

CS144 计算机网络导论

期末考试 — 2021年12月9日 (周四)

规则：允许2页笔记，闭卷，关闭电脑

你的姓名： _____

SUNet ID: _____ @stanford.edu

遵照斯坦福荣誉准则的文字和精神，我在本次考试中既未接受也未提供任何帮助。

签名： _____

本考试共6道题，总分64分。

你有90分钟完成。

请保持答案简洁。如果正确答案中包含了不正确或无关的信息，可能会扣分。

如果你希望对某个选择题做额外说明，请写在答案区域下方，但不需要额外内容即可获得满分。

请将最终答案用方框框出。

I 访问网站

当你在Web浏览器中输入你最喜爱的猫咪博客的URL并按下"回车"时, 会发生什么?

下面是一个数据包模板列表, 如果此时网络上只有这次通信, 你将观察到这些数据包从你的机器发出或被你的机器接收。

请 (1) 填写空白; (2) 标明你的机器发送或接收这些数据包的步骤顺序。(你应该将顺序写成字母序列, 例如 BDECA...; 所有字母应恰好列出一次。)

图1: 图片描述: 关于下文列出的网络假设条件的示意图。(图中没有与本问题相关的额外信息。)

假设条件:

你机器上的所有本地缓存初始为空。

你设备的ARP缓存——初始为空——按照实验中 NetworkInterface 的方式进行填充。

你的机器与目标Web服务器之间的数据包经过多个路由器传输。

你的设备通过以太网电缆连接到网络, 并已被分配了一个IP地址。

你有一个单一的网关或"第一跳"路由器。其IP地址是默认路由的目标, 也是你设备路由表中唯一的条目。你的DNS解析器通过该路由器可访问。

通信中没有中间盒(中间设备)参与(无代理、无NAPT、无防火墙等)。

Web服务器使用 HTTP over TCP over IP。

我们说一个数据包"由X发送"是指X发起该数据包。我们说该数据包"发送给Y"是指Y是该数据包的目标(最终)目的地。

提示: 以下术语可能在填写空白时有用:

DNS解析器

你的机器(客户端)

目标(猫咪博客) Web服务器

第一跳路由器(来自你的机器/客户端)

1. [15分]:

- (A) 一个设置了SYN标志和ACK标志的TCP段; 由 _____ 发送给 _____。
- (B) 一个设置了SYN标志(未设置ACK标志)的TCP段, 由 _____ 发送给 _____。
- (C) 一个设置了ACK标志(未设置SYN标志)的TCP段, 由 _____ 发送给 _____。
- (D) 通过已建立的TCP连接的HTTP请求, 请求网页内容, 由 _____ 发送给 _____。
- (E) 通过已建立的TCP连接的HTTP响应, 包含网页内容, 由 _____ 发送给 _____。
- (F) 一个DNS请求, 由 _____ 发送给 _____, 请求 _____ 的(IP / Ethernet: 选择一个)地址。
- (G) 一个ARP请求, 由你的机器发送到以太网广播, 请求 _____ 的(IP / Ethernet - 选择一个)地址。
- (H) 一个ARP响应, 由 _____ 发送给你的机器。
- (I) 一个DNS响应, 由 _____ 发送给 _____, 提供 _____ 的(IP / Ethernet - 选择一个)地址。

步骤顺序: (在此处填写你的答案)

II 家庭网络

2. [11分]:

假设你在家，将笔记本电脑连接到家庭Wi-Fi网络。运行 `hostname -I` 显示你计算机网络接口的IP地址为 192.168.1.10 (一个"私有"IPv4地址)。后来，你把笔记本带到朋友家并连接到他们的家庭Wi-Fi网络。运行相同的命令显示你计算机网络接口的IP地址现在变为 10.0.0.8。

(a) 你的计算机在每个网络上使用什么协议来选择其IP地址？圈出最佳答案。

- A IP
- B DHCP
- C ARP
- D DNS
- E Bitcoin
- F HTTP/3
- G Zoom

(b) 以下哪些是"家庭路由器"通常提供的服务？圈出所有适用的选项。

- A IP路由器
- B NAT
- C DNS解析器
- D HTTP代理
- E DHCP服务器
- F Wi-Fi接入点
- G 有线/光纤调制解调器
- H SMTP服务器
- I VPN服务器

III TCP流的吞吐量

图2: 图片描述: 一个包含三个TCP流 (A、B、C)、三个路由器 (x、y、z) 和两条链路的网络。流"A"经过从"x"到"y"的链路, 链路速率为 20 Mbit/s。流"B"经过从"y"到"z"的链路, 链路速率为 10 Mbit/s。流"C"经过从"x"到"y"到"z"的路径, 跨越两条链路。

请假设:

所有路由器为每个流维护单独的队列。

路由器X使用加权公平排队, 对来自发送方A的流权重为0.4, 对来自发送方C的流权重为0.6。

路由器Y使用公平排队 (每个流获得相等的权重)。

如果某些流队列为空, 路由器将继续从任何非空队列传输。

不发生丢包或损坏。

所有连接同时开始。

所有连接使用TCP, 并运行足够长的时间以达到稳态。(你可以将这些视为传输巨型文件的单向文件传输。)

所有TCP接收方通告相同的、固定且有限的窗口大小W字节, 该值足够大, 使所有流共同保持链路繁忙。

发送方不使用拥塞控制。发送方确实遵守TCP流量控制 (每个发送方将接收方通告的窗口作为其飞行中字节数的上限)。

所有发送方传输相同固定大小的段。

3. [10分]:

(A) 在上述网络中, 所有连接同时启动, 所有发送方开始发送段。在这段时间内 (开始时, 在任何发送方发送W字节之前), 每个流的近似吞吐量是多少?

A a = _____

B b = _____

C c = _____

(B) 在上述网络中, 长期来看每个流的吞吐量将是多少? (即, 在流运行了很长时间后收敛到恒定吞吐量时。) 为什么? (2-3句简洁的话)

A a = _____

B b = _____

C c = _____

IV 自适应码率算法

Ben

Bitdiddle

正在使用一个运行以下缓冲区算法 (BBA) 变体的播放器流式传输视频: 使用最低码率下载前两个块 (1 Mbps), 然后根据视频播放器当前的缓冲区占用情况选择下载后续块的码率, 具体函数如下图所示。假设:

每个视频块代表4秒的视频。

一个视频块在整个块下载完成后立即可用于播放。例如, 如果下载第一个块需要 x 秒, 则第一个块将在第 x 秒开始播放, 在第 $x+4$ 秒结束播放。

换句话说: 在视频块下载完成的时刻, 播放缓冲区占用量增加4秒。

Ben的网络连接链路速度为 4 Mbps, 他的传输协议在下载块时可以完全利用链路速度。(换句话说, $\text{goodput} = 4 \text{ Mbps}$, 即 4 Mbit/s .)

视频播放器一次下载一个块, 并且总是在前一个块到达后立即开始下载下一个块。

图3: 图片描述: 视频播放器根据播放缓冲区中剩余的秒数的阶梯函数来选择下一个要下载的块的码率。如果播放缓冲区中的秒数为 x (单位: 秒), 则选择的视频码率为: $0 \leq x < 4$ 时 1 Mbps; $4 \leq x < 8$ 时 2 Mbps; $8 \leq x < 12$ 时 3 Mbps; $x \geq 12$ 时 4 Mbps。

4. [12分]:

(a) 视频开始播放需要多长时间 (启动时间), 单位为秒?

(b) 请填写下表中第三和第四个块的空白单元格: 它们何时开始和结束下载, 以及开始下载时播放缓冲区中的视频量 (这影响下载该块所选择的码率)。请提供具体数字作为答案, 不要以"第(a)题的答案"来表示。我们已将前两行作为参考。

块号	开始下载时间(秒)	结束下载时间(秒)	开始下载时缓冲区视频量(秒)
1	0	(a)的答案	0
2	(a)的答案	(a)的答案的两倍	?
3			
4			

(c) 第三个块将使用什么码率下载? 圈出最佳答案。

A 1 Mbps B 2 Mbps C 3 Mbps D 4 Mbps

(d) 第四个块将使用什么码率下载? 圈出最佳答案。

A 1 Mbps B 2 Mbps C 3 Mbps D 4 Mbps

(e) 假设在稍后的某个时刻 t , 在下载一个块之前, 播放缓冲区中有12秒的视频, 但Ben的链路速率降至 800 Kbps (0.8 Mbps)。假设Ben继续使用相同的阶梯函数来选择下载视频码率。在下一个块下载期间, 视频将卡顿多长时间? 这里, 卡顿定义为播放缓冲区中没有视频的时间 (因此客户端播放器无法播放任何内容)。

V TLS

5. [8分]:

你正在连接到 <https://www.youtube.com> 观看一些猫咪视频。考虑一个攻击者，他能够监听/修改/发送任何用户与YouTube之间连接的任何链路上的所有流量。

(a) 如果攻击者获得了YouTube证书的副本，攻击者可以：圈出最佳答案。

- A 向用户冒充YouTube Web服务器（例如，假装是YouTube并发送CS144课程而不是猫咪视频）。
- B 发现用户与YouTube之间过去连接中发送的部分数据明文。
- C 发现用户与YouTube之间过去连接中发送的全部数据明文。
- D 重放用户之前通过先前HTTPS连接发送到YouTube服务器的数据。
- E 以上全部。
- F 以上都不对。

(b) 如果攻击者闯入Google的数据中心并获得YouTube当前的私钥，攻击者可以：圈出最佳答案。

- A 向用户冒充YouTube Web服务器（例如，假装是YouTube并发送CS144课程而不是猫咪视频）。
- B 发现用户与YouTube之间过去连接中发送的部分数据明文。
- C 发现用户与YouTube之间当前连接中发送的全部数据明文。
- D 重放用户之前通过先前HTTPS连接发送到YouTube服务器的数据。
- E 以上全部。
- F 以上都不对。

(c) 继上一题，YouTube怀疑遭到攻击。YouTube关闭你的连接并删除会话密钥。你与YouTube建立新连接，YouTube呈现与之前相同的公钥。现在，攻击者可以：圈出最佳答案。

- A 向用户冒充YouTube Web服务器。
- B 发现用户与YouTube之间过去连接中发送的部分数据明文。
- C 发现用户与YouTube之间当前连接中发送的全部数据明文。
- D 重放用户之前通过先前HTTPS连接发送到YouTube服务器的数据。
- E 以上全部。
- F 以上都不对。

(d) 继上一题，YouTube决定完全更改其非对称公私钥对并获取新证书。他们关闭连接，你重新连接（YouTube呈现新证书）。现在，攻击者可以：圈出最佳答案。

- A 向用户冒充YouTube Web服务器。
- B 发现用户与YouTube之间过去连接中发送的部分数据明文。
- C 发现用户与YouTube之间当前连接中发送的全部数据明文。
- D 重放用户之前通过先前HTTPS连接发送到YouTube服务器的数据。
- E 以上全部。

F 以上都不对。

(e) 如果攻击者获得了你的Web浏览器信任的证书颁发机构 (CA) 的私钥, 攻击者可以: 圈出最佳答案。

A 向用户冒充YouTube Web服务器。

B 发现用户与YouTube之间过去连接中发送的部分数据明文。

C 发现用户与YouTube之间过去连接中发送的全部数据明文。

D 重放用户之前通过先前HTTPS连接发送到YouTube服务器的数据。

E 以上全部。

F 以上都不对。

VI 底层

6. [8分]:

回顾Shannon信道容量公式（链路速率） C ，适用于具有一个发送方和一个接收方的加性白高斯噪声信道：

$$C = W * \log_2(1 + S/N)$$

其中 W 是信道带宽（赫兹）， S 是信号功率（瓦特）， N 是噪声功率（瓦特）。

(a) 假设你有两条链路，链路A和链路B。链路A使用100 MHz到200 MHz的频段。链路B使用5 GHz到5.1 GHz的频段。两条链路具有相等的信号功率和噪声功率。根据公式，哪条链路具有更高的容量？圈出最佳答案。

A 链路A B 链路B C 都不

(b) 假设你有一条由塑料绝缘层包裹的铜缆组成的有线链路。你注意到电缆受到环境干扰或噪声的影响（例如，附近的电源、附近的无线通信、宇宙射线等），因此你通过添加额外的塑料绝缘层和编织金属屏蔽层来保护电缆免受外部影响来修改链路。公式中的哪个项会受到此修改的最大影响？它是增加还是减少？圈出最佳答案。

A W , 增加 B W , 减少 C S , 增加 D S , 减少 E N , 增加 F N , 减少

(c) 由(b)部分的变化，整体信道容量是增加还是减少？圈出最佳答案。

A 增加 B 减少