

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2023年2月16日 (16.02.2023)

(10) 国际公布号
WO 2023/016508 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04W 28/06 (2009.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/111628
- (22) 国际申请日: 2022年8月11日 (11.08.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110918725.9 2021年8月11日 (11.08.2021) CN
- (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: 柴晓萌 (CHAI, Xiaomeng); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼,

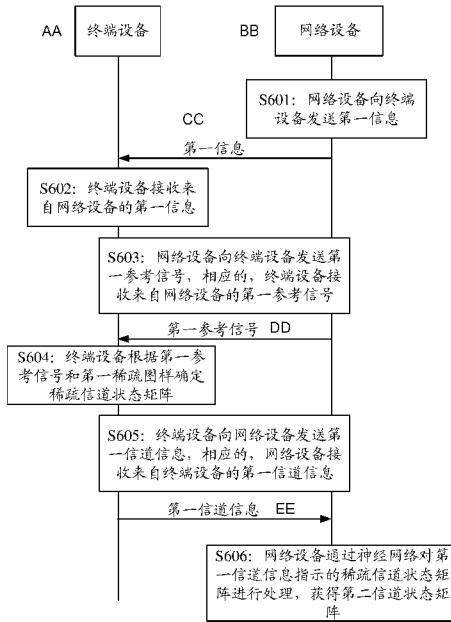
Guangdong 518129 (CN)。 吴艺群 (WU, Yiqun); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京同达信恒知识产权代理有限公司 (TDIP & PARTNERS); 中国北京市西城区裕民路18号北环中心A座2002, Beijing 100029 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) Title: CHANNEL INFORMATION FEEDBACK AND RECOVERY METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 一种信道信息反馈、恢复方法及装置



- AA Terminal device
- BB Network device
- CC First information
- DD First reference signal
- EE First channel information
- S601 A network device sends first information to a terminal device
- S602 The terminal device receives the first information from the network device
- S603 The network device sends a first reference signal to the terminal device, and correspondingly, the terminal device receives the first reference signal from the network device
- S604 In accordance with the first reference signal and a first sparse pattern, the terminal device determines a sparse channel state matrix
- S605 The terminal device sends first channel information to the network device, and correspondingly, the network device receives the first channel information from the terminal device
- S606 The network device uses a neural network to process a sparse channel state matrix indicated by the first channel information, obtaining a second channel state matrix

图 6

(57) Abstract: Provided are a channel information feedback and recovery method and device, the method comprising: a terminal device receives a first reference signal from a network device; the terminal device performs channel estimation in accordance with the first reference signal, and obtains a first channel state matrix; the terminal device samples the first channel state matrix in accordance with a first sparse pattern, obtaining a sparse channel state matrix; the first sparse pattern is from a network device configuration, and the first sparse pattern is used to sample at least one dimension of the first channel state matrix; the terminal device sends first channel information to the network device, where the first channel information is used to indicate a sparse channel state matrix.

WO 2023/016508 A1

SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

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

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。
-

(57) 摘要: 本申请提供一种信道信息反馈、恢复方法及装置, 其中方法包括: 终端设备接收来自网络设备的第一参考信号; 所述终端设备根据所述第一参考信号进行信道估计, 获得第一信道状态矩阵; 所述终端设备根据第一稀疏图样对所述第一信道状态矩阵进行抽样, 获得稀疏信道状态矩阵; 所述第一稀疏图样来自所述由网络设备配置, 所述第一稀疏图样用于对所述第一信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样; 所述终端设备向所述网络设备发送第一信道信息, 所述第一信道信息用于指示所述稀疏信道状态矩阵。

一种信道信息反馈、恢复方法及装置

相关申请的交叉引用

本申请要求在2021年08月11日提交中国专利局、申请号为202110918725.9、申请名称为“一种信道信息反馈、恢复方法及装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及通信技术领域，尤其涉及一种信道信息反馈、恢复方法及装置。

背景技术

在长期演进（long term evolution, LTE）以及新空口（new radio, NR）等通信系统中，基站需要获取下行信道状态信息（channel state information, CSI），用于确定调度终端设备的下行数据信道的资源、调制编码方案（modulation and coding scheme, MCS）、预编码矩阵等配置。在时分双工（time division duplex, TDD）模式中，由于上下行信道存在互易性，基站可以通过测量上行参考信号获取上行 CSI，进而推测出较为精确的下行 CSI，例如将上行 CSI 用作下行 CSI。在频分双工（frequency division duplex, FDD）模式中，上下行信道不一定存在互易性，因此需要从终端设备获取下行 CSI。例如，终端设备通过测量参考信号获得下行 CSI，并将 CSI 反馈给基站。

在现有的宽带多天线系统中，CSI 反馈需要很大的资源开销。为了降低 CSI 反馈的开销，终端设备会对 CSI 进行压缩以及量化等操作，从而反馈经过压缩以及量化的 CSI。对 CSI 进行压缩以及量化等操作，会对 CSI 的精度造成损失。而基站获取到的下行 CSI 越不精确，所调度的下行传输就越不能匹配当前的下行信道，下行传输的性能就越差。

综上所述，如何在降低 CSI 反馈开销的同时，提高 CSI 反馈的精度，是一个亟待解决的问题。

发明内容

本申请提供一种信道信息反馈、恢复方法及装置，用以在降低信道信息反馈开销的同时，提高信道信息反馈的精度。

第一方面，本申请提供一种信道信息反馈方法，该方法适用于基于 AI 的信道信息压缩反馈的场景。该方法的执行主体为终端设备或终端设备中的一个模块，这里以终端设备为执行主体为例进行描述。该方法包括：终端设备接收来自网络设备的第一参考信号；根据第一参考信号获得第一信道状态矩阵；根据第一稀疏图样对第一信道状态矩阵进行抽样，获得稀疏信道状态矩阵；第一稀疏图样由网络设备配置，第一稀疏图样用于对第一信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样；向网络设备发送第一信道信息，第一信道信息用于指示稀疏信道状态矩阵。

通过实施上面的方法，在不需要终端设备参与训练神经网络，且不需要终端设备反馈大量完整的下行信道信息的情况下，仅由网络设备独立训练神经网络，网络设备在获取到来自终端设备的第一信道信息时，便可以通过神经网络恢复下行信道信息。通过该方法，

可以降低对终端设备能力的要求，且避免终端设备反馈完整下行信道信息导致的反馈开销。

在一种可能的设计中，还包括：向网络设备发送第二参考信号，第二参考信号用于训练第一稀疏图样对应的神经网络，神经网络用于根据稀疏信道状态矩阵恢复第一信道状态矩阵。

5 在一种可能的设计中，发送第二参考信号所使用的第二预编码与接收第一参考信号所使用的第一预编码相同。

通过上述方法，可以保证发送第二参考信号时使用的发送波束与接收第一参考信号时使用的接收波束相同。

在一种可能的设计中，第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽。

10 在一种可能的设计中，第一参考信号对应的子载波间隔大于或等于第二参考信号对应的子载波间隔。

通过上述方法，本申请实施例方案在第一参考信号带宽、子载波间隔和需要获取的第二信道信息的带宽、子载波间隔不一致的情况也能使用。

15 在一种可能的设计中，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

第一稀疏图样指示以下至少一项：终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、频域维度中的至少一个频域单元的索引和时域维度中的至少一个时域单元的索引。

20 第二方面，本申请还提供一种通信装置，该通信装置具有实现上述第一方面提供的任一方法。该通信装置可以通过硬件实现，也可以通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个与上述功能相对应的单元或模块。

25 在一种可能的实现方式中，该通信装置包括：处理器，该处理器被配置为支持该通信装置执行以上所示方法中相应功能。该通信装置还可以包括存储器，该存储可以与处理器耦合，其保存该通信装置必要的程序指令和数据。可选地，该通信装置还包括接口电路，该接口电路用于支持该通信装置与其它设备之间的通信。

在一种可能的实现方式中，该通信装置可以为终端设备，或者终端设备中的芯片或一个模块。

30 在一种可能的实现方式中，该通信装置包括相应的功能模块，分别用于实现以上方法中的步骤。功能可以通过硬件实现，也可以通过硬件执行相应的软件实现。硬件或软件包括一个或多个与上述功能相对应的模块。

在一种可能的实施方式中，通信装置的结构中包括处理单元和通信单元，这些单元可以执行上述方法示例中相应功能，具体参见第一方面提供的方法中的描述，此处不做赘述。

35 第三方面，本申请提供一种信道信息恢复方法，该方法适用于基于 AI 的信道信息压缩反馈的场景。该方法的执行主体为网络设备或网络设备中的一个模块，这里以网络设备为执行主体为例进行描述。该方法包括：网络设备向终端设备发送第一参考信号；接收来自终端设备的第一信道信息，第一信道信息用于指示稀疏信道状态矩阵；稀疏信道状态矩阵为通过第一稀疏图样对第一信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样获得的，第一信道状态矩阵根据第一参考信号确定；通过神经网络对稀疏信道状态矩阵进行处理，获得第二信道状态矩阵，第二信道状态矩阵为对第一信道状态矩阵的恢复值；神经网络是通过根据第
40 一稀疏图样抽样的数据训练的。

在一种可能的设计中，还包括：接收来自终端设备的第二参考信号；根据第二参考信号获得第三信道状态矩阵；根据第三信道状态矩阵获取第四信道状态矩阵，第四信道状态矩阵在子载波维度的长度等于第一信道状态矩阵在子载波维度的长度，第四信道状态矩阵在接收天线维度的长度等于第一信道状态矩阵在发送天线维度的长度，第四信道状态矩阵在发送天线维度的长度等于第一信道状态矩阵在接收天线维度的长度；网络设备根据第一稀疏图样对第四信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样获得第五信道状态矩阵；神经网络是通过多个第四信道状态矩阵以及对应的第五信道状态矩阵训练得到的。

在一种可能的设计中，还包括：接收来自终端设备的第二参考信号，第二参考信号用于训练第一稀疏图样对应的神经网络，神经网络用于根据稀疏信道状态矩阵恢复第一信道状态矩阵。

在一种可能的设计中，接收第二参考信号所使用的第四预编码与发送第一参考信号所使用的第三预编码相同。

在一种可能的设计中，第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽。

在一种可能的设计中，第一参考信号对应的子载波间隔与第二参考信号对应的子载波间隔相同。

在一种可能的设计中，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

第一稀疏图样指示以下至少一项：终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、频域维度中的至少一个频域单元的索引和时域维度中的至少一个时域单元的索引。

第四方面，本申请还提供一种通信装置，该通信装置具有实现上述第三方面提供的任一方法。该通信装置可以通过硬件实现，也可以通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个与上述功能相对应的单元或模块。

在一种可能的实现方式中，该通信装置包括：处理器，该处理器被配置为支持该通信装置执行以上所示方法中相应功能。该通信装置还可以包括存储器，该存储器可以与处理器耦合，其保存该通信装置必要的程序指令和数据。可选地，该通信装置还包括接口电路，该接口电路用于支持该通信装置与其它设备之间的通信。

在一种可能的实现方式中，该通信装置可以为网络设备，或者网络设备中的芯片或一个模块。

在一种可能的实施方式中，通信装置的结构中包括处理单元和通信单元，这些单元可以执行上述方法示例中相应功能，具体参见第三方面提供的方法中的描述，此处不做赘述。

第五方面，本申请提供一种信道信息反馈方法，该方法适用于基于 AI 的信道信息压缩反馈的场景。该方法的执行主体为终端设备或终端设备中的一个模块，这里以终端设备为执行主体为例进行描述。该方法包括：终端设备接收来自网络设备的第一参考信号；根据第一参考信号进行信道估计，获得第一信道状态矩阵；根据第一信道状态矩阵确定第一信道特征矩阵；根据第二稀疏图样对第一信道特征矩阵进行抽样，获得第一稀疏矩阵；第二稀疏图样由网络设备配置，第二稀疏图样用于对第一信道特征矩阵的至少一个维度进行抽样；向网络设备发送第一信道信息，第一信道信息用于指示第一稀疏矩阵。

通过实施上面的方法，可以在不需要终端设备参与训练神经网络的情况下，利用上下行信道之间相似的相关性，网络设备通过训练神经网络，并通过该神经网络和终端设备反

馈的第一稀疏矩阵恢复完整的第一信道特征矩阵，可以降低对终端设备能力的要求，且避免终端设备反馈完整的第一信道特征矩阵导致的反馈开销。

在一种可能的设计中，还包括：向网络设备发送第二参考信号，第二参考信号用于训练第一稀疏图样对应的神经网络，神经网络用于根据第一稀疏矩阵恢复第二矩阵。

5 在一种可能的设计中，发送第二参考信号所使用的第二预编码与接收第一参考信号所使用的第一预编码相同。

在一种可能的设计中，第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽。

在一种可能的设计中，第一参考信号对应的子载波间隔与第二参考信号对应的子载波间隔相同。

10 在一种可能的设计中，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

第二稀疏图样指示以下至少一项：终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、频域维度中的至少一个频域单元的索引和时域维度中的至少一个时域单元的索引。

15 第六方面，本申请还提供一种通信装置，该通信装置具有实现上述第五方面提供的任一方法。该通信装置可以通过硬件实现，也可以通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个与上述功能相对应的单元或模块。

在一种可能的实现方式中，该通信装置包括：处理器，该处理器被配置为支持该通信装置执行以上所示方法中相应功能。该通信装置还可以包括存储器，该存储可以与处理器耦合，其保存该通信装置必要的程序指令和数据。可选地，该通信装置还包括接口电路，该接口电路用于支持该通信装置与其它设备之间的通信。

20 在一种可能的实现方式中，该通信装置可以为终端设备，或者终端设备中的芯片或一个模块。

在一种可能的实施方式中，通信装置的结构中包括处理单元和通信单元，这些单元可以执行上述方法示例中相应功能，具体参见第五方面提供的方法中的描述，此处不做赘述。

25 第七方面，本申请提供一种信道信息恢复方法，该方法适用于基于 AI 的信道信息压缩反馈的场景。该方法的执行主体为网络设备或网络设备中的一个模块，这里以网络设备为执行主体为例进行描述。该方法包括：网络设备向终端设备发送第一参考信号；接收来自终端设备的第一信道信息，第一信道信息用于指示第一稀疏矩阵；第一稀疏矩阵为通过第二稀疏图样对第一信道特征向量矩阵的至少一个维度进行抽样获得的，第一信道特征矩阵为通过第一信道状态矩阵确定的，第一信道状态矩阵根据第一参考信号确定；通过神经网络对第一稀疏矩阵进行处理，获得第二矩阵，第二矩阵为对第一信道特征矩阵的恢复值；神经网络是通过根据第二稀疏图样抽样的数据训练的。

30 在一种可能的设计中，还包括：接收来自终端设备的第二参考信号，第二参考信号用于训练第二稀疏图样对应的神经网络，神经网络用于根据第一稀疏矩阵恢复第二矩阵。

在一种可能的设计中，接收第二参考信号所使用的第四预编码与发送第一参考信号所使用的第三预编码相同。

在一种可能的设计中，第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽。

40 在一种可能的设计中，第一参考信号对应的子载波间隔与第二参考信号对应的子载波间隔相同。

在一种可能的设计中，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

5 第二稀疏图样指示以下至少一项：终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、频域维度中的至少一个频域单元的索引和时域维度中的至少一个时域单元的索引。

第八方面，本申请还提供一种通信装置，该通信装置具有实现上述第七方面提供的任一方法。该通信装置可以通过硬件实现，也可以通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个与上述功能相对应的单元或模块。

10 在一种可能的实现方式中，该通信装置包括：处理器，该处理器被配置为支持该通信装置执行以上所示方法中相应功能。该通信装置还可以包括存储器，该存储器可以与处理器耦合，其保存该通信装置必要的程序指令和数据。可选地，该通信装置还包括接口电路，该接口电路用于支持该通信装置与其它设备之间的通信。

在一种可能的实现方式中，该通信装置可以为网络设备，或者网络设备中的芯片或一个模块。

15 在一种可能的实施方式中，通信装置的结构中包括处理单元和通信单元，这些单元可以执行上述方法示例中相应功能，具体参见第七方面提供的方法中的描述，此处不做赘述。

第九方面，提供了一种通信装置，包括处理器和存储器，存储器中存储计算机程序或指令；该处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，实现前述第一方面中任意可能的实现方式中的方法。

20 第十方面，提供了一种通信装置，包括处理器存储器，存储器中存储计算机程序或指令；该处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，实现前述第三方面中任意可能的实现方式中的方法。

25 第十一方面，提供了一种通信装置，包括处理器和存储器，存储器中存储计算机程序或指令；该处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，实现前述第五方面中任意可能的实现方式中的方法。

第十二方面，提供了一种通信装置，包括处理器存储器，存储器中存储计算机程序或指令；该处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，实现前述第七方面中任意可能的实现方式中的方法。

30 第十三方面，提供了一种通信装置，包括处理器和接口电路，可选地，还包括存储器，存储器中存储计算机程序或指令；接口电路用于接收来自该通信装置之外的其它通信装置的信号并传输至该处理器或将来自该处理器的信号发送给该通信装置之外的其它通信装置，该处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，实现前述第一方面或第五方面中任意可能的实现方式中的方法。

35 第十四方面，提供了一种通信装置，包括处理器和接口电路，可选地，还包括存储器，存储器中存储计算机程序或指令；接口电路用于接收来自该通信装置之外的其它通信装置的信号并传输至该处理器或将来自该处理器的信号发送给该通信装置之外的其它通信装置，该处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，实现前述第三方面或第七方面中的任意可能的实现方式中的方法。

40 第十五方面，提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有计算机程序或指令，当所述计算机程序或指令在计算机上运行时，使得所述计算机实现前述第

一方面或第三方面或第五方面或第七方面中任意可能的实现方式中的方法。

第十六方面，提供了一种存储有计算机可读指令的计算机程序产品，当所述计算机可读指令在计算机上运行时，使得所述计算机实现前述第一方面或第三方面或第五方面或第七方面中任意可能的实现方式中的方法。

5 第十七方面，提供一种芯片，该芯片包括处理器，还可以包括存储器，用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，使得芯片系统实现前述第一方面或第三方面或第五方面或第七方面中任意可能的实现方式中的方法。

10 第十八方面，提供了一种通信装置，包括处理器和接口电路，接口电路用于接收来自该通信装置之外的其它通信装置的信号并传输至该处理器或将来自该处理器的信号发送给该通信装置之外的其它通信装置，该处理器用于执行计算机程序或指令，实现前述第一方面或第三方面或第五方面或第七方面中任意可能的实现方式中的方法。

第十九方面，提供了一种通信装置，包括用于实现前述第一方面中任意可能的实现方式中方法的模块。

15 第二十方面，提供了一种通信装置，包括用于实现前述第三方面中任意可能的实现方式中方法的模块。

第二十一方面，提供了一种通信装置，包括用于实现前述第五方面中任意可能的实现方式中方法的模块。

第二十二方面，提供了一种通信装置，包括用于实现前述第七方面中任意可能的实现方式中方法的模块。

20 第二十三方面，提供一种通信系统，所述系统包括第二方面所述的装置（如终端设备）以及第四方面所述的装置（如网络设备）。

第二十四方面，提供一种通信系统，所述系统包括第六方面所述的装置（如终端设备）以及第八方面所述的装置（如网络设备）。

25 附图说明

图 1 为本申请实施例提供的一种网络架构示意图；

图 2 为本申请实施例提供的一种神经网络的层关系示意图；

图 3 为适用于本申请实施例的一种 AI 网络结构示意图；

图 4 为本申请实施例提供的一种神经网络训练方法流程示意图；

30 图 5 为本申请实施例提供的一种 AI 模型结构示意图；

图 6 为本申请实施例提供的一种信道信息反馈、恢复方法流程示意图；

图 7 为本申请实施例提供的一种神经网络训练方法流程示意图；

图 8 为本申请实施例提供的一种 AI 模型结构示意图；

图 9 为本申请实施例提供的一种信道信息反馈、恢复方法流程示意图；

35 图 10 为本申请实施例提供的一种通信装置结构示意图；

图 11 为本申请实施例提供的一种通信装置结构示意图。

具体实施方式

下面结合说明书附图对本申请实施例做详细描述。

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、NR 系统以及下一代通信系统等，在此不做限制。

本申请实施例中，终端设备，可以为具有无线收发功能的设备或可设置于任一设备中的芯片，也可以称为用户设备（user equipment, UE）、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、无线通信设备、用户代理或用户装置。本申请实施例中的终端设备可以是手机（mobile phone）、平板电脑（Pad）、带无线收发功能的电脑、虚拟现实（virtual reality, VR）终端、增强现实（augmented reality, AR）终端、工业控制（industrial control）中的无线终端、无人驾驶（self driving）中的无线终端等。

在本申请实施例中，网络设备可以为各种制式下无线接入设备，例如可以是 NR 系统中的下一代基站（next Generation node B, gNB），可以是演进型节点 B（evolved Node B, eNB）、无线网络控制器（radio network controller, RNC）或节点 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 and reception point, TRP 或者 transmission point, TP）等，还可以为 5G(NR)系统中的 gNB 或传输点，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。其中，5G 系统中的基站还可以称为发送接收点（transmission reception point, TRP）或下一代节点 B（generation Node B, gNB 或 gNodeB）。本申请实施例中的基站可以是一体化基站，或者可以是包括集中式单元（centralized unit, CU）和分布式单元（distributed unit, DU）的基站。包括 CU 和 DU 的基站还可以称为 CU 和 DU 分离的基站，如该基站包括 gNB-CU 和 gNB-DU。其中，CU 还可以分离为 CU 控制面（CU control plane, CU-CP）和 CU 用户面（CU user plane, CU-UP），如该基站包括 gNB-CU-CP、gNB-CU-UP 和 gNB-DU。

本申请实施例中，用于实现网络设备的功能的装置可以是网络设备；也可以是能够支持网络设备实现该功能的装置，例如芯片系统。该装置可以被安装在网络设备中或者和网络设备匹配使用。下述实施例中，以用于实现网络设备的功能的装置是网络设备，以网络设备是基站为例，描述本申请实施例提供的技术方案。

为了在无线网络中支持机器学习功能，网络中还可能引入专门的人工智能（artificial intelligence, AI）AI 网元或模块。如果引入 AI 网元，则对应一个独立的网元；如果引入 AI 模块，则可以位于某个网元内部，对应的网元可以是 gNB、UE 等。

为便于理解本申请实施例，首先以图 1 中示出的通信系统为例详细说明适用于本申请实施例的通信系统。图 1 是本申请实施例可以应用提供的通信系统的架构示意图，该通信系统中包括网络设备和终端设备。终端设备可以接入网络设备，并和网络设备进行通信。图 1 只是示意图，本申请实施例对该通信系统中包括的网络设备和终端设备的数量不做限定。可选地，该通信系统中还可以包括用于实现 AI 功能的节点，该节点可以和网络设备进行通信，该节点也可以位于网络设备中，是网络设备中的一个模块。

目前，终端设备反馈下行 CSI 的方法为：网络设备向终端设备发送下行参考信号，终端设备根据下行参考信号进行信道估计，根据信道估计结果从预定义的码本中选择一个与信道最匹配的预编码，并将选择的预编码的信息反馈给网络设备，该预编码的信息为预编

码矩阵索引 (precoding matrix indicator, PMI)。此外, 终端设备还可通过反馈信道质量指示 (channel quality indicator, CQI) 指示终端设备判断的当前信道在所能支持的调制编码方式, 通过反馈秩指示 (rank indicator, RI) 指示终端设备建议的下行传输的层数等, PMI、CQI、RI 等反馈信息都可用于表征下行 CSI。

5 网络设备获取到的下行 CSI 越精确, 所调度的下行传输就越能匹配当前的下行信道, 下行传输的性能就越好。而在现有的宽带多天线系统中, 完整的 CSI 通常很大, 为了降低 CSI 反馈的开销, 通常会对 CSI 进行压缩、量化等操作, 这就会对 CSI 的精度造成损失。CSI 反馈需要在反馈开销和反馈精度上进行折中。

10 由于神经网络 (neural network, NN) 技术具有自我学习的能力, 本申请中将基于神经网络技术来实现恢复压缩的 CSI。神经网络是机器学习的一种具体实现形式。根据通用近似定理, 神经网络理论上可以逼近任意连续函数, 从而使得神经网络具备学习任意映射的能力。因此神经网络可以对复杂的高维度问题进行准确地抽象建模。神经网络的思想来源于大脑组织的神经元结构。每个神经元都对其输入值做加权求和运算, 将加权求和结果通过一个激活函数产生输出。

15 神经网络一般包括多层结构, 每层可包括一个或多个神经元。增加神经网络的深度和/或宽度可以提高该神经网络的表达能力, 为复杂系统提供更强大的信息提取和抽象建模能力。其中, 神经网络的深度可以指神经网络包括的层数, 每层包括的神经元个数可以称为该层的宽度。如图 2 所示, 为神经网络的层关系示意图。一种实现中, 神经网络包括输入层和输出层。神经网络的输入层将接收到的输入经过神经元处理后, 将结果传递给输出层, 由输出层得到神经网络的输出结果。另一种实现中, 神经网络包括输入层、隐藏层和输出层。神经网络的输入层将接收到的输入经过神经元处理后, 将结果传递给中间的隐藏层, 隐藏层再将计算结果传递给输出层或者相邻的隐藏层, 最后由输出层得到神经网络的输出结果。一个神经网络可以包括一层或多层依次连接的隐藏层, 不予限制。神经网络的训练过程中, 可以定义损失函数。损失函数描述了神经网络的输出值和理想目标值之间的差距或差异, 本申请不限制损失函数的具体形式。神经网络的训练过程就是通过调整神经网络参数, 如神经网络的层数、宽度、神经元的权值、和/或神经元的激活函数中的参数等, 使得损失函数的值小于阈值门限值或者满足目标需求的过程。

25 如图 3 所示, 为适用于本申请实施例的一种 AI 网络结构示意图。图 3 所示的 AI 网络结构是基于自编码器 (autoencoders, AE) 的神经网络。其中编码器 (encoder) 和解码器 (decoder) 分别是一个神经网络。本申请实施例中, 可以将自编码器的编码器部分部署在终端设备侧, 解码器部署在网络设备侧, 解码器也可以独立于网络设备。在对编码器和解码器进行训练之后, 网络设备可以向终端设备发送下行参考信号。终端设备对下行参考信号进行信道估计, 获得信道状态信息。终端设备中的编码器对信道状态信息进行压缩, 终端设备将压缩后的信道状态信息发送至解码器。解码器用于对压缩的信道信息进行恢复, 35 通过足够的信道样本训练自编码器, 使得解码器输出的信道状态信息与编码器输入的信道信息的差异足够小。

本申请实施例中, 神经网络是一种模仿动物神经网络行为特征, 进行分布式并行信息处理的数学模型, 是 AI 模型的一种特殊形式。

40 在本申请的各个实施例中, 如果没有特殊说明以及逻辑冲突, 不同的实施例之间的术语和/或描述具有一致性、且可以相互引用, 不同的实施例中的技术特征根据其内在的逻辑

关系可以组合形成新的实施例。

可以理解的是，在本申请的实施例中涉及的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的实施例的范围。上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定。

5 本申请实施例描述的网络架构以及业务场景是为了更加清楚的说明本申请实施例的技术方案，并不构成对于本申请实施例提供的技术方案的限定，本领域普通技术人员可知，随着网络架构的演变和新业务场景的出现，本申请实施例提供的技术方案对于类似的技术问题，同样适用。

10 本申请实施例涉及到神经网络的模型训练以及模型部署和应用。神经网络的模型训练需要进行数据收集，收集到的样本数据用于模型训练，数据收集的主体可以是 AI 网元或 AI 模块或者专门的数据收集网元或模块。在本申请实施例中，网络设备利用稀疏上行信道状态矩阵和完整的上行信道状态矩阵训练神经网络模型，收集的数据为{稀疏上行信道状态矩阵，上行信道状态矩阵}，其中稀疏上行信道状态矩阵可以作为训练样本，上行信道状态矩阵可以作为样本标签。为了描述方便，本申请中将完整的上行信道状态矩阵简称为
15 上行信道状态矩阵。

本申请实施例中，训练样本指的是在训练神经网络时输入神经网络的数据，样本标签指的是神经网络输入样本时期望得到的输出值，可以理解为训练样本对应的真实值，训练神经网络的目的就是希望输入神经网络一个训练样本，其输出与样本标签尽可能相近。

20 本申请实施例中，数据收集的具体方法为，终端设备发送上行参考信号，例如探测参考信号 (sounding reference signal, SRS)，网络设备根据接收到的上行参考信号进行信道估计，获取上行信道状态矩阵，再根据预先确定好的稀疏图样，从上行信道状态矩阵抽取部分元素，得到稀疏上行信道状态矩阵。稀疏上行信道状态矩阵和其对应的上行信道状态矩阵可以作为训练数据，数据收集阶段需要收集多个训练数据，收集的样本数量可以根据实际情况确定，本申请并不限定。

25 本申请实施例中，为了描述方便，将网络设备向终端设备发送的下行参考信号称为第一参考信号，将终端设备向网络设备发送的上行参考信号称为第二参考信号，将根据第一参考信号确定的下行信道状态矩阵称为第一信道状态矩阵，将下行信道状态矩阵对应的稀疏下行信道矩阵称为稀疏信道状态矩阵，将通过神经网络对稀疏信道状态矩阵进行处理，获得的矩阵称为第二信道状态矩阵，将网络设备根据第二参考信号确定的上行信道状态矩阵称为第三信道状态矩阵。
30

本申请实施例中，上行信道状态矩阵的维度包括{终端设备的发送天线，网络设备的接收天线，频域，时域}中的至少一个维度，如果某个维度的长度为 1，则也可认为这个维度不存在，其中在频域维度的粒度为频域单元，例如可以是子载波或者资源块(resource block, RB)，在时域维度的粒度为时域单元，例如可以是正交频分复用(orthogonal frequency
35 division multiplexing, OFDM)符号或者时隙等。下行信道状态矩阵的维度包括{终端设备的接收天线，网络设备的发送天线，频域，时域}中的至少一个维度。

其中，上行信道状态矩阵的维度与上行参考信号对应的资源的维度相同，但上行信道状态矩阵是通过信道估计确定出的矩阵，在各个维度和实际发送上行参考信号的资源并不完全相同。也就是说，上行信道状态矩阵与上行参考信号对应的资源，在各个维度上的具体取值范围可以相同，也可以不同，例如，上行参考信号对应的资源在频域维度的范围是
40

0~6RB，但上行信道状态矩阵在频域维度的范围可以是 0~10RB；再例如，上行参考信号对应的资源在终端设备的发送天线维度包括 2 根天线，但是上行信道状态矩阵在终端设备的发送天线维度具体包括几根天线并不限定。其中，上行参考信号对应的资源的维度，包括发送上行参考信号的天线，接收上行参考信号的天线，时域以及频域等维度。

5 类似的，下行信道状态矩阵的维度与下行参考信号对应的资源的维度相同，但在每个维度上的具体取值范围可以相同，也可以不同。其中，下行参考信号对应的资源的维度，包括发送下行参考信号的天线，接收下行参考信号的天线，时域以及频域等维度。

为了描述方便，以下的描述中，将发送天线以及接收天线均统称为天线。

10 如图 4 所示，为本申请实施例提供的一种神经网络的模型训练流程示意图。该流程涉及终端设备、网络设备以及 AI 实体之间的交互。其中，AI 实体可以为独立的网元，也可以为其他设备中的一个模块，例如可以为网络设备中的一个模块。

S401：终端设备向网络设备发送第二参考信号。

其中，终端设备可以向网络设备发送多个第二参考信号，具体数量并不限定。第二参考信号是上行参考信号，例如可以为 SRS，具体类型并不限定。

15 本申请实施例中，第二参考信号可以用于训练第一稀疏图样对应的神经网络。

S402：网络设备接收来自终端设备的第二参考信号，并根据第二参考信号进行信道估计，获得第三信道状态矩阵。

如前所述，第三信道状态矩阵也就是上行信道状态矩阵。

20 本申请实施例中，网络设备对第二参考信号进行信道估计可以获得第二信道状态信息，第二信道状态信息可以指示出网络设备和终端设备之间上行信道的信道响应，第二信道状态信息可以为一个多维矩阵，即上行信道状态矩阵。

25 在本申请实施例中，上行信道的信道响应对应的上行信道状态矩阵，即第三信道状态矩阵的维度可以包括{终端设备的发送天线，网络设备的接收天线，频域，时域}中的至少一个维度，或者包括{终端设备的天线端口，网络设备的天线端口，频域，时域}中的至少一个维度，或者是其他维度。其中，终端设备的天线端口为发送第二参考信号的天线端口，网络设备的天线端口为接收第二参考信号的天线端口。因此，本申请实施例中，上行信道状态矩阵，即第三信道状态矩阵可以是一个多维矩阵。

30 另外，本申请实施例中，网络设备根据第二参考信号进行信道估计获取第三信道状态矩阵的方法，不做限定，可以是传统信道估计算法，例如，最小均方误差估计算法(minimum mean square error estimation, MMSE)，也可以是基于神经网络的信道估计算法。

S403：网络设备根据第三信道状态矩阵确定第五信道状态矩阵。

本申请实施例中，为了获取准确的训练数据，可以将第三信道状态矩阵进行维度转换，获得第四信道状态矩阵。其中，维度转换指的是对第三信道状态矩阵进行操作，使得第三信道状态矩阵与下行信道状态矩阵的维度以及每个维度的长度匹配。

35 第四信道状态矩阵和下行信道状态矩阵的维度对应，即第四信道状态矩阵中终端设备的天线维度与下行信道状态矩阵中终端设备的天线维度对应，网络设备的天线维度与下行信道状态矩阵中网络设备的天线维度需要对应，频域维度与频域维度对应，时域维度与时域维度对应。例如，第四信道状态矩阵的维度顺序依次为终端设备的天线，网络设备的天线，频域，时域；如果下行信道状态矩阵的维度顺序依次为终端设备的天线，网络设备的天线，频域，时域；那么第四信道状态矩阵和下行信道状态矩阵的维度是对应的；如果下行信道状态矩

40

阵的维度顺序为其他情况，那么第四信道状态矩阵和下行道状态矩阵的维度不是对应的。

第四信道状态矩阵和下行道状态矩阵的维度对应时，第四信道状态矩阵和下行道状态矩阵在各个维度的长度相同，即第四信道状态矩阵在终端设备的天线维度的长度等于所述下行信道状态矩阵在终端设备的天线维度的长度，第四信道状态矩阵在网络设备的天线维度的长度等于所述下行信道状态矩阵在网络设备的天线维度的长度，所述第四信道状态矩阵在频域维度的长度等于所述下行信道状态矩阵在频域维度的长度，所述第四信道状态矩阵在时域维度的长度等于所述下行信道状态矩阵在时域维度的长度。

网络设备可以根据第一稀疏图样从第四信道状态矩阵中抽取部分元素，获得稀疏上行信道状态矩阵（也可以称为第五信道状态矩阵），稀疏上行信道状态矩阵包括从第四信道状态矩阵中抽取的部分元素。也就是说第一稀疏图样可以用于从第四信道状态矩阵中抽取部分元素，从而获得第五信道状态矩阵。

该第一稀疏图样为网络设备预先确定的，由于本申请实施例使用第三信道状态矩阵训练神经网络，并将该神经网络应用于下行信道状态矩阵恢复，因此终端设备进行信道状态矩阵反馈阶段也使用第一稀疏图样，与网络设备使用的第一稀疏图样相同。

一种可能的实现方式中，第一稀疏图样可以指示在上行信道状态矩阵（第三信道状态矩阵）或下行信道状态矩阵（终端设备根据下行参考信号进行信道估计获得的矩阵）的至少一个维度上抽取的元素的索引。例如，当第一稀疏图样用于对第四信道状态矩阵的至少一个维度上的元素抽取时，第一稀疏图样可以指示网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、第二参考信号对应的频域维度中的至少一个频域单元的索引，以及第二参考信号对应的时域维度中的至少一个时域单元的索引中的至少一项。

举例来说，终端设备在发送第二参考信号时，终端设备采用的天线数为 $N_T^{UE}=4$ ，网络设备在接收第二参考信号时，网络设备采用的天线数为 $N_R^{BS}=64$ ，第二参考信号对应的频域单元数为 $N_{sc}=120$ ，第二参考信号对应的时域单元数为 1，则第四信道状态矩阵为 $4 \times 64 \times 120$ 的 3 维矩阵。例如，第一稀疏图样可以为 {终端设备的天线的索引:1,3; 网络设备的天线的索引:1,5,11,...,61; 频域单元的索引:1,21,...,101}，其中，终端设备的天线的索引，表示索引为 1 和 3 的天线；网络设备的天线的索引，表示索引为 1,5,11,...,2n-1,...,61 的天线，n 为正整数；频域单元的索引，表示索引为 1,21,..., 20m+1,...,101 的频域单元，m 为大于或等于 0 的整数。该第一稀疏图样可以用于抽取第四信道状态矩阵中与索引为 1 和 3 的天线对应的元素，抽取第四信道状态矩阵中与索引为 1,5,11,...,61 的天线对应的元素，以及抽取第四信道状态矩阵中与索引为 1,21,...,101 的子载波对应的元素，从第四信道状态矩阵中抽取的元素构成第五信道状态矩阵，即稀疏上行信道状态矩阵，此时稀疏上行信道状态矩阵为 $2 \times 13 \times 6$ 的 3 维矩阵。

S404: 网络设备向 AI 实体发送第四信道状态矩阵和第五信道状态矩阵。

另一种可能的实现方式中，网络设备可以发送第三信道状态矩阵和第五信道状态矩阵。

S405: AI 实体接收第四信道状态矩阵和第五信道状态矩阵，并根据第四信道状态矩阵和第五信道状态矩阵对神经网络进行训练。

其中，第五信道状态矩阵可以作为训练数据中的训练样本，即是在训练神经网络时输入神经网络的数据；第四信道状态矩阵可以作为训练数据中的样本标签，即神经网络输入样本时期望得到的输出值，可以理解为训练样本对应的真实值。训练神经网络的目的就是

希望输入神经网络一个第四信道状态矩阵，其输出与第五信道状态矩阵尽可能相近。

前面的流程中，以 AI 实体与网络设备相互独立为例描述，AI 实体还可以为网络设备的一个模块。如果 AI 实体为网络设备的一个模块，即 AI 实体为网络设备的一部分，那么网络设备可以不发送第四信道状态矩阵和第五信道状态矩阵。第四信道状态矩阵和第五信道状态矩阵可以通过内部传递至网络设备中的 AI 实体。

其中，一种可能的实现方式中，一个第四信道状态矩阵和其对应的第五信道状态矩阵可以作为一个训练数据。AI 实体可以获得多个训练数据，训练数据的具体数量并不限定。

另一种可能的实现方式中，可以将一个第三信道状态矩阵和其对应的第五信道状态矩阵可以作为一个训练数据，由 AI 实体将第三信道状态矩阵转换为第四信道状态矩阵，此时 AI 实体获取到的训练数据为第三信道状态矩阵和第五信道状态矩阵。

通过上面的过程，网络设备可以获得用于训练神经网络的多个训练数据，多个训练数据可以构成一个数据集。本申请实施例中，一种实现方式中，不同的网络部署环境可以采用不同的训练数据集，例如工厂环境采用一个数据集，办公室环境采用另一个数据集，或者每个终端设备对应的训练数据构成一个数据集，或者每个稀疏图样对应的训练数据构成一个数据集，根据不同数据集训练得到不同的 AI 模型。另一种实现方式中，将收集得到的训练数据先进行聚类，相类似的训练数据形成一个新的数据集，并利用新的数据集进行模型训练。收集得到的数据集可能包括终端设备在不同地理位置上发送的第二参考信号对应的上行信道状态矩阵。

本申请实施例中，AI 实体获得训练数据后，可以选择合适的 AI 模型，并利用训练数据对 AI 模型进行训练。AI 模型的具体结构并不限定，例如，如图 5 所示，为本申请实施例提供的一种 AI 模型示意图。

该 AI 模型中的神经网络的输入为稀疏上行信道状态矩阵 H_{sparse}^U ，输出为恢复的上行信道状态矩阵 H_{dense}^U ，该神经网络可以看做是从 H_{sparse}^U 到 H_{dense}^U 的映射函数，即 $H_{\text{dense}}^U = f(H_{\text{sparse}}^U)$ ，训练该神经网络的目的是希望输出的 H_{dense}^U 与输入的稀疏上行信道状态矩阵对应的完整的上行信道状态矩阵 $H_{\text{dense}}^{U,\text{label}}$ 尽可能相近。训练神经网络需要定义损失函数，损失函数的选取与任务的目标有关，常用的损失函数有均方误差、交叉熵 (cross entropy) 等，例如，本申请实施例的损失函数可以用恢复的上行信道状态矩阵与完整的上行信道状态矩阵之间的均方误差，即 $\text{Loss} = \text{MSE}(f(H_{\text{sparse}}^U), H_{\text{dense}}^{U,\text{label}}) = \frac{1}{N} \|f(H_{\text{sparse}}^U) - H_{\text{dense}}^{U,\text{label}}\|^2$ ， N 为矩阵 $H_{\text{dense}}^{U,\text{label}}$ 包括的元素的数量。

对于 AI 模型的训练的具体过程，本申请实施例对此并不限定，例如可以采用的随机梯度下降法进行训练，还可以通过迭代算法进行训练，以得到最优的神经网络参数。当获得新的训练数据时，还可以对 AI 模型进行更新。AI 模型的更新可以是周期性的，例如 AI 实体每隔一定时长获得一个新的数据集，基于该数据集对 AI 模型进行更新；也可以是事件触发的，当输出的误差超过一个阈值，则基于最新的数据集对 AI 模型进行更新。

AI 模型的选择还可以考虑复杂度和性能的折中。以神经网络为例，在训练数据足够多的情况下，神经网络的层数和神经元越多，AI 模型的复杂度越高，性能通常也更好。对于训练数据一定，则可能出现 AI 模型的参数过多，出现过拟合的情况，即模型在训练集上性能很好，但在测试集上性能不好。因此，需要结合实际应用场景考虑 AI 模型的选择。对于计算能力强的网络设备，例如宏站，可以采用参数更多的 AI 模型；对于计算能力弱的网络设备，例如小站、微站等，可以采用参数更少的 AI 模型。

本申请实施例中，网络设备可以针对不同的稀疏图样训练多个神经网络，例如，网络设备预先确定了3个稀疏图样，则针对每个稀疏图样分别训练神经网络，得到3个神经网络，即神经网络与稀疏图样存在对应关系，网络设备可以根据实际情况，选择使用其中一个神经网络进行下行CSI恢复。

5 上面的过程中，网络设备通过对接收到的第二参考信号进行信道估计，获得第三信道状态矩阵，在将第三信道状态矩阵转换为第四信道状态矩阵。再通过第一稀疏图样对第四信道状态矩阵在至少一个维度进行元素抽取，获得第五信道状态矩阵，第五信道状态矩阵是由从第四信道状态矩阵中抽取的元素构成的，相当于通过第一稀疏图样对第四信道状态矩阵进行了压缩，第五信道状态矩阵可以认为是第四信道状态矩阵压缩后的矩阵。进一步的，通过第四信道状态矩阵和第五信道状态矩阵对神经网络进行训练，使得神经网络对第五信道状态矩阵进行恢复处理后获得的信道状态矩阵，与第四信道状态矩阵之间的差异足够小，例如他们之间的均方误差小于预设值，即恢复的信道状态矩阵接近于第四信道状态矩阵。

15 本申请实施例中，通过第一稀疏图样对AI模型中的神经网络训练完成之后，在下行信道中，可以采用该神经网络，恢复下行信道状态矩阵。具体的，终端设备可以对接收到的下行参考信号进行信道估计，获得下行信道状态矩阵。终端设备再通过第一稀疏图样对下行信道状态矩阵在至少一个维度进行元素抽取，获得稀疏下行信道状态矩阵，稀疏下行信道状态矩阵可以认为是下行信道状态矩阵压缩后的矩阵。进一步的，终端设备向网络设备发送稀疏下行信道状态矩阵，网络设备获得稀疏下行信道状态矩阵之后，可以采用训练好的神经网络对稀疏下行信道状态矩阵进行恢复处理，获得恢复的下行信道状态矩阵。恢复的下行信道状态矩阵与终端设备估计得到的下行信道状态矩阵之间的差异足够小，例如它们之间的均方误差小于预设值，即恢复的上行信道状态矩阵接近于终端设备估计得到的信道状态矩阵，下面详细描述。

25 如图6所示，为本申请实施例提供的一种信道恢复方法流程示意图。该方法包括：
可选地，S601：网络设备向终端设备发送第一信息，第一信息用于指示第一稀疏图样。
可选地，S602：终端设备接收来自网络设备的第一信息。

网络设备可以通过无线资源控制（radio resource control，RRC）消息或者媒体接入控制（medium access control，MAC）控制元素（control element，CE）或者下行控制信息（downlink control information，DCI）向终端设备发送第一信息，本申请实施例并不限定。

30 本申请实施例中，网络设备可以向终端设备配置一个稀疏图样，也可以配置多个稀疏图样，终端设备可以从多个稀疏图样中选择一个稀疏图样使用，也可以由网络设备从多个稀疏图样中激活一个稀疏图样，终端设备使用激活的稀疏图样。

35 本申请实施例中，第一稀疏图样可以指示在下行信道状态矩阵的至少一个维度上的抽取的元素的索引，下行信道状态矩阵为终端设备根据下行参考信号进行信道估计获得的矩阵。也就是说，第一稀疏图样可以用于对下行信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样。

40 举例来说，以下行参考信号为第一参考信号进行描述，下行信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线（对应接收第一参考信号的天线）维度、网络设备的天线（对应发送第一参考信号的天线）维度和第一参考信号对应的频域维度时，第一稀疏图样可以指示终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引以及第一参考信号对应的频域维度中的至少一个频域单元的索引中的至少一项。其中，网络

设备的天线用于发送第一参考信号，终端设备的天线用于接收第一参考信号，第一参考信号对应的频域单元为承载第一参考信号的频域单元。

例如，网络设备在发送第一参考信号时，发送的天线数为 $N_T^{BS}=64$ ，终端设备在接收第一参考信号时，接收的天线数为 $N_R^{US}=4$ ，第一参考信号在频域对应的频域单元数为 $N_{sc}=120$ ，第一参考信号在时域对应的时域单元数为 1，则终端设备根据第一参考信号估计得到的下行信道状态矩阵可以为 $4 \times 64 \times 120$ 的 3 维矩阵。假如第一稀疏图样指示终端设备的接收天线中索引为 1 和 3 的天线，以及指示网络设备发送第一参考信号的天线中索引为 1,5,11,...,2n-1,...,61 的天线，以及指示索引为 1,21,..., 20m+1,...,101 的频域单元，其中 n 为正整数，m 为大于或等于 0 的整数。那么根据第一稀疏图样，需要抽取下行信道状态矩阵中与索引为 1,5,11,...,61 的天线对应的元素，抽取下行信道状态矩阵中与索引为 1 和 3 的天线对应的元素，以及抽取下行信道状态矩阵中与索引为 1,21,...,101 的频域单元对应的元素，从下行信道状态矩阵中抽取的元素构成稀疏下行信道状态矩阵，即稀疏下行信道状态矩阵为 $2 \times 13 \times 6$ 的 3 维矩阵。

另外，由于上行信道状态矩阵和下行信道状态矩阵的维度可能不完全相同，其中，上行信道状态矩阵的维度包括{终端设备的发送天线，网络设备的接收天线，频域，时域}，下行信道状态矩阵的维度包括{终端设备的接收天线，网络设备的发送天线，频域，时域}，因此，需要保证终端设备的接收配置和发送配置匹配，以及网络设备的接收配置和发送配置匹配，接收配置包括接收天线、接收权、接收带宽中的至少一项，接收权也可以叫做接收波束或接收预编码或接收的空域滤波器，发送配置包括发送天线、发送权、发送带宽中的至少一项，发送权也可以叫做发送波束或发送预编码或发送的空域滤波器，其中接收天线和发送天线配置可通过建立终端设备的发送天线和终端设备的接收天线之间的第一关联关系，和/或网络设备的发送天线和网络设备的接收天线之间的第二关联关系实现，第一关联关系和第二关联关系可以通过协议预定义，也可以通过网络设备配置，也可以通过设备出厂预定义实现，例如第一关联关系为终端设备根据自己的内部配置确定的，终端的发送天线 1 对应接收天线 1，发送天线 3 对应接收天线 2，终端设备可将第一关联关系上报给网络设备，又例如第二关联关系为网络设备通知给终端设备的。接收权和发送权的匹配指的是终端设备和网络设备在接收和发送参考信号时使用相同的权值。接收带宽和发送带宽指的是终端设备和网络设备在接收和发送参考信号时使用相同的带宽，或者使得上行信道的带宽大于或等于下行信道的带宽，则在使用上行信道训练神经网络时，可通过在上行信道的带宽中抽取部分带宽，使得抽取后上行信道的带宽与下行信道的带宽相等。

本申请实施例中，为了描述方便，将下行信道状态矩阵称为第一信道状态矩阵，将下行信道状态矩阵对应的稀疏下行信道矩阵称为稀疏信道状态矩阵。

S603: 网络设备向终端设备发送第一参考信号，相应的，终端设备接收来自网络设备的第一参考信号。

第一参考信号可以为下行参考信号，网络设备可以向终端设备发送多个第一参考信号，本申请实施例对此并不限定。

一种可能的实现方式中，终端设备接收第一参考信号时使用的接收波束与发送第二参考信号时使用的发送波束相同，也就是说，终端设备在接收第一参考信号时使用的空域滤波器，与发送第二参考信号使用的空域滤波器相同。为了实现上述目的，终端设备发送第二参考信号所使用的第二预编码与终端设备接收第一参考信号所使用的第一预编码相同。

同样的，网络设备接收第二参考信号时使用的接收波束与发送第一参考信号时使用的发送波束相同，即网络设备发送第一参考信号所使用的第三预编码与网络设备接收第二参考信号所使用的第四预编码相同。

举例来说，终端设备发送第二参考信号时，网络设备接收到的第二参考信号可以表示为 $y_2 = W_{bs}^T H_{ul} W_{ue}^T s_{ul} + n$ ，其中 W_{bs}^T 为网络设备接收第二参考信号时使用的第四预编码， W_{ue}^T 为终端设备发送第二参考信号时使用的第二预编码，如果 W_{bs}^T 和 W_{ue}^T 是单位矩阵，则表示未采用预编码， H_{ul} 为上行信道矩阵， s_{ul} 为第二参考信号， n 为噪声，网络设备根据第二参考信号估计的上行信道状态矩阵为 $W_{bs}^T H_{ul} W_{ue}^T$ ，即训练神经网络时使用的上行信道状态矩阵为包含预编码的等效信道矩阵。

为了实现通过稀疏信道状态矩阵恢复第一信道状态矩阵，本申请实施例中，输入神经网络的稀疏信道状态矩阵与 $W_{bs}^T H_{ul} W_{ue}^T$ 可以存在相关性。具体的，网络设备在发送第一参考信号时，终端设备接收到的第一参考信号可以表示为 $y_1 = W_{ue}^T H_{dl} W_{bs}^T s_{dl} + n$ ，其中 W_{ue}^T 为终端设备接收第一参考信号时使用的第一预编码， W_{bs}^T 分别为网络设备发送第一参考信号时使用的第三预编码， H_{dl} 为下行信道矩阵， s_{dl} 为第一参考信号，终端设备根据第一参考信号估计的第一信道状态矩阵（即上行信道状态矩阵）为 $W_{ue}^T H_{dl} W_{bs}^T$ ，上行信道矩阵 H_{ul} 和下行信道矩阵 H_{dl} 之间存在相似的相关性，当 $W_{ue}^T = W_{ue}^T$ 和 $W_{bs}^T = W_{bs}^T$ 时， $W_{ue}^T H_{dl} W_{bs}^T$ 和 $W_{bs}^T H_{ul} W_{ue}^T$ 之间也存在相关性，也就是第二预编码与第一预编码相同，第三预编码与第四预编码相同，即终端设备发送第二参考信号的发送波束和接收第二参考信号的接收波束相同，网络设备发送第一参考信号的发送波束和接收第一参考信号的接收波束相同。

本申请实施例中，终端设备进行信道估计的方法，本申请并不限定，可以是传统信道估计算法，例如，MMSE 算法，也可以是基于神经网络的信道估计算法。

S604：终端设备根据第一参考信号和第一稀疏图样确定稀疏信道状态矩阵。

第一种可能的实现方式中，终端设备可以根据第一参考信号获得第一信道状态矩阵，具体的，终端设备可以根据第一参考信号进行信道估计，获得第一信道状态矩阵。第一信道状态信息可以指示出网络设备和终端设备之间下行信道的信道响应，第一信道状态信息可以为一个多维矩阵，例如，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的子载波维度中的至少一个维度。终端设备可以根据第一稀疏图样和第一信道状态矩阵，获得稀疏信道状态矩阵，例如根据第一稀疏图样对第一信道状态矩阵进行抽取，获得稀疏信道状态矩阵，或者根据第一稀疏图样对第一信道状态矩阵进行抽取，并对未包括在第一信道状态矩阵中的元素进行估计，获得稀疏信道状态矩阵。稀疏信道状态矩阵相当于对第一信道状态矩阵进行压缩后的矩阵。

第二种可能的实现方式中，网络设备无需向终端设备发送第一信息，即网络设备无需向终端设备发送第一稀疏图样，则终端设备可认为根据第一参考信号获得第一信道状态矩阵也是稀疏信道状态矩阵。例如，网络设备在发送第一参考信号时，使用的发送天线和频域资源已经与预先确定的第一稀疏图样一致，则终端设备根据第一参考信号估计第一参考信号所对应的资源上的信道，即为稀疏信道状态矩阵。

第三种可能的实现方式中，终端设备可以使用第一稀疏图样所指示的终端设备天线索引对应的天线接收第一参考信号，和/或，对第一稀疏图样所指示的网络设备天线索引对应的天线以及频域索引对应的频域资源上的信道进行估计，直接得到稀疏信道状态矩阵。

例如，频域上的频域单元为子载波，假如第一稀疏图样指示终端设备的天线中索引为

1 和 3 的天线，以及指示网络设备的天线中索引为 1,5,11,...,2n-1,...,61 的天线，以及指示索引为 1,21,..., 20m+1,...,101 的子载波，其中 n 为正整数，m 为大于或等于 0 的整数。那么终端设备在接收第一参考信号时，使用索引为 1 和 3 的天线，且估计索引为 1,21,...,101 的子载波和网络设备中索引为 1,5,11,...,2n-1,...,61 的天线对应的信道，终端设备可以得到
5 维度为 $2 \times 13 \times 6$ 的稀疏信道状态矩阵。

本申请实施例中，第一信道状态矩阵在子载波维度的长度等于第四信道状态矩阵在子载波维度的长度，第一信道状态矩阵在接收天线维度的长度等于第四信道状态矩阵在发送天线维度的长度，第一信道状态矩阵在发送天线维度的长度等于第四信道状态矩阵在接收天线维度的长度。

10 S605: 终端设备向网络设备发送第一信道信息，相应的，网络设备接收来自终端设备的第一信道信息。

其中，第一信道信息用于指示稀疏信道状态矩阵。

其中，第一信道信息可以是稀疏信道状态矩阵中元素的取值的集合，也可以是其它形式，本申请实施例对此并不限定。

15 S606: 网络设备通过神经网络对第一信道信息指示的稀疏信道状态矩阵进行处理，获得第二信道状态矩阵。

其中，第二信道状态矩阵为对第一信道状态矩阵的恢复值；神经网络是通过根据第一稀疏图样抽样的数据训练的，具体参考前面图 4 所示的流程中的描述。

20 网络设备可以根据恢复的第二信道状态矩阵确定向终端设备发送数据时所使用的预编码、资源等参数。

另外，网络设备需要应用神经网络恢复第一信道状态矩阵，因此如果神经网络的训练是在网络设备或者位于网络设备的 AI 模块上完成的，则不需要在网络设备中配置训练好的神经网络；如果神经网络的训练是在独立的 AI 网元上完成的，则需要将训练好的神经网络配置到网络设备中，具体配置过程，本申请实施例对此并不限定，在此不再赘述。

25 通过上述方法，可以在不需要终端设备参与神经网络训练的情况下，网络设备仅通过上行信道状态矩阵训练神经网络，并通过该神经网络和终端设备反馈的稀疏下行信道状态矩阵恢复完整的下行信道状态矩阵，可以降低对终端设备能力的要求，且避免终端设备反馈完整的下行信道状态矩阵导致的反馈开销。

本申请实施例还提供一种方法，可以用于终端设备反馈信道特征矩阵，下面将详细描述。本申请实施例中，为了描述方便，以下描述中，将网络设备向终端设备发送的下行参考信号称为第一参考信号，将终端设备向网络设备发送的上行参考信号称为第二参考信号，将根据第一参考信号确定的下行信道状态矩阵称为第一矩阵，将根据下行信道状态矩阵确定的信道特征矩阵称为第一信道特征矩阵，将第一信道特征矩阵对应的稀疏下行信道特征矩阵称为第一稀疏矩阵；将通过神经网络对第一稀疏矩阵进行处理，获得的矩阵称为第二
30 矩阵，将网络设备根据第二参考信号确定的上行信道状态矩阵称为第三矩阵，将根据上行信道状态矩阵确定的信道特征矩阵称为第二信道特征矩阵，将对第二信道特征矩阵进行元素抽取获得的矩阵称为第二稀疏矩阵，将通过神经网络对第二稀疏矩阵进行处理，获得的矩阵称为第四矩阵。

40 其中，上行信道状态矩阵的维度包括{终端设备的发送天线，网络设备的接收天线，频域，时域}中的至少一个维度，如果某个维度的长度为 1，则也可认为这个维度不存在，其

中频域的粒度可以是子载波或 RB，时域的粒度可以是 OFDM 符号或者时隙等。下行道状态矩阵的维度包括{终端设备的接收天线，网络设备的发送天线，频域，时域}中的至少一个维度。

5 如图 7 所示，为本申请实施例提供的一种神经网络的模型训练流程示意图。该流程涉及终端设备、网络设备以及 AI 实体之间的交互。其中，AI 实体可以为独立的网元，也可以位于网络设备中。

10 图 7 所示的流程中，数据收集的具体方法为，终端设备发送第二参考信号，例如 SRS，网络设备根据接收到的第二参考信号进行信道估计，获取第三矩阵。根据第三矩阵获得第二信道特征矩阵，再根据预先确定好的第二稀疏图样，从第二信道特征矩阵抽取部分元素，得到第二稀疏矩阵。第二稀疏矩阵和第二信道特征矩阵可以作为一个训练数据，数据收集阶段需要收集多个训练数据，收集的样本数量可以根据实际情况确定，本申请并不限定。

S701: 终端设备向网络设备发送第二参考信号，相应的，网络设备接收来自终端设备的第二参考信号。

15 其中，终端设备可以向网络设备发送多个第二参考信号，具体数量并不限定。第二参考信号是上行参考信号，例如可以为 SRS，具体类型并不限定。

S702: 网络设备根据第二参考信号进行信道估计，获得上行信道状态信息。

20 网络设备对每个第二参考信号进行信道估计可以获得上行信道状态信息，上行信道状态信息可以指示出网络设备和终端设备之间上行信道的信道响应，上行信道状态信息的维度可以包括{终端设备的发送天线，网络设备的接收天线，频域，时域}中的至少一个维度。其中，对于上行信道，网络设备的天线，是指接收第二参考信号的接收天线；子载波，是指第二参考信号对应的子载波。

举例来说，网络设备在接收第二参考信号时，网络设备采用的接收天线数为 $N_R^{BS}=64$ ，第二参考信号对应的子载波数为 $N_{sc}=120$ ，则第三矩阵为 64×120 的 2 维矩阵。

S703: 网络设备根据上行信道状态信息确定第二稀疏矩阵。

25 具体的，以上行信道状态信息为上行信道状态矩阵为例，网络设备可以根据上行信道状态信息确定第二空域协方差矩阵。

第二空域协方差矩阵可以由一个上行信道计算得到，例如第二空域协方差矩阵可以满足以下形式：

$$R_i = H_i H_i^H;$$

30 其中， R_i 表示每个终端天线、频域单元、时域单元对应的空域协方差矩阵， H_i 表示每个终端天线、频域单元、时域单元对应的信道向量。当上行信道状态信息的维度为 $a*b*c*$ 网络设备天线时，得到的第二空域协方差矩阵的维度为 $a*b*c*$ 网络设备天线*网络设备天线。第二空域协方差矩阵也可对除了网络设备天线以外的其他维度取平均，例如对 b 维度取平均，则得到的第二空域协方差矩阵的维度为 $a*c*$ 网络设备天线*网络设备天线，又如对 a 、 b 、 c 维度都取平均，则得到的第二空域协方差矩阵的维度为网络设备天线*网络设备天线。

第二空域协方差矩阵也可以由多个上行信道状态矩阵计算得到，例如对一段时间内的多个上行信道状态矩阵的空域协方差矩阵求平均得到，本申请实施例不做限制。

40 网络设备可以对第二空域协方差矩阵进行特征值分解(eigen value decomposition, EVD)，获得第二信道特征矩阵，或者，也可以直接对上行信道状态矩阵进行奇异值分解(singular

value decomposition, SVD), 获得第二信道特征矩阵。当保留所有特征值(或奇异值)对应的特征向量时, 第二信道特征矩阵的维度可以是网络设备的接收天线*网络设备的接收天线, 或者还包括{终端设备的发送天线, 频域, 时域}中的至少一个维度。当仅保留最大的 n 个特征值(或奇异值)对应的特征向量时, 第二信道特征矩阵的维度可以是网络设备的接收天线*n, 或者还包括{终端设备的发送天线, 频域, 时域}中的至少一个维度。

进一步的, 网络设备可以根据第二稀疏图样从第二信道特征矩阵中抽取部分元素, 获得第二稀疏矩阵, 第二稀疏矩阵包括从第二信道特征矩阵中抽取的部分元素。也就是说第二稀疏图样可以用于从第二信道特征矩阵中抽取部分元素, 从而获得第二稀疏矩阵。

该第二稀疏图样为网络设备预先确定的, 终端设备进行信道状态矩阵反馈阶段也使用第二稀疏图样, 与网络设备使用的第二稀疏图样相同。

一种可能的实现方式中, 当第二稀疏图样用于对第二信道特征矩阵的至少一个维度上的元素抽取时, 第二稀疏图样可以指示网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、第二参考信号对应的频域维度中的至少一个频域单元的索引, 以及第二参考信号对应的时域维度中的至少一个时域单元的索引中的至少一项。

举例来说, 网络设备在接收第二参考信号时, 网络设备采用的天线数为 $N_R^{BS}=64$, 第二参考信号在频域对应的频域单元数为 $N_{sc}=120$, 终端设备在发送第二参考信号时, 终端设备采用的天线数为 1, 第二参考信号在时域对应的时域单元数为 1, 则上行信道状态信息对应的上行信道状态矩阵为 64×120 的 2 维矩阵。根据上行信道状态矩阵确定的第二空域协方差矩阵也为 64×120 的 2 维矩阵, 同样的, 根据第二空域协方差矩阵确定的第二信道特征矩阵也为 64×120 的 2 维矩阵。第二稀疏图样指示网络设备中索引为 $1, 5, 11, \dots, 2n-1, \dots, 61$ 的天线, n 为正整数, 以及第二稀疏图样指示索引为 $1, 21, \dots, 20m+1, \dots, 101$ 的频域单元, m 为大于或等于 0 的整数。那么该第二稀疏图样可以用于抽取第二信道特征矩阵中与索引为 $1, 5, 11, \dots, 61$ 的天线对应的元素, 以及抽取第三矩阵中与索引为 $1, 21, \dots, 101$ 的频域单元对应的元素, 从第二信道特征矩阵中抽取的元素构成第二稀疏矩阵, 此时第二稀疏矩阵为 13×6 的 2 维矩阵。

S704: 网络设备向 AI 实体发送第二信道特征矩阵和第二稀疏矩阵, 相应的, AI 实体接收第二信道特征矩阵和第二稀疏矩阵。

S705: AI 实体根据第二信道特征矩阵和第二稀疏矩阵对神经网络进行训练。

前面的流程中, 以 AI 实体与网络设备相互独立为例描述, AI 实体还可以为网络设备的一个模块。如果 AI 实体为网络设备的一个模块, 即 AI 实体为网络设备的一部分, 那么网络设备可以不发送第二信道特征矩阵和第二稀疏矩阵。第二信道特征矩阵和第二稀疏矩阵可以通过内部传递至网络设备中的 AI 实体。

其中, 一个第二信道特征矩阵和其对应的第二稀疏矩阵可以作为一个训练数据, AI 实体可以获得多个训练数据, 训练数据的具体数量并不限定。其中, 第二稀疏矩阵可以作为训练数据中的训练样本, 即是在训练神经网络时输入神经网络的数据; 第二信道特征矩阵可以作为训练数据中的样本标签, 即神经网络输入样本时期望得到的输出值, 可以理解为训练样本对应的真实值。训练神经网络的目的就是希望输入神经网络一个第二稀疏矩阵, 其输出与第二信道特征矩阵尽可能相近。

通过上面的过程, 网络设备可以获得用于训练神经网络的多个训练数据, 多个训练数

据可以构成一个数据集。本申请实施例中，一种实现方式中，不同的网络部署环境可以采用不同的训练数据集，例如工厂环境采用一个数据集，办公室环境采用另一个数据集，或者每个终端设备对应的训练数据构成一个数据集，或者每个稀疏图样对应的训练数据构成一个数据集，根据不同数据集训练得到不同的 AI 模型。另一种实现方式中，将收集得到的训练数据先进行聚类，相类似的训练数据形成一个新的数据集，并利用新的数据集进行模型训练。收集得到的数据集可能包括终端设备在不同地理位置上发送的第二参考信号对应的上行信道状态矩阵。

本申请实施例中，AI 实体获得训练数据后，可以选择合适的 AI 模型，并利用训练数据对 AI 模型进行训练。AI 模型的具体结构并不限定，例如，如图 8 所示，为本申请实施例提供的一种 AI 模型示意图。

该神经网络输入的第二稀疏矩阵为 V_{sparse}^U ，输出的第四矩阵为 V_{dense}^U ，该神经网络可以看做是从 V_{sparse}^U 到 V_{dense}^U 的映射函数，即 $V_{\text{dense}}^U = f(V_{\text{sparse}}^U)$ ，训练该神经网络的目的是希望输出的 V_{dense}^U 与实际的第二信道特征矩阵 $V_{\text{dense}}^{U,\text{label}}$ 尽可能相近。本申请实施例中，可以为训练神经网络定义损失函数，损失函数可以为输出的第四矩阵与实际的第二信道特征矩阵之间的均方误差，即 $\text{Loss} = \text{MSE}(f(V_{\text{sparse}}^U), V_{\text{dense}}^{U,\text{label}}) = \frac{1}{N} \|f(V_{\text{sparse}}^U) - V_{\text{dense}}^{U,\text{label}}\|^2$ ，N 为矩阵 $V_{\text{dense}}^{U,\text{label}}$ 包括的元素的数量。

对于 AI 模型的训练的具体过程，本申请实施例对此并不限定，例如可以采用的随机梯度下降法进行训练，还可以通过迭代算法进行训练，以得到最优的神经网络参数。当获得新的训练数据时，还可以对 AI 模型进行更新。AI 模型的更新可以是周期性的，例如 AI 实体每隔一定时长获得一个新的数据集，基于该数据集对 AI 模型进行更新；也可以是事件触发的，当神经网络输出的误差超过一个阈值，则基于最新的数据集对 AI 模型进行更新。

AI 模型的选择还可以考虑复杂度和性能的折中。以神经网络为例，在训练数据足够多的情况下，神经网络的层数和神经元越多，AI 模型的复杂度越高，性能通常也更好。对于训练数据一定，则可能出现 AI 模型的参数过多，出现过拟合的情况，即模型在训练集上性能很好，但在测试集上性能不好。因此，需要结合实际应用场景考虑 AI 模型的选择。对于计算能力强的网络设备，例如宏站，可以采用参数更多的 AI 模型；对于计算能力弱的网络设备，例如小站、微站等，可以采用参数更少的 AI 模型。

本申请实施例中，网络设备可以针对不同的稀疏图样训练多个神经网络，例如，网络设备预先确定了 3 个稀疏图样，则针对每个稀疏图样分别训练神经网络，得到 3 个神经网络，即神经网络与稀疏图样存在对应关系，网络设备可以根据实际情况，选择使用其中一个神经网络进行下行 CSI 恢复。

本申请实施例中，通过第二稀疏图样对 AI 模型中的神经网络训练完成之后，在下行信道中，可以采用该神经网络，恢复第一信道特征矩阵。具体的，终端设备可以对接收到的下行参考信号进行信道估计，获得第一矩阵。终端设备再根据第一矩阵确定第一信道特征矩阵，通过第二稀疏图样对第一信道特征矩阵在至少一个维度进行元素抽取，获得第一稀疏矩阵，第一稀疏矩阵可以认为是第一信道特征矩阵压缩后的矩阵。进一步的，终端设备向网络设备发送第一稀疏矩阵，网络设备获得第一稀疏矩阵之后，可以采用训练好的神经网络对第一稀疏矩阵进行恢复处理，获得第二矩阵。第二矩阵与终端设备估计得到的第一信道特征矩阵之间的均方误差，小于预设值，即第二矩阵接近于第一信道特征矩阵，下

面详细描述。

如图 9 所示，为本申请实施例提供的一种信道恢复方法流程示意图。该方法包括：

可选地，S901：网络设备向终端设备发送第二信息，相应的，终端设备接收来自网络设备的第二信息。

5 其中，第二信息用于指示第二稀疏图样。

网络设备可以通过 RRC 消息或者 MAC CE 或者 DCI 向终端设备发送第二信息，本申请实施例并不限定。

10 本申请实施例中，网络设备可以向终端设备配置多个稀疏图样，终端设备可以从多个稀疏图样中选择一个稀疏图样使用，也可以由网络设备从多个稀疏图样中激活一个稀疏图样，终端设备使用激活的稀疏图样。

本申请实施例中，第二稀疏图样可以用于对第一信道特征矩阵的至少一个维度进行抽样。

15 举例来说，以下行参考信号为第一参考信号进行描述，第一信道特征矩阵的维度包含网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度时，第二稀疏图样可以指示网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引以及第一参考信号对应的频域维度中的至少一个频域单元的索引中的至少一项。

20 另外，由于上行道状态矩阵和下行道状态矩阵的维度可能不完全相同，其中，上行道状态矩阵的维度包括{终端设备的发送天线，网络设备的接收天线，频域，时域}，下行道状态矩阵的维度包括{终端设备的接收天线，网络设备的发送天线，频域，时域}，因此，需要保证终端设备的接收配置和发送配置匹配，以及网络设备的接收配置和发送配置匹配，接收配置包括接收天线、接收权、接收带宽中的至少一项，接收权也可以叫做接收波束或接收预编码或接收的空域滤波器，发送配置包括发送天线、发送权、发送带宽中的至少一项，发送权也可以叫做发送波束或发送预编码或发送的空域滤波器，其中接收天线和发送天线配置可通过建立终端设备的发送天线和终端设备的接收天线之间的第一关联关系，和
25 /或网络设备的发送天线和网络设备的接收天线之间的第二关联关系实现，第一关联关系和第二关联关系可以通过协议预定义，也可以通过网络设备配置，也可以通过设备出厂预定义实现，例如第一关联关系为终端设备根据自己的内部配置确定的，终端的发送天线 1 对应接收天线 1，发送天线 3 对应接收天线 2，终端设备可将第一关联关系上报给网络设备，又例如第二关联关系为网络设备通知给终端设备的。接收权和发送权的匹配指的是终端设备和网络设备在接收和发送参考信号时使用相同的权值。接收带宽和发送带宽指的是终端设备和网络设备在接收和发送参考信号时使用相同的带宽，或者使得上行信道的带宽大于或等于下行信道的带宽，则在使用上行信道训练神经网络时，可通过在上行信道的带宽中抽取部分带宽，使得抽取后上行信道的带宽与下行信道的带宽相等。

30 S902：网络设备向终端设备发送第一参考信号，相应的，终端设备接收来自网络设备的第一参考信号。

第一参考信号可以为下行参考信号，网络设备可以向终端设备发送多个第一参考信号，本申请实施例对此并不限定。

40 一种可能的实现方式中，终端设备接收第一参考信号时使用的接收波束与发送第二参考信号时使用的发送波束相同，也就是说，终端设备在接收第一参考信号时使用的空域滤波器，与发送第二参考信号使用的空域滤波器相同。为了实现上述目的，终端设备发送第

二参考信号所使用的第二预编码与终端设备接收第一参考信号所使用的第一预编码相同。

同样的，网络设备接收第二参考信号时使用的接收波束与发送第一参考信号时使用的发送波束相同，即网络设备发送第一参考信号所使用的第三预编码与网络设备接收第二参考信号所使用的第四预编码相同。

5 本申请实施例中，终端设备进行信道估计的方法，本申请并不限定，可以是传统信道估计算法，例如，算法，也可以是基于神经网络的信道估计算法。

S903: 终端设备根据第一参考信号确定第一矩阵，根据第一矩阵确定第一信道特征矩阵，根据第一信道特征矩阵和第二稀疏图样确定第一稀疏矩阵。

10 一种可能的实现方式中，终端设备可以根据第一参考信号进行信道估计，获得第一矩阵。终端设备可以根据第一矩阵确定第一空域协方差矩阵，并对第一空域协方差矩阵进行奇异值分解，获得第一信道特征矩阵。根据第一矩阵确定第一空域协方差矩阵的具体过程，可以参考第二空域协方差矩阵的描述，在此不再赘述。

进一步的，终端设备可以根据第二稀疏图样从第一信道特征矩阵中抽取部分元素，获得第一稀疏矩阵，第一稀疏矩阵包括从第一信道特征矩阵中抽取的部分元素。也就是说第二稀疏图样可以用于从第一信道特征矩阵中抽取部分元素，从而获得第一稀疏矩阵。第一稀疏矩阵相当于对第一信道特征矩阵进行压缩后的矩阵。

S904: 终端设备向网络设备发送第一信道信息，相应的，网络设备接收来自所述终端设备的第一信道信息。

其中，第一信道信息用于指示稀疏信道状态矩阵。

20 其中，第一信道信息可以是稀疏信道状态矩阵中元素的取值的集合，也可以是稀疏信道状态矩阵中元素的量化值的集合，也可以是其它形式，本申请实施例对此并不限定。

S905: 网络设备通过神经网络对第一稀疏矩阵进行处理，获得第二矩阵。

其中，第二矩阵为对第一信道特征矩阵的恢复值；神经网络是通过根据第二稀疏图样抽样的数据训练的，具体参考前面图 4 所示的流程中的描述。

25 网络设备可以根据恢复的第二矩阵确定向终端设备发送数据时所使用的 PMI 以及 RI 等参数。

另外，网络设备需要应用神经网络恢复第一信道特征矩阵，因此如果神经网络的训练是在网络设备或者位于网络设备的 AI 模块上完成的，则不需要在网络设备中配置训练好的神经网络；如果神经网络的训练是在独立的 AI 网元上完成的，则需要将训练好的神经网络配置到网络设备中，具体配置过程，本申请实施例对此并不限定，在此不再赘述。

30 通过上述方法，可以在不需要终端设备参与神经网络训练的情况下，网络设备仅通过第二稀疏矩阵和第二信道特征矩阵训练神经网络，可以降低对终端设备能力的要求，且避免终端设备反馈完整的第一信道特征矩阵导致的反馈开销。

一种可能的实现方式中，在图 3 至图 8 的流程中，第一参考信号的带宽可以小于或者等于第二参考信号的带宽。第一参考信号对应的子载波间隔大于或者等于第二参考信号对应的子载波间隔。

在该实现方式中，网络设备可以给终端设备配置一组特殊的第一参考信号，该第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽，该第一参考信号的子载波间隔大于或者等于第二参考信号的子载波间隔。

40 另一种实现方式中，第一参考信号的带宽和子载波间隔可以为网络设备独立配置的，

即第一参考信号的带宽可以大于或者等于终端设备的上行激活带宽部分（bandwidth part, BWP）的带宽，和/或第一参考信号的子载波间隔与终端设备的上行激活 BWP 的子载波间隔无关，即第一参考信号的子载波间隔与终端设备的上行激活 BWP 的子载波间隔可以不相等，上行激活 BWP 中包括第一参考信号的区域子载波间隔，与上行激活 BWP 中不包括第一参考信号的区域子载波间隔可以不同，其中，第一参考信号可以位于上行激活 BWP 中承载。第一参考信号在频域可以分为多段，只要多段的总带宽满足网络设备恢复下行信道信息的要求即可。

通过配置第一参考信号的带宽和子载波间隔与第二参考信号相同，使得本申请实施例方案在第一参考信号的带宽、子载波间隔和第二参考信号的带宽、子载波间隔不一致的情况也能使用，使得网络设备能够使用神经网络恢复出完整的下行信道信息。

上述各个实施例可以分别单独实施，或者也可以相互结合实施。上文中，在不同实施例中，侧重描述了各个实施例的区别之处，除区别之处的其它内容，不同实施例之间的其它内容可以相互参照。上述实施例所描述的各个流程图的步骤编号仅为执行流程的一种示例，并不构成对步骤执行的先后顺序的限制，本申请实施例中相互之间没有时序依赖关系的步骤之间没有严格的执行顺序。此外，各个流程图中所示意的步骤并非全部是必须执行的步骤，可以根据实际需要各个流程图的基础上增添或者删除部分步骤。

为了实现上述本申请实施例提供的方法中的各功能，网络设备、终端设备或上述通信装置可以包括硬件结构和/或软件模块，以硬件结构、软件模块、或硬件结构加软件模块的形式来实现上述各功能。上述各功能中的某个功能以硬件结构、软件模块、还是硬件结构加软件模块的方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。

本申请实施例中对模块的划分是示意性的，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。另外，在本申请各个实施例中的各功能模块可以集成在一个处理器中，也可以是单独物理存在，也可以两个或两个以上模块集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能模块的形式实现。

与上述构思相同，如图 10 所示，本申请实施例还提供一种通信装置 1000。所述通信装置 1000 可以是图 1 中的网络设备，用于实现上述方法实施例中对于网络设备的方法。所述通信装置也可以是图 1 中的核心网设备，用于实现上述方法实施例中对应于核心网设备的方法。具体的功能可以参见上述方法实施例中的说明。

具体的，通信装置 1000 可以包括：处理单元 1001 和通信单元 1002。本申请实施例中，通信单元也可以称为收发单元，可以包括发送单元和/或接收单元，分别用于执行上文方法实施例中网络设备或终端设备发送和接收的步骤。以下，结合图 10 至图 11 详细说明本申请实施例提供的通信装置。

一些可能的实施方式中，上述方法实施例中网络设备的行为和功能可以通过通信装置 1000 来实现，例如实现图 4 至图 6 的实施例中网络设备执行的方法。例如通信装置 1000 可以为网络设备，也可以为应用于网络设备中的部件（例如芯片或者电路），也可以是网络设备中的芯片或芯片组或芯片中用于执行相关方法功能的一部分。通信单元 1002 可以用于执行图 4 至图 6 所示的实施例中由网络设备所执行的接收或发送操作，处理单元 1001 可以用于执行如图 4 至图 6 所示的实施例中由网络设备所执行的除了收发操作之外的操作。

该通信装置实现图 4 至图 6 所示的流程中的终端设备的功能时：

通信单元，用于接收来自网络设备的第一参考信号；

处理单元，用于根据第一参考信号获得第一信道状态矩阵；根据第一稀疏图样对第一信道状态矩阵进行抽样，获得稀疏信道状态矩阵；第一稀疏图样由网络设备配置，第一稀疏图样用于对第一信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样；

通信单元，用于向网络设备发送第一信道信息，第一信道信息用于指示稀疏信道状态矩阵。

在一种可能的设计中，通信单元还用于：向网络设备发送第二参考信号，第二参考信号用于训练第一稀疏图样对应的神经网络，神经网络用于根据稀疏信道状态矩阵恢复第一信道状态矩阵。

在一种可能的设计中，发送第二参考信号所使用的第二预编码与接收第一参考信号所使用的第一预编码相同。

在一种可能的设计中，第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽。

在一种可能的设计中，第一参考信号对应的子载波间隔与第二参考信号对应的子载波间隔相同。

在一种可能的设计中，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

第一稀疏图样指示以下至少一项：终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、频域维度中的至少一个频域单元的索引和时域维度中的至少一个时域单元的索引。

该通信装置实现图 4 至图 6 所示的流程中的网络设备的功能时：

处理单元，用于通过通信单元向终端设备发送第一参考信号；

处理单元，用于通过通信单元接收来自终端设备的第一信道信息，第一信道信息用于指示稀疏信道状态矩阵；稀疏信道状态矩阵为通过第一稀疏图样对第一信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样获得的，第一信道状态矩阵根据第一参考信号确定；通过神经网络对稀疏信道状态矩阵进行处理，获得第二信道状态矩阵，第二信道状态矩阵为对第一信道状态矩阵的恢复值；神经网络是通过根据第一稀疏图样抽样的数据训练的。

在一种可能的设计中，通信单元还用于：接收来自终端设备的第二参考信号；

处理单元还用于：根据第二参考信号获得第三信道状态矩阵；根据第三信道状态矩阵获取第四信道状态矩阵，第四信道状态矩阵在子载波维度的长度等于第一信道状态矩阵在子载波维度的长度，第四信道状态矩阵在接收天线维度的长度等于第一信道状态矩阵在发送天线维度的长度，第四信道状态矩阵在发送天线维度的长度等于第一信道状态矩阵在接收天线维度的长度；网络设备根据第一稀疏图样对第四信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样获得第五信道状态矩阵；神经网络是通过多个第四信道状态矩阵以及对应的第五信道状态矩阵训练得到的。

在一种可能的设计中，通信单元还用于：接收来自终端设备的第二参考信号，第二参考信号用于训练第一稀疏图样对应的神经网络，神经网络用于根据稀疏信道状态矩阵恢复第一信道状态矩阵。

在一种可能的设计中，接收第二参考信号所使用的第四预编码与发送第一参考信号所使用的第三预编码相同。

在一种可能的设计中，第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽。

在一种可能的设计中，第一参考信号对应的子载波间隔与第二参考信号对应的子载波

间隔相同。

在一种可能的设计中，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

5 第一稀疏图样指示以下至少一项：终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、频域维度中的至少一个频域单元的索引和时域维度中的至少一个时域单元的索引。

该通信装置实现图 7 至图 9 所示的流程中的终端设备的功能时：

通信单元，用于接收来自网络设备的第一参考信号；

10 处理单元，用于根据第一参考信号进行信道估计，获得第一信道状态矩阵；根据第一信道状态矩阵确定第一信道特征矩阵；根据第二稀疏图样对第一信道特征矩阵进行抽样，获得第一稀疏矩阵；第二稀疏图样由网络设备配置，第二稀疏图样用于对第一信道特征矩阵的至少一个维度进行抽样；

通信单元，用于向网络设备发送第一信道信息，第一信道信息用于指示第一稀疏矩阵。

15 在一种可能的设计中，通信单元还用于：向网络设备发送第二参考信号，第二参考信号用于训练第一稀疏图样对应的神经网络，神经网络用于根据第一稀疏矩阵恢复第二矩阵。

在一种可能的设计中，发送第二参考信号所使用的第二预编码与接收第一参考信号所使用的预编码相同。

在一种可能的设计中，第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽。

20 在一种可能的设计中，第一参考信号对应的子载波间隔与第二参考信号对应的子载波间隔相同。

在一种可能的设计中，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

25 第二稀疏图样指示以下至少一项：终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、频域维度中的至少一个频域单元的索引和时域维度中的至少一个时域单元的索引。

该通信装置实现图 7 至图 9 所示的流程中的网络设备的功能时：

处理单元，用于通过通信单元向终端设备发送第一参考信号；

30 处理单元，用于通过通信单元接收来自终端设备的第一信道信息，第一信道信息用于指示第一稀疏矩阵；第一稀疏矩阵为通过第二稀疏图样对第一信道特征向量矩阵的至少一个维度进行抽样获得的，第一信道特征矩阵为通过第一信道状态矩阵确定的，第一信道状态矩阵根据第一参考信号确定；通过神经网络对第一稀疏矩阵进行处理，获得第二矩阵，第二矩阵为对第一信道特征矩阵的恢复值；神经网络是通过根据第二稀疏图样抽样的数据训练的。

35 在一种可能的设计中，通信单元还用于：接收来自终端设备的第二参考信号，第二参考信号用于训练第二稀疏图样对应的神经网络，神经网络用于根据第一稀疏矩阵恢复第二矩阵。

在一种可能的设计中，接收第二参考信号所使用的第四预编码与发送第一参考信号所使用的第三预编码相同。

在一种可能的设计中，第一参考信号的带宽小于或者等于第二参考信号的带宽。

40 在一种可能的设计中，第一参考信号对应的子载波间隔与第二参考信号对应的子载波

间隔相同。

在一种可能的设计中，第一信道状态矩阵的维度包含终端设备的天线维度、网络设备的天线维度和第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

5 第二稀疏图样指示以下至少一项：终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、频域维度中的至少一个频域单元的索引和时域维度中的至少一个时域单元的索引。

应理解，装置实施例的描述与方法实施例的描述相互对应，如图 4 至图 9 中的用于实现终端设备和网络设备的装置结构也可以参照通信装置 1000，因此，未详细描述的内容可以参见上文方法实施例，为了简洁，这里不再赘述。

10 通信单元也可以称为收发器、收发机、收发装置等。处理单元也可以称为处理器，处理单板，处理模块、处理装置等。可选的，可以将通信单元 1002 中用于实现接收功能的器件视为接收单元，将通信单元 1002 中用于实现发送功能的器件视为发送单元，即通信单元 1002 包括接收单元和发送单元。通信单元有时也可以称为收发机、收发器、或收发电路等。接收单元有时也可以称为接收机、接收器、或接收电路等。发送单元有时也可以称为发射机、发射器或者发射电路等。

15 以上只是示例，处理单元 1001 和通信单元 1002 还可以执行其他功能，更详细的描述可以参考图 4 至图 9 所示的方法实施例中相关描述，这里不加赘述。

20 如图 11 所示为本申请实施例提供的通信装置 1100，图 11 所示的通信装置可以为图 10 所示的通信装置的一种硬件电路的实现方式。该通信装置可适用于前面所示出的流程图中，执行上述方法实施例中终端设备或者网络设备的功能。为了便于说明，图 11 仅示出了该通信装置的主要部件。

25 如图 11 所示，通信装置 1100 包括处理器 1110 和接口电路 1120。处理器 1110 和接口电路 1120 之间相互耦合。可以理解的是，接口电路 1120 可以为收发器或输入输出接口。可选的，通信装置 1100 还可以包括存储器 1130，用于存储处理器 1110 执行的指令或存储处理器 1110 运行指令所需要的输入数据或存储处理器 1110 运行指令后产生的数据。

当通信装置 1100 用于实现图 4 至图 9 所示的方法时，处理器 1110 用于实现上述处理单元 1001 的功能，接口电路 1120 用于实现上述通信单元 1002 的功能。

30 当上述通信装置为应用于终端设备的芯片时，该终端设备芯片实现上述方法实施例中终端设备的功能。该终端设备芯片从终端设备中的其它模块（如射频模块或天线）接收信息，该信息是网络设备发送给终端设备的；或者，该终端设备芯片向终端设备中的其它模块（如射频模块或天线）发送信息，该信息是终端设备发送给网络设备的。

35 当上述通信装置为应用于网络设备的芯片时，该网络设备芯片实现上述方法实施例中网络设备的功能。该网络设备芯片从网络设备中的其它模块（如射频模块或天线）接收信息，该信息是终端设备发送给网络设备的；或者，该网络设备芯片向网络设备中的其它模块（如射频模块或天线）发送信息，该信息是网络设备发送给终端设备的。

40 可以理解的是，本申请的实施例中的处理器可以是中央处理单元（Central Processing Unit, CPU），还可以是其它通用处理器、数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）、专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit, ASIC）、现场可编程门阵列（Field Programmable Gate Array, FPGA）或者其它可编程逻辑器件、晶体管逻辑器件。通用处理器可以是微处理器，也可以是任何常规的处理

本申请的实施例中存储器可以是随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM)、闪存、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)、寄存器、硬盘、移动硬盘或者本领域熟知的任何其它形式的存储介质中。一种示例性的存储介质耦合至处理器, 从而使处理器能够从该存储介质读取信息, 且可向该存储介质写入信息。当然, 存储介质也可以是处理器的组成部分。处理器和存储介质可以位于 ASIC 中。另外, 该 ASIC 可以位于网络设备或终端设备中。处理器和存储介质也可以作为分立组件存在于网络设备或终端设备中。

本领域内的技术人员应明白, 本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此, 本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且, 本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质 (包括但不限于磁盘存储器、光学存储器等) 上实施的计算机程序产品的形式。

本申请是参照根据本申请的方法、设备 (系统)、和计算机程序产品的流程图和 / 或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和 / 或方框图中的每一流程和 / 或方框、以及流程图和 / 或方框图中的流程和 / 或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器, 使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中, 使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品, 该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

显然, 本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的范围。这样, 倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内, 则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

权利要求

- 1.一种信道信息反馈方法，其特征在于，应用于终端设备，包括：
接收来自网络设备的第一参考信号；
根据所述第一参考信号获得第一信道状态矩阵；
5 根据第一稀疏图样对所述第一信道状态矩阵进行抽样，获得稀疏信道状态矩阵；所述第一稀疏图样由网络设备配置，所述第一稀疏图样用于对所述第一信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样；
向所述网络设备发送第一信道信息，所述第一信道信息用于指示所述稀疏信道状态矩阵。
- 10 2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
向所述网络设备发送第二参考信号，所述第二参考信号用于训练所述第一稀疏图样对应的神经网络，所述神经网络用于根据所述稀疏信道状态矩阵恢复所述第一信道状态矩阵。
- 3.根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述发送所述第二参考信号所使用的第二预编码与接收所述第一参考信号所使用的第一预编码相同。
- 15 4.根据权利要求2或3所述的方法，其特征在于，所述第一参考信号的带宽小于或者等于所述第二参考信号的带宽。
- 5.根据权利要求2或3所述的方法，其特征在于，所述第一参考信号对应的子载波间隔与所述第二参考信号对应的子载波间隔相同。
- 6.根据权利要求1至5任一所述的方法，其特征在于，所述第一信道状态矩阵的维度包含所述终端设备的天线维度、所述网络设备的天线维度和所述第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；
所述第一稀疏图样指示以下至少一项：所述终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、所述网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、所述频域维度中的至少一个频域单元的索引和所述时域维度中的至少一个时域单元的索引。
- 25 7.一种信道信息恢复方法，其特征在于，应用于网络设备，包括：
向终端设备发送第一参考信号；
接收来自所述终端设备的第一信道信息，所述第一信道信息用于指示稀疏信道状态矩阵；所述稀疏信道状态矩阵为通过第一稀疏图样对第一信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样获得的，所述第一信道状态矩阵根据所述第一参考信号确定；
30 通过神经网络对所述稀疏信道状态矩阵进行处理，获得第二信道状态矩阵，所述第二信道状态矩阵为对所述第一信道状态矩阵的恢复值；所述神经网络是通过根据所述第一稀疏图样抽样的数据训练的。
- 8.根据权利要求7所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
接收来自终端设备的第二参考信号；
35 根据所述第二参考信号获得第三信道状态矩阵；
根据第三信道状态矩阵获取第四信道状态矩阵，所述第四信道状态矩阵在子载波维度的长度等于所述第一信道状态矩阵在子载波维度的长度，所述第四信道状态矩阵在接收天线维度的长度等于所述第一信道状态矩阵在发送天线维度的长度，所述第四信道状态矩阵在发送天线维度的长度等于所述第一信道状态矩阵在接收天线维度的长度；

根据第一稀疏图样对第四信道状态矩阵的至少一个维度进行抽样获得第五信道状态矩阵；所述神经网络是通过多个第四信道状态矩阵以及对应的第五信道状态矩阵训练得到的。

9.根据权利要求7所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

5 接收来自所述终端设备的第二参考信号，所述第二参考信号用于训练所述第一稀疏图样对应的神经网络，所述神经网络用于根据所述稀疏信道状态矩阵恢复所述第一信道状态矩阵。

10.根据权利要求9所述的方法，其特征在于，所述接收所述第二参考信号所使用的第四预编码与发送所述第一参考信号所使用的第三预编码相同。

10 11.根据权利要求9或10所述的方法，其特征在于，所述第一参考信号的带宽小于或者等于所述第二参考信号的带宽。

12.根据权利要求9或10所述的方法，其特征在于，所述第一参考信号对应的子载波间隔与所述第二参考信号对应的子载波间隔相同。

15 13.根据权利要求7至12任一所述的方法，其特征在于，所述第一信道状态矩阵的维度包含所述终端设备的天线维度、所述网络设备的天线维度和所述第一参考信号对应的频域维度和时域维度中的至少一个维度；

所述第一稀疏图样指示以下至少一项：所述终端设备的天线维度中的至少一个天线的索引、所述网络设备的天线维度中的至少一个天线的索引、所述频域维度中的至少一个频域单元的索引和所述时域维度中的至少一个时域单元的索引。

20 14.一种信道信息反馈方法，其特征在于，应用于终端设备，包括：

接收来自网络设备的第一参考信号；

根据所述第一参考信号进行信道估计，获得第一信道状态矩阵；

根据所述第一信道状态矩阵确定第一信道特征矩阵；

25 根据第二稀疏图样对所述第一信道特征矩阵进行抽样，获得第一稀疏矩阵；所述第二稀疏图样由所述网络设备配置，所述第二稀疏图样用于对所述第一信道特征矩阵的至少一个维度进行抽样；

向所述网络设备发送第一信道信息，所述第一信道信息用于指示所述第一稀疏矩阵。

15.一种信道信息恢复方法，其特征在于，应用于网络设备，包括：

向终端设备发送第一参考信号；

30 接收来自所述终端设备的第一信道信息，所述第一信道信息用于指示所述第一稀疏矩阵；所述第一稀疏矩阵为通过第二稀疏图样对第一信道特征向量矩阵的至少一个维度进行抽样获得的，所述第一信道特征矩阵为通过第一信道状态矩阵确定的，所述第一信道状态矩阵根据所述第一参考信号确定；

35 通过神经网络对所述第一稀疏矩阵进行处理，获得第二矩阵，所述第二矩阵为对所述第一信道特征矩阵的恢复值；所述神经网络是通过根据所述第二稀疏图样抽样的数据训练的。

16.一种通信装置，其特征在于，用于实现权利要求1至6、14中任一项所述的方法。

17.一种通信装置，其特征在于，用于实现权利要求7至13、15中任一项所述的方法。

18.一种通信装置，其特征在于，包括处理器，所述处理器和存储器耦合；

40 所述处理器，用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，使得所述通信装置实

现权利要求 1 至 6、14 中任意一项所述的方法。

19.一种通信装置，其特征在于，包括处理器，所述处理器和存储器耦合；

所述处理器，用于执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，使得所述通信装置实现权利要求 7 至 13、15 中任意一项所述的方法。

5 20.一种计算机可读存储介质，其特征在于，存储有计算机程序或指令，当所述计算机程序或指令在计算机上运行时，使得所述计算机实现如权利要求 1 至 6、14 中任意一项所述的方法，或者使得所述计算机实现如权利要求 7 至 13、15 中任意一项所述的方法。

21.一种计算机程序产品，其特征在于，包括指令，当所述指令在计算机上运行时，使得所述计算机实现如权利要求 1 至 6、14 中任意一项所述的方法，或者使得所述计算机实现如权利要求 7 至 13、15 中任意一项所述的方法。

10

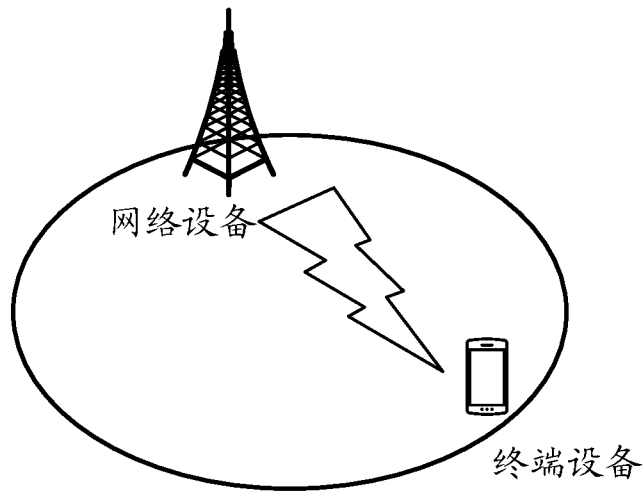


图 1

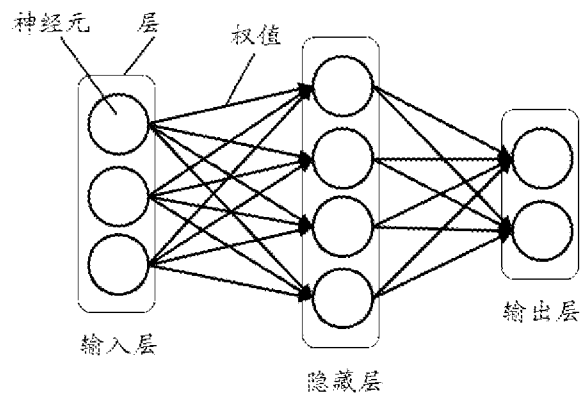


图 2

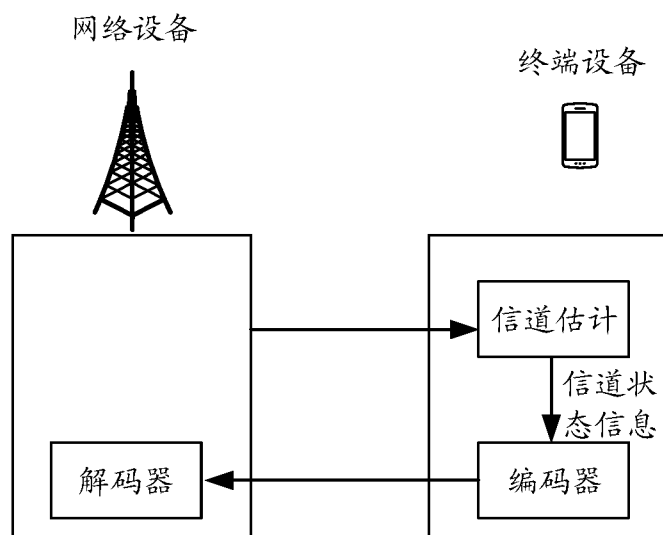


图 3

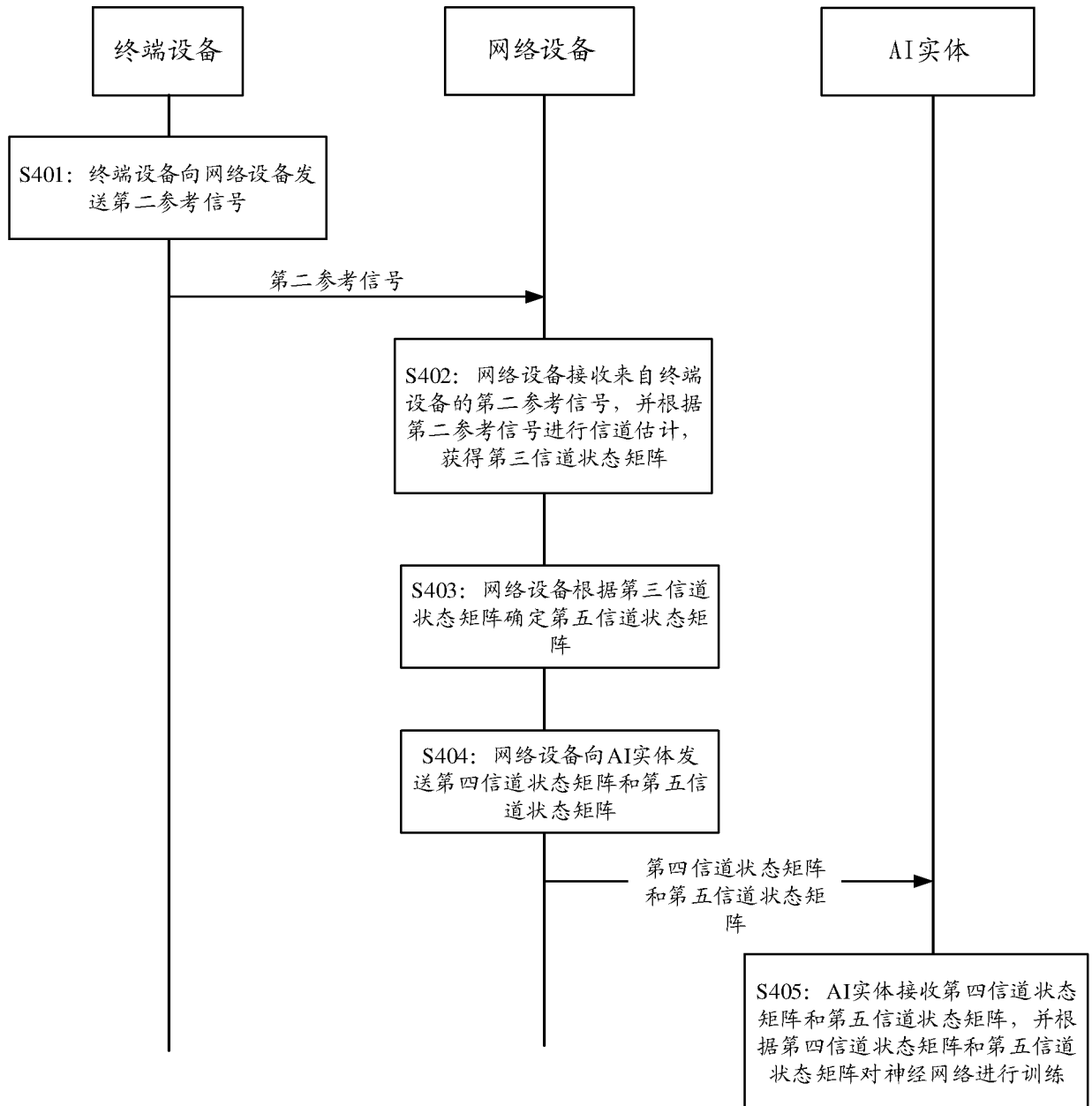
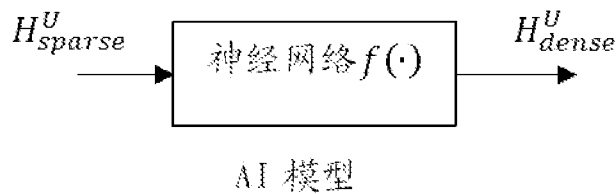


图 4



AI 模型

图 5

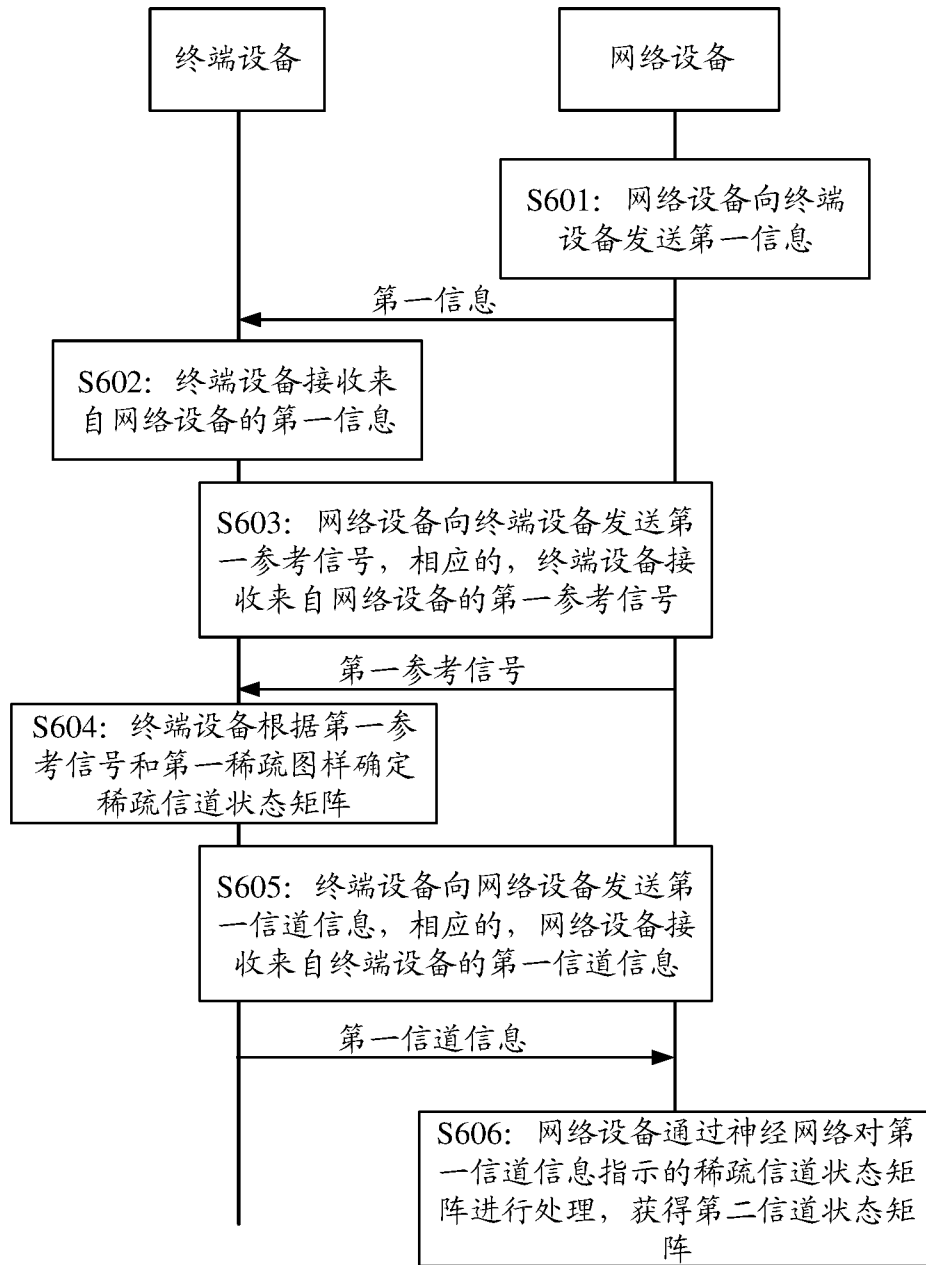


图 6

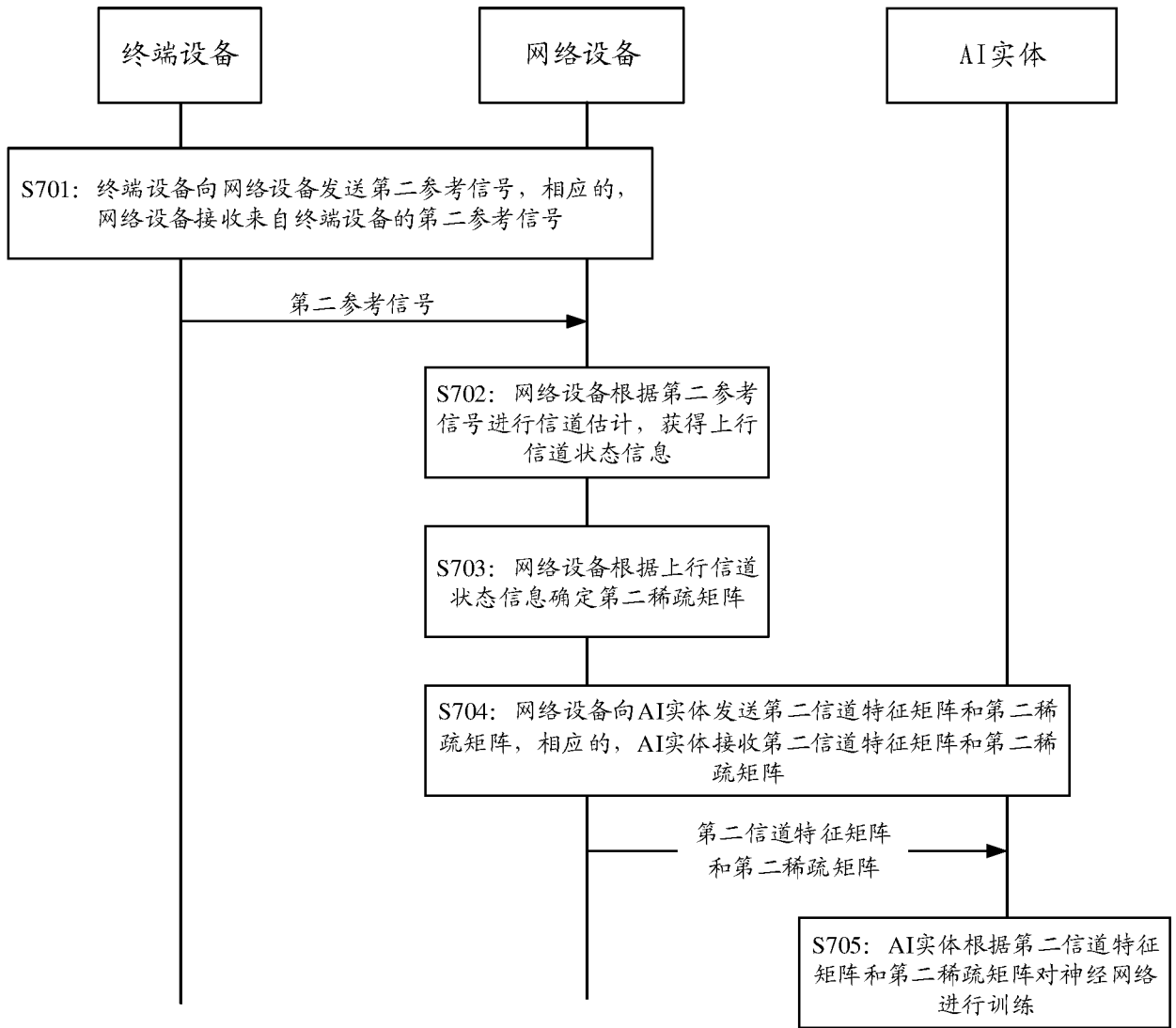


图 7

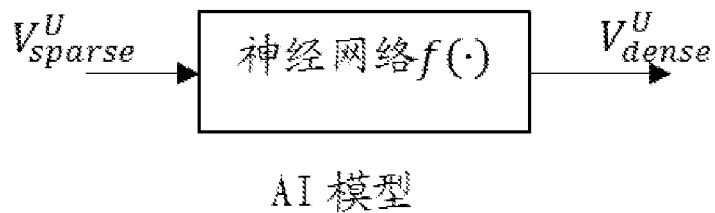


图 8

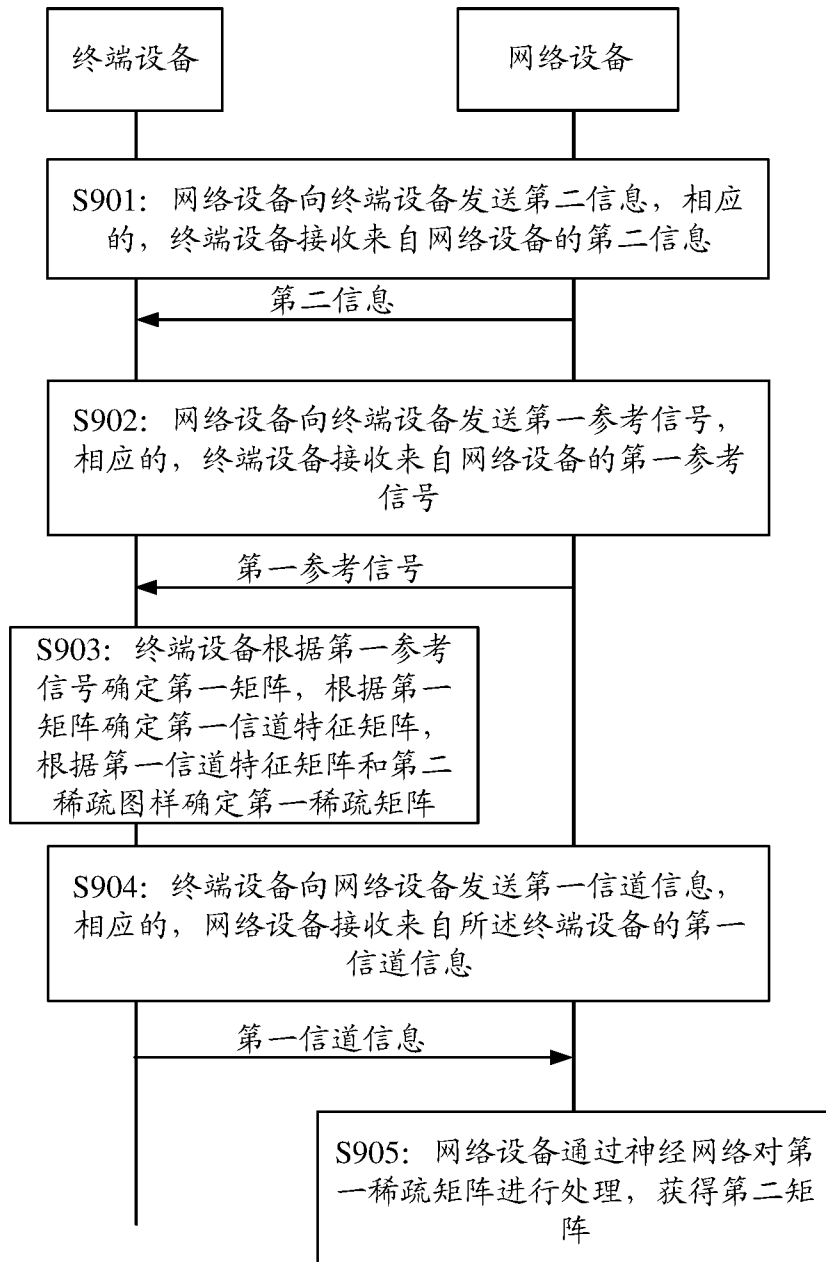


图 9

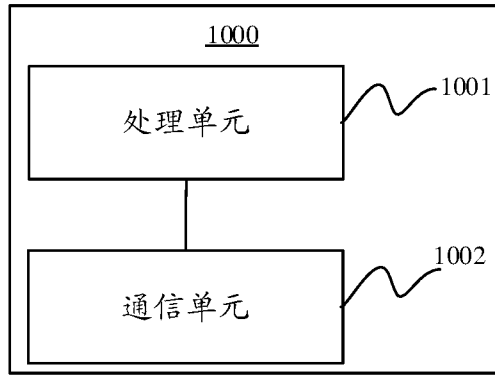


图 10

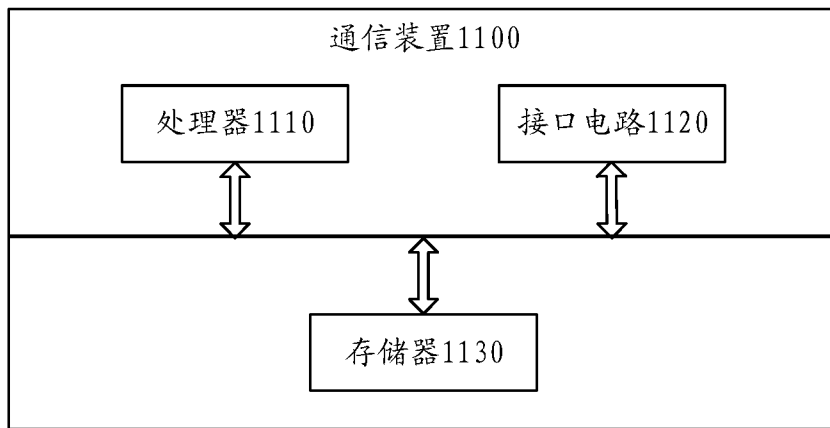


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/111628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H04W 28/06(2009.01)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		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; IEEE; 3GPP: 信道状态, 反馈, 报告, 矩阵, 稀疏, 抽样, 采样, 降维, 压缩, 神经网络, 恢复, 训练, 参考信号, CSI, feedback, report, matrix, sparse, sampling, compress, dimension, reduction, neural network, recover, train		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2020180221 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)) 10 September 2020 (2020-09-10) description, page 15, line 11 to page 17, line 12 and page 29, line 10 to page 50, line 9	1-21
X	CN 111464220 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 28 July 2020 (2020-07-28) description, paragraphs [0045]-[0092]	1-21
X	CN 109474316 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 15 March 2019 (2019-03-15) description, paragraphs [0062]-[0093]	1-21
A	WO 2020047774 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 12 March 2020 (2020-03-12) entire document	1-21
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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
15 September 2022		26 September 2022
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2022/111628

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020180221	A1	10 September 2020	US	2022149904	A1	12 May 2022
				EP	3935742	A1	12 January 2022
CN	111464220	A	28 July 2020	CN	111464220	B	29 June 2021
CN	109474316	A	15 March 2019	CN	109474316	B	09 November 2021
WO	2020047774	A1	12 March 2020	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/111628

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04W 28/06 (2009.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																	
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04W</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT;IEEE;3GPP:信道状态, 反馈, 报告, 矩阵, 稀疏, 抽样, 采样, 降维, 压缩, 神经网络, 恢复, 训练, 参考信号, CSI, feedback, report, matrix, sparse, sampling, compress, dimension, reduction, neural network, recover, train</p>																	
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2020180221 A1 (ERICSSON TELEFON AB L M) 2020年9月10日 (2020 - 09 - 10) 说明书第15页第11行至第17页第12行、第29页第10行至第50页第9行</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 111464220 A (西安交通大学) 2020年7月28日 (2020 - 07 - 28) 说明书第[0045]-[0092]段</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 109474316 A (东南大学) 2019年3月15日 (2019 - 03 - 15) 说明书第[0062]-[0093]段</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2020047774 A1 (华为技术有限公司) 2020年3月12日 (2020 - 03 - 12) 全文</td> <td>1-21</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	WO 2020180221 A1 (ERICSSON TELEFON AB L M) 2020年9月10日 (2020 - 09 - 10) 说明书第15页第11行至第17页第12行、第29页第10行至第50页第9行	1-21	X	CN 111464220 A (西安交通大学) 2020年7月28日 (2020 - 07 - 28) 说明书第[0045]-[0092]段	1-21	X	CN 109474316 A (东南大学) 2019年3月15日 (2019 - 03 - 15) 说明书第[0062]-[0093]段	1-21	A	WO 2020047774 A1 (华为技术有限公司) 2020年3月12日 (2020 - 03 - 12) 全文	1-21
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	WO 2020180221 A1 (ERICSSON TELEFON AB L M) 2020年9月10日 (2020 - 09 - 10) 说明书第15页第11行至第17页第12行、第29页第10行至第50页第9行	1-21															
X	CN 111464220 A (西安交通大学) 2020年7月28日 (2020 - 07 - 28) 说明书第[0045]-[0092]段	1-21															
X	CN 109474316 A (东南大学) 2019年3月15日 (2019 - 03 - 15) 说明书第[0062]-[0093]段	1-21															
A	WO 2020047774 A1 (华为技术有限公司) 2020年3月12日 (2020 - 03 - 12) 全文	1-21															
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																	
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																	
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2022年9月15日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2022年9月26日</p>															
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>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</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>欧阳洁</p> <p>电话号码 86-(20)-28950439</p>															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/111628

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)
WO	2020180221	A1	2020年9月10日	US	2022149904	A1	2022年5月12日
				EP	3935742	A1	2022年1月12日
CN	111464220	A	2020年7月28日	CN	111464220	B	2021年6月29日
CN	109474316	A	2019年3月15日	CN	109474316	B	2021年11月9日
WO	2020047774	A1	2020年3月12日	无			