

- 尽可能利用尽力而为服务。我们在 7.2 ~ 7.4 节学习的应用级机制和基础设施能够成功地用于定制良好的网络——该网络中偶然出现丢包和过大的端到端时延。当预见到需求增加，ISP 部署额外的带宽和交换能力以持续确保满意的时延和丢包性能 [Huang 2005]。我们将在 7.5.1 节中进一步讨论网络定制 (network dimensioning)。
- 区分服务。自因特网的早期，就已经设想不同类型的流量（例如，在 IPv4 分组首部中服务类型字段所指示的类型）能够由不同类型的服务所提供，而不是单一的“以不变应万变”的尽力而为服务。使用区分服务，当两类流量在一台路由器中排队时，一种类型的流量可以给定严格的优于另一种类型的流量的优先权。例如，属于实时会话式应用的分组由于其严格的时延限制，可能会给定优于其他分组的优先权。在网络中引入区分服务将要求一些用于分组标记（指示一个分组的服务类型）、分组调度和其他方面的新机制。我们将在 7.5.2 节中涉及区分服务以及实现这种服务的新网络机制。
- 每连接服务质量 (QoS) 保证。使用每连接 QoS 保证，每个应用的实例显式地预约端到端带宽，并因此具有确保的端到端性能。硬保证 (hard guarantee) 意味着应用将必定接收到它所请求的服务质量。软保证 (soft guarantee) 意味着应用将以高概率接收到它所请求的服务质量。例如，如果某用户要从主机 A 向主机 B 进行 VoIP 呼叫，该用户的 VoIP 应用在这两台主机之间沿着路径在每条链路上显式地预留带宽。但是，允许应用做预约和请求网络同意该预约，这需要一些大的变化。首先，我们需要一个协议来代表应用程序，从发送方到其接收方沿路径预约链路带宽。第二，在路由器队列中将需要新的调度策略，使每连接带宽预约能够兑现。最后，为了进行预约，应用程序必须向网络给出描述来说明它们希望发送进网络的流量，并且网络将需要监管每个应用程序的流量以确保它遵守这个描述。当这些机制结合时，在主机和路由器中要求新的和复杂的软件。因为每连接 QoS 保证服务尚未见到大规模部署，我们将仅在 7.5.3 节中简要地涉及这些机制。

7.5.1 定制尽力而为网络

从根本上说，支持多媒体应用的困难是由其严格的性能要求引起的，即低的端到端分组时延、时延抖动和丢包，而事实是，无论何时网络变得拥塞，都将出现较大的分组时延、时延抖动和丢包。改善多媒体应用质量的第一种方法就是“在问题上砸钱”，因此直接避免资源竞争即可。这种方法常用于解决有关资源受限的任何问题。在网络多媒体的场合，这意味着在整个网络中提供充足的链路带宽，使网络拥塞及其导致的分组时延和丢失决不会（或仅非常少地）出现。具有充足的链路带宽，分组将很快地通过今天的因特网而没有排队时延或丢失。从许多方面看，这是一种理想的情况：完美地执行多媒体应用，用户是幸运的，所有要求都能够满足而不改变因特网尽力而为的体系结构。

当然，问题是为实现这种极乐世界提供多大容量才是“充足的”，以及提供“充足的”带宽的成本从 ISP 的商业角度来说是否实际。在一个给定拓扑中为网络链路提供多大容量以取得给定水平的性能的问题常被称为带宽供给 (bandwidth provisioning)。如何设计一个网络拓扑（其中放置一些路由器，如何用链路互联这些路由器，并为链路分配容量）以取得给定水平的端到端性能这个更为复杂的问题常被称为网络定制 (network dimensioning)。带宽供给和网络定制都是复杂的专题，它们远超过了本教科书的范围。然而，我们这里注