

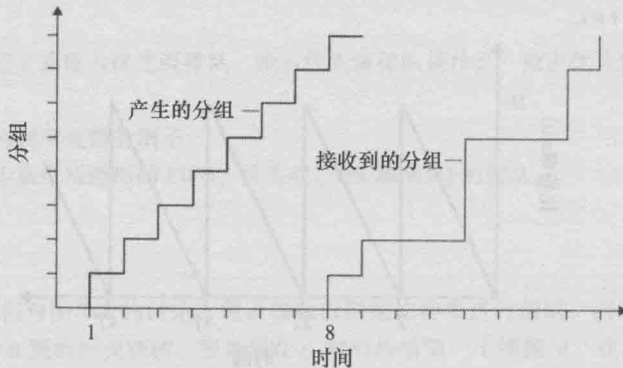
$$d_1 = r_1 - t_1。$$

a. 假设我们希望对于所有的 n , 有 $d_n = (r_1 - t_1 + r_2 - t_2 + \cdots + r_n - t_n) / n$ 。根据 d_{n-1} 、 r_n 和 t_n , 给出 d_n 的递归公式。

b. 描述一下对于 VoIP, 为什么在 7.3 节中描述的时延估计比 (a) 部分叙述的时延估计更合适。

P10. 比较 7.3 节描述的估计平均时延的过程和 3.5 节估计往返时间的过程。这些过程有什么相同? 有什么不同?

P11. 考虑下图 (它类似于图 7-7)。某发送方在 $t=1$ 时开始周期性地发送分组化的音频。在 $t=8$, 第一个分组到达接收方。



a. 分组 2 到分组 8 的时延 (从发送方到接收方, 忽略任何播放时延) 是什么? 注意到在该图上每个垂直和水平线段具有 1、2 或 3 个时间单元的长度。

b. 如果第一个分组在 $t=8$ 时刻一到接收方, 音频就开始播放, 发送的前 8 个分组中的哪些将不能按时到达进行播放?

c. 如果在 $t=9$ 时刻音频开始播放, 发送的前 8 个分组中的哪些将不能按时到达进行播放?

d. 在接收方, 导致所有前 8 个分组按时到达进行播放的最小播放时延是什么?

P12. 再次考虑习题 P11 中的图, 显示分组音频传输和接收时间。

a. 计算分组 2 到分组 8 的估计时延, 使用 7.3.2 节中的对于 d_i 的公式。使用 $u=0.1$ 的值。

b. 使用 7.3.2 节中对于 v_i 的公式, 从对分组 2 到分组 8 的估计平均时延计算其估计的偏差。

P13. 在 7.3 节中讲过 VoIP 的两种 FEC 方案。假设第一种方案为每 4 个初始块产生一个冗余块。假设第二种方案使用传输速率为标称流传输速率的 25% 的低比特率编码。

a. 每种方案需要多少额外带宽? 每种方案增加多少播放时延?

b. 如果在每组的 5 个分组中第一个分组丢失了, 这两种方案如何执行? 哪一种方案有更好的音频质量?

c. 如果在每组的 2 个分组中第一个分组丢失了, 这两种方案如何执行? 哪一种方案有更好的音频质量?

P14. a. 考虑 Skype 中的一个音频会议具有 $N > 2$ 个与会者。假定每个与会者生成一个速率 r bps 的恒定流。呼叫的发起方将需要每秒发送多少比特? 其他 $N-1$ 个与会者每个都将需要每秒发送多少比特? 聚合所有与会者, 总的发送速率是多少?

b. 对于使用一台中心服务器的一个 Skype 视频会议, 重复 (a)。

c. 重复 (b), 只是现在情况为每个对等方发送其视频流副本到其他 $N-1$ 个对等方。

P15. a. 假设我们向因特网发送两个 IP 数据报, 每个数据报携带不同的 UDP 段。第一个数据报的源 IP 地址为 A1, 目的 IP 地址为 B, 源端口为 P1, 目的端口为 T。第二个数据报的源 IP 地址为 A2, 目的 IP 地址为 B, 源端口为 P2, 目的端口为 T。假设 A1 和 A2 不同, P1 和 P2 不同。假设这两个数据报都到达它们的目的地址, 这两个 UDP 数据报会被同一个套接字接收吗? 为什么?

b. 假设 Alice、Bob 和 Claire 要使用 SIP 和 RTP 来进行音频会议呼叫。Alice 与 Bob 和 Claire 之间发送