(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104683072 A
(43)申请公布日 2015.06.03

(21)申请号 201510137808.9

(22)申请日 2015.03.26

(71)申请人 山东大学
地址 250100 山东省济南市历城区山大南路27号

(72)发明人 马丕明 李孟琪

(74)专利代理机构 济南金迪知识产权代理有限公司 37219
代理人 许德山

(51)Int.Cl.
H04L 1/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页

(54)发明名称

一种删余turbo码分量编码器的参数盲识别方法

(57)摘要

一种删余turbo码分量编码器的参数盲识别方法，属于通信系统中的码字识别技术领域。该方法将删余turbo码信息位与校验位复用构造删余卷积码，通过线性矩阵分析法统计分析删余卷积码的码长，码字起点，再利用部分Walsh—Hadamard变换识别分量编码器的校验矩阵，进一步由高斯消元法得到删余模式和生成矩阵，实现删余turbo码分量编码器的参数盲识别，并验证识别参数的准确性。本发明降低了分量编码器参数识别的运算复杂度，提高了识别效率和可靠性，适用于智能通信，信息处理等领域。

CN 104683072 A

1.一种删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别方法，将删余 turbo 码信息位与第一位校验位复用构造删余卷积码，通过线性矩阵分析法统计分析删余卷积码的码长，码字起点，再利用部分 Walsh—Hadamard 变换识别分量编码器的校验矩阵，进一步由高斯消元法得到删余模式和生成矩阵，从而实现删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别，并通过维特比译码得到置信度，以验证识别的准确性，该方法具体步骤如下：

1) 从删余 turbo 码起点开始，选取其信息序列和分量编码器 RSC1 的校验位序列复用，构造删余卷积码序列，以 1/3 码率 turbo 码删余得到 1/2 码率的删余 turbo 码为例，若将原 turbo 码序列表示为 $x_1a_1b_1x_2a_2b_2x_3a_3b_3x_4a_4b_4$……则删余后 turbo 码序列表示为 $x_1a_1x_2b_2x_3a_3x_4b_4$……，构造删余卷积码为 $x_1a_1x_2x_3a_3x_4$……，其中 x_1、x_2、x_3……表示不同时刻输出的信息位序列；a_1、a_2、a_3……表示不同时刻输出的 RSC1 校验位序列；b_1、b_2、b_3……表示不同时刻输出的 RSC2 校验位序列；

2) 将删余卷积码序列构成 $p\times q$ 矩阵，要求 $q>N$，$p>q$，其中 N 表示编码约束度，取定列值 q 的范围，变化 q 得到不同矩阵，分别计算这些矩阵的秩，只留取矩阵秩不等于列数的矩阵，然后对这些矩阵进行初等变换单位化，记下单位化后左上角单位阵维数相等的矩阵列值，对留存列值取最大公约数，从而得到删余卷积码码长 n；

3) 将删余卷积码序列重新构造矩阵，列数为步骤 2) 中留存的某列值 N'，其中 N' 为码长 n 的倍数，取留存列值中的较小值，取矩阵行数大于列数，将码序列移位得到 n-1 个不同矩阵，连同码序列不移位矩阵共得到 n 个不同矩阵，n 为码长，对这些矩阵进行初等变换单位化，分别记下单位化后矩阵的左上角单位阵维数，维数最小时的移位即删余卷积码起始点；

4) 识别校验多项式矩阵，具体识别步骤如下：

a) 由构造的删余卷积码序列建立系数矩阵 R(D)，将校验多项式矩阵表示为 $H(D)=[h_0(D),h_1(D),...h_{n-1}(D)]^T$，其中，$h_i(D)=h_{0i}+h_{1i}D+h_{2i}D^2...h_{di}D^d$，$i\in[0,n-1]$，$d=\max\{\deg h_i(D)\}$，其中符号 deg 表示是求多项式的次数的函数，将 $R(D)\times H(D)^T=0$ 写成方程组的形式如下：

$$\begin{bmatrix} r_{d1} & \cdots & r_{01} & \cdots & r_{dn} & \cdots & r_{0n} \\ r_{(d+1)1} & \cdots & r_{11} & \cdots & r_{(d+1)n} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{(d+N)1} & \cdots & r_{N1} & \cdots & r_{(d+N)n} & \cdots & r_{Nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{00} \\ \vdots \\ h_{d0} \\ \vdots \\ h_{0(n-1)} \\ \vdots \\ h_{d(n-1)} \end{bmatrix} = 0 \qquad (1)$$

由于 $h_{n-1}(D)$ 中含常数项 $h_{0(n-1)}=1$，将式 (1) 中的常数项部分移至方程右边，得下式：

$$\begin{bmatrix} r_{d1} & \cdots & r_{01} & \cdots & r_{(d-1)n} & \cdots & r_{0n} \\ r_{(d+1)1} & \cdots & r_{11} & \cdots & r_{dn} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{(d+N)1} & \cdots & r_{N1} & \cdots & r_{(d+N-1)n} & \cdots & r_{Nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{00} \\ \vdots \\ h_{d0} \\ \vdots \\ h_{1(n-1)} \\ \vdots \\ h_{d(n-1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r_{dn} \\ -r_{(d+1)n} \\ \\ -r_{(d+N)n} \end{bmatrix} \quad (2)$$

b) 将式 (2) 中的系数矩阵 R'(D) 分为两部分，矩阵长度均为 N+1，宽度分别为 R1 和 R2，其中 R1 与 R2 的和为 (d+1)×n-1，(通常 R2 取值在 16 到 24 之间)，则第一、第二系数矩阵维数分别为 (N+1)×R1、(N+1)×R2 ；

c) 设定一个长度为 R1 的二进制向量 iTemp，大小从 0 至 2^{R1}进行循环，将每个固定的 iTemp 与第一系数矩阵的行向量模二加后取反，每行得到一个二进制数 0 或 1，最终得到一个 N+1 维的二进制向量，表示为 P，将 P 与式 (2) 等号右边的向量对应行的值相加 ；

d) 再对第二系数矩阵进行状态统计，第二系数矩阵的行向量维数为 1*R2，R2 个任意‘0’和‘1’组合作为状态，共 2^{R2}-1 个状态，每个行向量都是其中的一个状态，式 (2) 等号右边向量对应行的值作为该状态的输出，相同状态的输出值进行累加，不存在的状态输出值为 0，得到一个 (2^{R2}-1)×1 维状态向量 ；

e) 对上述结果进行 Walsh-Hadamard 变换，找到大于置信度的解再转换为二进制向量，表示为 Q，然后将此时的 iTemp 向量与二进制向量 Q 组合便得到我们要求的校验多项式 H(D) ；

5) 设定源卷积码的生成多项式矩阵阶数，遍历删余模式，构建线性方程组 Gp(D)H(D)^T = 0，其中 G_P(D) 为生成矩阵，H(D)^{T}为校验矩阵 H(D) 的转置，通过高斯消元法求解该方程组的唯一非零解，从而确定源卷积码的生成多项式和删余模式 ；

6) 利用识别得到的分量编码器参数，将删余卷积码通过维特比译码得到置信度，验证识别参数的准确性。

一种删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及数字通信系统中一种删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别方法，属于通信系统中的码字识别技术领域。

背景技术

[0002] 删余 turbo 码在现代通信中应用非常广泛，随着数字通信技术的发展，越来越多的领域都会产生对删余 Turbo 码盲识别技术的需求，删余 turbo 码盲识别技术也成为当今通信研究的前沿领域。

[0003] 经典并行级联 turbo 码编码器主要由两个递归系统卷积码 (RSC) 分量编码器并行级联而成，分量编码器之间由交织器相连，一般情况下，各 RSC 编码器的结构相同，使用两个 RSC 分量编码器的 turbo 码的码率为 1/3，每三个比特中有一个信息码元，两个校验码元。为提高码率，可对校验元进行周期性删余，而后与信息码元经过复用得到最终编码序列。

[0004] 针对基于 1/2 源卷积码的 (n-1)/n 型删余卷积码的盲识别，传统的 Walsh-Hadamard 变换对内存空间的要求比较高，王磊、胡以华、王勇等在其 2012 年发表在《计算机工程与应用》16 期“基于 PWHT 的删除卷积码识别方法”一文中，针对 Walsh-Hadamard 变换在删除卷积码校验矩阵识别中存在运算量和数据量过大的问题，对校验矩阵方程组进行了变形，提出部分 Walsh-Hadamard 变换 (PWHT)，但并没有给出应用于删余 turbo 码分量编码器参数盲识别的方法。为克服现有技术存在的缺陷和不足，本发明提出基于部分 Walsh-Hadamard 变换 (PWHT) 的删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别方法，降低了分量编码器参数识别的运算复杂度，提高了识别效率。

[0005] 本发明采用计算机软件模拟的方式实现删余 turbo 码分量编码器的参数识别，实施过程中首先用软件模拟上述经典 turbo 码编码过程，将码字保存在文件中，识别时从文件中读取数据进行盲识别。

发明内容

[0006] 为了克服现有技术存在的缺陷和不足，本发明提出了运算量小、识别效率高的一种删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别方法。

[0007] 本发明技术方案如下：

[0008] 一种删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别方法，将删余 turbo 码信息位与第一位校验位复用构造删余卷积码，通过线性矩阵分析法统计分析删余卷积码的码长，码字起点，再利用部分 Walsh—Hadamard 变换识别分量编码器的校验矩阵，进一步由高斯消元法得到删余模式和生成矩阵，从而实现删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别，并通过维特比译码得到置信度，以验证识别的准确性，该方法具体步骤如下：

[0009] 1) 从删余 turbo 码起点开始，选取其信息序列和分量编码器 RSC1 的校验位序列复用，构造删余卷积码序列，以 1/3 码率 turbo 码删余得到 1/2 码率的删余 turbo 码为例，若将原 turbo 码序列表示为 $x_1a_1b_1x_2a_2b_2x_3a_3b_3x_4a_4b_4$……则删余后 turbo 码序列表示为 x_1a_1

$x_2b_2x_3a_3x_4b_4$……，构造删余卷积码为 $x_1a_1x_2x_3a_3x_4$……，其中 x_1、x_2、x_3……表示不同时刻输出的信息位序列；a_1、a_2、a_3……表示不同时刻输出的 RSC1 校验位序列；b_1、b_2、b_3……表示不同时刻输出的 RSC2 校验位序列；

[0010] 2) 将删余卷积码序列构成 $p\times q$ 矩阵，要求 $q>N$，$p>q$，其中 N 表示编码约束度，取定列值 q 的范围，变化 q 得到不同矩阵，分别计算这些矩阵的秩，只留取矩阵秩不等于列数的矩阵，然后对这些矩阵进行初等变换单位化，记下单位化后左上角单位阵维数相等的矩阵列值，对留存列值取最大公约数，从而得到删余卷积码码长 n；

[0011] 3) 将删余卷积码序列重新构造矩阵，列数为步骤 2) 中留存的某列值 N'，其中 N' 为码长 n 的倍数，取留存列值中的较小值，取矩阵行数大于列数，将码序列移位得到 n-1 个不同矩阵，连同码序列不移位矩阵共得到 n 个不同矩阵，n 为码长，对这些矩阵进行初等变换单位化，分别记下单位化后矩阵的左上角单位阵维数，维数最小时的移位即删余卷积码起始点；

[0012] 4) 识别校验多项式矩阵，具体识别步骤如下：

[0013] a) 由构造的删余卷积码序列建立系数矩阵 R(D)，将校验多项式矩阵表示为 $H(D)=[h_0(D),h_1(D),...h_{n-1}(D)]^T$，其中，$h_i(D)=h_{0i}+h_{1i}D+h_{2i}D^2...h_{di}D^d$，$i\in[0,n-1]$，$d=\max\{\deg\ h_i(D)\}$，其中符号 deg 表示是求多项式的次数的函数，将 $R(D)\times H(D)^T=0$ 写成方程组的形式如下：

[0014]
$$\begin{bmatrix} r_{d1} & \cdots & r_{01} & \cdots & r_{dn} & \cdots & r_{0n} \\ r_{(d+1)1} & \cdots & r_{11} & \cdots & r_{(d+1)n} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{(d+N)1} & \cdots & r_{N1} & \cdots & r_{(d+N)n} & \cdots & r_{Nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{00} \\ \vdots \\ h_{d0} \\ \vdots \\ h_{0(n-1)} \\ \vdots \\ h_{d(n-1)} \end{bmatrix} = 0 \qquad (1)$$

[0015] 由于 $h_{n-1}(D)$ 中含常数项 $h_{0(n-1)}=1$，将式 (1) 中的常数项部分移至方程右边，得下式：

[0016]
$$\begin{bmatrix} r_{d1} & \cdots & r_{01} & \cdots & r_{(d-1)n} & \cdots & r_{0n} \\ r_{(d+1)1} & \cdots & r_{11} & \cdots & r_{dn} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{(d+N)1} & \cdots & r_{N1} & \cdots & r_{(d+N-1)n} & \cdots & r_{Nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{00} \\ \vdots \\ h_{d0} \\ \vdots \\ h_{1(n-1)} \\ \vdots \\ h_{d(n-1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r_{dn} \\ -r_{(d+1)n} \\ \\ -r_{(d+N)n} \end{bmatrix} \qquad (2)$$

[0017] b) 将式 (2) 中的系数矩阵 R'(D) 分为两部分，矩阵长度均为 N+1，宽度分别为 R1 和 R2，其中 R1 与 R2 的和为 $(d+1)\times n-1$，(通常 R2 取值在 16 到 24 之间)，则第一、第二系数矩阵维数分别为 $(N+1)\times R1$、$(N+1)\times R2$；

[0018] c) 设定一个长度为 R1 的二进制向量 iTemp，大小从 0 至 2^{R1} 进行循环，将每个固定的 iTemp 与第一系数矩阵的行向量模二加后取反，每行得到一个二进制数 0 或 1，最终得到

一个 N+1 维的二进制向量，表示为 P，将 P 与式 (2) 等号右边的向量对应行的值相加；

[0019] d) 再对第二系数矩阵进行状态统计，第二系数矩阵的行向量维数为 1*R2，R2 个任意‘0’和‘1’组合作为状态，共 $2^{R2}-1$ 个状态，每个行向量都是其中的一个状态，式 (2) 等号右边向量对应行的值作为该状态的输出，相同状态的输出值进行累加，不存在的状态输出值为 0，得到一个 $(2^{R2}-1)\times 1$ 维状态向量；

[0020] e) 对上述结果进行 Walsh-Hadamard 变换，找到大于置信度的解再转换为二进制向量，表示为 Q，然后将此时的 iTemp 向量与二进制向量 Q 组合便得到我们要求的校验多项式 H(D)；

[0021] 5) 设定源卷积码的生成多项式矩阵阶数，遍历删余模式，构建线性方程组 Gp(D) $H(D)^T=0$，其中 $G_p(D)$ 为生成矩阵，$H(D)^T$ 为校验矩阵 H(D) 的转置，通过高斯消元法求解该方程组的唯一非零解，从而确定源卷积码的生成多项式和删余模式；

[0022] 6) 利用识别得到的分量编码器参数，将删余卷积码通过维特比译码得到置信度，验证识别参数的准确性。

[0023] 本发明较好的将删余 turbo 码分量编码器参数的识别转换为删余卷积码的识别，在线性矩阵分析法识别码长、起点的基础上，创造性的将改进的部分 WH 算法用于分量编码器校验矩阵的识别，并进一步识别得到删余模式和生成矩阵，最终实现删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别，并通过维特比译码得到置信度，验证识别的准确性。本发明降低了分量编码器参数识别的运算复杂度，提高了识别效率和可靠性。

具体实施方式

[0024] 下面结合实施例对本发明作进一步说明，但不限于此。

[0025] 实施例：

[0026] 本发明实施例如下：一种删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别方法，将删余 turbo 码信息位与第一位校验位复用构造删余卷积码，通过线性矩阵分析法统计分析删余卷积码的码长，码字起点，再利用部分 Walsh—Hadamard 变换识别分量编码器的校验矩阵，进一步由高斯消元法得到删余模式和生成矩阵，从而实现删余 turbo 码分量编码器的参数盲识别，并通过维特比译码得到置信度，以验证识别的准确性，该方法具体步骤如下：

[0027] 1) 从删余 turbo 码起点开始，选取其信息序列和分量编码器 RSC1 的校验位序列复用，构造删余卷积码序列，以 1/3 码率 turbo 码删余得到 1/2 码率的删余 turbo 码为例，若将原 turbo 码序列表示为 $x_1a_1b_1x_2a_2b_2x_3a_3b_3x_4a_4b_4$……则删余后 turbo 码序列表示为 $x_1a_1x_2b_2x_3a_3x_4b_4$……，构造删余卷积码为 $x_1a_1x_2x_3a_3x_4$……，其中 x_1、x_2、x_3……表示不同时刻输出的信息位序列；a_1、a_2、a_3……表示不同时刻输出的 RSC1 校验位序列；b_1、b_2、b_3……表示不同时刻输出的 RSC2 校验位序列；

[0028] 2) 将删余卷积码序列构成 $p\times q$ 矩阵，要求 $q>N$，$p>q$，其中 N 表示编码约束度，取定列值 q 的范围，变化 q 得到不同矩阵，分别计算这些矩阵的秩，只留取矩阵秩不等于列数的矩阵，然后对这些矩阵进行初等变换单位化，记下单位化后左上角单位阵维数相等的矩阵列值，对留存列值取最大公约数，从而得到删余卷积码码长 n；

[0029] 3) 将删余卷积码序列重新构造矩阵，列数为步骤 2) 中留存的某列值 N'，其中 N' 为码长 n 的倍数，取留存列值中的较小值，取矩阵行数大于列数，将码序列移位得到 n-1 个

不同矩阵，连同码序列不移位矩阵共得到 n 个不同矩阵，n 为码长，对这些矩阵进行初等变换单位化，分别记下单位化后矩阵的左上角单位阵维数，维数最小时的移位即删余卷积码起始点；

[0030] 4) 识别校验多项式矩阵，具体识别步骤如下：

[0031] a) 由构造的删余卷积码序列建立系数矩阵 R(D)，将校验多项式矩阵表示为 $H(D)=[h_0(D),h_1(D),...h_{n-1}(D)]^T$，其中，$h_i(D)=h_{0i}+h_{1i}D+h_{2i}D^2...h_{di}D^d$，$i\in[0,n-1]$，$d=\max\{\deg h_i(D)\}$，其中符号 deg 表示是求多项式的次数的函数，将 $R(D)\times H(D)^T=0$ 写成方程组的形式如下：

[0032] $$\begin{bmatrix} r_{d1} & \cdots & r_{01} & \cdots & r_{dn} & \cdots & r_{0n} \\ r_{(d+1)1} & \cdots & r_{11} & \cdots & r_{(d+1)n} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{(d+N)1} & \cdots & r_{N1} & \cdots & r_{(d+N)n} & \cdots & r_{Nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{00} \\ \vdots \\ h_{d0} \\ \vdots \\ h_{0(n-1)} \\ \vdots \\ h_{d(n-1)} \end{bmatrix} = 0 \qquad (1)$$

[0033] 由于 $h_{n-1}(D)$ 中含常数项 $h_{0(n-1)}=1$，将式 (1) 中的常数项部分移至方程右边，得下式：

[0034] $$\begin{bmatrix} r_{d1} & \cdots & r_{01} & \cdots & r_{(d-1)n} & \cdots & r_{0n} \\ r_{(d+1)1} & \cdots & r_{11} & \cdots & r_{dn} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{(d+N)1} & \cdots & r_{N1} & \cdots & r_{(d+N-1)n} & \cdots & r_{Nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{00} \\ \vdots \\ h_{d0} \\ \vdots \\ h_{1(n-1)} \\ \vdots \\ h_{d(n-1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r_{dn} \\ -r_{(d+1)n} \\ \\ -r_{(d+N)n} \end{bmatrix} \qquad (2)$$

[0035] b) 将式 (2) 中的系数矩阵 R'(D) 分为两部分，矩阵长度均为 N+1，宽度分别为 R1 和 R2，其中 R1 与 R2 的和为 $(d+1)\times n-1$，（通常 R2 取值在 16 到 24 之间），则第一、第二系数矩阵维数分别为 $(N+1)\times R1$、$(N+1)\times R2$；

[0036] c) 设定一个长度为 R1 的二进制向量 iTemp，大小从 0 至 2^{R1} 进行循环，将每个固定的 iTemp 与第一系数矩阵的行向量模二加后取反，每行得到一个二进制数 0 或 1，最终得到一个 N+1 维的二进制向量，表示为 P，将 P 与式 (2) 等号右边的向量对应行的值相加；

[0037] d) 再对第二系数矩阵进行状态统计，第二系数矩阵的行向量维数为 1*R2，R2 个任意‘0’和‘1’组合作为状态，共 $2^{R2}-1$ 个状态，每个行向量都是其中的一个状态，式 (2) 等号右边向量对应行的值作为该状态的输出，相同状态的输出值进行累加，不存在的状态输出值为 0，得到一个 $(2^{R2}-1)\times 1$ 维状态向量；

[0038] e) 对上述结果进行 Walsh-Hadamard 变换，找到大于置信度的解再转换为二进制向量，表示为 Q，然后将此时的 iTemp 向量与二进制向量 Q 组合便得到我们要求的校验多项式 H(D)；

[0039] 5) 设定源卷积码的生成多项式矩阵阶数，遍历删余模式，构建线性方程组 Gp(D)

$H(D)^T=0$,其中 $G_P(D)$ 为生成矩阵,$H(D)^T$为校验矩阵 $H(D)$ 的转置,通过高斯消元法求解该方程组的唯一非零解,从而确定源卷积码的生成多项式和删余模式;

[0040] 6) 利用识别得到的分量编码器参数,将删余卷积码通过维特比译码得到置信度,验证识别参数的准确性。