

计网第十四周作业

Congestion Control and QoS

P1、

- (a) 因为每个视频块播放完就要接着下一个，所以 $t_1 + \Delta$ 第二个视频块就应该被播放，但是没有，按照如上逻辑，有且仅有1, 4, 5, 6视频块将及时到达客户供其播放。
- (b) 分析大体同上一小题，比如第二个视频块在 $t_1' + \Delta$ 将被播放，就要看这个时间之前它到了没有，其中 t_1' 是第一个视频块的播放时间： $t_1 + \Delta$ 。所以1, 2, 3, 4, 5, 6及时到达客户供其播放了。（详细分析可见下题）
- (c)

时间	缓存
$t_1 + \Delta$	1 (开始播放视频)
$t_1 + 2\Delta$	2
$t_1 + 3\Delta$	3, 4
$t_1 + 4\Delta$	4, 5
$t_1 + 5\Delta$	5, 6
$t_1 + 6\Delta$	6
$t_1 + 7\Delta \rightarrow t_1 + 8\Delta$	空
$t_1 + 9\Delta$	7

所以缓存准备播放的块最大有 2。

- (d) 第7个块在 $> (t_1 + 8\Delta)$ 的时间到达，又因为它之前播放了6个块，所以最小播放时延是 $t_1 + (9 - 6)\Delta = t_1 + 3\Delta$

P3、

- (a) 因为是线性变化的，所以平均发送速率是 $\frac{H}{2}$
- (b) Q 是播放之前必须被缓存的数量， $Q = 0 \Rightarrow$ 直接播放：
客户应用缓存中接收到的量为：

$$\int_0^t \frac{H}{T} u \, du = \frac{H}{2T} t^2, \quad t \in [0, T] \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{H}{2T} t^2 \Big|_{t=0} = 0$$

上面给出了一个周期的接收量表达式，同理在此之后周期交界点应连续但不可导，且函数形式一致。

又有播放时 r 是恒定的，消耗量线性增长的，在 $t = 0$ 处导数为 r ，所以刚开始时比卡顿。

$r < \frac{H}{2}$ ：此时仅在开始播放时出现卡顿。

$r = \frac{H}{2}$ ：此时可能出现间歇性卡顿并一直存在。

$r > \frac{H}{2}$ ：此时一直卡顿。

- (c) 由 Q 的定义知，开始播放的时间就是达到接收量(服务器发送量)，由(b)题接收量的表达式，我们要注意讨论经历多个周期后才达到 Q 的情况：

$$\frac{H}{2T} t^2 = Q \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2TQ}{H}} \quad \text{where } \frac{2Q}{H} < T \quad (2)$$

由上述一个周期的计算结果推广到 kT 以内的：

$$t = \sqrt{\frac{2TQ}{H}} + kT \quad \text{where } \sqrt{\frac{2TQ}{H}} - kT < T, \quad k \in \mathbb{Z} \quad (3)$$

- (d)
 - $H > 2r \Rightarrow$ 问题化归为(b)题中的第一种情况；
 - $Q = \frac{HT}{2} \Rightarrow$ 由(c)知一个周期内可以达到 Q 。

所以此时总过程如下，在 $t = 0 \rightarrow T$ 时出现播放时延， $t = T$ 时， Q 满并开始播放。

开始播放后接收量(服务器发送量)为：

$$k \cdot \frac{HT}{2} + \frac{H}{2T} t^2, \quad t \in (kT, (k+1)T], \quad k \in \mathbb{Z} \quad (4)$$

上式恒大于视频消耗量：

$$\begin{aligned} & (t - T) \cdot r, \quad t > T \\ & 0, \quad t \leq T \end{aligned} \quad (5)$$

所以在播放时延之后不会有停滞。

P5、

- (a) N^2

N 个视频版本和 N 种音频版本任意组合，播放者要在任何时间对这些进行选择，所以也要存 N^2 个文件。

- (b) $2N$

服务器单独发送音频和视频流，播放者解除的是 N 个视频版本和 N 个音频版本 作为单独的实体，所以需要 $2N$ 。

P20、

- (a) 令牌生成速率是固定的，桶满时可能会丢弃令牌(而不是包)。使用令牌控制输出流量，允许改变输出速率。

总过程可总结为题中的判断：1. 进队，2. 队列里有则领取令牌输出。2. 如果桶未满则加入。

我们可以作如下分析：

序列号	到来时间
1	0 (1)
2	0 (2)
3	0 (3)
4	1
5	2
6	3
7	6 (1)
8	6 (2)
9	7 (1)
10	7 (2)

时刻	当前队列	桶内令牌数
0	1, 2, 3	2
1	3, 4	1 (输出1, 2, 桶未满加入一个令牌)
2	4, 5	1
3	5, 6	1
4	6	1
5	无	1
6	7, 8	2
7	9, 10	1
8	10	1

- (b) 同上题，从上题可以推出这题：

时刻	出现在输出链路
0	1, 2
1	3
2	4
3	5
4	6
5	无
6	7, 8
7	9
8	10