

可能是全宇宙最通俗易懂的通信课

信道编码

Channel coding

@捻叶成剑

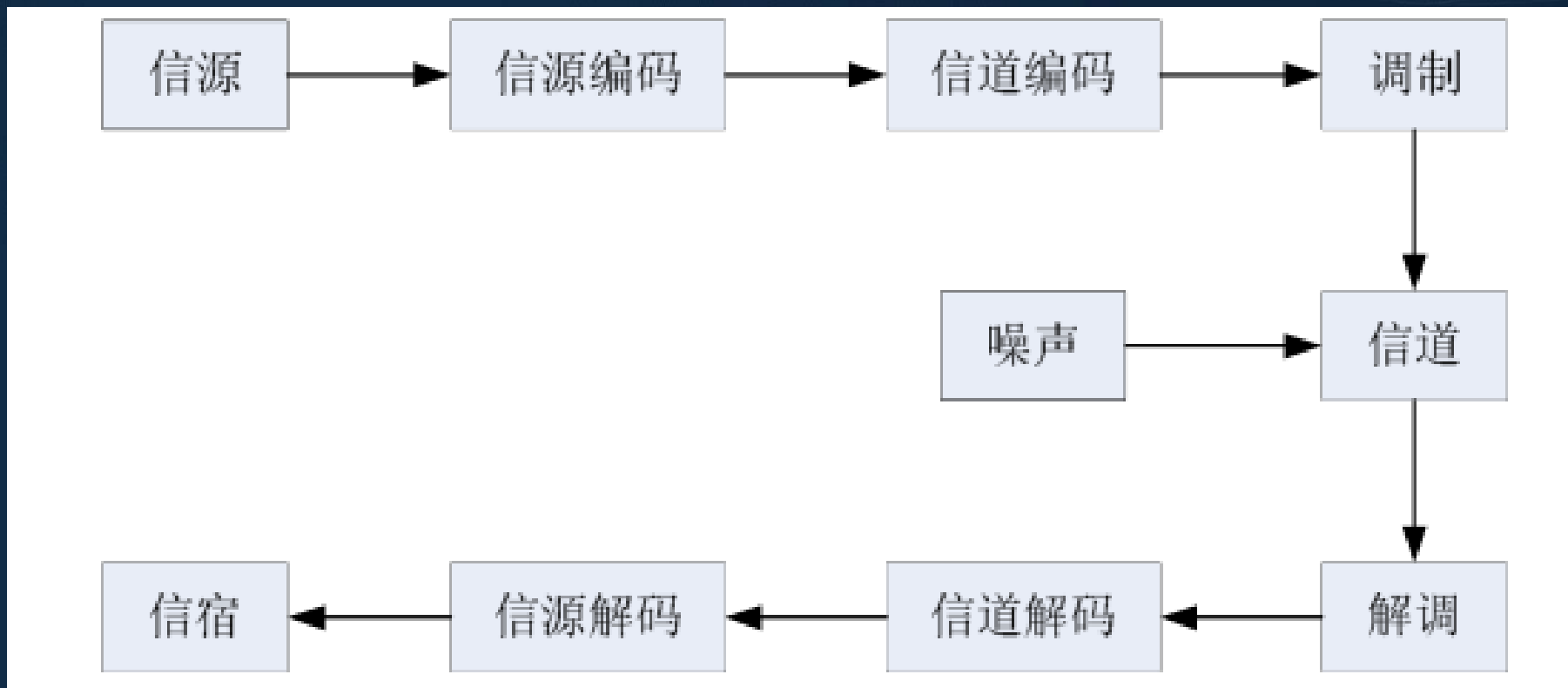
极简版数字通信模型

数字通信，就是把一切声音，图像，文字，都变成0,1这种二进制代码

这种转换过来的数据，我们可以称之为原始数据bit

那么，这种原始的bit，是否可以直接调制，转换成电磁波发送出去呢？

答案是**不可以**，因为电磁波传输过程中，一定会存在**干扰和噪声**，从而产生差错



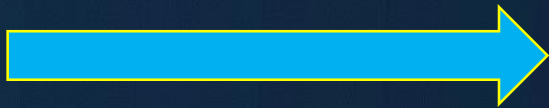
什么是信道编码？

假设，我们把“你好”这两个字转换成0.1代码，比如用00和01分别代表你和好

你 → 00 你 00 $\xrightarrow{\text{干扰}}$ 01 好
好 → 01

我们为了抗干扰，就需要增加一个步骤，来让我们的数据具备“一定程度上”的纠正干扰产生的差错的能力，这个步骤就叫信道编码

信道编码的基本逻辑—冗余数据



奇偶校验码

原始数据 100101100

- 奇校验：100101100**1** 校验位为1，让1的总数变成**奇数5**
- 偶校验：100101100**0** 校验位为0，让1的总数保持为**偶数4**

增加的1bit位，为**校验位**，也就是**冗余bit**

假设使用奇校验：100101100**1**

传输过程中，错1位：10**1**101100**1** 可以发现**错误**

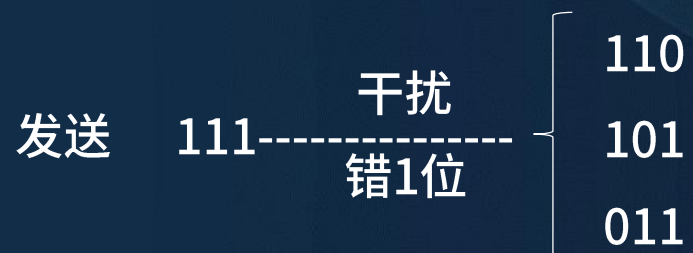
传输过程中，错2位：**00****1**101100**1** 发现不了**错误**

奇偶校验码只具备**检错**的能力，而不具备**纠错**能力

重复码

原始信息1或者0

编码
1---111
0---000



编码率

$$R = K/N$$

K: 有用bit数

N: 编码后的bit数

以前面的码为例，原始数据 100101100 共9bit

奇校验: 100101100**1** 共10bit

编码率 $R=9/10=0.9$

重复码 1/3

1/3编码，表示3个编码后的比特中，包含1个有效比特；

1/4编码，表示4个编码后的比特中，包含1个有效比特；

编码率越低，包含的冗余信息越多，纠错的能力越强，抗干扰的能力越强，传输的有效数据越小

4G和5G的信道编码

4G

卷积码
turbo码

5G

polar
ldpc

卷积码

卷积码一般使用 (n, K, N) 表示卷积编码器

K表示：输入的K个bit（需要编码的原始bit数）

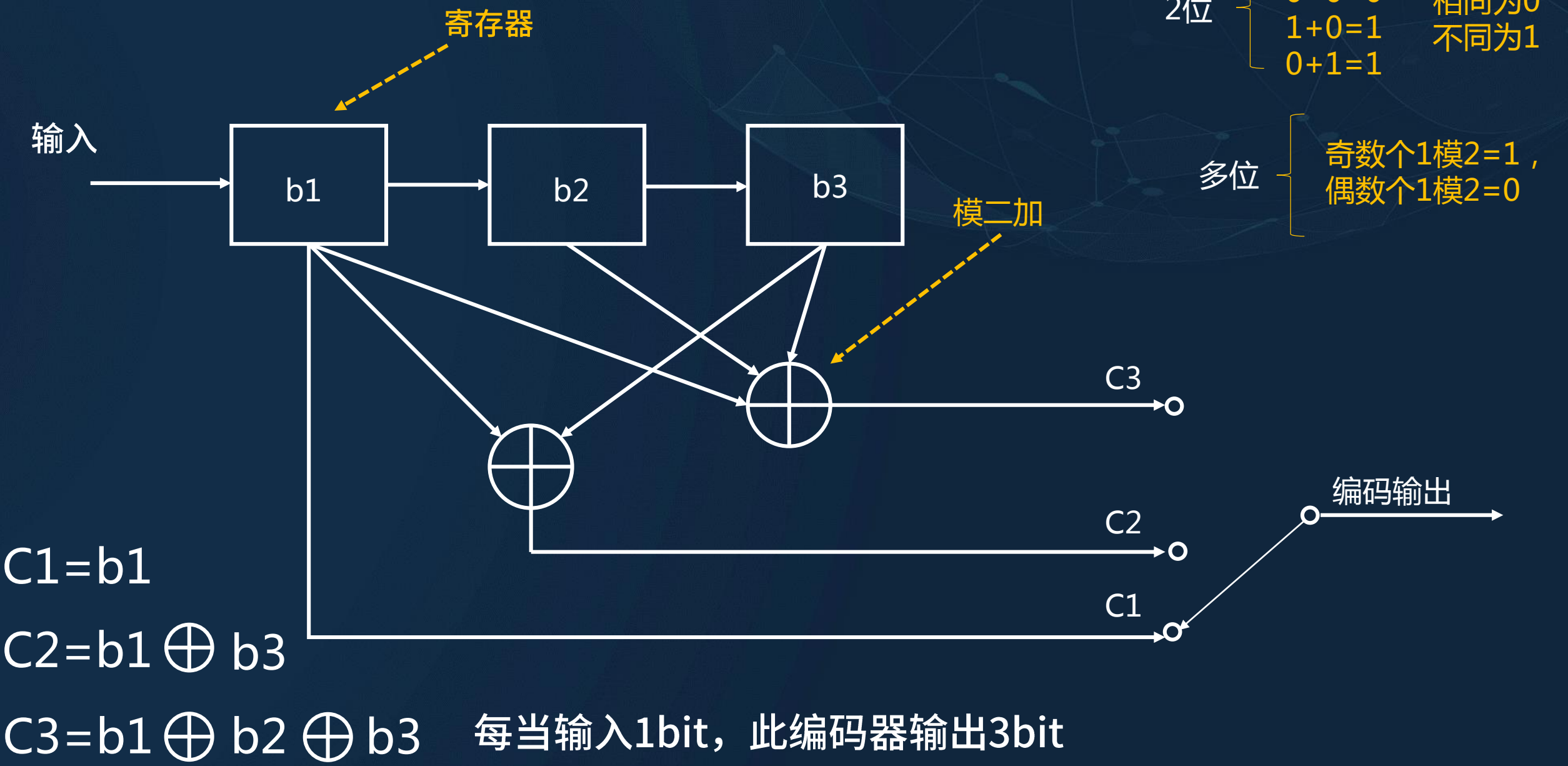
n表示：输出的n个bit（编码后的bit数）

编码率 $R=k/n$

N:编码约束度（实际上就是寄存器的个数）

卷积码将K个信息码元编为n个码元时，这n个码元不仅与当前的K个信息有关，也与前面的N-1段信息有关

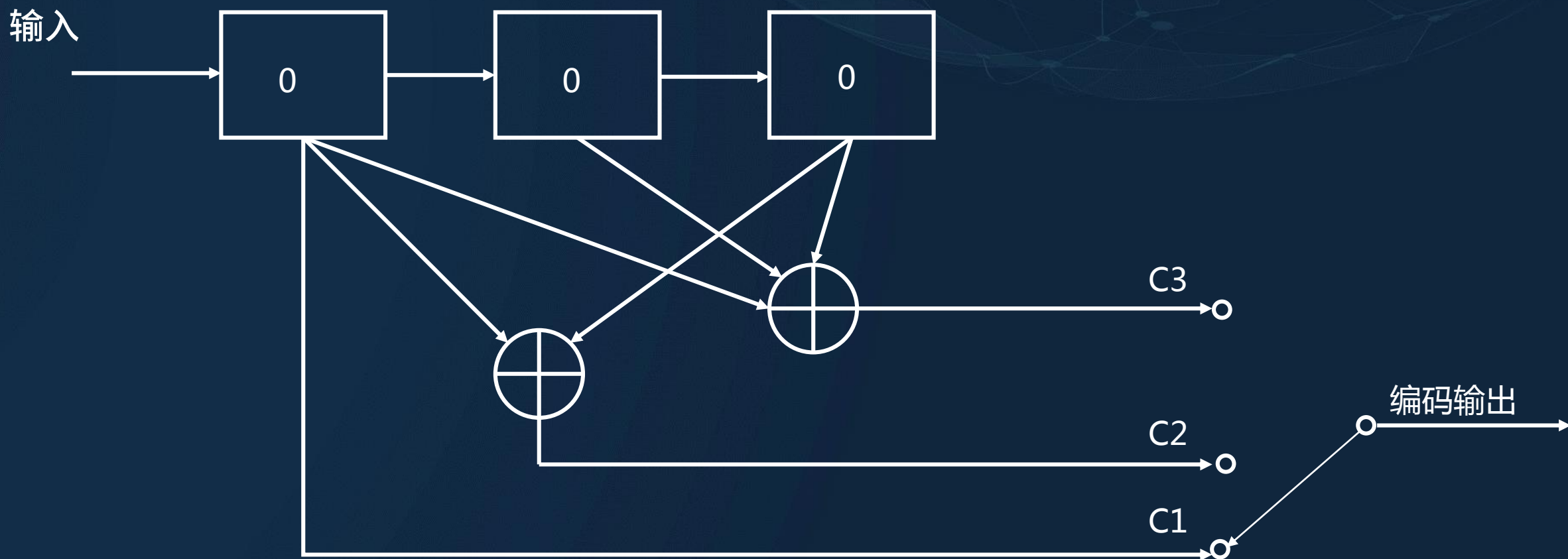
例子 (3,1,3) 卷积码编码器



举个例子

假设输入序列是：1011

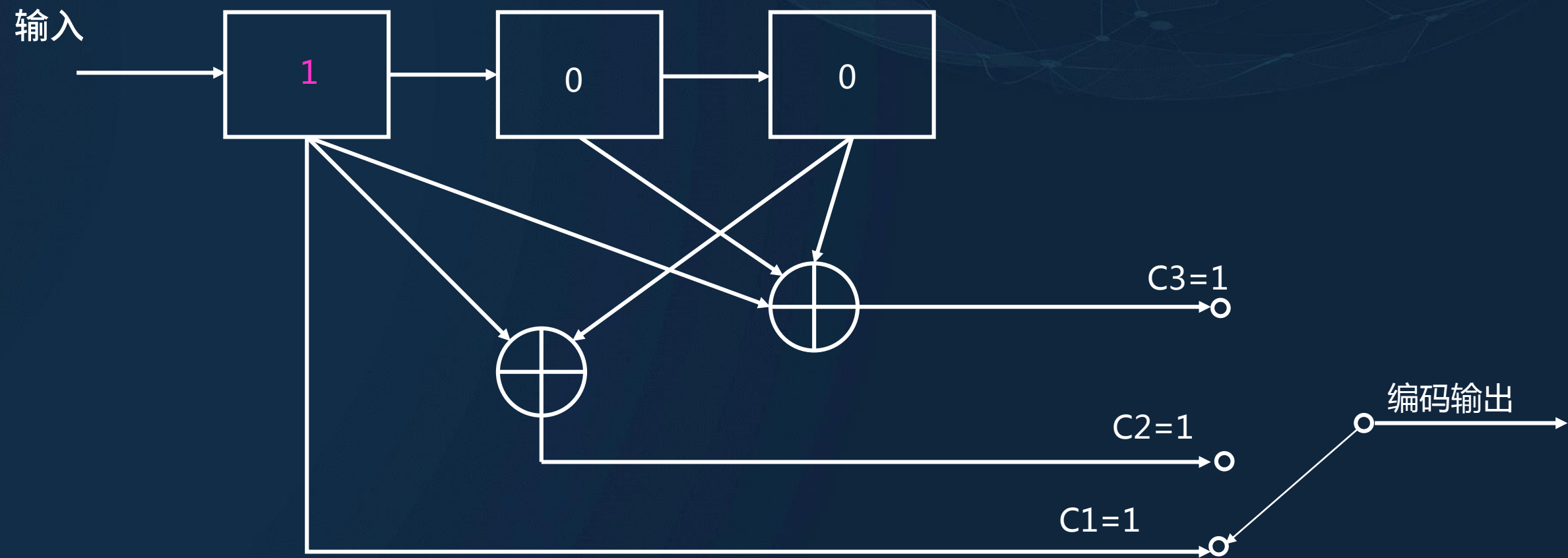
编码前，先将移位寄存器清零



假设输入序列是：1011

输入第1个bit

1---111

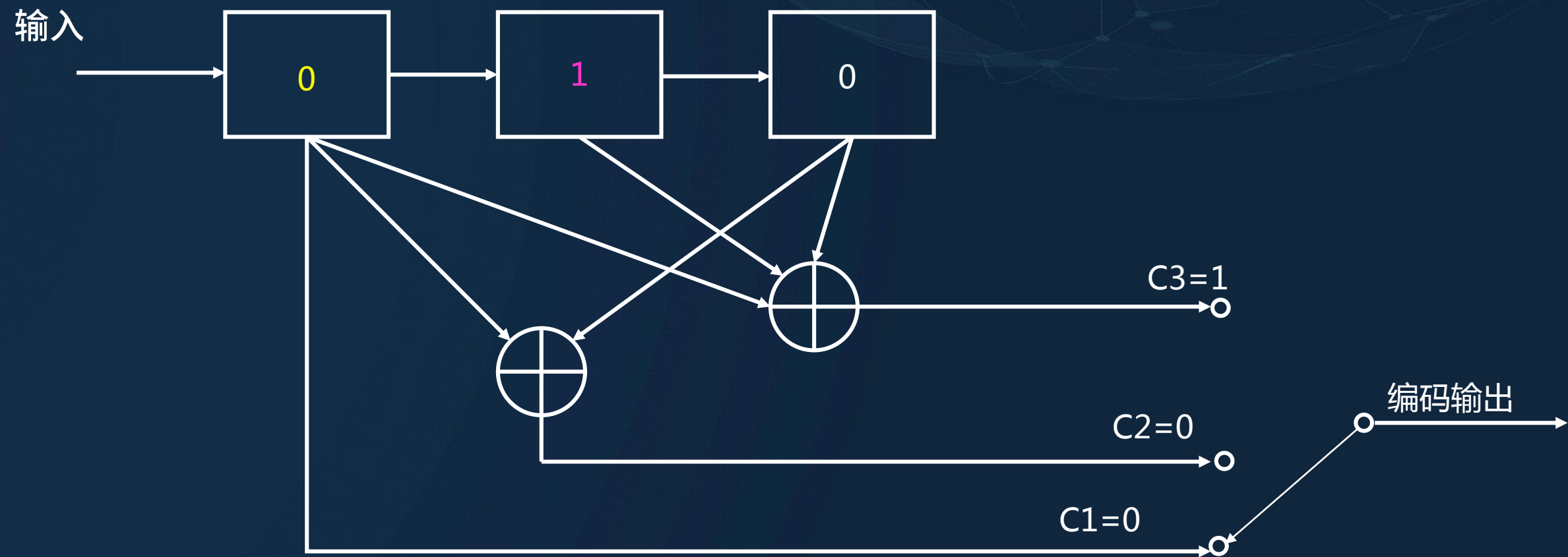


假设输入序列是：1011

输入第2个bit

1----111

0----001



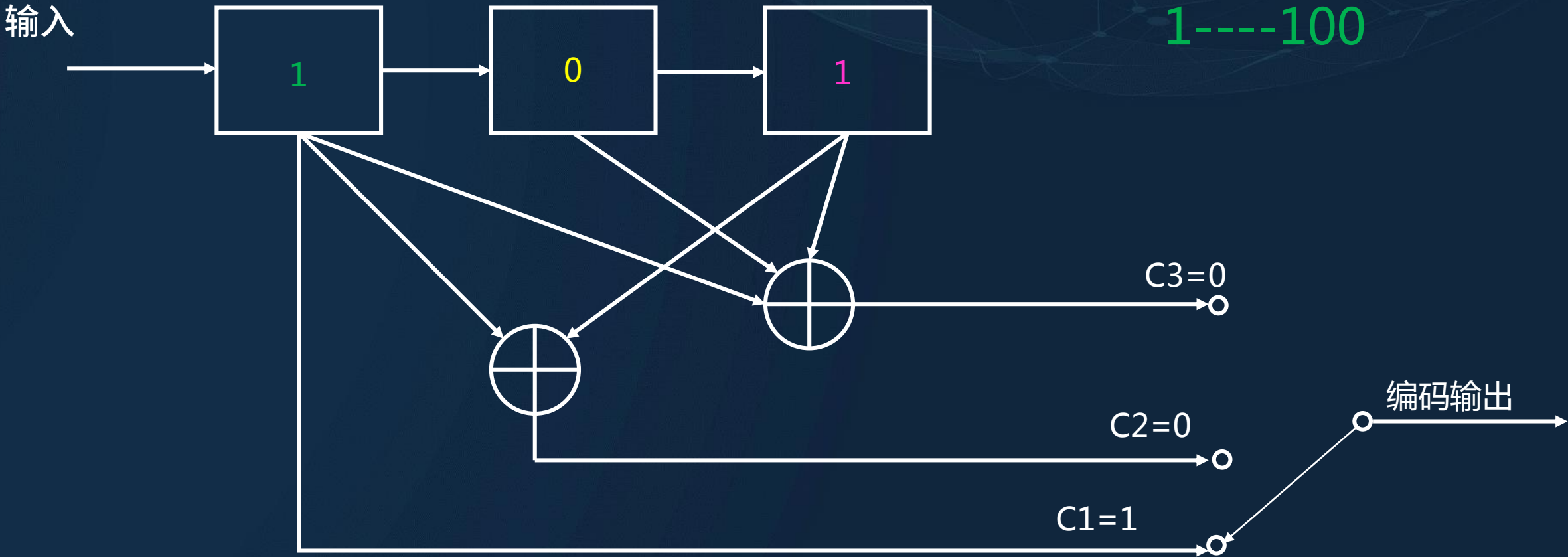
假设输入序列是：1011

输入第3个bit

1----111

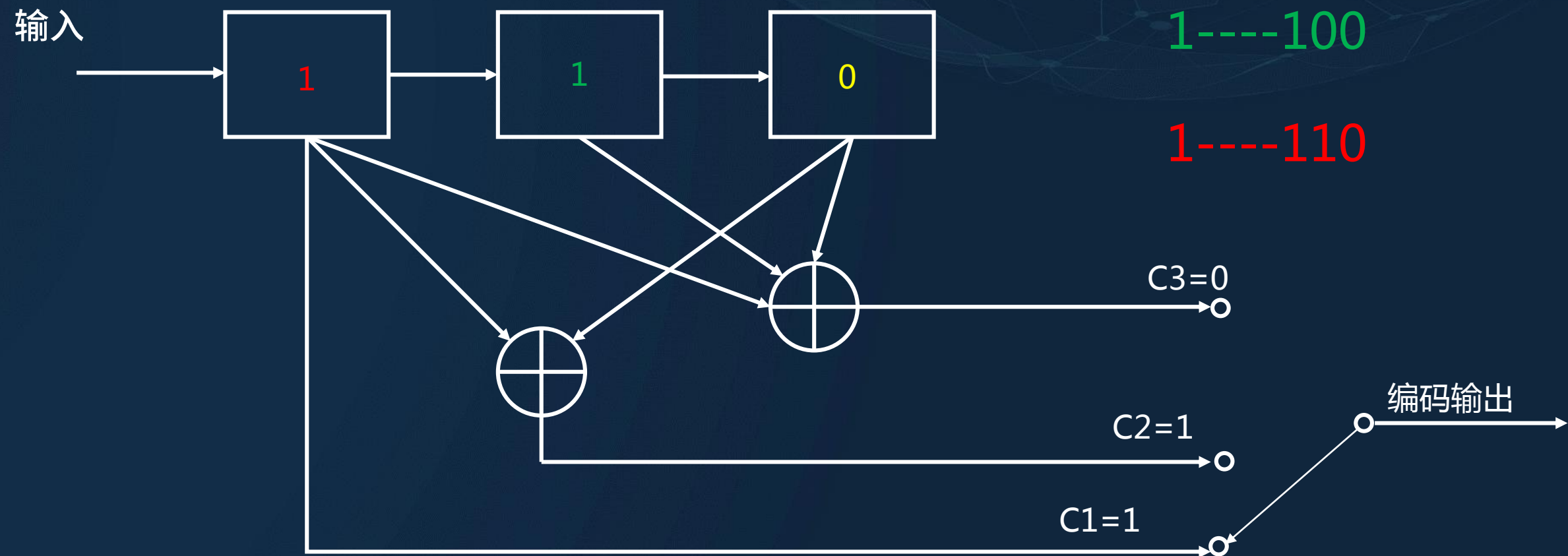
0----001

1----100



假设输入序列是：1011

输入第4个bit



最终，我们的例子 (3,1,3) 卷积码编码器，

将输入序列1011

变成了111001100110这个序列，完成编码

1----111

0----001

1----100

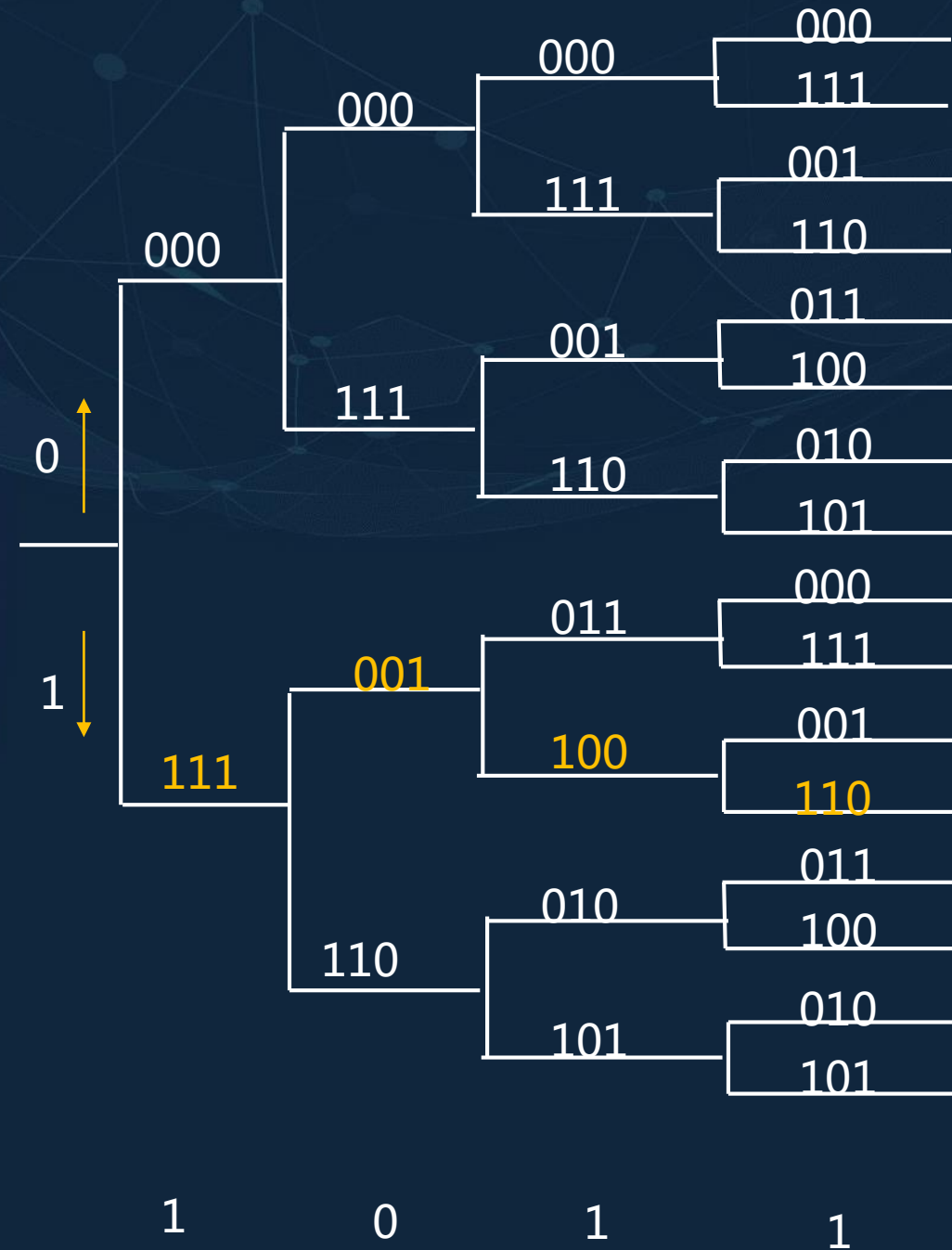
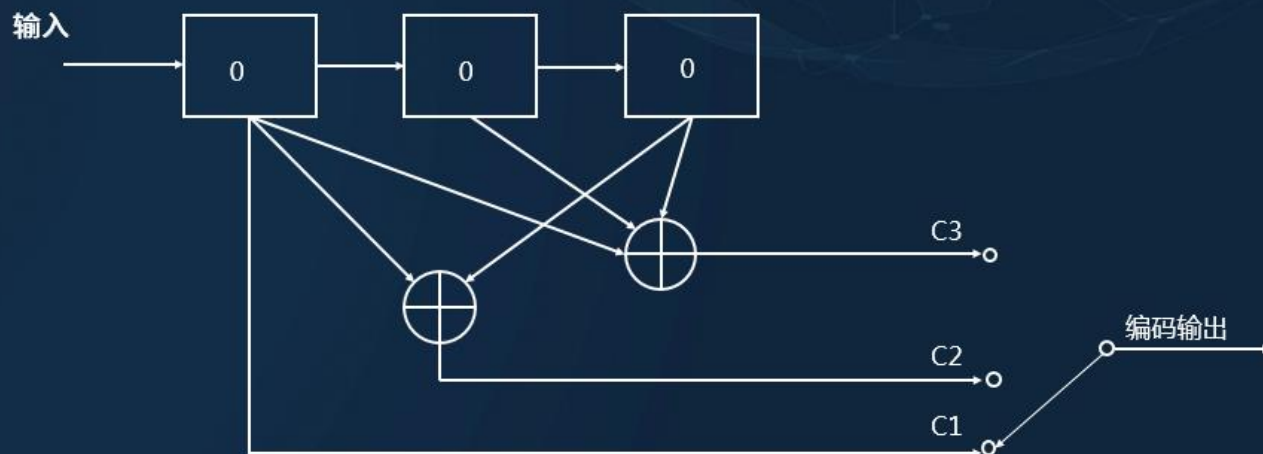
1----110

除了框图之外，获取编码结果，还可以使用其他方法：

- 图解法：树状图，状态图，网格图
- 解析法：矩阵，生成多项式

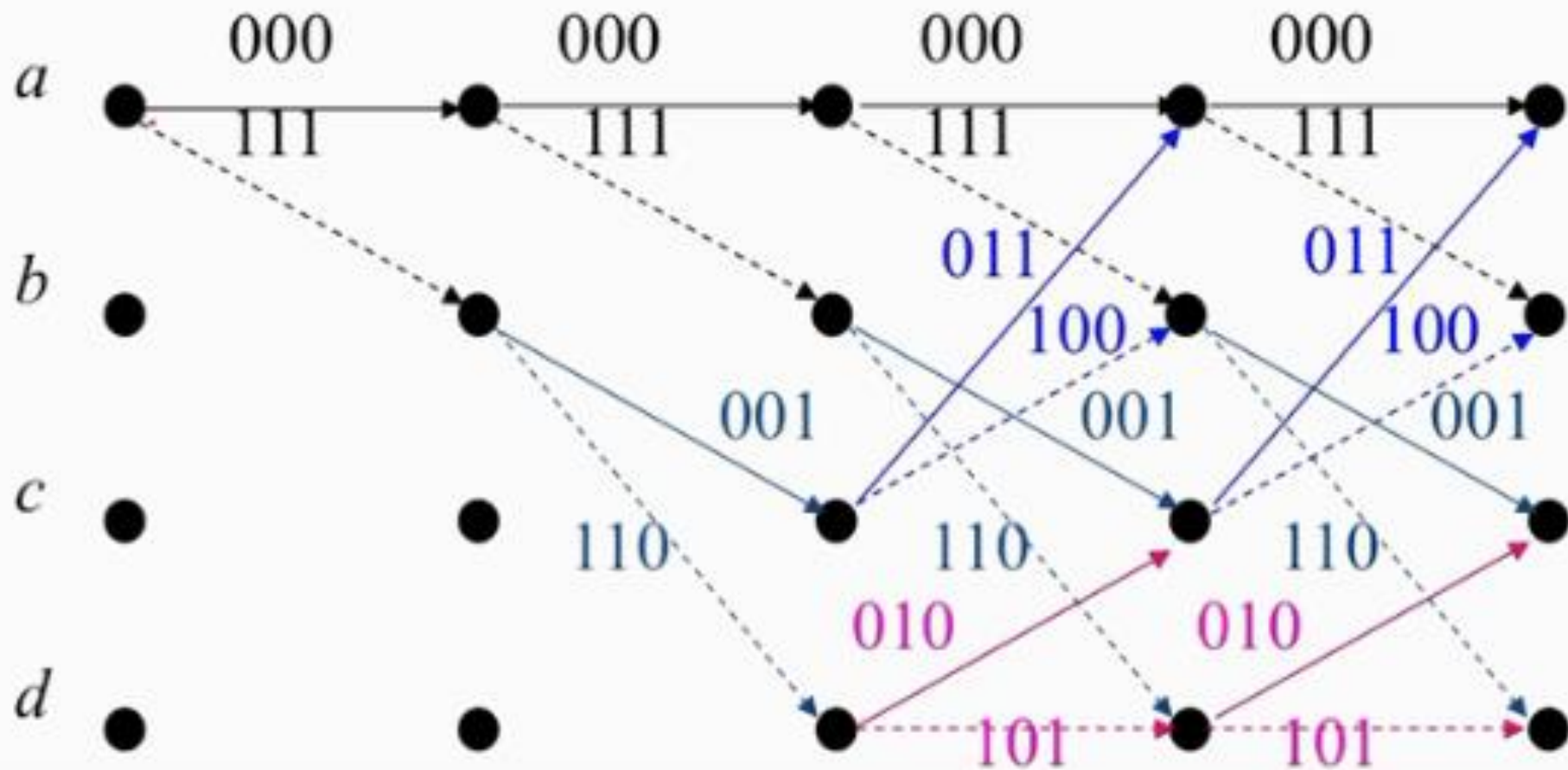
树状图

先列出所有可能性，然后就可以快速得到编码结果



网格图

相当于简化版树状图，0用实线，1用虚线



维特比译码 (Viterbi) --- 概率译码

维特比译码是根据接收序列，在网格图上找出一条与接收序列汉明距离最小的一种算法。

汉明距离Hamming: 两个码组对应码位上具有不同二进制码元的位数，为两码组的距离，简称**码距**

举个例子:

码1 000

码2 101 这两个码的码距为2

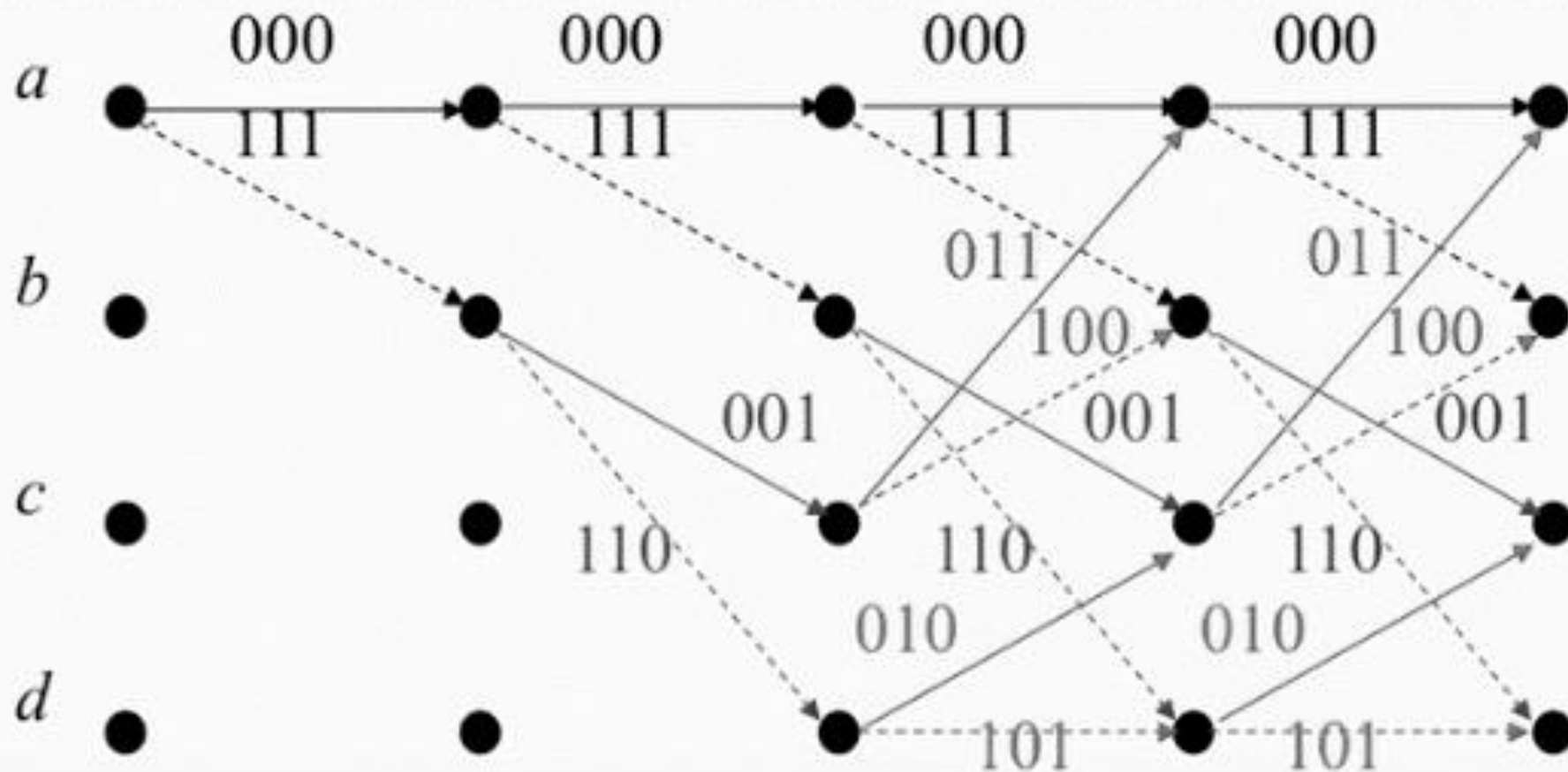
维特比译码 (Viterbi) 举例

假设发送信息位是1101

编码后发送的序列为 111 110 010 100

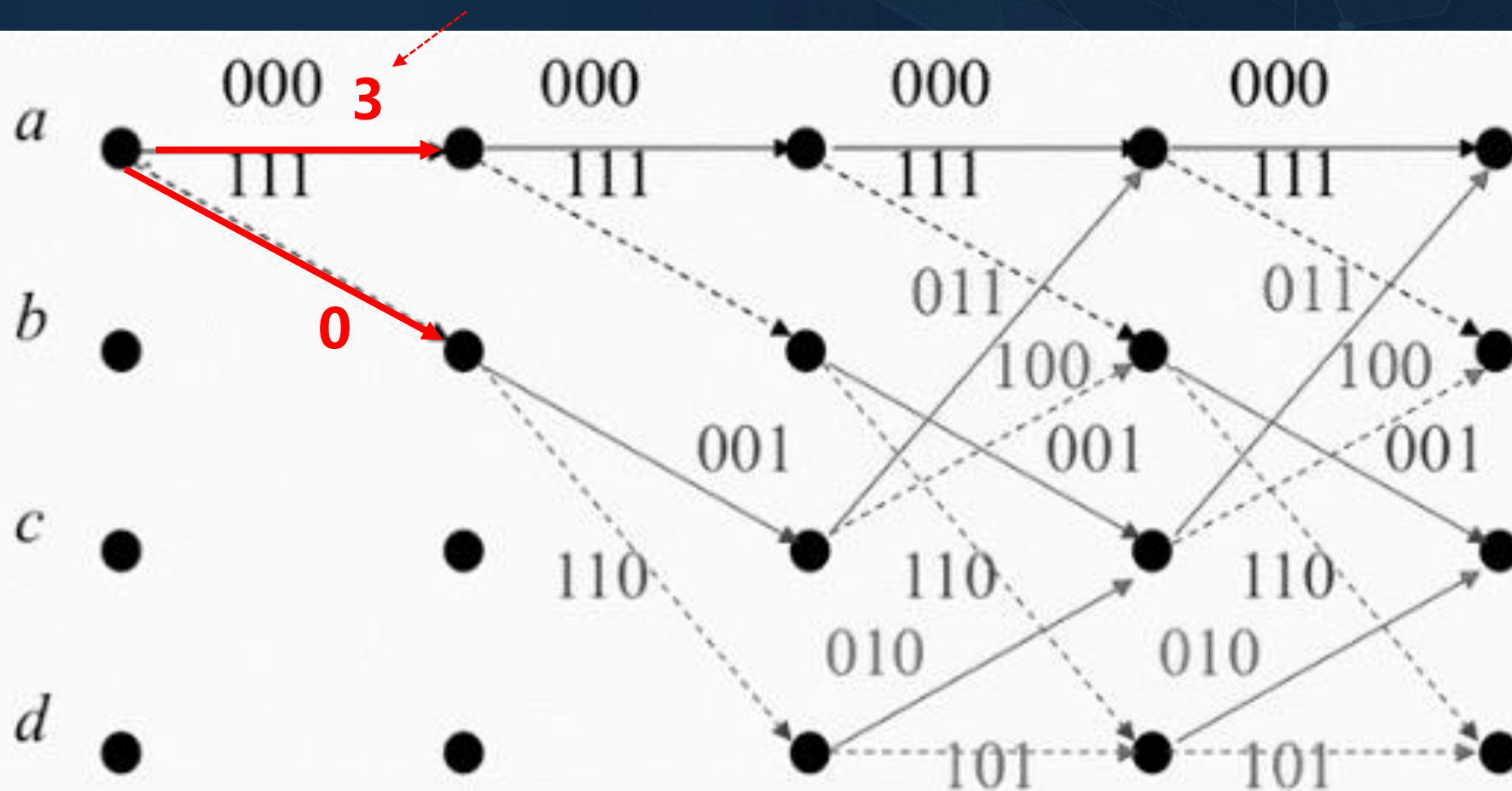
接收序列: 111 010 010 110

每一种序列，都是网格图上的一条路径



111 010 010 110

汉明距离



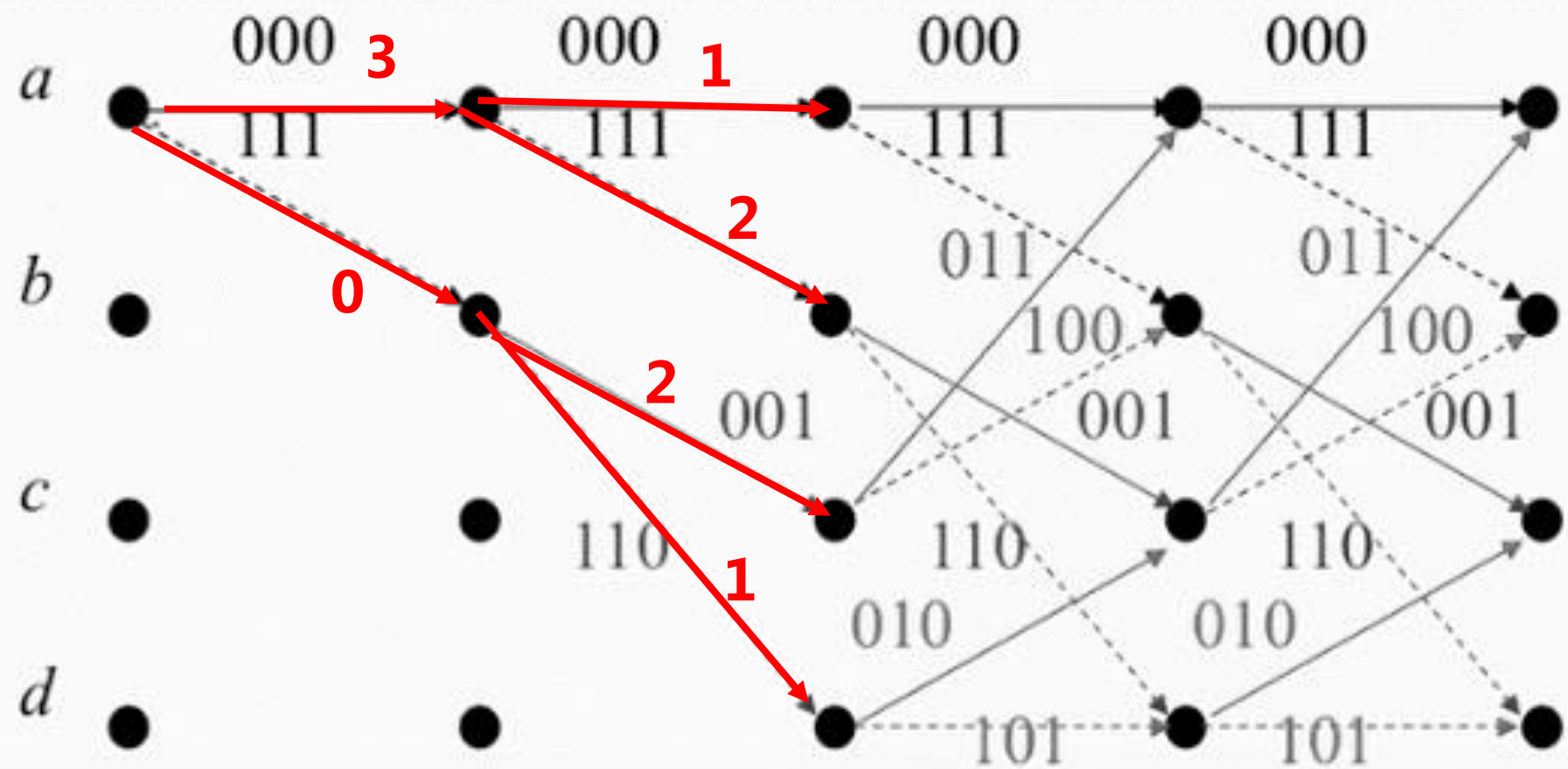
接收序列:

111 010 010 110

累积
汉明距离

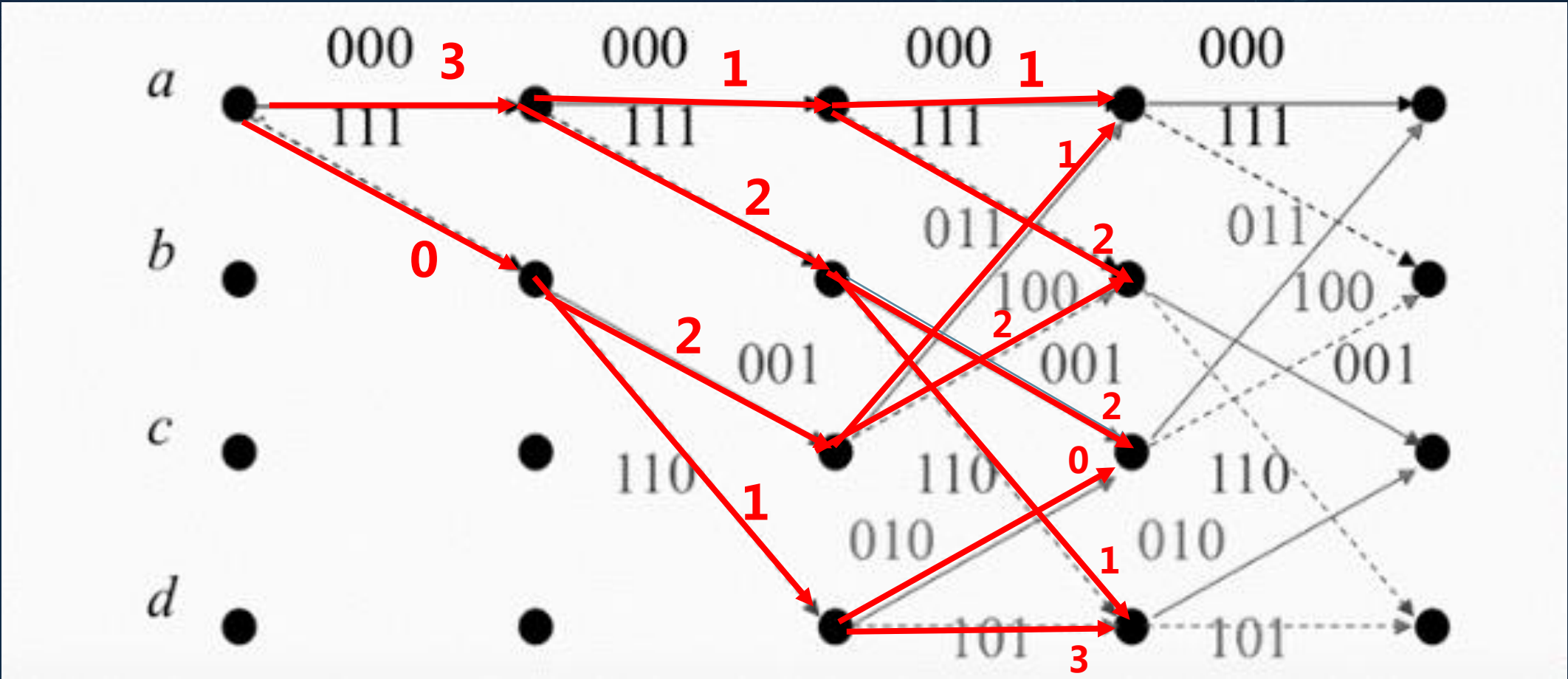
3+1=	4
3+2=	5
0+2=	2
0+1=	1

第二步:



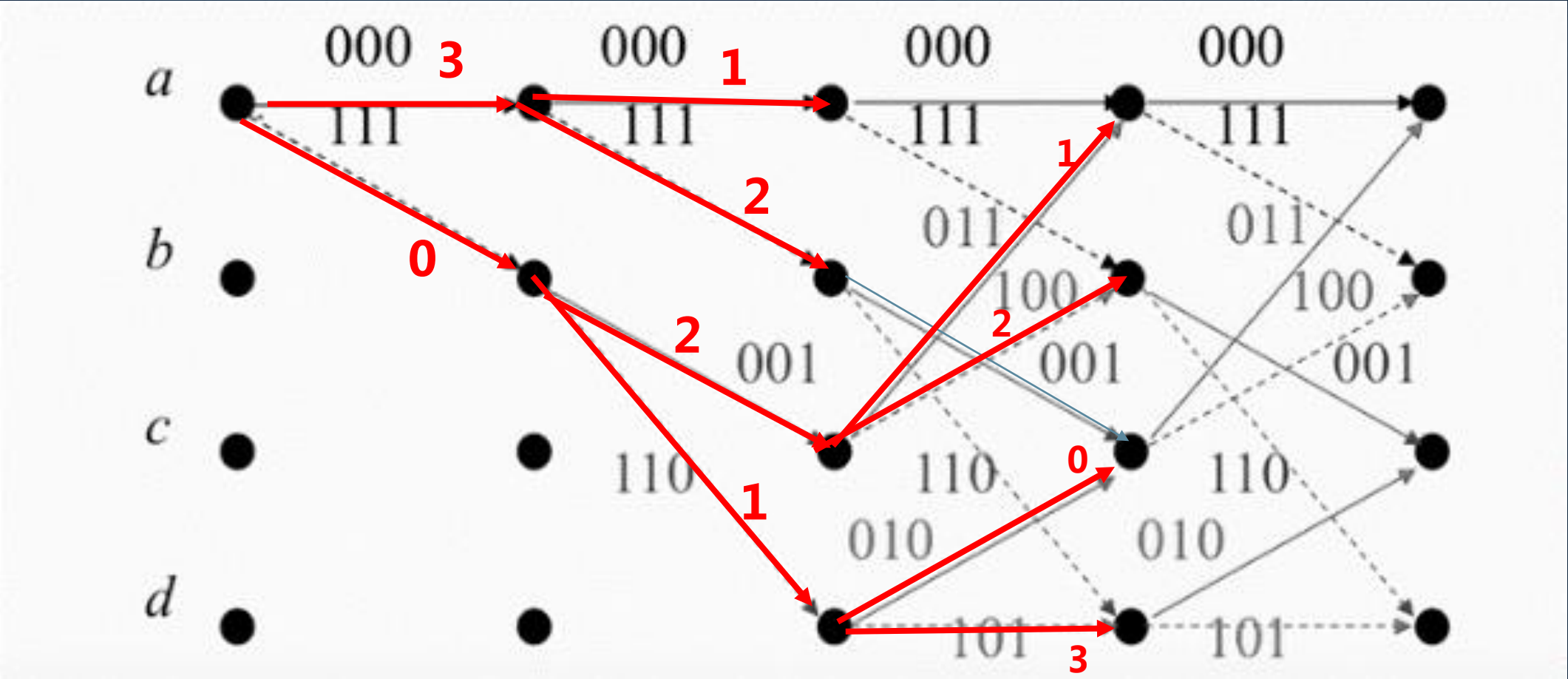
接收序列: 111 010 010 110

第三步:



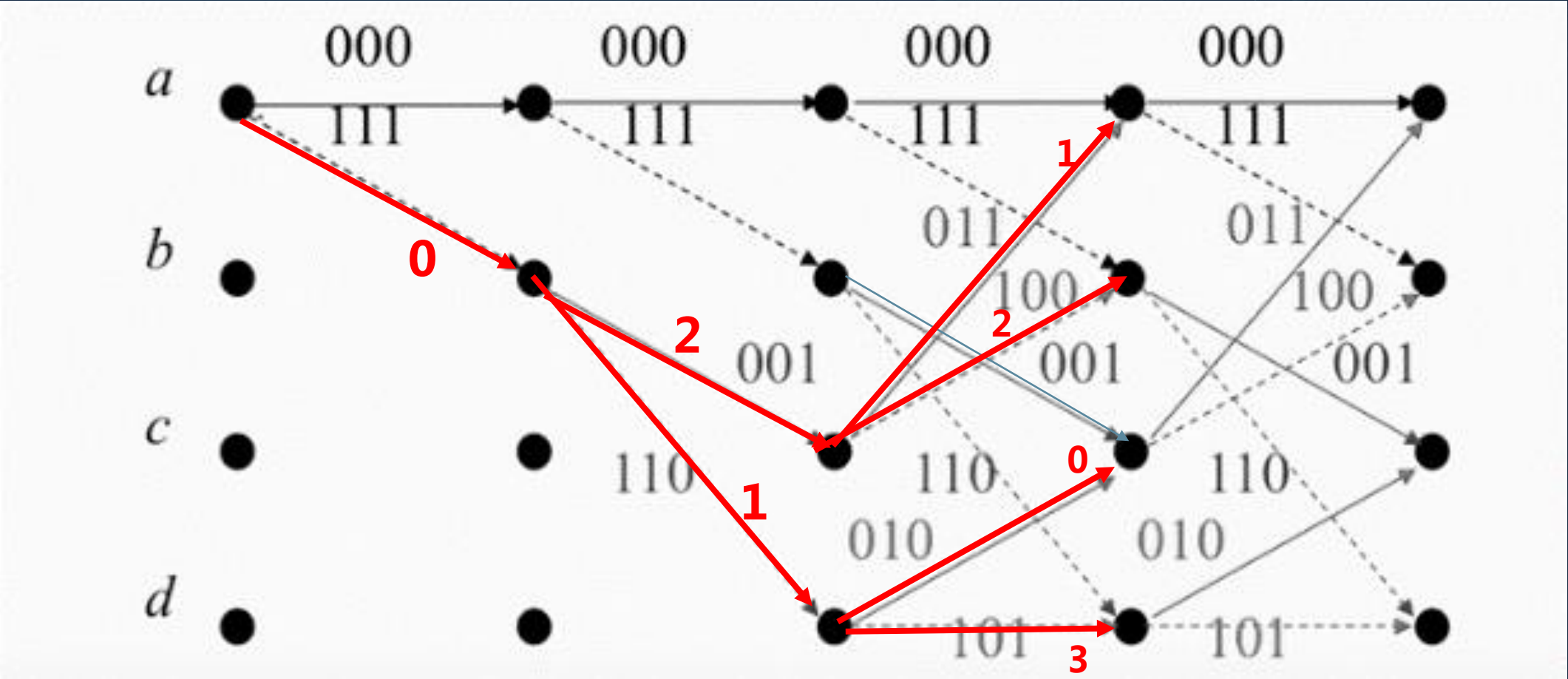
接收序列: 111 010 010 110

第三步: 保留最短路径



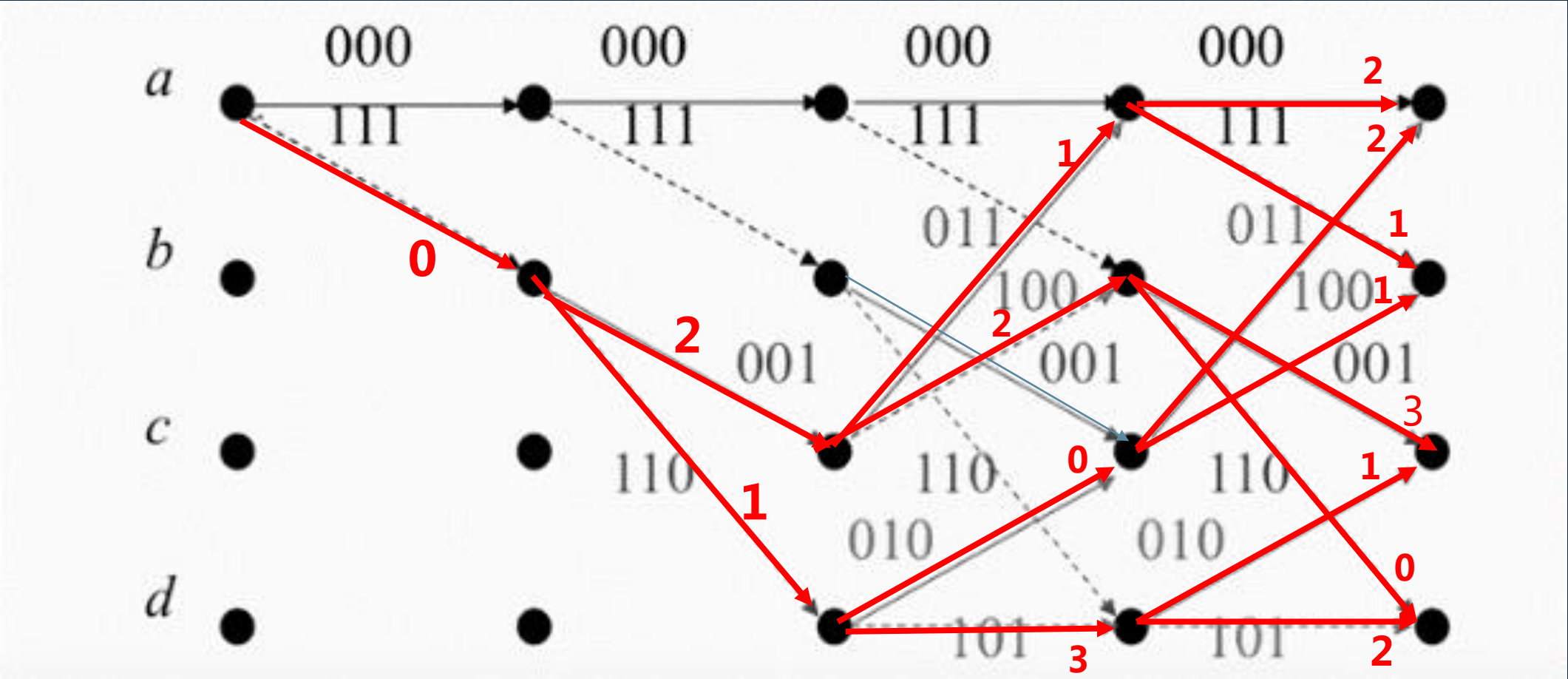
接收序列: 111 010 010 110

第三步: 保留最短路径



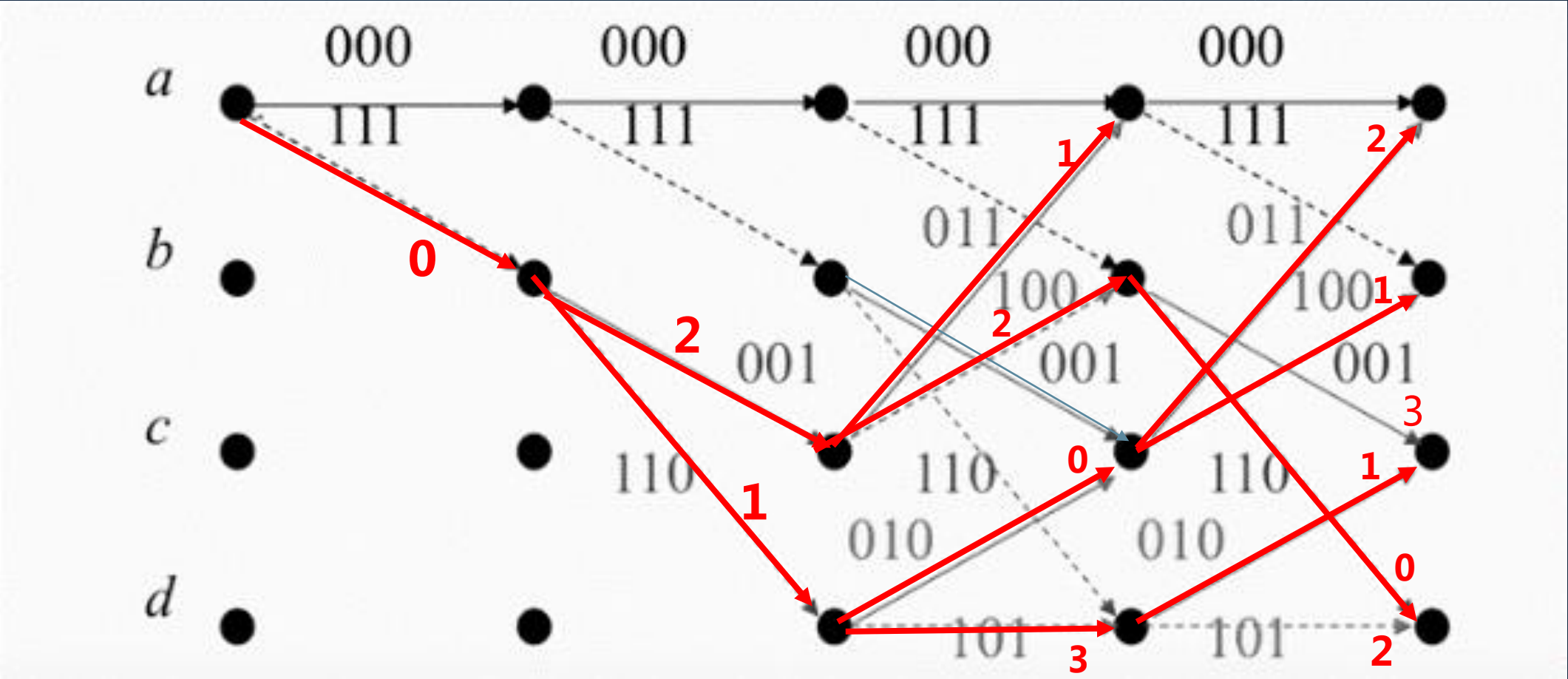
接收序列: 111 010 010 110

第4步:



接收序列: 111 010 010 110

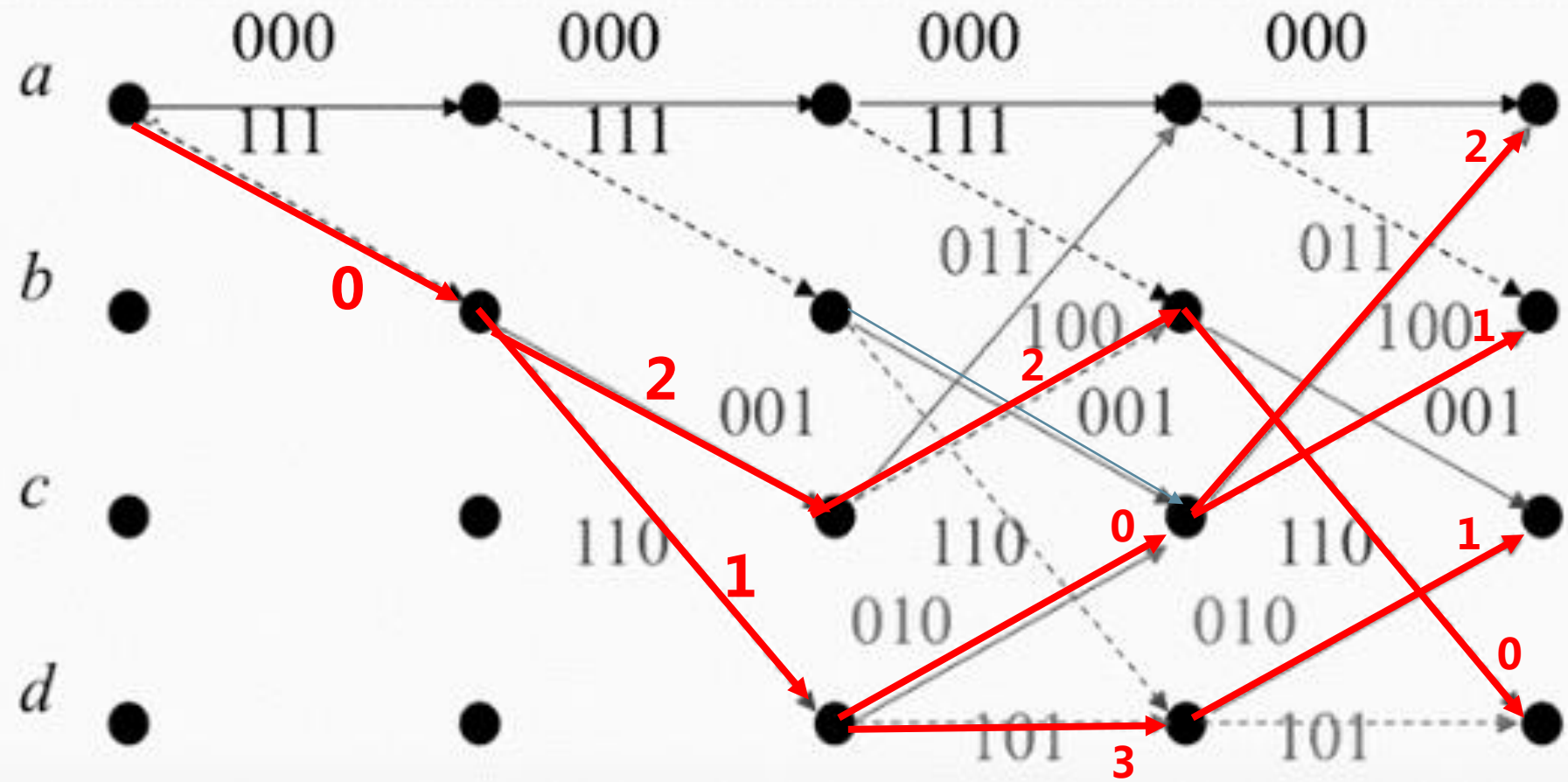
第4步: 保留最短路径



接收序列: 111 010 010 110

第4步: 保留最短路径

汉明距离



3

2

5

4

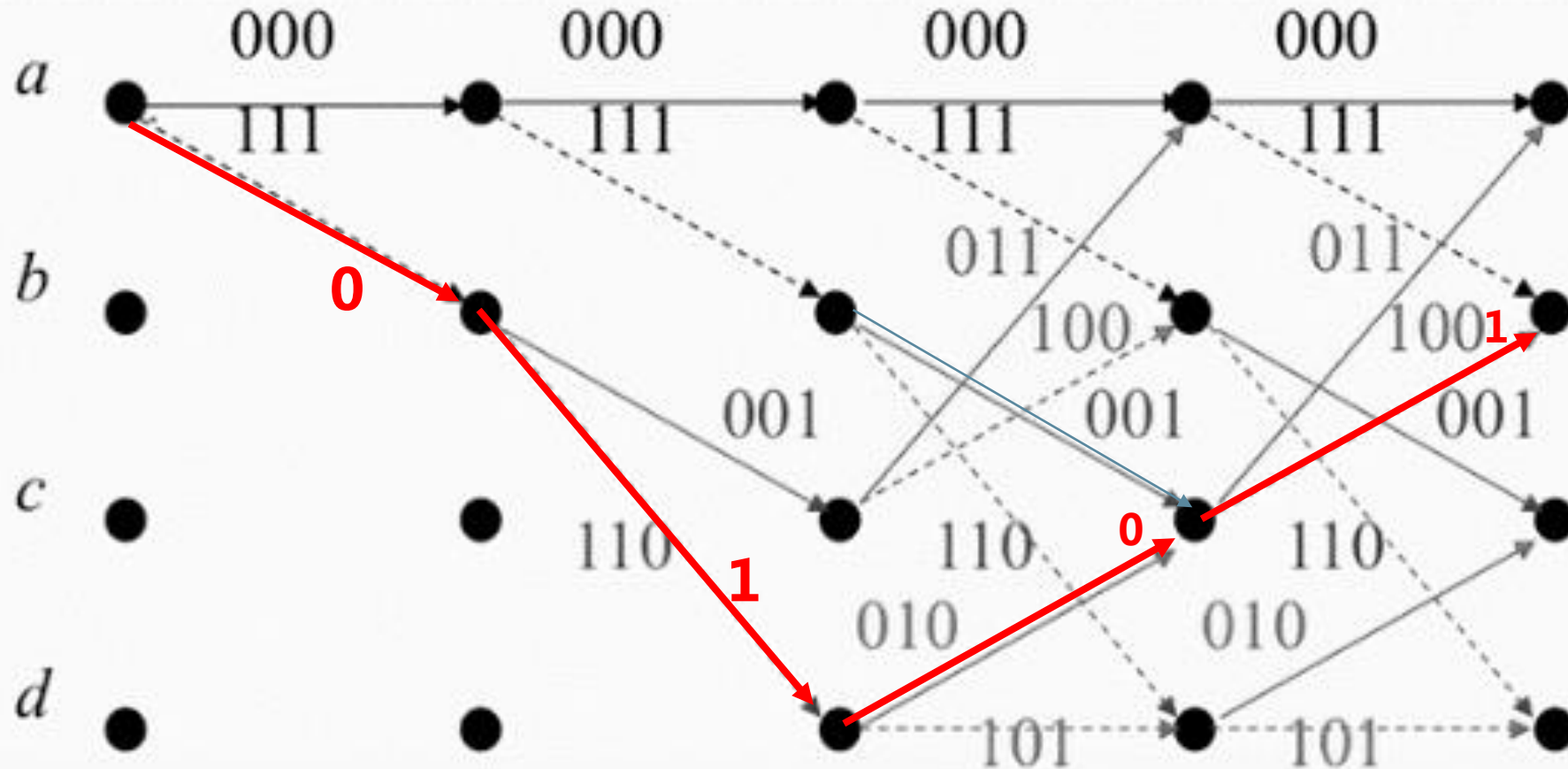
假设发送信息位是1101

接收序列: 111 010 010 110

编码后发送的序列为 111 110 010 100

接收序列: 111 010 010 110

最终解码序列: 111 110 010 100

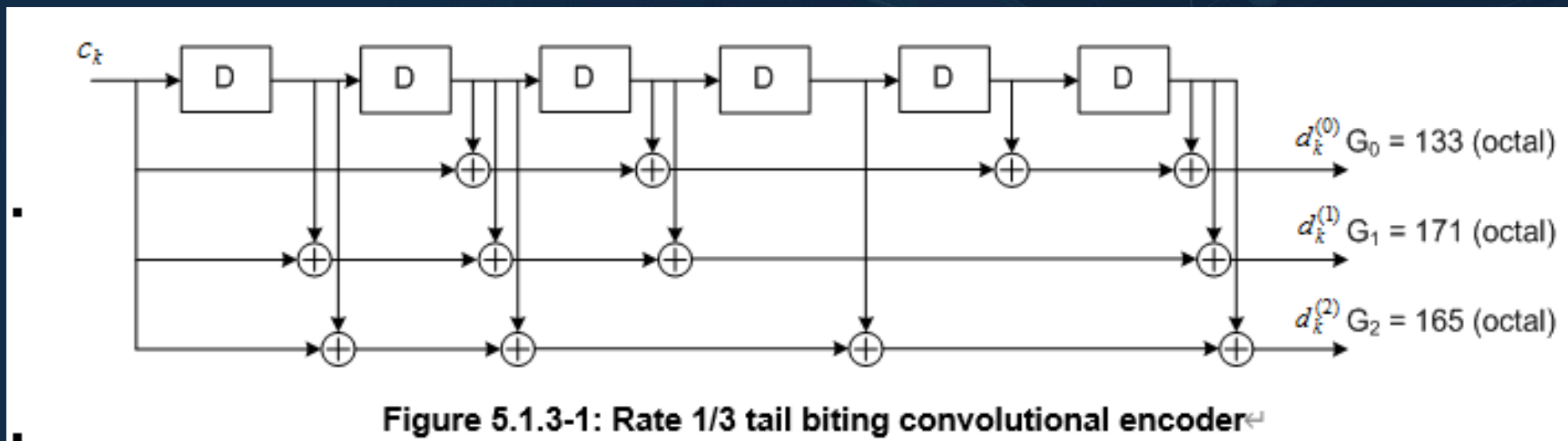


汉明距离

2

LTE的咬尾卷积码

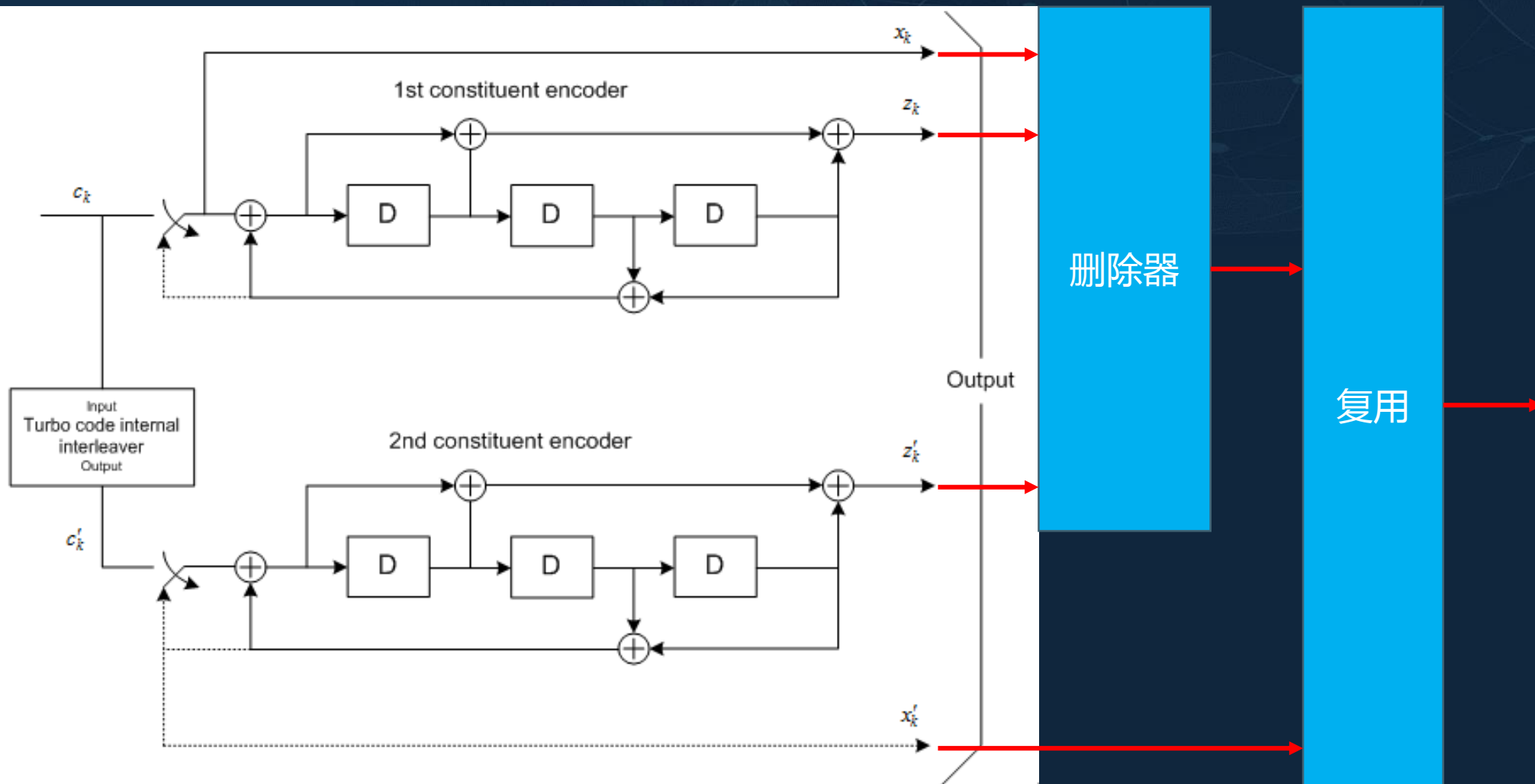
36.212协议 5.1.3.1 Tail biting convolutional coding



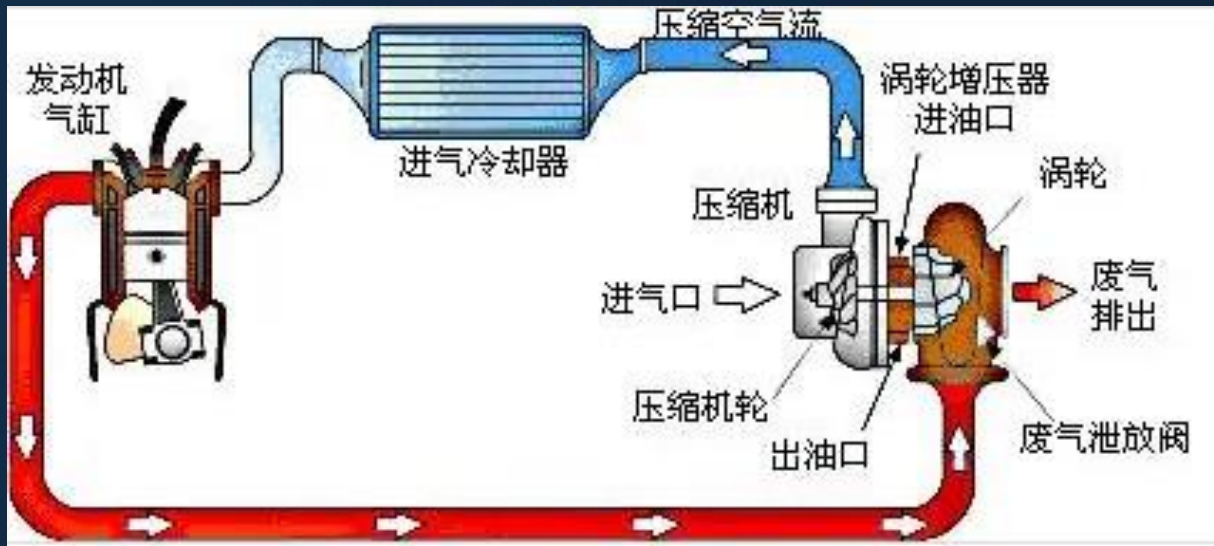
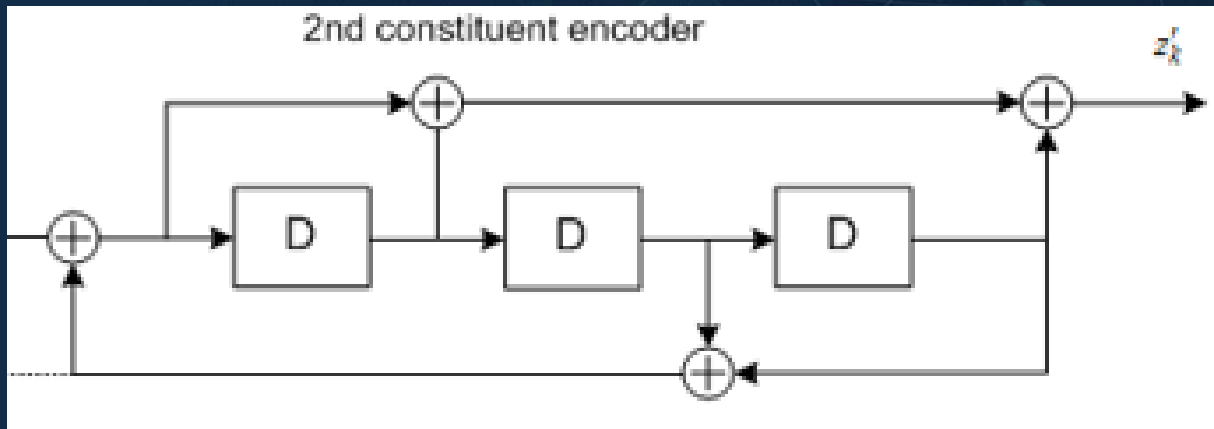
LTE卷积码框图

LTE的turbo码

36.212协议 5.1.3.2章节 Turbo coding

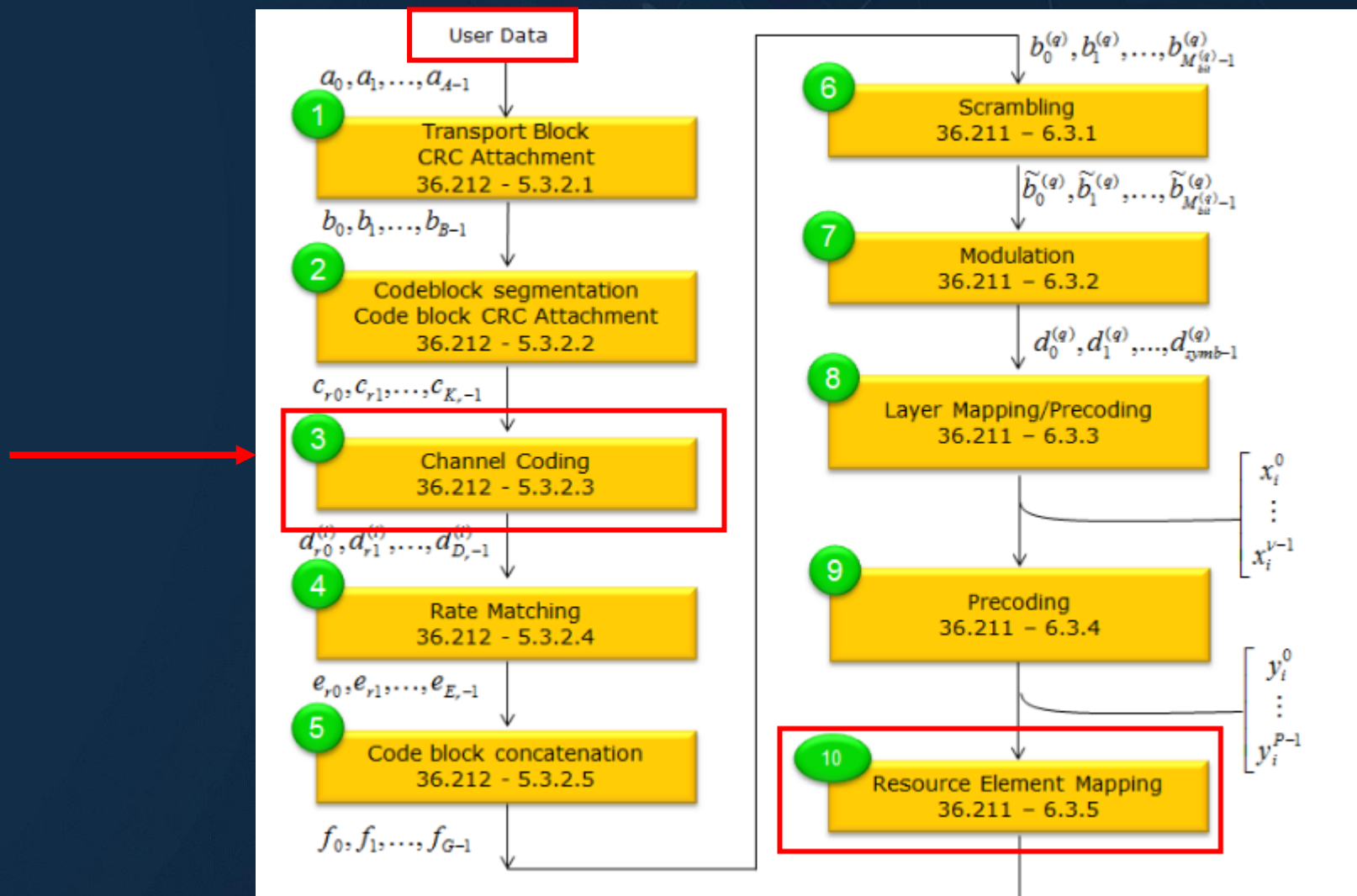


为啥叫turbo码

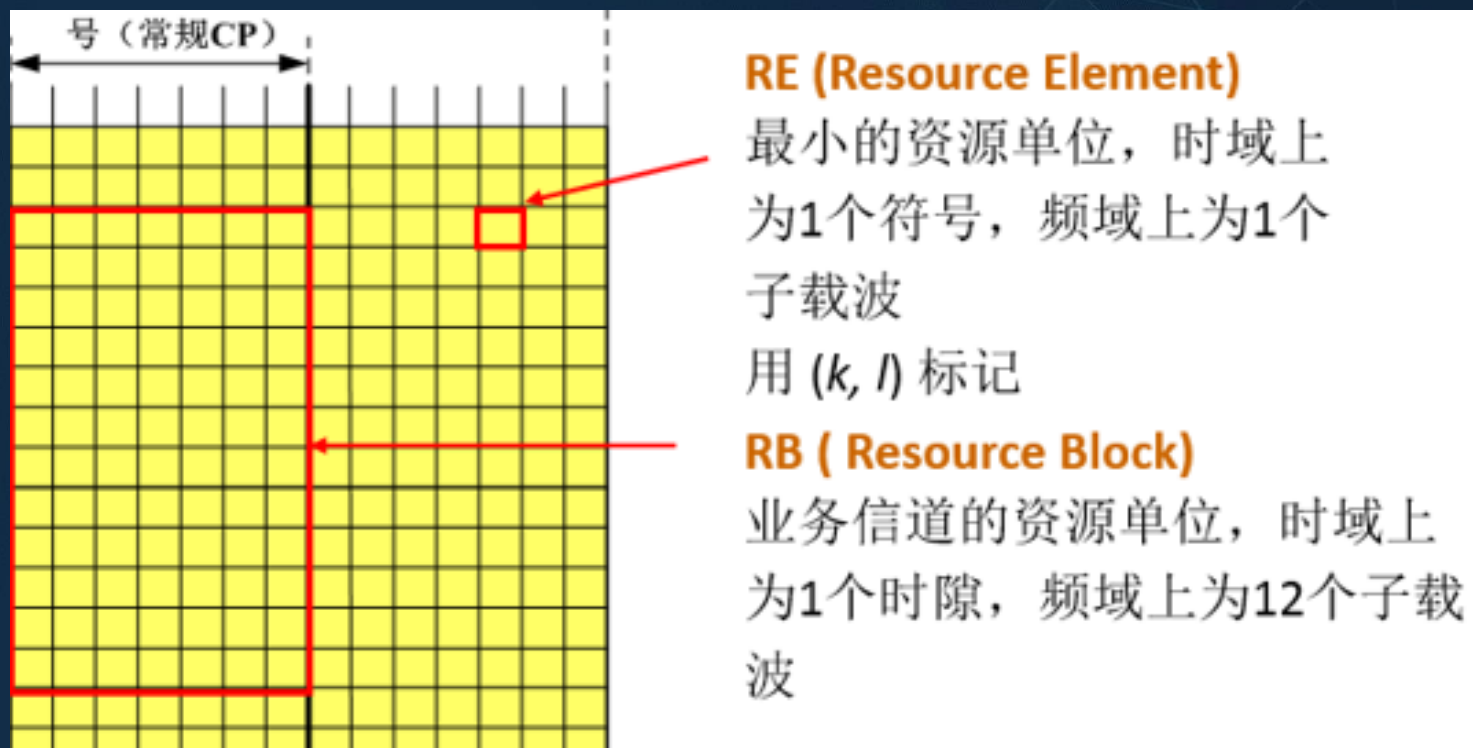


物理层数据处理流程

PDSCH



RB里的数据



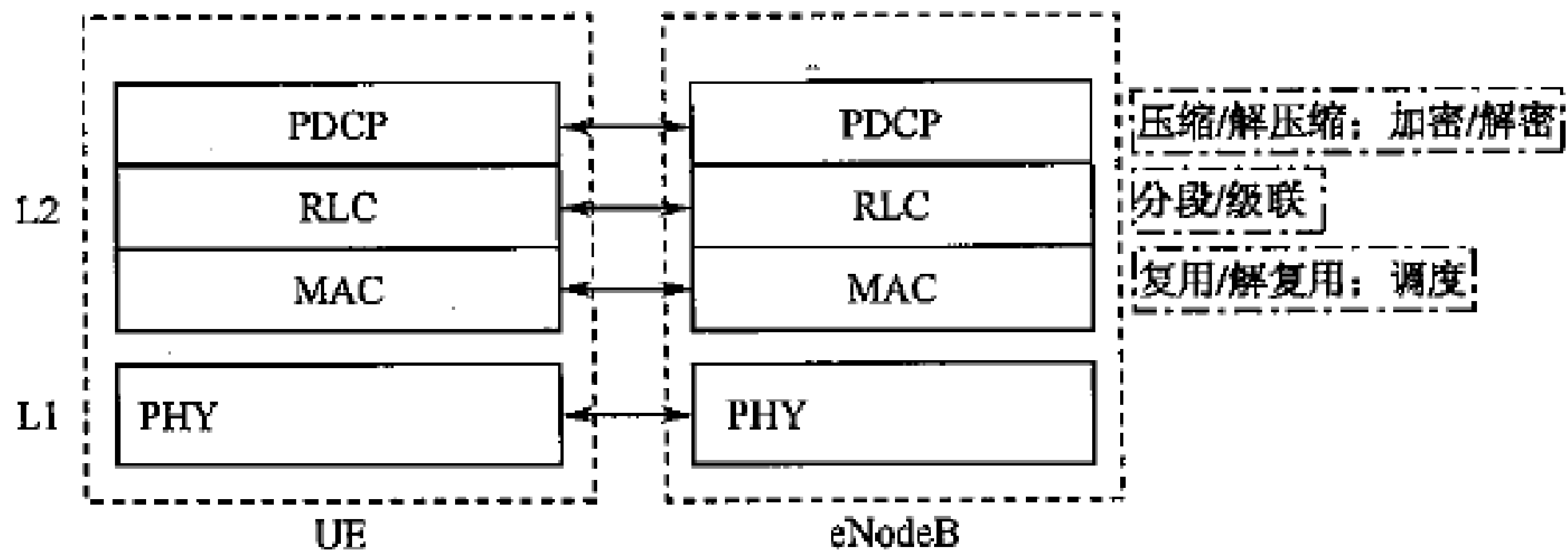
LTE最高阶调制方式：
64QAM

一个RE对应一个波形
最多传6bit数据

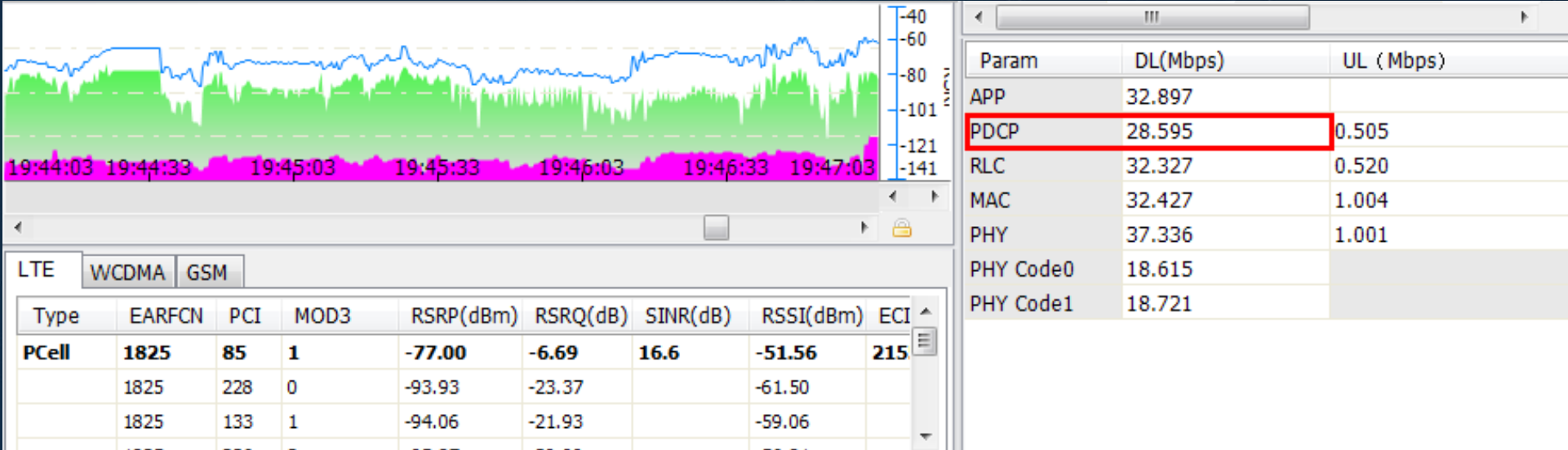
一个RB=12*7=84个RE
(常规CP)
最多传504个bit数据

即使一个RB中的**每个RE**都用来传输用户数据，这里传输的bit也不是**真实的用户bit**是经过信道编码等一系列**添加处理过的数据bit**。

LTE用户面协议栈



PDCP层速率



4G速率测试截图

希望大家多多支持我的**5G**付费课程

可能是全宇宙最通俗易懂的通信课

5G核心原理进阶

@捻叶成剑出品

腾讯课堂链接

<https://ke.qq.com/course/3922159>

电脑或者安卓手机打开链接，苹果不支持

如果下载不了PPT，请私信我下载