

DNS服务器的IPv6部署 测量研究

秦丰林

山东大学信息办

2019.11 杭州

提纲

- ▶ 研究动机
- ▶ 相关研究
- ▶ 测量方法
- ▶ 实验结果
- ▶ 小结

研究动机

- ▶ 随着国家政策推动，IPv6部署逐渐加快，DNS作为互联网的关键基础设施之一，其IPv6部署升级也具有重要意义。
- ▶ IPv6部署进展是互联网测量研究感兴趣的问题之一，DNS的IPv6部署进展如何？
- ▶ DNS服务器IPv6测量的应用
 - ▶ 获得现有DNS服务器的IPv6配置
 - ▶ 了解DNS的IPv6部署进展
 - ▶ 发现其中存在的问题

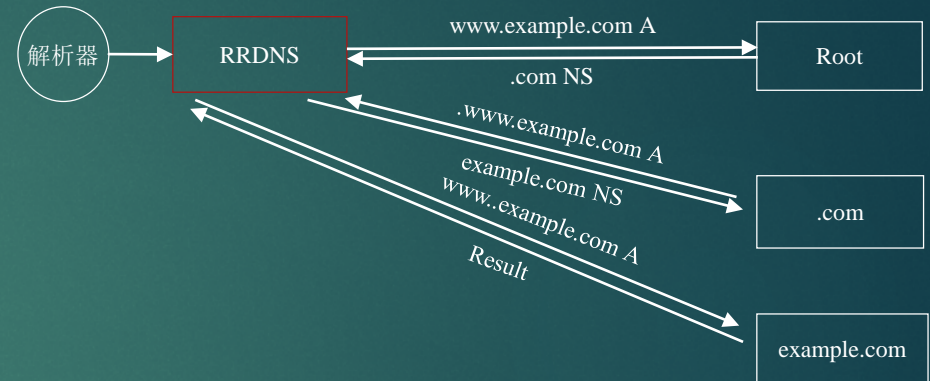
相关研究

- ▶ 互联网的IPv6部署进展研究
 - ▶ 文献[2]使用地址分配、BGP路由表、网络流量等多个数据集对IPv6部署程度进行了测量分析
 - ▶ 文献[3]使用更多类型的数据集对IPv6部署进展进行了更为全面和深入的测量研究
- ▶ 网站IPv6部署测量研究
 - ▶ 文献[5]对网站（WWW）的IPv6部署进展进行了测量研究，并着重分析了网站IPv6访问的性能问题
- ▶ DNS IPv6相关研究
 - ▶ 文献[3]基于两个顶级节点的采集流量分析了IPv6 DNS服务器数量，属于被动测量的方法。
 - ▶ 文献[6]DNS解析的性能分析模型，并基于开发的dnsScaple测量工具对IPv6下的DNS性能进行了测量。
 - ▶ 文献[7]针对IPv6地址空间巨大的问题，通过反向DNS解析的测量方法来枚举互联网上存在的IPv6地址。
 - ▶ 文献[8]基于测量得到的IPv4和IPv6地址对，着重研究IPv4与IPv6 DNS服务器之间的关联关系。

DNS服务器的IPv6部署

▶ DNS系统架构

- ▶ 用户端的解析器
- ▶ 服务端的递归DNS服务器(RRDNS)
- ▶ 根、顶级和权威DNS服务器等

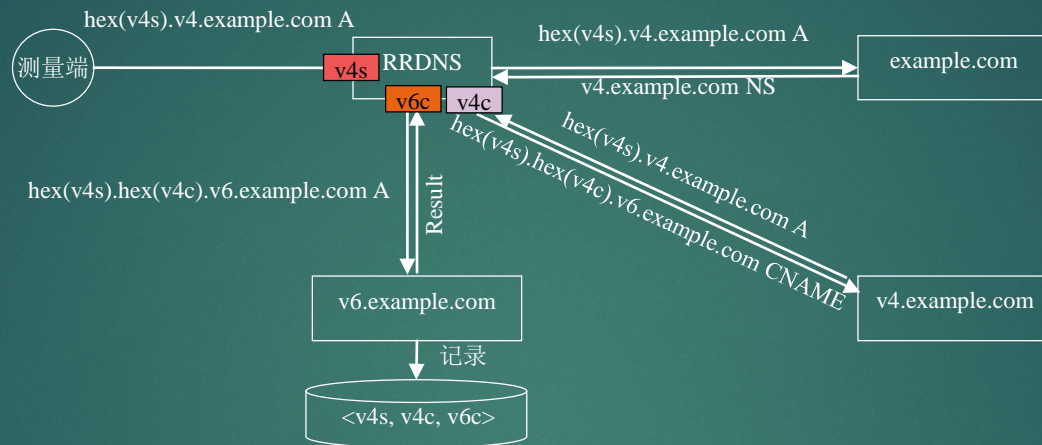


- ▶ 说明：对于小规模RRDNS来说，RRDNS可能就是一台服务器，但对于大型的RRDNS来说，RRDNS可能是一个集群，包含负载均衡、转发器或任播服务器等多种设置。为简单起见，本文仍将其看做是一个RRDNS服务器来进行IPv6部署的测量。
- ▶ 从DNS系统架构来看，对RRDNS来说，逻辑上存在三种可能的地址：
 - ▶ 向用户提供服务的IPv4地址，表示为v4s
 - ▶ 向根、顶级或权威域名服务器发起请求的IPv4源地址，表示为v4c，对于小规模的RRDNS来说，v4c和v4s一般相同。
 - ▶ 向支持IPv6的DNS权威服务器发起请求的IPv6源地址，表示为v6c。如果RRDNS未部署IPv6，则不存在v6c这一地址。

测量方法

- ▶ 根据上述分析，提出一种DNS服务器的IPv6部署测量方法，该方法在具有控制权限的DNS权威服务器上，如example.com，设置两个特殊的子域：
 - ▶ v4.example.com，该子域是一个纯IPv4的DNS权威服务器。
 - ▶ v6.example.com，该子域是一个纯IPv6的DNS权威服务器。
- ▶ 测量方法的实现流程如图2所示，主要是通过设置别名（CNAME）的方式，在两个子域间实现解析请求的转向，最终得到RRDNS发起请求的IPv4源地址v4c和IPv6源地址v6c。

测量方法



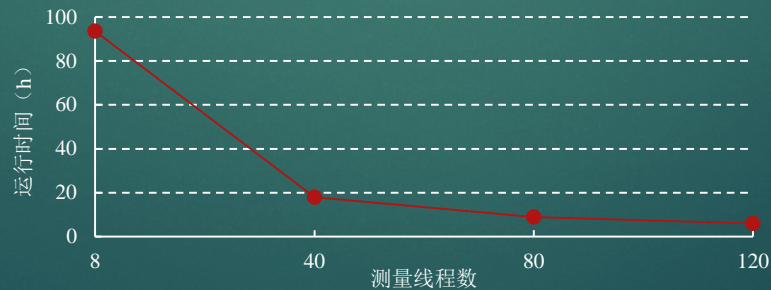
▶ 测量方法流程

- ▶ 测量端向被测的DNS服务器（RRDNS）发出解析请求，在请求中嵌入被测服务器的v4s地址，本文使用16进制对地址进行编码，表示为hex(v4s)，则解析请求表示为hex(v4s).v4.example.com。
- ▶ 权威域名服务example.com收到解析请求，返回v4.example.com的NS记录。
- ▶ v4.exmaple.com接收到RRDNS发送的解析请求，将请求的IPv4源地址v4c嵌入到应答记录中，向RRDNS返回嵌入v4s和v4c的v6.exmaple.com CNAME记录，表示为hex(v4s).hex(v4c).v6.example.com。
- ▶ RRDNS向v6.exmaple.com提出解析请求，v6.example.com得到请求的源IPv6地址v6c，并从请求记录中提取出v4s和v4c，记录下<v4s、v4c、v6c>三元组，同时返回解析结果。
- ▶ 流程测量端接收到解析结果，说明该RRDNS实现了IPv6的部署，否则，没有实现IPv6的部署。对于解析结果，如果测量端发出的是A记录测量请求，则将v4c作为解析结果返回，如果是AAAA记录请求，则返回v6c。这样测量端通过分别发送A和AAAA请求，也可以得到<v4s、v4c、v6c>三元组。

实验设置

▶ 实验设置步骤

- ▶ 获得一个开放DNS服务器列表。主要基于ZMap结合DNS解析脚本来实现。使用ZMap对IPv4互联网进行扫描，并根据DNS解析脚本进行判断，得到互联网上的开放DNS服务器列表。
- ▶ 搭建测量实验环境。使用Python实现了受控的纯IPv4和纯IPv6子域权威DNS服务器程序，并实现了一个域名解析的自动化测量脚本。为提高测量效率，基于GNU Parallel实现了测量的并行化处理。图3显示了采用不同线程数时的测量运行时间，出于提高测量效率与降低网络负载的综合考虑，本文将并发线程数设为80。
- ▶ 进行DNS服务器的IPv6部署测量，并分析测量结果。在测量端基于测量脚本对得到的开放DNS服务器列表进行IPv6部署测量，并通过分析得到的<v4s、v4c、v6c>三元组，得出开放DNS服务器的IPv6部署程度等结果。



测量结果

▶ 开放DNS服务器IPv6部署进展

- ▶ 共测得了24.1万多个开放DNS服务器，测量发现实现IPv6部署的DNS服务器为2.7万多个，占比11.5%，这表明DNS服务器的IPv6部署工作已取得了一定的进展，但比例依然不高，仍需要进一步推动其发展。
- ▶ DNS服务器的唯一IPv6源地址数是2292，唯一IPv4源地址数是2623，远小于部署IPv6的开放DNS服务器数量，这说明有多个开放DNS服务器使用了相同的DNS后台服务器，应该属于同一个组织机构的DNS集群。
- ▶ 进一步对获得的IPv6源地址进行开放DNS测量，发现其中428个是IPv6开放DNS服务器，说明这也是发现IPv6开放DNS服务器的一种可行途径。

测量项	数量
开放DNS服务器 (v4s)	241478
部署IPv6的开放DNS服务器	27861
唯一IPv4源地址 (v4c)	2623
唯一IPv6源地址 (v6c)	2292
IPv6开放 DNS服务器	428

测量结果

▶ 国家分布

- ▶ 使用Maxmind地理库对测量获得的唯一IPv4源地址进行地理位置分析，前5名结果如表2所示。其中，中国所占的比例最高，达到一半左右，日本和美国次之，新加坡等其它国家在DNS服务器的IPv6部署方面也有所进展。

▶ AS分布

- ▶ 使用Maxmind地理库对唯一IPv4源地址所属的自治系统（AS）进行分析，前5名结果如表3所示。可以发现前5名总计占比50%以上，其中，中国联通（AS 4837）部署IPv6的开放DNS服务器数量最多，谷歌公司次之，中国电信等其它运营商和Cloudflare等互联网公司也有较多的部署，这说明目前部署IPv6的开放DNS服务器大多是由大型运营商或互联网公司来实现的。

国家	数量	AS号	AS组织名称	数量
中国	1094	4837	中国联通	379
日本	228	15169	谷歌	375
美国	215	4134	中国电信	285
新加坡	213	13335	Cloudflare	187
印度尼西亚	52	9808	中国移动	83

测量结果

▶ IPv6地址类型分析

- ▶ 可以发现原生IPv6地址数占绝大多数，达到96%以上，仅存在少量的6to4地址，这表明原生IPv6已成为IPv6部署的主流技术，而6to4作为较早出现的IPv6隧道技术，目前仍在一定的范围内得到应用。

▶ IPv6地址IID类型分析

- ▶ 可以发现低位方式占绝大多数，嵌入IPv4地址和嵌入端口方式次之，这表明DNS服务器的IPv6地址存在明显的静态地址设置规律，这对其进行网络测量发现具有一定的参考意义。

地址类型	数量
原生IPv6地址	2215
6to4地址	77

IID类型	数量
低位	1571
嵌入IPv4地址	462
嵌入端口	64
EUI-64	57
随机	43
字节模式	18

小结

- ▶ 为了解目前互联网上DNS服务器的IPv6部署进展，本文提出了一个DNS服务器的IPv6部署测量方法
- ▶ 对互联网上的开放DNS服务器进行测量实验，验证了该方法的有效性，并根据测量结果分析了开放DNS服务器的IPv6部署程度。
- ▶ 相比单次的测量结果，持续性测量的测量更有意义，下一步希望能对DNS服务器的IPv6部署进展和存在问题进行更全面的测量和研究

感谢大家！