

Principles of Computer Networks

Homework 3*

Chenghua Liu[†]

liuch18@mails.tsinghua.edu.cn

Department of Computer Science

Tsinghua University

目录

1 problems in chapter 3	2
1.1 problem 1	2
1.2 problem 2	2
1.3 problem 9	2
1.4 problem 11	3
1.5 problem 20	3
1.6 problem 21	3
1.7 problem 22	3
1.8 problem 32	3
2 PPPoE	3
2.1 给出 Wireshark 捕获的 PADS 报文、PPP-CHAP response 报文、PPP-IPCP request (携带分配后地址的) 报文的截图, 并指出 PPP-CHAP response 中的加密摘要字段。	4
2.2 在通常的以太网 (MTU=1500) 上, 使用 PPPoE 协议传递 UDP 数据报 (IP 头不包含可选字段)。每个报文可以携带的上层应用的数据容量至多为多少? 解释计算过程。	5
2.3 观察捕捉的报文可以发现, 用 PPPoE 封装的 PPP 帧头部不包含标志、地址和控制字段, 为什么?	5
2.4 PPP LCP 协商中的 MRU 值受到哪些因素的影响?	5

*problems from Computer Networks, 5th Edition

[†]2018011687

2.5 查阅相关资料,说明应该如何在 PPPoE 链路上进行 IPv6 协议的配置,并给出涉及到的协议名称、相关 RFC 编号。	6
2.6 你认为 PPPoE 有哪些优点和缺点?	6

1 problems in chapter 3

1.1 problem 1

该消息被分为 10 帧且每帧成功到达的概率是 0.8, 协议中没有差错控制。所以这条消息在一次发送中成功的概率为

$$p = 0.8^{10} \approx 0.107$$

所以消息第 X 次发送才成功发送的概率为

$$P(X) = (1 - p)^{X-1} \cdot p$$

X 服从几何分布, 其期望为

$$E(X) = \frac{1}{p} \approx 9.3$$

1.2 problem 2

(a) 00000100 01000111 11100011 11100000 01111110

(4 A B ESC FLAG)

(b) 01111110 01000111 11100011 11100000 11100000 11100000 01111110 01111110

(FLAG A B ESC ESC ESC FLAG FLAG)

(c) 01111110 01000111 110100011 111000000 011111010 01111110

1.3 problem 9

$n = 16$, 取 $r = 5$ 。

记原序列为 $(m_1 \cdots m_{16})$, 加入校验位后的序列为 $(m'_1 \cdots m'_{21})$

$$m'_1 = \oplus_{i \in \{1,2,4,5,7,9,11,12,14,16\}} m_i = 0$$

$$m'_2 = \oplus_{i \in \{1,3,4,6,7,10,11,13,14\}} m_i = 1$$

$$m'_4 = \oplus_{i \in \{2,3,4,8,9,10,11,15,16\}} m_i = 1$$

$$m'_8 = \oplus_{i \in \{5,6,7,8,9,10,11\}} m_i = 1$$

$$m'_{16} = \oplus_{i \in \{12,13,14,15,16\}} m_i = 1$$

加入校验位后的序列为: 01111011 00110011 10101

1.4 problem 11

能检出所有 1 位错误, 2 位错误。但无法检出所有 3 位错误, 例如某一数据位及其对应的行列校验位都发生错误。也无法检出所有 4 位错误, 例如数据位发生四个错误, 且错误分布于一个矩形四角。

1.5 problem 20

$$\frac{x/4 \text{ kbps}}{x/4 \text{ kbps} + 20 \times 2 \text{ ms}} \geq 0.5 \Rightarrow x \geq 160 \text{ b}$$

1.6 problem 21

这是可能的。如果发送方发送一帧后收到一个错误的回复, 即 ack 值与发送方的期望值不一致, 则发送方会重新发送该帧并且启动计时器。如果这时上一个计时器还没有超时, 则满足题目所要求的: 发送方的计时器已经在运行时, 它又启动了该计时器。

1.7 problem 22

信道延迟为

$$R = 3000 \text{ km} \times 6 \mu\text{s}/\text{km} = 18 \text{ ms}$$

每帧发送到应答的时间需要

$$2R + \frac{64 \text{ B}}{1.544 \text{ Mbps}} = 36.33 \text{ ms}$$

在此期间已经发送的数据帧数为

$$\frac{36.33 \text{ ms}}{0.33 \text{ ms}} \approx 110$$

所以需要的序号位长为 7。

1.8 problem 32

假设一次能接受的数据帧数为 n , 因为确认帧总是附加在数据帧中, 利用率为

$$\frac{n \times 1000 \text{ b}/1 \text{ Mbps}}{(1000 \text{ b}/1 \text{ Mbps} + 270 \text{ ms}) \times 2} = \frac{n}{542}$$

(a) $n = 1, \frac{1}{542} = 0.18\%$

(b) $n = 7, \frac{7}{542} = 1.29\%$

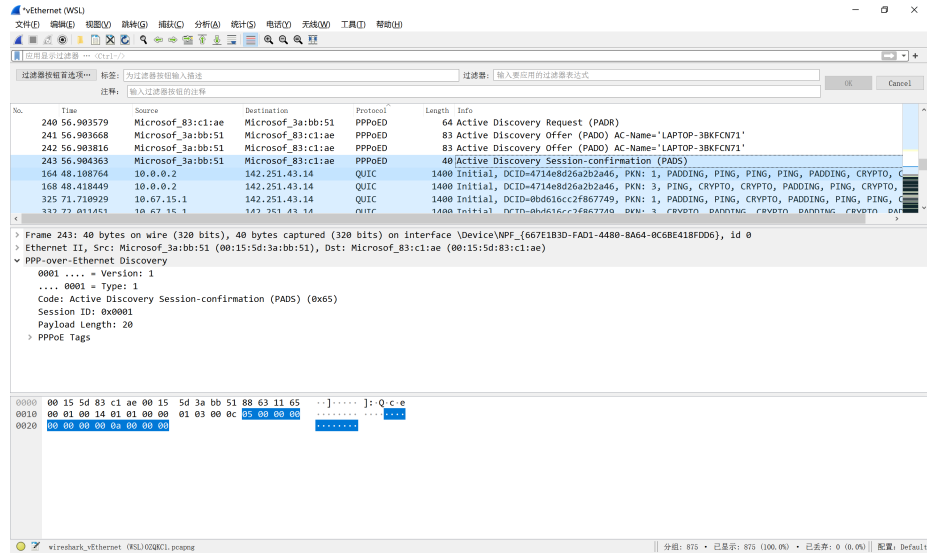
(c) $n = 4, \frac{4}{542} = 0.74\%$

2 PPPoE

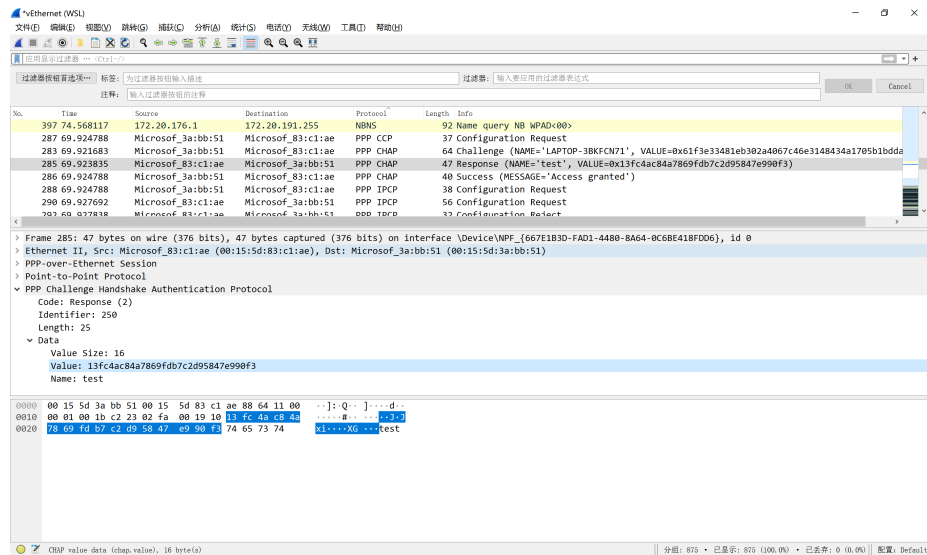
实验环境说明: wsl2 Ubuntu 20.04 作为 server, win10 作为 client。

2.1 给出 Wireshark 捕获的 PADS 报文、PPP-CHAP response 报文的截图，并指出 PPP-CHAP response 中的加密摘要字段。

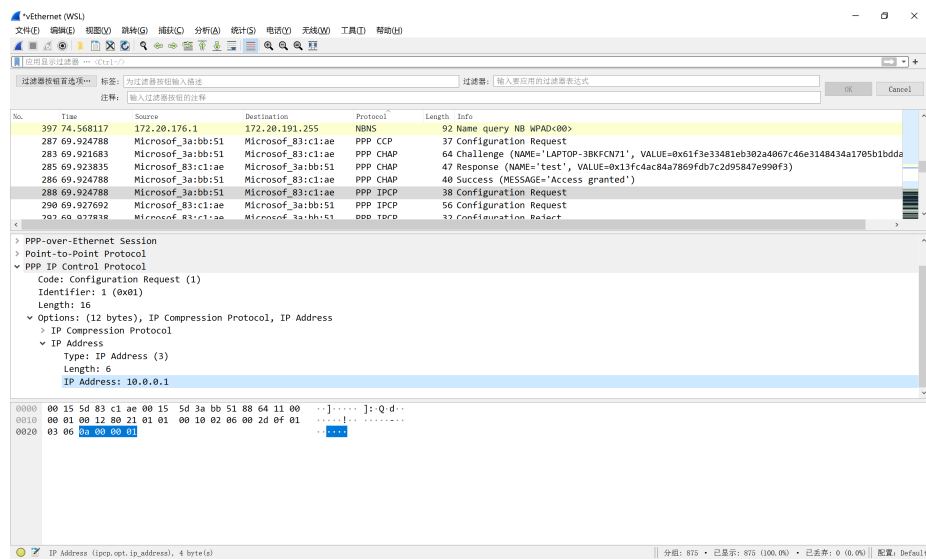
PADS 报文



PPP-CHAP response 报文



PPP-IPCP request 报文



2.2 在通常的以太网（MTU=1500）上，使用 PPPoE 协议传递 UDP 数据报（IP 头不包含可选字段）。每个报文可以携带的上层应用的数据容量至多为多少？解释计算过程。

根据 UDP 协议，从 UDP 数据包的包头可以看出，UDP 的最大包长度是 $2^{16} - 1$ 的个字节。由于 UDP 包头占 8 个字节，而在 IP 层进行封装后的 IP 包头占去 20 字节，所以这个是 UDP 数据包的最大理论长度是 $2^{16} - 1 - 8 - 20 = 65507$ 字节。

理论上 UDP 报文最大长度是 65507 字节，但在通常的以太网（MTU=1500），下层数据链路层最大传输单元是 1500 字节，要想 IP 层不分包，那么 UDP 数据包的最大大小应该是 1500 字节-IP 头（20 字节）-UDP 头（8 字节）= 1472 字节。

2.3 观察捕捉的报文可以发现，用 PPPoE 封装的 PPP 帧头部不包含标志、地址和控制字段，为什么？

因为默认情况下 PPP 帧的标志值是 0x7E，地址值是 0xFF，控制值是 0x03。不传递这些确定的值可以节省带宽。

2.4 PPP LCP 协商中的 MRU 值受到哪些因素的影响？

PPP LCP 协商中的 MRU（Maximum-Receive-Unit 最大接收单元）是针对 PPP 报文而言，指发送端 PPP 报文中信息域的长度不能超过 MRU，否则接收端不负责处理，可能会将报文丢弃。

在 LCP 协商中，把 MTU 的配置值作为本端 MRU 的值与对端协商 MRU。最终 PPP 链路的 MTU 的取值应该是：MIN（配置 MTU，MIN（本端 MRU，对端 MRU））。因此 MRU 值受到本端和对端的 MRU 配置值影响。

2.5 查阅相关资料，说明应该如何在 PPPoE 链路上进行 IPv6 协议的配置，并给出涉及到的协议名称、相关 RFC 编号。

PPP 较早的标准为 RFC 1661。PPPoE 标准是建立在 PPP 标准基础之上，可以认为是 PPP 的延伸或细化，但在网络控制协议 (NCP) 中并没有考虑 IPv6，所以前期的标准并不支持 IPv6。PPPoE 协议为了能够顺利支持 IPv6 网络，IPv6CP 协议经过初期 RFC2472 标准（已废除）进一步完善，现已形成了因特网 **RFC5072** 标准，也就是在 NCP 阶段中的关键技术协议 IPv6CP（IPv6 控制协议）。

在 IPv4 网络里，用户上网的所有参数，PPP 协议的 NCP 提供全部解决方案。PPP 的 LCP 阶段首先实现用户上网认证，然后认证通过后进入 PPP 的 NCP 阶段，协商上网需要的终端地址、DNS 地址和缺省网关地址。终端获得 IPv4 地址，DNS 地址，缺省网关地址，就可以直接交换数据报文。而在 IPv6 网络中，最新的 PPP 标准 RFC5072 仅仅通过 PPP 的 NCP (IPv6CP) 协商 Interface-ID，不做其他额外工作。下面是对 IPv6 over PPPoE 拨号方式进行数据通信的全过程分析，而其中 IPv6 地址配置阶段，并不包含在 IPv6CP 协议中，需要联动其它标准协议，才能完成全球单播 IPv6 前缀协商、IPv6 地址、IPv6DNS 地址等参数配置。IPv6 的 PPP 拨号过程如图所示：



2.6 你认为 PPPoE 有哪些优点和缺点？

优点

1. PPPoE 很容易检查到用户下线，可通过一个 PPP 会话的建立和释放对用户进行基于时长或流量的统计，计费方式灵活方便。
2. PPPoE 可以提供动态 IP 地址分配方式，用户无需任何配置，网管维护简单，无需添加设备就可解决 IP 地址短缺问题，同时根据分配的 IP 地址，可以很好地定位用户在本网内的活动。
3. 能够实现上下行速率不对称，应用广泛且互通性好。

缺点

1. 使用 Internet 前，需先透过 PPPoE 进行拨接，而非电脑引导后立即上网。

2. 部分 ISP 会对 PPPoE 的连线用户采取定时断线，以节省营运成本及 IP 地址的占用，故对于需长时间挂网的用户较不利。但也有部分 ISP 为用户提供选择 PPPoE 可发配非固定 IP 或固定 IP 的服务。