



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710303948.4

[43] 公开日 2008年7月2日

[11] 公开号 CN 101212206A

[22] 申请日 2007.12.21
 [21] 申请号 200710303948.4
 [71] 申请人 北京创毅视讯科技有限公司
 地址 100084 北京市海淀区清华科技园科技大厦 A 座 23 层 2303 室
 [72] 发明人 张 辉 王西强

[74] 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司
 代理人 龙 洪 霍育栋

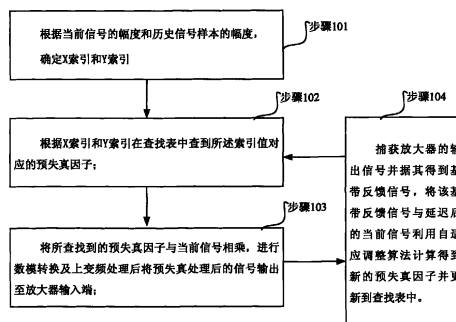
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种放大器的非线性预失真处理的方法

[57] 摘要

本发明公开了一种放大器的非线性预失真处理的方法，该方法首先根据当前信号的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 生成索引值；再根据索引值在查找表中查到所述索引值对应的预失真因子；将所查找到的预失真因子与当前信号相乘，进行数模转换及上变频处理后将预失真处理后的信号输出至放大器输入端。在预失真处理过程中，还可捕获放大器的输出信号并得到基带反馈信号，再将该基带反馈信号与延迟后的当前信号利用自适应调整算法计算得到新的预失真因子，并根据索引值将新的预失真因子写入查找表中，替换原有的预失真因子。本发明采用信号幅度计算查找表的索引值，计算简单，既能获得较好的系统性能，又降低了系统的实现复杂度。



1、一种放大器的非线性预失真处理的方法，其特征在于，包括如下步骤：

A、根据当前信号的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 生成索引值；

B、根据所述索引值在预先存有预失真因子的查找表中查到所述索引值对应的预失真因子；

C、将所述查找到的预失真因子与当前信号相乘，进行数模转换及上变频处理后将预失真处理后的信号输出至放大器输入端。

2、如权利要求 1 所述的非线性预失真处理的方法，其特征在于，所述方法进一步包括：

D、捕获放大器的输出信号并对其进行下变频及模数转换后获得基带反馈信号，再将该基带反馈信号与延迟后的当前信号利用自适应调整算法计算得到新的预失真因子，并根据索引值将新的预失真因子写入查找表中，替换原有的预失真因子。

3、如权利要求 2 所述的非线性预失真处理的方法，其特征在于，

所述查找表为二维查找表，相应地索引值包括 X 索引和 Y 索引，步骤 A 中根据当前信号样本的幅度 A_n 生成查找表的 X 索引，根据当前信号样本的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 生成 Y 索引。

4、如权利要求 3 所述的非线性预失真处理的方法，其特征在于，所述步骤 A 中根据当前信号样本的幅度 A_n 生成查找表的 X 索引的具体步骤为：

A101、将当前信号样本的幅度 A_n 的整个取值范围等分为 L_X 份并确定幅度的最大值 A_{max} ；

A102、根据所述 A_n 、 L_X 、 A_{max} 按照下述公式生成 X 索引为：

$$X = \left\lfloor \frac{A_n}{A_{max}} * L_X \right\rfloor, \text{ 当 } A_n < A_{max} \text{ 时};$$

$$X = L_X - 1, \text{ 当 } A_n \geq A_{max} \text{ 时};$$

其中, $\lfloor \bullet \rfloor$ 表示下取整数的操作; X 索引的取值范围是 $\{0, 1, \dots, L_X - 2, L_X - 1\}$ 。

5、如权利要求 3 所述的非线性预失真处理的方法, 其特征在于, 所述步骤 A 中根据当前信号样本的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 生成 Y 索引的具体步骤为:

A201、根据若干历史信号确定历史信号样本的幅度 $A_{history}$;

A202、将所述历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 与当前信号样本的幅度 A_n 进行相除操作, 得到比值 $B_n = \frac{A_{history}}{A_n}$, 确定所述比值 B_n 的最大值 B_{max} 并将 B_n 的整个取值范围等分为 L_Y 份;

A203、根据所述 B_n 、 L_Y 、 B_{max} 按照下述公式生成 Y 索引为:

$$Y = \left\lfloor \frac{B_n * L_Y}{B_{max}} \right\rfloor, \text{ 当 } B_n < B_{max} \text{ 时};$$

$$Y = L_Y - 1, \text{ 当 } B_n \geq B_{max} \text{ 时};$$

其中, $\lfloor \bullet \rfloor$ 表示下取整数的操作; Y 索引的取值范围是 $\{0, 1, \dots, L_Y - 2, L_Y - 1\}$ 。

6、如权利要求 6 所述的非线性预失真处理的方法, 其特征在于,

所述步骤 A201 中, 根据若干历史信号确定历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 时, 是通过函数形式确定的, 即历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 是历史上 M 个信号样本幅度的一个函数:

$$A_{history} = f(A_{n-M}, A_{n-M+1}, \Lambda, A_{n-1})$$

其中, M 为一个正整数, $f(\bullet)$ 表示一个函数。

7、如权利要求 7 所述的非线性预失真处理的方法, 其特征在于,

所述函数为求平均函数, 则历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 为:

$$A_{history} = \frac{A_{n-M} + A_{n-M+1} + \Lambda + A_{n-1}}{M}。$$

8、如权利要求4至7中任一项所述的非线性预失真处理的方法，其特征在于，所述当前信号样本的幅度 A_n 定义为：当前信号的虚部的模与实部的模中，两模之中的最大值加上最小值的二分之一所得之和，即

$$A_n = \max(|S_{n,I}|, |S_{n,Q}|) + \frac{1}{2} \min(|S_{n,I}|, |S_{n,Q}|),$$

其中， $S_{n,I}$ 和 $S_{n,Q}$ 分别表示信号样本 S_n 的实部和虚部。

9、如权利要求2至7中任一项所述的非线性预失真处理的方法，其特征在于，所述步骤D中采用的自适应调整算法为最小均方自适应调整算法。

10、如权利要求1至7中任一项所述的非线性预失真处理的方法，其特征在于，所述当前信号或所述历史信号是OFDM即正交频分复用信号。

一种放大器的非线性预失真处理的方法

技术领域

本发明涉及通信技术领域，尤其涉及通信设备中的一种放大器的非线性预失真处理的方法。

背景技术

放大器是电子设备中常用的一种电子器件。任何放大器都存在着线性和非线性失真的现象，尤其是高功率放大器（HPA，High Power Amplifier）则失真现象更明显，并且，随着时间的推移，由于器件的老化等因素，线性和非线性失真表现出来的特征也将发生变化。

线性失真（也称为频率失真），是由放大器电路中的线性电抗元件对不同信号频率的响应不同而引起的；线性失真只会使各频率分量信号的幅度比例关系和时间延迟关系发生变化，或者滤掉了某些频率分量的信号，而并不会增加新的频率分量的信号。

而非线性失真是由放大器电路中的非线性元件引起的；非线性失真会将正弦波变为非正弦波，它不仅包含输入信号的频率成分（基波），而且还产生了许多新的谐波成分。

因此，可以说线性失真和非线性失真尽管同样都使放大器的输出信号产生了畸变，但两种失真现象在实质上是完全不同的。其中，非线性失真因其规律性差而相比线性失真更不易消除。

多载波系统如 OFDM（正交频分复用，Orthogonal Frequency Division Multiplexing）系统，由于具有较高的峰均功率比值（PAPR，Peak-to-Average Power Ratio），与单载波系统相比，对放大器的非线性失真更为敏感。放大器的非线性失真特性还具有“记忆”特征，即放大器的当前输出信号不仅与放大器的当前输入信号有关，还与其过去的输入信号有关。因此，为了获得

较高的放大器工作效率，必须想办法消除非线性失真的负面影响。

一种常用的消除非线性失真负面影响的方法就是在信号尚未进入放大器之前对信号预先进行反失真处理，再将经反失真处理后的信号送入放大器，经过放大器的失真处理，反失真处理和失真处理的效果就会相互抵消，从而可以保证放大器的输出信号不受放大器的非线性失真特性的影响，而是表现出线性的特性。该方法一般称为非线性预失真技术。

非线性预失真技术的一种常见的实现方法是采用查找表(LUT, Look-Up Table)的方法，预先将预失真因子存储在LUT即查找表中，根据输入信号的功率对LUT进行索引，寻找到合适的预失真因子，再对输入信号进行预失真处理。

在上述非线性预失真技术中，由于非线性预失真技术的实现复杂度与LUT(查找表)的大小和信号变量的总线宽度有直接的关系，在传统的生成X和Y索引的方法中，采用了信号功率作为度量手段。与譬如信号幅度相比，信号功率是信号幅度的平方值。假设可以采用16比特来完整表示信号的幅度，那么只有采用32比特才能够完整表示信号的功率。也就是说，采用信号功率作为度量值远比采用信号幅度作为度量值需要的度量值信号总线宽度要大许多，这直接影响了系统的实现复杂度。

另一方面，系统的性能与LUT的大小存在直接的关系。从理论上说，LUT越大，LUT能够表示的信号的精细度也就越强，就越能够反映出信号的细节变化，从而系统的性能就越好；反之，系统的性能就越差。但是，LUT的大小无法无限大；或者在要求一定的系统性能下，也就是要求LUT反映的信号精细度一定的情况下，由于功率度量值的取值范围远大于幅度度量值的取值范围，所以功率法要求的复杂度将更高。

由上可知，传统的非线性预失真技术具有性能较差、复杂度较高的缺点。尤其当硬件实现时，例如采用FPGA(Field Programmable Gate Array, 现场可编程门阵列)和IC(Integrated Circuit, 集成电路)实现时，信号的数据宽度也将直接影响最终的系统复杂度。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种放大器的非线性预失真处理的方法，克服现有非线性预失真处理方法性能较差以及复杂度高的缺点，简单高效地实现非线性预失真处理。

针对上述技术问题，本发明提供了一种放大器的非线性预失真处理的方法，包括如下步骤：

A、根据当前信号的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 生成索引值；

B、根据所述索引值在预先存有预失真因子的查找表中查到所述索引值对应的预失真因子；

C、将所述查找到的预失真因子与当前信号相乘，进行数模转换及上变频处理后将预失真处理后的信号输出至放大器输入端。

所述方法进一步还包括：

D、捕获放大器的输出信号并对其进行下变频及模数转换后获得基带反馈信号，再将该基带反馈信号与延迟后的当前信号利用自适应调整算法计算得到新的预失真因子，并根据索引值将新的预失真因子写入查找表中，替换原有的预失真因子。

进一步地，在所述方法中，所述查找表为二维查找表，相应地索引值包括 X 索引和 Y 索引，步骤 A 中根据当前信号样本的幅度 A_n 生成查找表的 X 索引，根据当前信号样本的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 生成 Y 索引。

进一步地，在所述方法中，所述步骤 A 中根据当前信号样本的幅度 A_n 生成查找表的 X 索引的具体步骤为：

A101、将当前信号样本的幅度 A_n 的整个取值范围等分为 L_x 份并确定幅度的最大值 A_{max} ；

A102、根据所述 A_n 、 L_x 、 A_{max} 按照下述公式生成 X 索引为：

$$X = \left\lfloor \frac{A_n}{A_{max}} * L_x \right\rfloor, \text{ 当 } A_n < A_{max} \text{ 时};$$

$$X = L_x - 1, \text{ 当 } A_n \geq A_{max} \text{ 时};$$

其中, $\lfloor \bullet \rfloor$ 表示下取整数的操作; X 索引的取值范围是 $\{0, 1, \dots, L_X - 2, L_X - 1\}$ 。

进一步地, 在所述方法中, 所述步骤 A 中根据当前信号样本的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 生成 Y 索引的具体步骤为:

A201、根据若干历史信号确定历史信号样本的幅度 $A_{history}$;

A202、将所述历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 与当前信号样本的幅度 A_n 进行

相除操作, 得到比值 $B_n = \frac{A_{history}}{A_n}$, 确定所述比值 B_n 的最大值 B_{max} 并将 B_n 的整个

取值范围等分为 L_Y 份;

A203、根据所述 B_n 、 L_Y 、 B_{max} 按照下述公式生成 Y 索引为:

$$Y = \left\lfloor \frac{B_n}{B_{max}} * L_Y \right\rfloor, \text{ 当 } B_n < B_{max} \text{ 时};$$

$$Y = L_Y - 1, \text{ 当 } B_n \geq B_{max} \text{ 时};$$

其中, $\lfloor \bullet \rfloor$ 表示下取整数的操作; Y 索引的取值范围是 $\{0, 1, \dots, L_Y - 2, L_Y - 1\}$ 。

进一步地, 在所述方法中, 所述当前信号样本的幅度 A_n 定义为: 当前信号的虚部的模与实部的模中, 两模之中的最大值加上最小值的二分之一所得之和, 即

$$A_n = \max(|S_{n,I}|, |S_{n,Q}|) + \frac{1}{2} \min(|S_{n,I}|, |S_{n,Q}|),$$

其中, $S_{n,I}$ 和 $S_{n,Q}$ 分别表示信号样本 S_n 的实部和虚部。

所述步骤 D 中采用的自适应调整算法为最小均方自适应调整算法。所述当前信号或所述历史信号是 OFDM 即正交频分复用信号。

由于非线性预失真技术的实现复杂度与 LUT (查找表) 的大小和信号变量的总线宽度有直接的关系。应用本发明所述的非线性预失真处理方法, 采用信号幅度作为度量值来计算所需要的索引值, 所需要的度量值信号总线宽度相比与传统非线性预失真处理方法中采用信号功率作为度量手段而言, 实

现复杂度明显减小。另一方面，在一定的系统性能下，也就是要求 LUT 反映的信号精细度一定的情况下，由于功率度量值的取值范围远大于幅度度量值的取值范围，因此采用信号幅度进行预失真处理，则所要求的复杂度将更低。

附图说明

图 1 是本发明实施例中非线性预失真处理方法的流程示意图；

图 2 是本发明实施例中实现非线性预失真处理方法的系统原理框图。

具体实施方式

下面将结合附图及实施例对本发明的技术方案进行更详细的说明。

本发明提出了一种可应用于高功率放大器的非线性预失真处理的方法，该方法是一种自适应的、基于 2D (two-dimensional, 二维) 查找表的方法。主要创新点在于在该方法中提出了一种较为简单的生成查找表索引的方法，即在生成 X 和 Y 索引的方法中不采用信号功率作为度量手段，而是采用信号幅度，根据信号幅度来生成预失真处理所需的 X 和 Y 索引。本发明尤其适用于系统性能要求一定的情况下，可以降低非线性预失真处理的复杂度。

如图 1 所示，给出了本发明的非线性预失真处理的流程示意图，包括如下步骤：

步骤 101，根据当前信号的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 生成索引值；

步骤 102，根据所述索引值在预先存有预失真因子的查找表中查到所述索引值对应的预失真因子；

步骤 103，将所述查找到的预失真因子与当前信号相乘，进行数模转换及上变频处理后将预失真处理后的信号输出至放大器输入端。

步骤 104，捕获放大器的输出信号并对其进行下变频及模数转换后获得基带反馈信号，再将该基带反馈信号与延迟后的当前信号利用自适应调整算法计算得到新的预失真因子，并根据索引值将新的预失真因子写入查找表

中，替换原有的预失真因子。

如图 2 所示，描述了实现本发明实施例的非线性预失真处理方法的系统原理框图。该系统包括 OFDM 源模块、符号延迟模块、二维查找表 X 索引生成模块、二维查找表 Y 索引生成模块、查找表模块、乘法运算模块、数模转换及上变频模块、高功率放大器、延迟反馈模块、模数转换及下变频模块、自适应调整模块、以及天线。

由图 2 可知，从 OFDM 源模块输出的信号和从 LUT 即查找表模块所输出的预失真因子在乘法运算模块进行相乘运算后，获得的信号再经 DAC 即数模转换和上变频 (Up-Converter) 处理后，进入 HPA 即高功率放大器进行信号放大，最后再通过天线将信号发射出去。

所述的预失真因子存储在查找表模块中，为了从查找表模块的查找表中获得需要的预失真因子，则需要通过二维查找表的 X 索引和 Y 索引来联合索引 LUT，寻找到合适的预失真因子，然后输出到乘法运算模块与 OFDM 源模块输出的信号进行相乘后输出；

二维查找表 X 索引，是 OFDM 源模块输出的信号经符号延迟模块延迟处理后，送入 X 索引生成模块中生成的，并由该 X 索引生成模块输出 X 索引至查找表模块；

二维查找表 Y 索引，是 OFDM 源模块输出的信号经符号延迟模块延迟处理后，送入 Y 索引生成模块中生成的，并由该 Y 索引生成模块输出 Y 索引至查找表模块；

预失真因子存储在 LUT 即查找表中，而 LUT 存储的具体内容（即：不同索引对应的不同预失真因子）可通过 LMS (Least Mean Square, 最小均方) 自适应调整算法进行更新，其中，一个预失真因子就是一个复数值，与预失真因子对应的所有索引分别都对应这样一个复数值，因本实施例中 LUT 为二维表，所以此处的索引是指 X 和 Y 的联合索引；

进行更新调整时，从发射天线端通过耦合器获得放大器的输出信号，再经过下变频和 ADC 即模数转换处理，获得基带反馈信号送入自适应调整模块；同时，利用延迟反馈模块对 OFDM 源模块的 OFDM 信号进行延迟处理，

将延迟处理后的 OFDM 信号送入自适应调整模块;

自适应调整模块则利用自身的自适应算法,例如最小均方自适应调整算法,对输入的基带反馈信号和延迟处理后的 OFDM 信号进行处理,获得更新后的预失真因子;最后将新的预失真因子写入 LUT 即查找表中,替换掉 LUT 中原来的预失真因子。

下面进一步对图 2 所示系统中的各个模块做详细说明。

(1) OFDM 源模块,该模块输出的信号是经过上采样处理后的基带信号。对中国移动多媒体广播系统 CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting) 来说,OFDM 源信号可以是基带组帧后再经 3 倍上采样以后的信号序列。

(2) X 索引生成模块,用于根据当前信号样本的幅度 A_n 生成 X 索引。

假设当前信号样本为 $S_n = S_{n,I} + j \cdot S_{n,Q}$, 其中 $S_{n,I}$ 和 $S_{n,Q}$ 分别表示信号样本 S_n 的实部和虚部,则当前信号样本的幅度为 $A_n = |S_n| = \sqrt{S_{n,I}^2 + S_{n,Q}^2}$ 。由于该公式含有开根号运算,处理时实现方式较为复杂,所以可以采用一种较为简单的近似方法,当前信号样本的幅度可定义如下:

$$A_n = \max(|S_{n,I}|, |S_{n,Q}|) + \frac{1}{2} \min(|S_{n,I}|, |S_{n,Q}|)$$

在生成 X 索引时,首先将当前信号样本的幅度 A_n 的整个取值范围等分为 L_X 如 256 份,并且假设幅度的最大值为 A_{\max} 如 32,则每份的幅度间隔为 A_{\max} / L_X 如 1/8,则 X 索引的生成公式为:

$$X = \left\lfloor \frac{A_n}{A_{\max}} * L_X \right\rfloor, \text{ 当 } A_n < A_{\max} \text{ 时};$$

$$X = L_X - 1, \text{ 当 } A_n \geq A_{\max} \text{ 时};$$

其中, $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示下取整数的操作;因而, X 索引的取值范围是 $\{0, 1, \dots, L_X - 2, L_X - 1\}$ 。经过上述转换,就可利用当前信号样本的幅度 A_n 获得查找表的 X 索引。

(3) Y 索引生成模块,用于根据当前信号样本的幅度 A_n 和历史信号样

本的幅度 $A_{history}$ 生成 Y 索引。

Y 索引的生成不仅与当前信号样本的幅度 A_n 有关, 还与历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 有关。定义历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 为:

$$A_{history} = f(A_{n-M}, A_{n-M+1}, \Lambda, A_{n-1}),$$

即历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 是历史上 M 个信号样本幅度的一个函数, 其中 M 为一个正整数, $f(\bullet)$ 表示一个函数。在本发明的一个具体实施例中, 可以采用 $A_{history}$ 的一种较为简单的函数形式, 即:

$$A_{history} = \frac{A_{n-M} + A_{n-M+1} + \Lambda + A_{n-1}}{M}, \text{ 其中 M 的一种具体示例为 M=2.}$$

在生成 Y 索引时, 首先将历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 与当前信号样本的幅度 A_n 进行相除操作, 所得结果记为 $B_n = \frac{A_{history}}{A_n}$;

之后, 再将比值 B_n 的整个取值范围等分为 L_Y 如 16 份, 并且假设比值 B_n 的最大值为 B_{max} 如 4, 则每份间隔为 B_{max} / L_Y 如 1/4, 则 Y 索引的生成公式为:

$$Y = \left\lfloor \frac{B_n}{B_{max}} * L_Y \right\rfloor, \text{ 当 } B_n < B_{max} \text{ 时};$$

$$Y = L_Y - 1, \text{ 当 } B_n \geq B_{max} \text{ 时};$$

其中, $\lfloor \bullet \rfloor$ 表示下取整数的操作; 因而, Y 索引的取值范围是 $\{0, 1, \dots, L_Y - 2, L_Y - 1\}$ 。经过上述转换, 就可利用当前信号样本的幅度 A_n 和历史信号样本的幅度 $A_{history}$ 获得查找表的 Y 索引。

(4) LUT 即查找表模块, 所述 LUT 模块具体实现时为一块存储器, 其存储有大小为 $L_X * L_Y$ 如 $256 * 16$ 个元素, 每一元素的初始值可以配置全为 1。在经过自适应调整模块的调整处理后, 用更新的预失真因子根据索引值更新初始值, 作为新的预处理因子, 例如自适应调整模块采用 LMS 迭代处理更新后, 存储复数值, 为预失真因子 $\beta = \alpha \exp(j\sigma)$, 其中, j 表示复数表示法中的相位前缀, 西格玛表示相位值, 所述预失真因子本身就是复数形式。

(5) 自适应调整模块, 用于根据高功率放大器的输出信号及 OFDM 源信号利用自适应算法处理生成更新的预失真因子, 以该新的预失真因子代替

LUT 中原有的预失真因子。

由于 LUT 表为二维表，即以 X、Y 联合索引，其中，X、Y 可理解为 LUT 表中一个预失真因子的坐标值，在 LUT 表中由 X、Y 直接可查找到对应点，即可得到对应的预失真因子，初始时，预失真因子的值可均置为 1。

自适应更新预失真因子时，可以根据 X、Y 联合索引找到 LUT 表中对应位置的预失真因子，以新的预失真因子代替之前的预失真因子，则可以实现自适应更新，使得从 LUT 表中查到的预失真因子更加准确。

本实施例中，自适应调整模块为 LMS 自适应调整模块，采用 LMS 自适应调整算法对高功率放大器的输出信号及 OFDM 源信号进行自适应调整处理。在自适应调整过程中，每输入一个信号样本，下述的 LMS 迭代方程组就运算一次，并且将更新后的预失真因子写入 LUT 中。LMS 迭代方程组描述如下：

$$e_{\rho} = \rho_{in} - \rho_{out}$$

$$e_{\theta} = \theta_{in} - \theta_{out}$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + e_{\rho} * \mu_{\rho}$$

$$\sigma_{i+1} = \sigma_i + e_{\theta} * \mu_{\theta}$$

其中：

e_{ρ} 和 e_{θ} 分别表示经延迟处理后的 OFDM 源信号样本和对应的经耦合器反馈回来的放大器输出信号样本之间的幅度差和相位差；

α 和 σ 分别表示预失真因子 β 的幅度和相位，下标 i 对应于原来的预失真因子，下标 $i+1$ 对应于更新后的预失真因子；

μ_{ρ} 和 μ_{θ} 分别表示幅度 LMS 步进因子和相位 LMS 步进因子。

步进因子可以影响 LMS 算法的收敛速度，以及预失真算法的性能。设置好合适的参数，以及 OFDM 源输出足够多的数据后，预失真算法就可以收敛。作为一种应用示例，为了计算的简便，可以将步进因子分别设置为 2^{-k} ，其中 k 为正整数，如设置步进因子为 $1/8$ 。在本发明的其它实施例中，两个步进因子可以一样，也可以不一样；可以都设置为 2 的负幂次方形式，具体的幂次可以不一样。

本发明的非线性预失真处理方法可对付有记忆型的 AB 类放大器；更进一步地，可以更好地应用于 OFDM 系统。HPA 放大器的一种供仿真用的模型为 AB 类，有记忆型，其数学表达式如下：

$$x_{out}(n) = \sum_{p=1, \text{odd}}^P \sum_{q=0}^Q a_{pq} x_{in}(n-q) |x_{in}(n-q)|^{p-1}$$

从一个实际的记忆型的 AB 类放大器中得到的参数如下：

$$a_{10} = 1.0513 + 0.0904j \quad a_{30} = -0.0542 - 0.2900j$$

$$a_{50} = -0.9657 - 0.7028j \quad a_{11} = -0.0680 - 0.0023j$$

$$a_{31} = 0.2234 + 0.2317j \quad a_{51} = -0.2451 - 0.3735j$$

$$a_{12} = 0.0289 - 0.0054j \quad a_{32} = -0.0621 - 0.0932j$$

$$a_{52} = 0.1229 + 0.1508j$$

仿真表明，应用本发明提出的高功率放大器的非线性预失真处理方法，不再采用功率来生成 LUT 即查找表的 X、Y 索引，而是采用信号样本的幅度来生成 X、Y 索引，使得所得 X、Y 索引计算简单，既能获得较好的系统性能，又能以较低的复杂度实现。在评估性能优劣的星座图中，可以获得比较清晰的星座图，表明采用本发明的非线性预失真处理技术可以获得较好的系统性能。

当然，本发明还可有其他多种实施例，在不背离本发明精神及其实质的情况下，熟悉本领域的技术人员当可根据本发明作出各种相应的改变和变形，但这些相应的改变和变形都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

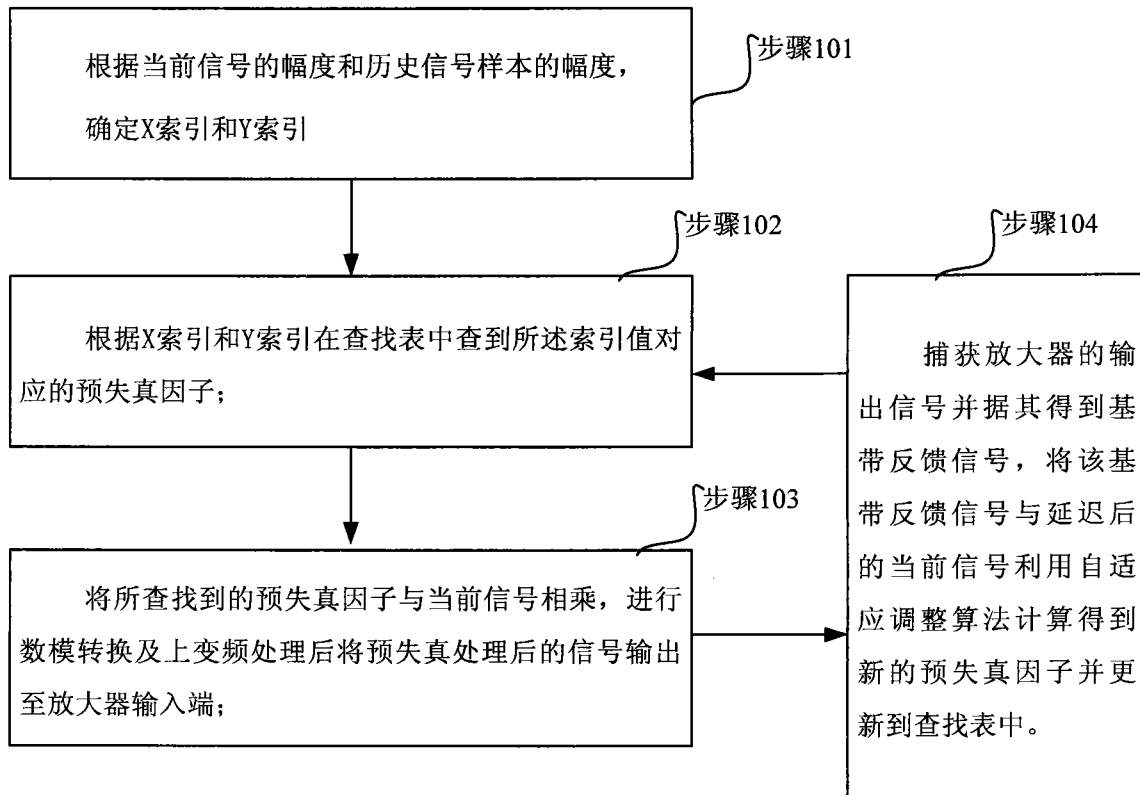


图 1

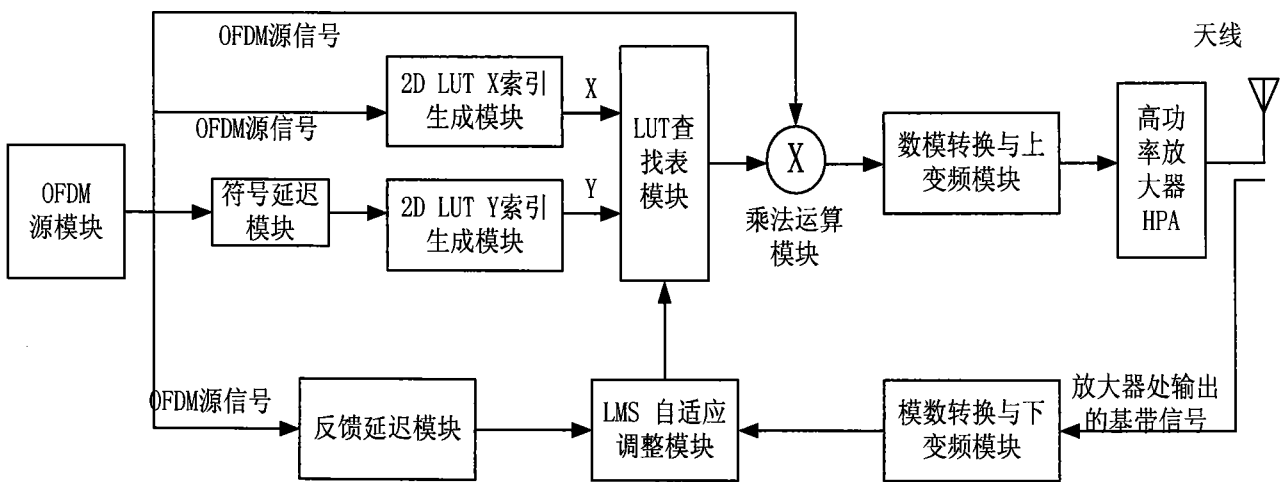


图 2