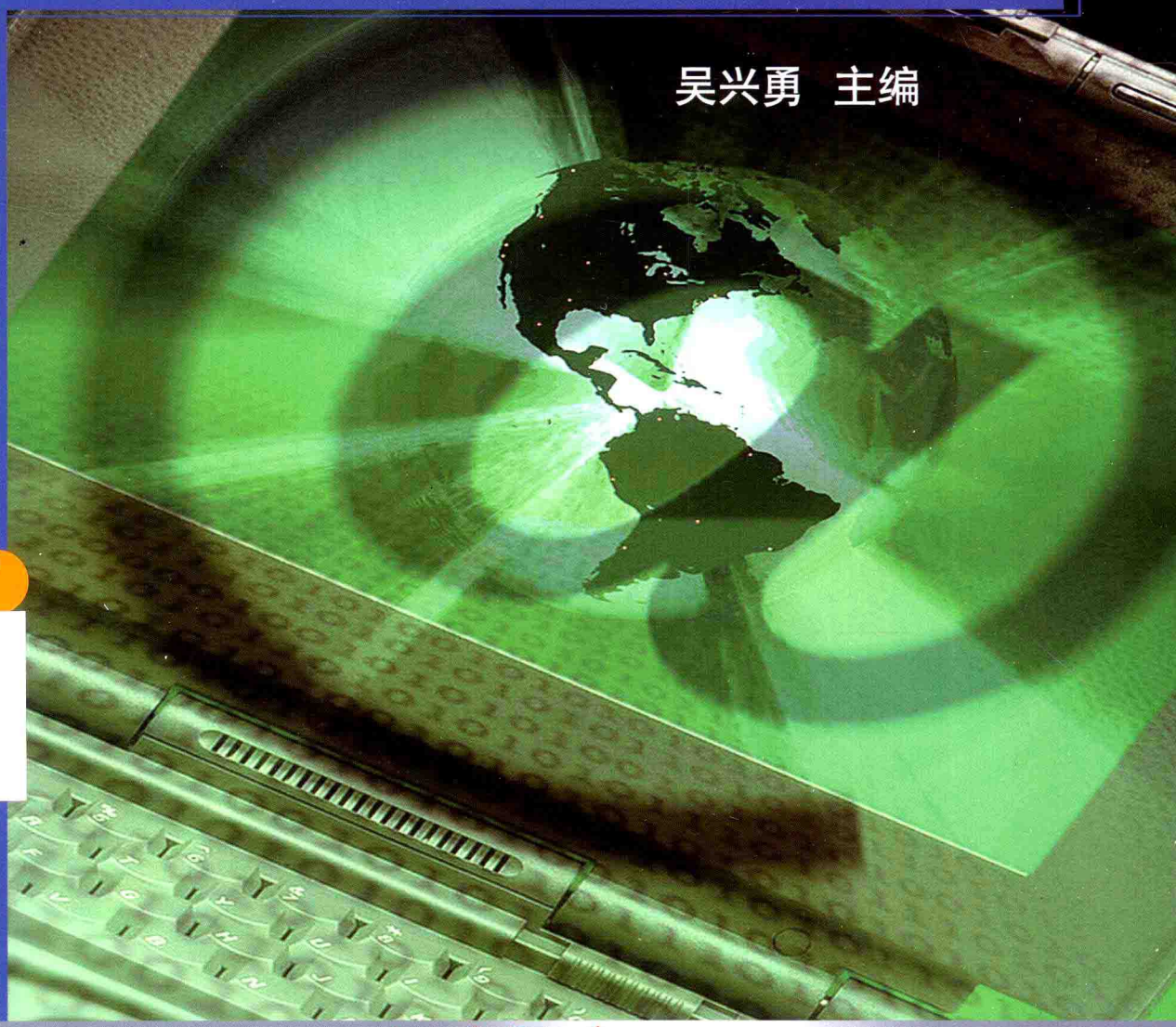
实用网络技术

Shiyong Wangluo Jishu



吴兴勇 主编

中国农业大学出版社
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

实用网络技术

吴兴勇　主编

中国农业大学出版社
• 北京 •

内 容 简 介

全书共分 9 章，主要内容包括常见网络技术、TCP/IP 网络协议、综合布线技术、网络管理配置技术、服务器与存储技术、网络应用技术实践、网络安全技术、热点网络技术应用、网络规划与设计等。

图书在版编目(CIP)数据

实用网络技术 / 吴兴勇主编. —北京：中国农业大学出版社，2015.5
ISBN 978-7-5655-1226-1

Ⅰ.①实… Ⅱ.①吴… Ⅲ.①计算机网络-基本知识 Ⅳ.①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 085531 号

书　　名　实用网络技术
作　　者　吴兴勇　主编

策划编辑	赵　中	**责任编辑**	冯雪梅　洪重光
封面设计	郑　川	**责任校对**	王晓凤
出版发行	中国农业大学出版社		
社　　址	北京市海淀区圆明园西路 2 号	**邮政编码**	100193
电　　话	发行部 010-62818525,8625	读者服务部	010-62732336
	编辑部 010-62732617,2618	出　版　部	010-62733440
网　　址	http://www.cau.edu.cn/caup	**e-mail**	cbsszs @ cau.edu.cn
经　　销	新华书店		
印　　刷	涿州市星河印刷有限公司		
版　　次	2015 年 5 月第 1 版　2015 年 5 月第 1 次印刷		
规　　格	787×1 092　16 开本　25 印张　616 千字		
定　　价	52.00 元		

主　编　吴兴勇

副主编　段海波　文仕军　吴文斗　饶志坚

参　编　黄生健　张海涛　高润琴　孙华兰

周　军

前　言

本书在内容组织上，采用了全新的组织架构，将网络技术与网络体系结构有机融合在一起，并加入了最新的4G技术、无线网技术、无源光网络等内容。在网络基础理论介绍后，对综合布线系统进行了深入阐述。当前大部分书籍往往忽视了网络传输介质的讲述，而专业的综合布线系统书籍又难以入门，使得读者对传输介质和综合布线系统掌握得不透彻，导致在组网、建网方面的能力非常低下。在掌握基础理论和布线系统后，针对网络配置管理技术进行了翔实的讲解，通过学习此部分知识，读者便能从容地应对日常网络运行维护中的相关问题。很多读者在学习了计算机网络技术后，对服务器的相关技术很陌生，连RAID是什么都不知道，更不用说存储区域网络SAN了。因此，本书将服务器与存储技术、网络应用技术实践等内容纳入进来，读者学习后，对数据中心的建设和管理就有了深入的了解，从而能够尽快承担起服务器管理、应用系统管理的相关工作任务。与此同时，本书还安排了网络安全技术、最新的热点技术应用的内容，包括虚拟化、云计算、物联网、大数据等，使读者了解最新网络的应用，掌握信息技术最新的研究方向。最后，本书对网络规划与设计进行了深入分析，针对不同的网络应用场景采用案例的方式进行了设计与分析，读者能快速掌握大型网络规划设计与分析方法，独立完成各类网络的规划与设计。

编写组成员都是高校网络中心的管理技术人员，具有很丰富的网络管理与规划设计经验和教学经验，在编写过程中既注重理论知识，又加入了翔实的案例，将网络技术的实践经验与理论完美地结合在一起。全书共分9章，主要内容包括常见网络技术、TCP/IP网络协议、综合布线技术、网络管理配置技术、服务器与存储技术、网络应用技术实践、网络安全技术、热点网络技术应用、网络规划与设计等。第1章由吴兴勇老师负责编写，第2章、第3章由文仕军和周军老师负责编写，第4章由吴文斗老师负责编写，第5章、第8章由段海波老师负责编写，第6章由黄生健、孙华兰老师负责编写，第7章由高润琴、张海涛老师负责编写，第9章由饶志坚老师负责编写。

全书由吴兴勇主编、统稿，段海波、文仕军、吴文斗、饶志坚任副主编，黄生健、张海涛、高润琴、孙华兰、周军老师参与了编写。在编写过程中还参考了国内外有关计算机网络的文献，在此对帮助本书编写的教师及文献的作者表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中错误或不妥之处在所难免，恳请各位专家、老师和同学提出宝贵意见。

在本书编写过程中，编写组得到了中国农业大学出版社的大力支持和热情帮助，在此表示衷心感谢。

编者

2014年12月

目　录

第1章 常见网络技术

当我们利用计算机、手机和平板电脑在互联网上畅游时，我们的数据通过哪些数据通信技术进行传输，利用什么网络技术高速传递我们的信息呢？网络研发人员发明了众多的网络技术供我们选择，如以太网技术、WLAN 技术、3G 技术、4G 技术、ATM 技术、SDH 技术等。在本章中我们将详细讨论这些网络技术的工作原理和组网技术。

1.1 网络中的数据交换

在数据通信系统中，当终端与计算机之间，或者计算机与计算机之间不是直通专线连接，而是要经过多个节点来中继时，那么两端系统之间的传输通路就是通过通信网络中若干节点转接而成的。中继节点之间进行数据传输所采用的技术就是数据交换技术。主要的交换技术有：电路交换、存储转发交换技术两大类，而存储转发方式又分为报文交换、分组交换两种。

1.1.1 电路交换

电路交换其特点是由交换机负责在两个通信站点之间建立一条物理的固定传输线路，直到通信完毕后再拆除，在通信期间始终由一对用户固定占用。利用电路交换进行通信包括电路建立、数据传输、电路拆除三个阶段。最典型的应用就是电话的交换方式，拨号过程就是电路建立，通话阶段即为数据传输，挂机就拆除电路。

电路交换的优点：通信实时性强，适用于交互式会话通信。

电路交换的缺点：对突发性通信不适应，独占链路，通信系统的效率低下，链路使用率不高；系统不具有存储数据的能力，不具备差错控制能力，无法发现和纠正传输过程中的数据差错。

因此，电路交换不适合计算机网络的通信特点。

1.1.2 存储转发

存储转发即先存储，再转发。把需要传送的数据在交换设备的控制下，缓冲存储在设备的数据缓冲区，当信道空闲时再选择路径转发出去。这样，既提高了信道的利用率，节省了建立电路的延迟，也可以进行差错控制、流量控制和数据安全保障等。

存储转发技术又分为报文交换、分组交换两种方式。

1. 报文交换

报文交换方式不要求在两个通信节点之间建立专用的通路，各节点把要发送的信息组织成一个完整的数据包——报文，该报文中含有目标节点的地址，完整的报文在网络中一站一站地向前传送。每一个节点接收整个报文，检查目标节点地址、差错控制等，然后根据网络中的交通情况在适当的时候转发到下一个节点。经过多次的“存储—转发”，最后到达目标节点，因而这样的网络叫“存储—转发”网络。其中的交换节点要有足够大的存储空间，用以缓冲收到的长报文。

小知识

网络节点(Network Node)，网络节点是指网络中一台电脑或其他设备，一个有独立地址和具有传送或接收数据功能的与网络相连的设备。节点可以是工作站、客户、网络用户或个人计算机，还可以是服务器、打印机和其他网络连接的交换机、路由器等网络设备。每一个工作站、服务器、终端设备、网络设备都拥有自己唯一网络地址，整个网络就是由这些许许多多的网络节点组成，把各种网络节点用通信线路连接起来，形成一定的几何关系，这就是网络拓扑结构。

报文一般包括3个部分内容，分别是报头、报文正文和报尾，报头由源站地址、目的站地址及其他辅助信息组成。报文就如同我们生活中的快递、信件一样，我们把需要邮寄的信件使用信封封装起来，写上收件人地址、姓名(目标地址)，也写上寄件人地址(源地址)，然后邮寄(相当于数据传输)出去。

交换节点对各个方向上收到的报文进行排队，并查找出下一个要转发的节点，然后再转发出去，这些都带来了排队等待的延迟时间。

(1)“存储—转发”方式的优点

①报文交换不需要为通信双方预先建立一条专用的通信线路，不存在连接建立的时延，用户可随时发送报文。

②由于采用存储转发的传输方式，使之具有下列优点：a. 在报文交换中便于设置代码检验和数据重发设施，加之交换节点还具有路径选择功能，就可以做到某条传输路径发生故障时，重新选择另一条路径传输数据，提高了传输的可靠性；b. 在“存储-转发”中容易实现代码转换和速率匹配，甚至收发双方可以不同时处于就绪状态，这样就便于类型、规格和速度不同的计算机之间进行通信；c. 提供多目标服务，即一个报文可以同时发送到多个目的地址，这在电路交换中是很难实现的；d. 允许建立数据传输的优先级，使优先级高的报文优先转换。

③通信双方不是固定占有一条通信线路，而是在不同的时间一段一段地部分占有这条物理通路，因而大大提高了通信线路的利用率。

(2)报文交换的缺点

①由于数据进入交换节点后要经历存储、转发这一过程，从而引起转发时延(包括接收报文、检验正确性、排队、发送时间等)，而且网络的通信量愈大，造成的时延就愈大，因此报文交换的实时性差，不适合传送实时或交互式业务的数据。

②报文交换只适用于数字信号。

③由于报文长度没有限制，而每个中间节点都要完整地接收传来的整个报文，当输出线路

不空闲时，还可能要存储几个完整报文等待转发，要求网络中每个节点有较大的缓冲区。

④由于对报文长度没有限制，如出现较大的报文，其他节点的数据等候发送的延迟时间会较长，就会出现节点间不公平的情况。

(3)报文交换的特点

①源节点和目标节点在通信时不需要建立一条专用的通路。

②与电路交换相比，报文交换没有建立电路和拆除电路所需的等待和时延。

③信道的利用率高，节点间可根据信道情况选择不同的速度传输，能高效地传输数据。

④要求节点具备足够的报文数据存放能力。

⑤数据传输的可靠性高，每个节点在存储转发中都要进行差错控制，即检错和纠错。

2. 分组交换

分组交换仍采用存储转发的方式，在报文交换的基础上将一个长报文先分割为若干个较短的分组，然后把这些分组(携带源、目的地址和编号信息)逐一地发送出去，因此分组交换除了具有报文的优点外，与报文交换相比还有以下特点。

(1)分组交换的优点

①加速了数据在网络中的传输。因为分组长度较小，逐一进行传输，所以使后一个分组的存储操作与前一个分组的转发操作可以并行，这种流水线式的传输方式减少了报文的传输时间，降低了缓冲区大小，缩短了存储转发的等待延时。

②简化了存储管理。因为分组的长度固定，相应的缓冲区的大小也固定，在交换节点中存储器的管理通常被简化为对缓冲区的管理，相对比较容易。

③减少了出错概率和重发数据。因为分组较短，其出错概率必然减少，每次重发的数据量也就大大减少，这样不仅提高了可靠性，也减少了传输时延。

④由于分组短小，更适用于采用优先级策略，便于及时传送一些紧急数据，因此对于计算机之间的突发式的数据通信，分组交换显然更为合适些。

(2)分组交换的缺点

①虽然分组交换比报文交换的传输时延少，但仍然存在存储转发的时延，而且交换节点设备必须具有更强的处理能力。

②分组交换的每个分组都要加上源、目的地址和分组编号等控制信息，这样使得传送的数据增加了开销，在一定程度上降低了通信效率，增加了处理的时延，使控制复杂，时延增加。

③当分组交换可能出现失序、丢失或重复分组，分组到达目标节点时，要对分组按编号进行排序等工作，增加了麻烦。

3. 分组交换之虚电路服务

为了解决分组交换存在失序、丢失的问题，既能像电路交换那样，实现可靠、有序的数据传输，又能像分组交换那样，可以通过共享链路来提高链路的利用率，因此人们发明了虚电路交换技术来满足传输需求。

在传输方式上虚电路服务与电路交换一样，数据的传输需经过三个步骤：

(1)在源节点与目标节点之间建立一条逻辑链路，即建立虚电路。

(2)将数据组装成分组按顺序沿着逻辑链路传送出去。

(3)数据传输完毕,拆除逻辑链路。

虚电路服务仅在源主机发出呼叫分组中需要填上源和目的主机的全网地址,在数据传输阶段,都只需填上虚电路号。而数据报服务,由于每个数据报都单独传送,因此,在每个数据报中都必须具有源和目的主机的全网地址,以便网络节点根据所带地址向目的主机转发,这对频繁的人-机交互通信每次都附上源、目的主机的全网地址不仅累赘,也降低了信道利用率。另外,虚电路服务沿途各节点只在呼叫请求分组在网中传输时,进行路径选择,在数据传输阶段便不需要进行路径选择了。在保障分组顺序问题上,对于虚电路服务,由于从源主机发出的所有分组都是通过事先建立好的一条虚电路进行传输,所以能保证分组按发送顺序到达目的主机。在可靠性与适应性方面,虚电路服务在通信之前双方已进行过连接,而且每发完一定数量的分组后,对方也都给予确认,故虚电路服务比数据报服务的可靠性高。但是,当传输途中的某个节点或链路发生故障时,数据报服务可以绕开这些故障地区,而另选其他路径,把数据传至目的地,而虚电路服务则必须重新建立虚电路才能进行通信。

总之,若要传送的数据量很大,且其传送时间远大于呼叫时间,则采用电路交换较为合适;当端到端的通路有很多段的链路组成时,采用分组交换传送数据较为合适。从提高整个网络的信道利用率上看,报文交换和分组交换优于电路交换,其中分组交换比报文交换的时延小,尤其适合于计算机之间的突发式的数据通信。

1.2 网络体系结构

计算机网络是一个非常复杂的系统,通信的双方必须高度协调才能将数据正确地传输到目的端。人们为了实现这一复杂系统,采用分层的办法把网络系统中功能相对独立的部分划分开来,形成不同的层次,通过化整为零再来解决各部分的问题就相对简单得多。

1.2.1 网络体系结构的形成

我们在研究网络体系结构之前,先了解一下两台通信终端进行数据通信时需要做些什么,完成哪些事情。

①通信终端之间必须有一条通信链路,不管是有线还是无线的。

②发起通信的终端需要将数据通信的链路激活,即发出一些信令,保证要传送的数据能在此链路上正确地发送和接收。

③网络能够找到目标终端,即解决如何识别目标终端。

④终端之间需要感知对方已准备好,即源端和目的端能够协同工作,完成发送、接收、存储和处理。

⑤各终端还要能够识别各种文件格式和编码,如果文件格式、编码不同的话就需要进行转换。

⑥在数据传输过程中,网络还需要能够处理各种差错和意外事故,如数据传输错误、数据重复、丢失、乱序等。

由此可见,通信双方需要保证高度的协调,才能正确地传输和接收数据。这种高度"协调"需要复杂的控制,而分层的理念指导着网络设计者逐一解决了这些控制难题。早在 ARPA-

NET 设计时就引入了分层的方法，建立起我们现在每天都使用的 Internet 的雏形。

1974 年，美国 IBM 公司第一个发布了它研制的计算机系统网络体系结构 SNA(system network architecture)。这个著名的网络体系结构就是按照分层的方法制定的，以后 SNA 又不断得到改进，更新了几个版本。不久之后，其他一些公司也相继推出各自的一套体系结构，并都采用了不同的名称，如 DEC 的 DNA、Burroughs 的 BNA、三菱的 MNA、富士通的 FNA 和日立的 HNA 等。这些网络体系结构均试图为本公司的计算机和通信产品提供一种统一的通信系统结构，以满足当时和未来的计算机组网要求。甚至个别公司提出的网络体系结构(如 DNA)已经考虑到可以兼容其他厂家(如 IBM)的产品。这一时期，网络技术产品开始迈向批量生产，但其体系结构仍然以面向各自公司为主，尚属“封闭”式体系结构。

1.2.2　网络体系结构的组成

网络体系结构可以定义为网络的层次结构、各层协议和层间接口的集合。通俗地说，网络体系结构就是该网络所有通信功能实现的精确定义。需要注意的是：这些功能是用何种软件或硬件完成则是具体实现的问题。网络体系结构是一个抽象的概念，只提供这个网络的规范定义和设计，而网络的实现则是具体的，是真正运行的软硬件。

1. 分层模型的数据通信

我们把网络分成了若干层次，每个层次完成一定的功能。它和我们现实生活中的快递系统的运行十分相似。在快递系统中，发送者为源端，接收者为目的端。发送者将需要快递的东西封装起来形成邮件包裹，并写上收货人地址、姓名、联系方式，交给快递公司；快递公司将收集的快递件汇聚到地市公司，地市公司按照该级别的规程装箱发往省级公司，省市公司在进行汇聚通过交通运输网发往目标省份，目标省份再进行分发，地市公司也按相应的规程拆箱分发到快递公司门店，快递公司门店把快递件送到收件人(接收者)手里，接收者拆封邮件得到我们的物品或邮件。见图 1-1。

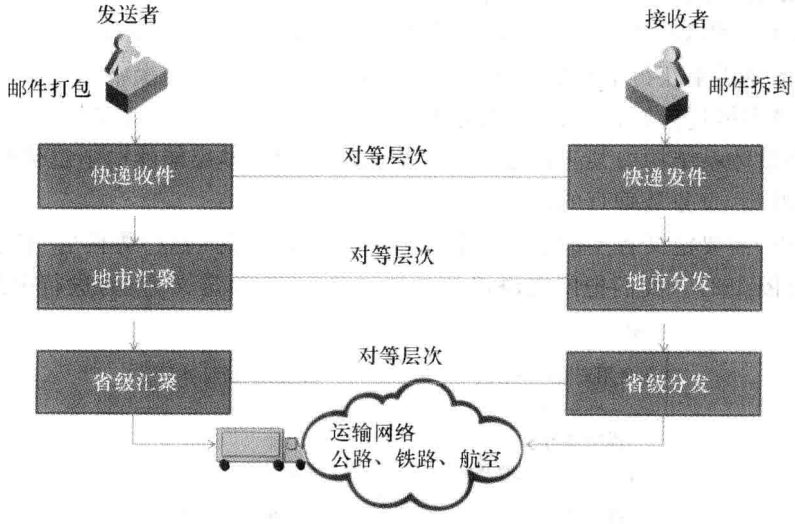


图 1-1　快递系统的层次结构

在实际的网络应用中，也是类似的数据传输过程，如我们所熟知的迅雷文件下载应用，如图 1-2 所示。主机 A 向迅雷程序发出文件下载命令，迅雷程序将向文件服务器 B 发出下载请求，该请求首先会交给主机 A 的通信服务模块完成，主机 A 的通信服务模块则会与文件服务器 B 的通信服务模块进行对等联系，这种联系又将交由“网络传输”层来完成，通信请求被封装起来形成“网络传输层的数据包”由网络转换成电信号、光信号或无线信号进行传递，也许在网络中会经过若干个网络节点，每个节点选择适合的路径将数据包传递出去，最终到达服务器 B 所在的网络，并找到了目的端服务器 B。服务器 B 的通信服务模块将收到的数据包解封，形成文件下载请求并交给文件服务器程序，文件服务器程序则向主机 A 的迅雷软件做出响应。这个响应同样需要借助服务器 B 的通信服务模块、网络传输来完成。但是文件服务器程序却感知不到网络传输的存在，它被通信服务模块屏蔽起来。文件服务器程序也不需要知道通信服务模块的具体实现细节，它只需要调用通信服务的功能即可，在文件服务器程序看来，它是直接与迅雷下载程序直接对话的，即为对等层的对等实体之间的通信，不涉及其他层次和其他实体。

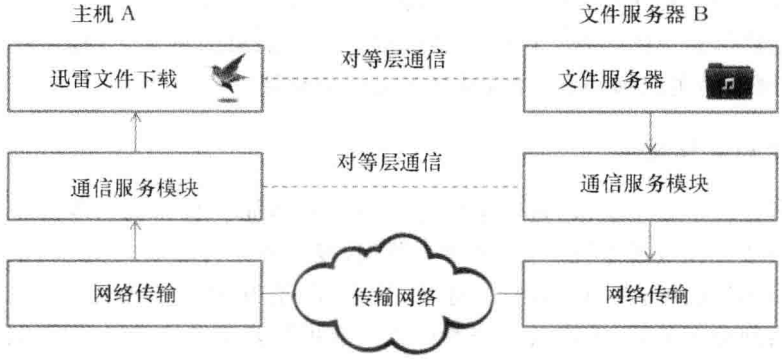


图 1-2　实际网络应用通信

2. 网络体系结构中的概念

网络体系结构把网络分为若干个层次，每个层负责完成相对独立的功能，遵行各自的规程，下层向上层提供服务，并向上层屏蔽下层的具体实现，上层通过层间接口（服务访问点）来调用下层的服务原语来获得下层的功能。数据传输过程中，对等层次中的实体叫对等实体，通信双方通过对等实体进行对话。这里，我们解释一下服务、接口和对等实体的概念。

服务：是网络体系结构中某一层或其下层提供的功能。本层能够向上提供服务，向下调用下层的服务。因此，服务是垂直的。

在每一层中，需要定义各层的通信协议、层间接口（服务访问点）等内容，使得数据传输有条不紊地进行（图 1-3）。我们把网络协议（network protocol）定义为：为进行网络中的数据交

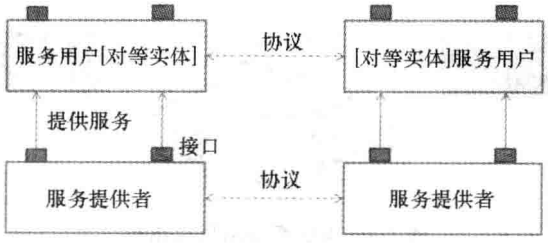


图 1-3　服务与协议

换而预先约定好的通信规则、标准或约定。

网络协议主要由三个要素组成，即语法、语义和时序。

语义：语义是解释控制信息的意义。它规定了需要发出何种控制信息、完成的什么动作和做出什么响应。

语法：语法是用户数据与控制信息的结构与格式，以及数据出现的顺序。

时序：时序是对事件发生顺序的详细说明，也可称为“同步”。

协议是控制对等层中的对等实体之间通信的规则。因此，协议是“水平”的。

接口：在同一节点中相邻两层的实体进行交互的地方称为接口，也叫服务访问点，它是一个抽象的概念，实际上就是一个逻辑接口（类似于函数调用）。只要接口的条件不变、下层功能不变，下层功能的具体实现方法或技术改变就不会影响整个系统的工作，这样层内的任何改动都不会影响到其他层次和整个网络的功能。接口调用采用服务原语来实现，也就是上层通过服务原语来获取下层的功能。

小知识

服务原语，原语是操作系统中的一个重要概念，它是一个函数或过程，实现一定的功能。它的特点是要么一次性执行完成，要么不执行，用于解决多任务操作系统中资源调度问题。如多个程序同时申请一个内存块，如果不使用原语将可能出现还没有完成申请操作就转去执行其他程序，其他程序也可能申请该内存块，这样会导致内存被重复和读写，导致内存读写错误的情况。

我们可以看出，分层的网络体系结构带来很多好处：

①各层之间是相对独立的。上层并不需要了解下一层是如何实现的，而仅仅只需要知道如何调用下层的功能。因为相对独立，所以可将一个难以处理的复杂问题分解为若干容易解决的问题，降低了总体的复杂度。

②灵活性好。当任何一层发生变化时，如技术的变化，只要层间接口关系保持不变，则在这层以上或以下各层均不受影响。

③各层都可以选择最适合的技术来实现。

④易于实现和维护。这种结构使得实现和调试一个庞大而又复杂的系统变得易于处理，相当于把整个系统分解为若干个相对独立的子系统。

⑤有利于网络的标准化。因为每一层的功能及其所提供的服务都已有了精确的说明，只要它提供规定的标准功能和数据格式，就能兼容到该网络系统中。

1.2.3　OSI体系结构

随着各个公司推出了自己的网络体系结构，所生产的网络设备就只能连接在属于本公司网络体系结构的网络中，这样就容易形成垄断，导致网络互联问题成为新的问题。然而，人们对网络互联的需求越来越大，即迫切要求不同体系结构的网络间能够互相交换信息，共享资源。为了达到这个目的，必须建立一个标准的、统一的网络体系来规范整个网络行业。国际化标准组织ISO(International Organization for Standardization)于1977年成立了专门机构研究此问题。不久，综合了众家之长，提出了一个试图能够互联世界范围内所有计算机的标准框