

IPv6 Wi-Fi 环境下终端行为测试研究

张洁¹, 赵钦^{1,2}, 杨天乐³

(1. 北京邮电大学 网络技术研究院, 北京 100876; 2. 北京邮电大学 科学技术发展研究院, 北京 100876;

3. 中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

摘要: 各运营商因缺乏必要数据, 无法预估升级移动网络到 IPv6 后对用户体验造成的影响, 因此未敢轻易推进。测试了当前各主流移动终端在 IPv6 Wi-Fi 网络环境下的行为特性, 汇总数据后分析了影响用户体验的关键点, 研究了移动互联网 IPv6 大规模推广的可行性。同时亦说明了整个平台的搭建步骤要点。测试研究结果表明, 推广移动互联网 IPv6 的主要障碍是高占比操作系统和浏览器对 IPv6 支持不完善, 影响网络互通导致用户体验下降。

关键词: IPv6; 移动终端; 移动互联网; 虚拟化

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-436X(2014)Z1-0124-05

Terminals behavior testing research under IPv6 Wi-Fi

ZHANG Jie¹, ZHAO Qin^{1,2}, YANG Tian-le³

(1. Institute of Network Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2. Institute of Science and Technology Research, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

3. China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China)

Abstract: As lack of essential data, carrier operators are afraid to promote IPv6 in mobile Internet due to they cannot forecast the influence of user experience. The main current mobile terminals behavior under IPv6 Wi-Fi was tested, the key point to impact user experience was analyzed and the practicability of large-scale deployment of IPv6 in mobile Internet was studied. The main steps of establishing the test platform were detailed. Test results show that the operating systems and browsers with big market share supporting for IPv6 are still not perfect. They lead to worse user experience by bad internetworking. It is the main obstacle to promote IPv6 in mobile Internet.

Key words: IPv6; mobile terminal; mobile Internet; virtualization

1 引言

目前, 移动互联网用户量随着智能手机以及 3G/4G 移动网络的普及正在高速增长中。截至 2013 年 12 月, 中国手机网民规模达到 5 亿, 年增长率为 19.1%, 继续保持上网第一大终端的地位。网民中使用手机上网的人群比例由 2012 年底的 74.5% 提升至 81.0%, 远高于其他设备上上网的网民比例, 手机依然是中国网民增长的主要驱动力^[1]。

与此同时, 国内的移动互联网仍然停滞在 IPv4 上, 国内各大运营商也因此受到一定的发展限制。目前, 移动运营商正面临着 IP 地址枯竭阻碍新业务

开展的问题。由于对新业务进行安全管控需要端到端定位, 需要对 IP 地址进行可溯源管理, 目前, 这些在 IPv4 上很难做到, 而 IPv6 提供了一个很好的平台, 围绕这一平台还可以创新商业模式。据运营商方面称, 目前部分省市的 IP 地址已经分配完毕。其中中国移动更预测, LTE 对 IP 地址的需求量约为 2G、3G 的 18.9~37.8 倍, 中国移动未来发展 LTE 约需 13 亿个 IP 地址。当前互联网、云计算、移动互联网、三网融合等新兴网络应用的发展, 需要更大的空间和更先进的网络基础设施, 未来 5 年我国 IP 地址的需求总量将高达 345 亿个^[2]。移动互联网对 IPv6 的需求愈发上升。

收稿日期: 2014-10-15

基金项目: 国家科技重大专项移动互联网 IPv6 应用示范基金资助项目(2012ZX03002016-002)

Foundation Item: The National Science and Technology Major Project Mobile IPv6 Application Trial(CFID) (2012ZX03002016-002)

为了加快向移动互联网引入 IPv6 的进程,首先需要研究的即是当前各类移动终端在 IPv6 网络环境中的运行情况及其技术细节,从而才能进一步分析出未来对移动互联网 IPv6 的建设方向。本文即以此处作为出发点进行研究。

本文为研究移动互联网中 IPv6 终端行为,使用如下方案进行测试。

1) 针对当前各类移动终端的 IPv6 地址获取能力的测试。目前接入侧网络设备一般是通过 SLAAC(stateless address auto-configuration)^[3]及 DHCPv6(dynamic host configuration protocol version 6)^[4] 2 种方式获取到 IPv6 地址。

2) 针对当前各类移动终端的 IPv6 地址分发能力的测试。该能力要求移动终端支持 DHCPv6-PD(PD, prefix delegation)接入模式,可以使得一个用户同时将多个终端接入移动网络。在 2010 年上海世博会期间,有对新闻中心的用户开放该模式。

3) 针对当前各类移动终端在具备 IPv6 环境下 DNS 获取及使用能力的测试。在研究 IPv6 使用可行性下,必须考虑用户使用移动终端时对 DNSv6 支持度如何(包括当网络内同时具有常规 DNSv4 时的顺序优先行为),对查询 A/AAAA 记录的支持度及顺序优先行为。

4) 针对当前各类移动终端主流浏览器的 HappyEyeballs^[5]能力测试。对于 IPv6 开始普及阶段,一般使用双栈网络环境。因此需要考察当双栈网络环境下 IPv6 服务宕机与传统仅 IPv4 网络环境下的浏览器访问网页响应时间的对比测试。

5) 在以上测试情况下出现异常情况时,当前各类移动终端的处理或回退方式。

2 测试平台环境搭建

本研究课题采用 VMware ESXi 虚拟化平台搭建整套网络侧环境用以测试。该平台具备便于测试同时仍能保证结果的有效性等优点。

2.1 设备搭建规划

根据测试内容,首先测试平台由上至下设计为 3 个层次:纯 IPv4 网络接入、纯 IPv6 网络接入以及同时具备 IPv4 和 IPv6 的双栈网络接入。其次,测试平台从左到右设计为 3 个平面:用于接入的无线 AP 和接入路由器/DHCP 服务器,用于转发的核心路由器,用于业务支撑的 DNS 服务器/Web 服务器。

在 VMware ESXi 虚拟平台下,所有的设备均可使用 Linux 虚拟机模拟替代。无线 AP 接入通过配置 Hostapd 及额外插入 USB 转 Wi-Fi 模块实现。此外,为正确抓取到网络数据分组,无线 AP 与接入路由器间的 VLAN 网络需开启混杂模式。接入路由器进行 RA(router advertisement)及 DHCP/DHCPv6 配置。

基本网络拓扑如图 1 所示。

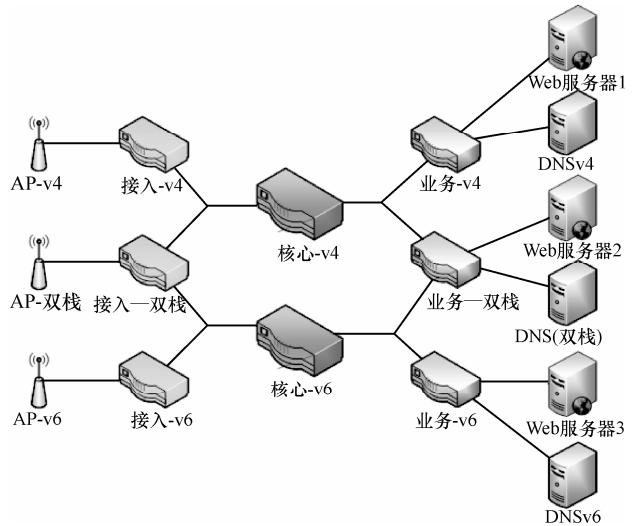


图 1 测试使用网络拓扑

2.2 IP 地址划分规则

- 1) 地址的划分本身具有地域可聚合性;
- 2) 测试环境内所有 IPv6 地址均在 2001:db8::/32 内,接入侧地址块为 2001:db8:20::/48,业务侧地址块为 2001:db8:21::/48,任何一个 IPv6 子网均为/64 的网段且互不冲突;
- 3) 接入侧 IPv4 地址块为 10.106.0.0/16,业务侧 IPv4 地址块为 192.168.0.0/16,任何一个 IPv4 子网均为/24 的网段且互不冲突;
- 4) 用于路由器互连的 VLAN,均在第 49~64 位全 0 的网段上(如接入侧路由 IPv6 地址块为 2001:db8:20:0::/64);核心路由对用户/业务侧路由的接入网关地址、用户/业务侧路由对用户/业务侧的接入网关地址尾端均为 1,同层次用户/业务侧路由对核心路由的接入口地址、DNS 服务器地址、Web 服务器地址尾端均分别相同且有效(如纯 IPv6 接入侧路由及纯 IPv6 业务侧路由对核心路由的接入口地址尾端均为 11);DNS 服务器地址尾段为 254 (IPv6 下即为 fe);
- 5) 整套 VMware ESXi 内的充当各项设备的 Linux 虚拟机均使用静态地址配置(待测移动终端

使用自动地址方式获取地址)。

2.3 DNS 配置

DNS 服务器使用 BIND9 搭建。

在给 DNS 配置 zone 及 database 时遵循的解析规则如表 1 所示。

表 1 DNS 域名解析记录

| 域名 | 解析地址 |
|--------|-------------------------------------|
| v4.com | 192.168.x.99 |
| v6.com | 2001:db8:21:x::99 |
| ds.com | 192.168.x.99 2001:db8:21:x::99 |
| w.com | 192.168.x.123 2001:db8:21:x::123 |
| w4.com | 192.168.x.123 2001:db8:21:x::99 |
| w6.com | 192.168.x.99 2001:db8:21:x::123 |
| e.com | - |

其中,表 1 中解析地址列内容里“x”与解析该域名的 DNS 服务器所在网段相同,e.com 表示 DNS 服务器在 zone 处有域名记录,但 database 不记录此域名解析地址,地址尾端为 99 指向接入网络的 Web 服务器,地址尾端为 123 不指向任何有效服务器。

2.4 Web 服务器配置

Web 服务器使用 Apache2 搭建。对本次测试中的 Web 服务器因存在包含多个域名的情况,故需要配置 VHost 实现(如对双栈 Web 服务器而言,v4.com 绑定到/var/www/v4,v6.com 绑定到/var/www/v6,ds.com 绑定到/var/www/ds)。

VHost 基本配置方式(首先确保 DNS 解析以及 Apache 服务正常):

- 1) 删除/etc/apache2/sites-enabled/目录下 000-default 链接文件;
- 2) 在/etc/apache2/sites-available/目录下新建对应域名的 conf 文件(如有/var/www/v4 项则建立 v4.conf),格式依照 Apache2 VirtualHost 模板;
- 3) 在/etc/apache2/sites-enabled/目录下创建第 2) 步里的 conf 的符号连接;
- 4) 启用 Apache2 rewrite mod;
- 5) 重启 Apache 服务。

此外,因待测移动终端可能未提供命令行方式界面,为了能直观快速确认待测终端访问到的 Web 服务器位置,各个用于测试的域名主页使用 PHP 技术显示客户端的访问地址及当前网页所在服务器自身的地址。

3 测试方法

确保测试平台环境搭符合需求,且各个待测移动终端的 Wi-Fi 模块均处于关闭状态,再开始进行测试。测试的基本方法为,对一个特定项(测试环境配置参数不变)测试时,等待某一终端测试完成,数据记录无误后,再对下一个终端进行测试。

3.1 地址获取及分发测试

在开始对 SLAAC 地址获取进行测试时,测试平台基本设置参数如表 2 所示。

表 2 SLAAC 测试初始环境

| 项 | 值 |
|---------|--------------------|
| RA 控制位 | M=0, O=0, A=1 |
| RA 前缀地址 | 2001:db8:20:2::/64 |
| DHCPv6 | 关闭 |
| DHCPv4 | 关闭 |
| DNS 服务器 | 关闭 |

此时在 AP 同时使用 tcpdump 监听抓包。其后开启待测移动终端的 Wi-Fi 模块。若终端提示获取到地址(稳定处于 Wi-Fi 已连接状态),则继续等待 5 s,之后记录抓取的网络分组;若 60 s 内仍未建立连接则放弃,直接记录抓取的网络分组。特别地,本测试课题在测试安卓移动设备时,起初发现其未能建立连接,但仍能获取到 IPv6 地址,而解决办法即是让接入侧路由开启 DHCPv4 服务。

DHCPv6 地址获取测试参数配置如表 3 所示。

表 3 DHCPv6 测试环境

| 项 | 值 |
|------------|--|
| RA 控制位 | M=1, O=0, A=0 |
| RA 前缀地址 | 无 |
| DHCPv6 | 开启(不使用 PD) |
| DHCPv6 地址池 | 2001:db8:20:2::100/64 ~ 2001:db8:20:2::999/64 |
| DHCPv4 | 关闭(测安卓时开启) |
| DNS 服务器 | 关闭 |

在进行 DHCPv6-PD 地址分发测试时,LAN 侧 Host 选用确认支持可通过 DHCPv6-PD 分发的地址建立连接的 Windows 7 系统终端,WAN 侧设置参数如表 4 所示。

表 4 DHCPv6-PD WAN 侧测试环境

| 项 | 值 |
|------------|--|
| RA 控制位 | M=1, O=1, A=0 |
| RA 前缀地址 | 无 |
| DHCPv6 | 开启 |
| DHCPv6 地址池 | 2001:db8:20:2::100/64 ~ 2001:db8:20:2::999/64 |
| DHCPv6-PD | 2001:db8:20:200::/64 ~ 2001:db8:20:299::/64 |
| DHCPv4 | 关闭 (测安卓时开启) |
| DNS 服务器 | 关闭 |

在待测设备启用 Wi-Fi 前,除了在接入侧路由使用 tcpdump 外,作为 LAN 侧的 Win7 终端亦使用 Wireshark 进行网络监听抓包。

3.2 DNS 及 HappyEyeballs 测试

在 2.3 节介绍了 DNS 配置方式及地址对应的 Web 服务器。在本项测试时,即是在确保待测移动终端具备 IPv6 地址时,记录其访问该项域名网页时的数据。除指定域名外,需额外访问不存在于 DNS 服务器 zone 内记录的域名(如 a.com)。此时除 tcpdump 抓包数据外,也需记录访问的网页所显示的终端用于访问网络的地址及服务器自身地址。

DNS 测试时的各项参数配置如表 5 所示。

表 5 DNS 测试环境

| 项 | 值 |
|---------|--------------------|
| RA 控制位 | M=0, O=1, A=1 |
| RA 前缀地址 | 2001:db8:20:2::/64 |
| DHCPv6 | 开启 (用于提供 DNSv6) |
| DHCPv4 | 开启 |
| DNS 服务器 | 开启 |

在其后进行终端 HappyEyeballs 测试时,首先通过 ip6tables 禁用 ds.com 对应 Web 服务器 HTTP 服务,再访问 ds.com 记录包括访问时间在内的各项数据。此外,该项测试时的记录对象为浏览器。

4 测试结果

根据以上测试方法,记录并汇总各项测试数据,可以分析得出如下结果,如表 6 所示,表中△代表仅当条件合适时才支持,√代表在以上测试时均支持,×代表不支持;后同。

表 6 各类终端地址获取及分发能力测试结果

| 终端 | SLAAC | DHCPv6 | DHCPv6-PD |
|------------------|-------|--------|-----------|
| Android 4.x | △ | × | × |
| iOS 7.0.x | √ | √ | × |
| WindowsPhone 8.0 | √ | √ | × |
| Windows 7/8.x | √ | √ | △ |
| Mac OS X 10.9 | √ | √ | △ |
| Ubuntu 12.04 | √ | √ | △ |

其中,安卓终端需要具备 IPv4 地址才可建立 Wi-Fi 连接,仅 SLAAC 方式获取到 IPv6 地址不能保持网络稳定。使用桌面类操作系统的笔记本终端需要通过修改 dhclient 配置文件方可成功分发 PD 地址。

如表 7 所示,虽然所有待测终端均优先使用 4A 记录访问网页,但仅使用微软旗下操作系统的终端优先请求查询 A 记录。此外,在异常情况测试中,非微软系统在 IP 解析错误时约 8 s 内不断同时使用 A 及 4A 记录重试访问,且只要二者其一有效即可马上访问到网页;微软系统开始 10 s 总是仅使用 4A 记录访问(只要有 4A 记录),其后才使用 A 记录访问(如果有 A 记录)(如表 8 所示)。

表 7 各类终端 DNS 能力测试结果

| 终端 | DNSv6 | A/4A | DNS 优先 | A/4A 顺序 |
|------------------|-------|------|--------|---------|
| Android 4.x | × | √ | v4 | 4A |
| iOS 7.0.x | √ | √ | v4 | 4A |
| WindowsPhone 8.0 | √ | √ | v6 | 4A |
| Windows 7/8.x | √ | √ | v6 | 4A |
| Mac OS X 10.9 | √ | √ | v4 | 4A |
| Ubuntu 12.04 | √ | √ | v6 | 4A |

表 8 主流浏览器 HappyEyeballs 支持测试结果

| 终端 | HappyEyeballs |
|--------------|---------------|
| Chrome 30 | √ |
| Chrome Metro | × |
| Firefox 27 | √ |
| IE 9/10/11 | × |
| Safari 7 | √ |

5 结束语

根据著名市场研究公司 IDC 于 2014 年 6 月发布的《全球智能手机市场 2014-2018 年预测分析报

告》，安卓操作系统在全球智能手机市场份额中占比达到 78.9%，且预测直到 2018 年安卓占比仍能保持不低于 76%^[6]。此外，根据市场研究公司 Net Applications 数据显示，2014 年 5 月 Windows 操作系统在桌面操作系统占比达到了 91.3%。与之相应的，据 CNZZ 数据显示，IE 系及基于 IE 核心的浏览器的市场份额始终占据大半江山。本课题的测试结果反映出安卓终端目前仍未能有效使用 IPv6 技术，而当前 Windows 操作系统在某些 IPv6 异常网络情况下处理也不妥当，以及部分浏览器对标准支持的不完善，由此导致的网络不通对用户体验影响甚大，从而严重影响移动互联网 IPv6 的推广。目前下一代安卓系统——Android L 已经进入预览开发阶段，并于 2014 年底逐步覆盖开来。

参考文献：

- [1] The 33th Statistical Report on Internet Development in China[EB/OL]. http://www.cnnic.net.cn/hlwfzj/hlwzbg/hlwtjbg/201403/t20140305_46240.htm,2014.
- [2] IPv6 commerce a year: explosive growth is unrealistic[EB/OL]. http://www.cs.com.cn/ssgs/hyzx/201211/t20121127_3749468.html, 2012.
- [3] THOMSON S, NARTEN T, JINMEI T. IPv6 Stateless Address Auto-configuration[S]. RFC 4862, 2007.
- [4] BOUND J, VOLZ B, LEMON T, *et al.* Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)[S]. RFC 3315, 2003.
- [5] WING D, YOURTCHENKO A. Happy Eyeballs: Success with Dual-Stack Hosts[S]. RFC 6555, 2012.
- [6] BOUCHARD J P, HOFFMAN B, LLAMAS R T. Worldwide Business Use Smartphone 2014–2018 Forecast and Analysis[R]. IDC, 2014.

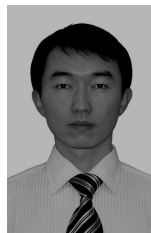
作者简介：



张洁（1989-），男，苗族，湖南吉首人，北京邮电大学硕士生，主要研究方向为网络技术与应用。



赵钦（1982-），男，河北张家口人，北京邮电大学工程师，主要研究方向为 IPv6 过渡技术、IPv6 网络和地址规划、IPv6 移动性管理。



杨天乐（1981-），男，河南开封人，中国移动通信有限公司研究院研发经理，主要研究方向为 IPv6、SDN、NFV 等 IP 领域新兴技术。