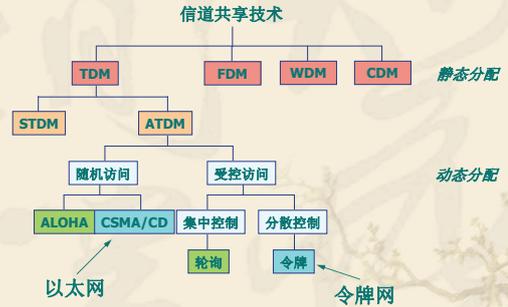


## 补充：信道共享技术

数据通信与计算机网络  
面向专业：信通系  
授课教师：刘剑毅

## 信道共享技术的分类



### Discussion

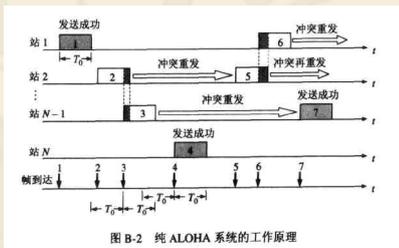
- ❖ 静态方式：通过多条链路（增加系统带宽）来实现信道共享；
- ❖ 动态方式：在一条链路上，通过协议的设计（冲突规避算法）来实现信道共享；
  - ☞ 统计复用的思想：从统计角度看，多个用户共享少数信道，在大概率下并无冲突，而较小概率的冲突则可以被忽略。
  - ☞ 受控接入的思想：避免冲突；适用于重载网络
  - ☞ 随机接入的思想：处理冲突；适用于轻载网络

### 轮询接入简介

- ❖ 轮询接入：网络中存在一台主机通过轮流发询问帧的方式来集中控制其他节点数据的上行传输。
- ❖ 分类：
  - ☞ 轮叫轮询：（图解）
  - ☞ 传递轮询：（图解）
- ❖ 缺点：轮询帧的往复巡回增加了系统的时延。
- ☞ Improvement: 通过监听收线缩短了轮询帧的巡回时间，减少了系统时延，优势随距离增大而明显。

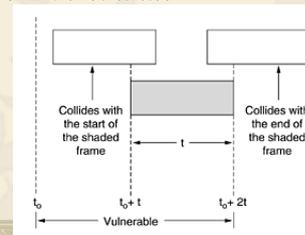
## ALOHA 协议

- ❖ 夏威夷大学在70年代提出，允许各终端竞争地向中央节点发信息。首次将冲突协议的概念引入实用。
- ❖ 纯ALOHA:



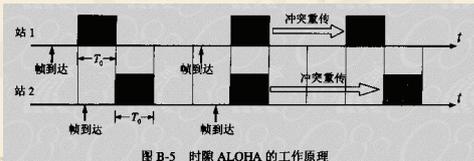
### 讨论:

- ❖ 帧“到达”与帧“发送”等价；
- ❖ 重发策略：等待一段随机时间；
- ❖ 发帧成功的条件：该帧前后两帧的“到达”时间间隔均大于 $t$ （共 $2t$ 的时间间隔）



## 时隙ALOHA

- 改进：帧的发送被限制在时隙的开始时刻。（发帧时间的离散化）
- 重发策略：等待随机个时隙的时长；
- 帧“到达”与帧“发送”并不等价；
- 发帧成功的条件：该帧前后两帧的“到达”不位于同一时隙（共1个 $T_0$ 的时间间隔）

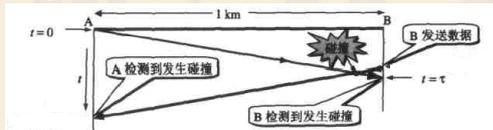


## CSMA协议

- 思路：发送前先检测一下其它站点是否正在发送（“讲前先听”）
- 面对“信道忙”的不同处理方式：
  - 非坚持型——不再坚持听下去，而是延迟随机时长后再回来监听。
  - 缺点：不能探测到信道变空闲的第一时刻。
  - 坚持型——一直坚持监听到信道由忙转闲。
    - 1坚持：然后马上发送数据帧。
    - P坚持：以概率p发帧，而以概率1-p延迟一段时间，再重新监听。
- 时隙CSMA协议：用时隙来约束发帧时刻，能进一步提高网络的效率。

## CSMA/CD 协议

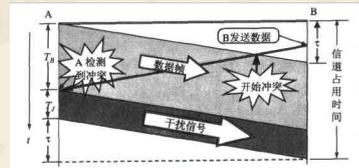
- 讲前先听的局限：传播时延导致冲突仍不可避免。



- Solution：引入“冲突检测”——边讲边听
- 目的：及时中止已经冲突的数据，将损失降低到最小。
- “强化冲突”措施：通过人为干扰信号将冲突通知到全体主机。

## CSMA/CD 协议（续）

- 争用期的概念：一次“混乱”发生所经历的总时长。



- 争用期的时长：（图解）
- 随机接入协议的统一实现框架：（图解）

## 冲突协议的性能分析

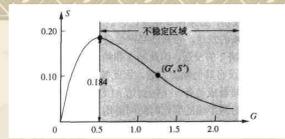
- Review:
  - 二项分布： $X \sim B(n, p)$   $P\{X = k\} = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$
  - 泊松分布：当n与1/p趋于无穷时二项分布的极限。 $X \sim P(\lambda)$   
 $P\{X = k\} = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$  这里  $\lambda = np$
- 设网络中的站数为n，每站单位时间内“到达”帧的概率为p，整个网络单位时间内“到达”的帧数为k。  
 则  $k \sim B(n, p)$ ,  $k \sim P(\lambda)$   
 T秒内“到达”网络的帧数  $K \sim P(\lambda T)$   
 即  $P[T秒内k个报文到达] = \frac{(\lambda T)^k e^{-\lambda T}}{k!}$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$

- 设两帧到达时间间隔T的概率密度函数  $P\{T=t\} = \alpha(t)$ ,  
 并设  $\alpha(t)\Delta t$ 表示P[t内无到达但在(t, t+Δt)内有1个到达]  
 则当  $T=t$ ,  $k=0$ ,  $P[t内无到达] = e^{-\lambda t}$   
 当  $T = \Delta t$ ,  $k=1$ ,  $P[t, t+\Delta t)内有一个到达] = (\lambda \Delta t) e^{-\lambda \Delta t}$   
 所以： $\alpha(t)\Delta t = e^{-\lambda t} \cdot \lambda \Delta t e^{-\lambda \Delta t}$   
 $\alpha(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\alpha(t)\Delta t}{\Delta t} = \lambda e^{-\lambda t}$

## 纯ALOHA的性能分析

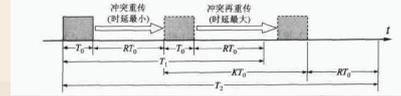
- ❖ 吞吐量  $S$ : 一帧的发送时间内成功发送的平均帧数;
  - ❖ 网络负载  $G$ : 一帧的发送时间内总共到达的平均帧数;
- $P[\text{发送成功}] = S/G$
- $= P[\text{与前一帧的时间间隔} > T_0] \times P[\text{与后一帧时间间隔} > T_0]$
- $= P^2[T > T_0]$
- $\therefore P[T > T_0] = \int_{T_0}^{\infty} \alpha(t) dt$ , 代入  $\alpha(t)$ ,
- mean arrival rate of frame:  $\lambda = G/T_0 = np$
- $\therefore P[T > T_0] = e^{-G} \therefore P[\text{发送成功}] = e^{-2G} \Rightarrow S = Ge^{-2G}$

## 讨论



- ❖ 帧时延: 不失一般性, 设双程时延与超时定时器溢出时间都为  $RT_0$ ; 重发的随机时延为  $kT_0, k=0 \dots K-1$

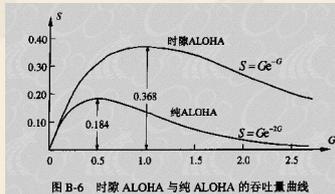
重发1次的图示:



- 重发1次的时延:  $d = T_0 + RT_0 + (k+1)T_0 + RT_0$
- 重发  $N_R$  次的时延:  $D = T_0 + RT_0 + \frac{(1+K)N_R}{2} T_0 + N_R \cdot RT_0$
- 重发次数的估计公式:  $N_R = e^{2G} - 1$

## 时隙ALOHA的性能分析

- ❖ 吞吐量: 设到达帧的到达时间与下一时隙始端的时间间隔为  $T_x$
- $P[\text{发送成功}] = P[\text{与前一帧的间隔} > T_0 - T_x] \times P[\text{与后一帧的间隔} > T_x]$
- $= \int_{T_0 - T_x}^{\infty} \alpha(t) dt \int_{T_x}^{\infty} \alpha(t) dt$
- 代入  $\alpha, \lambda$   $P[\text{发送成功}] = e^{-G}$
- $\therefore S = Ge^{-G}$
- ❖ 时延:  $D = T_0/2 + T_0 + RT_0 + \frac{(1+K)N_R}{2} T_0 + N_R T_0/2 + N_R \cdot RT_0$



## 有限站数的考虑

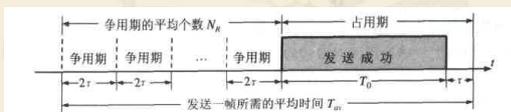
- ❖ 在时隙ALOHA网络中, 设  $S_i$  与  $G_i$  分别为任一时刻站  $i$  发帧成功和帧到达的概率;
- 则  $S_j = G_j \prod_{i=1, i \neq j}^N (1 - G_i)$
- 再设  $S_i = S/N, G_i = G/N$
- 则  $S = G(1 - G/N)^{N-1}$
- $S = \lim_{N \rightarrow \infty} G(1 - G/N)^{N-1} = Ge^{-G}$

## CSMA/CD的性能分析

Precondition: 忽略强化冲突, 假定争用期长度  $2\tau$

- ❖ 成功发1帧所需平均时间  $T_{AV}$
- 设每站帧到达概率为  $p$ , 则某站发帧成功概率

$$A = P[\text{某个站发送成功}] = C_N^1 p(1-p)^{N-1}$$



## CSMA/CD的性能分析 (续)

- 所以  $P[\text{争用期为} j \text{个}] = (1-A)^j A$
- (Theorem: 对于离散随机变量  $\xi$ , 若其取值为  $x_k, (k=1, 2, \dots)$  且  $P(\xi = x_k) = P_k$ , 则  $E(\xi) = \sum_k x_k P_k$ )
- 争用期次数的期望:  $N_R = \sum_{j=0}^{\infty} j(1-A)^j A = (1-A)/A$

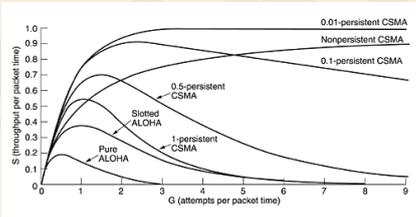
(review: 归一化吞吐量  $\rho$  :

每秒中, 实际传送数据所花费时间。)

$$\rho = \frac{T_0}{T_{AV}} = \frac{T_0}{2\tau N_R + T_0 + \tau} = \frac{1}{1 + a(2A^{-1} - 1)}$$

这里, 归一化传播时延  $a = \tau/T_0$

❖ Comparison:



❖ Conclusion:

- CSMA/CD > CSMA > ALOHA
- 时间片方法 > 不分时隙的方法
- P坚持 > 非坚持 > 1坚持

## 小结

- ❖ 信道共享技术的作用与分类
- ❖ ALOHA、CSMA、CSMA/CD协议的统一框架
- ❖ 冲突协议的性能分析方法与比较