



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103166903 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 12

(21) 申请号 201310088740. 0

H04L 1/00(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 03. 19

(56) 对比文件

(73) 专利权人 清华大学

CN 102710581 A, 2012. 10. 03,

地址 100084 北京市海淀区清华园北京

WO 03047118 A2, 2003. 06. 05,

100084-82 信箱

审查员 仝红红

专利权人 北京数字电视国家工程实验室有
限公司

(72) 发明人 彭克武 陈霜 黄嘉晨 潘长勇
宋健

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限
公司 11002

代理人 王莹

(51) Int. Cl.

H04L 27/36(2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页 附图3页

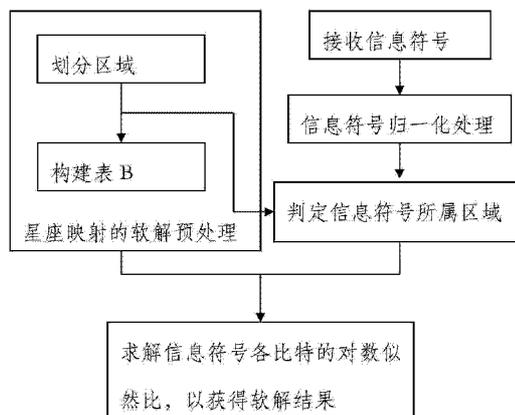
(54) 发明名称

星座映射的软解预处理方法以及软解方法

(57) 摘要

本发明公开一种星座映射的软解预处理方法以及软解方法,解决了现有的Max-Log-MAP方法运算量大、系统资源占用多以及硬件实现成本高等问题。所述星座映射的软解预处理方法包括步骤:根据所采用的星座映射将包含有M个星座点的信号空间划分为N个区域;构建表B,在表B中记录有区域i内用于对数似然比计算的星座点集 S_i ;i为不大于N的正整数; S_i 包括星座点子集 $S_{i,k}^{(0)}$ 以及星座点子集 $S_{i,k}^{(1)}$; $S_{i,k}^{(0)}$ 包含了第k比特位为0且与区域i内预设点距离最近的星座点; $S_{i,k}^{(1)}$ 包含了第k比特位为1且与区域i内预设点距离最近的星座点;k为不大于 $\log_2 M$ 的正整数。

星座映射的软解方法为:接收并判定信息符号所属的区域i;读取表B,并按预设方法对信息符号以及 S_i 中的星座点进行对数似然比计算。



1. 一种星座映射的软解预处理方法,其特征在于,星座映射的软解预处理方法包括以下步骤:

根据所采用的星座映射将包含有 M 个星座点的信号空间划分为 N 个区域;

构建表 B ,在表 B 中记录有区域 i 内用于对数似然比计算的星座点集 S_i ; i 为不大于 N 的整数;

其中,

所述 S_i 包括星座点子集 $S_{i,k}^{(0)}$ 以及星座点子集 $S_{i,k}^{(1)}$;

所述 $S_{i,k}^{(0)}$ 包含了第 k 比特位为 0 且与区域 i 内预设点距离最近的星座点;

所述 $S_{i,k}^{(1)}$ 包含了第 k 比特位为 1 且与区域 i 内预设点距离最近的星座点;

所述 k 为不大于 $\log_2 M$ 的正整数。

2. 根据权利要求 1 所述的星座映射的软解预处理方法,其特征在于,在所述星座映射的软解预处理方法中,根据星座映射、区域划分以及性能要求在区域 i 中设置一个或多个预设点。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的星座映射的软解预处理方法,其特征在于,所述星座点集 S_i 内的星座点通过蒙特卡罗算法或贪心算法计算求取。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的星座映射的软解预处理方法,其特征在于,所述表 B 存储在随机访问存储器、只读存储器或组合逻辑电路中。

5. 一种星座映射的软解方法,用于权利要求 1-4 任一所述的星座映射的软解预处理方法进行的预处理之后,其特征在于,所述星座映射的软解方法包括以下步骤:

接收信息符号,

判定信息符号所属的区域 i ;

从表 B 中获取信息符号所属的区域 i 中用于对数似然比计算的星座点集 S_i ,并按预设方法利用 S_i 中的星座点进行对数似然比计算。

6. 根据权利要求 5 所述的星座映射的软解方法,其特征在于,通过硬判决法判定信息符号属于的区域。

7. 根据权利要求 5 所述的星座映射的软解方法,其特征在于,在接收信息符号后与判定所述信息符号所属的区域之前还包括利用信道状态信息对所述信息符号进行归一化处理,从而得到归一化信息符号。

星座映射的软解预处理方法以及软解方法

技术领域

[0001] 本发明涉及数字信息通信领域,尤其涉及一种星座映射的软解预处理方法以及软解方法。

背景技术

[0002] 目前最常用的星座映射的软解方法包括以下步骤:

[0003] 步骤 1:接收信息符号;

[0004] 步骤 2:根据信息符号中每个比特与信号空间内中每个星座点,通过公式(2)求取对数似然比,这种方法称为 Max-Log-MAP 算法;

[0005] 对数似然比 LLR (Log-Likelihood Ratio) 常用于表达信息符号中每个比特的软信息;

[0006] 对于某个比特 b,其对数似然比定义为:

$$[0007] \quad LLR(b) = \log \frac{P(b=1|y)}{P(b=0|y)} \quad (1)$$

[0008] 得到的对数似然比的符号代表了该比特的判决结果,对数似然比的值的绝对值为该结果的置信度,得到对数似然比后则完成了软解映射。

[0009] 例如加性高斯白噪声 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 信道模型中,映射阶数为 M 即包含 M 个星座点的星座图中:

$$[0010] \quad LLR(b_{i,k}) = \frac{1}{2\sigma^2} \left(\min_{x \in S_k^{(1)}} (|y_i - G_i x|^2) - \min_{x \in S_k^{(0)}} (|y_i - G_i x|^2) \right) \quad (2)$$

[0011] 其中 G_i 为解映射前得到的第 i 个信息符号的信道衰落估计(即信道状态信息);对于第 i 个接收符号 y_i ; $S_k^{(1)}$ 表示第 k 个比特为 1 的星座图符号(即星座点)的集合, $S_k^{(0)}$ 表示第 k 个比特为 0 的星座图符号的集合。

[0012] 从上述可知,若采用 Max-Log-MAP 方法求取信息符号中每个比特的对数似然比,则需要 $O(M)$ 次加法运算、 $O(M)$ 次乘法运算以及 $O(M \log M)$ 次比较操作,故可知对于星座图中映射阶数 M 值较大时,计算量大,从而消耗的系统资源多,硬件实现的代价大。

发明内容

[0013] (一) 要解决的技术问题

[0014] 本发明旨在提供一种减少对数似然比计算量、计算时间以及减少系统资源占用、降低硬件实现成本的星座映射的软解预处理方法以及软解方法。

[0015] (二) 技术方案

[0016] 为解决上述问题,本明星座映射的软解预处理方法包括以下步骤:

[0017] 根据所采用的星座映射将包含有 M 个星座点的信号空间划分为 N 个区域;

[0018] 构建表 B,在表 B 中记录有区域 i 内用于对数似然比计算的星座点集 S_i ; i 为不大

于 N 的整数；

[0019] 其中，

[0020] 所述 S_i 包括星座点子集 $S_{i,k}^{(0)}$ 以及星座点子集 $S_{i,k}^{(1)}$ ；

[0021] 所述 $S_{i,k}^{(0)}$ 包含第 k 比特位为 0 且与区域 i 内预设点距离最近的星座点；

[0022] 所述 $S_{i,k}^{(1)}$ 包含第 k 比特位为 1 且与区域 i 内预设点距离最近的星座点；

[0023] 所述 k 为不大于 $\log_2 M$ 的正整数。

[0024] 进一步地，在所述星座映射的软解预处理方法中，根据星座映射、区域划分以及性能要求在区域 i 中设置一个或多个预设点。

[0025] 进一步地，所述星座点集 S_i 内的星座点通过蒙特卡罗算法或贪心算法计算求取。

[0026] 进一步地，所述表 B 存储在随机访问存储器、只读存储器或组合逻辑电路中。

[0027] 为解决上述问题，本发明星座映射的软解方法，用于上述的星座映射的软解预处理方法进行的预处理之后，包括以下步骤：

[0028] 接收信息符号，判定信息符号所属的区域 i；

[0029] 从表 B 中获取信息符号所属的区域 i 用于对数似然比计算的星座点集 S_i ，并按预设方法对信息符号以及 S_i 中的星座点进行对数似然比计算。

[0030] 优选地，所述预设方法为通过公式

[0031]
$$LLR(b_k) = \frac{1}{2\sigma^2} \left(\min_{x \in S_{i,k}^{(1)}} (|y - G_i x|^2) - \min_{x \in S_{i,k}^{(0)}} (|y - G_i x|^2) \right)$$
 计算所述信息符

号中每个比特的对数似然比；

[0032] 其中，LLR 为对数似然比； b_k 为信息符号的第 k 个比特，且 k 为不大于 $\log_2 M$ 的正整数。

[0033] 优选地，通过硬判决法判定信息符号属于的区域。

[0034] 优选地，在接收信息符号后与判定所述信息符号所属的区域之前还包括利用信道状态信息对所述信息符号进行归一化处理，从而得到归一化信息符号。

[0035] (三) 本发明的有益效果

[0036] 通过反复研究和验证发现星座映射的软解过程中，通常位于信号空间内相近位置的信息符号，在进行各个比特的对数似然比计算时，与其同一序位为 0 或 1 的星座点中距离最近的点集中在信号空间的某些特殊位置，而在传统的 Max-Log-MAP 方法中，在进行信息符号中的每一比特的对数似然比运算时，不加筛选的跟所有的星座点进行运算；

[0037] 而本发明星座映射的软解预处理方法则是利用上述规律，将上述特殊的点筛选出来，而本发明星座映射的软解方法，则是利用本发明星座映射的软解预处理方法所求解出的结果进行对数似然比的运算，从而大大地减少了运算量，减少了系统资源的占用，降低了硬件实现的成本，尤其是对于映射阶数大的星座映射，软解效果尤其明显。

附图说明

[0038] 图 1 为本发明实施例一所述的信号空间示意图；

[0039] 图 2 为本发明第二实施例所述的星座映射的软解方法流程图；

[0040] 图 3 为本发明第四实施例所述的信号空间示意图；

[0041] 图 4 是图 3 所述的信号空间划分成多个区域后的示意图；

[0042] 图 5 是本发明第四实施例所述的星座映射的软解方法与传统的 Max-Log-MAP 方法在 AWGN 信道下性能对比图；

[0043] 图 6 是本发明第四实施例所述的星座映射的软解方法与传统的 Max-Log-MAP 方法在 i. i. d. Rayleigh 信道下性能对比图。

具体实施方式

[0044] 下面结合说明书附图以及实施例对本发明星座映射的软解预处理方法以做进一步的说明。

[0045] 实施例一：

[0046] 如图 1 所示,本实施例星座映射的软解预处理方法包括以下步骤：

[0047] 根据所采用的星座映射将包含有 16 个星座点的信号空间划分为 4 个区域；每一个区域均用不同的阴影区分,各区域中心的数字代表了区域的编号,其中每个区域内包含 4 个星座点；每一信息符号包含 4 个比特；

[0048] 构建表 B；在表 B 中记录有区域 i 内用于对数似然比计算的星座点集 S_i ；i 为不大于 4 的整数即 i 为 1、2、3 或 4；具体的如图 1 中所述的区域 1、区域 2、区域 3 以及区域 4；

[0049] 其中，

[0050] 所述 S_i 包括星座点子集 $S_{i,k}^{(0)}$ 以及星座点子集 $S_{i,k}^{(1)}$ ；

[0051] 所述 $S_{i,k}^{(0)}$ 包含了第 k 比特位为 0 且与区域 i 内预设点——点 p 距离最近的星座点；

[0052] 所述 $S_{i,k}^{(1)}$ 包含了第 k 比特位为 1 且与区域 i 内预设点——点 p 距离最近的星座点；

[0053] 所述 k 为不大于 $\log_2 M$ 的正整数,即可小于等于 4；

[0054] 构建表 B；在表 B 中记录有每一区域用于对数似然比计算的星座点集；

[0055] 如区域 1 中,当预设点为一个且为区域 1 的中心点时,星座点集包括了高位第一比特位为 0 的星座点子集 $S_{11}^{(0)} = \{0000, 0100, 0001, 0101\}$ 以及高位第一比特位为 1 的星座点子集 $S_{11}^{(1)} = \{1001, 1000\}$ ；故在计算过程中,信息符号仅需与高位第一比特位为 0 的 4 个星座点以及高位第一比特位 1 的 2 个星座点进行运算,相对于传统的 Max-Log-MAP 方法与高位第一比特位为 0 的 8 个星座点以及高位第一比特位为 1 的 8 个星座点进行运算,节省了运算量,降低了系统资源的消耗,硬件实现成本更低了。

[0056] 而在传统的 Max-Log-MAP 方法中,没有星座映射的软解预处理过程,其中每一次运算均包括了 $M/2$ 个与信息符号同序位为 0 或为 1 的星座点进行计算；而本实施例星座映射的软解预处理方法,通过预处理首先确认在后续的对数似然比计算中可能出现的距离最近的点,不仅减少了信息符号与星座点之间的乘法以及加法运算；还减少了比较运算,应用在高阶的星座映射的软解过程中优化效果尤其明显。

[0057] 在具体的实施过程中,所述预设点根据星座映射、区域划分以及性能的要求为一个或多个,分布在区域 i 的不同位置；精度要求越高,预设点的取值应该越多。如区域 1 中,当预设点包括区域 1 的中心位置以及两个边缘点,且所述边缘点一个位于与区域 2 交界的

边缘线的中心点,一个位于与区域 3 交界的边缘线的中心点;则所述星座点集包括了高位第一比特位为 0 的星座点子集 $S_{i1}^{(0)} = \{0000, 0100, 0001, 0101, 0010, 0110\}$ 以及高位第一比特位为 1 的星座点子集 $S_{i1}^{(1)} = \{1001, 1000, 1001, 1000\}$;

[0058] 由上可知,预设点的个数以及位置均关系到星座点子集的组成,同样关系到最终运算结果的精确度等,故在具体的实施过程中,预设点的位置和个数又是根据区域划分、星座映射以及性能需求来决定的,当预设点的个数为 1 时,通常选取为区域内星座点的中心。

[0059] 在具体的实施过程中,区域的划分应该根据不同种类的星座映射、对求解结果的精度要求以及运算量的大小进行划分,所划分的区域不宜过大。

[0060] 实施例二:

[0061] 在上一实施例的基础上,在本实施例星座映射的软解预处理方法提供了两种求取星座点集的方法,

[0062] 所述星座点集 S_i 内的星座点通过蒙特卡罗算法或贪心算法计算法求取。

[0063] 方法一:蒙特卡罗算法求取:

[0064] 以统计和概率为基础,经过反复的验证,得到的所述的星座点集;

[0065] 方法二:贪心算法求取:

[0066] A:定义信息符号信号空间中的点到区域 i 的距离,

[0067] B:然后计算 $S_{i,n}^{(0)}$ 以及 $S_{i,n}^{(1)}$, n 为信息符号的第 n 比特,且 n 为不大于 $\log_2 M$ (M 为星座图的映射阶数) 中所有点到区域 i 的距离,取最短的若干个作为 $S_{i,u}^{(w)}$ 。 $S_{i,u}^{(w)}$ 表示为第 i 个区域, u 表示为接收的信息符号的第 u 个比特; w 为 0 或 1;其中,信号空间中的星座点到区域 i 的距离可以有不同的定义方式。特别地,当区域 i 中有且仅有一个星座点时,可以将到该点的欧氏距离作为到区域 i 的距离。

[0068] 在本实施例中,具体地提供了两种获取各个区域用于求解信息符号各个比特对数似然比的方法,具有实现简单、方便的优点。

[0069] 综合上述可知,所述星座点集中包含的星座点子集数目至多为 $2 * \log_2 M$ 。

[0070] 在本实施例星座映射的软解预处理方法,提供了两种求解星座点集的优选方法,以上两种方法均技术成熟,应用简便,从而本实施例所述的星座映射的软解预处理方法具有使用简单、便捷的特点。

[0071] 具体地,所述表 B 存储在随机访问存储器、只读存储器或组合逻辑电路中。所述星座点集中的星座点的个数根据所在的区域、星座映射的方式以及实现方式的不同而不同,通常都远小于星座映射的映射阶数 M 。

[0072] 下面结合说明书附图以及实施例对本发明星座映射的软解方法以做进一步的说明。

[0073] 第一实施例:

[0074] 本实施例星座映射的软解方法,应用于上述星座映射的软解预处理方法进行的预处理之后,具体地包括以下步骤:

[0075] 接收信息符号,判定信息符号所属的区域 i ;

[0076] 从表 B 中获取信息符号所属的区域 i 用于对数似然比计算的星座点集 S_i ,并按预设方法对信息符号以及 S_i 中的星座点进行对数似然比计算。

[0077] 在本实施例星座映射的软解方法中,由于通过如实施例一或实施例二所述的星座映射的软解预处理方法得到了用于对数似然比计算的表 B,且表 B 中所记录的星座点的数目,远小于 Max-Log-MAP 方法需要进行对数似然比计算的星座点的数目,从而减少了计算量,同时减少了系统资源的占用,降低了硬件实现的成本。特别是高阶的星座映射,一个信息符号携带的比特数多,且信息空间内的星座点也多,然而与区域 i 内任意点的距离最近的点集中在某些特殊位置,采用传统的 Max-Log-MAP 方法去计算时,进行了很多显然不会有利于最终结果的计算,而本实施例中通过预处理的方法筛选这些无用点,从而达到了减少计算量的目的。

[0078] 作为本实施例的进一步地改进,本实施例星座映射的软解方法进一步地给出了信息符号中每一比特的对数似然比的求解方法,具体的通过以下公式

[0079] 所述预设方法为通过公式

$$[0080] \quad LLR(b_k) = \frac{1}{2\sigma^2} \left(\min_{x \in S_{i,k}^{(1)}} (|y - G_i x|^2) - \min_{x \in S_{i,k}^{(0)}} (|y - G_i x|^2) \right)$$

[0081] 计算所述信息符号中每个比特的对数似然比;

[0082] 其中, LLR 为对数似然比; b_k 为信息符号的第 k 个比特,且 k 为不大于 $\log_2 M$ 的正整数。

[0083] 如 16 阶的星座映射,则信号空间内的每一个信息符号以及星座点均由 4 比特组成(如 0000、1111 等)。256 阶的星座映射,则信号空间内的每一个信息符号以及星座点均由 8 个比特组成(如 00010010 等)。

[0084] 通过上述公式,在软解星座映射时,具有直接简便的优点,采用本实施例所述的星座映射的软解方法求取信息符号各个比特的对数似然比的求解方便、快捷,运算量小,系统占用资源少,在具体的硬件实现过程中实现成本低。

[0085] 第二实施例:

[0086] 如图 2 所示,本实施例星座映射的软解方法包括以下步骤:

[0087] 如实施例一或实施例二所述的星座映射的软解预处理方法实现的预处理步骤;

[0088] 步骤 S1:接收信息符号;

[0089] 步骤 S2:利用信道状态信息对所述接收的信息符号进行归一化处理,从而得到归一化信息符号。当信道的状态发生变化时,通常需要根据信号的衰减估计对接收到的信息符号进行归一化处理,从而得到同等强弱的信息符号以便后续的处理;

[0090] 步骤 S3:判定所述信息符号所属的区域 i;

[0091] 步骤 S4:从表 B 中获取信息符号区域 i 用于对数似然比计算的星座点集,并按预设方法对信息符号以及星座点集中的星座点进行对数似然比计算。

[0092] 采用本实施例所述的星座映射的软解方法,求解信息符号的每一比特的对数似然比得到最终的软解结果,具有计算量少,系统资源少,运算时间少等多重优点。

[0093] 第三实施例:

[0094] 本实施例星座映射的软解方法包括以下步骤:

[0095] 步骤 S1:接收信息符号,判决判定所述信息符号所属的区域;在具体的实施过程中,可以采用硬判决(即与区域划分边界进行比对)判定信息符号所属的区域;硬判决是技

术成熟的应用于解码的判决方法,在此不再多做赘述;

[0096] 步骤 S2:从表 B 中获取信息符号所属的区域用于对数似然比计算的星座点集,并按预设方法对信息符号以及星座点集中的星座点进行对数似然比计算;

[0097] 其中,表 B 是通过星座映射的软解预处理方法获得的;所述星座映射的软解预处理方法又包括以下步骤:

[0098] S0.1 根据所采用的星座映射将包含有 M 个星座点的信号空间划分为 N 个区域;

[0099] S0.2 构建表 B;在表 B 中记录有区域 i 内用于对数似然比计算的星座点集 S_i ;i 为不大于 N 的整数;

[0100] 在本实施例中优选硬判决,采用这种技术成熟的判决方法,一方面保证了判决的可实现性,同时保证了实现的简便快捷性,同时采用预处理过程中生成的表 B 进行后续的对数似然比的求解,运算量小,结果获取时间短,系统资源少,硬件实现成本低。

[0101] 第四实施例:

[0102] 如图 3-图 6 所示,本实施例星座映射的软解方法,所应用的环境为,星座映射为 256 阶的 Gray-APSK (Amplitude-Phase Shift Keying) 格雷-幅度相移键控;信道编码采用 DVB-S2 标准中的 LDPC 码——低密度奇偶校验码 Low Density Parity Check Code;LDPC 解码算法采用改进最小和算法,最大迭代次数为 50 次;传输信道为 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 信道或 i. i. d. Rayleigh 信道——独立瑞利信道;

[0103] 其中,所示的信号空间如图 3 所示的环形信号空间;

[0104] 首先,进行的星座映射的预处理的到表 B,具体的操作如下:

[0105] 根据所采用的星座映射将包含有 256 个星座点的信号空间划分为 256 个区域,划分后的信号空间如图 4 所示;

[0106] 构建表 B;在表 B 中记录有区域 i 内用于对数似然比计算的星座点集 S_i ;i 为不大于 256 的整数;

[0107] 其中,

[0108] 所述 S_i 包括星座点子集 $S_{i,k}^{(0)}$ 以及星座点子集 $S_{i,k}^{(1)}$;

[0109] 所述 $S_{i,k}^{(0)}$ 包含了第 k 比特位为 0 且与区域 i 内预设点距离最近的星座点;

[0110] 所述 $S_{i,k}^{(1)}$ 包含了第 k 比特位为 1 且与区域 i 内预设点距离最近的星座点;其中在本实施例中所述预设点为每一区域内星座点所在位置的点;

[0111] 所述 k 为不大于 $\log_2 M$ 的正整数

[0112] 接收信息符号以及信道状态信息;

[0113] 利用信道状态信息对信息符号进行归一化处理,得到处理后的归一化信息符号;

[0114] 在判定归一化信息符号所属的区域;

[0115] 从表 B 中获取信息符号所属的区域用于对数似然比计算的星座点集,并按预设方法对信息符号以及星座点集中的星座点进行对数似然比计算。

[0116] 本实施例所述的星座映射的软解方法应用在设置有上述的参数的通信中与传统的 Max-Log-MAP 方法的运算速度以及运算量的比较如下表:

	星座映射软解方法	仿真用时(秒/帧)	乘法次数(次/符号)
[0117]	Max-Log-MAP	0.26	512
	本实施例所述方法	0.0087	18

[0118] 此外,本实施例所述的星座映射的软解方法的性能,相对于传统的 Max-Log-MAP 方法在系统误码率上的差异也很小,具体的如图 5- 图 6 所示:

[0119] 图 5 为当传输信道为 AWGN 信道 (Additive White Gaussian Noise) 信道时,本实施例所述星座映射的软解方法与 Max-Log-MAP 方法的对比图。

[0120] 图 6 为当传输信道为 i. i. d. Rayleigh 信道——独立瑞利信道时,本实施例所述星座映射的软解方法与 Max-Log-MAP 方法的对比图。

[0121] 综合上述可知,本实施例所述的星座映射的软解方法,在几乎没有性能损失的情况下,大大的减少了信息符号的各个比特的对数似然比的运算量,尤其是在高阶的星座映射如 256 阶的星座映射中效果尤其明显,从而减少了软解过程中判决时占用的系统资源,也降低了硬件实现的成本。

[0122] 以上实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制,有关技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,因此所有等同的技术方案也属于本发明的范畴,本发明的专利保护范围应由权利要求限定。

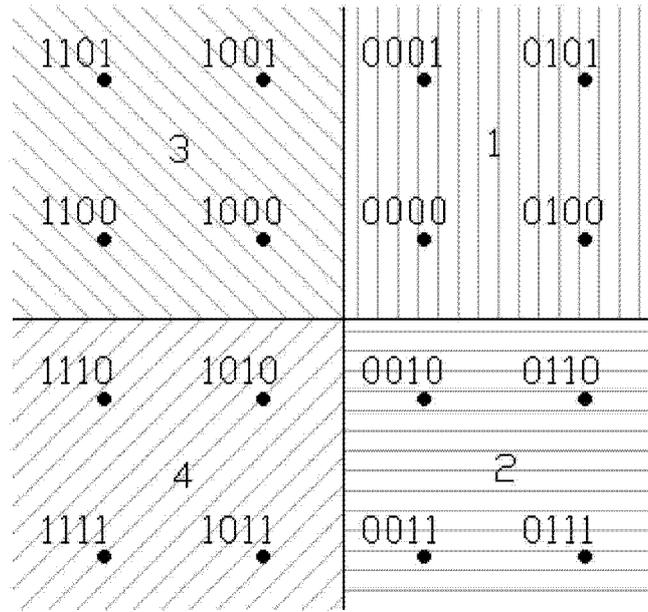


图 1

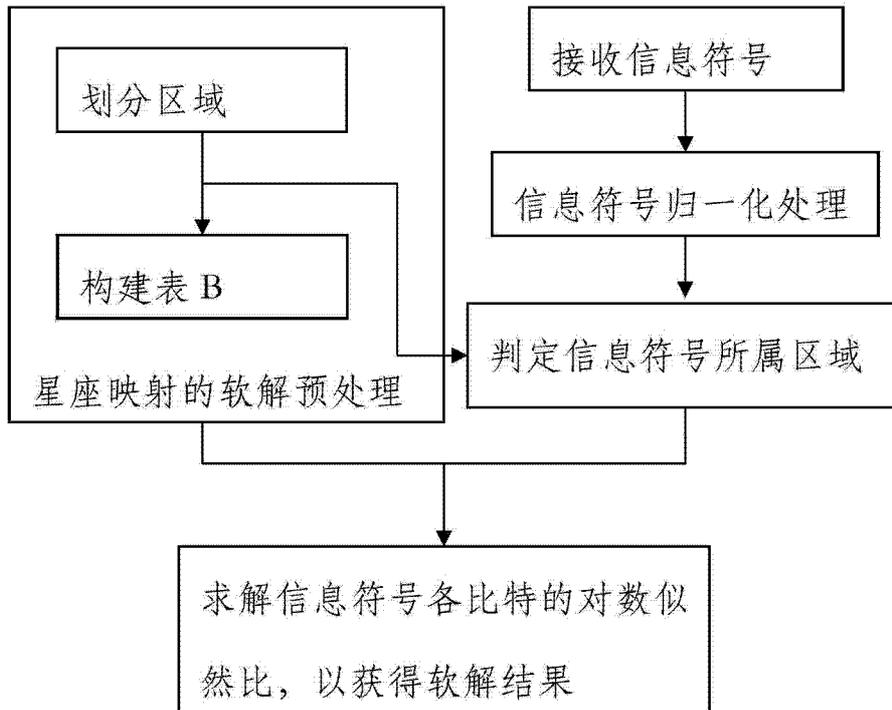


图 2

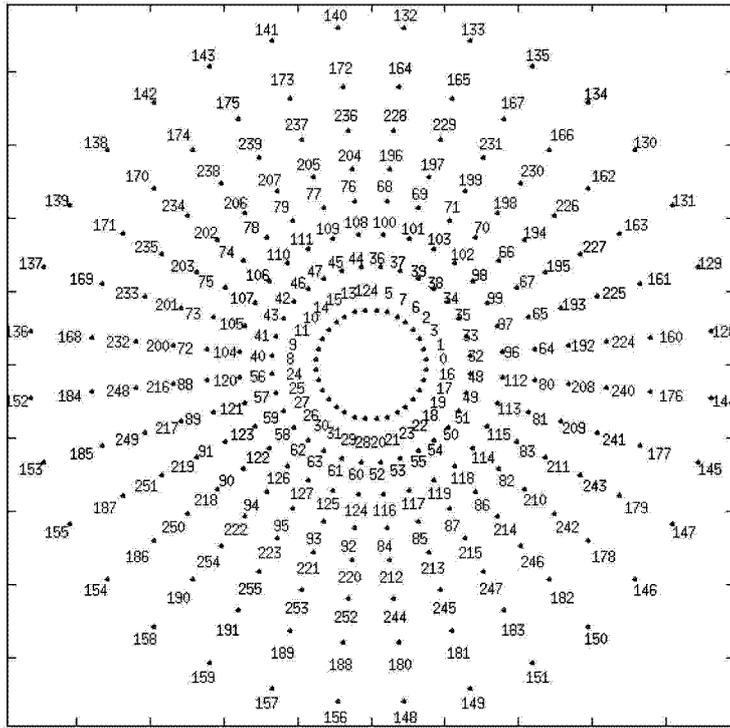


图 3

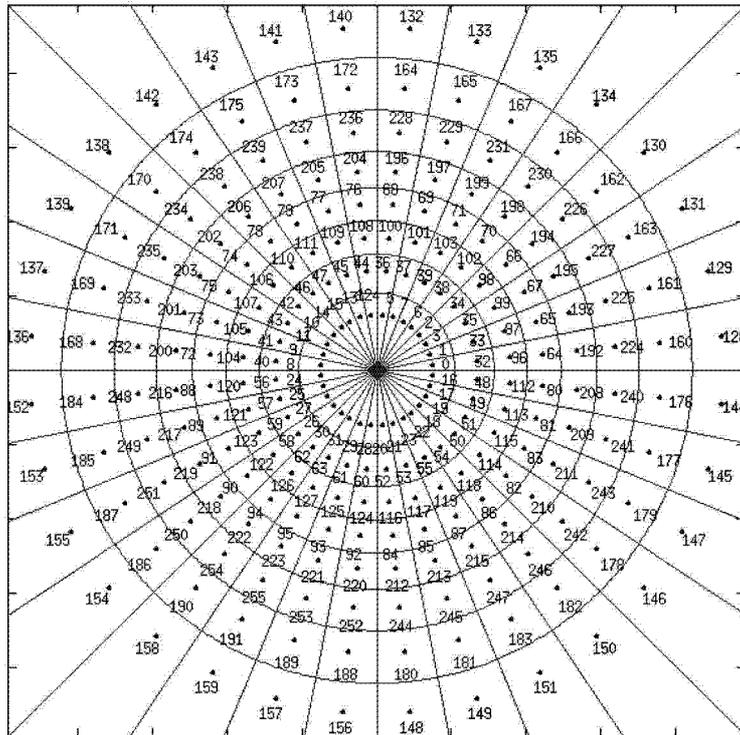


图 4

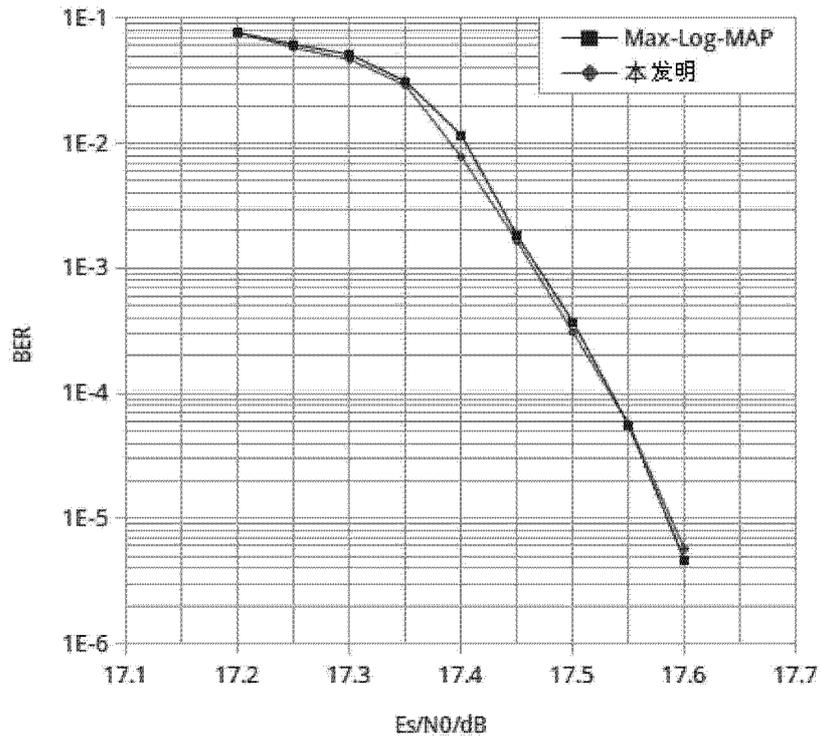


图 5

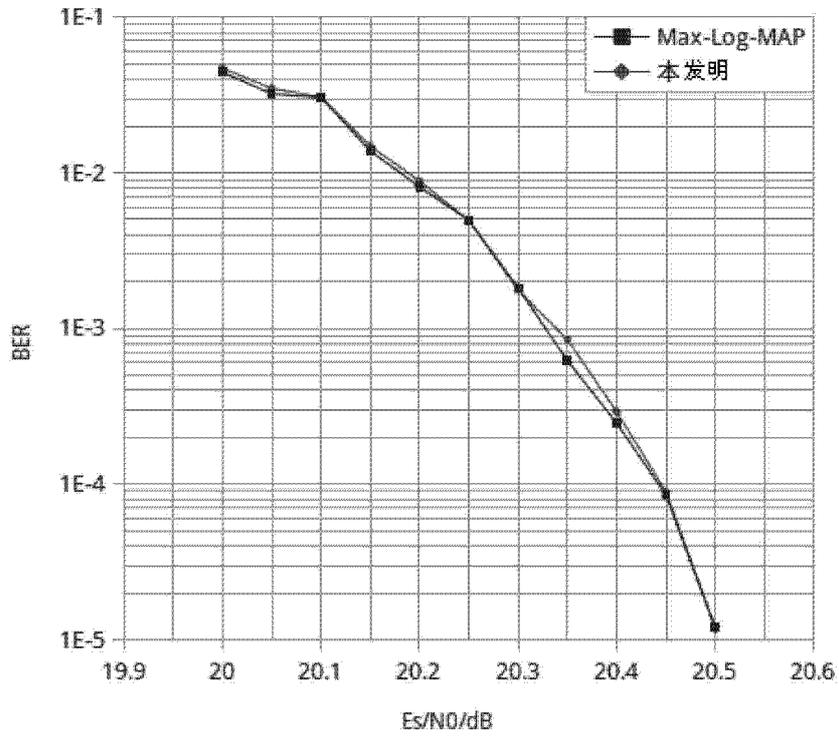


图 6