



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106941394 A

(43)申请公布日 2017.07.11

(21)申请号 201710126784.6

(22)申请日 2017.03.06

(71)申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

(72)发明人 张川 景树森 尤肖虎

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 孟红梅

(51) Int. Cl.

H04L 1/00(2006.01)

H03M 13/09(2006.01)

H03M 13/13(2006.01)

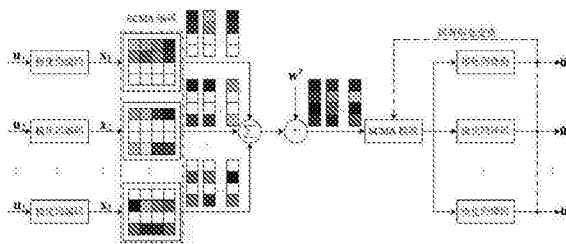
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

## (54)发明名称

极化码编码的SCMA的联合检测译码算法及装置

## (57)摘要

本发明公开了一种基于置信传播(belief proportion, BP)的稀疏码多址接入(Sparse code multiple access, SCMA)检测和极化码(polar code)译码的联合检测译码算法和装置,来进一步提高通信系统的稳定性,降低误码率。该方法通过将SCMA BP检测的因子图和极化码译码的因子图结合起来,使得他们之间的概率信息可以流通,进而使得概率信息可以具有更高精度而且可以更快的收敛速度。



1. 一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法,其特征在于,将SCMA检测和极化码译码的因子图合并起来,使得检测和译码之间的概率信息可以相互传递,在联合检测译码的迭代中,包括如下步骤:

(1) SCMA检测因子图内部用户节点(UN)和功能节点(FN)间至少进行一次迭代更新,得到用户节点的符号概率信息;

(2) 将SCMA检测得到的符号概率信息传递给MAP节点映射为比特概率信息,并将比特概率信息传递给极化码译码因子图;

(3) 译码因子图内部进行至少一次迭代更新后,将比特概率信息传给MAP节点映射为符号概率信息后回传给SCMA检测因子图,进行下一轮迭代。

2. 根据权利要求1所述的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法,其特征在于,步骤(1)中功能节点传递给用户节点的符号概率信息计算公式为:

$$P_{Fk2Uj}^z(m) = \sum_{c_1, c_2, \dots, c_{dr-1}} \varphi_k \prod_{l \in N(k)/j} P_{U12Fk}^z(c_{\tau_j}(l))$$

其中,  $P_{Fk2Uj}^z(m)$  表示SCMA第z次传输,第k个FN传给第j个UN关于符号m的概率信息,  $c_1, c_2, \dots, c_{dr-1}$  表示dr-1个的符号,dr是LDPC每行为1的元素个数,  $c_{\tau_j}(l)$  这串符号中给第1个UN的符号,  $N(k)$  是所有与的第k个FN相连的UN的集合,  $\varphi_k$  是一个常数因子,其表达式为  $\varphi_k = \exp(-\frac{1}{N_0} \|\mathbf{y}_j - \sum_{l \in N(k)} h_{k,l} c_l\|^2)$ , 其中  $N_0$  是噪声功率,  $\mathbf{y}_j$  是接收向量的第j个符号,  $h_{k,l}$  是调节系数。

3. 根据权利要求1所述的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法,其特征在于,步骤(2)中按照公式  $L_{n+1,B(z-1)+d} = \text{MAP}^{-1}(P_{Uj}^z(m))$  将SCMA检测得到的符号概率信息映射给译码模块的左信息,  $P_{Uj}^z(m)$  是归一化后的第j个UN符号为m的概率信息,n为译码因子图的级数,  $z=1, 2, \dots, Z$ ,  $d=1, 2, \dots, B$ , 其中Z是SCMA传输的次数,B是一个SCMA符号所代表的比特数,  $\text{MAP}^{-1}$  表示将符号概率信息转换为比特概率信息。

4. 根据权利要求1所述的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法,其特征在于,步骤(3)中按照公式

$$P_{Uj}^z(m) = \text{MAP}(L_{n+1,B(z-1)+d} + \alpha R_{n+1,B(z-1)+d})$$

将译码模块得到的比特概率信息传递给SCMA检测模块的用户节点,其中  $P_{Uj}^z(m)$  是传回的第j个UN符号为m的概率信息,n为译码因子图的级数,  $z=1, 2, \dots, Z$ ,  $d=1, 2, \dots, B$ , 其中Z是SCMA传输的次数,B是一个SCMA符号所代表的比特数,MAP表示将比特概率信息转换为符号概率信息, $\alpha$ 在0-1之间。

5. 根据权利要求1所述的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法,其特征在于,步骤(3)中根据公式  $P_{Uj2Fk}^z(m) = P_{Uj}^z(m)/P_{Fk2Uj}^z(m)$

更新用户节点传递给功能节点的概率信息,进入下一次迭代,其中  $P_{Uj}^z(m)$  是译码模块传回的第j个UN符号为m的概率信息,  $P_{Fk2Uj}^z(m)$  表示SCMA第z次传输,第k个FN传给第j个UN关于符号m的概率信息。

6. 实现权利要求1-5任一项所述的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法的装

置,其特征在于,包括:

SCMA检测因子图模块,包括若干用户节点单元和功能节点单元;

极化码译码因子图模块,包括若干用于迭代式运算的基本计算单元;

第一概率信息映射模块,包括若干第一映射单元,用于将基于符号的概率信息转换为基于比特的概率信息;

第二概率信息映射模块,包括若干第二映射单元,用于将基于比特的概率信息转换为基于符号的概率信息;

第一固有信息交换存储器,用于存储由经译码因子图迭代更新后的比特概率信息;

以及第二固有信息交换存储器,用于存储来自SCMA检测因子图传出的经转换后的比特概率信息。

## 极化码编码的SCMA的联合检测译码算法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于空时编码和信道编码技术领域,具体涉及一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法及装置。

### 背景技术

[0002] 面对5G通信对于传输各方面要求的提高,稀疏码多址接入(Sparse Code Multiple Access,SCMA)正受着广泛的研究。由于SCMA技术能提高频谱资源的利用效率,并且能在一定程度上调解用户间干扰,成为5G通信的十分有前景的空口技术。极化码自2008年被提出以来,一直受人们关注。极化码是第一个理论上可以达到香浓极限的码,如今极化码被列为5G标准码,使用于增强移动宽带场景。对于Polar SCMA系统,传统的分离检测译码(separated detection and decoding,SDD)对接收信号首先做SCMA检测,然后将检测得到的软信息送给译码器进行译码得到译码结果。本发明提出的联合检测译码算法(Iterative detection and decoding,IDD)可以使得polar SCMA系统的可靠性进一步提升,从而降低误码率。

### 发明内容

[0003] 发明目的:为了满足一些对误码率有更高要求的场合,本发明提出了基于极化码编码的SCMA联合检测译码算法及装置,通过将SCMA检测和极化码译码的因子图合并,从而使得两张图内的概率信息可以相互传递,这样可以使得误码率降低,并且提高收敛速度。

[0004] 技术方案:为实现上述发明目的,本发明采用如下技术方案:

[0005] 一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法,将SCMA检测和极化码译码的因子图合并起来,使得检测和译码之间的概率信息可以相互传递,在联合检测译码的迭代中,包括如下步骤:

[0006] (1) SCMA检测因子图内部用户节点和功能节点间至少进行一次迭代更新,得到用户节点的符号概率信息;

[0007] (2) 将SCMA检测得到的符号概率信息传递给MAP节点映射为比特概率信息,并将比特概率信息传递给极化码译码因子图;

[0008] (3) 译码因子图内部进行至少一次迭代更新后,将比特概率信息传给MAP节点映射为符号概率信息后回传给SCMA检测因子图,进行下一轮迭代。

[0009] 在具体的实施方式中,步骤(1)中功能节点传递给用户节点的符号概率信息计算公式为:

$$[0010] \quad P_{FkzUj}^z(m) = \sum_{c_1, c_2, \dots, c_{dr-1}} \varphi_k \prod_{l \in N(k)/j} P_{UlzFk}^z(c_{\tau_j}(l))$$

[0011] 其中,  $P_{FkzUj}^z(m)$  表示SCMA第z次传输,第k个FN传给第j个UN关于符号m的概率信息,  $c_1, c_2, \dots, c_{dr-1}$  表示dr-1个的符号,dr是LDPC每行为1的元素个数,  $c_{\tau_j}(l)$  这串符号中给第1个UN的符号,  $N(k)$  是所有与的第k个FN相连的UN的集合,  $\varphi_k$  是一个常数因子,其表达式为

$\varphi_k = \exp(-\frac{1}{N_0} ||y_j - \sum_{l \in N(k)} h_{k,l} c_l||^2)$ , 其中  $N_0$  是噪声功率,  $y_j$  是接收向量的第  $j$  个符号,  $h_{k,l}$  是调节系数。

[0012] 3、根据权利要求1所述的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法,其特征在于,步骤(2)中按照公式  $L_{n+1, \mathbb{R}(z-1)+d} = \text{MAP}^{-1}(P_{U_j}^z(m))$  将SCMA检测得到的符号概率信息映射给译码模块的左信息,  $P_{U_j}^z(m)$  是归一化后的第  $j$  个UN符号为  $m$  的概率信息,  $n$  为译码因子图的级数,  $z=1, 2, \dots, Z, d=1, 2, \dots, B$ , 其中  $Z$  是SCMA传输的次数,  $B$  是一个SCMA符号所代表的比特数,  $\text{MAP}^{-1}$  表示将符号概率信息转换为比特概率信息。

[0013] 在具体的实施方式中,步骤(3)中按照公式

$$[0014] \quad P_{U_j}^z(m) = \text{MAP}(L_{n+1, \mathbb{R}(z-1)+d} + \alpha R_{n+1, \mathbb{R}(z-1)+d})$$

[0015] 将译码模块得到的比特概率信息传递给SCMA检测模块的用户节点,其中  $P_{U_j}^z(m)$  是传回的第  $j$  个UN符号为  $m$  的概率信息,  $n$  为译码因子图的级数,  $z=1, 2, \dots, Z, d=1, 2, \dots, B$ , 其中  $Z$  是SCMA传输的次数,  $B$  是一个SCMA符号所代表的比特数,  $\text{MAP}$  表示将比特概率信息转换为符号概率信息,  $\alpha$  在0-1之间。

[0016] 在具体的实施方式中,步骤(3)中根据公式  $P_{U_j 2 Fk}^z(m) = P_{U_j}^z(m) / P_{Fk 2 U_j}^z(m)$

[0017] 更新用户节点传递给功能节点的概率信息,进入下一次迭代,其中  $P_{U_j}^z(m)$  是译码模块传回的第  $j$  个UN符号为  $m$  的概率信息,  $P_{Fk 2 U_j}^z(m)$  表示SCMA第  $z$  次传输,第  $k$  个FN传给第  $j$  个UN关于符号  $m$  的概率信息。

[0018] 实现上述的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法的装置包括:

[0019] SCMA检测因子图模块,包括若干用户节点单元和功能节点单元;

[0020] 极化码译码因子图模块,包括若干用于迭代式运算的基本计算单元;

[0021] 第一概率信息映射模块,包括若干第一映射单元,用于将基于符号的概率信息转换为基于比特的概率信息;

[0022] 第二概率信息映射模块,包括若干第二映射单元,用于将基于比特的概率信息转换为基于符号的概率信息;

[0023] 第一固有信息交换存储器,用于存储由经译码因子图迭代更新后的比特概率信息;

[0024] 以及第二固有信息交换存储器,用于存储来自SCMA检测因子图传出的经转换后的比特概率信息。

[0025] 有益效果:本发明首次将SCMA检测(置信传播(BP)检测)与极化码译码(BP译码)结合起来。在本发明中,SCMA检测和极化码译码的因子图被合并起来,使得检测和译码之间的信息可以相互传递。不同于以前的分离检测译码(separated detection and decoding, SDD),该方法允许极化码译码得到软信息通过网络传回MIMO检测器,软信息更新后再传回。即信息可以在网络中前后两方向流动,而SDD只允许信息从检测器流向译码器。本发明可以适用于现行5G的使用极化码的增强移动宽带场景,可以进一步提高polar SCMA系统的可靠性。

## 附图说明

- [0026] 图1为联合检测译码的系统框图。  
 [0027] 图2为SCMA检测的因子图。  
 [0028] 图3为Polar译码的因子图。  
 [0029] 图4为polar SCMA联合检测的因子图。  
 [0030] 图5为各种方法的误码率结果图。  
 [0031] 图6为整体硬件架构示意图。  
 [0032] 图7为局部硬件架构示意图。

### 具体实施方式

[0033] 下面结合具体实施例,进一步阐明本发明,应理解这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围,在阅读了本发明之后,本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落于本申请所附权利要求所限定的范围。

[0034] 为了便于理解本发明实施例的技术内容,首先对极化码编码的SCMA系统的信道模型以及现有的分离的SCMA检测算法和极化码译码算法做简单说明。

[0035] 信道模型

[0036] 在极化码编码的SCMA系统中(如图1),准备传输的一串比特首先被极化码编码。不妨设该码码长为 $N=2^n$ ,信息位长度为 $K$ ,信息比特的序号集是 $A$ 。这个编码过程可以表示为

$$[0037] \quad x = uG$$

[0038] 其中 $x$ 是 $N \times 1$ 的编码后的序列, $u$ 是 $N \times 1$ 的将信息比特按照 $A$ 放置的未编码序列, $G$ 是 $N \times N$ 的生成矩阵。在一个有 $J$ 个用户,每个用户码集有 $M_s$ 个码字, $K_s$ 个资源的SCMA系统中。每个码字相当于 $B = \log_2 M_s$ 个比特的信息,这样每个用户传送 $N$ 个比特需要 $Z = N/B$ 次传输。例如第 $j$ 个用户的编码后的信息 $x$ ,经过映射变成一系列码集中的码字 $[r_j^1, r_j^2, \dots, r_j^Z]$ ,SCMA传输模型如下,

$$[0039] \quad y^z = \sum_{j=1}^J \text{diag}(\mathbf{h}_j) r_j^z + w$$

[0040] 其中 $z$ 用来记录传输的序号, $w$ 是加性高斯白噪声。 $y^z$ 和 $r_j^z$ 都是 $K_s \times 1$ 的向量。接收端接收到 $y^z$ ,根据它求得发送端的序列。

[0041] SCMA检测

[0042] SCMA的BP检测是一个符号概率不断迭代收敛的过程,用户节点(User Node,

[0043] UN)和功能节点(Function Node, FN)相互传递对于有关符号的概率信息,

[0044] 使得符号的概率收敛(如图2)。SCMA的BP检测算法的大致流程为:

[0045] 1) 初始化用户节点传给功能节点(UN-to-FN)的概率信息。初始化SCMA第 $z$ 次传输,在第 $j$ 个UN传给第 $i$ 个FN认为该符号是 $m$ 的概率 $P_{UjzFK}^z(m)$ 为 $1/M_s$ ,即令

$$[0046] \quad P_{UjzFK}^z(m) = 1/M_s$$

[0047] 2) 进行迭代检测,每轮迭代过程包括如下步骤:

[0048] (2.1) 功能节点根据UN-to-FN信息计算FN传递给UN(FN-to-UN)的概率信息,并将信息传给用户节点,计算公式为:

$$[0049] \quad P_{Fk2Uj}^z(m) = \sum_{c_1, c_2, \dots, c_{dr-1}} \varphi_k \prod_{l \in N(k)/j} P_{U12Fk}^z(c_{\tau_j}(l))$$

[0050] 其中,  $P_{Fk2Uj}^z(m)$  表示SCMA第z次传输, 第k个FN传给第j个UN关于m的概率信息,  $c_1, c_2, \dots, c_{dr-1}$  表示dr-1个的符号,  $c_{\tau_j}(l)$  这串符号中给第1个UN的符号,  $N(k)$  是所有与第k个FN相连的UN的集合,  $\varphi_k$  是一个常数因子, 其表达式为  $\varphi_k = \exp(-\frac{1}{N_0} ||y_j - \sum_{l \in N(k)} h_{k,l} c_l||^2)$ , 其中  $N_0$  是噪声功率,  $y_j$  是接收向量的第j个符号,  $h_k$  是调节系数。

[0051] (2.1) 用户节点根据FN-to-UN信息计算UN-to-FN, 并归一化后传递给功能节点进行下一轮运算, UN-to-FN概率信息的计算公式为:

$$[0052] \quad P_{Uj2Fk}^z(m) = \prod_{l \in M(j)/k} P_{F12Uj}^z(m)$$

[0053] 其中,  $M(j)$  是所有的与第j个UN相连FN的集合,

[0054] 3) 迭代结束后得到第j个UN符号为m的概率信息为  $P_{Uj}^z(m) = P_{Uj2Fk}^z(m) \times P_{Fk2Uj}^z(m)$ 。

[0055] 算法伪代码如下:

$$P_{Uj2Fk}^z(m) = 1/M_s$$

//进行  $I_0$  次检测

**for**  $1 \leq i_0 \leq I_0$  **do**

$$[0056] \quad P_{Fk2Uj}^z(m) = \sum_{c_1, c_2, \dots, c_{dr-1}} \varphi_k \prod_{l \in N(k)/j} P_{U12Fk}^z(c_{\tau_j}(l))$$

$$P_{Uj2Fk}^z(m) = \prod_{l \in M(j)/k} P_{F12Uj}^z(m)$$

$$P_{Uj2Fk}^z(m) = \text{Normalize}(P_{Uj2Fk}^z(m))$$

//normalize 使得概率归一化

**end for**

$$[0057] \quad P_{Uj}^z(m) = P_{Uj2Fk}^z(m) \times P_{Fk2Uj}^z(m)$$

$$P_{Uj}^z(m) = \text{Normalize}(P_{Uj}^z(m))$$

[0058] 上述算法中,  $P_{Uj2Fk}^z(m)$  表示SCMA第z次传输, 在第j个UN传给第k

[0059] 个FN认为该符号是m的概率;  $P_{Fk2Uj}^z(m)$  表示SCMA第z次传输, 第k

[0060] 个FN传给第j个UN关于m的概率信息;  $P_{Uj}^z(m)$  表示第j个UN符号为

[0061] m的概率信息。

[0062] 极化码译码

[0063] 极化码的译码过程, 使其左右信息相互迭代更新的过程, 左信息自右向左传递, 右信息自左向右传递。最后基于最后一级的左信息对码字进行硬判决。图3为polar译码因子图, 其译码的大致流程为

[0064] (1) 初始化: 初始化第n+1层的左信息和第1层的右信息, 将第n+1层的左信息初始

化为信道输入信息,对于第1层的右信息,如果该位是信息位初始化为0,否则初始化为 $+\infty$ 。

[0065]  $L_{n+1,t} = I_t$

[0066]  $R_{1,t} = \begin{cases} 0, & t \in A \\ \infty, & \text{else} \end{cases}$

[0067] 对于码长为 $2^n$ 的极化码,因子图一共有n级,每级有N个比特信息,故 $k=1,2,\dots,n,t=1,2,\dots,N$ 。

[0068] (2) 迭代译码,每次迭代进行如下操作:

[0069] (2.1) 从第n+1层到第1层依次对左信息进行更新,更新方式如下,其中g是一个函数,表示为 $g(a,b) = \text{sign}(a) \text{sign}(b) \min(|a|, |b|)$

[0070]  $L_{k,t} = g(L_{k+1,2t-1}, L_{k+1,2t} + R_{k,t+N/2})$

[0071]  $L_{k,t+N/2} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t-1}) + L_{k+1,2t}$

[0072] (2.2) 从第1层到第n+1层一次对右信息进行更新,更新方式如下:

[0073]  $R_{k+1,2t-1} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t} + R_{k,t+N/2})$

[0074]  $R_{k+1,2t} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t-1}) + R_{k,t+N/2}$

[0075] 更新完右信息再返回更新左信息,直到达到迭代最大次数。

[0076] (3) 输出,对第一级的左信息进行硬判决并输出

[0077]  $\hat{x}_j = \begin{cases} 0, & L_{1,t} < 0 \\ 1, & L_{1,t} \geq 0 \end{cases}$

[0078] 上述算法中, $L_{k,t}$ 表示极化码因子图中第k级第t位的左信息。 $R_{k,t}$ 表示极化码因子图中第k级第t位的右信息。

[0079] 算法伪代码为:

//初始化

$L_{n+1,t} = I_t$

$R_{1,t} = \begin{cases} 0, & t \in A \\ \infty, & \text{else} \end{cases}$

//迭代译码

**for**  $1 \leq it \leq \text{iter}_{dec}$  **do** // 进行 $\text{iter}_{dec}$ 次迭代

$L_{k,t} = g(L_{k+1,2t-1}, L_{k+1,2t} + R_{k,t+N/2})$

[0080]  $L_{k,t+N/2} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t-1}) + L_{k+1,2t}$

//更新右(R)信息,  $g(a,b) = \text{sign}(a) \text{sign}(b) \min(|a|, |b|)$

$R_{k,t} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t} + R_{k,t+N/2})$

$L_{k,t} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t-1}) + R_{k,t+N/2}$

**end for**

$\hat{x}_j = \begin{cases} 0, & L_{1,t} < 0 \\ 1, & L_{1,t} \geq 0 \end{cases}$  //根据最后的软信息进行判决,得到对于码字的

估计

[0081] 联合检测译码

[0082] 本发明实施例公开的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码算法,将SCMA检测和极化码译码的因子图合并起来(如图4),使得检测和译码之间的概率信息可以相互传递,在联合检测译码的一轮迭代中,包括如下步骤:

[0083] (1) SCMA检测因子图内部用户节点和功能节点间至少进行一次迭代更新,得到用户节点的符号概率信息;

[0084] (2) 将SCMA检测得到的符号概率信息传递给MAP节点映射为比特概率信息,并将比特概率信息传递给极化码译码因子图;

[0085] (3) 译码因子图内部进行至少一次迭代更新后,将比特概率信息传给MAP节点映射为符号概率信息后回传给SCMA检测因子图,进行下一轮迭代。

[0086] 如,在一个( $N=2^r, K_p$ )极化码编码的用户数为J,资源长度为K的SCMA系统中,本发明实施例的联合检测算法具体流程如下:

[0087] 1) 初始化UN-to-FN信息

$$[0088] P_{Uj2Fk}^z(m) = 1/M_s$$

[0089] 2) 进行迭代检测译码,具体操作包括:

[0090] a) 首先UN和FN之间进行一次或几次迭代,得到UN-to-FN概率信息,计算公式为:

$$[0091] P_{Fk2Uj}^z(m) = \sum_{c_1, c_2, \dots, c_{r-1}} \varphi_k \prod_{l \in N(k)/j} P_{Uj2Fk}^z(c_{\tau_j}(l))$$

$$[0092] P_{Uj2Fk}^z(m) = \prod_{l \in M(j)/k} P_{Fk2Uj}^z(m)$$

$$[0093] P_{Uj2Fk}^z(m) = \text{Normlize}(P_{Uj2Fk}^z(m))$$

[0094] b) 为译码准备固有信息,计算公式为:

$$[0095] P_{Uj}^z(m) = P_{Uj2Fk}^z(m) \times P_{Fk2Uj}^z(m)$$

$$[0096] P_{Uj}^z(m) = \text{Normlize}(P_{Uj}^z(m))$$

[0097] c) 将固有信息映射给译码模块的左信息,并初始化第1层的右信息;

$$[0098] L_{n+1, \mathbb{R}(z-1)+d} = \text{MAP}^{-1}(P_{Uj}^z(m))$$

[0099] 其中, $z=1, 2, \dots, Z, d=1, 2, \dots, B$ ,其中Z是SCMA传输的次数,B是一个SCMA符号所代表的比特数。

$$[0100] R_{1,t} = \begin{cases} 0, & t \in A \\ \infty, & \text{else} \end{cases}$$

[0101] d) 译码模块进行一次或几次迭代,每次迭代中按照如下公式从第n+1级到第1级对左信息进行更新,从第1级到第n+1级对右信息进行更新;

$$[0102] L_{k,t} = g(L_{k+1,2t-1}, L_{k+1,2t} + R_{k,t+N/2})$$

$$[0103] L_{k,t+N/2} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t-1}) + L_{k+1,2t}$$

$$[0104] R_{k,t} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t} + R_{k,t+N/2})$$

$$[0105] L_{k,t} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t-1}) + R_{k,t+N/2}$$

[0106] e) 极化码网络将固有信息传回

$$[0107] P_{Uj}^z(m) = \text{MAP}(L_{n+1, \mathbb{R}(z-1)+d} + \alpha R_{n+1, \mathbb{R}(z-1)+d})$$

[0108] 其中, $\alpha$ 是一个可以调节的参数,在0-1之间。

[0109] f) 更新UN-to-FN概率信息,重新迭代直到一定次数

[0110]  $P_{Uj2Fk}^z(m) = P_{Uj}^z(m) / P_{Fk2Uj}^z(m)$

[0111] 3) 根据最后的软信息进行判决, 得到对于码字的估计

[0112]  $\hat{\mathbf{x}}_t = \begin{cases} 0, & L_{1,t} < 0 \\ 1, & L_{1,t} \geq 0 \end{cases}$

[0113] 算法伪代码如下:

$$P_{Uj2Fk}^z(m) = 1/M_s$$

**for**  $1 \leq \text{iter} \leq \text{iternum}$  **do**

**for**  $1 \leq i_p \leq I_p$  **do**

$$P_{Fk2Uj}^z(m) = \sum_{c_1, c_2, \dots, c_{r-1}} \varphi_k \prod_{l \in N(k)/j} P_{Uj2Fk}^z(c_{\tau_j}(l))$$

$$P_{Uj2Fk}^z(m) = \prod_{l \in M(j)/k} P_{Fk2Uj}^z(m)$$

$$P_{Uj2Fk}^z(m) = \text{Normlize}(P_{Uj2Fk}^z(m))$$

**end for**

[0114]  $P_{Uj}^z(m) = P_{Uj2Fk}^z(m) \times P_{Fk2Uj}^z(m)$

$$P_{Uj}^z(m) = \text{Normlize}(P_{Uj}^z(m))$$

$$L_{n+1, (z-1)d} = \text{MAP}^{-1}(P_{Uj}^z(m))$$

$$R_{1,t} = \begin{cases} 0, & t \in A \\ \infty, & t \notin A \end{cases}$$

**for**  $1 \leq i_d \leq I_d$  **do**

$$L_{k,t} = g(L_{k+1, 2t-1}, L_{k+1, 2t} + R_{k, t+N/2})$$

$$L_{k, t+N/2} = g(R_{k, t}, L_{k+1, 2t-1}) + L_{k+1, 2t}$$

$$R_{k,t} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t} + R_{k,t+N/2})$$

$$L_{k,t} = g(R_{k,t}, L_{k+1,2t-1}) + R_{k,t+N/2}$$

**end for**

$$P_{Uj}^z(m) = \text{MAP}(L_{n+1,(z-1)+d} + \alpha R_{n+1,(z-1)+d})$$

[0115]

$$P_{Uj2FK}^z(m) = P_{Uj}^z(m) / P_{FK2Uj}^z(m)$$

**end for**

**Output:**

$$\hat{x}_t = \begin{cases} 0, & L_{1,t} < 0 \\ 1, & L_{1,t} \geq 0 \end{cases}$$

[0116] 上述算法中,MAP是一个函数,用于把SCMA检测的符号概率信息转化比特概率信息。其描述如下,输入B个比特的对数似然比,或每个比特是0或1的概率。由于B个比特可以产生 $2^B$ 个符号,每个符号都可以由B个比特表示,该符号概率为构成它的比每个比特的概率的乘积。输出时可以将符号概率再转化为对数似然比。 $I_p$ 和 $I_d$ 的选取可根据单独的检测和译码的收敛情况决定。这样选择使得检测和解码能在 $I_p \times \text{iternum}$ 次迭代收敛, $I_d \times \text{iternum}$ 次译码可以收敛。

[0117] 图5为各种方式下误码率的比较结果图,从如图5可以看出,该算法极高的提高了系统的误码率,在比特误率在 $10^{-4}$ ,比特误率的增益可以达到2.5dB。

[0118] 本发明实施例公开的一种极化码编码的SCMA的联合检测译码的装置包括:SCMA检测因子图模块,包括若干用户节点单元和功能节点单元;极化码译码因子图模块,包括若干用于迭代式运算的基本计算单元;第一概率信息映射模块,包括若干第一映射单元,用于将基于符号的概率信息转换为基于比特的概率信息;第二概率信息映射模块,包括若干第二映射单元,用于将基于比特的概率信息转换为基于符号的概率信息;第一固有信息交换存储器,用于存储由经译码因子图迭代更新后的比特概率信息;以及第二固有信息交换存储器,用于存储来自SCMA检测因子图传出的经转换后的比特概率信息。本实施例的硬件架构如图6所示。从信道得到向量 $y^z$ 后,FN和UN开始做迭代检测译码。在几个周期的检测后,SCMA检测得到的符号概率通过Mapper被转化为比特的概率似然比,然后存储在固有信息交换存储器2。然后这些信息在后面的极化码译码迭代中被用到。极化码译码的硬件主要由基本计算单元(Basic Calculation Block,BCB)组成。极化码内部存储是用来存放上个周期更新过的左信息或右信息的,因为本周期的迭代需要他们。在译码过程结束时,最后一级的左信息和右信息加权平均后被存放在固有信息交换存储器1中。用来给下一次SCMA迭代提供初始信息。整个迭代过程是检测和译码交替进行的过程,最后由译码部分输出最后结果。

[0119] 其中,极化码硬件架构是由基本计算单元(Basic Calculation Block,BCB)组成的,每一个BCB里面有2个加法器,2个实现g函数的模块。BCB可以实现polar译码中的迭代式,具体实现方式如图7。

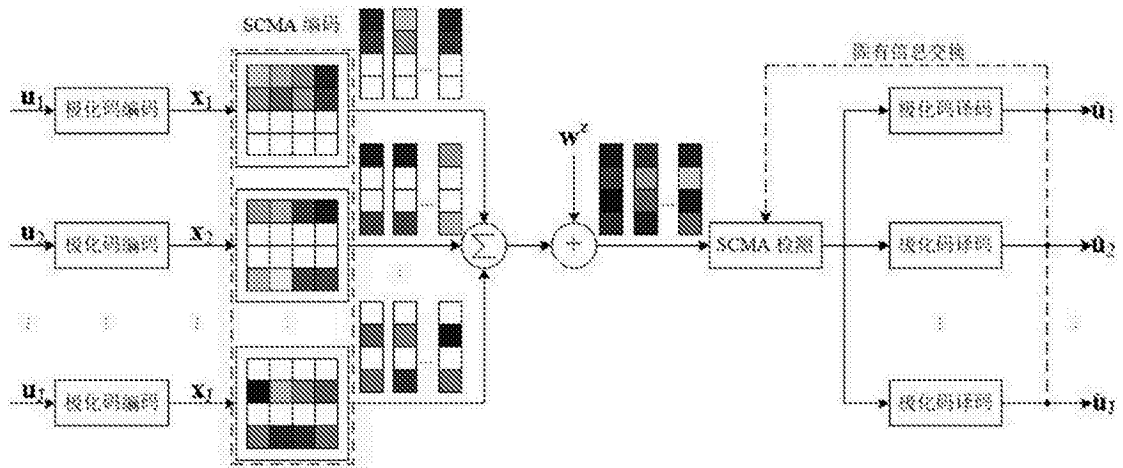


图1

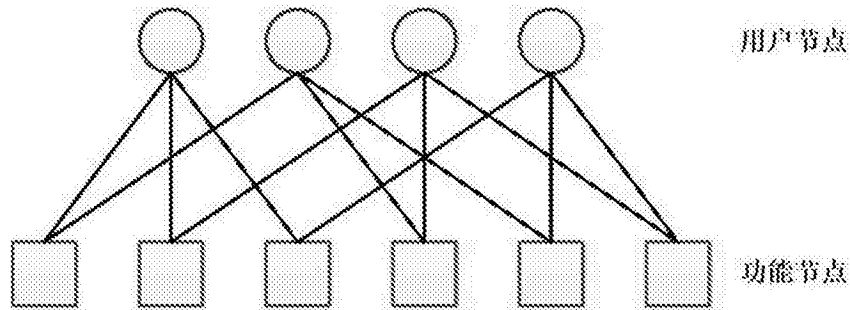


图2

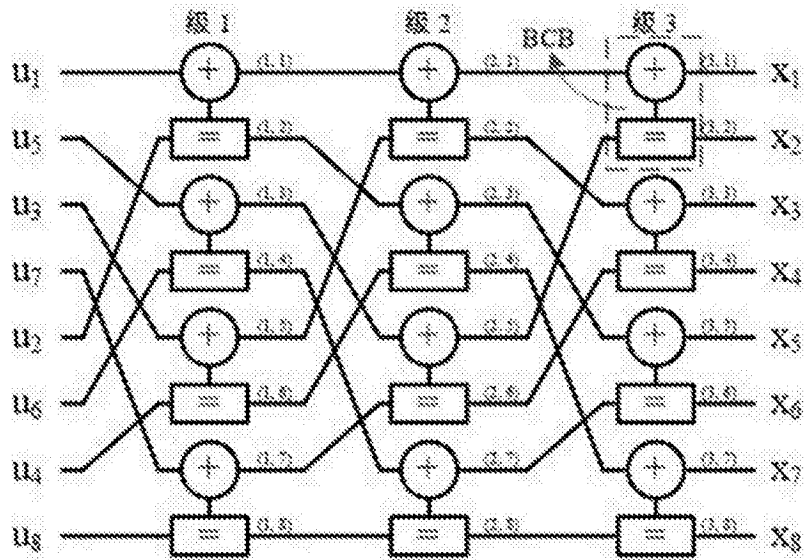


图3

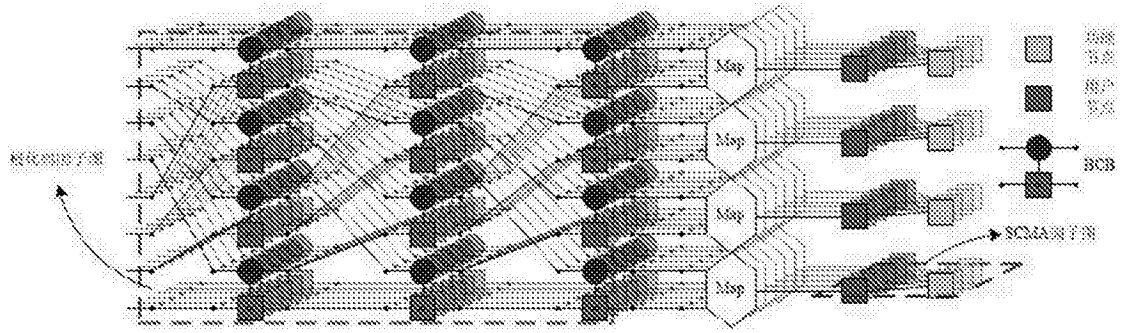


图4

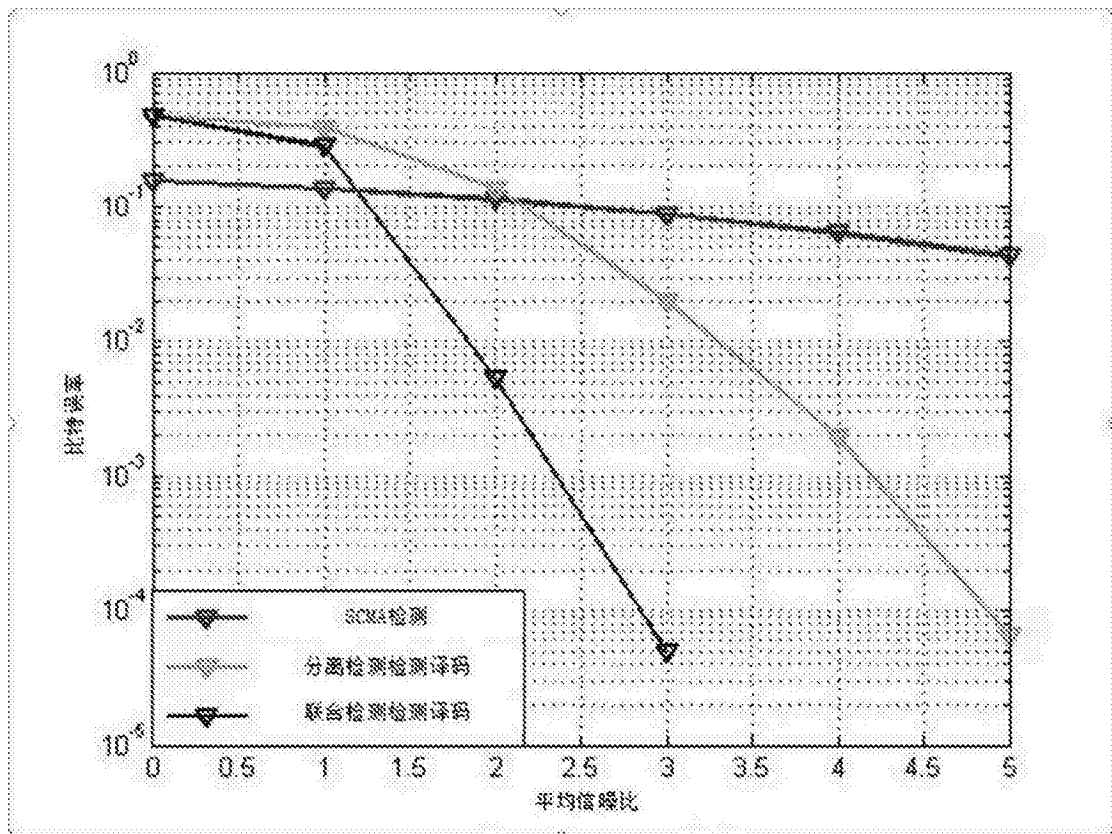


图5

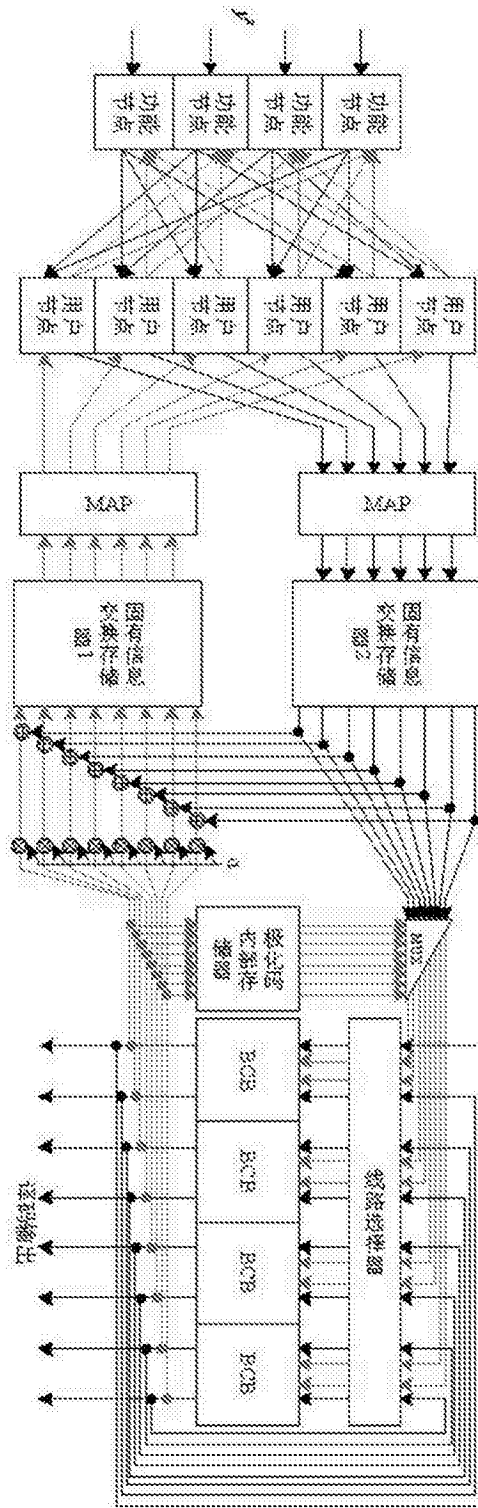


图6

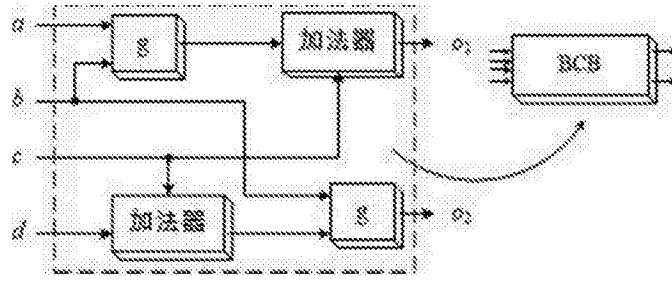


图7