21世纪高等院校计算机网络与通信教材

计算机网络与信息安全

北京希望电子出版社　总策划
陈建伟　张　辉　主　编

中国林业出版社
China Forestry Publishing House
www.cfph.com.cn

北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

21世纪高等院校计算机网络与通信教材

计算机网络与信息安全

北京希望电子出版社　总策划
陈建伟　张　辉　主　编

中国林业出版社
China Forestry Publishing House
www.cfph.com.cn

北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

内 容 简 介

网络与信息安全是当今通信与计算机领域的热门课题。本书以广阔的视角，全面系统、简明扼要地介绍了网络与信息安全技术的相关知识，涉及网络安全技术基础、网络安全体系结构、密码技术基础、信息隐藏技术、操作系统和数据库管理、计算机病毒、黑客防范、安全协议和防火墙等多个领域的发展情况，以全新、全面、深刻的理念分析了网络应用领域中存在的安全问题及一些改进的方法。

本书概念清晰、阐述严谨、选材广泛而精炼，力求具有较强的可读性。书中各章内容既相互关联又相对独立，便于读者有选择地阅读。此外，各章都附有思考题，有利于读者区分重点加深理解。

本书可以作为高等院校信息对抗、通信、电子或计算机类相关专业的教科书，也可以作为计算机网络安全研究人员以及技术人员了解、学习网络安全技术的参考书。

需要本书或技术支持的读者，请与北京清河6号信箱（邮编：100085）发行部联系。电话：010-82702660 010-82702658 010-62978181转103，传真：010-82702698，E-mail：tbd@bhp.com.cn。

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络与信息安全／陈建伟，张辉主编. —北京：中国林业出版社：北京希望电子出版社，2006.2
（21世纪高等院校计算机网络与通信教材）
ISBN 7-5038-4239-3

Ⅰ.计… Ⅱ.①陈…②张 Ⅲ.计算机网络—安全技术—高等学校—教材 Ⅳ.TP393.08

中国版本图书馆CIP数据核字（2005）第113618号

出版：中国林业出版社（100009 北京市西城区刘海胡同7号 010-66184477）
北京希望电子出版社（100085 北京市海淀区上地3街9号金隅嘉华大厦C座611）
网址：www.bhp.com.cn 电话：010-82702660（发行） 010-62541992（门市）
印刷：北京市双青印刷厂
发行：全国新华书店经销
版次：2006年2月第1版
印次：2006年2月第1次
开本：787mm×1092mm 1/16
印张：20.75
字数：477千字
印数：0001～3000册
定价：28.00元

21世纪高等院校计算机网络与通信教材

编委会

序

目前，中国固定和移动两大网络的规模都已位居世界第 2 位，上网用户 2004 年总数达 9400 万，中国的信息通信制造业也得到很大的发展。今后 5 年中国信息产业预计将仍会以高于 20% 的速度增长。中国将加快建设新一代信息通信网络，全面振兴信息通信产品制造业和软件业，建立能够支撑信息通信业发展的技术、生产体系。在向数字化、集成化、网络化转变的过程中，简单服务要向个性化服务发展，低带宽要向高带宽发展，电路交换要向分组交换发展。无线网络、网络多媒体、多媒体计算、人机自然语音通信是网络与通信专业重点建设的四大方向。

面对潜力巨大的中国市场，我国大学的相关专业需要培养具有知识创新能力的高素质人才，在通信高新技术的研究上争创国际先进水平，为我国在信息领域达到国际一流的目标作出贡献。

科技的发展使得教育要跟上时代发展的步伐，但是目前市面上还没有一套系统、完整的关于计算机网络与通信方面的教材。现有的教材有些偏重理论，有些则偏重实用，不太适合于课堂教学。而对于学习网络与通信的学生来说，不仅要懂得原理，还必须学会技术，这样才能符合“培养人才、创造知识、转化成果、服务社会”的教学宗旨，在人才培养、科学研究和技术应用等方面有所成就，为我国通信与信息领域的发展做出贡献。

为了获得与国际接轨的教学内容，达到提高整体教学水平的目的，北京希望电子出版社组织国内各大高校相关专业的教授、专家、学者，共同编选本套丛书。本套丛书强化学生实践能力和创新意识的培养，定位准确、内容创新、结构合理。在选材上主要采用了成熟的理论，并通过对目前研究现状的跟踪，补充了最新的研究成果；充分考虑了内容组织的系统性和完整性，从学生的认知规律出发，力求做到简明和便于教学的特色；以培养学生分析问题和解决问题的能力为目标，着重基本概念、基本原理和基本分析方法的论述。本套丛书特别突出了各项技术的实用性，可作为计算机网络和通信专业或相近专业本科生、研究生的教科书，同时，还可以作为从事网络系统开发的科研人员和相关行业技术人员、管理人员有用的参考资料。

在撰写过程中参阅了大量的参考书、论文和资料，这里谨向所有的作者致以崇高的敬意！

我们欢迎更多的优秀教师参与到教材建设中来，真诚希望广大教师、学生与读者朋友在使用本丛书过程中提出宝贵的意见和建议。若有投稿或建议，请发至本丛书出版者电子邮件：textbook@bhp.com.cn

21 世纪高等院校计算机网络与通信教材编委会

前　言

信息，与物质和能源一样，是构成我们赖以生存的三大资源之一。在知识经济时代，“谁占有了信息，谁就可以占据政治、经济、军事的制高点”。因此，信息安全的重要性可想而知。

随着 Internet 和 Intranet 的深入普及，如何保障网络安全成为人们讨论的热点话题和研究的重要课题。我国对信息安全技术的研究起步比较晚，但发展迅速。从 20 世纪 90 年代中期开始，随着我国 Internet 的发展和 Intranet 的建设，计算机和通信技术发展迅猛，各种专用网不断建成，网络中各种新技术不断推出。随着计算机信息系统从以往的单机系统向开放系统结构过渡，我国的网络安全形势也变得越来越严峻。

本书正是在网络安全日益得到重视的条件下，重点研究了计算机网络领域中的安全技术问题。通过系统地介绍，读者可以获得全面的网络安全知识，从而在实现网络系统的管理和开发时做到防范非法入侵等各种不安全因素，使系统具有更高的安全性，以适应当前开放性社会的需要。

全书分为 11 章，涵盖了网络安全技术基础、网络安全体系结构、密码技术基础、信息隐藏技术、操作系统和数据库管理、计算机病毒、黑客防范、安全协议和防火墙等多个领域的发展情况，以全新、全面、深刻的理念分析了当前网络应用领域中存在的安全问题和采用的安全技术。在选材上主要选用了成熟的理论，并通过对目前研究现状的跟踪，补充了最新的研究成果。全书充分考虑了内容组织的系统性和完整性，特别突出了各项技术的实用性，可以作为高等院校信息对抗、通信、电子或计算机等相关专业的教科书，也可以作为计算机网络安全研究人员以及技术人员了解、学习网络安全技术的参考书。

本教材主要由陈建伟、张辉编写，朱诗兵主审。在本书的编写过程中，得到了王擎天的大力帮助指导。另外，秦亮、李学军、高小玲、蒋太杰、杜刚、陈刚、高娟、朱一等参与了部分编写和文字校对工作，还有莫年祥、蒋玉珍、莫静和陈艺萌在编写本书过程中对编者的支持，在此一并表示诚挚的谢意。

由于网络与信息安全技术涉及的知识领域非常广泛，发展也十分迅速，加之作者自身水平有限，书中的疏漏或不当之处，还望广大读者和专家批评指正。

编　者

目　录

第 1 章　网络安全的现状

本章将对计算机网络安全进行一般性的讨论，如网络安全的含义、网络安全的现状、网络安全的目标、网络安全的威胁，回顾 OSI 基本参考模型和 TCP/IP 协议的主要内容。在了解网络结构和网络服务的基础上，解释计算机网络不安全的原因。

1.1　开放网络的安全

信息，与物质和能源一样，是构成我们赖以生存三大资源和要素之一。随着人类进入知识经济的时代，“谁占有了信息，谁就可以占据政治、经济、军事的制高点”。因此，信息安全的重要性可想而知。

信息的有效采集、传输和使用都离不开网络。随着计算机在各个领域的广泛应用和网络通信的飞速发展，以资源共享为目的的基于 Client-Server 技术的分布式计算机网络应用系统得到了迅猛发展和普及。凭借共享性、可扩充性、高效性等特点，计算机网络应用系统已深入经济、国防、科技各个领域，但也正是这些特点增加了网络安全的复杂性和脆弱性。在开放式体系结构中，系统资源共享和信息资源的重用性，使得信息受到的攻击点越来越多，其安全性变得越来越脆弱，因此信息安全性的难度越来越大。

网络安全从本质上来讲是网络上的信息安全。它涉及的领域广泛。从广义来说，凡是涉及到网络上信息的保密性、完整性、可用性、真实性和可控性的相关技术和理论，都是网络安全所要研究的领域。网络安全的通用定义是指通过各种计算机技术、网络技术、密码技术和信息安全技术，保护在公用通信网络中传输、交换和存储的信息的机密性、完整性和真实性，不受偶然的或者恶意的原因而遭到破坏、更改、泄露，并对信息的传播及内容具有控制能力，系统连续可靠正常地运行，网络服务不中断。网络安全的结构层次包括：物理安全、安全控制和安全服务。

保证网络的安全关系到企业发展、个人隐私，还关系到国家机密和国家利益，世界上各个国家之间，为了达到其政治、经济、军事、文化方面的战略目的，掀起了一场前所未有的战争——信息战（Information Warfare）。

信息战是指“影响敌方信息和信息系统，运用和保护己方的信息和信息系统来取得信息优势”的作战行动，其实质是利用各种计算机攻击手段，攻击敌方的信息系统，夺取对方的“制信息权”，来达到摧毁对方的目的。信息战的攻防对象是信息和信息系统，因此信息战的核心问题也就是信息安全问题，特别是网络上的信息安全问题，这关系到国家的安全。在将来的信息战和非战争信息对抗中，信息安全必然是长期的关注焦点。

在当今信息化社会中，重视网络安全，采取多种有效的安全技术，不断提高安全技术水平和管理水平，保证信息的安全对于促进经济发展和保障国防安全都具有极其重要的意义。

1.1.1 开放系统的基本概念

开放系统强调通过应用国际化的标准，使所有遵循同样标准的系统互联时不存在障碍，即构建一个开放的网络环境。ISO（国际标准化组织）制定的 OSI（Open Systems Connection，开放系统互联）结构是不同开放系统的应用进程之间通信所需功能的抽象描述，它所研究的是系统之间通信的标准。

确立 OSI 体系结构时，首先需要研究开放系统的基本元素，并确定相应的组织和功能。其次，根据此模式所构成的框架，对开放系统的功能进行进一步的描述，即形成开放系统互联的各种服务和协议。按照 ISO 7498 的定义，OSI 体系结构有 7 个层次，每个层次都完成信息交换任务中一个相对独立的部分，具有特定的功能。

1.1.2 开放系统的特征

开放系统的本质特征是系统的开放性和资源的共享性。系统的开放性指系统有能力包含各种不同的硬件设备、操作系统和访问用户，资源的共享性指系统有能力把资源提供给不同的用户自由使用，没有机密性要求。

互联网是一种开放的结构，不提供保密服务，这一点使互联网具有新特点：

（1）互联网是无中心网，再生能力强。一个局部的破坏，不影响互联网整个系统的运行。因此，互联网特别能适应战争环境。

（2）互联网可实现移动通信、多媒体通信多种服务。互联网提供电子邮件、文件传输、全球浏览以及多媒体、移动通信服务，正在实现一次通信（信息）革命，在社会生活中起着非常重要的作用。

（3）互联网一般分为外部网和内部网。从安全保密的角度来看，互联网的安全主要指内部网的安全，因此其安全保密系统要靠内部网的安全保密技术来实现，并在内部网与外部网的连接处用防火墙技术隔离，以确保内部网的安全。

（4）互联网的用户主体是个人。个人化通信是通信技术发展的方向，推动着信息高速公路的发展。

1.1.3 OSI 参考模型

在 ISO 制定的 OSI 参考模型中，主机间的通信过程划分为 7 个层次（如图 1.1 所示），每一层只与相邻的上下两层交换信息，通过不同层次间的分工与合作来完成任意两台机器间的通信。因此，研究开放系统时，首先需要研究其基本元素并确定相应的组织和功能，其次根据此模式所构成的框架，对开放系统的功能进行进一步的描述，即形成开放系统互联的各种服务和协议。

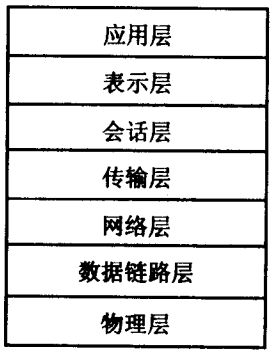

图 1.1 OSI 参考模型

1. OSI 的层服务

下面简单介绍 OSI 的 7 层协议所提供的服务。

（1）物理层。物理层是 OSI 结构的底层，负责描述联网设备的物理连接属性，包括各种机械、电气和功能的规定，如连接器的类型、尺寸、插脚数目和功能等主要项目，还有网络的速率和编码方法。物理连接从另一个角度理解是完成位流的透明传输，即用来确

保发送出一个“1”，接收到的也是一个“1”，而不是“0”。这里信息流的单位是位，而不是字符或由多字符构成的块或帧。物理层不仅需要负责物理连接的建立和维护，还需要管理物理连接的撤销。

（2）数据链路层。数据链路层将网络层送来的连续的数据流装配成一个个数据帧，然后按序发送出去，并处理接收端发送回来的确认帧，目的是保证物理层在任何通信条件下都能向其高层提供一条无差错的、高可靠的传输线路，从而保证数据通信的正确性，并为网络的正常运行提供所要求的数据通信质量。

物理层是传送连续的位流，而数据链路层能纠正由于信道噪声引起的传送错误，通知发送方重新发送出错的数据帧。当接收方速度较慢时，发送方的数据链路层还要进行流量控制，降低数据发送的速率。因此，数据链路层的首要任务是管理数据的传输，即一方面需要选择一种信息传输方式，另一方面还需要有一种差错检测和恢复方式，以便在发现数据传输发生差错时能够采用补救措施。

（3）网络层。数据链路层是在相邻的两台主机间传送数据，而当数据包通过不兼容的网络时可能会产生许多问题，这些问题都需要网络层来解决。网络层服务独立于数据传输技术，为网络实体提供中继和路由方案，同时为高层应用提供数据编码。网络层最重要的作用是将数据包从源主机发送到目的主机。而网络层所说的两台主机不一定是相邻的，很可能不在一个局域网内，甚至要跨越几个网络。数据包传送过程中，网络层根据数据包中目的主机地址的不同为它们选择合适的路径，直到数据包到达目的主机。当数据包要进入不兼容的网络时，不兼容的信息将进行必要的转换。

OSI 既提供无连接的网络层服务，也提供有连接的网络层服务。无连接服务是用于传输数据和差错标识的数据报协议，没有差错检测和纠正机制，而将差错处理交给传输层完成；面向连接的服务为传输层实体提供建立和撤销连接以及数据传输的功能。

（4）传输层。传输层的基本功能是从会话层接收数据，并将这些数据传送给网络层，确保数据能正确地到达目标主机，使高层应用不需要关心数据传输的可靠性和代价。基于传输层提供的端到端控制以及信息交换功能提供系统间数据的透明传输，为应用程序提供必要的高质量服务，是第一个真正意义上的端到端层。

（5）会话层。会话层通过不同的控制机制，将其下 4 层提供的数据流形成不同主机上用户间的一次会话，或者是一个用户远程登录，或者是在两台主机间传送一个文件。控制机制包括：统计、会话控制和会话参数协商。会话层可以使应用进程间会话机制结构化，而基于结构化数据的交换技术允许信息以单向或是双向的方式传送。

（6）表示层。表示层独立于应用进程，一般是相邻层间传递简单信息的协议。由于相邻层在数据表示上存在差异，因而需要通过表示层使得用户根据上下文完成语法选择和调整。例如，不同的主机对字符串实行不同的编码方式，为了方便不同编码的主机间的信息交流，必须将要传送的信息转换成双方主机都能理解的一种标准编码格式。

（7）应用层。应用层的主要目的是满足应用需要，内容包括提供进程间通信的类库方法，提供建立应用协议的通用过程以及获得服务的方法等。应用层包括许多常用的协议，所有的应用进程都使用应用层提供的服务。应用层解决了两个典型的问题，一是解决不兼容的终端类型问题，另一个是文件传输问题。

OSI7 层协议模型中，最低两层处理的是通过物理链接相连的相邻系统，也被称为中继

服务。通过链路连接的一组系统，每到达下一个相邻系统可以理解为完成了一次中继，此时需要将协议控制信息删除，并增加一个新的数据头，以控制下一次中继。

网络层处理的是网络服务，其作用是利用系统间的通信控制所有系统的合作，并在所有系统中得以体现。

最高 3 层完成端到端服务，由于不涉及中继系统，因此一般只用于端系统（ES）。实际上，第 4～7 层的控制信息在中继过程中不会由中继系统（IS）改变，而将直接以其原始形式发送给对应的端系统 ES 。

值得注意的是，实际应用中并不采用 OSI7 层协议模型。OSI7 层模型是两台主机间通信行为的一个抽象。与其说它是一种模型，不如说是一种分层的思想。Internet 上使用的是 TCP / IP 协议，它负责网际之间的互联，对应着网络层（包含）以上的层次，而 OSI7 层模型下两层的实现在不同的局域网上是不同的。虽然现实中的模型不是 OSI 模型，但是它们都可以和 OSI 模型中的某几层相对应。

2. 通信实例

下面通过典型的 OSI 通信模式和对等通信模式来加深对 OSI 参考模型的理解。

（1）OSI 通信模式。假设本地计算机上运行的一个客户应用程序，需要联网的远程计算机提供远程服务，如图 1.2 所示。

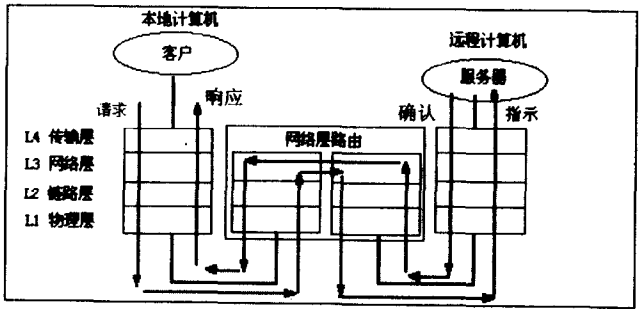

图 1.2 客户/服务器交互机制

图 1.2 简单地描述了交互机制。为了实现这一简单通信，需要一组通信原语，整个过程如下：

客户端应用程序调用应用联接请求，开始通信会话。初始化应用层后，建立与表示层的联接，并发送一个表示层请求原语建立服务数据单元。请求原语将服务数据单元发送给会话层，会话层为此分配一个会话标识，并选择合适的协议以支持应用层要求的服务。会话层还需要确认通信目标，即远程计算机。

为建立与远程系统的联接，会话层将进一步向传输层发送传输层请求。传输层请求设置了所需的远程服务以及需要使用的传输协议类型。

传输层随后请求网络层与远程系统建立联接。网络层服务一般已经建立了与最近的中继系统之间的链路联接，因此假设所有层得到了联接。

最后，通过链路层服务向远程系统发送网络层联接包，系统所作的响应是调用传输层服务建立一个传输层联接。如果远程系统可用，则需要对传输层的建立进行确认，并将此

信息返回给本地客户计算机。此时，两个系统已经通过传输层建立了联接通路。

传输层通过续传会话数据单元，请求与远程计算机服务进程建立联接。会话数据单元已在本地计算机的会话层进行存储，其中确定了会话标识以及客户所需建立通信的应用进程。此时表示层将发送一个会话联接指示，包括客户及客户请求所需的表示设置，这样应用层就可以建立与应用进程的联接了。如图 1.3 所示。

联接成功后，将生成一个响应消息作为应用响应原语发送给应用层，其中包括了联接的所有细节。远程系统为每一层增加一个扩展接口，每一层都需要确认所收到的信息，并对成功的联接做出响应。最后应用层向客户进程发送一个应用联接确认消息，此后即可进行数据传输。如图 1.4 所示。

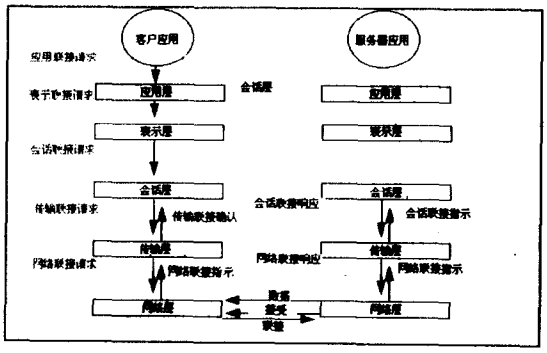

图 1.3　客户/服务器联接的建立（一）

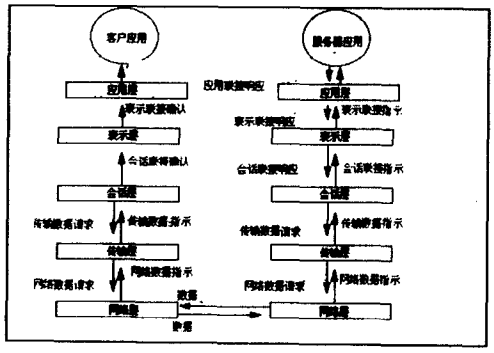

图 1.4　客户/服务器联接的建立（二）

真正的数据传输是在物理层以位为单位完成的。远程服务器的物理层将接收这些数据位，并传送给数据链路层。数据单元结束后，数据链路层将一层一层去掉数据头，并把包含数据内容的数据单元发送给网络层。如此逐层进行，直到应用数据到达服务器应用。这样就完成了客户和服务器之间的数据传送。数据传输结束后，还需要执行一个类似于联接过程的断开联接过程。

（2）对等通信模式。对等通信按以下规则进行定义：即一层中的通信独立于前一层通信。对等通信模式中，每一层都提供一个与之对等端通信的协议。当某一层传输一个数据包时，需要为之增加数据头，里面包含着协议控制信息（PCI）。在 OSI 术语中，数据包也称为有效负载或协议数据单元（PDU），如果设置了数据格式，也就建立了相应的服务数据单元（SDU），通过下一层的服务接口进行发送。同样地，对数据单元的进一步发送将由下一层提供的服务完成。

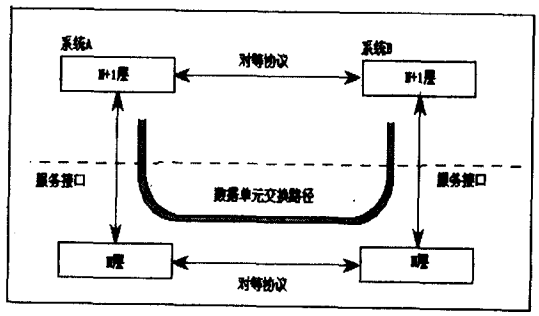

图 1.5　对等通信模式

如图 1.5 和图 1.6 所示描述了 OSI 参考模型在两个端系统间实现对等通信的实例。传输层通信协议利用下一层的网络层服务实现端到端的通信。对于链路层而言，通信是建立在物理层服务上的。

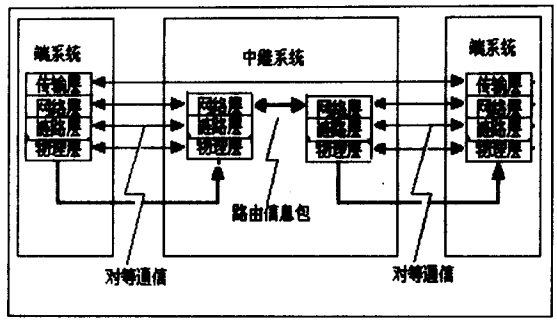

图 1.6 OSI 协议层间的对等通信

1.1.4 TCP/IP 协议

TCP/IP 协议，即传输控制协议和网际协议，是 Internet 的核心协议，而且随着 Internet 的普及及其在技术上的优势显现，TCP/IP 协议已经广泛地应用在 Intranet。

1. TCP/IP 协议简介

TCP/IP 协议开发的最初目的是为了实现网络和应用的兼容性，实现异种网络、异种机器之间的互连。最初，TCP/IP 协议主要用于 Arpanet（Internet 的前身）和 Sanet 的连接。

TCP/IP 协议代码的公开可使网络通信设计人员，对基于 TCP/IP 协议的网络应用有更加深入的了解，从而有利于设计出便捷、实用而且安全的程序。但是，从另外一方面来说，一些人也可能研究这些协议中的弱点，从而达到自己的目的。

TCP/IP 是网络中基于软件的通信协议，实质上是 Internet 上一系列软件协议的综合，提供如远程登录、远程文件传送、电子邮件网络服务，也提供如网络故障处理、传送路径选择和数据传送控制等功能。下面是 TCP/IP 中一些基本的和常用的网络协议：

网络层：IP（网际协议）、ICMP（网际控制报文协议）；

传输层：TCP（传输控制协议）、UDP（用户数据报协议）；

应用层：Telnet（远程登录）、FTP（文件传输协议）、SMTP（简单邮件传输协议）、DNS（域名系统）、ASN（抽象语法）、NFS（网络文件服务器）。

从中可以看到，传输层除了 TCP 协议之外，还有 UDP 协议，它们之间的差别在于 TCP 是面向连接的协议，而 UDP 是面向无连接的协议，我们常用的 Telnet、FTP、SMTP 以面向连接的协议为基础。

与来自标准化组织的 OSI 模型不同，TCP/IP 不是人为制定的标准，而是产生于网络的研究和实践应用中，稍做修改后，OSI 模型也可用于描述 TCP/IP 协议，但这只是形式而已，二者内部细节的差别很大。TCP / IP 协议和 OSI 模型的对应关系如表 1.1 所示。

表 1.1 TCP / IP 协议和 OSI 模型的对应关系

TCP / IP 协议	OSI 模型
FTP，Telnet，SMTP，RPC，RLOGIN，SNMP，DNS，TFTP，BOOTP，HTTP	应用层
TCP，UDP	传输层
IP（ICMP，IGMP），（ARP，RARP）	网络层

两种分层结构比较：

- OSI 模型在各层的实现上有所重复，而且会话层和表示层不是对很多服务都有用；TCP / IP 在实现上力求简单高效，如 IP 层并没有实现可靠的连接，而是把它交给了 TCP 层实现，这样保证了 IP 层实现的简练性。事实上，有些服务并不需要可靠的面向连接服务，如在 IP 层加上可靠性控制，只能说是一种处理能力的浪费。
- OSI 模型是人们作为一种标准设计出来的，并没有得到广泛的应用支持；TCP / IP 结构经历了十多年的实践考验，有广泛的应用实例支持。

TCP/IP 协议作为 Internet 的组成部分，它的组织和管理工作是由 Internet 建议委员会（IAB）承担的。而 TCP/IP 协议的来源则是 RFC（Request for Comments），每个 RFC 是对一个 Internet 请求的技术说明，它们代表了有关 Internet 的技术文档。其中一些 RFC 最终成为 TCP/IP 的标准，而其他的则成为一般的技术信息，或者继续被研究讨论，也有许多被淘汰了。同时，一个 RFC 文档被颁布的时候拥有一个号码，而当其更新的时候又会拥有一个新的号码，所以掌握一个 RFC 文档的最新版本是非常重要的。

当然，也可以从相应的 FTP 站点获取 RFC 文档。

TCP/IP 协议发展过程中的几个重要的阶段：

- 1970 年　ARPANET 主机开始使用网络控制协议（NCP）。
- 1972 年　第一个 Telnet 标准“Ad hoc Telnet Protocol”作为 RFC318 被提交。
- 1973 年　采用 RFC454“文件传输协议”。
- 1974 年　传输控制程序 Transmission Control Program（TCP）被详细地描述。
- 1981 年　IP 标准作为 RFC791 公布。
- 1982 年　美国国防通信研究局（DCA）和 ARPA 把 TCP 和 IP 作为 TCP/IP 协议集。
- 1983 年　ARPANET 由 NCP 转向 TCP/IP。
- 1984 年　采用域名系统 DNS。

2. TCP/IP 协议结构

如图 1.7 所示显示了 TCP/IP 的主要协议之间的相关性。

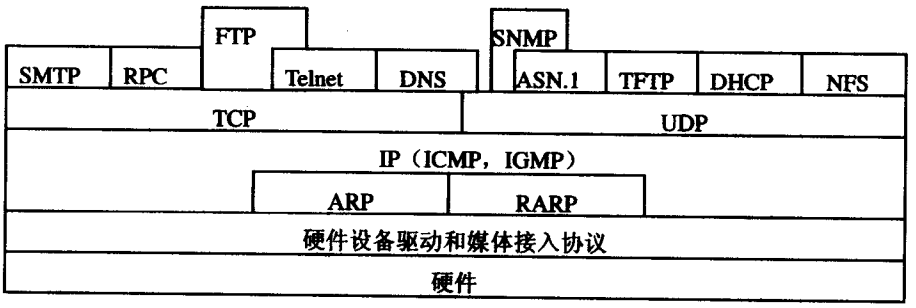

图 1.7　主要的 TCP / IP 协议间的关系

最低层代表了硬件所提供的所有协议，其范围从媒体接入到逻辑链路分配。可以假设这层包括了任何分组传送系统，只需 IP 可以用它来传送报文。

第二层列出了 ARP 和 RARP。当然，不是所有的机器或网络技术都要使用它们。ARP