

## 第三部分 IP过渡和应用

### 第12章 IP过渡策略

一旦IPv6投入应用，看起来网络中所有的主机都必须升级。对于要处理包含成千上万个主机的全球公司网络的网络管理者而言，这种挑战很令人沮丧。但是，实际情况并非如此，研究向IPv6过渡的人士正在致力于IPv6的设计及IPv6所支持的协议和机制，以实现得体的渐进的升级。如果能有条理地、明智地进行现有网络向IPv6的升级，升级的影响可能较小。本章将讨论目前已提出的平滑过渡策略。

在RFC 1933(主机和路由器向IPv6过渡的机制)、RFC 2185(向IPv6过渡的选路问题)、RFC 2071(网络重新编号概观：为何需要及需要什么)以及RFC 2072(路由器重新编号指导)等文档中都涉及有关向IPv6过渡的讨论。还有一些有关向IPv6过渡和商业环境中向IPv6升级的Internet草案正在制订中。

向IPv6过渡必定是渐进的。考虑到目前已经有大量网络和节点连接到Internet，人们无法接受大量的切换形式的升级。这种升级要求网络管理员为Internet上的每个主机和路由器都找到并安装新版本的网络软件，考虑到目前有很多不同的平台运行着IPv4，这种做法将很难实现。

与此相似，随着网络厂商和开发者逐渐将IPv6引入不同的平台，随着网络管理者逐渐确定自己所需要的IPv6功能，向IPv6过渡也将是一个相对缓慢的过程。预计IPv4和IPv6将长期共存，也许将永远共存。大多数过渡策略都依靠协议隧道的两路方法，即至少在最初，将来自IPv6岛的IPv6包封装在IPv4包中，然后在广泛分布的IPv4海洋中传送。经过过渡的早期阶段，越来越多的IP网络和设备将支持IPv6。但即使在过渡的后期阶段，IPv6封装仍将提供跨越只支持IPv4的骨干网和其他坚持使用IPv4的网络的连接能力。另一路策略是双栈方法，即主机和路由器在同一网络接口上运行IPv4栈和IPv6栈。这样，双栈节点既可以接受和发送IPv4包，也可以接受和发送IPv6包，因而两个协议可以在同一网络中共存。

#### 12.1 IPv6协议隧道方法

见图12-1，隧道方法用于连接处于IPv4海洋中的各孤立的IPv6岛。此方法要求隧道两端的IPv6节点都是双栈节点(见下节)，即也能够发送IPv4包。将IPv6封装在IPv4中的过程与其他协议封装相似：隧道一端的节点把IPv6数据报作为要发送给隧道另一端节点的IPv4包中的净荷数据，这样就产生了包含IPv6数据报的IPv4数据报流。在图12-1中，节点A和节点B都是只支持IPv6的节点。如果节点A要向B发送包，A只是简单地把IPv6头的目的地址设为B的IPv6地址，然后传递给路由器X；X对IPv6包进行封装，然后将IPv4头的目的地址设为路由器Y的IPv4地址；若路由器Y收到此IPv4包，则首先拆包，如果发现被封装的IPv6包是发给节点B的，Y就将此包正确地转发给B。

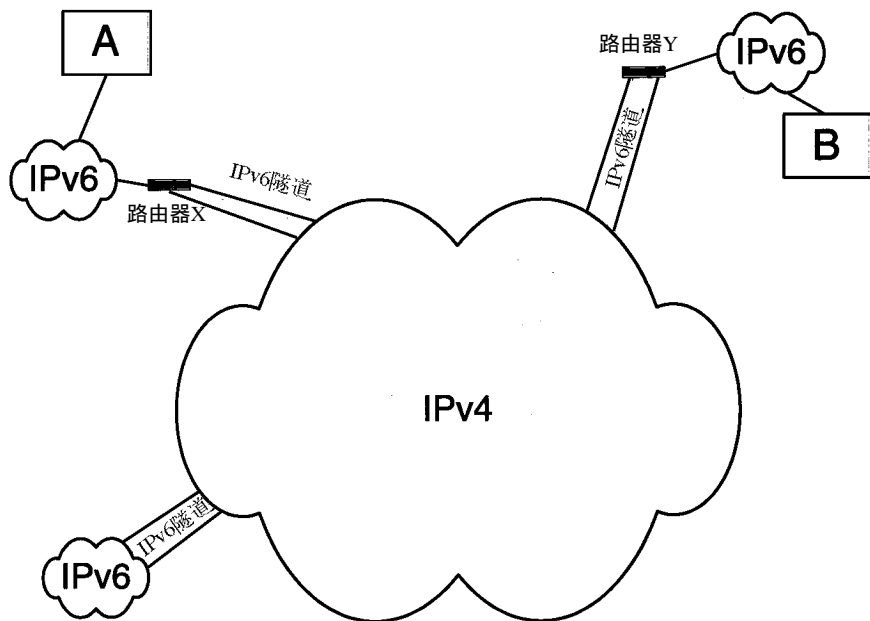


图12-1 通过在双栈IPv4/IPv6路由器之间使用隧道连接，  
IPv6网络孤岛的链接可以跨越IPv4海洋

### 12.1.1 与IPv4兼容的IPv6地址

第6章介绍了包含IPv4地址的IPv6地址。这些地址有两类：IPv4兼容地址和IPv4映射地址。IPv4兼容地址是指在128位地址中，高阶的96位全部为0，而最后的32位包含IPv4地址(见图6-4)。能够自动将IPv6包以隧道方式在IPv4网络中传送的IPv4/IPv6节点将使用这些地址。

双栈节点则对于IPv4包和IPv6包都使用相同的地址。只支持IPv4的节点向双栈节点发送包时，使用双栈节点的IPv4地址；而只支持IPv6的节点则使用双栈节点的IPv6地址，即将原IPv4地址填充0后成为128位。总之，这类节点可以作为路由器链接IPv6网络，采用自动隧道方式穿越IPv4网络。该路由器从本地IPv6网络接收IPv6包，将这些包封装在IPv4包中，然后使用IPv4兼容地址发送给IPv4网络另一端的另一个双栈路由器。如此继续，封装的包将通过IPv4网络群转发，直至到达隧道另一端的双栈路由器，由该路由器对IPv4包拆包，释放出IPv6包并转发给本地的IPv6主机。

### 12.1.2 配置隧道和自动隧道

配置隧道和自动隧道的主要区别在于：只有执行隧道功能的节点的IPv6地址是IPv4兼容地址时，自动隧道才是可行的。在为执行隧道功能的节点建立IP地址时，自动隧道方法无需进行配置；而配置隧道方法则要求隧道末端节点使用其他机制来获得其IPv4地址，例如采用DHCP、人工配置或其他IPv4的配置机制。

### 12.1.3 IPv6隧道类型

可以作为隧道端点的节点有几种不同的组合类型，图12-2描述了这些不同隧道的操作情

形。图中的互联网络由三个网络、两个路由器和两台主机组成，它使用了如下几种不同的隧道类型。但是，为了区别这些不同类型的隧道，根据所演示的隧道类型，图中的实体可能是只支持IPv4、只支持IPv6或者IPv4/IPv6双栈。

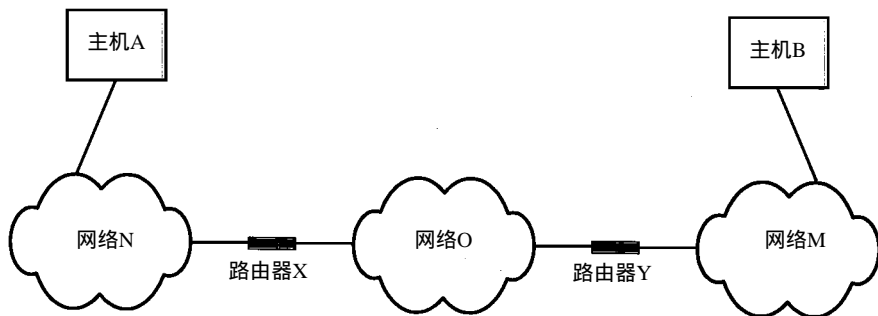


图12-2 IPv6隧道的不同类型

不同的隧道类型包括：

- 路由器-路由器隧道。路由器 X和路由器 Y使用隧道方式来传送经过网络 O的包，而网络 O只支持IPv4。主机A可以透明地将IPv6包发送给主机B，这两个主机都不必考虑中间插入的IPv4网络(即网络O)。这种情况下，主机A和主机B都是只支持IPv6的节点。
- 路由器-主机隧道。此时网络 M只支持IPv4，但主机B同时运行IPv4和IPv6，网络的其他部分都只支持IPv6。这种情况下，隧道传送发生在路由器 Y和主机B之间。在网络的其他部分，IPv6包可以自由传送。但是路由器 Y必须将IPv6包封装在IPv4包中，以便通过只支持IPv4的网络M。
- 主机-主机隧道。假设此时只有主机 A和主机B同时支持IPv4和IPv6，而网络的其他部分都只支持IPv4。这种情况下，隧道传送发生在主机 A和主机B之间。对于发往主机 B的IPv6包，主机A必须把它们封装在IPv4包中，以便由只支持IPv4的路由器来运载。
- 主机-路由器隧道。假设此时主机 A和路由器X为双栈节点，网络 N只支持IPv4，而网络的其他部分都只支持IPv6。这种情况下，主机 A仅对发往路由器 X的IPv6包采用隧道方式；一旦通过了只支持IPv4的网络N，路由器X就对这些通过隧道传送的包拆包，然后按正常方式通过IPv6网络转发。

## 12.2 IPv4/IPv6双栈方法

正如2000问题的幽灵所表现出来的，传统系统的坚固性被高估了。很长时间内，IPv4仍将存在，即使一些网络或连网世界的其余部分已升级为IPv6。到那时，升级系统将需要保持与IPv4系统的互操作能力。随着时间的推移，互操作的负担将由早期的实现者承担转为由传统系统的维护者来承担。任何情况下，同时支持IPv4和IPv6的系统都是必要的。

双栈节点并不是一个新概念。例如，许多公司主机既支持到Internet的连接能力，也支持连接到使用早期版本的Novell Netware(在Netware 5中，IP已代替IPX作为纯网络层协议)的公司LAN。这些主机已经支持两种根本不同的网络栈。到Internet的连接能力通过TCP/IP协议栈来提供，而到Netware的连接能力则通过IPX栈来提供。链路层接收到数据段并拆开，段头指明数据报是发给TCP/IP栈还是发给IPX栈，然后将该包传递给正确的栈处理。

## 双栈节点

IPv4/IPv6双栈节点与其他类型的多栈节点的工作方式相同。链路层接收到数据段，拆开并检查包头。如果 IPv4/IPv6 头中的第一个字段，即 IP 包的版本号是 4，该包就由 IPv4 栈来处理；如果版本号是 6，则由 IPv6 栈处理。

最简单的双栈工作是只支持 IPv4 和 IPv6，但不支持隧道方式。对于大多数节点，尤其是如果这些节点的 Internet 应用软件都已升级为同时支持 IPv4 和 IPv6，这种功能足够。因此，如同用于访问 IPv4 网络服务一样，同一应用也能够用于访问本地 IPv6 网络服务。节点可以与任何 IPv4 节点或 IPv6 节点互操作，但只限于与其有连接能力的网络。在图 12-3 的示例中，可以与双栈节点 D 互操作的节点包括：网络 A 和网络 B 中的 IPv4 节点或 IPv6 节点、网络 M 中的所有 IPv4 节点，但 D 不能和网络 C 中的节点互操作。网络 C 是严格的 IPv6 网络，从网络 A 到网络 C 没有 IPv6 路径。链接网络 A 和网络 M 的路由器只支持 IPv4，因此无法通过网络 M 向网络 C 转发 IPv6 包。

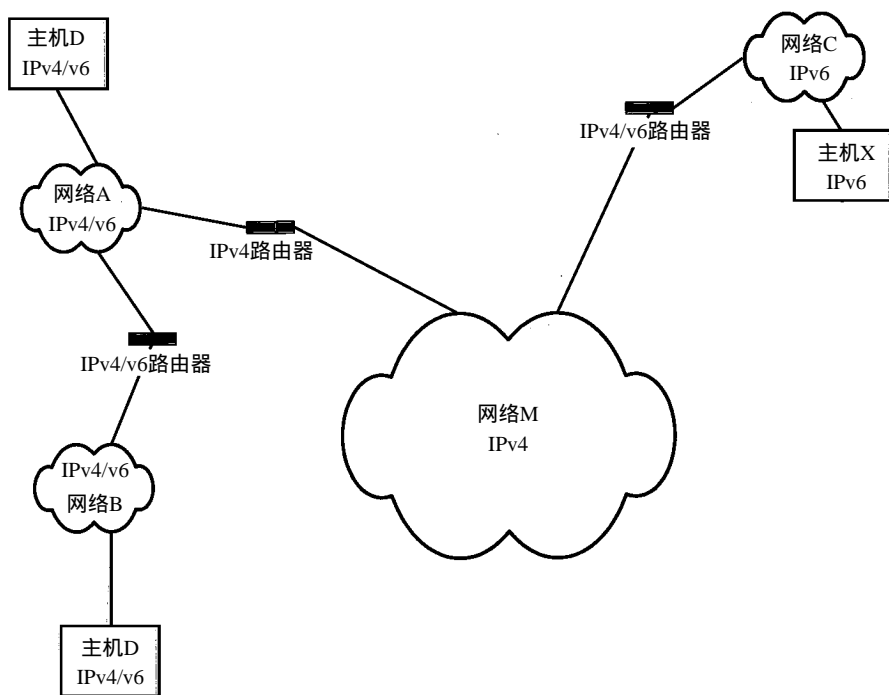


图12-3 根据是否能在IPv4网络中按隧道方式转发IPv6包，双栈节点、路由器和网络提供不同程度的互操作性

支持隧道方式的双栈节点增加了在 IPv4 网络上进行互操作的能力，而无需额外的 IPv6 路由器。在 IPv4 网络上以隧道方式传送 IPv6 包使图 12-3 中的示例得以改变。例如，如果节点 D 能在 IPv4 上以隧道方式传送 IPv6 包，则它可使用本地 IPv4 路由器将包转发给网络 C。如果节点同时支持自动隧道，则可实现无缝操作；否则需要某些链接配置。

## 12.3 IPv6地址分配

如果用户需要 IPv4 网络地址，通常必须和 ISP 协商方案，ISP 将按照 CIDR 类型地址集聚来

分配地址块。IPv4网络地址最终由Internet分配号码授权机构(IANA)来控制。但是,如果用户需要IPv6地址,事情就不是这样简单。正如在RFC 1881(IPv6地址分配管理)中的定义,IANA将IPv6地址空间块指派给区域或其他类型的登记机构,这些机构再将较小块地址空间分配给网络供应商或其他子机构,然后子机构依次将地址分配给请求IPv6地址的商业公司、机构或个人。

但是,直到1998年秋,这些分配还尚未开始实施,而IPv6地址的精确格式也尚未确定。如果用户需要正式分配的全球唯一的IPv6网络地址,就必须等到IANA开始分配地址空间的时候。同时,用户可以选择孤立于其他网络来运行自己的IPv6网络,使用自己分配的内部网络地址。由于IPv6支持无状态自动配置,对错误编号的IPv6网络重新进行编号的负担远没有对错误编号的IPv4网络重新编号那么繁重,但是也需要付出代价来重新配置路由器,因而不可避免地会遇到麻烦。

目前已产生了一个简单的替代方法。下一节将讨论的6BONE是一个全球的IPv6网络,用于IPv6产品的测试和预生产。

## 12.4 6BONE

1996年,在第一个IPv6标准为IETF接受并作为RFC发布之后不久,就产生了6BONE网络。大型互联网需要有骨干结构来链接完全不同且广泛分布的网络,而作为现有IPv4基础构架之上的虚拟结构,6BONE使用隧道方式来链接参与的网络。

到1998年9月,6BONE在35个国家中已有参与者,连接了至少200个站点。6BONE打算在IPv6产品实现广泛的商业推广之前,用于测试或获取IPv6的经验。

为将站点连接到6BONE,需要如下设备:

- 支持IPv6并连接到6BONE的路由器。
- 支持IPv6以建立用户自己的IPv6网络的工作站。
- 连接到6BONE的途径,这可解释为找到已连接到6BONE的其他机构,并建立到这些机构的站点的连接;
- 支持IPv6 AAAA记录的DNS服务器。

第13章介绍了一些已经实现IPv6的厂商,但是连接到6BONE的最佳方法是从访问6BONE站点:<http://www.6bone.net>开始。

通过向majordomo@isi.edu发送报文,用户可以订阅6BONE邮件列表,该报文的全部内容 is: subscribe 6bone。