

# Internet 地址拥塞问题及其解决方法

赵 洁 (安徽大学经济学院 230039)

**摘要:** Internet 是基于 TCP/IP 的最大的互连网络。随着连入 Internet 的网络与主机数量的高速增长, Internet 地址空间将面临耗尽的问题。解决这一问题的最直接的方法是扩大 IP 的编址空间,但这需要大量的工作。在目前的情况下,透明路由器、委托 ARP 和子网编址这三种技术对解决 Internet 地址拥塞问题有很大的作用。文中探讨了 Internet 地址拥塞问题出现的背景,在此基础上,着重探讨了解决该问题的四种不同的技术及相关的问题。

**关键词:** IP ROADS 透明路由器 委托 ARP 子网编址 IPv6

## 1. 引言

在计算机领域里,可能没有第二个事物能象 Internet 这样发展如此迅猛了。这种迅猛的发展,使得 Internet 正以每 9 个月大小就翻一翻的速度增长着。这一发展速度超出了任何人的预料,也包括当初的设计者们。在 70 年代,计算机网络还只是昂贵的大型机的世界,全世界也只不过存在着有限的几百个网络。而现在,已很难说出全世界计算机网络的确切数目了。随着连入 Internet 的网络数目的不断增加,原先似乎很充裕的地址空间已经面临着地址拥塞的问题,即 Internet 地址空间耗尽问题 (ROADS, Running Of Address Space)。ROADS 问题的出现实际上并不复杂。首先让我们看一下 Internet 地址 (即 IP 地址) 的几种格式。

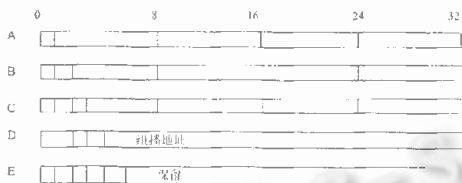


图 1 IP 地址格式

在图 1 中, A、B、C 三类地址可以分配给一个网络, 其中加了阴影的部分为地址的网络前缀部分。网络前缀代表了一类地址可以分配的网络数目。由图 1 可以看出: A 类地址共可以分配给 128 (2<sup>7</sup>) 个网络, 每个网络最多可有 224 个主机; B 类地址可容纳 214 个网络, 每个网络最多可有 216 个主机; C 类地址共可有 221 个网络, 每个网络最多可有 28 个主机。32 位的 IP 地址格式在当初设计时确实是绰绰有余的, 但是随着 Internet 的高速

增长, 这一编址方法已经不能容纳连入 Internet 的全部网络数量了。这个道理很简单: 第 129 个申请 A 类地址的网络不可能得到满足。

20 多年的实践表明, 在几类 IP 地址中, B 类地址由为紧张。C 类地址的可分配网络号虽然多, 但一个 C 类网络不能满足主机超过 256 的情况。B 类地址的主机数量相对较多, 可以满足大多数公司的需要。另一方面, 世界上真正需要 A 类地址的大型公司并不很多, 绝大多数的公司都是中等规模的, 因此它们需要 B 类地址。

为了解决或至少缓和 ROADS 问题, 我们必须采取一些适当的方法。最好的方法当然是延长 IP 地址的位数, 但这牵涉到许多方面的工作, 包括大范围地改变 IP 协议的内容。除了彻底地 IP 地址的编址方法外, 目前还有一些其他的技术。本文的后续部分主要探讨这些不同的技术。在结构上是这么安排的: 第 2 节探讨一种使用“透明路由器”的方法; 第 3 节讨论另一种基于 ARP 的称为“委托 ARP”的方法; 第 4 节讨论子网编址; 第 5 节对下一代 IP 协议——IPv6 进行了讨论。

## 2. 透明路由器

透明路由器的思想来源于对 A 类地址的考查。由于分配了 A 类地址的网络最多可有 224 个主机, 这么多的主机地址一般来说对于一个网络是分配不尽的。因此, 我们可以 A 类网络的富裕主机地址, 将一部分不用的主机地址分配给另一个网络。这个网络并不占用 Internet 的一个网络号, 而是与先前的网络共用一个网络号, 因此节省了 Internet 网络地址的使用, 有助于 ROADS 问题的缓和。图 2 显示了透明路由器的一个例子。

在图 2 的例子中, 透明路由器 TR 将网络 N2 连入了一个 A 类网络 N1 (12.0.0.0)。TR 通过一个标准路由器 R 与 N1 相连并占用 N1 的一个端口。当有数据报要

流向 N2 时,首先 R 将此数据报路由给 TR,再由 TR 决定将此数据报发给 N2 上的哪个主机。在此例中,N2 共用了一个伪网络前缀 12.13.14.0 注 1,这主要依赖于 TR 的作用。这个伪网络前缀并不占用实际的 IP 网络地址,从而可以有效地缓和 ROADS 问题。

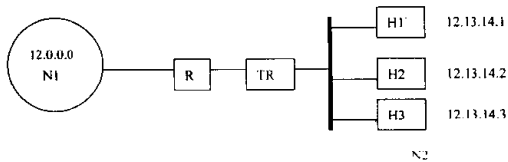


图 2 一个透明路由器的例子

透明路由器的思想包含了复用和去复用的思想,即将来自 N2 的数据报复用到 R 的一个端口上,而将来自 N1 的数据报进行去复用,将它们发送给 N2 的适当主机。在图 2 的例子中,对 N1 的 A 类地址进行了适当的划分,使 N2 复用到 IP 地址的最后一个字节上(对应于 R 的一个端口)。但这种划分不是唯一的,例如 ARPANET (10.0.0.0)就以 PSN(Packet Switching Node,分组交换节点)地址的第三个字节来进行复用和去复用。但不管那种形式,原理都是一样的。透明路由器的主要优点是减少了对 IP 网络地址的使用,故可以在一定程度上缓和 ROADS 问题。它的另一个优点是支持负载均衡,也就是说,如果有两个透明路由器连到同一个网络上,那么到该网络的流量可以在这两个透明路由器之间分配,而传统的路由器由于选路算法的唯一性,所以总是会选择同一路由。

透明路由器的缺点也很明显,即必须有足够的主机地址才能使用透明路由器。因此,一般来讲它只能应用于 A 类网络。透明路由器的另一个缺点是它虽然名为路由器,但不能提供传统路由器的所有服务,尤其是它不能完全参与 ICMP 和 SNMP 等协议的处理,因此它不能返回对请求的回答。这意味着不能简单地用 Ping 一个透明路由器来决定其是否正在运行。

### 3. 委托 ARP(Proxy ARP)

委托 ARP 也是一种可以减少 IP 网络地址使用的方法。之所以称其为委托 ARP,是因为这种方法必须基于 ARP 技术。下面详细地介绍一下这一技术。

委托 ARP 技术是基于这样一种观察的,即:IP 网络地址尤其是 B 类网络前缀虽然有限,但一个网络的主机地址往往是富裕的。因此,可将某个网络富裕的部分主机地址赋予另一个物理网络。然后用一个运行委托 ARP 的路由器将这两个网络连接起来,使得这两个网络

共用一个 IP 网络前缀。下图给出了委托 ARP 的一个例子。

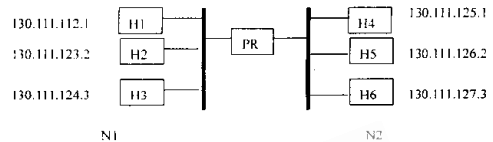


图 3 一个委托 ARP 的例子

在图 3 中,N1 为一个 B 类网络,N2 占用了 N1 的部分主机地址并通过委托 ARP 路由器 PR 与 N1 相连。N1 与 N2 共用一个网络前缀 130.111.0.0。当主机 H1 要跟 H4 通信时,它首先运行 ARP,由于 PR 运行委托 ARP 软件,因此 PR 捕获了 H1 的 ARP 请求,并判断出 H4 在其他物理网络上,于是 PR 用它自己的物理地址响应 H1 的请求。H1 收到 PR 的 ARP 响应后,把地址映射保存到到自己的 ARP 表中(如果以前没有跟 H4 通信过),并用这个映射发送目的地为 H4 的数据报,这些数据报实际上都发给了 PR。当 PR 收到一个数据报时,它知道哪个主机在哪个物理网络上,因此能够决定数据报的正确路由。对于 N1 来讲,仿佛只存在着一个物理网络,PR 隐藏了另一个网络 N2 的位置等细节,使得 N1 中的主机与 N2 中的主机可以象直接连接一样进行通信。

委托 ARP 技术的主要优点是可以使多个物理网络共用一个 IP 网络地址,因而可以减少对 IP 网络地址的使用,缓和 ROADS 问题。除此之外,委托 ARP 软件可以在不干扰网上其他主机或路由器的选路表的情况下,加到网上的某个路由器上,因此它完全隐藏了物理连接的细节。

委托 ARP 技术也同样存在着 ARP 协议中所隐含的不安全因素。而且,由于委托 ARP 允许多个 IP 地址映射到同一个网络地址上,因此要防止这种不安全因素就更为困难了。反之,如果首先考虑防止电子欺骗,那么委托 ARP 的实现也同样增加了难度。

委托 ARP 的另一个缺点是不支持复杂的网络拓扑,也不支持合理的路由选择形式。在传统的路由选择中,具有同一网络前缀的两个主机可以直接进行通信,而在委托 ARP 中却可能要进行路由选择。实际上,委托 ARP 技术只是一种可能的技术,因为配置路由表等工作的工作量非常大,而且很难用软件来实现(因为富裕的主机地址可能并无规律)。事实上,大多数的委托 ARP 的实现依赖于管理员手工操纵路由器和地址表,使得它既费时又容易出错。

#### 4. 子网编址

子网编址技术是迄今为止用于解决 IP 网络地址拥挤的最成熟的技术。事实上,它已是 IP 编址必须的一部分。子网编址采用的是一种分级编址、分级选路的方法。考虑一个 B 类网络 130.10.0.0。使用子网编址时,可将第 3 个字节用来标识不同的物理网络,如 130.10.1.0 为一物理网络,130.10.2.0 为另一物理网络。通过这一技术,使得多个物理网络可以共用一个网络前缀 130.10.0.0,并且在该网络内部可根据目的 IP 地址的第 3 个字节进行选路,如目的地址为 130.10.1.1 的分组将被选路到子网 130.10.1.0,而目的地址为 130.10.2.1 的分组将被投递到子网 130.10.2.0。子网编址技术的思想可参考下图的例子。

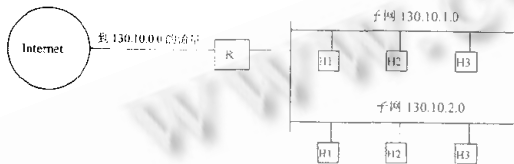


图 4 一个子网编址的例子

在图 4 的例子中,路由器 R 接受所有到 130.10.0.0 的通信量,并根据 IP 地址的第三个字节选择投递到哪个物理子网。

在使用子网编址时,必须为每一个网络选择一个子网掩码。子网掩码的定义如下:若网络把 IP 地址中的相应比特视作网络地址的话,则子网掩码的相应比特就置为 1;若把这些比特视为主机地址,则将其置为 0。根据此定义,子网 130.10.1.0 和 130.10.2.0 的子网掩码都为 255.255.255.0。

子网编址使用一个 IP 地址来代表多个物理网络,因而可以减少网络地址的使用。然而正因为子网编址技术的出现,使得大多数的组织都愿意申请一个 B 类地址而非一个 C 类地址。因为一个 B 类地址有足够的比特来进行子网化,而对 C 类地址则没有实际意义。因此,子网编址技术的应用实际上只减少了对 C 类地址的使用,对 B 类地址的使用则仍然增加得很快。所以说,子网技术也不能最终避免 B 类地址耗尽的结果。

基于以上的考虑,从子网编址技术里又派生出另一种技术——超网寻址。超网寻址与子网编址的思想正好相反,它用多个 C 类地址来模拟一个 B 类地址,从而减少对 B 类地址的使用。超网寻址似乎两全其美,但由于

采用超网寻址时,一个组织不是由一个 IP 网络组成而是由多个 IP 网络组成了,具体表现就是在连接组织与外界的路由器上存在着多个到该组织内部的表项。因此,采用超网寻址时,需要新的能够在超网地址范围内寻址的选路软件。

#### 5. IPv6

IPv6 是下一代 IP 协议的简称。现在使用的 IP 版本一般称为 IPv4。IPv6 保持了 IPv4 的所赖以成功的许多特点,但也引进了许多变化。其中很重要的一点变化就是将原先的 32 位比特地址增加到了 128 比特。这样巨大的地址空间可以承受任何合理的地址分配策略。足够大的地址空间是解决 ROADS 问题的根本方法。虽然这种实现有许多要做的工作,但它是技术发展的必然趋势。

IPv6 的编址保留了 IPv4 的地址体系。设计者们为了保证 IPv4 向 IPv6 的过渡,将 IPv6 地址的一小部分用来对 IPv4 地址进行编码,具体地说就是,任何 IPv6 地址,若开始的 80 比特为全 0,接着是 16 比特的全 1 或全 0,则它的低 32 位就是一个 IPv4 地址。

除了巨大的地址空间外,IPv6 还有许多其他的特点。由于本文主要论述 ROADS 问题,因此对于 IPv6 的其他特点在此不再加以详述。有兴趣的读者可参考 Douglas Comer 的“Internet networking with TCP/IP (Vol. 1)”。

#### 6. 结束语

从前面的几节论述中,可以看到,透明路由器、委托 ARP、子网编址这三种技术能在一定程度上缓和 ROADS 问题,但不能彻底地解决它。相比较而言,由于透明路由器和委托 ARP 技术都需要对传统的路由器作一些改进,因此使用并不很多;而子网编址技术由于其灵活性和实用性而被广泛使用并成为了标准。但随着连入 Internet 的组织和主机的不断增加,子网技术在解决 ROADS 问题上也将变得捉襟见肘。IPv6 给出了最彻底的解决方法。但作为一种全新的协议标准,它的实现需要一个较长的过程,也需要众多的组织和公司的共同努力。还有一点必须指出,即使实现了 IPv6,前三种技术也并不会立刻消亡,它们的一些思想可能会被继续采用。例如子网技术不仅可缓和 ROADS 问题,而且对于一个组织内部的部门划分、流量控制等都有很大的作用。

注 1:IP 编址标准规定了当 IP 地址的第一个字节在 0-127 之间时为 A 类地址,所以 12.13.14.0 虽然形式上似一个 C 类网络前缀,但在 IP 标准中却只可能是一个 A 类地址,不可能是一个网络前缀。

(来稿时间:1999 年 5 月)