(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
2021 年 5 月 20 日 (20.05.2021)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2021/092746 A1

(51) 国际专利分类号:
H04W 24/08 (2009.01) ***H04B 7/0456*** (2017.01)
H04B 7/0452 (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/117400

(22) 国际申请日: 2019 年 11 月 12 日 (12.11.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 高昕宇 (**GAO, Xinyu**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 刘鹍鹏 (**LIU, Kunpeng**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京龙双利达知识产权代理有限公司 (**LONGSUN LEAD IP LTD.**); 中国北京市海淀区北清路68号院3号楼101, Beijing 100094 (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, 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,

(54) **Title:** CHANNEL INFORMATION OBTAINING METHOD

(54) **发明名称:** 一种信道信息获取的方法

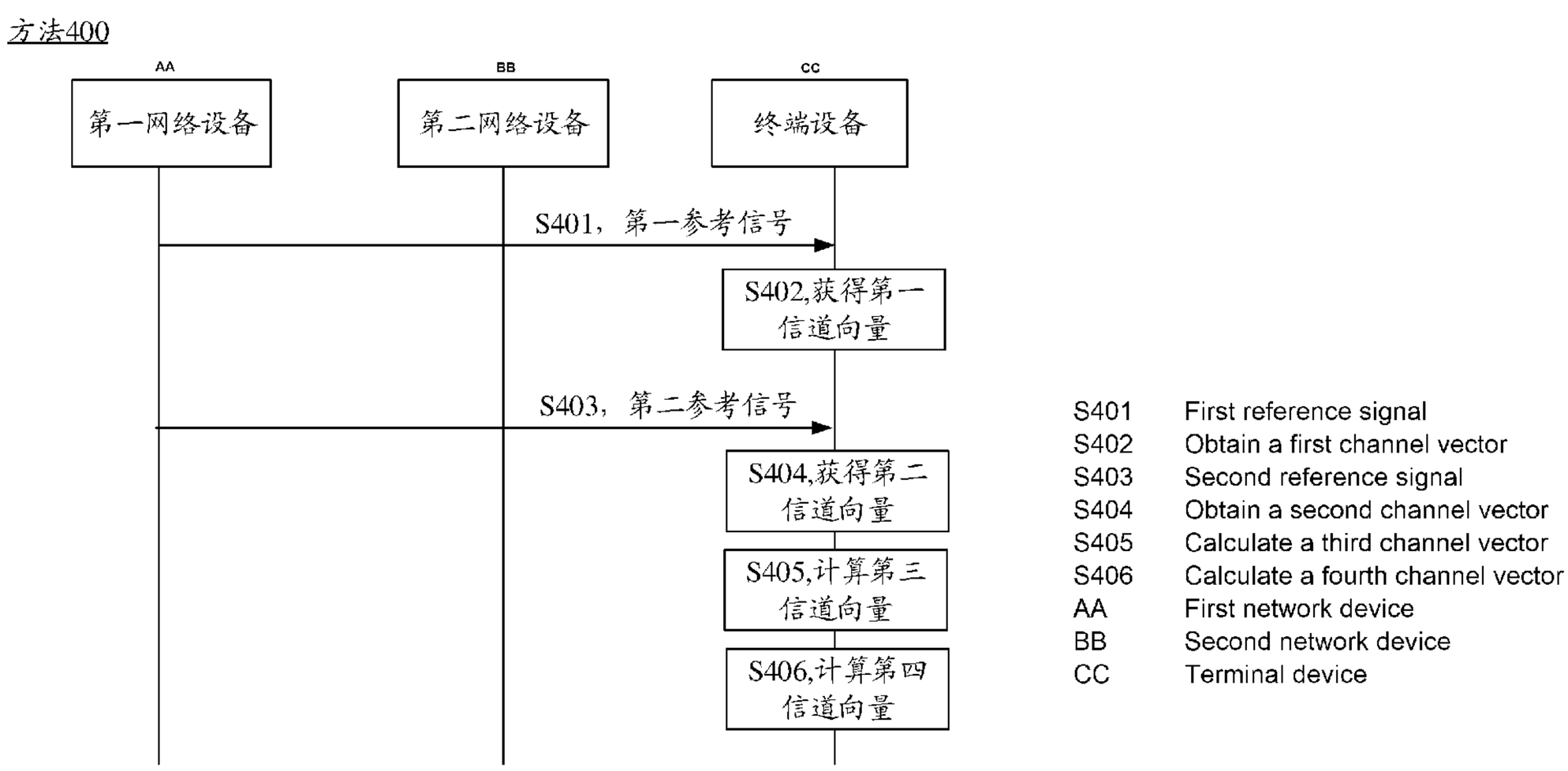


图 4

(57) **Abstract:** The present application provides a channel information obtaining method and a communication apparatus, capable of reducing pilot overheads and a delay for obtaining channel information. The method comprises: the d-th port of a terminal device receives one or more first reference signals, the first reference signal being a reference signal from a first network device; the terminal device obtains a first channel vector $h_{1,d}$ according to the received first reference signal, $h_{1,d}$ being a channel vector of a channel between the d-th port of the terminal device and the first network device; the d-th port of the terminal device receives N second reference signals; the terminal device obtains a second channel vector $h_{2,d}$ according to the received second reference signals; the terminal device calculates a third channel vector $h_{3,d}$ according to $h_{1,d}$ and $h_{2,d}$, the number

[见续页]

WO 2021/092746 A1

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))。

of ports of $h_{3,d}$ being less than that of a fourth channel vector $h_{4,d}$, and $h_{4,d}$ being a channel vector of a channel between the first network device, a second network device, and the d-th port of the terminal device; the terminal device calculates $h_{4,d}$ according to $h_{3,d}$.

(57) 摘要：本申请提供了一种信道信息获取的方法和通信装置，可以减小获取信道信息的导频开销和时延。该方法包括：终端设备的第d个端口接收一个或多个第一参考信号，该第一参考信号为来自第一网络设备的参考信号；该终端设备根据接收到的该第一参考信号获得第一信道向量$h_{1,d}$，该$h_{1,d}$为该终端设备的第d个端口与该第一网络设备之间的信道的信道向量；该终端设备的第d个端口接收N个第二参考信号；该终端设备根据接收到的该第二参考信号获得第二信道向量$h_{2,d}$；该终端设备根据该$h_{1,d}$和该$h_{2,d}$计算第三信道向量$h_{3,d}$，该$h_{3,d}$的端口数小于第四信道向量$h_{4,d}$的端口数，该$h_{4,d}$为该第一网络设备、第二网络设备和该终端设备的第d个端口之间的信道的信道向量；该终端设备根据该$h_{3,d}$计算该$h_{4,d}$。

一种信道信息获取的方法

5 技术领域

本申请涉及通信领域，更具体地，涉及一种信道信息获取的方法。

背景技术

在已有的多输入多输出（multiple input multiple output，MIMO）系统中加入另一个网络设备，可以组成新的 MIMO 系统。MIMO 系统在实际应用时，需要已知完整的信道信息。以频分双工（frequency division duplexing，FDD）下行传输为例，加入另一网络设备的 MIMO 系统为了进行第一网络设备与第二网络设备的联合预编码，需要分别已知第一网络设备与终端设备之间的信道信息以及第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的信道信息。由于第二网络设备的阵元数成百上千，第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的信道通常维度巨大。因此亟需一种导频开销低、时延低、精度高的方法获取第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的信道信息。

发明内容

本申请提供一种信道信息获取方法，能够降低获取第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的信道信息的过程中的导频开销和时延。

第一方面，提供了一种信道信息获取的方法，该方法包括：终端设备的第 d 个端口接收一个或多个第一参考信号，该第一参考信号为来自第一网络设备的参考信号，d∈[1,D]，D 为该终端设备的端口数，D 为正整数；该终端设备根据接收到的该第一参考信号获得第一信道向量 $\mathbf{h}_{1,d}$，该 $\mathbf{h}_{1,d}$ 为该终端设备的第 d 个端口与该第一网络设备之间的信道的信道向量；该终端设备的第 d 个端口接收 N 个第二参考信号，N 为该第二参考信号的端口数，N 为大于或等于 2 的整数；该终端设备根据接收到的该第二参考信号获得第二信道向量 $\mathbf{h}_{2,d}$；该终端设备根据该 $\mathbf{h}_{1,d}$ 和该 $\mathbf{h}_{2,d}$ 计算第三信道向量 $\mathbf{h}_{3,d}$，该 $\mathbf{h}_{3,d}$ 的端口数小于第四信道向量 $\mathbf{h}_{4,d}$ 的端口数，该 $\mathbf{h}_{4,d}$ 为该第一网络设备、第二网络设备和该终端设备的第 d 个端口之间的信道的信道向量；该终端设备根据该 $\mathbf{h}_{3,d}$ 计算该 $\mathbf{h}_{4,d}$。

基于上述技术方案，终端设备根据接收到的第二参考信号得到的第三信道向量的端口数量小于第四信道向量的端口数。在此情况下，终端设备采用压缩感知或人工智能算法，根据第三信道向量可以计算出第四信道向量，从而降低了获取第四信道向量的导频开销和时延。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，每个第二参考信号包括第一分量和第二分量，该第一分量为第一预编码矩阵 $\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)$ 预编码产生的，该第二分量为该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵 $\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$ 预编码产生的，该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵用于对该 $\mathbf{h}_{4,d}$ 进行处理以得到该 $\mathbf{h}_{3,d}$。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该第二预编码矩阵具体表示为

$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{V}\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{V}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该第一预编码矩阵具体表示为$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{U}\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{U}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

基于上述技术方案，第四信道向量经过第一预编码矩阵和第二预编码矩阵处理之后，可以得到端口数小于第四信道向量的端口数的第三信道向量。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该终端设备根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{2,d}$计算第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，包括：该终端设备根据公式$\mathbf{h}_{3,d}=\mathbf{h}_{2,d}-[\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_1,\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_2,...,\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_N]^T$计算该$\mathbf{h}_{3,d}$，其中$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)$为第一预编码矩阵。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该终端设备根据该$\mathbf{h}_{3,d}$计算该$\mathbf{h}_{4,d}$，包括：该终端设备根据公式$\mathbf{h}_{3,d}=\boldsymbol{\Phi}\mathbf{h}_{4,d}$计算该$\mathbf{h}_{4,d}$，其中$\boldsymbol{\Phi}$为该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$的函数$f(\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N),\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N))$。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该$\boldsymbol{\Phi}$表示为$\boldsymbol{\Phi}=[\mathbf{w}_1^T\otimes\boldsymbol{\theta}_1^H,\mathbf{w}_2^T\otimes\boldsymbol{\theta}_2^H,...,\mathbf{w}_N^T\otimes\boldsymbol{\theta}_N^H]^T$。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该方法还包括：该终端设备计算该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵；该终端设备向该第一网络设备发送该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该方法还包括：该终端设备接收该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵是通信协议规定的。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该方法还包括：该终端设备根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，该$\overline{\mathbf{w}}$为该第一网络设备向该终端设备传输数据时使用的预编码矩阵，该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为该第二网络设备向该终端设备传输数据时使用的预编码矩阵；该终端设备向该第一网络设备发送该$\overline{\mathbf{w}}$和该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。

基于上述技术方案，由于终端设备仅向第一网络设备反馈第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，因此具有较低的反馈开销。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该终端设备根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，包括：该终端设备以第一指标为优化目标，迭代以下两个过程至优化目标不再增加：（1）固定该$\overline{\mathbf{w}}$，计算该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，（2）固定该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算该$\overline{\mathbf{w}}$，其中，该第一指标包括以下一项或多项：频谱效率、能量效率、传输速率和与目标传输方案之间的误差。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为$\exp(-j(\arg(\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}})-\arg(\mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}})))$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\arg(.)$表示取相位运算。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该$\overline{\mathbf{w}}$为$\alpha\frac{\left(\mathbf{h}_{1,d}^H+\overline{\boldsymbol{\theta}}^H\mathbf{H}_{4,d}\right)^H}{\left\|\mathbf{h}_{1,d}^H+\overline{\boldsymbol{\theta}}^H\mathbf{H}_{4,d}\right\|_2}$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\alpha$为一个非零常数。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该方法还包括：该终端设备向该第一网络设备发送该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，该N个第二参考信号是以时分复用方式发送的。

第二方面，提供了一种信道信息获取的方法，该方法包括：第二网络设备从第一网络设备接收N个第三参考信号，N为该第三参考信号的端口数，N为大于或等于2的整数；该第二网络设备生成N个第四参考信号，第n个第四参考信号为该第二网络设备基于第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$对第n个第三参考信号预编码后生成的参考信号，n∈[1,N]，该第二预编码矩阵用于对第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$进行处理以得到第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，该$\mathbf{h}_{3,d}$的端口数量小于该$\mathbf{h}_{4,d}$的端口数量，该$\mathbf{h}_{4,d}$为该第一网络设备、该第二网络设备和终端设备的第d个端口之间的信道的信道向量，d∈[1,D]，D为该终端设备的端口数，D为正整数；该第二网络设备向该终端设备发送N个该第四参考信号。

基于上述技术方案，第二网络设备采用第二预编码矩阵对第四信道向量进行处理，得到的第三信道向量的端口数小于第四信道向量的端口数。并且在此情况下，根据第三信道向量可以计算出第四信道向量，降低了获取第四信道向量的导频开销和时延。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，该第二预编码矩阵具体表示为$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{V}\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{V}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，在该第二网络设备生成N个第四参考信号之前，该方法还包括：该第二网络设备从该第一网络设备接收该第二预编码矩阵。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，该第二预编码矩阵是通信协议规定的。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，该方法还包括：该第二网络设备从该第一网络设备接收第四预编码矩阵$\bar{\boldsymbol{\theta}}$，该$\bar{\boldsymbol{\theta}}$为该第二网络设备向该终端设备传输数据时使用的预编码矩阵。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，该第二网络设备向该终端设备发送N个该第四参考信号，包括：该第二网络设备以时分复用方式向该终端设备发送N个该第四参考信号。

第三方面，提供了一种信道信息获取的方法，该方法包括：第一网络设备发送一个或多个第一参考信号，该第一参考信号用于计算第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$，该$\mathbf{h}_{1,d}$为终端设备的第d个端口与该第一网络设备之间的信道的信道向量，d∈[1,D]，D为该终端设备的端口数，D为正整数；该第一网络设备发送N个第三参考信号，该第三参考信号为该第一网络设备基于第一预编码矩阵$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)$预编码的参考信号，N为该第三参考信号的端口数，N为大于或等于2的整数。

基于上述技术方案，第一网络设备向终端设备发送不同的参考。因此，终端设备根据接收到的不同参考信号可以获取不同的信道信息。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，该第一预编码矩阵具体表示为$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{U}\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{U}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，在该第一网络设备发送N个第三参考

信号之前，该方法还包括：该第一网络设备从该终端设备接收该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$，该第二预编码矩阵为第二网络设备用于对该第三参考信号预编码的矩阵；该第一网络设备向该第二网络设备发送该第二预编码矩阵。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，在该第一网络设备发送N个第三参考信号之前，该方法还包括：该第一网络设备计算该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$，该第二预编码矩阵为第二网络设备用于对该第三参考信号预编码的矩阵；该第一网络设备向该终端设备发送该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵；该第一网络设备向该第二网络设备发送该第二预编码矩阵。

基于上述技术方案，第一网络设备采用第一预编码矩阵以及第二网络设备采用第二预编码矩阵对第四信道向量进行处理，得到的第三信道向量的端口数小于第四信道向量的端口数。并且在此情况下，根据第三信道向量可以计算出第四信道向量，降低了获取第四信道向量的导频开销和时延。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，该第一预编码矩阵是通信协议规定的。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，该方法还包括：该第一网络设备从该终端设备接收该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，该方法还包括：该第一网络设备根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，该$\overline{\mathbf{w}}$为该第一网络设备向该终端设备传输数据时使用的预编码矩阵，该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为该第二网络设备向该终端设备传输数据时使用的预编码矩阵；该第一网络设备向该第二网络设备发送所述$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。

基于上述技术方案，第一网络设备根据接收到的$\mathbf{h}_{1,d}$和$\mathbf{h}_{4,d}$计算第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。由于第一网络设备拥有所有终端设备的信道信息，因此，可以有效消除多用户的干扰。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，该第一网络设备根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，包括：该第一网络设备以第一指标为优化目标，迭代以下两个过程至优化目标不再增加：（1）固定该$\overline{\mathbf{w}}$，计算该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，（2）固定该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算该$\overline{\mathbf{w}}$，其中该第一指标包括以下一项或多项：频谱效率、能量效率、传输速率和与目标传输方案之间的误差。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为$\exp(-j(\arg(\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}})-\arg(\mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}})))$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\arg(.)$表示取相位运算。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，该$\overline{\mathbf{w}}$为$\alpha\frac{\left(\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right)^{H}}{\left\|\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right\|_2}$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\alpha$为一个非零常数。

第四方面，提供了一种信道信息获取的装置，该装置包括收发单元和处理单元：该收发单元用于接收一个或多个第一参考信号，该第一参考信号为来自第一网络设备的参考信号；该处理单元用于根据接收到的该第一参考信号获得第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$，该$\mathbf{h}_{1,d}$为该装置的第d个端口与该第一网络设备之间的信道的信道向量，d∈[1,D]，D为该装置的端口数，D为正整数；该收发单元还用于接收N个第二参考信号，N为该第二参考信号的端口

数，N为大于或等于2的整数；该处理单元还用于根据接收到的该第二参考信号获得第二信道向量$\mathbf{h}_{2,d}$；该处理单元还用于根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{2,d}$计算第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，该$\mathbf{h}_{3,d}$的端口数小于第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$的端口数，该$\mathbf{h}_{4,d}$为该第一网络设备、第二网络设备和该装置的第d个端口之间的信道的信道向量；该处理单元还用于根据该$\mathbf{h}_{3,d}$计算该$\mathbf{h}_{4,d}$。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，每个第二参考信号包括第一分量和第二分量，该第一分量为第一预编码矩阵$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)$预编码产生的，该第二分量为该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$预编码产生的，该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵用于对该$\mathbf{h}_{4,d}$进行处理以得到该$\mathbf{h}_{3,d}$。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该第二预编码矩阵具体表示为$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{V}\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{V}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该第一预编码矩阵具体表示为$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{U}\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{U}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该处理单元根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{2,d}$计算第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，包括：该处理单元根据公式$\mathbf{h}_{3,d}=\mathbf{h}_{2,d}-[\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_1,\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_2,...,\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_N]^T$计算该$\mathbf{h}_{3,d}$，其中$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)$为第一预编码矩阵。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该处理单元根据该$\mathbf{h}_{3,d}$计算该$\mathbf{h}_{4,d}$，包括：该处理单元根据公式$\mathbf{h}_{3,d}=\boldsymbol{\Phi}\mathbf{h}_{4,d}$计算该$\mathbf{h}_{4,d}$，其中$\boldsymbol{\Phi}$为该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$的函数$f(\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N),\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N))$。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该$\boldsymbol{\Phi}$表示为$\boldsymbol{\Phi}=[\mathbf{w}_1^T\otimes\boldsymbol{\theta}_1^T,\mathbf{w}_2^T\otimes\boldsymbol{\theta}_2^T,...,\mathbf{w}_N^T\otimes\boldsymbol{\theta}_N^T]^T$。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该处理单元还用于计算该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵；该收发单元还用于向该第一网络设备发送该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该收发单元还用于接收该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵是通信协议规定的。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该处理单元还用于根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，该$\overline{\mathbf{w}}$为该第一网络设备向该装置传输数据时使用的预编码矩阵，该$\boldsymbol{\theta}$为该第二网络设备向该装置传输数据时使用的预编码矩阵；该收发单元还用于向该第一网络设备发送该$\overline{\mathbf{w}}$和该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该处理单元还用于根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，包括：该处理单元以第一指标为优化目标，迭代以下两个过程至优化目标不再增加：（1）固定该$\overline{\mathbf{w}}$，计算该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，（2）固定该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算该$\overline{\mathbf{w}}$，其中，该第一指标包括以下一项或多项：频谱效率、能量效率、传输速率和与目标传输方案之间的误差。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为

$\exp(-j(\arg(\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}})-\arg(\mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}})))$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\arg(.)$表示取相位运算。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该$\overline{\mathbf{w}}$为$\alpha\frac{\left(\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right)^{H}}{\left\|\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right\|_{2}}$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\alpha$为一个非零常数。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该收发单元还用于向该第一网络设备发送该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，该N个第二参考信号是以时分复用方式发送的。

第五方面，提供了一种信道信息获取的装置，该装置包括处理单元和收发单元：该收发单元用于从第一网络设备接收N个第三参考信号，N为该第三参考信号的端口数，N为大于或等于2的整数；该处理单元生成N个第四参考信号，第n个第四参考信号为该装置基于第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_{n}(n=1,2,...,N)$对第 n 个第三参考信号预编码后生成的参考信号，n∈[1,N]，该第二预编码矩阵用于对第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$进行处理以得到第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，该$\mathbf{h}_{3,d}$的端口数量小于该$\mathbf{h}_{4,d}$的端口数量，该$\mathbf{h}_{4,d}$为该第一网络设备、该装置和终端设备的第 d 个端口之间的信道的信道向量，d∈[1,D]，D 为该终端设备的端口数，D 为正整数；该收发单元还用于向该终端设备发送N个该第四参考信号。

结合第五方面，在第五方面的某些实现方式中，该第二预编码矩阵具体表示为$\boldsymbol{\theta}_{n}(n=1,2,...,N)=\mathbf{V}\mathbf{b}_{n}(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{V}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{b}_{n}(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

结合第五方面，在第五方面的某些实现方式中，在该处理单元生成N个第四参考信号之前，该收发单元还用于从第一网络设备接收该第二预编码矩阵。

结合第五方面，在第五方面的某些实现方式中，该第二预编码矩阵是通信协议规定的。

结合第五方面，在第五方面的某些实现方式中，收发单元还用于从该第一网络设备接收第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为该装置向该终端设备传输数据时使用的预编码矩阵。

结合第五方面，在第五方面的某些实现方式中，该收发单元向该终端设备发送N个该第四参考信号，包括：该收发单元以时分复用方式向该终端设备发送N个该第四参考信号。

第六方面，提供了一种信道信息获取的装置，该装置包括收发单元和处理单元：该收发单元还用于发送一个或多个第一参考信号，该第一参考信号用于计算第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$，该$\mathbf{h}_{1,d}$为终端设备的第 d 个端口与该装置之间的信道的信道向量，d∈[1,D]，D 为该终端设备的端口数，D 为正整数；该收发单元还用于发送N个第三参考信号，该第三参考信号为该装置基于第一预编码矩阵$\mathbf{w}_{n}(n=1,2,...,N)$预编码的参考信号，N为该第三参考信号的端口数，N为大于或等于2的整数。

结合第六方面，在第六方面的某些实现方式中，该第一预编码矩阵具体表示为$\mathbf{w}_{n}(n=1,2,...,N)=\mathbf{U}\mathbf{a}_{n}(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{U}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{a}_{n}(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

结合第六方面，在第六方面的某些实现方式中，在该收发单元发送N个第三参考信号之前，该收发单元还用于从该终端设备接收第一预编码矩阵和第二预编码矩阵

$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$，该第二预编码矩阵为第二网络设备用于对该第三参考信号预编码的矩阵；该收发单元还用于向所述第二网络设备发送该第二预编码矩阵。

结合第六方面，在第六方面的某些实现方式中，在该收发单元发送N个第三参考信号之前，该处理单元还用于计算该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$，该第二预编码矩阵为第二网络设备用于对该第三参考信号预编码的矩阵；该收发单元还用于向该终端设备发送该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵；该收发单元还用于向该第二网络设备发送该第二预编码矩阵。

结合第六方面，在第六方面的某些实现方式中，该收发单元还用于从该终端设备接收该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$。

结合第六方面，在第六方面的某些实现方式中，该处理单元根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，该$\overline{\mathbf{w}}$为该装置向该终端设备传输数据时使用的预编码矩阵，该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为该第二网络设备向该终端设备传输数据时使用的预编码矩阵；该收发单元还用于向该第二网络设备发送所述$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。

结合第六方面，在第六方面的某些实现方式中，该处理单元根据该$\mathbf{h}_{1,d}$和该$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，包括：该处理单元以第一指标为优化目标，迭代以下两个过程至优化目标不再增加：（1）固定该$\overline{\mathbf{w}}$，计算该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，（2）固定该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算该$\overline{\mathbf{w}}$，其中，该第一指标包括以下一项或多项：频谱效率、能量效率、传输速率和与目标传输方案之间的误差。

结合第六方面，在第六方面的某些实现方式中，该$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为$\exp(-j(\arg(\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}})-\arg(\mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}})))$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\arg(.)$表示取相位运算。

结合第六方面，在第六方面的某些实现方式中，该$\overline{\mathbf{w}}$为$\alpha\frac{\left(\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right)^{H}}{\left\|\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right\|_2}$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\alpha$为一个非零常数。

第七方面，提供了一种通信装置，包括处理器。该处理器与存储器耦合，可用于执行存储器中的指令或者数据，以实现上述第一方面以及第一方面中任一种可能实现方式中的方法。其中，该通信装置还包括存储器。其中，该通信装置还包括通信接口，处理器与通信接口耦合。

在一种实现方式中，该通信装置为终端设备。当该通信装置为终端设备时，所述通信接口可以是收发器，或，输入/输出接口。

在另一种实现方式中，该通信装置为配置于终端设备中的芯片或芯片系统。当该通信装置为配置于终端设备中的芯片或芯片系统时，所述通信接口可以是输入/输出接口。

其中，所述收发器可以为收发电路。其中，所述输入/输出接口可以为输入/输出电路。

第八方面，提供了一种通信装置，包括处理器。该处理器与存储器耦合，可用于执行存储器中的指令或者数据，以实现上述第二方面以及第二方面中任一种可能实现方式中的方法。其中，该通信装置还包括存储器。其中，该通信装置还包括通信接口，处理器与通信接口耦合。

在一种实现方式中，该通信装置为第二网络设备。当该通信装置为第二网络设备时，所述通信接口可以是收发器，或，输入/输出接口。

在另一种实现方式中，该通信装置为配置于第二网络设备中的芯片或芯片系统。当该通信装置为配置于第二网络设备中的芯片或芯片系统时，该通信接口可以是输入/输出接口。

其中，该收发器可以为收发电路。其中，该输入/输出接口可以为输入/输出电路。

第九方面，提供了一种通信装置，包括处理器。该处理器与存储器耦合，可用于执行存储器中的指令或者数据，以实现上述第三方面以及第三方面中任一种可能实现方式中的方法。其中，该通信装置还包括存储器。其中，该通信装置还包括通信接口，处理器与通信接口耦合。

在一种实现方式中，该通信装置为第一网络设备。当该通信装置为第一网络设备时，所述通信接口可以是收发器，或，输入/输出接口。

在另一种实现方式中，该通信装置为配置于第一网络设备中的芯片或芯片系统。当该通信装置为配置于第一网络设备中的芯片或芯片系统时，所述通信接口可以是输入/输出接口。

其中，所述收发器可以为收发电路。其中，所述输入/输出接口可以为输入/输出电路。

第十方面，提供了一种处理器，包括：输入电路、输出电路和处理电路。所述处理电路用于通过所述输入电路接收信号，并通过所述输出电路发送信号，使得所述处理器执行第一方面至第三方面以及第一方面至第三方面中任一种可能实现方式中的方法。

在具体实现过程中，上述处理器可以为一个或多个芯片，输入电路可以为输入管脚，输出电路可以为输出管脚，处理电路可以为晶体管、门电路、触发器和各种逻辑电路等。输入电路所接收的输入的信号可以是由例如但不限于接收器接收并输入的，输出电路所输出的信号可以是例如但不限于输出给发射器并由发射器发射的，且输入电路和输出电路可以是同一电路，该电路在不同的时刻分别用作输入电路和输出电路。本申请实施例对处理器及各种电路的具体实现方式不做限定。

第十一方面，提供了一种处理装置，包括处理器和存储器。该处理器用于读取存储器中存储的指令，并可通过接收器接收信号，通过发射器发射信号，以执行第一方面至第三方面以及第一方面至第三方面中任一种可能实现方式中的方法。

其中，该处理器为一个或多个，该存储器为一个或多个。

其中，该存储器可以与所述处理器集成在一起，或者该存储器与处理器分离设置。

在具体实现过程中，存储器可以为非瞬时性（non-transitory）存储器，例如只读存储器（read only memory，ROM），其可以与处理器集成在同一块芯片上，也可以分别设置在不同的芯片上，本申请实施例对存储器的类型以及存储器与处理器的设置方式不做限定。

应理解，相关的数据交互过程例如发送指示信息可以为从处理器输出指示信息的过程，接收能力信息可以为处理器接收输入能力信息的过程。具体地，处理器输出的数据可以输出给发射器，处理器接收的输入数据可以来自接收器。其中，发射器和接收器可以统称为收发器。

上述第十一方面中的处理装置可以是一个或多个芯片，或者，也可以是一个芯片系统。

该处理装置中的处理器可以通过硬件来实现也可以通过软件来实现。当通过硬件实现时，该处理器可以是逻辑电路、集成电路等；当通过软件来实现时，该处理器可以是一个通用处理器，通过读取存储器中存储的软件代码来实现，该存储器可以集成在处理器中，可以位于该处理器之外，独立存在。

第十二方面，提供了一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括：计算机程序（也可以称为代码，或指令），当所述计算机程序被运行时，使得执行上述第一方面至第三方面以及第一方面至第三方面中任一种可能实现方式中的方法。

第十三方面，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序（也可以称为代码，或指令）当其在计算机上运行时，使得计算机执行上述第一方面至第三方面以及第一方面至第三方面中任一种可能实现方式中的方法。

第十四方面，提供了一种通信系统，包括：前述的第二网络设备、第二网络设备和/或，前述终端设备。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的方法的无线通信系统的示意图。

图 2 是本申请实施例提供的方法的另一无线通信系统的示意图。

图 3 是智能反射板辅助多输入多输出系统信道估计方法的示意图。

图 4 是本申请实施例提供的方法的示意性流程图。

图 5 是资源映射的示意图。

图 6 是本申请另一实施例提供的方法的示意性流程图。

图 7 是智能反射板逐一生成波束码本中的码字的示意图。

图 8 是本申请实施例提供的智能反射板阵元分组方式的示意图。

图 9 是本申请实施例提供的通信装置的示意性框图。

图 10 是本申请实施例提供的终端设备的结构示意图。

图 11 是本申请实施例提供的网络设备的结构示意图。

图 12 是本申请实施例提供的智能反射板的示意性框图。

具体实施方式

下面将结合附图，对本申请中的技术方案进行描述。

本申请实施例的技术方案可以应用于各种通信系统，例如：长期演进（Long Term Evolution，LTE）系统、LTE 频分双工（frequency division duplex，FDD）系统、LTE 时分双工（time division duplex，TDD）、通用移动通信系统（universal mobile telecommunication system，UMTS）、全球互联微波接入（worldwide interoperability for microwave access，WiMAX）通信系统、未来的第五代（5th generation，5G）移动通信系统或新无线接入技术（new radio access technology，NR）。其中，5G 移动通信系统可以包括非独立组网（non-standalone，NSA）和/或独立组网（standalone，SA）。

本申请提供的技术方案还可以应用于未来的通信系统，如第六代移动通信系统等。本申请对此不做限定。

本申请实施例中，网络设备可以是任意一种具有无线收发功能的设备。该设备包括但

不限于：演进型节点 B（evolved Node B，eNB）、无线网络控制器（radio network controller，RNC）、节点 B（Node B，NB）、基站控制器（base station controller，BSC）、基站收发台（base transceiver station，BTS）、家庭基站（例如，home evolved NodeB，或 home Node B，HNB）、基带单元（baseband unit，BBU），无线保真（wireless fidelity，WiFi）系统中的接入点（access point，AP）、无线中继节点、无线回传节点、传输点（transmission point，TP）或者发送接收点（transmission and reception point，TRP）等，还可以为 5G，如，NR，系统中的 gNB，或，传输点（TRP 或 TP），5G 系统中的基站的一个或一组（包括多个天线面板）天线面板，或者，还可以为构成 gNB 或传输点的网络节点，如基带单元（BBU），或，分布式单元（distributed unit，DU）等。

在一些部署中，gNB 可以包括集中式单元（centralized unit，CU）和 DU。gNB 还可以包括有源天线单元（active antenna unit，AAU）。CU 实现 gNB 的部分功能，DU 实现 gNB 的部分功能，比如，CU 负责处理非实时协议和服务，实现无线资源控制（radio resource control，RRC），分组数据汇聚层协议（packet data convergence protocol，PDCP）层的功能。DU 负责处理物理层协议和实时服务，实现无线链路控制（radio link control，RLC）层、媒体接入控制（media access control，MAC）层和物理（physical，PHY）层的功能。AAU 实现部分物理层处理功能、射频处理及有源天线的相关功能。由于 RRC 层的信息最终会变成 PHY 层的信息，或者，由 PHY 层的信息转变而来，因而，在这种架构下，高层信令，如 RRC 层信令，也可以认为是由 DU 发送的，或者，由 DU+AAU 发送的。可以理解的是，网络设备可以为包括 CU 节点、DU 节点、AAU 节点中一项或多项的设备。此外，可以将 CU 划分为接入网（radio access network，RAN）中的网络设备，也可以将 CU 划分为核心网（core network，CN）中的网络设备，本申请实施例对此不做限定。

在本申请实施例中，终端设备可以称之为用户设备（user equipment，UE）、终端（terminal）、移动台（mobile station，MS）和移动终端（mobile terminal）等；该终端设备还可以经无线接入网（radio access network，RAN）与一个或多个核心网进行通信。该终端设备还可称为接入终端、用户单元、用户站、移动站、移动台、远方站、远程终端、移动设备、用户终端、终端、无线通信设备、用户代理或用户装置。终端设备还可以是蜂窝电话、无绳电话、会话启动协议（session initiation protocol，SIP）电话、无线本地环路（wireless local loop，WLL）站、个人数字处理（personal digital assistant，PDA）、具有无线通信功能的手持设备、计算设备或连接到无线调制解调器的其它处理设备、车载设备、具有通信功能的车辆、可穿戴设备以及未来 5G 网络中的终端设备等。本申请实施例对此不做限定。

图 1 是本申请实施例提供的方法的无线通信系统的一示意图。

如图 1 所示，该无线通信系统 100 可以包括至少两个网络设备，例如图 1 所示的第一网络设备 110 和第二网络设备 120。其中，第二网络设备 120 可以作为第一网络设备 110 和终端设备 130 之间的中继（relay）站。

在一种实现方式中，第二网络设备还可以是智能反射板（intelligent reflecting surface，IRS），如图 2 所示，无线通信系统 200 中的 IRS220 可以作为第一网络设备 110 与终端设备 130 之间的中继站。该 IRS220 由成百上千个无源超表面阵元组成。

该无线通信系统 100 至少包括一个终端设备，例如图 1 所示的终端设备 130。第一网

络设备与终端设备之间可以直接通信，例如图 1 所示的第一网络设备 110 可以通过下行链路向终端设备 130 传输数据，或者，终端设备 130 通过上行链路向第一网络设备传输数据。在第一网络设备与终端设备之间的传输路径存在遮挡的情况下，第一网络设备可以通过第二网络设备与终端设备进行可靠传输，例如图 1 所示，第一网络设备 110 将要传输给终端设备 130 的数据传输到第二网络设备 120，第二网络设备 120 再将接收到的数据反射到终端设备 130，或者，终端设备 130 将要传输给第一网络设备 110 的数据传输到第二网络设备 120，第二网络设备 120 再将接收到的数据反射到第一网络设备 110。

应理解，图中仅为示意，示出了一个第一网络设备、一个终端设备和一个第二网络设备，但这不应对本申请构成任何限定。在该通信系统中，还可以包括更多数量的第一网络设备、终端设备和第二网络设备。

该无线通信系统 100 可以支持下行 MIMO。具体地，该无线通信系统 100 可以支持单用户多输入多输出（single-user multiple input multiple output，SU-MIMO），或者，该无线通信系统 100 还可以支持多用户多输入多输出（multiple-users multiple input multiple output，MU-MIMO）。其中，第一网络设备 110 可以采用现有的空分复用技术向单个用户，或者，向多个用户发送下行数据，为了简洁，这里不再赘述。

如图 1 所示，在该无线通信系统 100 应用于多输入多输出场景的情况下，第二网络设备中的每个阵元可以独立地对入射信号进行幅度和相位调整，从而获得很高的阵列增益。除此之外，第二网络设备还可以引入额外的传播路径，从而改善信道质量。

以第二网络设备为 IRS 为例，IRS 通过控制每一个超表面阵元背面的半导体器件状态，例如，控制 PIN 二极管的导通与关闭，每个阵元可以独立地对入射信号进行幅度和相位调整，从而获得很高的阵列增益。并且，IRS 仅需要配置一个简单的控制电路控制每个阵元的调幅调相因子，不需要具备基带能力，具有很低的功耗与成本。由此，在传统 MIMO 系统中加入 IRS，组成的智能反射板辅助多输入多输出（intelligent reflecting surface aided multiple input multiple output，IRS-aided MIMO）系统可以在不显著增加功耗与成本的前提下，进一步提升频谱效率。

在该无线通信系统 100 应用于多输入多输出场景的情况下，该系统为了获得前文所述的优势，系统 100 需要已知完整的信道信息。以 FDD 下行传输为例，系统 100 为了进行第一网络设备与第二网络设备的联合预编码，需要分别已知第一网络设备与终端设备之间的信道向量以及第一网络设备、第二网络设备、终端设备之间的信道向量。由于第二网络设备的阵元数成百上千，第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的信道通常维度巨大。因此亟需一种导频开销低、时延低、精度高的估计第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的信道的方法。

以第二终端设备为 IRS 为例，由于 IRS 阵元数成百上千，同时，IRS 又不具备基带功能。由此，第一网络设备、IRS 和终端设备之间的信道估计要在终端设备侧进行，且仅能通过时分复用（time-division multiplexing，TDM）方式发送信道状态信息参考信息（channel state information-reference signal，CSI-RS）进行信道估计。

目前已有的一种 IRS-aided MIMO 系统信道估计的方法为：首先，第一网络设备通知 IRS 关闭所有阵元。然后第一网络设备向终端设备发送 CSI-RS，第一网络设备发送 CSI-RS 的方式可以有多种，例如，第一网络设备可以 TDM 方式发送 CSI-RS；或者，第一网络设

备还可以通过频分复用（frequency-division multiplexing，FDM）方式发送CSI-RS；或者，第一网络设备还可以通过码分复用（code-division multiplexing，CDM）方式发送CSI-RS。终端设备根据接收到的信号估计第一网络设备和终端设备之间的信道。然后，第一网络设备通知IRS逐一打开各个阵元，并按照TDM方式发送CSI-RS。如图3所示，在终端设备估计第一网络设备、IRS和终端设备之间的信道之前，IRS的所有阵元处于关闭反射模式，在终端设备估计第一网络设备、IRS和终端设备之间的信道的情况下，IRS逐一打开各个阵元，使阵元处于打开反射模式。终端设备估计各个阵元打开情况下所对应的信道，终端设备将所有阵元打开情况下对应的信道合并在一起再减去在先估计的第一网络设备和终端设备之间的信道，即可获得第一网络设备、IRS和终端设备之间的信道。

然而，由于IRS阵元数成百上千，通过时分方式逐一打开各个阵元，会导致巨大的导频开销和时延。除此之外，在估计第一网络设备、IRS和终端设备之间的信道时，每次仅打开IRS的一个阵元，无法获得IRS阵列增益补偿路损。因此，第一网络设备、IRS和终端设备之间的信道估计信噪比（signal-to-noise ratio，SNR）低，精度差。

有鉴于此，本申请提供一种导频开销低、时延低、精度高的估计第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的信道的方法。

下面将结合附图详细说明本申请实施例提供的方法。

为了便于理解本申请实施例，在介绍本申请实施例之前，先作出以下几点说明。

第一，在本申请实施例中，“用于指示”可以包括用于直接指示和用于间接指示，也可以包括显式指示和隐式指示。将某一信息所指示的信息称为待指示信息，则具体实现过程中，对待指示信息进行指示的方式有很多种，例如但不限于，可以直接指示待指示信息，如待指示信息本身或者该待指示信息的索引等。也可以通过指示其他信息来间接指示待指示信息，其中该其他信息与待指示信息之间存在关联关系。还可以仅仅指示待指示信息的一部分，而待指示信息的其他部分则是已知的或者提前约定的。例如，还可以借助预先约定（例如协议规定）是否存在某个信元来实现对待指示信息的指示，从而在一定程度上降低指示开销。

第二，在下文示出的实施例中，第一、第二以及各种数字编号仅为描述方便进行的区分，并不用来限制本申请实施例的范围。例如，区分不同的时间偏移参数、不同的信息等。

第三，在本申请实施例中，“当……时”、“在……的情况下”、“若”以及“如果”等描述均指在某种客观情况下设备（如，终端设备或者网络设备）会做出相应的处理，并非是限定时间，且也不要求设备（如，终端设备或者网络设备）在实现时一定要有判断的动作，也不意味着存在其它限定。

第四，下文结合多个流程图详细描述了多个实施例，但应理解，这些流程图及其相应的实施例的相关描述仅为便于理解而示例，不应对本申请构成任何限定。各流程图中的每一个步骤并不一定是必须要执行的，例如有些步骤是可以跳过的。并且，各个步骤的执行顺序也不是固定不变的，也不限于图中所示，各个步骤的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定。

下文示出的实施例以第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的交互为例，详细说明了本申请实施例提供的方法。但这不应对本申请构成任何限定。例如，下文实施例中示出的终端设备可以替换为配置在终端设备中的部件（比如芯片、芯片系统或电路等）。

下文实施例示出的网络设备也可以替换为配置在网络设备中的部件（比如芯片、芯片系统或电路等）。

下文示出的实施例并未对本申请实施例提供的方法的执行主体的具体结构特别限定，只要能够通过运行记录有本申请实施例的提供的方法的代码的程序，以根据本申请实施例提供的方法进行通信即可，例如，本申请实施例提供的方法的执行主体可以是终端设备、第一网络设备或第二网络设备，或者，是终端设备、第一网络设备或第二网络设备中能够调用程序并执行程序的功能模块。

图 4 是本申请实施例提供的方法的示意性流程图。如图 4 所示，该方法 400 包括 S401-S406，下面详细描述各个步骤。

S401，第一网络设备发送一个或多个第一参考信号。相对应地，终端设备的第 d 个端口接收来自第一网络设备的一个或多个第一参考信号。

其中，d∈[1,D]，D 为所述终端设备的端口数，D 为正整数。

本申请实施例对第一网络设备发送第一参考信号的方式不做具体限定，例如，第一网络设备可以通过 TDM 方式发送第一参考信号；或者，第一网络设备还可以通过 FDM 方式发送第一参考信号；或者，第一网络设备还可以通过 CDM 方式发送第一参考信号。

第一网络设备发送的第一参考信号可以是第一网络设备根据第一预编码矩阵预编码的参考信号。

本申请实施例对该第一预编码矩阵的具体形式不做限定，例如，该第一预编码矩阵可以是 R15 中的 Type I/II 码本中的码字。

可以理解，终端设备可以有一个或多个接收端口，并且，终端设备的所有接收端口均接收第一参考信号。

S402，终端设备的第 d 个端口根据接收到的第一参考信号获得第一信道向量 $\mathbf{h}_{1,d}$。

其中，$\mathbf{h}_{1,d}$ 为第一网络设备与终端设备的第 d 个端口之间的信道的信道向量。

终端设备获得第一信道向量 $\mathbf{h}_{1,d}$ 的方法可以参考现有技术，为了简洁，这里不再赘述。

S403，终端设备的第 d 个端口接收 N 个第二参考信号。

其中，N 为第二参考信号的端口数，N 为大于或等于 2 的整数。第二参考信号的端口数小于第二网络设备的端口数。

应理解，每个第二参考信号为第一分量和第二分量叠加生成的参考信号。其中，第 n 个第一分量对应第一网络设备发送的第 n 个第三参考信号，第 n 个第二分量对应第二网络设备发送的第 n 个第四参考信号。第 n 个第三参考信号为第一网络设备基于第一预编码矩阵预编码的参考信号，第 n 个第四参考信号为第二网络设备基于第二预编码矩阵对第 n 个第三参考信号预编码后生成的参考信号，n∈[1,N]。

可以理解，终端设备可以有一个或多个接收端口，并且，终端设备的所有接收端口均接收第二参考信号。

可选地，终端设备接收到的 N 个第二参考信号是以 TDM 方式发送的。

应理解，在第一网络设备发送第 n 个第三参考信号的情况下，该第 n 个第三参考信号可以通过第一网络设备与终端设备之间的信道直接到达终端设备，同时还通过第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的信道到达终端设备。因此，终端设备接收到的第 n 个第二参考信号可以理解为是由直接来自第一网络设备的第 n 个第三参考信号和直接来自

第二网络设备的第 n 个第四参考信号叠加生成的参考信号。

其中，第二预编码矩阵用于对第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$进行处理以得到第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，其中，第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$的端口数小于第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$的端口数，还可以理解为第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$具有稀疏性。

应理解，第二预编码矩阵用于对第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$进行处理，即对第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$进行空域压缩，以得到具有稀疏性的第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$。

可选地，该第二预编码矩阵为$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$，具体表示为$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{V}\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$。其中$\mathbf{V}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$可以是高斯随机分布矩阵，或者$\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$也可以是伯努利随机分布矩阵，本申请实施例对$\mathbf{b}_n$的具体形式不做限定。

本申请实施例对第一预编码矩阵的具体形式不做限定，例如，该第一预编码矩阵可以是 R15 中的 Type I/II 码本中的码字。

可选地，该第一预编码矩阵为$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)$，具体表示为$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{U}\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$。其中，$\mathbf{U}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$可以是高斯随机分布矩阵，或者，$\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$也可以是伯努利随机分布矩阵，本申请实施例对$\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$的具体形式不做限定。

该第一预编码矩阵可以用于和第二预编码矩阵一起对第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$进行处理。

本申请实施例对终端设备获得第一预编码矩阵和第二预编码矩阵的具体方式不做限定。例如，该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵可以是终端设备计算的。进一步地，终端设备向第一网络设备发送该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵。再进一步地，第一网络设备向第二网络设备发送该第二预编码矩阵。又例如，该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵可以是第一网络设备计算的。进一步地，第一网络设备向终端设备发送该第一预编码矩阵和该第二预编码矩阵。再进一步地，第一网络设备向第二网络设备发送该第二预编码矩阵。再例如，该第一预编码矩阵和第二预编码矩阵可以是通信协议规定的。

S404，终端设备根据接收到的 N 个第二参考信号获得第二信道向量$\mathbf{h}_{2,d}$。

应理解，本申请实施例对 S401-S402 和 S403-S404 的先后顺序不做具体限定，可以先执行 S401-S402，也可以先执行 S403-S404。

S405，终端设备根据获得的第二信道向量$\mathbf{h}_{2,d}$与第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$和计算第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$。

可选地，终端设备根据关系式$\mathbf{h}_{3,d}=\mathbf{h}_{2,d}-[\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_1,\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_2,...,\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_N]^T$计算第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$。

S406，终端设备根据第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$计算第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$。

可选地，终端设备根据公式$\mathbf{h}_{3,d}=\boldsymbol{\Phi}\mathbf{h}_{4,d}$得到第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$。其中$\boldsymbol{\Phi}$为第一预编码矩阵和第二预编码矩阵的函数$f(\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N),\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N))$，$\boldsymbol{\Phi}$表示为$\boldsymbol{\Phi}=[\mathbf{w}_1^T\otimes\boldsymbol{\theta}_1^T,\mathbf{w}_2^T\otimes\boldsymbol{\theta}_2^T,...,\mathbf{w}_N^T\otimes\boldsymbol{\theta}_N^T]^T$。

应理解，第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$经第二预编码矩阵空域压缩或者经第一预编码矩阵和第二预编码矩阵一起空域压缩之后具有稀疏性，由此，终端设备可以利用压缩感知或者人工智能算法计算第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$。

可选地，在终端设备计算出第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$以及获得第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$之后，终端

设备可以根据第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$和第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$联合获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。然后向第一网络设备发送第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。进一步地，第一网络设备向第二网络设备发送接收到的第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。其中，第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$为第一网络设备向终端设备传输数据时使用的预编码矩阵，第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为第二网络设备向终端设备传输数据时使用的预编码矩阵。

本申请实施例对第一网络设备发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$的具体方式不做限定。例如，第一通过无线传输动态信令向第二网络设备发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$；或者，第一网络设备通过 RRC 信令向第二网络设备发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$；或者，第一网络设备通过有线传输控制信号向第二网络设备发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。

可选地，终端设备以第一指标为优化目标，迭代以下以下两个过程至优化目标不再增加：（1）固定第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$，计算第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，（2）固定第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$。

其中，第一指标包括以下一项或多项：频谱效率、能量效率、传输速率和与目标传输方案之间的误差。若第一指标为频谱效率、能量效率或者传输速率，则优化目标为最大化第一指标。若第一指标为与目标传输方案之间的误差，则优化目标为最小化第一指标，目标传输方案为第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的最优的传输方案。

$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为$\exp(-j(\arg(\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}})-\arg(\mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}})))$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\arg(.)$表示取相位运算。

$\overline{\mathbf{w}}$为$\alpha\dfrac{\left(\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right)^{H}}{\left\|\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right\|_{2}}$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\alpha$为一个非零常数。

可选地，在终端设备计算出第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$以及获得第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$之后，终端设备向第一网络设备发送该第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$以及第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$。第一网络设备根据接收到的第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$以及第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$联合获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。进一步地，第一网络设备向第二网络设备发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。

第一网络设备根据接收到的第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$和第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$联合获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$的过程如前文所述，为了简洁，这里不再赘述。

如前文所述，在终端设备获得第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$的过程中，第一网络设备在不同端口可以采用TDM方式，或者可以采用FDM方式，或者可以采用CDM的方式发送第一参考信号，如图5的（a）所示，图中第一网络设备不同的端口在相同时隙不同的时频资源单元上发送第一参考信号。然而，在终端设备计算第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$的过程中，第一网络设备通过TDM的方式发送第三参考信号，如图5的（b）所示，图中第一网络设备不同的端口在相同的时频资源单元不同的时隙上发送第三参考信号。由此，在终端设备计算第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$的过程中，第一参考信号所占用的时频资源单元（resource element，RE）数量应大于或等于第一网络设备端口数。在终端设备计算第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$的过程中，第二网络设备根据来自第一网络设备的第三参考信号生成第四参考信号，并向终端设备发送第四参考信号时所占用的RE数量远小于第二网络设备端口数。

在本申请实施例中，设计具有空域压缩功能的第二预编码矩阵对第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$进行空域压缩以获得稀疏性，从而，根据端口数较小的$\mathbf{h}_{3,d}$估计端口数较大的$\mathbf{h}_{4,d}$。因此，本申请实施例提供的方法可以充分挖掘第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$在空域的稀疏性，可以降低导频

开销和时延。同时，还可以获得第二网络设备的全部阵列增益，提升信道估计的 SNR 以及估计精度。

此外，本申请实施例还设计了具有空域压缩功能的第一预编码矩阵。可进一步挖掘第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$在空域的稀疏性，降低信道估计的导频开销与时延。

下面以第二网络设备为 IRS 为例，对上述方法做更进一步地说明。

应理解，下文示出的实施例中，为便于理解和说明，以第一网络设备配置 M 个端口、IRS 配置 T 个端口、终端设备配置 1 根天线为例详述了本申请实施例提供的方法，其中，M 为大于或等于 1 的正整数，T 为大于或等于 1 的正整数。但这不应对本申请构成任何限定。本申请实施例提供的方法同样适用于存在多个终端设备或者终端设备配置多根天线的场景。

图 6 是本申请另一实施例提供的方法的示意性流程图。如图 6 所示，该方法 600 包括 S601-S610，下面具体描述各个步骤。

S601，第一网络设备向 IRS 发送第一指示信息。相对应地，IRS 接收来自网络设备的第一指示信息。

其中，该第一指示信息用于指示 IRS 关闭所有阵元。

S602，IRS 根据第一指示信息关闭所有阵元，使所有阵元处于关闭反射模式。

S603，网络设备向终端设备发送第一参考信号。

其中，该第一参考信号用于获得第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$。

S604，终端设备获得第一信道向量$\mathbf{h}_3$。

终端设备获得第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$的方法可以参考现有技术，为了简洁，这里不再赘述。

S605，网络设备向 IRS 发送第二指示信息。相对应地，IRS 接收来自网络设备的第二指示信息。

其中，该第二指示信息用于指示 IRS 打开所有阵元。

S606，IRS 根据第二指示信息打开所有阵元，使所有阵元处于打开反射模式。

S607，终端设备接收第二参考信号。

其中，该第二参考信号用于获得第二信道向量$\mathbf{h}_{2,d}$。

S608，终端设备计算第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$。

如前文所述，终端设备根据接收到的 N 个第二参考信号计算第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$。

例如，叠加生成第 n 个第二参考信号的第 n 个第三参考信号可以表示为$\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_n x_n$，其中$\mathbf{w}_n \in \mathbb{C}^M$为第一预编码矩阵，并且$\mathbf{w}_n$满足发射功率限制条件：$\mathrm{tr}(\mathbf{w}_n \mathbf{w}_n^H) = P$，$P$为第一网络设备的发射功率，$x_n \in \mathbb{C}^M$为未经预编码的参考信号。

IRS 从第一网络设备接收第 n 个第三参考信号，并根据第二预编码矩阵对该第 n 个第三参考信号预编码之后生成的第 n 个第四参考信号可以表示为$\mathbf{h}_r^H \mathbf{\Theta}_n \mathbf{G}_r^H \mathbf{w}_n x_n$，其中$\mathbf{G}_r^H \in \mathbb{C}^{T\times M}$表示第一网络设备到 IRS 的下行信道向量，$\mathbf{h}_r^H \in \mathbb{C}^{1\times T}$表示 IRS 到终端设备的下行信道向量，$\mathbf{\Theta}_n = \mathrm{diag}(\theta_1, \theta_2, ..., \theta_T)$为第二预编码矩阵，$\theta_l$为 IRS 的第$l$个阵元上的调幅调相系数，$l \in [1, T]$，T 为 IRS 的端口数，T 为正整数。

由此，终端设备接收到的第 n 个第二参考信号$y_n \in \mathbb{C}$可以表示为：

$$y_n = (\mathbf{h}_{1,d} + \mathbf{h}_r^H \mathbf{\Theta}_n \mathbf{G}_r^H)\mathbf{w}_n x_n + k_n \qquad (1)$$

其中，$k_n \sim \mathcal{CN}\left(0, \sigma^2\right)$为复高斯白噪声，$\sigma^2$为噪声功率。

由于$\mathbf{\Theta}_n=\mathrm{diag}(\theta_1,\theta_2,...,\theta_T)$，因此，终端设备接收到的第 n 个第二参考信号$y_n\in\mathbb{C}$可以进一步表示为：$y_n=(\mathbf{h}_{1,d}+\boldsymbol{\theta}_n^H\mathrm{diag}(\mathbf{h}_r^H)\mathbf{G}_r^H)\mathbf{w}_n x_n$ （2）

其中，$\boldsymbol{\theta}_n=[\theta_1,\theta_2,...,\theta_T]^H\in\mathbb{C}^T$，$\boldsymbol{\theta}_n$等价于$\mathbf{\Theta}_n$，即$\boldsymbol{\theta}_n$为第二预编码矩阵。

终端设备根据接收到的 N 个第二参考信号$y_n\in\mathbb{C}$可以直接获得第二信道向量$\mathbf{h}_{2,d}=[y_1,y_2,...,y_N]^T$。

应理解，式（2）中的$\mathbf{h}_{1,d}$的估计方法可以参考现有技术，为了简洁，这里不再赘述。

式（2）可以理解为第一预编码矩阵和第二预编码矩阵作用在各个信道向量上。可以理解，式（2）中的y、$\boldsymbol{\theta}_n$、$\mathbf{h}_{1,d}$以及$\mathbf{w}_n$是终端设备已知的。因此，终端设备根据第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$和第二信道向量$\mathbf{h}_{2,d}$可以计算出第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$的等效矩阵$\mathbf{H}_4=\mathrm{diag}(\mathbf{h}_r^H)\mathbf{G}_r^H$。

由于第一网络设备的端口数 M 与 IRS 的端口数 T 都很大，$\mathbf{H}_4=\mathrm{diag}(\mathbf{h}_r^H)\mathbf{G}_r^H\in\mathbb{C}^{T\times M}$维度巨大，传统信道估计方案会导致很高的导频开销与时延。有鉴于此，本申请实施例将充分利用第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$在空域潜在的稀疏性，再根据求解欠定方程$\mathbf{h}_{3,d}=\mathbf{\Phi}\mathbf{h}_{4,d}$计算第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$，从而达到降低导频开销的目的。

本申请实施例对第一预编码矩阵的具体形式不做限定，例如，可以将第一预编码矩阵设计为$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{U}\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$。其中，$\mathbf{U}\in\mathbb{C}^{M\times M}$是一组正交基地组成的矩阵，即离散傅里叶变换（discrete Fourier transform，DFT）矩阵，可以实现对$\mathbf{H}_4$各列的空域压缩，$\mathbf{a}_n\in\mathbb{C}^M$为第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$的零空间投影向量，即满足$\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_n=\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{U}\mathbf{a}_n=0$且$\boldsymbol{\theta}_n^H\mathbf{H}_4\mathbf{U}\mathbf{a}_n\neq 0$。

进一步地，本申请实施例将第二预编码矩阵设计为一种基于空域压缩的波束码本$\mathcal{B}$，如下：

$$\mathcal{B}=\{\boldsymbol{\theta}_n\,|\,\boldsymbol{\theta}_n=\mathbf{V}\mathbf{b}_n,n=1,2,\cdots,N\} \quad (3)$$

其中，$\mathbf{V}\in\mathbb{C}^{T\times T}$为 DFT 矩阵，可以实现对信道矩阵$\mathbf{H}_4$各行的空域压缩，$\mathbf{b}_n\in\mathbb{C}^{N\times 1}$为采样向量。本申请实施例对$\mathbf{b}_n$的具体形式不做限定，例如，根据压缩感知理论，$\mathbf{b}_n$可以为随机伯努利向量，即$\mathbf{b}_n$的每个元素以等概率随机从集合$\{+1,-1\}$中选取。

如图 7 所示，在每一次第一网络设备按照 TDM 方式发送第三参考信号的过程中，处于打开反射模式的 IRS 从波束码本$\mathcal{B}$中选择一个码字，即选择一个第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n$。在第一网络设备发送 N 次第三参考信号之后，终端设备接收到的 N 个第二参考信号可以表示为：

$$\mathbf{h}_{2,d}=\begin{bmatrix}y_1\\y_2\\\vdots\\y_N\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_1\\\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_2\\\vdots\\\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_N\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\mathbf{w}_1^T\otimes\boldsymbol{\theta}_1^H\\\mathbf{w}_2^T\otimes\boldsymbol{\theta}_2^H\\\vdots\\\mathbf{w}_N^T\otimes\boldsymbol{\theta}_N^H\end{bmatrix}\mathrm{vec}(\mathbf{H}_4)+\begin{bmatrix}k_1\\k_2\\\vdots\\k_N\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_1\\\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_2\\\vdots\\\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_N\end{bmatrix}+\mathbf{\Phi}\mathbf{h}_{4,d}+\mathbf{k}, \quad (4)$$

其中本申请实施例利用了关系$\mathrm{vec}(\mathbf{ABC})=(\mathbf{C}^T\otimes\mathbf{A})\mathrm{vec}(\mathbf{B})$，以及假设$x_n=1$，并定义$\mathbf{\Phi}=[\mathbf{w}_1^T\otimes\boldsymbol{\theta}_1^H,\mathbf{w}_2^T\otimes\boldsymbol{\theta}_2^H,...,\mathbf{w}_N^T\otimes\boldsymbol{\theta}_N^H]^T$，$\mathbf{h}_{4,d}=\mathrm{vec}(\mathbf{H}_4)$，$\mathbf{k}=[k_1,k_2,\cdots,k_N]^T$。之后，终端设备根据$\mathbf{h}_{1,d}$和$\mathbf{h}_{2,d}$可获得$\mathbf{h}_{3,d}$如下：

$$\mathbf{h}_{3,d}=\mathbf{h}_{2,d}-\begin{bmatrix}\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_1\\ \mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_2\\ \vdots\\ \mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_N\end{bmatrix}=\mathbf{\Phi}\mathbf{h}_{4,d}+\mathbf{k}=\begin{bmatrix}\mathbf{a}_1^T\otimes\mathbf{b}_1^H\\ \mathbf{a}_2^T\otimes\mathbf{b}_2^H\\ \vdots\\ \mathbf{a}_N^T\otimes\mathbf{b}_N^H\end{bmatrix}\mathrm{vec}\left(\mathbf{V}^H\mathbf{H}_4\mathbf{U}\right)+\mathbf{k},\qquad(5)$$

其中 $\mathbf{h}_s\triangleq\mathrm{vec}(\mathbf{V}^H\mathbf{H}_4\mathbf{U})$ 具有明显的稀疏特性，$\bar{\mathbf{\Phi}}\triangleq[\mathbf{a}_1^T\otimes\mathbf{b}_1^H,\mathbf{a}_2^T\otimes\mathbf{b}_2^H,\cdots,\mathbf{a}_N^T\otimes\mathbf{b}_N^H]^T$，$N\ll T$。因此，式（5）可视为经典的稀疏信号重构问题，可采用许多经典的压缩感知算法求解 $\mathbf{h}_s$，再根据关系 $\mathbf{h}_s\triangleq\mathrm{vec}(\mathbf{V}^H\mathbf{H}_4\mathbf{U})$ 恢复 $\mathbf{h}_{4,d}=\mathrm{vec}(\mathbf{H}_4)$。

本申请实施例对具体采用何种压缩感知算法求解式（5）不做限定，例如，可以采用基于深度学习的近似消息传递（learned approximate message passing，LAMP）算法。LAMP算法的本质思想是基于经典的近似消息传递（approximate message passing，AMP）算法迭代框架，利用神经网络学习最优迭代运算过程，从而避免了传统AMP算法中凭借经验选取修正因子等参数时所造成的性能损失。

例如，LAMP算法第 $t+1$ 次迭代过程包含以下两步：

$$\hat{\mathbf{h}}_{t+1}=\beta_t\boldsymbol{\eta}_{\mathrm{st}}\left(\hat{\mathbf{h}}_t+\mathbf{A}\mathbf{v}_t;\frac{\alpha_t}{\sqrt{M}}\|\mathbf{v}_t\|_2\right)\qquad(6)$$

$$\mathbf{v}_{t+1}=\mathbf{y}-\mathbf{\Psi}\hat{\mathbf{h}}_{t+1}+\frac{\beta_t}{P}\left\|\hat{\mathbf{h}}_{t+1}\right\|_0\mathbf{v}_t\qquad(7)$$

其中，$\hat{\mathbf{h}}_{t+1}$ 为第 $t+1$ 次迭代稀疏向量 $\tilde{\mathbf{h}}$ 的估计，且 $\hat{\mathbf{h}}_0=\mathbf{0}$，$\mathbf{v}_{t+1}$ 为第 $t+1$ 次迭代残差向量，且 $\mathbf{v}_0=\mathbf{y}$，$\boldsymbol{\eta}_{\mathrm{st}}(\cdot;\cdot)$ 为收缩函数，定义为：

$$\left[\boldsymbol{\eta}_{\mathrm{st}}(\mathbf{r};\lambda)\right]_j\triangleq\mathrm{sgn}(r_j)\max\{|r_j|-\lambda,0\}\qquad(8)$$

最后，$\Xi=\{\mathbf{A},\{\alpha_t,\beta_t\}_{t=0}^{T-1}\}$ 为修正因子集合，将通过神经网络学习获得。具体地，终端设备首先利用仿真，线下产生S个样本数据 $\left\{\mathbf{h}_{3,d}{}^s,\mathbf{h}_{4,d}{}^s\right\}_{s=1}^S$，并令 $\mathbf{A}=\mathbf{\Psi}^H$，$\alpha_0=1$，$\beta_0=1$。之后，终端设备以最小化估计的归一化均方误差为目标，利用神经网络学习最优的 Ξ。归一化均方误差定义为：

$$\frac{1}{s}\sum_{s=1}^{S}\left\|\hat{\mathbf{h}}_T\left(\mathbf{h}_{3,d}{}^s;\left\{\mathbf{A},\{\alpha_t,\beta_t\}_{t=0}^{T-1}\right\}\right)-\mathbf{h}_{4,d}{}^s\right\|_2^2\qquad(9)$$

S609，联合获得第三预编码矩阵和第四预编码矩阵。

在一种实现方式中，S609由终端设备执行。此情况下，终端设备采用隐式反馈的方式向第一网络设备上报第四信道向量 $\mathbf{h}_{4,d}$ 以及第一信道向量 $\mathbf{h}_{1,d}$。即终端设备首先根据第四信道向量 $\mathbf{h}_{4,d}$ 以及第一信道向量 $\mathbf{h}_{1,d}$ 联合获得第三预编码矩阵 $\bar{\mathbf{w}}$ 和第四预编码矩阵 $\bar{\boldsymbol{\theta}}$。之后将第三预编码矩阵 $\bar{\mathbf{w}}$ 和第四预编码矩阵 $\bar{\boldsymbol{\theta}}$ 上报至第一网络设备。由于终端设备仅反馈第三预编码矩阵 $\bar{\mathbf{w}}$ 和第四预编码矩阵 $\bar{\boldsymbol{\theta}}$，因此隐式反馈具有较低的反馈开销，但是由于终端设备无法获知其他终端设备的信道，其优化结果往往会导致较大干扰，因此更加适用于单用户场景。

在另一种实现方式中，S609由第一网络设备执行。此情况下，终端设备采用显式反馈的方式上报第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$以及第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$。终端设备将第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$以及第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$上报至第一网络设备。第一网络设备根据接收到的第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$以及第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$联合获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。由于终端设备需要反馈高维信道信息，因此显式反馈具有较高的反馈开销，但是第一网络设备拥有所有终端设备的信道信息，显式反馈可以有效消除多用户干扰，因此更加适用于多用户场景。

本申请实施例对终端设备或者第一网络设备联合获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$的具体方式不做限定，例如可以是，以第一指标为优化目标，迭代以下以下两个过程至优化目标不再增加：（1）固定第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$，计算第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，（2）固定第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$。其中，第一指标包括以下一项或多项：频谱效率、能量效率、传输速率和与目标传输方案之间的误差。若第一指标为频谱效率、能量效率或者传输速率，则优化目标为最大化第一指标。若第一指标为与目标传输方案之间的误差，则优化目标为最小化第一指标，目标传输方案为第一网络设备、第二网络设备和终端设备之间的最优的传输方案。

其本质思想是通过固定一个预编码矩阵来优化另一个预编码矩阵，逐次交替迭代直到收敛，从而将不可解的非凸优化问题转换为可解的优化子问题。

本申请实施例在单端口单用户场景下以最大化系统的传输速率为例，进行详细说明获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}=\mathrm{diag}\left(\boldsymbol{\Theta}\right)$的过程。但这不应不对本申请实施例构成限定，本申请实施例同样适用于多用户的场景，同时也适用于以最大化频谱效率、能量效率等为优化目标的场景。

在单用户场景下，该优化系统的传输速率的问题可表示如下：

$$\max_{\overline{\mathbf{w}},\overline{\boldsymbol{\theta}}} \left\| \left(\mathbf{h}_{1,d} + \mathbf{h}_r^H \boldsymbol{\Theta} \mathbf{G}_r^H \right) \overline{\mathbf{w}} \right\|_2^2$$

$$\text{s.t.} \quad \left\| \overline{\mathbf{w}} \right\|_2^2 \le P \qquad (10)$$

$$0 \le \theta_n \le 2\pi, \forall n = 1,2,\cdots,N$$

上述优化问题的第二个限制条件是非凸的，因此无法对该问题进行直接求解。为此，本申请实施例可以通过固定第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$，计算第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，固定第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$这样的方式获得该问题的次优解。当$\overline{\boldsymbol{\theta}}$固定时，上述问题为凸问题，最优的$\overline{\mathbf{w}}$可以直接通过最大比合并获得，即：

$$\overline{\mathbf{w}} = \alpha \frac{\left(\mathbf{h}_{1,d}^H + \overline{\boldsymbol{\theta}}^H \mathbf{H}_{4,d} \right)^H}{\left\| \mathbf{h}_{1,d}^H + \overline{\boldsymbol{\theta}}^H \mathbf{H}_{4,d} \right\|_2} \qquad (11)$$

其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d}) = \mathbf{h}_{4,d}$，$\alpha$为一个非零常数。

反过来，当$\overline{\mathbf{w}}$固定时，最优的$\overline{\boldsymbol{\theta}}$可通过三角形定理获得，即当且仅当$\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}}$与$\overline{\boldsymbol{\theta}}^H \mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}}$相位相同时，目标函数最大。此时最优的$\overline{\boldsymbol{\theta}}$可以表示为：

$$\exp(-j(\arg(\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}}) - \arg(\mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}}))) \qquad (12)$$

其中，$\arg(.)$表示取相位运算。重复计算式（11）与（12）直至式（10）中的目标函

数不再增加，则可获得最优的$\overline{\boldsymbol{\theta}}$与$\overline{\mathbf{w}}$。

应理解，在实际系统中，网络设备预编码和IRS预编码可以从码本中选取，例如R15中的Type I/II码本。为了和实际系统兼容，在获得最优的第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$与第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$之后，本申请实施例可以从相关码本中选取与优化结果最接近（欧式距离最小）的码字，作为实际的网络设备预编码与IRS预编码，并采用Type I/II码本上报的方式进行上报。更进一步，考虑到IRS预编码维度较高，传统上报可能会导致较高的反馈开销，本申请实施例可以将IRS的阵元进行分组。如图8所示，针对同组内的不同阵元，本申请实施例仅反馈一个调幅调相因子，以少量的性能损失换取反馈开销的降低。

S610，第一网络设备向IRS发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$。

本申请实施例对第一网络设备发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$的具体方式不做限定。例如，第一通过无线传输动态信令向IRS发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$；或者，第一网络设备通过RRC信令向IRS发送第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$；或者，第一网络设备通过有线传输控制信号向IRS发送第四预编码矩阵。

在本申请实施例中，仿真结果表明在$P/N=1/8$时，本身申请实施例可以获得理想信道情况下95%的传输速率。传统方案的导频开销为N，这表明本申请实施例可将导频开销降低87.5%以上。

以上，结合图4至图8详细说明了本申请实施例提供的方法。以下，结合图9至图11详细说明本申请实施例提供的装置。

图9是本申请实施例提供的通信装置的示意性框图。如图9所示，该通信装置1000可以包括处理单元1100和收发单元1200。

在一种可能的设计中，该通信装置1000可对应于上文方法实施例中的终端设备，例如，可以为终端设备，或者配置于终端设备中的部件（如芯片或芯片系统）。

应理解，该通信装置1000可对应于根据本申请实施例的方法400、方法600中的终端设备，该通信装置1000可以包括用于执行图4中的方法400、图6中的方法600中终端设备执行的方法的单元。并且，该通信装置1000中的各单元和上述其他操作和/或功能分别为了实现图4中的方法400、图6中的方法600的相应流程。

其中，当该通信装置1000用于执行图4中的方法400时，处理单元1100可用于执行方法400中的S402、S404-S406，收发单元1200可用于执行方法400中的S401和S403。应理解，各单元执行上述相应步骤的具体过程在上述方法实施例中已经详细说明，为了简洁，在此不再赘述。

当该通信装置1000用于执行图6中的方法600时，处理单元1100可用于执行方法600中的S602、S608和S609，收发单元1200可用于执行方法600中的步骤S603、S607和S609。应理解，各单元执行上述相应步骤的具体过程在上述方法实施例中已经详细说明，为了简洁，在此不再赘述。

还应理解，该通信装置1000为终端设备时，该通信装置1000中的收发单元1200可以通过收发器实现，例如可对应于图10中示出的终端设备2000中的收发器2020，该通信装置1000中的处理单元1100可通过至少一个处理器实现，例如可对应于图10中示出的终端设备2000中的处理器2010。

还应理解，该通信装置 1000 为配置于终端设备中的芯片或芯片系统时，该通信装置 1000 中的收发单元 1200 可以通过输入/输出接口实现，该通信装置 1000 中的处理单元 1100 可以通过该芯片或芯片系统上集成的处理器、微处理器或集成电路等实现。

在另一种可能的设计中，该通信装置 1000 可对应于上文方法实施例中的第一网络设备，例如，可以为第一网络设备，或者配置于第一网络设备中的部件（如芯片或芯片系统）。

应理解，该通信装置 1000 可对应于根据本申请实施例的方法 400、方法 600 中的第一网络设备，该通信装置 1000 可以包括用于执行图 4 中的方法 400、图 6 中的方法 600 中第一网络设备执行的方法的单元。并且，该通信装置 1000 中的各单元和上述其他操作和/或功能分别为了实现图 4 中的方法 400、图 6 中的方法 600 的相应流程。

其中，当该通信装置 1000 用于执行图 4 中的方法 400 时，处理单元 1100 可用于执行方法 400 中的 S401 和 S403，收发单元 1200 可用于执行方法 400 中的 S401 和 S403。应理解，各单元执行上述相应步骤的具体过程在上述方法实施例中已经详细说明，为了简洁，在此不再赘述。

当该通信装置 1000 用于执行图 6 中的方法 600 时，处理单元 1100 可用于执行方法 600 中的 S609，收发单元 1200 可用于执行方法 600 中的步骤 S601、S603、S605、S607 和 S610。应理解，各单元执行上述相应步骤的具体过程在上述方法实施例中已经详细说明，为了简洁，在此不再赘述。

还应理解，该通信装置 1000 为第一网络设备时，该通信装置 1000 中的收发单元 1200 可通过收发器实现，例如可对应于图 11 中示出的网络设备 3000 中的收发器 3200，该通信装置 1000 中的处理单元 1100 可通过至少一个处理器实现，例如可对应于图 11 中示出的网络设备 3000 中的处理器 3100。

还应理解，该通信装置 1000 为配置于第一网络设备中的芯片或芯片系统时，该通信装置 1000 中的收发单元 1200 可以通过输入/输出接口实现，该通信装置 1000 中的处理单元 1100 可以通过该芯片或芯片系统上集成的处理器、微处理器或集成电路等实现。

在另一种可能的设计中，该通信装置 1000 可对应于上文方法实施例中的第二网络设备，例如，可以为第二网络设备，或者配置于第二网络设备中的部件（如芯片或芯片系统）。

应理解，该通信装置 1000 可对应于根据本申请实施例的方法 400 中的第二网络设备，该通信装置 1000 可以包括用于执行图 4 中的方法 400 中第二网络设备执行的方法的单元。并且，该通信装置 1000 中的各单元和上述其他操作和/或功能分别为了实现图 4 中的方法 400 的相应流程。

其中，当该通信装置 1000 用于执行图 4 中的方法 400 时，处理单元 1100 可用于执行方法 400 中的 S403，收发单元 1200 可用于执行方法 400 中的 S403。应理解，各单元执行上述相应步骤的具体过程在上述方法实施例中已经详细说明，为了简洁，在此不再赘述。

还应理解，该通信装置 1000 为第二网络设备时，该通信装置 1000 中的收发单元 1200 可通过收发器实现，例如可对应于图 11 中示出的网络设备 3000 中的收发器 3200，该通信装置 1000 中的处理单元 1100 可通过至少一个处理器实现，例如可对应于图 11 中示出的网络设备 3000 中的处理器 3100。

还应理解，该通信装置 1000 为配置于第一网络设备中的芯片或芯片系统时，该通信装置 1000 中的收发单元 1200 可以通过输入/输出接口实现，该通信装置 1000 中的处理单

元 1100 可以通过该芯片或芯片系统上集成的处理器、微处理器或集成电路等实现。

在另一种可能的设计中，该通信装置 1000 可对应于上文方法实施例中的 IRS，例如，可以为 IRS，或者配置于 IRS 中的部件（如芯片或芯片系统）。

应理解，该通信装置 1000 可对应于根据本申请实施例的方法 600 中的 IRS，该通信装置 1000 可以包括用于执行图 6 中的方法 600 中 IRS 执行的方法的单元。并且，该通信装置 1000 中的各单元和上述其他操作和/或功能分别为了实现图 6 中的方法 600 的相应流程。

其中，当该通信装置 1000 用于执行图 6 中的方法 600 时，处理单元 1100 可用于执行方法 600 中的步骤 S602 和 S606，收发单元 1200 可用于执行方法 600 中的 S601、S605、S607 和 S610。应理解，各单元执行上述相应步骤的具体过程在上述方法实施例中已经详细说明，为了简洁，在此不再赘述。

还应理解，该通信装置 1000 为 IRS 时，该通信装置 1000 中的收发单元 1200 可通过收发器实现，例如可对应于图 11 中示出的网络设备 3000 中的收发器 3200，该通信装置 1000 中的处理单元 1100 可通过至少一个处理器实现，例如可对应于图 11 中示出的网络设备 3000 中的处理器 3100。

还应理解，该通信装置 1000 为配置于网络设备中的芯片或芯片系统时，该通信装置 1000 中的收发单元 1200 可以通过输入/输出接口实现，该通信装置 1000 中的处理单元 1100 可以通过该芯片或芯片系统上集成的处理器、微处理器或集成电路等实现。

图 10 是本申请实施例提供的终端设备 2000 的结构示意图。该终端设备 2000 可应用于如图 1 所示的系统中，执行上述方法实施例中终端设备的功能。如图所示，该终端设备 2000 包括处理器 2010 和收发器 2020。可选地，该终端设备 2000 还包括存储器 2030。其中，处理器 2010、收发器 2002 和存储器 2030 之间可以通过内部连接通路互相通信，传递控制和/或数据信号，该存储器 2030 用于存储计算机程序，该处理器 2010 用于从该存储器 2030 中调用并运行该计算机程序，以控制该收发器 2020 收发信号。可选地，终端设备 2000 还可以包括天线 2040，用于将收发器 2020 输出的上行数据或上行控制信令通过无线信号发送出去。

上述处理器 2010 可以和存储器 2030 可以合成一个处理装置，处理器 2010 用于执行存储器 2030 中存储的程序代码来实现上述功能。具体实现时，该存储器 2030 也可以集成在处理器 2010 中，或者独立于处理器 2010。该处理器 2010 可以与图 9 中的处理单元 1100 对应。

上述收发器 2020 可以与图 9 中的收发单元 1200 对应，也可以称为收发单元。收发器 2020 可以包括接收器（或称接收机、接收电路）和发射器（或称发射机、发射电路）。其中，接收器用于接收信号，发射器用于发射信号。

应理解，图 10 所示的终端设备 2000 能够实现图 4 以及图 6 中所示方法实施例中涉及终端设备的各个过程。终端设备 2000 中的各个模块的操作和/或功能，分别为了实现上述方法实施例中的相应流程。具体可参见上述方法实施例中的描述，为避免重复，此处适当省略详细描述。

上述处理器 2010 可以用于执行前面方法实施例中描述的由终端设备内部实现的动作，如估计第四信道向量和估计第一信道向量等。收发器 2020 可以用于执行前面方法实

施例中描述的终端设备向第一网络设备发送或从第一网络设备或者从第二网络设备接收的动作，如发送第一信道向量和第四信道向量，接收参考信号等。具体请见前面方法实施例中的描述，此处不再赘述。

其中，上述终端设备2000还可以包括电源2050，用于给终端设备中的各种器件或电路提供电源。

除此之外，为了使得终端设备的功能更加完善，该终端设备2000还可以包括输入单元2060、显示单元2070、音频电路2080、摄像头2090和传感器2100等中的一个或多个，所述音频电路还可以包括扬声器2082、麦克风2084等。

图11是本申请实施例提供的网络设备的结构示意图，例如可以为基站的结构示意图。该基站3000可应用于如图1所示的系统中，执行上述方法实施例中第一网络设备或第二网络设备的功能。如图所示，该基站3000可以包括一个或多个射频单元，如远端射频单元（remote radio unit，RRU）3100和一个或多个基带单元（BBU）（也可称为分布式单元（DU））3200。所述RRU 3100可以称为收发单元或是收发单元的一部分，与图9中的收发单元1100对应。可选地，该收发单元3100还可以称为收发机、收发电路、或者收发器等等，其可以包括至少一个天线3101和射频单元3102。可选地，收发单元3100可以包括接收单元和发送单元，接收单元可以对应于接收器（或称接收机、接收电路），发送单元可以对应于发射器（或称发射机、发射电路）。所述RRU 3100部分主要用于射频信号的收发以及射频信号与基带信号的转换，例如用于向终端设备发送参考信号，以及接收第一信道向量和第四信道向量等。具体请见前面方法实施例中的描述，此处不再赘述。

所述BBU 3200部分主要用于进行基带处理，对基站进行控制等。所述RRU 3100与BBU 3200可以是物理上设置在一起，也可以物理上分离设置的，即分布式基站。

所述BBU 3200为基站的控制中心，也可以称为处理单元，可以与图9中的处理单元1200对应，可用于完成基带处理功能，如信道编码，复用，调制，扩频等等。例如所述BBU(处理单元)可以用于控制基站执行上述方法实施例中关于第一网络设备的操作流程，例如，生成第一参考信号等。又例如所述BBU（处理单元）可以用于控制基站执行上述方法实施例中关于第二网络设备的操作流程，例如，生第三参考信号等。具体请见前面方法实施例中的描述，此处不再赘述。

在一个示例中，所述BBU 3200可以由一个或多个单板构成，多个单板可以共同支持单一接入制式的无线接入网（如LTE网），也可以分别支持不同接入制式的无线接入网（如LTE网，5G网或其他网）。所述BBU 3200还包括存储器3201和处理器3202。所述存储器3201用以存储必要的指令和数据。所述处理器3202用于控制基站进行必要的动作，例如用于控制基站执行上述方法实施例中关于网络设备的操作流程。所述存储器3201和处理器3202可以服务于一个或多个单板。也就是说，可以每个单板上单独设置存储器和处理器。也可以是多个单板共用相同的存储器和处理器。此外每个单板上还可以设置有必要的电路。

应理解，图11所示的基站3000能够实现图4以及图6所示方法实施例中涉及第一网络设备的各个过程。基站3000中的各个模块的操作和/或功能，分别为了实现上述方法实施例中的相应流程。具体可参见上述方法实施例中的描述，为避免重复，此处适当省略详细描述。

应理解，图 11 所示的基站 3000 能够实现图 4 所示方法实施例中涉及第二网络设备的各个过程。基站 3000 中的各个模块的操作和/或功能，分别为了实现上述方法实施例中的相应流程。具体可参见上述方法实施例中的描述，为避免重复，此处适当省略详细描述。

上述 BBU 3200 可以用于执行前面方法实施例中描述的由第一网络设备或第二网络设备内部实现的动作，而 RRU 3100 可以用于执行前面方法实施例中描述的第一网络设备向终端设备发送或从终端设备接收的动作，或者第二网络设备从第一网络设备接收或向终端设备发送的动作。具体请见前面方法实施例中的描述，此处不再赘述。

应理解，图 11 所示出的基站 3000 仅为网络设备的一种可能的形态，而不应对本申请构成任何限定。本申请所提供的方法可适用于其他形态的网络设备。例如，包括 AAU，还可以包括 CU 和/或 DU，或者包括 BBU 和自适应无线单元（adaptive radio unit，ARU），或 BBU；也可以为客户终端设备（customer premises equipment，CPE），还可以为其它形态，本申请对于网络设备的具体形态不做限定。

其中，CU 和/或 DU 可以用于执行前面方法实施例中描述的由网络设备内部实现的动作，而 AAU 可以用于执行前面方法实施例中描述的网络设备向第一终端设备发送或从第一终端设备接收的动作。具体请见前面方法实施例中的描述，此处不再赘述。

图 12 示出了本申请实施例提供的 IRS4000 的示意性框图，该 IRS4000 可应用于如图 2 所示的系统中，执行上述方法实施例中 IRS 的功能。如图 12 所示，IRS4000 包括处理器 4100 和收发器 4200，处理器 4100 和收发器 4200 相连，可选地，该 IRS4000 还包括存储器 4300，存储器 4300 与处理器 4100 相连。其中，处理器 4100、存储器 4300 和收发器 4200 可以通过内部连接通路互相通信。

上述处理器 4100 可以用于执行前面方法实施例中描述的由 IRS 内部实现的动作，如对生成第四参考信号等。收发器 2020 可以用于执行前面方法实施例中描述的 IRS 向终端设备发送或从第一网络设备接收的动作，如发送第四参考信号，接收第三参考信号等。具体请见前面方法实施例中的描述，此处不再赘述。

应理解，图 12 所示的 IRS4000 能够实现图 6 所示方法实施例中涉及 IRS 的各个过程。IRS4000 中的各个模块的操作和/或功能，分别为了实现上述方法实施例中的相应流程。具体可参见上述方法实施例中的描述，为避免重复，此处适当省略详细描述。

本申请实施例还提供了一种处理装置，包括处理器和接口；所述处理器用于执行上述任一方法实施例中的方法。

应理解，上述处理装置可以是一个或多个芯片。例如，该处理装置可以是现场可编程门阵列（field programmable gate array，FPGA），可以是专用集成芯片（application specific integrated circuit，ASIC），还可以是系统芯片（system on chip，SoC），还可以是中央处理器（central processor unit，CPU），还可以是网络处理器（network processor，NP），还可以是数字信号处理电路（digital signal processor，DSP），还可以是微控制器（micro controller unit，MCU），还可以是可编程控制器（programmable logic device，PLD）或其他集成芯片。在实现过程中，上述方法的各步骤可以通过处理器中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。结合本申请实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件处理器执行完成，或者用处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器，闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本

领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器，处理器读取存储器中的信息，结合其硬件完成上述方法的步骤。为避免重复，这里不再详细描述。

应注意，本申请实施例中的处理器可以是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。在实现过程中，上述方法实施例的各步骤可以通过处理器中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器可以是通用处理器、数字信号处理器（DSP）、专用集成电路（ASIC）、现场可编程门阵列（FPGA）或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本申请实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成，或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器，闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器，处理器读取存储器中的信息，结合其硬件完成上述方法的步骤。

可以理解，本申请实施例中的存储器可以是易失性存储器或非易失性存储器，或可包括易失性和非易失性存储器两者。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。易失性存储器可以是随机存取存储器（random access memory，RAM），其用作外部高速缓存。通过示例性但不是限制性说明，许多形式的 RAM 可用，例如静态随机存取存储器（static RAM，SRAM）、动态随机存取存储器（dynamic RAM，DRAM）、同步动态随机存取存储器（synchronous DRAM，SDRAM）、双倍数据速率同步动态随机存取存储器（double data rate SDRAM，DDR SDRAM）、增强型同步动态随机存取存储器（enhanced SDRAM，ESDRAM）、同步连接动态随机存取存储器（synchlink DRAM，SLDRAM）和直接内存总线随机存取存储器（direct rambus RAM，DR RAM）。应注意，本文描述的系统和方法的存储器旨在包括但不限于这些和任意其它适合类型的存储器。

根据本申请实施例提供的方法，本申请还提供一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括：计算机程序代码，当该计算机程序代码在计算机上运行时，使得该计算机执行图图 4 以及图 6 所示实施例中终端设备、第一网络设备和第二网络设备分别执行的方法。

根据本申请实施例提供的方法，本申请还提供一种计算机可读介质，该计算机可读介质存储有程序代码，当该程序代码在计算机上运行时，使得该计算机执行图 4 以及图 6 所示实施例中终端设备、第一网络设备和第二网络设备分别执行的方法。

根据本申请实施例提供的方法，本申请还提供一种系统，其包括前述的一个或多个终端设备、一个或多个第一网络设备以及一个或多个第二网络设备。

上述各个装置实施例中第一网络设备、第二网络设备与终端设备和方法实施例中的第一网络设备、第二网络设备或终端设备完全对应，由相应的模块或单元执行相应的步骤，例如通信单元（收发器）执行方法实施例中接收或发送的步骤，除发送、接收外的其它步骤可以由处理单元（处理器）执行。具体单元的功能可以参考相应的方法实施例。其中，处理器可以为一个或多个。

在本说明书中使用的术语“部件”、“模块”、“系统”等用于表示计算机相关的实体、硬

件、固件、硬件和软件的组合、软件、或执行中的软件。例如，部件可以是但不限于，在处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行文件、执行线程、程序和/或计算机。通过图示，在计算设备上运行的应用和计算设备都可以是部件。一个或多个部件可驻留在进程和/或执行线程中，部件可位于一个计算机上和/或分布在 2 个或更多个计算机之间。此外，这些部件可从在上面存储有各种数据结构的各种计算机可读介质执行。部件可例如根据具有一个或多个数据分组（例如来自与本地系统、分布式系统和/或网络间的另一部件交互的二个部件的数据，例如通过信号与其它系统交互的互联网）的信号通过本地和/或远程进程来通信。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各种说明性逻辑块（illustrative logical block）和步骤（step），能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，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单元中。

在上述实施例中，各功能单元的功能可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件实现时，可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令（程序）。在计算机上加载和执行所述计算机程序指令（程序）时，全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线（digital subscriber line，DSL））或无线（例如红外、无线、微波等）方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质，（例如，软盘、硬盘、磁带）、光介质（例如，高密度数字视频光盘（digital video disc，DVD））、或者半导体介质（例如固态硬盘（solid state disk，SSD））等。

所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。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或者该技术方案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中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U盘、移动硬盘、只读存储器（read-only memory，ROM）、随机存取存储器（random access memory，RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

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所述权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1、一种信道信息获取的方法，其特征在于，包括:

终端设备的第 d 个端口接收一个或多个第一参考信号，所述第一参考信号为来自第一网络设备的参考信号，d∈[1,D]，D 为所述终端设备的端口数，D 为正整数;

所述终端设备根据接收到的所述第一参考信号获得第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$，所述$\mathbf{h}_{1,d}$为所述终端设备的第 d 个端口与所述第一网络设备之间的信道的信道向量;

所述终端设备的第 d 个端口接收 N 个第二参考信号，N 为所述第二参考信号的端口数，N 为大于或等于 2 的整数;

所述终端设备根据接收到的所述第二参考信号获得第二信道向量$\mathbf{h}_{2,d}$;

所述终端设备根据所述$\mathbf{h}_{1,d}$和所述$\mathbf{h}_{2,d}$计算第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，所述$\mathbf{h}_{3,d}$的端口数小于第四信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$的端口数，所述$\mathbf{h}_{4,d}$为所述第一网络设备、第二网络设备和所述终端设备的第 d 个端口之间的信道的信道向量;

所述终端设备根据所述$\mathbf{h}_{3,d}$计算所述$\mathbf{h}_{4,d}$。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述终端设备根据所述$\mathbf{h}_{1,d}$和所述$\mathbf{h}_{2,d}$计算第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，包括:

所述终端设备根据公式$\mathbf{h}_{3,d}=\mathbf{h}_{2,d}-[\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_1,\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_2,...,\mathbf{h}_{1,d}\mathbf{w}_N]^T$计算所述$\mathbf{h}_{3,d}$，其中$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)$为第一预编码矩阵。

3、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述终端设备根据所述$\mathbf{h}_{3,d}$计算所述$\mathbf{h}_{4,d}$，包括:

所述终端设备根据公式$\mathbf{h}_{3,d}=\mathbf{\Phi}\mathbf{h}_{4,d}$计算所述$\mathbf{h}_{4,d}$，其中$\mathbf{\Phi}$为所述第一预编码矩阵和第二预编码矩阵$\mathbf{\theta}_n(n=1,2,...,N)$的函数$f(\mathbf{\theta}_n(n=1,2,...,N),\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N))$。

4、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述$\mathbf{\Phi}$表示为$\mathbf{\Phi}=[\mathbf{w}_1^T\otimes\mathbf{\theta}_1^H,\mathbf{w}_2^T\otimes\mathbf{\theta}_2^H,...,\mathbf{w}_N^T\otimes\mathbf{\theta}_N^H]^T$。

5、如权利要求 3 或 4 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括:

所述终端设备计算所述第一预编码矩阵和所述第二预编码矩阵;

所述终端设备向所述第一网络设备发送所述第一预编码矩阵和所述第二预编码矩阵。

6、如权利要求 3 或 4 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括:

所述终端设备接收所述第一预编码矩阵和所述第二预编码矩阵。

7、如权利要求 3 或 4 所述的方法，其特征在于，所述第一预编码矩阵和所述第二预编码矩阵是通信协议规定的。

8、如权利要求 1-7 中任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括:

所述终端设备根据所述$\mathbf{h}_{1,d}$和所述$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\mathbf{\theta}}$，所述$\overline{\mathbf{w}}$为所述第一网络设备向所述终端设备传输数据时使用的预编码矩阵，所述$\overline{\mathbf{\theta}}$为所述第二网络设备向所述终端设备传输数据时使用的预编码矩阵;

所述终端设备向所述第一网络设备发送所述$\overline{\mathbf{w}}$和所述$\overline{\mathbf{\theta}}$。

9、如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述终端设备根据所述$\mathbf{h}_{1,d}$和所述$\mathbf{h}_{4,d}$获得第三预编码矩阵$\overline{\mathbf{w}}$和第四预编码矩阵$\overline{\mathbf{\theta}}$，包括:

所述终端设备以第一指标为优化目标，迭代以下两个过程至优化目标不再增加：（1）固定所述$\overline{\mathbf{w}}$，计算所述$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，（2）固定所述$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算所述$\overline{\mathbf{w}}$，其中，所述第一指标包括以下一项或多项：频谱效率、能量效率、传输速率和与目标传输方案之间的误差。

10、如权利要求8或9所述的方法，其特征在于，所述$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为$\exp(-j(\arg(\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}})-\arg(\mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}})))$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\arg(.)$表示取相位运算。

11、如权利要求8或9所述的方法，其特征在于，所述$\overline{\mathbf{w}}$为$\alpha\frac{\left(\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right)^{H}}{\left\|\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right\|_{2}}$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\alpha$为一个非零常数。

12、如权利要求1-7中任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述终端设备向所述第一网络设备发送所述$\mathbf{h}_{1,d}$和所述$\mathbf{h}_{4,d}$。

13、一种信道信息获取的方法，其特征在于，包括：

第二网络设备从第一网络设备接收N个第三参考信号，N为所述第三参考信号的端口数，N为大于或等于2的整数；

所述第二网络设备生成N个第四参考信号，第n个第四参考信号为所述第二网络设备基于第二预编码矩阵$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$对第n个第三参考信号预编码后生成的参考信号，n$\in$[1,N]，所述第二预编码矩阵用于对第二信道向量$\mathbf{h}_{4,d}$进行处理以得到第三信道向量$\mathbf{h}_{3,d}$，所述$\mathbf{h}_{3,d}$的端口数小于所述$\mathbf{h}_{4,d}$的端口数，所述$\mathbf{h}_{4,d}$为所述第一网络设备、所述第二网络设备和终端设备的第d个端口之间的信道的信道向量，d$\in$[1,D]，D为所述终端设备的端口数，D为正整数；

所述第二网络设备向所述终端设备发送N个所述第四参考信号。

14、如权利要求13所述的方法，其特征在于，所述第二预编码矩阵具体表示为$\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{V}\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$，其中，$\mathbf{V}$为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{b}_n(n=1,2,...,N)$为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

15、如权利要求13或14所述的方法，其特征在于，在所述第二网络设备生成N个第二参考信号之前，所述方法还包括：

所述第二网络设备从所述第一网络设备接收所述第二预编码矩阵。

16、如权利要求13或14所述的方法，其特征在于，所述第二预编码矩阵是通信协议规定的。

17、如权利要求13-16中任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述第二网络设备从所述第一网络设备接收第四预编码矩阵$\overline{\boldsymbol{\theta}}$，所述$\overline{\boldsymbol{\theta}}$为所述第二网络设备向所述终端设备传输数据时使用的预编码矩阵。

18、一种信道信息获取的方法，其特征在于，包括：

第一网络设备发送一个或多个第一参考信号，所述第一参考信号用于计算第一信道向量$\mathbf{h}_{1,d}$，所述$\mathbf{h}_{1,d}$为终端设备的第d个端口与所述第一网络设备之间的信道的信道向量；

所述第一网络设备发送N个第三参考信号，所述第三参考信号为所述第一网络设备基于第一预编码矩阵$\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)$预编码的参考信号，N为所述第三参考信号的端口数，N为大于或等于2的整数。

19、如权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述第一预编码矩阵具体表示为 $\mathbf{w}_n(n=1,2,...,N)=\mathbf{U}\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$，其中，U 为一组正交基底组成的矩阵，$\mathbf{a}_n(n=1,2,...,N)$ 为以下矩阵中的一种：高斯随机分布矩阵、伯努利随机分布矩阵。

20、如权利要求 18 或 19 所述的方法，其特征在于，在所述第一网络设备发送 N 个第三参考信号之前，所述方法还包括：

所述第一网络设备从所述终端设备接收所述第一预编码矩阵和第二预编码矩阵 $\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$，所述第二预编码矩阵为第二网络设备用于对所述第三参考信号预编码的矩阵；

所述第一网络设备向所述第二网络设备发送所述第二预编码矩阵。

21、如权利要求 18 或 19 所述的方法，其特征在于，在所述第一网络设备发送 N 个第三参考信号之前，所述方法还包括：

所述第一网络设备计算所述第一预编码矩阵和第二预编码矩阵 $\boldsymbol{\theta}_n(n=1,2,...,N)$，所述第二预编码矩阵为第二网络设备用于对所述第三参考信号预编码的矩阵；

所述第一网络设备向所述终端设备发送所述第一预编码矩阵和所述第二预编码矩阵；

所述第一网络设备向所述第二网络设备发送所述第二预编码矩阵。

22、如权利要求 18 或 19 所述的方法，其特征在于，所述第一预编码矩阵是通信协议规定的。

23、如权利要求 18-22 中任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述第一网络设备从所述终端设备接收所述 $\mathbf{h}_{1,d}$ 和所述 $\mathbf{h}_{4,d}$。

24、如权利要求 23 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述第一网络设备根据所述 $\mathbf{h}_{1,d}$ 和所述 $\mathbf{h}_{4,d}$ 获得第三预编码矩阵 $\overline{\mathbf{w}}$ 和第四预编码矩阵 $\overline{\boldsymbol{\theta}}$，所述 $\overline{\mathbf{w}}$ 为所述第一网络设备向所述终端设备传输数据时使用的预编码矩阵，所述 $\overline{\boldsymbol{\theta}}$ 为第二网络设备向所述终端设备传输数据时使用的预编码矩阵；

所述第一网络设备向所述第二网络设备发送所述 $\overline{\boldsymbol{\theta}}$。

25、如权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述第一网络设备根据所述 $\mathbf{h}_{1,d}$ 和所述 $\mathbf{h}_{4,d}$ 获得第三预编码矩阵 $\overline{\mathbf{w}}$ 和第四预编码矩阵 $\overline{\boldsymbol{\theta}}$，包括：

所述第一网络设备以第一指标为优化目标，迭代以下两个过程至优化目标不再增加：（1）固定所述 $\overline{\mathbf{w}}$，计算所述 $\overline{\boldsymbol{\theta}}$，（2）固定所述 $\overline{\boldsymbol{\theta}}$，计算所述 $\overline{\mathbf{w}}$，其中，所述第一指标包括以下一项或多项：频谱效率、能量效率、传输速率和与目标传输方案之间的误差。

26、如权利要求 24 或 25 所述的方法，其特征在于，所述 $\overline{\boldsymbol{\theta}}$ 为 $\exp(-j(\arg(\mathbf{h}_{1,d}\overline{\mathbf{w}})-\arg(\mathbf{H}_{4,d}\overline{\mathbf{w}})))$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\arg(.)$ 表示取相位运算。

27、如权利要求 24 或 25 所述的方法，其特征在于，所述 $\overline{\mathbf{w}}$ 为 $\alpha\frac{\left(\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right)^{H}}{\left\|\mathbf{h}_{1,d}^{H}+\overline{\boldsymbol{\theta}}^{H}\mathbf{H}_{4,d}\right\|_2}$，其中，$\mathrm{vec}(\mathbf{H}_{4,d})=\mathbf{h}_{4,d}$，$\alpha$ 为一个非零常数。

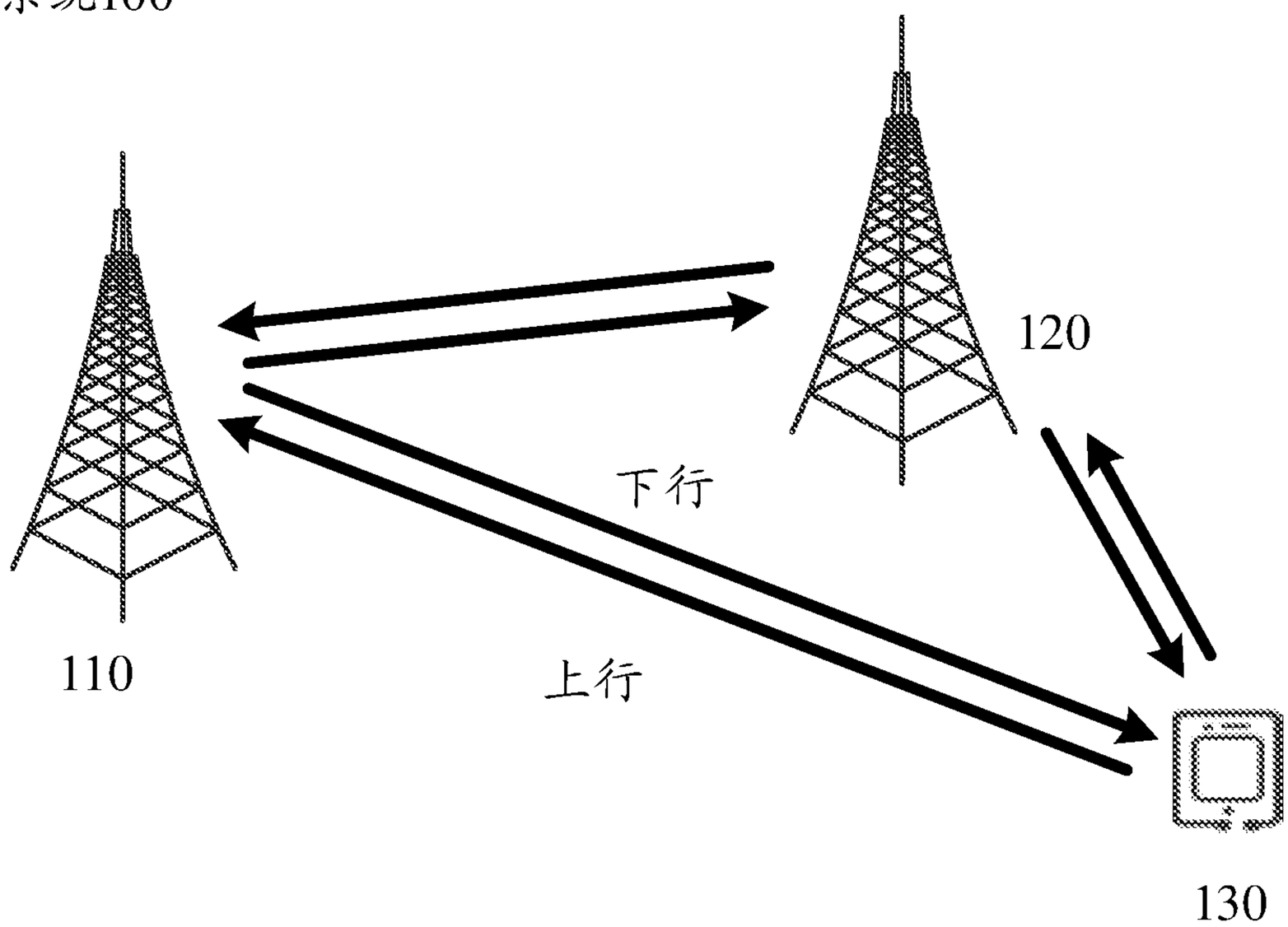


图 1

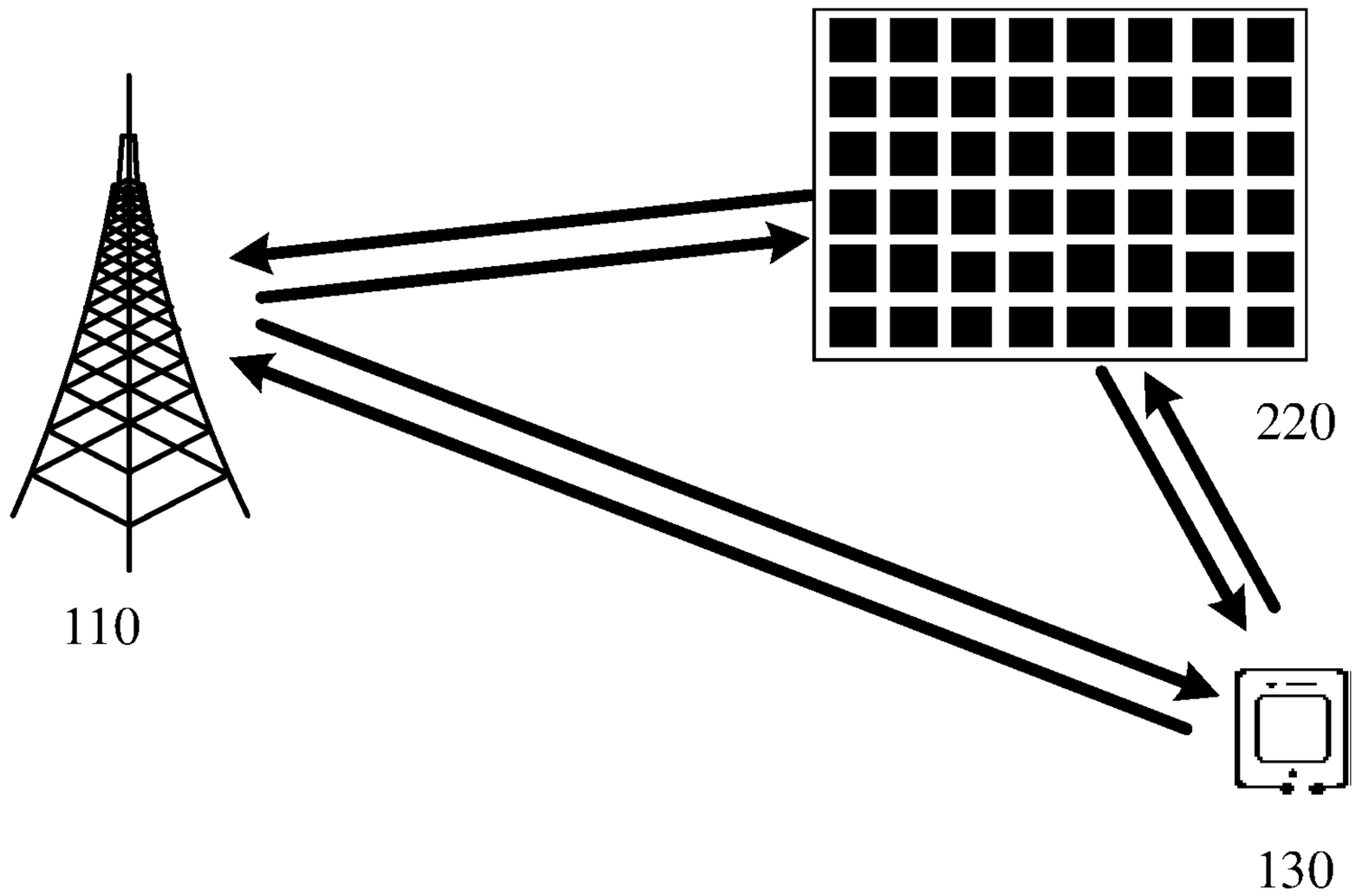


图 2

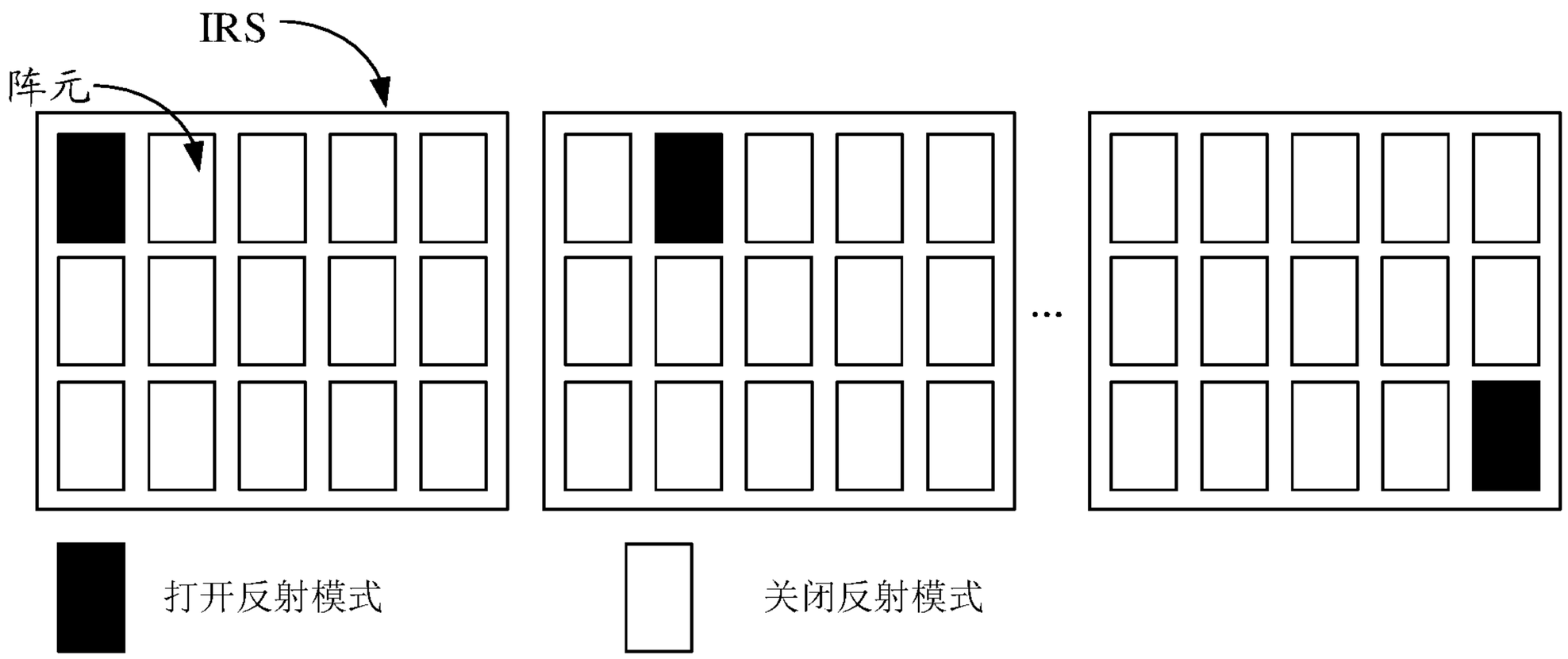

IRS
阵元
打开反射模式
关闭反射模式

图 3

方法400

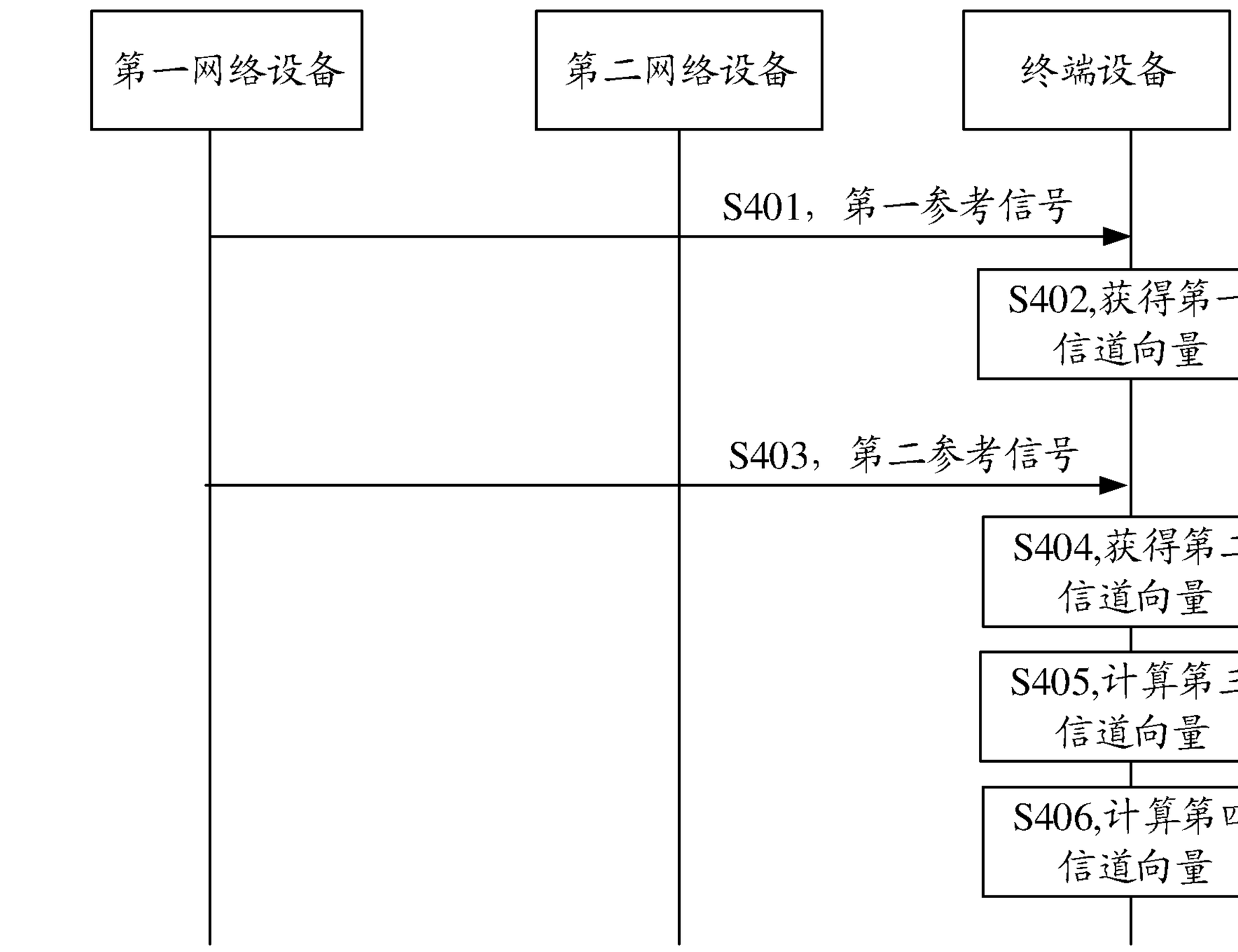

第一网络设备
第二网络设备
终端设备
S401，第一参考信号
S402,获得第一信道向量
S403，第二参考信号
S404,获得第二信道向量
S405,计算第三信道向量
S406,计算第四信道向量

图 4

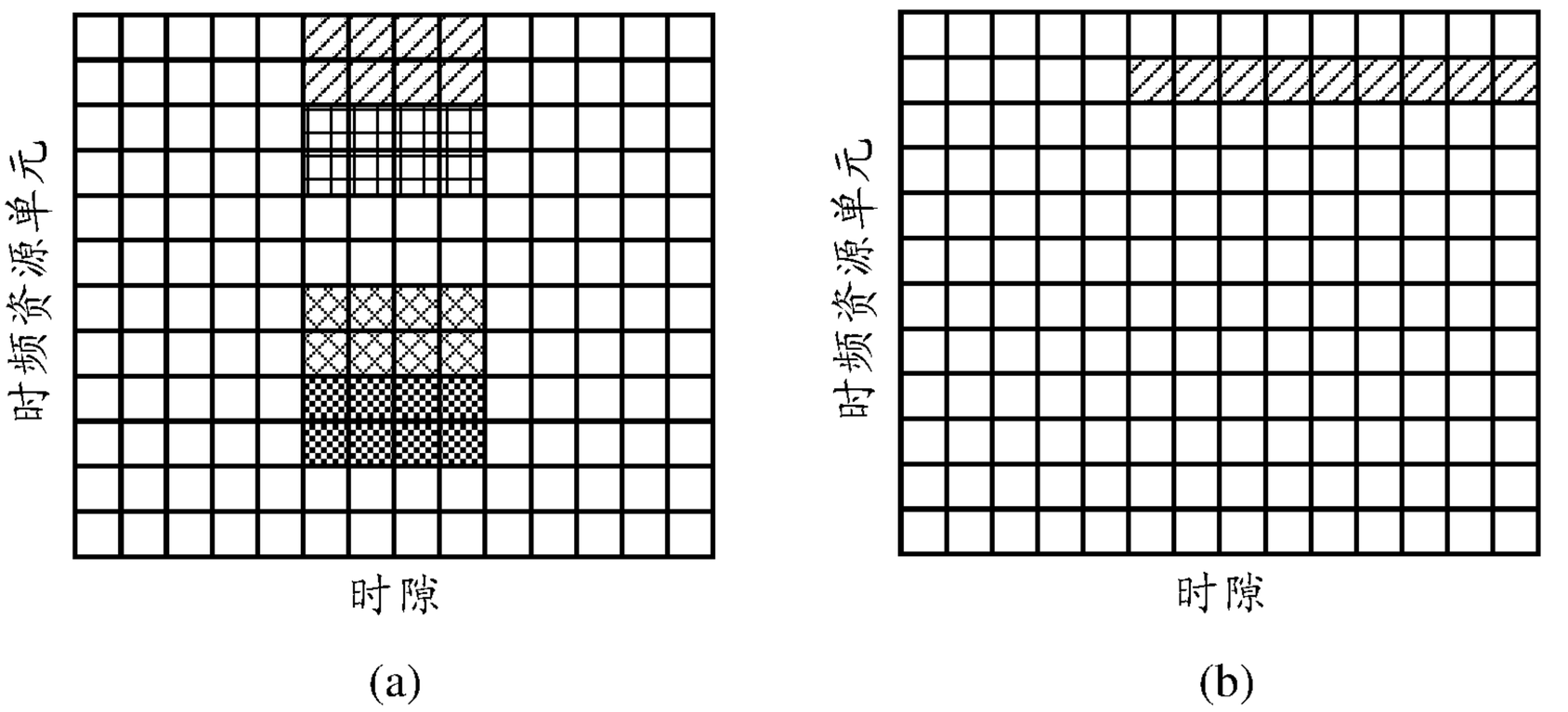

时频资源单元
时隙
(a)
时频资源单元
时隙
(b)

图 5

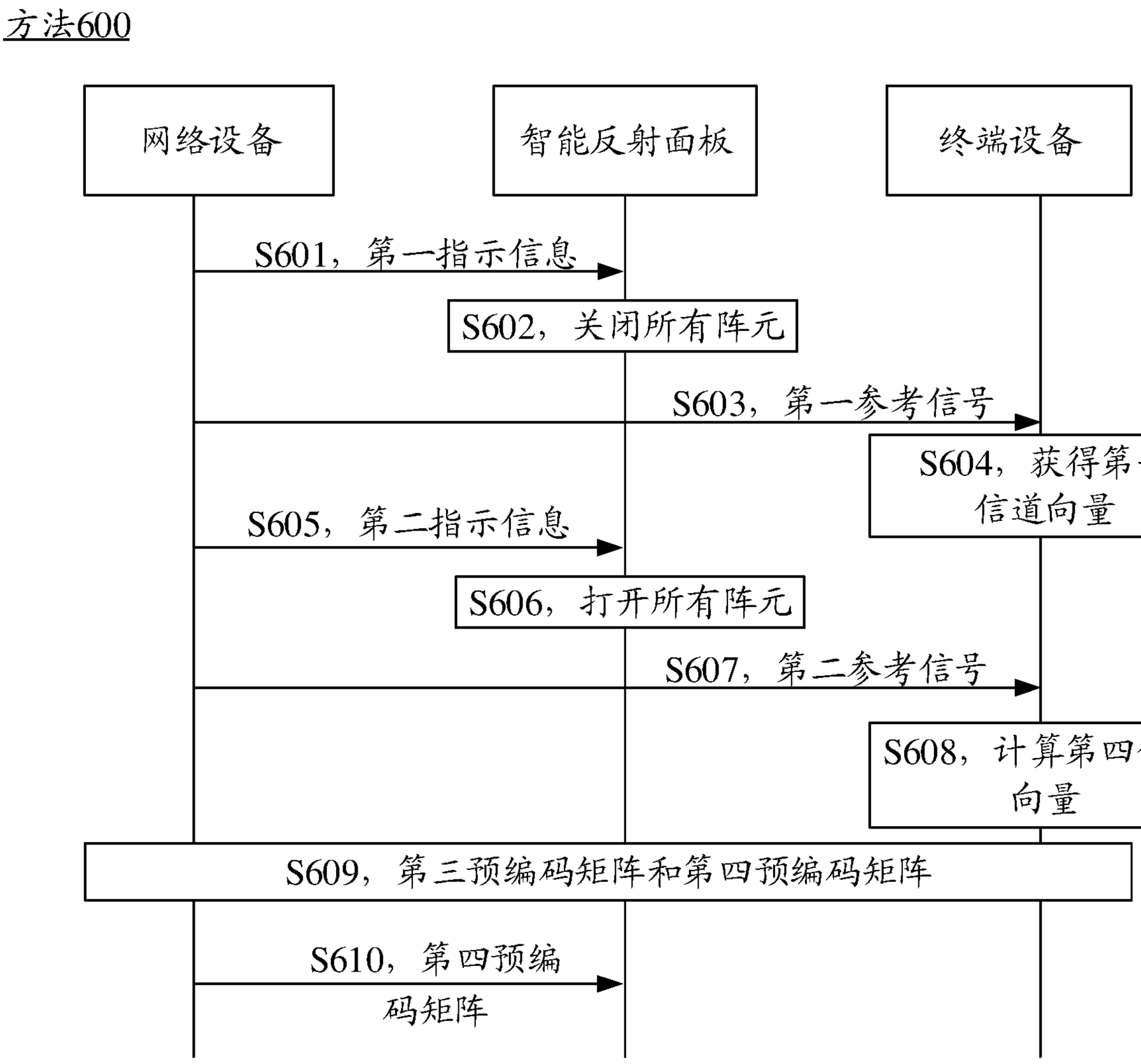
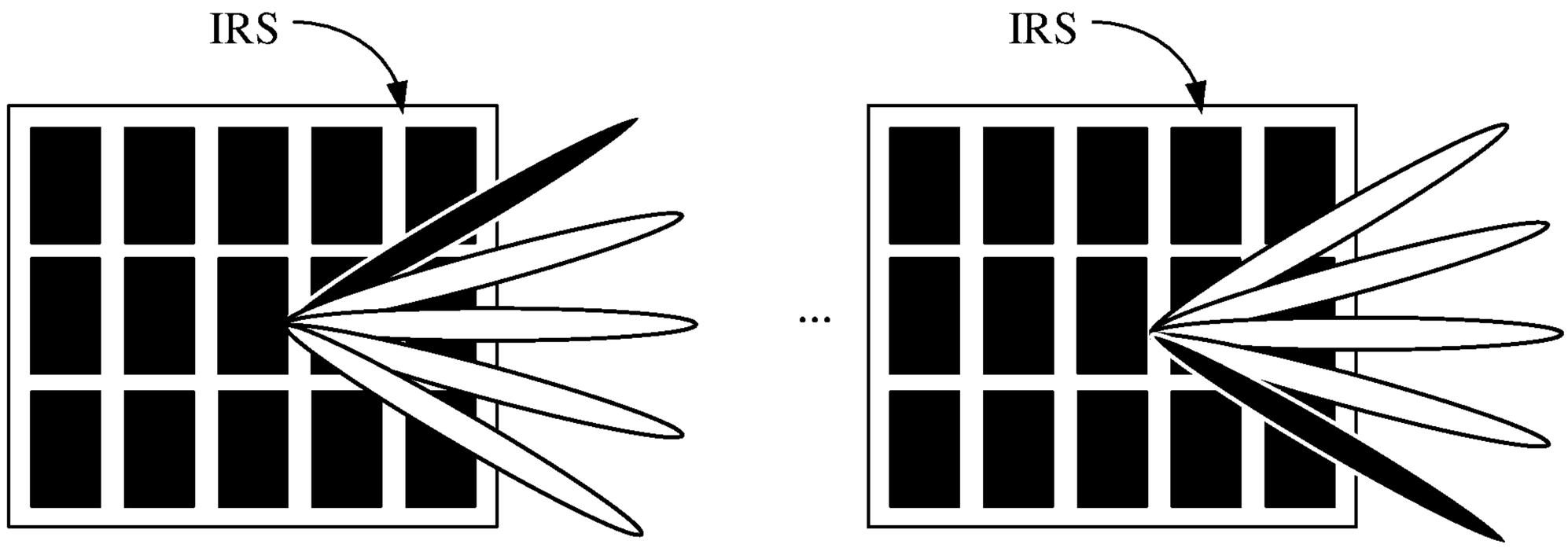

方法600
网络设备
智能反射面板
终端设备
S601，第一指示信息
S602，关闭所有阵元
S603，第一参考信号
S604，获得第一信道向量
S605，第二指示信息
S606，打开所有阵元
S607，第二参考信号
S608，计算第四信道向量
S609，第三预编码矩阵和第四预编码矩阵
S610，第四预编码矩阵

图 6



打开反射模式

图 7

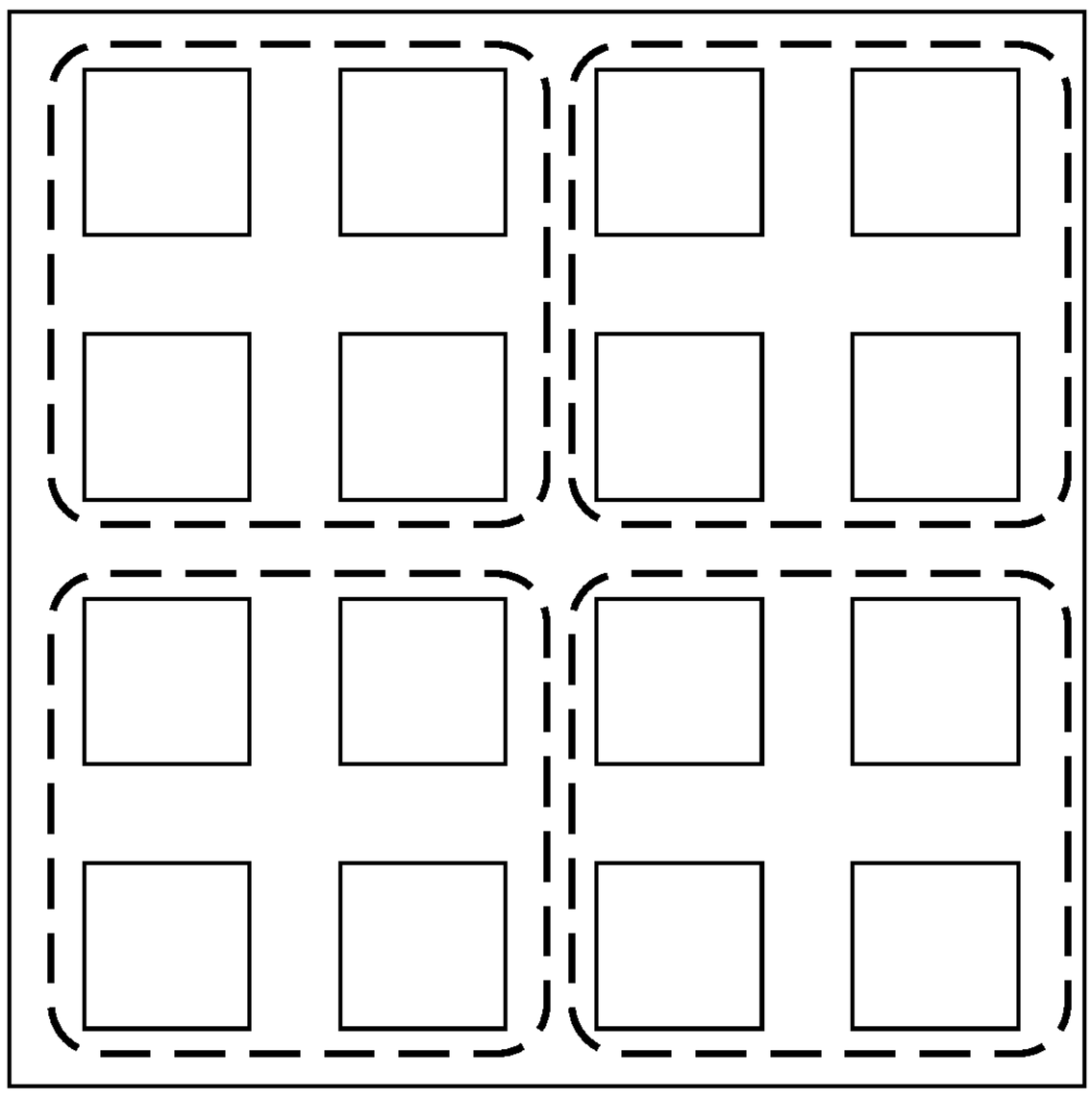


图 8

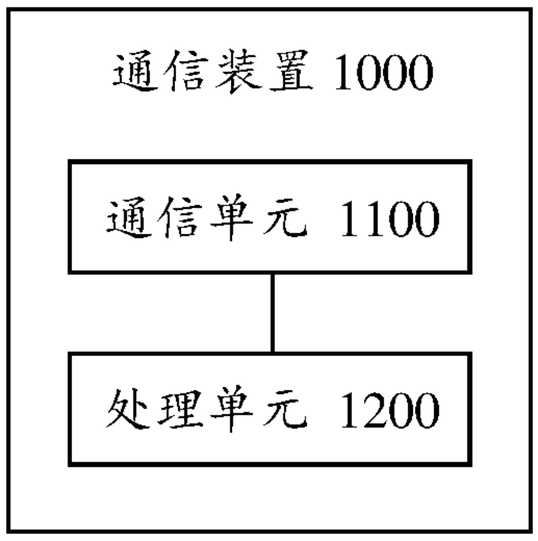

通信装置 1000
通信单元 1100
处理单元 1200

图 9

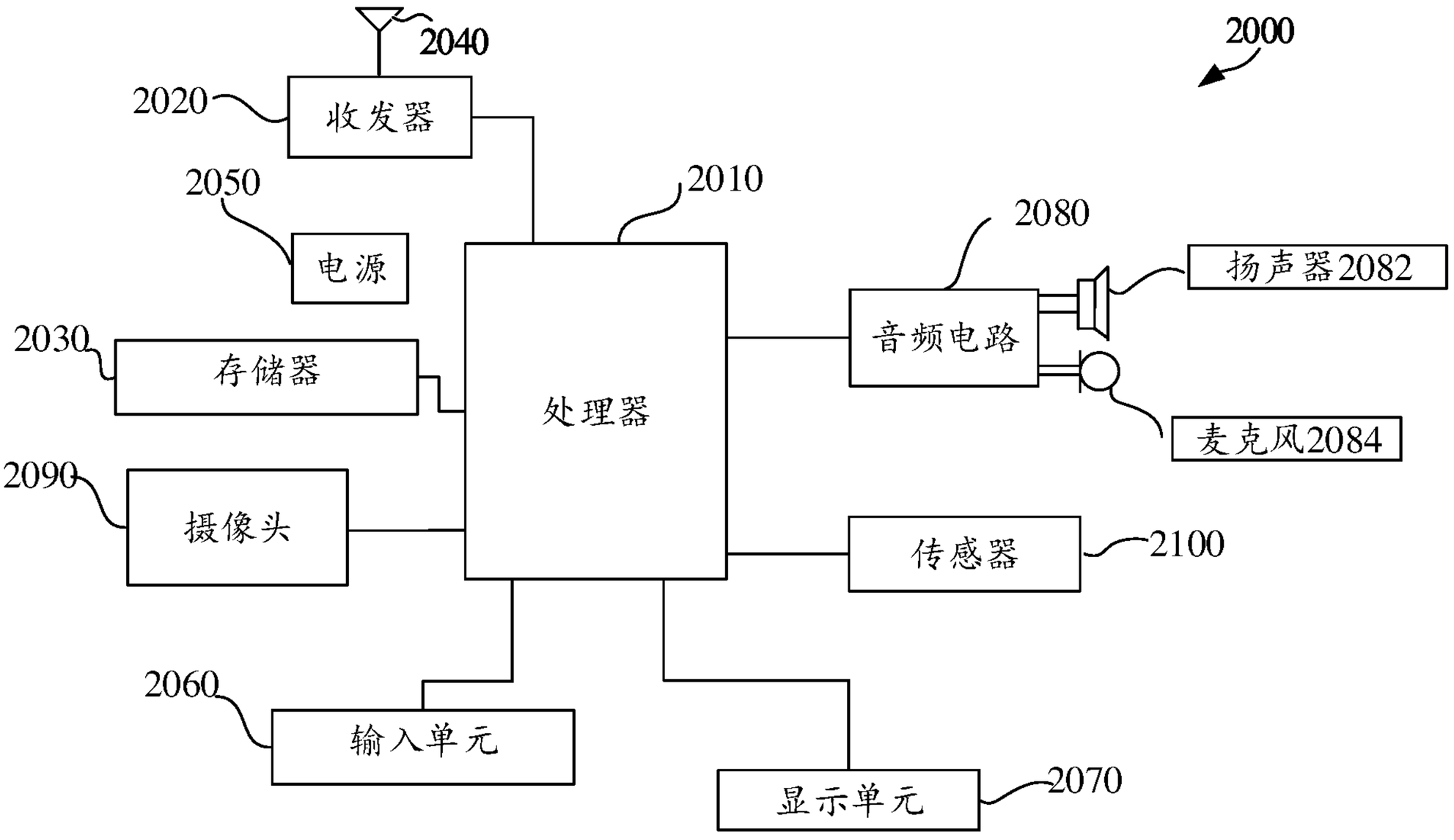

2000
2040
2020
收发器
2050
电源
2010
2080
扬声器2082
2030
存储器
处理器
音频电路
麦克风2084
2090
摄像头
传感器
2100
2060
输入单元
显示单元
2070

图 10

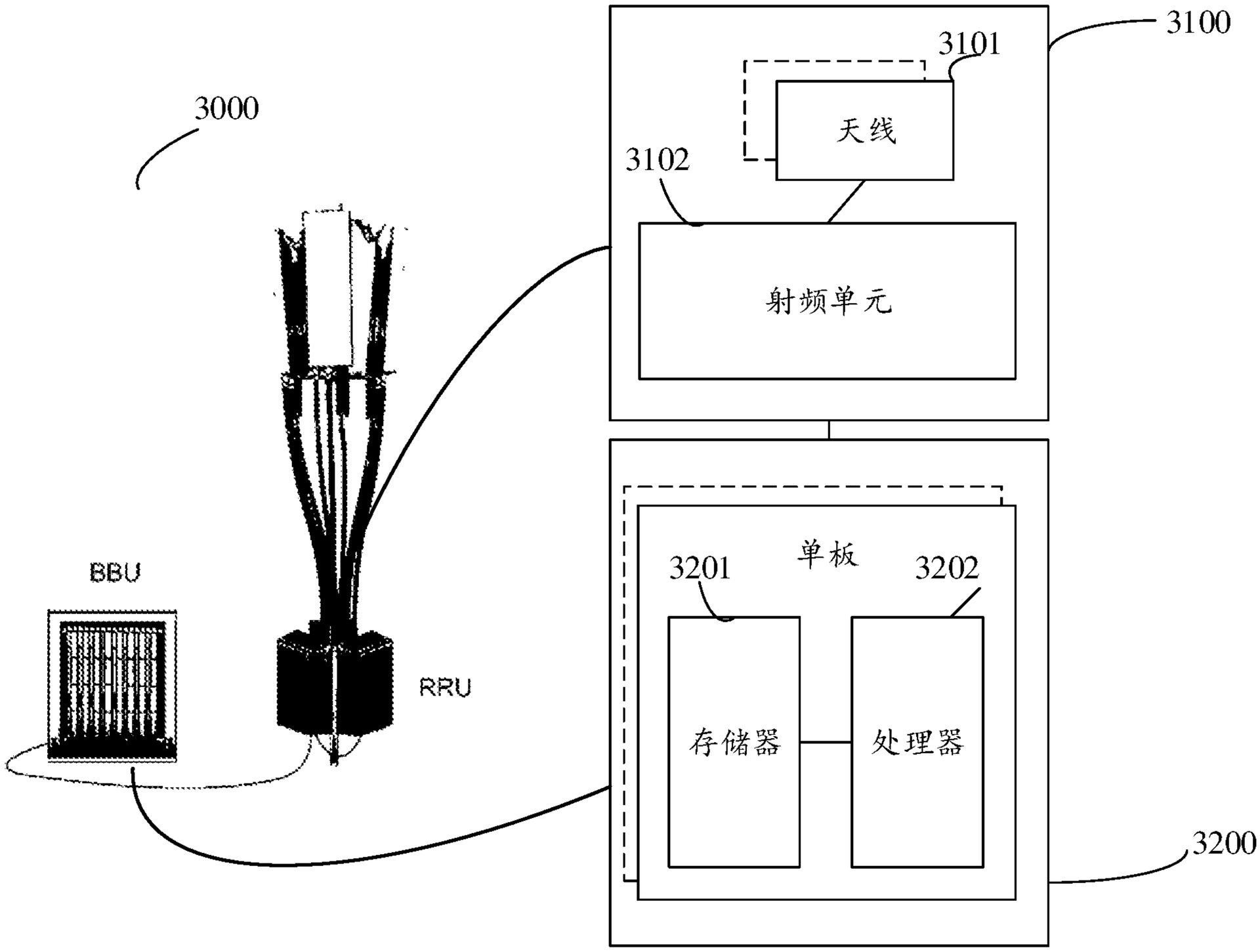

3000
3100
3101
天线
3102
射频单元
BBU
RRU
单板
3201
3202
存储器
处理器
3200

图 11

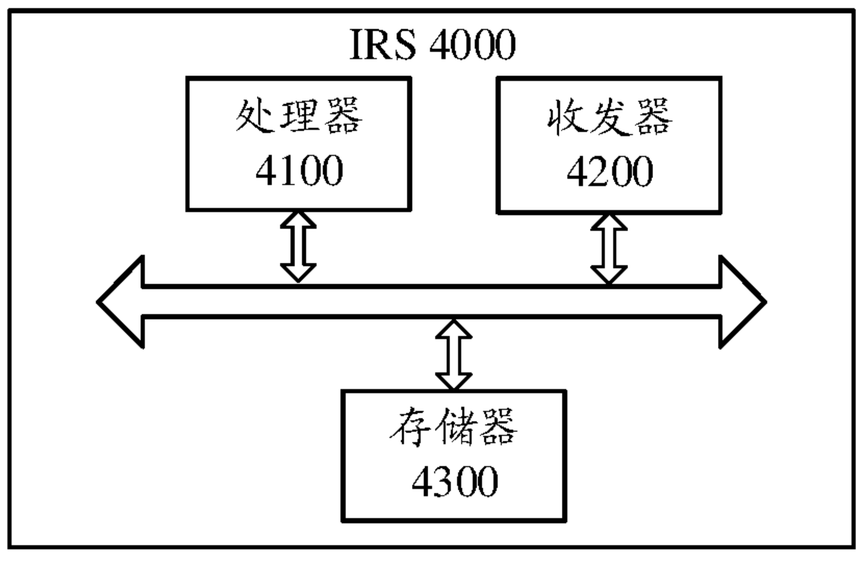

IRS 4000
处理器
4100
收发器
4200
存储器
4300

图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/117400

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 24/08(2009.01)i; H04B 7/0452(2017.01)i; H04B 7/0456(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)

H04W; H04B; H04Q; 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: 参考, 状态, 信号, 端口, 信道, 向量, 矢量, 矩阵, 预编码, channel, signal, state, reference, CSI, RS, port, matrix, vector, precod+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 109495149 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 19 March 2019 (2019-03-19) description paragraphs [0138], [0222]-[0276]	18-24
A	CN 109495149 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 19 March 2019 (2019-03-19) description paragraphs [0138], [0222]-[0276]	1-17, 25-27
X	CN 109302220 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 01 February 2019 (2019-02-01) description, paragraphs [0005]-[0112]	18-24
A	CN 109302220 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 01 February 2019 (2019-02-01) description, paragraphs [0005]-[0112]	1-17, 25-27
A	US 2016142189 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 19 May 2016 (2016-05-19) entire document	1-27
A	US 2013242896 A1 (LG ELECTRONICS INCORPORATED) 19 September 2013 (2013-09-19) entire document	1-27

☐ 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
07 July 2020	**27 July 2020**
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/CN2019/117400

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109495149	A	19 March 2019	WO	2019047705	A1	14 March 2019
CN	109302220	A	01 February 2019	EP	3633871	A1	08 April 2020
				WO	2019019838	A1	31 January 2019
				US	2020153488	A1	14 May 2020
				IN	202047003099	A	31 January 2020
US	2016142189	A1	19 May 2016	KR	20160055086	A	17 May 2016
US	2013242896	A1	19 September 2013	KR	20130106260	A	27 September 2013

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/117400

A. 主题的分类

H04W 24/08(2009.01)i; H04B 7/0452(2017.01)i; H04B 7/0456(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)

H04W; H04B; H04Q; 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, EPODOC:参考，状态，信号，端口，信道，向量，矢量，矩阵，预编码，channel, signal, state,reference, CSI, RS, port, matrix, vector, precod+

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
X	CN 109495149 A (华为技术有限公司) 2019年 3月 19日 (2019-03-19) 说明书第[0138]，[0222]-[0276]段	18-24
A	CN 109495149 A (华为技术有限公司) 2019年 3月 19日 (2019-03-19) 说明书第[0138]，[0222]-[0276]段	1-17，25-27
X	CN 109302220 A (华为技术有限公司) 2019年 2月 1日 (2019-02-01) 说明书第[0005]-[0112]段	18-24
A	CN 109302220 A (华为技术有限公司) 2019年 2月 1日 (2019-02-01) 说明书第[0005]-[0112]段	1-17，25-27
A	US 2016142189 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 2016年 5月 19日 (2016-05-19) 全文	1-27
A	US 2013242896 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 2013年 9月 19日 (2013-09-19) 全文	1-27

☐ 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
2020年 7月 7日	2020年 7月 27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 常交法 电话号码 86-(10)-53961735

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/117400

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	109495149	A	2019年 3月 19日	WO	2019047705	A1	2019年 3月 14日
CN	109302220	A	2019年 2月 1日	EP	3633871	A1	2020年 4月 8日
				WO	2019019838	A1	2019年 1月 31日
				US	2020153488	A1	2020年 5月 14日
				IN	202047003099	A	2020年 1月 31日
US	2016142189	A1	2016年 5月 19日	KR	20160055086	A	2016年 5月 17日
US	2013242896	A1	2013年 9月 19日	KR	20130106260	A	2013年 9月 27日