

对于一个因特网视频公司,或许提供流式视频服务最为直接的方法是建立单一的大规模数据中心,在数据中心中存储其所有视频,并直接从该数据中心向世界范围的客户传输流式视频。但是这种方法存在三个问题。首先,如果客户远离数据中心,服务器到客户的分组将跨越许多通信链路并很可能通过许多 ISP,其中某些 ISP 可能位于不同的大洲。如果这些链路之一提供的吞吐量小于视频消耗速率,端到端吞吐量也将小于该消耗速率,给用户带来恼人的停滞时延。(第 1 章讲过,一条流的端到端吞吐量由瓶颈链路的吞吐量所决定。)出现这种事件的可能性随着端到端路径中链路数量的增加而增加。第二个缺陷是流行的视频很可能经过相同的通信链路发送许多次。这不仅浪费了网络带宽,因特网视频公司自己也将为向因特网反复发送相同的字节而向其 ISP 运营商(连接到数据中心)支付费用。这种解决方案的第三个问题是单个数据中心代表一个单点故障,如果数据中心或其通向因特网的链路崩溃,它将不能够分发任何视频流了。

为了应对向分布于全世界的用户分发巨量视频数据的挑战,几乎所有主要的视频流公司都利用内容分发网(Content Distribution Network, CDN)。CDN 管理分布在多个地理位置上的服务器,在它的服务器中存储视频(和其他类型的 Web 内容,包括文档、图片和音频)的副本,并且所有试图将每个用户请求定向到一个将提供最好的用户体验的 CDN 位置。CDN 可以是专用 CDN(private CDN),即它由内容提供商自己所拥有;例如,谷歌的 CDN 分发 YouTube 视频和其他类型的内容。另一种 CDN 可以是第三方 CDN(third-party CDN),它代表多个内容提供商分发内容;例如,Akamia 的 CDN 是一个第三方 CDN,在其他用户中分发 Netflix 和 Hulu。现代 CDN 的一个可读性强的展望见 [Leighton 2009]。

## 学习案例

### 谷歌的网络基础设施

为了支持谷歌的巨量云服务阵列,包括搜索、gmail、日程表、YouTube 视频、地图、文档和社交网络,谷歌已经部署了一个广泛的专用网和 CDN 基础设施。谷歌的 CDN 基础设施具有三个等级的服务器集群:

- 8 个“大型数据中心”,其中 6 个位于美国,2 个位于欧洲 [Google Locations 2012],每个数据中心具有 10 万台左右的服务器。这些“大型数据中心”负责服务于动态的(并且经常是个性化的)内容,包括搜索结果和 gmail 报文。
- 大约 30 个“邀请做客(bring-home)服务器”集群(参见 7.2.4 节),其中每个集群大约由 100~500 台服务器组成 [Adhikari 2011a]。这些集群位置分布于全球,每个位置通常靠近多个第一层 ISP PoP。这些集群负责服务于静态内容,包括 YouTube 视频 [Adhikari 2011a]。
- 数以百计的“深入(enter-deep)服务器”集群(参见 7.2.4 节),每个集群位于一个接入 ISP 中。这里一个集群通常由位于一个机架上的数十台服务器组成。这些“深入服务器”执行 TCP 分岔(参见 3.7 节)并服务于静态内容 [Chen 2011],包括体现搜索结果的 Web 网页的静态部分。

所有这些数据中心和集群位置与谷歌自己的专用网连接在一起,作为一个巨大的 AS (AS 15169)的一部分。当某用户进行搜索请求时,该请求常常先经过本地 ISP 发送