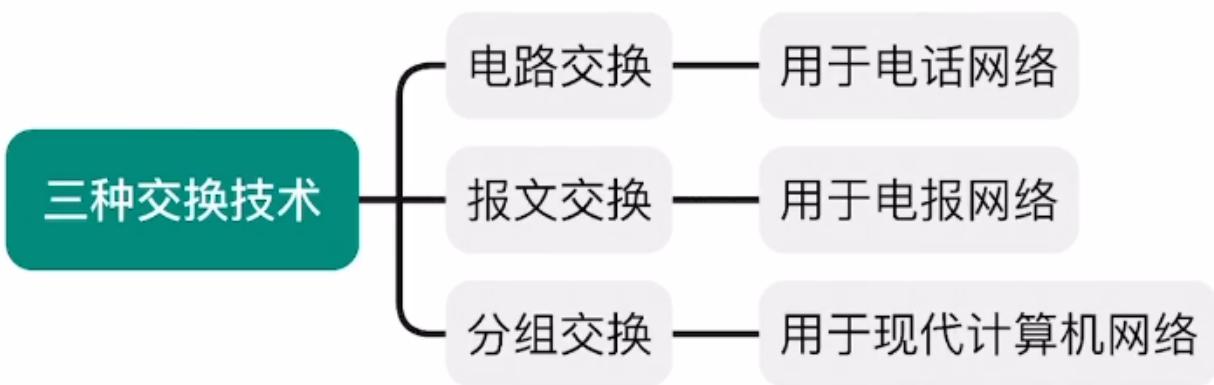
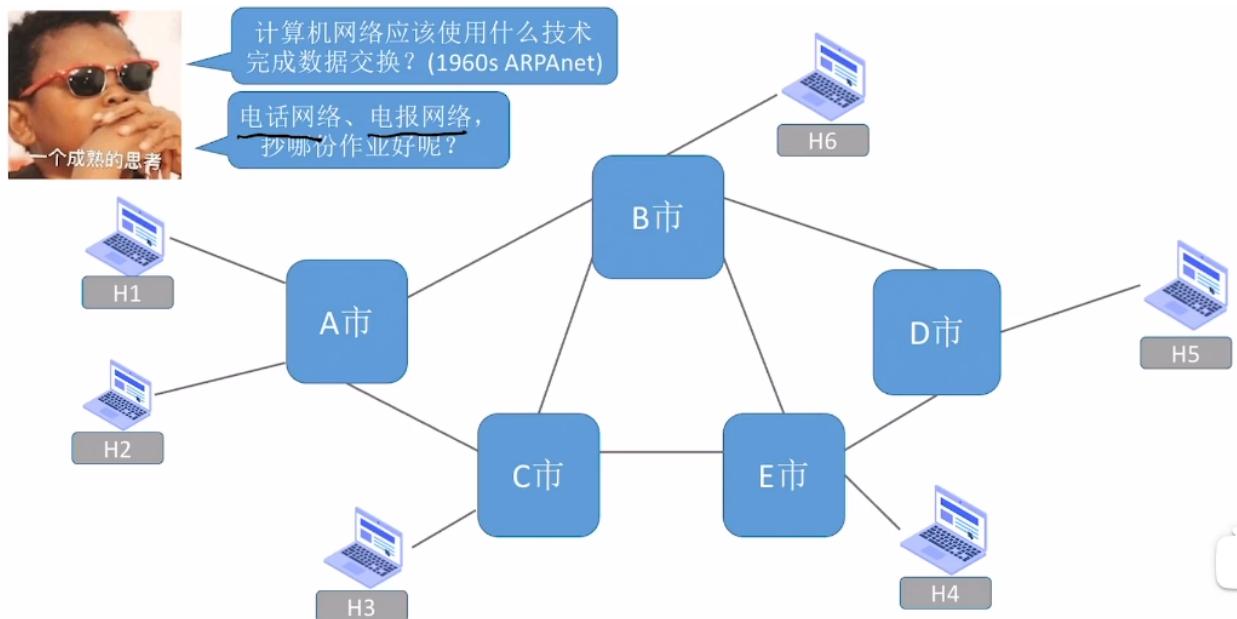


# 电路交换、报文交换与分组交换



## 计算机网络发展初期面临的问题



## 人类历史上的通信网络

公元前5世纪起  
邮政网络

1830s~1960s  
电报网络

1870s~1960s  
电话网络

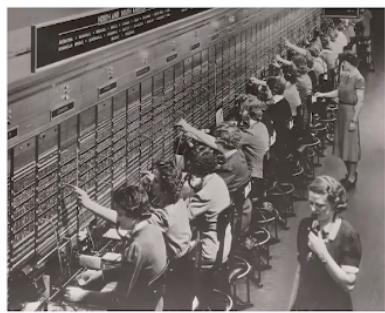
1960s(ARPANET)  
研发计算机网络

## 电路交换

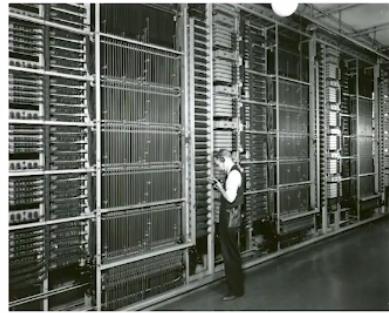
## 早期的电话交换机



人工电话交换机的面板



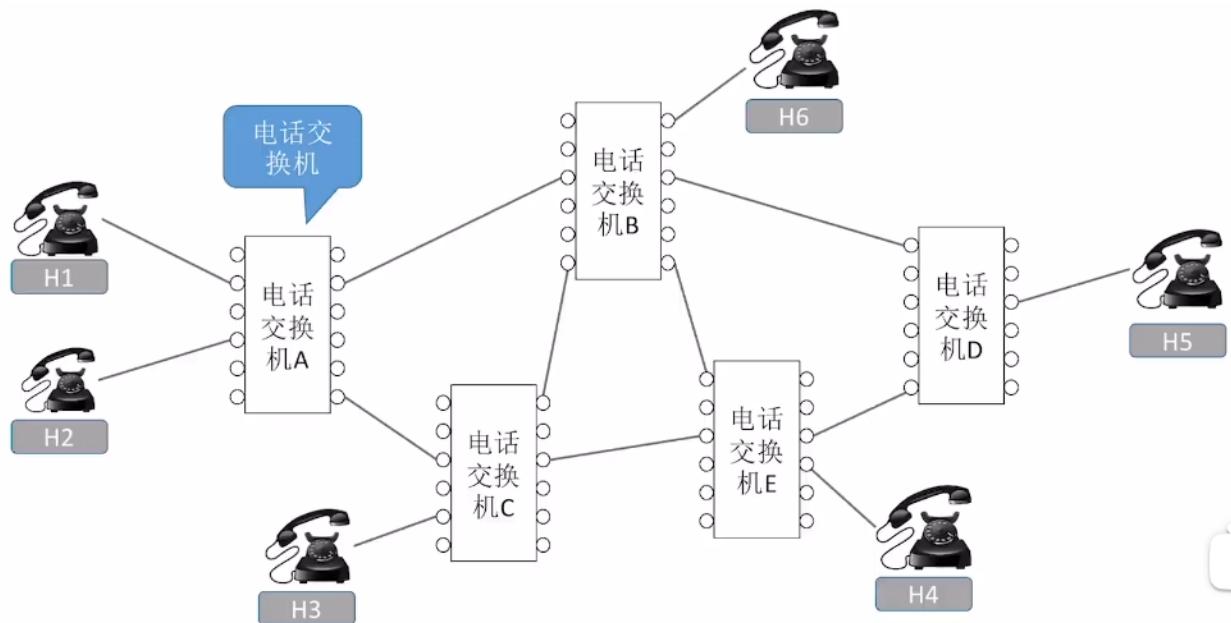
大型电话交换中心（人工）



大型电话交换中心（电气化）

电路交换（Circuit Switching）：通过物理线路的连接，**动态地分配传输线路资源**

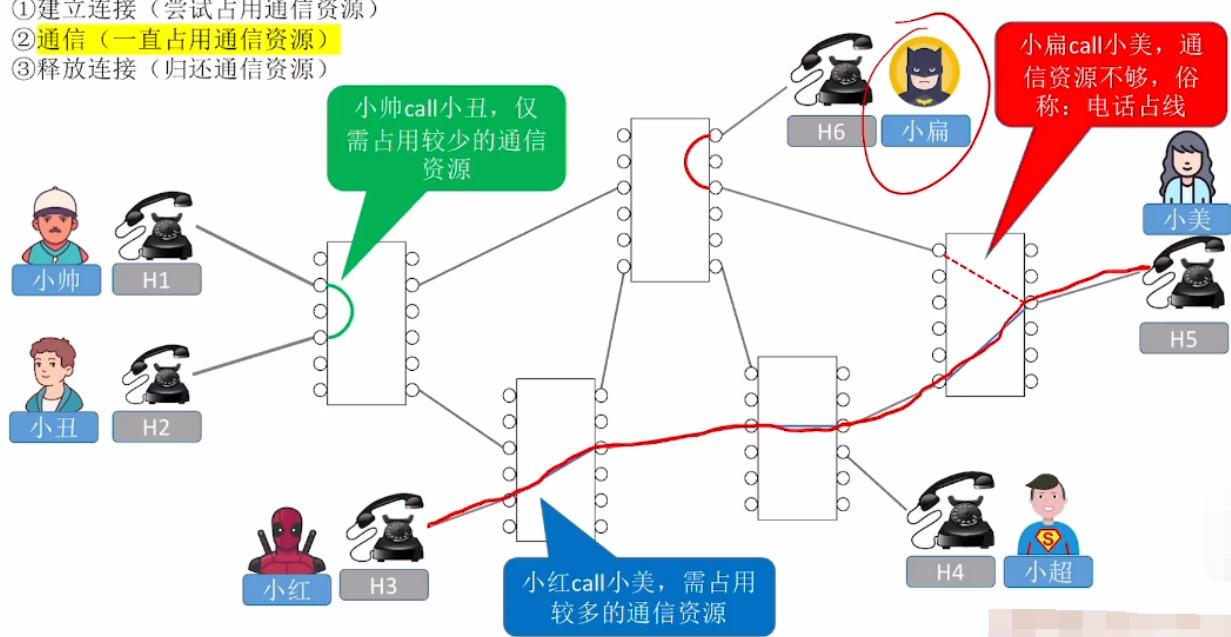
## 电话网络（采用“电路交换”技术）



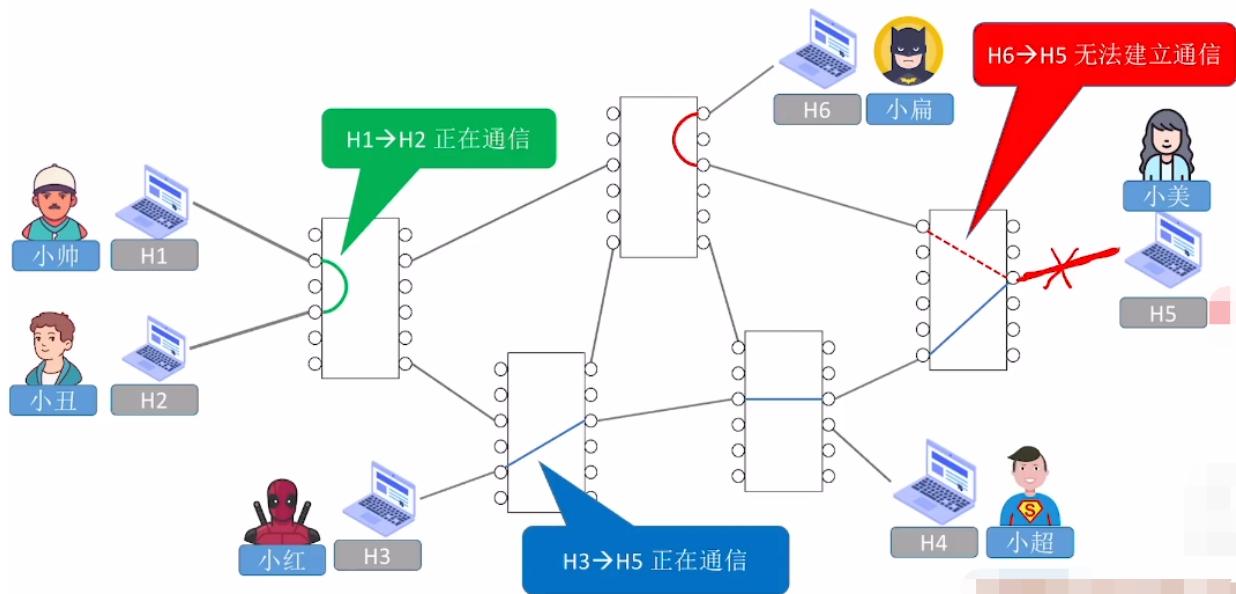
## 电话网络（采用“电路交换”技术）

电路交换的过程：

- ①建立连接（尝试占用通信资源）
- ②通信（一直占用通信资源）
- ③释放连接（归还通信资源）



## 如果计算机网络采用“电路交换”技术？



## “电路交换”的优缺点

## 电路交换的优点：

- 通信前从主叫端到被叫端建立一条专用的物理通路，在通信的全部时间内，两个用户始终占用端到端的线路资源。数据直送，传输速率高

电路交换更适用于：低频次、大量地传输数据

想一想：  
打电话，等电话2分钟，  
讲话5秒。体验差

打电话，等电话2分钟，  
讲话1小时。体验好

## 电路交换的缺点：

- 建立/释放连接，需要额外的时间开销。
- 线路被通信双方独占，利用率低。
- 线路分配的灵活性差。
- 交换节点不支持“差错控制”（无法发现传输过程中的发生的数据错误）

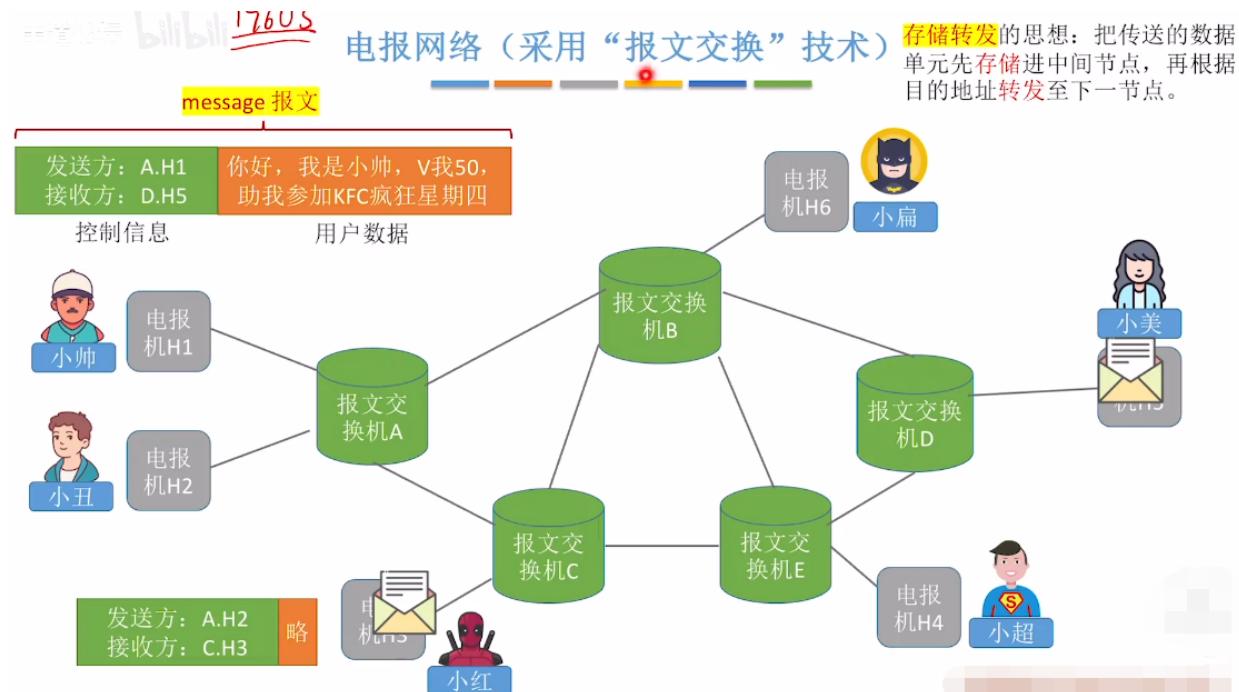
计算机之间数据往往是“突发式”传输，即往往会高频次、少量地传输数据。



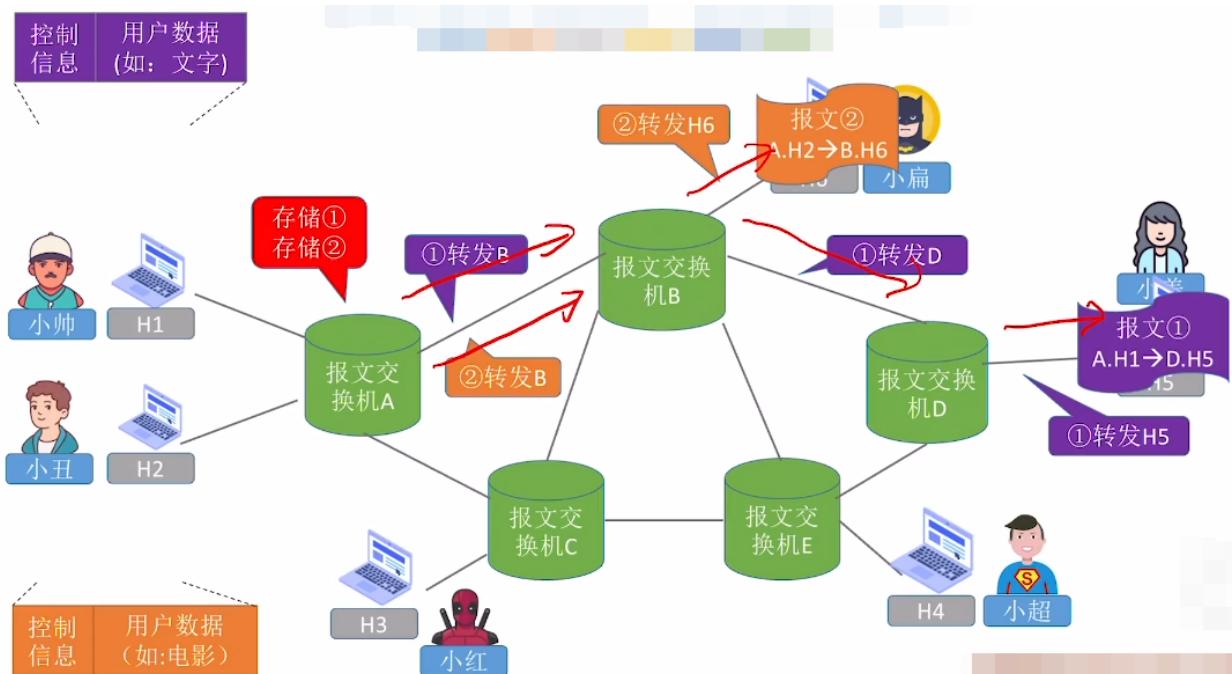
thinking

## 报文交换

### 电报网络（采用“报文交换”技术）



### 如果计算机网络采用“报文交换”技术？



## “报文交换”的优缺点

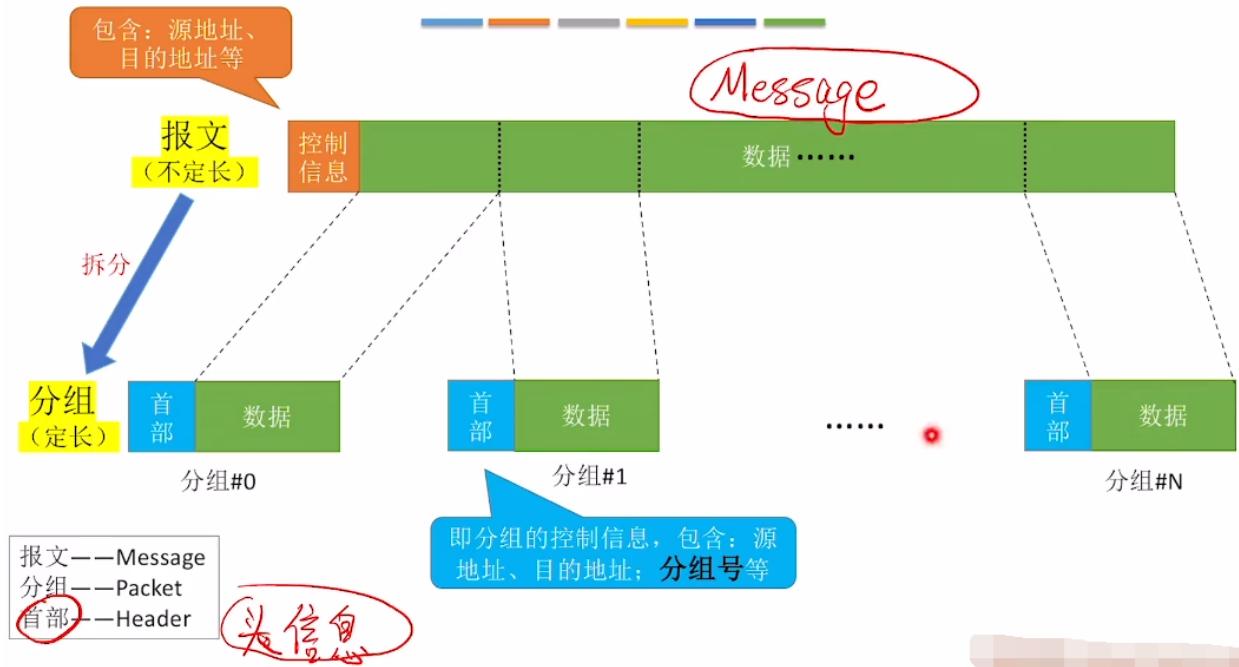
### 报文交换的优点:

- 通信前**无需建立连接**
- 数据以“**报文**”为单位被交换节点间“**存储转发**”，通信**线路可以灵活分配**
- 在通信时间内，两个用户**无需独占**一整条物理线路。相比于电路交换，**线路利用率高**
- 交换节点**支持“差错控制”**（通过校验技术）

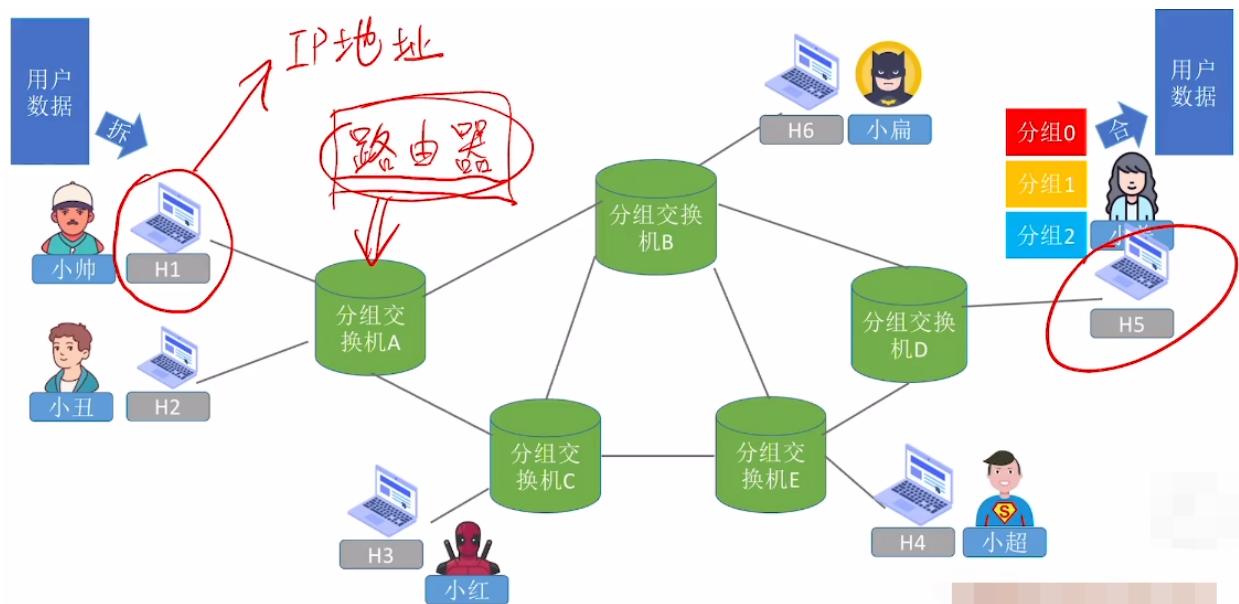
### 报文交换的缺点:

- 报文不定长，不方便存储转发管理**
- 长报文的存储转发时间开销大、缓存开销大**
- 长报文容易出错，重传代价高**

## 分组交换



## 现代计算机网络采用“分组交换”技术



## “分组交换”的优缺点

## 分组交换的优点：

- 通信前**无需建立连接**
- 数据以“**分组**”为单位被交换节点间“**存储转发**”，通信**线路可以灵活分配**
- 在通信时间内，两个用户**无需独占**一整条物理线路。相比于电路交换，**线路利用率高**
- 交换节点**支持“差错控制”**（通过校验技术）

相比于报文交换，分组交换改进了如下问题：

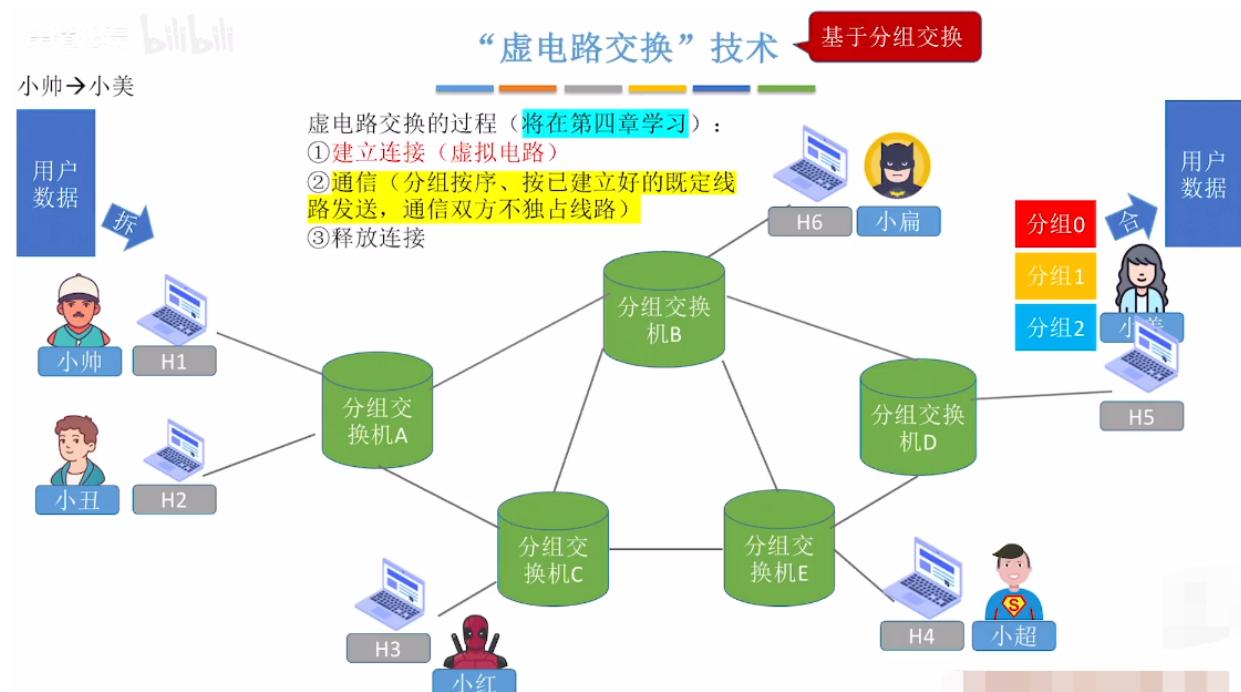
- 分组定长，方便**存储转发管理**
- 分组的**存储转发时间开销小、缓存开销小**
- 分组不易出错，重传代价低

## 分组交换的缺点：

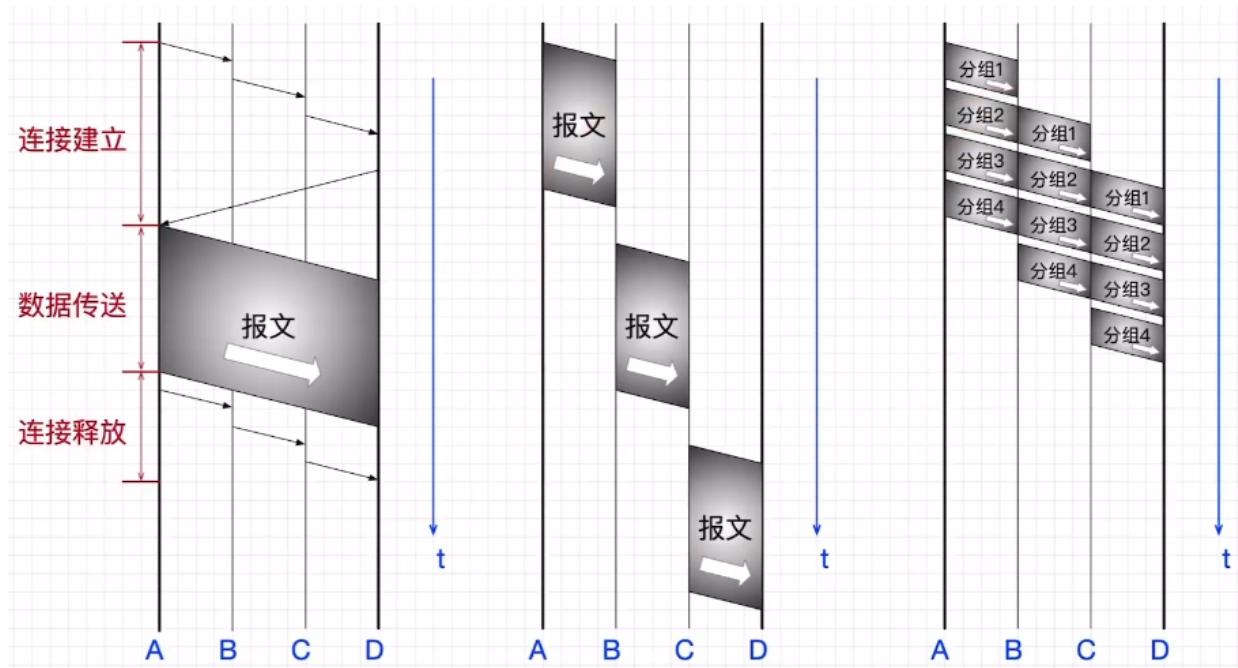
- 相比于报文交换，控制信息占比增加
- 相比于电路交换，依然存在**存储转发时延**
- 报文被拆分为多个分组，传输过程中可能出现**失序、丢失**等问题，增加处理的复杂度

1960s

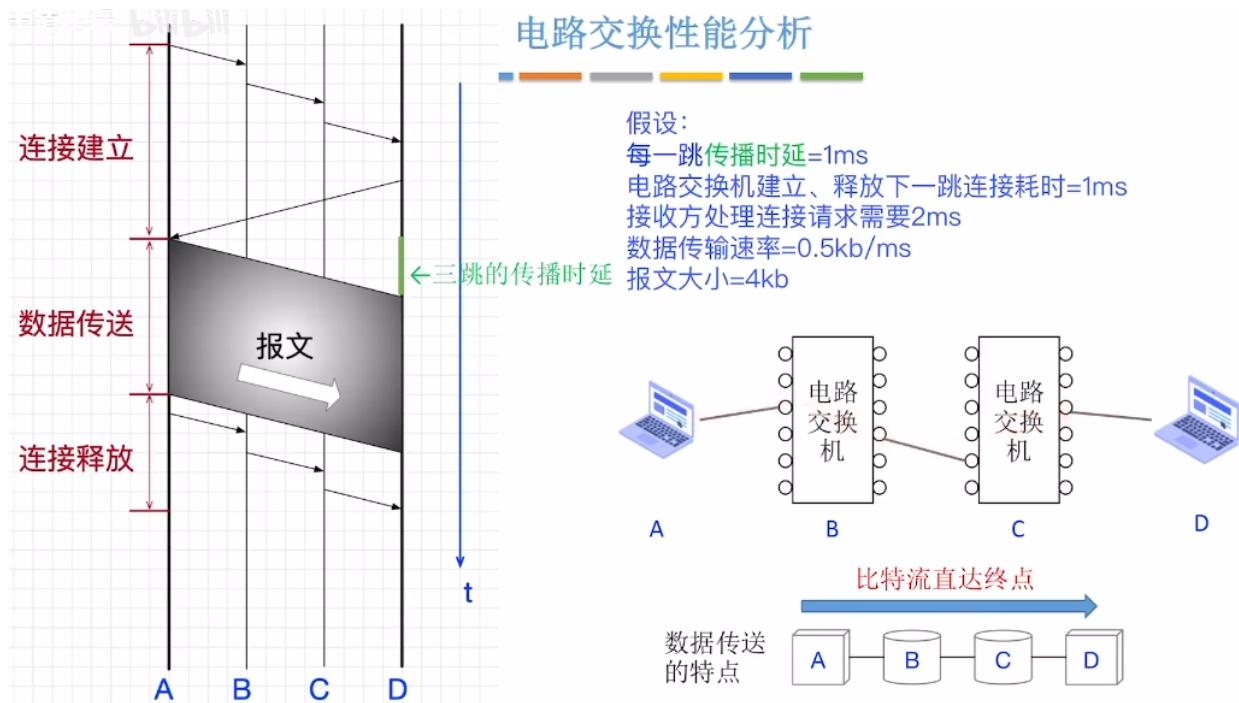
## 虚电路交换



## 三种交换方式的性能对比

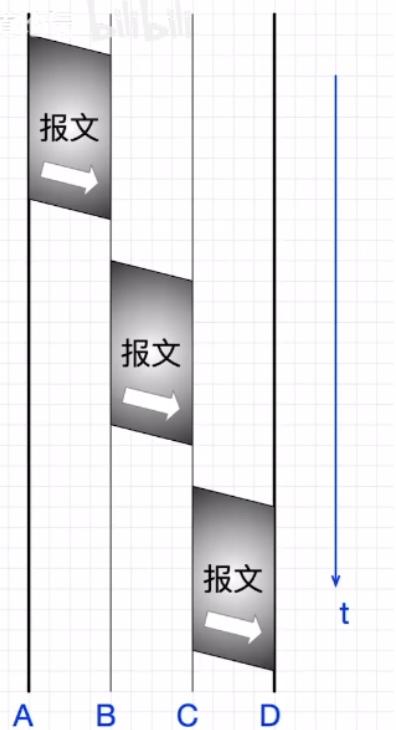


## 电路交换性能分析



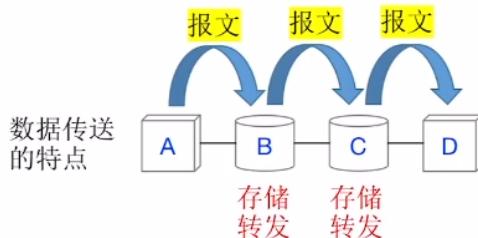
## 报文交换性能分析

## 报文交换性能分析

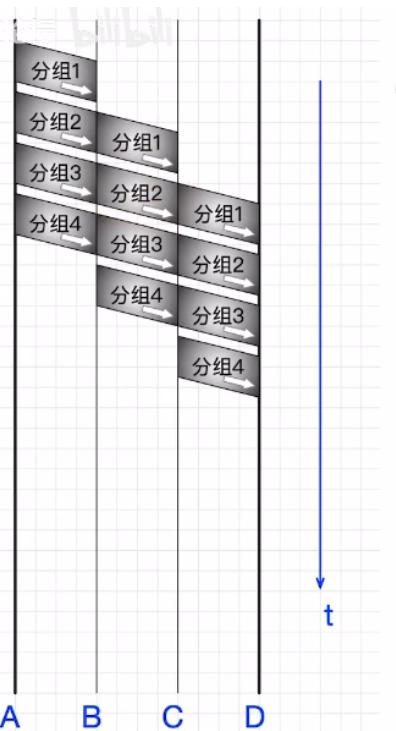


假设：  
每一跳传播时延=1ms  
数据传输速率=0.5kb/ms  
报文大小=4kb  
报文存储转发时延=2ms

注意：中间节点一定要接收完整个报文后，才能解析并转发



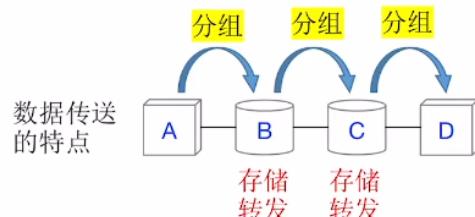
## 分组交换性能分析



## 分组交换性能分析

假设：  
每一跳传播时延=1ms  
数据传输速率=0.5kb/ms  
报文大小=4kb  
分组大小=1kb  
分组存储转发时延=0.5ms

注意：中间节点一定要接收完整个分组后，才能解析并转发



	电路交换	报文交换	分组交换
完成传输所需时间	😎最少（排除建立/释放连接耗时）	😭最多	😊较少
存储转发时延	😎无	😭较高	😊较低
通信前是否需要建立连接？	😭是	😎否	😎否
缓存开销	😎无	😭高	😊低
是否支持差错控制？	😭不支持	😎支持	😎支持
报文数据有序到达？	😎是	😎是	😭否
是否需要额外的控制信息	😎否	😊是	😭是（控制信息占比最大）
线路分配灵活性	😭不灵活	😎灵活	😎非常灵活
线路利用率	😭低	😎高	😎非常高