



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113796020 A

(43) 申请公布日 2021.12.14

(21) 申请号 201980096204.0

(22) 申请日 2019.03.08

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.11.08

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/055832 2019.03.08

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/182269 EN 2020.09.17

(71) 申请人 弗劳恩霍夫应用研究促进协会
地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 文卡特什·拉米雷迪
马库斯·格罗斯曼
马库斯·兰德曼

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 宋融冰

(51) Int.Cl.
H04B 7/0456 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04B 7/10 (2006.01)

权利要求书13页 说明书51页 附图13页

(54) 发明名称

用于无线通信系统中用于基于多普勒延迟码本的预编码的CSI报告和码本结构

(57) 摘要

描述了一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的通信设备。通信设备包括收发器,被配置为经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;和处理器。处理器被配置为-使用对无线电信道上的下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,-为复合多普勒延迟波束三级预编码器选择多普勒延迟预编码器矩阵(W),多普勒延迟波束三级预编码器基于一个或多个码本,一个或多个码本包括○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量,以及○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量,-使用显式CSI以及具有所选择的多普勒延迟波束预编码器

矩阵(W)的复合多普勒延迟波束三级预编码器计算信道质量指示CQI和/或预编码器矩阵指示PMI和/或秩指示RI中的一个或多个,以及-向发送器报告包括CQI和/或PMI和/或RI中的一个或多个的CSI反馈,其中PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的多普勒延迟波束三级复合预编码器矩阵。通信设备包括一个或多个参数(D,F),所述参数指示延迟分量的数量,如延迟DFT向量的数量($D_u^{(l)}$),和/或多普勒频率分量的数量,如多普勒DFT向量的数量($F_u^{(l)}$),所述参数将由通信设备在计算多普勒延迟预编码器矩阵(W)时使用。通信设备被配置为从一个或多个码本中选择由D个延迟分量构成的子集和/或由F个多普勒频率分量构成的子集,并在计算多普勒延迟预编码器矩阵(W)时使用针对每个极化(p)和每个空间波束(u)的所选择的由延迟分量构成的子集和/或针对每个极化(p)、每个空间波束(u)和每延迟(d)的所选择的由多普勒频率分量构成的子集。

1. 一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的通信设备,所述通信设备包括:

收发器,被配置为经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;以及

处理器,被配置为

-使用对无线电信道上的所述下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

-选择用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的多普勒延迟预编码器矩阵(W),所述多普勒延迟波束三级预编码器是基于一个或多个码本,所述一个或多个码本包括

o所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,

o所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量,以及

o所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量,

-使用所述显式CSI以及具有所选择的多普勒延迟波束预编码器矩阵(W)的所述复合多普勒延迟波束三级预编码器计算信道质量指示CQI和/或预编码器矩阵指示PMI和/或秩指示RI中的一个或多个,以及

-向所述发送器报告包括所述CQI和/或所述PMI和/或所述RI中的一个或多个的所述CSI反馈,其中所述PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的所述多普勒延迟波束三级复合预编码器矩阵,

其中,所述通信设备包括一个或多个参数(D,F),所述参数指示延迟分量的数量,如延迟DFT向量的数量($D_u^{(l)}$),和/或多普勒频率分量的数量,如多普勒DFT向量的数量($F_u^{(l)}$),所述参数将由所述通信设备在计算所述多普勒延迟预编码器矩阵(W)时使用,以及

其中,所述通信设备被配置为从所述一个或多个码本中选择由D个延迟分量构成的子集和/或由F个多普勒频率分量构成的子集,并在计算所述多普勒延迟预编码器矩阵(W)时,使用针对每个极化(p)和每个空间波束(u)的所选择的由延迟分量构成的子集和/或针对每个极化(p)、每个空间波束(u)和每个延迟(d)的所选择的由多普勒频率分量构成的子集。

2. 一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的通信设备,所述通信设备包括:

收发器,被配置为经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;以及

处理器,被配置为

-使用对所述无线电信道上的所述下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

-选择用于复合预编码器的延迟预编码器矩阵(W),所述复合预编码器是基于一个或多个码本,所述一个或多个码本包括

o所述复合预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,以及

o所述复合预编码器的一个或多个延迟分量,

-使用所述显式CSI以及具有所选择的延迟预编码器矩阵(W)的所述复合预编码器计算信道质量指示CQI和/或预编码器矩阵指示PMI和/或秩指示RI中的一个或多个,以及

-向所述发送器报告包括所述CQI和/或所述PMI和/或所述RI中的一个或多个的所述CSI反馈,其中所述PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的所述复合预编码器矩阵,

其中所述通信设备包括一个或多个参数(D,F),所述参数指示延迟分量的数量,如延迟DFT向量的数量($D_u^{(l)}$),所述参数将由所述通信设备在计算所述延迟预编码器矩阵(W)时使用,以及

其中,所述通信设备被配置为从所述一个或多个码本中选择由D个延迟分量构成的子集,并在计算所述延迟预编码器矩阵(W)时,使用针对每个极化(p)和每个空间波束(u)的所选择的由延迟分量构成的子集。

3. 根据权利要求1或2所述的通信设备,其中

所述一个或多个参数包括参数D,

所述延迟分量包括延迟DFT或DCT向量,以及

所述通信设备被配置为从所述一个或多个码本中选择由 $D_u^{(l)} = D$ 个延迟向量构成的子集,所述延迟向量对于所述预编码器的所有波束索引是共同的,使得 $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)} = \mathbf{d}_d^{(l)}$,并且在计算所述预编码器矩阵(W)时仅使用所选择的由D个延迟向量构成的子集,其中d表示所述预编码器的延迟向量,l、p、u和d表示层索引、极化索引、空间波束索引和所述延迟向量的延迟索引。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中,所述参数D取决于从中选择所述延迟向量的码本的码本大小S,并且其中所述通信设备包括参数p,使得 $D = pS$,其中 $p \leq 1$,以控制反馈开销。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为报告所选择的由D个延迟向量构成的子集的信息或指示作为CSI报告的一部分,例如通过使用 $\lceil \log_2 \binom{S}{D} \rceil$ 位指示所选择的D个延迟向量。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为报告从所选择的由D个共同延迟向量构成的子集中选择的每波束索引(u)和/或每极化索引(p)的 $D'_{p,u} \leq D$ 个延迟向量的信息或指示。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述一个或多个码本中的所述延迟向量被分组为 O_2 个子组,其中每个子组 $1 \leq q_2 \leq O_2$ 包含个正交DFT或DCT向量,其中 q_2 表示所述码本的过采样因子,并且其中所述通信设备被配置为从单个子组中选择针对第1层的由D个延迟向量构成的子集。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中

所述一个或多个参数包括参数F,

所述多普勒频率分量包括多普勒DFT或DCT向量,以及

所述通信设备被配置为从所述一个或多个码本中选择由 $F_u^{(l)} = F$ 个多普勒频率向量构成的子集,所述多普勒频率向量对于用于所述预编码器的所有波束索引是共同的,并且对

于用于所述预编码器的所有延迟索引是共同的,使得 $f_{p,u,d,v}^{(l)} = f_v^{(l)}$,并且在计算所述预编码器矩阵(W)时使用所选择的F个多普勒频率向量,其中f表示多普勒频率向量,l表示层索引,p表示极化索引,u表示空间波束索引,d表示延迟索引,v表示向量的多普勒频率索引。

9.根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述参数F取决于从中选择所述多普勒频率向量的码本的码本大小T,并且其中所述通信设备包括参数p使得 $F = pT$,其中 $p \leq 1$ 以控制反馈开销。

10.根据前述权利要求中的任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为报告所选择的由F个多普勒频率向量构成的子集的信息或指示作为CSI报告的一部分,例如通过使用 $\lceil \log_2 \left(\frac{T}{F} \right) \rceil$ 位指示所选择的F个多普勒频率向量。

11.根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为报告从所选择的由F个共同多普勒频率向量构成的子集中选择的每波束索引(u)、和/或延迟索引(d)和/或极化索引(p)的 $F'_{p,u,d} \leq F$ 个多普勒频率向量的信息或指示。

12.根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述一个或多个码本中的所述多普勒频率向量被分组为 0_3 个子组,其中每个子组 $1 \leq q_3 \leq 0_3$ 包含T个正交DFT或DCT向量,其中 q_3 表示所述码本的过采样因子,并且其中所述通信设备被配置为从单个子组中选择针对第1层的F个DFT或DCT向量。

13.根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,

其中所述通信设备包括另外的参数(U),所述另外的参数指示将由所述通信设备在计算所述多普勒延迟预编码器矩阵(W)时使用的空间波束分量的数量,如波束DFT向量的数量($U^{(1)}$),以及

其中,所述通信设备被配置为从所述一个或多个码本中选择U个空间波束分量,并在计算所述多普勒延迟预编码器矩阵(W)时使用它们,所选择的波束分量用于每个极化(p)。

14.根据权利要求13所述的通信设备,其中

所述另外的参数包括所述参数U,

所述空间波束分量包括波束DFT向量,以及

所述通信设备被配置为从所述一个或多个码本中选择由 $U^{(1)} = U$ 个波束DFT向量构成的子集,所述波束DFT向量对于所有极化是共同的,并在计算所述预编码器矩阵(W)时使用所选择的U个波束DFT向量,其中l表示所述预编码器的层。

15.根据权利要求13或14所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为报告 $U^{(1)}$ 个所选择的波束DFT向量的信息或指示作为CSI报告的一部分,例如通过使用 $\lceil \log_2 \left(\frac{N_1 N_2}{U^{(1)}} \right) \rceil$ 位指示所选择的 $U^{(1)}$ 个波束DFT向量。

16.根据权利要求13至15中任一项所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置为报告所选择的 $\tilde{U}^{(l)} \leq U^{(l)}$ 个波束DFT向量的信息或值。

17.根据权利要求13至16中任一项所述的通信设备,其中所述一个或多个码本中的波束向量被分组为 $0_{1,1} \times 0_{1,2}$ 个子组,其中每个子组, $1 \leq q_{1,1} \leq 0_{1,1}, 1 \leq q_{1,2} \leq 0_{1,2}$,包含 $N_1 N_2$ 个正交DFT向量,其中所述通信设备被配置为从单个子组中选择针对第1层的 $U^{(1)}$ 个DFT波束向

量,并报告所选择的子组索引 $q_{1,1},q_{1,2}$ 。

18.根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中,所选择的延迟分量的信息,如每波束的所选择的延迟向量的信息,和/或所选择的多普勒频率分量的信息,如每波束和每延迟的所选择的多普勒频率向量的信息,是由位图表示的,其中所述位图中的每个位与空间波束分量、延迟分量和/或多普勒频率分量以及组合系数相关联。

19.根据权利要求18所述的通信设备,其中

所述通信设备被配置为选择 $\bar{D} \leq D$ 个延迟向量,其中 \bar{D} 的值是由所述通信设备选择的,所述 $\bar{D} \leq D$ 个延迟向量对于所有波束索引是共同的,并且其中所述通信设备被配置为在计算所述预编码器矩阵(W)时使用所选择的 \bar{D} 个延迟向量,和/或

所述通信设备被配置为选择 $\bar{F} \leq F$ 个多普勒频率向量,其中 \bar{F} 的值是由所述通信设备选择的,所述 $\bar{F} \leq F$ 个多普勒频率向量对于所有波束和延迟索引是共同的,并且其中所述通信设备被配置为在计算所述预编码器矩阵(W)时使用所选择的 \bar{F} 个多普勒频率向量。

20.根据权利要求18或19所述的通信设备,其中

来自于由D个延迟DFT向量构成的共同子集中的每波束的所选择的延迟DFT向量和来自于由F个多普勒DFT向量构成的共同子集中的每波束和每延迟的所选择的多普勒DFT向量对于两种极化是相同的,以及

大小为 $2U^{(1)}D \times F$ 的位图包括大小为 $U^{(1)}D \times F$ 的相同大小的两个相同的子位图。

21.根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为仅报告非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。

22.根据权利要求21所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置为选择不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 来计算所述预编码器矩阵(W),所述参数 K_0 取决于所配置的延迟DFT向量的数量D、所配置的多普勒DFT向量的数量F和所配置的DFT波束的数量 $U^{(1)}$ 。

23.根据权利要求22所述的通信设备,其中所述参数 K_0 由 $K_0 = \beta 2DFU^{(1)}$ 或 $K_0 = \beta DFU^{(1)}$ 给出,其中所述参数 $\beta \leq 1$ 控制反馈开销。

24.根据权利要求22或23所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为选择

- 每层的例如层1的不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,以计算所述预编码器矩阵(W),或
- 针对层的子集的例如层1和层2的不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,以计算所述预编码器矩阵(W),或
- 针对所有层的不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,以计算所述预编码器矩阵(W)。

25.根据权利要求22至24中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为报告 K_1 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,其中 $K_1 \leq K_0$,并在位图中指示所选择的非零组合系数。

26.根据权利要求25所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置为提供包括两个部分的CSI报告,其中第一部分具有固定的有效载荷大小并且包含至少数量 K_1 的所选择的非零组合系数,以及第二部分包含有关用于指示所选择的延迟向量和所选择的多普勒频率向量以及非零组合系数的所述位图、所述共同的D个延迟向量和/或F个多普勒向量的指示、 $U^{(1)}$ 或 $2U^{(1)}$ 个所选择的波束索引的指示、以及所述 K_1 个非零组合系数的信息。

27. 根据权利要求18至26中任一项所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置为相对于最强组合系数,例如具有最大振幅或功率的组合系数,对所述组合系数进行归一化,使得所述最强组合系数在所述归一化后由值1给出。

28. 根据权利要求18至27中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为不报告所述最强组合系数,例如最强归一化组合系数。

29. 根据权利要求28所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置为报告最强系数指示,例如使用指示 K_1 个所报告的组合系数中的最强系数的 $\lceil \log_2 K_1 \rceil$ 位。

30. 根据权利要求18至29中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为使用码本方法对所述非零组合系数进行量化,其中每个系数由下式表示

$$\gamma_{p,u,d,v}^{(l)} = \hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)} \phi_{p,u,d,v}^{(l)},$$

其中

- $\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是极化、波束、延迟和多普勒频率依赖的振幅系数,所述振幅系数是用N位量化的;以及

- $\phi_{p,u,d,v}^{(l)}$ 表示由BPSK、或QPSK、或8PSK或任何其他高阶PSK星座图表示的相位。

31. 根据权利要求30所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置为将所述组合系数分组为Q个子组,并分别用 $A^{(Q)}$ 和 $P^{(Q)}$ 个位对第q个子组的每个系数的振幅和相位进行量化。

32. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中

对于所有波束索引共同的所选择的D个延迟向量对于层的子集或对于所有层,例如第一层和第二层,是相同的,和/或

对于所有延迟和波束索引共同的所选择的F个多普勒频率向量对于层的子集或对于所有层,例如第一层和第二层,是相同的。

33. 根据权利要求1至31中任一项所述的通信设备,其中对于所有波束索引共同的所选择的D个延迟向量和/或对于所有延迟和波束索引共同的所选择的F个多普勒频率向量对于层的子集或对于所有层,例如第一层和第二层,是不同的。

34. 根据权利要求32或33所述的通信设备,其中

每波束的所选择的延迟向量的信息以及每波束和每延迟的所选择的多普勒频率向量的信息是由位图表示的,其中所述位图中的每一位与延迟向量、多普勒频率向量和组合系数相关联,以及

针对各层的位图,例如针对第一层和针对第二层的位图,是相同的或不同的。

35. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为选择

针对第1层和1'层的 $U^{(1,1')}$ 个空间DFT波束,其中 $U^{(1,1')} = U^{(1)} + U^{(1')}$, $U^{(1)}$ 和 $U^{(1')}$ 的值由所述通信设备自由选择,或者针对第1层的 $U^{(1)}$ 个DFT波束和针对第1'层 $U^{(1')}$ 个DFT波束,其中对于 $1' \geq 1$, $U^{(1')} \leq U^{(1)}$,和/或

对于第1层的所有波束索引共同的 $D^{(1)}$ 个延迟DFT向量以及针对第1'层的 $D^{(1')}$ 个延迟DFT向量,其中对于 $1' \geq 1$, $D^{(1')} \leq D^{(1)}$,和/或

对于第1层的所有波束索引共同的 $F^{(1)}$ 个多普勒DFT向量以及针对第1'层的 $F^{(1')}$ 个多普勒DFT向量,其中对于 $1' \geq 1$, $F^{(1')} \leq F^{(1)}$ 。

36. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置为通过较

高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,从所述无线通信系统,例如从gNB,接收以下中的一个或多个:

- 参数D,
- 参数F,
- 参数U,
- 参数 $U^{(1)}$,
- 参数p,
- 参数 K_0 ,
- 参数 β ,
- 参数 $A^{(q)}$,
- 参数 $P^{(q)}$,
- 用于延迟分量码本(Ω_2)的配置的S值,
- 用于多普勒频率分量码本(Ω_3)的配置的T值,
- 参数 N_1, N_2 。

37. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,向所述无线通信系统,例如向gNB,报告以下中的一个或多个:

- 所选择的D个延迟DFT向量的信息或指示,
- 所选择的F个多普勒频率向量的信息或指示,
- 每波束索引(u)和/或每极化索引(p)的所选择的 $D'_{p,u} \leq D$ 个延迟向量的信息或指示,
- 每波束索引(u)和/或延迟索引(d)和/或极化索引(p)的所选择的 $F'_{p,u,d} \leq F$ 个多普勒频率向量的信息或指示,
- 所选择的 $U^{(1)}$ 个空间波束DFT向量的信息或指示,
- 所选择的 $U^{(1,1')}$ 个空间波束DFT向量的信息或指示,
- 所选择的 \bar{D} 个延迟向量的信息或指示,
- 所选择的 \bar{F} 个多普勒频率向量的信息或指示,
- 子组索引 q_2 ,
- 子组索引 q_3 ,
- 所选择的子组索引 $q_{1,1}, q_{1,2}$,
- 表示所选择的空波束分量、延迟分量和所选择的多普勒频率分量的位图,
- 大小为 $U^{(1)}D \times F$ 的两个相同子位图之一,
- 对于一层、层的子集或对于所有层共同的所选择的D个延迟DFT向量,
- 对于一层、层的子集或对于所有层共同的所选择的F个多普勒DFT向量
- 所选择的值 $U^{(1)}$ 和 $U^{(1')}$,
- 所选择的值 $U^{(1,1')}$,
- 所选择的值 $D^{(1)}$ 和 $D^{(1')}$,
- 所选择的值 $F^{(1)}$ 和 $F^{(1')}$ 。

38. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备包括用于延迟码本的配置过的采样因子 O_2 和/或用于多普勒码本的配置过的采样因子 O_3 ,

其中,所述通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,从所述无线通信系统,例如从gNB,接收所述过采样因子 O_2 和/或所述过采样因子 O_3 ,或者

其中,所述通信设备被配置为使用用于所述过采样因子 O_2 的先验已知值和/或用于所述过采样因子 O_3 的先验已知值。

39. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为

选择用于延迟码本的配置的过采样因子 O_2 和/或用于多普勒码本的配置的过采样因子 O_3 ,以及

通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,向所述无线通信系统,例如向gNB,报告所选择的过采样因子 O_2 经由和/或所选择的过采样因子 O_3 。

40. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,从所述无线通信系统,例如从gNB,接收用于延迟码本的配置的码本参数S和/或用于多普勒码本的配置的码本参数T。

41. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或物理层信令,例如作为L1参数,向所述无线通信系统,例如向gNB,报告延迟码本的配置所需的码本参数S和/或多普勒码本的配置所需的码本参数T。

42. 根据权利要求40或41所述的通信设备,其中所述参数S取决于所配置的用于CQI报告的子带的数量 N_{SB} ,例如参数S可以由 $S = RN_{SB}$ 给出,其中所述参数R控制通信设备计算复杂性,并且可以由所述无线通信系统,例如从gNB,通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令配置,例如作为L1参数,来配置所述参数R。

43. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中,在所述CSI反馈使用所述PMI的情况下,所述通信设备被配置为报告至少一个两分量PMI,

-其中第一PMI对应于所选择的向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 和/或 $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 和/或 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$,以及

-其中第二PMI对应于从所述通信设备到所述发送器的子集或所有多普勒延迟波束组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。

44. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中,为了控制用于报告位图和UE计算复杂性的反馈开销,所述通信设备被配置为选择所述延迟DFT向量和/或所述多普勒DFT向量,以使得

- 所选择的延迟DFT向量
 - 相对于两种极化都相同,或
 - 对于波束的子集是部分相同的,或
 - 相对于每极化的所有波束完全相同,或
 - 相对于所有波束和两种极化都完全相同,和/或
- 所选择的多普勒DFT向量
 - 对于延迟的子集和波束的子集是部分相同的,或

- o 相对于每波束和极化的所有延迟完全相同,或
- o 相对于每波束和两种极化的所有延迟完全相同,或
- o 相对于每极化的所有延迟和所有波束完全相同,或
- o 相对于所有延迟和所有波束和两种极化完全相同,或
- o 相应于每延迟和每极化的所有波束完全相同,或
- o 相对于每延迟和两种极化的所有波束完全相同。

45. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中每波束和极化的所选择的延迟DFT向量和/或每波束、每延迟和极化的所选择的多普勒DFT向量由大小为 $\lceil \log_2 \binom{2UDF}{K_1} \rceil$ 的位序列表示,所述位序列表示组合索引 $\binom{2UDF}{K_1}$,并指示从2UDF个组合系数中选择的 K_1 个非零组合系数的索引。

46. 根据权利要求45所述的通信设备,其中来自于由D个延迟DFT向量构成的共同子集的每波束和极化的所选择的延迟DFT向量的数量和/或来自于由F个多普勒DFT向量构成的共同子集的每波束和每延迟和极化的所选择的多普勒DFT向量的数量对于两种极化是相同的,从而将所述位序列的大小减小到 $\lceil \log_2 \binom{UDF}{K_1} \rceil$,所述位序列表示组合索引 $\binom{UDF}{K_1}$,并且指示从UDF个组合系数中选择的 K_1 个非零组合系数的索引。

47. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为经由较高层,如无线电资源控制(RRC)层或媒体接入控制-控制单元(MAC-CE),或者经由物理层,如层1或L1,向网络实体,如gNB,报告

- 实现信道延迟分量的特定分辨率所需的码本参数S,和/或
- 实现信道多普勒分量的特定分辨率所需的码本参数T。

48. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为选择 $D' = 1$ 个延迟DFT向量和/或 $F' = 1$ 个多普勒DFT向量。

49. 根据权利要求48所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置为不向所述网络报告一个所选择的延迟DFT向量和/或一个所选择的多普勒DFT向量的信息/指示。

50. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中,在非零系数的数量 $K_1 = 2$ 的情况下,所述通信设备被配置为

- 从 $U^{(1)}$ 个所配置的波束向量中仅选择单个波束向量,并针对所选择的单个波束为两种极化确定所述预编码器矩阵的两个组合系数,和/或
- 在所述CSI报告中指示为1的传输秩(RI=1);和/或
- 不报告用于指示所选择的非零系数、延迟DFT向量和/或多普勒DFT向量的位图或位序列,和/或
- 不报告对于所有波束索引共同的所选择的D或 D' 个延迟DFT向量的信息/指示,和/或不报告对于所有波束和延迟索引共同的所选择的F或 F' 个多普勒DFT向量的信息/指示,和/或
- 报告指示从所述 $U^{(1)}$ 个所配置的波束向量中选择的波束的波束指示。

51. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中,当与用于一种极化的DFT波束向量相关联的所有非零系数为零时,所述通信设备被配置为不报告与那些波束相关联的对

应位图或位序列。

52. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述多普勒延迟波束三级预编码器是基于三个单独的码本,并且其中所述三个单独的码本包括

- 用于所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的所述一个或多个发送侧空间波束分量的第一码本(Ω_1),

- 用于所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的所述一个或多个延迟分量的第二码本(θ_2),以及

- 用于所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的所述一个或多个多普勒频率分量的第三码本(θ_3)。

53. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述预编码器是基于两个单独的码本,并且其中所述两个单独的码本包括

- 用于所述复合预编码器的所述一个或多个发送侧空间波束分量的第一码本(Ω_1),以及

- 用于所述复合预编码器的所述一个或多个延迟分量的第二码本(Ω_2)。

54. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述多普勒延迟预编码器矩阵(W)被表示为

$$\mathbf{W}^{(l)} = P^{(l)} \begin{bmatrix} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \mathbf{f}_{1,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \\ \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \mathbf{f}_{2,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{2,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \end{bmatrix},$$

其中

- $U^{(l)}$ 是针对第 l 层的每极化的波束的数量,

- $D_u^{(l)}$ 是针对第 l 层和第 u 波束的延迟的数量,

- $F_{d,u}^{(l)}$ 是针对第 l 层、第 u 波束和第 d 延迟的多普勒频率分量的数量,

- $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第 l 层、第 d 延迟、第 u 空间波束、和第 p ($p=1,2$) 极化相关联的大小为 $T \times 1$ 的第 v 多普勒频率向量;

- $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第 l 层、第 u 空间波束和第 p 极化相关联的大小为 $S \times 1$ 的第 d 延迟向量;

- $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 是与第 l 层相关联的第 u 空间波束;

- $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第 l 层、第 u 空间波束、第 d 延迟、第 v 多普勒频率和第 p 极化相关联的多普勒延迟系数,以及

- $P^{(l)}$ 是标量归一化因子,以确保所有预编码器层上的平均总发送功率为1。

55. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备,其中所述多普勒延迟波束预编码器矩阵(W)是由双级预编码器表示的:

$$\mathbf{W}^{(l)} = \mathbf{W}^{(1,1)} \mathbf{W}^{(2,1)} \in \mathbb{N}_t \cdot T \cdot S \times 1,$$

其中

$$\mathbf{W}^{(1,l)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_2 \end{bmatrix}, \text{其中}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_1 = & \left[\mathbf{f}_{1,0,0,0}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,0,0}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_0^{(l)} \quad \cdots \quad \mathbf{f}_{1,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,u,d}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \quad \cdots \quad \mathbf{f}_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_{U^{(l)}-1}^{(l)} \right] \\ & , \\ \mathbf{X}_2 = & \left[\mathbf{f}_{2,0,0,0}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{2,0,0}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_0^{(l)} \quad \cdots \quad \mathbf{f}_{2,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{2,u,d}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \quad \cdots \quad \mathbf{f}_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_{U^{(l)}-1}^{(l)} \right] \\ & , \end{aligned}$$

以及, $w^{(2,1)}$ 包含复数多普勒延迟波束组合系数,

$$\begin{aligned} \mathbf{w}^{(2,l)} = & \left[\gamma_{1,0,0,0}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \quad \gamma_{2,0,0,0}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \right]^T \\ & , \end{aligned}$$

其中

- $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第d延迟、第u空间波束和第p ($p=1, 2$) 极化相关联的大小为 $T \times 1$ 的第v多普勒频率向量;

- $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第u空间波束和第p极化相关联的大小为 $S \times 1$ 的第d延迟向量;

- $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 是与第1层相关联的第u空间波束;

- $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第u空间波束、第d延迟、第v多普勒频率和第p极化相关联的多普勒延迟系数, 以及

- $P^{(1)}$ 是标量归一化因子, 以确保所有预编码器层上的平均总发送功率为1。

56. 根据前述权利要求中任一项所述的通信设备, 其中

- 所述第一码本 (Ω_1) 包括从中选择向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 的大小为 $N_1 N_2 \times 0_{1,1} N_{1,1} 0_{1,2} N_2$ 的第一被过采样的DFT码本矩阵, 其中 N_1 和 N_2 分别指天线端口的第一和第二数量, 以及 $0_{1,1}$ 和 $0_{1,2}$ 指过采样因子, 其中 $0_{1,1} \in \{1, 2, 3, \dots\}$, 以及 $0_{1,2} \in \{1, 2, 3, \dots\}$,

- 其中, 所述第二码本 (Ω_2) 包括从中选择延迟向量 $\mathbf{d}_{u,d}^{(l)}$ 的大小为 $S \times S O_2$ 的第二被过采样的DFT码本矩阵, 其中 S 指所配置的子带/PRB或者子载波的数量, 以及 O_2 指过采样因子 $O_2 = 1, 2, \dots$, 以及

- 其中, 所述第三码本 (Ω_3) 包括从中选择多普勒频率向量 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 的大小为 $T \times T O_3$ 的第三被过采样的DFT码本矩阵, 其中 T 指在观察时间期间的时刻的数量, 以及 O_3 指过采样因子, 其中 $O_3 = 1, 2, \dots$ 。

57. 一种在包括通信设备的无线通信系统中的发送器, 所述发送器包括:

天线阵列, 具有多个天线, 用于与一个或多个根据前述权利要求中任一项所述的通信设备进行无线通信, 用于向所述发送器提供信道状态信息CSI反馈; 以及

连接到所述天线阵列的预编码器, 所述预编码器将一组波束形成权重应用于所述天线

阵列的一个或多个天线,以通过所述天线阵列形成一个或多个发送波束或一个或多个接收波束,

收发器,被配置为

-向所述通信设备发送根据CSI-RS配置的下行链路参考信号(CSI-RS)和包括所述CSI-RS配置的下行链路信号,所述CSI-RS配置包括CSI-RS天线端口的数量、以及指示所述下行链路参考信号的时域重复的参数,所述参数例如被称为CSI-RSBurstDuration,所述参数例如根据所述下行链路参考信号在其中重复的连续时隙的数量来指示;以及

-从所述通信设备接收包括多个CSI报告的上行链路信号;以及

处理器,被配置为:

-从所述多个CSI报告中至少提取预编码器矩阵标识符和秩指示;以及

-使用PMI的第一分量和第二分量构造应用于所述天线端口上的预编码器矩阵,并响应于所构造的预编码器矩阵来确定所述波束形成权重。

58.一种无线网络,包括至少一个根据权利要求1至56中任一项所述的通信设备和/或至少一个根据权利要求57所述的发送器。

59.根据权利要求58所述的无线网络,其中所述通信设备和/或发送器包括以下中的一个或多个:移动终端或者固定终端、或者蜂窝IoT-UE、或者IoT设备、或者地面车辆、或者飞行器、或者无人机、或者移动基站、或者路边单元、或者建筑物、或者宏小区基站、或者小小区基站、或者路边单元、或者UE、或者远程无线电头端、或者AMF、或者SMF、或者核心网络实体、或者如在NR或5G核心上下文中的网络切片,或者使得物品或设备能够使用所述无线通信系统进行通信的任何发送/接收点(TRP),所述物品或设备设有用于使用所述无线通信系统进行通信的网络连接性。

60.一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的方法,所述方法包括:

经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;

在所述通信设备处,使用对无线电信道上的所述下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

在通信设备处,选择用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的多普勒延迟预编码器矩阵(W),所述多普勒延迟波束三级预编码器是基于一个或多个码本,所述一个或多个的码本包括

o所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,

o所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量,以及

o所述复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量,

在所述通信设备处,使用所述显式CSI以及具有所选择的多普勒延迟波束预编码器矩阵(W)的所述复合多普勒延迟波束三级预编码器计算信道质量指示CQI、预编码器矩阵指示PMI、和秩指示RI中的一个或多个,以及

从所述通信设备向所述发送器报告包括所述CQI、PMI和RI中的一个或多个的所述CSI反馈,其中所述PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的所述多普勒延迟波束三级复合预编码器矩阵,

其中,所述通信设备包括一个或多个参数(D,F),所述参数指示延迟分量的数量,如延迟DFT向量的数量($D_u^{(l)}$),和/或多普勒频率分量的数量,如多普勒DFT向量的数量($F_u^{(l)}$),所述参数将由所述通信设备在计算所述多普勒延迟预编码器矩阵(W)时使用,以及

其中,所述方法进一步包括:

- 从所述一个或多个码本中选择由D个延迟分量构成的子集和/或由F个多普勒频率分量构成的子集,以及
- 在计算所述多普勒延迟预编码器矩阵(W)时,使用针对每个极化(p)和每个空间波束(u)所选择的由延迟分量构成的子集和/或使用针对每个极化(p)、每个空间波束(u)和每个延迟(d)所选择的由多普勒频率分量构成的子集。

61. 一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的方法,所述方法包括:

经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;

在所述通信设备处,使用对无线电信道上的所述下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

在所述通信设备处,选择用于复合预编码器的延迟预编码器矩阵(W),所述预编码器是基于一个或多个码本,所述一个或多个码本包括

- o所述复合预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,以及
- o所述复合预编码器的一个或多个延迟分量,

在所述通信设备处,使用所述显式CSI以及具有所选择的预编码器矩阵(W)的所述复合预编码器计算信道质量指示CQI、预编码器矩阵指示PMI和秩指示RI中的一个或多个,以及

从所述通信设备向所述发送器报告包括所述CQI、PMI和RI中的一个或多个的所述CSI反馈,其中所述PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的所述复合预编码器矩阵,

其中所述通信设备包括一个或多个参数(D,F),所述参数指示延迟分量的数量,如延迟DFT向量的数量($D_u^{(l)}$),所述参数将由所述通信设备在计算所述预编码器矩阵(W)时使用,以及

其中所述方法进一步包括:

- 从所述一个或多个码本中选择由D个延迟分量构成的子集,以及
- 在计算所述预编码器矩阵(W)时,使用针对每个极化(p)和每个空间波束(u)所选择的由延迟分量构成的子集。

62. 一种用于在包括通信设备和发送器的无线通信系统中进行发送的方法,所述方法包括:

将根据CSI-RS配置的下行链路参考信号(CSI-RS)和包括所述CSI-RS配置的下行链路信号发送到通信设备,所述CSI-RS配置包括CSI-RS天线端口的数量、以及指示所述下行链路参考信号的时域重复的参数,所述参数例如被称为CSI-RS BurstDuration,所述参数例如根据所述下行链路参考信号在其中重复的连续时隙的数量来指示;

在所述发送器处,从所述通信设备接收包括多个CSI报告的上行链路信号,所述CSI报告指示由所述通信设备从一个或多个码本中选择的、并且由所述通信设备在计算所述预编

码器矩阵(W)时使用的D个延迟分量和/或F个多普勒频率分量;

在所述发送器处,从所述多个CSI报告中至少提取两分量预编码器矩阵标识符和秩指示;

在所述发送器处,使用PMI的第一分量和第二分量构造应用于所述天线端口上的预编码器矩阵,以及

响应于所构造的预编码器矩阵,确定用于与所述发送器的天线阵列连接的预编码器的波束形成权重。

63. 一种非暂时性计算机程序产品,包括存储指令的计算机可读介质,所述指令当在计算机上执行时,执行根据权利要求60至62中任一项所述的方法。

64. 一种网络节点,包括处理器和存储器,所述存储器包含由所述处理器可执行的指令,由此所述网络节点可操作以执行根据权利要求60至62中任一项所述的方法。

65. 一种用户设备,包括处理器和存储器,所述存储器包含由所述处理器可执行的指令,由此所述用户设备可操作以由根据权利要求64的所述网络节点进行配置。

66. 一种由用户设备执行的方法,所述方法包括从根据权利要求64所述的网络节点接收配置并根据所述接收的配置进行操作。

用于无线通信系统中用于基于多普勒延迟码本的预编码的 CSI报告和码本结构

技术领域

[0001] 本申请涉及无线通信领域,更特别地,涉及无线通信系统中用于基于多普勒延迟码本的预编码的CSI报告和码本结构。

背景技术

[0002] 图1是包括核心网络102和无线电接入网络104的地面无线网络100的示例的示意图。无线电接入网络104可以包括多个基站 gNB_1 至 gNB_5 ,每个基站服务于由相应小区 106_1 至 106_5 示意性地示出的基站周围的特定区域。基站被提供以为小区内的用户服务。术语基站(BS)指的是在5G网络中的 gNB ,在UMTS/LTE/LTE-A/LTE-A Pro中的 eNB ,或者仅仅是在其他移动通信标准中的BS。用户可以是固定设备或者移动设备。此外,无线通信系统可以通过连接到基站或者用户的移动或者固定IoT设备来访问。移动设备或者IoT设备可以包括物理设备、诸如机器人或者汽车的地面车辆、飞行器,诸如有人驾驶或者无人驾驶飞行器(UAV),后者也称为无人机、建筑物和其他物品或者设备,它们具有嵌入其中的电子设备、软件、传感器、致动器等,以及使这些设备能够在现有网络基础结构上收集和交换数据的网络连接。图1示出了仅五个小区的示例性视图,但是,无线通信系统可以包括更多这样的小区。图1示出了位于小区 106_2 中并且由基站 gNB_2 服务的两个用户 UE_1 和 UE_2 ,也称为用户设备UE。在由基站 gNB_4 服务的小区 106_4 中示出了另一个用户 UE_3 。箭头 108_1 、 108_2 和 108_3 示意性地表示用于从用户 UE_1 、 UE_2 和 UE_3 向基站 gNB_2 、 gNB_4 传输数据或者用于从基站 gNB_2 、 gNB_4 向用户 UE_1 、 UE_2 、 UE_3 传输数据的上行链路/下行链路连接。此外,图1示出了小区 106_4 中的两个IoT设备 110_1 和 110_2 ,它们可以是固定的或者移动的设备。IoT设备 110_1 经由基站 gNB_4 访问无线通信系统以接收和发送数据,如箭头 112_1 示意性表示。IoT设备 110_2 经由用户 UE_3 访问无线通信系统,如箭头 112_2 示意性表示。各个基站 gNB_1 至 gNB_5 可以连接到核心网络102,例如经由S1接口,经由相应的回程链路 114_1 至 114_5 ,其在图1中由指向“核心”的箭头示意性表示。核心网络102可以连接到一个或多个外部网络。此外,各个基站 gNB_1 至 gNB_5 中的一些或者全部可以经由各自的回程链路 116_1 至 116_5 相互连接,例如经由NR中的S1或者X2接口或者XN接口,在图1中由指向“gNBs”的箭头示意性表示。图1中描绘的无线网络或者通信系统可以由具有两个不同的重叠网络的异构网络集成,一个是宏小区网络,每个宏小区包括如基站 gNB_1 至 gNB_5 的宏基站、和如毫微微基站或者微微基站的小小区基站的网络(图1中未示出)。

[0003] 对于数据传输,可以使用物理资源网格。物理资源网格可以包括一组资源元素,各种物理信道和物理信号被映射到此资源元素。例如,物理信道可以包括承载用户专用数据的物理下行链路和上行链路共享信道(PDSCH,PUSCH),也称为下行链路和上行链路有效载荷数据,物理广播信道(PBCH)承载例如主信息块(MIB)和系统信息块(SIB),物理下行链路和上行链路控制信道(PDCCH,PUCCH)承载例如下行链路控制信息(DCI)等。对于上行链路,物理信道还可包括物理随机接入信道(PRACH或者RACH),一旦UE同步并获得了MIB和SIB,信道通过UE来访问网络。物理信号可以包括参考信号(RS)、同步信号等。资源网格可以包括在

时域中具有特定持续时间,如10毫秒并且在频域中具有给定带宽的帧或者无线电帧。帧可以具有一定数量的预定长度的子帧,例如,两个子帧的长度为1毫秒。每个子帧可包括两个时隙的6或者7个OFDM码元,具体取决于循环前缀(CP)长度。帧还可以包括较少数量的OFDM码元,例如,当利用缩短的传输时间间隔(sTTI)或者仅包括几个OFDM码元的基于微时隙/非时隙的帧结构时。

[0004] 无线通信系统可以是使用频分复用的任何单音或者多载波系统,如正交频分复用(OFDM)系统、正交频分多址(OFDMA)系统或者任何其他有或者没有CP的基于IFFT的信号,例如DFT-s-OFDM。其他波形,如用于多址接入的非正交波形,例如可以使用滤波器组多载波(FBMC)、广义频分复用(GFDM)或者共同滤波多载波(UFMC)。无线通信系统可以例如根据LTE-Advanced pro标准或者5G或者NR(New Radio)标准进行操作。

[0005] 在如图1所示的无线通信网络中,无线电接入网络104可以是包括主小区的网络的异构网络,每个主小区包括主基站,也称为宏基站。此外,可以为每个宏小区提供多个辅基站,也称为小小区基站。除了上述地面无线网络之外,还存在非地面无线通信网络,包括诸如卫星的星载收发器和/或诸如无人机系统的机载收发器。非地面无线通信网络或者系统可以按照与以上参考图1描述的地面系统类似的方式进行操作,例如,根据LTE-advanced pro标准或者5G或者NR(New Radio)标准。

[0006] 在类似于图1中示意性描绘的无线通信系统中,例如,根据LTE或者NR,可以使用多天线技术来改善用户数据速率、链路可靠性、小区覆盖范围和网络容量。为了支持多流或者多层传输,在通信系统的物理层中使用线性预编码。线性预编码由预编码器矩阵执行,所述预编码器矩阵将数据层映射到天线端口。预编码可以被看作是波束形成的概括,它是一种将数据发送的空间定向/聚焦到预期接收器的技术。使用信道状态信息(CSI)确定在gNB处用于将数据映射到发送天线端口的预编码器矩阵。

[0007] 在如上所述的通信系统中,诸如LTE或者新无线电(5G),下行链路信号传递数据信号、包含下行链路的控制信号、DL、控制信息(DCI)以及用于不同目的的多个参考信号或者码元(RS)。gNodeB(或者gNB或者基站)分别通过所谓的物理下行链路共享信道(PDSCH)和物理下行链路控制信道(PDCCH)或者增强型PDCCH(ePDCCH)传输数据和控制信息(DCI)。此外,gNB的下行链路信号可以包含一种或者多种类型的RS,包括LTE中的共同RS(CRS)、信道状态信息RS(CSI-RS)、解调RS(DM-RS)、以及相位跟踪RS(PT-RS)。CRS在DL系统带宽部分上传输,并在用户设备(UE)处使用以获得信道估计以解调数据或者控制信息。与CRS相比,CSI-RS是在时域和频域中降低的密度进行传输的,并在UE处用于信道估计/信道状态信息(CSI)的获取。DM-RS仅在相应PDSCH的带宽部分中传输,并且由UE用于数据解调。为了在gNB处的信号预编码,引入了几种CSI-RS报告机制,诸如非预编码的CSI-RS和波束形成的CSI-RS报告(请参见参考文献[1])。对于非预编码CSI-RS,利用了gNB处的天线阵列的CSI-RS端口与收发器单元TXRU之间的一对一映射。因此,非预编码的CSI-RS提供了小区宽度的覆盖范围,其中不同的CSI-RS端口具有相同的波束方向和波束宽度。对于波束形成/预编码的特定于UE的或者非特定于UE的CSI-RS,波束形成操作应用于单个或者天线端口数量,以在不同方向上具有多个具有高增益的窄波束,因此,不存在小区宽度的覆盖范围。

[0008] 在采用时分双工TDD的无线通信系统中,由于信道互易性,信道状态信息(CSI)在基站(gNB)处可用。但是,在采用频分双工FDD时,由于不存在信道互易性,因此必须在UE处

估计信道并将其反馈给gNB。图2示出了根据LTE版本8的使用基于码本的预编码的MIMO DL传输的基于块的模型。图2示意性示出了基站200, gNB, 用户设备UE 202, 以及信道204, 如用于基站200和用户设备202之间的无线数据通信的无线电信道。基站包括具有多个天线或者天线元件的天线阵列ANT_T, 以及接收数据向量208和来自码本210的预编码器矩阵F的预编码器206。信道204可以由信道张量/矩阵212描述。用户设备202经由具有多个天线或者天线元件的天线或者天线阵列ANT_R来接收数据向量214。提供用户设备202与基站200之间的反馈信道216, 用于传输反馈信息。3GPP的直到版本15为止的先前版本都支持在UE处使用多个下行链路参考码元(诸如CSI-RS)进行CSI估计。在FDD系统(直到版本15)中, UE处的所估计的信道被隐式地报告给gNB, 其中由UE在反馈信道上发送的CSI包括秩指数(RI)、预编码矩阵指数(PMI)和信道质量指数(CQI)(以及来自版本13的CRI), 其允许在gNB处确定预编码矩阵、以及待发送的码元的调制阶数和编码方案(MCS)。PMI和RI用于根据称为“码本”的一组预定义的矩阵 Ω 确定预编码矩阵。例如, 根据LTE, 码本可以是在表的每个项中具有矩阵的查找表, 并且来自UE的PMI和RI决定从表的哪一行和哪一列中获得所要使用的预编码器矩阵。对于配备有具有 N_1 个双极化天线的一维均匀线性阵列(ULA)(总共 $N_t = 2N_1$ 个天线)或者具有在 N_1N_2 位置具有双极化天线的二维均匀平面阵列(UPA)(总共 $N_t = 2N_1N_2$ 个天线)的gNB而言, 预编码器和码本的设计版本最高为版本15。ULA仅允许在水平(方位角)方向上控制无线电波, 因此在gNB处仅方位角的波束形成是可能的, 而UPA支持在垂直(仰角)和水平(方位角)方向上的发送波束形成称为全维度(FD)MIMO。码本, 例如在诸如FD-MIMO之类的大天线阵列的情形中, 可以是一组波束形成权重, 其使用阵列的阵列响应向量来形成空间上分离的电磁发送/接收波束。阵列的波束形成权重(也称为“阵列控制向量”)是振幅增益和相位调整, 它们被应用于馈送到天线的信号(或者从天线接收的信号)以朝向特定方向发送(或者从特定方向获得)辐射。预编码器矩阵的分量是从码本中获得的, 而PMI和RI用于“读取”码本并获得预编码器。当将ULA或者UPA用于信号发送时, 可以通过2D离散傅立叶变换(DFT)矩阵的列来描述阵列控制向量。

[0009] 在3GPP新无线电版本15中的类型-I和类型-II CSI报告方案中使用的预编码器矩阵是在频域中定义的, 并且具有双级结构: $F(s) = F_1F_2(s)$, $s = 0 \cdots, S-1$ (参见参考文献[2]), 其中S表示子带的数量。矩阵 F_1 是独立于索引s的宽带矩阵, 并且包含从DFT码本矩阵中选择出的U个空间波束形成向量(所谓的空间波束) $\mathbf{b}_u \in \mathbb{C}^{N_1N_2 \times 1}$, $u = 1, \dots, U$,

$$[0010] \quad \mathbf{F}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_1 & \dots & \mathbf{b}_U & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & \mathbf{b}_1 & \dots & \mathbf{b}_U \end{bmatrix} \in \mathbb{C}^{2N_1N_2 \times 2U}.$$

[0011] 矩阵 $F_2(s)$ 是选择/组合/同相矩阵, 其针对第s个所配置的子带, 对 F_1 中定义的波束进行选择/组合/同相。

[0012] 例如, 对于秩-1发送和类型-I CSI报告, [2]给出了针对双极化天线阵列的 $F_2(s)$

$$[0013] \quad \mathbf{F}_2(s) = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_u \\ e^{j\delta_1} \mathbf{e}_u \end{bmatrix} \in \mathbb{C}^{2U \times 1},$$

[0014] 其中 $\mathbf{e}_u \in \mathbb{C}^{U \times 1}$, $u = 1, 2, \dots, U$ 在除了作为1的第u个位置之外的所有位置处都包含零。 \mathbf{e}_u 的这种定义为天线阵列的每个极化选择第u个向量, 并且跨两种极化来组合它们。此外, δ_1 是针对天线阵列的第二极化的经量化的相位调整。

[0015] 例如, 对于秩-1发送和类型-II CSI报告, [2]给出了针对双极化天线阵列的 $F_2(s)$

$$[0016] \quad \mathbf{F}_2(s) = \begin{bmatrix} e^{j\delta_1} p_1 \\ \vdots \\ e^{j\delta_{2U}} p_{2U} \end{bmatrix} \in \mathbb{C}^{U \cdot 2 \times 1}$$

[0017] 其中 p_u 和 $\delta_u, u=1, 2, \dots, 2U$ 分别是经量化的振幅和相位波束组合系数。

[0018] 对于秩-R发送, $\mathbf{F}_2(s)$ 包含R个向量, 其中每个向量的项被选择用于组合每个极化内的单个或者多个波束, 和/或跨两种极化组合它们。

[0019] 由UE基于当前信道状况的知识来执行矩阵 \mathbf{F}_1 和 $\mathbf{F}_2(s)$ 的选择。所选择的矩阵以RI和PMI的形式包含在CSI报告中, 并在gNB处用于为下一个发送时间间隔更新多用户预编码器。

[0020] 对于隐式反馈方案, 在[2]中描述的当前CSI报告格式的固有缺陷是RI和PMI仅包含当前信道状况的信息。因此, CSI报告速率与信道相干时间有关, 信道相干时间定义了认为信道不变的持续时间。这意味着, 在准静态信道场景中, UE不移动或者移动缓慢, 信道相干时间较长, 并且CSI需要较低的更新频率。然而, 如果例如由于UE在多径信道环境中的高运动而导致信道状况快速改变, 则信道相干时间短并且发送信号经历由多普勒频率扩展引起的严重衰落。对于这样的信道状况, CSI需要频繁地更新, 这会导致高的反馈开销。特别是, 对于未来的NR系统(版本16), 可能更以多用户为中心, 在高度动态的信道场景中, 来自用户的多个CSI报告将大大降低通信系统的整体效率。

[0021] 为了克服这个问题, 已经提出了几种显式的CSI反馈方案, 这些方案考虑了信道随时间的演变(请参见参考文献[3])。此处, 显式CSI是指从UE向gNB报告显式信道系数, 而没有用于UE进行预编码器所选择的码本。这些方案共同地估计了多径传播信道的主信道抽头的参数以及它们在UE处的时间演变。例如, 在[3]中, 每个信道抽头被建模为子信道抽头的总和, 其中每个子抽头通过多普勒频移和路径增益进行参数化。用于每个信道抽头的估计参数被反馈到基站, 在此它们与信道模型一起用于下行链路预编码之前的基于时域的信道预测。与基于隐式的信道反馈相比, 显式CSI的可用性在反馈信道上的开销增加, 尤其是对于慢速变化信道而言, 这与期望的不同。

[0022] 例如, WO 2018/052255 A1涉及使用主分量分析(PCA)来表示无线通信系统中的信道的显式CSI获取, 主分量分析应用于信道矩阵的频域信道矩阵、协方差矩阵或者特征向量。因此, 提出了用于在配备有二维阵列和CSI报告配置的基站处进行下行链路信号预编码的码本方法。然而, 所提出的CSI报告方案的固有缺陷是来自用户的CSI报告仅包含关于相对于当前MIMO信道状态/实现所选择的CQI、PMI和RI的信息, 并且没有考虑由小规模信道衰落引起的随时间的信道变化。因此, 当用户遇到快速衰落的信道状况时, 需要频繁更新CSI, 随着时间的推移, 这会导致高昂的反馈开销。此外, 提出的CSI报告方案被限制为每层PMI反馈一个波束, 这导致有限的CSI精确度, 并且对于多用户MIMO中的CSI获取而言是不足的。

[0023] 此外, 为了跟踪随时间的信道演变, 需要将参考信号随时间扩展。在当前的3GPP NR规范[1]中, 在特定时隙处配置单映射(single shot)CSI-RS。CSI-RS的此类时隙被定期发送或者按需触发。可以参考NZP-CSI-RS、CSI-IM或者CSI-SSB资源集的CSI-RS资源集的配置[2]是使用以下较高层参数执行的(请参阅参考文献[4]):

[0024] ●CSI-ResourceConfig-该资源集配置由在资源集中配置的资源ID、每个CSI-RS资源的按其周期性的类型、以及在其中对它们进行配置的带宽部分组为。

[0025] ●CSI-ResourcePeriodicityAndOffset-根据CSI-RS的时隙数和偏移量来说明

CSI-RS资源的周期性。

[0026] ●CSI-RS-ResourceMapping-说明在CSI-RS资源所被映射到的时频映射中的资源元素、CSI-RS端口的数量、用于所映射的参考码元的CDM类型、以及参考码元在频域中占用的密度和带宽。

[0027] ofrequencyDomainAllocation

[0028] onrofPorts

[0029] ofirstOFDMSymbolInTimeDomain

[0030] ofirstOFDMSymbolInTimeDomain2

[0031] ocdm-Type

[0032] odensity

[0033] ofreqBand

[0034] 尽管CSI-RS设计可用于获取用于链路自适应(调制和编码方案-MCS)的CSI,并用于从特定的信道实现/快照中选择预编码矩阵,但它无法及时跟踪信道演变以估计MIMO信道的多普勒频率分量。

[0035] 注意,以上部分中的信息仅用于增强对本发明背景技术的理解,因此,其可能包含不构成本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

发明内容

[0036] 本发明的一个目的是提供一种改进的方法或CSI报告允许跟踪信道时间演变。

[0037] 此目的是通过如独立权利要求中限定的主题来实现的。

[0038] 实施例在从属权利要求中定义。

附图说明

[0039] 现在参考附图进一步详细描述本发明的实施例,其中:

[0040] 图1示出了无线通信系统的示例的示意图;

[0041] 图2示出了根据LTE版本8的使用基于码本的预编码的MIMO DL传输的基于块的模型;

[0042] 图3是无线通信系统的示意图,所述无线通信系统用于在可以根据在此描述的本发明的教导进行操作的发送器与可以根据在此描述的本发明的教导进行操作的多个接收器之间进行信息通信;

[0043] 图4是示出CSI参数的配置、CSI测量、复合预编码器矩阵计算和CSI报告的流程图;

[0044] 图5(a)示出了具有10个时隙的周期性并且没有重复(CSI-RS-BurstDuration未配置或者CSI-RS-BurstDuration=0)的CSI-RS;

[0045] 图5(b)示出了具有10个时隙的周期性和4个时隙的重复(CSI-RS-BurstDuration=4)的CSI-RS;

[0046] 图6示出了CSI-RS-BurstDuration的信息元素;

[0047] 图7示出了大小为 $N \times S \times T$ 的频域信道张量(三维阵列) \mathcal{H} ;

[0048] 图8示出了大小为 $N_t \cdot T \times S$ 的复合多普勒延迟波束预编码器矩阵;

[0049] 图9示出了在采用针对每波束相等数量的延迟、以及针对每延迟和波束相等数量

的多普勒频率分量的情况下,对于层1发送,与波束、延迟和多普勒频率分量相关联的反馈索引;

[0050] 图10示出了对于示例配置 $N_1=4, N_2=2, P=2$,在gNB处的第1层预编码器的基于码本的构造、以及第1层预编码器与天线端口(AP)的关联;

[0051] 图11说明了选择每波束的延迟向量和每延迟和每波束的多普勒向量(见图11(a))和相应的反馈信息(见图11(b))的示例;

[0052] 图12示出了用于选择每波束的延迟向量和每延迟和每波束的多普勒向量(见图12(a))和相应的反馈信息(见图12(b))的位图示例;

[0053] 图13示出了每个极化的两个相同子位图(见图12(a))和相应的反馈信息(见图12(b))的示例;以及

[0054] 图14示出了计算机系统的示例,在计算机系统上可以执行根据本发明方法描述的单元或模块以及方法的步骤。

具体实施方式

[0055] 在下文中,参考附图进一步详细描述本发明的优选实施例,在附图中,具有相同或者相似功能的元件由相同的附图标记表示。

[0056] 本发明的实施例可以在如图1或者图2示出的无线通信系统或者网络中实现,包括如基站之类的发送器或者收发器,以及如移动或者固定终端或者IoT设备之类的通信设备(接收器)或者用户,如上所述。图3是用于在基站之类的发送器200和基站200服务的多个通信设备202₁至202_n,如UE之间进行信息通信的无线通信系统示意图。基站200和UE 202可以经由无线通信链路或者信道204进行通信,诸如无线电链路。基站200包括一个或多个天线ANT_T或者具有多个天线元件的天线阵列,以及信号处理器200a。UE 202包括一个或多个天线ANT_R或者具有多个天线的天线阵列、信号处理器202a₁、202a_n以及收发器202b₁、202b_n。基站200和各个UE 202可以根据本文描述的发明教导进行操作。

[0057] 通信设备

[0058] 本发明提供(例如参见权利要求1)一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的通信设备,所述通信设备包括:

[0059] 收发器,被配置为经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;以及

[0060] 处理器,被配置为

[0061] -使用对无线电信道上的下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

[0062] -选择用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的多普勒延迟预编码器矩阵(W),多普勒延迟波束三级预编码器是基于一个或多个码本,一个或多个码本包括

[0063] o复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,

[0064] o复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量,以及

[0065] o复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量,

[0066] -使用显式CSI以及具有所选择的多普勒延迟波束预编码器矩阵(W)的复合多普勒

延迟波束三级预编码器计算信道质量指示CQI和/或预编码器矩阵指示PMI和/或秩指示RI中的一个或多个,以及

[0067] -向发送器报告包括CQI和/或PMI和/或RI中的一个或多个的CSI反馈,其中PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的多普勒-延迟波束三级复合预编码器矩阵,

[0068] 其中通信设备包括一个或多个参数(D,F),所述参数指示延迟分量的数量,如延迟DFT向量的数量($D_u^{(l)}$),和/或多普勒频率分量的数量,如多普勒DFT向量的数量($F_u^{(l)}$),所述参数将由通信设备在计算多普勒延迟预编码器矩阵(W)时使用,以及

[0069] 其中,通信设备被配置为从一个或多个码本中选择由D个延迟分量构成的子集和/或由F个多普勒频率分量构成的子集,并在计算多普勒延迟预编码器矩阵(W)时,使用针对每个极化(p)和每个空间波束(u)的所选择的延迟量子集和/或针对每个极化(p)、每个空间波束(u)和每个延迟(d)的所选择的多普勒频率量子集。

[0070] 本发明提供(例如参见权利要求2)一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的通信设备,所述通信设备包括:

[0071] 收发器,被配置为经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;以及

[0072] 处理器,被配置为

[0073] -使用对无线电信道上的下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

[0074] -选择用于复合预编码器的延迟预编码器矩阵(W),复合预编码器是基于一个或多个码本,一个或多个码本包括

[0075] o复合预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,以及

[0076] o复合预编码器的一个或多个延迟分量,

[0077] -使用显式CSI以及具有所选择的延迟预编码器矩阵(W)的复合预编码器计算信道质量指示CQI和/或预编码器矩阵指示PMI和/或秩指示RI中的一个或多个,以及

[0078] -向发送器报告包括CQI和/或PMI和/或RI中的一个或多个的CSI反馈,其中PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的复合预编码器矩阵,

[0079] 其中通信设备包括一个或多个参数(D,F),所述参数指示延迟分量的数量,如延迟DFT向量的数量($D_u^{(l)}$),所述参数将由通信设备在计算延迟预编码器矩阵(W)时使用,以及

[0080] 其中,通信设备被配置为从一个或多个码本中选择由D个延迟分量构成的子集,并在计算延迟预编码器矩阵(W)时使用针对每个极化(p)和每个空间波束(u)的所选择的由延迟分量构成的子集。

[0081] 根据实施例(例如参见权利要求3),一个或多个参数包括参数D,延迟分量包括延迟DFT或DCT向量,以及通信设备被配置为从一个或多个码本中选择由 $D_u^{(l)} = D$ 个延迟向量构成的子集,所述延迟分量对于预编码器的所有波束索引是共同的,使得 $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)} = \mathbf{d}_d^{(l)}$,并且在计算预编码器矩阵(W)时仅使用所选择的由D个延迟向量构成的子集,其中d分别表示预编码器的延迟向量,l、p、u和d表示层索引、极化索引、空间波束索引和延迟向量的延迟索

引。

[0082] 根据实施例(例如参见权利要求4),参数D取决于从中选择所述延迟向量的码本的码本大小S,并且其中所述通信设备包括参数p,使得 $D=pS$,其中 $p \leq 1$,以控制反馈开销。

[0083] 根据实施例(例如参见权利要求5),通信设备被配置为报告所选择的由D个延迟向量构成的子集的信息或指示作为CSI报告的一部分,例如通过使用 $\lceil \log_2 \binom{S}{D} \rceil$ 位指示所选择的D个延迟向量。

[0084] 根据实施例(例如参见权利要求6),通信设备被配置为报告从所选择的由D个共同延迟向量构成的子集中选择的每波束索引(u)和/或每极化索引(p)的 $D'_{p,u} \leq D$ 个延迟向量的信息或指示。

[0085] 根据实施例(例如参见权利要求7),一个或多个码本中的延迟向量被分组为 O_2 个子组,其中每个子组 $1 \leq q_2 \leq O_2$ 包含S个正交DFT或DCT向量,其中 q_2 表示码本的过采样因子,并且其中通信设备被配置为从单个子组中为第1层选择由D个延迟向量构成的子集。

[0086] 根据实施例(例如参见权利要求8),一个或多个参数包括参数F,多普勒频率分量包括多普勒DFT或DCT向量,以及通信设备被配置为从一个或多个码本中选择 $F'_u = F$ 个多普勒频率向量的子集,所述多普勒频率向量对于预编码器的所有波束索引和所有延迟索引都是共同的,使得 $f_{p,u,d,v}^{(l)} = f_v^{(l)}$,并且在计算预编码器矩阵(W)时使用所选择的F个多普勒频率向量,其中f表示多普勒频率向量,l表示层索引,p表示极化索引,u表示空间波束索引,d表示延迟索引,v表示向量的多普勒频率索引。

[0087] 根据实施例(例如参见权利要求9),参数F取决于从中选择所述多普勒频率向量的码本的码本大小T,并且其中所述通信设备包括参数p使得 $F=pT$,其中 $p \leq 1$ 以控制反馈开销。

[0088] 根据实施例(例如参见权利要求10),通信设备被配置为报告所选择的由F个多普勒频率向量构成的子集的信息或指示作为CSI报告的一部分,例如通过使用 $\lceil \log_2 \binom{T}{F} \rceil$ 位指示所选择的F个多普勒频率向量。

[0089] 根据实施例(例如参见权利要求11),通信设备被配置为报告从所选择的由F个共同多普勒频率向量构成的子集中选择的每波束索引(u)、和/或延迟索引(d)和/或极化索引(p)的 $F'_{p,u,d} \leq F$ 个多普勒频率向量的信息或指示。

[0090] 根据实施例(例如参见权利要求12),一个或多个码本中的多普勒频率向量被分组为 O_3 个子组,其中每个子组 $1 \leq q_3 \leq O_3$ 包含T个正交DFT或DCT向量,其中 q_3 表示码本的过采样因子,并且其中通信设备被配置为从单个子组中选择针对第1层的F个DFT或DCT向量。

[0091] 根据实施例(例如参见权利要求13),通信设备包括另外的参数(U),另外的参数指示通信设备在计算多普勒延迟预编码器矩阵(W)时要使用的空间波束分量的数量,如波束DFT向量的数量($U^{(1)}$),以及通信设备被配置为从一个或多个码本中选择U个空间波束分量并在计算多普勒延迟预编码器矩阵(W)时使用它们,所选择的空間波束分量用于每个极化(p)。

[0092] 根据实施例(例如参见权利要求14),另外的参数包括参数U,空间波束分量包括波

束DFT向量,以及通信设备被配置为从一个或多个码本中选择 $U^{(1)} = U$ 个波束DFT向量的子集,这些向量对所有极化都是共同的,并在计算预编码器矩阵(W)时使用所选择的U个波束DFT向量,其中1表示预编码器的层。

[0093] 根据实施例(例如参见权利要求15),通信设备被配置为报告 $U^{(1)}$ 个所选择的波束DFT向量的信息或指示作为CSI报告的一部分,例如,通过使用 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_1 N_2}{U^{(1)}} \right) \right\rceil$ 位指示所选择的 $U^{(1)}$ 波束DFT向量。

[0094] 根据实施例(例如参见权利要求16),通信设备被配置为报告所选择的 $\bar{U}^{(1)} \leq U^{(1)}$ 个波束DFT向量的信息或值。

[0095] 根据实施例(例如参见权利要求17),一个或多个码本中的波束向量分组为 $0_{1,1} \times 0_{1,2}$ 个子组,其中每个子组, $1 \leq q_{1,1} \leq 0_{1,1}, 1 \leq q_{1,2} \leq 0_{1,2}$,包含 $N_1 N_2$ 个正交DFT向量,其中通信设备被配置为从单个子组选择针对第1层的 $U^{(1)}$ 个DFT波束向量并报告所选择的子组索引 $q_{1,1}, q_{1,2}$ 。

[0096] 根据实施例(例如参见权利要求18),所选择的延迟分量的信息,如所选择的每波束的延迟向量,和/或所选择的多普勒频率分量的信息,如所选择的每波束和每延迟的多普勒频率向量,是由位图表示的,其中位图中的每个位与空间波束分量、延迟分量和/或多普勒频率分量和组合系数相关联。

[0097] 根据实施例(例如参见权利要求19),通信设备被配置为选择 $\bar{D} \leq D$ 个延迟向量,其中 \bar{D} 的值由通信设备选择, $\bar{D} \leq D$ 延迟向量对所有波束索引是共同的,并且其中通信设备被配置为在计算预编码器矩阵(W)时使用所选择的 \bar{D} 个延迟向量,和/或通信设备被配置为选择 $\bar{F} \leq F$ 个多普勒频率向量,其中 \bar{F} 的值由通信设备选择, $\bar{F} \leq F$ 多普勒频率向量对所有波束和延迟索引是共同的,并且其中通信设备被配置为在使用计算预编码器矩阵(W)时所选择的 \bar{F} 多普勒频率向量。

[0098] 根据实施例(例如参见权利要求20),来自于由D个延迟DFT向量构成的共同子集中的每波束的所选择的延迟DFT向量和来自于由F个多普勒DFT向量的共同子集中的每波束和每延迟的所选择的多普勒DFT向量对于两种极化都是相同的,大小为 $2U^{(1)} D \times F$ 的位图包括大小为 $U^{(1)} D \times F$ 的相同大小的两个相同的子位图。

[0099] 根据实施例(例如参见权利要求21),通信设备被配置为仅报告所述非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。

[0100] 根据实施例(例如参见权利要求22),通信设备被配置为选择不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 来计算预编码器矩阵(W),参数所配置的延迟DFT向量的数量D、所配置的多普勒DFT向量的数量F和所配置的DFT波束的数量 $U^{(1)}$ 。

[0101] 根据实施例(例如参见权利要求23),参数 K_0 由 $K_0 = \beta 2DFU^{(1)}$ 或 $K_0 = \beta DFU^{(1)}$ 给出,其中参数 $\beta \leq 1$ 控制反馈开销。

[0102] 根据实施例(例如参见权利要求24),通信设备被配置为选择

[0103] ●每层的例如层1的不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,以计算预编码器矩阵(W),或

[0104] ●针对层的子集的例如层1和层2的不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,以计算预编码器矩阵(W),或

[0105] ●针对所有层的不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 来计算预编码器矩阵(W)。

[0106] 根据实施例(例如参见权利要求25),通信设备被配置为报告 K_1 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,其中 $K_1 \leq K_0$,并在位图中指示所选择的非零组合系数。

[0107] 根据实施例(例如参见权利要求26),通信设备被配置为提供包括两个部分的CSI报告,其中第一部分具有固定的有效载荷大小并且包含至少数量 K_1 的所选择的非零组合系数,以及第二部分包含有关用于指示所选择的延迟向量和所选择的多普勒频率向量以及非零组合系数的所述位图、所述共同的D个延迟向量和/或F个多普勒向量的指示、 $U^{(1)}$ 或 $2U^{(1)}$ 个所选择的波束索引的指示、以及所述 K_1 个非零组合系数的信息。

[0108] 根据实施例(例如参见权利要求27),通信设备被配置为相对于最强组合系数,例如具有最大振幅或功率的组合系数,对所述组合系数进行归一化,使得所述最强组合系数在所述归一化后由值1给出。

[0109] 根据实施例(例如参见权利要求28),通信设备被配置为不报告最强组合系数,例如最强归一化组合系数。

[0110] 根据实施例(例如参见权利要求29),通信设备被配置为报告最强系数指示,例如,使用指示 K_1 个报告的组合系数中的最强系数的 $\lceil \log_2 K_1 \rceil$ 位。

[0111] 根据实施例(例如参见权利要求30),通信设备被配置为使用码本方法量化所述非零组合系数,其中每个系数由下式表示

$$[0112] \quad \gamma_{p,u,d,v}^{(l)} = \hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)} \phi_{p,u,d,v}^{(l)}$$

[0113] 其中

[0114] $\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是极化、波束、延迟和多普勒频率依赖的振幅系数,所述振幅系数用N位量化;以及

[0115] $\phi_{p,u,d,v}^{(l)}$ 表示由BPSK、或QPSK、或8PSK或任何其他高阶PSK星座图表示的相位。

[0116] 根据实施例(例如参见权利要求31),通信设备被配置为将所述组合系数分组为Q个子组,并用分别具有 $A^{(q)}$ 和 $P^{(q)}$ 个位的第q个子组的每个系数的振幅和相位进行量化。

[0117] 根据实施例(例如参见权利要求32),对于所有波束索引共同的所选择的D个延迟向量对于层的子集或对于所有层是相同的,例如,第一层和第二层,和/或所选择的F个多普勒频率向量,对于所有延迟和波束索引都是共同的,对于层的子集或对于所有层是相同的,例如,第一层和第二层。

[0118] 根据实施例(例如参见权利要求33),对于所有波束索引共同的所选择的D个延迟向量和/或对于所有延迟和波束索引共同的所选F个多普勒频率向量对于层的子集或所有层,例如第一层和第二层,是不同的。

[0119] 根据实施例(例如参见权利要求34),每波束的所选择的延迟向量的信息,以及每波束和每延迟的所选择的多普勒频率向量的信息,由位图表示,其中位图中的每一位都与

延迟向量、多普勒频率向量和组合系数相关联,以及层的位图,例如第一层和第二层的位图,是相同的或不同的。

[0120] 根据实施例(例如参见权利要求35),通信设备被配置为选择

[0121] $U^{(1,1')}$ 用于第1层和1'层的空间DFT波束,其中 $U^{(1,1')} = U^{(1)} + U^{(1')}$, $U^{(1)}$ 和 $U^{(1')}$ 的值由通信设备自由选择,或者 $U^{(1)}$ DFT波束用于第1层以及 $U^{(1')}$ DFT波束用于第1'层,其中对于 $1' \geq 1$, $U^{(1')} \leq U^{(1)}$, 和/或

[0122] $D^{(1)}$ 用于第1层的所有波束索引是共同的延迟DFT向量以及 $D^{(1')}$ 延迟DFT向量用于第1'层,其中对于 $1' \geq 1$, $D^{(1')} \leq D^{(1)}$, 和/或

[0123] $F^{(1)}$ 用于第1层的所有波束索引是共有的多普勒DFT向量和用于第1'层的 $F^{(1')}$ 多普勒DFT向量,其中对于 $1' \geq 1$, $F^{(1')} \leq F^{(1)}$ 。

[0124] 根据实施例(例如参见权利要求36),通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,从所述无线通信系统,例如从gNB,接收以下中的一个或多个:

[0125] ● 参数D,

[0126] ● 参数F,

[0127] ● 参数U,

[0128] ● 参数 $U^{(1)}$,

[0129] ● 参数p,

[0130] ● 参数 K_0 ,

[0131] ● 参数 β ,

[0132] ● 参数 $A^{(q)}$,

[0133] ● 参数 $P^{(q)}$,

[0134] ● 用于延迟分量码本 (Ω_2) 配置的S值,

[0135] ● 用于多普勒频率分量码本 (Ω_3) 配置的T值,

[0136] ● 参数 N_1, N_2 。

[0137] 根据实施例(例如参见权利要求37),通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,向所述无线通信系统,例如向gNB,报告以下中的一个或多个:

[0138] ● 所选择的D延迟DFT向量的信息或指示,

[0139] ● 所选择的F多普勒频率向量的信息或指示,

[0140] ● 每波束索引(u)和/或每个极化索引(p)的所选择的 $D'_{p,u} \leq D$ 个延迟向量的信息或指示,

[0141] ● 每波束索引(u)和/或延迟索引(d)和/或极化索引(p)的所选择的 $F'_{p,u,d} \leq F$ 个多普勒频率向量的信息或指示,

[0142] ● 所选择的 $U^{(1)}$ 个空间波束DFT向量的信息或指示,

[0143] ● 所选择的 $U^{(1,1')}$ 个空间波束DFT向量的信息或指示,

[0144] ● 所选择的 \bar{D} 个延迟向量的信息或指示,

[0145] ● 所选择的 \bar{F} 个多普勒频率向量的信息或指示,

[0146] ● 子组索引 q_2 ,

- [0147] ●子组索引 q_3 ,
- [0148] ●所选择的子组索引 $q_{1,1}, q_{1,2}$,
- [0149] ●表示所选择的空波束分量、延迟分量和所选择的多普勒频率分量的位图,
- [0150] ●大小为 $U^{(1)}D \times F$ 的两个相同子位图之一,
- [0151] ●对于一层、层的子集或所有层共同的所选择的D个延迟DFT向量,
- [0152] ●对于一层、层的子集或所有层共同的所选择的F个多普勒DFT向量
- [0153] ●所选择的值 $U^{(1)}$ 和 $U^{(1')}$,
- [0154] ●所选择的值 $U^{(1,1')}$,
- [0155] ●所选择的值 $D^{(1)}$ 和 $D^{(1')}$,
- [0156] ●所选择的值 $F^{(1)}$ 和 $F^{(1')}$ 。
- [0157] 根据实施例(例如参见权利要求38),通信设备包括用于延迟码本的配置过的采样因子 O_2 和/或用于多普勒码本的配置过的采样因子 O_3 ,其中,通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,从所述无线通信系统,例如从gNB,接收过采样因子 O_2 和/或过采样因子 O_3 ,或其中通信设备被配置为使用用于过采样因子 O_2 的先验已知值和/或用于过采样因子 O_3 的先验已知值。
- [0158] 根据实施例(例如参见权利要求39),通信设备被配置为选择用于延迟码本的配置过的采样因子 O_2 和/或用于多普勒码本的配置过的采样因子 O_3 ,以及通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,向所述无线通信系统,例如向gNB,报告所选择的过采样因子 O_2 经由和/或所选择的过采样因子 O_3 。
- [0159] 根据实施例(例如参见权利要求40),通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令,例如作为L1参数,从所述无线通信系统,例如从gNB,接收用于延迟码本配置的码本参数S和/或用于多普勒码本配置的码本参数T。
- [0160] 根据实施例(例如参见权利要求41),通信设备被配置为通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或物理层信令,例如作为L1参数,向所述无线通信系统,例如向gNB,报告延迟码本配置所需的码本参数S和/或多普勒码本配置所需的码本参数T。
- [0161] 根据实施例(例如参见权利要求42),参数S取决于所配置的用于CQI报告的子带的数量 N_{SB} ,例如,参数S可以由 $S = RN_{SB}$ 给出,其中参数R控制通信设备计算复杂性,并且可以由所述无线通信系统,例如从gNB,通过较高层信令,例如作为MAC或RRC参数,或者通过物理层信令配置,例如作为L1参数,来配置所述参数R。
- [0162] 根据实施例(例如参见权利要求43),在CSI反馈使用所述PMI的情况下,所述通信设备被配置为报告至少一个两分量PMI,
- [0163] -其中第一PMI对应于所选择的向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 和/或 $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 和/或 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$,以及
- [0164] -其中第二PMI对应于从通信设备到发送器的子集或所有多普勒延迟波束组合系数
- [0165] $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。
- [0166] 根据实施例(例如参见权利要求44),为了控制用于报告位图和UE计算复杂性的反馈开销,所述通信设备被配置为选择延迟DFT向量和/或多普勒DFT向量,以使得
- [0167] ●所选择的延迟DFT向量是

- [0168] ○相对于两种极化都相同,或
- [0169] ○对于波束的子集是部分相同的,或
- [0170] ○相对于每极化的所有波束完全相同,或
- [0171] ○相对于所有波束和两种极化都完全相同,和/或
- [0172] ●所选择的多普勒DFT向量是
- [0173] ○对于延迟的子集和波束的子集是部分相同的,或
- [0174] ○相对于每波束和极化的所有延迟完全相同,或
- [0175] ○相对于每波束和两种极化的所有延迟完全相同,或
- [0176] ○相对于每极化的所有延迟和所有波束完全相同,或
- [0177] ○相对于所有延迟和所有波束和两种极化完全相同,或
- [0178] ○相应于每延迟和每极化的所有波束完全相同,或
- [0179] ○相对于每延迟和两种极化的所有波束完全相同。
- [0180] 根据实施例(例如参见权利要求45),每波束和极化的所选择的延迟DFT向量和/或

每波束、每延迟和极化的所选择的多普勒DFT向量由大小为 $\left\lceil \log_2 \binom{2UDF}{K_1} \right\rceil$ 的位序列表示,位序列表示组合索引 $\binom{2UDF}{K_1}$,并指示从2UDF个组合系数中选择的 K_1 个非零组合系数的索引。

[0181] 根据实施例(例如参见权利要求46),来自由D个延迟DFT向量构成的共同子集的每波束和极化的所选择的延迟DFT向量的数量和/或来自由F多个普勒DFT向量构成的共同子集的每波束和每延迟和极化的所选择的多普勒DFT向量的数量对于两种极化是相同的,从而将位序列的大小减小到 $\left\lceil \log_2 \binom{UDF}{K_1} \right\rceil$,位序列表示组合索引 $\binom{UDF}{K_1}$,并且指示从UDF个组合系数中选择的 K_1 个非零组合系数的索引。

[0182] 根据实施例(例如参见权利要求47),通信设备被配置为经由较高层,如无线电资源控制(RRC)层或媒体接入控制-控制单元(MAC-CE),或者经由物理层,如层1或L1,向网络实体,如gNB,报告

[0183] ●实现信道延迟分量的特定分辨率所需的码本参数S,和/或

[0184] ●实现信道多普勒分量的特定分辨率所需的码本参数T。

[0185] 根据实施例(例如参见权利要求48),通信设备被配置为选择 $D'=1$ 个延迟DFT向量和/或 $F'=1$ 个多普勒DFT向量。

[0186] 根据实施例(例如参见权利要求49),通信设备被配置为不向所述网络报告一个所选择的延迟DFT向量和/或一个所选择的多普勒DFT向量的信息/指示。

[0187] 根据实施例(例如参见权利要求50),在非零系数的数量 $K_1=2$ 的情况下,所述通信设备被配置为

[0188] ●从 $U^{(1)}$ 个所配置的波束向量中仅选择单个波束向量,并针对所选择的单个波束为两种极化确定所述预编码器矩阵的两个组合系数,和/或

[0189] ●在所述CSI报告中指示为1的传输秩(RI=1);和/或

[0190] ●不报告用于指示所选择的非零系数、延迟DFT向量和/或多普勒DFT向量的位图

或位序列,和/或

[0191] ●不报告对于所有波束索引共同的所选择的D或D'个延迟DFT向量的信息/指示,和/或不报告对于所有波束和延迟索引共同的所选择的F或F'个多普勒DFT向量的信息/指示,和/或

[0192] ●报告指示从所述U⁽¹⁾个所配置的波束向量中选择的波束的波束指示。

[0193] 根据实施例(例如参见权利要求51),当与用于一种极化的DFT波束向量相关联的所有非零系数为零时,所述通信设备被配置为不报告与那些波束相关联的对应位图或位序列。

[0194] 根据实施例(例如参见权利要求52),多普勒延迟波束三级预编码器是基于三个单独的码本,并且其中所述三个单独的码本包括

[0195] -用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量的第一码本(Ω_1),

[0196] -用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量的第二码本(Ω_2),以及

[0197] -用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量的第三码本(Ω_3)。

[0198] 根据实施例(例如参见权利要求53),预编码器是基于两个单独的码本,并且其中所述两个单独的码本包括

[0199] -用于复合预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量的第一码本(Ω_1),以及

[0200] -用于复合预编码器的一个或多个延迟分量的第二码本(Ω_2)。

[0201] 根据实施例(例如参见权利要求54),多普勒延迟预编码器矩阵(W)表示为

$$[0202] \quad \mathbf{W}^{(l)} = P^{(l)} \begin{bmatrix} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \mathbf{f}_{1,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \\ \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \mathbf{f}_{2,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{2,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \end{bmatrix},$$

[0203] 其中

[0204] -U⁽¹⁾是针对第1层的每极化的波束的数量,

[0205] -D_u⁽¹⁾是针对第1层和第u波束的延迟的数量,

[0206] -F_{d,u}⁽¹⁾是针对第1层、第u波束和第d延迟的多普勒频率分量的数量,

[0207] - $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第d延迟、第u空间波束、和第p(p=1,2)极化相关联的大小为T×1的第v多普勒频率向量;

[0208] - $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第u空间波束和第p极化相关联的大小为S×1的第d延迟向量;

[0209] - $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 是与第1层相关联的第u空间波束;

[0210] - $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第u空间波束、第d延迟、第v多普勒频率和第p极化相关联的多普勒延迟系数,以及

[0211] - $P^{(l)}$ 是标量归一化因子,以确保所有预编码器层上的平均总发送功率为1。

[0212] 根据实施例(例如参见权利要求55),多普勒延迟波束预编码器矩阵(W)由双级预编码器表示:

[0213] $W^{(l)} = W^{(1,l)} W^{(2,l)} \in N_t \cdot T \cdot S \times 1$,

[0214] 其中

[0215] $W^{(1,l)} = \begin{bmatrix} X_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X_2 \end{bmatrix}$ 其中

[0216] $X_1 =$
 $\left[f_{1,0,0,0}^{(l)} \otimes d_{1,0,0}^{(l)} \otimes b_0^{(l)} \quad \dots \quad f_{1,u,d,v}^{(l)} \otimes d_{1,u,d}^{(l)} \otimes b_u^{(l)} \quad \dots \quad f_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \otimes d_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1}^{(l)} \otimes b_{U^{(l)}-1}^{(l)} \right]$

[0217] $X_2 =$
 $\left[f_{2,0,0,0}^{(l)} \otimes d_{2,0,0}^{(l)} \otimes b_0^{(l)} \quad \dots \quad f_{2,u,d,v}^{(l)} \otimes d_{2,u,d}^{(l)} \otimes b_u^{(l)} \quad \dots \quad f_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \otimes d_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1}^{(l)} \otimes b_{U^{(l)}-1}^{(l)} \right]$

[0218] 以及, $w^{(2,l)}$ 包含复数多普勒延迟波束组合系数,

[0219] $w^{(2,l)} =$
 $\left[\gamma_{1,0,0,0}^{(l)} \quad \dots \quad \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \quad \dots \quad \gamma_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \quad \gamma_{2,0,0,0}^{(l)} \quad \dots \quad \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \quad \dots \quad \gamma_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \right]^T$

[0220] 其中

[0221] - $f_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第d延迟、第u空间波束和第p ($p=1,2$)极化相关联的大小为 $T \times 1$ 的第v多普勒频率向量;

[0222] - $d_{p,u,d}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第u空间波束和第p极化相关联的大小为 $S \times 1$ 的第d延迟向量;

[0223] - $b_u^{(l)}$ 是与第1层相关联的第u空间波束;

[0224] - $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与所述预编码器的第1层、第u空间波束、第d延迟、第v多普勒频率和第p极化相关联的多普勒延迟系数,以及

[0225] - $P^{(l)}$ 是标量归一化因子,以确保所有预编码器层上的平均总发送功率为1。

[0226] 根据实施例(例如参见权利要求56)

[0227] - 所述第一码本 (Ω_1) 包括从中选择向量 $b_u^{(l)}$ 的大小为 $N_1 N_2 \times 0_{1,1} N_1 0_{1,2} N_2$ 的第一被过采样的DFT码本矩阵,其中 N_1 和 N_2 分别指天线端口的第一和第二数量,以及 $0_{1,1}$ 和 $0_{1,2}$ 指过采样因子,其中 $0_{1,1} \in \{1, 2, 3, \dots\}$, 以及 $0_{1,2} \in \{1, 2, 3, \dots\}$,

[0228] - 其中,所述第二码本 (Ω_2) 包括从中选择延迟向量 $d_{u,d}^{(l)}$ 的大小为 $S \times S_{0_2}$ 的第二被过采样的DFT码本矩阵,其中S指所配置的子带/PRB或者子载波的数量,以及 0_2 指过采样因

子 $0_2=1, 2, \dots$, 以及

[0229] -其中, 所述第三码本(Ω_2)包括从中选择多普勒频率向量 $f_{p,u,d,v}^{(l)}$ 的大小为 $T \times T0_3$ 的第三被过采样的DFT码本矩阵, 其中 T 指在观察时间期间的时刻的数量, 以及 0_3 指过采样因子, 其中 $0_3=1, 2, \dots$ 。

[0230] 发送器

[0231] 本发明提供(例如参见权利要求57)一种包括通信设备的无线通信系统中的发送器, 所述发送器包括:

[0232] 天线阵列, 具有多个天线, 用于与一个或多个根据前述权利要求中任一项所述的通信设备进行无线通信, 用于向所述发送器提供信道状态信息CSI反馈; 以及

[0233] 连接到所述天线阵列的预编码器, 所述预编码器将一组波束形成权重应用于所述天线阵列的一个或多个天线, 以通过所述天线阵列形成一个或多个发送波束或一个或多个接收波束,

[0234] 收发器, 被配置为

[0235] -向所述通信设备发送根据CSI-RS配置的下行链路参考信号(CSI-RS)和包括所述CSI-RS配置的下行链路信号, 所述CSI-RS配置包括CSI-RS天线端口的数量、以及指示所述下行链路参考信号的时域重复的参数, 所述参数例如被称为CSI-RSBurstDuration, 所述参数例如根据所述下行链路参考信号在其中重复的连续时隙的数量来指示; 以及

[0236] -从所述通信设备接收包括多个CSI报告的上行链路信号; 以及

[0237] 处理器, 被配置为:

[0238] -从所述多个CSI报告中至少提取预编码器矩阵标识符和秩指示; 以及

[0239] -使用PMI的第一分量和第二分量构造应用于所述天线端口上的预编码器矩阵, 并响应于所构造的预编码器矩阵来确定所述波束形成权重。

[0240] 系统

[0241] 本发明提供(例如参见权利要求58)一种无线通信网络, 包括至少一个本发明的通信设备和/或至少一个本发明的发送器。

[0242] 根据实施例(例如参见权利要求59), 通信设备和/或发送器包括以下中的一个或多个: 移动终端或者固定终端、或者蜂窝IoT-UE、或者IoT设备、或者地面车辆、或者飞行器、或者无人机、或者移动基站、或者路边单元、或者建筑物、或者宏小区基站、或者小小区基站、或者路边单元、或者UE、或者远程无线电头端或者AMF、或者SMF、或者核心网络实体、或者NR或5G核心环境中的网络切片, 或者使得物品或设备能够使用无线通信系统进行通信的任何发送/接收点(TRP), 所述物品或设备设有用于使用无线通信系统进行通信的网络连接性。

[0243] 方法

[0244] 本发明提供(例如参见权利要求60)一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的方法, 方法包括:

[0245] 经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号, 所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号, 所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置, 所述下行链路信号包括所述参考信号配置;

[0246] 在所述通信设备处,使用对无线电信道上的所述下行链路参考信号的测量估计频域中的显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

[0247] 在通信设备处,为复合多普勒延迟波束三级预编码器选择多普勒延迟预编码器矩阵(W),多普勒延迟波束三级预编码器基于一个或多个码本,其中一个或多个的码本,包括

[0248] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,

[0249] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量,以及

[0250] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量,

[0251] 在所述通信设备处,使用所述显式CSI和具有所选择的多普勒延迟波束预编码器矩阵(W)的复合多普勒延迟波束三级预编码器,计算信道质量指示CQI、预编码器矩阵指示PMI、和秩指示RI中的一个或多个,以及

[0252] 从通信设备向发送器报告CSI反馈,包括CQI、PMI和RI中的一个或多个,其中PMI和RI用于指示所配置的天线端口的多普勒延迟波束三级复合预编码器矩阵,

[0253] 其中通信设备包括一个或多个参数(D,F),所述参数指示延迟分量的数量,如延迟DFT向量($D_u^{(l)}$),和/或多个多普勒频率分量,如通信设备在计算多普勒延迟预编码器矩阵

(W)时使用的多普勒DFT向量($F_u^{(l)}$),以及

[0254] 其中方法进一步包括:

[0255] ●从一个或多个码本中选择D个延迟分量的子集和/或F个多普勒频率分量的子集,以及

[0256] ●在计算多普勒延迟预编码器矩阵(W)时,使用每个极化(p)和每个空间波束(u)的所选择的延迟分量子集和/或每个极化(p)、每个空间波束(u)和每延迟(d)的所选择的多普勒频率分量子集。

[0257] 本发明提供(例如参见权利要求61)一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的方法,所述方法包括:

[0258] 经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;

[0259] 在所述通信设备处,使用对无线电信道上的所述下行链路参考信号的测量估计频域中的显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

[0260] 在通信设备处选择用于复合预编码器的延迟预编码器矩阵(W),预编码器基于一个或多个码本,所述一个或多个码本包括

[0261] ○复合预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,以及

[0262] ○复合预编码器的一个或多个延迟分量,

[0263] 在通信设备处,使用显式CSI和具有所选择的预编码器矩阵(W)的复合预编码器来计算信道质量指示CQI、预编码器矩阵指示PMI和秩指示RI中的一个或多个,以及

[0264] 从通信设备向发送器报告CSI反馈,CSI反馈包括CQI、PMI和RI中的一个或多个,其中PMI和RI用于指示用于配置的天线端口的复合预编码器矩阵,

[0265] 其中通信设备包括一个或多个参数(D,F),参数指示通信设备在计算预编码器矩阵(W)时要使用的多个延迟分量,如延迟DFT向量($D_u^{(l)}$),以及

[0266] 其中方法进一步包括：

[0267] ● 从一个或多个码本中选择D个延迟分量的子集，以及

[0268] ● 在计算预编码器矩阵(W)时，为每个极化(p)和每个空间波束(u)使用所选择的延迟分量子集。

[0269] 本发明提供(例如参见权利要求62)一种用于在包括通信设备和发送器的无线通信系统中进行发送的方法，所述方法包括：

[0270] 根据CSI-RS配置，将下行链路参考信号(CSI-RS)和下行链路信号发送到所述通信设备，所述CSI-RS配置包括多个CSI-RS天线端口和指示所述下行链路参考信号的时域重复的参数，所述参数例如被称为CSI-RS BurstDuration，所述参数例如根据所述下行链路参考信号在其中重复的连续时隙的数量来指示，所述下行链路信号包括所述CSI-RS配置；

[0271] 在发送器处，从通信设备接收包括多个CSI报告的上行链路信号，CSI报告指示计算预编码器矩阵(W)时，通信设备从一个或多个码本中选择并由通信设备使用的D个延迟分量和/或F个多普勒频率分量；

[0272] 在发送器处，从多个CSI报告中至少提取两分量预编码器矩阵标识符和秩指示；

[0273] 在发送器处，使用PMI的第一分量和第二分量构造应用于天线端口的预编码器矩阵，以及

[0274] 响应于构造的预编码器矩阵，确定连接到发送器的天线阵列的预编码器的波束形成权重。

[0275] 本发明提供(例如参见权利要求64)一种网络节点，包括处理器和存储器，所述存储器包含可由所述处理器执行的指令，由此所述网络节点可操作以执行本发明方法。

[0276] 本发明提供(例如参见权利要求65)一种用户设备，包括处理器和存储器，所述存储器包含可由所述处理器执行的指令，由此所述用户设备可操作以由所述本发明的网络节点进行配置。

[0277] 本发明提供(例如参见权利要求66)一种由用户设备执行的方法，方法包括从本发明的网络节点接收配置并根据所述接收的配置进行操作。

[0278] 计算机程序产品

[0279] 本发明提供一种包括指令的计算机程序产品，当程序由计算机执行时，指令使计算机执行根据本发明的一个或多个方法。

[0280] 提供了对现有CSI-RS的扩展以跟踪信道时间演变，例如，对于具有例如由于UE在多路径信道环境中的高运动而快速变化的信道状况、以及具有短信道相干时间的信道。本发明是有利的，因为通过跟踪信道时间演变，即使对于具有变化的信道状况的信道，也不需要被较不频繁地更新CSI，例如以类似于具有长信道相干时间的信道的速率，从而减少或者避免反馈开销。例如，即使在具有短信道相干时间的信道中，诸如路径损耗和阴影衰落之类的大规模信道参数也可能不会随时间快速变化，因此信道变化主要与小规模信道衰落有关。这意味着脉冲响应的MIMO信道参数，诸如路径分量和信道延迟，不会在更长的时间段内发生变化，并且由UE移动引起的信道变化仅仅导致MIMO信道路径分量的相位波动。这意味着空间波束、预编码器多普勒频率DFT向量、延迟DFT向量以及多普勒延迟波束三级预编码器的多普勒延迟系数在很长一段时间内保持相同或者基本相同，并且需要被较不频繁地更新。可以使用CSI-RS设计，其允许跟踪CSI的时间演变或者新的隐式CSI报告方案，其考虑了

信道时间演变,并以压缩形式提供有关当前和将来的RI、PMI和CQI的信息,以降低反馈速率。

[0281] 用于计算多普勒延迟波束三级预编码器的预编码器矩阵的分量,如空间波束、多普勒频率DFT向量、延迟DFT向量和多普勒延迟组合系数,很长一段时间保持相同或基本相同,并且需要较不频繁地更新。CSI反馈的更新速率的降低是以增加的UE计算复杂性为代价的,其与最先进的版本15Type-II CSI报告方案[参见TS 38.214]相比,用于确定一个或多个码本向量和预编码器矩阵的每个极化、每波束、每延迟和每个多普勒频率分量的组合系数。

[0282] 本发明的实施例通过使用用于确定预编码器矩阵的一个或多个码本向量的两步方法来提供用于降低UE处的计算复杂性并进一步降低反馈开销的改进。两步法总结如下:

[0283] -分别从延迟和/或多普勒频率码本中选择延迟DFT向量子集和/或多普勒频率向量子集。

[0284] -仅使用所选择的延迟和/或多普勒频率向量子集而不是码本的所有向量来确定延迟DFT向量和/或多普勒频率DFT向量以及预编码器矩阵的每个极化、每波束、每延迟和每个多普勒频率分量的组合系数。

[0285] 第一步中延迟/多普勒频率向量子集的选择可取决于MIMO信道脉冲响应的延迟和多普勒频率扩展。由于MIMO信道脉冲响应的延迟和多普勒频率分量分别集中在延迟域和多普勒频率域,因此只需要来自延迟和多普勒频率码本的延迟和多普勒频率向量的子集来构造预编码器矩阵。此外,除了减少UE计算复杂性之外,所提出的两步方法还减少了CSI反馈的数量,因为在预编码器矩阵构造中使用了较少的延迟和多普勒频率分量,这些分量需要在反馈中用信号通知。

[0286] 本发明的实施例通过在UE处采用的相应码本中选择一个或多个来降低用于计算预编码器矩阵和反馈开销的UE计算复杂性以指示所选分量

[0287] ●来自UE使用的码本的 $D_u^{(l)} = D$ 延迟DFT向量的子集,它们对所有波束索引都是共同的,即 $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)} = \mathbf{d}_d^{(l)}$,和/或

[0288] ●来自UE使用的码本的 $F_u^{(l)} = F$ 多普勒DFT向量的子集,对所有波束索引共同,对预编码器的所有延迟索引共同,即 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)} = \mathbf{f}_v^{(l)}$,和/或

[0289] ● $U^{(1)}$ 波束DFT向量,对于两种极化是相同的。

[0290] 图4是示出CSI参数、CSI测量、复合预编码器矩阵计算和CSI报告的配置的流程图。可以利用经由较高层(诸如RRC)的CSI-RS资源配置对UE进行配置,所述CSI-RS资源配置包含关于用于向UE的发送的所分配的CSI-RS端口的数量的信息。CSI-RS端口的数量M等于 PN_1N_2 (其中,在基站处,对于同极化阵列天线, $P=1$,对于双极化阵列天线, $P=2$),其中 N_1 和 N_2 分别是gNB阵列的第一空间维度和第二空间维度的天线端口的数量。利用经由较高层和/或物理层(经由DCI)的CSI报告配置对UE进行配置,所述CSI报告配置还包含用于在UE处评估诸如CQI、RI和PMI之类的CSI反馈参数的信息。基站或者gNB经由较高层或者物理层发信号通知针对 (N_1, N_2, P) 、S和T的至少五个整数值信号,其中 (N_1, N_2, P) 用于配置第一码本,S和T分别用于配置用于UE处的PMI分解/计算的第二个码本和第三个码本。在UE处执行CQI、RI和PMI选择。

[0291] 在步骤250, gNB或者基站向UE发送CSI-RS配置和CSI报告配置。CSI-RS配置可以包括相对于TS 38.211[1]中的子条款7.4.1.5以及TS.38.331[4]中的子条款6.3.2的CSI-RS资源配置。此外,还包括称为CSI-RS-BurstDuration的额外的较高层参数配置。

[0292] 包括CSI-RS-BurstDuration以提供允许跟踪信道的时隙演变的CSI-RS设计。除了来自于上文提及的TS 38.211[2]中的条款7.4.1.5以及TS.38.331[4]中的条款6.3.2的配置之外,还利用具有较高层参数CSI-RS-BurstDuration的CSI-RS资源集对UE进行配置,以跟踪CSI的时隙演变。根据CSI-RS在其中重复的连续时隙的数量,通过较高层参数CSI-RS-BurstDuration提供CSI-RS的时域重复。对于NR数字 μ 的CSI-RS-BurstDuration的可能值是 $2^\mu \cdot X_B$ 时隙,其中 $X_B \in \{0, 1, 2, \dots, \text{maxNumBurstSlots} - 1\}$ 。NR数字 $\mu = 0, 1, 2, 3, 4 \dots$ 定义了例如根据NR标准的 $2^\mu \cdot 15\text{kHz}$ 的子载波间隔。

[0293] 例如,当 $X_B = 0$ 的值或者参数CSI-RS-BurstDuration未被配置时,CSI-RS不会在多个时隙上重复。脉冲长度随所述数字缩放,以保持跟随时隙大小的减小。使用与CSI-RS的周期性相同的逻辑。图5(a)示出了具有10个时隙的周期性且没有重复(CSI-RS-BurstDuration未被配置或者CSI-RS-BurstDuration=0)的CSI-RS,图5(b)示出了具有10个时隙的周期性和4个时隙的重复(CSI-RS-BurstDuration=4)的CSI-RS。图6示出了CSI-RS-BurstDuration信息元素。新的RRC参数CSI-RS-BurstDuration的信息元素如下:紧接在文本burstSlots之后的值指示 X_B 的值,对于给定的新无线电数字 μ (请参见[1]),该值提供了CSI-RS的脉冲长度 $2^\mu \cdot X_B$,即CSI-RS重复的连续时隙的数量。

[0294] 跨越多个连续时隙的脉冲CSI-RS使得能够提取CSI的时隙演变信息并用于预编码器矩阵的报告,例如作为PMI的一部分,具体方式详见下文所述。换句话说,UE可以利用在多个连续时隙上的CSI-RS资源的重复来计算CQI、RI和PMI,并相应地报告它们。

[0295] 返回图4的流程图,由eNB提供的CSI报告配置可以进一步包括至少以下参数中的一个或多个:

[0296] ○相对于TS 38.214[2]中的子条款5.2.1.1的CSI报告配置的配置,以及以下较高层参数:TS 38.331[1]中列出的ReportQuantity,具有以下附加参数:

[0297] ■ cri-RI-PMIDD-CQI

[0298] ■ cri-RI-PMIDy-CQI

[0299] ■ cri-RI-PMIDr-CQI

[0300] ■ cri-RI-LI-PMIDD-CQI

[0301] ■ cri-RI-LI-PMIDy-CQI

[0302] ■ cri-RI-LI-PMIDr-CQI

[0303] ■ cri-RI-PMIDD

[0304] ■ cri-RI-PMIDy

[0305] ■ cri-RI-PMIDr

[0306] 报告量中提到的CRI(CSI-RS资源指示)、RI(秩指示)和LI(层指示)被报告,即所报告的可能值以及用于报告CRI、RI和LI的格式与TS 38.214[2]中的可能值和格式相同。

ReportQuantity中提到的PMI量定义为:

[0307] ■ PMIDD-包括如以下描述的延迟和多普勒频率分量配置的PMI值;

[0308] ■ PMIDy-仅包括如以下描述的延迟分量配置、不包括多普勒频率分量的PMI值;

- [0309] ■PMIDr-仅包括如以下描述的多普勒频率分量配置、不包括延迟分量的PMI值。
- [0310] ○分配有用于CQI预测的值K的参数CQI-PredictionTime(如果配置)。
- [0311] 报告数量中提到的CQI值、预测的CQI值等(如果已配置)可以如随后在多个时隙上解释的那样计算。报告的CQI值与TS 38.214[2]中提到的相同。
- [0312] 此外,以下参数可以由eNB经由物理层或较高层(RRC)参数通过信号发送给用户设备:
- [0313] ○用于延迟和多普勒频率分量码本 Ω_2 和 Ω_3 的配置的S和T的值分别由参数CodebookConfig-S、CodebookConfig-T表示。码本 Ω_2 和 Ω_3 的过采样因子 0_2 和 0_3 分别由CodebookConfig-02和CodebookConfig-03表示。
- [0314] ○用于第一码本 Ω_1 的配置的参数 N_1 、 N_2 和过采样因子 $0_{1,1}$ 和 $0_{1,2}$,如下所述。参数 N_1 和 N_2 分别由CodebookConfig-N1和CodebookConfig-N2表示。过采样因子 $0_{1,1}$ 和 $0_{1,2}$ 分别由CodebookConfig-01_1和CodebookConfig-01_2表示。
- [0315] 响应于报告配置,UE
- [0316] -在步骤252,在T个连续时刻/时隙上对下行链路CSI-RS执行测量,
- [0317] -在步骤254,构造时变频率选择性MIMO信道张量 \mathcal{H} ;
- [0318] -在步骤256,相对于如下面更详细解释的特定性能量度,为每一层(PMI选择)选择多普勒延迟波束复合三级预编码器矩阵;
- [0319] -在步骤258,使用所选择的多普勒延迟波束复合三级预编码器矩阵、以及使用MIMO信道张量 \mathcal{H} 和对于未来时刻的MIMO信道张量的预测之中的至少一个,计算对于未来时刻或者对于一组未来时刻的CQI值、预测的CQI值或者预测的差分CQI值(如果配置),并且可选地,使用所选择的多普勒延迟波束复合三级预编码器矩阵和MIMO信道张量 \mathcal{H} 选择RI值(如果配置),以及
- [0320] -在步骤260,将CSI报告发送给gNB。
- [0321] 在步骤262,gNB重建多普勒延迟波束复合三级预编码器矩阵(PMI报告),以促进对于未来时刻的多用户预编码矩阵计算和预编码器矩阵预测。
- [0322] 基于重复的下行链路参考信号进行操作的其他方法,可以使用其他预编码器或者其他技术,以基于重复的下行链路参考信号来确定CSI反馈并报告确定CSI反馈。
- [0323] 使用复合多普勒延迟三级预编码器的CQI/PMI报告
- [0324] 一旦利用CSI-RS资源和CSI报告配置对UE进行了配置(参见图4中的步骤250),则UE使用在PRB上对于下行链路CSI-RS的测量来估计未量化的显式CSI,其中CSI-RS是在频域中在T个连续时刻/时隙上配置的(请参阅图4中的步骤252)。
- [0325] 显式CSI由尺寸为 $N \times S \times T$ 的三维信道张量(三维阵列) $\mathcal{H} \in \mathbb{C}^{N \times S \times T}$ 表示,其中S为所配置的子带/PRB或者子载波的数量(参见图7),并且 $N = N_r \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot P$,其中 N_r 是UE接收天线的数量。在此,信道张量的第一、第二和第三维分别表示时变频率选择性MIMO信道的空间、频率和时间分量。
- [0326] 显式CSI由尺寸为 $N_r \times N_t \times S \times T$ 的四维信道张量 $\mathcal{H} \in \mathbb{C}^{N_r \times N_t \times S \times T}$ 表示,其中 $N_t = N_1 \cdot N_2 \cdot P$ 。在此, \mathcal{H} 的第一维和第二维分别表示时变频率选择性MIMO信道的接收侧和发送侧空间分量。 \mathcal{H} 的第三维和第四维分别表示MIMO信道的频率和时间分量。

[0327] 在下一步骤中,UE使用信道张量 \mathcal{H} 形式的显式CSI和使用三个独立码本构造的复合多普勒延迟波束三级预编码器来计算CQI:

[0328] -用于多普勒延迟波束预编码器的发送侧空间(波束)分量的第一码本 Ω_1 ;

[0329] -用于多普勒延迟波束预编码器的延迟分量的第二码本 Ω_2 ;以及

[0330] -用于多普勒延迟波束预编码器的多普勒频率分量的第三码本 Ω_3 。

[0331] 不用三个独立码本中,可以将上述波束、延迟和多普勒频率分量包括在单个或者共同码本中,或者将上述波束、延迟和多普勒频率分量中的两个包括在一个码本中,并将其余分量包括在另一个码本。

[0332] 假设秩L的传输,第1层($l=1, \dots, L$)的尺寸为 $N_t \cdot T \times S$ 的复合多普勒延迟波束三级预编码器 $W^{(l)}$ 由(按列)克罗内克积(假设gNB处的双极化发送天线阵列)表示为

$$[0333] \quad W^{(l)} = P^{(l)} \begin{bmatrix} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \mathbf{f}_{1,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \\ \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \mathbf{f}_{2,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{2,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

[0334] 其中 $U^{(l)}$ 是第1层每个极化的波束的数量, $D_u^{(l)}$ 是第1层和第u波束的延迟的数量, $F_{d,u}^{(l)}$ 是第1层、第u波束和第d延迟的多普勒频率分量的数量,以及

[0335] - $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是大小为 $T \times 1$ 的第v多普勒频率向量,选自码本矩阵 Ω_3 ,与多普勒延迟波束预编码器的第1层、第d延迟、第u空间波束和第p极化($p=1, 2$)相关;

[0336] - $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 是大小为 $S \times 1$ 的第d延迟向量,选自码本矩阵 Ω_2 ,与多普勒延迟波束预编码器的第1层、第u空间波束和第p极化相关;

[0337] - $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 是与从码本矩阵 Ω_1 中所选择的与第1层相关的第u空间波束(与极化无关);

[0338] - $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与第1层、第u空间波束、第d延迟、第v多普勒频率和多普勒延迟波束预编码器的第p极化相关的多普勒延迟系数,以及

[0339] - $P^{(l)}$ 是标量归一化因子,可确保所有预编码器层的平均总发送功率为1。

[0340] 图8示出了多普勒延迟波束复合预编码器矩阵的结构,其示出了大小为 $N_t \cdot T \times S$ 的复合多普勒延迟波束预编码器矩阵。

[0341] 多普勒延迟波束预编码器可以表示为双级预编码器:

$$[0342] \quad W^{(l)} = W^{(1,1)} W^{(2,1)} \in N_t \cdot T \cdot S \times 1,$$

[0343] 其中

$$[0344] \quad W^{(1,1)} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_2 \end{bmatrix}$$

[0345] 其中

$$[0346] \quad \mathbf{X}_1 = \left[\mathbf{f}_{1,0,0,0}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,0,0}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_0^{(l)} \quad \dots \quad \mathbf{f}_{1,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,u,d}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \quad \dots \quad \mathbf{f}_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1}^{(l)} \otimes \mathbf{b}_{U^{(l)}-1}^{(l)} \right],$$

$$X_2 =$$

$$[0347] \quad \left[f_{2,0,0,0}^{(l)} \otimes d_{2,0,0}^{(l)} \otimes b_0^{(l)} \quad \cdots \quad f_{2,u,d,v}^{(l)} \otimes d_{2,u,d}^{(l)} \otimes b_u^{(l)} \quad \cdots \quad f_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \otimes d_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1}^{(l)} \otimes b_{U^{(l)}-1}^{(l)} \right]$$

[0348] 并且 $w^{(2,l)}$ 包含复数多普勒延迟波束组合系数,

$$w^{(2,l)}$$

$$[0349] \quad = \left[\gamma_{1,0,0,0}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \quad \gamma_{2,0,0,0}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \right]^T$$

[0350] 波束的数量、延迟和多普勒频率分量的值 $(U^{(l)}, D_u^{(l)}, F_{d,u}^{(l)})$ 是通过较高层 (例如, RRC 或者 MAC) 信令配置的, 或者是从 gNB 到 UE 的下行链路许可中 DCI (物理层信令) 的一部分。UE 将 $(U^{(l)}, D_u^{(l)}, F_{d,u}^{(l)})$ 的优选值作为 CSI 报告的一部分来报告。UE 先验地知道 $(U^{(l)}, D_u^{(l)}, F_{d,u}^{(l)})$ 的值。

[0351] 波束配置:

[0352] 波束 $U^{(l)}$ 的数量用于在各层上可以是不同的。波束 $U^{(1)}$ 的数量可以用于对于所有层相同。在这种情形中, $U^{(l)} = U, \forall l$ 。波束配置可以是 UE 事先已知的。

[0353] 延迟配置:

[0354] 如现在将描述的, 延迟分量以不同的方式配置。

[0355] - 根据第一示例, $D_u^{(l)}$ 延迟值, 例如延迟 DFT 向量的索引, 对于不同的波束、层和极化可以不同。

[0356] - 根据第二示例, $D_u^{(l)}$ 延迟值, 例如延迟 DFT 向量的索引, 对于不同的波束和层可以不同, 但是对于所有极化相同。

[0357] - 根据第三示例, 对于所有波束、层和极化, $D_u^{(l)}$ 延迟值, 例如, 延迟 DFT 向量的索引, 相同。

[0358] - 根据第四示例, $D_u^{(l)}$ 延迟值, 例如延迟 DFT 向量的索引, 对于所有波束和层都相同的, 但是在极化上可以不同。

[0359] - 根据第五示例, $D_u^{(l)}$ 延迟值, 例如延迟 DFT 向量的索引, 对于所有波束和极化索引相同, 但是在各层上可能有所不同。

[0360] - 根据第六示例, $D_u^{(l)}$ 延迟值, 例如, 延迟 DFT 向量的索引, 对于所有波束相同, 但是可以在层和极化上变化。

[0361] - 根据第七示例, 延迟的数量 $D_u^{(l)}$ 取决于波束和层索引。

[0362] - 根据第八示例, 延迟的数量 $D_u^{(l)}$ 取决于波束索引, 并且对于所有层索引保持相同,

$$D_u^{(l)} = D_u, \forall l, u。$$

[0363] - 根据第九示例, 对于所有波束索引, 延迟的数量 $D_u^{(l)}$ 相同, 但是每层可以变化,

$$D_u^{(l)} = D^{(l)}, \forall l, u。$$

[0364] -根据第十示例,对于所有波束索引和层索引,数量延迟 $D_u^{(l)}$ 相同, $D_u^{(l)} = D \forall l, u$ 。

[0365] 如上所述的延迟分量配置可以经由较高层(例如,RRC或者MAC)信令来配置,或者可以用于从gNB到UE的下行链路许可中的DCI(物理层信令)的一部分。延迟配置可以是UE事先已知的。

[0366] 多普勒频率配置:

[0367] 如现在将描述的,多普勒频率分量以不同的方式配置。

[0368] -根据第一示例,多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)}$ 的数量取决于波束索引、延迟索引和层索引。

[0369] -根据第二示例,对于所有波束、延迟和层索引,多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)}$ 的数量相同,使得 $F_{d,u}^{(l)} = F, \forall u, d, l$ 。

[0370] -根据第三示例,对于所有波束索引和所有延迟索引,多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)}$ 的数量相同,但是可以在层索引上变化, $F_{d,u}^{(l)} = F^{(l)}, \forall u, d, l$ 。

[0371] -根据第四示例,对于所有波束索引,多普勒频率向量 $F_{d,u}^{(l)}$ 的数量相同,但是在延迟和层索引上变化, $F_{d,u}^{(l)} = F_d^{(l)}, \forall u, d, l$ 。

[0372] -根据第五示例,对于所有波束索引和层索引,多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)}$ 的数量相同,但是其在延迟索引上变化, $F_{d,u}^{(l)} = F_d, \forall u, d, l$ 。

[0373] -根据第六示例,多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)}$ 的数量对于U波束可以是不同的,并且对于所有延迟和层索引可以相同, $F_{d,u}^{(l)} = F_u, \forall u, d, l$ 。

[0374] -根据第七示例,多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)}$ 的数量在波束和延迟索引上变化,并且对于所有层索引相同, $F_{d,u}^{(l)} = F_{d,u}, \forall u, d, l$ 。

[0375] -根据第八示例,多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)}$ 的数量在波束和层索引上变化,并且对于所有延迟索引相同, $F_{d,u}^{(l)} = F_u^{(l)}, \forall u, d, l$ 。

[0376] -根据第九示例, $F_{d,u}^{(l)}$ 多普勒频率值(多普勒频率DFT向量的索引)可以在波束、延迟、层和极化上变化。

[0377] -根据第十示例, $F_{d,u}^{(l)}$ 多普勒频率值(多普勒频率DFT向量的索引)可以在波束、延迟和层上变化,但是对于所有极化都相同。

[0378] -根据第十一示例,对于所有波束和延迟, $F_{d,u}^{(l)}$ 多普勒频率值相同,但是可以在层和极化上变化。

[0379] -根据第十二示例,对于所有波束、延迟和极化, $F_{d,u}^{(l)}$ 多普勒频率值相同,但是可以在各层上变化。

[0380] 如上所述的多普勒频率分量配置可以经由高层(例如,RRC或者MAC)信令来配置,或者可以用于从gNB到UE的下行链路许可中的DCI(物理层信令)的一部分。多普勒频率配置可以是UE事先已知的。

[0381] Ω_1 、 Ω_2 , 和 Ω_3 的DFT码本矩阵结构:

[0382] 现在描述用于实现上述码本的示例。

[0383] 从大小为 $N_1 N_2 \times O_{1,1} N_1 O_{1,2} N_2$ 的被过采样的DFT码本矩阵 Ω_1 中选择向量(空间波束) $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 。DFT码本矩阵由两个过采样因子 $O_{1,1} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 和 $O_{1,2} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 参数化。DFT码本矩阵包含一组向量,其中每个向量都由长度 N_1 的DFT向量 $\mathbf{v}_l =$

$\left[1, e^{j \frac{2\pi l}{O_{1,1} N_1}}, \dots, e^{j \frac{2\pi l (N_1 - 1)}{O_{1,1} N_1}} \right]^T, l = 0, \dots, O_{1,1} N_1 - 1$ 的克罗内克积表示,对应于垂直波束和长度 N_2 的DFT向量 $\mathbf{u}_m = \left[1, e^{j \frac{2\pi m}{O_{1,2} N_2}}, \dots, e^{j \frac{2\pi m (N_2 - 1)}{O_{1,2} N_2}} \right]^T, m = 0, \dots, O_{1,2} N_2 - 1$,对应于水平波束。

[0384] 可以从大小为 $S \times S O_2$ 的被过采样的DFT码本矩阵 $\Omega_2 = [\mathbf{c}_0, \mathbf{c}_1, \dots, \mathbf{c}_{S O_2 - 1}]$ 中选择延迟向量 $\mathbf{d}_{u,d}^{(l)}$ 。DFT码本矩阵 Ω_2 包含 $S O_2$ 向量,其中每个向量都由长度 S 的DFT向量 $\mathbf{c}_l =$

$\left[1, e^{j \frac{2\pi l}{O_2 S}}, \dots, e^{j \frac{2\pi l (S - 1)}{O_2 S}} \right]^T, l = 0, \dots, O_2 S - 1$ 表示。码本矩阵中的每个项都与特定的延迟相关。

DFT码本矩阵由过采样因子 $O_2 = 1, 2, \dots$ 来参数化。

[0385] 可以从大小为 $T \times T O_3$ 的被过采样的DFT码本矩阵 $\Omega_3 = [\mathbf{a}_0, \mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_{T O_3 - 1}]$ 中选择多普勒频率向量 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。DFT码本矩阵 Ω_3 包含 $T O_3$ 向量,其中每个向量由长度 T 的DFT向量 $\mathbf{a}_l =$

$\left[1, e^{j \frac{2\pi l}{O_3 T}}, \dots, e^{j \frac{2\pi l (T - 1)}{O_3 T}} \right]^T, l = 0, \dots, O_3 T - 1$ 表示。码本矩阵中的每个项都与特定的多普勒频率依赖。DFT码本矩阵由过采样因子 $O_3 = 1, 2, \dots$ 来参数化。

[0386] DFT码本矩阵的过采样因子 $O_{1,1}$ 、 $O_{1,2}$ 、 O_2 、 O_3 可以通过较高层(例如RRC或者MAC)信令进行配置,或者可以用于从gNB到UE的下行链路许可中的DCI(物理层信令)的一部分。可替代地,UE可以知道DFT码本矩阵的过采样因子 $O_{1,1}$ 、 $O_{1,2}$ 、 O_2 、 O_3 。

[0387] M的UE侧选择:

[0388] UE基于性能量度来选择优选的多普勒延迟预编码器矩阵W(参见图4中的步骤256)。

[0389] 对于每个配置的SB、PRB或者子载波,UE选择优化互信息 $I(\mathbf{W}; \mathcal{H})$ 的预编码器矩阵W,其是多普勒延迟预编码器矩阵W和多维信道张量 \mathcal{H} 的函数。

[0390] 逐步地选择U空间波束、多普勒频率和延迟。例如,对于秩1传输,在第一步骤中,UE选择优化互信息的U空间波束:

[0391] $\hat{\mathbf{b}}_1^{(1)}, \dots, \hat{\mathbf{b}}_U^{(1)} = \operatorname{argmax} I(\mathcal{H}; \mathbf{b}_1^{(1)}, \dots, \mathbf{b}_U^{(1)})$ (对于秩1)。

[0392] 在第二步骤中,UE利用U空间波束 $\hat{\mathbf{b}}_1^{(1)}, \dots, \hat{\mathbf{b}}_U^{(1)}$ 来计算尺寸为 $2U N_r \times S \times T$ 的波束形成

的信道张量 $\hat{\mathcal{H}}$ 。

[0393] 在第三步骤中,UE选择三元组的多普勒频率DFT向量、延迟DFT向量和多普勒延迟波束组合系数,其中从码本 Ω_3 和 Ω_2 中分别选择多普勒频率和延迟DFT向量,使互信息 $I(\hat{\mathcal{H}}; \mathbf{W} | \hat{\mathbf{b}}_1^{(1)}, \dots, \hat{\mathbf{b}}_U^{(1)})$ 被优化。

[0394] RI的UE侧选择:

[0395] UE可以选择秩指示RI,以进行报告(参见图4中的步骤258)。当在UE处配置了RI报告时,UE报告用于传输的秩指示(层的总数)。相对于多普勒延迟波束预编码器矩阵 $\mathbf{W}^{(l)}$ ($l = 1, \dots, L$) (参见上面的等式(1))选择秩指示,并且指示由多普勒延迟波束经预编码的时变频率选择性MIMO信道支持的层的平均数量。

[0396] CQI的UE侧选择:

[0397] UE可以选择信道质量指示CQI用于报告(参见图4中的步骤258)。当在UE上配置CQI报告时,UE根据特定的性能量度,诸如信号干扰和噪声比(SINR)、平均误码率、平均吞吐量等报告优选CQI。

[0398] 例如,UE可以为所选择的复合多普勒延迟波束预编码器矩阵 $\mathbf{W}^{(l)}$ ($l = 1, \dots, L$) (参见上面的等式(1))选择在UE处优化平均块错误率 $block_error_rate(\mathcal{H} | \mathbf{W}^{(l)})$ ($l = 1, \dots, L$)的CQI,且为T时刻选择给定的多维信道张量 \mathcal{H} 。CQI值表示由多普勒延迟波束经预编码的时变频率选择性MIMO信道支持的“平均”CQI。

[0399] 此外,可以使用所选择的复合多普勒延迟波束预编码器矩阵 $\mathbf{W}^{(l)}$ ($l = 1, \dots, L$) (请参阅上方的方程式(1))和T时刻的给定多维信道张量 \mathcal{H} 来报告每个配置的SB的CQI(多个CQI报告)。

[0400] PMI报告:

[0401] UE可以选择预编码器矩阵指示PMI用于报告(参见图4中的步骤258)。当在UE处配置了PMI报告时,UE报告至少两个分量的PMI。

[0402] 第一PMI分量可以对应于所选择的向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 、 $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 和 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$,并且可以以三元组的形式表示,其中每三元组(u, d, v)与所选择的空波束向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 、所选择的延迟向量 $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 、以及所选择的多普勒频率向量 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 相关联。例如,对于秩-1传输,可以用 $i_1 = [i_{1,1}, i_{1,2}, i_{1,3}]$ 表示三元组。在此, $i_{1,1}$ 包含空波束的所选择的DFT向量的 Σ_1^U 索引, $i_{1,2}$ 包含所选择的延迟向量的 $2 \sum_{u,l} D_u^{(l)}$ 索引,且 $i_{1,3}$ 包含所选择的多普勒频率向量的 $2 \sum_{u,d,l} F_{d,u}^{(l)}$ 索引。

[0403] 图9示出了假设每波束相等的延迟的数量 $D_u^{(l)} = D, \forall u$,并且每延迟和波束相等的多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)} = V, \forall d, u$,与用于层1传输的波束、延迟和多普勒频率分量相关的反馈索引。

[0404] 图9示出了假设每波束相等的延迟的数量 $D_u^{(l)} = D, \forall u$,并且每延迟和波束相等的多普勒频率分量 $F_{d,u}^{(l)} = V, \forall d, u$,与用于层1传输的波束、延迟和多普勒频率分量相关的反

馈索引。图9示出了用于层1传输的 i_1 的示例。 i_1 的子集 $i_{1,1}$ 表示从码本 Ω_1 中所选择的波束索引,并由 $\mathbf{a}_u, \forall u$ 表示。 i_1 的子集 $i_{1,2}$ 表示从码本 Ω_2 中所选择的延迟索引,由 $\mathbf{c}_{d,u}, \forall d, u$ 表示。 i_1 的子集 $i_{1,3}$ 表示从码本 Ω_3 所选择的多普勒频率索引,并由 $\mathbf{e}_{v,d,u}, \forall v, d, u$ 表示。

[0405] 从UE到gNB报告 $2 \sum_{u,d,l} F_{d,u}^{(l)}$ 多普勒延迟波束组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,UE可以使用码本方法来量化系数。量化的组合系数由第二PMI, i_2 表示。这两个PMI会报告给gNB。

[0406] 诸如路径损耗和阴影衰落之类的大规模信道参数不会随时间快速变化,并且信道变化主要与小规模信道衰落有关。这意味着脉冲响应的MIMO信道参数,诸如路径分量和信道延迟,不会在更长的时间段内发生变化,并且由UE移动引起的信道变化只会导致MIMO信道路径分量的相位波动。这意味着空间波束、预编码器多普勒频率DFT向量、延迟DFT向量以及多普勒延迟波束三级预编码器 $\mathbf{W}^{(l)}$ 的多普勒延迟系数在长时段内保持相同,并且需要较不频繁更新。

[0407] 在gNB处的预编码器构造:

[0408] gNB可以使用来自UE的两分量PMI反馈来根据图10所示的基于码本的构造来构造预编码器矩阵,图10示出了在gNB第1层的预编码器的基于码本的构造和对于示例配置 $N_1=4, N_2=2, P=2$,第1层预编码器与天线端口(AP)的关联。预编码器矩阵信息用于计算多用户预编码矩阵,其被应用于传输信号以使传输参数适应当前的多用户信道状况。上述的基于克罗内克的多普勒延迟复合式预编码器矩阵定义还有助于预测未来时刻的预编码器矩阵。这样,可以大大减少CSI报告的数量并节省反馈开销。

[0409] 为了促进对于QT未来时刻的预编码器矩阵预测,可以将多普勒频率DFT向量 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 循环扩展为长度QT向量 $\mathbf{t}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。循环扩展定义为

$$[0410] \quad \mathbf{t}_{p,u,d,v}^{(l)} = \left[1, e^{j\frac{2\pi k}{O_3}}, \dots, e^{j\frac{2\pi k(Q-1)}{O_3}} \right]^T \otimes \mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}, \forall u, d, v, p, l$$

[0411] 其中 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)} = \left[1, e^{j\frac{2\pi k}{O_3 T}}, \dots, e^{j\frac{2\pi k(T-1)}{O_3 T}} \right]^T \in \Omega_3$ 。第1层和第 q ($q=1, \dots, QT$) 时刻的预测的预编码器矩阵为

$$[0412] \quad \widehat{\mathbf{W}}^{(l)}(q) = P^{(l)} \begin{bmatrix} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \mathbf{t}_{1,u,d,v}^{(l)}(q) \otimes \mathbf{d}_{1,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \\ \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \mathbf{t}_{2,u,d,v}^{(l)}(q) \otimes \mathbf{d}_{2,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \end{bmatrix}$$

[0413] 其中 $\mathbf{t}_{p,u,d,v}^{(l)}(q)$ 是 $\mathbf{t}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 的第 q 项。

[0414] 预测的预编码矩阵可以用在预测的多用户调度算法中,此算法尝试通过使用用户当前和将来的预编码器矩阵的知识来优化例如所有用户的吞吐量。

[0415] 多普勒延迟组合系数的码本:

[0416] UE可以被配置为利用码本方法来量化复数多普勒延迟系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。每个系数表示

$$[0417] \quad \gamma_{p,u,d,v}^{(l)} = \hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)} \phi_{p,u,d,v}^{(l)},$$

[0418] 其中

[0419] $-\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是极化、波束、延迟和多普勒频率依赖的振幅系数,N位量化;以及

[0420] $-\phi_{p,u,d,v}^{(l)}$ 表示由BPSK或者QPSK或者8PSK以及任何更高阶星座图表示的相位。

[0421] 每个系数可以由其实部和虚部表示为

$$[0422] \quad \gamma_{p,u,d,v}^{(l)} = \text{Re}\{\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}\} + j\text{Imag}\{\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}\},$$

[0423] 其中 $\text{Re}\{\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}\}$ 和 $\text{Imag}\{\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}\}$ 分别用N位量化;

[0424] 扩展到CQI值预测:

[0425] UE可以被配置为预测时刻/时隙“n+K”的CQI值,其中,n表示当前时刻/时隙,并且K表示相对于当前的时刻/时隙n的相对时间差。

[0426] 在一个示例中,UE在第一步中使用高分辨率参数估计算法,诸如RIMAX(参见参考文献[5]),直接从多维信道张量 \mathcal{H} 估计信道模型的参数。例如,时变MIMO信道模型脉冲响应可以由多个信道抽头定义,其中每个信道抽头都使用信道增益、多普勒频移和延迟进行参数化。第i个NB天线和第j个UE天线之间的时变频率选择性MIMO信道模型频域响应可以表示为

$$[0427] \quad h_{i,j}(t, w) = \sum_{m=0}^{M-1} h_{i,j}(m) e^{j2\pi f_m t} e^{-j\frac{2\pi w \tau_m}{W}},$$

[0428] 其中

[0429] -N是信道延迟的数量,

[0430] $-h_{i,j}(m)$ 是第m路径增益,具有相关的多普勒频移 f_m 和信道延迟 τ_m ,

[0431] -t表示时刻,

[0432] -w表示子载波索引,以及

[0433] -W表示子载波的总数。

[0434] 在本文示例中,假设采用非极化信道模型,其中MIMO信道的所有链路(i, j)的信道延迟均相同。

[0435] 注意,还可以通过使用线性块滤波方法,诸如最小二乘或者最小均方误差滤波(MMSE)(请参见参考文献[6]和[7])从MIMO信道张量 \mathcal{H} 以非参数化形式直接计算 $H(t, w)$ 的系数。在这种情形中,信道预测器由MIMO信道张量 \mathcal{H} 的加权和形成。

[0436] 在第二步骤中,使用经参数化的信道模型和所选择的多普勒延迟波束复合预编码器 $W^{(l)}$ ($l=1, \dots, L$)(请参见上面的等式(1))来计算经参数化的经预编码的时变MIMO信道模型频域响应为

$$[0437] \quad H_{\text{prec}}(t, w) = H(t, w) [W^{(1)}(t, w), W^{(2)}(t, w), \dots, W^{(L)}(t, w)]$$

[0438] 其中 $[H(t, w)]_{i,j} = h_{i,j}(t, w)$ 的(i, j)项和 $W^{(l)}(t, w)$ 是 $W^{(1)}$ 的第t块和第w列(请参见图8)。

[0439] 在第三步骤中,UE使用经参数化的经预编码的MIMO信道模型响应来计算未来时刻 $n+K$ 的CQI值,即,将CQI($n+K$)表示为 $H_{\text{prec}}(n+K, w)$ 。

[0440] UE还可以使用以上经参数化的经预编码的MIMO信道响应来预测“ $n+k$ ”($k=0, \dots, K$)未来时刻的 K 未来CQI值(多个CQI报告)。通过将 K 预测的CQI值减少“平均”CQI值,可以使用 K 预测的CQI值来计算差分预测的CQI值。预测的单个CQI值,或者预测的 K CQI值或者预测的 K 差分CQI值被报告给gNB。

[0441] 如上所述,基于重复的下行链路参考信号进行操作的其他示例可以使用其他预编码器或者其他技术来基于重复的下行链路参考信号来确定CSI反馈并报告确定CSI反馈。因此,本发明的其他示例提供了一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的通信设备,其中通信设备接收包括较高层(例如,RRC)参数的CSI-RS资源配置,例如,被称为CSI-RS-BurstDuration,其指示下行链路参考信号的时域重复,例如,根据重复下行链路参考信号的连续时隙的数量。通信设备基于重复的下行链路参考信号来确定CSI反馈并报告确定的CSI反馈。

[0442] 扩展到端口选择码本:

[0443] UE可以经由高层被配置有CSI-RS报告配置,用于报告用于波束形成的CSI-RS的CQI、RI和PMI(如果配置)。在这种情况下,第一码本矩阵中的向量由 $N_1 N_2$ 长度的列向量表示,其中第 m 向量($m=1, \dots, N_1 N_2$)在第 m 位置包含单个1,在其他位置包含零。

[0444] 在gNB处的预编码器应用:

[0445] 根据实施例,UE可以假设,对于CQI和/或RI和/或PMI计算,gNB将关于以上等式(1)计算的多普勒延迟波束预编码器应用于 $v=L$ 层上的天线端口 $\{1000, 1008+v-1\}$ 上的PDSCH信号为

$$[0446] \begin{bmatrix} y^{(t,3000)}(i) \\ \vdots \\ y^{(t,3000+P-1)}(i) \end{bmatrix} = \mathbf{W}(t, i) \begin{bmatrix} x^{(t,0)}(i) \\ \vdots \\ x^{(t,v-1)}(i) \end{bmatrix},$$

[0447] 其中

[0448] $[x^{(t,0)}(i), \dots, x^{(t,v-1)}(i)]^T$ 是来自TS 38.211[1]中第7.3.1.4节中定义的层映射的PDSCH码元的码元向量, $P \in \{1, 2, 4, 8, 12, 16, 24, 32\}$,

[0449] $x^{(t,u)}(i)$ 是时刻 t 时层 u 的第 i 个码元,

[0450] $y^{(t,u)}(i)$ 是在时刻 t 在天线端口 u 上发送的经预编码的码元,以及

[0451] $\mathbf{W}(t, i) = [W^{(1)}(t, i), \dots, W^{(L)}(t, i)]$ 是根据等式(1)计算的预测预编码器矩阵,其中 $W^{(1)}(t, i)$ 为 $W^{(1)}$ 的第 t 块和第 i 列。

[0452] 在天线端口 $[3000, 3000+P-1]$ 上传输的相应PDSCH信号 $[y^{(t,3000)}(i) \dots y^{(t,3000+P-1)}(i)]$ 中每个资源元素的能量EPRE与CSI-RS EPRE的比率等于TS 38.214[2]的4.1节中给出的比率。

[0453] 注意,对于在[2]中描述的当前PDSCH传输方案,预编码器矩阵在时间上保持恒定,直到被报告的PMI更新为止。相反,上述的方法通过随时间连续更新预编码器矩阵而无需瞬时PMI报告来考虑信道变化。

[0454] 现在更详细地描述降低用于计算预编码器矩阵的UE计算复杂性和降低反馈开销的本发明的实施例。注意,以下描述的几个实施例基本上是相互独立的,然而,随后描述的

实施例可以单独或组合实施。换句话说,一些或所有随后描述的实施例可以组合——除非相互排斥。

[0455] 延迟DFT向量和/或多普勒DFT向量的共同子集选择和报告

[0456] 根据实施例,为了降低用于计算预编码器矩阵和用于指示所选择的延迟DFT向量的反馈开销的UE计算复杂性,UE从第二码本中选择 $D_u^{(l)} = D$ 延迟DFT的子集向量,其中所有波束索引都共同,即 $d_{p,u,d}^{(l)} = d_d^{(l)}$,并使用所选择的DDFT延迟向量来计算预编码器矩阵W。UE可以由gNB或有参数D的另一网络实体通过较高层(例如,MAC或RRC参数)或物理层(L1参数)配置。

[0457] 根据实施例,参数D取决于配置的码本大小(S),使得 $D = \text{func}(S)$ 。例如,参数D可由 $D = pS$ 给出,其中参数 $p \leq 1$ 控制反馈开销。参数p可以由gNB或另一个网络实体通过较高层(RRC参数)或物理层(L1参数)配置。p的示例是 $p \in \left\{ \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4} \right\}$ 。

[0458] 根据实施例,作为CSI报告的一部分,UE向gNB报告所有波束索引共同的所选择的D个延迟DFT向量的信息/指示。可以使用 $\left\lceil \log_2 \left(\binom{S}{D} \right) \right\rceil$ 位来指示所选择的D个延迟DFT向量。

[0459] 根据实施例,为了降低UE从第二码本中选择D个延迟DFT向量的计算复杂性,可以将第二码本中的延迟向量分为 O_2 个子组,其中每个子组($1 \leq q_2 \leq O_2$)包含S个正交DFT向量。UE从单个子组中为第1层选择D个DFT向量。UE可以被配置为经由较高层(例如,MAC或RRC参数)或物理层(例如,L1参数)向gNB报告所选择的子组索引(q_2)。

[0460] 根据实施例,为了降低用于计算预编码器矩阵和用于指示所选择的多普勒DFT向量的反馈开销的UE计算复杂性,UE从第三码本中选择 $F_u^{(l)} = F$ 多普勒DFT向量的子集,对所有波束索引共同,对预编码器的所有延迟索引共同,即 $f_{p,u,d,v}^{(l)} = f_v^{(l)}$,并使用所选择的FDFT多普勒向量用于计算预编码器矩阵W。gNB或另一网络实体可以经由较高层(例如,MAC或RRC参数)或物理层(L1参数)使用参数F来配置UE。

[0461] 根据实施例,参数F取决于配置的码本大小T,使得 $F = \text{func}(T)$ 。例如,参数F可由 $F = pT$ 给出,其中参数 $p \leq 1$ 控制反馈开销。参数p可以由gNB或另一个网络实体通过较高层(RRC参数)或物理层(L1参数)配置。p的示例是 $p \in \left\{ \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4} \right\}$ 。

[0462] 根据实施例,UE将所选择的F个多普勒DFT向量的信息/指示报告给gNB,作为CSI报告的一部分,对于所有波束索引是共同的并且对于所有延迟索引是共同的。可以使用 $\left\lceil \log_2 \left(\binom{T}{F} \right) \right\rceil$ 位来指示所选择的F个多普勒DFT向量。

[0463] 根据实施例,为了降低UE从第三码本中选择F个多普勒DFT向量的计算复杂性,可以将第三码本中的多普勒向量分为 O_3 个子组,其中每个子组($1 \leq q_3 \leq O_3$)包含T个正交DFT向量。UE从单个子组中为第1层选择FDFT向量。UE可以被配置为经由较高层(例如,MAC或RRC参数)或物理层(例如,L1参数)向gNB报告所选择的子组索引(q_3)。

[0464] 根据实施例,UE报告所选择的 $U^{(l)}$ 波束DFT向量的信息(对于两种极化相同)作为

CSI报告的一部分。可以使用 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_1 N_2}{U^{(l)}} \right) \right\rceil$ 位来指示所选择的 $U^{(l)}$ 波束DFT向量。UE可以由gNB或有参数 $U^{(l)}$ 的另一网络实体经由较高层(例如,MAC或RRC参数)或物理层(L1参数)配置。

[0465] 根据实施例,根据无线电信道的延迟扩展,UE可以仅选择 $\tilde{U}^{(l)} \leq U^{(l)}$ 个波束DFT向量,并且报告所选择的数目 $\tilde{U}^{(l)}$ 经由较高层(例如,MAC或RRC参数)或物理层(例如,L1参数)到gNB的DFT波束向量。

[0466] 根据实施例,为了降低UE从第一码本中选择 $U^{(l)}$ 个DFT波束向量的计算复杂性,可以将第一码本中的波束向量分为 $0_{1,1} \times 0_{1,2}$ 个子组,其中每个子组($1 \leq q_{1,1} \leq 0_{1,1}, 1 \leq q_{1,2} \leq 0_{1,2}$)包含 $N_1 N_2$ 个正交DFT向量。UE从单个子组中为第1层选择 $U^{(l)}$ DFT波束向量,并通过较高层(例如,MAC或RRC参数)或物理层(例如,L1参数)报告所选择的子组索引($q_{1,1}, q_{1,2}$)给gNB。

[0467] 根据实施例,UE从第二码本中选择 $D_u^{(l)} = D$ 延迟DFT向量的子集,对所有波束索引共共同,并且从第三码本中选择 $F_u^{(l)} = F$ 个多普勒DFT向量,对所有波束索引共同,对预编码器所有延迟索引共同,并且使用D个延迟DFT向量和F个多普勒DFT向量计算预编码器矩阵W。

[0468] 根据实施例,UE向gNB报告在所选择的D个共同DFT延迟向量集合中,所选择的 $D'_{p,u} \leq D$ 个每波束索引(u)和每个极化索引(p)的延迟DFT向量的信息。例如,UE可以被配置为每个极化的 $U^{(l)} = 2$ 个波束向量和 $D = 3$ 个延迟DFT向量,对于两种极化的四个波束索引是共同的,并且UE选择

[0469] ●对于第一极化 $p=1$ 的第一波束索引 $u=0$,延迟向量 $\mathbf{d}_0^{(l)}$ 和 $\mathbf{d}_1^{(l)}$,但不是延迟向量 $\mathbf{d}_2^{(l)}$,使得关联的组合系数 $\gamma_{1,0,2,v}^{(l)} = 0, \forall v$,

[0470] ●对于第一极化的第二波束索引 $u=1$,延迟向量 $\mathbf{d}_0^{(l)}$ 和 $\mathbf{d}_2^{(l)}$,但不是延迟向量 $\mathbf{d}_1^{(l)}$,使得相关联的组合系数 $\gamma_{1,1,1,v}^{(l)} = 0, \forall v$,以及

[0471] ●对于第二极化的两个波束索引 $u=0$ 和 $u=1$,延迟向量 $\mathbf{d}_1^{(l)}$, $\mathbf{d}_2^{(l)}$ 和 $\mathbf{d}_3^{(l)}$ 。

[0472] 每波束和每个极化的所选择的延迟向量的信息作为CSI报告的一部分报告给gNB。

[0473] 根据实施例,UE向gNB报告所选择的一组F共同多普勒DFT向量中,每波束索引(u)、每延迟索引(d)和极化索引(p)的所选择的多普勒 $F'_{p,u,d} \leq F$ DFT向量的信息。例如,UE可以被配置为每个极化 $U^{(l)} = 2$ 个波束向量, $D = 4$ 个延迟DFT向量,所有四个波束索引共同, $F = 2$ 个多普勒DFT向量,四个波束索引共同以及对三个延迟DFT索引共同,UE选择

[0474] ●对于第一极化的第一波束索引 $u=0$ 和第一延迟索引 $d=0$,多普勒向量 $\mathbf{f}_0^{(l)}$ 和 $\mathbf{f}_1^{(l)}$,

[0475] ●对于第一极化的第一波束索引 $u=0$ 和第三延迟索引 $d=1$ 没有多普勒向量,这样相关的组合系数 $\gamma_{1,0,1,0}^{(l)} = 0, \gamma_{1,0,1,1}^{(l)} = 0$,

[0476] ●对于第一极化的第一波束索引 $u=0$ 和第三延迟索引 $d=2$ 多普勒向量 $\mathbf{f}_0^{(l)}$,而不

是多普勒向量 $f_1^{(l)}$, 使得相关联的组合系数 $\gamma_{1,0,2,1}^{(l)} = 0$,

[0477] ● 对于第一极化的第一波束索引 $u=0$ 和第四延迟索引 $d=3$ 多普勒向量 $f_1^{(l)}$, 而不是多普勒向量 $f_0^{(l)}$, 使得相关联的组合系数 $\gamma_{1,0,3,0}^{(l)} = 0$,

[0478] ● 对于第一极化的第二波束索引 $u=1$ 和第一延迟索引 $d=0$ 没有多普勒向量, 因此相关的组合系数 $\gamma_{1,1,0,0}^{(l)} = 0$ 和 $\gamma_{1,1,0,1}^{(l)} = 0$,

[0479] ● 对于第一极化的第二波束索引 $u=1$ 和第二延迟索引 $d=1$, 多普勒向量 $f_0^{(l)}$ 和 $f_1^{(l)}$,

[0480] ● 对于第一极化的第二波束索引 $u=1$ 和第三延迟索引 $d=2$ 多普勒向量 $f_0^{(l)}$, 而不是多普勒向量 $f_1^{(l)}$, 使得相关联的组合系数 $\gamma_{1,1,2,1}^{(l)} = 0$,

[0481] ● 对于第一极化的第二波束索引 $u=1$ 和第四延迟索引 $d=3$ 没有多普勒向量, 使得相关联的组合系数 $\gamma_{1,1,3,0}^{(l)} = 0$ 和 $\gamma_{1,1,3,1}^{(l)} = 0$,

[0482] ● 对于第二极化的第一波束索引 $u=0$ 和延迟索引 $d=0, 1, 2$ 没有多普勒向量, 使得相关联的组合系数 $\gamma_{2,0,0,0}^{(l)} = \gamma_{2,0,0,1}^{(l)} = \gamma_{2,0,1,0}^{(l)} = \gamma_{2,0,1,1}^{(l)} = \gamma_{2,0,2,0}^{(l)} = \gamma_{2,0,2,1}^{(l)} = 0$,

[0483] ● 对于第二极化的第一波束索引 $u=0$ 和延迟索引 $d=3$, 多普勒向量 $f_0^{(l)}$ 和 $f_1^{(l)}$, 以及

[0484] ● 对于第二极化的第二波束索引 $u=1$, 没有多普勒向量, 使得所有相关联的组合系数为零。

[0485] 每波束的所选择的延迟向量和/或每波束、每延迟和极化的所选择的多普勒向量的信息作为CSI报告的一部分报告给gNB。图11说明了选择每波束的延迟向量和每延迟以及每波束和极化的多普勒向量(见图11(a))和相应的反馈信息(见图11(b))的示例, 用于配置 $U^{(l)}=2$ 每个极化, 每波束 $D=4$ 个延迟向量(对所有波束索引共同)和每波束和每延迟 $F=2$ 个多普勒向量(对所有波束和延迟索引共同)。

[0486] 图11(a)示出了具有4行和8列的矩阵。底部的两行与第一极化 p_1 的两个波束 $u=0, 1$ 相关, 顶部的两个行与第二极化 p_2 的两个波束 $u=0, 1$ 相关。

[0487] 在图11(a)中, 显示了 $D=4$ 延迟向量 $d_0^{(l)}$ 、 $d_1^{(l)}$ 、 $d_2^{(l)}$ 和 $d_3^{(l)}$, 对所有波束/极化索引共同, 即, 对于每波束 u 和每个极化 p , 每延迟向量相同或相同。第一延迟向量 $d_0^{(l)}$ 与第一列和第二列相关联, 以指示它对于两个波束 $u=0, 1$ 和两种极化 p_1, p_2 是相同或相同的。同样, 第二延迟向量 $d_1^{(l)}$ 与第3和第4列相关联, 以指示它对于两个波束 $u=0, 1$ 和两种极化 p_1, p_2 相同或相同。第三延迟向量 $d_2^{(l)}$ 与第5和第6列相关联, 以指示它对于两个波束 $u=0, 1$ 和两种极化 p_1, p_2 相同或相同。第四延迟向量 $d_3^{(l)}$ 与第7和第8列相关联, 以指示它对于两个波束 $u=0, 1$ 和两种极化 p_1, p_2 相同或相同。

[0488] 在图11(a)中,示出了 $F=2$ 多普勒向量 $f_0^{(l)}$ 和 $f_1^{(l)}$,它们对所有波束和延迟索引都是共同的,即每个多普勒向量相同或为对于每波束 u 和每个极化 p 以及每延迟向量 $d_0^{(l)}$, $d_1^{(l)}$, $d_2^{(l)}$ 和 $d_3^{(l)}$ 都是相同的。第一多普勒向量 $f_0^{(l)}$ 与第1、3、5和7列相关联,这些列也分别与延迟向量 $d_0^{(l)}$, $d_1^{(l)}$, $d_2^{(l)}$ 和 $d_3^{(l)}$ 相关联,从而表明对于所选择的延迟向量、两个波束 $u=0,1$ 和两种极化 p_1, p_2 ,它是相同或相同的。第二多普勒向量 $f_1^{(l)}$ 与第2、第4、第6和第8列相关联,这些列也与延迟向量 $d_0^{(l)}$, $d_1^{(l)}$, $d_2^{(l)}$ 和 $d_3^{(l)}$,从而表明对于所选择的延迟向量、两个波束 $u=0,1$ 和两种极化 p_1, p_2 ,它是相同或相同的。

[0489] 图11示出了实施例,根据实施例, $D_p', u \leq D$ 个延迟DFT向量和 $F_p', u \leq F$ 个多普勒DFT向量分别在所选择的 D 个延迟DFT向量集合和所选择的一组 F 多普勒DFT向量之中选择,并分别报告,如上所述。在图11(a)中,报告的组合用“×”表示,图11(b)说明了由此产生的反馈。

[0490] 经由位图指示所选择的延迟/多普勒DFT向量和非零组合系数

[0491] 根据实施例,所选择的每波束延迟DFT向量和/或所选择的每波束和每延迟多普勒DFT向量的信息由位图表示,其中位图中的每一位与空间波束向量、延迟DFT向量,和/或多普勒DFT向量和组合系数相关联。位图中的“1”可以指示关联的空间波束、延迟和/或多普勒DFT向量被选择并且关联的组合系数非零,并且位图中的“0”可以指示不选择关联的空间波束,延迟和/或多普勒DFT向量,并且相关的组合系数为零。

[0492] 图12示出了用于选择每波束的延迟向量和每延迟和每波束的多普勒向量的位图的示例以及用于配置 $U^{(l)}=2$ 每个极化、每波束 $D=4$ 延迟向量(对于所有波束索引共同)和每波束和每延迟的 $F=2$ 多普勒向量(对所有波束和延迟索引共同)的对应的反馈信息。图12与图11相同地示出了延迟和多普勒向量。不同于图11,在图12中,只有图12(a)的位图是反馈,即位图被传输到gNB。gNB使用位图以及有关延迟和多普勒向量的知识来推导反馈(参见图12(b)),而无需接收相应的向量。根据实施例,UE经由较高层(例如,MAC或RRC)或物理层(L1)将位图作为CSI报告的一部分报告给gNB。

[0493] 根据实施例,为了减少关于延迟维度的位图的大小并因此减少用于CSI报告的反馈开销,UE选择 $D' \leq D$ 个延迟DFT向量,其中由UE选择 D' 的值。 $D' \leq D$ 延迟DFT向量对于所有波束索引都是共同的。UE使用所选择的 D' DFT延迟向量来计算预编码器矩阵 W 。UE通过较高层(例如MAC或RRC参数)或物理层(L1参数)向gNB报告参数 D' 。

[0494] 根据实施例,为了减少关于多普勒维度的位图的大小,从而减少CSI报告的反馈开销,UE选择 $F' \leq F$ 多普勒DFT向量,其中 F' 的值由UE选择。 $F' \leq F$ 多普勒DFT向量对于所有波束和延迟索引都是共同的。UE使用所选择的 F' 多普勒DFT向量来计算预编码器矩阵 W 。UE通过较高层(例如MAC或RRC参数)或物理层(L1参数)向gNB报告参数 F' 。

[0495] 根据实施例,为了降低反馈开销和UE计算复杂性,来自 D 延迟DFT向量的共同子集的所选择的延迟DFT向量和/或来自 F 多普勒DFT向量的共同子集的每波束和每延迟和极化的所选择的多普勒DFT向量对于两种极化可能是相同的。这样,大小 $2U^{(l)}D \times F$ 的位图可以分解为两个相同的子位图,每个子位图的大小为 $U^{(l)}D \times F$ 。

[0496] 根据实施例,为了控制用于报告位图和UE计算复杂性的反馈开销,

[0497] -所选择的延迟DFT向量对于两种极化可以是相同的,或者对于波束的子集部分相同,或者对于每个极化的所有波束完全相同,或者对于所有波束和两种极化完全相同,和/或

[0498] -所选择的多普勒DFT向量对于延迟子集和波束子集可以部分相同,或者对于每波束和极化的所有延迟完全相同,或者对于每波束和两种极化的所有延迟完全相同,或者对于所有延迟和每个极化的所有波束完全相同,或对于所有延迟和所有波束和两种极化完全相同,或对于每延迟和每个极化的所有波束完全相同,或对于每延迟的所有波束和两种极化完全相同。

[0499] 表1给出了上面讨论的多普勒和延迟DFT向量的一些组合的位图大小。

		预编码器矩阵的多普勒向量	预编码器矩阵的延迟向量	以位为单位的位图大小
[0500]	对于相同	-	-	$2UDF$
		两种极化	两种极化	UDF
		每波束和每极化所有延迟	-	$2UD + 2UF$
		每波束和每极化所有延迟	两种极化	$UD + 2UF$
		每波束和每极化所有延迟	每极化所有波束	$2D + 2UF$
		每波束和每极化所有延迟	所有波束和两种极化	$D + 2UF$
		每波束和两种极化所有延迟	-	$2UD + UF$
		每波束和两种极化所有延迟	两种极化	$UD + UF$
		每波束和两种极化所有延迟	每极化所有波束	$2D + UF$
		每波束和两种极化所有延迟	所有波束和两种极化	$D + UF$
		所有延迟和每极化波束	-	$2UD + 2F$

[0501]

所有延迟和每极化波束	两种极化	$UD + 2F$
所有延迟和每极化波束	每极化所有波束	$2D + 2F$
所有延迟和每极化波束	所有波束和两种极化	$D + 2F$
所有延迟、波束和极化	-	$2UD + F$
所有延迟、波束和极化	两种极化	$UD + F$
所有延迟、波束和极化	每极化所有波束	$2D + F$
所有延迟、波束和极化	所有波束和两种极化	$D + F$
每延迟和每极化所有波束	-	$2UD + 2DF$
每延迟和每极化所有波束	两种极化	$2D + 2DF$
每延迟和每极化所有波束	每极化所有波束	$2D + 2DF$
每延迟和每极化所有波束	所有波束和两种极化	$D + 2DF$
每延迟和两种极化所有波束	-	$2UD + DF$
每延迟和两种极化所有波束	两种极化	$2D + DF$
每延迟和两种极化所有波束	每极化所有波束	$2D + DF$
每延迟和两种极化所有波束	所有波束和两种极化	$D + DF$

[0502] 表1:预编码器矩阵 (pol.=极化)的多普勒和延迟向量不同配置的位图大小

[0503] 图13说明了每个极化的两个相同子位图的示例,其中配置 $U^{(1)}=2$ 每个极化,每波束/极化 $D=4$ 个延迟向量(所有波束索引共同),并且每波束、每延迟和每个极化的 $F=2$ 多普勒向量(对所有波束和延迟索引都是共同的)。与图12不同,在图13中,只有图13(a)的位图的底部两行或顶部两行是反馈,即,减小的位图被传输到gNB。gNB使用位图来获取有关延迟和多普勒向量的信息(见图13(b)),而无需接收相应的向量。UE可以被配置为仅向gNB报告

大小为 $U^{(1)}D \times F$ 的两个相同子位图中的一个作为CSI报告的一部分。

[0504] 根据实施例,为了节省用于报告组合系数的反馈开销,UE仅向gNB报告由“1”指示位图中的非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。

[0505] 根据实施例,UE选择不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 来计算预编码器矩阵W。参数 K_0 可以经由较高层(RRC参数)或物理层(L1参数)由gNB或其他网络实体配置。

[0506] 根据实施例,参数 K_0 取决于配置的延迟DFT向量的数量D、配置的多普勒DFT向量的数量F以及配置的DFT波束的数量 $U^{(1)}$,使得 $K_0 = \text{func}(D, F, U^{(1)})$ 。例如,参数 K_0 可以由 $K_0 = \beta 2DFU^{(1)}$ 或 $K_0 = \beta DFU^{(1)}$ 给出,其中参数 $\beta \leq 1$ 控制反馈开销。参数 β 可以由gNB或另一网络实体经由较高层(RRC参数)或物理层(L1参数)配置。 β 的示例是 $\beta \in \left\{ \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4} \right\}$ 。

[0507] 根据实施例,UE选择不超过每层 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 或用于层的子集,例如层1和层2,计算预编码器矩阵W。

[0508] 根据实施例,UE为所有层选择不超过 K_0 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 来计算预编码器矩阵W。

[0509] 根据实施例,UE报告选择的 K_1 个非零组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,其中 $K_1 \leq K_0$,并通过将相关的位设置为“1”在位图中指示所选择的非零组合系数。

[0510] 根据实施例,CSI报告可以由两部分组为,其中第一部分具有固定的有效载荷大小并且包含至少 K_1 个所选择的非零组合系数,第二部分包含关于位图的信息,用于指示所选择的延迟向量和/或所选择的多普勒向量和非零组合系数,共同D延迟向量和/或F多普勒向量的指示, $U^{(1)}$ 或 $2^{(1)}$ 所选择的波束索引的指示,以及 K_1 非零组合系数。

[0511] 经由组合索引指示所选择的延迟/多普勒DFT向量和非零组合系数

[0512] 根据实施例,每波束/极化的所选择的延迟DFT向量和/或每波束、每延迟和极化的所选择的多普勒DFT向量的信息由大小为 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{2UDF}{K_1} \right) \right\rceil$ 的位序列表示。位序列表示组合索引 $\left(\frac{2UDF}{K_1} \right)$,并且指示在2UDF组合系数中选择的 K_1 个非零组合系数的索引。

[0513] 根据实施例,为了降低反馈开销和UE计算复杂性,来自D延迟DFT向量的共同子集的所选择的每波束和极化的延迟DFT向量和/或来自F多普勒DFT向量的共同子集的每波束和每延迟和极化所选择的多普勒DFT向量对于两种极化可能是相同的。这样,位序列的大小减少到 $\left\lceil \log_2 \left(\frac{UDF}{K_1} \right) \right\rceil$ 。位序列则表示组合索引 $\left(\frac{UDF}{K_1} \right)$,并指示UDF组合系数中所选择的 K_1 个非零组合系数的索引。

[0514] 根据实施例,为了控制用于报告位序列和UE计算复杂性的反馈开销,

[0515] -所选择的延迟DFT向量对于两种极化可以是相同的,或者对于波束的子集部分相同,或者对于每个极化的所有波束完全相同,或者对于所有波束和两种极化完全相同,和/或

[0516] -所选择的多普勒DFT向量对于延迟子集和波束子集可以部分相同,或者对于每波

束和极化的所有延迟完全相同,或者对于每波束和两种极化的所有延迟完全相同,或者对于所有延迟和每个极化的所有波束完全相同,或对于所有延迟和所有波束和两种极化完全相同,或对于每延迟和每个极化的所有波束完全相同,或对于每延迟和两种极化的所有波束完全相同。

[0517] 根据实施例,UE使用物理上行链路共享信道(PUSCH)或物理上行链路控制信道(PUCCH)向gNB报告CSI报告。

[0518] 根据实施例,UE相对于最强的组合系数(具有最大振幅或功率的组合系数)对所有组合系数进行归一化,使得归一化之后最强的组合系数由值1给出。

[0519] 根据实施例,为了减少CSI报告的反馈开销,不报告最强(归一化)组合系数。UE可以使用 $\lceil \log_2 K_1 \rceil$ 位来报告最强的系数指示,指示 K_1 个报告的组合系数中的最强系数。

[0520] 扩展到较高层传输

[0521] 根据实施例,为了降低UE计算复杂性和CSI报告的反馈开销,所有波束/极化索引共同的所选择的D个延迟DFT向量对于层的子集或所有层可以是相同的,例如,第一层和第二层(层-共同延迟基础向量选择)。UE可以被配置为在CSI报告中指示为两层共同的所选择的D个延迟DFT向量。

[0522] 根据实施例,为了降低UE计算复杂性和CSI报告的反馈开销,所有波束/延迟/极化索引共同的所选择的F个多普勒DFT向量对于层的子集或所有层可以是相同的,例如,第一层和第二层(层-共同多普勒基础向量选择)。UE可以被配置为在CSI报告中指示对于两层共同的所选择的F个多普勒DFT向量。

[0523] 根据实施例,所有波束/极化索引共同的所选择的D延迟DFT向量和所有波束/延迟/极化索引共同的所选择的F多普勒DFT向量对于层的子集可以是相同的,例如第一层和第二层,另外,两层的位图可以相同。以这种方式,所选择的组合系数的索引对于两层是相同的(即层-共同系数子集选择和层-共同延迟和多普勒向量基础选择)。UE可以被配置为在CSI报告中指示为两个层选择的F个多普勒DFT向量和D个延迟DFT向量共同和相同的位图。

[0524] 根据实施例,所有波束/极化索引共同的所选择的D延迟DFT向量和所有波束/延迟/极化索引共同的所选择的F多普勒DFT向量对于层的子集可以是相同的,例如第一层和第二层,但两个层的位图可能不同。以这种方式,对于两个层(即,层-独立系数子集选择和层-共同延迟和多普勒向量基础选择),所选择的组合系数的索引可能不相同。UE可以被配置为在CSI报告中指示为两个层共同的所选择的F个多普勒DFT向量和D个延迟DFT向量。

[0525] 根据实施例,所有波束/极化索引共同的所选择的D延迟DFT向量和/或所有延迟/波束/极化索引共同的所选择的F多普勒DFT向量对于层的子集可以是不同的,例如,第一层和第二层,以及两层的位图可以不同(即层-独立系数子集选择和层-独立延迟和多普勒向量基础选择)。

[0526] 根据实施例,UE为第1层和第1'层选择 $U^{(1,1')}$ DFT波束,其中 $U^{(1,1')} = U^{(1)} + U^{(1')}$ 和 $U^{(1)}$ 和 $U^{(1')}$ 的值由UE自由选择。所选择的值 $U^{(1)}$ 和 $U^{(1')}$ 可以经由较高层(RRC参数)或物理层(L1参数)报告给gNB。

[0527] 根据实施例,UE为第1层选择 $U^{(1)}$ DFT波束并且为第1'层选择 $U^{(1')}$ DFT波束,其中 $1' \geq 1$ 。为了减少较高层的CSI报告的反馈开销,层上的DFT波束的数量正在减少 $U^{(1')} \leq U^{(1)}$ 。

[0528] 根据实施例,UE选择第1层的所有波束索引共同的 $D^{(1)}$ 个延迟DFT向量,并且UE为第

1'层的所有波束索引选择 $D^{(1')}$ 个延迟DFT向量,其中 $1' \geq 1$ 。为了减少较高层的CSI报告的反馈开销,层上的延迟DFT向量的数量正在减少 $D^{(1')} \leq D^{(1)}$ 。

[0529] 根据实施例,UE选择对于第1层的所有波束索引共同的 $F^{(1)}$ 多普勒DFT向量并且UE为第1'层选择 $F^{(1')}$ 多普勒DFT向量,其中 $1' \geq 1$ 。为了减少较高层的CSI报告的反馈开销,层上的多普勒DFT向量的数量正在减少 $F^{(1')} \leq F^{(1)}$ 。

[0530] 码本过采样因子:

[0531] 根据实施例,UE从gNB或另一网络实体接收用于延迟码本的配置的较高层(RRC或MAC-CE)或物理层(L1)参数过采样因子 O_2 。

[0532] 根据实施例,UE从gNB或另一网络实体接收用于多普勒码本的配置的较高层(RRC或MAC-CE)或物理层(L1)参数过采样因子 O_3 。

[0533] 根据实施例,UE将过采样因子 O_2 的先验已知值用于延迟码本的配置。

[0534] 根据实施例,UE将过采样因子 O_3 的先验已知值用于多普勒码本的配置。

[0535] 根据实施例,UE为延迟码本的配置选择过采样因子 O_2 ,并通过较高层(RRC参数或MAC-CE)或物理层(L1参数)向gNB报告所选择的过采样因子 O_2 。

[0536] 根据实施例,UE为多普勒码本的配置选择过采样因子 O_3 ,并通过较高层(RRC参数或MAC-CE)或物理层(L1参数)向gNB报告所选择的过采样因子 O_3 。

[0537] 码本参数配置(S,T)

[0538] 根据实施例,UE从gNB或另一网络实体接收较高层(诸如无线电资源控制(RRC)层或媒体接入控制控制元素(MAC-CE))或物理层(层1或L1)用于延迟码本配置的码本参数S。

[0539] 根据实施例,UE从gNB或另一网络实体接收较高层(诸如无线电资源控制(RRC)层或媒体接入控制控制元素(MAC-CE))或物理层(层1或L1)用于多普勒码本配置的码本参数T。

[0540] 根据实施例,参数S可以取决于用于CQI报告的子带 N_{SB} 的配置数量,使得参数由函数 $S=f(N_{SB})$ 给出。例如,参数S可以由 $S=RN_{SB}$ 给出,其中参数R控制UE的计算复杂性。参数R可以由gNB或另一个网络实体通过较高层(RRC参数)或物理层(L1参数)配置。R的示例是 $R \in \{1, 2\}$ 。

[0541] 根据实施例,为了增加无线电信道抽头的延迟分辨率,UE被配置为向gNB报告较高层(诸如无线电资源控制(RRC)层或媒体接入控制控制元素(MAC-CE))或物理层(层1或L1)码本参数S需要实现信道延迟分量的特定分辨率。

[0542] 根据实施例,为了增加无线电信道的多普勒频率分辨率,UE被配置为向gNB报告较高层(诸如无线电资源控制(RRC)层或媒体接入控制控制元素(MAC-CE))或物理层(层1或L1)码本参数T需要实现信道多普勒分量的特定分辨率。

[0543] 组合系数的量化

[0544] 根据实施例,UE使用码本方法量化非零组合系数,其中每个系数由下式表示

$$[0545] \quad \gamma_{p,u,d,v}^{(l)} = \hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)} \phi_{p,u,d,v}^{(l)}$$

[0546] 其中

[0547] $\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是极化、波束、延迟和多普勒频率依赖的振幅系数,所述振幅系数用N位量化;以及

[0548] - $\phi_{p,u,d,v}^{(l)}$ 表示由BPSK、或QPSK、或8PSK或任何其他高阶PSK星座图表示的相位。

[0549] 此外,为了减少报告量化组合系数的反馈开销,UE将系数分组为Q个子组,并分别用 $A^{(q)}$ 和 $P^{(q)}$ 位对第q个子组的每个系数的振幅和相位进行量化。在一个示例中, $Q=2$,每个子组中用于振幅和相位量化的位数不同, $A^{(1)} \neq A^{(2)}$, $P^{(1)} \neq P^{(2)}$ 。在另一示例中, $Q=2$,每个子组中用于振幅量化的位数相同,每个子组中用于相位量化的位数不同, $A^{(1)} = A^{(2)}$, $P^{(1)} \neq P^{(2)}$ 。在另一示例中, $Q=2$,每个子组中用于振幅量化的位数不同,每个子组中用于相位量化的位数相同, $A^{(1)} \neq A^{(2)}$, $P^{(1)} = P^{(2)}$ 。在另一示例中, $Q=2$,每个子组中用于振幅和相位量化的位数相同, $A^{(1)} = A^{(2)}$, $P^{(1)} = P^{(2)}$ 。 $A^{(q)}$ 和 $P^{(q)}$ 的示例由 $A^{(q)} \in \{2,3,4\}$ 和 $P^{(q)} \in \{2,3,4\}$ 给出。

[0550] 根据实施例,通信设备使用无线电资源控制(RRC)层或物理层(L1)参数从发送器接收以下值:

[0551] - 延迟分量码本(Ω_2)配置的S值,和/或多普勒频率分量码本(Ω_3)配置的T值,以及

[0552] - 参数 N_1, N_2 。

[0553] 根据实施例,在CSI反馈使用PMI的情况下,处理器报告至少两个分量的PMI,

[0554] - 其中第一PMI对应于所选择的向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$, $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 和 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$,以及

[0555] - 其中第二PMI对应于从通信设备到发送器的子集或所有多普勒延迟波束组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。

[0556] 由UE减少的信令

[0557] 根据实施例,当UE选择 $D'=1$ 个延迟DFT向量时,UE可以不向gNB报告所选择的延迟DFT向量的信息/指示,对于所有波束索引是共同的。

[0558] 根据实施例,当UE选择 $F'=1$ 个多普勒DFT向量时,UE可以不向gNB报告所选择的 F' 多普勒DFT向量的信息/指示,对于所有波束和延迟索引是共同的。

[0559] 根据实施例,当非零系数的数量 $K_1=2$,位图或位序列中只有两位包含“1”,其余位为“0”。在这种情况下,为了提高链路/信号质量并因此提高传输的鲁棒性,UE可以被配置为仅从 $U^{(1)}$ 配置的波束向量中选择单个波束向量,并为两种极化的所选择的单个波束确定预编码器矩阵的两个组合系数。此外,UE可以在CSI报告中指示传输秩为1($RI=1$)。

[0560] 根据实施例,当非零系数的数量 $K_1=2$ 时,UE被配置为不报告用于指示所选择的非零系数、延迟DFT向量和/或多普勒DFT向量的位图或位序列。

[0561] 根据实施例,当非零系数的数量 $K_1=2$ 时,UE被配置为不报告所有波束索引共同的所选择的D或 D' 延迟DFT向量的信息/指示和/或不报告所选择的F或 F' 多普勒DFT向量的信息/指示,其对所有波束和延迟索引共同。

[0562] 根据实施例,当非零系数的数量 $K_1=2$ 时,UE报告指示从 $U^{(1)}$ 配置的波束向量中选择的波束的波束指示。

[0563] 根据实施例,当与一种极化的DFT波束向量相关联的所有非零系数为零时,不报告与那些波束相关联的对应位图或位序列。

[0564] 共同预编码器

[0565] 上面已经参考多普勒延迟波束三级预编码器描述了本发明的实施例。然而,本发明不限于这样的实施例,也可以结合其他预编码器来实现。

[0566] 根据这样的实施例,在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的UE或通信设备以与上述类似的方式包括收发器,收发器被配置为经由时变频率选择性的MIMO信道从发送器接收无线电信号,无线电信号包括根据包括天线端口数量的参考信号配置的下行链路参考信号,以及包括参考信号配置的下行链路信号。

[0567] 此外,通信设备或UE可以包括处理器,处理器

[0568] -使用对无线电信道上的下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

[0569] -选择用于复合预编码器的延迟预编码器矩阵(W),复合预编码器基于一个或多个码本,一个或多个码本包括

[0570] ○复合预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,以及

[0571] ○复合预编码器的一个或多个延迟分量,

[0572] -使用显式CSI以及具有所选择的延迟预编码器矩阵(W)的复合预编码器计算信道质量指示CQI和/或预编码器矩阵指示PMI和/或秩指示RI中的一个或多个,以及

[0573] -向发送器报告包括CQI和/或PMI和/或RI中的一个或多个的CSI反馈,其中PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的复合预编码器矩阵。

[0574] 通信设备包括一个或多个参数D,参数指示UE在计算延迟预编码器矩阵(W)时要使用的多个延迟分量,如延迟DFT向量($D_u^{(l)}$)。UE从一个或多个码本中选择D个延迟分量的子集,并在计算延迟预编码器矩阵(W)时为每个极化(p)和每个空间波束(u)使用所选择的延迟分量子集。

[0575] 例如,预编码器可以是空间延迟预编码器。

[0576] 注意,上面参考多普勒延迟波束三级预编码器描述的方法同样适用于本实施例,例如,上面描述的用于选择和发信号通知所选择的延迟分量和空间波束的方法也可以用于刚才提到的任何其他预编码器,如空间延迟预编码器。

[0577] 此外,上述用于配置UE的方法也可以用于刚刚提到的任何其他预编码器,如空间延迟预编码器。

[0578] 概述

[0579] 根据实施例,无线通信系统可以包括地面网络或者非地面网络,或者使用航空车辆或者星载车辆或者其组合作为接收器的网络或网络段。

[0580] 根据实施例,UE可以包括移动终端或者固定终端、IoT设备、基于地面的车辆、飞行器、无人驾驶飞机、建筑物,或者设有使得物品或设备能够使用无线通信系统进行通信的网络连接性的任何其他物品或者设备中的一个或多个,如传感器或者致动器。

[0581] 根据实施例,基站可以包括宏小区基站、或小小区基站、或如卫星或空间那样的星载车辆、或如无人驾驶飞行器系统的航空车辆,例如,系留式UAS、轻于空气的UAS(LTA)、重于空气的UAS(HTA)和高空UAS平台(HAP),或者任何使得设有网络连接性的物品或者设备能够使用无线通信系统进行通信的发送/接收点(TRP)中的一个或多个。

[0582] 上面已经参考采用秩1或层1通信的通信系统描述了本发明的实施例。然而,本发明不限于这样的实施例并且还可以在采用更高秩或层通信的通信系统中实现。在这样的实施例中,反馈包括每层的延迟和每层的复数预编码器系数。

[0583] 以上结合通信系统对本发明实施例进行了说明,其中发送器是为用户设备服务的

基站,以及通信设备或接收器是为基站服务的用户设备。然而,本发明不限于这些实施例,还可以在发送器为用户设备站,以及通信设备或接收器是为用户设备服务的基站的通信系统中实现。根据其他实施例,通信设备和发送器都可以是通过直接,例如,通过侧链路接口进行通信的UE。

[0584] 还可以在以下实施例中采用如上所述的发明方法:

[0585] 第一实施例提供了一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的通信设备,所述通信设备包括:

[0586] 收发器被配置为经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括根据包括天线端口数量的参考信号配置的下行链路参考信号,以及包括所述参考信号配置的下行链路信号;以及

[0587] 处理器被配置为

[0588] -使用对无线电信道上的下行链路参考信号的测量,在频域中估计显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,

[0589] -基于性能度量为复合多普勒延迟波束三级预编码器选择多普勒延迟预编码器矩阵(W),多普勒延迟波束三级预编码器基于一个或多个码本,一个或多个码本包括

[0590] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,

[0591] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量,以及

[0592] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量,

[0593] -使用显式CSI以及具有所选择的多普勒延迟波束预编码器矩阵(W)的复合多普勒延迟波束三级预编码器计算信道质量指示CQI和/或预编码器矩阵指示PMI和/或秩指示RI中的一个或多个,以及

[0594] -向发送器报告包括CQI和/或PMI和/或RI中的一个或多个的CSI反馈,其中PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的多普勒延迟波束三级复合预编码器矩阵。

[0595] 第二实施例提供了第一实施例的通信设备,其中多普勒延迟波束三级预编码器基于三个单独的码本,其中三个单独的码本包括

[0596] -用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量的第一码本(Ω_1),

[0597] -用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量的第二码本(Ω_2),以及

[0598] -用于复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量的第三码本(Ω_3)。

[0599] 第三实施例提供了第一实施例或第二实施例的通信设备,其中多普勒延迟预编码器矩阵(W)表示为

$$[0600] \quad \mathbf{W}^{(l)} = P^{(l)} \begin{bmatrix} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \mathbf{f}_{1,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{1,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \\ \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \mathbf{f}_{2,u,d,v}^{(l)} \otimes \mathbf{d}_{2,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \end{bmatrix},$$

[0601] 其中

[0602] $-U^{(l)}$ 是第1层的每个极化的波束的数量,

[0603] $-D_u^{(l)}$ 是第1层和第u波束的延迟的数量,

[0604] $-F_{d,u}^{(l)}$ 是第1层、第u波束和第d延迟的多普勒频率分量的数量,

[0605] $-f_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与预编码器的第1层、第d延迟、第u空间波束、和第p ($p=1, 2$) 极化相关联的大小为 $T \times 1$ 的第v多普勒频率向量;

[0606] $-d_{p,u,d}^{(l)}$ 是与预编码器的第1层、第u空间波束和第p极化相关联的大小为 $S \times 1$ 的第d延迟向量;

[0607] $-b_u^{(l)}$ 是与第1层相关联的第u空间波束;

[0608] $-Y_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与预编码器的第1层、第u空间波束、第d延迟、第v多普勒频率和第p极化相关联的多普勒延迟系数, 以及

[0609] $-P^{(l)}$ 是标量归一化因子, 以确保所有预编码器层上的平均总发送功率为1。

[0610] 第四实施例提供了第一实施例或第二实施例的通信设备, 其中多普勒延迟波束预编码器以双级预编码器表示:

[0611] $W^{(l)} = W^{(1,1)} W^{(2,1)} \in N_t \cdot T \cdot S \times 1$,

[0612] 其中

[0613] $W^{(1,l)} = \begin{bmatrix} X_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & X_2 \end{bmatrix}$ 其中

[0614] $X_1 =$

$$\left[f_{1,0,0,0}^{(l)} \otimes d_{1,0,0}^{(l)} \otimes b_0^{(l)} \quad \cdots \quad f_{1,u,d,v}^{(l)} \otimes d_{1,u,d}^{(l)} \otimes b_u^{(l)} \quad \cdots \quad f_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \otimes d_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1}^{(l)} \otimes b_{U^{(l)}-1}^{(l)} \right]$$

[0615] $X_2 =$

$$\left[f_{2,0,0,0}^{(l)} \otimes d_{2,0,0}^{(l)} \otimes b_0^{(l)} \quad \cdots \quad f_{2,u,d,v}^{(l)} \otimes d_{2,u,d}^{(l)} \otimes b_u^{(l)} \quad \cdots \quad f_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \otimes d_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1}^{(l)} \otimes b_{U^{(l)}-1}^{(l)} \right]$$

[0616] 以及, $w^{(2,1)}$ 包含复数多普勒延迟波束组合系数,

[0617] $w^{(2,l)} =$

[0618]
$$\left[\gamma_{1,0,0,0}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{1,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \quad \gamma_{2,0,0,0}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \quad \cdots \quad \gamma_{2,U^{(l)}-1,D_u^{(l)}-1,F_{d,u}^{(l)}-1}^{(l)} \right]^T$$

[0619] 其中

[0620] $-f_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与预编码器的第1层、第d延迟、第u空间波束和第p ($p=1, 2$) 极化相关联的大小为 $T \times 1$ 的第v多普勒频率向量;

[0621] $-d_{p,u,d}^{(l)}$ 是与预编码器的第1层、第u空间波束和第p极化相关联的大小为 $S \times 1$ 的第d个延迟向量;

[0622] - $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 是与第1层相关联的第u空间波束；

[0623] - $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是与预编码器的第1层、第u空间波束、第d延迟、第v多普勒频率和第p极化相关联的多普勒延迟系数，以及

[0624] - $P^{(l)}$ 是标量归一化因子，以确保所有预编码器层上的平均总发送功率为1。

[0625] 第五实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备，其中

[0626] - 所述第一码本 (Ω_1) 包括从中选择向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 的大小为 $N_1 N_2 \times 0_{1,1} N_1 0_{1,2} N_2$ 的第一被过采样的DFT码本矩阵，其中 N_1 和 N_2 分别指天线端口的第一和第二数量，以及 $0_{1,1}$ 和 $0_{1,2}$ 指过采样因子，其中 $0_{1,1} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ ，以及 $0_{1,2} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ ，

[0627] - 其中，所述第二码本 (Ω_2) 包括从中选择延迟向量 $\mathbf{d}_{u,d}^{(l)}$ 的大小为 $S \times S 0_2$ 的第二被过采样的DFT码本矩阵，其中 S 指所配置的子带/PRB或者子载波的数量，以及 0_2 指过采样因子 $0_2 = 1, 2, \dots$ ，以及

[0628] - 其中，所述第三码本 (Ω_3) 包括从中选择多普勒频率向量 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 的大小为 $T \times T 0_3$ 的第三被过采样的DFT码本矩阵，其中 T 指在观察时间期间的时刻的数量，以及 0_3 指采样因子，其中 $0_3 = 1, 2, \dots$ 。

[0629] 第六实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备，其中所述通信设备被配置为根据从发送器接收的CSI报告配置向发送器报告CSI反馈，所述CSI报告配置包括例如参数ReportQuantity，其中至少包括以下值之一：

[0630] - cri-RI-PMIDD-CQI，

[0631] - cri-RI-PMIDy-CQI，

[0632] - cri-RI-PMIDr-CQI，

[0633] - cri-RI-LI-PMIDD-CQI，

[0634] - cri-RI-LI-PMIDy-CQI，

[0635] - cri-RI-LI-PMIDr-CQI，

[0636] - cri-RI-PMIDD，

[0637] - cri-RI-PMIDy，

[0638] - cri-RI-PMIDr，

[0639] 其中，PMI量定义为：

[0640] - PMIDD-包括延迟和多普勒频率分量配置的PMI值，

[0641] - PMIDy-仅包括延迟分量配置、不包括多普勒频率分量的PMI值，以及

[0642] - PMIDr-仅包括多普勒频率分量配置、不包括延迟分量的PMI值。

[0643] 第七实施例提供了在前述实施例中任一项所述的通信设备，其中通信设备被配置为使用无线电资源控制(RRC)层或物理层(L1)参数从发送器接收以下值：

[0644] - 用于延迟和多普勒频率分量码本 (Ω_2, Ω_3) 的配置的 S 和 T 的值，以及

[0645] - 用于第一码本 (Ω_1) 的参数的 N_1, N_2 以及过采样因子 $0_{1,1}$ 和 $0_{1,2}$ 。

[0646] 第八实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备，其中所述空间波束分量配置如下：

[0647] -波束的数量 $U^{(l)}$ 在层上不相同,或者

[0648] -波束的数量 $U^{(l)}$ 对于所有层相同,使得 $U^{(l)} = U, \forall l$ 。

[0649] 第九实施例提供了根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中所述延迟分量配置如下:

[0650] - $D_u^{(l)}$ 个延迟值,例如延迟DFT向量的索引,可以对于每波束索引、层索引和极化索引变化。

[0651] - $D_u^{(l)}$ 个延迟值,例如延迟DFT向量的索引,对于每波束索引和层索引变化,并且可以在极化索引上保持相同。

[0652] - $D_u^{(l)}$ 个延迟值,例如延迟DFT向量的索引,对于所有波束索引、层索引和极化索引相同。

[0653] - $D_u^{(l)}$ 个延迟值,例如,延迟DFT向量的索引,对于所有波束索引和层索引相同,并且可以在极化索引上。

[0654] - $D_u^{(l)}$ 个延迟值,例如延迟DFT向量的索引,对于所有波束索引和极化索引相同,并且在层索引上变化。

[0655] - $D_u^{(l)}$ 个延迟值,例如延迟DFT向量的索引,对于所有波束索引相同,并且在层索引和极化索引上变化。

[0656] -延迟的数量 $D_u^{(l)}$ 取决于波束和层索引,或者

[0657] -延迟的数量 $D_u^{(l)}$ 取决于波束索引,并且对于所有层索引保持相同,
 $D_u^{(l)} = D_u, \forall l, u$,或者

[0658] -延迟的数量 $D_u^{(l)}$ 对于所有波束索引相同,但是针对每层变化, $D_u^{(l)} = D^{(l)}, \forall l, u$,或者

[0659] -延迟的数量 $D_u^{(l)}$ 对于所有波束索引和层索引相同, $D_u^{(l)} = D \forall l, u$ 。

[0660] 第十实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中所述多普勒频率分量配置如下:

[0661] - $F_{d,u}^{(l)}$ 个多普勒频率值,例如,多普勒频率DFT向量的索引,在波束索引、延迟索引、层索引和极化索引上变化。

[0662] - $F_{d,u}^{(l)}$ 个多普勒频率值,例如,多普勒频率DFT向量的索引,在波束索引、延迟索引、层索引上变化,但是在极化索引上保持相同。

[0663] - $F_{d,u}^{(l)}$ 个多普勒频率值,例如多普勒频率DFT向量的索引,对于所有波束索引和延迟索引相同,并且可以在层索引和极化索引上变化。

[0664] - $F_{d,u}^{(l)}$ 个多普勒频率值,例如,多普勒频率DFT向量的索引,对于所有波束索引、延迟索引和极化索引相同,并且可以在层索引上变化。

[0665] -多普勒频率分量的数量 $F_{d,u}^{(l)}$ 取决于波束索引、延迟索引和层索引,或者

[0666] -多普勒频率分量的数量 $F_{d,u}^{(l)}$ 对于所有波束索引、延迟索引和层索引相同,使得 $F_{d,u}^{(l)} = F, \forall u, d, l$, 或者

[0667] -多普勒频率分量的数量 $F_{d,u}^{(l)}$ 对于所有波束索引和所有延迟索引相同,但是在层索引上变化, $F_{d,u}^{(l)} = F^{(l)}, \forall u, d, l$, 或者

[0668] -多普勒频率向量的数量 $F_{d,u}^{(l)}$ 对于所有波束索引相同,但是在延迟索引和层索引上变化, $F_{d,u}^{(l)} = F_d^{(l)}, \forall u, d, l$, 或者

[0669] -多普勒频率分量的数量 $F_{d,u}^{(l)}$ 对于所有波束索引和层索引相同,但是在延迟索引上变化, $F_{d,u}^{(l)} = F_d, \forall u, d, l$, 或者

[0670] -多普勒频率分量的数量 $F_{d,u}^{(l)}$ 对于U波束不同,并且对于所有延迟索引和层索引相同, $F_{d,u}^{(l)} = F_u, \forall u, d, l$, 或者

[0671] -多普勒频率分量的数量 $F_{d,u}^{(l)}$ 在波束索引和延迟索引上变化,并且对于所有层索引相同, $F_{d,u}^{(l)} = F_{d,u}, \forall u, d, l$, 或者

[0672] -多普勒频率分量的数量 $F_{d,u}^{(l)}$ 在波束索引和层索引上变化,并且对于所有延迟索引相同, $F_{d,u}^{(l)} = F_u^{(l)}, \forall u, d, l$, 或者

[0673] 第十一实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中

[0674] -显式CSI由尺寸为 $N \times S \times T$ 的三维信道张量 $\mathcal{H} \in \mathbb{C}^{N \times S \times T}$ 表示,其中S是所配置的子带/PRB或者子载波的数量,T是在观察时间期间的时刻的数量,以及 $N = N_r \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot P$,以及信道张量的第一、第二和第三维度分别表示时变频率选择性MIMO信道的空间、频率和时间分量,或者

[0675] -显式CSI由尺寸为 $N_r \times N_t \times S \times T$ 的四维信道张量 $\mathcal{H} \in \mathbb{C}^{N_r \times N_t \times S \times T}$ 表示,其中 $N_t = N_1 \cdot N_2 \cdot P$, \mathcal{H} 的第一和第二维度分别表示时变频率选择性MIMO信道的接收侧和发送侧空间分量,以及 \mathcal{H} 的第三维度和第四维度分别表示信道的频率和时间分量。

[0676] 第十二实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中处理器被配置为基于用于性能量度来选择多普勒延迟预编码器矩阵(W),所述性能量度用于例如互信息 $I(\mathbf{W}; \mathcal{H})$,所述互信息 $I(\mathbf{W}; \mathcal{H})$ 是多普勒延迟预编码器矩阵W和多维信道张量 \mathcal{H} 的函数。

[0677] 第十三实施例提供了第十二实施例的通信设备,其中处理器被配置为选择宽带CQI,所述宽带CQI针对所选择的复合多普勒延迟波束预编码器矩阵 $\mathbf{W}^{(l)}$ ($l = 1, \dots, L$)、以及用于T时刻的多维信道张量 \mathcal{H} ,在通信设备处对平均块错误率

$block_error_rate(\mathcal{H} | \mathbf{W}^{(l)} (l = 1, \dots, L))$ 进行优化。

[0678] 第十四实施例提供了如第一至第十一实施例中任一项所述的通信设备,其中所述处理器被配置为

[0679] -在第一步骤中,使用高分辨率参数估计算法直接从多维信道张量 \mathcal{H} 估计信道模型的参数,或者直接从MIMO信道张量 \mathcal{H} 以非参数化形式计算 $H(t,w)$ 的系数,

[0680] -在第二步骤中,使用经参数化的信道模型和所选择的多普勒延迟波束复合预编码器 $W^{(l)}$ ($l=1, \dots, L$),将经参数化的经预编码的时变MIMO信道模型频域响应计算为

[0681] $H_{\text{prec}}(t,w) = H(t,w) [W^{(1)}(t,w), W^{(2)}(t,w), \dots, W^{(L)}(t,w)]$,

[0682] 其中 $[H(t,w)]_{i,j}$ 的 (i,j) 项= $h_{i,j}(t,w)$,以及 $W^{(l)}(t,w)$ 是 $W^{(l)}$ 的第 t 块和第 w 列,

[0683] -在第三步骤中,使用经参数化的经预编码的MIMO信道模型响应,计算用于一个或多个未来时刻的一个或多个CQI值。

[0684] 第十五实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中所述处理器被配置为

[0685] -对用于时刻/时隙 $n+K$ 的CQI值进行预测,其中 n 表示当前时刻/时隙,以及 K 表示相对于当前时刻/时隙 n 的相对时间差,以及

[0686] -通过从 K 个预测的CQI值中减去平均CQI值,使用所述 K 个预测的CQI值计算差分预测的CQI值。

[0687] 第十六实施例提供了第十五实施例的通信设备,其中通信设备被配置为接收CSI报告配置,所述CSI报告配置包括分配有所述值 K 的参数CQI-PredictionTime,所述值 K 被所述通信设备用于CQI预测。

[0688] 第十七实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中,在所述CSI反馈使用所述PMI的情形中,所述处理器被配置为报告至少一个两分量PMI,

[0689] -其中第一PMI对应于所选择的向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$, $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 和 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$,以及

[0690] -其中第二PMI对应于从通信设备到发送器的 $2 \sum_{u,d,l} F_{d,u}^{(l)}$ 个多普勒延迟波束组合系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$ 。

[0691] 第十八实施例提供了第十七实施例的通信装置,其中处理器被配置为

[0692] -以三元组集合的形式表示第一分量PMI,其中每个三元组 (u,d,v) 与所选择的空
间波束向量 $\mathbf{b}_u^{(l)}$ 、所选择的延迟向量 $\mathbf{d}_{p,u,d}^{(l)}$ 、以及所选择的多普勒频率向量 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 相关联,所
述三元组集合由 $i_1 = [i_{1,1}, i_{1,2}, i_{1,3}]$ 表示,其中 i_1 表示第一PMI分量,以及其中 $i_{1,1}$ 包含用于
空间波束的所选择的DFT向量的索引 $\sum_1 U^{(l)}$, $i_{1,2}$ 包含所选择的延迟向量的索引 $2 \sum_{u,l} D_u^{(l)}$,
以及 $i_{1,3}$ 包含所选择的多普勒频率向量的索引 $2 \sum_{u,d,l} F_{d,u}^{(l)}$,

[0693] -使用码本方法对所述多普勒延迟波束组合系数进行量化,其中经量化的多普勒延迟波束组合系数由第二PMI分量 i_2 表示,以及

[0694] -向所述发送器报告所述两个PMI分量。

[0695] 第十九实施例提供了第十八实施例所述的通信设备,其中,为了用码本方法量化复多普勒延迟系数 $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)}$,每个系数表示为

[0696] $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)} = \hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)} \phi_{p,u,d,v}^{(l)}$,

[0697] 其中

[0698] - $\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 是极化、波束、延迟和多普勒频率依赖的振幅系数,所述振幅系数是利用N位量化的;以及

[0699] - $\phi_{p,u,d,v}^{(l)}$ 表示由BPSK、或者QPSK、或者8PSK、或者任何其他较高阶PSK星座图表示的相位,或者

[0700] 其中每个系数由其实部和虚部表示为

[0701] $\gamma_{p,u,d,v}^{(l)} = \text{Re}\{\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}\} + j \cdot \text{Imag}\{\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}\}$,

[0702] -其中 $\text{Re}\{\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}\}$ 和 $\text{Imag}\{\hat{\gamma}_{p,u,d,v}^{(l)}\}$ 每个是利用N位量化的。

[0703] 第二十实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中所述CSI反馈进一步包括秩指示RI,以及

[0704] 其中,处理器被配置为报告用于发送的RI,其中,所述RI是相对于所述多普勒延迟波束预编码器矩阵 $W^{(1)}$ ($1=1, \dots, L$) 选择的,并且表示由经多普勒延迟波束预编码的时变频率选择性MIMO信道支持的层的平均数量。

[0705] 第二十一实施例提供了根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中,所述通信设备被配置有经由较高层的CSI-RS报告配置,所述CSI-RS报告配置用于报告用于经波束形成的CSI-RS的CQI和/或RI和/或PMI,所述第一码本矩阵中的向量由 $N_1 N_2$ 长度列向量表示,其中第m向量 ($m=1, \dots, N_1 N_2$) 在第m位置包含单个1,并且在其他位置包含零。

[0706] 第二十二实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备被配置为接收包括较高层(例如RRC)参数的CSI-RS资源配置,所述较高层参数例如被称为CSI-RS-BurstDuration,其指示所述下行链路参考信号的时域重复,例如根据所述下行链路参考信号在其中重复的连续时隙的数量来指示。

[0707] 第二十三实施例提供根据前述实施例中任一项所述的通信设备,其中所述通信设备假设,对于CQI、和/或RI、和/或PMI计算,所述发送器按下式针对 $v=L$ 层将多普勒延迟波束预编码器应用于天线端口 $\{1000, 1008+v-1\}$ 上的PDSCH信号

[0708]
$$\begin{bmatrix} y^{(t,3000)}(i) \\ \vdots \\ y^{(t,3000+P-1)}(i) \end{bmatrix} = \mathbf{W}(t, i) \begin{bmatrix} x^{(t,0)}(i) \\ \vdots \\ x^{(t,v-1)}(i) \end{bmatrix},$$

[0709] 其中

[0710] $\begin{bmatrix} x^{(t,0)}(i), \dots, x^{(t,v-1)}(i) \end{bmatrix}^T$ 是PDSCH码元的码元向量, $P \in \{1, 2, 4, 8, 12, 16, 24, 32\}$,

[0711] $x^{(t,u)}(i)$ 是在时刻t的层u的第i码元,

[0712] $y^{(t,u)}(i)$ 是在时刻t在天线端口u上发送的经预编码的码元,以及

[0713] $\mathbf{W}(t, i) = [W^{(1)}(t, i), \dots, W^{(L)}(t, i)]$ 是预测的预编码器矩阵,其中 $W^{(1)}(t, i)$ 是 $W^{(1)}$ 的第t块和第i列。

[0714] 第二十四实施例提供了一种用于在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的

通信设备，

[0715] 其中，通信设备被配置为接收参考信号资源配置，例如，CSI-RS资源配置，包括参数，如较高层（例如，RRC）参数，例如，被称为CSI-RS-BurstDuration，参数指示下行链路参考信号的时域重复，例如，就下行链路参考信号在其中重复的连续时隙的数量而言，以及

[0716] 其中，通信设备被配置为基于重复的下行链路参考信号确定CSI反馈并报告确定的CSI反馈。

[0717] 第二十五实施例提供了一种无线通信系统中的发送器，其包括通信设备，发送器包括：

[0718] 具有多个天线的天线阵列，用于与前述任一实施例的一个或多个通信设备进行无线通信，用于向发送器提供信道状态信息CSI反馈；以及

[0719] 连接到天线阵列的预编码器，预编码器将一组波束形成权重应用于天线阵列的一个或多个天线以通过天线阵列形成一个或多个发送波束或一个或多个接收波束，

[0720] 收发器被配置为

[0721] -根据CSI-RS配置，将下行链路参考信号（CSI-RS）和下行链路信号发送到通信设备，所述CSI-RS配置包括多个CSI-RS天线端口和所述下行链路参考信号的时域重复的参数，所述参数例如被称为CSI-RS BurstDuration，所述参数例如根据所述下行链路参考信号在其中重复的连续时隙的数量来指示，所述下行链路信号包括所述CSI-RS配置；以及

[0722] -从通信设备接收包括多个CSI报告的上行链路信号；以及

[0723] 处理器被配置为：

[0724] -从多个CSI报告中提取至少两分量预编码器矩阵标识符和秩指示；以及

[0725] -使用PMI的第一分量和第二分量构造应用于天线端口的多普勒延迟波束预编码器矩阵，并响应于所构造的预编码器矩阵来确定波束形成权重。

[0726] 第二十六实施例提供了第二十五实施例的发送器，其中，为了促进对于QT各未来时刻的预编码器矩阵预测，处理器被配置为将多普勒频率DFT向量 $\mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 循环扩展到长度

QT向量 $\mathbf{t}_{p,u,d,v}^{(l)}$ ，循环扩展由以下定义

$$[0727] \quad \mathbf{t}_{p,u,d,v}^{(l)} = \left[1, e^{j\frac{2\pi k}{O_3}}, \dots, e^{j\frac{2\pi k(Q-1)}{O_3}} \right]^T \otimes \mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)}, \forall u, d, v, p, l,$$

$$[0728] \quad \text{其中 } \mathbf{f}_{p,u,d,v}^{(l)} = \left[1, e^{j\frac{2\pi k}{O_3T}}, \dots, e^{j\frac{2\pi k(T-1)}{O_3T}} \right]^T \in \Omega_3, \text{ 以及}$$

[0729] 针对第1层和第q (q=1, ..., QT) 时刻的预测预编码器矩阵由下式给出

$$[0730] \quad \widehat{\mathbf{W}}^{(l)}(q) = P^{(l)} \begin{bmatrix} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d,v}^{(l)} \mathbf{t}_{1,u,d,v}^{(l)}(q) \otimes \mathbf{d}_{1,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \\ \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \sum_{d=0}^{D_u^{(l)}-1} \sum_{v=0}^{F_{d,u}^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d,v}^{(l)} \mathbf{t}_{2,u,d,v}^{(l)}(q) \otimes \mathbf{d}_{2,u,d}^{(l)T} \otimes \mathbf{b}_u^{(l)} \end{bmatrix}$$

[0731] 其中 $\mathbf{t}_{p,u,d,v}^{(l)}(q)$ 是 $\mathbf{t}_{p,u,d,v}^{(l)}$ 的第q项。

- [0732] 第二十七实施例提供了一种无线网络,包括:
- [0733] 第一至第二十四实施例中任一实施例的至少一个通信设备,以及
- [0734] 第二十五实施例或第二十六实施例的至少一个BS。
- [0735] 第二十八实施例提供了一种在无线通信系统中提供信道状态信息CSI反馈的方法,方法包括:
- [0736] 经由时变频率选择性MIMO信道从发送器接收无线电信号,所述无线电信号包括下行链路参考信号和下行链路信号,所述下行链路参考信号根据包括天线端口数量的参考信号配置,所述下行链路信号包括所述参考信号配置;
- [0737] 在所述通信设备处,使用对无线电信道上的所述下行链路参考信号的测量估计频域中的显式CSI,所述下行链路参考信号是在一定观察时间上提供的,
- [0738] 基于性能量度,在所述通信设备处,为复合多普勒延迟波束三级预编码器选择多普勒延迟预编码器矩阵(W),所述多普勒延迟波束三级预编码器基于一个或多个码本,所述一个或多个码本包括
- [0739] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个发送侧空间波束分量,
- [0740] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个延迟分量,以及
- [0741] ○复合多普勒延迟波束三级预编码器的一个或多个多普勒频率分量,
- [0742] 在所述通信设备处,使用所述显式CSI和具有所选择的多普勒延迟波束预编码器矩阵(W)的复合多普勒延迟波束三级预编码器,计算信道质量指示CQI、和/或预编码器矩阵指示PMI、和/或秩指示RI中的一个或多个,以及
- [0743] 从所述通信设备向所述发送器报告包括所述CQI、和/或所述PMI、和/或所述RI中的一个或多个的CSI反馈,其中,所述PMI和RI用于指示用于所配置的天线端口的多普勒延迟波束三级复合预编码器矩阵。
- [0744] 第二十九实施例提供了一种在包括通信设备和发送器的无线通信系统中进行发送的方法,方法包括:
- [0745] 根据CSI-RS配置,将下行链路参考信号(CSI-RS)和下行链路信号发送到所述通信设备,所述CSI-RS配置包括多个CSI-RS天线端口和指示所述下行链路参考信号的时域重复的参数,所述参数例如被称为CSI-RS BurstDuration,所述参数例如根据所述下行链路参考信号在其中重复的连续时隙的数量来指示,所述下行链路信号包括所述CSI-RS配置;
- [0746] 在发送器处,从所述通信设备接收包括多个CSI报告的上行链路信号;
- [0747] 在发送器处,从所述多个CSI报告中至少提取两个分量预编码器矩阵标识符和秩指示;
- [0748] 在发送器处,使用PMI的第一分量和第二分量构造应用于天线端口的多普勒延迟波束预编码器矩阵,以及
- [0749] 响应于所构造的预编码器矩阵,确定连接到所述发送器的天线阵列的预编码器的波束形成权重。
- [0750] 尽管已在装置的上下文中描述了所描述概念的某些方面,但是很显然,这些方面也表示了相应方法的描述,其中,块或者设备对应于方法步骤或者方法步骤的特征。类似地,在方法步骤的上下文中描述的方面也表示对相应装置的相应块或者项目或者特征的描述。

[0751] 本发明的各种元件和特征可以通过使用一个或多个通用或者专用处理器执行指令,或者使用硬件和软件的组合,使用模拟和/或数字电路的硬件、软件,通过指令的执行来实现。例如,可以在计算机系统或者另一处理系统的环境中实现本发明的实施例。图13示出了计算机系统350的示例。单元或者模块以及由这些单元执行的方法的步骤可以在一个或多个计算机系统350上执行。计算机系统350包括一个或多个处理器352,例如专用或者通用数字信号处理器。处理器352连接到诸如总线或者网络的通信基础设施354。计算机系统350包括主存储器356,诸如,随机存取存储器(RAM),以及辅助存储器358,例如,硬盘驱动器和/或可移动存储驱动器。辅助存储器358可以允许将计算机程序或者其他指令加载到计算机系统350中。计算机系统350可以进一步包括通信接口360,以允许软件和数据在计算机系统350和外部设备之间传送。通信可以来自能够由通信接口处理的电子、电磁、光或者其他信号。通信可以使用电线或者电缆、光纤、电话线、蜂窝电话链路、RF链路和其他通信信道362。

[0752] 术语“计算机程序介质”和“计算机可读介质”通常用于指有形存储介质,诸如可移动存储单元或者安装在硬盘驱动器中的硬盘。这些计算机程序产品是用于向计算机系统350提供软件的装置。计算机程序,也称为计算机控制逻辑,被存储在主存储器356和/或辅助存储器358中。计算机程序也可以经由通信接口360被接收。计算机程序在被执行时使计算机系统350能够实现本发明。特别地,计算机程序在被执行时使处理器352能够实现本发明的过程,诸如本文描述的任何方法。因此,这样的计算机程序可以表示计算机系统350的控制器。在使用软件来实现本公开的情形中,可以将软件存储在计算机程序产品中,并使用可移动存储驱动器、接口等,如通信接口360,将其加载到计算机系统350中。

[0753] 可以使用数字存储介质,例如云存储、软盘、DVD、蓝光、CD、ROM、PROM、EPROM、EEPROM或者闪存,执行硬件或者软件中的实施,其中存储了电子可读控制信号,与可编程计算机系统合作(或者能够合作),从而执行相应的方法。因此,数字存储介质可以是计算机可读的。

[0754] 根据本发明的一些实施例包括具有电子可读控制信号的数据载体,此电子可读控制信号能够与可编程计算机系统协作,从而执行本文描述的方法之一。

[0755] 一般而言,本发明的实施例可以被实现为具有程序代码的计算机程序产品,此程序代码是可操作的,用于在计算机上运行计算机程序产品时,执行其中一种方法。程序代码可以例如存储在机器可读载体上。

[0756] 其他实施例包括存储在机器可读载体上的,用于执行本文描述的方法之一的计算机程序。换句话说,因此,本发明方法的实施例是一种计算机程序,当计算机程序在计算机上运行时,计算机程序具有用于执行本文描述的方法之一的程序代码。

[0757] 因此,本发明方法的另一个实施例是一种数据载体(或者数字存储介质,或者计算机可读介质),其包括记录在其上的用于执行本文所述方法之一的计算机程序。因此,本发明方法的另一实施例是表示用于执行本文描述的方法之一的计算机程序的数据流或者信号序列。数据流或者信号序列可以例如用于经由数据通信连接,例如经由互联网来传送。另一个实施例包括处理装置,例如计算机或者可编程逻辑器件,其用于或者适于执行本文描述的方法之一。另一实施例包括一种计算机,其上安装了用于执行本文描述的方法之一的计算机程序。

[0758] 在一些实施例中,可编程逻辑器件(例如现场可编程门阵列)可以用于执行本文描

述的方法的一些或者全部功能。在一些实施例中,现场可编程门阵列可以与微处理器协作以便执行本文描述的方法之一。通常,该方法优选地由任何硬件装置执行。

[0759] 上面描述的实施例仅用于说明本发明的原理。应当理解,本文所述的布置和细节的修改和变化对于本领域技术人员而言是显而易见的。因此,本发明的意图仅由即将来临的专利权利要求的范围限制,而不受通过本文的实施例的描述和解释而给出的具体细节的限制。

[0760] 参考文献:

[0761] [1]3GPP TS 38.211V15.1.0,“3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network;NR;Physical channels and modulation(Release 15),March 2018.

[0762] [2]3GPP TS 38.214V15.1.0,“3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network;NR;Physical layer procedures for data(Release 15),March 2018.

[0763] [3]K.Manolakis,S.Jaeckel,V.Jugnicketl,and V.Braun,“Channel Prediction by Doppler-Delay Analysis and Benefits for Base Station Cooperation,”in 77th IEEE Vehicular Technology Conference,Jun 2013.

[0764] [4]3GPP TS 38.331V15.1.0,“3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network;NR;Radio Resource Control (RRC);Protocol specification(Release 15),March 2018.

[0765] [5]R.S. Thomä,M.Landmann,and A.Richter,“RIMAX-A maximum likelihood framework for parameter estimation in multidimensional channel sounding.” Proceedings of the International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP’ 04).2004.

[0766] [6]I.Barhumi,G.Leus,and M.Moonen,“Optimal training design for MIMO OFDM systems in mobile wireless channels,”IEEE Trans.Signal Process,vol.51, no.6,pp.1615-1624,Jun.2003.

[0767] [7]P.Hoehner,S.Kaiser,and P.Robertson,“Two-dimensional pilot-symbol-aided channel estimation by Wiener filtering,”in Proc.IEEE ICASSP-97,Munich, Germany,Apr.1997,pp.1845-1848.

100

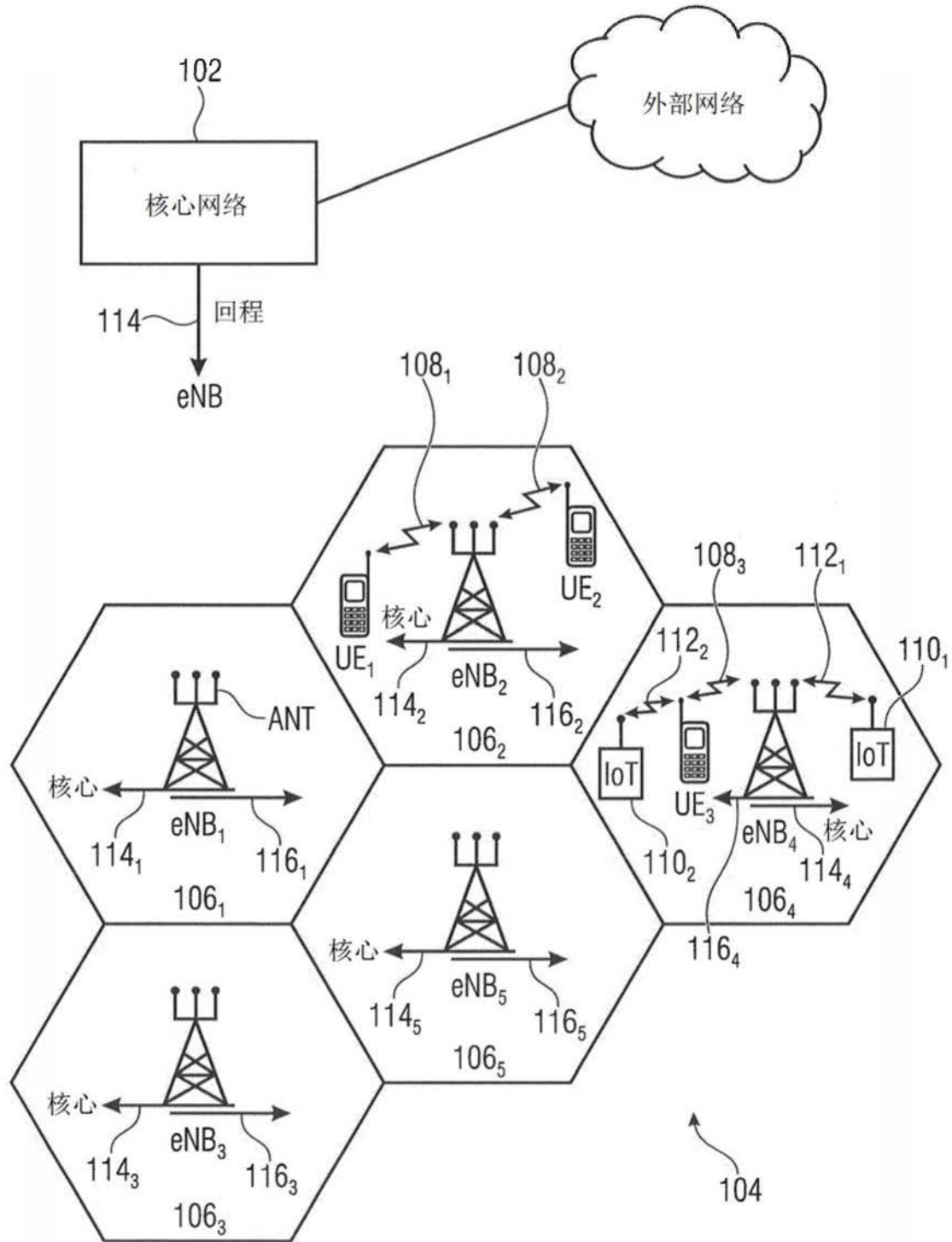


图1

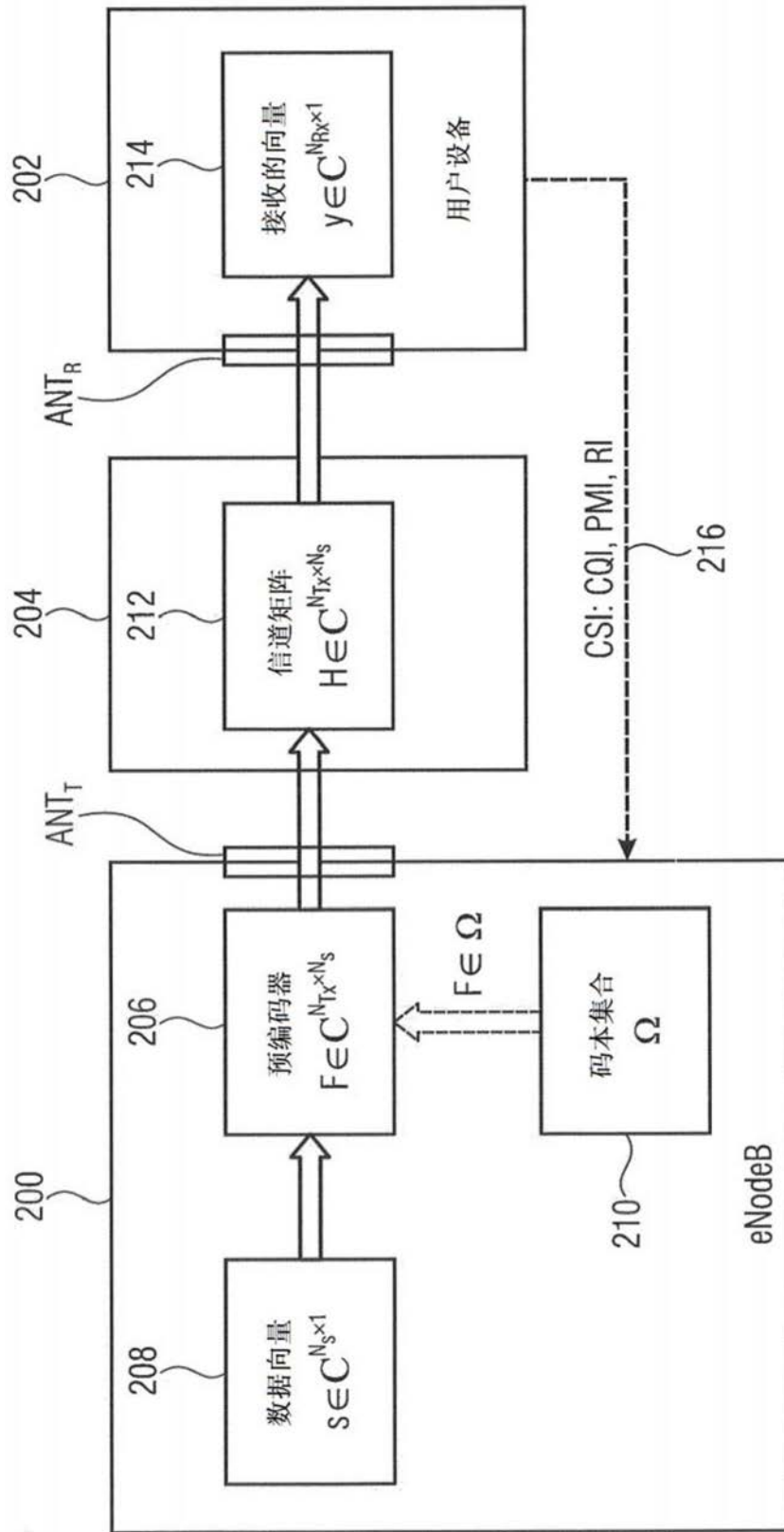


图2

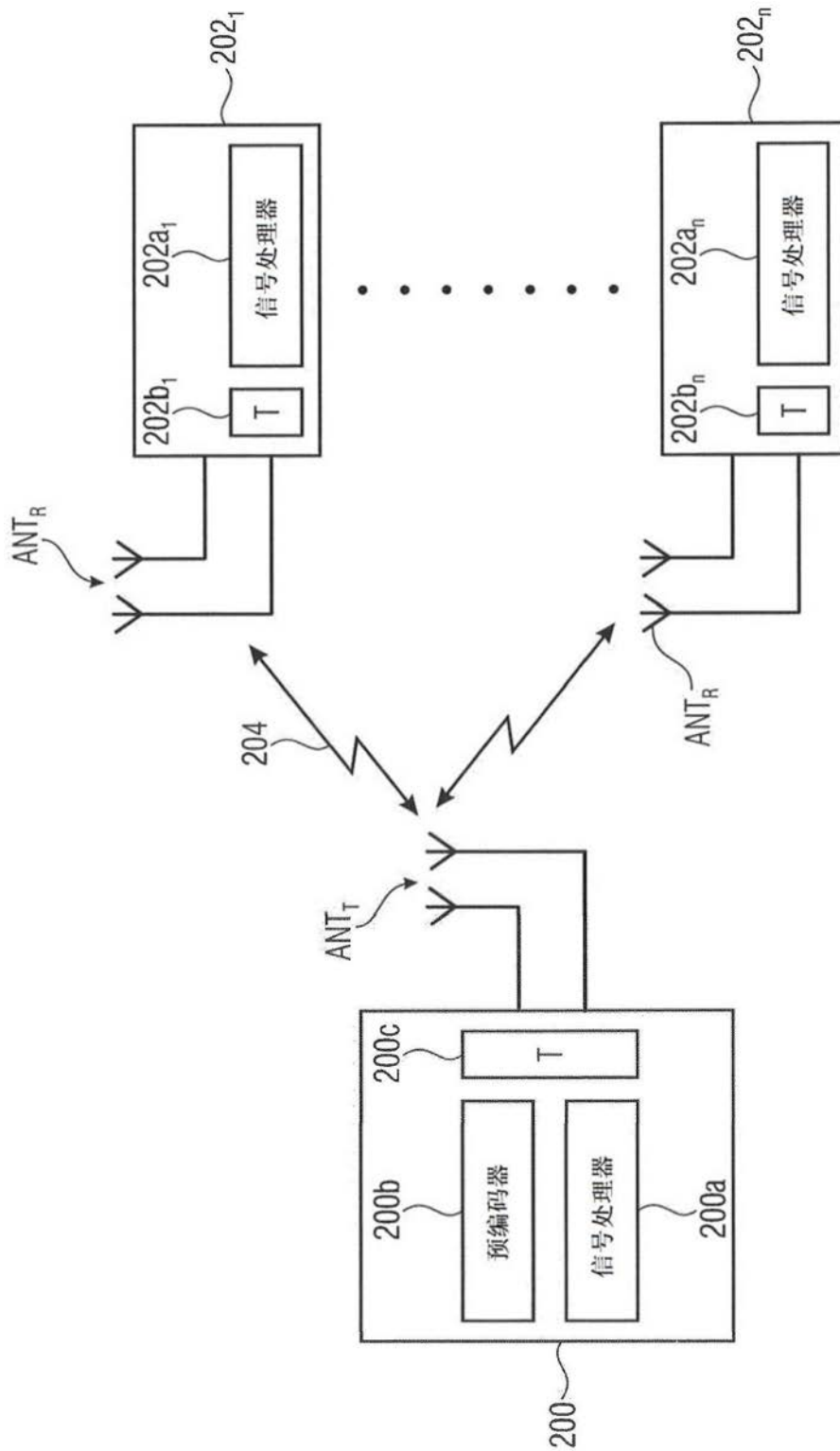


图3

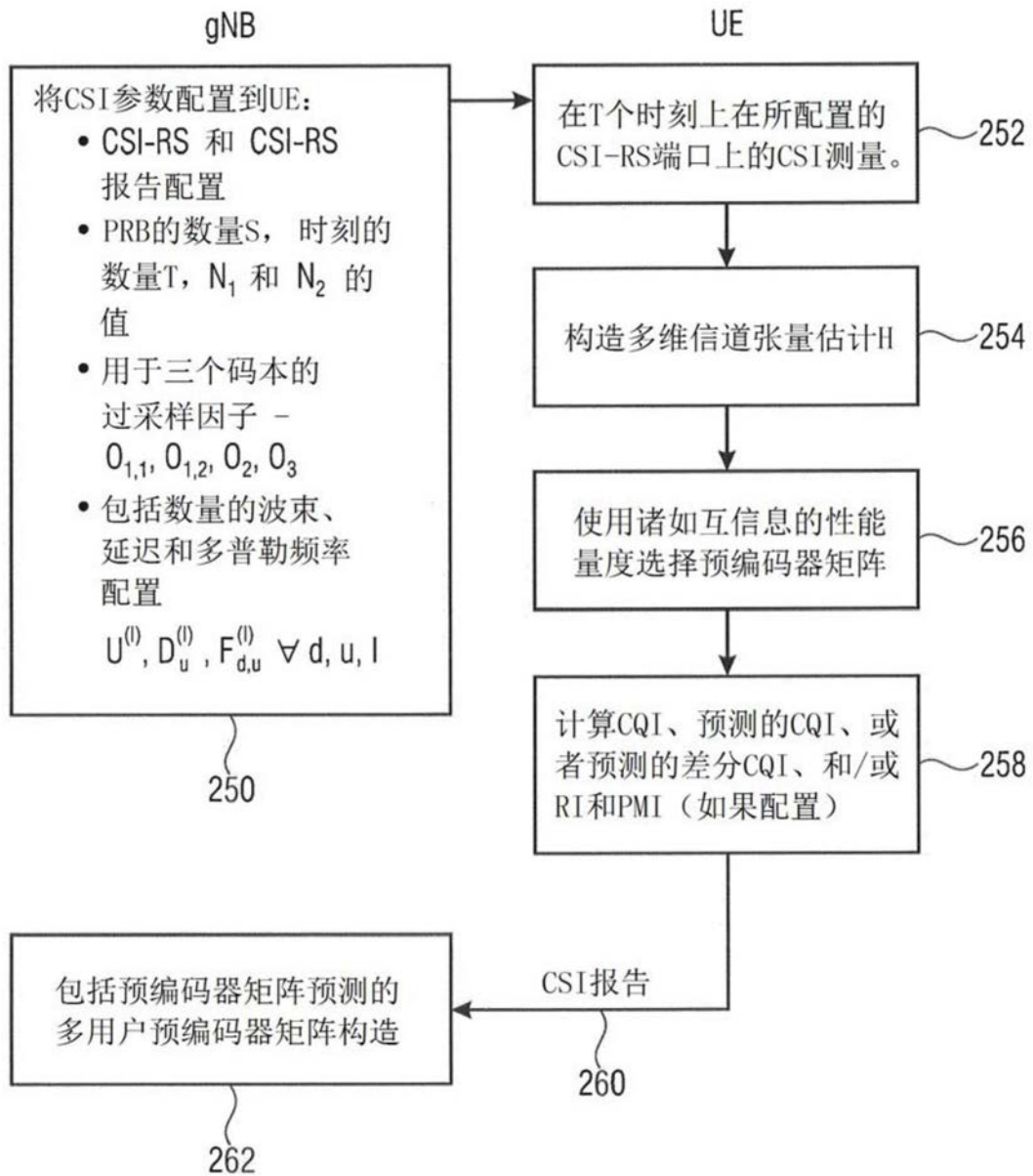


图4

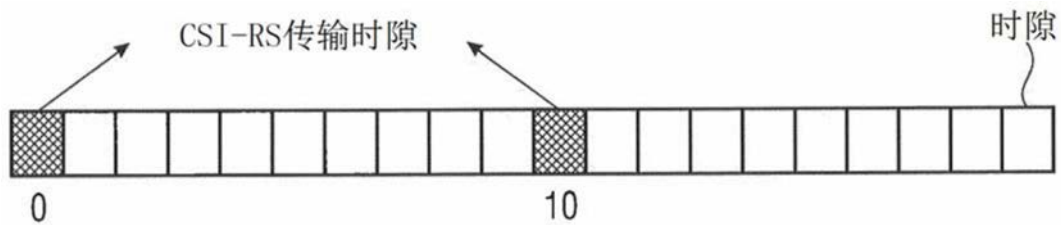


图5 (a)

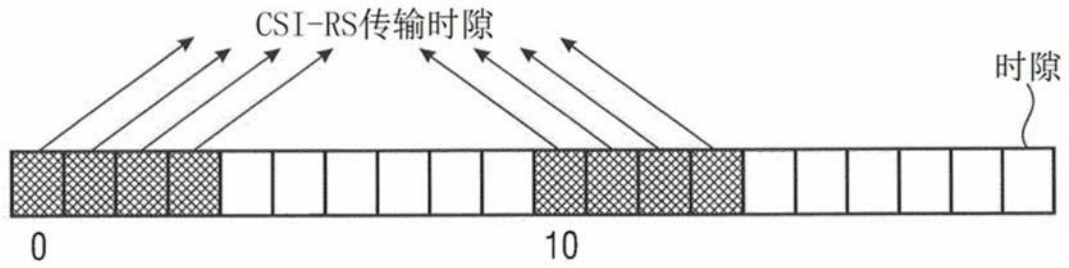


图5 (b)

```
-- ASN1START
-- TAG-CSI-RS-BURSTDURATION-START

CSI-RS-BURSTDURATION ::= ENUMERATED {
    burstSlots0, burstSlots1, burstSlots2, burstSlots3,
    burstSlots4, burstSlots5
}

-- TAG-CSI-RS-BURSTDURATION-STOP
-- ASN1STOP
```

图6

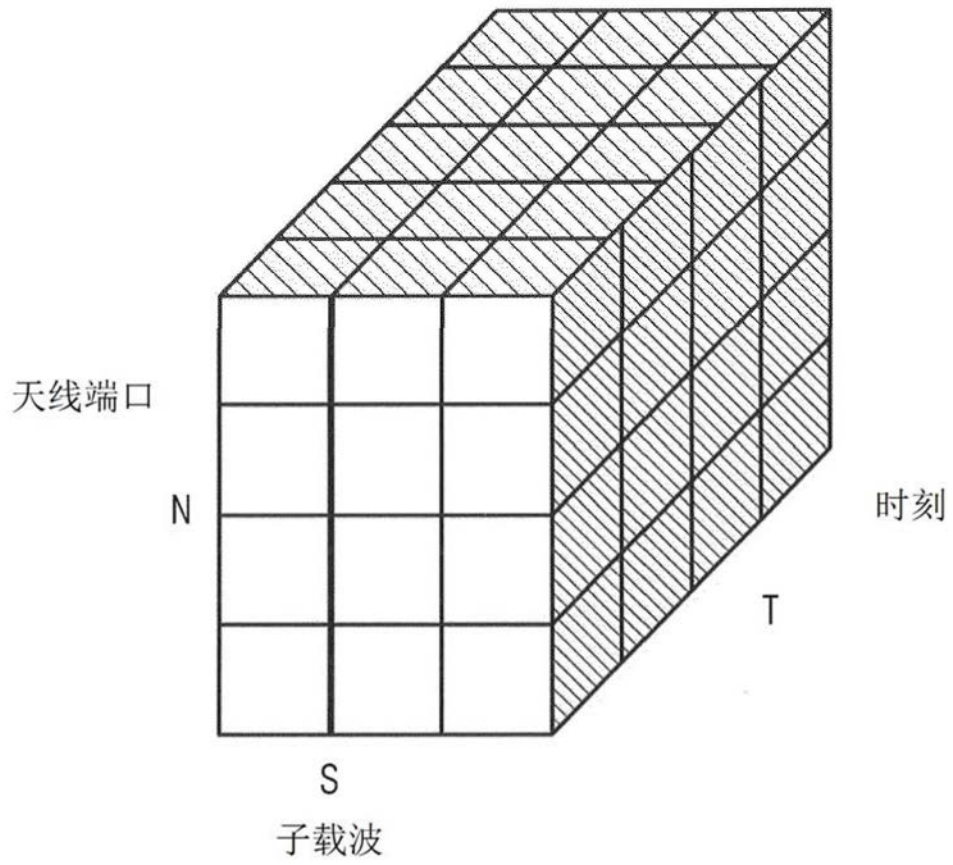


图7

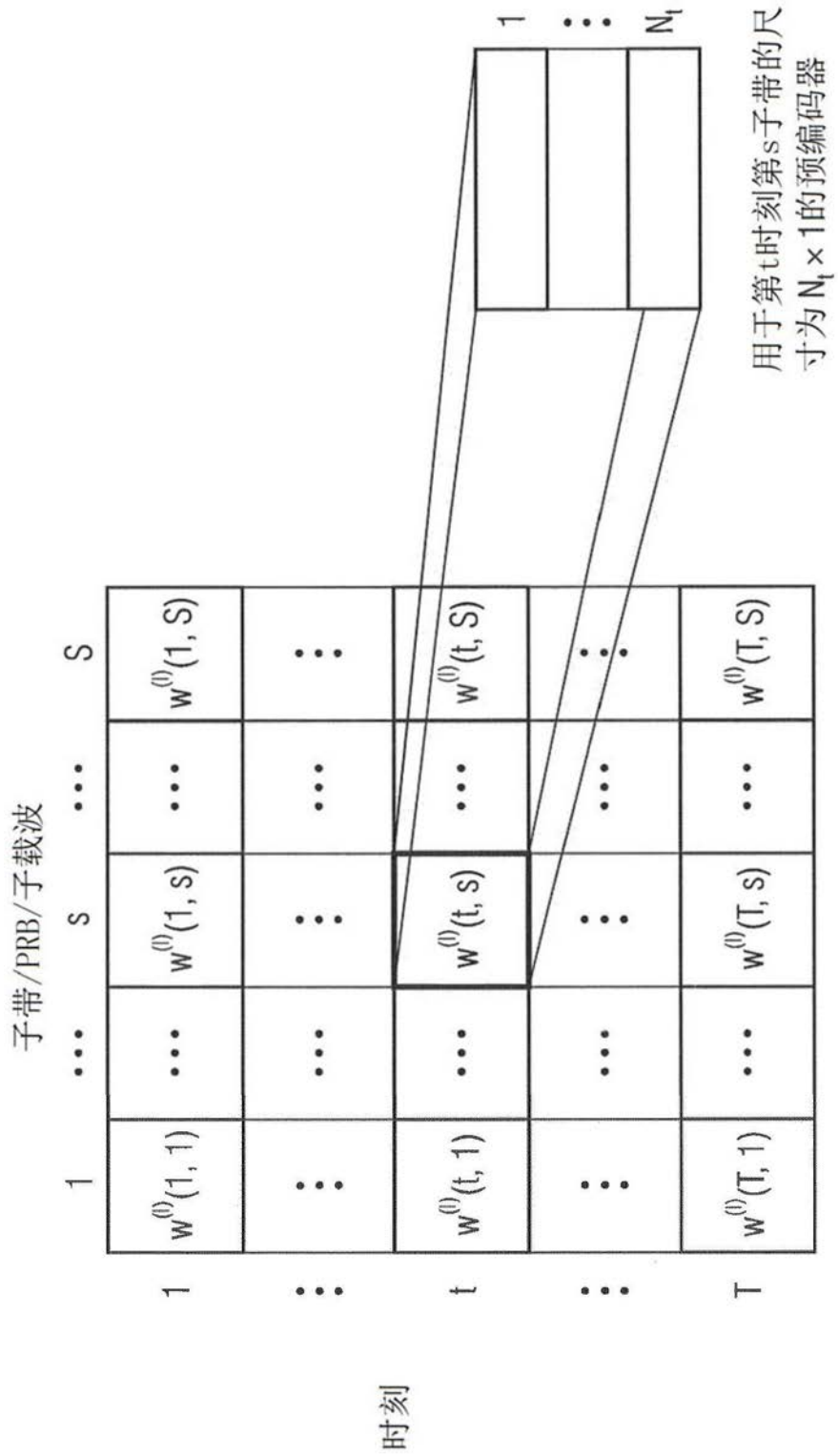


图8

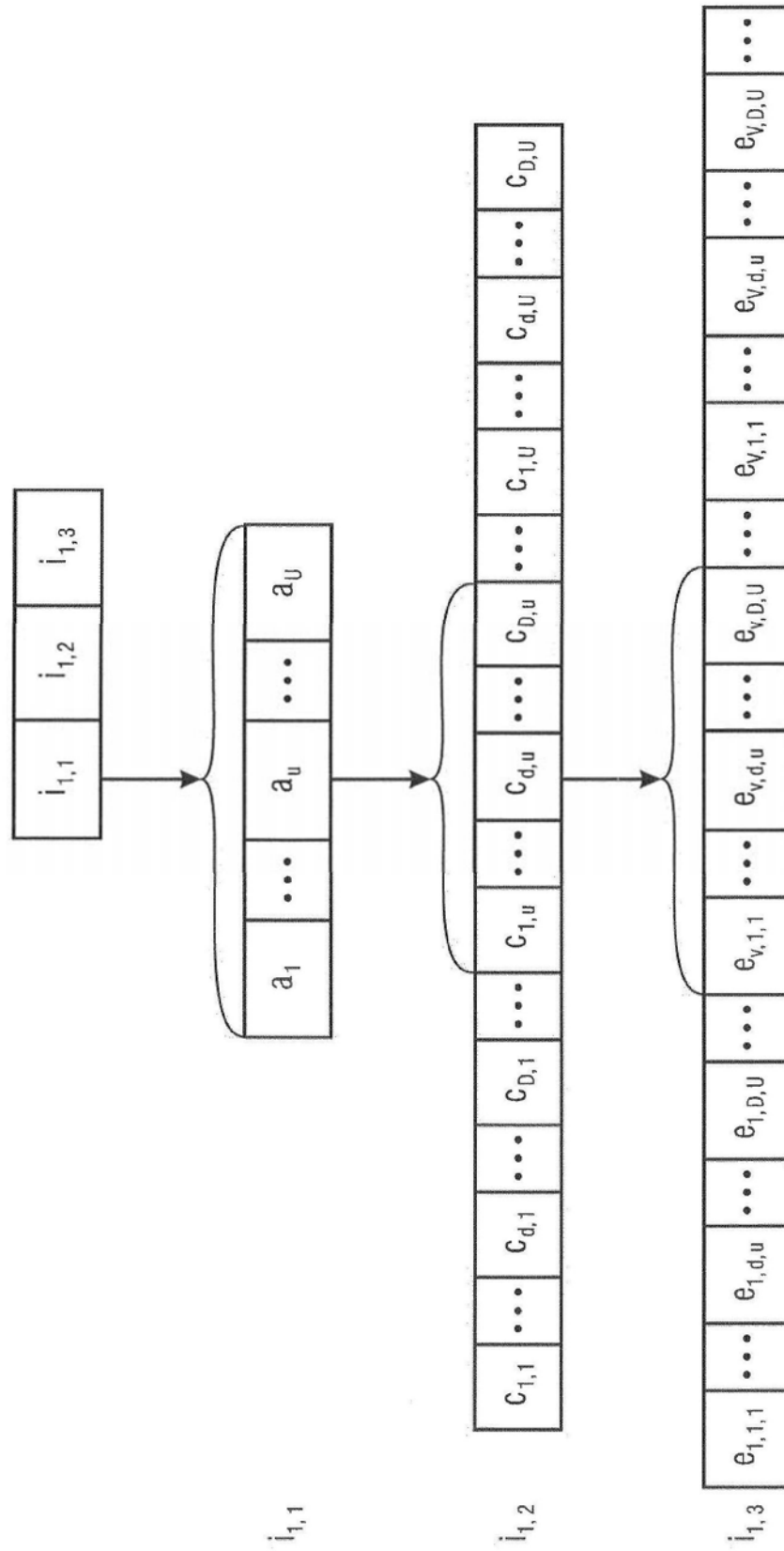


图9

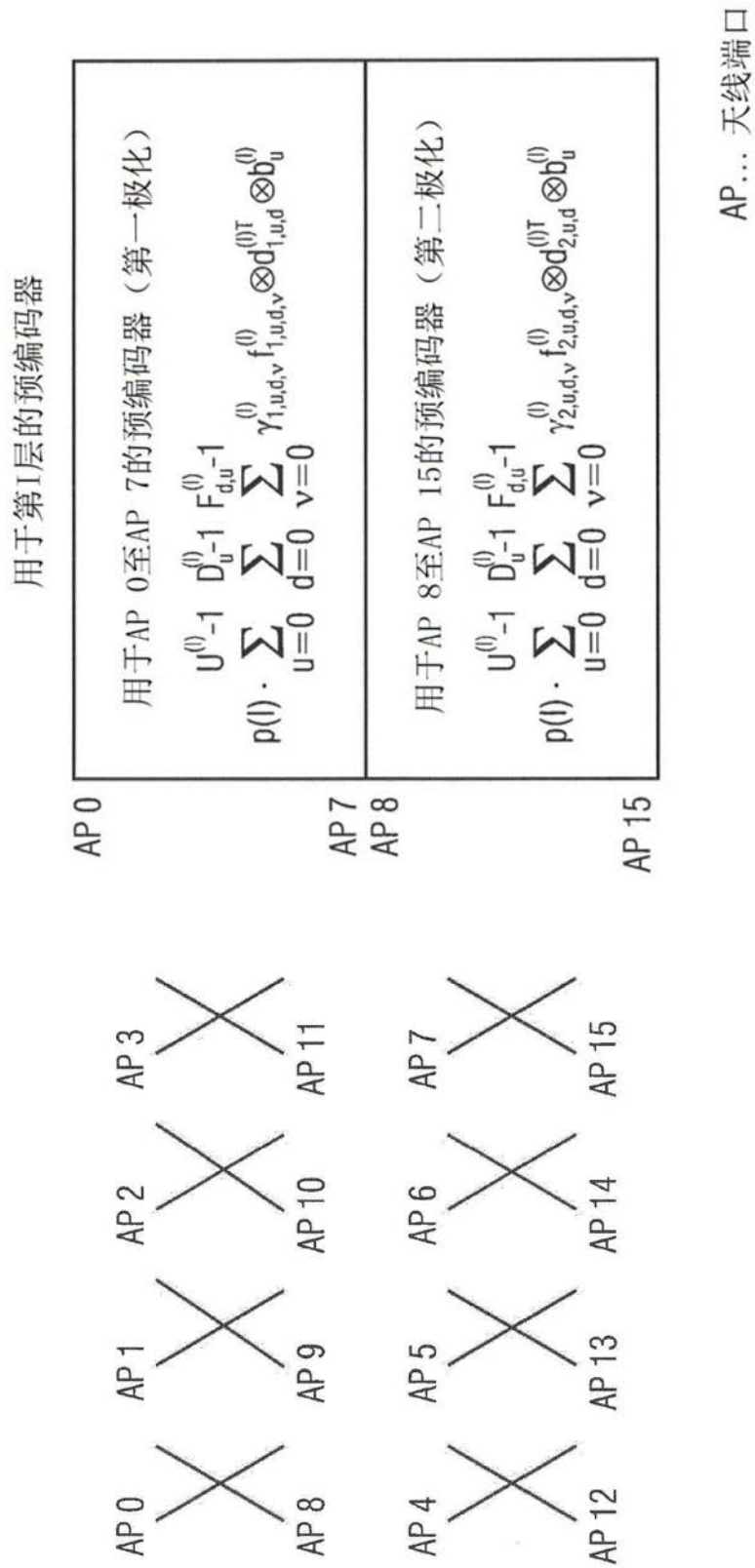


图10

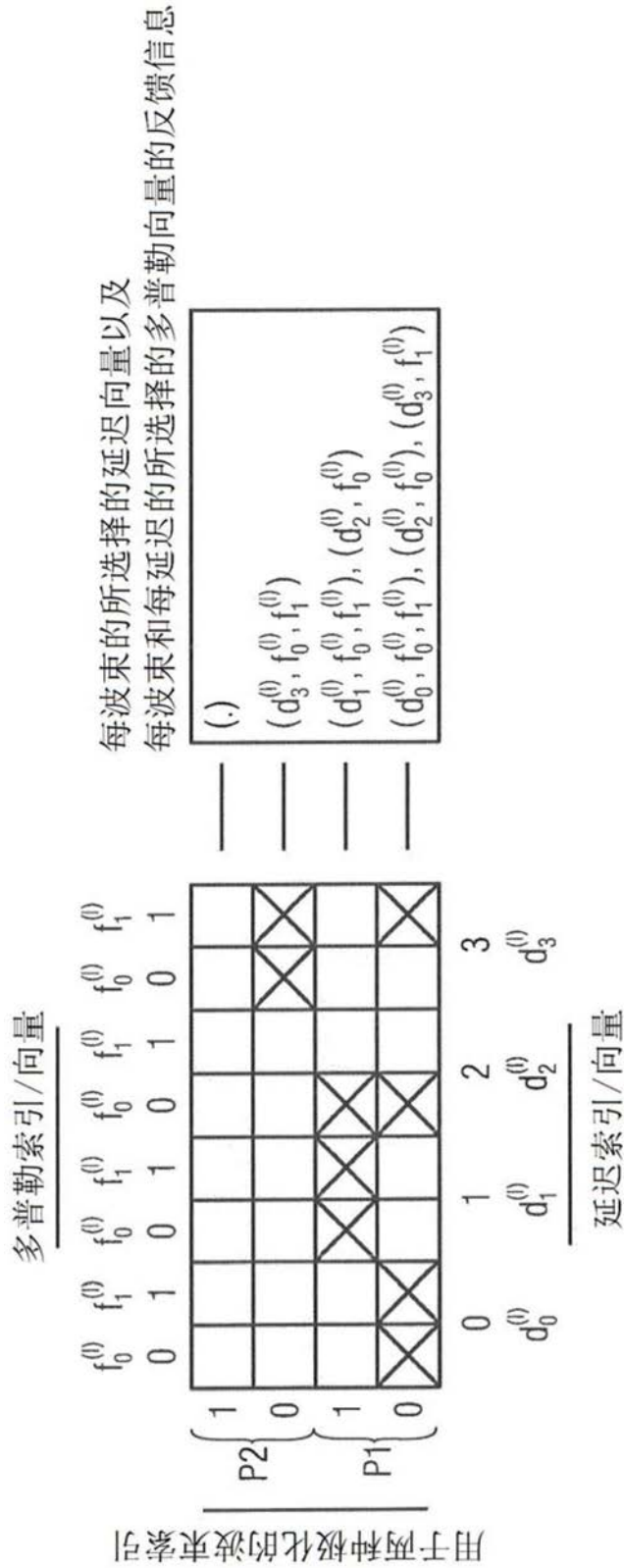


图11 (b)

图11 (a)

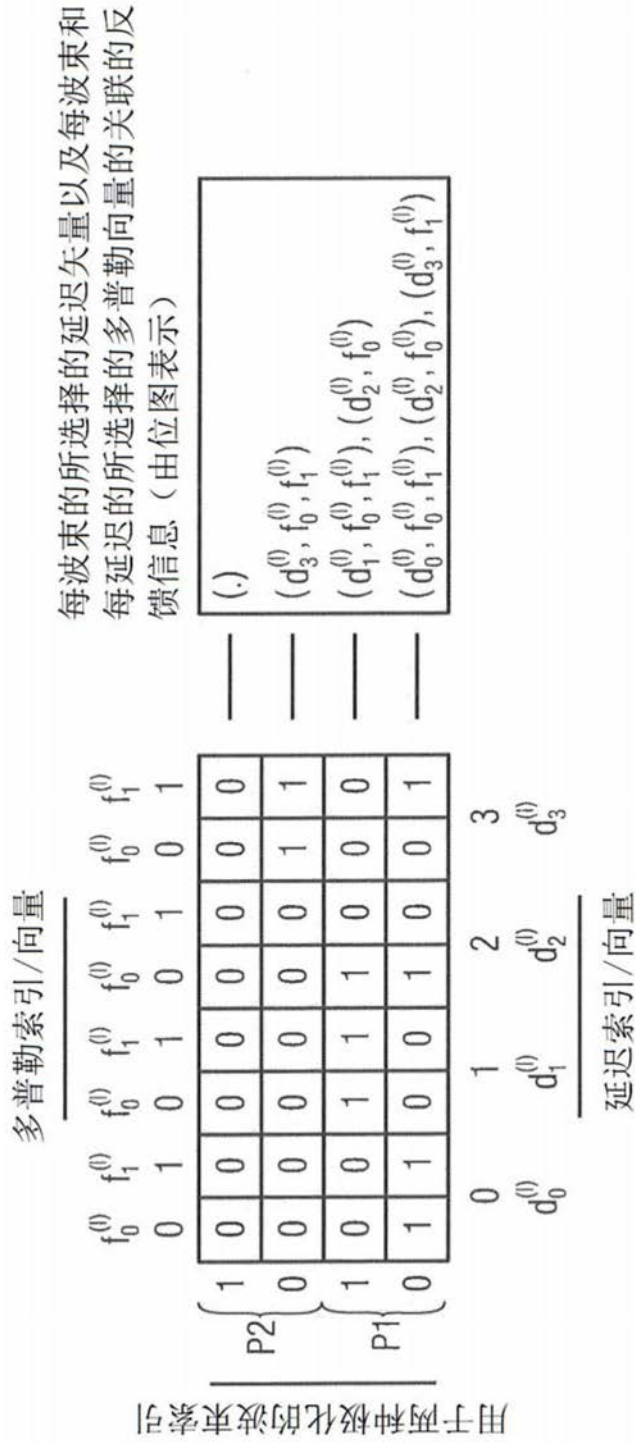


图12 (b)

图12 (a)

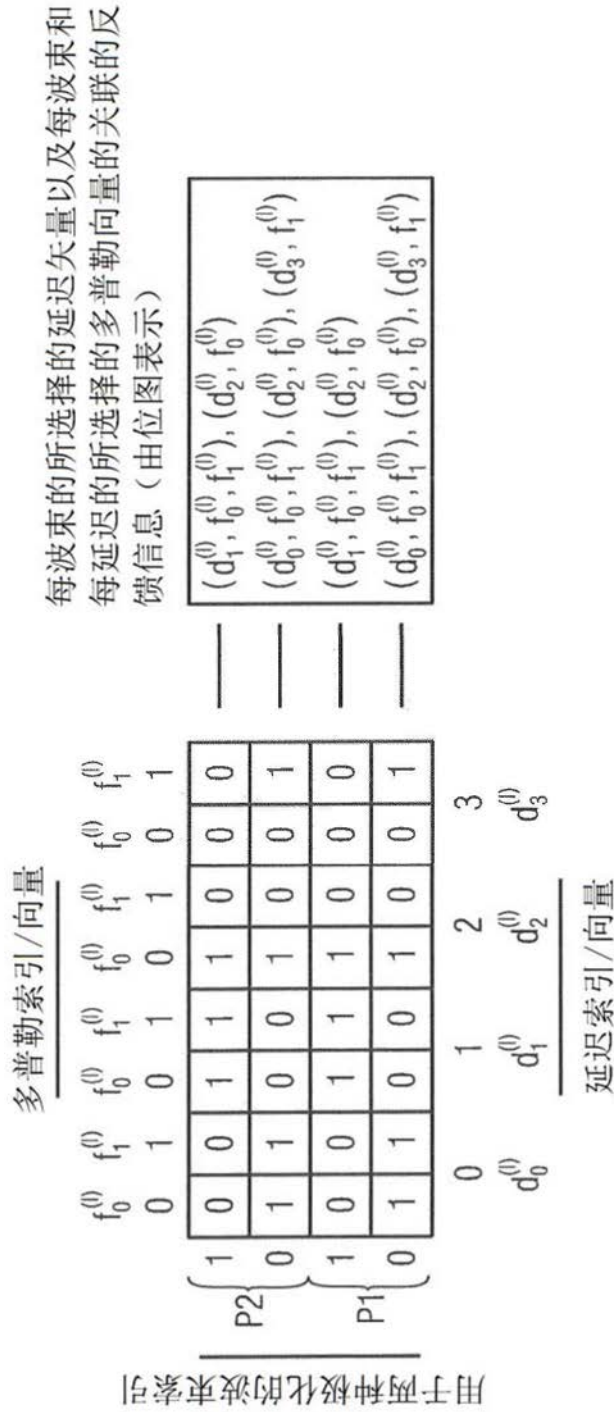


图13 (a)

图13 (b)

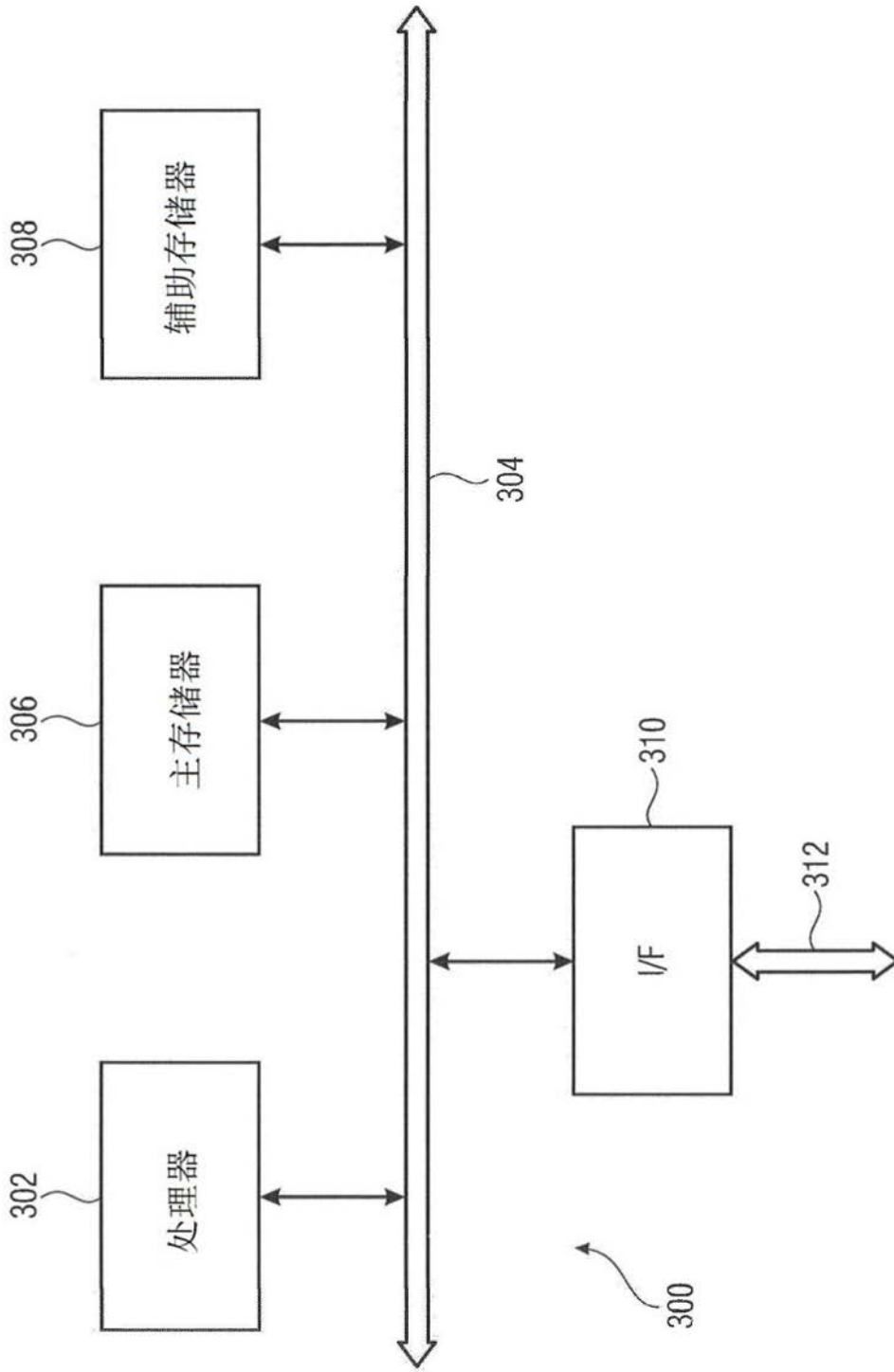


图14