

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 7 月 7 日 (07.07.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/107279 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 7/06 (2006.01)
- (21) 国际申请号:
PCT/CN2015/093796
- (22) 国际申请日:
2015 年 11 月 4 日 (04.11.2015)
- (25) 申请语言:
中文
- (26) 公布语言:
中文
- (30) 优先权:
201410855885.3 2014 年 12 月 31 日 (31.12.2014) CN
- (71) 申请人: 电信科学技术研究院 (CHINA ACADEMY OF TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。
- (72) 发明人: 刘龙 (LIU, Long); 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。 李琼 (LI, Qiong); 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。

- (74) 代理人: 北京同达信恒知识产权代理有限公司 (TDIP & PARTNERS); 中国北京市海淀区知春路 7 号致真大厦 A1304-05 室, Beijing 100191 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: DUAL-CURRENT BEAM-FORMING METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 一种双流波束赋形方法及装置

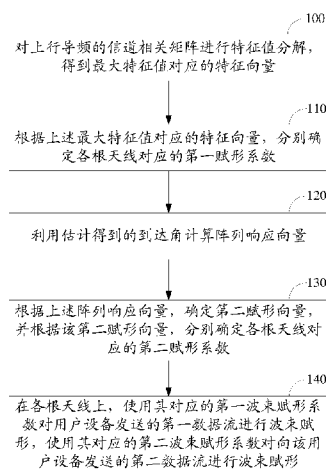


图 1 / Fig.1

100 Performing eigenvalue decomposition on a channel correlation matrix of an uplink pilot to obtain a characteristic vector corresponding to a maximum eigenvalue
110 Respectively determining a first forming coefficient corresponding to each antenna according to the characteristic vector corresponding to the maximum eigenvalue
120 Calculating an array response vector by utilizing an angle of arrival obtained by estimation
130 Determining a second forming vector according to the array response vector, and respectively determining a second forming coefficient corresponding to each antenna according to the second forming vector
140 On each antenna, performing beam-forming on a first data stream sent to a user equipment by using the corresponding first beam-forming coefficient, and performing beam-forming on a second data stream sent to the user equipment by using the corresponding second beam-forming coefficient

(57) Abstract: Disclosed are a dual-current beam-forming method and device. The method comprises: performing eigenvalue decomposition on a channel correlation matrix of an uplink pilot to obtain a characteristic vector corresponding to a maximum eigenvalue, and respectively determining a first forming coefficient corresponding to each antenna according to same; calculating an array response vector by utilizing an angle of arrival obtained by estimation; determining a second forming vector according to the array response vector, and respectively determining a second forming coefficient corresponding to each antenna according to the second forming vector; and on each antenna, performing beam-forming on a first data stream sent to a user equipment by using the corresponding first beam-forming coefficient, and performing beam-forming on a second data stream sent to the user equipment by using the corresponding second beam-forming coefficient. The angle of arrival is estimated, the array response vector is calculated according to the angle of arrival, a forming vector is further obtained, and the operation amount and operation complexity of the forming vector are much lower than those of a characteristic vector corresponding to a second maximum eigenvalue obtained by performing eigenvalue decomposition on the channel correlation matrix.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/107279 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
TG)。

本申请公开了一种双流波束赋形方法及装置。其方法包括：对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解，得到最大特征值对应的特征向量，并据其分别确定各根天线对应的第一赋形系数；利用估计得到的到达角计算阵列响应向量；根据阵列响应向量，确定第二赋形向量，并根据第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数；在各根天线上，使用其对应的第一波束赋形系数对用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其对应的第二波束赋形系数对用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。估计到达角，根据到达角计算阵列响应向量，进而得到赋形向量，其运算量及运算复杂度远远低于对信道相关矩阵进行特征值分解得到次大特征值对应的特征向量。

一种双流波束赋形方法及装置

本申请要求在 2014 年 12 月 31 日提交中国专利局、申请号为 201410855885.3、申请名称为“一种双流波束赋形方法及装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及无线通信技术领域，尤其涉及一种双流波束赋形方法及装置。

背景技术

波束赋形使得波束具有明确指向性，可以增加覆盖距离，改善信号质量，提高穿透建筑物的能力，而且能够增加小区边缘用户的吞吐量，从而得到了广泛的应用。

现有的双流波束赋形方案，利用上行导频作上行信道估计得到信道矩阵，根据得到的信道矩阵计算信道相关矩阵，对信道相关矩阵进行特征值分解，分解得到最大和次大特征值对应的两组特征向量，在基站的发射天线上用这两组特征向量的共轭作为赋形向量，实现双流波束赋形。

现有的双流波束赋形方案，需要特征值分解计算两组特征向量得到赋形向量，其运算复杂度较高。另外，由于用户设备固定用一根天线发送上行导频，因此信道相关矩阵的次大特征值对应的特征向量不能与实际的信道条件，导致采用得到的赋形向量进行波束赋形的性能较差。

发明内容

本申请的目的是提供一种双流波束赋形方法及装置，以解决现有的双流波束赋形运算复杂度高、性能较差的问题。

本申请的目的是通过以下技术方案实现的：

一种双流波束赋形方法，包括：

对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解，得到最大特征值对应的特征向量；

根据所述最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数；

利用估计得到的到达角计算阵列响应向量，所述到达角是根据所述上行导频估计得到的；

根据所述阵列响应向量，确定第二赋形向量，并根据所述第二赋形向量，分别确定各

根天线对应的第二赋形系数;

在各根天线上,使用其对应的第一波束赋形系数对向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形,使用其对应的第二波束赋形系数对向所述用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

可选的,根据所述阵列响应向量,确定第二赋形向量,包括:

将所述阵列响应向量与所述最大特征值对应的特征向量进行正交化处理,得到第二赋形向量。

可选的,根据所述最大特征值对应的特征向量,分别确定各根天线对应的第一赋形系数,包括:

根据所述最大特征值对应的特征向量和计算得到的各根天线上的功率因子,分别确定各根天线对应的第一赋形系数,所述功率因子使得每根天线上的发射功率不超过系统限制功率;

根据所述第二赋形向量,分别确定各根天线对应的第二赋形系数,包括:

根据所述第二赋形向量和所述功率因子,分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

可选的,该方法还包括:

分别计算每根天线上向所述用户设备发送第一数据流和第二数据流的发射总功率;

分别根据每根天线上的所述发射总功率确定其上的功率因子。

可选的,根据所述第二赋形向量,分别确定各根天线对应的第二赋形系数,包括:

对所述第二赋形向量进行范数归一化处理;

根据范数归一化处理后的第二赋形向量,分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

基于上述任意方法实施例,可选的,对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解,得到最大特征值对应的特征向量,包括:对上行导频在各个子带上的信道相关矩阵分别进行特征值分解,得到各个子带上的最大特征值对应的特征向量;

根据所述最大特征值对应的特征向量,分别确定各根天线对应的第一赋形系数,包括:根据所述各个子带上的最大特征值对应的特征向量,分别确定各根天线在每个子带上对应的第一赋形系数;

利用估计得到的到达角计算阵列响应向量,包括:利用估计得到的每个子带上的到达角分别计算每个子带上的阵列响应向量;

根据所述阵列响应向量,确定第二赋形向量,并根据所述第二赋形向量,分别确定各根天线对应的第二赋形系数,包括:根据各个子带上的阵列响应向量,分别确定各个子带上的第二赋形向量,并根据各个子带上的第二赋形向量,分别确定各根天线在各个子带上

对应的第二赋形系数;

在各根天线上, 使用其对应的第一波束赋形系数对向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形, 使用其对应的第二波束赋形系数对向所述用户设备发送的第二数据流进行波束赋形, 包括: 在各根天线上, 使用其在各个子带上对应的第一波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形, 使用其在各个子带上对应的第二波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

基于与方法同样的发明构思, 本申请实施例还提供一种双流波束赋形装置, 包括:

第一赋形向量生成模块, 用于对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解, 得到最大特征值对应的特征向量; 根据所述最大特征值对应的特征向量, 分别确定各根天线对应的第一赋形系数;

第二赋形向量生成模块, 用于利用估计得到的到达角计算阵列响应向量, 所述到达角是根据所述上行导频估计得到的; 根据所述阵列响应向量, 确定第二赋形向量, 并根据所述第二赋形向量, 分别确定各根天线对应的第二赋形系数;

波束赋形模块, 用于在各根天线上, 使用其对应的第一波束赋形系数对向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形, 使用其对应的第二波束赋形系数对向所述用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

可选的, 根据所述阵列响应向量, 确定第二赋形向量时, 所述第二赋形向量生成模块用于:

将所述阵列响应向量与所述最大特征值对应的特征向量进行正交化处理, 得到第二赋形向量。

可选的, 根据所述最大特征值对应的特征向量, 分别确定各根天线对应的第一赋形系数时, 所述第一赋形向量生成模块用于: 根据所述最大特征值对应的特征向量和计算得到的各根天线上的功率因子, 分别确定各根天线对应的第一赋形系数, 所述功率因子使得每根天线上的发射功率不超过系统限制功率;

根据所述第二赋形向量, 分别确定各根天线对应的第二赋形系数时, 所述第二赋形向量生成模块用于: 根据所述第二赋形向量和所述功率因子, 分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

可选的, 还包括功率因子确定模块, 用于:

分别计算每根天线上向所述用户设备发送第一数据流和第二数据流的发射总功率;

分别根据每根天线上的所述发射总功率确定其上的功率因子。

可选的, 根据所述第二赋形向量, 分别确定各根天线对应的第二赋形系数时, 所述第

二赋形向量生成模块用于:

对所述第二赋形向量进行范数归一化处理;

根据范数归一化处理后的第二赋形向量, 分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

基于上述任意装置实施例, 可选的, 所述第一赋形向量生成模块用于: 对上行导频在各个子带上的信道相关矩阵分别进行特征值分解, 得到各个子带上的最大特征值对应的特征向量; 根据所述各个子带上的最大特征值对应的特征向量, 分别确定各根天线在每个子带上对应的第一赋形系数;

所述第二赋形向量生成模块用于: 利用估计得到的每个子带上的到达角分别计算每个子带上的阵列响应向量; 根据各个子带上的阵列响应向量, 分别确定各个子带上的第二赋形向量, 并根据各个子带上的第二赋形向量, 分别确定各根天线在各个子带上对应的第二赋形系数;

所述波束赋形模块用于: 在各根天线上, 使用其在各个子带上对应的第一波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形, 使用其在各个子带上对应的第二波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

基于与方法同样的发明构思, 本申请实施例还提供一种基站, 包括:

处理器, 用于读取存储器中的程序, 执行下列过程:

对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解, 得到最大特征值对应的特征向量; 根据所述最大特征值对应的特征向量, 分别确定各根天线对应的第一赋形系数;

利用估计得到的到达角计算阵列响应向量, 所述到达角是根据所述上行导频估计得到的; 根据所述阵列响应向量, 确定第二赋形向量, 并根据所述第二赋形向量, 分别确定各根天线对应的第二赋形系数;

在各根天线上, 使用其对应的第一波束赋形系数对通过收发机向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形, 使用其对应的第二波束赋形系数对通过收发机向所述用户设备发送的第二数据流进行波束赋形;

收发机, 用于在控制器的控制下接收和发送数据;

存储器, 用于保存处理器在执行操作时使用的数据。

可选的, 根据所述阵列响应向量, 确定第二赋形向量时, 处理器读取存储器中的程序, 执行下列过程:

将所述阵列响应向量与所述最大特征值对应的特征向量进行正交化处理, 得到第二赋形向量。

可选的, 根据所述最大特征值对应的特征向量, 分别确定各根天线对应的第一赋形系

数时，处理器读取存储器中的程序，执行下列过程：根据所述最大特征值对应的特征向量和计算得到的各根天线上的功率因子，分别确定各根天线对应的第一赋形系数，所述功率因子使得每根天线上的发射功率不超过系统限制功率；

根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数时，处理器读取存储器中的程序，执行下列过程：根据所述第二赋形向量和所述功率因子，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

可选的，处理器还读取存储器中的程序，执行下列过程：

分别计算每根天线上向所述用户设备发送第一数据流和第二数据流的发射总功率；

分别根据每根天线上的所述发射总功率确定其上的功率因子。

可选的，根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数时，处理器读取存储器中的程序，执行下列过程：

对所述第二赋形向量进行范数归一化处理；

根据范数归一化处理后的第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

基于上述任意装置实施例，可选的，处理器读取存储器中的程序，执行下列过程：

对上行导频在各个子带上的信道相关矩阵分别进行特征值分解，得到各个子带上的最大特征值对应的特征向量；根据所述各个子带上的最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线在每个子带上对应的第一赋形系数；

利用估计得到的每个子带上的到达角分别计算每个子带上的阵列响应向量；根据各个子带上的阵列响应向量，分别确定各个子带上的第二赋形向量，并根据各个子带上的第二赋形向量，分别确定各根天线在各个子带上对应的第二赋形系数；

在各根天线上，使用其在各个子带上对应的第一波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其在各个子带上对应的第二波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

附图说明

图1为本申请一个实施例提供的双流波束赋形方法流程图；

图2为本申请另一个实施例提供的双流波束赋形方法流程图；

图3为本申请实施例提供的双流波束赋形装置示意图；

图4为本申请实施例提供的基站结构示意图。

具体实施方式

下面将结合附图，对本申请实施例提供的技术方案进行详细说明。

本申请实施例提供的双流波束赋形方法如图 1 所示，具体包括如下操作：

步骤 100、对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解，得到最大特征值对应的特征向量。

其中，得到的最大特征值对应的特征向量是范数归一的。

具体的，先利用上行导频估计出信道矩阵 H ，计算信道相关矩阵 $R = H^H H$ ；对信道相关矩阵 R 进行特征值分解，得到最大特征值对应的特征向量。

步骤 110、根据上述最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数。

步骤 120、利用估计得到的 DOA（到达角）计算阵列响应向量。

假设估计得到的 DOA 为 θ ，阵列响应向量 $V_{imp,2}$ 可以但不仅限于通过如下公式计算得到：

$$V_{imp,2} = e^{\frac{j2\pi[0:N_t-1]d\sin\theta}{\lambda}}$$

其中， N_t 为基站的发射天线数， d 为天线间距， λ 为信号的波长。

步骤 130、根据上述阵列响应向量，确定第二赋形向量，并根据该第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

步骤 140、在各根天线上，使用其对应的第一波束赋形系数对向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其对应的第二波束赋形系数对向该用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

本申请实施例中，“第一”和“第二”仅用于区分向用户设备发送的两个数据流。

本申请实施例提供的技术方案，一个数据流的赋形向量仍然根据上行导频的信道相关矩阵的最大特征值对应的特征向量得到，另一个数据流的赋形向量根据到达角计算得到的阵列响应向量得到。一方面，估计到达角，根据到达角计算阵列响应向量，进而得到赋形向量，其运算量及运算复杂度远远低于对信道相关矩阵进行特征值分解得到次大特征值对应的特征向量。另一方面，估计得到的到达角能够模糊匹配实际的信道条件，因此，根据到达角计算得到的赋形向量进行波束赋形的性能得到提升。

上述处理过程中，为避免第一数据流和第二数据流之间的相互干扰，可选的，将上述阵列响应向量 $V_{imp,2}$ 与上述最大特征值对应的特征向量 V_1 进行正交化处理，得到第二赋形向量 V_2 。其可以但不仅限于通过如下公式实现：

$$V_2 = V_{imp,2} - \frac{V_{imp,2} V_1^H}{\|V_1\|^2} V_1$$

上述处理过程中, 为使得采用第一赋形向量进行波束赋形的第一数据流的发射功率不超标, 可选的, 确定各根天线对应的第一赋形系数时, 是根据上述最大特征值对应的特征向量和计算得到的各根天线上的功率因子, 分别确定各根天线对应的第一赋形系数, 功率因子使得每根天线上的发射功率不超过系统限制功率。

假设基站的发射天线数为 N_t , 第 n 根天线对应的第一赋形系数 $W_{1,n}$ 可以表示为 $W_{1,n} = V_{1,n} \rho_n$ 。其中, $n=1,2,\dots,N_t$, $V_{1,n}$ 为上述最大特征值对应的特征向量中第 n 根天线对应的分量, ρ_n 为第 n 根天线上的功率因子。

上述处理过程中, 为使得采用第二赋形向量进行波束赋形的第二数据流的发射功率不超标, 可选的, 确定各根天线对应的第二赋形系数时, 根据上述第二赋形向量和上述功率因子, 分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

假设基站的发射天线数为 N_t , 第 n 根天线对应的第二赋形系数 $W_{2,n}$ 可以表示为 $W_{2,n} = V_{2,n} \rho_n$ 。其中, $n=1,2,\dots,N_t$, $V_{2,n}$ 为第二赋形向量中第 n 根天线对应的分量, ρ_n 为第 n 根天线上的功率因子。

其中, 每根天线上的功率因子仅用于确定本天线对应的第一赋形系数和第二赋形系数。

上述处理过程中, 在确定各根天线对应的第一赋形系数和第二赋形系数之前, 还可以包括计算功率因子的步骤: 分别计算每根天线上向上述用户设备发送第一数据流和第二数据流的发射总功率; 分别根据每根天线上的发射总功率确定其上的功率因子。

其中, 第 n 根天线上向用户设备发送第一数据流和第二数据流的发射总功率 P_n 可以但不限于通过如下公式计算得到:

$$P_n = \sum |V_i|^2$$

其中, $i=1,2$ 。

第 n 根天线上的功率因子可以但不限于通过如下公式计算得到:

$$\rho_n = \sqrt{\frac{1}{N_t \cdot P_n}}$$

应当指出的是, 本申请仅以优选实施例说明功率因子的计算方式, 但不排除使用其他计算方式得到功率因子, 例如计算所有天线上的赋形向量最大发射功率, 进而计算功率因子, 保证最大发射功率不超过系统限制功率。

为了保证两个数据流的功率相同, 可选的, 对上述第二赋形向量进行范数归一化处理;

根据范数归一化处理后的第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形向量。如果考虑发射功率的限制，具体是根据范数归一化处理后的第二赋形向量和各根天线上的功率因子，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

其中，可以但不仅限于通过如下公式对第二赋形向量进行范数归一化处理：

$$V_2 = \frac{V_2}{\|V_2\|}$$

上述处理过程，可以在天线工作的全带宽上实现。为了进一步降低运算复杂度，也可以按照一定的赋形颗粒度分子带实现上述处理过程。相应的，上述处理流程可以描述为：

对上行导频在各个子带上的信道相关矩阵分别进行特征值分解，得到各个子带上的最大特征值对应的特征向量；

根据上述各个子带上的最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线在每个子带上对应的第一赋形系数；

利用估计得到的每个子带上的到达角分别计算每个子带上的阵列响应向量；

根据各个子带上的阵列响应向量，分别确定各个子带上的第二赋形向量，并根据各个子带上的第二赋形向量，分别确定各根天线在各个子带上对应的第二赋形系数；

在各根天线上，使用其在各个子带上对应的第一波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其在各个子带上对应的第二波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

其中，子带是根据确定的赋形颗粒度划分的。

应当指出的是，上述本申请各个可选的实施例之间可以相互配合实施，从而组成新的实施例。

下面以 LTE（长期演进）系统基站 4+4 双极化天线，天线数为 8 的场景为例，对本申请实施例提供的双流波束赋形方法进行详细说明。其处理流程如图 2 所示，具体包括如下操作：

步骤 200、用上行 SRS（Sounding Reference Signal，探测参考信号）做上行信道估计，得到每个子载波信道估计矩阵 $H_i (i=1, 2, \dots, 6 * N_{PRB})$ 。

其中， H_i 的维度为 $1*8$ ， N_{PRB} 为上行导频所占的 PRB（物理资源块）数，根据协议规定 SRS 是梳状放置的，一个 PRB 内 SRS 占的子载波个数为 6。

应当指出的是，本实施例仅以上行 SRS 为例进行说明，其他上行导频也可用于本申请。

步骤 210、对 H_i 进行抽取，取每个 PRB 的第三个子载波信道估计值得到

$H_j (j=1,2,\dots,N_{PRB})$, 其维度为 $1*8$ 。

步骤 220、利用 H_j 得到每个 PRB 信道相关矩阵 $R_j = H_j^H H_j$, 维度为 $8*8$, 以 n_{PRB} (需

为整数)为颗粒度对 R_j 进行平均得到 $\bar{R}_m = \frac{\sum_{j=(m-1)*n_{PRB}+1}^{m*n_{PRB}+1} R_j}{n_{PRB}}$, $m=1,2,\dots,N_{PRB}/n_{PRB}$ 。

步骤 230、对 $\bar{R}_m$ 进行特征值分解得到最大特征值对应的特征向量 $V_{l,m}$, 维度为 $1*8$ 。

步骤 240、利用 DOA 估计算法估计出 DOA (设为 θ), 并计算阵列响应向量

$$V_{mp,2,m} = e^{\frac{j2\pi[0:N_t-1]d\sin\theta}{\lambda}}。$$

其中, N_t 为基站的发射天线数 (等于 8), d 为天线间距 (例如为 0.65 倍波长), λ 为波长。

步骤 250、将 $V_{l,m}$ 和 $V_{mp,2,m}$ 进行正交化处理得到:

$$V_{2,m} = V_{mp,2,m} - \frac{V_{mp,2,m} V_{l,m}^H}{\|V_{l,m}\|^2} V_{l,m}$$

步骤 260、将 $V_{2,m}$ 进行范数归一化处理得到:

$$V_{2,m} = \frac{V_{2,m}}{\|V_{2,m}\|}。$$

步骤 270、 $V_{l,m}$ 和 $V_{2,m}$ 联合做取相位的处理, 完成功率保护处理。

即: 计算单根天线上向用户设备发送两个数据流的发射总功率, 根据该发射总功率计算功率因子, 进而得到每根天线上的 W_1 和 W_2 。其具体实现方式可以参照上述实施例的描述, 此处不再赘述。

基于与方法同样的发明构思, 本申请实施例还提供一种双流波束赋形装置, 如图 3 所示, 具体包括:

第一赋形向量生成模块 301, 用于对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解, 得到最大特征值对应的特征向量; 根据最大特征值对应的特征向量, 分别确定各根天线对应的第一赋形系数;

第二赋形向量生成模块 302, 用于利用估计得到的到达角计算阵列响应向量, 到达角是根据上行导频估计得到的; 根据阵列响应向量, 确定第二赋形向量, 并根据第二赋形向量, 分别确定各根天线对应的第二赋形系数;

波束赋形模块 303, 用于在各根天线上, 使用其对应的第一波束赋形系数对向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形, 使用其对应的第二波束赋形系数对向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

可选的, 根据阵列响应向量, 确定第二赋形向量时, 第二赋形向量生成模块用于:

将阵列响应向量与最大特征值对应的特征向量进行正交化处理，得到第二赋形系数。

基于上述任意装置实施例，可选的，根据最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数时，第一赋形向量生成模块用于：根据最大特征值对应的特征向量和计算得到的各根天线上的功率因子，分别确定各根天线对应的第一赋形系数，功率因子使得每根天线上的发射功率不超过系统限制功率。

基于上述任意装置实施例，可选的，根据第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数时，第二赋形向量生成模块用于：根据第二赋形向量和功率因子，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

可选的，还包括功率因子确定模块，用于：

分别计算每根天线上向用户设备发送第一数据流和第二数据流的发射总功率；

分别根据每根天线上的发射总功率确定其上的功率因子。

基于上述任意装置实施例，可选的，根据第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数时，第二赋形向量生成模块用于：

对第二赋形向量进行范数归一化处理；

根据范数归一化处理后的第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

基于上述任意装置实施例，可选的，第一赋形向量生成模块用于：对上行导频在各个子带上的信道相关矩阵分别进行特征值分解，得到各个子带上的最大特征值对应的特征向量；根据各个子带上的最大特征值对应的特征向量和计算得到的各根天线上的功率因子，分别确定各根天线在每个子带上对应的第一赋形系数；

第二赋形向量生成模块用于：利用估计得到的每个子带上的到达角分别计算每个子带上的阵列响应向量；根据各个子带上的阵列响应向量，分别确定各个子带上的第二赋形向量，并根据各个子带上的第二赋形向量和各根天线上的功率因子，分别确定各根天线在各个子带上对应的第二赋形系数；

波束赋形模块用于：在各根天线上，使用其在各个子带上对应的第一波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其在各个子带上对应的第二波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

基于与方法同样的发明构思，本申请实施例还提供一种基站，如图4所示，具体包括：处理器400，用于读取存储器420中的程序，执行下列过程：

对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解，得到最大特征值对应的特征向量；根据最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数；利用估计得到的到达角计算阵列响应向量，到达角是根据上行导频估计得到的；根据阵列响应向量，确定第

二赋形向量，并根据第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数；通过收发机 410 在各根天线上，使用其对应的第一波束赋形向量对向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其对应的第二波束赋形向量对向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形收发机 410，用于在处理器 400 的控制下接收和发送数据。

其中，在图 4 中，总线架构可以包括任意数量的互联的总线和桥，具体由处理器 400 代表的一个或多个处理器和存储器 420 代表的存储器的各种电路链接在一起。总线架构还可以将诸如外围设备、稳压器和功率管理电路等之类的各种其他电路链接在一起，这些都是本领域所公知的，因此，本文不再对其进行进一步描述。总线接口提供接口。收发机 410 可以是多个元件，即包括发送机和接收机，提供用于在传输介质上与各种其他装置通信的单元。处理器 400 负责管理总线架构和通常的处理，存储器 420 可以存储处理器 400 在执行操作时所使用的数据。

显然，本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样，倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内，则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

权利要求

1、一种双流波束赋形方法，其特征在于，包括：

对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解，得到最大特征值对应的特征向量；

根据所述最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数；

利用估计得到的到达角计算阵列响应向量，其中所述到达角是根据所述上行导频估计得到的；

根据所述阵列响应向量，确定第二赋形向量，并根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数；

在各根天线上，使用其对应的第一波束赋形系数对向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其对应的第二波束赋形系数对向所述用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述阵列响应向量，确定第二赋形向量，包括：

将所述阵列响应向量与所述最大特征值对应的特征向量进行正交化处理，得到第二赋形向量。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数，包括：

根据所述最大特征值对应的特征向量和计算得到的各根天线上的功率因子，分别确定各根天线对应的第一赋形系数，所述功率因子使得每根天线上的发射功率不超过系统限制功率；

所述根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数，包括：

根据所述第二赋形向量和所述功率因子，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，该方法还包括：

分别计算每根天线上向所述用户设备发送第一数据流和第二数据流的发射总功率；

分别根据每根天线上的所述发射总功率确定其上的功率因子。

5、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数，包括：

对所述第二赋形向量进行范数归一化处理；

根据范数归一化处理后的第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

6、根据权利要求 1~5 任一项所述的方法，其特征在于，所述对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解，得到最大特征值对应的特征向量，包括：

对上行导频在各个子带上的信道相关矩阵分别进行特征值分解，得到各个子带上的最大特征值对应的特征向量；

根据所述最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数，包括：根据所述各个子带上的最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线在每个子带上对应的第一赋形系数；

所述利用估计得到的到达角计算阵列响应向量，包括：

利用估计得到的每个子带上的到达角分别计算每个子带上的阵列响应向量；

所述根据所述阵列响应向量，确定第二赋形向量，并根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数，包括：

根据各个子带上的阵列响应向量，分别确定各个子带上的第二赋形向量，并根据各个子带上的第二赋形向量，分别确定各根天线在各个子带上对应的第二赋形系数；

所述在各根天线上，使用其对应的第一波束赋形系数对用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其对应的第二波束赋形系数对用户设备发送的第二数据流进行波束赋形，包括：

在各根天线上，使用其在各个子带上对应的第一波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其在各个子带上对应的第二波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

7、一种双流波束赋形装置，其特征在于，包括：

第一赋形向量生成模块，用于对上行导频的信道相关矩阵进行特征值分解，得到最大特征值对应的特征向量；根据所述最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数；

第二赋形向量生成模块，用于利用估计得到的到达角计算阵列响应向量，其中所述到达角是根据所述上行导频估计得到的；根据所述阵列响应向量，确定第二赋形向量，并根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数；

波束赋形模块，用于在各根天线上，使用其对应的第一波束赋形系数对用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其对应的第二波束赋形系数对用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

8、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述第二赋形向量生成模块用于：

在根据所述阵列响应向量，确定第二赋形向量时，将所述阵列响应向量与所述最大特征值对应的特征向量进行正交化处理，得到第二赋形向量。

9、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述第一赋形向量生成模块用于：

在根据所述最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线对应的第一赋形系数时，根据所述最大特征值对应的特征向量和计算得到的各根天线上的功率因子，分别确定各根天线对应的第一赋形系数，所述功率因子使得每根天线上的发射功率不超过系统限制功率；

所述第二赋形向量生成模块用于：

在根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数时，根据所述第二赋形向量和所述功率因子，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

10、根据权利要求9所述的装置，其特征在于，还包括功率因子确定模块，用于：

分别计算每根天线上向所述用户设备发送第一数据流和第二数据流的发射总功率；分别根据每根天线上的所述发射总功率确定其上的功率因子。

11、根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述第二赋形向量生成模块用于：

在根据所述第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数时，对所述第二赋形向量进行范数归一化处理；根据范数归一化处理后的第二赋形向量，分别确定各根天线对应的第二赋形系数。

12、根据权利要求7~11任一项所述的装置，其特征在于，所述第一赋形向量生成模块用于：

对上行导频在各个子带上的信道相关矩阵分别进行特征值分解，得到各个子带上的最大特征值对应的特征向量；根据所述各个子带上的最大特征值对应的特征向量，分别确定各根天线在每个子带上对应的第一赋形系数；

所述第二赋形向量生成模块用于：

利用估计得到的每个子带上的到达角分别计算每个子带上的阵列响应向量；根据各个子带上的阵列响应向量，分别确定各个子带上的第二赋形向量，并根据各个子带上的第二赋形向量，分别确定各根天线在各个子带上对应的第二赋形系数；

所述波束赋形模块用于：

在各根天线上，使用其在各个子带上对应的第一波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第一数据流进行波束赋形，使用其在各个子带上对应的第二波束赋形系数分别对各个子带上向用户设备发送的第二数据流进行波束赋形。

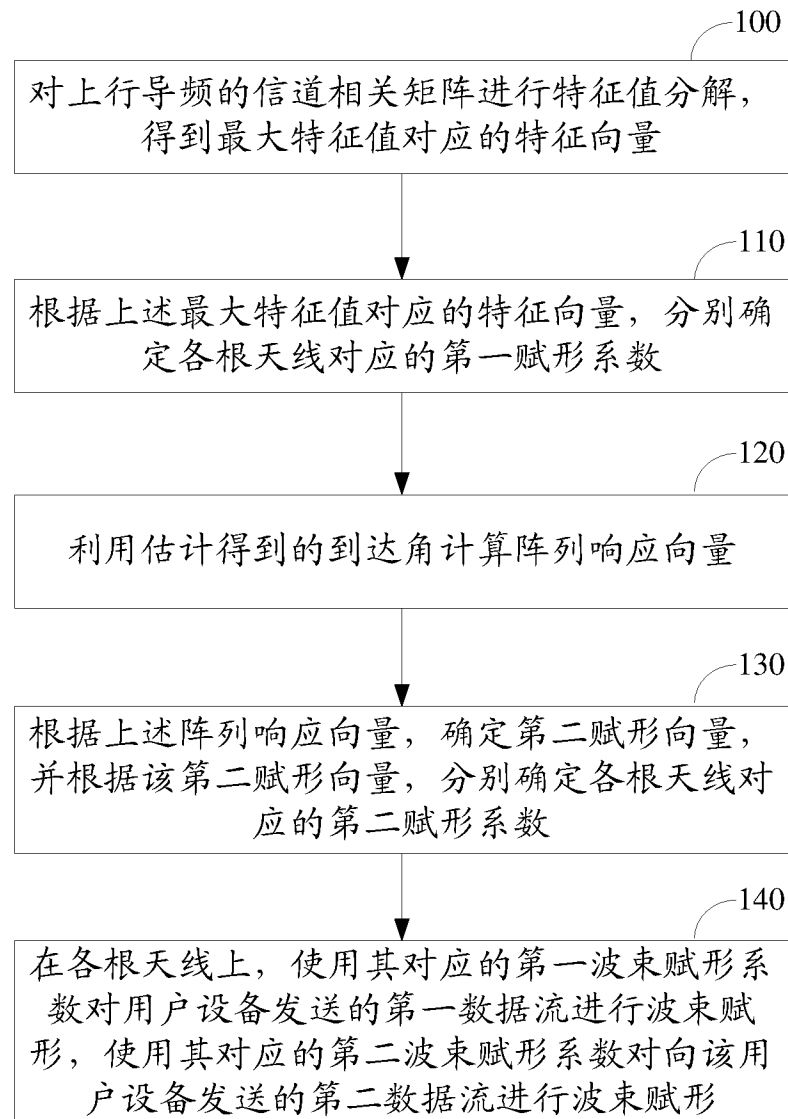


图 1

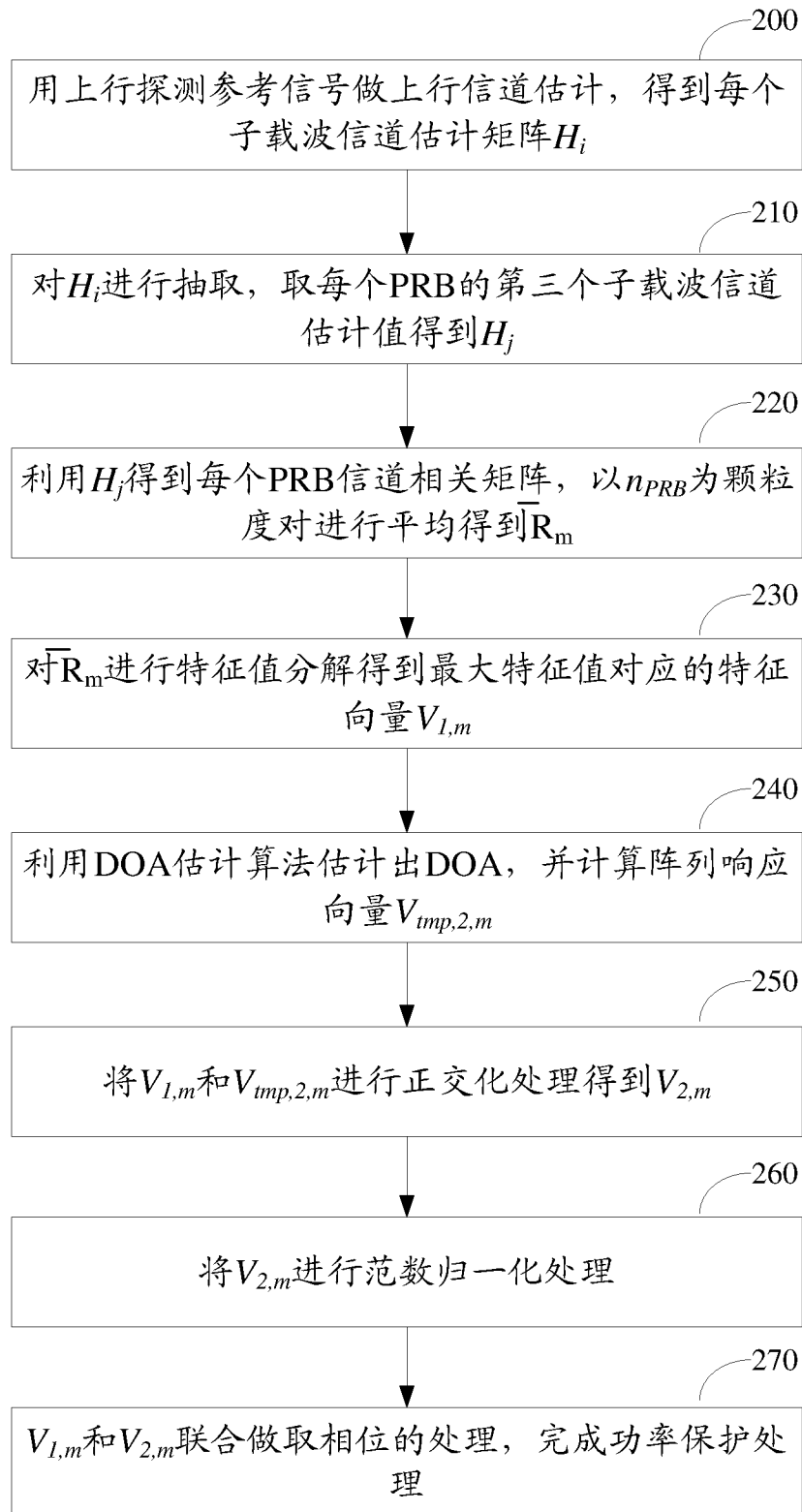


图 2

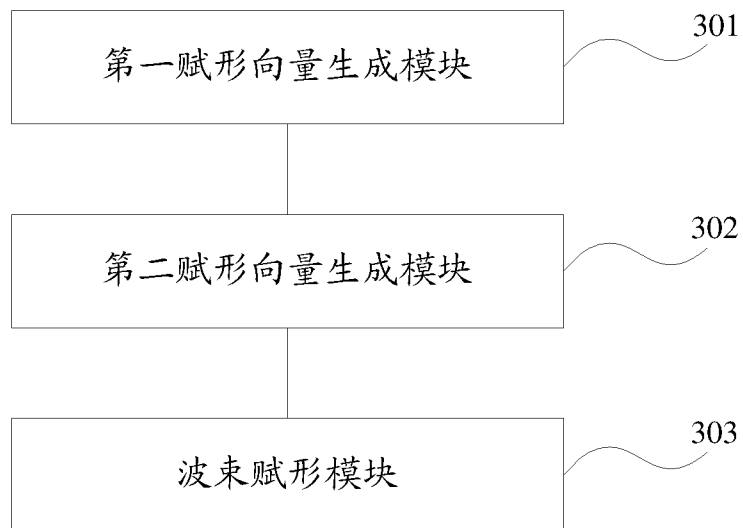


图 3



图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/093796

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/06 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B; 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)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN: characteristic value, angle of arrival, beamforming, double stream, characteristic, eigen, value, decompos+, direction of arrival, DOA

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103326765 A (CHINA ACADEMY OF TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGY), 25 September 2013 (25.09.2013), description, paragraphs [0026]-[0149], and figures 2-5	1-12
A	CN 101888644 A (ZTE CORP.), 17 November 2010 (17.11.2010), the whole document	1-12
A	CN 101355380 A (TD TECH LTD.), 28 January 2009 (28.01.2009), the whole document	1-12
A	WO 2013024459 A1 (GO NET SYSTEMS LTD.), 21 February 2013 (21.02.2013), the whole document	1-12

☐ 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 07 January 2016 (07.01.2016)	Date of mailing of the international search report 14 February 2016 (14.02.2016)
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 SHEN, Li Telephone No.: (86-10) 62089561

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/093796

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103326765 A	25 September 2013	WO 2013139163 A1	26 September 2013
		US 9197295 B2	24 November 2015
		EP 2830232 A1	28 January 2015
		US 2015049826 A1	19 February 2015
		EP 2830232 A4	06 May 2015
CN 101888644 A	17 November 2010	US 8699372 B2	15 April 2014
		US 2012063348 A1	15 March 2012
		EP 2432136 A1	21 March 2012
		WO 2010130166 A1	18 November 2010
		EP 2432136 A4	16 January 2013
		CN 101888644 B	10 December 2014
CN 101355380 A	28 January 2009	CN 101355380 B	11 July 2012
WO 2013024459 A1	21 February 2013	US 2015124713 A1	07 May 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/093796

A. 主题的分类

H04B 7/06 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

H04B; 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))

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN: 波束赋形, 波束成形, 双流, 特征值, 分解, 到达角, 波达角, DOA, beamforming, double stream, characteristic, eigen, value, decompos+, direction of arrival, DOA

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 103326765 A (电信科学技术研究院) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第[0026]-[0149]段, 图2-5	1-12
A	CN 101888644 A (中兴通讯股份有限公司) 2010年 11月 17日 (2010 - 11 - 17) 全文	1-12
A	CN 101355380 A (鼎桥通信技术有限公司) 2009年 1月 28日 (2009 - 01 - 28) 全文	1-12
A	WO 2013024459 A1 (GO NET SYSTEMS LTD.) 2013年 2月 21日 (2013 - 02 - 21) 全文	1-12

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 1月 7日

国际检索报告邮寄日期

2016年 2月 14日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

授权官员

申砾

传真号 (86-10) 62019451

电话号码 (86-10) 62089561

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/093796

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	103326765	A	2013年 9月 25日	WO	2013139163	A1	2013年 9月 26日
				US	9197295	B2	2015年 11月 24日
				EP	2830232	A1	2015年 1月 28日
				US	2015049826	A1	2015年 2月 19日
				EP	2830232	A4	2015年 5月 6日
CN	101888644	A	2010年 11月 17日	US	8699372	B2	2014年 4月 15日
				US	2012063348	A1	2012年 3月 15日
				EP	2432136	A1	2012年 3月 21日
				WO	2010130166	A1	2010年 11月 18日
				EP	2432136	A4	2013年 1月 16日
CN	101355380	A	2009年 1月 28日	CN	101355380	B	2012年 7月 11日
				US	2015124713	A1	2015年 5月 7日
WO	2013024459	A1	2013年 2月 21日				

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)