

# IPv4、IPv6 和 IPv9 比较研究<sup>\*</sup>

贺文华<sup>1,2</sup> 陈志刚<sup>2</sup> 胡玉平<sup>1</sup>

(湖南人文科技学院计算机科学系 湖南娄底 417000)<sup>1</sup> (中南大学信息科学与工程学院 长沙 410083)<sup>2</sup>

**摘要** 介绍了 IPv4、IPv6 与 IPv9 的特点,并在地址空间、域名服务、移动性、安全性、QoS、自动配置、应用范围以及发展趋势等几个方面,对三者加以比较研究,分析其优劣。指出与 IPv4 相比,IPv6 彻底解决了地址空间耗尽和路由表爆炸等问题,而且为 IP 协议注入了新的内容,使网络安全、移动主机以及 QoS 成为 IP 协议的有机组成部分。IPv6 在国际上已经占据主流地位,以 IPv6 代替 IPv4 是必然的,其规模与效益会远远领先于 IPv9。而 IPv9 尚未在国际上得到认可,在标准竞争中将处于劣势。

**关键词** IPv4, IPv6, IPv9, 标准

## Comparative Study of IPv4, IPv6 and IPv9

HE Wen-Hua<sup>1,2</sup> CHEN Zhi-Gang<sup>2</sup> HU Yu-Ping<sup>1</sup>

(Computer Science and Technology Department, Hunan Institute of Humanities, Science & Technology, Loudi, Hunan 417000)<sup>1</sup>  
(Information Science and Technology Engineering Institute, Central South University, Changshang 410083)<sup>2</sup>

**Abstract** This paper introduces the characteristics of IPv4, IPv6 and IPv9, and compares them in several aspects, such as address space and domain name service, mobility support, built-in security features, QoS, auto-configuration, applications and sponsors. It points out that IPv6, compared with IPv4, adds new ideas to IP protocol by making network security, mobil host and QoS become the parts of IP protocol. IPv6 is becoming the trend in the world, so it is inevitable to replace IPv4 and becomes more advanced than IPv9, which is still unaccepted internationally.

**Keywords** IPv4, IPv6, IPv9, Standard

自美国于 20 世纪 70 年代基于 TCP/IP 开发出 IPv4 协议到目前已经 30 多年的历史,IPv4 是“互联网协议第四版”。从技术上看,尽管 IPv4 在过去的具有辉煌的业绩,但是现在看来已经露出很多弊端。随着个人电脑市场的急剧增大、个人移动设备的上网、网上娱乐服务的增加、多媒体数据流的加入,以及出于安全性等方面的考虑,IPv4 的地址空间面临着被耗尽的危机,IPv4 已经无法满足需求。在这样的情况下,IPv6 也就随时代的需要而诞生了。在设计 IPv6 时不仅仅扩充了 IPv4 的地址空间,而且对原 IPv4 协议各方面都进行了重新考虑,做了大量改进。除了提出庞大的地址数量外,还有更高的安全性、更好的可管理性,对 QoS 和多播技术的支持也更为良好。它是“互联网协议第六版”的缩写。IPv9 在 1992 年被提出,采用 ISO/OSI 的 CLNP 协议来代替 IPv4,采用 20B 的 NSAP 地址及可用 OSI 传输协议的平台,因地址过大被 IETF 放弃。后来,引入了 DDNS 并逐步发展成 256 位地址的 IPv9 十进制网络。IPv9 得到中国信产部科技司支持,希望帮助“建立牢固的信息网络安全保障体系”,掌握“互联网使用的控制权、IP 地址的分配权、信息监控的主动权、路由协议安全密码的使用权、技术专利的拥有权”。这是推行 IPv9 的最大动力。因此,新一代的互联网络协议(Internet Protocol Next Generation)的研究和应用已经成为世界性的热点。

## 1 IPv4 的发展现状与面临的问题

IP 协议诞生于 20 世纪 70 年代中期,解决的是网络连接

和计算机通讯。IPv4 作为 IP 协议的第 4 版把各种网络的主机连接起来,在全球 Internet 的发展中起到了关键的作用。但随着网络的迅速发展,面临以下危机。

### 1.1 地址资源匮乏

IPv4 定义的网络地址为 32 位,理论上可以具有多于 40 亿的地址。但由于采用分级地址格式,由网络地址和主机地址构成,这虽使数据选路变的更加简单,但也缩小了可用地址范围。现有地址分配方法的不合理,导致地址资源的极大浪费,分配速度也比预期要快得多,所以 IPv4 地址空间已无法满足 Internet 的高速发展的需要。虽然随后采取的无分类编址 CIDR(Classless Inter Domain Routing)技术和网络地址翻译 NAT 技术在一定程度上缓解了 IPv4 的地址危机,但仍不能从根本上解决问题。

### 1.2 路由表膨胀

IPv4 地址空间的拓扑结构只有二到三层,采用与网络拓扑结构无关的地址分配形式,随着网络数目的增加,路由器数目快速增长,决定数据传输路由的路由表过度膨胀,庞大的路由表增加了路由查找和存储的开销,成为目前影响提高互联网效率的瓶颈。尽管无分类编址 CIDR 在一定程度上缓和了这个问题,但仍有一部分地址空间无法改造。IPv4 的分组头长度不固定,也不利于由硬件实现路径的提取、分析与选取,进一步提高路由器的数据吞吐率。

### 1.3 缺乏 QoS 支持

IPv4 是一个无连接协议,以最大努力方式发送分组,特

<sup>\*</sup> 基金项目:湖南省教育厅科研资助项目(编号:06C437),湖南省重点建设学科资助项目。贺文华 副教授,硕士生,研究方向:计算机网络与安全。陈志刚 教授,博士生导师,研究方向:计算机网络与安全。胡玉平 博士,教授。

点是具有突发性,这种突发性严重影响时间灵敏性特别高的应用,缺乏对 QoS 的支持。而实时多媒体、电子商务、移动 IP 等商业服务需要不同的 QoS 服务,IPv4 在设计时没有引入 QoS 概念,因此它很难提供丰富、灵活的 QoS 选项及功能。虽然执行资源预留的 RSVP 等协议提供了 QoS 服务支持,但规划、构造 IP 网络的成本和复杂性高。

## 2 IPv4 与 IPv6 的比较

### 2.1 报头格式

IPv4 报头共 13 个字段,固定长度是 20 比特,加上可选项最长可达 60 比特。IPv6 报头由基本报头加扩展报头链组成,共 8 个字段,长度是 40 比特。IPv6 报头采用“基本报头+扩展报头链”的设计,可以更方便地增添选项以达到改善网络性能、增强安全性或添加新功能的目的。

#### 2.1.1 固定的 IPv6 基本报头

虽然 IPv6 地址长度是 IPv4 地址的四倍,IPv6 报头的长度只有 IPv4 最小报头(20 字节)的两倍。IPv6 基本报头被固定为 40bit,使路由器可以加快对数据包的处理速度,提高了转发效率,从而提高了网络的整体吞吐量,使信息传输更加快速。

#### 2.1.2 简化的 IPv6 基本报头

IPv6 基本报头中去掉了 IPv4 报头中首部长度、标识、标志、片偏移、报头校验、选项、填充等字段,其中段偏移和选项和填充字段被放到 IPv6 扩展报头中进行处理。去掉首部校验(Header Checksum),中间路由器不再进行数据包校验,中间路由器必须处理的字段从 6 个降到 4 个,这使路由处理分组的速度加快,提高了吞吐量。

#### 2.1.3 IPv6 报头新增流标记字段

IPv6 协议不仅保存了 IPv4 报头中的业务类别字段而且新增了流标记字段,使得业务可以根据不同的数据流进行更细的分类,实现优先级控制和 QoS 保障,极大地改善了 IPv6 的服务质量。

#### 2.1.4 IPv6 报头采用 128bit 地址长度

IPv4 采用 32bit 长度,理论上可以提供大约 43 亿个 IP 地址。如此多的 IP 地址似乎可以满足网络连接的需要,但事实上网络中任意交换机和交换机任意端口均需一个独立地址。为此网络缺乏足够地址满足各种潜在的需求。

IPv6 将地址从 IPv4 的 32 bit 增大到了 128bit。如果整个地球表面都覆盖着计算机,那么 IPv6 允许每平方米拥有  $7 \times 10^{23}$  个 IP 地址,这样几乎可以不受限制地提供 IP 地址,从而确保了端到端连接的可能性。IPv6 的地址虽多,但由于地址结构和地址分配采用严格的层次结构,因此对路由的压力不仅没有增加,反而大大减小。

### 2.2 IP 地址分配

IPv4 地址由网络标识和主机标识组成。IPv4 地址分为 5 类,基于上述类别处理的管理方式限制了实际可使用的地址,为此 IETF 通过划分子网和 CIDR 方案来解决 IP 地址不足的问题。但 CIDR 方案的不足之处是必须在知道网络掩码后才能确定地址中网络编号和主机编号。目前, A 类和 B 类地址已分配完,有预测表明,以目前发展的速度来算,在未来几年,所有的 IP 地址将分配完毕。Internet 未曾预料到的指数发展以及加上 IP 的应用,已经超出 IPv4 支持的能力。

IPv6 协议可根据用户的需要进行层状地址分配,高级网络管理部门可为下级网络管理部门划分地址分配区域。

IPv6 将用户划分成 3 种类型:(1)使用企业内部网络和 Internet;(2)目前使用企业内部网络,将来可能会用到 Internet;(3)通过家庭、飞机场、旅馆以及其他地方的电话线和 Internet 网络互联。

IPv6 协议为这些用户提供了不同地址分配方式。

(1)4 种类型的点到点通信/单播地址:用于标识单一网络设备接口,单播通信传播的分组可传送到地址标识的接口。

(2)改进的多播地址:用于标识归属于不同节点的设备接口集合,多播通信传送的分组可传送到地址标识的所有接口,这种地址方式是非常有用的。如可将网络中发送的新消息传送给所有登记的用户。特殊的多播地址可限制在特定网络链路或特定的系统组中进行通信。IPv6 协议没有定义广播地址,但可使用多播地址替代。

(3)新的任播(Anycast)地址:IPv6 协议中引入了任意播地址,用于标识属于不同节点的设备接口集合,任意播传送的分组可传送到地址标识的某一接口,接收到信息的接口通常是最近距离的网络节点,这种方式可提高路由选择的效率,网络节点可通过地址表示通信过程传输路由可经过的中间跳数,即信息传输路由可不必由路由器决定。

### 2.3 IPv6 路由协议

IPv6 网路由协议主要包括域内路由协议和域间路由协议。目前 IP 网域内路由协议主要是开放最短路径优先协议 OSPF(OSPF 用来交换 IPv4 路由信息的版本叫 OSPFv2,用来交换 IPv6 路由信息的版本叫 OSPFv3),OSPFv3 仍采用链路状态 LSA 数据库,并保持邻接路由器之间的同步。但由于从 IPv4 到 IPv6 上地址长度的变化,为了支持 IPv6 地址格式,OSPFv3 对 OSPFv2 协议进行了许多修改。OSPFv3 提高了通用性,使网络可以适应不断变化的要求。OSPFv3 还进行了优化并且安全也得到了提高。BGP4 是目前被所有 ISP 运营商广泛使用的 IPv4 外部路由协议,支持 IPv6 的域间路由协议是 BGP4+。

### 2.4 域名解析

IPv6 网络中的 DNS 与 IPv4 的 DNS 在体系结构上是一致的,都是采用树型结构的域名空间。IPv4 和 IPv6 共同拥有统一的域名空间。在 IPv4 到 IPv6 的过渡阶段,域名可以同时对应于多个 IPv4 和 IPv6 的地址。随着 IPv6 网络的普及,IPv6 地址将逐渐取代 IPv4 地址。可聚集全局单播地址是目前主要应用的 IPv6 地址,因 IPv6 可聚集全局单播地址是在全局范围内使用的地址,必须进行层次划分及地址聚集。

### 2.5 自动配置

IPv6 协议中引入了自动配置功能,一个主机进行 Internet 网络登记后,位置或配置发生变化时只需进行很少的改动即可进行工作,大幅度降低网络管理者的配置和地址映射管理,移动工作者也可方便地在任何地方任何时间接入到 Internet 网络。IPv6 协议中自动配置功能无需采用动态主机配置协议,在 IPv6 中,端点设备可以将路由器发来的网络前缀和本身的链路地址(即网卡地址)综合,自动生成自己的 IP 地址,用户不需要任何专业知识,只要将设备接入互联网即可接受服务,它对基于 IP 的第三代移动通信和将来家电上网提供了巨大的方便。由于 MAC 地址是全球唯一的,这样 IP 地址就不会重复,IPv6 的自动配置功能正是基于这种唯一 IP 地址的概念。

### 2.6 安全

IPv4 中存在一系列的安全性漏洞,应用程序只能通过本

身的私有性和认证性操作机制完成安全性操作。IPv6 利用数据包头的扩展部分可以提供路由器的安全性,IPv6 中强制性的安全性包括两方面的内容:

(1)IPv6 数据包的接收者可以要求发送者首先利用 IPv6 认证头进行“登录”,然后才接收数据包,可以有效地阻止网络“黑客”的攻击。

(2)对于必须保密发送的分组可利用 IPv6 的封闭安全头加密数据包。该头以 32 位的密钥号起始,后面跟随了加密的载荷段。这种加密并且是算法独立的加密算法,由发送方和接收方协定“这意味着可以安全地在 Internet 上传输敏感数据,不用担心被第三方截听”。

### 3 IPv6 与 IPv9 的比较

IPv4 实际上是 IP 的第一个版本,IPv6、IPv7、IPv8 和 IPv9 都曾作为 IPng 国际标准的候选者,但唯有 IPv6 被 IETF 选作标准,而 IPv9 不是 IPv6 的升级版,也不是国际标准。据 IPv9 协议创立者、十进制网络技术标准工作组组长谢建平介绍,IPv9 协议是根据《采用全数字码给上网的计算机分配地址的方法》发明专利实施并发展而成、拥有自主知识产权、以十进制算法(0-9)为基础的协议,整个网络系统主要有 IPv9 地址协议、IPv9 报头协议、IPv9 过渡期协议、数字域名规范等协议和标准构成,能兼容现有互联网络协议(IPv4、IPv6),但又可实现逻辑隔离,达到安全可控<sup>[1]</sup>。

IPv9 网络技术的出台,表明我国已成为目前世界上唯一能将域名、IP 地址和 MAC 地址统一成十进制文本表示方法的国家。同时,也成为继美国之后,第二个在世界上拥有根域名解析服务器和 IP 地址硬连接服务器的国家,和世界上第二个拥有自主的域名、IP 地址和 MAC 地址资源的国家及可独立进行域名解析和 IP 地址硬连接,并可独立自主地分配域名、IP 地址和 MAC 地址的国家。

#### 3.1 地址空间

IPv6 的 128 位长度形成  $3.4 \times 10^{38}$  的巨大地址空间,能支持地址直接分配方案。因此 IPv6 主机可拥有多个全球唯一的 IPv6 地址,以满足网络智能设备对地址的需求。IPv9 的 256 位长度形成  $1.16 \times 10^{77}$  的特巨大地址空间。二者都具有空间可扩充性。

#### 3.2 域名系统

IPv9 的核心是数字域名系统,可以兼容 IPv4、IPv6 英文域名,由此也会带来地址翻译的开销<sup>[2]</sup>。

1)IPv4、IPv6 通过美国进行域名解析。与此相反,最具吸引力的是 IPv9 由各国设定;避免了域名和 IP 地址受制于他国而形成互联网上的不平等。

2)IPv9 用数字组合做 IP 地址、MAC 地址,并取代现有互联网上的英文字母或其他符号作域名。因此,在 IPv6 下人们会抢注英文或拼音域名,在 IPv9 下人们会抢注如“6666...6”、“8888...8”的数字域名<sup>[3]</sup>。

3)IPv9 的个人 IP 地址有望一码通,应用于个人主页、FTP 服务、IP 电话、可视电视及身份证、税务发票、物流码等。

#### 3.3 兼容性

IPv6 与 IPv4 有很好的兼容性。IPv9 在机器的兼容性方面占有优势,因为 IPv6 只对应 128 位的微机,而 IPv9 对应的 256 位的微机不久将面世,是发展的必然趋势。

#### 3.4 移动性

IPv4 没有足够的地址提供移动终端,而移动 IPv6、IPv9 可通过简单的地址扩展解决问题,并支持优化路由<sup>[4]</sup>。

#### 3.5 安全性

IPv6、IPv9 的认证和加密相对于 IPv4 都有所提高。IPv6 协议内置安全机制支持无缝远程访问和用户以实时在线的方式接入企业网。IPv9 通过实现点对点电路,加强了用户的隐私权,若 IPv9 有自主的加密算法,无疑意义更加重大。

#### 3.6 服务质量

IPv6 报头中新增加了“业务级别”和“流标记”字段,从而提供不同级别的服务。IPv9 在继承 IPv6 的优点上,使用特别的语言表示法简化了网络管理难度,并可以处理 3 大网(电信、互联、有线电视网)的 IP 流。

#### 3.7 自动配置

IPv6 支持无状态和有状态两种地址的主机地址自动配置方式。前者是即插即用的机制,自动获得全球唯一的路由地址。后者如 DHCP 需要额外的服务器。IPv9 具体解决方法不明,目前只支持后者。

#### 3.8 多媒体

IPv6 解决了多媒体传送问题,而 IPv9 采用绝对码和长流码类似的协议,在模拟电路传输时取得较好的质量。IPv9 许多方面还停留在理论上,而 IPv6 则拥有了一套成熟的标准体系。

**结束语** 不管从 IPv4 演进到 IPv6 还是推进到 IPv9,演进中必须维护基于 IPv4 的成熟服务,同时还须支持新旧协议之间的互通性。解决方法有:双协议栈,隧道技术和地址翻译器。目前 IPv6 和 IPv9 都支持这 3 种技术。

与 IPv4 相比,IPv6 彻底解决了地址空间耗尽和路由表爆炸等问题,而且为 IP 协议注入了新的内容,使网络安全、移动主机以及 Qos 保证成为 IP 协议的有机组成部分。IPv6 在国际上、在商用领域里已经占据了主流地位,以 IPv6 代替 IPv4 是必然的,其规模与效益会远远领先于 IPv9。而 IPv9 尚未在国际上得到认可,在标准竞争中将处于劣势。

### 参 考 文 献

- 1 SRFC00010:IPv9 报头[z]. <http://202.38.64.40/~syang/IPv9/>
- 2 十进制网络工作组. ICS 35. 100. 70: 数字域名规范[z]. <http://202.38.64.40/~syang/IPv9/>
- 3 十进制网络工作组: DDNS 与 ENUM 的技术分析报告(2001) [R]. <http://202.38.64.40/~syang/IPv9/>
- 4 Sangheon P, Choi, Yanghee. A Study on Performance of Hierarchical Mobile IPv6 in IP-based Cellular Networks [C]. IEICE Transactions on Communications, 2004, E87-B(3): 462~469