



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117478182 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 30

(21) 申请号 202210912627.9

(22) 申请日 2022.07.30

(71) 申请人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 范利 蓝瑞宁 陈淑菁 秦启波
种稚萌 金黄平

(74) 专利代理机构 北京中博世达专利商标代理有限公司 11274

专利代理师 申健

(51) Int. Cl.

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/0417 (2017.01)

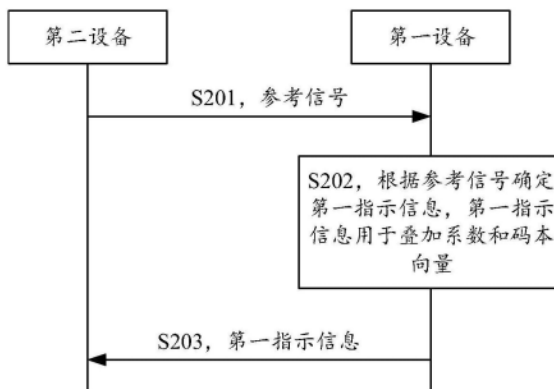
权利要求书7页 说明书41页 附图5页

(54) 发明名称

信道状态信息的上报方法及通信装置

(57) 摘要

本申请提供一种信道状态信息的上报方法及通信装置,能够降低反馈开销。该方法包括:第一设备接收来自第二设备的参考信号。第一设备根据参考信号确定第一指示信息,并发送第一指示信息。其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的协方差矩阵,信道矩阵用于指示第一设备与第二设备之间的信道的信道状态信息。



1. 一种信道状态信息的上报方法,其特征在于,所述方法包括:

第一设备接收来自第二设备的参考信号;

第一设备根据所述参考信号确定第一指示信息;其中,所述第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵,所述信道矩阵用于指示所述第一设备与所述第二设备之间的信道的信道状态信息;

所述第一设备向所述第二设备发送所述第一指示信息。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一指示信息用于指示叠加系数和码本向量,所述叠加系数和所述码本向量用于确定所述第一协方差矩阵。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述第一协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际协方差矩阵之间满足预设的优化模型。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述预设的优化模型包括:

$$\min_{\alpha_l} \|\mathbf{R} - \sum_l \alpha_l \mathbf{w}_l \mathbf{w}_l^H\|_F;$$

$$\text{s. t. } L \leq L_{\max};$$

其中, \min 表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R} 为所述信道矩阵对应的实际协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l < L$,且 l 为整数; α_l 为第 l 个叠加系数, \mathbf{w}_l 为第 l 个码本向量, \mathbf{w}_l^H 为 \mathbf{w}_l 的共轭转置,s. t. 为约束条件, L 为信道多径数目, L_{\max} 为 L 的最大取值, L 、 L_{\max} 均为大于0的整数。

5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述叠加系数包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数,所述码本向量包括用于指示角度时延的第一信息,所述第一叠加系数和所述第一信息用于确定第一空频联合协方差矩阵;

所述预设的优化模型包括:所述第一空频联合协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间满足的第一优化模型。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述第一优化模型包括:

$$\min_{\rho_{l_0}} \left\| \bar{\mathbf{R}}_h - \sum_{l_0} \rho_{l_0} \left(\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \right) \otimes \left(\mathbf{e}^*(\tau_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tau_{l_0}) \right) \right\|_F;$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \rho_{l_0} > 0 \\ L_0 \leq L_{\max}^{FS} \end{cases};$$

其中, \min 表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, $\bar{\mathbf{R}}_h$ 为所述信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l_0 < L_0$,且 l_0 为整数; ρ_{l_0} 为第 l_0 个第一叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为第 l_0 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 的共轭转置, $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个相位变化向量, $\mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的共轭, $\mathbf{e}^T(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的转置, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个第一信息,s. t. 为约束条件, L_0 为信道多径数目, L_{\max}^{FS} 为 L_0 的最大取值, L_0 、 L_{\max}^{FS} 均为大于0的整数。

7. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述叠加系数包括用于指示角度功率谱特征的第二叠加系数,所述码本向量包括用于指示角度的第二信息;其中,所述第二叠加系数和所述第二信息用于确定第一空域协方差矩阵;

所述预设的优化模型包括:所述第一空域协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际空域

协方差矩阵之间满足的第二优化模型。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述第二优化模型包括:

$$\min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F;$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases};$$

其中, \min 表示取最小值, “ $\|\cdot\|_F$ ” 表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为所述信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算; $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, s. t. 为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1, L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$, 且 l_1 为整数。

9. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述叠加系数包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,所述码本向量包括用于指示时延的第三信息,所述第三叠加系数和所述第三信息用于确定第一频域协方差矩阵;

所述预设的优化模型包括:所述第一频域协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述第三优化模型包括:

$$\min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F;$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases};$$

其中, \min 表示取最小值, “ $\|\cdot\|_F$ ” 表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为所述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算; $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, s. t. 为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2, L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。

11. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述叠加系数包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,所述码本向量包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息,所述第二叠加系数和所述第二信息用于确定第一空域协方差矩阵,所述第三叠加系数和所述第三信息用于确定第一频域协方差矩阵;所述预设的优化模型包括:所述第一空域协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足的第二优化模型,以及所述第一频域协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,所述第二优化模型包括:

$$\min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F;$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases};$$

其中, \min 表示取最小值, “ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为所述信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算; $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, s. t.为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1, L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$, 且 l_1 为整数;

所述第三优化模型包括:

$$\min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F;$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases};$$

其中, \min 表示取最小值, “ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为所述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算; $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, s. t.为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2, L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。

13. 一种信道状态信息的上报方法, 其特征在于, 所述方法包括:

第二设备接收来自第一设备的第一指示信息; 其中, 所述第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵, 所述信道矩阵用于指示所述第一设备与所述第二设备之间的信道的信道状态信息;

所述第二设备根据所述第一指示信息确定所述信道矩阵对应的第一协方差矩阵。

14. 根据权利要求13所述的方法, 其特征在于, 所述第一指示信息用于指示叠加系数和码本向量; 所述第二设备根据所述第一指示信息确定所述信道矩阵对应的第一协方差矩阵, 包括:

所述第二设备根据所述叠加系数和所述码本向量确定所述第一协方差矩阵。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其特征在于, 所述叠加系数包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数, 所述码本向量包括用于指示角度时延的第一信息; 所述第二设备根据所述叠加系数和所述码本向量确定所述信道矩阵对应的第一协方差矩阵, 包括:

所述第二设备根据所述第一叠加系数和所述第一信息确定第一空频联合协方差矩阵。

16. 根据权利要求14所述的方法, 其特征在于, 所述叠加系数包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数, 所述码本向量包括用于指示角度的第二信息; 所述第二设备根据所述叠加系数和所述码本向量确定第一协方差矩阵, 包括:

所述第二设备根据所述第二叠加系数和所述第二信息确定第一空域协方差矩阵。

17. 根据权利要求14所述的方法, 其特征在于, 所述叠加系数包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数, 所述码本向量包括用于指示时延的第三信息; 所述第二设备根据所述叠加系数和所述码本向量确定第一协方差矩阵, 包括:

所述第二设备根据所述第三叠加系数和所述第三信息确定第一频域协方差矩阵。

18. 根据权利要求14所述的方法, 其特征在于, 所述叠加系数包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数, 所述码本向量包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息; 所述第二设备根据所述叠加系数和

所述码本向量确定第一协方差矩阵,包括:

所述第二设备根据所述第二叠加系数和所述第二信息确定第一空域协方差矩阵;

所述第二设备根据所述第三叠加系数和所述第三信息确定第一频域协方差矩阵。

19. 一种通信装置,其特征在于,所述装置包括:处理模块和收发模块;

所述收发模块,用于接收来自第二设备的参考信号;

所述处理模块,用于根据参考信号确定第一指示信息;其中,所述第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵,所述信道矩阵用于指示所述第一设备与所述第二设备之间的信道的信道状态信息;

所述收发模块,用于向所述第二设备发送所述第一指示信息。

20. 根据权利要求19所述的装置,其特征在于,所述第一指示信息用于指示叠加系数和码本向量,所述叠加系数和所述码本向量用于确定所述第一协方差矩阵。

21. 根据权利要求19或20所述的装置,其特征在于,所述第一协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际协方差矩阵之间满足预设的优化模型。

22. 根据权利要求21所述的装置,其特征在于,所述预设的优化模型包括:

$$\min_{\alpha_l} \|\mathbf{R} - \sum_l \alpha_l \mathbf{w}_l \mathbf{w}_l^H\|_F;$$

$$\text{s. t. } L \leq L_{\max};$$

其中, \min 表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R} 为所述信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l < L$,且 l 为整数; α_l 为第 l 个叠加系数, \mathbf{w}_l 为第 l 个码本向量, \mathbf{w}_l^H 为 \mathbf{w}_l 的共轭转置,s. t.为约束条件, L 为信道多径数目, L_{\max} 为 L 的最大取值, L 、 L_{\max} 均为大于0的整数。

23. 根据权利要求21所述的装置,其特征在于,所述叠加系数包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数,所述码本向量包括用于指示角度时延的第一信息,所述第一叠加系数和所述第一信息用于确定第一空频联合协方差矩阵;

所述预设的优化模型包括:所述第一空频联合协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间满足的第一优化模型。

24. 根据权利要求23所述的装置,其特征在于,所述第一优化模型包括:

$$\min_{\rho_{l_0}} \left\| \bar{\mathbf{R}}_h - \sum_{l_0} \rho_{l_0} \left(\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \right) \otimes \left(\mathbf{e}^*(\tau_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tau_{l_0}) \right) \right\|_F;$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \rho_{l_0} > 0 \\ L_0 \leq L_{\max}^{FS} \end{cases};$$

其中, \min 表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, $\bar{\mathbf{R}}_h$ 为所述信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l_0 < L_0$,且 l_0 为整数; ρ_{l_0} 为第 l_0 个第一叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为第 l_0 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 的共轭转置, $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个相位变化向量, $\mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的共轭, $\mathbf{e}^T(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的转置, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个第一信息,s. t.为约束条件, L_0 为信道多径数目, L_{\max}^{FS} 为 L_0 的最大取值, L_0 、 L_{\max}^{FS} 均为大于0的整数。

25. 根据权利要求21所述的装置,其特征在于,所述叠加系数包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数,所述码本向量包括用于指示角度的第二信息;其中,所述第二叠加

系数和所述第二信息用于确定第一空域协方差矩阵；

所述预设的优化模型包括：所述第一空域协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足的第二优化模型。

26. 根据权利要求25所述的装置，其特征在于，所述第二优化模型包括：

$$\min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F ;$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases} ;$$

其中， \min 表示取最小值，“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数， \mathbf{R}_h^S 为所述信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵， Σ 表示求和运算； $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数， $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量， $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置，s. t.为约束条件， L_1 为空域上信道多径数目， L_{max}^S 为 L_1 的最大取值， L_1 、 L_{max}^S 均为大于0的整数， $0 \leq l_1 < L_1$ ，且 l_1 为整数。

27. 根据权利要求21所述的装置，其特征在于，所述叠加系数包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数，所述码本向量包括用于指示时延的第三信息，所述第三叠加系数和所述第三信息用于确定第一频域协方差矩阵；

所述预设的优化模型包括：所述第一频域协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足第三优化模型。

28. 根据权利要求27所述的装置，其特征在于，所述预设的第三优化模型包括：

$$\min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F ;$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases} ;$$

其中， \min 表示取最小值，“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数， \mathbf{R}_h^F 为所述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵， Σ 表示求和运算； $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数， $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量， $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置，s. t.为约束条件， L_2 为频域上信道多径的数目， L_{max}^F 为 L_2 的最大取值， L_2 、 L_{max}^F 均为大于0的整数， $0 \leq l_2 < L_2$ ，且 l_2 为整数。

29. 根据权利要求21所述的装置，其特征在于，所述叠加系数包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数，所述码本向量包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息，所述第二叠加系数和所述第二信息用于确定第一空域协方差矩阵，所述第三叠加系数和所述第三信息用于确定第一频域协方差矩阵；所述第一空域协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足的第二优化模型，所述第一频域协方差矩阵与所述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

30. 根据权利要求29所述的装置，其特征在于，所述第二优化模型包括：

$$\min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F ;$$

$$s. t. \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases};$$

其中, \min 表示取最小值, “ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为所述信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算; $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, s. t. 为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1, L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$, 且 l_1 为整数;

所述第三优化模型包括:

$$\min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F;$$

$$s. t. \begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases};$$

其中, \min 表示取最小值, “ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为所述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算; $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, s. t. 为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2, L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。

31. 一种通信装置, 其特征在于, 所述装置包括: 处理模块和收发模块;

所述收发模块, 用于接收来自第一设备的第一指示信息; 其中, 所述第一指示信息用于构建信道矩阵对应的协方差矩阵, 所述信道矩阵用于指示所述第一设备与所述第二设备之间的信道的信道状态信息;

所述处理模块, 用于根据所述第一指示信息确定所述信道矩阵对应的第一协方差矩阵。

32. 根据权利要求31所述的装置, 其特征在于, 所述第一指示信息用于指示叠加系数和码本向量;

所述处理模块, 具体用于根据所述叠加系数和所述码本向量确定所述第一协方差矩阵。

33. 根据权利要求32所述的装置, 其特征在于, 所述叠加系数包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数, 所述码本向量包括用于指示角度时延的第一信息;

所述处理模块, 具体用于根据所述第一叠加系数和所述第一信息确定第一空频联合协方差矩阵。

34. 根据权利要求32所述的装置, 其特征在于, 所述叠加系数包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数, 所述码本向量包括用于指示角度的第二信息;

所述处理模块, 具体用于根据所述第二叠加系数和所述第二信息确定第一空域协方差矩阵。

35. 根据权利要求32所述的装置, 其特征在于, 所述叠加系数包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数, 所述码本向量包括用于指示时延的第三信息;

所述处理模块, 具体用于根据所述第三叠加系数和所述第三信息确定第一频域协方差矩阵。

36. 根据权利要求32所述的装置,其特征在于,所述叠加系数包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,所述码本向量包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息;

所述处理模块,具体用于根据所述第二叠加系数和所述第二信息确定第一空域协方差矩阵;以及,

根据所述第三叠加系数和所述第三信息确定第一频域协方差矩阵。

37. 一种通信装置,其特征在于,包括:处理器,所述处理器与存储器耦合;

所述处理器,用于执行所述存储器中存储的计算机程序,以使得所述通信装置执行如权利要求1-12中任一项所述的信道状态信息的上报方法,或者,以使得所述通信装置执行如权利要求13-18中任一项所述的方法。

38. 一种通信装置,其特征在于,包括:处理器和接口电路;其中,

所述接口电路,用于接收代码指令并传输至所述处理器;

所述处理器用于运行所述代码指令以执行如权利要求1-12中任一项所述的方法,或者,以执行如权利要求13-18中任一项所述的方法。

39. 一种通信装置,其特征在于,所述通信装置包括处理器和收发器,所述收发器用于所述通信装置和其他通信装置之间进行信息交互,所述处理器执行程序指令,用以执行如权利要求1-12中任一项所述的信道状态信息的上报方法,或者,用以执行如权利要求13-18中任一项所述的信道状态信息的上报方法。

40. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质包括计算机程序或指令,当所述计算机程序或指令在计算机上运行时,使得所述计算机执行如权利要求1-12中任一项所述的信道状态信息的上报方法,或者,使得所述计算机执行如权利要求13-18中任一项所述的信道状态信息的上报方法。

41. 一种计算机程序产品,其特征在于,所述计算机程序产品包括:计算机程序或指令,当所述计算机程序或指令在计算机上运行时,使得所述计算机执行如权利要求1-12中任一项所述的信道状态信息的上报方法,或者,使得所述计算机执行如权利要求13-18中任一项所述的信道状态信息的上报方法。

信道状态信息的上报方法及通信装置

技术领域

[0001] 本申请涉及通信领域,尤其涉及一种信道状态信息的上报方法及通信装置。

背景技术

[0002] 多输入多输出(multiple input and multiple output,MIMO)技术是长期演进(long term evolution,LTE)系统以及第五代(5th generation,5G)新空口(new radio, NR)的核心技术。在采用MIMO技术的通信系统中,若网络设备向终端设备发送数据,则需要根据下行信道的信道状态信息(channel state information,CSI)进行信号预编码,以使经过预编码的信号与信道匹配。

[0003] 在频分双工(frequency-division duplexing,FDD)的通信系统中,终端设备可以接收来自网络设备的参考信号,并根据该参考信号计算出信道矩阵对应的协方差矩阵,进而根据信道矩阵对应的协方差矩阵构建特征基底。终端设备在反馈CSI时,可以将特征基底和特征基底的系数矩阵反馈给网络设备,网络设备接收该特征基底后,可以结合特征基底和特征基底的系数矩阵恢复CSI。

[0004] 但是,上述方案中,终端设备确定特征基底,利用了信道的稀疏特性,需要对不同子带(subband)上的空域信息相关特性进行反馈,也就是说,需要上报所选择的特征基底和特征基底的全带宽的叠加系数,空口开销大。如何更高效地反馈CSI,是MIMO技术应用中亟需解决的问题。

发明内容

[0005] 本申请实施例提供一种信道状态信息的上报方法及通信装置,能够降低开销。

[0006] 为达到上述目的,本申请采用如下技术方案:

[0007] 第一方面,提供一种信道状态信息的上报方法。该信道状态信息的上报方法包括:第一设备接收来自第二设备的参考信号。第一设备根据参考信号确定第一指示信息,并向第二设备发送第一指示信息。其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵,信道矩阵用于指示第一设备与第二设备之间的信道的信道状态信息。

[0008] 基于第一方面所提供的信道状态信息的上报方法,通过第一设备将用于构建信道矩阵对应的协方差矩阵的第一指示信息发送给第二设备,可以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量信息,从而可以降低反馈开销,提高CSI的反馈效率。例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的协方差矩阵确定特征基底。

[0009] 示例性地,信道矩阵的维度可以为 $M \times N$ 维。第一设备根据参考信号确定第一指示信息,可以包括:第一设备根据参考信号确定信道矩阵,并根据信道矩阵确定信道列向量,接着,第一设备根据信道列向量确定第一指示信息。

[0010] 一种可能的设计方案中,第一指示信息可以用于指示叠加系数和码本向量,叠加系数和码本向量用于确定第一协方差矩阵。

[0011] 一种可能的设计方案中,第一协方差矩阵与信道矩阵对应的实际协方差矩阵之间满足预设的优化模型。如此,可以降低第一指示信息的数据量,从而进一步降低反馈开销。

[0012] 示例性地,预设的优化模型可以包括: $\min_{\alpha_l} \|\mathbf{R} - \sum_l \alpha_l \mathbf{w}_l \mathbf{w}_l^H\|_F$; s. t. $L \leq L_{\max}$ 。其中, min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R} 为信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l < L$,且 l 为整数。 α_l 为第 l 个叠加系数, \mathbf{w}_l 为第 l 个码本向量, \mathbf{w}_l^H 为 \mathbf{w}_l 的共轭转置,s. t.为约束条件, L 为信道多径数目, L_{\max} 为 L 的最大取值, L, L_{\max} 均为大于0的整数。如此,在第一设备通过测量参考信号确定了信道矩阵并获得了 \mathbf{R} 的情况下,可以通过上述优化模型获取相应的 α_l 和 \mathbf{w}_l ,使得第一空频联合协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间的误差尽量小。也就是说,第一指示信息可以通过预设的优化模型的求解结果确定。

[0013] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度时延的第一信息,第一叠加系数和第一信息用于确定第一空频联合协方差矩阵,预设的优化模型包括:第一空频联合协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间满足的第一优化模型。如此,通过第一设备确定用于构建第一空频联合协方差矩阵的第一指示信息,并发送给第二设备,可以避免上报可直接用于恢复信道状态信息的大量信息,如空频联合特征基底以及空频联合特征基底对应的叠加系数。例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空频联合协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一空频联合协方差矩阵确定空频联合特征基底,减少反馈的数据量,从而能够降低反馈开销,提高CSI的反馈效率。

[0014] 进一步地,第一优化模型包括: $\min_{\rho_{l_0}} \left\| \bar{\mathbf{R}}_h - \sum_{l_0} \left(\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \right) \otimes \left(\mathbf{e}^*(\tau_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tau_{l_0}) \right) \right\|_F$; s. t. $\begin{cases} \rho_{l_0} > 0 \\ L_0 \leq L_{\max}^{FS} \end{cases}$ 。其中, min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, $\bar{\mathbf{R}}_h$ 为信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l_0 < L_0$,且 l_0 为整数。 ρ_{l_0} 为第 l_0 个第一叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为第 l_0 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 的共轭转置, $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个相位变化向量, $\mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的共轭, $\mathbf{e}^T(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的转置, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个第一信息,s. t.为约束条件, L_0 为信道多径数目, L_{\max}^{FS} 为 L_0 的最大取值, L_0, L_{\max}^{FS} 均为大于0的整数。如此,在第一设备通过测量参考信号确定了信道矩阵,并获得了 $\bar{\mathbf{R}}_h$ 的情况下,可以通过上述第一优化模型获取相应的 ρ_{l_0} ,以及 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 和 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$,使得第一空频联合协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间的误差尽量小。也就是说,第一指示信息可以通过预设的第一优化模型的求解结果确定。

[0015] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第二信息。其中,第二叠加系数和第二信息用于确定第一空域协方差矩阵。预设的优化模型包括:第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足预设的第二优化模型。

[0016] 如此,通过第一设备反馈用于构建第一空域协方差矩阵的第一指示信息并发送给第二设备,可以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量信息,如空域特征基底以及空域特征基底对应的叠加系数。例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵确定空域特征基底,减少反馈的数据量,从而能够降低反馈开销,提高反馈效率。

[0017] 进一步地,第二优化模型可以包括:

$$\min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F; \text{ s.t. } \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases} \text{。其中, min 表示取最小值,}$$

“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算。 $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, s.t. 为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1 、 L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$, 且 l_1 为整数。如此,在第一设备通过测量参考信号确定了信道矩阵并获得了 \mathbf{R}_h^S 的情况下,可以通过上述第二优化模型获取相应的 \mathbf{R}_h^S 和 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$, 使得第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间的误差尽量小。也就是说,第一指示信息可以通过预设的第一优化模型的求解结果确定。

[0018] 可选地,叠加系数可以包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示时延的第三信息,第三叠加系数和第三信息用于确定第一频域协方差矩阵。预设的优化模型包括:第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

[0019] 如此,通过第一设备反馈用于构建第一频域协方差矩阵的第一指示信息并发送给第二设备,可以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量信息,如频域特征基底以及频域特征基底对应的叠加系数。例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定第一频域协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵确定频域特征基底,减少反馈的数据量,从而能够降低反馈开销,提高反馈效率。

$$[0020] \text{ 进一步地,第三优化模型可以包括: } \min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F;$$

$$\text{ s.t. } \begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases} \text{。其中, min 表示取最小值, “}\|\cdot\|_F$$

”表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算。 $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, s.t. 为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2 、 L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。如此,在第一设备通过测量参考信号确定了信道矩阵并获得了 \mathbf{R}_h^F 的情况下,可以通过上述第二优化模型使得第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间的误差尽量小。也就是说,第一指示信息可以通过预设的第三优化模型的求解结果确定。

[0021] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第二信息和用于

指示时延的第三信息,第二叠加系数和第二信息用于确定第一空域协方差矩阵,第三叠加系数和第三信息用于确定第一频域协方差矩阵。预设的优化模型包括:第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足的第二优化模型,以及第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

[0022] 如此,通过第一设备反馈用于构建第一空域协方差矩阵和第一频域协方差矩阵的第一指示信息并发送给第二设备,可以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量信息,如空域特征基底以及空域特征基底对应的叠加系数和频域特征基底以及频域特征基底对应的叠加系数。基于来自第一设备的第一指示信息确定第一空域协方差矩阵和第一频域协方差矩阵,例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵和第一频域协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵确定空域特征基底,根据信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵确定频域特征基底,减少反馈的数据量,从而能够降低反馈开销,提高反馈效率。

[0023] 进一步地,第二优化模型可以包括: $\min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F$;

s. t. $\begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases}$ 。其中, min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, s. t.为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1 、 L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$, 且 l_1 为整数。第三优化模型可以包括: $\min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F$; s. t. $\begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases}$ 。其中, min表示取

最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, s. t.为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2 、 L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。

[0024] 需要说明,第一设备向第二设备发送第一指示信息,可以包括:第一设备按照第一周期向第二设备发送第一指示信息。

[0025] 进一步地,第一方面提供的方法还可以包括:第一设备按照第二周期向第二设备发送第二指示信息。其中,第二指示信息用于指示第一反馈系数,第二周期小于第一周期。

[0026] 示例性地,第一反馈系数根据第一空频联合协方差矩阵的第一分解结果和信道矩阵确定。其中,第一分解结果由第一空频联合协方差矩阵按照第一分解规则分解得到。例如,第一分解规则可以包括:第一空频联合协方差矩阵分解的对角矩阵中元素的排列顺序,以及第一空频联合协方差矩阵分解的空频联合特征基底的第一行元素的类型,如正实数。更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一分解结果的空频联合特征基底中前P列的第一行元素量化后的第一量化向量。其中,P为正整数。如此,在第一空频联合协方差矩阵存在重根的情况下,可以唯一确定第一分解结果,从而可以使第二设备确定的空频联合特征基底与用于确定第一反馈系数的空频联合特征基底一致,从而提高信道状态信息的精度。

另外,在特征基底中特征向量按照能量从大到小排列的情况下,可以从空联合特征基底中选择能量较大的特征向量(列向量)用于恢复信道状态信息,从而兼顾上报开销和恢复的信道状态信息的精度。

[0027] 此外,空频联合特征基底可以与第一反馈系数,即短周期系数结合以使第二设备能恢复完整的信道状态信息。

[0028] 需要说明,第一设备向第二设备发送第一指示信息,包括:第一设备按照第三周期向第二设备发送第一指示信息。

[0029] 进一步地,第一方面提供的方法还可以包括:第一设备按照第四周期向第二设备发送第三指示信息。其中,第三指示信息用于指示第二反馈系数,第四周期小于第三周期。

[0030] 示例性地,第二反馈系数根据第一空域协方差矩阵的第二分解结果、第一频域协方差矩阵的第三分解结果和信道矩阵确定。其中,第二分解结果由第一空域协方差矩阵按照第二分解规则分解得到,第三分解结果由第一频域协方差矩阵按照第三分解规则分解得到。

[0031] 例如,第二分解规则可以包括:第一空域协方差矩阵的对角矩阵中元素的排列顺序,以及第一空域协方差矩阵的空域特征基底的第一行元素的类型。如此,可以减少分解结果,从而提高信道状态信息的精度。第三分解规则可以包括:第一频域协方差矩阵的对角矩阵中元素的排列顺序,以及第一频域协方差矩阵的频域特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0032] 更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第二分解结果的空域特征基底中前K列的第一行元素量化后的第二量化向量。其中,K为正整数。如此,在第一空域协方差矩阵存在重根的情况下,可以唯一确定第二分解结果,从而可以使第二设备确定的空域特征基底与用于确定第二反馈系数的空域特征基底一致,从而提高信道状态信息的精度。

[0033] 更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第三分解结果的频域特征基底中前D列的第一行元素量化后的第三量化向量。其中,D为正整数。如此,在第一频域协方差矩阵存在重根的情况下,可以唯一确定第三分解结果,从而可以使第二设备确定的频域特征基底与用于确定第二反馈系数的频域特征基底一致,从而提高信道状态信息的精度。

[0034] 此外,空域特征基底、频域特征基底以及与第二反馈系数,即短周期反馈系数结合,可以使第二设备能恢复完整的信道状态信息。

[0035] 第二方面,提供一种信道状态信息的上报方法。该信道状态信息的上报方法可以包括:第二设备接收来自第一设备的第一指示信息。其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的协方差矩阵,信道矩阵用于指示第一设备与第二设备之间的信道的信道状态信息。第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一协方差矩阵。

[0036] 基于第二方面所提供的信道状态信息的上报方法,第二设备通过接收来自于第一设备的用于构建信道矩阵对应的协方差矩阵的第一指示信息,以确定第一协方差矩阵,可以避免传输直接用于恢复信道状态信息的大量信息,从而可以降低反馈开销,提高CSI的反馈效率。

[0037] 一种可能的设计方案中,第一指示信息可以包括叠加系数和码本向量。第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一协方差矩阵,可以包括:第二设备根据叠加系数和码本向量确定第一协方差矩阵。

[0038] 可选地,叠加系数包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数,码本向量包括用于指示角度时延的第一信息。第二设备根据叠加系数和码本向量确定信道矩阵对应的第一协方差矩阵,包括:第二设备根据第一叠加系数和第一信息确定第一空频联合协方差矩阵。

[0039] 需要说明,第二设备接收来自第一设备的第一指示信息,可以包括:第二设备按照第一周期接收来自第一设备的第一指示信息。

[0040] 进一步地,第二方面提供的方法还可以包括:第二设备按照第二周期接收来自第一设备的第二指示信息。其中,第二指示信息用于指示第一反馈系数,第二周期小于第一周期。

[0041] 示例性地,第一反馈系数是根据第一空频联合协方差矩阵的第一分解结果和信道矩阵确定的。其中,第一分解结果由第一空频联合协方差矩阵按照第一分解规则分解得到。

[0042] 更进一步地,第二方面提供的方法还可以包括:第二设备根据第一分解规则,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底。其中,有效空频联合特征基底包括空频联合特征基底的前P列,P为正整数。第二设备根据有效空频联合特征基底和第一反馈系数确定信道矩阵。如此,在空频联合特征基底中特征向量按照能量从大到小排列的情况下,可以使第一设备从空联合特征基底中选择能量较大的特征向量(列向量)用于恢复信道状态信息,从而兼顾上报开销和恢复的信道状态信息的精度。

[0043] 第一分解规则可以包括:第一空频联合协方差矩阵分解的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一空频联合协方差矩阵分解的空频联合特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0044] 再进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一空频联合协方差矩阵分解后的空频联合特征基底中,前P列的第一行元素量化后的第一量化向量。其中,P为正整数。如此,在第一空频联合协方差矩阵存在重根的情况下,第二设备可以唯一确定第一分解结果,从而使第二设备确定的空频联合特征基底与用于确定第一反馈系数的空频联合特征基底一致,从而提高信道状态信息的精度。

[0045] 此外,第二设备可以将有效空频联合特征基底与第一反馈系数,即短周期系数结合以恢复完整的信道状态信息。

[0046] 在此情况下,第二设备根据第一分解规则,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底,可以包括:第二设备根据第一分解规则和第一量化向量,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底。

[0047] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第二信息。第二设备根据叠加系数和码本向量确定第一协方差矩阵,可以包括:第二设备根据第二叠加系数和第二信息确定第一空域协方差矩阵。

[0048] 可选地,叠加系数可以包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示时延的第三信息。第二设备根据叠加系数和码本向量确定第一协方差矩阵,可以包括:第二设备根据第三叠加系数和第三信息确定第一频域协方差矩阵。

[0049] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息。第二设备根据叠加系数和码本向量确定第一协方差矩阵,包括:第二

设备根据第二叠加系数和第二信息确定第一空域协方差矩阵。第二设备根据第三叠加系数和第三信息确定第一频域协方差矩阵。

[0050] 需要说明,第二设备接收来自第一设备的第一指示信息,可以包括:第二设备按照第三周期接收来自第一设备的第一指示信息。

[0051] 进一步地,第二方面提供的方法还可以包括:第二设备按照第四周期接收来自第一设备的第三指示信息。其中,第三指示信息用于指示第二反馈系数,第四周期小于第三周期。

[0052] 示例性地,第二反馈系数是根据第一空域协方差矩阵的第二分解结果、第一频域协方差矩阵的第三分解结果和信道矩阵确定的。其中,第二分解结果由第一空域协方差矩阵按照第二分解规则分解得到,第三分解结果由第一频域协方差矩阵按照第三分解规则分解得到。例如,第二分解规则可以包括:第一空域协方差矩阵的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一空域协方差矩阵的特征基底的第一行元素的类型。第三分解规则可以包括:第一频域协方差矩阵的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一频域协方差矩阵的频域特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0053] 更进一步地,第二方面提供的方法还可以包括:第二设备根据第二分解规则,确定有效空域特征基底。第二设备根据第三分解规则,确定有效频域特征基底。第二设备根据有效空域特征基底、有效频域特征基底和第二反馈系数确定信道状态信息。

[0054] 再进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一空域协方差矩阵分解后的空域特征基底中前K列的第一行元素量化后的第二量化向量。

[0055] 示例性地,第二设备根据第二分解规则,确定有效空域特征基底,包括:第二设备根据第二分解规则和第二量化向量,确定有效空域特征基底。其中,有效空域特征基底包括第一空域协方差矩阵的空域特征基底的前K列。如此,在第一空域协方差矩阵存在重根的情况下,第二设备可以唯一确定第二分解结果,使第二设备确定的空域特征基底与用于确定第二反馈系数的空域特征基底一致,从而提高信道状态信息的精度。

[0056] 再进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一频域空域协方差矩阵分解后的频域特征基底中前D列的第一行元素量化后的第三量化向量。

[0057] 在此情况下,第二方面提供的方法还可以包括:第二设备根据第三分解规则和第三量化向量,确定有效频域特征基底。其中,有效频域特征基底包括第一频域协方差矩阵的频域特征基底的前D列。如此,在第一频域协方差矩阵存在重根的情况下,可以唯一确定第三分解结果,从而可以使第二设备确定的频域特征基底与用于确定第二反馈系数的频域特征基底一致,从而提高信道状态信息的精度。

[0058] 此外,第二设备可以将空域特征基底、频域特征基底与第二反馈系数,即短周期反馈系数结合,从而恢复完整的信道状态信息。

[0059] 第三方面,提供一种通信装置。该通信装置包括:处理模块和收发模块。其中,收发模块,用于接收来自第二设备的参考信号。处理模块,用于根据参考信号确定第一指示信息。其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵,信道矩阵用于指示通信装置与第二设备之间的信道的信道状态信息。收发模块,用于向第二设备发送第一指示信息。

[0060] 一种可能的设计方案中,第一指示信息可以包括叠加系数和码本向量,叠加系数

和码本向量用于确定第一协方差矩阵。

[0061] 一种可能的设计中,第一协方差矩阵与信道矩阵对应的实际协方差矩阵之间满足预设的优化模型。

[0062] 可选地,预设的优化模型可以包括: $\min_{\alpha_l} \|R - \sum_l \alpha_l \mathbf{w}_l \mathbf{w}_l^H\|_F; s.t. L \leq L_{\max}$ 。其中, \min 表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, R 为信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l < L$,且 l 为整数。 α_l 为第 l 个叠加系数, \mathbf{w}_l 为第 l 个码本向量, \mathbf{w}_l^H 为 \mathbf{w}_l 的共轭转置, $s.t.$ 为约束条件, L 为信道多径数目, L_{\max} 为 L 的最大取值, L, L_{\max} 均为大于0的整数。

[0063] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第一信息,第一叠加系数和第一信息用于确定第一空频联合协方差矩阵,预设的优化模型包括:第一空频联合协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间满足的第一优化模型。

[0064] 进一步地,第一优化模型可以包括: $\min_{\rho_{l_0}} \|\bar{\mathbf{R}}_h -$

$\sum_{l_0} \rho_{l_0} (\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})) \otimes (\mathbf{e}^*(\tau_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tau_{l_0}))\|_F; s.t. \begin{cases} \rho_{l_0} > 0 \\ L_0 \leq L_{\max}^{FS} \end{cases}$ 。其中, \min 表示取

最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, $\bar{\mathbf{R}}_h$ 为信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l_0 < L_0$,且 l_0 为整数。 ρ_{l_0} 为第 l_0 个第一叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为第 l_0 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 的共轭转置, $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个相位变化向量, $\mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的共轭, $\mathbf{e}^T(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的转置, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个第一信息, $s.t.$ 为约束条件, L_0 为信道多径数目, L_{\max}^{FS} 为 L_0 的最大取值, L_0, L_{\max}^{FS} 均为大于0的整数。

[0065] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数,码本向量包括用于指示角度的第二信息。其中,第二叠加系数和第二信息用于确定第一空域协方差矩阵。预设的优化模型包括:第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足的第二优化模型。

[0066] 进一步地,第二优化模型可以包括: $\min_{\rho_{l_1}^S} \|\mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S (\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}))\|_F;$

$s.t. \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{\max}^S \end{cases}$ 。其中, \min 表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为信道矩阵对应的实际

空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算。 $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, $s.t.$ 为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{\max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1, L_{\max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$,且 l_1 为整数。

[0067] 可选地,叠加系数可以包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示时延的第三信息,第三叠加系数和第三信息用于确定第一频域协方差矩阵。预设的优化模型包括:第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

[0068] 进一步地,第三优化模型可以包括: $\min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F$;

s. t. $\begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases}$ 。其中,min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为信道矩阵对应的实际

频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算。 $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, s. t.为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2 、 L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。

[0069] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息,第二叠加系数和第二信息用于确定第一空域协方差矩阵,第三叠加系数和第三信息用于确定第一频域协方差矩阵。预设的优化模型包括:第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足预设的第二优化模型,以及第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

[0070] 进一步地,第二优化模型可以包括: $\min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F$;

s. t. $\begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases}$ 。其中,min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为信道矩阵对应的实际

空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算。 $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, s. t.为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1 、 L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$, 且 l_1 为整数。第三

优化模型可以包括: $\min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F$; s. t. $\begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases}$ 。其中,min表示

取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算。 $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, s. t.为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2 、 L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。

[0071] 需要说明,收发模块,具体用于按照第一周期向第二设备发送第一指示信息。

[0072] 进一步地,收发模块,还可以用于按照第二周期向第二设备发送第二指示信息。其中,第二指示信息用于指示第一反馈系数,第二周期小于第一周期。

[0073] 示例性地,第一反馈系数根据第一空频联合协方差矩阵的第一分解结果和信道矩阵确定。其中,第一分解结果由第一空频联合协方差矩阵按照第一分解规则分解得到。

[0074] 例如,第一分解规则可以包括:第一空频联合协方差矩阵分解的对角矩阵中元素的排列顺序,以及第一空频联合协方差矩阵分解的空频联合特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0075] 更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一分解结果的空频联合特征基底中前P列的第一行元素量化后的第一量化向量。其中,P为正整数。

- [0076] 需要说明,收发模块,具体用于按照第三周期向第二设备发送第一指示信息。
- [0077] 进一步地,收发模块,还可以用于按照第四周期向第二设备发送第三指示信息。其中,第三指示信息用于指示第二反馈系数,第四周期小于第三周期。
- [0078] 示例性地,第二反馈系数根据第一空域协方差矩阵的第二分解结果、第一频域协方差矩阵的第三分解结果和信道矩阵确定。其中,第二分解结果由第一空域协方差矩阵按照第二分解规则分解得到,第三分解结果由第一频域协方差矩阵按照第三分解规则分解得到。
- [0079] 例如,第二分解规则可以包括:第一空域协方差矩阵的对角矩阵中元素的排列顺序,以及第一空域协方差矩阵的空域特征基底的第一行元素的类型,如正实数。
- [0080] 更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第二分解结果的空域特征基底中前K列的第一行元素量化后的第二量化向量。其中,K为正整数。
- [0081] 例如,第三分解规则可以包括:第一频域协方差矩阵的对角矩阵中元素的排列顺序,以及第一频域协方差矩阵的频域特征基底的第一行元素的类型。
- [0082] 更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第三分解结果的频域特征基底中前D列的第一行元素量化后的第三量化向量。其中,D为正整数。
- [0083] 可选地,收发模块可以包括接收模块和发送模块。其中,收发模块用于实现第三方面所述的通信装置的发送功能和接收功能。
- [0084] 可选地,第三方面所述的通信装置还可以包括存储模块,该存储模块存储有程序或指令。当处理模块执行该程序或指令时,使得该通信装置可以执行第一方面所述的信道状态信息的上报方法。
- [0085] 需要说明的是,第三方面所述的通信装置可以是第一设备或第二设备,也可以是可设置于第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,还可以是包含第一设备或第二设备的装置,本申请对此不做限定。
- [0086] 此外,第三方面所述的通信装置的技术效果可以参考第一方面所述的信道状态信息的上报方法的技术效果,此处不再赘述。
- [0087] 第四方面,提供一种通信装置。该通信装置包括:处理模块和收发模块。收发模块,用于接收来自第一设备的第一指示信息。其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的协方差矩阵,信道矩阵用于指示第一设备与第二设备之间的信道的信道状态信息。处理模块,用于根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一协方差矩阵。
- [0088] 一种可能的设计方案中,第一指示信息可以包括叠加系数和码本向量。处理模块,具体用于根据叠加系数和码本向量确定第一协方差矩阵。
- [0089] 可选地,叠加系数包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数,码本向量包括用于指示角度的第一信息。处理模块,具体用于根据第一叠加系数和第一信息确定第一空频联合协方差矩阵。
- [0090] 需要说明,收发模块,具体用于按照第一周期接收来自第一设备的第一指示信息。
- [0091] 进一步地,收发模块,还可以用于按照第二周期接收来自第一设备的第二指示信息。其中,第二指示信息用于指示第一反馈系数,第二周期小于第一周期。
- [0092] 示例性地,第一反馈系数是根据第一空频联合协方差矩阵的第一分解结果和信道矩阵确定的。其中,第一分解结果由第一空频联合协方差矩阵按照第一分解规则分解得到。

[0093] 更进一步地,处理模块,还可以用于根据第一分解规则,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底。其中,有效空频联合特征基底包括空频联合特征基底的前P列,P为正整数。以及,根据有效空频联合特征基底和第一反馈系数确定信道矩阵。

[0094] 示例性地,第一分解规则可以包括:第一空频联合协方差矩阵分解的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一空频联合协方差矩阵分解的空频联合特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0095] 再进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一空频联合协方差矩阵分解后的空频联合特征基底中,前P列的第一行元素量化后的第一量化向量。其中,P为正整数。

[0096] 在此情况下,处理模块,具体用于根据第一分解规则和第一量化向量,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底。

[0097] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量包括用于指示角度的第二信息。处理模块,具体用于根据第二叠加系数和第二信息确定第一空域协方差矩阵。

[0098] 可选地,叠加系数可以包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量包括用于指示时延的第三信息。处理模块,具体用于根据第三叠加系数和第三信息确定第一频域协方差矩阵。

[0099] 可选地,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第三叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息。处理模块,具体用于根据第二叠加系数和第三信息确定第一空域协方差矩阵。以及,根据第三叠加系数和第三信息确定第一频域协方差矩阵。

[0100] 需要说明,收发模块,具体用于按照第一周期接收来自第一设备的第一指示信息。

[0101] 进一步地,收发模块,还可以用于按照第四周期接收来自第一设备的第三指示信息。其中,第三指示信息用于指示第二反馈系数,第四周期小于第三周期。

[0102] 示例性地,第二反馈系数是根据第一空域协方差矩阵的第二分解结果、第一频域协方差矩阵的第三分解结果和信道矩阵确定的。其中,第二分解结果由第一空域协方差矩阵按照第二分解规则分解得到,第三分解结果由第一频域协方差矩阵按照第三分解规则分解得到。例如,第二分解规则可以包括:第一空域协方差矩阵的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一空域协方差矩阵的空域特征基底的第一行元素的类型。第三分解规则可以包括:第一频域协方差矩阵的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一频域协方差矩阵的频域特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0103] 更进一步地,处理模块,还可以用于根据第二分解规则,确定有效空域特征基底。根据第三分解规则,确定有效频域特征基底。以及,根据有效空域特征基底、有效频域特征基底和第二反馈系数确定信道状态信息。

[0104] 再进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一空域协方差矩阵分解后的空域特征基底中前K列的第一行元素量化后的第二量化向量。

[0105] 示例性地,处理模块,具体用于根据第二分解规则和第三量化向量,确定有效空域特征基底。其中,有效空域特征基底包括第一空域协方差矩阵的空域特征基底的前K列。再进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一频域空域协方差矩阵分解后的频域特征基底中前D列的第一行元素量化后的第三量化向量。

[0106] 在此情况下,处理模块,具体用于根据第三分解规则和第三量化向量,确定有效频域特征基底。其中,有效频域特征基底包括第一频域协方差矩阵的频域特征基底的前D列。

[0107] 可选地,收发模块可以包括接收模块和发送模块。其中,收发模块用于实现第四方面所述的通信装置的发送功能和接收功能。

[0108] 可选地,第四方面所述的通信装置还可以包括存储模块,该存储模块存储有程序或指令。当处理模块执行该程序或指令时,使得该通信装置可以执行第一方面所述的信道状态信息的上报方法。

[0109] 需要说明的是,第四方面所述的通信装置可以是第一设备或第二设备,也可以是可设置于第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,还可以是包含第一设备或第二设备的装置,本申请对此不做限定。

[0110] 此外,第四方面所述的通信装置的技术效果可以参考第一方面所述的信道状态信息的上报方法的技术效果,此处不再赘述。

[0111] 第五方面,提供一种通信装置。该通信装置用于执行第一方面至第二方面中任意一种实现方式所述的信道状态信息的上报方法。

[0112] 在本申请中,第五方面所述的通信装置可以是第一设备或第二设备,也可以是可设置于第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,还可以是包含第一设备或第二设备的装置,本申请对此不做限定。

[0113] 应理解,第五方面所述的通信装置包括实现上述第一方面至第二方面中任一方面所述的信道状态信息的上报方法相应的模块、单元、或手段(means),该模块、单元、或手段可以通过硬件实现,软件实现,或者通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个用于执行上述信道状态信息的上报方法所涉及的功能的模块或单元。

[0114] 第六方面,提供一种通信装置。该通信装置包括:处理器,该处理器用于执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的信道状态信息的上报方法。

[0115] 在一种可能的设计方案中,第六方面所述的通信装置还可以包括收发器。该收发器可以为收发电路或接口电路。该收发器可以用于第六方面所述的通信装置与其他通信装置通信。

[0116] 在一种可能的设计方案中,第六方面所述的通信装置还可以包括存储器。该存储器可以与处理器集成在一起,也可以分开设置。该存储器可以用于存储第一方面至第二方面中任一方面所述的信道状态信息的上报方法所涉及的计算机程序和/或数据。

[0117] 在本申请中,第六方面所述的通信装置可以是第一设备或第二设备,也可以是可设置于第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,还可以是包含第一设备或第二设备的装置,本申请对此不做限定。

[0118] 第七方面,提供一种通信装置。该通信装置包括:处理器,该处理器与存储器耦合,该处理器用于执行存储器中存储的计算机程序,以使得该通信装置执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的信道状态信息的上报方法。

[0119] 在一种可能的设计方案中,第七方面所述的通信装置还可以包括收发器。该收发器可以为收发电路或接口电路。该收发器可以用于第七方面所述的通信装置与其他通信装置通信。

[0120] 在本申请中,第七方面所述的通信装置可以是第一设备或第二设备,也可以是可

设置于第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,还可以是包含第一设备或第二设备的装置,本申请对此不做限定。

[0121] 第八方面,提供了一种通信装置,包括:处理器和存储器。该存储器用于存储计算机程序,当该处理器执行该计算机程序时,以使该通信装置执行第一方面至第二方面中的任意一种实现方式所述的信道状态信息的上报方法。

[0122] 在一种可能的设计方案中,第八方面所述的通信装置还可以包括收发器。该收发器可以为收发电路或接口电路。该收发器可以用于第八方面所述的通信装置与其他通信装置通信。

[0123] 在本申请中,第八方面所述的通信装置可以为第一方面所述的第一设备或第二方面所述的第二设备,或者可设置于该第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,或者包含该第一设备或第二设备的装置。

[0124] 第九方面,提供了一种通信装置,包括:处理器。该处理器用于与存储器耦合,并读取存储器中的计算机程序之后,根据该计算机程序执行如第一方面至第二方面中的任意一种实现方式所述的信道状态信息的上报方法。

[0125] 在一种可能的设计方案中,第九方面所述的通信装置还可以包括收发器。该收发器可以为收发电路或接口电路。该收发器可以用于第十一方面所述的通信装置与其他通信装置通信。

[0126] 在本申请中,第九方面所述的通信装置可以是第一设备或第二设备,也可以是可设置于第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,还可以是包含第一设备或第二设备的装置,本申请对此不做限定。

[0127] 此外,上述第五方面至第九方面所述的通信装置的技术效果,可以参考上述第一方面至第二方面所述的信道状态信息的上报方法的技术效果,此处不再赘述。

[0128] 第十方面,提供一种处理器。其中,处理器用于执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的信道状态信息的上报方法。

[0129] 第十一方面,提供一种通信系统。该通信系统包括一个或多个第一设备,以及一个或多个第二设备。

[0130] 第十二方面,提供一种计算机可读存储介质,包括:计算机程序或指令。当该计算机程序或指令在计算机上运行时,使得该计算机执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的信道状态信息的上报方法。

[0131] 第十三方面,提供一种计算机程序产品,包括计算机程序或指令,当该计算机程序或指令在计算机上运行时,使得该计算机执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的信道状态信息的上报方法。

附图说明

[0132] 图1为本申请实施例提供的通信系统的架构示意图;

[0133] 图2为本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法的一种流程示意图;

[0134] 图3为本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法的另一种流程示意图;

[0135] 图4为本申请实施例提供的多径角度的示意图;

[0136] 图5为本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法的又一种流程示意图;

- [0137] 图6为本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法的又一种流程示意图；
- [0138] 图7为本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法的又一种流程示意图；
- [0139] 图8为本申请实施例提供的通信装置的结构示意图一；
- [0140] 图9为本申请实施例提供的通信装置的结构示意图二。

具体实施方式

[0141] 为便于理解本申请实施例，下面对本申请实施例中涉及到的术语做简单介绍。

[0142] 1、导向矢量：导向矢量是阵列天线的所有阵元对具有单位能量窄带信源的响应。

[0143] 2、相位变化向量：表征相位变化的一组系数构成的向量。

[0144] 3、角度时延功率谱：信道在角度时延域上的功率分布函数。

[0145] 4、角度功率谱：信道在角度域上的功率分布函数。

[0146] 5、时延功率谱：信道在时延域上的功率分布函数。

[0147] 6、码本向量：码本中某一系列元素构成的向量。

[0148] 下面将结合附图，对本申请中的技术方案进行描述。

[0149] 本申请实施例的技术方案可以应用于各种通信系统，例如无线保真(wireless fidelity,WiFi)系统，车到任意物体(vehicle to everything,V2X)通信系统、设备间(device-to-device,D2D)通信系统、车联网通信系统、第4代(4th generation,4G)移动通信系统，如长期演进(long term evolution,LTE)系统、全球互联微波接入(worldwide interoperability for microwave access,WiMAX)通信系统、第五代(5th generation,5G)移动通信系统，如新空口(new radio,NR)系统，以及未来的通信系统，如第六代(6th generation,6G)移动通信系统等。

[0150] 本申请将围绕可包括多个设备、组件、模块等的系统来呈现各个方面、实施例或特征。应当理解和明白的是，各个系统可以包括另外的设备、组件、模块等，并且/或者可以并不包括结合附图讨论的所有设备、组件、模块等。此外，还可以使用这些方案的组合。

[0151] 另外，在本申请实施例中，“示例地”、“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请中被描述为“示例”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用示例的一词旨在以具体方式呈现概念。

[0152] 本申请实施例中，“信息(information)”、“信号(signal)”、“消息(message)”、“信道(channel)”、“信令(singaling)”有时可以混用，应当指出的是，在不强调其区别时，其所要表达的含义是一致的。“的(of)”、“相应的(corresponding,relevant)”和“对应的(corresponding)”有时可以混用，应当指出的是，在不强调其区别时，其所要表达的含义是一致的。

[0153] 本申请实施例中，有时候下标如 W_1 可能会笔误为非下标的形式如 $W1$ ，在不强调其区别时，其所要表达的含义是一致的。

[0154] 多输入多输出(multiple input and multiple output,MIMO)技术是长期演进(long term evolution,LTE)系统以及第五代(5th generation,5G)新空口(new radio,NR)的核心技术。在采用MIMO技术的通信系统中，若发送设备(如网络设备)向接收设备(如终端设备)发送数据，则需要根据下行信道状态信息(channel state information,CSI)进行信号预编码，以使经过预编码的信号与信道匹配。

[0155] 现有相关技术中,终端设备接收来自网络设备的参考信号,并根据该参考信号确定信道矩阵对应的协方差矩阵,进而根据信道矩阵对应的协方差矩阵确定信道矩阵对应的特征基底和特征基底对应的叠加系数。终端设备向网络设备反馈信道矩阵对应的特征基底和特征基底对应的叠加系数。网络设备接收该特征基底和特征基底对应的叠加系数后,可以恢复信道状态信息。

[0156] 上述方案利用了信道在空域(即角度域)和频域(即时延域)的稀疏特性,需要对不同子带(subband)上的空域信息相关特性进行反馈,因此需要上报特征基底和全带宽(full bandwidth)(包括所有子带)的叠加系数。其中,终端设备可以按照如下方式上报叠加系数:终端设备可以将叠加系数分成多个部分,其中,部分叠加系数按照长周期上报给网络设备,部分叠加系数按照短周期上报给网络设备。其中,按照长周期上报的叠加系数的数量,与特征基底中特征向量的数量以及特征基底中的每个特征向量对应的叠加系数的数量相关。

[0157] 以终端设备按照长周期分别上报空域和频域的叠加系数为例,在信道对应的叠加系数矩阵为 C ,且 $C=C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$ 的情况下,终端设备可以将 C_1 、 C_3 按照长周期上报给网络设备,将 C_2 按照短周期上报给网络设备,以用于恢复完整的信道状态信息。其中, C_1 为空域特征基底中每个特征向量对应的叠加系数所构成的系数矩阵, C_1 中元素数量为:空域特征基底中特征向量的数量与空域特征基底中每个特征向量对应的叠加系数的数量之积。 C_3 为频域特征基底中每个特征向量对应的叠加系数所构成的系数矩阵, C_3 中元素数量为:频域特征基底中特征向量的数量与频域特征基底中每个特征向量对应的叠加系数的数量之积。 C_2 为空域特征基底中每个特征向量和频域特征基底中每个特征向量构成的一组空频向量对应的叠加系数所构成的系数矩阵,或者空域特征基底中每个特征向量和频域特征基底中每个特征向量对应的叠加系数所构成的系数矩阵。终端设备按照长周期上报的叠加系数的总量为 C_1 和 C_3 的总量。由此可见,终端设备以长周期反馈的叠加系数的开销大,反馈效率低。

[0158] 应理解,长周期的时长大于短周期的时长,例如长周期的时长为短周期的时长的多个整数倍。需要说明的是,短周期上报是基于一次参考信号测量的上报,长周期上报是基于多次参考信号测量的上报,具体基于几次本申请在此不具体限定。此外,还要说明的是,参考信号可以是网络设备发送的信道状态信息-参考信号(channel state information-reference signal,CSI-RS)、同步信号和物理广播信道块(synchronization signal and physical broadcast channel block,简称SSB)、解调参考信号(demodulation reference signal,DMRS)等,本申请在此不具体限定。

[0159] 为了解决终端设备长周期反馈的空口开销大的问题,本申请实施例提供了一种信道状态信息的上报方法,该信道状态信息的上报方法中,第一设备可以根据信道矩阵确定第一指示信息,并发送给第二设备。其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵。如此,上报用于构建信道矩阵对应的协方差矩阵的第一指示信息,以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量信息,从而可以降低反馈开销,提高CSI的反馈效率。此外,第二设备可以根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一协方差矩阵确定特征基底以及特征基底对应的叠加系数,进一步地,特征基底以及特征基底对应的叠加系数可以与短周期系数结合以恢复完整的信道状态信息。

[0160] 本申请实施例描述的网络架构以及业务场景是为了更加清楚的说明本申请实施例的技术方案,并不构成对于本申请实施例提供的技术方案的限定,本领域普通技术人员

可知,随着网络架构的演变和新业务场景的出现,本申请实施例提供的技术方案对于类似的技术问题,同样适用。

[0161] 为便于理解本申请实施例,首先以图1中示出的通信系统为例详细说明适用于本申请实施例的通信系统。示例性地,图1为本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法所适用的一种通信系统的架构示意图。

[0162] 如图1所示,该通信系统包括第一设备(101a、101b)和第二设备102。第二设备102与第一设备101a之间、第二设备102与第一设备101b之间可以通信。

[0163] 其中,第二设备102为发送数据的设备,第一设备(101a、101b)为接收数据的设备。第二设备102可以是网络设备或终端设备,第一设备(101a、101b)可以是网络设备或终端设备。

[0164] 示例性地,第一设备(101a、101b)为网络设备,第二设备102为网络设备。或者,第一设备(101a、101b)为终端设备,第二设备102为网络设备。或者,第一设备(101a、101b)为终端设备,第二设备102为终端设备。

[0165] 可理解,本申请中,第一设备可以为更多个。

[0166] 其中,上述网络设备为位于上述通信系统的网络侧,且具有无线收发功能的设备或可设置于该设备的芯片或芯片系统。网络设备包括但不限于:无线保真(wireless fidelity,WiFi)系统中的接入点(access point,AP),如家庭网关、路由器、服务器、交换机、网桥等,演进型节点B(evolved Node B,eNB)、无线网络控制器(radio network controller,RNC)、节点B(Node B,NB)、基站控制器(base station controller,BSC)、基站收发台(base transceiver station,BTS)、家庭基站(例如,home evolved NodeB,或home Node B,HNB)、基带单元(baseband unit,BBU),无线中继节点、无线回传节点、传输点(transmission and reception point,TRP或者transmission point,TP)等,还可以为5G,如,新空口(new radio,NR)系统中的gNB,或,传输点(TRP或TP),5G系统中的基站的一个或一组(包括多个天线面板)天线面板,或者,还可以为构成gNB或传输点的网络节点,如基带单元(BBU),或,分布式单元(distributed unit,DU)、具有基站功能的路边单元(road side unit,RSU)等。

[0167] 上述终端设备为接入上述通信系统,且具有无线收发功能的终端或可设置于该终端的芯片或芯片系统。终端设备也可以称为接入终端、用户单元、用户站、移动站、移动台、远方站、远程终端、移动设备、用户终端、终端、无线通信设备、用户代理或用户装置。本申请的实施例中的第一设备可以是手机(mobile phone)、平板电脑(Pad)、带无线收发功能的电脑、虚拟现实(virtual reality,VR)第一设备、增强现实(augmented reality,AR)第一设备、工业控制(industrial control)中的无线终端、无人驾驶(self driving)中的无线终端、远程医疗(remote medical)中的无线终端、智能电网(smart grid)中的无线终端、运输安全(transportation safety)中的无线终端、智慧城市(smart city)中的无线终端、智慧家庭(smart home)中的无线终端、车载终端、具有终端功能的RSU等。本申请的第一设备还可以是作为一个或多个部件或者单元而内置于车辆的车载模块、车载模组、车载部件、车载芯片或者车载单元,车辆通过内置的所述车载模块、车载模组、车载部件、车载芯片或者车载单元可以实施本申请提供的信道状态信息的上报方法。

[0168] 需要说明的是,本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法,可以适用于图1所

示的任意两个节点之间,如第一设备与第二设备之间,具体实现可以参考下述方法实施例,此处不再赘述。

[0169] 应当指出的是,本申请实施例中的方案还可以应用于其他通信系统中,相应的名称也可以用其他通信系统中的对应功能的名称进行替代。

[0170] 应理解,图1仅为便于理解而示例的简化示意图,该通信系统中还可以包括其他第二设备,和/或,其他第一设备,图1中未予以画出。

[0171] 本文具体提供了如下几种实施例,下面结合图2、图3以及图5至图7,以具体的方法实施例对本申请的技术方案进行详细说明。下面这几个具体的实施例可以相互结合,对于相同或相似的概念或过程可能在某些实施例不再赘述。需要说明的是,图2、图3以及图5至图7是本申请的方法实施例的示意性流程图,示出了该方法的详细的通信步骤或操作,但这些步骤或操作仅是示例,本申请实施例还可以执行其它操作或者图2、图3以及图5至图7中的各种操作的变形。此外,图2、图3以及图5至图7中的各个步骤可以分别按照与图2、图3以及图5至图7所呈现的不同的顺序来执行,并且有可能并非要执行图2、图3以及图5至图7中的全部操作。

[0172] 示例性地,图2为本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法的一种流程示意图。该信道状态信息的上报方法可以适用于图1所示的第二设备与第一设备之间的通信。

[0173] 如图2所示,该信道状态信息的上报方法包括如下步骤:

[0174] S201,第二设备发送参考信号。相应地,第一设备接收参考信号。

[0175] 示例性地,参考信号可以是CSI-RS(例如第二设备是网络设备,第一设备是终端设备)或信道探测参考信号(sounding reference signal,SRS)(例如第一设备是终端设备,第二设备是网络设备)。应理解,参考信号还可以是其他信号,如小区参考信号(cell-specific reference signal,CRS)、SSB、DMRS、跟踪参考信号(tracking reference signal,TRS)等,本申请对此不做限定。

[0176] S202,第一设备根据参考信号确定第一指示信息。

[0177] 其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵。信道矩阵用于指示第一设备与第二设备之间传输信道的CSI。信道矩阵对应的第一协方差矩阵可以包括如下一项或多项:信道矩阵对应的第一空频联合协方差矩阵、信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵、信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵。

[0178] 示例性的,信道矩阵可以由第一设备根据接收到的参考信号(如CSI-RS)确定。信道矩阵的维度可以为 $M \times N$ 维。 $M \geq 1, N \geq 1, M$ 和 N 均是整数, M 为第二设备的发送天线端口数量, N 为第二设备传输参考信号的频域单元数量。频域单元可以为子载波(subcarrier)、或资源块(resource block, RB)、或子带(subband)。

[0179] 需要说明的是,在本申请中,“用于指示”可以包括用于直接指示和用于间接指示。当描述某一指示信息用于指示A时,可以包括该指示信息直接指示A或间接指示A,而并不代表该指示信息中一定携带有A。

[0180] 将指示信息所指示的信息称为待指示信息,则具体实现过程中,对待指示信息进行指示的方式有很多种,例如但不限于,可以直接指示待指示信息,如待指示信息本身或者该待指示信息的索引等。也可以通过指示其他信息来间接指示待指示信息,其中该其他信息与待指示信息之间存在关联关系。还可以仅仅指示待指示信息的一部分,而待指示信息

的其他部分则是已知的或者提前约定的。例如,还可以借助预先约定(例如协议规定)的各个信息的排列顺序来实现对特定信息的指示,从而在一定程度上降低指示开销。同时,还可以识别各个信息的通用部分并统一指示,以降低单独指示同样的信息而带来的指示开销。例如,本领域的技术人员应当明白,预编码矩阵是由预编码向量组成的,预编码矩阵中的各个预编码向量,在组成或者其他属性方面,可能存在相同的部分。

[0181] 此外,具体的指示方式还可以是现有各种指示方式,例如但不限于,上述指示方式及其各种组合等。各种指示方式的具体细节可以参考现有技术,本文不再赘述。由上文所述可知,举例来说,当需要指示相同类型的多个信息时,可能会出现不同信息的指示方式不相同的情形。具体实现过程中,可以根据具体的需要选择所需的指示方式,本申请实施例对选择的指示方式不做限定,如此一来,本申请实施例涉及的指示方式应理解为涵盖可以使得待指示方获知待指示信息的各种方法。

[0182] 待指示信息可以作为一个整体一起发送,也可以分成多个子信息分开发送,而且这些子信息的发送周期和/或发送时机可以相同,也可以不同。具体发送方法本申请不进行限定。其中,这些子信息的发送周期和/或发送时机可以是预先定义的,例如根据协议预先定义的,也可以是发射端设备通过向接收端设备发送配置信息来配置的。其中,该配置信息可以例如但不限于包括无线资源控制信令、介质接入控制(media access control,MAC)层信令和物理层信令中的一种或者至少两种的组合。其中,无线资源控制信令例如包无线资源控制(radio resource control,RRC)信令;MAC层信令例如包括MAC控制元素(control element,CE);物理层信令例如包括下行控制信息(downlink control information,DCI)。

[0183] 第一设备根据参考信号确定第一指示信息,可以包括步骤2.1和步骤2.2。

[0184] 步骤2.1第一设备根据参考信号确定信道矩阵。

[0185] 步骤2.2,第一设备根据信道矩阵确定第一指示信息。

[0186] 第一指示信息用于指示叠加系数和码本向量,叠加系数和码本向量用于确定第一协方差矩阵。也就是说,第一协方差矩阵为根据第一指示信息构建的信道矩阵所对应的协方差矩阵。

[0187] 其中,第一协方差矩阵与信道矩阵对应的实际协方差矩阵之间可以满足预设的优化模型。

[0188] 示例性地,预设的优化模型可以包括如下公式(1)和公式(2)。换言之,预设的优化模型可以根据如下公式(1)和公式(2)确定:

$$[0189] \quad \min_{\alpha_l} \|\mathbf{R} - \sum_l \alpha_l \mathbf{w}_l \mathbf{w}_l^H\|_F; \quad (1)$$

$$[0190] \quad \text{s. t. } L \leq L_{\max}; \quad (2)$$

[0191] 其中,min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R} 为信道矩阵对应的实际协方差矩阵, Σ 表示求和运算, $0 \leq l < L$,且 l 为整数。 α_l 为第 l 个叠加系数, \mathbf{w}_l 为第 l 个码本向量, \mathbf{w}_l^H 为 \mathbf{w}_l 的共轭转置,s. t.为约束条件, L 为信道多径数目, L_{\max} 为 L 的最大取值, L, L_{\max} 均为大于0的整数。

[0192] 如此,在第一设备通过测量参考信号确定了信道矩阵并获得了 \mathbf{R} 的情况下,可以通过上述优化模型获取相应的 α_l 和 \mathbf{w}_l ,使得第一协方差矩阵与信道矩阵对应的实际协方差矩阵之间的误差尽量小。也就是说,第一指示信息可以通过预设的优化模型的求解结果确定。

[0193] 需要说明,R的维度与R的类型相关。示例性地,若R为信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵,则R为 $MN \times MN$ 的矩阵。若R为信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵,则R为 $M \times M$ 的矩阵。若R为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵,则R为 $N \times N$ 的矩阵。

[0194] 可理解,叠加系数可以是复数,码本向量可以是基底向量。基底向量可以是基底的某一行元素或某一列元素构成的向量。其中,基底可以包括如下一项或多项:空域基底、频域基底、空频联合基底、导向矢量构成的基底、相位变化向量构成的基底、或根据导向矢量和相位变化向量确定的基底。

[0195] 假设预设的优化模型的求解结果中叠加系数为叠加系数 $\tilde{\alpha}_l$ 、码本向量为 $\tilde{\mathbf{w}}_l$,则第一指示信息指示的叠加系数可以为叠加系数 $\hat{\alpha}_l$,第一指示信息指示的码本向量为 $\hat{\mathbf{w}}_l$,其中,叠加系数 $\hat{\alpha}_l$ 为叠加系数 $\tilde{\alpha}_l$ 量化得到。

[0196] 关于步骤2.2的实现原理可以参考下述方法实施例步骤3.2、步骤5.2、步骤6.2、或步骤7.2,此处不再赘述。

[0197] S203,第一设备发送第一指示信息。相应地,第二设备接收第一指示信息。

[0198] 其中,第一指示信息可以承载于物理上行链路控制信道(physical uplink control channel,PUCCH)或物理层上行共享信道(physical uplink share channel,PUSCH)中。终端设备通过物理上行资源向网络设备发送第一指示信息的具体方法可以与现有技术相同,为了简洁,这里省略对其具体过程的详细说明。

[0199] 关于S203的具体实现原理可以参考下述方法实施例中S303、S503、S603、或S703,此处不再赘述。

[0200] 基于上述图2所提供的信道状态信息的上报方法,通过第一设备将用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵的第一指示信息发送给第二设备,可以避免传输直接用于恢复信道状态信息的大量信息,从而可以降低反馈开销,提高CSI的反馈效率。例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的协方差矩阵确定特征基底以及特征基底对应的长周期系数。进一步地,第二设备可以将特征基底以及特征基底对应的长周期系数可以与短周期系数结合以恢复完整的信道状态信息。

[0201] 以下结合具体的实施例说明在不同情况下本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法。在一种可能的实施方式中,第一设备可以在空频联合域进行处理并上报与恢复信道状态信息相关的第一指示信息。在此情况下,第一设备可以向第二设备发送用于确定第一空频联合协方差矩阵的第一指示信息。如图3所示,该信道状态信息的上报方法包括:

[0202] S301,第二设备发送参考信号。相应地,第一设备接收参考信号。

[0203] 关于S301的实现原理可以参考上述S201的相关介绍,此处不再赘述。

[0204] S302,第一设备根据参考信号确定第一指示信息。

[0205] 其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一空频联合协方差矩阵。

[0206] 示例性地,第一指示信息用于指示叠加系数和码本向量,叠加系数和码本向量用于确定第一空频联合协方差矩阵。其中,第一空频联合协方差矩阵为信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵的近似矩阵。在此情况下,前述S202中描述的第一协方差矩阵对应为第一空频联合协方差矩阵。

[0207] 第一设备根据参考信号确定第一指示信息,可以包括步骤3.1和步骤3.2:

[0208] 步骤3.1,第一设备根据参考信号确定信道矩阵。

[0209] 关于步骤3.1的实现原理可以参考前述步骤2.1的相关介绍,此处不再赘述。

[0210] 步骤3.2,第一设备根据信道矩阵确定第一指示信息。

[0211] 其中,步骤3.2可以包括步骤3.2-1至步骤3.2-3。

[0212] 步骤3.2-1,第一设备根据信道矩阵确定信道列向量。

[0213] 一种示例中,示例性地,信道列向量可以满足如下公式(3)至公式(5)所示的关系:

$$[0214] \quad \mathbf{H} = \mathbf{S}\mathbf{C}\mathbf{F}^H; \quad (3)$$

$$[0215] \quad \mathbf{h} = (\mathbf{F}^* \odot \mathbf{S})\mathbf{c} \in \mathbb{C}^{MN \times 1}, \quad \mathbf{c} = \text{diag}(\mathbf{C}); \quad (4)$$

$$[0216] \quad (\mathbf{F}^* \odot \mathbf{S})(:, l_0) = [\mathbf{F}(:, l_0)]^* \otimes \mathbf{S}(:, l_0) \in \mathbb{C}^{MN \times 1}; \quad (5)$$

[0217] 其中, \mathbf{H} 为信道矩阵, $\mathbf{H} \in \mathbb{C}^{M \times N}$, \mathbb{C} 表示复数, M 为第二设备的天线端口数目, N 为频率单元个数, $\mathbb{C}^{M \times N}$ 表示维度为 $M \times N$ 的矩阵, \mathbf{S} 为空域基底, $\mathbf{S} \in \mathbb{C}^{M \times L_0}$, L_0 为信道多径数目, $\mathbb{C}^{M \times L_0}$ 表示维度为 $M \times L_0$ 的矩阵, \mathbf{C} 为对角阵, $\mathbf{C} \in \mathbb{C}^{L_0 \times L_0}$, $\mathbb{C}^{L_0 \times L_0}$ 表示维度为 $L_0 \times L_0$ 的矩阵, \mathbf{F} 为频域基底, $\mathbf{F} \in \mathbb{C}^{N \times L_0}$, $\mathbb{C}^{N \times L_0}$ 表示维度为 $N \times L_0$ 的矩阵, \mathbf{F}^H 为 \mathbf{F} 的共轭转置矩阵, \mathbf{h} 为信道列向量, \mathbf{h} 的维度为 $MN \times 1$,即 \mathbf{h} 为 MN 行1列的向量, \mathbf{F}^* 为 \mathbf{F} 的共轭矩阵, \odot 表示Khat ri-Rao积。 $\text{diag}()$ 表示构造对角矩阵, \mathbf{c} 为 \mathbf{C} 的对角元素构成的向量。 \otimes 表示克罗内克尔(kronecker)积。 $\mathbb{C}^{MN \times 1}$ 表示维度为 $MN \times 1$ 的矩阵。 $(\mathbf{F}^* \odot \mathbf{S})[:, l_0]$ 表示 $(\mathbf{F}^* \odot \mathbf{S})$ 的第 l_0 列构成的列向量, $\mathbf{F}(:, l_0)$ 表示 \mathbf{F} 的第 l_0 列构成的列向量, $[\mathbf{F}(:, l_0)]^*$ 表示 $\mathbf{F}(:, l_0)$ 的共轭, $\mathbf{S}(:, l_0)$ 表示 \mathbf{S} 的第 l_0 列构成的列向量, $0 < l_0 < L_0$, M, N 均为正整数。

[0218] 另一种示例中,信道列向量 \mathbf{h} 与信道矩阵之间可以满足如下公式(6)所示的关系:

$$[0219] \quad \mathbf{h} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}(:, 1) \\ \mathbf{H}(:, 2) \\ \vdots \\ \mathbf{H}(:, n) \\ \vdots \\ \mathbf{H}(:, N) \end{bmatrix}; \quad (6)$$

[0220] 其中, $n=1, 2, \dots, N$ 。 $\mathbf{H}(:, n)$ 表示信道矩阵的第 n 列。

[0221] 步骤3.2-2,第一设备根据信道列向量确定信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵。

[0222] 例如,对于双极化天线阵列而言,信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵为极化间平均空频联合协方差矩阵 $\bar{\mathbf{R}}_{\mathbf{h}}$ 。信道列向量与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间满足如下公式(8)所示的关系:

$$[0223] \quad \mathbf{R}_{\mathbf{h}} = \bar{\mathbf{R}}_{\mathbf{h}} = \mathbb{E} \left\{ \frac{\mathbf{h}_+ \mathbf{h}_+^H + \mathbf{h}_- \mathbf{h}_-^H}{2} \right\}; \quad (8)$$

[0224] 其中, $\bar{\mathbf{R}}_{\mathbf{h}}$ 为信道矩阵对应的极化间平均空频联合协方差矩阵, \mathbf{h}_+ 为正极化方向(也称第一极化方向)对应的信道列向量, \mathbf{h}_- 为负极化方向(也称第二极化方向)对应的信道列向量。 \mathbf{h}_+^H 为 \mathbf{h}_+ 的共轭转置, \mathbf{h}_-^H 为 \mathbf{h}_- 的共轭转置。

[0225] 步骤3.2-3,第一设备根据信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵确定第一指示信息。

[0226] 示例性地,第一空频联合协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间满足预设的第一优化模型。关于第一优化模型的实现原理可以参考下述公式(14)和公

式(15)的相关介绍,此处不再赘述。

[0227] 在此情况下,上述公式(1)中的信道矩阵对应的实际协方差矩阵R对应为实际空频联合协方差矩阵 R_h 。

[0228] 进一步地,叠加系数可以是用于指示角度时延功率谱的特征,如幅度和/或相位的第一叠加系数,第一叠加系数可以通过对角度时延功率谱采样得到,或者通过对角度时延功率谱的采样结果进行量化得到。码本向量可以是根据多径对应的导向矢量和相位变化向量确定的向量。以下以双极化天线阵列为例,进一步说明步骤3.2-3。在双极化天线面板中,正极化方向的天线对应的信道列向量满足如下公式(9)所示的关系:

$$[0229] \quad \mathbf{h}_+ = \sum_{l_0} \mathbf{c}_{l_0}^+ \mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \otimes \mathbf{e}^*(\tau_{l_0}); \quad (9)$$

[0230] 其中, $\mathbf{c}_{l_0}^+$ 为正极化方向信道对应的角度时延径上的叠加系数, θ_{l_0} 为多径中第 l_0 条径的俯仰角, ϕ_{l_0} 为多径中第 l_0 条径的水平角, $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为多径角度 $(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 对应的导向矢量, τ_{l_0} 为多径中第 l_0 条径的时延, $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 为时延 τ_{l_0} 对应的相位变化向量, $\mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的共轭。

[0231] 可理解,上述径的俯仰角可以指径与第一平面之间的夹角,第一平面为与天线面板(antenna panel)所在平面垂直的平面,上述径的水平角可以指径与第二平面之间的夹角,其中,第二平面为与天线面板所在平面以及第一平面均垂直的平面。以下结合三维坐标轴举例说明,如图4所示,x轴、y轴和z轴两两之间相互垂直,均匀面阵中天线面板所在平面与y轴、z轴所形成的平面平行,则径的俯仰角为径与x轴、z轴所在平面之间的夹角,径的水平角为径在xOy平面上的投影与x轴之间的夹角。

[0232] 负极化方向的天线对应的信道列向量满足如下公式(10)所示的关系:

$$[0233] \quad \mathbf{h}_- = \sum_{l_0} \mathbf{c}_{l_0}^- \mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \otimes \mathbf{e}^*(\tau_{l_0}); \quad (10)$$

[0234] 其中, $\mathbf{c}_{l_0}^-$ 为负极化方向信道对应的角度时延径上的叠加系数。

[0235] 若多径间随机相位相互独立,且天线阵列为双极化均匀面阵,则信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵还可以满足如下公式(11)和公式(12)所示的关系:

$$[0236] \quad \bar{\mathbf{R}}_h = \frac{1}{2} \mathbb{E}\{\mathbf{h}_+ \mathbf{h}_+^H + \mathbf{h}_- \mathbf{h}_-^H\}; \quad (11)$$

$$[0237] \quad \bar{\mathbf{R}}_h = \frac{1}{2} \sum_{l_0} (|\mathbf{c}_{l_0}^+|^2 + |\mathbf{c}_{l_0}^-|^2) \left(\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \right) \otimes \mathbf{e}^*(\tau_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tau_{l_0}) = \sum_{l_0} \rho_{l_0} \mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \otimes \left(\mathbf{e}^*(\tau_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tau_{l_0}) \right); \quad (12)$$

[0238] 其中, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 的共轭转置, $\mathbf{e}^T(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的转置。

[0239] 在此情况下,码本向量可以满足如下公式(13)所示的关系:

$$[0240] \quad \mathbf{w}_{l_0} = \mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^*(\tau_{l_0}); \quad (13)$$

[0241] 也就是说,第 l_0 个码本向量根据第 l_0 条径的多径角度对应的导向矢量和第 l_0 条径的时延对应的相位变化向量确定。此时,公式(1)中的1对应为 l_0 。

[0242] 第一优化模型可以包括如下公式(14)和公式(15)。换言之,第一优化模型可以根据如下公式(14)和公式(15)确定:

$$[0243] \quad \min_{\rho_{l_0}} \left\| \bar{\mathbf{R}}_h - \sum_{l_0} \rho_{l_0} \left(\mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \right) \otimes \left(\mathbf{e}^*(\tau_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tau_{l_0}) \right) \right\|_F; \quad (14)$$

$$[0244] \quad s.t. \begin{cases} \rho_{l_0} > 0 \\ L_0 \leq L_{max}^{FS} \end{cases}; \quad (15)$$

[0245] 其中, ρ_{l_0} 为第 l_0 个第一叠加系数 (即第 l_0 条径对应的第一叠加系数)。 $0 \leq l_0 < L_0$, 且 l_0 为整数, L_0 为信道多径数目, L_{max}^{FS} 为 L_0 的最大取值, L_0 、 L_{max}^{FS} 均为大于 0 的整数。

[0246] 如此, 在第一设备通过测量参考信号确定了信道矩阵, 并获得了 $\bar{\mathbf{R}}_h$ 的情况下, 可以通过上述第一优化模型获取相应的 ρ_{l_0} , 以及 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 和 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$, 使得第一空频联合协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间的误差尽量小。也就是说, 第一指示信息可以通过预设的第一优化模型的求解结果确定。

[0247] 在天线阵列为双极化天线阵列的情况下, 假设第一优化模型的求解结果中, 多径角度为 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$, 导向矢量为第一导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$, 时延为 $\tilde{\tau}_{l_0}$, 时延 $\tilde{\tau}_{l_0}$ 对应的相位变化向量为第一相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$, 表征 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 和 $\tilde{\tau}_{l_0}$ 对应的角度时延功率谱的特征的第一叠加系数为第一空频联合叠加系数 $\tilde{\rho}_{l_0}$ (即前述叠加系数 $\tilde{\alpha}_l$), 则第一指示信息指示的码本向量为 $\tilde{\mathbf{w}}_{l_0}$, $\tilde{\mathbf{w}}_{l_0} = \mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0}) \mathbf{e}^*(\tilde{\tau}_{l_0})$, 第一指示信息指示的叠加系数 $\tilde{\alpha}_l$ 为第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$ 。第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$ 为第一空频联合叠加系数 $\tilde{\rho}_{l_0}$ 量化后的系数, 第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$ 也可以用于表征 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 和 $\tilde{\tau}_{l_0}$ 对应的角度时延功率谱的特征。需要说明, $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 可以是未经过量化或经过量化的多径角度, $\tilde{\tau}_{l_0}$ 可以是未经过量化或经过量化的时延。

[0248] 示例性地, 第一指示信息用于指示上述第一导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 、上述第一相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$ 和上述第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$; 此时, 第一指示信息指示的码本向量对应第一导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 和第一相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$, 叠加系数 (即叠加系数 $\tilde{\alpha}_l$) 对应第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$ 。或者, 第一指示信息用于指示上述多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 、上述时延 $\tilde{\tau}_{l_0}$ 和上述第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$; 此时, 第一指示信息指示的码本向量对应多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 和时延 $\tilde{\tau}_{l_0}$, 叠加系数 (即叠加系数 $\tilde{\alpha}_l$) 对应第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$ 。

[0249] 需要说明, 上述导向矢量 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 和相位变化向量 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 根据天线形态信息确定。在此情况下, 图 3 所示的信道状态信息的上报方法还包括: 如下步骤 3.3 至步骤 3.5。

[0250] 步骤 3.3, 第二设备发送用于指示天线阵列形态的信息, 第一设备接收该信息。其中, 该信息包括: 水平阵子间距, 垂直阵子间距, 单极化水平阵子数目, 单极化垂直阵子数目。

[0251] 步骤 3.4, 第一设备根据天线阵列形态的指示信息, 确定导向矢量 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 。

[0252] 其中, 当双极化天线为如图 4 所示的均匀面阵时, 多径角度 $(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 对应的导向矢量 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 满足如下公式 (16) 至公式 (18) 所示的关系:

$$[0253] \quad \mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) = \mathbf{e}_h(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \otimes \mathbf{e}_v(\theta_{l_0}); \quad (16)$$

$$[0254] \quad \mathbf{e}_h(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) = \left[1, \dots, e^{j2\pi \frac{(M_h-1)D_h \sin(\theta_{l_0}) \sin(\phi_{l_0})}{\lambda_0}} \right]^T \in \mathbb{C}^{M_h \times 1}; \quad (17)$$

$$[0255] \quad \mathbf{e}_v(\theta_{l_0}) = \left[1, \dots, e^{j2\pi \frac{(M_v-1)D_v \cos(\theta_{l_0})}{\lambda_0}} \right]^T \in \mathbb{C}^{M_v \times 1}; \quad (18)$$

[0256] 其中, $\mathbf{e}_h(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为垂直导向矢量, $\mathbf{e}_v(\theta_{l_0})$ 为水平导向矢量。 D_h 为水平阵子间距, D_v 为垂直阵子间距, M_h 为单极化水平阵子数目, M_v 为单极化垂直阵子数目, 总的阵子数目为 $M = 2M_h M_v$ 。

[0257] 步骤3.5, 第一设备根据天线阵列形态的指示信息, 确定相位变化向量 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 。

[0258] 示例性地, 相位变化向量 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 满足如下公式 (19) 所示的关系:

$$[0259] \quad \mathbf{e}(\tau_{l_0}) = [e^{j2\pi f_0 \tau_{l_0}}, \dots, e^{j2\pi f_{N-1} \tau_{l_0}}]^T \in \mathbb{C}^{N \times 1}; \quad (19)$$

[0260] 其中, f_0 为第0个频率单元的频率, f_{N-1} 为第N-1个频率单元的频率, N为频率单元数目。

[0261] 本申请实施例中, 步骤3.1至步骤3.5的出现顺序并不具体限定。例如, 步骤3.5可以在步骤3.4之前执行; 步骤3.3至步骤3.5中的一项或多项, 也可以在步骤3.2-3之前执行。

[0262] S303, 第一设备发送第一指示信息。相应地, 第二设备接收第一指示信息。

[0263] 其中, 第一指示信息可以承载于PUCCH或PUSCH中。

[0264] 可选地, 第一设备按照第一周期发送第一指示信息, 第二设备按照第一周期接收第一指示信息。

[0265] S304, 第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空频联合协方差矩阵。

[0266] 换言之, 第一空频联合协方差矩阵为根据第一指示信息确定构建的信道矩阵所对应的空频联合协方差矩阵。

[0267] 以第一指示信息指示叠加系数 $\hat{\alpha}_{l_0}$ 和码本向量 $\tilde{\mathbf{w}}_{l_0}$ 为例, 则第一空频联合协方差矩阵可以满足如下公式 (20) 所示的关系:

$$[0268] \quad \tilde{\mathbf{R}}_h = \sum_{l_0} \hat{\alpha}_{l_0} \tilde{\mathbf{w}}_{l_0} \tilde{\mathbf{w}}_{l_0}^H; \quad (20)$$

[0269] 其中, $\tilde{\mathbf{R}}_h$ 为第一空频联合协方差矩阵, $\hat{\alpha}_{l_0}$ 为叠加系数, $\tilde{\mathbf{w}}_{l_0}$ 为码本向量, $\tilde{\mathbf{w}}_{l_0}^H$ 为 $\tilde{\mathbf{w}}_{l_0}$ 的共轭转置。

[0270] 示例性地, 在天线阵列为双极化天线阵列, 第一指示信息用于指示第一导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 、第一相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$ 和第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$, 即第一指示信息指示的码本向量对应第一导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 和第一相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$, 叠加系数对应第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$ 的情况下, 第一空频联合协方差矩阵可以满足如下公式 (21) 所示的关系:

$$[0271] \quad \tilde{\mathbf{R}}_h = \sum_{l_0} \hat{\rho}_{l_0} \left(\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0}) \mathbf{e}^H(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0}) \right) \otimes \left(\mathbf{e}^*(\tilde{\tau}_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tilde{\tau}_{l_0}) \right); \quad (21)$$

[0272] 其中, $\mathbf{e}^H(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 的共轭转置, $\mathbf{e}^*(\tilde{\tau}_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$ 的共轭, $\mathbf{e}^T(\tilde{\tau}_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$ 的转置。

[0273] 或者,在天线阵列为双极化天线阵列,第一指示信息用于指示多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 、时延 $\tilde{\tau}_{l_0}$ 和 $\hat{\rho}_{l_0}$,即第一指示信息指示的码本向量对应多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 和时延 $\tilde{\tau}_{l_0}$,叠加系数对应第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$ 的情况下,第二设备可以先根据公式(16)至公式(18)确定多径角度 $(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 对应的导向矢量 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$,以及根据公式(19)确定相位变化向量 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 。然后,再根据公式(21)确定第一空频联合协方差矩阵。

[0274] 基于上述图3所示的方法,通过第一设备确定用于构建第一空频联合协方差矩阵的第一指示信息,并发送给第二设备,可以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量信息,如空频联合特征基底对应的叠加系数。例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空频联合协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一空频联合协方差矩阵确定特征基底,减少反馈的数据量,从而能够降低反馈开销,提高CSI的反馈效率。

[0275] 需要说明的是,本申请实施例中,第一设备可以将部分叠加系数,如上述第一指示信息所指示的叠加系数按照长周期(即第一周期)上报给第二设备,将部分叠加系数,如下述的第一反馈系数按照短周期(即第二周期)上报给第二设备。第二设备则可以根据第一指示信息和第一反馈系数,确定完整的信道状态信息。

[0276] 应理解,第一周期的时长大于第二周期的时长,例如第一周期的时长为第二周期的时长的多个整数倍。需要说明的是,短周期上报是基于一次参考信号测量的上报,长周期上报是基于多次参考信号测量的上报,具体基于几次本申请在此不具体限定。

[0277] 进一步地,为了第二设备能够确定出完整的信道状态信息,可选地,图3所提供的信道状态信息的上报方法还可以包括步骤3.6:

[0278] 步骤3.6,第一设备发送第二指示信息。相应地,第二设备接收第二指示信息。

[0279] 其中,第二指示信息用于指示第一反馈系数。

[0280] 进一步地,第一反馈系数根据第一空频联合协方差矩阵的第一分解结果和信道矩阵确定。其中,第一分解结果由第一空频联合协方差矩阵按照第一分解规则分解得到。

[0281] 示例性地,第一分解规则可以包括:第一空频联合协方差矩阵分解的对角矩阵中元素的排列顺序,如从大到小的顺序或从小到大的顺序,以及第一空频联合协方差矩阵分解的空频联合特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0282] 以下以举例说明第一设备获取第一反馈系数的原理。

[0283] 假设第一指示信息指示第一导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 、第一相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$ 和第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$,即第一指示信息指示的码本向量对应第一导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 和第一相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_0})$,叠加系数对应第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$ 。或者,第一指示信息指示多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 、时延 $\tilde{\tau}_{l_0}$ 和第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$,即第一指示信息指示的码本向量对应多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_0}, \tilde{\phi}_{l_0})$ 和时延 $\tilde{\tau}_{l_0}$,叠加系数对应第二空频联合叠加系数 $\hat{\rho}_{l_0}$,第一设备确定的信道矩阵为H。在此情况下,图3所提供的信道状态信息的上报方法还可以包括:步骤3.6-1至步骤3.6-5。

[0284] 步骤3.6-1,第一设备根据第一指示信息确定第一空频联合协方差矩阵。其中,第一空频联合协方差矩阵与第一指示信息满足上述公式(20)或公式(21)所示的关系。

[0285] 步骤3.6-2,第一设备对第一空频联合协方差矩阵进行分解,如奇异值分解(singular value decomposition,SVD)分解或特征值分解(eigen value decomposition,EVD),从而得到空频联合特征基底。其中,第一空频联合协方差矩阵满足如下公式(22)所示的关系:

$$[0286] \quad \tilde{\mathbf{R}}_h = \mathbf{U}\mathbf{\Lambda}\mathbf{U}^H; \quad (22)$$

[0287] 其中,U为第一空频联合协方差矩阵的空频联合特征基底, $\mathbf{\Lambda}$ 为第一空频联合协方差矩阵进行SVD分解后的对角矩阵, \mathbf{U}^H 为U的共轭转置。

[0288] 为了兼顾上报开销和恢复的信道状态信息的精度,本申请实施例中,可以从空联合特征基底中选择能量较大的特征向量(列向量)构成有效空频联合特征基底。例如,在特征基底中特征向量按照能量从大到小排列的情况下,选择特征向量的列数可以根据特征向量的能量大小确定,优先选择列数靠前的特征向量,具体可以参考如下述步骤3.6-3所示。

[0289] 步骤3.6-3,第一设备将空频联合特征基底U的前P列构成的矩阵确定为有效空频联合特征基底 $\tilde{\mathbf{U}}$ 。

[0290] 换言之,有效空频联合特征基底包括空频联合特征基底的前P列。其中,P为正整数。

[0291] 步骤3.6-4,第一设备根据有效空频联合特征基底 $\tilde{\mathbf{U}}$ 确定空频联合短周期反馈系数,其中,空频联合短周期反馈系数为信道在空频联合域上的投影系数。其中,空频联合短周期反馈系数满足如下关系:

$$[0292] \quad \mathbf{C}_{21} = (\mathbf{I}_2 \otimes \tilde{\mathbf{U}})^H \mathbf{h}; \quad (23)$$

[0293] 其中, \mathbf{C}_{21} 为空频联合短周期反馈系数, \mathbf{I}_2 为根据阵列天线的极化数量确定的单位矩阵,在阵列天线为双极化的阵列天线的情况下, $\mathbf{I}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ 。

[0294] 步骤3.6-5,第一设备对空频联合短周期反馈系数的部分元素或所有元素进行量化,得到第一反馈系数 $\hat{\mathbf{C}}_{21}$ 。

[0295] 如此,可以降低第一反馈系数的数据量,从而进一步降低空口开销,提高反馈效率。

[0296] 更进一步地,第一指示信息还可以指示:第一分解结果的空频联合特征基底中前P列的第一行元素量化后的第一量化向量。其中,P为正整数。

[0297] 其中,第一量化向量 $\hat{\mathbf{u}}$ 由第一设备量化有效空频联合特征基底 $\tilde{\mathbf{U}}$ 的第一行得到。

[0298] 由于信道状态信息与空频联合特征基底相关,为了第二设备确定的空频联合特征基底与用于确定第一反馈系数的空频联合特征基底保持一致,从而提高信道状态信息的精度。进一步地,图3所提供的方法还可以包括:

[0299] 第二设备根据第一分解规则,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底。

[0300] 关于第二设备确定有效空频联合特征基底的原理,可以参考步骤3.6-1至步骤3.6-3,此处不再赘述。

[0301] 由于第一空频联合协方差矩阵可能存在重根,也就是说,第一空频联合协方差矩阵的分解结果不唯一,在此情况下,为了进一步确定的空频联合特征基底与用于确定第一

反馈系数的空频联合特征基底保持一致,从而提高信道状态信息的精度,更进一步地,第一指示信息还用于指示:第一空频联合协方差矩阵分解后的空频联合特征基底中,前P列的第一行元素量化后的第一量化向量。其中,P为正整数。

[0302] 如此,空频联合特征基底可以与第一反馈系数,即短周期系数结合以使第二设备能恢复完整的信道状态信息。

[0303] 在此情况下,第二设备根据第一分解规则,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底,可以包括:第二设备根据第一分解规则和第一量化向量,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底。

[0304] 第二设备根据有效空频联合特征基底和第一反馈系数确定信道状态信息,如信道矩阵对应的信道列向量。

[0305] 示例性地,在UE为单天线的情况下,第二设备确定的信道矩阵对应的信道列向量可以满足如下公式(24)所示的关系:

$$[0306] \quad \mathbf{h}' = (\mathbf{I}_2 \otimes \tilde{\mathbf{U}}) \hat{\mathbf{c}}_{21}; \quad (24)$$

[0307] 其中, \mathbf{h}' 为第二设备确定的信道列向量,或者,也可以称为第二设备确定的信道状态信息。

[0308] 在另一种可能的实施方式中,第一设备可以在空域进行处理并上报与恢复信道状态信息相关的第一指示信息。在此情况下,第一设备可以向第二设备发送用于确定第一空域协方差矩阵的第一指示信息。如图5所示,该信道状态信息的上报方法包括:

[0309] S501,第二设备发送参考信号。相应地,第一设备接收参考信号。

[0310] 关于S501的实现原理可以参考上述S201的相关介绍,此处不再赘述。

[0311] S502,第一设备根据参考信号确定第一指示信息。

[0312] 其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵。

[0313] 示例性地,第一指示信息用于指示叠加系数和码本向量。其中,叠加系数包括用于指示角度功率谱的特征,如幅度和/或相位的第二叠加系数,第二叠加系数可以通过对角度功率谱采样得到,或者通过对角度功率谱的采样结果进行量化得到。码本向量包括用于指示角度的第二信息。第二叠加系数和第二信息用于确定第一空域协方差矩阵。

[0314] 第一设备根据参考信号确定第一指示信息,可以包括步骤5.1至步骤5.2:

[0315] 步骤5.1,第一设备根据参考信号确定信道矩阵。

[0316] 关于步骤5.1的实现原理可以参考前述步骤2.1的相关介绍,此处不再赘述。

[0317] 步骤5.2,第一设备根据信道矩阵确定第一指示信息。

[0318] 示例性地,第一空域协方差矩阵为信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵的近似矩阵,两者之间满足预设的第二优化模型。

[0319] 在此情况下,上述公式(1)中的信道矩阵对应的实际协方差矩阵R对应为实际空域协方差矩阵 \mathbf{R}_h^S 。

[0320] 第二信息可以通过每个多径角度(多径中每个径的角度)对应的导向矢量,或者,多径中的每个径的多径角度来指示。也就是说,第一指示信息可以指示第二叠加系数和每个多径角度对应的导向矢量。或者,第一指示信息可以指示第二叠加系数和多径中每个径的多径角度。

[0321] 可选地,第二优化模型可以包括公式(25)和公式(26)。换言之,第二优化模型可以根据公式(25)和公式(26)确定:

$$[0322] \quad \min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F; \quad (25)$$

$$[0323] \quad s.t. \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases}; \quad (26)$$

[0324] 其中, \mathbf{R}_h^S 为信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵; $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1 、 L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$, 且 l_1 为整数。

[0325] 如此,在第一设备通过测量参考信号确定了信道矩阵并获得了 \mathbf{R}_h^S 的情况下,可以通过上述第二优化模型获取相应的 \mathbf{R}_h^S 和 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$,使得第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间的误差尽量小。也就是说,第一指示信息可以通过预设的第一优化模型的求解结果确定。

[0326] 第 l_1 个多径角度对应的导向矢量 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的实现原理可以参考上述步骤3.3和步骤3.4的相关介绍,此处不再赘述。

[0327] 需要说明,信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵可以根据信道矩阵确定。

[0328] 例如双极化天线中,信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵满足如下公式(27)所示的关系:

$$[0329] \quad \mathbf{R}_h^S = \frac{1}{2} \mathbb{E} \{ \mathbf{H}^+ (\mathbf{H}^+)^H + \mathbf{H}^- (\mathbf{H}^-)^H \}; \quad (27)$$

[0330] 其中, \mathbf{R}_h^S 为信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵, \mathbf{H}^+ 为正极化天线对应的信道矩阵, $(\mathbf{H}^+)^H$ 为 \mathbf{H}^+ 的共轭转置, \mathbf{H}^- 为负极化天线对应的信道矩阵, $(\mathbf{H}^-)^H$ 为 \mathbf{H}^- 的共轭转置。在此情况下,第一指示信息可以根据预设的第二优化模型的求解结果确定。

[0331] 假设第二优化模型的求解结果中,多径角度为 $(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$, 导向矢量为第二导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$, 用于指示 $(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 对应的角度功率谱的特征的第二叠加系数为第一空域叠加系数 $\tilde{\rho}_{l_1}^S$, 则第一指示信息指示第二导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 和第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$, 即第一指示信息指示的码本向量对应第二导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$, 叠加系数对应第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$ 。或者,第一指示信息指示多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 和第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$, 即第一指示信息指示的码本向量对应多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$, 叠加系数对应第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$ 。第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$ 为第一空域叠加系数 $\tilde{\rho}_{l_1}^S$ 量化后的系数。其中,码本向量 $\tilde{\mathbf{w}}_{l_1}$ 对应为 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$, 叠加系数 $\hat{\alpha}_{l_1}$ 对应为第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$ 。此时,公式(1)中的1对应为 l_1 。需要说明, $(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 为量化后的多径角度。

[0332] S503,第一设备发送第一指示信息。相应地,第二设备接收第一指示信息。

[0333] 其中,第一指示信息可以承载于PUCCH或PUSCH中。

[0334] S504,第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵。

[0335] 第一指示信息指示第二导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 和第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$,即第一指示信息指示的叠加系数对应第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$,码本向量对应第二导向矢量 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 。或者,第一指示信息指示多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 和第二空域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_1}^S$,即第一指示信息指示的叠加系数对应 $\hat{\rho}_{l_1}^S$,码本向量对应多径角度 $(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$,在此情况下,第一空域协方差矩阵满足如下公式(28)关系:

$$[0336] \quad \bar{\mathbf{R}}_h^S = \sum_l \hat{\rho}_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1}) \mathbf{e}^H(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1}) \right); \quad (28)$$

[0337] 其中, $\bar{\mathbf{R}}_h^S$ 为第一空域协方差矩阵, $\mathbf{e}^H(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\tilde{\theta}_{l_1}, \tilde{\phi}_{l_1})$ 的共轭转置。

[0338] 基于上述图5所示的方法,通过第一设备反馈用于构建第一空域协方差矩阵的第一指示信息并发送给第二设备,可以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量的系数,如空域特征基底对应的叠加系数。例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵确定空域特征基底,减少反馈的数据量,从而能够降低反馈开销,提高反馈效率。

[0339] 需要说明,空域特征基底可以与短周期反馈系数、频域特征基底结合,以使第二设备能恢复完整的信道状态信息。

[0340] 在又一种可能的实施方式中,第一设备可以在频域进行处理并上报与恢复信道状态信息相关的第一指示信息。在此情况下,第一设备可以向第二设备发送用于确定频域协方差矩阵的第一指示信息。如图6所示,该信道状态信息的上报方法包括:

[0341] S601,第二设备向第一设备发送参考信号。相应地,第一设备接收来自第二设备的参考信号。

[0342] 关于S601的实现原理可以参考上述S201的相关介绍,此处不再赘述。

[0343] S602,第一设备根据参考信号确定第一指示信息。

[0344] 其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵。

[0345] 示例性地,第一指示信息用于指示叠加系数和码本向量。其中,叠加系数包括用于指示时延功率谱的特征,如幅度和/或相位的第三叠加系数,第三叠加系数可以通过对时延功率谱采样得到,或者通过对时延功率谱的采样结果进行量化得到。码本向量包括用于指示时延的第三信息。其中,第三叠加系数和第三信息用于确定第一频域协方差矩阵。

[0346] 第一设备根据参考信号确定第一指示信息,可以包括步骤6.1至步骤6.2:

[0347] 步骤6.1,第一设备根据参考信号确定信道矩阵。

[0348] 关于步骤6.1的实现原理可以参考前述步骤2.1的相关介绍,此处不再赘述。

[0349] 步骤6.2,第一设备根据信道矩阵确定第一指示信息。

[0350] 示例性地,第一频域协方差矩阵为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵的近似矩阵,两者之间满足预设的第三优化模型。

[0351] 在此情况下,上述公式(1)中的信道矩阵对应的实际协方差矩阵R对应为实际空域协方差矩阵 \mathbf{R}_h^F 。

[0352] 第三信息可以通过每个径的时延对应的相位变化向量,或者,每个径的时延来指示。也就是说,第一指示信息可以指示第三叠加系数和每个径对应的相位变化向量。或者,

第一指示信息可以指示第三叠加系数和每个径的时延。

[0353] 可选地,第三优化模型可以包括公式(29)和公式(30)。换言之,第三优化模型可以根据公式(29)和公式(30)确定:

$$[0354] \quad \min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F; \quad (29)$$

$$[0355] \quad \text{s.t.} \begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases}; \quad (30)$$

[0356] 其中, \mathbf{R}_h^F 为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵; $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2, L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。

[0357] 如此,在第一设备通过测量参考信号确定了信道矩阵并获得了 \mathbf{R}_h^F 的情况下,可以通过上述第二优化模型使得第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间的误差尽量小。也就是说,第一指示信息可以通过预设的第三优化模型的求解结果确定。

[0358] 可理解,第 l_2 个相位变化向量 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的实现原理可以参考上述图3所示步骤3.3和步骤3.5中的相关介绍,此处不再赘述。

[0359] 此外,上述信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵可以根据信道矩阵确定。

[0360] 例如,在双极化天线中,信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵满足如下公式(31)所示的关系:

$$[0361] \quad \mathbf{R}_h^F = \mathbb{E}\{\mathbf{H}^H \mathbf{H}\}; \quad (31)$$

[0362] 其中, \mathbf{R}_h^F 为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, \mathbf{H} 为信道矩阵。

[0363] 假设第三优化模型的求解结果中,时延为 $\tilde{\tau}_{l_2}$, 时延 $\tilde{\tau}_{l_2}$ 对应的相位变化向量为第二相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_2})$, 表征 $\tilde{\tau}_{l_2}$ 对应的时延功率谱的特征的系数为第一频域叠加系数 $\tilde{\rho}_{l_2}$ 。第一指示信息用于指示第二相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_2})$ 、第二频域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_2}^F$, 即第一指示信息指示的码本向量对应第二相位变化向量 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_2})$, 叠加系数对应第二频域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_2}^F$ 。或者,第一指示信息用于指示时延 $\tilde{\tau}_{l_2}$ 和第二时延功率谱 $\hat{\rho}_{l_2}^F$, 即第一指示信息指示的码本向量对应时延 $\tilde{\tau}_{l_2}$, 叠加系数对应第二频域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_2}^F$ 。其中,第二频域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_2}^F$ 为第一频域叠加系数 $\tilde{\rho}_{l_2}$ 量化后的系数。此时,码本向量 $\tilde{\mathbf{w}}_l$ 对应为 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_2})$, 叠加系数 $\hat{\alpha}_l$ 对应为第二频域叠加系数 $\hat{\rho}_{l_2}^F$, 公式(1)中的1对应为 l_2 。需要说明, $\tilde{\tau}_{l_2}$ 为量化后的时延。

[0364] S603,第一设备发送第一指示信息。相应地,第二设备接收第一指示信息。

[0365] 其中,第一指示信息可以承载于PUCCH或PUSCH中。

[0366] S604,第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵。

[0367] 其中,第一频域协方差矩阵满足如下公式(32)所示的关系:

$$[0368] \quad \tilde{\mathbf{R}}_h^F = \sum_{l_2} \hat{\rho}_{l_2}^F \left(\mathbf{e}^*(\tilde{\tau}_{l_2}) \mathbf{e}^T(\tilde{\tau}_{l_2}) \right); \quad (32)$$

[0369] 其中, $\bar{\mathbf{R}}_h^F$ 为第一频域协方差矩阵。 $\mathbf{e}^*(\tilde{\tau}_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_2})$ 的共轭, $\mathbf{e}^T(\tilde{\tau}_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tilde{\tau}_{l_2})$ 的转置。

[0370] 基于上述图6所示的方法,通过第一设备反馈用于构建第一频域协方差矩阵的第一指示信息并发送给第二设备,可以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量信息,如频域特征基底对应的叠加系数。例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定第一频域协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵确定频域特征基底,减少反馈的数据量,从而能够降低反馈开销,提高反馈效率。

[0371] 需要说明外,频域特征基底可以与空域特征基底、短周期反馈系数结合以使第二设备能恢复完整的信道状态信息。

[0372] 在再一种可能的实施方式中,第一设备可以在空域和频域进行处理并上报与恢复信道状态信息相关的第一指示信息。在此情况下,第一设备可以向第二设备发送用于确定频域协方差矩阵和空域协方差矩阵的第一指示信息。如图7所示,该信道状态信息的上报方法包括:

[0373] S701,第二设备发送参考信号。相应地,第一设备接收参考信号。

[0374] 关于S701的实现原理可以参考上述S201的相关介绍,此处不再赘述。

[0375] S702,第一设备根据参考信号确定第一指示信息。

[0376] 其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵,以及构建信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵。

[0377] 示例性地,第一指示信息可以指示叠加系数和码本向量。其中,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征,如幅度和/或相位第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征,如幅度和/或相位的第三叠加系数。第二叠加系数可以是通过角度功率谱采样得到,或者通过对角度功率谱的采样结果进行量化得到,第三叠加系数可以是通过时延功率谱采样得到,或者通过对时延功率谱的采样结果进行量化得到。码本向量可以包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息。第二叠加系数和第二信息用于确定第一空域协方差矩阵,第三叠加系数和第三信息用于确定第一频域协方差矩阵。第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足预设的第二优化模型,第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足预设的第三优化模型。

[0378] 在此情况下,上述公式(1)中的信道矩阵对应的协方差矩阵R包括信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵 \mathbf{R}_h^S 和信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵 \mathbf{R}_h^F 。

[0379] 如此,可以反馈空域协方差矩阵和频域协方差矩阵。

[0380] 关于第二叠加系数、第二信息、第一空域协方差矩阵和第二优化模型可以参考S502中的相关介绍,关于第三叠加系数、第三信息、第一频域协方差矩阵和第三优化模型的具体实现可以参考S602中的相关介绍,此处不再赘述。

[0381] 第一设备根据参考信号确定第一指示信息,可以包括步骤7.1和步骤7.2。

[0382] 步骤7.1,第一设备根据参考信号确定信道矩阵。

[0383] 关于步骤7.1的实现原理可以参考前述步骤2.1的相关介绍,此处不再赘述。

[0384] 步骤7.2,第一设备根据信道矩阵确定第一指示信息。关于步骤7.2的实现原理,可以参考前述步骤5.2和前述步骤6.2的相关介绍,此处不再赘述。

[0385] S703,第一设备发送第一指示信息。相应地,第二设备接收第一指示信息。

[0386] 其中,第一指示信息可以承载于PUCCH或PUSCH中。

[0387] 示例性地,第一设备按照第三周期发送第一指示信息。相应地,第二设备按照第三周期接收第一指示信息。

[0388] 关于S703的实现原理,可以参考S503或S603的相关介绍,此处不再赘述。

[0389] S704,第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵和第一频域协方差矩阵。

[0390] 其中,S704可以包括步骤7.3和步骤7.4。

[0391] 步骤7.3,第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵。

[0392] 关于步骤7.3的实现原理,可以参考S504的相关介绍,此处不再赘述。

[0393] 步骤7.4,第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵。

[0394] 关于步骤7.4的实现原理,可以参考S604的相关介绍,此处不再赘述。

[0395] 基于上述图7所示的方法,通过第一设备反馈用于构建第一空域协方差矩阵和第一频域协方差矩阵的第一指示信息并发送给第二设备,可以避免上报直接用于恢复信道状态信息的大量信息,如空域特征基底对应的叠加系数和频域特征基底对应的叠加系数。基于来自第一设备的第一指示信息确定第一空域协方差矩阵和第一频域协方差矩阵,例如,可以由第二设备根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵和第一频域协方差矩阵,并根据信道矩阵对应的第一空域协方差矩阵确定空域特征基底,根据信道矩阵对应的第一频域协方差矩阵确定频域特征基底,减少反馈的数据量,从而能够降低反馈开销,提高反馈效率。

[0396] 需要说明,本申请实施例中,第一设备可以将部分叠加系数,如上述第一指示信息所指示的叠加系数以长周期(即第三周期)上报给第二设备;将部分叠加系数,如下述的第二反馈系数按照短周期(即第四周期)上报给第二设备。第二设备则可以根据第一指示信息和第二反馈系数,确定信道状态信息。

[0397] 关于第三周期和第四周期的相关介绍可以参考上述图3所示方法实施例中关于第一周期和第二周期的相关介绍,此处不再赘述。

[0398] 进一步地,为了第二设备能够确定信道状态信息,可选地,图7所提供的信道状态信息的上报方法还可以包括:第一设备按照第四周期发送第三指示信息。相应地,第二设备按照第四周期接收第三指示信息。

[0399] 其中,第三指示信息用于指示第二反馈系数,第四周期小于第三周期。

[0400] 进一步地,第二反馈系数根据第一空域协方差矩阵的第二分解结果、第一频域协方差矩阵的第三分解结果和信道矩阵确定。其中,第二分解结果由第一空域协方差矩阵按照第二分解规则分解得到,第三分解结果由第一频域协方差矩阵按照第三分解规则分解得到。

[0401] 示例性地,第二分解规则可以包括:第一空域协方差矩阵的对角矩阵中元素的排列顺序,如从小到大或从大到小的顺序,以及第一空域协方差矩阵的空域特征基底的第一行元素均的类型,如正实数。

[0402] 示例性地,第三分解规则可以包括:第一频域协方差矩阵的对角矩阵中元素的排列顺序,如从小到大或从大到小的顺序,以及第一频域协方差矩阵的频域特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0403] 第一设备确定第二反馈系数的过程包括如下步骤7.5至步骤7.8。

[0404] 步骤7.5,第一设备根据第三指示信息确定第一空域协方差矩阵以及第一频域协方差矩阵。

[0405] 关于第一设备根据第三指示信息确定第一空域协方差矩阵的实现原理可以参上述S504,关于根据第三指示信息确定第一频域协方差矩阵的实现原理可以参考上述S604。

[0406] 步骤7.6,第一设备根据第二分解规则对第一空域协方差矩阵进行SVD分解,得到空域特征基底。第一设备根据第三分解规则对第一频域协方差矩阵进行SVD分解,得到频域特征基底。

[0407] 其中,第一空域协方差矩阵满足如下公式(32)所示的关系:

$$[0408] \quad \tilde{\mathbf{R}}_h^S = \mathbf{U}_S \mathbf{\Lambda}_S \mathbf{U}_S^H; \quad (32)$$

[0409] 第一频域协方差矩阵满足如下公式(33)所示的关系:

$$[0410] \quad \tilde{\mathbf{R}}_h^F = \mathbf{U}_F \mathbf{\Lambda}_F \mathbf{U}_F^H; \quad (33)$$

[0411] 其中, \mathbf{U}_S 为空域特征基底, $\mathbf{\Lambda}_S$ 为第一空域协方差矩阵的对角矩阵, \mathbf{U}_S^H 为 \mathbf{U}_S 的共轭转置矩阵, \mathbf{U}_F 为频域特征基底, $\mathbf{\Lambda}_F$ 为第一频域协方差矩阵的对角矩阵, \mathbf{U}_F^H 为 \mathbf{U}_F 的共轭转置矩阵。

[0412] 为了兼顾上报开销和恢复的信道状态信息的精度,本申请实施例中,可以从空域特征基底中选择能量较大的特征向量(列向量)构成有效空域特征基底,从频域特征基底中选择能量较大的特征向量(列向量)构成有效频域特征基底,具体可以对应参考如下述步骤7.7所示。

[0413] 步骤7.7,对于空域特征基底 \mathbf{U}_S ,取空域特征基底 \mathbf{U}_S 的前D列,便得到有效空域特征基底 $\tilde{\mathbf{U}}_S$ 。对于频域特征基底 \mathbf{U}_F ,取频域特征基底 \mathbf{U}_F 的前D列,便得到有效频域特征基底 $\tilde{\mathbf{U}}_F$ 。

[0414] 步骤7.8,根据有效空域特征基底 $\tilde{\mathbf{U}}_S$ 和有效频域特征基底 $\tilde{\mathbf{U}}_F$ 确定空域和频域结合的反馈系数 C_{22} ,并对空域和频域结合的短周期反馈系数进行量化(如用二进制数表示)得到第二反馈系数 \hat{C}_{22} 。

[0415] 其中,空域和频域结合的反馈系数 C_{22} 为空域特征基底中每个特征向量和频域特征基底中每个特征向量构成的一组空频向量对应的叠加系数所构成的系数矩阵,或者空域特征基底中每个特征向量和频域特征基底中每个特征向量对应的叠加系数所构成的系数矩阵。

[0416] 空域和频域结合的短周期反馈系数满足如下公式(35)所示的关系:

$$[0417] \quad \mathbf{C}_{22} = (\mathbf{I}_2 \otimes \tilde{\mathbf{U}}_S)^H \mathbf{H} \tilde{\mathbf{U}}_F; \quad (35)$$

[0418] 更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第二分解结果的空域特征基底中前K列的第一行元素量化后的第二量化向量。其中,K为正整数。

[0419] 在此情况下,图7所示的方法还可以包括:接收设备将空域特征基底 \mathbf{U}_S 前K列的第一行元素量化后的向量确定为第二量化向量 $\hat{\mathbf{u}}_S$ 。

[0420] 更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第三分解结果的频域特征基底中前D列的第一行元素量化后的第三量化向量。其中,D为正整数。

[0421] 在此情况下,图7所示的方法还可以包括:接收设备将频域特征基底 \mathbf{U}_F 前D列的第

一行元素量化后的向量确定为第三量化向量 $\hat{\mathbf{u}}_F$ 。

[0422] 由于信道状态信息与空域特征基底和频域特征基底相关,为了使第二设备确定的空域特征基底与用于确定第二反馈系数的空域特征基底保持一致,提高信道状态信息的精度,进一步地,图7所提供的方法还可以包括步骤7.9:

[0423] 步骤7.9,第二设备根据第二分解规则,确定有效空域特征基底。

[0424] 更进一步地,第二设备根据第二分解规则,确定有效空域特征基底,包括:第二设备根据第二分解规则和第二量化向量,确定有效空域特征基底。其中,有效空域特征基底包括第一空域协方差矩阵的空域特征基底的前K列。此外,为了使第二设备确定的频域特征基底与用于确定第二反馈系数的频域特征基底保持一致,提高信道状态信息的精度,进一步地,图7所提供的方法还可以包括步骤7.10:

[0425] 步骤7.10,第二设备根据第三分解规则,确定有效频域特征基底。第二设备根据有效空域特征基底、有效频域特征基底和第二反馈系数确定信道状态信息。

[0426] 其中,信道状态信息可以通过第二设备估计的信道矩阵的形式表示。例如,在双极化天线阵列中,第二设备估计的信道矩阵满足如下公式(36)所示的关系:

$$[0427] \quad \mathbf{H}' = (\mathbf{I}_2 \otimes \tilde{\mathbf{U}}_S) \hat{\mathbf{c}}_{22} \tilde{\mathbf{U}}_F^H; \quad (36)$$

[0428] 其中, \mathbf{H}' 为第二设备确定的信道矩阵,或者,也可以称为第二设备确定的信道状态信息。

[0429] 更进一步地,图7所提供的方法还可以包括:第二设备根据第三分解规则和第三量化向量,确定有效频域特征基底。其中,有效频域特征基底包括第一频域协方差矩阵的频域特征基底的前D列。如此,第二设备可以将空域特征基底、频域特征基底以及与第二反馈系数,即短周期反馈系数结合,从而恢复完整的信道状态信息。

[0430] 对于反馈长周期系数量化而言,一次长周期反馈,在反馈空域特征基底和频域特征基底的方案中需要反馈 $\mathbf{C}_1 \in \mathbb{C}^{B \times K}$ 和 $\mathbf{C}_3 \in \mathbb{C}^{D \times T}$,共计 $(B \times K + D \times T)$ 个复系数,其中,B为第二设备或第一设备选择空域基底数目,T为第二设备或第一设备选取频域基底数目,K表示下行空域特征空间的有效维度、D表示下行频域特征空间的有效维度。而改进方案仅需要反馈 $(L_{max}^S + K) + (L_{max}^F + D)$ 个正实数。例如, $B=64, K=4, D=8, T=48, L_{max}^S = 32, L_{max}^F = 20$,反馈空域特征基底和频域特征基底的方案基线需要量化反馈640个复系数,本实施例需要量化反馈64个数据,如正实数,大幅度降低了反馈开销。换句话说,在相同的开销下,可以将开销用来增加K和D的值,以提升CSI量化精度,从而提升系统性能。

[0431] 需要说明的是,上述图3、图5或图6中的导向矢量、相位变化向量均可以是过采样的离散傅里叶变换(discrete fourier transform,DFT)码本。

[0432] 本申请中涉及的“量化”,可以是指将信号的连续取值(或者大量可能的离散取值)近似为有限多个(或较少的)离散值的过程,如均匀量化,还可以是将复数表示的数据转换为二进制表示的数据,此处不再赘述。

[0433] 以上结合图3至图7详细说明了本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法。以下结合图8至图9详细说明用于执行本申请实施例提供的信道状态信息的上报方法的通信装置。

[0434] 示例性地,图8是本申请实施例提供的通信装置的结构示意图一。如图8所示,通信

装置800包括：处理模块801和收发模块802。为了便于说明，图8仅示出了该通信装置的主要部件。

[0435] 一些实施例中，通信装置800可适用于图1中所示出的通信系统中，执行图2、图3、或图5、或图6、或图7中所示出的信道状态信息的上报方法中第一设备的功能。

[0436] 其中，收发模块，用于接收来自第二设备的参考信号。

[0437] 处理模块801，用于根据参考信号确定第一指示信息。

[0438] 其中，第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵，信道矩阵用于指示通信装置与第二设备之间的信道的信道状态信息。

[0439] 收发模块802，用于发送第一指示信息。

[0440] 一种可能的设计方案中，第一指示信息可以用于指示叠加系数和码本向量，叠加系数和码本向量用于确定第一空频联合协方差矩阵。

[0441] 一种可能的设计方案中，第一空频联合协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间满足第一优化模型。

[0442] 可选地，第一优化模型可以包括：

$$[0443] \quad \min_{\alpha_l} \|R - \sum_l \alpha_l \mathbf{w}_l \mathbf{w}_l^H\|_F;$$

$$[0444] \quad \text{s. t. } L \leq L_{\max};$$

[0445] 其中， \min 表示取最小值，“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数， R 为信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵， Σ 表示求和运算， $0 \leq l < L$ ，且 l 为整数； α_l 为第 l 个叠加系数， \mathbf{w}_l 为第 l 个码本向量， \mathbf{w}_l^H 为 \mathbf{w}_l 的共轭转置， s. t. 为约束条件， L 为信道多径数目， L_{\max} 为 L 的最大取值， L 、 L_{\max} 均为大于0的整数。

[0446] 可选地，叠加系数包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数，码本向量包括用于指示角度时延的第一信息，第一叠加系数和第一指示信息用于确定第一空频联合协方差矩阵，预设的优化模型包括：第一空频联合协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵之间满足的第一优化模型。

[0447] 进一步地，第一优化模型包括：

$$[0448] \quad \min_{\rho_{l_0}} \left\| \bar{\mathbf{R}}_h - \sum_{l_0} \rho_{l_0} \left(\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \right) \otimes \left(\mathbf{e}^*(\tau_{l_0}) \mathbf{e}^T(\tau_{l_0}) \right) \right\|_F;$$

$$[0449] \quad \text{s. t. } \begin{cases} \rho_{l_0} > 0 \\ L_0 \leq L_{\max}^{FS} \end{cases};$$

[0450] 其中， \min 表示取最小值，“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数， $\bar{\mathbf{R}}_h$ 为信道矩阵对应的实际空频联合协方差矩阵， Σ 表示求和运算， $0 \leq l_0 < L_0$ ，且 l_0 为整数； ρ_{l_0} 为第 l_0 个第一叠加系数， $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为第 l_0 个多径角度对应的导向矢量， $\mathbf{e}^H(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0})$ 的共轭转置， $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个相位变化向量， $\mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的共轭， $\mathbf{e}^T(\tau_{l_0})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_0})$ 的转置， $\mathbf{e}(\theta_{l_0}, \phi_{l_0}) \mathbf{e}^*(\tau_{l_0})$ 为第 l_0 个第一信息， s. t. 为约束条件， L_0 为信道多径数目， L_{\max}^{FS} 为 L_0 的最大取值， L_0 、 L_{\max}^{FS} 均为大于0的整数。

[0451] 一种可能的设计方案中，叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数，码本向量可以包括用于指示角度的第二信息。其中，第二叠加系数和第二信息用于确定第一空域协方差矩阵。预设的优化模型包括：第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的

实际空域协方差矩阵之间满足的第二优化模型。

[0452] 可选地,第二优化模型可以包括:

$$[0453] \quad \min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F;$$

$$[0454] \quad \text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases};$$

[0455] 其中,min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算; $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置,s. t.为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1 、 L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$,且 l_1 为整数。

[0456] 一种可能的设计方案中,叠加系数可以包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示时延的第三信息,第三叠加系数和第三信息用于确定第一频域协方差矩阵。预设的优化模型包括:第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

[0457] 可选地,第三优化模型可以包括:

$$[0458] \quad \min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F \left(\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2}) \right) \right\|_F;$$

$$[0459] \quad \text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases};$$

[0460] 其中,min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算; $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置,s. t.为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2 、 L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$,且 l_2 为整数。

[0461] 一种可能的设计方案中,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息,第二叠加系数和第二信息用于确定第一空域协方差矩阵,第三叠加系数和第三信息用于确定第一频域协方差矩阵。预设的优化模型包括:第一空域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵之间满足的第二优化模型,以及第一频域协方差矩阵与信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵之间满足的第三优化模型。

[0462] 可选地,第二优化模型可以包括:

$$[0463] \quad \min_{\rho_{l_1}^S} \left\| \mathbf{R}_h^S - \sum_{l_1} \rho_{l_1}^S \left(\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1}) \right) \right\|_F;$$

$$[0464] \quad \text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_1}^S > 0 \\ L_1 \leq L_{max}^S \end{cases};$$

[0465] 其中,min表示取最小值,“ $\|\cdot\|_F$ ”表示取F范数, \mathbf{R}_h^S 为信道矩阵对应的实际空域协方差矩阵, Σ 表示求和运算。 $\rho_{l_1}^S$ 为第 l_1 个第二叠加系数, $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为第 l_1 个多径角度对应的

导向矢量, $\mathbf{e}^H(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 为 $\mathbf{e}(\theta_{l_1}, \phi_{l_1})$ 的共轭转置, s. t. 为约束条件, L_1 为空域上信道多径数目, L_{max}^S 为 L_1 的最大取值, L_1, L_{max}^S 均为大于0的整数, $0 \leq l_1 < L_1$, 且 l_1 为整数。第三优化模型可以包括:

$$[0466] \quad \min_{\rho_{l_2}^F} \left\| \mathbf{R}_h^F - \sum_{l_2} \rho_{l_2}^F (\mathbf{e}(\tau_{l_2}) \mathbf{e}^H(\tau_{l_2})) \right\|_F;$$

$$[0467] \quad \text{s. t.} \begin{cases} \rho_{l_2}^F > 0 \\ L_2 \leq L_{max}^F \end{cases};$$

[0468] 其中, min 表示取最小值, “ $\|\cdot\|_F$ ” 表示取F范数, \mathbf{R}_h^F 为信道矩阵对应的实际频域协方差矩阵, Σ 表示求和运算。 $\rho_{l_2}^F$ 为第 l_2 个第三叠加系数, $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 为第 l_2 个相位变化向量, $\mathbf{e}^H(\tau_{l_2})$ 为 $\mathbf{e}(\tau_{l_2})$ 的共轭转置, s. t. 为约束条件, L_2 为频域上信道多径的数目, L_{max}^F 为 L_2 的最大取值, L_2, L_{max}^F 均为大于0的整数, $0 \leq l_2 < L_2$, 且 l_2 为整数。

[0469] 需要说明, 收发模块, 具体用于按照第一周期向第二设备发送第一指示信息。可选地, 收发模块802, 还可以用于按照第二周期向第二设备发送第二指示信息。其中, 第二指示信息用于指示第一反馈系数, 第二周期小于第一周期。

[0470] 进一步地, 第一反馈系数根据第一空频联合协方差矩阵的第一分解结果和信道矩阵确定。其中, 第一分解结果由第一空频联合协方差矩阵按照第一分解规则分解得到。

[0471] 示例性地, 第一分解规则可以包括: 第一空频联合协方差矩阵分解的对角矩阵中元素的排列顺序, 以及第一空频联合协方差矩阵分解的空频联合特征基底的第一行元素的类型, 如正实数。

[0472] 更进一步地, 第一指示信息还可以用于指示: 第一分解结果的空频联合特征基底中前P列的第一行元素量化后的第一量化向量。其中, P为正整数。

[0473] 需要说明, 收发模块, 具体用于按照第三周期向第二设备发送第一指示信息。

[0474] 可选地, 收发模块802, 还可以用于按照第四周期向第二设备发送第三指示信息; 其中, 第三指示信息用于指示第二反馈系数, 第四周期小于第三周期。

[0475] 进一步地, 第二反馈系数根据第一空域协方差矩阵的第二分解结果、第一频域协方差矩阵的第三分解结果和信道矩阵确定。其中, 第二分解结果由第一空域协方差矩阵按照第二分解规则分解得到, 第三分解结果由第一频域协方差矩阵按照第三分解规则分解得到。

[0476] 示例性地, 第二分解规则可以包括: 第一空域协方差矩阵的对角矩阵中元素的排列顺序, 以及第一空域协方差矩阵的空域特征基底的第一行元素的类型, 如正实数。第三分解规则可以包括: 第一频域协方差矩阵的对角矩阵中元素的排列顺序, 以及第一频域协方差矩阵的空域特征基底的第一行元素的类型, 如正实数。

[0477] 更进一步地, 第一指示信息还可以用于指示: 第二分解结果的空域特征基底中前K列的第一行元素量化后的第二量化向量。其中, K为正整数。更进一步地, 第一指示信息还可以用于指示: 第三分解结果的频域特征基底中前D列的第一行元素量化后的第三量化向量。其中, D为正整数。

[0478] 可选地, 收发模块802可以包括接收模块和发送模块。其中, 收发模块802用于实现

通信装置800的发送功能和接收功能。

[0479] 可选地,通信装置800还可以包括存储模块(图8中未示出),该存储模块存储有程序或指令。当处理模块801执行该程序或指令时,使得通信装置800可以执行图2、图3、或图5、或图6、或图7所示的信道状态信息的上报方法中第一设备的功能。

[0480] 应理解,通信装置800中涉及的处理模块801可以由处理器或处理器相关电路组件实现,可以为处理器或处理单元;收发模块802可以由收发器或收发器相关电路组件实现,可以为收发器或收发单元。

[0481] 需要说明的是,通信装置800可以是图1中所示出的第一设备或第二设备,也可以是设置于上述第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,或者包含该第一设备或第二设备的装置,本申请实施例对此不做限定。

[0482] 此外,通信装置800的技术效果,可以分别参考图2、图3、或图5、或图6、或图7中任一项所示出的信道状态信息的上报方法的技术效果,此处不再赘述。

[0483] 另一些实施例中,通信装置800可适用于图1中所示出的通信系统中,执行图2、图3、或图5、或图6、或图7中所示出的信道状态信息的上报方法中第二设备的功能。

[0484] 其中,收发模块802,用于接收来自第一设备的第一指示信息。

[0485] 其中,第一指示信息用于构建信道矩阵对应的第一协方差矩阵,信道矩阵用于指示第一设备与第二设备之间的信道的信道状态信息。

[0486] 处理模块801,用于根据第一指示信息确定信道矩阵对应的第一协方差矩阵。

[0487] 一种可能的设计方案中,第一指示信息可以包括叠加系数和码本向量。处理模块,具体用于根据叠加系数和码本向量确定第一协方差矩阵。

[0488] 可选地,叠加系数包括用于指示角度时延功率谱的特征的第一叠加系数,码本向量包括用于指示角度时延的第一信息。处理模块,具体用于根据第一叠加系数和第一信息确定第一空频联合协方差矩阵。

[0489] 需要说明,收发模块,具体用于按照第一周期接收来自第一设备的第一指示信息。

[0490] 可选地,收发模块802,还可以用于按照第二周期接收来自第一设备的第二指示信息。其中,第二指示信息用于指示第一反馈系数,第二周期小于第一周期。

[0491] 示例性地,第一反馈系数是根据第一空频联合协方差矩阵的第一分解结果和信道矩阵确定的。其中,第一分解结果由第一空频联合协方差矩阵按照第一分解规则分解得到。

[0492] 进一步地,处理模块801,还可以用于根据第一分解规则,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底。其中,有效空频联合特征基底包括空频联合特征基底的前P列,P为正整数。以及,根据有效空频联合特征基底和第一反馈系数确定信道矩阵。

[0493] 示例性地,第一分解规则可以包括:第一空频联合协方差矩阵分解的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一空频联合协方差矩阵分解的空频联合特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0494] 更进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一空频联合协方差矩阵分解后的空频联合特征基底中,前P列的第一行元素量化后的第一量化向量。其中,P为正整数。

[0495] 在此情况下,处理模块801,具体用于根据第一分解规则和第一量化向量,确定第一空频联合协方差矩阵的有效空频联合特征基底。

[0496] 一种可能的设计方案中,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠

加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第二信息。处理模块801,具体用于根据第二叠加系数和第二信息确定第一空域协方差矩阵。

[0497] 一种可能的设计方案中,叠加系数可以包括用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示时延的第三信息。处理模块801,具体用于根据第三叠加系数和第三信息确定第一频域协方差矩阵。

[0498] 一种可能的设计方案中,叠加系数可以包括用于指示角度功率谱的特征的第二叠加系数和用于指示时延功率谱的特征的第三叠加系数,码本向量可以包括用于指示角度的第二信息和用于指示时延的第三信息。处理模块801,具体用于根据第二叠加系数和第二信息确定第一空域协方差矩阵。以及,根据第三叠加系数和第三信息确定第一频域协方差矩阵。

[0499] 需要说明,收发模块,具体用于按照第一周期接收来自第一设备的第一指示信息。

[0500] 可选地,收发模块802,还可以用于按照第四周期接收来自第一设备的第三指示信息;其中,第三指示信息用于指示第二反馈系数,第四周期小于第三周期。

[0501] 示例性地,第二反馈系数是根据第一空域协方差矩阵的第二分解结果、第一频域协方差矩阵的第三分解结果和信道矩阵确定的;其中,第二分解结果由第一空域协方差矩阵按照第二分解规则分解得到,第三分解结果由第一频域协方差矩阵按照第三分解规则分解得到。例如,第二分解规则可以包括:第一空域协方差矩阵的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一空域协方差矩阵的空域特征基底的第一行元素的类型。第三分解规则可以包括:第一频域协方差矩阵的对角矩阵中的元素的排列顺序,以及第一频域协方差矩阵的频域特征基底的第一行元素的类型,如正实数。

[0502] 进一步地,处理模块801,还可以用于根据第二分解规则,确定有效空域特征基底。根据第三分解规则,确定有效频域特征基底。以及,根据有效空域特征基底、有效频域特征基底和第二反馈系数确定信道状态信息。进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一空域协方差矩阵分解后的空域特征基底中前K列的第一行元素量化后的第二量化向量。

[0503] 更进一步地,处理模块801,具体用于根据第二分解规则和第二量化向量,确定有效空域特征基底。其中,有效空域特征基底包括第一空域协方差矩阵的空域特征基底的前K列。

[0504] 进一步地,第一指示信息还可以用于指示:第一频域空域协方差矩阵分解后的频域特征基底中前D列的第一行元素量化后的第三量化向量。

[0505] 更进一步地,处理模块801,具体用于根据第三分解规则和第三量化向量,确定有效频域特征基底;其中,有效频域特征基底包括第一频域协方差矩阵的频域特征基底的前D列。

[0506] 可选地,收发模块802可以包括接收模块和发送模块。其中,收发模块802用于实现通信装置800的发送功能和接收功能。

[0507] 应理解,通信装置800中涉及的处理模块801可以由处理器或处理器相关电路组件实现,可以为处理器或处理单元。收发模块802可以由收发器或收发器相关电路组件实现,可以为收发器或收发单元。

[0508] 需要说明的是,通信装置800可以是第一设备或第二设备,也可以是可设置于第一设备或第二设备中的芯片(系统)或其他部件或组件,还可以是包含第一设备或第二设备的

装置,本申请对此不做限定。

[0509] 此外,通信装置800的技术效果可以参考第图2、图3、或图5至图7中任一项所示出的信道状态信息的上报方法的技术效果,此处不再赘述。

[0510] 示例性地,图9为本申请实施例提供的通信装置的结构示意图二。该通信装置可以是第一设备或第二设备,也可以是可设置于第一设备或第二设备的芯片(系统)或其他部件或组件。如图9所示,通信装置900可以包括处理器901。

[0511] 可选地,通信装置900还可以包括存储器902和/或收发器903。其中,处理器901与存储器902和收发器903耦合,如可以通过通信总线连接。

[0512] 下面结合图9对通信装置900的各个构成部件进行具体的介绍:

[0513] 其中,处理器901是通信装置900的控制中心,可以是一个处理器,也可以是多个处理元件的统称。例如,处理器901是一个或多个中央处理器(central processing unit, CPU),也可以是特定集成电路(application specific integrated circuit,ASIC),或者是被配置成实施本申请实施例的一个或多个集成电路,例如:一个或多个数字信号处理器(digital signal processor,DSP),或,一个或者多个现场可编程门阵列(field programmable gate array,FPGA)。

[0514] 可选地,处理器901可以通过运行或执行存储在存储器902内的软件程序,以及调用存储在存储器902内的数据,执行通信装置900的各种功能。

[0515] 在具体的实现中,作为一种实施例,处理器901可以包括一个或多个CPU,例如图9中所示出的CPU0和CPU1。

[0516] 在具体实现中,作为一种实施例,通信装置900也可以包括多个处理器,例如图9中所示的处理器901和处理器904。这些处理器中的每一个可以是一个单核处理器(single-CPU),也可以是一个多核处理器(multi-CPU)。这里的处理器可以指一个或多个设备、电路、和/或用于处理数据(例如计算机程序指令)的处理核。

[0517] 其中,所述存储器902用于存储执行本申请方案的软件程序,并由处理器901来控制执行,具体实现方式可以参考上述方法实施例,此处不再赘述。

[0518] 可选地,存储器902可以是只读存储器(read-only memory,ROM)或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备,随机存取存储器(random access memory,RAM)或者可存储信息和指令的其他类型的动态存储设备,也可以是电可擦可编程只读存储器(electrically erasable programmable read-only memory,EEPROM)、只读光盘(compact disc read-only memory,CD-ROM)或其他光盘存储、光碟存储(包括压缩光碟、激光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等)、磁盘存储介质或者其他磁存储设备、或者能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机存取的任何其他介质,但不限于此。存储器902可以和处理器901集成在一起,也可以独立存在,并通过通信装置900的接口电路(图9中未示出)与处理器901耦合,本申请实施例对此不作具体限定。

[0519] 收发器903,用于与其他通信装置之间的通信。例如,通信装置900为第一设备,收发器903可以用于与第二设备通信,或者与另一个第一设备通信。又例如,通信装置900为第二设备,收发器903可以用于与第一设备通信,或者与另一个第二设备通信。

[0520] 可选地,收发器903可以包括接收器和发送器(图9中未单独示出)。其中,接收器用于实现接收功能,发送器用于实现发送功能。

[0521] 可选地,收发器903可以和处理器901集成在一起,也可以独立存在,并通过通信装置900的接口电路(图9中未示出)与处理器901耦合,本申请实施例对此不作具体限定。

[0522] 需要说明的是,图9中示出的通信装置900的结构并不构成对该通信装置的限定,实际的通信装置可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件布置。

[0523] 此外,通信装置900的技术效果可以参考上述方法实施例所述的信道状态信息的上报方法的技术效果,此处不再赘述。

[0524] 应理解,在本申请实施例中的处理器可以是中央处理单元(central processing unit,CPU),该处理器还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(digital signal processor,DSP)、专用集成电路(application specific integrated circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(field programmable gate array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0525] 还应理解,本申请实施例中的存储器可以是易失性存储器或非易失性存储器,或可包括易失性和非易失性存储器两者。其中,非易失性存储器可以是只读存储器(read-only memory,ROM)、可编程只读存储器(programmable ROM,PROM)、可擦除可编程只读存储器(erasable PROM,EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(electrically EPROM,EEPROM)或闪存。易失性存储器可以是随机存取存储器(random access memory,RAM),其用作外部高速缓存。通过示例性但不是限制性说明,许多形式的随机存取存储器(random access memory,RAM)可用,例如静态随机存取存储器(static RAM,SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、同步动态随机存取存储器(synchronous DRAM,SDRAM)、双倍数据速率同步动态随机存取存储器(double data rate SDRAM,DDR SDRAM)、增强型同步动态随机存取存储器(enhanced SDRAM,ESDRAM)、同步连接动态随机存取存储器(synchlink DRAM,SLDRAM)和直接内存总线随机存取存储器(direct rambus RAM,DR RAM)。

[0526] 上述实施例,可以全部或部分地通过软件、硬件(如电路)、固件或其他任意组合来实现。当使用软件实现时,上述实施例可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令或计算机程序。在计算机上加载或执行所述计算机指令或计算机程序时,全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以为通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中,或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输,例如,所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线(例如红外、无线、微波等)方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集合的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质(例如,软盘、硬盘、磁带)、光介质(例如,DVD)、或者半导体介质。半导体介质可以是固态硬盘。

[0527] 应理解,本文中术语“和/或”,仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况,其中A,B可以是单数或者复数。另外,本文中字符“/”,一般表示前后关联对象是一种“或”的

关系,但也可能表示的是一种“和/或”的关系,具体可参考前后文进行理解。

[0528] 本申请中,“至少一个”是指一个或者多个,“多个”是指两个或两个以上。“以下至少一项(个)”或其类似表达,是指的这些项中的任意组合,包括单项(个)或复数项(个)的任意组合。例如,a,b,或c中的至少一项(个),可以表示:a,b,c,a-b,a-c,b-c,或a-b-c,其中a,b,c可以是单个,也可以是多个。

[0529] 应理解,在本申请的各种实施例中,上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

[0530] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

[0531] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0532] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统、装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0533] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0534] 另外,在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

[0535] 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者第二设备等)执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(read-only memory,ROM)、随机存取存储器(random access memory,RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0536] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

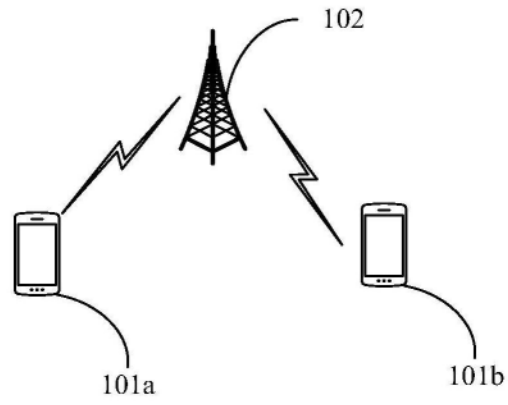


图1

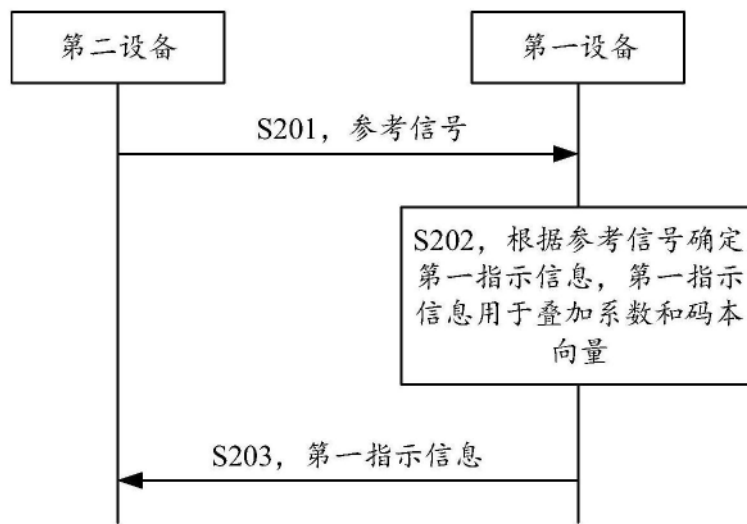


图2

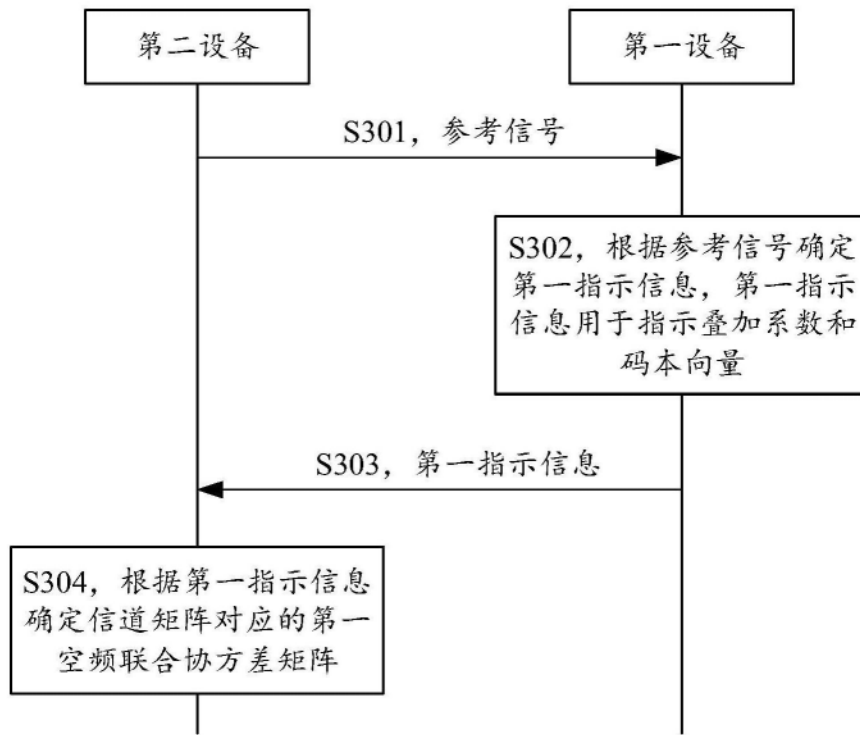


图3

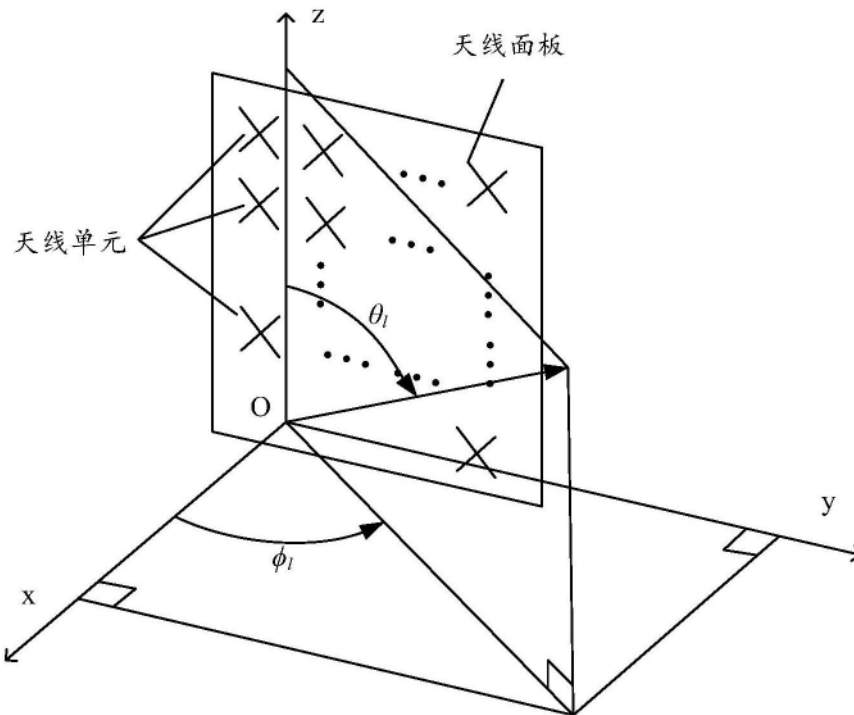


图4

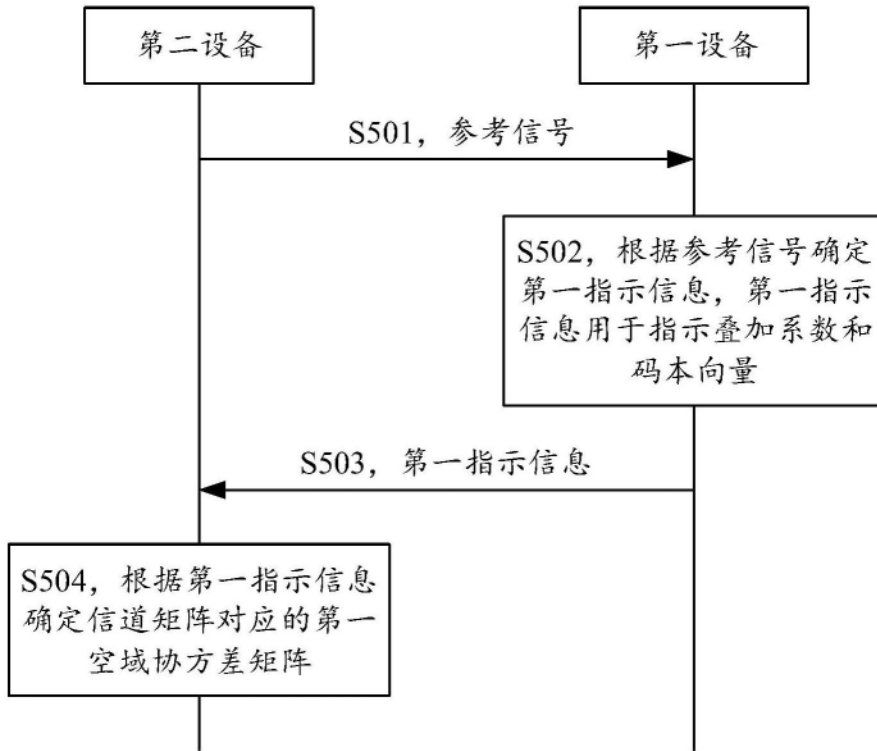


图5

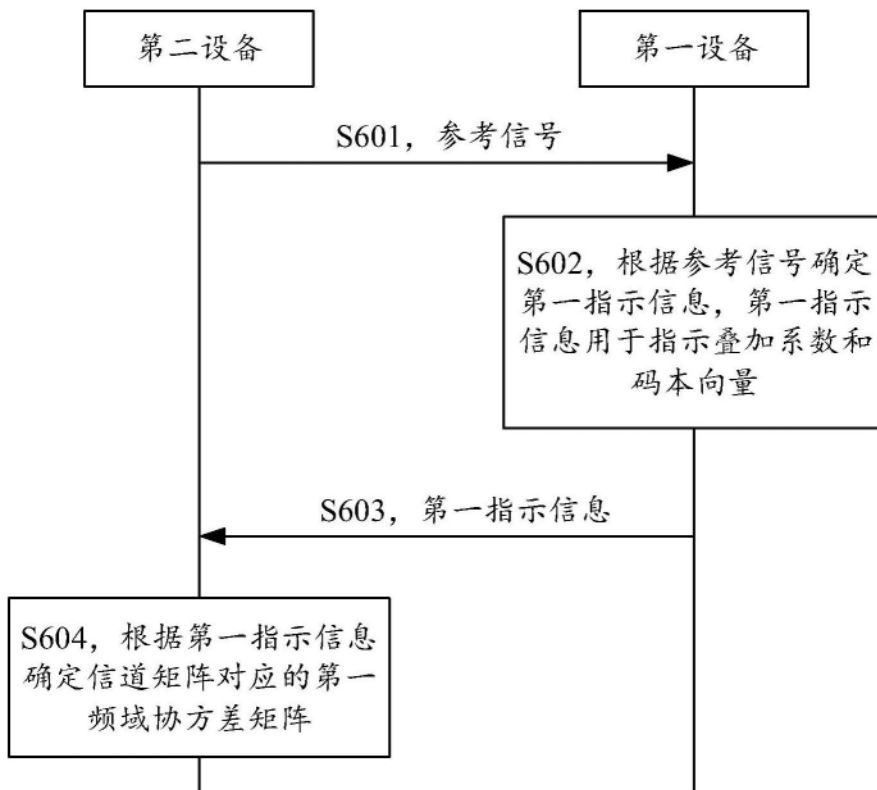


图6

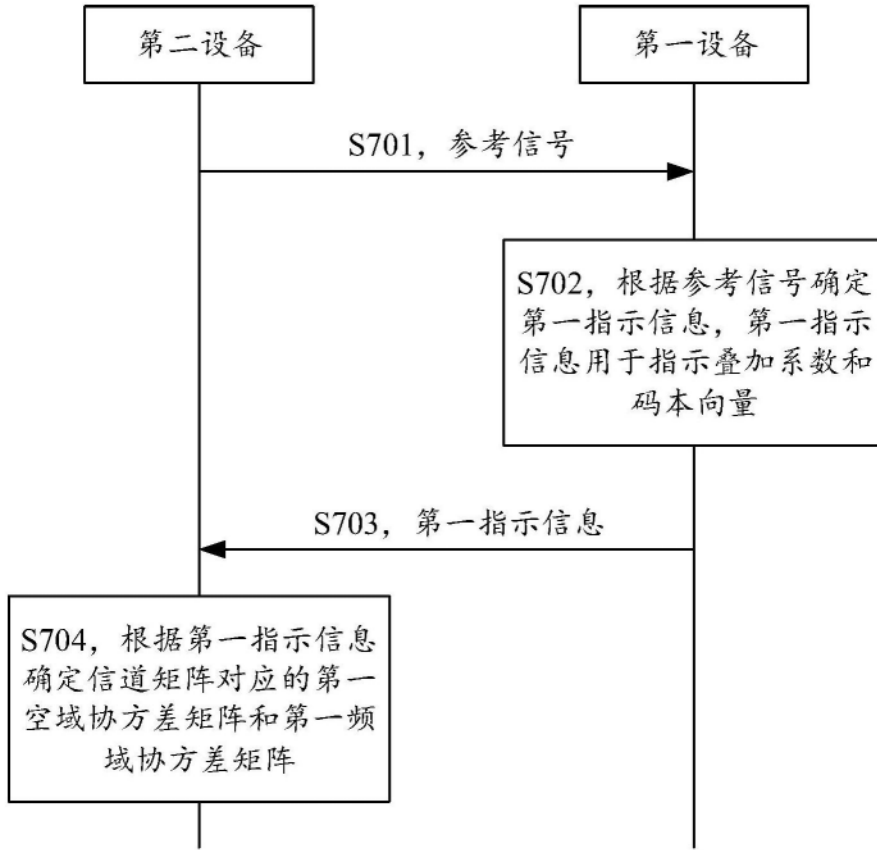


图7

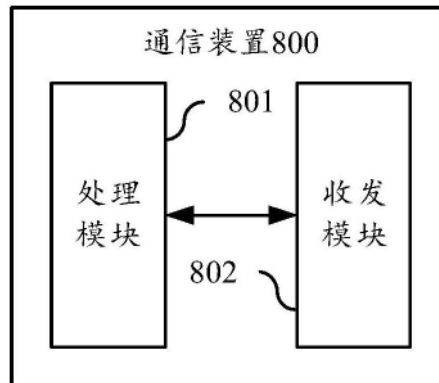


图8

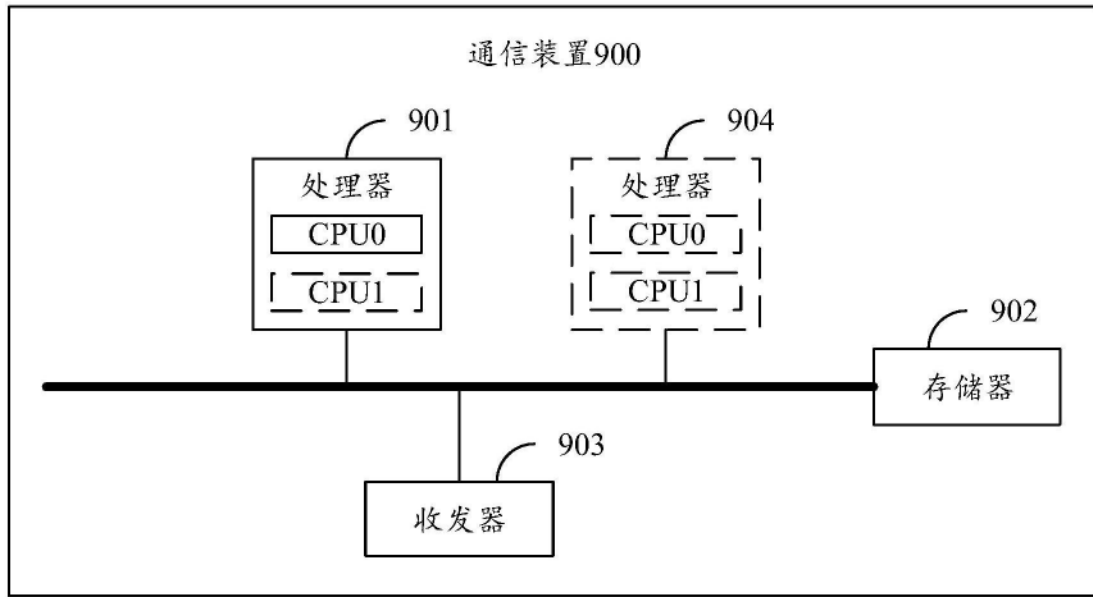


图9