



# 第一章

## 1、网络拓扑结构的定义:

是指一个网络中各个节点之间互连的几何构形,即指各个节点之间互相连接的方式

## 2、星形拓扑结构

**节点连接方式:** 节点分为端节点和中间节点两种,每个端节点必须通过点到点链路连接到中间节点上;

**通信方式:** 任何两个端节点之间都要通过中间节点实现数据交换和通信;

**访问控制策略:** 为了解决节点之间的有序通信问题,采用了集中式访问控制策略和分布式访问控制策略;

**主要应用:** 基于分组交换的星形网络,将是今后网络系统的主流结构。

## 3、环形拓扑结构

**节点连接方式:** 各个节点通过收发器连入网络,收发器之间通过点到点链路连接成一个闭合的环形网络;

**访问控制策略:** 常用的访问控制方法是基于令牌(Token)的访问控制。它是一种分布式访问控制技术,由令牌及其传递规则来控制各个节点的介质访问,并且将令牌控制机制分布在每个节点上,各个节点将根据令牌传递协议控制节点对网络的访问。

**主要应用:** 主要在 Token Ring(令牌环)和 FDDI(光纤分布式数据接口)网络中使用。

**节点连接方式:** 所有节点都直接连接到同一条传输介质上,这条传输介质称为总线

## 4、总线型结构

**节点连接方式:** 在此结构中,网络中的所有节点都直接连接到同一条传输介质上,这条传输介质称为总线。

**访问控制策略:** 所有的节点共享一条总线,一次只允许一个节点发送数据,其他节点只能处于接收状态。

**主要应用:** 主要在早期的 Ethernet 中使用。典型的总线型网络是以太网。

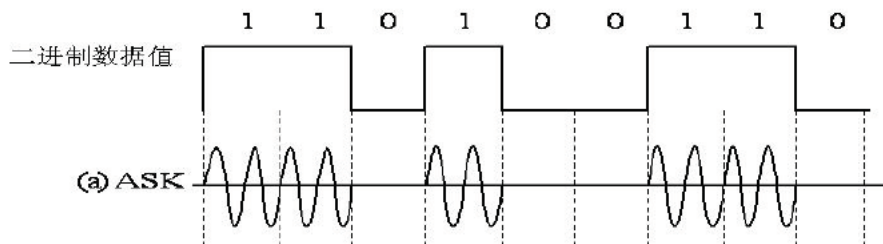


## 5、数据编码技术:

**(1) 数字数据的模拟信号编码:** 是指将数字数据调制成模拟信号进行传输。在电话网,有线电视网等媒介上传输。通常采用模拟信号的三种载波特性(振幅、频率和相位)之一来表示被调制的数字数据,因此有了三种调制方式:幅移键控(ASK)法,频移键控(FSK)法,相移键控(PSK)法

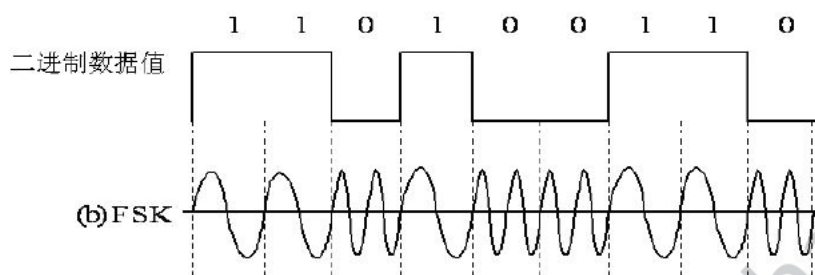
**ASK 定义:** 使用载波频率的两个不同振幅来表示两个二进制值。在一般情况下,用振幅恒定载波的存在与否来表示两个二进制值

**特点:** ASK 方式的编码效率较低,容易受增益变化的影响,抗干扰性较差,在音频电话线路上一一般只能达到 1200 b/s 的传输速率。



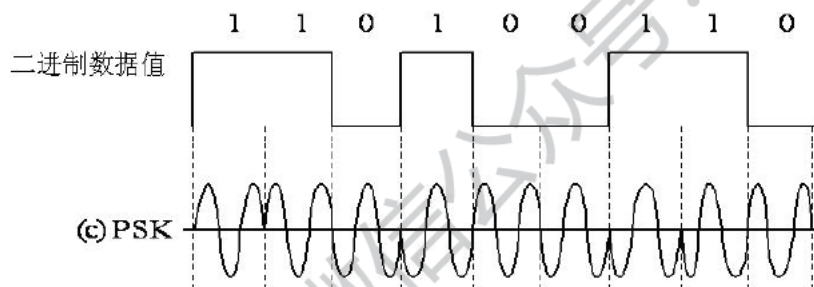
**FSK 定义:** 使用载波频率附近的两个不同频率来表示两个二进制值。

**特点:** FSK 比 ASK 的编码效率高, 不易受干扰的影响, 抗干扰性较强, 在音频电话线路上的传输速率可以大于 1200 b/s。



**PSK 定义:** 使用载波信号的相位移动来表示两个二进制值。

在 PSK 方式中, 信号相位与前面信号序列相同的表示 0, 信号相位与前面信号序列相反的表示 1。



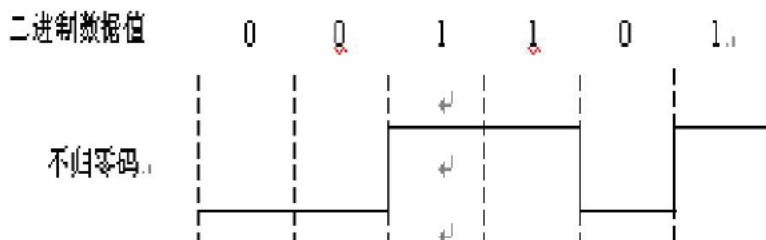
## (2) 数字数据的数字信号编码:

对于传输数字信号来说, 最简单的信号编码方法是用信号的两个不同电压值来表示两个二进制数据。例如, 用无电压来表示 0, 用恒定的正电压表示 1; 也可用正电压表示 1, 而用负电压表示 0。

然而, 为了提高信号抗干扰能力, 并且便于信号接收同步, 通常会采用更为有效的信号编码方法。

**不归零(NRZ)码 定义:**

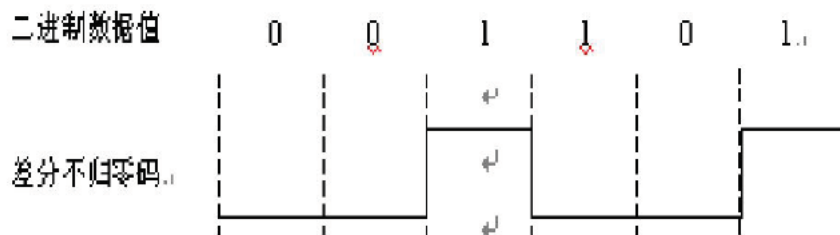
用信号的幅度来表示二进制数据的, 通常用正电压表示数据“1”, 用负电压表示数据“0”, 并且在表示一个码元时, 电压均无需回到零, 故称不归零码。



**差分不归零(DNRZ)码 定义:**

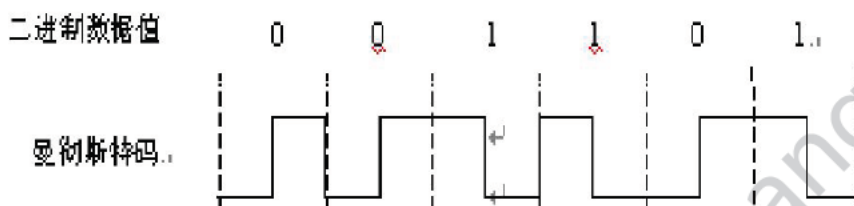


是 NRZ 码的一种改进形式, 它是用信号的相位变化来表示二进制数据的, 一个信号位的起始处有跳变表示数据 “1”, 而无跳变表示数据 “0”



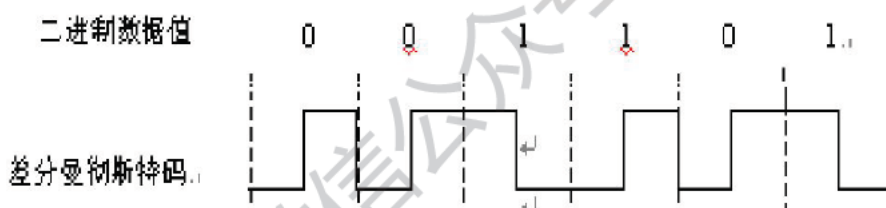
**曼彻斯特码 定义:**

用一个信号码元中间电压跳变的相位不同来区分数据“1”和“0”, 它用正的电压跳变表示“0”, 用负的电压跳变表示“1”。



**差分曼彻斯特码 定义:**

是曼彻斯特码的一种改进形式, 其差别在于: 每个码元的中间跳变只作为同步时钟信号, 而数据“0”和“1”的取值是用信号位的起始处有无跳变来表示的, 若有跳变则为“0”, 若无跳变则为“1”。



### (3) 模拟数据的数字信号编码:

在数字化的电话交换和传输系统中, 需要将模拟的话音数据编码成数字信号后再进行传输。这里常用的编码技术是脉冲编码调制(Pulse Code Modulation, PCM)技术。

**6、多路复用 (目的):** 多路信号同时复用单一介质。

**FDM 频分多路复用:**

**使用前提:** 传输介质的可用带宽要大于多路给定信号所需带宽的总和。

**使用方法:** 将几路信号中的每路信号以不同的载波频率进行调制, 则这些信号就可同时在单一介质上传输。为了保证各路信号带宽不相互重叠, 各路载波频率之间应当留有一定的保护间隔。

**特点:** 所有用户在同样的时间占用不同的带宽资源。

**TDM 时分多路复用:**

**使用前提:** 传输介质所能支持的位传输速率应大于多路数据传输所需的位传输速率的总和。

**使用方法:** 每路信号按时间先后轮流交替地使用单一信道, 那么在宏观上多路数字信号便可以实现同时传输。各路信号可以以位、字节、块或帧等单位交替地使用单一信道。

**特点:** 所有用户在不同时间占用同样的频带宽度。

**分类:** 同步 TDM: 每个输入端时间片(规定传送一个数据单元所需时间)是预先分配好的。

时间片与输入端的对应关系不变



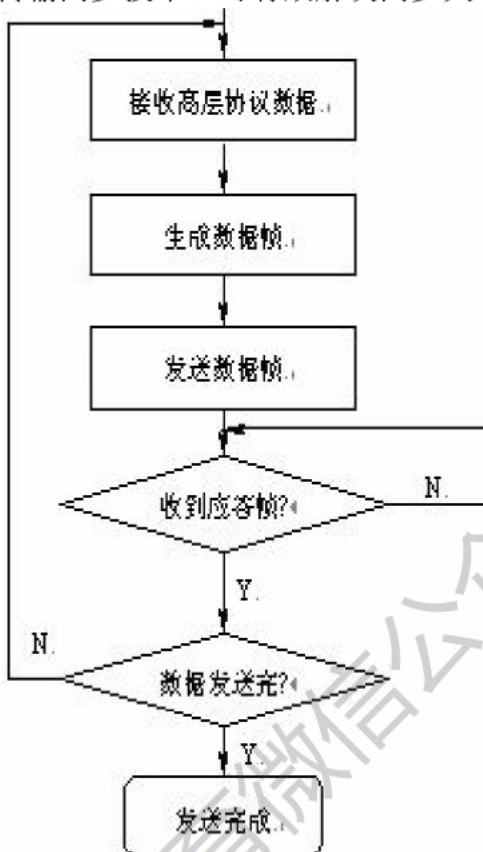
异步 TDM: 时间片按需动态分配。时间片与输入端没有一一对应关系; 传输介质的利用率高

## 第二章

### 1、数据链路层:

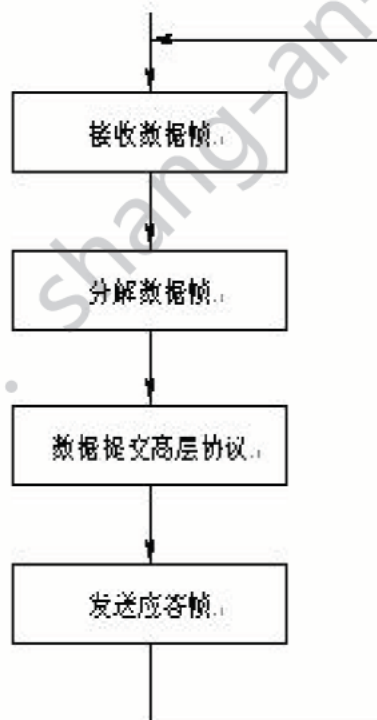
提供了数据链路的流量控制和差错控制功能, 将不可靠的物理链路变成可靠的数据链路, 为网络层提供传送数据的功能和过程。

2、**流量控制**是一种协调发送站的发送速率和接收站的接收速率一致性的数据传输同步技术。可有效解决同步失调和高效利用介质问题。



(a)

停止-等待协议 发送流程图



停止-等待协议 接收流程图

### 3、差错控制算法

任何一个由二进制数位串组成的代码, 都可以和一个只含 0 和 1 两个系数的多项式建立一一对应的关系:

假设有效信息位数为  $k$ , 循环冗余校验码位数为  $r$ , 生成的码字位数为  $n=k+r$ , 那么:

$k$  位信息位对应于一个  $k-1$  次多项式  $K(x)$ ,  $r$  位冗余位对应于一个  $r-1$  次多项式  $R(x)$ , 生成的  $n=k+r$  位码字则对应于一个  $n-1$  次多项式  $T(x)=x^rK(x)+R(x)$ 。

冗余循环校验码生成方法:

发送方和接收方, 都已知一个事先约定的  $r$  次生成多项式  $G(x)$ ,  $G(x)$  的最高次数为校验码的总位数。

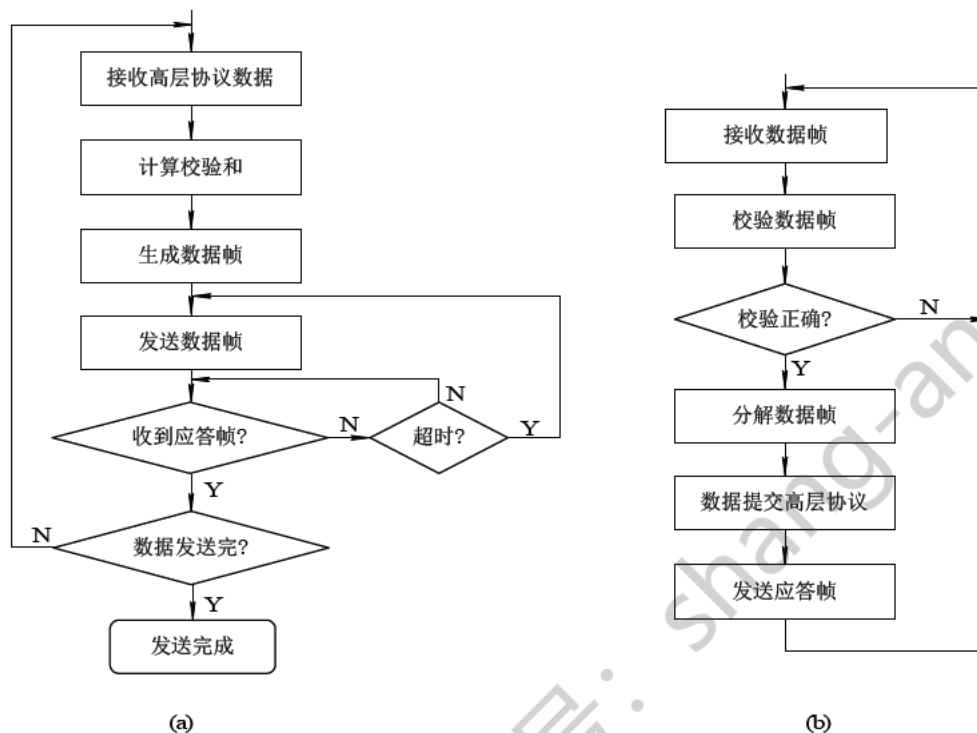
要求: 多项式  $G(x)$  的最高项  $x^r$  和最低项的系数均为 1;

用  $G(x)$  去除  $x^rK(x)$ , 得到的余式就是  $R(x)$ , 同时得到冗余位。





### 带有差错控制的停止-等待协议



### 4、面向虚电路的拥塞控制算法

**漏桶算法:** 限制数据的传输速率,即使网络中不存在资源冲突(没有发生拥塞),漏桶算法也不能使某一个单独的流突发到端口速率,因此不能够有效地使用网络资源。

**令牌桶算法:** 在能够限制数据的平均传输数据外,还允许某种程度的突发传输。在“令牌桶算法”中,只要令牌桶中存在令牌,那么就允许突发地传输数据直达到用户配置的门槛,因此它适合于具有突发特性的流量。

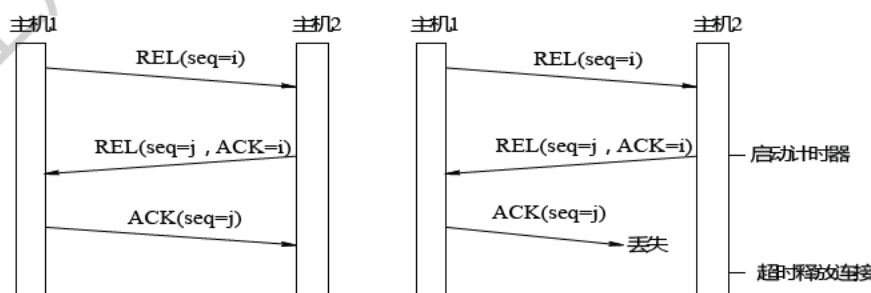
**5、建立连接:** 三次握手法发送方发送 CR 分组请求建立一个连接,接收方收到 CR 分组后发送一个应答分组,在应答分组中包含了建立一个反向连接的请求,发送方收到应答分组后对反向连接请求进行应答。这样,一个连接才能建立起来:可看做是两个单向连接。

**释放连接:** 非对称性释放和对称性释放。

**非对称性释放:** 是指通信双方任意一方释放连接,该连接便宣告终止,如在电话交换系统中,任意一方挂机便终止了连接。

**对称性释放:** 是采用三次握手法来释放连接的,它与三次握手法建立连接的过程相类似。

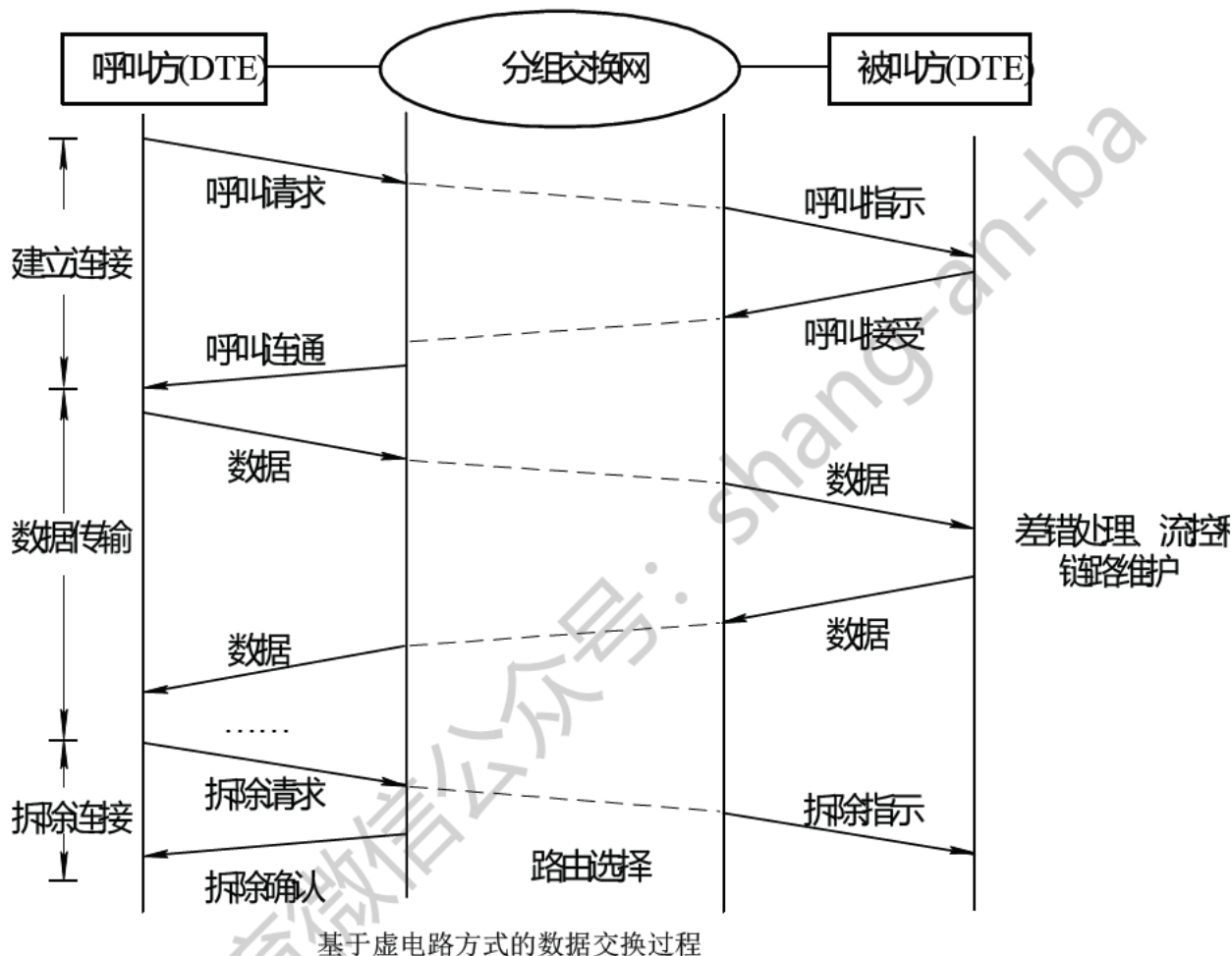
为了防止主机 1 的应答分组丢失而造成的问题,主机 2 设有一个计时器。





### 第三章

#### 1、下图为基于虚电路方式的数据交换过程



虚电路方式的数据交换过程说明如下：

- (1) 在建立虚电路阶段，呼叫方（DTE）通过发送“呼叫请求”分组呼叫被叫方（DTE）。“呼叫请求”分组中包含有被叫方（目的）地址、呼叫方（信源）DTE 地址和呼叫方使用的虚电路号。
- (2) “呼叫请求”分组通过网络时，网络中的各个分组交换机根据其被叫方地址选择路由，分配虚电路（用逻辑通道组号和逻辑通道号表示），并记录在交换机的路径表中。
- (3) 最靠近被叫方的交换机用“呼叫指示”分组通知被叫方。“呼叫指示”分组格式与“呼叫请求”分组相同，但使用不同的虚电路号。
- (4) 呼叫方采用由高向低分配策略从当前空闲虚电路号中为“呼叫请求”分组分配虚电路号；网络交换机采用由低向高分配策略从当前空闲虚电路号为“呼叫指示”分组分配虚电路号，以避免虚电路号的分配冲突。
- (5) 被叫方如果同意连接，则回送“呼叫接受”分组，该分组沿着已建立的虚电路传输给呼叫方，到达最靠近呼叫方的交换机后，以“呼叫连通”分组



通知呼叫方, 其分组格式与“分组请求”分组相同。至此, 这条虚电路已建立起来, 可转入数据传输阶段。

- (6) 在单条虚电路上使用“数据”分组可以进行点到点的双向数据传输。如果要进行点到多点传输, 则必须建立多条虚电路。
- (7) 在虚电路上可以使用“流控”分组及逆行流量控制和差错处理, 可以使用“链路维护”分组进行虚电路的维护。
- (8) 数据传输结束后, 任何一方要使用“拆除请求”分组拆除虚电路, 释放所占有的系统资源。拆除虚电路过程与建立虚电路过程基本相同, 但在拆除“拆除请求”分组中使用的是虚电路号。

## 2、帧中继的帧格式

F(帧头)	A(地址)	I(信息字段, 可变长度)	FCS(帧校验序列)	F(帧尾)
-------	-------	---------------	------------	-------

DLCI(高阶)(数据链路标识符)			C/R(命令/响应位)	EA(0) 地址扩展位)
DLCI(低阶)	FECN(正向阻塞通知)	BECN(反向阻塞通知)	DE(帧丢弃许可只是)	EA(1)(地址扩展位)

## 3、帧中继业务与几种传输业务的简单比较

✧ 与电路交换业务的比较。

- 帧中继和电路交换业务都能为用户提供高速率、低时延的数据传输业务。
- 由于用户使用电路交换业务时要独占带宽资源, 因此通信费用昂贵。
- 帧中继采用动态分配带宽技术, 允许用户占用其他用户的空闲带宽来传送大量的突发性数据, 实现带宽资源共享, 使用户的通信费用低于专线。

✧ 与 X.25 分组交换业务的比较。

- 帧中继和 X.25 分组交换业务都采用虚电路交换技术, 以充分利用网络带宽资源, 降低用户通信费用。
- 但在业务质量上, 由于帧中继网络对数据帧不进行差错处理, 简化了通信协议, 使帧中继交换机处理每帧所需的时间大大缩短, 端到端数据传送延时低于分组交换网, 整个网络的业务吞吐量高于分组交换网。
- 帧中继还具有一套有效的带宽管理和阻塞管理措施, 在带宽的动态分配技术上比分组交换网更具优越性。

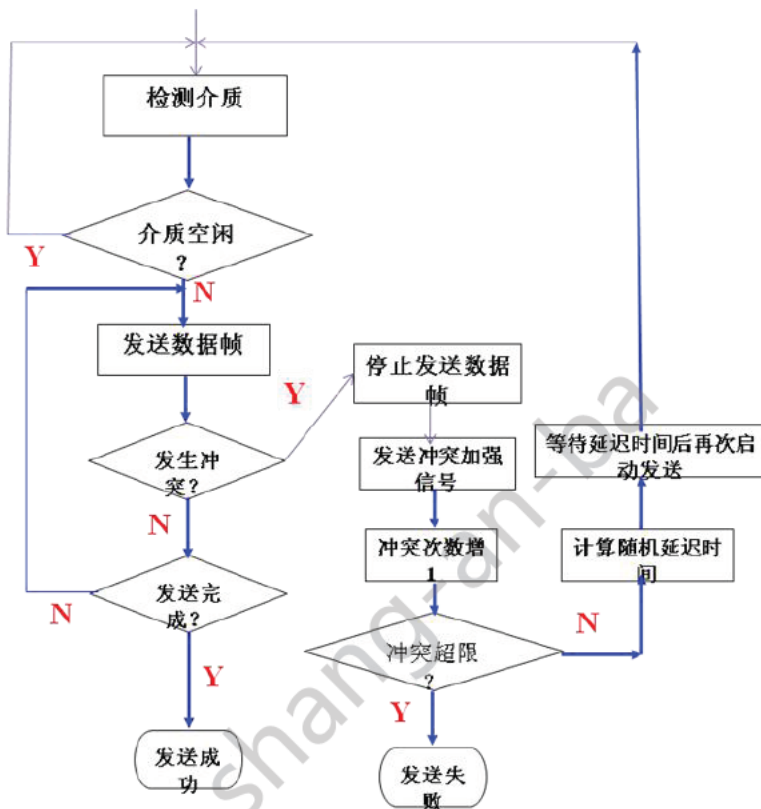
✧ 与 ATM 业务的比较。

- ATM 业务也可为用户提供高速率、低延时的数据传输业务, 但需要大量网络硬件的更新, 其代价十分昂贵。
- 帧中继技术可直接利用现有的网络硬件资源, 只需更新网络软件就可实现, 所需费用比较低, 因此对网络运营部门很有吸引力。



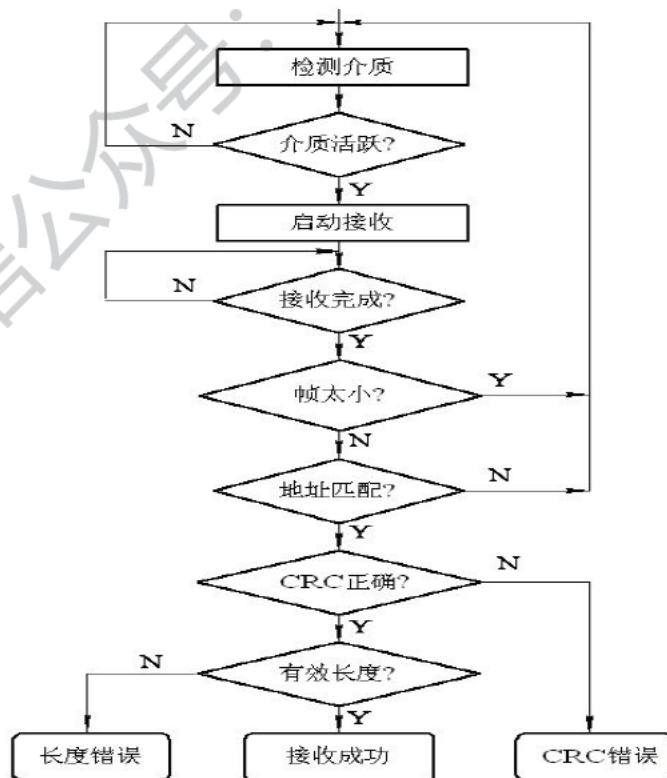
### CSMA/CD 的帧发送工作原理

1. 节点在发送数据之前, 首先检测介质是否空闲, 确定介质上是否有其他节点在发送数据。
2. 若空闲, 则可发送数据, 若忙碌, 则要继续检测, 直到介质空闲方可发送数据。
3. 发送数据帧同时, 还要持续检测介质是否发生冲突, 一旦检测到冲突, 便立即停止发送, 并向介质发送一串阻塞脉冲信号来加强冲突, 以便让其他节点都知道冲突。这样, 介质宽带不致因传送已损坏的帧而被白白浪费掉。
4. 冲突发生后, 应随机延长一个时间, 再去争取介质。



### CSMA/CD 的帧接收流程

1. 其他非发送节点总是处于检测介质状态, 当介质上有信号变成活跃状态时, 启动帧接收过程。
2. 检测是否接收完成, 若完成, 检测数据帧是否完整
3. 检查帧目的地址字段是否与本节点地址匹配。
4. 对帧进行 CRC 校验。若错误, 则丢弃。
5. 对帧进行长度校验, 接收到的帧长必须是 8 位整数倍, 否则丢弃。
6. 保留有效的数据帧, 去除帧头和帧尾后, 将数据提交给 LLC 层。



### 令牌环工作原理

在令牌环网中, 令牌帧沿环网单向循环控制各个节点的访问, 各节点截获空闲令牌, 构造数据帧在令牌上 (同时置令牌忙碌) 沿环网, 通过地址匹配将数据发送到目的节点, 待数据发送完毕, 数据帧回流至发送节点, 发送节点将数据帧从令牌上取下, 重新构造空闲令牌发送到下游, 使得各节点都有机会占用介质发送数据, 从而解决了对传输介质的有序访问的问题。





## 第五章

**分类的 IP 地址**，就是将 IP 地址划分为若干个固定类：每一类地址都由两个固定长度的字段组成：其中第一个字段是网络号，它标志主机所连接到的网络。一个网络号在整个因特网范围内必须是唯一的；第二个字段是主机号，它标志该主机或路由器。一个主机号在它前面的网络号所指明的网络范围内必须是唯一的。从 IP 地址的结构来看，IP 地址并不仅仅指明一个主机，而且还指明了主机所连接到的网络。类的 IP 地址，分为 A、B、C、D、E 五类。A、B、C 类地址的一般格式为

M	NET	HOST
---	-----	------

其中，M 为地址类别号，NET 为网络地址，HOST 为主机号。地址类别不同，这三个参数在 32 位中所占的位数也不同。

在 **A 类地址** 中，它所能表示的地址范围为  $0.0.0.0 \sim 127.255.255.255$ ，可以表示  $2^7 - 2 = 126$  个 A 类网，每个 A 类网最多可以有  $2^{24} - 2 = 16\,777\,214$  个主机地址。A 类地址通常用于超大型网络。在 **B 类地址** 中，它所能表示的地址范围为  $128.0.0.0 \sim 191.255.255.255$ ，可以表示  $2^{14} - 1 = 16\,383$  个 B 类网，每个 B 类网最多可以有  $2^{16} - 2 = 65\,534$  个主机地址。B 类地址通常用于大型网络。

在 **C 类地址** 中，它所能表示的地址范围为  $192.0.0.0 \sim 223.255.255.255$ ，可以表示  $2^{21} - 1 = 2\,097\,151$  个 C 类网，每个 C 类网最多可以有  $2^8 - 2 = 254$  个主机地址。C 类地址通常用于校园网或企业网。

**划分子网的方法**是：从主机号借用若干个比特作为子网号，而主机号也就相应减少了若干个比特，于是，两级 IP 地址在本单位内，就变成三级 IP 地址：网络号、子网号、主机号。划分子网的结果是：通过划分子网，增加了子网数，减少了每个子网上的主机数。**子网掩码**的设定规则为：子网掩码由 1 和 0 组成，且 1 和 0 分别连续。同 IP 地址一样，子网掩码的长度也是 32 位，左边是网络位，用二进制数字“1”表示，1 的数目等于网络位的长度；右边是主机位，用二进制数字“0”表示，0 的数目等于主机位的长度。

**(1) 无子网的表示法。**如果一个 IP 网络无子网，则将 IP 地址中的网络号字段各位全设为 1，主机号字段各位全设为 0，构成子网掩码，此为分类 IP 地址默认的子网掩码。**(2) 有子网的表示法：**子网掩码中的网络号字段各位全为 1，主机号字段中的子网号各位也全为 1，而主机号各位全为 0。例如：IP 地址：202.114.80.5 (5 为二进制的“00000101”) 子网掩码：255.255.255.224 (224 为二进制的“11100000”) 他表示该主机所处的网络有子网，用来表示子网的位数有 3 位，最多可表示 8 个子网；同时，该主机位于第 0 号子网。



例一: 以 IP 地址为 166.166.0.0 的网段为例, 划分 4 个子网, 给出四个子网的网络地址。 分析: 根据已知 IP, 可以确定属于哪类网: B 类网; B 类地址前 2 个比特规定为 10, 网络号占 14 比特, 后 16 比特用于确定主机号。由此可知, B 类地址范围为 128.0.0.0 至 191.255.255.255。因此, 166.166.0.0 是 B 类 IP 地址中的一个。 确定用哪几位来分割子网: 因为需要划分四个子网, 则可以利用 a.b.c.d 中 c 的前 2 位来划分:(因为 a.b 已经用于确定网段号, 而子网号要紧随其后, c.d 为主机号, 子网号从中划出。) 可得具体划分方法为: 网络地址 c: 128 64 32 16 8 4 2 0  
166.166.0.0

166.166.64.0

0	1						
0	0						

166.166.128.0

1	0						
---	---	--	--	--	--	--	--

166.166.192.0

1	1						
---	---	--	--	--	--	--	--

本例思考: 按照上述的子网划分方式, 对应的子网掩码应为? 分析: 原 IP 地址 a.b.c.d 划分出子网后, a.b 对应网络号, c 的前两位对应子网号, 因此子网掩码应该通过如下方式表示: a、b 位全为 1, c 的前两位为 1, 其余为 0 故而, 可得子网掩码为: 255.255.192.0

例二: 单位分配到一个 B 类 IP 地址, 其网络号为 129.250.0.0。该单位有 4000 台机器, 分布在 16 个不同的地点。现拟在每个地点建立一个子网, 请分析 ①如选用子网掩码为 255.255.255.0 是否合适, ②假设合适, 试给每一个地点分配一个子网号, 并算出每个子网中, 主机号的最小值和最大值。

分析解答: B 类地址中, 前 2 个比特规定为 10, 网络号占 14 比特, 后 16 比特用于确定主机号。 如果选用的子网掩码为 255.255.255.0, 说明在后 16 比特中, 用前 8 比特划分分子网, 最后 8 比特确定主机。则可划分的子网个数为  $2^8=256$  个; 每个子网最多可以拥有  $2^8-2=254$  台主机。 题中指出, 使用了 16 个子网, 因此在这种子网掩码情况下, 最大主机数可为  $16 \times 254=4064$  台。分析解答 续: 题中说明该单位有 4000 台机器, 分配在不同的地点并建立 16 个不同的子网。但没有说明这 16 个不同的地点各拥有多少台机器。如果是“平均”分配在 16 个子网中, 则每个子网中的主机数为  $4000/16=250$  台, 不超过每个子网 254 台最大主机数的约定, 则选用这个子网掩码是可以的, 如果某个子网中的机器数超过了 254 台, 则选择这样的子网掩码是不合适的。 如果该单位机器总数超过 4064 台, 则选择这样的子网掩码肯定是不合适的。下面为 16 个地点的子网, 分配子网号: 16 个地点分配子网号码, 可以选用的子网号为 129.250.x.0 其中 x 可以是 0~15, 16~31, 32~47, 48~63, 64~79, 80~95, 96~111, 112~127, 128~143, 144~159, 160~175, 176~191, 192~207, 208~223, 224~239, 240~255。可以按这些分组, 取其中一个分组设计子网, 也可以任意选择其中的 16 个数为子网编号。 每个子网中, 主机号的最小值为 1, 最大值为 254

➤ 首先, 确定基本退避时间: 一般是取为争用期  $2\tau$ 。  
 $k = \min[\text{重传次数}, 10]$



- 定义参数  $k, k \leq 10$  , 即
- 从整数集合  $[0, 1, \dots, 2^k - 1]$  中随机地取出一个数, 记为  $r$  。  
重传所需的时延就是  $r$  倍的基本退避时间。  
显然地, 重传次数超过 10 次后, 整数集合内的最大值被固定在 1023。
- 当重传达 16 次仍不能成功时, 即丢弃该帧, 并向高层报告。
- 示例:
  - 在第 1 次重传时,  $k=1; r=0, 1; T=0, 2\tau$
  - 在第 2 次重传时,  $k=2; r=0, 1, 2, 3; T=0, 2\tau, 4\tau, 6\tau$

注: 对于 10 Mb/s 以太网, 在争用期内可发送 512 bit, 即 64 字节。