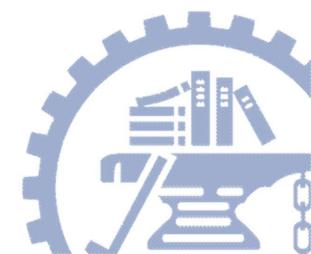




# 计算机通信网络

# 三、数字通信基础



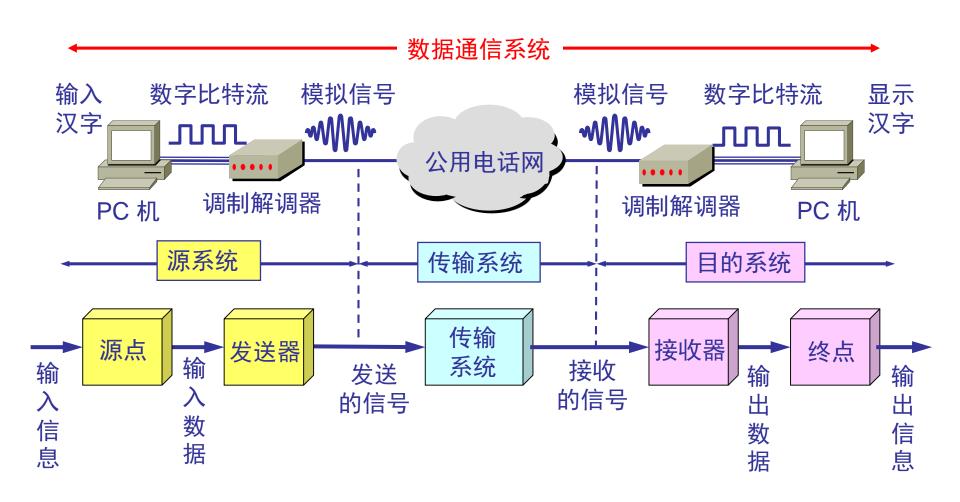


# 主要内容

- 1、数据通信系统模型
- 2、数据传输相关概念
- 3、信号编码技术
- 4、信道复用
- 5、数据交换技术



# 1、数据通信系统模型





# 2、数据传输相关概念

- (1) 数据、信号和码元
- (2) 波特率和比特率
- (3) 数据传输
- (4) 信道及其参数
- (5) 基带传输和宽带传输
- (6) 异步通信和同步通信
- (7) 串行通信和并行通信



### (1) 数据、信号和码元

**数据**:运送消息的实体,涉及的是事物的表现形式

#### • 模拟数据

是某个时间段产生的连续值(通常由**传感器**采集得到),例如声音和视频、温度和压力等都是时间的连续函数。

#### • 数字数据

指产生的离散值,例如文本信息和整数。

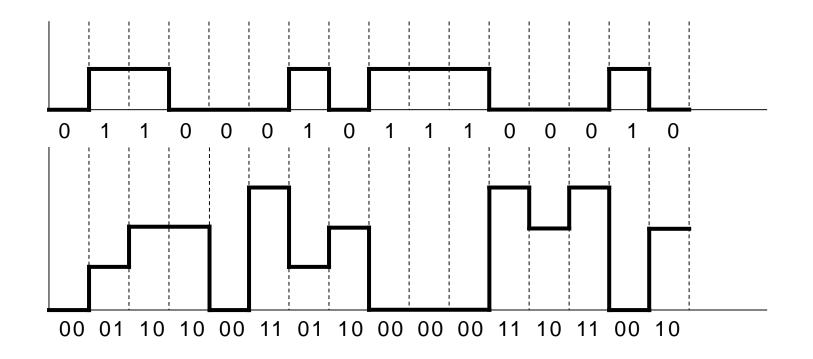


- 信号:数据的表示形式,或称数据的电磁或电子编码,它使数据能以适当的形式在介质上传输。
  - **模拟信号**:用一系列**连续**变化的电磁波来表示——信号的强度平滑变化。
  - **数字信号:** 电压脉冲序列(或光脉冲序列)——一段时间内信号强度保持某个常量值,下一时段又变化到另一个常量值。

相应地,传输信号的信道也有模拟信道和数字信道之分。



码元:在使用时间域(或简称为时域)的波形表示数字信号时,代表不同离散数值的基本波形。





# (2) 波特率和比特率

- ◎ 波特率:每秒钟信号变化的次数(每秒采样的次数),也称为码元速率,单位是Hz。
- ② 比特率: 每秒钟传输的数据的位数,即数据传输速率,单位是bps。

### 两者关系:

如信号分为V级,则比特率 =  $\log_2 V$  \*波特率。

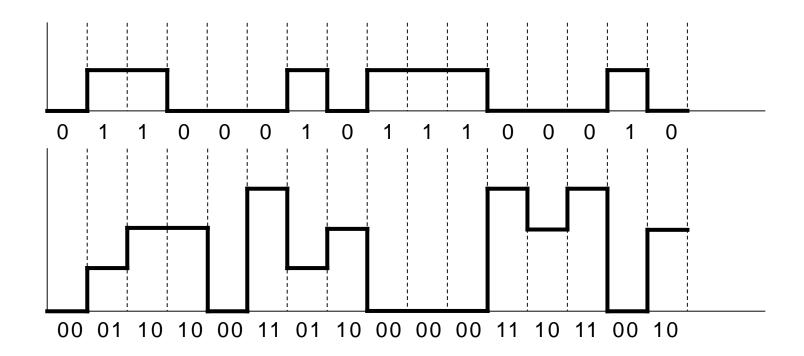
例:信号分为2级:01,则波特率=比特率;

信号分为8级: 01234567, 则比特率 = 3\*波特

率,即一次信号变化(一次采样)可表示3bit。



两者数值上的差别在于每次采样的量化值。





### (3) 数据传输

(数据传输以信号为载体)

### ● 模拟传输:

- 不关心所传输信号的内容,而只关心尽量减少信号的衰减和 噪声,长距离传输时,采用信号放大器放大被衰减的信号。
- 用于模拟信号(表示的是模拟数据或数字数据)的传输。

### ◉ 数字传输:

- 关心信号的内容,长距离传输时,采用转发器(先恢复出数字数据,再生成外出信号)。
- 用于数字信号或模拟信号(表示的是数字数据)的传输。

### ——长距离传输时,通常采用的是数字传输



### (4) 信道及其参数

- 传输介质与信道
- 信道的工作方式
- 数据的传输速率
- 信号的传播速率



# 传输介质与信道

- 传输介质与信道是不同范畴的概念
- 传输介质是指传输信号的物理载体
- ◎ 信道则提供了传输某种信号所需的带宽,着重体 现介质的逻辑特性
- 一根传输介质可能同时提供多个信道
- 一个信道也可能由多根传输介质级联而成



# 信道的工作方式

- 单工通信——只能有一个方向的通信而没有反方向的交互,如广播、电视;
- 半双工通信——通信的双方都可以发送信息,但不能双方同时发送(当然也就不能同时接收),即当一方发送时,另一方接收;
- 全双工通信——通信的双方可以同时发送和接收信息——全双工则需要两条信道。



### 数据的传输速率

### ◎ 信号传输存在失真

- 任何实际的信道都不是理想的,在传输信号时会产生 各种失真以及带来多种干扰。
- 码元传输的速率越高,或信号传输的距离越远,在信道输出端的波形其失真就越严重。



数字信号通过实际的信道 有失真,但可识别



失真大, 无法识别





® Nyquist定理: ——在假定的理想条件(无噪声)下

,为了避免码间串扰,码元的传输速率的上限值。

在无噪声信道中, 当带宽为W Hz时,

码元传输速率的上限值 = 2W Baud

(数据传输速率 = 2W log<sub>2</sub>V b/s)

(V: 信号电平的级数,在二进制中,只有0、1两级)

以每秒高于2W次的速率对线路采样是无意义的,因为高频分量已被滤波器滤掉无法再恢复。



● 香农(Shannon)定理——带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的极限、无差错的信息传输速率。

在噪声信道中,当带宽为W Hz,信噪比为S/N,则:

最大数据传输速率(b/s) =  $Wlog_2(1+S/N)$ 

W: 为信道的带宽(以 Hz 为单位);

S: 为信道内所传信号的平均功率;

N: 为信道内部的高斯噪声功率;

S/N: 信噪比, 若用分贝(dB) 表示, 则信噪比(dB) = 10log<sub>10</sub>S/N (如: 信噪比为30dB, 则S/N=1000)



#### 例:噪声信道中的传输速率

在噪声信道(话音信道)中,当带宽为3500Hz,信 噪比为30dB(较为典型的电话信道),则:

最大数据传输速率(b/s) =  $Wlog_2(1+S/N)$ 

 $= 3500\log_2(1+1000)$ 

 $\approx 35000 \text{ (b/s)}$ 

最大数据传输速率为35k bps,这是在噪声信道中的传输速率极限,实际上是不可能达到的。



# 信号的传播速率

● 自由空间:约为3×108m/s

● 铜线电缆:约为2.3 ×108m/s

● 光纤:约为2×108m/s



# シール (5)基帯传输和宽带传输 Shanghai Jiao Tong University

基带传输:信号源产生的原始电信号称为基带信 号, 即将数字数据0、1直接用两种不同的电压表 示, 然后送到线路上去传输。

——用于数字传输:局域网、 $50 \Omega$ 、通常传输距离为185M (细缆)、500 M (網缆)

- 宽带传输:将基带信号进行调制后形成模拟信号,然后采用频分复用技术实现宽带传输。
- 有线电视网: 带宽可达750 MHz, 由于以模拟信号传输, 所以传输距离可达100 km。
- 宽带系统可分为多个信道,所以模拟和数字数据可混合使用 ,但通常需解决数据双向传输的问题。
- 在混合光纤电缆 HFC (Hybrid Fiber Coax) 中,频段54~550 MHz是电视信号,550-750 MHz是数字数据。

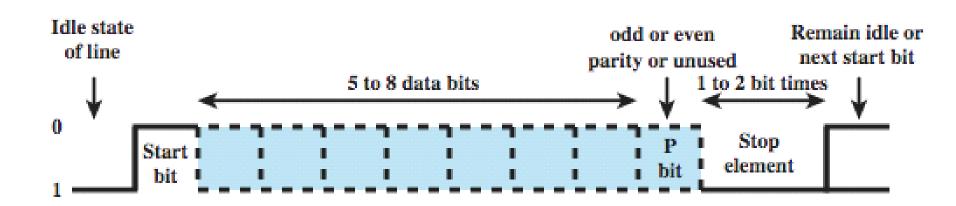


# (6) 异步通信和同步通信

- ◎ 同步: 要求通信的收发双方在时间基准上保持一致
  - ,包括在开始时间、位边界等上的一致。
    - 位同步:在数字数据通信中,一个最基本的要求是发送 端和接收端之间以某种方式保持位同步,只有保证了位 同步才可能保证帧同步,所以接收端必须对它所接收的 数据流中每一位进行正确的采样,才能确保数据接收的 正确性。
    - **位同步方式的分类**: 为保证传输的正确性,通信双方必须遵循同一个通信规程,使用相同的位同步方式进行数据传输,<u>根据通信规程所定义的位同步方式</u>,可分为<u>异</u>步通信和同步通信两大类。



- 异步通信: 指发送方和接收方的采样时钟不是同
  - 一个——以字符为单位的数据传输。
  - 每个字符:附加1位起始位和1位停止位作标志,以标记字符的开始和结束,还要附加1位奇偶校验位





### ◎ 同步通信: 指发送方和接收方的采样时钟是同一个。

- 通常发送方在发送数据的编码中包含时钟,而接收方则 从数据流中提取时钟用以采样,所以说双方所用的时钟 是同一个。
- 根据同步通信规程,同步通信又分为面向字符的同步通信和面向bit流的同步通信
  - **面向字符的同步通信**:数据块由字符组成,数据块前加一个或两个同步字符SYN用于数据块的同步,每个字符无需起始位和停止位。
  - **面向bit流的同步通信**:每个数据块的头部和尾部用一个或多个特殊的比特序列(如0111110)来标记数据块的开始和结束。



# (7) 串行通信和并行通信

- 串行通信:数据按位为单位,以时间为序
  - 典型的串行接口: RS-232C, 用于计算机或终端与 Modem间的物理层协议
  - 常用的串行接口有25pin和9pin两种
- **一种一种** 并行通信:据按字符为单位,以时间为序
  - 打印机是常用的并行接口

Pin	信号	Pin	信号
1	-STROBE	10	-ACK
2	DATA0	11	BUSY
3	DATA1	12	Paper Empty
4	DATA2	13	Select
5	DATA3	14	-Auto Feed
6	DATA4	15	-ERROR
7	DATA5	16	-INIT
8	DATA6	17	-SELECT IN
9	DATA7	18-25	GROUND



# 3、信号编码技术

- (1) 数字数据的模拟信号调制
- (2) 数字数据的数字信号编码
- (3) 模拟数据的数字信号编码
- (4) 模拟数据的模拟信号调制



# と海気道大学 Shanghai Jiao Tong University 1)数字数据的模拟信号调制

数字数据在模拟信道上传输,将数字数据调制 成模拟信号(调制解调器)进行传输,通常有四 种调制方式:

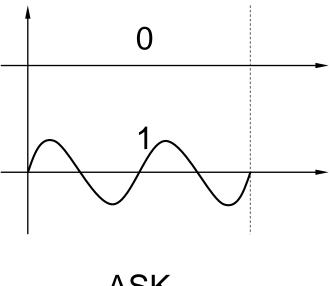
- 调幅ASK(Amplitude Shift Keying)
- 调频FSK(Frequency Shift Keying)
- 调相PSK(Phase Shift Keying)
- 正交调相QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)
  - ——目前广泛应用的调制技术



### 调幅ASK

用载波的两个不同的振 幅来表示两个二进制值。

如用无信号表示0,有信 号表示1。



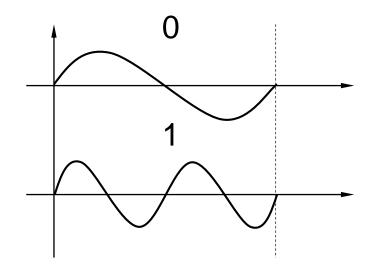
ASK



### 调频FSK

用载波附近的两个不同的频率来表示两个二进制值。

如用信号频率为f表示0,信号频率为2f表示1。



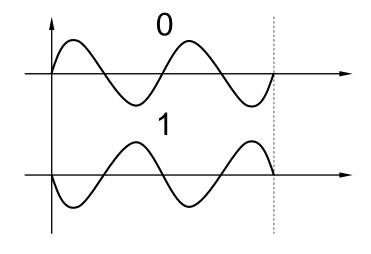
**FSK** 



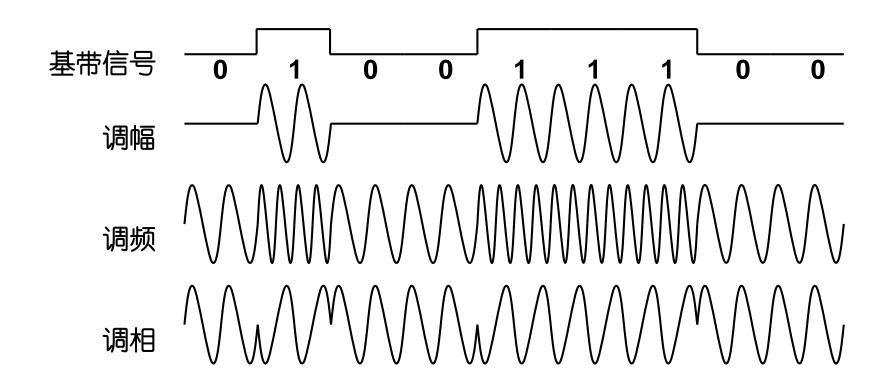
### 调相PSK

用载波的初始相位来表示两个二进制值。

如用信号相位角为0表示0,相位角为π表示1。



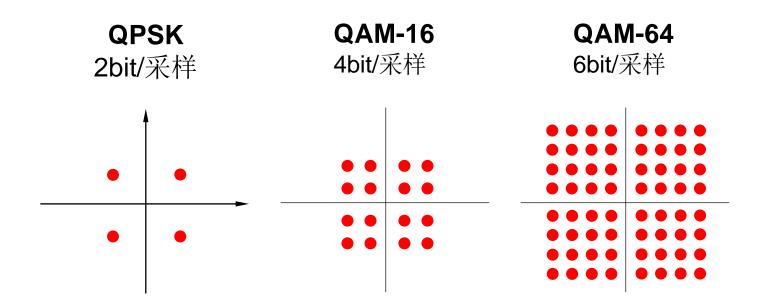
**PSK** 



数据调制技术(调幅、调频、调相)示意图



### 正交调相QPSK(星座模型)



数字数据在数字信道上传输,最简单的方法是用两个不同的电压信号值来表示两个二进制的数字数据值**0**和**1**。

数字信号编码方式:

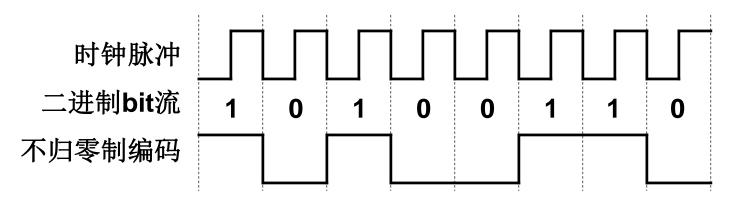
- 不归零编码
- 曼切斯特编码
- 差分曼切斯特编码
- 4B/5B编码



#### 不归零编码NRZ(Non Return-to Zero)

正电平表示1,零电平表示0,并且在表示完一个码元后,电平无需回到零;

**缺点:不能携带时钟信号**,存在发送方和接收方的同步问题,且**无法表示没有数据传输。** 



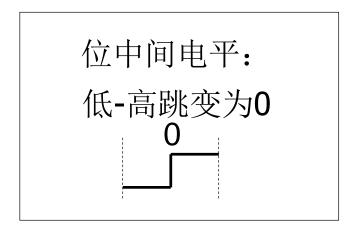
用不归零制编码时,一个时钟周期可表示一个bit,一次采样得到一个bit——效率最高的编码。

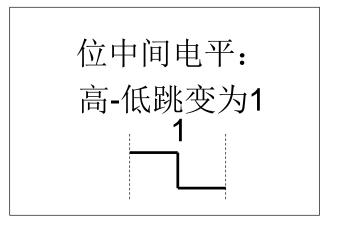


### 曼切斯特编码(Manchester Encoding)

位中间有电平跳变。

#### 能携带时钟信号,且可表示没有数据传输。





采用曼切斯特编码,一个时钟周期只可表示一个bit,并且必须通过两次采样才能得到一个bit。



# 差分曼切斯特编码(Differential Manchester Encoding)

位中间有电平跳变,位与位之间也有电平跳变,表示下一个bit为0

位中间有电平跳变,位与位之间无电平跳变,表示下一个bit为1

特性与曼切斯特编码相同,但抗干扰性能强于曼切斯特编码。



#### 4B/5B编码

不归零制编码的一种变种;

数据流中每4个bit成一个组合,并对应为5个bit的编码——即用5bit的二进制数来表示4bit二进制数;

#### 编码规则:

- 每个5比特码组中不含多于3个"0";
- 每个5比特码组中包含不少于2个"1"。
- ——为了让4B/5B编码后的码流中有足够多的跳变,就需要编码后的码流中有尽量多的"1"和尽量少的"0"以便接收端提取出时钟信号。
- ——**百兆以太网:** 4B/5B编码与MLT-3(差分慢切斯特编码)编码组合方式



#### 16进制数的4B/5B编码对照表

16进制数	4bit码	5bit码	16进制数	4bit码	5bit码
0	0000	11110	8	1000	10010
1	0001	01001	9	1001	10011
2	0010	10100	Α	1010	10110
3	0011	10101	В	1011	10111
4	0100	01010	С	1100	11010
5	0101	01011	D	1101	11011
6	0110	01110	Е	1110	11100
7	0111	01111	F	1111	11101



#### 四种编码方式的比较:

不**归零制编码**:编码密度最高,接收端一次采样可得到一个bit,即波特率等于比特率,但不能携带时钟;

**曼切斯特编码:**编码密度最低,接收端二次采样才可得到一个bit,即波特率是比特率的两倍,但每个bit中都有信号跳变,即携带了时钟;

差方曼切斯特编码: 与曼切斯特编码基本相同;

**4B/5B编码:**编码密度略低于不归零制编码,但高于曼切斯特编码,即波特率是比特率的1.25倍,然而在接收端能提取时钟。



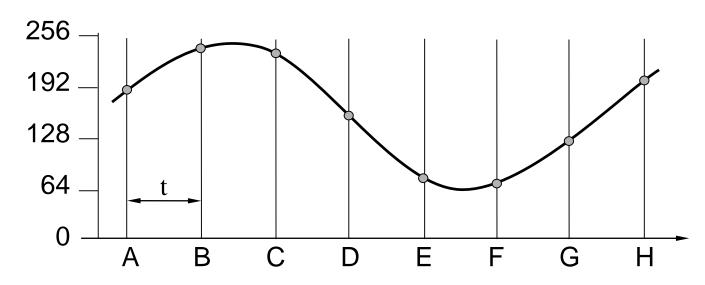
#### ——模拟数据在数字信道上传输

采用脉冲编码调制PCM技术(Pulse Code Modulation),PCM以采样定理为基础。

采样定理(Nyquist定理):如果在规定的时间间隔内,以信号最高频率的二倍或二倍以上的速率对该信号进行采样,则这些采样值中包含了全部原始信号信息。



### 例: 采样、量化和编码



А	В	С	D	E	F	G	Н
188	244	240	144	80	72	122	200
10111100	11110100	11110000	10010000	01010000	01001000	01111100	11001000



#### ——模拟数据在模拟信道上传输

- 调幅AM (Amplitude Modulation): 载波的 振幅随模拟数据的数值变化。
- 调频FM (Frequency Modulation): 载波的 频率随模拟数据的数值变化。
- 调相PM (Phase Modulation): 载波的初始相位随模拟数据的数值变化。

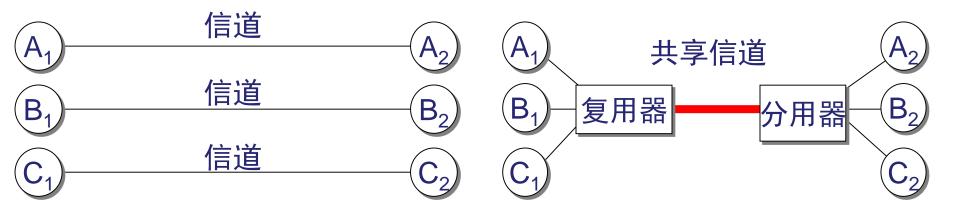


## 4、信道复用

- (1) 频分复用FDM(Frequency Division Multiplexing)
- (2) 时分复用TDM(Time Division Multiplexing)
- (3) 统计时分复用STDM(Statistic TDM)
- (4) 波分复用 WDM(Wavelength Division Multiplexing)
- (5) 码分复用 CDM(Code Division Multiplexing)
- (6) 正交频分复用OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)



### 复用(multiplexing)是通信技术中的基本概念。



(a) 不使用复用技术

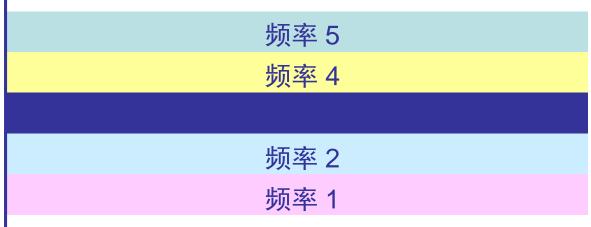
(b) 使用复用技术



### (1) 频分复用 FDM

- 为每个用户分配固定的频带。
- 用户在分配到一定的频带后,在通信过程中自始至终都占用这个频带。
- 频分复用的所有用户在同样的时间占用不同的带宽资源(请注意,这里的"带宽"是频率带宽而不是数据的发送速率)。

频率

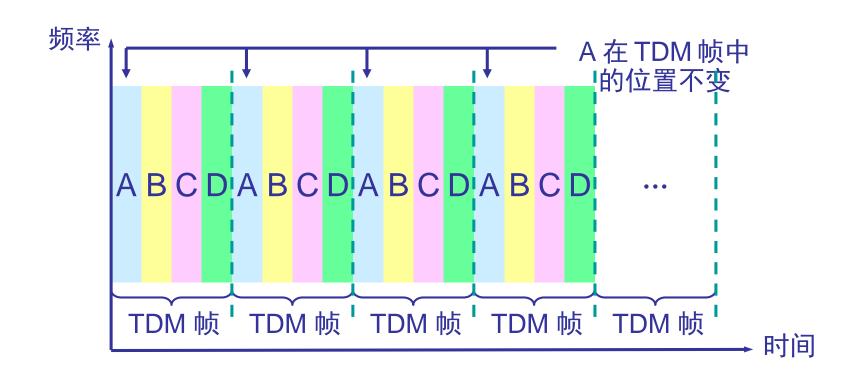


时间

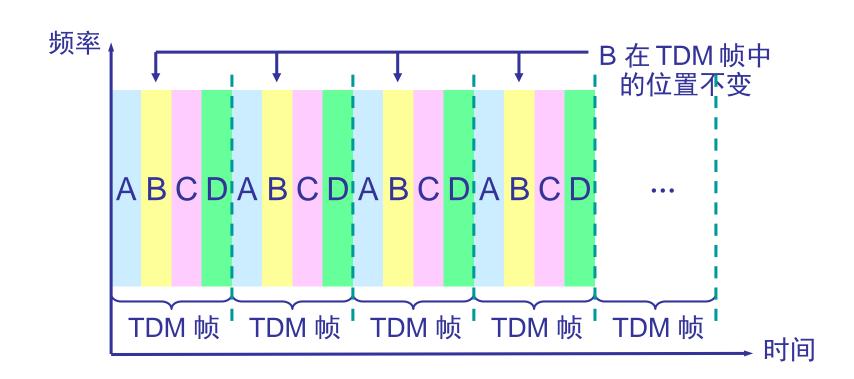


## よみえる大学 Shanghai Jiao Tong University (2) 时分复用TDM

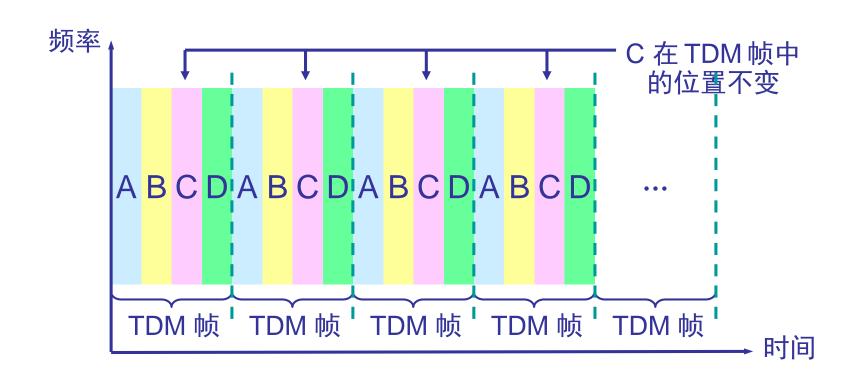
- 时分复用:将时间划分为一段段等长的时分复用帧 (TDM 帧)。每一个时分复用的用户在每一个 TDM 帧中占用固定序号的时隙。——同步TDM
- 每一个用户所占用的时隙是周期性地出现(其周期 就是 TDM 帧的长度)。
- TDM 信号也称为等时(isochronous)信号。
- 时分复用的所有用户在不同的时间占用同样的频带 宽度。



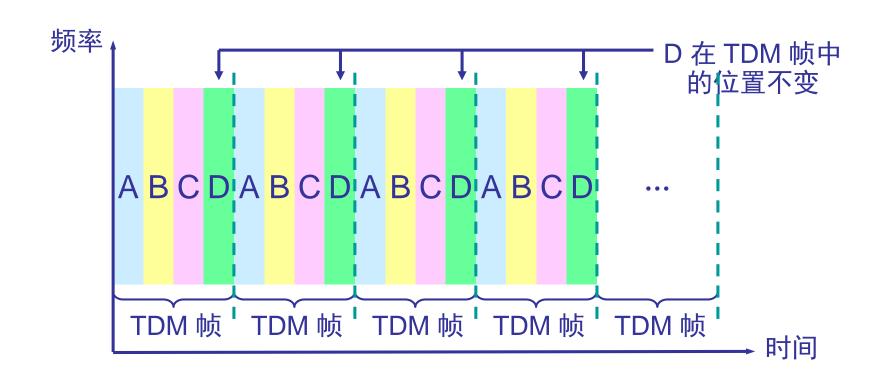
时分复用示意图



时分复用示意图



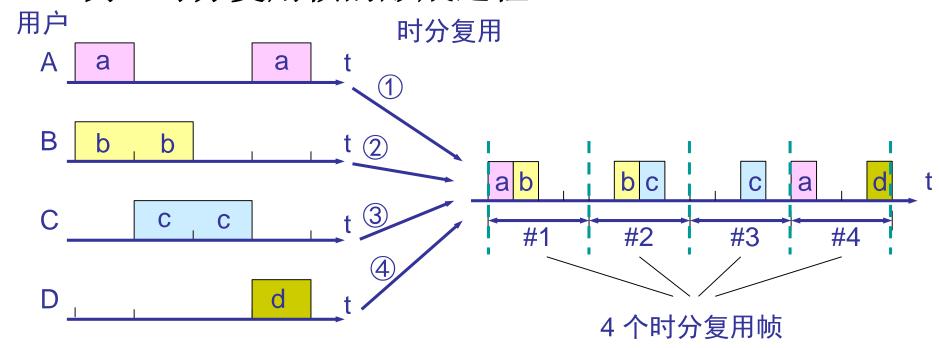
时分复用示意图



时分复用示意图



#### 例:时分复用帧的形成过程



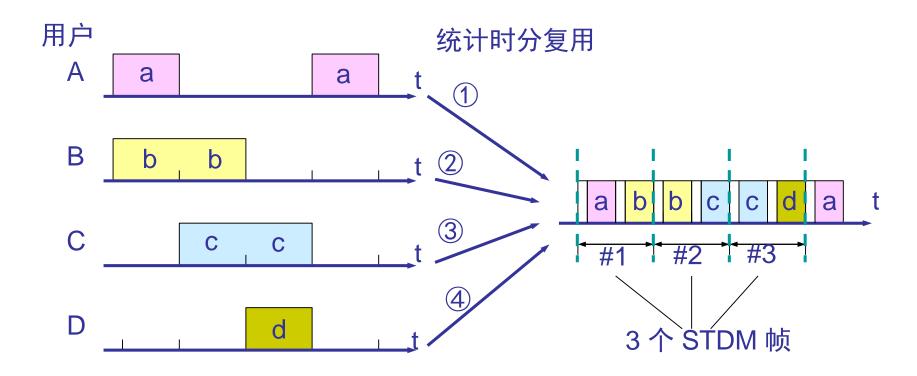
时分复用可能会造成线路资源的浪费:使用时分复用系统传送计算机数据时,由于计算机数据的突发性质,用户对分配到的子信道的利用率一般不高。



# **(3) 统计时分复用 STDM**

- 集中器:实现信道的统计时分复用。
- ◉ 使用STDM帧传送复用的数据——每一帧的时隙数 小于连接在集中器上的用户数。
- 统计时分复用的工作原理:
  - 各用户将数据发往集中器中的对应输入缓存;
  - 集中器按顺序依次扫描输入缓存,将缓存中的数据放入 STDM帧:
  - STDM帧的数据放满,集中器将其发送出去。

#### ——异步TDM



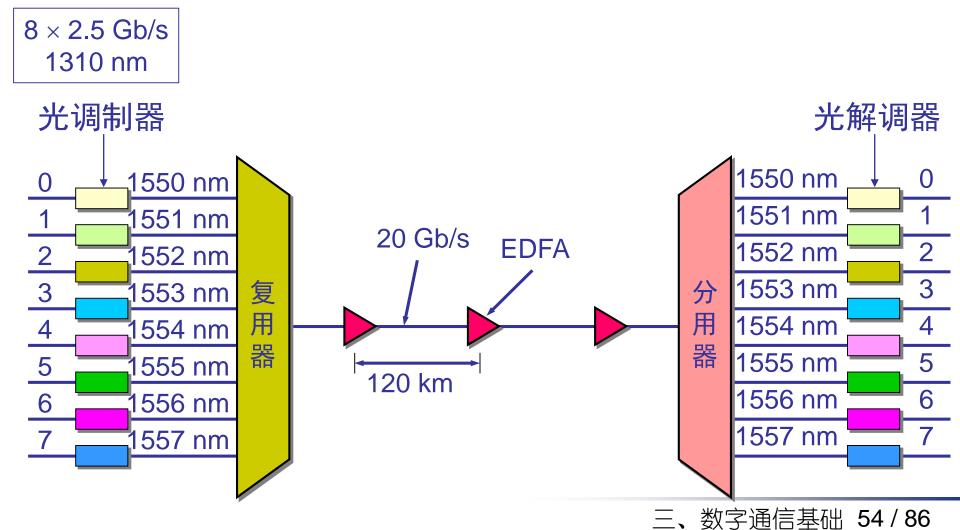
STDM帧的特点:动态分配帧内时隙;每个时隙带有用户的地址信息——短时隙。

例: STDM帧的形成过程



### (4) 波分复用 WDM

### 波分复用就是光的频分复用 $(\lambda f = C)$





## (5) 码分复用 CDM

- 常用的名词是码分多址 CDMA (Code Division Multiple Access)。
- 各用户在相同的时间使用相同的频带——各用户使用经过特殊挑选的不同码型,因此彼此不会造成干扰。
- ② 这种系统发送的信号有很强的抗干扰能力,其 频谱类似于白噪声,不易被敌人发现。

- 每一个比特时间划分为 m 个短的间隔, 称为码片(chip)。
- 码片序列(chip sequence)
  - 每个站被指派一个唯一的 *m* bit 码片序列。
    - 如发送比特 1,则发送自己的 *m* bit 码片序列。
    - 如发送比特 0,则发送该码片序列的二进制反码。

例如, S 站的 8 bit 码片序列是 00011011。 发送比特 1 时,就发送序列 00011011, 发送比特 0 时,就发送序列 11100100。

S站的码片序列(码片向量): (-1-1-1+1+1-1+1+1)



#### ② CDMA 的特点

- 每个站分配的码片序列不仅必须各不相同,并且还必须 互相正交(orthogonal)。
- 在实用的系统中使用伪随机码序列。

#### @ 码片序列的正交关系

- 令向量 S 表示站 S 的码片向量,令 T 表示其他任何站的码片向量。
- 两个不同站的码片序列正交,就是向量 S 和T 的规格化 内积(inner product)都是 0:

$$\mathbf{S} \bullet \mathbf{T} \equiv \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} S_i T_i = 0$$

#### ◎ 正交关系的重要特性

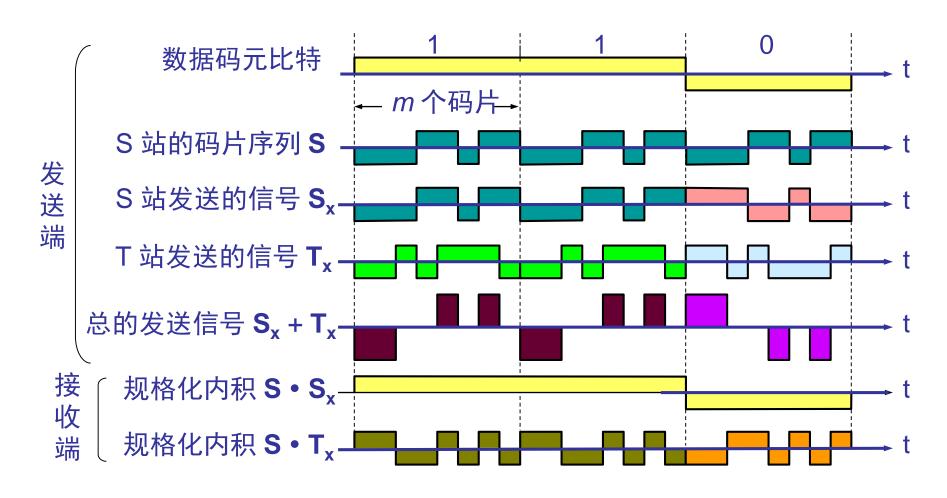
• 任何一个码片向量和该码片向量自己的规格化内积都是1。

$$\mathbf{S} \bullet \mathbf{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} S_i S_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} S_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} (\pm 1)^2 = 1$$

• 一个码片向量和该码片反码的向量的规格化内积值是 –1。



#### CDMA 的工作原理





### (6) 正交频分复用OFDM

- 是一种多载波调制方式,通过减小和消除码间串 扰的影响来克服信道的频率选择性衰落。
- 基本原理:将信号分割为N个子信号,然后用N个子信号分别调制N个相互正交的子载波。由于子载波的频谱相互重叠,因而可以得到较高的频谱效率。近几年OFDM在无线通信领域得到了广泛的应用。

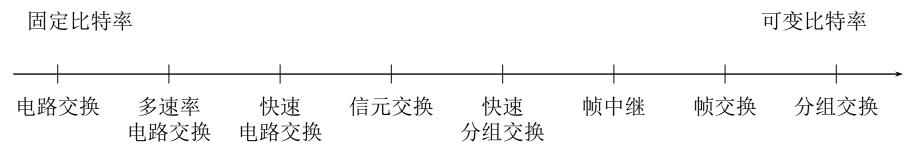


## 5、数据交换技术

- (1) 电路交换
- (2)报文交换
- (3) 分组交换
- (4) 虚电路交换



- ② 交换: 网络节点以某种转接方式来实现数据通路接续的技术。
- 通信网可能采用的交换方式:



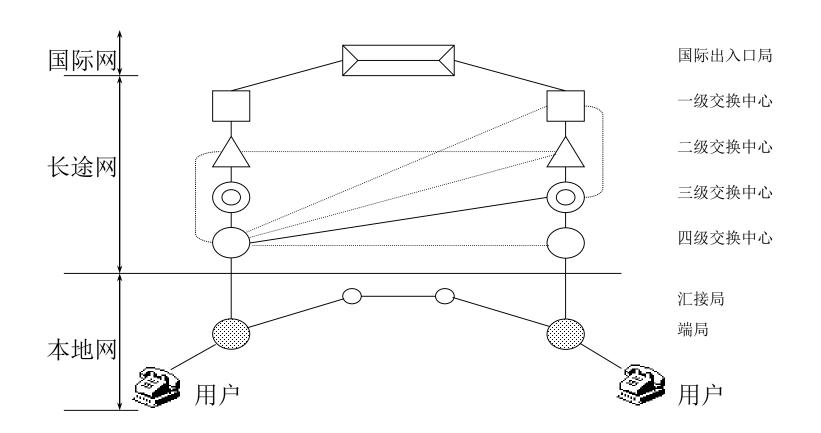
电路交换——提供实时语音业务 分组交换——提供非实时数据业务

——随着宽带综合通信网的出现,提供语音、数据、图 像相结合的综合服务成为可能



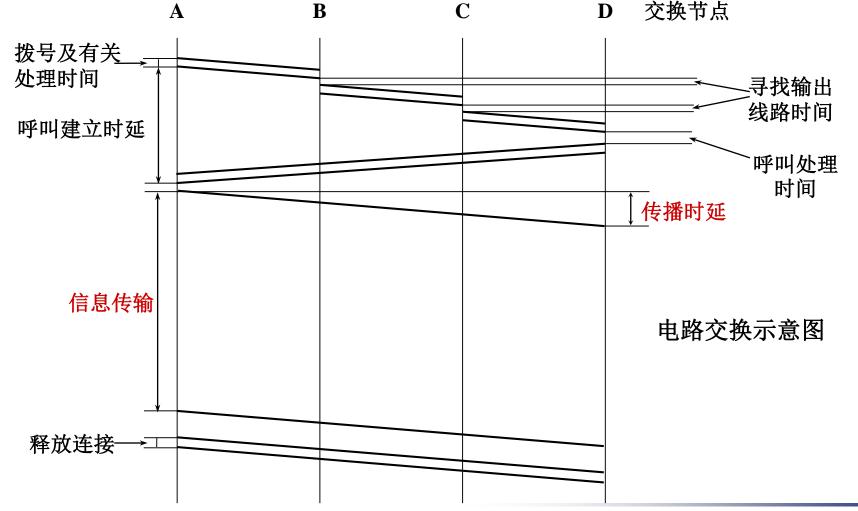
### (1) 电路交换(电话)

我国电话网的分级结构:采用本地接入、长途中继和国际出入的分级结构。





**电路交换**:指交换系统为通信的双方寻找并建立一条全程物理通路,以供双方传输信息,直到信息交换结束。





#### ◉ 电路交换的优缺点:

- 优点
  - 数据传输时延小
  - 对用户透明
  - 吞吐量高

#### 缺点:

- 必须有一个呼叫建立的过程(时延较大)
- 专供通信的双方使用,占用固定的带宽,信道带宽利用率低
- 存在呼叫损失现象
- 难以实施差错控制措施
- 难以适应计算机和各种终端传输速率不一致等情况

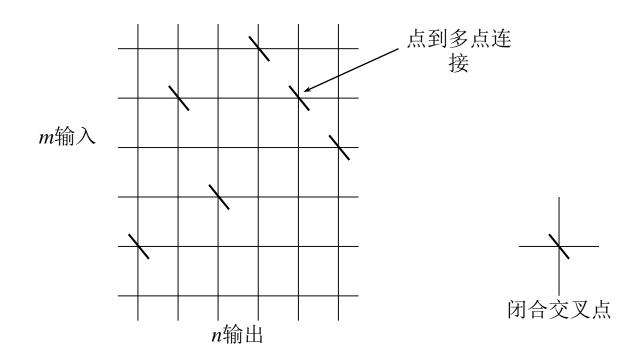
#### ——不适合具有突发性的计算机数据传输



#### ◉ 电路交换的实现结构

- · 空分交换(Space-Division Switching): 指输入链路按 空间分布来安排所需要的输出链路。
  - 交换矩阵实现
  - 可实现多级交换网络
  - 交换容量受限制
- 时分交换(Time-Division Switching): 指输入链路按时间顺序来安排所需要的输出链路。
  - ——又称为时隙交换TSI,Time-Slot Interchange

#### 空分交换结构示意图



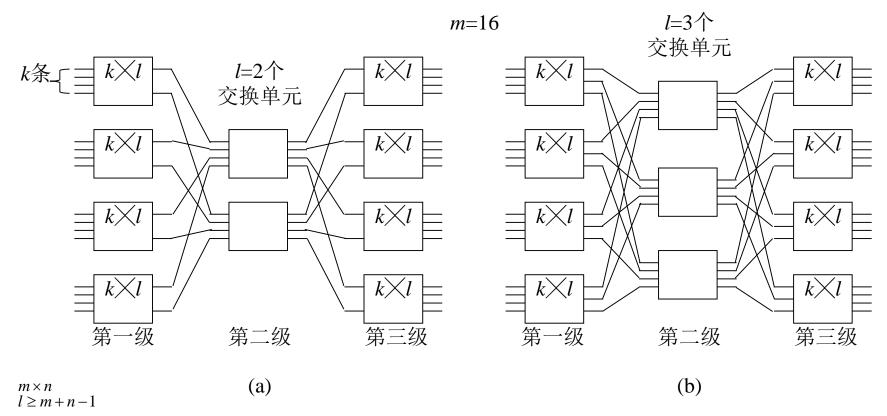
存在问题:

当输入、输出链 路数目增加时, 交换网络的交路 点个数将按链路 数的平方关系增 长,控制结构复 杂化。

纵横制空分交换示意图



#### 空分多级交换矩阵(可以减少交叉点数量)

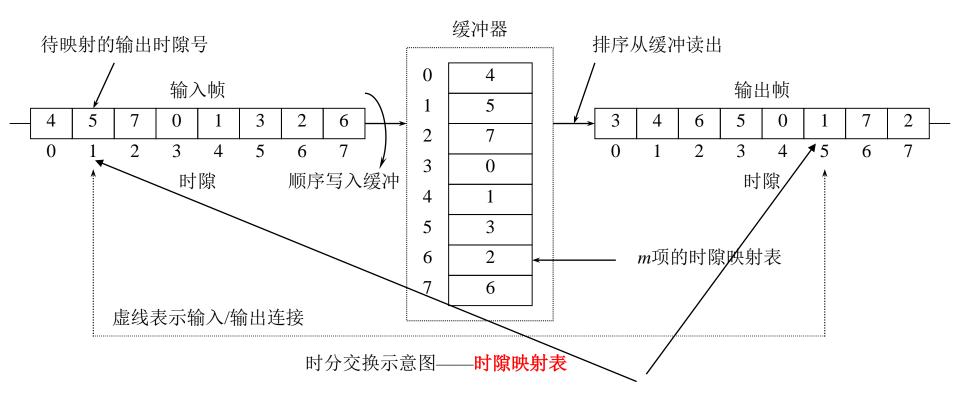


用三级交换单元的互连构造交换网络

 $m \times m$ 

 $l \ge 2m-1$ 

#### 时分交换结构示意图



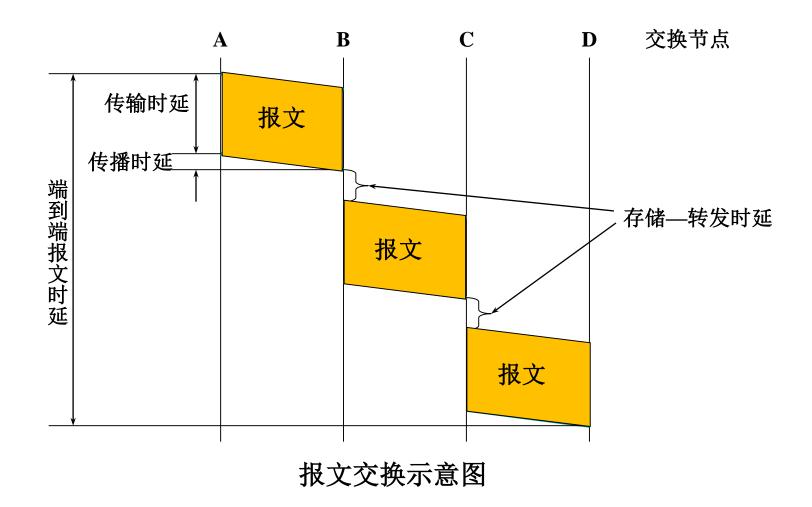
输入时隙1中的数字为5,表明需要在输出帧中的时隙5内,从缓冲器的第1号存储区间中读出信息。



## (2) 报文交换(电报)

- 无论数据传输过程要跨越多少个交换局(通常是路由器),只要下一站不忙,该数据即送至下一站。
- 参数据的传输不需建立连接,数据的传输是一站一站往下送,所以数据中必须包含目的地址,并采用存储-转发(store-forward)机制。
- 线路的利用率较高。
- 由于采用store-forward机制,所以在数据传输过程中,除了信号传播的延时之外,还有存储和转发的延时,而且可能延时较大,且不可估计。
- 每个中间站点都必须有足够大的缓存,但由于报文大小不定, 所以缓存通常设置在硬盘中。

——报文交换不适合于实时性要求高的业务。



三、数字通信基础 71/86



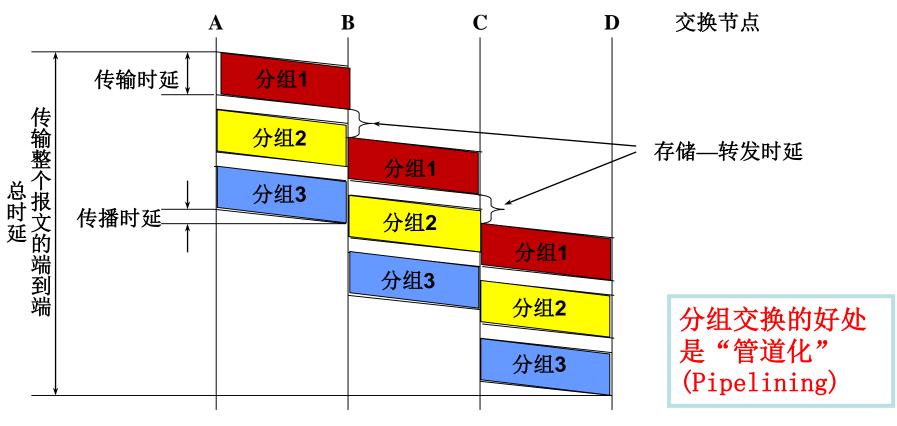
#### ② 报文交换的端到端时延

- 传输时延
- 传播时延
- 存储-转发时延
  - 排队等待时间
  - 存入中间节点的处理时间
  - 从存储器送到输出链路的处理时间



## (3) 分组交换

- ⑤ 与报文交换相似,只是将报文分为若干个定长的分组,每个分组为一个子报文。
- 每个分组中必须包含目的地址,并采用存储-转发机制。
- 线路的利用率较高。
- 由于采用store-forward机制,所以在数据传输过程中,除了信号传播的延时之外,还有存储和转发的延时,而且可能延时较大,且不可估计。
- 每个中间站点必须有缓存,但由于分组大小固定,所以缓存通常在内存中设置。
- 接收分组和发送分组的顺序可能不一致 , 并且可能还需要重组。

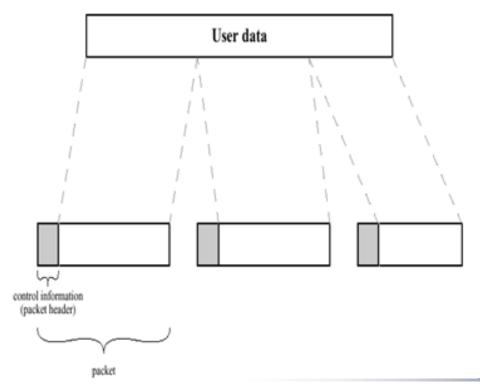


分组交换示意图



#### ☞ 分组的组成

- 分组=分组头+信息包
- 用户数据被切分成多个信息包,每个包加上分组头, 形成分组。



#### ◎ 分组最佳长度

- 设报文的总长度为M(bit),令 $n_h(bit)$ 为附加到每个分组的开销,用 $K_{max}$ 表示包括附加开销在内的最大分组长度。
- 以分组方式发送一个报文所必须传送的总比特数为

$$N_{bits} = M + \lceil M/(K_{max} - n_h) \rceil n_h$$

• 传送一个报文所需要的总时间*T*为第一个分组通过前面(*j-1*)条链路的时间加上整个报文通过最后一条链路的时间

$$T = \frac{(j-1)K_{\text{max}} + M + \lceil M/(K_{\text{max}} - n_h) \rceil n_h}{R}$$

$$E[T] = \frac{(j-1)K_{\text{max}} + E[M] + E[\lceil M/(K_{\text{max}} - n_h) \rceil] n_h}{R}$$

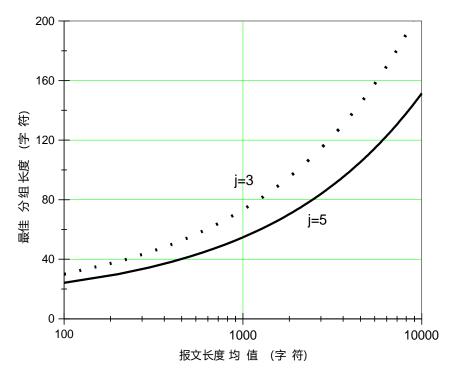
• 运用求极值的常规方法,将上式对 $K_{max}$ 求导,并令导数等于零,于是得到分组最佳长度为

$$K_{\text{m ax}}^{opt} \approx n_h + \sqrt{\frac{E[M]n_h}{j-1}}$$



## ◎ 最佳分组长度与报文长度之间的关系

- 最佳分组长度随着报文长度或每个分组的附加开销的增加而增加;
- 若全路径上经过的链路数增加,则最佳分组长度有所减小。



最佳分组长度与报文长度之间的关系



## ◎ 目的节点收到分组后所作处理

- 卸掉分组头部和校验序列,得到分组数据,写入缓冲器。
- 根据分组编号检查构成一个完整报文的所有分组是否 到齐。
- 若报文的所有分组到缓冲器,则进行报文重组; 否则 ,等待其他分组到达。
- 报文组装完成后,通知用户接收此报文;同时向发送方返回一个确认信息。

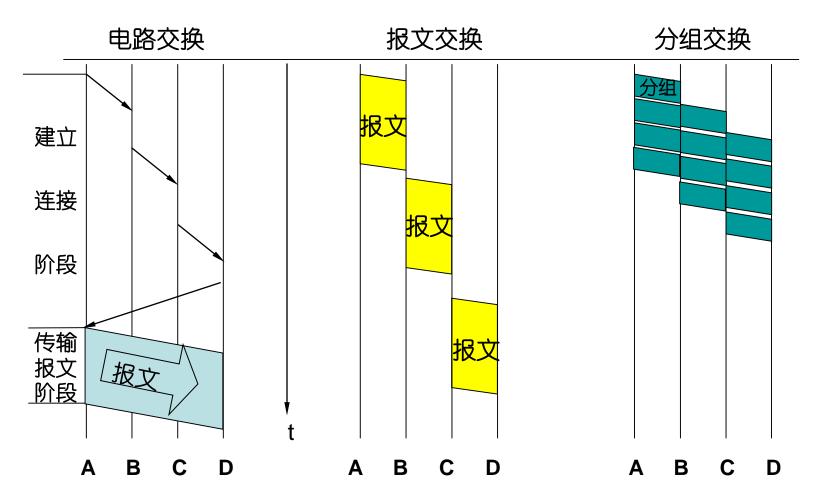


#### ● 分组交换两种交换机制

- 数据报(无连接方式):每个分组独立处理,独自选择在网络中传输的路由。
- 虚电路(面向连接方式):首先要建立传输路径,所有分组均在这个连接上进行传送,帧顺序和路径都是确定的。



## 三种交换技术的比较



三种交换技术图示



#### 圖 电路交换

- 在数据传输前,必须建立端到端的连接
- 一旦某个节点故障,必须重新建立连接
- 连接建立后,数据的传输没有额外的延时
- 数据中不必包含地址域
- 数据按序传输,但信道的使用率较低
- 适合长时间传输大批量的数据,如流数据



#### ② 报文交换

- 在数据传输前,不必建立端到端的连接
- 只要下一个节点空闲,即可传输
- 信道的使用率较高
- 数据的传输采用存储转发,延时不可估计
- 数据中必须包含地址域



#### ☞ 分组交换

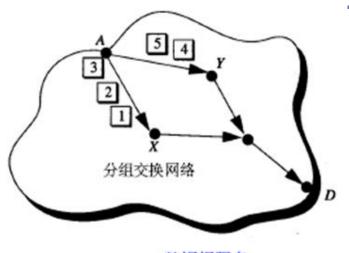
- 在数据传输前,不必建立端到端的连接
- 只要下一个节点空闲,即可传输
- "管道化"优势,信道的使用率高
- 数据的传输采用存储转发,延时不可估计,时延大 大低于报文交换
- 数据中必须包含地址域
- 接收到的分组不一定按序,可能还需重组
- 适合传输文本型数据

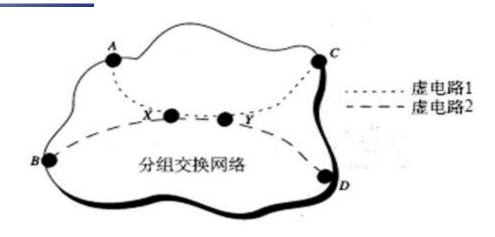


## ド海気通大学 Shanghai Jiao Tong University (4) 虚电路交換

- ◎ 虚电路:将电路交换的概念引入到分组传输—— 面向连接的分组交换,快速分组交换
  - 虚电路连接的建立: 传输方发起连接请求, 中间节点 根据路径信息建立交换表,在交换表内,节点为连接 分配一个虚电路号,并与输出端口号相关联,表示用 户信息从该端口输入,立即从相关联的输出端口输出 到下一节点。
  - 虚电路连接的传输: 分组中没有目的地址, 只有虚电 路号,接收分组时只检查其头部,一旦得到其虚电路 号,则立即查交换表,转发至适当的端口(非storeforward) .
  - 虚电路连接的拆除

# 上海交通大學





数据报服务

重叠的虚电路

#### 虚电路和数据报的比较

虚电路	数 据 报
帮助防止拥塞。由于节点知道它是虚电路的一部分,	"不速之包"会使拥塞控制变得更困难
它会为分组的到达预留空间	
如果一条虚电路连接时间太长,根据现在的网络条件,	节点使用最新的网络信息来传送每个分组
它可能已不是最佳路径	
对用一条虚电路发送的所有分组只作一次路由选择	为每个分组作独立路由选择
分组按发送顺序到达目的地	分组可能不按序到达,要求目标节点重装它们,
节点失效会使虚电路中断,从而造成分组丢失	如果一个节点失效, 分组可以绕过它

#### 三、数字通信基础 85/86



## 本章作业

P111

复习题: 第1, 2, 4, 5, 6, 7题