实验一：互联网协议实验

一、实验内容

1、在节点 h1 上开启 wireshark 抓包，用 wget 下载 www.ucas.ac.cn 页面

2、调研说明 wireshark 抓到的几种协议：ARP, DNS, TCP, HTTP, HTTPS

3、调研解释 h1 下载 ucas 页面的整个过程，包括几种协议的运行机制

二、在节点 h1 上开启 wireshark 抓包，用 wget 下载 www.ucas.ac.cn 页面

抓包结果和下载结果如下

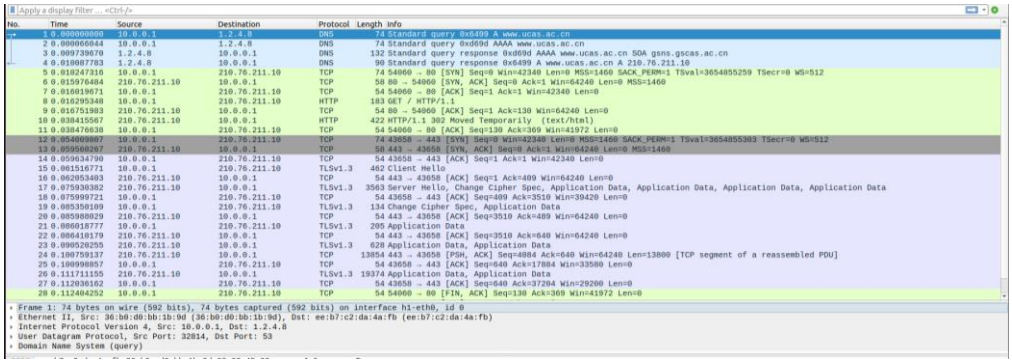


图 1：抓包结果 1

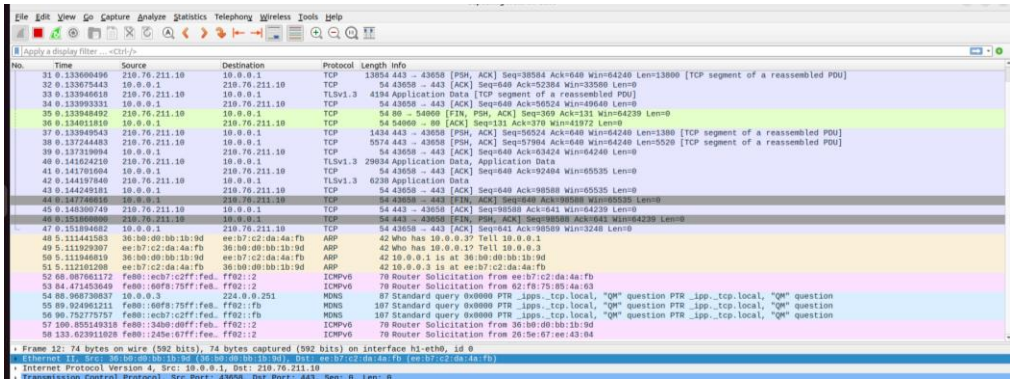


图 2：抓包结果 2

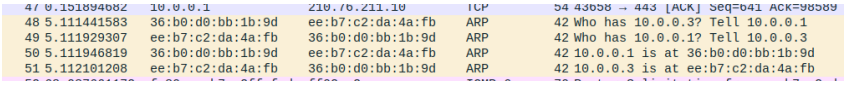
在 h1 下载 ucas 页面的整个过程出现了四种协议：DNS、TCP、HTTP、ARP

图 3：下载网页截图

三、Wireshark 抓包的几种协议

1、 ARP（地址解析协议）

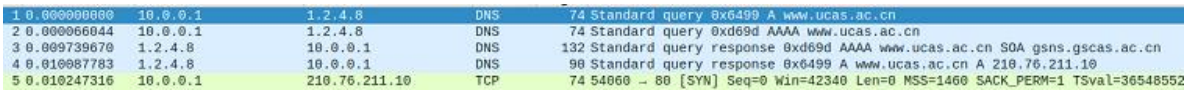
ARP 是用于解析网络层（通常是 IPv4）地址和链路层（MAC）地址之间映射关系的协议。主机发送信息时将包含目标 IP 地址的 ARP 请求广播到局域网络上的所有主机，并接收返回消息，以此确定目标的物理地址。收到返回消息后将该 IP 地址和物理地址存入本机 ARP 缓存中并保留一定时间，下次请求时直接查询 ARP 缓存就可以节约资源。



26:b0:d0:bb:1b:9d 对应本地 IP 为 10.0.0.1 的 MAC 地址。ee:b7:c2:da:4a:fb 对应本地 IP 为 10.0.0.3 的 MAC 地址。

2、 DNS（域名系统）

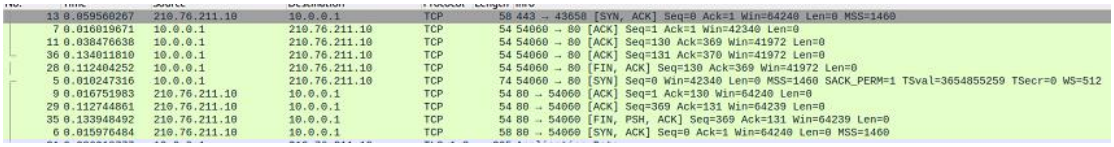
DNS 是用于将易记的域名（例如 www.example.com）映射到 IP 地址（例如 292.268.2.2）的分布式数据库系统。



上图首先由本地 IP10.0.0.1 作为 source，向目标地址 1.2.4.8 即 DNS 服务器发送查询请求。1.2.4.8 返回本地 IP 解析结果，根据上图可以看出为 210.76.211.10。

3、TCP（传输控制协议）

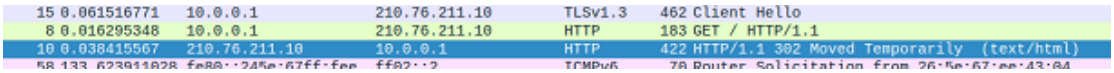
TCP 是一种面向连接的、可靠的协议，用于在网络上传输数据。它确保数据的有序传输和可靠交付，通过使用三次握手来建立连接，并使用滑动窗口和确认机制来管理数据流。TCP 也处理数据分段、错误检测和恢复以及流量控制。它用于大多数应用程序的可靠通信，如网页浏览、文件下载和电子邮件。



图中在进行握手连接，服务端向客户端发送 SYN，客户端向服务端发送 ACK，FIN 表示关闭连接，PSH 代表存在数据传输。

3、 HTTP（超文本传输协议）

HTTP 是一种应用层协议，用于在 Web 上传输超文本文档，如网页。HTTP 是无状态的，每个请求和响应之间是独立的，它使用不同的 HTTP 方法来执行不同的操作。HTTP 主要在 Web 浏览器上运行，当用户进入网站域并打算访问它时，HTTP 提供访问权限。

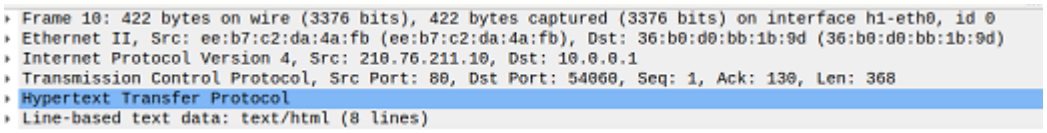


出现 GET 请求。

5、HTTPS

HTTPS 是 HTTP 的安全版本，它代表 HTTP Secure，它使用 TLS/SSL 协议来加密数据传输。这种加密确保数据在客户端和服务器之间的传输是安全的，无法被窃取或篡改。HTTPS 使用公钥加密和证书验证来确保通信的安全性。它在安全性方面比 HTTP 更可靠，因此在处理敏感信息（如信用卡号、登录凭据等）的网站上广泛使用。

6、DNS 和 HTTP 在应用层，IP 在网络层，TCP 在传输层，ARP 在数据链路层。这也就有了不同层次的协议封装，即 Ethernet<IP<TCP<HTTP。如下图可见。



四、下载 ucas 页面的过程

修改 h1 主机的 DNS 设置，将 DNS 服务器设置为 1.2.4.8。首先由 DNS 发送查询请求，解析 IP 地址为 210.76.211.10，而后 TCP 进行握手连接，服务端第一次发送 SYN，第二次发送 SYN+ACK，第三次发送 ACK，h1 主机接收到 ucas 网站的响应，则连接已经建立。握手成功后显示 PSH 代表存在数据传输。

实验二：流完成时间实验

一、复现图像

1、 原始数据

表 2：不同带宽文件大小下流完成时间

	2MB	20MB	200MB
20Mbps	2．5	9.4	88
50Mbps	2.3	3.94	23.4
200Mbps	2.27	3.58	24.4
500Mbps	2.2	3.2	5.5

图中数据已经过五次平均

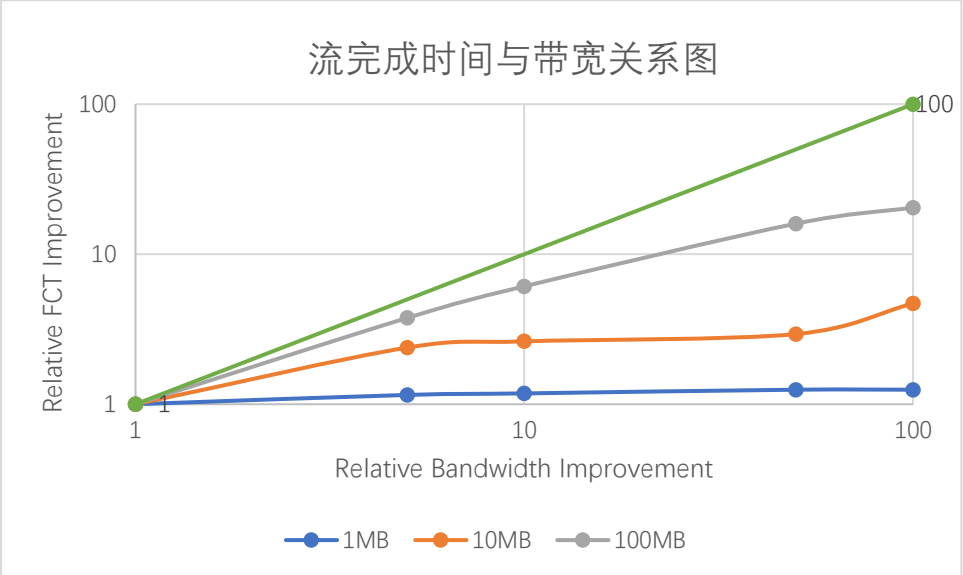
2、 处理后的数据

表 2：处理后的数据

	2MB	20MB	200MB
2	2	2	2
5	2.253846	2.385787	3.76068
20	2.2822	2.625698	6.22222
50	2.25	2.9375	26

其中 x 轴处理公式为后续的带宽大小处于实验最小带宽，y 轴处理公式为同一文件大小下，最慢时间除以当前时间。

3、 图像



横纵坐标均为 log 坐标

二、解释图像

首先这些文件的下载涉及到 TCP 传输。TCP 传输通过将数据拆分成称为数据包的小块来工作，然后在发送端和接收端之间交换这些数据包。首先，在两台计算机之间建立 TCP 连接需要进行三次握手过程，以确保双方都准备好进行通信。同时，TCP 具有拥塞控制机制，用于监测网络拥塞并相应地调整传输速率，以确保网络的稳定性和效率。

而慢启动机制是拥塞控制的一部分，它是在开始传输数据时以较低的速率开始，然后逐渐增加传输速率，直到达到网络的最大容量。在连接刚建立时，慢启动会将初始拥塞窗口设置为一个较小的值，通常为 1 到 10 个数据包大小。每当发送方接收到确认的数据包而不出现超时，拥塞窗口大小指数增长，从而导致发送速率的增加。如果出现超时或拥塞，发送方会将拥塞窗口减小，并重新开始慢启动。然后，它会以线性增长的方式逐渐增加拥塞窗口的大小。

该图像的数据均经过处理。可以看出，在文件大小为 1MB 时，平均下载速率并未随着带宽增加而有显著提升，而文件大小为 100MB 时，平均下载速率随带宽显著提升。因此，文件越大，下载时间随带宽增大越有明显减少，平均下载速率越明显增大。结合 TCP 传输工作原理，可以猜到，由于文件大小较小，拥塞窗口的作用不大，考虑到握手时间等因素，传输受其他因素影响较大。

而三条不同文件大小的曲线随着文件大小变大逐渐逼近 y=x 曲线。这是由于随着文件大小增加，其他因素的影响减少，拥塞窗口大小成指数增长，发送速率在建立连接后迅速增加，带宽成为主要限制因素。较大文件的下载速率更接近实际带宽的能力，此时下载速率与文件大小之间的关系趋于线性。

三、部分实验测试截图

"Node: h1"

```
root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:09:49--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.2'

1MB.dat.2           100%[===================>]   1.00M   671KB/s    in 1.5s

2023-09-14 19:09:51 (671 KB/s) - '1MB.dat.2' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# dd if=/dev/zero of=1MB.dat bs=1M count=
1
1+0 records in
1+0 records out
1048576 bytes (1.0 MB, 1.0 MiB) copied, 0.00490061 s, 214 MB/s
root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:17:03--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.3'

1MB.dat.3           100%[===================>]   1.00M   673KB/s    in 1.5s

2023-09-14 19:17:05 (673 KB/s) - '1MB.dat.3' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:17:12--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.4'

1MB.dat.4           100%[===================>]   1.00M   670KB/s    in 1.5s

2023-09-14 19:17:14 (670 KB/s) - '1MB.dat.4' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:17:17--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.5'

1MB.dat.5           100%[===================>]   1.00M   671KB/s    in 1.5s

2023-09-14 19:17:19 (671 KB/s) - '1MB.dat.5' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:17:23--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.6'

1MB.dat.6           100%[===================>]   1.00M   673KB/s    in 1.5s

2023-09-14 19:17:25 (673 KB/s) - '1MB.dat.6' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona#
```

"Node: h1"

```
root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:22:19--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.19'

1MB.dat.19          100%[===================>]   1.00M   844KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:22:21 (844 KB/s) - '1MB.dat.19' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:22:22--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.20'

1MB.dat.20          100%[===================>]   1.00M   838KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:22:24 (838 KB/s) - '1MB.dat.20' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:22:25--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.21'

1MB.dat.21          100%[===================>]   1.00M   840KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:22:27 (840 KB/s) - '1MB.dat.21' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:23:02--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.22'

1MB.dat.22          100%[===================>]   1.00M   843KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:23:03 (843 KB/s) - '1MB.dat.22' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:23:04--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.23'

1MB.dat.23          100%[===================>]   1.00M   841KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:23:06 (841 KB/s) - '1MB.dat.23' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
```

```
root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:30:40--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.30'

1MB.dat.30          100%[===================>]   1.00M   844KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:30:41 (844 KB/s) - '1MB.dat.30' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:30:44--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.31'

1MB.dat.31          100%[===================>]   1.00M   846KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:30:46 (846 KB/s) - '1MB.dat.31' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:30:47--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.32'

1MB.dat.32          100%[===================>]   1.00M   843KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:30:49 (843 KB/s) - '1MB.dat.32' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:30:50--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.33'

1MB.dat.33          100%[===================>]   1.00M   845KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:30:51 (845 KB/s) - '1MB.dat.33' saved [1048576/1048576]

root@leona-virtual-machine:/home/leona# wget http://10.0.0.2/1MB.dat
--2023-09-14 19:30:52--  http://10.0.0.2/1MB.dat
Connecting to 10.0.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 1048576 (1.0M) [application/octet-stream]
Saving to: '1MB.dat.34'

1MB.dat.34          100%[===================>]   1.00M   848KB/s    in 1.2s

2023-09-14 19:30:54 (848 KB/s) - '1MB.dat.34' saved [1048576/1048576]
```