

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

网站组建与维护 / 钟珞等编著. —北京:  
中国民航出版社, 2001.11  
ISBN 7-80110-431-5

I.网…

II.钟…

III.计算机网络-网站建设

IV.TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 057615 号

## 网站组建与维护

钟 珞 等 编 著

---

出版 中国民航出版社  
社址 北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)  
发行 中国民航出版社  
电话 64290477  
印刷 中国电影出版社印刷厂  
开本 787 × 1092 1/16  
印张 19  
字数 456 千字  
版本 2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

---

书号 ISBN 7-80110-431-5/G · 129  
定价 28.00 元

( 本书如有印装错误, 印刷厂负责调换 )

# 第一章 基础知识

## 1.1 概 述

### 1.1.1 计算机网络简介

计算机网络出现于 20 世纪 50 年代,到目前为止,已经历了一个从简单到复杂、从低级到高级的发展过程。计算机网络发展历史虽然不长,但速度很快。

1946 年世界上第一台电子计算机问世后的十多年时间内,计算机数量很少,价格很昂贵。早期的所谓计算机网络主要是为了解决这一矛盾而产生的,其形式是将一台计算机经过通信线路与若干台终端直接连接。这是一种简单的计算机联机系统,也被称为终端——计算机网络或称为面向终端的计算机网络。

在 20 世纪 60 年代,这种面向终端的计算机网络获得了很大的发展,其中许多网络至今仍在用。比如美国的 SABREI 系统,是一个用于联机预订飞机票的专用实时系统,由美国航空公司与 IBM 公司于 20 世纪 60 年代初开始联合研究,70 年代投入使用。它由一台中央计算机与 2000 个全美范围的终端组成。另外,在其他商用、军用网络中,这种面向终端的网络也起了很大作用。

但是,当这种简单的联机系统连接大量的终端时,存在两个明显的缺点:其一,主机系统负荷过重,它既要承担数据处理任务,又要承担通信控制任务,在通信量很大时,主机几乎没有时间处理数据;其二,线路利用率低,特别是终端远离主机时尤为明显。

随着计算机应用的发展和硬件价格的下降,一个部门或一个大公司常常拥有多台计算机系统,这些计算机系统分布在不同的地点,它们之间需要进行信息交换,于是出现了一种以传输信息为主要目的的,用通信线路将计算机系统连接起来的计算机群,这就是计算机网络的低级形式,称为计算机通信网络。

随着计算机通信网络的迅速发展和广泛应用,用户对网络的要求也越来越高,不仅要求计算机之间能传输信息,还希望共享网内计算机的资源或调用网内的几个计算机系统共同完成某项工作。这种以共享资源为主要目的的计算机网络,使得用户使用网络中的资源就像使用本地计算机的资源一样方便,这种网络就是所谓的计算机——计算机网络,简称计算机网络。

正如大多数计算机技术一样,网络技术的发展依赖于其他许多技术的发展,其中有两个重要的技术,一个是低成本的计算机硬件,另一个是管理硬件的计算机软件。反过来,其他技术也依赖计算机网络以提高生产率,实现软件、硬件资源的共享。这种相互依赖性正是促进网络发展的重要因素。

20 世纪 80 年代以来,我国计算机网络应用的发展非常迅速,除了铁道部、公安部、军队相继建立了各自的专用计算机网络外,还有一些部门也建立了专用计算机网络,如银行系统、

民航系统都有本部门的专用网络。在 1989 年初,我国开通了第一个公用分组交换网 CHINAPAC (简称 CNPAC), 其网络管理中心设在北京电报局, 这标志着我国计算机网络的技术和应用进入了高速发展时期。

除广域网外, 从 20 世纪 80 年代起, 特别是进入 90 年代以后, 国内局域网的应用也以惊人的速度在发展, 许多部门、企业、学校都安装了局域网。局域网的价格便宜, 其所有权和使用权都属于本单位, 因此非常便于开发、管理和维护。另外, 我国的计算机网络的研究工作也取得了许多可喜的成果。在计算机网络的标准化方面, 我国也很重视, 1988 年制定了与 ISO 的开放系统互联参考模型相对应的国家标准 GB9387—88, 这对制定其他的后续标准起了指导性的作用。虽然很难统计目前我国网络的数目, 但这些网络对各行各业所起的重要作用是有目共睹的。

从上面介绍的计算机网络发展史可以看出, 究竟什么是计算机网络, 不同的时期, 从不同的角度出发有各种不同的理解。现在一般认为, 计算机网络是一种地理上分散的、具有独立功能的多台计算机通过通信设备和线路连接起来, 在配有相应的网络软件(网络协议、网络操作系统等)的情况下实现资源共享的系统。1970 年, 美国信息处理学会联合会从共享资源角度出发, 把计算机网络定义为“以能够相互共享资源(硬件、软件和数据等)的方式连接起来, 并各自具备独立功能的计算机系统的集合”。这里的计算机可以是大型计算机、小型计算机和微机等。

### 1.1.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类方法可以是多样的, 其中最主要的两种方法是:

- ① 根据网络所使用的传输技术(transmission technology)分类
- ② 根据网络的覆盖范围与规模(scale)分类

#### 一、根据网络传输技术进行分类

网络所采用的传输技术决定了网络的主要技术特点, 因此根据网络所采用的传输技术对网络进行分类是一种很重要的方法。

在通信技术中, 通信信道的类型有两类: 广播通信信道与点到点通信信道。在广播通信信道中, 多个节点共享一个通信信道, 一个节点广播信息, 其它节点必须接收信息。而在点到点通信信道中, 一条通信线路只能连接一对节点, 如果两个节点之间没有直接连接的线路, 那么它们只能通过中间节点转接。显然, 网络要通过通信信道完成数据传输任务, 因此网络所采用的传输技术也只能有两类, 即广播(Broadcast)方式与点到点(Point-to-Point)方式。这样, 相应的计算机网络也可以分为两类:

- ① 广播式网络(Broadcast Networks)
- ② 点到点式网络(Point-to-Point Networks)

#### 1. 广播式网络

在广播式网络中, 所有连网计算机都共享一个公共通信信道。当一台计算机利用共享通信信道发送报文分组时, 所有其它的计算机都会“收听”到这个分组。由于发送的分组中带有目的地址与源地址, 接收到该分组的计算机将检查目的地址是否是与本节点地址相同。如果被接收报文分组的目的地址与本节点地址相同, 则接收该分组, 否则丢弃该分组。

显然, 在广播式网络中, 发送的报文分组的目的地址可以有三类:

- ① 单一节点地址

- ☞ 多节点地址

- ☞ 广播地址

## 2. 点到点式网络

与广播网络相反，在点到点式网络中，每条物理线路连接一对计算机。假如两台计算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节点的接收、存储、转发，直至目的节点。由于连接多台计算机之间的线路结构可能是复杂的，因此从源节点到目的节点可能存在多条路由。决定分组从通信子网的源节点到达目的节点的路由，需要有路由选择算法。采用分组存储转发与路由选择是点到点式网络与广播式网络的重要区别之一。

## 二、根据网络的覆盖范围进行分类

计算机网络按照其覆盖的地理范围进行分类，可以很好地反映不同类型网络的技术特征。由于网络覆盖的地理范围不同，它们所采用的传输技术也就不同，因而形成了不同的网络技术特点与网络服务功能。

按覆盖的地理范围进行分类，计算机网络可以分为：

- ☞ 局域网 LAN (Local Area Network)

- ☞ 城域网 MAN (Metropolitan Area Network)

- ☞ 广域网 WAN (Wide Area Network)

### 1. 局域网 LAN

局域网用于将有限范围内（如一个实验室、一幢大楼、一个校园）的各种计算机、终端与外部设备互连成网。局域网按照采用的技术、应用范围和协议标准的不同可以分为共享局域网与交换局域网。局域网技术发展迅速，应用日益广泛，是计算机网络中最活跃的领域之一。

### 2. 城域网 MAN

城市地区网络常简称为城域网。城域网是介于广域网与局域网之间的一种高速网络。城域网设计的目标是要满足几十公里范围内的大量企业、机关、公司的多个局域网互连的需求，以实现大量用户之间的数据、语音、图形与视频等多种信息的传输功能。

### 3. 广域网 WAN

广域网也称为远程网。它所覆盖的地理范围从几十公里到几千公里。广域网覆盖一个国家、地区，或横跨几个洲，形成国际性的远程网络。广域网的通信子网主要使用分组交换技术。广域网的通信子网可以利用公用分组交换网、卫星通信网和无线分组交换网。它将分布在不同地区的计算机系统互连起来，达到资源共享的目的。

## 1.1.3 计算机网络的拓扑结构

在研究计算机网络组成结构的时候，我们可以用拓扑学中一种研究与大小形状无关的点、线特性的方法，即抛开网络中的具体设备，把工作站、服务器等网络单元抽象为“结点”，把网络中的电缆等通信介质抽象为“线”。这样，从拓扑学的观点看计算机网络就变成了点和线组成的几何图形，我们称它为网络的拓扑结构。

网络中的结点有两类，一类是只转接和交换信息的转接结点，它包括结点交换机、集线器

和终端控制器等；另一类是访问结点，它包括主计算机和终端等，它们是信息交换的源结点和目标结点。网络的拓扑类型较多，主要可以分为以下七种：总线型、星型、环型、树型、全互联型、格状型和不规则型，如图 1.1.1 所示。

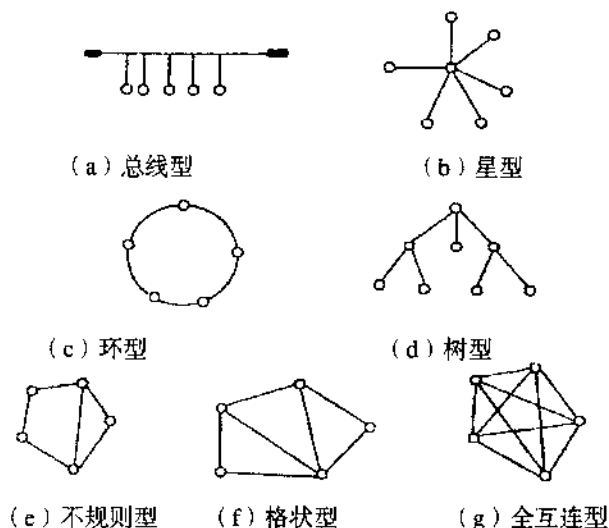


图 1.1.1 网络的拓扑结构

## 一、总线型结构

如图 1.1.1 (a) 所示，总线型结构网络是将各个结点和一根总线相连。网络中所有的结点都通过总线进行信息传输，任何一个结点的信息都可以沿着总线向两个方向传输，并被总线中任何一个结点所接收。在总线型网络中，作为数据通信必经的总线的负载量是有限度的，这是由通信介质本身的物理性能所决定的。因此，在总线型网络中，总线的长度有一定的限制，一条总线也只能连接一定数量的结点。

总线型网络的主要优点是：结构简单灵活，对结点设备的装、卸非常方便，可扩充性好；当某个工作结点出现故障时不会造成整个网络的故障，可靠性高；另外，这种结构的网络结点响应速度快，共享资源能力强，设备投入量少，成本低，安装使用方便。因此，总线型网络结构是最传统的，也是目前广泛使用的一种网络结构。

总线型网络的主要缺点是对通信线路（总线）的故障敏感。任何通信线路的故障都会使得整个网络不能正常运行。在总线两端连接的器件称为终端阻抗匹配器或称为终止器，主要是与总线进行阻抗匹配，吸收传送到终端的能量，避免产生不必要的干扰。

## 二、星型结构

如图 1.1.1 (b) 所示，星型结构的网络是以中央结点为中心与各个结点连接组成的。如果一个工作站需要传输数据，它首先必须通过中央结点，中央结点接收各分散结点的信息再转发给相应结点，因此中央结点相当复杂，负担比其他结点重很多。中央结点目前多采用集线器（HUB）与其他结点连接。

星型网络的主要优点是结构简单，建网容易，便于控制和管理，主要缺点是中央结点负担重，故容易在中央结点上形成系统的“瓶颈口”。此外，通信线路的利用率也不高。

### 三、环型结构

如图 1.1.1 (c) 所示, 环型结构中的各结点是连接在一条首尾相连的闭合环型线路中的。环型网络中的信息传送是单向的, 即沿一个方向从一个结点传到另一个结点。由于信息按固定方向单向流动, 两个结点之间仅有一条通路, 系统中无信道选择的问题。在环型网络中, 当信息流中的目的地址与环上的某个结点的地址相符时, 信息被该结点接收, 然后, 根据不同的控制方法决定信息不再继续往下传送或信息继续流向下一个结点, 一直流回到发送该信息的结点为止。因此, 任何结点的故障均能导致环路不能正常工作。目前已有许多解决这些矛盾的办法, 如建立双环结构等。

环型网络的主要优点是结构简单, 使得路径选择、通信接口、软件管理都比较简单, 所以实现起来比较容易。其主要缺点是当结点过多时, 影响传输效率, 使网络响应时间变长; 另外, 在加入新的工作站时必须使环路暂时中断, 故不利于系统扩充。目前的一些环型网络对此也有了改进办法。环型结构也是常用的网络拓扑结构之一。

### 四、树型结构

如图 1.1.1 (d) 所示, 树型结构是一种分级结构, 和星型网络比较, 其线路总长度较短, 故成本较低, 但结构较星型网络复杂。在树型网中, 任意两个结点之间不产生回路, 每条通路都支持双向传输。两个结点之间的通路, 有时需要经过中间主结点才能连通。一般来说, 除叶子结点及其连线外, 任一结点或连线的故障均影响其所在支路网络的正常工作。

树型网络的主要优点是扩充方便、灵活, 成本低, 易推广。此外, 天然的分级结构使得这种网络比较适用于分主次或分等级的层次型管理系统。

### 五、其他类型的结构

不规则型的网络中各结点的连接没有一定的规则, 一般是在结点的地理位置分散的远程网中使用, 其结构如图 1.1.1 (e) 所示。

还有一种格状网, 如图 1.1.1 (f) 所示。这种结构的网络又称为分布式网络, 其中任何一个结点都至少和其他两个结点相连, 因而分布式网络是非常可靠的。现在有一些网络把主要干线的拓扑结构做成分布式的。

图 1.1.1 (g) 为全互联型网络, 它的特点是速度快, 可靠性高, 但是建网投资大, 一般用于有特殊要求的场合。

## 1.1.4 网络协议概述

### 一、网络协议

计算机网络是由多种类型的计算机和终端通过通信线路连接起来的复合系统。在这个系统中, 实现资源共享、均衡负载、分布处理等网络功能都离不开信息交换 (即通信)。为了将不同计算机厂家的计算机及设备连成网络, 做到无论其设备内部结构如何, 都能确保通信双方正确地通信与对话, 就要求信息的内容、格式、传输顺序等有一整套的规则、标准和约定, 这就是所谓的协议 (Protocol)。

一个网络的协议主要由以下三个要素组成:

- ① 语法 数据与控制信息的结构或格式;
- ② 语义 要发出何种控制信息, 完成何种动作以及做出何种应答;

### ④ 同步 事件实现顺序的详细说明

对于非常复杂的网络协议一般采用层次式结构,所谓层次式结构是指将一个复杂的系统设计问题划分成层次分明的一组组容易处理的子问题,各层执行自己所承担的任务,层与层之间有接口,为层与层之间的组合提供通道,层次结构设计是结构化设计中主要的设计方法之一,计算机网络的协议具有层次结构有如下好处:

④ 具有灵活性 由于各层之间是独立的,所以当任何一层由于各种原因需要改变其内部结构时,其他的各层不受影响。

④ 结构上可分割 各层都可以在合适的时候采用合适的技术来实现。

④ 有利于标准化

我们将计算机网络的分层及其协议的集合称为计算机网络的体系结构(CNA, Computer Network Architecture) 换句话说,体系结构是抽象的,是对计算机网络及其部件应该完成的功能的精确定义。而实现则是具体的,是真正应用在计算机的硬件或软件上的技术和方法。

## 二、开放系统互联参考模型

### 1. 概述

为了使网络系统结构标准化,1978年初,国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)设立了一个分委员会,专门研究网络通信的体系结构,提出了开放系统互联(Open System Interconnection)参考模型,简称为 OSI。OSI 不断发展,得到了国际上的承认,1982年被定为国际标准草案,成为其他计算机网络系统结构靠拢的标准。

这里所谓“开放”是指一个系统只要遵循 OSI 标准,就可以和位于任何地方的也遵循同一标准的其他任何系统通信 应该说明的是,上面所提到的 IBM 的 SNA 就不是开放系统,而是一个封闭系统,“系统”是指按照一定的关系或者规则在一起协同工作的一台或多台计算机、外部设备及其相应的软件等组成的集合。

OSI 标准制定过程中,采用的是分层体系结构方法 问题的处理采用自上而下逐步求精的方法。必须说明的是,OSI 参考模型的本身并不是为网络各层提供了标准,而只是给出了一个不必因技术发展而必须修改的稳定模型,使有关标准和协议能在模型定义的范围内开发和相互配合。

ISO 模型对人们研究网络起了重要的指导作用,ISO 的分层思想使得复杂的网络系统变得层次分明,结构清晰,使整个网络的设计变成了对各层及层间接口的设计,因此易于设计和实现。当然,OSI 参考模型也并不是尽善尽美的,许多人从不同的方面对 OSI 模型提出了不同的看法。除了 OSI 参考模型外,还有一些体系结构对计算机网络的发展起了重要的作用,这里就不一一介绍了。

### 2. ISO 参考模型的分层结构

遵照分层的原则,OSI 参考模型将整个网络的功能划分成七层(表 1.1),每一层各自完成一定的功能。由低层至高层分别称为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。每层向上层提供所需要的服务;每层完成本层任务时,使用下层提供的服务。各层功能相对独立,通过接口与其相邻层连接,只要层间接口不变,层内实现技术的变更不会影响其他各层。

为了方便,常把七个层次分为高层与低层。低层为 1-4 层,是面向通信的;高层为 5-7 层,是面向信息处理的 另一种分法是按网络功能来划分,低 3 层是网络功能,高 4 层是用户功能。

表 1.1 OSI 参考模型的七层结构

| 层 号 | 层的名称  | 层的英文名称             | 层的英文缩写 |
|-----|-------|--------------------|--------|
| 7   | 应用层   | Application layer  | A      |
| 6   | 表示层   | Presentation layer | P      |
| 5   | 会话层   | Session layer      | S      |
| 4   | 传输层   | Transport layer    | T      |
| 3   | 网络层   | Network layer      | N      |
| 2   | 数据链路层 | Datalink layer     | DL     |
| 1   | 物理层   | Physical layer     | PH     |

下面我们将对 OSI 模型中的每一层（特别是低层）的技术细节做进一步的说明。

### （1）物理层

#### ① 概述

按 OSI 模型的要求，物理层的作用就是提供在物理传输介质上传送和接收比特流的能力。由于现在计算机网络中的物理设备和传输介质种类繁多，通信手段有许多不同方式，物理层的作用就是要尽可能地屏蔽掉这些差异，使上面的数据链路层感觉不到这种差异。

#### ② 物理层的功能

OSI 模型给物理层定义的主要功能是：

- ① 保证数据按位传送的正确性 即当一方发送了一个“1”时，对方就应该收到一个“1”而不是“0”。这里涉及到信号“1”和“0”用多少伏的电压表示，1 个比特信息占用多长时间（也叫位宽），传输方式（单工、半双工或全双工）等问题。
- ② 物理层应能建立、保持、释放相应的物理连接 若两个设备之间需要经过若干中继设备才能建立连接，则物理层还应能将相应的数据电路互联，以建立相应的物理连接。

### （2）数据链路层

#### ① 概述

数据链路层通过物理层建立起来的链路，将具有一定结构和意义的信息在实体间进行无差错的传输，为上一层网络层提供有效的服务。

#### ② 数据链路层的功能

数据链路层要为网络层提供可靠、无错误的数据信息，就要在两个链路层之间建立一条或多条数据链路（逻辑连接）。由于物理层只是接收和发送一串比特信息而不管其意义和结构。所以，数据链路层必须把这些比特流进行分割，即按照一定格式分成帧后再发送给对方，并处理接收者送回的回答帧。

### （3）网络层

网络层是第三层。该层的功能是以数据链路层的无差错传输为基础，为网络内任意两设备间数据的交换提供服务：该层传输的信息以报文分组（包）为单位，接收来自源机的报文，把它转换为报文分组，然后按路径选择算法确定的路径将分组送到指定目标机，当它到达目标机之后再还原成报文。

数据链路层协议解决的是两个相邻结点之间的通信问题。如果在两个主机之间通信，它们之间的通路可能要包括许多段链路，因此也就复杂得多，为了向传输层提供整个网络上任意两个结点之间数据传输的通路，网络层需要解决包括建立、保持、释放连接以及由此而引起的路径选择、流量控制、拥塞和死锁等问题。

除完成上述任务外，网络层还常设有记帐功能，以便生成帐单，当分组不得经过另一

个网络到达目的地时,如果第二个网络寻址方式不同,或分组长度不一样,或两个网络使用的协议不同,网络层还必须解决由此而产生的一些问题,以便使异种网能够互联。

### (4) 传输层

前面叙述的物理层、数据链路层和网络层属于 OSI 的低层。低层的作用在网络中大体相同,而且各厂家提出的协议也大同小异,因此也比较容易实现标准化,传输层以下各层统称为高层协议。高层协议中所涉及的许多内容目前还正在研究之中,各厂家的差别较大。

#### ① 概述

传输层是高低层之间衔接的接口层,因此也有人称之为中间层,简单说来,它的主要功能是从会话层接收数据,如果需要,就把数据分成较小的信息单位并确保这些信息单位正确地到达网络层,从而实现两层之间数据的透明传送。

传输层是整个网络体系结构的关键部分,任何进程或应用程序都可以直接访问传输层而不需要经过会话层和表示层。例如,美国 ARPANET 使用的传输控制协议 TCP 就是这样工作的。

#### ② 传输层的功能

✎ 传输连接管理 即在两个传输用户之间建立和维护一条畅通的传输通道,并在通信完毕时释放传输连接。

✎ 数据传送 传输层提供的服务要依靠网络层提供的服务来实现。网络层的服务包括数据报和虚电路。当网络层提供的是虚电路服务时,通信子网在控制差错、丢失及报文重复等方面做了许多工作,因此传输层能保证对报文的正确接收;如果网络层提供的是数据报服务,由于其可靠性较差,传输层协议则必须包括差错校验和差错恢复。换句话说,通信子网提供的服务越多,传输协议就可以越简单;反之,通信子网提供的服务越少,传输协议就必然越复杂,因为它必须填补用户的要求与子网提供的服务之间的“间隙”。

传输层协议具有端到端的特性。所谓端到端即从进程到进程,这种端到端的特性使得对通信两端的网络用户来说,各通信子网都变成透明的。也就是说,传输层向高层用户隐蔽了下面通信子网的细节,使高层用户看不见实现通信功能的物理链路是什么,数据链路采用的是什么规程,也看不见下面到底有几个子网以及这些子网是怎样连接起来的,传输层使高层用户看见的就好像是在两个传输实体之间有一条端到端的可靠的通信链路。

### (5) 会话层

#### ① 概述

会话层又称会议层、对话层。它可以看成是用户与网络的接口。会话层的主要任务是为两个表示层的进程(或称为两个用户)之间的对话提供一种有效的方法,所谓会话就是两个用户之间建立的连接,一次连接称为一次会话。

#### ② 会话层的功能

✎ 数据交换 会话层的重要特征是数据交换。与传输连接相似,一个会话也分为三个阶段:建立连接、数据交换和释放连接。

✎ 与会话管理有关的服务 如确定会话类型(全双工方式、半双工方式或单工方式)和交互管理(各种请求和响应保持轮番对话的方式叫做交互管理,也称对话管理)。对话管理可以通过数据令牌来实现。比如,建立一个会话时,先确定会话类型为半双工方式,再决定由哪方先获得令牌,持有令牌的用户可以传输数据,无令牌的一方只有等待;当有令牌的用户完成数据传输并把令牌传给另一方后,新持有令牌的用户可以进行数据传输。没有令牌的用户可以申请令牌,申请可能被接受,也可能被拒绝。

✎ 隔离服务 会话的任一方,在数据少于某一定值时,数据可暂不向目的用户传输,

也就是在一个输入缓冲器中收集报文，在全部报文到达之前不对报文信息进行处理。

- ④ 出错的恢复和控制 不同层次故障产生的原因不同，排除方法也不同。差错控制主要安排在数据链路层中，数据链路层的故障主要与位发送错误有关，在会话层的服务中，也可以安排差错控制，以防止下层的差错影响到高层。例如，如果在传输中发现某校验点出现错误，会话层便重发送自上一个校验点开始的所有数据。

#### (6) 表示层

##### ① 概述

表示层向上为应用层提供服务，向下接受来自会话层的服务。表示层的工作是对应用层送来的命令和数据内容加以解释说明，对正文进行压缩及各种变换，以便用户使用。例如，当网络中使用不同的计算机代码、不同的文件格式，以及各种不兼容的终端时，均可在这一层进行交换。

##### ② 表示层的功能

- ④ 语法转换 所谓语法就是比特串的解释方法。具体计算机的语法差异决定了同一数据对象在不同的计算机上被表示为不同的符号串，当需要把一个数据对象从一台计算机传递到另一台计算机时，为了保证语义的正确性，必然要对比特串的格式进行转换，把符合发送方局部语法的比特串转换为符合接收方局部语法的比特串，这一工作称为语法转换。语法转换涉及到代码转换、字符集的转换，以及修改数据位的组合格式等。
- ④ 语法选择 语法选择是根据所有的转换形式进行初始的语法选择，随后修改这种选择。针对以上的服务，表示层协议有文本压缩、安全保密和虚拟终端等方面的协议。

#### (7) 应用层

应用层是 OSI 参考模型的最高层，它为网络用户之间的通信提供专用的应用程序包，如电子邮件、文件传输、数据库存取等。

这一层包含了若干个独立的、用户通用的服务协议模块，其主要目的是为用户提供一个窗口，用户通过这个窗口互相交换信息。应用层的内容完全取决于用户，各用户可以自己决定要完成什么功能和使用什么协议，该层包括的网络应用程序有的由生产网络的公司提供，有的是用户自己开发的。然而，某些应用由于使用非常广泛，为了避免每个公司都去研究自己的应用程序，人们为一些常用的功能制定了标准。同时，应用层还为所有应用程序提供了一些基本模块，通常这一层提供的软件有电子邮件、文件传输协议、远程数据库访问等等。

在 OSI 的七个层次中，应用层是最复杂的。所包含的应用层协议也最多，有的还正在研究和开发之中。

### 三、TCP/IP 参考模型与协议

#### 1. TCP / IP 参考模型与协议的发展过程

在讨论了 OSI 参考模型的基本内容后，我们不能不回到现实网络技术的发展状况中来。OSI 参考模型研究的初衷是希望为网络体系结构与协议的发展提供一种国际标准。但是我们不能不看到 Internet 在全世界的飞速发展与 TCP/IP 协议广泛应用对网络发展的影响。

ARPANET 是最早出现的计算机网络之一，现代计算机网络的很多概念与方法都是从 ARPANET 基础上发展出来的。从 ARPANET 发展起来的 Internet，最终连接数百所大学的校园网、政府部门与企业的局域网。美国国防部高级研究计划局 ARPA 提出 ARPANET 研究计划的要求是希望它的很多宝贵的主机、通信控制处理机和通信线路在战争中，如部分遭到攻击而损坏时，其它部分还能正常工作，同时它希望适应从文件传送到实时数据传输的各种应用需

求, 因此它要求的是一种灵活的网络体系结构, 实现异型网的互连 (interconnection) 与互通 (intercommunication)。最初 ARPANET 使用的是租用线路, 当卫星通信系统与通信网发展起来之后, ARPANET 最初开发的网络协议使用在通信可靠性较差的通信子网中出现了不少问题, 这就导致了新的网络协议 TCP/IP 的出现。虽然 TCP 协议、IP 协议都不是 OSI 标准, 但它们是目最流行的商业化的协议, 并被公认为当前的工业标准或“事实上的标准”。在 TCP/IP 协议出现之后, 出现了 TCP/IP 参考模型 (TCP/IP Reference Model) TCP/IP 参考模型最早是由 Kahn 在 1974 年定义的, 1985 年 Leiner 等人进一步对它开展了研究, 1988 年 Clark 在参考模型出现之后对其设计思想进行了讨论。

Internet 上的 TCP/IP 协议之所以能迅速发展, 不仅仅因为它是美国军方指定使用的协议, 更重要的是它恰恰适应了世界范围内数据通信的需要。TCP/IP 协议具有以下几个特点:

- ① 开放的协议标准, 可以免费使用, 并且独立于特定的计算机硬件与操作系统;
- ② 独立于特定的网络硬件, 可以运行在局域网、广域网, 更适用于互连网中;
- ③ 统一的网络地址分配方案, 使得整个 TCP/IP 设备在网中都具有唯一的地址;
- ④ 标准化的高层协议, 可以提供多种可靠的用户服务。

## 2. TCP / IP 参考模型与层次

协议分层模型包括以下面方面的内容:

- ① 层次结构
- ② 对各层功能的描述

在如何用分层模型来描述 TCP/IP 的问题上争论很多, 但共同的观点是 TCP/IP 的层次数比 OSI 参考模型的七层要少。图 1.1.2 给出 TCP/IP 参考模型及与 OSI 参考模型的层次对应关系。

TCP/IP 参考模型可以分为四个层次:

- ① 应用层
- ② 传输层
- ③ 互连层
- ④ 主机—网络层

OSI 参考模型

|       |
|-------|
| 应用层   |
| 表示层   |
| 会话层   |
| 传输层   |
| 网络层   |
| 数据链路层 |
| 物理层   |

TCP/IP 参考模型

|        |
|--------|
| 应用层    |
|        |
|        |
| 传输层    |
| 互连层    |
| 主机—网络层 |

图 1.1.1 TCP/IP 参考模型与 OSI 参考模型

其中, 应用层 (Application layer) 与 OSI 应用层相对应, 传输层 (Transport layer) 与 OSI 传输层相对应, 互连层 (Internet layer) 与 OSI 网络层相对应, 主机—网络层 (Host-to-Network layer) 与 OSI 数据链路层及物理层相对应。在 TCP/IP 参考模型中, 对 OSI 表示层、会话层没有对应的协议。

互连层的主要功能是负责将源主机的报文分组发送到目的主机。源主机与目的主机可以在一个网上, 也可以在不同的网上。它的功能主要可以包括以下三个方面的内容:

### (1) 处理来自传输层的分组发送请求

在收到分组发送请求之后, 将分组装入 IP 数据报, 填充报头, 选择发送路径, 然后将数据报发送到相应的网络输出线。

### (2) 处理接收的数据报

在接收到其它主机发送的数据报之后, 检查目的地址, 如需要转发, 则选择发送路径, 转发出去; 如目的地址为本节点 IP 地址, 则除去报头, 将分组交送传输层处理。

### (3) 处理互连的路径、流控与拥塞问题

TCP/IP 参考模型的互连层相当于 OSI 参考模型网络层的无连接网络服务。

传输层的主要功能是负责应用进程之间的端到端通信。TCP/IP 参考模型中设计传输层的主要目的是在互连网中源主机与目的主机的对等实体之间建立用于会话的端到端连接。从这一点上讲，TCP/IP 参考模型的传输层与 OSI 参考模型的传输层功能是相似的。

TCP/IP 参考模型的传输层定义了以下两种协议：传输控制协议 TCP (Transport Control Protocol)；用户数据报协议 UDP (User Datagram Protocol)。

TCP 协议是一种可靠的面向连接的协议，它允许将一台主机的字节流 (Byte Stream) 无差错地传送到目的主机。TCP 协议将应用层的字节流分成多个字节段 (Byte Segment)，然后将一个一个的字节段传送到互连层，发送到目的主机。当互连层将接收到的字节段传送给传输层时，传输层再将多个字节段还原成字节流传送到应用层。TCP 协议同时要完成流量控制功能，协调收发双方的发送与接收速度，达到正确传输的目的。

UDP 协议是一种不可靠的无连接协议，它主要用于不要求分组顺序到达的传输中。分组传输顺序检查与排序由应用层完成。

在 TCP/IP 参考模型中，传输层之上是应用层，它包括了所有的高层协议，而且不断有新的协议加入。应用层协议主要有七种：① 网络终端协议 TELNET，用于实现互连网中远程登录功能；② 文件传输协议 FTP，用于实现互连网中交互式文件传输功能；③ 电子邮件协议 SMTP，用于实现互连网中电子邮件传送功能；④ 域名服务 DNS，用于实现网络设备名字到 IP 地址映射的网络服务；⑤ 路由信息协议 RIP，用于网络设备之间交换路由信息；⑥ 网络文件系统 NFS，用于网络中不同主机间的文件共享；⑦ HTTP 协议，用于 WWW 服务。

在 TCP/IP 参考模型中，互连层之下是主机——网络层，也是参考模型的最低层，负责通过网络发送和接收 IP 数据报。TCP/IP 参考模型允许主机连入网络时使用多种现成的和流行的协议，如局域网协议或其它协议。从一个网络到另一个网络，这一层协议可以是不相同的。

按照层次结构思想，对计算机网络模块化的研究结果形成了一组从上到下单向依赖关系的协议栈 (Protocol Stack)，也叫做协议族。

在 TCP/IP 的主机——网络层中，它包括各种物理网协议，如局域网的 Ethernet、Token Ring、X.25 的分组交换网等。一旦这种物理网被用作传送 IP 数据包的通道，就可以认为是这一层的内容。这正体现出 TCP/IP 协议的兼容性与适应性，它也为 TCP/IP 的成功奠定了基础。

地址解析协议 ARP/RARP 并不属于单独的一层，它介于物理地址与 IP 地址间，起着屏蔽物理地址细节的作用。IP 可以建立在 ARP/RARP 上，也可以直接建立在网络硬件接口协议上。TCP 协议横跨整个层次，TCP、UDP 协议都要通过 IP 协议来发送、接收数据。TCP 协议提供可靠的面向连接服务，而 UDP 协议则提供简单的无连接服务。

应用层协议可以分为以下三类：一类依赖于面向连接的 TCP 协议；一类依赖于面向连接的 UDP 协议；而另一类则既可依赖于 TCP 协议，也可依赖于 UDP 协议。

依赖 TCP 协议的主要有网络终端协议 TELNET、电子邮件协议 SMTP、文件传送协议 FTP。

依赖 UDP 协议的主要有简单网络管理协议 SNMP、简单文件传输协议 TFTP。

既依赖 TCP 又依赖 UDP 协议的是域名服务 DNS 等。

## 1.1.5 网络互联技术

### 一、网络互联概述

由于计算机性能/价格比的迅速提高，社会对计算机网络的需求也不断增长，这使得计算机网络的互联 (internetworking) 变得日益重要。因此，网络互联技术已成为当前网络技术

中不可缺少的一部分。目前,网络互连技术正在发生着根本性的变化,推动它发展的动力主要来自以下几个方面:

### 1. 商业需求

企业生产的全球化已经是当今经济发展的一个重要特点。大型企业的总部设在欧洲,零部件生产厂设在东南亚,总装线设在美国,而办事机构遍布世界各地,这已经是司空见惯的事了。全球性的集团性企业,带来了全球性的市场,要增强企业的竞争能力,就需要将分布在世界各地的计算机网络互连起来,这是现代国际化企业管理模式的重要技术手段。这种商业需求迫使计算机厂商耗资巨款去研究网络互连技术,它在客观上推动了网络互连技术的发展。

### 2. 新的网络应用不断出现

随着计算机应用技术的飞速发展,多媒体网络应用已成为现实。电视会议、远程医疗、网上教学、电视点播、网络并行计算等新的应用对网络带宽、服务质量提出了更高的要求,这也就促使了传统的互连技术发生变化,以便适应新的应用发展的要求。

### 3. 技术进步

网络已从初期的广域网发展到城域网与局域网。局域网已从共享介质局域网向交换式局域网发展。ATM 和各种高速网络的迅速发展与应用,已经形成了 ATM 网络、各种高速网络与传统网络并存的局面,ATM 网络多协议互连技术将成为网络互连技术又一个重要的研究课题。

### 4. 信息高速公路的发展

信息高速公路(NII 与 GII)的建设是全球信息化发展的重要标志,而网络互连技术是实现信息高速公路计划的关键技术。国家信息公路的建设就是要将不同地区、不同行业、不同类型的网络系统互连起来,实现网络的互连、互通与互操作,要实现这一目标就必须发展网络互连技术。

因此,网络互连技术已经成为当前网络技术研究与应用的新的热点问题。

## 二、网络互连的要求

网络互连要求有:

- ① 在网之间提供一条连接的链路,至少需要一条物理和链路控制的链路;
- ② 在不同的网络进程之间提供路径选择和传送数据;
- ③ 对各用户使用互连网络提供记帐和统计服务;
- ④ 在提供上述服务时,不需修改原有网络体系结构。

这就需要网络互连功能协调各个网络的不同特性,如不同的寻址方案、不同的最大分组长度、不同的网络访问机制、不同的超时控制、不同的差错恢复方法、不同的状态报告方法、不同的路径选择技术、不同的用户访问控制、不同的服务——面向连接或面向无连接服务,以及不同的管理与控制方式等。

## 三、网络互连的类型

由于计算机网络从类型上可以分为广域网、城域网与局域网三类,所以网络互连的类型主要有以下几类:

- ④ 局域网—局域网互连
- ④ 局域网—广域网互连
- ④ 局域网—广域网—局域网互连
- ④ 广域网—广域网互连

### 1. 局域网—局域网互连

在实际应用中, 局域网—局域网的互连是最常见的一种。局域网互连又可进一步分为以下两类:

#### (1) 同种局域网的互连

符合相同协议的局域网的互连叫做同种局域网的互连。例如, 两个 Ethernet 网络的互连, 或者是两个 Token Ring 网络的互连, 都属于同种局域网的互连。这类互连比较简单, 一般使用网桥 (Bridge) 就可以将分散在不同地理位置的多个局域网互连起来。

#### (2) 异型局域网的互连

两种不同协议的共享介质局域网的互连, 以及 ATM 局域网与传统共享介质局域网的互连, 都属于异型局域网的互连。例如, 一个 Ethernet 网络与一个 Token Ring 网络的互连。异型局域网也可以用网桥互连起来。

符合 Ethernet、Token Bus、Token Ring 协议的局域网属于传统的共享介质局域网, ATM 局域网与传统共享介质局域网在协议与实现技术上都是不相同的。因此, ATM 局域网与传统共享介质局域网的互连必须解决局域网仿真问题。

### 2. 局域网—广域网互连

局域网—广域网的互连也是目前常见的方式之一。路由器 Router 或网关 Gateway (也称为网间协议变换器) 是实现局域网—广域网互连的主要设备。

### 3. 局域网—广域网—局域网互连

两个分布在不同地理位置的局域网通过广域网实现互连, 也是目前常见的互连类型之一。局域网主要是通过路由器或网关连到广域网上。局域网—广域网—局域网的结构正在改变传统的主机通过广域网中的通信控制处理机 CCP 的传统接入模式, 大量的主机通过局域网来接入广域网是今后主机接入广域网的一种重要方法。

### 4. 广域网—广域网互连

广域网—广域网互连也是目前常见的方式之一。广域网—广域网通过路由器或网关互连起来, 可以使分别连入各个广域网的主机资源能够相互共享。

## 四、网络互连的层次

网络协议是分层的, 那么网络互连一定存在着互连层次的问题。根据网络层次的结构模型, 网络互连的层次可以分为:

### 1. 数据链路层互连

数据链路层互连的设备是网桥 (Bridge)。网桥在网络互连中起到数据接收、地址过滤与数据转发的作用, 它用来实现多个网络系统之间的数据交换。用网桥实现数据链路层互连时,

允许互连网络的数据链路层与物理层协议是相同的，也可以是不同的。

### 2. 网络层互连

网络层互连的设备是路由器（Router）。网络层互连主要是解决路由选择、拥塞控制、差错处理与分段技术等问题。如果网络层协议相同，则互连主要是解决路由选择问题；如果网络层协议不同，则需使用多协议路由器（Multiprotocol Router）。用路由器实现网络层互连时，允许互连网络的网络层及以下各层协议是相同的，也可以是不同的。

### 3. 高层互连

传输层及以上各层协议不同的网络之间的互连属于高层互连。实现高层互连的设备是网关（Gateway）。高层互连使用的网关很多是应用层网关，通常简称为应用网关（Application Gateway）。如果使用应用网关来实现两个网络高层互连，那么允许两个网络的应用层及以下各层网络协议是不同的。

在网络系统集成技术中，我们常常遇到“互连”、“互通”与“互操作”这三个术语。从网络互连角度看，网络的互连、互通与互操作表示了不同的内涵。互连（interconnection）是指在两个物理网络之间至少有一条在物理上连接的线路，它为两个网络的数据交换提供了物质基础和可能性，但不能保证两个网络一定能够进行数据交换，这要取决于两个网络的通信协议是不是相互兼容。互通（intercommunication）是指两个网络之间可以交换数据。例如，在 Internet 中，TCP/IP 协议屏蔽了物理网络的差异性，它能保证互连的不同网络中的计算机之间交换数据。

因此，互通仅仅涉及通信的两台计算机之间的端到端连接与数据交换，它为不同计算机系统之间的互操作提供了条件。

互操作（interoperability）是指网络中不同计算机系统之间具有透明地访问对方资源的能力。因此，互操作性是由高层软件来实现的。例如，Internet 的两个互连网络中有一台 Sun 工作站与一台 VAX 小型机，它们之间可以通过 TCP/IP 协议实现互通，但如不解决两个操作系统的差异性，它们也无法透明地互相访问对方资源。要做到这一点，就需要使用应用网关。因此，互连、互通、互操作表示了三层涵意。互连是基础，互通是手段，互操作则是网络互连的目的。

## 五、网络互连设备

### 1. 中继器

信号在传输介质上传播时，总是会变得越来越弱（衰减），要保证信号能可靠地传输，每种传输介质都有一个最大传输距离。当网络的距离超过最大传输距离时，利用中继器（Repeater）可以延伸网络的传输距离。

中继器是局域网互连的最简单设备，它工作在 TCP/IP 协议体系结构的物理层，用来连接具有相同物理层协议的局域网。中继器的功能仅仅是产生一个信号，从而维持通过局域网的信号电平，以扩展局域网的内在距离限制。用这种方法不能维持信号电平时，将导致信号失真，漏检错误数据，或者流量可能由于强制重发而大量减小。

中继器传送所有局域网信号，不管它是否需要传送。因此，中继器通常用在集中于同一幢楼里的互连局域网。例如 IEEE 802.3 为 Ethernet 局域网设计连线时指定两个最远用户之间的距离，包括用于局域网的连接电缆，不得超过 500 米。即使使用了中继器，典型的 Ethernet 局域网应用

要求从头到尾整个路径不超过 1500 米。这个限制是为了适应以太网冲突检测装置而建立的。

中继器有两种。一种中继器仅起到放大作用,它将所有接收到的包括噪音在内的信号放大后输出;另一种中继器对输入的信号有再生作用,它将输入信号中的数据信号提出放大后重新发送到另一段传输介质上。通常,信号再生是一种比较好的方案。但是它比简单的信号放大需要更多的时间,电路也复杂一些。

尽管从理论上讲采用中继器可以无限延长网络的传输距离,但是在实际应用中,许多网络对源结点计算机与终结点计算机之间的中继器个数都有限制。

中继器的主要优点是安装简单、使用方便、价格相对低廉。它不仅起到了扩展网络距离的作用,还能将不同传输介质的网络连接在一起。但是中继器不能提供网段间的隔离功能,通过中继器连接起来的网络实际上是逻辑上的同一网络。

## 2. 集线器

当网络需要在某几个介质段之间有一个连接的中央结点时,这个中央结点可以使用一种称为集线器的连接设备。集线器又被称为集中器或多路转发器,它可以提供多个连接端口,一般端口数为 8 个、12 个、16 个、32 个等。由于集线器对信号也有再生放大作用,同时又克服了传输介质之间单一通路的电子、机械方面的限制,因此,集线器可以看成是一种特殊的中继器。

集线器一般分为无源集线器、有源集线器和智能集线器。无源集线器只负责将多段介质连在一起,不对信号做任何处理,这样它只允许每个介质段扩展到最大有效距离的一半。有源与无源集线器相似,但它能对信号起再生与放大作用,有扩展介质长度的功能。智能集线器除具有有源集线器的全部功能外,还将网络的很多功能集成到集线器中,如网络管理功能、选择网络路径功能等。

## 3. 网桥

比中继器精明得多的互连设备是网桥,它能将一个较大的 LAN 分割为多个网段,或将两个以上的 LAN 互连为一个逻辑 LAN。无论哪种情况,LAN 上的所有用户都可访问服务器。

网桥比中继器精明,主要在于这种互连设备操作在物理层之上的数据链路层,即数据链路层和子层—媒体访问控制(MAC)。互连设备操作层次越高,功能就越多,于是便呈现了“精明”的特性。

当 LAN 上的用户数量和工作站数增加时,LAN 上的通信量也随之增加,因而引起性能下降。这是所有 LAN 共同存在的问题,特别是使用 IEEE802.3 CSMA/CD 访问方法的 LAN,这个问题表现得更为突出。在这种 LAN 环境下,必须将网络进行分段,以减少网络上的用户数和通信量。将网络进行分段的设备便是网桥。

使用网桥对网络分段时,必须考虑两个相互矛盾的目的:一是减少每个 LAN 段上的通信量;二是确保网段间的通信量小于每个网段内部的通信量。

由于网桥是属于比 DCE 级的端到端的网络互连结构,它在数据链路层对帧进行存储转发,与高层协议无关。从原则上讲,不同类型的网络之间可以通过网桥连通,但只有不同高层协议的网络之间连通,是没有办法进行互操作的。故实际上,网桥只用于同类局域网之间互连,如 802.x 网络,且采用同样的网络操作系统。

### (1) 网桥的应用环境

在很多实际应用中,需要将多个局域网互连起来。这些应用环境主要是:

① 一个单位的很多部门都需要将各自的服务器、工作站与微型机互连成网,不同的部门

根据各自的需要选用了不同的局域网，而各个部门之间又需要交换信息、共享资源，这样就需要把多个局域网互连起来

- ④ 一个单位有多幢办公楼，每幢办公楼内部建立了局域网，这些局域网需要互连起来，构成支持整个单位管理信息系统的局域网环境
- ④ 在一个大型的企业或校园内，有数千台计算机需要连网，如果将它们用一个局域网连接，局域网的负荷增加，性能下降。可行的办法是将数千台计算机按地理位置或组织关系划分为多个子网，每个子网是一个局域网，多个局域网互连起来构成一个大型的企业网或校园网。
- ④ 如果连网计算机之间的距离超过了单个局域网的最大覆盖范围，可以将它们分成几个局域网来组建，再把这几个局域网互连起来。
- ④ 如果一个企业中某一部门的信息对安全、保密方面要求较高，可以将这一部门的计算机单独连在一个局域网内，再把这个局域网与企业的其它局域网互连起来

### (2) 网桥的功能

网桥的功能在延长网络跨度上类似于中继器，然而它能提供智能化连接服务，即根据帧的终点地址处于哪一网段来进行转发和滤除。网桥对站点所处网段的了解是靠“自学习”实现的。网桥的存储和转发功能与中继器相比有优点也有缺点，其优点是：

- ④ 使用网桥进行互连克服了物理限制，这意味着构成 LAN 的数据站总数和网段数很容易扩充。
- ④ 网桥纳入存储和转发功能可使其适应于连接使用不同 MAC 协议的两个 LAN，因而构成一个不同 LAN 混连在一起的混合网络环境。
- ④ 网桥的中继功能仅仅依赖于 MAC 帧的地址，因而对高层协议完全透明
- ④ 网桥将一个较大的 LAN 分成段，有利于改善可靠性、可用性和安全性。

网桥的主要缺点是：

- ④ 由于网桥在执行转发前先接收帧并进行缓冲，与中继器相比会引入较多时延
- ④ 由于网桥不提供流控功能，因此在流量较大时有可能使其过载，从而造成帧的丢失。

网桥的优点多于缺点正是其广泛使用的原因。

## 4. 路由器

路由器是在网络层上实现多个网络互连的设备。

### (1) 路由器与网桥的差别

路由器在网络层提供连接服务，用路由器连接的网络可以使用在数据链路层和物理层完全不同的协议。由于路由器操作的 OSI 层次比网桥高，所以，路由器提供的服务更为完善。路由器可根据传输费用、转接时延、网络拥塞或信源和终点间的距离来选择最佳路径。路由器的服务通常要由端用户设备明确地请求，它处理的仅仅是由其它端用户设备要求寻址的报文。

路由器与网桥的另一个重要差别是，路由器了解整个网络，维持互连网络的拓扑，了解网络的状态，因而可使用最有效的路径发送包。

### (2) 路由器工作原理

在互连网上交换信息的一个基本要求是每个站都具有可达的唯一地址。与邮政编址类似，互连网地址也由几部分组成。

规定了地址之后，接下来便是如何选择路径到达报文的终点。路由选择涉及规定路由选择参数以及如何获得这些参数。

在互连网中使用的地址是 32 位的 IP 地址，该地址由网络号和主机号组成。IP 地址分为