

## 1.5 计算机网络的性能指标



## 1.5 计算机网络的性能指标

■ 性能指标可以从不同的方面来度量计算机网络的性能。

■ 常用的计算机网络的性能指标有以下8个：

☐ 速率

☐ 带宽

☐ 吞吐量

☐ 时延

☐ 时延带宽积

☐ 往返时间

☐ 利用率

☐ 丢包率

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

湖科大教书匠  
<https://space.bilibili.com/360996402>  
jgao1@hnust.edu.cn

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

比特

计算机中**数据量的单位**，也是信息论中信息量的单位。一个比特就是二进制数字中的一个1或0。

常用数据量单位

$$8 \text{ bit} = 1 \text{ Byte}$$

$$KB = 2^{10} B$$

$$MB = K \cdot KB = 2^{10} \cdot 2^{10} B = 2^{20} B$$

$$GB = K \cdot MB = 2^{10} \cdot 2^{20} B = 2^{30} B$$

$$TB = K \cdot GB = 2^{10} \cdot 2^{30} B = 2^{40} B$$

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

比特

计算机中**数据量的单位**，也是信息论中信息量的单位。一个比特就是二进制数字中的一个1或0。

常用数据量单位

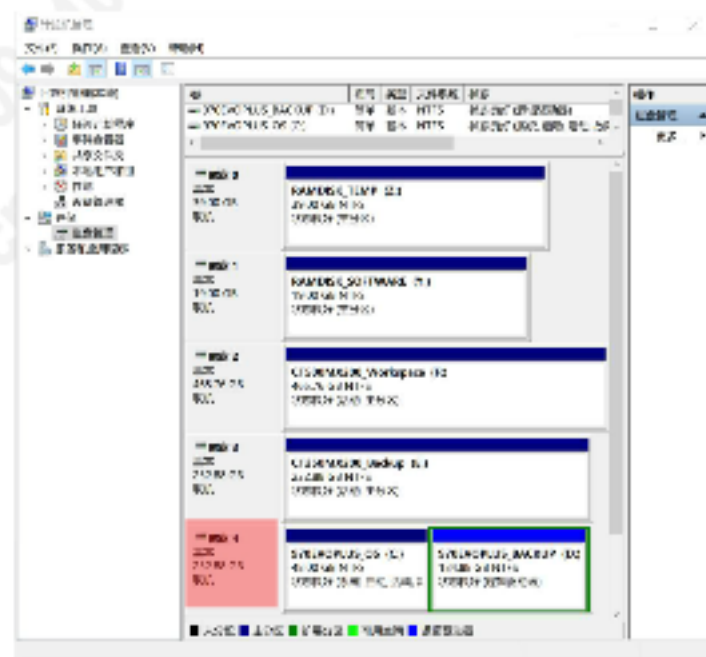
$$8 \text{ bit} = 1 \text{ Byte}$$

$$\text{KB} = 2^{10} \text{ B}$$

$$\text{MB} = \text{K} \cdot \text{KB} = 2^{10} \cdot 2^{10} \text{ B} = 2^{20} \text{ B}$$

$$\text{GB} = \text{K} \cdot \text{MB} = 2^{10} \cdot 2^{20} \text{ B} = 2^{30} \text{ B}$$

$$\text{TB} = \text{K} \cdot \text{GB} = 2^{10} \cdot 2^{30} \text{ B} = 2^{40} \text{ B}$$



$$\frac{250}{2^{30}} \times 10^9 \approx 232.8 \text{ (GB)}$$

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

比特

计算机中**数据量的单位**，也是信息论中信息量的单位。一个比特就是二进制数字中的一个1或0。

常用数据量单位

$$8 \text{ bit} = 1 \text{ Byte}$$

$$KB = 2^{10} B$$

$$MB = K \cdot KB = 2^{10} \cdot 2^{10} B = 2^{20} B$$

$$GB = K \cdot MB = 2^{10} \cdot 2^{20} B = 2^{30} B$$

$$TB = K \cdot GB = 2^{10} \cdot 2^{30} B = 2^{40} B$$

速率

连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送比特的速率，也称为**比特率**或**数据率**。

常用数据率单位

$$\text{bit/s (b/s, bps)}$$

$$kb/s = 10^3 \text{ b/s (bps)}$$

$$Mb/s = k \cdot kb/s = 10^3 \cdot 10^3 \text{ b/s} = 10^6 \text{ b/s (bps)}$$

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

比特

计算机中**数据量的单位**，也是信息论中信息量的单位。一个比特就是二进制数字中的一个1或0。

常用数据量单位

$$8 \text{ bit} = 1 \text{ Byte}$$

$$\text{KB} = 2^{10} \text{ B}$$

$$\text{MB} = \text{K} \cdot \text{KB} = 2^{10} \cdot 2^{10} \text{ B} = 2^{20} \text{ B}$$

$$\text{GB} = \text{K} \cdot \text{MB} = 2^{10} \cdot 2^{20} \text{ B} = 2^{30} \text{ B}$$

$$\text{TB} = \text{K} \cdot \text{GB} = 2^{10} \cdot 2^{30} \text{ B} = 2^{40} \text{ B}$$

速率

连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送比特的速率，也称为**比特率**或**数据率**。

常用数据率单位

$$\text{bit/s (b/s, bps)}$$

$$\text{kb/s} = 10^3 \text{ b/s (bps)}$$

$$\text{Mb/s} = \text{k} \cdot \text{kb/s} = 10^3 \cdot 10^3 \text{ b/s} = 10^6 \text{ b/s (bps)}$$

$$\text{Gb/s} = \text{k} \cdot \text{Mb/s} = 10^3 \cdot 10^6 \text{ b/s} = 10^9 \text{ b/s (bps)}$$

$$\text{Tb/s} = \text{k} \cdot \text{Gb/s} = 10^3 \cdot 10^9 \text{ b/s} = 10^{12} \text{ b/s (bps)}$$

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

比特

计算机中**数据量的单位**，也是信息论中信息量的单位。一个比特就是二进制数字中的一个1或0。

常用数据量单位

$8 \text{ bit} = 1 \text{ Byte}$

$\text{KB} = 2^{10} \text{ B}$

$\text{MB} = \text{K} \cdot \text{KB} = 2^{10} \cdot 2^{10} \text{ B} = 2^{20} \text{ B}$

$\text{GB} = \text{K} \cdot \text{MB} = 2^{10} \cdot 2^{20} \text{ B} = 2^{30} \text{ B}$

$\text{TB} = \text{K} \cdot \text{GB} = 2^{10} \cdot 2^{30} \text{ B} = 2^{40} \text{ B}$

速率

连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送比特的速率，也称为**比特率**或**数据率**。

常用数据率单位

$\text{bit/s} \text{ (b/s, bps)}$

$\text{kb/s} = 10^3 \text{ b/s (bps)}$

$\text{Mb/s} = \text{k} \cdot \text{kb/s} = 10^3 \cdot 10^3 \text{ b/s} = 10^6 \text{ b/s (bps)}$

$\text{Gb/s} = \text{k} \cdot \text{Mb/s} = 10^3 \cdot 10^6 \text{ b/s} = 10^9 \text{ b/s (bps)}$

$\text{Tb/s} = \text{k} \cdot \text{Gb/s} = 10^3 \cdot 10^9 \text{ b/s} = 10^{12} \text{ b/s (bps)}$

例1：有一个待发送的数据块，大小为100 MB，网卡的发送速率为100 Mbps，则网卡发送完该数据块需要多长时间？

$$\begin{aligned}
 \frac{\cancel{100} \text{ MB}}{\cancel{100} \text{ Mb/s}} &= \frac{\text{MB}}{\text{Mb/s}} \stackrel{\text{严格来说, 不能直接约掉}}{=} \frac{2^{20} \text{ B}}{10^6 \text{ b/s}} = \frac{2^{20} \cdot 8b}{10^6 \text{ b/s}} = 8.388608 \text{ s} \\
 &\stackrel{\text{平时估算, 可以直接约掉}}{\approx} \frac{\text{B}}{\text{b/s}} = \frac{8b}{\text{b/s}} = 8 \text{ s}
 \end{aligned}$$



## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

比特

计算机中**数据量的单位**，也是信息论中信息量的单位。一个比特就是二进制数字中的一个1或0。

常用数据量单位

$$8 \text{ bit} = 1 \text{ Byte}$$

$$\text{KB} = 2^{10} \text{ B}$$

$$\text{MB} = \text{K} \cdot \text{KB} = 2^{10} \cdot 2^{10} \text{ B} = 2^{20} \text{ B}$$

$$\text{GB} = \text{K} \cdot \text{MB} = 2^{10} \cdot 2^{20} \text{ B} = 2^{30} \text{ B}$$

$$\text{TB} = \text{K} \cdot \text{GB} = 2^{10} \cdot 2^{30} \text{ B} = 2^{40} \text{ B}$$

速率

连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送比特的速率，也称为**比特率**或**数据率**。

常用数据率单位

$$\text{bit/s (b/s, bps)}$$

$$\text{kb/s} = 10^3 \text{ b/s (bps)}$$

$$\text{Mb/s} = \text{k} \cdot \text{kb/s} = 10^3 \cdot 10^3 \text{ b/s} = 10^6 \text{ b/s (bps)}$$

$$\text{Gb/s} = \text{k} \cdot \text{Mb/s} = 10^3 \cdot 10^6 \text{ b/s} = 10^9 \text{ b/s (bps)}$$

$$\text{Tb/s} = \text{k} \cdot \text{Gb/s} = 10^3 \cdot 10^9 \text{ b/s} = 10^{12} \text{ b/s (bps)}$$

例2：【考研 2013年35题】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10 Mbps，主机甲分别采用报文交换和分组大小为10 kb的分组交换向主机乙发送1个大小为8 Mb (1M=10<sup>6</sup>) 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

A. 800ms、1600ms

B. 801ms、1600ms

C. 1600ms、800ms

D. 1600ms、801ms

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

### 带宽在模拟信号系统中的意义

- **信号**所包含的各种不同频率成分所占据的**频率范围**；
- 单位：Hz (kHz, MHz, GHz)



带宽3.1kHz  
(300Hz ~ 3.4kHz)

### 带宽在计算机网络中的意义

- 用来表示网络的**通信线路**所能传送数据的能力，因此网络带宽表示在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的**“最高数据率”**；
- 单位：b/s (kb/s, Mb/s, Gb/s, Tb/s)

其实，“带宽”的这两种表述之间有着密切的联系。一条通信线路的“频带宽度”越宽，其所传输数据的“最高数据率”也越高。

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

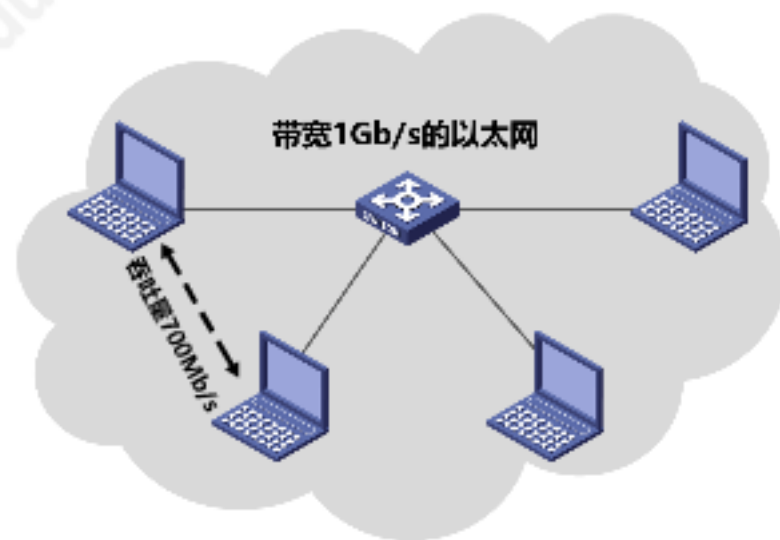
时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

- 吞吐量表示在**单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的数据量**。
- 吞吐量被经常用于对现实世界中的网络的一种测量，以便知道实际上到底有多少数据量能够通过网络。
- 吞吐量**受网络的带宽或额定速率的限制**。



## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

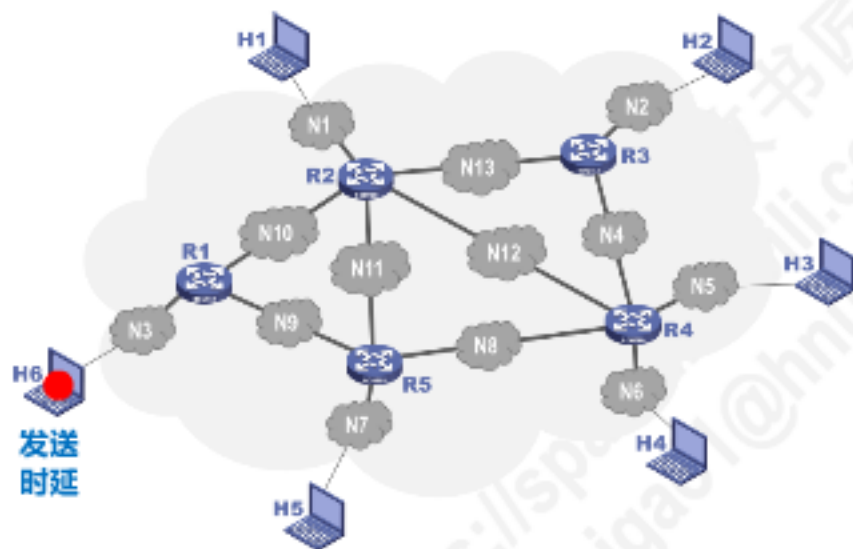
时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率



## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

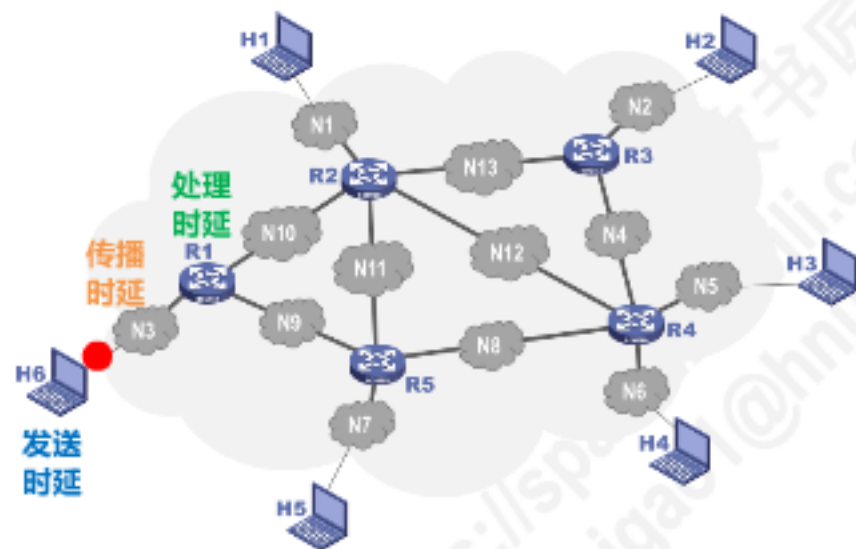
时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率



## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

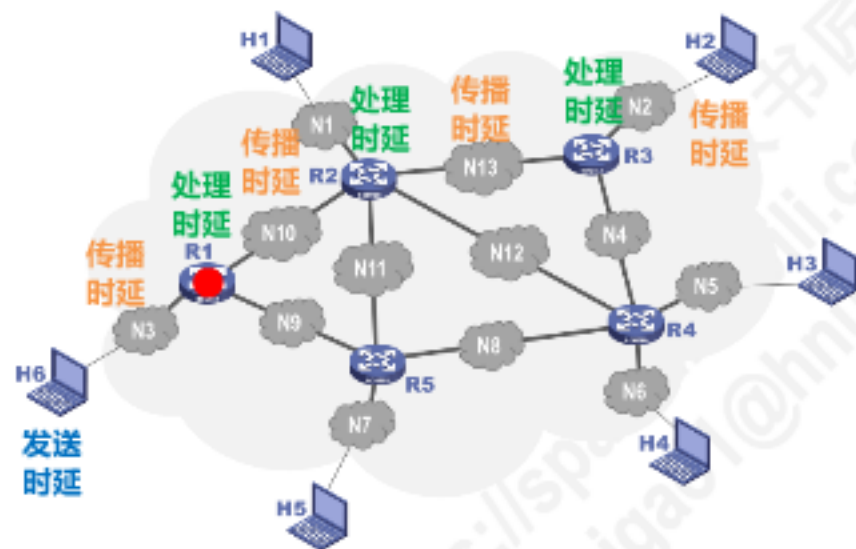
时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率



## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

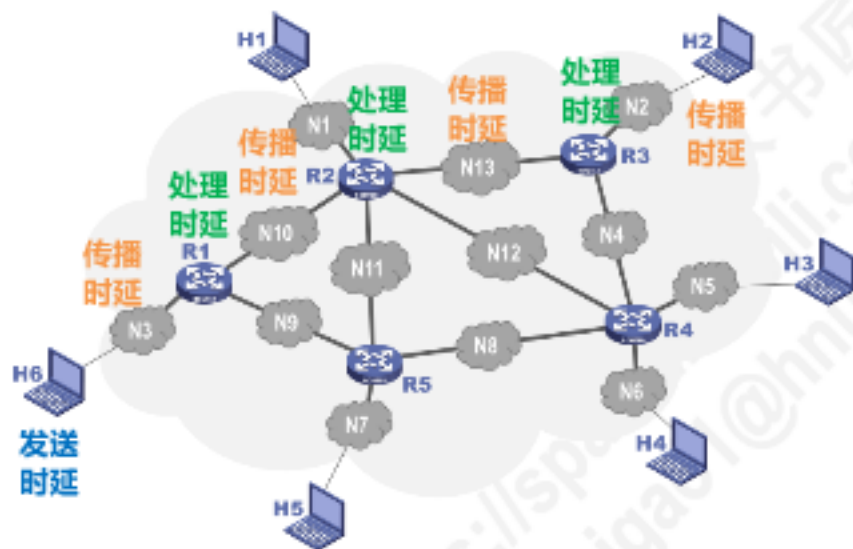
时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率



网络  
时延

发送  
时延

传播  
时延

处理  
时延



## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

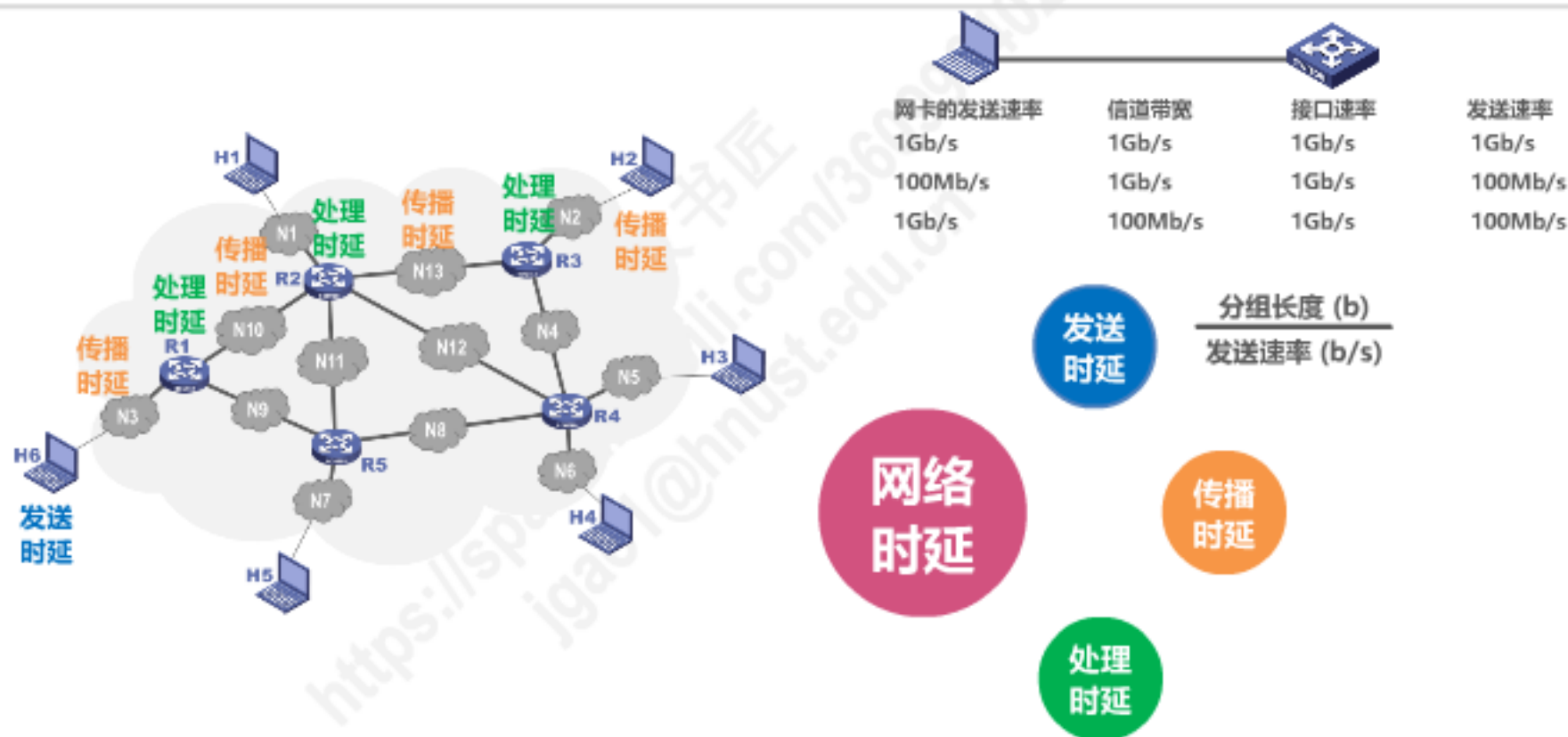
时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率





## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

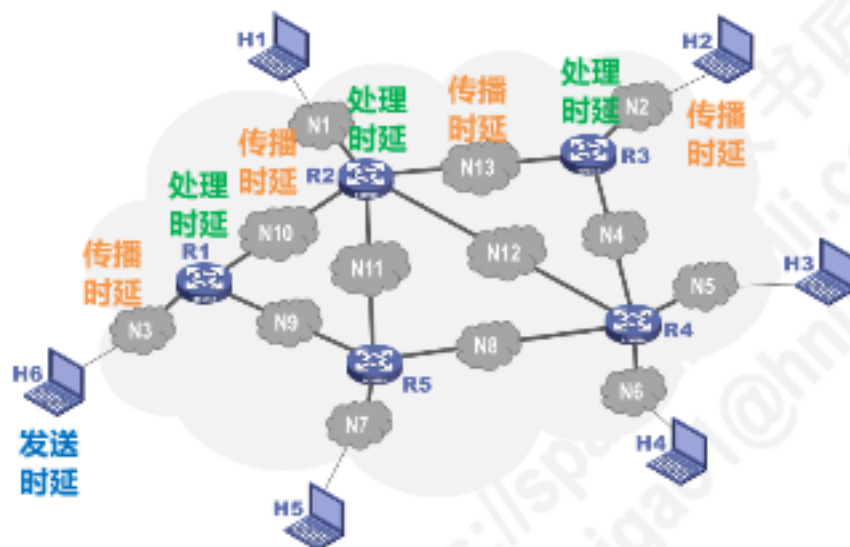
时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率



网卡的发送速率

1Gb/s

100Mb/s

1Gb/s

信道带宽

1Gb/s

1Gb/s

100Mb/s

接口速率

1Gb/s

1Gb/s

1Gb/s

发送速率

1Gb/s

100Mb/s

100Mb/s

主导?

发送  
时延

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

主导?

传播  
时延

信道长度 (m)

电磁波传播速率 (m/s)

自由空间:  $3 \times 10^8$  m/s

铜 线:  $2.3 \times 10^8$  m/s

光 纤:  $2.0 \times 10^8$  m/s

处理  
时延

忽略

一般不方便计算

网络  
时延

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

例3:

数据块长度为100 MB,

信道带宽为1 Mb/s,

传送距离为1000 km,

计算发送时延和传播时延。

主导

发送  
时延

$$= \frac{\text{分组长度 (b)}}{\text{发送速率 (b/s)}} = \frac{100 \times 2^{20} \times 8(b)}{10^6(b/s)} = 838.8608 (s)$$

传播  
时延

$$= \frac{\text{信道长度 (m)}}{\text{电磁波传播速率 (m/s)}} = \frac{1000 \times 10^3 (m)}{2 \times 10^8 (m/s)} = 0.005 (s)$$

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

例3:

数据块长度为100 MB,  
信道带宽为1 Mb/s,  
传送距离为1000 km,  
计算发送时延和传播时延。

主导

$$\text{发送时延} = \frac{\text{分组长度 (b)}}{\text{发送速率 (b/s)}} = \frac{100 \times 2^{20} \times 8(b)}{10^6(b/s)} = 838.8608 (s)$$

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度 (m)}}{\text{电磁波传播速率 (m/s)}} = \frac{1000 \times 10^3 (m)}{2 \times 10^8 (m/s)} = 0.005 (s)$$

例4:

数据块长度为1 B,  
信道带宽为1 Mb/s,  
传送距离为1000 km,  
计算发送时延和传播时延。

$$\text{发送时延} = \frac{\text{分组长度 (b)}}{\text{发送速率 (b/s)}} = \frac{1 \times 8(b)}{10^6(b/s)} = 8 \times 10^{-6} (s)$$

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度 (m)}}{\text{电磁波传播速率 (m/s)}} = \frac{1000 \times 10^3 (m)}{2 \times 10^8 (m/s)} = 0.005 (s)$$

主导

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

### 速率

- ☐ 连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送比特的速率，也称为**比特率**或**数据率**；
- ☐ 基本单位：bit/s (b/s, bps)，常用单位：kb/s, Mb/s, Gb/s, Tb/s

### 带宽

- ☐ 用来表示网络的**通信线路**所能传送数据的能力，因此网络带宽表示在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的“**最高数据率**”；单位与速率单位相同。

### 吞吐量

- ☐ 吞吐量表示在**单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的数据量**；
- ☐ 吞吐量被经常用于对现实世界中的网络的一种测量，以便知道实际上到底有多少数据量能够通过网络；吞吐量**受网络的带宽或额定速率的限制**。

### 时延

- ☐ **发送时延** =  $\frac{\text{分组长度 (b)}}{\text{发送速率 (b/s)}}$
- ☐ **传播时延** =  $\frac{\text{信道长度 (m)}}{\text{电磁波传播速率 (m/s)}}$
- ☐ **处理时延** 一般不便于计算

## 1.5 计算机网络的性能指标

速率

带宽

吞吐量

时延

时延带宽积

往返时间

利用率

丢包率

### 速率

- ☐ 连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送比特的速率，也称为**比特率**或**数据率**；
- ☐ 基本单位：bit/s (b/s, bps)，常用单位：kb/s, Mb/s, Gb/s, Tb/s

### 带宽

- ☐ 用来表示网络的**通信线路**所能传送数据的能力，因此网络带宽表示在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的“**最高数据率**”；单位与速率单位相同。

### 吞吐量

- ☐ 吞吐量表示在**单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的数据量**；
- ☐ 吞吐量被经常用于对现实世界中的网络的一种测量，以便知道实际上到底有多少数据量能够通过网络；吞吐量**受网络的带宽或额定速率的限制**。

### 时延

- ☐ **发送时延** =  $\frac{\text{分组长度 (b)}}{\text{发送速率 (b/s)}}$
- ☐ **传播时延** =  $\frac{\text{信道长度 (m)}}{\text{电磁波传播速率 (m/s)}}$
- ☐ **处理时延** 一般不便于计算

