

(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  
2019年2月21日 (21.02.2019)



(10) 国际公布号  
**WO 2019/034098 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*H04B 7/04* (2017.01)     *H04B 17/391* (2015.01)  
*H04L 1/06* (2006.01)
- (72) 发明人: 王志刚(**WANG, Zhigang**); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 钟坤静(**ZHONG, Kunjing**); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 郭林(**GUO, Lin**); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/100759
- (22) 国际申请日: 2018年8月16日 (16.08.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201710701526.6     2017年8月16日 (16.08.2017) CN
- (74) 代理人: 北京天昊联合知识产权代理有限公司(**TEE&HOWE INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS**); 中国北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心D座10层张帆, Beijing 100005 (CN)。
- (71) 申请人: 中兴通讯股份有限公司 (**ZTE CORPORATION**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (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,

(54) **Title:** CHANNEL ANALYSIS MODEL OF MIMO SYSTEM, CHANNEL MODELING METHOD OF MIMO SYSTEM, AND COMPUTER READABLE STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: MIMO系统信道分析模型、MIMO系统信道建模方法及计算机可读存储介质

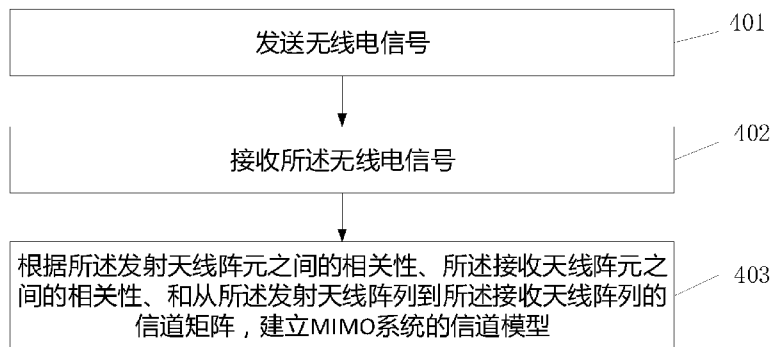


图 4

- 401 Transmit a radio signal
- 402 Receive the radio signal
- 403 Establish a channel model of a MIMO system according to the correlation among transmitting antenna array elements, the correlation among receiving antenna array elements, and a channel matrix between a transmitting antenna array and a receiving antenna array

(57) **Abstract:** Provided are a channel analysis model of a multiple-input multiple-output (MIMO) system, a channel modeling method of a MIMO system, and a computer readable storage medium. The channel analysis model of a MIMO system comprises an antenna component and an analysis module, wherein the antenna component comprises a transmitting antenna array composed of a plurality of transmitting antenna array elements and a receiving antenna array composed of a plurality of receiving antenna array elements, and

WO 2019/034098 A1

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

**(84)** 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

---

the analysis module is configured to establish a channel model of a MIMO system according to the correlation among the transmitting antenna array elements, the correlation among the receiving antenna array elements, and a channel matrix between the transmitting antenna array and the receiving antenna array.

**(57) 摘要:** 提供一种MIMO系统信道分析模型、一种MIMO系统信道建模方法及一种计算机可读存储介质。所述MIMO系统信道分析模型包括天线部件和分析模块, 其中, 所述天线部件包括由多个发射天线阵元组成的发射天线阵列和由多个接收天线阵元组成的接收天线阵列, 所述分析模块配置为根据所述发射天线阵元之间的相关性、所述接收天线阵元之间的相关性、和从所述发射天线阵列到所述接收天线阵列的信道矩阵, 建立MIMO系统的信道模型。

MIMO 系统信道分析模型、MIMO 系统信道建模方法及计算机可读存储介质

5

## 技术领域

本申请要求于 2017 年 8 月 16 日提交的题为“一种 MIMO 信道分析模型、建模方法及计算机可读存储介质”的中国专利申请 NO. 201710701526.6 的优先权，该中国专利申请的内容以引用方式全文合并与此。

10

## 技术领域

本公开涉及但不限于通信技术领域，尤其涉及 MIMO 系统信道分析模型、MIMO 系统信道建模方法及计算机可读存储介质。

15

## 背景技术

现代通信系统依赖发射机和/或接收机处的多个天线来增强链路性能。这类技术称为多输入多输出 (MIMO, Multiple-Input Multiple-Output) 技术，其通过采用空间编码和/或空间解码来利用空间维度。大规模 MIMO 技术是目前通信系统的一个重要的研究和发展方向，是 5G 无线通信系统中备受关注的技术之一，其有望实现高性能增益，该性能增益提供以较高的数据速率和较好的可靠性容纳较多的用户的同时消耗较少的功率的能力。大规模 MIMO 系统在基站侧使用大量的天线，通过使用预编码技术将能量聚集到目标移动用户来减少给定信道中的功率，即，通过将无线能量指向特定用户，减小信道中的功率，同时减小对其他用户的干扰。

20

25

对大规模 MIMO 系统进行信道建模对设计大规模 MIMO 系统有着重要的意义，同时，提高大规模 MIMO 系统的信道模型与实际的大规模 MIMO 系统的符合程度对提高大规模 MIMO 系统的性能十分重要。

30

## 公开内容

5 本公开提供一种 MIMO 系统信道分析模型，包括天线部件和分析模块，所述天线部件包括由多个发射天线阵元组成的发射天线阵列和由多个接收天线阵元组成的接收天线阵列，所述分析模块配置为根据所述发射天线阵元之间的相关性、所述接收天线阵元之间的相关性、和从所述发射天线阵列到所述接收天线阵列的信道矩阵，建立 MIMO 系统的信道模型。

10 本公开提供一种利用上述的 MIMO 系统信道分析模型的 MIMO 系统信道建模方法，包括：根据所述 MIMO 系统信道分析模型的发射天线阵列中的发射天线阵元之间的相关性、所述 MIMO 系统信道分析模型的接收天线阵列中的接收天线阵元之间的相关性、和从所述 MIMO 系统信道分析模型的发射天线阵列到所述 MIMO 系统信道分析模型的接收天线阵列的信道矩阵，建立 MIMO 系统的信道模型。

15 本公开提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被执行来实现如上所述的 MIMO 系统信道建模方法。

## 附图说明

图 1 为本公开的实施例的 MIMO 系统信道分析模型的示意图；

20 图 2 为本公开的实施例中相邻的任意两列天线阵元错开排列的示意图；

图 3 为本公开的实施例中通过 HFSS 软件建立的 MIMO 系统的天线阵列模型的示意图；以及

图 4 为本公开的实施例的 MIMO 系统信道建模方法的流程图。

## 25 具体实施方式

下面将结合附图，对本公开的实施例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公开的部分实施例，而不是全部的实施例。基于本公开的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例都属于本公开的保护范围。

30

图 1 示出了本公开的实施例的 MIMO 系统信道分析模型的示意图。如图 1 所示，所述 MIMO 系统信道分析模型包括天线部件 101、信号模拟模块 102、信号接收模块 103 和分析模块 104。所述天线部件 101 包括由多个发射天线阵元组成的发射天线阵列 1011 和由多个接收天线阵元组成的接收天线阵列 1012。所述信号模拟模块 102 配置为通过所述发射天线阵列发送无线电信号。所述信号接收模块 103 配置为通过所述接收天线阵列接收无线电信号。所述分析模块 104 配置为根据所述发射天线阵元之间的相关性、所述接收天线阵元之间的相关性、和从所述发射天线阵列到所述接收天线阵列的信道矩阵，建立 MIMO 系统的信道模型。

在本公开的实施例中，结合了所述发射天线阵列和所述接收天线阵列所引入的各路无线电信号之间的相关性以及在自由空间传播期间各路无线电信号之间的相关性建立 MIMO 系统的信道模型，所获得的 MIMO 系统的信道模型更加符合实际的大规模 MIMO 系统的信道情况。利用本公开的实施例的 MIMO 系统信道分析模型所建立的 MIMO 系统的信道模型，能够基于无线电信号在 MIMO 系统的发射天线阵列内、在空间中、以及在 MIMO 系统的接收天线阵列内的传播特征，来设计 MIMO 系统的发射天线阵列和接收天线阵列。例如，可根据需要调整 MIMO 系统的发射天线阵列内的发射天线阵元的排布方式以及接收天线阵列内的接收天线阵元的排布方式，来优化 MIMO 系统的设计，以提高 MIMO 系统的性能。

在本公开的实施例中，所述发射天线阵元之间的相关性和所述接收天线阵元之间的相关性与以下至少一项相关：发射天线阵元之间的耦合度、接收天线阵元之间的耦合度、发射天线阵元的驻波系数、接收天线阵元的驻波系数、发射天线阵元之间的辐射特性、接收天线阵元之间的辐射特性、发射天线阵元之间的隔离度、接收天线阵元之间的隔离度、发射天线阵元的端口发射情况、接收天线阵元的端口反射情况、发射天线阵元之间的回波损耗、接收天线阵元之间的回波损耗等。

通过实际试验对比证明，考虑接收天线阵元之间的相关性以及

发射天线之间的相关性来建立 MIMO 系统的信道模型，与不考虑接收天线阵元之间的相关性和发射天线阵元之间的相关性来建立 MIMO 系统的信道模型相比，所得的 MIMO 系统的信道模型所体现的无线电信号的传播特征存在着明显的不同，而实际的 MIMO 系统中，发射天线阵元之间存在相关性以及接收天线阵元之间存在相关性，在建立 MIMO 系统的信道模型时考虑这些相关性信息能够提高所得的 MIMO 系统的信道模型所体现的无线电信号的传播特征与实际的无线电信号的传播特征之间的接近程度。

在本公开的实施例中，所述接收天线阵元之间的相关性可包括接收天线阵列的输入向量和输出向量之间的矩阵  $T_r$ ，所述发射天线阵元之间的相关性可包括发射天线阵列的输入向量和输出向量之间的矩阵  $T_e$ ，所述 MIMO 系统的信道模型表达式可以为： $H'_p = T_r H_p T_e$ ， $H_p$  表示表示从所述发射天线阵列到所述接收天线阵列的第  $p$  条路径相关联的下行链路物理信道矩阵。

在本公开的实施例中，所述  $H_p$  的计算公式可以为： $H_p = a_p e^{-j2\pi d_p / \lambda_c} e_r(\theta_p) e_t^H(\varphi_p)$ ， $a_p$  表示第  $p$  条路径的衰减因子， $d_p$  是表示第  $p$  条路径的发射天线阵元和接收天线阵元之间的距离， $\lambda_c$  表示载波波长， $e_r(\theta_p)$  是满足  $\|e_r(\theta_p)\|_2 = 1$  的到达所述接收天线阵列的无线电信号的到达角  $\theta_p$  对应的接收天线阵列响应矢量， $e_t^H(\varphi_p)$  表示满足  $\|e_t^H(\varphi_p)\|_2 = 1$  的所述发射天线阵列发送的无线电信号的离开角  $\varphi_p$  对应的发射天线阵列响应矢量。

作为示例，可采用 MATLAB (Matrix Laboratory, 矩阵实验室) 软件或 Ansoft 公司的 HFSS (High Frequency Structure Simulator, 高频结构仿真) 三维电磁场仿真软件对 MIMO 系统信道分析模型的天线阵列进行仿真，以获得发射天线阵列的辐射特性、接收天线阵列的辐射特性、发射天线阵元之间的耦合度和/或接收天线阵元之间的耦合度。

在本公开的实施例中，所述 MIMO 系统信道分析模型的天线部件还可包括 PCB 印刷电路板，所述发射天线阵元和所述接收天线阵元为贴片天线阵元，所述贴片天线阵元设置于所述 PCB 印刷电路板上并有序排列。

在本公开的实施例中，将所述天线部件设置于 PCB 印刷电路板上，成本低廉，体积小，易于安装使用，同时能够有效起到安装天线阵元并固定天线阵元之间的排列位置的作用。

5 在本公开的实施例中，所述天线部件还可包括信号收发组件，所述信号模拟模块可包括激励信号发生单元，所述激励信号发生单元配置为例如经由同轴线接口向所述 PCB 印刷电路板上的发射天线阵列馈电，使得接入所述发射天线阵列的各发射天线阵元的激励信号相互独立。

10 在本公开的实施例中，所述激励信号发生单元经过所述 PCB 印刷电路板的背面，利用所述天线部件的信号收发（TR）组件向所述发射天线阵列进行馈电。通过所述馈电的操作，发射天线阵列获得输入信号，然后产生无线电信号，向发射天线阵列以外的空间辐射。

15 输入信号在所述发射天线阵列的发射天线阵元之间传播时，会产生一定的耦合，从而使得输入信号具有一定的相关性，本公开的实施例在建立 MIMO 系统的信道模型时，考虑了输入信号在发射天线阵元之间传播时的相关性，优化了 MIMO 系统的信道模型，有助于对 MIMO 系统的信道进行准确的分析和测试，从而能够对 MIMO 系统的设计进行优化。

20 此外，所述接收天线阵列接收无线电信号后，无线电信号在所述接收天线阵元之间传播时，会产生一定的耦合（即，相关性），本公开的实施例在建立 MIMO 系统的信道模型时，考虑了无线电信号在接收天线阵元之间传播时的相关性，优化了 MIMO 系统的信道模型，有助于对 MIMO 系统的信道进行准确的分析和测试，从而能够对 MIMO 系统的设计进行优化。

25 在本公开的实施例中，所述信号模拟模块还可包括波束控制单元，所述波束控制单元配置为控制所述激励信号的波形参数，以对所述无线电信号进行波束赋形，例如，通过调整发射天线阵列中每个发射天线阵元的加权系数来产生具有指向性的波束。

30 作为示例，可将发射天线阵列中的发射天线阵元和接收天线阵列中的接收天线阵元进行划分，分别形成发射天线子阵列、接收天线

子阵列，对输入发射天线阵列的激励信号进行波束赋形，使得发射天线子阵列发出的无线电信号指向特定用户，从而能够获得明显的阵列增益。

5 在本公开的实施例中，所述发射天线阵列中相邻的任意两列所述发射天线阵元在行方向上可错开排列。

在本公开的实施例中，所述接收天线阵列中相邻的任意两列所述接收天线阵元在行方向上可错开排列。

也就是说，相邻的任意两列所述发射天线阵元可错开排列，相邻的任意两列所述接收天线阵元可错开排列，图 2 示出了排列方式的示例。图 2 所示的天线阵元 201 可以为发射天线阵元或接收天线阵元。

10 图 3 示出了通过 HFSS 软件建立的 MIMO 系统的天线阵列模型的示意图。如图 3 所示，所述天线阵列模型可以为发射天线阵列模型或接收天线阵列模型，所示天线阵元 301 可以是发射天线阵元或接收天线阵元。

15 本公开的实施例还提供一种利用本公开的实施例的 MIMO 系统信道分析模型的 MIMO 系统信道建模方法。如图 4 所示，所述 MIMO 系统信道建模方法可包括步骤 401 至 403。

步骤 401，通过所述 MIMO 系统信道分析模型的发射天线阵列发送无线电信号。

20 步骤 402，通过所述 MIMO 系统信道分析模型的接收天线阵列接收所述无线电信号。

步骤 403，根据所述 MIMO 系统信道分析模型的发射天线阵列中的发射天线阵元之间的相关性、所述 MIMO 系统信道分析模型的接收天线阵列中的接收天线阵元之间的相关性、和从所述 MIMO 系统信道分析模型的发射天线阵列到所述 MIMO 系统信道分析模型的接收天线阵列的信道矩阵，建立 MIMO 系统的信道模型。

25 从上面所述可以看出，本公开的实施例提供的 MIMO 系统信道建模方法，采用本公开的实施例提供的 MIMO 系统信道分析模型，在建立 MIMO 系统的信道模型时，结合了无线电信号在发射天线阵列内、在空间中、以及在接收天线阵列内的传播特征，使得所得到的 MIMO



系统的信道模型与实际的 MIMO 系统的信道更接近。

在本公开的实施例中，所述接收天线阵元之间的相关性可包括所述接收天线阵列的输入向量和输出向量之间的矩阵  $T_r$ ，所述发射天线阵元之间的相关性可包括所述发射天线阵列的输入向量和输出向量之间的矩阵  $T_e$ ，所述 MIMO 系统的信道模型表达式可以为： $H'_p = T_r H_p T_e$ ， $H_p$  表示从所述发射天线阵列到所述接收天线阵列的第  $p$  条路径相关联的信道矩阵。

在本公开的实施例中，所述  $H_p$  的计算公式可以为： $H_p = a_p e^{-j2\pi d_p / \lambda_c} e_r(\theta_p) e_t^H(\varphi_p)$ ， $a_p$  表示第  $p$  条路径的衰减因子， $d_p$  表示第  $p$  条路径的发射天线阵元和接收天线阵元之间的距离， $\lambda_c$  表示载波波长， $e_r(\theta_p)$  表示满足  $\|e_r(\theta_p)\|_2 = 1$  的到达所述接收天线阵列的无线电信号的到达角  $\theta_p$  对应的接收天线阵列响应矢量， $e_t^H(\varphi_p)$  表示满足  $\|e_t^H(\varphi_p)\|_2 = 1$  的所述发射天线阵列发送的无线电信号的离开角  $\varphi_p$  对应的发射天线阵列响应矢量。

本公开的实施例还提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被例如计算机执行来实现如本公开的实施例所述的 MIMO 系统信道建模方法。

通过实现本公开的实施例提供的 MIMO 系统信道建模方法，在建立 MIMO 系统的信道模型时，结合了无线电信号在发射天线阵列内、在空间中以及在接收天线阵列内的传播特征，使得所得到的 MIMO 系统的信道模型与实际的 MIMO 系统的信道更接近。

需要说明的是，本公开所提及的“模块”、“单元”可通过软件、硬件或其结合实现，所述硬件例如可以为处理器、集成电路等。

此外，需要说明的是，根据需要，本公开所提及的“行”和“列”可互换。

应当理解，所描述的本公开的实施例仅用于说明和解释本公开，并不用于限定本公开。在不冲突的情况下，本公开的实施例及实施例中的特征可以任意组合。

显然，本领域的技术人员可以对本公开的实施例进行各种修改和变型而不脱离本公开的范围。这些修改和变型属于本公开的保护范围。

# 权 利 要 求 书

1. 一种 MIMO 系统信道分析模型，包括天线部件和分析模块，其中，所述天线部件包括由多个发射天线阵元组成的发射天线阵列和由多个接收天线阵元组成的接收天线阵列，所述分析模块配置为根据所述发射天线阵元之间的相关性、所述接收天线阵元之间的相关性、和从所述发射天线阵列到所述接收天线阵列的信道矩阵，建立 MIMO 系统的信道模型。

2. 根据权利要求 1 所述的 MIMO 系统信道分析模型，其中，所述接收天线阵元之间的相关性包括所述接收天线阵列的输入向量和输出向量之间的矩阵  $T_r$ ，所述发射天线阵元之间的相关性包括所述发射天线阵列的输入向量和输出向量之间的矩阵  $T_e$ ，所述 MIMO 系统的信道模型表达式为：

$$H'_p = T_r H_p T_e,$$

$H_p$  表示从所述发射天线阵列到所述接收天线阵列的第 p 条路径相关联的信道矩阵。

3. 根据权利要求 2 所述的 MIMO 系统信道分析模型，其中，所述  $H_p$  的计算公式为： $H_p = a_p e^{-j2\pi d_p / \lambda_c} e_r(\theta_p) e_t^H(\varphi_p)$ ,

$a_p$  表示第 p 条路径的衰减因子， $d_p$  表示第 p 条路径的发射天线阵元和接收天线阵元之间的距离， $\lambda_c$  表示载波波长， $e_r(\theta_p)$  表示满足  $\|e_r(\theta_p)\|_2 = 1$  的到达所述接收天线阵列的无线电信号的到达角  $\theta_p$  对应的接收天线阵列响应矢量， $e_t^H(\varphi_p)$  表示满足  $\|e_t^H(\varphi_p)\|_2 = 1$  的所述发射天线阵列发送的无线电信号的离开角  $\varphi_p$  对应的发射天线阵列响应矢量。

4. 根据权利要求 1 所述的 MIMO 系统信道分析模型，其中，所述天线部件还包括 PCB 印刷电路板，所述发射天线阵元和所述接收天线阵元为贴片天线阵元，所述贴片天线阵元设置于所述 PCB 印刷电路板上并有序排列。

5 5. 根据权利要求 1 所述的 MIMO 系统信道分析模型，还包括信号模拟模块，所述信号模拟模块配置为通过所述发射天线阵列发送无线电信号，其中，所述信号模拟模块包括激励信号发生单元，所述激励信号发生单元配置为向所述发射天线阵列馈电，使得接入所述发射天线阵列的各发射天线阵元的激励信号相互独立。

10 6. 根据权利要求 5 所述的 MIMO 系统信道分析模型，其中，所述信号模拟模块还包括波束控制单元，所述波束控制单元配置为控制所述激励信号的波形参数，以对所述无线电信号进行波束赋形。

15 7. 根据权利要求 1 所述的 MIMO 系统信道分析模型，其中，所述发射天线阵列中相邻的任意两列所述发射天线阵元在行方向上错开排列。

8. 根据权利要求 1 所述的 MIMO 系统信道分析模型，其中，所述接收天线阵列中相邻的任意两列所述接收天线阵元在行方向上错开排列。

20 9. 一种利用权利要求 1 所述的 MIMO 系统信道分析模型的 MIMO 系统信道建模方法，包括：根据所述 MIMO 系统信道分析模型的发射天线阵列中的发射天线阵元之间的相关性、所述 MIMO 系统信道分析模型的接收天线阵列中的接收天线阵元之间的相关性矩阵和从所述 MIMO 系统信道分析模型的发射天线阵列到所述 MIMO 系统信道分析模型的接收天线阵列的信道矩阵，建立 MIMO 系统的信道模型。

25 10. 根据权利要求 9 所述的方法，其中，所述接收天线阵元之间的相关性包括所述接收天线阵列的输入向量和输出向量之间的矩阵  $T_r$ ，所述发射天线阵元之间的相关性包括所述发射天线阵列的输入向量和输出向量之间的矩阵  $T_e$ ，所述 MIMO 系统的信道模型表达式为：

$$H_p = T_r H_p T_e,$$

$H_p$  表示从所述发射天线阵列到所述接收天线阵列的第  $p$  条路径相关联的信道矩阵。

5 11. 根据权利要求 10 所述的方法, 其中, 所述  $H_p$  的计算公式为:

$$H_p = a_p e^{-j2\pi d_p / \lambda_c} e_r(\theta_p) e_t^H(\varphi_p),$$

10  $a_p$  表示第  $p$  条路径的衰减因子,  $d_p$  表示第  $p$  条路径的发射天线阵元和接收天线阵元之间的距离,  $\lambda_c$  表示载波波长,  $e_r(\theta_p)$  表示满足  $\|e_r(\theta_p)\|_2=1$  的到达所述接收天线阵列的无线电信号的到达角  $\theta_p$  对应的接收天线阵列响应矢量,  $e_t^H(\varphi_p)$  表示满足  $\|e_t^H(\varphi_p)\|_2=1$  的所述发射天线阵列发送的无线电信号的离开角  $\varphi_p$  对应的发射天线阵列响应矢量。

15 12. 一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 该计算机程序被执行来实现如权利要求 9-11 中任一项所述的 MIMO 系统信道建模方法。

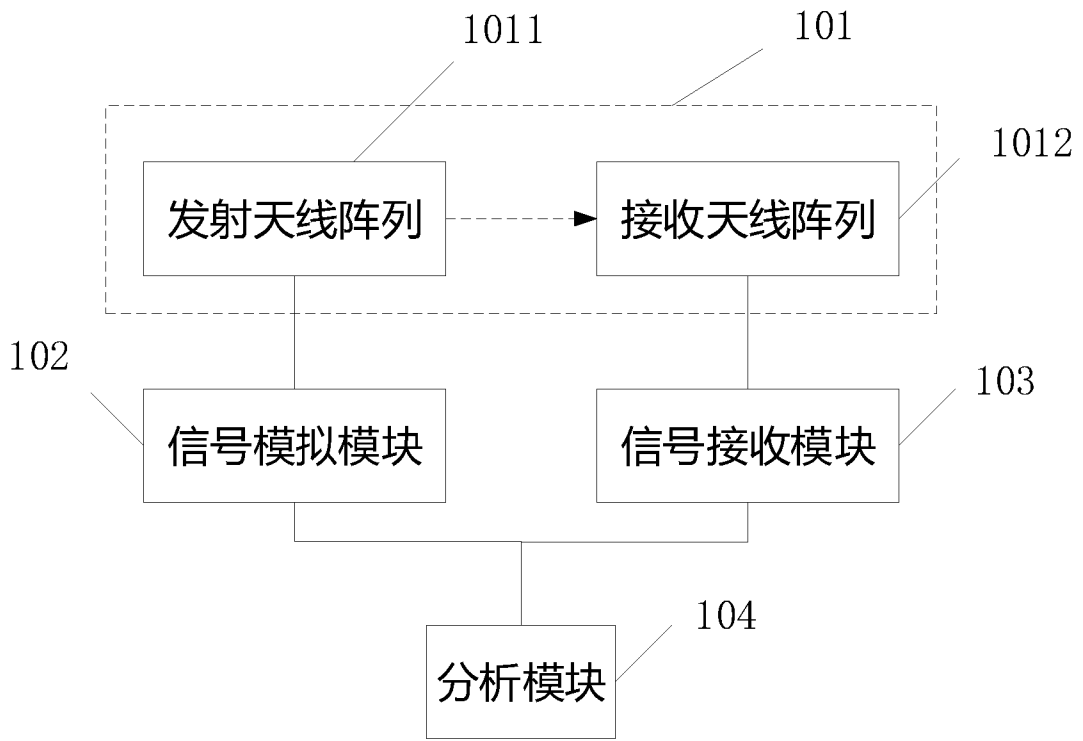


图 1

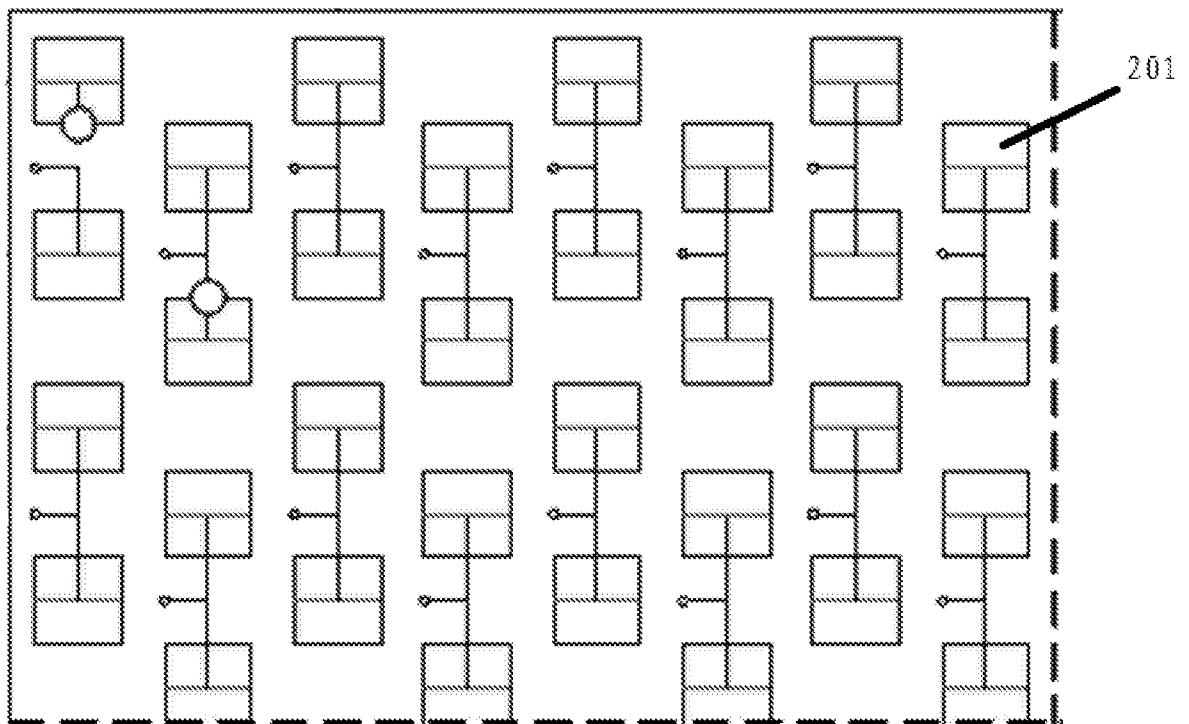


图 2

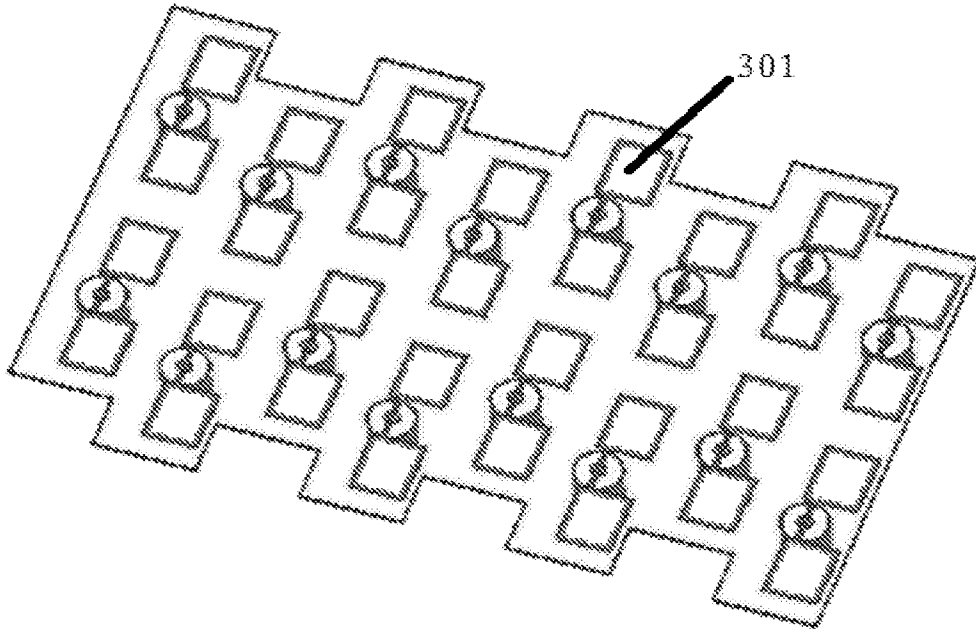


图 3

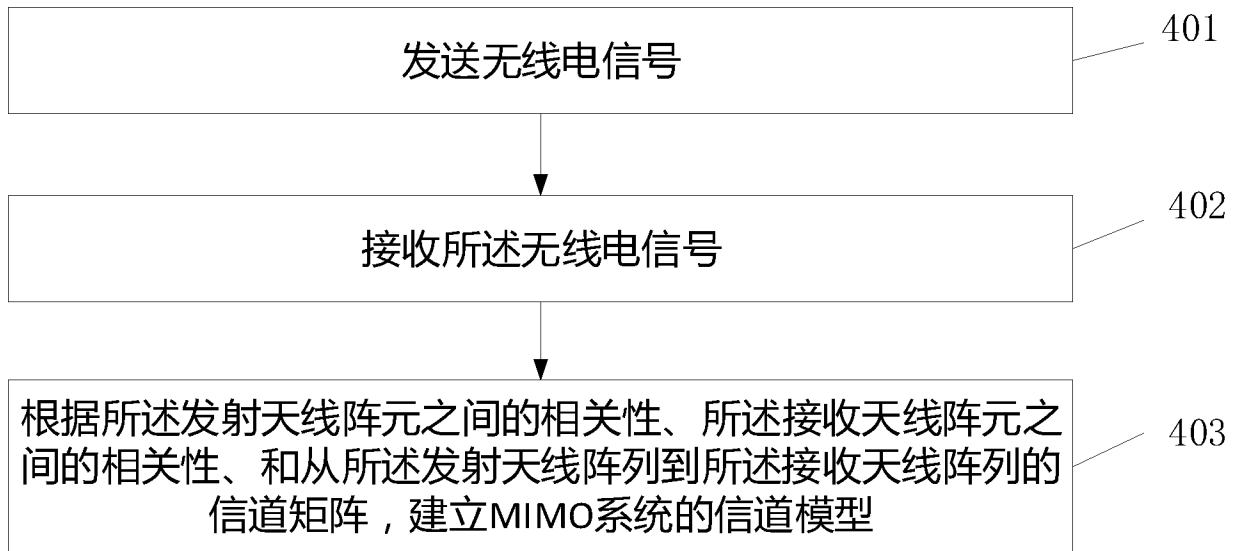


图 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/100759

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H04B 7/04(2017.01)i; H04L 1/06(2006.01)i; H04B 17/391(2015.01)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; H04W; H04Q

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; JPTXT; WOTXT; EPTXT; USTXT; 3GPP: 信道, 模型, 分析, 载波波长, 接收, 发射, 响应  
矢量, 达角, 路径, 相关, 矩阵, 距离, 衰减, MIMO, channel, model, carrier, wavelength, transmit, receiv+, response, vector,  
direction, arrival, path, response, correlat+, matrix, distance, attenuation**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101789812 A (CHONGQING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 28 July 2010 (2010-07-28) claims 1-7, and description, paragraphs [0069]-[0112]	1, 2, 4-10, 12
X	CN 103716264 A (NANJING UNIVERSITY OF INFORMATION SCIENCE & TECHNOLOGY) 09 April 2014 (2014-04-09) claims 1-3, and description, paragraphs [0074]-[0143]	1, 2, 4-10, 12
A	US 2005047517 A1 (REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA) 03 March 2005 (2005-03-03) entire document	1-12

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

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 October 2018

Date of mailing of the international search report

07 November 2018

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

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

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

International application No.

**PCT/CN2018/100759**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	101789812	A	28 July 2010	CN	101789812	B	27 February 2013
CN	103716264	A	09 April 2014	CN	103716264	B	11 January 2017
US	2005047517	A1	03 March 2005	None			



国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/100759

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H04B 7/04(2017.01)i; H04L 1/06(2006.01)i; H04B 17/391(2015.01)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>B. 检索领域</b></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; H04W; H04Q</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>CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;JPTXT;WOTXT;EPTXT;USTXT;3GPP:信道, 模型, 分析, 载波波长, 接收, 发射, 响应矢量, 达角, 路径, 相关, 矩阵, 距离, 衰减, MIMO, channel, model, carrier, wavelength, transmit, receiv+, response, vector, direction, arrival, path, response, correlat+, matrix, distance, attenuation</p>														
<p><b>C. 相关文件</b></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>X</td> <td>CN 101789812 A (重庆邮电大学) 2010年 7月 28日 (2010 - 07 - 28) 权利要求1-7, 说明书[0069]-[0112]段</td> <td>1, 2, 4-10, 12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 103716264 A (南京信息工程大学) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 权利要求1-3, 说明书[0074]-[0143]段</td> <td>1, 2, 4-10, 12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2005047517 A1 (明尼苏达大学董事会) 2005年 3月 3日 (2005 - 03 - 03) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 101789812 A (重庆邮电大学) 2010年 7月 28日 (2010 - 07 - 28) 权利要求1-7, 说明书[0069]-[0112]段	1, 2, 4-10, 12	X	CN 103716264 A (南京信息工程大学) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 权利要求1-3, 说明书[0074]-[0143]段	1, 2, 4-10, 12	A	US 2005047517 A1 (明尼苏达大学董事会) 2005年 3月 3日 (2005 - 03 - 03) 全文	1-12
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
X	CN 101789812 A (重庆邮电大学) 2010年 7月 28日 (2010 - 07 - 28) 权利要求1-7, 说明书[0069]-[0112]段	1, 2, 4-10, 12												
X	CN 103716264 A (南京信息工程大学) 2014年 4月 9日 (2014 - 04 - 09) 权利要求1-3, 说明书[0074]-[0143]段	1, 2, 4-10, 12												
A	US 2005047517 A1 (明尼苏达大学董事会) 2005年 3月 3日 (2005 - 03 - 03) 全文	1-12												
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><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>“&amp;” 同族专利的文件</p>														
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2018年 10月 31日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2018年 11月 7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) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>王琼</p> <p>电话号码 86-(010)-62411297</p>												

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/100759

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	101789812	A	2010年 7月 28日	CN	101789812	B	2013年 2月 27日
CN	103716264	A	2014年 4月 9日	CN	103716264	B	2017年 1月 11日
US	2005047517	A1	2005年 3月 3日	无			