

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H03M 13/12

H03M 13/00



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 96191764.4

[45] 授权公告日 2003 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 1129234C

[22] 申请日 1996.12.3 [21] 申请号 96191764.4

〔30〕 優先権

[32] 1995. 12. 4 [33] FI [31] 955827

[86] 国际申请 PCT/FI96/00646 1996. 12. 3

[87] 国际公布 WO97/21275 英 1997.6.12

[85] 进入国家阶段日期 1997.8.4

[71] 专利权人 诺基亚电信公司

地址 芬兰埃斯波

[72] 发明人 奥利·皮雷恩

审查员 穆丽娟

[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

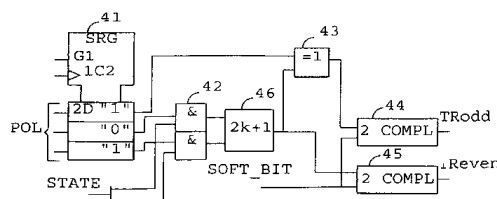
代理人 李德山

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

[54] 发明名称 转移矩阵的形成方法及一种蜂窝无线系统接收机

[57] 摘要

本发明涉及到在一种数字蜂窝无线系统接收机中转移矩阵的形成, 该接收机包括维特比解码的转移矩阵计算单元的硬件实现。接收机包括一个移位寄存器(41)用于保存卷积码的产生多项式的系数。接收机还包括屏蔽装置(42), 该屏蔽装置利用该多项式系数屏蔽维特比解码状态。此外, 接收机包括奇校验装置(43 和 46), 该装置用于形成被屏蔽的维特比解码状态的校验比特, 该校验比特控制模块(44 和 45)形成转移矩阵。本方案兼取了软件和硬件实现二者之所长。



ISSN 1008-4274

1. 一种数字蜂窝无线系统接收机中转移矩阵的形成方法,接收机基于维特比解码的硬件实现,且系统使用了预置矩阵,信号采用了一种或多种卷积编码规则,其特征在于,

把产生卷积码的多项式系数存入一个或多个存储装置(41)中,所述存储装置(41)内容可重复改变;

用卷积码的产生多项式的系数屏蔽维特比解码的状态,所述系数存于存储装置(41)中;以及

形成一个代表被卷积码的产生多项式系数屏蔽的维特比解码状态的奇偶校验的比特,所述比特用于控制形成转移矩阵。

2. 权利要求1中所述的方法,其特征在于,与多个卷积码的产生多项式相关的转移矩阵是通过分别计算每个多项式的转移并把这些转移组合起来而得到的。

3. 权利要求2中所述的方法,其特征在于,与多个卷积码产生多项式相关的转移之间的组合是通过把奇校验转移和偶校验转移分别加起来而实现的。

4. 权利要求1中所述的方法,其特征在于,形成与每个代码相关联的转移矩阵,这样,接收码元可与由奇偶校验装置通过二进制互补形成的估计值进行比较。

5. 权利要求1中所述的方法,其特征在于,卷积码的产生多项式的系数通过蜂窝无线系统所用的信令传送,以便把它存到接收机的存储装置(41)中去。

6. 一种数字蜂窝无线系统接收机,包括维特比解码转移矩阵计算单元(21)的硬件实现,系统采用预置矩阵,信号采用了一种或多种卷积编码规则,其特征在于,该接收机包括

一个或多个存储装置(41),用于保存产生卷积码的多项式系数以及被安排为不断改变的存储装置(41)的内容;

屏蔽装置(42),用于由存储在存储装置(41)中的系数屏蔽维特比解码状态;

奇偶校验装置(43 和 46), 用于形成一个代表由屏蔽装置 (42) 屏蔽的维特比解码状态的奇偶校验的比特, 这个比特用于控制形成转移矩阵的比较装置(44 和 45)。

7. 权利要求 6 中所述的接收机, 其特征在于, 该接收机包括多个独立的转移矩阵计算单元(31, 32, 32 和 34), 每个转移矩阵计算单元都通过分别计算与各多项式相关的转移而形成一个与该卷积码多项式相关的转移矩阵, 这个接收机还包括组合装置(35 和 36), 用于把形成的转移组合起来。

8. 权利要求 7 中所述的接收机, 其特征在于, 接收机中所包含的转移组合装置(35 和 36)均为加法器, 该加法器把奇校验转移和偶校验转移分别加起来。

9. 权利要求 6 中所述的接收机, 其特征在于, 保存卷积码产生多项式系数的存储装置(41)是一个可编程寄存器。

10. 权利要求 6 中所述的接收机, 其特征在于, 比较装置(44 和 46)是一个二进制互补电路。

转移矩阵的形成方法及一种蜂窝无线系统接收机

本发明涉及一种数字蜂窝无线系统接收机中转移矩阵的形成方法，这种接收机的硬件实现是基于维特比 (viterbi) 解码，系统采用预置矩阵，系统信号采用了一种或多种卷积编码规则。

本发明还进一步涉及到一种数字蜂窝无线系统接收机，包括维特比解码转移矩阵计算单元的硬件实现，系统采用预置矩阵，系统信号采用了一种或多种卷积编码规则。

卷积码是递归的，它由有限状态编码器按一种已知的方式产生的，该编码器的状态只取决于代码的前一个码元 (symbol)。卷积码的代码字是代表比特或比特组合的码元，它可用格构 (trellis) 图进行描述。格构图反映了维特比解码状态与接收码元之间的互相依赖性 (co-dependence)，利用格构图可估计接收的码元。卷积编码器可等效成一个 m 位长的移位寄存器，这样用一个最高次幂不超过 m 的多项式就可表示它。这意味着多项式的系数代表滤波器的抽头 (tap)，这个多项式也称作卷积码的产生多项式。利用卷积编码所带来的冗余度可减少由信道引起的发送消息的错误，现有技术对同一个信号的卷积编码采用了多个产生多项式，这样传送的一个比特就成为包含几个比特组合信息的码元。

考虑到蜂窝无线系统的工作条件，白噪声必将对估计产生影响，对一个有限状态离散时间的马尔科夫 (markov) 过程来说，最佳递归算法就是维特比算法。接收信号在蜂窝无线系统基站处或用户终端上进行维特比解码。接收机在维特比模块内建立卷积编码消息的格构图，以计算出基于传送消息卷积多项式的转移矩阵。在维特比解码过程中对应于传送信息的码元被检测出来，这些码元代表传送消息的比特或比特组合。我们已知，维特比算法被用于信号检测和信号解码过程中。这个算法由信号产生一个 ML 序列 (最大似然序列) 的估计值以及信道解码功能的软判决。ML 估计包括信号内的码元序列估计。最大似然方法在以下文献中有所讨论：Proakis

J. G., Digital Communications, McGraw Hill Book Company, 1989, Chapter 4.2, 维特比算法的硬件实现在以下刊物中有所讨论:
Fettweis, G. and H. Meyer, High-Speed Parallel Viterbi Decoding: Algorithm and VLSI-Architecture, IEEE Communications Magazine, Vol. 29 (5), 1991, 上述文献列于此处以供参考。

由于在接收机允许的处理时间内完成维特比算法这一任务对数字信号处理程序来说并不那么容易, 所以必须采用独立的维特比硬件。现有技术方案中的硬件模块是针对特定卷积多项式设计的, 这意味着一旦改变卷积码的产生多项式, 硬件方案就得重新设计和重新实现。关于这方面问题的详细描述见 J. Hagenauer, P. Hogher: A Viterbi Algorithm with Soft-decision Output and its Applications, IEEE GLOBECOM 1989, Dallas, Texas, November 1989, 和: Digital Communications, by Proakis J. G., McGraw-Hill Book company, 1989, chapters 5.3.2, 5.3.3 及 5.3.4, 以上文献列于此处以供参考。

因此, 本发明的一个目的在于实现一种接收机, 它的硬件方案不需因改变了卷积编码或加入新的卷积多项式而改变。如果转移矩阵计算单元必须考虑到采用不同卷积多项式的可能, 那么维特比算法可设计成可编程的。

简介中公开的该类方法实现了这一目的, 其特征在于, 把产生卷积码的多项式的系数存入一个或多个存储装置中, 存储装置的内容可以重复改变; 用卷积码产生多项式的系数屏蔽掉维特比解码的状态, 所述系数存在存储装置中, 然后形成一比特, 用来表明被卷积码产生多项式系数屏蔽掉的维特比解码状态的奇偶校验, 所述比特用于控制转移矩阵的形成。

根据本发明的一种数字蜂窝无线系统接收机, 其特征在于, 包括一个或多个存储装置, 存储产生卷积码的多项式的系数, 并且其内容可不断改变; 并且, 包括屏蔽装置, 存储的产生卷积码的多项式的系数被用来屏蔽维特比解码状态; 并且, 包含奇偶校验装置以形成一个比特来表明该屏蔽的维特比编码状态的奇偶校验, 这个比特被用于控制生产转移矩阵的比较装置。

根据本发明的方案有很多优点。它把维特比解码器的硬件转移矩阵计

算单元设计为可编程的, 这兼取了软件实现方法和硬件实现方法二者之所长。根据这个方案, 改变 ASIC 方案中维特比解码卷积多项式就再也不用重新设计 ASIC 方案了。在有些情况下这个方案可节省时间和资金, 例如在 GSM 基站采用新的信道编码功能时。

本发明中的这种方法的优选实施例以及本发明的蜂窝无线系统在所附相关的权利要求书中也有提出。

下面将参考附图中的例子进一步详细描述本发明, 其中

图 1 给出了格构图的说明,

图 2 给出了维特比模块的重要部分,

图 3 给出了根据本发明的可编程转移矩阵计算单元的结构,

图 4 给出了根据本发明的转移矩阵计算单元的结构,

图 5 给出了蜂窝无线系统接收机的重要部分。

根据本发明的硬件方案可用于接收信号经维特比解码的无线系统中。一种典型的系统可由蜂窝无线系统, 尤其是 GSM 系统代表, 这种情况下接收机可以是基站或用户终端。

图 1 的八状态格构图将有助于理解维特比算法的操作。假设信道估计冲激响应有 N 个码元, 维特比解码根据 $N - 1$ 个已知码元转移到一个已知状态。因此, 这 N 个码元在格构图的状态中或转移状态中表示出来。所以格构图包含 2^{n-1} 个状态。冲激响应通常有五个码元, 因此有 16 个状态(图 1 中为清晰起见只给出了 8 个状态)。维特比算法在格构图中由左至右进行, 这代表格构图中事件的时间顺序。从每个点, 即状态, 出发都能到达两个点, 选择哪条路径取决于接收比特。矩阵中的状态代表一个窗口, 一次只显示几个比特, 无穷比特序列通常显示 4 个比特。每次矩阵从一个状态转移到另一个状态时, 窗口中出现的比特序列都要丢掉一个比特, 同时一个新的接收比特从另一端进入该序列。为判决接收比特, 在每一点都选择到达所述点的路径中较优的一条, 并且把这个信息存入存储器中。除纯粹的硬比特判决(0 或 1)外, 也可存储有关这个判决大小的信息(即所谓的软判决), 这样就增加了格构图中的每一点所需的存储容量。在本发明的方案中采用了预置矩阵, 它由系统中产生卷积码的多项式决定。多项式的数目决

定了多少个传输比特对应于一个编码比特，幂次就是多项式的最高次幂。

维特比算法也可用图2中所示的方框图来说明。维特比解码器包括一个转移分支矩阵单元(BMU)21，一个加-比-选单元(ACS)22，一个幸存者存储单元(SMU)23和一个累加矩阵存储器(CUM)24。接收数据25送入MU21。在每一点，即每一状态，BMU21根据该次传送的卷积编码为从两个可能点进入所述点的每条路径分别计算一个对应值。ACS22比较所得的两个值并选出其中较合适的那个，同时把所述值加到从CUM24得到的和中去，这个值再存入CUM24中以备计算下一列。得到的值也要存到存储装置23中去以便跟踪正确的路径。CUM24存储先前为本列所有点计算的值。通过把累加矩阵24置为0可删除存在那里的所有值，这样下一次维特比解码将与前一次无关。跟踪正确路径由存储单元23以与现有技术相同的方式在格构图中从左到右进行。解码码元26从存储单元23的输出中获得。

下面将更加具体地描述本发明的特定对象，转移矩阵计算单元21，图3给出了这样一个单元的方框图范例。根据本发明的优选实施例的转移矩阵计算单元21包括每个产生卷积码多项式单独的计算单元。系统中用了多少卷积码，至少就要有同样多的转移矩阵计算单元(CALC-TR)31，32，33及34。每个转移矩阵计算单元31，32，33及34的输入均由维特比解码状态STATE和各个产生卷积码的多项式POL-0，POL-1，POL-2及POL-3的系数，还有进入维特比解码的与多项式相关联的接收码元，这个码元最好是一个软判决比特SOFT-BIT0，SOFT-BIT1，SOFT-BIT2及SOFT-BIT3，提供。根据本发明的方案，多项式POL-0，POL-1，POL-2及POL-3以可编程方式放入转移矩阵计算单元31，32，33及34中。如果进入维特比解码的码元是一个软判决比特，其优点是除了比特携带传输正确的信息外，它还包含比特值大小的信息。如果不关心比特判决的大小，这个比特也可看作是硬判决比特。每个转移矩阵计算单元31，32，33及34的输出由维特比解码格构图中代表进入每个状态的那条可能路径的比特提供。这样，输出就表明了比特“1”的个数是奇数还是偶数。由此输出奇偶校验可指明当一个新的接收比特由序列另一端进入码元序列时从格构图状态(如图1)的码元序列中丢弃的那个比特。转移矩阵计算单元31，32，33及34的输出的偶组合送入加法器35，输出奇组合送入加法器36，当采用软判决时，本

发明的优选实施例中的这两个加法器都最简单地工作于二进制互补逻辑。前面提到的加法器计算不同转移矩阵计算单元 31, 32, 33 及 34 单个转移的和值, 因此补偿了在某些编码中传输路径可能出现的错误。。加法器 35, 36 的输出送入加-比-选单元 22, 维特比解码的其它模块与现有技术相同。

图 4 更为具体地描述了转移矩阵计算单元的一个实施例。根据本发明的优选实施例, 转移矩阵计算单元 31 包括, 存储装置 41, 屏蔽装置 42, 奇偶校验装置 43, 转移矩阵产生模块 44 和 45 以及奇偶校验装置 46。移位寄存器适于用作存储装置 41。与门适于用作屏蔽装置。比较装置 44 和 45 控制转移矩阵的形成, 当采用软判决时, 它们是形成二进制互补的互补装置。奇偶校验装置 43 和 46 宜采用奇校验装置, 这样当到达该奇校验装置的“1”的个数为奇数时, 它的输出为“1”。异或门适于用作奇偶校验装置 43。

下面将更为具体地用一个例子描述转移矩阵计算单元 31 的操作, 例子中以多项式 $F(D)=D^2+1$ 作为产生卷积码的多项式(图 4 中的 POL)。此处, $F(D)$ 意为以 D 为变量的函数 F 。多项式的一般形式为 $F(D)=f_{n-1}D^{n-1}+f_{n-2}D^{n-2}+\dots+f_1D+f_0$, 这里 $f_{n-1}, \dots, f_0$ 是变量 D 的系数。范例中 f_2 为 1, f_1 为 0, f_0 为 1, 也就是说, 矩阵形式(这里为矢量形式) f 为 $f [1 \ 0 \ 1]$ 。由此移位寄存器的内容就是 f , 即 1 0 1, 这样图 4 中的 LSB(最低有效位)位于最顶端, MSB(最高有效位)位于最底端, 如例子中的数字所示。就编码而言, 借助于与门 42, 多项式比特被用来从维特比编码的状态中屏蔽掉无效部分, 也就是本例中的中间比特 0, 维特比编码状态由现有比特和接收比特决定。假设 STATE 01 较普遍。这意味着 STATE 的 LSB(最低有效位)为 0, 而 MSB(最高有效位)为 1。因此两个与门 42 的输出就是 0。此输出被送到奇校验装置, 本例中就是送到异或门 46。奇校验装置 46 的输出 COMPeven 连到比较装置 45, 比较装置 45 的输出将为 0, 即 TReven 为 0。多项式最高幂次项的系数由移位寄存器 41 直接连到异或门 43, 异或门 43 的第二个输入是奇校验装置 46 的输出。门 43 的输出 COMPodd 连到比较装置 44, 比较装置 44 的第二输入为接收码元 SOFT_BIT。比特

COMPodd 和 COMPeven 代表格构图由一个状态转移到另一个时,对格构图状态码元序列中丢弃的是哪个比特的估计。COMPodd 为 1,意味着估计从该状态丢弃的比特为 1,当 COMPeven 为 0 时,估计丢弃的比特为 0。此处用的 0 可对应于二进制系统中的 0 或 1,同样 1 也可对应于二进制系统中的 0 或 1,这取决于在发明的系统中采用的是那种对应方式。比较接收比特 SOFT_BIT 和估计 COMPodd 及 COMPeven 就可明白地看出那个估计更接近正确。当接收比特 SOFT_BIT 与软判决一致时,可计算出估计 (COMPodd 和 COMPeven) 和接收比特 SOFT_BIT 之间的距离,根据这个距离就可看出更可能接收到了哪个比特。由此可形成转移矩阵。举例来说,可采用二进制互补元件作为比较装置 44 和 45。如果用了多个产生卷积码的多项式,检测就相应地采用多个转移矩阵计算单元 31, 32, 33 及 34,如图 3 中所示。

原则上还需与奇偶装置 46 相同的一个装置,以屏蔽状态的输出和产生卷积码的多项式的系数作为其输入。实际上,由于对应于多项式最高次幂的状态并不存在,所以无需经常具有多个输入的元件,这样,一个两输入的异或门就很适于用作奇偶装置 46 的类似装置,这个异或门的输入是奇偶校验装置 46 的输出和对应于多项式最高次幂项的系数。

下面将更加具体地描述本发明的一种蜂窝无线系统接收机,图 5 给出了这样一个接收机的重要部分的框图。接收机包括一根天线 51 用来接收信号,并把信号送入 DETECTOR 52 (检测器)。之后信号继续进入接收机的创新部分维特比解码设备 53 (VITERBI DECODING)。维特比解码之后,信号进入接收机的其它信号处理设备 54 (POST PROCESS)。在检测装置 52 中,无线频率部分通常把信号转换到中频,然后检测装置 52 把信号由模拟的转换成数字的。检测装置 52 有可能对信号作进一步处理,如过滤信号。通常检测装置 52 进一步包括去交织。检测器 52 究竟如何工作对本发明的方案并不重要。维特比解码装置 53 根据本发明中维特比解码采用的转移矩阵形成原则工作,维特比解码装置 53 的输出就是被解码的码元。附图 2, 3, 4 给出了关于维特比解码装置 53 结构及操作的更为具体的描述。在其它信号处理设备 54 中对信号作进一步处理,例如源解码和把信号转换成对用户合适的形式,比如扬声器的话音。

在本发明的有利实施例中,有关系统中使用或将包含何种卷积码的产

生多项式的信息通过系统所用的信令传送到接收机。这样就可提供一些方便，例如无论何时系统采用新的卷积码也不用派一个人带上安装设备去各个基站修改多项式系数。接收机接收传送的多项式并把它存储到存储装置 41 中去。也可用实际连到接收机的加载设备把有关新多项式的信息送入存储装置 41 中去。

虽然以上对本发明的描述都参照了附图中的例子，但很显然本发明并不限于某个特定例子，在所附权利要求书的创新思想范围内可对它作多种修改。

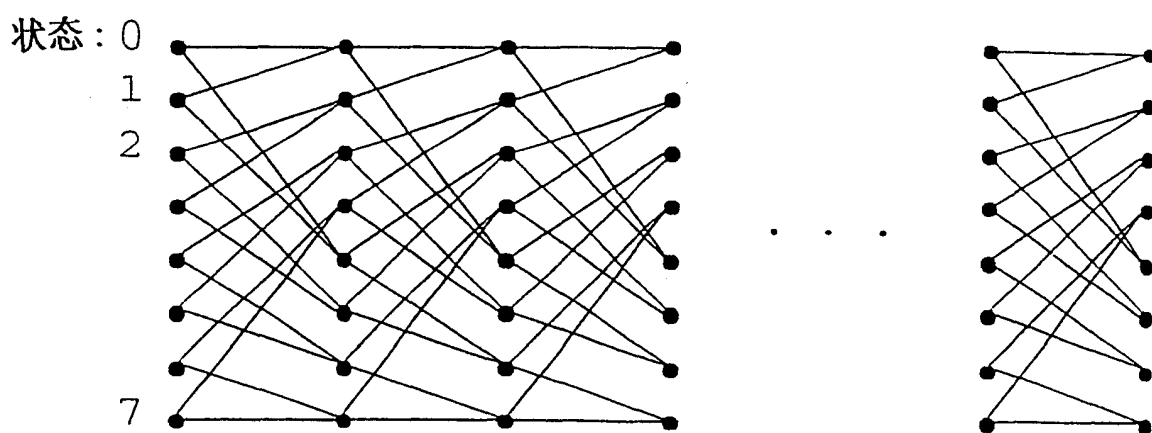


图 1

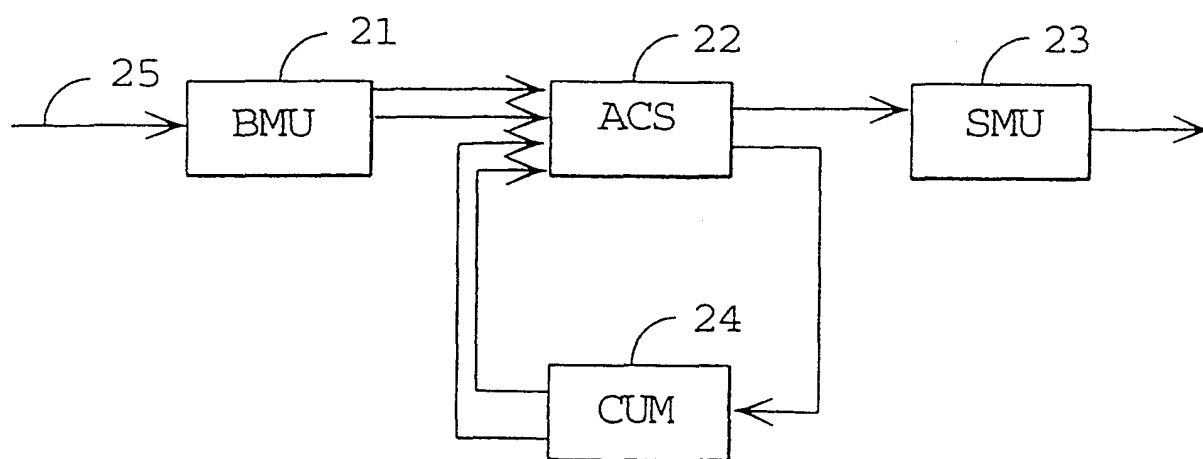


图 2

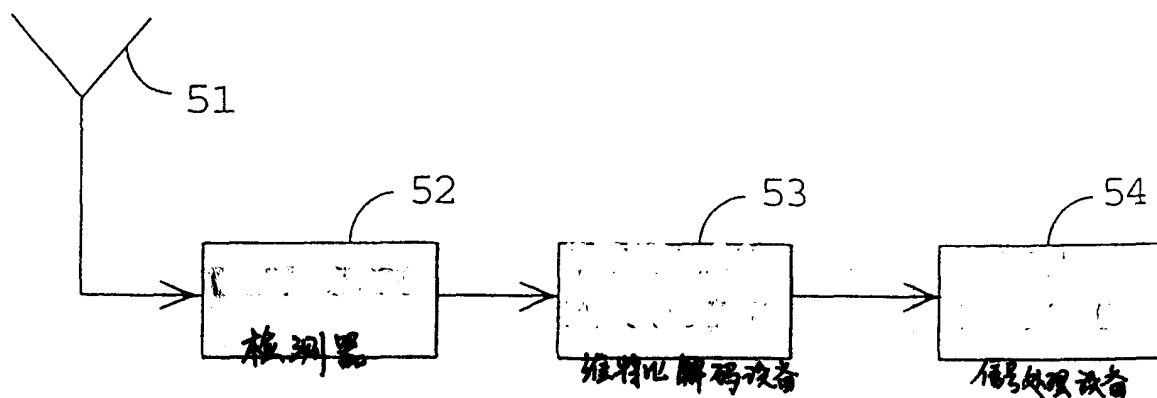


图 5

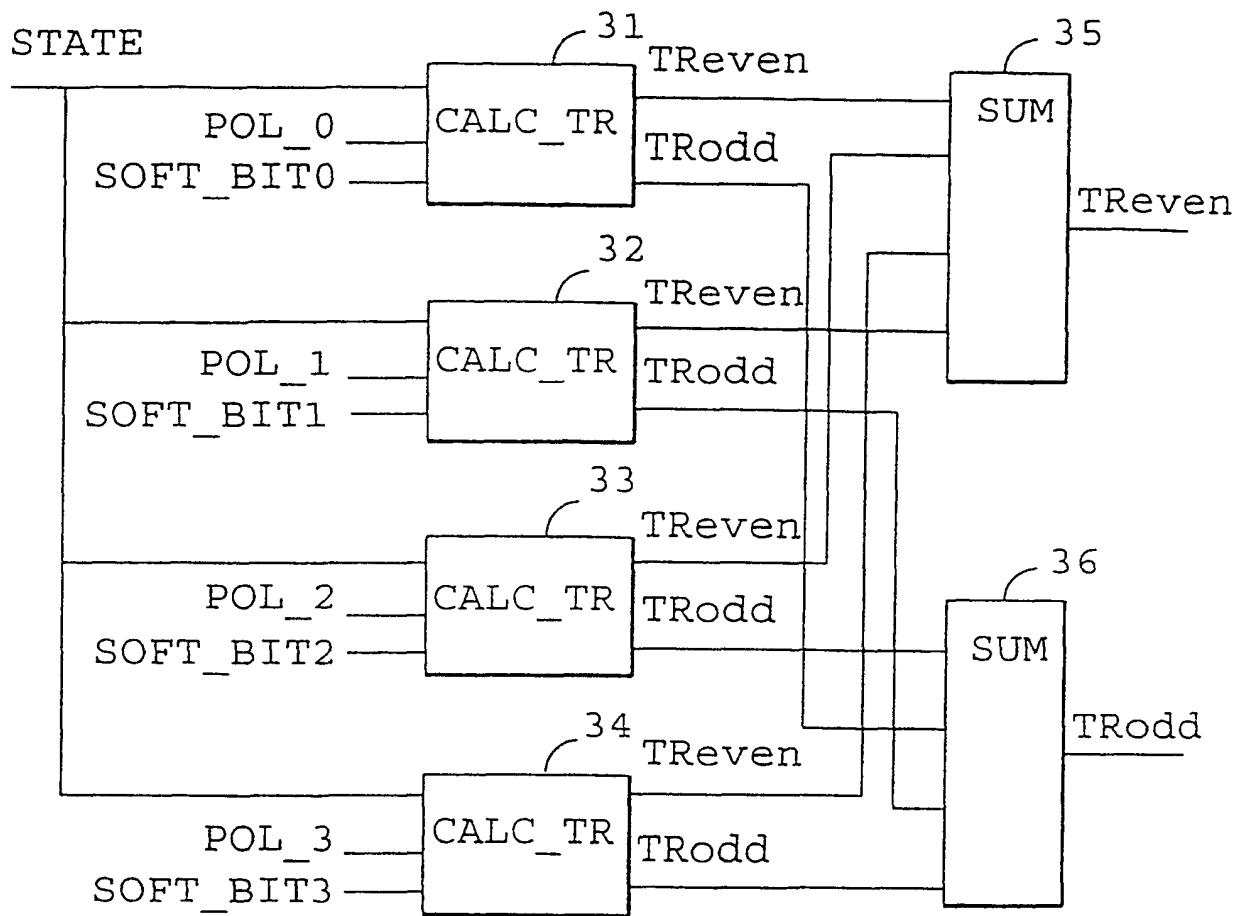


图 3

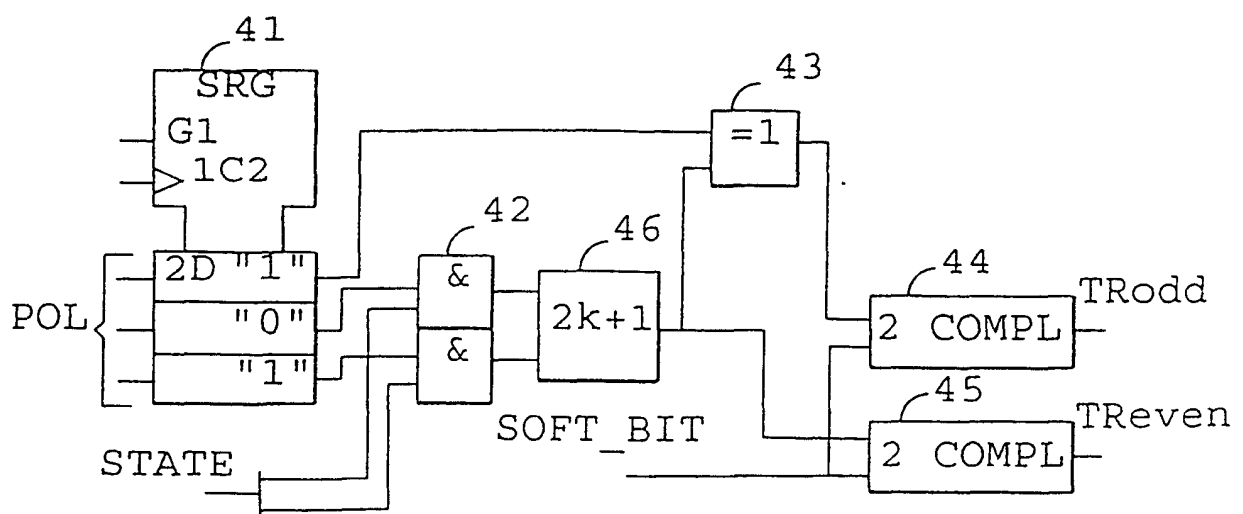


图 4