



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102315909 A

(43) 申请公布日 2012. 01. 11

(21) 申请号 201110295674. 5

(22) 申请日 2011. 09. 28

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园北京
100084-82 信箱

(72) 发明人 杨知行 程涛 彭克武 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 1/00 (2006. 01)

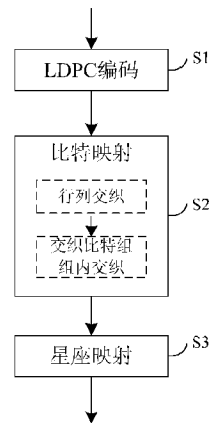
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

基于比特映射的编码调制方法及其对应解调译码方法

(57) 摘要

本发明为一种基于比特映射的编码调制方法及其对应解调译码方法,包括以下步骤:S1、对待传的信息比特进行信道编码,得到编码比特;S2、对所述编码比特进行比特映射,得到星座符号比特;S3、对所述星座符号比特依次进行M点的星座映射,得到星座映射后的符号,并发送至后续处理单元;其中 $M = 2^Q$,Q为一个星座符号所包含的比特数。本发明采用比特映射的DTMB编码调制方法,利用行列交织结合组内交织的方法来实现比特映射,能够显著提升高阶映射下编码调制的性能。



1. 一种基于比特映射的编码调制方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、对待传的信息比特进行信道编码,得到编码比特;

S2、对所述编码比特进行比特映射,得到星座符号比特;

S3、对所述星座符号比特依次进行 M 点的星座映射,得到星座映射后的符号,并发送至后续处理单元;其中 $M = 2^Q$, Q 为一个星座符号所包含的比特数。

2. 如权利要求 1 所述的编码调制方法,其特征在于,在所述步骤 S1 中,所述信道编码采用 LDPC 编码。

3. 如权利要求 2 所述的编码调制方法,其特征在于,所述 LDPC 编码包括但不限于 DTMB 标准规范的 LDPC 编码。

4. 如权利要求 1 所述的编码调制方法,其特征在于,在所述步骤 S2 中,所述比特映射进一步包括如下步骤:

S21、对步骤 S1 所得编码比特进行行列交织,得到交织比特:将一个交织块包含的比特按列写入缓冲区,然后按行读出,其中,交织块的大小为一个 LDPC 码的码长 N_{LDPC} ,列数 N_{col} 为一个星座符号所包含的比特数 Q 的正整数倍,行数 $N_{row} = N_{LDPC}/N_{col}$;

S22、将所述交织比特每 N_{col} 个归为一组 $\vec{c} = [c_{N_{col}}, c_{N_{col}-1}, \dots, c_1]$,称为交织比特组,对交织比特组内部的比特进行组内交织,得到映射比特组 $\vec{b} = [b_{N_{col}}, b_{N_{col}-1}, \dots, b_1]$,映射比特组按次序串行排列即得到星座符号比特。

5. 如权利要求 1 所述的编码调制方法,其特征在于,所述步骤 S3 中,所述星座映射为 $Q > 1$ 的高阶星座映射。

6. 如权利要求 5 所述的编码调制方法,其特征在于,在所述步骤 S3 中,所述星座映射包括但不限于:DTMB 标准中规范的 64QAM 格雷映射或传统的 256QAM 格雷映射。

7. 如权利要求 6 所述的编码调制方法,其特征在于,在信道编码采用 DTMB 标准中规范的 LDPC 编码时;

若星座映射采用 DTMB 规范的 64QAM 格雷映射,LDPC 码为 0.6 码率时,取 $N_{col} = Q = 6$,所述组内交织的方式为 $\vec{b} = [b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1] = [c_6, c_5, c_3, c_2, c_4, c_1]$;

若星座映射采用一种传统的 256QAM 格雷映射,LDPC 码为 0.6 码率时,取 $N_{col} = Q = 8$,所述组内交织的方式为 $\vec{b} = [b_8, b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1] = [c_7, c_3, c_8, c_4, c_6, c_5, c_2, c_1]$;其中,所述传统的 256QAM 格雷映射具体为:星座点同相分量 I 和正交分量 Q 的取值均为 -15, -13, -11, -9, -7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 和 15,将星座符号比特拆分为 8 个比特一组 $\vec{b} = [b_8, b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1]$,星座点的同相分量 I 只与同相比特组 $[b_4, b_3, b_2, b_1]$ 有关,正交分量 Q 只与正交比特组 $[b_8, b_7, b_6, b_5]$ 有关,同相比特组到同相分量 I,正交比特组到正交分量 Q 的映射关系如下表:

同相 / 正交比特组	坐标值	同相 / 正交比特组	坐标值
0000	-15	1000	15
0001	-13	1001	13

0011	-11	1011	11
0010	-9	1010	9
0110	-7	1110	7
0111	-5	1111	5
0101	-3	1101	3
0100	-1	1100	1

8. 一种与权利要求 1-7 中任一项所述的编码调制方法对应的解调译码方法,其特征在于,包括如下步骤:

S4、结合信道状态信息,对接收信号进行星座解映射,得到解映射的比特软信息;

S5、对所述解映射的比特软信息进行比特逆映射,得到编码比特的软信息;

S6、对所述编码比特软信息进行译码,并对译码结果进行硬判决,得到原始信息比特的估计。

9. 如权利要求 8 所述的解调译码方法,其特征在于,所述步骤 S5 进一步包括步骤:

S51、对步骤 S4 所得解映射的比特软信息进行组内解交织,得到解交织的比特软信息;所述组内解交织是步骤 S22 中所述组内交织的逆过程;

S52、对步骤 S51 所得解交织的比特软信息进行行列解交织,得到编码比特的软信息;所述行列解交织是步骤 S21 中所述行列交织的逆过程。

基于比特映射的编码调制方法及其对应解调译码方法

技术领域

[0001] 本发明属于数字信息传输领域,尤其涉及一种基于比特映射的编码调制方法及其对应解调译码方法。

背景技术

[0002] 数字通信系统,包括典型的无线移动通信系统和地面数字广播系统,其根本任务之一是实现数字信息的高效可靠传输。利用信道编码进行差错控制是实现这一根本任务的有效方法和手段。为了适应数字信息在常见模拟信道环境下的传输需求,信道编码技术通常需要与数字调制技术结合。信道编码与调制的结合构成编码调制系统,它是数字通信系统发射端的子系统,也是其核心模块之一。

[0003] 在信道编码领域,低密度奇偶校验 (Low Density Parity Check, LDPC) 码近年来受到广泛关注。LDPC码最早是由 Robert G. Gallager 于 1962 年提出的一类特殊的线性分组码,其主要特点是校验矩阵 H 具有稀疏性。LDPC 码不仅有逼近香农限的良好性能,而且译码复杂度较低,结构灵活,已被广泛应用于深空通信、光纤通信、地面及卫星数字多媒体广播等领域。目前,LDPC 码正在成为第四代无线移动通信系统和新一代数字电视地面广播传输系统信道编码方案的强有力竞争者,而基于 LDPC 码的信道编码方案已经被多个通信与广播标准所采纳,如 IEEE802.16e、IEEE802.3an、欧洲第二代地面数字电视广播标准 (Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting, DVB-T2) 以及地面数字电视多媒体广播标准 (Digital Television/Terrestrial Multimedia Broadcasting, DTMB) 等。

[0004] 设一个 LDPC 码码长为 N , 信息位长为 K , 校验位长为 $L = N - K$, 则该码的校验矩阵 H 是一个大小为 $L \times N$ 的矩阵。校验矩阵的每一列 (即每一个编码比特) 被称为变量节点, 每一列中 1 的个数称为变量节点的度或者列重; 每一行 (即每一个校验方程) 被称为校验节点, 每一行中 1 的个数称为校验节点的度或者行重。LDPC 码包含规则码和非规则码, 其中规则码是指 H 矩阵各行行重相同, 各列列重也相同, 而非规则码则没有此限制, 因此规则码可以看作是非规则码的特例。现有性能优异的 LDPC 码通常都是非规则码, 我们可以用多项式 $\lambda(x) = \sum_{i=1}^v \lambda_i x^{d_i}$ 和 $\rho(x) = \sum_{j=1}^c \rho_j x^{d_j}$ 来描述非规则码的列重和行重分布, 其中 λ_i 代表列重为 d_i 的变量节点所占的比例, ρ_j 代表行重为 d_j 的校验节点所占的比例。

[0005] 数字通信系统基带等效模型中, 调制过程又被称为星座映射, 就是指将携带数字信息的比特序列映射成适于传输的符号序列。星座映射包含两个要素, 即星座图 (Constellation) 和星座点映射方式 (Labeling)。星座图代表星座映射输出符号的所有取值组成的集合, 星座图的每一个点对应输出符号的一种取值。星座点映射方式代表输入比特或比特组到星座点的特定映射关系, 或者星座点到比特或比特组的特定映射关系, 通常每个星座点与一个比特或由多个比特组成的比特组一一对应。为了进一步提高频谱效率, 高阶调制或者高阶星座映射是必不可少的的手段之一。目前最为常用的高阶调制是正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation, QAM), 对于独立解映射的解调译码系统, 即解

映射和译码之间没有迭代, QAM 调制的最佳映射方式为格雷 (Gray) 映射。M 点 QAM 将 $Q = \log_2 M$ 个比特 $\hat{b} = [b_Q, b_{Q-1}, \dots, b_1]$ 映射到一个星座点, 其十进制标号 $i = \sum_{m=1}^Q b_{m-1} \cdot 2^{m-1}$, 本专利中将十进制标号标于星座图中各个对应的星座点旁边, 以此来表示星座映射。图 1 和图 2 分别给出了 64QAM 和 256QAM 的格雷映射。

[0006] 高阶调制会引入不均等差错保护 (Unequal Error Protection, UEP), 即同一个星座符号中不同位置的比特 (简称星座符号比特) 在传输过程中刚经历不同的保护程度。通常 2^{2m} 阶调制有 $2m$ 种保护程度, 但 2^{2m} 阶 Gray-QAM 调制可以看作两路独立的 2^m 阶脉冲幅度调制 (Pulse Amplitude Modulation, PAM), 因此只有 m 种不同保护程度的比特。独立解映射系统中, 可以认为各比特经过虚拟的独立二进制输入 (Binary Input, BI) 信道传输, 每个比特的保护程度用虚拟子信道的信道容量, 即比特和接收符号之间的平均互信息 $I(b_i, Y)$ 进行衡量, 虚拟子信道容量越大, 则该比特的保护程度越高。与此同时, 非规则 LDPC 码也存在比特的 UEP 特性, 列重越大的变量节点, 其保护程度也越高。因为 LDPC 码的置信传播 (Belief Propagation, BP) 译码算法可以看作重复码译码 (列操作) 和奇偶校验码译码 (行操作) 串行级联的迭代系统, H 矩阵的每一列相当于一个重复编码, 重复次数等于列重, 显然重复次数越多, 该变量节点的保护程度就越高。综上所述, 2^{2m} 阶 QAM 调制包含 m 种不同保护程度的比特, LDPC 码中不同列重的变量节点也对应不同的保护程度。设 LDPC 码有 d_1, d_2, \dots, d_v 共 v 种列重, v 种变量节点到 m 种星座符号比特之间的映射方式, 本发明称为比特映射 (Bit Mapping)。可以预见, 比特映射将对系统性能有着至关重要的影响。需要注意的是, 本发明中特别区分星座映射和比特映射两个名词。星座映射是指比特组到星座符号的映射过程, 在接收端与之对应的是星座解映射, 是指由接收符号计算比特软信息的过程, 严格来讲, 它与星座映射过程并不是可逆的, 因此用解映射来表述; 而比特映射是指一个 LDPC 码字内的比特到星座符号包含的不同比特位置的映射关系, 其实质是对码字内比特位置的重新排列, 在接收端对应地需要将比特软信息按照原始方式排列回去, 是比特映射的逆过程, 因此称为比特逆映射。

[0007] DTMB 标准采用了基于 LDPC 码的编码调制方案, 其调制方式为 Gray-QAM 星座映射, 包括 4QAM、4QAM-NR、16QAM、32QAM 以及 64QAM。DTMB 标准中规定信息比特流经过 LDPC 编码之后得到编码比特流, 然后直接送入调制器进行星座映射, 中间没有比特交织模块, 这相当于将不同列重的变量节点均匀映射到星座符号不同位置的比特, 本发明称这种映射为均匀比特映射。均匀比特映射没有考虑高阶映射和非规则 LDPC 码引入的不同比特保护程度的影响, 导致系统性能不能达到最优。

发明内容

[0008] (一) 要解决的技术问题

[0009] 本发明的目的在于提供一种基于比特映射的编码调制方法及其对应解调译码方法, 将优选的比特映射方式用于改进 DTMB 规范的编码调制及其对应解调译码方案, 可有效提升系统性能。

[0010] (二) 技术方案

[0011] 为了解决上述技术问题, 本发明提供一种基于比特映射的编码调制方法, 包括以下步骤:

- [0012] S1、对待传的信息比特进行信道编码,得到编码比特;
- [0013] S2、对所述编码比特进行比特映射,得到星座符号比特;
- [0014] S3、对所述星座符号比特依次进行 M 点的星座映射,得到星座映射后的符号,并发送至后续处理单元;其中 $M = 2^Q$, Q 为一个星座符号所包含的比特数。
- [0015] 优选地,在所述步骤 S1 中,所述信道编码采用 LDPC 编码。
- [0016] 优选地,所述 LDPC 编码包括但不限于 DTMB 标准规范的 LDPC 编码。
- [0017] 优选地,在所述步骤 S2 中,所述比特映射进一步包括如下步骤:
- [0018] S21、对步骤 S1 所得编码比特进行行列交织,得到交织比特:将一个交织块包含的比特按列写入缓冲区,然后按行读出,其中,交织块的大小为一个 LDPC 码的码长 N_{LDPC} ,列数 N_{col} 为一个星座符号所包含的比特数 Q 的正整数倍,行数 $N_{row} = N_{LDPC}/N_{col}$;
- [0019] S22、将所述交织比特每 N_{col} 个归为一组 $\overset{\cdot}{c} = [c_{N_{col}}, c_{N_{col}-1}, \dots, c_1]$,称为 交织比特组,对交织比特组内部的比特进行组内交织,得到映射比特组 $\overset{\cdot}{b} = [b_{N_{col}}, b_{N_{col}-1}, \dots, b_1]$,映射比特组按次序串行排列即得到星座符号比特。
- [0020] 优选地,所述步骤 S3 中,所述星座映射为 $Q > 1$ 的高阶星座映射。
- [0021] 优选地,在所述步骤 S3 中,所述星座映射包括但不限于:DTMB 标准中规范的 64QAM 格雷映射或传统的 256QAM 格雷映射。
- [0022] 优选地,在信道编码采用 DTMB 标准中规范的 LDPC 编码时;
- [0023] 若星座映射采用 DTMB 规范的 64QAM 格雷映射,LDPC 码为 0.6 码率时,取 $N_{col} = Q = 6$,所述组内交织的方式为 $\overset{\cdot}{b} = [b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1] = [c_6, c_5, c_3, c_2, c_4, c_1]$;
- [0024] 若星座映射采用一种传统的 256QAM 格雷映射,LDPC 码为 0.6 码率时,取 $N_{col} = Q = 8$,所述组内交织的方式为 $\overset{\cdot}{b} = [b_8, b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1] = [c_7, c_3, c_8, c_4, c_6, c_5, c_2, c_1]$;其中,所述传统的 256QAM 格雷映射具体为:星座点同相分量 I 和正交分量 Q 的取值均为 -15, -13, -11, -9, -7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 和 15,将星座符号比特拆分为 8 个比特一组 $\overset{\cdot}{b} = [b_8, b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1]$,星座点的同相分量 I 只与同相比特组 $[b_4, b_3, b_2, b_1]$ 有关,正交分量 Q 只与正交比特组 $[b_8, b_7, b_6, b_5]$ 有关,同相比特组到同相分量 I,正交比特组到正交分量 Q 的映射关系如下表:

[0025]

同相 / 正交比特组	坐标值	同相 / 正交比特组	坐标值
0000	-15	1000	15
0001	-13	1001	13
0011	-11	1011	11
0010	-9	1010	9
0110	-7	1110	7
0111	-5	1111	5
0101	-3	1101	3
0100	-1	1100	1

[0026] 本发明还提供一种与上述编码调制方法对应的解调译码方法,包括如下步骤:

- [0027] S4、结合信道状态信息,对接收信号进行星座解映射,得到解映射的比特软信息;
- [0028] S5、对所述解映射的比特软信息进行比特逆映射,得到编码比特的软信息;

[0029] S6、对所述编码比特软信息进行译码,并对译码结果进行硬判决,得到原始信息比特的估计。

[0030] 优选地,所述步骤 S5 进一步包括步骤:

[0031] S51、对步骤 S4 所得解映射的比特软信息进行组内解交织,得到解交织的比特软信息;所述组内解交织是步骤 S22 中所述组内交织的逆过程;

[0032] S52、对步骤 S51 所得解交织的比特软信息进行行列解交织,得到编码比特的软信息;所述行列解交织是步骤 S21 中所述行列交织的逆过程。

[0033] (三)有益效果

[0034] 本发明采用比特映射的 DTMB 编码调制方法,利用行列交织结合组内交织的方法来实现比特映射,能够显著提升高阶映射下编码调制的性能。

附图说明

[0035] 图 1 为一种格雷映射的 16QAM 星座图;

[0036] 图 2 为一种格雷映射的 256QAM 星座图;

[0037] 图 3 为本发明基于比特映射的编码调制方法的流程图;

[0038] 图 4 为本发明一种实施方式中的行列交织方法示意图;

[0039] 图 5 为格雷映射的 64QAM 的各个比特和接收符号之间的平均互信息示意图;

[0040] 图 6 为与本发明编码调制方法对应的解调译码方法的流程图;

[0041] 图 7 为本发明实施例 1 中编码调制方案的误码性能示意图。

具体实施方式

[0042] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不是限制本发明的范围。

[0043] 如图 3 所示,本发明所述的基于比特映射的编码调制方法,包括如下步骤:

[0044] S1. 对待传的信息比特进行信道编码,得到编码比特;

[0045] 其中,所述信道编码采用 LDPC 编码;

[0046] 优选地,所述 LDPC 编码采用 DTMB 标准中规范的 LDPC 编码,包括 (7493, 3008)、(7493, 4572) 和 (7493, 6096) 三种码,经过上述编码之后将前面 5 个校验位删除,所以实际码长为 7488。

[0047] S2. 对所述编码比特进行比特映射,得到星座符号比特;

[0048] 其中,所述比特映射进一步包括如下步骤:

[0049] S21. 对步骤 S1 所得编码比特进行行列交织,得到交织比特;

[0050] 其中,所述行列交织过程如图 4 所示,将一个交织块包含的比特按列写入缓冲区,然后按行读出,其中,交织块的大小为一个 LDPC 码的码长 N_{LDPC} ,列数 N_{col} 为一个星座符号所包含的比特数 Q 的正整数倍,行数 $N_{row} = N_{LDPC}/N_{col}$;

[0051] S22. 将所述交织比特每 N_{col} 个归为一组 $\overset{1}{c} = [c_{N_{col}}, c_{N_{col}-1}, \dots, c_1]$,称为交织比特组,

对交织比特组内部的比特进行组内交织,得到映射比特组 $\overset{1}{b} = [b_{N_{col}}, b_{N_{col}-1}, \dots, b_1]$,映射比特组按次序串行排列即得到星座符号比特;

[0052] 步骤 S22 中,所述比特映射的优选实施例:

[0053] 若星座映射采用 DTMB 规范的 64QAM 格雷映射, LDPC 码为 0.6 码率时,取 $N_{\text{col}} = Q = 6$,所述组内交织的方式为 $\hat{b} = [b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1] = [c_6, c_5, c_3, c_2, c_4, c_1]$;

[0054] 若星座映射采用本发明规范的 256QAM 格雷映射(是一种传统的 256QAM 格雷映射), LDPC 码为 0.6 码率时,取 $N_{\text{col}} = Q = 8$,所述组内交织的方式为 $\hat{b} = [b_8, b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1] = [c_7, c_3, c_8, c_4, c_6, c_5, c_2, c_1]$ 。

[0055] 其中,所述 256QAM 格雷映射具体为:星座点同相分量 I 和正交分量 Q 的取值均为 -15, -13, -11, -9, -7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 和 15,将星座符号比特拆分为 8 个比特一组 $\hat{b} = [b_8, b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1]$,星座点的同相分量 I 只与同相比特组 $[b_4, b_3, b_2, b_1]$ 有关,正交分量 Q 只与正交比特组 $[b_8, b_7, b_6, b_5]$ 有关,同相比特组到同相分量 I,正交比特组到正交分量 Q 的映射关系如表 1 所示。

[0056] 表 1 256QAM 格雷映射比特组到星座符号的映射关系

[0057]

同相 / 正交比特组	坐标值	同相 / 正交比特组	坐标值
0000	-15	1000	15
0001	-13	1001	13
0011	-11	1011	11
0010	-9	1010	9
0110	-7	1110	7
0111	-5	1111	5
0101	-3	1101	3
0100	-1	1100	1

[0058] S3. 对所述星座符号比特依次进行 $M (M = 2^q)$ 点的星座映射,得到星座映射后的符号,并发送至后续处理单元;

[0059] 其中,所述星座映射为 $Q > 1$ 的高阶星座映射;

[0060] 优选地,所述星座映射包括但不限于 DTMB 标准中规范的 64QAM 格雷映射或者传统的 256QAM 格雷映射。

[0061] 所述基于比特映射的编码调制方法,其主要思想为:由于非规则 LDPC 编码和高阶调制均会引入比特的不均等差错保护 (UEP),因此合理选择 LDPC 码的变量节点到星座符号不同比特位置的映射关系,即比特映射,可以提高编码调制系统的性能。其中,LDPC 编码的 UEP 特性很好理解,因为 LDPC 码的 BP 译码算法可以看作重复码译码(列操作)和奇偶校验码译码(行操作)串行级联的迭代系统,LDPC 码校验矩阵 H 的每一列相当于一个重复编码,重复次数等于列重,显然重复次数越多,该变量节点对应比特的保护程度就越高。而对于独立解映射的高阶调制系统,可以认为各比特经过虚拟的独立二进制输入信道传输,每个比特的保护程度用虚拟子信道的信道容量,即比特和接收符号之间的平均互信息 $I(b_i, Y)$ 进行衡量,虚拟子信道容量越大,则该比特的保护程度越高。作为示例,图 5 给出了加性高斯白噪声 (AWGN) 信道下,格雷映射的 64QAM 的不同比特对应的虚拟子信道的容量。可以看出,格雷映射的 64QAM 具有 3 种不同保护程度的比特,其中, $I(b_3; Y) / I(b_6; Y) > I(b_2; Y) / I(b_5; Y) > I(b_1; Y) / I(b_4; Y)$,表明 b_3/b_6 的保护程度比 b_2/b_5 高,而 b_2/b_5 的保护程度又高于 b_1/b_4 。

[0062] 在实际系统中,如果对比特映射的结构不加限制,需要消耗大量的储存单元和器

件；在迭代解映射的系统中，还将严重影响系统的吞吐率。因此，本发明提供了一种利用行列交织结合组内交织的方法来实现比特映射。从这种结构化的比特映射方式中选取最优解，能够以较低的复杂度换取系统性能的提升。

[0063] 如图 6 所示，与所述编码调制方法对应，本发明提供一种基于比特逆映射的解调译码方法，包括如下步骤：

[0064] S4. 结合信道状态信息，对接收信号进行星座解映射，得到解映射的比特软信息；

[0065] S5. 对所述解映射的比特软信息进行比特逆映射，得到编码比特的软信息；

[0066] 其中，所述比特逆映射的特征在于，它是步骤 S2 中所述比特映射 的逆过程。

[0067] 步骤 S5 进一步包括步骤：

[0068] S51、对步骤 S4 所得解映射的比特软信息进行组内解交织，得到解交织的比特软信息；所述组内解交织是步骤 S22 中所述组内交织的逆过程；

[0069] S52、对步骤 S51 所得解交织的比特软信息进行行列解交织，得到编码比特的软信息；所述行列解交织是步骤 S21 中所述行列交织的逆过程。

[0070] S6. 使用置信传播算法对所述编码比特软信息进行 LDPC 译码，并对译码结果进行硬判决，得到原始信息比特的估计。

[0071] 实施例 1

[0072] 为了显示本发明提出的比特映射技术的优势，本实施例给出一个带有具体参数的采用比特映射技术的编码调制方法、解调译码方法，并给出其误码性能。

[0073] 发射端：

[0074] A1. 对待传的信息比特进行信道编码，得到编码比特；

[0075] 其中，所述信道编码采用 DTMB 标准中规范的 (7493, 4572)LDPC 编码，经过上述编码之后将前面 5 个校验位删除，所以实际码长为 7488。

[0076] A2. 对步骤 A1 所得编码比特进行行列交织，得到交织比特；

[0077] 其中，所述行列交织过程为，将一个交织块包含的比特按列写入缓冲区，然后按行读出，其中，交织块的大小为一个 LDPC 码的码长 $N_{LDPC} = 7488$ ，根据后述步骤 A4 中的星座映射方式选择行数和列数：

[0078] ●若步骤 A4 中采用 DTMB 规范的 64QAM 星座映射，则列数 N_{col} 取 6，行数 N_{row} 取 1248；

[0079] ●若步骤 A4 中采用本发明规范的 256QAM 星座映射，则列数 N_{col} 取 8，行数 N_{row} 取 936；

[0080] A3. 将步骤 A2 所得的交织比特每 N_{col} 个归为一组 $\overset{\cdot}{c} = [c_{N_{col}}, c_{N_{col}-1}, \dots, c_1]$ ，称为交织比特组，对交织比特组内部的比特进行组内交织，得到映射比特组 $\overset{\cdot}{b} = [b_{N_{col}}, b_{N_{col}-1}, \dots, b_1]$ ，映射比特组按次序串行排列即得到星座符号比特；

[0081] 其中，组内交织的方式根据步骤 A4 中的星座映射方式有如下选择：

[0082] ●若步骤 A4 中采用 DTMB 规范的 64QAM 星座映射，则组内交织方式为 $\overset{\cdot}{b} = [b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1] = [c_6, c_5, c_3, c_2, c_4, c_1]$ ；

[0083] ●若步骤 A4 中采用本发明规范的 256QAM 星座映射，则组内交织方式为 $\overset{\cdot}{b} = [b_8, b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1] = [c_7, c_3, c_8, c_4, c_6, c_5, c_2, c_1]$ 。

[0084] A4. 对步骤 A3 所得的星座符号比特进行 64QAM 格雷映射或者 256QAM 格雷映射,得到星座映射后的符号,并发送至后续处理单元;接收端:

[0085] B1. 结合信道状态信息,对接收信号进行星座解映射,得到解映射的比特软信息;

[0086] B2. 对步骤 B1 所得解映射的比特软信息进行组内解交织,得到解交织的比特软信息;

[0087] 其中,所述组内解交织是步骤 A3 中所述组内交织的逆过程;

[0088] B3. 对步骤 B2 所得解交织的比特软信息进行行列解交织,得到编码比特的软信息;

[0089] 其中,所述行列解交织是步骤 A2 中所述行列交织的逆过程;

[0090] B4. 使用置信传播算法对步骤 B3 所得的编码比特软信息进行 LDPC 译码,并对译码结果进行硬判决,得到原始信息比特的估计。

[0091] 为了显示本发明提出的比特映射技术的优势,本实施例还进一步通过计算机仿真得到了上述编码调制具体方案的误码性能。仿真参数设置如下:

[0092] ● LDPC 译码采用 BP 算法,迭代 50 次;

[0093] ● 64QAM 格雷映射和 256QAM 格雷映射如图 1 和图 2 所示;

[0094] ● 仿真信道为 AWGN 信道;

[0095] ● 噪比门限在误码率为 10^{-5} 时衡量。

[0096] 在上述参数设置下,仿真结果如图 7 和表 2 所示。从图中可以看出,在误码率为 10^{-5} 时,采用本发明提出的比特映射的编码调制系统,在 64QAM 模式下比原始系统性能提升约 0.42dB,在 256QAM 模式下比原始系统性能提升约 0.65dB。该结果有力地证明了本发明提出的比特映射方法的有效性。

[0097] 表 2 比特映射参数和误码率仿真结果

[0098]

	64QAM	256QAM
行列交织参数	$N_{\text{col}} = 6$ $N_{\text{row}} = 1248$	$N_{\text{col}} = 8$ $N_{\text{row}} = 936$
组内交织方式	$\overset{i}{b} = [c_6, c_5, c_3, c_2, c_4, c_1]$	$\overset{i}{b} = [c_7, c_3, c_8, c_4, c_6, c_5, c_2, c_1]$
原始方案 信噪比门限	13.94dB	18.73dB
改进方案 信噪比门限	13.52dB	18.08dB
增益	0.42dB	0.65dB

[0099] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和替换,这些改进和替换也应视为本发明的保护范围。

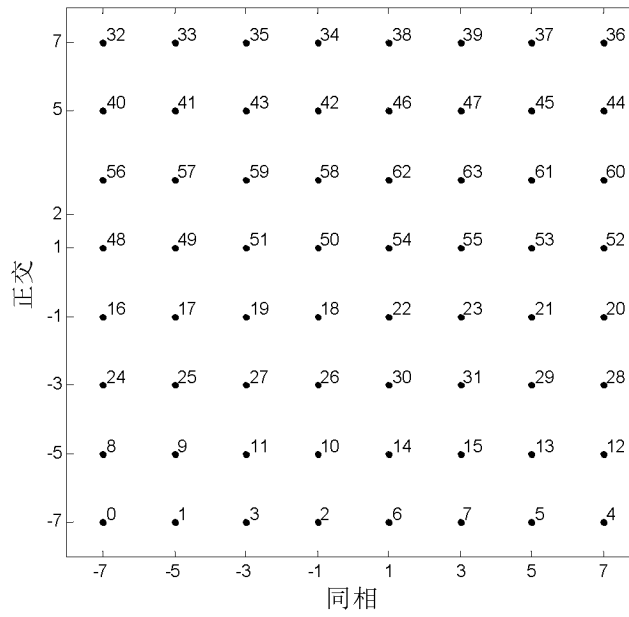


图 1

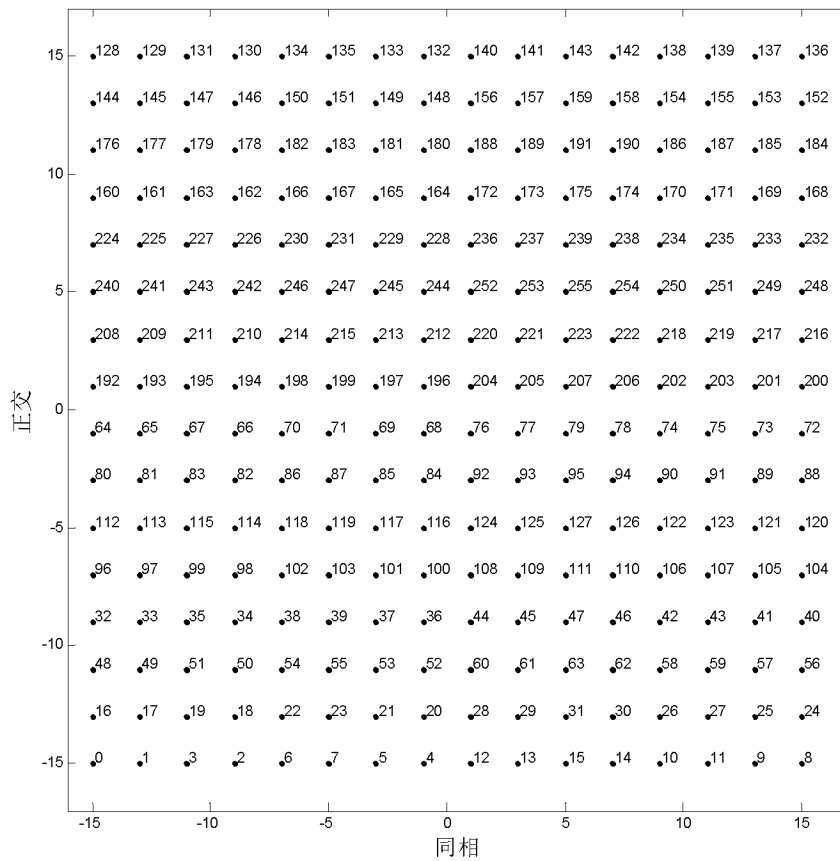


图 2

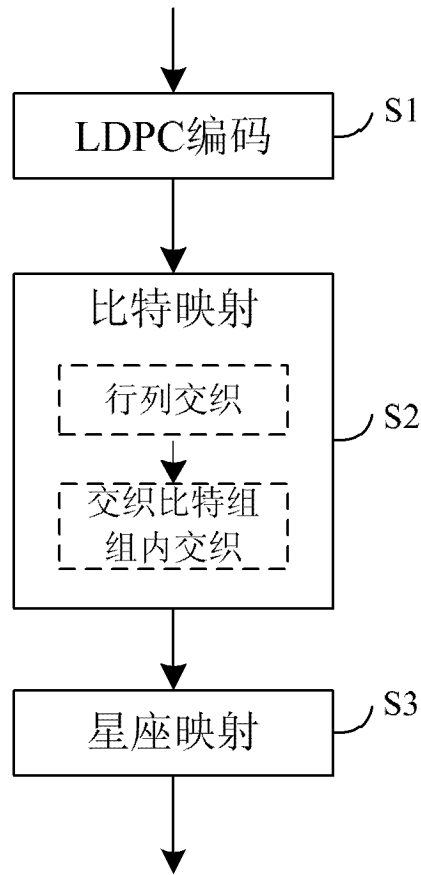


图 3

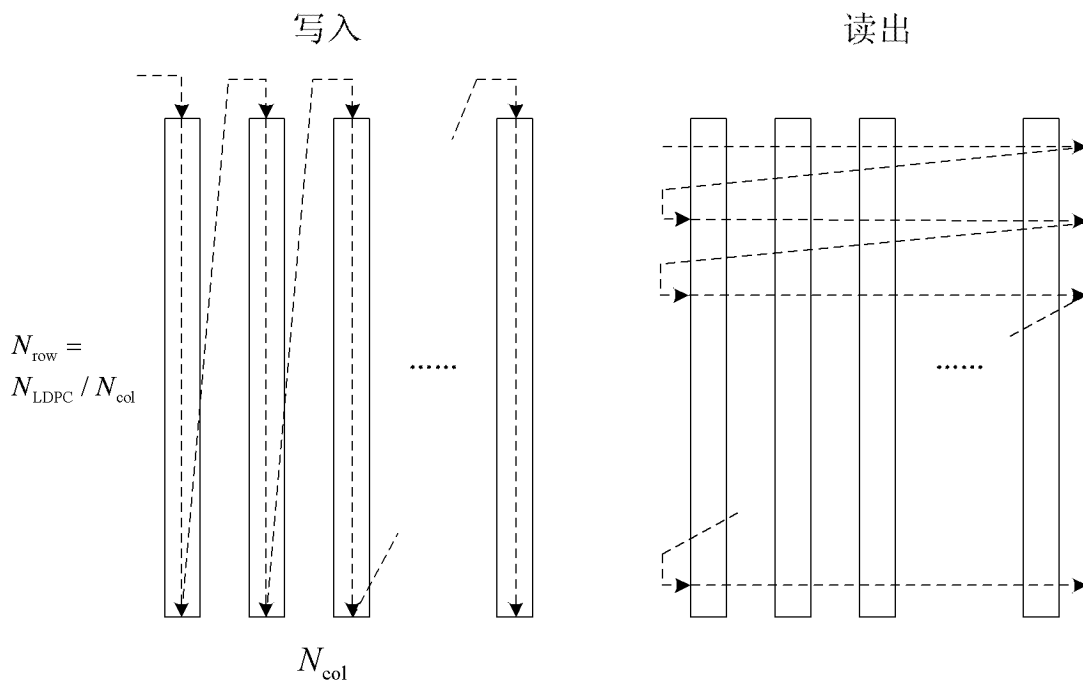


图 4

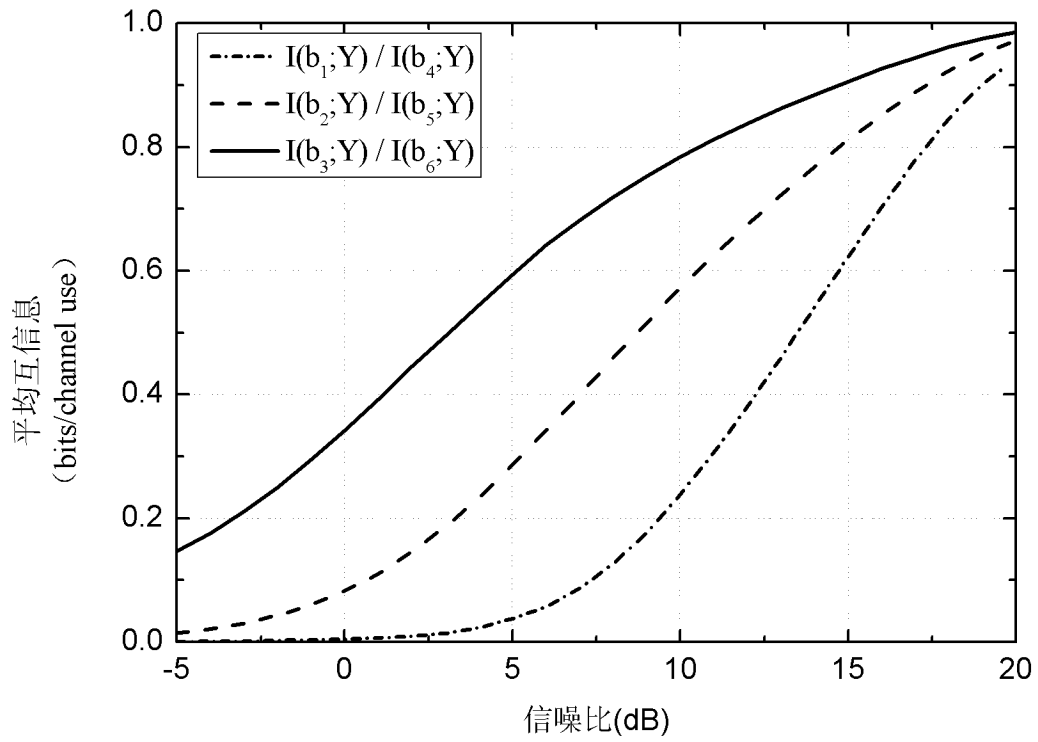


图 5

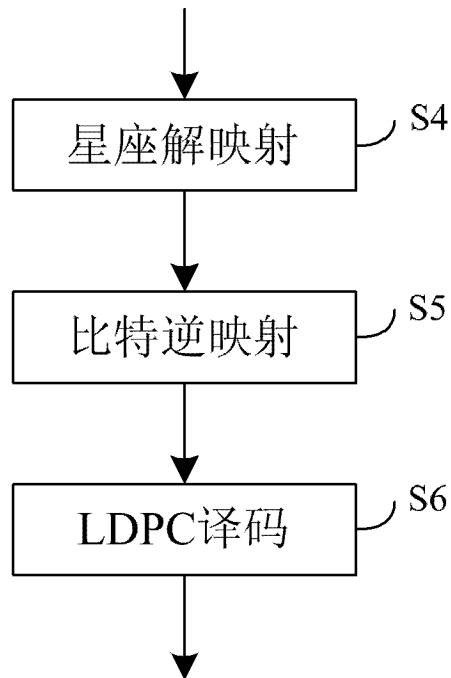


图 6

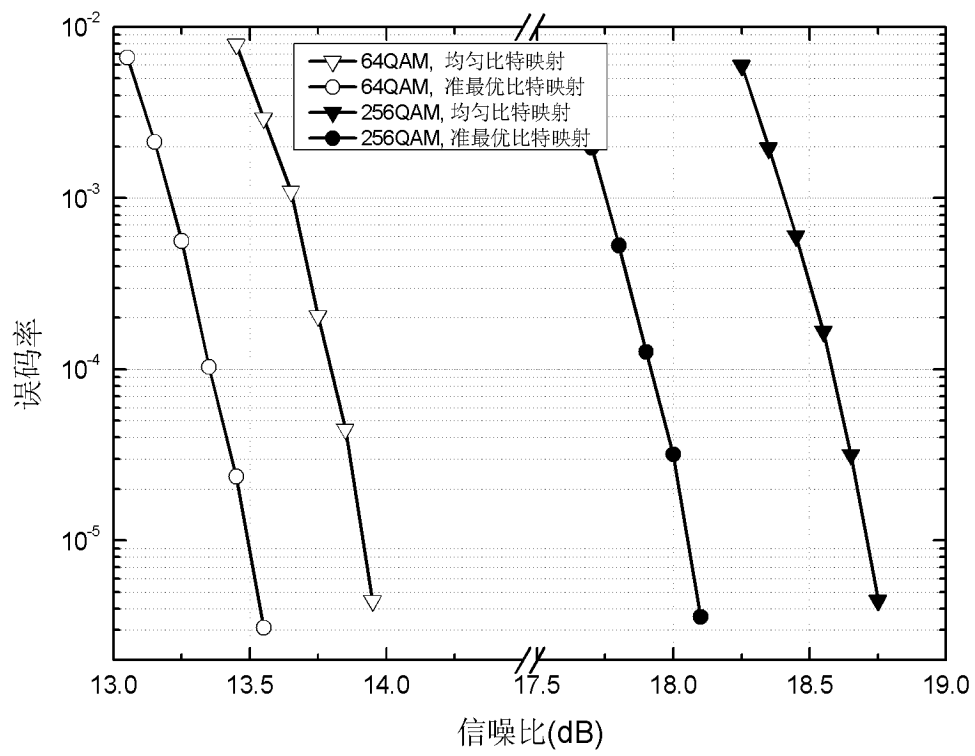


图 7