

# Chapter 6

## 局域网与介质访问子层

zibuyu

January 8, 2006

### 1 信道分配

解决广播式网络下信道争用的协议称为介质访问控制协议MAC(Medium Access Control).

**分配方式** :

动态分配;

静态分配.

#### 1.1 静态分配

1 频分多路复用FDM(波分复用WDM)

2 时分多路复用TDM

**优点** :适用用户少,数目固定,通信量都较大的情况.

**缺点** :无法灵活适应站点数及通信量变化.

#### 1.2 动态分配

**信道分配模型基本假设** :

1.站点模型:独立.

2.单信道假设:所有通信通过单一信道完成.

3.冲突假设:两帧同时发出.

4.连续时间和时间分槽:关于确认何时发送.

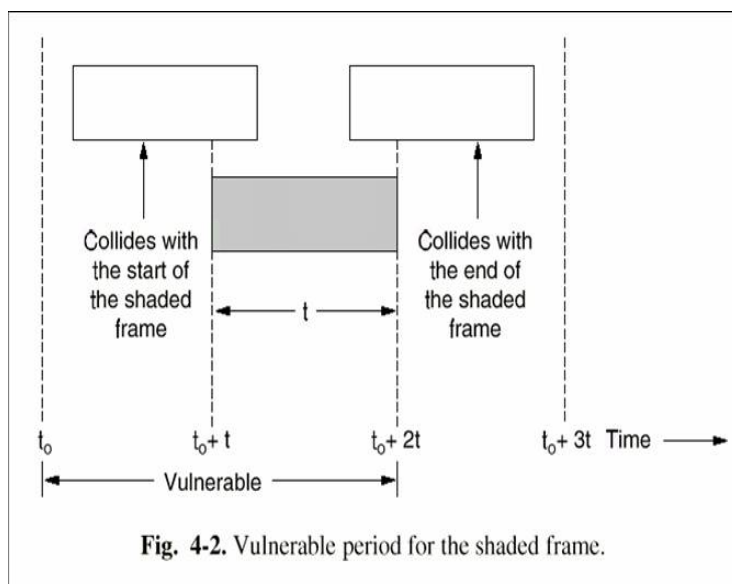
5.载波监听和非载波监听:关于确认能否发送.

## 2 非载波监听多路访问协议

### 2.1 纯ALOHA协议

**基本思想** :用户有数据发送,则直接发至信道;然后监听信道是否冲突,若产生冲突,则等待一段随机时间后重发.

**冲突危险区** :  $t_0 \sim t_0 + 2t$



### 2.2 分槽ALOHA协议

**基本思想** :把信道时间分为离散的时间槽,槽长为一个帧所需的发送时间.每个站点只能在时槽开始时才允许发送.

**冲突危险区** :是纯ALOHA协议的一半.

## 3 载波监听多路访问协议CSMA

Carrier Sense Multiple Access Protocols

**注意** :

- 1.所谓“坚持”和“非坚持”是指在发现信道忙后,是继续监听,还是等待一个随即时间。
- 2.所谓“1-”和“p-”是指当信道空闲,发送数据的概率。

### 3.1 1-坚持型CSMA(1-Persistent CSMA)

原理：

- 若站点有数据发送,先监听信道;
- 若站点发现信道空闲,则发送;
- 若信道忙,继续监听直到发现信道空闲,然后发送;
- 若产生冲突,等待一随机时间,重新开始发送.

特点：减少信道空闲时间,增加冲突的概率.

### 3.2 非坚持型CSMA(NonPersistent CSMA)

原理：

- 若站点有数据发送,先监听信道;
- 若站点发现信道空闲,则发送;
- 若信道忙,等待一随机时间,然后重新开始发送过程;
- 若产生冲突,等待一随机时间,然后重新开始发送过程.

特点：减少冲突的概率,增加信道空闲时间.较“1-坚持CSMA”有更好的信道利用率,同时更长的延迟。

### 3.3 p-坚持型CSMA(p-Persistent CSMA)

适用于分槽信道。

原理：

- 若站点有数据发送,先监听信道;
- 若站点发现信道空闲,则以概率 $p$ 发送数据,以概率 $q = 1 - p$ 延迟至下一个时槽发送。若下一个时槽仍空闲,重复此过程,直至数据发出或时槽被其他站点所占用;后者处理方式如发生冲突一样;
- 若信道忙,则等待下一个时槽,重新开始发送;
- 若产生冲突,等待一随机时间,然后重新开始发送.

### 3.4 带冲突检测的载波监听多路访问协议CSMA/CD(CSMA with Collision Detection)

广泛用于LAN的MAC子层。

引入原因：冲突帧传送无意义.当检测到冲突立即停止发送.

原理：

- 使用CSMA进行发送.
- 检测到冲突,立即停止发送,并发出一个瞬间干扰信号,使所有站点知道发生冲突.
- 等待一段随机时间,重复上述过程.

**组成** :竞争周期,传输周期,空闲周期.

**检测冲突时间** :

最小时间:信号从一个站传到另一个站的时间. 最大时间:最小时间的两倍.

**注意** :单信道的CSMA/CD是半双工的,因为当其发送数据时,其接收逻辑被用来检测冲突.

## 4 无冲突协议、有限竞争协议和无线局域网技术

### 4.1 无冲突协议(Collision-Free Protocols)

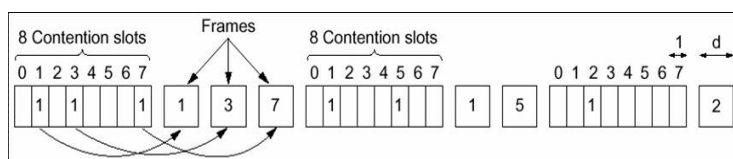
#### 4.1.1 基本位图协议(A Bit-Map Protocol)

**工作原理** :

-共享信道上共有N个站, 竞争周期分为N个时槽, 如果一个站有帧发送,则在对应的时槽内发送比特1;

-N个时槽之后, 每个站都知道哪个站要发送帧, 这时按站序号发送。

**预留协议** :Reservation Protocol,像这样在实际发送信息前先广播发送请求的协议。



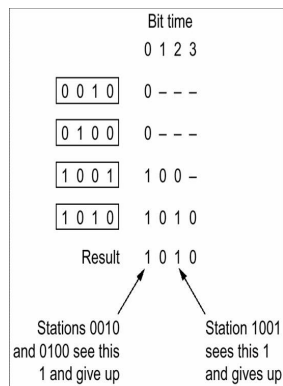
#### 4.1.2 二进制下数法(Binary Countdown)

**工作原理** :

-所有站的地址用等长二进制位串表示, 若要占用信道, 则广播该位串;

-不同站发的地址中的位做“或”操作, 一旦某站了解到比本站地址高位更高的位置被置为“1”, 便放弃发送请求。

**特性** :高序位站优先级高.



## 4.2 有限竞争协议(Limited-Contention Protocols)

**思想** :结合竞争协议(如CSMA)和无冲突协议(如基本位图协议);轻负载下使用竞争;重负载下,使用无冲突方法.

**基本思路** :将站分组,组内竞争.

### 4.2.1 自适应树搜索协议(The Adaptive Tree Walk Protocol)

**工作原理** :站点组织成二叉树.

## 4.3 无线局域网技术

**特点** :

- 基于蜂窝(cell)通信;
- 每个蜂窝内只有一个信道;
- 一个站点发送的信号,只能被它周围一定范围内的站点接收到;
- 短距离传输.

**与有线局域网的不同** :

- 隐藏站点问题(hidden station problem):站点距离竞争者太远,不能发现潜在介质竞争者;
- 暴露站点问题(exposed station problem):非竞争者距离站点太近,导致介质非竞争者不能发送数据.

**与CSMA的区别** :

- CSMA:只判断发送站点周围是否有活跃发送站点;
- 无线局域网:须尽量保证接收站点周围一定范围内只有一个发送站点.

### 4.3.1 MACA(Multiple Access with Collision Avoidance)

IEEE802.11无线局域网标准的基础 .

**基本思想** :发送站点刺激接收站点发送应答短帧,从而使得接收站点周围的站点监听到该帧,并在一定时间内避免发送数据.

**MACA基本过程** :

- 1.A向B发送RTS(Request To Send)帧, A周围的站点在一定时间内不发送数据, 以保证CTS帧返回给A;
- 2.B向A回答CTS(Clear To Send)帧, B周围的站点在一定时间内不发送数据, 以保证A发送完数据;
- 3.A开始发送;
- 4.若发生冲突, 采用二进制指数后退算法等待随机时间, 再重新开始。

#### 4.3.2 MACAW(MACA for wireless)

:对MACA进行改进, 增加确认帧, 增加发送站点的载波监听, 等等。

## 5 LAN参考模型

### 5.1 逻辑链路控制子层LLC(Logical Link Control)

**功能** :

- 提供确认机制和流量控制;
- 隐藏不同MAC子层的差异, 为网络层提供统一格式和接口.

**提供三种任务选项** :不可靠数据报服务;有确认数据报服务;可靠的面相连接的服务.

### 5.2 介质访问控制子层MAC(Medium Access Control)

**功能** :

- 数据封装(成帧,寻址,差错检测);
- 介质访问管理(介质分配<冲突避免>,冲突解决).

## 6 IEEE802.3局域网协议

采取1-坚持型CSMA/CD技术 .

**收发器(transceiver)** :处理载波监听和冲突检测.

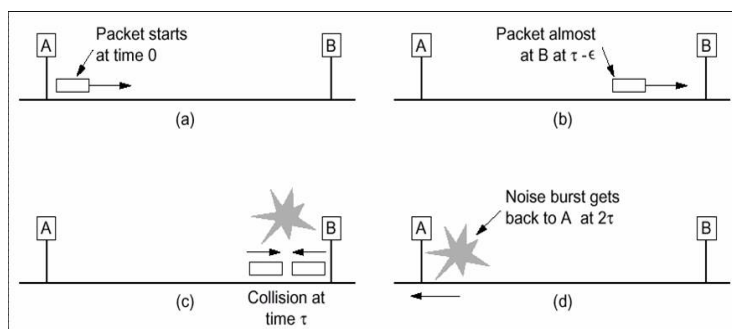
**中继器(repeater)** :物理层设备, 只对信号进行接收、放大和双向重传.

**信号编码** :802.3基带系统采取曼彻斯特编码.

两个收发器最大长度为2500m,最多跨越4个中继器 .

## 6.1 最短帧长

**原因** :避免帧的第一比特到达电缆远端前,帧已经发完,帧发送时间应大于 $2\tau$ ,这样当发生冲突的时候,方便发送端检测出是当前帧发生冲突.



1. 10Mbps的LAN,最大冲突检测时间为 $51.2\mu s$ ,最短帧长为64B。
2. 随网络速度提高,最短帧长也应增大,或站点距离缩短。

## 6.2 二进制指数后退算法(binary exponential backoff)

**算法** :

1. 将冲突发生后的时间划分为长度为51.2微秒的时槽;
2. 发生第一次冲突后,各个站点等待0 或1 个时槽再开始重传;
3. 发生第二次冲突后,各个站点随机地选择等待0,1,2或3个时槽再开始重传;
4. 第 $i$ 次冲突后,在0 至 $2i - 1$ 间随机地选择一个等待的时槽数,再开始重传;
5. 10次冲突后,选择等待的时槽数固定在0至210-1间;
6. 16次冲突后,发送失败,报告上层。

## 7 802.5令牌环(Token Ring)

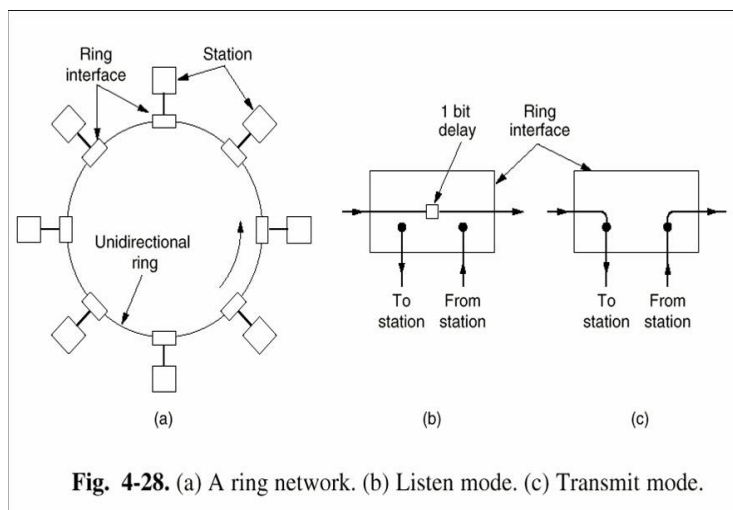
令牌环不是广播介质,而是不同点到点链路组成的环.各站点公平,获得信道的时间有上限,避免冲突发生 .

**基本思想** :

- 令牌 (Token) 是一种特殊的比特组合模式, 一个站要发送帧时, 需要抓住令牌, 并将其移出环;
- 环本身必须有足够的时延容纳一个完整的令牌. ...时延由两部分组成: 每站的1比特延迟和信号传播延迟. 对于短环, 必要时需要插入人工延迟;
- 环接口有两种操作模式: 监听模式和传输模式;
- 当一个站点有数据发送时, 在令牌通过此站点时, 将令牌从环上取下, 发送自己的数据, 然后重新生成令牌, 发送站负责将发出的帧从环上移去, 并转入监听模式.
- 确认: 帧内一个比特域, 初值为0, 目的站收到后, 将其变为1; 对广播的确认

比较复杂;

-环网设计分析的一个主要问题是1比特的“物理长度”，数据传输速率为 $R$  Mbps，典型信号传播速率为200米/微秒，则1比特的“物理长度”为 $200/R$ 米  
-环接口引入了1比特的传输延迟.



802.5采用屏蔽双绞线;差分曼彻斯特编码 .

802.5允许短帧,但受令牌持有时间(Token Holding Time)的限制,不允许任意长的帧 .

环上存在一个监控站,负责环的维护,通过站的竞争产生 .

## 8 网桥(bridge)技术

**功能** :工作在数据链路层的一种网络互联设备,它在互联的LAN之间实现帧的存储和转发.

**用途** :

- 1.将负载很重的大LAN分割成使用网桥互联的LAN;
- 2.LAN两台机器距离超过2500m,就必须用网桥将这个LAN分隔保证网络正常工作.

**工作原理** :连接 $K$ 个不同LAN的网桥,具有 $K$ 个MAC子层和 $K$ 个物理层。



## 8.1 透明网桥/

### 8.1.1 工作原理

- 网桥工作在混杂(promiscuous)方式, 接收所有的帧;
- ... 混杂模式: 在这种模式下的LAN中, 所有的帧都被送给计算机, 而不是仅将目标地址指向该计算机的帧才发给它。
- 网桥接收到一帧后, 通过查询地址/端口对应表来确定是丢弃还是转发;
- 网桥刚启动时, 地址/端口对应表为空, 采用洪泛(flooding)方法转发帧;
- ... 洪泛:指将帧其输出到所有的LAN(除了它到来的那个LAN).
- 在转发过程中采用逆向学习(backward learning)算法收集MAC地址。网桥通过分析帧的源MAC地址得到MAC地址与端口的对应关系,并写入地址/端口对应表;
- 网桥软件对地址/端口对应表进行不断的更新, 并定时检查, 删除在一段时间内没有更新的地址/端口项;
- 帧的路由过程:(1)目的LAN与源LAN相同, 则丢弃帧;(2)目的LAN与源LAN不同, 则转发帧;(3)目的LAN未知, 则洪泛帧.

### 8.1.2 生成树网桥

用来解决多个网桥(并行网桥)产生回路的问题 .

**思想** :让网桥之间互相通信,用一棵连接每个LAN的生成树(Spanning Tree)覆盖实际的拓扑结构.

## 8.2 源路由网桥

**原理** :

- (1) 帧的发送者知道目的主机是否在自己的LAN内;
- (2) 如果不在, 在发出的帧头内构造一个准确的路由序列, 包含要经过的网桥、LAN的编号。并将发出的帧的源地址的最高位置1.
- (3) 每个LAN有一个12位的编号,每个网桥有一个4位的编号;
- (4) 网桥只接收源地址的最高位为1的帧, 判定是转发还是丢弃;
- (5) 源路由的产生: 每个站点通过广播“发现帧”(discovery frame)来获得各个站点的最佳路由.(若目的地址未知, 源站发送“发现帧”, 每个网桥收到后广播, 目的站收到后发应答帧, 该帧经过网桥时被加上网桥的标识, 源站收到后就知道了到目的站的最佳路由.)

## 9 高速以太网

### 9.1 光纤分布式数据接口FDDI(Fiber Distributed Data Interface)

高速局域网技术

采用多模光纤作为传输介质

MAC协议与Token Ring类似

## 9.2 快速以太网(Fast Ethernet)

802.3u的别称.

**100Base-T4** :使用25MHz的信号.采用8B6T编码,一对双绞线的比特率=  $25 * 8/6 = 33.3Mbps$ .正向100M,反向33.3M.

**100Base-TX** :全双工,使用125MHz信号,采用4B5B编码,5个时钟周期发送4个比特,比特率=  $125 * 4/5 = 100Mbps$ .

## 9.3 两种类型的HUB

**共享式HUB** :一个冲突域,CSMA/CD,二进制指数后退法,半双工.

**交互式HUB** :输入帧被缓存,一个端口构成一个冲突域.

## 9.4 千兆以太网(Gigabit Ethernet)

标准: 802.3z