

(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
2023 年 9 月 14 日 (14.09.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/169596 A1

(51) 国际专利分类号:
H04B 17/391 (2015.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/087703

(22) 国际申请日: 2023 年 4 月 11 日 (11.04.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202210214614.4 2022年3月7日 (07.03.2022) CN

(71) 申请人: 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。

(72) 发明人: 王承祥(WANG, Chengxiang); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。 王俊(WANG, Jun); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。

(74) 代理人: 南京瑞弘专利商标事务所(普通合伙) (NANJING RUIHONG PATENT & TRADEMARK AGENCY (ORDINARY PARTNERSHIP)); 中国江苏省南京市玄武区龙蟠路155号紫金联合立方3-411, Jiangsu 210000 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ,

(54) Title: UPLINK AND DOWNLINK ASYMMETRIC CHANNEL MODEL PARAMETER GENERATING METHOD

(54) 发明名称: 一种上下行非对称信道模型参数生成方法

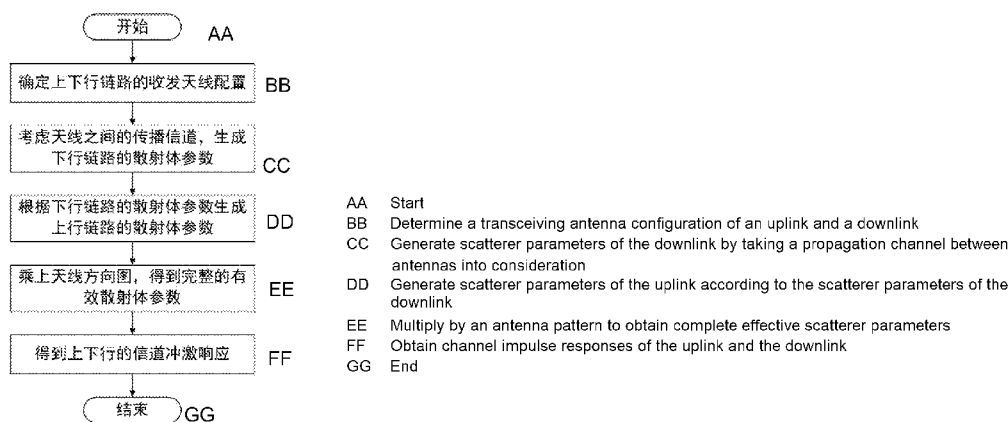


图 1

(57) Abstract: Disclosed in the present invention is an uplink and downlink asymmetric channel model parameter generating method. According to a modeling method, uplink and downlink channel transmission matrices can be generated at the same time when an asymmetric transceiving antenna configuration is used in an uplink and a downlink. In the method, firstly, parameters of a propagation channel between antennas are generated by using a geometric random modeling method according to environmental parameters, then an antenna pattern is introduced to calculate effective scatterers of the uplink and the downlink and corresponding effective paths, and finally, channel impulse responses of the uplink and the downlink are obtained. The method can be applied to simulation optimization of an actual asymmetric communication system.

(57) 摘要: 本发明公开了一种上下行非对称信道模型参数生方法。该建模方法在上下行链路使用非对称收发天线配置时可以同时产生上下行链路信道传输矩阵。该方法首先根据环境参数使用几何随机建模方法生成天线间传播信道的参数, 随后引入天线方向图, 计算得到上下行链路的有效散射体以及对应的有效路径, 最后得到上下行链路的信道冲激响应。该方法可以应用于实际的非对称通信系统的仿真优化中。

IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。
— 包括关于请求恢复一项或多项优先权要求的信息 (细则26之二.3和48.2(b)(vii))。

一种上下行非对称信道模型参数生成方法

技术领域

本发明属于信道建模技术领域，尤其涉及一种上下行非对称信道模型参数生成方法。

背景技术

目前主要的毫米波大规模 MIMO 系统主要包括混合多波束阵列和全数字多波束阵列，该系统将多波束发射和接收阵列进行对称设计，即发射通道和接收通道数量相同。基站侧采用基于对称设计的毫米波混合/全数字多波束接收和发射架构，产生增益相同的发射和接收多波束。同样，终端侧设计与基站侧较为类似，区别是阵列规模较小。

非对称毫米波大规模 MIMO 系统基本原理是将全数字多波束发射和接收阵列进行非对称设计，即发射阵列和接收阵列规模不同。基站侧采用较大规模的全数字多波束发射阵列和较小规模的全数字多波束接收阵列；进而产生较窄的发射多波束和较宽的接收多波束；终端侧仍然可以保持传统的对称形式，也可采用非对称形式。

在非对称通信系统中，建立精确的非对称上下链路信道建模至关重要。目前的信道模型主要针对单个链路生成，无法准确描述上下行链路之间的相关的信道特性。因此准确建立非对称上下行链路信道模型是必要的。

发明内容

本发明目的在于提供一种上下行非对称信道模型参数生成方法，以解决现有的信道模型主要针对单个链路生成，无法准确描述上下行链路之间的相关的信道特性的技术问题。

为解决上述技术问题，本发明的具体技术方案如下：

一种上下行非对称信道模型参数生方法，其包括以下步骤：

步骤 S1：确定上下行链路首发端的天线配置，包括天线阵列的单元数、组阵形式、子阵的排列，然后利用公式去计算收发天线子阵天线的三维方向图，上下行链路的发射功率；

步骤 S2：生成下行链路天线之间的散射体分布，包括散射体簇的数量、以及各个簇和子径的路径功率、时延、收发角度参数；

步骤 S3：根据下行链路的信道参数计算上行链路的参数，过程为坐标变换，计算上行链路各条路径的收发角度；

步骤 S4：根据步骤 S1 中上下行链路的收发天线子阵天线的三维方向图、步骤 S2 中的下行链路和步骤 S3 中上行链路的路径参数生成上下行联系的有效散射体和有效路径；

步骤 S5：计算得到最终上下行链路的信道冲击响应。

进一步的，所述步骤 1 具体包括以下步骤：

获取上下行链路首发端的总天线数；所有天线由子阵排列构成，发端子阵总数为 P ，收端子阵总数为 Q ，子阵天线的三维方向计算公式为

$$F(\phi, \theta) = R(\phi, \theta)A(\phi, \theta)$$

其中， $R(\phi, \theta)$ 为天线单元的方向图， $A(\phi, \theta)$ 为阵因子， ϕ 和 θ 为俯仰角和方位角，对平面阵列，阵因子计算公式为

$$A(\phi, \theta) = \frac{1}{\sqrt{KL}} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \exp\{j(a_x + k - 1)\Psi_x(\phi, \theta) + j(a_y + l - 1)\Psi_y(\phi, \theta) - j\psi_{k,l}\}$$

其中， K 和 L 分别为天线阵列在 x 和 y 方向上的单元数量；

$\Psi_x(\phi, \theta) = \frac{2\pi}{\lambda} d_x \cos \phi \sin \theta$ ， $\Psi_y(\phi, \theta) = \frac{2\pi}{\lambda} d_y \sin \phi \sin \theta$ ，其中， d_x 表示为 x 方向

上的单元间距， d_y 表示 y 方向上的单元间距； a_x 表示子阵的在整个阵列中的 x

方向上的参考位置， a_y 表示子阵的在整个阵列中 y 方向上的参考位置； j 表示虚数单位；

上行链路信道所有参数添加上标 U ，上行链路信道所有参数添加上标 D ；发射端所有参数添加上标 T ，接收端所有参数添加上标 R ，得到下行链路的接收端天线方向图为 $F^{D,R}(\phi, \theta)$ ，下行链路的发射端天线方向图为 $F^{D,T}(\phi, \theta)$ ，上行链路的接收端天线方向图为 $F^{U,R}(\phi, \theta)$ ，上行链路的发射端天线方向图为 $F^{U,T}(\phi, \theta)$ 。

进一步的，所述步骤 S2 具体包括以下步骤：

步骤 S201：考虑下行链路，计算初始时刻第 p 个发射子阵和第 q 个接收子阵之间的信道参数，其直线距离 D_{pq} ，初始莱斯因子 K_{R0} ；

对于直射径，离开角的俯仰角记为 $\phi_L^{D,T}$ ，到达角的俯仰角记为 $\phi_L^{D,R}$ ，离开角的方位角记为 $\theta_L^{D,T}$ ，到达角的方位角记为 $\theta_L^{D,R}$ ；

步骤 S202：对非直射径，首先生成簇的数量 N ，第 n 簇内总径数 M_n ，根据冯米瑟斯分布生成 N 个簇的到达角和离开角，对第 n 个簇，离开角的俯仰角记为 $\phi_n^{D,T}$ ，到达角的俯仰角记为 $\phi_n^{D,R}$ ，离开角的方位角记为 $\theta_n^{D,T}$ ，到达角的方位角记为 $\theta_n^{D,R}$ ；

然后在每个簇内随机生成子径，子径的角度服从高斯分布；第 p 个发射子阵和第 q 个接收子阵之间的第 n 个簇内第 m 条径的时延表示为 τ_{pq,m_n}^D ， $\tau_{pq,m_n}^D = d_{pq,m_n}^D + \tilde{\tau}_{pq,m_n}$ ，其中，上标 D 表示下行链路， d_{pq,m_n}^D 表示第 p 个发射子阵和第 q 个接收子阵之间距离， $\tilde{\tau}_{pq,m_n}$ 表示第一个散射体和最后一个散射体之间的时延，计算公式为 $\tilde{\tau}_{pq,m_n} = \tilde{d}_{pq,m_n} / c + \tau_{C,link}$ ，其中， c 为光速， $\tilde{d}_{pq,m_n}$ 为第一个散射体

和最后一个散射体之间的直线距离， $\tau_{C,link}$ 为服从指数分布的随机变量；

每条径功率 P_{pq,m_n}^D 计算公式如下

$$P_{pq,m_n}^D = \exp(-\tau_{pq,m_n}^D \frac{r_\tau - 1}{r_\tau DS}) \cdot 10^{\frac{-z_n}{10}} \zeta_n(p, q)$$

其中， z_n 表示第 n 个簇的阴影衰落， DS 表示均方根时延扩展， r_τ 表示时延分布比例因子，由时延的标准差与均方根时延扩展的比值决定； $\zeta_n(p, q)$ 表示二维空间对数正态过程；

若簇内的径无法分辨，将上式中的时延 τ_{pq,m_n}^D 替换为 $\tau_{pq,n}^D$ ，并用下式计算

$$P_{pq,m_n}^D = \frac{1}{M_n} \exp(-\tau_{pq,n}^D \frac{r_\tau - 1}{r_\tau DS}) \cdot 10^{\frac{-z_n}{10}} \zeta_n(p, q)。$$

进一步的，所述步骤 S3 具体包括以下步骤：

根据可逆原理，在不考虑非对称天线配置时，上下行的路径对称，收发端互换，因此，下行链路中生成的簇的数量、子径数量不变，功率不变，角度需要进行相应变换，对直射径，包括上行链路接收俯仰角 $\phi_L^{U,R}$ ，发射俯仰角 $\phi_L^{U,T}$ ，接收方位角 $\theta_L^{U,R}$ ，发射方位角 $\theta_L^{U,T}$ ，具体由下公式计算得到

直射径：

$$\phi_L^{U,R} = \pi - \phi_L^{D,T}$$

$$\phi_L^{U,T} = \pi - \phi_L^{D,R}$$

$$\theta_L^{U,R} = \pi - \theta_L^{D,T}$$

$$\theta_L^{U,T} = \pi - \theta_L^{D,R}$$

其中，

对非直射径的第 n 个簇内第 m 条径，上行链路接收俯仰角 $\phi_{pq,m_n}^{U,R}$ ，发射

俯仰角 $\phi_{pq,m_n}^{U,T}$ ，接收方位角 $\theta_{pq,m_n}^{U,R}$ ，发射方位角 $\theta_{pq,m_n}^{U,T}$ 具体由下公式计算得到：

$$\phi_{pq,m_n}^{U,R} = \pi - \phi_{pq,m_n}^{D,T}$$

$$\phi_{pq,m_n}^{U,T} = \pi - \phi_{pq,m_n}^{D,R}$$

$$\theta_{pq,m_n}^{U,R} = \pi - \theta_{pq,m_n}^{D,T}$$

$$\theta_{pq,m_n}^{U,T} = \pi - \theta_{pq,m_n}^{D,R}。$$

进一步的，所述步骤 S4 具体包括以下步骤：

步骤 S401：考虑上下行链路收发端的天线方向图，计算下行链路第 n 个

簇内第 m 条径的总功率 P_{pq,m_n}^D 计算公式为

$$P_{pq,m_n}^D = P_{pq,m_n}^D F^{D,T}(\phi_{pq,m_n}^{D,T}, \theta_{pq,m_n}^{D,T}) F^{D,R}(\phi_{pq,m_n}^{D,R}, \theta_{pq,m_n}^{D,R})$$

上行链路第 n 个簇内第 m 条径的总功率 P_{pq,m_n}^U 计算公式为

$$P_{pq,m_n}^U = P_{pq,m_n}^U F^{U,T}(\phi_{pq,m_n}^{U,T}, \theta_{pq,m_n}^{U,T}) F^{U,R}(\phi_{pq,m_n}^{U,R}, \theta_{pq,m_n}^{U,R})$$

求得下行链路每个簇的总功率 $P_{pq,n}^D$ 计算公式为

$$P_{pq,n}^D = \left\| \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^D \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^D) \right\|$$

上行链路每个簇的总功率 $P_{pq,n}^U$ 计算公式为

$$P_{pq,n}^U = \left\| \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^U \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^U) \right\|$$

将计算后得到的簇功率和平均噪声功率做对比，大于平均噪声功率的簇则为有效簇，小于平均噪声功率的簇忽略不计，得到最后所有的有效簇的合集。

进一步的，所述步骤 S5 中计算得到最终下行链路的信道冲击响应如下所示：

$$H_{p,q}^D = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^D \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^D) \delta(\tau - \tau_{pq,m_n}^D)$$

上行链路的信道冲击响应如下所示

$$H_{p,q}^U = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^U \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^U) \delta(\tau - \tau_{pq,m_n}^U)$$

本发明的一种上下行非对称信道模型参数生成方法，具有以下优点：

本发明能建立一个非对称通信的几何随机信道模型，通过同时建立下行链路相关的信道参数，从而生成准确的信道模型，适用于分析描述非对称通信的上下行链路的情况。

附图说明

图 1 为本发明的实施例 1 中一种上下行非对称信道模型参数生成方法的流程示意图；

图 2 为本发明的实施例 1 中信道模型中上行链路的示意图；

图 3 为本发明的实施例 1 中信道模型中下行链路的示意图。

具体实施方式

为了更好地了解本发明的目的、结构及功能，下面结合附图，对本发明一种上下行非对称信道模型参数生成方法做进一步详细的描述。

实施例 1

如图 1 所示，本实例提供了一种上下行非对称信道模型参数生成方法，模型的示意图如图 2 和图 3 所示，具体包括以下步骤：

步骤 S1：首先确定上下行链路首发端的天线配置，包括天线阵列的单元数、组阵形式、子阵的排列，然后利用公式去计算子阵天线的三维方向图，获取上下行链路的发射功率。

获取上下行链路首发端的总天线数；所有天线由子阵排列构成，发端和

收端子阵总数分别为 P 和 Q ，天线方向图计算公式为

$$F(\phi, \theta) = R(\phi, \theta)A(\phi, \theta)$$

其中， $R(\phi, \theta)$ 为天线单元的方向图， $A(\phi, \theta)$ 为阵因子， ϕ 和 θ 为俯仰角和方位角，对平面阵列，阵因子计算公式为

$$A(\phi, \theta) = \frac{1}{\sqrt{KL}} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \exp\{j(a_x + k - 1)\Psi_x(\phi, \theta) + j(a_y + l - 1)\Psi_y(\phi, \theta) - j\psi_{k,l}\}$$

其中， K 和 L 分别为天线阵列在 x 和 y 方向上的单元数量。

$\Psi_x(\phi, \theta) = \frac{2\pi}{\lambda} d_x \cos(\phi) \sin(\theta)$ ， $\Psi_y(\phi, \theta) = \frac{2\pi}{\lambda} d_y \sin(\phi) \sin(\theta)$ ，其中， d_x 表示为 x 方向上的单元间距， d_y 表示 y 方向上的单元间距。 a_x 和 a_y 分别表示子阵的在整个阵列中的 x 方向和 y 方向上的参考位置。

上行链路信道所有参数添加上标 U ，上行链路信道所有参数添加上标 D 。发射端所有参数添加上标 T ，接收端所有参数添加上标 R ，得到下行链路的接收端天线方向图为 $F^{D,R}(\phi, \theta)$ ，下行链路的发射端天线方向图为 $F^{D,T}(\phi, \theta)$ ，上行链路的接收端天线方向图为 $F^{U,R}(\phi, \theta)$ ，上行链路的发射端天线方向图为 $F^{U,T}(\phi, \theta)$ 。

步骤 S2：生成下行链路天线之间的散射体分布，包括散射体簇的数量、以及各个簇和子径的路径功率、时延、收发角度参数。

步骤 S201：考虑下行链路，计算初始时刻第 p 个发射子阵和第 q 个接收子阵之间的信道参数，其直线距离 D_{pq} ，初始莱斯因子 K_{R0} ，对于直射径，离开角的俯仰角记为 $\phi_L^{D,T}$ ，到达角的俯仰角记为 $\phi_L^{D,R}$ ，离开角的方位角记为 $\theta_L^{D,T}$ ，到达角的方位角记为 $\theta_L^{D,R}$ ；。

步骤 S202：对非直射径，首先生成簇的数量 N ，第 n 簇内总径数 M_n ，根据冯米瑟斯分布生成 N 个簇的到达角和离开角，对第 n 个簇，离开角的俯

仰角记为 $\phi_n^{D,T}$ ，到达角的俯仰角记为 $\phi_n^{D,R}$ ，离开角的方位角记为 $\theta_n^{D,T}$ ，到达角的方位角记为 $\theta_n^{D,R}$ ；

然后在每个簇内随机生成子径，子径的角度服从高斯分布；第 p 个发射子阵和第 q 个接收子阵之间的第 n 个簇内第 m 条径的时延 $\tau_{pq,m_n}^D = d_{pq,m_n}^D + \tilde{\tau}_{pq,m_n}$ ，其中， $\tilde{\tau}_{pq,m_n}$ 表示第一个散射体和最后一个散射体之间的时延，计算公式为 $\tilde{\tau}_{pq,m_n} = \tilde{d}_{pq,m_n} / c + \tau_{C,\text{link}}$ ，其中， c 为光速， $\tilde{d}_{pq,m_n}$ 为第一个散射体和最后一个散射体之间的直线距离， $\tau_{C,\text{link}}$ 为服从指数分布的随机变量。

每条径功率 P_{pq,m_n}^D 计算公式如下

$$P_{pq,m_n}^D = \exp(-\tau_{pq,m_n}^D \frac{r_\tau - 1}{r_\tau DS}) \cdot 10^{\frac{-z_n}{10}} \zeta_n(p, q)$$

其中， z_n 表示第 n 个簇的阴影衰落， DS 表示均方根时延扩展， r_τ 表示时延分布比例因子，由时延的标准差与均方根时延扩展的比值决定； $\zeta_n(p, q)$ 表示二维空间对数正态过程；

若簇内的径无法分辨，将上式中的时延 τ_{pq,m_n}^D 替换为 $\tau_{pq,n}^D$ ，并用下式计算

$$P_{pq,m_n}^D = \frac{1}{M_n} \exp(-\tau_{pq,n}^D \frac{r_\tau - 1}{r_\tau DS}) \cdot 10^{\frac{-z_n}{10}} \zeta_n(p, q)。$$

步骤 S3：根据下行链路的信道参数计算上行链路的参数，计算各条路径的收发角度：

根据可逆原理，在不考虑非对称天线配置时，上下行的路径对称，收发端互换，因此，下行链路中生成的簇的数量、子径数量不变，功率不变，角度需要进行相应变换，对直射径，包括上行链路接收俯仰角 $\phi_L^{U,R}$ ，发射俯仰角 $\phi_L^{U,T}$ ，接收方位角 $\theta_L^{U,R}$ ，发射方位角 $\theta_L^{U,T}$ ，具体由下公式计算得到

直射径：

$$\phi_L^{U,R} = \pi - \phi_L^{D,T}$$

$$\phi_L^{U,T} = \pi - \phi_L^{D,R}$$

$$\theta_L^{U,R} = \pi - \theta_L^{D,T}$$

$$\theta_L^{U,T} = \pi - \theta_L^{D,R}$$

对非直射径的第 n 个簇内第 m 条径，上行链路接收俯仰角 $\phi_{pq,m_n}^{U,R}$ ，发射俯仰角 $\phi_{pq,m_n}^{U,T}$ ，接收方位角 $\theta_{pq,m_n}^{U,R}$ ，发射方位角 $\theta_{pq,m_n}^{U,T}$ 具体由下公式计算得到：

$$\phi_{pq,m_n}^{U,R} = \pi - \phi_{pq,m_n}^{D,T}$$

$$\phi_{pq,m_n}^{U,T} = \pi - \phi_{pq,m_n}^{D,R}$$

$$\theta_{pq,m_n}^{U,R} = \pi - \theta_{pq,m_n}^{D,T}$$

$$\theta_{pq,m_n}^{U,T} = \pi - \theta_{pq,m_n}^{D,R}。$$

步骤 S4：根据上下行链路的收发天线方向图、步骤 S2 中的散射体和步骤 S3 中的路径参数生成有效散射体和有效路径；

步骤 S401：考虑上下行链路收发端的天线方向图，计算下行链路第 n 个簇内第 m 条径的总功率 P_{pq,m_n}^D 计算公式为

$$P_{pq,m_n}^D = P_{pq,m_n}^D F^{D,T}(\phi_{pq,m_n}^{D,T}, \theta_{pq,m_n}^{D,T}) F^{D,R}(\phi_{pq,m_n}^{D,R}, \theta_{pq,m_n}^{D,R})$$

上行链路第 n 个簇内第 m 条径的总功率 P_{pq,m_n}^U 计算公式为

$$P_{pq,m_n}^U = P_{pq,m_n}^U F^{U,T}(\phi_{pq,m_n}^{U,T}, \theta_{pq,m_n}^{U,T}) F^{U,R}(\phi_{pq,m_n}^{U,R}, \theta_{pq,m_n}^{U,R})$$

求得下行链路每个簇的总功率 $P_{pq,n}^D$ 计算公式为

$$P_{pq,n}^D = \left\| \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^D \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^D) \right\|$$

上行链路每个簇的总功率 $P_{pq,n}^U$ 计算公式为

$$P_{pq,n}^U = \left\| \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^U \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^U) \right\|$$

将计算后得到的簇功率和平均噪声功率做对比，大于平均噪声功率的簇则为有效簇，小于平均噪声功率的簇忽略不计，得到最后所有的有效簇的合集。

步骤 S5：计算得到最终下行链路的信道冲击响应 $H_{p,q}^D$ 如下所示：

$$H_{p,q}^D = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^D \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^D) \delta(\tau - \tau_{pq,m_n}^D)$$

上行链路的信道冲击响应如下所示

$$H_{p,q}^U = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^U \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^U) \delta(\tau - \tau_{pq,m_n}^U) \quad \circ$$

可以理解，本发明是通过一些实施例进行描述的，本领域技术人员知悉的，在不脱离本发明的精神和范围的情况下，可以对这些特征和实施例进行各种改变或等效替换。另外，在本发明的教导下，可以对这些特征和实施例进行修改以适应具体的情况及材料而不会脱离本发明的精神和范围。因此，本发明不受此处所公开的具体实施例的限制，所有落入本申请的权利要求范围内的实施例都属于本发明所保护的范围内。

权利要求书

1、一种上下行非对称信道模型参数生方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤 S1：确定上下行链路首发端的天线配置，包括天线阵列的单元数、组阵形式、子阵的排列，然后利用公式去计算收发天线子阵天线的三维方向图，上下行链路的发射功率；

步骤 S2：生成下行链路天线之间的散射体分布，包括散射体簇的数量、以及各个簇和子径的路径功率、时延、收发角度参数；

步骤 S3：根据下行链路的信道参数计算上行链路的参数，过程为坐标变换，计算上行链路各条路径的收发角度；

步骤 S4：根据步骤 S1 中上下行链路的收发天线子阵天线的三维方向图、步骤 S2 中的下行链路和步骤 S3 中上行链路的路径参数生成上下行联系的有效散射体和有效路径；

步骤 S5：计算得到最终上下行链路的信道冲击响应。

2、根据权利要求 1 所述的上下行非对称信道模型参数生方法，其特征在于，所述步骤 1 具体包括以下步骤：

获取上下行链路首发端的总天线数；所有天线由子阵排列构成，发端子阵总数为 P ，收端子阵总数为 Q ，子阵天线的三维方向计算公式为

$$F(\phi, \theta) = R(\phi, \theta)A(\phi, \theta)$$

其中， $R(\phi, \theta)$ 为天线单元的方向图， $A(\phi, \theta)$ 为阵因子， ϕ 和 θ 为俯仰角和方位角，对平面阵列，阵因子计算公式为

$$A(\phi, \theta) = \frac{1}{\sqrt{KL}} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \exp\{j(a_x + k - 1)\Psi_x(\phi, \theta) + j(a_y + l - 1)\Psi_y(\phi, \theta) - j\psi_{k,l}\}$$

其中， K 和 L 分别为天线阵列在 x 和 y 方向上的单元数量；

$\Psi_x(\phi, \theta) = \frac{2\pi}{\lambda} d_x \cos(\phi) \sin(\theta)$ ， $\Psi_y(\phi, \theta) = \frac{2\pi}{\lambda} d_y \sin(\phi) \sin(\theta)$ ，其中， d_x 表示为 x 方向

上的单元间距, d_y 表示 y 方向上的单元间距; a_x 表示子阵的在整个阵列中的 x 方向上的参考位置, a_y 表示子阵的在整个阵列中 y 方向上的参考位置; j 表示虚数单位;

上行链路信道所有参数添加上标^U, 上行链路信道所有参数添加上标^D; 发射端所有参数添加上标^T, 接收端所有参数添加上标^R, 得到下行链路的接收端天线方向图为 $F^{D,R}(\phi, \theta)$, 下行链路的发射端天线方向图为 $F^{D,T}(\phi, \theta)$, 上行链路的接收端天线方向图为 $F^{U,R}(\phi, \theta)$, 上行链路的发射端天线方向图为 $F^{U,T}(\phi, \theta)$ 。

3、根据权利要求 2 所述的上下行非对称信道模型参数生方法, 其特征在于, 所述步骤 S2 具体包括以下步骤:

步骤 S201: 考虑下行链路, 计算初始时刻第 p 个发射子阵和第 q 个接收子阵之间的信道参数, 其直线距离 D_{pq} , 初始莱斯因子 K_{R0} ;

对于直射径, 离开角的俯仰角记为 $\phi_L^{D,T}$, 到达角的俯仰角记为 $\phi_L^{D,R}$, 离开角的方位角记为 $\theta_L^{D,T}$, 到达角的方位角记为 $\theta_L^{D,R}$;

步骤 S202: 对非直射径, 首先生成簇的数量 N , 第 n 簇内总径数 M_n , 根据冯米瑟斯分布生成 N 个簇的到达角和离开角, 对第 n 个簇, 离开角的俯仰角记为 $\phi_n^{D,T}$, 到达角的俯仰角记为 $\phi_n^{D,R}$, 离开角的方位角记为 $\theta_n^{D,T}$, 到达角的方位角记为 $\theta_n^{D,R}$;

然后在每个簇内随机生成子径, 子径的角度服从高斯分布; 第 p 个发射子阵和第 q 个接收子阵之间的第 n 个簇内第 m 条径的时延表示为 τ_{pq,m_n}^D , $\tau_{pq,m_n}^D = d_{pq,m_n}^D + \tilde{\tau}_{pq,m_n}$, 其中, 上标^D表示下行链路, d_{pq,m_n}^D 表示第 p 个发射子阵和第 q 个接收子阵之间距离, $\tilde{\tau}_{pq,m_n}$ 表示第一个散射体和最后一个散射体之间的时延, 计算公式为 $\tilde{\tau}_{pq,m_n} = \tilde{d}_{pq,m_n} / c + \tau_{C,link}$, 其中, c 为光速, $\tilde{d}_{pq,m_n}$ 为第一个散射体

和最后一个散射体之间的直线距离， $\tau_{C,link}$ 为服从指数分布的随机变量；

每条径功率 P_{pq,m_n}^D 计算公式如下

$$P_{pq,m_n}^D = \exp(-\tau_{pq,m_n}^D \frac{r_\tau - 1}{r_\tau DS}) \cdot 10^{\frac{-z_n}{10}} \zeta_n(p, q)$$

其中， z_n 表示第 n 个簇的阴影衰落， DS 表示均方根时延扩展， r_τ 表示时延分布比例因子，由时延的标准差与均方根时延扩展的比值决定； $\zeta_n(p, q)$ 表示二维空间对数正态过程；

若簇内的径无法分辨，将上式中的时延 τ_{pq,m_n}^D 替换为 $\tau_{pq,n}^D$ ，并用下式计算

$$P_{pq,m_n}^D = \frac{1}{M_n} \exp(-\tau_{pq,n}^D \frac{r_\tau - 1}{r_\tau DS}) \cdot 10^{\frac{-z_n}{10}} \zeta_n(p, q)。$$

4、根据权利要求 3 所述的上下行非对称信道模型参数生方法，其特征在于，所述步骤 S3 具体包括以下步骤：

根据可逆原理，在不考虑非对称天线配置时，上下行的路径对称，收发端互换，因此，下行链路中生成的簇的数量、子径数量不变，功率不变，角度需要进行相应变换，对直射径，包括上行链路接收俯仰角 $\phi_L^{U,R}$ ，发射俯仰角 $\phi_L^{U,T}$ ，接收方位角 $\theta_L^{U,R}$ ，发射方位角 $\theta_L^{U,T}$ ，具体由下公式计算得到

直射径：

$$\phi_L^{U,R} = \pi - \phi_L^{D,T}$$

$$\phi_L^{U,T} = \pi - \phi_L^{D,R}$$

$$\theta_L^{U,R} = \pi - \theta_L^{D,T}$$

$$\theta_L^{U,T} = \pi - \theta_L^{D,R}$$

其中，

对非直射径的第 n 个簇内第 m 条径，上行链路接收俯仰角 $\phi_{pq,m_n}^{U,R}$ ，发射

俯仰角 $\phi_{pq,m_n}^{U,T}$ ，接收方位角 $\theta_{pq,m_n}^{U,R}$ ，发射方位角 $\theta_{pq,m_n}^{U,T}$ 具体由下公式计算得到：

$$\phi_{pq,m_n}^{U,R} = \pi - \phi_{pq,m_n}^{D,T}$$

$$\phi_{pq,m_n}^{U,T} = \pi - \phi_{pq,m_n}^{D,R}$$

$$\theta_{pq,m_n}^{U,R} = \pi - \theta_{pq,m_n}^{D,T}$$

$$\theta_{pq,m_n}^{U,T} = \pi - \theta_{pq,m_n}^{D,R}。$$

5、根据权利要求 4 所述的上下行非对称信道模型参数生方法，其特征在于，所述步骤 S4 具体包括以下步骤：

步骤 S401：考虑上下行链路收发端的天线方向图，计算下行链路第 n 个簇内第 m 条径的总功率 P_{pq,m_n}^D 计算公式为

$$P_{pq,m_n}^D = P_{pq,m_n}^D F^{D,T}(\phi_{pq,m_n}^{D,T}, \theta_{pq,m_n}^{D,T}) F^{D,R}(\phi_{pq,m_n}^{D,R}, \theta_{pq,m_n}^{D,R})$$

上行链路第 n 个簇内第 m 条径的总功率 P_{pq,m_n}^U 计算公式为

$$P_{pq,m_n}^U = P_{pq,m_n}^U F^{U,T}(\phi_{pq,m_n}^{U,T}, \theta_{pq,m_n}^{U,T}) F^{U,R}(\phi_{pq,m_n}^{U,R}, \theta_{pq,m_n}^{U,R})$$

求得下行链路每个簇的总功率 $P_{pq,n}^D$ 计算公式为

$$P_{pq,n}^D = \left\| \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^D \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^D) \right\|$$

上行链路每个簇的总功率 $P_{pq,n}^U$ 计算公式为

$$P_{pq,n}^U = \left\| \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^U \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^U) \right\|$$

将计算后得到的簇功率和平均噪声功率做对比，大于平均噪声功率的簇则为有效簇，小于平均噪声功率的簇忽略不计，得到最后所有的有效簇的合集。

6、根据权利要求 5 所述的上下行非对称信道模型参数生方法，其特征在于，所述步骤 S5 中计算得到最终下行链路的信道冲击响应如下所示：

$$H_{p,q}^D = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^D \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^D) \delta(\tau - \tau_{pq,m_n}^D)$$

上行链路的信道冲击响应如下所示

$$H_{p,q}^U = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{M_n} P_{pq,m_n}^U \exp(-j2\pi f \tau_{pq,m_n}^U) \delta(\tau - \tau_{pq,m_n}^U) \quad \circ$$

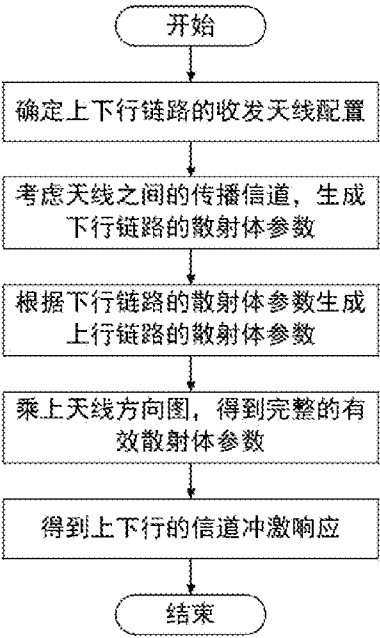


图 1

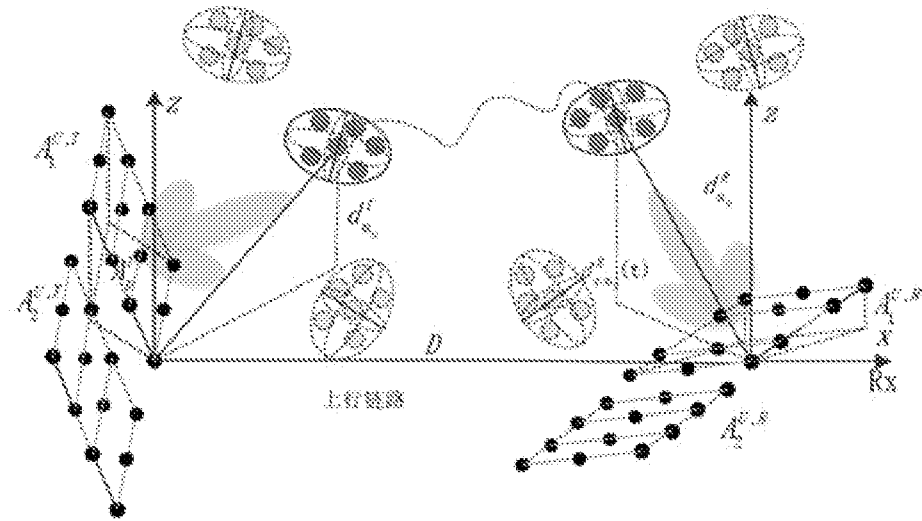


图 2

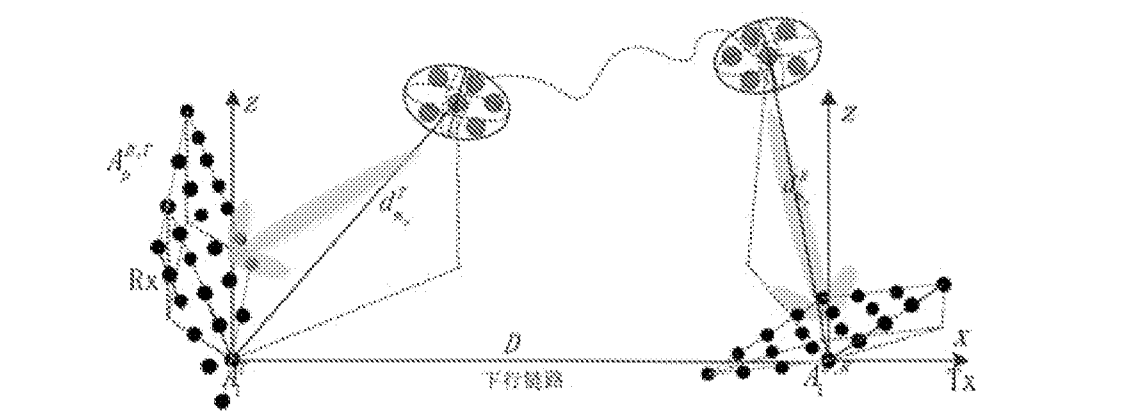


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/087703

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER 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) IPC:H04W,H04B,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) CNTXT, ENTXT, DWPI, CNKI, IEEE, arXiv: 非对称, 信道, 模型, 建模, 上行, 下行, 上下行, 方向图, 散射体, 路径, 信道冲激响应, uplink, downlink, asymmetric, channel, model, scatterer, path, channel impulse response, CIR																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 114726464 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 08 July 2022 (2022-07-08) claims 1-6</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>WANG, Jun et al. "6G Asymmetric Channel Modeling and Statistical Properties Analysis" <i>ICC 2022-IEEE International Conference on Communications</i>, 11 August 2022 (2022-08-11), sections 1-3</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113364544 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 September 2021 (2021-09-07) description, paragraphs [0096]-[0117]</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113992290 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 28 January 2022 (2022-01-28) entire document</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017019154 A1 (SPIRENT COMMUNICATIONS, INC.) 19 January 2017 (2017-01-19) entire document</td> <td>1-6</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	PX	CN 114726464 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 08 July 2022 (2022-07-08) claims 1-6	1-6	PX	WANG, Jun et al. "6G Asymmetric Channel Modeling and Statistical Properties Analysis" <i>ICC 2022-IEEE International Conference on Communications</i> , 11 August 2022 (2022-08-11), sections 1-3	1-6	A	CN 113364544 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 September 2021 (2021-09-07) description, paragraphs [0096]-[0117]	1-6	A	CN 113992290 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 28 January 2022 (2022-01-28) entire document	1-6	A	US 2017019154 A1 (SPIRENT COMMUNICATIONS, INC.) 19 January 2017 (2017-01-19) entire document	1-6
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
PX	CN 114726464 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 08 July 2022 (2022-07-08) claims 1-6	1-6																		
PX	WANG, Jun et al. "6G Asymmetric Channel Modeling and Statistical Properties Analysis" <i>ICC 2022-IEEE International Conference on Communications</i> , 11 August 2022 (2022-08-11), sections 1-3	1-6																		
A	CN 113364544 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 September 2021 (2021-09-07) description, paragraphs [0096]-[0117]	1-6																		
A	CN 113992290 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 28 January 2022 (2022-01-28) entire document	1-6																		
A	US 2017019154 A1 (SPIRENT COMMUNICATIONS, INC.) 19 January 2017 (2017-01-19) entire document	1-6																		
☒ 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 "&" document member of the same patent family																				
Date of the actual completion of the international search 13 June 2023		Date of mailing of the international search report 21 June 2023																		
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.																		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/087703

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MAO, Kai et al. "Machine Learning-Based 3D Channel Modeling for U2V mmWave Communications" <i>IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS & PROPAGATION</i> , 05 September 2021 (2021-09-05), entire document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/087703

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	114726464	A	08 July 2022	None	
CN	113364544	A	07 September 2021	None	
CN	113992290	A	28 January 2022	None	
US	2017019154	A1	19 January 2017	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/087703

A. 主题的分类 H04B 17/391 (2015.01) 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: H04W, H04B, H04Q 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)) CNTXT, ENTXT, DWPI, CNKI, IEEE, arXiv: 非对称, 信道, 模型, 建模, 上行, 下行, 上下行, 方向图, 散射体, 路径, 信道冲激响应, uplink, downlink, asymmetric, channel, model, scatterer, path, channel impulse response, CIR		
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
PX	CN 114726464 A (东南大学) 2022年7月8日 (2022 - 07 - 08) 权利要求1-6	1-6
PX	WANG, Jun 等. "6G Asymmetric Channel Modeling and Statistical Properties Analysis" ICC 2022 - IEEE International Conference on Communications, 2022年8月11日 (2022 - 08 - 11), 第1-3小节	1-6
A	CN 113364544 A (北京理工大学) 2021年9月7日 (2021 - 09 - 07) 说明书第[0096]-[0117]段	1-6
A	CN 113992290 A (东南大学) 2022年1月28日 (2022 - 01 - 28) 全文	1-6
A	US 2017019154 A1 (SPIRENT COMMUNICATIONS, INC.) 2017年1月19日 (2017 - 01 - 19) 全文	1-6
☒ 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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 2023年6月13日		国际检索报告邮寄日期 2023年6月21日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 黄欣欣 电话号码 (+86) 010-53961641

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	MAO, Kai 等. "Machine Learning-Based 3D Channel Modeling for U2V mmWave Co- mmunications" IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS & PROPAGATION, 2021年9月5日 (2021 - 09 - 05), 全文	1-6

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/087703

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	114726464	A	2022年7月8日	无	
CN	113364544	A	2021年9月7日	无	
CN	113992290	A	2022年1月28日	无	
US	2017019154	A1	2017年1月19日	无	