

### 3. 在因特网中的多播路由选择

第一个用于因特网中的多播路由选择协议是距离向量多播路由选择协议 (Distance Vector Multicast Routing Protocol, DVMRP) [RFC 1075]。DVMRP 实现了具有反向路径转发与剪枝算法的基于源的树。DVMRP 使用一种前面描述的具有剪枝的 RFP 算法。也许使用最为广泛的因特网多播路由选择协议是协议无关的多播 (Protocol Independent Multicast, PIM) 路由选择协议, 该协议明确辨识两种多播分发情形。在稠密模式 (dense mode) [RFC 3973] 中, 多播组的成员位置分布稠密; 这就是说, 在该区域内的许多或大多数路由器需要参与到多播数据报路由选择过程之中。PIM 稠密模式是一种洪泛与剪枝反向路径转发技术, 类似于 DVMRP 的思想。

在稀疏模式 (sparse mode) [RFC 4601] 中, 具有相连组成员的路由器数量相对于路由器总数来说很少, 组成员极为分散。PIM 稀疏模式使用聚集点来建立多播分发树。在源特定多播 (Source-Specific Multicast, SSM) [RFC 3569; RFC 4607] 中, 仅允许单一发送方向多播树中发送流量, 大大简化了树的构造和维护。

当 PIM 和 DVMRP 用于一个域中时, 网络操作者能够配置该域中的 IP 多播路由器, 配置的方法与在域内配置单播路由选择协议如 RIP、IS-IS 和 OSPF 的方法非常类似。而当在不同域间需要多播路由时, 将会发生什么情况呢? 有一个与域间 BGP 等价的多播协议吗? 答案是 (从文献角度讲) 肯定的。[RFC 4271] 定义了对 BGP 的多协议扩展, 使得 BGP 能够为其他协议承载路由选择信息, 包括多播信息。使用多播源发现协议 (Multicast Source Discovery Protocol, MSDP) [RFC 3618; RFC 4611] 能够将不同的 PIM 稀疏模式域中的聚集点连接在一起。有关因特网中多播路由选择的当前状态的极好概述见 [RFC 5110]。

下面通过指出至今 IP 多播还没有得到大规模应用这样一个事实来结束我们对多播的讨论。有关当前因特网多播服务模式和部署问题的有趣讨论参见 [Diot 2000; Sharma 2003]。无论如何, 尽管网络级多播还没有得到广泛部署, 但它远没有“寿终正寝”。多年来在 Internet 2 上一直在承载多播流量, 并且许多网络借助于 Internet 2 进行相互对等 [Internet2 Multicast 2012]。在英国, BBC 正在参与经 IP 多播分发内容的试验 [BBC Multicast 2012]。与此同时, 如我们在第 2 章中看到的 PPLive 以及在其他对等方到对等方系统如 End System Multicast [Chu 2002] 中那样, 应用层多播使用应用层 (而不是网络层) 协议在对等方之间提供了内容的多播分发。未来的多播服务主要是在网络层 (在网络核心中) 实现, 还是在应用层 (在网络的边缘) 实现呢? 虽然当前经对等方到对等方方法分发内容的狂热暗示着至少在近期天平是向应用层多播倾斜的, 但是 IP 多播将继续取得进展, 总有一天前进的步伐最终会放慢并稳定下来。

## 4.8 小结

在本章中, 我们开始了进入网络核心部分的旅程。我们知道网络层涉及网络中的每台主机与路由器。正因如此, 网络层协议在协议栈中是最具挑战性的。

我们学习了路由器可能需要在同一时刻处理不同源和目的对之间的数以百万计的分组流。为了使得一台路由器能够处理如此大量的流, 网络设计者多年前就认识到, 路由器的任务应当尽可能地简单。为了使路由器的工作更容易, 能够采取许多措施, 包括使用数据报网络层而不使用虚电路网络层, 使用一种流水线 and 固定长度的首部 (如在 IPv6 中所做