

TCP/IP 及 相关协议

SECOND EDITION

Uyless Black



学苑出版社

McGraw-Hill Series on Computer Communication

微机通信网络系列丛书

TCP/IP & Related Protocols

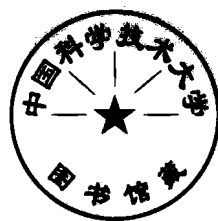
TCP/IP 及相关协议

Uyless Black 著

康 娟 李增民 译

李慧云 李志诚

燕卫华 审校



学苑出版社

(京)新登字 151 号

内 容 简 介

本书以面向网络用户为出发点,详细而又深入地介绍了 TCP/IP 协议的基本原理及特性,并概述了 TCP/IP 协议所具有的如此丰富的相关协议,同时分析了这些协议在各种系统中的应用。本书内容充实、实例丰富,是各种网络用户的必备手册。

需要本书的用户,请与北京海淀 8721 信箱书刊部联系,邮政编码 100080,电话 2562329。

版 权 声 明

本书英文版名为《TCP/IP & Related Protocols》,由 McGraw-Hill 公司出版,版权归 McGraw-Hill 公司所有。本书中文版由 McGraw-Hill 公司授权出版,未经出版者书面许可,本书的任何部分均不得以任何形式或任何手段复制或传播。

微机通信网络系列丛书

TCP/IP 及相关协议

著 者: Uyless Black
译 者: 康 娟 李增民 李慧云 李志诚
审 校: 燕卫华
责任编辑: 陆卫民
出版发行: 学苑出版社 邮政编码: 100036
社 址: 北京市海淀区万寿路西街 11 号
印 刷: 兰空印刷厂
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 18.375 字 数: 416 千字
印 数: 1~5000 册
版 次: 1995年10月北京第1版第1次
I S B N 7-5077-0778-4/TP·10
本册定价: 28.00 元

学苑版图书印、装错误可随时退换

作者简介

Uyless Black 是一家以 Virginia 的远程通信咨询公司为基地的信息工程公司的总经理。他设计并开发了许多数字通信系统和声音与数字网络。作为联邦储备会(Federal Reserve)的一名高级官员,他管理着许多大范围的数字通信系统。在计算机通信技术的有效使用方面,他给 Bell Labs, AT&T, Bell Northern Research 以及 BellCore 等公司提出过许多有益的建议。他发表了十四本书籍及众多文章,包括《X 系列介绍》,《V 系列介绍》及《网络管理标准》,都由 McGraw-Hill 出版,且是 McGraw-Hill 计算机通信系列丛书的出版顾问。

序 言

几年前,有个客户请笔者研究一下用 TCP/IP 协议操作 X.25 的可行性。笔者是在那时候和 TCP/IP 结下不解之缘的。也大概在那段时间,另一个客户在 LAN 软件包中收到了一个很像 IP 的协议,他请笔者估价一下它的性能。

那时,对数据通信网络的若干问题笔者已有所体会。本人的背景主要是在 SNA、X.25、X.75、SDLC、LAPB、V 系列规范以及支持面向连接的网络接口的分组交换拓扑设计方面。

当笔者开始解开 TCP/IP 操作的谜团时,被 TCP/IP 如下两个特征深深地吸引住了:(1)TCP/IP 操作得多么快(和 X.25 相比);(2)它所做的又多么少,但却满足了客户的基本需要。

在了解了 TCP/IP 的更多操作后,笔者又被其具有如此丰富的相关协议所吸引,这些协议在开放系统互联(OSI)协议套中是没有的。比如,在 TCP/IP 中,地址映射和路由发现建立得很好,但在 CCITT 和 ISO 标准中没有。在市场上发现到这么多相关协议,真是令笔者又惊又喜。

笔者还发现,TCP/IP 协议的文档易读易消化,但在有些方面又是不完整、不正确的。TCP/IP 规范中的这种分歧,使本人对 TCP/IP 的介绍成为一件令人感兴趣的事情,至少可以这么说吧。

一方面,笔者觉得 TCP/IP 协议(及其快速发展)的使用使笔者的生活轻松了不少,因为客户使用常用通信协议的能力增长了。令人啼笑皆非的是,TCP/IP 的成功另一方面又使笔者(以及笔者的许多客户)的日子更加难过了,因为 TCP/IP 存在着如何迁移到 OSI 模型的问题。对此,本书后面将详细讨论。

在过去几年中,有许多客户请笔者评价 TCP/IP 协议套在大量的其他系统上的使用:OSI 协议套、ISDN、帧转发和 SMDS 等。笔者先介绍一下自己的 TCP/IP 背景,因为读者应知道,笔者一向认为自己是用户而不是开发者。本书反映了这种面向用户的观点,同时也反映笔者的许多经验是通过使用私人网络而获得的这样一个事实。

致 读 者

本书是为 TCP/IP 协议套的入门者或对填补这些协议之间的空白有兴趣的人而写的。对于要求更高的读者,笔者热情推荐 Douglas E. Comer 所作的“Internetworking with TCP/IP”第 2 卷,由 Prentice Hall 公司出版。

和 TCP/IP 有关的某些协议并不是通信协议,它们位于分层协议模型中的传统的应用层上。本书着重从应用层的观点集中讨论 TCP/IP 标准中较低的通信层。

本书的设计尽可能模块化,以便读者阅读时跳过某些章节而仍不失连续性。还应重点指出的是,本书认为读者已对数据通信系统和计算机网络有基本的了解。因此,书中没花时间去讨论调制解调、为什么需要以及如何使用通信系统、分层协议内容等诸如此类的问题。

笔者觉得说一下是必要的,即本人是写作 TCP/IP 的第二位作者。Douglas Comer 的杰作是第一本关于 TCP/IP 的书。而本书重点(第二版中仍是如此)讨论 Internet 协议套的较低层协议,其次才是 Internet。笔者每天都同使用 TCP/IP 及相关协议的私用和商业产品设计及开发软件的客户一起工作。本书反映了笔者的经历。

时间过得真快,不久前笔者光顾一家书店,发现关于 Internet 的书不下于 15 本。尽管如此,这些书主要讨论如何使用 Internet,而本书重点是如何使用 TCP/IP。

致 谢

参与 TCP/IP 协议套的开发和润色工作的许多人都应获得荣誉。他们的开创性工作为标准化通信协议被广为接受,以及关于互联的有价值信息的共享铺平了道路。他们的努力解决了数据通信网络领域中长期以来未能解决的许多问题,并为无数国际标准奠定了基础。

就个人而言,笔者要衷心地感谢许多程序员、设计师和工程师。他们听取了笔者关于网络和传输协议应如何操作的想法。笔者还要衷心地感谢他们对写成本书所作的贡献。

目 录

第一章 TCP/IP 和 Internet	1
1.1 概述	1
1.2 获取 Internet 信息	3
1.3 TCP/IP 和 OSI	3
1.4 互联体系结构	3
1.5 Internet 各层	6
1.6 层操作的例子	7
1.7 TCP/IP 模型细观	8
1.8 端口和插口介绍	8
1.9 互联的争用	9
1.10 典型的网际拓扑	10
1.11 小结	12
第二章 网络、桥、网关和路由器介绍	13
2.1 一般分类	13
2.2 广域网	14
2.3 局域网	18
2.4 LAN 的类型	19
2.5 LLC 子层	22
2.6 中继器、桥、路由器、桥由器和网关	23
2.7 小结	26
第三章 网际中的命名、寻址和寻径	27
3.1 较上层、网络、数据链路和物理名字、地址	27
3.2 IP 地址结构	37
3.3 信宿地址和寻径	39
3.4 地址解析问题	41
3.5 地址解析协议	42
3.6 代理 ARP (Proxy ARP)	45
3.7 逆向地址解析协议	46
3.8 IP 和 X.121 地址映射	47
3.9 映射 X.121 和 IP 地址	48
3.10 子网、子网寻址和地址屏蔽	48
3.11 小结	53
第四章 域名系统	54

4.1	域名系统结构	54
4.2	域名	56
4.3	顶层域	56
4.4	域名解析和把名字映射成地址	57
4.5	名字服务器操作	58
4.6	资源记录	59
4.7	DNS 类型的解释	61
4.8	DNS 报文	68
4.9	RR 压缩	69
4.10	小结	70
第五章	网际协议	71
5.1	IP 的主要特征	71
5.2	IP 和子网	71
5.3	IP 数据报	72
5.4	主要的 IP 服务	78
5.5	IP 地址和寻径表	85
5.6	IP 服务定义和原语	87
5.7	多目传送	91
5.8	网际组管理协议	92
5.9	IP 中的其他考虑	94
5.10	IP 可能的替代品	94
5.11	无类别域际寻径(CIDR)	95
5.12	无连接模式的网络服务(ISO8473)	96
5.13	小结	100
第六章	网际控制报文协议	101
6.1	ICMP 报文格式	102
6.2	ICMP 出错和状态报告过程	102
6.3	ICMP 中的其他考虑	106
6.4	小结	107
第七章	传输控制协议和用户数据报协议	108
7.1	传输层的价值	108
7.2	TCP 概述	108
7.3	TCP 的主要特征	109
7.4	从另一角度看端口和插口	111
7.5	被动打开和主动打开	113
7.6	传输控制块	114
7.7	TCP 窗口和流量控制机制	114
7.8	重传操作	116
7.9	超时和重传的估计定时器	119

7.10	TCP 和用户界面	120
7.11	段	122
7.12	TCP 连接管理操作	124
7.13	使用 TCP 时的其他考虑	131
7.14	用户数据报协议	131
7.15	小结	133
第八章	路由发现协议	134
8.1	术语和概念	134
8.2	网关—网关协议	142
8.3	外部网关协议	148
8.4	周界网关协议	158
8.5	内部网关协议	160
8.6	寻径信息协议	161
8.7	距离与向量协议小结	166
8.8	用最短路径算法选择最优路径	166
8.9	最先开放最短路径协议(OSPF)	170
8.10	小结	186
第九章	主要的应用层协议	187
9.1	TELNET 协议	187
9.2	简单文件传送协议	193
9.3	文件传送协议	195
9.4	简单邮件传送协议(SMTP)	203
9.5	获得 Internet 服务	206
9.6	小结	207
第十章	其他协议	208
10.1	XWindows	208
10.2	远程过程调用	210
10.3	网络文件系统	211
10.4	远程执行守护程序	212
10.5	PING	212
10.6	主机监控协议(HMP)	213
10.7	丢弃协议	213
10.8	Finger	214
10.9	引导协议	214
10.10	网络时间协议	214
10.11	日期协议	217
10.12	点到点协议(PPP)	217
10.13	小结	218
第十一章	网际网管理系统	219

11.1	网际网管理标准概述.....	219
11.2	网际网管理层的层结构.....	220
11.3	网际命名层次结构.....	220
11.4	管理信息结构.....	222
11.5	管理信息库.....	223
11.6	SNMP	227
11.7	CMOT	231
11.8	小结.....	233
第十二章	用其他协议堆栈 TCP/IP 或 TP4/CLNP	234
12.1	最小 TCP/IP 和 LAN 栈	234
12.2	操作系统相关性.....	235
12.3	LLC 上层的 TCP/IP	235
12.4	用 UDP 代替 TCP	236
12.5	TCP 或 UDP 上的 NetBIOS	237
12.6	NetBIOS 上层的 IP	238
12.7	IP 上层的 XNS	238
12.8	IP 路由器栈	240
12.9	IP 和 LAN 桥的关系	240
12.10	IP 和 X.25	241
12.11	在 UDP/IP 网络上使用 IPX	243
12.12	在 IPX 网上传输 802LLC 通信信息	243
12.13	在 ARCNET 网上传输 IP 数据报	243
12.14	在 FDDI 网上传输 IP 数据报	244
12.15	交换多兆位数据服务上的 IP	245
12.16	TCP 上层的 OSI 传输协议类 0	246
12.17	UDP 上层的 OSI 无连接传输层.....	247
12.18	ISDN 上层的 TCP/IP(及其他)	248
12.19	帧转发网上的 TCP/IP	248
12.20	90 年代的栈	249
12.21	小结	250
第十三章	TCP/IP 和操作系统	251
13.1	UNIX 和 TCP/IP	251
13.2	PC 接口程序	260
13.3	小结.....	266
第十四章	管理考虑.....	267
14.1	经销商的网际产品策略.....	267
14.2	TCP/IP 栈和 OSI 栈的简单比较	268
14.3	迁移问题.....	272
14.4	Internet 到 OSI 网络体系结构的迁移	273

14.5 经销商的活动..... 273

14.6 Internet 特殊任务的活动 274

14.7 TUBA 275

14.8 小结..... 276

附录 缩写词..... 277

第一章 TCP/IP 和 Internet

1 概 述

数据通信网络的发展,允许用户共享计算机、信息资源以及公共通信系统。由于计算机的应用已深入到各个行业的各个层面,仅仅单个网络,即使是非常有用,也已明显不能满足行业 and 个人的信息需要。譬如说,一个网络的用户要经常访问并使用属于另一个网络的计算机和数据库资源,但是要把所有资源都合并到一个网络中显然既复杂又昂贵。

60 年代末到 70 年代初,网络的设计还不允许不同网络上的用户之间共享资源。考虑到网络资源的安全性和防止被过分使用,网络管理员也不愿意让外边的用户访问他们的资源。结果,用户难以跨越网络把某个信息系统的使用扩展到另一个用户。网络不是互不兼容,就是由于管理问题而不能通信。

在此期间人们逐渐认识到,在不同用户的应用程序间共享资源是明智的。然而,为了实现这一点,网络管理员们必须要对一系列公共技术和标准达成协议,以便网络间能互相通信。此外,为了允许末端用户应用程序而不仅仅是网络互联,诸如电子邮件和文件传送这样的应用程序也需要标准化。

七十年代早期,世界上就已经有几个小组开始着手网络及应用程序兼容性的研究。“互联”(internetworking)这个术语就是那时候发明的,意思是计算机和网络的互联。该概念由国际电信联盟——电信标准化部门(ITU-T)和国际标准化组织(ISO),尤其是 ARPANET 最初的设计者们所提倡。ARPA 指高级研究计划署(Advanced Research Project Agency),是美国国防部(DOD)的一个组织。

对互联概念(以及下面马上要讨论的分层协议)的倡导者们来说公正的是,早在 ISO 和 ITU-T 对这个重大课题感兴趣之前,ARPA 协议就已存在了。ARPANET 形成于 1968 年,所选用的机器是 Honeywell 316 接口报文处理机(IMP)。Bolt, Bernark 和 Newman(BBN)完成了初步工作。ARPANET 节点最早被安装在加州大学圣贝纳迪诺分校(UCLA)、斯坦福研究院(SRI)和犹他大学。著名的“评议征求”(RFC)就源于这一段早期的工作。

在 Vinton Care 和 Robert E. Kahn 的开创性工作之后,ARPANET 网络工作组负责统一组织这些初期的工作。该组织于 1971 年被解散,由国防高级研究计划署(DARPA)接手此项工作。DARPA 在 70 年代初期通过不懈努力,开发了较早的协议、网络控制程序以及后来的传输控制协议和网际协议(TCP/IP)。两年后,Internet 的第一个重要组成部分被付诸实施。也大概就是在这一时期,DARPA 开始把它的计算机转换成 TCP/IP 协议套用户。DARPA 规定,截至 1983 年 1 月 1 日为止,和 ARPANET 相连的所有计算机都必须使用 TCP/IP。

TCP/IP 最早用来连接 ARPANET、分组无线网(PRNET)和分组卫星网(SATNET)。绝大多数的用户计算机是带有终端的大型中央主机,终端通过终端访问服务器和主机相连。

随着 ARPANET 的发展,美国国防部决定把它划分成两个网络。另一个网络称作 MIL-NET,用于军事目的。ARPANET 仍用于研究和开发(R&D)应用。80 年代中期,“ARPA Internet”改称“Internet”。1990 年,最后一个早期的 ARPANET 节点被撤消。

TCP/IP 最重要的发展之一或许是 DARPA 所作出的关于围绕 UNIX 操作系统来实现 TCP/IP 的决定。另一件同等重要的事就是选择加州大学伯克利分校来实现 TCP/IP 代码。虽然连一些当时的设计者们都曾说过,完成如此复杂和功能齐全的代码简直是“肆意的剽窃”,但无论如何,这在工业应用上是非常重要和积极的举措。因为 TCP/IP 代码没有所有权问题,使得它能在大学、私人公司和研究中心之间迅速地流传开来。实际上,TCP/IP 已成为基于 UNIX 操作系统计算机的标准数据通信协议套。

在美国政府以及其他研究机构的资助下,使用 TCP/IP 的其他网络也在此过程中相继出现。NSFnet 是美国国家科学基金会(NSF)建立的大容量网络,目前尚在使用着。无论是在财政支持还是决策导向上,NSF 对 Internet 网际网的发展都起了关键性的作用。NSFnet 最初是为美国的,现在也为全世界其他各地的科学和研究中心提供原理性的通信主干。它的大容量线路设计支持巨型计算机传输,由巨型计算机充当连接其他低速网络的主干。今天,NSFnet 已从 56Kb/秒的载波线路发展到了 45Mb/秒的 DS3 速度。MCI 现已在整个 NSF 主干网络上安装了光纤连接。

1.1.1 Internet 的组织

在 Internet 发展过程中,由 Internet 指导委员会(IAB)负责它的组织和管理。IAB 最初由若干子机构组成,它们的主要功能是协调 Internet 特殊任务(task forces),见图 1.1。1989 年,IAB 把特殊任务分成两大组:Internet 研究特殊任务(IRTF)和 Internet 工程特殊任务(IETF)。IRTF 负责从事研究活动,IETF 关心本身的战术事务(实现和工程问题)。

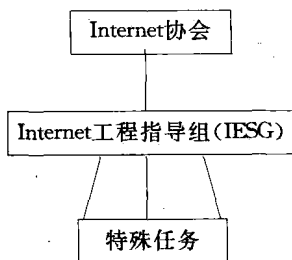


图 1.1 Internet 组织

1.1.2 评议征求(RFC)

先对 RFC 作一简要介绍。RFC 是关于某个 Internet 协议的技术注释,代表 Internet 的文献,它提交给 RFC 主编(Editor in Chief)。任何人都可以用文件 RFC:AUTHOR-INSTRUCT.TXT 中的 RFC 作者指令提交 RFC。

有些 RFC 是 TCP/IP 的“既成事实”(de facto)的标准;另外有一些是为沟通信息而出版的;还有一些是研究成果,它们最后可能成为将来的标准。目前已有 1000 多个 RFC,尽管这

些规定中不少已被更替或废弃。

1.2 获取 Internet 信息

本书的目的是让读者能对 TCP/IP 有个全面的了解。实际的原文档(RFC)是不可替代的。如果读者能进行电子存取,便可从关于 Internet 的各种各样的来源上得到它们。以往可以从 SRIInternational 上获得 RFC,但目前该机构已不再提供此项服务。读者可以用 FTP 或 E-mail 从若干渠道获得 RFC(可以用 Internet 访问提供程序进行核实)。

也可以发送一个 E-mail 报文到 rfc-info@isi.edu。报文应如下所示:

```
Retrieve:RFC  
DOC-IO:RFC××××
```

此处××××是 RFC 号。

所有 Internet IP 网络号和域名现保持在 Internet 名字处:RS. INTERNIC.NET。此外, RFC 1400 还提供了关于如何获取 Internet 信息的更多细节。

1.3 TCP/IP 和 OSI

在进行有关联网体系结构的示范性讨论前有必要先提一下, TCP/IP 及相关协议的使用仍在继续扩大,并也正因如此而产生了一些与开放系统互联(OSI)模型有关的令人感兴趣的问题。由于若干原因,许多人相信 TCP/IP 是更为切实可行的方法。第一, TCP/IP 已成为现实,它能工作;第二,大量使用 TCP/IP 协议套的产品性能卓越;第三,通过 IAB,它具有受到良好资助、卓有成效的管理机构;第四,它提供了访问文档的方便方法;第五,许多 UNIX 产品也用它。

不反对上述原因,正是 Internet 最初的资助者,美国国防部从 TCP/IP 协议套移情别向的用意所在(在第十四章中将详细讨论这些情况)。但不管如何, Internet 方法将和现有的标准、协议一起保留下来,而只需在必要时添写一些新的规定即可。该方法也包含一些有用的国际标准。最后, Internet 方法还力图尽可能保持经销商的独立性。

1.4 互联体系结构

为了弄清 TCP/IP 是如何运转的,我们必须先理解几个术语和概念。一旦解释清楚这些概念后,我们就可以更充分地探讨互联体系结构了。

1.4.1 术语和概念

Internet 用网关(gateway)或路由器(router)来描述一台完成网络间转发功能的机器。现在更为常用的是路由器这个术语,本书将根据以往经验使用它们。图 1.2 表示一个置于网络 A、B 和 C 之间的网关(在第二章中将对路由器和网关作进一步定义)。

常把网络 A、B 和 C 称作子网(subnetwork)。称它们为子网,并不意味着它们提供的功能比通常意义上的网络少,而是因为它们组成了一个更完备的逻辑网络,帮助实现互联的整个操作。换句话说,子网构成了互联网或网际网。

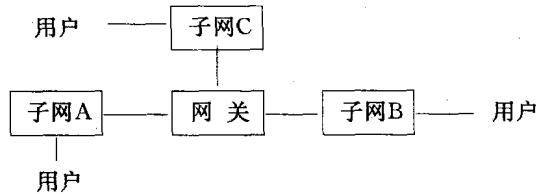


图 1.2 网关和子网

对末端用户应用程序来说,互联网关是透明的。实际上,末端用户应用程序一般是驻留在和网络连接的主机中而很少放在网关中。从若干观点来看,这种方法是很吸引人的。首先,网关不必麻烦应用层协议。因为在网关上不调用这些协议,所以网关可以用于更少的任务,例如管理网络通信,而不必关心应用层的服务,如数据库访问、电子邮件和文件管理等。其次,这种方法允许网关支持任何数据应用类型,因为网关仅考虑应用程序报文中透明的协议数据单元(PDU)。

除了应用层透明性之外,绝大多数设计者们还试图保持网关对子网也是透明的,反之亦然。也就是说,网关不必关心和它连一块的网络是什么类型。网关的主要目的是接收包含正确寻址信息的 PDU,使得它可以由该 PDU 到达最后的信宿或下一个网关。透明性的吸引人之处,还在于它使网关变得多少有些模块化,从而适用于不同类型的网络。

但值得强调的是,透明性的实现并不是随心所欲的。软件的编写必须能使子网协议和网关之间发生通信。这些过程通常是专用的,标准并不描述网关和子网之间的这个接口。该论断的例外情况是电气和电子工程师学会(IEEE)出版的 OSI 和(抽象地)描述主机与网关协议(层)之间过程的 Internet 服务定义。本书后边将讨论这些服务定义。

1.4.2 无连接的和面向连接的协议

无连接的和面向连接的操作这个概念对任何通信协议都是至关重要的。Internet 标准两者都用,所以必须先清楚地理解它们的特征。它们的主要特征如下:

- 面向连接的操作(connection-oriented operation):在发生数据传送之前,用户和网络要先建立一个逻辑上的连接。通常,在通过用户/网络连接传送的连续数据单元之间要保持某类关系。
- 无连接方式操作(connectionless-mode operation):数据传输之前,在用户和网络之间没有逻辑上的连接。数据单元被当作独立单元传输。

面向连接的服务要求在两个末端用户和服务提供者(例如网络)之间有一个三向协议。它也允许通信部分议定合适的选项和服务质量(QOS)功能。在连接建立期间,所有三部分互相存储信息,例如地址和 QOS 特征。数据传送一旦开始,PDU 就不必运载较大开销的协议控制信息(PCI)。该方法通常要求网络中必须包含固定的寻径,因为数据分组中不包括允许动态寻径决策的足够地址。归根到底,是需要一个允许各部分访问表格并查询完整地址和 QOS 特征的缩略标识符。由于会话期是可以议定的,所以通信的各部分不必预先具备相互

特征方面的知识。如果不能提供某个被请求的服务,则任何通信部分都可以把服务协议定为更低级别的或拒绝该连接请求。

以前,面向连接的服务是为所有数据单元(少数例外)的确认而提供的。如果在传输过程中出现了问题,面向连接的协议就为错误单元的重新传输提供机制。此外,绝大多数面向连接的协议保证数据以正确的顺序到达最后的信宿。这些服务(排序和信息可计算性)现已不再被认为是面向连接的协议中的服务。在新近的系统(如帧转发)中,通信管理不是由系统来提供的,而必须由另外一个实体来完成,譬如驻留在末端用户工作站中的某个用户程序。图 1.3 总结了面向连接网络的特征。

无连接的服务把用户 PDU 作为独立的、不相关的实体来管理。在成功的数据传送之间不保持任何关系,并且几乎不保留执行用户到用户通信进程的记录。选项不是议定的,既不创建也不保持关于数据传送的表格。在一些系统中,通信实体间必须对如何通信有个预先的约定,而且必须事先安排好 QOS 特征。另外,QOS 是为每个被传输的 PDU 提供的,各 PDU 包含标识服务类型和级别的各个区(field)。

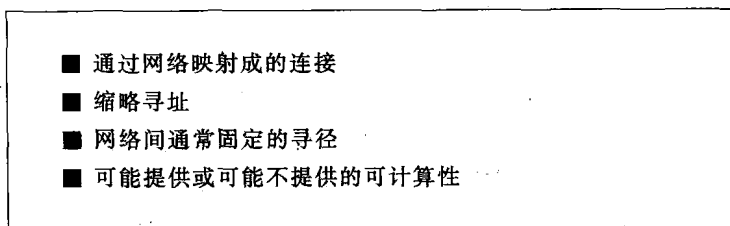


图 1.3 面向连接的网络

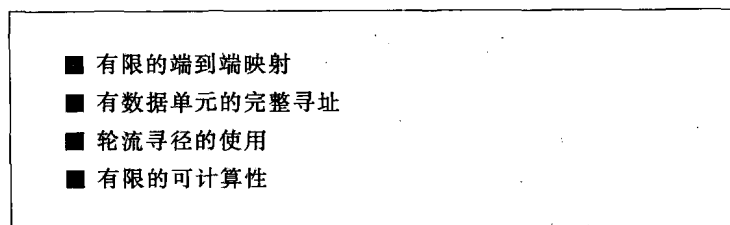


图 1.4 无连接的服务

从理论上讲,无连接的网络支持数据完整性,例如肯定或否定确认(分别为 ACK 和 NAK)和排序。但在实践中,绝大多数无连接的系统不提供这些服务。

就其本质而言,无连接的服务可以达到如下效果:

- 子网内各具体协议间的高度独立性
- 子网间相当的相互独立性
- 子网和用户相关协议间的高度独立性

由于每个 PDU 是作为独立实体来处理的,无连接的网络似乎比它的面向连接的形式更结实一些。因此,数据单元可以采用不同的路由以避免网络中的无效节点或拥塞。尽管如此,无连接的协议要比它们相应的面向连接协议花费更多的总开销,这些开销和头标的长度有关,并且和 PDU 中的用户数据成比例。图 1.4 总结了无连接网络的特征。

在结束关于无连接的和面向连接的协议这个话题之前,值得指出的是,实际的网络管理