

时延 相关习题







发送
时延

$$\frac{\text{分组长度 (b)}}{\text{发送速率 (b/s)}}$$

主机网卡的最大速率

1Gb/s

100Mb/s

1Gb/s

传输信道的带宽

1Gb/s

1Gb/s

100Mb/s

交换机的接口速率

1Gb/s

1Gb/s

1Gb/s

主机发送速率

1Gb/s

100Mb/s

100Mb/s

网络
时延

传播
时延

$$\frac{\text{信道长度 (m)}}{\text{电磁波传播速率 (m/s)}}$$

自由空间: $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

铜 线: $2.3 \times 10^8 \text{ m/s}$

光 纤: $2.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

处理
时延

一般不方便计算

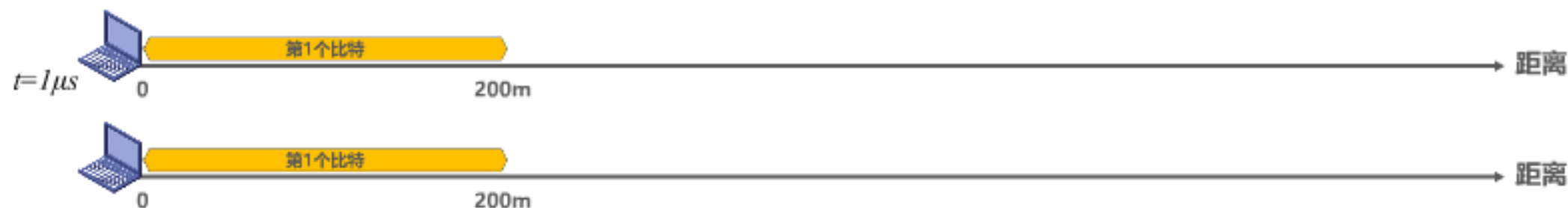
链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s



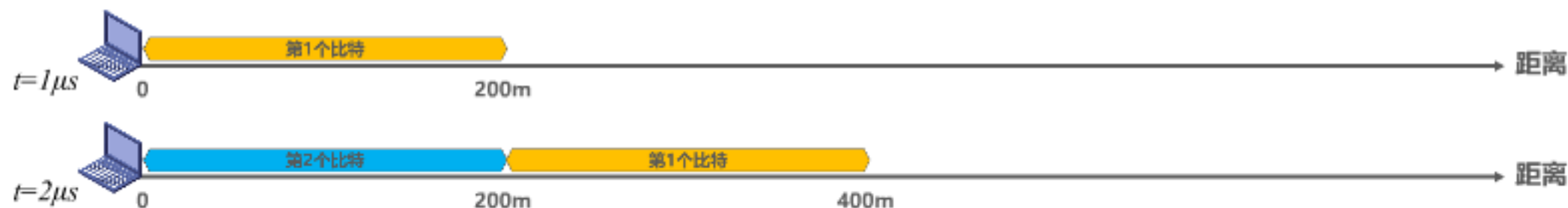
链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s



链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s



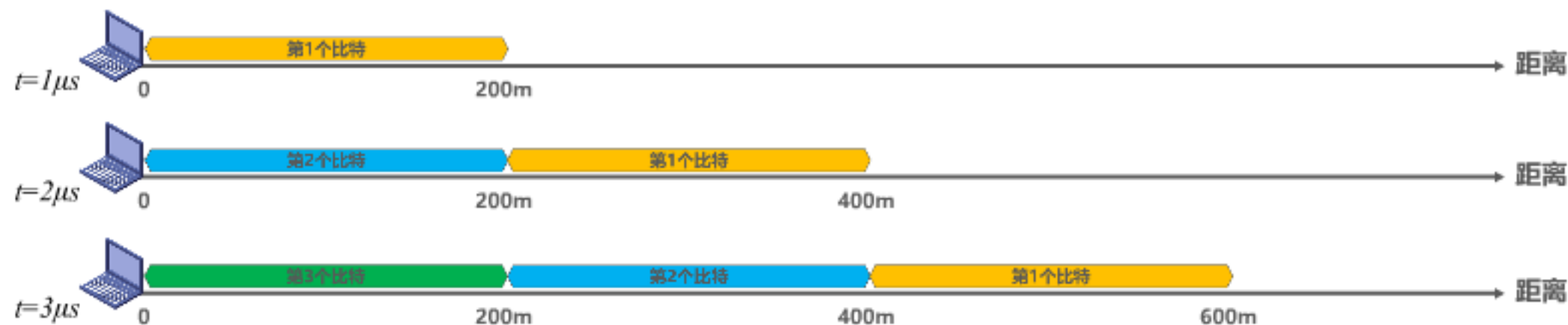
链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s



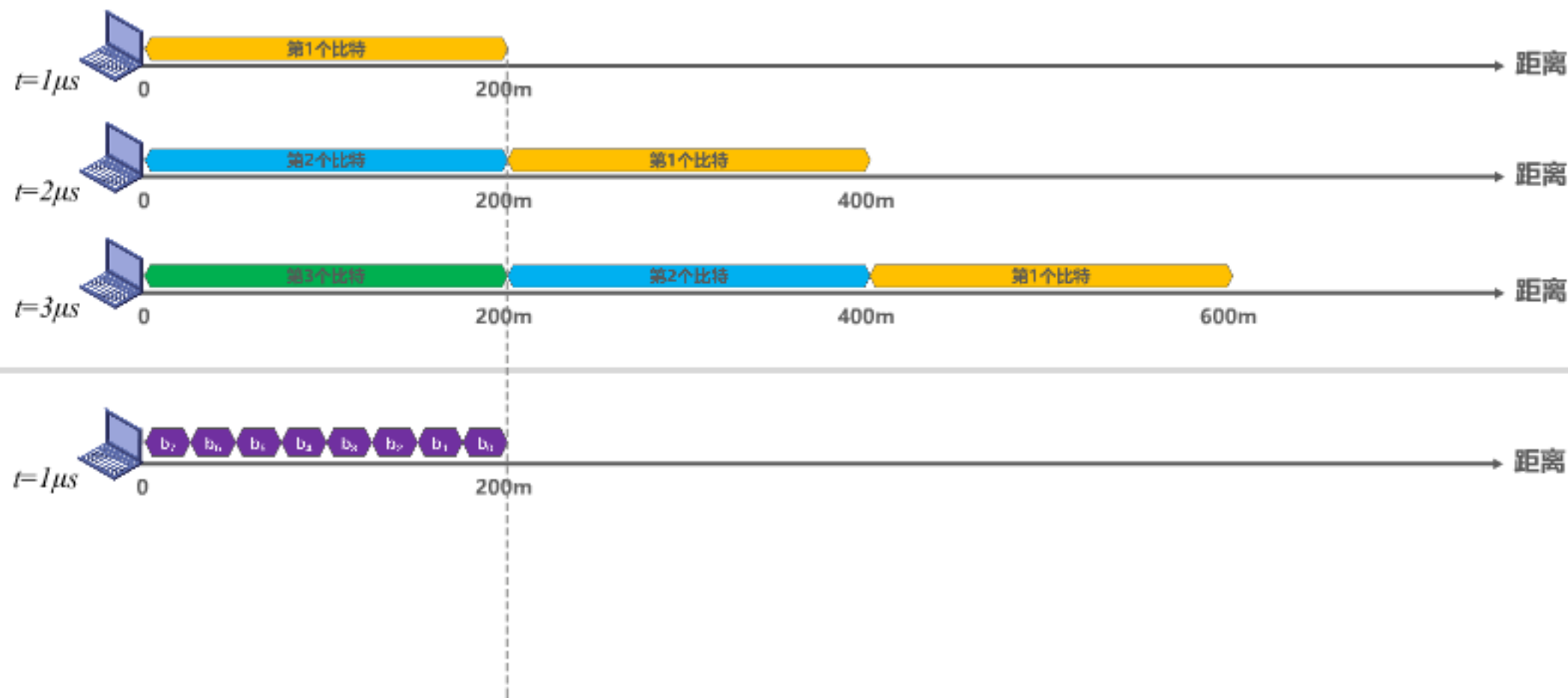
链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s



链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

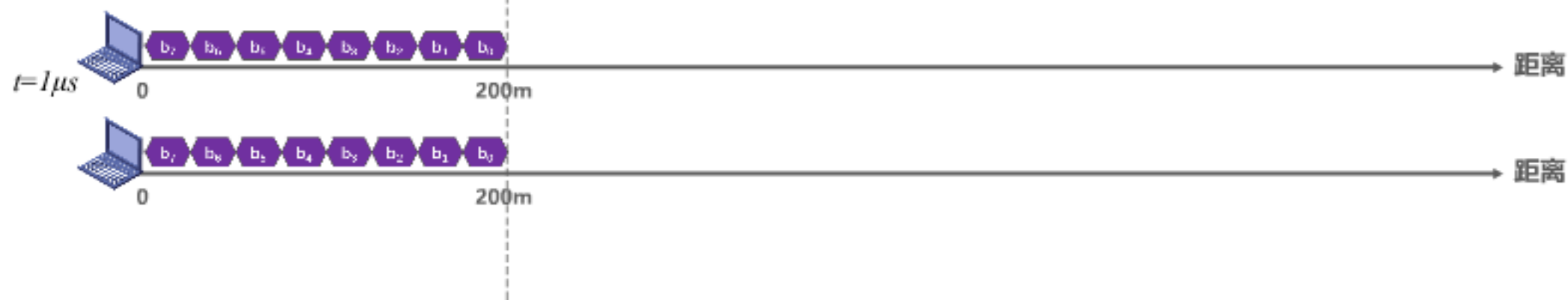
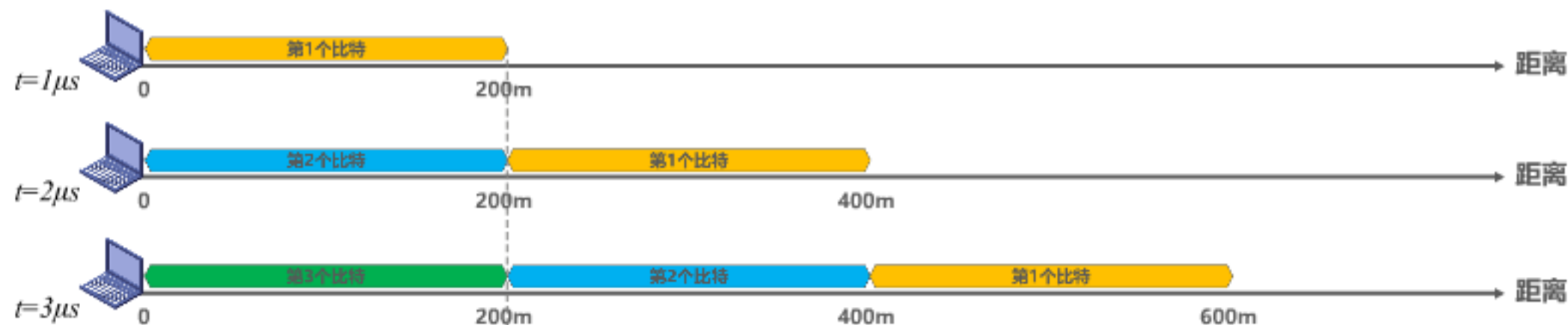


链路带宽为8Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

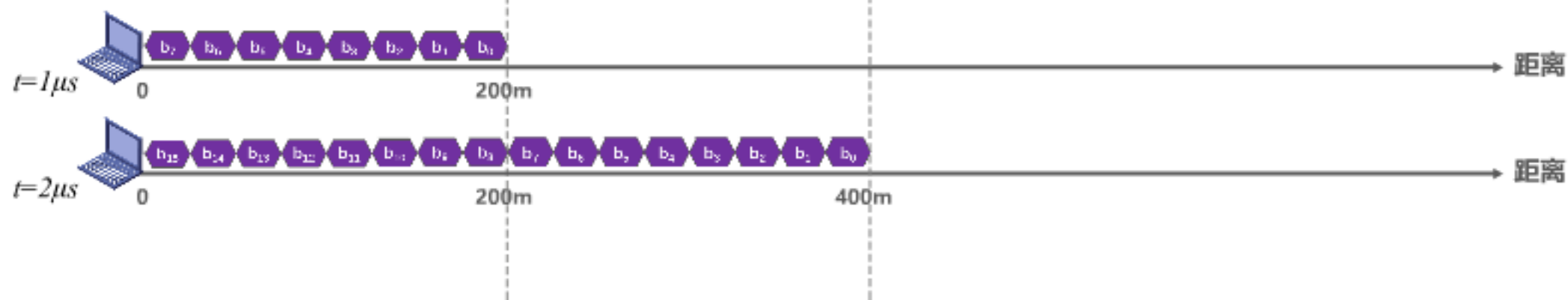
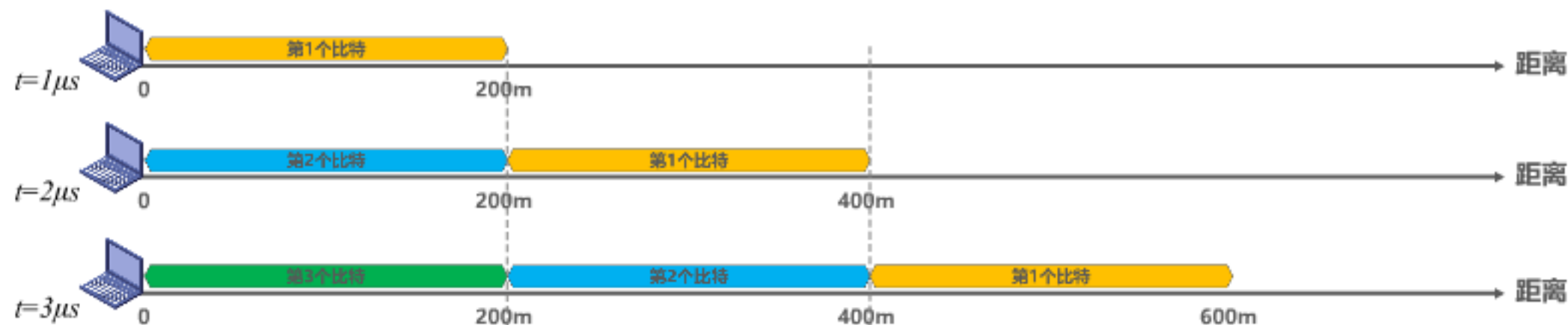


链路带宽为8Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

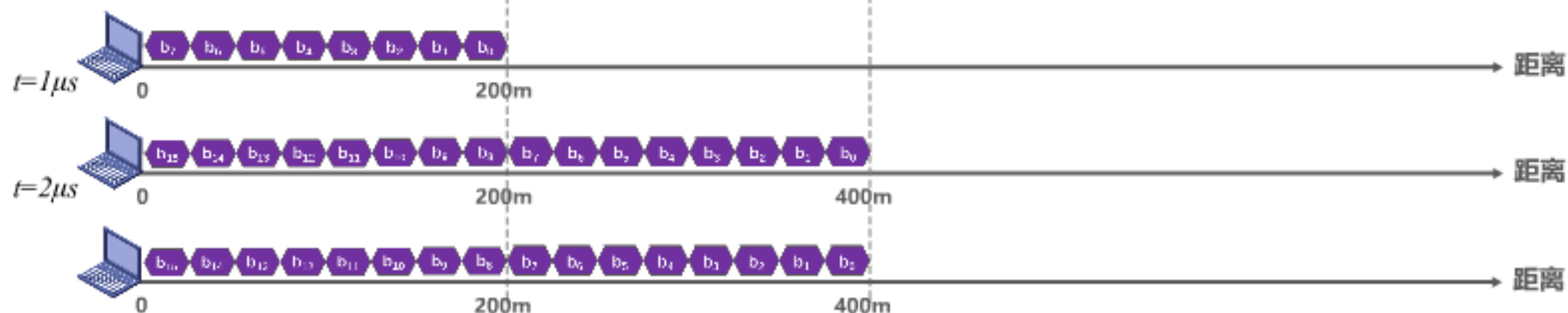
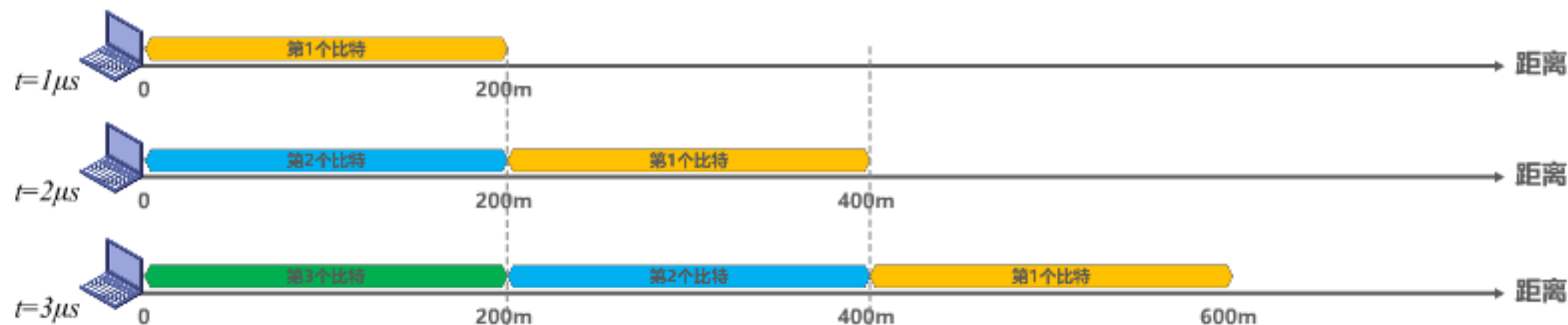


链路带宽为8Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

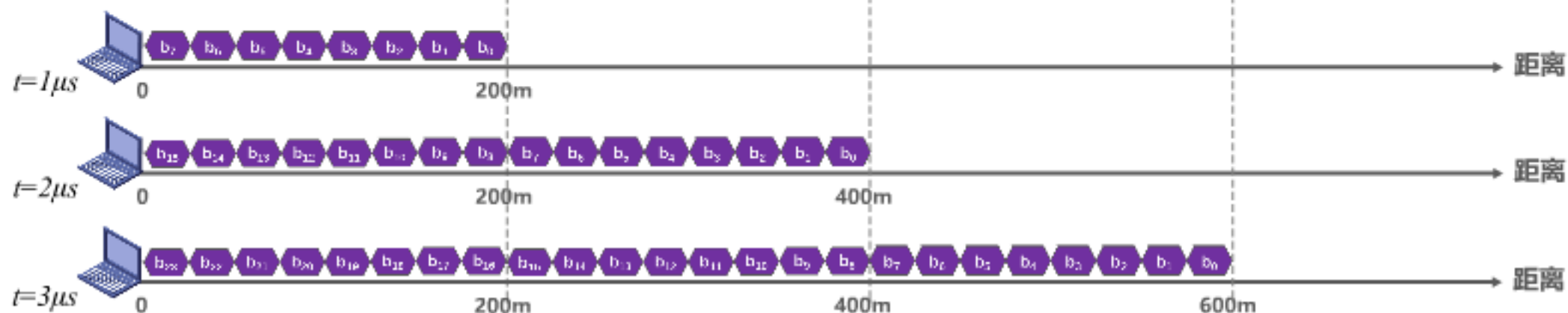
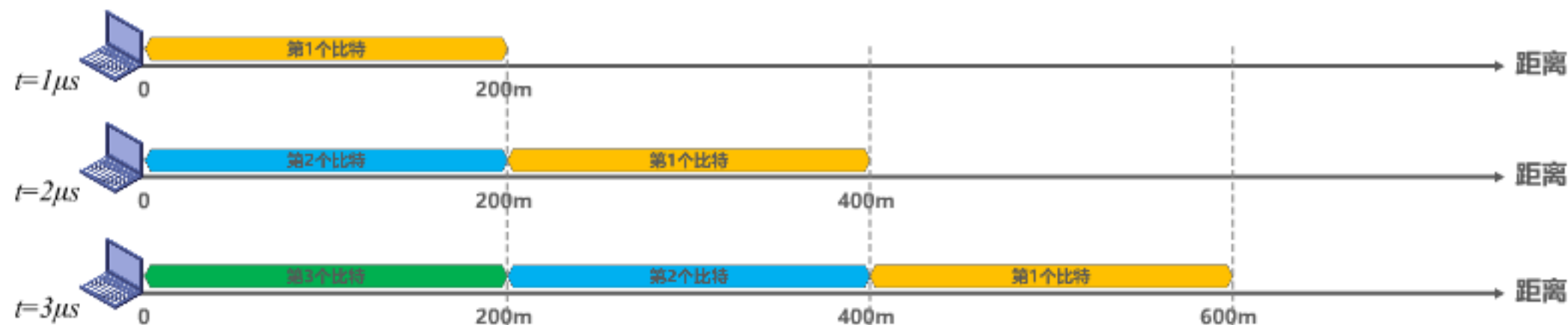


链路带宽为8Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

链路带宽为1Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s



链路带宽为8Mb/s

传播速率为 2.0×10^8 m/s

【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 $2.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

【解析】



$$\text{发送时延} = \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s}$$

【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

【解析】



$$\text{发送时延} = \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s}$$

【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

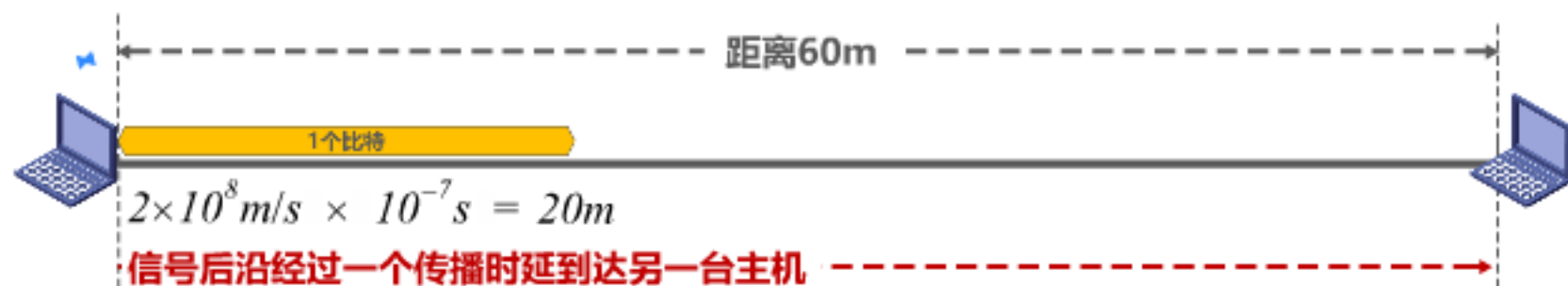
【解析】



$$\text{发送时延} = \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s}$$

【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 $2.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

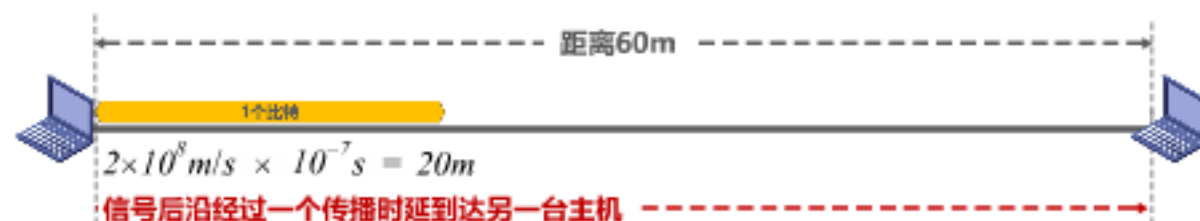
【解析】



$$\begin{aligned}
 \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\
 \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{发送时延} \\ \text{传播时延} \end{aligned}} \right\} \text{总时延为 } 4 \times 10^{-7} \text{ s}$$

【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 $2.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

【解析】



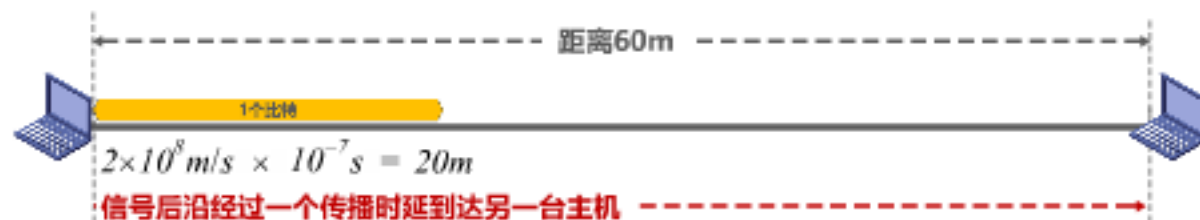
$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 4 \times 10^{-7} \text{ s}$$



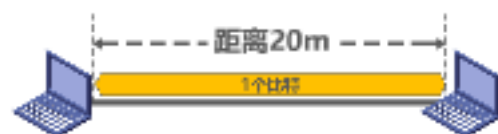
$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{20 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 2 \times 10^{-7} \text{ s}$$

【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

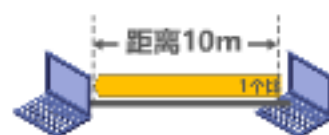
【解析】



$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 4 \times 10^{-7} \text{ s}$$



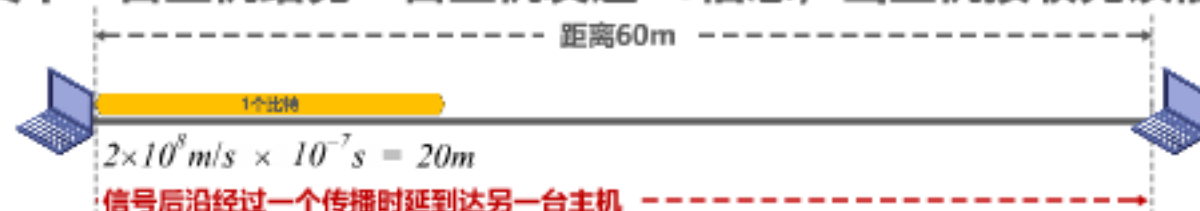
$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{20 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 2 \times 10^{-7} \text{ s}$$



$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{10 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 0.5 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 1.5 \times 10^{-7} \text{ s}$$

【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

【解析】



$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 4 \times 10^{-7} \text{ s}$$

若其中一台主机给另一台主机连续发送n比特信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

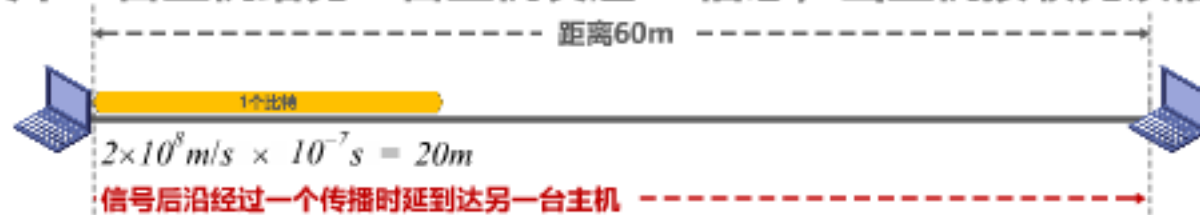
$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 4 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{n \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = n \times 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } (n+3) \times 10^{-7} \text{ s}$$

接收完n比特的总时延为 $(4 \times 10^{-7} \text{ s}) \times n$

【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

【解析】



$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 4 \times 10^{-7} \text{ s}$$

若其中一台主机给另一台主机连续发送n比特信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } 4 \times 10^{-7} \text{ s}$$

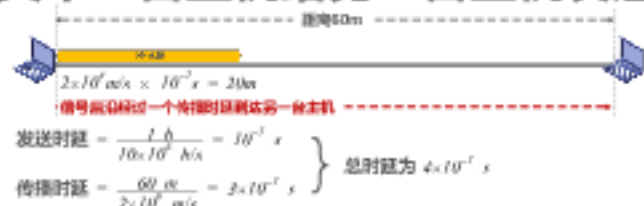
接收完n比特的总时延为 $(4 \times 10^{-7} \text{ s}) \times n$ ❌

$$\left. \begin{aligned} \text{发送时延} &= \frac{n \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = n \times 10^{-7} \text{ s} \\ \text{传播时延} &= \frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s} \end{aligned} \right\} \text{总时延为 } (n+3) \times 10^{-7} \text{ s}$$



【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

【解析】

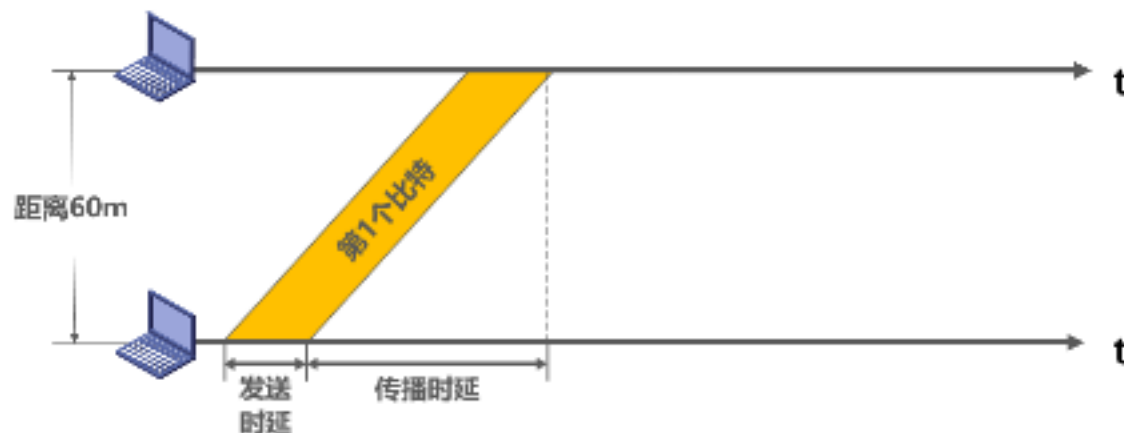


若其中一台主机给另一台主机连续发送n比特信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

发送时延 = $\frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s}$	} 总时延为 $4 \times 10^{-7} \text{ s}$	发送时延 = $\frac{n \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = n \times 10^{-7} \text{ s}$	} 总时延为 $(n+3) \times 10^{-7} \text{ s}$
传播时延 = $\frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s}$		传播时延 = $\frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s}$	

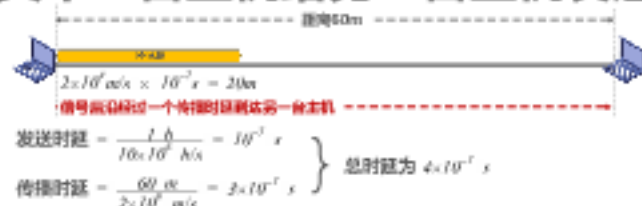
接收完n比特的总时延为 $(4 \times 10^{-7}) \times n$ ❌

✅



【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

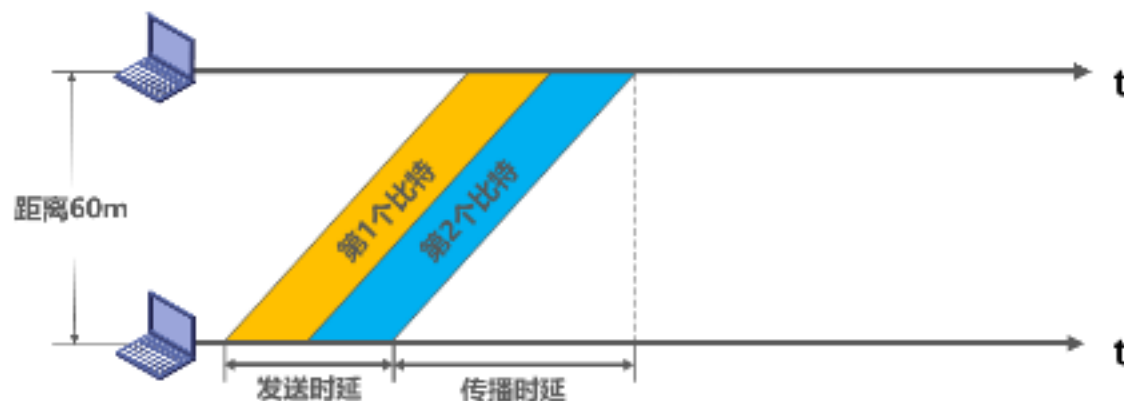
【解析】



若其中一台主机给另一台主机连续发送n比特信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

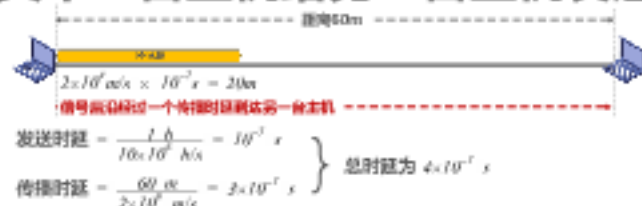
发送时延 = $\frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s}$	} 总时延为 $4 \times 10^{-7} \text{ s}$	发送时延 = $\frac{n \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = n \times 10^{-7} \text{ s}$	} 总时延为 $(n+3) \times 10^{-7} \text{ s}$
传播时延 = $\frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s}$		传播时延 = $\frac{60 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s}$	

接收完n比特的总时延为 $(4 \times 10^{-7}) \times n$ ❌



【习题1】两主机间的链路长度为60m，链路带宽为10Mb/s，信号的传播速率为 2.0×10^8 m/s，其中一台主机给另一台主机发送1b信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

【解析】



若其中一台主机给另一台主机连续发送n比特信息，当主机接收完该信息时共耗费多长时间？

发送时延 = $\frac{1 \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = 10^{-7} \text{ s}$

传播时延 = $\frac{60 \text{ m}}{2.0 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s}$

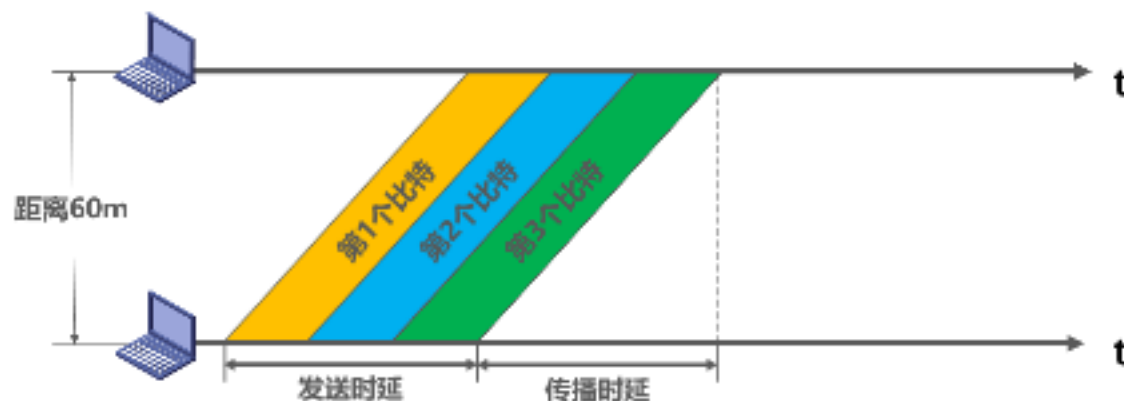
总时延为 $4 \times 10^{-7} \text{ s}$

接收完n比特的总时延为 $(4 \times 10^{-7} \text{ s}) \times n$ ❌

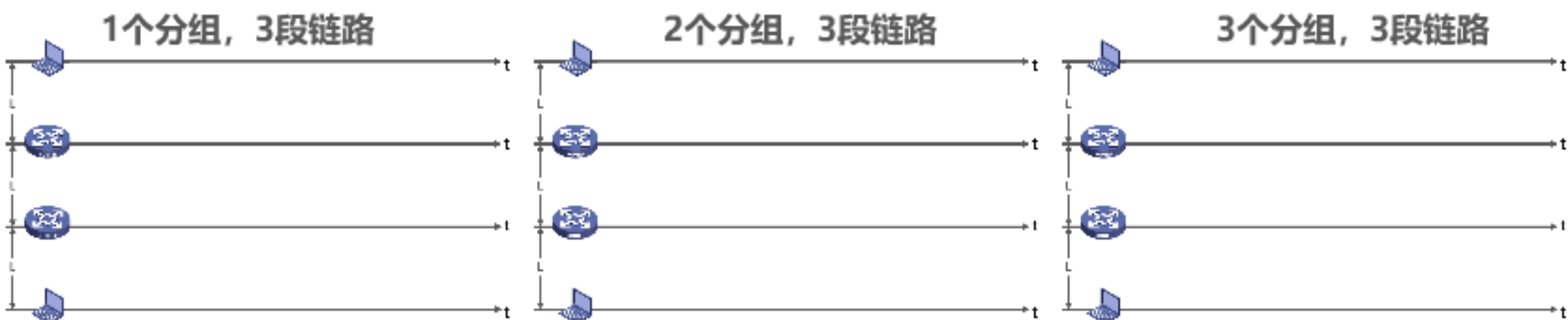
发送时延 = $\frac{n \text{ b}}{10 \times 10^6 \text{ b/s}} = n \times 10^{-7} \text{ s}$

传播时延 = $\frac{60 \text{ m}}{2.0 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3 \times 10^{-7} \text{ s}$

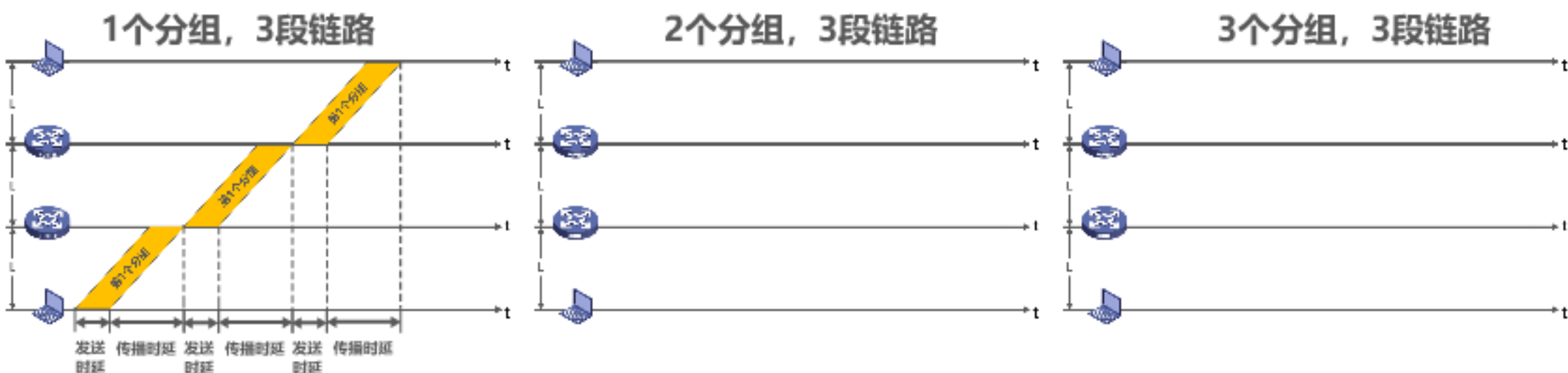
总时延为 $(n + 3) \times 10^{-7} \text{ s}$ ✅



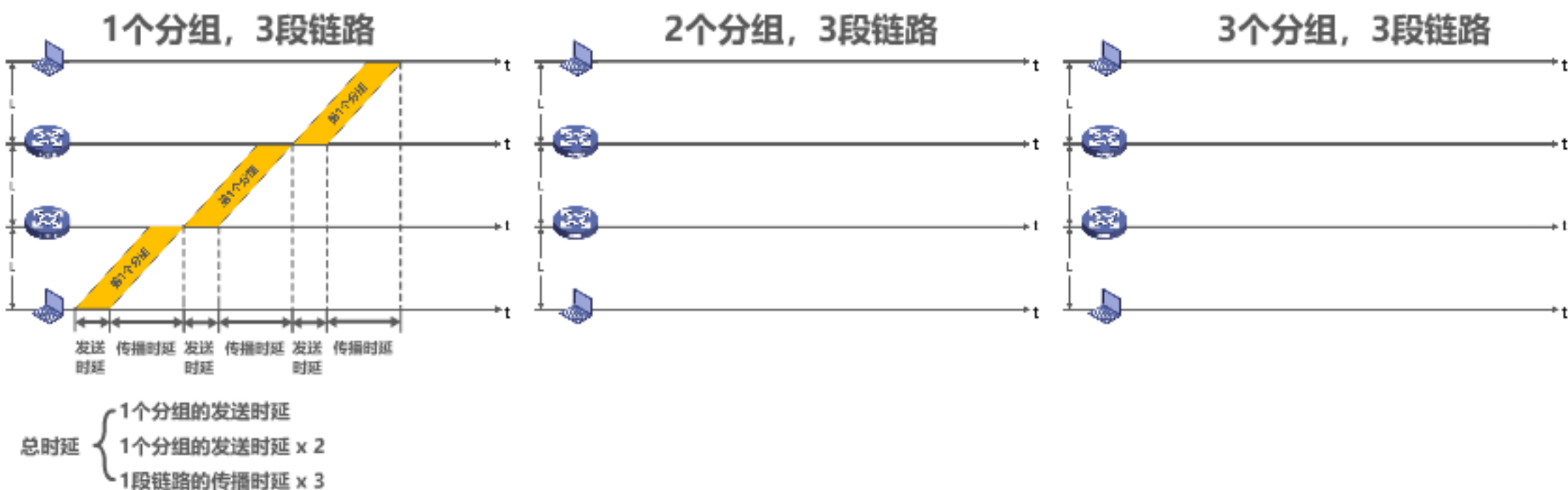
假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延



假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延

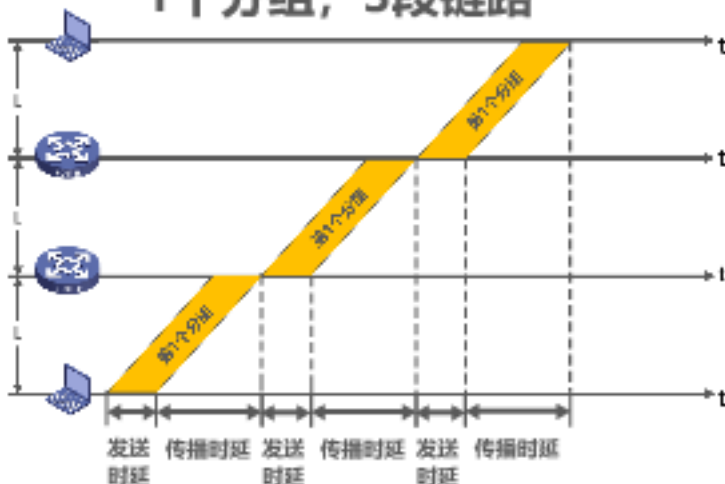


假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延



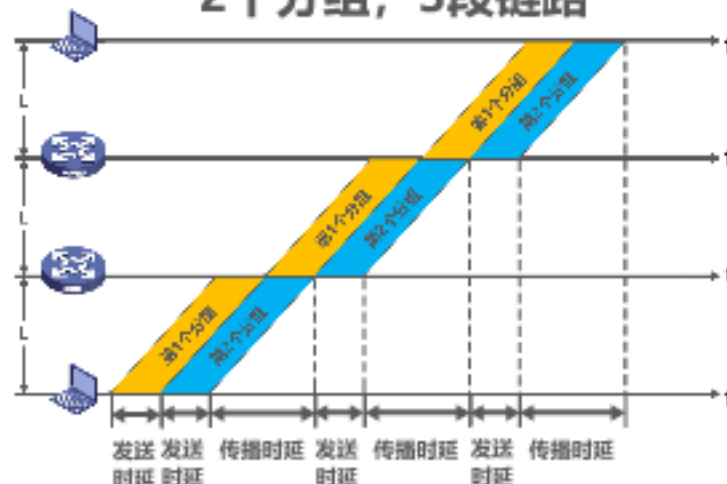
假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延

1个分组，3段链路



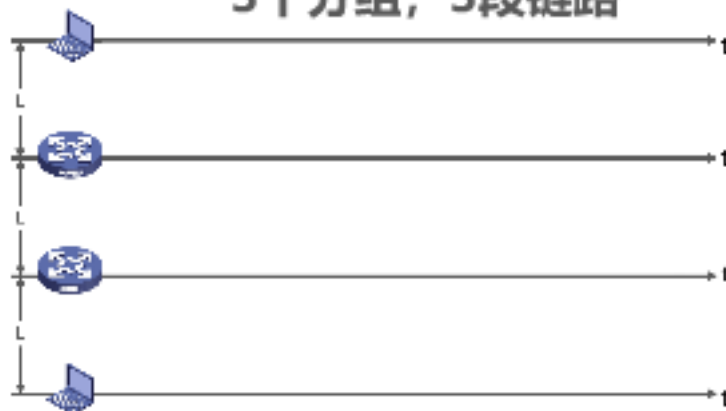
总时延 {
1个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

2个分组，3段链路



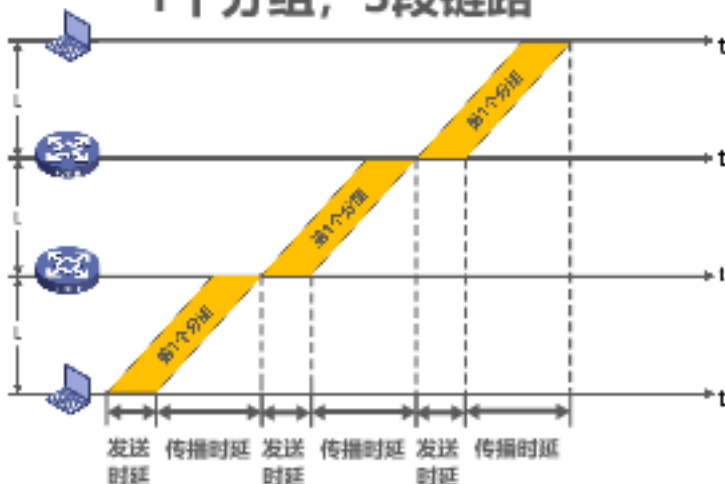
总时延 {
2个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

3个分组，3段链路



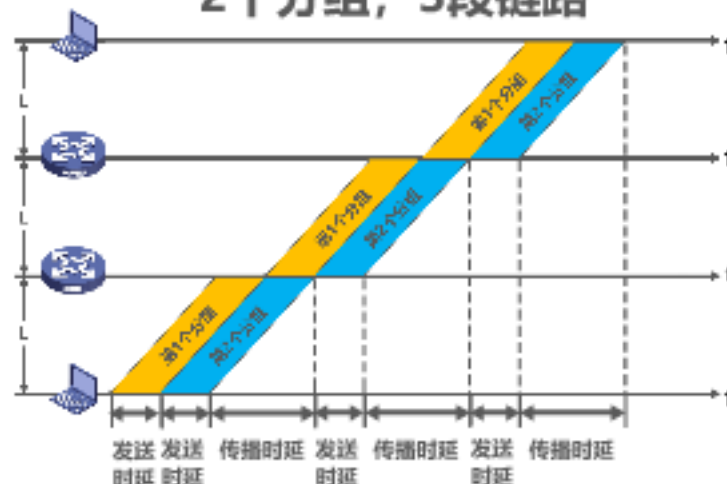
假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延

1个分组，3段链路



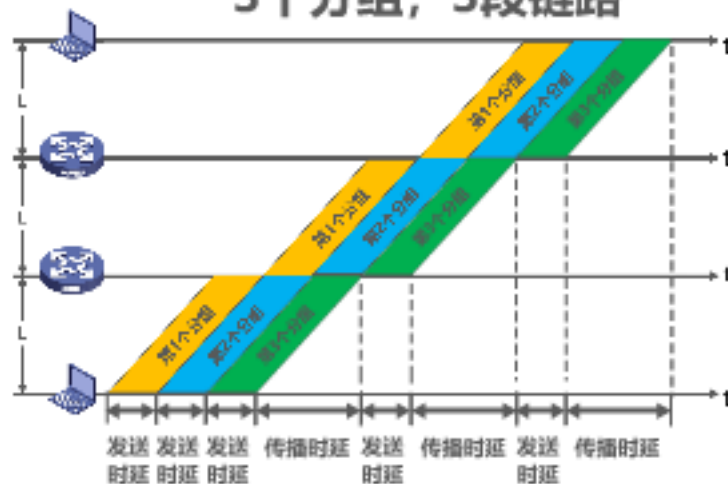
总时延 {
1个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

2个分组，3段链路



总时延 {
2个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

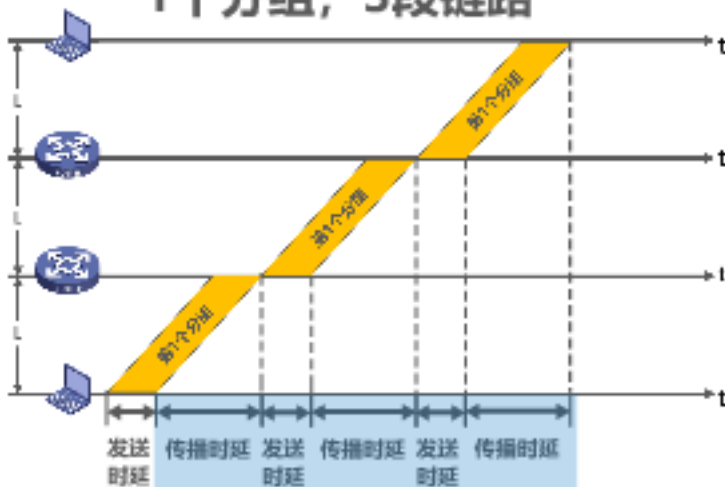
3个分组，3段链路



总时延 {
3个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

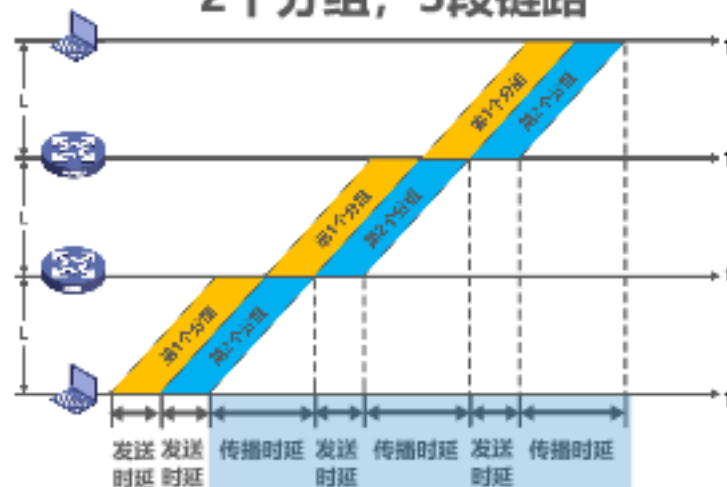
假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延

1个分组，3段链路



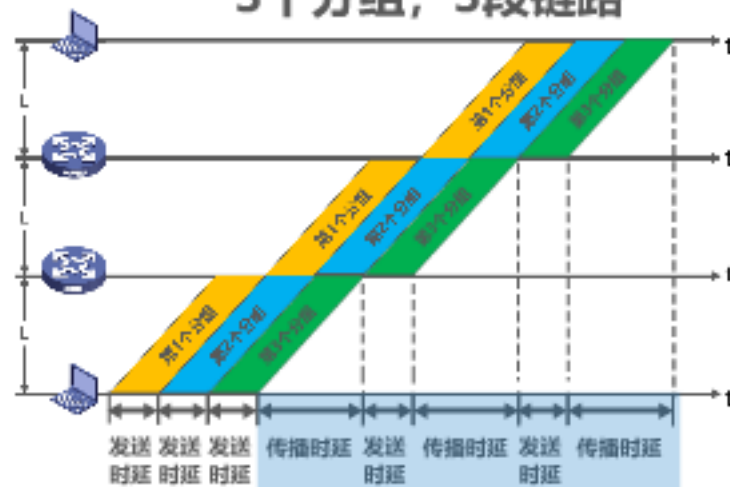
总时延 {
1个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

2个分组，3段链路



总时延 {
2个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

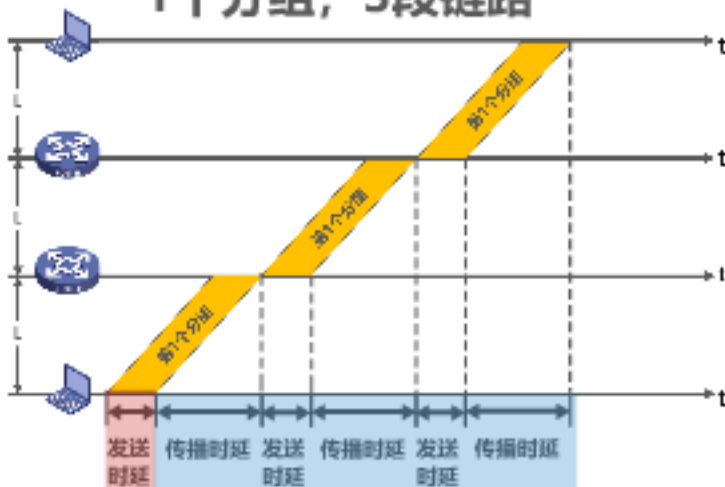
3个分组，3段链路



总时延 {
3个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延

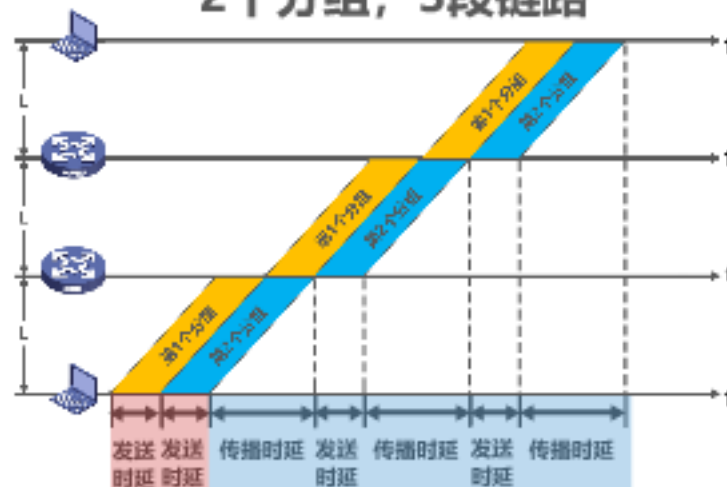
1个分组，3段链路



总时延

- 1个分组的发送时延
- 1个分组的发送时延 $\times 2$
- 1段链路的传播时延 $\times 3$

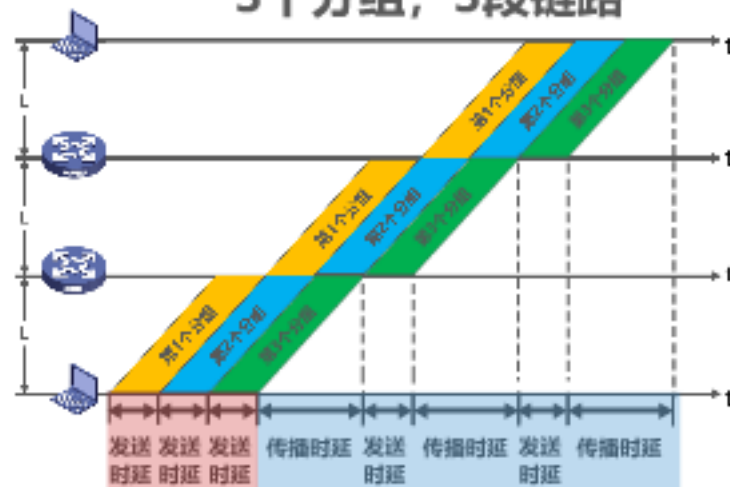
2个分组，3段链路



总时延

- 2个分组的发送时延
- 1个分组的发送时延 $\times 2$
- 1段链路的传播时延 $\times 3$

3个分组，3段链路

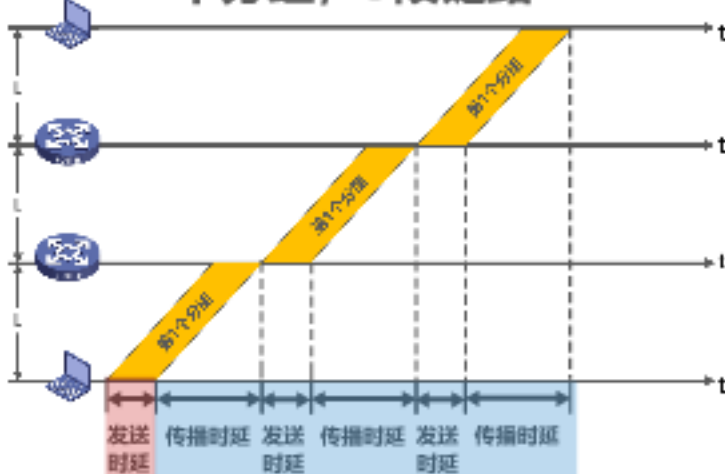


总时延

- 3个分组的发送时延
- 1个分组的发送时延 $\times 2$
- 1段链路的传播时延 $\times 3$

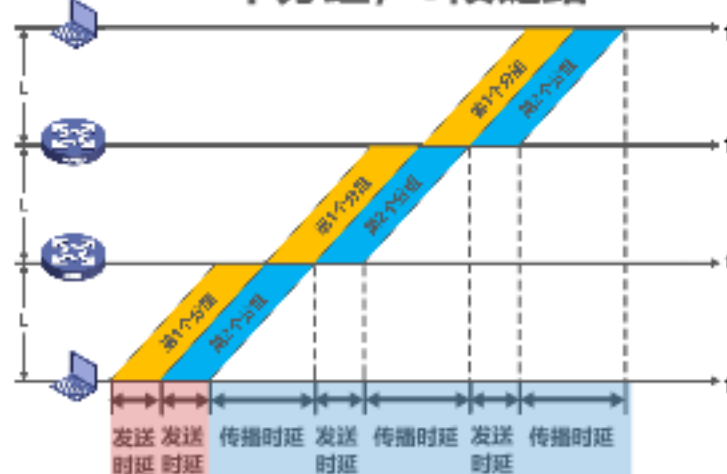
假设：分组等长，各链路长度相同、带宽也相同，忽略路由器的处理时延

1个分组，3段链路



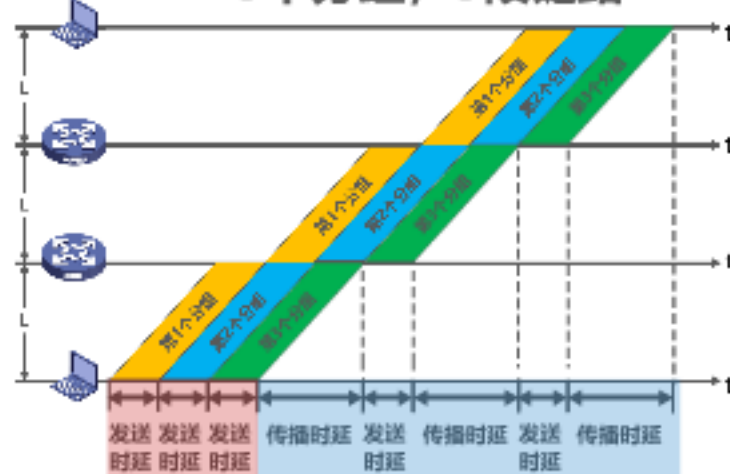
总时延 {
1个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

2个分组，3段链路



总时延 {
2个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

3个分组，3段链路



总时延 {
3个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times 2$
1段链路的传播时延 $\times 3$

若 n 个分组， m 段链路，则总时延是多少？

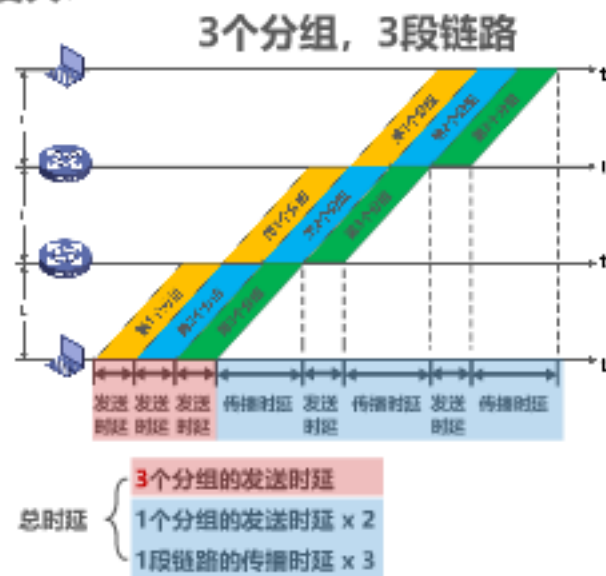
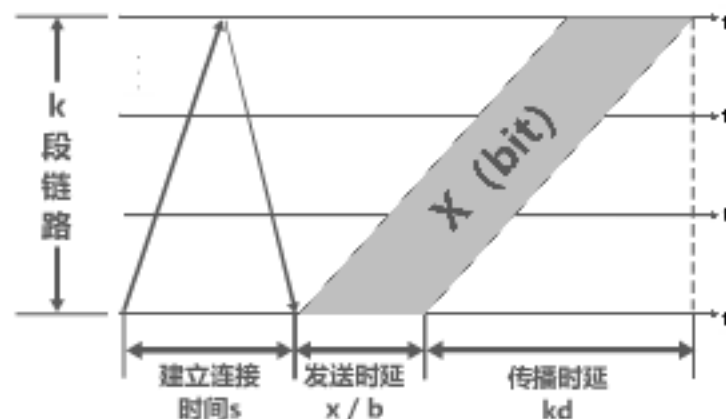
总时延 {
 n 个分组的发送时延
1个分组的发送时延 $\times (m - 1)$
1段链路的传播时延 $\times m$

【习题2】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 $d(\text{s})$ ，带宽为 $b(\text{bit/s})$ 。在电路交换时，电路的建立时间为 $s(\text{s})$ 。在分组交换时，报文可被划分成若干个长度为 $p(\text{bit})$ 的数据段，添加首部后即可构成分组，假设分组首部的长度以及分组在各结点的排队等待时间忽略不计。

问在怎样的条件下，电路交换的时延比分组交换的要大？

【解析】



n 个分组， m 段链路，总时延：

总时延 $\begin{cases} n \text{ 个分组的发送时延} \\ 1 \text{ 个分组的发送时延} \times (m - 1) \\ 1 \text{ 段链路的传播时延} \times m \end{cases}$

$$\text{电路交换的时延} = s + \frac{x}{b} + kd$$

$$\text{分组交换的时延} = \frac{p}{b} \times \frac{x}{p} + \frac{p}{b} \times (k-1) + kd$$

令电路交换的时延 > 分组交换的时延，解得： $s > (k-1)\frac{p}{b}$

【习题3】在习题2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 为每个分组的首部，其长度固定，与 p 的大小无关。通信的两端共经过 k 段链路。链路带宽为 b (bit/s)，但传播时延和结点的排队时间均忽略不计。若打算使总的时延为最小，问分组的数据部分长度 p 应取多大？

【解析】写出总时延 D 的表达式：

$$D = \underbrace{\frac{p+h}{b} \frac{x}{p}}_{\substack{\text{一个分组的} \\ \text{发送时延} \\ \text{分组} \\ \text{数量}}} + \underbrace{\frac{p+h}{b} (k-1)}_{\substack{\text{一个分组的} \\ \text{发送时延} \\ \text{转发次数}}} + kd$$

为了计算 D 的极值，求 D 对 p 的导数，令其为0，如下所示：

$$\frac{k-1}{b} - \frac{xh}{b} \frac{1}{p^2} = 0$$

解出：

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

【习题4 2013年 题35】

主机甲通过1个路由器（存储转发方式）与主机乙互联，两段链路的数据传输速率均为10Mbps，主机甲分别采用报文交换和分组大小为10Kb的分组交换向主机乙发送1个大小为8Mb（ $1\text{M}=10^6$ ）的报文。若忽略链路传播延迟、分组头开销和分组拆装时间，则两种交换方式完成该报文传输所需的总时间分别为 **D**

A. 800ms、1600ms

B. 801ms、1600ms

C. 1600ms、800ms

D. 1600ms、801ms

【解析】



【习题4 2013年 题35】

主机甲通过1个路由器（存储转发方式）与主机乙互联，两段链路的数据传输速率均为10Mbps，主机甲分别采用报文交换和分组大小为10Kb的分组交换向主机乙发送1个大小为8Mb（ $1\text{M}=10^6$ ）的报文。若忽略链路传播延迟、分组头开销和分组拆装时间，则两种交换方式完成该报文传输所需的总时间分别为 **D**

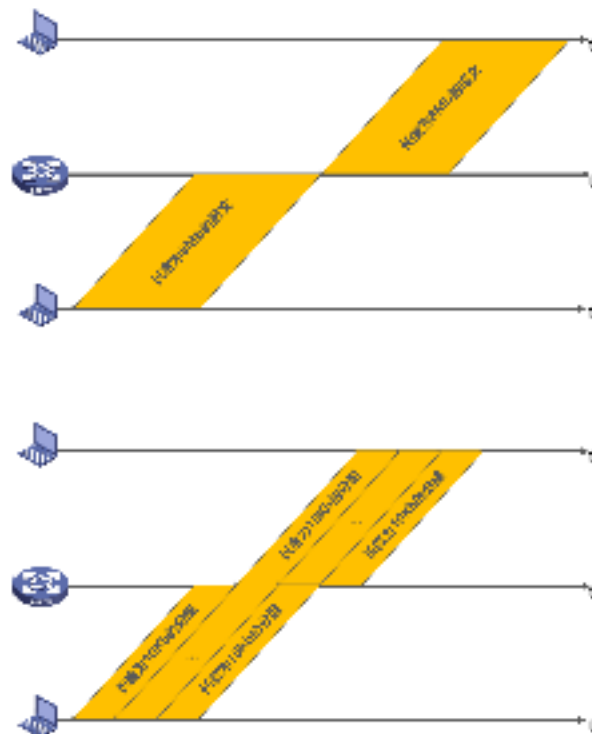
A. 800ms、1600ms

B. 801ms、1600ms

C. 1600ms、800ms

D. 1600ms、801ms

【解析】



【习题4 2013年 题35】

主机甲通过1个路由器（存储转发方式）与主机乙互联，两段链路的数据传输速率均为10Mbps，主机甲分别采用报文交换和分组大小为10Kb的分组交换向主机乙发送1个大小为8Mb（1M=10⁶）的报文。若忽略链路传播延迟、分组头开销和分组拆装时间，则两种交换方式完成该报文传输所需的总时间分别为 **D**

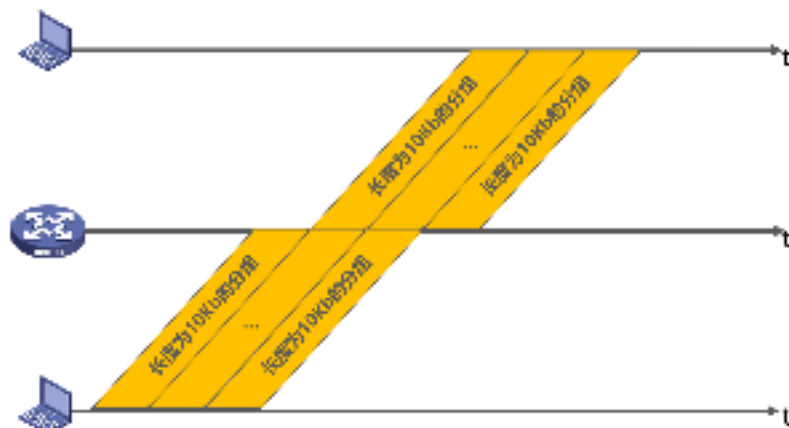
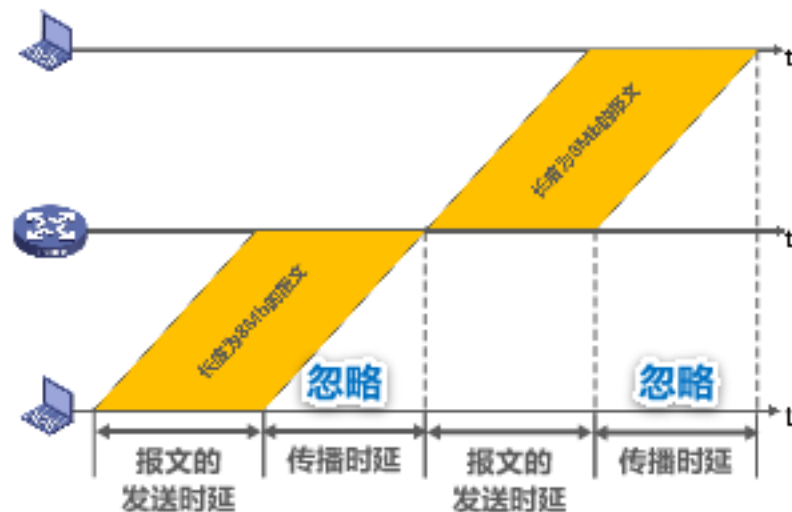
A. 800ms、1600ms

B. 801ms、1600ms

C. 1600ms、800ms

D. 1600ms、801ms

【解析】



报文交换总时间 = 报文的发送时延 × 2

$$= \frac{8Mb}{10Mb/s} \times 2 = 1.6s = 1600ms$$

【习题4 2013年 题35】

主机甲通过1个路由器（存储转发方式）与主机乙互联，两段链路的数据传输速率均为10Mbps，主机甲分别采用报文交换和分组大小为10Kb的分组交换向主机乙发送1个大小为8Mb（1M=10⁶）的报文。若忽略链路传播延迟、分组头开销和分组拆装时间，则两种交换方式完成该报文传输所需的总时间分别为 **D**

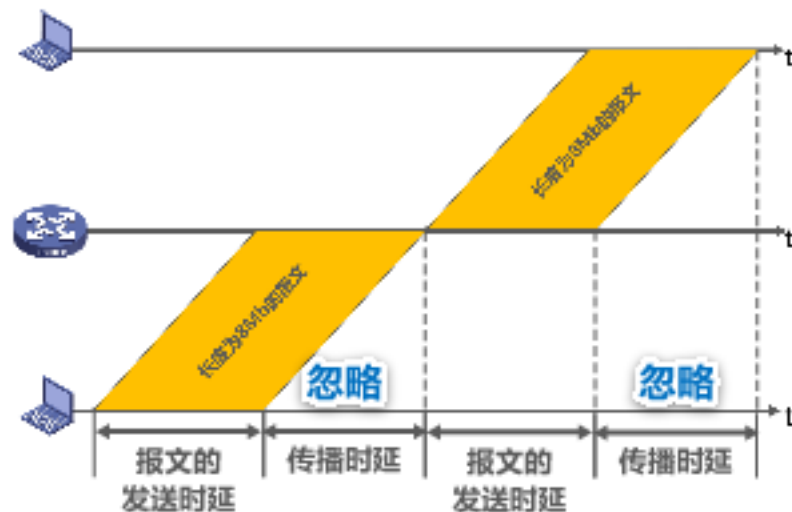
A. 800ms、1600ms

B. 801ms、1600ms

C. 1600ms、800ms

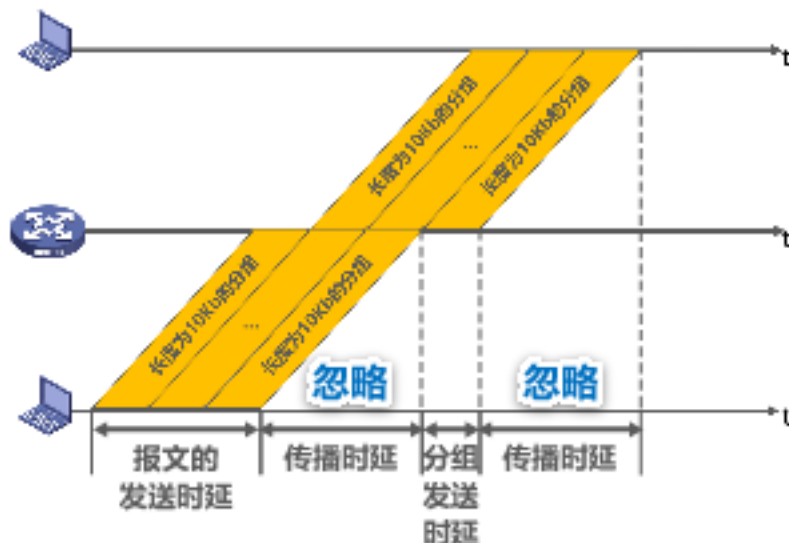
D. 1600ms、801ms

【解析】



报文交换总时间 = 报文的发送时延 × 2

$$= \frac{8Mb}{10Mb/s} \times 2 = 1.6s = 1600ms$$



分组交换总时间 = 报文的发送时延 + 1个分组的发送时延

$$= \frac{8Mb}{10Mb/s} + \frac{10Kb}{10Mb/s} = 0.801s = 801ms$$

【习题5 2010年 题34】

在下图所示的采用“存储-转发”方式的分组交换网络中，所有链路的数据传输速率为100Mbps，分组大小为1000B，其中分组头大小为20B。若主机H1向主机H2发送一个大小为980 000B的文件，则在不考虑分组拆装时间和传播延迟的情况下，从H1发送开始到H2接收完为止，需要的时间至少是 **C**

A. 80ms

B. 80.08ms

C. 80.16ms

D. 80.24ms



【解析】

H1到H2的路径中，至少包含两个路由器，也就是要经过两次转发，如上图所示。

需要的时间至少 = 所有分组的发送时延 + 1个分组的发送时延 × 2

$$= \frac{1000B}{100Mb/s} \times \frac{980000B}{1000B-20B} + \frac{1000B}{100Mb/s} \times 2 = 80.16ms$$

