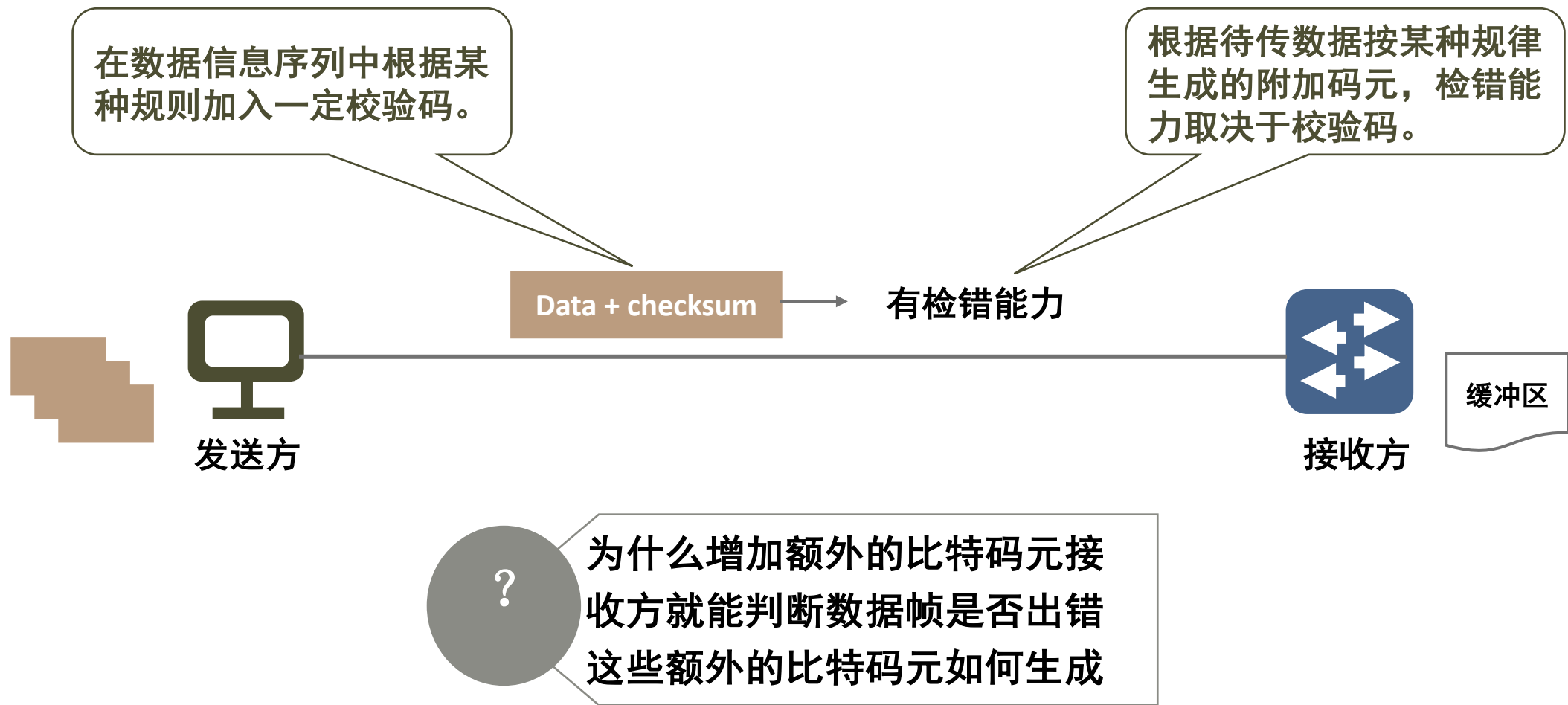


差错检测原理



自动重发检错 (ARQ) 基础



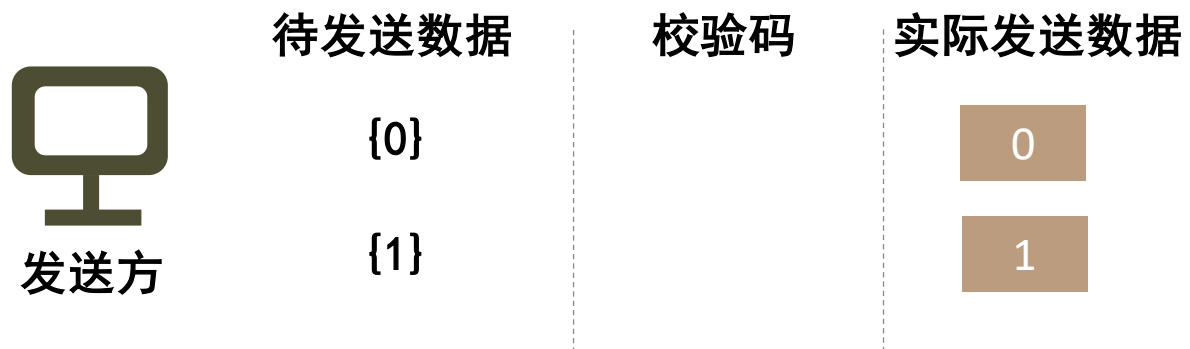
检错纠错原理(上)

假设：待传送的数据信息为“0”和“1”

- A为发“0”时的实际发送的码组
- B为发“1”时的实际发送的码组

- 码组：由n个码元(0,1)构成的每一组合
- 信息码：代表报文的0和1
- 校验码：插入的“0”和“1”

❶ 如果：不加任何校验码



A: 0 B: 1

- 既没有检错也纠错能力

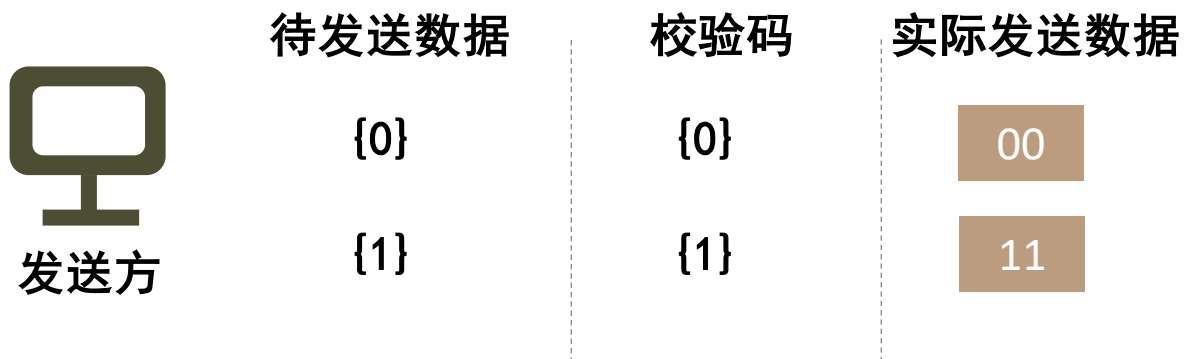


检错纠错原理(中)

② 如果：加入1个校验码

- 信息码： $\{0, 1\}$
- 校验码： $\{0, 1\}$
- 准用码组： $\{00, 11\}$
- 禁用码组： $\{01, 10\}$

当传输00, 11时，如果发生一位错码，则变成“01”或“10”，接收端的译码器将判决有错。



A: 00 B: 11

- 具有了检出一位错码的能力
- 没有纠错能力



检错纠错原理 (下)

③ 如果：加入2个校验码

- 信息码：代表信息的0和1;
- 校验码：插入的“00”和“11”;
- 准用码组 = {000, 111}
- 禁用码组 = {001, 010, 100, 011, 101, 110}

- 当传输“000”，“111”时，如果发生两位错或一位错，结果都 \in 禁用码组，译码器将判决有错
- 如果只有一位错码，结果变成{001, 010, 100}或{110, 101, 011}，译码器可判决是哪位出错并加以纠正



发送方

待发送数据

{0}

{1}

校验码

{00}

{11}

实际发送数据

000

111

A: 000 B: 111

- 具有检出两位及两位以下错码的能力
- 具有纠正一位错码的能力



北京大学

汉明距离

码距：两个码组对应码位码元不同的个数。

- 码组1 = (000)与(010) 的码距为1
- 码组2 = (000)与(111) 的码距为3

汉明距离：一个码组集合中任意两个码组间的最小码距。

- 码组3 = {000 , 010 , 011 , 100 , 101 , 110 , 111}的汉明距离为1
- 码组4 = {000 , 111}的汉明距离为3

一般来说，校验码引入越多，检错纠错能力越强，但信道的传输效率下降也越快。



差错检测的编码关系式

假设 编码集合的汉明距离是 d , e 和 t 均表示错码个数

检验目的\编码关系	要求编码集合汉明距离
检出 e 个错码	$d \geq e + 1$
纠正 t 个错码	$d \geq 2t + 1$
检出 t 个错码, 并纠正 t 个错码	$d \geq e + t + 1 \quad (e > t)$



纠错编码示例

示例1 给定某个至多出现2位错的传输信道，如果要具备检出2个错码，同时能纠正1个错码的能力。试问编码所用的码集汉明距离应该为多少？

$$e = 2, t = 1, \text{ 则 } d \geq e + t + 1 = 4$$

A : 0000 B : 1111

准用码组 : {0000, 1111}

汉明距离 $d = 4$

能检2个错码，同时能纠1个错码

- 如果接收方收到的码组落在下列集合中
{0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100}

肯定能检2位错

- 如果接收方收到的码组落在下列集合中
{0001, 0010, 0100, 1000, 1110, 1011, 1101, 0111}

肯定能纠1位错



纠错编码示例

示例2 给定某个至多出现2位错的传输信道，如果A编码为000，B编码为111。试问这种编码方法的检错能力和纠错能力分别为多少？

准用码组为{000, 111}，汉明距离 $d = 3$

根据 $d \geq e + 1$ ，解得 $e = 2$ ，能检出2个错码

根据 $d \geq 2t + 1$ ，解得 $t = 1$ ，能纠正1个错码

d 不满足 $\geq e + t + 1 = 4$

\therefore 不能同时既检出2个错码又能纠正1个错码



纠错编码的效率

编码效率：指一个码组中信息所占的比重，用R表示(这是衡量编码性能的一个重要参数)。

$$R = \frac{k}{n} = \frac{k}{k+r}$$

- k为信息码长度
- r为校验码长度
- n为编码后码组总长

示例1的编码效率=1/3

- 检出2位错，或纠正1位错

示例2的编码效率=1/4

- 检出2位错同时纠正1位错

特点

- 编码效率↑，R↑，但r↓；
- 检错纠错能力↑，r↑，但R↓

