

IPv6 到 IPv4 的过渡

李建廷 (西安财经学院 信息学院 计算机科学与工程系 710001)

摘要:下一代的 IP 网络将是一个以 IPv6 协议族基础之上的统一 IP 网络,本文首先介绍 IPv6 协议的技术特点,以及实现 IPv4 协议到 IPv6 协议的过渡,并着重描述了 IPv4 向 IPv6 的转换的 NAT-PT 技术实现原理及算法。

关键词:IPv6 IPv4 IPv4 向 IPv6 的转换技术 NAT-PT

现有的互联网主要是基于 IPv4 协议的。这一协议的成功促成了互联网的迅速发展。但是,随着互联网用户数量不断增长以及对互联网应用的要求不断提高,IPv4 的不足逐渐显现出来。现有的互联网协议 IPv4 在地址空间、端到端的 IP 连接、服务质量、网络安全和移动性等方面都暴露出了不足。这一协议的缺陷和不足,极大的限制了 IP 网络的进一步发展。

国际互联网技术的世界标准组织 IETF (Internet Engineering Task Force) 在 20 世纪 90 年代中期就提出了拥有 128 位地址的 IPv6 互联网协议,并在 1998 年进行了进一步的标准化工作。IPv6 通过自动识别机能、无限大的住址、网络安全设置,能对每个终端(包括无线终端)、每个家电、每个生产流程、每个感应器,都进行 IP 全球化管理,宣告了信息化新时期的到来。

1 IPv4 向 IPv6 的转换技术

目前的 Internet 上成千上万的等网络设备都运行着 IPv4 协议。这就决定了 IPv4 的网络向 IPv6 演进将是一个浩大而且烦杂的工程,IPv4 和 IPv6 网络将在很长时间内共存,如何从 IPv4 平滑地过渡到 IPv6 是一个非常复杂且重要的问题。IETF 下一代互联网过渡工作组 NGTrans 已经提出了一些过渡策略和技术,概括起来可分为 3 类:同时支持两种协议的双栈技术、采用 IP 数据包封装的隧道技术和透明转换技术(包括数据包头转换和协议转换)。

1.1 双协议栈 (Dual Stack)

双栈机制是处理过渡问题最简单的方式,采用该技术的节点上同时运行 IPv4 和 IPv6 两套协议栈使设备能处理两种类型的协议。这是使 IPv6 节点保持与纯 IPv4 节点兼容最直接的方式,这种方式对 IPv4 和 IPv6 提供了完全的兼容,但仍有一个很大的问题是双栈仍然要求相应主机必须配置 IPv4 地址,对于 IP 地址耗尽的问题并未解决。而且使用双栈由于需要双路由基础设施,这种方式反而增加了网络的性能与复杂度。

1.2 隧道机制 (Tunnel)

隧道技术提供一种以现有 IPv4 路由体系来传递 IPv6 数据的方法:将 IPv6 分组作为无结构意义的数据封装在 IPv4 数据包内,由 IPv4 网络传输,到达隧道端点后解封还原为 IPv6 包。隧道技术利用现有的 IPv4 网络,提供了一种使 IPv6 的节点之间能够在过渡期间通信的方法。

1.3 直接转换机制

直接转换机制又被称为网关转换 (NAT-PT),就是转换两种不同协议的数据包的相应字段,从而达到使两种协议互通的目的。这种机制最大的特点是不需要双栈支持,也不需要特定的路由(如要求隧道支持)。转换网关除了要进行 IPv4 地址和 IPv6 地址转换,还要包括协议并翻译。转换网关作为通信的中间设备,可在 IPv4 和 IPv6 网络之间转换 IP 报头的地址,同时根据协议不同对分组做相应的语义翻译,在 v4 和 v6 节点之间提供透明的路由,是解决纯 IPv4 和纯 IPv6 网络之间通信的有效手段。

2 NAT-PT 技术的实现原理

从 IPv6 节点向 IPv4 节点传送一个包或者其逆过程都要涉及协议转换以及地址和端口的转换。NAT-PT (Network Address Translation - Protocol Translation, 网络地址-协议转换)就是在做 IPv4/IPv6 地址转换 (NAT) 的同时在 IPv4 分组和 IPv6 分组之间进行报头和语义的翻译 (PT)。由此可知,其实现分为两个部分,一个是 IPv4 和 IPv6 地址的转化,另外一个 IPv4 和 IPv6 报头的转化。

2.1 地址/端口转换

IPv4 的地址是 32 位,而 IPv6 的地址为 128 位,两个地址格式不同的地址之间需要建立映像关系。地址/端口转换完成网络地址和端口的转换

(1) DNS 解析地址。为了扩展 DNS 支持 IPv6, IETF 先后定义了两种新的资源记录类型:AAAA 和 A6。为了实现 v4 和 v6 的转化可以扩充 DNS 服务器,为 IPv4 或 IPv6 的网络提供 DNS 服务器作“IP 转换欺骗”。IPv4 主机 (ADDR4) 向 DNS

请求查询的时候,如果 DNS 服务器发现目的主机只有 IPv6 地址(ADDR6),将会返回给该 IPv4 主机一个 IPv4 的地址(ADDR64)作为查询结果。DNS 服务器要和 NAT-PT 转换网关实时的通信,保持 ADDR4、ADDR6 和 ADDR64 这 3 个地址之间对应关系的更新。这样 NAT-PT 网关就可以根据这些信息进行地址/协议转换。同样适用于当 IPv6 主机查询 DNS 获得 IPv4 地址的时候。

(2) IPv4 和 IPv6 地址映像表。地址映像表将 IPv4 地址和 IPv6 地址分别看作内部地址和全局地址,或者正好相反。内部的 IPv4 主机和外部的 IPv6 主机通信时,将 IPv4 地址(相当于内部地址)转换成 IPv6 地址(相当于全局地址),服务器维护一个 IPv4 与 IPv6 地址的映像表。反之,当内部 IPv6 主机和外部 IPv4 主机进行通信时,IPv6 转为 IPv4 地址。执行 NAT/PT 的主机上配置了一个地址映像表。

(3) 利用 IPv4 兼容 IPv6 地址。类似于::192.168.0.8 这样的 IPv6 地址称为 IPv4 兼容的 IPv6 地址。在 v6 结点要访问 v4 结点的时候,可以使用这种地址作为 v6 结点去访问 v4 结点时的目的地址。NAT/PT 网关处理时只要把低 32 位取出来作为 v4 包的地址即可。对于 IPv6 地址来说,也可以使用这种 v4 兼容的 v6 地址,但这就要求每个 IPv6 结点有对应的一个 v4 地址。

2.2 报头转换

IPv4 报头和 IPv6 报头之间有一些字段可以直接转化,而一些字段是对方特有的,需要特殊处理。

(1) IPv4 To IPv6。在 IPv4 没有分段的情况下,也就是 IPv4. Df=0,这个时候偏移量也为 0。IPv6 的报头转换算法如下:

IPv6. Version = 6: 将版本变为 6;

IPv6. Traffic Class = IPv4. TOS: 直接拷贝,或者按照语义予以翻译;

IPv6. Flow Label = 0: 可以全部置为 0;

IPv6. Payload Length = IPv4. length - length (IPv4 - header): 新的 IPv6 中的负载长度定义为净荷的长度,也就是总长度减去 IPv4 报头和选项的长度;

IPv6. Next header = IPv4. Protocol: 协议字段直接拷贝过来;

IPv6. Hop Limit = IPv4. TTL - 1: 逐跳限制和 IPv4 的生存时间含义相似,如果是跳数为 0 就要发出 ICMP 报文给源目的地;

IPv6. Source Address = ADDR64 (IPv4. Source Address): IPv4 地址转换得到的 ADDR64 地址;

IPv6. Destination Address = ADDR64 (IPv4. Destination Address): 准备发送的目的地址;

(2) IPv6 To IPv4。在 IPv6 没有分段扩展报头情况下,

IPv6 转化到 IPv4 报头的算法如下:

IPv4. Version = 4: 将版本变为 4;

IPv4. length = 5: 没有选项扩展报头的情况下;

IPv4. TOS = IPv6. TrafficClass: 直接拷贝,或者按照语义予以翻译;

IPv4. Total Length = IPv6. Payload length + IPv4. length: 总长度设置;

IPv4. Identification = zero

IPv4. Flags = 0

IPv4. Fragment Offset = 0

IPv4. Next header = IPv6. Protocol: 协议字段直接拷贝过来;

IPv4. TTL = IPv6. Hop Limit - 1: IPv4 的生存时间和 IPv6 逐跳限制和含义相似,如果是 0 就要发出 ICMP 报文给源目的地;

IPv4. Header Checksum = sum(): 需要对 IPv4 头做一个校验和; IPv4. Protocol = IPv6. Next header: 协议字段直接拷贝过来;

IPv4. Source Address = ADDR64 (IPv6. Source Address): IPv6 地址转换得到的 ADDR64 地址;

IPv4. Destination Address = ADDR64 (IPv6. Destination Address): 准备发送的目的地址;

3 总结

下一代的 IP 网络将是一个以 IPv6 协议族为基础,保持高度简洁的网络核心,同时结合区分服务及其他技术服务质量,可以承载复杂多样的业务,可以运行在各种网络底层平台之上的统一 IP 网络。

但对于 Internet 从 IPv4 向 IPv6 转变并不是短期内就可实现的,网络过渡时期中 IPv4 和 IPv6 技术将保持长时间共存,每个站点都必须考虑自己的过渡计划。对于大多数的站点来说,采用相应的转换机制相互通信,是一个非常不错的转变和升级方法。运用 NAT-PT 技术并将其以某种产品的形式实现,将推动我们更快的向 IPv6 领域迈进。

参考文献

- Hinden. Simple Internet Protocol Plus White Paper. RFC 1710. Sun Microsystems. 1994.
- Partridge. Using the Flow Label Field in IPv6. RFC 1809. BBN Systems and Technologies. 1995.
- Kurose. Open Issues and Challenges in Providing Quality of Service Guarantees in High-Speed Networks. Computer Communication Review. 1993.
- Bradner and A. Mankin. The Recommendation for the IP Next Generation Protocol. RFC 1752. 1995.