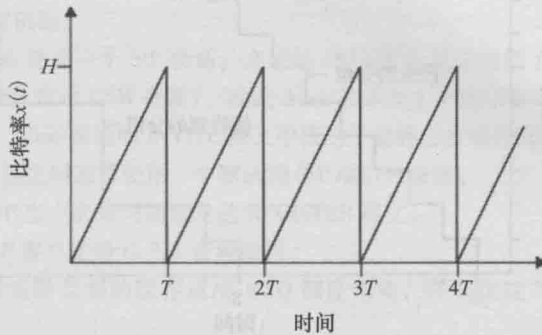


发送比特。具体而言,假设  $x(t)$  具有下列锯齿形状。其速率在时刻  $t=0$  初始为零,在时刻  $t=T$  线性爬升到  $H$ 。然后反复重复这种模式,如下图中显示的那样。

- a. 服务器的平均发送速率是什么?
- b. 假设  $Q=0$ , 客户一接收到一个视频块就开始播放。将发生什么现象?
- c. 现在假设  $Q>0$ 。作为  $Q$ 、 $H$  和  $T$  的函数, 确定首先开始播放的时间。
- d. 假设  $H>2r$  和  $Q=HT/2$ 。证明在初始播放时延之后将不会有停滞。
- e. 假设  $H>2r$ 。求出最小的  $Q$  值, 使在初始播放时延之后将不会有停滞。
- f. 现在假定缓存长度  $B$  是有限的。假定  $H>2r$ 。作为  $Q$ 、 $B$ 、 $T$  和  $H$  的函数, 确定当客户应用缓存首次变满的时刻  $t=t_f$ 。



- P4. 回想在图 7-3 中显示的 HTTP 流的简单模型。假设客户应用缓存长度是有限的, 服务器以恒定的速率  $x$  发送, 并且视频的压缩率是  $r$ , 其中  $r < x$ 。还假设播放立即开始。假设用户早在时刻  $t=E$  中止视频。在中止的时刻, 服务器停止发送比特 (如果它还没有发送视频中所有比特的话)。
- a. 假设视频为有限长。问浪费了多少比特 (即发送但未观看)?
  - b. 假设视频为  $T$  秒长, 其中  $T>E$ 。问浪费了多少比特 (即发送但未观看)?
- P5. 考虑一个 DASH 系统, 其中有  $N$  个视频版本 (有  $N$  种不同的速率和质量) 和  $N$  种音频版本 (有  $N$  种不同的速率和质量)。假设我们要允许播放者在任何时间对任何  $N$  种视频版本和任何  $N$  种音频版本进行选择。
- a. 如果我们生成文件, 使音频与视频混合起来, 这样服务器在给定的时间仅发送一种媒体流, 该服务器将需要存储多少文件 (每个文件有一种不同的 URL)?
  - b. 如果服务器单独发送音频流和视频流并且让客户同步这些流的话, 该服务器将需要存储多少文件?
- P6. 在 7.3 节的 VoIP 例子中, 令  $h$  为加到每个块中的首部字节总数, 包括 UDP 和 IP 的首部。
- a. 假设每 20 秒钟发射一个 IP 数据报, 求出由该应用一侧产生的数据报的每秒传输速率 (以比特计)。
  - b. 当使用 RTP 时,  $h$  的典型值是什么?
- P7. 考虑在 7.3 节中描述估计平均时延  $d_i$  的过程。假设  $u=0.1$ 。令  $r_1-t_1$  是最近的采样时延, 令  $r_2-t_2$  是下一个最近的采样时延, 等等。
- a. 对于一个特定的音频应用, 假设四个分组到达接收方的采样时延为  $r_4-t_4$ 、 $r_3-t_3$ 、 $r_2-t_2$  和  $r_1-t_1$ 。根据这 4 个采样来表示时延  $d$  的估计值。
  - b. 对于  $n$  个采样时延归纳出公式。
  - c. 对于 b 小题的公式, 令  $n$  趋于无穷, 给出最后的公式。评论一下为什么这个平均过程被称为一个指数移动平均数。
- P8. 重复习题 P7 中的 (a) 和 (b), 求出平均时延偏差的估计值。
- P9. 对于 7.3 节中的 VoIP 例子, 我们引入了一个估计时延的在线过程 (指数移动平均数)。在本习题中我们将研究另一种过程。设  $t_i$  是接收到的第  $i$  个分组的时间戳; 设  $r_i$  是收到第  $i$  个分组的时间。令  $d_n$  表示在收到第  $n$  个分组后我们对平均时延的估计。在收到第一个分组后, 我们设置时延估计值等于