



高数帮

课时2 物理层



考点	重要程度	占分	题型
通信基础	★		选择题
奈奎斯特定理和香农定理	★★★★★		选择题、计算题
编码与调制	★		选择题
电路交换、报文与分组交换	★★★★		选择题、问答题
数据报与虚电路	★★★★★		选择题、问答题
传输介质、物理层设备	★		选择题
接口特性	★		选择题a

2.1 基础

通信基础

数据： 传送信息的实体

信号： 数据的电气或电磁表现

码元： 指用一个固定时长的信号波形表示一位 k 进制数字，代表不同离散数值的基本波形

信源： 产生和发送数据的源头

信道： 信号传输媒介

信宿： 接收数据的终点



视频讲解更清晰

2.1 基础

通信基础

单工通道： 只有一个方向的通信而没有反方向的交互，仅需要一条信道。例如，无线电广播、电视广播就属于这种类型

半双工通道： 通信的双方都可以发送或接收信息，但任何一方都不能同时发送和接收信息，此时需要两条信道。

全双工通道： 通信双方可以同时发送和接收信息，也需要两条信道。信道的极限容量是指信道的最高码元传输速率或信道的极限信息传输速率

2.1 基础

奈奎斯特定理

规定：在理想低通（没有噪声、带宽有限）的信道中，为了避免码间串扰，**极限码元传输速率**为 $2W$ 波特，其中 W 是理想低通信道的带宽， V 表示每个码元离散电平的数目

公式：理想低通信道下的极限数据传输速率 $= 2W \log_2 V$ (单位为b/s)



视频讲解更清晰

2.1 基础

奈奎斯特定理

可以得出以下结论：

在任何信道中，码元传输速率是有上限的。若传输速率超过此上限，就会出现严重的码间串扰问题，使得接收端不可能完全正确识别码元。

道的频带越宽（即通过的信号高频分量越多），就可用更高的速率进行码元的有效传输

奈氏准则给出了码元传输速率的限制，但并未对信息传输速率给出限制，即未对一个码元可以对应多少个二进制位给出限制

2.1 基础

香农定理

香农 (Shannon) 定理给出了带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的极限数据传输速率, 当用此速率进行传输时, 可以做到不产生误差

公式: 信道的极限数据传输速率 $= W \log_2(1+S/N)$ (单位为b/s)

可以得出 信道的带宽或信道中的信噪比越大, 信息的极限传输速率越高

以下结论: 对一定的传输带宽和一定的信噪比, 信息传输速率的上限是确定的

只要信息传输速率低于信道的极限传输速率, 就能找到某种方法来实现无差错的传输

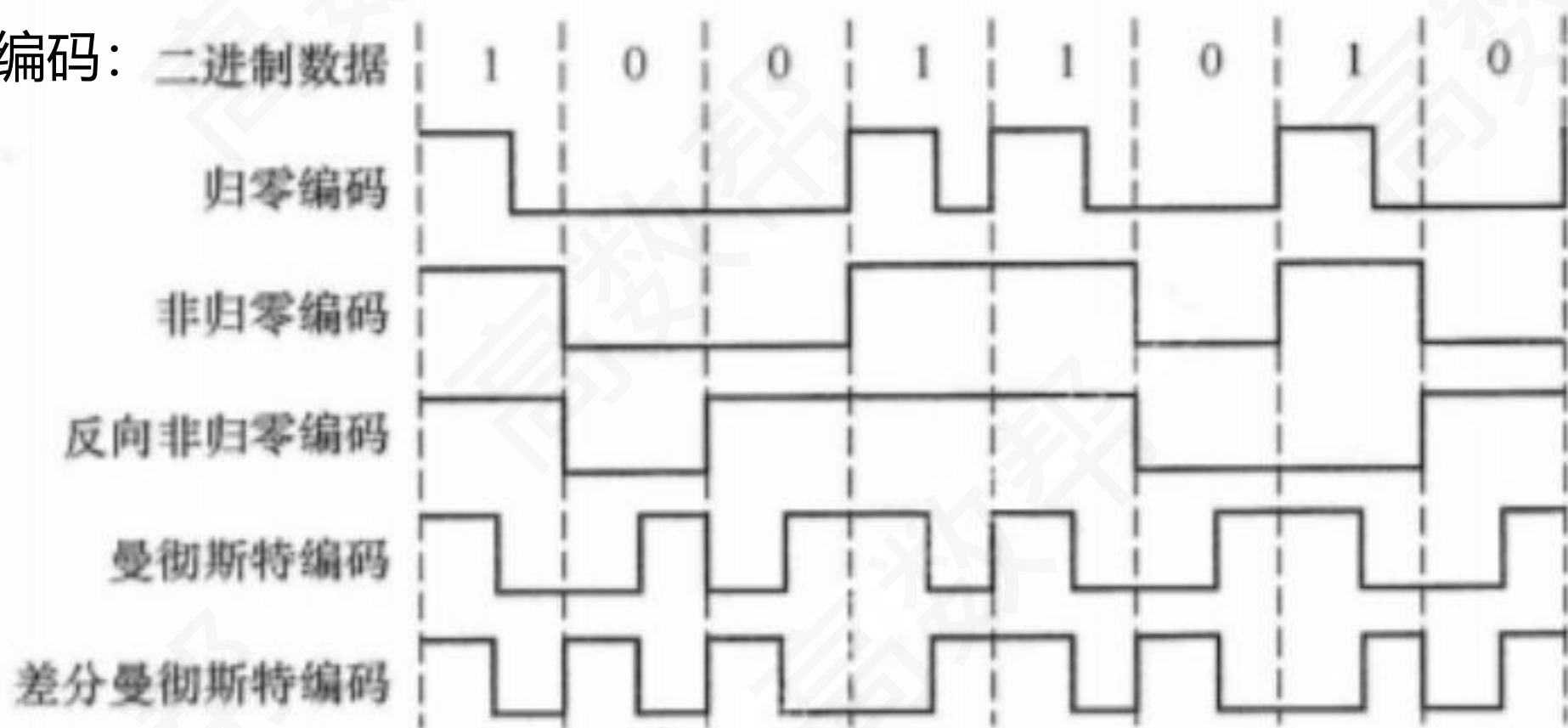
香农定理得出的是极限信息传输速率, 实际信道能达到的传输速率要比它低不少

2.1 基础

编码与调制

编码：数据变换为数字信号的过程

常见的几种编码：



2.1 基础

编码与调制

调制：数据变换为模拟信号的过程

几种常见的调制：

幅移键控 (ASK)

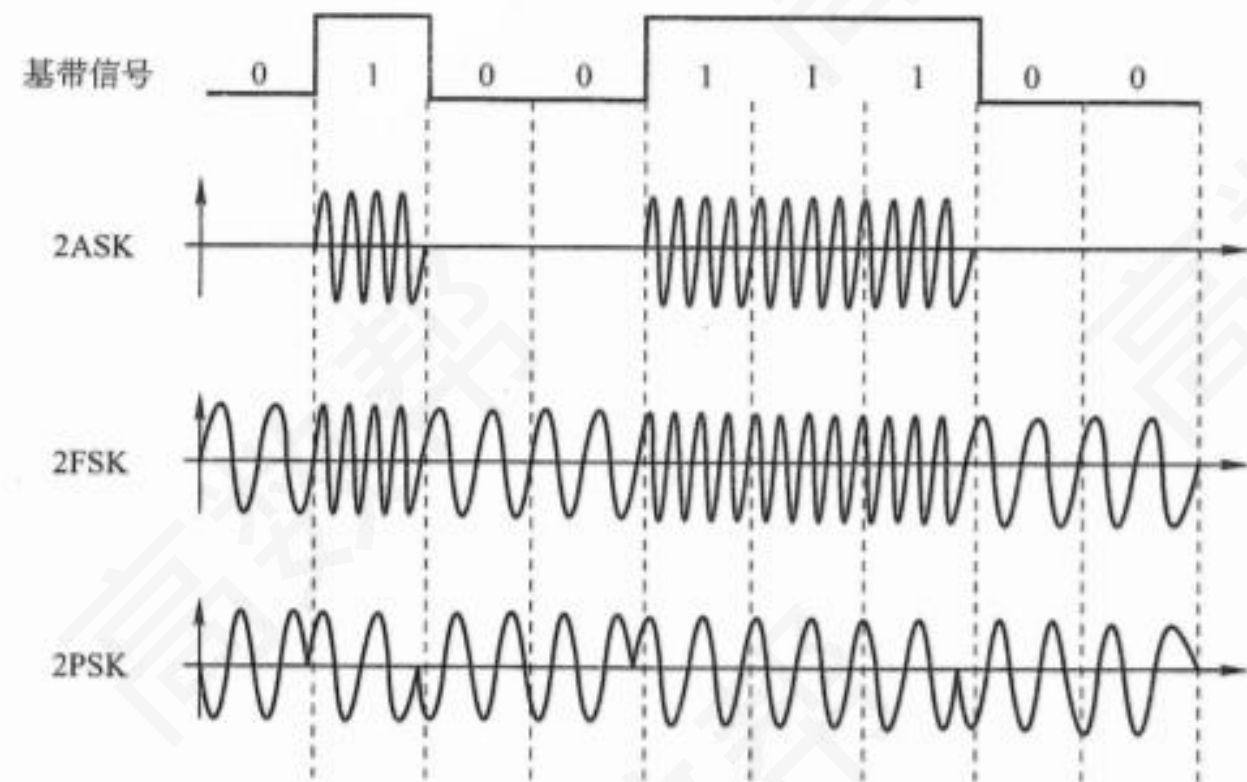
通过改变载波信号的振幅来表示数字信号1和0

频移键控 (FSK)

通过改变载波信号的频率来表示数字信号1和0

相移键控 (PSK)

通过改变载波信号的相位来表示数字信号1和0



2.1 基础

编码与调制

模拟数据编码为数字信号：主要包括三个步骤，即采样、量化和编码

采样定理：将模拟信号转换成数字信号时，假设原始信号中的最大频率为 f ，那么采样频率 $f_{\text{采样}}$ 必须大于等于最大频率 f 的两倍，才能保证采样后的数字信号完整保留原始模拟信号的信息（只需记住结论）

量化是把采样取得的电平幅值按照一定的分级标度转化为对应的数字值并取整数，这样就把连续的电平幅值转换为了离散的数字量

编码是把量化的结果转换为与之对应的二进制编码

2.1 基础

交换

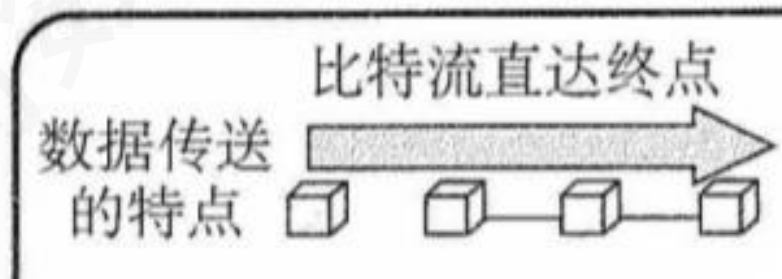
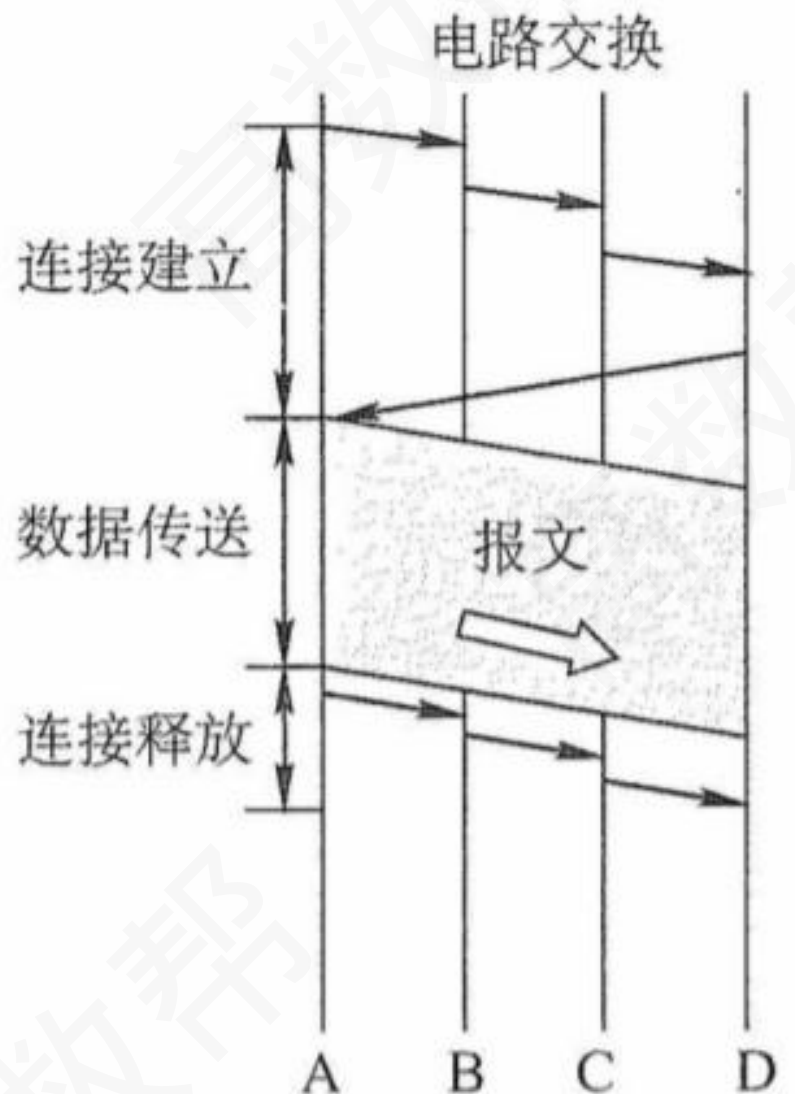
电路交换：

两个结点之间必须先建立一条专用的物理通信路径，直到通信结束后才被释放

分为三个阶段：连接建立、数据传输和连接释放。

优点：**通信时延小**，由于通信线路为通信双方用户专用，因此传输数据的时延非常小，当传输的数据量较大时，这一优点非常明显

有序传输，双方通信时按发送顺序传送数据，不存在失序问题



2.1 基础

交换

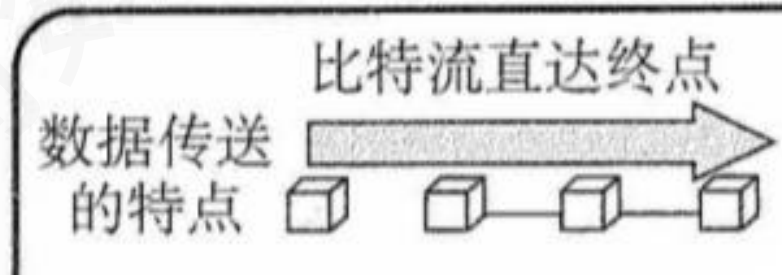
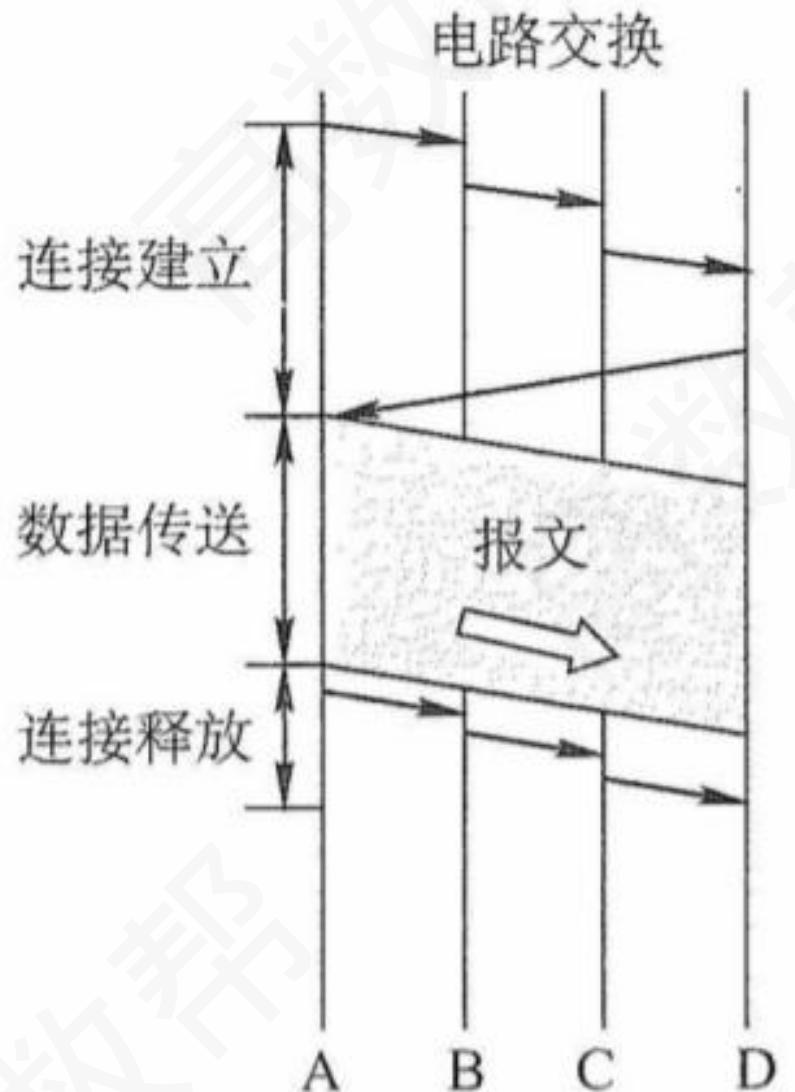
优点：**没有冲突**，不同的通信双方拥有不同的信道，不会出现争用物理信道的问题

适用范围广，电路交换既适用于传输模拟信号，又适用于传输数字信号

实时性强，通信双方之间的物理通路一旦建立，双方就可以随时通信

控制简单，电路交换的交换设备（交换机等）及控制均较简单

缺点：建立连接时间长；线路独占，使用效率低；灵活性差；难以规格化



2.1 基础

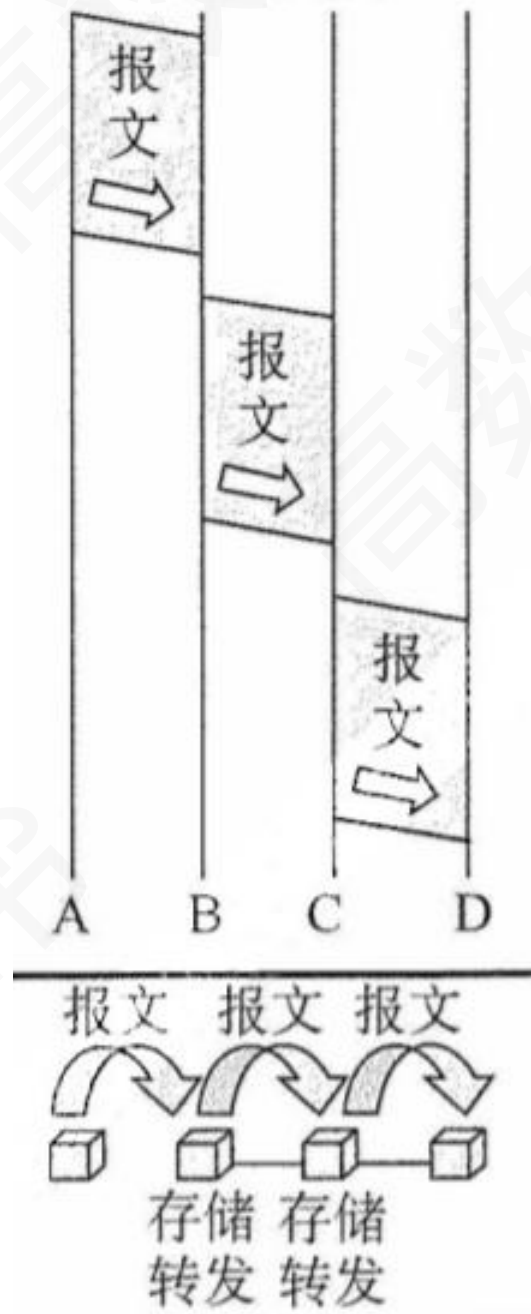
交换

报文交换：数据交换的单位是**报文**，报文携带有目标地址、源地址等信息。报文交换在交换结点采用的是**存储转发**的传输方式

优点：**无须建立连接**，报文交换不需要为通信双方预先建立一条专用的通信线路，不存在建立连接时延，用户可以随时发送报文

动态分配线路，当发送方把报文交给交换设备时，交换设备先存储整个报文，然后选择一条合适的空闲线路，将报文发送出去

报文交换



2.1 基础

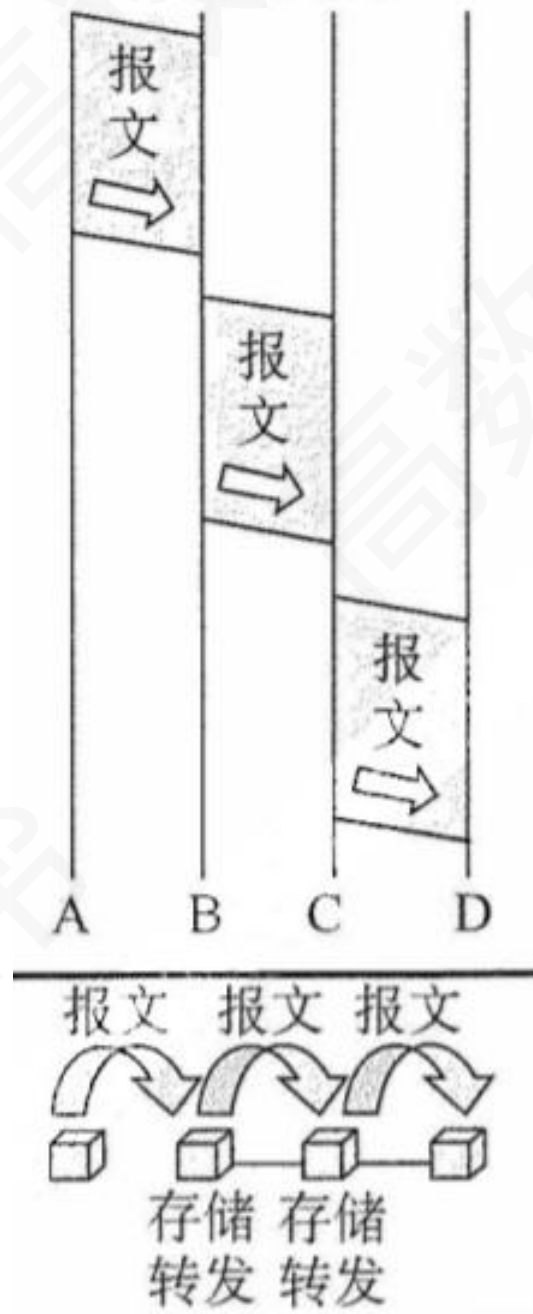
交换

优点：**提高线路可靠性**，如果某条传输路径发生故障，那么可重新选择另一条路径传输数据，因此提高了传输的可靠性。

提高线路利用率，通信双方不是固定占有一条通信线路，而是在不同的时间一段一段地部分占有这条物理通道，因而大大提高了通信线路的利用率

缺点：数据进入交换结点后要经历存储、转发这一过程，因此会引起**转发时延**；报文交换对报文的大小没有限制，这就要求网络结点需要有较大的**缓存空间**

报文交换



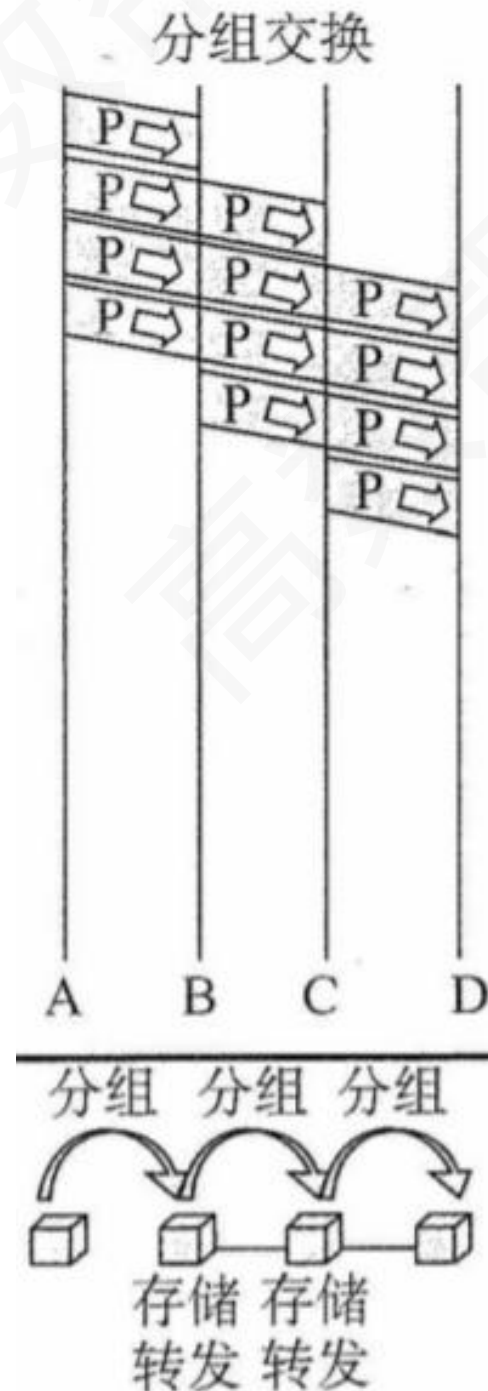
2.1 基础

交换

分组交换：同报文交换一样，分组交换也采用存储转发方式，但限制了每次传送的数据块大小的上限，把大的数据块划分为合理的小数据块



视频讲解更清晰



2.1 基础

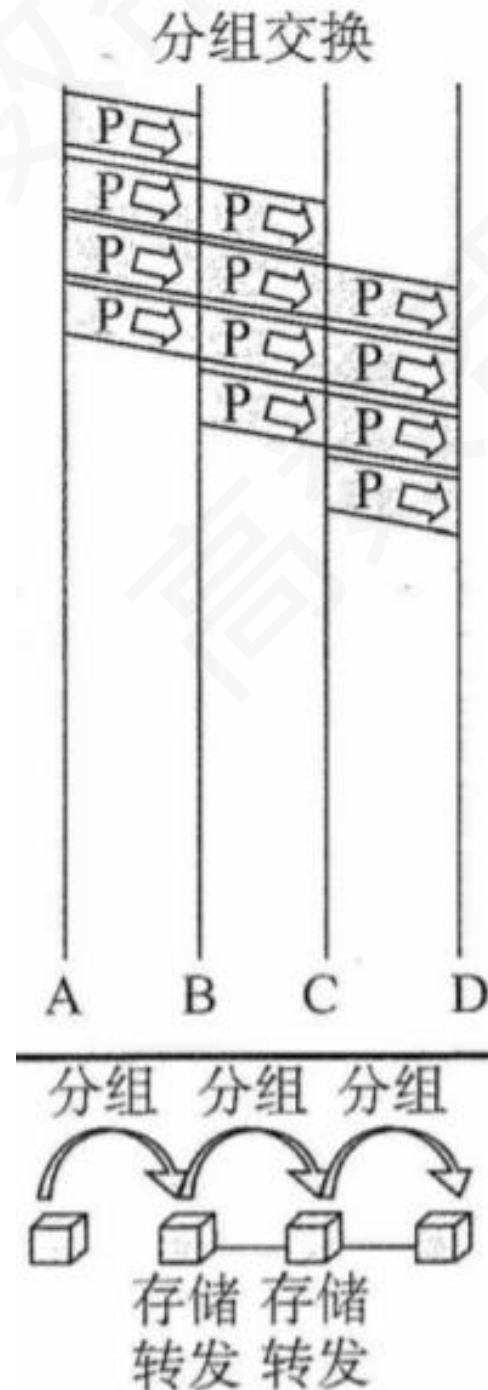
交换

优点： 简化了存储管理（相对于报文交换）

减少了出错概率和重发数据量。因为分组较短，其出错概率必然减小，即使出错重发的数据量也大大减少，

缺点： 需要传输额外的信息量，每个小数据块都要加上源地址、目的地址和分组编号等信息，从而构成分组，一定程度上降低了通信效率

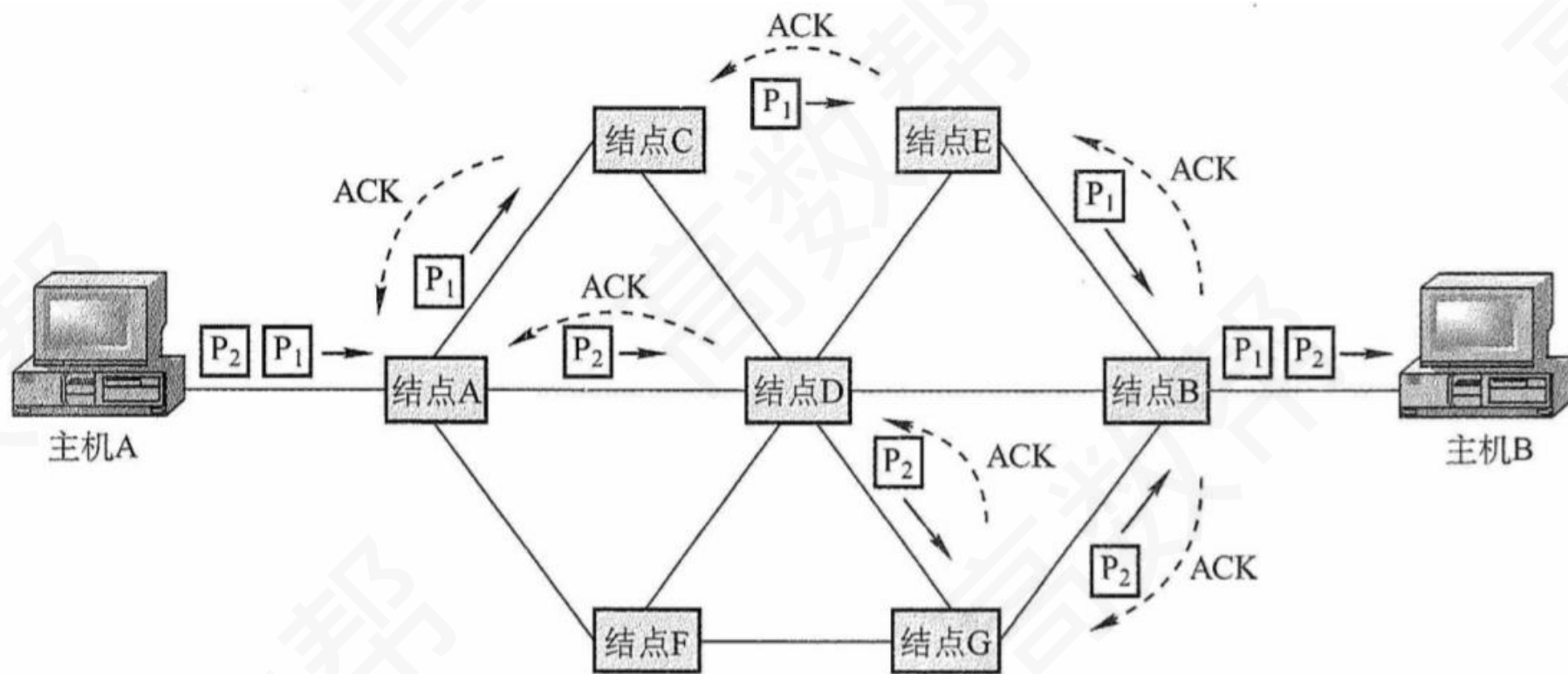
当分组交换采用数据报服务时，可能会出现失序、丢失或重复分组，分组到达目的结点时，要对分组按编号进行排序等工作



2.1 基础

分组交换

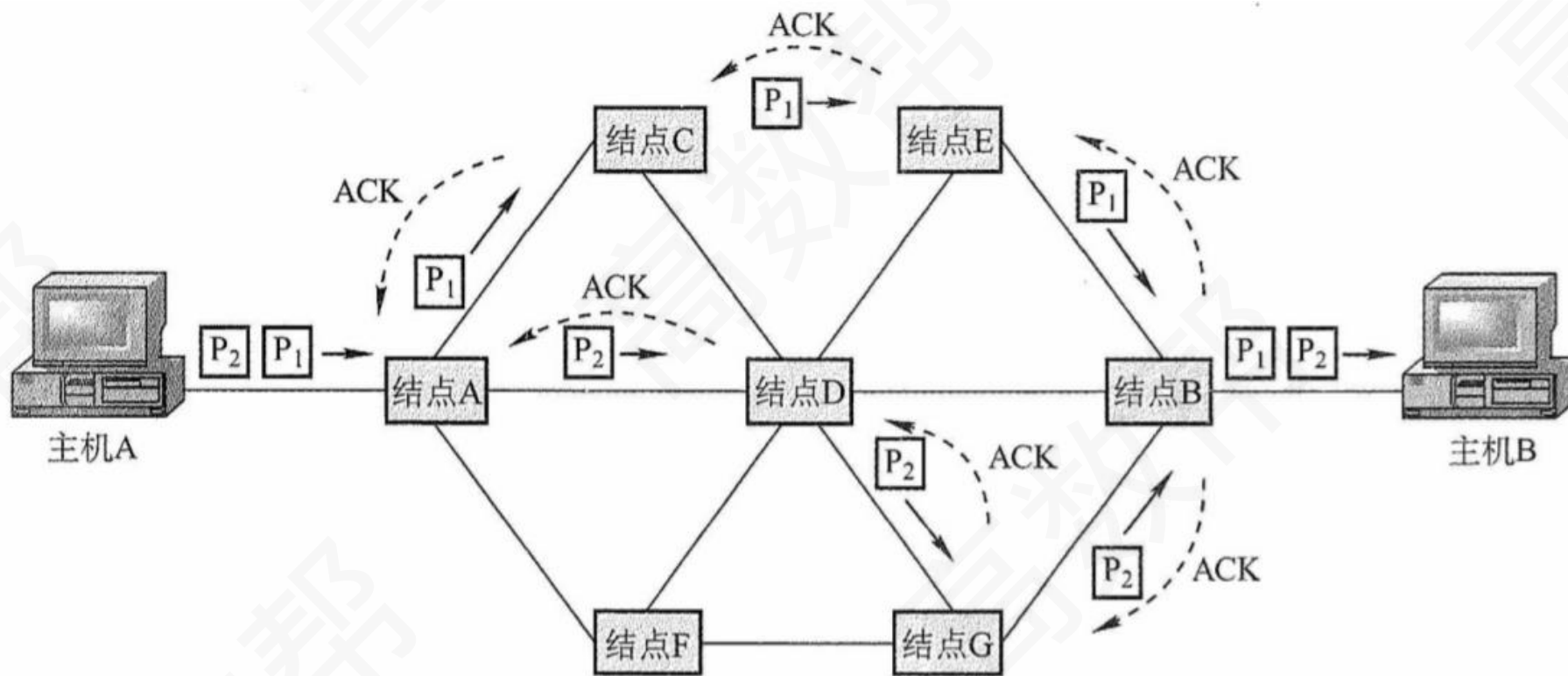
分组交换根据其通信子网向端点系统提供的服务，还可进一步分为面向连接的**虚电路**方式和无连接的**数据报**方式



2.1 基础

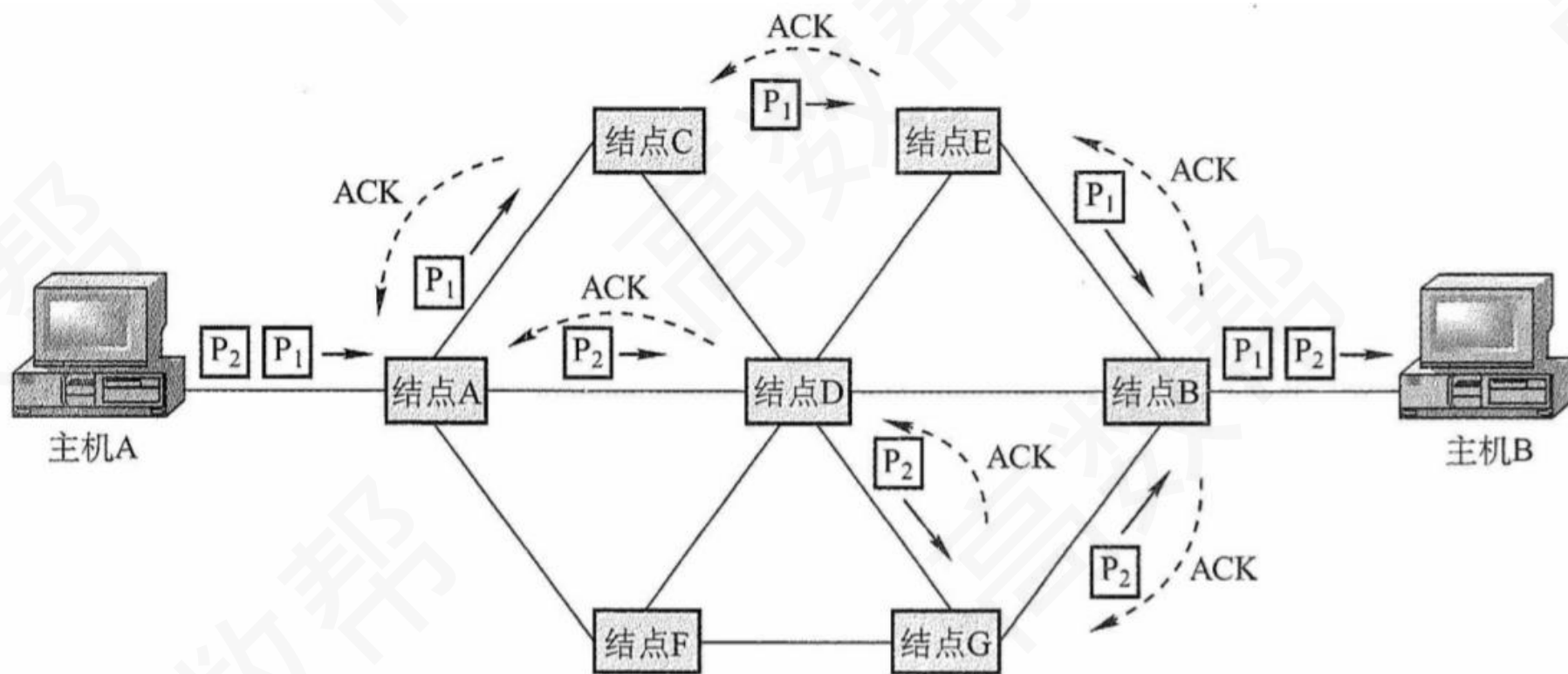
分组交换

数据报 在网络层加上地址等控制信息后形成的数据报分组，在中间结点存储分组很短一段时间，找到最佳的路由后，尽快转发每个分组。不同的分组可以走**不同的路径**，也可以按**不同的顺序**到达目的结点。



2.1 基础

不需要建立连接
不保证可靠性
需要排队等候处理
对故障的适应能力强
不独占某条链路



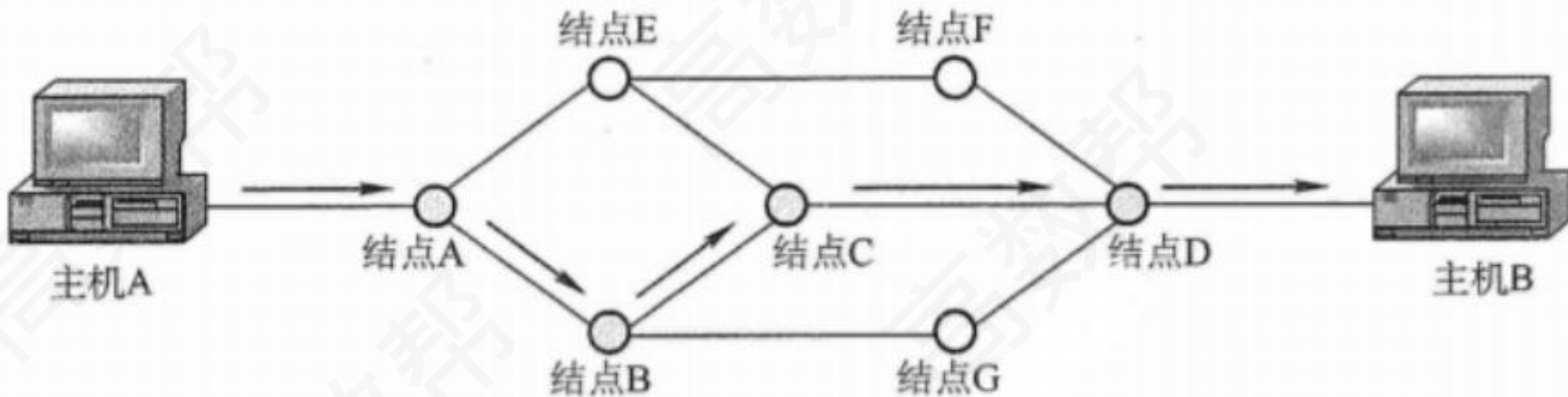
2.1 基础

分组交换

虚电路

虚电路方式试图将数据报方式与电路交换方式结合起来，充分发挥两种方法的优点，以达到最佳的数据交换效果

在分组发送之前，要求在发送方和接收方建立一条逻辑上相连的虚电路，并且连接一旦建立，就固定了虚电路所对应的物理路径。与电路交换类似，整个通信过程分为三个阶段：虚电路建立、数据传输与虚电路释放



2.1 基础

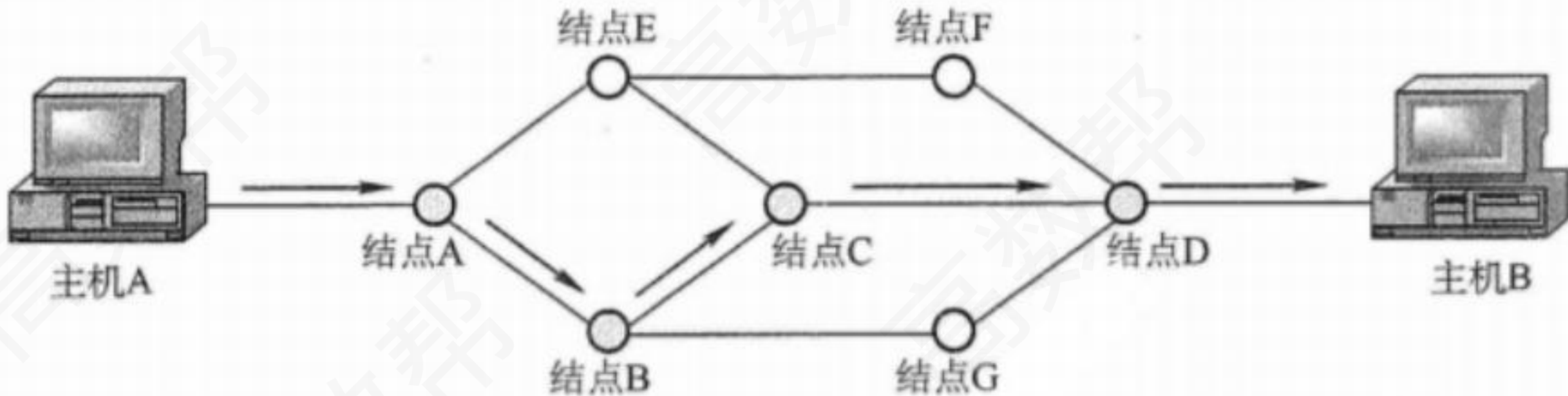
分组交换

建立和拆除需要时间开销

提供了可靠的通信功能

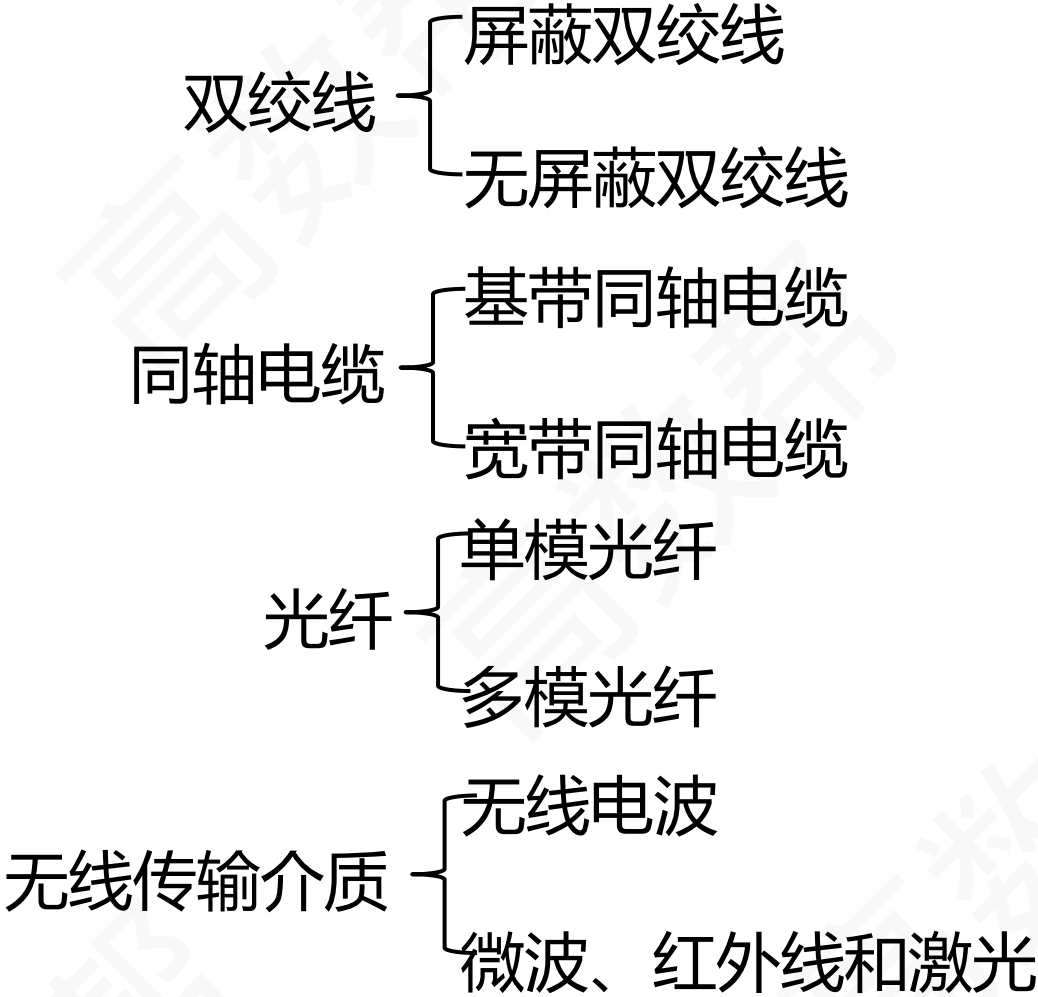
虚电路易遭到破坏

分组首部只包含虚电路标识符



2.2 传输介质

传输介质



2.2 传输介质

接口特性

机械特性。指明接口所用接线器的形状和尺寸、引脚数目和排列、固定和锁定装置等

电气特性。指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围

功能特性。指明某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义

过程特性。或称规程特性。指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序



视频讲解更清晰

2.2 传输介质

物理层设备

中继器

将信号**整形并放大**再转发出去，以消除信号经过一长段电缆后而产生的失真和衰减，使信号的波形和强度达到所需要的要求，进而**扩大网络传输的距离**

其原理是**信号再生**（而非简单地将衰减的信号放大）

集线器

集线器（Hub）实质上是一个**多端口的中继器**；如果同时有两个或多个端口输入，那么输出时**会发生冲突**，致使这些数据都无效

练习题

【题1】 对于某带宽为4000Hz的低通信道，采用16种不同的物理状态来表示数据。按照奈奎斯特定理，信道的最大传输速率是（ ）

A. 4kb/s

B. 8kb/s

C. 16kb/s

D. 32kb/s

根据奈奎斯特定理，本题中 $W=4000\text{Hz}$ ，最大码元传输速率 $=2W=8000\text{Baud}$ ，16种不同的物理状态可表示 $\log 16=4$ 比特数据，所以信道的最大传输速率 $=8000 \times 4=32\text{kb/s}$



视频讲解更清晰