

CS144 计算机网络导论

期中考试 — 2021年11月3日 (周三)

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。

本考试共7道题，总分56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。

请将最终答案用方框框出。

I 分层与抽象

1. [6分]:

以下哪些是幂等操作? 选择所有适用的选项。

- A 发出DNS请求以查找与域名对应的IP地址
- B 发送HTTP POST请求 (客户端使用POST请求向服务器"发布"数据, 即提交表单、从银行账户转账、在社交媒体上写评论等)
- C 发送HTTP DELETE请求 (客户端使用DELETE从服务器删除指定资源; 假设如果服务器收到删除不存在资源的请求, 则不执行任何操作。)
- D 将特定元素插入集合中
- E 将整数变量增加8
- F 将整数变量设置为8

2. [6分]:

你的计算机通过以太网（链路层）连接发送DNS请求。

(a) 以太网帧载荷的第一个字节中包含什么信息？圈出最佳答案。

- A TCP端口
- B IP版本
- C DNS事务ID (DNS请求的第一个字段)
- D UDP源端口

(b) IP头部的协议字段中是什么数字？圈出最佳答案。

- A 17 (UDP)
- B 53 (DNS目标端口号)
- C 1 (ICMP)
- D 4 (IPv4)
- E 144 (你最喜欢的课程)

(c) 如果你打开Wireshark检查数据包，你会观察到什么头部，从最外层到最内层？

3. [2分]:

你是一家互联网公司的工程师，你的团队决定实现一个改进但仍然可靠的TCP版本。他们希望这个实现在用户空间中运行，并且与操作系统提供的TCP功能不同。

同事A建议使用UDP套接字来实现（即"TCP over UDP"）。这意味着程序将打开TCP段并将其写入UDP套接字，包括TCP头部。然后操作系统将把每个TCP段封装在UDP数据报中再发送出去。

同事B认为这永远不会起作用："TCP和UDP是相反的。TCP是可靠的，而UDP是不可靠的。如果我们的程序想要可靠，就需要打开TCP套接字。"

谁是对的？

A 同事A

B 同事B

4. [4分]:

在观看Canvas上的录制讲座时，你打开了第二个浏览器标签页来浏览你最喜爱的猫咪博客。

你可以假设这些是你机器上唯一连接到互联网的应用程序，每个标签页（Canvas 猫咪博客）都打开TCP套接字，并且你的机器有一个IP地址。 +

在此情况下，当TCP段到达时，操作系统如何确定将其交付给哪个应用程序？（换句话说，你的操作系统做了什么来确保猫咪不会出现在你的讲座视频中？）

II 路由

在下图中，圆圈代表路由器，线代表链路，字母是路由器名称，数字表示链路成本。

图1：图片描述：描绘一个包含8个节点（标记为A到H）的网络图。节点之间的连接如下：A到B成本2，A到C成本9，B到D成本7，C到D成本5，D到E成本9，E到F成本1，E到G成本6，F到H成本3，G到H成本4。

在以下问题中，你可以将"最短"和"最长"分别解释为"最低成本"和"最高成本"。

5. [8分]：

(a) 哪对路由器之间的最短路径最长？请以路由器名称对的形式给出答案；例如'A, B'。

(b) 这条路径的成本是多少（你在(a)部分识别的两个路由器之间的最短路径）？请给出一个正整数作为答案。

(c) 应删除哪些边来创建以路由器C为根的最短路径生成树？

A A-B 和 E-F

B A-C 和 E-G

C A-C 和 D-E

D C-D 和 G-H

E B-D 和 G-H

(d) 假设此网络使用我们在课堂上看到的Bellman-Ford算法的简化形式来构建路由表，其中所有路由器与其邻居同步交换信息。如果所有路由器从零开始（即距离向量初始化为无穷大），网络需要多少步才能达到最终路由表配置？请给出一个正整数作为答案。

III 公平排队

在这道题中，我们向你介绍一种实现公平排队的简单排队机制，它还有一些额外属性。我们建议你在开始做题之前阅读整个部分。

在此网络中，所有路由器在出站链路上支持按流轮循（RR）排队，并具有足够的缓冲区，永远不会导致丢包。

在按流轮循（RR）中，发送端点将每个数据包分配给一个流，在路由器上，每个流有自己的队列。队列按某种顺序排列。RR调度器按顺序从第一个队列传输一个数据包，然后从下一个队列传输一个数据包，以此类推。从最后一个非空队列传输数据包后，RR调度器从第一个队列重新开始。没有队列具有优先级，链路速率在队列之间平均分配。每个流维护一个不同的队列。

在此场景中，发送方不实现拥塞控制协议。接收方通告窗口是固定量 W ——一个足够大的窗口以保持链路繁忙。

请根据以下网络图回答下面的问题：

图2：图片描述：一个包含三个流（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。

6. [12分]：

- 每个流的吞吐量将是多少？
- 系统的总吞吐量是多少？
- 每个流和系统的有效吞吐量（TCP接收方ByteStream输出的字节吞吐量）是多少？
- 这个系统的结果是什么类型的资源分配或公平性？
- 解释为什么每个流的吞吐量会收敛到这种类型的公平性

IV 分组交换与AIMD

在这道题中，我们将研究一个具有两条链路和中间一个交换机的拓扑，以及跨此拓扑的单个流。我们首先计算跨两条链路的数据包延迟的各种来源。然后我们将研究使用AIMD（加性增、乘性减）的TCP发送方的窗口大小曲线的动态。

在下面的拓扑中， $r_2 < r_1$ 。每条链路可以在两个方向上独立传输数据包。

图3：图片描述：有两个节点，节点1和节点2，中间有一个交换机（交换机包含一个缓冲区，其中有等待发送的数据包队列）。节点1通过链路1连接到交换机，节点2通过链路2连接到交换机。链路1长度为 l_1 ，链路速率为 r_1 ；链路1中的光速为 c_1 。链路2长度为 l_2 ，链路速率为 r_2 ；链路2中的光速为 c_2 。 r_2 小于 r_1 ；每条链路可以在两个方向上独立传输数据包。

对于所有需要数值表达式的答案，请用 r_1 、 r_2 、 l_1 、 l_2 、 c_1 、 c_2 以及子问题中引入的任何额外变量来表示。

7. [18分]：

- 从端点创建数据包到另一个端点接收数据包之间的总延迟有哪些组成部分？
- 假设交换机是存储转发式的，并假设网络中没有其他流量（路由器的缓冲区始终为空）。在这种情况下，大小为 p 的数据包从节点1到节点2的总单向延迟是多少？
- 现在假设网络中有其他流量，使得交换机的队列中始终有 b 个数据包（交换机仍然是存储转发式的）。如果交换机缓冲区始终有 b 个数据包，那么大小为 p 的数据包从节点1到节点2的总单向端到端延迟是多少？
- 节点1和节点2之间的最大可能吞吐量是多少？
- 从发送方发送数据包到它可以接收该数据包中数据的确认之间的时间是多少（没有排队时）？这称为最小往返时间（MinRTT）。

图4：图片描述：图片显示了两条线的图表：TCP AIMD发送方的拥塞窗口随时间变化，以及交换机输出队列的队列占用率。x轴显示时间；y轴显示两条线：一条是窗口大小，一条是队列占用率（均以字节为单位）。

- 现在让我们考虑TCP AIMD发送方的动态。随着ACK的到达，窗口每个RTT增加1个段。当观察到丢包时，窗口减小。对于标准TCP AIMD发送方，曲线上标记的 W_{min} 和 W_{max} 之间有什么关系？

A $W_{min} = W_{max} / 3$

B $W_{min} = 2 * W_{max} / 3$

C $W_{min} = W_{max} / 2$

- 最佳缓冲区大小（路由器的最大队列占用量）是多少，使得链路始终保持完全利用，但排队最小？假设确认从接收方到发送方的延迟等于无排队时的前向延迟。请用上述常量表示你的答案。

- 如果 l_1 （链路1的长度）增加， W_{min} 和 W_{max} 会发生什么变化？圈出最佳答案。

A 最大值增加，最小值减少

B 最大值减少，最小值增加

C 都减少

D 都增加

E 不变

- 为什么？（最多两句话）