



## [12] 发明专利说明书

H03M 13/12 H03M 13/22  
H04L 27/34

[21] ZL 专利号 99104794. X

[45] 授权公告日 2004 年 2 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1140059C

[22] 申请日 1999.4.2 [21] 申请号 99104794. X

[30] 优先权

[32] 1998.4.3 [33] EP [31] 98302653.5

[71] 专利权人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西

[72] 发明人 斯特凡·藤 布林克

审查员 王艳坤

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

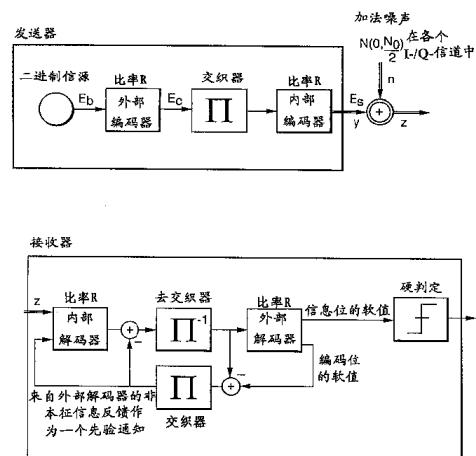
代理人 付建军

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称 迭代解映射

[57] 摘要

本发明涉及对多电平调制信号进行迭代解码的方法和装置，其中一个信道解码器的软输出信息被回馈到一个专门的软解映射装置并得到利用，从而通过进一步的迭代解码步骤改进了解码结果。该接收器包括一个解映射器，用于产生一个解映射信号；一个位去交织器，用于产生一个去交织和解映射信号；和一个解码器，用于产生一个代表解码信号的软可靠值。这些软可靠值被位解交织并作为先验知识被回馈到位解映射器，用于解码过程的进一步迭代使用。



1.一种用以对多电平调制信号进行迭代解码的方法，包括以下步骤：

将所述的信号解映射；

对所述的解映射信号进行位去交织；

对所述的去交织信号进行解码；

所述的解码步骤的输出进行交织；

迭代所述的解映射步骤、去交织步骤和解码步骤，迭代后的解映射步骤使用先前解码步骤的位交织输出作为一个输入，

其特征在于，所述的解码步骤产生软可靠值，用以代表所述的解码信号，和

所述的迭代解映射步骤接收由所述解码步骤产生的位去交织的软可靠值。

2.如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，对所述的解映射、去交织和解码步骤进行迭代，直到获得一个预定的误比特率。

3.如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，对所述的信号进行反格雷编码。

4.一种用以对一个多电平调制信号进行迭代解码的装置，包括：

一个解映射器，具有：一个第一输入端，用于接收所述的信号，和一个输出端用于产生一个解映射信号；

一个位去交织器，具有：一个输入端，用于接收所述的解映射信号，和一个输出端，用于产生一个解映射和去交织的信号；

一个解码器，具有：一个输入端，用于接收所述的解交织信号，和一个输出端，用于产生一个解码信号；

一个位交织器，具有：一个输入端，用于接收所述的已解码信号，和一个输出端，用于产生一个位交织解码信号；

其中所述的解映射器具有：一个第二输入端，用于接收所述的位交织解码信号，

其特征在于，所述的解码器产生软可靠值，用以代表所述的解码信号。

5. 如权利要求4所述的装置，其特征在于，提供一个用于分解多路复用信号，具有一个连接到解映射器的输出端的多路分解器。

## 迭代解映射

本发明涉及一个接收器，例如一个数字无线通信系统基站的信号的迭代解码。

迭代解码算法已经成为数字通信研究的一个重要领域。首先公开并且目前仍然非常流行的迭代解码编码模式是两组被称作“Turbo 码”的递归系统卷积码并联。下面的“Turbo 原理”非常普遍地被应用于其他现代数字通信所使用的算法，并且在几年前就已经发现了“Turbo 原理”的其他应用。

信道编码被用于增强所发送的数字信息信号的抗噪声能力。为了这个目的，信息位序列在发送器中被一个信道编码器编码，并且在接收器中被一个信道解码器解码。在编码器中信息位序列中增加了冗余信息以便在解码器中纠错。例如，在一个系统信道编码模式中，把冗余信息作为附加的插入“编码”位被加入信息位序列。在一个非系统信道编码模式中，输出位全部是已编码位，并且不存在任何“空白”信息位。编码器输入位（信息位）的数量小于输出位（信息位加上已插入的编码位，或全部编码位）的数量。输入位和输出位的比率称为“编码率 R”（通常  $R=1:2$ ）。

目前使用“Turbo 原理”方面的进展已经表明，在涉及多个与接收器进行无线通信的用户的数字通信系统中，通过把迭代解码步骤应用于所接收的数据可以提高解码信号的质量。具体地，在 Bauch, Khorram 和 Hagenauer 所著的“移动通信系统中的迭代均衡和解码”，第 307 到 312 页，1997 年 10 月，德国波恩 EPMCC'97 中，讨论了应用 Turbo 原理对移动无线信道上发送的编码数据的进行迭代解码。

为了适于迭代解码，一个发送信号必须由至少两个级接编码（concatenated code）进行编码，级接可以是串连，也可以是并连。

图 1 说明了一个串行级连编码模式：逐块进行传输。来自数字源的二进制信号首先被一个外部编码器进行编码，然后发送给交织器，其中交织器改变输入位符号的顺序使得信号在以后的处理阶段更为随机。通过交织器之后，信号被一个“内部编码器”进行第二次编码。同样地，接收器中的信号首先在第一个解码步骤被内部解码器解码，去交织，并且在第二个解码步骤中被外部解码器解码。软判定值作为附加的“先验(a priori)”反馈被从外部解码器输入到内部解码器。软判定值提供关于硬判定值可靠性的信息。在第一次迭代中重复解码步骤，并且把软判定值作为第一和第二解码器的输入值。

根据一个任意的结束原则停止一个特定发送序列的迭代解码，例如可在迭代固定次数之后，或达到一个指定的误比特率之后停止。应当注意，每当第一次对发送的位序列（“第 0 次迭代”）进行解码时，输入到内部解码器的“先验”软值被设为 0。

内部和外部二进制编码可以是任意类型：系统的，或非系统的，块或卷积码。尽管为了清楚起见未在图 1 中说明，但可以在发送器中（在内部编码器之后）实现简单的映射（例如对映(antipodal)或二进制相移键控），在接收器中（在内部编码器之后）实现简单的解映射。类似地，图 1 图解说明了一个单用户模式，尽管适当应用多路复用的提供一个适合的多用户系统，。

接收器上的两个解码器是软入/软出解码器（SISO 解码器）。软值表示各个位符号（不管发送 0 或 1）的位判定的可靠性。软入解码器接受输入位符号的软可靠值。软出解码器提供输出位符号的软可靠输出值。由于在解码处理过程中根据在发送器的各个编码步骤中加入的冗余信息改进了软出可靠值，所以软出可靠值通常比软入可靠值精确。通过提供针对各个信道编码的经验概率计算器（APP）的 SISO-解码器可以获得最优性能。有一些快速但次最优的算法，例如 SOVA（软输出维特比算法）。

在一个移动通信系统的具体应用中，信道编码器和符号间干扰（ISI）信道可以被看作是一个串连编码模式，其中信道编码器作为

外部编码器而 ISI 信道作为一个内部的，速率 为 1 的，时变卷积编码器。由此，迭代编码尤其适用于欧洲无线数字蜂窝标准“GSM”，其中均衡器执行内部解码步骤而解码器提供输出端解码步骤。在出现不良通信信道状态（低 SNR，衰减，多路径传播，等等）的情况下，通过各个迭代解码步骤可以改进误比特率(BER)，直至达到一个 BER 底限。一个基站所接收的信号被加以均衡以便提供接收编码位的软判定值。

重复几次解码步骤可以改进接收信号的 BER。然而，各级迭代解码步骤均要消耗诸如存储器，计算时间和专用 ASIC（专用集成电路）的资源。在一个实际的基站中，可以并行解码的信号数量受到可用信号处理单元(SPU)数量的限制；为各个 SPU 提供诸如数字信号处理器(DSP)的迭代解码硬件，和软件增加了基站的费用和复杂度。

在多电平调制中，在发送器中把 N 个位（位符号）组合在一起形成一个“映射符”（也简称“符号”）。该符号可以映射到一个实信号空间或一个复信号空间（即一个实轴，或一个复平面）。映射操作简单地把未映射的符号（N 个位，值为 0, ...,  $2^N-1$ ）与一个脉冲调幅(PAM)离散振幅电平，一个移相键控离散相位电平(PSK)，正交调幅(QAM)复平面中任意离散信号点，或 PAM, QAM, PSK 的任意组合关联起来。通常使用格雷码映射，其中使用一个精确的二进制数字区分相临信号点。总的来说映射可以是任意类型。

接收器上的输入符号受到噪声的影响。硬判定解映射操作把输入符号与信号空间中最接近的信号点（在实信号空间或复信号空间中具有最小欧几里德距离的信号点）相关联，把各个格雷编码码字作为每个映射符号的 N 个位的硬判定值(0, 1)。

然而，如果多电平调制与信道编码和软信道解码（即一个软输入解码器）相结合，则解映射操作最好地计算出软可靠值以作为信道解码器的输入。简单地讲，当针对 PAM, PSK 和 QAM 调制时使用“多电平调制”，就意味着 PAM 的“多振幅电平”，PSK 的“多相位电平”，

和 QAM 的“多信号点”。

根据本发明的第一个方面，这里提供了一种用以对多电平调制信号进行迭代解码的方法，包括以下步骤：将所述的信号解映射；对所述的解映射信号进行位去交织；对所述的去交织信号进行解码；所述的解码步骤的输出进行交织；迭代所述的解映射步骤、去交织步骤和解码步骤，迭代后的解映射步骤使用先前解码步骤的位交织输出作为一个输入，其特征在于，所述的解码步骤产生软可靠值，用以代表所述的解码信号，和所述的迭代解映射步骤接收由所述解码步骤产生的位去交织的软可靠值。

根据本发明的第二个方面，这里提供一种用以对一个多电平调制信号进行迭代解码的装置，包括：一个解映射器，具有：一个第一输入端，用于接收所述的信号，和一个输出端用于产生一个解映射信号；一个位去交织器，具有：一个输入端，用于接收所述的解映射信号，和一个输出端，用于产生一个解映射和去交织的信号；一个解码器，具有：一个输入端，用于接收所述的解交织信号，和一个输出端，用于产生一个解码信号；一个位交织器，具有：一个输入端，用于接收所述的已解码信号，和一个输出端，用于产生一个位交织解码信号；其中所述的解映射器具有：一个第二输入端，用于接收所述的位交织解码信号，其特征在于，所述的解码器产生软可靠值，用以代表所述的解码信号。

在一个移动通信系统中的用户对服务质量 (QoS) 可以有不同的需求，即根据不同的通信服务有不同的 BER 和等待时间约束。例如：语音通信具有最低的 BER 需求（即可以容纳许多位差错）和最高的等待时间约束（即在双路通话中不能容忍长延迟）；视频通信具有较高的 BER 需求和较高的等待时间约束；数据通信（例如无线 Internet Web 浏览）具有最高的 BER 需求和最低的等待时间约束。由于用户到基站的不同距离，传播环境和移动速度，用户以一个不同的信号质量（即 SNR），多路径传播和衰减与基站通信。

映射操作本身不给信号增加冗余（与“传统”的串连编码模式中的内部编码器相比），但是通过组合（group）若干个位符号形成一个映射符号来增加信号存储量。

解映射器是一个软解映射设备，为了接受一个来自解码器的先验信息必须修改软解映射设备。解码器是一个信道解码器并且可以是任意 SISO-解码器（最优的 APP，或其他次优的算法，例如 SOVA）。因此迭代解映射和解码可以被认为是一个串连迭代解码模式，其中内部解码器由软解映射设备代替。由一个任意结束原则（例如在固定迭代次数之后，或者达到一个特定位差错率）停止迭代解映射和解码。

通过一个移动蜂窝通信系统的例子并且参照附图对本发明的一个

实施例进行描述，其中：

图 1 说明了一个使用串连 (serially concatenated) 编码模式的发送器和接收器。

图 2 说明了一个基于本发明的发送器和接收器。

图 3 说明了一个用于 4 电平 PAM 模式的信号集。

图 4 说明了一个用于复信号空间中矩形 16 点 QAM 的信号集。

图 5 说明了一个用于复信号空间中 8 电平 PSK 的信号集。

图 6 说明了一个用于任意 PAM, PSK, 矩形 QAM 以及 QAM 组合的信号集。

在发送器中，对二进制随机信号进行卷积编码并传送给一个交织位符号的交织器。(可使用任意信道编码，这里仅以非系统卷积码为例)。在交织器之后，根据所使用的调制模式(如图 3 到 6 图解的 PAM, PSK, QAM，其中 I 信道用于信号的实部，Q 信道用于信号的虚部)组合 N 个位并映射到一个复合信号集。如图 3 到 6 所示，最优的码字分配(也称作‘映射’)是格雷编码，其中只用一个二进制数字区分相邻的信号点。格雷编码只是一个例子，也可使用其他任何诸如反格雷编码的映射。

在信道中，加法噪声或任何其他噪声形式使符号产生畸变。

在接收器中，通过对每个符号的所有 N 个格雷编码位进行对数似然比率计算 (log-likelihood ratio calculation)，对信道符号进行解映射和拆分。把对数似然比值(“软值”)解交织并放入一个经验概率计算器 (APP) 中。(也可使用其他 SISO 解码器)。在解码后，通过得出信息位的 APP 软输出值的符号可以在硬判定设备的输出端得到对发射信息位的估测。

在迭代解映射/解码路径中，“非本征信息”穿过位交织器并作为一个先验通知被反馈给软解映射设备。“非本征”信息是解码器的软输入和软输出值之间的差值，该信息描述解码过程获得的新的，独立统计信息(至少是第一次迭代)。

接收器上的复信道符号 z 可以被认为是一个匹配滤波器输出。它

携带 N 个编码位。因为 SISO 解码器具有软输入处理，所以解映射设备从各个位  $x_0, \dots, x_{N-1}$  中抽出一个软值用于 SISO 解码器的进一步解码。对于每个符号的所有 N 个位，该软值是在匹配滤波器输出 z 上测量的各个位的对数似然比 (L 值)。L 值的绝对值表示位判定的可靠性。

位  $x_k$  的 L 值计算的全部数据项包括位  $x_k$  的一个附加“先验” L 值和一个小数部分，其中小数部分包含其它位  $x_j, j=0 \dots N-1, j \neq k$  的先验 L 值。

位  $x_0, \dots, x_{N-1}$  的先验 L 值由 SISO 解码器提供给软解映射设备作为输入。

如果位  $x_k$  的附加“先验” L 值超出位  $x_k$  的整个 L 值，并且如果在计算位  $x_k$  的 L 值时考虑其它位  $x_j, j=0 \dots N-1, j \neq k$  的先验 L 值，则模拟结果表明迭代软解映射和解码获得了最佳性能。如图 2 中解映射设备之后所进行的减法所示：在解映射设备中从各个位的对数似然比计算的输出中减去一个来自 SISO 解码器的先验值。传送到去交织器的信息可作为解映射设备（与来自 SISO 解码器的非本征信息相比）的“非本征信息”。

注意 L 值的计算隐含有每个符号的 N 位软解映射和拆分 (ungrouping) (并非两个独立的操作，如图 2 的建议)。

迭代软解映射和解码降低了使用明文信道码的常规多电平调制模式的位差错率。通过把接收器电路修改成包括一个接受先验信息的软解映射设备，并把 SISO 解码器用作信道解码器，可以改进许多具有简单信道编码和多电平调制的现代数字通信系统。

这适用于每个符号有 N 个位的多电平调制模式，其中对于 PAM，PSK 和 QAM， $N > 1$ ，而对于 PSK 和 QAM，在  $N = 2$  时使用反格雷映射。

应当注意，交织器是一个在位电平上交织符号的位符号交织器。假定编码器和映射器之间至少有一个位符号交织器，也可以采用在编码器和符号映射器之间同时串连了位符号和“n 位”符号交织器的其他系统。

图1.

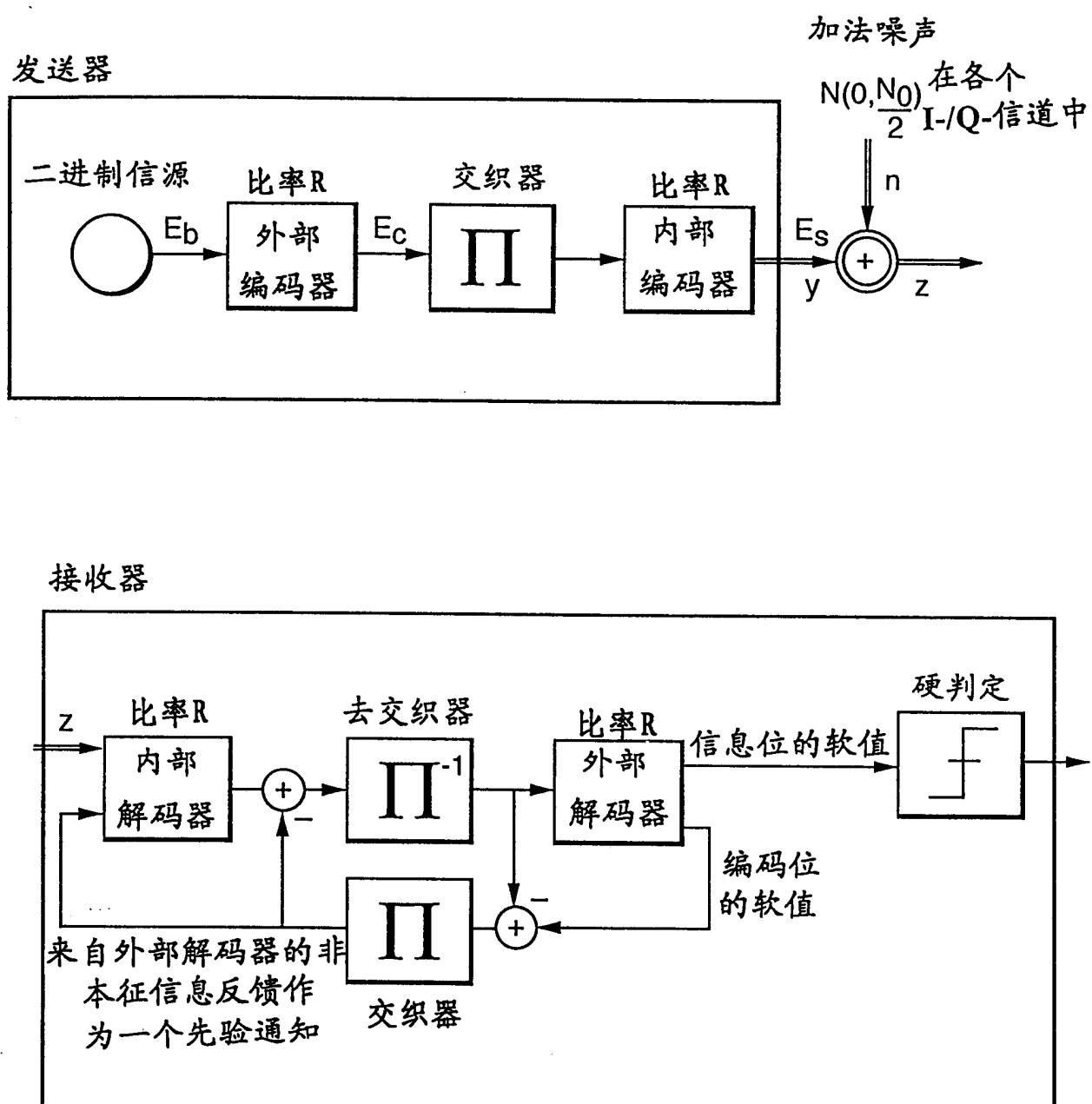


图2.

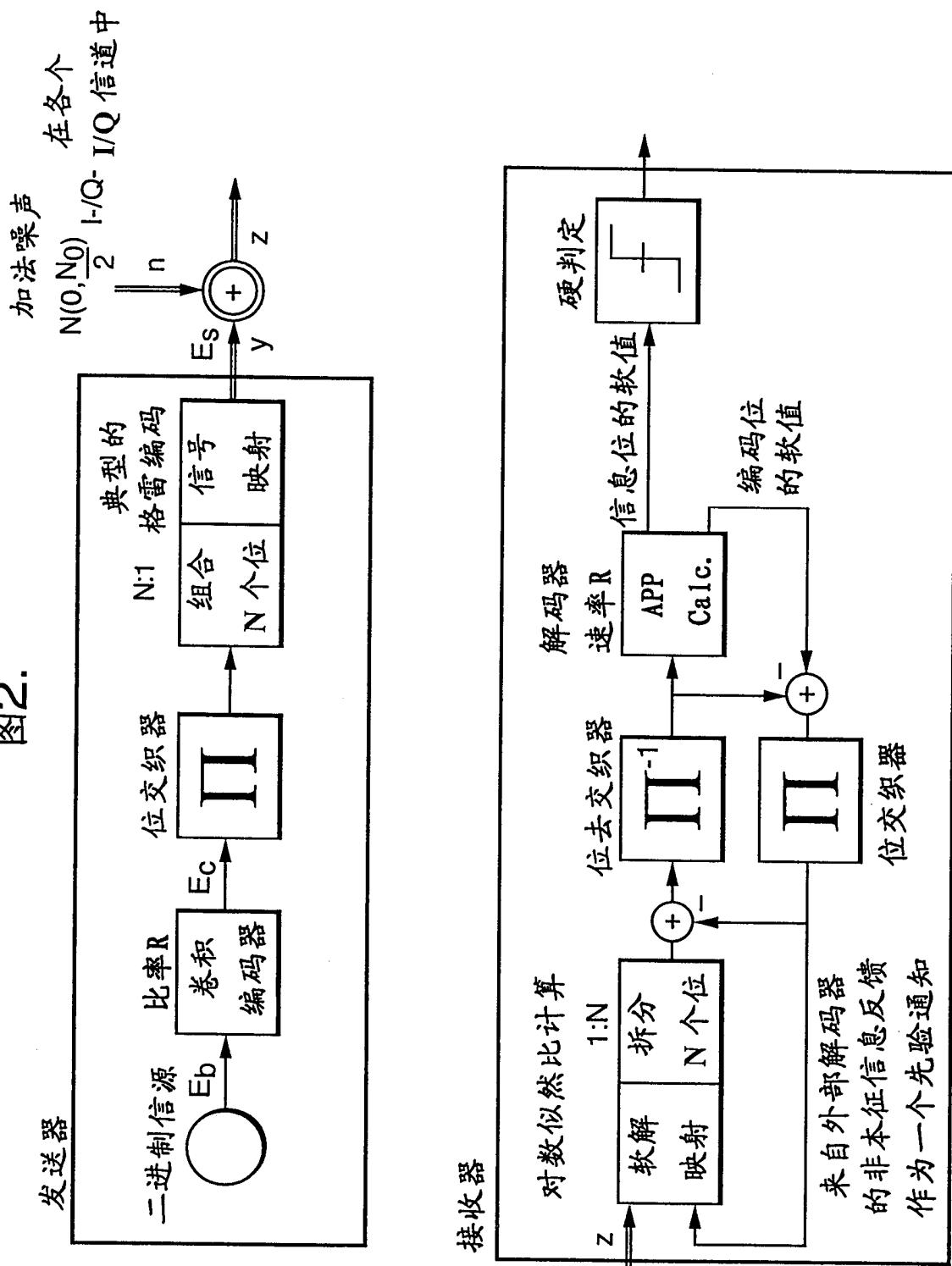


图3.

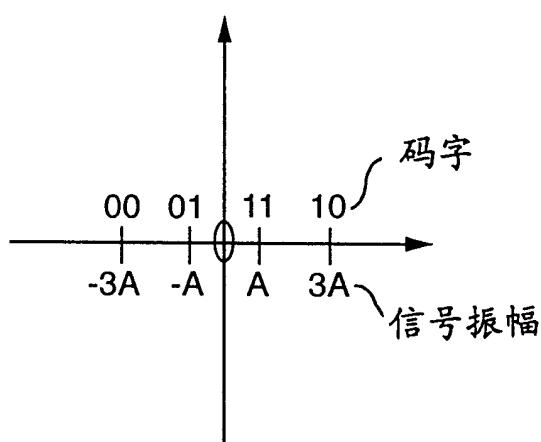


图4.

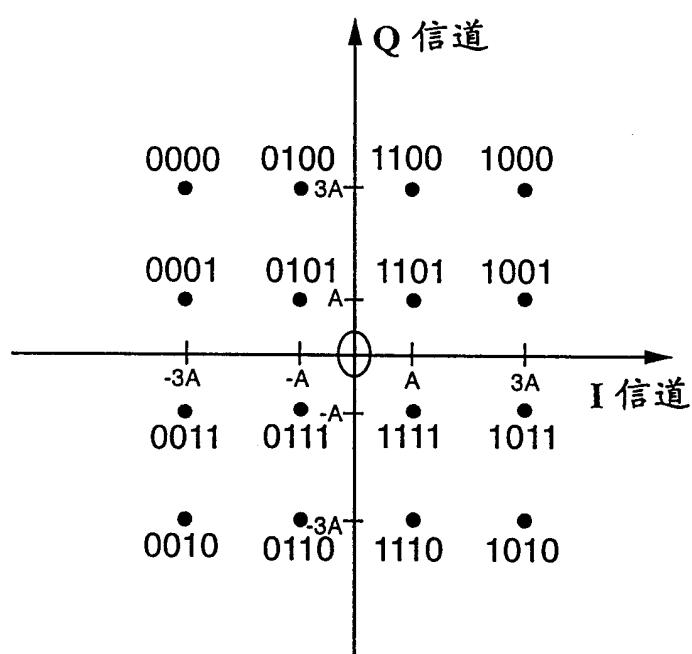


图5.

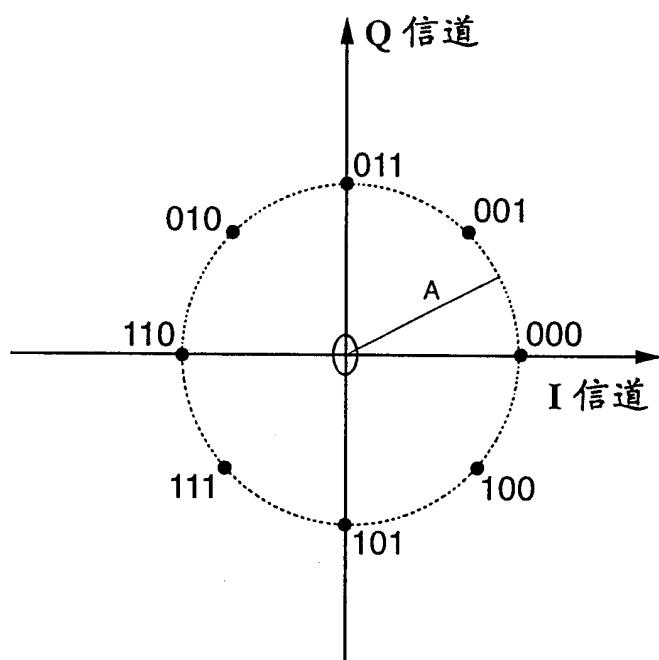


图6.

