

## 2. 差错检测和纠正

### 2.1 错误检测

EDC = 错误检测和纠正位（冗余位）

D = 数据由差错检测保护，可以包含头部字段

错误检测不是100%可靠的

协议会漏检一些错误，但是很少

更长的EDC字段可以得到更好的检测和纠正效果

奇偶校验

单bit奇偶校验：检测单个bit级错误

只能检测奇数个错误，偶数个错误无法检验

2维奇偶校验：检测和纠正单个bit错误

无法检验队列错误 如

x x  
x x

Internet校验和

目标：

检测正在传输报文段时的错误（如，位翻转） 仅仅用在传输层。

校验和：CRC 循环冗余校验

强大的差错检测码

将数据比特D，看成二进制的数

生成多项式G：双方协商r+1位模式（r次方）

生成和检查所使用的位模式

目标：选择r位CRC附加位R，使得

$\langle D, R \rangle$ 正好被G整除（modulo 2）

模2运算：加法不进位，减法不借位，即相同位的异或运算

接收方知道G，将 $\langle D, R \rangle$ 除以G，如果非0余数：检查出错误！

能检出所有少于r+1位的突发错误

实际中广泛应用（以太网，802.11WIFI, ATM）

性能：

突发错误和突发长度

CRC检错性能描述

能够检查所有的1bit错误

能够检查出所有的双bits错误

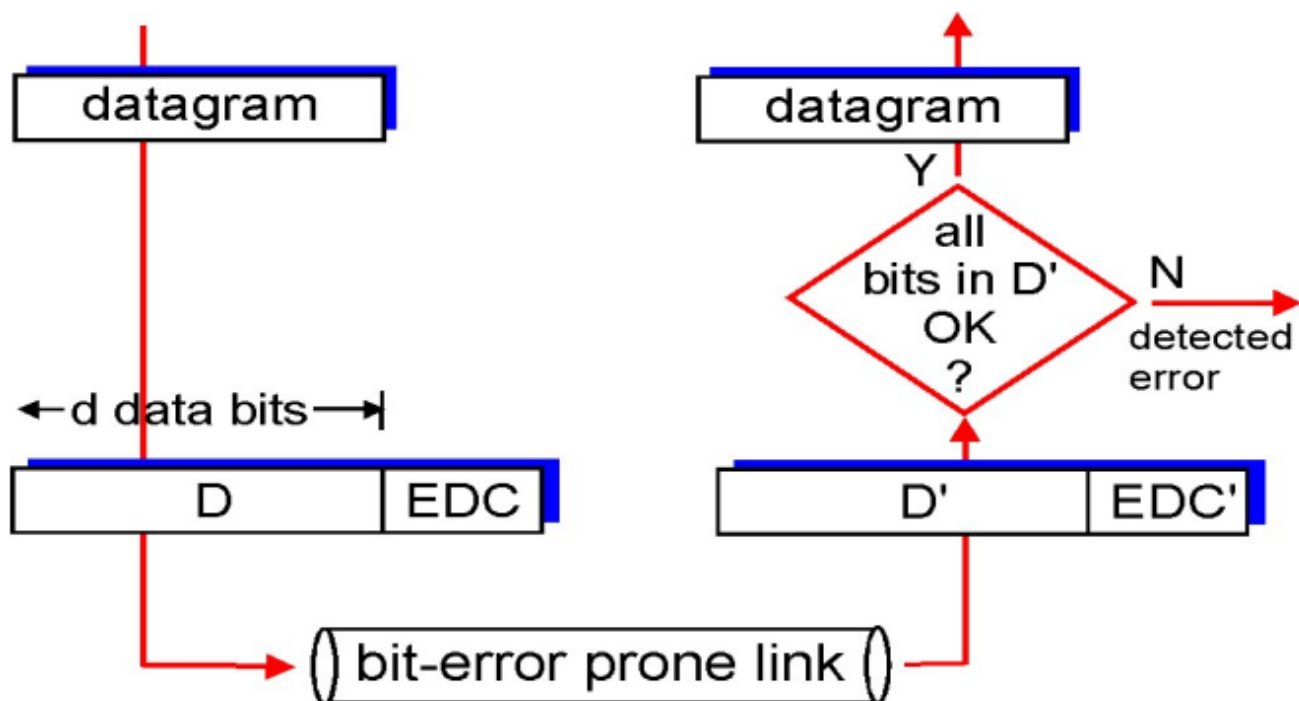
能够检查出所有长度 $\leq r$ 位的错误

出现r+1位错误检查不出的概率是

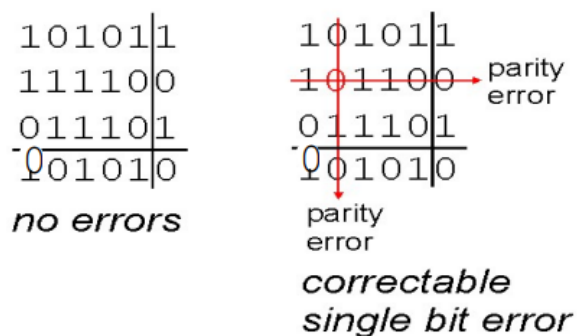
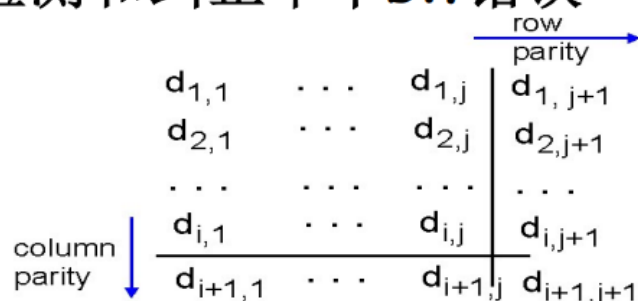
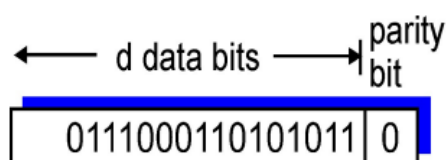
$$\frac{1}{2^{r-1}}$$

出现长度大于r+1的突发错误，检查不出的概率

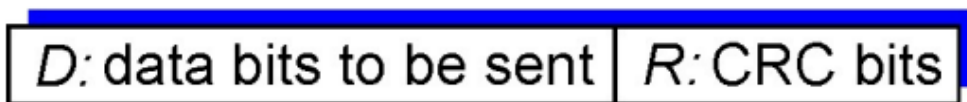
$$\frac{1}{2^r}$$



单bit奇偶校验: 检测单个bit级错误      2维奇偶校验: 检测和纠正单个bit错误



← d bits → ← r bits →



bit  
pattern

$$D \cdot 2^r \text{ XOR } R$$

mathematical  
formula

## CRC 例子

需要:

$$D \cdot 2^r \text{ XOR } R = nG$$

等价于:

$$D \cdot 2^r = nG \text{ XOR } R$$

等价于:

两边同除  $G$

得到余数  $R = ..$

$$R = \text{remainder} \left[ \frac{D \cdot 2^r}{G} \right]$$

