

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H03M 13/03

H03M 13/23 H04L 1/00



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01111390.1

[45] 授权公告日 2004 年 6 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1154236C

[22] 申请日 2001.1.20 [21] 申请号 01111390.1

[30] 优先权

[32] 2000.1.21 [33] FR [31] 875/2000

[71] 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 A·格古恩

审查员 韩 燕

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

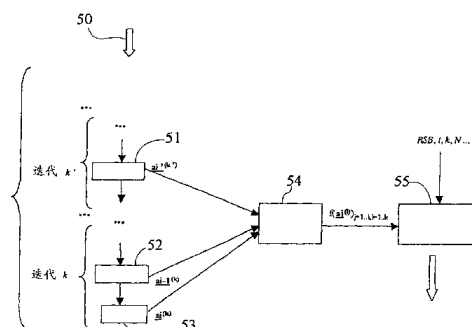
代理人 程天正 陈景峻

权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 4 页

[54] 发明名称 纠错编码型的数字传输方法

[57] 摘要

一种纠错编码型的数字传输方法，包括传输前的编码过程，和用于获得传输差错校正的解码过程。所述编码过程包括多个并行或串行关联的基本编码步骤。解码过程是迭代的，且对于每次迭代，它包括对应于所述多个基本编码步骤的多个基本解码步骤(51, 52, 53)，以及每个解码步骤产生至少一个可传送到一个或多个其它基本解码步骤的加权输出信息项。根据本发明，特征数值确定步骤(54)根据由至少一个基本解码步骤(51, 52, 53; 83)产生的一组加权输出信息项来计算至少一个特征数值，并且解码信息质量参数确定步骤(55; 85)根据所述至少一个特征数值和至少一个配置参数确定与和所述的加权输出信息项组对应的一组解码信息项相关联的解码信息质量参数。在所述解码过程的下行流或者甚至在该解码过程中可使用所述解码信息质量参数。



1. 纠错编码型的数字传输方法，包括：在进行信道传输的步骤之前，从源信息项产生包括至少一个冗余信息项的编码信息项的编码过程，和在进行所述信道传输的所述步骤之后，根据所述至少一个冗余信息项从将要解码（50）的接收信息项获得具有传输差错校正的所述源信息项的估算的解码过程，所述编码过程包括与多个交错步骤相关联并以并行或串行作用的多个基本编码步骤，所述解码过程是迭代的，并且对于每次迭代包括与所述多个基本编码步骤对应的多个基本解码步骤（51，52，53；83），所述多个基本编码步骤与多个自适应的交错和去交错步骤相关联，所述基本解码步骤（51，52，53；83）中的每一个步骤产生至少一个可传送到一个或多个其它基本解码步骤的加权输出信息项，所述方法的特征在于：它包括特征数值确定步骤（54；86），用于根据由至少一个基本解码步骤（51，52，53；83）产生的一组加权输出信息项计算至少一个特征数值；和解码信息质量参数确定步骤（55；85），用于根据所述至少一个特征数值和至少一个配置参数确定与一组解码信息项相关联的解码信息质量参数，该组解码信息项对应于所述加权输出信息项组。

2. 根据权利要求1所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于在所述解码过程之后使用所述解码信息质量参数。

3. 根据权利要求1所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于在所述解码过程期间使用所述解码信息质量参数。

4. 根据权利要求1-3之一所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于每个所述的基本解码步骤使用部分所述的接收信息产生输出信息，所述接收信息与和对应的基本编码步骤相关联的冗余信息项相对应，该输出信息包括可传送到一个或多个其它基本解码步骤的非本质信息项，在一次迭代期间获得的至少一个非本质信息项被传送到另一次迭代，并且所述特征数值确定步骤（86）在基本解码步骤（83）期间根据所述基本解码步骤（83）输出的一组非本质信息项计算所述至少一个特征数值。

5. 根据权利要求1-3之一所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于所述特征数值是统计数值。

6. 根据权利要求4所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于所述特征数值是对所述非本质信息项组计算的非本质信息的绝对值的平均值。

7.根据权利要求4所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于所述特征数值是表征所述非本质信息项组的统计数值。

8.根据权利要求1—3之一所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于所述质量参数确定步骤(55)根据在基本解码步骤(53)期间由所述特征数值确定步骤(54;  
5 86)从所述基本解码步骤(53)的一组加权输出信息项计算的特征数值,和前面的基本解码步骤(51, 52)期间从与所述基本解码步骤(53)的所述加权输出信息项组对应的加权输出信息项组计算的其它特征数值,以及至少一个配置参数来确定所述解码的信息质量参数,所述解码信息质量参数与和所述基本解码步骤(53)的所述的加权输出信息项组对应的一组解码信息项相关联。

10 9.根据权利要求8所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于所述质量参数确定步骤(55)根据与所述解码过程中的最后基本解码步骤(51, 52, 53)对应的基本解码步骤期间计算的多个特征数值来确定所述质量参数。

10.根据权利要求8所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于所述质量参数确定步骤(55)根据所述解码过程中的最后基本解码步骤(53)期间计算的单个特征  
15 数值来确定所述质量参数。

11.根据权利要求1—3之一所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于所述输出信息质量参数是表示存在于所述的解码信息项组中可能的差错数量的整数。

12.根据权利要求1—3之一所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于所  
20 述输出信息质量参数是用作加权系数的标量。

13.根据权利要求1—3之一所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于配置参数是表征解码条件的参数。

14.根据权利要求1—3之一所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于配置参数是表征传输条件的参数。

25 15.根据权利要求1—3之一所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于配置参数是信噪比。

16.根据权利要求1—3之一所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于所述信息质量参数确定步骤(55; 85)使用允许计算所述信息质量参数作为所述配置参数和多个所述特征数值之一的函数的预定算法。

30 17.根据权利要求1—3之一所述的纠错编码型的数字传输方法,其特征在于所述信息质量参数确定步骤(55; 85)使用一种预定的参考表选择信息质量参数作为所

述配置参数和多个所述特征数值之一的函数。

18.根据权利要求1-3之一所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于通过N比特解码序列处理所述接收信息(50)，并且所述的解码信息项组是包含N个码元的一系列二进制信息项。

5 19.根据权利要求1-3之一所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于通过解码序列处理所述接收信息(50)，并且所述的解码信息项组是表示一个解码序列部分的一系列二进制信息项。

10 20.根据权利要求1-3之一所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于所述基本解码步骤(51, 52, 53; 86)具有根据概率、似然比、或对数似然比加权的输入和输出。

21.根据权利要求1-3之一所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于所述编码过程包括至少一个穿孔步骤，并且所述解码过程包括至少一个对应的去穿孔步骤。

15 22.根据权利要求1-3之一所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于在使用与同一编码过程(60)相关联的多个解码过程(63)的传输组合方法中，在每个解码过程结束时分别获得的解码信息质量参数形成对应的解码信息项组的加权系数，其目的在于加权组合(64)这些组。

20 23.根据权利要求1-3之一所述的纠错编码型的数字传输方法，其特征在于在传输方法中还包括联合检测步骤(70)，所述解码信息质量参数用作所述联合检测步骤(70)的控制参数。

## 纠错编码型的数字传输方法

5 本发明总地涉及纠错编码型的数字传输方法，特别是用在数字传输系统的带有明显扰动的信道上。具体地说，本发明涉及利用涡轮码(turbo-code)型编码方案的纠错编码型的数字传输方法的改进，它允许估算解码的信息质量。

数字传输系统利用诸如电缆、光纤的物理媒介或在无线信道上传播来传送信息。用术语信道指示这种物理媒介。通常，这种系统特别包括在发送级的用于抵御信道缺陷的信道编码设备，和在目的地级的解码设备。

10 信道编码设备是一种纠错编码。纠错编码功能由产生有关发送的冗余信息构成，该冗余信息在目的地解码时使得能够从到达其目的地的、被称为接收信息的信息中重新构成传输的有用信息，所述接收信息因为信道出现的扰动，特别是噪声、衰减和干扰类型而遭到损坏。使用与对应的目的地解码相关联的这种信道编码的数字传输方法被称为纠错编码型传输方法。

15 例如，在比特级执行编码操作。该操作使二进制源信息序列与对应的二进制编码的信息序列相关联。当二进制源信息序列的长度固定时，称该二进制编码信息序列为码字。该二进制编码信息序列的长度比二进制源信息序列大，以便引入冗余度。由于该冗余度，所以仅可能有与编码规则一致的某些编码信息序列。如果将要解码的接收信息序列与这些可能的序列不同，则这是因为它们对应于被该信道损坏的信息。因此，解码方法的任务是在了解使用的编码规则的情况下，根据接收的信息序列尽可能好地重新构成传输的有用信息(限制因素通常是解码器的复杂程度)。理想地，在最大似然检测中最佳解码的情况下，该解码器提供的序列是所有可能序列中最有可能的序列。

25 该组编码和解码操作所允许的序列之间的区别能力越大，则纠错能力越强。

通常，对给定的信噪比 $E_b/N_0$ ，可根据比特或分组差错率测量纠错编码传输的性能，其中 $E_b$ 是每个信息比特的能量， $N_0$ 是噪声的功率谱密度。对给定的 $E_b/N_0$ 比和给定的解码复杂程度，可根据使用编码时是否允许更低或较

30 低的差错率来描述该编码的有效程度。

该编码的效率是有用的信息比特数与编码的信息比特数之比。通常，效率越低，编码越可靠。

5 一些已知的纠错编码是分组码。分组编码由将每一个 $k$ 信息比特的分组与一个 $n$ 比特( $n > k$ )的分组相关联而构成，因此包含 $(n-k)$ 个冗余比特。通过使 $k$ 个信息来源比特的分组与 $k$ 行和 $n$ 列的矩阵相乘获得该 $n$ 个比特的分组，该 $k$ 行和 $n$ 列矩阵被称为编码的发生器矩阵。当通过转置以使其展现出单位矩阵的形式写该发生器矩阵，以致在 $n$ 比特的分组中 $k$ 个信息比特与 $n-k$ 个冗余比特分离时，该编码被称为系统码。该编码的效率等于 $k/n$ 。解码设备检测差错并校正这些差错。该检错码是本领域中熟知的，例如Hamming码、BCH码和Reed-Solomon码。

10 借助一个或多个卷积编码器进行纠错编码也是熟知的事实。其工作原理包括把在编码器输入端出现的 $k$ 个二进制元的分组编码成 $n$ 个二进制元的分组，并借助具有移位寄存器型寄存器的设备考虑在输入端出现的分组之前的 $m$ 个分组。卷积编码器的输出由在输入端出现的 $k$ 个二进制元与 $n$ 个发生器多项式定义的编码器响应进行卷积而产生的 $n$ 个编码的二进制元构成。编码器的发生器多项式的数量 $n$ 被称为编码器的维数。编码效率等于 $k/n$ 。解码设备通过例如顺序型解码而重新构成原始数据，例如，如MacGraw-Hill于1995年出版的由J.G. Proakis发表的文献"数字通信"中所描述的，根据最可能的码元解码，或根据最可能的序列解码。例如，维特比算法根据最可能的序列提供最佳解码。

15 按照这类编码的一个变体，不是通过直接考虑将要编码的信息之前的一系列 $m$ 个源信息项进行编码，而是利用一系列 $m$ 个辅助信息项来进行编码，所述辅助信息项被存储在移位寄存器型设备中并且每个都可以通过使在输入端可得的有效信息项与前面计算的 $m$ 个辅助信息项进行数学组合而获得。该卷积码被称为递归卷积码。此外，当有用信息在编码器的 $n$ 个输出中出现时，所得到的编码被称为递归系统卷积码，表示为RSC(递归系统卷积码)。

25 使不同的编码器相关联以提高编码的性能也是已知的事实。例如，可将由第一编码器编码的数据馈送到第二编码器。用第二编码开始对称地进行解码。

如C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima在ICC-1993会议会刊第1064-1070页上发表的"准香农限制纠错编码和解码：涡轮码"一文中所描述的，已经提出一种有效的编码器关联。这类编码器关联产生了本领域已知的名为涡轮码  
30 的一族编码方案。涡轮码基于将被称为基本码的多个简单码与被称为交错的置

换操作的干预相关联（被称为连接）来指定纠错码，交错改变了由每个简单码考虑的数据的顺序。例如，可借助逐行插入并逐列恢复数据的交错矩阵以常规方式获得交错。该交错被称为均匀交错。然而，为了性能的缘故，涡轮码通常使用非均匀交错。上述类型的基本码是指效率大于或等于1的代码。这些代码

5 可以是例如卷积涡轮码的递归系统卷积码，分组涡轮码的Hamming或BCH分组码。可想象不同类型的连接。在并行连接中，相同信息被交错后用每个编码器分别对该相同的信息进行编码。在串行连接中，每个编码器的输出在交错后被用后面的编码器对其进行编码。用来实施该涡轮码的基本编码器的数量被称为涡轮码的维数。一种熟知的涡轮编码方案由卷积码型基本码的并行连接构成。

10 用术语PCCC表示该涡轮码。串行连接涡轮码的例子是使用卷积码型基本码的SCCC和使用分组码型基本码的分组涡轮码。

可用被称为涡轮解码的迭代方法对用涡轮码编码的信息解码。在上面提到的C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima在ICC-1993会议会刊第1064-1070页上发表的“准香农限制纠错编码和解码：涡轮码”的文献中给出了涡轮解码的例子。

15 该例子涉及并行连接涡轮码的涡轮解码。把多个基本解码器与各个对应于编码设备的基本编码器的加权输入和输出相关联。通过概率、似然比或通常表示为LLR的对数似然比来实现加权的输入和输出。加权的输入和输出通常在基本编码器的输入和输出端与多个码元中的每一个相关联，也就是说，例如，如果用二进制编码器作为基本编码器，则与比特相关联。解码器在串行涡轮解码

20 的情况下将一个接一个地作用，或在并行涡轮解码的情况下将同时作用。也可想象中间的连接方案。交错器和去交错器允许每个解码器考虑以与对应编码器的输出(在并行编码的情况下也可在输入处)的信息项相同的形式出现的信息项。每个基本解码器仅可使用在涡轮解码器的输入可得的所有信息的一部分，即在对应的基本编码器的输出(在并行解码的情况下也可在输入)的信息的损坏

25 版本。这种被称为先验信息的信息一方面由在信道解码前的步骤中，即通常是解调器的输出中出现的消息构成，另一方面，它由一个或多个以前的基本解码器产生的信息构成。借助该先验信息和了解对应的基本编码器的编码规则，基本解码器在输入端产生作为该信息的有更大可靠性的估算的后验信息。在基本解码器的输入端与该信息相比较的附加信息被称为非本质信息。交错或去交错

30 之后将该非本质信息传送到后面的基本解码器。因此，每个解码器在输入端具

有先验信息，先验信息的质量通过前面的基本解码器的工作而得以提高。该非本质信息取决于对应的解码器引入的冗余信息。该迭代方法在于把由最后的解码器或该解码器系列计算的非本质信息传回到第一解码器或解码器系列。在同一个步骤中，和从该步骤到下一步骤中，在基本解码器之间进行非本质信息的交换。因此，每个新步骤提高了输出端产生的信息的可靠性。经过特定的迭代次数之后，该方法将收敛。应用阈值以产生解码信息。

当然，根据例如实施的涡轮编码的类型，涡轮解码这个名称包括各种可想到的连接方案。例如，在对应于串行连接涡轮码的涡轮解码中，基本解码器以与基本编码器相反的顺序相关联，每个基本解码器接收两个先验加权信息项，一个对应于对应的基本编码器的输出信息，而另一个对应于对应的基本编码器的输入信息。该基本解码器产生两个后验的加权信息项，其中一个对应于对应的基本编码器的输出，因此，在以后的迭代期间，在对应的交错之后，该加权信息项变成前一个基本解码器的先验输入；而另一个加权信息项则对应于对应的基本编码器的输入，因此，在同一个迭代期间，在对应的去交错之后，该加权信息项变成下一个基本解码器的先验输入。

象可能的那样，可一直将非本质信息定义为由与基本编码相关联的基本解码器提供的、相对于在基本解码的输入端出现的先验信息项的附加信息。

此外，可通过加权的输入和输出将各种类型的算法用于基本解码器。基本解码器使用例如MAP、LogMAP和MaxLogMAP，也被称为APP、LogAPP和MaxLogAPP的算法，所有算法都是从了解先验概率的后验概率的计算得到的。该解码算法的说明可参考例如P. Robertson, P. Hoeher, E. Villebrun在1997年三-四月的欧洲电信学报vol8的第119-125页上发表的题为"适合于涡轮解码的优化和次优最大后验算法"的文章。也可将改进的Viterbi算法型的算法用于将每个判决关联于可与LLR(对数似然比)相比的一种可靠性测量。例如，可使用SOVA算法(软输出Viterbi算法)。对于分组涡轮码，如R. Pyndiah, P. Combelles和P. Adde在1996年的IEEE全球通信系统的第101至105页上发表的题为"一种复杂性非常低的乘积码的分组涡轮解码器"的文章中描述的，可使用Chase算法。

这个事实也是已知的，即：可由包括不传输信息序列的特定比特的穿孔操作来提高编码效率，正如，例如J. Hagenauer在1988年的IEEE学报Vol COM-36.4的第389-400页中发表的题为"速率可兼容穿孔(puncture)卷积(RCPC)码和



其应用"的文章, 或L.H.C. Lee在1994年的IEEE学报Vol. COM-42.2的第3073-3079页中发表的题为"用于Viterbi解码的新速率可兼容穿孔卷积码"的文章中所描述。这些不传输的比特通常是冗余信息比特。该穿孔操作在编码操作之后在发送级进行。在目的地级, 在解码操作之前进行相反的去穿孔操作。由穿孔方案或矩阵定义穿孔操作, 由对应的去穿孔方案或矩阵定义去穿孔操作。冗余信息比特的穿孔降低了代码的校正能力但提高了它的效率。

根据最新技术的涡轮码家族的纠错码使其能够获得非常有效的纠错, 同时保持足够高的效率, 并且能提供与该代码的复杂性相比有更低复杂性的解码操作。原则上, 涡轮解码是次优的, 然而它导致了接近最优解码器的性能, 由于它大约相当于基本码的解码, 所以其复杂性明显降低。

纠错码的性能随传输条件而改变是已知的。传输条件是指影响传输性能, 特别是诸如信噪比的传输性能的参数。就性能而言, 这是特别借助比特或分组差错率估算的。此外, 多个应用需要在一方面是性能而另一方面是诸如系统的复杂性或解码时间之类的使用参数之间建立折衷。在多种情况下, 解码不会导致校正所有的传输差错。具有去访问那些表征解码信息质量的参数的可能性被证明是有利的。

涡轮解码由每次根据不同的冗余信息在循环中执行一连串解码操作而构成, 很难简单地评估解码信息的质量。这提出了多个问题。

例如, 很难确定该解码方法必须执行的迭代的先验次数。因此, 通常对应容许的复杂性和/或最大解码时间来决定最大迭代次数, 并且如果解码过程在最大迭代次数之前似乎已收敛到传输的序列, 则使用停止准则中断该解码过程。可以以不同的方式进行收敛检测。例如, 可使用CRC(循环冗余检验)型检错码, 在一个分组的涡轮解码期间, 如果检错码的计算表明没有差错, 则中断所述分组的迭代解码。此第一种方法的一个缺陷在于必须在发送中引入所述检错码, 从而使信道编码器的整个效率明显下降。另一种方式由在一个序列的迭代解码期间检测基本解码器的输出的驻点组成。该驻点有效地表示附加解码迭代不会进一步减少所考虑的序列中差错的数量。虽然这种进行方式使其能够相对简单地控制解码处理的停止, 但它不给出有关解码序列的质量信息, 也就是说, 与发送的信息相比它们仍包含的差错数量的信息。

对于很多应用而言, 它们都希望能够了解解码信息分组中剩余的差错量。

更一般的是，了解每个基本解码器的输出端的及每次迭代的解码信息的质量是有利的。

在本发明的内容中，已经找到一种便于访问，并使其能够评估解码序列的质量的参数。

- 5 在这个方向正着手进行一项研究，该研究通过LogMAP型算法用具有N比特序列的涡轮解码的PCCC型涡轮码为例，揭示了在一方面，即在给定的迭代期间在给定解码器的输出端对该序列的N个非本质值计算而得的非本质信息的绝对值的平均值，与另一方面，即对于该给定的迭代在该给定解码器的输出端得解码的N比特序列中剩余的差错数量，之间存在相关。平均值越高，该序列
- 10 中剩余的差错数量较小的可能性越大。

对以信噪比为特征的不同传输条件，已经有可能描绘出按每个序列给出的该平均值与比特差错的平均数量之间的对应关系的参考表。

- 也已经有可能根据表示基本解码操作的输出端的、用于给定数量的信息项的非本质信息的其它数值描绘类似的参考表，例如最小、最大或阶数大于1的
- 15 矩。

更一般的是，对于所有类型的涡轮码，已经表明利用并行或串行连接总是可能根据在一个或多个基本解码操作的输出的特定数量的加权信息项计算一组信息项的质量的数值特征，所述一组信息项在所考虑的最后的的基本解码操作输出，它们对应所述加权信息项组。

- 20 因此，本发明的一个目的是提出一种借助涡轮码的纠错编码型的传输方法，利用该方法可在任何解码迭代期间在任何解码步骤得到解码信息质量的参数特征。

- 为此，提出一种纠错编码型的数字传输方法，包括在进行信道传输的步骤之前从有用的信息项产生包括至少一个冗余信息项的编码信息项的编码过程，
- 25 和在进行所述信道传输的所述步骤之后，根据所述至少一个冗余信息项从接收的将要解码的信息项获得具有传输差错校正的所述源信息项的估算，所述编码过程包括与多个交错步骤相关联并以并行或串行作用的多个基本编码步骤，所述解码过程是迭代的，并且对于每次迭代包括多个与所述多个基本编码步骤对应的多个基本解码步骤，所述多个基本编码步骤与多个适应的交错和去交错步
- 30 骤相关联，每个所述基本解码步骤产生至少一个可传送到一个或多个其它基本

解码步骤的加权输出信息项，所述方法的特征在于：它包括特征数值确定步骤，用于根据由至少一个基本解码步骤产生的一组加权输出信息项计算至少一个特征数值；和解码信息质量参数确定步骤，用于从所述至少一个特征数值和至少一个配置参数确定与一组解码信息项相关联的解码信息质量参数，该组解码信息项对应于所述加权输出信息项组。

因而定义，本发明适用于使用涡轮编码类型的纠错编码的所有类型的传输方法，不管这是一个串行还是并行涡轮编码。

本发明还适用于涡轮均衡范围，其中认为该信道是卷积编码器，或者适用于涡轮检测。

10 在涡轮解码之后或甚至在涡轮解码的过程中可使用解码信息质量参数。

根据本发明的另一方面，每个所述的基本解码步骤将所述接收信息的一部分（该接收信息对应于包含与对应的基本编码步骤相关联的冗余信息的信息项）用于产生包含可传送到另一个基本解码步骤的非本质信息项的输出信息项，在一个迭代期间获得的至少一个非本质信息项被传送到另一个迭代，并且

15 所述特征数值确定步骤在基本解码步骤期间根据所述基本解码步骤输出的一组非本质信息项计算所述的至少一个特征数值。

有利的是，特征数值是统计数值。它可以是从所述非本质信息项组计算的非本质信息的绝对值的平均值。它也可以是其它统计数值，例如方差、最小或最大值。

20 根据本发明的另一方面，所述质量参数确定步骤根据基本解码步骤期间从所述基本解码步骤的一组加权输出信息项计算的特征数值，和以前的基本解码步骤期间从与所述基本解码步骤的所述加权输出信息项组对应的加权输出信息项组计算的其它特征数值，以及至少一个配置参数来确定所述解码信息质量参数，所述解码信息质量参数与和所述基本解码步骤的所述加权输出信息项组对

25 应的一组解码信息项相关联。

有利的是，所述质量参数确定步骤根据与所述解码过程的最后基本解码步骤对应的基本解码步骤期间计算的多个特征数值确定所述质量参数。

然而，所述质量确定步骤还可根据所述解码过程的最后基本解码步骤期间计算的单个特征数值来确定所述质量参数。

30 对于特定应用，所述输出信息质量参数是表示所考虑的分组中可能的差错

数量的整数。

对于其它应用，所述输出信息质量参数是用作加权系数的标量。

这种情况下，标量越大，输出信息越可靠。

配置参数可以是表征传输条件的参数，例如信噪比。

- 5 所述信息质量参数确定步骤可使用允许计算该信息质量参数作为多个特征数值之一和配置参数的函数的预定算法。

该信息质量参数确定步骤还可使用使其能够选择信息质量参数作为多个特征数值和配置参数之一的函数的预定参考表。

- 10 根据本发明的另一方面，借助N比特解码序列处理接收的信息，所述的解码信息项组是包含N个比特的一系列二进制信息项。

本发明的该实施例对于这样的应用特别有利，即该应用由在解码过程的输出向解码序列分配一个解码的信息质量参数构成。

或者，借助N比特解码序列处理接收的信息，所述的解码信息项组是仅表示N比特解码序列的一部分的一系列二进制信息项。

- 15 本发明的该实施例对于那些由在涡轮解码处理本身中使用解码信息质量参数组成的应用是有利的，通过将该解码信息质量参数转换成与解码序列的一部分对应的该非本质信息项组的加权系数，而给予更大或较小范围的特定的非本质信息项组并改善涡轮解码方法的收敛性。

- 20 根据本发明的另一方面，所述基本解码步骤具有按照概率、似然比、或对数似然比加权的输入和输出。

根据本发明的另一方面，所述编码过程包括至少一个穿孔步骤，且所述解码过程包括至少一个对应的去穿孔步骤。

- 25 根据本发明的另一方面，在使用与同一个编码过程相关联的多个解码过程的传输组合方法中，可将为每个解码过程获得的解码信息质量参数用作解码信息项组的加权系数，其目的在于组合这些组。

根据本发明的另一方面，在一种传输方法中还包括联合检测步骤，可将所述解码信息质量参数用作所述联合检测步骤的参数。

通过对下面示例实施例的与附图相关的描述可更清楚地呈现出上面提到的本发明的特征以及其它特征，其中：

- 30 图1是表示二维CCC型涡轮码编码设备的示意图；

图2是表示与图1的编码设备相关联的串行模式解码设备的示意图;

图3是表示对于给定的解码步骤和不同的传输条件, 作为每个解码序列的差错平均数量的函数的非本质信息的绝对值均值分布曲线图;

图4是表示根据本发明一个实施例、带有对解码信息质量参数进行确定的  
5 解码过程的基本原理流程图;

图5是表示根据本发明另一个实施例、带有对解码信息质量参数进行确定的解码过程的基本原理流程图;

图6是表示本发明应用于一种包括其输出被组合的多个解码过程的传输方法的流程图;

10 图7是表示本发明应用于一种包括联合检测步骤的传输方法的流程图。

特别参考使用二维PCCC型涡轮码的纠错编码型的传输方法说明本发明, 图1中示意性地描绘了应用该方法的涡轮编码设备, 以及图2中描绘了应用该方法的涡轮解码设备。本发明很容易推广到使用其它类型的基本码和/或具有不同连接方案的, 特别是串行连接方案的更大维数的涡轮码。

15 总体来说, 具有借助PCCC涡轮码的纠错编码型的数字传输方法包括在传输步骤之前的编码过程和传输步骤之后的解码过程。

通过图1中示意性描绘的编码设备说明该编码过程。

总体来说, 该编码设备10包括两个基本编码器11和12, 它们之间作用有大小为N的交错器13。

20 每个基本编码器11和12是使用递归系统卷积(RSC)码的编码器。如熟知的, 这些基本编码器中的每一个都使用移位寄存器型设备中存储的一系列辅助信息项, 每个辅助信息项是通过有用的信息项与前面计算的辅助信息项的数学组合获得的。在此给出的例子中, 移位寄存器23存储由"异或"门21计算的辅助数据。"异或"门22实施卷积乘积, 由寄存器23的输出形成发生器的多项式。由  
25 在"异或"门22的输出呈现的冗余信息项一侧来系统地传输有用的信息。大小为N的交错步骤13改变了通过每个基本码考虑数据的顺序。这样, 每个编码器11和12产生与此相关联的冗余信息项。源信息只传输一次。因此, 编码信息在其从编码过程形成时是包含有用信息或系统部分以及两个冗余信息项或与每个基本码对应的部分编码信息的分组20。当然, 两个基本码可以不同。在多路复用  
30 14之后, 对编码的信息进行穿孔15。每个基本编码器的效率是1/2, 且由于系

统部分只传输一次，所以涡轮码的效率是1/3。当然，可通过穿孔提高该效率。因此，对每个基本码的一半冗余比特进行穿孔可产生1/2的效率。

通过长度 $N/R$ 的序列20传输被编码和可能已被穿孔的信息，其中 $R$ 是包括穿孔在内的涡轮码的效率。信道会使这些序列发生改变。在可能的去穿孔之后，  
5 接下来由解码设备接收这些序列。在去复用器31的输入出现长度为 $N/R$ 的加权信息序列30。这些分组30中的每一个都由将要解码的接收信息项构成。它们包含与被称为系统信息 $X$ 的有用信息对应的接收信息部分，与被称为第一冗余信息 $Y1$ 的第一基本码的冗余信息对应的第一接收信息部分，和与被称为第二冗余信息 $Y2$ 的第二基本码的冗余信息对应的第二接收信息部分。解码过程通过  
10 与接收的 $N$ 个分组序列对应的 $N$ 比特解码序列来工作。

解码设备由串联连接的与第一基本编码器11对应的基本解码器32和与第二基本编码器12对应的基本解码器33构成。在此考虑的实例中，使用LogMAP型算法的基本解码器具有以对数似然比(LLR)的形式加权的输入和输出。为此，将非本质信息初始化成0，并通过相加进行非本质信息与系统信息的组合。当  
15 然，如果基本解码器处理的数值是一些别的东西，则需要对其进行对应的变化。例如，如果它们是似然比，则将非本质信息初始化成1，并通过乘积进行组合。如果它们是概率，则将非本质信息初始化成0.5，并同样通过乘积进行组合。

此外，把与源信息对应的接收信息部分 $X$ 传送到基本解码器32和33。在基本解码器32的方向，加法器37将非本质信息项 $e_{2_{k-1}}$ 加入该系统信息 $X$ 。在基本解码器33的方向，加法器39向由与交错器13对应的大小为 $N$ 的交错器34交错的该系统信息 $X$ 加入由与交错器13对应的大小为 $N$ 的交错器35交错的非本质信息项 $e_{1_{k'}}$ 。此外，把与第一基本码的冗余信息对应的接收信息部分 $Y1$ 传送到解码器32，且与第二基本码的冗余信息对应的接收信息部分 $Y2$ 被传送到解码器  
25 33。

下标 $k'$ 表示解码过程当前的迭代，因此，计算非本质信息 $e_{2_{k-1}}$ 的迭代期间在计算非本质信息 $e_{1_{k'}}$ 的迭带期间之前。

在迭代 $k'$ 期间，通过在减法器38减去系统信息 $X$ 和非本质信息 $e_{2_{k-1}}$ 而在基本解码器32的输出端获得非本质信息 $e_{1_{k'}}$ 。

30 在迭代 $k'$ 期间，通过在减法器40减去交错的系统信息 $X'$ 和交错的非本质信

息 $e'_{1k}$ 而在基本解码器33的输出端以交错的形式 $e'_{2k}$ 获得非本质信息 $e'_{2k}$ 。在传递到后面的迭代之前，由与交错器13对应的大小为N的去交错器36进行去交错。

在解码过程结束时，也就是说在迭代给定次数k后，由判决方块41去交错  
5 和分析在第二基本解码器33的输出端的解码序列以形成被解码序列。

开始时，将非本质信息 $e_0$ 初始化成0。在第一次迭代时，系统信息X形成第一基本解码器32的先验输入信息。第一基本解码从第一冗余信息Y1产生与第一解码序列估算对应的加权的输出信息项 $D1_1$ ，该第一解码序列估算以系统信息和非本质信息 $e1_1$ 组合的形式写出，后者对应于与第一基本解码相关联的  
10 可靠性的增加。这样便给出 $D1_1 = X + e1_1$ ，非本质信息 $e1_1$ 被写为第一解码器的加权输出信息（在此是在输出端的对数似然比）与第一解码器的加权输入信息（在此是在输入端的对数似然比）之间的差值。被交错并被加到已交错的系统信息X'的该非本质信息 $e1_1$ 形成第二基本解码器33的先验输入信息。第二基本解码从第二冗余信息Y2产生加权的输出信息项 $D'2_1$ ，该加权的输出信息项  
15  $D'2_1$ 对应于第二解码序列估算，且它是以交错的系统信息、交错的非本质信息 $e1_1$ 和交错的非本质信息 $e'2_1$ 组合的形式写出的，后者对应于与第二基本解码相关联的可靠性的增加。这样便给出 $D'2_1 = X' + e'1_1 + e'2_1$ ，交错的非本质信息 $e'2_1$ 被写为第二解码器的加权输出信息（在此是在输出端的对数似然比）与第二解码器的加权输入信息（在此是在输入端的对数似然比）之间的差值。去  
20 交错之后，交错的非本质信息 $e'2_1$ 形成非本质信息 $e2_1$ ，该非本质信息 $e2_1$ 加到系统信息X，形成第一基本解码器32用于第二次迭代的先验输入信息。此后，仍来自第一冗余信息Y1的基本解码产生与提高了可靠性的新解码序列估算对应的加权输出信息项 $D1_2$ 。与解码器32相关联的新非本质信息项 $e1_2$ 被交错并被加到已交错的系统信息X'，形成第二基本解码器33的先验输入信息。仍来自第二冗余信息Y2的第二基本解码产生与提高了可靠性的新解码序列估算对  
25 应的加权输出信息项 $D'2_2$ 。与解码器33相关联的新非本质信息项 $e2_2$ 加到系统信息X，形成第一基本解码器32用于第三次迭代的先验输入信息。此后，该处理以相同的方式继续，非本质信息增加了可靠性，也就是说，随着迭代的进行，在目前用对数似然比对其进行表示的情况下增加了幅度。在给定的迭代次  
30 数k结束时，对在第二基本解码器33的输出端由加权的输出信息项 $D2_1$ 构成的

交错解码序列去交错并定出阈值，以便产生解码的序列。

图5描绘了本发明应用于象刚描述的2维PCCC这样的i维PCCC的情况的实施例。根据本发明，特征数值确定步骤86执行一种算法，该算法由以下内容构成，即：在解码过程的最后基本解码步骤83，也就是说与第k次迭代的第i个基本解码对应的步骤期间，对第k次迭代期间在第i个解码器的输出端的N个非本质值序列计算的非本质信息计算其绝对值的平均值 $E|e_{ik}|$ 。在所描述的2维PCCC的情况下，该步骤86在由第二解码器33于第k次迭代期间执行的基本解码中，对第k次迭代期间在第二解码器33的输出端的N个非本质值序列计算的非本质信息计算其绝对值的平均值 $E|e_{2k}|$ 。

10 解码信息质量参数确定步骤85接收特征数值 $E|e_{ik}|$ 。它还接收作为配置参数的其它参数，即那些使得能够表征正为其进行解码信息质量评估的系统的参数。这些参数可以特别是估算的信号/噪声比、解码序列的大小为N、值i和值k。它们也可以是表征穿孔的参数或能够改进解码信息质量的任何其它参数。

15 为了在基本解码步骤83结束时从特征数值 $E|e_{ik}|$ 和配置参数确定与N个解码的信息项序列相关联的解码信息质量参数，该N个解码信息项序列与在第i个基本解码器输出端的N个非本质值序列对应，该确定步骤采用预定算法或预定参考表。该算法或这些参考表是针对不同的配置参数，根据预先研究的作为每个解码序列的差错平均数的函数的非本质信息的绝对值均值分布预定的。

20 作为例子，图3以曲线的形式表示了对本实施例的PCCC的研究结果。这是在第二个解码器输出端，作为每个解码序列差错的平均数的函数的、第10次迭代的非本质信息的绝对值的平均值 $E|e_{210}|$ 分布，该序列的长度(对应于交错器的大小)是 $N=640$ 。该分布是针对信噪比的三个值描绘的：第一条线对应于0dB的信噪比，第二条线对应于0.25dB的信噪比，第三条线对应于0.5dB的信噪比。利用BPSK调制来调制在涡轮编码器输出端的信号并在有加性白高斯噪声(AWGN)的信道上传输。对足够多的序列计算数值 $E|e_{210}|$ 以获得"平滑"分布。在x轴上，以10为间隔表示差错的数量，以便在每个间隔中具有充分的统计。由于对应于0差错的情况中 $E|e_{210}|$ 的对应值比其它情况高得多，所以分开考虑对应于0差错的情况。在y轴上，以 $\log(E|e_{210}|)$ 的形式表示非本质信息的绝对值。

30 利用例如借助参考表获得的分布图使其对给定的信噪比能够形成配置参



数，以便从与N个解码的数据项序列相关联的特征数值推断出该序列中可能的  
 5 剩余差错数量。在此，该差错数量根据本发明形成与解码信息序列相关联的信  
 息质量参数。例如，对于0dB的信噪比，特征数值 $E|e_{210}|$ 的值为2.51，其对数  
 是0.4，表示在640个解码比特中剩余约30个差错。取决于应用，该质量参数可  
 以是不同种类的。

当然，信息质量参数确定步骤可以以类似图3描绘的并对应于各种配置参  
 数值的多个特征数值分布为基础。

图4是以更一般的方式说明通过根据本发明一个实施例、带有对解码信息  
 质量参数进行确定的解码过程的基本原理流程图。

10 根据本发明，特征数值确定步骤54执行一种算法，包括在解码过程的基本  
 解码步骤期间（象所描绘的分别与第k'次迭代的第i'个基本解码、第k次迭代的  
 第(i-1)个基本解码和第k次迭代的第i个基本解码，也就是说最后的基本解码对  
 应的步骤51、52和53期间），计算函数 $f(a_{jl})_{j=1...i, l=1...k}$ ，该函数给出与在这  
 些基本解码步骤中的每一步骤的输出端的所有或部分解码序列对应的一组加权  
 15 的信息项 $a_{jl}$   $j=1...i, l=1...k$  的特征数值的。该特征数值可以是统计数值，例如  
 幅度平均值、变量、最小值、最大值等。函数f可以给出在解码过程的最后基  
 本解码步骤的输出端的一组加权信息项的多个特征数值。它也可以给出在解码  
 过程的最后基本解码步骤的输出端的一组加权信息项的一个特征数值，不管这  
 是处于解码迭代的结束还是处于解码迭代之中。

20 解码信息质量参数确定步骤55接收特征数值 $f(a_{jl})_{j=1...i, l=1...k}$  和配置参  
 数。在此，这些同样可以特别是估算的信号/噪声比、解码序列的大小为N、值  
 i和值k、表征进行的一个或一些穿孔的参数，表征使用的一个或一些交错的参  
 数等。

为在基本解码步骤53结束时根据特征数值 $f(a_{jl})_{j=1...i, l=1...k}$  和配置参数确  
 25 定与该组解码的信息项相关联的解码信息质量参数，该组解码的信息项与第k  
 次迭代期间在第i个基本解码器的输出的该组加权的信息项 $a_{ik}$  相对应，信息质  
 量参数确定步骤使用预定的算法或预定的参考表。该算法或这些参考表是对不  
 同的配置参数根据作为解码的信息质量参数的函数预先研究的特征数值分布来  
 预定的。该质量参数可以是表示该组解码的信息项中可能的差错量的整数，或  
 30 者是用作给定的应用所需的加权系数或任何其它参数的标量。

在刚才描述的实施例中，根据本发明的解码信息质量参数是特别为涡轮解码过程的下行流应用设计的，下面给出该应用的一些实例。这种情况下，通常计算与一个完整的解码序列对应的一组解码信息项。此外，通常是在作为解码过程中最后步骤的基本解码步骤期间，或甚至在解码过程中的最后基本解码步骤期间对其进行计算。然而，甚至在涡轮解码处理中也可以使用该解码的信息质量参数。与解码的信息质量参数相关联的一组解码信息项是指在一个不必是解码过程中最后步骤的基本解码步骤结束处的任何解码信息项组。例如，可在基本解码步骤结束时计算该解码信息质量参数，以改善后面的基本解码步骤。这种情况下也可计算与解码序列部分对应的一组解码信息项，以便例如将不同的权重给予一个解码序列的某些数目的子集，从而在例如后续步骤期间根据其包含的信息质量而支持这个或那个子集。

本发明适用于采用涡轮编码型的纠错编码的所有类型的传输方法，不管它是串行还是并行涡轮编码，或可能甚至是具有混合串行连接或并行连接的混合连接方案的涡轮码。

15 简要描述本发明应用于串行涡轮码的实施例。

例如，在串行连接涡轮码中，每个基本编码器根据从前一个基本编码器发出的基本编码信息项产生基本编码的信息项，由(i-1)交错器分离i个基本编码器。可在编码过程中分布穿孔步骤，可在由第(j+1)个编码器编码之前由第j个交错器交错、由第j个穿孔矢量穿孔第j个编码器的输出。每个交错器的大小取决于前一个编码步骤，特别是取决于前一个基本编码器穿孔后的效率。

在与刚刚描述的串行连接涡轮编码对应的涡轮解码的例子中，基本解码器以与基本编码器相反的顺序相关联，每个基本解码步骤接收两个先验的加权信息项，被称为第一输入信息的一个加权信息项对应于对应的基本编码器的输出信息，被称为第二输入信息的另一个加权信息项对应于对应的基本编码器的输入信息。该基本解码步骤产生两个后验的加权信息项，被称为第一输出信息的加权信息项对应于对应的基本编码器的输出，因此，该加权信息项在下一个迭代期间，在交错和对应的穿孔之后变成前一个基本解码器的先验输入；并且被称为第二输出信息的另一个加权信息项对应于对应的基本编码器的输入，因此，该加权信息项在同一个迭代期间，在去交错和对应的去穿孔之后变成后面的基本解码器的先验输入。第一输入信息对应于将由该基本解码步骤解码的信

息。第二输出信息对应于已由该基本解码步骤解码的信息，并由第二输入信息和非本质信息项的组合构成。

根据本发明，特征数值确定步骤在基本解码步骤期间根据在该基本解码步骤的输出的一组加权的的信息项计算特征数值。例如，如果参考前面描述的涡轮  
5 解码实例，则从对应于解码序列或解码序列部分的第二输出信息的一组值进行特征数值计算。解码信息质量参数确定步骤从特征数值和配置参数确定与一组解码信息项相关联的解码信息质量参数，该组解码信息项与所述加权信息项组相对应。解码信息项是指由所考虑的基本解码步骤解码的信息项。如果所考虑的基本解码步骤是解码过程中的最后步骤，则这是与有用的信息对应的解码信  
10 息。

本发明在例如加权组合结构的方法中找到应用，其中它们在发送上相同，但被不同地传输和解码，例如在软切换型的方法中。

图6示意性地描绘了本发明应用于加权组合结构的方法的基本原理。这涉及到使用与同一编码过程相关联的多个解码过程的传输组合方法。对由涡轮码  
15 型编码过程60编码的序列进行重复步骤，其结果是该编码序列在n个不同的信道62上发送。在此，信道是指在广义上表示包括穿孔、调制、物理信道本身或解调和检测效果的信道。由对应信道修改的每个序列经过相应的涡轮解码型迭代解码63。从其得到n个解码序列。本发明适用于每个解码过程，使其能够将这n个序列中的每一个与由解码信息质量参数确定步骤确定的相应加权系数相  
20 关联。组合步骤64通过向每一个序列施加其相应的加权系数来组合n个序列，以便获得表示源信息序列的最终解码序列。如果将符号 $\alpha_k$ 赋予与解码序列 $d_k$ 相关联的加权系数，其中 $k=1..n$ ，并且如果将符号d赋予由加权的组合获得的序列，则可以给出： $d=f(\alpha_k, d_k)_{k=1..n}$ 。

本发明的这种应用在移动电话领域中，例如，当移动电话与多个基站通信  
25 时特别有利。

本发明还在例如包括联合检测步骤的传输方法中找到应用。图7示意性地描绘了本发明应用于具有联合检测功能块的迭代解码方法的基本原理。联合检测功能块是可控制效率和复杂性的次优检测功能块。对应的联合检测步骤70接收例如被ISI(符号间干扰)或MAI(多址干扰)损坏的加权比特序列，并将它们转  
30 换成传送到涡轮解码型迭代解码过程71的对应的加权比特序列。在解码过程结

---

束时，解码信息质量参数确定步骤产生与解码序列对应的质量指示。切换步骤72将质量指示与预定阈值比较，且在不满足该质量时，将加权的比特序列返回解码步骤70，同时根据质量指示命令重新设定该检测功能块的复杂性和效率。

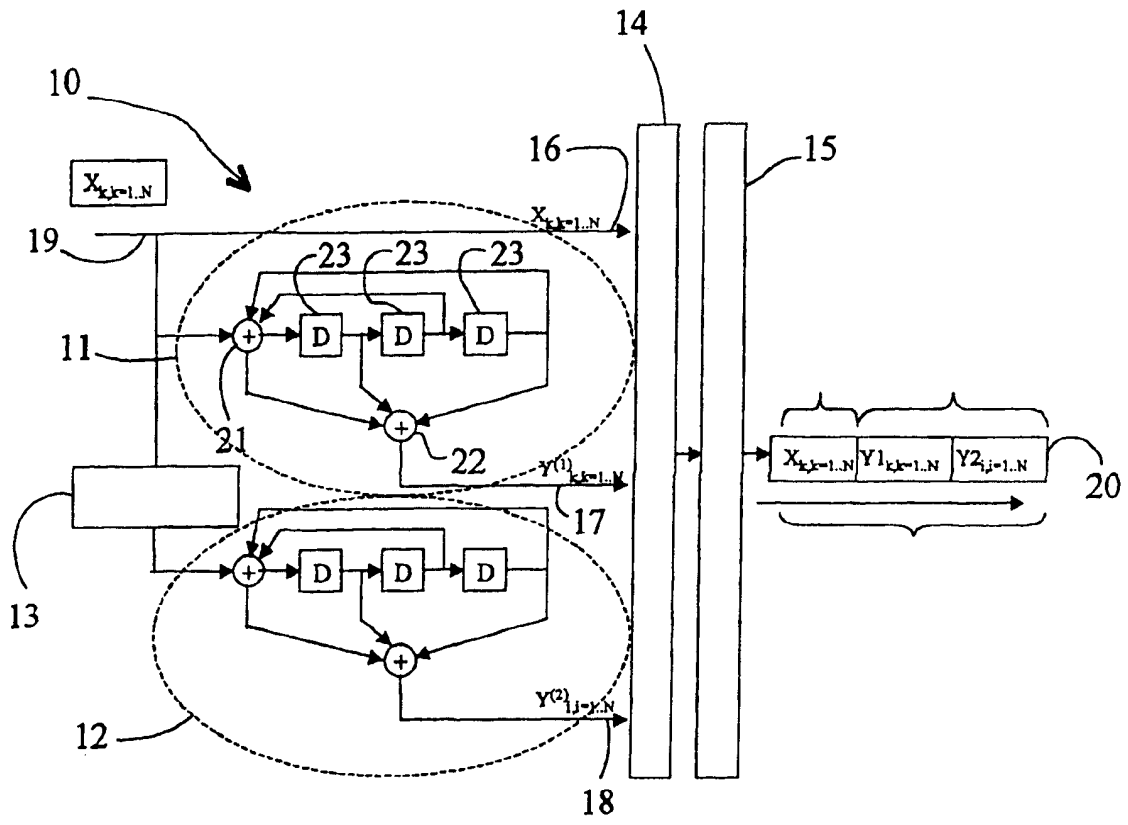


图 1

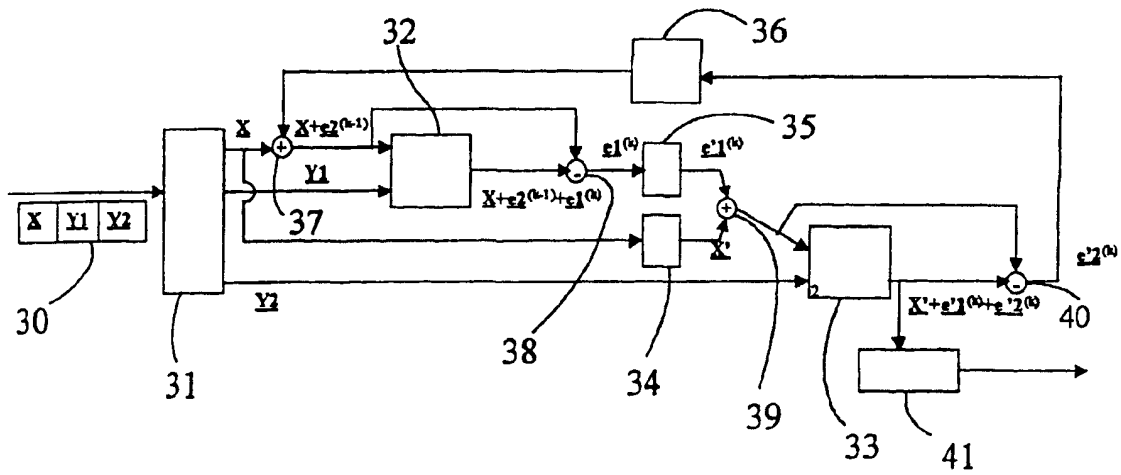


图 2

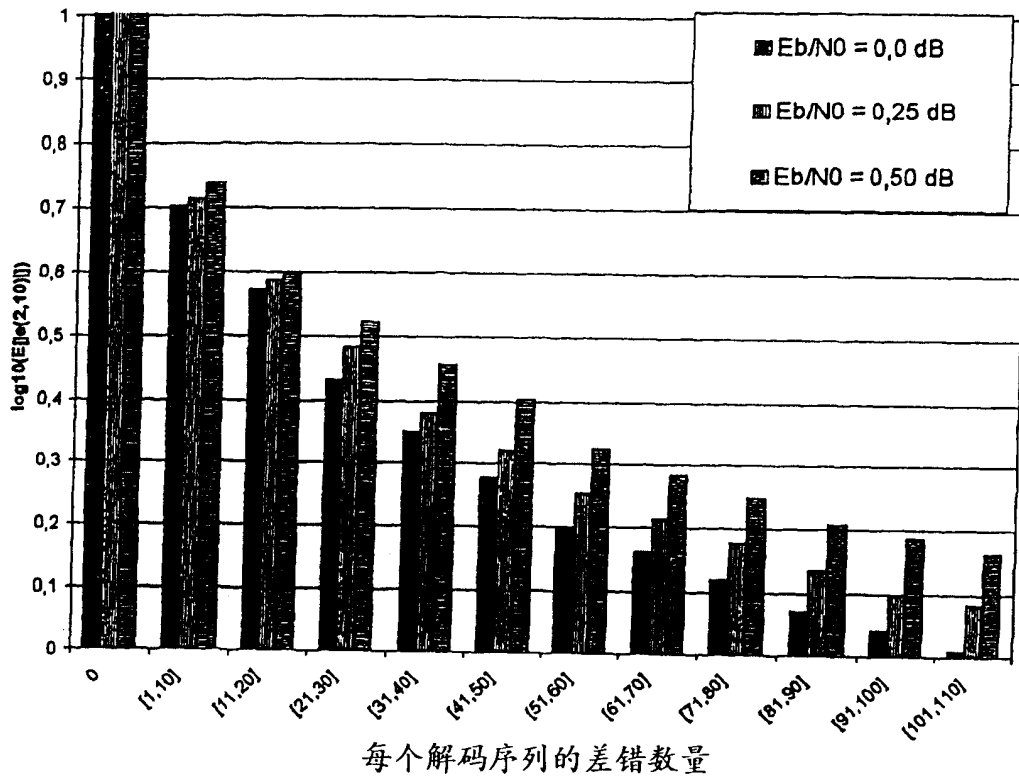


图 3

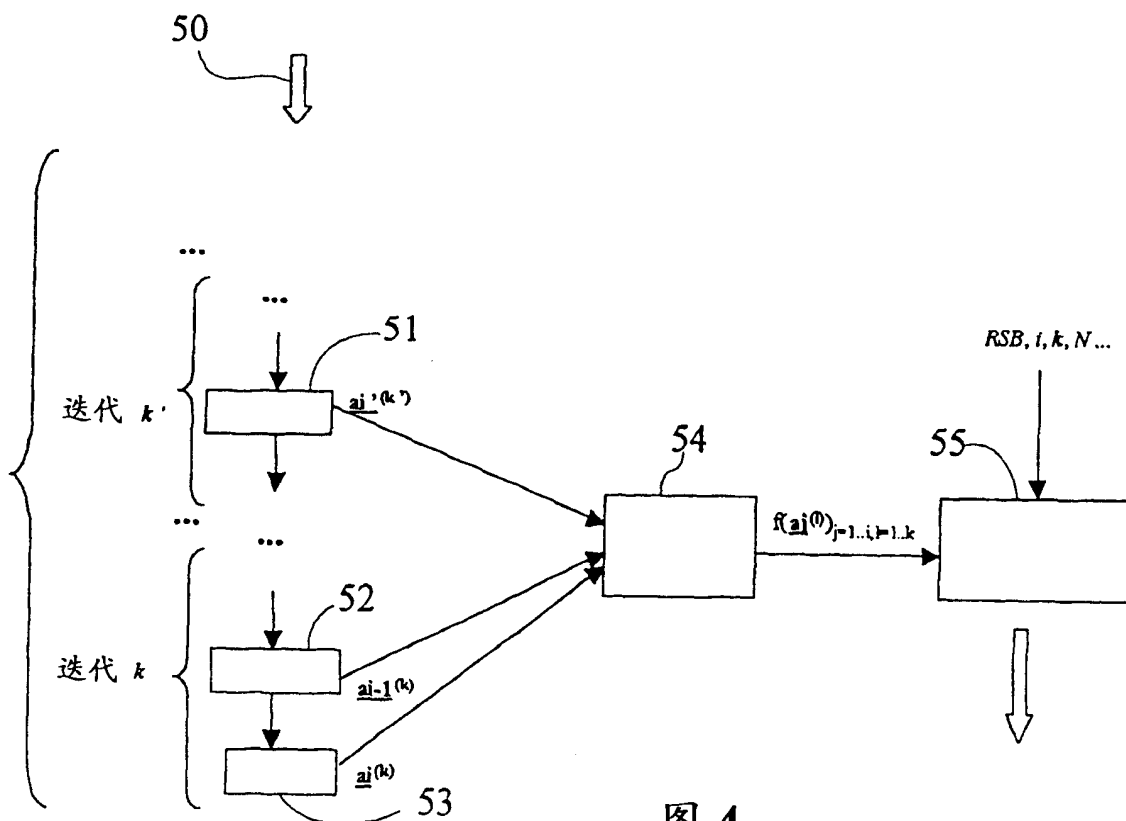


图 4

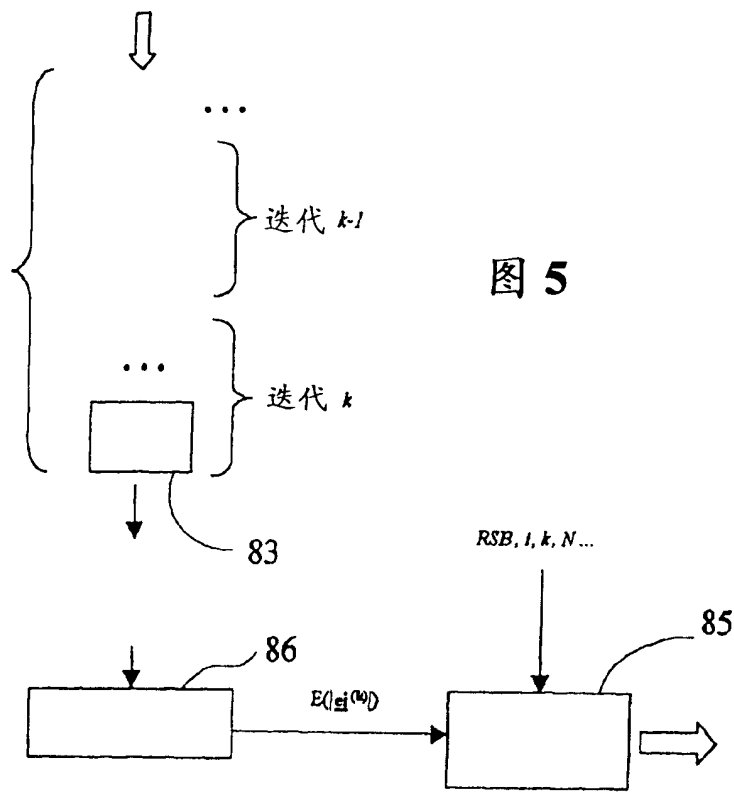


图 5

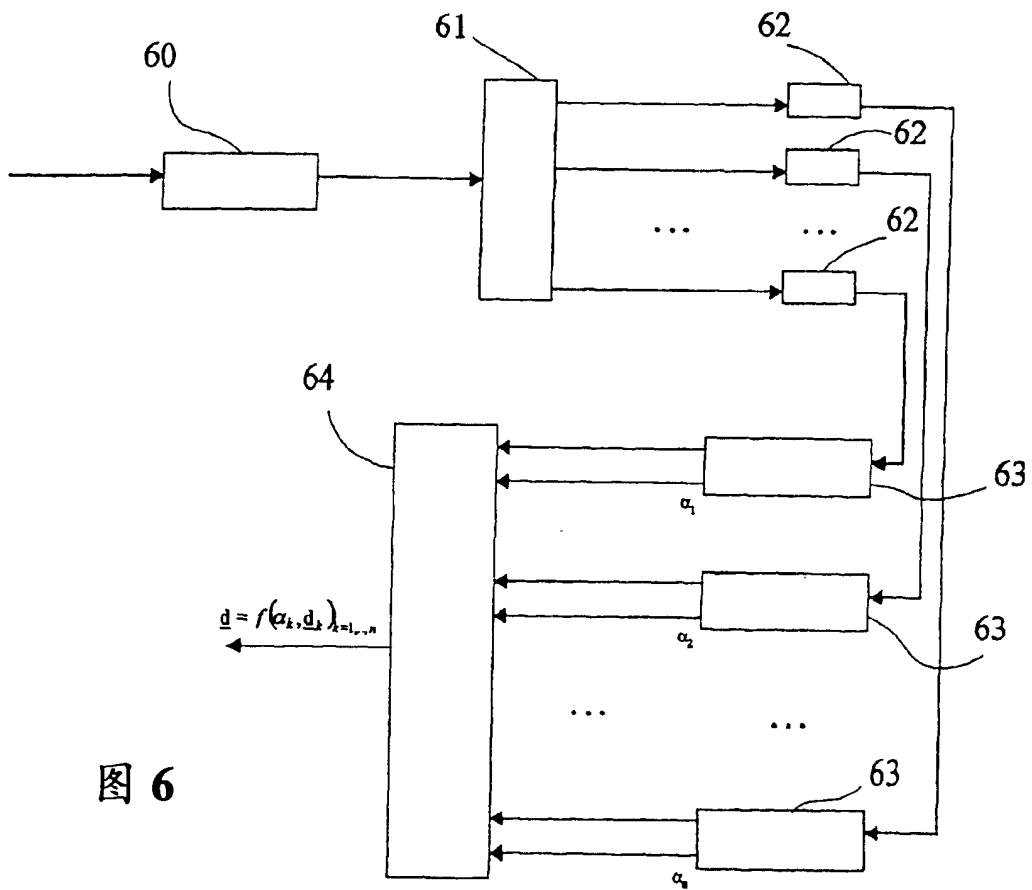


图 6

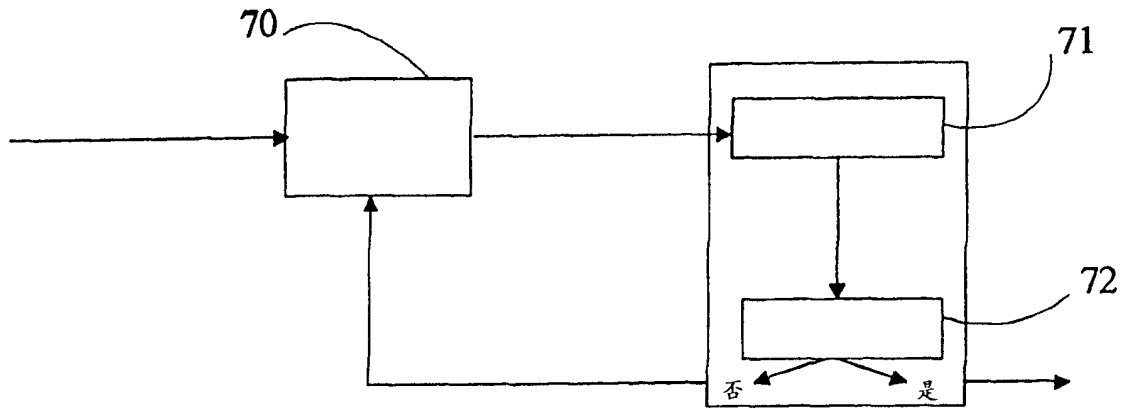


图 7