

下一代 IP —— IPv6

陈向东 潘以锋

提 要 简要介绍 IPv6 对 IPv4 的改进及其对现有网络的升级途径.

关键词 IPv4; IPv6; 路由; 首部

中图法分类号 TP393.4

1 概 述

在互联网网络层中,把许多区域网以及主机联系在一起的协议叫 IP(互联网协议),每台主机都有一个 32 位的 IP 地址,由于这个 IP 地址,不管两台机器在世界哪个角落,是否在同一子网中,都可以相互联系. 现今使用的互联网协议版本称为 IPv4.

但是,随着互联网应用范围的不断扩大,IPv4 出现了许多问题,其中最主要的就是 IP 地址的枯竭. 根据计算,IP 地址缺乏的危机会在 2000 年左右出现,到 2005 年至 2010 年之间 IPv4 地址会分配完毕. 当然,如果发展中国家诸如中国、印度的 internet 用户象欧美国家一样增长,或者 cable modem 的使用成为现实的话,这个问题会更加严重,这已成为网络界的“2000 年问题”.

所幸的事,IETF 在 80 年代末已经注意到了这一问题并着手加以解决. 下一代 IP 建议书即 IPv6 在 RFC1752 中被提出. 它针对 IPv4 中存在的一系列问题,在以下几个方面作了改进.

- (1)支持更多的主机;
- (2)减小路由表的长度;
- (3)简化协议,使路由器处理数据报速度更快;
- (4)提供更好的安全性;
- (5)更加重视服务类别,特别是实时数据的处理;
- (6)通过设定作用域辅助多信道广播(又称组播);
- (7)主机移动不必改变其地址;
- (8)新的协议(IPv6)与 IPv4 能共存一段时间.

IPv6 的地址有 16 字节即 128 位长,这解决了 IPv4 中地址不够的问题;它简化了协议的首

收稿日期: 1997-09-05

第一作者陈向东,男,助工,上海师范大学学报文摘杂志社,上海,200234

部格式,这使得路由器处理数据更快,提高了吞吐量;它更加支持任选参数,在 IPv4 中某些必要的字放在 IPv6 中作为任选参数出现;任选参数的表现方式多种多样,使得路由器可以跳过某些任选字段,这一特征加快了数据处理时间;鉴别和保密也是 IPv6 的显著特征;另外,在 IPv4 中,只有 8 位的字段来表示服务种类,而在 IPv6 中这一字段得到了加强,以适应不断增长的多媒体通讯的需要。下面,将具体地讨论 IPv6 对 IPv4 的改进。

2 IPv6 与 IPv4 的比较

为了便于比较,首先将 IPv4 的首部及地址格式作一简介,如图 1 所示。

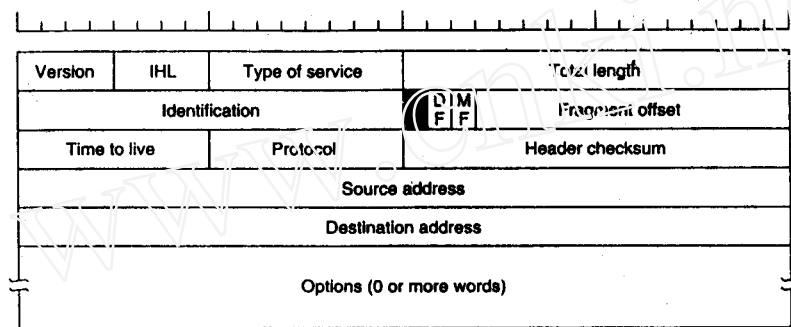


图 1 IPv4 首部格式

版本字段(VER)为 4 个 bit,在 IPv4 中,此值为 0100(即表示为 IPv4);首部长度(IHL)占 4bit,可表示的最大值是 15,由于 IP 的格式中长度单位为 4 字节,因此首部最大值是 60 字节,对任选参数字段而言最长就有 40 个字节,当 IP 分组的首部长度不是 4 字节的整数倍时,须用填充字段加以填充以达到 4 的整数倍。在有些应用中,例如记录一个数据报的所有路由,40 个字节则显得太少。服务类型(Type of service)字段占 1 个字节,源站利用这一字段告诉子网所传的分组需要子网的哪些服务,目前已规定了 4 个方面的服务,即:优先级、时延、吞吐量和可靠性。总长度(Total length)字段表示每个段的首部长度与数据长度之和。标识(Identification)字段用来使源站标识一个未分段的分组,它使得目标主机判断新到的数据段属于哪一个分组。DF 字段为分段字段,当 DF 为零时,则允许对数据报分段处理。MF 则在分段中把最后一个段和前面各段区分开来,当 MF 为 0 时,表示为最后一个段。段偏移(Fragment offset)字段表示在较长的分组中,分段后某个段在原分组中的相对位置。寿命(Time to live)字段的单位为秒,在 IP 中分组的寿命最多为 255 秒,它防止分组在网络中无限制地兜圈子。协议字段(Protocol)用于表示网络层所服务的传输层协议的种类,例如 6 代表 TCP 协议,而 UDP 的值是 17。首部检验和(Header checksum)则用于校验 IP 首部,在每次转发的过程中,首部检验和都要重新计算。IP 的源站地址(Source address)和目的站地址(Destination address)字段都各占 4 个字节,通常它们被表达成 4 个用点分开的十进制数,每个数表示一个 8bit 的二进制数,这样,每个数变化范围从 0 到 255,如 202. 96. 199. 133。IPv4 有 4 种地址格式,即通常所说 A 类、B 类、C 类、D 类地址。A 类地址可以有 128 个子网,每个子网有 1600 多万个主机,B 类地址有 16384 个子

网,每个子网有 64 个主机,C 类地址有 2 百多万个子网,每个子网有 256 个主机,D 类地址则为组播格式. 最后一个字段为任选参数字段,用来写入关于安全、源路由、差错报告、调试以及其它一些信息的参数.

与 IPv4 相比较,IPv6 首部格式作了许多重大的改进,如图 2 所示.

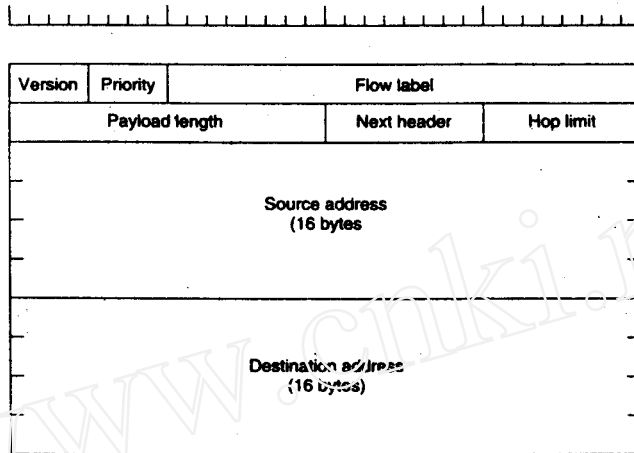


图 2 IPv6 首部格式

从图中可以看出,IPv6 简化了 IPv4 的首部格式,基本的 IPv6 首部只有 8 个字段,与 IPv4 比较,淘汰了 8 个字段,3 个字段改名并得到改进,增加了两个新的字段.

总长度字段被改名为有效负载(payload)长度字段,所不同的是有效负载长度字段表示首部后面所携带的数据的长度. 在 IPv4 中,当数据报通过路由器时,寿命字段减去 1 秒,考虑到在实际应用中以路由器转发作为减数的有效性,寿命字段则被改名为转发寿命字段. 协议字段在 IPv6 中也被改名为下一首部(Next header)字段. 在 IPv6 中,相邻首部字段允许在 IP 首部和 TCP 或 UDP 数据中插入扩展首部,它同时也允许扩展首部标明紧随 IP 首部的传输数据的种类,除此之外,下一首部(Next header)字段提供一种机制表示扩展首部是否紧随主首部后面,这一机制使得 IPv6 省略了 IPv4 中的 IHL 字段以及可变长度的任选参数字段.

新增入的两个字段为优先级(Priority)字段和流量标记(Flow Label)字段. 4bit 的优先权字段用于区分哪些数据报可进行流量控制,它分为两段,0~7 被用于表示那些在信道阻塞中可以被延缓的数据,8~15 则被用于实时通讯,这些信号的传输率不能改变,甚至可以不惜丢失数据报. 声音、图象等实时信号就是属于后一种.

24bit 的流量标记字段仍在实验之中,它将被用于源主机与目的主机之间建立特殊性和要求的虚连接. 举例来讲,当数据报从源站到目的站有严格的延迟要求时,需要预约或保留带宽. 这样,流量能被事先设定并给予一个标识符. 当流量标签字段不为零时,所有的路由器就需要检查它需要的服务种类. 事实上,流量兼有数据报传输的灵活性和虚电路传输的可靠性.

在 IPv6 中,唯一与 IPv4 字段位置名称均一致的是版本字段,在 IPv6 中,版本号为 0110.

尽管 IPv6 的首部格式不含任意选项字段,但它允许单独的扩展首部存在于 IP 首部与传输层首部之间. 这些扩展首部可以提供特别的信息. 到目前为止,定义了 6 种扩展头文件,其功能如表 1 所示.

表1 扩展首部及其功能

扩展首部	作用
逐段连接任选项(Hop-by-hop options)	路由器的杂项信号,如有关路由器的调试信号
路由(Routing)	访问目的主机所需经历的路径
分段存储(Fragmentation)	对数据段的处理,决定可否重新安装分段信号
鉴定(Authentication)	验证发送者标识符
加密的有效负载(Encrypted security payload)	有关加密内容的信息
目标任选项(Destination options)	有关目标的额外信息

在各个字段中,名称不变而内容变化最大的是地址字段,IPv6的地址有128bit,这是一个天文数字,它可以满足日后可能出现的需要,足以使电冰箱、微波炉、咖啡、蜂窝电话以及许多还未被发明的电子设备都成为网络的一部分。

IPv6的地址有3种,单信道广播地址,多信道广播(组播)地址和任意信道广播地址。单信道广播用于辨别单一接口(界面),而一个多信道广播则用于辨别一组接口,数据报传送到一个单信道广播地址,它被传送到一个指定的位置,当数据报传送到一个多信道地址,则被传送到多信道组的每一个成员,与多信道广播类似,任意广播也用于辨别一组接口,所不同的是,数据报只是传送到任意广播地址组中一个成员,通常为最近的成员。举例讲,当用户与一组一致的文件服务器相联接时,可以用任意广播地址与最近的一个服务器取得联系而不必知道到底是具体哪一个。当用户的主机使用任意广播地址作为其网关地址时,由于路由器是任意广播地址组的成员,一个主机不必知道路由器的确切地址。以后如果路由器的位置改变时,由于数据报继续传送到任意广播组的最近的成员,用户不必重新设置路由器的地址。任意广播地址的使用使原来IPv4中因拓扑结构改变而使设置也随之改变的问题得到简化。

与IPv4相似,IPv6通过一个可变长度的字段,称之为格式前缀来分配地址,表2列出了部分IPv6地址的分配。

表2 部分格式前缀及其所代表的地址含义

格式前缀	分配的地址
0000 0000	保留(含IPv4)
0000 001	OSI NSAP 地址
0000 010	Novell Netware 地址
010	基于供应商的地址
100	基于地理位置的地址
1111 1110 10	链路局部使用的地址
1111 1110 11	位置局部使用的地址
1111 1111	组播地址

为与现存的IPv4地址兼容,以80个零开头的前缀为IPv4的地址预留,接下来是两个变

码(16bit),剩余的位数即为原来 IPv4 的 32 位地址,这使得 IPv6 的数据报能够与现存的 IPv4 结构相容。

IPv6 地址的表达采用了一套新的符号系统,地址被分为 8 组,每组由 4 个十六进制数组成,当中由 : 分开,如下面的例子:8000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0123 : 4567 : 89AB : CDEF。

由于许多地址有很多零,人们采用了一些优化方案,例如最前面的零可被忽略,0123 可写成 123,一个或多个连续 16 位零可被替代为一对 :,这样,上例可简化为 8000 : : 123 : 4567 : 89AB : CDEF。

原来 IPv4 中的格式则可被写成一对 : 与一个旧的用小数点分开的十进制数,例如 : : 192. 31. 20. 46。

3 IPv4 向 IPv6 的升级

以上是 IPv6 与 IPv4 首部以及地址的比较,在未来的几年中 IPv6 会受到越来越多的重视,其中一个重要的原因,网络在接入 IPv6 中,不必进行很大的设置改动。

在 IPv4 中,IETF 在 RFC 1918 中保留 3 块地址给还未接入 INTERNET 的网络,但这一网络决定联入 INTERNET 时,它必须修改每台设备的 IP 地址。而在 IPv6 中则方便得多。IPv6 处理地址的重新设置。有链路局部和位置局部两种地址。链路指帧中继、ATM 网络、点对点租用线路、连接以太网或 FDDI 网络的设备。这样,一个链路地址代表一个孤立的设备,没有路由器与之连接,还未连接至 INTERNET。链路局部地址使一个网络或一台设备连接至 INTERNET 毋需重新设置地址。这个单一地址可为一个局域网的 MAC 地址。前缀是 10bit,其余部分是 118bit 长。如果一个链路局部地址在以太网中应用,MAC 地址有 48bit 长,这使得链路局部地址 48bit 的以太网 MAC 地址前面有 80bit 的前缀,FE80 : :。这样,链路局部地址可以使以太网、令牌网等连接至一个 INTERNET 网络而不必重新设置网络地址。位置局部地址指这一位置上有路由器,不过还未通过 ISP 连入 INTERNET,当这类地址连至 INTERNET 时,路由器设置一个新的前缀,即产生一个含有注册标识符、供应商标识符、用户标识符的网络地址,这样,不需要任何地址的内部位置分配被改变而可以容易地连接至 INTERNET。

IPv4 向 IPv6 的变迁不可能一夜之间实现,这将是一个逐步渐进的过程。如果现有的使用 IPv4 的网络已经满足需求,可继续使用直至现有的设备被 IPv6 设备所代替;如果决定向 IPv6 升级,则可以用两种基本的办法升级——双堆栈或隧道,它们都可以与现有的 IPv4 兼容。

双堆栈法使每个 IP 点同时支持 IPv4 和 IPv6,这样的点被称作 IPv6/IPv4 点,它们可以传送或接收 IPv4 和 IPv6 的数据报。IPv4/IPv6 结点设有一个 32 位地址接口和一个 128 位地址接口以分别支持 IPv4 和 IPv6。在主机上使用一个两堆栈,可以使网络在主机—主机级上升级至 IPv6,在路由器上使用双堆栈,则使本地网至 ISP 的连接也升级至 IPv6。在升级过程中,需要改变路由器的设置信息、改变存取控制列表、升级 DNS 以支持更长的 IPv6 地址。尽管可以使用 RIP 或其它 IPv4 路由协议设定 IPv6 路由,但需要为软件的升级准备更多的内存。

另一种升级办法是隧道法。IPv6 并不向上与 IPv4 兼容,IPv4 中的设备不能直接操作 IPv6 中数据报,这样 IPv6 数据报在 IPv4 设备中运行需要隧道,事实上,它把 IPv6 的数据报密封在一个 IPv4 数据报中。RFC1933 设定了 4 种隧道:路由器—路由器,主机—路由器,主机—主机,路由器—主机,在一个 IPv4 的网络中,当一个 IPv6/IPv4 路由器传输数据报至 IPv6/IPv4

主机时,使用路由器—主机隧道;IPv6/IPv4 主机之间相互通讯则使用主机—主机隧道;IPv6/IPv4 主机向 IPv6/IPv4 路由器传输数据报时,使用主机—路由器隧道;而 IPv6/IPv4 路由器之间相互传输数据报时,使用路由器—路由器隧道。虽然使用隧道法可以使 IPv6 和 IPv4 在 IPv4 的基础结构中并存,但额外的首部可能加大了网络通信量,使原本已经拥挤的网络负担更重。

以上两种方法可以使 IPv4 向 IPv6 升级,但是有一点很重要,所有这一切都必须依赖于 IPv6 软件的出现。到目前为止,已有一些厂商宣布在他们的 Unix 操作系统中支持 IPv6,另外一些路由器的制造商已经宣布在 1997 年的年底公布他们的 IPv6 路由软件。由于 ISP 针对 IPv6 的应用方案还未出台,许多技术还在实验中,IPv6 的应用还需等待一段时间。随着时间的推移,人们不久就会非常熟悉双堆栈或隧道等下一代 IP 术语了。

参 考 文 献

- 1 特南鲍姆著. 计算机网络. 北京:清华大学出版社(影印版). 1997
- 2 Bradner S, Mankin A. The recommendation for the IP Next Generation Protocol. RFC 1752, 1995, 1
- 3 Huitema C. Routing in the Internet. Eaglewood Cliffs, NJ: Prentice Hall 1995
- 4 Huitema C. IPv6, The New Protocol. Eaglewood Cliffs, NJ: Prentice Hall 1996
- 5 Black U. TCP/IP & related Protocols. San Francisco McGraw-Hill 1995
- 6 Rekher, Y. ed, Routing in a Multi-provider Internet. RFC 1787, 1995, 4
- 7 Thomas S. IPng and the TCP/IP Protocols: implements the Next generation Internet. New York: Wiley Computer Publishing. 1996
- 8 Atkinson R. IP authentication Header. RFC 1826, 1995, 8
- 9 Deering S, Hinden S. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. RFC 1883, 1996, 1
- 10 Thompson S, Narten T. IPv6 Stateless Address Autoconfiguration. RFC 1971, 1996, 8
- 11 Rekhter Y, Moskowitz B, Karrenberg D. Address Allocation for Private Internet. RFC 1918, 1996, 2
- 12 R. Hinden S. Deering. IP Version 6 Addressing Architecture. INTERNET-DRAFT, July 1997
- 13 Joel M, Halpern. The Architecture and Status of PNNI, <http://www.vivid.newbridge.com/documents/Joel.html>
- 14 Malkin G, Minnear R. RIPng for IPv6. INTERNET-DRAFT, 1997, 1
- 15 Hinden R, Deering S. IPv6 Multicast Address Assignment. INTERNET-DRAFT, 1997, 7

IP for the Next Generation

Chen Xiandong

Pan Yifeng

(China University periodicals Abstracts Publishing House)

(Department of Mathematics)

Abstract IP addresses are in high demand but short of supply. To combat this problem, the next generation of IP (IPv6) has been developed. This article presents an overview of the IPv6.

Key words IPv6; IPv4; routing; header