

(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

(43) 国际公布日
2016 年 12 月 29 日 (29.12.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/206478 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 7/005 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/080982
- (22) 国际申请日: 2016 年 5 月 4 日 (04.05.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510362699.0 2015 年 6 月 26 日 (26.06.2015) CN
- (71) 申请人: 深圳市中兴微电子技术有限公司 (ZTE MICROELECTRONICS TECHNOLOGY CO.,LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。
- (72) 发明人: 李备 (LI, Bei); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。
- (74) 代理人: 北京派特恩知识产权代理有限公司 (CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国北京市海淀区海淀南路 21 号中关村知识产权大厦 B 座 2 层, Beijing 100080 (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, 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))。

(54) Title: LINK BALANCING METHOD AND DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 链路均衡方法、装置及存储介质

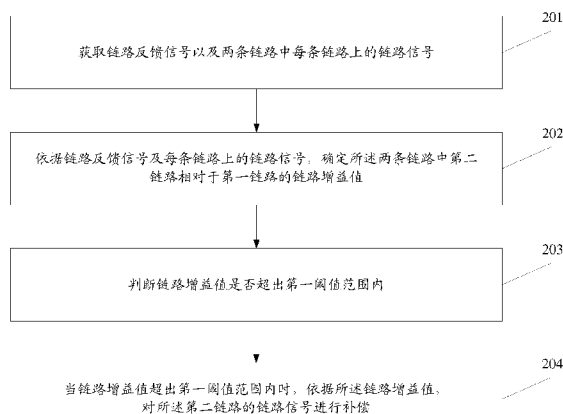


图 2

201 ACQUIRING A LINK FEEDBACK SIGNAL AND A LINK SIGNAL ON EITHER LINK OF TWO LINKS
202 ACCORDING TO THE LINK FEEDBACK SIGNAL AND THE LINK SIGNAL ON EITHER OF THE LINKS, DETERMINING A LINK GAIN VALUE OF A SECOND LINK RELATIVE TO A FIRST LINK IN THE TWO LINKS
203 JUDGING WHETHER THE LINK GAIN VALUE EXCEEDS A FIRST THRESHOLD VALUE RANGE
204 WHEN THE LINK GAIN VALUE EXCEEDS THE FIRST THRESHOLD VALUE RANGE, ACCORDING TO THE LINK GAIN VALUE, COMPENSATING FOR A LINK SIGNAL OF THE SECOND LINK

(57) Abstract: Disclosed are a link balancing method and device, and a computer storage medium. The method comprises: acquiring a link feedback signal and a link signal on either link of two links; according to the link feedback signal and the link signal on either of the links, determining a link gain value of a second link relative to a first link in the two links; judging whether the link gain value exceeds a first threshold value range; and when the link gain value exceeds the first threshold value range, according to the link gain value, compensating for a link signal of the second link. By compensating for a link signal of one link of two links in an LINC system, a phase difference and/or an amplitude difference between the two links can be reduced, so as to achieve the balance between the links, thereby avoiding the increase of system out-of-band spurs, and improving the efficiency of a power amplifier.

(57) 摘要: 本发明实施例公开了一种链路均衡方法、装置及计算机存储介质, 其中, 所述方法包括: 获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号; 依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号, 确定所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值; 判断链路增益值是否超出第一阈值范围内; 当所述链路增益值超出所述第一阈值范围内时, 依据所述链路增益值, 对所述第二链路的链路信号进行补偿。通过对 LINC 系统中两条链路中的一条链路的链路信号的补偿能够减小这两条

链路的相位差异和/或幅度差异, 以达到链路间的均衡, 避免系统带外杂散的增加, 提高功放效率。

WO 2016/206478 A1

链路均衡方法、装置及存储介质

技术领域

本发明涉及无线通信技术，具体涉及一种链路均衡方法、装置及计算机存储介质。

5 背景技术

无线通信领域中，为达到更高的传输速率及频谱利用率，无线通信系统采用较为复杂的调制方式如多进制正交幅度调制（MQAM，Multi Quadrature Amplitude Modulation）和正交频分复用（OFDM，Orthogonal Frequency Division Multiplexing）。但是这些调制技术要求发射机中的功率放大器具有更高的线性度和工作效率。目前，在发射机中采用 LINC（Linear Amplifier Using Nonlinear Components）技术，该技术可利用非线性功率放大器实现信号的线性放大。

图 1 为相关技术中 LINC 系统结构框图。在 LINC 系统中，将已调制的调幅调相信号经信号分离器的作用输出 2 路恒包络仅调相的信号，并经射频调制器调制到射频频带上，通过功率放大器 PA（简称为功放）放大，并经合成器合成即可从发射机发出。其中，恒包络仅调相的信号可使功放工作在一个固定工作点上，不用担心由于输入信号具有不同的幅度而带来的功放失真的问题。如果将图 1 的上半部分与下半部分各视为一条链路，理论上在这两条链路上信号的增益变化和相位变化应该为相同；但是由于每条链路上都存在有一定的模拟器件如功放为模拟器件，导致这两条链路上存在有相位和/或幅度的差异，该差异可使得 LINC 系统的带外杂散增加，功放效率降低。

发明内容

为解决现有技术存在的问题，本发明实施例在于提供一种链路均衡方法、装置及计算机存储介质，能够减小 LINC 系统两条链路的相位差异和/或幅度差异，以达到链路间的均衡，避免系统带外杂散的增加，提高功放效率。

本发明实施例的技术方案是这样实现的：

本发明实施例提供了一种链路均衡方法，所述方法包括：

获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号；

依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号，确定所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值；

判断链路增益值是否超出第一阈值范围内；

当所述链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述第二链路的链路信号进行补偿。

上述方案中，所述获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号，包括：

在至少两个时刻中，采集每个时刻上的链路反馈信号以及每条链路上的链路信号。

上述方案中，所述方法还包括：

建立数学模型；

将每个时刻采集到的链路反馈信号和每条链路上的链路信号经所述数学模型的 $N-1$ 次迭代后，得到第二链路相对于第一链路的链路增益值； N 为大于等于 2 的正整数。

上述方案中，所述方法还包括：

所述数学模型至少包括第一公式、第二公式和第三公式；其中，

第一公式： $error(k) = S_2(k) - [w_1(k), w_2(k)]^* [S_1(k), S_m(k)]^T$ ；

第二公式: $w_1(k+1) = w_1(k) + \mu * \text{error}(k) * \text{conj}(S_1(k));$

第三公式: $w_2(k+1) = w_2(k) + \mu * \text{error}(k) * \text{conj}(S_m(k));$

其中, $k=1, 2 \dots N$; $S_m(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的链路反馈信号, $S_1(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的第一链路上的链路信号; $S_2(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的第二链路上的链路信号; $[\cdot]^T$ 表示转置矩阵, conj 表示共轭复数; μ 表示为收敛因子; $\text{error}(k)$ 为第 k 次迭代次数下的差值函数; $w_1(k)$ 为第 k 个链路增益值; $w_2(k)$ 为第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 的辅助函数;

在第 k 次迭代次数下, 将第 k 个时刻采集到的链路反馈信号及每条链路上的链路信号代入至所述数学模型进行第 k 次迭代, 获得经 $N-1$ 次迭代后的第 N 个链路增益值 $w_1(N)$;

确定该第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 为所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值。

上述方案中, 所述方法还包括:

在第 $k=1$ 次迭代次数下, 将采集到的第 1 个时刻的 $S_m(1)$ 、 $S_1(1)$ 和 $S_2(1)$ 且预设的第 1 个链路增益值 $w_1(1)$ 及其辅助函数 $w_2(1)$ 代入至第一公式, 得到在第 1 次迭代次数下的差值函数 $\text{error}(1)$, 再将 $\text{error}(1)$ 、 $w_1(1)$ 、 $S_1(1)$ 代入第二公式, 得到第 2 个链路增益值 $w_1(2)$; 将 $\text{error}(1)$ 、 $w_2(1)$ 、 $S_m(1)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(2)$;

将迭代次数加 1, 在第 $k=2$ 次迭代次数下, 将采集到的第 2 个时刻的 $S_m(2)$ 、 $S_1(2)$ 、 $S_2(2)$ 以及将在第 1 次迭代次数下计算出的第 2 个链路增益值 $w_1(2)$ 和辅助函数 $w_2(2)$ 代入至第一公式, 得到在第 2 次迭代次数下的差值函数 $\text{error}(2)$, 再将 $\text{error}(2)$ 、 $w_1(2)$ 、 $S_1(2)$ 代入第二公式, 得到第 3 个链路增益值 $w_1(3)$; 将 $\text{error}(2)$ 、 $w_2(2)$ 、 $S_m(2)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(3)$;

将迭代次数再加 1, 在第 $k=3$ 次迭代次数下, 将采集到的第 3 个时刻的 $S_m(3)$ 、 $S_1(3)$ 、 $S_2(3)$ 以及将在第 2 次迭代次数下计算出的第 3 个链路增益值 $w_1(3)$ 和辅助函数 $w_2(3)$ 代入至第一公式, 得到在第 3 次迭代次数下的差值函数 $error(3)$, 再将 $error(3)$ 、 $w_1(3)$ 、 $S_1(3)$ 代入第二公式, 得到第 4 个链路增益值 $w_1(4)$; 将 $error(3)$ 、 $w_2(3)$ 、 $S_m(3)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(4)$;

将迭代次数依次加 1, 在每个第 $k+1$ 次迭代次数下, 将采集到的第 $k+1$ 个时刻的 $S_m(k+1)$ 、 $S_1(k+1)$ 、 $S_2(k+1)$ 以及将在第 k 次迭代次数下计算出的第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 和辅助函数 $w_2(k)$ 代入至第一公式, 得到在第 $k+1$ 次迭代次数下的差值函数 $error(k+1)$, 再将 $error(k+1)$ 、 $w_1(k)$ 、 $S_1(k+1)$ 代入第二公式, 得到第 $k+1+1$ 个链路增益值 $w_1(k+1+1)$; 将 $error(k+1)$ 、 $w_2(k)$ 、 $S_m(k+1)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(k+1+1)$; 直至计算出在第 $N-1$ 次迭代次数下的 $w_1(N)$ 。

上述方案中, 所述方法还包括:

获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的模值;

所述判断链路增益值是否超出第一阈值范围内, 包括:

判断所述模值是否不为 1;

当所述链路增益值超出所述第一阈值范围内时, 依据所述链路增益值, 对所述其中一条链路的链路信号进行补偿, 包括:

判断所述模值不为 1 时, 确定所述链路增益值超出第一阈值范围内, 通过将所述第二链路的链路信号的幅值与所述模值相乘对所述第二链路的链路信号进行幅度补偿。

上述方案中, 所述方法还包括:

获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值;

判断链路增益值是否超出第一阈值范围内, 包括:

判断所述相位值是否不为 0;

当所述链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述其中一条链路的链路信号进行补偿，包括：

判断所述相位值不为 0 时，确定所述链路增益值超出第一阈值范围内，通过将所述第二链路的链路信号的相位值与所述第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值相乘对所述第二链路的链路信号进行相位补偿。

本发明实施例还提供了一种链路均衡装置，所述装置包括：

第一获取单元，配置为获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号；

第一确定单元，配置为依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号，确定所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值；

第一判断单元，配置为判断链路增益值是否超出第一阈值范围内；

第一补偿单元，配置为当所述第一判断单元判断出链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述第二链路的链路信号进行补偿。

上述方案中，所述第一获取单元，配置为：

在至少两个时刻中，采集每个时刻上的链路反馈信号以及每条链路上的链路信号。

上述方案中，

所述第一确定单元，配置为建立数学模型，将每个时刻采集到的链路反馈信号和每条链路上的链路信号经所述数学模型的 N-1 次迭代后，得到第二链路相对于第一链路的链路增益值；N 为大于等于 2 的正整数。

上述方案中，

所述数学模型至少包括第一公式、第二公式和第三公式；其中，

第一公式： $error(k) = S_2(k) - [w_1(k), w_2(k)] * [S_1(k), S_m(k)]^T$ ；

第二公式： $w_1(k+1) = w_1(k) + \mu * error(k) * conj(S_1(k))$ ；

第三公式: $w_2(k+1) = w_2(k) + \mu * \text{error}(k) * \text{conj}(S_m(k))$;

其中, $k=1, 2 \dots N$; $S_m(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的链路反馈信号, $S_1(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的所述第一链路上的链路信号; $S_2(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的所述第二链路上的链路信号; $[\cdot]^T$ 表示转置矩阵, conj 表示共轭复数; μ 表示为收敛因子; $\text{error}(k)$ 为第 k 次迭代下的差值函数; $w_1(k)$ 为第 k 个链路增益值; $w_2(k)$ 为第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 的辅助函数; N 为,

第一确定单元, 配置为在第 k 次迭代次数下, 将第 k 个时刻采集到的链路反馈信号及每条链路上的链路信号代入至所述数学模型进行第 k 次迭代, 确定经 $N-1$ 次迭代后的第 N 个链路增益值 $w_1(N)$;

10 所述第一补偿单元, 配置为当第一判断单元判断出链路增益值超出第一阈值范围内时, 确定该第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 为所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值。

上述方案中, 所述第一确定单元, 配置为:

15 在第 $k=1$ 次迭代次数下, 将采集到的第 1 个时刻的 $S_m(1)$ 、 $S_1(1)$ 和 $S_2(1)$ 且预设的第 1 个链路增益值 $w_1(1)$ 及其辅助函数 $w_2(1)$ 代入至第一公式, 得到在第 1 次迭代次数下的差值函数 $\text{error}(1)$, 再将 $\text{error}(1)$ 、 $w_1(1)$ 、 $S_1(1)$ 代入第二公式, 得到第 2 个链路增益值 $w_1(2)$; 将 $\text{error}(1)$ 、 $w_2(1)$ 、 $S_m(1)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(2)$;

20 将迭代次数加 1, 在第 $k=2$ 次迭代次数下, 将采集到的第 2 个时刻的 $S_m(2)$ 、 $S_1(2)$ 、 $S_2(2)$ 以及将在第 1 次迭代次数下计算出的第 2 个链路增益值 $w_1(2)$ 和辅助函数 $w_2(2)$ 代入至第一公式, 得到在第 2 次迭代次数下的差值函数 $\text{error}(2)$, 再将 $\text{error}(2)$ 、 $w_1(2)$ 、 $S_1(2)$ 代入第二公式, 得到第 3 个链路增益值 $w_1(3)$; 将 $\text{error}(2)$ 、 $w_2(2)$ 、 $S_m(2)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(3)$;

将迭代次数再加 1, 在第 $k=3$ 次迭代次数下, 将采集到的第 3 个时刻的 $S_m(3)$ 、 $S_1(3)$ 、 $S_2(3)$ 以及将在第 2 次迭代次数下计算出的第 3 个链路增益值 $w_1(3)$ 和辅助函数 $w_2(3)$ 代入至第一公式, 得到在第 3 次迭代次数下的差值函数 $error(3)$, 再将 $error(3)$ 、 $w_1(3)$ 、 $S_1(3)$ 代入第二公式, 得到第 4 个链路增益值 $w_1(4)$; 将 $error(3)$ 、 $w_2(3)$ 、 $S_m(3)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(4)$;

将迭代次数依次加 1, 在每个第 $k+1$ 次迭代次数下, 将采集到的第 $k+1$ 个时刻的 $S_m(k+1)$ 、 $S_1(k+1)$ 、 $S_2(k+1)$ 以及将在第 k 次迭代次数下计算出的第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 和辅助函数 $w_2(k)$ 代入至第一公式, 得到在第 $k+1$ 次迭代次数下的差值函数 $error(k+1)$, 再将 $error(k+1)$ 、 $w_1(k)$ 、 $S_1(k+1)$ 代入第二公式, 得到第 $k+1+1$ 个链路增益值 $w_1(k+1+1)$; 将 $error(k+1)$ 、 $w_2(k)$ 、 $S_m(k+1)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(k+1+1)$; 直至计算出在第 $N-1$ 次迭代次数下的 $w_1(N)$ 。

上述方案中, 所述第一判断单元, 还配置为: 获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的模值, 判断所述模值是否不为 1, 判断所述模值不为 1 时, 确定所述链路增益值超出第一阈值范围内, 触发第一补偿单元;

相应的, 所述第一补偿单元, 配置为通过将所述第二链路的链路信号的幅值与所述模值相乘对所述第二链路的链路信号进行幅度补偿。

上述方案中, 所述第一判断单元, 还配置为: 获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值, 判断所述相位值是否不为 0, 判断所述相位值不为 0 时, 确定所述链路增益值超出第一阈值范围内, 触发第一补偿单元;

相应的, 所述第一补偿单元, 配置为通过将所述第二链路的链路信号的相位值与所述第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值相乘对所述第二链路的链路信号进行相位补偿。

本发明实施例还提供一种计算机存储介质, 所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令, 所述计算机可执行指令用于执行前述的链路均衡

方法。

本发明实施例提供的链路均衡方法、装置及计算机存储介质，其中，所述方法包括：获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号；依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号，确定所述两条链路中第二链
5 路相对于第一链路的链路增益值；判断链路增益值是否超出第一阈值范围内；当所述链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述第二链路的链路信号进行补偿。通过对所述第二链路的链路信号的补偿能够减小 LINC 系统两条链路的相位差异和/或幅度差异，以达到链路间的均衡，避免系统带外杂散的增加，提高功放效率。

10 附图说明

图 1 为相关技术中 LINC 系统结构框图；

图 2 为本发明实施例的链路均衡方法的实现流程图；

图 3 为本发明实施例的 LIN 系统发射机模型示意图；

图 4 为本发明实施例的链路均衡装置的组成结构示意图。

15 具体实施方式

以下结合附图对本发明的优选实施例进行详细说明，应当理解，以下所说明的优选实施例仅用于说明和解释本发明，并不用于限定本发明。

本发明实施例提供了一种链路均衡方法，所述方法应用于 LINC 系统中，该系统包括有两条链路，如图 2 所示，所述方法还包括：

20 步骤 201：获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号；

在执行步骤 201 之前，首先建立 LINC 系统发射机模型，如图 3 所示，信号分离模块 101 将调幅调相的基带信号 $S(t)$ 分解成两路信号 $S_1(t)$ 和 $S_2(t)$ ，该两路信号为恒包络调相信号；将分解后的 $S_1(k)$ 和 $S_2(t)$ 在各自的链路上通过数字-模拟（数模）转换器 D/A 即 D/A 201、D/A 202 进行数字到模拟的转

换, 然后通过模拟滤波器 204、205 滤除相应基带模拟信号中的高频成分, 再通过正交调制器 207、208 把基带模拟信号正交调制为射频信号, 并经过功放 PA212、PA213 进行功率放大, 再使用合成器 214 将该两路的射频信号进行合成, 并发射至接收机。前述内容为发射机中调制、滤波、功率放大
5 等功能, 具体请参见现有相关说明。其中, 视 $S_1(t)$ 、 $S_2(t)$ 所在的链路分别为第一链路、第二链路, $S_1(t)$ 和 $S_2(t)$ 为相应链路上的链路信号。采样从合成器输出的射频信号, 并经下变频器 209 下变频至中频, 通过模拟滤波器 206 过滤掉高频成分, 将已过滤到高频成分的模拟信号经模拟-数字 (模数) 转换器 A/D 203 的转换, 再经过数字滤波器 304 进行滤波, 得到链路反馈
10 信号 $S_m(t)$ 。其中, 本地振荡器 210 用于输出供下变频器 209 使用的时钟信号, 该时钟信号通过 211 的相位翻后到达下变频器 209。

本实施例中, 在信号分离模块 101 和 D/A 202 之间增设补偿器, 在补偿器和数字滤波器 304 之间增设校准器。链路反馈信号 $S_m(t)$ 作为校准器的一个输入信号, $S_1(t)$ 和 $S_2(t)$ 为校准器的另两路输入信号, 校准器的输出端
15 连接着补偿器, 补偿器位于信号分离模块 101 与第二链路上的 D/A202 之间, 当校准器计算出需要对第二链路上的基带信号进行补偿时, 补偿器对第二链路上的基带信号 $S_2(t)$ 进行相应的增益补偿, 以达到两个链路上的链路信号在幅度和相位上的均衡。

需要说明的是, 本实施例中, 以对两个链路信号中的 $S_2(t)$ 进行增益补偿为例, 所以在图 3 中, 将校准器和补偿器与 $S_2(t)$ 所在的第二链路进行连接; 如果要对 $S_1(t)$ 进行增益补偿, 那么需要将图 3 中的补偿器与第一链路中的 D/A 201 连接, 校准器与补偿器相连接; 如果称图 3 中的下变频器 209、模拟滤波器 206、A/D 203、数字滤波器 304 之间连接的链路为反馈链路, 由反馈链路输出的 $S_m(t)$ 需要输入至与第一链路连接的校准器中。

理论上, 基带信号 $S(t) = A(t)e^{j\theta(t)}$ 、链路信号 $S_1(t) = S(t) \times (1 + je(t))$ 、链路信号 $S_2(t) = S(t) \times (1 - je(t))$ 、 $e(t) = \sqrt{\frac{A_{\max}^2}{A(t)^2} - 1}$, $A(t)$ 为基带信号的信号幅度值, $e^{j\theta(t)}$ 为基带信号的相位值。如果第二链路上 $S_2(t)$ 相对于第一链路上 $S_1(t)$ 存在有 $\Delta Ge^{j\Delta\phi}$ 的复增益, 那么合路器的输出如以下公式 (1) 所示:

$$S_m(t) = \alpha \times S_1(t) + \beta \times S_2(t) \quad (1)$$

其中, $\alpha = \frac{G_a e^{j\phi}}{2}$, $\beta = \frac{G_a e^{j\phi} \Delta Ge^{j\Delta\phi}}{2}$, G_a 是在两条链路不存在有差异的情况下单条链路上的幅度增益值, $e^{j\phi}$ 是两条链路不存在有差异的情况下单条链路上的相位变化值。

下面, 对公式 (1) 等号的两边同时除以 β 之后, 再同时减去 $\frac{S_m(t)}{\beta}$, 得

到公式 (2):

$$0 = S_2(t) + \frac{\alpha}{\beta} \times S_1(t) - \frac{S_m(t)}{\beta} \quad (2)$$

针对公式 (2), 其等号左边取值为数字 0, 这种情况为两条链路之间不存在幅度和相位上的差异, 而在实际应用中, 两条链路上幅度和相位是存在差异的, 如果该差异用 $error(t)$ 函数来表示, 公式 (2) 将变形为公式 (3):

$$error(t) = S_2(t) + \frac{\alpha}{\beta} \times S_1(t) - \frac{S_m(t)}{\beta} \quad (3)$$

在公式 (3) 中, 如果用 $w_1 = -\frac{\alpha}{\beta}$ 、 $w_2 = \frac{1}{\beta}$, 那么公式 (3) 还可以由如下公式 (4) 来表示:

$$error(t) = S_2(t) - w_1 S_1(t) - w_2 S_m(t) \quad (4)$$

在公式 (4) 中, 想要两条链路上不存在有幅度和相位的差异, 需要 $error(t)$

趋近于 0。

本步骤中, 获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路的链路信号,

包括：采集第 k 个时刻的链路反馈信号 $S_m(k)$ ，采集第 k 个时刻的两条链路上的链路信号 $S_1(k)$ 和 $S_2(k)$ ， $k=1, 2, \dots, N$ ， N 为大于等于 2 的正整数。优选的，考虑到后续对链路增益值计算的准确性，需要采集至少两个时刻的 $S_m(k)$ 、 $S_1(k)$ 和 $S_2(k)$ 。例如，以 $N=8192$ 为例，采集从第 1 个时刻到第 8192 个时刻的 $S_m(k)$ 、 $S_1(k)$ 和 $S_2(k)$ ，所采集到的 $S_m(k)$ 、 $S_1(k)$ 和 $S_2(k)$ 各 8192 个，并通过这些数据计算出第二链路相对于第一链路的链路增益值。本领域技术人员应该而知，此处仅为一个具体举例而已，并不代表本实施例的所有实施情况， N 还可以取值为其它任何能够想到的正整数。

步骤 202：依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号，确定所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值；

这里，第二链路为 $S_2(k)$ 信号所在的链路，为待补偿链路；第一链路为 $S_1(k)$ 信号所在的链路。在建立完前述的数学模型后，将每个时刻采集到的链路反馈信号和每条链路上的链路信号经所述数学模型的 $N-1$ 次迭代后，得到第二链路相对于第一链路的链路增益值。进一步的，将所采集到的至少两个时刻的 $S_m(k)$ 、 $S_1(k)$ 和 $S_2(k)$ 通过公式 (5)、(6)、(7) 进行最小均方算法 (LMS, Least-Mean-Square) 算法的 $N-1$ 次迭代后，得到第二链路相

$$\text{对于第一链路的链路增益值 } w_1(N) = -\frac{\alpha}{\beta} = -\frac{\frac{G_a e^{j\phi}}{2}}{\frac{G_a e^{j\phi} \Delta G e^{j\Delta\phi}}{2}} = -\Delta G e^{j\Delta\phi}。$$

$$\text{error}(k) = S_2(k) - [w_1(k), w_2(k)]^T [S_1(k), S_m(k)]^T; \quad (5)$$

$$w_1(k+1) = w_1(k) + \mu * \text{error}(k) * \text{conj}(S_1(k)); \quad (6)$$

$$w_2(k+1) = w_2(k) + \mu * \text{error}(k) * \text{conj}(S_m(k)); \quad (7)$$

其中， $S_1(k)$ 、 $S_2(k)$ 、 $S_m(k)$ 均为复数；公式 (5) 为前述公式 (4) 的矩阵表示形式； $[\cdot]^T$ 表示转置矩阵， conj 表示共轭复数； k 代表第 k 次迭代次数， $k=1, 2, \dots, N$ ； μ 为收敛因子，为预先设置好的值；在公式 (5) ~ (7)

中，当前迭代次数 k 所使用的采样数据就是在第 k 个时刻采集到的链路反馈信号 $S_m(k)$ 与链路信号 $S_1(k)$ 、 $S_2(k)$ 。 $w_1(k)$ 为第 k 个链路增益值； $w_2(k)$ 为第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 的辅助函数。其中，公式 (5) ~ (7) 为本发明提供的数学模型，前述方案可视为建立数学模型的过程，公式 (5)、公式 (6) 以及公式 (7) 可依次视为数学模型中的第一公式、第二公式及第三公式。

具体的，本步骤为：

在第 $k=1$ 次迭代次数下，将采集到的在第 1 个时刻的 $S_m(1)$ 、 $S_1(1)$ 和 $S_2(1)$ 且预先设定的幅值均为 1、相位值均为 0 的复数 $w_1(1)$ 、 $w_2(1)$ 代入至公式 (5)，得到在第 $k=1$ 次迭代次数下的差值函数 $error(1)$ ，再将 $error(1)$ 、 $w_1(1)$ 、 $S_1(1)$ 代入公式 (6) 得到第 2 个链路增益值 $w_1(2)$ ；同时，将 $error(1)$ 、 $w_2(1)$ 、 $S_m(1)$ 代入至 (7) 得到辅助函数 $w_2(2)$ ；其中，可视 $w_1(1)$ 、 $w_2(1)$ 分别为第 1 个链路增益值及其辅助函数，为预先设置好的值；

接下来，迭代次数加 1 即 $k=k+1=2$ ，在第 $k=2$ 次迭代次数下，将采集到的在第 2 个时刻的 $S_m(2)$ 、 $S_1(2)$ 和 $S_2(2)$ 以及将在第 1 次迭代次数下计算出的第 2 个链路增益值 $w_1(2)$ 和辅助函数 $w_2(2)$ 代入至公式 (5)，得到在第 $k=2$ 次迭代次数下的差值函数 $error(2)$ ，再将 $error(2)$ 、 $w_1(2)$ 、 $S_1(2)$ 代入公式 (6) 得到第 3 个链路增益值 $w_1(3)$ ；同时，将 $error(2)$ 、 $w_2(2)$ 、 $S_m(2)$ 代入至 (7) 得到辅助函数 $w_2(3)$ ；

继续将迭代次数 k 加 1 即 $k=k+1=3$ ，在第 $k=3$ 次迭代次数下，将采集到的在第 3 个时刻的 $S_m(3)$ 、 $S_1(3)$ 和 $S_2(3)$ 以及将在第 2 次迭代次数下计算出的第 3 个链路增益值 $w_1(3)$ 和辅助函数 $w_2(3)$ 代入至公式 (5)，得到在第 $k=3$ 次迭代次数下的差值函数 $error(3)$ ，再将 $error(3)$ 、 $w_1(3)$ 、 $S_1(3)$ 代入公式 (6) 得到第 4 个链路增益值 $w_1(4)$ ；同时，将 $error(3)$ 、 $w_2(3)$ 、 $S_m(3)$ 代入至 (7)

得到辅助函数 $w_2(4)$;

如此类推, 将迭代次数依次加 1, 在每个第 $k+1$ 次迭代次数下, 将采集到的第 $k+1$ 个时刻的 $S_m(k+1)$ 、 $S_1(k+1)$ 、 $S_2(k+1)$ 以及将在第 k 次迭代次数下计算出的第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 和辅助函数 $w_2(k)$ 代入至第一公式, 得到在
5 第 $k+1$ 次迭代次数下的差值函数 $error(k+1)$, 再将 $error(k+1)$ 、 $w_1(k)$ 、 $S_1(k+1)$ 代入第二公式, 得到第 $k+1+1$ 个链路增益值 $w_1(k+1+1)$; 将 $error(k+1)$ 、 $w_2(k)$ 、 $S_m(k+1)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(k+1+1)$; 直至计算出在第 $N-1$ 次迭代次数下的 $w_1(N)$ 。

在利用前述公式 (5) ~ (7) 进行 $N-1$ 次迭代, 得到第二链路相对于第
10 一链路的第 N 个链路增益值 $w_1(N)$, 通常该第 N 链路增益值 $w_1(N)$ 为一个复数; 由于该链路增益值 $w_1(N)$ 为通过多次迭代计算而得来, 所以也可称之为最终链路增益值, 该最终链路增益值即为前述的两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值; 此处, 因为采集到至少两个时刻的链路反馈信号以及两条链路信号, 所以 N 优选取值为大于等于 2 的正整数。此外,
15 也可以在采集到某个时刻的链路反馈信号及两条链路信号时, 直接利用该时刻所采集到的信号数据通过前述公式 (5) ~ (7) 得到该时刻的链路增益值 w_1 , 并将该 w_1 作为最终链路增益值。本步骤由图 3 中的校准器来完成。需要说明的是, 前述的公式 (5) ~ (7) 为本技术方案中提出的基于 LMS 算法而改进的算法。

20 步骤 203: 判断链路增益值是否超出第一阈值范围内;

这里, 考虑到 PA 在幅度增益和相位增益上的变化都是非线性的, 相位增益的变化会影响到幅度增益的变化, 所以本实施例中, 如果第二链路相对于第一链路同时存在有幅度和相位差异时, 先对第二链路的幅度进行补偿再对相位进行补偿; 如果仅存在有幅度差异, 那么仅对第二链路上的幅
25 度进行补偿; 如果仅存在有相位差异, 那么仅对第二链路上的相位进行补

偿。其中，判断是否存在有幅度差异，就是判断第二链路相对于第一链路的最终链路增益值 $w_1(N)$ 的模值是否为 1；判断是否存在相位差异，就是判断 $w_1(N)$ 的相位值是否为 0；所述第一阈值范围包括有模值=1 和/或相位值=0 等信息。

- 5 步骤 204: 当链路增益值超出第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述第二链路的链路信号进行补偿。

在校准器得到第二链路相对于第一链路的最终链路增益值 $w_1(N)$ 时，由于 $w_1(N)$ 为一个复数，校准器计算该复数的模值，并判断该模值是否不为 1，如果判断该模值为 1 时，说明第二链路相对于第一链路不存在幅度差异，
10 无需对第二链路上的幅度进行补偿；如果判断该模值不为 1，说明第二链路相对于第一链路存在幅度差异，需要对第二链路上的 $S_2(t)$ 幅度进行补偿，校准器将不为 1 的模值传输至图 3 中的补偿器，补偿器将第二链路上的链路信号 $S_2(t)$ 的幅值与该模值相乘作为对 $S_2(t)$ 的幅度补偿。

在判断为模值是否不为 1 后，继续判断第二链路相对于第一链路的最终链路增益值 $w_1(N)$ 的相位是否不为 0，如果判断相位为 0，说明第二链路
15 相对于第一链路不存在相位差异，无需对第二链路上 $S_2(t)$ 的相位进行补偿；如果判断相位不为 0，说明第二链路相对于第一链路存在相位差异，需要对第二链路上的 $S_2(t)$ 的相位进行补偿，校准器将不为 0 的相位信息传输至图 3 中的补偿器，补偿器将第二链路上的链路信号 $S_2(t)$ 的相位与该相位信息相
20 乘作为对 $S_2(t)$ 的相位补偿。本领域人员应该而知，由于链路信号与链路增益信号均为复数，所以在判断为第二链路相对于第一链路同时存在有幅度和相位差异时，补偿器可通过链路信号 $S_2(t)$ 与 $w_1(N)$ 进行复数相乘，作为对 $S_2(t)$ 的幅度和相位的补偿。通过前述的补偿能够减小 LINC 系统两条链路的相位差异和幅度差异，以达到链路间的均衡，避免系统带外杂散的增加，

提高功放效率。

本领域技术人员应该而知，第二链路相对于第一链路可能仅存在幅度差异，也可以仅能存在相位差异，还可以同时存在幅度和相位差异；也就是说，本技术方案可实现对幅度和相位差异的同时补偿，也可以实现仅对
5 幅度差异或仅对相位差异的补偿。

本发明实施例还提供一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行前述的链路均衡方法。

10 基于前述链路均衡方法，本发明实施例还提供了一种链路均衡装置，如图 4 所示，所述装置包括：第一获取单元 401、第一确定单元 402、第一判断单元 403 及第一补偿单元 404；其中，

第一获取单元 401，配置为获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号；

15 第一确定单元 402，配置为依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号，确定所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值；

第一判断单元 403，配置为判断链路增益值是否超出第一阈值范围内；

第一补偿单元 404，配置为当所述第一判断单元 403 判断出链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述第二链路的链
20 路信号进行补偿。

上述方案中，所述第一获取单元 401，配置为：在至少两个时刻中，采集每个时刻上的链路反馈信号以及每条链路上的链路信号。

上述方案中，第一确定单元 402，还配置为：建立数学模型；将每个时刻采集到的链路反馈信号和每条链路上的链路信号经所述数学模型的 N-1
25 次迭代后，得到第二链路相对于第一链路的链路增益值；N 为大于等于 2 的正整数。

其中，所述数学模型至少包括第一公式、第二公式和第三公式；其中，

第一公式： $error(k) = S_2(k) - [w_1(k), w_2(k)] * [S_1(k), S_m(k)]^T$ ；

第二公式： $w_1(k+1) = w_1(k) + \mu * error(k) * conj(S_1(k))$ ；

第三公式： $w_2(k+1) = w_2(k) + \mu * error(k) * conj(S_m(k))$ ；

5 其中， $k=1, 2, \dots, N$ ； $S_m(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的链路反馈信号， $S_1(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的第一链路上的链路信号； $S_2(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的所述第二链路上的链路信号； $[]^T$ 表示转置矩阵， $conj$ 表示共轭复数； μ 表示为收敛因子为已知量； $error(k)$ 为第 k 次迭代下的差值函数； $w_1(k)$ 为第 k 个链路增益值； $w_2(k)$ 为第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 的辅助函数； N 为大
10 于等于2的正整数；

第一确定单元402，配置为在第 k 次迭代次数下，将第 k 个时刻采集到的链路反馈信号及每条链路上的链路信号代入至所述数学模型进行第 k 次迭代，确定经 $N-1$ 次迭代后的第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ ；相应的，所述第一
15 补偿单元404，配置为当所述第一判断单元403判断出链路增益值超出所述第一阈值范围内时，；确定该第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 为所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值。

上述方案中，所述第一确定单元402，配置为：

在第 $k=1$ 次迭代次数下，将采集到的第1个时刻的 $S_m(1)$ 、 $S_1(1)$ 和 $S_2(1)$ 且预设的第1个链路增益值 $w_1(1)$ 及其辅助函数 $w_2(1)$ 代入至第一公式，得到
20 在第1次迭代次数下的差值函数 $error(1)$ ，再将 $error(1)$ 、 $w_1(1)$ 、 $S_1(1)$ 代入第二公式，得到第2个链路增益值 $w_1(2)$ ；将 $error(1)$ 、 $w_2(1)$ 、 $S_m(1)$ 代入至第三公式，得到辅助函数 $w_2(2)$ ；

将迭代次数加1，在第 $k=2$ 次迭代次数下，将采集到的第2个时刻的

$S_m(2)$ 、 $S_1(2)$ 、 $S_2(2)$ 以及将在第 1 次迭代次数下计算出的第 2 个链路增益值 $w_1(2)$ 和辅助函数 $w_2(2)$ 代入至第一公式,得到在第 2 次迭代次数下的差值函数 $error(2)$, 再将 $error(2)$ 、 $w_1(2)$ 、 $S_1(2)$ 代入第二公式,得到第 3 个链路增益值 $w_1(3)$; 将 $error(2)$ 、 $w_2(2)$ 、 $S_m(2)$ 代入至第三公式,得到辅助函数 $w_2(3)$;

5 将迭代次数再加 1, 在第 $k=3$ 次迭代次数下, 将采集到的第 3 个时刻的 $S_m(3)$ 、 $S_1(3)$ 、 $S_2(3)$ 以及将在第 2 次迭代次数下计算出的第 3 个链路增益值 $w_1(3)$ 和辅助函数 $w_2(3)$ 代入至第一公式,得到在第 3 次迭代次数下的差值函数 $error(3)$, 再将 $error(3)$ 、 $w_1(3)$ 、 $S_1(3)$ 代入第二公式,得到第 4 个链路增益值 $w_1(4)$; 将 $error(3)$ 、 $w_2(3)$ 、 $S_m(3)$ 代入至第三公式,得到辅助函数 $w_2(4)$;

10 将迭代次数依次加 1, 在每个第 $k+1$ 次迭代次数下, 将采集到的第 $k+1$ 个时刻的 $S_m(k+1)$ 、 $S_1(k+1)$ 、 $S_2(k+1)$ 以及将在第 k 次迭代次数下计算出的第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 和辅助函数 $w_2(k)$ 代入至第一公式,得到在第 $k+1$ 次迭代次数下的差值函数 $error(k+1)$, 再将 $error(k+1)$ 、 $w_1(k)$ 、 $S_1(k+1)$ 代入第二公式,得到第 $k+1+1$ 个链路增益值 $w_1(k+1+1)$; 将 $error(k+1)$ 、 $w_2(k)$ 、 $S_m(k+1)$ 代入至第三公式,得到辅助函数 $w_2(k+1+1)$; 直至计算出在第 $N-1$ 次迭代次数下的 $w_1(N)$ 。

其中,所述第一判断单元 403,还配置为:获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的模值,判断所述模值是否不为 1,判断所述模值不为 1 时,确定所述链路增益值超出第一阈值范围内,触发第一补偿单元 404;

20 相应的,所述第一补偿单元 404,配置为通过将所述第二链路的链路信号的幅值与所述模值相乘对所述第二链路的链路信号进行幅度补偿。

所述第一判断单元 403,还配置为:获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值,判断所述相位值是否为 0,判断所述相位值不为 0 时,确定所述链路增益值超出第一阈值范围内,触发第一补偿单元 404;

相应的，所述第一补偿单元 404，配置为通过将所述第二链路的链路信号的相位值与所述第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值相乘对所述第二链路的链路信号进行相位补偿。

为实现上述方法，本发明实施例还提供了一种链路均衡装置，由于该装置解决问题的原理与方法相似，因此，链路均衡装置的实施过程及实施原理均可以参见前述方法的实施过程及实施原理描述，重复之处不再赘述。

本领域技术人员应当理解，图 4 中所示的链路均衡装置中的各处理单元的实现功能可参照前述链路均衡方法的相关描述而理解。本领域技术人员应当理解，图 4 中所示的链路均衡装置中各处理单元的功能可通过运行于处理器上的程序而实现，也可通过具体的逻辑电路而实现。

在实际应用中，所述第一获取单元 401、第一确定单元 402、第一判断单元 403 及第一补偿单元 404 均可由中央处理单元 (CPU, Central Processing Unit)、或数字信号处理 (DSP, Digital Signal Processor)、或微处理器 (MPU, Micro Processor Unit)、或现场可编程门阵列 (FPGA, Field Programmable Gate Array) 等来实现。

本发明实施例的技术方案的优势在于：

1) 通过对第二链路的链路信号的幅度和/或相位补偿能够减小 LINC 系统两条链路的相位差异和/或幅度差异，以达到链路间的均衡，避免系统带外杂散的增加，提高功放效率。

2) 实现了对第二链路上的 $S_2(t)$ 的幅度和相位的补偿， $S_2(t)$ 位于基带信号这一侧，实现了在基带信号侧的幅度和相位的补偿；

3) 考虑到相位的差异会对幅度差异存在影响，本发明实施例中在相位和幅度均存在差异时，先对幅度进行补偿再对相位进行补偿；

4) 本发明实施例的公式 (5) ~ (7) 为 LMS 的改进算法，该改进算法在硬件上更易于实现，可方便 FPGA 或者集成电路 ASIC 的实现，可有效提

升硬件资源的处理速度。

本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明可采用硬件实施例、软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、5 光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、10 嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

15 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

20 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

25 以上所述，仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围。

工业实用性

本发明实施例中，获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号；依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号，确定两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值；判断链路增益值是否超出第一阈值范围内；当所述链路增益值超出第一阈值范围内时，依据链路增益值，对第二链路的链路信号进行补偿。通过对第二链路的链路信号的补偿能够减小 LINC 系统两条链路的相位差异和/或幅度差异，以达到链路间的均衡，避免系统带外杂散的增加，提高功放效率。

权利要求书

1、一种链路均衡方法，所述方法包括：

获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号；

依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号，确定所述两条链路中第

5 二链路相对于第一链路的链路增益值；

判断链路增益值是否超出第一阈值范围内；

当所述链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，
对所述第二链路的链路信号进行补偿。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述获取链路反馈信号以及两

10 条链路中每条链路上的链路信号，包括：

在至少两个时刻中，采集每个时刻上的链路反馈信号以及每条链路上的
的链路信号。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述方法还包括：

建立数学模型；

15 将每个时刻采集到的链路反馈信号和每条链路上的链路信号经所述数
学模型的 N-1 次迭代后，得到第二链路相对于第一链路的链路增益值；N
为大于等于 2 的正整数。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其中，所述方法还包括：

所述数学模型至少包括第一公式、第二公式和第三公式；其中，

20 第一公式： $error(k) = S_2(k) - [w_1(k), w_2(k)] * [S_1(k), S_m(k)]^T$ ；

第二公式： $w_1(k+1) = w_1(k) + \mu * error(k) * conj(S_1(k))$ ；

第三公式： $w_2(k+1) = w_2(k) + \mu * error(k) * conj(S_m(k))$ ；

其中， $k=1, 2, \dots, N$ ； $S_m(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的链路反馈信号， $S_1(k)$
为在第 k 个时刻采集到的第一链路上的链路信号； $S_2(k)$ 为在第 k 个时刻采

集到的第二链路上的链路信号; $[\cdot]^T$ 表示转置矩阵, conj 表示共轭复数; μ 表示为收敛因子; $\text{error}(k)$ 为第 k 次迭代次数下的差值函数; $w_1(k)$ 为第 k 个链路增益值; $w_2(k)$ 为第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 的辅助函数;

5 在第 k 次迭代次数下, 将第 k 个时刻采集到的链路反馈信号及每条链路上的链路信号代入至所述数学模型进行第 k 次迭代, 获得经 $N-1$ 次迭代后的第 N 个链路增益值 $w_1(N)$;

确定该第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 为所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值。

5、根据权利要求 4 所述的方法, 其中, 所述方法还包括:

10 在第 $k=1$ 次迭代次数下, 将采集到的第 1 个时刻的 $S_m(1)$ 、 $S_1(1)$ 和 $S_2(1)$ 且预设的第 1 个链路增益值 $w_1(1)$ 及其辅助函数 $w_2(1)$ 代入至第一公式, 得到在第 1 次迭代次数下的差值函数 $\text{error}(1)$, 再将 $\text{error}(1)$ 、 $w_1(1)$ 、 $S_1(1)$ 代入第二公式, 得到第 2 个链路增益值 $w_1(2)$; 将 $\text{error}(1)$ 、 $w_2(1)$ 、 $S_m(1)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(2)$;

15 将迭代次数加 1, 在第 $k=2$ 次迭代次数下, 将采集到的第 2 个时刻的 $S_m(2)$ 、 $S_1(2)$ 、 $S_2(2)$ 以及将在第 1 次迭代次数下计算出的第 2 个链路增益值 $w_1(2)$ 和辅助函数 $w_2(2)$ 代入至第一公式, 得到在第 2 次迭代次数下的差值函数 $\text{error}(2)$, 再将 $\text{error}(2)$ 、 $w_1(2)$ 、 $S_1(2)$ 代入第二公式, 得到第 3 个链路增益值 $w_1(3)$; 将 $\text{error}(2)$ 、 $w_2(2)$ 、 $S_m(2)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(3)$;

20 将迭代次数再加 1, 在第 $k=3$ 次迭代次数下, 将采集到的第 3 个时刻的 $S_m(3)$ 、 $S_1(3)$ 、 $S_2(3)$ 以及将在第 2 次迭代次数下计算出的第 3 个链路增益值 $w_1(3)$ 和辅助函数 $w_2(3)$ 代入至第一公式, 得到在第 3 次迭代次数下的差值函数 $\text{error}(3)$, 再将 $\text{error}(3)$ 、 $w_1(3)$ 、 $S_1(3)$ 代入第二公式, 得到第 4 个链路增

益值 $w_1(4)$ ；将 $error(3)$ 、 $w_2(3)$ 、 $S_m(3)$ 代入至第三公式，得到辅助函数 $w_2(4)$ ；

将迭代次数依次加 1，在每个第 $k+1$ 次迭代次数下，将采集到的第 $k+1$ 个时刻的 $S_m(k+1)$ 、 $S_1(k+1)$ 、 $S_2(k+1)$ 以及将在第 k 次迭代次数下计算出的第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 和辅助函数 $w_2(k)$ 代入至第一公式，得到在第 $k+1$ 次迭代次数下的差值函数 $error(k+1)$ ，再将 $error(k+1)$ 、 $w_1(k)$ 、 $S_1(k+1)$ 代入第二公式，得到第 $k+1+1$ 个链路增益值 $w_1(k+1+1)$ ；将 $error(k+1)$ 、 $w_2(k)$ 、 $S_m(k+1)$ 代入至第三公式，得到辅助函数 $w_2(k+1+1)$ ；直至计算出在第 $N-1$ 次迭代次数下的 $w_1(N)$ 。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其中，所述方法还包括：

获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的模值；

所述判断链路增益值是否超出第一阈值范围内，包括：

判断所述模值是否不为 1；

当所述链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述其中一条链路的链路信号进行补偿，包括：

判断所述模值不为 1 时，确定所述链路增益值超出第一阈值范围内，通过将所述第二链路的链路信号的幅值与所述模值相乘对所述第二链路的链路信号进行幅度补偿。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其中，所述方法还包括：

获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值；

判断链路增益值是否超出第一阈值范围内，包括：

判断所述相位值是否不为 0；

当所述链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述其中一条链路的链路信号进行补偿，包括：

判断所述相位值不为 0 时，确定所述链路增益值超出第一阈值范围内，通过将所述第二链路的链路信号的相位值与所述第 N 个链路增益值 $w_1(N)$

的相位值相乘对所述第二链路的链路信号进行相位补偿。

8、一种链路均衡装置，所述装置包括：

第一获取单元，配置为获取链路反馈信号以及两条链路中每条链路上的链路信号；

5 第一确定单元，配置为依据链路反馈信号及每条链路上的链路信号，确定所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值；

第一判断单元，配置为判断链路增益值是否超出第一阈值范围内；

第一补偿单元，配置为当所述第一判断单元判断出链路增益值超出所述第一阈值范围内时，依据所述链路增益值，对所述第二链路的链路信号
10 进行补偿。

9、根据权利要求 8 所述的装置，其中，所述第一获取单元，配置为：

在至少两个时刻中，采集每个时刻上的链路反馈信号以及每条链路上的链路信号。

10、根据权利要求 9 所述的装置，其中，

15 所述第一确定单元，配置为建立数学模型，将每个时刻采集到的链路反馈信号和每条链路上的链路信号经所述数学模型的 $N-1$ 次迭代后，得到第二链路相对于第一链路的链路增益值； N 为大于等于 2 的正整数。

11、根据权利要求 10 所述的装置，其中，

所述数学模型至少包括第一公式、第二公式和第三公式；其中，

20 第一公式： $error(k) = S_2(k) - [w_1(k), w_2(k)]^* [S_1(k), S_m(k)]^T$ ；

第二公式： $w_1(k+1) = w_1(k) + \mu * error(k) * conj(S_1(k))$ ；

第三公式： $w_2(k+1) = w_2(k) + \mu * error(k) * conj(S_m(k))$ ；

其中， $k=1, 2, \dots, N$ ； $S_m(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的链路反馈信号， $S_1(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的所述第一链路上的链路信号； $S_2(k)$ 为在第 k 个时刻采集到的所述第二链路上的链路信号； $[\cdot]^T$ 表示转置矩阵， $conj$ 表示共轭
25

复数； μ 表示为收敛因子； $error(k)$ 为第 k 次迭代下的差值函数； $w_1(k)$ 为第 k 个链路增益值； $w_2(k)$ 为第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 的辅助函数； N 为，

第一确定单元，配置为在第 k 次迭代次数下，将第 k 个时刻采集到的链路反馈信号及每条链路上的链路信号代入至所述数学模型进行第 k 次迭代，确定经 $N-1$ 次迭代后的第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ ；

所述第一补偿单元，配置为当第一判断单元判断出链路增益值超出第一阈值范围内时，确定该第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 为所述两条链路中第二链路相对于第一链路的链路增益值。

12、根据权利要求11所述的装置，其中，所述第一确定单元，配置为：

10 在第 $k=1$ 次迭代次数下，将采集到的第1个时刻的 $S_m(1)$ 、 $S_1(1)$ 和 $S_2(1)$ 且预设的第1个链路增益值 $w_1(1)$ 及其辅助函数 $w_2(1)$ 代入至第一公式，得到在第1次迭代次数下的差值函数 $error(1)$ ，再将 $error(1)$ 、 $w_1(1)$ 、 $S_1(1)$ 代入第二公式，得到第2个链路增益值 $w_1(2)$ ；将 $error(1)$ 、 $w_2(1)$ 、 $S_m(1)$ 代入至第三公式，得到辅助函数 $w_2(2)$ ；

15 将迭代次数加1，在第 $k=2$ 次迭代次数下，将采集到的第2个时刻的 $S_m(2)$ 、 $S_1(2)$ 、 $S_2(2)$ 以及将在第1次迭代次数下计算出的第2个链路增益值 $w_1(2)$ 和辅助函数 $w_2(2)$ 代入至第一公式，得到在第2次迭代次数下的差值函数 $error(2)$ ，再将 $error(2)$ 、 $w_1(2)$ 、 $S_1(2)$ 代入第二公式，得到第3个链路增益值 $w_1(3)$ ；将 $error(2)$ 、 $w_2(2)$ 、 $S_m(2)$ 代入至第三公式，得到辅助函数 $w_2(3)$ ；

20 将迭代次数再加1，在第 $k=3$ 次迭代次数下，将采集到的第3个时刻的 $S_m(3)$ 、 $S_1(3)$ 、 $S_2(3)$ 以及将在第2次迭代次数下计算出的第3个链路增益值 $w_1(3)$ 和辅助函数 $w_2(3)$ 代入至第一公式，得到在第3次迭代次数下的差值函数 $error(3)$ ，再将 $error(3)$ 、 $w_1(3)$ 、 $S_1(3)$ 代入第二公式，得到第4个链路增益值 $w_1(4)$ ；将 $error(3)$ 、 $w_2(3)$ 、 $S_m(3)$ 代入至第三公式，得到辅助函数 $w_2(4)$ ；

将迭代次数依次加 1, 在每个第 $k+1$ 次迭代次数下, 将采集到的第 $k+1$ 个时刻的 $S_m(k+1)$ 、 $S_1(k+1)$ 、 $S_2(k+1)$ 以及将在第 k 次迭代次数下计算出的第 k 个链路增益值 $w_1(k)$ 和辅助函数 $w_2(k)$ 代入至第一公式, 得到在第 $k+1$ 次迭代次数下的差值函数 $error(k+1)$, 再将 $error(k+1)$ 、 $w_1(k)$ 、 $S_1(k+1)$ 代入第二公
5 式, 得到第 $k+1+1$ 个链路增益值 $w_1(k+1+1)$; 将 $error(k+1)$ 、 $w_2(k)$ 、 $S_m(k+1)$ 代入至第三公式, 得到辅助函数 $w_2(k+1+1)$; 直至计算出在第 $N-1$ 次迭代次数下的 $w_1(N)$ 。

13、根据权利要求 12 所述的装置, 其中, 所述第一判断单元, 还配置为: 获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的模值, 判断所述模值是否不为 1, 判断
10 所述模值不为 1 时, 确定所述链路增益值超出第一阈值范围内, 触发第一补偿单元;

相应的, 所述第一补偿单元, 配置为通过将所述第二链路的链路信号的幅值与所述模值相乘对所述第二链路的链路信号进行幅度补偿。

14、根据权利要求 13 所述的装置, 其中, 所述第一判断单元, 还配置
15 为: 获取第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值, 判断所述相位值是否不为 0, 判断所述相位值不为 0 时, 确定所述链路增益值超出第一阈值范围内, 触发第一补偿单元;

相应的, 所述第一补偿单元, 配置为通过将所述第二链路的链路信号的相位值与所述第 N 个链路增益值 $w_1(N)$ 的相位值相乘对所述第二链路的
20 链路信号进行相位补偿。

15、一种计算机存储介质, 所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令, 所述计算机可执行指令用于执行权利要求 1 至 7 任一项所述的链路均衡方法。

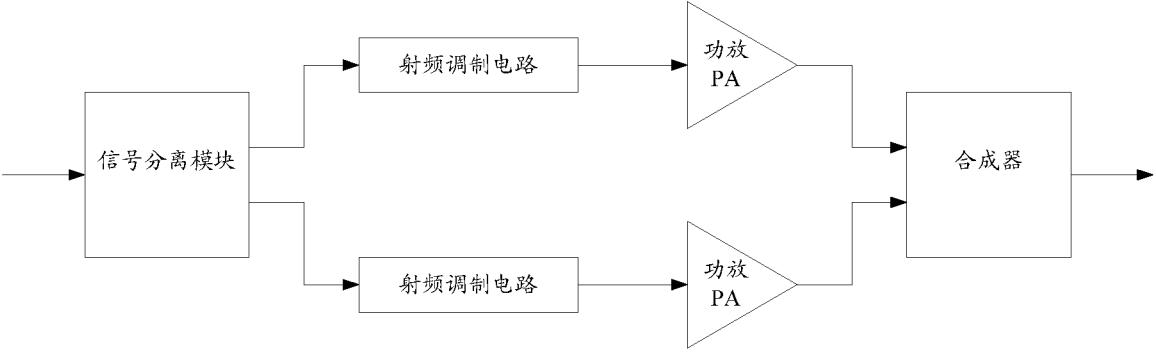


图 1

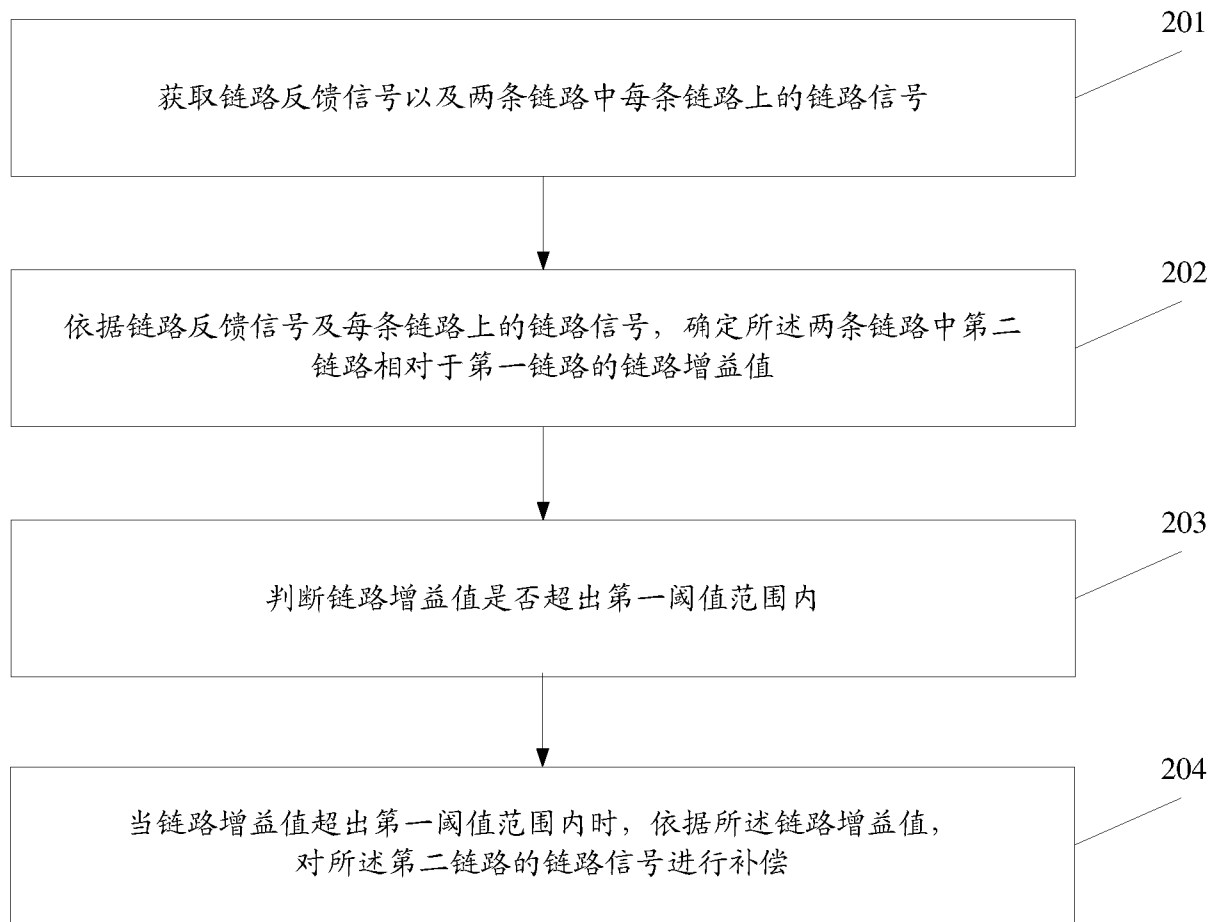


图 2

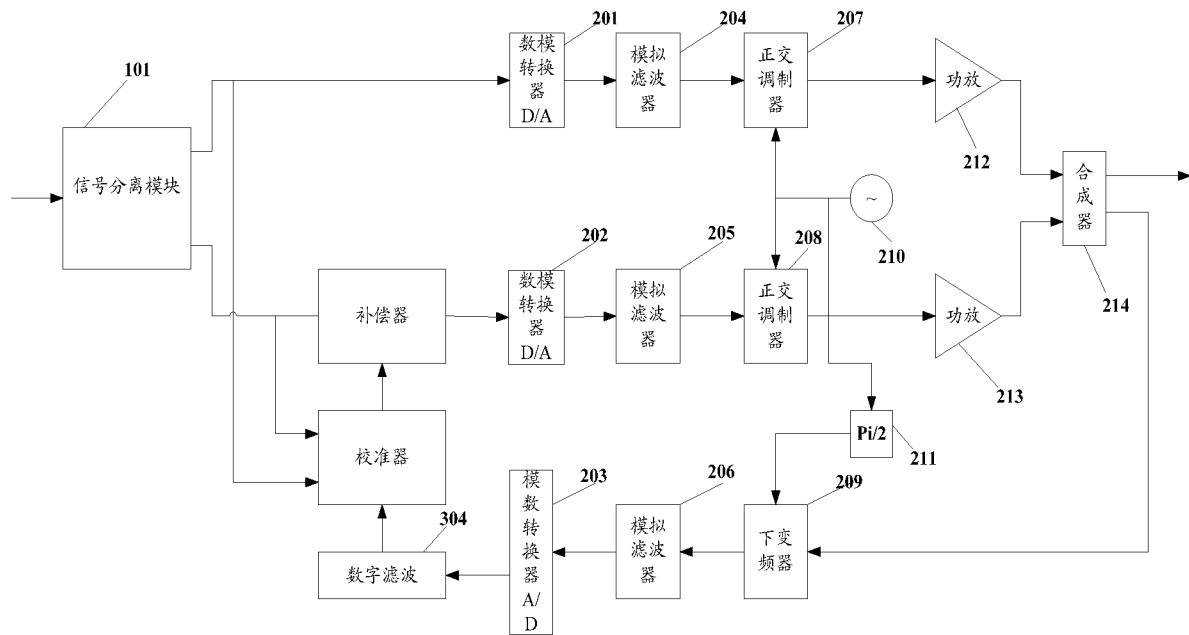


图 3

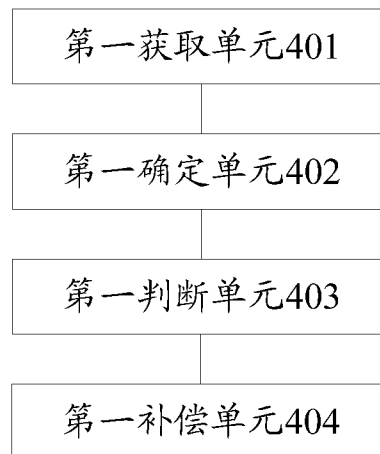


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/080982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/005 (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)

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)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: LINC, linear amplification, equali+, plus, balance, compensate, link, branch, phase, difference, scope, threshold, correct, gain, mismatch

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101540618 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 23 September 2009 (23.09.2009) description, page 2, the last paragraph but one to page 6, the second paragraph	1-15
A	CN 101383641 A (SAMSUNG ELECTRO MECH. CO., LTD.) 11 March 2009 (11.03.2009) the whole document	1-15
A	CN 101729079 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 09 June 2010 (09.06.2010) the whole document	1-15
A	EP 1881597 A1 (MEDIATEK INC. et al.) 23 January 2008 (23.01.2008) the whole document	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 30 May 2016	Date of mailing of the international search report 04 July 2016
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 LI, Xiaoli Telephone No. (86-10) 62414494

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/080982

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101540618 A	23 September 2009	None	
CN 101383641 A	11 March 2009	FR 2920925 A1	13 March 2009
		KR 20090026097 A	11 March 2009
		GB 2452631 A	11 March 2009
		US 2009067541 A1	12 March 2009
		FI 20085820 A	07 March 2009
		DE 102008045570 A1	23 April 2009
		IN 2095DEL2008 A	17 April 2009
CN 101729079 A	09 June 2010	None	
EP 1881597 A1	23 January 2008	US 2008019459 A1	24 January 2008
		TW 200807897 A	01 February 2008
		CN 101136641 A	05 March 2008
		TW 200807979 A	01 February 2008
		CN 101110595 A	23 January 2008
		US 2008019456 A1	24 January 2008

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/080982

A. 主题的分类

H04B 7/005 (2006.01) i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

H04B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC; 线性放大, 非线性功率放大器, 均衡, 平衡, 失配, 链路, 支路, 幅度, 相位, 差异, 范围, 阈值, 补偿, 校正, 增益, LINC, equali+, plus, balance, compensat, link, phase, scope, threshold, correct

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 101540618 A (电子科技大学) 2009年 9月 23日 (2009 - 09 - 23) 说明书第2页倒数第2段-第6页第2段	1-15
A	CN 101383641 A (三星电机株式会社) 2009年 3月 11日 (2009 - 03 - 11) 全文	1-15
A	CN 101729079 A (电子科技大学) 2010年 6月 9日 (2010 - 06 - 09) 全文	1-15
A	EP 1881597 A1 (MEDIATEK INC. 等) 2008年 1月 23日 (2008 - 01 - 23) 全文	1-15

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 5月 30日

国际检索报告邮寄日期

2016年 7月 4日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

李晓利

传真号 (86-10) 62019451

电话号码 (86-10) 62414494

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/080982

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	101540618	A	2009年 9月 23日	无			
CN	101383641	A	2009年 3月 11日	FR	2920925	A1	2009年 3月 13日
				KR	20090026097	A	2009年 3月 11日
				GB	2452631	A	2009年 3月 11日
				US	2009067541	A1	2009年 3月 12日
				FI	20085820	A	2009年 3月 7日
				DE	102008045570	A1	2009年 4月 23日
				IN	2095DEL2008	A	2009年 4月 17日
CN	101729079	A	2010年 6月 9日	无			
EP	1881597	A1	2008年 1月 23日	US	2008019459	A1	2008年 1月 24日
				TW	200807897	A	2008年 2月 1日
				CN	101136641	A	2008年 3月 5日
				TW	200807979	A	2008年 2月 1日
				CN	101110595	A	2008年 1月 23日
				US	2008019456	A1	2008年 1月 24日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)