



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99816002.4

[45] 授权公告日 2005 年 4 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1198399C

[22] 申请日 1999.12.30 [21] 申请号 99816002.4
 [30] 优先权
 [32] 1998.12.31 [33] KR [31] 1998/62708
 [86] 国际申请 PCT/KR1999/000843 1999.12.30
 [87] 国际公布 WO2000/041316 英 2000.7.13
 [85] 进入国家阶段日期 2001.6.23
 [71] 专利权人 三星电子株式会社
 地址 韩国京畿道
 [72] 发明人 金濶龟 金炳朝 李永焕 崔舜在
 审查员 李 倩

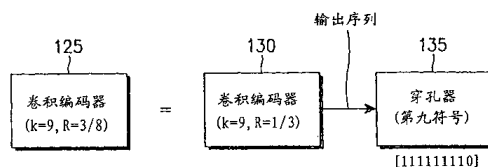
[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
 代理人 马 莹

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称 用于在数字系统中卷积编码的设备和
方法

[57] 摘要

一种数字系统中的卷积编码设备和方法。依照本发明的优选实施例，一个卷积编码设备具有一个卷积编码器和一个穿孔器。该卷积编码器产生第一、第二、和第三个编码符号的子组，这些编码符号用于使用包括 $g_0(x) = 1 + x^2 + x^3 + x^5 + x^6 + x^7 + x^8$ 、 $g_1(x) = 1 + x + x^3 + x^4 + x^7 + x^8$ 、和 $g_2(x) = 1 + x + x^2 + x^5 + x^8$ 的生成器多项式的输入位；用于输入输入位以产生用于三个连续的输入位的三个子组的一符号组；以及用于产生一符号组流。一个符号穿孔器，用于对自卷积编码器产生的每个符号组的三个子组中的一个子组的第一个符号进行穿孔。



1、 一种数字系统中的卷积编码设备，包括：

5 一个卷积编码器，用于产生第一、第二、和第三个编码符号的子组，这些编码符号用于使用包括 $g_0(x)=1+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8$ 、 $g_1(x)=1+x+x^3+x^4+x^7+x^8$ 、和 $g_2(x)=1+x+x^2+x^5+x^8$ 的发生器多项式的每一个输入位，用于输入输入位以产生用于三个连续的输入位的三个子组的符号组，以及用于产生一符号组流；以及

10 符号穿孔器，用于对自卷积编码器产生的每个符号组中的三个子组中的一个子组的第一个符号进行穿孔。

2、 如权利要求1所述的卷积编码设备，其中，所述穿孔器在穿孔矩阵P中输出符号组，此处的P具有 $P=\{011\ 111\ 111\}$ 、 $P=\{111\ 011\ 111\}$ 、或者 $P=\{111\ 111\ 011\}$ 的形式，并且，其中的“1”代表符号传送而“0”代表符号删除。

3、 一种数字系统中的卷积编码设备，包括：

15 一个卷积编码器，用于产生第一、第二、和第三个编码符号的子组，这些编码符号用于使用包括 $g_0(x)=1+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8$ 、 $g_1(x)=1+x+x^3+x^4+x^7+x^8$ 、和 $g_2(x)=1+x+x^2+x^5+x^8$ 的发生器多项式的每一输入位，用于输入输入位以产生用于三个连续的输入位的三个子组的符号组，以及用于产生一符号组流；和

20 符号穿孔器，用于对自卷积编码器产生的每个符号组中的三个子组中的一个子组的第二个符号进行穿孔。

4、 如权利要求1所述的卷积编码设备，其中，所述穿孔器在穿孔矩阵P中输出符号组，此处的P具有 $P=\{101\ 111\ 111\}$ 、 $P=\{111\ 101\ 111\}$ 、或者 $P=\{111\ 111\ 101\}$ 的形式，并且，其中的“1”代表符号传送而“0”代表符号删除。

5、 一种在数字系统中的卷积编码方法，包括：

25 产生第一、第二、和第三个编码符号的子组，这些编码符号用于使用包括 $g_0(x)=1+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8$ 、 $g_1(x)=1+x+x^3+x^4+x^7+x^8$ 、和 $g_2(x)=1+x+x^2+x^5+x^8$ 的发生器多项式的每一输入位；

输入输入位以产生用于三个连续的输入位的三个子组的符号组；

产生一符号组流；和

30 对在每个符号组的三个子组中的一个子组的第一个符号进行穿孔。

6、 如权利要求5中所述的卷积编码方法，其中，每个符号组在所述穿

孔器在穿孔矩阵 P 中穿孔，此处的 P 具有 $P=\{011\ 111\ 111\}$ 、 $P=\{111\ 011\ 111\}$ 、或者 $P=\{111\ 111\ 011\}$ 的形式，并且，其中的“1”代表符号传送而“0”代表符号删除。

7、一种在数字系统中的卷积编码方法，包括：

- 5 产生第一、第二、和第三个编码符号的子组，这些编码符号用于使用包括 $g_0(x)=1+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8$ 、 $g_1(x)=1+x+x^3+x^4+x^7+x^8$ 、和 $g_2(x)=1+x+x^2+x^5+x^8$ 的发生器多项式的每一输入位；

输入输入位以产生用于三个连续的输入位的三个子组的符号组；

产生一符号组流；和

- 10 对每个符号组的三个子组中的一个子组的第二个符号进行穿孔。

8、如权利要求 7 所述的卷积编码方法，其中，每个符号组在所述穿孔器在穿孔矩阵 P 中穿孔，此处的 P 具有 $P=\{101\ 111\ 111\}$ 、 $P=\{111\ 101\ 111\}$ 、或者 $P=\{111\ 111\ 101\}$ 的形式，并且，其中的“1”代表符号传送而“0”代表符号删除。

- 15 9、一种在 CDMA 2000 系统中的前向附加信道传送器，包括：

一个 CRC(Cyclic Redundancy Check, 循环冗余码校验)发生器，用于接收多个具有不同位速率的位，以及向接收到的位中增加相应的 CRC 数据；

一个尾位发生器，用于向所述 CRC 发生器的输出中增加相应的尾位；

- 20 一些编码符号用于使用包括 $g_0(x)=1+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8$ 、 $g_1(x)=1+x+x^3+x^4+x^7+x^8$ 、和 $g_2(x)=1+x+x^2+x^5+x^8$ 的发生器多项式的每一输入位，用于输入输入位以产生用于三个连续的输入位的三个子组的符号组，以及用于产生符号组的流；

一个符号穿孔器，用于对自卷积编码器产生的每个符号组的三个子组中的一个子组的第一个符号进行穿孔；和

- 25 一个块交错器，用于将穿孔器的输出进行块交错。

10、如权利要求 9 所述的前向附加信道传送器，其中，所述穿孔器输出在穿孔矩阵 P 中的符号组，此处的 P 具有 $P=\{011\ 111\ 111\}$ 、 $P=\{111\ 011\ 111\}$ 、或者 $P=\{111\ 111\ 011\}$ 的形式，并且，其中的“1”代表符号传送而“0”代表符号删除。

- 30 11、一种在 CDMA 2000 系统中的前向附加信道传送器，包括：

一个 CRC(Cyclic Redundancy Check, 循环冗余码校验)发生器，用于接

- 收多个具有不同位速率的位，以及向接收到的位中增加相应的 CRC 数据；
- 一个尾位发生器，用于向所述 CRC 发生器的输出中增加相应的尾位；
- 一个卷积编码器，用于产生第一、第二、和第三个编码符号的子组，这些编码符号用于使用包括 $g_0(x)=1+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8$ 、 $g_1(x)=1+x+x^3+x^4+x^7+x^8$ 、
- 5 和 $g_2(x)=1+x+x^2+x^5+x^8$ 的发生器多项式的每一输入位，用于输入输入位以产生用于三个连续的输入位的三个子组的符号组，以及用于产生一符号组流；
- 一个符号穿孔器，用于对自卷积编码器产生的每个符号组的三个子组中的一个子组的第二个符号进行穿孔；和
- 一个块交错器，用于将穿孔器的输出进行块交错。
- 10 12、如权利要求 11 所述的前向附加信道传送器，其中，所述穿孔器在输出穿孔矩阵 P 中的符号组，此处的 P 具有 $P=\{101\ 111\ 111\}$ 、 $P=\{111\ 101\ 111\}$ 、或者 $P=\{111\ 111\ 101\}$ 的形式，并且，其中的“1”代表符号传送而“0”代表符号删除。

用于在数字系统中卷积编码的设备和方法

发明背景

5 发明领域

本发明一般涉及一种纠错码，具体涉及一种用于在数字系统中卷积编码的设备和方法。本发明还适合一种用于在无线通信系统中卷积编码的设备和方法，所述的无线通信系统如：卫星系统、数字蜂窝系统、W-CDMA 系统、以及 IMT-2000 系统。

10 背景技术

具有码率 $R=1/2$ 、 $1/3$ 、或者 $1/4$ 的卷积码通常在通信系统中或者数据传送/记录系统中用来纠正传送或记录的数据中的错误。

穿孔(puncturing)可以用于 CDMA(Code Division Multiple Access, 码分多址)通信系统中，以从一个具有 $R=1/n$ 的卷积码产生一个具有更高码率的新的卷积码。因为在一个接收器中用于 $R=k/n$ 的卷积码的维特比(Viterbi)解码器的解码复杂性随 k 的增加而呈指数增加，所以执行穿孔。当一个 $R=k/n$ ($k>1$) 的卷积码用以产生一个较高码率的卷积码时，在每个状态合并的和分离的分支的数量在维特比解码器的格式结构中成指数增长。为了减少这种解码复杂性，在具有码率为 $R=1/n$ 的卷积码上使用穿孔。与该于穿孔有关的解码复杂性同具有 $R=1/n$ 的卷积码的复杂性几乎相同。卷积码穿孔技术提供了纠错并且增加了数字通信系统的可靠性。这是一个可以提高未来通信系统性能的技术领域。

CDMA 由 IS-95 标准发展到 IMT-2000 标准，其中 IS-95 标准仅仅集中在语音信号的发送/接收，而 IMT-2000 标准则提供了高质量的语音和运动图像的传送以及因特网浏览的附加服务。

卷积码期望被用作用于在 IMT-2000 系统的空中接口中的控制信道、语音信道和数据传送信道的前向纠错码。卷积码还被视为由欧洲电信标准学会(ETSI)开发的通用移动通信系统(UMTS)的空中接口的纠错的候选物。

提议中的 IMT-200 标准推荐使用卷积码作为空中接口中的控制信道、语音信道和数据传送信道的纠错码。然而，CDMA-2000 规范并不是最终版本，许多细节还有待确定。特别是，遗留下来用于在被卷积编码的逻辑信道上的

速率匹配的穿孔模式的问题。

图 1A 说明了由 CDMA2000 规范提供的逻辑信道中的前向附加信道的前向链路结构。

参照图 1A, 一个 CRC(Cyclic Redundancy Check, 循环冗余码校验)发生器 105 增添相关的不同位速率的接收数据(246 到 9192 位) CRC 数据。尾位发生器 110 向 CRC 发生器 105 的输出中增加相应的尾位。如果编码器 115 是一个约束长度 $k=9$ 的卷积编码器, 则尾位发生器 110 增加 8 位尾位; 如果编码器 115 是一个 $k=4$ 的 turbo 编码器和两个分量编码器, 则尾位发生器 110 增加 6 位尾位和 2 位保留位(RVB)。

编码器 115 将接受自尾位发生器 110 的位数据编码并且输出行对应的码符号。如上所述, 编码器 115 可以是卷积编码器或者 turbo 编码器。在卷积编码器的情况下, 编码器 115 具有约束长度 $k=9$ 和 $R=3/8$ 。turbo 编码器不是本发明的要点, 因此, 略去对它的描述。块交错器 120 从编码器 115 接收数据并且将该数据交错。

为了应用 $k=9$ 和 $R=1/3$ 的卷积编码器, CDMA 2000 规范提供: 穿孔器可以删除来自 $k=9$ 和 $R=3/8$ 的卷积编码器的输出序列的每第九个符号。

图 1B 是一个依照 CDMA 2000 规范的用于前向附加信道卷积编码器的方框图。

参照图 1B, 在图 1A 中的编码器 115 是卷积编码器 125 的情况下, 该卷积编码器 125 包括: $k=9$ 和 $R=1/3$ 的卷积编码器 130, 用于编码输入数据并且输出相关的符号; 以及穿孔器 135, 用于穿孔从卷积编码器 130 接收到的一编码的序列中的每第九个符号。

图 2 说明了图 1B 所示的 $k=9$ 和 $R=1/3$ 的卷积编码器 130 的结构。

在图 2 中, 标号第 310 号表示移位寄存器, 标号第 31a、31b、和 31c 号表示耦合到各自移位寄存器的模 2 的(modulo-2)加法器。用于卷积编码器 130 发生器多项式为:

$$\begin{aligned} g_0(x) &= 1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^6+x^7+x^8 \\ g_1(x) &= 1+x+x^3+x^4+x^7+x^8 \\ g_2(x) &= 1+x+x^2+x^5+x^8 \quad \dots(1) \end{aligned}$$

卷积编码器 130 为每个输入信息位产生三个码符号(C_0 、 C_1 、 C_2)。

期间, 穿孔器 135 依照基于 CDMA 2000 规范的穿孔模式, 穿孔自卷积

编码器 130 可接收的码符号的最后一个第九符号。如果穿孔矩阵为 P ，则当前穿孔模式为 $P=\{111\ 111\ 110\}$ 。根据 $P=\{111\ 111\ 110\}$ ，用于一个输入位的三个码符号构成一个子组，并且用于三个连续的输入位的三个子组构成一个符号组。该卷积穿孔模式 $P=\{111\ 111\ 110\}$ 代表在第三个子组中的最后一个符号穿孔。这个穿孔模式展示了同穿孔模式 $P=\{111\ 110\ 111\}$ 或者 $P=\{110\ 111\ 111\}$ 相同的性能。

然而，不能说上述的穿孔技术是最优的，因为其它穿孔模式可能在编码的符号的权重谱和其解码符号的错误概率方面更好。

发明概述

10 因此，本发明的目的在于提供一种在数字系统中的卷积编码设备。该设备编码具有约束长度为 9、码率为 $1/3$ 的和一预置的发生器多项式输入位，并且依照相对于卷积穿孔模式具有改善的性能的新的穿孔模式将编码符号的相关符号穿孔。

15 本发明的另一个目的在于提供一种卷积编码设备，用于编码在 CDMA 2000 前向附加信道上接收的位；以及用于依照相对于卷积穿孔模式具有改善的性能的新的穿孔模式穿孔编码符号的相应的符号。

本发明的另一个目的在于提供一种 CDMA 2000 前向附加信道传送器，用于解码在 CDMA 2000 前向附加信道上传送的位，以及用于依照相对于卷积穿孔模式具有改善的性能的新的穿孔模式穿孔编码符号的相应的符号。

20 通过提供具有卷积编码器和穿孔器的卷积编码设备来实现上述目的和其它目的。该卷积编码器卷积地编码具有约束长度为 9、码率为 $1/3$ 和发生器多项式 $g_0(x)=1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^6+x^7+x^8$ 、 $g_1(x)=1+x+x^3+x^4+x^7+x^8$ 、及 $g_2(x)=1+x+x^2+x^5+x^8$ 的输入位，并且输出用于每个输入位的三个编码符号的子组和用于三个连续的输入位的三个子组的符号组。该穿孔器穿孔接受自卷积编码器的每个符号组的一个子组的第一个符号。

附图的简单说明

通过下面结合附图进行的详细描述，本发明的上述和其他目的和特点将会变得更加清楚，其中：

30 图 1A 说明了在 CDMA 逻辑信道中的前向附加信道的前向链路结构；
图 1B 说明了用于 CDMA 2000 附加信道的卷积编码器的结构；
图 2 说明了用于 CDMA 附加信道的具有约束长度位 9 和码率为 $1/3$ 的卷

积编码器的结构；以及

图 3 是在前向附加信道传送器中依照常规穿孔模式的卷积码的 BER(误码率)同依照本发明的用于一 AWGN(Additive White Gaussian Noise, 附加高斯白噪声)信道的穿孔模式的卷积码的 BER 相比较的图。

5 优选实施例的详细描述

以下，参照附图来详细说明本发明的优选实施例。在下面的描述中，将不详细描述公知的功能或者结构，因为它们将会以不必要的细节混淆本发明。

本发明提供了一种用于 CDMA 2000 附加信道的新的穿孔模式，它展示了比常规的穿孔模式更好的性能。新的穿孔模式的性能的提高通过在模拟中将新的和常规穿孔模式中的性能进行比较而显示出来。

10

穿孔矩阵通常表达为：

$$P=\{111111110\} \cdots \cdots (2)$$

其中的“1”表示符号传送，而“0”表示符号穿孔。

例如，在 $R=1/2$ 、穿孔期 = 9，并且 $P=\{111 111 110\}$ 时，相对应于原始码符号(C11、C12、C21、C22、C31、C32、C41、C42、C51、C52、C61、C62、C71、C72、...)的穿孔的码符号为 C11、C12、C21、C22、C31、C32、C41、C42、C52、C61、C62、C71、C72、...)。也就是，从传送中除去了 C51，在传送中，C52 直接紧跟 C42。

15

基本上讲，穿孔矩阵将会满足：产生的高速率的卷积码是非恶性码，并且具有优良权重谱的情况。

20

CDMA 2000 附加信道是依照在表 1 重列表的本发明的实施例而进行穿孔的。

(表 1)

穿孔周期 = 9、原始码率 $R=1/3$ 、穿孔的码率 = 3/8		
	当前的 CDMA 2000 规范	建议的方案
穿孔矩阵 P		第一实施例 [011 111 111] 或者 [111 011 111] 或者 [111 111 011]

	[111 111 110]	第二实施例 [101 111 111] 或者 [111 101 111] 或者 [111 111 101]
--	---------------	--

在表 1 中, 本发明的第一实施例提出了穿孔模式 $P=\{011\ 111\ 111\}$ 、 $\{111\ 011\ 111\}$ 、或者 $\{111\ 111\ 011\}$ 。本发明的第二实施例提出了穿孔模式 $P=\{101\ 111\ 111\}$ 、 $\{111\ 101\ 111\}$ 、或者 $\{111\ 111\ 101\}$ 。

因此, 如果用于输入到一卷积编码器的一个输入位的三个码符号(C_0 、 C_1 、 C_2)构成一个子组, 并且用于三个连续的输入位的三个输出的子组构成一个符号组; 则在本发明的第一实施例中, 每个符号组的一个子组的第一个符号被穿孔和在本发明的第二实施例中, 每个符号组的一个子组的第二个符号被穿孔。

表 2、3 和 4 分别说明由常规的穿孔方法和依照本发明的第一和第二实施例的穿孔方法分别产生的卷积码的权重谱。

(表 2)

D = 权重	Ad(d)	Cd(d)
0	1.0000000000e+00	0.0000000000e+00
1	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
2	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
3	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
4	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
5	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
6	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
7	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
8	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
9	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
10	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
11	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00

12	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
13	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
14	1.0000000000e+00	2.0000000000e+00
15	5.0000000000e+00	1.3000000000e+01
16	7.0000000000e+00	2.2000000000e+01
17	1.2000000000e+01	5.2000000000e+01
18	2.7000000000e+01	1.3800000000e+02
19	7.1000000000e+01	4.3100000000e+02
20	9.2000000000e+01	5.9600000000e+02
21	1.3500000000e+02	9.2300000000e+02
22	2.7200000000e+02	1.9860000000e+03
23	4.9300000000e+02	3.9190000000e+03
24	9.6600000000e+02	8.2200000000e+03
25	1.7810000000e+03	1.6091900000e+04
26	3.2880000000e+03	3.1350000000e+04
27	6.0750000000e+03	6.1365000000e+04
28	1.1032000000e+04	1.1725800000e+05
29	2.0376000000e+04	2.2730800000e+05
30	3.7852000000e+04	4.4358000000e+05
31	6.9325000000e+04	8.4906500000e+05
32	1.2740200000e+05	1.6283820000e+06
33	2.3493700000e+05	3.1317010000e+06
34	4.3209200000e+05	5.9957060000e+06
35	7.9585500000e+05	1.1475875000e+07
36	1.4650500000e+06	2.1915126000e+07
37	2.6970500000e+06	4.1795710000e+07
38	4.9646360000e+06	7.9622180000e+07
39	9.1379150000e+06	1.5151910900e+08
40	1.6832243000e+07	2.8819174600e+08

(表3)

D = 权重	Ad(d)	Cd(d)
0	1.0000000000e+00	0.0000000000e+00
1	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00

2	0.000000000e+00	0.000000000e+00
3	0.000000000e+00	0.000000000e+00
4	0.000000000e+00	0.000000000e+00
5	0.000000000e+00	0.000000000e+00
6	0.000000000e+00	0.000000000e+00
7	0.000000000e+00	0.000000000e+00
8	0.000000000e+00	0.000000000e+00
9	0.000000000e+00	0.000000000e+00
10	0.000000000e+00	0.000000000e+00
11	0.000000000e+00	0.000000000e+00
12	0.000000000e+00	0.000000000e+00
13	0.000000000e+00	0.000000000e+00
14	0.000000000e+00	0.000000000e+00
15	5.000000000e+00	1.300000000e+01
16	9.000000000e+00	2.400000000e+01
17	1.200000000e+01	5.400000000e+01
18	2.600000000e+01	1.340000000e+02
19	5.300000000e+01	2.970000000e+02
20	7.800000000e+01	5.000000000e+02
21	1.580000000e+02	1.084000000e+03
22	2.550000000e+02	1.808000000e+03
23	4.540000000e+02	3.506000000e+03
24	9.080000000e+02	7.536000000e+03
25	1.643000000e+03	1.451900000e+04
26	3.082000000e+03	2.878400000e+04
27	5.675000000e+03	5.621700000e+04
28	1.038600000e+04	1.087320000e+05
29	1.904200000e+04	2.088460000e+05
30	3.527200000e+04	4.060160000e+05
31	6.481800000e+04	7.819240000e+05
32	1.191790000e+05	1.502348000e+06
33	2.198640000e+05	2.887902000e+06
34	4.042110000e+05	5.530464000e+06
35	7.447450000e+05	1.059929300e+07

36	1.3718750000e+06	2.0252904000e+07
37	2.5210150000e+06	3.8573481000e+07
38	4.6405860000e+06	7.3543646000e+07
39	8.5513410000e+06	1.4012966700e+08
40	1.5740063000e+07	2.6638336400e+08

(表4)

D = 权重	Ad(d)	Cd(d)
0	1.0000000000e+00	0.0000000000e+00
1	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
2	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
3	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
4	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
5	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
6	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
7	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
8	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
9	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
10	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
11	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
12	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
13	0.0000000000e+00	0.0000000000e+00
14	1.0000000000e+00	3.0000000000e+00
15	3.0000000000e+00	6.0000000000e+00
16	9.0000000000e+00	2.3000000000e+01
17	8.0000000000e+00	3.0000000000e+01
18	2.4000000000e+01	1.1000000000e+02
19	5.2000000000e+01	2.6900000000e+02
20	7.6000000000e+01	4.8800000000e+02
21	1.5600000000e+02	1.0190000000e+03
22	2.5000000000e+02	1.7550000000e+03
23	4.1700000000e+02	3.1340000000e+03
24	8.4300000000e+02	6.7580000000e+03
25	1.5980000000e+03	1.3710000000e+04

5	26	2.8790000000e+03	2.6319000000e+04
	27	5.2970000000e+03	5.1149000000e+04
	28	9.5830000000e+03	9.7656000000e+04
	29	1.7977000000e+04	1.9328600000e+05
	30	3.3489000000e+04	3.7741300000e+05
10	31	6.1265000000e+04	7.2322500000e+05
	32	1.1258300000e+05	1.3924300000e+06
	33	2.0637800000e+05	2.6637450000e+06
	34	3.8093700000e+05	5.1211750000e+06
	35	7.0354500000e+05	9.8413150000e+06
	36	1.2921330000e+06	1.8774266000e+07
	37	2.3779390000e+06	3.5842127000e+07
	38	4.3783250000e+06	6.8361111000e+07
15	39	8.0583950000e+06	1.3016359000e+08
	40	1.4844576000e+07 (1.4844576000 x 10 ⁷)	2.4778565300e+08

表 2 使用常规方法穿孔模式 $P=\{111\ 111\ 110\}$ 。在表 3 中使用的穿孔模式是 $P=\{011\ 111\ 111\}$ 、 $\{111\ 011\ 111\}$ 、或者 $\{111\ 111\ 011\}$ 。表 4 使用的穿孔模式是 $P=\{101\ 111\ 111\}$ 、 $\{111\ 101\ 111\}$ 、或者 $\{111\ 111\ 101\}$ 。在每个表中的 $Ad(d)$ 表示：在它们由于错误而偏离正确的的路径之后，直到它们返回到格式结构中的一个正确的路径前产生的具有汉明(Hamming)权重 D 的路径的数量。 $C(d)$ 代表由选择错误路径而导致的在所有信息位中的错误的总数。

在表 2 中，最小的自由距离($dfree$)为 14，然而，在表 3 中的 $dfree$ 为 15，它表示同由常规穿孔技术产生的常规卷积码的 BER 性能相比，当 $Ad(d)$ 的差为固定时，依照本发明的穿孔技术产生的卷积码的 BER 性能被改善了一较高的 E_b/N_0 。这是因为格式结构上的最小权重路径导致在常规解码期间的错误事件以 E_b/N_0 增加。因此，当 $dfree$ 增加时，产生一较高的 E_b/N_0 的性能。

现在参照图 3，这里显示了对依照常规穿孔模式 $P=\{111\ 111\ 110\}$ 和本发明的穿孔模式 $P=\{011\ 111\ 111\}$ 、 $\{111\ 011\ 111\}$ 、或者 $\{111\ 111\ 011\}$ 的具有 $R=3/8$ 的前向附加信道的 AWGN 信道上的 BER 相比较的图。

在图3中，以“o”标记的部分和以“+”标记的部分分别代表依照常规穿孔和本发明穿孔的BER。如图所示，在给定的 E_b/N_0 相同的情况下，依照本发明的穿孔的BER小于依照常规穿孔的BER。

5 如上所述，依照本发明，用于具有 $k=9$ 、 $R=1/3$ 、和如公式1所示的发生器多项式的卷积编码器的穿孔方法提供了同常规穿孔方法相比更低的BER的优势。

虽然在此参照特定的优选实施例显示和描述了本发明，但是本领域技术人员应当理解的是：在不脱离由此附带的权利要求所规定的本发明精神和范围的情况下，可以进行各种变形和修改。

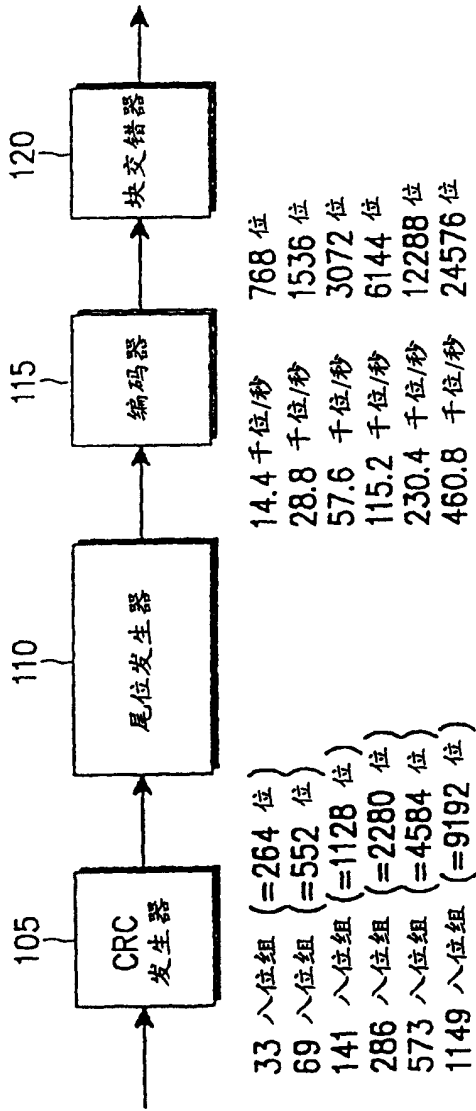


图 1A

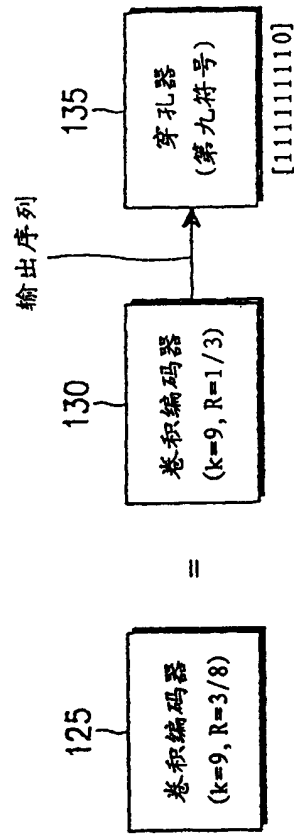


图 1B

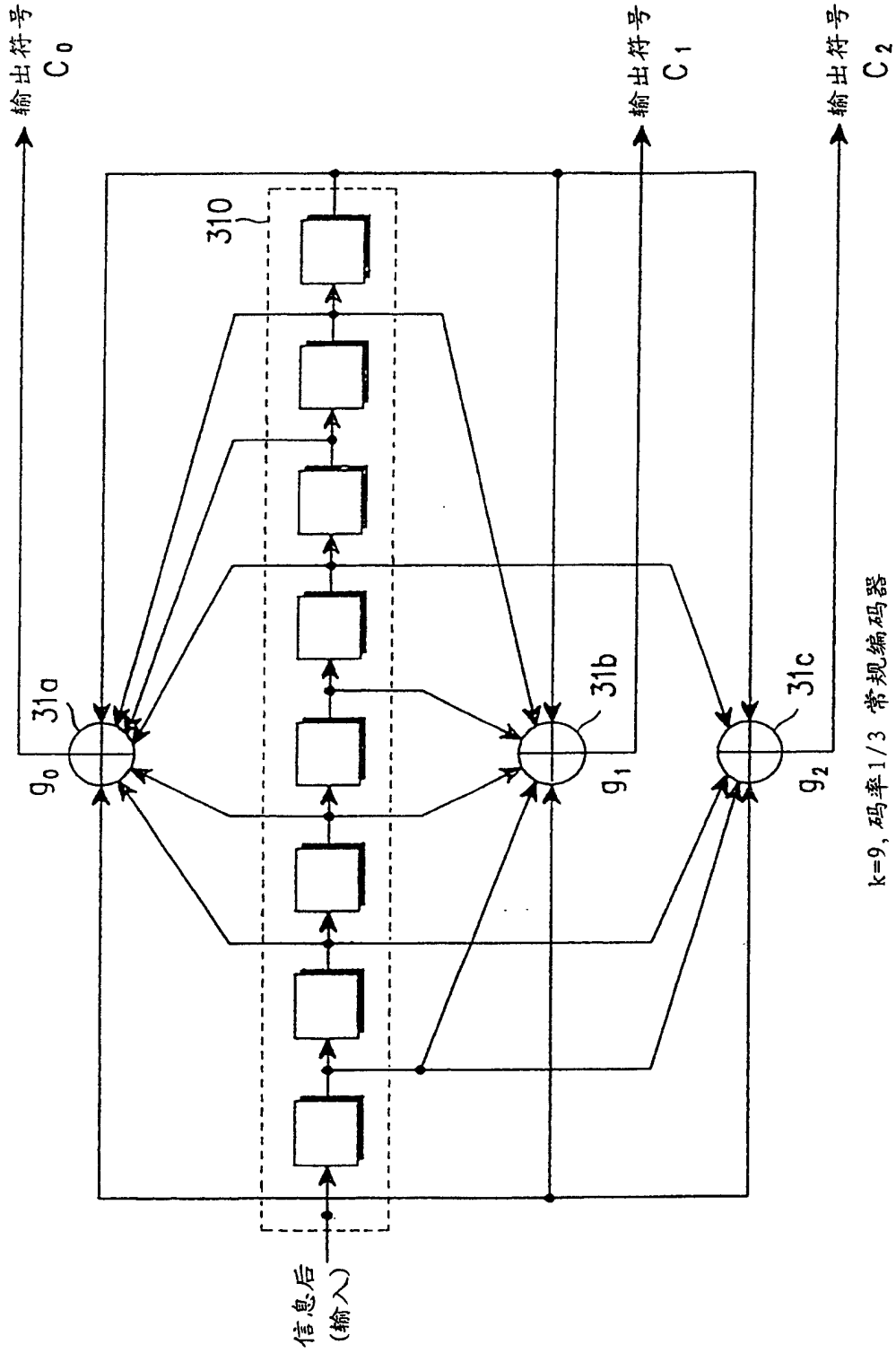


图 2

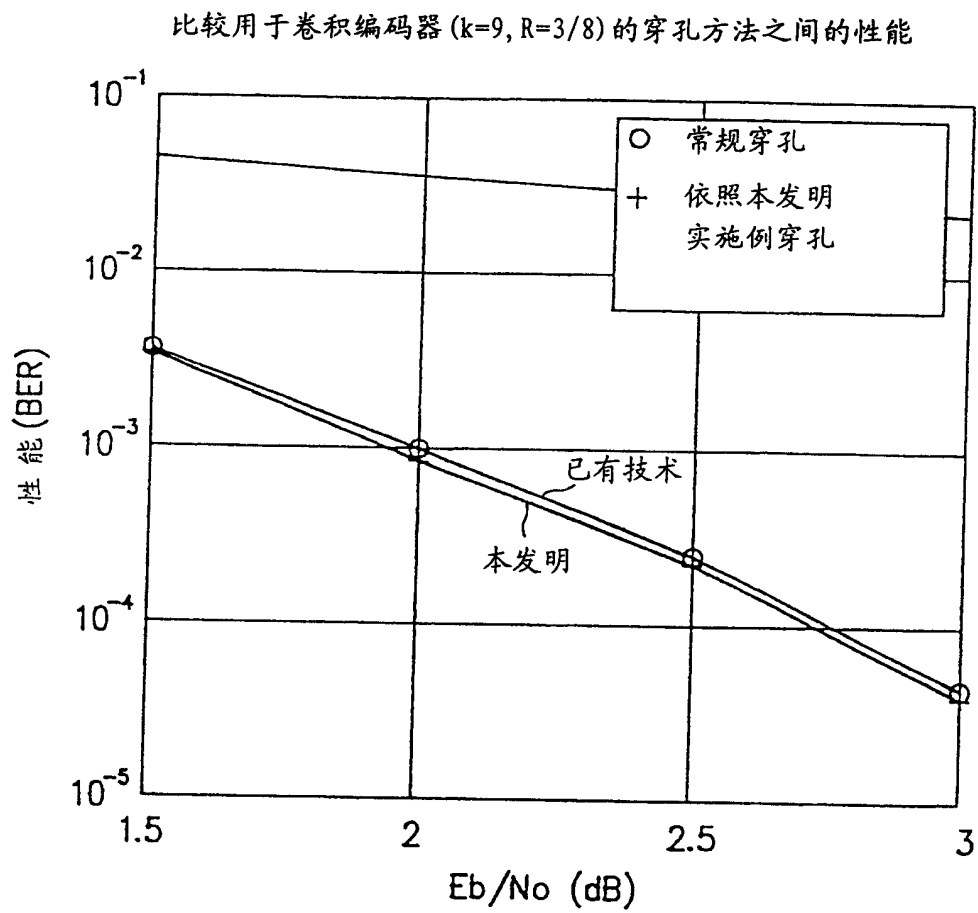


图 3