

Link Layer 链路层

error detection, correction 差错控制

Error Detection Techniques 差错检查

差错从何而来?

概括来说，传输中的差错都是由于噪声引起的。

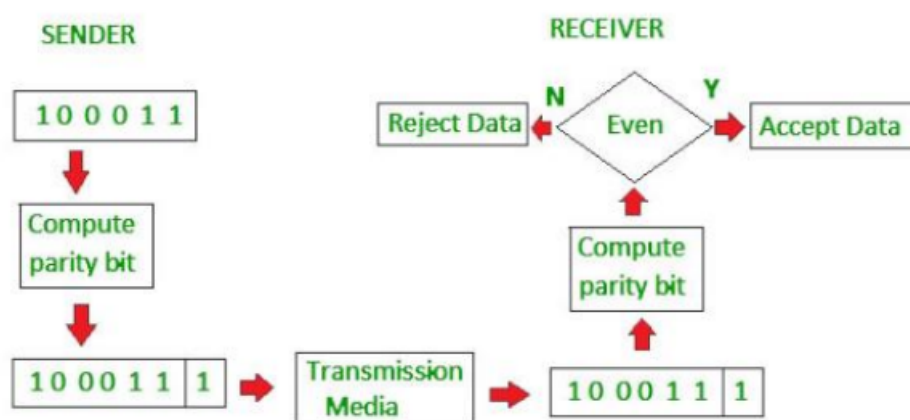
全局性 1.由于线路本身电气特性所产生的**随机噪声**(热噪声)，是信道固有的，随机存在的。
解决办法：提高信噪比来减少或避免干扰。(对传感器下手)

局部性 2.外界特定的短暂原因所造成的**冲击噪声**，是产生差错的主要原因。
解决办法：通常利用编码技术来解决。

Parity Check 奇偶校验码



奇偶校验，校验1的个数为奇数或偶数，符合则接受



只能检查出奇数个比特错误，检错能力为50%

Only an odd number of bits can be detected, and the error detection capability is 50%

Checksum 校验和 ★

运用反码运算求和：1s complement of the sum

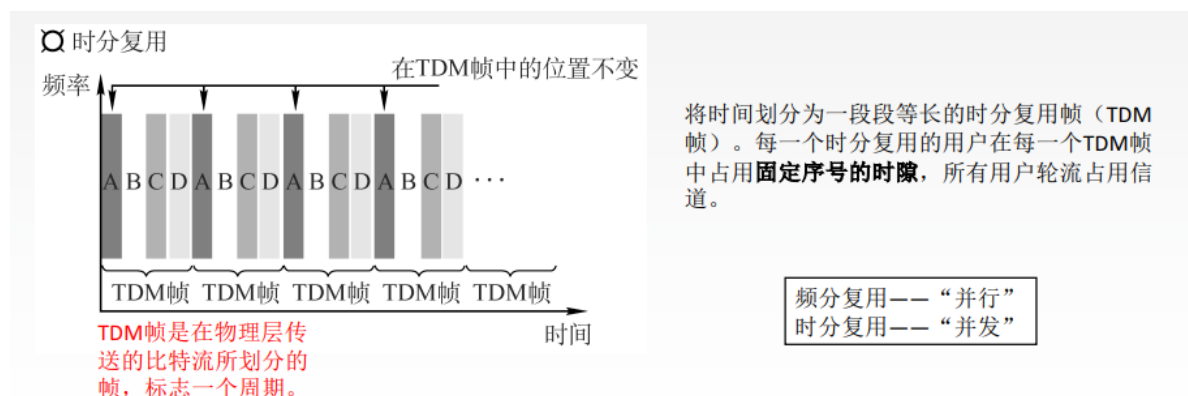
反码算数运算：两个数进行二进制反码求和的运算很简单。它的规则是从低位到高位逐列进行计算。0和0相加是0，0和1相加是1，1和1相加是0，但要产生一个进位1，加到下一列。如果最高位相加后产生进位，则最后得到的结果要加1。

Cyclic Redundancy Check (CRC) 循环冗余码

multiple access protocols 多址协议

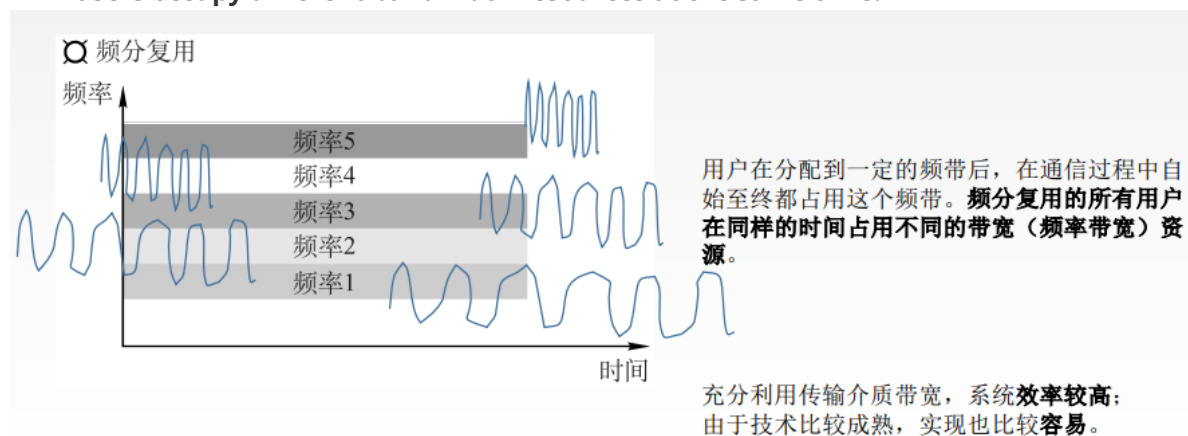
TDM(A) 时分多路复用

Time is divided into equal length TDM frames. Each TDM user occupies the time interval of fixed serial number in each TDM frame, and all users occupy the channel in turn.



FDM(A) 频分多路复用

FDM users occupy different bandwidth resources at the same time.

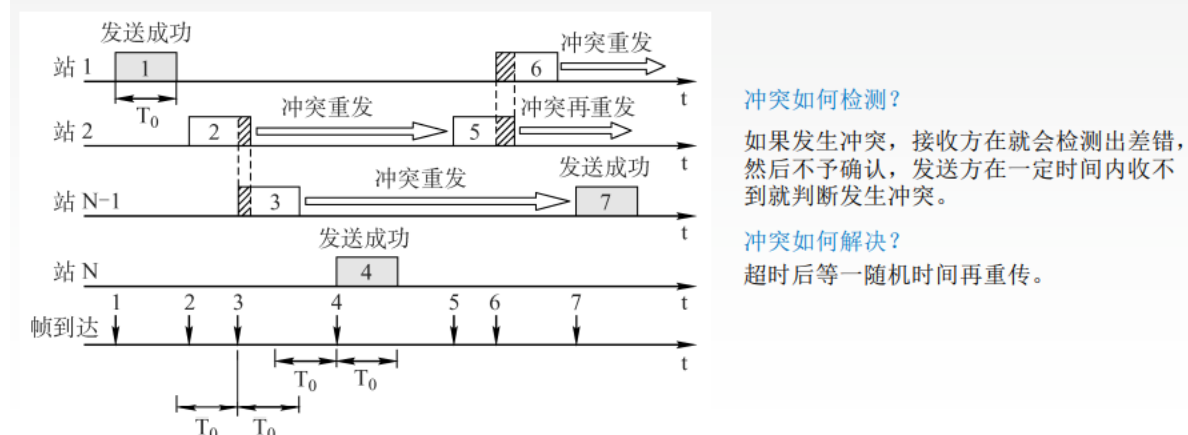


ALOHA 协议

(pure) ALOHA 纯ALOHA协议 (PA)

No channel listening, no time slot, random retransmission, thoughts sent

纯ALOHA协议思想：不监听信道，不按时间槽发送，随机重发。**想发就发**



Collision detection:

The receiver does not acknowledge the error, and the sender determines that an error occurs after a timeout

solve:

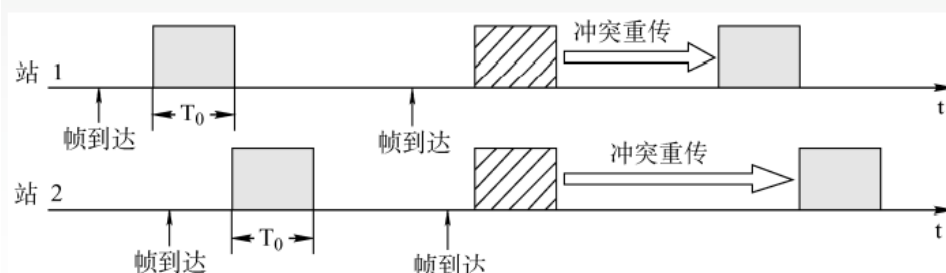
Wait a random time for retransmission after timeout

Slotted ALOHA 时隙ALOHA协议 SA

Time is divided into several same time slices. All users access network information synchronously at the beginning of the time slice. If there is a collision, they must wait until the beginning of the next time slice

时隙ALOHA协议的思想：把时间分成若干个相同的时间片，所有用户在时间片开始时刻同步接入网络信道，若发生冲突，则必须等到下一个时间片开始时刻再发送。

控制想发就发的随意性



区别和相似

similarities:

Random access media access control. All users can randomly send information, which occupies all bandwidth.

均为随机访问介质访问控制，所有用户可随机发送信息，发送信息时占全部带宽

different:

1. Pure ALOHA than time slot ALOHA throughput is lower and lower efficiency. 吞吐量，效率低
2. Pure ALOHA sent anytime when it want to send it, time slot ALOHA can send only at the beginning of the time slice. ALOHA只有在时间片段开始时才能发，控制想发就发的随意性

CSMA 载波监听多点接入 协议

CSMA/CD 碰撞检测、CSMA/CA 碰撞避免

相同点:

CSMA/CD与CSMA/CA机制都从属于CSMA的思路，其核心是**先听再说**。换言之，两个在接入信道之前都须要进行监听。当发现信道空闲后，才能进行接入。

不同点:

1. **传输介质不同:** CSMA/CD 用于总线式以太网【有线】，而CSMA/CA用于无线局域网【无线】。
2. **载波检测方式不同:** 因传输介质不同，CSMA/CD与CSMA/CA的**检测方式也不同**。CSMA/CD通过电缆中电压的变化来检测，当数据发生碰撞时，电缆中的电压就会随着发生变化；而CSMA/CA采用能量检测（ED）、载波检测（CS）和能量载波混合检测三种检测信道空闲的方式。
3. **CSMA/CD检测冲突，CSMA/CA避免冲突**，二者出现冲突后都会进行**有上限的重传**。

碰撞延迟/重传时机

1. 确定基本退避（**推迟**）时间为争用期 2τ 。
2. 定义参数 k ，它等于**重传次数**，但 k 不超过 10，即 $k = \min[\text{重传次数}, 10]$ 。当重传次数不超过 10 时， k 等于重传次数；当重传次数大于 10 时， k 就不再增大而一直等于 10。
3. 从离散的整数集合 $[0, 1, 2^k - 1]$ 中随机取出一个数 r ，重传所需要退避的时间就是 **r 倍的基本退避时间**，即 $2r\tau$ 。
4. 当重传达 **16 次** 仍不能成功时，说明网络太拥挤，认为此帧永远无法正确发出，抛弃此帧并向高层报告出错。

第一次重传， $k=1$ ， r 从 $\{0, 1\}$ 选；

重传推迟时间为 0 或 2τ ，在这两个时间中随机选一个；

若再次碰撞，则在第二次重传时， $k=2$ ， r 从 $\{0, 1, 2, 3\}$ 选；

重传推迟时间为 0 或 2τ 或 4τ 或 6τ ，在这四个时间中随机选一个；

若再次碰撞，则第三次重传时， $k=3$ ， r 从 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ 选……

若连续多次发生冲突，就表明可能有**较多的站参与争用**信道。使用此算法可使重传需要推迟的平均时间随重传次数的增大而增大，因而减小发生碰撞的概率，有利于整个系统的稳定。

令牌传递协议：循环访问介质访问控制 “Taking turns” MAC protocols

A special format MAC control frame that contains no information.

Control channel usage to ensure that only one node occupy the channel at a time.



LANs 局域网

局域网（Local Area Network）：简称LAN，是指在**某一区域内**由多台计算机互联成的计算机组，使用**广播信道**。

特点1：覆盖的地理范围较小，只在一个相对独立的局部范围内联，如一座或集中的建筑群内。

特点2：使用专门铺设的传输介质（双绞线、同轴电缆）进行联网，数据传输速率高（10Mb/s~10Gb/s）。

特点3：通信延迟时间短，误码率低，可靠性较高。

特点4：各站为平等关系，共享传输信道。

特点5：多采用分布式控制和广播式通信，能进行广播和组播。

Address Resolution Protocol (ARP)地址解析协议

由于在实际网络的链路上传送数据帧时，最终必须使用MAC地址。



ARP协议：完成主机或路由器IP地址到MAC地址的映射。解决下一跳走哪的问题

ARP协议使用过程：

检查**ARP高速缓存**，有对应表项则写入MAC帧，没有则用目的MAC地址为FF-FF-FF-FF-FF-FF的帧封装并**广播ARP请求分组**，**同一局域网中**所有主机都能收到该请求。目的主机收到请求后就会向源主机**单播一个ARP响应分组**，源主机收到后将此映射**写入ARP缓存**（10-20min更新一次）。

ARP协议4种典型情况：

- 1.主机A发给**本网络**上的主机B：用ARP找到主机B的硬件地址；
- 2.主机A发给**另一网络**上的主机B：用ARP找到本网络上一个路由器（网关）的硬件地址；
- 3.路由器发给**本网络**的主机A：用ARP找到主机A的硬件地址；
- 4.路由器发给**另一网络**的主机B：用ARP找到本网络上的一个路由器的硬件地址。

ARP协议解决下一跳走哪的问题

Ethernet 以太网

以太网提供无连接、不可靠的服务



无连接：发送方和接收方之间无“握手过程”。

不可靠：不对发送方的数据帧**编号**，接收方不向发送方进行**确认**，差错帧直接丢弃，差错纠正由高层负责。

以太网只实现无差错接收，不实现可靠传输。

Ethernet provides connectionless, unreliable services.

switches 局域网交换机

A network switch forwards data packets between devices. Switches send packets directly to devices

multiple simultaneous transmissions

网络交换机负责转发设备之间的数据包。交换机直接向设备发送多个同时传输的数据包