

第三章 数据链路层

差错处理



为什么需要差错处理？

- 任何信道，即使是光纤，也会出错。
- 怎么处理差错？
 - 首先要检查出错误
 - 处理错误的手段
 - 纠错
 - 检错



差错的类型

- 单个错误：分散在各块中
- 突发错误：集中在某个块中
- 例子：块大小： 1000 bits （100个块）， 出错率是： 每个比特 0.001（1‰）
 - 单个错误：分散在各个数据块中
 - 突发错误：集中于一个数据块，整个块都是错误
- 突发错误比单个错误更加难于处理
 - 通常利用处理单个处理的方法来应对突发错误



差错的处理

- ❑ 纠错码 ——前向纠错技术：发现错误，从错误中恢复出正确的来。
 - 因其需要太多的冗余位，纠错开销太大，在有线网络中极少使用，主要用于无线网络(Why?)中。
- ❑ 检错码：只能发现错误，不能从错误中恢复，但可采用重传)
 - 计算机网络中主要采用循环冗余码(CRC)。
- ❑ 两种不同的处理方法适用于不同的环境



海明距离 (Hamming Distance)

- 码字：包含数据位和校验位的n位单元。
- 海明距离
 - 两个码字(codeword)的海明距离：两个码字之间不同位的数目。
如：10001001 和10110001 的海明距离为3。
 - 异或的结果中，1的个数



海明距离 (Hamming Distance)

- 全部码字的海明距离

- 全部码字中任意两个码字之间海明距离的最小值。

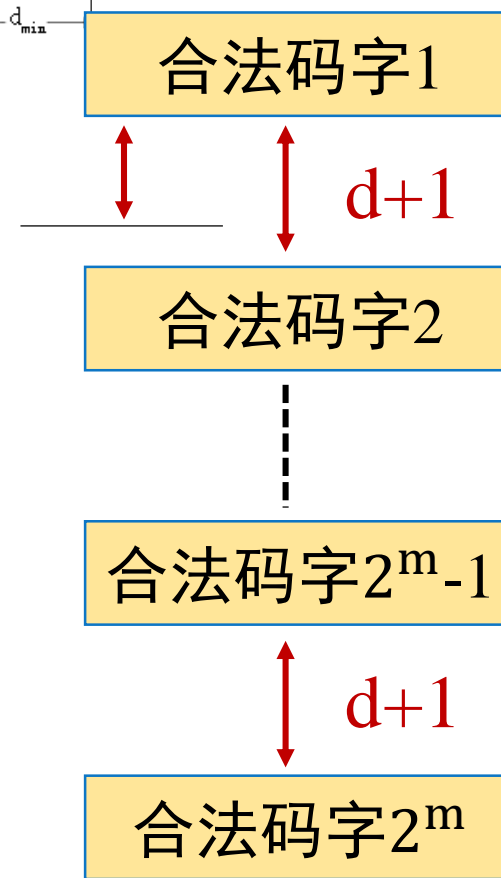
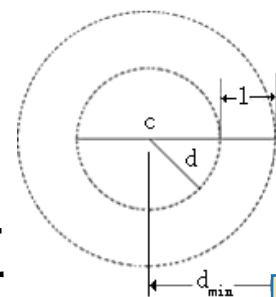
- 海明距离的意义在于：如果海明距离为 d ，则一个码字需要发生 d 个1位错误才能变成另外一个码字



海明距离与检错的关系

□ 海明距离为 $d+1$ 的编码能检测出 d 位差错。

➤ 因为在距离为 $d+1$ 的检验码中，只改变 d 位的值，不可能产生另一个合法码。如奇偶校验码，海明距离为2，能查出单个错。



系统中既有合法的码字，也有非法（错误）的码字



例：检错码（奇偶位）

- 奇偶校验码
- 一个**校验位**（Parity Bit）追加到数据后。
- 校验位的值取“0”还是“1”，取决于整个码字的总的“1”的个数。（奇数还是偶数）。
 - Data: 1011010
 - **Even:** 1011010 0 （偶校验）
 - **Odd:** 1011010 1 （奇校验）



例：检错码（奇偶位）

□ 海明距离等于 2。

- 如果1个比特发生了跳变错误，可以检测出来。
- 如果2个比特发生了跳变错误，接收方无法检测出错误，认为码字正确。

例：偶校验

□ 一个系统要传输的原始码字：

➤ 00、01、10、11

□ 编码后的偶校验码字（合法/正确）是： （海明距离2）

➤ 000、011、101、110

□ 如果接收方收到一个码字001，这是一个非法码字，所以，出错了。

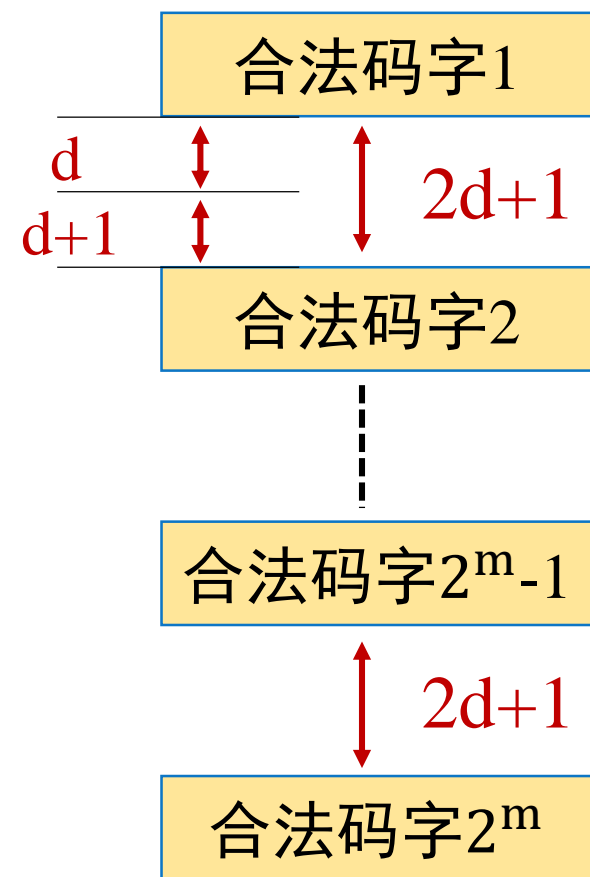
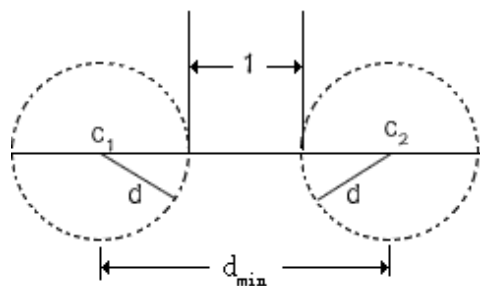
□ 如果系统收到000，这是一个合法码字，正确。不排除这是110跳变2后的错误码字。



海明距离与纠错的关系

□ 海明距离为 $2d+1$ 的编码，能纠正 d 位差错。

➤ 因为此时，如果一个码字有 d 位发生差错，它仍然距离原来的码字距离最近，可以直接恢复为该码。





例：纠错码

- 一个系统有4个合法码字：
- 0000000000, 0000011111, 1111100000 和 1111111111
- 海明距离是 $5=2*2+1$ ，所以可纠正2位错误
- 发送： 0000011111 □ 发送： 0000000000
- 接收： 0000000111 □ 接收： 0000000111
- 收方纠正后： 0000011111 □ 收方纠正后： 0000011111



发生3个错，无法纠正！



注意

- 随着海明距离的增加，纠错的能力也增加；即海明距离越大，纠错能力越强。
- 海明距离为3，可以纠正1个错误；而海明距离为5，才可以纠正2个错误。
- 当一个系统中的海明距离增加的时候，合法码字就减少了；即传输效率降低

检错： $d+1$
纠错： $2d+1$

矛盾！



小结

- 不存在完美信道，传输总会出错。
- 错误分成单个错误和突发错误两类。
- 处理错误的两类手段，适用于不同的传输环境。
 - 检错
 - 纠错
- 海明距离量度了两个码字之间的不同位数。
- 海明距离决定了能够纠错或检错的位数。

思考题

- 什么是码字？
- 什么是两个码字的海明距离？什么是全部码字的海明距离？
- 差错的类型有哪两种？
- 海明距离跟检错有什么关系？
- 海明距离跟纠错有什么关系？

谢谢观看

致谢

本课程课件中的部分素材来自于：（1）清华大学出版社出版的翻译教材《计算机网络》（原著作者：Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall）；（2）思科网络技术学院教程；（3）网络上搜到的其他资料。在此，对清华大学出版社、思科网络技术学院、人民邮电出版社、以及其它提供本课程引用资料的个人表示衷心的感谢！

对于本课程引用的素材，仅用于课程学习，如有任何问题，请与我们联系！