

(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
2022 年 1 月 13 日 (13.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/007932 A1

(51) 国际专利分类号:
H04B 7/0413 (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/105409

(22) 国际申请日: 2021 年 7 月 9 日 (09.07.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010665075.7 2020 年 7 月 10 日 (10.07.2020) CN

(71) 申请人: 维沃移动通信有限公司 (VIVO MOBILE COMMUNICATION CO., LTD.) [CN/CN];
中国广东省东莞市长安镇维沃路 1 号,
Guangdong 523863 (CN)。

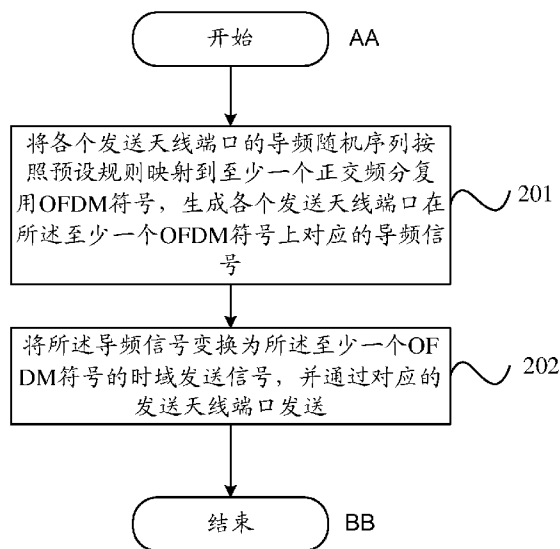
(72) 发明人: 李建军 (LI, Jianjun); 中国广东省东莞市长安镇维沃路 1 号, Guangdong 523863 (CN)。 宋扬 (SONG, Yang); 中国广东省东莞市长安镇维沃路 1 号, Guangdong 523863 (CN)。

(74) 代理人: 北京银龙知识产权代理有限公司 (DRAGON INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市海淀区西直门北大街 32 号院枫蓝国际中心 2 号楼 10 层, Beijing 100082 (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, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) **Title:** SIGNAL TRANSMISSION METHOD, CHANNEL ESTIMATION METHOD, TRANSMITTING END DEVICE, AND RECEIVING END DEVICE

(54) 发明名称: 信号发送方法、信道估计方法、发送端设备及接收端设备



201 Map, according to a preset rule, random pilot sequences of respective transmit antenna ports to at least one orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) symbol, and generate corresponding pilot signals of the respective transmit antenna ports on the at least one OFDM symbol

202 Convert the pilot signals into time domain transmission signals of the at least one OFDM symbol, and transmit same by means of corresponding transmit antenna ports

AA Start

BB End

图 2

(57) **Abstract:** Disclosed are a signal transmission method, a channel estimation method, a transmitting end device and a receiving end device. The method comprises: mapping, according to a preset rule, random pilot sequences of respective transmit antenna ports to at least one OFDM symbol, and generating corresponding pilot signals of the respective transmit antenna ports on the at least one OFDM symbol, wherein different transmit antenna ports have different random pilot sequences; and converting the pilot signals into time domain transmission signals of the at least one OFDM symbol, and transmitting same by means of corresponding transmit antenna ports.

(57) **摘要:** 本申请公开了一种信号发送方法、信道估计方法、发送端设备及接收端设备, 该方法包括: 将各个发送天线端口的导频随机序列按照预设规则映射到至少一个 OFDM 符号, 生成各个发送天线端口在所述至少一个 OFDM 符号上对应的导频信号; 其中, 不同发送天线端口具有不同的导频随机序列; 将所述导频信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的时域发送信号, 并通过对应的发送天线端口发送。

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))。

信号发送方法、信道估计方法、发送端设备及接收端设备

相关申请的交叉引用

本申请主张在 2020 年 7 月 10 日在中国提交的中国专利申请号 No. 202010665075.7 的优先权，其全部内容通过引用包含于此。

技术领域

本申请属于无线通信技术领域，具体涉及一种信号发送方法、信道估计方法、发送端设备及接收端设备。

背景技术

利用大规模多进多出（Multiple Input Multiple Output, MIMO）技术形成大规模天线阵列，可以同时支持更多用户发送和接收信号，从而将移动网络的信道容量以及数据流量提升数十倍或更大，同时能实现多用户之间干扰的急剧降低。为了支持宽带无线通信，从 4G 开始正交频分复用技术（Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM）就成为移动通信的底层技术。其可以有效的对抗多径干扰，将频域频率选择性信道划分为多个平衰落的子信道来支持无线传输。OFDM 结合大规模 MIMO 已经是现在和未来无线通信的基本框架。

然而在大规模 MIMO 系统中，随着天线规模的急剧增加，导频开销、信道的反馈量以及信道估计的复杂度都有数量级的增加。这已经成为制约大规模 MIMO 走向大规模商用的关键瓶颈问题之一。进一步的，OFDM 和大规模 MIMO 结合时，因为频率选择性，不同子频段上的信道是不同的。因此，需要在每个子频段上同时进行大规模 MIMO 的信道估计。这进一步数量级的增大了导频开销和计算负载的。

大规模 MIMO 系统中，由于天线数量巨大，信道估计与反馈所需的导频开销和反馈开销巨大。为了降低导频开销和反馈开销，利用大规模 MIMO 信道在空间角度域的稀疏特性，基于压缩感知（Compressive Sensing, CS）理论的信道估计方案被提出。但是 CS 类解决方案强烈依赖于信道在空间角度

域的稀疏性假设,而实际场景中的很多真实信道并不是都具有绝对的稀疏性。因而基于 CS 的信道估计和反馈方案依赖于对 CSI 矩阵完美稀疏的先验假设,在只满足近似稀疏条件的大规模 MIMO 信道上表现不佳,性能难以达到实际系统的要求。

发明内容

本申请实施例的目的是提供一种信号发送方法、信道估计方法、发送端设备及接收端设备,能够解决现有的基于 CS 理论的信道估计效果不佳,难以达到系统要求的问题。

为了解决上述技术问题,本申请是这样实现的:

第一方面,本申请实施例提供了一种信道估计方法,应用于接收端设备,所述接收端设备具有 M 个接收天线端口, M 为大于或者等于 1 的整数,所述方法包括:

通过接收天线端口获取发送端设备通过发送天线端口发送的导频符号;

对所述导频符号进行处理,估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道;

将估计得到的所述时延域信道进行处理,得到所述各个发送天线端口到所述接收天线端口在频域各个子载波上的信道。

第二方面,本申请实施例提供了一种信号发送方法,应用于发送端设备,所述发送端设备具有 N 个发送天线端口, N 为大于 1 的整数,所述方法包括:

各个发送天线端口的导频随机序列按照预设规则映射到至少一个正交频分复用 OFDM 符号,生成各个发送天线端口在所述至少一个 OFDM 符号上对应的导频信号;其中,不同发送天线端口具有不同的导频随机序列;

将所述导频信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的时域发送信号,并通过对应的发送天线端口发送。

第三方面,本申请实施例提供了一种信道估计装置,应用于接收端设备,所述接收端设备具有 M 个接收天线端口, M 为大于或者等于 1 的整数,所述装置包括:

获取模块,用于通过接收天线端口获取发送端设备通过发送天线端口发

送的导频符号；

第一处理模块，用于对所述导频符号进行处理，估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道；

第二处理模块，用于将估计得到的所述时延域信道进行处理，得到所述各个发送天线端口到所述接收天线端口在频域各个子载波上的信道。

第四方面，本申请实施例提供了一种信号发送装置，应用于发送端设备，所述发送端设备具有N个发送天线端口，N为大于1的整数，所述装置包括：

生成模块，用于各个发送天线端口的导频随机序列按照预设规则映射到至少一个正交频分复用 OFDM 符号，生成各个发送天线端口在所述至少一个 OFDM 符号上对应的导频信号；其中，不同发送天线端口具有不同的导频随机序列；

发送模块，用于将所述导频信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的时域发送信号，并通过对应的发送天线端口发送。

第五方面，本申请实施例提供了一种接收端设备，该终端包括处理器、存储器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序或指令，所述程序或指令被所述处理器执行时实现如第一方面所述的方法的步骤。

第六方面，本申请实施例提供了一种发送端设备，该发送端设备包括处理器、存储器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序或指令，所述程序或指令被所述处理器执行时实现如第二方面所述的方法的步骤。

第七方面，本申请实施例提供了一种可读存储介质，所述可读存储介质上存储程序或指令，所述程序或指令被处理器执行时实现如第一方面所述的方法的步骤，或者实现如第二方面所述的方法的步骤。

第八方面，本申请实施例提供了一种芯片，所述芯片包括处理器和通信接口，所述通信接口和所述处理器耦合，所述处理器用于运行程序或指令，实现如第一方面所述的方法，或实现如第二方面所述的方法。

在本申请实施例中，发送端的每个发送天线端口都在各自对应的导频位置上发送导频符号，不同发送天线端口使用不同的导频随机序列；在接收端，收到导频信号后，不是在频域估计信道而是在时延域估计信道，将信道空间角度域的稀疏性和时延域的稀疏性相结合，将频域呈现出频率性选择的信道

转换到时延域的径数有限的多径信道进行估计，一次完成大规模 MIMO 所有天线在所有子载波上的最终的信道估计，从而提高了信道估计的准确性，且大幅降低了导频开销。

附图说明

图 1 表示本申请实施例可应用的一种无线通信系统的框图；

图 2 表示本申请实施例提供的信号发送方法的步骤流程图；

图 3 表示本申请实施例提供的信道估计方法的步骤流程图；

图 4 表示本申请实施例提供的信号发送方法和信道估计方法的应用系统的示意图；

图 5 表示本申请实施例提供的信道估计的性能示意图；

图 6 表示本申请实施例提供的信号发送装置的结构示意图；

图 7 表示本申请实施例提供的信道估计装置的结构示意图；

图 8 表示本申请实施例提供的通信设备的结构示意图；

图 9 表示本申请实施例提供的网络侧设备的结构示意图；

图 10 表示本申请实施例提供的终端的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中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申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

本申请的说明书和权利要求书中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不用来描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便本申请的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施，且“第一”、“第二”等所区分的对象通常为一类，并不限定对象的个数，例如第一对象可以是一个，也可以是多个。此外，说明书以及权利要求中“和/或”表示所连接对象的至少其中之一，字符“/”，

一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

值得指出的是，本申请实施例所描述的技术不限于长期演进型（Long Term Evolution, LTE）/LTE的演进（LTE-Advanced, LTE-A）系统，还可用于其他无线通信系统，诸如码分多址（Code Division Multiple Access, CDMA）、时分多址（Time Division Multiple Access, TDMA）、频分多址（Frequency Division Multiple Access, FDMA）、正交频分多址（Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA）、单载波频分多址（Single-carrier Frequency-Division Multiple Access, SC-FDMA）和其他系统。本申请实施例中的术语“系统”和“网络”常被可互换地使用，所描述的技术既可用于以上提及的系统 and 无线电技术，也可用于其他系统和无线电技术。然而，以下描述出于示例目的描述了新空口（New Radio, NR）系统，并且在以下大部分描述中使用NR术语，尽管这些技术也可应用于NR系统应用以外的应用，如第6代（6th Generation, 6G）通信系统。

图 1 示出本申请实施例可应用的一种无线通信系统的框图。无线通信系统包括终端 11 和网络侧设备 12。其中，终端 11 也可以称作终端设备或者用户终端（User Equipment, UE），终端 11 可以是手机、平板电脑（Tablet Personal Computer）、膝上型电脑（Laptop Computer）或称为笔记本电脑、个人数字助理（Personal Digital Assistant, PDA）、掌上电脑、上网本、超级移动个人计算机（ultra-mobile personal computer, UMPC）、移动上网装置（Mobile Internet Device, MID）、可穿戴式设备（Wearable Device）或车载设备（Vehicle User Equipment, VUE）、行人终端（Pedestrian User Equipment, PUE）等终端侧设备，可穿戴式设备包括：手环、耳机、眼镜等。需要说明的是，在本申请实施例并不限定终端 11 的具体类型。网络侧设备 12 可以是基站或核心网，其中，基站可被称为节点 B、演进节点 B、接入点、基收发机站（Base Transceiver Station, BTS）、无线电基站、无线电收发机、基本服务集（Basic Service Set, BSS）、扩展服务集（Extended Service Set, ESS）、B 节点、演进型 B 节点（eNB）、家用 B 节点、家用演进型 B 节点、WLAN 接入点、WiFi 节点、发送接收点

(Transmitting Receiving Point, TRP) 或所述领域中其他某个合适的术语, 只要达到相同的技术效果, 所述基站不限于特定技术词汇, 需要说明的是, 在本申请实施例中仅以 NR 系统中的基站为例, 但是并不限定基站的具体类型。

作为一个可选实施例, 本申请实施例提供的发送端设备为网络侧设备, 接收端设备为终端。

下面结合附图, 通过具体的实施例及其应用场景对本申请实施例提供的信号发送方法、信道估计方法、发送端设备及接收端设备进行详细地说明。

如图 2 所示, 本申请实施例提供一种信号发送方法, 应用于发送端设备, 所述发送端设备具有 N 个发送天线端口, N 为大于 1 的整数, 所述方法包括:

步骤 201, 将各个发送天线端口的导频随机序列按照预设规则映射到至少一个正交频分复用 OFDM 符号, 生成各个发送天线端口在所述至少一个 OFDM 符号上对应的导频信号; 其中, 不同发送天线端口具有不同的导频随机序列。由于不同发送天线端口具有不同的导频随机序列, 则接收端设备可以根据导频随机序列识别不同的发送天线端口。

可选地, 导频随机序列由多个导频符号组成, 导频符号可均匀的分布在 OFDM 符号的子载波中。发送端大规模 MIMO 阵列中的每个天线在每个导频位置上发送导频符号。但是不同天线端口使用不同的随机序列, 随机序列的长度和导频的数目可以一致。所有天线端口的随机序列组成一个二元随机矩阵。例如, 对于第 i 个天线端口, 其导频随机序列用 $\mathbf{c}_i = [c_{i,1} \ c_{i,2} \ \cdots \ c_{i,P}]$ 表示。则第 i 个发送天线在第 j 个导频资源上发送的导频符号为 $c_{i,j}$, 所有 $c_{i,j}$ 可以组合成一个二元随机矩阵 C 。

步骤 202, 将所述导频信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的时域发送信号, 并通过对应的发送天线端口发送。

例如, 本申请实施例中发送端设备为网络侧设备时, 导频信号是信道状态信息参考信号 (Channel State Information Reference Signal, CSI-RS)。

例如, $\mathbf{c}_i$ 中的 $c_{i,j}$ 元素在第 j 个导频资源上经 OFDM 调制后通过第 i 个发送天线端口发送。

在同一个 OFDM 符号内，除了发送导频符号，还要发送数据。因此 $\mathbf{c}_i$ 中的元素需要和数据符号进行复接，合并后生成第 i 个发送天线端口上发送的信号向量 $\mathbf{x}_i$ 。其中， $\mathbf{x}_i$ 在对应的导频资源上发送的是导频随机序列相应的导频符号。

假定发送端设备在第 i 个天线上发送的信号向量为 $\mathbf{x}_i$ (包括导频和数据)。 $\mathbf{x}_i$ 经过离散傅里叶逆变换 (Inverse Discrete Fourier Transform, IDFT) 得到时域发送符号 $\mathbf{F}_T^H \mathbf{x}_i$ 。考虑所有天线，时域发送符号 $\mathbf{F}_T^H \mathbf{x}_1$ 、 $\mathbf{F}_T^H \mathbf{x}_2$ 、... $\mathbf{F}_T^H \mathbf{x}_N$ 分别经 N 个发送天线端口发送出去。

需要说明的是，本申请实施例中提及的一个发送天线端口对应一个发送天线；或者，一个发送天线端口为多个发送天线经过预编码或波束赋形形成的端口。

作为本申请的一个可选实施例，步骤 201 包括：

确定各个天线端口分别对应的预先设定的导频随机序列；

确定各个天线端口的导频信号占用的时频资源；所述时频资源包括：至少一个 OFDM 符号以及所述至少一个 OFDM 符号中的每个 OFDM 符号内的多个子载波；

按照预设规则，将所述各个发送天线端口的导频随机序列映射到所述导频信号占用的时频资源上，生成各个天线端口对应的导频信号。

优选地，为了更好的估计下行信道，发送端设备采用一种“梳状”的导频形式，即在每个 OFDM 符号子载波中等间隔插入导频（等间隔插入导频，则接收端设备在信道估计时会降低计算难度）。例如，一个 OFDM 符号有 N_c 个子载波。该 OFDM 符号内的导频个数为 P ，导频插入的位置标号（即导频占用的子载波的编号）为 $0, N_g, 2N_g, \dots, (P-1)N_g$ ，其中 N_g 为导频插入间隔。这 P 个子载波是专门用来发送导频的。

作为一个可选实施例，不同发送天线端口的导频随机序列占用的时频资源相同。例如，每个发送天线端口均在某一个或多个 OFDM 符号的子载波编号为 $0, N_g, 2N_g, \dots, (P-1)N_g$ 的子载波上发送导频符号。

作为另一个可选实施例，各个发送天线的导频随机序列由 P 个导频符号组成； P 为所述至少一个 OFDM 符号内导频子载波的总数量。其中，导频符号占用的子载波称为导频子载波。

发送端大规模 MIMO 的每个天线端口都需要在每个导频子载波上发送导频符号。但是，不同发送天线端口在不同导频子载波上发送的导频符号是不同的。不同的天线端口具有不同的导频随机序列。对于第 i 个天线，其随机序列用 $\mathbf{c}_i = [c_{i,1} \ c_{i,2} \ \cdots \ c_{i,P}]$ 表示。则第 i 个发送天线在第 j 个导频资源上发送的导频符号为 $c_{i,j}$ ，所有 $c_{i,j}$ 可以组合成一个二元随机矩阵 C 。其维度为 $N \times P$ 。每一列的 N 个元素，分别在 N 个发送天线端口进行发送。本申请实施例中， C 为导频随机序列矩阵，其维度为 $N \times P$ 。即 C 为 N 个长度为 P 的导频随机序列的集合。 C 也可以为 N 个长度较长的随机序列（m 序列，gold 序列等）截取长度为 P 的片段。

进一步的，在同一个 OFDM 符号内，除了发送导频符号，还要发送数据。因此 $\mathbf{c}_i$ 中的元素需要和数据符号进行复接，合并后生成第 i 个发送天线端口上发送的信号向量 $\mathbf{x}_i$ 。其中， $\mathbf{x}_i$ 在导频位置 $0, N_g, 2N_g, \cdots, (P-1)N_g$ ，发送的是导频符号，即 $\mathbf{x}_i(jN_g) = c_{i,j}$ 。

作为本申请的又一个可选实施例， P 大于或者等于 N 与最大时延的乘积；其中，最大时延为多径信道的最大时延长度。

对于基于 OFDM 的带宽大规模 MIMO 通信系统，必须要考虑多径的时延效应。假设在延迟域有多个径，则本申请实施例提及的最大时延为：多径信道延迟最大的一个径的时延长度，通常以当前采样率下的采样间隔来计量。

综上，本申请实施例为了大幅降低基于 OFDM 的大规模 MIMO 系统的导频开销和信道估计复杂度，发送端的每个发送天线端口都在各自对应的导频位置上发送导频符号，不同发送天线端口使用不同的导频随机序列，且不同发送天线端口的导频随机序列占用的时频资源相同，从而在保证接收端能够通过导频随机序列识别不同发送天线端口的基础上减少导频开销。

如图 3 所示，本申请实施例还提供一种信道估计方法，应用于接收端设

备, 所述接收端设备具有 M 个接收天线端口, M 为大于或者等于 1 的整数, 所述方法包括:

步骤 301, 通过接收天线端口获取发送端设备通过发送天线端口发送的导频符号;

步骤 302, 对所述导频符号进行处理, 估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道。在接收端, 收到导频符号后, 本申请实施例不是在频域估计信道, 而是在时延域。

步骤 303, 将估计得到的所述时延域信道进行处理(例如进行离散傅里叶变换 DFT), 得到所述各个发送天线端口到所述接收天线端口在频域各个子载波上的信道。

对于基于 OFDM 的宽带大规模 MIMO 系统通信系统, 在发送端有 N 个发送天线端口, 由于接收端的每个接收天线端口都是独立进行信道估计的, 因此可以只考虑一个接收天线端口来设计, 即考虑 $N \times 1$ 的大规模天线系统。

必须要考虑多径的时延效应。假设在延迟域只有 L 个径, 第 i 个发送天线端口到接收天线端口的信道就需要用向量 $\mathbf{h}_i$ 表示, 即 $\mathbf{h}_i = [h_{i,1} \ h_{i,2} \ \cdots \ h_{i,L}]$ 。可以看出, 只要估计出所有的 $h_{m,l}$, 就可以得到原始的信道。

作为一个可选实施例, 步骤 302 包括:

利用结构化正交匹配追踪(Structured Orthogonal Matching Pursuit, SOMP)算法对所述导频符号进行处理, 估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道。

本申请实施例基于 SOMP 算法, 利用时延域和空域的稀疏性, 找到信道不为 0 的径。然后估计出信道不为 0 的径的信道增益, 最后通过二维傅立叶变化得到大规模 MIMO 阵列中的每个天线在频域的信道。这样就一次完成大规模 MIMO 所有天线在所有子载波上的最终的信道估计。

可选地, 本申请的上述实施例中, 步骤 301 包括:

通过所述接收天线端口接收发送端设备通过发送天线端口发送的至少一个 OFDM 符号的时域接收信号;

将所述至少一个 OFDM 符号的时域接收信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的频域接收信号；

在所述至少一个 OFDM 符号的频域接收信号中按照映射规则提取出导频符号。

其中，一个 OFDM 符号的时域接收信号 r 为：

$$r = \sum_{i=1}^N h_i * (F_T^H x_i) + n$$

其中， N 表示发送天线端口的数量； h_i 表示所述发送天线端口到所述接收天线端口的信道或等效信道； $F_T^H x_i$ 表示一个 OFDM 符号的时域发送信号；运算符 $*$ 表示卷积运算； n 表示噪声或随机干扰。

其中，当一个发送天线端口对应一个发送天线时，则 h_i 表示所述发送天线端口 i 到所述接收天线端口的信道；而当一个发送天线端口为多个发送天线经过预编码或波束赋形形成的端口时，则 h_i 表示经过预编码或波束赋形的发送天线端口到接收天线的等效信道。

作为一个可选实施例，一个 OFDM 符号的频域接收信号 y 为：

$$y = F_T r = \sum_{i=1}^N \text{diag}(x_i) F_L h_i + F_L n$$

其中， F_T 表示 N_c 维的傅里叶矩阵； x_i 表示发送天线端口 i 上发送的频域信号向量； h_i 表示发送天线端口到接收天线端口的信道或等效信道； F_L 表示 h_i 的最长路径时延 L 对应的部分傅里叶矩阵。 $\text{diag}(x_i)$ 是一个对角矩阵。 diag 为一个函数，用于构造一个对角矩阵，不在对角线上元素全为 0 的方阵，或者以向量的形式返回一个矩阵上对角线元素。

例如，接收端对接收到的时域接收信号 r ，首先经过 DFT，可以得到频域接收信号 y 为：

$$y = F_T r = \sum_{i=1}^N F_T h_i \odot (F_T (F_T^H x_i)) = \sum_{i=1}^N F_T h_i \odot x_i + F_T n = \sum_{i=1}^N \text{diag}(x_i) F_T h_i + F_T n$$

为了表述方便，本申请实施例引入一个部分傅里叶矩阵 F_L ，它是由傅里叶矩阵 F 的前 L 列组成的。由于大规模 MIMO 基站天线阵列紧密布置，信号

从不同的基站天线到达用户天线经历的信道具有近似相同的路径时延。因此可认为所有 $\mathbf{h}_i$ 的最长的路径时延为 L ，频域接收信号的表达式可转换为：

$$\mathbf{y} = \sum_{i=1}^N \text{diag}(\mathbf{x}_i) \mathbf{F}_L \mathbf{h}_i + \mathbf{F}_L \mathbf{n}$$

发送端设备下行链路同时发送数据和导频。为了估计所有 N 个发送天线端口的下行信道，接收端设备需要从频域接收信号 $\mathbf{y}$ 中将导频占用的子载波上提取出接收的导频符号。其中，所述至少一个 OFDM 符号的第 k 个 OFDM 符号的导频符号 y_{p_k} 为：

$$y_{p_k} = [y(s)] = \sum_{i=1}^N \text{diag}(c_i) F_{LP} h_i + F_{LP} n;$$

其中， $\mathbf{s}$ 为所述一个 OFDM 符号内的导频子载波位置集合； P_k 为第 k 个 OFDM 符号内导频符号数量； c_i 表示发送天线端口 i 的导频随机序列， F_{LP} 由 F_L 的部分行向量组成， F_{LP} 对应的行向量的行号集合为 $\mathbf{s}$ 。

假设导频随机序列映射到 k 个 OFDM 符号上， P_k 表示第 k 个 OFDM 符号上的导频符号的数量。 K 个 OFDM 符号上所有的导频符号的总数量 $P = P_1 + P_2 + \dots + P_k$ 。

例如，导频随机序列映射到一个 OFDM 符号上，且该 OFDM 符号的子载波上等间隔的插入导频符号，导频插入间隔为 N_g ；则一个 OFDM 符号的导频符号 $\mathbf{y}_P$ 是由向量 $\mathbf{y}$ 中下标为 $0, N_g, 2N_g, \dots, (P-1)N_g$ 的元素组成的。接收的导频 $\mathbf{y}_P$ 可以表示为：

$$\mathbf{y}_P = [\mathbf{y}(0) \quad \mathbf{y}(N_g) \quad \mathbf{y}(2N_g) \quad \dots \quad \mathbf{y}((P-1)N_g)] = \sum_{i=1}^N \text{diag}(\mathbf{c}_i) \mathbf{F}_{LP} \mathbf{h}_i + \mathbf{F}_{LP} \mathbf{n}$$

其中 $\text{diag}(\mathbf{c}_i)$ 是一个对角矩阵，其对角元素为向量 $\mathbf{c}_i = [c_{i,1} \quad c_{i,2} \quad \dots \quad c_{i,P}]$ 即第 i 个天线端口的导频位置的随机序列。 $\mathbf{F}_{LP}$ 由部分傅里叶矩阵 $\mathbf{F}_L$ 的部分行向量组成，这些行向量的行号属于 $0, N_g, 2N_g, \dots, (P-1)N_g$ 的行。

令 $\mathbf{A} = [\text{diag}(\mathbf{c}_1) \mathbf{F}_{LP}, \text{diag}(\mathbf{c}_2) \mathbf{F}_{LP}, \dots, \text{diag}(\mathbf{c}_N) \mathbf{F}_{LP}]$ 和 $\mathbf{n}_P = \mathbf{F}_{LP} \mathbf{n}$ ，另外令 $\mathbf{h} = [\mathbf{h}_1^T \quad \mathbf{h}_2^T \quad \dots \quad \mathbf{h}_N^T]^T$ 为所有天线时延域信道的合并向量，则接收的导频 $\mathbf{y}_P$ 可以表示为 $\mathbf{y}_P = \mathbf{A} \mathbf{h} + \mathbf{n}_P$ 。

至此，信道估计问题被建模为一个信号恢复问题，其中 $\mathbf{y}_P$ 是低维的观测

向量, $\mathbf{A}$ 是感知矩阵, $\mathbf{h}$ 是待恢复的高维稀疏向量。这个问题本申请中用 SOMP 方法解决。SOMP 算法是 OMP 算法的改进版, 对于稀疏信号恢复, 可以拆分成两大步。第一步是寻找支撑集, 即找到 $\mathbf{h}$ 非零元素的位置。第二步是利用 ZF 或者 MMSE 算法恢复非零元素的位置的信道增益值。SOMP 利用了稀疏向量的结构化稀疏。在这里就是利用了所有发送天线的时延都相同这一特性来检测支撑集。

利用上面所述的 SOMP 算法, 经过多次迭代, 就可以估计出各个天线在时延域各个径的信道。如果最终想要知道各个天线在各个子载波上的信道, 只需对各个天线在时延域各个径的信道 $\mathbf{h}_i$ 做 DFT 即可, 即 $\mathbf{H}_i = \mathbf{F}_T \mathbf{h}_i$ 。其中 $\mathbf{H}_i$ 表示第 i 个发送天线端口到接收天线端口在各个子载波上的信道向量。可见, 通过本申请的信道估计方法, 不需要在每个子频段分别进行信道估计, 而是可以一次估计出每个天线在所有子载波上的信道。

综上, 本申请实施例通过 SOMP 算法, 对收到的导频信号进行处理, 就可以估计出每个天线在时延域各个径在各个方向的信道。然后基于所有时延域信道可以得到想要各个天线在的频域各个子载波上的信道。可见, 对于 OFDM-MIMO 系统, 本申请实施例提供的方法不需要在每个子频段分别进行信道估计。而是估计出每个天线各个时延径信道分量, 通过变换, 可以一次估计出每个天线在所有子载波和上的信道。

如图 4 所示, 本申请实施例提供的信号发送方法和信道估计方法应用的系统的导频发送和信道估计的工作过程如下:

为不同的发送天线端口分配不同的导频随机序列。不同天线端口的导频随机序列和该天线端口上要发送的数据符号需要进行复接, 合并后生成各个天线上发送的信号向量。其中信号向量在导频位置发送的是导频随机序列相应的导频符号。复接生成的各个天线的信号向量经过离散傅里叶逆变换 IDFT 后, 完成 OFDM 调制。然后在各个天线端口上发送出去, 经过各个天线端口到接收天线端口之间的信道后, 到达接收端。

接收端接收到信号后, 首先经过 DFT, 得到频域接收信号。然后经过分

接, 提取出导频符号和数据符号。其中对于导频符号, 利用 SOMP 算法估计出从各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道。最后对估计得到的时延域信道进行 DFT, 就可以得到最终的各个发送天线端口到接收天线端口在频域各个子载波上的信道。

对于基于 OFDM 大规模 MIMO 系统, 与所有天线单独发送正交导频的方法相比, 可以大幅度降低导频开销。并且不需要在每个子频段分别进行信道估计。而是估计出每个天线的各个时延径信道分量, 通过变换, 一次估计出每个发送天线端口在所有子载波上的信道。图 5 给出了 32 发送天线端口在信道时延域只有六个径时 SOMP 算法的性能。其中我们利用了结构化稀疏的这一特点, 即所有发送天线的信道在时延域的路径时延是相同的。我们称该方法为 SOMP。仿真中, OFDM 的载波数是 4096。最大的信道延迟为 256 个采样点。导频数目为 256。从图中可见, 极低导频开销的情况下, 对于 32 个发送天线, SOMP 算法的仍然能精确估计出信道。

需要说明的是, 本申请实施例提供的信号发送方法, 执行主体可以为信号发送装置, 或者该信号发送装置中的用于执行加载信号发送方法的控制模块。本申请实施例中以信号发送装置执行信号发送方法为例, 说明本申请实施例提供的信号发送装置。

如图 6 所示, 本申请实施例还提供一种信号发送装置 600, 应用于发送端设备, 所述发送端设备具有 N 个发送天线端口, N 为大于 1 的整数, 所述装置包括:

生成模块 601, 用于将各个发送天线端口的导频随机序列按照预设规则映射到至少一个正交频分复用 OFDM 符号, 生成各个发送天线端口在所述至少一个 OFDM 符号上对应的导频信号; 其中, 不同发送天线端口具有不同的导频随机序列;

发送模块 602, 用于将所述导频信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的时域发送信号, 并通过对应的发送天线端口发送。

作为本申请的一个可选实施例, 所述生成模块包括:

序列确定子模块，用于确定各个天线端口分别对应的预先设定的导频随机序列；

资源确定子模块，用于确定各个天线端口的导频信号占用的时频资源；所述时频资源包括：至少一个 OFDM 符号以及所述至少一个 OFDM 符号中的每个 OFDM 符号内的多个子载波；

生成子模块，用于按照预设规则，将所述各个发送天线端口的导频随机序列映射到所述导频信号占用的时频资源上，生成各个天线端口对应的导频信号。

作为本申请的一个可选实施例，不同发送天线端口的导频随机序列占用的时频资源相同。

作为本申请的一个可选实施例，各个发送天线的导频随机序列由 P 个导频符号组成； P 为所述至少一个 OFDM 符号内导频子载波的总数量。

作为本申请的一个可选实施例， P 大于或者等于 N 与最大时延的乘积；其中，最大时延为多径信道的最大时延长度。

作为本申请的一个可选实施例，一个发送天线端口对应一个发送天线；或者，一个发送天线端口为多个发送天线经过预编码或波束赋形形成的端口。

在本申请实施例中，本申请实施例为了大幅降低基于 OFDM 的大规模 MIMO 系统的导频开销和信道估计复杂度，发送端的每个发送天线端口都在各自对应的导频位置上发送导频符号，不同发送天线端口使用不同的导频随机序列，且不同发送天线端口的导频随机序列占用的时频资源相同，从而在保证接收端能够通过导频随机序列识别不同发送天线端口的基础上减少导频开销。

需要说明的是，本申请实施例提供的信号发送装置是能够执行上述信号发送方法的装置，则上述信号发送方法的所有实施例均适用于该装置，且均能达到相同或相似的有益效果。

需要说明的是，本申请实施例提供的信道估计方法，执行主体可以为信道估计装置，或者该信道估计装置中的用于执行加载信道估计方法的控制模

块。本申请实施例中以信道估计装置执行信道估计方法为例，说明本申请实施例提供的信道估计装置。

如图 7 所示，本申请实施例还提供一种信道估计装置 700，应用于接收端设备，所述接收端设备具有 M 个接收天线端口，M 为大于或者等于 1 的整数，所述装置包括：

获取模块 701，用于通过接收天线端口获取发送端设备通过发送天线端口发送的导频符号；

第一处理模块 702，用于对所述导频符号进行处理，估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道；

第二处理模块 703，用于将估计得到的所述时延域信道进行处理，得到所述各个发送天线端口到所述接收天线端口在频域各个子载波上的信道。

作为本申请的一个可选实施例，所述第一处理模块包括：

第一子模块，用于利用结构化正交匹配追踪 SOMP 算法对所述导频符号进行处理，估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道。

作为本申请的一个可选实施例，所述获取模块包括：

第一接收子模块，用于通过所述接收天线端口接收发送端设备通过发送天线端口发送的至少一个 OFDM 符号的时域接收信号；

变换子模块，用于将所述至少一个 OFDM 符号的时域接收信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的频域接收信号；

提取子模块，用于在所述至少一个 OFDM 符号的频域接收信号中按照映射规则提取出导频符号。

作为本申请的一个可选实施例，一个 OFDM 符号的时域接收信号 r 为：

$$r = \sum_{i=1}^N h_i * (F_T^H x_i) + n ;$$

其中，N 表示发送天线端口的数量； h_i 表示所述发送天线端口 i 到所述接收天线端口的信道或等效信道； $F_T^H x_i$ 表示一个 OFDM 符号的时域发送信号；运算符 * 表示卷积运算；n 表示噪声或随机干扰。

作为本申请的一个可选实施例，一个 OFDM 符号的频域接收信号 y 为：

$$y = F_T r = \sum_{i=1}^N \text{diag}(x_i) F_L h_i + F_L n;$$

其中， F_T 表示 N_c 维的傅里叶矩阵； x_i 表示发送天线端口 i 上发送的频域信号向量； h_i 表示发送天线端口到接收天线端口的信道或等效信道； F_L 表示 h_i 的最长路径时延 L 对应的部分傅里叶矩阵。

作为本申请的一个可选实施例，所述至少一个 OFDM 符号的第 k 个 OFDM 符号的导频符号 y_{p_k} 为：

$$y_{p_k} = [y(s)] = \sum_{i=1}^N \text{diag}(c_i) F_{LP} h_i + F_{LP} n;$$

其中， s 为所述一个 OFDM 符号内的导频子载波位置集合； p_k 为第 k 个 OFDM 符号内导频符号数量； c_i 表示发送天线端口 i 的导频随机序列， F_{LP} 由 F_L 的部分行向量组成， F_{LP} 对应的行向量的行号集合为 s 。

在本申请实施例中，发送端的每个发送天线端口都各自对应的导频位置上发送导频符号，不同发送天线端口使用不同的导频随机序列；在接收端，收到导频信号后，不是在频域估计信道而是在时延域估计信道，从而一次完成大规模 MIMO 所有天线在所有子载波上的最终的信道估计。

需要说明的是，本申请实施例提供的信道估计装置是能够执行上述信道估计方法的装置，则上述信道估计方法的所有实施例均适用于该装置，且均能达到相同或相似的有益效果。

本申请实施例中的信号发送装置或信道估计装置可以是装置，也可以是终端中的部件、集成电路、或芯片。该装置可以是移动电子设备，也可以为非移动电子设备。示例性的，移动电子设备可以为手机、平板电脑、笔记本电脑、掌上电脑、车载电子设备、可穿戴设备、超级移动个人计算机 (ultra-mobile personal computer, UMPC)、上网本或者个人数字助理 (personal digital assistant, PDA) 等，非移动电子设备可以为服务器、网络附属存储器 (Network Attached Storage, NAS)、个人计算机 (personal computer, PC)、电视机 (television,

TV)、柜员机或者自助机等,本申请实施例不作具体限定。

本申请实施例中的信号发送装置或信道估计装置可以为具有操作系统的装置。该操作系统可以为安卓(Android)操作系统,可以为ios操作系统,还可以为其他可能的操作系统,本申请实施例不作具体限定。

本申请实施例提供的信号发送装置或信道估计装置能够实现图2至图5的方法实施例实现的各个过程,为避免重复,这里不再赘述。

可选的,如图8所示,本申请实施例还提供一种通信设备800,包括处理器801,存储器802,存储在存储器802上并可在所述处理器801上运行的程序或指令,例如,该通信设备800为发送端设备时,该程序或指令被处理器801执行时实现上述信号发送方法实施例的各个过程,且能达到相同的技术效果。该通信设备800为接收端设备时,该程序或指令被处理器801执行时实现上述信道估计方法实施例的各个过程,且能达到相同的技术效果,为避免重复,这里不再赘述。

具体地,本申请实施例还提供了一种网络侧设备(即发送端设备为网络侧设备时)。如图9所示,该网络侧设备900包括:天线91、射频装置92、基带装置93。天线91与射频装置92连接。在上行方向上,射频装置92通过天线91接收信息,将接收的信息发送给基带装置93进行处理。在下行方向上,基带装置93对要发送的信息进行处理,并发送给射频装置92,射频装置92对收到的信息进行处理后经过天线91发送出去。

上述频带处理装置可以位于基带装置93中,以上实施例中网络侧设备执行的方法可以在基带装置93中实现,该基带装置93包括处理器94和存储器95。

基带装置93例如可以包括至少一个基带板,该基带板上设置有多片芯片,如图9所示,其中一个芯片例如为处理器94,与存储器95连接,以调用存储器95中的程序,执行以上方法实施例中所示的网络设备操作。

该基带装置93还可以包括网络接口96,用于与射频装置92交互信息,该接口例如为通用公共无线接口(common public radio interface,简称CPRI)。

具体地，本申请实施例的网络侧设备还包括：存储在存储器 95 上并可在处理器 94 上运行的指令或程序，处理器 94 调用存储器 95 中的指令或程序执行图 9 所示各模块执行的方法，并达到相同的技术效果，为避免重复，故不在此赘述。

图 10 为实现本申请实施例的一种终端（即接收端设备为终端时）的硬件结构示意图。该终端 1000 包括但不限于：射频单元 1001、网络模块 1002、音频输出单元 1003、输入单元 1004、传感器 1005、显示单元 1006、用户输入单元 1007、接口单元 1008、存储器 1009、以及处理器 1010 等部件。

本领域技术人员可以理解，终端 1000 还可以包括给各个部件供电的电源（比如电池），电源可以通过电源管理系统与处理器 1010 逻辑相连，从而通过电源管理系统实现管理充电、放电、以及功耗管理等功能。图 10 中示出的终端结构并不构成对终端的限定，终端可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件布置，在此不再赘述。

应理解的是，本申请实施例中，输入单元 1004 可以包括图形处理器（Graphics Processing Unit, GPU）10041 和麦克风 10042，图形处理器 10041 对在视频捕获模式或图像捕获模式中由图像捕获装置（如摄像头）获得的静态图片或视频的图像数据进行处理。显示单元 1006 可包括显示面板 10061，可以采用液晶显示器、有机发光二极管等形式来配置显示面板 10061。用户输入单元 1007 包括触控面板 10071 以及其他输入设备 10072。触控面板 10071，也称为触摸屏。触控面板 10071 可包括触摸检测装置和触摸控制器两个部分。其他输入设备 10072 可以包括但不限于物理键盘、功能键（比如音量控制按键、开关按键等）、轨迹球、鼠标、操作杆，在此不再赘述。

本申请实施例中，射频单元 1001 将来自网络侧设备的下行数据接收后，给处理器 1010 处理；另外，将上行的数据发送给网络侧设备。通常，射频单元 1001 包括但不限于天线、至少一个放大器、收发信机、耦合器、低噪声放大器、双工器等。

存储器 1009 可用于存储软件程序或指令以及各种数据。存储器 1009 可

主要包括存储程序或指令区和存储数据区，其中，存储程序或指令区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序或指令（比如声音播放功能、图像播放功能等）等。此外，存储器 1009 可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非易失性存储器，其中，非易失性存储器可以是只读存储器(Read-Only Memory, ROM)、可编程只读存储器(Programmable ROM, PROM)、可擦除可编程只读存储器(Erasable PROM, EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(Electrically EPROM, EEPROM)或闪存。例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非易失性固态存储器件。

处理器 1010 可包括一个或多个处理单元；可选的，处理器 1010 可集成应用处理器和调制解调处理器，其中，应用处理器主要处理操作系统、用户界面和应用程序或指令等，调制解调处理器主要处理无线通信，如基带处理器。可以理解的是，上述调制解调处理器也可以不集成到处理器 1010 中。

射频单元 1001，用于通过接收天线端口获取发送端设备通过发送天线端口发送的导频符号；

处理器 1010，用于对所述导频符号进行处理，估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道；将估计得到的所述时延域信道进行处理，得到所述各个发送天线端口到所述接收天线端口在频域各个子载波上的信道。

在本申请实施例中，发送端的每个发送天线端口都各自对应的导频位置上发送导频符号，不同发送天线端口使用不同的导频随机序列；在接收端，收到导频信号后，不是在频域估计信道而是在时延域估计信道，从而一次完成大规模 MIMO 所有天线在所有子载波上的最终的信道估计。

需要说明的是，本申请实施例提供的终端是能够执行上述信道估计方法的终端，则上述信道估计方法的所有实施例均适用于该终端，且均能达到相同或相似的有益效果。

本申请实施例还提供一种可读存储介质，所述可读存储介质上存储有程序或指令，该程序或指令被处理器执行时实现上述信号发送方法或信道估计方法实施例的各个过程，且能达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再

赘述。

其中，所述处理器为上述实施例所述的电子设备中的处理器。所述可读存储介质，包括计算机可读存储介质，如计算机只读存储器（Read-Only Memory，ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）、磁碟或者光盘等。

本申请实施例另提供了一种芯片，所述芯片包括处理器和通信接口，所述通信接口和所述处理器耦合，所述处理器用于运行程序或指令，实现上述信号发送方法或信道估计方法实施例的各个过程，且能达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。

应理解，本申请实施例提到的芯片还可以称为系统级芯片、系统芯片、芯片系统或片上系统芯片等。

可以理解的是，本公开描述的这些实施例可以用硬件、软件、固件、中间件、微码或其组合来实现。对于硬件实现，模块、单元、子模块、子单元等可以实现一个或多个专用集成电路（Application Specific Integrated Circuits，ASIC）、数字信号处理器（Digital Signal Processing，DSP）、数字信号处理设备（DSP Device，DSPD）、可编程逻辑设备（Programmable Logic Device，PLD）、现场可编程门阵列（Field-Programmable Gate Array，FPGA）、通用处理器、控制器、微控制器、微处理器、用于执行本申请所述功能的其它电子单元或其组合中。

需要说明的是，在本文中，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者装置不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者装置所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者装置中还存在另外的相同要素。此外，需要指出的是，本申请实施方式中的方法和装置的范围不限按示出或讨论的顺序来执行功能，还可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，例如，

可以按不同于所描述的次序来执行所描述的方法，并且还可以添加、省去、或组合各种步骤。另外，参照某些示例所描述的特征可在其他示例中被组合。

通过以上的实施方式的描述，本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现，当然也可以通过硬件，但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质（如 ROM/RAM、磁碟、光盘）中，包括若干指令用以使得一台终端（可以是手机，计算机，服务器，空调器，或者网络设备等等）执行本申请各个实施例所述的方法。

上面结合附图对本申请的实施例进行了描述，但是本申请并不局限于上述的具体实施方式，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，而不是限制性的，本领域的普通技术人员在本申请的启示下，在不脱离本申请宗旨和权利要求所保护的范围情况下，还可做出很多形式，均属于本申请的保护之内。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种信道估计方法，应用于接收端设备，所述接收端设备具有 M 个接收天线端口，M 为大于或者等于 1 的整数，所述方法包括：

通过接收天线端口获取发送端设备通过发送天线端口发送的导频符号；

对所述导频符号进行处理，估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道；

将估计得到的所述时延域信道进行处理，得到所述各个发送天线端口到所述接收天线端口在频域各个子载波上的信道。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，对所述导频符号进行处理，估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道，包括：

利用结构化正交匹配追踪 SOMP 算法对所述导频符号进行处理，估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述通过接收天线端口获取发送端设备通过发送天线端口发送的导频符号，包括：

通过所述接收天线端口接收发送端设备通过发送天线端口发送的至少一个 OFDM 符号的时域接收信号；

将所述至少一个 OFDM 符号的时域接收信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的频域接收信号；

在所述至少一个 OFDM 符号的频域接收信号中按照映射规则提取出导频符号。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其中，一个 OFDM 符号的时域接收信号 r 为：

$$r = \sum_{i=1}^N h_i * (F_T^H x_i) + n ;$$

其中，N 表示发送天线端口的数量； h_i 表示所述发送天线端口 i 到所述接收天线端口的信道或等效信道； $F_T^H x_i$ 表示一个 OFDM 符号的时域发送信号；

运算符*表示卷积运算； n 表示噪声或随机干扰。

5. 根据权利要求4所述的方法，其中，一个OFDM符号的频域接收信号 y 为：

$$y = F_T r = \sum_{i=1}^N \text{diag}(x_i) F_L h_i + F_L n;$$

其中， F_T 表示 N_c 维的傅里叶矩阵； x_i 表示发送天线端口 i 上发送的频域信号向量； h_i 表示发送天线端口到接收天线端口的信道或等效信道； F_L 表示 h_i 的最长路径时延 L 对应的部分傅里叶矩阵。

6. 根据权利要求4所述的方法，其中，所述至少一个OFDM符号的第 k 个OFDM符号的导频符号 y_{p_k} 为：

$$y_{p_k} = [y(s)] = \sum_{i=1}^N \text{diag}(c_i) F_{LP} h_i + F_{LP} n;$$

其中， s 为所述一个OFDM符号内的导频子载波位置集合； P_k 为第 k 个OFDM符号内导频符号数量； c_i 表示发送天线端口 i 的导频随机序列， F_{LP} 由 F_L 的部分行向量组成， F_{LP} 对应的行向量的行号集合为 s 。

7. 一种信号发送方法，应用于发送端设备，所述发送端设备具有 N 个发送天线端口， N 为大于1的整数，所述方法包括：

将各个发送天线端口的导频随机序列按照预设规则映射到至少一个正交频分复用OFDM符号，生成各个发送天线端口在所述至少一个OFDM符号上对应的导频信号；其中，不同发送天线端口具有不同的导频随机序列；

将所述导频信号变换为所述至少一个OFDM符号的时域发送信号，并通过对应的发送天线端口发送。

8. 根据权利要求7所述的方法，其中，所述各个发送天线端口的导频随机序列按照预设规则映射到至少一个正交频分复用OFDM符号，生成各个发送天线端口在所述至少一个OFDM符号上对应的导频信号，包括：

确定各个天线端口分别对应的预先设定的导频随机序列；

确定各个天线端口的导频信号占用的时频资源；所述时频资源包括：至

少一个 OFDM 符号以及所述至少一个 OFDM 符号中的每个 OFDM 符号内的多个子载波；

按照预设规则，将所述各个发送天线端口的导频随机序列映射到所述导频信号占用的时频资源上，生成各个天线端口对应的导频信号。

9. 根据权利要求 7 所述的方法，其中，不同发送天线端口的导频随机序列占用的时频资源相同。

10. 根据权利要求 8 所述的方法，其中，各个发送天线的导频随机序列由 P 个导频符号组成；P 为所述至少一个 OFDM 符号内导频子载波的总数量。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其中，P 大于或者等于 N 与最大时延的乘积；其中，最大时延为多径信道的最大时延长度。

12. 根据权利要求 7 所述的方法，其中，一个发送天线端口对应一个发送天线；或者，一个发送天线端口为多个发送天线经过预编码或波束赋形形成的端口。

13. 一种信道估计装置，应用于接收端设备，所述接收端设备具有 M 个接收天线端口，M 为大于或者等于 1 的整数，所述装置包括：

获取模块，用于通过接收天线端口获取发送端设备通过发送天线端口发送的导频符号；

第一处理模块，用于对所述导频符号进行处理，估计各个发送天线端口到接收天线端口的时延域信道；

第二处理模块，用于将估计得到的所述时延域信道进行处理，得到所述各个发送天线端口到所述接收天线端口在频域各个子载波上的信道。

14. 根据权利要求 13 所述的装置，其中，所述获取模块包括：

第一接收子模块，用于通过所述接收天线端口接收发送端设备通过发送天线端口发送的至少一个 OFDM 符号的时域接收信号；

变换子模块，用于将所述至少一个 OFDM 符号的时域接收信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的频域接收信号；

提取子模块，用于在所述至少一个 OFDM 符号的频域接收信号中按照映

射规则提取出导频符号。

15. 一种信号发送装置，应用于发送端设备，所述发送端设备具有 N 个发送天线端口， N 为大于 1 的整数，所述装置包括：

生成模块，用于将各个发送天线端口的导频随机序列按照预设规则映射到至少一个正交频分复用 OFDM 符号，生成各个发送天线端口在所述至少一个 OFDM 符号上对应的导频信号；其中，不同发送天线端口具有不同的导频随机序列；

发送模块，用于将所述导频信号变换为所述至少一个 OFDM 符号的时域发送信号，并通过对应的发送天线端口发送。

16. 根据权利要求 15 所述的装置，其中，所述生成模块包括：

序列确定子模块，用于确定各个天线端口分别对应的预先设定的导频随机序列；

资源确定子模块，用于确定各个天线端口的导频信号占用的时频资源；所述时频资源包括：至少一个 OFDM 符号以及所述至少一个 OFDM 符号中的每个 OFDM 符号内的多个子载波；

生成子模块，用于按照预设规则，将所述各个发送天线端口的导频随机序列映射到所述导频信号占用的时频资源上，生成各个天线端口对应的导频信号。

17. 根据权利要求 15 所述的装置，其中，不同发送天线端口的导频随机序列占用的时频资源相同。

18. 一种接收端设备，其中，包括处理器、存储器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序或指令，所述程序或指令被所述处理器执行时实现如权利要求 1 至 6 中任一项所述的信道估计方法的步骤。

19. 一种发送端设备，其中，包括处理器，存储器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序或指令，所述程序或指令被所述处理器执行时实现如权利要求 7 至 12 任一项所述的信号发送方法的步骤。

20. 一种可读存储介质，其中，所述可读存储介质上存储程序或指令，所

述程序或指令被处理器执行时实现如权利要求 1-6 任一项所述的信道估计方法的步骤；或者，所述程序或指令被处理器执行时实现如权利要求 7-12 任一项所述的信号发送方法的步骤。

21. 一种芯片，所述芯片包括处理器和通信接口，所述通信接口和所述处理器耦合，所述处理器用于运行程序或指令，实现如权利要求 1-6 任一项所述的方法，或实现如权利要求 7-12 任一项所述的方法。

22. 一种计算机程序产品，所述计算机程序产品被至少一个处理器执行以实现如权利要求 1-6 任一项所述的信道估计方法；或者，所述计算机程序产品被至少一个处理器执行以实现如权利要求 7-12 任一项所述的信号发送方法。

23. 一种接收端设备，所述接收端设备被配置成用于执行如权利要求 1 至 6 中任一项所述的信道估计方法。

24. 一种发送端设备，所述接收端设备被配置成用于执行如权利要求 7 至 12 任一项所述的信号发送方法。

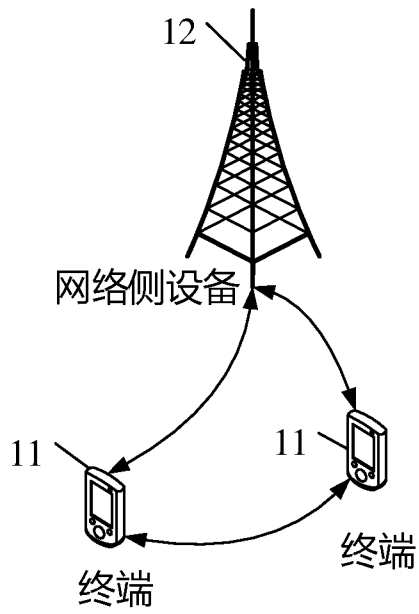


图 1

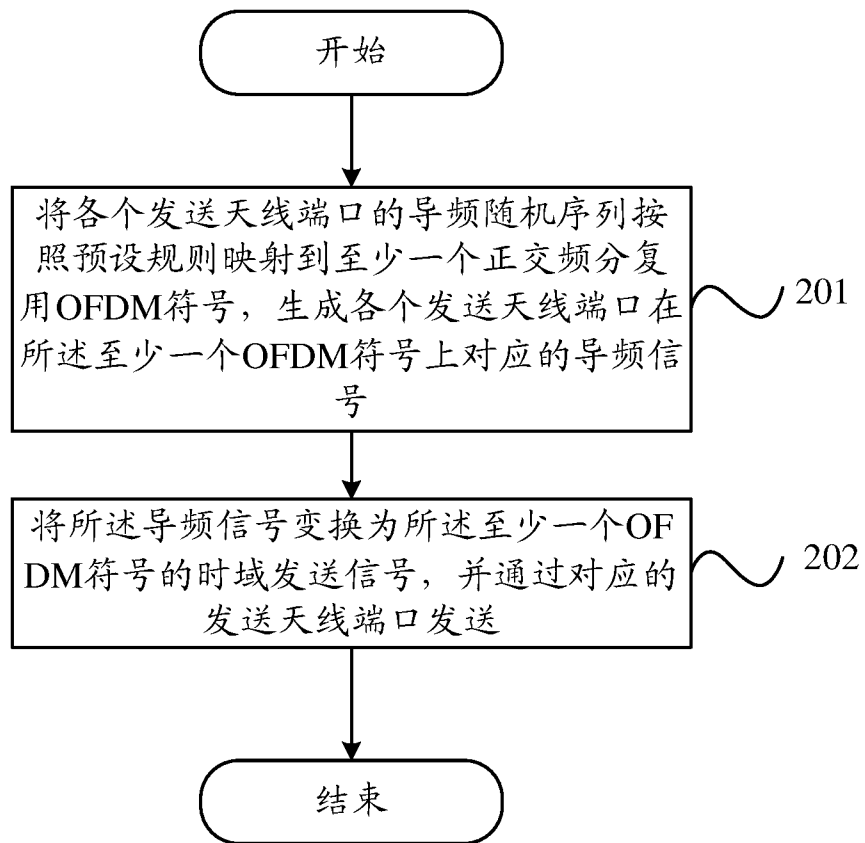


图 2

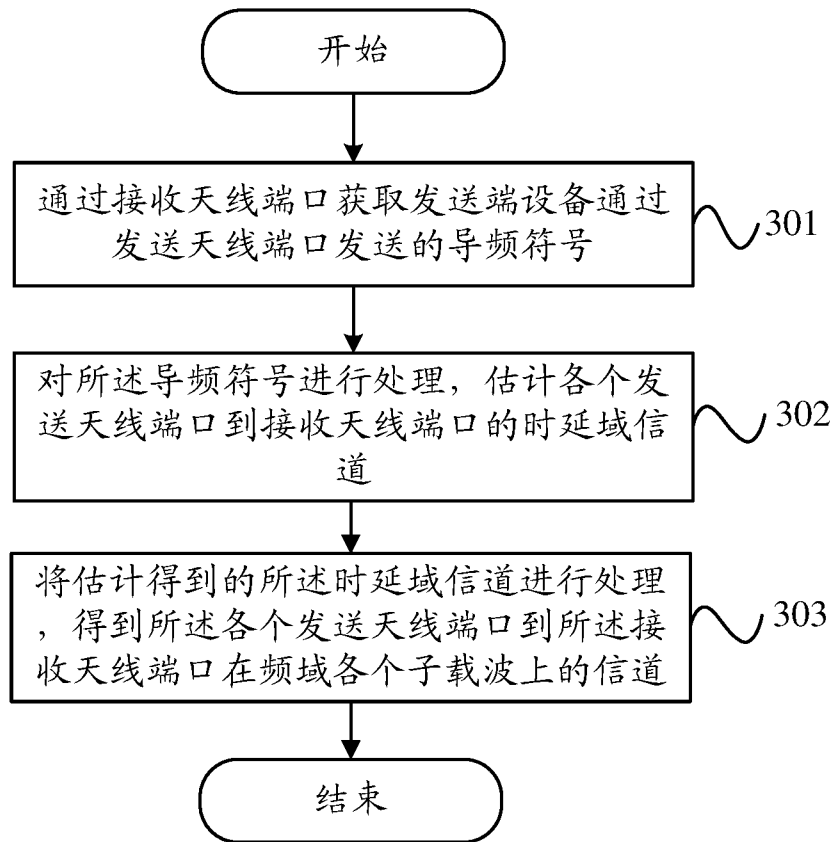


图 3

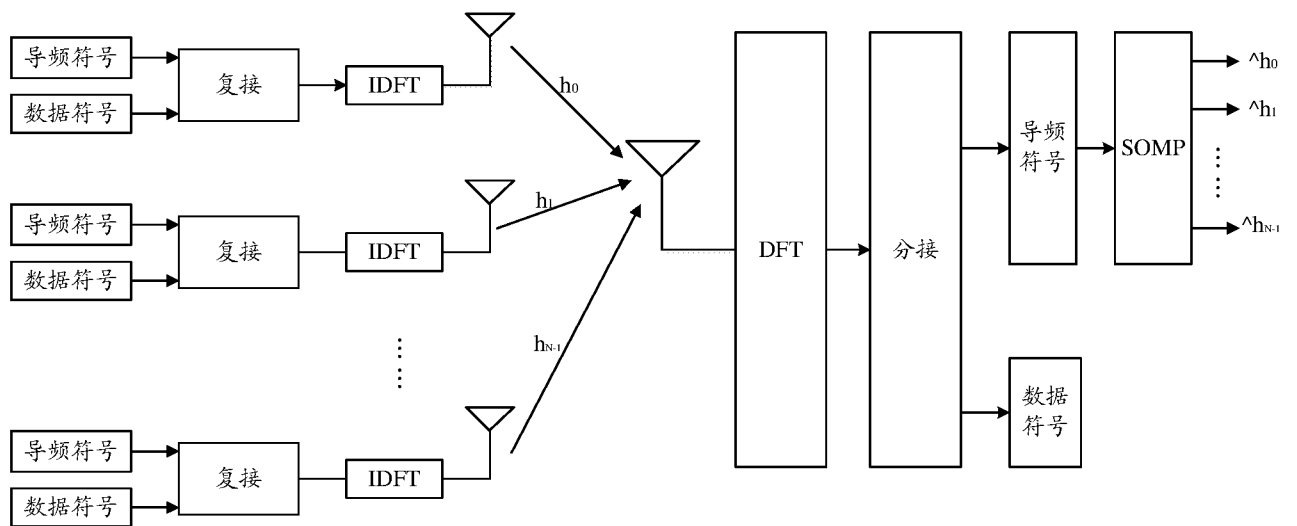


图 4

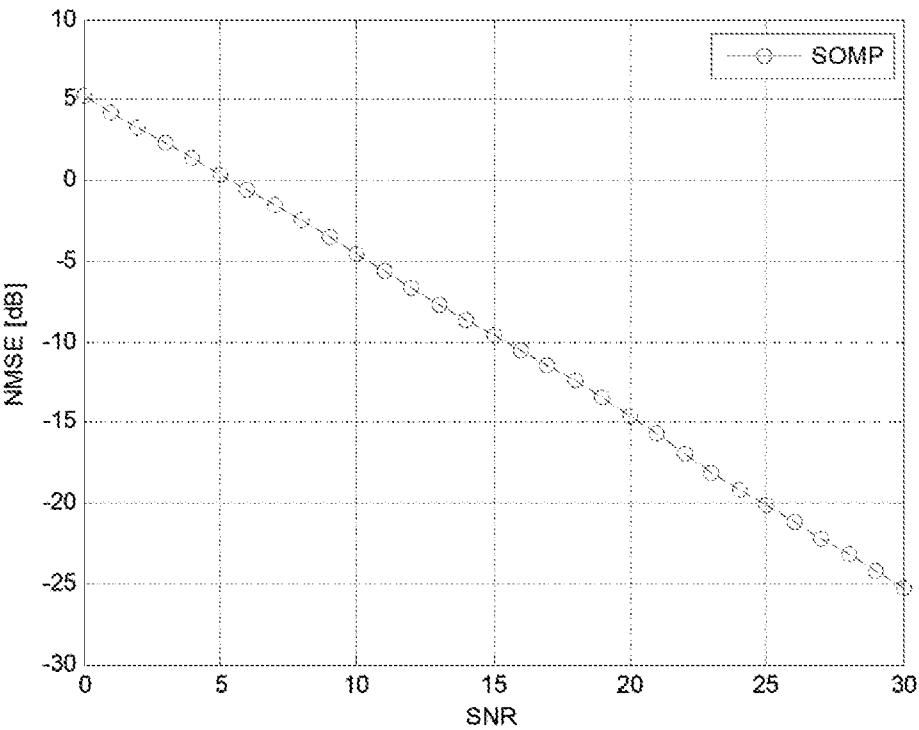


图 5



图 6



图 7

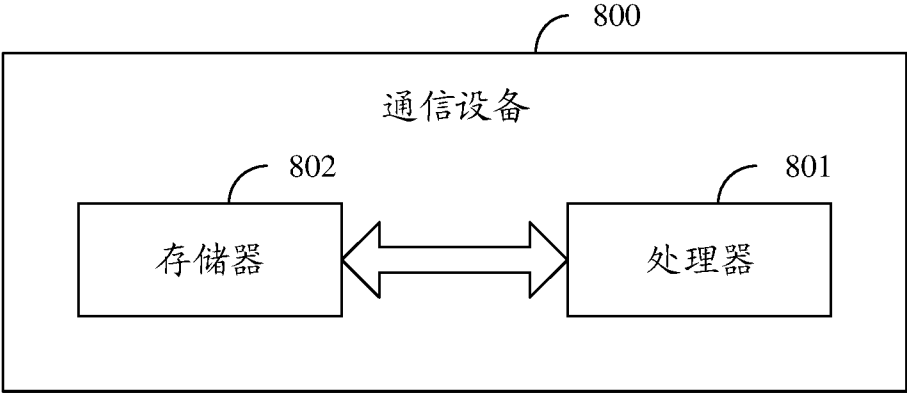


图 8

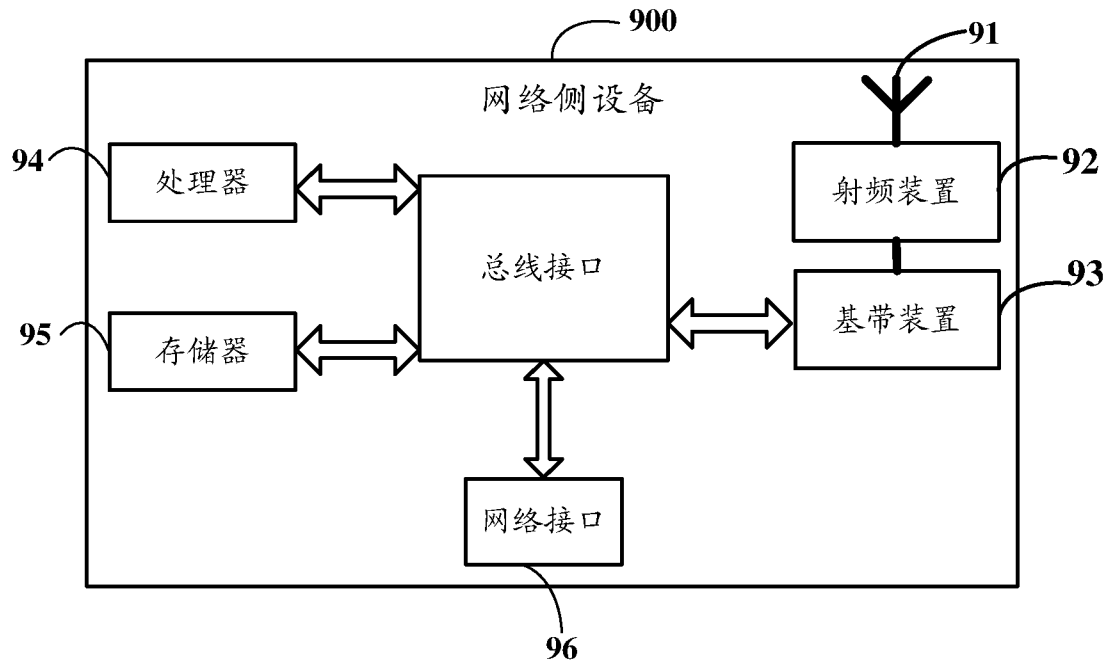


图 9

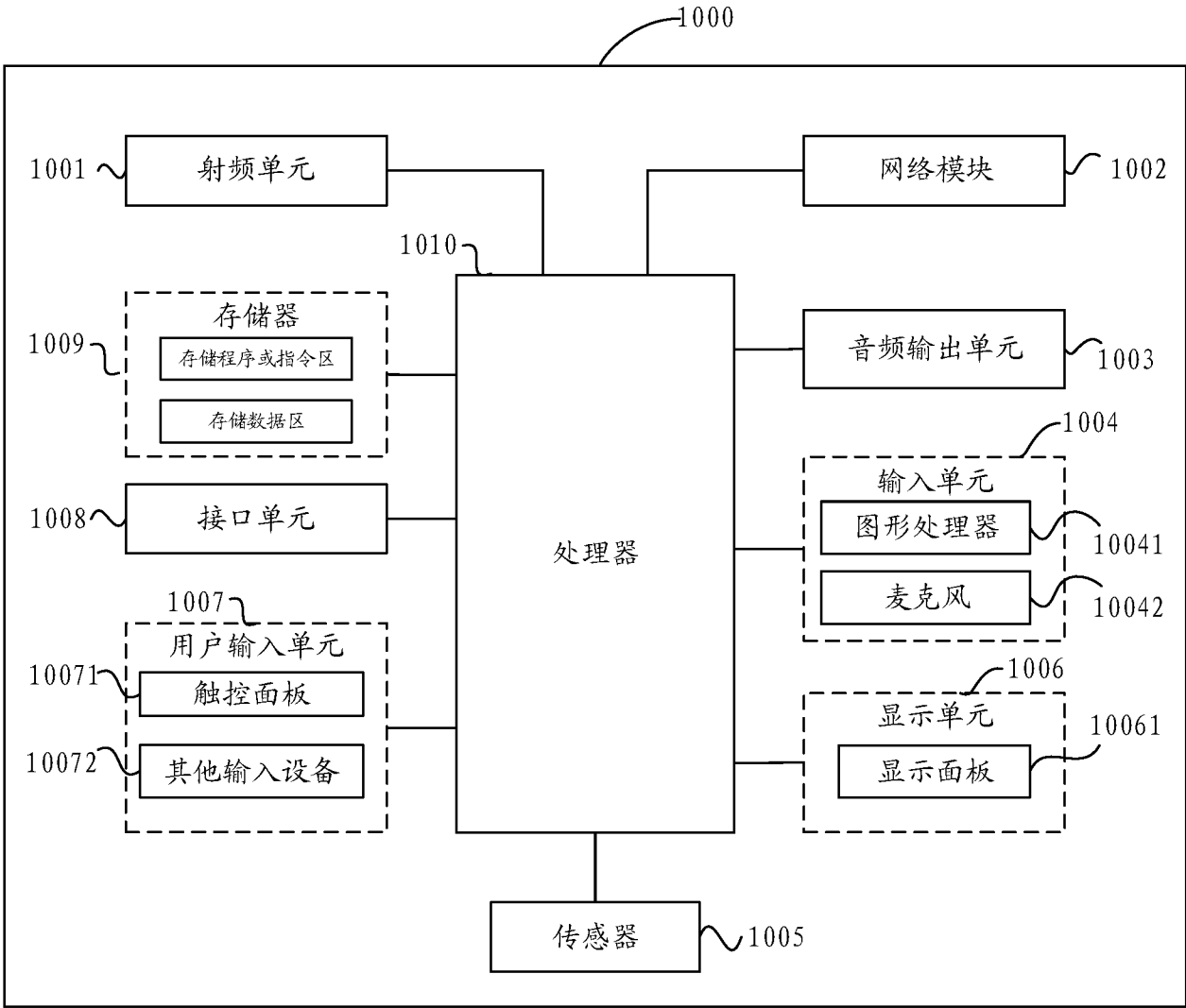


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/105409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/0413(2017.01)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;H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, 3GPP, IEEE: 天线, 端口, 时延域, 延迟域, 傅里叶, 导频, 频域, 信道估计, 正交匹配追踪, 子载波, 多天线, 正交频分复用, OFDM, FFT, DFT, delay, domain, channel, estimat+, SOMP, OMP, antenna, frequency, subcarrier, pilot, structured orthogonal matching pursuit

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106972875 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 21 July 2017 (2017-07-21) description, paragraphs 0005-0031, paragraphs 0046-0075	7-12, 15-17, 19-22, 24
A	US 2016072655 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 10 March 2016 (2016-03-10) entire document	1-24
A	CN 108418769 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 17 August 2018 (2018-08-17) entire document	1-24
A	A. N. Uwaechia et al. "Spectrum-Efficient Distributed Compressed Sensing Based Channel Estimation for OFDM Systems Over Doubly Selective Channels" 2019 IEEE Access, Vol. 7, 12 March 2019 (2019-03-12), entire document	1-24
A	WO 2018051900 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP. et al.) 22 March 2018 (2018-03-22) entire document	1-24



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

26 September 2021

Date of mailing of the international search report

09 October 2021

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/CN2021/105409

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106972875	A	21 July 2017	None			
US	2016072655	A1	10 March 2016	KR	20160009647	A	26 January 2016
				WO	2014183554	A1	20 November 2014
				CN	104168242	A	26 November 2014
CN	108418769	A	17 August 2018	None			
WO	2018051900	A1	22 March 2018	CN	109691045	A	26 April 2019
				EP	3297236	A1	21 March 2018
				US	2020382346	A1	03 December 2020
				JP	2019516322	A	13 June 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/105409

A. 主题的分类 H04B 7/0413(2017.01) 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;H04L 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC, 3GPP, IEEE: 天线, 端口, 时延域, 延迟域, 傅里叶, 导频, 频域, 信道估计, 正交匹配追踪, 子载波, 多天线, 正交频分复用, OFDM, FFT, DFT, delay, domain, channel, estimat+, SOMP, OMP, antenna, frequency, subcarrier, pilot, structured orthogonal matching pursuit																				
C. 相关文件 <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 106972875 A (上海交通大学) 2017年 7月 21日 (2017 - 07 - 21) 说明书第0005-0031段、第0046-0075段</td> <td>7-12, 15-17, 19-22, 24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2016072655 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2016年 3月 10日 (2016 - 03 - 10) 全文</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108418769 A (南京邮电大学) 2018年 8月 17日 (2018 - 08 - 17) 全文</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>A. N. Uwaechia等. "Spectrum-Efficient Distributed Compressed Sensing Based Channel Estimation for OFDM Systems Over Doubly Selective Channels" 2019 IEEE Access, 第7卷, 2019年 3月 12日 (2019 - 03 - 12), 全文</td> <td>1-24</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2018051900 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP. 等) 2018年 3月 22日 (2018 - 03 - 22) 全文</td> <td>1-24</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 106972875 A (上海交通大学) 2017年 7月 21日 (2017 - 07 - 21) 说明书第0005-0031段、第0046-0075段	7-12, 15-17, 19-22, 24	A	US 2016072655 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2016年 3月 10日 (2016 - 03 - 10) 全文	1-24	A	CN 108418769 A (南京邮电大学) 2018年 8月 17日 (2018 - 08 - 17) 全文	1-24	A	A. N. Uwaechia等. "Spectrum-Efficient Distributed Compressed Sensing Based Channel Estimation for OFDM Systems Over Doubly Selective Channels" 2019 IEEE Access, 第7卷, 2019年 3月 12日 (2019 - 03 - 12), 全文	1-24	A	WO 2018051900 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP. 等) 2018年 3月 22日 (2018 - 03 - 22) 全文	1-24
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 106972875 A (上海交通大学) 2017年 7月 21日 (2017 - 07 - 21) 说明书第0005-0031段、第0046-0075段	7-12, 15-17, 19-22, 24																		
A	US 2016072655 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2016年 3月 10日 (2016 - 03 - 10) 全文	1-24																		
A	CN 108418769 A (南京邮电大学) 2018年 8月 17日 (2018 - 08 - 17) 全文	1-24																		
A	A. N. Uwaechia等. "Spectrum-Efficient Distributed Compressed Sensing Based Channel Estimation for OFDM Systems Over Doubly Selective Channels" 2019 IEEE Access, 第7卷, 2019年 3月 12日 (2019 - 03 - 12), 全文	1-24																		
A	WO 2018051900 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP. 等) 2018年 3月 22日 (2018 - 03 - 22) 全文	1-24																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="vertical-align: top;"> "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 </td> </tr> </table>			* 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																
* 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																			
2021年 9月 26日	2021年 10月 9日																			
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																			
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	王侠																			
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-10-53961750																			

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/105409

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	106972875	A	2017年 7月 21日	无			
US	2016072655	A1	2016年 3月 10日	KR	20160009647	A	2016年 1月 26日
				WO	2014183554	A1	2014年 11月 20日
				CN	104168242	A	2014年 11月 26日
CN	108418769	A	2018年 8月 17日	无			
WO	2018051900	A1	2018年 3月 22日	CN	109691045	A	2019年 4月 26日
				EP	3297236	A1	2018年 3月 21日
				US	2020382346	A1	2020年 12月 3日
				JP	2019516322	A	2019年 6月 13日