

# 今日干饭背诵 (1.4)

2021年1月4日 17:21

## 第六章·局域网与介质访问子层

### • 【概念+计算】局域网技术

(重点: CSMA和CSMA/CD, 其他的大致了解即可, 效率等可以eng背一下)

#### ○ 信道分配

- 计算机网络的分类: 广域网 (点到点连接) vs 局域网 (广播信道)
  - ◇ 局域网关键问题: 如何解决信道争用
- 介质访问控制协议MAC: 数据链路层协议的一部分, 解决信道争用
- 分配方法
  - ◇ 静态分配: 频分/波分/时分复用, 带宽可保证但不灵活
  - ◇ 动态分配: 按照信道分配模型讨论 (见【其他】)

#### ○ 多路访问协议: 控制多个用户共用一条信道的协议

##### □ 竞争方法

- ◇ ALOHA (应该算非载波监听, 就硬刚)

- ◆ 纯ALOHA: 直接发, 发了再监听, 冲突后等待随机时间重发

- ◇ 冲突危险区: 前后各有一个帧时 (2个帧时)

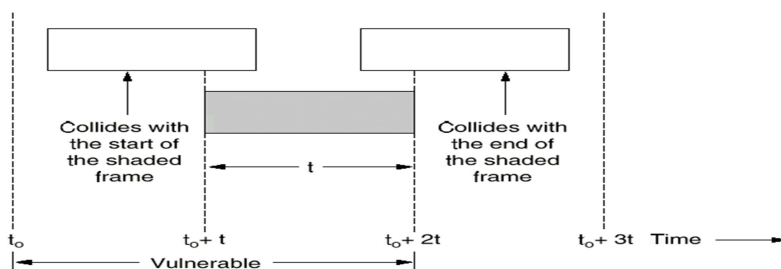


Fig. 4-2. Vulnerable period for the shaded frame.

- ◇ 信道效率: 服从泊松分布,  $S = G \cdot e^{-2G}$ , 最高18.4%

- ◆ 分槽ALOHA: 信道分为离散的时间槽, 长度为一个帧时, 只有时槽开始时可发

- ◇ 冲突危险区: 纯ALOHA的一半, 只有一个帧时 (上面那张图只有前面那个冲突帧在分槽ALOHA中会和阴影帧一个时槽, 后面那个冲突帧会在下一个时槽发, 不会冲突)

- ◇ 信道效率, 依然是泊松分布, 冲突危险区减半所以  $S = G \cdot e^{-G}$ , 最高36.8%

- ◇ 【计算】CSMA (Carrier Sense Multiple Access Protocols, 载波监听多路访问协议)

- ◆ 1-坚持型CSMA: 不忙则以概率1发, 若信道忙则一直监听直到空闲, 冲突后等待随机时间

- ◇ 优点: 减少信道空闲时间 延迟小, 冲突大
- ◇ 缺点: 增加了发生冲突的概率
- ◇ 广播延迟越大, 性能越差

- ◆ 非坚持型CSMA: 若信道忙则以等待随机时间直到空闲, 冲突后等

## 待随机时间

产生的帧数G，  
非坚持型的信道利用率 > 1-坚持型，  
传输延迟也 > 1-坚持型

- ◇ 优点：减少了冲突概率 延迟大，冲突小
- ◇ 缺点：增加了信道空闲时间
- ◇ P.s.: “非坚持型”是与“坚持型”相对的，而不是“非”和1或者p相对（一个语文问题，所以这个词到底是谁造的），可以认为坚持型/非坚持型是一个参数，前面的1或者p是另一个参数，所以说“非坚持型”可以意为1-非坚持型（一个我生造出来的词），而不是p=0的情况（实际上它的p=1）
- ◆ p-坚持型CSMA
  - ◇ 分槽信道使用
  - ◇ p指的是信道空闲时的发送概率

协议名称	监听-信道空闲	监听-信道忙	发送-冲突
ALOHA	我不听直接发	我不听直接发	等待随机时间
1-坚持型CSMA	直接发 (p=1)	坚持监听直到空闲	同↑
非坚持型CSMA	直接发 (p=1)	等待随机时间再听	同↑
p-坚持型CSMA	以概率p发	坚持监听直到空闲	同↑

## ◇ 【计算】CSMA/CD（带冲突检测的CSMA）

冲突帧还会继续发（因为已经决定要发）

=====

边发边监听，冲突的损坏帧立刻停止传输

- ◆ 改进：边发送边监听，监听到冲突后立即停止发（瞬间干扰信号告知所有站点，此后等待随机时间再重新发），可以提高信道利用率
  - ◇ 老师课上说802.3的CSMA/CD是边发边听，发完了就不听了
- ◆ 确定冲突时间：最坏情况下2倍电缆传输时间
  - ◇ 这个应用于很多计算！在后面802.3那里会详细讲

□ 无冲突协议：分为 传输/竞争/空闲 3种工作状态，通过协调直接避免冲突

◇ 特点：

- ◆ 轻负载下发送延迟大；重负载下信道效率高
- ◆ 预留协议：实际发送信息前先广播发送请求

名称	工作原理	轻负载效率 (1个站发)	重负载效率 (都要发)	公平性
基本位图协议	N个站，每个站对应竞争周期一个时槽，若有帧发送则在对应时槽中发送比特1，N个时槽后大家都知道哪个站要发送，此后按站序号发送（全都发出）	$d/(d+N)$ (数据帧为d个时间单位)	$N*d/(N+N*d)$ $=d/(d+1)$	序号大服务好
二进制下数法	地址用等长二进制串表示，若有帧发送则广播位串，广播后做“或”操作，遇到更大的序号（即本站地址这一位是0而“或”操作结果是1）则放弃发送请求，最后留下位串最大的	$d/(d+\log_2 N)$ (从高到低依次广播+“或”操作每一位) <span style="color: red;">N也是站点数</span>	$d/(d+\log_2 N)$ (和轻负载相同)	序号大服务好

有更长的时间思考是否要发，而不用等待下一个大家的选择时间

令牌环协议	之后会详细讲 (IEEE802.5)	类似基本位图 (d/(d+N))	类似基本位图 (d/(d+1))	公平!
-------	--------------------	---------------------	---------------------	-----

□ 有限竞争协议 分很多组，组间无冲突，组内竞争

◇ 提出原因：轻负载下竞争方法延迟短（冲突少），重负载下无冲突协议效率高（开销固定）——结合起来！将站分组（动态），组内竞争

◇ 适应树搜索协议

- ◆ 站点组织成二叉树
- ◆ 一次成功传输后，第0槽全部站可竞争，若有冲突则第1槽左子树竞争，无冲突（一个站获得信道）则此后的槽留给右子树竞争，有冲突则继续折半搜索
- ◆ 系统负载重时，从根节点开始冲突概率大，可从中间节点开始竞争

□ 无线局域网协议

◇ 与有限局域网的区别：

类型	信号范围	避免冲突应保证	谁发现冲突	信道要求
CSMA (有线)	电缆上信号给所有站点	发送站点周围没有有其他活跃发送站点	发送站点	某一时刻信道上只能有一个有效数据帧
无线局域网	只能被发送站点周围一定范围的站点接受	接收站点周围一定范围内只有一个发送站点	接收站点	某一时刻信道上可以有多个有效数据帧

◇ 独特的问题

- ◆ 隐藏站点问题：站点离竞争者太远，不能发现潜在竞争者
- ◆ 暴露站点问题：非竞争者距离发送站点太近，即使不竞争也不能发

◇ MACA (Multiple Access with Collision Avoidance, 带冲突避免的多路访问协议)

- ◆ 基本思想：发送站点发RTS (request to send) 刺激接收站点发送应答短帧CTS (clear to send)，从而使得接收站点周围的站点监听到（有点像一次握手）
- ◆ 若冲突，采用二进制指数后退算法等待随机时间再重新开始

◇ MACAW：对MACA的改进

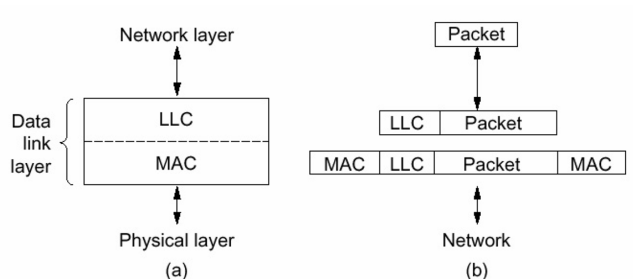
- ◆ 确认帧+发送方载波监听+针对数据流的后退算法+拥塞时交互信息

• 【概念+计算】IEEE 802.3和Ethernet (曼彻斯特编码，透明网桥)

○ 【概念】LAN (局域网) 的参考模型

□ 数据链路层=MAC子层+LLC子层 (可以没有LLC)

- ◇ 由于MAC层只提供尽力而为的数据报服务，不提供确认机制和流量控制（滑动窗口），因此支持IP足够，但当需要数据链路层提供确认和流控时不能满足，就需要LLC



#### □ 逻辑链路控制子层LLC

- ◇ 功能1：确认机制和流量控制
- ◇ 功能2：隐藏了不同802MAC子层的差异，为网络层提供单一格式和接口
- ◇ 3种服务选项：不可靠数据报、有确认数据报、可靠的面向连接
- ◇ 基于HDLC
- ◇ 同一个LLC可以提供多个MAC选择

#### □ 介质访问控制子层MAC

- ◇ 功能1：数据帧封装、发送和接收
  - ◆ 组帧、寻址、差错控制（1和3在第五章有讲）
- ◇ 功能2：介质访问管理
  - ◆ 介质分配（避免冲突）、冲突解决（处理冲突）

#### ○ IEEE 802.3的一些详细规定：见【其他】 1-坚持型CSMA/CD

##### □ 可以记一下物理层是曼彻斯特编码

#### ○ 快速以太网、千兆以太网等也见【其他】

#### ○ 【计算】最短帧长 802.3的极端情况（2500m，4个中继器）下2倍电缆传输时间 = 50 μs

10Mbps下最小帧长为  $2 \times \text{bit rate} = 50 \mu s \times 10 \text{Mbps} = 500 \text{bit}$ ，填充到512bit=64字节

限制最短帧长：

· 方便了冲突检测，因为CSMA/CD检测到冲突就不会发送，因此帧长度一定 < 最短帧长

##### □ 避免帧的第一个比特到达电缆的远端前帧已经发完

帧的发送时间 ≥ 最大冲突检测时间 = 2 × 电缆传输时间

（注意区分是CD-边发边检测，有冲突就立刻停止；还是一直发）

- ◇ 如果说了中继器记得考虑，因为最大长度会变长
- ◇ 网络速度提高时可选的两种方案：

- ◆ 增大最短帧长
- ◆ 减小站点间距离

#### ○ 【概念】二进制指数后退算法

##### □ 将冲突发生后的时间划分为长度为51.2微秒的时槽

【争用期】

##### □ 发生第i次冲突后：

- ◇ 若  $i < 10$ ，各个站点随机从  $0 \sim 2^i - 1$  中选择一个数，等待这么多个时槽后，再开始重传
- ◇ 若  $10 \leq i \leq 16$ ，随机从  $0 \sim 2^{10} - 1$  中选择一个数，等待这么多个时槽后重传
- ◇ 若  $i > 16$ （也可能是  $\geq$ ，ppt上说的是“16次冲突后”，有点歧义），认为发送失败，放弃努力报告上层

#### ○ IEEE 802.3与Ethernet的区别：帧格式不同

- IEEE 802.3的MAC地址长度为2或6个字节
- Ethernet的MAC地址长度为6个字节

### • 【背诵+概念】IEEE 802.5 令牌环（差分曼彻斯特编码，源路由网桥）

#### ○ 技术特点

- 其实环不是广播介质，是不同的点到点链路组成的环
- 各个站点公平，获得信道的时间有上限，避免冲突发生 【回忆】无冲突协议中的基本位图协议、二进制下数都不公平（序号大的服务好），只有令牌环good
- 基本思想：环接口有2种操作模式：监听和传输
  - 监听：经过1比特延迟后原数据继续传递
  - 传输：有数据要发送，将令牌从环上取下，发送自己的数据，然后发送方自己负责将发出的帧从环上移去，再重新生成令牌并进入监听模式 帧走一圈才放令牌
    - ◇ 如何确认：帧内有一个比特域，初值为0，目的站收到后会将它变为1
- 性能分析：
  - 时延：每站（收发带来）的1比特延迟 + 信号传播延迟
    - ◇ 对于短环，由于需要足够的时延来容纳令牌，有时需要插入人工延迟
    - ◇ 环接口引入了1比特的传输延迟
      - ◆ 【关键】1比特的“物理长度”：信号传播速率/数据传输速率
  - 重负载下：效率接近100%

## • 【背诵（了解）】其他的（类似令牌环的）MAC子层协议

- FDDI：Fiber Distributed Data Interface，光纤分布式数据接口
  - 特征
    - 使用多模光纤作为传输介质
    - 采用4B5B编码方法
    - MAC协议类似令牌环
  - 使用场景
    - 通常作为连接LAN的主干网络
    - 双环操作：工作环&保护环（站分为A类和B类，A类连双环，B类连单环）

FDDI：50%的没有用

DPT：都用了，都可以传数据/控制，为了提高信道利用率，站点发完数据后立刻产生新令牌，环上可能同时存在多个帧

- DPT：见【其他】（也是双环，但两个环都有用）

## • 【背诵】网桥技术

交换机：LAN的互连      网桥：帧级别的处理

- 网桥的定义：工作在数据链路层的一种网络互联设备，在互联的LAN之间实现帧的存储和转发
- 使用场景
  - 连接相隔距离过长的两个LAN
  - 将负载很重的大LAN分隔成使用网桥互连的几个LAN以减轻负担（隔离冲突域），同时防止出故障的站点损害全网
    - 中继器不能隔离冲突域，网桥/交换机可以隔离冲突域
  - 互连不同类型的LAN（不同类型协议之间的翻译）
  - 有助于安全保密
- 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
- 互联时需要解决的问题
  - 3种不同的LAN（802.3/4/5）互联共有9种组合，每种组合需要做10种操作中的几种

- 共同需要的操作
  - 不同LAN帧格式——转换（可能需要重新计算校验和）
  - 不同的LAN速率——缓存
  - 不同的最大帧长度——丢弃无法转发的帧
  - 高层协议的计时器设置

○ 类型

▪ 透明网桥/生成树网桥（重要）

透明：

- 网桥自己逆向学习
- 自己组成生成树

- CSMA/CD和Token Bus使用（802.3和802.4）
- 工作原理
  - ◆ 工作在混杂方式，接收所有的帧
  - ◆ 刚启动时地址/端口对应表为空，洪泛转发帧
  - ◆ 采用逆向学习算法收集MAC地址（分析源MAC地址得到MAC地址与端口的对应关系，记录在表中）
    - ◇ 不断更新，来一个包就学一下
    - ◇ 定时检查，会删除在一段时间内没有更新的项（“软状态”，和ATM不一样）
  - ◆ 帧的路由过程（转发策略）
    - ◇ 目的LAN = 源LAN：丢弃
    - ◇ 目的LAN ≠ 源LAN：转发
      - ▶ 广播也会转发
    - ◇ 目的LAN 未知：洪泛
- 多个（并行）网桥的回路问题——生成树
  - ◆ 思想：网桥之间相互通信，用一棵连接每个LAN的生成树（spanning tree）覆盖实际的拓扑结构
  - ◆ 生成树构造
    - ◇ 每个桥广播自己的编号，号最小的称为生成树的根
    - ◇ 每个网桥计算自己到根的最短路径，构造出生成树，使得每个LAN和桥到根的路径最短
    - ◇ 某个LAN或者网桥发生故障的时候要重新计算
    - ◇ 生成树构造完之后算法也会继续执行，以便自动发现拓扑结构变化，更新生成树

（不透明）▪ 源路由网桥

- Token Ring使用（802.5）
- 原理：
  - ◆ 发送帧：帧的发送者知道目的主机是否在自己的LAN内，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
  - ◆ 源路由产生：每个站点广播“发现帧”来获得各个站点的最佳路由（目的站收到后会发应答帧，应答帧经过网桥时会被网桥加上标识）
  - ◆ 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



◇ 也会广播“发现帧”

- 优点：对带宽进行最优的利用（而不像生成树很多都集中在最短路径上）
- 缺点：网桥的插入对于网络不透明，需要人工干预

○ 交换机：让每个计算机位于单独的局域网网段上并与其他网段通过网桥连接

• 【其他】

○ 局域网

- 产生：1980年代，微型机发展迅速
- 特点：高传输率、短距离、低出错率
- 拓扑结构：星型/环形/总线型/树型
- 传输介质：物理层讲的那3种/无线

○ 信道分配模型：

- 不变：独立、单信道、冲突假设（所有站点都能检测冲突，冲突帧必须重发）
- 确定何时发送：连续时间/时间分槽（若分槽则只能在槽的开始才能发）
- 确认能否发送：载波监听/非载波监听（是先看看信道忙不忙还是有了就发）

○ ALOHA协议信道效率分析：一个帧时内产生k帧的概率 $Pr[k] = G^k e^{-G}/k!$ （泊松分布），如果冲突危险区都没有帧，那就是两个帧时内合起来产生了0帧，概率为 $P_0 = e^{-2G}$ ，所以 $S = GP_0 = G \cdot e^{-2G}$

○ 无限局域网常见配置：放置一些接入点（AP），AP通过铜缆或光线连接，为与之联系的站提供接入服务（仅一个信道）

○ IEEE 802的协议们（大概知道它们在干啥就行）

- 802.1 基本介绍和接口原语定义
- 802.2 LLC子层（逻辑链路控制，针对IP以外的其他协议，经常不需要）
- 802.3 采用CSMA/CD技术的局域网（MAC子层，重点）

曼彻斯特编码

快速以太网：T4只能半双工，TX/FX（统称T）可以全双工

◇ 【快速以太网】802.3u：10Mbps→100Mbps（Fast Ethernet）

10BaseX的含义：10Mbps，基带传输（base band），T4：4对双绞线（twisted pair）X\*100m的传输距离

- ◆ 100Base-T4使用4对双绞线，8B6T编码，三进制信号
- ◆ 共享式hub：一个冲突域
- ◆ 交换式hub：输入帧缓存，一个端口构成一个冲突域

千兆以太网：全/半双工均可

◇ 【千兆以太网】802.3z：100Mbps→1Gbps 增加了extension域

- ◆ 使用扩展的802.3MAC子层接口，通过GMII（Gigabit Media Independent Interface）与物理层相连
- ◆ 采用8B/10B、4B/5B等编码
- ◆ 一个冲突域内只允许一个中继器

◇ 【万兆以太网】802.3ae：1Gbps→10Gbps（10GE）

- ◆ 帧格式和前面的完全相同
- ◆ 只使用光纤
- ◆ 只工作在全双工方式，不适用CSMA/CD，传输距离大大提高

□ 802.4 采用令牌总线技术的局域网（MAC子层）

□ 802.5 采用令牌环技术的局域网（MAC子层）

○ IEEE 802.3（CSMA/CD）的详细规定

□ 物理层

◇ 物理层参数：以10Base5为例

- ◆ 10：传输速度，10Mbps
- ◆ Base：编码方式，基带传输

◇ 所有的802.3基带系统都使用曼彻斯特编码

- ◆ 5: 最大电缆传输长度, 500米
- ◇ 部件
  - ◆ 收发器: 处理载波监听和冲突检测
  - ◆ 布线: 总线型/脊椎型/树型/分段
- ◇ 中继器: 物理层, 对信号进行接收、放大和双向重传
- MAC子层
  - ◇ MAC子层帧格式: 感觉会给, 但可以看一下每个域是干啥的, 确保给了图能看懂
    - ◆ Source/destination address里面第一位区分是单地址 (0) 还是组地址 (1), 第二位区分是全球地址 (0) 还是本地地址 (1)
    - ◆ 校验和使用CRC (4个字节) 回忆LLC子层的LAPB协议校验和也是CRC
  - ◇ MAC子层的两种工作模式
    - ◆ 半双工: 一个信道, 使用CSMA/CD
    - ◆ 全双工: 可以多信道, 而且是点到点 (只有两个站, 所以不需要CSMA/CD), 要使用全双工模式的协议
  - ◇ 交换式802.3LAN: 目的是【减少冲突】
    - ◆ 实现方法1: 一个卡内是一个802.3LAN, 构成自己的冲突域, 卡间并行
    - ◆ 实现方法2: 使用端口缓存, 无冲突发生
- IEEE 802.5 (令牌环) 的详细规定
  - 802.5采用差分曼彻斯特编码传输, 开始和结束定界符使用物理层编码违例法 (HH和LL)
  - 公平性: 令牌持有时间有上限
  - 优先级控制: 帧的访问控制域中给出令牌优先级, 只有要发送的帧的优先级大于令牌优先级时才能获得令牌, 站也可以预约某个优先级的令牌
  - 可靠性: 帧状态字节FS不会包含于CRC校验中, 因此差错控制靠冗余达成, 地址位A和拷贝位C在FS中出现两次
  - 布线: 为解决环断裂导致整个环无法工作, 使用线路中心 (Wire Center) 进行布线, 线路中心设有旁路中继器 (相当于一个星型! 如果某个站坏了就把它旁路掉, 还是个环)
  - 维护: 环上存在监控站负责环的维护 (通过竞争产生), 职责有:
    - ◇ 保证令牌不丢失
    - ◇ 处理环断开的情况
    - ◇ 清楚坏帧, 检查无主帧
- DPT/RPR: 动态包传输技术 (Dynamic Packet Transport), 后来改名为RPR
  - 主要用于城域网
  - 结合了
    - ◇ IP的带宽利用率高、服务种类丰富的特点
    - ◇ 光纤环高带宽、自治愈的特点
    - ◇ 此外还结合了SONET/SDH的处理能力和第二层的管理能力, 实现多层性能监视、错误检查和错误隔离功能
  - 双环, 每个环都同时用于用户数据和控制数据的传输 (外环传外环的数据和内环的控制, 内环反之)
  - 目的地提取报文: 报文被目的节点从环上取下, 因此可以提供空间复用
  - 协议: SRP, 媒介无关的MAC层协议, 实现DPT在光纤环上的功能



◇ 提供：基本的寻址、报文封装、带宽控制、控制信息的传输