



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118174757 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 11

(21) 申请号 202211578453.3

(22) 申请日 2022.12.09

(71) 申请人 大唐移动通信设备有限公司

地址 100085 北京市海淀区上地东路5号院
1号楼1层(72) 发明人 戴凌龙 张子健 索士强 杨现俊
宋磊 苏昕

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

专利代理师 汤明明

(51) Int. Cl.

H04B 7/06 (2006.01)

G06N 3/006 (2023.01)

G06N 10/00 (2022.01)

权利要求书8页 说明书30页 附图5页

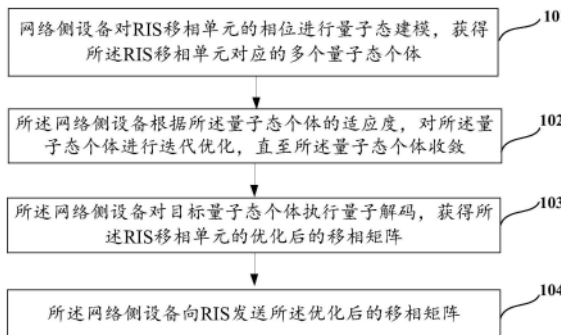
(54) 发明名称

移相矩阵的确定方法及装置

(57) 摘要

本发明提供了一种移相矩阵的确定方法及装置。所述方法包括：网络侧设备对RIS移相单元的相位进行量子态建模，获得RIS移相单元对应的多个量子态个体；所述网络侧设备根据所述量子态个体的适应度，对所述量子态个体进行迭代优化，直至所述量子态个体收敛；对目标量子态个体执行量子解码，获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵，所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体；所述网络侧设备向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

本申请实施例将RIS波束赋形的优化问题等效地转换为量子群的进化过程，迭代过程收敛速度快、波束赋形效果优，能够解决确定移相矩阵时计算复杂度高、离散量化后性能受限的问题。



1. 一种移相矩阵的确定方法,其特征在于,包括:

网络侧设备对智能超表面RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

所述网络侧设备根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

所述网络侧设备对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体;

所述网络侧设备向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对智能超表面RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体,包括:

基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$\Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量;

$\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数, 且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$; B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体,包括:

将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛,包括:

步骤1: 获取当前通信系统的信道状态信息;

步骤2: 根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

步骤3: 根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

步骤4: 根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

步骤5: 重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向,包括:

确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体；

根据所述第一量子态个体，确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

7. 根据权利要求6所述的方法，其特征在于，所述根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作，包括：

根据每个所述量子态个体对应的旋转角度，对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

8. 根据权利要求5所述的方法，其特征在于，在根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作的情况下，所述方法还包括：

对所述量子态个体执行泛化性操作。

9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述泛化性操作包括以下至少一项：

量子交叉操作；

量子变异操作；

量子灾变操作。

10. 根据权利要求5所述的方法，其特征在于，在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下，所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比；

在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下，所述目标函数的性能指标是多用户和速率；

在当前通信系统是多载波通信场景的情况下，所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

11. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述对目标量子态个体执行量子解码，获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵之前，所述方法还包括：

计算每个收敛后的量子态个体的适应度；

确定适应度最优的目标量子态个体。

12. 一种波束赋形方法，其特征在于，包括：

RIS接收网络侧设备发送的移相矩阵；

根据所述移相矩阵对应的移相参数，对RIS移相单元的移相进行重构；

其中，所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的，且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。

13. 一种移相矩阵的确定方法，其特征在于，包括：

RIS对RIS移相单元的相位进行量子态建模，获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体；

根据所述量子态个体的适应度，对所述量子态个体进行迭代优化，直至所述量子态个体收敛；

对目标量子态个体执行量子解码，获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵，所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

14. 根据权利要求13所述的方法，其特征在于，所述对RIS移相单元的相位进行量子态建模，获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体，包括：

基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模，获得每个所述RIS移相单

元对应的相位叠加的量子态编码结构；

根据所述量子态编码结构，生成多个量子态个体。

15. 根据权利要求14所述的方法，其特征在于，每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为：

$$\Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

其中， Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构，N是所述RIS移相单元的数量；

$\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态，m表示本征态的标号； $p_{n,m}$ 表示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数，且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$ ，并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$ ；B表示RIS的移相精度是B比特，B的最小取值为1。

16. 根据权利要求15所述的方法，其特征在于，根据所述量子态编码结构，生成多个量子态个体，包括：

将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征，获得叠加态矩阵，每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体；

其中，所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

17. 根据权利要求13所述的方法，其特征在于，根据所述量子态个体的适应度，对所述量子态个体进行迭代优化，直至所述量子态个体收敛，包括：

步骤1：获取当前通信系统的信道状态信息；

步骤2：根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数，计算每个所述量子态个体的适应度；

步骤3：根据全部量子态个体的最优适应度，确定所述量子态个体的进化方向；

步骤4：根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作；

步骤5：重复执行所述步骤1至所述步骤4，直至所述量子态个体收敛。

18. 根据权利要求17所述的方法，其特征在于，所述根据全部量子态个体的最优适应度，确定所述量子态个体的进化方向，包括：

确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体；

根据所述第一量子态个体，确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

19. 根据权利要求18所述的方法，其特征在于，所述根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作，包括：

根据每个所述量子态个体对应的旋转角度，对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

20. 根据权利要求17所述的方法，其特征在于，在根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作的情况下，所述方法还包括：

对所述量子态个体执行泛化性操作。

21. 根据权利要求20所述的方法，其特征在于，所述泛化性操作包括以下至少一项：

量子交叉操作；
量子变异操作；
量子灾变操作。

22. 根据权利要求17所述的方法,其特征在于,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

23. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,所述对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵之前,所述方法还包括:

计算每个收敛后的量子态个体的适应度;
确定适应度最优的目标量子态个体。

24. 一种移相矩阵的确定装置,其特征在于,包括:存储器,收发机,处理器:

存储器,用于存储计算机程序;收发机,用于在所述处理器的控制下接收和发送数据;处理器,用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体;

向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

25. 根据权利要求24所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

26. 根据权利要求25所述的装置,其特征在于,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$\Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量;

$\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表示对本

征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数, 且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$; B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

27. 根据权利要求26所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

28. 根据权利要求24所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;

步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

29. 根据权利要求28所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;

根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

30. 根据权利要求29所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

31. 根据权利要求28所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

对所述量子态个体执行泛化性操作。

32. 根据权利要求31所述的装置,其特征在于,所述泛化性操作包括以下至少一项:

量子交叉操作;

量子变异操作;

量子灾变操作。

33. 根据权利要求28所述的装置,其特征在于,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

34. 根据权利要求24所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

计算每个收敛后的量子态个体的适应度;

确定适应度最优的目标量子态个体。

35. 一种波束赋形装置, 其特征在于, 包括: 存储器, 收发机, 处理器:

存储器, 用于存储计算机程序; 收发机, 用于在所述处理器的控制下接收和发送数据; 处理器, 用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

接收网络侧设备发送的移相矩阵;

根据所述移相矩阵对应的移相参数, 对RIS移相单元的移相进行重构;

其中, 所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的, 且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。

36. 一种移相矩阵的确定装置, 其特征在于, 包括: 存储器, 收发机, 处理器:

存储器, 用于存储计算机程序; 收发机, 用于在所述处理器的控制下接收和发送数据; 处理器, 用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

对RIS移相单元的相位进行量子态建模, 获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

根据所述量子态个体的适应度, 对所述量子态个体进行迭代优化, 直至所述量子态个体收敛;

对目标量子态个体执行量子解码, 获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵, 所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

37. 根据权利要求36所述的装置, 其特征在于, 所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模, 获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

根据所述量子态编码结构, 生成多个量子态个体。

38. 根据权利要求37所述的装置, 其特征在于, 每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$\Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量;

$\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数, 且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$; B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

39. 根据权利要求38所述的装置, 其特征在于, 所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征, 获得叠加态矩阵, 每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

其中, 所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

40. 根据权利要求36所述的装置, 其特征在于, 所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;

步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

41.根据权利要求40所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;

根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

42.根据权利要求41所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

43.根据权利要求40所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

对所述量子态个体执行泛化性操作。

44.根据权利要求36所述的装置,其特征在于,所述泛化性操作包括以下至少一项:

量子交叉操作;

量子变异操作;

量子灾变操作。

45.根据权利要求40所述的装置,其特征在于,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

46.根据权利要求36所述的装置,其特征在于,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

计算每个收敛后的量子态个体的适应度;

确定适应度最优的目标量子态个体。

47.一种移相矩阵的确定装置,其特征在于,包括:

第一建模单元,用于对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

第一优化单元,用于根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

第一解码单元,用于对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个

体；

第一发送单元，用于向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

48. 一种波束赋形装置，其特征在于，包括：

第一接收单元，用于接收网络侧设备发送的移相矩阵；

波束赋形单元，用于根据所述移相矩阵对应的移相参数，对RIS移相单元的移相进行重构；

其中，所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的，且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。

49. 一种移相矩阵的确定装置，其特征在于，包括：

第二建模单元，用于对RIS移相单元的相位进行量子态建模，获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体；

第二优化单元，用于根据所述量子态个体的适应度，对所述量子态个体进行迭代优化，直至所述量子态个体收敛；

第二解码单元，用于对目标量子态个体执行量子解码，获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵，所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

50. 一种处理器可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，该计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至11中任一项所述的移相矩阵的确定方法的步骤，或者实现如权利要求12所述的波束赋形方法的步骤，或者实现如权利要求13至23中任一项所述的移相矩阵的确定方法的步骤。

移相矩阵的确定方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域,尤其涉及一种移相矩阵的确定方法及装置。

背景技术

[0002] 智能超表面 (Reconfigurable Intelligent Surface, RIS) 可以通过大量可控单元实现对无线通信环境的智能调控,被认为是6G通信具有潜力的关键技术之一。通过设计和调整RIS表面单元的移相系数矩阵, RIS能够定向地反射电磁波,实现被反射信号的波束赋形。然而,由于RIS单元数目众多,实际应用中的设计复杂度很高。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种移相矩阵的确定方法及装置,解决了确定移相矩阵时计算复杂度高的问题。

[0004] 本发明的实施例提供一种移相矩阵的确定方法,应用于网络侧设备,包括:

[0005] 网络侧设备对智能超表面RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

[0006] 所述网络侧设备根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

[0007] 所述网络侧设备对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体;

[0008] 所述网络侧设备向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

[0009] 可选的,所述对智能超表面RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体,包括:

[0010] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

[0011] 根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0012] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$[0013] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0014] 其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数,且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

[0015] 可选的,根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体,包括:

- [0016] 将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;
- [0017] 其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。
- [0018] 可选的,根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛,包括:
- [0019] 步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;
- [0020] 步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;
- [0021] 步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;
- [0022] 步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;
- [0023] 步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。
- [0024] 可选的,所述根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向,包括:
- [0025] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;
- [0026] 根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。
- [0027] 可选的,所述根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作,包括;
- [0028] 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。
- [0029] 可选的,在根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作的情况下,所述方法还包括:
- [0030] 对所述量子态个体执行泛化性操作。
- [0031] 可选的,所述泛化性操作包括以下至少一项:
- [0032] 量子交叉操作;
- [0033] 量子变异操作;
- [0034] 量子灾变操作。
- [0035] 可选的,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;
- [0036] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;
- [0037] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。
- [0038] 可选的,所述对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵之前,所述方法还包括:
- [0039] 计算每个收敛后的量子态个体的适应度;
- [0040] 确定适应度最优的目标量子态个体。
- [0041] 本发明的实施例提供一种波束赋形方法,包括:
- [0042] RIS接收网络侧设备发送的移相矩阵;
- [0043] 根据所述移相矩阵对应的移相参数,对RIS移相单元的移相进行重构;

[0044] 其中,所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的,且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。

[0045] 本发明的实施例提供一种移相矩阵的确定方法,应用于RIS,包括:

[0046] RIS对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

[0047] 根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

[0048] 对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

[0049] 可选的,所述对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体,包括;

[0050] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

[0051] 根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0052] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$[0053] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0054] 其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表

示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数,且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

[0055] 可选的,根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体,包括:

[0056] 将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

[0057] 其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

[0058] 可选的,根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛,包括:

[0059] 步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;

[0060] 步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

[0061] 步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

[0062] 步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

[0063] 步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

[0064] 可选的,所述根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向,包括:

- [0065] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体；
- [0066] 根据所述第一量子态个体，确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。
- [0067] 可选的，所述根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作，包括；
- [0068] 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度，对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。
- [0069] 可选的，在根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作的情况下，所述方法还包括：
- [0070] 对所述量子态个体执行泛化性操作。
- [0071] 可选的，所述泛化性操作包括以下至少一项：
- [0072] 量子交叉操作；
- [0073] 量子变异操作；
- [0074] 量子灾变操作。
- [0075] 可选的，在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下，所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比；
- [0076] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下，所述目标函数的性能指标是多用户和速率；
- [0077] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下，所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。
- [0078] 可选的，所述对目标量子态个体执行量子解码，获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵之前，所述方法还包括：
- [0079] 计算每个收敛后的量子态个体的适应度；
- [0080] 确定适应度最优的目标量子态个体。
- [0081] 本发明的实施例提供一种移相矩阵的确定装置，应用于网络侧设备，包括：存储器，收发机，处理器：
- [0082] 存储器，用于存储计算机程序；收发机，用于在所述处理器的控制下接收和发送数据；处理器，用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作：
- [0083] 对RIS移相单元的相位进行量子态建模，获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体；
- [0084] 根据所述量子态个体的适应度，对所述量子态个体进行迭代优化，直至所述量子态个体收敛；
- [0085] 对目标量子态个体执行量子解码，获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵，所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体；
- [0086] 向RIS发送所述优化后的移相矩阵。
- [0087] 可选的，所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作：
- [0088] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模，获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构；
- [0089] 根据所述量子态编码结构，生成多个量子态个体。
- [0090] 可选的，每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为：

$$[0091] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0092] 其中, Ψ_n 表示第 n 个 RIS 移相单元对应的量子态编码结构, N 是所述 RIS 移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第 n 个 RIS 移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m 表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数, 且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B 表示 RIS 的移相精度是 B 比特, B 的最小取值为 1。

[0093] 可选的, 所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0094] 将 N 个所述 RIS 移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征, 获得叠加态矩阵, 每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

[0095] 其中, 所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

[0096] 可选的, 所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0097] 步骤1: 获取当前通信系统的信道状态信息;

[0098] 步骤2: 根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数, 计算每个所述量子态个体的适应度;

[0099] 步骤3: 根据全部量子态个体的最优适应度, 确定所述量子态个体的进化方向;

[0100] 步骤4: 根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

[0101] 步骤5: 重复执行所述步骤1至所述步骤4, 直至所述量子态个体收敛。

[0102] 可选的, 所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0103] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;

[0104] 根据所述第一量子态个体, 确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

[0105] 可选的, 所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0106] 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度, 对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

[0107] 可选的, 所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0108] 对所述量子态个体执行泛化性操作。

[0109] 可选的, 所述泛化性操作包括以下至少一项:

[0110] 量子交叉操作;

[0111] 量子变异操作;

[0112] 量子灾变操作。

[0113] 可选的, 在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下, 所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

[0114] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下, 所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

[0115] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下, 所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

[0116] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0117] 计算每个收敛后的量子态个体的适应度;

[0118] 确定适应度最优的目标量子态个体。

[0119] 本发明的实施例提供一种波束赋形装置,应用于RIS,包括:存储器,收发机,处理器:

[0120] 存储器,用于存储计算机程序;收发机,用于在所述处理器的控制下接收和发送数据;处理器,用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0121] 接收网络侧设备发送的移相矩阵;

[0122] 根据所述移相矩阵对应的移相参数,对RIS移相单元的移相进行重构;

[0123] 其中,所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的,且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。

[0124] 本发明的实施例提供一种移相矩阵的确定装置,应用于RIS,包括:存储器,收发机,处理器:

[0125] 存储器,用于存储计算机程序;收发机,用于在所述处理器的控制下接收和发送数据;处理器,用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0126] 对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

[0127] 根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

[0128] 对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

[0129] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0130] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

[0131] 根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0132] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$[0133] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0134] 其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表

示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数, 且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

[0135] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0136] 将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

- [0137] 其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。
- [0138] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:
- [0139] 步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;
- [0140] 步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;
- [0141] 步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;
- [0142] 步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;
- [0143] 步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。
- [0144] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:
- [0145] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;
- [0146] 根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。
- [0147] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:
- [0148] 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。
- [0149] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:
- [0150] 对所述量子态个体执行泛化性操作。
- [0151] 可选的,所述泛化性操作包括以下至少一项:
- [0152] 量子交叉操作;
- [0153] 量子变异操作;
- [0154] 量子灾变操作。
- [0155] 可选的,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;
- [0156] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;
- [0157] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。
- [0158] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:
- [0159] 计算每个收敛后的量子态个体的适应度;
- [0160] 确定适应度最优的目标量子态个体。
- [0161] 本发明的实施例提供一种移相矩阵的确定装置,应用于网络侧设备,包括:
- [0162] 第一建模单元,用于对RIS移相单元的相位进行量子态编码,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;
- [0163] 第一优化单元,用于根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;
- [0164] 第一解码单元,用于对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体;
- [0165] 第一发送单元,用于向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

- [0166] 本发明的实施例提供一种波束赋形装置,应用于RIS,包括:
- [0167] 第一接收单元,用于接收网络侧设备发送的移相矩阵;
- [0168] 波束赋形单元,用于根据所述移相矩阵对应的移相参数,对RIS移相单元的移相进行重构;
- [0169] 其中,所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的,且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。
- [0170] 本发明的实施例提供一种移相矩阵的确定装置,应用于RIS,包括:
- [0171] 第二建模单元,用于对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;
- [0172] 第二优化单元,用于根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;
- [0173] 第二解码单元,用于对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。
- [0174] 本发明的实施例提供一种处理器可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现上述的移相矩阵的确定方法的步骤,或者实现上述的波束赋形方法的步骤。
- [0175] 本发明的上述技术方案的有益效果是:
- [0176] 本申请的实施例,通过将RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得多个量子态个体,利用量子遗传算法对量子态个体进行迭代优化,获得的适应度最优的目标量子态个体解码后得到优化后的移相矩阵,RIS可以根据该移相矩阵重构所有移相单元的移相,实现波束赋形。该实施例将RIS波束赋形的优化问题等效地转换为量子群的进化过程,迭代过程收敛速度快、波束赋形效果优,能够解决确定移相矩阵时计算复杂度高、离散量化后性能受限的问题。

附图说明

- [0177] 图1表示本发明实施例的移相矩阵的确定方法的流程示意图之一;
- [0178] 图2表示本发明实施例的网络侧设备、RIS以及终端的通信示意图;
- [0179] 图3表示本发明实施例的移相矩阵的确定方法的流程示意图之二;
- [0180] 图4表示本发明实施例的移相矩阵的确定方法的流程示意图之三;
- [0181] 图5表示本发明实施例的基站发射信噪比对于用户可达通信速率的示意图;
- [0182] 图6表示本发明实施例的移相矩阵的确定方法的流程示意图之四;
- [0183] 图7表示本发明实施例的移相矩阵的确定方法的流程示意图之一;
- [0184] 图8表示本发明实施例的移相矩阵的确定方法的流程示意图之二;
- [0185] 图9表示本发明实施例的移相矩阵的确定方法的流程示意图之三;
- [0186] 图10表示本发明实施例的移相矩阵的确定方法的流程示意图之四。

具体实施方式

[0187] 为使本发明要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。在下面的描述中，提供诸如具体的配置和组件的特定细节仅仅是为了帮助全面理解本发明的实施例。因此，本领域技术人员应该清楚，可以对这里描述的实施例进行各种改变和修改而不脱离本发明的范围和精神。另外，为了清楚和简洁，省略了对已知功能和构造的描述。

[0188] 应理解，说明书通篇中提到的“一个实施例”或“一实施例”意味着与实施例有关的特定特征、结构或特性包括在本发明的至少一个实施例中。因此，在整个说明书各处出现的“在一个实施例中”或“在一实施例中”未必一定指相同的实施例。此外，这些特定的特征、结构或特性可以任意适合的方式结合在一个或多个实施例中。

[0189] 在本发明的各种实施例中，应理解，下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，而不对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0190] 本申请实施例中术语“和/或”，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。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

[0191] 本申请实施例中术语“多个”是指两个或两个以上，其它量词与之类似。

[0192] 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，并不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

[0193] 本申请的实施例提供了一种移相矩阵的确定方法及装置，用以解决确定移相矩阵时计算复杂度高的问题。

[0194] 其中，方法和装置是基于同一申请构思的，由于方法和装置解决问题的原理相似，因此装置和方法的实施可以相互参见，重复之处不再赘述。

[0195] 如图1所示，本申请的实施例提供了一种移相矩阵的确定方法，应用于网络侧设备，具体包括以下步骤：

[0196] 步骤101、网络侧设备对智能超表面RIS移相单元的相位进行量子态建模，获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体；

[0197] 所述网络侧设备可以是基站，RIS是一种由大量无源的移相单元构成的反射阵列，如图2所示，所述RIS可以被部署在网络侧设备（如基站）和用户（终端）之间，为其提供一条额外的反射链路来辅助通信。

[0198] 所述网络侧设备可以将RIS移相单元的移相系数建模为量子态，例如所述网络侧设备的数字信号处理模块，以软件（计算机程序）或硬件（电路、芯片等）的实施方式，可以将RIS单元的移相系数建模为量子态，获得多个量子态个体，则RIS波束赋形中移相矩阵的优化问题可以被等效地建模为量子群的进化过程。

[0199] 其中，所述量子态建模是指将RIS的每一个移相单元的移相系数建模为多个可选相位的概率叠加式。网络侧设备在进行量子态建模时，可以首先基于随机相位进行建模，获得多个量子态个体。

[0200] 例如,对于一个1bit移相的RIS移相单元来说,其相位只可取0和 π ,那么此时RIS的第n个量子态建模可写为:

$$[0201] \quad \Psi_n = p_{n,0}|0\rangle + p_{n,1}|\pi\rangle, n \in \{1, \dots, N\}$$

[0202] 上述 $p_{n,0}$ 代表该移相单元取0相位的概率加权系数, $p_{n,1}$ 代表该移相单元取 π 相位的概率加权系数。需要注意的是: $p_{n,0}$ 和 $p_{n,1}$ 在量子态建模时都是随机初始化的。但需要满足 $p_{n,0}^2 + p_{n,1}^2 = 1$ 。

[0203] 对于通过量子态建模获得的量子态个体,假设RIS有N个移相单元,则一个量子态个体是指将RIS的N个移相单元都依照上述量子态建模方法建模为量子态之后得到的一个总的模型,该模型对应一套RIS的可能的移相矩阵。

[0204] 在量子遗传算法中,通常要建模多个量子态个体来进行迭代优化。其中,多个量子态个体的区别体现在随机初始化的概率加权系数 $p_{n,m}$ 的不同,对应多种不同的RIS移相矩阵。

[0205] 步骤102、所述网络侧设备根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

[0206] 所述网络侧设备计算每个所述量子态个体的适应度,所述适应度可以用于评估当前量子态个体对应的移相情况下的通信质量,从而利用量子遗传算法对量子态个体进行迭代优化,直到量子态个体收敛。所述量子态个体收敛可以是满足收敛条件(例如参数达到设置的目标数值)或者收敛到了某个稳态。

[0207] 其中,所述量子态个体的适应度可以理解为,某一量子态个体解码后对应的RIS移相矩阵在实际系统中的性能表现。计算某一量子态个体的适应度包括两步:1)对量子态个体进行解码,获得其对应的RIS移相矩阵;2)把该移相矩阵代入RIS所在通信系统的目标函数(如信噪比、和速率等),计算得到目标函数的取值,该取值即为该量子态个体的适应度。

[0208] 可选的,对于量子态个体进行迭代优化可以包含4个步骤:1)计算全部量子态个体的适应度;2)找到适应度最优的个体;3)根据最优量子态个体的量子态概率分布 $p_{n,m}$,确定其他量子态个体的进化方向(即量子旋转门的角度),然后对其他量子态个体进行旋转。4)为了提高进化的泛化性,可以引入量子变异、量子交叉等泛化性操作。

[0209] 进行了若干代的迭代进化后,若干量子态个体的最优适应度不再发生改变,表示最优的量子态个体的适应度提升空间已经趋近于0,此时继续迭代进化对改善RIS所在通信系统的目标函数不再有明显增益,则可以认为量子态群体已收敛,可以停止迭代。

[0210] 步骤103、所述网络侧设备对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

[0211] 该实施例中,每一个量子态个体中的每一个量子态建模都是多个可调相位的概率叠加。量子态解码是一种带有随机性的状态判决。所述“解码”,可以是指依据每一个量子态建模的概率 $p_{n,m}$ 分布判决该量子态建模应当对应哪一个具体的相位。以下举一个具体的例子说明如何进行“解码”。

[0212] 例如,假设RIS的第n个量子态建模为 $\Psi_n = \frac{1}{\sqrt{3}}|0\rangle + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}|\pi\rangle$,表示:对 Ψ_n 进行解码后,第n个RIS移相单元的移相有33%的概率取0相位,有67%的概率取 π 相位。此时,任意取

一个0-1之间的随机数,若是该随机数 <0.33 ,则表示量子解码结果为:第 n 个RIS移相单元的移相取0相位;反之,若是该随机数 ≥ 0.33 ,则表示量子解码结果为:第 n 个RIS单元的移相取 π 相位。以此类推,可以通过这种方式对全部RIS移相单元对应的量子态建模进行解码,获得一个可以实际部署的RIS移相矩阵。

[0213] 步骤104、所述网络侧设备向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

[0214] 该实施例中,在所有量子态个体收敛后,可以选择其中适应度最优的一个量子态个体作为目标量子态个体,该目标量子态个体对应的移相情况下的通信质量最优,则对该目标量子态个体进行解码,获得优化的RIS移相矩阵。所述网络侧设备将该优化的移相矩阵发送给RIS,则RIS可以根据接收到的移相参数重构所有单元的移相,从而实现RIS波束赋形。

[0215] 本申请的实施例,通过将RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得多个量子态个体,利用量子遗传算法对量子态个体进行迭代优化,获得的适应度最优的目标量子态个体解码后得到优化后的移相矩阵,RIS可以根据该移相矩阵重构所有移相单元的移相,实现波束赋形。该实施例将RIS波束赋形的移相矩阵优化问题等效地转换为量子群的进化过程,迭代过程收敛速度快、波束赋形效果优,能够解决确定移相矩阵时计算复杂度高、离散量化后性能受限的问题。

[0216] 作为一个可选实施例,所述对智能超表面RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体,包括:

[0217] 步骤11、基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

[0218] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$[0219] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0220] 其中, Ψ_n 表示第 n 个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N 是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第 n 个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m 表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数,且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$,并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$; B 表示RIS的移相精度是 B 比特, B 的最小取值为1。

[0221] 步骤12、根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0222] 可选的,根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体,包括:将 N 个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

[0223] 该实施例中,量子态编码将每一个RIS单元的相位取值建模为由可取的低精度离散相位(以某种概率加权)叠加的量子叠加态,从而可以利用量子遗传算法优化RIS的相位。每个所述RIS移相单元包括至少两个相位,将至少两个相位进行量子态编码,则针对每个RIS移相单元,可以获得对应的叠加态编码结构,将获得的所述叠加态编码结构进行概率表征,可以获得叠加态矩阵。基于上述获得叠加态矩阵的方法,可以生成若干个量子态个体。

[0224] 其中,在对获得的所述叠加态编码结构进行概率表征时,不同的概率加权系数取值对应获得不同的量子态个体。获得的所有量子态个体即为待进化的量子种群,利用量子遗传算法对该待进化的量子种群进行迭代优化。

[0225] 作为一个可选实施例,根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛,包括:

[0226] 步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;

[0227] 步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

[0228] 可选的,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

[0229] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

[0230] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

[0231] 该步骤中,在选择目标函数时,可以基于当前的通信系统场景,选择合适的目标函数,计算每个量子态个体的适应度。

[0232] 步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

[0233] 可选的,所述根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向,包括:确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

[0234] 步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

[0235] 可选的,所述根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作,包括:根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

[0236] 步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

[0237] 该实施例中,网络侧设备获取当前通信系统的信道状态信息,例如:基站的数字信号处理模块可以确定所述信道状态信息。根据所述信道状态信息和所在场景的特定目标函数,针对每个量子态个体分别计算其适应度,所述适应度是该目标函数的可达值,从计算获得的所有适应度中选取性能最优(即适应度最优)的一个量子态个体,根据该适应度最优的量子态个体,为其他量子态个体分别确定下一步的迭代进化的方向,所述迭代进化的方向即所述量子旋转门的旋转角度。根据确定每个所述量子态个体的量子旋转门的旋转角度,为每个量子态个体分别执行量子旋转门操作。

[0238] 可选的,在根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作的情况下,所述方法还包括:对所述量子态个体执行泛化性操作。

[0239] 可选的,所述泛化性操作包括以下至少一项:

[0240] 量子交叉操作;

[0241] 量子变异操作;

[0242] 量子灾变操作。

[0243] 该实施例中,在根据量子旋转角度为每个量子态个体分别执行量子旋转门操作时,可以按照一定概率为一部分量子态个体执行如量子交叉、量子变异、量子灾变等随机性

操作,以提高泛化性,防止优化陷入局部最优。

[0244] 重复执行上述步骤,直至所述量子态个体收敛,例如达到目标函数的收敛条件或者所有量子态个体都收敛到了某个稳态。

[0245] 作为一个可选实施例,所述对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵之前,所述方法还包括:

[0246] 计算每个收敛后的量子态个体的适应度;确定适应度最优的目标量子态个体。

[0247] 该实施例中,在迭代优化获得收敛的量子态个体后,再一次观测量子群中所有量子态个体的适应度,从中选择出适应度最优的目标量子态个体,并执行量子解码得到优化后的RIS移相矩阵。然后所述网络侧设备可以通过有线或者无线的传输方法,将获得的移相矩阵以信令的方式传输给无线系统中的RIS。RIS根据所接收到的移相参数重构所有单元的移相,从而实现RIS波束赋形。

[0248] 下面通过具体实施例说明本申请实施例的移相矩阵的确定方法在网络侧设备、RIS以及终端之间的实现过程,以所述网络侧设备是基站为例,如图3所示,包括:

[0249] 步骤31:基站获取信道状态信息;

[0250] 步骤32:对RIS移相单元的相位进行量子态编码;

[0251] 步骤33:生成量子种群,包括多个量子态个体;

[0252] 步骤34:计算各个量子态个体的适应度;

[0253] 步骤35:根据最优适应度确定进化方向;

[0254] 步骤36:执行种群进化,即对量子态个体执行量子旋转门操作,可选的还可以执行泛化性操作;

[0255] 步骤37:判断量子种群是否收敛;

[0256] 步骤38:若所有量子态个体收敛,则解码获得进化后的移相矩阵;

[0257] 步骤39:基站向RIS发送RIS控制信令,其中包括移相矩阵;

[0258] 步骤40:RIS根据控制信令完成波束赋形;

[0259] 步骤41:RIS波束赋形后产生高增益波束对准用户,用户服务性能提升。

[0260] 该实施例中,在基站中,以软件(计算机程序)或硬件(电路、芯片等)的实施方式,通过将RIS单元的移相系数建模为量子态,RIS波束赋形的优化问题可以被等效地建模为量子群的进化过程。进一步,通过对量子群施加定向校准(量子旋转)和扰动(如量子交叉、量子变异、量子灾变等),可以改善性能较差的量子态,同时泛化性能较优的量子态,从而使量子群整体朝着系统性能更优的方向迭代进化。经过若干代进化后,量子群逐渐收敛到使得波束赋形性能较优的状态。然后,通过观测进化后的量子群并选取其中最优的量子态个体,解码后即可得到优化后的RIS移相系数矩阵。最后,基站将所得移相矩阵,以信令的方式传输给RIS,RIS根据所接收到的移相参数重构所有单元的移相,从而实现RIS波束赋形。

[0261] 本申请的移相矩阵的确定方法有着收敛速度快,波束赋形效果优的特点,在低精度移相RIS辅助的无线通信中能够以较低复杂度提升系统性能。

[0262] 下面结合具体实施例说明利用本申请的移相矩阵的确定方法实现波束赋形的过程。需要说明的是,以下实施例仅用于距离说明本申请,但不用来限制本申请的实施范围。

[0263] 该实施例针对RIS辅助的通信系统,提出一种基于量子遗传算法的面向低精度移相RIS的波束赋形设计方案。以一个单基站、单RIS、单用户的典型应用场景下用户信噪比最

大化的实施方案为例,对该方案进行详细介绍。

[0264] 如图2所示,假设一个M天线的基站在一个RIS辅助的场景下与单天线用户进行通信,基站与用户之间的直接链路被障碍物遮挡,而RIS为其提供了一条反射链路。其中RIS被放置在建筑墙面上,共包括N个RIS移相单元。

[0265] 考虑典型下行传输,基站经超大规模RIS向用户发送信号s,则用户侧的接收信号r可以表示为:

$$[0266] \quad r = \mathbf{h}_r^T \Theta \mathbf{G} \mathbf{v} s + z$$

[0267] 其中 $\mathbf{v} \in \mathbb{C}^{M \times 1}$ 表示基站侧的波束赋形矢量, $\mathbf{G} \in \mathbb{C}^{N \times M}$ 表示基站到RIS的信道矩阵; $\Theta = \text{diag}(\theta) = \text{diag}(e^{j\theta_1}, e^{j\theta_2}, \dots, e^{j\theta_N}) \in \mathbb{C}^{N \times N}$ 表示由RIS的反射系数组成的反射波束赋形矩阵/向量,其中 θ_n 表示第n个反射单元的移相取值; $\mathbf{h}_r \in \mathbb{C}^{N \times 1}$ 表示RIS到用户的信道; z表示高斯白噪声,均值为0,方差为 σ^2 。基于上述信号模型,用户的信噪比可以推导为:

$$[0268] \quad \text{SNR} = \frac{|\mathbf{h}_r^T \Theta \mathbf{G} \mathbf{v}|^2}{\sigma^2}$$

[0269] 基站端的发射功率可以被建模为: $\|\mathbf{v}\|^2 \leq P_T$, 其中 P_T 为基站所允许的最大发射功率。可选的,假设RIS的移相精度为B比特,即满足离散取值约束:

$$[0270] \quad \theta_n \in \left\{ 0, \frac{\pi}{2^{B-1}}, \dots, \frac{(2^B - 1)\pi}{2^{B-1}} \right\}, \quad n \in \{1, 2, \dots, N\}$$

[0271] 在该实施例中,基站可以采用RIS信道估计方法(如开关单元法、离散傅里叶分解法、压缩感知等)提前获取信道G与 $\mathbf{h}_r$, 然后利用已知的信道信息来设计预编码矢量v与RIS移相矩阵 Θ 。则该实施例的通信性能最大化问题可以被建模为如下的单用户接收信噪比最大化问题:

$$[0272] \quad \max_{\Theta, \mathbf{v}} f(\Theta, \mathbf{v}) = \frac{|\mathbf{h}_r^T \Theta \mathbf{G} \mathbf{v}|^2}{\sigma^2}$$

$$[0273] \quad \text{s. t. } \|\mathbf{v}\|^2 \leq P_T$$

$$[0274] \quad \theta_n \in \left\{ 0, \frac{\pi}{2^{B-1}}, \dots, \frac{(2^B - 1)\pi}{2^{B-1}} \right\}, \quad n \in \{1, 2, \dots, N\}$$

[0275] 其中,对于任意给定的RIS移相矩阵 Θ , 注意到基站端的波束赋形矢量v在取得以下值时(即经典通信中的匹配预编码方法),能够使目标函数 $f(\Theta, \mathbf{v})$ 最大化:

$$[0276] \quad \mathbf{v} = \sqrt{P_T} \frac{(\mathbf{h}_r^T \Theta \mathbf{G})^T}{\|\mathbf{h}_r^T \Theta \mathbf{G}\|}$$

[0277] 将上述波束赋形矢量v的公式代入上述的单用户接收信噪比最大化问题,则该问题可以简化为:

$$[0278] \quad \max_{\Theta} g(\Theta) = \|\mathbf{h}_r^T \Theta \mathbf{G}\|^2$$

$$[0279] \quad \text{s.t.} \quad \theta_n \in \left\{ 0, \frac{\pi}{2^{B-1}}, \dots, \frac{(2^B - 1)\pi}{2^{B-1}} \right\}, \quad n \in \{1, 2, \dots, N\}$$

[0280] 对于上述问题,本质是一个超参数选取问题,在为了以低复杂度高效地求解这一问题,该实施例使用量子遗传算法的求解方法,对其最优解进行启发式搜索。算法的流程框图如图4所示。首先,对每一个相位参数 θ_n 进行量子编码,然后对量子态个体进行进化和迭代。其中,分别对 θ_n 进行量子态编码,可以得到量子态结构 Ψ_n :

$$[0281] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0282] 其中, $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示RIS移相单元取 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 相位时的本征态, $p_{n,m}$ 表示第 n 个RIS移相单元的本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数,其取值范围均为 $[-1, 1]$,并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$ (概率和为1)。

[0283] 假设 $B=1$,即考虑1比特精度移相的RIS,则此时量子叠加态 Ψ_n 可以等价地重写为:

$$[0284] \quad \Psi_n = \alpha_n |0\rangle + \beta_n |\pi\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0285] 其中, $|0\rangle$ 和 $|\pi\rangle$ 分别表示RIS移相单元选取0相位和 π 相位时的本征态, α_n 和 β_n 则分别表示 $|0\rangle$ 和 $|\pi\rangle$ 状态各自对应的概率加权系数,其取值范围均为 $[-1, 1]$,满足 $\alpha_n^2 + \beta_n^2 = 1$,其初值可以均匀随机生成。为此,RIS的 N 个移相单元可以被量子编码为:

$$[0286] \quad \Psi = \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \dots & \alpha_N \\ \beta_1 & \beta_2 & \dots & \beta_N \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} |0\rangle \\ |\pi\rangle \end{bmatrix}$$

[0287] 则,叠加态矩阵 Ψ 是对RIS移相矩阵 Θ 的概率表征,。进一步的,可以以此方法生成 P 个量子态个体,组成一个量子群,即 $\{\Psi_p\}_{p=1}^P$,其中下标 p 被添加用于表示不同的量子态个体。

[0288] 需要说明的是,上述量子编码结构与种群的参数具有一般性,其他参数的编码结构(例如对于高精度移相RIS的一般性本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$,一般性概率符 $p_{n,m}$)与种群参数(不同的 P)均在本申请保护范围之内,在此不做赘述。

[0289] 对量子种群 $\{\Psi_p\}_{p=1}^P$ 中的每一个量子态个体进行观测(即计算每个量子态个体的适应度),对 $\{\Psi_p\}_{p=1}^P$ 的观测将使得其内部的每一个量子态个体收敛到一个本征态 $|0\rangle$ 或者 $|\pi\rangle$,从而,每一个 Ψ_p 将会对应唯一一个移相矩阵 Θ_p ,进一步对应唯一一个用户信噪比。

[0290] 从所有量子态个体中,挑选出对应最大的信噪比的量子态个体 Ψ_k ,记为当前最优个体。然后,根据该最优个体 Ψ_k ,确定其他量子态的进化方向,即确定量子旋转矩阵的旋转角度。具体而言,在每一轮迭代进化的过程中,所有量子态个体对应的概率加权系数 $[\alpha_n \ \beta_n]^T$ 都会被乘以一个量子旋转矩阵,即:

$$[0291] \quad \begin{bmatrix} \alpha_n^{t+1} \\ \beta_n^{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi_n^{t+1} & -\sin \phi_n^{t+1} \\ \sin \phi_n^{t+1} & \cos \phi_n^{t+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_n^t \\ \beta_n^t \end{bmatrix}$$

[0292] 在上述概率加权系数中,上标t代表此时量子态个体所处的进化代数, ϕ_n 代表第n个量子态被施加的旋转门的角度。根据所获得的当前最优量子态个体 Ψ_k 的某一单元的量子叠加态 Ψ_k ,则其他量子态个体对应单元的量子叠加态 Ψ_n 的旋转角度($\phi_n = s_n |\phi_n|$)可由如下表1所示的经验选取表格获得。需要说明的是,进化方向的确定有多种选择方式,表1所示的仅为一种常用的经验选取规则,本申请实施例还可以根据实际需求变更进化方向的选取规则。

[0293] 表1:量子态旋转矩阵角度的选取表

Ψ_n	Ψ_k	$g(\Psi_n) \geq g(\Psi_k)$	$ \phi_n $	s_n			
				$\alpha_n \beta_n > 0$	$\alpha_n \beta_n < 0$	$\alpha_n = 0$	$\beta_n = 0$
0	0	False	0	0	0	0	0
0	0	True	0	0	0	0	0
[0294] 0	1	False	0.005π	+1	-1	0	± 1
	1	True	0.005π	-1	+1	± 1	0
1	0	False	0.005π	-1	+1	± 1	0
1	0	True	0.005π	+1	-1	0	± 1
1	1	False	0	0	0	0	0
1	1	True	0	0	0	0	0

[0295] 在对量子种群 $\{\Psi_p\}_{p=1}^P$ 中的所有量子态个体施加了量子旋转门后,为了增强算法的泛化性,可以根据实际数据结果对种群进化过程引入一些随机性,例如图4所示。例如:按照预定概率,交换部分个体的概率加权系数 $[\alpha_n \ \beta_n]^T$ 次序(称为量子交叉);对于部分个体,按照预定概率交换其 $|0\rangle$ 和 $|\pi\rangle$ 状态对应的概率加权系数(称为量子变异);按预定概率直接删除部分个体的概率加权系数并重新生成(称为量子灾变)。通过进行上述处理,为量子种群的进化引入了不确定性,减小了算法进入局部最优点的概率。

[0296] 其中,上述预定概率的取值与具体应用场景相关,可以根据具体仿真场景经过数值检验得到。同时,上述量子旋转门操作、量子交叉、量子变异等操作仅为量子遗传计算的举例说明,其他量子遗传的随机化操作仍在本申请保护范围之内。

[0297] 在执行上述的一轮迭代后,需要对每一个量子态个体重新进行适应度计算,即重新观测量子群 $\{\Psi_p\}_{p=1}^P$,然后重复上述迭代进化流程(可以包括量子旋转、量子交叉、量子变异等),直到满足待优化目标所需的收敛条件或者所有量子态个体都收敛到了某个稳态,即所有个体的概率加权系数均满足 $\alpha_n = 1$ 或 $\beta_n = 1$ (该情况将使得每次观测均获得唯一本征态,进化将停止)。需要说明的是,收敛条件具有一般性,任意实际场景下的各式收敛条件均

在本申请实施例的保护范围之内。

[0298] 该实施例中,由于上述算法迭代执行的整个过程中没有涉及高维矩阵的优化,从而该算法具有线性运算复杂度 $O(N)$,相比于传统基于优化的设计方法,在许多场景下能够更快收敛。

[0299] 在获得收敛的量子态个体后,对量子种群 $\{\Psi_p\}_{p=1}^P$ 再一次进行整体观测(即再次计算其适应度),获得其中的最佳个体 Ψ_{opt} 的观测结果(Ψ_{opt} 即为所述目标量子态个体),将 Ψ_{opt} 进行解码后获得优化后的RIS移相矩阵 Θ_{opt} 。基站通过有线或者无线的传输方法,将所得移相矩阵 Θ_{opt} ,以信令的方式传输给无线系统中的RIS,RIS根据所接收到的移相参数重构所有单元的移相,从而实现了低精度RIS的波束赋形。

[0300] 需要说明的是,该实施例的移相矩阵的确定方法与目标函数无关,上述单基站、单用户、单RIS场景仅为本申请的一个实施例。该实施例可以被拓展应用于更多通信场景(如多用户场景、多载波场景、多基站场景等)。具体而言,对于其他无线系统,当系统建模及信道状态改变后,只需改变波束赋形设计的目标函数并重新计算适应度,仍然可以使用上述方案实现低精度RIS的波束赋形设计。

[0301] 为方便说明本实施例的可拓展性,以多用户为例:在多用户场景下,不同于单元用户场景的最大化信噪比,目标函数可以被替换为多用户和速率,则优化问题被建模如下:

$$[0302] \quad \max_{\Theta, \mathbf{v}} f(\Theta, \mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_K) = \sum_{k=1}^K \log \left(1 + \frac{|\mathbf{h}_{r,k}^T \Theta \mathbf{G} \mathbf{v}_k|^2}{1 + \sum_{k' \neq k} |\mathbf{h}_{r,k}^T \Theta \mathbf{G} \mathbf{v}_{k'}|^2} \right)$$

$$[0303] \quad \text{s. t.} \quad \sum_{k=1}^K \|\mathbf{v}_k\|^2 \leq P_T$$

$$[0304] \quad \theta_n \in \left\{ 0, \frac{\pi}{2^{B-1}}, \dots, \frac{(2^B - 1)\pi}{2^{B-1}} \right\}, \quad n \in \{1, 2, \dots, N\}$$

[0305] 其中, $\mathbf{h}_{r,k}^T$ 为RIS到第k个用户的信道, $\mathbf{v}_k$ 为基站对第k个用户数据的预编码向量。此时,类似于上述单用户实施例,基站预编码向量 $\mathbf{v}_k$ 的优化仍然可以采用经典通信场景优化方法(如破零均衡算法、最小均方误差算法等)完成,而低精度RIS的相位矩阵 Θ 的优化可以应用本实施例所述方案来实现。与上述的单用户实施例的唯一区别在于,适应度的目标函数为多用户和速率 $f(\Theta, \mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_K)$ (而非单用户时的信噪比 $f(\Theta, \mathbf{v})$)。类似地,当考虑多载波、多基站、多RIS等其他场景时,仅需要改变目标函数 f 的形式,则本实施例所属方案仍然可以被继续用于低精度RIS波束赋形。

[0306] 本申请的实施例,将RIS的移相系数建模为量子态,实现对离散移相的RIS移相系数进行量子态编码(即建模),以便能够进行量子遗传计算;对于建模后获得的量子态个体;在量子遗传算法执行过程中,对量子态个体进行适应度计算以评估其预期性能。其中,适应度的计算包括三个阶段:

[0307] 对量子态个体进行观测,使之收敛到某一本征态;

[0308] 查询该本征态对应RIS移相单元的相位系数,获得RIS的移相矩阵;

[0309] 将所得RIS移相矩阵代入目标函数,评估该量子态个体在通信系统中的预期性能。

[0310] 特别地,目标函数可以根据特定通信系统选取,如:单用户下行传输场景为用户接收信噪比;多用户下行传输场景为多用户和速率;多载波通信场景为多子载波和速率。此外,对于同一种通信系统,目标函数也可以采用其他性能指标来调整,如:系统能量效率、用户公平性、物理层安全和速率等,在此不做限定。网络侧设备从优化后的量子态个体中重新获取RIS的移相矩阵,并发送给RIS,从而实现波束赋形。

[0311] 相比于基于连续相位假设优化的传统方法(复杂度通常与RIS单元数的三次方成正比),本申请实施例的移相矩阵的确定方法收敛速度快、波束赋形效果优,在低精度移相RIS辅助的无线通信中能够以较低复杂度(复杂度与RIS单元数成线性关系)提升系统性能。下面对基于本申请实施例的移相矩阵的确定方法实现波束赋形与基于连续相位假设优化的传统方法的性能进行评估比较。

[0312] 假设基站-用户-RIS处于同一直线上,用户距离基站50米,RIS距离基站51米,工作频段为28GHz。基站天线数为32,RIS单元数为50,考虑毫米波信道传输模型。如图5所示,是基站发射信噪比对于用户可达通信速率的示意图。其中,本申请实施例中基于量子遗传算法的移相矩阵的确定方法,与传统的基于连续相位假设优化的波束赋形设计方案,均迭代30次,作为比较。此时,传统算法的计算复杂度为 $O(N^3)$,而本申请实施例所述算法的计算复杂度为 $O(N)$,从而本申请实施例所述算法运行时间仅为经典算法的10%左右(具体的计算时间取决于实际计算设备的算力)。仿真结果表明,相比于传统方法,本申请实施例的移相矩阵的确定方法具有用户速率优势。特别地,当发射信噪比为0dB时,性能增益可达10%。

[0313] 本申请的实施例,通过将RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得多个量子态个体,利用量子遗传算法对量子态个体进行迭代优化,获得的适应度最优的目标量子态个体解码后得到优化后的移相矩阵,RIS可以根据该移相矩阵重构所有移相单元的移相,实现波束赋形。该实施例将RIS波束赋形的优化问题等效地转换为量子群的进化过程,迭代过程收敛速度快、波束赋形效果优,能够解决确定移相矩阵时计算复杂度高、离散量化后性能受限的问题。

[0314] 如图6所示,本申请实施例还提供一种波束赋形方法,应用于RIS,包括:

[0315] 步骤601、RIS接收网络侧设备发送的移相矩阵;

[0316] 步骤602、根据所述移相矩阵对应的移相参数,对RIS移相单元的移相进行重构;

[0317] 其中,所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的,且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。

[0318] 该实施例中,网络侧设备可以将RIS移相单元的移相系数建模为量子态,获得多个量子态个体,则RIS波束赋形的优化问题可以被等效地建模为量子群的进化过程。

[0319] 所述网络侧设备计算每个所述量子态个体的适应度,所述适应度可以用于评估当前量子态个体对应的移相情况下的通信质量,从而利用量子遗传算法对量子态个体进行迭代优化,直到量子态个体收敛。所述量子态个体收敛可以是满足收敛条件或者收敛到了某个稳态。

[0320] 在所有量子态个体收敛后,可以选择其中适应度最优的一个量子态个体作为目标量子态个体,该目标量子态个体对应的移相情况下的通信质量最优,则对该目标量子态个

体进行解码,获得优化的RIS移相矩阵。所述网络侧设备将该优化的移相矩阵发送给RIS,则RIS可以根据接收到的移相参数重构所有单元的移相,从而实现RIS波束赋形。

[0321] 本申请实施例还提供一种移相矩阵的确定方法,应用于RIS,包括:

[0322] 步骤A:RIS对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

[0323] 步骤B:根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

[0324] 步骤C:对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

[0325] 该实施例中,移相矩阵的确定过程可以由RIS自身执行,其执行方法与如图1所示的网络侧设备的执行过程相同,在此不做赘述。RIS基于量子遗传算法获得优化后的移相矩阵后,可以根据优化后的移相参数重构所有单元的移相,从而实现RIS波束赋形。

[0326] 作为一个可选实施例,所述对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体,包括:

[0327] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

[0328] 根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0329] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$[0330] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0331] 其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表

示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数,且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

[0332] 作为一个可选实施例,根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体,包括:

[0333] 将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

[0334] 其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

[0335] 作为一个可选实施例,根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛,包括:

[0336] 步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;

[0337] 步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

[0338] 步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

[0339] 步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

[0340] 步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

[0341] 可选的,所述根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向,包括:

[0342] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;

[0343] 根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

[0344] 可选的,所述根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作,包括;

[0345] 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

[0346] 可选的,在根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作的情况下,所述方法还包括:

[0347] 对所述量子态个体执行泛化性操作。

[0348] 可选的,所述泛化性操作包括以下至少一项:

[0349] 量子交叉操作;

[0350] 量子变异操作;

[0351] 量子灾变操作。

[0352] 作为一个可选实施例,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

[0353] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

[0354] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

[0355] 作为一个可选实施例,所述对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵之前,所述方法还包括:

[0356] 计算每个收敛后的量子态个体的适应度;

[0357] 确定适应度最优的目标量子态个体。

[0358] 本申请的实施例,RIS自身对移相单元的相位进行量子态建模,获得多个量子态个体,利用量子遗传算法对量子态个体进行迭代优化,获得的适应度最优的目标量子态个体解码后得到优化后的移相矩阵。该实施例将RIS波束赋形的优化问题等效地转换为量子群的进化过程,迭代过程收敛速度快、波束赋形效果优,能够解决确定移相矩阵时计算复杂度高、离散量化后性能受限的问题。

[0359] 以上实施例就本发明的移相矩阵的确定方法做出介绍,下面本实施例将结合附图对其对应的装置做进一步说明。

[0360] 具体地,如图7所示,本发明实施例提供一种移相矩阵的确定装置700,应用于网络侧设备,包括:

[0361] 第一建模单元710,用于对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

[0362] 第一优化单元720,用于根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

[0363] 第一解码单元730,用于对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元

的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体;

[0364] 第一发送单元740,用于向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

[0365] 可选的,所述第一建模单元具体用于;

[0366] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

[0367] 根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0368] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$[0369] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0370] 其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构,N是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态,m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表

示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数,且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B表示RIS的移相精度是B比特,B的最小取值为1。

[0371] 可选的,所述第一建模单元还用于:

[0372] 将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

[0373] 其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

[0374] 可选的,所述第一优化单元具体用于:

[0375] 步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;

[0376] 步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

[0377] 步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

[0378] 步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

[0379] 步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

[0380] 可选的,所述第一优化单元还用于:

[0381] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;

[0382] 根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

[0383] 可选的,所述第一优化单元还用于;

[0384] 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

[0385] 可选的,所述装置还包括:

[0386] 第一处理单元,用于对所述量子态个体执行泛化性操作。

[0387] 可选的,所述泛化性操作包括以下至少一项:

[0388] 量子交叉操作;

[0389] 量子变异操作；

[0390] 量子灾变操作。

[0391] 可选的,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比；

[0392] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率；

[0393] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

[0394] 可选的,所述装置还包括：

[0395] 第一计算单元,用于计算每个收敛后的量子态个体的适应度；

[0396] 第一确定单元,用于确定适应度最优的目标量子态个体。

[0397] 在此需要说明的是,本发明实施例提供的上述装置,能够实现上述应用于网络侧设备的方法实施例所实现的所有方法步骤,且能够达到相同的技术效果,在此不再对本实施例中与方法实施例相同的部分及有益效果进行具体赘述。

[0398] 具体地,如图8所示,本发明实施例提供一种波束赋形装置800,应用于RIS,包括：

[0399] 第一接收单元810,用于接收网络侧设备发送的移相矩阵；

[0400] 波束赋形单元820,用于根据所述移相矩阵对应的移相参数,对RIS移相单元的移相进行重构；

[0401] 其中,所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的,且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。

[0402] 在此需要说明的是,本发明实施例提供的上述装置,能够实现上述应用于RIS的波束赋形方法实施例所实现的所有方法步骤,且能够达到相同的技术效果,在此不再对本实施例中与方法实施例相同的部分及有益效果进行具体赘述。

[0403] 具体地,本发明实施例还提供一种移相矩阵的确定装置,应用于RIS,包括：

[0404] 第二建模单元,用于对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体；

[0405] 第二优化单元,用于根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛；

[0406] 第二解码单元,用于对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

[0407] 可选的,所述第二建模单元具体用于；

[0408] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构；

[0409] 根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0410] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为：

$$[0411] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0412] 其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数, 且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

[0413] 可选的, 所述第二建模单元具体用于:

[0414] 将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征, 获得叠加态矩阵, 每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

[0415] 其中, 所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

[0416] 可选的, 所述第二优化单元具体用于:

[0417] 步骤1: 获取当前通信系统的信道状态信息;

[0418] 步骤2: 根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数, 计算每个所述量子态个体的适应度;

[0419] 步骤3: 根据全部量子态个体的最优适应度, 确定所述量子态个体的进化方向;

[0420] 步骤4: 根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

[0421] 步骤5: 重复执行所述步骤1至所述步骤4, 直至所述量子态个体收敛。

[0422] 可选的, 所述第二优化单元具体用于:

[0423] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;

[0424] 根据所述第一量子态个体, 确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

[0425] 可选的, 所述第二优化单元具体用于: 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度, 对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

[0426] 可选的, 所述装置还包括:

[0427] 第二处理单元, 用于对所述量子态个体执行泛化性操作。

[0428] 可选的, 所述泛化性操作包括以下至少一项:

[0429] 量子交叉操作;

[0430] 量子变异操作;

[0431] 量子灾变操作。

[0432] 可选的, 在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下, 所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

[0433] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下, 所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

[0434] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下, 所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

[0435] 可选的, 所述装置还包括:

[0436] 第二计算单元, 用于计算每个收敛后的量子态个体的适应度;

[0437] 第二确定单元, 用于确定适应度最优的目标量子态个体。

[0438] 需要说明的是, 本申请实施例中对单元的划分是示意性的, 仅仅为一种逻辑功能

划分,实际实现时可以有另外的划分方式。另外,在本申请各个实施例中的各功能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。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0439] 所述集成的单元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时,可以存储在一个处理器可读取存储介质中。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全部或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,或者网络设备等)或处理器(processor)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。

[0440] 如图9所示,本发明的实施例还提供了一种移相矩阵的确定装置,应用于网络侧设备,包括:存储器920、收发机900、处理器910;其中,存储器920,用于存储计算机程序;收发机900,用于在所述处理器910的控制下接收和发送数据;处理器910,用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0441] 对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

[0442] 根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

[0443] 对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体;

[0444] 向RIS发送所述优化后的移相矩阵。

[0445] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0446] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

[0447] 根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0448] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$[0449] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0450] 其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构,N是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态,m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表

示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数,且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$,并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B表示RIS的移相精度是B比特,B的最小取值为1。

[0451] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0452] 将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,

每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体；

[0453] 其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

[0454] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0455] 步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;

[0456] 步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

[0457] 步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

[0458] 步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

[0459] 步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

[0460] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0461] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;

[0462] 根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

[0463] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0464] 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

[0465] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0466] 对所述量子态个体执行泛化性操作。

[0467] 可选的,所述泛化性操作包括以下至少一项:

[0468] 量子交叉操作;

[0469] 量子变异操作;

[0470] 量子灾变操作。

[0471] 可选的,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

[0472] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

[0473] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

[0474] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0475] 计算每个收敛后的量子态个体的适应度;

[0476] 确定适应度最优的目标量子态个体。

[0477] 其中,在图9中,总线架构可以包括任意数量的互联的总线和桥,具体由处理器910代表的一个或多个处理器和存储器920代表的存储器的各种电路链接在一起。总线架构还可以将诸如外围设备、稳压器和功率管理电路等之类的各种其他电路链接在一起,这些都是本领域所公知的,因此,本文不再对其进行进一步描述。总线接口提供接口。收发机900可以是多个元件,即包括发送机和收发机,提供用于在传输介质上与各种其他装置通信的单元。处理器910负责管理总线架构和通常的处理,存储器920可以存储处理器910在执行操作时所使用的数据。

[0478] 处理器910可以是中央处理器(CPU)、专用集成电路(Application Specific

Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Device,CPLD),处理器也可以采用多核架构。

[0479] 在此需要说明的是,本发明实施例提供的上述装置,能够实现上述应用于网络侧设备的方法实施例所实现的所有方法步骤,且能够达到相同的技术效果,在此不再对本实施例中与方法实施例相同的部分及有益效果进行具体赘述。

[0480] 如图10所示,本发明的实施例还提供了一种波束赋形装置,应用于RIS,包括:存储器1020、收发机1000、处理器1010;其中,存储器1020,用于存储计算机程序;收发机1000,用于在所述处理器1010的控制下接收和发送数据;处理器1010,用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0481] 接收网络侧设备发送的移相矩阵;

[0482] 根据所述移相矩阵对应的移相参数,对RIS移相单元的移相进行重构;

[0483] 其中,所述移相矩阵是对所述RIS移相单元对应的量子态个体进行迭代优化获得的,且所述移相矩阵是收敛后的量子态个体中适应度最优的目标量子态个体对应的移相矩阵。

[0484] 其中,在图10中,总线架构可以包括任意数量的互联的总线和桥,具体由处理器1010代表的一个或多个处理器和存储器1020代表的存储器的各种电路链接在一起。总线架构还可以将诸如外围设备、稳压器和功率管理电路等之类的各种其他电路链接在一起,这些都是本领域所公知的,因此,本文不再对其进行进一步描述。总线接口提供接口。收发机1000可以是多个元件,即包括发送机和收发机,提供用于在传输介质上与各种其他装置通信的单元。处理器1010负责管理总线架构和通常的处理,存储器1020可以存储处理器1010在执行操作时所使用的数据。

[0485] 处理器1010可以是中央处理器(CPU)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Device,CPLD),处理器也可以采用多核架构。

[0486] 在此需要说明的是,本发明实施例提供的上述装置,能够实现上述应用于RIS的波束赋形方法实施例所实现的所有方法步骤,且能够达到相同的技术效果,在此不再对本实施例中与方法实施例相同的部分及有益效果进行具体赘述。

[0487] 本发明的实施例还提供了一种移相矩阵的确定装置,应用于RIS,包括:存储器、收发机、处理器;其中,存储器,用于存储计算机程序;收发机,用于在所述处理器的控制下接收和发送数据;处理器,用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0488] 对RIS移相单元的相位进行量子态建模,获得所述RIS移相单元对应的多个量子态个体;

[0489] 根据所述量子态个体的适应度,对所述量子态个体进行迭代优化,直至所述量子态个体收敛;

[0490] 对目标量子态个体执行量子解码,获得所述RIS移相单元的优化后的移相矩阵,所述目标量子态个体是收敛后的量子态个体中适应度最优的一个量子态个体。

[0491] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0492] 基于每个所述RIS移相单元的至少两个相位进行量子态建模,获得每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构;

[0493] 根据所述量子态编码结构,生成多个量子态个体。

[0494] 可选的,每个所述RIS移相单元对应的相位叠加的量子态编码结构为:

$$[0495] \quad \Psi_n = \sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m} \left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle, \quad n \in \{1, \dots, N\}$$

[0496] 其中, Ψ_n 表示第n个RIS移相单元对应的量子态编码结构, N是所述RIS移相单元的数量; $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 表示第n个RIS移相单元的相位是 $\frac{m\pi}{2^{B-1}}$ 时的本征态, m表示本征态的标号; $p_{n,m}$ 表示对本征态 $\left| \frac{m\pi}{2^{B-1}} \right\rangle$ 的概率加权系数, 且 $p_{n,m}$ 的取值范围是 $[-1, 1]$, 并满足 $\sum_{m=0}^{2^B-1} p_{n,m}^2 = 1$;

B表示RIS的移相精度是B比特, B的最小取值为1。

[0497] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0498] 将N个所述RIS移相单元对应的量子态编码结构进行概率表征,获得叠加态矩阵,

每个叠加态矩阵作为一个所述量子态个体;

[0499] 其中,所述概率加权系数的多个取值分别对应获得的多个量子态个体。

[0500] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0501] 步骤1:获取当前通信系统的信道状态信息;

[0502] 步骤2:根据所述信道状态信息以及当前通信系统对应的目标函数,计算每个所述量子态个体的适应度;

[0503] 步骤3:根据全部量子态个体的最优适应度,确定所述量子态个体的进化方向;

[0504] 步骤4:根据所述进化方向对所述量子态个体执行量子旋转门操作;

[0505] 步骤5:重复执行所述步骤1至所述步骤4,直至所述量子态个体收敛。

[0506] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0507] 确定所有量子态个体中适应度最优的第一量子态个体;

[0508] 根据所述第一量子态个体,确定除所述第一量子态个体之外的其他量子态个体的旋转角度。

[0509] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0510] 根据每个所述量子态个体对应的旋转角度,对每个所述量子态个体分别执行旋转门操作。

[0511] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0512] 对所述量子态个体执行泛化性操作。

[0513] 可选的,所述泛化性操作包括以下至少一项:

[0514] 量子交叉操作;

[0515] 量子变异操作;

[0516] 量子灾变操作。

[0517] 可选的,在当前通信系统是单用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是用户接收信噪比;

[0518] 在当前通信系统是多用户下行传输场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多用户和速率;

[0519] 在当前通信系统是多载波通信场景的情况下,所述目标函数的性能指标是多子载波和速率。

[0520] 可选的,所述处理器用于读取所述存储器中的计算机程序并执行以下操作:

[0521] 计算每个收敛后的量子态个体的适应度;

[0522] 确定适应度最优的目标量子态个体。

[0523] 其中,如图9所示,总线架构可以包括任意数量的互联的总线和桥,具体由处理器代表的一个或多个处理器和存储器代表的存储器的各种电路链接在一起。总线架构还可以将诸如外围设备、稳压器和功率管理电路等之类的各种其他电路链接在一起,这些都是本领域所公知的,因此,本文不再对其进行进一步描述。总线接口提供接口。收发机可以是多个元件,即包括发送机和收发机,提供用于在传输介质上与各种其他装置通信的单元。处理器负责管理总线架构和通常的处理,存储器可以存储处理器在执行操作时所使用的数据。

[0524] 处理器可以是中央处理器(CPU)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Device,CPLD),处理器也可以采用多核架构。

[0525] 在此需要说明的是,本发明实施例提供的上述装置,能够实现上述应用于RIS的移相矩阵的确定方法实施例所实现的所有方法步骤,且能够达到相同的技术效果,在此不再对本实施例中与方法实施例相同的部分及有益效果进行具体赘述。

[0526] 另外,本发明具体实施例还提供一种处理器可读存储介质,其上存储有计算机程序,其中,该程序被处理器执行时实现如上述移相矩阵的确定方法的步骤或者实现上述波束赋形方法的步骤,且能达到相同的技术效果,为避免重复,这里不再赘述。其中,所述可读存储介质可以是处理器能够存取的任何可用介质或数据存储设备,包括但不限于磁性存储器(例如软盘、硬盘、磁带、磁光盘(MO)等)、光学存储器(例如CD、DVD、BD、HVD等)、以及半导体存储器(例如ROM、EPROM、EEPROM、非易失性存储器(NAND FLASH)、固态硬盘(SSD))等。

[0527] 需要说明的是,本申请实施例提供的技术方案可以适用于多种系统,尤其是5G系统。例如适用的系统可以是全球移动通讯(global system of mobile communication,GSM)系统、码分多址(code division multiple access,CDMA)系统、宽带码分多址(Wideband Code Division Multiple Access,WCDMA)通用分组无线业务(general packet radio service,GPRS)系统、长期演进(long term evolution,LTE)系统、LTE频分双工(frequency division duplex,FDD)系统、LTE时分双工(time division duplex,TDD)系统、高级长期演进(long term evolution advanced,LTE-A)系统、通用移动系统(universal mobile telecommunication system,UMTS)、全球互联微波接入(worldwide interoperability for microwave access,WiMAX)系统、5G新空口(New Radio,NR)系统等。这多种系统中均包括终端设备和网络设备。系统中还可以包括核心网部分,例如演进的分组系统(Evolved Packet System,EPS)、5G系统(5GS)等。

[0528] 本申请实施例涉及的终端设备,可以是指向用户提供语音和/或数据连通性的设备,具有无线连接功能的手持式设备、或连接到无线调制解调器的其他处理设备等。在不同

的系统中,终端设备的名称可能也不相同,例如在5G系统中,终端设备可以称为用户设备(User Equipment,UE)。无线终端设备可以经无线接入网(Radio Access Network,RAN)与一个或多个核心网(Core Network,CN)进行通信,无线终端设备可以是移动终端设备,如移动电话(或称为“蜂窝”电话)和具有移动终端设备的计算机,例如,可以是便携式、袖珍式、手持式、计算机内置的或者车载的移动装置,它们与无线接入网交换语言和/或数据。例如,个人通信业务(Personal Communication Service,PCS)电话、无绳电话、会话发起协议(Session Initiated Protocol,SIP)话机、无线本地环路(Wireless Local Loop,WLL)站、个人数字助理(Personal Digital Assistant,PDA)等设备。无线终端设备也可以称为系统、订户单元(subscriber unit)、订户站(subscriber station)、移动站(mobile station)、移动台(mobile)、远程站(remote station)、接入点(access point)、远程终端设备(remote terminal)、接入终端设备(access terminal)、用户终端设备(user terminal)、用户代理(user agent)、用户装置(user device),本申请实施例中并不限定。

[0529] 本申请实施例涉及的网络侧设备,可以是基站,该基站可以包括多个为终端提供服务的小区。根据具体应用场合不同,基站又可以称为接入点,或者可以是接入网中在空中接口上通过一个或多个扇区与无线终端设备通信的设备,或者其它名称。网络侧设备可用于将收到的空中帧与网际协议(Internet Protocol,IP)分组进行相互更换,作为无线终端设备与接入网的其余部分之间的路由器,其中接入网的其余部分可包括网际协议(IP)通信网络。网络侧设备还可协调对空中接口的属性管理。例如,本申请实施例涉及的网络侧设备可以是全球移动通信系统(Global System for Mobile communications,GSM)或码分多址接入(Code Division Multiple Access,CDMA)中的网络侧设备(Base Transceiver Station,BTS),也可以是带宽码分多址接入(Wide-band Code Division Multiple Access,WCDMA)中的网络侧设备(NodeB),还可以是长期演进(long term evolution,LTE)系统中的演进型网络设备(evolutional Node B,eNB或e-NodeB)、5G网络架构(next generation system)中的5G基站(gNB),也可以是家庭演进基站(Home evolved Node B,HeNB)、中继节点(relay node)、家庭基站(femto)、微微基站(pico)等,本申请实施例中并不限定。在一些网络结构中,网络侧设备可以包括集中单元(centralized unit,CU)节点和分布单元(distributed unit,DU)节点,集中单元和分布单元也可以地理上分开布置。

[0530] 网络侧设备与终端设备之间可以各自使用一或多根天线进行多输入多输出(Multi Input Multi Output,MIMO)传输,MIMO传输可以是单用户MIMO(Single User MIMO,SU-MIMO)或多用户MIMO(Multiple User MIMO,MU-MIMO)。根据根天线组合的形态和数量,MIMO传输可以是2D-MIMO、3D-MIMO、FD-MIMO或massive-MIMO,也可以是分集传输或预编码传输或波束赋形传输等。

[0531] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器和光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0532] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机可执行指令实现流程图和/或方框图中的每一

个流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机可执行指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图中的一个流程或多个流程和/或方框图中的一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0533] 这些处理器可执行指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的处理器可读存储器中,使得存储在该处理器可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图的一个流程或多个流程和/或方框图的一个方框或多个方框中指定的功能。

[0534] 这些处理器可执行指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图的一个流程或多个流程和/或方框图的一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0535] 显然,本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样,倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内,则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

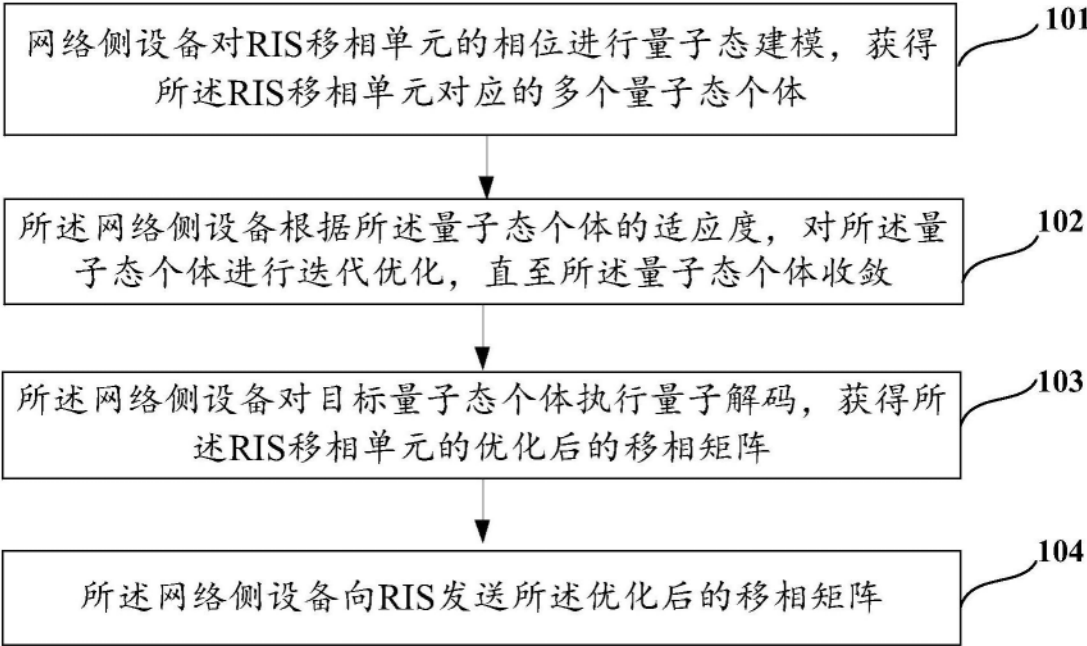


图1

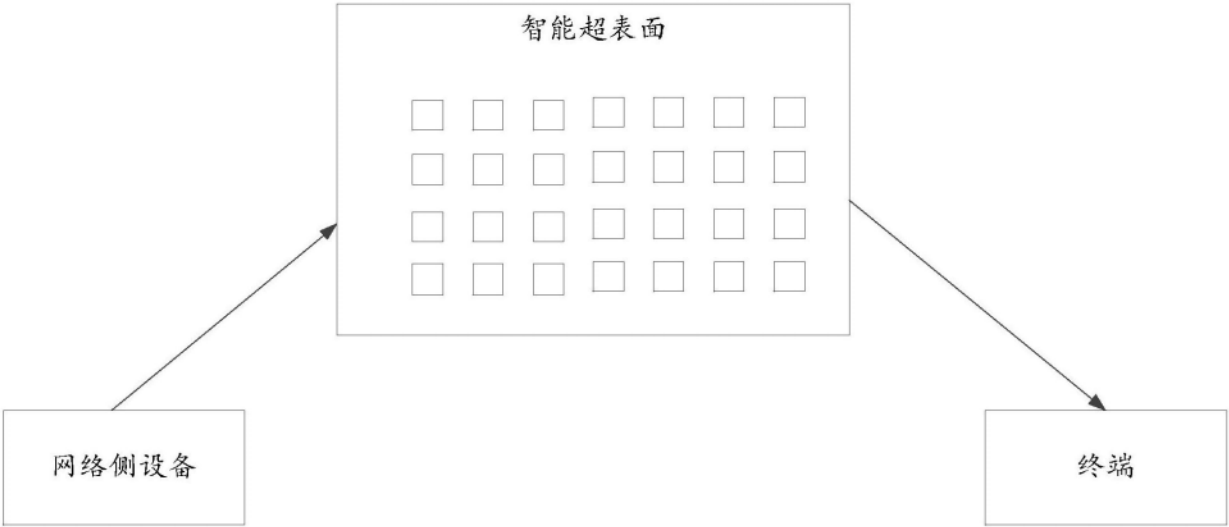


图2



图3

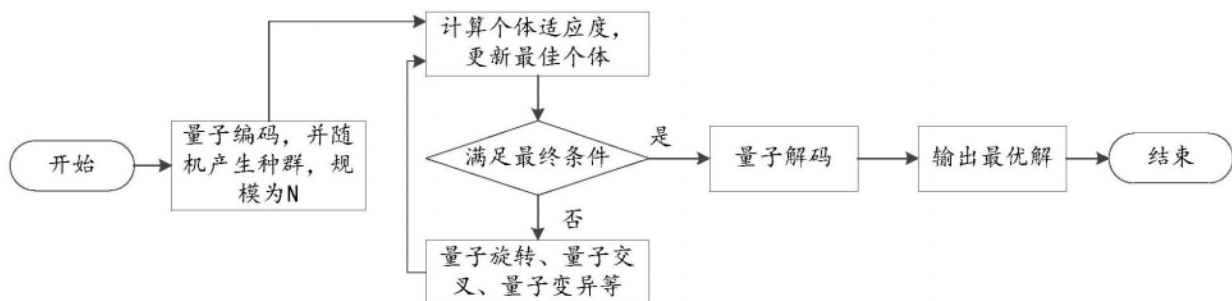


图4

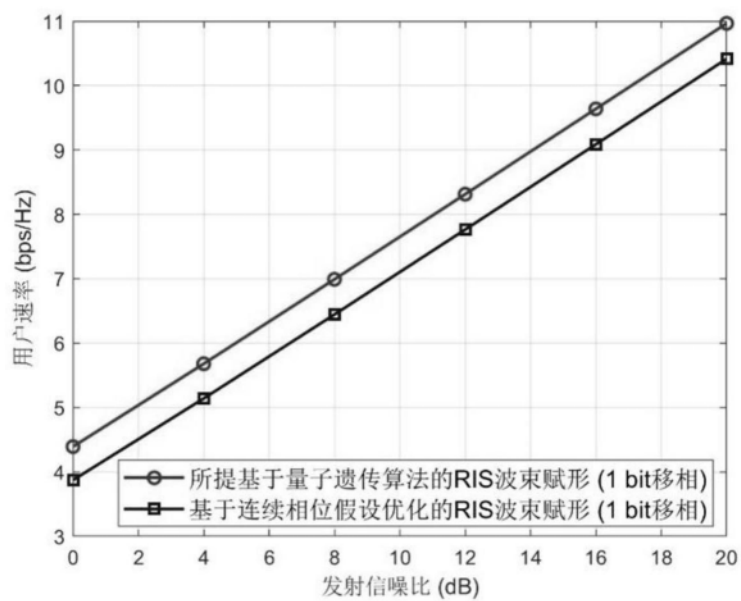


图5

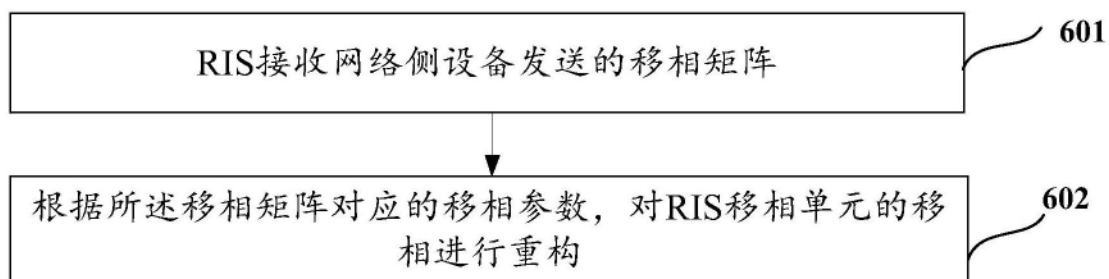


图6

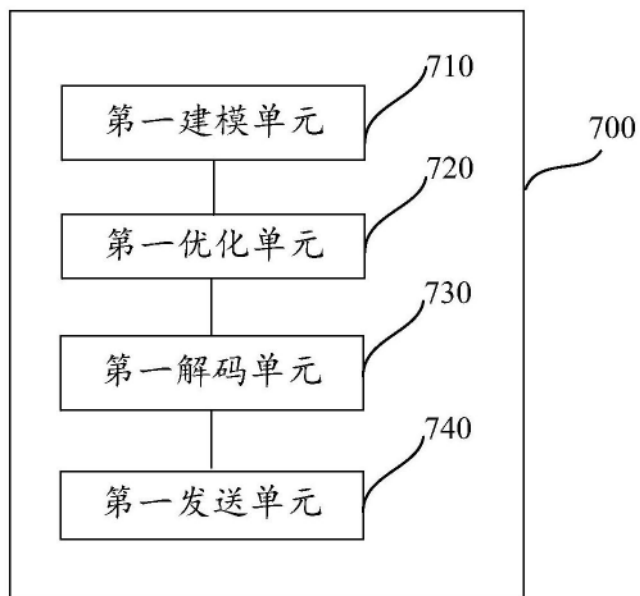


图7

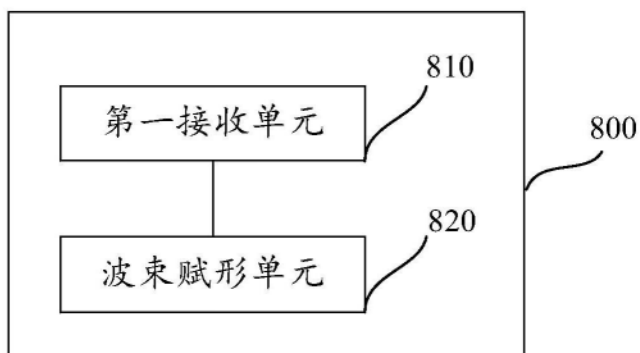


图8



图9



图10