

○、局域网问题

1. 局域网就是以太网。否则还有什么在用的局域网技术呢？

2. 以太网并非最佳的局域网技术，为什么会持续至今？



一、局域网和IEEE 802标准

IEEE 802标准包括CSMA/CD、令牌总线和令牌环等

- p 802.1: 802标准介绍及接口原语定义
- p 802.2: 描述数据链路层的上部，使用逻辑链路控制LLC（Logical Link Control）协议
- p 802.3: CSMA/CD（包括物理层和MAC子层）
- p 802.4: 令牌总线（包括物理层和MAC子层）
- p 802.5: 令牌环（包括物理层和MAC子层）



802.10
互操作LAN的安全

802.1 体系结构/网络互连

802.2
逻辑链路控制 LLC

802.3
CSMA
/CD
MAC

物理层

802.4
令牌
总线
MAC

物理层

802.5
令牌
环网
MAC

物理层

802.6
城域网
MAC

物理层

802.9
语音
数据
综合
局域网

局域网

802.11
无线
局域网

局域网

数据链路层

物理层

802.7
宽带技术

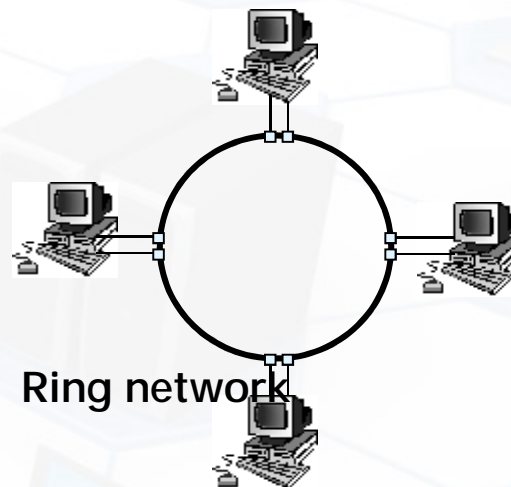
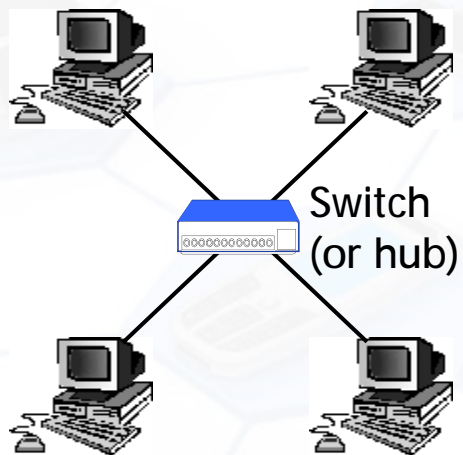
802.8
光纤技术

3

局域网

局域网的拓扑结构

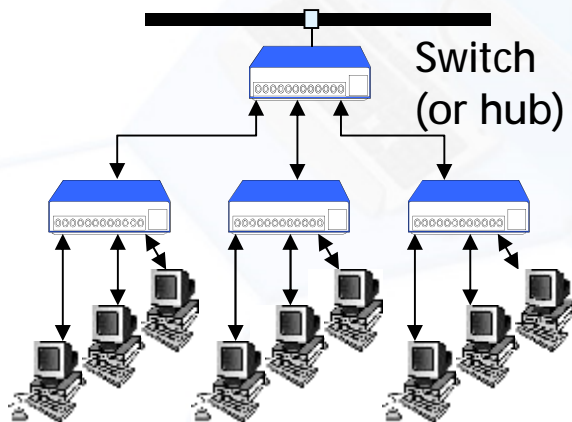
星型 (Star)



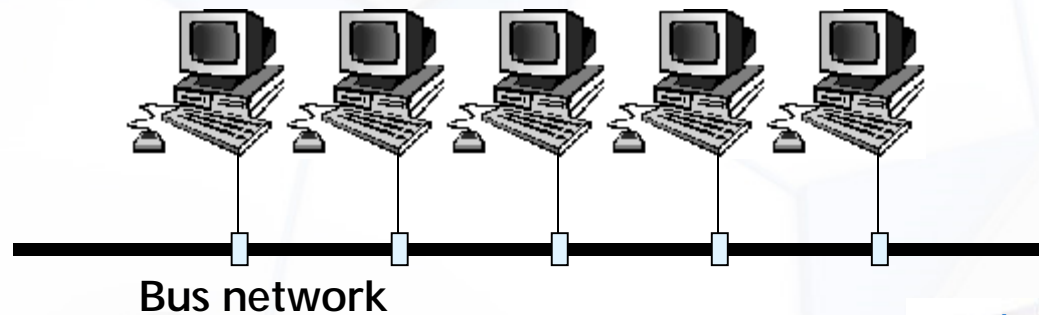
环型 (Ring)

树型 (Tree)

Network backbone



总线型 (Bus)



二、局域网技术的演变

1. ALOHA协议

p 20世纪70年代，美国夏威夷大学的ALOHA网通过无线广播信道将分散在各个岛屿上的远程终端连接到本部的主机上，是最早采用争用协议的网络

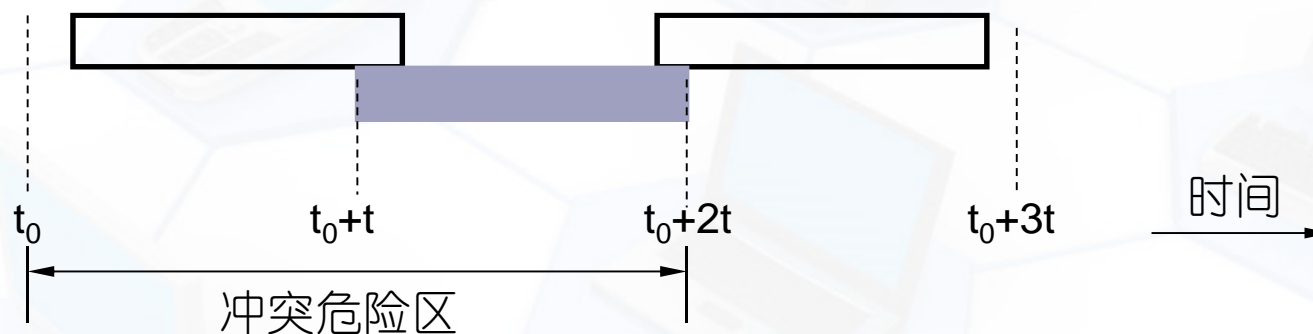
1) 纯ALOHA协议

p 假设任何一个站都可以在帧生成后即发送（可能冲突），并通过广播的反馈，侦听信道，以确定发送是否成功。如发送失败，则经随机延时后再发送



p 纯ALOHA信道的效率

帧时(Frame Time): 发送一个标准长度的帧所需的时间



阴影帧的冲突危险区

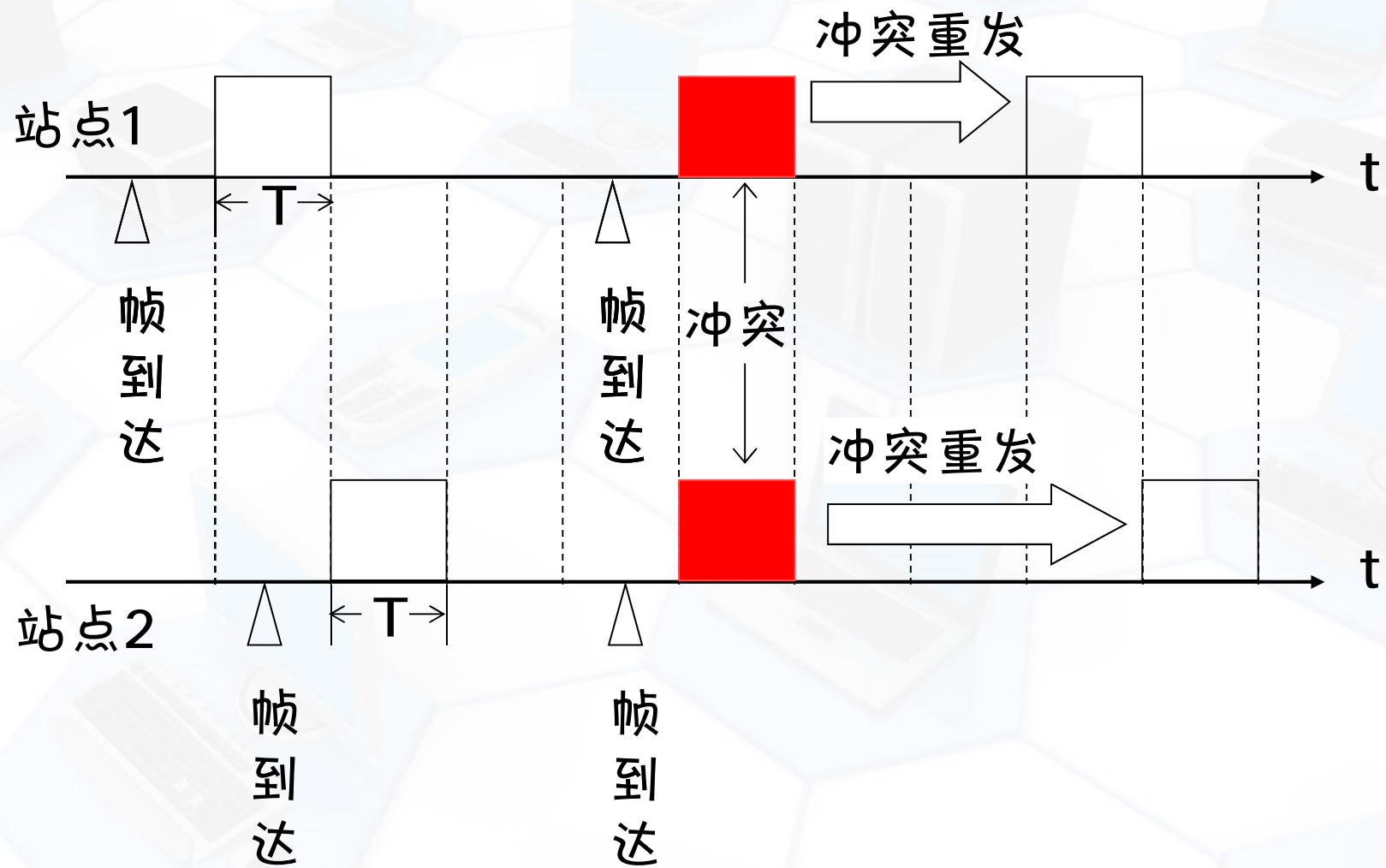
即在 t_0+2t 内不能有新帧产生，否则冲突

在纯ALOHA中，其吞吐率最大为0.184

2) 时隙ALOHA的原理

- p 时隙ALOHA是把时间分成时隙（时间片）
- p 时隙的长度对应一帧的传输时间，其起点由专门的信号来标志
- p 新帧的产生是随机的，但时隙ALOHA不允许随机发送，凡帧的发送必须在时隙的起点，即冲突危险区是原来的一半

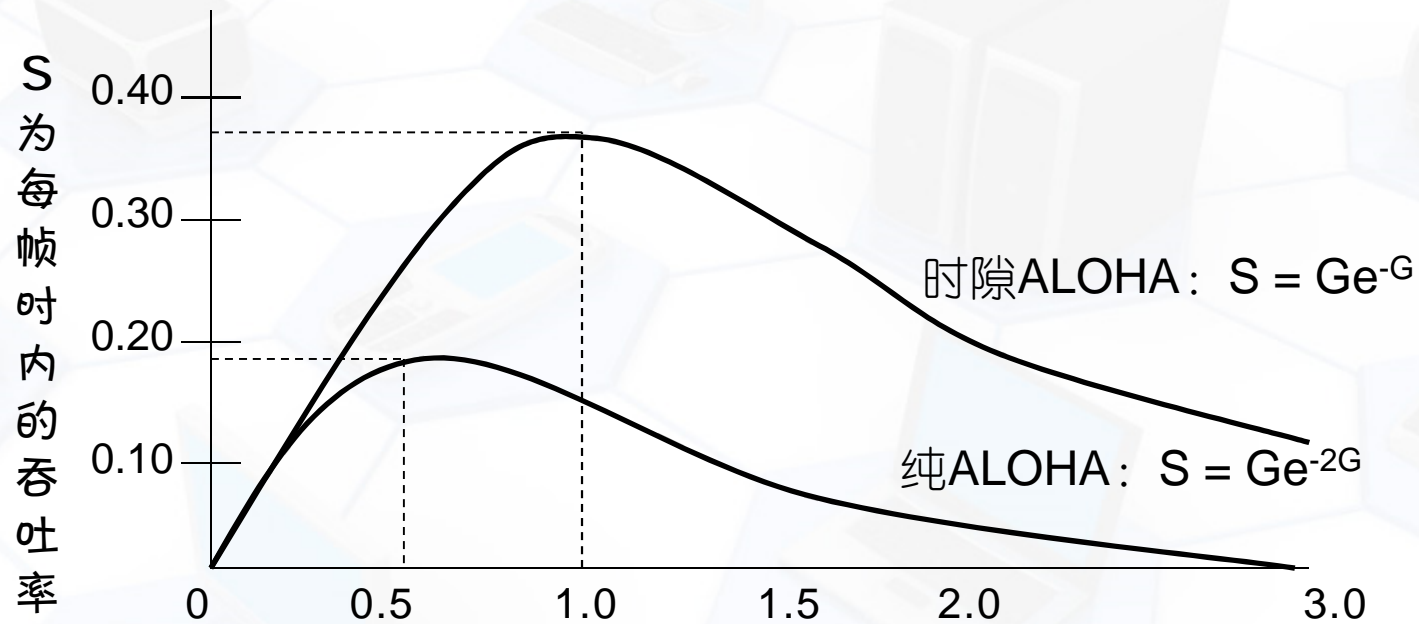
冲突主要发生在时隙的起点，一旦发送成功，则不会出现冲突。即生成新帧并等待发送的这一帧时内，是冲突危险区，为原来的一半



时隙ALOHA的示意图

纯ALOHA和分隙ALOHA的比较

- u 纯ALOHA中，一旦产生新帧，就立即发送，全然不顾是否有用户正在发送，所以发生冲突的可能伴随着发送的整个过程
- u 时隙ALOHA中，规定发送行为必须在时隙的开始，一旦在发送开始时没有冲突，则该帧将成功发送



G为每个帧时内可能的发送次数

ALOHA系统中吞吐率和帧产生率之间的关系

2. CSMA协议

§ 载波侦听多路访问（Carrier Sense Multiple Access）协议中，各站点不是随意发送数据帧，而是先要监听一下信道，根据信道的状态来调整自己的动作，只有发现信道空闲后再可发送数据，即“讲前先听”

§ 常见的四种CSMA协议：

Ø 1-持续CSMA（1-persistent CSMA）

Ø 非持续CSMA（non-persistent）

Ø p -持续CSMA（ p -persistent CSMA）

Ø 带有冲突检测的CSMA（CSMA with Collision Detection）

1) 1 - 持续CSMA

每个站在发送前，先侦听信道，如信道正忙，则等待并持续侦听，一旦信道空闲，立即发送，即发送的概率为1；如冲突，则延时一随机时隙数后，重新尝试发送

§ 两种发生冲突的可能

- Ø 信号传输的延迟造成的冲突

- Ø 多个站点在监听到信道空闲时，同时发送

§ 此协议的性能高于ALOHA协议

2) 非持续CSMA (Non-persistent CSMA)

每个站在发送前，先侦听信道，如信道正忙，则不再继续侦听，而是延时一随机时隙数后，再侦听信道

- § 一旦发现信道空闲，就立即发送数据
- § 此协议的信道利用率高于1-持续CSMA协议
- § 网络的延迟增大

3) p - 持续CSMA (p-persistent CSMA)

先侦听信道，如信道正忙，则等到下一时隙；如信道空闲，则以概率 p 发送，而以概率 $q=(1-p)$ 把本次发送尝试延至下一时隙，直至发送成功

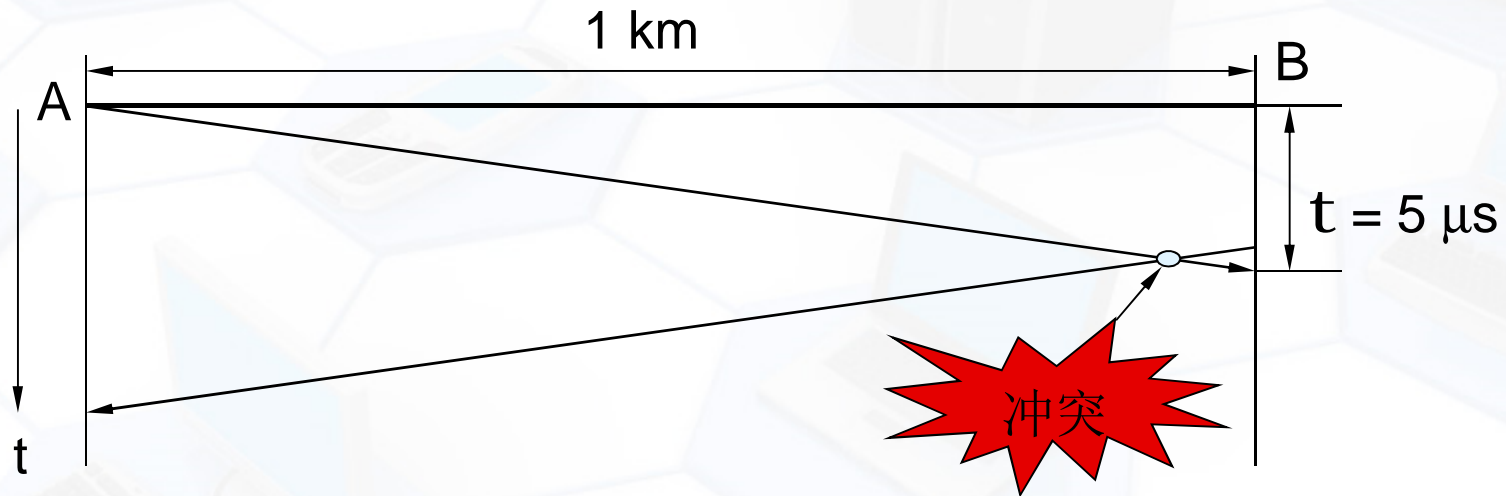
§ 概率 p 的目的就是试图降低1-持续协议中多个站点同时发送而造成冲突的概率

§ 采用坚持监听是试图克服非持续协议中造成的时间延迟

§ p 的选择直接关系到协议的性能

传输时延对载波监听的影响

p 但CSMA并不能完全解决冲突问题



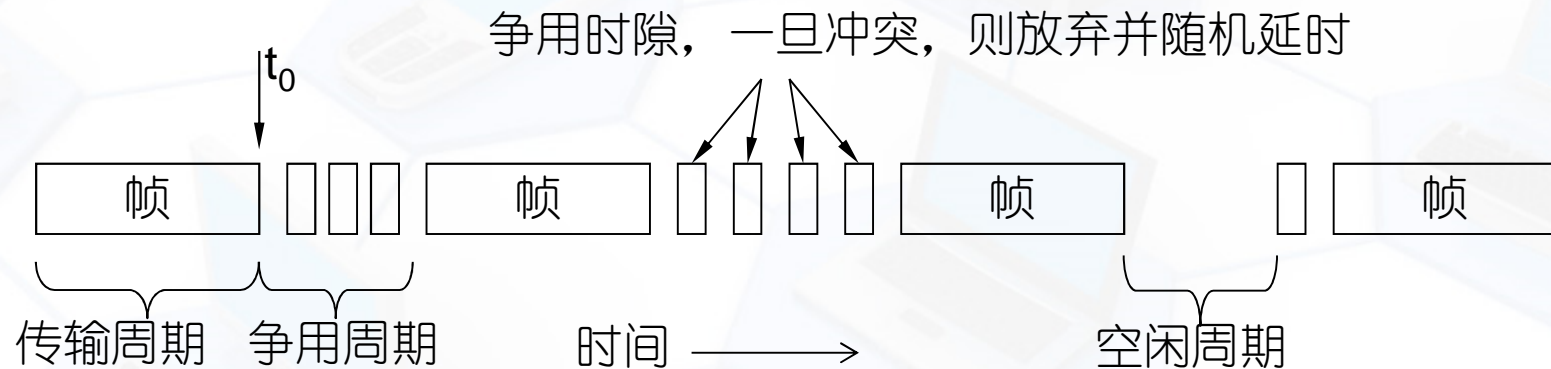
如两个或多个准备发送的站都检测到信道空闲而同时发送将发生冲突

4) 带冲突检测的CSMA

- § CSMA协议的“讲前先听”对ALOHA系统进行了有效的改进，但在发送过程中若发生冲突，仍要将剩余的无效数据发送完，既浪费了时间又浪费了带宽
- § CD协议的“边讲边听”可对CSMA作进一步的改进。发送过程中，仍然监听信道，通过检测回复信号的能量或脉冲宽度并将之与发送的信号作比较，就可判断是否发生冲突。一旦发生冲突，立即取消发送，等待一随机时间后再重新尝试发送

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) 带冲突检测的载波侦听多路访问

CSMA/CD的概念模型:



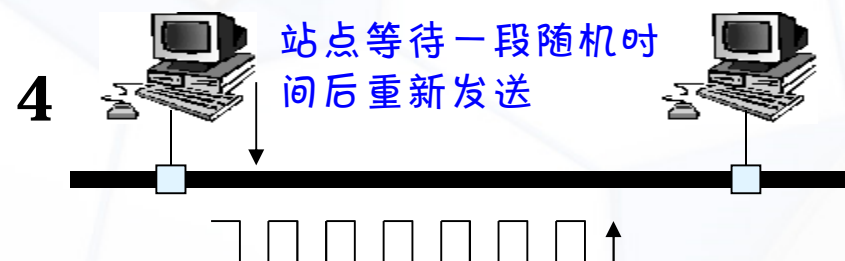
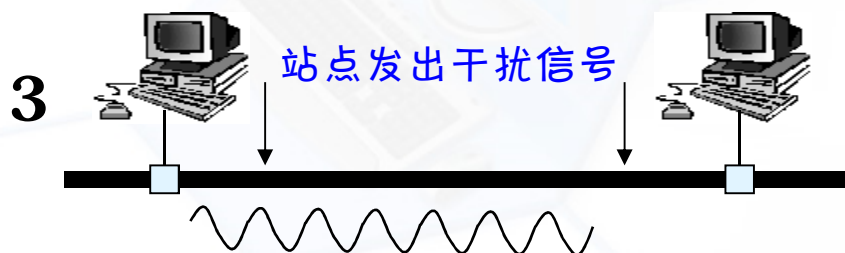
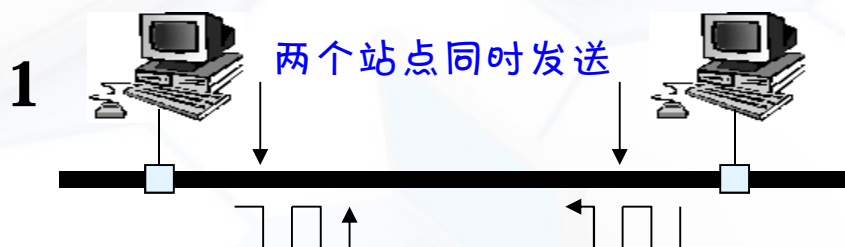
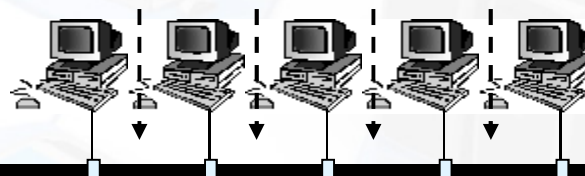
- u CSMA/CD有三种状态：竞争、传输或空闲
- u 802.3(也称以太网)是CSMA/CD技术的应用实例

CSMA/CD概念图解



前提

所有站点共享同一介质



§ 发展历程

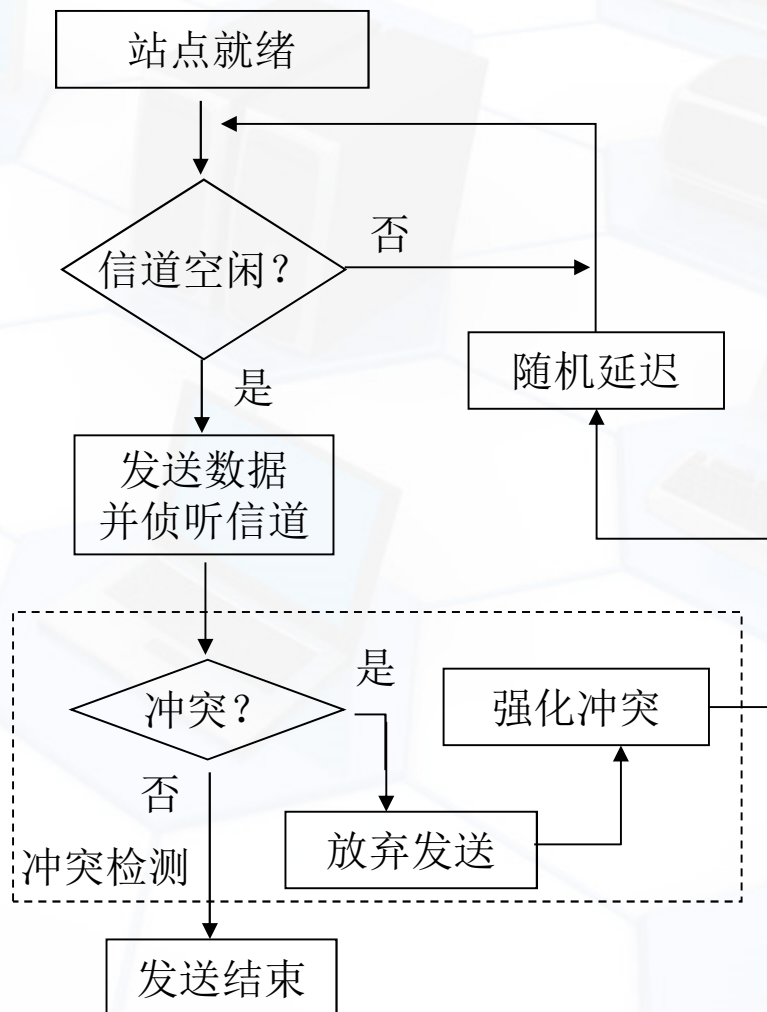
- Ø 1970中期由Bob Metcalfe和Xerox PARC 的其他人员开发
- Ø 1978由Xerox, DEC, Intel标准化（简称DIX规范）
- Ø LAN 标准定义了 MAC 和物理层衔接
- Ø IEEE 802.3 (CSMA/CD - Ethernet) 标准 - 最初只有2Mbps

§ CSMA/CD: 以太网的介质访问控制(MAC)策略

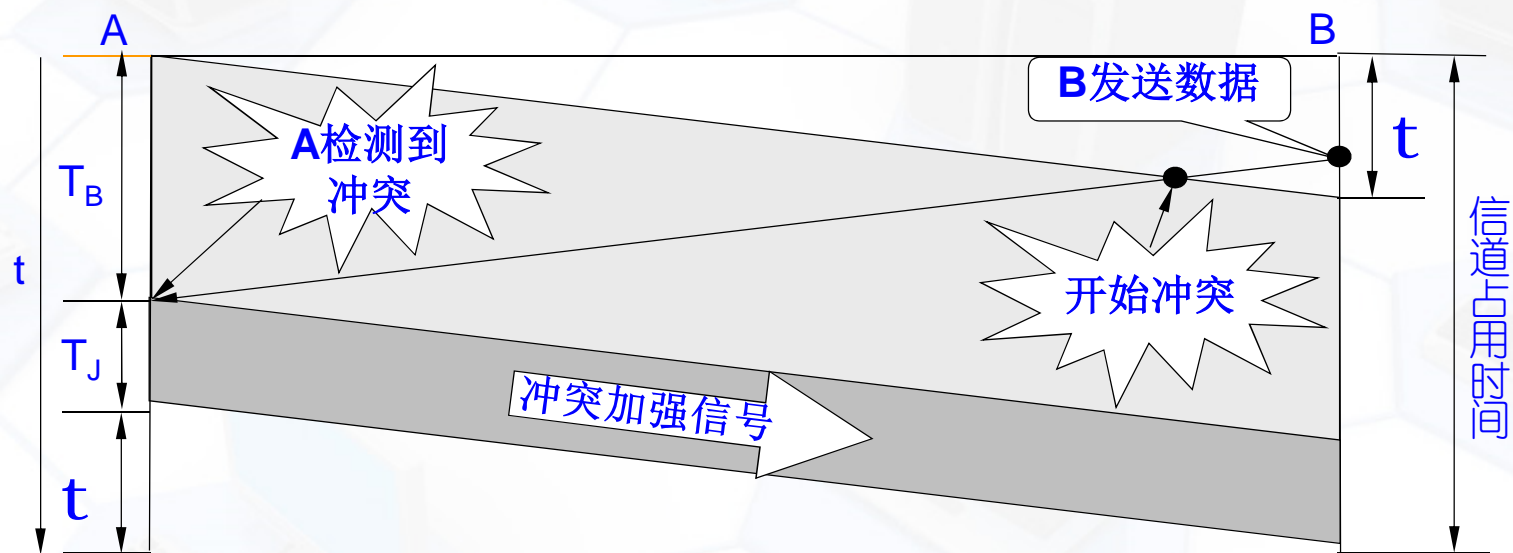
- Ø CS = carrier sense: 仅介质空闲时发送
- Ø MA = multiple access: 多个站点都可使用介质
- Ø CD = collision detection: 检测到冲突立即停止发送

CSMA/CD 流程图

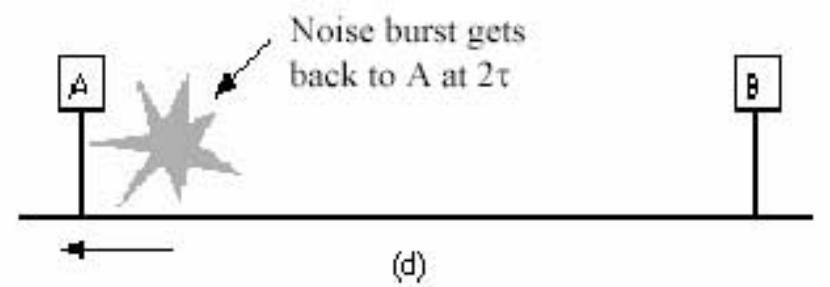
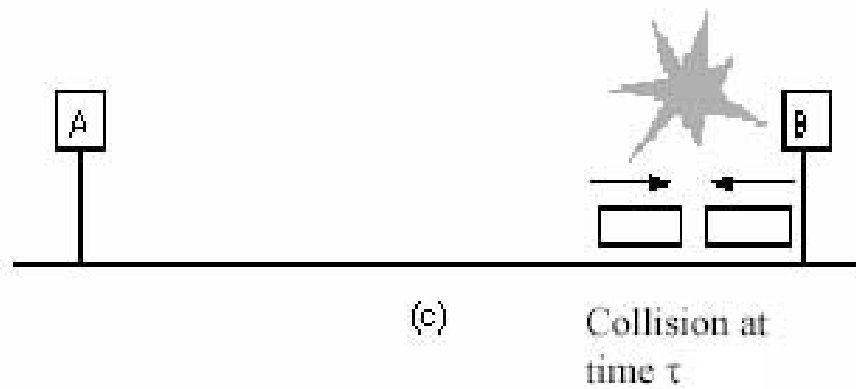
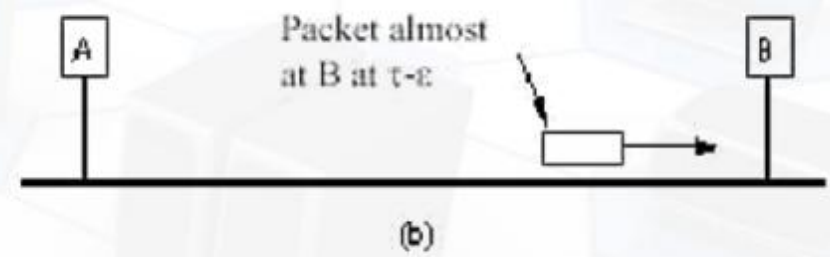
- ü 在一帧传输完成后的时间 t_0 ，想要发送的站点都可以尝试发送
- ü 如两个或多个站点同时发送则发生冲突
- ü 判断出冲突后，立即停止发送，并强化冲突，延时一个随机时间隙数后，再重复以上过程



CSMA/CD发生冲突时对信道占用时间的影响



如一个站点发送后，经 2τ 后，没有冲突，即发送成功。一公里长的同轴电缆，典型传输延迟 $\tau \approx 5\mu\text{s}$



冲突域：不同站点同时发送数据可能产生冲突的最大网段

冲突的检测方法

ü 信号电平法

基于基带传输，两个帧信号叠加后，电压大一倍

ü 过零点检测法

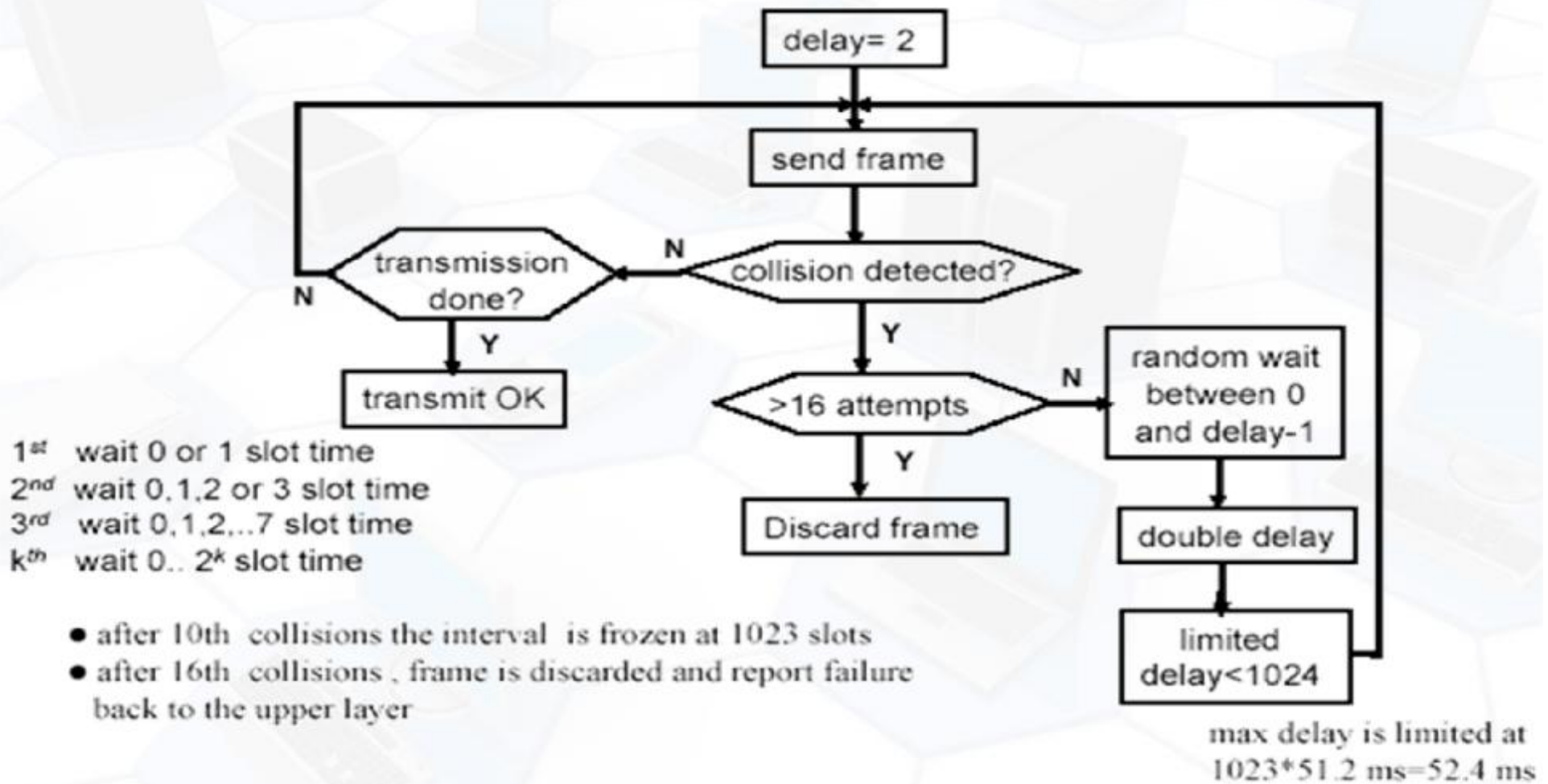
用曼切斯特编码时，零点在每比特的正中央，有干扰时，则可能偏移

ü 自收发检测法

在发送数据的同时也在接收，并逐比特比较

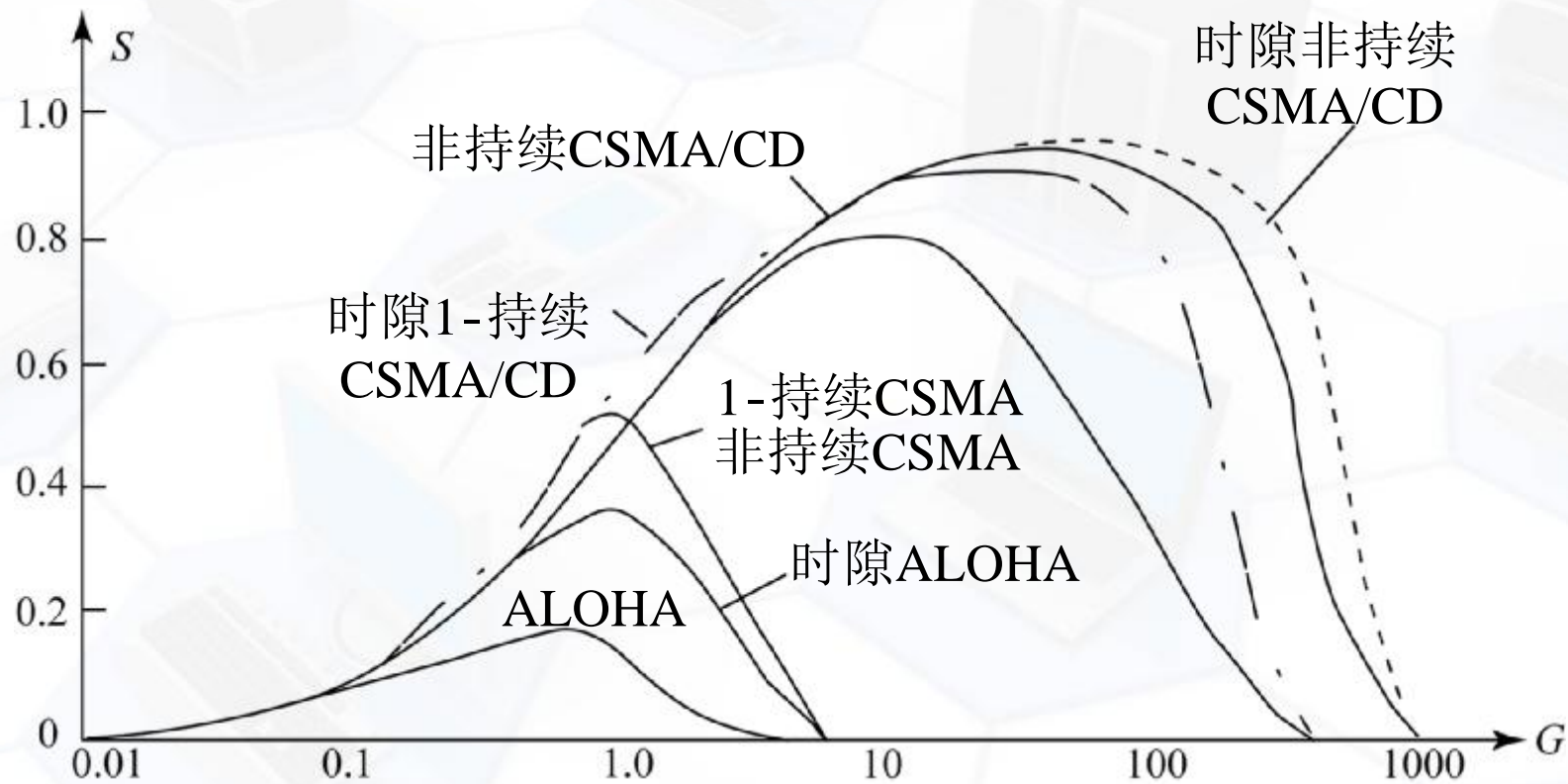
二进制指数后退算法

- ü 发送方在检测到冲突后，双方（或多方）都将延时一段时间，所谓一段时间到底是多长？
- ü 冲突检测到后，时间被分成离散的时隙
- ü 时隙的长度等于信号在介质上来回传输时间（以太网典型往返延迟 $51.2\mu\text{s}$ ）
- ü 一般地， i 次冲突后，等待的时隙数将从 $0 \sim 2^i - 1$ 中随机选择



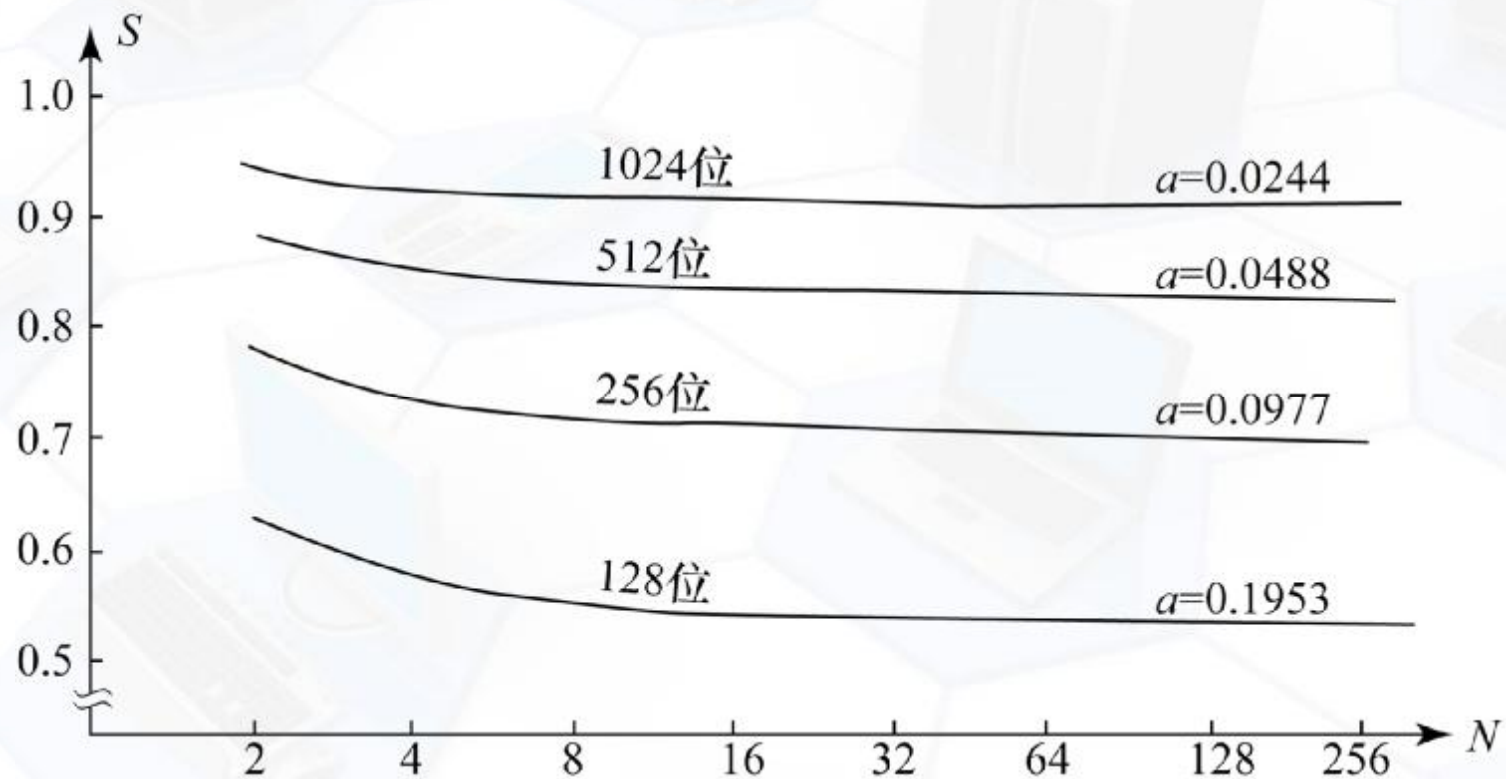
二进制指数后退算法流程(Binary Backoff)

不同访问策略的性能曲线



CSMA/CD, CSMA, 以及ALOHA的S-G曲线

CSMA/CD的性能曲线



帧长与站点数对信道利用率的影响

3. IEEE 802.5 令牌环

802.3LAN的缺点：

- ü 信道争用产生冲突，使获得信道的时间不确定，延时难以估计
- ü 802.3帧没有优先级，不适合实时系统使用

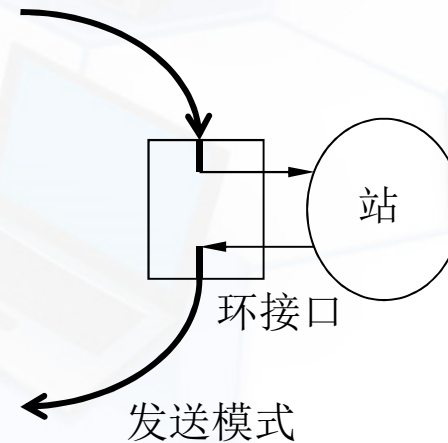
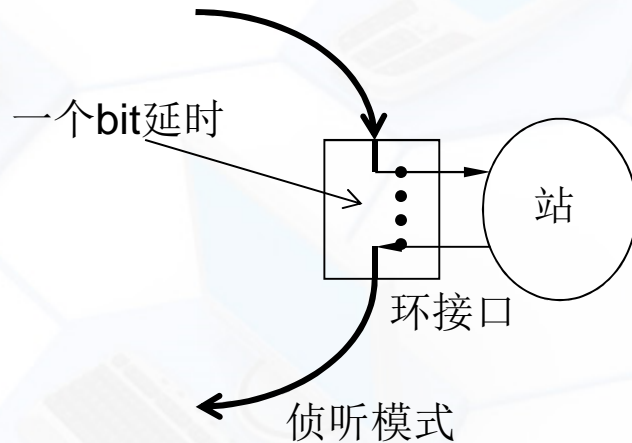
令牌环网采用环形网络结构，没有冲突，且最大等待时间是可估计的，然而环形网一旦环断，则整个网络将瘫痪

1) 802.5令牌环的优点

- u 令牌环采用全数字技术
- u 令牌环上没有竞争，信道利用率高，重载荷下，将近100%
- u 环是公平的，信道访问时间有一个确定的上界
- u 环上的站点可设定优先级，以保证其对实时应用的响应

2) 令牌环的特点

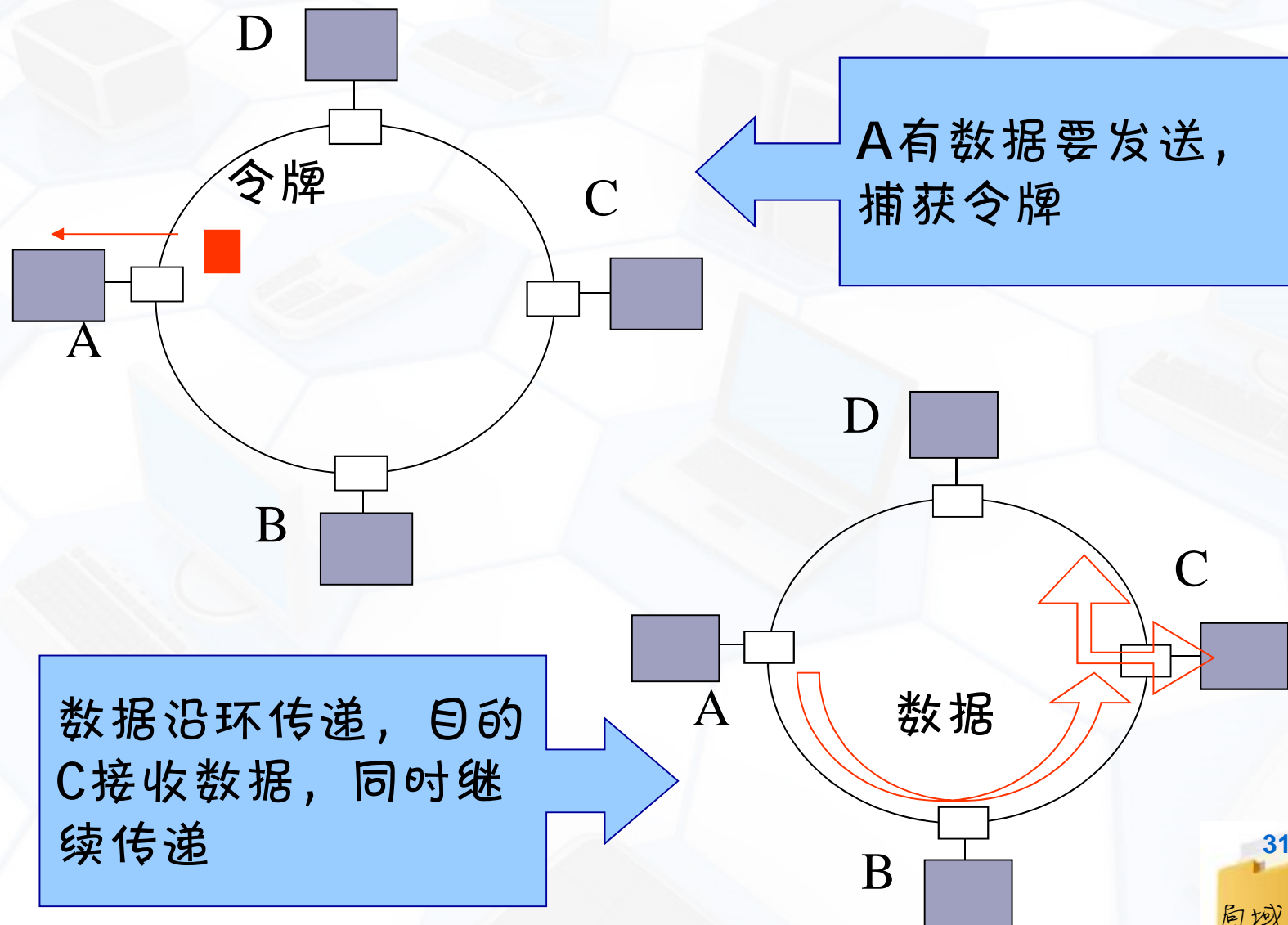
u 令牌环并非真正意义上的广播网络，而是由经过站点逐个复制



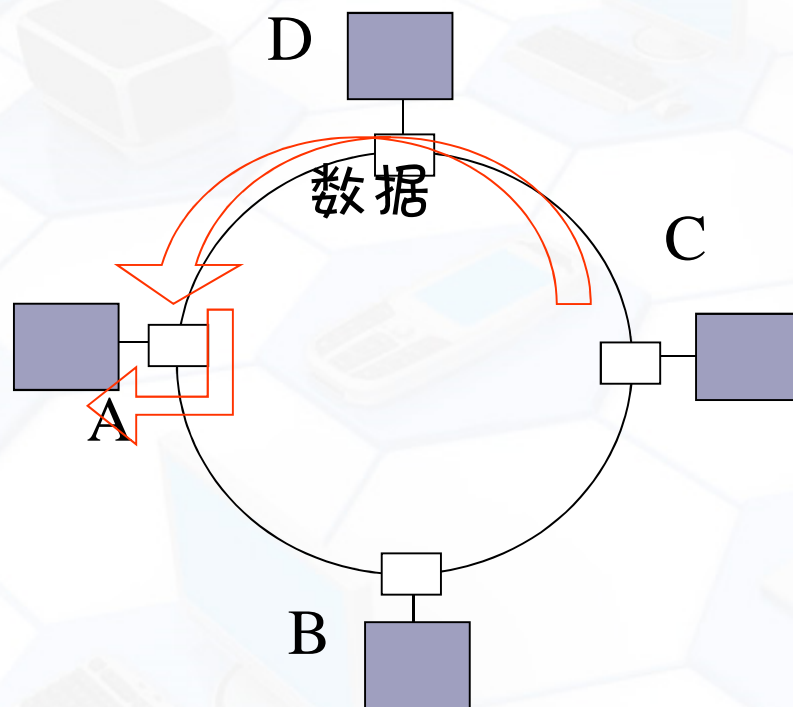
u 无竞争，信道利用率高

u 可设定优先级，保证其对实时应用的响应

3) 802.5的工作原理

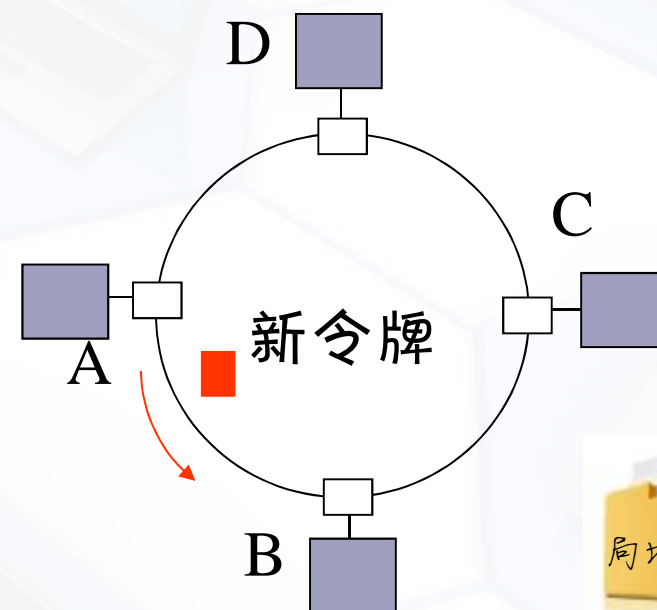


802.5的工作原理（续）



A回收数据，并检查目的站点是否已接收

A结束传输，产生新令牌



4) 令牌格式

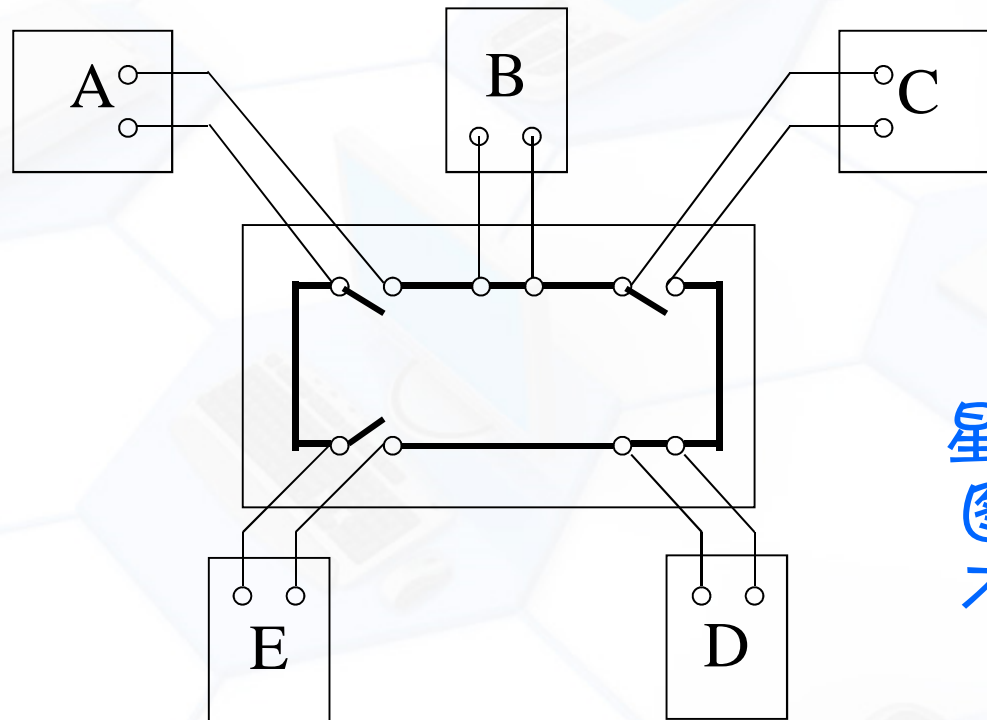
u 令牌帧仅3个字节

1Byte	1Byte	1Byte
开始界符SD	访问控制AC	结束界符ED
JK0JK000	PPPTMRRR	JK1JK11E

环中各站点都空闲，即无站点传输数据时，令牌则一直绕环运行由各站点循环传递，如有需发送数据帧的站点，则必须抓住令牌并把它改为将发送的数据帧

5) 站点出入环

u 考虑到每个站点都可能随意入环和出环，所以每个站点都有一个干线耦合器，当该站点故障或出环时，耦合器闭合



星形令牌环网示意图。
图中，站点B、D目前
不在环中

6) 令牌环的帧格式

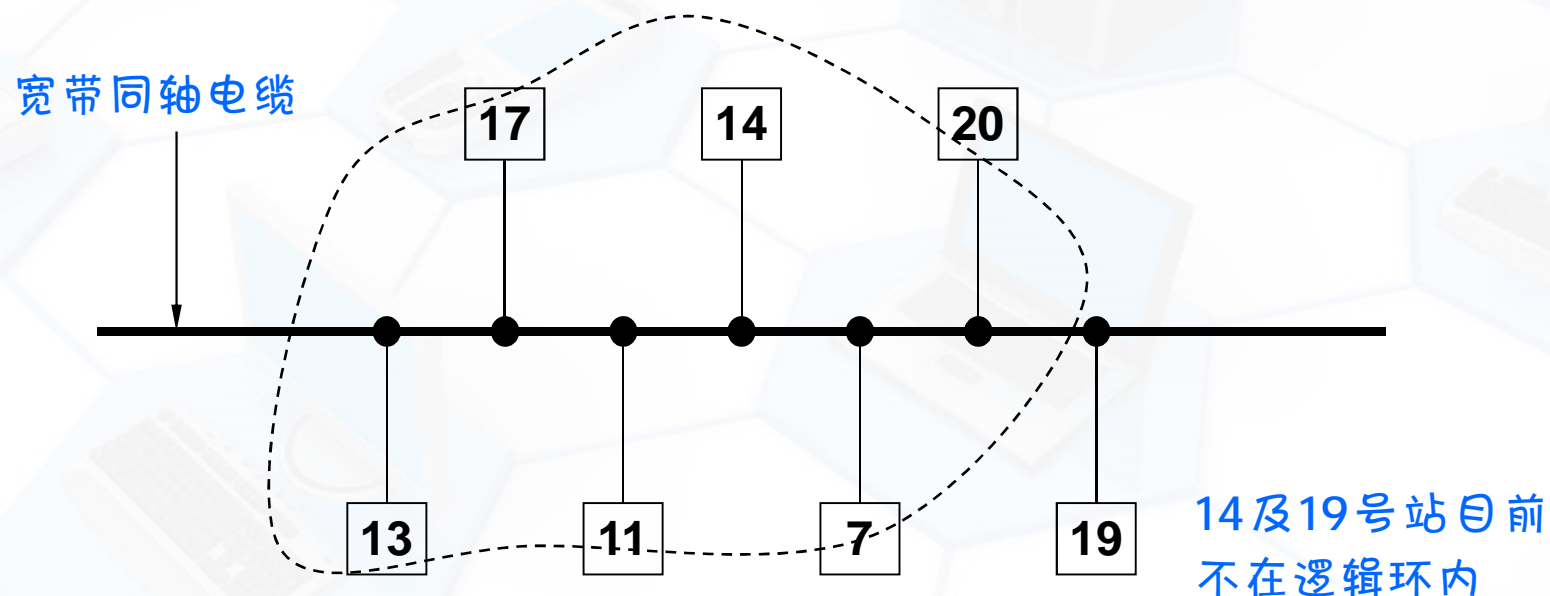
1	1	1	2/6	2/6	无限制	4	1	1
SD	AC	FC	目的地址	源地址	数据	校验和	ED	FS
开始界符	访问控制	帧控制					结束界符	帧状态

访问控制AC	PPP1MRRR
帧控制FC	TTxxxxxx:TT为帧类型，01表示一般的信息帧，00表示MAC控制帧。xxxxxx为控制帧的种类
结束界符ED	JK1JK11E 其中E：错误检测位
帧状态FS	ACXXACXX 其中A：地址识别位 C：帧copy位 X：为保留位

4. 令牌总线802.4 (Token Bus)

U 真正的广播形式网络 (类似CSMA/CD)

U 逻辑的环形结构

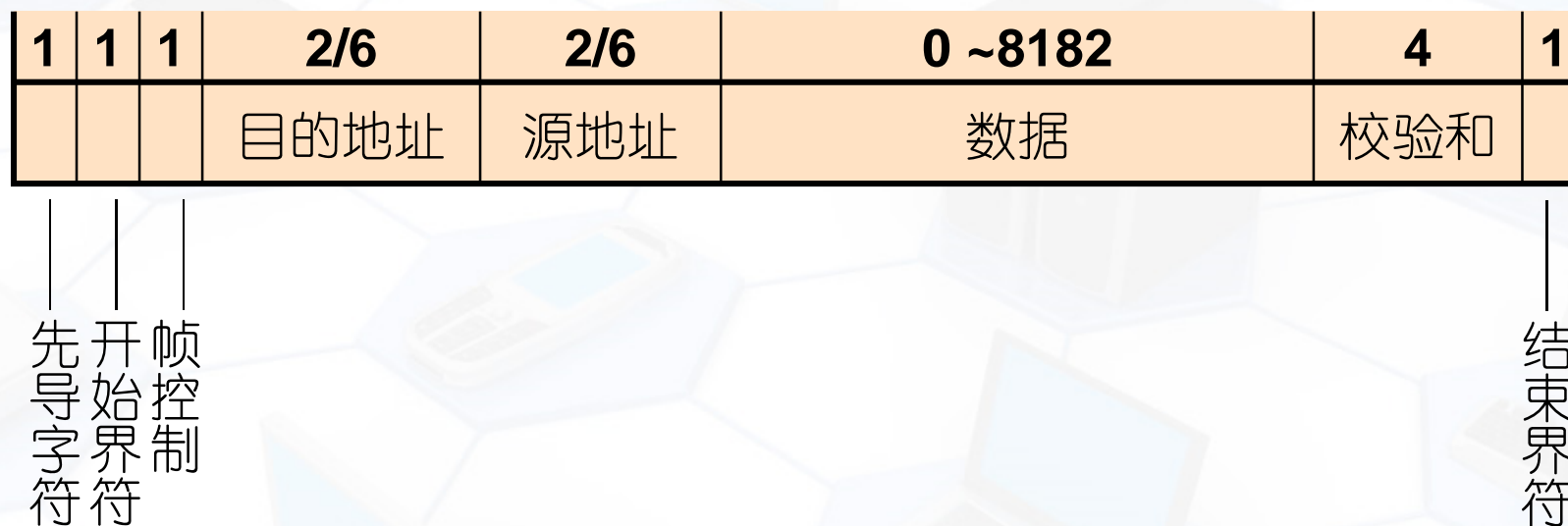


令牌总线拓扑结构

1) 令牌总线工作原理

- u 环初始化时，将若干个站点定义在一个逻辑环中，站号最大者握有令牌，仅握有令牌者具有发送一帧的权力
- u 握有令牌者在发送一帧后，将令牌交逻辑上相邻的下一站
- u 所谓逻辑上相邻，指站号相邻，与其物理上是否相邻无关
- u 任一时刻仅一个站点握有令牌，所以不会发生冲突
- u 由于是总线方式的广播性质，任何两个站点的通信，其它站点都在监听，但如本站非目的地址则丢弃
- u 802.4的MAC子层具有对逻辑环中站点的增加和删除的功能

2) 令牌总线的帧格式



- u 先导字符为10101010，个数可大于1个
- u 开始界符和结束界符为模拟编码
- u 帧控制字段说明帧的类型，类型包括入环、出环、令牌传递等目的地址和源地址与802.3协议相同

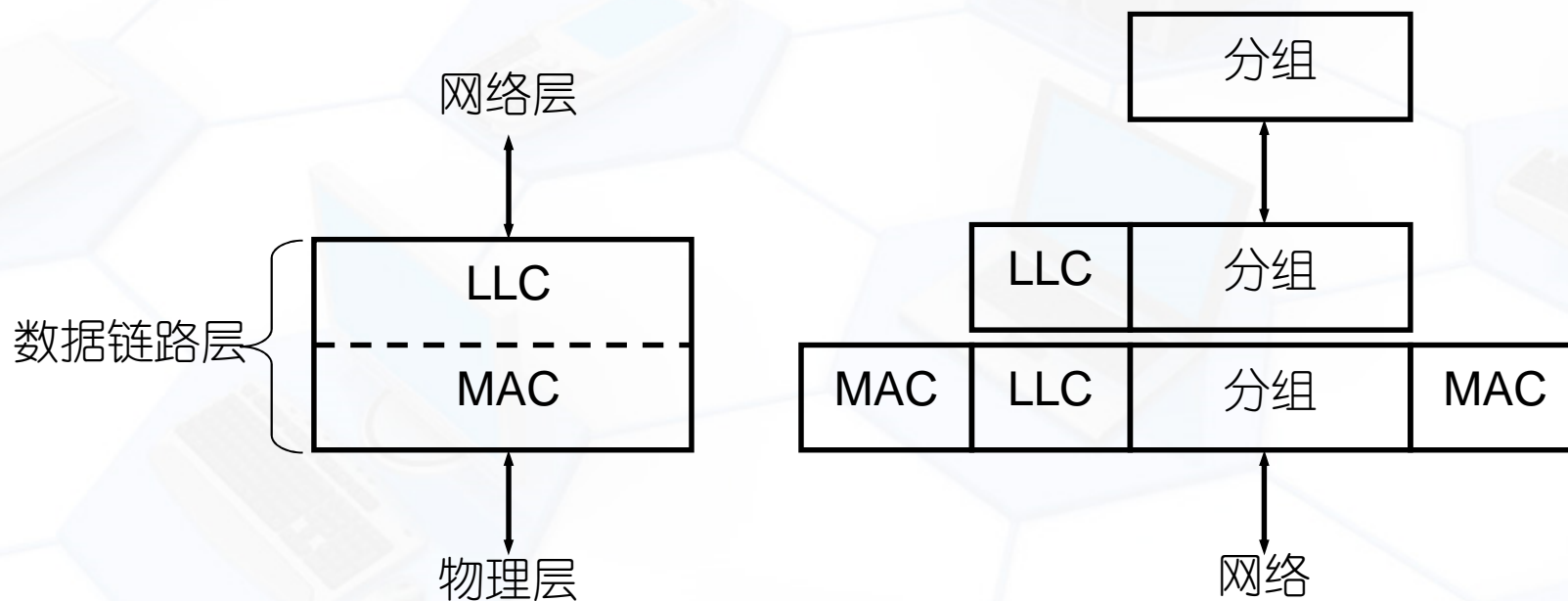
802.3、802.4及802.5的比较

802.3	802.4	802.5
协议最简单	协议最复杂	协议较复杂
有冲突	无冲突	无冲突
最短帧为64字节	可处理短帧	可处理短帧
无优先级	公平的优先级	不太公平的优先级
轻载荷时，基本无延迟	轻载荷时，有延迟	轻载荷时，有延迟
重载荷时，冲突率高	重载荷时，效率高	重载荷时，效率高
使用相当广泛	使用较少	几年前使用较多

三、逻辑链路控制层

逻辑链路控制LLC（Logical Link Control），即IEEE 802.2标准

1. LLC的位置



(a) LLC的位置

(b) 协议格式

2. LLC的作用

- U 由于不同的网络类型有不同的介质访问子层与之对应，而逻辑链路控制子层则掩盖了不同网络之间的差别，以统一的格式为网络层提供服务
- U LLC子层把网络层的分组（在TCP/IP中即IP包）加上LLC头，交给MAC子层组成相应的802.X帧发送

3. LLC提供的三种服务

- u 不可靠的数据报服务

- u 可靠的数据报服务

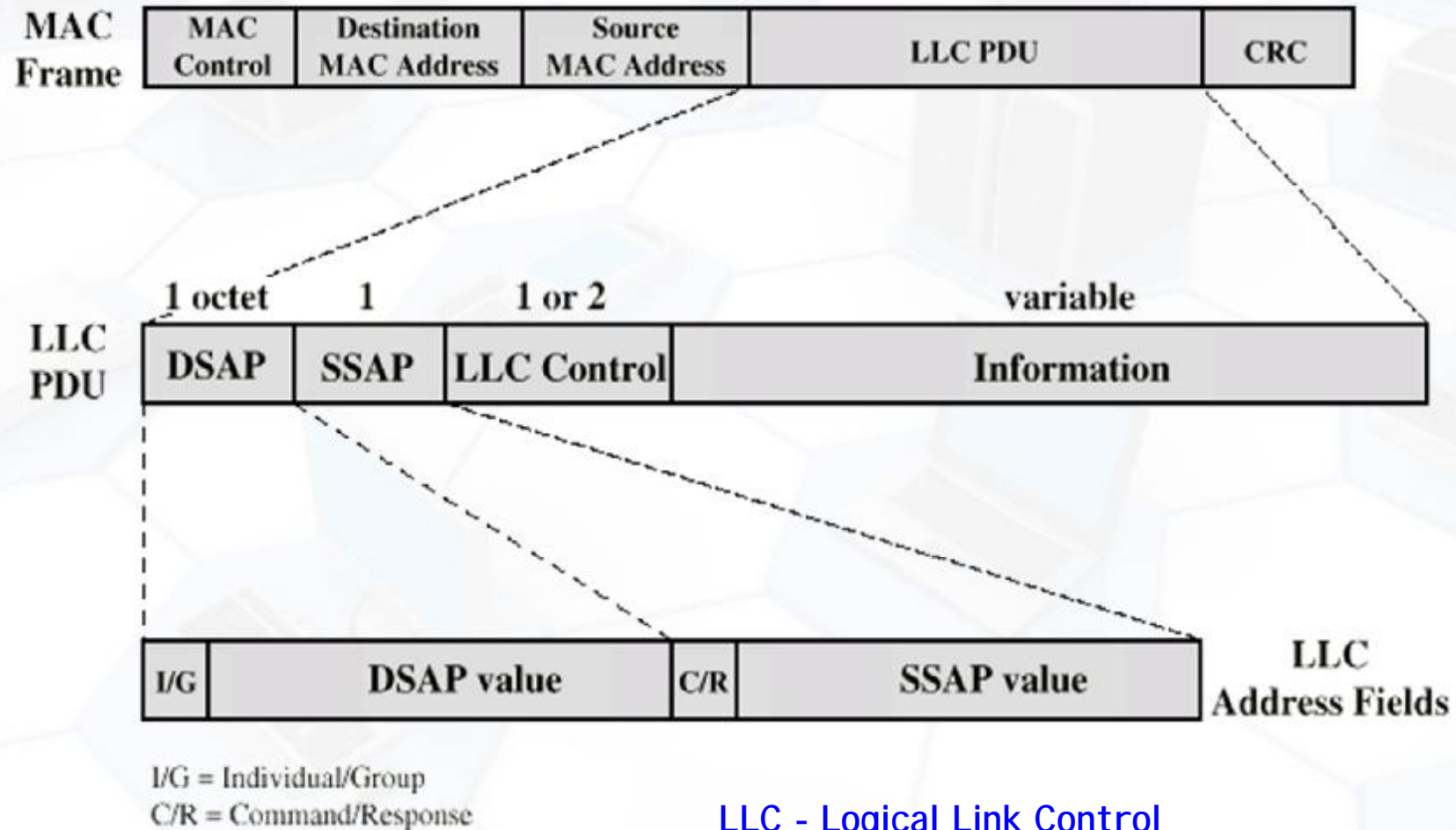
- u 面向连接的服务

- ü 对于不同的数据帧和控制帧有不同的格式

- ü 有确认的数据报服务和面向连接的服务，在帧格式中包含源地址、目的地址、序列号、确认号等

- ü 无确认的数据报服务的帧格式中不包含序列号和确认号

LLC的典型数据封装格式



LLC - Logical Link Control
PDU - Packet Data Unit
DSAP - Destination Service Access Point
SSAP - Source Service Access Point

四、局域网的常见设备

1. 中继器/集线器

物理层设备，提供信号放大，延伸物理网段作用不具备差错识别能力，延迟小



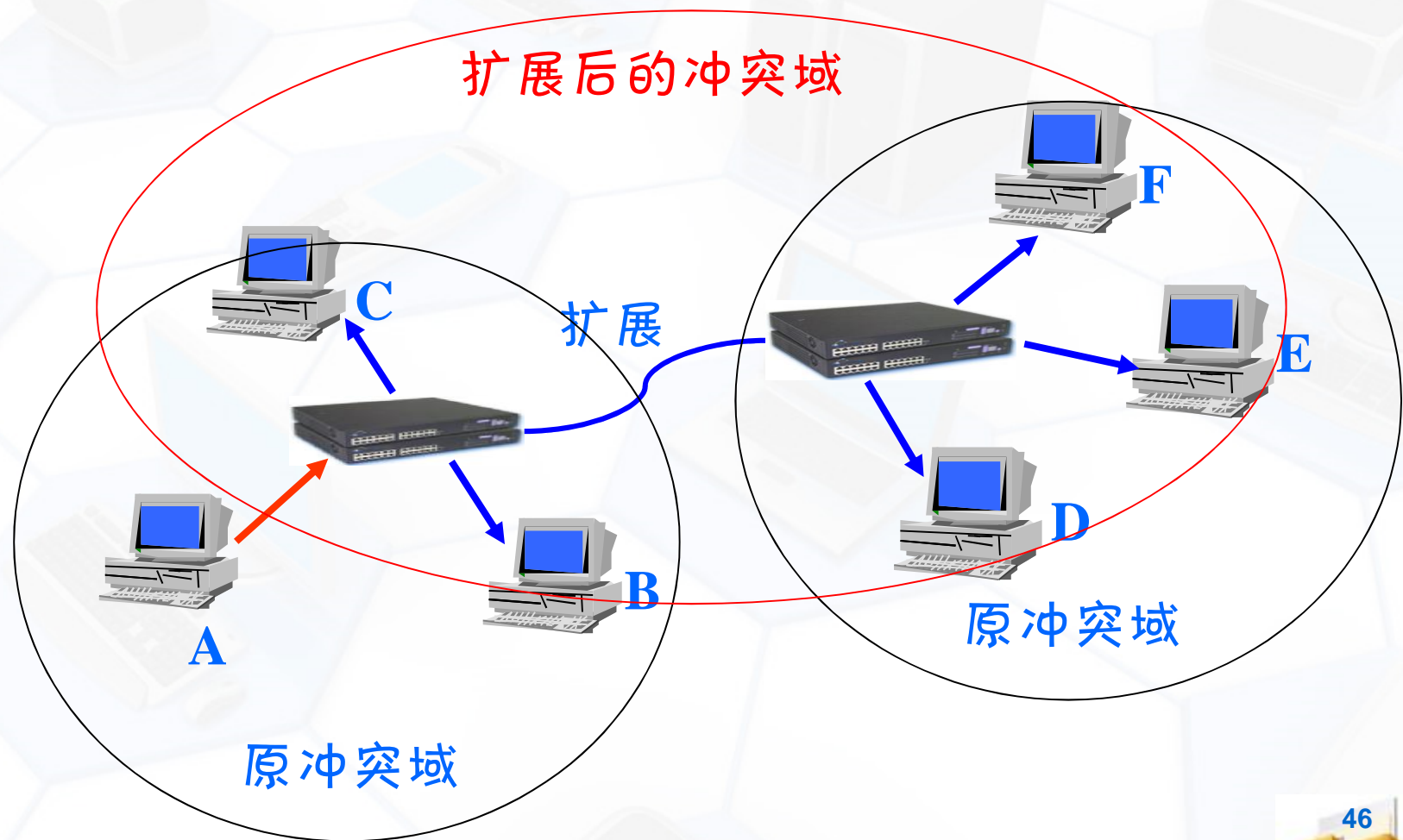
- ü 能够连接不同的网段或介质类型（如细缆与双绞线）
- ü 速度快、使用简单、价格低
- ü 便于扩展网络的深度和广度（如5/4/3原则）

中继器优点

- ü 不能连接不同存取类型的介质（如令牌网和以太网）
- ü 不能分辨帧格式与内容
- ü 无法隔断不同网段的数据流，仅适合小型网络

中继器缺点

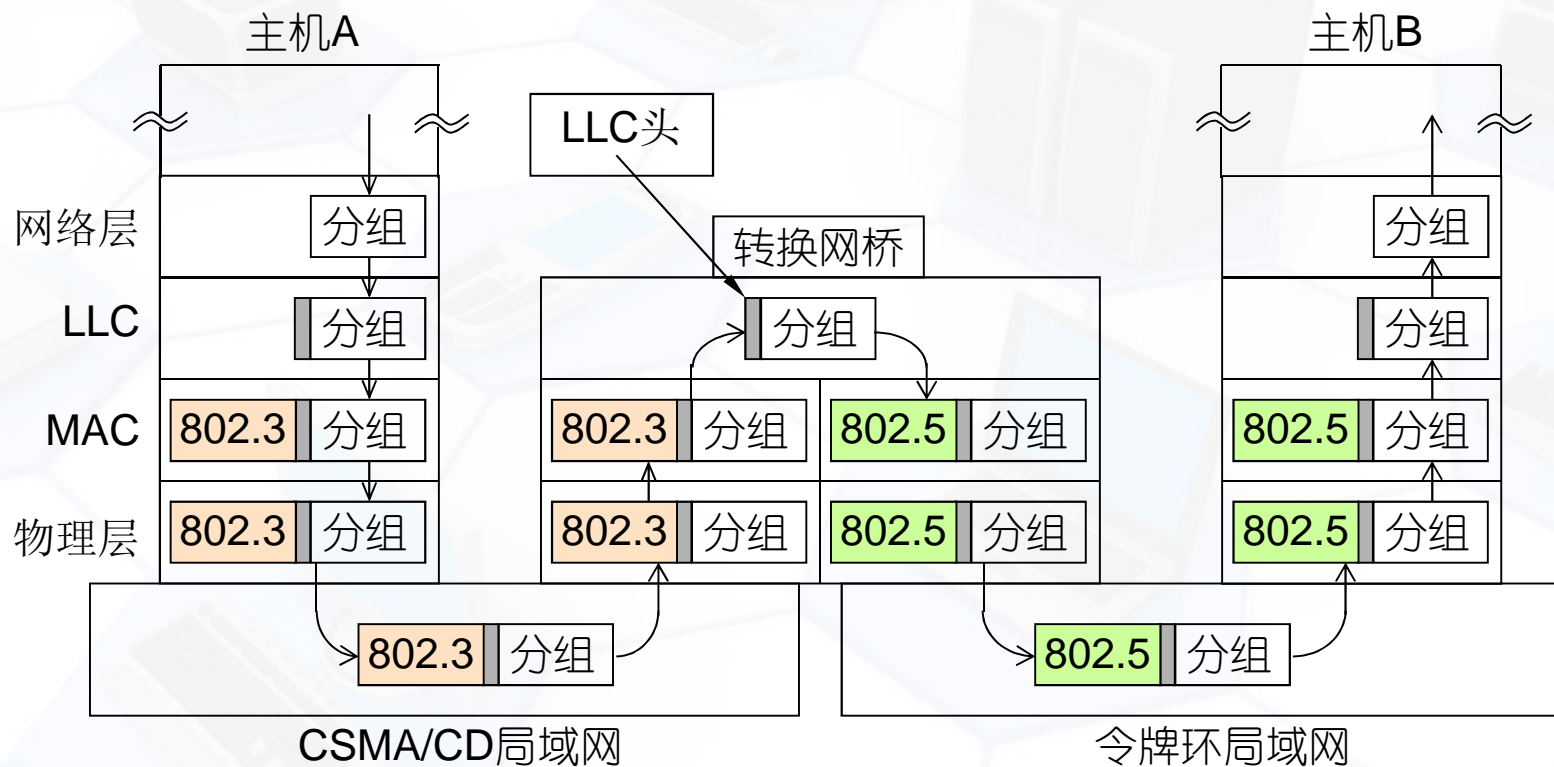
集线器或中继器扩展的网络构成一个冲突域



2. 网桥（Bridge）

- ü 网桥是连接多个局域网（802.x网络）的工作在数据链路层的设备
- ü 如把数据链路层细分为LLC子层和MAC子层，则所谓协议的不同是在网桥的MAC子层上
- ü 网桥作为不同数据链路层的子网的转换设备，则其相应的端口属于不同的局域网
- ü 网桥已被交换机所取代

1) 网桥的工作原理



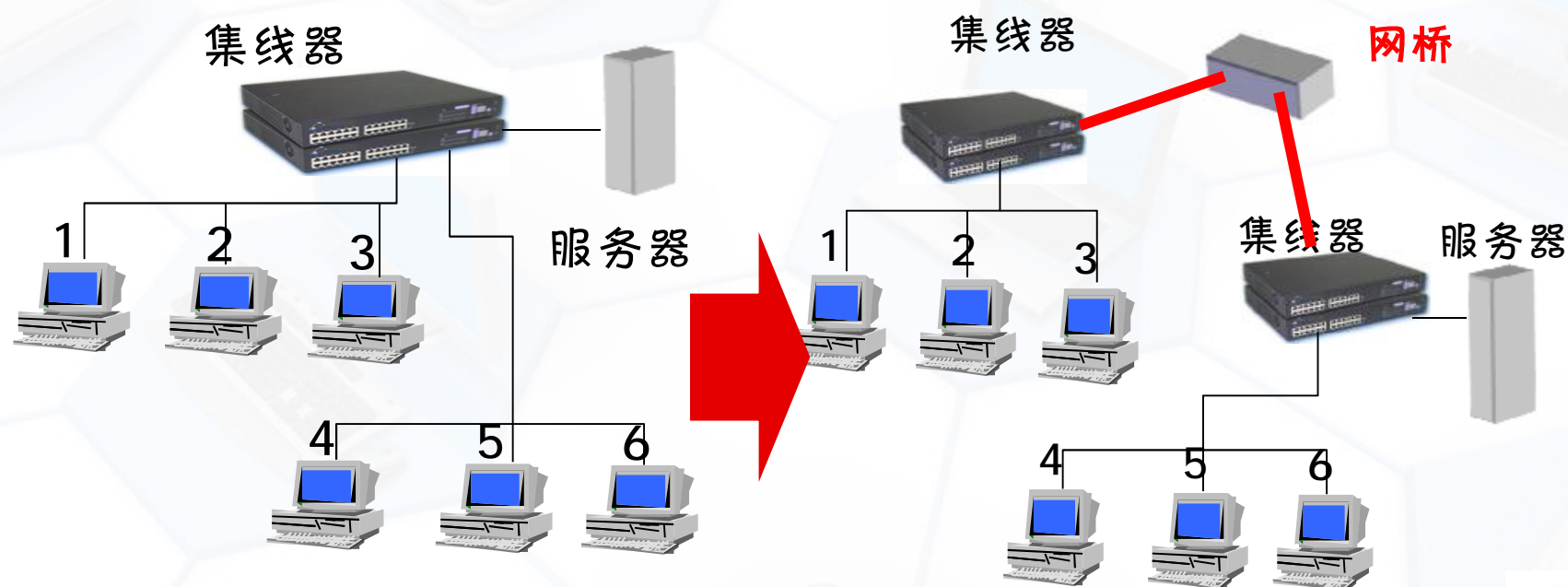
连接802.3与802.5的转换网桥

2) 需要网桥的原因

- ü 多种不同局域网需要互连
- ü 将地理位置分散的局域网相连
- ü 为调节负荷在逻辑上分解成多个局域网
- ü 扩展局域网的物理距离
- ü 增强局域网的可靠性（分离不良网段）
- ü 增强保密性（限制数据传送范围）

3) 网桥应有的特征

- ü 不改变所收到的LLC帧内容及格式
- ü 必须具有足够的存储空间
- ü 具备寻址和选择路径的智能
- ü 内部可理解为采用另外的协议



使用网桥来扩展网段

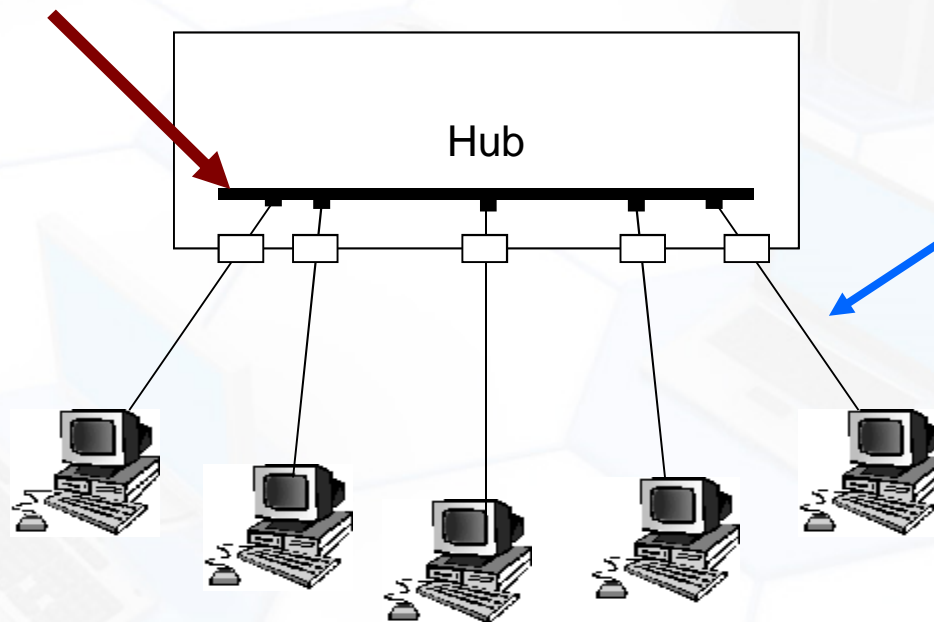
4) 网桥所存在的问题

- ü 网桥的延迟会影响网络的大小
- ü 网桥不能有效的阻止网络广播(如广播风暴)
- ü 不支持数据链路层以上的协议转换
- ü 无法利用冗余通路
- ü 管理与故障隔离能力有限

3. 交换机（Switch）

ü 集线器仅改变了连线方式

内部仍是
总线结构



外部看上去像
一个星型结构

ü 交换机（switch）源自于多端口网桥，采用存储-转发方式在各端口之间进行数据帧的交换

p 共享介质的局域网问题

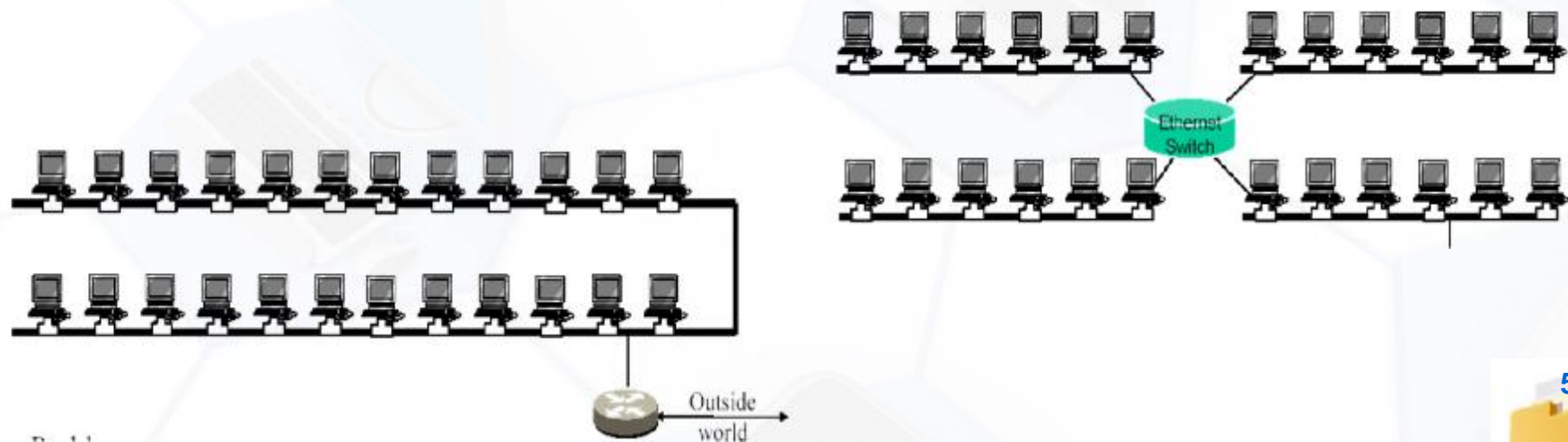
ü 冲突降低了信道的传输效率

ü 介质共享其实就是带宽共享，每个主机的带宽不能保证

p 交换式局域网

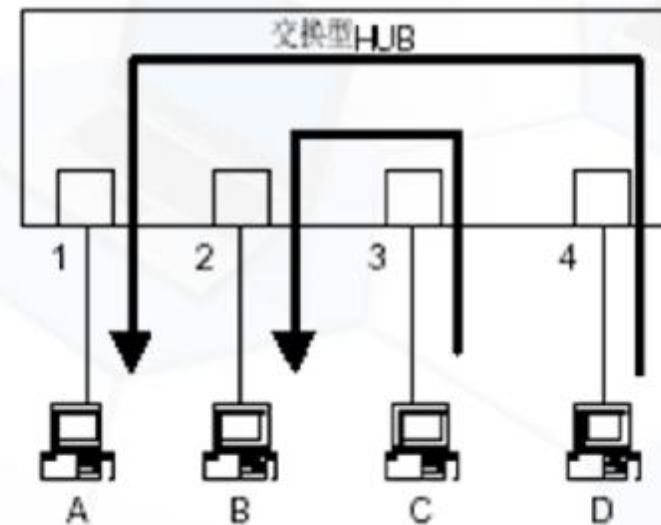
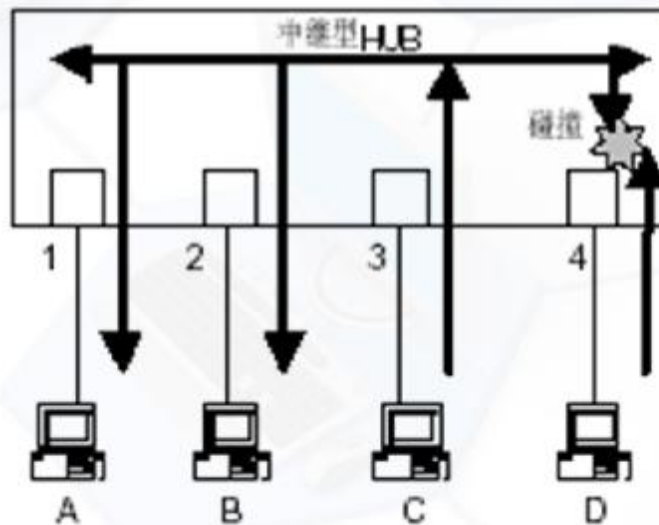
ü 采用星型拓扑结构，用交换机连接主机

ü 交换机工作在数据链路层，能隔离冲突域



中继（Repeat）型HUB与交换机的区别

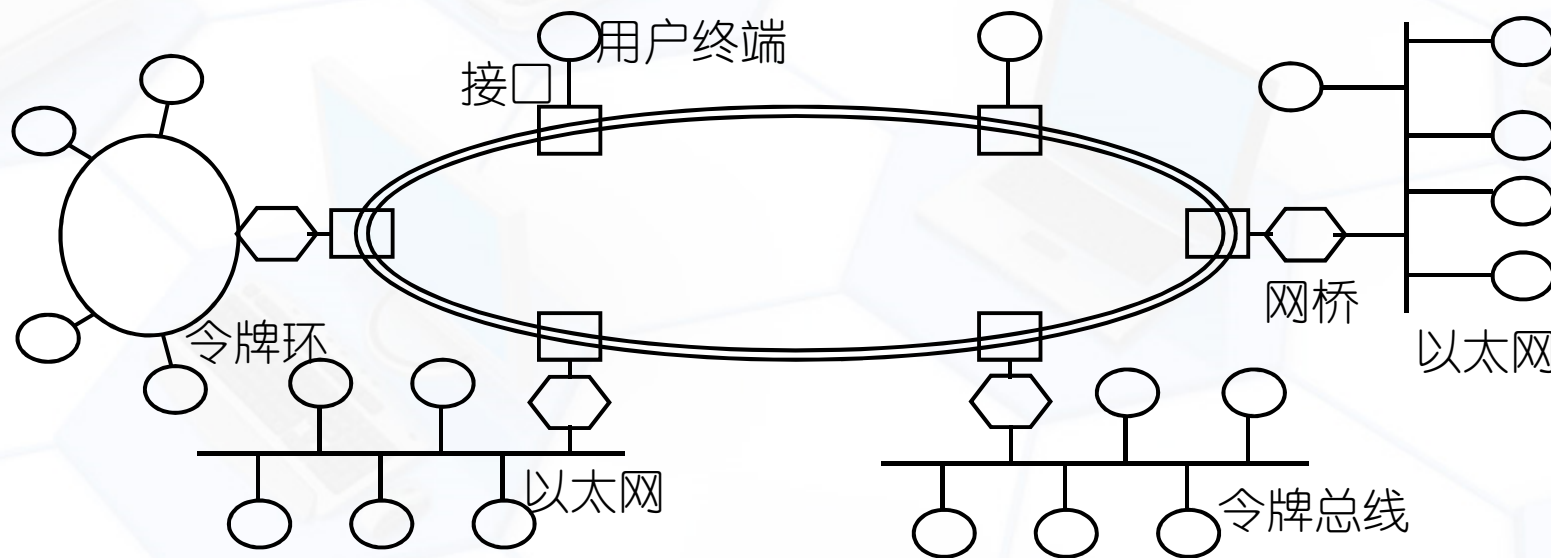
ü 中继型 HUB是根据CSMA/CD（方式）进行工作的，在某一时刻只允许有一个用户发送数据，如果两个用户同时发送数据，就会发生冲突；而交换机中，用户C和B通信时，A和D也能同时进行通信



五、高速局域网

1. 光纤分布式数据接口FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

ü 高速令牌环网，100 Mb/s，网络跨距达200 km，连接1000个站点，常作为主干网



被用作连接局域网的计算机的主干的FDDI

1) FDDI 基本特性

ü使用基于802.5令牌环标准的令牌传递MAC协议和802.2LLC协议，所以与IEEE802局域网兼容

ü利用多模或单模光纤构成有容错能力的双环拓扑

ü数据速率为100 Mb/s；误码率 $< 4 \times 10^{-11}$

ü最多1000个物理连接（如全部双连接站为500个），最大站间距离（使用多模光纤）为2 km，环路长度为100 km，光纤总长度为200 km

ü具有动态分配带宽的能力

ü最大帧长度为4500字节

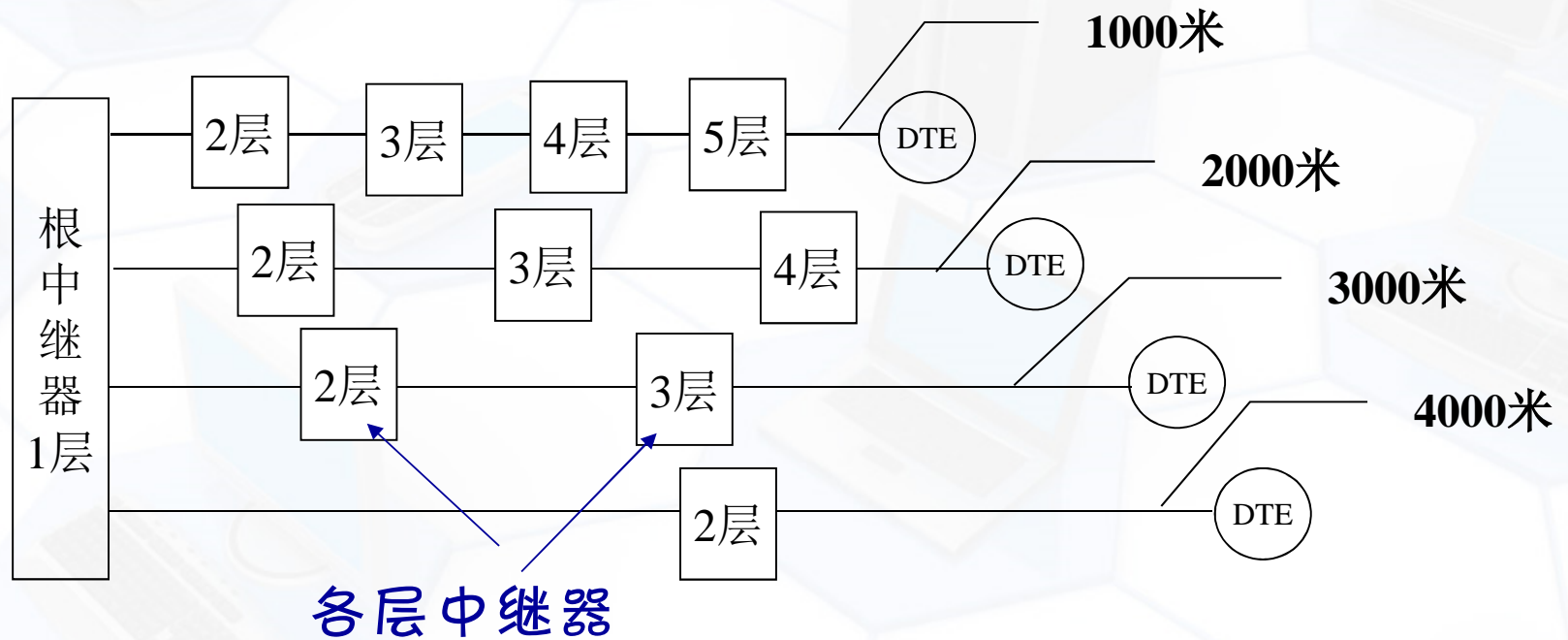
2. 快速以太网Fast Ethernet（802.3u标准）

- ü 结构简单，兼容性好，价格相对低廉
- ü 采用简单的不归零制(NRZ)编码的变种NRZI（nonreturn-to-zero change on one）及4B/5B的二进制编码
- ü 双速10/100 Mb/s MAC功能（自动协商）
- ü 星型连接方式
- ü 优选全双工操作
- ü 提供对Cat3、Cat5和STP的支持，也支持光纤介质，不支持同轴电缆

3. 100VG-AnyLAN技术

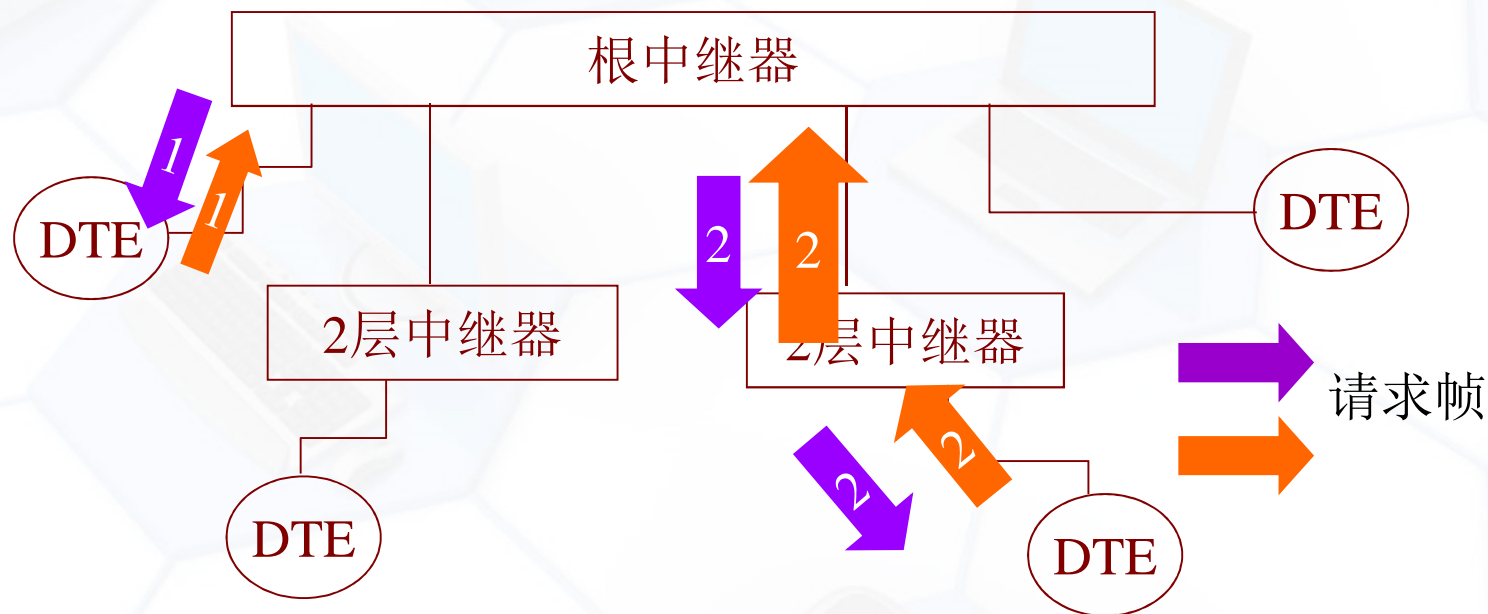
- ü 100Mb/s的网络技术
- ü IEEE802.12标准
- ü 五层嵌套树型结构
- ü 帧格式遵循以太网格式或令牌环格式
- ü 采用与以太网相同的RJ45和SC连接器
- ü 具有冗余链路

1) 100VG-AnyLAN的网络直径



2) 100VG的介质访问协议

- ü 请求优先原则：发送前需先得到中继器的批准
- ü 分正常级和高级两种优先级
- ü 中继器按顺序轮询每个节点以确定发送者
- ü 高优先级先得到批准



有多级中继器则采用逐级通报的原则