暨南大学本科实验报告专用纸

课程名称 计算机网络实验 成绩评定

实验项目名称 DNS 协议分析实验 指导教师 雷小林 、魏林锋

实验项目编号 实验项目类型 综合 实验地点 N117

学生姓名 陈宇 学号 2020101642

学院 信息科学技术学院 系 计算机系 专业 软件工程

实验时间 2022 年 11 月 15 日 下 午～ 11 月 15 日 下 午

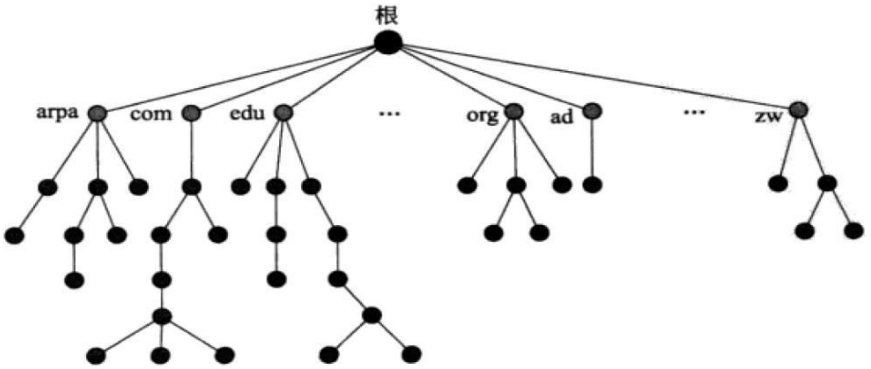
实验目的

1. 掌握 DNS 的报文格式
2. 掌握 DNS 的工作原理
3. 掌握 DNS 域名空间的分类
4. 理解 DNS 高速缓存的作用

实验原理

1. 域名空间

在域名空间中，名字被定义在一个根在顶部的树型结构中。这个树结构最多有 128 层：第0 层为根，如下图所示：

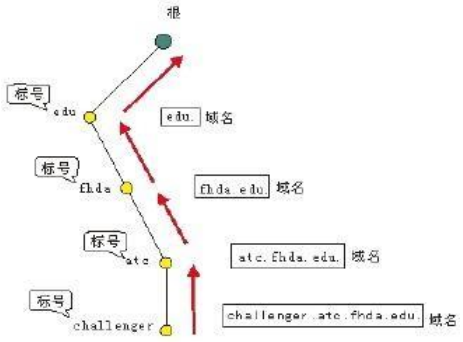


- 标号

树上的每一个节点都有一个标号，标号是一个最多有 63 个字符的字符串。根节点的标号是空字符串。每一个节点的子节点都具有不同的标号，这样就保证了域名是惟一的。

- 域名

一个完全的域名是用点“.”分隔开的标号序列。域名总是从节点标号向上读到根点标号的。因为最后一个标号是根节点的标号，所以一个完全的域名总是以空标号结束。因为空字符串表示什么也没有，所以域名的最后一个字符是一个点。下图给出了一个域名示例。



2. DNS 协议简介

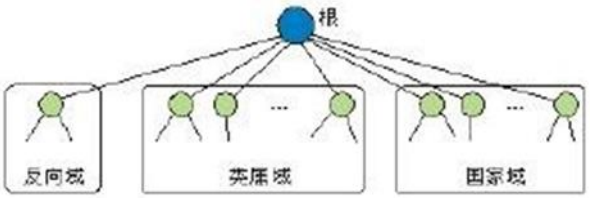
DNS 是域名系统 （Domain Name System）的缩写，是一种分层次的、基于域的命名方案，

主要用来将主机名和电子邮件目标地址映射成 IP 地址。当用户在应用程序中输入 DNS 名称

时，DNS 通过一个分布式数据库系统将用户的名称解析为与此名称相对应的 IP 地址。

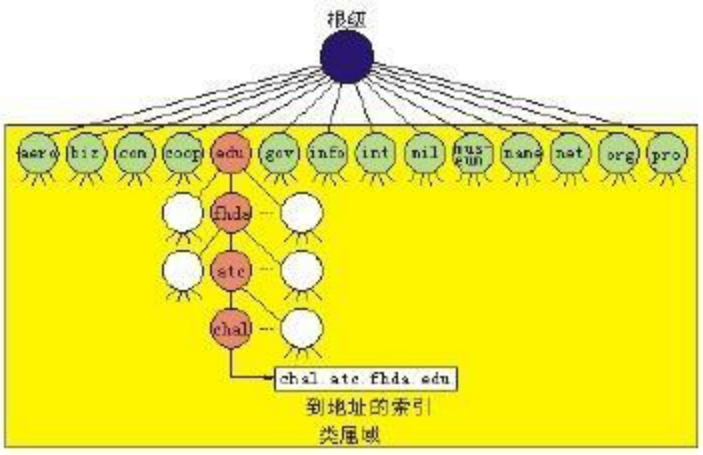
（1）DNS 的域名分类

在Internet 中，域名空间被划分为 3 个部分：类属域、国家域和反向域，如下图所示：



- 类属域

类属域按照主机的类属行为分类。树中的每一个节点定义一个域，它是到域名空间数据库的一个索引，如下图所示：



在类属域的第一级允许有 14 个标号。这些标号描述了不同的机构类型，如下表所示：

标号	说明	标号	说明
aero	航空和航天公司	int	国际机构
biz	企业或商行（与“com”相	mil	军事机构
com	商业机构	museum	博物馆和其它非盈利组织
coop	协作的企业组织	name	人名字（个人的）
edu	教育机构	net	网络支持中心
gov	政府机构	org	非盈利机构

info	信息服务提供者	pro	专业个体组织

- 国家域

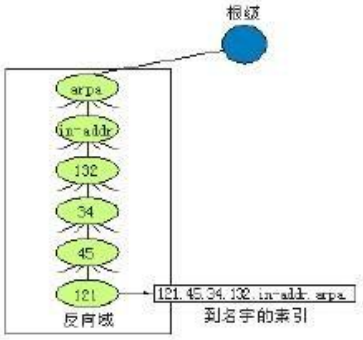
国家域使用两字符的国家或地区的缩写（例如，用 cn 代表中国）第二级标号可以是机构的标号，或者是国家指定的标号。

- 反向域

反向域用来把一个地址映射为域名。例如，有时服务器会收到来自客户的请求，要完成一个任务。但是服务器不能确定这个客户是否在授权的客户列表中，因为只有客户的 IP 地址（从收到的 IP 数据包中提取出来的）被列出。要确定这个客户是否在授权列表中，服务器可以使用它的解析程序向 DNS 发送查询，并请求把地址映射为名字。

这种类型的查询叫做反向查询或指针（PTR）查询。要处理反向查询，在域名空间中要增加反向域，且其第一级节点叫做 arpa（由于历史原因）第二级节点叫做 in-addr（表示反向地址）域的其余部分为 IP 地址。

处理反向域的服务器也是分级的。这就表示地址的网络号部分要比子网号部分的等级高，而子网号部分要比主机号部分的等级高。在与类属域和国家域相比较时，反向域看起来是反过来的，如 132.34.45.121 的IP 地址在读出时应为 121.45.34.132.in-addr.arpa。下图是反向域配置的说明。



（2）DNS 报文格式

DNS 报文由12 字节长的首部和 4 个长度可变的字段组成，如下图所示：

标识（16 位）	标志（16 位）
问题记录数（16 位）	应答记录数（16 位）
授权记录数（16 位）	附加记录数（16 位）
查询问题	
回答（资源记录数可变）	
授权（资源记录数可变）	
额外信息（资源记录数可变）	

标识：该字段占两个字节，由客户程序设置并由服务器返回。客户程序通过它来确定响应与查询是否匹配。

标志：16 位的标志字段被划分为若干子字段，如下图所示：

QR	Opcode	AA	TC	RD	RA	保留	AD	CD	rcode
1 位	4 位	1 位	1 位	1 位	1 位	1 位	1 位	1 位	4 位

标志字段的各子字段含义如下：

- QR（查询/响应）：该位为0时是查询报文；为1时是响应报文。
- Opcode：该位为 0 时是标准查询；为 1 时是反向查询；为 2 时是服务器状态请求。
- AA（授权回答）：这是1 位字段。当它设置为 1 时，表示名字服务器是权限服务器。它只用在响应报文中有效。
- TC（截断的）：该位只在响应报文中有效，它表示响应报文被切割，因为响应报文过大而无法适用于数据包的数据部分。例如，如果响应包含大量名称服务器，数据包可能会超过允许的 MTU。这时，数据包将被切割，并且将 TC 域位设置为 1。

- RD（要求递归）：如果目标名称服务器不包含所请求的信息，该域表示客户端请求递归查询。
- RA（递归可用）：该域在响应中有效，它表示响应名称服务器是否提供递归查询。
- AD（可信数据）：这位用来指定所有的数据已经被服务器认证。
- CD（验证无效）：这位指定了没有被认证的数据对于询问者来说是可以接受的。
- Rcode：该域长度为 4 位，用于 DNS 响应中，表示是否出现错误。问题

记录数：该字段占两个字节，查询问题部分包含的条目数量。

应答记录数：该字段占两个字节，表示回答部分包含的回答记录数。在查询报文中它的值是 0。

授权记录数：该字段占两个字节，包含在响应报文的授权部分的授权记录数。在查询报文中它的值是 0。

附加记录数：该字段占两个字节，包含在响应报文的附加部分的附加记录数。在查询报文中它的值是 0。

查询问题：DNS 查询或响应报文中会有查询部分。查询部分中每个问题的格式如下图所示：

查询名	
查询类型	查询类

- 查询名：表示要查找的名字，它是一个或多个标识符序列。
- 查询类型：表示查询问题时的类型。最常用的查询类型是 A 类型，表示期望获得查询名的 IP 地址；而一个PTR 查询则请求获得一个 IP 地址对应的域名。
- 查询类：表示查询的类别。其值通常是 1，表示 Internet 类型。

回答（资源记录数可变）：DNS 响应报文中会有回答部分。回答部分包括从服务器到客户（解析程序）的回答。其资源记录的格式如下图所示：

域名	
类型	类
生存时间	
资源数据长度	资源数据

- 域名：表示记录中资源数据对应的名字。它的格式和查询名字字段格式相同。
- 类型：表示资源记录的类型。它的值和查询类型的值是一样的。
- 类：表示资源记录的类别。它的值和查询类的值是一样的。
- 生存时间：表示客户程序保留该资源记录的秒数。
- 资源数据长度：表示资源数据的数量。该数据的格式依赖于类型字段的值。
- 资源数据：表示该资源数据的内容。

授权（资源记录数可变）：DNS 响应报文中会有授权部分。授权部分为该查询给出关于一个或多个授权服务器的信息（域名）其资源记录的格式如下图所示：

域名	
类型	类
生存时间	
资源数据长度	资源数据

- 域名：表示记录中资源数据对应的名字。它的格式和查询名字字段格式相同。
- 类型：表示资源记录的类型。它的值和查询类型的值是一样的。
- 类：表示资源记录的类别。它的值和查询类的值是一样的
- 生存时间：表示客户程序保留该资源记录的秒数。
- 资源数据长度：表示资源数据的数量。该数据的格式依赖于类型字段的值
- 资源数据：表示该资源数据的内容。

额外信息（资源记录数可变）：DNS 响应报文中会有额外信息部分。额外信息部分提供有助于解析程序的附加信息。其资源记录格式如下图所示：

域名	
类型	类
生存时间	
资源数据长度	资源数据

- 域名：表示记录中资源数据对应的名字。它的格式和查询名字段格式相同。
- 类型：表示资源记录的类型。它的值和查询类型的值是一样的。
- 类：表示资源记录的类别。它的值和查询类的值是一样的。
- 生存时间：表示客户程序保留该资源记录的秒数。
- 资源数据长度：表示资源数据的数量。该数据的格式依赖于类型字段的值。
- 资源数据：表示该资源数据的内容。

（3）域名服务器和域名解析

DNS 解析程序是客户/服务器模式的应用程序。需要把地址映射为域名或把域名映射为地址的主机要调用DNS 解析程序。解析程序用映射请求找到最近的 DNS 服务器。若 DNS 服务器有这个信息，则满足解析程序的要求；否则，或者让解析程序找其它的服务器，或者再请其它服务器提供这个信息。

当解析程序收到响应后，就解释这个响应，看它是正确的解析还是错误的解析，最后把解析结果交给请求映射的进程。

- 正向解析

通常，解析程序把域名交给服务器，请求服务器给出相应的地址，服务器检查类属域或国家域并查找映射。

如果需要查询的域名是类属域名或国家域名，解析程序就把这个需要查询的域名发送到本地 DNS 服务器进行解析。若本地服务器不能解析这个域名，它就让解析程序再找其它的DNS 服务器，或者直接询问其它 DNS 服务器。

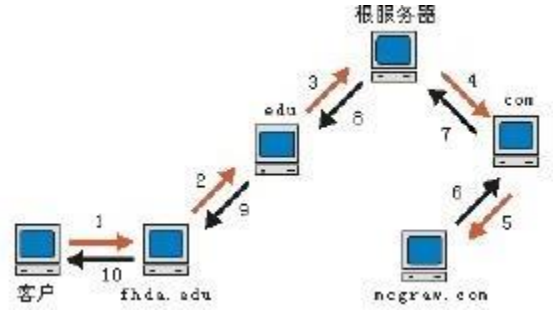
- 反向解析

有时客户会要求将 IP 地址映射到相应的域名，客户把 IP 地址发送到 DNS 服务器并请求服务器映射出相应的域名，这种查询叫做反向解析，也叫做 PTR 查询。要回答这类查询，DNS 使用反向域。在请求中，IP 地址需要反过来，同时还要附上两个标号 in-addr 和arpa， 以创建可以被反向域部分所接受的域。例如，若解析程序收到的 IP 地址是 132.34.45.121，解析程序首先把地址反过来，并在发送前加上两个标号。 发送出的域名是“121.45.34.132.in-addr.arpa”，它由DNS服务器接受和解析。

（4）递归解析和迭代解析

- 递归解析

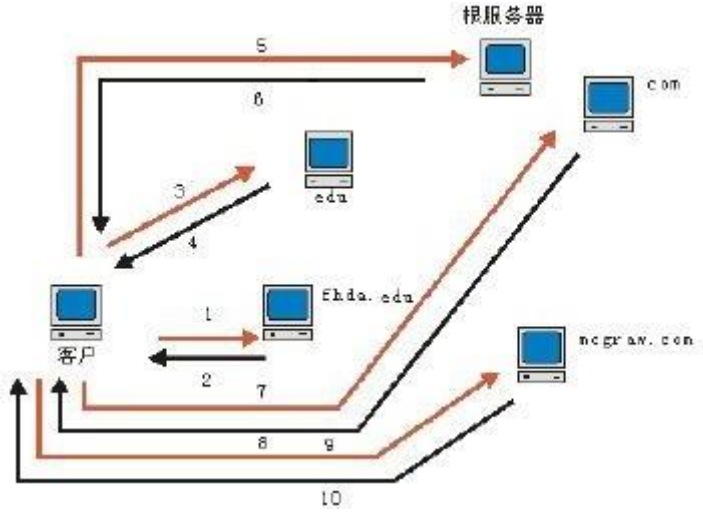
客户（解析程序）可以向域名服务器请求递归回答。这就表示解析程序期望服务器提供最终解答。若服务器是这个域名的权限服务器，就检查它的数据库并作出响应。若服务器不是权限服务器，它就将请求发送给另一个服务器（通常是父服务器）并等待响应。若父服务器是权限服务器，则响应；否则，就将查询再发送给另一个服务器。当查询最终被解析时，响应就返回，直到最后到达发出请求的客户。下图给出了这个过程：



- 迭代解析

客户（解析程序）可以向域名服务器请求迭代回答。若服务器是这个域名的权限服务器，它就发

送解答。若不是，就返回它认为可以解析这个查询的服务器的 IP 地址。客户就向第二个服务器重复查询。若新找到的服务器能够解决这个问题，就回答这个查询；否则，就向客户返回一个新的服务器的 IP 地址。现在客户必须向第三个服务器重复查询。这个过程称为迭代，客户向多个服务器重复发送同样的查询。在下图中，客户在从 mcgraw.com 服务器获得解答之前，查询了 4 个服务器。



（5）DNS 高速缓存

每个域名服务器都维护着一个高速缓存，存放最近用到过的域名信息和此记录的来源当客户请求域名解析时，域名服务器首先检查它是否被授权管理该域名，若未被授权，则查看自己的高速缓存，检查该域名是否最近被转换过。如果有这个域名信息，域名服务器就会将有关域名和IP 地址的绑定信息报告给客户，并标志为非授权绑定，同时给出获得此绑定的域名服务器的域名，本地域名服务器也会将该绑定通知客户。但该绑定信息可能是过时的。根据是强调高效还是准确性，客户可以选择接受该绑定信息还是直接与该绑定信息的授权服 务器联系。

3．实验环境与说明

（1）实验设备和连接

实验设备和连接图如图 37 所示，一台锐捷 S2126G 交换机连接了 2 台PC 机，分别命名为主机 A、主机 B，交换机命名为 Switch。

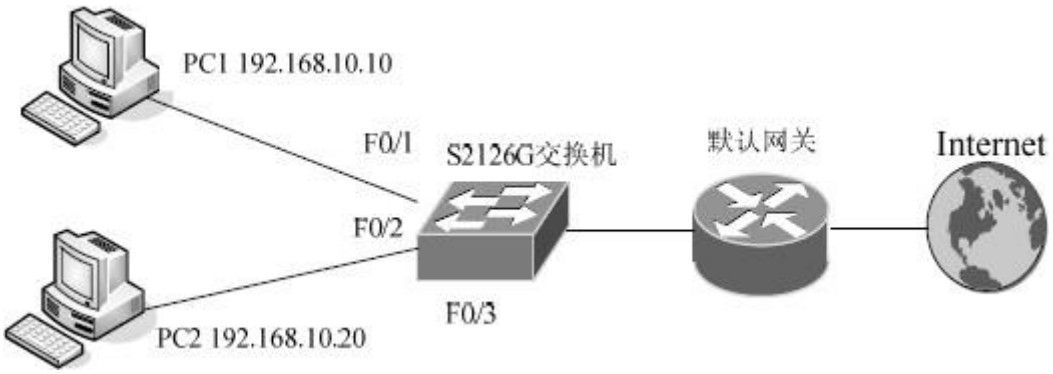


图37 DNS 协议分析实验连接图

（2）实验分组

每六名同学为一组，其中每两人一小组，每小组各自独立完成实验。将主机 A 和 B 作为一组，主机 C 和 D 作为一组，主机 E 和 F 作为一组。现仅以主机 A、B 所在组为例，其它组的操作参考主机 A、B 所在组的操作。

实验步骤

练习一、Internet 域名空间的分类

本练习一人一组，现仅以主机 A 为例，其它主机的操作参考主机 A。

类属域

步骤 1：将主机 A 的“首选DNS 服务器”设置为公网DNS 服务器，目的是能够访问 Internet。

步骤 2：主机 A 运行Wireshark 捕获数据并设置过滤条件（提取 DNS 协议）步骤 3：

主机 A 在命令行下运行“nslookup www.python.org”命令。

步骤 4：主机 A 停止捕获数据。分析主机 B 捕获到的数据及主机 A 命令行返回的结果，回答以下问题：

- “www.python.org”对应的 IP 地址是什么？

答：146.75.112.223

```
C:\Users\28606>nslookup www.python.org
服务器:  public1.114dns.com
Address:  114.114.114.114

非权威应答:
名称:    dualstack.python.map.fastly.net
Addresses:  2a04:4e42:8c::223
          146.75.112.223
Aliases:  www.python.org
```

- “www.python.org”域名的顶级域名的含义是什么？

答：.org = 各类组织机构（包括非盈利团体）

国家域

步骤 5：主机 A 运行Wireshark 捕获数据并设置过滤条件（提取 DNS 协议）

步骤 6：主机 A 在命令行下运行“nslookup www.gd.gov.cn”命令。

步骤 7：主机 A 停止捕获数据。分析主机 B 捕获到的数据及主机 A 命令行返回的结果，回答以下问题：

- “www.gd.gov.cn”对应的 IP 地址是什么？

```
C:\Users\28606>nslookup www.gd.gov.cn
服务器:  public1.114dns.com
Address:  114.114.114.114

非权威应答:
名称:    www.gd.gov.cn
Addresses:  2409:8754:2:1::d24c:4b59
          210.76.75.89
          157.122.49.11
          120.197.33.11
```

答：120.197.33.11

- “www.gd.gov.cn”域名的顶级、二级、三级域名的含义是什么？

答：.cn = 中国域名
.gov = 政府部门
.gd = 广东省

反向域
步骤 8：将主机 A 的“首选 DNS 服务器”设置为 DNS 服务器的 IP 地址（按所在环境实际情况来配置或者自动获取）。
步骤 9：主机 A 运行Wireshark 捕获数据并设置过滤条件（提取 DNS 协议）。步骤 10：
主机 A 在命令行下运行“nslookup 8.8.8.8”命令。
步骤 11：主机 A 停止捕获数据。分析主机 A 捕获到的数据及主机 A 命令行返回的结果，
回答以下问题：

- 8.8.8.8 对应的域名是什么？

答：dns.google

- 反向域的顶级、二级域名分别是什么？

答：.google = 谷歌公司
.dns = dns服务器

练习二、查看DNS 查询请求

步骤 1： 将主机 A 的“首选 DNS 服务器”设置为 DNS 服务器的 IP 地址（按所在环境实际情况来配置或者自动获取）。

步骤 2：利用 ipconfig /flushdns 命令清空主机 A 上的DNS 缓存。

步骤 3：在主机 A 启动 Wireshark，设置主机 A 的截获条件为通过主机 IP：“ip.addr==your_IP_address”，开始截获报文。

步骤 4：在主机 A 上打开命令行窗口，执行nslookup -type=NS jnu.edu.cn。

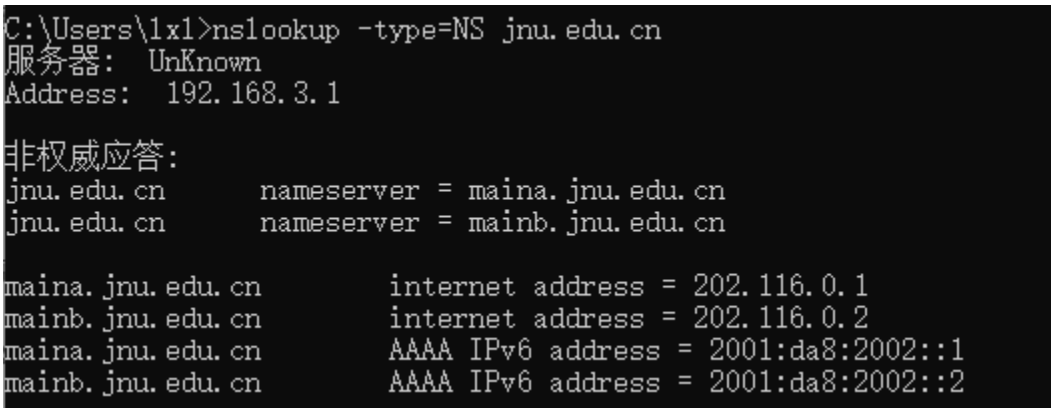


图38 NSLOOKUP 操作示意

步骤5：停止截获报文并将截获的结果分别保存为 DNS-S 和 DNS-C。分析 DNS 的请求和应答报文，完成下面的要求。

1）从DNS-C 中选择一条计算机发出的 DNS 请求报文和相应的 DNS 应答报文 （它们的 Transaction ID 字段的值相同），将两条报文的信息填入表 5.15。

表15 DNS 请求报文和应答报文信息

DNS 报文类型	报文序号	源站点	目的站点	报文信息
DNS 请求报文	0001	10.45.241.125	192.168.11.8	8.11.168.192.in-addr.arpa
DNS 应答报文	0001	192.168.11.8	10.45.241.125	Standard query response 0x0001 PTR 8.11.168.192.in-addr.arpa PTR cacheb.nic.jnu.edu.cn NS cachea.nic.jnu.edu.cn NS cacheb.nic.jnu.edu.cn A 192.168.10.8 AAAA 2001:da8:2002::10:8 A 192.168.11.8 AAAA 2001:da8:2002::11:8

2）分析报，找出 DNS 服务器所请求的根域名服务器 IP 地址为多少？

答：8.11.168.192

3）上述命令输出内容的AAAA记录是什么？有什么作用？

答：AAAA记录(AAAA record)是用来将域名解析到IPv6地址的DNS记录。与之相对的A记录只能将域名解析到IPv4地址上，如果需要将域名解析到一个IPv6地址上，就需要添加一条AAAA记录。

4）分析报文，找出DNS 服务器向哪一个.com 域名服务器发出请求报文，并写出它的域名和 IP 地址。

练习三、DNS 的应用及高速缓存

本练习将主机 A 和B 作为一组，主机 C 和D 作为一组，主机 E 和F 作为一组。现仅以主机 A、B 所在组为例，其它组的操作参考主机 A、B 所在组的操作。

该练习中，DNS 服务器及各主机 IP 地址配置同练习二。

步骤 1：主机 A、B 分别在命令行下执行“ipconfig/flushdns”命令来清空 DNS 高速缓存。步骤 2：主机 A、B 分别启动 Wireshark 捕获数据并设置过滤条件（提取 DNS 协议和 ICMP 协议）。

步骤 3：主机 A、B 分别在命令行下执行“ping 对方的域名”命令，然后执行“ipconfig/displaydns”命令来显示 DNS 高速缓存。在缓存中找到对方的域名所对应的记录。

步骤 5：主机 A、B 在命令行下再次执行“ping 对方主机的域名”命令。

步骤 5：主机 A、B 停止捕获，分析其捕获的数据及对方的 DNS 高速缓存中的内容，回答问题：

- 简述在使用域名完成的通信中，DNS 协议所起到的作用。
  答：将域名解析为IP 地址，客户端向DNS服务器（DNS服务器有自己的IP地址）发送域名查询请求

- 简述 DNS 高速缓存的作用。
  答：当某个访问请求解析过一个域名以后，该解析记录就放置在缓存中，以后再有同样的解析请求，就直接从缓存中提供结果，加快了访问者的应答速度。
- 参考“会话分析”视图的显示结果，绘制此次访问过程的报文交互图（包括 ICMP 协议）

实验总结

1. 通过实验掌握了 DNS 的报文格式
2. 通过实践掌握了 DNS 的工作原理
3. 通过学习掌握了 DNS 域名空间的分类
4. 通过查阅资料理解了 DNS 高速缓存的作用