(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 6 月 8 日 (08.06.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/097989 A1

(51) 国际专利分类号:
H04W 12/02 (2009.01) *H04B 7/06* (2006.01)
H04W 16/28 (2009.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/093704

(22) 国际申请日: 2022 年 5 月 18 日 (18.05.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111452909.7 2021年12月1日 (01.12.2021) CN

(71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区浙大路38号, Zhejiang 310027 (CN)。

(72) 发明人: 张嘉瑀 (ZHANG, Jiayu); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路38号, Zhejiang 310027 (CN)。 李旻 (LI, Min); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路38号, Zhejiang 310027 (CN)。 赵民建 (ZHAO, Minjian); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路38号, Zhejiang 310027 (CN)。 刘永城 (LIU, Yongcheng); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路38号, Zhejiang 310027 (CN)。 李立言 (LI, Liyan); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路38号, Zhejiang 310027 (CN)。 王婵 (WANG, Chan); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路38号, Zhejiang 310027 (CN)。 雷鸣 (LEI, Ming); 中国浙江省杭州市西湖区浙大路38号, Zhejiang 310027 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区北洼路45号1号楼2层201, Beijing 100142 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS,

(54) **Title:** DOWNLINK MULTI-USER BEAM ALIGNMENT AND DATA TRANSMISSION METHOD FOR MILLIMETER-WAVE COVERT COMMUNICATION

(54) **发明名称:** 毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法

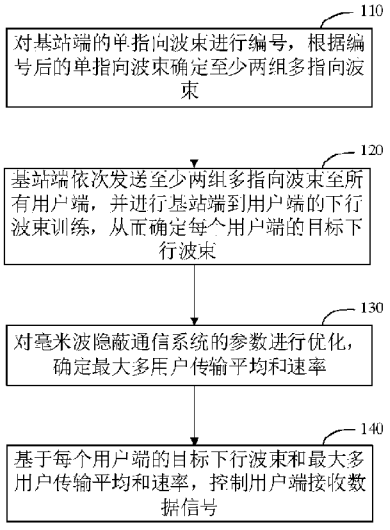


图 1

110 Number unidirectional beams of a base station end, and determine at least two groups of multi-directional beams according to the numbered unidirectional beams

120 The base station end sequentially sends the at least two groups of multi-directional beams to all user ends, and performs downlink beam training from the base station end to the user ends, so as to determine a target downlink beam of each user end

130 Optimize parameters of a millimeter-wave covert communication system, and determine the maximum multi-user transmission average sum rate

140 On the basis of the target downlink beam of each user end and the maximum multi-user transmission average sum rate, control the user end to receive a data signal

(57) **Abstract:** Provided is a downlink multi-user beam alignment and data transmission method for millimeter-wave covert communication. The method comprises: numbering unidirectional beams of a base station end, and determining at least two groups of multi-directional beams according to the numbered unidirectional beams; the base station end sequentially sending the at least two groups of multi-directional beams to all user ends, and performing downlink beam training from the base station end to the user ends, so as to determine a target downlink beam of each user end; optimizing parameters of a millimeter-wave covert communication system, and determining the maximum multi-user transmission average sum rate; and on the basis of the target downlink beam of each user end and the maximum multi-user transmission average sum rate, controlling the user end to receive a data signal.

WO 2023/097989 A1

[见续页]

IT, JM, 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, 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, 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))。

(57) 摘要：提供了一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法，包括：对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。

毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为202111452909.7、申请日为2021年12月1日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

本公开涉及无线通信技术领域，具体涉及一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法、装置、电子设备、非瞬时计算机可读存储介质、计算机程序产品和计算机程序。

背景技术

随着无线通信技术的高速发展，安全和隐私需求逐渐受到人们的广泛关注。传统基于密码学的安全机制开始受到越来越严峻的考验，已经无法满足所有级别下的安全需求。隐蔽通信，也被称之为低截获通信开始成为无线系统的一种安全新范式。与传统的物理层安全相比，隐蔽通信旨在隐藏通信的过程，使信息传输的行为不受到窃听者的注意，因此不单可以保证信息内容不被截获，还可以防止因通信过程被发现而造成的位置暴露、遭受干扰等不利情况发生，从而达到更严格意义上的安全。

相比于传统低频断来说，毫米波频段对于隐蔽通信具有巨大的优越性。毫米波充足的频谱资源可以极大地补偿隐蔽通信单位频谱传输速率低的固有缺陷，同时毫米波天然的方向性传输特点还使得通信过程在空间上拥有高隐蔽特性。然而，在这些优点之外，毫米波高路径衰减和稀疏散射的特性又给传输链路的建立过程带来新的挑战。为了应对这一挑战，毫米波波束对准这一技术受到了广泛的研究和应用。毫米波波束对准针对性地利用了这一频段信道稀疏、方向性传输的特性，可以在没有任何先验条件的情况下通过波束扫描的方式高效准确地建立初始链路，利用大规模天线带来的波束增益对抗强路径损耗。但是，在波束对准过程中，波束空间扫描会带来信号的泄露，很大程度上会增大系统被窃听者检测到的概率。因此，在毫米波隐蔽通信系统中，波束训练策略的设计至关重要。此外，当应用到多用户系统中时，还需要考虑波束对准策略可以同时满足多个用户的对准需求，从而减少因多用户时分带来的训练资源浪费。

发明内容

本公开旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

为此，本公开实施例提出了一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法，主要目的在于通过提出一种新的波束训练方法，解决目前波束训练方法被窃听者检测到的概率大，因多用户时分带来的训练资源多的技术问题。

为达到上述目的，本公开第一方面实施例提出的一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法，包括：

对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；

基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；

对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；

基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。

在本公开的实施例中，所述对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束，包括：

对基站端的单指向波束进行十进制编号，并确定每个单指向波束的十进制编号的二进制编号；

将所述二进制编号中同位为 1 的单指向波束进行组合，得到至少两组多指向波束。

在本公开的实施例中，所述基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束，包括：

基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，确定每个用户端每次的匹配滤波输出；

在匹配滤波输出不小于阈值的情况下，则将匹配滤波结果记为 1；在匹配滤波输出小于阈值的情况下，则将匹配滤波结果记为 0；

基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端结束后，根据发送顺序，将任一用户端确定的所有匹配滤波结果组合为二进制编号；

选择与用户端确定的所有匹配滤波结果组合的二进制编号相同的单指向波

束作为用户端的目标下行波束。

在本公开的实施例中，所述基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，确定每个用户端每次的匹配滤波输出，包括：

基站端每次发送多指向波束至所有用户端时，基站端发送预设数量的导频序列；

确定每个用户端接收到的导频序列对应的观测信号的方向的组合；

根据观测信号的方向的组合确定对应的用户端的匹配滤波输出。

在本公开的实施例中，所述对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率，包括：

确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化目标函数和约束条件；

根据所述优化目标函数和约束条件确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化问题；

基于迭代算法对所述优化问题进行求解，确定最大多用户传输平均和速率。

在本公开的实施例中，所述确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化目标函数和约束条件，包括：

确定每个用户端的目标下行波束的对准概率，根据所述对准概率确定每个用户端的传输平均和速率；

根据每个用户端的传输平均和速率确定所述优化目标函数；

根据基站端发送信号和不发送信号时窃听者接收到的信号序列的相对熵确定系统隐蔽性等级；

根据所述系统隐蔽性等级确定所述约束条件。

在本公开的实施例中，根据下式确定系统隐蔽性等级：

$$\mathcal{D}(\mathbb{P}_0||\mathbb{P}_1) = n_a\left[\ln(1+\xi_1) - \frac{\xi_1}{1+\xi_1}\right] + (n-n_a)\left[\ln(1+\xi_2) - \frac{\xi_2}{1+\xi_2}\right] \leq 2\epsilon^2$$

$$\xi_1 = |\gamma_{aw}|^2 P_a/{\sigma_w}^2$$

$$\xi_2 = |\gamma_{aw}|^2 P_d/{\sigma_w}^2$$

其中，$|\gamma_{aw}|^2$为窃听者到基站的路径衰减，${\sigma_w}^2$为窃听者接收噪声方差，ϵ为系统隐蔽性等级。

在本公开的实施例中，所述基于迭代算法对所述优化问题进行求解，确定最大多用户传输平均和速率，包括：

采用拉格朗日乘子法将所述优化问题转化为原问题和对偶问题；

基于迭代算法对对偶变量和原变量进行更新，得到更新后的对偶变量和更新后的原变量；

根据更新后的对偶变量和更新后的原变量，确定更新后的多用户传输平均和速率；

在更新后的多用户传输平均和速率与更新前的多用户传输平均和速率的差值小于预设阈值的情况下，或者迭代次数达到上限的情况下，则停止迭代算法并输出更新后的多用户传输平均和速率。

在本公开的实施例中，所述基于迭代算法对对偶变量和原变量进行更新，得到更新后的对偶变量和更新后的原变量，包括：

基于梯度下降算法对对偶变量进行更新；

基于非穷尽块坐标下降方法，将原问题拆分为至少两个子问题，每个子问题中只有一种优化变量；

基于连续凸近似方法，将所述子问题转化为凸问题，对所述凸问题进行求解，从而得到更新后的优化变量；

根据所述更新后的优化变量确定更新后的原变量。

为达到上述目的，本公开第二方面实施例提出的一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输装置，包括：

构建模块，用于对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；

判决模块，用于基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；

优化模块，用于对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；

传输模块，用于基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。

为达到上述目的，本公开第三方面实施例提出一种电子设备，包括：至少一个处理器；和与所述至少一个处理器通信连接的存储器；其中所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令，所述指令被所述至少一个处理器执行，以使所述至少一个处理器能够执行如本公开第一方面任一实施例中所述的方法。

为达到上述目的，本公开第四方面实施例提出了一种存储有计算机指令的非瞬时计算机可读存储介质，其中所述计算机指令用于使所述计算机执行如本公开第一方面任一实施例中所述的方法。

为达到上述目的，本公开第五方面实施例提出一种计算机程序产品，其中

所述计算机程序产品中包括计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，实现如本公开第一方面任一实施例中所述的方法。

为达到上述目的，本公开第六方面实施例提出一种计算机程序，其中所述计算机程序包括计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行如本公开第一方面任一实施例中所述的方法。

综上，本公开实施例提供的技术方案至少带来以下有益效果：

1） 通过单指向波束根据编码组合成多指向波束，降低了下行波束训练时的导频符号开销，压缩了下行波束训练时的波束增益；

2） 通过提出一种新的波束训练方法，可以在保持毫米波隐蔽通信系统优异对准性能的同时，增加下行波束训练过程的隐蔽性能；同时，无需根据用户端的反馈控制下行波束训练过程，因此可以满足多用户同时对准。

3） 通过根据不同的信道、环境条件，计算得到最优的系统关键参数，从而指导系统的最佳部署。

本公开附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本公开的实践了解到。

附图说明

本公开上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 为本公开实施例所提供的一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法的流程图；

图 2 为本公开实施例所提供的下行的多用户毫米波隐蔽通信场景的示意图；

图 3 为本公开实施例所提供的下行波束训练的流程示意图；

图 4 为本公开实施例所提供的误对准率曲线的示意图；

图 5 为本公开实施例所提供的多用户毫米波隐蔽通信的平均和速率曲线的示意图；

图 6 为本公开实施例所提供的最优关键参数曲线的示意图；

图 7 为本公开实施例所提供的一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输装置的结构示意图。

具体实施方式

下面详细描述本公开的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本公开，而不能理解为对本公开的限制。相反，本公开的实施例包括落入所附加权利要求书的精神和内涵范围内的所有变化、修改和等同物。

需要说明的是，在毫米波隐蔽通信系统中，直接套用应用于相关技术中的不带隐蔽要求的波束训练策略将难以良好地匹配系统的隐蔽需求，影响系统的整体通信性能。例如，遍历搜索策略由于其使用窄波束进行空间波束扫描，拥有非常高的波束增益，当训练波束对准窃听者时，窃听者会接收到远超其他时刻的能量，这将会使窃听者非常容易辨别通信过程的发生，从而降低系统的隐蔽性能。

在一些实施例中，现有的对准策略例如二分法，需要用户在训练过程中根据其接收信号做出多次反馈，基站再根据反馈调整下一轮训练需要发送波束，这就势必需要多用户时分训练。其带来的不良影响是随着用户数量的增加，系统对训练导频数量的需求等比例上升，大大影响了训练和数据传输的效率。

下面结合具体的实施例对本公开进行详细说明。

图 1 为本公开实施例所提供的一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法的流程图。

如图 1 所示，本公开实施例提供的一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法，包括以下步骤：

步骤 110，对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；

步骤 120，基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；

步骤 130，对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；

步骤 140，基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。

在本公开实施例中，对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束，包括：

对基站端的单指向波束进行十进制编号，并确定每个单指向波束的十进制

编号的二进制编号；

将二进制编号中同位为 1 的单指向波束进行组合，得到至少两组多指向波束。

具体的，将基站端的单指向波束从 1 到l_a进行十进制编号，并将每个单指向波束的十进制编号进行 M 位的二进制映射，其中$M = \lceil \log_2 l_a \rceil$，$\lceil \cdot \rceil$表示向上取整。将二进制编号中同位为 1 的单指向波束组合成 M 组多指向波束。

进一步的，根据每个单指向波束的二进制编号进行组合，令二进制编号同位为 1，即$\mathcal{W}_i = \{l_a : \mathbf{B}_{l_a}[i] = 1\}$，根据下式确定第 i 个多指向波束：

$$w_i = \alpha_i \sum_{l_a \in \mathcal{W}_i} \bar{w}_{l_a}, i \in [1:M]$$

$$\alpha_i = 1 / \left\| \sum_{l_a \in \mathcal{W}_i} \bar{w}_{l_a} \right\|$$

其中，$\bar{w}_{l_a}$为第l_a个单指向波束，α_i为归一化因子。

具体的，对基站端的单指向波束进行编号这一过程提前离线完成，并作为已知信息提前共享给所有用户波束的映射关系。

在本公开实施例中，基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束，包括：

基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，确定每个用户端每次的匹配滤波输出；

在匹配滤波输出不小于阈值的情况下，则将匹配滤波结果记为 1；在匹配滤波输出小于阈值的情况下，则将匹配滤波结果记为 0；

基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端结束后，根据发送顺序，将任一用户端确定的所有匹配滤波结果组合为二进制编号；

选择与用户端确定的所有匹配滤波结果组合的二进制编号相同的单指向波束作为用户端的目标下行波束。

具体的，选择与用户端确定的所有匹配滤波结果组合的二进制编号相同的单指向波束作为用户端的目标下行波束时，将所述用户端的目标下行波束反馈给基站端。

具体的，用户端的目标下行波束为最大接收功率的单指向波束。

在本公开实施例中，基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，确定每个用户端每次的匹配滤波输出，包括：

基站端每次发送多指向波束至所有用户端时，基站端发送预设数量的导频序列；

确定每个用户端接收到的导频序列对应的观测信号的方向的组合；

根据观测信号的方向的组合确定对应的用户端的匹配滤波输出。

具体的，用户端按照提前同步好的符号时间，依次接收基站端发送的导频序列。

在本公开实施例中，对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率，包括：

确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化目标函数和约束条件；

根据优化目标函数和约束条件确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化问题；

基于迭代算法对优化问题进行求解，确定最大多用户传输平均和速率。

在本公开实施例中，确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化目标函数和约束条件，包括：

确定每个用户端的目标下行波束的对准概率，根据对准概率确定每个用户端的传输平均和速率；

根据每个用户端的传输平均和速率确定优化目标函数；

根据基站端发送信号和不发送信号时窃听者接收到的信号序列的相对熵确定系统隐蔽性等级；

根据系统隐蔽性等级确定约束条件。

具体的，基于用户端的匹配滤波结果的统计特性，确定每个用户端的目标下行波束的对准概率；在有限码长的传输帧结构上考虑波束对准开销对通信速率的折扣，再利用对准概率构建每个用户平均的数据传输速率。

进一步的，根据下式确定每个用户端的传输平均和速率：

$$\bar{T} = \sum_{k=1}^{K} \bar{T}_k$$

$$\bar{T}_k = (1 - \frac{n_a}{n})\log\left(1 + \frac{\frac{P_d}{K} L_a |\gamma_{ak}|^2}{{\sigma_k}^2}\right) p_{\text{align}}^k(P_a, n_a)$$

其中，K 为用户端的数量，$\bar{T}_k$为每个用户端的传输平均和速率，n为一帧的符号总数即帧长，$|\gamma_{ak}|^2$为用户到基站的路径衰减，${\sigma_k}^2$为用户噪声方差，P_a为波束对准功率，P_d为数据传输功率，n_a为训练所用符号总数。

在本公开实施例中，根据下式确定系统隐蔽性等级：

$$\mathcal{D}(\mathbb{P}_0||\mathbb{P}_1) = n_a\left[\ln(1+\xi_1) - \frac{\xi_1}{1+\xi_1}\right] + (n-n_a)\left[\ln(1+\xi_2) - \frac{\xi_2}{1+\xi_2}\right] \le 2\epsilon^2$$

$$\xi_1 = |\gamma_{aw}|^2 P_a/{\sigma_w}^2$$

$$\xi_2 = |\gamma_{aw}|^2 P_d/{\sigma_w}^2$$

其中，$|\gamma_{aw}|^2$为窃听者到基站的路径衰减，${\sigma_w}^2$为窃听者接收噪声方差，ϵ为系统隐蔽性等级。

具体的，利用二进制检测的判决方式作为窃听者判决通信过程是否存在的性能衡量标准，并以此作为系统的隐蔽性能约束。

在本公开实施例中，基于迭代算法对优化问题进行求解，确定最大多用户传输平均和速率，包括：

采用拉格朗日乘子法将优化问题转化为原问题和对偶问题；

基于迭代算法对对偶变量和原变量进行更新，得到更新后的对偶变量和更新后的原变量；

根据更新后的对偶变量和更新后的原变量，确定更新后的多用户传输平均和速率；

在更新后的多用户传输平均和速率与更新前的多用户传输平均和速率的差值小于预设阈值的情况下，或者迭代次数达到上限的情况下，则停止迭代算法并输出更新后的多用户传输平均和速率。

具体的，根据下式确定优化问题：

$$\max_{P_a,P_d,n_a} \bar{T} = \sum_{k=1}^{K} \bar{T}_k$$

$$\text{s.t. } \mathcal{D}(\mathbb{P}_0||\mathbb{P}_1) \le 2\epsilon^2$$

采用拉格朗日乘子法将优化问题转化为原问题和对偶问题，分别表示如下：

$$\mathcal{L}(\boldsymbol{\theta}, v) = \bar{T}(\boldsymbol{\theta}) - v(\mathcal{D}(\mathbb{P}_0||\mathbb{P}_1) - 2\epsilon^2)$$

$$h(v) = \max_{\boldsymbol{\theta}} \mathcal{L}(\boldsymbol{\theta}, v)$$

其中，$\boldsymbol{\theta} \triangleq [P_a, P_d, n_a]^T$为原变量，$v$为对偶变量。

在本公开实施例中，基于迭代算法对对偶变量和原变量进行更新，得到更新后的对偶变量和更新后的原变量，包括：

基于梯度下降算法对对偶变量进行更新；

基于非穷尽块坐标下降方法，将原问题拆分为至少两个子问题，每个子问题中只有一种优化变量；

基于连续凸近似方法，将子问题转化为凸问题，对凸问题进行求解，从而得到更新后的优化变量；

根据更新后的优化变量确定更新后的原变量。

具体的，根据下式对对偶变量进行更新：

$$\nu^{t+1} = [\nu^t + \eta^t(\mathcal{D}(\mathbb{P}_0||\mathbb{P}_1) - 2\epsilon^2)]_+$$

其中，t为迭代更新次数，$[\cdot]_+$表示非负保护，η^t为更新步长。

具体的，基于非穷尽块坐标下降方法，将原问题拆分为三个分别只关于P_a, P_d, n_a解耦的子问题，对每个子问题采用连续凸近似方法转化为凸问题，最后利用凸优化工具包 CVX 进行求解，得到更新后的原变量$(P_a^{t+1}, P_d^{t+1}, n_a^{t+1})$。

以一种场景举例，确定一个下行的多用户毫米波隐蔽通信场景，其中，基站（BS）配备有$N_a = 32$根天线，并配备一个具有$L_a = 32$的单指向波束的码本。毫米波系统工作在 73GHz 频段，带宽为 100MHz。每帧包括波束训练和数据传输阶段，共有 2048 个符号。考虑 K 个同构用户，每个用户波束增益前的归一化信噪比$|\gamma_{ak}|^2/{\sigma_k}^2$为-3dB，窃听者波束增益前的归一化信噪比$|\gamma_{aw}|^2/{\sigma_w}^2$为-12dB。基站需要在一定隐蔽约束条件下，与 K 个用户同时完成波束训练过程，并选择相应的波束与用户完成数据传输，如图 2 所示。本公开实施例提供的下行多用户数据传输方法，具体包括以下步骤：

步骤 210，对基站所有的单指向波束进行编号。首先，基站采用 8 个单指向波束的码本，将这 8 个单指向波束按中心角从 0°到 180°依次编号并一一映射。如图 3 所示，其中，波束编号二进制映射将每个单指向波束$\bar{\mathbf{w}}_{l_a}$进行二进制编号映射，得到 3 位的二进制编号$\mathbf{B}_{l_a}$。

步骤 220，基站端按二进制编号的每一位进行波束组合。如图 3 所示，$\mathbf{B}_{l_a}$共 3 位，选择所有第一位为 1 的单指向波束组合成一个多指向波束，组合方式如下：

$$w_1 = \alpha_1 \sum_{l_a \in \mathcal{W}_1} \bar{w}_{l_a},$$

其中$\alpha_i = 1/\left\|\sum_{l_a \in \mathcal{W}_1} \bar{w}_{l_a}\right\|$为归一化系数。同理可以组合得到$w_2$，$w_3$。

步骤 230，基站依次发送w_1，w_2，w_3，每次持续相同的符号数量，三次共发送n_a个导频序列，发送功率为P_a。每个用户端按照提前同步好的符号时间，依次接收 3 组多指向波束对应的导频序列，分别计算 3 组的匹配滤波输出，如图 3 所示，匹配滤波输出分别为$\left|\tilde{y}_{1,k}^{\mathrm{p}}\right|^2$，$\left|\tilde{y}_{2,k}^{\mathrm{p}}\right|^2$，$\left|\tilde{y}_{3,k}^{\mathrm{p}}\right|^2$。

步骤 240，用户端根据接收到的 3 组匹配滤波输出判断接收功率最大的单指向波束为 8 个中的哪一个。具体的，每个用户分别将$\left|\tilde{y}_{1,k}^{\mathrm{p}}\right|^2$，$\left|\tilde{y}_{2,k}^{\mathrm{p}}\right|^2$，$\left|\tilde{y}_{3,k}^{\mathrm{p}}\right|^2$与

阈值τ比较，若不小于阈值则记 1，反之记 0。然后将 3 次的结果按位组合成一个新的二进制编号$\hat{\mathbf{B}}$。该二进制编号对应该用户端的目标下行波束的二进制编号。

步骤 250，基站端根据所有 K 个用户端反馈的目标下行波束的二进制编号，确定数据传输时的波束组合，组合方式如下：

$$w_d = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k=1}^{K} w_{opt,k}$$

步骤 260，对系统参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率，最大多用户传输平均和速率包括波束对准功率P_a、数据传输功率P_d以及训练所用符号总数n_a。

步骤 270，基站端按波束w_d发送数据给每个用户，数据传输功率为P_d，数据传输符号总数为$n - n_a$。

具体的，为了更加清楚地说明本公开实施例提出的方法的技术效果，本公开实施例计算了以下三种性能曲线：

第一种性能曲线，误对准率曲线，如图 4 所示，其中，即使不考虑隐蔽性能约束，本公开实施例提出的方法（CMBTS）均优于传统时分的 HS 训练策略，且随着用户数量的上升，差距越来越显著。

第二种性能曲线，多用户毫米波隐蔽通信的平均和速率曲线，如图 5 所示，其中，本公开实施例提出的方法（CMBTS）得到的平均和速率均高于 HS 方法，且随着用户数量的上升，差距越来越显著。

第三种性能曲线，最优关键参数曲线，如图 6 所示，其中，最优关键参数包括波束对准功率P_a、数据传输功率P_d以及训练所用符号总数n_a。随着隐蔽性等级的降低即随着ϵ的增大，系统最优波束对准功率和数据传输功率均上升，训练所需的最优训练所用符号总数下降。

综上，本公开实施例提出的方法，通过对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。本公开通过单指向波束根据编码组合成多指向波束，降低了下行波束训练时的导频符号开销，压缩了下行波束训练时的波束增益；通过提出一种新的波束训练方法，可以在保持毫米波隐蔽通信

系统优异对准性能的同时，增加下行波束训练过程的隐蔽性能；同时，无需根据用户端的反馈控制下行波束训练过程，因此可以满足多用户同时对准；其次，可以通过根据不同的信道、环境条件，计算得到最优的系统关键参数，从而指导系统的最佳部署。

为了实现上述实施例，本公开实施例还提出一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输装置。

图 7 为本公开实施例提供的一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输装置的结构示意图。

如图 7 所示，一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输装置，包括：

构建模块 710，用于对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；

判决模块 720，用于基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；

优化模块 730，用于对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；

传输模块 740，用于基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。

综上，本公开实施例提出的装置，通过构建模块对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；判决模块通过基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；优化模块对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；传输模块基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。本公开通过单指向波束根据编码组合成多指向波束，降低了下行波束训练时的导频符号开销，压缩了下行波束训练时的波束增益；通过提出一种新的波束训练方法，可以在保持毫米波隐蔽通信系统优异对准性能的同时，增加下行波束训练过程的隐蔽性能；同时，无需根据用户端的反馈控制下行波束训练过程，因此可以满足多用户同时对准；其次，可以通过根据不同的信道、环境条件，计算得到最优的系统关键参数，从而指导系统的最佳部署。

为了实现上述实施例，本公开实施例还提出一种电子设备，包括：存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，处理器执行程序

时，实现如本公开前述实施例提出的毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法。

为了实现上述实施例，本公开实施例还提出一种非临时性计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该程序被处理器执行时实现如本公开前述实施例提出的毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法。

为了实现上述实施例，本公开实施例还提出一种计算机程序产品，当计算机程序产品中的指令处理器执行时，执行如本公开前述实施例提出的毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法。

为了实现上述实施例，本公开实施例还提出一种计算机程序，其中该计算机程序包括计算机程序代码，当该计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行如本公开前述实施例提出的毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法。

需要说明的是，前述对毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法实施例的解释说明也适用于上述实施例中的毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输装置、电子设备、非瞬时计算机可读存储介质、计算机程序产品和计算机程序，此处不再赘述。

需要说明的是，在本公开的描述中，术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。此外，在本公开的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为，表示包括一个或更多个用于实现特定逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分，并且本公开的优选实施方式的范围包括另外的实现，其中可以不按所示出或讨论的顺序，包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序，来执行功能，这应被本公开的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

应当理解，本公开的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中，多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如，如果用硬件来实现，和在另一实施方式中一样，可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现：具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路，具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路，可编程门阵列（PGA），现场可编程门阵列（FPGA）等。

本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，该程序在执行时，包括方法实施例的步骤之一或其组合。

此外，在本公开各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。

上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本公开的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

尽管上面已经示出和描述了本公开的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本公开的限制，本领域的普通技术人员在本公开的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输方法，其特征在于，所述方法包括：

对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；

基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；

对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；

基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束，包括：

对基站端的单指向波束进行十进制编号，并确定每个单指向波束的十进制编号的二进制编号；

将所述二进制编号中同位为 1 的单指向波束进行组合，得到至少两组多指向波束。

3、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束，包括：

基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，确定每个用户端每次的匹配滤波输出；

在匹配滤波输出不小于阈值的情况下，则将匹配滤波结果记为 1；在匹配滤波输出小于阈值的情况下，则将匹配滤波结果记为 0；

基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端结束后，根据发送顺序，将任一用户端确定的所有匹配滤波结果组合为二进制编号；

选择与用户端确定的所有匹配滤波结果组合的二进制编号相同的单指向波束作为用户端的目标下行波束。

4、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，确定每个用户端每次的匹配滤波输出，包括：

响应于基站端每次发送多指向波束至所有用户端，基站端发送预设数量的导频序列；

确定每个用户端接收到的导频序列对应的观测信号的方向的组合；

根据观测信号的方向的组合确定对应的用户端的匹配滤波输出。

5、如权利要求 1 至 4 中任一项所述的方法，其特征在于，所述对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率，包括：

确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化目标函数和约束条件；

根据所述优化目标函数和约束条件确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化问题；

基于迭代算法对所述优化问题进行求解，确定最大多用户传输平均和速率。

6、如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述确定有限帧长下毫米波隐蔽通信系统的优化目标函数和约束条件，包括：

确定每个用户端的目标下行波束的对准概率，根据所述对准概率确定每个用户端的传输平均和速率；

根据每个用户端的传输平均和速率确定所述优化目标函数；

根据基站端发送信号和不发送信号时窃听者接收到的信号序列的相对熵确定系统隐蔽性等级；

根据所述系统隐蔽性等级确定所述约束条件。

7、如权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法，其特征在于，根据下式确定系统隐蔽性等级：

$$\mathcal{D}(\mathbb{P}_0||\mathbb{P}_1) = n_a\left[\ln(1+\xi_1) - \frac{\xi_1}{1+\xi_1}\right] + (n-n_a)\left[\ln(1+\xi_2) - \frac{\xi_2}{1+\xi_2}\right] \leq 2\epsilon^2$$

$$\xi_1 = |\gamma_{aw}|^2 P_a/{\sigma_w}^2$$

$$\xi_2 = |\gamma_{aw}|^2 P_d/{\sigma_w}^2$$

其中，$|\gamma_{aw}|^2$为窃听者到基站的路径衰减，${\sigma_w}^2$为窃听者接收噪声方差，ϵ为系统隐蔽性等级。

8、如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述基于迭代算法对所述优化问题进行求解，确定最大多用户传输平均和速率，包括：

采用拉格朗日乘子法将所述优化问题转化为原问题和对偶问题；

基于迭代算法对对偶变量和原变量进行更新，得到更新后的对偶变量和更新后的原变量；

根据更新后的对偶变量和更新后的原变量，确定更新后的多用户传输平均和速率；

在更新后的多用户传输平均和速率与更新前的多用户传输平均和速率的差值小于预设阈值的情况下，或者迭代次数达到上限的情况下，则停止迭代算法

并输出更新后的多用户传输平均和速率。

9、如权利要求 1 至 8 中任一项所述的方法，其特征在于，所述基于迭代算法对对偶变量和原变量进行更新，得到更新后的对偶变量和更新后的原变量，包括：

基于梯度下降算法对对偶变量进行更新；

基于非穷尽块坐标下降方法，将原问题拆分为至少两个子问题，每个子问题中只有一种优化变量；

基于连续凸近似方法，将所述子问题转化为凸问题，对所述凸问题进行求解，从而得到更新后的优化变量；

根据所述更新后的优化变量确定更新后的原变量。

10、一种毫米波隐蔽通信的下行多用户波束对准和数据传输装置，其特征在于，所述装置包括：

构建模块，用于对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束；

判决模块，用于基站端依次发送所述至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束；

优化模块，用于对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率；

传输模块，用于基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号。

11、一种电子设备，包括：

至少一个处理器；和

与所述至少一个处理器通信连接的存储器；其特征在于，

所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令，所述指令被所述至少一个处理器执行，以使所述至少一个处理器能够执行权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法。

12、一种存储有计算机指令的非瞬时计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机指令用于使所述计算机执行权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法。

13、一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品中包括计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，实现如权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法。

14、一种计算机程序，其特征在于，所述计算机程序包括计算机程序代码，

当所述计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行如权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法。

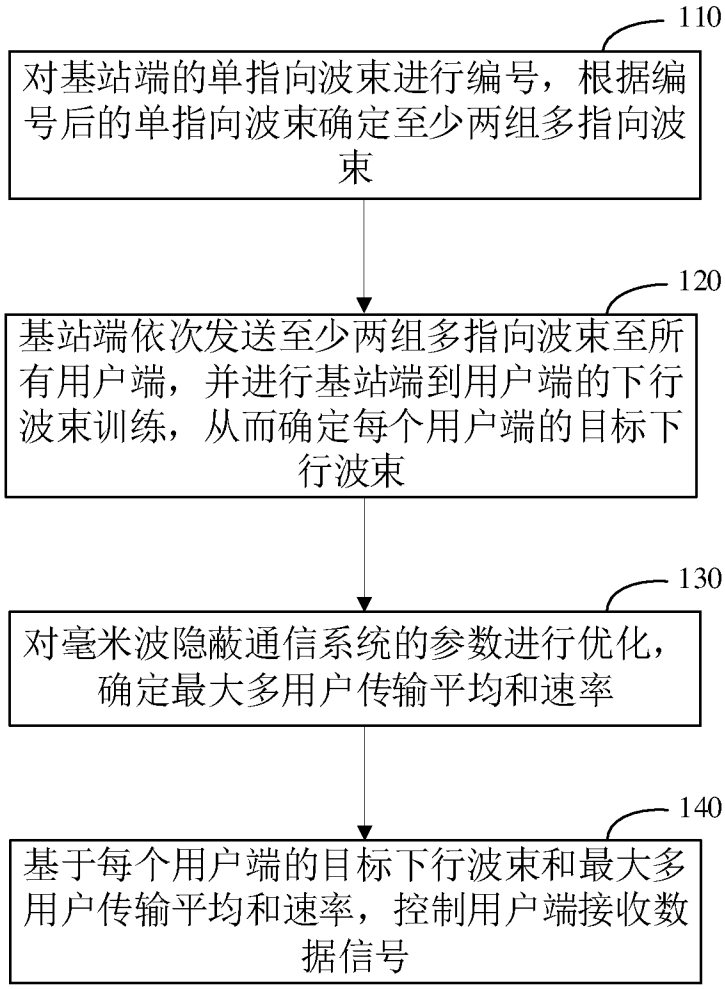

110
对基站端的单指向波束进行编号，根据编号后的单指向波束确定至少两组多指向波束
120
基站端依次发送至少两组多指向波束至所有用户端，并进行基站端到用户端的下行波束训练，从而确定每个用户端的目标下行波束
130
对毫米波隐蔽通信系统的参数进行优化，确定最大多用户传输平均和速率
140
基于每个用户端的目标下行波束和最大多用户传输平均和速率，控制用户端接收数据信号

图 1

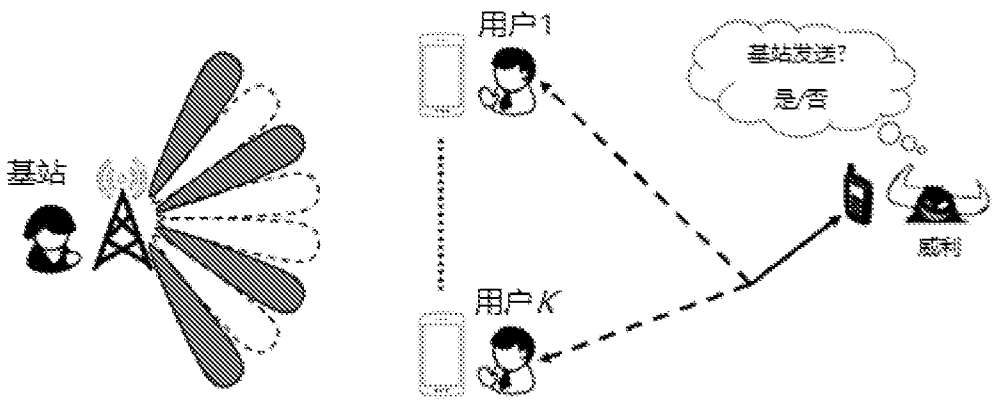

基站
用户1
用户K
基站发送?
是/否
威利

图 2

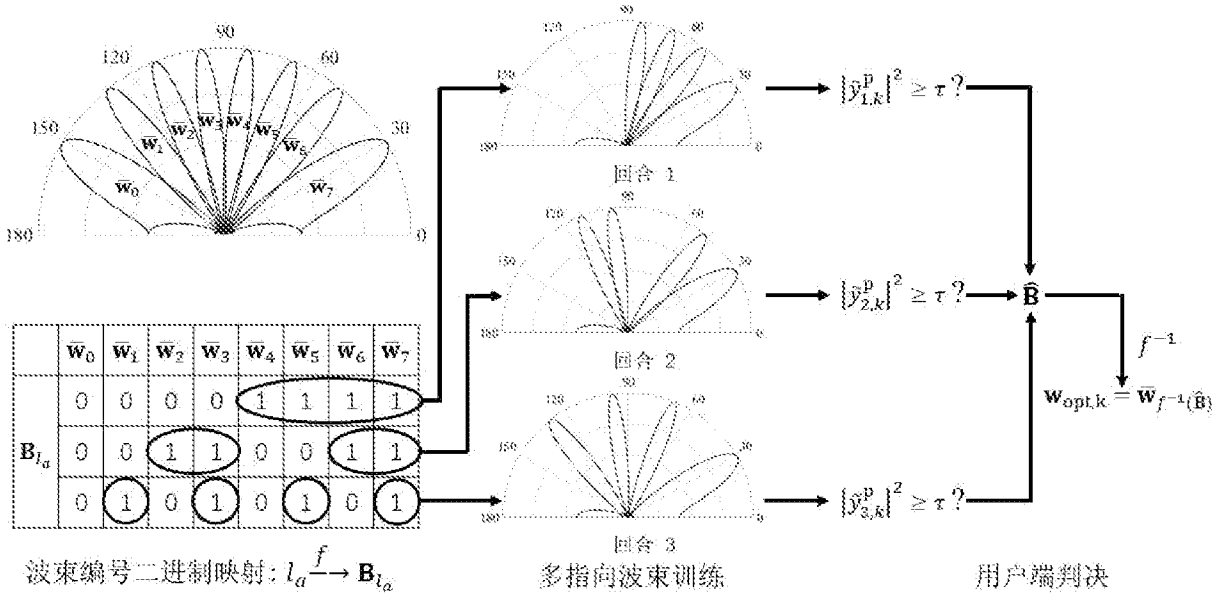

回合 1
回合 2
回合 3
$|\tilde{y}_{1,k}^{p}|^2 \geq \tau$?
$|\tilde{y}_{2,k}^{p}|^2 \geq \tau$?
$|\tilde{y}_{3,k}^{p}|^2 \geq \tau$?
$\hat{\mathbf{B}}$
f^{-1}
$\mathbf{w}_{\mathrm{opt},k} = \bar{\mathbf{w}}_{f^{-1}(\hat{\mathbf{B}})}$
$\mathbf{B}_{l_a}$
波束编号二进制映射: $l_a \xrightarrow{f} \mathbf{B}_{l_a}$
多指向波束训练
用户端判决

图 3

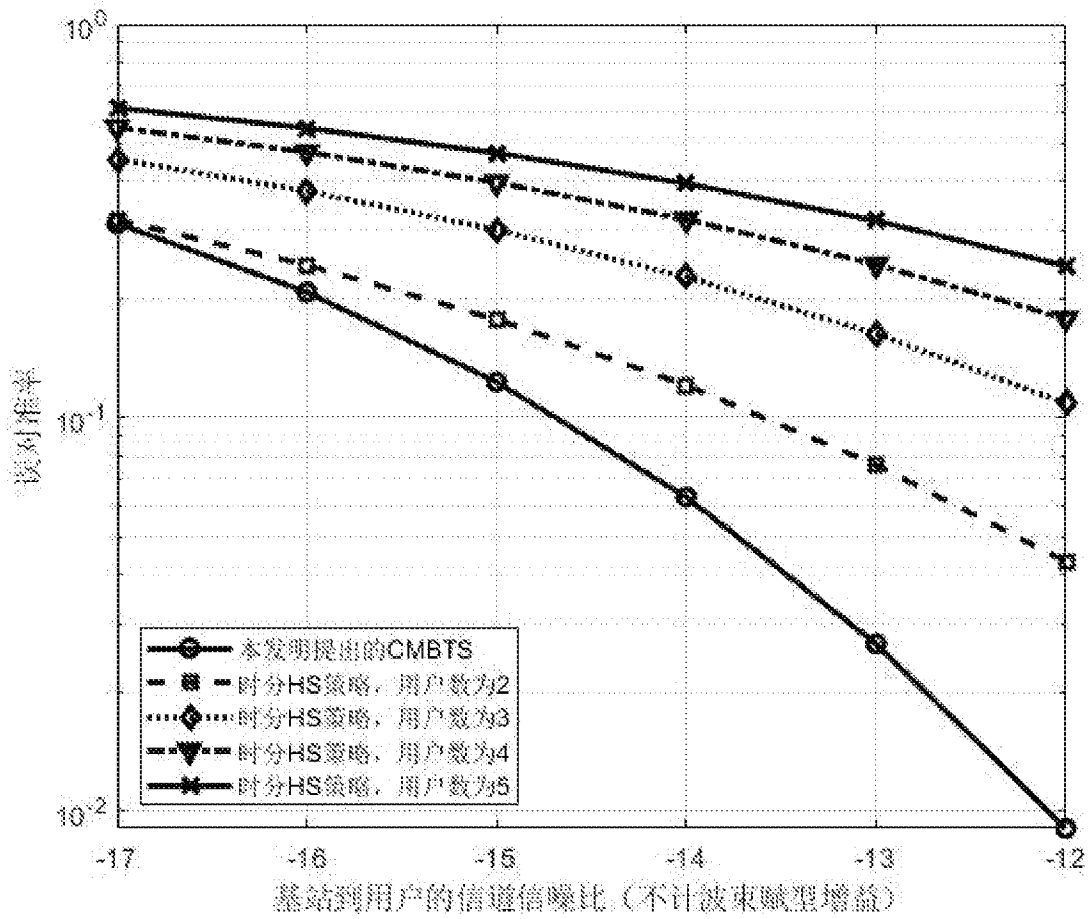

误判概率
基站到用户的信道信噪比（不计波束赋型增益）
本发明提出的CMBTS
时分HS策略，用户数为2
时分HS策略，用户数为3
时分HS策略，用户数为4
时分HS策略，用户数为5

图 4

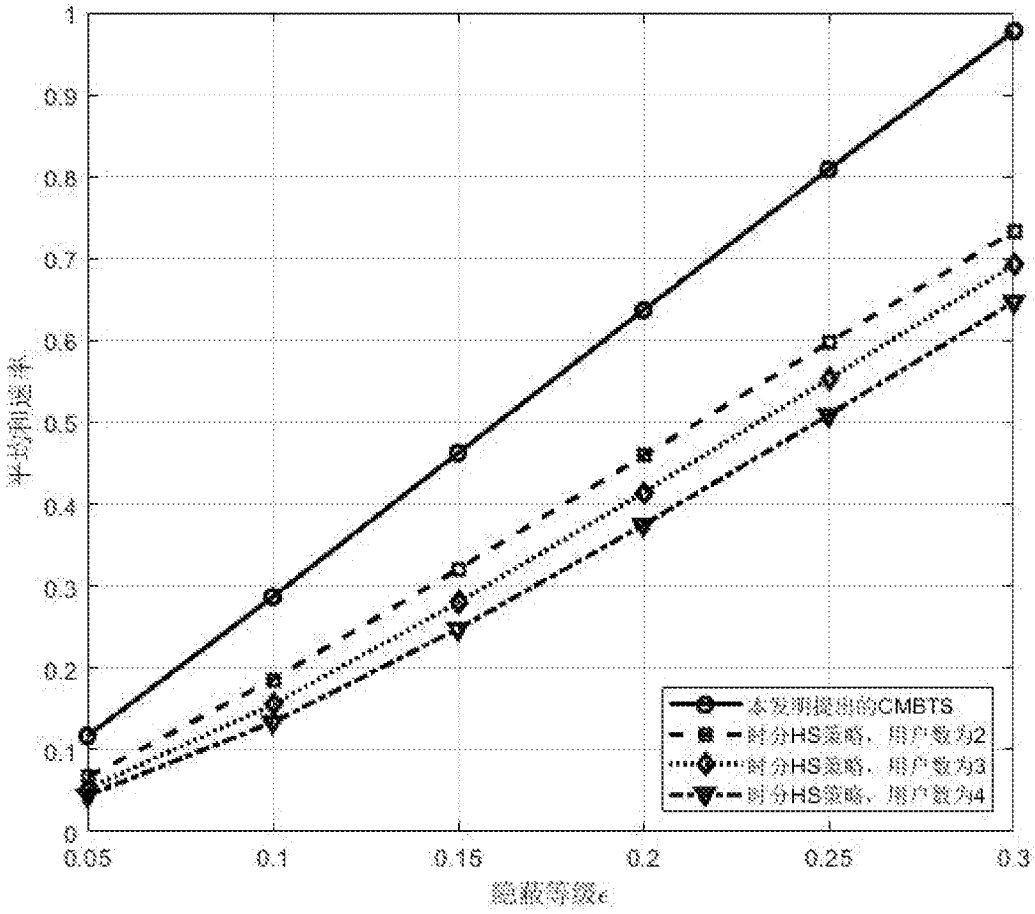

1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
本发明提出的CMBTS
时分HS策略，用户数为2
时分HS策略，用户数为3
时分HS策略，用户数为4

图 5

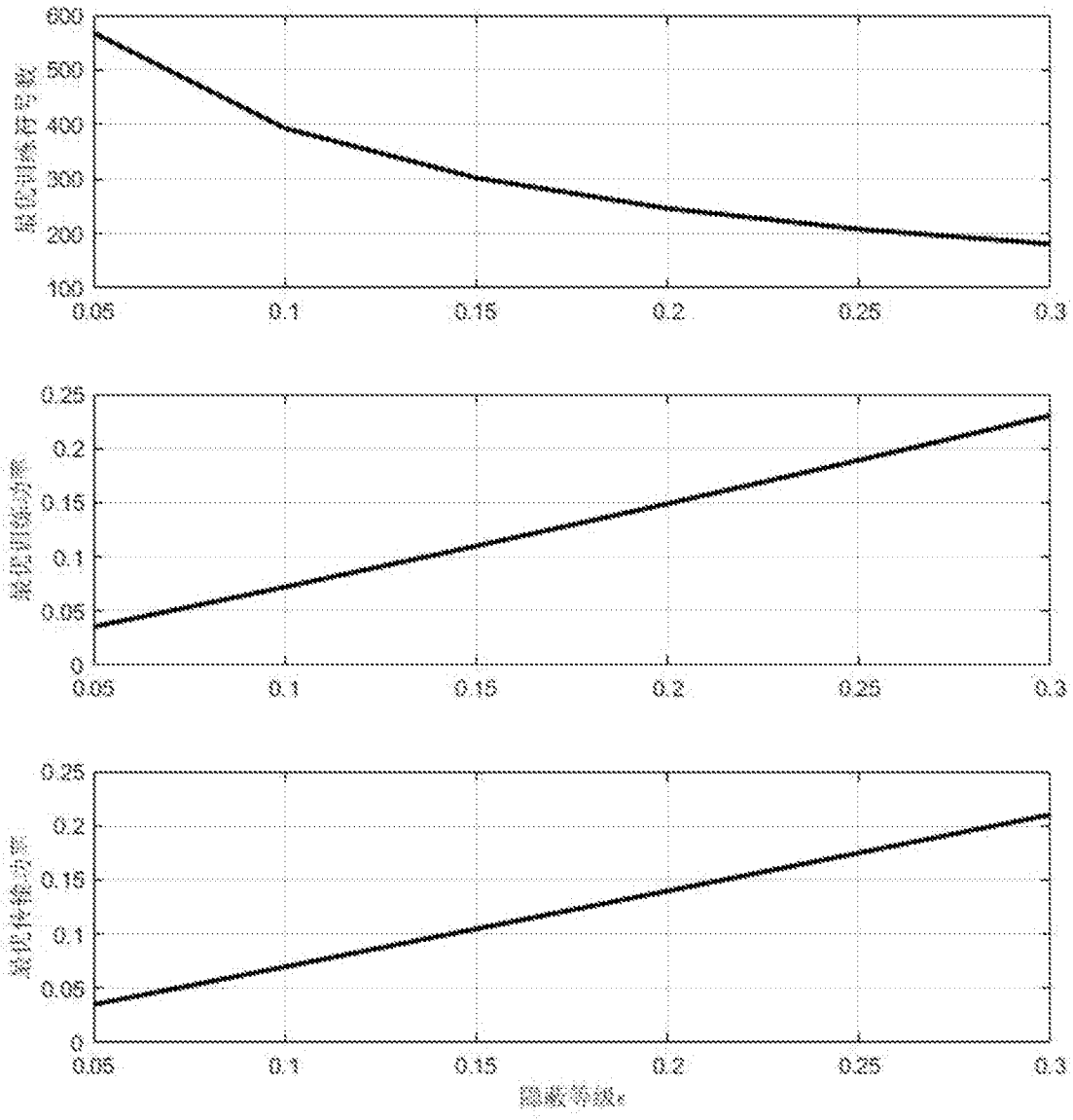

600
500
400
300
200
100
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3

图 6

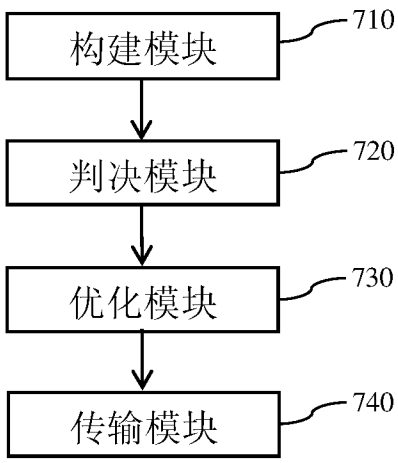

构建模块
710
判决模块
720
优化模块
730
传输模块
740

图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/093704

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 12/02(2009.01)i; H04W 16/28(2009.01)i; 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)

H04W; H04B

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; WOTXT; EPTXT; USTXT; IEEE: 毫米波, 隐蔽, 安全, 通信, 波束, 对准, 训练, 编号, 二进制, 单指向, 多指向, 下行, 优化, 参数, 最大, 多用户, 平均, 和, 速率, 匹配, 约束, 概率, 等级, 迭代, 凸问题, millimetre, millimeter, wave, beam, train, alignment, multi, user, UE, ID, number, binary, different, direct, sum, speed, velocity, average, most, optimize

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114189852 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 15 March 2022 (2022-03-15) description, paragraphs [0004]-[0165]	1-14
Y	CN 105553531 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 04 May 2016 (2016-05-04) description, paragraphs [0011]-[0120]	1-5, 10-14
Y	CN 113067610 A (ZHENGZHOU UNIVERSITY OF AERONAUTICS) 02 July 2021 (2021-07-02) description, paragraphs [0016]-[0023]	1-5, 10-14
A	CN 112055310 A (SHANGHAI INSTITUTE OF MICROSYSTEM AND INFORMATION TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 08 December 2020 (2020-12-08) entire document	1-14
A	CN 106851712 A (ZTE CORP.) 13 June 2017 (2017-06-13) entire document	1-14
A	CN 109195222 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 11 January 2019 (2019-01-11) entire document	1-14

☐ 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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
02 August 2022	**18 August 2022**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2022/093704

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 114189852 A	15 March 2022	None	
CN 105553531 A	04 May 2016	None	
CN 113067610 A	02 July 2021	None	
CN 112055310 A	08 December 2020	None	
CN 106851712 A	13 June 2017	WO 2016197958 A1	15 December 2016
CN 109195222 A	11 January 2019	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/093704

A. 主题的分类

H04W 12/02(2009.01)i; H04W 16/28(2009.01)i; 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)

H04W; H04B

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;WOTXT;EPTXT;USTXT;IEEE：毫米波，隐蔽，安全，通信，波束，对准，训练，编号，二进制，单指向，多指向，下行，优化，参数，最大，多用户，平均，和，速率，匹配，约束，概率，等级，迭代，凸问题，millimetre，millimeter，wave，beam，train，alignment，multi，user，UE，ID，number，binary，different，direct，sum，speed，velocity，average，most，optimize

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 114189852 A (浙江大学) 2022年3月15日 (2022 - 03 - 15) 说明书第[0004]-[0165]段	1-14
Y	CN 105553531 A (北京邮电大学) 2016年5月4日 (2016 - 05 - 04) 说明书第[0011]-[0120]段	1-5、10-14
Y	CN 113067610 A (郑州航空工业管理学院) 2021年7月2日 (2021 - 07 - 02) 说明书第[0016]-[0023]段	1-5、10-14
A	CN 112055310 A (中国科学院上海微系统与信息技术研究所) 2020年12月8日 (2020 - 12 - 08) 全文	1-14
A	CN 106851712 A (中兴通讯股份有限公司) 2017年6月13日 (2017 - 06 - 13) 全文	1-14
A	CN 109195222 A (北京邮电大学) 2019年1月11日 (2019 - 01 - 11) 全文	1-14

☐ 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	国际检索报告邮寄日期
2022年8月2日	2022年8月18日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 朱倩 电话号码 (86-512)88996051

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/093704

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 114189852 A	2022年3月15日	无	
CN 105553531 A	2016年5月4日	无	
CN 113067610 A	2021年7月2日	无	
CN 112055310 A	2020年12月8日	无	
CN 106851712 A	2017年6月13日	WO 2016197958 A1	2016年12月15日
CN 109195222 A	2019年1月11日	无	