

1. a、tracert 工具用于查看主机与目标主机之间的路由路径，每次数据包从 source 到 destination 的路径可能不同，但基本经过的路由一致。

Windows: tracert hostname

Linux : traceroute hostname

以下面 GitHub 为例：

```
跟踪完成。
C:\>tracert www.github.com
通过最多 30 个跃点跟踪
到 github.com [20.205.243.166] 的路由:
  1  <1 毫秒    <1 毫秒    <1 毫秒    192.168.1.1
  2  62 ms      4 ms        3 ms       183.250.180.1
  3  2 ms       3 ms        3 ms       112.5.175.53
  4  4 ms       4 ms        4 ms       112.50.220.61
  5  8 ms       5 ms        4 ms       111.24.11.61
  6  17 ms      18 ms       17 ms      111.24.5.85
  7  18 ms      18 ms       17 ms      111.24.5.174
  8  19 ms      19 ms       19 ms      221.183.68.145
  9  22 ms      39 ms       21 ms      221.183.25.117
 10  45 ms      45 ms       45 ms      221.183.55.81
 11  *          *          *          请求超时。
 12  *          39 ms      39 ms      223.120.2.118
 13  39 ms      40 ms       39 ms      223.119.47.34
 14  41 ms      40 ms       40 ms      ae23-0.ear02.hkg30.ntwk.msn.net [104.44.43.137]
 15  84 ms      80 ms       79 ms      be-21-0.ibr01.hkg30.ntwk.msn.net [104.44.33.117]
 16  79 ms      80 ms       81 ms      be-13-0.ibr01.sg2.ntwk.msn.net [104.44.17.50]
 17  70 ms      79 ms       74 ms      ae100-0.icr01.sg2.ntwk.msn.net [104.44.11.188]
 18  *          *          *          请求超时。
 19  *          *          *          请求超时。
 20  *          *          *          请求超时。
 21  *          *          *          请求超时。
 22  *          *          *          请求超时。
 23  *          *          *          请求超时。
 24  *          *          *          请求超时。
 25  *          *          *          请求超时。
 26  *          *          *          请求超时。
 27  *          *          *          请求超时。
 28  *          *          *          请求超时。
 29  *          *          *          请求超时。
 30  *          *          *          请求超时。
跟踪完成。
```

B. 经过的 ISP 有：中国移动，美国华盛顿雷德蒙德 微软（104.44.43.137）



11920192203128

高妍

解: 设平均每分钟接入电话次数为  $\lambda$ ,  $\lambda = \frac{60000 \times 1}{24 \times 60}$  次/min.  
每个 call 被处理的时间为  $\frac{1}{\mu}$  min.  $\frac{1}{\mu} = 3$  min.  $\mu = \frac{1}{3}$

$$P_{k+1} = \frac{1}{(k+1)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1} P_0$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{1}{1!} \frac{\lambda}{\mu} + \frac{1}{2!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N \frac{1}{N!}} \quad P_N = \frac{1}{N!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N P_0$$

设共有  $N$  条线路.

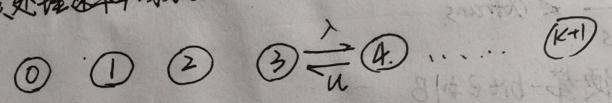
$$\frac{\lambda}{\mu} = \frac{60000 \times 1}{24 \times 60} \times 3 = \frac{1000}{8} = \frac{250}{2} = 125$$

$$\text{当 } P_N = \frac{1}{N!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N \left[ \frac{1}{1 + \frac{1}{1!} \frac{\lambda}{\mu} + \frac{1}{2!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N \frac{1}{N!}} \right] = 1\% \quad \text{可求 } N$$

$$\text{即求 } \sum_{N=0}^{\infty} \frac{125^N}{N!} = \frac{100}{X!} (125)^X = e^{125}$$

P3:  $\lambda = 15$

一核处理速率平均为 200 ms.  $\frac{1}{\mu} = 200 \times 10^{-3} = 0.2$ . 由于 4 核,  $\mu = 20$ .



$$P_k \lambda = P_{k+1} \mu$$

$$P_{k+1} = \frac{\lambda}{\mu} P_k = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1} P_0$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 8 \cdot \frac{3}{4}$$

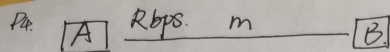
$$\text{又 } \sum_{k=0}^{\infty} P_k = 1, P_0 = 1 - \rho = 0.75$$

$$\text{平均等待时间: } \sum_{k=0}^{\infty} P_k \cdot k \cdot \frac{1}{\mu} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times k \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{80} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{3}{4}\right)^k \cdot k$$

$$\text{处理时间: } 0.2 \div 4 = 0.05$$

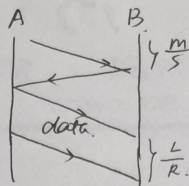
用 sage 计算得.

$$\text{服务时间: } \frac{1}{80} \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{3}{4}\right)^k \cdot k + 0.05 = \frac{1}{80} \times 11.999 \dots + 0.05 \approx 12 \times \frac{1}{80} + 0.05 = 0.25$$



⊕  $\vec{s} \text{ m/s}$

$L \text{ bits}$



a.  $d_{\text{prop}} = \frac{m}{s}$

b.  $d_{\text{trans}} = \frac{L}{R}$

c. end to end delay: ~~3dprop + dtrans~~  $d_{\text{prop}} + d_{\text{trans}} = \frac{m}{s} + \frac{L}{R}$

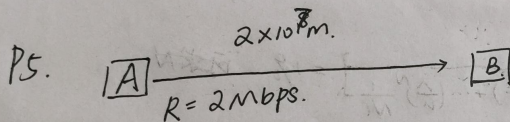
d.  $t = d_{\text{trans}}$  时, A 端数据正好传完, 包的最后一个字节正好发出.

e.  $d_{\text{prop}} > d_{\text{trans}}$  时, 包的第一个字节还未到达 B.

距离 A:  $d_{\text{trans}} \cdot s = \frac{L}{R} \cdot s$

f.  $d_{\text{prop}} < d_{\text{trans}}$  时, 包第一个 bit 已到达 B.

g.  $d_{\text{prop}} = d_{\text{trans}} \Rightarrow \frac{m}{s} = \frac{L}{R} \Rightarrow m \approx 5.357 \times 10^8 \text{ m}$



$V = 2.5 \times 10^8 \text{ m/s}$

a.  $R \cdot d_{\text{prop}} = \frac{2 \times 10^8 \text{ bps}}{2.5 \times 10^8 \text{ m/s}} \times 2 \times 10^8 \text{ m} = 160 \text{ bits}$

b.  $d_{\text{trans}} = \frac{808 \times 10^5 \text{ bits}}{2 \times 10^6 \text{ bps}} = 400 \text{ s}$

$d_{\text{prop}} = \frac{2 \times 10^8 \text{ m}}{2.5 \times 10^8 \text{ m/s}} < d_{\text{trans}}$

即数据尚未完全发送, 便第一 bit 已到 B.

即最大比特:  $R \cdot \frac{m}{s} = 160 \text{ bits}$

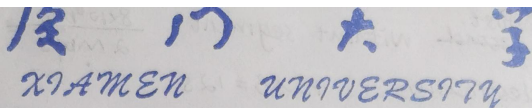
c. bandwidth-delay: 以比特为单位的一个数据总量, 等同于在任意特定时间内该网络线上最大数据量.

d.  $\frac{2.5 \times 10^8 \text{ m/s}}{2 \times 10^6 \text{ bps}} = 1.25 \times 10^5 \text{ m}$

足球场一般 90 m. 远大于足球场长度

e. width of a bit =  $\frac{s}{R}$





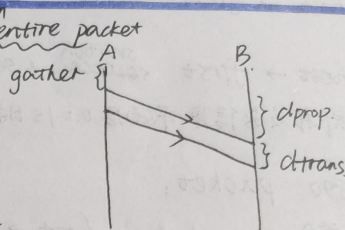
P6.

ADD: FRIEDRICH KRAMEN CABLE:0633 P.C:361005

Diagram illustrating network parameters:

- Source A sends data at 64 kbps.
- Link speed is 2 Mbps.
- Propagation delay  $d_{prop} = 10 \times 10^{-3}$  s.
- Packet size is 56 bytes ( $\frac{1}{4}$  B/packet).
- Receiver B gets the entire packet gathered.

The diagram shows two parallel paths from A to B, representing different packets or flows, with a vertical bracket indicating the propagation delay  $d_{prop}$ .



a bit

gather process:  $\frac{56 \times 8}{64 \text{ kbps}} = t_1 = \frac{56 \times 8}{64 \times 10^3 \text{ bps}}$

$d_{prop} = \frac{m}{s} =$  最后一个字节传递,  $\frac{448}{2 \times 10^6 \text{bps}} = t_2 = \frac{448}{2000000} = 0.224 \text{ms}$

$$d_{prop} = 10 \times 10^{-3} \text{ s}$$

由于  $R > 56 \text{ byte/s}$ , 即  $t_2 = t_1 + d_{\text{prop}} \approx \frac{7}{17.5} \times 10^{-3} + 10 \times 10^{-3} = \frac{17}{17.5} \text{ ms}$   
此时 packet 的第一个字节达 B.  $t = t_{2,1} + t_2 = \frac{17}{17.5} \times 10^{-3} + 17.24 \text{ ms}$

P7.  $40T = 40 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 8 \text{ bit}$ .

$$100 \text{ Mbps} = 1 \times 10^8 \text{ bps.}$$

$$d_{\text{trans}} = \frac{40 \times (1024)^4 \times 8}{1 \times 10^8} \text{ s} = 3518437.2088325 \approx 41.7 \text{ day}$$

时间过长, 选择 FedEx - overnight delivery

8. a. 电路交换技术, 由于其场景下  $k$  小且固定, 并且持续时间相对长, 而该技术有稳定的数据传输速率, 不存在信道访问延迟, 实时性好。

b. 不需要  $d_{trans} \geq d_{prop}$ , 即当入口流量大于出口流量的长度即  $R_{in} < R_{out}$  且小于道容量  $C$  即不会发生拥塞, 降低了丢包丢失的可能, 故拥塞控制可以不需要。

9. a. 当使用电路交换时, 信道带宽需要用户独占, 即最多支持:  $\frac{3\text{Mbps}}{150\text{kbps}} = 20$  (人)

b. 由于每个用户仅可能有10%的时间传输,即对特定用户正在传输的概率为0.1

C. 由二项式公式得:  $P \cdot p^n(1-p)^{10-n} = (0.1)^n(0.9)^{10-n}$

$$d. \sum_{i=21}^{120} p^i (1-p)^{(120-i)}$$

P10. a. store-and-forward: At each node the entire packet is received, processed, stored briefly and then forwarded to the next node.

host  $\rightarrow$  ~~second~~ <sup>first</sup> Without segment:  $\frac{8 \times 10^6 \text{ bits}}{2 \text{ Mbps}} = 4 \text{ s}$ .

host  $\rightarrow$  destination:  $4 \text{ s} \times 3 = 12 \text{ s}$ .

b. host  $\rightarrow$  first <sup>switch</sup> ~~source~~ / first packet:  $\frac{1 \times 10^6 \text{ bits}}{2 \text{ Mbps}} = 0.005 \text{ s}$ .

host  $\rightarrow$  first <sup>switch</sup> ~~source~~ / second packet:  $0.005 \text{ s}$ .

即在发送信息开始后 0.01 s 时, 第二个数据包到达 first switch.

c. 800 packet:

\*first packet host  $\rightarrow$  destination:  $0.005 \times 3 = 0.015 \text{ s}$ .

~~800~~ total packets:  $(800-1) \times 0.005 = 4.015$ .

与(a)中 ~~没有~~ 没有包segmentation的结果12 s 延迟.

4.015 s 减少了延迟

d: segmentation. 高效, 可以动态分配传输带宽. 对通信链路是分段与可灵活, 每个包可以独立选择合适的路由.

e: segmentation. 在路由器存储转发时需要排队, 造成一定延迟, 还容易出现丢包现象.

P11. A  $\rightarrow$  switch 1  $\rightarrow$  switch 2  $\rightarrow$  B.  
packet:  $80 + S = L$ . number: total:  $\frac{F}{80} + \frac{F}{S}$

$$\text{delay: } \frac{L}{R} \left( \frac{F}{S} + 2 \right) = \frac{80+S}{R} \left( \frac{F}{S} + 2 \right)$$

$$= \frac{F}{R} \frac{80+S}{S} + \frac{2}{R} (80+S)$$

$$= \frac{F}{R} + \frac{80F}{R} \cdot \frac{1}{S} + \frac{160}{R} + \frac{2S}{R}$$

$$\geq 2\sqrt{\frac{80F}{R} \cdot \frac{2}{R}} + \frac{F+160}{R} \quad \frac{80F}{RS} = \frac{2S}{R}$$

$$= \frac{2}{R} \sqrt{160F} + \frac{F+160}{R}$$

$$\Rightarrow S = \sqrt{40F}$$

即  $S = \sqrt{40F}$  时 delay 有最小.





廈門大學  
XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FUJIAN XIAMEN CABLE: 0633 P.C: 361005

P12. PC  $\Rightarrow$  网络  $\rightarrow$  电话.

先处理语言通过网络传输, 再将信号传给运营商网络, 最后通过运营商的线路路由拨达手机.