1. 电路交换的主要特点

在电话问世后不久，人们就发现，要让所有的电话机都两两相连接是不现实的。图 1-8(a)表示两部电话只需要用一对电线就能够互相连接起来。但若有 5 部电话要两两相连，则需要 10 对电线，如图 1-8(b)所示。显然，若 N 部电话要两两相连，就需要 $N(N-1)/2$ 对电线。当电话机的数量很大时，这种连接方法需要的电线数量就太大了（与电话机的数量的平方成正比）。于是人们认识到，要使得每一部电话能够很方便地和另一部电话进行通信，就应当使用电话交换机将这些电话连接起来，如图 1-8(c)所示。每一部电话都连接到交换机上，而交换机使用交换的方法，让电话用户彼此之间可以很方便地通信。一百多年来，电话交换机虽然经过多次更新换代，但交换的方式一直都是**电路交换(circuit switching)**。

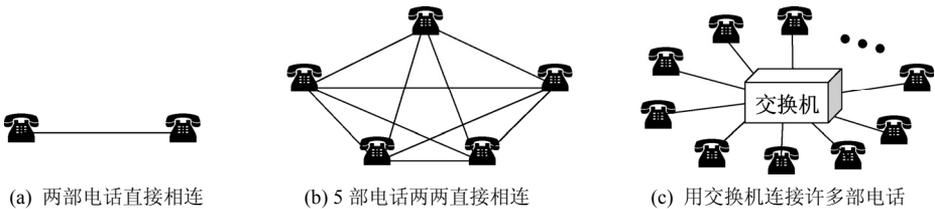


图 1-8 电话机的不同连接方法

当电话机的数量增多时，就要使用很多彼此连接起来的交换机来完成全网的交换任务。用这样的方法，就构成了覆盖全世界的电信网。

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。在使用电路交换打电话之前，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，也就是一条**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（即把刚才占用的所有通信资源归还给电信网）。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**^①。如果用户在拨号呼叫时电信网的资源已不足以支持这次的呼叫，则主叫用户会听到忙音，表示电信网不接受用户的呼叫，用户必须挂机，等待一段时间后再重新拨号。

图 1-9 为电路交换的示意图。为简单起见，图中没有区分市话交换机和长途电话交换机。应当注意的是，用户线是电话用户到所连接的市话交换机的连接线路，是用户独占的传送模拟信号的专用线路，而交换机之间拥有大量话路的中继线（这些传输线路早已都数字化了）则是许多用户共享的，正在通话的用户只占用了中继线里面的一个话路。电路交换的一个重要特点

^① 注：电路交换最初指的是连接电话机的双绞线对在交换机上进行的交换（交换机有人工的、步进的和程控的，等等）。后来随着技术的进步，采用了多路复用技术，出现了频分多路、时分多路、码分多路等，这时电路交换的概念就扩展到在双绞线、铜缆、光纤、无线媒体中多路信号中的某一路（某个频率、某个时隙、某个码序等）和另一路的交换。

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。

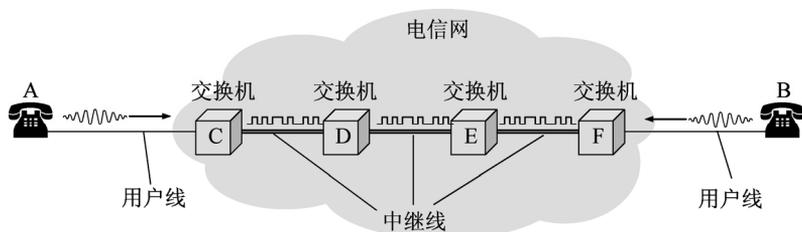


图 1-9 电路交换的用户始终占用端到端的通信资源

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是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%甚至 1%。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。例如，当用户阅读终端屏幕上的信息或用键盘输入和编辑一份文件时，或计算机正在进行处理而结果尚未返回时，宝贵的通信线路资源并未被利用而是白白被浪费了。

2. 分组交换的主要特点

分组交换则采用存储转发技术^①。图 1-10 画的是把一个报文划分为几个分组的概念。通常我们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为一个更小的等长数据段，例如，每个数据段为 1024 bit^②。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”。分组是在互联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，每一个分组才能在互联网中独立地选择传输路径，并被正确地交付到分组传输的终点。

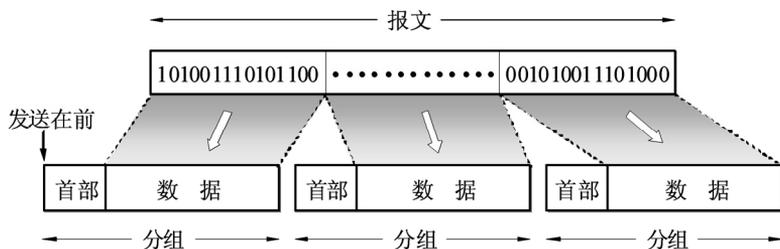


图 1-10 划分分组的概念

图 1-11(a)强调互联网的核心部分由许多网络和把它们互连起来的路由器组成，而主机处在互联网的边缘部分。在互联网核心部分的路由器之间一般都用高速链路相连接，而在网络边缘的主机接入到核心部分则通常以相对较低速率的链路相连接。

位于网络边缘的主机和位于网络核心部分的路由器都是计算机，但它们的作用却很不

^① 注：存储转发的概念最初是在 1964 年 8 月由巴兰(Baran)在美国兰德(Rand)公司的“论分布式通信”的研究报告中提出的。在 1962—1965 年，美国国防部远景研究规划局 DARPA 和英国的国家物理实验室 NPL 都在对新型的计算机通信网进行研究。1966 年 6 月，NPL 的戴维斯(Davies)首次提出“分组”(packet)这一名词。1969 年 12 月，美国的分组交换网 ARPANET（当时仅 4 个结点）投入运行。从此，计算机网络的发展就进入了一个崭新的纪元。1973 年英国国家物理实验室 NPL 也开通了分组交换试验网。现在大家都公认 ARPANET 为分组交换网之父。除英美两国外，法国也在 1973 年开通其分组交换网 CYCLADES。

^② 注：在本书中，bit 表示“比特”。在计算机领域中，bit 常译为“位”。在许多情况下，“比特”和“位”可以通用。在使用“位”作为单位时，请根据上下文特别注意是二进制的“位”还是十进制的“位”。请注意，bit 在表示信息量（比特）或信息传输速率（比特/秒）时不能译为“位”。

一样。主机是为用户进行信息处理的，并且可以和其他主机通过网络交换信息。路由器则是用来转发分组的，即进行分组交换的。路由器收到一个分组，先暂时存储一下，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（有时会经过几十个不同的路由器）以存储转发的方式，把分组传到最终的目的主机。各路由器之间必须经常交换彼此掌握的路由信息，以便创建和维持在路由器中的转发表，使得转发表能够在整个网络拓扑发生变化时及时更新。

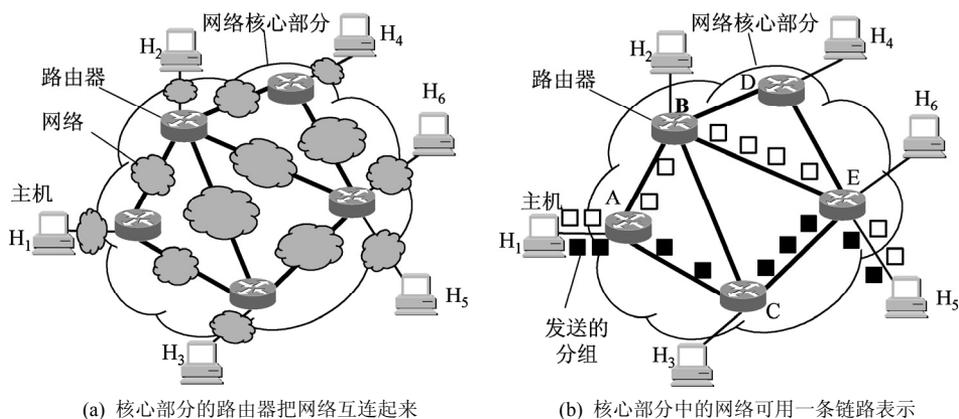


图 1-11 分组交换的示意图

当我们讨论互联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 1-11(b)所示。这种简化图看起来可以更加突出重点，因为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。

现在假定图 1-11(b)中的主机 H_1 向主机 H_5 发送数据。主机 H_1 先将分组逐个地发往与它直接相连的路由器 A。此时，除链路 H_1-A 外，其他通信链路并不被目前通信的双方所占用。需要注意的是，即使是链路 H_1-A ，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 H_1-A 仍可为其他主机发送的分组使用。

路由器 A 把主机 H_1 发来的分组放入缓存。假定从路由器 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。当分组正在链路 A-C 传送时，该分组并不占用网络其他部分的资源。

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_5 。

假定在某一个分组的传送过程中，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传送，即先转发到路由器 B，再转发到路由器 E，最后把分组送到主机 H_5 。在网络中可同时有多台主机进行通信，如主机 H_2 也可以经过路由器 B 和 E 与主机 H_6 通信。

这里要注意，路由器暂时存储的是一个短分组，而不是整个的长报文。短分组是暂存在路由器的存储器（即内存）中而不是存储在磁盘中的。这就保证了较高的交换速率。

在图中只画了一对主机 H_1 和 H_5 在进行通信。实际上，互联网可以容许非常多的主机同时进行通信，而一台主机中的多个进程（即正在运行中的多道程序）也可以各自和不同主机中的不同进程进行通信。

应当注意，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，然后从另一条合适的链路转发出去。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。

互联网采取了专门的措施，保证了数据的传送具有非常高的可靠性（在第 5 章 5.4 节介绍运输层协议时要着重讨论这个问题）。当网络中的某些结点或链路突然出现故障时，在各路由器中运行的路由选择协议(protocol)能够自动找到其他路径转发分组。这些将在第 4 章 4.5 节中详细讨论。

从以上所述可知，采用存储转发的分组交换，实质上是采用了在数据通信的过程中断续（或动态）分配传输带宽的策略（关于带宽的进一步讨论见后面的 1.6.1 节）。这对传送突发式的计算机数据非常合适，使得通信线路的利用率大大提高了。

为了提高分组交换网的可靠性，互联网的核心部分常采用网状拓扑结构，使得当发生网络拥塞或少数结点、链路出现故障时，路由器可灵活地改变转发路由而不致引起通信的中断或全网的瘫痪。此外，通信网络的主干线路往往由一些高速链路构成，这样就可以较高的数据率迅速地传送计算机数据。

综上所述，分组交换网的主要优点可归纳为如表 1-1 所示。

表 1-1 分组交换的优点

优点	所采用的手段
高效	在分组传输的过程中动态分配传输带宽，对通信链路是逐段占用的
灵活	为每一个分组独立地选择转发路由
迅速	以分组作为传送单位，可以先不建立连接就能向其他主机发送分组
可靠	保证可靠性的网络协议；分布式多路由的分组交换网，使网络有很好的生存性

分组交换也带来一些新的问题。例如，分组在各路由器存储转发时需要排队，这就会造成一定的时延。因此，必须尽量设法减少这种时延。此外，由于分组交换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，因而无法确保通信时端到端所需的带宽。

分组交换网带来的另一个问题是各分组必须携带的控制信息也造成了一定的开销(overhead)。整个分组交换网还需要专门的管理和控制机制。

应当指出，从本质上讲，这种断续分配传输带宽的存储转发原理并非是完全新的概念。自古代就有的邮政通信，就其本质来说也属于存储转发方式。而在 20 世纪 40 年代，电报通信也采用了基于存储转发原理的报文交换(message switching)。在报文交换中心，一份份电报被接收下来，并穿成纸带。操作员以每份报文为单位，撕下纸带，根据报文的目的地地址，拿到相应的发报机转发出去。这种报文交换的时延较长，从几分钟到几小时不等。现在报文交换已经很少有人使用了。分组交换虽然也采用存储转发原理，但由于使用了计算机进行处理，这就使分组的转发非常迅速。例如 ARPANET 建网初期的经验表明，在正常的网络负荷下，当时横跨美国东西海岸的端到端平均时延小于 0.1 秒。这样，分组交换虽然采用了某些古老的交换原理，但实际上已变成了一种崭新的交换技术。

图 1-12 表示电路交换、报文交换和分组交换的主要区别。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。图中的最下方归纳了三种交换方式在数据传送阶段的主要特点：

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（这只是整个报文的一部分）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。

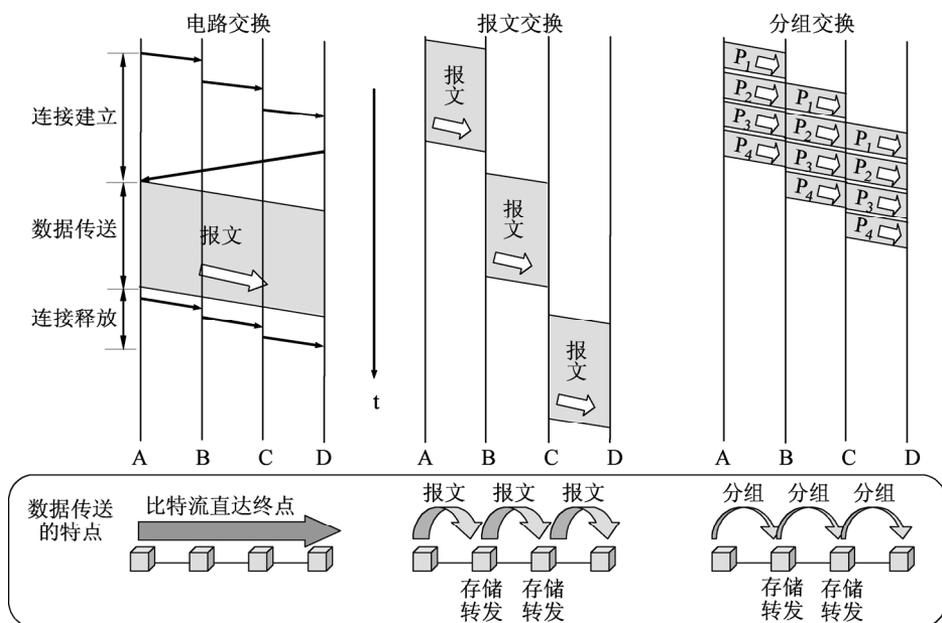


图 1-12 三种交换的比较：电路交换；报文交换；分组交换， $P_1 \sim P_4$ 表示 4 个分组

从图 1-12 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^①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

下面简单介绍一下计算机网络在我国的发展情况。

最早着手建设专用计算机广域网的是铁道部。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。在 20 世纪 80 年代后期，公安、银行、军队以及其他一些部门也相继建立了各自的专用计算机广域网。这对迅速传递重要的数据信息起着重要的作用。另一方面，从 20 世纪 80 年代起，国内的许多单位相继安装了大量的局域网。局域网的价格便宜，其所有权和使用权都属于本单位，因此便于开发、管理和维护。局域网的发展很快，对各行各业的管理现代化和办公自动化已起了积极的作用。

这里应当特别提到的是，1994 年 4 月 20 日我国用 64 kbit/s 专线正式连入互联网。从此，我国被国际上正式承认为接入互联网的国家。同年 5 月中国科学院高能物理研究所设立了我国的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。到目前为止，我国陆续建造了基于互联网技术并能够和互联网互连的多个全国范围的公用计算机网络，其中规模最大的就是下面这五个：

- (1) 中国电信互联网 CHINANET（也就是原来的中国公用计算机互联网）
- (2) 中国联通互联网 UNINET
- (3) 中国移动互联网 CMNET

^① 注：信道(channel)是指以传输媒体为基础的信号通路（包括有线或无线电路），其作用是传输信号

(4) 中国教育和科研计算机网 CERNET

(5) 中国科学技术网 CSTNET

2004年2月,我国第一个下一代互联网 CNGI 的主干网 CERNET2 试验网正式开通,并提供服务。试验网以 2.5~10 Gbit/s 的速率连接北京、上海和广州三个 CERNET 核心结点,并与国际下一代互联网相连接。这标志着中国在互联网的发展过程中,已逐渐达到与国际先进水平同步。

中国互联网络信息中心 CNNIC (China Network Information Center)每年两次公布我国互联网的发展情况。读者可在其网站 www.cnnic.cn 上查到最新的和过去的历史文档。CNNIC 把过去半年内使用过互联网的 6 周岁及以上的中国居民称为网民。根据 CNNIC 2016 年 1 月发表的《中国互联网络发展状况统计报告》,截至 2015 年 12 月底,我国网民已达到 6.88 亿,互联网普及率已达到 50.3%。家庭电脑上网使用宽带上网的比例为 98.9%,说明家庭电脑上网基本上都是在使用宽带上网。在网民中,手机网民的规模已达到 6.20 亿,占总体网民的比例为 90.1%。但农村网民只有 1.95 亿,占整体网民的 28.4%。

现在微博和网络视频的用户明显增多。移动互联网营销发展迅速,当前网民最主要的网络应用就是搜索引擎(即在互联网上使用搜索引擎来查找所需的信息)、即时通信、网络音乐、网络新闻和博客等。此外,更多的经济活动已步入了互联网时代。网上购物、网上支付和网上银行的使用率也迅速提升。到 2016 年底,我国的国际出口带宽已接近 5.4 Tbit/s (1 Tbit/s = 10^3 Gbit/s),这里中国电信的 CHINANET 占有出口总带宽的近 60%。

对我国互联网事业发展影响较大的人物和事件不少,限于篇幅,下面仅列举几个例子。

1996 年,张朝阳创立了中国第一家以风险投资资金建立的互联网公司——爱特信公司。两年后,爱特信公司推出“搜狐”产品,并更名为搜狐公司(Sohu)。搜狐公司最主要的产品就是搜狐网站(Sohu.com),是中国首家大型分类查询搜索引擎。1999 年,搜狐网站增加了新闻及内容频道,成为一个综合门户网站。

1997 年,丁磊创立了网易公司(NetEase),推出了中国第一家中文全文搜索引擎。网易公司开发的超大容量免费邮箱(如 163 和 126 等),由于具有高效的杀毒和拦截垃圾邮件的功能,邮箱的安全性很好,已成为国内最受欢迎的中文邮箱。网易网站现在也是全国出名的综合门户网站。

1998 年,王志东创立新浪网站(Sina.com),该网站现已成为全球最大的中文综合门户网站。新浪的微博是全球使用最多的微博之一。

同年,马化腾、张志东创立了腾讯公司(Tencent)。1999 年腾讯就推出了用在个人电脑上的即时通信软件 QICQ,简称为 QQ。QQ 的功能不断更新,现在已成为一款集语音、短信、文章、音乐、图片和视频于一体的网络沟通交流工具,成为几乎所有网民都在电脑中安装的软件,腾讯也因此成为中国最大的互联网综合服务提供商之一。

2011 年,腾讯推出了专门供智能手机使用的即时通信软件“微信”(WebChat)。这个软件是在张小龙(著名的电子邮件客户端软件 Foxmail 的作者)领导下成功研发的。微信能够通过互联网快速发送语音短信、视频、图片和文字,并且支持多人群聊。由于微信能在各种不同操作系统的智能手机中运行,因此目前几乎所有的智能手机用户都在使用微信。微信的功能也在不断翻新。装有微信软件的智能手机,已从简单的社交工具演变成一个具有支付能力的全能钱包。

2000 年,李彦宏和徐勇创建了百度网站(Baidu.com),现在已成为全球最大的中文搜索引擎。自谷歌于 2010 年退出中国后,在中国最大的搜索引擎无疑就是百度了。现在,百度网站也可以用主题分类的方法进行查找,非常便于网民对各种信息的浏览。

1999年，马云创建了阿里巴巴网站(Alibaba.com)，是一个企业对企业的网上贸易市场平台。2003年，马云创立了个人网上贸易市场平台——淘宝网(Taobao.com)。2004年，阿里巴巴集团创立了第三方支付平台——支付宝(Alipay.com)，为中国电子商务提供了简单、安全、快速的在线支付手段。现在淘宝网已成为中国最大的、深受欢迎的网购零售平台。

上述的一些事件对互联网应用在中国的推广普及，起着非常积极的作用。

1.5 计算机网络的类别

1.5.1 计算机网络的定义

计算机网络的精确定义并未统一。

关于计算机网络的较好的定义是这样的：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，打电话或传送电视信号）。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。

根据这个定义：(1) 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。(2) 计算机网络并非专门用来传送数据，而是能够支持很多种的应用（包括今后可能出现的各种应用）。

请注意，上述的“可编程的硬件”表明这种硬件一定包含有中央处理机CPU。

我们知道，起初，计算机网络的确是用来传送数据的。但随着网络技术的发展，计算机网络的应用范围不断增大，不仅能够传送音频和视频文件，而且应用的范围已经远远超过通信的范畴。

有时我们也能见到“计算机通信网”这一名词。但这个名词容易使人误认为这是一种专门为了通信而设计的计算机网络。计算机网络显然应具有通信的功能，但这种通信功能并非计算机网络最主要的功能。因此本书不使用“计算机通信网”这一名词。

1.5.2 几种不同类别的计算机网络

计算机网络有多种类别，下面进行简单的介绍。

1. 按照网络的作用范围进行分类

(1) 广域网 WAN (Wide Area Network)

广域网的作用范围通常为几十到几千公里，因而有时也称为远程网(long haul network)。广域网是互联网的核心部分，其任务是通过长距离（例如，跨越不同的国家）运送主机所发送的数据。连接广域网各结点交换机的链路一般都是高速链路，具有较大的通信容量。本书后面不专门讨论广域网。

(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5~50 km。城域网可以为一个或几个单位所拥有，但也可以是一种公用设施，用来将多个局域网进行互连。目前很多城域网采用的是以太网技术，因此有时也常并入局域网的范围进行讨论。

(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 Mbit/s以上），

但地理上则局限在较小的范围（如 1 km 左右）。在局域网发展的初期，一个学校或工厂往往只拥有一个局域网，但现在局域网已非常广泛地使用，学校或企业大都拥有许多个互连的局域网（这样的网络常称为**校园网**或**企业网**）。我们将在第 3 章 3.3 至 3.6 节详细讨论局域网。

(4) 个人区域网 PAN (Personal Area Network)

个人区域网就是在个人工作的地方把属于个人使用的电子设备（如便携式电脑等）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 左右。我们将在第 9 章 9.2 节对这种网络进行简单的介绍。

顺便指出，若中央处理机之间的距离非常近（如仅 1 米的数量级或甚至更小些），则一般就称之为**多处理机系统**而不称它为计算机网络。

2. 按照网络的使用者进行分类

(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)

这是某个部门为满足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、银行、电力等系统均有本系统的专用网。

公用网和专用网都可以传送多种业务。如传送的是计算机数据，则分别是公用计算机网络和专用计算机网络。

3. 用来把用户接入到互联网的网络

这种网络就是**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。我们在前面的 1.2.2 节已经介绍了用户必须通过 ISP 才能接入到互联网。由于从用户家中接入到互联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互联网的情况。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。接入网是从某个端系统到另一个端系统的路径中，由这个端系统到第一个路由器（也称为边缘路由器）之间的一些物理链路所组成。从覆盖的范围看，很多接入网还是属于局域网。从作用上看，接入网只是起到让用户能够与互联网连接的“桥梁”作用。在互联网发展初期，用户多用电话线拨号接入互联网，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。我们将在第 2 章 2.6 节讨论宽带接入技术。

1.6 计算机网络的性能指标

性能指标从不同的方面来度量计算机网络的性能。下面介绍常用的五个性能指标。

1. 速率

我们知道，计算机发送出的信号都是数字形式的。**比特 (bit)** 来源于 binary digit，意思是一个“**二进制数字**”，因此一个比特就是二进制数字中的一个 1 或 0。比特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**数据的传送速率**，它也称为**数据率(data rate)**或**比特率(bit rate)**。速率是计算机网络中最重要的一性能指标。速率的单位是 bit/s（比特每秒）（或 bit，有时也写为 bps，即 bit per second）。当数据率较高时，就常常在 bit/s 的前面加上一个字母。例如，k (kilo) = 10^3 = 千，M (Mega) = 10^6 = 兆，G (Giga) = 10^9 = 吉，T (Tera) = 10^{12} =