

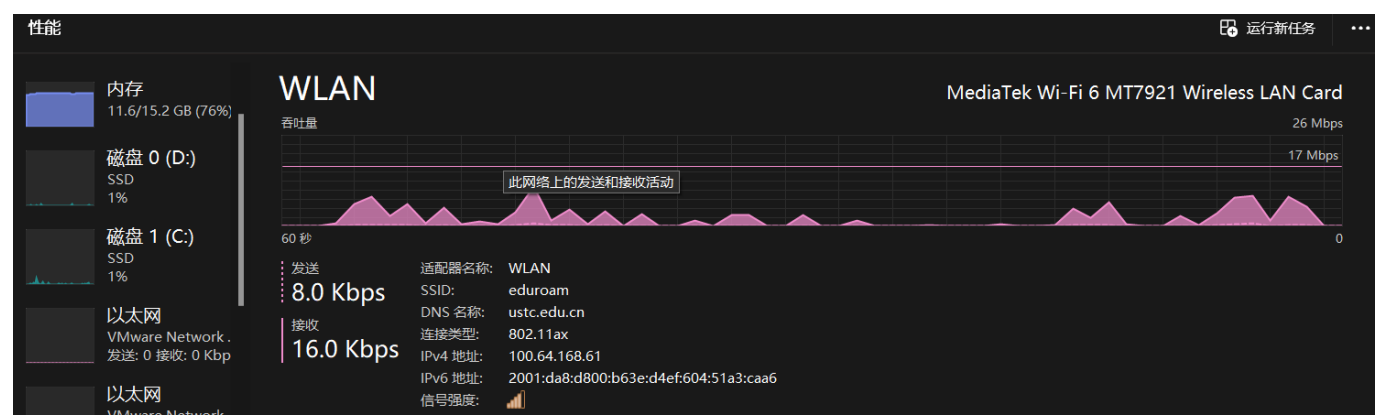
# 计算机网络的性能指标（高频考点！！）

日期: 2024 年 10 月 14 日

## 知识总览

- 速率、带宽、吞吐量：三者单位相同
- 时延、时延带宽积、往返时延
- 信道利用率

## 速率



- **信道**：表示向某一方向传送**信息的通道**（信道 ≠ 通信线路）。一条通信线路在逻辑上往往会对应一条**发送信道**和一条**接收信道**。
  - 如 Figure1，**发送信道**速率为 8.0Kbps，**接收信道**速率为 16.0Kbps
- **速率 (Speed)**：指连接到网络上的节点在信道上传输数据的速率。也称为**比特率**、**数据率**、**数据传输速率（最常用）**
- **速率单位**：**比特每秒** (bit/s)，或 b/s，或**bps**（最常用，即 bit per second 缩写），三者完全等价
  - **注意**：有时也会见到 B/s（1B = 8b，B 是 Byte 字节，而 b 是 bit 比特），如 **1MB/S = 8Mbps**
  - **计算机网络中常用数量前缀**：k(千 1e3)、M(兆 1e6)、G(吉 1e9)、T(太 e12)，如非特别强调，则**计网题目以此为准**
  - **计组和 OS 中常用数量前缀**：K(2e10 即 1024)、M(2e20)、G(2e30)、T(2e40)，需要和计网进行区分，如非特别强调，则**计组、OS 题目以此为准**

## 带宽

- **带宽 (bandwidth)**：某信道所能传输的**最高数据率**，即**信道的传输能力（单位同速率）**

- **例题：**假设主机 A 和 B 之间的链路带宽为 100Mbps，主机 A 的网卡速率为 1Gbps，主机 B 的网卡速率为 10Mbps，主机 A 给主机 B 发送数据的最高理论速率为多少？
  - **答案：**10Mbps，因为主机 B 的网卡速率为 10Mbps，这是链路各限制最低值，如果比这个值更大，则会造成数据丢失
  - **结论：**节点间通信实际能达到的最高速率，由带宽、节点性能共同限制
- **学以致用：**检查家用路由器连接光猫的网线，看看是否能达到运营商承诺的最大带宽，不能则换（注意是几类网线）；检查家用路由器 WAN 口最高速率
- **补充：**在《通信原理》中，带宽（bandwidth）表示某通道允许通过的信号频带范围。单位为 Hz(赫兹)，可加前缀 k、M、G 等。人眼也是一种信道，其看到的电磁波频率范围即为带宽。
  - 两个带宽本质都是在反映传输数据的能力
  - 之后会学习**香农定理**和**奈氏准则**，会对两种带宽的内在联系进行详细探讨，不涉及这两个概念时，计网中的带宽仅指前面一种

---

## 吞吐量

- **吞吐量 (throughput)：**表示在**单位时间**内通过某个网络（或信道、接口）的**实际数据量**
  - 吞吐量受带宽限制、受复杂的网络负载情况影响
  - e.g. 同一根网线信道 1（发送信道）吞吐量为 1.8MB/s，信道 2（接收信道）吞吐量为 93.3MB/s，则
    - 网线的吞吐量 =  $1.8\text{MB/s} + 93.3\text{MB/s} = 95.1\text{MB/s}$
    - 电脑网卡吞吐量 =  $1.8\text{MB/s} + 93.3\text{MB/s} = 95.1\text{MB/s}$
- **吞吐量和速率辨析**
  - 简单来说，吞吐量和速率之间的主要区别在于：
    - 吞吐量是针对整个系统而言的性能指标，它关注的是实际被成功处理的数据量。
    - 速率则可能更多地指理论上或单个连接上的最大数据流动速度，有时并不直接反映最终用户能体验到的实际数据处理能力。
  - 在某些情况下，这两个术语可能会互换使用，尤其是在它们都用于描述数据传输速度的时候。但是，严格地说，吞吐量考虑了诸如错误重传、协议开销等因素后的净数据传递效率，而速率可能只是单纯的技术规格或理论上限。

---

## 时延

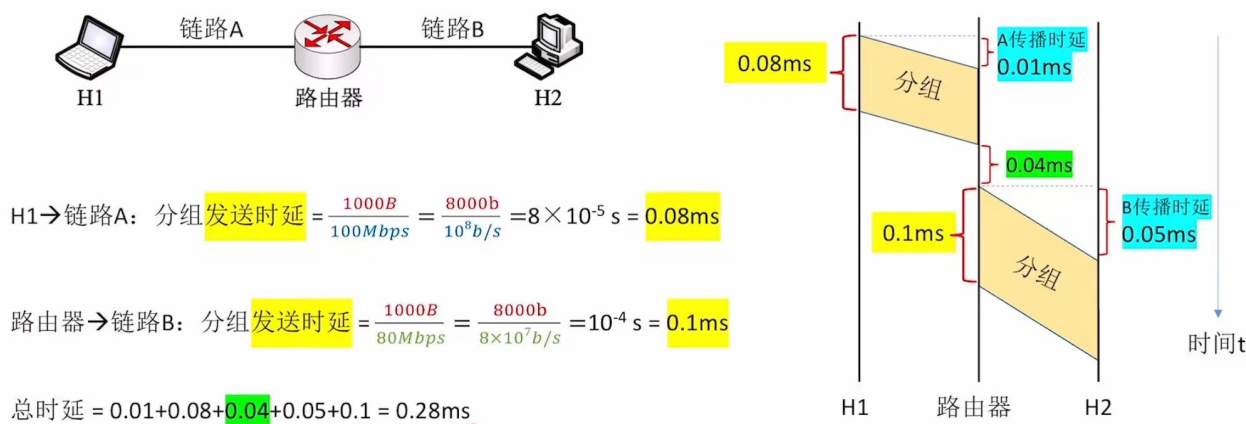
- **时延 (Delay)：**指数据（一个报文或分组甚至比特）从网络（或链路）的**一端传送到另一端所需的时间**。有时也称延迟或迟延

## • 总时延 = 发送时延 + 传播时延 + 处理时延 + 排队时延

- **发送时延**：又名**传输时延**，节点将数据推向信道所花的时间， $\text{数据长度}(\text{bit})/\text{发送速率}(\text{bps})$
- **传播时延**：电磁波在信道中传播一定的距离所花的时间， $\text{信道长度}(\text{m})/\text{电磁波在信道中的传播速度}(\text{m/s})$
- **处理时延**：被路由器处理所花的时间（如：首部分析、查找存储转发表），受多方影响，考试一般不多考虑
- **排队时延**：数据排队进入、排队发出路由器所花的时间，受多方影响，考试一般不多考虑

## • 例题

H1 给 H2 发送一个数据分组。分组大小=1000B，H1往 链路A 发送数据的速率为 100Mbps，路由器往链路B发送数据的速率为 80Mbps。链路A传播时延为 0.01ms，链路B传播时延为 0.05ms。若路由器对一个分组的处理时延、排队时延为0.04ms，求传输整个分组的总时延。



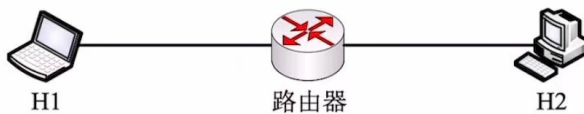
## 时延带宽积

- 时延带宽积(bit) = 传播时延(s) × 带宽(bit/s)



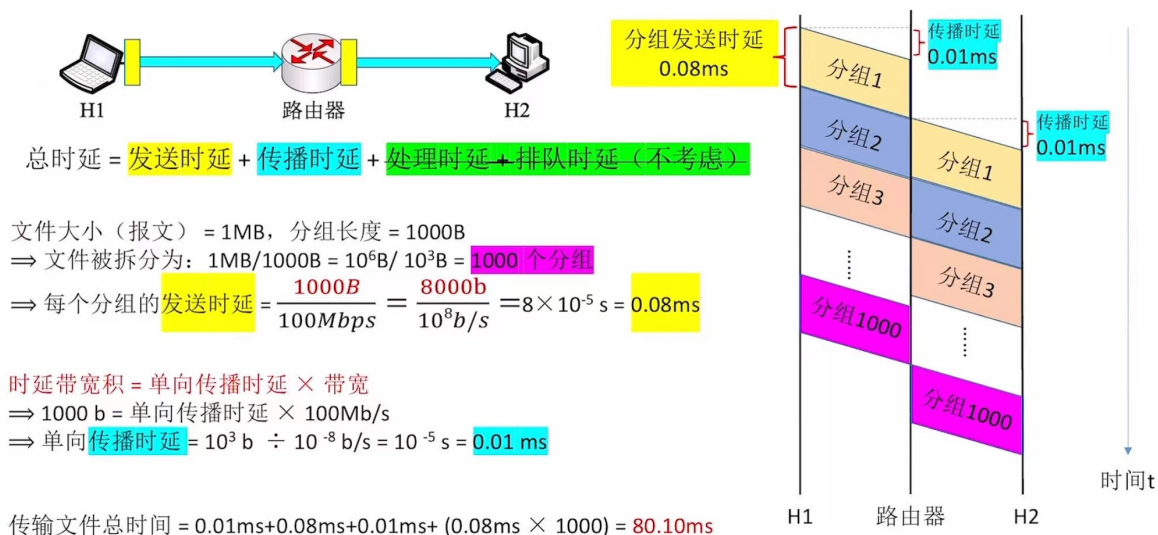
- **含义**：一条链路中，已从发送端发出但尚未到达接收端的**最大比特数**
- **注意**：时延带宽积常用于设计最短帧长（在后续章节中学习）
- **例题**

在下图所示的分组交换网络中，主机 H1 和 H2 通过路由器互连，2 段链路的带宽均为 100Mbps、时延带宽积（即单向传播时延×带宽）均为 1000bits。若 H1 向 H2 发送 1 个大小为 1MB 的文件，分组长度为 1000B，则从 H1 开始发送时刻起到 H2 收到文件全部数据时刻止，所需的时间至少是（ ）。（注：M = 10<sup>6</sup>。）



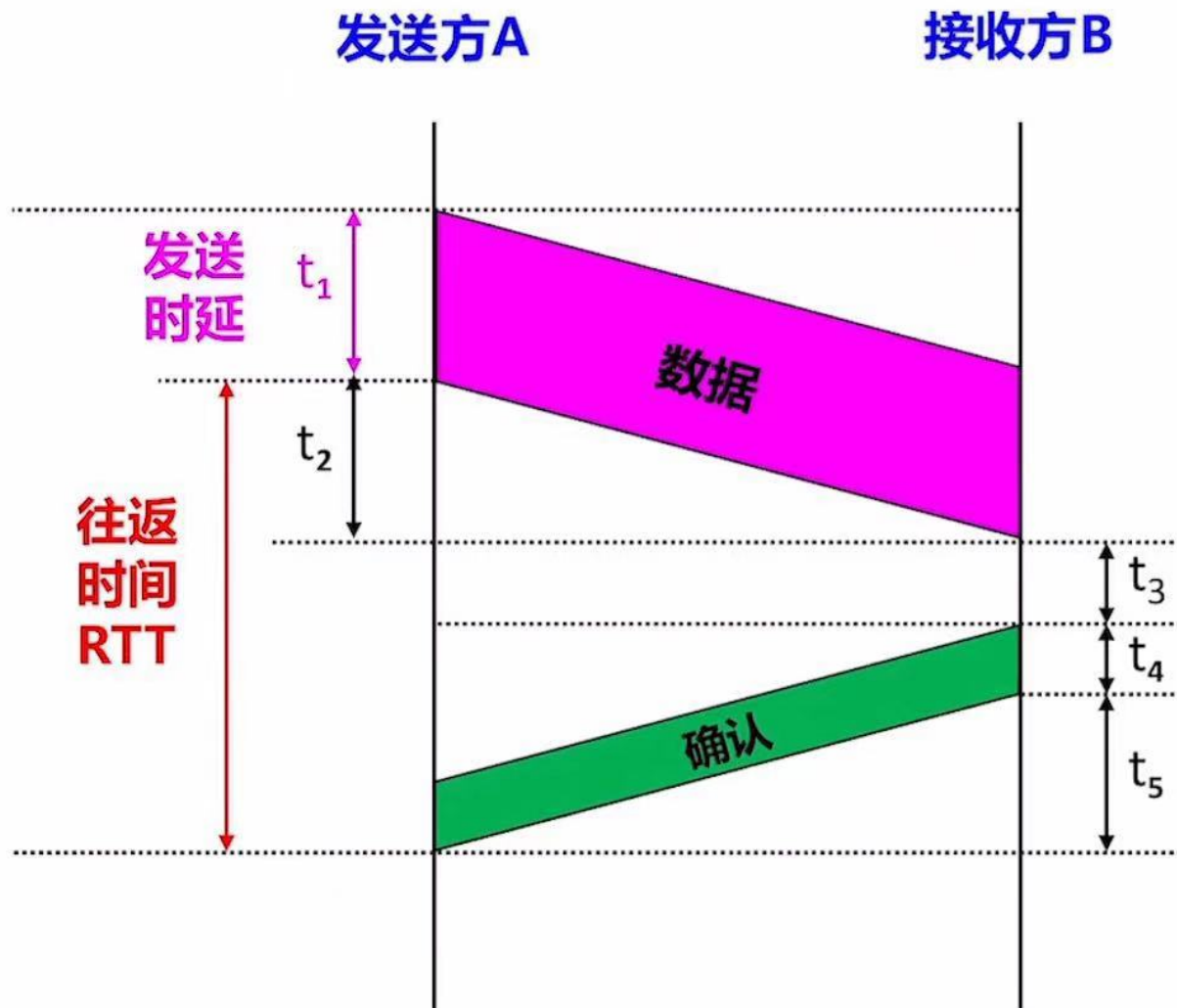
- A. 80.02ms      B. 80.08ms      C. 80.09ms      D. 80.10ms

○ 答案：D



## 往返时延

- 往返时延 RTT (Round-Trip Time)：表示从发送方发送完数据，到发送方收到来自接收方的确认总共经历的时间（也有些其他不同的定义，但由于这种有更加广泛所以采用）



- 如图是假设 A 和 B 直连的情况， $t_2$  为传播时延， $t_3$  为处理时延， $t_4$  为发送时延， $t_5$  为传播时延
- 实例：游戏延迟，反映的就是“手机-服务器”之间的往返时延

## 信道利用率

- 信道利用率：某个信道有百分之多少时间是有数据通过的
  - 即信道利用率 = 有数据通过的时间 / (有数据通过的时间 + 没有数据通过的时间)
- 例题：手机 H1 和 H2 通过蓝牙连接，连接时长为 1 分钟。在此期间，H1 给 H2 以 80Mbps 的速率传输了一张大小 10MB 的照片。求蓝牙连接期间的信道利用率
  - 答案：33.3%
- 网络利用率（考试很少涉及）：把网络中所有信道利用率求加权平均
- 信道利用率不能太低，否则会浪费资源
- 信道利用率不能太高，否则容易导致网络拥塞