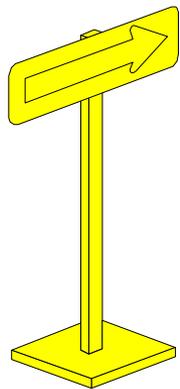


1.6 计算机网络的性能



本节关注问题	学习要求
计算机网络的性能指标	掌握
计算机网络的非性能指标	了解

速率

- ❖ **比特**是计算机中数据量的单位，也是信息论中使用的信息量的单位。
- ❖ 速率是指连接在计算机网络上的主机在数字信道上传送数据的速率，也称为**数据率**（**data rate**）或**比特率**（**bit rate**）。
- ❖ 速率的单位是**b/s**（比特每秒），也可写成**bps**，当速率较高，可以使用**kpbs**，**Mbps**，**Gbps**等。**1kpbs=10³bps**
- ❖ 速率是计算机网络中**最重要**的一个性能指标。
- ❖ **速率**往往是指**额定速率**或**标称速率**，**非实际运行速率**。

带宽

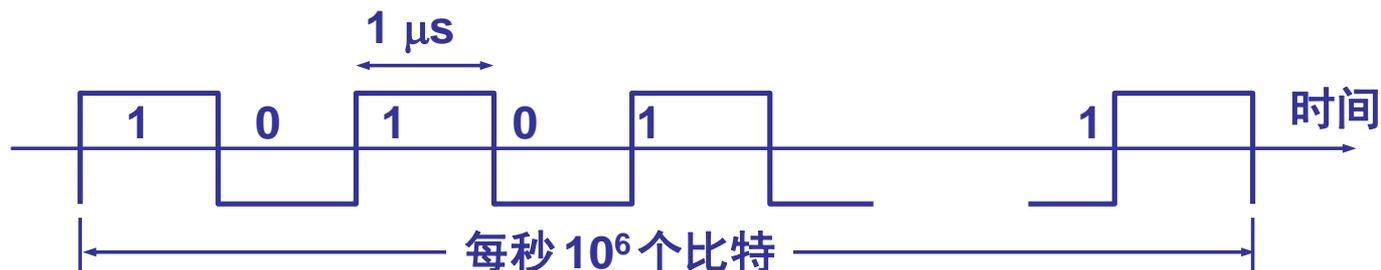
- ❖ **带宽 (bandwidth)** 本来的意思是指某个信号具有的频带宽度。一个信号的带宽是指该信号所包含的各种不同频率成分所占据的频率范围。
 - 带宽的单位是赫兹(Hz)、千赫(kHz)、兆赫(MHz)
- ❖ 在计算机网络中，带宽用来表示网络的通信线路传送数据的能力
 - 网络带宽表示在单位时间内从网络中某一点到另一点所能通过的“最高数据率”。



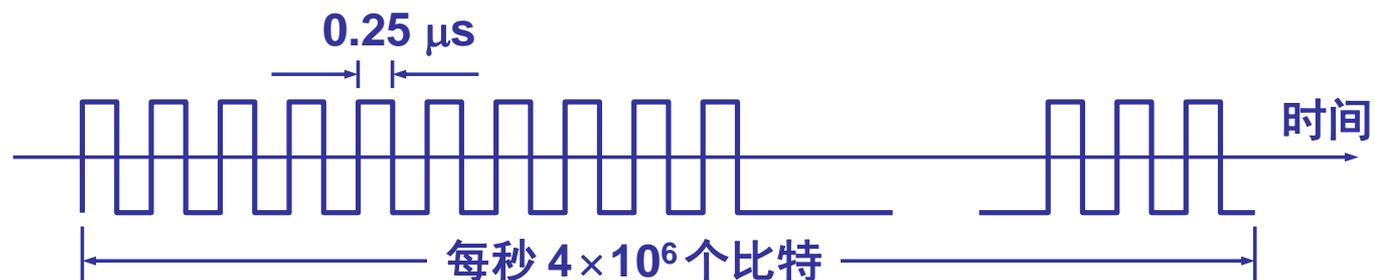
带宽

❖ 在**时间轴**上信号的宽度随带宽的增大而变窄。

带宽为
1 Mbit/s



带宽为
4 Mbit/s



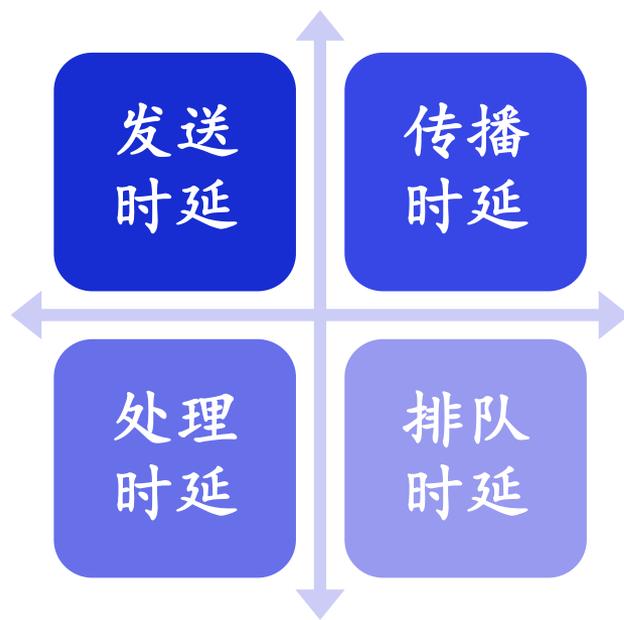
吞吐量

- ❖ **吞吐量 (throughput)** 表示在单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的数据量。吞吐量更经常地用于对现实世界中的网络的一种测量，以便指导实际上到底有多少数据量能通过网络。



时延

❖ 时延是指数据从网络的一端传送到另一端所需要的时间



时延

- ❖ 发送时延 发送数据时，数据帧从结点进入到传输媒体所需要的时间。
- ❖ 也就是从发送数据帧的第一个比特算起，到该帧的最后一个比特发送完毕所需的时间。

$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据帧长度 (b)}}{\text{发送速率 (b/s)}}$$

时延

- ❖ 传播时延 电磁波在信道中需要传播一定的距离而花费的时间。
- ❖ 信号发送速率和信号在信道上的传播速率是完全不同的概念。

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度 (米)}}{\text{信号在信道上的传播速率 (米/秒)}}$$

时延

- ❖ 处理时延 交换结点为存储转发而进行一些必要的处理所花费的时间。
- ❖ 排队时延 结点缓存队列中分组排队所经历的时延。
- ❖ 数据经历的总时延就是发送时延、传播时延、处理时延和排队时延之和：

总时延 = 发送时延+传播时延+处理时延+排队时延

必须指出，在总时延中，究竟是哪一种时延占主导地位，必须具体分析。

四种时延所产生的地方

从结点A向结点B发送数据

在结点 A 中产生
处理时延和排队时延

在发送器产生发送时延
(即传输时延)

在链路上产生
传播时延



时延带宽积



$$\text{时延带宽积} = \text{传播时延} \times \text{带宽}$$

- ❖ 链路的时延带宽积又称为以**比特**为单位的链路长度。

往返时间RTT

- ① 互联网上的信息不仅仅单方向传输而是双向交互的。因此，有时很需要知道双向交互一次所需的实践。
- ② **往返时间**表示从发送方发送数据开始，到发送方收到来自接收方的确认，总共经历的时间，包括各中间结点的处理时延、排队时延以及转发数据时的发送时延
- ③ 当使用卫星通信时，往返时间 RTT 相对较长，是很重要的一个性能指标。

利用率

利用率分为信道利用率和网络利用率

信道利用率

- 信道利用率指出某信道有百分之几的时间是被利用的。
- 完全空闲的信道利用率为零

网络利用率

- 全网络的信道利用率的加权平均值

信道利用率并非越高越好

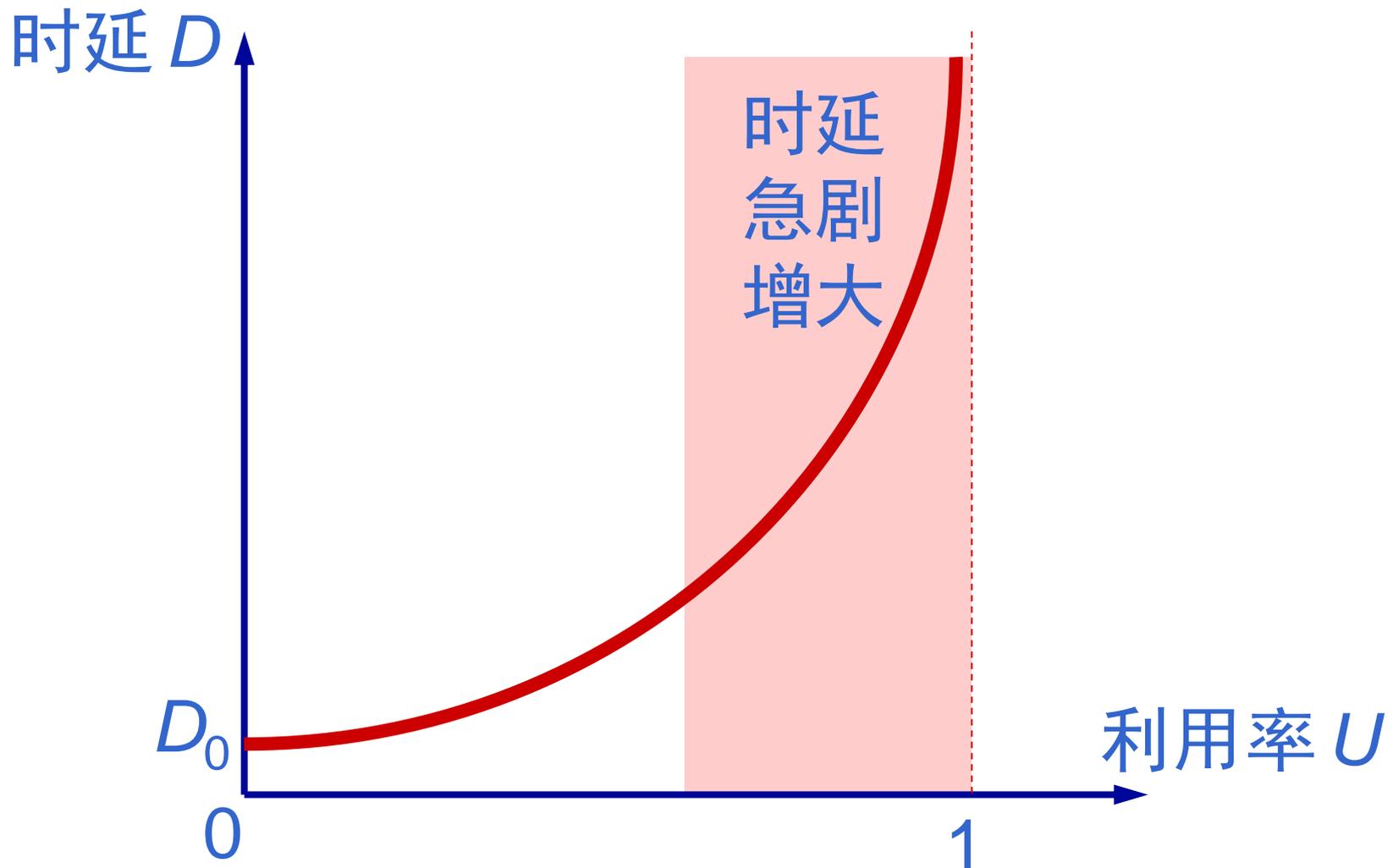
时延与网络利用率的关系

- ❖ 根据排队论的理论，当某信道的利用率增大时，该信道引起的时延也就迅速增加。
- ❖ 若令 D_0 表示网络空闲时的时延， D 表示网络当前的时延，则在适当的假定条件下，可以用下面的简单公式表示 D 和 D_0 之间的关系：

$$D = \frac{D_0}{1-U}$$

U 是网络的利用率，数值在 0 到 1 之间。

时延与网络利用率的关系



计算机网络的非性能指标

