

CS144 计算机网络导论

期末考试 — 2023年6月14日 (周三)

规则：允许4页笔记，闭卷，禁止上网，关闭电脑

你的姓名： _____

SUNet ID: _____@stanford.edu

以我的荣誉，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10道题，总分129分。

你有180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。

请将最终答案用方框框出。

I 应用层

1. [16分]:

请填写空白:

你打开电脑并首次连接到Wi-Fi网络。你的计算机执行 _____
请求以获取其IP地址以及默认路由器和DNS服务器的IP地址。

你打开Web浏览器并导航到 _____ <https://cs144.stanford.edu>。你的计算机发送 _____
请求以获取默认路由器的Ethernet _____ (MAC) _____ 地址, 并使用 _____
协议将"cs144.stanford.edu"主机名转换为IP地址。

你的计算机发送一个TCP段, 设置了 _____ 标志, 以启动与 cs144.stanford.edu 计算机的TCP连接。

两台计算机使用 _____ 协议在TCP字节流内建立加密和完整性保护的字节流。

作为该协议的一部分, cs144.stanford.edu _____ 呈现一个证书, 证明其 _____
密钥合法地属于"cs144.stanford.edu"。你的Web浏览器验证该证书由它信任的 _____ 签署。

使用加密的字节流, 你的浏览器发送 _____
请求获取"/"路径, 并接收一个响应, 其主体包含一个HTML文档。

2. [8分]:

为什么IP、UDP和TCP的校验和无法检测或纠正恶意对手在传输过程中修改数据报和段的行为？（请写1-2句简洁的话。）

MAC或AEAD密码如何在面对恶意对手的故意修改时保持完整性？（请写1-2句简洁的话。）

II 服务抽象

3. [12分]:

以下每个陈述都是错误的。对于每一个，请用1-3句简洁的话解释为什么（以及哪一部分）是错误的。

(a) "IP提供不可靠的数据报服务，因此使用IP的应用程序不可靠。"

(b) "UDP提供不可靠的数据报服务，因此使用UDP的应用程序不可靠。"

(c) "UDP流量不进行拥塞控制。"

(d)

"NAT在'内部'IP/端口和'外部'IP/端口之间转换TCP连接的地址和端口。UDP是无连接的，所以它不适用于NAT。"

4. [6分]:

TCP传统上运行在IP之上。假设你决定在单个UDP流内隧道化许多TCP流，将完整的TCP段（包括头部）放在UDP数据报的载荷中。

(a) 这会使应用程序吞吐量降低超过5%吗？请圈出你的答案。

A 是的，在UDP内隧道化TCP将使应用程序TCP吞吐量降低超过5%。

B 不会，在UDP内隧道化TCP不会使应用程序TCP吞吐量降低超过5%。

请用1-3句简洁的话论证你的答案。

(b) 这会影响TCP段的交付行为吗？请圈出你的答案。

A 是的，在UDP内隧道化TCP将影响TCP段的交付行为。

B 不会，在UDP内隧道化TCP不会影响TCP段的交付行为。

请用1-3句简洁的话论证你的答案。

5. [6分]:

UDP传统上运行在IP之上。假设你决定在单个TCP流内隧道化许多UDP流，将完整的UDP段（包括头部）放在TCP流中。

(a) 这可能使应用程序吞吐量降低超过5%吗？请圈出你的答案。

A 是的，在TCP内隧道化UDP可能使应用程序UDP吞吐量降低超过5%。

B 不会，在TCP内隧道化UDP不可能使应用程序UDP吞吐量降低超过5%。

请用1-3句简洁的话论证你的答案。

(b) 这会影响UDP段的交付行为吗？请圈出你的答案。

A 是的，在TCP内隧道化UDP将影响UDP段的交付行为。

B 不会，在TCP内隧道化UDP不会影响UDP段的交付行为。

请用1-3句简洁的话论证你的答案。

III 真实世界网络

6. [20分]:

考虑两个位于不同NAPT后面的用户/计算机，试图通过互联网向对方发送大量数据，例如作为视频聊天或文件共享应用的一部分。回顾课堂上讨论的以下四个级别的点对点（P2P）网络：

Level 9a: 通过公共文件服务器进行P2P网络（例如 Google Drive、GitHub）

Level 9b: 通过公共代理/中继/TURN服务器进行P2P网络，例如你在实验检查点6中使用的中继服务器

Level 9c: 通过用户安装的显式NAPT规则（"端口转发"）进行P2P网络

Level 9d: 通过NAPT穿越（又称"打孔"）进行P2P网络

你是一名应用开发者，正在考虑不同P2P网络方式的成本和收益。

(a) 对于哪些P2P网络方式，应用开发者通常需要运营（或依赖）公共互联网上的服务器？请勾选所有适用项：

Level 9a Level 9b Level 9c Level 9d

(b) 对于你在上面勾选的每个级别，额外服务器的目的是什么？

Level 9a:

Level 9b:

Level 9c:

Level 9d:

(c) 对于哪些方式，开发者运营的服务器需要在连接之间存储大量状态（与传输的数据量成正比，或更多）？

Level 9a Level 9b Level 9c Level 9d

(d) 对于哪些方式，开发者运营的服务器在连接期间需要使用大量CPU或网络资源（与传输的数据量成正比，或更多）？

Level 9a Level 9b Level 9c Level 9d

(e) 对于哪些方式，应用需要至少一个用户位于在发现新的出站连接时创建非限制性规则的NAPT后面（又称"锥形" NAPT）？

Level 9a Level 9b Level 9c Level 9d

IV 分组交换

在这个问题中，我们将考虑单一流经过两跳网络路径的情况。路由器是“正常的”，将每个数据包作为一个单元处理（整个数据包必须到达后才能开始在出站链路上发送）。

$$r_1 = 1 \text{ Mbit/s}, r_2 = 10 \text{ Mbit/s}$$

$$l_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ m}, l_2 = 2 \cdot 10^7 \text{ m}$$

$$c_1 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}, c_2 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

发送方 -> 路由器 -> 接收方

7. [15分]:

(a) 假设网络中没有其他流量。如果发送方向接收方发送一个大小为 20 kbit 的单个数据包，数据包完全到达需要多长时间？（换句话说，它的总端到端延迟是多少？）请用毫秒表示你的答案。

(b) 如果发送方连续发送两个数据包，大小均为 10 kbit，数据包 p2 在路由器处经历的排队延迟是多少（以毫秒为单位）？

(c) 如果发送方连续发送两个数据包，第一个数据包大小为 10 kbit，第二个数据包大小为 p2，p2 的最小值为多少才能使排队延迟为 0？

V 公平性

8. [9分]:

在下面的网络中，发送方A向接收方a发送流，发送方B向接收方b发送流，发送方C向接收方c发送流。x和y之间的链路速率为 6 Mbps， y和z之间的链路速率也为 6 Mbps。

a. 三个流的max-min公平吞吐量分配是什么？

A->a: ___ Mbit/s B->b: ___ Mbit/s C->c: ___ Mbit/s

b. 三个流的最大利用率吞吐量分配是什么？（此分配最大化三个流吞吐量的总和。）

A->a: ___ Mbit/s B->b: ___ Mbit/s C->c: ___ Mbit/s

c. 三个流的比例公平吞吐量分配是什么？（此分配最大化每个流吞吐量的对数之和。）

A->a: ___ Mbit/s B->b: ___ Mbit/s C->c: ___ Mbit/s

VI 路由

9. [12分]:

请参见下面的网络图。节点代表路由器，每条链路旁边的数字代表链路的成本。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"。

网络图：节点 A, B, C, D, E, F, G, H。各链路成本如下所示。

- (a) 哪对路由器之间的最低成本路径最大？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？请给出一个正整数作为答案。
- (c) 最少需要多少条链路同时故障才能阻止一对路由器之间的通信？
- (d) 假设此网络使用Bellman-Ford算法的简化形式来构建路由表。如果所有路由器从零开始，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。

VII 弹性缓冲区

在课堂上，我们讨论了弹性缓冲区如何用于缓解接收方和发送方之间时钟频率的差异。假设给你：

最大传输单元（帧大小）为 MTU

数据包间间隔时间为 p

弹性缓冲区大小为 B

进一步假设：

发送方发送的数据包大小恰好等于 MTU

发送方在完成序列化一个数据包后始终等待 p ，然后开始序列化下一个数据包

读取器在缓冲区半满时开始从弹性缓冲区读取，持续读取直到读取到数据包的末尾，然后再次等待缓冲区半满后才开始再次读取

传播延迟可忽略不计

设 r_{sender} 为发送方时钟频率， r_{receiver} 为接收方时钟频率。假设 $r_{\text{sender}} > r_{\text{receiver}}$ （我们担心溢出情况）。在你的答案中，使用 "min" 函数表示两个数中较小的，使用 "max" 函数表示较大的。

10. [25分]：

(a) 当发送方开始发送数据包时，缓冲区包含 x 字节 ($x \leq B/2$)。写出发送方完成序列化数据包时缓冲区中的字节数的代数表达式：

(b) 将上述值称为 "y"。接收方在数据包间间隔期间可以排出多少字节？

答案格式：min(y, __)

(c) 假设数据包间间隔 p 足够长，接收方可以排空整个缓冲区。

B 最小可以是多少才能不溢出？

画出缓冲区占用量随时间变化的图，显示两个数据包被发送和接收。清楚地标记 (1) 线的斜率，(2) 每次斜率变化时的缓冲区占用量。

(d) 假设 B 和 p 的组合恰好刚好足够。换句话说， p 和 B 都尽可能小同时仍然防止溢出。画出缓冲区占用量随时间变化的图，显示恰好两个数据包被发送和接收。