

# 网络是怎样连接的

[日] 户根勤 / 著 周自恒 / 译

日文版重印**32次!**

## How Networks Work

“计算机网络概论”图解趣味版

蹲马桶就能看懂的网络基础知识



本书适合

- 1 菜鸟程序员入门进阶
- 2 中级程序员查漏补缺
- 3 高手程序员向家人（女友、老妈等）普及计算机知识



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

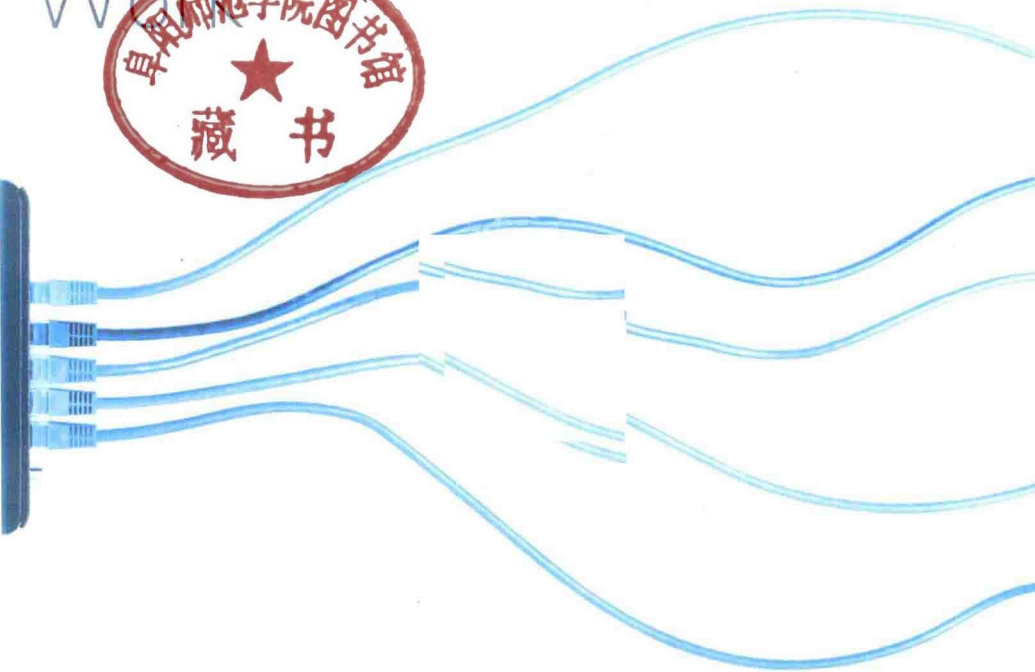
TURING

图灵程序  
设计丛书

# 网络是怎样连接的

[日] 户根勤 / 著 周自恒 / 译

How  
Networks  
Work



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

网络是怎样连接的 / (日)户根勤著;周自恒译

—北京:人民邮电出版社,2017.1(2017.3重印)

(图灵程序设计丛书)

ISBN 978-7-115-44124-9

I. ①网… II. ①户… ②周… III. ①计算机网络—  
连接技术 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第283424号

NETWORK WA NAZE TSUNAGARUNOKA DAI 2 HAN

written by Tsutomu Tone.

Copyright © 2007 by Tsutomu Tone.

All rights reserved.

Originally published in Japan by Nikkei Business Publications, Inc.

Simplified Chinese translation rights arranged with

Nikkei Business Publications, Inc. through CREEK & RIVER Co., Ltd.

本书中文简体字版由 Nikkei Business Publications, Inc. 授权人民邮电出版社独家出版。  
未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有,侵权必究。

## 内 容 提 要

本书以探索之旅的形式,从在浏览器中输入网址开始,一路追踪了到显示出网页的内容为止的整个过程,以图配文,讲解了网络的全貌,并重点介绍了实际的网络设备和软件是如何工作的。目的是帮助读者理解网络的本质意义,理解实际的设备和软件,进而熟练运用网络技术。同时,专设了“网络术语其实很简单”专栏,以对话的形式介绍了一些网络术语的词源,颇为生动有趣。

本书图文并茂,通俗易懂,非常适合计算机、网络爱好者及相关从业人员阅读。

- 
- ◆ 著 [日] 户根勤  
译 周自恒  
责任编辑 傅志红  
执行编辑 高宇涵 侯秀娟  
责任印制 彭志环

- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

- ◆ 开本:880×1230 1/32  
印张:11.25

字数:333千字 2017年1月第1版  
印数:6 501-8 000册 2017年3月北京第3次印刷

著作权合同登记号 图字:01-2016-0667号

---

定价:49.00元

读者服务热线:(010)51095186转604 印装质量热线:(010)81055316

反盗版热线:(010)81055315

广告经营许可证:京东工商广字第8052号

站在巨人的肩上  
**Standing on Shoulders of Giants**



iTuring.cn

## 推荐序

两个月前就听说花卷<sup>①</sup>在翻译一本网络书。作为技术圈的活跃分子，我自然是要第一时间讨来看的。

样书寄来时我正因为感冒而昏昏欲睡，没想到翻了十来页，人顿时就清醒过来了——这不正是我想象中一本网络科普书该有的样子吗？从浏览器输入网址开始，引入了 HTTP 消息；由于消息要交给服务器，所以用 DNS 来解析其域名；消息到达服务器之前需要传输，就要懂得 TCP 和路由交换……环环相扣，如流水般自然，结构上完全顺应了人类的思维习惯。传统的网络教材我也读过不少，基本上是以五层（老书甚至有七层）网络模型来划分章节，然后再一板一眼地讲解概念，结构上完全不同。

接下来我又花了两三天时间，把全书读完了（老司机速度，请勿模仿）。越读越觉得作者户根勤是个全栈工程师，从软件到硬件，从服务器到交换机，似乎每一方面都在行，很好奇他究竟换过多少工作。我认识的技术人员中，知识面这么广的几乎没有，比如第 4 章的大部分内容就是我从未涉猎的。跟很多日本作者一样，他的表达风格也是细致周全，所以不用担心阅读压力。毫不夸张地说，读懂了这本书，你就理解了网络世界的全貌。这一点对初学者尤为重要，因为想要在学习中触类旁通，前提就是知识面到位。

对于引进型书籍，读者们最担忧的其实还是翻译质量，我也曾经因为拒绝翻译腔而只读原版。不过花卷的语言能力一向让人放心，我几年前买了他译的一本《30 天自制操作系统》就知道了。这些年来他翻译的技术书有十册了吧？假如不看作者名字，我甚至都看不出这些书是外文翻译而来的。花卷的技术功底对我来说也是个谜，我看过他关于操作系统的书，和他探讨过不同类型的 VPN 如何架设，有一天我 Google 搜索固态硬盘的工

---

<sup>①</sup> 指本书译者周自恒，其在新浪微博上的昵称为 @ 馒头家的花卷。

作原理，搜到的一篇科普文章竟然也是他写的。也就是如此深不可测的译者，才能驾驭覆盖面这么广的书吧。

当然了，一本书不可能兼顾广度和深度，否则篇幅就太大了。指望这本书深挖难点，甚至分析具体的问题，也是不现实的。假如想学得再深一点，我建议自己多做一些实验（其实对于任何技术书都一样）。比如书中第176页讲到的地址转换，我们完全可以在家里配置一下试试。又比如书里第79页讲到了用ACK来确认网络包，我们可以装个Wireshark，然后抓些包来看看ACK究竟是什么样的。在配置或者分析网络包的过程中，你很可能遇到问题并解决它，这样就能理解得更深入了。

最后祝大家跟我一样，从这本书中学有所获。

林沛满

2016年11月

## 译者序

很多人说现在是“互联网时代”，我们身边出现了好多“互联网公司”，就连李克强总理也经常把“互联网+”挂在嘴边，可见互联网已经成为我们日常生活中的一部分了。

互联网其实是个非常复杂的玩意儿。我们每天都在上网，网络正常的时候大家都觉得“上网嘛，不就这么简单”。可是一旦出了问题，上不去了，你就会发现要想把问题找出来并解决真不是一件容易的事。这次是这里出问题，下次是另一个地方出问题，能出问题的环节太多了，这就说明网络真的很复杂。

我上高中的时候，曾经有同学来找我帮忙，说家里电脑上不了网了。我跑到他家里一看，网页确实怎么都打不开，但奇怪的是 QQ 居然能上，而且还能正常跟人聊天。当时的搜索引擎还没有这么强大，这个问题让我很是困扰。忽然我发现他电脑上 TCP/IP 设置中没有使用自动分配的 DNS 服务器，而且他自行设定的 DNS 服务器地址是错误的，改回自动配置 DNS 之后，故障就解决了。可是为什么 DNS 不对，QQ 却可以正常上呢？后来我才知道，因为 QQ 是直接使用 IP 地址来连接服务器的，所以即便 DNS 失效，它依然可以“屹立不倒”，以至于现在有很多人把 QQ 当成一个排查 DNS 问题的“参照物”。

上面这个例子现在看起来其实非常小儿科，不过这也恰恰说明了网络很复杂，你看我只是上个网而已，怎么又冒出来一个 DNS 呢？即便到了现在，要跟周围不大懂网络的朋友解释什么叫 DNS，也得花上点功夫才行。

其实，不说 DNS，就说家里上网用的那个路由器，也不是什么省油的灯。很多人又要说了，我把电脑插到路由器上就能上网了，这又有什么复杂的嘛？那么我再讲个故事吧。有一次公司网络要改造，换了一台用 RouterOS 系统的网关。RouterOS 这个系统，识货的人都知道，它的性能非常棒，灵活性也非常高，但是你要对网络特别了解才能玩得转。网关装上去之后，我想咱们先做个最简单的配置吧，就跟家里路由器一样，电脑插

上去能上外网就行了。

然而，真配起来才发现，想要手动实现家里路由器的那些功能还真没那么容易。首先，接在路由器上的电脑需要彼此能够通信，这需要配置一个基本的交换机功能。其次，接在路由器上的电脑要自动获取 IP 地址等配置，这需要配置一个 DHCP 服务器。然后，连接外网的端口需要单独配置它的 IP 地址等参数，或者配置 PPP 连接，还得配置相应的路由表。到这里还不算完，因为内网的电脑要访问外网，还得配置好网络地址转换 (NAT)！想要上个网还真挺复杂的是不是？你觉得简单是因为你家的路由器帮你把这些功能都集成好了而已。

如果上面这一段让你看得有点晕，那么这本书就是为你准备的。上面提到的这些东西，本书中都有深入浅出的介绍。我读过很多计算机网络方面的书，但也正是因为网络太复杂了，这些书一般都只讲其中的一个协议（比如 HTTP），或者是一个局部的技术（比如网络设备的部署），很少有像这本书一样，从一个常见的场景切入，把整个网络的全貌如此清晰地展现出来。用本书作者的话说就是：不理解网络的全貌，也就无法理解每一种网络技术背后的本质意义。

如果你经常和网络技术打交道，特别是从事网络分析工作的话，这本书可以作为深入学习具体技术的前置读本或者补充读物。因为当你纵览全局之后，在学习具体技术时遇到的一些问题自然也就迎刃而解了。此外，我在这里还想友情安利两本林沛满老师写的关于 Wireshark 网络分析的书：《Wireshark 网络分析就这么简单》和《Wireshark 网络分析的艺术》。我觉得这本书的内容和林老师的两本书配合得非常好，毕竟网络分析涉及网络的方方面面，如果能对网络有一个全面的了解是很有帮助的。

最后感谢图灵教育各位编辑的努力，也希望各位读者能够借这本书发现一个不一样的网络世界。

周自恒

2016 年 10 月于天津



## 前言

本书是介绍网络技术的图书——《网络是怎样连接的》的第2版。和上一版一样，本书具备一些同类图书所没有的特色。

首先，本书讲解了网络的全貌。即便不提互联网(Internet)，大家也都知道网络是一个巨大而复杂的系统，因此用一本书的篇幅涵盖所有的知识是不可能的。不过，我们可以开启探索之旅，从在浏览器中输入网址(比如 <http://www.nikkeibp.co.jp/>)开始，一路追踪到显示出网页内容为止的整个过程，这样就能够用一本书的篇幅讲清楚网络的全貌了。之所以要控制在一本书的篇幅，是因为：如果只是讲解TCP/IP、以太网这些单独的技术，读者就无法理解网络这个系统的全貌；如果无法理解网络的全貌，也就无法理解每一种网络技术背后的本质意义；而如果无法理解其本质意义，就只能停留在死记硬背的程度，无法做到实际应用。为了避免这一点，即便一本书的篇幅只能介绍有限的一些场景，我们也依然可以涵盖网络系统的全貌。

其次，本书重点介绍了实际的网络设备和软件是如何工作的。TCP/IP、以太网等技术，可以理解为规定网络设备和软件如何工作的一种规则。尽管理解这些规则很重要，但仅仅学习这些规则是无法看到设备和软件的内部构造的。这是因为，为了减少设备生产和软件开发上的制约，网络中的规则将设备和软件的内部构造看作一个黑箱，只从外部视角规定了这些设备和工作方式。而且，实际的设备和软件中还包含很多规则中所没有规定的要素。要想熟练运用网络技术，理解实际的设备和软件是非常重要的，但这一点单靠学习规则本身是无法做到的。考虑到上述原因，本书将重点介绍设备和软件的内部工作方式。

正是因为本书的上述特色受到了读者的好评(至少笔者是这样认为的)，第1版的销量远远超出了笔者的预期。这是一件值得高兴的事，但也暴露出一些问题。因为读者群之广，远远超过了当初设想的范围。要理解实际设备和软件的工作方式，需要一定程度的基础知识，而第1版中对这

些内容的讲解并不充分。因此，在第2版的编写中，笔者将这部分内容作为重点，全面修订了讲解的内容，大幅增加了对于基础知识的介绍。结果，这本书的篇幅比第1版增加了将近100页，这也充分体现了此次修订的成果。本书内容繁多，这里对各位读者的耐心表示感谢。

户根勤

2007年3月

## 本书的结构

### 探索之旅指南

从在浏览器中输入网址，到屏幕上显示出网页的内容，在这个只有几秒钟的过程中，很多硬件和软件都在各自的岗位上相互配合完成了一系列的工作。本书将以探索之旅的形式，带领大家探索这一系列工作中的每一个环节。每个单独的环节都并不复杂，只要仔细阅读就一定能够理解。不过，探索之旅中出现的硬件和软件数量庞大，如果仅从微观的视角关注每一个单独的点，可能就会因为看不到整体而迷失了方向。因此，在真正出发开始探索之前，我们先来对这次探索之旅作个简单的介绍。下面的介绍中还包含一张探索之旅的路线图，万一在旅途中迷失了方向，请大家务必回来看一看这张地图。

### 网络的全貌

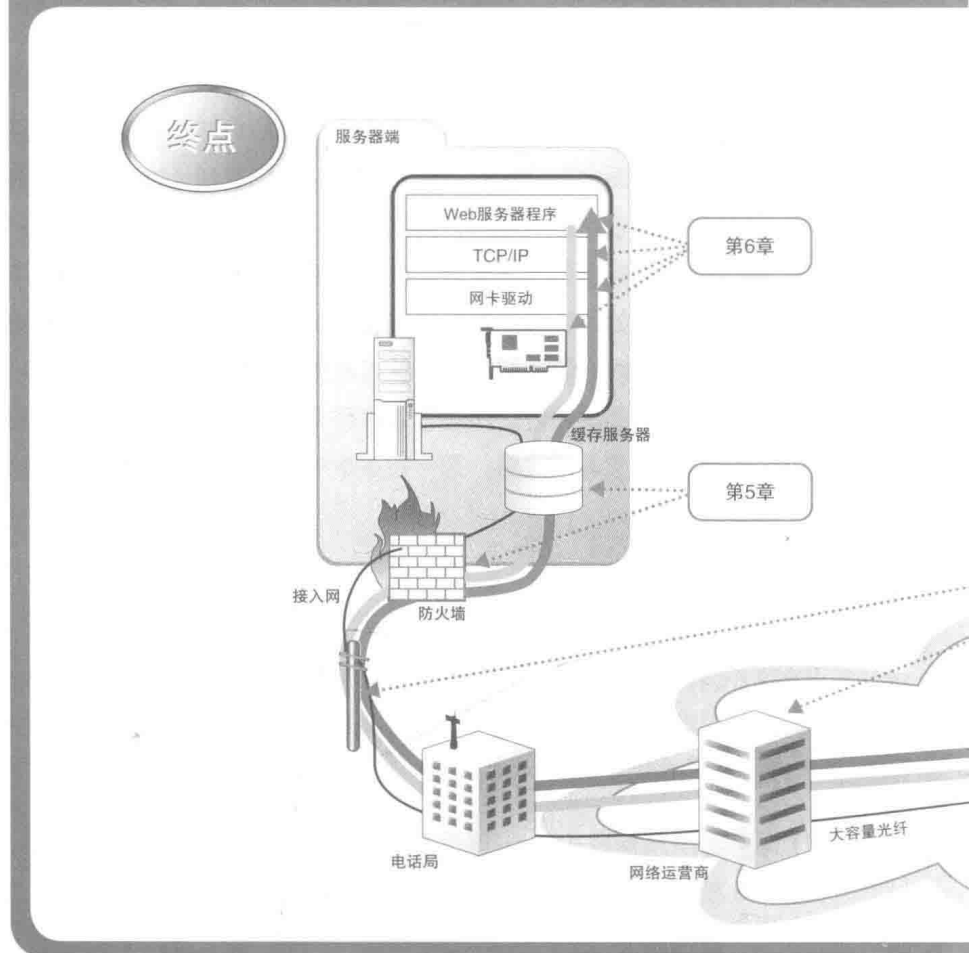
让我们先来看一下浏览器访问 Web 服务器这一过程的全貌。访问 Web 服务器并显示网页这一过程包含了浏览器和 Web 服务器之间的一系列交互，主要是下面这样的交互。

- (1) 浏览器：“请给我  $\times \times \times$  网页的数据。”
- (2) Web 服务器：“好的，这就是你要的数据。”

在这一系列交互完成后，浏览器就会将从 Web 服务器接收到的数据显示在屏幕上。虽然显示网页这个过程非常复杂，但浏览器和服务器之间通过网络进行的交互却出乎意料地简单。我们在网上商城购物时输入商品名称和收货地址并发送给 Web 服务器的操作其实也差不多，如下。

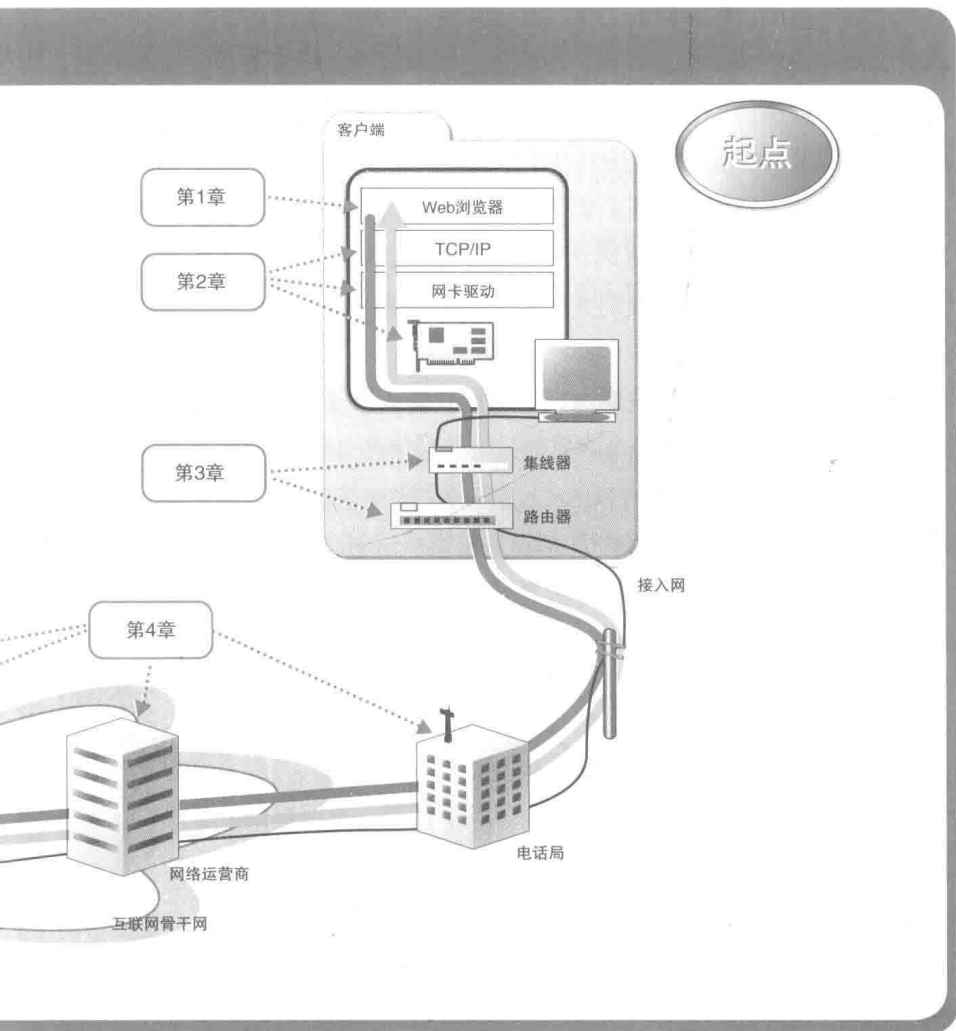
- (1) 浏览器：“请处理这些订单数据。”
- (2) Web 服务器：“好的，订单数据已收到。”

## 探索之旅路线图



虽然 Web 服务器在收到订单数据之后和销售系统一起对订单进行实际处理的操作很复杂，但其实浏览器和 Web 服务器之间的交互却很简单，概括如下。

- (1) 浏览器向 Web 服务器发送请求。
- (2) Web 服务器根据请求向浏览器发送响应。



因此，从这个层面上，也就是浏览器和 Web 服务器等网络应用程序进行交互的层面上来看，其工作方式应该还是比较容易理解的。这个层面上的交互和人类之间的对话非常相似，从这一点来说也更加容易理解<sup>①</sup>。

① 尽管思路很简单，但实际编写这些应用程序并不容易，需要事无巨细地设计好所有的功能，还要编写大量的代码才能完成。

要实现应用程序之间的交互，我们需要一个能够在浏览器和 Web 服务器之间传递请求和响应的机制。网络是由很多计算机等设备相互连接组成的，因此在通信的过程中需要确定正确的通信对象，并将请求和响应发送给它们。请求和响应在传递的过程中可能会丢失或损坏<sup>①</sup>，因此这些情况也必须要考虑到。所以说，我们需要一种机制，无论遇到任何情况都能够将请求和响应准确无误地发送给对方。由于请求和响应都是由 0 和 1 组成的数字信息，所以可以说，我们需要的是一种能够将数字信息搬运到指定目的地的机制。

这种机制是由操作系统中的网络控制软件，以及交换机、路由器等设备分工合作来实现的，它的基本思路是将数字信息分割成一个小块，然后装入一些被称为“包”（Packet）的容器中来运送。“包”这个词大家可能在用手机的时候经常会碰到<sup>②</sup>，但在这里类似于邮政和快递中的概念。大家可以这样理解：包相当于信件或者包裹，而交换机和路由器则相当于邮局或快递公司的分拣处理区。包的头部存有目的地等控制信息，通过许多交换机和路由器的接力，就可以根据控制信息对这些包进行分拣，然后将它们一步一步地搬运到目的地。无论是家庭和公司里的局域网，还是外面的互联网，它们只是在规模上有所不同，基本的机制都是相同的。

前面介绍的这个负责搬运数字信息的机制，再加上浏览器和 Web 服务器这些网络应用程序，这两部分就组成了网络。也就是说，这两部分组合起来，就是网络的全貌。本书将通过 6 章的内容，带领大家逐一探索其中的各个环节。

## 第 1 章 Web 浏览器

我们将首先探索浏览器的工作方式。大家可以认为我们的探索之旅是

- ① 请求和响应的本质都是电信号和光信号，这些信号可能会因受到杂音等的干扰而损坏。
- ② 在日语中，Packet 一词在手机中指的是“移动数据流量”，这个词来自最早的移动数据网络 GPRS（General Packet Radio Service）中的 P。——译者注

从在浏览器中输入网址 (URL) 开始的。例如, 当我们输入下面这样的网址时, 浏览器就会按照一定的规则去分析这个网址的含义, 然后根据其含义生成请求消息。

`http://www.lab.glasscom.com/sample1.html`

在上面这个例子中, 浏览器生成的请求消息表示“请给我 sample1.html 这一文件中储存的网页数据”, 接着浏览器会将请求消息发送给 Web 服务器。

当然, 浏览器并不会亲自负责数据的传送。传送消息是搬运数字信息的机制负责的工作, 因此浏览器会委托它将数据发送出去。具体来说, 就是委托操作系统中的网络控制软件将消息发送给服务器。第 1 章中, 我们会探索到浏览器将数据委托出去为止。

## 第 2 章 协议栈、网卡

第 2 章我们将探索搬运数据的机制。其中最先出场的是协议栈 (网络控制软件叫作协议栈)。这个软件会将从浏览器接收到的消息打包, 然后加上目的地址等控制信息。如果拿邮局来比喻, 就是把信装进信封, 然后在信封上写上收信人的地址。这个软件还有其他一些功能, 例如当发生通信错误时重新发送包, 或者调节数据发送的速率等, 或许我们可以把它当作一位帮我们寄信的小秘书。

接下来, 协议栈会将包交给网卡 (负责以太网或无线网络通信的硬件)。然后, 网卡会将包转换为电信号并通过网线发送出去。这样一来, 包就进入到网络之中了。

## 第 3 章 集线器、交换机、路由器

接下来出场的物品会根据接入互联网的形式不同而不同。客户端计算机可以通过家庭或公司的局域网接入互联网, 也可以单独直接接入互联网。

很遗憾，我们的探索之旅无法涵盖所有这些可能性，因此只能以现在最典型的场景为例，假设客户端计算机是连接到家庭或公司的局域网中，然后再通过 ADSL 和光纤到户 (FTTH) 等宽带线路接入互联网。

在这样的场景中，网卡发送的包会经过交换机等设备，到达用来接入互联网的路由器。路由器的后面就是互联网，网络运营商会负责将包送到目的地，就好像我们把信投到邮筒中之后，邮递员会负责把信送给收件人一样。

## 第 4 章 接入网、网络运营商

接下来，数据从用来接入互联网的路由器出发，进入了互联网的内部。互联网的入口线路称为接入网。一般来说，我们可以用电话线、ISDN、ADSL、有线电视、光线、专线等多种通信线路来接入互联网，这些通信线路统称为接入网。接入网连接到签约的网络运营商，并接入被称为接入点 (Point of Presence, PoP) 的设备。

接入点的实体是一台专为运营商设计的路由器，我们可以把它理解为离你家最近的邮局。从各个邮筒中收集来的信件会在邮局进行分拣，然后被送往全国甚至全世界，互联网也是一样，网络包首先通过接入网被发送到接入点，然后再从这里被发送到全国甚至全世界。接入点的后面就是互联网的骨干部分了。

在骨干网中存在很多运营商和大量的路由器，这些路由器相互连接，组成一张巨大的网，而我们的网络包就在其中经过若干路由器的接力，最终被发送到目标 Web 服务器上。其中的具体细节我们会在正文中进行讲解，但其实它的基本原理和家庭、公司中的路由器是相同的。也就是说，无论是在互联网中，还是在家庭、公司的局域网中，包都是以相同的方式传输的，这也是互联网的一大特征。

不过，运营商使用的路由器可跟我们家用的小型路由器不一样，它是一种可以连接几十根网线的高速大型路由器。在互联网的骨干部分，存在着大量的这种路由器，它们之间以复杂的形式连接起来，而网络包就在这些路由器之间穿行。



此外，路由器不但在规模上存在差异，在路由器间的连接方式上也存在差异。家庭和公司局域网中一般采用以太网线进行连接，而互联网中除了以太网线连接之外，还会使用比较古老的电话技术和最新的光通信技术来传送网络包。这一部分所使用的技术是当今网络中最热门的部分，可以说是最尖端技术的结晶。

## 第 5 章 防火墙、缓存服务器

通过骨干网之后，网络包最终到达了 Web 服务器所在的局域网中。接着，它会遇到防火墙，防火墙会对进入的包进行检查。大家可以把防火墙想象成门口的保安，他会检查所有进入的包，看看有没有危险的包混在里面。检查完之后，网络包接下来可能还会遇到缓存服务器。网页数据中有一部分是可以重复利用的，这些可以重复利用的数据就被保存在缓存服务器中。如果要访问的网页数据正好在缓存服务器中能够找到，那么就可以不用劳烦 Web 服务器，直接从缓存服务器读出数据。此外，在大型网站中，可能还会配备将消息分布到多台 Web 服务器上的负载均衡器，还有可能会使用通过分布在整个互联网中的缓存服务器来分发内容的服务。经过这些机制之后，网络包才会到达 Web 服务器。

## 第 6 章 Web 服务器

当网络包到达 Web 服务器后，数据会被解包并还原为原始的请求消息，然后交给 Web 服务器程序。和客户端一样，这个操作也是由操作系统中的协议栈（网络控制软件）来完成的。接下来，Web 服务器程序分析请求消息的含义，并按照其中的指示将数据装入响应消息中，然后发回给客户端。响应消息回到客户端的过程和之前我们介绍的过程正好相反。

当响应到达客户端之后，浏览器会从中读取网页的数据并在屏幕上显示出来。到这里，访问 Web 服务器的一系列操作就全部完成了，我们的探索之旅也到达了终点。