

# 计算机网络作业——第一章 概述

## 学生信息

姓名：黄炜彬

学号：202002010113

以下是作业内容。

## 1-10

试在下列条件下比较电路交换和分组交换。要传送的报文共  $x(\text{bit})$ 。从源点到终点共经过  $k$  段链路，每段链路的传播时延为  $d(s)$ ，数据率为  $b(\text{bit}/s)$ 。在电路交换是电路的建立时间为  $s(s)$ 。在分组交换时，分组长度为  $p(\text{bit})$ ，每个分组所必须添加的首部都很短，对分组的发送时延的影响在本题中可以不考虑。此外，各节点的排队等待时间也可忽略不计。问在怎样的条件下，分组交换的时延比电路交换的要小？

先计算电路交换的需要的时间：

1. 由于电路交换需要先建立连接，该部分的时间为  $s$ ；
2. 发送报文有发送时延，即  $\frac{x}{b}$ ；
3. 传播时延： $kd$ 。

所以，电路交换的时间其实也是电路交换的时延： $t_e = s + \frac{x}{b} + kd$ 。

再计算分组交换的时延：

1. 假设采用数据报传输，所以不用建立连接，即建立连接的时间为0；
2. 传播时延和电路交换一样，即  $kd$ ；
3. 发送时延，此时需要先分组，这里先假定最终分组完所有的分组长度相同（这里其实是针对最后一个分组），每一个分组的发送时延为： $\frac{p}{b}$ ，那么需要计算分组的数目，设为  $n$ ，这里假定计算  $\lceil \frac{x}{p} \rceil$  为向上取整，所以  $n$  个分组的发送时延就是： $\lceil \frac{x}{p} \rceil \cdot \frac{p}{b}$ 。
4. 由于有  $k$  段链路，所以在分组交换时就有  $k-1$  个中间节点，还需要加上这  $k-1$  个节点发送一个分组的发送时延  $(k-1) \cdot \frac{p}{b}$

所以，分组交换的总时延就为： $t_p = kd + \lceil \frac{x}{p} \rceil \cdot \frac{p}{b} + (k-1) \cdot \frac{p}{b}$ 。

当  $x \gg p$  时， $\lceil \frac{x}{p} \rceil \approx \frac{x}{p}$

此时，分组交换小于延交换，就有： $kd + \frac{x}{b} + (k-1) \cdot \frac{p}{b} < s + \frac{x}{b} + kd$ ，化简得到  $(k-1) \frac{p}{b} < s$

## 1-11

在上题的分组交换网中，设报文长度和分组长度分别为 $x$ 和 $(p+h)$ (bit)，其中 $p$ 为分组的数据部分的长度，而 $h$ 为每个分组所添加的首部长度，与 $p$ 的大小无关。通信的两端共经过 $k$ 段链路。链路的数据率为 $b$ (bit/s)，但传播时延和节点的排队时间可以忽略不计。若打算使总的时延最小，问分组的数据部分长度 $p$ 应取多大？

结合11-0以及题目知：传播时延和排队时延忽略不计，所以需要考虑的是发送时延。

单个分组的发送时延为： $(p+h)/b$ ，所以 $n$ 个分组的发送时延为： $n \cdot \frac{p+h}{b}$ ，假定整个报文 $x$ 刚好可以分为 $x/p$ 个分组。

从问题11-0中知道，还需要考虑 $k-1$ 个中间结点的发送时延即 $(k-1) \cdot \frac{p+h}{b}$

所以总的时延就是 $D = \frac{x}{p} \cdot \frac{p+h}{b} + (k-1) \frac{p+h}{b} = \frac{x}{p} + \frac{xh}{bp} + (k-1) \frac{h}{b} + \frac{(k-1)p}{b}$

为了使总的时延最小，可以考虑对上式求导，这里求 $D$ 对 $p$ 的导数，求导数的零点，得到：

$$-\frac{xh}{bp^2} + \frac{k-1}{p} = 0.$$

解得

$$p = \sqrt{\frac{xh}{k-1}}$$

分析导数也可以知道，我们假设上述求得 $p$ 为 $p_0$ ，当 $p < p_0$ 时，时延随 $p$ 的单调递减，当 $p > p_0$ 时，总时延随 $p$ 单调递增，所以取 $p_0$ 时，总时延最小，如果 $p_0$ 不是整数，可以代入距离 $p_0$ 最近的两个整数到总时延式子，取较小值。

## 1-15

假定网络的利用率达到了90%。试估算一下现在的网络时延是它的最小值的多少倍？

$D_0$  为网络空闲时的时延，根据公式 $D = \frac{D_0}{1-U}$ ， $U$ 为网络利用率，解得 $D = 10D_0$ ，即10倍。

## 1-17

收发两端之间的传输距离为1000km，信号在媒体上的传输速率为 $2 \times 10^8 m/s$ 。试计算一下两种情况的发送时延和传播时延：

(1) 数据长度为 $10^7$  bit，数据发送速率为100kbit/s。

发送时延就是数据长度比上数据发送速率，所以发送时延： $10^7/10^5 = 100s$ 。

传播时延就是距离比上速率，所以传播时延： $10^6/(2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-3}s = 5ms$ 。

(2) 数据长度为 $10^3$  bit，数据发送速率为1Gbit/s。

发送时延： $10^3/10^9 = 10^{-6}s = 1\mu s$

传播时延：同(1)，还是5ms。

从以上计算结果可以得出什么结论？

时延中发送和传播的占比与发送的数据长度，数据发送速率和传输距离，传输速率相关，前两者决定发送，后两者决定传播。那么如果需要降低时延，我们应该考虑从占比较大的部分尝试降低，比如在发送时延较大的场景，尝试更换发送设备，编码压缩报文长度，从而降低发送时延。

## 1-19

长度为100字节的应用层数据交给运输层传送，需加上20字节的TCP首部。再交给网络层传送，需加上20字节的IP首部。最后交给数据链路层的以太网传送，加上首部和尾部共18字节。试求数据的传输效率。数据的传输效率是指发送的应用层数据。若应用层数据长度为1000字节，数据的传输效率是多少？

数据的传输速率其实很好理解，就是在最终传输时，数据在传输信息中的占比。

所以长度为100字节时，数据传输效率为： $100B / (100 + 20 + 20 + 18)B = 100/158 \approx 63.29\%$

同理，1000B时，数据传输效率为： $1000B / (1000 + 20 + 20 + 18)B = 1000/1058 \approx 94.52\%$

## 1-28

假定要在网络上传送1.5MB的文件。设分组长度为1KB，往返时间RTT=80ms，传送数据之前还需要建立TCP连接的时间，这时间 $2 \times RTT = 160ms$ 。试计算在以下几种情况下接收方在收完该文件的最后一个比特所需要的时间。

看数据，大小为1.5MB，是 $1.5 \times 1024 = 1536KB$ ，可以分为1536组，具体大小： $1536 \times 1024 \times 8 = 12582912bit$ 。

(1) 数据的发送速率为10Mbit/s，数据分组可以连续发送。

发送完所有的比特需要的时间为： $12582912 / 10^7 = 1.258s$ ，由于是分组传输，发送后还需要考虑最后一组的传播时间，这里是单向的所以为0.5RTT，所以总时间为： $(2 + 0.5) \times RTT + 1.258 = 1.458s$

(2) 数据的发送速率为10Mbit/s，但每发送完一个分组要等待一个RTT时间才能再发送下一个分组。

由于需要等待，所以相对上面一问需要加上1535组的等待时间，即1535个RTT。

所以总时间为： $1535 \times RTT + 1.458 = 122.8s$ 。

(3) 数据的发送速率极快，可以不考虑发送数据所需的时间。但规定每一个RTT往返时间内只能发送20个分组。

最后一组的传播其实到接收方接收到最后1bit为止不用考虑回到发送方的时间，1536分组，需要76.5个RTT，最后半个RTT发送最后的16个分组，所以总时间为： $76.5 \times RTT + 2 \times RTT = 6.28s$

(4) 数据的发送速率极快，可以不考虑发送数据所需的时间。但在第一个RTT内发送一个分组，第二个发送2个分组，第三个发送4个分组 ( $2^{3-1}$ )。

这个发送分组其实就是等比数列，总共要发送1536个分组，求和表达式为  $\frac{1(1-2^n)}{1-2} = 2^n - 1$

$n = 10$ 时, 发送1023个分组,  $n=11$ 时, 发送 2047个分组, 故需要11个RTT, 同理最后一个不用返回, 所以需要10.5个RTT, 故总时间为:  $(2 + 10.5) \times RTT = 1s$

## 1-29

---

有一个点对点链路, 长度50km。若数据在此链路上传播速率为 $2 \times 10^8 m/s$ , 试问链路的带宽应为多少才能使传播时延和发送100字节的分组的发送时延一样大? 如果发送的是512字长的分组, 结果又任何?

先计算传播时延:  $\frac{50 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 250us$

字节长度为100时, 需要的链路带宽为:  $100 \times 8 / (250 \times 10^{-6}) = 3.2Mbit/s$

字节长度为512时, 带宽为:  $512 \times 8 / (250 \times 10^{-6}) = 16.38Mbit/s$