

(3.5.6 节)。Bob 便携机因此首先生成一个具有目的端口 80（针对 HTTP 的）的 TCP SYN 报文段，将该 TCP 报文段放置在具有目的 IP 地址 64.233.169.105（www.google.com）的 IP 数据报中，将该数据报放置在 MAC 地址为 00:22:6B:45:1F:1B（网关节路由器）的帧中，并向交换机发送该帧。

19) 在学校网络、Comcast 网络和谷歌网络中的路由器朝着 www.google.com 转发包含 TCP SYN 的数据报，使用每台路由器中的转发表，如前面步骤 14~16 那样。前面讲过支配分组经 Comcast 和谷歌网络之间域间链路转发的路由器转发表项，是由 BGP 协议决定的（4.6.3 节）。

20) 最终，包含 TCP SYN 的数据报到达 www.google.com。从数据报抽取出 TCP SYN 报文并分解到与端口 80 相联系的欢迎套接字。对于谷歌 HTTP 服务器和 Bob 便携机之间的 TCP 连接生成一个连接套接字（2.7 节）。产生一个 TCP SYNACK（3.5.6 节）报文段，将其放入向 Bob 便携机寻址的一个数据报中，最后放入链路层帧中，该链路适合将 www.google.com 连接到其第一跳路由器。

21) 包含 TCP SYNACK 报文段的数据报通过谷歌、Comcast 和学校网络，最终到达 Bob 便携机的以太网卡。数据报在操作系统中分解到步骤 18 生成的 TCP 套接字，从而进入连接状态。

22) 借助于 Bob 便携机上的套接字，现在（最终！）准备向 www.google.com 发送字节了，Bob 的浏览器生成包含要获取的 URL 的 HTTP GET 报文（2.2.3 节）。HTTP GET 报文则写入套接字，其中 GET 报文成为一个 TCP 报文段的载荷。该 TCP 报文段放置进一个数据报中，并交付到 www.google.com，如前面步骤 18~20 所述。

23) 在 www.google.com 的 HTTP 服务器从 TCP 套接字读取 HTTP GET 报文，生成一个 HTTP 响应报文（2.2 节），将请求的 Web 页内容放入 HTTP 响应体中，并将报文发送进 TCP 套接字中。

24) 包含 HTTP 回答报文的数据报通过谷歌、Comcast 和学校网络转发，到达 Bob 便携机。Bob 的 Web 浏览器程序从套接字读取 HTTP 响应，从 HTTP 响应体中抽取 Web 网页的 html，并终于（最终！）显示了 Web 网页。

上面的场景已经涉及许多网络基础！如果你已经理解上面例子中的大多数或全部，则你也已经涵盖了许多基础知识，因为前面已经学过 1.1 节，其中我们谈道“本书的大部分内容与计算机网络协议有关”，并且你也许想知道一个协议实际是什么样子！上述例子看起来是尽可能详尽，我们已经忽略了一些可能的附加协议（例如，运行在学校网关节路由器中的 NAT，到学校网络的无线接入，接入学校网络或对报文段或数据报加密的安全协议，网络管理协议），以及人们将会在公共因特网中遇到的一些考虑（Web 缓存，DNS 等级体系）。我们将在本书的第二部分涉及一些这类主题和更多内容。

最后，我们注意到上述例子是一个综合、完整的例子，还观察了本书第一部分所学习过的许多协议的十分“具体的细节”。该例子更多地关注“怎样做”而不是“为什么做”。对于想开阔视野的读者来说，有关网络协议设计更为深思熟虑的一般观点可参见 [Clark 1988; RFC 5218]。

5.8 小结

在这一章中，我们研究了链路层，包括它的服务、支撑它操作的原则和许多重要的特