(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 114557073 B
(45)授权公告日 2024.11.22

(21)申请号 201980101332.X
(22)申请日 2019.11.29
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114557073 A
(43)申请公布日 2022.05.27
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.04.13
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2019/122094 2019.11.29
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/102952 EN 2021.06.03
(73)专利权人 中兴通讯股份有限公司
地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦
(72)发明人 吴昊 李永 郑国增 鲁照华 李儒岳
(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司 11332
专利代理师 潘登
(51)Int.Cl.
H04W 72/04(2006.01)
(56)对比文件
CN 103918208 A,2014.07.09
CN 108111273 A,2018.06.01
审查员 张亚丽

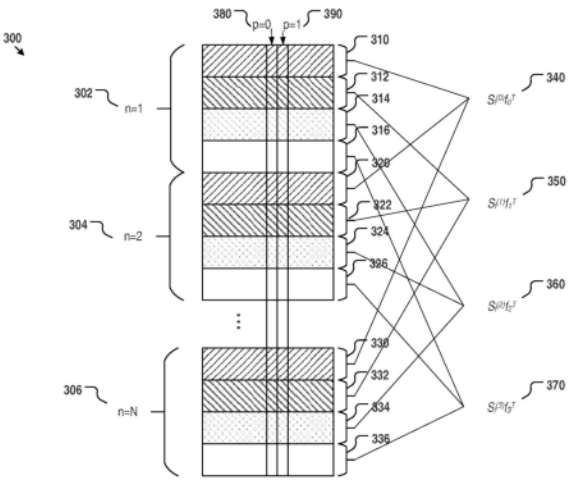
权利要求书3页 说明书16页 附图7页

(54)发明名称

用于无线信道参考信号传输和信道状态信息反馈的方法

(57)摘要

本公开涉及多输入多输出(MIMO)无线通信系统中的信道状态信息参考信号配置、预编码和传输,以及信道状态信息反馈配置和传输。各种实施例提供了信道状态信息参考信号和反馈方案,其有助于减少需要发送的信息量,并减少用于信道状态信息配置和反馈的通信资源开销。



CN 114557073 B

1.一种用于处理无线信道状态信息(CSI)的方法,包括:

由无线接入网络节点选择对应于一个或多个CSI-RS端口的一个或多个CSI参考信号(CSI-RS)序列;

由所述无线接入网络节点确定用于发送所述一个或多个CSI-RS序列的一个或多个CSI-RS资源分配,其中,每个CSI-RS资源分配包括CSI-RS资源块,并且每个CSI-RS资源块包括CSI-RS资源单元;

由所述无线接入网络节点从所述一个或多个CSI-RS资源分配中选择一组或多组CSI-RS资源,其中,每组CSI-RS资源包括以下中的至少一个:一组CSI-RS资源分配、一组CSI-RS资源块或一组CSI-RS资源单元;

将线性变换矩阵应用于所述一个或多个CSI-RS序列的每个CSI-RS序列,以生成变换后的CSI-RS序列;以及

由所述无线接入网络节点将所述变换后的CSI-RS序列映射到所述一组或多组CSI-RS资源,以用于所述一个或多个CSI-RS序列的传输,其中,所述变换后的CSI-RS序列包括多个RS单元,所述多个RS单元中的每个包括多个RS分量,并且所述变换后的CSI-RS序列包括的多个RS单元中的每个被映射至所述一组或多组CSI-RS资源分配中的一组。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,位于所述一组或多组CSI-RS资源的一组内并且被映射到对应于一个CSI-RS端口的CSI-RS序列的CSI-RS资源与相同的信道特性相关联。

3.根据权利要求1所述的方法,其中,与所述一组或多组CSI-RS资源内的不同CSI-RS端口或不同组相对应的不同CSI-RS序列与不同的信道特性相关联。

4.根据权利要求1所述的方法,其中,所述一个或多个CSI-RS序列被发送给无线终端设备,以用于由所述无线终端设备进行测量并用于由所述无线终端设备导出CSI反馈信息的集合。

5.根据权利要求4所述的方法,还包括由所述无线接入网络节点从所述无线终端设备接收所述CSI反馈信息的集合,其中,所述CSI反馈信息的集合包括所述一组或多组CSI-RS资源内的CSI-RS资源组的选择信息以及相应的加权幅度和相位信息。

6.根据权利要求1所述的方法,其中,所述线性变换矩阵的行数和/或列数由所述一个或多个CSI-RS资源分配的带宽内的资源块的数量、所述一组或多组CSI-RS资源中的每个组内的资源块的数量、所述一组或多组CSI-RS资源的组的数量或“1”中的至少一个确定。

7.根据权利要求1所述的方法,其中,所述一组或多组CSI-RS资源中的一组在所述一个或多个CSI-RS资源分配中作为资源块的连续的集合分布。

8.根据权利要求1所述的方法,其中,所述一组或多组CSI-RS资源中的一组在所述一个或多个CSI-RS资源分配中作为资源块的梳状结构分布。

9.根据权利要求1所述的方法,其中,所述一组或多组CSI-RS资源中的一组在所述一个或多个CSI-RS资源分配中作为被第二预定数量的资源块所分隔开的第一预定数量的连续资源块的多个集合分布。

10.根据权利要求1所述的方法,其中,所述一个或多个CSI-RS资源分配与确定多个CSI子带的一个或多个CSI报告设置相关联,并且其中,一个CSI子带中的资源块的数量由CSI-RS资源组的数量乘以一个CSI子带内的一组CSI-RS资源的资源块的数量来确定。

11.根据权利要求10所述的方法,其中,所述一个CSI子带内的所述一组CSI-RS资源的

资源块在所述一个CSI子带中作为资源块的连续的集合分布。

12.根据权利要求10所述的方法,其中,所述一个CSI子带内的所述一组CSI-RS资源的资源块在所述一个CSI子带中作为梳状结构分布。

13.根据权利要求10所述的方法,其中,所述一个CSI子带内的所述一组CSI-RS资源的资源块在所述一个CSI子带内作为被第二预定数量的资源块所分隔开的第一预定数量的连续资源块的多个集合分布。

14.一种用于处理无线信道状态信息(CSI)的方法,包括:

由无线终端设备从无线接入网络节点接收携带对应于多个CSI-RS端口的一个或多个CSI-RS序列的CSI参考信号(CSI-RS);

将线性变换矩阵应用于所述一个或多个CSI-RS序列中的每个CSI-RS序列,以生成变换后的CSI-RS序列;

由所述无线终端设备确定所述变换后的CSI-RS序列与分配给所述CSI-RS信号的CSI-RS资源带宽内的资源之间的映射,其中,所述变换后的CSI-RS序列包括多个RS单元,所述多个RS单元中的每个包括多个RS分量,并且所述变换后的CSI-RS序列包括的多个RS单元中的每个被映射至一组或多组CSI-RS资源分配中的一组;以及

由所述无线终端设备基于所述映射导出CSI反馈信息,

其中,从所述变换后的CSI-RS序列到所述CSI-RS资源带宽内的一组或多组CSI-RS资源的所述映射由所述无线接入网络节点配置,并且其中,每组CSI-RS资源包括以下中的至少一个:一组CSI-RS资源分配、一组CSI-RS资源块,或者一组CSI-RS资源单元。

15.根据权利要求14所述的方法,其中,位于所述一组或多组CSI-RS资源的一组内并且被映射到对应于一个CSI-RS端口的CSI-RS序列的CSI-RS资源与相同的信道特性相关联。

16.根据权利要求14所述的方法,其中,与所述一组或多组CSI-RS资源内的不同CSI-RS端口或不同组相对应的不同CSI-RS序列与不同的信道特性相关联。

17.根据权利要求14所述的方法,还包括由所述无线终端设备测量所述CSI-RS并导出CSI反馈信息的集合。

18.根据权利要求17所述的方法,还包括

由所述无线终端设备获取所述一组或多组CSI-RS资源内的CSI-RS资源组的选择信息以及相应的加权幅度和相位信息;以及

由所述无线终端设备将包括所述选择信息的所述CSI反馈信息的集合发送给所述无线接入网络节点。

19.根据权利要求14所述的方法,其中,所述线性变换矩阵的行数和/或列数由分配给所述CSI-RS的所述CSI-RS资源带宽内的资源块的数量、所述一组或多组CSI-RS资源中的每个组内的资源块的数量、所述一组或多组CSI-RS资源的组的数量或“1”中的至少一个确定。

20.根据权利要求14所述的方法,其中,所述一组或多组CSI-RS资源中的一组在所述CSI-RS资源带宽中作为资源块的连续的集合分布。

21.根据权利要求14所述的方法,其中,所述一组或多组CSI-RS资源中的一组在所述CSI-RS资源带宽中作为资源块的梳状结构分布。

22.根据权利要求14所述的方法,其中,所述一组或多组CSI-RS资源中的一组在所述CSI-RS资源带宽中作为被第二预定数量的资源块所分隔开的第一预定数量的连续资源块

的多个集合分布。

23.根据权利要求14所述的方法,其中,所述CSI-RS资源带宽与确定多个CSI子带的一个或多个CSI报告设置相关联,并且其中,一个CSI子带中的资源块的数量由CSI-RS资源组的数量乘以一个CSI子带中的一组CSI-RS资源的资源块的数量来确定。

24.根据权利要求23所述的方法,其中,所述一个CSI子带内的所述一组CSI-RS资源的资源块在所述一个CSI子带中作为资源块的连续的集合分布。

25.根据权利要求23所述的方法,其中,所述一个CSI子带内的所述一组CSI-RS资源的资源块在所述一个CSI子带中作为梳状结构分布。

26.根据权利要求23所述的方法,其中,所述一个CSI子带内的所述一组CSI-RS资源的资源块在所述一个CSI子带内作为被第二预定数量的资源块所分隔开的第一预定数量的连续资源块的多个集合分布。

27.一种无线通信设备,包括一个或多个处理器和一个或多个存储器,其中,所述一个或多个处理器被配置为从所述一个或多个存储器读取计算机代码,以实施根据权利要求1-26中的任一权利要求所述的方法。

28.一种计算机程序产品,包括具有存储在其上的计算机代码的非暂时性计算机可读程序介质,所述计算机代码当由一个或多个处理器执行时,使所述一个或多个处理器实施根据权利要求1-26中的任一权利要求所述的方法。

用于无线信道参考信号传输和信道状态信息反馈的方法

技术领域

[0001] 本公开针对无线通信系统中的信道参考信号传输和信道状态信息反馈。

背景技术

[0002] 采用多输入多输出(MIMO)技术的无线通信系统的可靠性在很大程度上依赖于诸如经由无线信道的信号传输之前的预编码和波束形成之类的信号处理。用于这种信号处理的参数可以从经由无线信道发送并在无线设备之间反馈的参考信号的测量中导出。参考信号和反馈信息的有效传输有助于降低无线通信系统的整体通信资源消耗。

发明内容

[0003] 本公开涉及MIMO无线通信系统中的信道状态信息参考信号配置、预编码和传输,以及信道状态信息反馈配置和传输。各种实施例提供了信道状态信息参考信号和反馈方案,其有助于减少需要发送的信息量,并减少用于信道状态信息配置和反馈的通信资源开销。

[0004] 在一种实施方式中,公开了一种用于处理无线信道状态信息(CSI)的方法。该方法可以由无线接入网络节点执行。该方法可以包括:选择对应于一个或多个CSI-RS端口的一个或多个CSI参考信号(CSI-RS)序列;确定用于发送一个或多个CSI-RS序列的一个或多个CSI-RS资源分配,其中,每个CSI-RS资源分配包括CSI-RS资源块,并且每个CSI-RS资源块包括CSI-RS资源单元;从一个或多个CSI-RS资源分配中选择一组或多组CSI-RS资源,其中,每组CSI-RS资源包括以下中的至少一个:一组CSI-RS资源分配、一组CSI-RS资源块或一组CSI-RS资源单元;以及将一个或多个CSI-RS序列映射到一组或多组CSI-RS资源以用于传输一个或多个CSI-RS序列。

[0005] 在另一种实施方式中,公开了一种用于处理CSI的方法。该方法可以由无线接入网络节点执行。该方法可以包括:选择对应于一个或多个CSI端口的一个或多个CSI参考信号(CSI-RS);将一个或多个CSI-RS发送给无线终端设备;确定用于从包含M个基向量的码本中选择一组K个基向量的选择信息(M>K);用选择信息配置无线终端设备;以及从无线终端设备接收根据的选择信息和对一个或多个CSI-RS的测量导出的CSI反馈。

[0006] 在另一种实施方式中,公开了一种用于处理无线CSI的方法。该方法可以由无线终端设备执行。该方法可以包括:从无线接入网络节点接收携带对应于多个CSI-RS端口的CSI-RS序列的CSI参考信号(CSI-RS);确定CSI-RS序列和分配给CSI-RS信号的CSI-RS资源带宽内的资源之间的映射;以及基于该映射导出CSI反馈信息。从CSI-RS序列到CSI-RS资源带宽内的一组或多组CSI-RS资源的该映射可以由无线接入网络节点配置,并且其中,每组CSI-RS资源包括以下中的至少一个:一组CSI-RS资源分配、一组CSI-RS资源块或一组CSI-RS资源单元。

[0007] 在另一种实施方式中,公开了一种用于处理CSI的方法。该方法可以由无线终端设备执行。该方法可以包括:从无线接入网络节点接收对应于一个或多个CSI端口的一个或多

个CSI参考信号(CSI-RS);从无线接入网络节点接收作为配置信号的选择信息,该选择信息用于从包含M个基向量的码本中选择一组K个基向量(M>K);根据选择信息和对一个或多个CSI-RS的测量导出CSI反馈;以及将CSI反馈发送给无线接入网络节点。

[0008] 在一些其他实施方式中,公开了一种通信设备。该通信设备主要包括一个或多个处理器和一个或多个存储器,其中,一个或多个处理器被配置为从一个或多个存储器读取计算机代码以实施上述方法中的任何一种。

[0009] 在又一些其他实施方式中,公开了一种计算机程序产品。该计算机程序产品可以包括其上存储有计算机代码的非暂时性计算机可读程序介质,该计算机代码当由一个或多个处理器执行时,使一个或多个处理器实施上述方法中的任何一种。

[0010] 在下面的附图、说明书和权利要求书中更详细地解释了上述实施例及其实施方式的其他方面和可替选方案。

附图说明

[0011] 图1示出了包括无线接入网络节点和用户设备的无线接入网络。

[0012] 图2示出了由图1的无线接入网络节点对信道状态信息参考信号进行预编码以改善图1的用户设备的信道状态信息反馈的原理。

[0013] 图3示出了信道状态信息参考序列的元素与多个无线资源块之间的示例性映射。

[0014] 图4示出了信道状态信息参考序列的元素与多个无线资源块之间的另一示例性映射。

[0015] 图5示出了信道状态信息参考序列的元素与多个无线资源块之间的另一示例性映射。

[0016] 图6示出了用于信道状态信息参考信号的资源块配置。

[0017] 图7示出了用于信道状态信息中的加权系数的压缩的原理。

[0018] 图8示出了示例性信道状态信息触发和反馈方案。

[0019] 图9示出了示例性信道状态信息触发和反馈的另一方案。

[0020] 图10示出了用于反馈信道状态信息中的加权系数的比特序列配置。

具体实施方式

[0021] 如图1所示,无线接入网络100可以包括无线用户设备(UE)或无线终端设备104以及无线接入网络节点或基站102。无线接入网络节点102可以回程到核心网络(未示出)。UE 104可以经由空中信道110与无线接入网络节点102通信。无线接入网络节点102和核心网络可以被配置为在UE 104和其他UE、数据网络或终止于核心网络边缘的其他无线核心网络之间传输和路由语音、数据和其他信息。UE 104可以包括但不限于移动电话、平板电脑、膝上型计算机、智能家庭电子设备或装置、遥感器设备等。空中信道110可以包括用于将数据和控制信号从无线接入网络节点102传送到UE 104的下行链路信道120,以及用于将数据和控制信号从UE 104传送到无线接入网络节点102的上行链路信道130。空中信道110可以通过在一个或多个发射天线和接收天线140和150上分配频率和时间上无线资源来实施。无线资源可以被组织为无线资源块(RB),每个RB包含多个无线资源单元(RE)。

[0022] 图1中描述的多发射和接收天线系统可被称为MIMO无线接入系统。MIMO系统可以

被用于实现数据传输分集以用于提高传输精度,或实现数据复用以用于提高传输吞吐量,或实现其组合。MIMO系统还可以被用于实现基于分集的多流或多层RF波束形成,以增强例如在多UE环境中的特定无线UE处的无线信号。数据可以被预编码并被映射到无线资源和多个传输天线,以便经由空中信道进行传输,该空中信道其特征在于例如信道传输矩阵。例如,预编码可以经由使用从一个或多个预定码本中选择的基向量集的线性组合的数据变换来实现。

[0023] 为了提高信号传输的效率和可靠性,可以选择用于发送端的数据信道的预编码的基向量集,以匹配空中信道变换特性。因此,发送端可能需要获取信道状态信息(CSI),以便确定预编码基向量及其线性组合系数的选择。CSI可以作为反馈从无线信道的接收端获得。具体地,发送端可以首先经由空中信道向接收端发送参考信号,该参考信号被称为CSI参考信号或CSI-RS。接收端可以接收和测量发送的参考信号,并生成一组反馈参数,并将该组反馈参数包括在发送回发送端的CSI反馈报告(或简称为CSI报告)中。该组反馈参数可以例如包括预编码基础码本向量及其系数的推荐选择。例如,基础码本向量系数可以包括系数的幅度和相位。CSI报告中的这些参数可以在被反馈之前进一步量化,以减少需要发送的信息量(例如,可能只有预定量化表中的量化级别索引需要被发送)。

[0024] 发送端可以是图1的无线接入网络节点102或UE 104。相应地,接收端可以是UE 104或无线接入网络节点102。为了清楚起见,下面的描述将无线接入网络节点102称为发送端,并将UE 104称为接收端。因此,术语“发送端”和“无线接入网络节点”/“基站”可以互换使用。同样,术语“接收端”和“UE”/“无线终端设备”/“终端”可以互换使用。然而,下面描述的基本原理类似地适用于UE 104是发送端而无线接入网络节点102是接收端的场景。

[0025] 因此,CSI-RS的设计、CSI-RS的配置、CSI-RS的传输、所传输的CSI-RS的测量精度以及CSI的反馈生成和传输都是高性能MIMO系统的关键组件。例如,发送端发送CSI-RS信号和接收端反馈CSI报告会消耗无线资源。因此,改进CSI-RS和CSI报告的设计,以及提高CSI-RS信号和CSI反馈报告的传输效率,有助于减少下行链路和上行链路无线资源消耗,并降低无线通信系统的开销。

[0026] 如下面的各种实施方式所详细描述的,关于CSI-RS设计和传输以及CSI反馈过程,可以以几种方式提高MIMO系统的效率。在一种示例性实施方式中,通过利用频域相关性,在例如正交频分复用(OFDM)中的各种频率或子载波上的一组选定的空域基向量(来自预定的空域码本)及其系数,可以被共同变换成一组频域基向量(在预定的频域码本中)和相应的频域系数,以减少可能需要在CSI反馈报告中发送的基向量和系数的数量。

[0027] 在另一示例性实现方式中,发送侧(例如,无线接入网络节点)可以以某种方式获得用于下行链路传输的特定候选码本基向量,以用于接收端的配置CSI。例如,无线接入节点可以通过基于例如信道互易性以特定方式额外测量上行链路信道来获得一组候选码本基向量。这样,发送端可以使用该候选码本基向量信息来改善来自接收端(例如,无线终端设备)的CSI反馈的性能,或者减少CSI反馈开销和参考信号开销。更具体地,通过被给予包含由发送端所选择的候选码本基向量的候选预编码参数,CSI反馈机制可以被增强,以提供CSI-RS的改进测量,以及接收端对CSI参数的更精确地确定。这种候选基向量的标识信息可以在发送CSI-RS信号时被携带在CSI-RS信号中,或者经由一些其他信道被发送。以这种方式,接收端可以从所接收到的CSI-RS中获得候选基向量选择信息。这种信息可以促进接收

端改善对CSI反馈参数的改善的确定。例如,通过经由携带在CSI-RS信号中的信息或由发送端经由一些其他信道发送的信息来确定候选基向量的选择信息,接收端可以专注于推导和确定这些候选基向量的更精确的线性组合系数。在上行链路和下行链路信道特性的互易性的原理和假设下,发送端对候选基向量的确定可以基于发送端从接收端所接收的其他参考信号,例如,从接收端发送给发送端的探测参考信号(SRS)。

[0028] 在又一实现方式中,UE可以是移动的,并且以可观的速度移动(例如,UE可以在移动的汽车或火车中)。在这种情况下,接收端可能需要频繁地向发送端提供CSI反馈,以跟踪信道特性的变化,并相应地及时调整预编码参数,从而导致随着时间的推移大量的无线资源消耗。在一些实施方式中,接收端可以在时域中压缩多条CSI反馈信息,而不是在每次接收到CSI-RS时发送CSI反馈报告。因此,多个CSI-RS的CSI反馈信息之间的时间相关性可以被利用来实现针对多个CSI-RS的减少数量的CSI反馈报告的传输,从而减少了随着时间的推移在发送CSI报告中的累积的无线资源消耗和开销。在接收到压缩的CSI反馈之后,发送端可以使用例如外推法来预期或预测未来时间的预编码参数(由于接收端的运动)。

[0029] 在又一实现方式中,被包括在CSI反馈中的信息可以基于信息的稀疏性被进一步压缩。例如,可能只需要反馈非零元素。具体地,对于由从相应码本中选择的各个基向量集形成的向量空间中的预编码系数,可以仅发送向量空间中的非零元素及其位置信息。例如,这种位置信息可以通过各种维度的各种索引来编码和表示。

[0030] 基于空域码本基向量和频域码本基向量的预编码

[0031] 对于高精度CSI反馈实施方式,终端通过测量CSI-RS反馈预编码信息。每个传输流或传输层的预编码信息可以以预编码矩阵的形式组织。由终端反馈的预编码矩阵的列数可以被称为信道秩或秩指示符(RI)。每个传输层的预编码向量可以被表示为来自预定空间码本的一个空间码本基向量集的线性组合。术语“码本基向量”可以可替选地被称为“基向量”。这个空间码本基向量集可以被称为第一基向量集。第一基向量集的线性组合可以由一个加权系数集表示,每个加权系数包括幅度和相位。终端可以确定第一基向量集,并基于所测量的CSI-RS和第一基向量集计算该加权系数集,并且进一步量化加权系数的幅度和相位信息。第一基向量集的加权系数可以被称为第一系数集。

[0032] 为了提高CSI反馈的性能,通常需要报告每个频率子带的第一系数集的幅度和相位信息。频率子带表示预编码过程中的频域粒度。用于CSI反馈的频率子带可以由无线网络节点经由资源分配信令来配置。对于被包括在CSI反馈资源带宽中的所有RB,连续数量(M)个RB形成一个子带。CSI反馈带宽可以包括大小为M的N个子带。例如,在5G无线系统中,这样的子带可以被称为PMI(预编码矩阵指示符)子带,其可以等于CQI(信道质量信息)子带,或者CQI子带的1/R,其中R是正整数。

[0033] 对于终端的上述CSI反馈方法,对于第n个子带(n=1,…N),特定传输流或层的预编码向量f_n可以被表示为:

[0034] $f_n = W_1 c_n$

[0035] 其中,W_1包括第一基向量集(空域基向量),而c_n是由第一系数集形成的向量。通常,W_1中的信息可能用于宽带反馈。换句话说,对于整个CSI反馈带宽中的不同频率子带(不同索引n),W_1中的信息可能是相同的。具体地,被包括在W_1中的第一基向量集中包括的空间码本基向量的数量可以是L。相应地,第一系数集向量c_n可以是L维向量。L个空间码本基向量

的数量从预定的空间码本中选择。换句话说，W_1的列数可以是L。例如，W_1可以是块对角矩阵，并且被包含在W_1中的向量是第一基向量集。对于预编码向量f_n，所有子带的第一系数集向量c_n可以由以下第一系数矩阵C表示。

[0036] $$C=\begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{L1} & \cdots & c_{LN} \end{bmatrix}$$

[0037] 第一系数矩阵C的每列包括一个c_n向量。如果反馈C矩阵中元素的幅度和相位信息被直接量化，则可能会产生较大的反馈开销。如下所示，通过利用加权系数之间的频域相关性，沿着子带维度压缩C矩阵可以帮助减少加权系数的反馈开销，而不会对性能造成太大牺牲。

[0038] 具体地，C矩阵可以通过共轭转置进行变换以获得C^T。C^T的列向量可以用b_l(l＝1，…，L)表示。然后，终端可以从第二码本(频域码本)中选择另一个基向量集D_l，这里被称为第二基向量集(频域基向量集)，并将b_l表示为第二基向量集的基向量与第二系数集a_l的线性组合：

[0039] $b_l=D_la_l$

[0040] 其中b_l是N维向量。第二基向量集D_l包括总共K个向量，并且第二系数集a_l是K维向量。a_l的每个元素包括幅度和相位。终端计算并识别D_l和a_l，并将CSI报告中的W_1、D_l和a_l反馈给无线接入网络节点。D_l对所有l来说可能是相同的，也可能是不同的。当D_l对所有l都相同时，它可以简单地用D来表示。

[0041] 由于频域中的相关性，a_l的维数K可能显著小于N。因此，对于a_l要反馈的信息可能小于上述c_n的信息，从而改善了反馈开销。

[0042] 在一些实施方式中，上面的第一基向量集可以包括单位矩阵中的一个列向量集，或者正交DFT向量或DFT向量的Kronecher乘积。第二基向量集可以包括DFT向量。

[0043] 使用候选第一基向量集对CSI-RS进行预编码

[0044] 在一些实施方式中，发送端(例如，无线接入网络节点)可以在发送CSI-RS之前估计一个或多个候选第一基向量集。然后，发送侧在将CSI-RS发送给接收端以用于CSI测量和反馈之前，如下文所述处理(预编码或映射)CSI-RS。这样，发送端可以提供该候选码本基向量信息，以改善来自接收端(例如，无线终端设备)的CSI反馈的性能，和/或减少CSI反馈开销。更具体地说，CSI反馈机制可以被增强以提供CSI-RS的改进测量和CSI反馈的更精确的确定(基向量的选择、上述各种矩阵和加权系数的确定)。例如，接收端可以识别(例如，从候选基向量中选择)更合适的预编码矩阵(基向量集)。此外，接收端可以计算更精确的加权系数向量。发送端根据预定码本确定候选基向量可以基于各种手段。例如，在上行链路和下行链路信道特性的互易性的原理和假设下，它可以基于发送端对发送端从接收端接收的一个或多个其他参考信号(例如，从接收端发送给发送端的探测参考信号(SRS))的分析。

[0045] 在一些实施方式中，CSI-RS可以由发送端在传输之前使用候选第一基向量集(空域基向量)来处理或映射。具体地，如果第一基向量集包括单位矩阵中的一个列向量集，则CSI-RS可以通过候选第一基向量集预编码。换句话说，无线接入网络节点可以以某种方式获得候选第一基向量信息，并在传输期间将候选第一基向量信息加载到CSI-RS中。例如，L个发送端口的CSI-RS可以通过预编码被映射到天线上，并被发送给终端。终端可以通过细化的第一基向量集选择(空间或端口基向量选择)反馈发送端口选择信息。

[0046] 在一些其他实施方式中,无线接入网络节点可以以某些方式获得第一基向量(空域基向量)的候选集和第二基向量(频域基向量)的候选集合。此外,无线接入网络节点可以向终端发送用两个候选基向量集的信息进行预编码/映射的预编码或虚拟化的CSI-RS。终端接收并测量CSI-RS,并且可以确定由无线接入网络节点推荐的候选基向量集,并从候选基向量集中选择细化的或最优的第一基向量集和第二基向量集。终端可以进一步确定第二加权系数集(见上文),并将最优的第二加权系数信息反馈给无线接入网络节点。在上行链路和下行链路信道特性的互易性的原理和假设下,第一基向量和第二基向量的候选集合的确定可以基于无线接入网络节点对无线接入网络节点从终端接收的一个或多个其他参考信号(例如,SRS)的测量。在这些示例中,第一基向量集和第二基向量集可以包括单位矩阵中的多个列向量集。

[0047] 上述实施方式的基本原理如图2所示。具体地,图2所示的CSI反馈机制200包括由无线接入网络节点102使用其通过测量来自终端104的SRS(如202所示)而获得的信息来预编码/映射CSI-RS(如204所示),以用于传输。作为由CSI-RS携带的附加预编码矩阵信息(候选基向量信息)的结果,包括码本基向量选择和相应加权系数的CSI反馈206可以更精确且更有效地被发送。

[0048] 图2的预编码/映射步骤204可以以各种方式实施。例如,L个发送端口的CSI-RS序列可以使用矩阵(该矩阵通常包括向量)W_{map}被映射到多组频域无线资源的集合。分配给CSI-RS的资源内的映射频率无线资源的集合可以被称为第一无线资源(或一种或多种无线资源分配)。第一无线资源可以被配置为多组第一无线资源。每组第一无线资源可以包括多个无线资源块(RB)。一种或多种无线资源分配中的多组第一无线资源的分布可以通过映射W_{map}确定。因为映射被确定为W_{map},其可以包括CSI-RS预编码/映射信息(例如,候选基向量集信息),所以候选基向量信息将以多组第一无线资源在用于CSI-RS的一种或多种无线资源分配中分布的方式进行预编码/映射。下面的实施方式描述了用于CSI-RS序列和射频资源之间映射的各种示例性方式。

[0049] 在用于L个发送端口的CSI-RS中的特定CSI-RS端口l的第一示例性映射实施方式中,CSI-RS序列$s_l^{(m)}$的元素可以被映射到N个无线资源单元(NE),如下所示:

[0050] $s_l^{(m)}\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^T$

[0051] 换句话说,端口l的CSI-RS序列$s_l^{(m)}$通过$\boldsymbol{s}_l^{(m)^T}\odot\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^T$被映射到N个RE上,其中符号⊙表示逐元素乘积。向量f_m是表示候选基向量(例如,第二基向量或频域基向量)的N维列向量。可以提供M个候选向量(m=1,…,M)。在这些N个CSI-RS RE上,发送端发送的信号可以被表示为:

[0052] $$\mathrm{vec}(\mathrm{X}_{l,\mathrm{m}}) = \mathrm{vec}\left(\boldsymbol{v}_l s_l^{(m)}\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^T\right) = \mathrm{vec}(\mathbf{v}_l\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^T)s_l^{(m)}$$

[0053] 其中v_l表示将端口l上的CSI-RS映射到多个发射天线的预编码向量。

[0054] 忽略噪声和干扰,由终端接收和测量的信号可以被表示为:

[0055] $$\mathbf{y}_{l,\mathbf{m}} = \begin{bmatrix}\boldsymbol{H}_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \boldsymbol{H}_N\end{bmatrix} vec(\boldsymbol{X}_{l,\boldsymbol{m}}) = \begin{bmatrix}\boldsymbol{H}_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \boldsymbol{H}_N\end{bmatrix} \mathrm{vec}(\mathbf{v}_l\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^T)s_l^{(m)}$$

[0056] 其中H_n表示第n个CSI-RS RE上的信道矩阵。知道$y_{l,m}$和$s_l^{(m)}$，

[0057] $\mathbf{z}_{l,\mathrm{m}}=\begin{bmatrix}\boldsymbol{H}_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \boldsymbol{H}_N\end{bmatrix}\mathrm{vec}(\mathbf{v}_l\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^T)$可以由终端求解。此外，反馈预编码矩阵可以通过以下公式确定：

[0058] $\mathrm{vec}(\mathbf{W})=\sum_{l,m}c_l^{(m)}vec(\boldsymbol{v}_l\boldsymbol{f}_m^T)$。

[0059] 换句话说，最优预编码是$vec(\boldsymbol{v}_l\boldsymbol{f}_m^T)$的线性组合。因此，$Z^HZ$的最强特征向量可以是加权系数$c_l^{(m)}$的最优解，其中Z是包括L*M个列向量$z_{l,m}$的矩阵。

[0060] 这样，在上面的实施方式中，使用作为针对多组第一无线资源中的每组的映射矩阵W_{map}的向量$\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^T$，L个发送端口的CSI-RS序列被线性变换或映射到无线资源。索引m＝(1，…，M)表示M组第一无线资源。

[0061] 图3示出了第一组无线资源内的这种资源匹配。图3示出了用于发送包含多个RB的CSI-RS的第一无线资源300，这些RB被示为各种阴影或非阴影的水平拉长框。多个RB包括示例性的M＝4组RB，其中每组RB由一种类型的阴影表示。例如，RB 310、320和330属于一个组，RB 312、322和332属于另一个组，RB 314、324和334属于第三组，而RB 316、326和336属于第四组。每组可以包括N个RB，如302、304和306所示。CSI-RS序列的元素与资源块之间的映射由340、350、360和370所示出。例如，图340示出了CSI-RS序列的第0个元素被映射到由310、320、…、330通过f_0的N个分量指示的N个RB；图350示出了CSI-RS序列的第1个元素被映射到由312、322、…、332通过f_1的N个分量指示的N个RB；图360示出了CSI-RS序列的第2个元素被映射到由314、324、…、334通过f_2的N个分量指示的N个RB；而图370示出了CSI-RS序列的第3个元素被映射到由316、326、…、336通过f_3的N个分量指示的N个RB。

[0062] 每个端口对应于RB中的一个RE。如图3所示，资源单元380对应于空间端口0，资源单元390对应于空间端口1，依此类推。在一些实施方式中，并非映射RB中的所有RE都被映射到CSI-RS序列元素。

[0063] 如上文和图3所示，第一示例性映射实施方式实现了特定空间端口的CSI-RS序列到N*M个RB的映射。在图3的示例中，被示为表示RB的每个框可以可替选地表示任何其他数量的RB。

[0064] 在用于L个发送端口的CSI-RS中的特定CSI-RS端口1的第二示例性映射实施方式中，L个空间发送端口的CSI-RS序列(例如，在空间虚拟化之后)可以在N个RB(而不是在上述第一示例性映射实施方式中的N*M个RB)上被发送。与上面的第一示例性映射实施方式相反，L个空间端口的CSI-RS序列不是以直接方式被映射到N个RB上，而是在通过频域基向量(第二基向量)执行频域预编码处理之后被映射到N个RB上。

[0065] 具体地，用于第1个空间端口的长度为M的CSI-RS序列$\{s_l^{(1)},\ldots,s_l^{(M)}\}$可以以下方式被映射到N个RB上。

[0066] $[s_l^{(1)}\ \cdots\ s_l^{(M)}]\begin{bmatrix}\boldsymbol{f}_1^T\\ \vdots\\ \boldsymbol{f}_M^T\end{bmatrix}$

[0067] 其中f_m可以是N*1个DFT向量(例如,第二基向量),并且无线接入网络节点可以使用SRS执行PDP检测以获得f_m(例如,被包括在FD基信息中)。

[0068] 对于每个空间端口l,在N个RB和P个天线上被发送的CSI-RS信号是:

[0069] $$\boldsymbol{X}_l = \boldsymbol{v}_l\begin{bmatrix} s_l^{(1)} & \cdots & s_l^{(M)} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \boldsymbol{f}_1^T \\ \vdots \\ \boldsymbol{f}_M^T \end{bmatrix} = \boldsymbol{v}_l\begin{bmatrix} s_l^{(1)} & \cdots & s_l^{(M)} \end{bmatrix}\boldsymbol{F}^T$$

[0070] 忽略干扰和噪声,终端接收到的信号为:

[0071] $$\mathbf{y}_l = \begin{bmatrix} \boldsymbol{H}_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \boldsymbol{H}_N \end{bmatrix} vec(\boldsymbol{X}_l) = \begin{bmatrix} \boldsymbol{H}_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \boldsymbol{H}_N \end{bmatrix}(\boldsymbol{F} \otimes \boldsymbol{v}_l)\boldsymbol{s}_l$$

[0072] 从以上两个方程可以看出,所发送的频域虚拟化的CSI-RS,经过信号处理后,所估计的等效信道矩阵为:

[0073] $$\begin{bmatrix} \boldsymbol{H}_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \boldsymbol{H}_N \end{bmatrix}(\boldsymbol{F} \otimes \boldsymbol{v}_l)$$ 。

[0074] 其是信道矩阵H经过二维变换后在新域上的信道矩阵。

[0075] 对于这种等效信道矩阵,终端可以使用$W=VCF^T$来导出最优加权系数信息,其中C表示系数矩阵

[0076] $$\boldsymbol{C} = \begin{bmatrix} c_1^{(1)} & \cdots & c_1^{(M)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_L^{(1)} & \cdots & c_L^{(M)} \end{bmatrix}$$

[0077] 此外,$\mathrm{vec}(\mathbf{W}) = (\boldsymbol{F} \otimes \boldsymbol{V})vec(\boldsymbol{C})$,其指示最优系数矩阵C包括在二维变换$(\boldsymbol{F} \otimes \boldsymbol{V})$之后与信道特性最匹配的新域上的系数。因此,在一些实施方式中,可以对$\begin{bmatrix} \boldsymbol{H}_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \boldsymbol{H}_N \end{bmatrix}(\boldsymbol{F} \otimes \boldsymbol{v}_l)$进行SVD分解,以获得最强的特征向量作为最优的vec(C),该特征向量可被量化以反馈给无线接入网络节点。

[0078] 图4进一步示出了上述第二示例性映射实施方式。

[0079] 在用于L个发送端口的CSI-RS中的特定CSI-RS端口l的第三示例性映射实施方式中,L个空间发送端口的CSI-RS序列(例如,在空间虚拟化之后)可以在M个RB(而不是在上面的第一示例性映射实施方式中的N*M个RB,或在上面的第二示例性映射实施方式中的N个RB)上被发送。对于CSI-RS端口1,长度为N的CSI-RS序列$\begin{bmatrix} s_l^{(1)} \\ \vdots \\ s_l^{(N)} \end{bmatrix}$可以使用以下方式映射到CSI-RS资源单元:

[0080] $$\boldsymbol{f}_m^T\begin{bmatrix} s_l^{(1)} \\ \vdots \\ s_l^{(N)} \end{bmatrix}$$ 。

[0081] 在实际P根天线上被发送的CSI-RS信号为

[0082] $$\boldsymbol{v}_l \boldsymbol{f}_m^T \begin{bmatrix} s_l^{(1)} \\ \vdots \\ s_l^{(N)} \end{bmatrix}$$

[0083] 因此,在M个CSI-RS RB(M<N)上,一个RE被用于在每个RB上发送上述信号,并且被映射到M个RB上的CSI-RS信号是

[0084] $$\begin{bmatrix} \boldsymbol{f}_1^T \\ \vdots \\ \boldsymbol{f}_M^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_l^{(1)} \\ \vdots \\ s_l^{(N)} \end{bmatrix}$$

[0085] 以这种方式,通过线性变换将频域信号变换到延迟时域,并且只有M个RB被用于估计N个RB上的CSI,进一步减少了CSI开销。

[0086] 事实上,每个RB的最终预编码矩阵可以写成$\boldsymbol{v}_l \boldsymbol{f}_m^T$的线性组合

[0087] $$\mathbf{W} = \boldsymbol{V}\boldsymbol{C}\boldsymbol{F}^T = \sum_{l,m} c_l^{(m)} \boldsymbol{v}_l \boldsymbol{f}_m^T$$

[0088] 因此,如果仅使用功率检测,则上述CSI-RS配置可以以最小的资源消耗提供对不同空间和频域基向量的强度的检测。

[0089] 图5进一步示出了上述第三示例性映射实施方式。具体地,图5示出了映射506将N-元素CSI-RS序列映射到N个资源块504中的M个资源块502。每个空间端口对应于M个资源块502中的资源单元,如508和510所示。

[0090] 在上述三种示例性映射实施方式中,CSI-RS序列(或序列中的元素)通过线性变换(例如,矩阵乘法变换或涉及映射矩阵W_{map}的逐元素乘积)被映射到频域第一资源。在针对CSI-RS的资源分配中,被映射到对应于W_{map}的CSI-RS的资源可以被称为多组第一频域资源。此外,W_{map}的行数或列数对于各种实施方式可能例如如下所示:

[0091] • 被包括在CSI-RS带宽(或相关/对应的CSI带宽)中的多个RB(例如,上面的N),

[0092] • 多个频域资源组(例如,M)

[0093] • W_{map}的行数或列数之一可能等于1。

[0094] 具体地,对于特定的CSI-RS端口1,对应的CSI-RS序列被映射到视频资源的方式可以基于以下至少一种:

[0095] • 示例性映射1:$\begin{bmatrix} s_l^{(1)} & & \\ & \ddots & \\ & & s_l^{(M)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{f}_1^T \\ \vdots \\ \boldsymbol{f}_M^T \end{bmatrix}$,其中长度为M的CSI-RS序列被映射到N*M个RB,并且W_{map}是M*N维的矩阵。

[0096] • 示例性映射2:$\begin{bmatrix} s_l^{(1)} & \cdots & s_l^{(M)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{f}_1^T \\ \vdots \\ \boldsymbol{f}_M^T \end{bmatrix}$,其中长度为M的CSI-RS序列被映射到N个RB,并且W_{map}是M*N维的矩阵。

[0097] • 示例性映射3:$\begin{bmatrix} \boldsymbol{f}_1^T \\ \vdots \\ \boldsymbol{f}_M^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_l^{(1)} \\ \vdots \\ s_l^{(N)} \end{bmatrix}$,其中长度为N的CSI-RS序列被映射到M个RB,并且W_{map}是M*N维的矩阵。

[0098] 为了在整个带宽上实现对第二基向量信息的更好测量,上述每个示例性映射中的CSI-RS序列图样,尤其是多组第一频域资源在整个CSI-RS分配带宽上的分布,可以遵循以下几种图样中的至少一种:

[0099] • 图样1:一组或多组第一频域资源各自占用整个CSI-RS带宽中的连续RB。

[0100] • 图样2:一组或多组第一频域资源以梳状分布在整个CSI-RS带宽上。

[0101] • 图样3:一组或多组第一频域资源在CSI-RS资源和一种或多种分配中每n1个RB各自占用n2个RB。具体地,假设整个CSI-RS带宽包括C个RB,由RB{1,…,C}表示,并且特定的第一频域资源组占用RB{n0+i+n1*j},其中n0和n1是大于或等于1的正整数,i是介于0和n2之间并包括0和n2的整数,j是大于或等于0的整数,而n2是正整数。换句话说,特定的第一频域资源组每n1个RB占用连续的n2个RB。在一些实施方式中,如图6所示,可以配置M个第一频域资源组(图6中不同线型的资源块代表不同的组),并且每个频域资源组上的映射矩阵f_m可以是N维列向量。那么第m个频域资源组占用RB{(m-1)*n1+i+n1*M*j}(例如,在图6中,组m=1占用602和604,组m=M占用606和608),其中i=1,…,n2,j=0,…,N-1。对于第m个频域资源组,在所占用的总共n2*N个RB中,CSI-RS序列s的第k个元素通过$\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^{T}$被映射到$s\mathbf{f}_{\mathrm{m}}^{T}$,映射在n2*N个RB中的RB{k,k+N2,...,k+(n2-1)N}上被传输到终端,其中k=1,…,n2。换句话说,CSI-RS序列s的第k个元素被映射到整个带宽的RB{(m-1)*n1+k+n1*m*j}。上述n1和n2的值可以被设置为固定数字。可替选地,n1和n2可以经由诸如无线资源控制(RRC)信令之类的信令来配置。

[0102] 在无线接入网络节点向终端发送CSI-RS之后,终端测量CSI-RS,并根据相应的CSI设置测量CSI,其中CSI包括用于如上所述选择第一频域资源组的信息,以及与所选择的第一频域资源组相对应的加权系数幅度和/或相位信息。

[0103] 第一频域资源组的相关参数和为CSI设置的一些参数可以彼此相关。例如,与CSI报告相关联的第一频域资源组的数量可以与CSI报告的子带(或CSI子带)的大小有关,其中该子带可以是CQI子带或PMI子带。具体地,每个CQI子带可以对应于一个子带CQI值,并且每个PMI子带可以对应于一个预编码矩阵,并且CQI子带的大小可以是PMI子带大小的整数倍。例如,每个子带中包括的RB的数量可以等于第一频域资源组的数量乘以子带内每个第一频域资源组的RB的数量。此外,在每个子带中,被子带中的第一频域资源组所占用的RB可以是连续的。可替选地,被子带内的第一频域资源组的部分所占用的RB可以在子带内以梳状分布。对于特定子带内的梳状分布,M个第一频域资源组的第m个第一频域资源组占用该子带的{m+M*i}个RB,其中i=0,…,R-1,并且R是大于或等于1的正整数,指示每个子带内每个第一频域资源组的一部分所占用的RB的数量。在特殊情况下,子带大小可以等于频域资源组的数量,如上面的一些示例性实施方式中所示。

[0104] 在一些实施方式中,终端选择的第一频域资源组的数量和被包括在CSI报告中的子带大小可以相关。具体地,子带的大小可以大于或等于所选择的第一频域资源组的数量。例如,如果CSI反馈带宽或被包括在CSI-RS带宽中的子带的数量是S,则可以要求子带大小大于或等于p*S,其中p是小于1的正实数。此外,可以要求p*B/K小于或等于K,其中K是被包括在子带中的RB的数量,而B是被包括在CSI-RS或CSI带宽中的RB的数量;或者说$(MR)^2 \geq pB$,其中M是所配置的第一频域资源组的数量,而R是每个子带中的每个第一频域资源组所占用的RB的数量。

[0105] 在一些实施方式中,对应于某个第一频域资源组的映射矩阵W_{map}的行数或列数等于终端为CSI报告所选择的第一频域资源组的数量。例如,映射矩阵的行数或列数可以是p乘以子带的数量,四舍五入到最接近的整数,其中p是小于1的正实数。

[0106] 上述解决方案可以扩展到使用多个CSI-RS进行CSI反馈。具体地,在每个CSI-RS中,CSI-RS序列通过线性变换(例如,使用映射矩阵W_{map})被映射到频域资源。每个CSI-RS对应一个W_{map}。此外,在这种类型的CSI-RS中,整个带宽中的CSI-RS RB的密度可能较低,例如,小于1/2。

[0107] 在一些实施方式中,终端反馈对应于这样一个或多个CSI-RS的一个或多个CSI的CSI报告。终端可以根据所选择的CSI和/或每个所选择的CSI中的端口信息计算加权系数信息,并将加权系数信息反馈给无线接入网络节点。

[0108] 在一些实施方式中,在CSI报告中,相关的CSI-RS可能满足某些约束。例如,每个子带中包括的RB的数量可以被要求等于CSI-RS的数量乘以每个CSI-RS在每个子带中所占用的RB的数量,后者可以由CSI-RS资源密度乘以子带中RB的数量来确定,其中,所有CSI-RS的密度相同。还可以要求K*d=1,其中K是CSI-RS的数量,而d是CSI-RS资源密度。在特定示例中,子带大小可以等于CSI-RS的数量,在这种情况下,CSI-RS资源密度为1/子带大小。在另一示例中,如果所上报的CSI-RS的数量是p乘以子带的数量,则可以要求子带大小大于或等于p乘以子带的数量,其中p是小于1的正实数。此外,可以要求p*B/size<=size,其中“size”是被包括在子带中的RB的数量,而B是被包括在CSI-RS或CSI带宽中的RB的数量。在一个示例中,对应于CSI-RS资源的映射矩阵W_{map}的行数或列数等于被选择用于上报的CSI-RS资源索引的数量,其可以是p乘以子带的数量,其中p是小于1的正实数。

[0109] 最后,总结一下,上面(例如,在图3到图5中)的映射实施方式仅仅是示例。通常,CSI-RS可以被配置并提供用于发送CSI-RS的CSI-RS资源分配。每个CSI-RS资源分配可以包括CSI-RS资源块。每个CSI-RS资源块可以包括CSI-RS资源单元。对于CSI-RS序列的映射,可以从CSI-RS分配中选择一组或多组CSI-RS资源。每组CSI-RS资源可以包括以下之一:一组CSI-RS资源分配、一组CSI-RS资源块、一组CSI-RS资源单元。CSI-RS序列可以被映射到一组或多组CSI-RS资源。

[0110] 在一些实施方式中,位于一组或多组CSI-RS资源内且被映射到对应于一个CSI-RS端口的CSI-RS序列的CSI-RS资源与相同的信道特性相关联。在一些其他实施方式中,一组或多组CSI-RS资源与不同的信道特性相关联。

[0111] 在一些实施方式中,经由上述映射,一组或多组CSI-RS资源中的一组在一个或多个CSI-RS资源分配中可以作为资源块的连续的集合、资源块的梳状结构或被第二预定数量的资源块所分隔开的第一预定数量的连续资源块的多个集合分布。

[0112] 在一些实施方式中,上面的一个或多个CSI-RS资源分配可以与一种或多种CSI报告设置相关联,该CSI报告设置确定CSI子带的数量(如上所述,其可以是CQI子带或PMI子带),并且其中,一个CSI子带中的资源块的数量由CSI-RS资源组的数量乘以一个CSI子带内用于一组CSI-RS资源的资源块的数量来确定。此外,经由上述映射,一个CSI子带内的CSI-RS资源组的资源块在一个CSI子带内作为资源块的连续的集合、资源块的梳状结构或被第二预定数量的资源块所分隔开的第一预定数量的连续资源块的多个集合分布。上述第一预定数量和第二预定数量的值可以设置为固定数。可替选地,它们可以经由诸如无线资源控

制(RRC)信令之类的信令来配置。整个CSI-RS资源分配中或在CSI子带内的用于一组CSI-RS资源的上述资源块分布可以以任何方式组合。两组预定的第一数量和第二预定数量可以是相同的,或可以是独立的。

[0113] 术语资源块(RB)在本文中通常用于指资源分配中的资源块,例如为任何CSI/CSI-RS目的分配的资源块。术语“CSI-RS资源块”在本文中用于指代为映射到CSI-RS序列的CSI-RS分配的资源块内的资源块。同样,术语资源单元(RE)在本文中通常指任何资源块中的资源单元。术语“CSI-RS资源单元”在本文中用于指代被映射到CSI-RS资源块中的CSI-RS序列的资源单元中的资源单元。

[0114] 经由单独的信道发送候选基向量信息

[0115] 作为上述CSI-RS预编码或映射的可替选方案,可以使用显式或隐式信令将候选基向量信息发送给终端。例如,无线接入网络节点可以经由相应的信令信道使用显式或隐式信令将由无线接入网络节点确定的候选第二基向量集$\{d_1,d_2,\ldots,d_M\}$通知给终端。显式信令可以包括但不限于MAC CE信令,而隐式信令可以包括但不限于将候选基向量信息嵌入CSI-RS相关配置参数(例如序列初始化参数、循环移位参数等)中。

[0116] 在一些实施方式中,无线接入网络节点可以在非周期性CSI-RS的触发信号中配置候选第二基向量信息以供终端选择。例如,对于预定义的第二基向量集(包括M个第二基向量),关于由无线接入网络节点选择的候选第二基向量的信息可以被配置在CSI-RS触发信号中,以便以以下至少一种方式通知终端,以下至少一种方式包括但不限于:(1)将候选第二基向量的选择配置为位图,以及(2)使用M-select K的合并数编码方案来配置候选第二基向量的选择,其中K是小于或等于M的正整数,M表示候选基向量的数量。

[0117] 尽管上面的描述涉及第二基向量和候选第二基向量(频域基向量),但基本原理适用于其他基向量集。

[0118] CSI压缩

[0119] 在实际应用场景中,图1的UE 104可以是移动终端设备,并且可以相对于无线接入网络节点102移动。这种运动可能导致无线信道特性的时间变化。因此,无线信道受到多普勒效应的影响。在UE以可观的中高速移动的情况下,对于CSI-RS和CSI报告的设计和传输,可能需要考虑无线信道特性的时间变化。例如,CSI-RS可能需要由无线接入网络节点102分别且频繁地发送,并由UE 104测量,以便可以在UE 104的整个运动中跟踪信道变化。例如,CSI报告的频繁传输可能会显著增加传输开销,并降低无线系统的无线资源利用效率。

[0120] 在一些实施方式中,UE的CSI报告可以在时间上被压缩,从而不是每个CSI都需要被反馈。例如,单个CSI报告可以是针对多个CSI-RS的反馈。又例如,CSI报告的数量可能小于多个CSI-RS的数量。具体地,延迟多普勒方法可用于由UE在时域中压缩无线信道的特征参数,以减少CSI反馈的时域开销。例如,UE可能只需要发送与UE在CSI-RS测量窗口内从无线接入网络节点接收的多个CSI-RS相对应的减少数量的(例如,单个)CSI报告,其中多个CSI-RS的CSI被聚合和时间压缩。在接收到时间压缩的一个或多个CSI报告之后,无线接入网络节点恢复测量时间窗口的CSI信息,并推断(或通过周期性预测)后续未来时间段的信道信息。因此,可以用较低的传输开销实现高精度CSI。

[0121] 图7进一步说明了上述原理。具体地,图7示出了基于子带的CSI反馈的压缩。基本原理适用于其他频域CSI反馈。图7的立方体702示出了压缩的CSI反馈信息,例如,由终端根

据及时接收到的多个CSI-RS确定的基向量空间中的加权系数矩阵。压缩系数立方体702的维度704示出了表示可以在各种时隙706中发送的多个CSI-RS的压缩时间维度。原始时间维度的大小可以是T,并且压缩时间维度可以由N表示。压缩系数立方体702的维度708示出了子带维度710(例如,其与上面讨论的第二基向量集或频域基向量集的数量相关)。原始子带维度的大小可以是S,并且它可以被压缩到M。压缩系数立方体702的维度712示出了发送端口(或空间)维度714(其与上文讨论的第二基向量集或频域基向量集的加权系数的参数L相关)。空间维度712显示为L(在一些实施方式中,极化可能被包括在空间维度中)。例如,考虑到两种可能的极化基础,组合的空间维度和极化维度的大小可能为2L。如下文更详细地描述的,压缩的任务是由终端将L*S*T维的原始加权系数立方体压缩为L*M*N维的压缩加权系数立方体702。具体而言,时间维度压缩可以通过探索加权系数的时域相关性来实现。以这种方式,可以减少需要为CSI发送的信息,并且可以提高无线资源消耗中的CSI传输效率。

[0122] 在上述原理下的一些示例性实施方式中,原始加权系数的空域和频域压缩可以如下执行,以获得空间和频率压缩的加权系数C:

[0123] $$\mathbf{f}_s^t = \begin{bmatrix} \boldsymbol{v}_1, \boldsymbol{v}_2, \cdots, \boldsymbol{v}_{L/2} & 0 \\ 0 & \boldsymbol{v}_1, \boldsymbol{v}_2, \cdots, \boldsymbol{v}_{L/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{1,s}^t \\ \vdots \\ a_{L,s}^t \end{bmatrix}$$

[0124] $$\mathbf{f}_s^t = \begin{bmatrix} \boldsymbol{v}_1, \boldsymbol{v}_2, \cdots, \boldsymbol{v}_{L/2} & 0 \\ 0 & \boldsymbol{v}_1, \boldsymbol{v}_2, \cdots, \boldsymbol{v}_{L/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{1,s}^t \\ \vdots \\ a_{L,s}^t \end{bmatrix}。$$

[0125] T个时隙上的空间和频率压缩加权系数C形成L*M*T的三维矩阵,并且然后通过DFT向量(TD或时域基)将大小为T的时间维度上的加权系数向量压缩为大小N。具体地,针对特定空间维度(端口或波束)l和频域基m的大小为T的加权系数时间向量可以被压缩为大小N,如下所示:

[0126] $$\begin{bmatrix} c_{l,m}^1 \\ \vdots \\ c_{l,m}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{v}_1^{l,m} & \cdots & \boldsymbol{v}_N^{l,m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_{l,m}^1 \\ \vdots \\ g_{l,m}^N \end{bmatrix}$$

[0127] 上面用于执行时域压缩的基向量$[\boldsymbol{v}_1^{l,m} \quad \cdots \quad \boldsymbol{v}_N^{l,m}]$可被称为第三基向量。因此,在T个时隙上的特定第一基向量(空间)空间和/或特定第二基向量(频率)空间中的CSI层的时间压缩加权系数是N个第三基向量的线性加权组合。终端确定或获得第三基向量信息,以及第三基向量空间中的压缩加权系数的幅度和/或相位信息,以反馈给无线接入网络节点。

[0128] 如前所述,第一基向量集、第二基向量集和第三基向量集可以分别来自第一码本、第二码本和第三码本。此外,终端该集合中的至少一个可以由终端从对应的候选基向量集中选择。这种候选基向量集可以由无线接入网络节点配置。

[0129] 为了通过使用时域中的CSI参数的相关性来压缩时变CSI,可以使用CSI-RS(例如,多时隙CSI-RS)的多个时域样本,如图8和图9所示。

[0130] 图8示出了用于周期性CSI-RS传输和用于触发压缩CSI报告的多时隙CSI-RS配置800。测量时间窗口T(820)可以由无线接入网络节点为终端配置。CSI报告可以由DCI或特定CSI触发信号触发,如830所示。在图8中,如802-812所示,周期性的CSI-RS由终端接收。在图8的示例中,CSI-RS以两个时隙的周期性周期性地发送并被终端接收。时隙由空框801示出。时隙内的阴影框表示CSI-RS。时间窗口T值可以以周期为单位来测量。时间窗口820包含终

端被配置为在CSI报告由DCI或特定CSI触发信号830触发时,进行测量和压缩的CSR-RS,。具体地说,一旦接收到触发830,终端就可以开始压缩在时间窗口830期间测量的CSI信息。一旦获得压缩结果,终端随后向无线接入网络节点发送CSI报告,如840所示。

[0131] 虽然在图8的示例中,终端被配置为在CSI触发830之前立即压缩T窗口内的CS-RS测量,但在一些其他实施方式中,终端可以可替选地被配置为使用不晚于CSI触发830的其他时间窗口T。

[0132] 此外,为了确保第一CSI反馈具有足够数量的CSI-RS来压缩,可能有必要将CSI触发830限制在至少时间窗口T的传输之后。

[0133] 上述压缩方案可能会增加终端的信号处理复杂度。具体而言,终端可以受限于其在合理的时间量内可以处理的CSI-RS的数量。因此,上述方案可以进一步包括可用于确保终端不必超出其能力进行操作的机制。例如,终端可以根据其处理能力,通过上报最大时间窗口T_0来通知无线接入网络节点自己的能力。这样,无线接入网络可以将终端的时间窗口T配置为至多为值T_0。在一些实施方式中,CSI参考资源可以被指定来表示参考时间,并且CSI报告的触发可以被配置为使得CSI参考资源和触发830之间可以没有其他CSI-RS,或者在CSI参考资源的最后一个符号和例如触发830的第一个符号之间(或在它们之间并包括它们)可能没有其他CSI-RS。以这种方式,终端只需要跟踪CSI参考资源之前的T数量的最近的CSI-RS,而不是跟踪更多的CSI-RS,从而降低了终端的处理需求。

[0134] 图9进一步示出了用于周期性CSI-RS传输和用于触发压缩CSI报告的示例性多时隙CSI-RS配置900。在图9的实施方式中,如930所示,CSI可以由例如DCI或其他触发信号来触发,该其他其他触发信号包括可以从无线接入网络节点发送给终端的触发CSI-RS。CSI触发930可以发起后续CSI-RS(如902-908所示)的CSI测量,以用于压缩和CSI报告(显示为940)。

[0135] 这种触发信号(例如,触发CSI-RS)可以被配置为包括CSI报告时间信息或配置,终端可以使用该CSI报告时间信息或配置来配置其CSI测量、压缩和报告。例如,触发信息可以包括但不限于:

[0136] • 时隙偏移量,其指示用于触发CSI反馈的DCI或其他信令与触发信号之后的第一个CSI-RS之间的时隙的数量。

[0137] • 用于测量和压缩的CSI-RS的数量(例如,图9的920,示出了被配置为在940处测量和压缩以用于上报的CSI-RS的示例性数量)。具体地,CSI-RS的数量可以被配置为小于上面的T_0(由终端上报为根据终端的处理能力终端可以处理以用于压缩的CSI-RS的最大数量)。

[0138] • 两个相邻CSI-RS之间的时隙的数量。

[0139] 在涉及非周期性CSI-RS的情况下,还可以指定CSI参考资源来表示参考时间。CSI报告的触发可以被配置为使得在触发930和CSI参考资源之间可以没有其他CSI-RS,或者在触发930的最后一个符号和CSI参考资源的第一个符号之间(或在它们之间并包括它们)可以没有其他CSI-RS。

[0140] 在一些其他可替选的实施方式中,CSI触发(例如DCI触发)可以触发多于一个的多CSI-RS集合。这种多集合配置可以由位图来指定。

[0141] 在图9所示的实施方式中,由于CSI-RS是非周期性的或非循环的,因此接收T数量

的CSI-RS所需的时间可能太长。在一些实施方式中,可以配置单独的阈值数T_1,使得如果从CSI触发到CSI报告传输的时间小于或等于T_1,则直接发送CSI。然而,如果从CSI触发到CSI报告传输的时间大于T_1,则CSI被上报多次。每次上报的内容都不一样。一个DCI可能会触发多个此类报告。多个CSI报告的数量和CSI报告之间的时间间隔可以由无线接入网络节点配置。

[0142] 在一些其他实施方式中,上述测量时间窗口T可以包括触发930之前的非周期性CSI-RS以及CSI触发930之后的CSI-RS。换句话说,CSI触发前后的CSI-RS可被合并以生成CSI报告。这些CSI-RS甚至可以使用不同的资源分配来发送,但是可以与发送端口相关。

[0143] 在一些实施方式中,上面T个时隙的秩指示符(RI)可能相同。因此,终端只能反馈一个RI。在一些其他示例性实施方式中,T个时隙中的每个可以具有不同的RI,并且这些不同的RI可以在压缩CSI报告中被单独反馈。在这种情况下,PMI可以由多个RI的最大值确定,然后被反馈给无线接入网络节点。

[0144] 压缩CSI报告的增强传输

[0145] 在上述压缩CSI反馈机制中,在确定第三基向量之后,大小为L*M*T的加权系数矩阵可以被压缩为大小为L*M*N的加权系数矩阵。压缩后的加权系数矩阵中的幅度和相位信息需要被反馈给无线接入网络节点。一般来说,由于变换后的信道域的稀疏性,因此压缩系数矩阵中的大多数元素都是零元素。这样,不需要报告整个矩阵,只需要反馈非零元素的位置信息和幅度/相位信息,这可以有效地减少CSI反馈开销。

[0146] 下面描述用于L*M*N维加权系数矩阵中的非零元素的位置信息反馈的几个示例性实施方式。在一些示例性实施方式中,可以使用位图反馈非零元素的位置。位图的维数可以是L*M*N。

[0147] 在一些其他实施方式中,(L,M,N)的三维坐标系中的每个非零元素的坐标值(x,y,z)可作为三个独立的位置索引用于位置反馈。值(x,y,z)可以被用作指示非零系数用于第x个第一基向量、第y个第二基向量和第z个第三基向量的加权系数的索引或指示符。例如,这种位置信息的特定编码(x,y,z)可以与$\log_2$(L*M*N)的比特宽度联合编码。具体地,联合编码的线性化索引的值,i＝L*x+M*y+z,或i＝L*x+N*z+y,或i＝M*y+N*z+x可以被上报。可替选地,(x,y,z)可以独立报告。具体而言,x的比特宽度$\log_2$(L)、y的比特宽度$\log_2$M和z的比特宽度$\log_2$N可以被上报。

[0148] 在又一些其他实施方式中,L*M*N个加权系数可以被划分为K个组,其中每组具有例如LMN/K个系数。相应地,L*M*N个向量空间可以被划分为K个子向量空间。组中非零元素的位置信息可以包括三个单独的索引/指示符,以用于指示非零元素在相应子向量空间中的位置。对于上述联合编码的线性化索引i,可以改为每个组内的非零元素的值i'＝mod(i,LMN/K)被反馈。不同组中的加权系数可以按照特定的预定义顺序被映射。第四索引可以被用于识别子向量空间。在一些实施方式中,对于总共K_0个非零系数,使用(K-1)*$\log_2$(K_0)个比特作为用于识别每个组的第四索引来反馈每个组中系数的起始位置。例如,如果将L*M*N个加权系数分为两组,则每组包括L*M*N/2个系数。第一和第二组包括对应于CSI-RS端口的前半部分和CSI-RS端口的后半部分的加权系数。每组中加权系数的起始位置的反馈比特数将为$\log_2$ K_0。

[0149] 上述非零系数的幅度、相位和位置可以以各种示例性方式映射到一组上行链路控

制信息(UCI)比特序列。一个示例如图10所示。在对应于每个系数的幅度、相位和位置值的比特序列被串接之后,如图10的1002-1012所示,它们按照系数的顺序被映射到UCI比特序列中。在一些实施方式中,总的K_{tot}个系数可以被划分为A组,如在图10中所示的两个组(段)1020和1030,每个组(段)包含对应于K_{tot}/A个系数的幅度、相位和位置值。如图10的比特序列1000进一步所示,这些系数组及其位置可以按照系数的顺序和分组的顺序被映射到UCI比特序列中。此外,终端可以根据由PUSCH分配的资源和诸如beta_offset的参数,省略A组中的一个或多个,然后执行用于CSI反馈的UCI传输。上述系数或分组的顺序可以基于优先级排序。

[0150] 上面的描述和附图提供了具体的示例实施例和实施方式。然而,所描述的主题可以以各种不同的形式体现,因此,所涵盖或要求保护的主题旨在被解释为不限于本文所述的任何示例实施例。旨在为所要求保护或涵盖的主题提供合理广泛的范围。其中,例如,主题可以体现为方法、设备、组件、系统或用于存储计算机代码的非暂时性计算机可读介质。因此,实施例可以例如采用硬件、软件、固件、存储介质或其任何组合的形式。例如,上述方法实施例可以由组件、设备或包括存储器和处理器的系统通过执行存储在存储器中的计算机代码来实施。

[0151] 在整个说明书和权利要求书中,术语在上下文中可能具有建议或暗示的微妙含义,而非明确规定的含义。同样,本文使用的短语“在一个实施例/实施方式中”不一定指同一实施例,而本文使用的短语“在另一个实施例/实施方式中”不一定指不同的实施例。例如,所要求保护的主题包括示例实施例的整体或部分的组合。

[0152] 一般来说,术语至少部分可以从上下文中的用法来理解。例如,本文中使用的诸如“和”、“或”或“和/或”等术语可以包括多种含义,这些含义可以至少部分取决于使用这些术语的上下文。通常,“或”如果用于关联列表,例如A、B或C,则意指A、B和C(在这里用于包容性意义),以及A、B或C(在这里用于排他性意义)。此外,本文使用的术语“一个或多个”,至少部分取决于上下文,可用于以单数意义描述任何特征、结构或特性,或可用于以复数意义描述特征、结构或特性的组合。类似地,诸如“a”、“an”或“the”等术语可以理解为表示单数用法或复数用法,至少部分取决于上下文。此外,术语“基于”可被理解为不一定意在传达一组排他因素,并且可允许存在不一定明确描述的附加因素,至少部分取决于上下文。

[0153] 在本说明书中对特征、优点或类似语言的引用并不意味着本解决方案可能实现的所有特征和优点都应该或被包括指在其任何单种实施方式中。相反,提及特征和优点的语言被理解为意结合实施例描述的特定特征、优点或特性被包括在本解决方案的至少一个实施例中。因此,在整个说明书中,对特征和优点以及类似语言的讨论可以但不一定指同一实施例。

[0154] 此外,本解决方案的所述特征、优点和特性可以在一个或多个实施例中以任何合适的方式组合。根据本文的描述,相关领域的普通技术人员应当认识到,本解决方案可以在没有特定实施例的一个或多个特定特征或优点的情况下实践。在其他情况下,某些实施例中可以认识到可能不存在于本解决方案的所有实施例中的附加特征和优点。

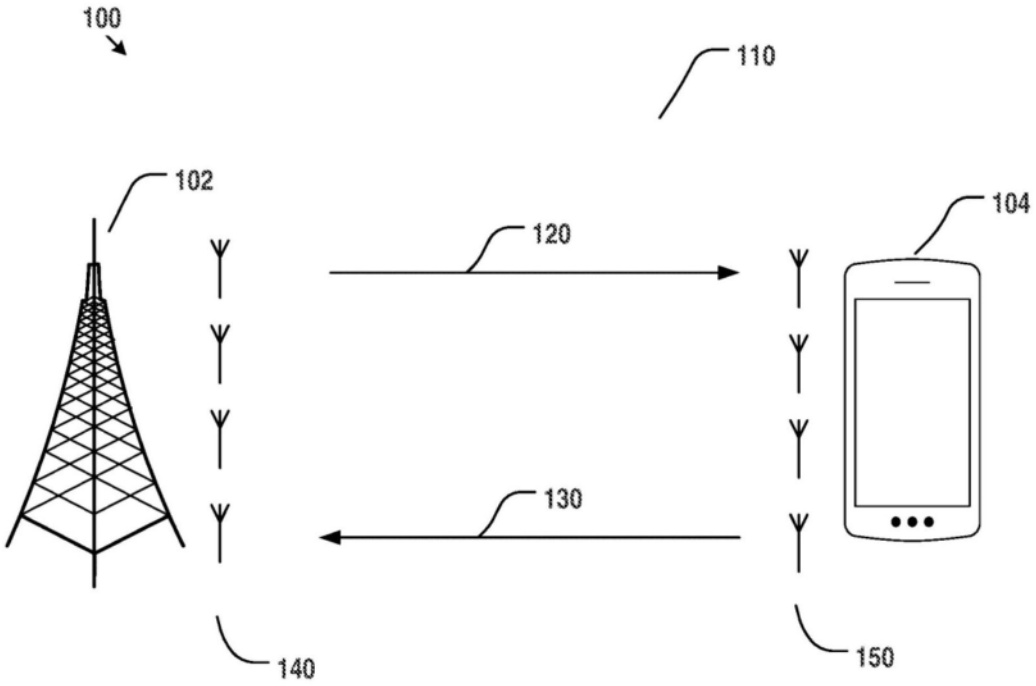

100
110
102
120
104
130
140
150

图1

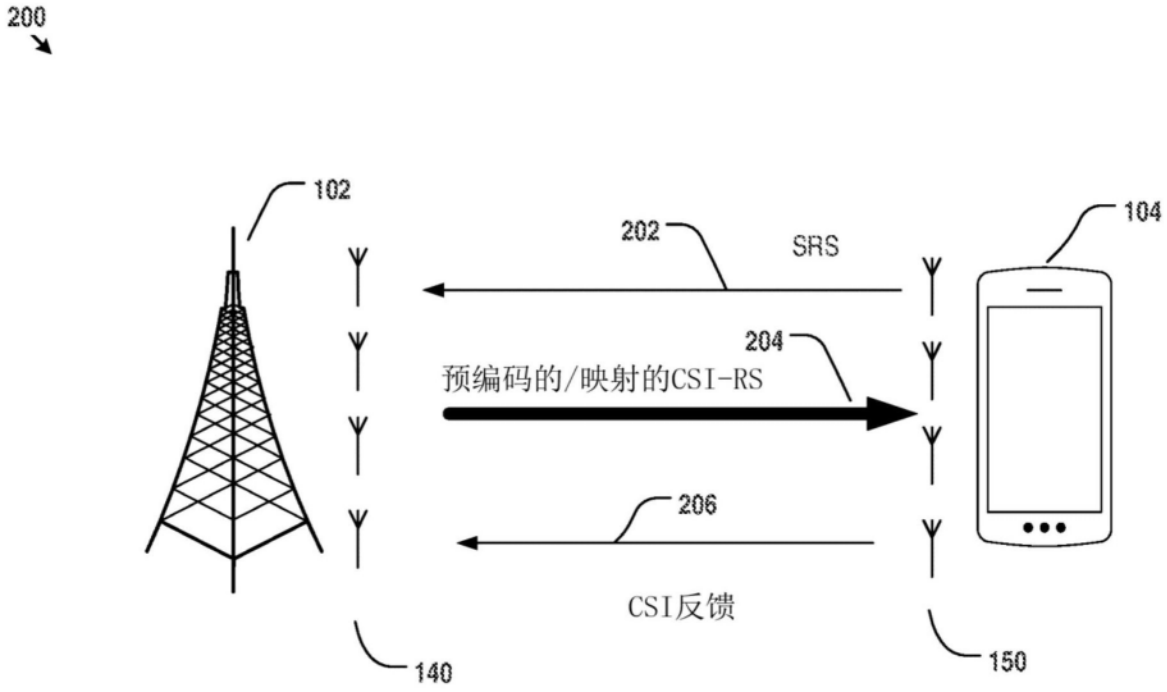

200
102
202
SRS
104
204
预编码的/映射的CSI-RS
206
CSI反馈
140
150

图2

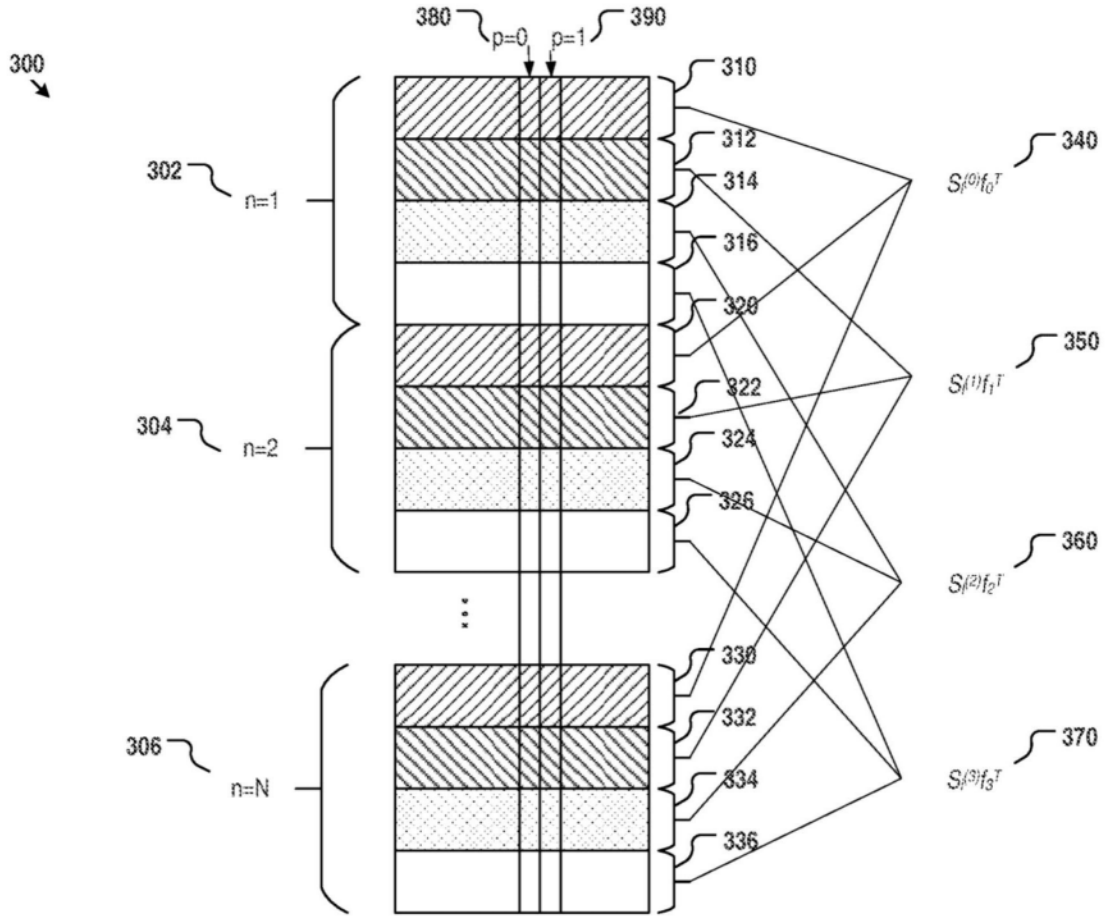

300
380
p=0
p=1
390
310
312
314
316
320
322
324
326
330
332
334
336
302
n=1
304
n=2
306
n=N
340
$S_f^{(0)}f_0^T$
350
$S_f^{(1)}f_1^T$
360
$S_f^{(2)}f_2^T$
370
$S_f^{(3)}f_3^T$

图3

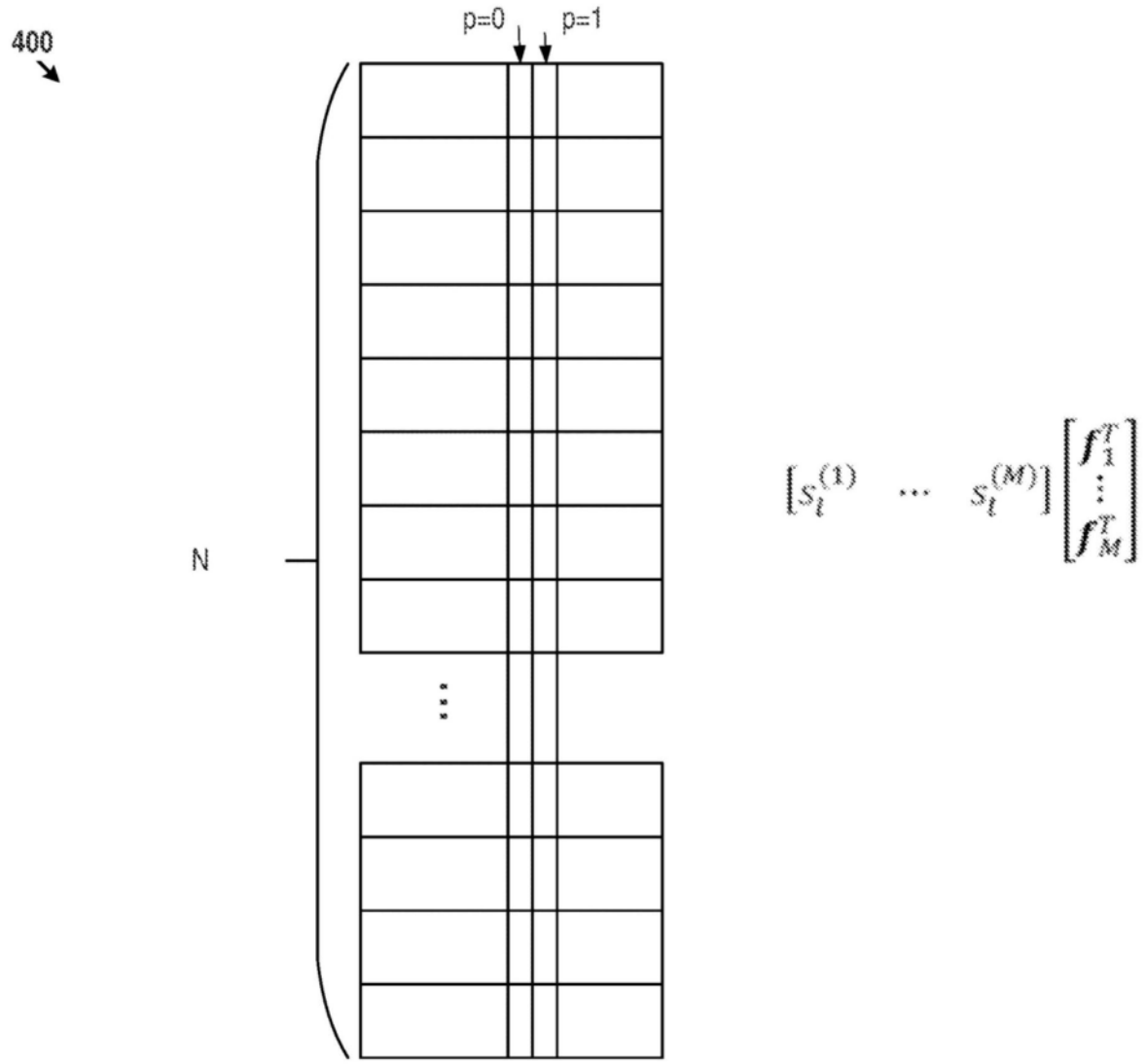

400
p=0
p=1
N
$[s_l^{(1)} \quad \cdots \quad s_l^{(M)}] \begin{bmatrix} f_1^T \\ \vdots \\ f_M^T \end{bmatrix}$

图4

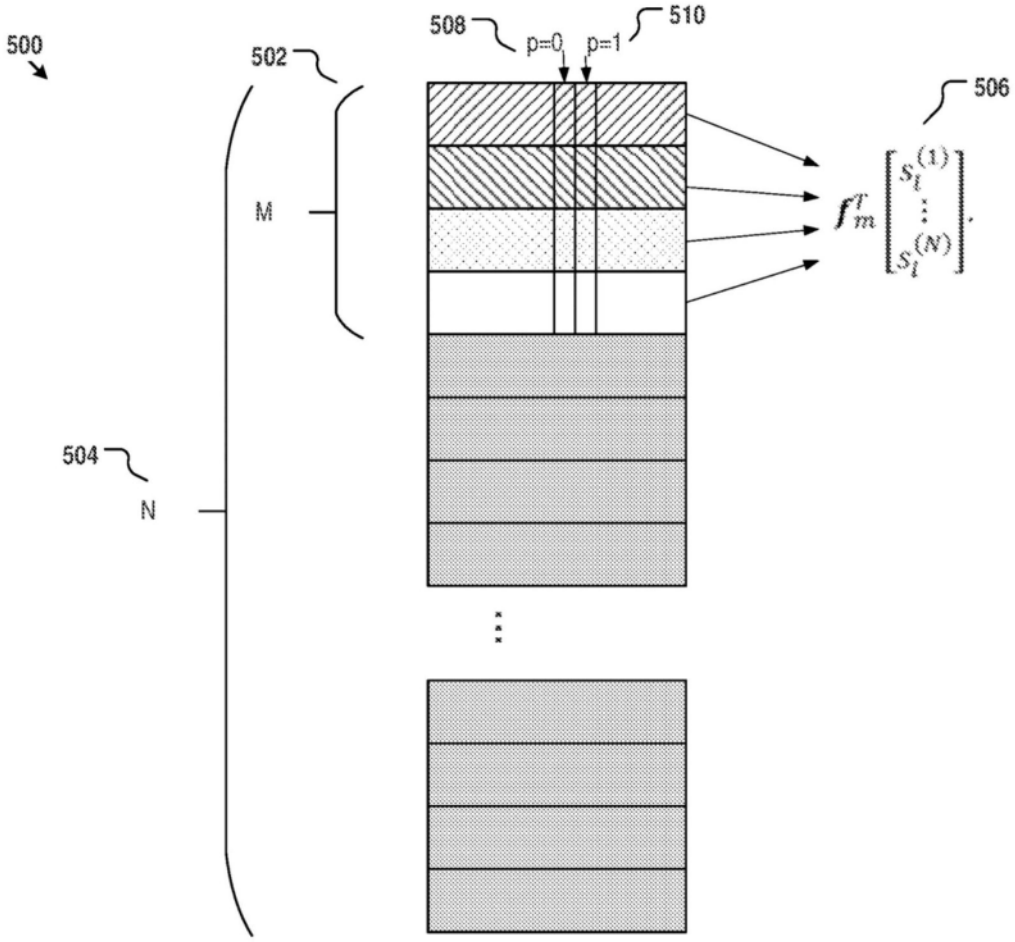


图5

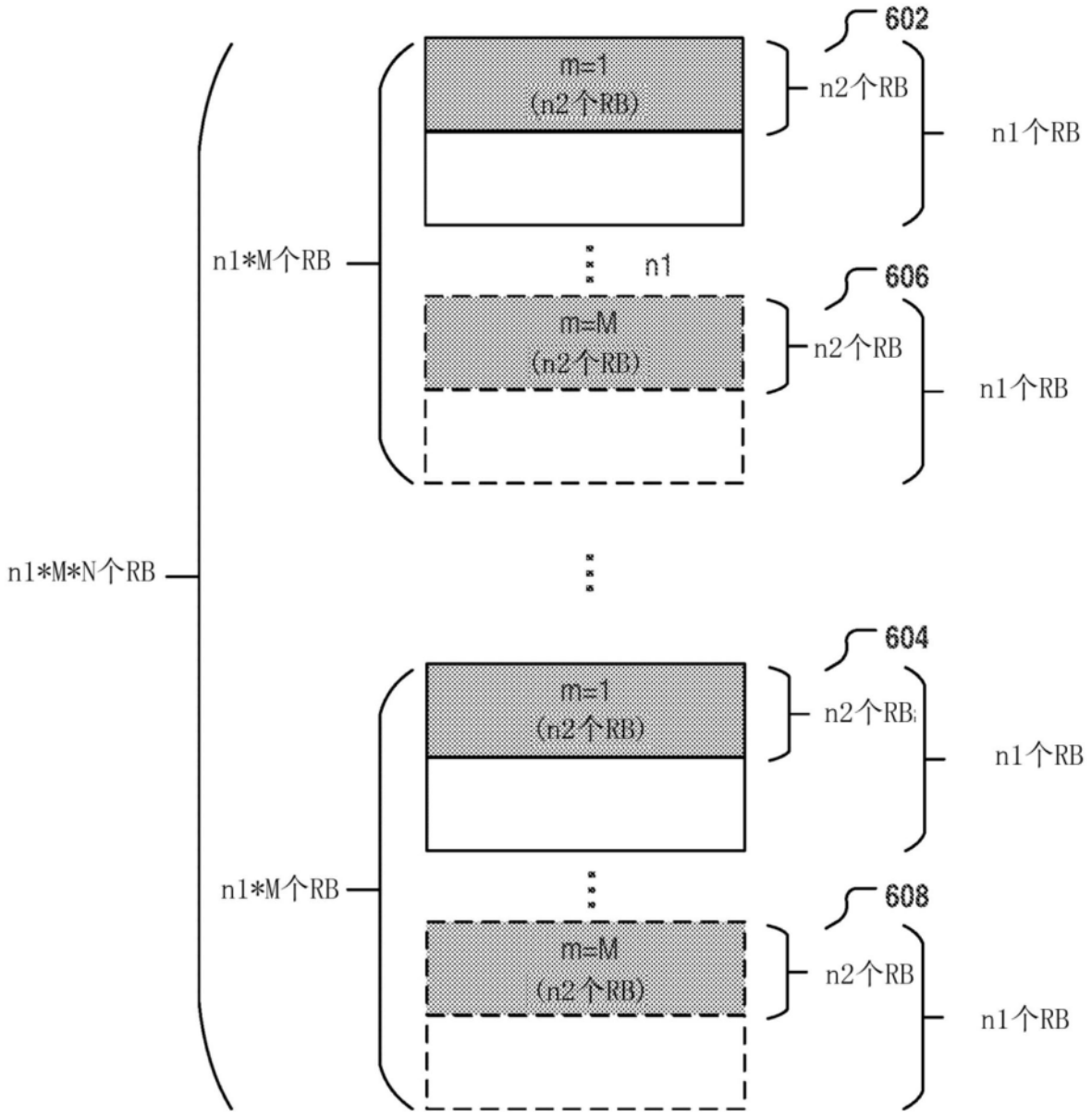

602
m=1
(n2个RB)
n2个RB
n1个RB
n1*M个RB
n1
606
m=M
(n2个RB)
n2个RB
n1个RB
n1*M*N个RB
604
m=1
(n2个RB)
n2个RB
n1个RB
n1*M个RB
608
m=M
(n2个RB)
n2个RB
n1个RB

图6

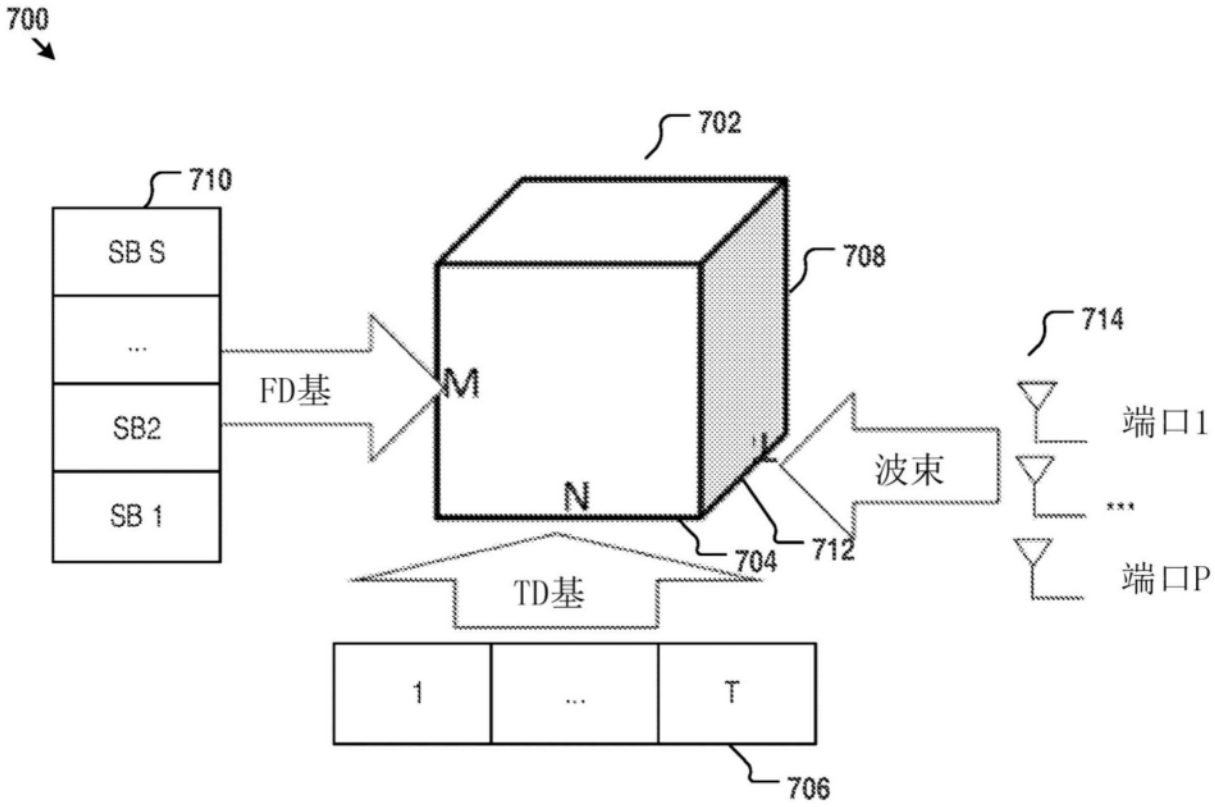

700
702
710
SB S
...
SB2
SB 1
FD基
M
N
708
714
端口1
...
端口P
波束
704
712
TD基
1
...
T
706

图7

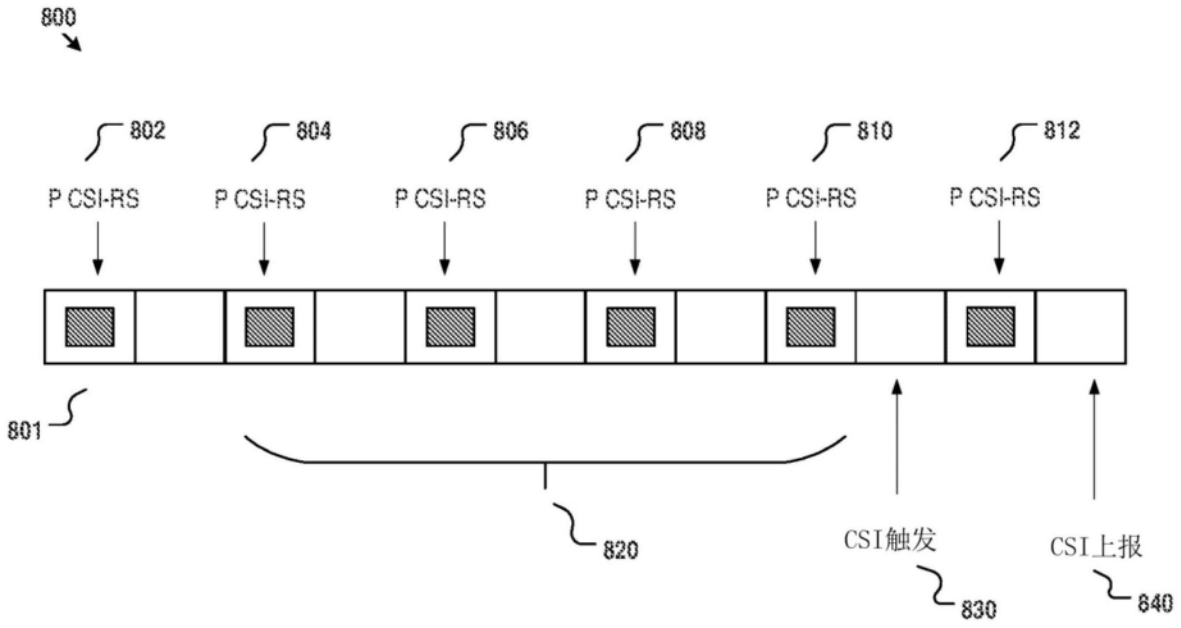

800
802
804
806
808
810
812
P CSI-RS
P CSI-RS
P CSI-RS
P CSI-RS
P CSI-RS
P CSI-RS
801
820
CSI触发
830
CSI上报
840

图8

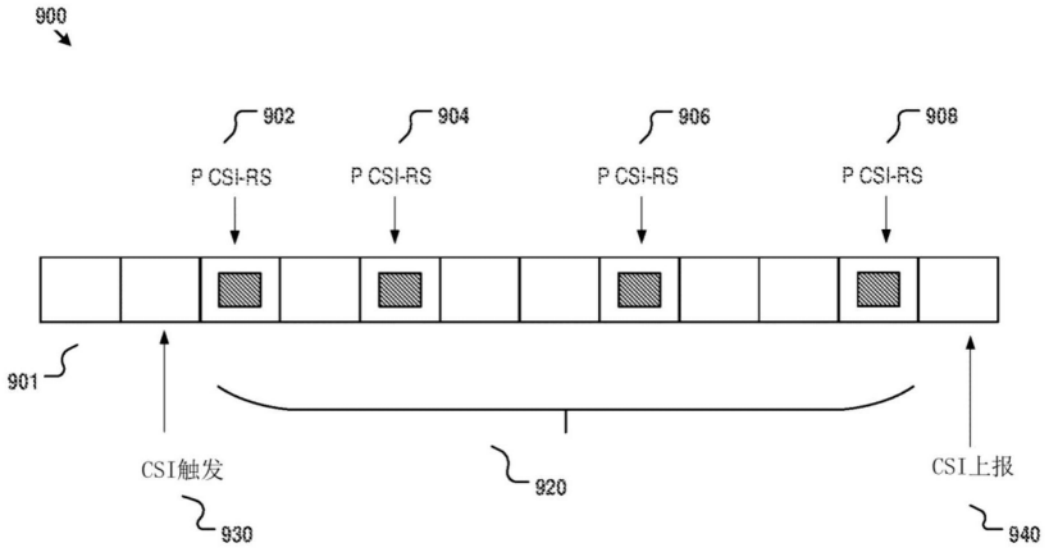

900
902
904
906
908
P CSI-RS
P CSI-RS
P CSI-RS
P CSI-RS
901
CSI触发
930
920
CSI上报
940

图9

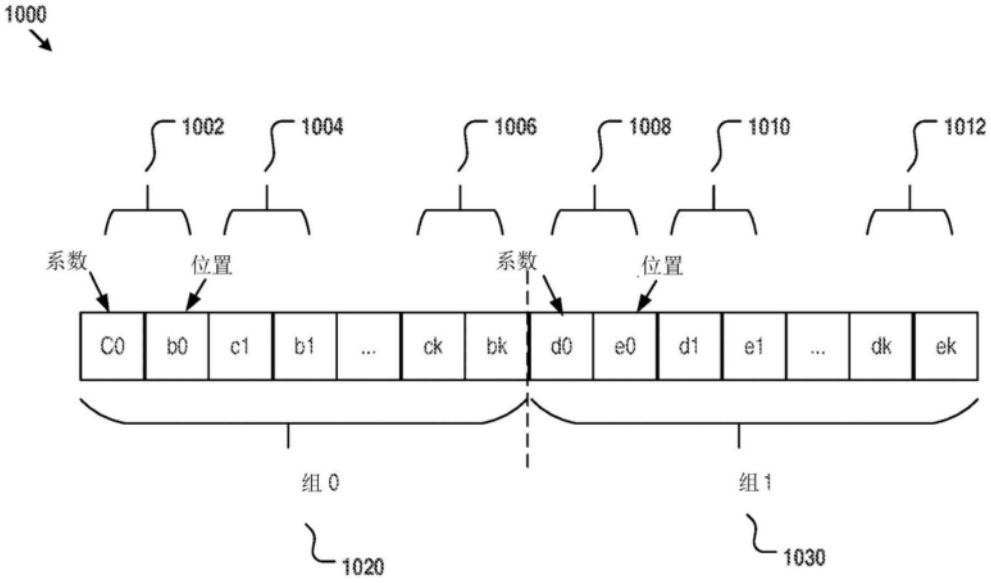

1000
1002
1004
1006
1008
1010
1012
系数
位置
系数
位置
C0
b0
c1
b1
...
ck
bk
d0
e0
d1
e1
...
dk
ek
组 0
1020
组 1
1030

图10