

(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
2015年3月26日 (26.03.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/039298 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 7/04 (2006.01)
 - (21) 国际申请号: PCT/CN2013/083757
 - (22) 国际申请日: 2013年9月18日 (18.09.2013)
 - (25) 申请语言: 中文
 - (26) 公布语言: 中文
 - (71) 申请人: 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: 肖暄 (XIAO, Xuan); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 吕芳芳 (LV, Fangfang); 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: 北京龙双利达知识产权代理有限公司 (LONGSUN LEAD IP LTD.); 中国北京市海淀区丹棱街16号海兴大厦C座1108, 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, IS, JP, KE, KG, 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, 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, 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: MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT SIGNAL PROCESSING METHOD, APPARATUS AND BASE STATION

(54) 发明名称: 多入多出信号处理方法、装置和基站

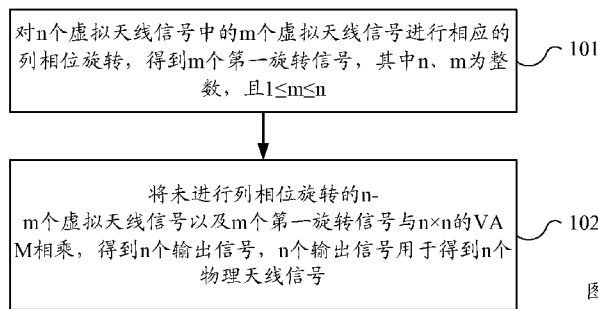


图1 / Fig. 1

101 PERFORMING CORRESPONDING COLUMN PHASE ROTATION ON M VIRTUAL ANTENNA SIGNALS IN N VIRTUAL ANTENNA SIGNALS TO OBTAIN M FIRST ROTATIONAL SIGNALS, WHEREIN N AND M ARE INTEGERS, AND M IS GREATER THAN OR EQUAL TO 1 BUT LESS THAN OR EQUAL TO N

102 MULTIPLYING N-M VIRTUAL ANTENNA SIGNALS NOT UNDERGOING THE COLUMN PHASE ROTATION AND M FIRST ROTATIONAL SIGNALS BY AN N×N VAM MATRIX TO OBTAIN N OUTPUT SIGNALS, THE N OUTPUT SIGNALS BEING USED FOR OBTAINING N PHYSICAL ANTENNA SIGNALS

(57) Abstract: The embodiment of the present invention provides a multiple input multiple output signal processing method, apparatus and base station. The method comprises: performing corresponding column phase rotation on m virtual antenna signals in n virtual antenna signals to obtain m first rotational signals, wherein n and m are integers, and m is greater than or equal to 1 but less than or equal to n; multiplying n-m virtual antenna signals not undergoing the column phase rotation and m first rotational signals by an n×n virtual antenna mapping matrix to obtain n output signals, the n output signals being used for obtaining n physical antenna signals. In the embodiment of the present invention, column phase rotation is performed on all of or part of PCI-weighted virtual antenna signals before the virtual antenna signals are multiplied by the VAM matrix, and such a cascading mode of PCI weighting and column phase rotation is equivalent to that the number of PCI codebooks is expanded, thus the problem of quantification precision caused by limited codebooks can be corrected and MIMO performances are enhanced.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2015/039298 A1

本发明实施例提供了一种多入多出信号处理方法、装置和基站。该方法包括：对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转，得到 m 个第一旋转信号，其中 n 、 m 为整数，且 $1 \leq m \leq n$ ；将未进行列相位旋转的 $n-m$ 个虚拟天线信号以及 m 个第一旋转信号与 $n \times n$ 的虚拟天线映射矩阵相乘，得到 n 个输出信号， n 个输出信号用于得到 n 个物理天线信号。本发明实施例在将虚拟天线信号乘以 VAM 矩阵之前，对进行了 PCI 加权的全部或部分虚拟天线信号进行列相位旋转，这种 PCI 加权和列相位旋转的级联方式等价于扩展了 PCI 码本个数，从而能够修正受限码本带来的量化精度问题，提高 MIMO 性能。

多入多出信号处理方法、装置和基站

技术领域

本发明涉及无线通信技术领域，具体地，涉及多入多出（Multiple Input
5 Multiple Output, MIMO）信号处理方法、装置和基站。

背景技术

宽带码分多址（Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA）开
放网络接口 R7 协议引入 MIMO 技术，可成倍地提高峰值吞吐率 MIMO 技
10 术是高速下行分组接入（High Speed Downlink Packet Access, HSDPA）的增
强技术，用于成倍地提高峰值吞吐率。在 HSDPA 向 MIMO 技术过渡期间，
往往出现同一载频共用 MIMO 与 HSDPA 的现象。运营商希望 MIMO 的引
入策略是 MIMO 和传统 HSDPA 统一考虑，同时保持天线间功率平衡。

当出现 MIMO 与 HSDPA 共载频时，为了避免发分集模式下 HSDPA 的
15 性能下降，选用主辅导频模式，传统 HSDPA 采用单发，但由此会引起两个
功放的功率不平衡，因此通过乘上虚拟天线映射（Virtual Antenna Mapping,
VAM）矩阵，来达到两个功放（Power Amplifier, PA）的功率平衡。VAM
矩阵的形式有多种，通常是正交矩阵，当矩阵中的元素是复数时也可以称为
酉矩阵。这种基站自主决定 VAM 形式、无需通知终端的架构称为 VAM 透
20 明架构。

但是，在该架构下，为了保持功放平衡，MIMO 单流（Single-Stream
MIMO, SS-MIMO）的预编码指示（Pre-Coding Indication, PCI）的码本从
原先的 4 个限制为 2 个。这种受限的码本量化偏差较大，波束成型的效果不
佳，恶化了 MIMO 的性能。

25

发明内容

本发明实施例提供一种 MIMO 信号处理方法、装置和基站，能够提高
MIMO 性能。

第一方面，提供了一种多入多出 MIMO 信号处理方法，包括：对 n 个
30 虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转，得到 m 个第
一旋转信号，其中所述虚拟天线信号是将 MIMO 信号乘以预编码矩阵得到

的, n 、 m 为整数, 且 $1 \leq m \leq n$; 将未进行列相位旋转的 $n-m$ 个虚拟天线信号以及 m 个第一旋转信号, 与 $n \times n$ 的虚拟天线映射矩阵相乘, 得到 n 个输出信号, n 个输出信号用于得到 n 个物理天线信号。

5 结合第一方面, 在第一方面的第一种实施方式中, 对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转, 包括: 将 m 个虚拟天线信号与 $e^{j\theta_c}$ 相乘, 其中, θ_c 为与 m 个虚拟天线信号相应的列相位, c 为虚拟天线信号的序号, $c \in [1, m]$ 。

10 结合第一方面及其上述实施方式, 在第一方面的第二种实施方式中, 在对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转之前, 该方法还包括: 确定 θ_c 的选择状态, θ_c 的选择状态包括锁定态和失锁态; 当确定 θ_c 的选择状态为失锁态时, 确定 θ_c 的选择阶段为训练阶段; 或者当确定 θ_c 的选择状态为锁定态时, 确定 θ_c 的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段; 其中, 对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转, 包括: 根据 θ_c 的选择阶段, 进行列相位旋转。

15 结合第一方面及其上述实施方式, 在第一方面的第三种实施方式中, 根据 θ_c 的选择阶段, 进行列相位旋转, 包括: 在训练阶段中, 周期性地更新 θ_c 的取值, 并按照更新后的 θ_c 进行列相位旋转; 在工作阶段中的至少部分时间内, 使用固定的 θ_c 进行列相位旋转。

20 结合第一方面及其上述实施方式, 在第一方面的第四种实施方式中, 该方法还包括: 在训练阶段中, 获取每个更新后的 θ_c 下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI; 根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位; 当训练阶段期满时, 根据最优列相位确定是否进行选择状态的迁移。

25 结合第一方面及其上述实施方式, 在第一方面的第五种实施方式中, 根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位, 包括: 对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行求和得到第一总和值, 对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行计数得到第一计数值; 根据第一总和值和第一计数值得到当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值; 在遍历所有 θ_c 之后, 将所有 θ_c 中锁定性能值最大的 θ_c 确定为最优列相位。

30 结合第一方面及其上述实施方式, 在第一方面的第六种实施方式中, 根据第一总和值和第一计数值得到当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值, 包括:

将第一总和值除以第一计数值得到第一平均值；对第一平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第七种实施方式中，对第一平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值，包括：对第一平均值进行 Alpha 滤波得到锁定性能值和失锁性能值。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第八种实施方式中，当训练阶段期满时，根据最优列相位确定是否进行选择状态的迁移，包括：如果当前的选择状态为失锁态：当最优列相位的锁定性能值不低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态从失锁态迁移至锁定态；当最优列相位的锁定性能值低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态不迁移；或者，如果当前的选择状态为锁定态：当最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；当最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优列相位确定下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 的取值。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第九种实施方式中，根据最优列相位确定下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 的取值，包括：当最优列相位和上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 之间的差异大于第四阈值时，将最优列相位作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c ；否则将上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十种实施方式中，将最优列相位作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c ，包括：在下一工作阶段的初始一段时间内，逐步地将列相位从训练阶段的列相位结束更新值变化至最优列相位。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十一种实施方式中，该方法还包括：当工作阶段期满时，进入训练阶段。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十二种实施方式中，当工作阶段期满时，进入训练阶段，包括：在训练阶段的初始一段时间内，逐步地将列相位从工作阶段中使用的固定的 θ_c 变化至训练阶段的列相位初

始更新值。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十三种实施方式中，该方法还包括：将 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转，得到 k 个第二旋转信号，其中 k 为正整数；对未进行行相位旋转的 $n-k$ 个输出信号和 k 个第二旋转信号进行功放处理以得到 n 个物理天线信号。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十四种实施方式中，将所述 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转，包括：将 k 个输出信号与 $e^{j\theta_r}$ 相乘，其中， θ_r 为与 k 个输出信号相应的行相位， r 为虚拟天线信号的序号， $r \in [1, k]$ 。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十五种实施方式中，该方法还包括：确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态， $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态包括锁定态和失锁态；当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为失锁态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为训练阶段；或者当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为锁定态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段，其中，根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段，进行列相位旋转和行相位旋转。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十六种实施方式中，根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段，进行列相位旋转和行相位旋转，包括：在训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转和行相位旋转；在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转和行相位旋转。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十七种实施方式中，该方法还包括：在训练阶段中，获取每个更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI；根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；当训练阶段期满时，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行选择状态的迁移。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十八种实施方式中，根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位，包括：对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行求和得到第二总和值，对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行计数得到第二计数值；根据第二总和值和第二计数值得到当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值；在遍历所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之后，将所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合中锁定性能值最大的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定为最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组

合。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第十九种实施方式中，根据第二总和值和第二计数值得到当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值，包括：将第二总和值除以第二计数值得到第二平均值；对第二平均值
5 进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第二十种实施方式中，对第二平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值，包括：对第二平均值进行 Alpha 滤波得到锁定性能值和失锁性能值。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第二十一实施方式
10 中，当训练阶段期满时，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行选择状态的迁移，包括：如果当前的选择状态为失锁态：

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态从失锁态迁移
15 至锁定态；当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态不迁移；

或者，如果当前的选择状态为锁定态：

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的
20 平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值。

结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第二十二种实施方式
25 中，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，包括：当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合和上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之间的差异大于第四阈值时，将最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；否则将上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

30 结合第一方面及其上述实施方式，在第一方面的第二十三种实施方式中，列相位的取值范围小于行相位的取值范围且列相位的量化精度大于行相

位的量化精度。

第二方面，提供了一种多入多出 MIMO 信号处理装置，包括：第一旋转单元，用于对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转，得到 m 个第一旋转信号，其中所述虚拟天线信号是将 MIMO 信号乘以预编码矩阵得到的， n 、 m 为整数，且 $1 \leq m \leq n$ ；第一矩阵单元，用于将未进行列相位旋转的 $n-m$ 个虚拟天线信号以及 m 个第一旋转信号，与 $n \times n$ 的虚拟天线映射矩阵相乘，得到 n 个输出信号， n 个输出信号用于得到 n 个物理天线信号。

结合第二方面，在第二方面的第一种实施方式中，第一旋转单元具体用于将 m 个虚拟天线信号与 $e^{j\theta_c}$ 相乘，其中， θ_c 为与 m 个虚拟天线信号相应的列相位， c 为虚拟天线信号的序号， $c \in [1, m]$ 。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第二种实施方式中，该 MIMO 信号处理装置还包括第一确定单元，用于确定 θ_c 的选择状态， θ_c 的选择状态包括锁定态和失锁态。第一确定单元还用于当确定 θ_c 的选择状态为失锁态时，确定 θ_c 的选择阶段为训练阶段；或者当确定 θ_c 的选择状态为锁定态时，确定 θ_c 的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段。其中，第一旋转单元具体用于根据 θ_c 的选择阶段，进行列相位旋转。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第三种实施方式中，第一旋转单元具体用于在训练阶段中，周期性地更新 θ_c 的取值，并按照更新后的 θ_c 进行列相位旋转；在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 θ_c 进行列相位旋转。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第四种实施方式中，该 MIMO 信号处理装置还包括：第一获取单元，用于在训练阶段中，获取每个更新后的 θ_c 下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI；并根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位；第二确定单元，用于当训练阶段期满时，根据最优列相位确定是否进行选择状态的迁移。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第五种实施方式中，第一获取单元具体用于对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行求和得到第一总和值，对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行计数得到第一计数值；根据第一总和值和第一计数值得到当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值；在遍历所有 θ_c 之后，将所有 θ_c 中锁定性能值最大的 θ_c 确定为最优列相位。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第六种实施方式中，第一获取单元具体用于将第一总和值除以第一计数值得到第一平均值；对第一平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值。

5 结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第七种实施方式中，如果当前的选择状态为失锁态：第二确定单元具体用于当最优列相位的锁定性能值不低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态从失锁态迁移至锁定态；当最优列相位的锁定性能值低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优列相位的失锁性能值低于
10 所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态不迁移；或者，如果当前的选择状态为锁定态：第二确定单元具体用于当最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；当最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优列相
15 位确定下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 的取值。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第八种实施方式中，第二确定单元具体用于当最优列相位和上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 之间的差异大于第四阈值时，将最优列相位作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c ；否则将上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 作为下一工作阶段中使用的固定的
20 的 θ_c 。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第九种实施方式中，该 MIMO 信号处理装置还包括：第二旋转单元，用于将 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转，得到 k 个第二旋转信号，其中 k 为正整数；其中未进行行相位旋转的 $n-k$ 个输出信号和 k 个第二旋转信号作为 n 个物理
25 天线信号。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十种实施方式中，第二旋转单元具体用于将 k 个输出信号与 $e^{j\theta_r}$ 相乘，其中， θ_r 为与 k 个输出信号相应的行相位， r 为虚拟天线信号的序号， $r \in [1, k]$ 。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十一种实施方式中，
30 还包括第三确定单元，用于确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态，并根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段，其中第一旋转单元根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合

的选择阶段进行列相位旋转，并且第二旋转单元根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行行相位旋转。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十二种实施方式中， $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态包括锁定态和失锁态，第三确定单元具体用于当确定
5 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为失锁态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为训练阶段；当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为锁定态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十三种实施方式中，第一旋转单元具体用于在训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并
10 按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转；或者在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转；第二旋转单元具体用于在训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行行相位旋转；或者在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行行相位旋转。

15 结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十四种实施方式中，还包括第二获取单元，用于在训练阶段中，获取每个更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI，并根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；第三确定单元，用于当训练阶段期满时，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行选择状态的迁移。

20 结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十五种实施方式中，第二获取单元具体用于对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行求和得到第二总和值，对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行计数得到第二计数值；根据第二总和值和第二计数值得到当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值；在遍历所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之后，将所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合中锁定性能值最大的
25 的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定为最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十六种实施方式中，第二获取单元具体用于将第二总和值除以第二计数值得到第二平均值；对第二平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值。

30 结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十七种实施方式中，如果当前的选择状态为失锁态：

第三确定单元具体用于当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值不低于所有 $\{\theta_c,$

θ_r 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态从失锁态迁移至锁定态；当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态不迁移；

或者，如果当前的选择状态为锁定态：

第三确定单元具体用于当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值。

结合第二方面及其上述实施方式，在第二方面的第十八种实施方式中，第三确定单元具体用于当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合和上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之间的差异大于第四阈值时，将最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；否则将上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

第三方面，提供了一种基站，包括上述多入多出 MIMO 信号处理装置。

本发明实施例在将虚拟天线信号乘以 VAM 矩阵之前，对进行了 PCI 加权的全部或部分虚拟天线信号进行列相位旋转，这种 PCI 加权和列相位旋转的级联方式等价于扩展了 PCI 码本个数，从而能够修正受限码本带来的量化精度问题，提高 MIMO 性能。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案，下面将对实施例或现有技术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附图。

图 1 是本发明一个实施例的 MIMO 信号处理方法的流程图。

图 2 是本发明一个实施例的选择状态的示意时序图。

图 3 是本发明一个实施例的增强 VAM 方案的例子的示意图。

图 4 是本发明一个实施例的进行最优列相位选择的方法的示意图。

图 5 是本发明另一实施例的增强 VAM 方案的例子示意图。

图 6 是本发明一个实施例的进行最优相位组合选择的方法的示意图。

5 图 7 是本发明另一实施例的进行最优相位组合选择的方法的示意图。

图 8 是本发明一个实施例的 MIMO 信号处理装置的框图。

图 9 是本发明另一实施例的 MIMO 信号处理装置的框图。

10 具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

15 图 1 是本发明一个实施例的 MIMO 信号处理方法的流程图。图 1 的方法可以由基站执行。

101, 对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转，得到 m 个第一旋转信号，其中虚拟天线信号是将 MIMO 信号乘以预编码矩阵得到的， n 、 m 为整数，且 $1 \leq m \leq n$ 。

20 具体地，虚拟天线信号是经过 PCI 加权后要输入到 VAM 的信号。MIMO 设备均配置 PCI 矩阵模块，对需要发射的信号进行 PCI 加权。

102, 将未进行列相位旋转的 $n-m$ 个虚拟天线信号以及 m 个第一旋转信号，与 $n \times n$ 的 VAM 矩阵相乘，得到 n 个输出信号， n 个输出信号用于得到 n 个物理天线信号。

25 换句话说，对 m 个虚拟天线信号进行列相位旋转得到 m 个第一旋转信号并作为 VAM 矩阵的 m 个输入，其余 $n-m$ 个虚拟天线信号不进行列相位旋转而直接作为 VAM 矩阵的另外 $n-m$ 个输入。这样 VAM 矩阵总共有 n 个输入信号。将这 n 个输入信号乘以 $n \times n$ 的 VAM 矩阵，从而得到 n 个输出信号。

30 联接虚拟天线和物理天线的矩阵称为 VAM 矩阵。从特性上说，VAM 通常可以是正交矩阵（当矩阵中的元素是复数时也可称为酉矩阵）。

本发明实施例在将虚拟天线信号乘以 VAM 矩阵之前，对进行了 PCI 加

权的全部或部分虚拟天线信号进行列相位旋转,这种 PCI 加权和列相位旋转的级联方式等价于扩展了 PCI 码本个数,从而能够修正受限码本带来的量化精度问题,提高 MIMO 性能。

需要说明的是,在 VAM 矩阵之前进行相位旋转,相当于旋转 MIMO 信号的列相位,因此可称为列相位旋转。另外,在 VAM 矩阵之后进行相位旋转,相当于旋转 MIMO 信号的行相位,因此可称为行相位旋转。

可选地,作为一个实施例,在步骤 101 中对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转时,可将 m 个虚拟天线信号与 $e^{j\theta_c}$ 相乘,其中, θ_c 为与 m 个虚拟天线信号相应的列相位, c 为虚拟天线信号的序号, $c \in [1, m]$ 。 θ_c 也可以称为列调相因子。

具体地,在本发明实施例中,对于进行列相位旋转的那部分虚拟天线信号,列调相因子和 MIMO 本身固有的 PCI 加权因子直接级联(相乘),这种级联方式从整体来看等价于扩展了 PCI 码本个数,从而可以修正受限码本带来的量化精度问题。另一方面,这种码本扩展使得天线输出的物理天线信号会产生不同的幅度差,即引入一些功放不平衡。但这种不平衡程度相比原先 4 码本的 PCI 方案所带来的不平衡程度要小,这样能够用轻微的功放不平衡换来 MIMO 性能的提升。

可选地,作为另一实施例,在步骤 101 之前,还可以确定 θ_c 的选择状态,其中 θ_c 的选择状态包括锁定态和失锁态。然后,可根据 θ_c 的选择状态确定 θ_c 的选择阶段。具体地,当确定 θ_c 的选择状态为失锁态时,确定 θ_c 的选择阶段为训练阶段;或者,当确定 θ_c 的选择状态为锁定态时,确定 θ_c 的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段。在此情况下,在步骤 101 中对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转时,可根据 θ_c 的选择阶段,进行列相位旋转。

可选地,作为另一实施例,为了进一步减少列调相因子 θ_c 引入的功放不平衡的程度, θ_c 的取值范围可以较窄,但在该取值范围内量化精度较高(即取值步长较短)。例如, θ_c 可以限制在 $\pm 30^\circ$ 的窗内,但以 15° 为取值步长,即 $\theta_c \in [-30^\circ, -15^\circ, 0, 15^\circ, 30^\circ]$ 。但本发明实施例对的具体取值范围和取值步长不作限制。

图 2 是本发明一个实施例的选择状态的示意时序图。图 2 的实施例可以通过状态机来实现,该状态机在锁定态和失锁态之间迁移。

如图 2 所示, 在失锁态下, 表明最优 θ_c 的变化剧烈, 不能锁定, 因此可以周期性地重复训练阶段, 以达到稳定的最优 θ_c 。

在锁定态下, 最优 θ_c 比较稳定。 θ_c 的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段。应注意, 图 2 中训练阶段和工作阶段的交替方式只是示例性的, 而非对本发明实施例的限制。例如, 在从失锁态迁移至锁定态后, 可以先进入工作阶段, 也可以先进入训练阶段; 或者, 在从锁定态迁移至失锁态前, 锁定态的最后一个选择阶段可以是工作阶段, 也可以是训练阶段。

另外, 工作阶段和训练阶段的持续时间可以是固定的。一般而言, 工作阶段的持续时间比训练阶段的持续时间更长, 但本发明实施例对此不作限制。

可选地, 作为一个实施例, 在根据 θ_c 的选择阶段, 进行列相位旋转时, 在训练阶段中, 周期性地更新 θ_c 的取值, 并按照更新后的 θ_c 进行列相位旋转。在工作阶段中的至少部分时间内, 使用固定的 θ_c 进行列相位旋转。该固定的 θ_c 可以称为最优 θ_c 。

换句话说, 在训练阶段中, 依次遍历 θ_c 的可能取值, 从而可以根据 UE 的反馈结果来判决得到最优 θ_c 。具体地, 这里可以使用的一种反馈结果是 UE 发送的信道质量指示 (Channel Quality Indication, CQI)。当训练阶段的持续时间固定时, 可以在训练阶段结束时执行上述判决, 这样便于实现。如果在训练阶段结束时无法判决得到最优 θ_c , 则可以按照上一工作阶段所使用的 θ_c 执行下一工作阶段, 或者有可能需要迁移至失锁态继续训练以得到稳定的最优 θ_c 。

另一方面, 当工作阶段的持续时间固定时, 在按照固定的 θ_c 进行列相位旋转直至工作阶段期满时, 可以强制进入训练阶段。最优 θ_c 工作阶段期间有可能变得不再适合, 即不再是最优的, 导致系统性能变差。按照上述实施例, 在工作阶段期满时强制进入训练阶段以重新寻找最优 θ_c , 即使出现这种问题, 也能够使得负面影响尽量减小。

最优 θ_c 不一定是工作阶段之前所使用的最后一个 θ_c , 或者不一定是工作阶段之后采用的第一个 θ_c 。在此情况下, 如果在进入工作阶段之后立刻使用最优 θ_c 进行列相位旋转, 有可能导致 θ_c 剧烈变化, 影响系统性能的稳定性的。因此, 可以仅仅在工作阶段中的部分时间内使用固定的 θ_c 进行列相位旋转, 而在工作阶段的其余时间(如工作阶段的初始一段时间和/或结束前的一段时间

间)中采用相位连续性处理,以减小 θ_c 的变化对系统性能的影响。

可选地,作为另一实施例,当工作阶段期满时进入训练阶段的情况下,可以在训练阶段的初始一段时间内,逐步地将列相位从工作阶段中使用的固定的 θ_c 变化至训练阶段的列相位初始更新值。列相位初始更新值是训练阶段中遍历列相位的初始起点值,例如可以是所有可能 θ_c 取值中的最小值或最大值。换句话说,按照小步长逐渐地改变相位,而不是直接将 θ_c 变化至列相位初始更新值,这种相位连续性处理可以尽量保证系统性能的稳定。

可选地,作为另一实施例,在训练阶段中,可以依据 UE 上报的信道质量指示(Channel Quality Indication, CQI)来确定最优相位,例如可以认为上报的 CQI 最大时的相位是最优相位。具体地,在训练阶段中,获取每个更新后的 θ_c 下 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI。然后根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位。当训练阶段期满时,根据最优列相位确定是否进行选择状态的迁移。

可选地,作为另一实施例,在根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位时,可对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行求和得到第一总和值,对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行计数得到第一计数值(即,第一计数值等于当前 θ_c 下获取的单流 CQI 的数目)。然后,根据第一总和值和第一计数值得到当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值。在遍历所有 θ_c 之后,将所有 θ_c 中锁定性能值最大的 θ_c 确定为最优列相位。

可选地,作为另一实施例,在根据第一总和值和第一计数值得到当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值时,可将第一总和值除以第一计数值得到第一平均值。可选地,当第一计数值为 0 时,可以将第一平均值设为 0。另外,可以对第一平均值进行预处理(例如进行 Alpha 滤波)得到上述锁定性能值和失锁性能值。

可选地,作为另一实施例,当训练阶段期满时,可按照以下方式判决是否执行选择状态的迁移。应注意,以下判决方式仅仅是本发明的一种实施例,本发明实施例可以采用其他判决方式执行选择状态的迁移。

如果当前的选择状态为失锁态:

当最优列相位的锁定性能值不低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时,确定选择状态从失锁态迁移至锁定态;

当最优列相位的锁定性能值低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态不迁移。

或者，如果当前的选择状态为锁定态：

- 5 当最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；

当最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优列相位确定下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 的取值。

- 10 可选地，作为另一实施例，在根据最优列相位确定下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 的取值时，当最优列相位和上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 之间的差异大于第四阈值时，将最优列相位作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c ；否则将上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 。

- 15 可选地，作为另一实施例，在将最优列相位作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 时，可以在下一工作阶段的初始一段时间内，逐步地将列相位从所述训练阶段的列相位结束更新值变化至最优列相位。列相位结束更新值是训练阶段中遍历列相位的最后一个值，例如可以是所有可能 θ_c 取值中的最大值或最小值。换句话说，按照小步长逐渐地改变相位，而不是直接将 θ_c 变化至
20 最优列相位，这种相位连续性处理可以尽量保证系统性能的稳定。

下面结合具体实施例，更加详细地描述本发明实施例中最优列相位的选择流程。

图 3 是本发明一个实施例的增强 VAM 方案的例子示意图。

- 25 在图 3 的实施例中，上述 VAM 矩阵的形式为 2 阶正交实矩阵，但本发明实施例对 VAM 矩阵的形式不作限制。

另外，为了简洁，图 3 的实施例中，描绘了 $n=2$ 的特例，但本发明实施例对 n 的具体取值不作限制，同样可以应用于更多路信号的情形。

具体地，图 3 的实施例是主辅导频模式下 MIMO 和 HSDPA 共载波组网时，采用的两天线 VAM 架构示意图。

- 30 如图 3 所示，整个 SS-MIMO 信号包括 DS-MIMO1 和 DS-MIMO2。DS-MIMO1 和 DS-MIMO2 的加权通过 PCI 矩阵 301 和 VAM 矩阵 302 级联

完成。VAM 矩阵 302 的输入端口称为虚拟天线，即图 3 所示的第一虚拟天线 303 和第二虚拟天线 304。在各个虚拟天线上输入的信号称为虚拟天线信号，如图 3 所示的 V1 和 V2。其中 V1 基于 HSDPA 信号、DS-MIMO1 信号、主公共导频信道（Primary Common Pilot Channel, P-CPICH）和公共
5 （Common）信道；V2 基于 DS-MIMO2 信号和辅公共导频信道（Secondary Common Pilot Channel, S-CPICH）。

在输入 VAM 矩阵 302 之前，在列调相单元 305 处，对第二虚拟天线 304 上的虚拟天线信号 V2 进行列相位旋转，即乘以 $e^{j\theta_c}$ ，其中， θ_c 为相应的列相位。

10 然后，VAM 矩阵 302 将所有虚拟天线信号（包括未进行列相位旋转的 V1，以及对 V2 进行了列相位旋转之后得到的旋转信号）乘以正交的 VAM 矩阵，从而得到两路输出信号。两路输出信号经过功放器 PA1 和 PA2 之后，作为物理天线信号 S1 和 S2，分别通过两路天线 311 和 312 发射出去。

$$\text{VAM 矩阵的一个例子是 } \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} \\ v_{21} & v_{22} \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}。$$

15 需要说明的是，VAM 矩阵可以有多种形式，不限于上述具体例子。

列调相因子 θ_c 决定着发射信号的极化形态，最优列调相位和 UE 的摆放位置以及无线环境都有关系，因此小区中的不同 UE 的最优相位不同，故可以通过列调相位的周期旋转来提升 SS-MIMO 的性能。

图 4 是本发明一个实施例的进行最优列相位选择的方法的示意图。

20 例如，图 4 的方法可以应用于图 3 所示的 VAM 架构。

401，初始化阶段。

在初始化阶段中，进行如下设置：将锁定标志的初值置为 0（即 Lockflag = 0），列相位 θ_{col} 为 0，相关变量清零。

402，确定进入训练阶段。

25 例如，在确定为失锁态时，确定进入训练模式。或者，在确定为锁定态，且工作阶段期满时，确定进入训练模式。然后，根据预设的 N 个列相位进行遍历。

403，列相位计时器归零。

30 换句话说，设定列相位计时器 ProcPrdTimer = 0。将本次遍历的列相位记为第 (i+1) 个列相位，其中，i 的取值为 0~(N-1)。

404, 统计该列相位下的性能。

针对第 (i+1) 个列相位, 对 MIMO 用户上报的单流 CQI 进行求和、计数, 分别记作 $CqiSum[i]$ 和 $CqiCounter[i]$ 。

405, 判断该列相位训练阶段是否期满。

5 当 $ProcPrdTimer = ProcPrd$ 时, 第 (i+1) 个列相位训练阶段期满, 继续步骤 406。否则, 训练阶段尚未期满, 跳转到步骤 404。这里, $ProcPrd$ 是训练阶段的时长。

406, 对该列相位下的性能进行预处理。

第 (i+1) 个列相位训练阶段期满时, 得到其性能结果
10 $CqiPer[i] = \frac{CqiSum[i]}{CqiCounter[i]}$, 其中 $CqiCounter[i] \neq 0$ 。若计数为 0, 则当前的 $CqiPer[i]$ 保护为 0。对训练得到的性能结果 $CqiPer[i]$ 进行预处理。

例如, 对该性能结果 $CqiPer[i]$ 进行 Alpha 滤波, 更新第 (i+1) 个列相位的性能结果, $StaCqilock[i] = StaCqilock[i] \times (1 - \alpha_{lock}) + CqiPer[i] \times \alpha_{lock}$,
15 $StaCqiunlock[i] = StaCqiunlock[i] \times (1 - \alpha_{unlock}) + CqiPer[i] \times \alpha_{unlock}$, 并将变量 $CqiSum[i]$ 、 $CqiCounter[i]$ 和 $CqiPer[i]$ 清零。这里 $StaCqilock[i]$ 即为上述锁定性能值, $StaCqiunlock[i]$ 即为上述失锁性能值。其中, $\alpha_{unlock} > \alpha_{lock}$, α_{unlock} 用于快速跟踪最优列相位的变化, 以触发锁定态到失锁态的迁移, 更快地搜集训练样本; α_{lock} 用于精确选择锁定的最优相位, 并联合 α_{unlock} 来触发失锁态到锁定态的迁移。具体地, 锁定态到失锁态的迁移和失锁态到锁定态的迁移判断过程如前
20 文所述, 为避免重复, 在此不再赘述。

407, 判断是否遍历了所有的列相位。

如果已经遍历了所有的 N 个列相位, 则继续步骤 408, 否则, 跳转到步骤 403。例如, 当 $i = N-1$ 时, 确定已经遍历完所有的列相位。当 $i < N-1$ 时, 确定尚未遍历完所有的列相位。

25 408, 确定最优列相位。

从前述得到的 N 个 $StaCqilock[i]$ 值中确定最大值, 将该最大值的索引值对应的列相位作为最优性能对应的列相位, 称为最优列相位。假设最大值为 $StaCqilock[n]$, n 的取值为 0~(N-1), 则 n 为索引值, 其对应的第 (n+1) 个列相位为最优列相位。

30 409, 判决是否锁定该最优列相位。

如果 $Lockflag=0$, 根据设定的最优列相位锁定规则判决是否锁定最优性

能对应的最优列相位。例如，判断最优性能 $StaCqilock[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqilock[i])+ThreshA$ ，其中， $Mean(StaCqilock[i])$ 为前述得到的 N 个 $StaCqilock[i]$ 的平均值， $ThreshA$ 为预设的门限值。判断 $StaCqiunlock[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqiunlock[i])+ThreshB$ ，其中， $Mean(StaCqiunlock[i])$ 为前述得到的 N 个 $StaCqiunlock[i]$ 的平均值， $ThreshB$ 为预设的门限值。

具体地，如果 $StaCqilock[n]$ 和 $StaCqiunlock[n]$ 均不低于对应的（平均值+门限值），则将锁定标志置为 1，即 $Lockflag = 1$ ，并将列相位 θ_{col} 设定为索引值 n 对应的列相位值，即最优列相位。否则，锁定标志不变，仍设置为 0，即 $Lockflag = 0$ ，并跳转到步骤 403。

10 如果 $Lockflag = 1$ ，根据设定的最优相位锁定规则判决是否需要跳出锁定态。例如，比较最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqiunlock[i])+ThreshC$ ，其中， $Mean(StaCqiunlock[i])$ 为前述得到的 N 个 $StaCqiunlock[i]$ 的平均值， $ThreshC$ 为预设的门限值。

具体地，如果最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 低于（平均值+门限值），则将锁定标志置为 0，即 $Lockflag = 0$ ，并跳转到步骤 403。如果最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 不低于（平均值+门限值），根据最优列相位锁定规则判决是否锁定在最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 对应的新的列相位。上述最优列相位锁定规则可以是：例如，比较该新的列相位的性能和上一个工作阶段使用的最优列相位的性能，当比较所得的差异大于预设的门限值时才进行最优列相位更新，否则，不更新最优列相位。应理解，任何为了性能考虑，在最优列相位更新阶段进行的相位连续性处理也在落在本发明实施例的保护范围内。

410，进入工作阶段。

如果 $Lockflag = 1$ ，列相位训练结束，启动工作阶段定时器 $WorkPrdTimer$ 。

25 411，固定最优列相位。

固定前述确定的 θ_{col} 为新的最优列相位。

412，判断工作阶段是否期满。

当工作阶段期满，即 $WorkPrdTimer = WorkPrd$ 时，准备跳出固定列相位，进入到训练阶段流程，即跳转到步骤 401。否则，继续步骤 411。这里， $WorkPrd$ 是工作阶段的时长。应理解，由于最优列相位和初始设置的首个列相位可能不同，任何为了性能考虑，在从工作阶段的固定列相位向训练阶段跳转时进

行的列相位连续性处理也落在本发明是实施例的保护范围内。

本发明实施例在将虚拟天线信号乘以 VAM 矩阵之前，对进行了 PCI 加权的全部或部分虚拟天线信号进行列相位旋转，这种级联方式等价于扩展了 PCI 码本个数，从而能够修正受限码本带来的量化精度问题，提高 MIMO 性能。

5 可选地，作为另一实施例，在步骤 102 中得到 n 个输出信号之后，还可以对其中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转。将 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转，得到 k 个第二旋转信号，其中 k 为正整数。对未进行行相位旋转的 $n-k$ 个输出信号和 k 个第二旋转信号进行功放处理以
10 得到 n 个物理天线信号。这样的行相位旋转能够使得 n 个物理天线信号中至少有两个物理天线信号之间存在相位差。

可选地，作为另一实施例，在对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转时，可将 k 个输出信号与 $e^{j\theta_r}$ 相乘，其中， θ_r 为与 k 个输出信号相应的行相位， r 为虚拟天线信号的序号， $r \in [1, k]$ 。

15 可选地，作为另一实施例，在步骤 101 之前，还可以确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态，上述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态包括锁定态和失锁态。然后，根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段。具体地，当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为失锁态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为训练阶段；当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为锁定态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为交替的训练阶
20 段和工作阶段。在此情况下，在步骤 101 中对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转时，可根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行行相位旋转。同理，上述对 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转时，可根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行列相位旋转。

25 可选地，作为另一实施例，在根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段，进行列相位旋转和行相位旋转时，在训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转和行相位旋转。在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转和行相位旋转。该固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合即为最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

30 换句话说，在训练阶段中，依次遍历 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的可能取值，从而可以根据 UE 的反馈结果来判决得到最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。当训练阶段的持续时间固定时，可以在训练阶段结束时执行上述判决，这样便于实现。如果在训练阶

段结束时无法判决得到最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合, 则可以按照上一工作阶段所使用的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合执行下一工作阶段, 或者有可能需要迁移至失锁态继续训练以得到稳定的最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

另一方面, 当工作阶段的持续时间固定时, 在按照固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转直至工作阶段期满时, 可以强制进入训练阶段。最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合工作阶段期间有可能变得不再适合, 即不再是最优的, 导致系统性能变差。按照上述实施例, 在工作阶段期满时强制进入训练阶段以重新寻找最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合, 即使出现这种问题, 也能够使得负面影响尽量减小。

可选地, 作为另一实施例, 在训练阶段中, 可以获取每个更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI。根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。当训练阶段期满时, 根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行选择状态的迁移。

可选地, 作为另一实施例, 在根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位时, 对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行求和得到第二总和值, 对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行计数得到第二计数值。根据第二总和值和第二计数值得到当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值。在遍历所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之后, 将所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合中锁定性能值最大的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定为最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

可选地, 作为另一实施例, 在根据第二总和值和第二计数值得到当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值时, 可将第二总和值除以第二计数值得到第二平均值。可选地, 当第二计数值为 0 时, 可以将第二平均值设为 0。另外, 可以对第二平均值进行预处理 (例如进行 Alpha 滤波) 得到锁定性能值和失锁性能值。

可选地, 作为另一实施例, 当训练阶段期满时, 可以根据以下方式判决是否执行选择状态的迁移。应注意, 以下判决方式仅仅是本发明的一种实施例, 本发明实施例可以采用其他判决方式执行选择状态的迁移。

如果当前的选择状态为失锁态:

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时, 确定选择状态从失锁态迁移至锁定态;

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态不迁移；

或者，如果当前的选择状态为锁定态：

- 5 当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值。

- 10 可选地，作为另一实施例，在根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值时，当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合和上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之间的差异大于第四阈值时，将最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；否则将上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

- 15 可选地，作为另一实施例，列相位的取值范围可以小于行相位的取值范围。但本发明实施例对的具体取值范围和取值步长不作限制。

下面结合具体实施例，更加详细地描述本发明实施例中最优相位组合的选择流程。

图 5 是本发明另一实施例的增强 VAM 方案的例子的示意图。

- 20 在图 5 的实施例中，上述 VAM 矩阵的形式为 2 阶正交实矩阵，但本发明实施例对 VAM 矩阵的形式不作限制。

另外，为了简洁，图 5 的实施例中，描绘了 $n=2$ 的特例，但本发明实施例对 n 的具体取值不作限制，同样可以应用于更多路信号的情形。

- 25 具体地，图 5 的实施例是主辅导频模式下 MIMO 和 HSDPA 共载波组网时，采用的两天线 VAM 架构示意图。

- 30 如图 5 所示，整个 SS-MIMO 信号包括 DS-MIMO1 和 DS-MIMO2，其加权通过 PCI 矩阵 501 和 VAM 矩阵 502 级联完成。VAM 矩阵 502 的输入端口称为虚拟天线，即图 5 所示的第一虚拟天线 503 和第二虚拟天线 504。在各个虚拟天线上输入的信号称为虚拟天线信号，如图 5 所示的 V1 和 V2。其中 V1 基于 HSDPA 信号、DS-MIMO1 信号、主公共导频信道 (Primary Common Pilot Channel, P-CPICH) 和公共 (Common) 信道；V2 基于 DS-MIMO2 信

号和辅公共导频信道 (Secondary Common Pilot Channel, S-CPICH)。

在输入 VAM 矩阵 502 之前, 在列调相单元 505 处, 对第二虚拟天线 504 上的虚拟天线信号 V2 进行列相位旋转, 即乘以 $e^{j\theta_c}$, 其中, θ_c 为相应的列相位。

5 然后, VAM 矩阵 502 将所有虚拟天线信号 (包括未进行列相位旋转的 V1, 以及对 V2 进行了列相位旋转之后得到的旋转信号) 乘以正交的 VAM 矩阵, 从而得到两路输出信号 O1 和 O2。

在输出 VAM 矩阵 502 之后, 在行调相单元 506 处, 对输出 VAM 矩阵的一路输出信号 O2 进行行相位旋转, 即乘以 $e^{j\theta_R}$, 其中, θ_R 为相应的行相位。O1 和进行行相位旋转后的 O2 分别经过功放器 PA1 和 PA2, 之后作为物理天线信号 S1 和 S2, 分别通过两路天线 511 和 512 发射出去。

$$\text{VAM 矩阵的一个例子是 } \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} \\ v_{21} & v_{22} \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}。$$

需要说明的是, VAM 矩阵可以有多种形式, 不限于上述具体例子。

15 图 6 是本发明一个实施例的进行最优相位组合选择的方法的示意流程图。例如, 图 6 的方法可以应用于图 5 所示的 VAM 架构。

601, 初始化阶段。

在初始化阶段中, 进行如下设置: 将锁定标志的初值置为 0 (即 Lockflag = 0), 列相位 θ_{col} 为 0, 行相位 θ_{row} 为 0, 相关变量清零。

602, 确定进入训练阶段。

20 例如, 在确定为失锁态时, 确定进入训练模式。或者, 在确定为锁定态, 且工作阶段期满时, 确定进入训练模式。然后, 根据预设的 N 个列相位和 M 个行相位构成的 N×M 个组合, 进行遍历。例如, 可以按照下表所示的纵向箭头一一遍历, 或者按照横向箭头一一遍历。

行相位		0	1	2	3	...	M-1
列相位							
0			↑		↑		→
1							→
2							→
3							→
...							→
N-1		↓		↓			↓

25 603, 相位组合计时器归零。

换句话说, 设定列相位计时器 ProcPrdTimer = 0。将本次遍历的相位组

合记为第 (i+1) 个相位组合, 其中, i 的取值为 0~(N×M-1)。

604, 统计该相位组合下的性能。

针对第 (i+1) 个相位组合, 对 MIMO 用户上报的单流 CQI 进行求和、计数, 分别记作 $CqiSum[i]$ 和 $CqiCounter[i]$ 。

5 605, 判断该相位组合训练阶段是否期满。

当 $ProcPrdTimer = ProcPrd$ 时, 第 (i+1) 个相位组合训练阶段期满, 继续步骤 606。否则, 训练阶段尚未期满, 跳转到步骤 604。这里, $ProcPrd$ 是训练阶段的时长。

606, 对该相位组合下的性能进行预处理。

10 第 (i+1) 个相位组合训练阶段期满时, 得到其性能结果 $CqiPer[i] = \frac{CqiSum[i]}{CqiCounter[i]}$, 其中 $CqiCounter[i] \neq 0$ 。若计数为 0, 则当前的 $CqiPer[i]$ 保护为 0。对训练得到的性能结果 $CqiPer[i]$ 进行预处理。

例如, 对该性能结果 $CqiPer[i]$ 进行 Alpha 滤波, 更新第 (i+1) 个相位组合的性能结果, $StaCqilock[i] = StaCqilock[i] \times (1 - \alpha_{lock}) + CqiPer[i] \times \alpha_{lock}$,
15 $StaCqiunlock[i] = StaCqiunlock[i] \times (1 - \alpha_{unlock}) + CqiPer[i] \times \alpha_{unlock}$, 并将变量 $CqiSum[i]$ 、 $CqiCounter[i]$ 和 $CqiPer[i]$ 清零。这里 $StaCqilock[i]$ 即为上述锁定性能值, $StaCqiunlock[i]$ 即为上述失锁性能值。其中, $\alpha_{unlock} > \alpha_{lock}$, α_{unlock} 用于快速跟踪最优列相位的变化, 以触发锁定态到失锁态的迁移, 更快地搜集训练样本; α_{lock} 用于精确选择锁定的最优相位, 并联合 α_{unlock} 来触发失锁态到锁定态的迁移。
20 具体地, 锁定态到失锁态的迁移和失锁态到锁定态的迁移判断过程如前文所述, 为避免重复, 在此不再赘述。

607, 判断是否遍历了所有的相位组合。

如果已经遍历了所有的 $N \times M$ 个相位组合, 则继续步骤 608, 否则, 跳转到步骤 603。例如, 当 $i = N \times M - 1$ 时, 确定已经遍历完所有的列相位。当
25 $i < N \times M - 1$ 时, 确定尚未遍历完所有的列相位。

608, 确定最优相位组合。

从前述得到的 $N \times M$ 个 $StaCqilock[i]$ 值中确定最大值, 将该最大值的索引值对应的相位组合作为最优性能对应的相位组合, 称为最优相位组合。假设最大值为 $StaCqilock[n]$, n 的取值为 0~(N×M-1), 则 n 为索引值, 其对应的
30 第 (n+1) 个相位组合 $\{\theta_{col}, \theta_{row}\}$ 为最优相位组合。

609, 判决是否锁定该最优相位组合。

如果 $Lockflag = 0$ ，根据设定的最优列相位锁定规则判决是否锁定最优性能对应的最优列相位。例如，判断最优性能 $StaCqilock[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqilock[i]) + ThreshA$ ，其中， $Mean(StaCqilock[i])$ 为前述得到的 N 个 $StaCqilock[i]$ 的平均值， $ThreshA$ 为预设的门限值。判断 $StaCqiunlock[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqiunlock[i]) + ThreshB$ ，其中， $Mean(StaCqiunlock[i])$ 为前述得到的 N 个 $StaCqiunlock[i]$ 的平均值， $ThreshB$ 为预设的门限值。

具体地，如果 $StaCqilock[n]$ 和 $StaCqiunlock[n]$ 均不低于对应的（平均值+门限值），则将锁定标志置为 1，即 $Lockflag = 1$ ，并将相位组合设定为索引值 n 对应的相位组合 $\{\theta_{col}, \theta_{row}\}$ ，即最优相位组合。否则，锁定标志不变，仍设置为 0，即 $Lockflag = 0$ ，并跳转到步骤 603。

如果 $Lockflag = 1$ ，根据设定的最优相位锁定规则判决是否需要跳出锁定态。例如，比较最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqiunlock[i]) + ThreshC$ ，其中， $Mean(StaCqiunlock[i])$ 为前述得到的 N 个 $StaCqiunlock[i]$ 的平均值， $ThreshC$ 为预设的门限值。

具体地，如果最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 低于（平均值+门限值），则将锁定标志置为 0，即 $Lockflag = 0$ ，并跳转到步骤 603。如果最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 不低于（平均值+门限值），根据设定的最优相位组合锁定规则判决是否锁定在最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 对应的新的相位组合。上述最优列相位锁定规则可以是：例如，比较该新的相位组合的性能和上一个工作阶段使用的最优相位组合的性能，当比较所得的差异大于预设的门限值时才进行最优相位组合更新，否则，不更新最优相位组合。应理解，任何为了性能考虑，在最优相位组合更新阶段进行的相位连续性处理也在落在本发明实施例的保护范围内。

610，进入工作阶段。

如果 $Lockflag = 1$ ，相位组合训练结束，启动工作阶段定时器 $WorkPrdTimer$ 。

611，固定最优相位组合。

固定前述确定的 $\{\theta_{col}, \theta_{row}\}$ 为新的最优相位组合。

612，判断工作阶段是否期满。

当工作阶段期满，即 $WorkPrdTimer = WorkPrd$ 时，准备跳出固定相位组合，进入到训练阶段流程，即跳转到步骤 601。否则，继续步骤 611。这里， $WorkPrd$ 是工作阶段的时长。应理解，由于最优相位组合和初始设置的首个

相位组合可能不同，任何为了性能考虑，在从工作阶段的固定相位组合向训练阶段跳转时进行的相位组合连续性处理也落在本发明是实施例的保护范围内。

图 7 是本发明另一实施例的进行最优相位组合选择的方法的示意流程图。例如，图 7 的方法可以应用于图 5 所示的 VAM 架构。

701，初始化阶段。

在初始化阶段中，进行如下设置：将列相位的锁定标志的初值置为 0（即 $\text{LockflagCol} = 0$ ），列相位 θ_{col} 为 0，相关变量清零。

702，确定进入训练阶段。

例如，在确定为失锁态时，确定进入训练模式。或者，在确定为锁定态，且工作阶段期满时，确定进入训练模式。然后，根据预设的 N 个列相位进行遍历。

703，列相位计时器归零。

换句话说，设定列相位计时器 $\text{ProcPrdTimerCol} = 0$ 。将本次遍历的列相位记为第 (i+1) 个列相位，其中，i 的取值为 0~(N-1)。

704，统计该列相位下的性能。

针对第 (i+1) 个列相位，对 MIMO 用户上报的单流 CQI 进行求和、计数，分别记作 $CqiSumCol[i]$ 和 $CqiCounterCol[i]$ 。

705，判断该列相位训练阶段是否期满。

当 $\text{ProcPrdTimerCol} = \text{ProcPrd1}$ 时，第 (i+1) 个列相位训练阶段期满，继续步骤 706。否则，训练阶段尚未期满，跳转到步骤 704。这里， ProcPrd1 是列相位训练阶段的时长。

706，对该列相位下的性能进行预处理。

第 (i+1) 个列相位训练阶段期满时，得到其性能结果 $CqiPerCol[i] = \frac{CqiSumCol[i]}{CqiCounterCol[i]}$ ，其中 $CqiCounterCol[i] \neq 0$ 。若计数为 0，则当前的 $CqiPerCol[i]$ 保护为 0。对训练得到的性能结果 $CqiPerCol[i]$ 进行预处理。

例如，对该性能结果 $CqiPerCol[i]$ 进行 Alpha 滤波，更新第 (i+1) 个列相位的性能结果， $StaCqilockCol[i] = StaCqilockCol[i] \times (1 - \alpha_{lockcol}) + CqiPerCol[i] \times \alpha_{lockcol}$ ， $StaCqiunlockCol[i] = StaCqiunlockCol[i] \times (1 - \alpha_{unlockcol}) + CqiPerCol[i] \times \alpha_{unlockcol}$ ，并将变量 $CqiSumCol[i]$ 、 $CqiCounterCol[i]$ 和 $CqiPerCol[i]$ 清零。这里 $StaCqilockCol[i]$ 即为上述锁定性能值， $StaCqiunlockCol[i]$ 即为上述失锁性能值。其中， $\alpha_{unlockcol} > \alpha_{lockcol}$ ，

$\alpha_{unlockcol}$ 用于快速跟踪最优列相位的变化, 以触发锁定态到失锁态的迁移, 更快地搜集训练样本; $\alpha_{lockcol}$ 用于精确选择锁定的最优相位, 并联合 $\alpha_{unlockcol}$ 来触发失锁态到锁定态的迁移。具体地, 锁定态到失锁态的迁移和失锁态到锁定态的迁移判断过程如前文所述, 为避免重复, 在此不再赘述。

5 707, 判断是否遍历了所有的列相位。

如果已经遍历了所有的 N 个列相位, 则继续步骤 708, 否则, 跳转到步骤 703。例如, 当 $i = N-1$ 时, 确定已经遍历完所有的列相位。当 $i < N-1$ 时, 确定尚未遍历完所有的列相位。

708, 确定最优列相位。

10 从前述得到的 N 个 $StaCqilockCol[i]$ 值中确定最大值, 将该最大值的索引值对应的列相位作为最优性能对应的列相位, 称为最优列相位。假设最大值为 $StaCqilockCol[n]$, n 的取值为 $0 \sim (N-1)$, 则 n 为索引值, 其对应的第 (n+1) 个列相位为最优列相位 θ_{col} 。

709, 判决是否锁定该最优列相位。

15 如果 $LockflagCol = 0$, 根据设定的最优列相位锁定规则判决是否锁定最优性能对应的最优列相位。例如, 判断最优性能 $StaCqilockCol[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqilockCol[i]) + ThreshA$, 其中, $Mean(StaCqilockCol[i])$ 为前述得到的 N 个 $StaCqilockCol[i]$ 的平均值, $ThreshA$ 为预设的门限值。判断 $StaCqiunlockCol[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqiunlockCol[i]) + ThreshB$, 其中, $Mean(StaCqiunlockCol[i])$ 为前述
20 得到的 N 个 $StaCqiunlockCol[i]$ 的平均值, $ThreshB$ 为预设的门限值。

具体地, 如果 $StaCqilockCol[n]$ 和 $StaCqiunlockCol[n]$ 均不低于对应的 (平均值+门限值), 则将锁定标志置为 1, 即 $Lockflag = 1$, 并将列相位 θ_{col} 设定为索引值 n 对应的列相位值, 即最优列相位。否则, 锁定标志不变, 仍设置为 0, 即 $LockflagCol = 0$, 并跳转到步骤 703。

25 如果 $LockflagCol = 1$, 根据设定的最优相位锁定规则判决是否需要跳出锁定态。例如, 比较最优性能 $StaCqiunlockCol[n]$ 是否不低于 $Mean(StaCqiunlockCol[i]) + ThreshC$, 其中, $Mean(StaCqiunlockCol[i])$ 为前述得到的 N 个 $StaCqiunlockCol[i]$ 的平均值, $ThreshC$ 为预设的门限值。

30 具体地, 如果最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 低于 (平均值+门限值), 则将锁定标志置为 0, 即 $LockflagCol = 0$, 并跳转到步骤 703。如果最优性能 $StaCqiunlock[n]$ 不低于 (平均值+门限值), 根据设定的最优列相位锁定规则判

决是否锁定在性能最优对应的新的列相位。应理解，任何为了性能考虑，在最优列相位更新阶段进行的相位连续性处理也在落在本发明实施例的保护范围内。

710，行相位计时器归零。

5 如果 $LockflagCol = 1$ ，并锁定了最优列相位，根据预设的 M 个行相位进行行相位遍历。设定行相位计时器 $ProcPrdTimerRow = 0$ 。将本次遍历的行相位记为第 $(j+1)$ 个行相位，其中， j 的取值为 $0 \sim (M-1)$ 。

711，统计该行相位下的性能。

10 针对第 $(j+1)$ 个行相位，对 MIMO 用户上报的单流 CQI 进行求和、计数，分别记作 $CqiSumRow[j]$ 和 $CqiCounterRow[j]$ 。

712，判断该行相位训练阶段是否期满。

当 $ProcPrdTimerRow = ProcPrd2$ 时，第 $(j+1)$ 个行相位训练阶段期满，继续步骤 713。否则，训练阶段尚未期满，跳转到步骤 711。这里， $ProcPrd2$ 是行相位训练阶段的时长。

15 713，对该行相位下的性能进行预处理。

第 $(j+1)$ 个行相位训练阶段期满时，得到其性能结果 $CqiPerRow[j] = \frac{CqiSumRow[j]}{CqiCounterRow[j]}$ ，其中 $CqiCounterRow[j] \neq 0$ 。若计数为 0，则当前的 $CqiPerRow[j]$ 保护为 0。对训练得到的性能结果 $CqiPerRow[j]$ 进行预处理。

20 例如，对该性能结果 $CqiPerRow[j]$ 进行 Alpha 滤波，更新第 $(j+1)$ 个行相位 的 性 能 结 果 ，
 $StaCqiLockRow[j] = StaCqiLockRow[j] \times (1 - \alpha_{lockrow}) + CqiPerRow[j] \times \alpha_{lockrow}$ ，
 $StaCqiUnlockRow[j] = StaCqiUnlockRow[j] \times (1 - \alpha_{unlockrow}) + CqiPerRow[j] \times \alpha_{unlockrow}$ ，并将变量 $CqiSumRow[j]$ 、 $CqiCounterRow[j]$ 和 $CqiPerRow[j]$ 清零。其中， $\alpha_{unlockrow} > \alpha_{lockrow}$ ，
 $\alpha_{unlockrow}$ 用于快速跟踪最优列相位的变化，以触发锁定态到失锁态的迁移，更
 25 快地搜集训练样本； $\alpha_{lockrow}$ 用于精确选择锁定的最优相位，并联合 $\alpha_{unlockrow}$ 来触发失锁态到锁定态的迁移。具体地，锁定态到失锁态的迁移和失锁态到锁定态的迁移判断过程如前文所述，为避免重复，在此不再赘述。

714，判断是否遍历了所有的行相位。

30 如果已经遍历了所有的 M 个行相位，则继续步骤 715，否则，跳转到步骤 710。例如，当 $j = M-1$ 时，确定已经遍历完所有的列相位。当 $i < M-1$ 时，确定尚未遍历完所有的列相位。

715, 确定最优行相位。

从前述得到的 M 个 $StaCqilockRow[j]$ 值中确定最大值, 将该最大值的索引值对应的行相位作为最优性能对应的行相位, 称为最优行相位。假设最大值为 $StaCqilockRow[m]$, m 的取值为 $0 \sim (M-1)$, 则 m 为索引值, 其对应的第 $(m+1)$

5 个行相位为最优行相位 θ_{row} 。

716, 进入工作阶段。

如果 $LockflagCol = 1$, 且行相位训练结束, 启动工作阶段定时器 $WorkPrdTimer$ 。

717, 固定最优列相位。

10 固定前述确定的 $\{\theta_{col}, \theta_{row}\}$ 为新的最优相位组合。

718, 判断工作阶段是否期满。

当工作阶段期满, 即 $WorkPrdTimer = WorkPrd$ 时, 准备跳出固定相位组合, 进入到训练阶段流程, 即跳转到步骤 701。否则, 继续步骤 717。这里, $WorkPrd$ 是工作阶段的时长。应理解, 由于最优相位组合和初始设置的首个
15 相位组合可能不同, 任何为了性能考虑, 在从工作阶段的固定相位组合向训练阶段跳转时进行的相位组合连续性处理也落在本发明是实施例的保护范围内。

应理解, 在确定最优相位组合时, 先进行相位遍历再进行列相位遍历的原理与上述方法类似, 因此也落在本发明实施例的保护范围内。

20 另外, 行相位遍历和列相位遍历的过程不必严格遵循先后的顺序, 也可以部分或全部同步地进行。例如, 在锁定态, 列训练阶段和行训练阶段并不连续, 而是间隔交错, 即 709 完成后, 先进入列相位的工作阶段, 在列相位的工作阶段的中间再开始 710 的行训练。相应地, 701 列训练也可以在行相位的工作阶段的中间开始。列和行各自独立判决最优相位。这样的修改也落
25 在本发明实施例的范围内。

而且, 本发明实施例对行相位训练的具体方式不做限制, 可以按照图 7 的方式训练最优行相位, 也可以按照其他方式训练最优行相位。

图 8 是本发明一个实施例的 MIMO 信号处理装置的框图。图 3 的信号处理装置 80 包括第一旋转单元 810 和第一矩阵单元 820。

30 第一旋转单元 810, 用于对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转, 得到 m 个第一旋转信号, 其中虚拟天线信号是将

MIMO 信号乘以预编码矩阵得到的, n 、 m 为整数, 且 $1 \leq m \leq n$ 。

第一矩阵单元 820, 用于将未进行列相位旋转的 n - m 个虚拟天线信号以及 m 个第一旋转信号与 $n \times n$ 的 VAM 矩阵相乘, 得到 n 个输出信号, n 个输出信号用于得到 n 个物理天线信号。

5 本发明实施例在将虚拟天线信号乘以 VAM 矩阵之前, 对进行了 PCI 加权的全部或部分虚拟天线信号进行列相位旋转, 这种 PCI 加权和列相位旋转的级联方式等价于扩展了 PCI 码本个数, 从而能够修正受限码本带来的量化精度问题, 提高 MIMO 性能。

10 可选地, 作为一个实施例, 第一旋转单元 810 具体用于将 m 个虚拟天线信号与 $e^{j\theta_c}$ 相乘, 其中, θ_c 为与 m 个虚拟天线信号相应的列相位, c 为虚拟天线信号的序号, $c \in [1, m]$ 。

15 可选地, 作为另一实施例, 信号处理装置 80 还包括第一确定单元 830, 用于确定 θ_c 的选择状态, 并根据 θ_c 的选择状态确定 θ_c 的选择阶段。 θ_c 的选择状态包括锁定态和失锁态。第一确定单元具体用于当确定 θ_c 的选择状态为失锁态时, 确定 θ_c 的选择阶段为训练阶段; 或者当确定 θ_c 的选择状态为锁定态时, 确定 θ_c 的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段。在此情况下, 在对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转时, 可根据 θ_c 的选择阶段, 进行列相位旋转。

20 可选地, 作为另一实施例, 第一旋转单元 810 具体用于, 在训练阶段中, 周期性地更新 θ_c 的取值, 并按照更新后的 θ_c 进行列相位旋转。在工作阶段中的至少部分时间内, 使用固定的 θ_c 进行列相位旋转。

25 可选地, 作为另一实施例, 信号处理装置 80 还包括第一获取单元 840 和第二确定单元 850。第一获取单元 840 用于在训练阶段中, 获取每个更新后的 θ_c 下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI, 并根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位。第二确定单元 850, 用于当训练阶段期满时, 根据最优列相位确定是否进行选择状态的迁移。

30 可选地, 作为另一实施例, 第一获取单元 840 具体用于对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行求和得到第一总和值, 对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行计数得到第一计数值; 根据第一总和值和第一计数值得到当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值; 在遍历所有 θ_c 之后, 将所有 θ_c 中锁定性能值最大的 θ_c 确定为最优列相位。

可选地，作为另一实施例，第一获取单元 840 具体用于将第一总和值除以第一计数值得到第一平均值；对第一平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值。可选地，当第一计数值为 0 时，可以将第一平均值设为 0。

可选地，作为另一实施例，如果当前的选择状态为失锁态：

- 5 第二确定单元 850 具体用于当最优列相位的锁定性能值不低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态从失锁态迁移至锁定态；当最优列相位的锁定性能值低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态不迁移。

或者，如果当前的选择状态为锁定态：

- 15 第二确定单元 850 具体用于当最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；当最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优列相位确定下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 的取值。

- 20 可选地，作为另一实施例，第二确定单元 850 具体用于当最优列相位和上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 之间的差异大于第四阈值时，将最优列相位作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c ；否则将上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 。

可选地，作为另一实施例，信号处理装置 80 还包括，第二旋转单元 860，用于将 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转，得到 k 个第二旋转信号，其中 k 为正整数；其中未进行行相位旋转的 $n-k$ 个输出信号和 k 个第二旋转信号作为 n 个物理天线信号。

- 25 可选地，作为另一实施例，第二旋转单元 860 具体用于将 k 个输出信号与 $e^{j\theta_r}$ 相乘，其中， θ_r 为与 k 个输出信号相应的行相位， r 为虚拟天线信号的序号， $r \in [1, k]$ 。

- 30 可选地，作为另一实施例，信号处理装置 80 还包括第三确定单元 870，用于确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态，并根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段。 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态包括锁定态和失锁态。第三确定单元 870 具体用于当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为失锁态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合

的选择阶段为训练阶段；当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为锁定态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段。其中，第一旋转单元 810 根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行列相位旋转，并且第二旋转单元根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行行相位旋转。

- 5 可选地，作为另一实施例，第一旋转单元 810 具体用于在训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转；或者在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转。第二旋转单元 860 具体用于在训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行行相位旋转；或者在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行行相位旋转。

- 10 可选地，作为另一实施例，信号处理装置 80 还包括第二获取单元 880，用于在训练阶段中，获取每个更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI，并根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。此时，第三确定单元 870，用于当训练阶段期满时，
- 15 根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行选择状态的迁移。

- 20 可选地，作为另一实施例，第二获取单元 880 具体用于对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行求和得到第二总和值，对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行计数得到第二计数值；根据第二总和值和第二计数值得到当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值；在遍历所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之后，将所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合中锁定性能值最大的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定为最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

可选地，作为另一实施例，第二获取单元 880 具体用于将第二总和值除以第二计数值得到第二平均值。第二获取单元 880 还可以对第二平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值。可选地，当第二计数值为 0 时，可以将第二平均值设为 0。

- 25 可选地，作为另一实施例，如果当前的选择状态为失锁态：

- 30 第三确定单元 880 具体用于当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态从失锁态迁移至锁定态；当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和

时，确定选择状态不迁移；

或者，如果当前的选择状态为锁定态：

第三确定单元 880 具体用于当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值。

可选地，作为另一实施例，第三确定单元 880 具体用于当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合和上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之间的差异大于第四阈值时，将最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；否则将上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

本发明实施例还提供一种基站，包括上述任意一种 MIMO 信号处理装置。

图 9 是本发明另一实施例的 MIMO 信号处理装置的框图。

图 9 的装置 90 可用于实现上述方法实施例中各步骤及方法。装置 90 可应用于各种通信系统中的基站。图 9 的实施例中，装置 90 包括发射电路 920、接收电路 930、MIMO 信号处理器 940、处理单元 950，存储器 960 及天线 910。处理单元 950 控制装置 90 的操作，并且可用于处理信号。处理单元 950 还可以称为 CPU (Central Processing Unit, 中央处理单元)。存储器 960 可以包括只读存储器和随机存取存储器，并向处理单元 950 提供指令和数据。存储器 960 的一部分还可以包括非易失性随机存取存储器 (NVRAM)。发射电路 920 和接收电路 930 可以耦合到天线 910。装置 90 的各个组件通过总线系统 970 耦合在一起，其中总线系统 970 除包括数据总线之外，还包括电源总线、控制总线和状态信号总线。但是为了清楚说明起见，在图中将各种总线都标为总线系统 970。

MIMO 信号处理器 940 可能是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。在实现过程中，上述方法的全部或部分步骤可以通过 MIMO 信号处理器 940 中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。这些指令可以通过处理单元 950 以配合实现及控制。用于执行本发明实施例揭示的方法，上述的 MIMO 信号处理器 940 可以是通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用

集成电路 (ASIC)、现成可编程门阵列 (FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本发明实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本发明实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件处理器执行完成, 或者用处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器, 闪存、只读存储器, 可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器 960, MIMO 信号处理器 940 读取存储器 960 中的信息, 结合其硬件完成上述方法的全部或部分步骤。

5 具体地, 发射电路 920 可对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转, 得到 m 个第一旋转信号, 其中虚拟天线信号是将 MIMO 信号乘以预编码矩阵得到的, n 、 m 为整数, 且 $1 \leq m \leq n$; 将未进行列相位旋转的 $n-m$ 个虚拟天线信号以及 m 个第一旋转信号, 与 $n \times n$ 的 VAM 矩阵相乘, 得到 n 个输出信号, n 个输出信号用于得到 n 个物理天线信号。

15 本发明实施例在将虚拟天线信号乘以 VAM 矩阵之前, 对进行了 PCI 加权的全部或部分虚拟天线信号进行列相位旋转, 这种 PCI 加权和列相位旋转的级联方式等价于扩展了 PCI 码本个数, 从而能够修正受限码本带来的量化精度问题, 提高 MIMO 性能。

20 可选地, 作为一个实施例, 发射电路 920 可在对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转时, 将 m 个虚拟天线信号与 $e^{j\theta_c}$ 相乘, 其中, θ_c 为与 m 个虚拟天线信号相应的列相位, c 为虚拟天线信号的序号, $c \in [1, m]$ 。

可选地, 作为另一实施例, 存储器 960 可存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令:

25 在对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转之前, 确定 θ_c 的选择状态, 根据 θ_c 的选择状态确定 θ_c 的选择阶段。 θ_c 的选择状态包括锁定态和失锁态, 在根据 θ_c 的选择状态确定 θ_c 的选择阶段时, 当确定 θ_c 的选择状态为失锁态时, 确定 θ_c 的选择阶段为训练阶段; 当确定 θ_c 的选择状态为锁定态时, 确定 θ_c 的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段。

30 在此情况下, 对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转时, 可根据 θ_c 的选择阶段, 进行列相位旋转。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

在根据 θ_c 的选择阶段，进行列相位旋转时，在训练阶段中，周期性地更新 θ_c 的取值，并按照更新后的 θ_c 进行列相位旋转；在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 θ_c 进行列相位旋转。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

在训练阶段中，获取每个更新后的 θ_c 下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI；根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位；当训练阶段期满时，根据最优列相位确定是否进行选择状态的迁移。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

在根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位时，对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行求和得到第一总和值，对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行计数得到第一计数值；根据第一总和值和第一计数值得到当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值；在遍历所有 θ_c 之后，将所有 θ_c 中锁定性能值最大的 θ_c 确定为最优列相位。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

在根据第一总和值和第一计数值得到当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值时，将第一总和值除以第一计数值得到第一平均值；对第一平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

在对第一平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值时，对第一平均值进行 Alpha 滤波得到锁定性能值和失锁性能值。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

当训练阶段期满时，在根据最优列相位确定是否进行选择状态的迁移时，如果当前的选择状态为失锁态：

当最优列相位的锁定性能值不低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第

一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定选择状态从失锁态迁移至锁定态；

当最优列相位的锁定性能值低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值

5 与第二阈值之和时，确定选择状态不迁移。

或者，如果当前的选择状态为锁定态：

当最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态从锁定态迁移至失锁态；

10 当最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优列相位确定下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 的取值。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

15 在根据最优列相位确定下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 的取值时，当最优列相位和上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 之间的差异大于第四阈值时，将最优列相位作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c ；否则将上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

20 将最优列相位作为下一工作阶段中使用的固定的 θ_c 时，在下一工作阶段的初始一段时间内，逐步地将列相位从训练阶段的列相位结束更新值变化至最优列相位。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

25 当工作阶段期满时，进入训练阶段。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

30 当工作阶段期满时，进入训练阶段，在训练阶段的初始一段时间内，逐步地将列相位从工作阶段中使用的固定的 θ_c 变化至训练阶段的列相位初始更新值。

可选地，作为另一实施例，发射电路 920 可将 n 个输出信号中的 k 个输

出信号进行相应的行相位旋转，得到 k 个第二旋转信号，其中 k 为正整数；对未进行行相位旋转的 $n-k$ 个输出信号和 k 个第二旋转信号进行功放处理以得到 n 个物理天线信号。

5 可选地，作为另一实施例，发射电路 920 可在对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转时，将 k 个输出信号与 $e^{j\theta_r}$ 相乘，其中， θ_r 为与 k 个输出信号相应的行相位， r 为虚拟天线信号的序号， $r \in [1, k]$ 。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

10 确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态，根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段。上述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态包括锁定态和失锁态。在根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段时，当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为失锁态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为训练阶段；当确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为锁定态时，确定 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段。在此情况下，对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相
15 应的列相位旋转时，可根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行列相位旋转。同理，上述对 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转时，可根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行列相位旋转。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

20 当根据 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段，进行列相位旋转和行相位旋转时，在训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转和行相位旋转；在工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行列相位旋转和行相位旋转。

25 可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

在训练阶段中，获取每个更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI；根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；当训练阶段期满时，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行选择状态的迁移。

30 可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

当根据 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位时, 对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行求和得到第二总和值, 对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行计数得到第二计数值; 根据第二总和值和第二计数值得到当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值; 在遍历所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之后, 将所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合中锁定性能值最大的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定为最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

可选地, 作为另一实施例, 存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令:

在根据第二总和值和第二计数值得到当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值时, 将第二总和值除以第二计数值得到第二平均值,; 对第二平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值。可选地, 当第二计数值为 0 时, 可以将第二平均值设为 0。

可选地, 作为另一实施例, 存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令:

对第二平均值进行预处理得到锁定性能值和失锁性能值时, 对第二平均值进行 Alpha 滤波得到锁定性能值和失锁性能值。

可选地, 作为另一实施例, 存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令:

当训练阶段期满时, 根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行选择状态的迁移时, 如果当前的选择状态为失锁态:

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且最优列相位的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时, 确定选择状态从失锁态迁移至锁定态;

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时, 确定选择状态不迁移。

或者, 如果当前的选择状态为锁定态:

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时, 确定选择状态从锁定态迁移至失锁态;

当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值

的平均值与第三阈值之和时，确定选择状态不迁移，根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值。

可选地，作为另一实施例，存储器 960 还存储使得 MIMO 信号处理器 940 或处理单元 950 执行以下过程的指令：

5 在根据最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值时，当最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合和上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之间的差异大于第四阈值时，将最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；否则将上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

10 可选地，作为另一实施例，上述列相位的取值范围小于行相位的取值范围。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特
15 定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

20 在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或
25 直接耦合或通信连接可以通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或
30 者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元

中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等等）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U盘、移动硬盘、只读存储器（ROM, Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM, Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

权利要求

1、一种多入多出 MIMO 信号处理方法，其特征在于，包括：

对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转，得到 m 个第一旋转信号，其中所述虚拟天线信号是将 MIMO 信号乘以预编码矩阵得到的， n 、 m 为整数，且 $1 \leq m \leq n$ ；

将未进行列相位旋转的 $n-m$ 个虚拟天线信号以及所述 m 个第一旋转信号，与 $n \times n$ 的虚拟天线映射矩阵相乘，得到 n 个输出信号，所述 n 个输出信号用于得到 n 个物理天线信号。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转，包括：

将所述 m 个虚拟天线信号与 $e^{j\theta_c}$ 相乘，其中， θ_c 为与所述 m 个虚拟天线信号相应的列相位， c 为虚拟天线信号的序号， $c \in [1, m]$ 。

3、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，在所述对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转之前，还包括：

确定所述 θ_c 的选择状态，所述 θ_c 的选择状态包括锁定态和失锁态；

当确定所述 θ_c 的选择状态为失锁态时，确定所述 θ_c 的选择阶段为训练阶段；或者，当确定所述 θ_c 的选择状态为锁定态时，确定所述 θ_c 的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段，

其中，所述对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转，包括：根据所述 θ_c 的选择阶段，进行所述列相位旋转。

4、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 θ_c 的选择阶段，进行所述列相位旋转，包括：

在所述训练阶段中，周期性地更新 θ_c 的取值，并按照更新后的 θ_c 进行所述列相位旋转；

在所述工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 θ_c 进行所述列相位旋转。

5、如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，还包括：

在所述训练阶段中，获取每个更新后的 θ_c 下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI；

根据所述 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位；

当所述训练阶段期满时,根据所述最优列相位确定是否进行所述选择状态的迁移。

6、如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述根据所述MIMO用户设备对应上报的单流CQI获取最优列相位,包括:

5 对当前 θ_c 下获取的单流CQI进行求和得到第一总和值,对当前 θ_c 下获取的单流CQI进行计数得到第一计数值;

根据所述第一总和值和第一计数值得到所述当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值;

10 在遍历所有 θ_c 之后,将所有 θ_c 中锁定性能值最大的 θ_c 确定为所述最优列相位。

7、如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述根据所述第一总和值和第一计数值得到所述当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值,包括:

将所述第一总和值除以所述第一计数值得到第一平均值;

对所述第一平均值进行预处理得到所述锁定性能值和失锁性能值。

15 8、如权利要求6或7所述的方法,其特征在于,当所述训练阶段期满时,根据所述最优列相位确定是否进行所述选择状态的迁移,包括:

如果当前的选择状态为失锁态:

20 当所述最优列相位的锁定性能值不低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且所述最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时,确定所述选择状态从失锁态迁移至锁定态;

当所述最优列相位的锁定性能值低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者所述最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时,确定所述选择状态不迁移;或者,

25 如果当前的选择状态为锁定态:

当所述最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时,确定所述选择状态从锁定态迁移至失锁态;

30 当所述最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时,确定所述选择状态不迁移,根据所述最优列相位确定下一工作阶段中使用的所述固定的 θ_c 的取值。

9、如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述根据所述最优列相位

确定下一工作阶段中使用的所述固定的 θ_c 的取值, 包括:

当所述最优列相位和上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 之间的差异大于第四阈值时, 将所述最优列相位作为下一工作阶段中使用的所述固定的 θ_c ; 否则将所述上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 作为下一工作阶段中使用的固

5 定的 θ_c 。

10、如权利要求 9 所述的方法, 其特征在于, 所述将所述最优列相位作为下一工作阶段中使用的所述固定的 θ_c , 包括:

在所述下一工作阶段的初始一段时间内, 逐步地将列相位从所述训练阶段的列相位结束更新值变化至所述最优列相位。

10 11、如权利要求 4-10 任一项所述的方法, 其特征在于, 还包括:

当所述工作阶段期满时, 进入所述训练阶段。

12、如权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 所述当所述工作阶段期满时, 进入所述训练阶段, 包括:

15 在所述训练阶段的初始一段时间内, 逐步地将列相位从所述工作阶段中使用的固定的 θ_c 变化至所述训练阶段的列相位初始更新值。

13、如权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 还包括:

将所述 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转, 得到 k 个第二旋转信号, 其中 k 为正整数;

20 对未进行行相位旋转的 $n-k$ 个输出信号和所述 k 个第二旋转信号进行功放处理以得到所述 n 个物理天线信号。

14、如权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 所述将所述 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转, 包括:

将所述 k 个输出信号与 $e^{j\theta_r}$ 相乘, 其中, θ_r 为与所述 k 个输出信号相应的行相位, r 为虚拟天线信号的序号, $r \in [1, k]$ 。

25 15、如权利要求 14 所述的方法, 其特征在于, 还包括:

确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态, 所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态包括锁定态和失锁态;

30 当确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为失锁态时, 确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为训练阶段; 或者, 当确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为锁定态时, 确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段,

其中, 根据所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段, 进行所述列相位旋转和所述行

相位旋转。

16、如权利要求 15 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段，进行所述列相位旋转和所述行相位旋转，包括：

5 在所述训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行所述列相位旋转和所述行相位旋转；

在所述工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行所述列相位旋转和所述行相位旋转。

17、如权利要求 16 所述的方法，其特征在于，还包括：

10 在所述训练阶段中，获取每个更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI；

根据所述 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；

当所述训练阶段期满时，根据所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行所述选择状态的迁移。

15 18、如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位，包括：

对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行求和得到第二总和值，对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行计数得到第二计数值；

根据所述第二总和值和第二计数值得到所述当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值；

20 在遍历所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之后，将所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合中锁定性能值最大的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定为所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

19、如权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二总和值和第二计数值得到所述当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值，包括：

25 将所述第二总和值除以所述第二计数值得到第二平均值；

对所述第二平均值进行预处理得到所述锁定性能值和失锁性能值。

20、如权利要求 18 或 19 所述的方法，其特征在于，当所述训练阶段期满时，根据所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行所述选择状态的迁移，包括：

如果当前的选择状态为失锁态：

30 当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且所述最优列相位的失锁性能值不低于所

有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定所述选择状态从失锁态迁移至锁定态；

当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定所述选择状态不迁移；或者，

如果当前的选择状态为锁定态：

当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定所述选择状态从锁定态迁移至失锁态；

当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定所述选择状态不迁移，根据所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的所述固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值。

21、如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，所述根据所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的所述固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，包括：

当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合和上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之间的差异大于第四阈值时，将所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的所述固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；否则将所述上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

22、如权利要求 13-21 任一项所述的方法，其特征在于，所述列相位的取值范围小于所述行相位的取值范围且所述列相位的量化精度大于所述行相位的量化精度。

23、一种多入多出 MIMO 信号处理装置，其特征在于，包括：

第一旋转单元，用于对 n 个虚拟天线信号中的 m 个虚拟天线信号进行相应的列相位旋转，得到 m 个第一旋转信号，其中所述虚拟天线信号是将 MIMO 信号乘以预编码矩阵得到的， n 、 m 为整数，且 $1 \leq m \leq n$ ；

第一矩阵单元，用于将未进行列相位旋转的 $n-m$ 个虚拟天线信号以及所述 m 个第一旋转信号，与 $n \times n$ 的虚拟天线映射矩阵相乘，得到 n 个输出信号，所述 n 个输出信号用于得到 n 个物理天线信号。

24、如权利要求 23 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第一旋转单元具体用于将所述 m 个虚拟天线信号与 $e^{j\theta_c}$ 相乘，其中， θ_c 为与所述 m 个虚拟天线信号相应的列相位， c 为虚拟天线信号的序号， $c \in [1, m]$ 。

25、如权利要求 24 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，还包括第一确定单元，用于确定所述 θ_c 的选择状态，所述 θ_c 的选择状态包括锁定态和失锁态，

所述第一确定单元还用于当确定所述 θ_c 的选择状态为失锁态时，确定所述 θ_c 的选择阶段为训练阶段；或者当确定所述 θ_c 的选择状态为锁定态时，
5 确定所述 θ_c 的选择阶段为交替的训练阶段和工作阶段，

其中，所述第一旋转单元具体用于根据所述 θ_c 的选择阶段，进行所述列相位旋转。

26、如权利要求 25 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第一旋转单元具体用于在所述训练阶段中，周期性地更新 θ_c 的取值，并按照更新后的 θ_c 进行所述列相位旋转；在所述工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 θ_c 进行所述列相位旋转。

27、如权利要求 26 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，还包括：

第一获取单元，用于在所述训练阶段中，获取每个更新后的 θ_c 下 MIMO
15 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI；并根据所述 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优列相位；

第二确定单元，用于当所述训练阶段期满时，根据所述最优列相位确定是否进行所述选择状态的迁移。

28、如权利要求 27 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第一
20 获取单元具体用于对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行求和得到第一总和值，对当前 θ_c 下获取的单流 CQI 进行计数得到第一计数值；根据所述第一总和值和第一计数值得到所述当前 θ_c 的锁定性能值和失锁性能值；在遍历所有 θ_c 之后，将所有 θ_c 中锁定性能值最大的 θ_c 确定为所述最优列相位。

29、如权利要求 28 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第一
25 获取单元具体用于将所述第一总和值除以所述第一计数值得到第一平均值；对所述第一平均值进行预处理得到所述锁定性能值和失锁性能值。

30、如权利要求 28 或 29 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，
如果当前的选择状态为失锁态：

所述第二确定单元具体用于当所述最优列相位的锁定性能值不低于所
30 有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且所述最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定所述选择

状态从失锁态迁移至锁定态；当所述最优列相位的锁定性能值低于所有 θ_c 的锁定性能值的平均值与第一阈值之和或者所述最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定所述选择状态不迁移；或者，

5 如果当前的选择状态为锁定态：

所述第二确定单元具体用于当所述最优列相位的失锁性能值低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定所述选择状态从锁定态迁移至失锁态；当所述最优列相位的失锁性能值不低于所有 θ_c 的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定所述选择状态不迁移，根据所述最优列相位
10 确定下一工作阶段中使用的所述固定的 θ_c 的取值。

31、如权利要求 30 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第二确定单元具体用于当所述最优列相位和上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 之间的差异大于第四阈值时，将所述最优列相位作为下一工作阶段中使用的所述固定的 θ_c ；否则将所述上一工作阶段中使用的固定的 θ_c 作为下一工作阶
15 段中使用的固定的 θ_c 。

32、如权利要求 24 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，还包括：

第二旋转单元，用于将所述 n 个输出信号中的 k 个输出信号进行相应的行相位旋转，得到 k 个第二旋转信号，其中 k 为正整数；

其中未进行行相位旋转的 $n-k$ 个输出信号和所述 k 个第二旋转信号作为
20 所述 n 个物理天线信号。

33、如权利要求 32 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第二旋转单元具体用于将所述 k 个输出信号与 $e^{j\theta_r}$ 相乘，其中， θ_r 为与所述 k 个输出信号相应的行相位， r 为虚拟天线信号的序号， $r \in [1, k]$ 。

34、如权利要求 33 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，还包括
25 第三确定单元，用于确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态，所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态包括锁定态和失锁态，

所述第三确定单元还用于当确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为失锁态时，确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为训练阶段；或者当确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择状态为锁定态时，确定所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段为交替的训练阶
30 段和工作阶段，

其中所述第一旋转单元根据所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行所述列相

位旋转，并且所述第二旋转单元根据所述 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的选择阶段进行所述行相位旋转。

35、如权利要求 34 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第一旋转单元具体用于在所述训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，
5 并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行所述列相位旋转；或者在所述工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行所述列相位旋转；

所述第二旋转单元具体用于在所述训练阶段中，周期性地更新 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值，并按照更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行所述行相位旋转；或者在所述工作阶段中的至少部分时间内，使用固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合进行所述行相位旋转。

10 36、如权利要求 35 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，还包括第二获取单元，用于在所述训练阶段中，获取每个更新后的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下 MIMO 用户设备对应上报的单流信道质量指示 CQI，并根据所述 MIMO 用户设备对应上报的单流 CQI 获取最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；

15 第三确定单元，用于当所述训练阶段期满时，根据所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定是否进行所述选择状态的迁移。

37、如权利要求 36 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第二获取单元具体用于对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行求和得到第二总和值，对当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合下获取的单流 CQI 进行计数得到第二计数值；
20 根据所述第二总和值和第二计数值得到所述当前 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值和失锁性能值；在遍历所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之后，将所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合中锁定性能值最大的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定为所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

38、如权利要求 37 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第二获取单元具体用于将所述第二总和值除以所述第二计数值得到第二平均值；对所述第二平均值进行预处理得到所述锁定性能值和失锁性能值。

25 39、如权利要求 37 或 38 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，如果当前的选择状态为失锁态：

所述第三确定单元具体用于当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之和并且所述最优列相位的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定所述选择状态从失锁态迁移至锁定态；当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的锁定性能值的平均值与第一阈值之
30

和或者所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第二阈值之和时，确定所述选择状态不迁移；或者，

如果当前的选择状态为锁定态：

所述第三确定单元具体用于当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值低于

5 所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定所述选择状态从锁定态迁移至失锁态；当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值不低于所有 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的失锁性能值的平均值与第三阈值之和时，确定所述选择状态不迁移，根据所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合确定下一工作阶段中使用的所述固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合的取值。

10 40、如权利要求 39 所述的 MIMO 信号处理装置，其特征在于，所述第三确定单元具体用于当所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合和上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合之间的差异大于第四阈值时，将所述最优 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的所述固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合；否则将所述上一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合作为下一工作阶段中使用的固定的 $\{\theta_c, \theta_r\}$ 组合。

15 41、一种基站，其特征在于，包括如权利要求 23-40 任一项所述的多入多出 MIMO 信号处理装置。

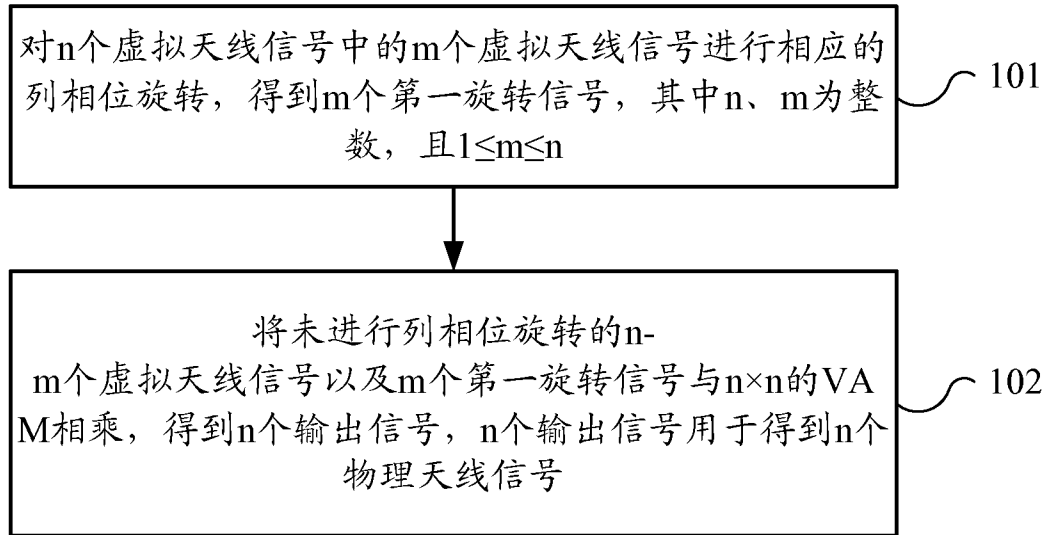


图1

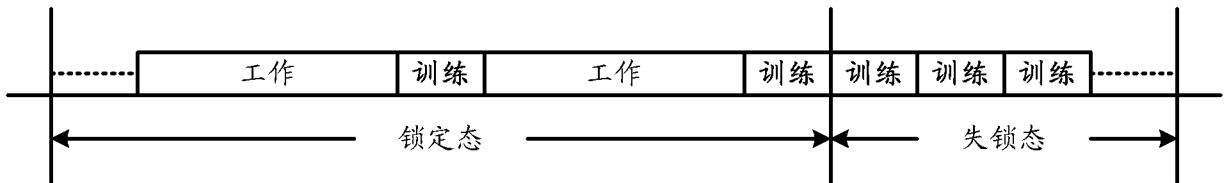


图2

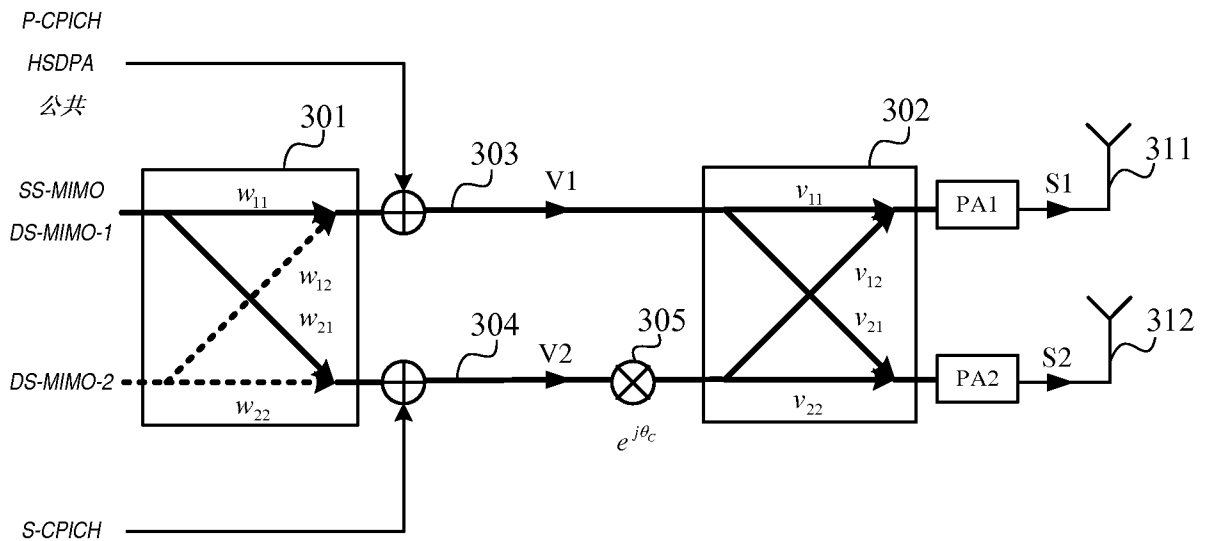


图3

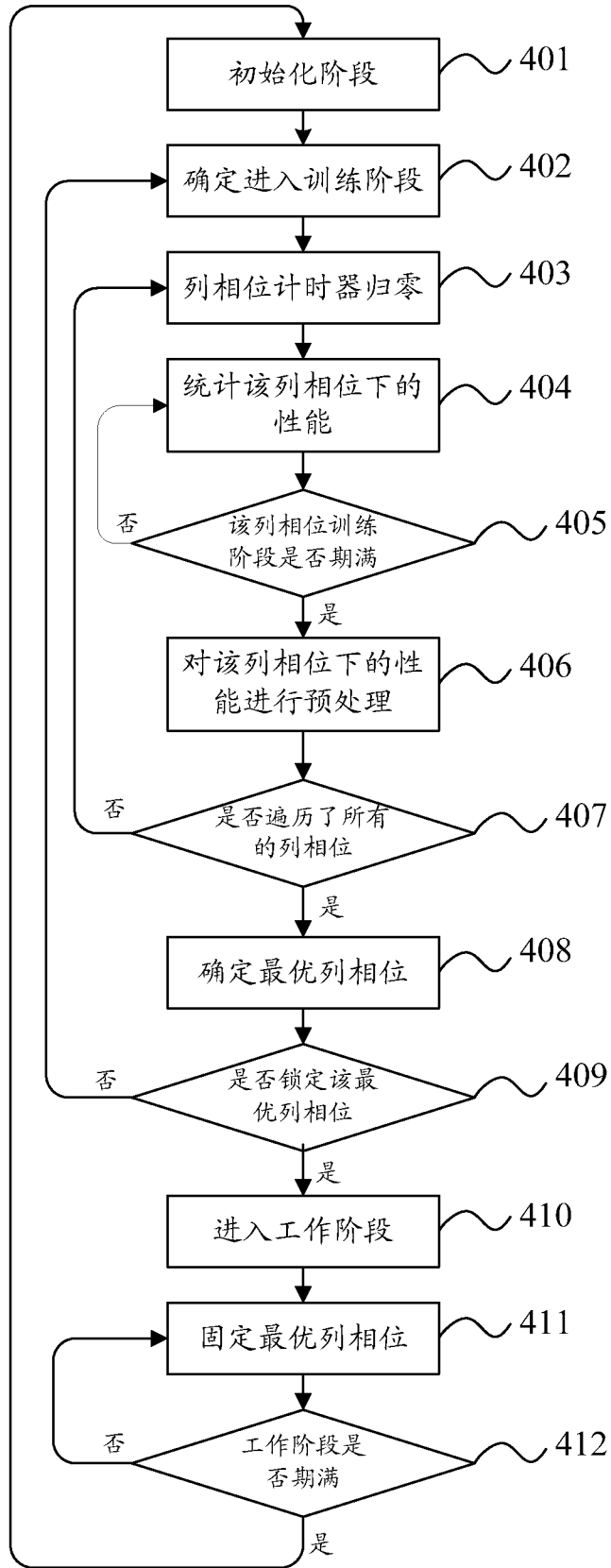


图 4

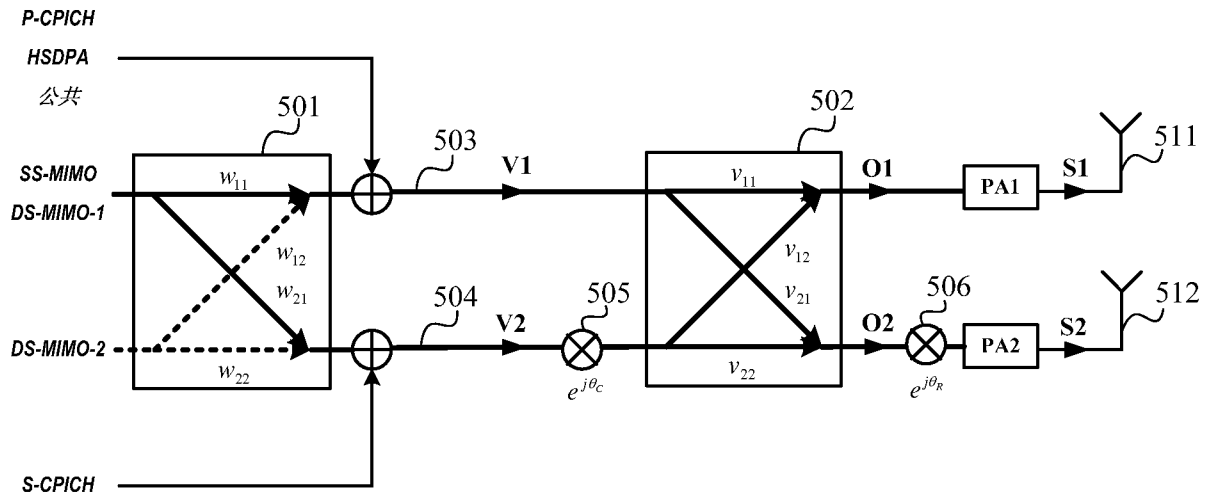


图 5

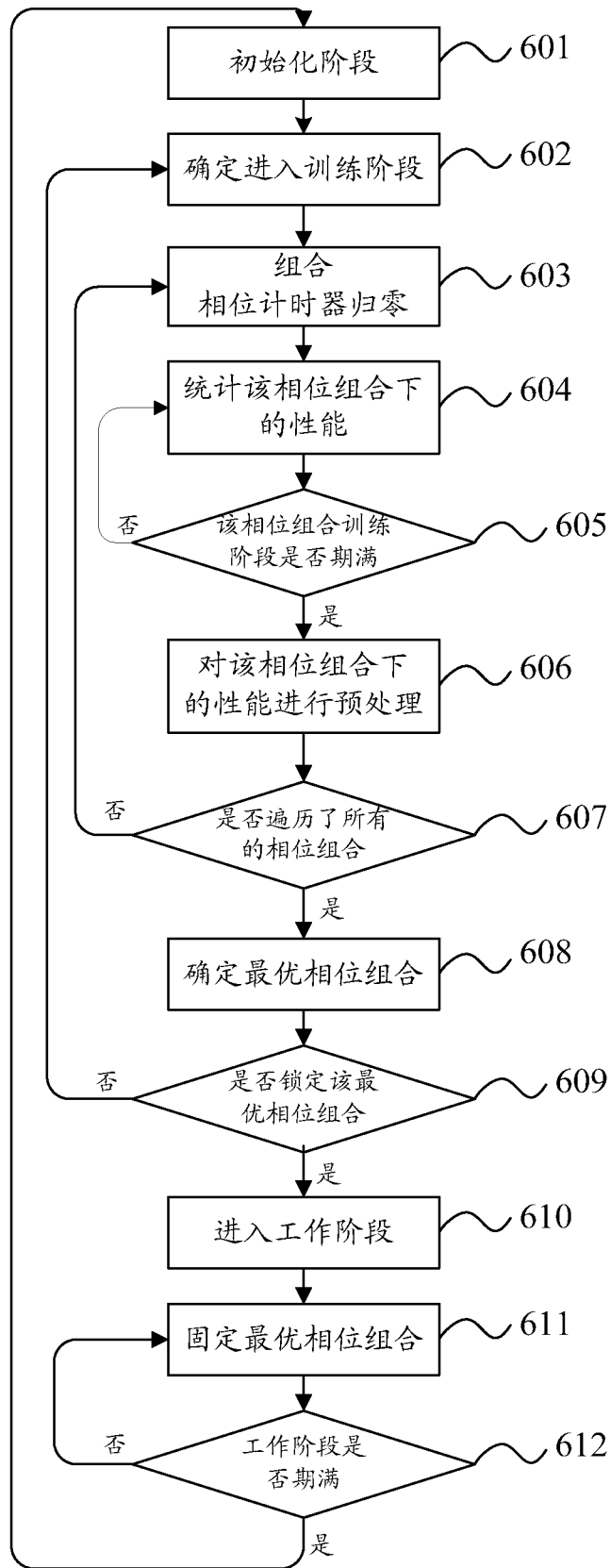


图 6

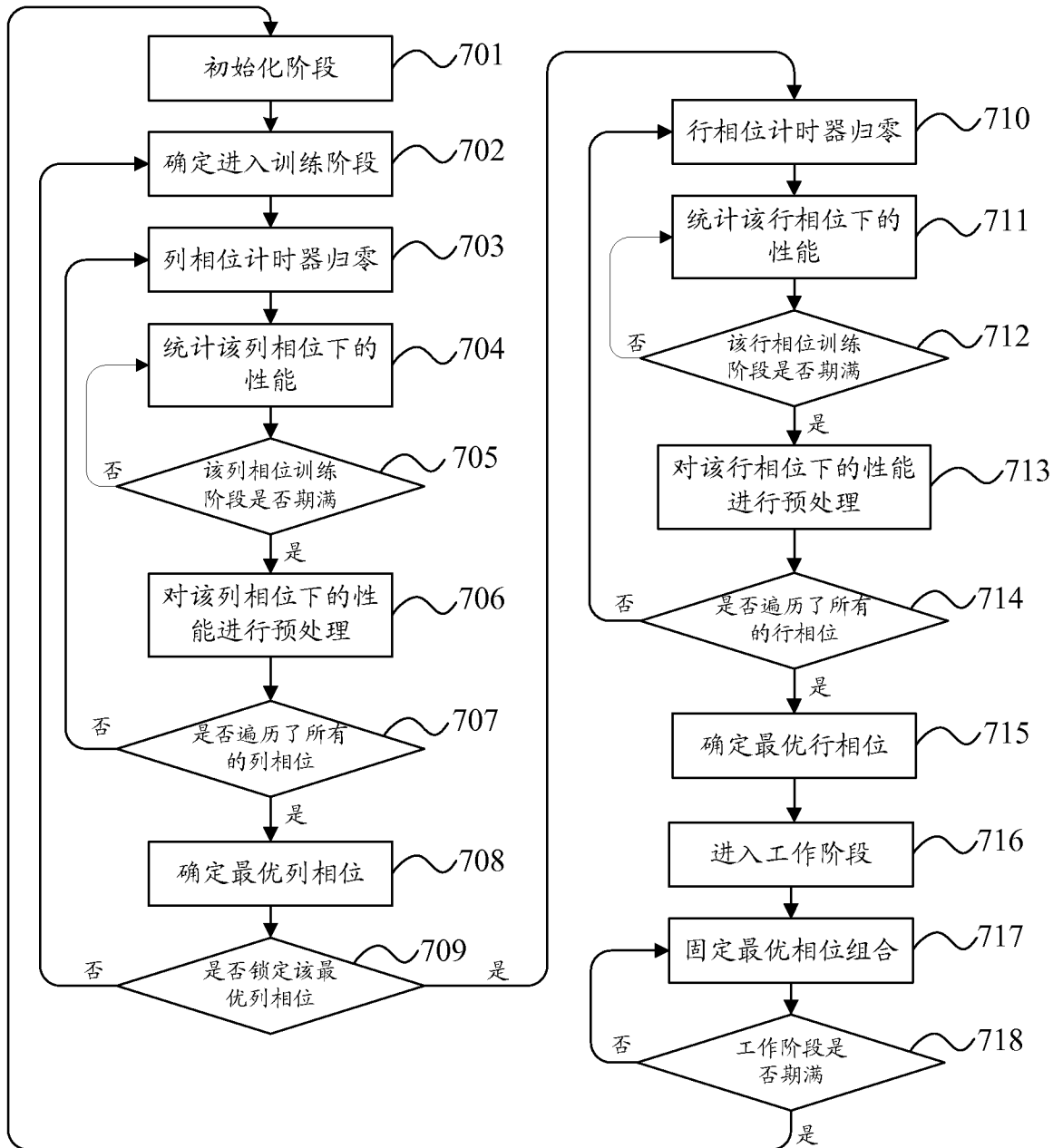


图 7

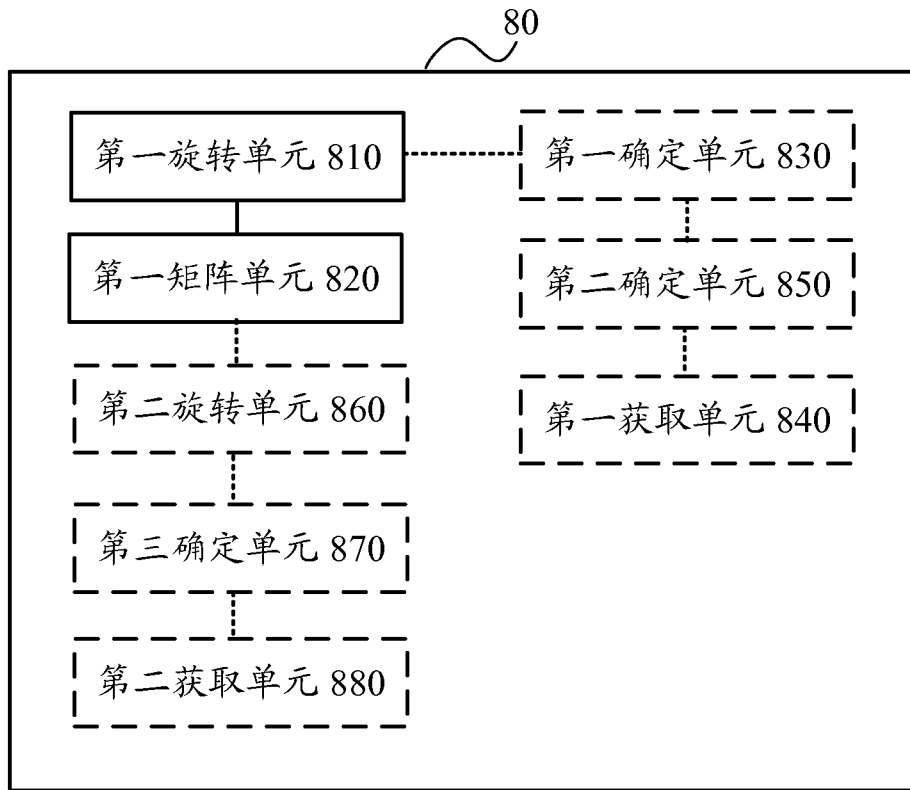


图 8

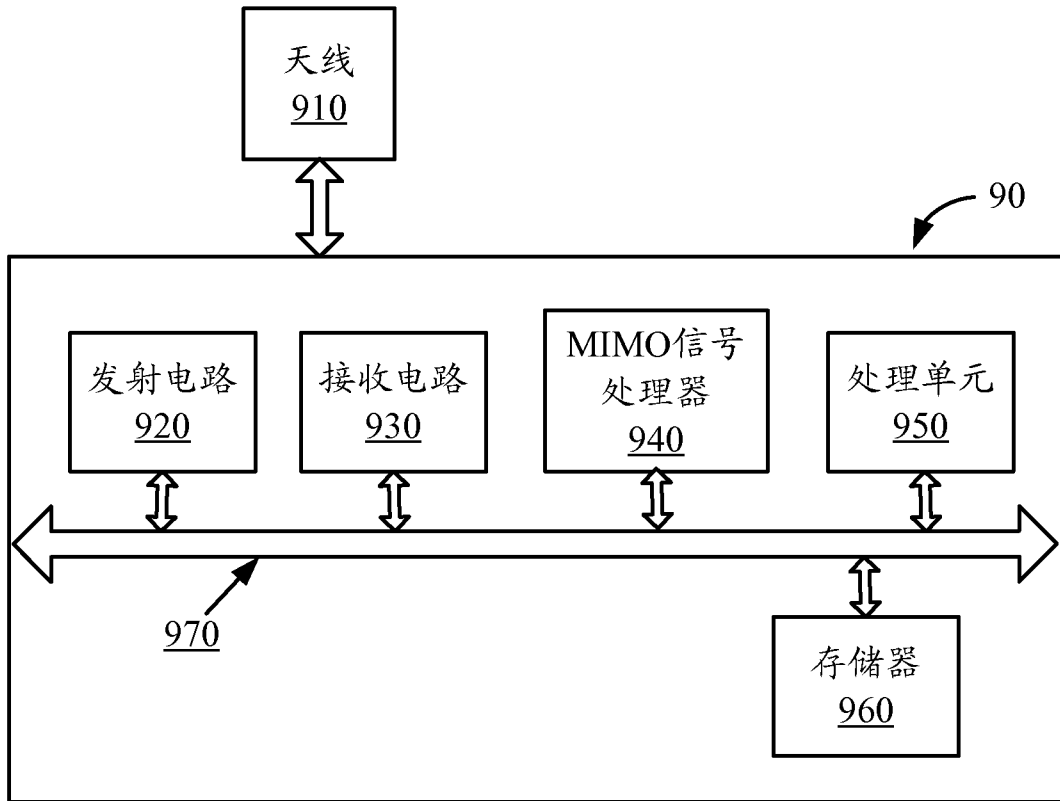


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/083757

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/04 (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; H04L

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)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI, IEEE, GOOGLE: multi-input multi-output, precode, mapping matrix, orthogonal matrix, MIMO, virtual antenna, rotat+, PCI, matrix

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101854712 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 06 October 2010 (06.10.2010), description, pages 1-3, and abstract	1-41
A	CN 101635612 A (ZTE CORP.), 27 January 2010 (27.01.2010), the whole document	1-41
A	CN 103095420 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 08 May 2013 (08.05.2013), the whole document	1-41

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
05 June 2014 (05.06.2014)

Date of mailing of the international search report
25 June 2014 (25.06.2014)

Name and mailing address of the ISA/CN:
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
AN, Xiaolan
Telephone No.: (86-10) **61648267**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/083757

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101854712 A	06 October 2010	CN 102223701 A	19 October 2011
		WO 2011157229 A1	22 December 2011
		EP 2568621 A1	13 March 2013
		US 2013100997 A1	25 April 2013
		JP 2013535138 A	09 September 2013
CN 101635612 A	27 January 2010	WO 2011020383 A1	24 February 2011
CN 103095420 A	08 May 2013	WO 2013064044 A1	10 May 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/083757

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04B 7/04(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>H04B; H04L</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>CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI, IEEE, GOOGLE: 多入多出, 多输入多输出, 虚天线, 虚拟天线, 旋转, 预编码, 矩阵, 映射矩阵, 正交矩阵, MIMO, virtual antenna, rotat+, PCI, matrix</p>														
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 101854712 A (华为技术有限公司) 2010年 10月 06日 (2010 - 10 - 06) 说明书第1-3页、摘要</td> <td>1-41</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101635612 A (中兴通讯股份有限公司) 2010年 1月 27日 (2010 - 01 - 27) 全文</td> <td>1-41</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103095420 A (华为技术有限公司) 2013年 5月 08日 (2013 - 05 - 08) 全文</td> <td>1-41</td> </tr> </tbody> </table> <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</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</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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</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>“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>“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>“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>“&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 101854712 A (华为技术有限公司) 2010年 10月 06日 (2010 - 10 - 06) 说明书第1-3页、摘要	1-41	A	CN 101635612 A (中兴通讯股份有限公司) 2010年 1月 27日 (2010 - 01 - 27) 全文	1-41	A	CN 103095420 A (华为技术有限公司) 2013年 5月 08日 (2013 - 05 - 08) 全文	1-41
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
A	CN 101854712 A (华为技术有限公司) 2010年 10月 06日 (2010 - 10 - 06) 说明书第1-3页、摘要	1-41												
A	CN 101635612 A (中兴通讯股份有限公司) 2010年 1月 27日 (2010 - 01 - 27) 全文	1-41												
A	CN 103095420 A (华为技术有限公司) 2013年 5月 08日 (2013 - 05 - 08) 全文	1-41												
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2014年 6月 05日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2014年 6月 25日</p>													
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>安晓兰</p> <p>电话号码 (86-10)61648267</p>													

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2013/083757

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 101854712 A	2010年 10月 06日	CN 102223701 A	2011年 10月 19日
		WO 2011157229 A1	2011年 12月 22日
		EP 2568621 A1	2013年 3月 13日
		US 2013100997 A1	2013年 4月 25日
		JP 2013535138 A	2013年 9月 09日
CN 101635612 A	2010年 1月 27日	WO 2011020383 A1	2011年 2月 24日
CN 103095420 A	2013年 5月 08日	WO 2013064044 A1	2013年 5月 10日