

Skype 呼叫方都具有 NAT，则存在一个问题，即任一方都不能接受由其他一方发起的呼叫，使得呼叫看起来不可能实现。明智地使用超级对等方和中继很好地解决了这个问题。假设当 Alice 注册进入系统，她被指派了一个非 NAT 的超级对等方并对那个超级对等方发起一个会话。（因为是 Alice 发起了该会话，所以她的 NAT 允许该会话。）这个会话允许 Alice 和她的超级对等方交换控制报文。当 Bob 注册进入系统时发生了同样的事情。此时，当 Alice 要呼叫 Bob，她通知她的超级对等方，超级对等方依次通知 Bob 的超级对等方，Bob 的超级对等方依次通知 Bob 说“Alice 的人呼叫到了”。如果 Bob 接受了该呼叫，这两个超级对等方选择一个第三方非 NAT 超级对等方（即中继对等方），中继对等方的工作是中继 Alice 和 Bob 的数据。Alice 和 Bob 的超级对等方则分别指示 Alice 和 Bob 与该中继发起会话。如图 7-10 所示，Alice 则经过“Alice 到中继”连接向该中继发送语音分组（该连接由 Alice 发起），并且该中继经“中继到 Bob”连接转发这些分组（该连接由 Bob 发起）；从 Bob 到 Alice 的分组反方向地流经相同的两条中继连接。瞧！Bob 和 Alice 有了一条端到端连接，即使他们都不能接受一条源于外部的会话。

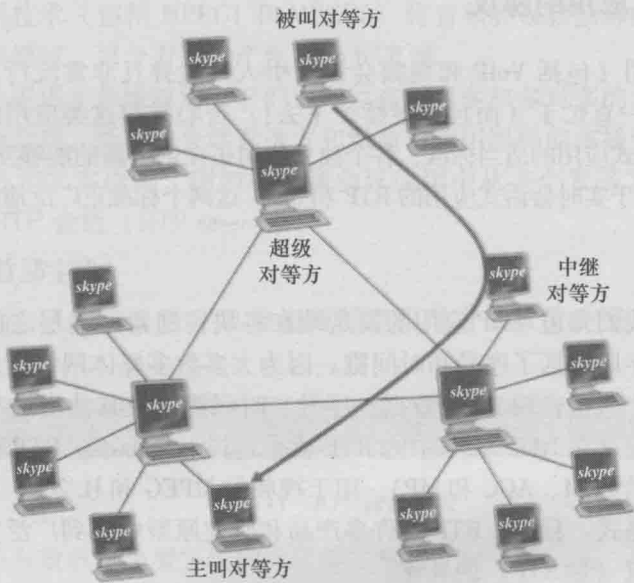


图 7-10 Skype 对等方

到现在为止，我们有关 Skype 的讨论关注涉及两人的呼叫。现在我们观察多方音频会议呼叫。对于 $N > 2$ 个参与者，如果每个用户希望向每个其他 $N - 1$ 个用户发送它的音频流的一个副本，则为支持该音频会议总共 $N(N - 1)$ 个音频流将需要发送到网络中去。为了减少这种带宽使用，Skype 应用了一种明智的发送技术。具体而言，每个用户向会议发起方发送它的音频流。会议发起方将这些音频流结合为一个流（基本上是将所有的音频信号加在一起），然后再向每个其他 $N - 1$ 个参与者发送每个结合流的一个副本。以这种方式，流的数量被减少到 $2(N - 1)$ 条。对普通的两人视频会议，Skype 路由对等方到对等方呼叫，除非需要 NAT 穿越，此时呼叫通过一个非 NAT 对等方中继，如前面所述。对于一个涉及 $N > 2$ 个参与者的视频会议呼叫，由于视频媒体的性质，Skype 不像对语音呼叫那样在一个位置将呼叫结合进一条流中，然后将流向所有参与者重新分发。相反，每个参与者的视频流被路由到一个服务器集群（2011 年该服务器集群位于爱沙尼亚），该集群依次将 $N - 1$ 个其他参与者的 $N - 1$ 条