



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99809308.4

[45] 授权公告日 2004 年 2 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1140060C

[22] 申请日 1999.8.2 [21] 申请号 99809308.4

[30] 优先权

[32] 1998. 8. 3 [33] US [31] 60/095,085

[32] 1998. 11. 19 [33] US [31] 09/196,461

[86] 国际申请 PCT/IB99/01369 1999. 8. 2

[87] 国际公布 WO00/08770 英 2000. 2. 17

[85] 进入国家阶段日期 2001. 2. 5

[71] 专利权人 诺泰网络有限公司

地址 加拿大魁北克

[72] 发明人 崔健 童文 汪瑞

M·巴库林 A·克洛玛

V·克赖因德林 Y·夏那科夫

审查员 马弛

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

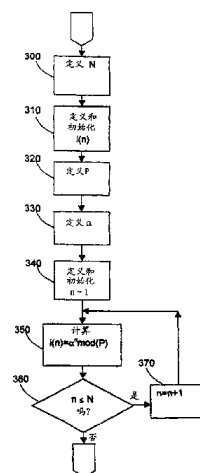
代理人 吴蓉军

权利要求书 4 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称 用于 Turbo 编码的交织器和交织方法

[57] 摘要

用于交织编码的系统和方法包括对接收到并存储在存储器中的数据帧起作用的处理器。所述处理器把数据帧部分分开并利用根据数论理论的公式获得最大数据分散射。



1. 一种用于交织具有预定尺寸的数据帧的多个部分的装置，其特征在于，包含：

用于接收和存储所述数据帧的装置；

用于将所述数据帧分成所述多个部分的装置；和

用于根据 $i(n)=\alpha^n \bmod(P)$ 置换所述多个部分的装置，其中 P 是大于所述数据帧的所述预定尺寸的质数， n 是在 1 至 $P-1$ 并包含 $P-1$ 的范围内的整数，和 α 是 P 的根，它使得 $i(n)$ 成为在 1 和所述预定尺寸之间的唯一数。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述多个部分具有预定尺寸，其中所述预定尺寸至少是 1 位。

3. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，运用特定用途集成电路(ASIC)实现用于置换的所述装置。

4. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，用于微处理器实现用于置换的所述装置。

5. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，运用软件实现所述置换。

6. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，还包括用于根据置换序列解交织所述多个部分的装置。

7. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于：

用于接收和存储所述数据帧的所述装置包括存储器，构成以接收和存储具有预定行尺寸的多行和具有预定列尺寸的多列索引的所述数据帧，其中所述预定行尺寸和所述预定列尺寸的乘积等于所述数据帧的所述预定尺寸；

用于将所述数据帧分开的所述装置包括耦连到所述存储器的处理器，用于将所述多个部分分开并根据 $i_1(n_1)=\alpha_1^{n_1} \bmod(P_1)$ 产生由多行索引的所述多个部分的置换序列，其中 P_1 是大于所述预定行尺寸的质数、 n_1 是从 1 至 P_1-1 并包含 P_1-1 范围内的整数和 α_1 是 P_1 的根，它使 $i_1(n_1)$ 成为在 1 和所述预定行尺寸之间的唯一数；和

构成所述处理器以根据 $i_2(n_2)=\alpha_2^{n_2} \bmod(P_2)$ 产生由所述多列索引的所述多个部分的置换序列，其中 P_2 是大于所述预定列尺寸的质数、 n_2 是在 1 至 P_2-1 并包含 P_2-1 的范围内的整数和 α_2 是 P_2 的根，它使得 $i_2(n_2)$ 成为在 1 和所述预定

列尺寸之间的唯一数，从而交织所述数据帧部分。

8. 如权利要求 7 所述的装置，其特征在于，所述多个部分具有预定尺寸，其中所述预定尺寸至少是 1 位。

9. 如权利要求 7 所述的装置，其特征在于，所述处理器是特定用途集成电路(ASIC)。

10. 如权利要求 7 所述的装置，其特征在于，还包括一个解交织器，其中所述解交织器根据所述置换序列 $i_1(n_1)=\alpha_1^{n_1}\bmod(P_1)$ 解交织由所述多行索引的所述多个部分。

11. 如权利要求 7 所述的装置，其特征在于，还包括解交织器，其中所述解交织器根据所述置换序列 $i_2(n_2)=\alpha_2^{n_2}\bmod(P_2)$ 解交织由所述多列索引的所述多个部分。

12. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，用于接收和存储所述数据帧的所述装置包括构成来接收和存储所述数据帧的存储器；和

用于将所述数据帧分开的所述装置包括耦连到所述存储器的处理器，用于将所述数据帧分成所述多个部分并根据 $i(n)=\alpha^n\bmod(p)$ 产生所述多个部分的所述置换序列，其中 P 是大于所述数据帧的所述预定尺寸的质数， n 是从 1 至 $P-1$ 包含 $P-1$ 的范围内的整数， α 是 P 的根，它使得 $i(n)$ 成为在 1 和所述数据帧的所述预定尺寸之间的唯一数，从而交织所述数据帧部分。

13. 如权利要求 12 所述的装置，其特征在于，所述多个部分具有预定尺寸，所述预定尺寸至少是一位。

14. 如权利要求 12 所述的装置，其特征在于，所述处理器是特定用途集成电路(ASIC)。

15. 如权利要求 12 所述的装置，其特征在于，还包括解交织器，其中所述解交织器根据所述置换序列解交织所述多个部分。

16. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，还包括：

用具有预定行尺寸的多行和具有预定列尺寸的多列索引所述数据帧的装置，其中所述预定行尺寸和所述预定列尺寸的乘积等于所述数据帧的所述预定尺寸；

用于根据 $i_1(n_1)=\alpha_1^{n_1}\bmod(P_1)$ 置换由所述多行索引的所述多个部分的装置，其中 P_1 是大于所述预定行尺寸的质数， n_1 是在 1 至 P_1-1 并包含 P_1-1 的范围内的整数，而且 α_1 是 P_1 的根，它使得 $i_1(n_1)$ 成为在 1 和所述预定行尺寸之间

的唯一数；和

根据 $i_2(n_2)=\alpha_2^{n_2}\bmod(P_2)$ 置换由所述多列索引的所述多个部分的装置，其中 P_2 是大于所述预定列尺寸的质数， n_2 是在 1 至 P_2-1 并包含 P_2-1 的范围内的整数和 α_2 是 P_2 的根，它使得 $i_2(n_2)$ 成为在 1 和所述预定列尺寸之间的唯一数。

17. 如权利要求 16 所述的装置，其特征在于，所述多个部分具有预定尺寸，其中所述预定尺寸至少是一位。

18. 如权利要求 16 所述的装置，其特征在于，通过运用特定用途集成电路(ASIC)可实现用于置换的所述装置。

19. 如权利要求 16 所述的装置，其特征在于，通过运用微处理器实现用于置换的所述装置。

20. 如权利要求 16 所述的装置，其特征在于，通过运用软件实现用于置换的所述装置。

21. 如权利要求 16 所述的装置，其特征在于，还包括用于根据所述置换序列 $i_1(n_1)=\alpha_1^{n_1}\bmod(P_1)$ 解交织由所述多行索引的所述多个部分的解交织装置。

22. 如权利要求 16 所述的装置，其特征在于，还包括用于根据所述置换序列 $i_2(n_2)=\alpha_2^{n_2}\bmod(P_2)$ 解交织由所述多列索引的所述多个部分的解交织装置。

23. 一种用来交织具有预定尺寸的数据帧的多个部分的方法，其特征在于，包含：

接收和存储所述数据帧；

把所述数据帧分成所述多个部分；和

根据 $i(n)=\alpha^n\bmod(P)$ 置换所述多个部分，其中 P 是大于所述数据帧的所述预定尺寸的质数， n 是在 1 至 $P-1$ 并包含 $P-1$ 的范围内的整数，和 α 是 P 的根，它使得 $i(n)$ 成为在 1 和所述数据帧的所述预定尺寸之间的唯一数。

24. 如权利要求 23 所述的方法，其特征在于，所述多个部分具有预定尺寸，其中所述预定尺寸至少是一位。

25. 如权利要求 23 所述的方法，其特征在于，通过运用特定用途集成电路(ASIC)实现所述置换。

26. 如权利要求 23 所述的方法，其特征在于，通过运用微处理器实现所述置换。

27. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于, 通过运用软件实现所述置换。

28. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于, 包括:

利用具有预定行尺寸的多行和具有预定列尺寸的多列索引所述数据帧, 其中所述预定行尺寸和所述预定列尺寸的乘积等于所述数据帧的所述预定尺寸;

根据 $i_1(n_1) = \alpha_1^{(n_1)} \bmod(P_1)$ 置换由所述多行索引的所述多个部分, 其中 P_1 是大于预定行尺寸的质数, n_1 是从 1 至 P_1-1 并包含 P_1-1 的范围内的整数, 而且 α_1 是 P_1 的根, 它使得 $i_1(n_1)$ 是在 1 和所述预定行尺寸之间的唯一数; 和

根据 $i_2(n_2) = \alpha_2^{(n_2)} \bmod(P_2)$ 置换由所述多列索引的所述多个部分, 其中 P_2 是大于预定行尺寸的质数, n_2 是从 1 至 P_2-1 并包含 P_2-1 的范围内的整数, 而且 α_2 是 P_2 的根, 它使得 $i_2(n_2)$ 是在 1 和所述预定列尺寸之间的唯一数, 从而交织所述数据帧部分。

29. 如权利要求 28 所述的方法, 其特征在于, 所述多个部分具有预定尺寸, 其中所述预定尺寸至少是一位。

30. 如权利要求 28 所述的方法, 其特征在于, 通过特定用途集成电路 (ASIC) 实现所述置换。

31. 如权利要求 28 所述的方法, 其特征在于, 通过微处理器实现所述置换。

32. 如权利要求 28 所述的方法, 其特征在于, 通过运用软件实现所述置换。

33. 如权利要求 28 所述的方法, 其特征在于, 还包括根据所述置换序列 $i_1(n_1) = \alpha_1^{(n_1)} \bmod(P_1)$ 解交织由所述多行索引的所述多个部分。

34. 如权利要求 28 所述的方法, 其特征在于, 还包括根据所述置换序列 $i_2(n_2) = \alpha_2^{(n_2)} \bmod(P_2)$ 解交织由所述多列索引的所述多个部分。

用于 Turbo 编码的交织器和交织方法

发明领域

本发明涉及电子通信系统，具体地说，涉及用于执行编码调制的交织器。

发明背景

已发现已知为编码调制的用来对通信信道进行编码的技术来提高电子通信系统(诸如调制解调器和无线通信系统)的误比特率(BER)。在 EP 0 235 477 中示出发送已编码信息的一个例子，它揭示了一种用来发送抗混频的经编码信息的方法和装置，从而根据由下列定律 $x_k = x_0 + k_p \text{ module } B.n$ 给出的次序交织 $B.n$ 个码元和用 n 个码元编码的 B 个码字，其中 x_0 是在序列 $B.n$ 码元中的起始点，而 p 是 $B.n$ 的第一个数， k 取在 0 和 $B.n-1$ 之间的值。可以通过相同定律产生的不同次序链接 $B.n$ 个码元的连续序列，但是具有不同起始点 x_0 和不同步长 P 。

已证明 Turbo(强力)编码调制是一种用于“随机误差”信道的实用的、功率有效及带宽有效的调制方法，上述信道的特征在于加性白高斯噪声(AWGN)或衰落。例如，在码分多址(CDMA)环境中已发现这些随机误差信道。

Turbo 编码的主要新颖性是交织器，它在将原始接收到的或发送的数据帧输入到第二编码器之前置换它们。由执行随机化算法的处理器完成置换，其结构是熟知的。将经置换的数据帧与原始数据帧组合已表明达到了在 AWGN 和衰减信道中的低误码率。交织处理以这种方法来增加数据分集，从而如果传输中经调制的码元产生畸变，那么在解码器中利用纠错算法可恢复该误差。

传统的交织器集合要发送的信号点或者将它们成帧为矩阵，其中一次顺序填充该矩阵的一行。在已成帧预定数量的信号点之后，通过顺序读出要发送的矩阵各列，使交织器为空。结果，在相同矩阵行中那些在原始信号点流中相互紧靠的信号点被其数量等于矩阵中行数的信号点隔开。理想的是，选择行和列数，从而在传输之后，相互相关的信号点被大于预计长度的该信道的突发差错隔开。然而，这是不实用的。当行数增加时，由于信号点成帧，使得信号延迟也增加。结果，对于交织器的大小有一系统约束，以将信号延迟保持在可接受

的范围内。另一方面，限制交织器的尺寸限制了时间不同(time-diverse)相互相关的信号点的分隔，因而限制了对交织器所获得的误差性能的改进。

存在两种传统的交织方法：均匀交织(即，规则的交织方法)；和非均匀交织(即，伪不规则交织方法)。在均匀交织的情况下，可由较低权重的 FC 构成较高权重的有限码字(FC)(finite code word)。因此，低权重 FC 输出序列的某一“重复模式”可在均匀交织 turbo 编码器的输出流中发生。然而，均匀交织不能有效地去相关两个编码器的输出，因此，所得 turbo 编码的最小距离不能如人们所希望的那样增加。

另一方面，不均匀交织获得更好的数据“最大分散(scattering)”和输出序列的“最大不规则”，这意味着在 turbo 编码器的输出序列中更加均匀地分扩由两个卷积编码引入的冗余。将最小距离增加到比均匀交织所需的值更大的值。对于非均匀交织的一个永久性的问题是如何获得有效的“非均匀性”，因为交织算法只能基于伪不规则方法。除了这些，实施该方案所采用的手段应可用于实际应用中。此外，传统交织器需要在编码器中的大量存储空间。传统交织矩阵还需要延迟补偿，这限制了它们在具有实时要求的应用中的用途。

因此，需要一种所要求的延迟补偿最小的交织编码的系统和方法。

本发明的目的在于提供一种提高非均匀性交织编码的系统和方法。

本发明的另一个目的在于提供一种所要求的延迟补偿最小的交织编码的系统和方法。

发明概述

根据本发明的教义，通过交织数据帧的本发明可实现这些和其它目的，其中数据帧具有预定尺寸并由各部分构成。本发明的实施例包括构成来接收和存储数据帧的存储器。一旦接收到，就由具有预定行尺寸的多行和具有预定列尺寸的多列索引数据帧。预定行尺寸和预定列尺寸的乘积等于数据帧的预定尺寸。

将处理器耦合到存储器，并用于将数据帧分成多个部分。处理器还用于产生多个部分具有的置换序列，其中根据 $i_1(n_1) = \alpha_1^{(n_1)} \bmod(P_1)$ 通过多行索引多个部分，其中 P_1 是大于预定行尺寸的质数， n_1 是范围在 1 至 P_1-1 (包括 P_1-1) 内的整数，而 α_1 是 P_1 的根。该算法使得 $i_1(n_1)$ 是在 1 和预定行尺寸之间的唯一数。

还构成处理器以产生多个部分的置换序列，其中根据 $i_2(n_2) = \alpha_2^{(n_2)} \bmod(P_2)$

通过多列索引多个部分, 其中 P_2 是大于预定列尺寸的质数, n_2 是范围在 1 至 P_2-1 (包括 P_2-1)内的整数, 而 α_2 是 P_2 的根。该算法使得 $i_2(n_2)$ 是在 1 和预定列尺寸之间的唯一数。结果是数据帧的交织部分。

附图简述

结合附图, 通过对示例实施例的详细描述, 能够更加清楚地理解本发明, 其中:

图 1 是典型的 turbo 编码器的视图。

图 2a 和 2b 是示出根据本发明经改进的 turbo 编码交织器的操作流程图。

图 3 是示出根据本发明改进的 turbo 编码交织器的另一个实施例的流程图。

发明的详细描述

本发明是一种用于交织编码的装置和方法。该交织器取每 N 数据位的输入数据帧并在第二编码器编码之前以伪随机方法来重新排列它们。本发明可在卫星通信系统、无线电话系统、调制解调器、计算机等中使用。

交织器以缺乏任何明显的次序的方法对各位进行排序。本发明可比传统交织器更好地执行, 即使在数据帧很小的情况下(即, N 大约是几千的情况下)。这是通过获得比传统交织器更加多样(diverse)的“分散”来完成的。图 1 示出了标准的 turbo 编码器。它包含两个编码器 10 和 20 以及交织器 30。编码器 10 和 20 并行连接而使交织器 30 串接与在第二编码器 20 之前。第一编码器 10 的输出是低权重编码 50, 而第二编码器 20 的输出是高权重编码 60。这些输出可以到诸如编码缩短(puncturing)机构(未图示)的装置来周期性地删除所选位以减小编码开销。此外, 还可将交织器 70 的输出直接发送到缩短机构, 当这不是必需的。此外, 本发明还可与需要编码交织的其它非 turbo 编码系统一起使用。

本发明揭示交织器的两个实施例, 它们可提高传统 turbo 编码的性能。将第一实施例称为 Galya 交织器, 而将第二实施例称为跳频(FH)交织器。这两个实施例都基于数论原理, 而且这两个实施例都可以软件或硬件来实施(即, 特定用途集成电路(ASIC)、可编程逻辑阵列(PLA)或任何其它适当的逻辑装置, 其结构是已知的)。

在第一实施例中, Galya 交织器, 信息位矩阵具有 N_1 行和 N_2 列, 从而

$N_1 * N_2 = N$ 。此外，还存在质数 P_1 和 P_2 ，它们分别大于 N_1 和 N_2 (即， $P_1 > N_1$ 和 $P_2 > N_2$)。较佳的是，这些质数应是分别大于 N_1 和 N_2 的最低质数，当不是必需的。运用传统方法可为这些质数确定初始根(initial root) α_1 和 α_2 。采用上述参数，由下列等式定义用于 Galya 交织器的位序列产生：

$i_1(n_1) = \alpha_1^{(n_1)} \bmod(P_1)$ ，其中 $n_1 = 1, 2, \dots, P_1 - 1$ ；和 $i_1(n_1) \leq N_1$ ；和

$i_2(n_2) = \alpha_2^{(n_2)} \bmod(P_2)$ ，其中 $n_2 = 1, 2, \dots, P_2 - 1$ ；和 $i_2(n_2) \leq N_2$ 。

对于 $N=256$ ， $N_1=N_2=16$ ， $P_1=P_2=17$ ， $\alpha_1=\alpha_2=3$ 。

图 2a 和 2b 示出上述实施例以软件或硬件的实施方案。上述等式可以并行或串行方法来实施。在图 2a 中，步骤 200 定义表示块长度 N_1 的参数。将用来存储位序列的阵列 $i_1(n_1)$ 定义成尺寸 N_1 并初始化(步骤 210)。接着，定义质数 P_1 大于 N_1 (步骤 220)。步骤 230 定义 N_1 的初始根，称为 α_1 。定义计数器 n_1 并将它初始化为 1(步骤 240)且每次通过循环都递增(步骤 270)。如步骤 260 所示，计数器确定何时断开(break out of)循环(步骤 250)，其中上述循环对数据帧中的每个码元的位序列， $i_1(n_1)$ ，计数。当已置换整个数据帧时，循环有条件地断开。还可调节循环以对接收到的或发送的数据帧部分进行交织。

在步骤 2b 中，步骤 400 定义表示块长度 N_2 的参数。将存储位序列的阵列定义为尺寸 N_2 并对它初始化(步骤 410)。接着，定义质数 P_2 大于 N_2 (步骤 420)。步骤 430 定义 N_2 的初始根， α_2 。定义计数器 n_2 并将它初始化为 1(步骤 440)，而且每次通过循环都递增(步骤 470)。如步骤 460 所示，计数器确定何时断开循环，上述循环对数据帧中的每个码元的位序列， $i_2(n_2)$ ，计数(步骤 450)。当已置换整个数据帧时，循环有条件地断开。还可调节循环以交织接收到的或发送的数据帧部分。

在第二实施例中，FH 交织器假设块长度(或数据帧尺寸)是 N 。此外，存在大于 N 的质数 P 。较佳的是，质数应是大于 N 的最低质数，但不是必需的。对于给定的质数，可以用传统方法找出初始根 α 。于是，例如，如果 $N=256$ ，那么 $P=257$ 和 $\alpha=3$ 。采用上述参数，由下列等式定义对于 FH 交织器的位序列产生：

$i(n) = \alpha^{(n)} \bmod(P)$ ，其中 $n = 1, 2, \dots, P - 1, i(n) \leq N$ 。

图 3 示出用软件或硬件实施上述实施例的方法。步骤 300 定义表示块长度 N 的参数。将用于存储位序列的阵列定义为尺寸 N 并初始化(步骤 310)。接着，定义质数 P 大于 N (步骤 320)。步骤 330 定义 N 的初始根， α 。定义计数器 n

并将它初始化为 1(步骤 340), 而且每次通过循环都递增(步骤 370)。如步骤 360 所示, 计数器确定何时断开循环, 上述循环对在数据帧中的每个码元的位序列 $i(n)$ 计数(步骤 350)。当置换整个数据帧时, 该循环有条件地断开。可调节循环以交织接收到的或发送的数据帧部分。

熟悉本技术领域的人员认识到可使用对于阵列 $i(n)$ 的任一初始值 $i_1(n_1)$ 或 $i_2(n_2)$, 且在本发明的范围内。例如, 初始值可包含 0、1、2, 等, 或者用不同的初始化数据可产生模板(template)。此外, 在编程过程中用不同起始值的索引是很普遍的。于是, n 、 n_1 和 n_2 可以是任何整数, 而且可因此调节循环断开条件 $n \leq N$ 、 $n_1 \leq N_1$ 、 $n_2 \leq N_2$, 并落在本发明的范围内。

所揭示的交织器可与现有的 turbo 编码结构兼容, 而且可与当前解码算法兼容。这些交织器提供超级性能, 而不增加系统复杂度。

此外, 熟悉本技术领域的人员认识到解交织器可用来解码已交织的数据帧。在现有技术中已知用于解码 turbo 编码的解交织器的结构。在此不对它们做进一步的描述。因此, 对于解交织可运用下述置换序列构成对应于第一实施例的解交织器:

$i_1(n_1) = \alpha_1^{(n_1)} \bmod(P_1)$, 其中 $n_1 = 1, 2, \dots, P_1 - 1$; 而且 $i_1(n_1) \leq N_1$; 和

$i_2(n_2) = \alpha_2^{(n_2)} \bmod(P_2)$, 其中 $n_2 = 1, 2, \dots, P_2 - 1$; 而且 $i_2(n_2) \leq N_2$ 。

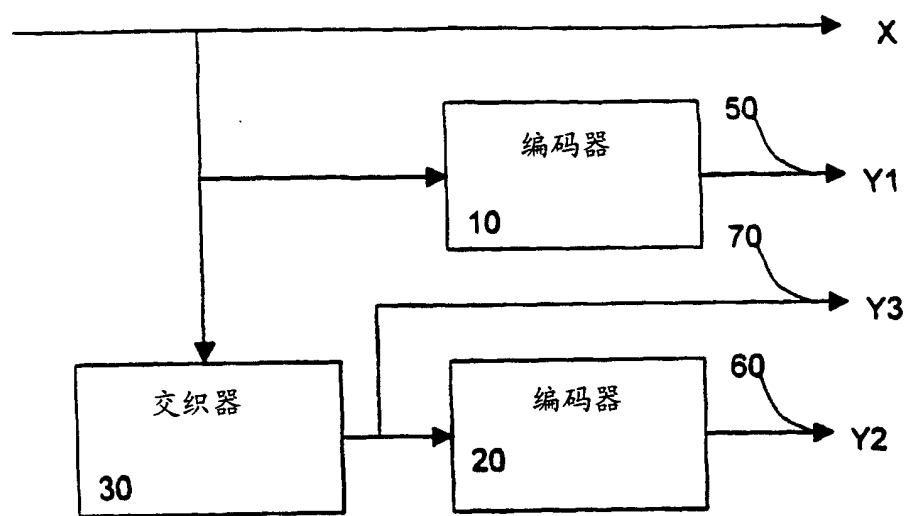
接着, 还可用下列置换序列构成对应于第二实施例的解交织器用于解交织:

$i(n) = \alpha^{(n)} \bmod(P)$, 其中 $n = 1, 2, \dots, P - 1$; 而且 $i(n) \leq N$ 。

可见, 本发明有效地获得上述目的, 这从前面的描述可显而易见。特别是, 本发明提供了一种交织编码的系统和方法。

应理解, 可对上述结构和上述操作序列进行改变, 而不偏离本发明的范围。因此, 上面的描述以及附图中所示都只是用于示例而非限制作用。

应理解, 所附权利要求书覆盖了这里所述的本发明的所有一般和特殊特征, 而且关于本发明范围的所有描述(只是语言问题)都落在其间。



现有技术

图 1

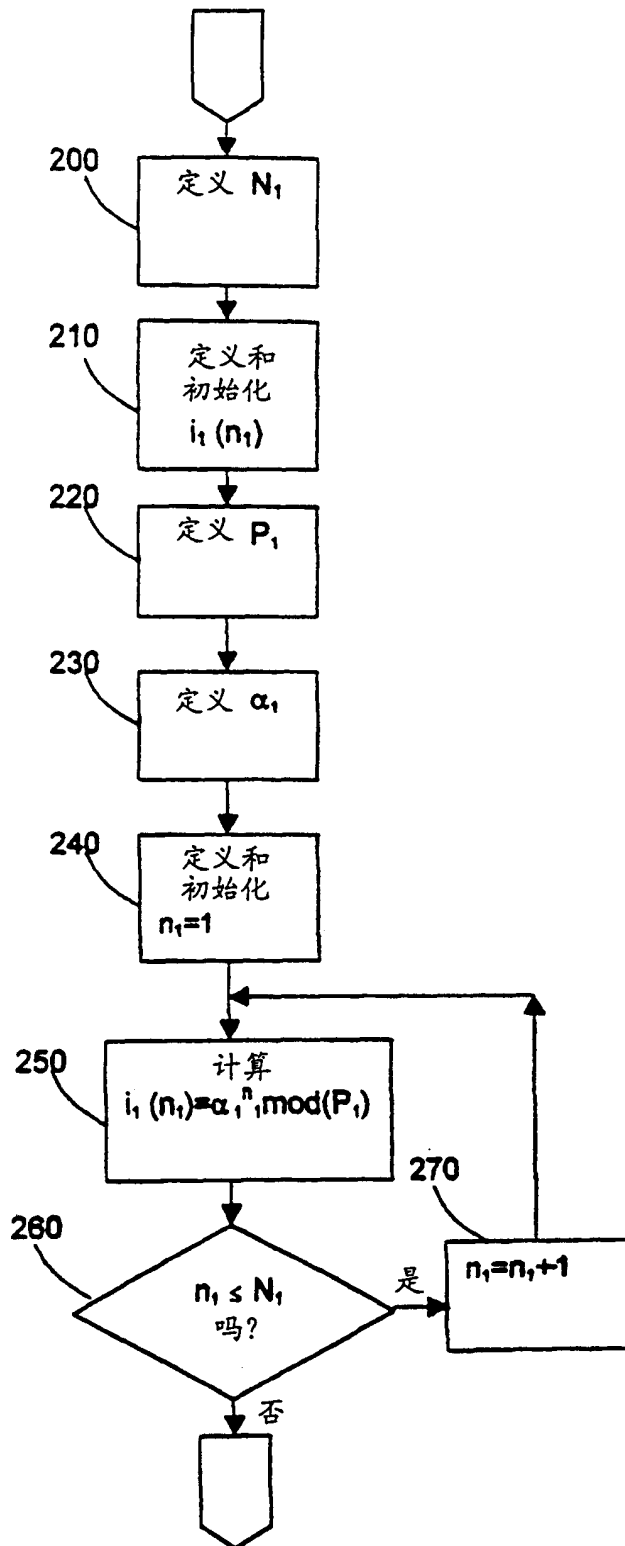


图 2a

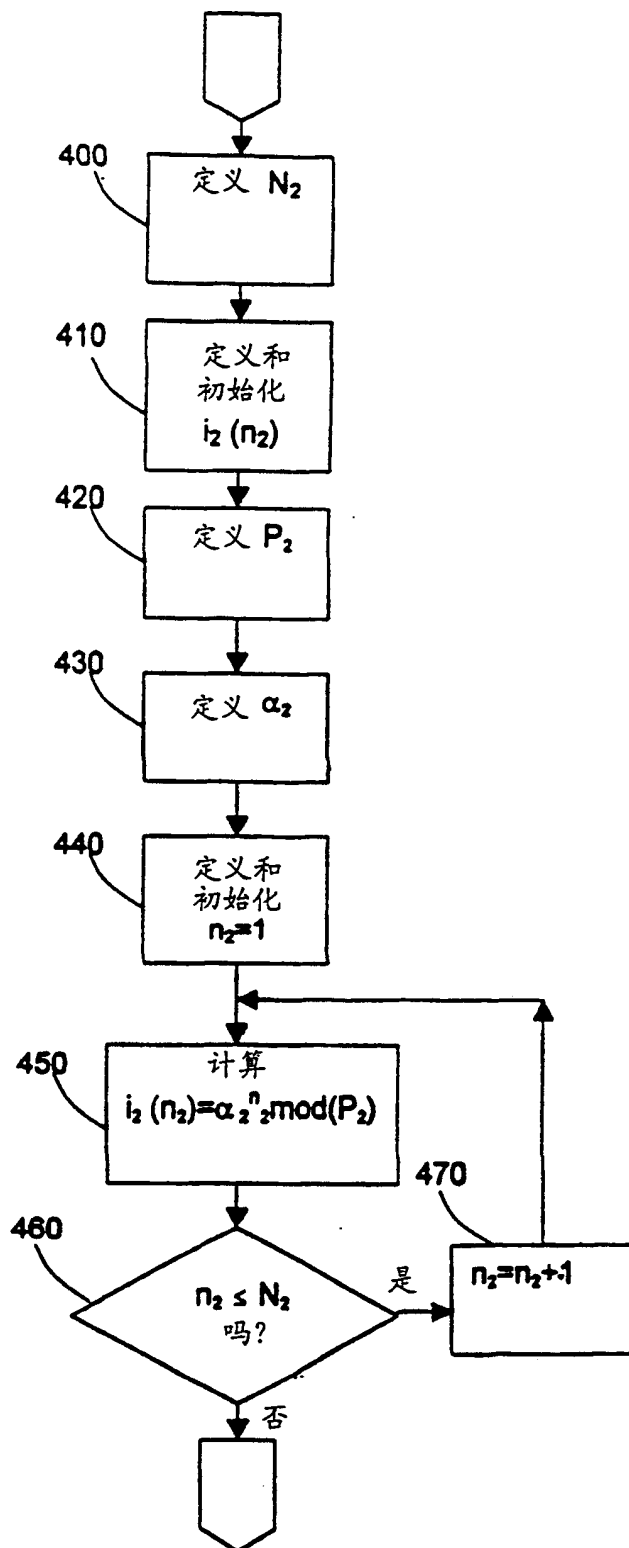


图 2b

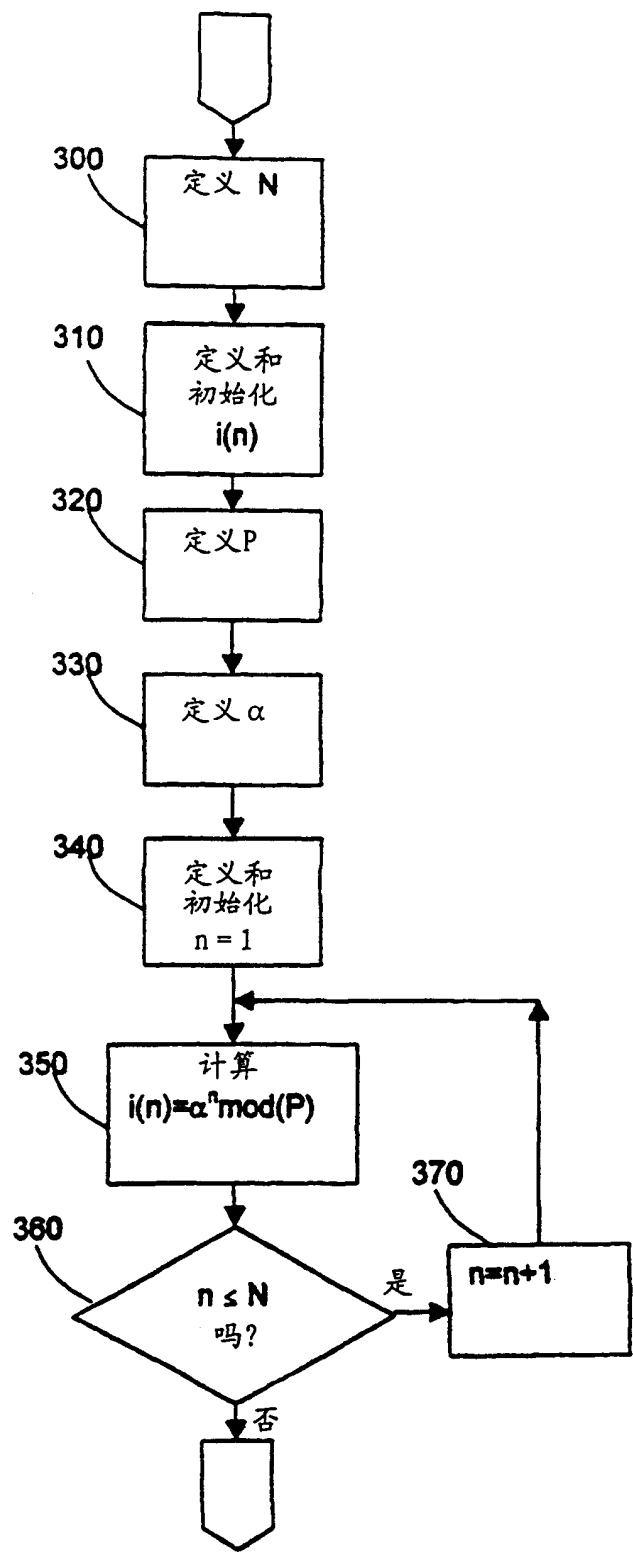


图 3