

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(10) 国际公布号
WO 2012/167555 A1

(43) 国际公布日
2012年12月13日 (13.12.2012) WIPO | PCT

- (51) 国际专利分类号:
H04L 25/06 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/082240
- (22) 国际申请日: 2011年11月15日 (15.11.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 吕瑞 (LV, Rui) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 北京三高永信知识产权代理有限责任公司 (BEIJING SAN GAO YONG XIN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市海淀区学院路蓊门里和景园 A-1-102, 100088 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布(细则48.2(h))。

[见续页]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR CORRECTING IN-PHASE AND QUADRATURE SIGNALS

(54) 发明名称: 一种校正同相正交信号的方法和装置

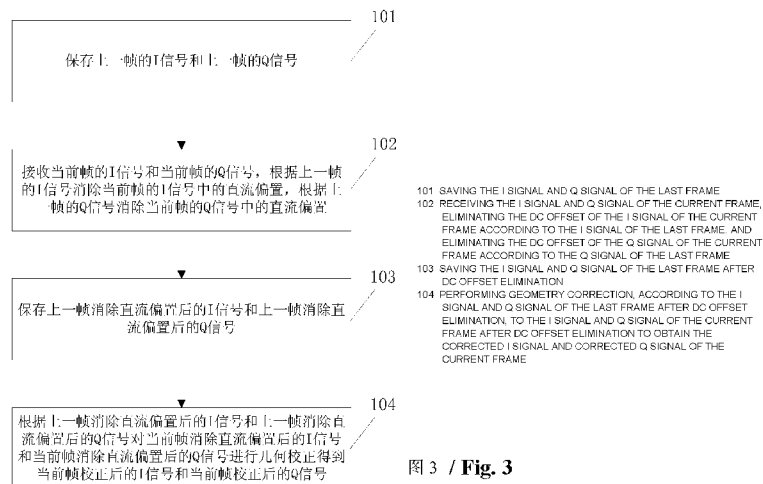


图3 / Fig. 3

(57) Abstract: Disclosed in the present invention are a method and apparatus for correcting in-phase and quadrature signals are, which belong to the field of signal processing. The method comprises: saving the I signal and Q signal of the last frame output by the receiving front end; eliminating, according to said I signal and Q signal of the last frame, the DC offset of the I signal and Q signal of the current frame; and performing geometry correction, according to the I signal and Q signal of the last frame after DC offset elimination, to the I signal and Q signal of the current frame after DC offset elimination to obtain the corrected I signal and corrected Q signal of the current frame. The present invention can eliminate the distortion of I and Q signals and the contortion of the I and Q signal constellation, so as to facilitate the following signal processing and demodulation. And the nonuse of hardware can greatly reduce the hardware cost.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2012/167555 A1



-
- 根据申请人的请求，在条约第 21 条(2)(a)所规定的期限届满之前进行。

本发明公开了一种校正同相正交信号的方法和装置，属于信号处理领域。所述方法包括：保存接收前端输出的上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号，根据所述上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号消除当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号的直流偏置，并根据所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号对所述当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。本发明可以消除 IQ 信号的失真，消除 IQ 信号星座图的扭曲，便于后续信号处理和解调，并且不采用硬件，能够极大的降低硬件成本。

一种校正同相正交信号的方法和装置

技术领域

5 本发明涉及信号处理领域，特别涉及一种校正同相正交信号的方法和装置。

背景技术

10 信号处理技术中，通常将复数信号通过正交采样分为 I (In-Phase, 同相) 信号和 Q (Quadrature-Phase, 正交) 信号两路信号 (即 IQ 信号, 也可写为 I/Q 信号)。在通信系统中, 发送端利用混频器将 IQ 信号调制到正交载波上传输出去, 如图 1 所示; 接收端则利用正交载波将 IQ 信号解调分离, 如图 2 所示。复数信号的正确分解与合成, 要求 IQ 两路信号具有相同的幅度增益和绝对正交的相位差。

在实现本发明的过程中, 发明人发现现有技术至少存在以下问题:

15 在实际系统中, 由于混频器、DAC (Digital-Analog Converter, 数模转换器)、ADC (Analog-Digital Converter, 模数转换器) 和滤波器的不理想, 以及传输通道特性的不一致, IQ 信号的幅度增益并不完全相同; 由于移相器的不理想和通道相位的非线性失真, IQ 信号的相位也不完全正交; 同时, 系统中的本振泄露等因素还会导致 IQ 信号产生直流偏移的问题。因此, 在实际通信系统中, 接收端得到的 I、Q 信号 s_I' 和 s_Q' 往往是发送 I、Q 信号 s_I 和 s_Q 的失真耦合, 具体关系如公式 (1) (2) 所示:

$$20 \quad s_I' = DC_I + a_I \times (s_I \cos(\psi_I) + s_Q \sin(\psi_I)) \quad (1)$$

$$s_Q' = DC_Q + a_Q \times (s_Q \cos(\psi_Q) - s_I \sin(\psi_Q)) \quad (2)$$

其中 DC_I 和 DC_Q 分别表示 I、Q 信号的直流偏置, a_I 和 a_Q 分别表示对 I、Q 信号的增益幅度, ψ_I 和 ψ_Q 则分别表示 I、Q 信号的相位偏转量。

25 IQ 信号的失真将直接导致接收信号星座图的扭曲畸变, 极大地影响了后续均衡和解调的性能。虽然目前能够依靠提高电路元器件质量与改进电路设计的方法能够降低信号失真的程度, 但这种方式将产生极大的硬件成本。

发明内容

为了解决现有的 IQ 信号的失真问题, 本发明实施例提供了一种校正 IQ 信号的方法和装置。所述技术方案如下:

一种校正 IQ 信号的方法，所述方法包括：

保存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号；

接收当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号，根据所述上一帧的 I 信号消除当前帧的 I 信号中的直流偏置，根据所述上一帧的 Q 信号消除当前帧的 Q 信号中的直流偏置；

5 保存上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号；

根据上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号对当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

10 一种校正 IQ 信号的装置，其特征在于，所述装置包括：

第一保存模块，用于保存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号；

第一校正模块，用于接收当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号，根据所述第一保存模块保存的所述上一帧的 I 信号消除当前帧的 I 信号中的直流偏置，根据所述第一保存模块保存的所述上一帧的 Q 信号消除当前帧的 Q 信号中的直流偏置；

15 第二保存模块，用于保存所述第一校正模块得到的上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号；

第二校正模块，用于根据所述第二保存模块保存的上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号对当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

20

本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是：通过缓存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号，并根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号对当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号进行直流偏置消除和几何校正，可以消除 IQ 信号的失真，消除 IQ 信号星座图的扭曲，便于后续信号处理和解调，并且不采用硬件，能够极大的降低硬件成本。

25

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的

30 附图。

图 1 是本发明背景技术中提供的 IQ 信号调制示意图；

图 2 是本发明背景技术中提供的 IQ 信号解调分离示意图；

图 3 是本发明实施例 1 中提供的校正 IQ 信号的方法的流程示意图；

图 4 是本发明实施例 2 中提供的对接收前端输出的 IQ 信号进行校正的示意图；

图 5 是本发明实施例 2 中提供的一种校正同相正交信号的方法的流程示意图；

5 图 6 是本发明实施例 2 中提供的正常 IQ 信号与失真 IQ 信号的星座图对比示意图；

图 7 是本发明实施例 2 中提供的消除 IQ 信号直流分量的示意图；

图 8 是本发明实施例 2 中提供的上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号的星座图；

图 9 是本发明实施例 2 中提供的经变换后的上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号的星座图；

10 图 10 是本发明实施例 2 中提供的对当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号进行几何校正的示意图；

图 11 是本发明实施例 2 中提供的对当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的 Q 信号使用一阶自适应滤波结构进行逐符号修正的示意图；

图 12 是本发明实施例 2 中提供的在 MIMO 系统中对 IQ 进行校正的第一种方式的示意图；

15 图 13 是本发明实施例 2 中提供的在 MIMO 系统中对 IQ 进行校正的第二种方式的示意图；

图 14 是本发明实施例 3 中提供的一种校正 IQ 信号的装置的结构示意图；

图 15 是本发明实施例 3 中提供的一种校正 IQ 信号的装置中的第一校正模块的结构示意图；

20 图 16 是本发明实施例 3 中提供的一种校正 IQ 信号的装置中的第二校正模块的第一种结构示意图；

图 17 是本发明实施例 3 中提供的一种校正 IQ 信号的装置中的第二校正模块的第二种结构示意图；

图 18 是本发明实施例 3 中提供的一种校正 IQ 信号的装置中的第二校正模块的第三种结构示意图；

25 图 19 是本发明实施例 3 中提供的一种校正 IQ 信号的装置的第二种结构示意图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

30 实施例 1

如图 3 所示，本实施例提供了一种校正 IQ 信号的方法，具体如下：

101、保存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号；

102、接收当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号，根据上一帧的 I 信号消除当前帧的 I 信号中的直流偏置，根据上一帧的 Q 信号消除当前帧的 Q 信号中的直流偏置；

103、保存上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号；

5 104、根据上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号对当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

本发明实施例所提供的一种校正 IQ 信号的方法，通过缓存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号，并根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号对当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号进行直流偏置的消除和几何校正，可以消除 IQ 信号的失真，消除 IQ 信号星座图的扭曲，便于后续信号处理和解调，并且不采用硬件，能够极大的降低硬件成本。

实施例 2

15 本实施例提供了一种校正同相正交信号的方法，如图 4 所示，通过本方法可对接收前端输出的 IQ 信号进行校正，以消除失真。

如图 5 所示，以下对一种校正同相正交信号的方法进行详细说明，具体如下：

201 保存接收前端输出的上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号，并接收当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号；

20 其中，上一帧指当前时刻之前的一段连续的信号数据，其长度可根据需求进行设定。

202、根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号消除当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号的直流偏置；

需要说明的是，正常 IQ 信号的星座图以原点为中心，而直流偏置将导致 IQ 信号的星座图出现整体的偏移，因此，如图 6 所示，在本步骤中进行直流失真的消除。

25 如图 7 所示，根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号消除当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号的直流偏置，具体包括：

对接收前端输出的上一帧的 I 信号进行缓存，对该上一帧的 I 信号的平均电平值进行统计得到直流偏置量，根据上一帧的 I 信号的直流偏置量消除当前帧的 I 信号的直流分量；

30 对接收前端输出的上一帧的 Q 信号进行缓存，对该上一帧的 Q 信号的平均电平值进行统计得到直流偏置量，根据上一帧的 Q 信号的直流偏置量消除当前帧的 Q 信号和的直流偏置。

其中，如图 7 所示，在本步骤 202 中，具体地，根据上一帧 I 信号的直流偏置量消除当前帧的 I 信号的直流偏置 DC_I ，根据上一帧 Q 信号的直流偏置量消除当前帧的 Q 信号的直流偏置 DC_Q 。

在本实施例中，一帧的时间长度具体为 200~500 符号，并且在本实施例中，规定 1 秒
5 =500 符号。

需要说明的是，在根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号的直流偏置量消除当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号的直流偏置之后，本方法还包括：

保存上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号；

203、根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号的对当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和
10 当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正；

在本实施例中，以 M-QAM (Multi-Level Quadrature Amplitude Modulation, 多电平正交调幅) 信号为例对进行几何校正的方法进行说明，由于失真矩阵的对称性，失真 IQ 信号的不平衡星座图是关于坐标原点对称的，相应地，根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号的对当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校
15 正，具体包括：

203-1、缓存上一帧的消除直流偏置后的 I 信号和上一帧的消除直流偏置后的 Q 信号，并以星座图进行表示；

其中，如图 8 所示，为上一帧的 I 消除直流偏置后的信号和上一帧的消除直流偏置后的 Q 信号的星座图，在本实施例中，以上一帧的消除直流偏置后的 I 信号和上一帧的消除
20 直流偏置后的 Q 信号未经过校正进行说明，则该图关于原点对称。

203-2、将上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号的星座图的第 3、4 象限沿着原点旋转 180 度后，与第 1、2 象限重合，分别统计第 1、2 象限内上一帧所有符号的均值矢量得到第一矢量 OA 和第二矢量 OB；

203-3、根据第一矢量 OA 和第二矢量 OB 计算得到第三矢量 OC、第四矢量 BA，并计算
25 得到第四矢量 BA 与 X 轴的夹角 α ；

在本实施例中，第三矢量 OC、第四矢量 BA 及夹角 α 具体如图 9 所示：

其中，第三矢量 OC 为第一矢量 OA 和第二矢量 OB 的平均矢量，为经过将第一矢量 OA 和第二矢量 OB 求和后除以 2 得到；

第四向量 BA 为第一矢量 OA 和第二矢量 OB 之差。

30 需要说明的是，夹角 α 反映了星座图的整体旋转，第三矢量 OC 与 Y 轴的夹角 β 则反映了 Q 信号分量的相对 Y 轴的旋转偏移，而 $|BA|$ 、 $|OC|$ 则反映了 I、Q 信号间的相对幅值失真。

203-4、根据第三矢量 OC、第四矢量 BA 和夹角 α 对当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正。

在本实施例中，几何校正具体为使用上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号在信号空间中的两个统计矢量来判断上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号的 IQ 不平衡形状，并通过统计矢量的参数步进式地调整当前帧 IQ 信号的增益和旋转，最终得到平衡的 IQ 信号。

具体地，如图 10 所示，根据第三矢量 OC、第四矢量 BA 和夹角 α 对当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正包括：

将当前帧的消除直流偏置后的 I 信号与第四矢量 BA 相乘，得到校正后的 I 信号，将当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号与夹角 α 相乘后，再与第三向量 OC 相乘，得到校正后的 Q 信号。

其中，夹角 α 为第四矢量 BA 与 X 轴的夹角，可通过对第四矢量 BA 取角度得到。

需要说明的是，在步骤 203-4 之前，本方法还可以包括：

对第三向量 OC 和第四向量 BA 进行步长控制，从而避免校正量过大而引起过补偿，造成振荡失真。

204、判断旁路开关是否被切断，如果是，执行步骤 205，如果不是，执行步骤 206；

需要说明的是，在步骤 203 进行几何校正后，IQ 信号的失真已经被补偿到了一个很小的程度。在调制阶数较低的通信系统中，与系统噪声相比，校正后的剩余失真度已不是影响后续判决误码的主要因素。为了减小校正算法复杂度、简化系统结构，可以通过旁路开关将几何校正后的 IQ 信号直接送入后续的基带处理模块，同时切断判决反馈环路。

在调制阶数较高的系统中，为了进一步提高 IQ 信号失真补偿的精度，同时，由于高阶调制下，几何校正中统计的帧长度更大，会造成更大的时延，为了进一步提高突变失真的实时跟踪能力，通过切断旁路开关，可激活后续的自适应跟踪模块，并闭合判决反馈环路。

205、根据一阶自适应滤波结构对当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的修正；

进一步地，根据一阶自适应滤波结构对当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的修正，具体包括：

利用权重系数 $C_I(k)$ 和 $C_Q(k)$ 根据公式 (3) 对当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号信号分别进行失真补偿，公式 (3) 如下：

$$\begin{cases} s_I(k) = C_I(k) \cdot s'_I(k) \\ s_Q(k) = C_Q(k) \cdot s'_Q(k) \end{cases} \quad (3)$$

其中， $s'_I(k)$ 为进行失真补偿前的 I 信号，也即当前帧校正后的 I 信号， $s'_Q(k)$ 为进行

失真补偿前的 Q 信号,也即当前帧校正后的 Q 信号, $s_I(k)$ 为进行失真补偿后的 I 信号, $s_Q(k)$ 为进行失真补偿后的 Q 信号, k 表示第 k 符号。

并且, 本发明实施例提供了根据上述方法, 通过逻辑电路进行实现一阶自适应滤波结构对当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的修正的方式, 具体如图 11 所示:

在自适应跟踪电路的接收端, 分别接收经过几何校正的当前帧的 I 信号 $s'_I(k)$ 和 Q 信号 $s'_Q(k)$, 并使 $s'_I(k)$ 和 $s'_Q(k)$ 分路传输, 其中, $s'_I(k)$ 和 $s'_Q(k)$ 的第一分路上布置有乘法器, 并通过乘法器与对应的权重系数相乘, 得到修正后的当前帧的 I 信号 $s_I(k)$ 和修正后的当前帧的 Q 信号 $s_Q(k)$ 。

需要说明的是, 在利用一阶自适应滤波结构对当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的修正后, 将当前帧修正后的 I 信号和当前帧修正后的 Q 信号合成为复信号, 将该复信号进行基带处理之后, 解调器对该复信号进行判决后输出, 并反馈判决结果 Y。

相应地, 如图 11 所示, 本方法还包括: 根据校正后的复信号与解调器反馈的判决结果 Y 的误差来修正两个权重系数 C_I 和 C_Q , 使得两个系数沿误差减小的梯度方向变化, 不断逼近 IQ 信号中的失真分量, 将其补偿, 具体使用如下公式 (4) 来修正两个权重系数 C_I 和 C_Q :

$$\begin{cases} C_I(k+1) = C_I(k) + \mu[Y(k) - S(k)]s'_I(k) \\ C_Q(k+1) = C_Q(k) - \mu[Y(k) - S(k)]^*s'_Q(k) \end{cases} \quad (4)$$

其中, $C_I(k+1)$ 为对第 k+1 符号的 I 信号进行修正时的权重系数, $C_Q(k+1)$ 为对第 k+1 符号的 Q 信号进行修正时的权重系数, $C_I(k)$ 为对第 k 符号的 I 信号进行修正时的权重系数, $C_Q(k)$ 为对第 k 符号的 Q 信号进行修正时的权重系数, $Y(k)$ 为经过判决后输出的由第 k 符号 I 信号和 Q 信号组成的复信号, $S(k)$ 为判决前输出的由第 k 符号 I 信号和 Q 信号组成的复信号, $s'_I(k)$ 为进行失真补偿前的 I 信号, $s'_Q(k)$ 为进行失真补偿前的 Q 信号, μ 表示系数更新的步长, *表示取共轭操作。

根据一阶自适应滤波结构对 I 信号和 Q 信号进行逐符号的修正时, 以解调器反馈的判决输出结果 Y 为参考, 自适应算法能够将 I 信号和 Q 信号向无失真的标准星座点上修正, 以实现精确补偿; 同时逐符号的修正和更新能够快速响应失真的实时变化, 更好地跟踪失真。

具体地, 如图 11 所示提供的自适应跟踪的逻辑电路也提供了对权重进行自适应调整的方式:

修正后的当前帧的 I 信号 $s_I(k)$ 和修正后的当前帧的 Q 信号 $s_Q(k)$ 经过加法器运算后,

合成为复信号 S，解调器对复信号 S 进行判决后反馈判决结果 Y，复信号 S 与判决结果 Y 经过减法器运算后，再经过步长控制调整，分别进入 $s'_I(k)$ 和 $s'_Q(k)$ 的第二分路，经过上述公式 (4) 的运算后，得到修正后的权重系数。

206、对上一帧的进行失真补偿后的 I 和上一帧的进行失真补偿后的 Q 信号进行基带处
5 理。

需要说明的是，以上实施例所述内容适用于在微波通信回传系统中的应用，如图 4 所示，一个 IQ 信号输入端口，信号形式为 I、Q 两路的并行信号；一个开关控制输入端口，信号形式为一路的二进制信号；一个判决反馈输入端口，信号形式为一路复信号；一个旁路 IQ 信号输出端口，信号形式为 I、Q 两路的并行信号；一个自适应校正输出端口，信号
10 形式为一路复信号。

在低调模式下，旁路开关信号保持合闭状态，只进行直流校正和几何校正，校正后的 IQ 信号从旁路端口输出至后续处理模块，反馈输入端口和自适应跟踪校正输出端口无信号流。

在高调模式下，旁路开关信号保持开启状态，自适应跟踪校正被激活，校正后的复信
15 号从自适应跟踪校正输出端口输出，判决后的复信号反馈输入端口输入，旁路输出端口无信号流。

在自适应调制模式下，调制阶数根据系统的接收信噪比自适应的变化，此时，IQ 校正既可以根据调制模式的高低切换旁路开关信号，激活或旁路掉自适应跟踪模块；也可以保持旁路开关的闭合，长期激活自适应跟踪模块，减少切换。

20 进一步地，上述方法还可应用于在多输入多输出 (MIMO, Multiple-Input Multiple-Output) 微波通信系统中，根据本发明提供的方法，在对 MIMO 系统中的 IQ 信号进行校正时，可提供两种方式：

第一种方式，具体如图 12 所示：

收发两端利用多个天线阵列实现点对点的通信回传，在 MIMO 系统中多路信号流同时在
25 收发天线阵列间传输，接收前端依靠后端的 MIMO 解码恢复多路信号流中的数据。具体地，多个接收前端连接有对应的 IQ 校正模块，出于复杂度的考虑系统的调制阶数不是很高，因此在 IQ 校正时自适应跟踪校正被旁路，且 IQ 校正工作于无判决反馈状态，接收前端接收的信号经上述 IQ 校正后，由 MIMO 系统进行解码并进行基带处理，其中，在本方式中，IQ 校正方法与上述实施例相同，这里不再赘述。

30 在第一种方式中，IQ 校正模块的无反馈状态将大大简化带有 IQ 校正的 MIMO 系统的结构，它使得各路 IQ 信号后续基带处理的结构能够综合在一起。

第二种方式，具体如图 13 所示：

图 13 所示的 IQ 信号的校正方式，在图 12 的基础之上，在每个支路中增加了辅助产生反馈信号辅助处理模块和预判决模块，预判决和辅助处理是针对单路信号的数字处理，其判决结果为当前支路进行 IQ 信号的校正提供参考依据。需要说明的是，每个支路的判决结果
5 仅为当前支路进行 IQ 信号的校正提供参考依据，并不形成最终的解码结果，最终的解码和判决输出是由 MIMO 系统解码和基带处理模块产生的。

需要说明的是，在图 13 所示的 IQ 信号的校正方式中，因此每个支路需要包含独立的反馈环路，因此，基带处理中辅助产生反馈信号的功能模块必须被修改、提出，分别放入多路信号的处理支路中，反馈不但使得系统结构复杂化，而且对解码和功能模块的分割造
10 成了很大的难度。

本发明实施例所提供的一种校正 IQ 信号的方法，通过缓存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号，并根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号对当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号进行直流偏置消除和几何校正，可以消除 IQ 信号的失真，消除 IQ 信号星座图的扭曲，便于后
15 续信号处理和解调，并且不采用硬件，能够极大的降低硬件成本。

实施例 3

如图 14 所示，本实施例提供了一种校正 IQ 信号的装置，该装置包括：

第一保存模块 301，用于保存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号；

20 第一校正模块 302，用于接收当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号，根据第一保存模块 301 保存的上一帧的 I 信号消除当前帧的 I 信号中的直流偏置，根据第一保存模块保存的上一帧的 Q 信号消除当前帧的 Q 信号中的直流偏置；

第二保存模块 303，用于保存第一校正模块 302 得到的上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号；

25 第二校正模块 304，用于根据第二保存模块 303 保存的上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号对当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

进一步地，如图 15 所示，第一校正模块 302，具体包括：

30 第一统计单元 3021，用于对上一帧的 I 信号的平均电平值进行统计得到上一帧的 I 信号的直流偏置量，根据上一帧的 I 信号的直流偏置量消除当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号的直流偏置；

第一校正单元 3022, 用于对上一帧的 Q 信号的平均电平值进行统计得到上一帧的 Q 信号的直流偏置量, 根据上一帧的 Q 信号的直流偏置量消除当前帧的 Q 信号的直流偏置。

进一步地, 如图 16 所示, 第二校正模块 304, 具体包括:

转换单元 3041, 用于将上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号使用星座图进行表示;

第二统计单元 3042, 用于分别统计上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 1、2 象限内的均值矢量得到第一矢量和第二矢量;

第一计算单元 3043, 用于根据第一矢量和第二矢量计算得到第三矢量、第四矢量, 并计算得到第四矢量与 X 轴的夹角 α , 其中, 第三矢量为第一矢量和第二矢量的平均矢量, 第四矢量为第一矢量和第二矢量的差;

第二校正单元 3044, 用于根据第三矢量、第四矢量和夹角 α 对当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

进一步地, 如图 17 所示, 第二校正模块 304, 还包括:

旋转单元 3045, 用于在第二统计单元 3042 分别统计上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 1、2 象限内的均值矢量得到第一矢量和第二矢量之前, 将上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 3、4 象限沿着原点旋转 180 度。

进一步地, 第二校正单元 3044, 具体包括:

第一校正子单元 30441, 用于将当前帧的消除直流偏置后的 I 信号与第四矢量相乘, 得到当前帧校正后的 I 信号;

第二校正子单元 30442, 用于将当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号与夹角 α 相乘后, 再与第三向量相乘, 得到当前帧校正后的 Q 信号。

进一步地, 如图 18 所示, 第二校正模块 304, 还包括:

步长控制单元 3046, 用于在第二校正单元 3044 根据第三矢量、第四矢量和夹角 α 对当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号之前, 对第三向量和第四向量进行步长控制。

进一步地, 如图 19 所示, 上述装置还包括:

自适应跟踪模块 305, 用于在第二校正模块 304 得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号之后, 根据一阶自适应滤波结构对当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的修正, 得到当前帧修正后的 I 信号和当前帧修正后的 Q 信号, 并将当前

帧修正后的 I 信号和当前帧修正后的 Q 信号合成为复信号。

进一步地，自适应跟踪模块 305，具体包括：

第三校正单元 3051，用于利用权重系数 $C_I(k)$ 和 $C_Q(k)$ 根据第一公式对当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的失真补偿，第一公式具体为：

$$5 \quad \begin{cases} s_I(k) = C_I(k) \cdot s'_I(k) \\ s_Q(k) = C_Q(k) \cdot s'_Q(k) \end{cases}$$

其中， $s'_I(k)$ 为进行失真补偿前的 I 信号， $s'_Q(k)$ 为进行失真补偿前的 Q 信号， $s_I(k)$ 为进行失真补偿后的 I 信号， $s_Q(k)$ 为进行失真补偿后的 Q 信号， k 表示第 k 符号；

合成单元 3052，用于将修正后的 IQ 信号合成为复信号。

进一步地，上述装置还包括：

10 判决结果接收模块 306，用于当对上述复信号进行判决输出后，接收上述进行判决输出后的判决结果。

相应地，上述装置还包括：

权重系数修正模块 307，用于在判决结果接收模块 305 接收进行判决输出后的判决结果之后，根据复信号和判决后输出的结果使用第二公式对权重系数进行修正，第二公式具体为：

$$15 \quad \begin{cases} C_I(k+1) = C_I(k) + \mu[Y(k) - S(k)]s'_I(k) \\ C_Q(k+1) = C_Q(k) - \mu[Y(k) - S(k)]^*s'_Q(k) \end{cases}$$

20 其中， $C_I(k+1)$ 为对第 $k+1$ 符号的 I 信号进行修正时的权重系数， $C_Q(k+1)$ 为对第 $k+1$ 符号的 Q 信号进行修正时的权重系数， $C_I(k)$ 为对第 k 符号的 I 信号进行修正时的权重系数， $C_Q(k)$ 为对第 k 符号的 Q 信号进行修正时的权重系数， $Y(k)$ 为判决后输出的由第 k 符号 I 信号和 Q 信号组成的复信号， $S(k)$ 为判决前输出的由第 k 符号 I 信号和 Q 信号组成的复信号， $s'_I(k)$ 为进行失真补偿前的 I 信号， $s'_Q(k)$ 为进行失真补偿前的 Q 信号， μ 表示系数更新的步长， $*$ 表示取共轭操作。

25 本发明实施例所提供的一种校正 IQ 信号的装置，通过缓存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号，并根据上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号对当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号进行直流偏置消除和几何校正，可以消除 IQ 信号的失真，消除 IQ 信号星座图的扭曲，便于后续信号处理和解调，并且不采用硬件，能够极大的降低硬件成本。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完

成，也可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则
5 之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1、一种校正同相正交 IQ 信号的方法，其特征在于，所述方法包括：

保存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号；

5 接收当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号，根据所述上一帧的 I 信号消除当前帧的 I 信号中的直流偏置，根据所述上一帧的 Q 信号消除当前帧的 Q 信号中的直流偏置；

保存上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号；

10 根据上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号对当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述上一帧的 I 信号消除当前帧的 I 信号中的直流偏置，根据所述上一帧的 Q 信号消除当前帧的 Q 信号中的直流偏置，具体包括：

15 对所述上一帧的 I 信号的平均电平值进行统计得到上一帧的 I 信号的直流偏置量，根据所述上一帧的 I 信号的直流偏置量消除所述当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号的直流偏置；

对所述上一帧的 Q 信号的平均电平值进行统计得到上一帧的 Q 信号的直流偏置量，根据所述上一帧的 Q 信号的直流偏置量消除所述当前帧的 Q 信号的直流偏置。

20 3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号对当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号，具体包括：

将所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号使用星座图进行表示；

25 分别统计所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 1、2 象限内的均值矢量得到第一矢量和第二矢量；

根据所述第一矢量和第二矢量计算得到第三矢量、第四矢量，并计算得到所述第四矢量与 X 轴的夹角 α ，其中，所述第三矢量为所述第一矢量和第二矢量的平均矢量，所述第四矢量为所述第一矢量和第二矢量的差；

30 根据所述第三矢量、第四矢量和夹角 α 对所述当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前

帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

- 4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，在所述分别统计所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 1、2 象限内的均值矢量得到第一矢量和第二矢量之前，所述方法还包括：

将所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 3、4 象限沿着原点旋转 180 度。

- 5、根据权利要求 3 或 4 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第三矢量、第四矢量和夹角 α 对所述当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号，具体包括：

将所述当前帧的消除直流偏置后的 I 信号与所述第四矢量相乘，得到当前帧校正后的 I 信号，将所述当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号与所述夹角 α 相乘后，再与所述第三向量相乘，得到当前帧校正后的 Q 信号。

6、根据权利要求 3 或 4 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第三矢量、第四矢量和夹角 α 对所述当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号之前，所述方法还包括：

对所述第三向量和第四向量进行步长控制。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号之后，所述方法还包括：

根据一阶自适应滤波结构对所述当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的修正，得到当前帧修正后的 I 信号和当前帧修正后的 Q 信号，并将所述当前帧修正后的 I 信号和当前帧修正后的 Q 信号合成为复信号。

8、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述根据一阶自适应滤波结构对所述当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的修正，具体包括：

利用权重系数 $C_I(k)$ 和 $C_Q(k)$ 根据第一公式对所述当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后

的 Q 信号进行逐符号的失真补偿，所述第一公式具体为：

$$\begin{cases} s_I(k) = C_I(k) \cdot s'_I(k) \\ s_Q(k) = C_Q(k) \cdot s'_Q(k) \end{cases}$$

其中， $s'_I(k)$ 为进行失真补偿前的 I 信号， $s'_Q(k)$ 为进行失真补偿前的 Q 信号， $s_I(k)$ 为进行失真补偿后的 I 信号， $s_Q(k)$ 为进行失真补偿后的 Q 信号， k 表示第 k 符号。

5

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

当对所述复信号进行判决输出后，接收所述进行判决输出后的判决结果。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述接收所述进行判决输出后的判决结果之后，所述方法还包括：

根据所述复信号和所述判决结果使用第二公式对所述权重系数进行修正，所述第二公式具体为：

$$\begin{cases} C_I(k+1) = C_I(k) + \mu[Y(k) - S(k)]s'_I(k) \\ C_Q(k+1) = C_Q(k) - \mu[Y(k) - S(k)]^*s'_Q(k) \end{cases}$$

其中， $C_I(k+1)$ 为对第 $k+1$ 符号的 I 信号进行修正时的权重系数， $C_Q(k+1)$ 为对第 $k+1$ 符号的 Q 信号进行修正时的权重系数， $C_I(k)$ 为对第 k 符号的 I 信号进行修正时的权重系数， $C_Q(k)$ 为对第 k 符号的 Q 信号进行修正时的权重系数， $Y(k)$ 为所述判决后输出的由第 k 符号 I 信号和 Q 信号组成的复信号， $S(k)$ 为判决前输出的由第 k 符号 I 信号和 Q 信号组成的复信号， $s'_I(k)$ 为进行失真补偿前的 I 信号， $s'_Q(k)$ 为进行失真补偿前的 Q 信号， μ 表示系数更新的步长，*表示取共轭操作。

20

11、一种校正同相正交 IQ 信号的装置，其特征在于，所述装置包括：

第一保存模块，用于保存上一帧的 I 信号和上一帧的 Q 信号；

第一校正模块，用于接收当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号，根据所述第一保存模块保存的所述上一帧的 I 信号消除当前帧的 I 信号中的直流偏置，根据所述第一保存模块保存的所述上一帧的 Q 信号消除当前帧的 Q 信号中的直流偏置；

25

第二保存模块，用于保存所述第一校正模块得到的上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号；

第二校正模块，用于根据所述第二保存模块保存的上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号对当前帧消除直流偏置后的 I 信号和当前帧消除直流偏置后的

Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

12、根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述第一校正模块，具体包括：

5 第一统计单元，用于对所述上一帧的 I 信号的平均电平值进行统计得到上一帧的 I 信号的直流偏置量，根据所述上一帧的 I 信号的直流偏置量消除所述当前帧的 I 信号和当前帧的 Q 信号的直流偏置；

第一校正单元，用于对所述上一帧的 Q 信号的平均电平值进行统计得到上一帧的 Q 信号的直流偏置量，根据所述上一帧的 Q 信号的直流偏置量消除所述当前帧的 Q 信号的直流偏置。

10 13、根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述第二校正模块，具体包括：

转换单元，用于将所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号使用星座图进行表示；

第二统计单元，用于分别统计所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 1、2 象限内的均值矢量得到第一矢量和第二矢量；

15 第一计算单元，用于根据所述第一矢量和第二矢量计算得到第三矢量、第四矢量，并计算得到所述第四矢量与 X 轴的夹角 α ，其中，所述第三矢量为所述第一矢量和第二矢量的平均矢量，所述第四矢量为所述第一矢量和第二矢量的差；

20 第二校正单元，用于根据所述第三矢量、第四矢量和夹角 α 对所述当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号。

14、根据权利要求 13 所述的装置，其特征在于，所述第二校正模块，还包括：

25 旋转单元，用于在所述第二统计单元分别统计所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 1、2 象限内的均值矢量得到第一矢量和第二矢量之前，将所述上一帧消除直流偏置后的 I 信号和上一帧消除直流偏置后的 Q 信号的星座图的第 3、4 象限沿着原点旋转 180 度。

15、根据权利要求 13 或 14 所述的装置，其特征在于，所述第二校正单元，具体包括：

30 第一校正子单元，用于将所述当前帧的消除直流偏置后的 I 信号与所述第四矢量相乘，得到当前帧校正后的 I 信号；

第二校正子单元，用于将所述当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号与所述夹角 α 相乘后，再与所述第三向量相乘，得到当前帧校正后的 Q 信号。

16、根据权利要求 13 或 14 所述的装置，其特征在于，所述第二校正模块，还包括：

5 步长控制单元，用于在所述第二校正单元根据所述第三矢量、第四矢量和夹角 α 对所述当前帧的消除直流偏置后的 I 信号和当前帧的消除直流偏置后的 Q 信号进行几何校正得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号之前，对所述第三向量和第四向量进行步长控制。

10 17、根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

自适应跟踪模块，用于在所述第二校正模块得到当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号之后，根据一阶自适应滤波结构对所述当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的修正，得到当前帧修正后的 I 信号和当前帧修正后的 Q 信号，并将所述当前帧修正后的 I 信号和当前帧修正后的 Q 信号合成为复信号。

15

18、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述自适应跟踪模块，具体包括：

第三校正单元，用于利用权重系数 $C_I(k)$ 和 $C_Q(k)$ 根据第一公式对所述当前帧校正后的 I 信号和当前帧校正后的 Q 信号进行逐符号的失真补偿，所述第一公式具体为：

$$\begin{cases} s_I(k) = C_I(k) \cdot s'_I(k) \\ s_Q(k) = C_Q(k) \cdot s'_Q(k) \end{cases}$$

20 其中， $s'_I(k)$ 为进行失真补偿前的 I 信号， $s'_Q(k)$ 为进行失真补偿前的 Q 信号， $s_I(k)$ 为进行失真补偿后的 I 信号， $s_Q(k)$ 为进行失真补偿后的 Q 信号， k 表示第 k 符号；

合成单元，用于将修正后的 IQ 信号合成为复信号。

19、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

25 判决结果接收模块，用于当对所述复信号进行判决输出后，接收所述进行判决输出后的判决结果。

20、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

30 权重系数修正模块，用于在所述判决结果接收模块接收所述进行判决输出后的判决结果之后，根据所述复信号和所述判决结果使用第二公式对所述权重系数进行修正，所述第二公

式具体为：

$$\begin{cases} C_I(k+1) = C_I(k) + \mu[Y(k) - S(k)]s'_I(k) \\ C_Q(k+1) = C_Q(k) - \mu[Y(k) - S(k)]^*s'_Q(k) \end{cases}$$

5 其中， $C_I(k+1)$ 为对第 $k+1$ 符号的 I 信号进行修正时的权重系数， $C_Q(k+1)$ 为对第 $k+1$ 符号的 Q 信号进行修正时的权重系数， $C_I(k)$ 为对第 k 符号的 I 信号进行修正时的权重系数， $C_Q(k)$ 为对第 k 符号的 Q 信号进行修正时的权重系数， $Y(k)$ 为所述判决后输出的由第 k 符号 I 信号和 Q 信号组成的复信号， $S(k)$ 为判决前输出的由第 k 符号 I 信号和 Q 信号组成的复信号， $s'_I(k)$ 为进行失真补偿前的 I 信号， $s'_Q(k)$ 为进行失真补偿前的 Q 信号， μ 表示系数更新的步长，*表示取共轭操作。

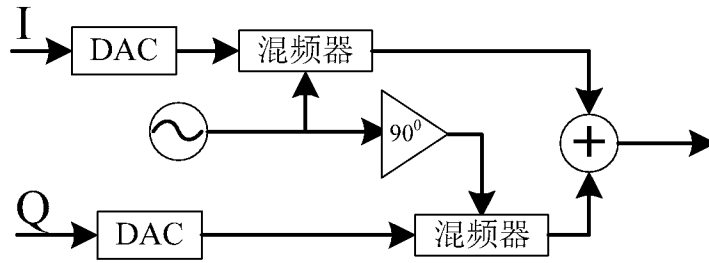


图 1

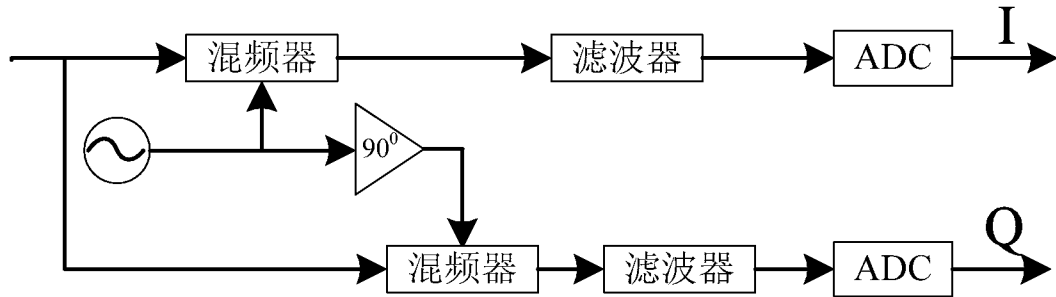


图 2

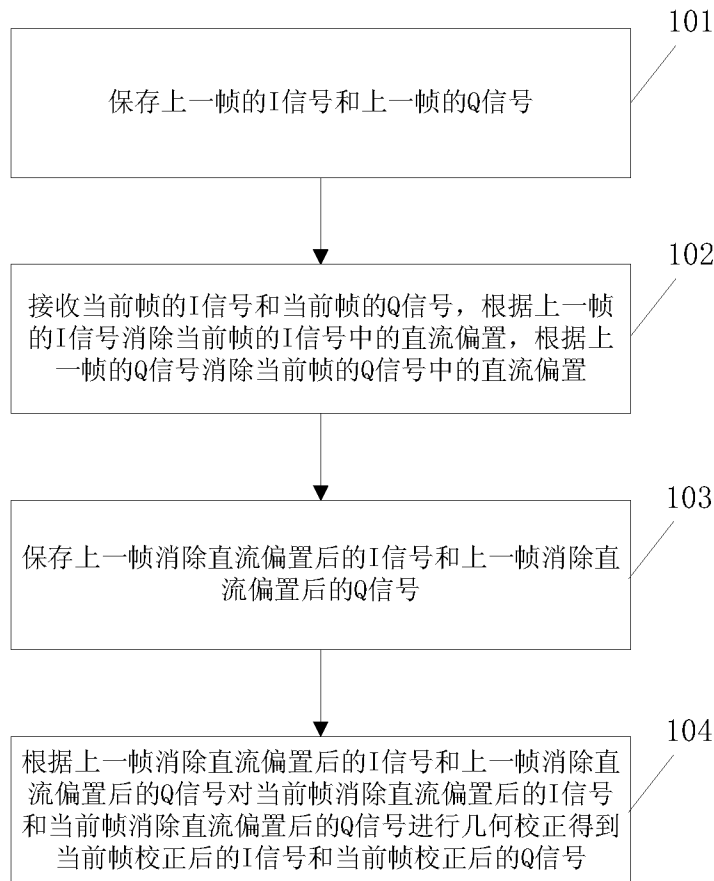


图 3

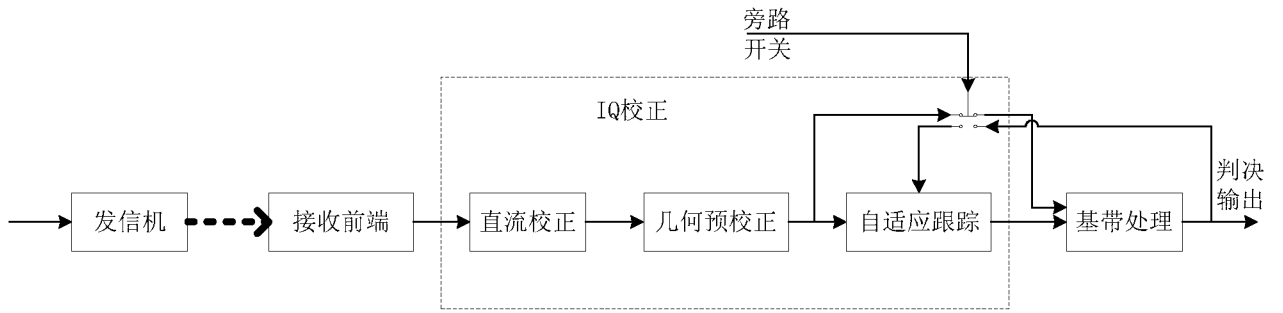


图 4

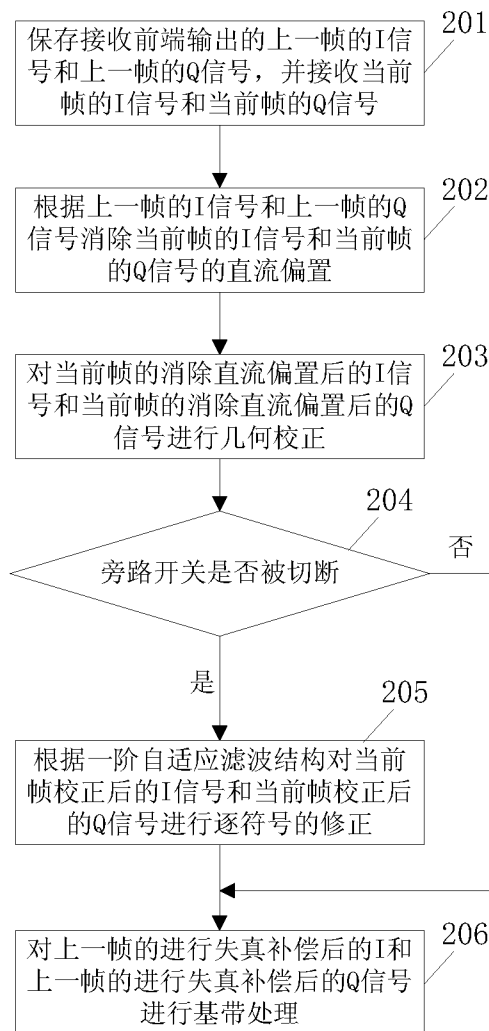


图 5

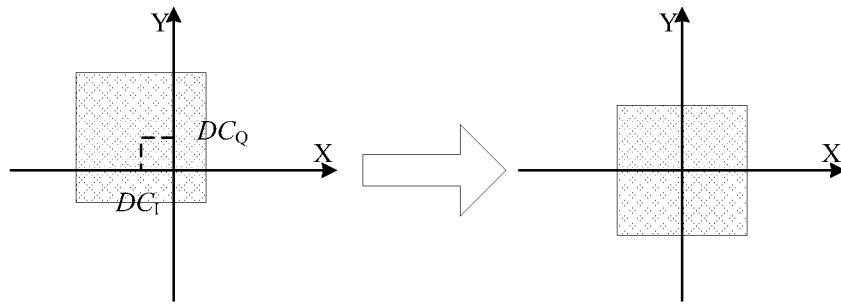


图 6

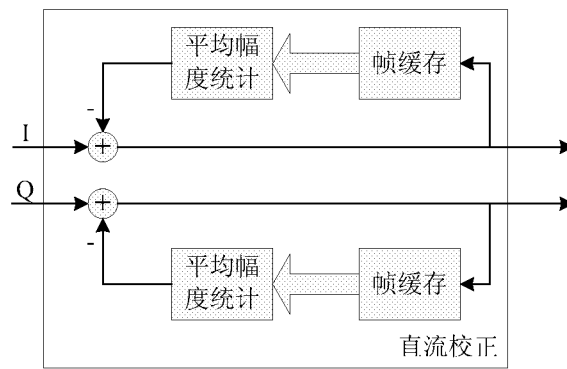


图 7

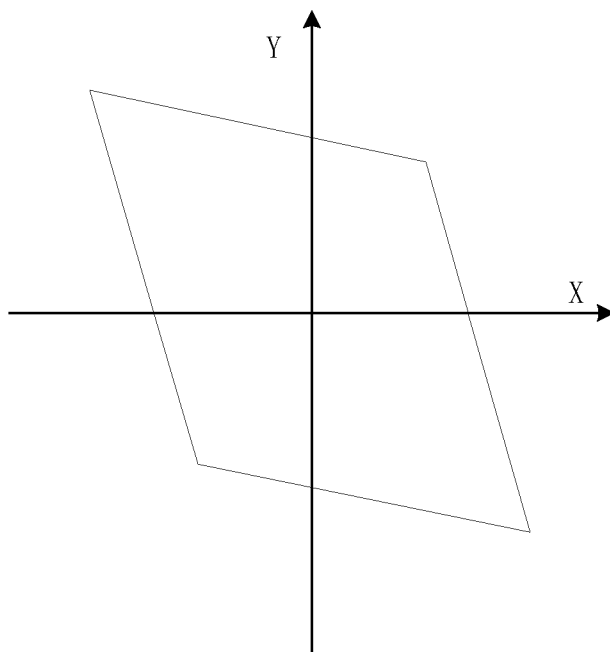


图 8

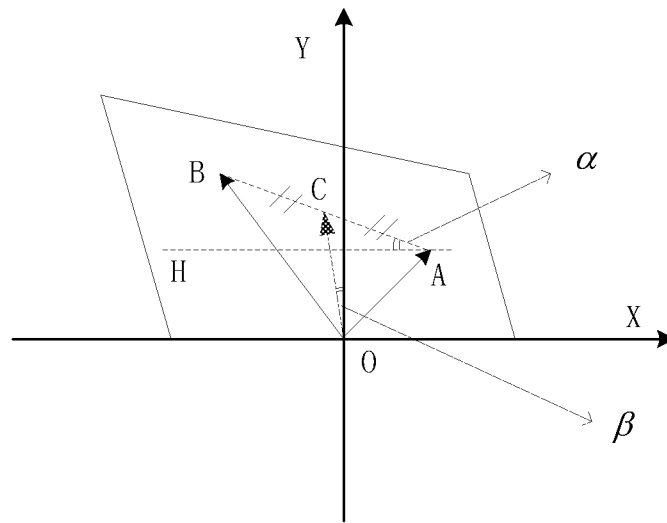


图 9

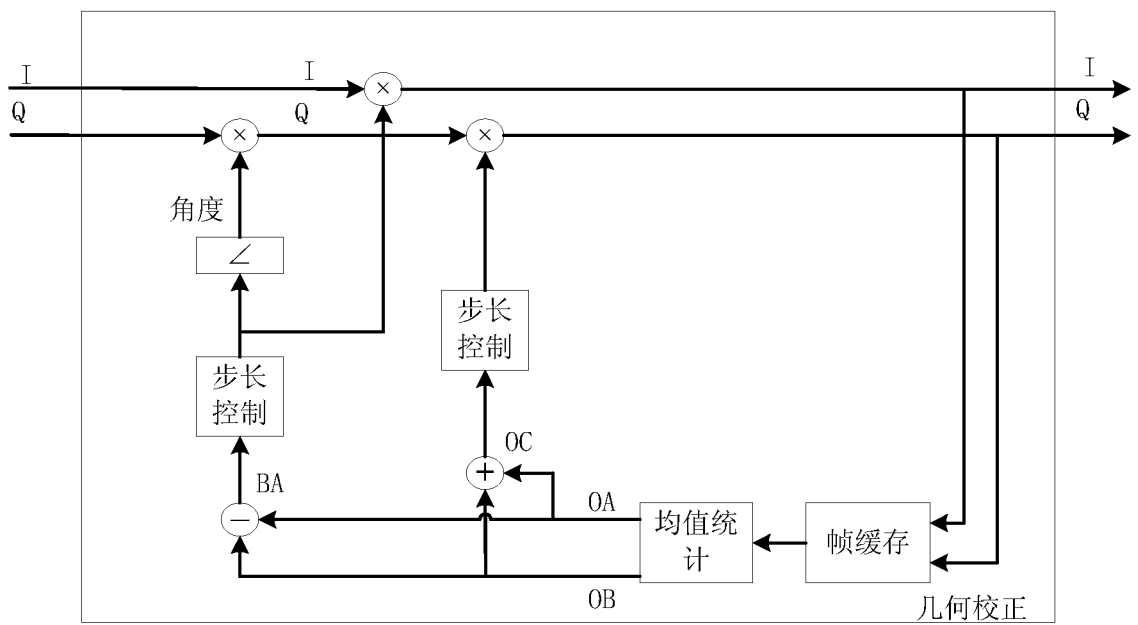


图 10

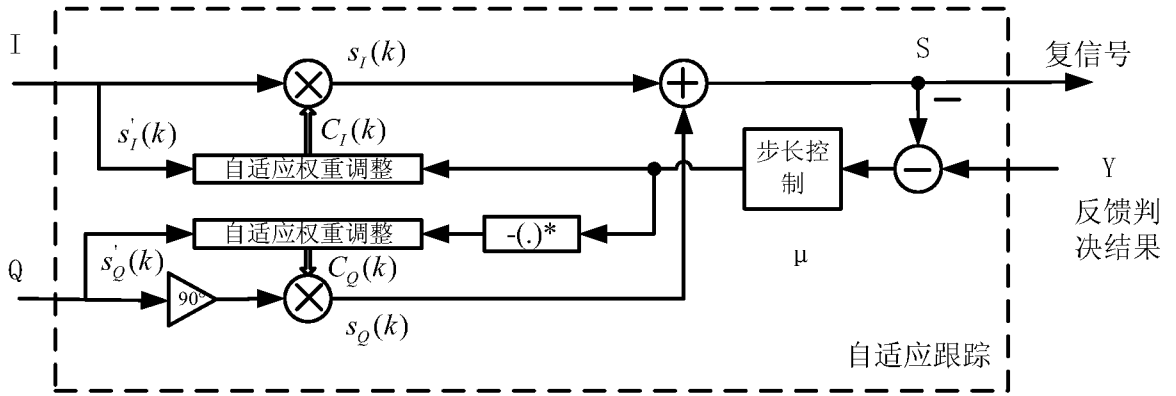


图 11

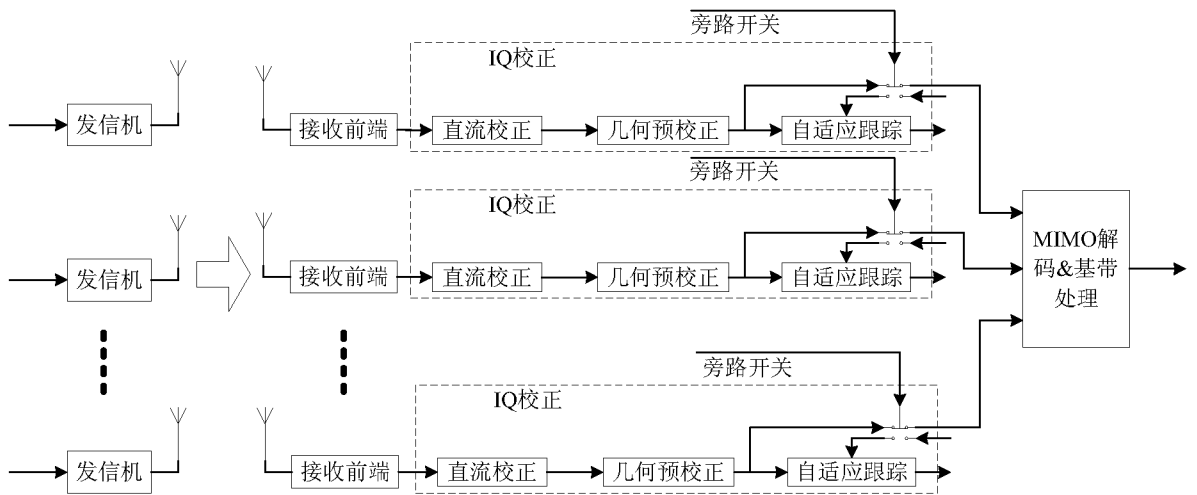


图 12

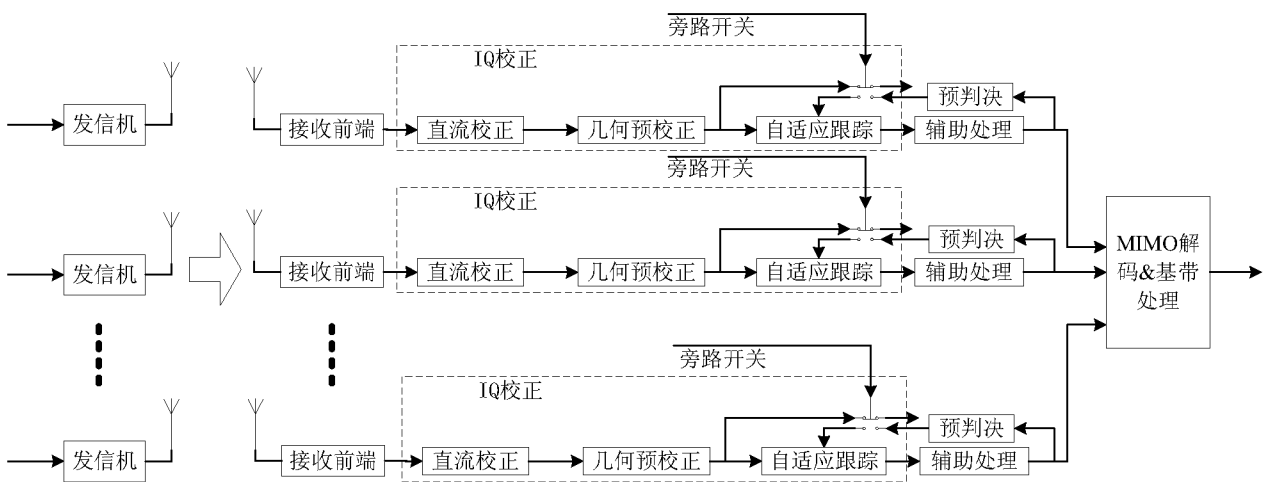


图 13

6/8

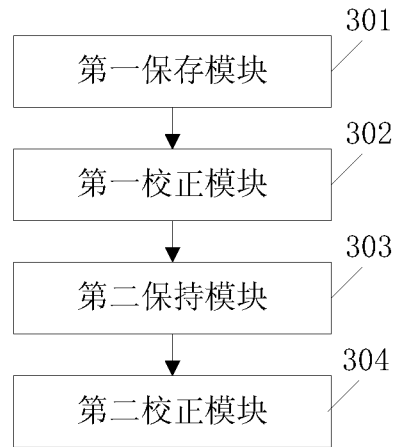


图 14

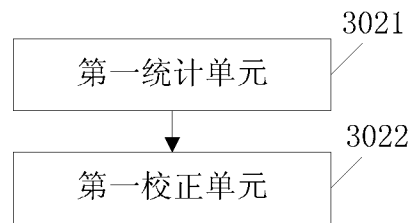


图 15

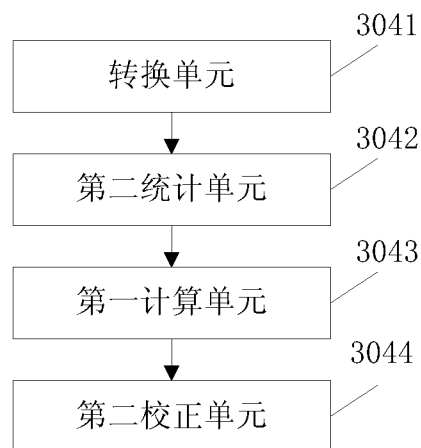


图 16

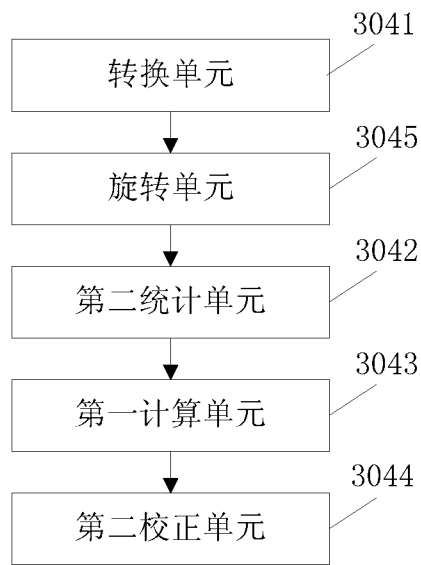


图 17

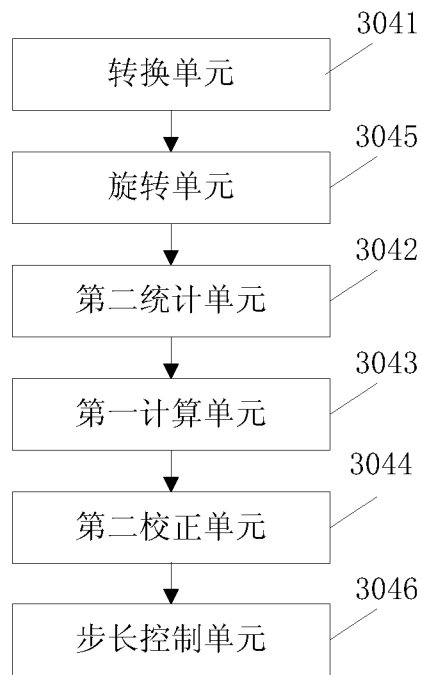


图 18

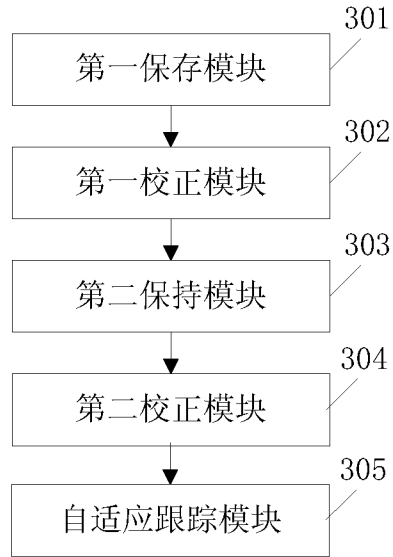


图 19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/082240

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L25/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H04L; H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRSABS, CNTXT, DWPI: DC, offset, average, mean, even, constellation, vector

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN1341297A (TELEFONAKTIEBOLAGET ERICSSON L M) 20 Mar. 2002(20.03.2002), the whole document	1-20
A	CN1578295A(INFINEON TECHNOLOGIES AG) 09 Feb. 2005(09.02.2005), the whole document	1-20
A	US5233479A(MATSUSHITA ELEC IND CO LTD) 03 Aug. 1993(03.08.1993), the whole document	1-20

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search
07 Aug. 2012(07.08.2012)

Date of mailing of the international search report
23 Aug. 2012(23.08.2012)

Name and mailing address of the ISA
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer
QIN, Sheng
Telephone No. (86-10) **62411225**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2011/082240

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN1341297A	20020320	AU2585400A	20000818
		US6654596B1	20031125
		DE60043147D1	20091126
		CN1148009C	20040428
		EP1147615B1	20091014
		WO0045523A3	20001207
		WO0045523A2	20000803
		RU2241310C2	20041127
		EP1147615A2	20011024
		CN1578295A	20050209
US7634013B2	20091215		
DE10331818B3	20050310		
US5233479A	19930803	JP3174851A	19910730

<p>A. 主题的分类</p> <p style="text-align: center;">H04L25/06 (2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类</p>														
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p style="text-align: center;">IPC: H04L; H04B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))</p> <p>CPRSABS, CNTXT, DWPI: 直流偏置, 校正, I, Q, 平均, 均值, 星座, 象限, 矢量, DC, offset, average, mean, even, constellation, vector</p>														
<p>C. 相关文件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">类 型*</th> <th style="width: 60%;">引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th style="width: 30%;">相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>CN1341297A (艾利森电话股份有限公司) 20.3 月 2002(20.03.2002), 全文</td> <td style="text-align: center;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>CN1578295A(因芬尼昂技术股份公司) 09.2 月 2005(09.02.2005), 全文</td> <td style="text-align: center;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>US5233479A(MATSUSHITA ELEC IND CO LTD) 03.8 月 1993(03.08.1993), 全文</td> <td style="text-align: center;">1-20</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN1341297A (艾利森电话股份有限公司) 20.3 月 2002(20.03.2002), 全文	1-20	A	CN1578295A(因芬尼昂技术股份公司) 09.2 月 2005(09.02.2005), 全文	1-20	A	US5233479A(MATSUSHITA ELEC IND CO LTD) 03.8 月 1993(03.08.1993), 全文	1-20
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
A	CN1341297A (艾利森电话股份有限公司) 20.3 月 2002(20.03.2002), 全文	1-20												
A	CN1578295A(因芬尼昂技术股份公司) 09.2 月 2005(09.02.2005), 全文	1-20												
A	US5233479A(MATSUSHITA ELEC IND CO LTD) 03.8 月 1993(03.08.1993), 全文	1-20												
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>														
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “&” 同族专利的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>														
<p>国际检索实际完成的日期 07.8 月 2012(07.08.2012)</p>		<p>国际检索报告邮寄日期 23.8 月 2012 (23.08.2012)</p>												
<p>ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451</p>		<p>受权官员 秦声 电话号码: (86-10) 62411225</p>												

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/082240

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN1341297A	20020320	AU2585400A	20000818
		US6654596B1	20031125
		DE60043147D1	20091126
		CN1148009C	20040428
		EP1147615B1	20091014
		WO0045523A3	20001207
		WO0045523A2	20000803
		RU2241310C2	20041127
		EP1147615A2	20011024
CN1578295A	20050209	US2005025041A1	20050203
		US7634013B2	20091215
		DE10331818B3	20050310
US5233479A	19930803	JP3174851A	19910730