

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

H03M 13/12

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98800215.9

[43]公开日 1999 年 7 月 14 日

[11]公开号 CN 1223035A

[22]申请日 98.2.25 [21]申请号 98800215.9

[30]优先权

[32]97.2.28 [33]FI [31]970889

[86]国际申请 PCT/FI98/00169 98.2.25

[87]国际公布 WO98/38746 英 98.9.3

[85]进入国家阶段日期 98.10.28

[71]申请人 诺基亚电信公司

地址 芬兰埃斯波

[72]发明人 奥利·皮雷宁

[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

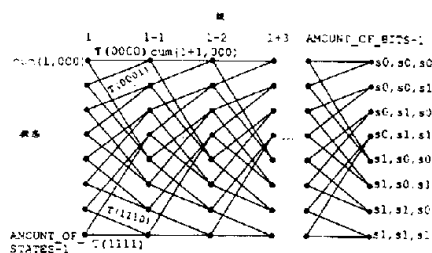
代理人 张 维

权利要求书 8 页 说明书 15 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 一种接收方法和一种接收机

[57]摘要

本发明涉及一种接收方法和一种接收机。在该方法中,在每个格构级(I-AMOUNT-OF-BIT-1)的所有状态($s_0, s_0, s_0, -s_1, s_1, s_1$)中为接收符号生成等于条件概率的转移基本量。通过将转移基本量($T(0000), T(0001), T(1110), T(1111)$)乘上与前一级的每个状态($s_0, s_0, s_0, -s_1, s_1, s_1$)相关的累积基本量,或者通过累加基本量的对数形式,生成累积转移基本量。基于用以标记状态($s_0, s_0, s_0, -s_1, s_1, s_1$)的符号(s_0, s_1)累加累积转移基本量,生成与每一级(I-AMOUNT-OF-BIT-1)的不同状态相关的累积基本量($\text{cum}(I, 000), \text{cum}(I, 001), \text{cum}(I+1, 000)$),并利用该累积转移基本量以比特判决的形式确定接收符号。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种接收方法，其中接收符号是比特的函数，由临时相邻格构级 A 和 B 确定，格构级 A 和 B 包括预定数量的状态，基于接收的符号进行从每个状态到下一级 B 中状态的转移，其特征在于

在 B 级的多于一个已知状态中生成一个接收符号的转移基本量，该转移基本量对应于条件概率并用于从前一级 A 的已知状态移动到下一级 B 的每个所述已知状态的转移，前一级的状态被定义成转移基本量中的多个符号，这些符号每个都具有预定数量的符号项；

通过将转移基本量乘上与前一级 A 的每个已知状态相关的累积基本量生成累积转移基本量；

通过累加一个已知位置符号的多个符号项上与 B 级的状态相关的累积转移基本量生成与 B 级的状态相关的累积基本量，确定前一级 A 的状态；

利用累积转移基本量，单独为符号的每个比特彼此无关地确定接收符号的比特。

2. 一种接收方法，其中接收符号是比特的函数，由临时相邻格构级 A 和 B 确定，格构级 A 和 B 包括预定数量的状态，基于接收的符号进行从每个状态到下一级 B 中状态的转移，其特征在于

在 B 级的多于一个已知状态中生成一个接收符号的转移基本量，该转移基本量对应于条件概率；生成转移基本量的对数，转移基本量用于从前一级 A 的已知状态移动到下一级 B 的每个所述已知状态的转移，前一级的状态被定义成转移基本量中的多个符号，这些符号每个都具有预定数量的符号项；

通过对数转移基本量加上与前一级 A 的每个已知状态相关的对数累积基本量生成对数累积转移基本量；

将对数累积转移基本量作为指数函数的参数生成指数累积基本量，并通过累加一个已知位置符号的多个符号项上的指数累积基本量，确定前一级 A 的状态；

通过生成指数累积基本量的和的对数，生成对数累积基本量；

以及利用对数累积转移基本量，单独为符号的每个比特彼此无关地确定接收符号的比特。

3. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，通过下述步骤生成比特的对数似然判决：

累加 B 级状态的累积转移基本量，并生成和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1，

累加 B 级状态的累积转移基本量，并生成和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0，

生成累积转移基本量的和的对数的差值，该差值表示了该比特的对数似然判决。

4. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，通过下述步骤生成比特等于 1 的比特概率：

累加 B 级状态的累积转移基本量，并生成和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1，

累加 B 级状态的累积转移基本量，并生成和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1 或 0，

生成累积转移基本量的和的对数的差值，该差值表示比特概率。

5. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于，通过下述步骤生成比特等于 0 的比特概率：

累加 B 级状态的累积转移基本量，并生成和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0，

累加 B 级状态的累积转移基本量，并生成和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1 或 0，

生成累积转移基本量的和的对数的差值，该差值表示比特概率。

6. 根据权利要求 2 的方法，其特征在于，通过下述步骤生成比特的对数似然：

生成 B 级状态的指数累积转移基本量；

累加指数累积转移基本量，并生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1；

累加 B 级状态的指数累积转移基本量，并生成和的对数，从而生成

累积转移基本量的和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0，
生成累积转移基本量的和的对数的差值，该差值表示了该比特的对数似然。

7. 根据权利要求 2 的方法，其特征在于，通过下述步骤生成比特等于 1 的比特概率：

生成 B 级状态的指数累积转移基本量；

累加指数累积转移基本量，并生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1；

累加 B 级状态的指数累积转移基本量，并生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1 或 0，

生成所述累积转移基本量的和的对数的差值，该差值表示了比特概率。

8. 根据权利要求 2 的方法，其特征在于，通过下述步骤生成比特等于 0 的比特概率：

生成 B 级状态的指数累积转移基本量；

累加指数累积转移基本量，并生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0；

累加 B 级状态的指数累积转移基本量，并生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1 或 0，

生成所述累积转移基本量的和的对数的差值，该差值表示了比特概率。

9. 根据权利要求 1 或 2 的方法，其特征在于，在生成转移基本量时将干扰的影响考虑在内。

10. 根据权利要求 1 或 2 的方法，其特征在于，如果脉冲响应估计可用，

接收比特用于进行硬比特判决；

比特判决用于生成符号；

所述符号和脉冲响应用于生成基准符号；

采用最小平方和方法，或者类似方法比较基准符号和对应的接收符号，以及

比较基准符号和接收符号得到的结果用于控制检测中使用的基本量。

11. 根据权利要求 10 的方法，其特征在于，在最小平方和方法中，注意到脉冲响应估计的斜率，通过改变脉冲响应估计，使之与该斜率的变化一致来控制基本量。

12. 根据权利要求 11 的方法，其特征在于，通过预定系数加权该变化来控制脉冲响应估计的改变幅度。

13. 根据权利要求 1 或 2 的方法，其特征在于，如果接收机包括多个分集分支，则对每个分集分支彼此无关地确定符号并进行比特判决。

14. 一种接收机，它基于临时相邻格构级 A 和 B 确定与接收符号相关的比特，格构级 A 和 B 包括预定数量的状态，基于接收的符号进行从每个状态到下一级 B 中状态的转移，其特征在于，该接收机包括

在 B 级的多于一个已知状态中生成接收符号的转移基本量的装置 (201)，该转移基本量对应于条件概率并用于从前一级 B 的已知状态移动到下一级 B 的每个所述状态的转移，前一级的状态被定义成转移基本量中的多个符号，每个符号具有预定数量的符号项；

通过将转移基本量乘上与前一级 A 的每个已知状态相关的累积基本量生成累积转移基本量的装置 (202)；

通过累加上一符号的多个符号项上的与 B 级不同状态相关的累积转移基本量生成累积基本量，确定前一级 A 的状态的装置 (203)；以及

接收机利用在该装置 (202) 中生成的累积转移基本量，单独为符号的每个比特彼此无关地确定接收符号的比特。

15. 一种接收机，它基于临时相邻格构级 A 和 B 确定与接收符号相关的比特，格构级 A 和 B 包括预定数量的状态，基于接收的符号进行从每个状态到下一级 B 中状态的转移，其特征在于，该接收机包括

在 B 级的多于一个已知状态中生成接收符号的转移基本量的装置 (201)，该转移基本量对应于条件概率以及从前一级 B 的已知状态转移到下一级 B 的每个所述状态的转移，前一级的状态被定义为转移基本量

中的多个符号，每个符号具有预定数量的符号项；

通过将**对数转移基本量**加上与前一级 A 的每个已知状态相关的**对数累积基本量**生成**对数累积转移基本量**的装置（302）；

通过累加上一符号的多个符号项上的与 B 级不同状态相关的**累积转移基本量**生成**累积基本量**，确定前一级 A 的状态，并通过生成和的对数，生成 B 级的**对数累积基本量**的装置（303）；以及

该接收机利用**对数累积转移基本量**，单独为符号的每个比特彼此无关地生成接收符号的比特。

16. 根据权利要求 14 的接收机，其特征在于，为了生成比特的对数似然，该接收机包括：

装置（204、205），用于累加 B 级状态的**累积转移基本量**，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1，以及装置（206），用于生成和的对数，

装置（204、205），用于累加 B 级状态的**累积转移基本量**，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0，以及装置（206），生成和的对数，

装置（207），用于生成**累积转移基本量**的和的对数的差值，该差值表示了该比特的对数似然判决。

17. 根据权利要求 14 的接收机，其特征在于，为了生成比特等于 1 的比特概率，该接收机包括：

装置（204、205），用于累加 B 级状态的**累积转移基本量**，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1，以及装置（206），用于生成和的对数；

装置（204、205），用于累加 B 级状态的**累积转移基本量**，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0；

装置（213），用于累加 B 级状态的**累积转移基本量**，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0 或 1，以及装置（214），用于生成和的对数；

装置（215），用于生成装置（206）和装置（214）中生成的对数的差值，该差值表示比特概率。

18. 根据权利要求 14 的接收机，其特征在于，为了生成比特等于 0 的比特概率，该接收机包括：

装置（204、205），用于累加 B 级状态的累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1，以及装置（206），用于生成和的对数；

装置（204、205），用于累加 B 级状态的累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0；

装置（209），用于累加 B 级状态的累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0 或 1，以及装置（210），用于生成和的对数；

装置（211），用于生成装置（206）和装置（210）中生成的对数的差值，该差值表示比特概率。

19. 根据权利要求 15 的接收机，其特征在于，为了生成比特的对数似然，该接收机包括：

装置（304），用于生成 B 级状态的指数累积转移基本量；

装置（204 和 205），用于累加指数累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1，以及装置（206），用于生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数；

装置（204 和 205），用于累加 B 级状态的指数累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0，以及装置（206），用于生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数；

装置（207），用于生成累积转移基本量的和的对数的差值，该差值表示了该比特的对数似然。

20. 根据权利要求 15 的接收机，其特征在于，为了生成比特等于 1 的比特概率，该接收机包括：

装置（304），用于生成 B 级状态的指数累积转移基本量；

装置（204 和 205），用于累加指数累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1，以及装置（206），用于生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数；

装置（204 和 205），用于累加指数累积转移基本量，其中已知位

置符号的预定位置比特等于 0；

装置（213），用于累加 B 级状态的指数累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1 或 0，以及装置（214），用于生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数；

装置（215），用于生成装置（206 和 214）中生成的对数的差值，该差值表示了比特概率。

21. 根据权利要求 15 的接收机，其特征在于，为了生成比特等于 0 的比特概率，该接收机包括：

装置（304），用于生成 B 级状态的指数累积转移基本量；

装置（204 和 205），用于累加指数累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1，以及装置（206），用于生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数；

装置（204 和 205），用于累加指数累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 0；

装置（209），用于累加 B 级状态的指数累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特等于 1 或 0，以及装置（210），用于生成和的对数，从而生成累积转移基本量的和的对数；

装置（211），用于生成装置（206 和 210）中生成的对数的差值，该差值表示了比特概率。

22. 根据权利要求 14 或 15 的接收机，其特征在于，在生成转移基本量时，接收机将干扰的影响考虑在内。

23. 根据权利要求 14 或 15 的接收机，其特征在于，如果脉冲响应估计可用，该接收机包括

装置（217），用以利用接收比特进行硬比特判决；

装置（221），用以利用硬比特判决生成符号；

装置（218），用以利用所述符号和脉冲响应生成基准符号，并采用最小平方和方法，或者类似方法比较基准符号和对应的接收符号，利用比较基准符号和接收符号得到的结果控制装置（201），改变检测中使用的基本量。

24. 根据权利要求 23 的接收机，其特征在于，装置（218）控制装

置 (201), 使得脉冲响应估计随脉冲响应估计的斜率变化。

25. 根据权利要求 24 的接收机, 其特征在于, 装置 (218) 通过预定系数来控制脉冲响应估计的改变幅度。

26. 根据权利要求 14 或 15 的接收机, 其特征在于, 如果接收机包括多个分集分支 (510 、 511), 则接收机对每个分集分支单独确定每个分集分支的比特。

说明书

一种接收方法和一种接收机

本发明涉及一种接收方法，其中接收符号是比特的函数，由临时相邻格构（trellis）级 A 和 B 确定，A 和 B 包括预定数量的状态，基于接收的符号进行从每个状态到下一级 B 中状态的转移。

本发明还涉及一种接收机，它基于临时相邻格构级 A 和 B 确定与接收符号相关的比特，A 和 B 包括预定数量的状态，基于接收的符号进行从每个状态到下一级 B 中状态的转移。

在一个有限状态、离散马尔可夫过程中，因为白噪声的影响，通常需要进行数字蜂窝无线系统的状况估计，用于序列估计的维特比算法是一种优化递归算法，但是却不适用于检测单个比特。接收信号可以是在蜂窝无线系统的基站或者用户终端处进行维特比解码。在接收机的维特比部件中，搜索消息格构，从而计算接收消息的转移基本量（transition metric）。因此，维特比解码用于检测对应于发送信息的符号，这些符号表示发送消息的比特或比特组合。众所周知，维特比算法用于信号检测和解码。维特比算法根据信号生成一个 ML（最大似然）序列估计，一般还对信道解码功能进行软判决。ML 估计包括该信号包括的符号序列估计。ML 方法在 1989 年 McGraw-Hill Book Company 出版的 Proakis J. G. 的 Digital Communications 的 4.2 章中讨论，维特比算法的硬件实现在 1991 年 IEEE Communications Magazine 的卷 29(5) 中 Fettweis G. 和 Meyer H. 的论文 High-speed Parallel 维特比 Decoding: Algorithm and VLSI Architecture 中讨论，此处将其纳入以供参考。

现有技术维特比检测器累加每级状态之间的转移基本量以生成累积转移基本量，转移基本量表示了状态之间的转移概率；比较每个状态中生成的累积转移基本量；基于转移基本量选出进入每个状态的残存路径（survivor path），要求正确的路径跟踪阶段以进行比特判决（bit decision）。这导致比特判决和符号检测中的时延。此外，维特比检测器在选择了一次错误路径分支之后，会发生抖动，即在若干状态转移期间

丢失正确路径。

因此，本发明的一个目的是提供一种接收方法和一种采用该方法的接收机，该接收机取代了基于维特比算法的检测，不再使用序列估计。此外，该方法不包括残存路径的生成，所以不需要进行正确的路径跟踪。

这通过前序中描述的一种方法实现，其特征在于，在 B 级的多于一个已知状态中生成一个接收符号的转移基本量，该转移基本量对应于条件概率并用于从前一级 A 的已知状态移动到下一级 B 的每个所述已知状态的转移，前一级的状态被定义成转移基本量中的多个符号，这些符号每个都具有预定数量的符号项；通过将转移基本量乘上与前一级 A 的每个已知状态相关的累积基本量生成累积转移基本量；通过累加一个已知位置符号的多个符号项上的与 B 级的状态相关的累积转移基本量生成与 B 级的状态相关的累积基本量，确定前一级 A 的状态；利用累积转移基本量，单独为符号的每个比特彼此无关地确定接收符号的比特。

本发明方法的特征还在于，在 B 级的多于一个已知状态中生成一个接收符号的转移基本量，该转移基本量对应于条件概率；生成转移基本量的对数，转移基本量用于从前一级 A 的已知状态移动到下一级 B 的每个所述已知状态的转移，前一级的状态被定义成转移基本量中的多个符号，这些符号每个都具有预定数量的符号项；通过对数转移基本量加上与前一级 A 的每个已知状态相关的对数累积基本量生成对数累积转移基本量；将对数累积转移基本量作为指数函数的参数生成指数累积基本量；通过累加一个已知位置符号的多个符号项上的指数累积基本量，确定前一级 A 的状态；通过生成指数累积基本量的和的对数，生成对数累积基本量；以及利用对数累积转移基本量，单独为符号的每个比特彼此无关地确定接收符号的比特。

本发明的接收机的特征在于，该接收机包括在 B 级的多于一个已知状态中生成接收符号的转移基本量的装置，该转移基本量对应于条件概率并用于从前一级 B 的已知状态移动到下一级 B 的每个所述状态的转移，前一级的状态被定义成转移基本量中的多个符号，每个符号都具有预定数量的符号项；通过将转移基本量乘上与前一级 A 的每个已知状态相关的累积基本量生成累积转移基本量的装置；通过累加上一符号的多

个符号项上的与 B 级不同状态相关的累积转移基本量生成累积基本量，确定前一级 A 的状态的装置；以及接收机利用在该装置中生成的累积转移基本量，单独为符号的每个比特彼此无关地确定接收符号的比特。

本发明接收机的特征还在于，该接收机包括在 B 级的多于一个已知状态中生成接收符号的对数转移基本量的装置，该对数转移基本量对应于条件概率以及从前一级 B 的已知状态转移到下一级 B 的每个所述状态，前一级的状态被定义为转移基本量中的多个符号，每个符号具有预定数量的符号项；通过将对该数转移基本量加上与前一级 A 的每个已知状态相关的对数累积基本量生成对数累积转移基本量的装置；通过累加上一符号的多个符号项上的与 B 级不同状态相关的累积转移基本量生成累积基本量，确定前一级 A 的状态的装置；以及通过生成和的对数，生成 B 级的对数累积基本量；以及接收机利用对数累积转移基本量，单独为符号的每个比特彼此无关地生成接收符号的比特。

本发明的方法提供了许多优点。与现有技术方案相比，它改进了性能、加速了比特判决和符号确定，并消除了现有技术检测一般都有的抖动。

下面结合附图给出的例子详细描述本发明，在附图中

图 1 示出了一张格构图；

图 2 示出了接收机框图；

图 3 示出了接收机框图；

图 4 示出了生成基本量的装置；以及

图 5 示出了一种包括多个分支的接收机。

本发明的方法和接收机可以应用于数字无线系统，尤其是 GSM 系统，但是本发明却不局限于该系统。无线系统中接收的信号的数据样本 y 可以如下表示：

$$y = HS + n, \quad (1)$$

其中 H 是信道估计，即脉冲响应估计， S 表示发送的数据， n 表示噪声和干扰。粗体类型用以说明示出的字符是一个矢量或矩阵。让我们

首先研究本发明方案的理论基础。确定一个二元素组 B 。组 B 被称为一个比特

$$B = \{a_0, a_1\}, \quad (2)$$

其中 a_0 例如是 0，而 a_1 例如是 1。然后通过由比特 x 形成的序列确定一个符号 S_i ：

$$S_i = f(x_{i,N-1}, x_{i,N-2}, \dots, x_{i,0}) ; x_{i,N-1} \in B \wedge x_{i,N-2} \in B \wedge \dots \wedge x_{i,0} \in B, \quad (3)$$

这意味着符号 S_i 是比特 $x_{i,N-1}, x_{i,N-2}, \dots, x_{i,0}$ 的函数。公式 (3) 中的符号 $\wedge$ 是 AND 符号。在该式中， N 表示比特数量。因此，符号 S_i 可以包含 $m = 2^N$ 个值，所述值被记作 $S_i \in A = \{s_0, s_1, \dots, s_{2^N-1}\}$ 。因此通过应用马尔可夫链，概率 $p(y_i|S_i)$ 或意味着接收的 y_i 包括符号 S_i 的类似表达式可以写成以下形式：

$$p(y_i|S_i) = p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r}) p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-1}) \dots p(y_0|S_0), \quad (4)$$

其中信道脉冲响应估计是 $r + 1$ 比特长， $y_i = \langle y_i, y_{i-1}, \dots, y_0 \rangle$ 表示了接收的符号， $S_i = \langle S_i, S_{i-1}, \dots, S_0 \rangle$ 表示发送的符号。此处假定所有符号的概率是相等的。注意到两个相邻项共享一个相同符号，所以从一个状态到另一状态的可能转移仅有 $m = 2^N$ 个。因此，可以以状态图和/或格构图的形式画出转移，其中 $m^r = (2^N)^r$ 状态，它对应于维特比算法。从每个状态到下一状态有 m 个不同的转移。利用马尔可夫链的特性和概率论，可以在格构图的不同状态之间写出递归：

$$p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t+1}) = \sum_{s_k \in A} p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k), \quad (5)$$

其中 $p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t})$ 是转移基本量， $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ 是转移初始状态的累积基本量， $p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}$

+ 1)是累积基本量, t 是待确定的常量。基于符号 s_k 进行符号项 $s_k \in A$ 的累加。换句话说, 对比特 0 和比特 1 分别进行比特累加。递归可以从序号 $i = 0$ 开始并继续, 直至接收脉冲串或类似信息结束, 如果会结束的话。这样, $p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t+1})$ 包括包含符号 $S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t+1}$ 的所有路径的累积概率。

上述递归方法涉及符号状态的确定。这通常还不够, 还需要与发送比特相关的软判决的一般信息。下面采用上述递归描述估计软判决的方法。每个比特都需要估计一个概率 $p(x|y)$ 。一个比特 $x_{i-r-t,k}$ 的概率 $p(x_{i-r-t,k} = a_1|y_j)$ 首先可以写成下面的形式:

$$p(x_{i-r-t,k} = a_1|y_j) = p(y_j|x_{i-r-t,k} = a_1)p(x_{i-r-t,k} = a_1)/p(y_j) = \sum_{\langle S_1, \dots, S_0 \rangle | \text{line } S_j \in A \wedge \dots \wedge S_0 \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_1} p(y_j|S_j)p(S_j)/p(y_j), \quad (6)$$

其中 $k = [0, \dots, N - 1]$, 指向比特 N 。现在可以确定似然比

$$\begin{aligned} \frac{p(x_{i-r-t,k} = a_1|y_j)}{p(x_{i-r-t,k} = a_0|y_j)} &= \frac{\sum_{\langle S_1, \dots, S_0 \rangle | S_j \in A \wedge \dots \wedge S_0 \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_1} p(y_j|S_j)p(S_j) / p(y_j)}{\sum_{\langle S_1, \dots, S_0 \rangle | S_j \in A \wedge \dots \wedge S_0 \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_0} p(y_j|S_j)p(S_j) / p(y_j)} \\ &\approx \frac{\sum_{\langle S_1, \dots, S_0 \rangle | S_j \in A \wedge \dots \wedge S_0 \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_1} p(y_j|S_j)p(S_j)}{\sum_{\langle S_1, \dots, S_0 \rangle | S_j \in A \wedge \dots \wedge S_0 \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_0} p(y_j|S_j)p(S_j)} = \\ &= \frac{\sum_{\langle S_1, \dots, S_{i-r-t} \rangle | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_{i-r-t} \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_1} p(y_{i,t}|S_{i,t}, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t})p(y_i|S_i, S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t})}{\sum_{\langle S_1, \dots, S_{i-r-t} \rangle | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_{i-r-t} \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_0} p(y_{i,t}|S_{i,t}, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t})p(y_i|S_i, S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t})}, \quad (7) \end{aligned}$$

其中 j 表示块长（或者接收值，用于进行判决）。如果 $i < j$ ，则进行次优假定。上面示出了比特概率 $p(x_{i-r-t,k}|y_j)$ 可以在符号基本量生成期间以转移和的形式计算。还注意到当 $i = j$ 时概率 $p(x_{i-r-t,k}|y_j)$ 是最优的。通过用户选择的参数 t ，可以确定格构中判决的长度。实际上，参数 t 的较小值已经提供了良好的可靠性（参数 t 选择的值可以是 $t = 0$ ）。如果需要接收的信号是连续信号，则无法确定最好的符号，从而无法进行最优判决。这样，对一个符号中的一个比特 x_{i-r-t} 确定该判决基本量。可以对任一符号中序号为 k 的所有比特单独确定基本量，从而提供所有的比特判决。

为了生成似然，需要进行划分。但是，划分是一种较慢的操作，可以通过采用对数来避免进行划分。

$$\log\left(\frac{p(x_{i-r-t,k} = a_1|y_j)}{p(x_{i-r-t,k} = a_0|y_j)}\right) = \log\left(\frac{\sum_{\{<S_1, \dots, S_{j-1}> | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_j \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_1\}} p(y_j|S_i)}{\sum_{\{<S_1, \dots, S_{j-1}> | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_j \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_0\}} p(y_j|S_i)}\right) \quad (8)$$

下面描述另一种估计符号的方法。除了似然判决，还可以确定概率判决，或者以概率判决取代似然判决。这样，比特概率可以如下确定：

$$p(x_{i-r-t,k} = a_1|y_j) = \frac{\sum_{\{<S_1, \dots, S_{j-1}> | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_j \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_1\}} p(y_j|S_i)}{\sum_{\{<S_1, \dots, S_{j-1}> | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_j \in A\}} p(y_j|S_i)} = \frac{\sum_{\{<S_1, \dots, S_{i-r-t}> | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_{i-r-t} \in A \wedge x_{i-r-t,k} = a_1\}} p(y_{j,t}|S_{i,t}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}) p(y_i|S_i, S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t})}{\sum_{\{<S_1, \dots, S_{i-r-t}> | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_{i-r-t} \in A\}} p(y_{j,t}|S_{i,t}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}) p(y_i|S_i, S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t})} \quad (9)$$

从累加 $\{<S_1, \dots, S_{i-r-t}> | S_i \in A \wedge \dots \wedge S_{i-r-t} \in A\}$ 中可以看出，在分母中计算比特 1 或 0 的概率或类似值。

下面通过比特来描述该创新方法，这简化了需要使用的数学式。

让我们首先通过图 1 的格构图考察本发明的方法，该图以示例形式包括 8 个状态 (STATE) 和 8 级 (LEVEL)。示出的例子涉及的情况是符号 S_i 包括两个值，即一个比特。状态可以用比特标记，从而需要 3 比特或对应于这些比特的符号来标记 8 个状态，这些比特是 s_1 和 s_0 ，它们对应于上述比特 a_1 和 a_0 。级 $I, I + 1, \dots, \text{AMOUNT_OF_BITS} - 1$ 包括临时连续状态 $s_0, s_0, s_0 - s_1, s_1, s_1$ ，到这些状态的转移基于接收的符号、比特或者比特组合进行。接收比特的检测在格构图中从左到右进行，它代表了事件在格构中发生的时间顺序。转移可以用于根据接收比特 (比特为 1 或 0)，从每级的一点，即状态通过两条不同的路径进行到下一级的两个不同状态。另一方面，如果使用比特组合的符号，而不是比特，则从每个状态到下一级的 2^r 个状态发生 2^r 次转移， r 表示该符号所包含的比特数量。这样在该例中，脉冲响应估计包括 4 个比特，所以 $r=3$ 。因此，如果采用 2 比特符号，从一个状态到下一状态需要进行 4 次转移。使用符号和使用比特是等价的，因此格构中的所有符号级事件总能返回到比特级事件。基本量中的状态表示一个窗口，在一个无限比特序列中一次仅显示少数比特，通常是 4 个比特 (在本例中，一个窗口包括 3 个比特，因为每级仅包括 8 个状态)。在窗口中出现的少数比特序列中，当基本量从一级转移到另一级时总删除 (omit) 一个比特，同时一个新的接收比特从该序列的另一端进入序列。检测出删除的比特。

符号用于格构中临时相邻格构级 $A (i-r-t)$ 和 $B (i-r-t+1)$ ，它们按照公式 (5) 包括预定数量的状态。但是，接收符号 y_i 最好通过比特判决确定。从每个状态到下一级 B 的状态的转移基于接收的符号进行。最好在 B 级的所有状态中为接收符号 y_i 生成对应于条件概率的转移基本量 $p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t+1})$ ，转移基本量用于从前一级 A 的已知状态到下一级 B 的每个已知状态的转移中。在转移基本量中，前一级 A 的状态定义为符号 $S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}$ ，每个符号 S_k 具有预定数量的 2^N 个符号项 s_k 。此外，在本创新方法中，通过将转移基本量 $p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t})$ 乘上与前一级 A 的每个已知状态相关的累积基本量 $p(y_{i-1}|S_i$

$-1, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t})$ 生成累积转移基本量。通过累加一个已知位置符号的多个符号项 $s_k \in A$ 上最好与 B 级的所有状态相关的累积转移基本量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t})$ 生成与 B 级的状态相关的累积基本量 $p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t})$ ，确定前一级 A 的状态。在二进制情况下，生成对应于比特 0 和比特 1 的累积基本量 $s_k = f(a_0, a_1)$ 。通过这种方式，符号用于格构的进行。然后通过累积转移基本量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t})$ ，单独为符号的每个比特彼此无关地确定比特概率或似然。

如果采用对数概率，本创新方法很大部分类似于前述方法。但是，区别在于，在本方法中，为接收符号 y_i 生成对应于条件概率的转移基本量的对数 $\log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}))$ 。通过将上述对数转移基本量 $\log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}))$ 加上与前一级 A 的每个已知状态相关的对数累积基本量 $\log(p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}))$ 生成对数累积转移基本量。生成指数累积基本量，从而对数累积转移基本量 $a^{[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t})) + \log(p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}))]}$ 作为指数函数的参数，其中符号 a 表示指数关系。字符 a 此处最好是一个自然对数的 e 或 2，b 是 ± 1 或 $\pm \ln 2$ 。然后通过累加一个已知位置符号 S_k 的多个符号项 s_k 上指数累积基本量，确定前一级 A 的状态，累加按照下式进行：

$$\sum_{s_k} a^{[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)) + b \cdot \log(p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k))]} \quad , \quad \text{其中}$$

S_k 假定是例如 S_{i-r-t} 。然后通过生成指数累积基本量的和的对数 $\log\{\sum_{s_k} a^{[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)) + b \cdot \log(p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k))]} \}$ 生成对数累积基本量。然后通过累积转移基本量 $a^{[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)) + \log(p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k))]}$ ，单独为符号的每个比特彼此无关地确定比特概率或似然。

因此，在接收到样本 y_i 时，可以判定接收比特是否是 x_{i-r-t} 。可以在处理中假定 $t = 0$ ，因而不需要另行指出。采用按照公式 (7) 和 (8) 的对数似然 (logarithmic likelihood) 函数进行比特判决即可实现这一功能。比特判决可以作为对数似然判决通过累加 B 级状态的累积转移基本量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ ，其中已知位置符号 (例如 S_{i-r-t}) 中预定位置的比特 x_{i-r-t} 等于 1 ($x_{i-r-t} = a_1$)，

并生成下面的和的对数进行

$$\log\left[\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_0} p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)\right].$$

在本方法中对 B 级状态的累积转移基本量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)$ 进行类似累加, 其中已知位置符号 (例如 $S_{i-r,t}$) 中已知位置的比特 $x_{i-r,t}$ 等于 0 ($x_{i-r,t} = a_0$), 并生成下面的和的对数

$$\log\left[\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_0} p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)\right].$$

然后生成累积转移基本量的和的对数之差:

$$\begin{aligned} & \log\left[\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_0} p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)\right] - \\ & \log\left[\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_1} p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)\right], \end{aligned}$$

所述差值表示了比特似然。对数和之间的差意味着象公式 (7) 中那样将转移基本量之和彼此划分, 并生成商的对数。

如果采用对数概率, 以下述方式将比特判决作为似然判决进行。生成 B 级状态的指数累积转移基本量 $a^*[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t})) + b \cdot \log(p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}))]$ 。最好在所有 B 级状态中累加这种指数累积转移基本量

$$\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_1} a^*[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)) + b \cdot \log(p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k))],$$

其中已知位置的符号 S_k 中预定位置的比特 $x_{i-r,t}$ 等于 1 ($x_{i-r,t} = a_1$), 并生成和的对数

$$\log\left\{\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_1} a^*[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)) + b \cdot \log(p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k))]\right\},$$

该对数提供了累积转移基本量的和的对数。在 B 级状态中相应累加这种指数累积转移基本量

$$\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_0} a^*[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)) + b \cdot \log(p(y_{i+1}|S_{i+1}, S_{i+2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k))],$$

其中预定符号 S_k 中预定位置的比特 $x_{i-r,t}$ 等于 0，并生成和的对数

$$\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_0} \log\{\sum a^*[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)) + b \cdot \log(p(y_{i+1}|S_{i+1}, S_{i+2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k))]\},$$

从而提供了累积转移基本量的和的对数。然后生成累积转移基本量的和的对数之差：

$$\begin{aligned} & \sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_0} a^*[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)) + b \cdot \log(p(y_{i+1}|S_{i+1}, S_{i+2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k))] - \\ & \sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_0} \log\{\sum a^*[b \cdot \log(p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)) + b \cdot \log(p(y_{i+1}|S_{i+1}, S_{i+2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k))]\}. \end{aligned}$$

该差值表示了比特似然。

相应地，涉及比特判决的概率类似地以似然判决的方式生成。公式 (9) 中的分母是相同的，唯一的区别在于，公式 (9) 中的分母是概率

$$\sum_{\{<S_1, \dots, S_{i-r,t}>, S_i \in A \wedge \dots \wedge S_{i-r,t} \in A\}} p(y_{i+1}|S_{i+1}, S_{i+2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)$$

已知位置符号 $S_{i-r,t}$ 的已知位置比特 $x_{i-r,t}$ 等于 1 或 0。这样例如比特 $x_{i-r,t}$ 的概率等于 1 ($x_{i-r,t} = a_1$)，则提供了下述差值：

$$\begin{aligned} & \log\left[\sum_{s_k \in A \wedge x_{i-r,t}=a_1} p(y_{i+1}|S_{i+1}, S_{i+2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)\right] - \\ & \log\left[\sum_{s_k \in A} p(y_{i+1}|S_{i+1}, S_{i+2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r,t}=s_k)\right]. \end{aligned}$$

其他概率相应以本领域技术人员众所周知的方式生成。

现在让我们考察通过格构说明的状态图的一个简单例子。该例中一个符号仅具有两种值，所以它也可以看成是比特。相邻的级 A 和 B 现在是级 I 和 I + 1。在按照图 1 的情况下，前一格构事件的累积基本量和 (I,000) 累积到状态 1 的状态 s_0, s_0, s_0 。在级 I 的状态 s_0, s_0, s_1 中，累积基本量是 cum(I,001)。从状态 s_0, s_0, s_0 开始转移，其转移方法记为 T(0000)，意味着需要删除的比特是 0，并转移到状态 s_0, s_0, s_0 。状态 s_0, s_0, s_1 的转移 T(0001) 意味着需要删除的比特是 1，并转移到 I + 1 级的状态 s_0, s_0, s_0 。相应地，转移 T(1110) 用于从 I 级的状态 s_1, s_1, s_0 转移到 I + 1 级的状态 s_1, s_1, s_1 ，需要删除的比特是 0。类似地，转移 T(1111) 用于从 I 级的状态 s_1, s_1, s_1 转移到该级的状态 s_1, s_1, s_1 ，需要删除的比特是 1。

在采用对数转移和非对数转移生成转移基本量时都需要考虑干扰的影响，最好通过生成接收信号样本的方差或者方差类型的结果。干扰代表了噪声和干扰。

在本创新方法中，如果脉冲响应估计可用，则可以控制检测中使用的基本量。最好通过生成接收符号的硬比特判决，并且生成硬比特判决符号来完成操作。脉冲响应和生成符号的卷积用于生成基准样本。采用最小平方和方法比较基准样本和对应的接收样本，可以利用比较基准样本和接收样本得到的最小平方和结果控制检测中使用的基本量，该最小平方和结果最好是一个新脉冲响应估计 $\hat{H}$ 。然后通过改变脉冲响应估计 $\hat{H}$ ，使之与最小平方方法的变化斜率一致来控制基本量。脉冲响应估计 $\hat{H}$ 的变化幅度最好以下述方式控制：

$$\begin{aligned} \text{res_vec} &= \text{create_symbol}\{\text{hard}(\{\text{out}_1, \dots, \text{out}_k\})\}; \\ \text{dist} &= y_k - \hat{H} * \text{res_vec}^H; \\ \hat{H} &= \hat{H} + \mu * \text{dist} * \text{res_vec}; \end{aligned} \quad (10)$$

其中 create_symbol 代表根据硬比特判决生成符号，hard 根据比特

似然或概率生成硬比特判决， res_vec 是符号矢量， y_k 是接收符号的符号矢量， $\hat{H}$ 是脉冲响应估计矢量， dist 是信号样本和基准样本的差矢量， $\hat{H} * \text{res_vec}$ 是基准符号矢量， $\mu = [0, 1]$ 充当趋向斜率变化的加权系数。如果 μ 是 0，则不改变脉冲响应估计。基于模拟，参数 μ 的较好值可以是例如 1/128。

用作代表转移基本量概率的数的和的对数函数的基数最好是 2，而不是自然对数的数 e ，这是因为使用基数 2 有助于二进制数系统中浮点数的操作。

如果接收比特用于进行硬比特判决，则使用硬比特判决和脉冲响应的卷积生成基准样本。卷积通常根据估计的脉冲响应 H 和估计 S ，例如基于下式 (11) 计算

$$(\hat{H} * \hat{S})_i = \sum \hat{H}_j \cdot \hat{S}_{i-j}, \quad (11)$$

其中 i 和 j 是元素标记索引。然后采用公式 (12) 中示出的最小平方和方法比较基准样本和相应的临时接收样本

$$LS = \sum |y - \hat{H} * \hat{S}|^2, \quad (12)$$

其中 LS 是最小平方和的结果。比较基准样本和接收样本得到的结果 LS 用于通过改变脉冲响应 $\hat{H}$ ，控制维特比检测中使用的基本量。

现在让我们详细研究按照本发明方法工作的本发明的接收机。按照图 2 的接收机包括装置 201，用以生成转移基本量，装置 202，用以生成累积基本量，以及装置 203，用以生成累积转移基本量。该接收机还包括了求和装置 204 和 205、生成对数的装置 206、生成差值的装置 207 以及存储器 208。该接收机还包括装置 209，用以累加与比特 0 或 1 相关的累积转移基本量，以及生成对数的装置 210、生成差值的装置 211、存储器 212。该接收机包括装置 213，用以累加与比特 0 或 1 相关的累积转移基本量，以及生成对数的装置 214、生成差值的装置 215、存储器 216。为了控制基本量，接收机还包括生成硬比特判决的装置 217、

LMS 装置 218 以及时延装置 219。接收机的操作由控制装置 220 控制。

现在让我们研究按照图 2 的接收机中的接收机操作。接收信号的样本 y_i 到达装置 201，该样本用于生成概率，即值 $p(y_i|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ ，这表示概率，并且还表示了当前状态的转移基本量。装置 203 用于将存储在装置 203 中的前一个累积基本量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ 乘上概率 $p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ ，生成累积转移基本量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ 。在装置 203 中基于符号 s_k 累加累积转移基本量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ ，生成累积基本量。按照本发明的方法，累积转移基本量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ 用于生成比特似然和/或概率。

接收机中生成接收样本中比特的对数似然的方式如下。在装置 204 中，累加多个累积转移基本量，其数量最好等于每一级所有状态的数量 $p(y_{i-1}|S_{i-1}, S_{i-2}, \dots, S_{i-r-t}=s_k) p(y_i|S_i, S_{i-1}, \dots, S_{i-r-t}=s_k)$ ，其中已知位置符号 $S_k=S_{i-r-t}$ 的预定位置比特 x_{i-r-t} 是比特 0。符号 S_{i-r-t} 是确定状态的序列中的最后符号，而该比特是符号中的最后一个比特。相应累加比特 1。装置 205 是存储器寄存器，装置 204 是加法装置。装置 206 中根据一级的所有状态的转移基本量之和生成一个对数，装置 207 中生成和的对数之差。通过这种方式得到的结果，即接收符号 y_i 的对数似然判决存储在寄存器 208 中。

除了似然判决，接收机中还可以生成接收样本 y_i 的比特判决概率，或者以比特判决概率取代似然判决。图 2 中的装置 213 和 209 累加每一级所有状态的累积转移基本量，其中已知位置符号的预定位置比特是 0 或 1。在装置 214 和 210 中，生成和的对数，然后在装置 215 和 211 中将该值减去装置 206 中生成的与比特 1 和比特 0 相关的累积转移基本量的和的对数。与符号比特判决的比特 1 相关的概率存储在寄存器 216 中，与比特 0 相关的概率存储在寄存器 212 中。接收机至少在原理上包括多个装置实体 204 到 217，其数量等于符号编码中所需的比特数量。可以例如通过串行处理减少装置 204 到 217 的物理数量。

为了改进接收机的操作，可以调整基本量中需要的脉冲响应估计。

然后，接收机的装置 217 进行硬比特判决，该硬比特判决与来自装置 208 的比特似然和/或来自装置 212 和 216 中至少一个的概率相关。装置 221 用于根据硬比特判决生成多个符号。生成的符号和脉冲响应估计的卷积用于生成基准样本，即基准符号，在装置 218 中，这些样本与接收的符号，即样本 y_i 进行比较。利用接收样本与基准样本之间的差值，脉冲响应估计能够更好地符合实际情况，从而产生较好的比特判决。改变后的脉冲响应 $\hat{h}$ 被馈送到装置 201，在装置 201 中它被用于生成基本量。

按照图 3 的接收机包括装置 201，用于生成转移基本量，装置 302，用于生成累积转移基本量，以及装置 303，用以生成累积基本量。此外，接收机最好包括装置 304，用以生成指数函数。在其他方面，该接收机类似于图 2 的接收机。该接收机至少在原理上包括多个装置实体 304 和 204 到 217，其数量等于符号编码中所需的比特数量。可以例如通过串行处理减少装置 304 和 204 到 217 的物理数量。

图 4 详细说明了采用 Ungerboeck 基本量的装置 201 的结构。用于生成基本量的装置 201 包括装置 401，用于生成基准值，匹配滤波器 402 以及装置 403 用于将干扰考虑在内。装置 403 将匹配滤波器 402 以及装置 401 的输出都除上信号方差 I 。

接收机还可以包括多个分集支路。这种方案由图 5 的框图说明。该接收机包括分集支路 510 和 511，它们例如包括天线以及信号预处理装置，例如混频器，模数转换装置以及生成信号样本、方差以及脉冲响应估计的装置。该接收机还包括装置 201，用于生成基本量，装置 202，用于生成转移，装置 203，用于生成累积转移基本量，装置 501、装置 217 用于进行硬判决，LSM 装置 218 以及装置 219 用于生成时延。可以采用图 3 中出现的装置 302 和 303 取代装置 202 和 203。装置 501 代表装置 (304) 204 到 216 中的至少一些。该接收机为每个分集支路生成它自己的基本量，并通过对每个支路单独使用来确定比特。通常有多个装置 501、217 和 221，其数量等于符号中比特的数量。

在本发明中，接收的检测结果用于可适应地控制估计的脉冲响应。这可以通过最小化平方误差来实现。采用卡尔曼滤波器、扩展卡尔曼滤波器、递归最小平方 (RLS) 滤波器、最小均方 (LMS) 滤波器实现

装置 218，可以解决一般的最小平方（LSE）问题。LMS 装置 218 执行算法（10）。

本发明方案中所需的信道干扰幅度的计算例如如下。首先以估计信道脉冲响应和预定序列，例如 GSM 系统训练序列的卷积形式生成一个比较信号 YR，然后根据该比较信号以及从信道接收的预定信号序列，以方差类型方式计算干扰能量 I。利用得到的比较信号 YR 和接收信号 Y，即接收的预定序列，利用公式（15）根据这些信号计算方差类型结果 I。

$$I = \frac{\sum [Re(Y(i) - YR(i))^2 + Im(Y(i) - YR(i))^2]}{P}, \quad (15)$$

其中 P 是任一常量。

本发明的方案可以例如采用 ASIC 或 VLSI 电路（与具体应用相关的集成电路，较大规模集成电路）实现，尤其在数字信号处理方面更适合以这种方式实现。需要完成的操作由基于微处理器技术的程序实现。

尽管以上结合附图所示例子描述了本发明。但显然本发明并不局限于此，可以在后附权利要求书所公开的创新思想内进行多种变化。

说明书附图

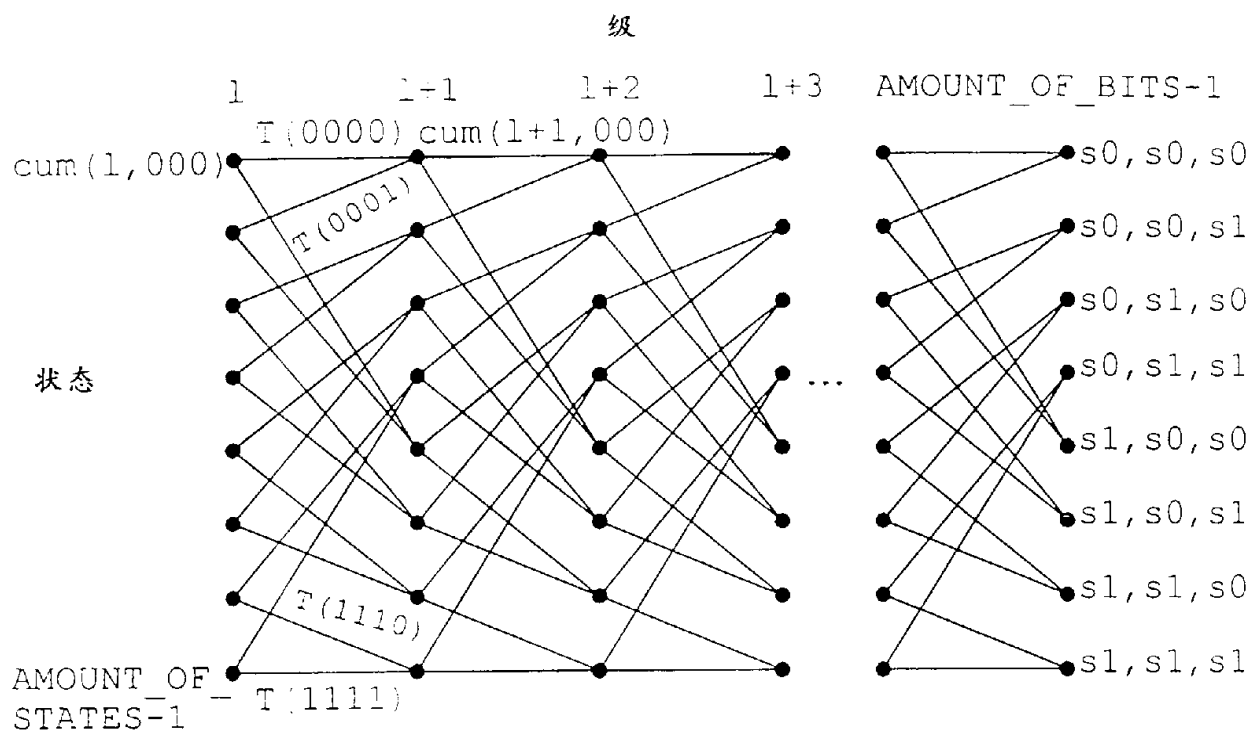


图 1

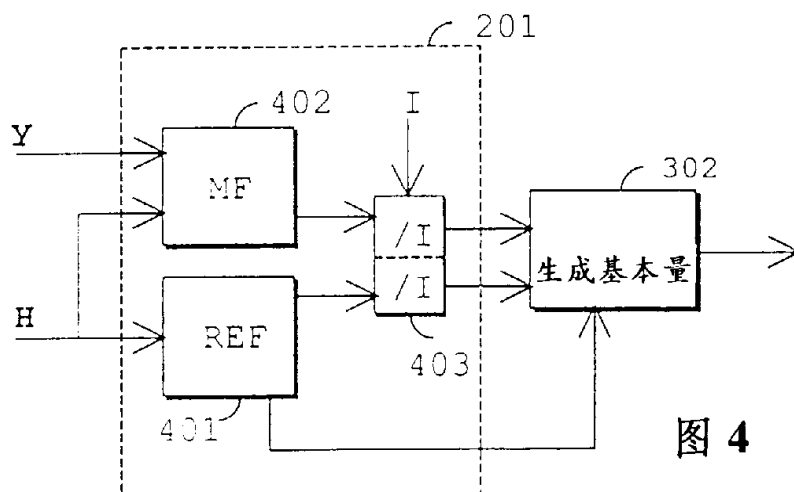
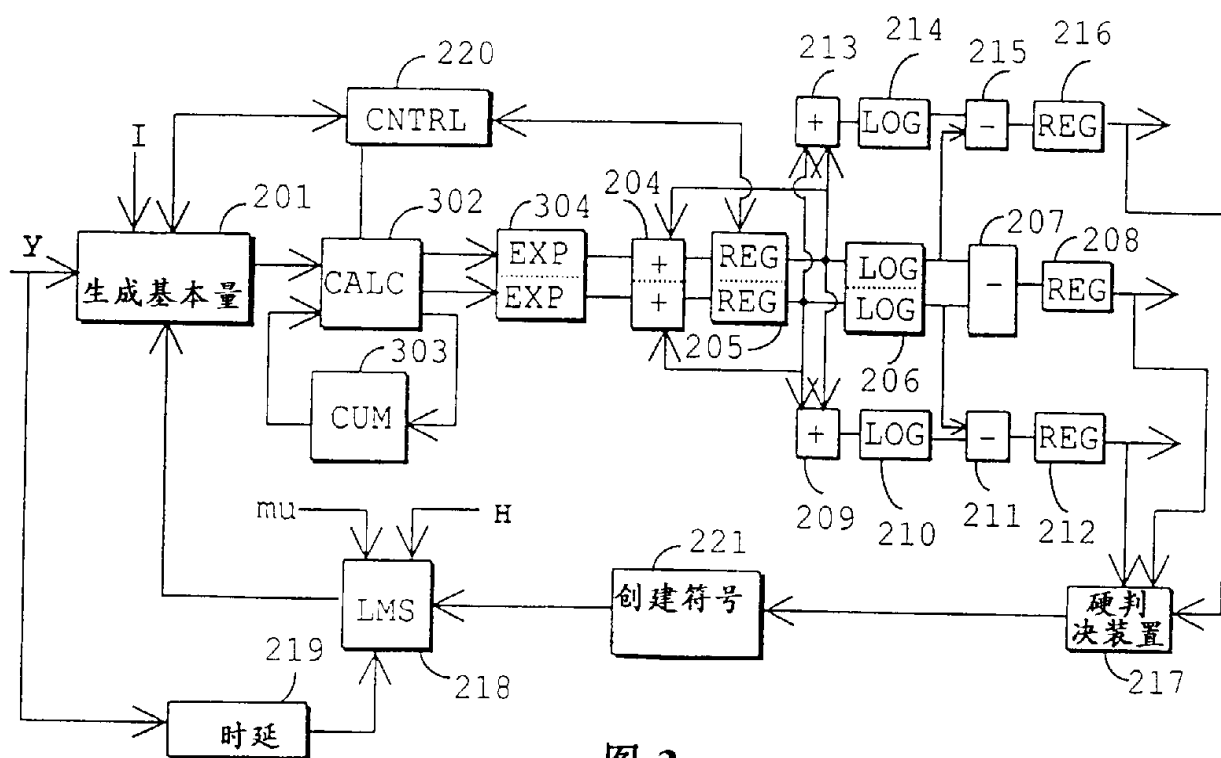
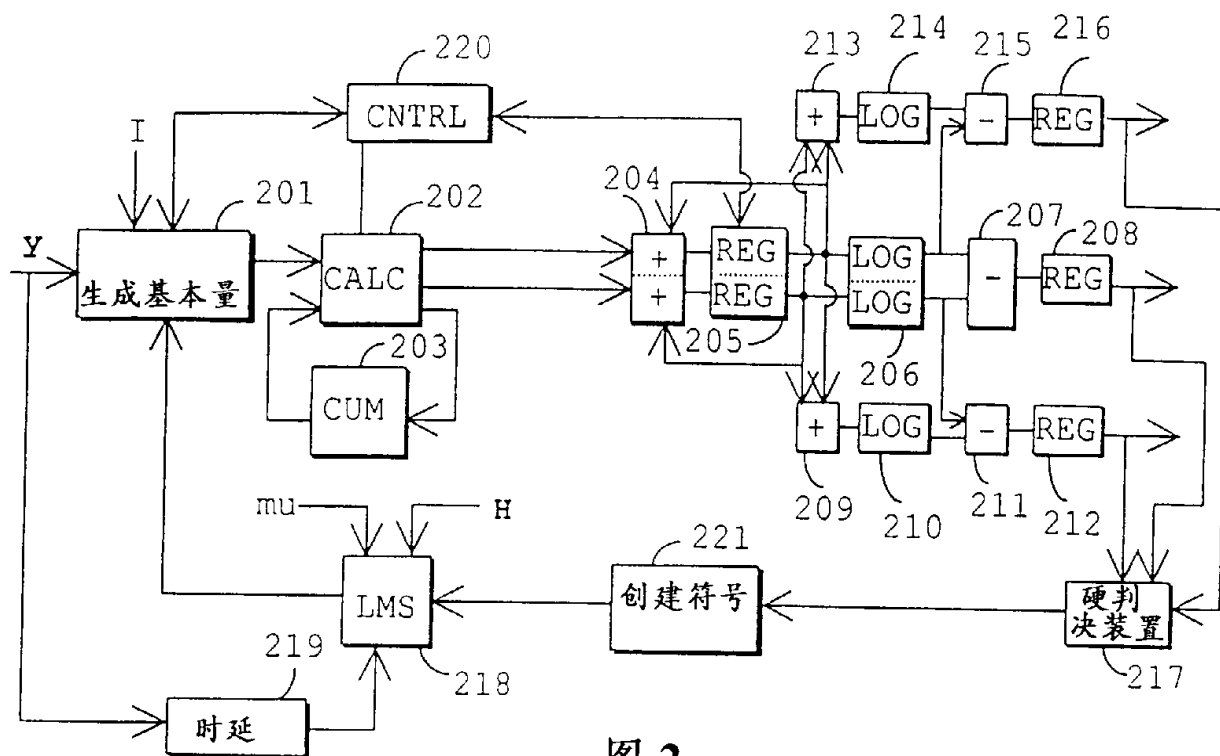


图 4



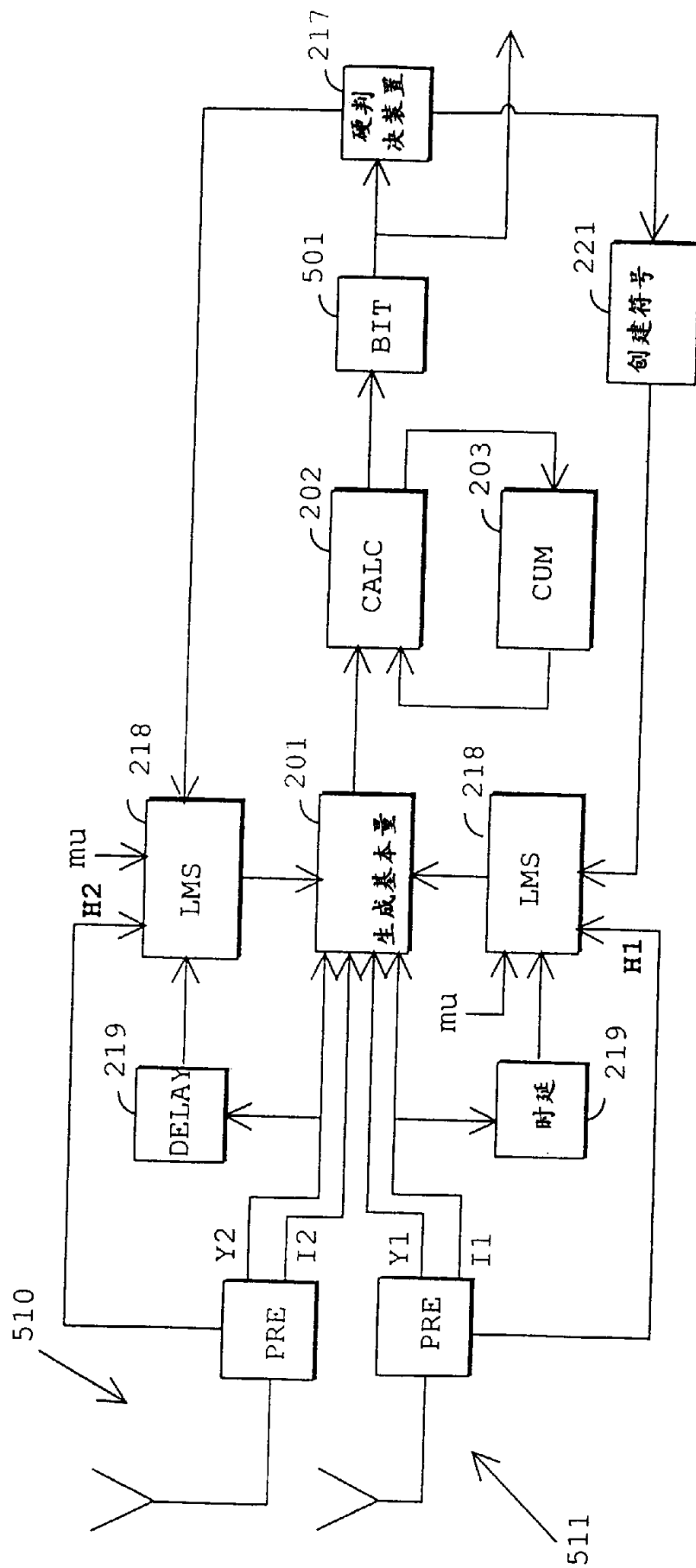


图 5