

北京邮电大学课程设计报告

课程设计名称	计算机网络课程设计	学 院	计算机	指导教师	高占春
班 级	班内序号	学 号	学生姓名	成绩	
2018211307	11	2018211346	张泽凌		
2018211307	12	2018211347	王辉		
2018211307	13	2018211349	罗天佑		
课 程 设 计 内 容	<p>简要介绍课程设计的主要内容，包括课程设计教学目的、基本内容、实验方法和团队分工等课程教学目的：</p> <p>1：熟悉计算机网络拓扑</p> <p>2：深刻理解并实现 DNS 的中继功能</p> <p>基本内容：</p> <p>设计一个 DNS 服务器程序，读入“IP 地址-域名”对照表，当客户端查询域名对应的 IP 地址时，用域名检索该对照表，有三种可能检索结果：</p> <p>1：检索结果：ip 地址 0.0.0.0，则向客户端返回“域名不存在”的报错消息（不良网站拦截功能）</p> <p>2：检索结果：普通 IP 地址，则向客户端返回该地址（服务器功能）</p> <p>3：表中未检到该域名，则向因特网 DNS 服务器发出查询，并将结果返给客户端（中继功能），考虑多个计算机上的客户端会同时查询，需要进行消息 ID 的转换</p> <p>实验方法：采用 C 语言在 Windows 操作系统使用 VS 软件进行编程。</p> <p>团队分工：</p> <p>张泽凌：编程、调试和实验报告撰写</p> <p>王辉：编程、调试和实验报告撰写</p> <p>罗天佑：编程、调试和实验报告撰写</p>				
学生 课程设计 报告 (附页)	见课程设计报告附件。				

一、系统功能设计：

一个 dns 中继服务器，实现代理所有的 Windows 的有关 dns 域名 ip 查询的功能。具体功能有：

- 1、 拦截功能：拦截所有 Windows 的 dns 查询包，并中继代理，若该包存在对照表中，则该包在中继器处拦截并在此处生成应答包直接发送给 Window 端；拦截所有 dns 服务器返回的应答包，并存储进缓存中，以实现后来的查询转发功能。
- 2、 转发功能：若该查询包中域名未在对照表中，则作为 Windows 与 dns 服务器的中继，实现二者消息的转发沟通。
- 3、 缓存功能：从 dns 服务器拦截的包中获取所需信息，在缓存中查询或、更新或新建。
- 4、 分析与输出功能：分析拦截下的包，并按照输出要求输出包的解析情况。

二、模块划分

- a) 全局变量模块：存放程序运行所需的全局变量
- b) 获取命令行参数模块：用于实现获取以随机顺序传入命令行的参数。
- c) Main 函数模块：统筹整个系统，为全局变量赋值，并初始化 Windows 下的 socket 编程。
- d) 拦截转发模块：拦截从 Windows 来的查询包以及从 dns

服务器来的应答包，并交给下一步解析模块以及缓存模块做解析和缓存。

e) 包解析模块：

- i. 解析查询包：从 Windows 查询包中取出域名和查询方式，为下一步在是否做拦截工作、直接生成响应包发回 Windows 端、在缓存直接访问 dns 服务器来查询做准备；
- ii. 解析应答包：从 dns 服务器返回的应答包中取出所需的域名，ip，查询方式，TTL 等所需信息，为下一步存入缓存做准备。

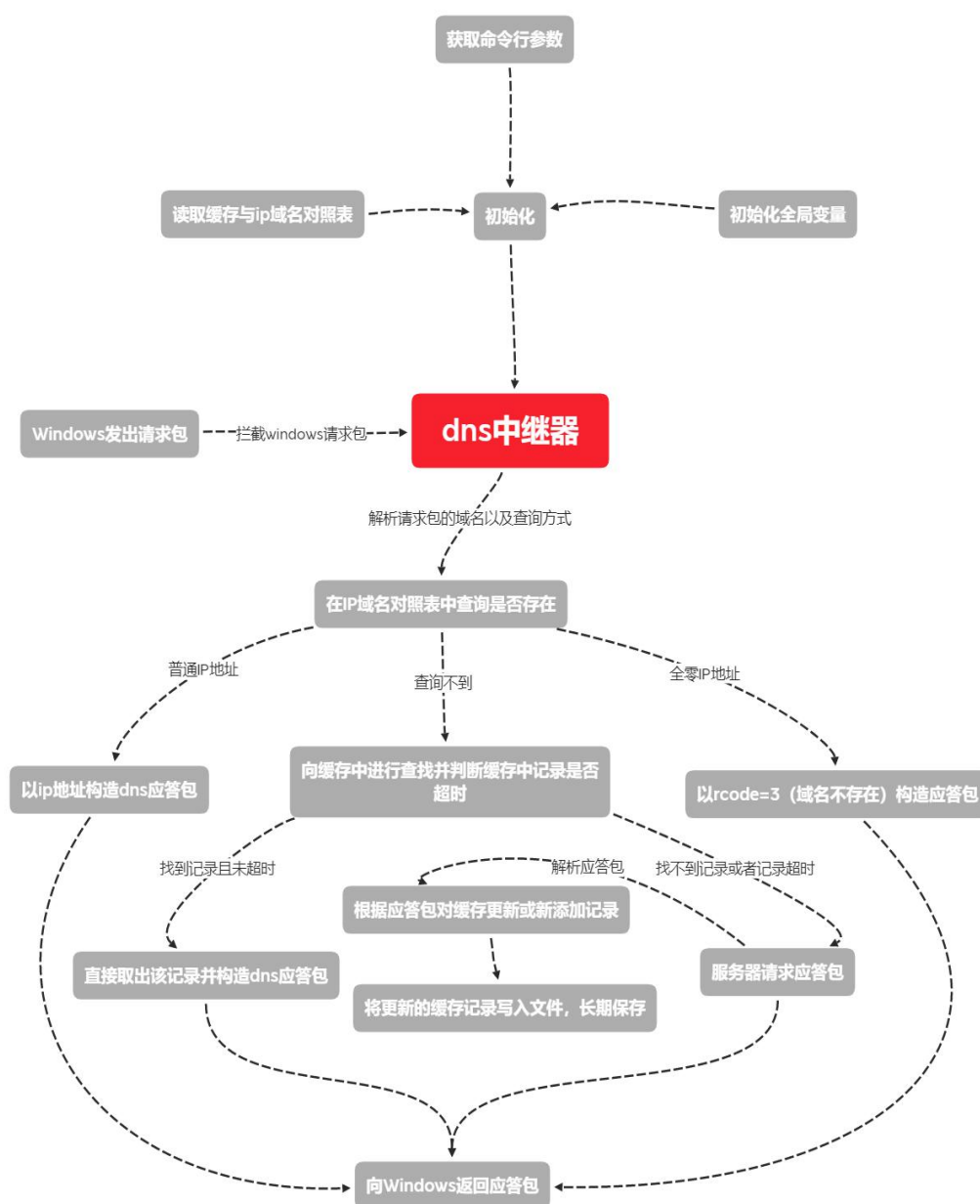
f) 缓存模块：

- i. 查询缓存模块：在缓存中查询从拦截转发模块中拦截的从 Windows 来的请求包的解析数据是否存在与缓存中且未超时。若是则取出缓存，返还 Windows，不再转发请求；若无或超时则向 dns 服务器转发请求包，并等待回复。
- ii. 写/更新缓存模块：根据上一步查询模块中缓存是否存在且超时，来决定是更新还是新建一个从 dns 服务器返回的应答包的解析数据的缓存记录，并在缓存记录修改超过五条以上时，写文件中以长久存储。

g) 解析输出模块：根据输出的模式，输出从 dns 服务器

或是本地缓存记录中取出的应答包的解析情况。

三、流程图：



四、遇到的问题

1. 在初版程序中，程序可以成功拦截与对照表中域名匹配的 Windows 端的查询包但是拦截方式是通过 dns 服务器端超时处理，通过改进，我们成功在程序中修改

RCODE、RDATA 生成与对照表中 ip 地址一致的域名的响应包，通过使 RCODE=3 实现向客户端返回 “ 域名不存在 ” 的报错消息。

2. 由于对题意理解不清，我们的初版程序无法实现对于“IP 地址-- 域名 ” 对照表中非拦截网站的中继功能（我们的中继功能是依赖缓存中保存的信息实现）。通过改进，我们成功的实现了，在“IP 地址-- 域名 ” 对照表中查询到匹配网址后，对于 IPV4 包构造一个响应包实现服务器功能，对于 IPV6 包继续进行向 DNS 服务器查询，实现中继功能。

3. 解析数据包时，个别字段只占 1bit，而数据类型至少占 8bit（UINT8）。需要对其作具体的位运算。如
`getQR(char packet[], int len);getRCODE(char packet[], int len);`

4. 获取域名时，根据 RFC1305 协议文本获取域名长度。在 RDATA 字段中根据 TYPE 的不同解析过程也不同。如对于 CNAME 类型在一些情况下会以 0xc016 结尾，在此时需要特判，使其输出正确结果。为了提升 `getName` 函数的安全性增加（int）`board` 限制边界防止越界情况。

5. 在 `char* getName(char packet[], int len, int* n, char name[], int board, int FLAG_CNAME);`中出现过无法将解析的字符串存入 `answer` 的情况，之后发现是因为只是将字符串存入该函数内部的数组中，返回数组指针。而在返回函数后数组中的内容退栈，指针所指的内容为空。为解决该问题在签名中加入 `char name[]`数组，将解析的内容保存下来。

6. 在调试输出部分，由于需要分级输出，逻辑处理冗余复杂。为了简化逻辑根据数据包（报头部分、问题部分、资源部分）的三部分，分别将相应的解析、输出部

分独立出来。如：`void headerExtract(char* packet, int len, Answer* answer)'; void headerOutput(Answer* answer);`

7. 在系统中，同一时间可能有不止一个程序在调用 `dns` 请求，而单线程无法解决这个问题。使用多线程后，又存在线程同步的问题。解决方案是，添加几个简单的线程同步锁，保证文件和缓存在同一时间只有一个线程在写，同一时间可以有多个线程在读，并且在读的时候不能写，在写得时候不能读。

8. 在 `Windows` 发的请求包中，有些包会出现未知错误，导致这种包发给 `dns` 服务器不会有任何回复。当初想这种情况时，线程中的 `recvfrom` 函数会一直卡死，导致线程无法退出，造成资源浪费。

解决方法：使用 `select` 函数，为 `fd` 描述符集设置一个超时时间，当有消息传来或是超时时间到时，跳出 `select` 函数，从而完成线程回收。

9. 从生成的文件中读取数据时会发生错误，原因是生成文件中保存的数据长度不准确，可能会有少数字节的偏差。解决办法：重新安排生成文件的各个记录的格式，利用 `socket` 准确读取出记录中数据部分的长度，从

而将其完整准确读出。

五、测试用例以及运行结果：

1) 对不良网站拦截如下：拦截 www.yysky.net

```
> www.yysky.net
服务器: [10.128.206.117]
Address: 10.128.206.117

*** [10.128.206.117] 找不到 www.yysky.net: No response from server

C:\Users\18395\Documents\Git\dns_relay.bak.bak\Release\dns_relay.exe

全输出调试模式
缓存文件路径: dnsrelay.txt
DNS服务器IP地址: 10.3.9.5
读取ip-域名对照表成功, 网站拦截功能开启成功!

NOW TIME:1599880084      LEN:47

Header Section
ID:0x27
QR:1 (响应报)  RCODE:3 (名字差错)

Question Section
QNAME:www.yysky.net      QTYPE:1 (A)      QCLASS:1 (IN)

Extract done.

NOW TIME:1599880084      LEN:47

Header Section
ID:0x28
QR:1 (响应报)  RCODE:3 (名字差错)

Question Section
QNAME:www.yysky.net      QTYPE:1c (AAAA)  QCLASS:1 (IN)

Resource Section

这是一个IPV6请求, 我们不想卷了。

Extract done.
```

2)对在“IP 地址-- 域名 ”对照表中指定了 IP 的网站中继如

下（对与 IPV6 地址会继续向 DNS 服务器中继查询）

123.127.134.10 bupt

1.1.1.1 www.bupt.edu.cn

2.2.2.2 www.zhihu.com

```
> bupt
服务器: [10.128.206.117]
Address: 10.128.206.117

非权威应答:
名称:      bupt
Address:   123.127.134.10

> www.bupt.edu.cn
服务器: [10.128.206.117]
Address: 10.128.206.117

非权威应答:
名称:      vn46.bupt.edu.cn
Addresses: 2001:da8:215:4038::161
           1.1.1.1
Aliases:   www.bupt.edu.cn

> www.zhihu.com
服务器: [10.128.206.117]
Address: 10.128.206.117

非权威应答:
名称:      www.zhihu.com
Address:   2.2.2.2

> _
```

NOW TIME:1599880233 LEN:47

Header Section

ID:0x2f

QR:1 (响应报) RCODE:0

Question Section

QNAME:www.zhihu.com QTYPE:1 (A) QCLASS:1 (IN)

Resource Section

Start_pos:31

NO:1 NAME:www.zhihu.com

TYPE:1 (A) CLASS:1 (IN) TTL:(UINT32)0xc002 (int)49154

RDLENGTH:4 IP ADDRESS:2. 2. 2. 2

End_pos:47

Extract done.

来自IP: 10.128.206.117 的DNS解析请求
缓存中未找到记录->返回答案类型与请求不符->返回包解析如下

NOW TIME:1599880233 LEN:115

Header Section

ID:0x30

QR:1 (响应报) RCODE:0

Question Section

QNAME:www.zhihu.com QTYPE:1c (AAAA) QCLASS:1 (IN)

Resource Section

这是一个IPV6请求，我们不想卷了。

Extract done.

NOW TIME:1599880219 LEN:38

Header Section

ID:0x2b

QR:1 (响应报) RCODE:0

Question Section

QNAME:bupt QTYPE:1 (A) QCLASS:1 (IN)

Resource Section

Start_pos:22

NO:1 NAME:bupt

TYPE:1 (A) CLASS:1 (IN) TTL:(UINT32)0xc002 (int)49154

RDLLENGTH:4 IP ADDRESS:123.127.134.10

End_pos:38

Extract done.

来自IP: 10.128.206.117 的DNS解析请求

缓存中未找到记录->返回答案类型与请求不符->返回包解析如下

NOW TIME:1599880219 LEN:97

Header Section

ID:0x2c

QR:1 (响应报) RCODE:3 (名字差错)

Question Section

QNAME:bupt QTYPE:1c (AAAA) QCLASS:1 (IN)

Resource Section

这是一个IPV6请求，我们不想卷了。

Extract done.


```

NOW TIME:1599880227      LEN:49
-----
Header Section
ID:0x2d
QR:1 (响应报)  RCODE:0
-----
Question Section
QNAME:www. bupt. edu. cn  QTYPE:1 (A)      QCLASS:1 (IN)
-----
Resource Section

Start_pos:33
NO:1  NAME:www. bupt. edu. cn
TYPE:1  (A)      CLASS:1 (IN)  TTL:(UINT32)0xc002 (int)49154
RDLENGTH:4      IP ADDRESS:1. 1. 1. 1
End_pos:49
*****
-----
Extract done.

来自IP: 10.128.206.117 的DNS解析请求
缓存中找到记录->记录已超时->超时记录更新成功->返回包解析如下
-----
NOW TIME:1599880227      LEN:80
-----
Header Section
ID:0x2e
QR:1 (响应报)  RCODE:0
-----
Question Section
QNAME:www. bupt. edu. cn  QTYPE:1c(AAAA)  QCLASS:1 (IN)
-----
Resource Section

这是一个IPV6请求，我们不想卷了。
-----
Extract done.

```

3) 对于不在“IP 地址 - 域名”对照表中的网站中继查询
(也可以实现 IPV6 转发)

```
> bt.byr.cn
服务器: [10.128.206.117]
Address: 10.128.206.117

名称: bt.byr.cn
Address: 2001:da8:215:4078:250:56ff:fe97:654d

> www.weibo.com
服务器: [10.128.206.117]
Address: 10.128.206.117

非权威应答:
名称: weibo.com
Addresses: 202.108.7.124
           202.108.5.122
Aliases: www.weibo.com

>
```

来自IP: 10.128.206.117 的DNS解析请求
缓存中未找到记录->新建记录成功, 当前记录总条数:890->返回包解析如下

NOW TIME:1599880390 LEN:77

Header Section

ID:0x33

QR:1 (响应报) RCODE:0

Question Section

QNAME:www.weibo.com QTYPE:1 (A) QCLASS:1 (IN)

Resource Section

Start_pos:31

NO:1 TYPE MISMATCH!!!

End_pos:45

Start_pos:45

NO:2 NAME:weibo.com

TYPE:1 (A) CLASS:1 (IN) TTL:(UINT32)0x39 (int)57

RDLENGTH:4 IP ADDRESS:202.108.7.124

End_pos:61

Start_pos:61

NO:3 NAME:weibo.com

TYPE:1 (A) CLASS:1 (IN) TTL:(UINT32)0x39 (int)57

RDLENGTH:4 IP ADDRESS:202.108.5.122

End_pos:77

Extract done.

来自IP: 10.128.206.117 的DNS解析请求
缓存中未找到记录->返回答案类型与请求不符->返回包解析如下

NOW TIME:1599880390 LEN:109

Header Section

ID:0x34

QR:1 (响应报) RCODE:0

Question Section

QNAME:www.weibo.com QTYPE:1c (AAAA) QCLASS:1 (IN)

Resource Section

这是一个IPV6请求, 我们不想卷了。

Extract done.

```

来自IP: 10.128.206.117 的DNS解析请求
缓存中未找到记录->返回答案类型与请求不符->返回包解析如下
-----
NOW TIME:1599880382      LEN:73
-----
Header Section
ID:0x31
QR:1 (响应报)   RCODE:0
-----
Question Section
QNAME:bt. byr. cn  QTYPE:1 (A)      QCLASS:1 (IN)
-----
Resource Section
Start_pos:27
NO:1      TYPE MISMATCH!!!
End_pos:73
*****
-----
Extract done.

来自IP: 10.128.206.117 的DNS解析请求
缓存中找到记录->记录已超时->超时记录更新成功->返回包解析如下
-----
NOW TIME:1599880382      LEN:55
-----
Header Section
ID:0x32
QR:1 (响应报)   RCODE:0
-----
Question Section
QNAME:bt. byr. cn  QTYPE:1c (AAAA)  QCLASS:1 (IN)
-----
Resource Section
这是一个IPV6请求，我们不想卷了。
-----
Extract done.

```

六、实验总结与心得体会：

在进行了一学期的计算机网络理论课程的学习之后，我们从理论出发，进行了该次 DNS 中继服务器实验的具体实践。该实验的完成累计用时约一周，整个实验过程中使用腾讯会议平台召开了三次小组会议，实验前，我们各自回顾了计算机网络理论课程中的知识点，在回顾过程中把握各个知识点与该次实验的联系，其中主要从应用层、

传输层、网络层三个模块对相关知识点进行了归纳总结，例如需要的应用层 **DNS** 的域名的知识点等，之后我们对本次实验的核心任务及相关知识点进行了梳理，并进行了第一次会议，通过第一次会议，我们将该次实验分成了几个核心模块，并确定了各成员的具体工作任务。第二次会议在我们小组成员各自第一阶段工作任务都接近完成时进行，在会议中我们汇报总结了各自的工作进度，其次对此次实验的实验目标和核心任务进行了更深入的讨论，并商议了如何将小组成员的各自工作内容联系在一起，形成最后的实验成果。经过小组成员的充分合作，在实验的代码部分基本完成之后，我们进行了第三次会议，此次会议核心在于如何将三人的实验成果汇总，并且进行调试和修改，以使最后的 **DNS** 中继服务器的执行效率更好。在三次会议讨论以及小组成员的认真工作之后，我们顺利完成了此次实验。

此次实验的难度较我们计算机网络课堂上进行的两
次实验而言有了非常大的提升，对小组成员各自的能力以及小组合作的能力的要求都更高。首先，该实验的完成不仅使用计算机网络课程上的知识，更需要我们在大一年级打下的C语言编程基础以及计算机通信 **socket** 等课堂尚未着重教学的知识的辅助，因此具有相当大的挑战性。

我们小组在假期内编程实现了该实验的拦截、转发、

中继等功能，但是在验收阶段，在老师的指导下，我们清楚地认识到我们整个实验过程的不足。首先，我们小组在分析实验指导书的时候，对实验要求的分析为不够透彻，认为只需要通过编程实现 dns 中继服务器的相关功能即可。然而，在实现方法上，与老师的要求不匹配，比如在拦截功能中，我们认为只要 Windows 端收不到来自 dns 服务器的响应包即为成功拦截，从该层面上去错误地理解了拦截功能，而真正意义上的拦截功能是需要通过构造响应包向 Windows 端作出响应的。其次，则是我们的 Windows 端和 dns 服务器端通信的实现方式略显复杂，我们通过多线程管理实现 Windows 端的并发请求，虽然所开的线程数量只有 5 条，并且通过参数调控等方式使得通信的效率高于单线程通信，但是该实现方式则增加了我们编程的难度，没有以更简单的方式去实现该实验最基本的功能。因此，我们的课程设计验收时的表情比较不理想。

不过由于我们小组成员对该程序的实现逻辑和功能模块划分非常清晰，因此我们可以迅速发现问题所在，并且以验收要求的实现方式对相应功能模块进行重构，所以，我们在验收结束后，重新梳理了代码逻辑，也按照实验要求和老师指导要求重新构思并实现了相关功能。

完成此次实验，我们小组成员受益匪浅。首先，我们通过对实验的整体把握和具体分析，培养了分析问题、

总结问题的能力。其次，在实验的过程中，虽然我们时常碰壁，但是通过小组讨论或是网上查询学习相关知识、询问请教同学老师等方式，我们仍旧较为高质量的将遇到的问题解决，这在一定程度上锻炼了我们合作的过程中解决问题的能力。最重要的是，我们此次实验各自的实验任务并非独立的，需要我们在完成个人任务的同时，把握好实验的小组任务，并在完成个人工作的同时，充分考虑如何将自己的工作模块与整体框架更好的耦合，因此极大程度培养了我们小组成员的协作能力。并且，由于我们小组的对于实验要求的理解不到位，导致我们整个实验过程的出现了方向性的错误，得力于我们前期合作的顺利，我们可以知错就改，迅速发现问题、寻找正确的解决方案，冷静思考，协作共赢，最终取得理想的成果。

此次实验的整个开展过程没有如我们预期的那么顺利，也正是这次不顺利的验收给了我们更多关于计算机网络理论课程、实践应用的思考，更给了我们更多关于今后的实验开展的实验方法的指导，更重要的是，也培养了我们面对错误知错就改，面对问题知难而上，面对难题冷静思考的能力。

通过此次实验，我们将计算机网络的理论知识与具体实践相结合，在理论知识中细致把握实验方向，在实践证明中充分运用理论知识。这对于我们组中每位同学的计算

机专业知识体系的构建起到了重要的作用，相信我们可以将此次实验学习到的知识与经验以及培养的实践能力和素养运用于今后的计算机课程学习、知识研究以及从事的工作甚至生活之中。

最后，感谢高老师验收时耐心细致的指导，使我们认识到了我们在理解题意时的偏差，也使我们知道在实现要求的功能时不能只看形式上的结果相同，更要理解掌握正确的工作原理，才能实现一个完整的课程设计作业。