

第 1 章 计算机网络概述

1.1.1 计算机网络的形成 p1

计算机网络技术是计算机技术和通信技术相结合的技术，计算机技术和通信技术又离不开微电子技术的支撑。

1.1.2 计算机网络的发展阶段 p5

Internet 的应用经历了 3 种服务：接入服务供应商 ISP，内容服务供应商 ICP，应用服务供应商 IAP。

表 1-1 计算机网络发展的 4 个阶段及其特征

阶段	时间	名称	特征	典型应用
1	1950-1960中	联机终端网络	主机一个，终端多个	气象数据传输
2	1962-1969	计算机-计算机网络	主机多个，两级子网，层次协议	ARPANET
3	1974	开放的体系结构	开放的计算机网络体系结构框架，7层协议	OSI
4	1990	因特网（Internet）	网络的网络，信息社会基础设施，网络普及	Internet Intranet

1.1.3 计算机网络的定义 p5

计算机网络是通过传输介质、通信设施和网络通信协议，把分散在不同地点的计算机设备互连起来，实现资源共享和数据传输的系统。

1.1.4 计算机网技术的特征 p7

三网合一：计算机网，电信网，广播电视网。

1.2.1 计算机网络的物理结构 p10

计算机网络的物理构成由两级子网组成，即通信子网和资源子网。

1.2.2 计算机网络的拓扑结构 p11

前三种多用于局域网。广域网多采用网状、不规则型等结构。

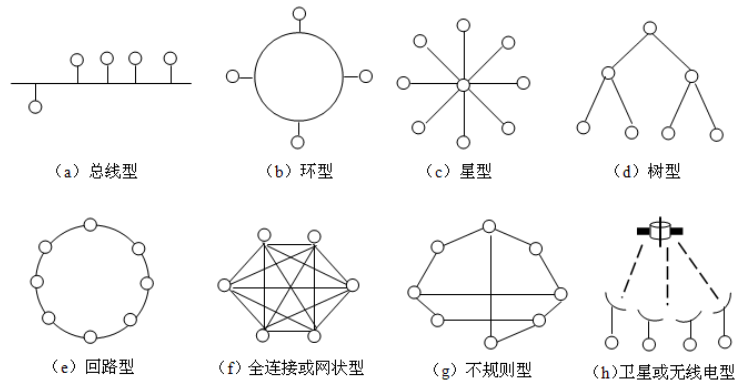


图 1-4 计算机网络的拓扑结构

1.2.3 计算机网络的协议体系结构 p12

层次和协议的集合构成了网络协议体系结构。

1.2.4 计算机网络的分类 p13

按网络覆盖的地域范围划分，局域网 LAN，城域网 MAN，广域网 WAN。

1.2.5 计算机网络的硬件和软件 p14

计算机网络的硬件包括计算机设备、网络互连设备、连接设备、传输介质。

计算机网络的软件包括网络体系结构、网络操作系统、网络协议软件、网络工具软件、网络编程软件和网络应用软件。

第 2 章 计算机网络协议和体系结构

2.1.1 计算机网络协议的作用 p25

计算机网络协议是计算机网络中的计算机设备之间在相互通信时遵循的规则、标准和约定。

2.1.2 计算机网络协议的要素 p26

语法、语义、同步

2.1.3 计算机网络协议的格式 p27

在计算机网络中用协议数据单元 PDU 描述通信协议。网络体系结构中每一层次都有该层对应的 PDU。

PDU 的控制部分即是该层的协议，数据部分是需要传输的信息内容，一般为上一层次的 PDU。

打包、拆包。

2.2.1 计算机网络体系结构的定义 p27

计算机网络体系结构是计算机网络层次和协议的集合。

接口 SAP 是同一节点内相邻层之间交换信息的连接处，低层通过接口向高层提供服务。

2.2.5 网络协议与网络服务的关系 p32

网络协议可以描述为两个对等实体（或多个实体）进行通信操作的规则的集合。在网络协议的控制下，两个对等实体之间的通信使得本层能够向上一层提供服务，要实现本层协议，需要使用下一层提供的服务。

2.3.1 OSI 参考模型概述 p33

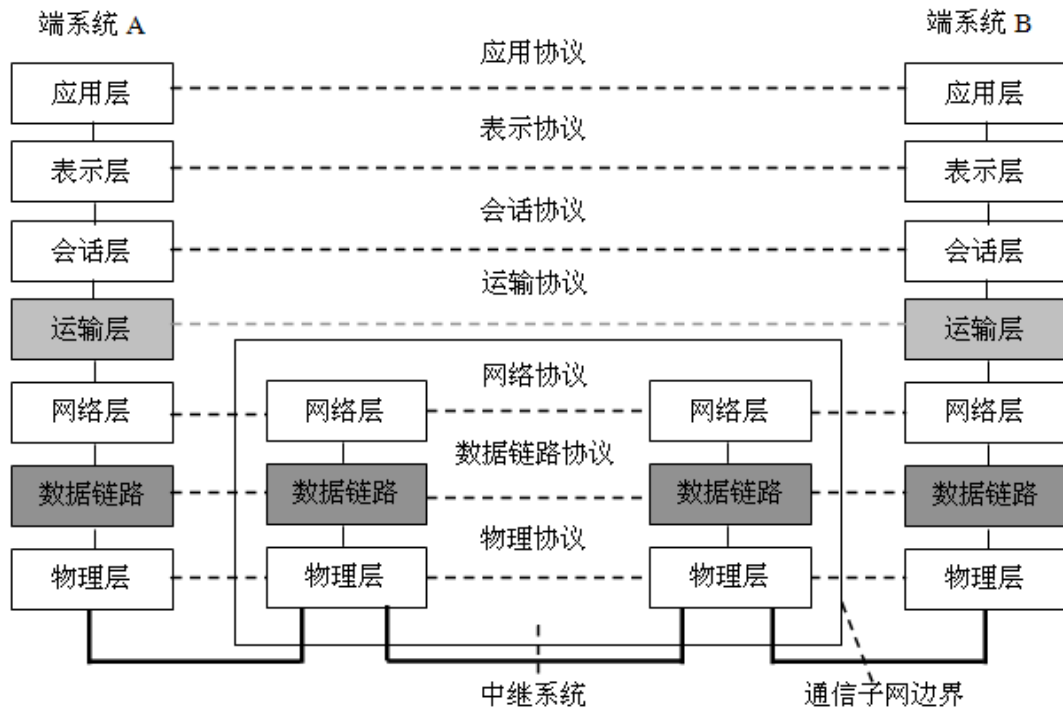


图 2-7 OSI 参考模型

2.3.3 OSI 参考模型各层的功能 p34

物理层：

- 对等物理层的协议数据单元为比特流。物理层协议用4个特性描述和定义

数据链路层：

- 涉及到相邻节点之间可靠传输，需要完成的功能有链路管理、成帧、差错控制、流量控制和丢失等

网络层：

- 涉及到源节点到目的访问节点之间可靠的传输，是通信子网的最高层次，需要完成的功能包括路由选择，网络寻址、网络互连等

运输层：

- 涉及到端（主机）到端（主机）之间可靠的运输，起着承上启下的作用，为高层屏蔽掉下面通信子网的差异

会话层：

- 允许主机上的用户建立会话关系，在一次会话连接中可以有多个会话内容单元，提供会话同步

表示层：

- 关心所传输数据信息的格式定义，即信息的语法和语义

应用层：

- 为应用进程提供访问计算机网络的途径，构成不同的应用层协议数据单元

2.4.4 TCP/IP 与 OSI 的比较 p41

TCP/IP 模型与 OSI 模型的一个重要区别是可靠性问题。

OSI 模型在所有各层都进行差错校验和处理。而 TCP/IP 仅在 TCP 层，即仅在

端到端进行差错控制。

5	应用层 FTP、SMTP 等	应用层
		表示层
		会话层
4	TCP 层	运输层
3	IP 层	网络层
2	网络接口层	数据链路层
1		物理层

图 2-13 TCP/IP 与 OSI 模型的比较

2.6.1 ARPANET p44

ARPANET 是网络发展的里程碑。

2.7.1 Internet 的由来 p47

Internet 是由 ARPANET 演变过来的，采用 TCP/IP 网络协议，核心技术是分组交换。

2.7.3 Internet 的基础结构经历的推进 p49

Internet 的基础结构经历了 3 个阶段的推进。

第 3 章 数据通信通信技术基础

3.1.1 信息、数据与信号 p54

信息是在人们之间传递的知识，数据是信息的具体表现形式，其本身是各种各样的物理符号或它们的组合。信息涉及到数据的内容和解释，同一种信息可以用不同的数据形式表示出来。

3.1.3 数据通信传输系统模型 p55

一个数据通信系统由源系统、传输系统、目的系统三部分组成

3.1.4 信道的最大容量 p56

信道的最大容量与信道的带宽有关。

3.1.5 计算机网络中的速率 p57

计算机网络中信号的速率有 3 种：传播速率、码元（调制）速率和数据传输率。

3.1.7 通信双方的交互方向 p59

单向通信，只能有一个方向上的通信，即 A 只能传给 B。

双向交替通信，通信的双方都可以发送信息，但不能同时发送，在某一个时刻仅存在一个方向上的通信。

双向同时通信，通信的双方可以同时发送和接收信息。

上述三个基本方式是规范的术语，分别对应单工、半双工、全双工。

3.1.8 计算机网络中的时延及计算 p59

时延是指数据（PDU）从网络发送端到接收端（节点之间）的时间，以秒为单位。实验包括传播时延、处理时延、排队时延和重发时延。

3.2.1 传输介质的分类 p62

常用的有线传输介质有双绞线、同轴电缆、光纤。常用的无线传输介质有无线电、微波、红外线、激光。

3.2.2 有线传输介质 p65

光纤通信中常用的 3 个波段的中心分别位于 0.85 μ m、1.30 μ m、1.55 μ m，
光纤具有的带宽理论上可高达 25000GHz。

光电二极管的响应时间一般为 1ns，限制传输速率 1Gbit/s 内。

按光纤的传输点模数分类可将光纤分为单模光纤（远距离、配合激光）和
多模光纤（近距离）。

3.2.4 卫星传输 p71

表 3-3 主要的卫星频段

频段	下行(GHz)	上行(GHz)	带宽(MHz)	用途和问题
L	1.5	1.6	15	商用，低带宽，拥挤
S	1.9	2.2	70	商用，低带宽，拥挤
C	3.7—4.2	5.92—6.425	500	商用，易受拥挤串扰
Ku	11.7—12.2	14.0—14.5	500	电信，易受雨水影响
Ka	17.7—21.7	27.5—30.5	3 500	商用，易受雨水影响，设备造价较高

3.3 信道复用技术 p72 ※

3.4 数据编码技术 p74 ※

3.5 交换技术 p78

传统的交换技术有电路交换、报文交换和分组交换。

分组交换也与存储转发相联系

- 把需要传输的数据（报文）分成长度固定的分组
- 节点对分组进行存储转发

分组的大小比报文小的多

- 在节点的时延比较小，即使传输出现差错，重传的数据量也比较小

计算机数据的传输具有突发性的特点，若采用电路交换来传输计算机数据，线路的利用率会非常低

- 只有分组交换适合计算机数据的传输

分组交换可以分为

- 面向连接的虚电路分组交换
- 无连接的数据报分组交换

3.6.2 差错控制方法 p81

数据通信和计算机网络中的差错控制方法采用编码的方法，分为检错编码和纠错编码。

计算机网络采用的差错控制方法主要有 4 种：奇偶校验、海明校验、循环冗余校验 CRC（数据链路层）、校验和方法（运输层）。

3.6.4 循环冗余校验编码 p84 ※

3.7.1 无线通信基础知识 p85

1971 年美国夏威夷大学开发出第一个分组无线网络 ALOHA。

3.7.2 蜂窝移动通信 p86

蜂窝通信依据的原理是频率复用，即在不同的空间位置上重复使用频率。

3.7.5 第 4 代移动通信及其技术 p90

LTE 国际上的标准分为 FDD-LTE 和 TDD-LTE，中国移动采用的是 TDD-LTE。TD-LTE 是中国主导的新一代宽带移动通信技术，是具有自主知识产权 3G 国际标准 TD-SCDMA 的后续演进技术。

第 4 章 应用层

4.1.1 应用层协议及描述 p93

应用层是 5 层计算机网络体系结构的最高层。以 Internet 中采用的 TCP/IP 协议为例, 主要协议有: 域名协议 DNS、超文本传输协议 HTTP、文件传输协议 FTP、简单邮件传输协议 SMTP、简单网络管理协议 SNMP、远程登录协议 Telnet 等。

4.1.3 网络应用的计算模式 p95

计算模式的演变经历了终端-主机、客户机/服务器 C/S、浏览器/服务器 B/S、对等模式 P2P、云计算模式。云计算提供的服务所包含的层次: 基础设施即服务 IaaS, 平台即服务 Paas, 软件即服务 SaaS。

表 4-1 4 种计算模式特点的比较

比较内容	终端—主机模式	C/S 模式	B/S 模式	P2P 模式
模式结构	集中式、无层次	分散、多层次	分布、网状	分布、网状
用户访问	菜单驱动	事件驱动	动态交互	动态交互
主流语言	COBOL、Fortran	4GL、专用工具	Java、HTML、XML	Java、HTML、XML
客户机/界面	哑终端/字符型	胖客户机/图形用户界面	瘦客户机/网络用户界面	通信双方对等
客户机访问资源	一对一	一对多	多对多	对等, 多对多
数据流	可预测	突发性	不可预测	不可预测
软、硬件平台	相关	相关	无关	无关
开发主要位置	主机	客户机	服务器	端节点
出现时间	20 世纪 70 年代	20 世纪 90 年代中	20 世纪 90 年代末	21 世纪初
典型的厂商	IBM	Microsoft	Sun、Microsoft、Oracle	Sun、Microsoft、Oracle

4.2.3 DNS 域名解析过程 p101

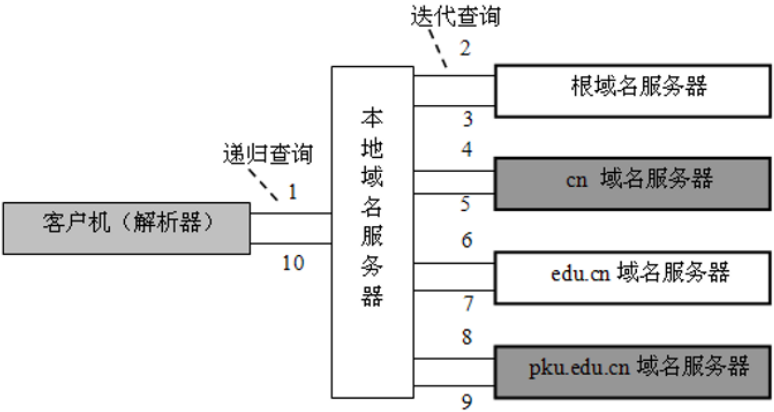


图 4-5 域名 `www.pku.edu.cn` 解析过程

4.3.1 万维网概述 p105

万维网使用 **HTML** 语言**组织** Web 文档信息，使用 **HTTP** 协议**传输** Web 文档信息，使用统一资源定位符 **URL** **定位** Web 文档位置。

4.3.3 统一资源定位符 p107

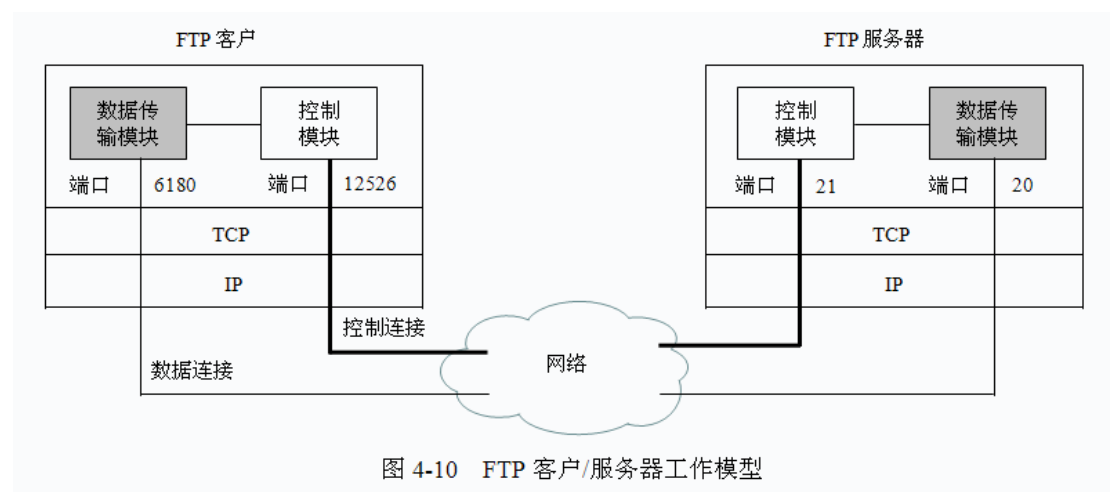
URL 由 4 部分组成：**协议://主机:端口/路径**。

4.4.1 FTP 概述 p110

FTP 是最广泛使用的应用层协议之一，用于网络文件的下载和上传。

4.4.2 FTP 的工作原理 p111

FTP 的客户机和服务器之间需要简历并行的“控制连接”和“数据连接”，分别通过端口号 **21** 和 **20** 进行。



4.5.4 SMTP 的工作过程 p119

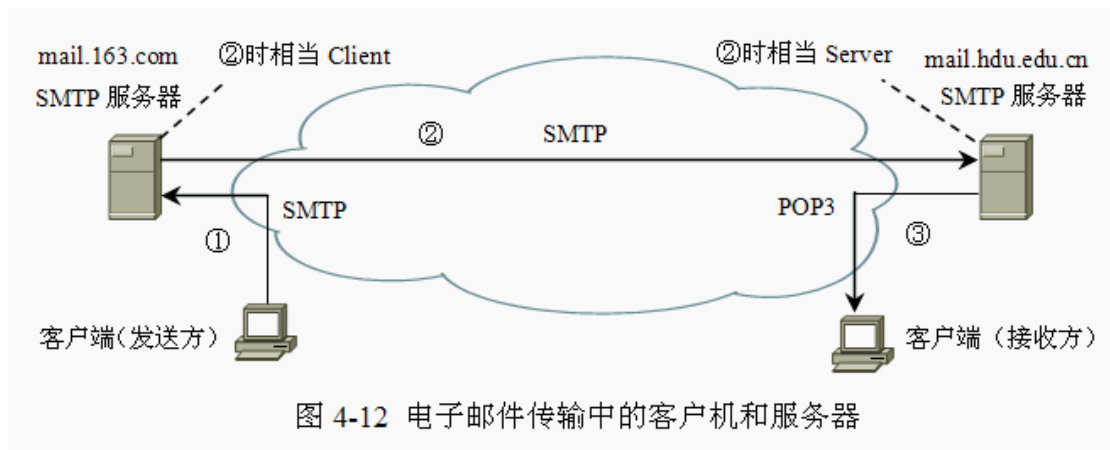
发送方和接收方邮件服务器之间通信包括**3**个阶段：

- 连接建立
- 邮件传输
- 连接释放

这里把发送方邮件服务器称为本地邮件服务器，或称为**SMTP**客户机

把接收方邮件服务器称为远地邮件服务器，或称为**SMTP**服务器

交互过程中采用**TCP**连接



4.5.6 通用 Internet 邮件扩展 (MIME) p122

为了解决 SMTP 的问题，1993 年推出了通用 Internet 邮件扩展 MIME 协议，MIME 协议在其首部说明了邮件数据的数据类型，类型包括：文本、声音、图像和视频等。

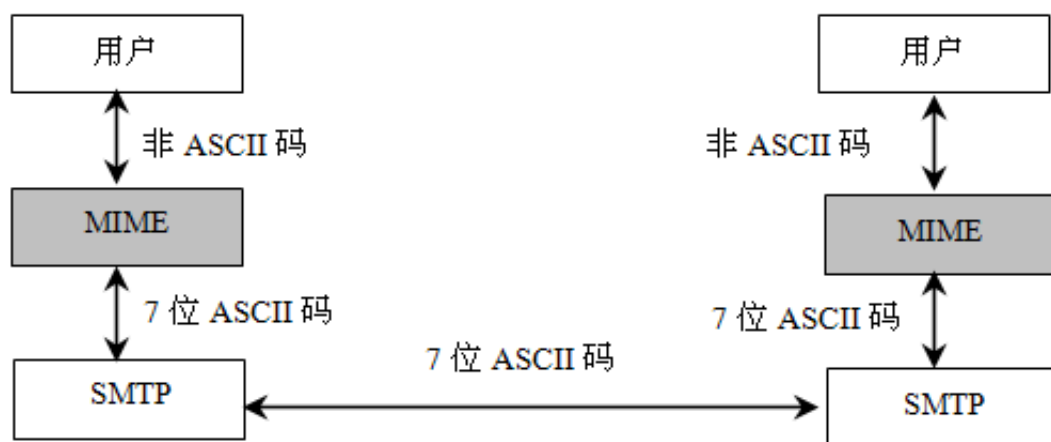


图 4-14 MIME 与 SMTP 之间的联系

第 5 章 运输层

5.1.1 运输层提供的服务 p139

运输层要提供两种不同的运输协议，即面向连接的和无连接的。

5.1.2.2 运输层与网络层的关系 p141

网络层是为主机之间提供逻辑通信，运输层为应用进程之间提供端到端的逻辑通信。

5.2.1 网络中的寻址 p142

网络寻址是最重要的技术，是网络互连的关键

- 网络中怎样寻址
- 计算机网络中的主机（计算机设备）有网络连接标识
 - 在因特网中用IP地址作为网络节点（计算机设备）的网络接口的连接标识
- 这些连接标识是一个逻辑地址，与计算机设备的物理地址相联系
 - 采用连接标识是为了寻址的方便
 - 在计算机网络中必须使用逻辑地址才有可能实现计算机设备以及网络的互连

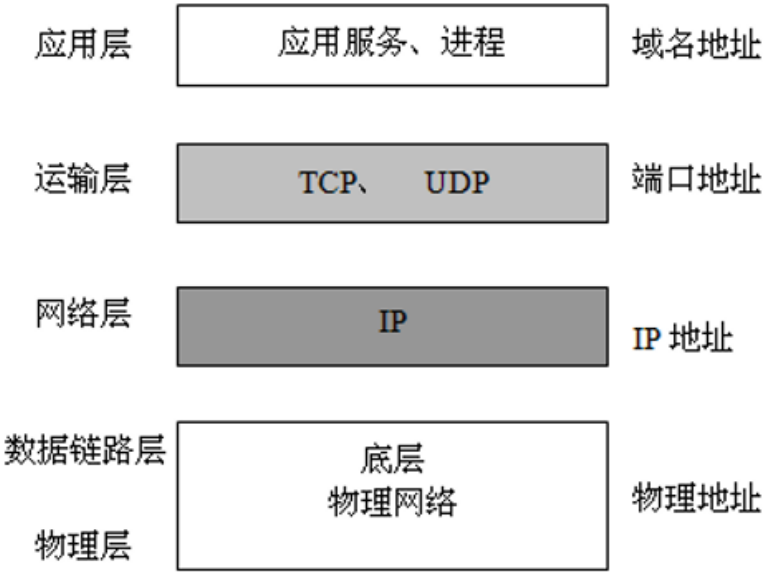


图 5-5 网络中的地址及层次对应

5.2.2 运输层的复用与分用 p144

运输层一个很重要的功能就是

- 复用和分用（分解）

源主机的应用层的多个进程通过应用层和运输层之间的不同端口向下递交到运输层

- 再向下复用到网络层，使用网络层提供的服务

目的主机的运输层使用分用功能

- 根据套接字标识，通过不同的端口号把报文分别交付到相应的应用进程

5.2.3 运输连接的建立与释放 p145

连接建立采用三次握手机制，连接释放采用四次握手。

这里的一次握手其实讲的是协议数据单元从通信的一方传输到另一方，之所以采用三次握手，原因是下层网络服务是不可靠的。

连接释放分为突然释放和文雅释放，无连接的服务使用突然释放，面向连接的服务采用文雅释放。

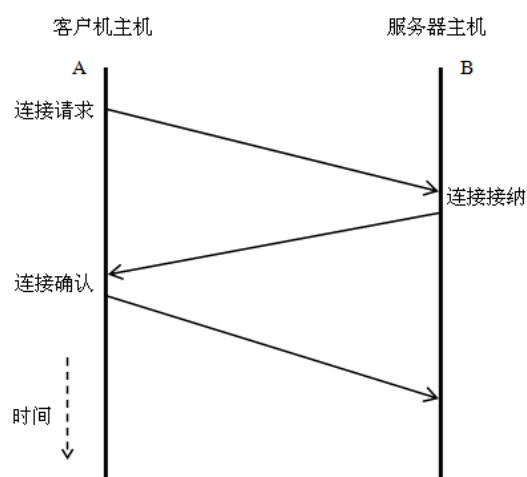


图 5-7 面向连接运输协议的连接建立过程

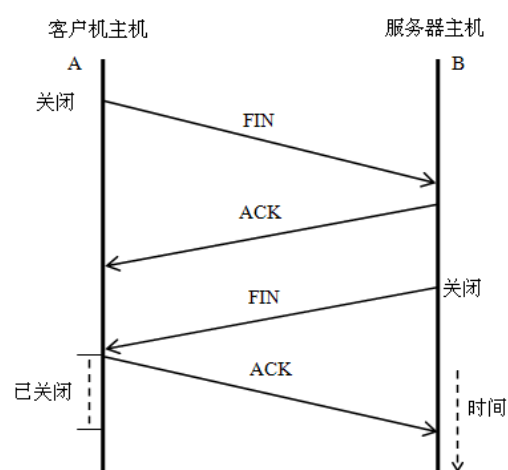


图 5-8 面向连接运输协议的连接释放过程

5.5.2 运输层的端口 p166

端口在运输层与应用层的接口处，在运输协议数据单元 TPDU 中包含源端口号和目的端口号两个字段。

依据 OSI 的描述，端口就是运输服务访问点 TSAP。

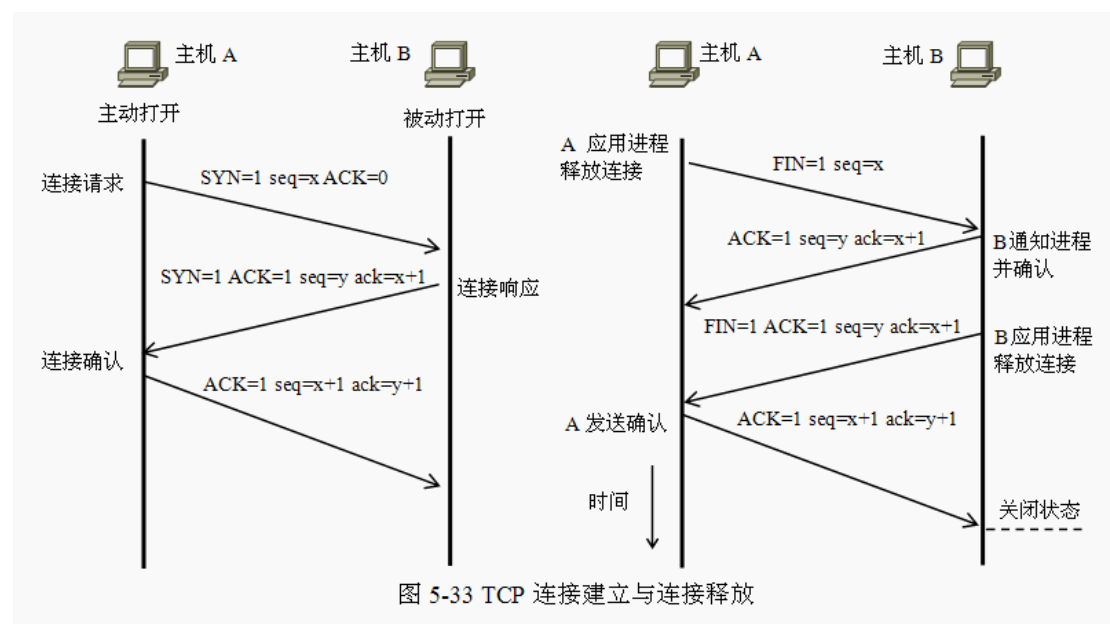
运输层的端口号用于区分不同的应用进程。

5.6.3 UDP 的校验和 p167 *

5.7.4 TCP 流量控制和拥塞控制

TCP 流量控制通过窗口大小控制。

拥塞控制 TCP Tahoe、TCP Reno *



第 6 章 网络层

路由选择算法主要有距离矢量算法、链路状态算法、路径矢量算法。

常用的路由协议分为内部路由协议（RIP、OSPF），外部路由协议（BGP）。

6.2.1.1 路由选择和转发 p189

路由包含两个基本动作：选择和转发。路径选择是通过路由选择算法确定最佳的传输路径。转发是逐跳过程，只考虑将要转发的下一跳。

6.2.2 网络分组的交付 p192

网络分组的交付可以分为直接交付和间接交付两类。在同一个子网的主机之间传输分组属于直接交付，不需要经过路由器。若是在不同子网中的主机之间传输分组，需要通过一个或多个路由器进行分组转发，属于间接交付。

6.5.2 自治系统 p206

因特网采用分层次的路由选择把互连网划分为多个自治系统 AS。一个自治系统是具有一个单一的和明确定义的路由选择策略，由一组互连起来的具有相似 IP 前缀（一个或多个前缀）的路由器（节点）组成，由一个或多个网络管理人员负责运行管理的系统。

6.6.2 IP 分组的分片 p211

在 IP 层下面的每一种数据链路层都有格子的帧格式，帧格式中的数据字段的最大长度不同，所以需要分片。

6.6.3 IP 地址及应用方法 p212

IP 协议种包含源 IP 地址和目的 IP 地址字段，各占 32 位二进制位。IP 地址的编址技术的发展经历了 3 个阶段。

特殊 IP 地址、专用 IP 地址。

6.6.7 子网划分技术 p217

用于子网划分的子网掩码 *

6.6.8 子网划分的分组转发过程 p221

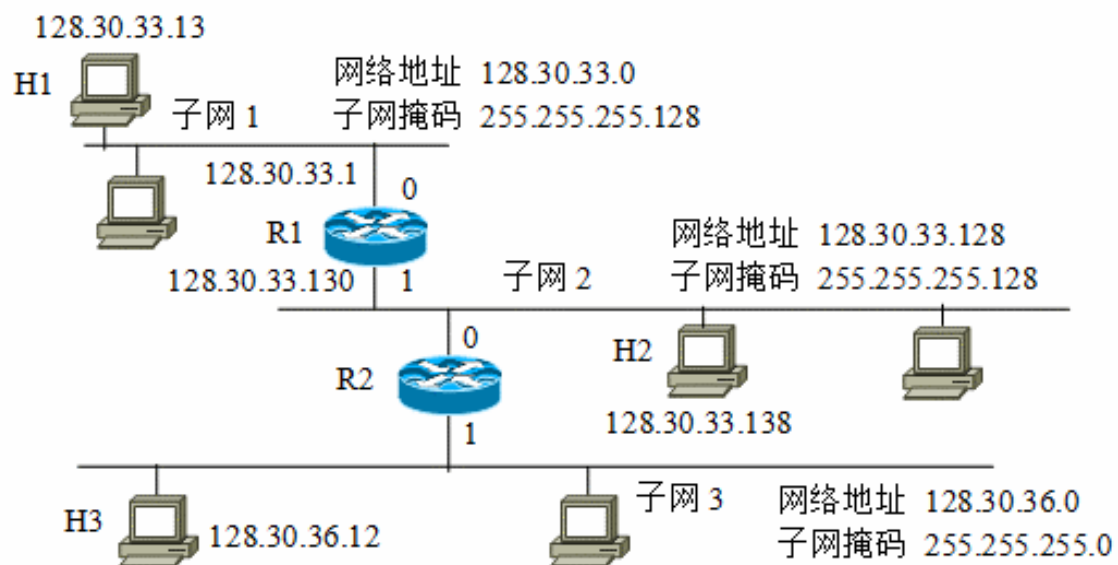


图 6-49 划分子网后的分组转发

6.6.9 无分类编址 (CIDR) p222

CIDR是在变长子网掩码VLSM (Variable Length Subnet Mask) 的基础上发展起来的

- 早在1987年, 为提高IP地址资源的利用, 提出了VLSM, RFC文档是RFC 1009

CIDR取消了传统的A、B、C类地址以及子网划分的概念, 使用各种长度的网络前缀 (network-prefix) 代替分类地址中的网络号和子网号

- **CIDR不再使用子网的概念, 使IP地址又回到了两级编址, 是无分类的两级编址, CIDR的表示方法是:**

IP地址::={<网络前缀>,<主机标识>}

在应用中CIDR使用斜线记法 (slash notation), 也称为CIDR记法

- **方法是在IP地址后面加一斜线 “/”, 然后写上网络前缀所占比特数**

6.9.1 内部路由协议 RIP p232

路由信息协议，距离矢量算法。

RIP是基于Bellman-Foed算法的距离矢量路由协议，最初是在伯克利UNIX系统中开发的

– **RIP对距离的定义是所经过路由器的跳数**

RIP的设计思想是：

- 路由器周期地与相邻路由器交换路由刷新信息报文，报文内容是由若干（V,D）组成的表，其中：
- V代表矢量，表示该路由器可以到达的目的网络或目的主机
- D代表距离，指出该路由器到达目的网络或目的主机的跳数
- 路由器在接收到某个路由器的（V,D）报文后，根据最短路径算法更新各自的路由表

RIP的工作过程包括

– **路由表的建立和路由表的更新**

6.9.2 内部路由协议 OSPF p234

开放最短路径优先，链路状态路由选择算法。

特点：

1 提供对不同服务类型的支持。

2 支持负载均衡。

3 支持可变长度的子网划分和无分类的编址 CIDR。

4 链路状态更新分组具有鉴别能力，使得仅在可信赖的相邻节点之间交换信息成为可能。

5 每一个链路状态都携带一个 32 位的序号，表示链路状态变化的版本，序号越大链路越新。还规定序号数值增长速率不超过 5s/次。

6.9.3 外部路由协议 BGP4 p238

在 AS 之间使用的是外部路由协议，Internet 种具体应用是边界网关协议 BGP4（路径矢量算法）。主要功能是在 AS 之间交换有关网络可达性的路由信息。

表 6-6 因特网路由协议的比较

比较内容	RIP	OSPF	BGP-4
路由选择协议	距离矢量	链路状态	路径矢量
路由选择算法	Bellman-Ford	Dijkstra	发言人交换可达性信息
路由设计目标	最优路由	最优路由	路由可达性
封装位置	UDP	IP	TCP
内部或外部路由	内部	内部	外部
度量值	跳数	时延（链路状态）	AS 号序列长度

6.10.3 网络互连设备 p246

高层次的网络互联设备会兼容低层次的网络互联设备的功能。

协议转换器（gateway）——运输层及以上层次

路由器（router）——网络层

桥接器（bridge）——数据链路层

中继器（repeater）——物理层