

CSI 的上报方法、预编码矩阵的确定方法、装置及设备

技术领域

本申请涉及移动通信领域，特别涉及一种 CSI 的上报方法、预编码矩阵的确定方法、装置及设备。

背景技术

在新空口(New Radio, NR)系统中,终端设备通过向网络设备上报信道状态信息(Channel Status Information, CSI),使得网络设备可以根据终端设备上报的信息,计算下行数据传输所使用的预编码矩阵。

在版本 16 (Release 16, R16) 中,提供了 R16 版本 2 (Type II) 码本,以及 R16 Type II 端口选择码本。在 R17 中,提供了 R17 Type II 端口选择码本。通过上述码本,能够实现终端设备进行高精度的 CSI 的量化反馈。

对于低速移动的终端设备,网络设备根据终端设备上报的上述码本能够准确计算相应信道的预编码矩阵,提高数据传输的性能。而对于中高速移动的终端设备,若采用与低速移动的终端设备相同的 CSI 上报周期,由于终端设备移动会引起不同时刻的信道快速变化,基于上述码本计算的预编码矩阵可能存在和信道不匹配的问题,从而降低数据传输性能。针对快速变化的信道,如何设计相应的码本并计算出和信道相匹配的预编码矩阵是亟待解决的问题。

发明内容

本申请实施例提供了一种 CSI 的上报方法、预编码矩阵的确定方法、装置及设备。所述技术方案如下:

根据本申请的一方面,提供了一种 CSI 的上报方法,所述方法由终端设备执行,所述方法包括:

向网络设备发送上行参考信号;

接收所述网络设备在连续 T 个时刻发送的波束赋形的下行导频信号;

根据所述连续 T 个时刻的所述波束赋形的下行导频信号,估计所述连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息;

根据所述连续 T 个时刻对应的所述下行有效信道信息,确定所述连续 T 个时刻对应的 CSI;

向所述网络设备上报所述 CSI;

其中,所述波束赋形的下行导频信号所采用的波束是根据所述上行参考信号所估计的上行信道信息确定的,所述 CSI 用于所述网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵,所述时刻 t 在所述连续 T 个时刻之后,T 为正整数。

根据本申请的另一方面,提供了一种预编码矩阵的确定方法,所述方法由网络设备执行,所述方法包括:

接收终端设备发送的上行参考信号;

根据所述上行参考信号估计上行信道信息,以及根据所述上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束;

在连续 T 个时刻向所述终端设备发送使用所述波束进行波束赋形的所述下行导频信号;

接收所述终端设备上报的所述连续 T 个时刻对应的 CSI;

根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵;

其中,所述 CSI 是所述终端设备根据所述波束赋形下行导频信号确定的,所述时刻 t 在

所述连续 T 个时刻之后, T 为正整数。

根据本申请的另一方面, 提供了一种 CSI 的上报装置, 所述装置包括:

发送模块, 用于向网络设备发送上行参考信号;

接收模块, 用于接收所述网络设备在连续 T 个时刻发送的波束赋形的下行导频信号;

确定模块, 用于根据所述连续 T 个时刻的所述波束赋形的下行导频信号, 估计所述连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息;

所述确定模块, 还用于根据所述连续 T 个时刻对应的所述下行有效信道信息, 确定所述连续 T 个时刻对应的 CSI;

所述发送模块, 还用于向所述网络设备上报所述 CSI;

其中, 所述波束赋形的下行导频信号所采用的波束是根据所述上行参考信号所估计的上行信道信息确定的, 所述 CSI 用于所述网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵, 所述时刻 t 在所述连续 T 个时刻之后, T 为正整数。

根据本申请的另一方面, 提供了一种预编码矩阵的确定装置, 所述装置包括:

接收模块, 用于接收终端设备发送的上行参考信号;

确定模块, 用于根据所述上行参考信号估计上行信道信息, 以及根据所述上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束;

发送模块, 用于在连续 T 个时刻向所述终端设备发送使用所述波束进行波束赋形的所述下行导频信号;

所述接收模块, 还用于接收所述终端设备上报的所述连续 T 个时刻对应的 CSI;

所述确定模块, 还用于根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵;

其中, 所述 CSI 是所述终端设备根据所述波束赋形下行导频信号确定的, 所述时刻 t 在所述连续 T 个时刻之后, T 为正整数。

根据本申请的另一方面, 提供了一种终端设备, 所述终端设备包括: 处理器; 与所述处理器相连的收发器; 用于存储所述处理器的可执行指令的存储器; 其中, 所述处理器被配置为加载并执行所述可执行指令以实现如上述方面所述的 CSI 的上报方法。

根据本申请的另一方面, 提供了一种网络设备, 所述网络设备包括: 处理器; 与所述处理器相连的收发器; 用于存储所述处理器的可执行指令的存储器; 其中, 所述处理器被配置为加载并执行所述可执行指令以实现如上述方面所述的预编码矩阵的确定方法。

根据本申请的另一方面, 提供了一种计算机可读存储介质, 所述可读存储介质中存储有可执行指令, 所述可执行指令由处理器加载并执行以实现如上述方面所述的 CSI 的上报方法或预编码矩阵的确定方法。

根据本申请的另一方面, 提供了一种芯片, 所述芯片包括可编程逻辑电路和/或程序指令, 当所述芯片在计算机设备上运行时, 用于实现上述方面所述的 CSI 的上报方法或预编码矩阵的确定方法。

根据本申请的另一方面, 提供了一种计算机程序产品或计算机程序, 所述计算机程序产品或计算机程序包括计算机指令, 所述计算机指令存储在计算机可读存储介质中, 处理器从所述计算机可读存储介质读取并执行所述计算机指令, 使得计算机设备执行上述方面所述的 CSI 的上报方法或预编码矩阵的确定方法。

本申请提供的技术方案至少包括如下有益效果:

通过终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号来确定 CSI, 能够在确定 CSI 的过程中考虑到信道信息在时域上的相关性。网络设备使用该 CSI 来确定预编码矩阵, 能够使网络设备根据终端设备一次上报的 CSI, 实现计算未来不同时刻的预编码矩阵。在保证数据传输性能的同时, 避免终端设备由于快速移动从而频繁上报 CSI, 减小了终端设备上报 CSI 的周期, 降低了终端设备的上行反馈开销。并且, 使用波束赋形的下行导频信号来确定 CSI, 能够提升确定 CSI 的准确度。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1是本申请一个示例性实施例提供的通信系统的系统架构的示意图；

图2是本申请一个示例性实施例提供的CSI的上报方法的流程图；

图3是本申请一个示例性实施例提供的预编码矩阵的确定方法的流程图；

图4是本申请一个示例性实施例提供的预编码矩阵的确定方法的流程图；

图5是本申请一个示例性实施例提供的发送CSI-RS的示意图；

图6是本申请一个示例性实施例提供的预编码矩阵的确定方法的流程图；

图7是本申请一个示例性实施例提供的发送CSI-RS的示意图；

图8是本申请一个示例性实施例提供的预编码矩阵的确定方法的流程图；

图9是本申请一个示例性实施例提供的CSI的上报装置的结构框图；

图10是本申请一个示例性实施例提供的预编码矩阵的确定装置的结构框图；

图11是本申请一个示例性实施例提供的通信设备的结构示意图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本申请实施方式作进一步地详细描述。

这里将详细地对示例性实施例进行说明，其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时，除非另有表示，不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本申请相一致的所有实施方式。相反，它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本申请的一些方面相一致的装置和方法的例子。

在本公开使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的，而非旨在限制本公开。在本公开和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式，除非上下文清楚地表示其他含义。还应当理解，本文中使用的术语“和/或”是指并包含一个或多个相关联的列出项目的任何或所有可能组合。

应当理解，尽管在本公开可能采用术语第一、第二、第三等来描述各种信息，但这些信息不应限于这些术语。这些术语仅用来将同一类型的信息彼此区分开。例如，在不脱离本公开范围的情况下，第一信息也可以被称为第二信息，类似地，第二信息也可以被称为第一信息。取决于语境，如在此所使用的词语“如果”可以被解释成为“在……时”或“当……时”或“响应于确定”。

在NR系统中，终端设备通过向网络设备上报CSI，使得网络设备可以根据终端设备上报的信息，计算下行数据传输所使用的预编码矩阵。在R16中，提供了R16 Type II码本，以及R16 Type II端口选择码本。在R17中，提供了R17 Type II端口选择码本。通过上述码本，能够实现终端设备进行高精度的CSI的量化反馈。网络设备根据终端设备上报的上述码本，计算下行数据传输所使用的预编码矩阵，可以使数据发送过程适应信道状态的变化，能够提高数据传输的性能。

针对R16 Type II码本和R16 Type II端口选择码本进行介绍：

对于R16 Type II码本和R16 Type II端口选择码本，其码本结构可表示为 $W = W_1 \tilde{W}_2 W_f^H$ 。其中， $W_f \in \mathbb{C}^{N_3 \times M_v}$ 表示由频域基向量（Frequency Domain basis, FD basis）组成的频域压缩矩阵， N_3 表示预编码矩阵指示（Precoding Matrix Indication, PMI）的子带个数， M_v 表示传输秩为 v 时的FD basis的个数， $\mathbb{C}$ 表示复数。

对于R16 Type II码本， $W_1 \in \mathbb{C}^{N_t \times 2L}$ 表示空域基向量（Spatial Domain basis, SD basis）组

成的空域压缩对角阵, N_t 表示发送天线的端口数, L 表示一个极化方向上包含的 SD basis 的个数。通常天线存在两个极化方向, 两个极化方向采用相同的 SD basis。

对于 R16 Type II 端口选择码本, $W_1 \in \mathbb{N}^{P \times 2L}$ 表示端口选择对角阵, P 表示信道状态信息参考信号 (Channel Status Information-Reference Signal, CSI-RS) 端口数, 一个极化方向由 L 个单位基向量组成。通常天线存在两个极化方向, 两个极化方向采用相同的 L 个单位基向量, N 表示正整数。终端设备是从 P 个端口中选择连续 L 个端口进行上报的。

$\tilde{W}_2 \in \mathbb{C}^{2L \times M_v}$ 表示组合系数的矩阵。对于每一个传输层, 组合系数中非零系数的个数不大于 $K_0 = \lceil 2LM_v\beta \rceil$ 。其中, 码本中的参数 L , M_v , β , P 和 N_3 由网络设备为终端设备配置确定。该传输层用于网络设备将码字 (Code Word) 映射至端口。

当传输秩 $v > 1$ 时, 所有传输层采用相同的 L 个 SD basis, 每一层独立采用一个 $\tilde{W}_2$ 和 W_f , 不同层可以采用不同的 M_v 个 FD bases。示例地, W_1 、 $\tilde{W}_2$ 和 W_f 的确定是终端设备根据接收的网络设备发送的波束赋形的 CSI-RS 估计得到有效信道信息, 从而计算得到的。其中 CSI-RS 的波束由网络设备根据估计的上行信道的角度信息计算得到。

针对 R17 Type II 端口选择码本进行介绍:

对于 R17 Type II 端口选择码本, 其码本结构也可表示为 $W = W_1 \tilde{W}_2 W_f^H$ 。其中, $W_1 \in \mathbb{N}^{P \times 2L}$ 表示端口选择矩阵, P 表示 CSI-RS 端口数, 一个极化方向由 L 个单位基向量组成, 两个极化方向采用相同的 L 个单位基向量。与 R16 Type II 端口选择码本不同的是, R17 Type II 端口选择码本是由终端设备从 P 个端口中自由选择 $L = K_1/2$, $K_1 = \alpha P$ 个端口进行上报的。

$\tilde{W}_2 \in \mathbb{C}^{2L \times M}$ 表示组合系数的矩阵, 对于每一个传输层, 组合系数中非零系数的个数不大于 $K_0 = \lceil \beta K_1 M \rceil$ 。其中, 码本中的参数 α , M , β , P 和 N_3 由网络设备为终端设备配置确定。

$W_f \in \mathbb{C}^{N_3 \times M}$ 可以被关闭或打开。当 W_f 被关闭, W_f 由元素全为 1 的长度为 N_3 的基向量表示。当 W_f 被打开, W_f 由两个长度为 N_3 的频域基向量组成, 其中包含一个元素全为 1 的长度为 N_3 的基向量。两个频域基向量是从大小为 N 的连续离散傅里叶变换 (Discrete Fourier Transform, DFT) 窗内选择的, $N=2$ 或 4。

示例地, W_1 、 $\tilde{W}_2$ 和 W_f 的确定是终端设备根据接收的网络设备发送的波束赋形的 CSI-RS 估计得到有效信道信息, 从而计算得到的。其中 CSI-RS 的波束由网络设备根据估计的上行信道的角度信息和时延信息计算得到。

当用户 (终端设备) 以中高速度移动时, 为了获得准确的预编码矩阵, 用户需要采用更小的上报周期来上报 CSI, 若仍采用上述 Type II 码本进行 CSI 上报, 将大大增加终端设备的上行反馈开销。若用户使用的 CSI 的上报周期维持不变或较大, 将导致系统性能降低。

对于中高速度移动的终端设备, 由于多普勒 (Doppler) 偏移会引起信道随着时间的变化而快速变化, 若继续采用上述 Type II 码本, 则需要终端设备频繁地反馈 CSI 以适应信道的变化, 从而保证数据传输性能, 否则数据传输性能降低。但频繁地上报 CSI 又会增加终端设备的上行反馈开销。在连续的一定时间内, 不同时刻的信道信息在时域上具有相关性, 或者 Doppler 偏移在一定时间内是固定不变的, 因此信道信息在时域上具有相关性。本申请实施例提供的方法, 能够利用信道信息的时域相关性或者信道的 Doppler 信息, 从而解决上述问题。具体的, 通过利用信道的 Doppler 信息对上述 R16 和/或 R17 Type II 端口选择码本进行增强设计, 能够实现使网络设备根据终端设备一次上报的 CSI, 可以计算未来不同时刻的预编码矩阵。在保证数据传输性能的同时, 避免终端设备由于快速移动从而频繁上报 CSI, 减小了终端设备上报 CSI 的周期, 降低了终端设备的上行反馈开销。

图 1 示出了本申请一个实施例提供的通信系统的系统架构的示意图。该系统架构可以包括: 终端设备 10、接入网设备 20 和核心网设备 30。

终端设备 10 可以指 UE (User Equipment, 用户设备)、接入终端设备、用户单元、用户站、移动站、移动台、远方站、远程终端设备、移动设备、无线通信设备、用户代理或用户装

置。可选地，终端设备还可以是蜂窝电话、无绳电话、SIP（Session Initiation Protocol，会话启动协议）电话、WLL（Wireless Local Loop，无线本地环路）站、PDA（Personal Digital Assistant，个人数字处理）、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、可穿戴设备，5GS（5th Generation System，第五代移动通信系统）中的终端设备或者未来演进的 PLMN（Public Land Mobile Network，公用陆地移动通信网络）中的终端设备等，本申请实施例对此并不限定。为方便描述，上面提到的设备统称为终端设备。终端设备 10 的数量通常为多个，每一个接入网设备 20 所管理的小区内可以分布一个或多个终端设备 10。

接入网设备 20 是一种部署在接入网中用以终端设备 10 提供无线通信功能的设备。接入网设备 20 可以包括各种形式的宏基站，微基站，中继站，接入点等等。在采用不同的无线接入技术的系统中，具备接入网设备功能的设备的名称可能会有所不同，例如在 5G NR 系统中，称为 gNodeB 或者 gNB。随着通信技术的演进，“接入网设备”这一名称可能会变化。为方便描述，本申请实施例中，上述为终端设备 10 提供无线通信功能的装置统称为接入网设备。可选地，通过接入网设备 20，终端设备 10 和核心网设备 30 之间可以建立通信关系。示例性地，在 LTE 系统中，接入网设备 20 可以是 EUTRAN（Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network，演进的通用陆地无线网）或者 EUTRAN 中的一个或者多个 eNodeB；在 5G NR 系统中，接入网设备 20 可以是 RAN 或者 RAN 中的一个或者多个 gNB。

核心网设备 30 的功能主要是提供用户连接、对用户的管理以及对业务完成承载，作为承载网络提供到外部网络的接口。例如，5G NR 系统中的核心网设备可以包括 AMF（Access and Mobility Management Function，接入和移动性管理功能）实体、UPF（User Plane Function，用户平面功能）实体、SMF（Session Management Function，会话管理功能）实体和定位管理功能（Location Management Function，LMF）实体等设备。接入网设备 20 和核心网设备 30 可统称为网络设备。本申请实施例中，以核心网设备 30 为 LMF 网元为例进行说明。

在一个示例中，接入网设备 20 与核心网设备 30 之间通过某种空中技术相互通信，例如 5G NR 系统中的 NG 接口。接入网设备 20 与终端设备 10 之间通过某种空中技术互相通信，例如 Uu 接口。

图 2 示出了本申请一个实施例提供的 CSI 的上报方法的流程图。该方法可以应用于图 1 所示的终端设备中。该方法包括：

步骤 202：向网络设备发送上行参考信号。

可选地，该上行参考信号为探测参考信号（Sounding Reference Signal，SRS），也可称为信道探测参考信号。

步骤 204：接收网络设备在连续 T 个时刻发送的波束赋形的下行导频信号。

该波束赋形的下行导频信号所采用的波束是根据上行参考信号所估计的上行信道信息确定的。该下行导频信号用于终端设备确定下行有效信道信息。T 为正整数。可选地，该波束赋形的下行导频信号包括如下至少一种：

- CSI-RS；
- 解调参考信号（Demodulation Reference Signal，DMRS）；
- CSI-RS 和 DMRS 的组合。

可选地，上述参数 T 是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的。

步骤 206：根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号，估计连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息。

可选地，终端设备根据连续 T 个时刻中各时刻的波束赋形的下行导频信号，能够估计连

续 T 个时刻中各时刻的下行有效信道信息。该下行有效信道信息是用于反映下行信道的特征的信息。

步骤 208: 根据连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息, 确定连续 T 个时刻对应的 CSI。

网络设备根据终端设备确定的 CSI, 能够确定用于下行数据传输的预编码矩阵。CSI 也可称为码本参数信息。可选地, CSI 中的信息包括以下两种情况:

第一种情况:

该 CSI 包括如下至少一种信息:

- 端口选择指示信息;
- 频域基向量指示信息;
- 时域 Doppler 分量指示信息;
- 组合系数指示信息;

其中, 端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口, 频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量, 时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域 Doppler 分量, 组合系数指示信息用于指示终端设备确定的组合系数, 参数 L、参数 M 和参数 K 为正整数。可选地, 时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域基向量, 或者是 K 个相位偏移, 即时域 Doppler 分量通过相位偏移或基向量表示。

可选地, 上述参数 K 是通过如下至少一种方式确定的:

- 网络设备配置的;
- 终端设备与网络设备协商预定义的;
- 终端设备根据下行有效信道信息确定的。

在终端设备根据下行有效信道信息确定参数 K 的情况下, 终端设备会向网络设备上报告终端设备确定的参数 K。

可选地, 在参数 T 和/或参数 K 是网络设备配置的情况下, 参数 T 和/或参数 K 是网络设备通过如下至少一种信令向终端设备配置的:

- 无线资源控制 (Radio Resource Control, RRC) 信令;
- 媒介接入控制-控制单元 (Media Access Control-Control Element, MAC-CE) 信令;
- 下行控制信息 (Downlink Control Information, DCI)。

可选地, 该时域 Doppler 分量满足如下条件中的至少之一:

- 在下行数据传输为单层传输的情况下, 不同极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同;
- 不同参考信号端口对应的时域 Doppler 分量相同或不同;
- 不同时频分量对应的时域 Doppler 分量相同或不同;

其中, 时频分量是由频域基向量和时域 Doppler 分量组成的。由于通常存在两个极化方向, 因此该两个极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同。上述极化方向指网络设备向终端设备发送数据的极化方向。

可选地, 在下行数据传输为多层传输的情况下, 不同传输层对应的时域 Doppler 分量相同或不同。多层传输即存在多个传输层, 该传输层用于网络设备将码字映射至端口。

可选地, 时域 Doppler 分量通过发送下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示; 或, 时域 Doppler 分量通过基向量表示。

在时域 Doppler 分量通过相位偏移表示的情况下, 若参数 K 是终端设备确定的, 参数 K 是终端设备根据每个传输层的非零系数的个数确定的。

可选地, 时域 Doppler 分量通过基向量表示, 基向量包括如下至少一种:

- 离散傅里叶变换 (Discrete Fourier Transform, DFT) 基向量;
- 离散余弦变换 (Discrete Cosine Transform, DCT) 基向量;

- 多项式基向量。

第二种情况：

该 CSI 包括如下至少一种信息：

- 端口选择指示信息；
- 频域基向量指示信息；
- 组合系数指示信息；

其中，端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口，频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量，组合系数指示信息用于指示终端设备确定的连续 T 个时刻对应的 T 组组合系数， T 组组合系数的矩阵中非零系数位置的信息相同，参数 L 和参数 M 为正整数。

可选地，上述参数 L 和参数 M 中的每个参数，是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的；
- 终端设备根据下行信道信息确定的。

可选地，上述参考信号端口包括如下至少一种：

- CSI-RS 端口；
- DMRS 端口。

步骤 210：向网络设备上报 CSI。

可选地，终端设备会向网络设备上报其确定的 CSI 中的全部信息或部分信息。CSI 用于网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵，该时刻 t 在连续 T 个时刻之后。可选地，网络设备根据终端设备上报的 CSI，计算连续 T 个时刻中各时刻的下行数据传输的预编码矩阵，作为时刻 t 的预编码矩阵。网络设备也能够根据终端设备上报的 CSI，直接计算出时刻 t 的预编码矩阵。

综上所述，本实施例提供的方法，通过终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号来确定 CSI，能够在确定 CSI 的过程中考虑到信道信息在时域上的相关性。网络设备使用该 CSI 来确定预编码矩阵，能够使网络设备根据终端设备一次上报的 CSI，实现计算未来不同时刻的预编码矩阵。在保证数据传输性能的同时，避免终端设备由于快速移动从而频繁上报 CSI，减小了终端设备上报 CSI 的周期，降低了终端设备的上行反馈开销。并且，使用波束赋形的下行导频信号来确定 CSI，能够提升确定 CSI 的准确度。

图 3 示出了本申请一个实施例提供的预编码矩阵的确定方法的流程图。该方法可以应用于图 1 所示的网络设备中。该方法包括：

步骤 302：接收终端设备发送的上行参考信号。

可选地，该上行参考信号为 SRS。

步骤 304：根据上行参考信号估计上行信道信息，以及根据上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束。

网络设备根据上行参考信号能够估计出上行信道信息，从而计算出波束。网络设备计算的该波束用于对下行导频信号进行波束赋形。可选地，该下行导频信号包括如下至少一种：

- CSI-RS；
- DMRS；
- CSI-RS 和 DMRS 的组合。

步骤 306：在连续 T 个时刻向终端设备发送使用波束进行波束赋形的下行导频信号。

波束赋形的下行导频信号用于终端设备确定下行有效信道信息。 T 为正整数，可选地，上述参数 T 是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；

- 终端设备与网络设备协商预定义的。

可选地，网络设备在连续 T 个时刻，使用相同的导频信号资源端口采用相同的波束，向终端设备发送波束赋形的下行导频信号。其中，相同的导频信号资源端口包括相同的导频信号资源对应的端口，或者不同的导频信号资源索引的相同端口。

可选地，网络设备在连续 T 个时刻，使用相同的导频信号资源端口，向终端设备发送不同的波束赋形的下行导频信号。其中，相同的导频信号资源端口包括配置有不同导频信号资源的各端口中，频域位置相同的端口。

步骤 308：接收终端设备上报的连续 T 个时刻对应的 CSI。

CSI 是终端设备根据波束赋形下行导频信号确定的。终端设备会根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号，估计连续 T 个时刻的下行有效信道信息。之后根据连续 T 个时刻的下行有效信道信息，确定连续 T 个时刻对应的 CSI。可选地，CSI 中的信息包括以下两种情况：

第一种情况：

该 CSI 包括如下至少一种信息：

- 端口选择指示信息；
- 频域基向量指示信息；
- 时域 Doppler 分量指示信息；
- 组合系数指示信息；

其中，端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口，频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量，时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域 Doppler 分量，组合系数指示信息用于指示终端设备确定的组合系数，参数 L 、参数 M 和参数 K 为正整数。可选地，时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域基向量，或者是 K 个相位偏移，即时域 Doppler 分量通过相位偏移或基向量表示。

可选地，该时域 Doppler 分量满足如下条件中的至少之一：

- 在下行数据传输为单层传输的情况下，不同极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同；
- 不同参考信号端口对应的时域 Doppler 分量相同或不同；
- 不同时频分量对应的时域 Doppler 分量相同或不同；

其中，时频分量是由频域基向量和时域 Doppler 分量组成的。由于通常存在两个极化方向，因此该两个极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同。上述极化方向指网络设备向终端设备发送数据的极化方向。

可选地，在下行数据传输为多层传输的情况下，不同传输层对应的时域 Doppler 分量相同或不同。多层传输即存在多个传输层，该传输层用于网络设备将码字映射至端口。

可选地，时域 Doppler 分量通过发送下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示；或，时域 Doppler 分量通过基向量表示。

在时域 Doppler 分量通过相位偏移表示的情况下，若参数 K 是终端设备确定的，参数 K 是终端设备根据每个传输层的非零系数的个数确定的。

可选地，时域 Doppler 分量通过基向量表示，基向量包括如下至少一种：

- DFT 基向量；
- DCT 基向量；
- 多项式基向量。

第二种情况：

该 CSI 包括如下至少一种信息：

- 端口选择指示信息；

- 频域基向量指示信息;
- 组合系数指示信息;

其中, 端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口, 频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量, 组合系数指示信息用于指示终端设备确定的连续 T 个时刻对应的 T 组组合系数, T 组组合系数的矩阵中非零系数位置的信息相同, 参数 L 和参数 M 为正整数。

步骤 310: 根据 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵。

该时刻 t 在连续 T 个时刻之后。可选地, 网络设备根据终端设备上报的 CSI, 计算连续 T 个时刻中各时刻的下行数据传输的预编码矩阵, 作为时刻 t 的预编码矩阵。网络设备也能够根据终端设备上报的 CSI, 直接计算出时刻 t 的预编码矩阵。

网络设备在根据 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵的过程中, 会使用上述时域 Doppler 分量。可选地, 针对上述 CSI 的第一种情况, 时域 Doppler 分量是由终端设备确定的。针对上述 CSI 的第二种情况, 时域 Doppler 分量是由网络设备确定的。

综上所述, 本实施例提供的方法, 通过终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号来确定 CSI, 能够在确定 CSI 的过程中考虑到信道信息在时域上的相关性。网络设备使用该 CSI 来确定预编码矩阵, 能够使网络设备根据终端设备一次上报的 CSI, 实现计算未来不同时刻的预编码矩阵。在保证数据传输性能的同时, 避免终端设备由于快速移动从而频繁上报 CSI, 减小了终端设备上报 CSI 的周期, 降低了终端设备的上行反馈开销。并且, 使用波束赋形的下行导频信号来确定 CSI, 能够提升确定 CSI 的准确度。

本申请实施例提供的方法, 能够实现对 CSI 的上报过程进行增强设计, 从而实现在确定下行数据传输的预编码矩阵时, 使用时域 Doppler 分量进行确定。通过使用信道的 Doppler 信息 (时域 Doppler 分量), 能够考虑到信道信息在时域上的相关性。使用时域 Doppler 分量来确定预编码矩阵, 能够使网络设备根据终端设备一次上报的 CSI, 实现计算未来不同时刻的预编码矩阵。在保证数据传输性能的同时, 避免终端设备由于快速移动从而频繁上报 CSI, 减小了终端设备上报 CSI 的周期, 降低了终端设备的上行反馈开销。其中, 时域 Doppler 分量可通过网络设备发送下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示, 也可通过基向量表示。并且, 时域 Doppler 分量可由终端设备确定, 或由网络设备确定。以下通过三个实施例对本申请提供的方法进行介绍:

1、针对时域 Doppler 分量通过相位偏移表示, 由终端设备确定时域 Doppler 分量的情况:

图 4 示出了本申请一个实施例提供的预编码矩阵的确定方法的流程图。该方法可以应用于图 1 所示的系统。该方法包括:

步骤 402: 终端设备向网络设备发送上行参考信号。

可选地, 该上行参考信号为 SRS。

步骤 404: 网络设备根据上行参考信号估计上行信道信息, 以及根据上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束。

网络设备根据上行参考信号能够估计出上行信道信息, 从而计算出波束。网络设备计算的该波束用于对下行导频信号进行波束赋形。可选地, 该下行导频信号包括如下至少一种:

- CSI-RS;
- DMRS;
- CSI-RS 和 DMRS 的组合。

步骤 406: 网络设备在连续 T 个时刻向终端设备发送使用波束进行波束赋形的下行导频信号。

波束赋形的下行导频信号用于终端设备确定下行有效信道信息。 T 为正整数, 可选地,

上述参数 T 是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的。

可选地，网络设备在连续 T 个时刻，使用相同的导频信号资源端口采用相同的波束，向终端设备发送波束赋形的下行导频信号。其中，相同的导频信号资源端口包括相同的导频信号资源对应的端口，或者不同的导频信号资源索引的相同端口。

可选地，网络设备在连续 T 个时刻，使用相同的导频信号资源端口，向终端设备发送不同的波束赋形的下行导频信号。其中，相同的导频信号资源端口包括配置有不同导频信号资源的各端口中，频域位置相同的端口。

步骤 408：终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号，估计连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息。

可选地，终端设备根据连续 T 个时刻中各时刻的波束赋形的下行导频信号，能够估计连续 T 个时刻中各时刻的下行有效信道信息。该下行有效信道信息是用于反映下行信道的特征的信息。

步骤 410：终端设备根据连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息，确定连续 T 个时刻对应的第一种 CSI。

网络设备根据终端设备确定的 CSI，能够确定用于下行数据传输的预编码矩阵。CSI 也可称为码本参数信息。可选地，该 CSI 包括如下至少一种信息：

- 端口选择指示信息；
- 频域基向量指示信息；
- 时域 Doppler 分量指示信息；
- 组合系数指示信息；

其中，端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口，频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量，时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域 Doppler 分量，组合系数指示信息用于指示终端设备确定的组合系数，参数 L 、参数 M 和参数 K 为正整数。可选地，时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域基向量，或者是 K 个相位偏移，即时域 Doppler 分量通过相位偏移或基向量表示。

可选地，上述参数 L 和参数 M 中的每个参数，是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的；
- 终端设备根据下行信道信息确定的。

可选地，上述参考信号端口包括如下至少一种：

- CSI-RS 端口；
- DMRS 端口。

可选地，上述参数 K 是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的；
- 终端设备根据下行有效信道信息确定的。

在终端设备根据下行有效信道信息确定参数 K 的情况下，终端设备会向网络设备上报终端设备确定的参数 K 。

可选地，在参数 T 和/或参数 K 是网络设备配置的情况下，参数 T 和/或参数 K 是网络设备通过如下至少一种信令向终端设备配置的：

- RRC 信令；
- MAC-CE 信令；

• DCI。

可选地，该时域 Doppler 分量满足如下条件中的至少之一：

• 在下行数据传输为单层传输的情况下，不同极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同；

• 不同参考信号端口对应的时域 Doppler 分量相同或不同；

• 不同时频分量对应的时域 Doppler 分量相同或不同；

其中，时频分量是由频域基向量和时域 Doppler 分量组成的。由于通常存在两个极化方向，因此该两个极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同。上述极化方向指网络设备向终端设备发送数据的极化方向。

可选地，在下行数据传输为多层传输的情况下，不同传输层对应的时域 Doppler 分量相同或不同。多层传输即存在多个传输层，该传输层用于网络设备将码字映射至端口。

可选地，时域 Doppler 分量通过发送下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示。在时域 Doppler 分量通过相位偏移表示的情况下，若参数 K 是终端设备确定的，参数 K 是终端设备根据每个传输层的非零系数的个数确定的。

可选地，时域 Doppler 分量通过相位偏移表示，时域 Doppler 分量的表达式如下：

$$D = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_{1,1}} & \dots & e^{j\varphi_{1,M}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{j\varphi_{L,1}} & \dots & e^{j\varphi_{L,M}} \end{bmatrix};$$

其中，e 表示自然常数，j 表示虚数。 $\varphi_{x,y}$ 表示第 x 个参考信号端口和第 y 个频域基向量对应的相位偏移值，参数 L 表示终端设备所选的参考信号端口的数量，参数 M 表示终端设备所选的频域基向量的数量，参数 L 和参数 M 为正整数。

可选地，终端设备在向网络设备上报时域 Doppler 分量的情况下，终端设备会上报满足如下条件的第 x 个参考信号端口和第 y 个频域基向量对应的相位偏移值：

第 x 个参考信号端口和第 y 个频域基向量对应的组合系数的幅度不为 0。

可选地，终端设备还会向网络设备上报最强系数。

步骤 412：终端设备向网络设备上报第一种 CSI。

可选地，终端设备会向网络设备上报其确定的 CSI 中的全部信息或部分信息。CSI 用于网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵，该时刻 t 在连续 T 个时刻之后。可选地，终端设备在上报 CSI 时，会对 CSI 中的信息进行量化。

步骤 414：网络设备根据第一种 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵。

可选地，网络设备根据终端设备上报的 CSI，计算连续 T 个时刻中各时刻的下行数据传输的预编码矩阵，作为时刻 t 的预编码矩阵。网络设备也能够根据终端设备上报的 CSI，直接计算出时刻 t 的预编码矩阵。

针对网络设备计算连续 T 个时刻的预编码矩阵作为时刻 t 的预编码矩阵的情况：

时域 Doppler 分量与时间存在对应关系，网络设备根据终端设备上报的 CSI，通过如下公式能够计算连续 T 个时刻中各时刻对应的预编码矩阵，并将其作为时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵：

$$W = \sqrt{a} * W_1 (\tilde{W}_2 \odot D) W_f^H;$$

其中， W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵， $\tilde{W}_2$ 表示组合系数的矩阵， W_f 表示频域基向量的矩阵， $\sqrt{a}$ 表示功率归一化因子，H 表示矩阵的共轭转置。

针对网络设备直接计算时刻 t 的预编码矩阵的情况：

可选地，连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔相等，时刻 t 与连续 T 个时刻中的第一个时刻之间的时间差为 Δt ，并且 Δt 为连续 T 个时刻中的相邻时刻的时间间隔的整数倍。网络设备根据终端设备上报的 CSI，通过如下公式能够直接计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵：

$$W_t = \sqrt{c} W_1 (\tilde{W}_2 \odot D') W_f^H;$$

$$D' = \begin{bmatrix} e^{j\Delta t \varphi_{1,1}} & \dots & e^{j\Delta t \varphi_{1,M}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{j\Delta t \varphi_{L,1}} & \dots & e^{j\Delta t \varphi_{L,M}} \end{bmatrix};$$

其中, W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 表示组合系数的矩阵, W_f 表示频域基向量的矩阵, $\sqrt{c}$ 表示功率归一化因子, 参数 L 表示终端设备所选的参考信号端口的数量, 参数 M 表示终端设备所选的频域基向量的数量, 参数 L 和参数 M 为正整数, H 表示矩阵的共轭转置。

在一个具体的例子中, 本申请实施例提供的方法用于对 R17 Type II 端口选择码本进行优化设计, 时域 Doppler 分量采用相位偏移表示。UE 向 gNB 发送 SRS, gNB 根据接收的 SRS 估计上行信道信息, 并计算出 P 个空域波束, 之后通过 P 个 CSI-RS 端口向 UE 发送波束赋形的下行导频信号。示例地, 图 5 是本申请一个示例性实施例提供的发送 CSI-RS 的示意图。如图 5 所示, 用于进行下行信道估计的下行导频信号为 CSI-RS。gNB 在连续 $T=2$ 个时刻向 UE 发送波束赋形的 CSI-RS, 并定义发送的波束赋形的 CSI-RS 为波束赋形的 CSI-RS 突发(burst), 相同端口采用相同的波束赋形。示例性地, 数据通过一流传输, 即传输秩 $v=1$, 发送天线端口数为 N_t , PMI 子带的个数为 N_3 。gNB 通过 RRC 信令向 UE 配置了码本参数以确定 $L=2, M=1$, 非零系数的个数为 $K_0 = 4$ 。

UE 根据接收的波束赋形的 CSI-RS burst 估计出这两个时刻的下行有效信道信息。假设 UE 根据两个时刻中的第一时刻(第一个时刻, 即 t_0 时刻)的有效信道信息确定端口选择矩阵 $W_1 \in \mathbb{C}^{N_t \times 4}$, W_f 被关闭。UE 利用 W_1 , 根据第一时刻的下行信息计算组合系数矩阵 $\tilde{W}_2, t_0 =$

$$\begin{bmatrix} c_{1,1,t_0} \\ c_{2,1,t_0} \\ c_{3,1,t_0} \\ c_{4,1,t_0} \end{bmatrix},$$

组合系数的幅度大于 0。UE 再利用相同的 W_1 , 根据两个时刻中的第二时刻(第二个时刻, 即 t_0+1 时刻)的下行信息计算组合系数矩阵 $\tilde{W}_2, t_0+1 = \begin{bmatrix} c_{1,1,t_0+1} \\ c_{2,1,t_0+1} \\ c_{3,1,t_0+1} \\ c_{4,1,t_0+1} \end{bmatrix}$, 以及计算时域 Doppler

分量 $D = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_{1,1}} \\ e^{j\varphi_{2,1}} \\ e^{j\varphi_{3,1}} \\ e^{j\varphi_{4,1}} \end{bmatrix}$ 。其中, $\varphi_{x,y} = c_{x,y,t_0+1}/c_{x,y,t_0}$ 。UE 把 W_1 的指示信息(用于向 gNB 指示 W_1)、

量化后的组合系数矩阵和量化后的时域 Doppler 分量 D 上报给 gNB。gNB 通过 $W = \sqrt{a_1} * W_1 \tilde{W}_2 W_f^H$ 和 $W = \sqrt{a_2} * W_1 (\tilde{W}_2 \odot D) W_f^H$, 分别计算 t_0 时刻和 $t_0 + 1$ 时刻的预编码矩阵, 该预编码矩阵可作为连续 T 个时刻之后的时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵。gNB 也可以通过 $W_t =$

$\sqrt{a_3} W_1 (\tilde{W}_2 \odot D') W_f^H$ 计算时刻 t 的预编码, 其中 $D' = \begin{bmatrix} e^{j\Delta t \varphi_{1,1}} \\ e^{j\Delta t \varphi_{2,1}} \\ e^{j\Delta t \varphi_{3,1}} \\ e^{j\Delta t \varphi_{4,1}} \end{bmatrix}$, $\sqrt{a_x}$ 表示功率归一化因子。 Δt

为时刻 t 与 t_0 时刻之间的相对时间差, 并且 Δt 为 t_0 时刻与 $t_0 + 1$ 时刻相对时间差的整数倍。

在一个具体的例子中, 本申请实施例提供的方法用于对 R16 Type II 端口选择码本进行优化设计, 时域 Doppler 分量采用相位偏移表示。UE 向 gNB 发送 SRS, gNB 根据接收的 SRS 估计上行信道信息, 并计算出 P 个空域波束, 之后通过 P 个 CSI-RS 端口向 UE 发送波束赋形的下行导频信号。示例地, 继续参照图 5, 用于进行下行信道估计的导频信号为 CSI-RS。gNB 在连续 $T=2$ 个时刻向 UE 发送波束赋形的 CSI-RS burst, 相同端口采用相同的波束赋形。示例性地, 数据通过一流传输, 即传输秩 $v=1$, 发送天线端口数为 N_t , PMI 子带的个数为 N_3 。gNB 通过 RRC 信令向 UE 配置了码本参数以确定 $L=2, M=2$, 非零系数的个数为 $K_0 = 4$ 。

UE 根据接收的波束赋形的 CSI-RS burst 估计出这两个时刻的下行有效信道信息, 假设 UE 根据两个时刻中的第一时刻 (第一个时刻, 即 t_0 时刻) 的信道信息在一个极化方向上选择 $L=2$ 个端口, 并且 UE 计算 FD basis, 可得到 $W_1 \in \mathbb{C}^{P \times 4}$ 和 $W_f \in \mathbb{C}^{N_3 \times 2}$ 。UE 利用 W_1 和 W_f , 计算

t_0 时刻的组合系数矩阵 $\tilde{W}_{2,t_0} = \begin{bmatrix} 0 & c_{1,2,t_0} \\ c_{2,1,t_0} & c_{2,2,t_0} \\ 0 & 0 \\ c_{4,1,t_0} & 0 \end{bmatrix}$, 其中 $c_{2,1,t_0}$ 、 $c_{4,1,t_0}$ 、 $c_{1,2,t_0}$ 和 $c_{2,2,t_0}$ 为复数, 其幅

度大于 0。UE 再利用相同的 W_1 和 W_f , 计算两个时刻中的第二时刻 (第二个时刻, 即 t_0+1 时

刻) 的组合系数矩阵 $\tilde{W}_{2,t_0+1} = \begin{bmatrix} 0 & c_{1,2,t_0+1} \\ c_{2,1,t_0+1} & c_{2,2,t_0+1} \\ 0 & 0 \\ c_{4,1,t_0+1} & 0 \end{bmatrix}$, 以及计算时域 Doppler 分量 $D =$

$\begin{bmatrix} 0 & e^{j\varphi_{1,2}} \\ e^{j\varphi_{2,1}} & e^{j\varphi_{2,2}} \\ 0 & 0 \\ e^{j\varphi_{4,1}} & 0 \end{bmatrix}$ 。其中, $\varphi_{x,y} = c_{x,y,t_0+1}/c_{x,y,t_0}$ 。UE 把 W_1 和 W_f 的指示信息、量化后的组合系数

矩阵 $\tilde{W}_2$ 和量化后的时域 Doppler 分量 D 上报给 gNB。gNB 通过 $W = \sqrt{a} * W_1 \tilde{W}_2 W_f^H$ 和 $W = \sqrt{b} * W_1 (\tilde{W}_2 \odot D) W_f^H$ 分别计算 t_0 时刻和 t_0+1 时刻的预编码矩阵, 该预编码矩阵可作为连续 T 个时刻之后的时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵。gNB 也可以通过 $W_t = \sqrt{c} W_1 (\tilde{W}_2 \odot D') W_f^H$

计算时刻 t 的预编码矩阵, 其中 $D' = \begin{bmatrix} 0 & e^{j\Delta t \varphi_{1,2}} \\ e^{j\Delta t \varphi_{2,1}} & e^{j\Delta t \varphi_{2,2}} \\ 0 & 0 \\ e^{j\Delta t \varphi_{4,1}} & 0 \end{bmatrix}$, $\sqrt{a}$ 、 $\sqrt{b}$ 和 $\sqrt{c}$ 表示功率归一化因子。

Δt 为时刻 t 与 t_0 时刻之间的相对时间差, 并且 Δt 为 t_0 时刻与 t_0+1 时刻相对时间差的整数倍。

综上所述, 本实施例提供的方法, 通过终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号来确定时域 Doppler 分量, 能够实现在确定 CSI 的过程中考虑到信道信息在时域上的相关性。网络设备使用该时域 Doppler 分量来确定预编码矩阵, 能够使网络设备根据终端设备一次上报的 CSI, 实现计算未来不同时刻的预编码矩阵。在保证数据传输性能的同时, 避免终端设备由于快速移动从而频繁上报 CSI, 减小了终端设备上报 CSI 的周期, 降低了终端设备的上行反馈开销。并且, 使用波束赋形的下行导频信号来确定 CSI, 能够提升确定 CSI 的准确度。另外, 确定采用相位偏移表示的时域 Doppler 分量, 提供了一种确定时域 Doppler 分量的方式。

2、针对时域 Doppler 分量通过基向量表示, 由终端设备确定时域 Doppler 分量的情况:

图 6 示出了本申请一个实施例提供的预编码矩阵的确定方法的流程图。该方法可以应用于图 1 所示的系统。该方法包括:

步骤 602: 终端设备向网络设备发送上行参考信号。

可选地, 该上行参考信号为 SRS。

步骤 604: 网络设备根据上行参考信号估计上行信道信息, 以及根据上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束。

网络设备根据上行参考信号能够估计出上行信道信息, 从而计算出波束。网络设备计算的该波束用于对下行导频信号进行波束赋形。可选地, 该下行导频信号包括如下至少一种:

- CSI-RS;
- DMRS;
- CSI-RS 和 DMRS 的组合。

步骤 606: 网络设备在连续 T 个时刻向终端设备发送使用波束进行波束赋形的下行导频信号。

波束赋形的下行导频信号用于终端设备确定下行有效信道信息。T 为正整数，可选地，上述参数 T 是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的。

可选地，网络设备在连续 T 个时刻，使用相同的导频信号资源端口采用相同的波束，向终端设备发送波束赋形的下行导频信号。其中，相同的导频信号资源端口包括相同的导频信号资源对应的端口，或者不同的导频信号资源索引的相同端口。

可选地，网络设备在连续 T 个时刻，使用相同的导频信号资源端口，向终端设备发送不同的波束赋形的下行导频信号。其中，相同的导频信号资源端口包括配置有不同导频信号资源的各端口中，频域位置相同的端口。

步骤 608：终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号，估计连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息。

可选地，终端设备根据连续 T 个时刻中各时刻的波束赋形的下行导频信号，能够估计连续 T 个时刻中各时刻的下行有效信道信息。该下行有效信道信息是用于反映下行信道的特征的信息。

步骤 610：终端设备根据连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息，确定连续 T 个时刻对应的第二种 CSI。

网络设备根据终端设备确定的 CSI，能够确定用于下行数据传输的预编码矩阵。CSI 也可称为码本参数信息。可选地，该 CSI 包括如下至少一种信息：

- 端口选择指示信息；
- 频域基向量指示信息；
- 时域 Doppler 分量指示信息；
- 组合系数指示信息；

其中，端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口，频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量，时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域 Doppler 分量，组合系数指示信息用于指示终端设备确定的组合系数，参数 L、参数 M 和参数 K 为正整数。可选地，时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域基向量，或者是 K 个相位偏移，即时域 Doppler 分量通过相位偏移或基向量表示。

可选地，上述参数 L 和参数 M 中的每个参数，是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的；
- 终端设备根据下行信道信息确定的。

可选地，上述参考信号端口包括如下至少一种：

- CSI-RS 端口；
- DMRS 端口。

可选地，上述参数 K 是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的；
- 终端设备根据下行有效信道信息确定的。

在终端设备根据下行有效信道信息确定参数 K 的情况下，终端设备会向网络设备上报终端设备确定的参数 K。

可选地，在参数 T 和/或参数 K 是网络设备配置的情况下，参数 T 和/或参数 K 是网络设备通过如下至少一种信令向终端设备配置的：

- RRC 信令；

- MAC-CE 信令;
- DCI。

可选地, 该时域 Doppler 分量满足如下条件中的至少之一:

- 在下行数据传输为单层传输的情况下, 不同极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同;
- 不同参考信号端口对应的时域 Doppler 分量相同或不同;
- 不同时频分量对应的时域 Doppler 分量相同或不同;

其中, 时频分量是由频域基向量和时域 Doppler 分量组成的。由于通常存在两个极化方向, 因此该两个极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同。上述极化方向指网络设备向终端设备发送数据的极化方向。

可选地, 在下行数据传输为多层传输的情况下, 不同传输层对应的时域 Doppler 分量相同或不同。多层传输即存在多个传输层, 该传输层用于网络设备将码字映射至端口。

可选地, 该时域 Doppler 分量通过基向量表示。该基向量包括如下至少一种:

- DFT 基向量;
- DCT 基向量;
- 多项式基向量。

可选地, 通过引入参数 O_3 , 能够实现对时域 Doppler 分量进行过采样扩展, 从而获得更多的基向量信息。

可选地, 时域 Doppler 分量通过基向量表示, 时域 Doppler 分量的表达式如下:

$$W_d = [f_{d,1} \quad \dots \quad f_{d,K}];$$

其中, W_d 中的 K 个基向量是终端设备从候选基向量中选择的; 或者, W_d 中的 K 个基向量是固定或预定义的基向量。可选地, 终端设备通过组合系数或位图 (bitmap), 向网络设备指示所选的 K 个时域 Doppler 分量。

步骤 612: 终端设备向网络设备上报第二种 CSI。

可选地, 终端设备会向网络设备上报其确定的 CSI 中的全部信息或部分信息。CSI 用于网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵, 该时刻 t 在连续 T 个时刻之后。可选地, 终端设备在上报 CSI 时, 会对 CSI 中的信息进行量化。

步骤 614: 网络设备根据第二种 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵。

可选地, 网络设备根据终端设备上报的 CSI, 计算连续 T 个时刻中各时刻的下行数据传输的预编码矩阵, 作为时刻 t 的预编码矩阵。网络设备也能够根据终端设备上报的 CSI, 直接计算出时刻 t 的预编码矩阵。

针对网络设备计算连续 T 个时刻的预编码矩阵作为时刻 t 的预编码矩阵的情况:

时域 Doppler 分量与时间存在对应关系, 网络设备根据终端设备上报的 CSI, 通过如下公式能够计算连续 T 个时刻中各时刻对应的预编码矩阵, 并将其作为时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W = \sqrt{b} W_1 \tilde{W}_2 (W_d \otimes W_f)^H;$$

其中, W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 表示组合系数的矩阵, W_f 表示频域基向量的矩阵, $\sqrt{b}$ 表示功率归一化因子, H 表示矩阵的共轭转置。

针对网络设备直接计算时刻 t 的预编码矩阵的情况:

可选地, 时域 Doppler 分量采用 DFT 基向量表示, 连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔相等, $t = T + n$, 表示时刻 t 为 T 个时刻中最后一个时刻之后, 且与 T 个时刻中最后一个时刻的时间间隔为 n 倍目标时间间隔的时刻, 目标时间间隔为连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔, n 为正整数。网络设备根据终端设备上报的 CSI, 通过如下公式能够直接计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W_t = \sqrt{d} W_1 \tilde{W}_2 \left(\begin{bmatrix} f_{d,1}((t-T) \bmod T) e^{j \frac{2\pi k_1 |t-T|+1}{O_3}} \\ \vdots \\ f_{d,K}((t-T) \bmod T) e^{j \frac{2\pi k_K |t-T|+1}{O_3}} \end{bmatrix} \otimes W_f \right)^H ;$$

其中, W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 表示组合系数的矩阵, W_f 表示频域基向量的矩阵, $f_{d,k}(T)$ 表示 DFT 基向量的第 T 行对应的元素, k_K 表示第 K 个 DFT 基向量的索引值, $\sqrt{d}$ 表示功率归一化因子, O_3 表示过采样因子, H 表示矩阵的共轭转置。

在一个具体的例子中, 本申请实施例提供的方法用于对 R17 Type II 端口选择码本进行优化设计, 时域 Doppler 分量采用基向量表示。UE 向 gNB 发送 SRS, gNB 根据接收的 SRS 估计上行信道信息, 并计算出 P 个空域波束, 之后通过 P 个 CSI-RS 端口向 UE 发送波束赋形的下行导频信号。示例地, 图 7 是本申请一个示例性实施例提供的发送 CSI-RS 的示意图。如图 7 所示, 用于下行信道估计的导频信号为 CSI-RS, gNB 在连续 $T=4$ 个时刻向 UE 发送波束赋形的 CSI-RS burst, 相同的端口采用相同的波束赋形。示例性地, 数据通过一流传输, 即传输秩 $v=1$, 发送天线端口数 $N_t = 16$, PMI 子带的个数为 N_3 。gNB 通过 RRC 信令向 UE 配置了码本参数以确定 $L=2$, $M=2$, 上报的组合系数个数为 $K_0 = 8$ 。时域 Doppler 分量通过 $K=2$ 个 DFT 基向量表示, 并且对时域 Doppler 分量的基向量不做过采样, 即 DFT 基向量对应的参数 $O_3 = 1$ 。

UE 根据接收的 CSI-RS burst 估计出这四个时刻的下行有效信道信息。假设 UE 根据四个时刻中的第一时刻 (第一个时刻, 即 t_0 时刻) 的信道信息选择的端口表示为 $W_1 \in \mathbb{C}^{N_t \times 4}$, 并且通过 $M=2$ 个 FD basis 表示 W_f 。UE 利用 W_1 、 W_f , 根据第一时刻的下行信息计算组合系数矩阵

$$\tilde{W}_{2,t_0} = \begin{bmatrix} c_{1,1,t_0} & c_{1,2,t_0} \\ c_{2,1,t_0} & c_{2,2,t_0} \\ c_{3,1,t_0} & c_{3,2,t_0} \\ c_{4,1,t_0} & c_{4,2,t_0} \end{bmatrix}。类似地, UE 再利用相同的 W_1 和 W_f , 能够实现计算除第一时刻以外的,$$

其余三个时刻对应的组合系数矩阵 $\tilde{W}_{2,t_0+1}$ 、 $\tilde{W}_{2,t_0+2}$ 和 $\tilde{W}_{2,t_0+3}$ 。令 $v_{t_0} = [c_{1,1,t_0} \ c_{1,2,t_0} \ c_{2,1,t_0} \ \cdots \ c_{4,1,t_0} \ c_{4,2,t_0}]^T$ 表示 $\tilde{W}_{2,t_0}$ 。类似地, 可得 v_{t_0+1} , v_{t_0+2} 和 v_{t_0+3} 。再令 $V = [v_{t_0}^T \ \cdots \ v_{t_0+3}^T]$, 根据 $\max_{f_{d,k}} \|V f_{d,k}\|_2$ 可计算出时域 Doppler 分量 $W_d = [f_{d,1} \ \cdots \ f_{d,K}] \in \mathbb{C}^{T \times K}$ 。UE 根据连续 T 个时刻的下行有效信道信息和 W_1 、 W_f 、 W_d 确定组合系数 $\tilde{W}_2 \in \mathbb{C}^{8 \times 2}$, 然后选择其中 $K_0 = 8$ 个非零系数上报。UE 将 W_1 和 W_f 的指示信息、量化后的组合系数矩阵和时域 Doppler 分量 W_d 上报给 gNB。gNB 通过 $W = \sqrt{b} W_1 \tilde{W}_2 (W_d \otimes W_f)^H$ 能够实现计算连续 T 个时刻内, 各时刻对应的预编码矩阵, 该预编码矩阵可作为连续 T 个时刻之后的时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵。另外, gNB 也可以通过 $W_t =$

$$\sqrt{d} W_1 \tilde{W}_2 \left(\begin{bmatrix} f_{d,1}((t-T) \bmod T) e^{j \frac{2\pi k_1 |t-T|+1}{O_3}} \\ \vdots \\ f_{d,K}((t-T) \bmod T) e^{j \frac{2\pi k_K |t-T|+1}{O_3}} \end{bmatrix} \otimes W_f \right)^H ,$$

计算时刻 t 的预编码矩阵。其中, $t=T+n$, 表示时刻 t 为 T 个时刻中最后一个时刻之后, 且与 T 个时刻中最后一个时刻的时间间隔为 n 倍目标时间间隔的时刻, 该目标时间间隔为 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔。 $f_{d,k}(T)$ 表示基向量的第 T 行对应的元素。

需要说明的是, 本申请实施例提供的方法也能够用于对 R16 Type II 端口选择码本进行优化设计, 且时域 Doppler 分量采用基向量表示。具体实现过程请参照上述针对 R17 Type II 端口选择码本进行优化设计, 且时域 Doppler 分量采用基向量表示的实施例, 本申请对此不做赘述。

综上所述, 本实施例提供的方法, 通过终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号来确定时域 Doppler 分量, 能够实现在确定 CSI 的过程中考虑到信道信息在时域上的相关性。网络设备使用该时域 Doppler 分量来确定预编码矩阵, 能够使网络设备根据终端设备一次上报的 CSI, 实现计算未来不同时刻的预编码矩阵。在保证数据传输性能的同时, 避免终端设备由于快速移动从而频繁上报 CSI, 减小了终端设备上报 CSI 的周期, 降低了终端设备的上行反馈开销。并且, 使用波束赋形的下行导频信号来确定 CSI, 能够提升确定 CSI 的准确度。另外, 确定采用基向量表示的时域 Doppler 分量, 提供了一种确定时域 Doppler 分量的方式。

3、针对时域 Doppler 由网络设备确定的情况:

图 8 示出了本申请一个实施例提供的预编码矩阵的确定方法的流程图。该方法可以应用于图 1 所示的系统。该方法包括:

步骤 802: 终端设备向网络设备发送上行参考信号。

可选地, 该上行参考信号为 SRS。

步骤 804: 网络设备根据上行参考信号估计上行信道信息, 以及根据上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束。

网络设备根据上行参考信号能够估计出上行信道信息, 从而计算出波束。网络设备计算的该波束用于对下行导频信号进行波束赋形。可选地, 该下行导频信号包括如下至少一种:

- CSI-RS;
- DMRS;
- CSI-RS 和 DMRS 的组合。

步骤 806: 网络设备在连续 T 个时刻向终端设备发送使用波束进行波束赋形的下行导频信号。

波束赋形的下行导频信号用于终端设备确定下行有效信道信息。 T 为正整数, 可选地, 上述参数 T 是通过如下至少一种方式确定的:

- 网络设备配置的;
- 终端设备与网络设备协商预定义的。

可选地, 网络设备在连续 T 个时刻, 使用相同的导频信号资源端口采用相同的波束, 向终端设备发送波束赋形的下行导频信号。其中, 相同的导频信号资源端口包括相同的导频信号资源对应的端口, 或者不同的导频信号资源索引的相同端口。

可选地, 网络设备在连续 T 个时刻, 使用相同的导频信号资源端口, 向终端设备发送不同的波束赋形的下行导频信号。其中, 相同的导频信号资源端口包括配置有不同导频信号资源的各端口中, 频域位置相同的端口。

步骤 808: 终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号, 估计连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息。

可选地, 终端设备根据连续 T 个时刻中各时刻的波束赋形的下行导频信号, 能够估计连续 T 个时刻中各时刻的下行有效信道信息。该下行有效信道信息是用于反映下行信道的特征的信息。

步骤 810: 终端设备根据连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息, 确定连续 T 个时刻对应的第三种 CSI。

网络设备根据终端设备确定的 CSI, 能够确定用于下行数据传输的预编码矩阵。CSI 也可称为码本参数信息。可选地, 该 CSI 包括如下至少一种信息:

- 端口选择指示信息;
- 频域基向量指示信息;
- 组合系数指示信息;

其中，端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口，频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量，组合系数指示信息用于指示终端设备确定的连续 T 个时刻对应的 T 组组合系数，T 组组合系数的矩阵中非零系数位置的信息相同，参数 L 和参数 M 为正整数。

可选地，上述参数 L 和参数 M 中的每个参数，是通过如下至少一种方式确定的：

- 网络设备配置的；
- 终端设备与网络设备协商预定义的；
- 终端设备根据下行信道信息确定的。

可选地，在参数 T 是网络设备配置的情况下，参数 T 是网络设备通过如下至少一种信令向终端设备配置的：

- RRC 信令；
- MAC-CE 信令；
- DCI。

可选地，上述参考信号端口包括如下至少一种：

- CSI-RS 端口；
- DMRS 端口。

步骤 812：终端设备向网络设备上报第三种 CSI。

可选地，终端设备会向网络设备上报其确定的 CSI 中的全部信息或部分信息。CSI 用于网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵，该时刻 t 在连续 T 个时刻之后。可选地，终端设备在上报 CSI 时，会对 CSI 中的信息进行量化。

步骤 814：网络设备根据第三种 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵。

可选地，网络设备根据终端设备上报的 CSI，计算连续 T 个时刻中各时刻的下行数据传输的预编码矩阵，作为时刻 t 的预编码矩阵。可选地，网络设备根据终端设备上报的 CSI，通过如下公式中的至少一种计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵：

$$W = \sqrt{a} * W_1 (\tilde{W}_2 \odot D) W_f^H;$$

$$W = \sqrt{b} W_1 \tilde{\tilde{W}}_2 (W_d \otimes W_f)^H;$$

其中， W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵， $\tilde{W}_2$ 和 $\tilde{\tilde{W}}_2$ 表示组合系数的矩阵， W_f 表示频域基向量的矩阵，D 为通过发送波束赋形的下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示的时域 Doppler 分量， W_d 为通过基向量表示的时域 Doppler 分量，D、 $\tilde{W}_2$ 、 $\tilde{\tilde{W}}_2$ 和 W_d^H 是根据 T 组组合系数确定的， $\sqrt{a}$ 和 $\sqrt{b}$ 表示功率归一化因子，H 表示矩阵的共轭转置。

综上所述，本实施例提供的方法，通过终端设备根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号来确定 T 组组合系数，并向网络设备上报 CSI，能够实现网络设备在确定 CSI 的过程中考虑到信道信息在时域上的相关性。网络设备通过确定时域 Doppler 分量来确定预编码矩阵，能够使网络设备根据终端设备一次上报的 CSI，实现计算未来不同时刻的预编码矩阵。在保证数据传输性能的同时，避免终端设备由于快速移动从而频繁上报 CSI，减小了终端设备上报 CSI 的周期，降低了终端设备的上行反馈开销。并且，使用波束赋形的下行导频信号来确定 CSI，能够提升确定 CSI 的准确度。另外，通过由网络设备确定时域 Doppler 分量，能够实现进一步降低终端设备的上行反馈开销。

需要说明的是，本申请实施例提供的方法步骤的先后顺序可以进行适当调整，步骤也可以根据情况进行相应增减，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，可轻易想到变化的方法，都应涵盖在本申请的保护范围之内，因此不再赘述。

图 9 示出了本申请一个示例性实施例提供的 CSI 的上报装置的结构框图。如图 9 所示，该装置包括：

发送模块 901，用于向网络设备发送上行参考信号；

接收模块 902, 用于接收网络设备在连续 T 个时刻发送的波束赋形的下行导频信号;

确定模块 903, 用于根据连续 T 个时刻的波束赋形的下行导频信号, 估计连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息;

确定模块 903, 还用于根据连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息, 确定连续 T 个时刻对应的 CSI;

发送模块 901, 还用于向网络设备上报 CSI;

其中, 波束赋形的下行导频信号所采用的波束是根据上行参考信号所估计的上行信道信息确定的, CSI 用于网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵, 时刻 t 在连续 T 个时刻之后, T 为正整数。

在一个可选的设计中, CSI 包括如下至少一种信息:

端口选择指示信息;

频域基向量指示信息;

时域 Doppler 分量指示信息;

组合系数指示信息;

其中, 端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口, 频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量, 时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域 Doppler 分量, 组合系数指示信息用于指示终端设备确定的组合系数, 参数 L 、参数 M 和参数 K 为正整数。

在一个可选的设计中, CSI 包括如下至少一种信息:

端口选择指示信息;

频域基向量指示信息;

组合系数指示信息;

其中, 端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口, 频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量, 组合系数指示信息用于指示终端设备确定的连续 T 个时刻对应的 T 组组合系数, T 组组合系数的矩阵中非零系数位置的信息相同, 参数 L 和参数 M 为正整数。

在一个可选的设计中, 参数 K 是通过如下至少一种方式确定的:

网络设备配置的;

终端设备与网络设备协商预定义的;

终端设备根据下行有效信道信息确定的。

在一个可选的设计中, 发送模块 901, 用于:

在终端设备根据下行有效信道信息确定参数 K 的情况下, 向网络设备上报终端设备确定的参数 K 。

在一个可选的设计中, 时域 Doppler 分量通过发送下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示; 或, 时域 Doppler 分量通过基向量表示。

在一个可选的设计中, 在时域 Doppler 分量通过相位偏移表示的情况下, 参数 K 是终端设备根据每个传输层的非零系数的个数确定的。

在一个可选的设计中, 时域 Doppler 分量满足如下条件中的至少之一:

在下行数据传输为单层传输的情况下, 不同极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同;

不同参考信号端口对应的时域 Doppler 分量相同或不同;

不同时频分量对应的时域 Doppler 分量相同或不同;

其中, 时频分量是由频域基向量和时域 Doppler 分量组成的。

在一个可选的设计中, 在下行数据传输为多层传输的情况下, 不同传输层对应的时域 Doppler 分量相同或不同。

在一个可选的设计中，时域 Doppler 分量通过相位偏移表示，时域 Doppler 分量的表达式如下：

$$D = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_{1,1}} & \dots & e^{j\varphi_{1,M}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{j\varphi_{L,1}} & \dots & e^{j\varphi_{L,M}} \end{bmatrix};$$

其中， $\varphi_{x,y}$ 表示第 x 个参考信号端口和第 y 个频域基向量对应的相位偏移值，参数 L 表示终端设备所选的参考信号端口的数量，参数 M 表示终端设备所选的频域基向量的数量，参数 L 和参数 M 为正整数。

在一个可选的设计中，发送模块 901，用于：

在向网络设备上报时域 Doppler 分量的情况下，上报满足如下条件的第 x 个参考信号端口和第 y 个频域基向量对应的相位偏移值：

第 x 个参考信号端口和第 y 个频域基向量对应的组合系数的幅度不为 0。

在一个可选的设计中，时域 Doppler 分量通过基向量表示，时域 Doppler 分量的表达式如下：

$$W_d = [f_{d,1} \dots f_{d,K}];$$

其中， W_d 中的 K 个基向量是终端设备从候选基向量中选择的；或者， W_d 中的 K 个基向量是固定或预定义的基向量。

在一个可选的设计中，时域 Doppler 分量通过基向量表示，基向量包括如下至少一种：

DFT 基向量；

DCT 基向量；

多项式基向量。

在一个可选的设计中，参数 T 是通过如下至少一种方式确定的：

网络设备配置的；

终端设备与网络设备协商预定义的。

在一个可选的设计中，在参数 T 和/或参数 K 是网络设备配置的情况下，参数 T 和/或参数 K 是网络设备通过如下至少一种信令向终端设备配置的：

RRC 信令；

MAC-CE 信令；

DCI。

在一个可选的设计中，参考信号端口包括如下至少一种：

CSI-RS 端口；

DMRS 端口。

在一个可选的设计中，下行导频信号包括如下至少一种：

CSI-RS；

DMRS；

CSI-RS 和 DMRS 的组合。

在一个可选的设计中，上行参考信号为 SRS。

图 10 示出了本申请一个示例性实施例提供的预编码矩阵的确定装置的结构框图。如图 10 所示，该装置包括：

接收模块 1001，用于接收终端设备发送的上行参考信号；

确定模块 1002，用于根据上行参考信号估计上行信道信息，以及根据上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束；

发送模块 1003，用于在连续 T 个时刻向终端设备发送使用波束进行波束赋形的下行导频信号；

接收模块 1001，还用于接收终端设备上报的连续 T 个时刻对应的 CSI；

确定模块 1002, 还用于根据 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵;

其中, CSI 是终端设备根据波束赋形下行导频信号确定的, 时刻 t 在连续 T 个时刻之后, T 为正整数。

在一个可选的设计中, 发送模块 1003, 用于:

在连续 T 个时刻, 使用相同的导频信号资源端口采用相同的波束, 向终端设备发送波束赋形的下行导频信号;

其中, 相同的导频信号资源端口包括相同的导频信号资源对应的端口, 或者不同的导频信号资源索引的相同端口。

在一个可选的设计中, 发送模块 1003, 用于:

在连续 T 个时刻, 使用相同的导频信号资源端口, 向终端设备发送不同的波束赋形的下行导频信号;

其中, 相同的导频信号资源端口包括配置有不同导频信号资源的各端口中, 频域位置相同的端口。

在一个可选的设计中, CSI 包括如下至少一种信息:

端口选择指示信息;

频域基向量指示信息;

时域 Doppler 分量指示信息;

组合系数指示信息;

其中, 端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口, 频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量, 时域 Doppler 分量指示信息用于指示终端设备所选的 K 个时域 Doppler 分量, 组合系数指示信息用于指示终端设备确定的组合系数, 参数 L 、参数 M 和参数 K 为正整数。

在一个可选的设计中, CSI 包括如下至少一种信息:

端口选择指示信息;

频域基向量指示信息;

组合系数指示信息;

其中, 端口选择指示信息用于指示终端设备所选的 L 个参考信号端口, 频域基向量指示信息用于指示终端设备所选的 M 个频域基向量, 组合系数指示信息用于指示终端设备确定的连续 T 个时刻对应的 T 组组合系数, T 组组合系数的矩阵中非零系数位置的信息相同, 参数 L 和参数 M 为正整数。

在一个可选的设计中, 时域 Doppler 分量通过发送下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示; 或, 时域 Doppler 分量通过基向量表示。

在一个可选的设计中, 时域 Doppler 分量通过相位偏移表示, 时域 Doppler 分量的表达式如下:

$$D = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_{1,1}} & \dots & e^{j\varphi_{1,M}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{j\varphi_{2L,1}} & \dots & e^{j\varphi_{2L,M}} \end{bmatrix};$$

其中, $\varphi_{x,y}$ 表示第 x 个参考信号端口和第 y 个频域基向量对应的相位偏移值, 参数 L 表示终端设备所选的参考信号端口的数量, 参数 M 表示终端设备所选的频域基向量的数量, 参数 L 和参数 M 为正整数。

在一个可选的设计中, 时域 Doppler 分量通过基向量表示, 时域 Doppler 分量的表达式如下:

$$W_d = [f_{d,1} \quad \dots \quad f_{d,K}];$$

其中, W_d 中的 K 个基向量是终端设备从候选基向量中选择的; 或者, W_d 中的 K 个基向量是固定或预定义的基向量。

在一个可选的设计中, 确定模块 1002, 用于:

根据 CSI, 通过如下公式计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W = \sqrt{a} * W_1 (\tilde{W}_2 \odot D) W_f^H;$$

其中, W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 表示组合系数的矩阵, W_f 表示频域基向量的矩阵, $\sqrt{a}$ 表示功率归一化因子, H 表示矩阵的共轭转置。

在一个可选的设计中, 确定模块 1002, 用于:

根据 CSI, 通过如下公式计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W = \sqrt{b} W_1 \tilde{\tilde{W}}_2 (W_d \otimes W_f)^H;$$

其中, W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{\tilde{W}}_2$ 表示组合系数的矩阵, W_f 表示频域基向量的矩阵, $\sqrt{b}$ 表示功率归一化因子, H 表示矩阵的共轭转置。

在一个可选的设计中, 确定模块 1002, 用于:

根据 CSI, 通过如下公式中的至少一种计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W = \sqrt{a} * W_1 (\tilde{W}_2 \odot D) W_f^H;$$

$$W = \sqrt{b} W_1 \tilde{\tilde{W}}_2 (W_d \otimes W_f)^H;$$

其中, W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 和 $\tilde{\tilde{W}}_2$ 表示组合系数的矩阵, W_f 表示频域基向量的矩阵, D 为通过发送波束赋形的下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示的时域 Doppler 分量, W_d 为通过基向量表示的时域 Doppler 分量, D 、 $\tilde{W}_2$ 、 $\tilde{\tilde{W}}_2$ 和 W_d^H 是根据 T 组组合系数确定的, $\sqrt{a}$ 和 $\sqrt{b}$ 表示功率归一化因子, H 表示矩阵的共轭转置。

在一个可选的设计中, 连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔相等, 时刻 t 与连续 T 个时刻中的第一个时刻之间的时间差为 Δt , 并且 Δt 为连续 T 个时刻中的相邻时刻的时间间隔的整数倍; 确定模块 1002, 用于:

根据 CSI, 通过如下公式计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W_t = \sqrt{c} W_1 (\tilde{W}_2 \odot D') W_f^H;$$

$$D' = \begin{bmatrix} e^{j\Delta t \varphi_{1,1}} & \dots & e^{j\Delta t \varphi_{1,M}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{j\Delta t \varphi_{L,1}} & \dots & e^{j\Delta t \varphi_{L,M}} \end{bmatrix};$$

其中, W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 表示组合系数的矩阵, W_f 表示频域基向量的矩阵, $\sqrt{c}$ 表示功率归一化因子, 参数 L 表示终端设备所选的参考信号端口的数量, 参数 M 表示终端设备所选的频域基向量的数量, 参数 L 和参数 M 为正整数, H 表示矩阵的共轭转置。

在一个可选的设计中, 时域 Doppler 分量采用 DFT 基向量表示, 连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔相等, $t=T+n$, 表示时刻 t 为 T 个时刻中最后一个时刻之后, 且与 T 个时刻中最后一个时刻的时间间隔为 n 倍目标时间间隔的时刻, 目标时间间隔为连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔, n 为正整数; 确定模块 1002, 用于:

根据 CSI, 通过如下公式计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W_t = \sqrt{d} W_1 \tilde{\tilde{W}}_2 \left(\begin{bmatrix} f_{d,1}((t-T) \bmod T) e^{j \frac{2\pi k_1 \lfloor \frac{t-T}{T} \rfloor + 1}{O_3}} \\ \vdots \\ f_{d,K}((t-T) \bmod T) e^{j \frac{2\pi k_K \lfloor \frac{t-T}{T} \rfloor + 1}{O_3}} \end{bmatrix} \otimes W_f \right)^H;$$

其中, W_1 表示参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{\tilde{W}}_2$ 表示组合系数的矩阵, W_f 表示频域基向量的矩阵, $f_{d,k}(T)$ 表示 DFT 基向量的第 T 行对应的元素, k_K 表示第 K 个 DFT 基向量的索引值, $\sqrt{d}$ 表示功率归一化因子, O_3 表示过采样因子, H 表示矩阵的共轭转置。

在一个可选的设计中, 参考信号端口包括如下至少一种:

CSI-RS 端口;

DMRS 端口。

在一个可选的设计中，下行导频信号包括如下至少一种：

CSI-RS；

DMRS；

CSI-RS 和 DMRS 的组合。

在一个可选的设计中，上行参考信号为 SRS。

需要说明的一点是，上述实施例提供的装置在实现其功能时，仅以上述各个功能模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据实际需要而将上述功能分配由不同的功能模块完成，即将设备的内容结构划分成不同的功能模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。

关于上述实施例中的装置，其中各个模块执行操作的具体方式已经在有关该方法的实施例中进行了详细描述，此处将不做详细阐述说明。

图 11 示出了本申请一个示例性实施例提供的通信设备（终端设备或网络设备）的结构示意图，该通信设备 110 包括：处理器 1101、接收器 1102、发射器 1103、存储器 1104 和总线 1105。

处理器 1101 包括一个或者一个以上处理核心，处理器 1101 通过运行软件程序以及模块，从而执行各种功能应用以及信息处理。

接收器 1102 和发射器 1103 可以实现为一个通信组件，该通信组件可以是一块通信芯片。

存储器 1104 通过总线 1105 与处理器 1101 相连。

存储器 1104 可用于存储至少一个指令，处理器 1101 用于执行该至少一个指令，以实现上述方法实施例中的各个步骤。

此外，存储器 1104 可以由任何类型的易失性或非易失性存储设备或者它们的组合实现，易失性或非易失性存储设备包括但不限于：磁盘或光盘，电可擦除可编程只读存储器（Erasable Programmable Read Only Memory，EEPROM），可擦除可编程只读存储器（Erasable Programmable Read Only Memory，EPROM），静态随机存取存储器（Static Random Access Memory，SRAM），只读存储器（Read-Only Memory，ROM），磁存储器，快闪存储器，可编程只读存储器（Programmable Read-Only Memory，PROM）。

其中，当通信设备实现为终端设备时，本申请实施例涉及的通信设备中的处理器和收发器，可以一起实现成为一个通信芯片，或者收发器单独形成通信芯片。其中，收发器中的发射器执行上述任一所示的方法中由终端设备执行的发送步骤，收发器中的接收器执行上述任一所示的方法中由终端设备执行的接收步骤，处理器执行发送和接收步骤之外的步骤，此处不再赘述。

其中，当通信设备实现为网络设备时，本申请实施例涉及的通信设备中的处理器和收发器，可以一起实现成为一个通信芯片，或者收发器单独形成通信芯片。其中，收发器中的发射器执行上述任一所示的方法中由网络设备执行的发送步骤，收发器中的接收器执行上述任一所示的方法中由网络设备执行的接收步骤，处理器执行发送和接收步骤之外的步骤，此处不再赘述。

在示例性实施例中，还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中存储有至少一条指令、至少一段程序、代码集或指令集，所述至少一条指令、所述至少一段程序、所述代码集或指令集由所述处理器加载并执行以实现上述各个方法实施例提供的 CSI 的上报方法或预编码矩阵的确定方法。

在示例性实施例中，还提供了一种芯片，所述芯片包括可编程逻辑电路和/或程序指令，当所述芯片在通信设备上运行时，用于实现上述各个方法实施例提供的 CSI 的上报方法或预编码矩阵的确定方法。

在示例性实施例中，还提供了一种计算机程序产品，该计算机程序产品在计算机设备的处理器上运行时，使得计算机设备执行上述 CSI 的上报方法或预编码矩阵的确定方法。

本领域技术人员应该可以意识到，在上述一个或多个示例中，本申请实施例所描述的功能可以用硬件、软件、固件或它们的任意组合来实现。当使用软件实现时，可以将这些功能存储在计算机可读介质中或者作为计算机可读介质上的一个或多个指令或代码进行传输。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质，其中通信介质包括便于从一个地方向另一个地方传送计算机程序的任何介质。存储介质可以是通用或专用计算机能够存取的任何可用介质。

以上所述仅为本申请的示例性实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权利要求书

1.一种信道状态信息 CSI 的上报方法，其特征在于，所述方法由终端设备执行，所述方法包括：

向网络设备发送上行参考信号；

接收所述网络设备在连续 T 个时刻发送的波束赋形的下行导频信号；

根据所述连续 T 个时刻的所述波束赋形的下行导频信号，估计所述连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息；

根据所述连续 T 个时刻对应的所述下行有效信道信息，确定所述连续 T 个时刻对应的 CSI；

向所述网络设备上报所述 CSI；

其中，所述波束赋形的下行导频信号所采用的波束是根据所述上行参考信号所估计的上行信道信息确定的，所述 CSI 用于所述网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵，所述时刻 t 在所述连续 T 个时刻之后，T 为正整数。

2.根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述 CSI 包括如下至少一种信息：

端口选择指示信息；

频域基向量指示信息；

时域多普勒 Doppler 分量指示信息；

组合系数指示信息；

其中，所述端口选择指示信息用于指示所述终端设备所选的 L 个参考信号端口，所述频域基向量指示信息用于指示所述终端设备所选的 M 个频域基向量，所述时域 Doppler 分量指示信息用于指示所述终端设备所选的 K 个时域 Doppler 分量，所述组合系数指示信息用于指示所述终端设备确定的组合系数，参数 L、参数 M 和参数 K 为正整数。

3.根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述 CSI 包括如下至少一种信息：

端口选择指示信息；

频域基向量指示信息；

组合系数指示信息；

其中，所述端口选择指示信息用于指示所述终端设备所选的 L 个参考信号端口，所述频域基向量指示信息用于指示所述终端设备所选的 M 个频域基向量，所述组合系数指示信息用于指示所述终端设备确定的所述连续 T 个时刻对应的 T 组组合系数，所述 T 组组合系数的矩阵中非零系数位置的信息相同，参数 L 和参数 M 为正整数。

4.根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述参数 K 是通过如下至少一种方式确定的：

所述网络设备配置的；

所述终端设备与所述网络设备协商预定义的；

所述终端设备根据所述下行有效信道信息确定的。

5.根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在所述终端设备根据所述下行有效信道信息确定所述参数 K 的情况下，向所述网络设备上报所述终端设备确定的所述参数 K。

6.根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述时域 Doppler 分量通过发送所述下行导

频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示；或，所述时域 Doppler 分量通过基向量表示。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，在所述时域 Doppler 分量通过所述相位偏移表示的情况下，所述参数 K 是所述终端设备根据每个传输层的非零系数的个数确定的。

8. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述时域 Doppler 分量满足如下条件中的至少之一：

在所述下行数据传输为单层传输的情况下，不同极化方向对应的时域 Doppler 分量相同或不同；

不同所述参考信号端口对应的时域 Doppler 分量相同或不同；

不同时频分量对应的时域 Doppler 分量相同或不同；

其中，所述时频分量是由所述频域基向量和所述时域 Doppler 分量组成的。

9. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，在所述下行数据传输为多层传输的情况下，不同传输层对应的时域 Doppler 分量相同或不同。

10. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述时域 Doppler 分量通过所述相位偏移表示，所述时域 Doppler 分量的表达式如下：

$$D = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_{1,1}} & \dots & e^{j\varphi_{1,M}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{j\varphi_{L,1}} & \dots & e^{j\varphi_{L,M}} \end{bmatrix};$$

其中， $\varphi_{x,y}$ 表示第 x 个所述参考信号端口和第 y 个所述频域基向量对应的相位偏移值，所述参数 L 表示所述终端设备所选的所述参考信号端口的数量，所述参数 M 表示所述终端设备所选的所述频域基向量的数量，所述参数 L 和所述参数 M 为正整数。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述向所述网络设备上报所述 CSI，包括：

在向所述网络设备上报所述时域 Doppler 分量的情况下，上报满足如下条件的第 x 个所述参考信号端口和第 y 个所述频域基向量对应的相位偏移值：

第 x 个所述参考信号端口和第 y 个所述频域基向量对应的组合系数的幅度不为 0。

12. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述时域 Doppler 分量通过所述基向量表示，所述时域 Doppler 分量的表达式如下：

$$W_d = [f_{d,1} \quad \dots \quad f_{d,K}];$$

其中， W_d 中的 K 个基向量是所述终端设备从候选基向量中选择的；或者， W_d 中的 K 个基向量是固定或预定义的基向量。

13. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述时域 Doppler 分量通过所述基向量表示，所述基向量包括如下至少一种：

离散傅里叶变换 DFT 基向量；

离散余弦变换 DCT 基向量；

多项式基向量。

14. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，参数 T 是通过如下至少一种方式确定的：所述网络设备配置的；

所述终端设备与所述网络设备协商预定义的。

15. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，在所述参数 T 和/或所述参数 K 是所述网

网络设备配置的情况下, 所述参数 T 和/或所述参数 K 是所述网络设备通过如下至少一种信令向所述终端设备配置的:

- 无线资源控制 RRC 信令;
- 媒介接入控制-控制单元 MAC-CE 信令;
- 下行控制信息 DCI。

16. 根据权利要求 2 或 3 所述的方法, 其特征在于, 所述参考信号端口包括如下至少一种:
信道状态信息参考信号 CSI-RS 端口;
解调参考信号 DMRS 端口。

17. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述下行导频信号包括如下至少一种:
CSI-RS;
DMRS;
CSI-RS 和 DMRS 的组合。

18. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述上行参考信号为探测参考信号 SRS。

19. 一种预编码矩阵的确定方法, 其特征在于, 所述方法由网络设备执行, 所述方法包括:
接收终端设备发送的上行参考信号;
根据所述上行参考信号估计上行信道信息, 以及根据所述上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束;
在连续 T 个时刻向所述终端设备发送使用所述波束进行波束赋形的所述下行导频信号;
接收所述终端设备上报的所述连续 T 个时刻对应的 CSI;
根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵;
其中, 所述 CSI 是所述终端设备根据所述波束赋形下行导频信号确定的, 所述时刻 t 在所述连续 T 个时刻之后, T 为正整数。

20. 根据权利要求 19 所述的方法, 其特征在于, 所述在连续 T 个时刻向所述终端设备发送使用所述波束进行波束赋形的下行导频信号, 包括:

在所述连续 T 个时刻, 使用相同的导频信号资源端口采用相同的波束, 向所述终端设备发送所述波束赋形的下行导频信号;

其中, 所述相同的导频信号资源端口包括相同的导频信号资源对应的端口, 或者不同的导频信号资源索引的相同端口。

21. 根据权利要求 19 所述的方法, 其特征在于, 所述在连续 T 个时刻向所述终端设备发送使用所述波束进行波束赋形的下行导频信号, 包括:

在所述连续 T 个时刻, 使用相同的导频信号资源端口, 向所述终端设备发送不同的所述波束赋形的下行导频信号;

其中, 所述相同的导频信号资源端口包括配置有不同导频信号资源的各端口中, 频域位置相同的端口。

22. 根据权利要求 19 所述的方法, 其特征在于, 所述 CSI 包括如下至少一种信息:

- 端口选择指示信息;
- 频域基向量指示信息;
- 时域 Doppler 分量指示信息;
- 组合系数指示信息;

其中, 所述端口选择指示信息用于指示所述终端设备所选的 L 个参考信号端口, 所述频域基向量指示信息用于指示所述终端设备所选的 M 个频域基向量, 所述时域 Doppler 分量指示信息用于指示所述终端设备所选的 K 个时域 Doppler 分量, 所述组合系数指示信息用于指示所述终端设备确定的组合系数, 参数 L、参数 M 和参数 K 为正整数。

23. 根据权利要求 19 所述的方法, 其特征在于, 所述 CSI 包括如下至少一种信息:

端口选择指示信息;

频域基向量指示信息;

组合系数指示信息;

其中, 所述端口选择指示信息用于指示所述终端设备所选的 L 个参考信号端口, 所述频域基向量指示信息用于指示所述终端设备所选的 M 个频域基向量, 所述组合系数指示信息用于指示所述终端设备确定的所述连续 T 个时刻对应的 T 组组合系数, 所述 T 组组合系数的矩阵中非零系数位置的信息相同, 参数 L 和参数 M 为正整数。

24. 根据权利要求 22 所述的方法, 其特征在于, 所述时域 Doppler 分量通过发送所述下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示; 或, 所述时域 Doppler 分量通过基向量表示。

25. 根据权利要求 24 所述的方法, 其特征在于, 所述时域 Doppler 分量通过所述相位偏移表示, 所述时域 Doppler 分量的表达式如下:

$$D = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_{1,1}} & \dots & e^{j\varphi_{1,M}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{j\varphi_{L,1}} & \dots & e^{j\varphi_{L,M}} \end{bmatrix};$$

其中, $\varphi_{x,y}$ 表示第 x 个所述参考信号端口和第 y 个所述频域基向量对应的相位偏移值, 所述参数 L 表示所述终端设备所选的所述参考信号端口的数量, 所述参数 M 表示所述终端设备所选的所述频域基向量的数量, 所述参数 L 和所述参数 M 为正整数。

26. 根据权利要求 24 所述的方法, 其特征在于, 所述时域 Doppler 分量通过所述基向量表示, 所述时域 Doppler 分量的表达式如下:

$$W_d = [f_{d,1} \quad \dots \quad f_{d,K}];$$

其中, W_d 中的 K 个基向量是所述终端设备从候选基向量中选择的; 或者, W_d 中的 K 个基向量是固定或预定义的基向量。

27. 根据权利要求 25 所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵, 包括:

根据所述 CSI, 通过如下公式计算所述时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W = \sqrt{a} * W_1 (\tilde{W}_2 \odot D) W_f^H;$$

其中, W_1 表示所述参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 表示所述组合系数的矩阵, W_f 表示所述频域基向量的矩阵, $\sqrt{a}$ 表示功率归一化因子, H 表示矩阵的共轭转置。

28. 根据权利要求 26 所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵, 包括:

根据所述 CSI, 通过如下公式计算所述时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W = \sqrt{b} W_1 \tilde{W}_2 (W_d \otimes W_f)^H;$$

其中, W_1 表示所述参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 表示所述组合系数的矩阵, W_f 表示所述频域基向量的矩阵, $\sqrt{b}$ 表示功率归一化因子, H 表示矩阵的共轭转置。

29. 根据权利要求 23 所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵, 包括:

根据所述 CSI, 通过如下公式中的至少一种计算所述时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W = \sqrt{a} * W_1 (\tilde{W}_2 \odot D) W_f^H;$$

$$W = \sqrt{b} W_1 \tilde{\tilde{W}}_2 (W_d \otimes W_f)^H;$$

其中, W_1 表示所述参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 和 $\tilde{\tilde{W}}_2$ 表示所述组合系数的矩阵, W_f 表示所述频域基向量的矩阵, D 为通过发送所述波束赋形的下行导频信号的相邻时刻之间的相位偏移表示的时域 Doppler 分量, W_d 为通过基向量表示的时域 Doppler 分量, D 、 $\tilde{W}_2$ 、 $\tilde{\tilde{W}}_2$ 和 W_d^H 是根据所述 T 组组合系数确定的, $\sqrt{a}$ 和 $\sqrt{b}$ 表示功率归一化因子, H 表示矩阵的共轭转置。

30. 根据权利要求 25 所述的方法, 其特征在于, 所述连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔相等, 所述时刻 t 与所述连续 T 个时刻中的第一个时刻之间的时间差为 Δt , 并且 Δt 为所述连续 T 个时刻中的相邻时刻的时间间隔的整数倍;

所述根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵, 包括:

根据所述 CSI, 通过如下公式计算所述时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W_t = \sqrt{c} W_1 (\tilde{W}_2 \odot D') W_f^H;$$

$$D' = \begin{bmatrix} e^{j\Delta t \varphi_{1,1}} & \dots & e^{j\Delta t \varphi_{1,M}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{j\Delta t \varphi_{L,1}} & \dots & e^{j\Delta t \varphi_{L,M}} \end{bmatrix};$$

其中, W_1 表示所述参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{W}_2$ 表示所述组合系数的矩阵, W_f 表示所述频域基向量的矩阵, $\sqrt{c}$ 表示功率归一化因子, 所述参数 L 表示所述终端设备所选的所述参考信号端口的数量, 所述参数 M 表示所述终端设备所选的所述频域基向量的数量, 所述参数 L 和所述参数 M 为正整数, H 表示矩阵的共轭转置。

31. 根据权利要求 26 所述的方法, 其特征在于, 所述时域 Doppler 分量采用 DFT 基向量表示, 所述连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔相等, $t=T+n$, 表示所述时刻 t 为所述 T 个时刻中最后一个时刻之后, 且与所述 T 个时刻中最后一个时刻的时间间隔为 n 倍目标时间间隔的时刻, 所述目标时间间隔为所述连续 T 个时刻中的相邻时刻之间的时间间隔, n 为正整数;

所述根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵, 包括:

根据所述 CSI, 通过如下公式计算所述时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵:

$$W_t = \sqrt{d} W_1 \tilde{\tilde{W}}_2 \left(\begin{bmatrix} f_{d,1}((t-T) \bmod T) e^{j \frac{2\pi k_1 \lfloor \frac{t-T}{T} \rfloor + 1}{O_3}} \\ \vdots \\ f_{d,K}((t-T) \bmod T) e^{j \frac{2\pi k_K \lfloor \frac{t-T}{T} \rfloor + 1}{O_3}} \end{bmatrix} \otimes W_f \right)^H;$$

其中, W_1 表示所述参考信号端口对应的端口选择矩阵, $\tilde{\tilde{W}}_2$ 表示所述组合系数的矩阵, W_f 表示所述频域基向量的矩阵, $f_{d,k}(T)$ 表示所述 DFT 基向量的第 T 行对应的元素, k_K 表示第 K 个 DFT 基向量的索引值, $\sqrt{d}$ 表示功率归一化因子, O_3 表示过采样因子, H 表示矩阵的共轭转置。

32. 根据权利要求 22 或 23 所述的方法, 其特征在于, 所述参考信号端口包括如下至少一种:

CSI-RS 端口；
DMRS 端口。

33. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征在于，所述下行导频信号包括如下至少一种：

CSI-RS；

DMRS；

CSI-RS 和 DMRS 的组合。

34. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征在于，所述上行参考信号为 SRS。

35. 一种信道状态信息 CSI 的上报装置，其特征在于，所述装置包括：

发送模块，用于向网络设备发送上行参考信号；

接收模块，用于接收所述网络设备在连续 T 个时刻发送的波束赋形的下行导频信号；

确定模块，用于根据所述连续 T 个时刻的所述波束赋形的下行导频信号，估计所述连续 T 个时刻对应的下行有效信道信息；

所述确定模块，还用于根据所述连续 T 个时刻对应的所述下行有效信道信息，确定所述连续 T 个时刻对应的 CSI；

所述发送模块，还用于向所述网络设备上报所述 CSI；

其中，所述波束赋形的下行导频信号所采用的波束是根据所述上行参考信号所估计的上行信道信息确定的，所述 CSI 用于所述网络设备计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵，所述时刻 t 在所述连续 T 个时刻之后，T 为正整数。

36. 一种预编码矩阵的确定装置，其特征在于，所述装置包括：

接收模块，用于接收终端设备发送的上行参考信号；

确定模块，用于根据所述上行参考信号估计上行信道信息，以及根据所述上行信道信息计算用于发送下行导频信号的波束；

发送模块，用于在连续 T 个时刻向所述终端设备发送使用所述波束进行波束赋形的所述下行导频信号；

所述接收模块，还用于接收所述终端设备上报的所述连续 T 个时刻对应的 CSI；

所述确定模块，还用于根据所述 CSI 计算时刻 t 的下行数据传输的预编码矩阵；

其中，所述 CSI 是所述终端设备根据所述波束赋形下行导频信号确定的，所述时刻 t 在所述连续 T 个时刻之后，T 为正整数。

37. 一种终端设备，其特征在于，所述终端设备包括：

处理器；

与所述处理器相连的收发器；

用于存储所述处理器的可执行指令的存储器；

其中，所述处理器被配置为加载并执行所述可执行指令以实现如权利要求 1 至 18 中任一所述的 CSI 的上报方法。

38. 一种网络设备，其特征在于，所述网络设备包括：

处理器；

与所述处理器相连的收发器；

用于存储所述处理器的可执行指令的存储器；

其中，所述处理器被配置为加载并执行所述可执行指令以实现如权利要求 19 至 34 中任一所述的预编码矩阵的确定方法。

39.一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述可读存储介质中存储有可执行指令，所述可执行指令由处理器加载并执行以实现如权利要求 1 至 18 中任一所述的 CSI 的上报方法，或权利要求 19 至 34 中任一所述的预编码矩阵的确定方法。

40.一种芯片，其特征在于，所述芯片包括可编程逻辑电路或程序，所述芯片用于实现如权利要求 1 至 18 中任一所述的 CSI 的上报方法，或权利要求 19 至 34 中任一所述的预编码矩阵的确定方法。

41.一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品包括计算机指令，所述计算机指令存储在计算机可读存储介质中，计算机设备的处理器从所述计算机可读存储介质读取所述计算机指令，所述处理器执行所述计算机指令，使得所述计算机设备执行如权利要求 1 至 18 中任一所述的 CSI 的上报方法，或权利要求 19 至 34 中任一所述的预编码矩阵的确定方法。