

b. 对于该连接, 到时间 $= 6RTT$, 其平均吞吐量是多少 (根据 MSS 和 RTT)?

P45. 回想 TCP 吞吐量的宏观描述。在连接速率从 $W/(2 \times RTT)$ 变化到 W/RTT 的周期内, 只丢失了一个分组 (在该周期的结束)。

a. 证明其丢包率 (分组丢失的比率) 等于:

$$L = \text{丢包率} = \frac{1}{\frac{3}{8}W^2 + \frac{3}{4}W}$$

b. 如果一条连接的丢包率为 L , 使用上面的结果, 则它的平均速率近似由下式给出:

$$\text{平均速率} \approx \frac{1.22 * MSS}{RTT \sqrt{L}}$$

P46. 考虑仅有一条单一的 TCP (Reno) 连接使用一条 10Mbps 链路, 且该链路没有缓存任何数据。假设这条链路是发送主机和接收主机之间的唯一拥塞链路。假定某 TCP 发送方向接收方有一个大文件要发送, 而接收方的接收缓存比拥塞窗口要大得多。我们也做下列假设: 每个 TCP 报文段长度为 1500 字节; 该连接的双向传播时延是 150ms; 并且该 TCP 连接总是处于拥塞避免阶段, 即忽略了慢启动。

a. 这条 TCP 连接能够取得的最大窗口长度 (以报文段计) 是多少?

b. 这条 TCP 连接的平均窗口长度 (以报文段计) 和平均吞吐量 (以 bps 计) 是多少?

c. 这条 TCP 连接在从丢包恢复后, 再次到达其最大窗口要经历多长时间?

P47. 考虑在前面习题中所描述的场景。假设 10Mbps 链路能够缓存有限个报文段。试论证为了使该链路总是忙于发送数据, 我们将要选择缓存长度, 使得其至少为发送方和接收方之间链路速率 C 与双向传播时延之积。

P48. 重复习题 46, 但用一条 10Gbps 链路代替 10Mbps 链路。注意到在对 c 部分的答案中, 应当认识到在从丢包恢复后, 拥塞窗口长度到达最大窗口长度将需要很长时间。给出解决该问题的基本思路。

P49. 令 T (用 RTT 度量) 表示一条 TCP 连接将拥塞窗口从 $W/2$ 增加到 W 所需的时间间隔, 其中 W 是最大的拥塞窗口长度。论证 T 是 TCP 平均吞吐量的函数。

P50. 考虑一种简化的 TCP 的 AIMD 算法, 其中拥塞窗口长度用报文段的数量来度量, 而不是用字节度量。在加性增中, 每个 RTT 拥塞窗口长度增加一个报文段。在乘性减中, 拥塞窗口长度减小一半 (如果结果不是一个整数, 向下取整到最近的整数)。假设两条 TCP 连接 C1 和 C2, 它们共享一条速率为每秒 30 个报文段的单一拥塞链路。假设 C1 和 C2 均处于拥塞避免阶段。连接 C1 的 RTT 是 50ms, 连接 C2 的 RTT 是 100ms。假设当链路中的数据速率超过了链路的速率时, 所有 TCP 连接经受数据报文段丢失。

a. 如果在时刻 t_0 , C1 和 C2 具有 10 个报文段的拥塞窗口, 在 1000ms 后它们的拥塞窗口为多长?

b. 经长时间运行, 这两条连接将取得共享该拥塞链路的相同的带宽吗?

P51. 考虑在前面习题中描述的网络。现在假设两条 TCP 连接 C1 和 C2, 它们具有相同的 100ms RTT。假设在时刻 t_0 , C1 的拥塞窗口长度为 15 个报文段, 而 C2 的拥塞窗口长度是 10 个报文段。

a. 在 2200ms 后, 它们的拥塞窗口长度为多长?

b. 经长时间运行, 这两条连接将取得共享该拥塞链路的相同的带宽吗?

c. 如果这两条连接在相同时间达到它们的最大窗口长度, 并在相同时间达到它们的最小窗口长度, 我们说这两条连接是同步的。经长时间运行, 这两条连接将最终变得同步吗? 如果是, 它们的最大窗口长度是多少?

d. 这种同步将有助于改善共享链路的利用率吗? 为什么? 给出打破这种同步的某种思路。

P52. 考虑修改 TCP 的拥塞控制算法。不使用加性增, 使用乘性增。无论何时某 TCP 收到一个合法的 ACK, 就将其窗口长度增加一个小正数 a ($0 < a < 1$)。求出丢包率 L 和最大拥塞窗口 W 之间的函数关系。论证: 对于这种修正的 TCP, 无论 TCP 的平均吞吐量如何, 一条 TCP 连接将其拥塞窗口长度从 $W/2$ 增加到 W , 总是需要相同的时间。