

1551265 张伯阳

IPv6 地址的基本概念

IPv6 地址的表示形式(十六进制/十进制)

IPv6 地址的大小和格式使得寻址功能大为增强。

IPv6 地址大小为 128 位。首选 IPv6 地址表示法为 `x:x:x:x:x:x:x:x`，其中每个 `x` 是地址的 8 个 16 位部分的十六进制值。IPv6 地址范围

从 `0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000` 至 `ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff`。

除此首选格式之外，IPv6 地址还可以用其他两种短格式指定：

省略前导零

通过省略前导零指定 IPv6 地址。例如，IPv6 地

址 `1050:0000:0000:0000:0005:0600:300c:326b` 可写作 `1050:0:0:0:5:600:300c:326b`。

双冒号

通过使用双冒号 (`::`) 替换一系列零来指定 IPv6 地址。例如，IPv6 地

址 `ff06:0:0:0:0:0:0:c3` 可写作 `ff06::c3`。一个 IP 地址中只可使用一次双冒号。

IPv6 地址的替代格式组合了冒号与点分表示法，因此可将 IPv4 地址嵌入到 IPv6 地址中。对最左边 96 个位指定十六进制值，对最右边 32 个位指定十进制值，来指示嵌入的 IPv4 地址。在混合的网络环境中工作时，此格式确保 IPv6 节点和 IPv4 节点之间的兼容性。

IPv4 映射的 IPv6 地址使用此替代格式。此类型的地址用于将 IPv4 节点表示为 IPv6 地址。它允许 IPv6 应用程序直接与 IPv4 应用程序通信。例如，

`0:0:0:0:0:ffff:192.1.56.10` 和 `::ffff:192.1.56.10/96` (短格式)。

所有这些格式都是有效的 IPv6 地址格式。

IPv6 的地址类型(单播/组播/任播/结点地址)

单播地址

·NSAP (Network Service Access Point, NSAP) 地址：称为网络服务访问点地址，这也是用于保留的地址，它的地址前缀 `FP=0000 001`。

·IPX (`FP = 0000 010`)：这也是用于保留下来的 IP 地址，它的地址前缀为 `FP=0000 010`。

·站点本地地址：这类格式前缀 `FP=1111 1110 11`。相当于 `10.0.0.0/8`、`172.16.0.0/12` 和 `192.168.0.0/16` 等 IPv4 私用地址空间。例如企业专用 Intranet，如果没有连接到 IPv6 Internet 上，那么在企业站点内部可以使用站点本地地址，其有效域限于一个站点内部，站点本地地址不可被其他站点访问，同时含此类地址的包也不会被路由器转发到站外。一个站点通常是位于同一地理位置的机构网络或子网。与链路本地地址不同的是，站点本地地址不是自动配置的，而必须使用无状态或全状态地址配置服务。

站点本地地址允许和 Internet 不相连的企业构造企业专用网络,而不需要申请一个全球地址空间的地址前缀。如果该企业日后要连入 Internet, 它可以用它的子网 ID 和接口 ID 与一个全球前缀组合成一个全球地址。IPv6 自动进行重编号。

·链路本地地址：格式前缀 FP=1111 1110 10。用于同一链路的相邻节点间通信，如单条链路上没有路由器时主机间的通信。链路本地地址相当于当前在 Windows 下使用 169.254.0.0/16 前缀的 APIPA IPv4 地址，其有效域仅限于本地链路。链路本地地址可用于邻居发现，且总是自动配置的，包含链路本地地址的包永远也不会被 IPv6 路由器转发。

其实除了以上介绍的几种单播传送地址外，在 IPv6 标准中还规定了以下类兼容 IPv4 标准的单播传送地址类型，这主要是用于在 IPv4 向 IPv6 的迁移过渡期，一般有“IPv4 兼容地址”、“IPv4 映射地址”、“6to4 地址”三类。

·IPv4 兼容地址：可表示为 0:0:0:0:0:w.x.y.z 或 ::w.x.y.z (w.x.y.z 是以点分十进制表示的 IPv4 地址)，用于具有 IPv4 和 IPv6 两种协议的节点使用 IPv6 进行通信。

·IPv4 映射地址：是又一种内嵌 IPv4 地址的 IPv6 地址，可表示为 0:0:0:0:0:FFFF:w.x.y.z 或 ::FFFF:w.x.y.z。这种地址被用来表示仅支持 IPv4 地址的节点。

·6to4 地址：用于具有 IPv4 和 IPv6 两种协议的节点在 IPv4 路由架构中进行通信。6to4 是通过 IPv4 路由方式在主机和路由器之间传递 IPv6 分组的动态隧道技术。

2、任播地址

IPv6 任播地址是分配给多于一个接口（通常属于不同的节点）的地址，任播地址从单播地址空间中进行分配，使用单播地址的任何格式。因而，从语法上，任播地址与单播地址没有区别。当一个单播地址被分配给多于一个的接口时，就将其转化为任播地址。被分配具有任播地址的接口必须得到明确的配置，从而知道它是一个任播地址。目前，任意点传送地址仅被用做目标地址，且仅分配给路由器。任意点传送地址是从单点传送地址空间中分配的，使用了单点传送地址格式中的一种。

子网-路由器任意点传送地址必须经过预定义，该地址从子网前缀中产生。为构造一个子网-路由器任意点传送地址，子网前缀必须固定，余下的位数置为全“0”。一个子网内的所有路由器接口均被分配该子网的子网-路由器任意点传送地址。子网-路由器任意点传送地址用于一组路由器中的一个与远程子网的通信。

对任意的任播地址，都有最长的地址前缀 P，它限定了一个拓扑区域，所有属于该任播地址的接口都处在这个区域中。在 P 所限定的这个区域中，属于该任播地址集合的每一个成员都必须作为寻经系统中的单独入口而被广告；在该区域之外，该任播地址也许会聚集到对该前缀 P 的寻经广告中。

3、多播地址

IPv6 多点传送地址格式前缀为 1111 1111，此外还包括标志 (Flags)、范围域和组 ID 等字段

4 位“Flags”可表示为：000T。其中高三位保留，必须初始化成 0。T=0 表示一个被 IANA 永久分配的多点传送地址；T=1 表示一个临时的多点传送地址。4 位 Scope 是一个多点传送范围域，用来限制多点传送的范围。表 2 列出了在 RFC 2373 中定义的 Scope 字段值。

对于永久分配的组播地址，其“意义”独立于其区域值。例如：假设一台服务器组被分配了一个 group ID 为 111（十六进制）的永久组播地址，则：

·FF01:0:0:0:0:0:0:111 是指与发送者在同一节点的所有服务器，因为这个服务器的

前 8 位为多播 IP 地址规定的“1111 1111”（16 进制为“FF”），而“Flags”段中，因是指定的为永久的，所以为“0000”，而“Scope”中“0001”为节点本地范围域，所以这个 IP 地址中的前 16 位为“FF01”，最后的“111”为组号，中间的那些“0”是补充的（因为 IPv6 地址为 128 位的，没有规定的以“0”补足），这样就得出“FF01:0:0:0:0:0:0:111”，按 IPv6 对地址表示方法规定也可以写成“FF01::111”，具体参见下节介绍。下面各种 IP 地址同样理解。

- FF02:0:0:0:0:0:0:111 是指与发送者在同一链路的所有服务器；
- FF05:0:0:0:0:0:0:111 是指与发送者在同一场所的所有服务器；
- FF0E:0:0:0:0:0:0:111 是指 internet 中的所有 NTP 服务器。

对于非永久分配的组播地址，只有在给定的区域范围内才有意义。例如：一个场所的非永久场所局部组播地址为 FF15:0:0:0:0:0:0:111，则该组与不同场所的相同地址的组无关，与不同区域中有相同 group ID 的非永久组无关，与使用相同 group ID 的永久组无关。多播地址绝不可以用作 IPv6 的信源地址，或用作任何寻经头标。

IPv6 的特殊地址(未指明地址/环回地址/基于 IPv4 的地址/本地链路单播地址)

IPv6 地址分为以下基本类型：

单点广播地址

单点广播地址指定单个接口。发送到单点广播地址目标的信息包将从一个主机传送到目标主机。

单点广播地址的两种常规类型包括：

本地链路地址

设计本地链路地址以供在单个本地链路（本地网络）上使用。在所有接口上自动配置本地链路地址。用于本地链路地址的前缀是 fe80::/10。路由器不转发目标或源地址信息包含本地链路地址的信息包。

全局地址

设计全局地址以在任何网络上使用。用于全局地址的前缀以二进制 001 开头。已经定义了两种特殊单点广播地址：

未指定地址

未指定地址为 0:0:0:0:0:0:0:0。可使用两个冒号 (::) 来缩写地址。未指定地址表示没有地址且决不会将其分配给主机。它可由尚未对其分配地址的 IPv6 主机使用。例如，主机通过发送信息包来发现另一个节点是否在使用某个地址时，该主机将使用未指定地址作为其源地址。

回送地址

回送地址为 0:0:0:0:0:0:0:1。可将该地址缩写为 ::1。节点使用该回送地址向其自身发送信息包。

任意广播地址

任意广播地址指定可能在不同位置但共享单个地址的一组接口。发送至任意广播地址的信息包只发往该任意广播组中最近的成员。

多点广播地址

多点广播地址指定一组可能在多个位置的接口。用于多点广播地址的前缀是 ff。如果向多点广播地址发送信息包，那么向该组的每个成员都传递该信息包的一个副本。

EUI-64 的基本概念、EUI-64 与 48 位 MAC 地址的关系

IPv6 根据 MAC 地址自动生成接口地址是属于 IEEE EUI-64 标准

具体介绍:

EUI-64

IEEE EUI-64 地址表示有一个用于网络接口寻址的新标准。

在 IPV6 中，无状态自动配置机制使用 EUI-64 格式来自动配置 IPV6 地址

无状态自动配置是指在网络中没有 DHCP 服务器的情况下，允许节点自动配置 IPV6 地址的机制。

EUI-64 的构造规则--根据接口的 MAC 地址再加上固定的前缀来生成一个 IPV6 的地址

工作原理：自动将 48bit 的以太网 MAC 地址扩展成 64bit，再组合一个 64 位的 ipv6 地址前缀，组成一个 IPV6 地址。（link-local 地址也是依据此原理

无状态配置(Stateless)

IPv6 规定，所有启用了 IPv6 协议栈的接口必须配置一个“本地链路”地址。无状态配置协议在接口启动时负责生成一个本地链路地址。生成的 IPv6 地址由 FE80+EUI64 组成，EUI64 则是由接口的 48 位 MAC 地址的中间添加 fffe 再反转第 7bit 构成的 64 位接口标识。如：

MAC：02:42:f0:2d:9e:ce

添加 fffe：02:42:f0:ff:fe:2d:9e:ce

反转第 7bit：00:42:f0:ff:fe:2d:9e:ce

构成 IPv6 地址：fe80::42:f0ff:fe2d:9ece

这样生成的 IPv6 地址的唯一性依赖于接口 MAC 地址的唯一性。这在一个本地网络中并不是问题，因为本地链路中的 IPv6 的报文数据仍然要通过诸如以太网这样的局域网进行传播，这些底层的网络协议会在大多数情况下保证在一个本地网络内部 MAC 地址的唯一性。但是一旦到了更广泛的网络范围，MAC 地址的重复甚至是伪造就变得不可控了。所以，任何支持 IPv6 的路由都要遵循这一规则：“禁止向本地链路以外的网络转发目标地址为本地链路地址的 IPv6 数据报”。

IPv6 与 IPv4 的比较、IPv4 向 IPv6 的过渡

目前的全球因特网所采用的协议族是 TCP/IP 协议族。IP 是 TCP/IP 协议族中网络层的协议，是 TCP/IP 协议族的核心协议。目前 IP 协议的版本号是 4(简称为 IPv4)，发展至今已经使用了 30 多年。

IPv4 的地址位数为 32 位，也就是最多有 2^{32} 的电脑可以联到 Internet 上。

近十年来由于互联网的蓬勃发展，IP 位址的需求量愈来愈大，使得 IP 位址的发放愈趋

严格, 各项资料显示全球 IPv4 位址可能在 2005 至 2008 年间全部发完。

什么是 IPv6?

IPv6 是下一版本的互联网协议, 也可以说是下一代互联网的协议, 它的提出最初是因为随着互联网的迅速发展, IPv4 定义的有限地址空间将被耗尽, 地址空间的不足必将妨碍互联网的进一步发展。为了扩大地址空间, 拟通过 IPv6 重新定义地址空间。IPv6 采用 128 位地址长度, 几乎可以不受限制地提供地址。按保守方法估算 IPv6 实际可分配的地址, 整个地球的每平方米面积上仍可分配 1000 多个地址。在 IPv6 的设计过程中除了一劳永逸地解决了地址短缺问题以外, 还考虑了在 IPv4 中解决不好的其它问题, 主要有端到端 IP 连接、服务质量 (QoS)、安全性、多播、移动性、即插即用。

IPv6 与 IPv4 相比有什么特点和优点?

更大的地址空间。IPv4 中规定 IP 地址长度为 32, 即有 $2^{32}-1$ 个地址; 而 IPv6 中 IP 地址的长度为 128, 即有 $2^{128}-1$ 个地址。

更小的路由表。IPv6 的地址分配一开始就遵循聚类(Aggregation)的原则, 这使得路由器能在路由表中用一条记录(Entry)表示一片子网, 大大减小了路由器中路由表的长度, 提高了路由器转发数据包的速度。

增强的组播(Multicast)支持以及对流的支持(Flow-control)。这使得网络上的多媒体应用有了长足发展的机会, 为服务质量(QoS)控制提供了良好的网络平台。

加入了对自动配置(Auto-configuration)的支持。这是对 DHCP 协议的改进和扩展, 使得网络(尤其是局域网)的管理更加方便和快捷。

更高的安全性。在使用 IPv6 网络中用户可以对网络层的数据进行加密并对 IP 报文进行校验, 这极大的增强了网络安全。

IPv4 向 IPv6 的过渡

●主机——主机隧道

用于将相互独立的 IPv6/IPv4 节点通过 IPv4 网相互通信, 此时两个双 IP 节点作为隧道的端节点通过 IPv4 网进行通信。

IPv6 隧道能自动配置, 也可以由 IPv4 多目广播隧道进行配置。在一个配置好的隧道中, 端点由 IPv6 包的目标所确定, 即系统人员必须对 IPv4 进行封装并指明将 IPv4 包送往何处。当 IPv6 根据一个 IPv4 地址的内容被送往一个双 IP 的节点时便产生自动隧道, 该自动隧道在 IPv6 路由架构中传播完整的 IPv4 路由表, 但并不耗用任何的 IPv4 地址。

IPv4 多播隧道只能在支持多播的 IPv4 架构下工作。在 IPv4 中封装的 IPv6 节点使用 IPv4 多播的邻居发现机制确定隧道的端点, 该机制允许 IPv6 节点发现同一链路上的其他节点, 确定其链路层地址以寻找路由器, 维持通往活动邻居的路径信息。这样做的好处是省去了隧道的配置且不使用 IPv4 兼容地址。但是, 它需要 ISP 支持多播路由, 遗憾的是, 目前许多 ISP 还不能在 Internet 上提供多播路由功能。

协议转换

实现 IPv4/IPv6 互操作性的第二种方法是协议转换, 但这种实现并非轻而易举, 挑战之一是如何以简单的方式将 IPv6 地址转换为 IPv4 地址, 挑战之二是 IPv6 要改变 IPv4 头标的内容, 为了提高效率, IPv6 采用了与 IPv4 数据报分段(fragmentation)不同的分段方法。

●头标转换机制

将 IP 头标通过协议网关设备由一种 IP 版本转换为另一种 IP 协议，网关设备位于 IPv4 与 IPv6 间的边界处；

- 传输中继

转换网关从源节点接收 TCP 片段(segment)及 UDP 数据报并将之转换为能被目标所接收的 TCP 与 UDP 交通，该设备不仅要检测转换头标，而且要对传输层协议头标进行处理，使之适用于相应的 IP 版本；

- 应用代理(application proxy)

此时的转换器为 IPv4 与 IPv6 之间的应用层网关转换器。

匹配机制

协议转换的主要提案之一是网络地址转换协议(NAT)。该协议通过使用 NAT 网关将一种 IP 网地址转换为另一种 IP 网地址，它允许网管人员使用一组在公网中从不使用的保留地址。此时将 IPv6 网视为独立而封闭的地址域，它需要使用一个“翻译器”将“内部地址”转换为“外部地址”。也可以将 NAT 与一种协议转换机制结合而生成一个“网络地址转换器—协议的转换器(NAT-PT)”用于实现协议、地址的转换。NAT-PT 是 NAT 的一个特例，因此它不可避免地也具有 NAT 的缺点：它将端对端的网络割裂并塞入了一个潜在的单故障点，另外它还将数据报的控制功能从端点移向了网络；NAT-PT 不支持 IPv4 与 IPv6 互不具有的那些特性，如 IPv4 包的路由器分段、IPv6 交通类别及信息流标号等。“网络地址与端口转换器—协议的转换器(NAPT-PT)”则对 NAT-PT 做了改进，将 IPv6 数据报映射为 TCP 端口/IPv4 地址对，并通过转换器增加并行端口的数目。NAPT-PT 与 NAT-PT 基本上基于早期的 SIIT 机制(stateless IP/ICMP 转换器)，通过使用临时分配的 IPv4 地址用于 IPv6 与 IPv4 相互之间地址的转换，而 Socks V5 对 Sock 机制进行扩展实现应用数据的转换，Sock 服务器作为内部节点的代理接收与处理应用数据、将其打包使之适用于相关的 IP 版本。

转换策略

实现由 IPv4 向 IPv6 过渡的一种办法是先将整个网络的一小部分升级为 IPv6 网，IPv6 网将被大量 IPv4 网所包围。此时可采取 IP 网中的节点不支持 IPv4、但在网络边界处的节点必须支持 IPv4 的策略，这样 IPv6 的内部节点能相互直接通信并通过适用双 IP 的路由器经由隧道与其他 IP 网通信。一般来说，早期的 IPv6 研究实验网宜采用这种 IPv6 “岛”的建网方式。

另一种办法是将各个独立的节点升级使之支持 IPv6 与 IPv4 两种 IP 版本，那么这些节点就可以通过各自的节点链路直接通信或通过隧道与远程 IPv6/IPv4 节点通信，这种方案允许某些单位为了访问远程的 IPv6 节点与网络而将其网络中的一些节点进行升级，但其缺点是需手工配置。

使用 DHCPv6 的地址自动配置

IPv6 的 DHCP 为 IPv6 节点提供了有状态地址自动配置。

使用 DHCPv6 的有状态地址自动配置是 IPv6 节点（主机或路由器）可以用于为接口自动配置动态 IPv6 地址的另一个过程。该节点通过发送 DHCPv6 请求来获得 IPv6 地址。网络上的 DHCP 服务器接收到来自客户机的 DHCPv6 请求后，该服务器可以将 IPv6 地址分配给客户机。除了使网络管理员可以对节点使用的地址进行更多的控制外，DHCPv6 还可以提供其他配置信息，其中包括 DNS 设置。