

# (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  
2010 年 12 月 29 日 (29.12.2010)

PCT

(10) 国际公布号  
WO 2010/148552 A1

- (51) 国际专利分类号:  
H04L 25/03 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2009/072400
- (22) 国际申请日: 2009 年 6 月 23 日 (23.06.2009)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人 (仅对中国): 上海贝尔股份有限公司 (ALCATEL-LUCENT SHANGHAI BELL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市浦东金桥宁桥路 388 号, Shanghai 201206 (CN)。
- (71) 申请人 (对除中国, 美国外的所有指定国): 阿尔卡特朗讯 (ALCATEL LUCENT) [FR/FR]; 法国巴黎市波艾蒂耶大街 54 号, Paris F-75008 (FR)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 石璟 (SHI, Jing) [CN/CN]; 中国上海市浦东金桥宁桥路 388 号, Shanghai 201206 (CN)。 罗庆霖 (LUO, Qinglin) [CN/CN]; 中国上海市浦东金桥宁桥路 388 号, Shanghai 201206 (CN)。
- (74) 代理人: 北京市金杜律师事务所 (KING & WOOD PRC LAWYERS); 中国北京市东三环中路 39 号建外 SOHO 座 31 层, Beijing 100022 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格(细则 4.17(iv))

[见续页]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR ADJUSTING UPLINK AND DOWNLINK RECIPROCITY ERROR IN TDD SYSTEM

(54) 发明名称: TDD 系统中校准上下行互逆误差的方法及其装置

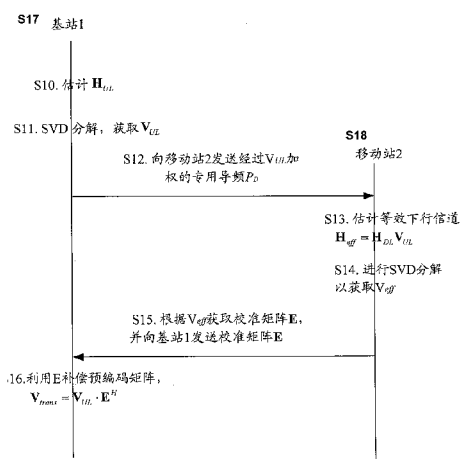


图 2 / Fig. 2

- S10 ESTIMATING  
S11 SVD DECOMPOSING AND OBTAINING  
S12 SENDING THE DEDICATED PILOT WEIGHTED BY TO THE MOBILE STATION 2  
S13 ESTIMATING THE EQUIVALENT DOWNLINK CHANNEL  
S14 PERFORMING SVD DECOMPOSITION TO OBTAIN  
S15 OBTAINING THE ADJUSTMENT MATRIX E ACCORDING TO AND SENDING THE ADJUSTMENT MATRIX E TO THE BASE STATION 1  
S16 COMPENSATING THE PRE-CODING MATRIX BY E THROUGH  
S17 BASE STATION 1  
S18 MOBILE STATION 2

(57) Abstract: In order to adjust the uplink and downlink reciprocity error in Time Division Duplex (TDD) system, the present invention provides a method for adjusting the uplink and downlink reciprocity error in TDD system and an apparatus thereof, wherein, the base station obtains the uplink channel estimation matrix; in order to obtain the right singular vector matrix as the pre-coding matrix to weight the pilot signals, Singular Value Decomposition (SVD) is performed according to the uplink channel estimation matrix, then the base station sends the pilot signals weighted by the pre-coding matrix to the mobile station dominated by it; the mobile station obtains the pilot signals processed by pre-coding; according to the pilot signals, the downlink equivalent channel estimation matrix is estimated; SVD is performed to the downlink equivalent channel estimation matrix, then the adjustment matrix is obtained according to the decomposed right singular vector matrix, and the adjustment matrix is sent to the base station; the base station adjusts the pre-coding matrix according to the adjustment matrix, and sends the pilot signals and/or data signals weighted by the adjusted pre-coding matrix to the mobile station. The present invention adjusts the radio frequency mismatching and asymmetric interference meanwhile.

[见续页]

WO 2010/148552 A1



本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

---

(57) 摘要:

为校准 TDD 系统中上下行互逆误差,本发明提供了一种 TDD 系统中校准上下行互逆误差的方法及其装置。其中,基站获取上行信道估计矩阵;根据该上行信道估计矩阵进行奇异值分解,以获取右奇异向量矩阵作为预编码矩阵加权导频信号,然后基站向所辖的移动站发送经该预编码矩阵加权的导频信号;移动站获取来自经过预编码处理的导频信号;根据该导频信号,估计下行等效信道估计矩阵;对该下行等效信道估计矩阵进行奇异值分解,并根据分解出的右奇异向量矩阵获取校准矩阵,并向所述基站发送所述校准矩阵;基站根据该校准矩阵,调整预编码矩阵,并向移动站发送经调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信号。本发明同时校准射频不匹配和非对称干扰。

## TDD 系统中校准上下行互逆误差的方法及其装置

### 技术领域

本发明涉及通信领域，尤其涉及时分双工系统中的基站和移动  
5 站。

### 背景技术

基于非码本的预编码 (Non-codebook based precoding) 技术由于固有的信道互逆 (reciprocity) 特性，也即，上下行频率对称的特性，在  
10 LTE-A (Advanced - Long Term Evolution) 时分双工 (Time Division Duplex, TDD) 系统中具有良好的应用前景。业界普遍地接受上、下行互逆的假设，并利用该假设有效地估计信道。

图 1 示出了基于奇异值分解 (Singular Value Decomposition, SVD) 的多输入多输出 (Multiple Input Multiple Output, MIMO) 系统中发射机  
15 和接收机的结构图。有效上行信道状态信息 (Channel State Information, CSI) 为  $\mathbf{H}_{UL}$ ，根据公式 (1) 示出的奇异值分解技术对  $\mathbf{H}_{UL}$  的转置  $\mathbf{H}_{UL}^T$  进行处理如下：

$$\mathbf{H}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \mathbf{\Sigma}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H \quad (1)$$

其中，矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  分别是矩阵  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵(left singular  
20 vector matrix)和右奇异向量矩阵(right singular vector matrix)，它们都是酉矩阵，也即，满足  $\mathbf{U}_{UL} \mathbf{U}_{UL}^H = \mathbf{I} = \mathbf{V}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$ ， $\mathbf{I}$  是单位阵； $(\cdot)^H$  是厄米运算符 (hermitian operation)，表示对矩阵进行共轭转置 (transposed complex conjugate)。

以基站 1 的发射机具有  $M$  根天线，移动站 2 的接收机具有  $N$  根天  
25 线为例， $\mathbf{U}_{UL} \in \mathbf{C}^{N \times N}$ ，也即， $\mathbf{U}_{UL}$  为  $N \times N$  矩阵， $\mathbf{V}_{UL} \in \mathbf{C}^{M \times M}$ ，也即， $\mathbf{V}_{UL}$  为  $M \times M$  矩阵。CSI 矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$  的秩 (rank) 应满足  $r \leq \min(M, N)$ 。对角矩阵  $\mathbf{\Sigma}_{UL}$  可以被表示为  $\mathbf{\Sigma}_{UL} = \begin{bmatrix} \mathbf{\Sigma}_{UL}^r & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}_{N \times M}$ ，其中  $\mathbf{\Sigma}_{UL}^r = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$ ， $\lambda_i$  为  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的奇异值，且按照  $\lambda_i$  降序排列，且  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_r$ 。

对于基于 SVD 的预编码技术，使用  $\mathbf{V}_{UL}$  矩阵，其中  $\mathbf{V}_{UL}$  的每一列被称

为  $\mathbf{H}_{UL}^H \mathbf{H}_{UL}$  的一个特征向量 (Eigenvector), 该特征向量与通信信道的特征模式 (Eigenmode) 有关。在基站侧的预编码由公式 (2) 给出的矩阵向量乘法来完成。

$$\mathbf{c} = \mathbf{V}_{UL} \mathbf{s} \quad (2)$$

5 其中,  $\mathbf{s}$  为串/并转换后的各路并行数据, 也即基于 SVD 的 MIMO 预编码矩阵的输入信号, 且  $\mathbf{s} = [s_1, s_2, \dots, s_M]^T$ ,  $\mathbf{s}$  为一个列向量。

则移动站 2 所接收到的信号向量  $\mathbf{y}$  为:

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL} \mathbf{s} + \mathbf{n} \quad (3)$$

其中,  $\mathbf{n}$  是基站 1 至移动站 2 的加性噪声向量, 其维度为  $N$ 。

10 值得注意的是, 当采用特征模式选择方式的预编码方法 (eigenmode selection precoding) 时, 可以选择多个特征向量 (例如  $K$  个特征向量), 一般选择少于发射天线个数的特征向量 ( $K < M$ ) 构成预编码矩阵  $\tilde{\mathbf{V}}_{UL}$ 。一般来说,  $\tilde{\mathbf{V}}_{UL}$  包括与最大的  $K$  个奇异值对应的  $K$  个特征向量, 而  $\mathbf{V}_{UL}$  剩余的  $M-K$  列被人为地丢弃, 不会被调度用以信息预编码。因此, 移动站  
15 2 接收到的信号矢量  $\mathbf{y}$  为:

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}_{DL} \tilde{\mathbf{V}}_{UL} \tilde{\mathbf{s}} + \mathbf{n} \quad (4)$$

其中,  $\tilde{\mathbf{s}} = [s_1, s_2, \dots, s_K]^T$ 。

当上行信道和下行信道理想互逆 (ideally reciprocal), 也即  $\mathbf{H}_{UL}^T = \mathbf{H}_{DL}$ , 即, 可以得到  $\mathbf{V}_{DL}^H \mathbf{V}_{UL} = \mathbf{I}$  和  $\mathbf{V}_{DL}^H \tilde{\mathbf{V}}_{UL} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_K \\ 0 \end{bmatrix}_{M \times K}$ 。因此, 移动站 2 接收到的信号

20 可以表示为:

$$\mathbf{y} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL} \mathbf{s} + \mathbf{n} \quad (5)$$

或

$$\mathbf{y} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL} \tilde{\mathbf{s}} + \mathbf{n} \quad (6)$$

因此, 在接收机侧, 用户设备可以利用典型的 SVD 方法, 通过将  
25 接收信号和  $\mathbf{U}_{DL}^H$  相乘, 获取到一组平行信道 (parallel channel), 以恢复出发射端信号, 也即基于 SVD 的 MIMO 预编码矩阵的输入信号  $\mathbf{s}$  或  $\tilde{\mathbf{s}}$ 。

此外, 用户设备也可以使用迫零均衡 (Zero Forcing equalization, ZF equalization) 或最小均方均误差均衡 (Minimum Mean Square Error equalization, MMSE equalization) 方法以恢复发送的信号。在 ZF 方法

中, 接收信号  $y$  被乘以  $(\mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL})^+$ ; 而在 MMSE 方法中, 接收信号  $y$  被乘以  $[\sigma_n^2 \mathbf{I} + (\mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL})^H (\mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL})]^{-1} (\mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL})^H$ 。其中,  $(\cdot)^+$  表示矩阵的伪逆 (pseudo inversion)。考虑到特征模式选择预编码方法, 在 ZF/MMSE 均衡中采用  $\tilde{\mathbf{V}}_{UL}$  替代  $\mathbf{V}_{UL}$ 。

- 5 但是, 在实际应用中, 由于 1) 射频发送/接收电路不匹配, 例如, 基站可能采用不同的电路分别进行接收、发送操作, 造成射频电路不匹配; 2) 基站侧和用户侧所受到的干扰的特性不相同; 以及 3) 由于不同的子频带、不同的信道估计、多普勒频移等原因引起的上行链路和下行链路基带到基带信道的系统性差异等, 因此, 即使是在 TDD 系统里, 有效上行和下行信道并不是对称的, 存在一定的互逆误差。因此,

$$\mathbf{V}_{DL}^H \mathbf{V}_{UL} \neq \mathbf{I} \text{ 并且 } \mathbf{V}_{DL}^H \tilde{\mathbf{V}}_{UL} \neq \begin{bmatrix} \mathbf{I}_K \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}_{M \times K}。$$

- 10 由于基于互逆的 TDD 的通信系统的性能极大地取决于上下行信道的互逆性, 该系统对于互逆误差非常敏感, 即使是轻微的互逆误差也可能导致严重的性能下降。所以, SVD 系统中信道的互逆误差是目前需要解决的一个重要问题, 也在最近的 3GPP RAN1 标准讨论中吸引了业界的广泛注意。

- 现有的空中校准方案, 或者是如 3GPP R1-080494 和 EP 1 551 143 A1 所提出的那样, 用于校准基站 (evolved Node B, eNB) 的射频电路不匹配; 或者是如 Antti Tölli, Marian Codreanu 和 Markku Juntti 在论文  
20 Suppression of non-reciprocal interference in adaptive MIMO-OFDM cellular systems, VTC, 2005 –Spring (《自适应 MIMO-OFDM 蜂窝系统中非互逆性干扰的抑制》 VTC, 2005 年春) 中所提出的那样, 抑制非互逆性的干扰。对于基于 SVD 的 TDD 系统, 上述方案中没有一种方案同时校准射频不匹配和非对称干扰。

- 25 在 EP 1 551 143 A1 的方案里, 在校准过程中需要两种类型的下行导频, 这样不仅导致了庞大的开销, 也对参考信号 (reference signal, RS) 的设计带来了苛刻的约束。

不仅如此, 目前的一些方案需要在 UE (用户设备) 和 BS (基站) 之间交换信道状态信息 (Channel State Information, CSI), 这对宽带系

统造成了庞大的开销。由于校准的准确度依赖于量化的比特数，而信道响应的变化范围相当大，较小的量化比特数可能导致链路性能损失。反之，虽然使用较多比特数的量化可以保证准确度，但是带来的庞大开销使得这样做并不现实。因此，对于这些方案，在性能和开销之间的折衷是十分重要的。

总而言之，现有的方案均还不够完善，不能为基于 SVD 的 TDD 系统同时校准射频不匹配和非对称干扰以及系统性差异。

### 发明内容

为了解决现有技术中存在的上述问题，本发明提出了校准上、下行之间互逆误差的方法和装置。

根据本发明的第一方面，提供了一种在时分双工复用通信系统的基站中用于发送信号以校准上下行互逆误差的方法，其中，包括以下步骤：获取上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ )；根据所述上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ )，按照公式： $\mathbf{H}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \mathbf{\Sigma}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$  进行奇异值分解，以获取预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ )，其中，所述  $\mathbf{H}_{UL}^T$  为所述  $\mathbf{H}_{UL}$  的转置，所述  $\mathbf{\Sigma}_{UL}$  为对角矩阵，所述矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  分别为  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵和右奇异向量矩阵，均为酉矩阵；向所述基站所辖的移动站发送经所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ) 加权的导频信号；获取所述移动站报告的校准矩阵；根据所述校准矩阵，调整所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ )，并向所述移动站发送经所述调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信号；

根据本发明的第二方面，提供了一种在时分双工复用通信系统的移动站中用于辅助基站校准上、下行互逆误差的方法，其中，包括以下步骤：获取来自所述基站的经过预编码处理的导频信号；根据所述导频信号，估计下行等效信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{eff}$ )；对所述下行等效信道估计矩阵按照公式： $[\mathbf{U}_{eff} \mathbf{D}_{eff} \mathbf{V}_{eff}] = \text{svd}(\mathbf{H}_{eff})$  进行奇异值分解以获取右奇异向量矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$ ，其中， $\text{svd}(\cdot)$  表示进行奇异值分解操作，所述  $\mathbf{D}_{eff}$  为对角矩阵，所述矩阵  $\mathbf{U}_{eff}$  和  $\mathbf{V}_{eff}$  均为酉矩阵；根据所述  $\mathbf{V}_{eff}$  获取校准矩阵，并向所述基站发送所述校准矩阵；

根据本发明的第三方面,提供了一种在时分双工复用通信系统的基站中用于发送信号以校准上下行互逆误差的处理装置,其中,包括:上行信道估计矩阵获取装置,用于获取上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ ); 预编码矩阵获取装置,用于根据所述上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ ), 按照公

5 式:  $\mathbf{H}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \mathbf{\Sigma}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$  进行奇异值分解, 以获取预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ), 其中, 所述  $\mathbf{H}_{UL}^T$  为所述  $\mathbf{H}_{UL}$  的转置, 所述  $\mathbf{\Sigma}_{UL}$  为对角矩阵, 所述矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  分别为  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵和右奇异向量矩阵, 均为酉矩阵; 第一发送装置, 用于向所述基站所辖的移动站发送经所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ) 加权的导频信号; 校准矩阵获取装置, 用于获取所述移动站报告的校

10 准矩阵; 所述第一发送装置还用于, 根据所述校准矩阵, 调整所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ), 并向所述移动站发送经所述调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信号;

根据本发明的第四方面,提供了一种在时分双工复用通信系统的移动站中用于辅助基站校准上、下行互逆误差的辅助装置, 其中, 包

15 括: 导频信号获取装置, 用于获取来自所述基站的经过预编码处理的导频信号; 下行等效信道估计矩阵获取装置, 用于根据所述导频信号, 估计下行等效信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{eff}$ ); 分解装置, 用于对所述下行等效信道估计矩阵按照公式:  $[\mathbf{U}_{eff} \mathbf{D}_{eff} \mathbf{V}_{eff}] = \text{svd}(\mathbf{H}_{eff})$  进行奇异值分解以获取右奇异向量矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$ , 其中,  $\text{svd}(\cdot)$  表示进行奇异值分解操作, 所述

20  $\mathbf{D}_{eff}$  为对角矩阵, 所述矩阵  $\mathbf{U}_{eff}$  和  $\mathbf{V}_{eff}$  均为酉矩阵; 第二发送装置, 用于根据所述  $\mathbf{V}_{eff}$  获取校准矩阵, 并向所述基站发送所述校准矩阵。

根据本发明的方案, 既校准了由于 RF 电路不匹配所造成的上下行互逆误差, 也校准了由移动站和基站所受到的干扰特性不同所造成的上下行互逆误差, 同时, 也避免了由于不同的子频带、不同的信道

25 估计、多普勒频移等原因引起的上下行链路基带到基带信道的系统性差异, 此外, 由于本发明的方案只需要专用导频, 而不需要公共导频, 因此, 也节省了空中接口的开销。

## 附图说明

通过参照附图阅读以下所作的对非限制性实施例的详细描述，本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显。

图 1 示出了基于奇异值分解的多输入多输出系统中发射机和接收机的结构图；

5 图 2 示出了根据本发明的一个具体实施例的用于校准上、下行互逆误差的系统方法流程图；

图 3 示出了根据本发明的一个具体实施例的用于校准上、下行互逆误差的系统方法流程图；

10 图 4 示出了根据本发明的一个具体实施例的用于校准上、下行互逆误差的装置框图。

其中，相同或相似的附图标记表示相同或相似的步骤特征或装置/模块。

### 具体实施例

15 仍参照图 1，令  $\mathbf{H}_{DL}$  的秩 (rank) 为  $r$ ，该  $\mathbf{H}_{DL}$  为下行信道状态信息矩阵 (CSI, Channel State Information)。对  $\mathbf{H}_{DL}$  进行 SVD 分解，也即， $\mathbf{H}_{DL} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL} \mathbf{V}_{DL}^H$ ，其中， $\mathbf{V}_{DL}$  为  $\mathbf{H}_{DL}$  的右奇异向量矩阵，也是一个酉矩阵。酉矩阵  $\mathbf{V}_{DL}$  可以表示为  $\mathbf{V}_{DL} = [\mathbf{V}^{(1)} \mathbf{V}^{(0)}]$ ，其中  $\mathbf{V}^{(1)}$  包括前  $r$  列右奇异向量， $\mathbf{V}^{(0)}$  包括剩余的  $(M-r)$  列右奇异向量。因此， $\mathbf{V}^{(1)}$  构成了  $\mathbf{H}_{DL}$  的列空间的 20 标准正交基， $\mathbf{V}^{(0)}$  构成  $\mathbf{H}_{DL}$  的零空间的标准正交基。当  $r=M$  时，显然， $\mathbf{V}_{DL} = \mathbf{V}^{(1)}$ 。定义互逆误差为  $\mathbf{E}_0 = (\mathbf{V}^{(1)})^H \mathbf{V}_{UL}$ ，于是希望得到的预编码矩阵为：

$$\mathbf{V}^{(1)} = \mathbf{V}_{UL} \mathbf{E}_0^H$$

其中， $\mathbf{E}_0$  为  $r \times M$  的矩阵。

$$25 \quad \mathbf{E}_0 = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1M} \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{r1} & e_{r2} & \cdots & e_{rM} \end{bmatrix}$$

于是，下行等效信道可以表示为

$$\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL} \begin{bmatrix} \mathbf{E}_0 \\ (\mathbf{V}^{(0)})^H \mathbf{V}_{UL} \end{bmatrix},$$

直接对  $\mathbf{H}_{eff}$  进行 SVD 分解, 得到的右奇异向量矩阵为

$$\mathbf{V}_{eff} = [\mathbf{E}_0^H \mathbf{D}_\Phi \quad \mathbf{X}].$$

其中,  $\mathbf{D}_\Phi = \text{diag}(e^{j\varphi_1}, e^{j\varphi_2}, \dots, e^{j\varphi_r})$ ,  $\varphi_j$  可以是任意相位, 也即, SVD 分解的结果  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列是唯一的, 不同的解只是在每个右奇异值向量上引入了相位的旋转。 $\mathbf{X}$  是  $M \times (M-r)$  的矩阵。因为  $\mathbf{D}_\Phi$  不影响下行信道的增益和正交性, 因此, 可以将矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列作为校准因子, 也即,  $\mathbf{E} = (\mathbf{V}_{eff}(:, 1:r))^H$ , 表示  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列的共轭转置。

于是, 经过校准的预编码矩阵为:

$$\mathbf{V}_{trans} = \mathbf{V}_{UL} \cdot \mathbf{E}^H.$$

图 2 示出了示出了根据本发明的一个具体实施例的用于校准上、下行互逆误差的系统方法流程图。以下, 参照图 2, 并结合图 1, 对本发明的系统方法流程图进行具体描述。

首先, 在步骤 S10 中, 基站 1 获取上行信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$ 。

例如, 基站 1 接收来自移动站 2 的上行参考信号 (Reference Signal, RS), 基站 1 根据来自移动站 2 的上行参考信号, 估计出上行信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$ 。

来自移动站 2 的上行参考信号既可以是探测信号 (sounding reference signal, SRS), 也可以是解调参考信号 (DeModulated Reference Signal, DMRS)。前者是没有经过移动站 2 的预编码处理, 后者经过移动站 2 的预编码处理。显然, SRS 可以直接用于进行上行信道估计。对于预编码的 DMRS 方式, 因为基站 1 知道 UE 所采用的预编码矩阵, 因此, 基站 1 可以获得“真实的”上行信道响应 (raw uplink channel response), 因此, 基站 1 对于上述两种参考信号, 均可以估计得出对应的  $\mathbf{H}_{UL}$ 。

或者, 基站 1 中预存了很短时期内 (小于信道相关时间) 与移动站之间的上行信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$ , 例如, 基站 1 中缓存了之前的上行信道估计的结果。

然后, 在步骤 S11 中, 基站 1 根据该上行信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$ , 按照公式:  $\mathbf{H}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \Sigma_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$  进行奇异值分解, 以获取预编码矩阵  $\mathbf{V}_{UL}$ , 其中,

矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  分别为  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵和右奇异向量矩阵，且都是酉矩阵，也即，满足  $\mathbf{U}_{UL}\mathbf{U}_{UL}^H = \mathbf{I} = \mathbf{V}_{UL}\mathbf{V}_{UL}^H$ ， $\mathbf{I}$  是单位阵； $(\cdot)^H$  是厄米运算符，表示对矩阵进行共轭转置。

以发射机具有  $M$  根天线，接收机具有  $N$  根天线为例， $\mathbf{U}_{UL} \in \mathbb{C}^{N \times N}$ ，也即， $\mathbf{U}_{UL}$  为  $N \times N$  矩阵， $\mathbf{V}_{UL} \in \mathbb{C}^{M \times M}$ ，也即， $\mathbf{V}_{UL}$  为  $M \times M$  矩阵，。CSI 矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$  的秩 (rank) 应满足  $r \leq \min(M, N)$ 。对角矩阵  $\mathbf{\Sigma}_{UL}$  可以被表示为  $\mathbf{\Sigma}_{UL} = \begin{bmatrix} \mathbf{\Sigma}_{UL}^r & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}_{N \times M}$ ，其中  $\mathbf{\Sigma}_{UL}^r = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$ ， $\lambda_i$  为  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的奇异值，且  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_r$ 。

$\mathbf{H}_{UL}$  包括完整的发射机-空中接口-接收机的链路，而不仅仅局限于射频电路。

然后，在步骤 S12 中，基站 1 将  $\mathbf{V}_{UL}$  作为预编码矩阵，对导频信号进行预编码处理，以生成经过预编码处理的专用导频  $P_D$ ，然后基站 1 向移动站 2 传输该专用导频  $P_D$ ，以便于移动站 2 进行下行信道估计。值得注意的是， $\mathbf{V}_{UL}$  的所有列均需要作为加权系数，而不能仅仅取其中的部分列的信息。

然后，在步骤 S13 中，移动站 2 例如，在特定的时频资源上，接收到来自基站 1 的经过预编码处理的专用导频  $P_D$ 。移动站 2 根据接收到的该专用导频  $P_D$ ，估计出下行等效信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{eff}$ ，其中， $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H}_{DL}\mathbf{V}_{UL}$ ，也即，等效信道估计矩阵中耦合了预编码矩阵。

然后，在步骤 S14 中，移动站 2 对该下行等效信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{eff}$  进行 SVD 分解，也即，按照公式  $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{U}_{eff}\mathbf{\Sigma}_{eff}\mathbf{V}_{eff}^H$  对  $\mathbf{H}_{eff}$  进行分解，表示为， $[\mathbf{U}_{eff} \ \mathbf{D}_{eff} \ \mathbf{V}_{eff}] = \text{svd}(\mathbf{H}_{eff})$ ，其中，矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  为  $\mathbf{H}_{eff}$  的右奇异向量矩阵且为酉矩阵。

然后，在步骤 S15 中，移动站 2 根据该  $\mathbf{V}_{eff}$  获取校准矩阵  $\mathbf{E}$ ，并向基站 1 发送校准矩阵  $\mathbf{E}$ 。

一般地，当  $\mathbf{H}_{eff}$  没有退化 (degenerated) 的奇异值时， $\mathbf{V}_{eff}(:, 1:r) = \mathbf{E}_0^H \cdot \mathbf{D}_\Phi$ ，其中， $\mathbf{D}_\Phi = \text{diag}(e^{j\phi_1}, e^{j\phi_2}, \dots, e^{j\phi_r})$ ， $\phi_j$  可以是任意相位，也即，SVD 分解的结果  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列是唯一的，不同的解只是在每个右奇异值向量上引

入了相位的旋转, 此外,  $(:, 1:r)$  表示  $\mathbf{V}_{eff}$  矩阵中的前  $r$  列。因为  $\mathbf{D}_0$  不影响下行信道的增益和正交性, 因此, 可以将矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列作为校准因子, 也即,  $\mathbf{E} = (\mathbf{V}_{eff}(:, 1:r))^H$ , 表示  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列的共轭转置。

上述实施例中, 将矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列作为校准矩阵, 是考虑到  $\mathbf{V}_{eff}$  的后  $(M-r)$  列为  $\mathbf{H}_{eff}$  的零空间的一个标准正交基, 其对校准不会产生影响。因为  $r \leq M$ , 则该实施例可以降低开销 (overhead), 尤其是当  $r$  远小于  $M$  时, 可以大大地降低开销。

在一个变化的实施例中, 也可以将整个  $\mathbf{V}_{eff}$  的共轭转置作为校准矩阵, 也即,  $\mathbf{E} = (\mathbf{V}_{eff})^H$ 。

然后, 在步骤 S16 中, 基站 1 根据反馈的校准矩阵  $\mathbf{E}$ , 对预编码矩阵进行校准。因此, 经校准的预编码矩阵, 也即传输矩阵为  $\mathbf{V}_{trans} = \mathbf{V}_{UL} \cdot \mathbf{E}^H$ 。基站 1 可以用经校准后的预编码矩阵再对导频信号和/或数据信号进行预编码处理, 然后将经过校准后的预编码矩阵进行预编码处理的导频信号和/或数据信号发送出去。此外, 基站 1 可以选取少于传输天线 ( $K < M$ ) 个特征向量以构造经过校准后的预编码矩阵, 实际上  $K \leq r$ , 因为有效特征向量最多为  $r$  个 ( $r$  是秩), 也即特征模式选择方式 (eigenmode selection precoding), 并用该特征模式选择方式构造的预编码矩阵加权数据信号, 然后基站 1 将该由特征模式选择方式构造的预编码矩阵加权的数据信号发送给移动站 2。

校准过程的触发机制将在下文中进行描述。值得注意的是, 下次触发之前校准矩阵  $\mathbf{E}$  保持不变, 但  $\mathbf{V}_{UL}$  可以是变化的, 所以  $\mathbf{V}_{trans}$  也会随着  $\mathbf{V}_{UL}$  的变化而相应地变化。此外, 在下次触发前, 基站 1 可以选择  $\mathbf{V}_{trans}$  的若干列来做数据的预编码处理, 也即特征模式选择方式 (eigenmode selection), 所以预编码矩阵可能是变化的, 只是校准矩阵  $\mathbf{E}$  不变。

在一个变化的实施例中, 在步骤 S10 之前, 还包括触发步骤, 也即, 控制实体例如基站 1, 判断是否满足预定校准触发条件; 当满足所述预定校准触发条件时, 基站 1 执行步骤 S10, 获取上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ )。

预定校准触发条件包括以下各项中的任一项：

- 该校准矩阵的新一轮的校准过程是时间触发的，例如周期性触发，例如，基站 1 在接收到最近一次的校准矩阵  $\mathbf{E}$  后，已经经过了预定的时间间隔；

- 5        - 基站 1 接收到移动站 2 发送的校准请求；  
           - 温度变化超过第一预定范围；  
           - 基站 1 的发射功率变化超过第二预定范围，等。

10        为了提供准确的可预测的触发机制，基站 1 通常需要获取这些状态信息，并一旦触发了新一轮的校准过程，基站 1 就需要通知移动站 2，以便于移动站 2 进行相应的测量和反馈。这意味着额外的电路设计，处理复杂度增加，以及更高的空中接口的开销。因此，本发明也可以采用由移动站 2 触发校准过程的机制。

      例如，移动站 2 可以根据即时（instant）的下行测量结果，判断是否触发校准。

15        如果上行信道和下行信道理想地互逆，下行等效信道可以表示为  $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL} \mathbf{V}_{DL}^H \mathbf{V}_{UL} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL}$ ，且  $\mathbf{U}_{DL}$  为酉矩阵，因此， $\mathbf{H}_{eff}^H \mathbf{H}_{eff} = \text{diag}(\lambda_1^2, \lambda_2^2, \dots, \lambda_r^2)$ 。 $\mathbf{H}_{eff}^H \mathbf{H}_{eff}$  的特征值是去耦信道的各路能量增益， $\mathbf{H}_{eff}$  的奇异值是  $\mathbf{H}_{eff}^H \mathbf{H}_{eff}$  的特征值的平方根，也就是幅度增益。在实际系统中，等效信道实际上是  $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL} \mathbf{E}$ ，则该信道矩阵的协方差为：  
 20         $\mathbf{R} = \mathbf{H}_{eff}^H \mathbf{H}_{eff} = \mathbf{E}^H \text{diag}(\lambda_1^2, \lambda_2^2, \dots, \lambda_r^2) \mathbf{E}$ 。移动站 2 可以利用该矩阵触发校准过程。例如，当  $\mathbf{R}$  中的对角元素的平均能量和非对角元素的平均能量之比小于一个预定的阈值时，移动站 2 判断需要触发校准，则移动站 2 向基站 1 发送校准触发指示信息，以用于指示基站 1 发起校准，则当基站 1 接收到来自移动站 2 的校准触发指示信息时，基站 1 触发校准  
 25        过程，也即，基站 1 进入步骤 S10。

      上述的实施例可以适用于窄带的预编码处理。值得注意的是，在基于正交频分复用（Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM）的宽带系统中，由于存在频率选择性衰减，则该宽带的每个子带上的特性（例如增益）不同，可以针对每个子带，例如，针对子

载波，资源块（Resource Block，RB）或者相干带宽（coherent bandwidth），分别计算对应的校准矩阵  $\mathbf{E}$ 。但是，考虑到系统的复杂度和开销，也可以在宽带的整个带宽上使用相同的校准矩阵  $\mathbf{E}$  以及采用相同的方式进行预编码，以降低系统的复杂度和开销。以下，将参  
5 照图 3，对本发明的另一个实施例进行描述。

首先，在步骤 S20 中，基站 1 获取一个等效的非频率选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$ 。

例如，基站 1 接收来自移动站 2 的上行参考信号，基站 1 根据来自移动站 2 的上行参考信号，估计出上行信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$ 。

10 基站 1 会收到对应了不同子带的参考信号，则基站 1 从各个上行参考信号中估计出对应的各个  $\mathbf{H}_{UL}$ 。因为该多个  $\mathbf{H}_{UL}$  是频率选择性的，基站 1 可以根据该多个  $\mathbf{H}_{UL}$ ，采用平均、滤波或者线性组合等方式，获取在整个宽带的带宽上的一个等效的非频率选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$ 。

15 或者，基站 1 中预存了很短时间内（小于信道相干时间）与移动站之间的等效的非频率选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$ ，例如，基站 1 中缓存了之前的上行信道估计的结果。

然后，在步骤 S21 中，基站 1 根据该等效非频率选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$ ，按照 SVD 公式： $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \mathbf{\Sigma}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$  进行奇异值分解，以  
20 获取预编码矩阵  $\mathbf{V}_{UL}$ ，其中，矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  分别是矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵和右奇异向量矩阵，且都是酉矩阵，也即，满足  $\mathbf{U}_{UL} \mathbf{U}_{UL}^H = \mathbf{I} = \mathbf{V}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$ ， $\mathbf{I}$  是单位阵； $(\cdot)^H$  是厄米运算符，表示对矩阵进行共轭转置。

以发射机具有  $M$  根天线，接收机具有  $N$  根天线为例， $\mathbf{U}_{UL} \in \mathbb{C}^{N \times N}$ ，也即， $\mathbf{U}_{UL}$  为  $N \times N$  矩阵， $\mathbf{V}_{UL} \in \mathbb{C}^{M \times M}$ ，也即， $\mathbf{V}_{UL}$  为  $M \times M$  矩阵，。CSI 矩  
25 阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$  的秩（rank）应满足  $r \leq \min(M, N)$ 。对角矩阵  $\mathbf{\Sigma}_{UL}$  可以被表示为  
$$\mathbf{\Sigma}_{UL} = \begin{bmatrix} \mathbf{\Sigma}_{UL}^r & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{bmatrix}_{N \times M}$$
，其中  $\mathbf{\Sigma}_{UL}^r = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$ ， $\lambda_i$  为  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}^T$  的奇异值，且  
 $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_r$ 。

$\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$  包括完整的发射机-空中接口-接收机的链路，而不仅仅局限于射频电路。

然后, 在步骤 S22 中, 基站 1 将  $\mathbf{V}_{UL}$  作为预编码矩阵, 对导频信号进行预编码处理, 以生成经过预编码处理的专用导频  $P_D$ , 然后基站 1 向移动站 2 传输该专用导频  $P_D$ , 以便于移动站 2 进行下行信道估计。值得注意的是,  $\mathbf{V}_{UL}$  的所有列均需要作为加权系数, 而不能仅仅取其中的部分列的信息。

然后, 在步骤 S23 中, 移动站 2 例如, 在特定的时频资源上, 接收到来自基站 1 的经过预编码处理的专用导频  $P_D$ 。基站 1 根据接收到的该专用导频  $P_D$ , 估计出各个下行等效信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{eff}$ , 其中,  $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL}$ , 也即, 等效信道估计矩阵中耦合了预编码矩阵。然后, 根据各个  $\mathbf{H}_{eff}$ , 移动站 2 采用平均、滤波或者线性组合等方式, 获取在整个宽带的带宽上的一个等效的非频率选择性的下行等效信道估计矩阵  $\check{\mathbf{H}}_{eff}$ 。

然后, 在步骤 S24 中, 移动站 2 对该下行等效信道估计矩阵  $\check{\mathbf{H}}_{eff}$  进行 SVD 分解, 也即, 按照公式  $\check{\mathbf{H}}_{eff} = \mathbf{U}_{eff} \mathbf{\Sigma}_{eff} \mathbf{V}_{eff}^H$  对  $\check{\mathbf{H}}_{eff}$  进行分解, 表示为  $[\mathbf{U}_{eff} \mathbf{D}_{eff} \mathbf{V}_{eff}] = \text{svd}(\check{\mathbf{H}}_{eff})$ , 其中, 矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  为  $\check{\mathbf{H}}_{eff}$  的右奇异向量矩阵且为酉矩阵。。

然后, 在步骤 S25 中, 移动站 2 根据所述  $\mathbf{V}_{eff}$  获取校准矩阵  $\mathbf{E}$ , 并向基站 1 发送所述校准矩阵  $\mathbf{E}$ 。

一般地, 当  $\check{\mathbf{H}}_{eff}$  没有退化 (degenerated) 的奇异值时,  $\mathbf{V}_{eff}(:, 1:r) = \mathbf{E}_0^H \cdot \mathbf{D}_\phi$ , 其中,  $\mathbf{D}_\phi = \text{diag}(e^{j\phi_1}, e^{j\phi_2}, \dots, e^{j\phi_r})$ ,  $\phi_j$  可以是任意相位, 也即, SVD 分解的结果  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列是唯一的, 不同的解只是在每个右奇异值向量上引入了相位的旋转, 此外,  $(:, 1:r)$  表示  $\mathbf{V}_{eff}$  矩阵中的前  $r$  列。因为  $\mathbf{D}_\phi$  不影响下行信道的增益和正交性, 因此, 可以将矩阵的  $\mathbf{V}_{eff}$  前  $r$  列作为校准因子, 也即,  $\mathbf{E} = (\mathbf{V}_{eff}(:, 1:r))^H$ , 表示  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列的共轭转置。

上述实施例中, 将矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列作为校准矩阵, 是考虑到  $\mathbf{V}_{eff}$  的后  $(M-r)$  列为  $\check{\mathbf{H}}_{eff}$  的零空间的一个正交基, 其对校准不会产生影响。因为  $r \leq M$ , 则该实施例可以降低开销 (overhead), 尤其是当  $r$  远小于  $M$  时, 可以大大地降低开销。

在一个变化的实施例中, 也可以将整个  $\mathbf{V}_{eff}$  的共轭转置作为校准矩阵, 也即,  $\mathbf{E} = (\mathbf{V}_{eff})^H$ 。

然后, 在步骤 S26 中, 基站 1 根据反馈的校准矩阵  $E$ , 对预编码矩阵进行校准。因此, 经校准的预编码矩阵, 也即传输矩阵为  $V_{trans} = V_{UL} \cdot E^H$ 。基站 1 可以用经校准后的预编码矩阵再对导频信号进行预编码处理, 然后将经过校准后的预编码矩阵进行预编码处理的导频信号发送出去。此外, 基站 1 可以选取少于传输天线 ( $K < M$ ) 个特征向量以构造经过校准后的预编码矩阵, 实际上  $K \leq r$ , 因为有效特征向量最多为  $r$  个 ( $r$  是秩, rank), 也即特征模式选择方式 (eigenmode selection precoding)。

图 4 示出了示出了根据本发明的一个具体实施例的用于校准上、下行互逆误差的装置框图。以下, 参照图 4, 并结合图 1, 对本发明的装置进行具体描述。

处理装置 10 位于图 1 所示的基站 1 中。处理装置 10 包括上行信道估计矩阵获取装置 100, 预编码矩阵获取装置 101, 第一发送装置 102, 校准矩阵获取装置 103。

辅助装置 20 位于图 2 所示的移动站 2 中。辅助装置 20 包括导频信号获取装置 200, 下行等效信道估计矩阵获取装置 201, 分解装置 202 和第二发送装置 203。

首先, 上行信道估计矩阵获取装置 100 获取上行信道估计矩阵  $H_{UL}$ 。

例如, 上行信道估计矩阵获取装置 100 接收来自移动站 2 的上行参考信号 (Reference Signal, RS), 上行信道估计矩阵获取装置 100 根据来自移动站 2 的上行参考信号, 估计出上行信道估计矩阵  $H_{UL}$ 。

来自移动站 2 的上行参考信号既可以是探测信号 (sounding reference signal, SRS), 也可以是解调参考信号 (DeModulated Reference Signal, DMRS)。前者是没有经过移动站 2 的预编码处理, 后者经过移动站 2 的预编码处理。显然, SRS 可以直接用于进行上行信道估计。对于预编码的 DMRS 方式, 因为基站 1 知道 UE 所采用的预编码矩阵, 因此, 上行信道估计矩阵获取装置 100 可以获得“真实的”上行信道响应 (raw uplink channel response), 因此, 上行信道估

计矩阵获取装置 100 对于上述两种参考信号, 均可以估计得出对应的  $\mathbf{H}_{UL}$ 。

或者, 上行信道估计矩阵获取装置 100 中预存了很短时期内 (小于信道相关时间) 与移动站之间的上行信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$ , 例如, 上行信道估计矩阵获取装置 100 中缓存了之前的上行信道估计的结果。

然后, 预编码矩阵获取装置 101 根据该上行信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$ , 按照公式:  $\mathbf{H}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \mathbf{\Sigma}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$  进行奇异值分解, 以获取预编码矩阵  $\mathbf{V}_{UL}$ , 其中, 矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  分别为  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵和右奇异向量矩阵, 且都是酉矩阵, 也即, 满足  $\mathbf{U}_{UL} \mathbf{U}_{UL}^H = \mathbf{I} = \mathbf{V}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$ ,  $\mathbf{I}$  是单位阵;  $(\cdot)^H$  是厄米运算符, 表示对矩阵进行共轭转置。

以发射机具有  $M$  根天线, 接收机具有  $N$  根天线为例,  $\mathbf{U}_{UL} \in \mathbf{C}^{N \times N}$ , 也即,  $\mathbf{U}_{UL}$  为  $N \times N$  矩阵,  $\mathbf{V}_{UL} \in \mathbf{C}^{M \times M}$ , 也即,  $\mathbf{V}_{UL}$  为  $M \times M$  矩阵,。CSI 矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$  的秩 (rank) 应满足  $r \leq \min(M, N)$ 。对角矩阵  $\mathbf{\Sigma}_{UL}$  可以被表示为  $\mathbf{\Sigma}_{UL} = \begin{bmatrix} \mathbf{\Sigma}_{UL}^r & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}_{N \times M}$ , 其中  $\mathbf{\Sigma}_{UL}^r = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$ ,  $\lambda_i$  为  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的奇异值, 且  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_r$ 。

$\mathbf{H}_{UL}$  包括完整的发射机-空中接口-接收机的链路, 而不仅仅局限于射频电路。

然后, 第一发送装置 102 将  $\mathbf{V}_{UL}$  作为预编码矩阵, 对导频信号进行预编码处理, 以生成经过预编码处理的专用导频  $P_D$ , 然后第一发送装置 102 向移动站 2 传输该专用导频  $P_D$ , 以便于移动站 2 进行下行信道估计。值得注意的是,  $\mathbf{V}_{UL}$  的所有列均需要作为加权系数, 而不能仅仅取其中的部分列的信息。

然后, 辅助装置 20 中的导频信号获取装置 200, 例如, 在特定的时频资源上, 接收到来自基站 1 的第一发送装置 102 所发送的经过预编码处理的专用导频  $P_D$ 。下行等效信道估计矩阵获取装置 201 根据接收到的该专用导频  $P_D$ , 估计出下行等效信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{eff}$ , 其中,  $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL}$ , 也即, 等效信道估计矩阵中耦合了预编码矩阵。

然后, 分解装置 202 对该下行等效信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{eff}$  进行 SVD 分解, 也即, 按照公式  $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{U}_{eff} \mathbf{\Sigma}_{eff} \mathbf{V}_{eff}^H$  对  $\mathbf{H}_{eff}$  进行分解, 表示为

$[U_{eff} \ D_{eff} \ V_{eff}] = svd(H_{eff})$ , 其中, 矩阵  $V_{eff}$  为  $H_{eff}$  的右奇异向量矩阵且为酉矩阵。

然后, 第二发送装置 203 根据该  $V_{eff}$  获取校准矩阵  $E$ , 并向基站 1 发送校准矩阵  $E$ 。

- 5 一般地, 当  $H_{eff}$  没有退化 (degenerated) 的奇异值时,  $V_{eff}(:, 1:r) = E_0^H \cdot D_\phi$ , 其中,  $D_\phi = diag(e^{j\phi_1}, e^{j\phi_2}, \dots, e^{j\phi_r})$ ,  $\phi_j$  可以是任意相位, 也即, SVD 分解的结果  $V_{eff}$  的前  $r$  列是唯一的, 不同的解只是在每个右奇异值向量上引入了相位的旋转, 此外,  $(:, 1:r)$  表示  $V_{eff}$  矩阵中的前  $r$  列。因为  $D_\phi$  不影响下行信道的增益和正交性, 因此, 可以将矩阵  $V_{eff}$  的前  $r$  列作为校准因子, 也即,  $E = (V_{eff}(:, 1:r))^H$ , 表示  $V_{eff}$  的前  $r$  列的共轭转置。

上述实施例中, 将矩阵  $V_{eff}$  的前  $r$  列作为校准矩阵, 是考虑到  $V_{eff}$  的后  $(M-r)$  列为  $H_{eff}$  的零空间的一个标准正交基, 其对校准不会产生影响。因为  $r \leq M$ , 则该实施例可以降低开销 (overhead), 尤其是当  $r$  远小于  $M$  时, 可以大大地降低开销。

- 15 在一个变化的实施例中, 也可以将整个  $V_{eff}$  的共轭转置作为校准矩阵, 也即,  $E = (V_{eff})^H$ 。

- 然后, 基站 1 中的校准矩阵获取装置 103 获取由第二发送装置 203 反馈的校准矩阵  $E$ 。然后, 预编码矩阵获取装置 101 根据反馈的校准矩阵  $E$ , 对预编码矩阵进行校准。因此, 经校准的预编码矩阵, 也即
- 20 传输矩阵为  $V_{trans} = V_{UL} \cdot E^H$ 。用经校准后的预编码矩阵再对导频信号进行预编码处理, 然后第一发送装置 102 将经过校准后的预编码矩阵进行预编码处理后的导频信号发送出去。此外, 预编码矩阵获取装置 101 可以选取少于传输天线 ( $K < M$ ) 个特征向量以构造经过校准后的预编码矩阵, 实际上  $K \leq r$ , 因为有效特征向量最多为  $r$  个 ( $r$  是秩), 也即
- 25 特征模式选择方式 (eigenmode selection precoding), 并用该特征模式选择方式构造的预编码矩阵加权数据信号, 然后第一发送装置 102 将该由特征模式选择方式构造的预编码矩阵加权后的数据信号发送给移动站 2。

校准过程的触发机制将在下文中进行描述。值得注意的是, 下次

触发之前校准矩阵  $\mathbf{E}$  保持不变，但  $\mathbf{V}_{UL}$  可以是变化的，所以  $\mathbf{V}_{trans}$  也会随着  $\mathbf{V}_{UL}$  的变化而相应地变化。此外，在下次触发前，预编码矩阵获取装置 101 可以选择  $\mathbf{V}_{trans}$  的若干列来做数据的预编码处理，也即特征模式选择方式 (eigenmode selection)，所以预编码矩阵可能是变化的，只是校准矩阵  $\mathbf{E}$  不变。

在一个变化的实施例 10 中，还包括触发装置 (图 4 中未示出)，也即，该触发装置可以位于控制实体例如基站 1 中，触发装置判断是否满足预定校准触发条件；当满足所述预定校准触发条件时，上行信道估计矩阵获取装置 100 执行相应的操作，也即，获取上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ )。

预定校准触发条件包括以下各项中的任一项：

- 该校准矩阵的新一轮的校准过程是时间触发的，例如周期性触发，例如，基站 1 在接收到最近一次的校准矩阵  $\mathbf{E}$  后，已经经过了预定的时间间隔；
- 15 - 基站 1 接收到移动站 2 发送的校准请求；
- 温度变化超过第一预定范围；
- 基站 1 的发射功率变化超过第二预定范围，等。

为了提供准确的可预测的触发机制，基站 1 通常需要获取这些状态信息，并一旦触发了新一轮的校准过程，基站 1 就需要通知移动站 20 2，以便于移动站 2 进行相应的测量和反馈。这意味着额外的电路设计，处理复杂度增加，以及更高的空中接口的开销。因此，本发明也可以采用由移动站 2 触发校准过程的机制，也即，触发装置位于移动站 2 中。

例如，移动站 2 中的触发装置可以根据即时 (instant) 的下行测量结果，判断是否触发校准。

如果上行信道和下行信道理想地互逆，下行等效信道可以表示为  $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL} \mathbf{V}_{DL}^H \mathbf{V}_{UL} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL}$ ，且  $\mathbf{U}_{DL}$  为酉矩阵，因此， $\mathbf{H}_{eff}^H \mathbf{H}_{eff} = \text{diag}(\lambda_1^2, \lambda_2^2, \dots, \lambda_r^2)$ 。 $\mathbf{H}_{eff}^H \mathbf{H}_{eff}$  的特征值是去耦信道的各路能量增益， $\mathbf{H}_{eff}$  的奇异值是  $\mathbf{H}_{eff}^H \mathbf{H}_{eff}$  的特征值的平方根，也就是幅度增益。在实际系

统中，等效信道实际上是  $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{U}_{DL} \mathbf{\Sigma}_{DL} \mathbf{E}$ ，则该信道矩阵的协方差为：  
 $\mathbf{R} = \mathbf{H}_{eff}^H \mathbf{H}_{eff} = \mathbf{E}^H \text{diag}(\lambda_1^2, \lambda_2^2, \dots, \lambda_r^2) \mathbf{E}$ 。移动站 2 可以利用该矩阵触发校准过程。例如，当  $\mathbf{R}$  中的对角元素的平均能量和非对角元素的平均能量之比小于一个预定的阈值时，触发装置判断需要触发校准，则第二发送  
 5 装置 203 向基站 1 发送校准触发指示信息，以用于指示基站 1 发起校准，则当基站 1 接收到来自移动站 2 的校准触发指示信息时，上行信道估计矩阵获取装置 100 执行相应的操作，也即，获取上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ )。

上述的实施例可以适用于窄带的预编码处理。值得注意的是，在  
 10 基于正交频分复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 的宽带系统中，由于存在频率选择性衰减，则该宽带的每个子带上的特性 (例如增益) 不同，可以针对每个子带，例如，针对子载波，资源块 (Resource Block, RB) 或者相干带宽 (coherent bandwidth)，分别计算对应的校准矩阵  $\mathbf{E}$ 。但是，考虑到系统的复杂  
 15 度和开销，也可以在宽带的整个带宽上使用相同的校准矩阵  $\mathbf{E}$  以及采用相同的方式进行预编码，以降低系统的复杂度和开销。以下，仍参照图 4，对本发明的装置的另一个实施例进行描述。

首先，上行信道估计矩阵获取装置 100 获取一个等效的非频率选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$ 。

20 例如，基站 1 接收来自移动站 2 的上行参考信号，基站 1 根据来自移动站 2 的上行参考信号，估计出上行信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{UL}$ 。

基站 1 会收到对应了不同子带的参考信号，则基站 1 从各个上行参考信号中估计出对应的各个  $\mathbf{H}_{UL}$ 。因为该多个  $\mathbf{H}_{UL}$  是频率选择性的，上行信道估计矩阵获取装置 100 可以根据该多个  $\mathbf{H}_{UL}$ ，采用平均、滤波或者线性组合等方式，获取在整个宽带的带宽上的一个等效的非频率  
 25 选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$ 。当然，本领域技术人员可以理解，获取等效的非频率选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$  的方式并不仅仅局限于上述的几种方式。

或者，上行信道估计矩阵获取装置 100 中预存了很短时间内 (小

于信道相干时间)与移动站之间的等效的非频率选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$ ，例如，上行信道估计矩阵获取装置 100 中缓存了之前的上行信道估计的结果。

然后，预编码矩阵获取装置 101 根据该等效非频率选择性的上行信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$ ，按照 SVD 公式： $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \boldsymbol{\Sigma}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$  进行奇异值分解，以获取预编码矩阵  $\mathbf{V}_{UL}$ ，其中，矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  分别是矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵和右奇异向量矩阵，且都是酉矩阵，也即，满足  $\mathbf{U}_{UL} \mathbf{U}_{UL}^H = \mathbf{I} = \mathbf{V}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$ ， $\mathbf{I}$  是单位阵； $(\cdot)^H$  是厄米运算符，表示对矩阵进行共轭转置。

以发射机具有  $M$  根天线，接收机具有  $N$  根天线为例， $\mathbf{U}_{UL} \in \mathbb{C}^{N \times N}$ ，也即， $\mathbf{U}_{UL}$  为  $N \times N$  矩阵， $\mathbf{V}_{UL} \in \mathbb{C}^{M \times M}$ ，也即， $\mathbf{V}_{UL}$  为  $M \times M$  矩阵，。CSI 矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$  的秩 (rank) 应满足  $r \leq \min(M, N)$ 。对角矩阵  $\boldsymbol{\Sigma}_{UL}$  可以被表示为  $\boldsymbol{\Sigma}_{UL} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\Sigma}_{UL}^r & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{bmatrix}_{N \times M}$ ，其中  $\boldsymbol{\Sigma}_{UL}^r = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$ ， $\lambda_i$  为  $\tilde{\mathbf{H}}_{UL}^T$  的奇异值，且  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_r$ 。

$\tilde{\mathbf{H}}_{UL}$  包括完整的发射机-空中接口-接收机的链路，而不仅仅局限于射频电路。

然后，第一发送装置 102 将  $\mathbf{V}_{UL}$  作为预编码矩阵，对导频信号进行预编码处理，以生成经过预编码处理的专用导频  $P_D$ ，然后第一发送装置 102 向移动站 2 传输该专用导频  $P_D$ ，以便于移动站 2 进行下行信道估计。值得注意的是， $\mathbf{V}_{UL}$  的所有列均需要作为加权系数，而不能仅仅取其中的部分列的信息。

然后，辅助装置 20 中的导频信号获取装置 200，例如，在特定的时频资源上，接收到来自基站 1 的第一发送装置 102 所发送的经过预编码处理的专用导频  $P_D$ 。下行等效信道估计矩阵获取装置 201 根据接收到的该专用导频  $P_D$ ，估计出各个下行等效信道估计矩阵  $\mathbf{H}_{eff}$ ，其中， $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H}_{DL} \mathbf{V}_{UL}$ ，也即，等效信道估计矩阵中耦合了预编码矩阵。然后，根据各个  $\mathbf{H}_{eff}$ ，移动站 2 采用平均、滤波或者线性组合等方式，获取在整个宽带的带宽上的一个等效的非频率选择性的下行等效信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}$ 。

然后, 分解装置 202 对该下行等效信道估计矩阵  $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}$  进行 SVD 分解, 也即, 按照公式  $\tilde{\mathbf{H}}_{eff} = \mathbf{U}_{eff} \mathbf{\Sigma}_{eff} \mathbf{V}_{eff}^H$  对  $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}$  进行分解, 表示为  $[\mathbf{U}_{eff} \mathbf{D}_{eff} \mathbf{V}_{eff}] = \text{svd}(\tilde{\mathbf{H}}_{eff})$ , 其中, 矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  为  $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}$  的右奇异向量矩阵且为酉矩阵。

5 然后, 第二发送装置 203 根据该  $\mathbf{V}_{eff}$  获取校准矩阵  $\mathbf{E}$ , 并向基站 1 发送所述校准矩阵  $\mathbf{E}$ 。

一般地, 当  $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}$  没有退化 (degenerated) 的奇异值时,  $\mathbf{V}_{eff}(:, 1:r) = \mathbf{E}_0^H \cdot \mathbf{D}_\Phi$ , 其中,  $\mathbf{D}_\Phi = \text{diag}(e^{j\varphi_1}, e^{j\varphi_2}, \dots, e^{j\varphi_r})$ ,  $\varphi_j$  可以是任意相位, 也即, SVD 分解的结果  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列是唯一的, 不同的解只是在每个右奇异值向量上引入了相位的旋转, 此外,  $(:, 1:r)$  表示  $\mathbf{V}_{eff}$  矩阵中的前  $r$  列。因为  $\mathbf{D}_\Phi$  不影响下行信道的增益和正交性, 因此, 可以将矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列作为校准因子, 也即,  $\mathbf{E} = (\mathbf{V}_{eff}(:, 1:r))^H$ , 表示  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列的共轭转置。

上述实施例中, 将矩阵  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列作为校准矩阵, 是考虑到  $\mathbf{V}_{eff}$  的后  $(M-r)$  列为  $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}$  的零空间的一个标准正交基, 其对校准不会产生影  
15 响。因为  $r \leq M$ , 则该实施例可以降低开销 (overhead), 尤其是当  $r$  远小于  $M$  时, 可以大大地降低开销。

在一个变化的实施例中, 也可以将整个  $\mathbf{V}_{eff}$  的共轭转置作为校准矩阵, 也即,  $\mathbf{E} = (\mathbf{V}_{eff})^H$ 。

然后, 基站 1 中的校准矩阵获取装置 103 获取由第二发送装置 203 反馈的校准矩阵  $\mathbf{E}$ 。然后, 预编码矩阵获取装置 101 根据反馈的校准矩阵  $\mathbf{E}$ , 对预编码矩阵进行校准。因此, 经校准的预编码矩阵, 也即传输矩阵为  $\mathbf{V}_{trans} = \mathbf{V}_{UL} \cdot \mathbf{E}^H$ 。用经校准后的预编码矩阵再对导频信号进行预编码处理, 然后第一发送装置 102 将经过校准后的预编码矩阵进行预编码处理后的导频信号发送出去。此外, 预编码矩阵获取装置 101  
20 可以选取少于传输天线 ( $K < M$ ) 个特征向量以构造经过校准后的预编码矩阵, 实际上  $K \leq r$ , 因为有效特征向量最多为  $r$  个 ( $r$  是秩), 也即特征模式选择方式 (eigenmode selection precoding), 并用该特征模式选择方式构造的预编码矩阵加权数据信号, 然后第一发送装置 102 将经过该经过由特征模式选择方式构造的预编码矩阵加权后的数据信  
25

号发送给移动站 2。

以上对本发明的实施例进行了描述，但是本发明并不局限于特定的系统、设备和具体协议，本领域内技术人员可以在所附权利要求的范围内做出各种变形或修改。

## 权 利 要 求 书

1. 一种在时分双工复用通信系统的基站中用于发送信号以校准上下行互逆误差的方法，其中，包括以下步骤：

- 5       A. 获取上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ )；
- B. 根据所述上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ )，按照公式： $\mathbf{H}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \mathbf{\Sigma}_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$  进行奇异值分解，以获取预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ )，其中，所述  $\mathbf{H}_{UL}^T$  为所述  $\mathbf{H}_{UL}$  的转置，所述  $\mathbf{\Sigma}_{UL}$  为对角矩阵，所述矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  均为酉矩阵，分别是  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵和右奇异向量矩阵；
- 10       C. 向所述基站所辖的移动站发送经所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ) 加权的导频信号；
- D. 获取所述移动站报告的校准矩阵；
- E. 根据所述校准矩阵，调整所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ )，并向所述移动站发送经所述调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信
- 15       号。
2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述步骤 A 之前还包括以下步骤：
  - 判断是否满足预定校准触发条件；
  - 所述步骤 A 还包括：
    - 20       - 当满足所述预定校准触发条件时，获取所述上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ )。
3. 根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述预定校准触发条件包括以下各项中的任一项：
  - 接收到来自所述移动站的校准触发指示信息；
  - 25       - 所述基站接收到所述校准矩阵后，已经经过了预定的时间间隔；
  - 接收到来自所述移动站的校准请求信息；
  - 温度变化超过第一预定范围；
  - 所述基站的发射功率变化超过第二预定范围。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法, 其中, 所述步骤 A 还包括:

A1. 获取来自所述移动站的上行参考信号;

A2. 根据所述探测信号, 估计所述上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ ).

5 5. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法, 其中, 所述基站采用宽带预编码方式, 所述上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ ) 还包括经过处理得到的等效的非频率选择性上行信道估计矩阵。

6. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法, 其中, 所述步骤 E 还包括:

10 E1. 用所述校准矩阵右乘所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ), 以获取所述调整后的预编码矩阵;

E2. 向所述移动站发送经所述调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信号。

15 7. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法, 其中, 所述步骤 E 还包括:

E1. 用所述校准矩阵右乘所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ), 并取所述矩阵乘法结果中的若干列以生成所述调整后的预编码矩阵;

E2. 向所述移动站发送经所述调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信号。

20 8. 一种在时分双工复用通信系统的移动站中用于辅助基站校准上、下行互逆误差的方法, 其中, 包括以下步骤:

a. 获取来自所述基站的经过预编码处理的导频信号;

b. 根据所述导频信号, 估计下行等效信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{eff}$ );

25 c. 对所述下行等效信道估计矩阵按照公式:  $[\mathbf{U}_{eff} \mathbf{D}_{eff} \mathbf{V}_{eff}] = \text{svd}(\mathbf{H}_{eff})$  进行奇异值分解以获取  $\mathbf{V}_{eff}$ , 其中,  $\text{svd}(\cdot)$  表示进行奇异值分解操作, 所述  $\mathbf{D}_{eff}$  为对角矩阵, 所述矩阵  $\mathbf{U}_{eff}$  和  $\mathbf{V}_{eff}$  均为酉矩阵;

d. 根据所述  $\mathbf{V}_{eff}$  获取校准矩阵, 并向所述基站发送所述校准矩阵。

9. 根据权利要求 8 所述的方法, 其中, 所述步骤 d 还包括:

d1. 以所述  $\mathbf{V}_{eff}$  的前  $r$  列的共轭转置生成所述校准矩阵;

d2. 向所述基站发送所述生成的校准矩阵。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的方法, 其中, 所述步骤 a 之前还包括:

5 - 根据所述下行等效信道估计矩阵的协方差矩阵, 生成校准触发指示信息。

11. 一种在时分双工复用通信系统的基站中用于发送信号以校准上下行互逆误差的处理装置, 其中, 包括:

上行信道估计矩阵获取装置, 用于获取上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ );

预编码矩阵获取装置, 用于根据所述上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ ),

10 按照公式:  $\mathbf{H}_{UL}^T = \mathbf{U}_{UL} \Sigma_{UL} \mathbf{V}_{UL}^H$  进行奇异值分解, 以获取预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ), 其中, 所述  $\mathbf{H}_{UL}^T$  为所述  $\mathbf{H}_{UL}$  的转置, 所述  $\Sigma_{UL}$  为对角矩阵, 所述矩阵  $\mathbf{U}_{UL}$  和  $\mathbf{V}_{UL}$  均为酉矩阵, 分别是  $\mathbf{H}_{UL}^T$  的左奇异向量矩阵和右奇异向量矩阵;

第一发送装置, 用于向所述基站所辖的移动站发送经所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ) 加权的导频信号;

15 校准矩阵获取装置, 用于获取所述移动站报告的校准矩阵;

所述第一发送装置还用于, 根据所述校准矩阵, 调整所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ), 并向所述移动站发送经所述调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信号。

12. 根据权利要求 11 所述的处理装置, 其中, 所述基站采用宽带预编码方式, 所述上行信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{UL}$ ) 还包括经过处理得到的等效的非频率选择性上行信道估计矩阵。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的处理装置, 其中, 所述预编码矩阵获取装置还用于,

25 用所述校准矩阵右乘所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ ), 以获取所述调整后的预编码矩阵;

所述第一发送装置还用于,

向所述移动站发送经所述调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信号。

14. 根据权利要求 11 或 12 所述的处理装置, 其中, 所述预编码

矩阵获取装置还用于，

用所述校准矩阵右乘所述预编码矩阵 ( $\mathbf{V}_{UL}$ )，并取所述矩阵乘法结果中的若干列以生成所述调整后的预编码矩阵；

所述第一发送装置还用于，

- 5 向所述移动站发送经所述调整后的预编码矩阵加权的导频信号和/或数据信号。

15. 一种在时分双工复用通信系统的移动站中用于辅助基站校准上、下行互逆误差的辅助装置，其中，包括：

- 10 导频信号获取装置，用于获取来自所述基站的经过预编码处理的导频信号；

下行等效信道估计矩阵获取装置，用于根据所述导频信号，估计下行等效信道估计矩阵 ( $\mathbf{H}_{eff}$ )；

- 15 分解装置，用于对所述下行等效信道估计矩阵按照公式：  
 $[\mathbf{U}_{eff} \mathbf{D}_{eff} \mathbf{V}_{eff}] = \text{svd}(\mathbf{H}_{eff})$  进行奇异值分解以获取  $\mathbf{V}_{eff}$ ，其中， $\text{svd}(\cdot)$  表示进行奇异值分解操作，所述  $\mathbf{D}_{eff}$  为对角矩阵，所述矩阵  $\mathbf{U}_{eff}$  和  $\mathbf{V}_{eff}$  均为酉矩阵；

第二发送装置，用于根据所述  $\mathbf{V}_{eff}$  获取校准矩阵，并向所述基站发送所述校准矩阵。

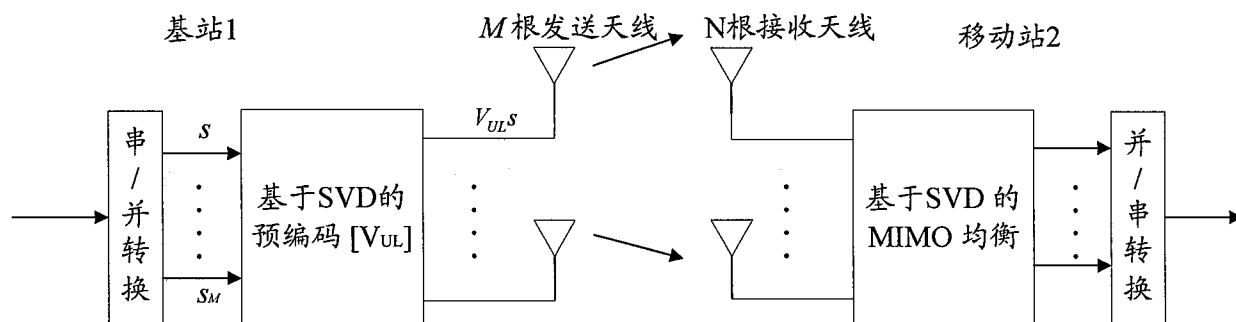


图 1

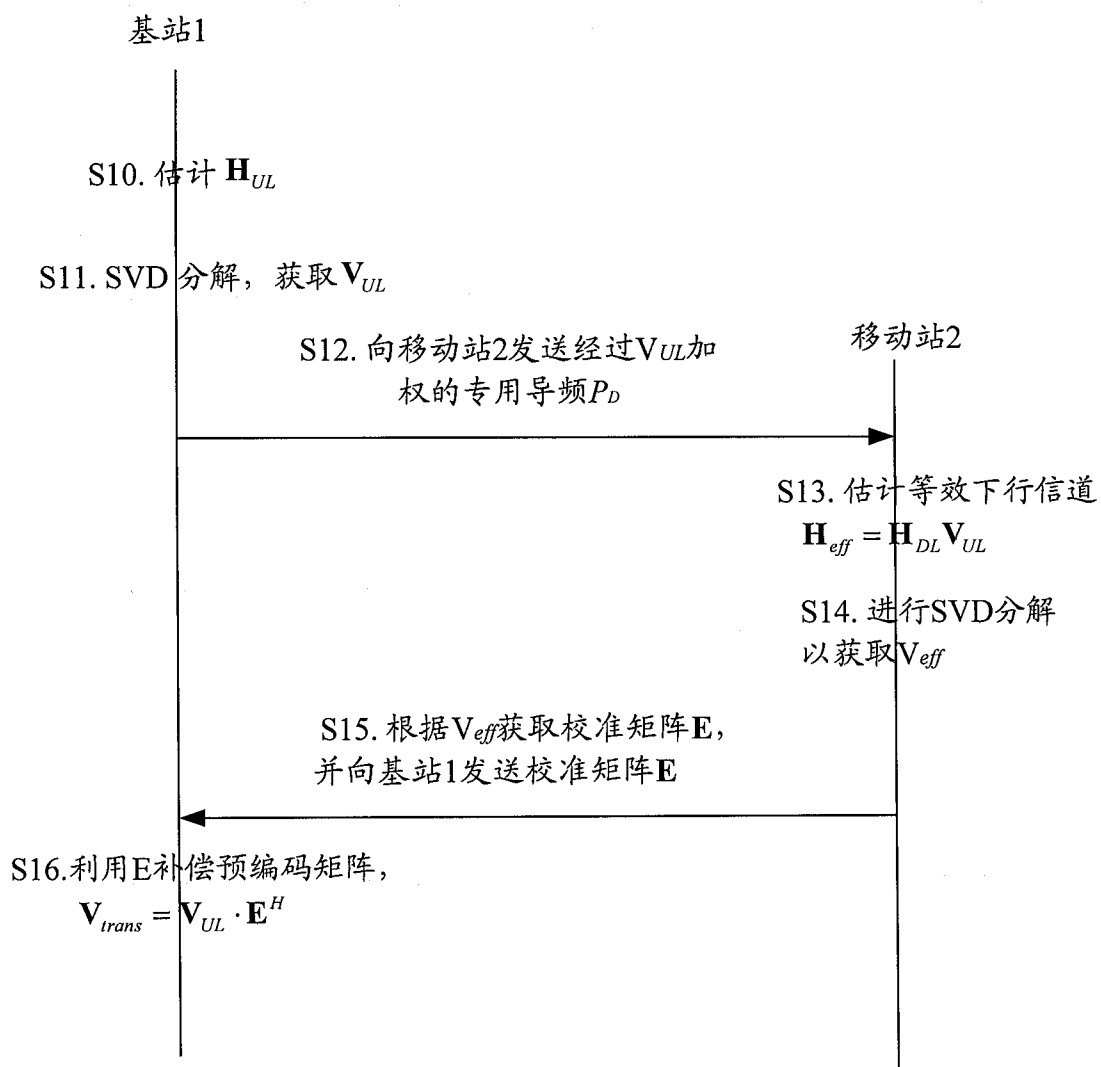


图 2

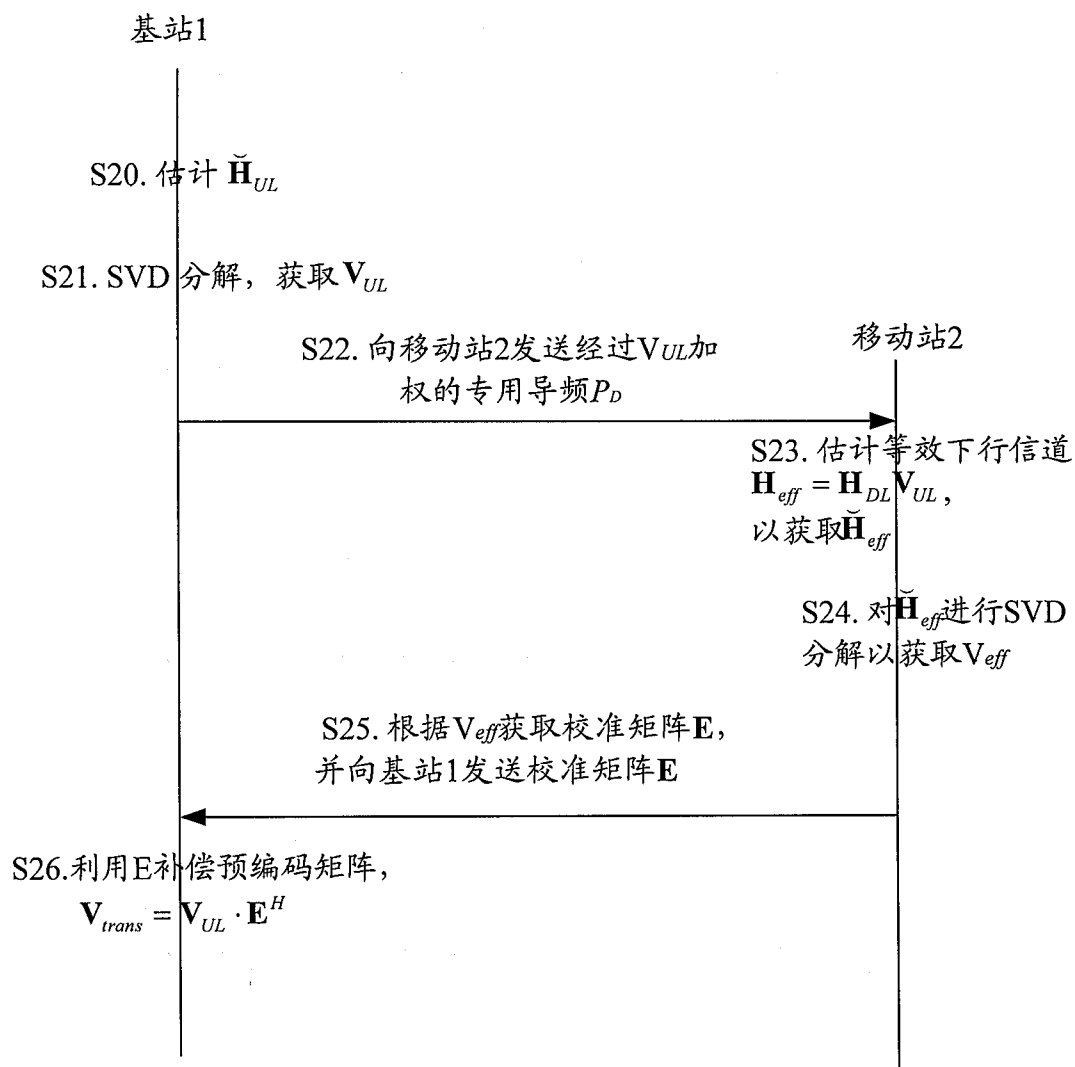


图 3

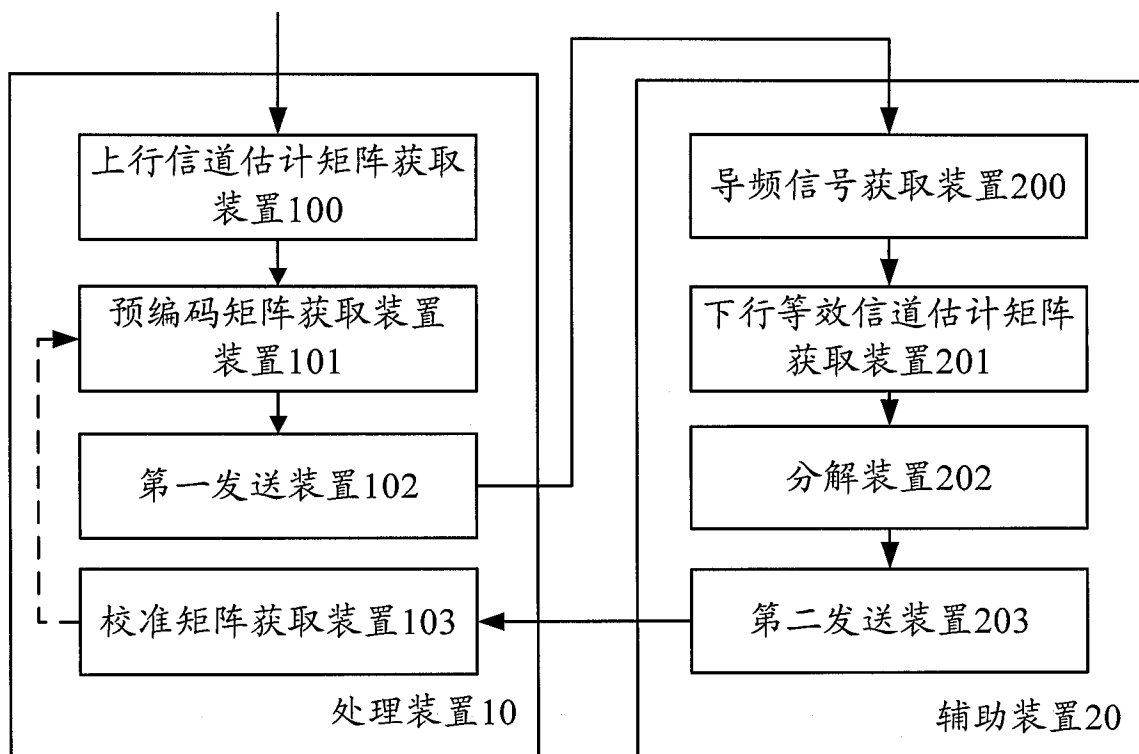


图 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2009/072400

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 25/03 (2006.01) i

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H04L; H04B; H04J; H04Q; H04W

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, WPI, EPODOC: TDD, SVD, reciprocity, uplink, downlink, match, adjust, compensate, error, singular value decomposition, time division duplex, unitary, matrix, weight, pilot

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | WO2005/081419A1 (NOKIA CORPORATION) 01 Sep. 2005 (01.09.2005) Paragraphs [0007], [0032]-[0034], [0042]-[0044], [0053]-[0059] of Description | 1-7, 11-14            |
| Y         | CN1910879A (TELEFONAKTIEBOLAGET LM. ERICSSON) 07 Feb. 2007 (07.02.2007) Pages 4-5, 8 of Description                                         | 1-7, 11-14            |
| A         | CN101453258A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 10 June 2009 (10.06.2009) the whole document                                            | 1-15                  |
| A         | US6684061B1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM. ERICSSON) 27 Jan. 2004 (27.01.2004) the whole document                                                 | 1-15                  |
| A         | CN101374034A (ZTE CORP.) 25 Feb. 2009 (25.02.2009) 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<br>20 Feb. 2010 (20.02.2010)                                                                                                                       | Date of mailing of the international search report<br><b>01 Apr. 2010 (01.04.2010)</b> |
| Name and mailing address of the ISA/CN<br>The State Intellectual Property Office, the P.R.China<br>6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China<br>100088<br>Facsimile No. 86-10-62019451 | Authorized officer<br><b>YAN, Yan</b><br>Telephone No. (86-10)62413356                 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2009/072400

| Patent Documents referred<br>in the Report | Publication Date | Patent Family     | Publication Date |
|--------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| WO2005/081419A1                            | 01.09.2005       | EP1719255A1       | 08.11.2006       |
|                                            |                  | US2005185733A1    | 25.08.2005       |
|                                            |                  | INDELNP200604803E | 13.07.2007       |
| CN1910879A                                 | 07.02.2007       | AT359648T         | 15.05.2007       |
|                                            |                  | DE602004005896T2  | 13.12.2007       |
|                                            |                  | EP1551143A1       | 06.07.2005       |
|                                            |                  | EP1700438A1       | 13.09.2006       |
|                                            |                  | ES2285553T3       | 16.11.2007       |
|                                            |                  | JP2007517440T     | 28.06.2007       |
|                                            |                  | US2008125109A1    | 29.05.2008       |
|                                            |                  | WO2005064871A1    | 14.07.2005       |
|                                            |                  | INDELNP200604140E | 13.07.2007       |
|                                            |                  | TW200536295A      | 01.11.2005       |
| CN101453258A                               | 10.06.2009       | None              |                  |
| US6684061B1                                | 27.01.2004       | AU8058601A        | 05.02.2002       |
|                                            |                  | WO0209312A2       | 31.01.2002       |
| CN101374034A                               | 25.02.2009       | None              |                  |

# 国际检索报告

国际申请号

**PCT/CN2009/072400**

## A. 主题的分类

H04L 25/03 (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)

IPC: H04L; H04B; H04J; H04Q; H04W

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)) CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 互逆, 互易, 互惠, 误差, 上行, 下行, 匹配, 校准, 校正, 调整, 补偿, 奇异值分解, 时分双工, 酉, 矩阵, 权, 导频, TDD, SVD, reciprocity, uplink, downlink, match, adjust, compensate, error, singular value decomposition, time division duplex, unitary, matrix, weight, pilot

## 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    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Y    | WO2005/081419A1 (NOKIA CORPORATION) 01.9 月 2005 (01.09.2005) 说明书第[0007], [0032]-[0034], [0042]-[0044], [0053]-[0059]段 | 1-7, 11-14 |
| Y    | CN1910879A (艾利森电话股份有限公司) 07.2 月 2007 (07.02.2007) 说明书第 4-5、8 页                                                        | 1-7, 11-14 |
| A    | CN101453258A (三星电子株式会社 等) 10.6 月 2009 (10.06.2009) 全文                                                                 | 1-15       |
| A    | US6684061B1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM. ERICSSON) 27.1 月 2004 (27.01.2004) 全文                                            | 1-15       |
| A    | CN101374034A (中兴通讯股份有限公司) 25.2 月 2009 (25.02.2009) 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

20.2 月 2010 (20.02.2010)

国际检索报告邮寄日期

**01.4 月 2010 (01.04.2010)**

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

授权官员

**阎岩**

电话号码: (86-10) **62413356**

# 国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号

**PCT/CN2009/072400**

| 检索报告中引用的<br>专利文件 | 公布日期       | 同族专利              | 公布日期       |
|------------------|------------|-------------------|------------|
| WO2005/081419A1  | 01.09.2005 | EP1719255A1       | 08.11.2006 |
|                  |            | US2005185733A1    | 25.08.2005 |
|                  |            | INDELNP200604803E | 13.07.2007 |
| CN1910879A       | 07.02.2007 | AT359648T         | 15.05.2007 |
|                  |            | DE602004005896T2  | 13.12.2007 |
|                  |            | EP1551143A1       | 06.07.2005 |
|                  |            | EP1700438A1       | 13.09.2006 |
|                  |            | ES2285553T3       | 16.11.2007 |
|                  |            | JP2007517440T     | 28.06.2007 |
|                  |            | US2008125109A1    | 29.05.2008 |
|                  |            | WO2005064871A1    | 14.07.2005 |
|                  |            | INDELNP200604140E | 13.07.2007 |
|                  |            | TW200536295A      | 01.11.2005 |
| CN101453258A     | 10.06.2009 | 无                 |            |
| US6684061B1      | 27.01.2004 | AU8058601A        | 05.02.2002 |
|                  |            | WO0209312A2       | 31.01.2002 |
| CN101374034A     | 25.02.2009 | 无                 |            |