

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。

网络是怎样连接的

——本书中涉及的主要关键词

第1章

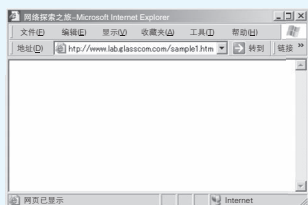
浏览器生成消息

浏览器、Web服务器、网址（URL）、HTTP、HTML、协议、URI、请求消息、解析器、Socket库、DNS服务器、域名

第2章

用电信号传输TCP/IP数据

TCP/IP、套接字、协议栈、IP地址、端口号、包、头部、网卡、网卡驱动、MAC地址、以太网控制器、ICMP、UDP



第3章

从网线到网络设备

局域网（LAN）、双绞线、串扰、中继式集线器、MDI、MDI-X、交换式集线器、全双工、半双工、碰撞、自动协商、路由器、路由表、子网掩码、默认网关、分片、地址转换、公有地址、私有地址

通过阅读本书，大家可以了解从在浏览器中输入网址到显示出网页内容这一过程中的具体原理。

第4章

通过接入网进入互联网内部

ADSL、FTTH、光纤、接入网、ADSL Modem集成式路由器、ATM、信元、正交振幅调制、分离器、DSLAM、宽带接入服务器、远程接入服务器、PPP、网络运行中心（NOC）、光纤、IX（Internet eXchange，互联网交换）



第5章

服务器端的局域网中有什么玄机

防火墙、包过滤、数据中心、轮询、负载均衡器、缓存服务器、代理、代理服务器、内容分发服务、重定向

第6章

请求到达Web服务器，响应返回浏览器

响应消息、多任务、多线程、虚拟目录、CGI、表单、访问控制、密码、数据格式、MIME

各章的结构

各章的内容分为热身问答、探索之旅的看点、正文、小测验几个部分，还有若干个专栏。

●热身问答

在各章的开头有一些简单的热身题，都是判断对错的题目，大家一定要试试看。

●探索之旅的看点

探索之旅的看点总结了正文将要介绍的主题，可以以此来了解该章的梗概。

●正文

熟悉了看点之后就该正式出发了。在这一部分，我们将邀请经验丰富的导游来进行讲解，相信即便是不具备任何网络知识的读者也能够想象出现实中网络的样子。请大家静下心来，慢慢欣赏。

●小测验

这是一些和正文内容相关的测试题，大家可以用这些题目来确认自己的理解程度。答案位于下一页中的专栏的最后。

●专栏“网络术语其实很简单”

在专栏中，探索队长和探索队员会以对话的形式介绍一些网络术语的词源。这些术语大家平时可能感觉很难，但通过了解它们的词源，就能够理解其本质含义。读完这部分会让你觉得这些术语变得亲切了。

●关于插图

在画图时，一般来说箭头都是从左到右绘制的，但本书则正好相反，是从右到左绘制的，这是为了和介绍包格式的图以及介绍信号波形的图的位置关系保持一致。箭头的方向和一般的习惯相反，这一点希望大家理解。

第1章

浏览器生成消息

——探索浏览器内部

1

1.1	生成 HTTP 请求消息	5
1.1.1	探索之旅从输入网址开始	5
1.1.2	浏览器先要解析 URL	7
1.1.3	省略文件名的情况	9
1.1.4	HTTP 的基本思路	10
1.1.5	生成 HTTP 请求消息	14
1.1.6	发送请求后会收到响应	20
1.2	向 DNS 服务器查询 Web 服务器的 IP 地址	24
1.2.1	IP 地址的基本知识	24
1.2.2	域名和 IP 地址并用的理由	28
1.2.3	Socket 库提供查询 IP 地址的功能	30
1.2.4	通过解析器向 DNS 服务器发出查询	31
1.2.5	解析器的内部原理	32
1.3	全世界 DNS 服务器的大接力	35
1.3.1	DNS 服务器的基本工作	35
1.3.2	域名的层次结构	38
1.3.3	寻找相应的 DNS 服务器并获取 IP 地址	40
1.3.4	通过缓存加快 DNS 服务器的响应	44
1.4	委托协议栈发送消息	45
1.4.1	数据收发操作概览	45
1.4.2	创建套接字阶段	48
1.4.3	连接阶段：把管道接上去	50
1.4.4	通信阶段：传递消息	52
1.4.5	断开阶段：收发数据结束	53

COLUMN

网络术语其实很简单

怪杰 Resolver

55

第2章

用电信号传输 TCP/IP 数据

57

——探索协议栈和网卡

2.1	创建套接字	61
2.1.1	协议栈的内部结构	61
2.1.2	套接字的实体就是通信控制信息	63
2.1.3	调用 socket 时的操作	66
2.2	连接服务器	68
2.2.1	连接是什么意思	68
2.2.2	负责保存控制信息的头部	70
2.2.3	连接操作的实际过程	73
2.3	收发数据	75
2.3.1	将 HTTP 请求消息交给协议栈	75
2.3.2	对较大的数据进行拆分	78
2.3.3	使用 ACK 号确认网络包已收到	79
2.3.4	根据网络包平均往返时间调整 ACK 号等待时间	83
2.3.5	使用窗口有效管理 ACK 号	84
2.3.6	ACK 与窗口的合并	87
2.3.7	接收 HTTP 响应消息	89
2.4	从服务器断开并删除套接字	90
2.4.1	数据发送完毕后断开连接	90
2.4.2	删除套接字	92
2.4.3	数据收发操作小结	93
2.5	IP 与以太网的包收发操作	95
2.5.1	包的基本知识	95
2.5.2	包收发操作概览	99
2.5.3	生成包含接收方 IP 地址的 IP 头部	102
2.5.4	生成以太网用的 MAC 头部	106
2.5.5	通过 ARP 查询目标路由器的 MAC 地址	108
2.5.6	以太网的基本知识	111
2.5.7	将 IP 包转换成电或光信号发送出去	114
2.5.8	给网络包再加 3 个控制数据	116
2.5.9	向集线器发送网络包	120
2.5.10	接收返回包	123
2.5.11	将服务器的响应包从 IP 传递给 TCP	125
2.6	UDP 协议的收发操作	128
2.6.1	不需要重发的数据用 UDP 发送更高效	128

2.6.2	控制用的短数据	129
2.6.3	音频和视频数据	130

COLUMN

网络术语其实很简单

插进 Socket 里的是灯泡还是程序	132
---------------------	-----



从网线到网络设备

135

——探索集线器、交换机和路由器

3.1	信号在网线和集线器中传输	139
3.1.1	每个包都是独立传输的	139
3.1.2	防止网线中的信号衰减很重要	140
3.1.3	“双绞”是为了抑制噪声	141
3.1.4	集线器将信号发往所有线路	146
3.2	交换机的包转发操作	149
3.2.1	交换机根据地址表进行转发	149
3.2.2	MAC 地址表的维护	153
3.2.3	特殊操作	154
3.2.4	全双工模式可以同时进行发送和接收	155
3.2.5	自动协商：确定最优的传输速率	156
3.2.6	交换机可同时执行多个转发操作	159
3.3	路由器的包转发操作	159
3.3.1	路由器的基本知识	159
3.3.2	路由表中的信息	162
3.3.3	路由器的包接收操作	166
3.3.4	查询路由表确定输出口	166
3.3.5	找不到匹配路由时选择默认路由	168
3.3.6	包的有效期	169
3.3.7	通过分片功能拆分大网络包	170
3.3.8	路由器的发送操作和计算机相同	172
3.3.9	路由器与交换机的关系	173
3.4	路由器的附加功能	176
3.4.1	通过地址转换有效利用 IP 地址	176
3.4.2	地址转换的基本原理	178
3.4.3	改写端口号的原因	180
3.4.4	从互联网访问公司内网	181
3.4.5	路由器的包过滤功能	182

第4章

通过接入网进入互联网内部

187

——探索接入网和网络运营商

4.1	ADSL 接入网的结构和工作方式	191
4.1.1	互联网的基本结构和家庭、公司网络是相同的	191
4.1.2	连接用户与互联网的接入网	192
4.1.3	ADSL Modem 将包拆分成信元	193
4.1.4	ADSL 将信元“调制”成信号	197
4.1.5	ADSL 通过使用多个波来提高速率	200
4.1.6	分离器的作用	201
4.1.7	从用户到电话局	203
4.1.8	噪声的干扰	204
4.1.9	通过 DSLAM 到达 BAS	205
4.2	光纤接入网(FTTH)	206
4.2.1	光纤的基本知识	206
4.2.2	单模与多模	208
4.2.3	通过光纤分路来降低成本	213
4.3	接入网中使用的 PPP 和隧道	217
4.3.1	用户认证和配置下发	217
4.3.2	在以太网上传输 PPP 消息	219
4.3.3	通过隧道将网络包发送给运营商	223
4.3.4	接入网的整体工作过程	225
4.3.5	不分配 IP 地址的无编号端口	228
4.3.6	互联网接入路由器将私有地址转换成公有地址	228
4.3.7	除 PPPoE 之外的其他方式	230
4.4	网络运营商的内部	233
4.4.1	POP 和 NOC	233
4.4.2	室外通信线路的连接	236
4.5	跨越运营商的网络包	238
4.5.1	运营商之间的连接	238
4.5.2	运营商之间的路由信息交换	239
4.5.3	与公司网络中自动更新路由表机制的区别	241
4.5.4	IX 的必要性	242
4.5.5	运营商如何通过 IX 互相连接	243

第
5
章

服务器端的局域网中有什么玄机

249

5.1 Web 服务器的部署地点

253

5.1.1 在公司里部署 Web 服务器

253

5.1.2 将 Web 服务器部署在数据中心

255

5.2 防火墙的结构和原理

256

5.2.1 主流的包过滤方式

256

5.2.2 如何设置包过滤的规则

256

5.2.3 通过端口号限定应用程序

260

5.2.4 通过控制位判断连接方向

260

5.2.5 从公司内网访问公开区域的规则

262

5.2.6 从外部无法访问公司内网

262

5.2.7 通过防火墙

263

5.2.8 防火墙无法抵御的攻击

264

5.3 通过将请求平均分配给多台服务器来平衡负载

265

5.3.1 性能不足时需要负载均衡

265

5.3.2 使用负载均衡器分配访问

266

5.4 使用缓存服务器分担负载

270

5.4.1 如何使用缓存服务器

270

5.4.2 缓存服务器通过更新时间管理内容

271

5.4.3 最原始的代理——正向代理

276

5.4.4 正向代理的改良版——反向代理

278

5.4.5 透明代理

279

5.5 内容分发服务

280

5.5.1 利用内容分发服务分担负载

280

5.5.2 如何找到最近的缓存服务器

282

5.5.3 通过重定向服务器分配访问目标

285

5.5.4 缓存的更新方法会影响性能

287

第6章

请求到达Web服务器，响应返回浏览器

293

——短短几秒的“漫长旅程”迎来终点

6.1	服务器概览	297
6.1.1	客户端与服务器的区别	297
6.1.2	服务器程序的结构	297
6.1.3	服务器端的套接字和端口号	299
6.2	服务器的接收操作	305
6.2.1	网卡将接收到的信号转换成数字信息	305
6.2.2	IP模块的接收操作	308
6.2.3	TCP模块如何处理连接包	309
6.2.4	TCP模块如何处理数据包	311
6.2.5	TCP模块的断开操作	312
6.3	Web服务器程序解释请求消息并作出响应	313
6.3.1	将请求的URI转换为实际的文件名	313
6.3.2	运行CGI程序	316
6.3.3	Web服务器的访问控制	319
6.3.4	返回响应消息	323
6.4	浏览器接收响应消息并显示内容	323
6.4.1	通过响应的数据类型判断其中的内容	323
6.4.2	浏览器显示网页内容！访问完成！	326

COLUMN

网络术语其实很简单

Gateway是通往异世界的入口	328
附录	330
后记	334
致谢	334
作者简介	335

第1章

浏览器生成消息

——探索浏览器内部

热身问答

在开始探索之旅之前，我们准备了一些和本章内容有关的小题目，请大家先试试看。

这些题目是否答得出来并不影响接下来的探索之旅，因此请大家放轻松。



问题

下列说法是正确的 (√) 还是错误的 (×) ?

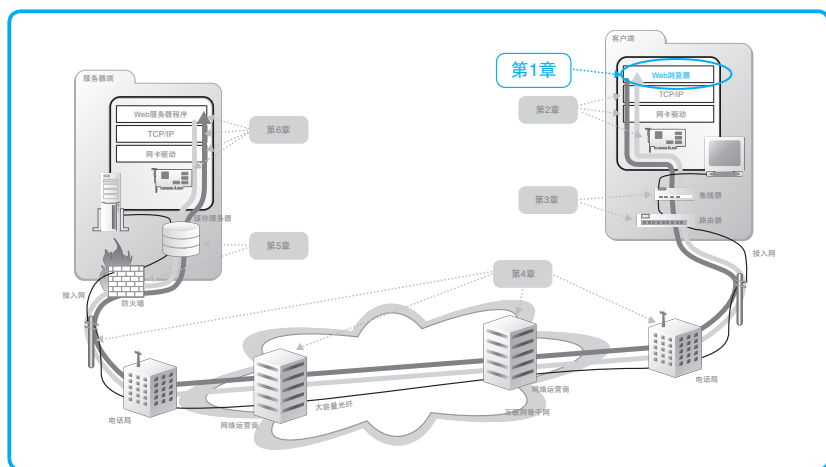
1. <http://www.nikkeibp.co.jp/> 中的 www 代表 World Wide Web 协议 (对通信操作规则所作的定义)。
2. 个人也可以申请注册互联网中的域名。
3. 浏览器等网络应用程序实际上并不具备网络控制功能。

1. ×。http://www.nikkeibp.co.jp/ 中的 www 只是 Web 服务器上的一种命名。而且，World Wide Web 也不是一个协议的名字，而是 Web 的提出者最早开发的浏览器兼 HTML 编辑器的名字。
2. √。如果是“.com”“.net”“.org”“.jp”（除“co.jp”“ne.jp”等“xx.jp”格式的域名外）^①等没有对注册对象范围进行限制的域名，任何个人都可以申请注册。此外，还有一种“.name”域名是专门为个人申请者准备的。
3. √。应用程序并不是自己去控制网络，而是委托操作系统来控制网络。

① 中国的情况类似，个人可以申请“.cn”域名，但“.com.cn”“.net.cn”等域名则是不开放给个人注册的。此外，日本的域名体系中，“.jp”下级的域名用的是两个字母的命名，例如“.co.jp”“.ne.jp”，而中国使用的是三个字母的命名，例如“.com.cn”“.net.cn”。——译者注

探索之旅的 看点

探索之旅即将出发，出发之前我们先来介绍一下本次的看点。



(1) 生成 HTTP 请求消息

本次探索之旅从用户在浏览器中输入网址 (URL) 开始。接下来，浏览器的工作会从对用户输入的网址进行解析开始。浏览器如何解析网址就是我们的第一个看点。然后，浏览器会根据网址的含义来生成请求消息。浏览器通过请求消息将用户需要哪些数据告知服务器，而请求消息实际的样子就是我们的第二个看点。只要理解了具体的消息长什么样，我们也就能理解访问 Web 服务器时使用的 HTTP 协议的原理了。

(2) 向 DNS 服务器查询 Web 服务器的 IP 地址

请求消息生成之后，浏览器会委托操作系统向 Web 服务器发送请求，但浏览器必须告诉操作系统接收方的 IP 地址才行，因此浏览器必须先查出 Web 服务器的 IP 地址。网址中只有 Web 服务器的域名，因此浏览器需要向 DNS 服务器查询域名对应的 IP 地址，浏览器如何进行这一操作也是本