



(12) 发明专利申请

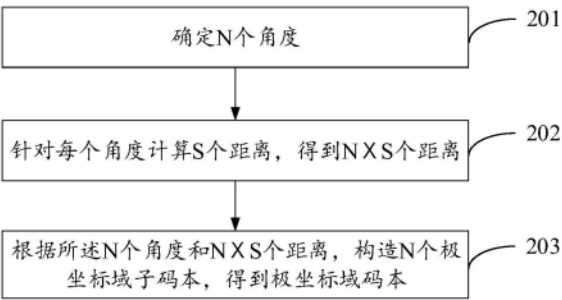
(10) 申请公布号 CN 116566446 A
(43) 申请公布日 2023. 08. 08

(21) 申请号 202210112147.4
(22) 申请日 2022.01.29
(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 崔铭尧 张子健 索士强
秦海超 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 沈旻
(51) Int.Cl.
H04B 7/0456 (2017.01)
H04B 7/22 (2006.01)
H04L 25/02 (2006.01)

权利要求书6页 说明书21页 附图5页

(54) 发明名称
码本生成方法、信道估计方法、设备和存储介质

(57) 摘要
本申请提供一种码本生成方法、信道估计方法、设备和存储介质，该方法包括：确定N个角度，所述角度为设备与散射体之间的空间角度，N为大于1的整数；针对每个角度计算S个距离，得到N X S个距离，所述角度为设备与散射体之间的空间角度，S为大于1的整数；根据所述N个角度和N X S个距离，构造N个极坐标域子码本，得到极坐标域码本，所述极坐标域码本包括所述N个极坐标域子码本，其中，所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应，且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应。本申请可以提高码本的可用性。



1. 一种码本生成方法,其特征在于,包括:

确定N个角度,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,N为大于1的整数;

针对每个角度计算S个距离,得到N×S个距离,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,S为大于1的整数;

根据所述N个角度和N×S个距离,构造N个极坐标域子码本,得到极坐标域码本,所述极坐标域码本包括所述N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定N个角度,包括:

基于如下公式确定N个角度:

$$\theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$$

其中, θ_n 表示所述N个角度的第n个角度。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述针对每个角度计算S个距离,得到N×S个距离,包括:

依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离,其中,所述天线数为N。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离,包括:

基于如下公式计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离:

$$r_{n,s} = \frac{1}{S} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$$

其中, $r_{n,s}$ 表示第n个角度的第s个距离, θ_n 表示第n个角度,d表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$\left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

其中, Δ 为常数。

6. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,其特征在于,所述极坐标域码本,包括:

$$P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

其中,P表示极坐标域码本, P_n 表示第n个极坐标域子码本, θ_n 表示第n个角度, $r_{n,S}$ 表示第n个角度的第S个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,通过如下公式计算极坐标域码字:

$$p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字,d表示天线间距, λ 为载频波长,c为光速,f为载频,j为虚数单位。

8. 一种信道估计方法,其特征在于,包括:

获取极坐标域码本,所述极坐标域码本包括N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,N和S为大于1的整数;

基于所述极坐标域码本进行信道估计。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述基于所述极坐标域码本进行信道估计,包括:

基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道;

使用稀疏恢复算法获取所述极坐标域信道的高维极坐标域信道;

对所述高维极坐标域信道进行极坐标域反变换,得到估计的信道。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,所述基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道,包括:

通过如下公式求解接收信号的极坐标域信道:

$$y = APh_p + n$$

其中,y表示接收信号,A表示接收矩阵,P表示所述极坐标域码本, h_p 表示极坐标域信道,n表示噪声。

11. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述N个角度,包括:

通过如下公式表示的N个角度:

$$\theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$$

其中, θ_n 表示所述N个角度的第n个角度。

12. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,每个角度关联的S个距离与如下内容对应:

天线数、天线间距和波长;

其中,所述天线数为N。

13. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,第n个角度的第s个距离通过如下公式表示:

$$r_{n,s} = \frac{1}{S} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$$

其中, $r_{n,s}$ 表示第n个角度的第s个距离, θ_n 表示第n个角度,d表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

14. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$\left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{\frac{j}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

其中, Δ 为常数。

15. 如权利要求8至14中任一项所述的方法,其特征在于,所述极坐标域码本,包括:

$$P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

其中,P表示极坐标域码本, P_n 表示第n个极坐标域子码本, θ_n 表示第n个角度, $r_{n,S}$ 表示第

n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

16. 如权利要求15所述的方法,其特征在于,所述极坐标域码字通过如下公式计算得到:

$$p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

17. 一种通信设备,其特征在于,包括:存储器、收发机和处理器,其中:

所述存储器,用于存储计算机程序;所述收发机,用于在所述处理器的控制下收发数据;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 N 个角度,所述角度为设备与散射体之间的空间角度, N 为大于1的整数;

针对每个角度计算 S 个距离,得到 $N \times S$ 个距离,所述距离为设备与散射体之间的空间距离, S 为大于1的整数;

根据所述 N 个角度和 $N \times S$ 个距离,构造 N 个极坐标域子码本,得到极坐标域码本,所述极坐标域码本包括所述 N 个极坐标域子码本,其中,所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应。

18. 如权利要求17所述的设备,其特征在于,所述确定 N 个角度,包括:

基于如下公式确定 N 个角度:

$$\theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$$

其中, θ_n 表示所述 N 个角度的第 n 个角度。

19. 如权利要求17所述的设备,其特征在于,所述针对每个角度计算 S 个距离,得到 $N \times S$ 个距离,包括:

依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的 S 个距离,得到 $N \times S$ 个距离,其中,所述天线数为 N 。

20. 如权利要求19所述的设备,其特征在于,所述依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的 S 个距离,得到 $N \times S$ 个距离,包括:

基于如下公式计算每个角度关联的 S 个距离,得到 $N \times S$ 个距离:

$$r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$$

其中, $r_{n,s}$ 表示第 n 个角度的第 s 个距离, θ_n 表示第 n 个角度, d 表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

21. 如权利要求20所述的设备,其特征在于,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$\left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

其中, Δ 为常数。

22. 如权利要求17至21中任一项所述的设备,其特征在于,所述极坐标域码本,包括:

$$P=[P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$P_n=[p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

23. 如权利要求22所述的设备, 其特征在于, 通过如下公式计算极坐标域码字:

$$p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n=1, 2, \dots, N$$

其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

24. 一种通信设备, 其特征在于, 包括: 存储器、收发机和处理器, 其中:

所述存储器, 用于存储计算机程序; 所述收发机, 用于在所述处理器的控制下收发数据; 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:

获取极坐标域码本, 所述极坐标域码本包括 N 个极坐标域子码本, 其中, 所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应, 且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应, 所述角度为设备与散射体之间的空间角度, 所述距离为设备与散射体之间的空间距离, N 和 S 为大于1的整数;

基于所述极坐标域码本进行信道估计。

25. 如权利要求24所述的设备, 其特征在于, 所述基于所述极坐标域码本进行信道估计, 包括:

基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道;

使用稀疏恢复算法获取所述极坐标域信道的高维极坐标域信道;

对所述高维极坐标域信道进行极坐标域反变换, 得到估计的信道。

26. 如权利要求25所述的设备, 其特征在于, 所述基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道, 包括:

通过如下公式求解接收信号的极坐标域信道:

$$y = APh_p + n$$

其中, y 表示接收信号, A 表示接收矩阵, P 表示所述极坐标域码本, h_p 表示极坐标域信道, n 表示噪声。

27. 如权利要求25所述的设备, 其特征在于, 所述 N 个角度, 包括:

通过如下公式表示的 N 个角度:

$$\theta_n = (2n - N - 1) / N, n=1, 2, \dots, N;$$

其中, θ_n 表示所述 N 个角度的第 n 个角度。

28. 如权利要求25所述的设备, 其特征在于, 每个角度关联的 S 个距离与如下内容对应:

天线数、天线间距和波长;

其中, 所述天线数为 N 。

29. 如权利要求28所述的设备, 其特征在于, 第 n 个角度的第 s 个距离通过如下公式表

示:

$$r_{n,s} = \frac{1}{S} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n=1,2,\dots,N, \quad s=1,2,\dots,S$$

其中, $r_{n,s}$ 表示第 n 个角度的第 s 个距离, θ_n 表示第 n 个角度, d 表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

30. 如权利要求29所述的设备, 其特征在于, 所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$\left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{\frac{j}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

其中, Δ 为常数。

31. 如权利要求25至30中任一项所述的设备, 其特征在于, 所述极坐标域码本, 包括:

$$P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

32. 如权利要求31所述的设备, 其特征在于, 所述极坐标域码字通过如下公式计算得到:

$$p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n=1,2,\dots,N$$

其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

33. 一种通信设备, 其特征在于, 包括:

确定模块, 用于确定 N 个角度, 所述角度为设备与散射体之间的空间角度, N 为大于1的整数;

计算模块, 用于针对每个角度计算 S 个距离, 得到 $N \times S$ 个距离, 所述距离为设备与散射体之间的空间距离, S 为大于1的整数;

构造模块, 用于根据所述 N 个角度和 $N \times S$ 个距离, 构造 N 个极坐标域子码本, 得到极坐标域码本, 所述极坐标域码本包括所述 N 个极坐标域子码本, 其中, 所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应, 且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应。

34. 一种通信设备, 其特征在于, 包括:

获取模块, 用于获取极坐标域码本, 所述极坐标域码本包括 N 个极坐标域子码本, 其中, 所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应, 且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应, 所述角度为设备与散射体之间的空间角度, 所述距离为设备与散射体之间的空间距离, N 和 S 为大于1的整数;

估计模块, 用于基于所述极坐标域码本进行信道估计。

35. 一种处理器可读存储介质, 其特征在于, 所述处理器可读存储介质存储有计算机程序, 所述计算机程序用于使所述处理器执行权利要求1至7任一项所述的码本生成方法, 或

者,所述计算机程序用于使所述处理器执行权利要求8至16任一项所述的信道估计方法。

码本生成方法、信道估计方法、设备和存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及通信技术领域,尤其涉及一种码本生成方法、信道估计方法、设备和存储介质。

背景技术

[0002] 信道估计主要是采用码本进行信道估计,目前信道估计采用的码本为角度域码本。由于角度域码本是由远场假设推得的,这样角度域码本只考虑了角度特征,即只角度域码本与角度对应,这样导致目前码本只适用于远场通信场景。可见,目前码本的可用性比较差。

发明内容

[0003] 本申请实施例提供一种码本生成方法、信道估计方法、设备和存储介质,以解决码本的可用性比较差的问题。

[0004] 本申请实施例提供一种码本生成方法,包括:

[0005] 确定N个角度,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,N为大于1的整数;

[0006] 针对每个角度计算S个距离,得到N×S个距离,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,S为大于1的整数;

[0007] 根据所述N个角度和N×S个距离,构造N个极坐标域子码本,得到极坐标域码本,所述极坐标域码本包括所述N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应。

[0008] 可选的,所述确定N个角度,包括:

[0009] 基于如下公式确定N个角度:

[0010] $\theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$

[0011] 其中, θ_n 表示所述N个角度的第n个角度。

[0012] 可选的,所述针对每个角度计算S个距离,得到N×S个距离,包括:

[0013] 依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离,其中,所述天线数为N。

[0014] 可选的,所述依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离,包括:

[0015] 基于如下公式计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离:

[0016] $r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, n = 1, 2, \dots, N, s = 1, 2, \dots, S$

[0017] 其中, $r_{n,s}$ 表示第n个角度的第s个距离, θ_n 表示第n个角度,d表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0018] 可选的,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0019] \quad \left| \int_0^{\beta_\Delta} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_\Delta|$$

[0020] 其中, Δ 为常数。

[0021] 可选的, 所述极坐标域码本, 包括:

$$[0022] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$[0023] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0024] 其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0025] 可选的, 通过如下公式计算极坐标域码字:

$$[0026] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0027] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0028] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

[0029] 本申请实施例提供一种信道估计方法, 包括:

[0030] 获取极坐标域码本, 所述极坐标域码本包括 N 个极坐标域子码本, 其中, 所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应, 且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应, 所述角度为设备与散射体之间的空间角度, 所述距离为设备与散射体之间的空间距离, N 和 S 为大于 1 的整数;

[0031] 基于所述极坐标域码本进行信道估计。

[0032] 可选的, 所述基于所述极坐标域码本进行信道估计, 包括:

[0033] 基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道;

[0034] 使用稀疏恢复算法获取所述极坐标域信道的高维极坐标域信道;

[0035] 对所述高维极坐标域信道进行极坐标域反变换, 得到估计的信道。

[0036] 可选的, 所述基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道, 包括:

[0037] 通过如下公式求解接收信号的极坐标域信道:

$$[0038] \quad y = A P h_p + n$$

[0039] 其中, y 表示接收信号, A 表示接收矩阵, P 表示所述极坐标域码本, h_p 表示极坐标域信道, n 表示噪声。

[0040] 可选的, 所述 N 个角度, 包括:

[0041] 通过如下公式表示的 N 个角度:

$$[0042] \quad \theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$$

[0043] 其中, θ_n 表示所述 N 个角度的第 n 个角度。

[0044] 可选的, 每个角度关联的 S 个距离与如下内容对应:

[0045] 天线数、天线间距和波长;

[0046] 其中, 所述天线数为 N 。

[0047] 可选的, 第 n 个角度的第 s 个距离通过如下公式表示:

$$[0048] \quad r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2 \beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$$

[0049] 其中, $r_{n,s}$ 表示第 n 个角度的第 s 个距离, θ_n 表示第 n 个角度, d 表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0050] 可选的, 所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0051] \quad \left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j \frac{1}{2} \pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

[0052] 其中, Δ 为常数。

[0053] 可选的, 所述极坐标域码本, 包括:

$$[0054] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$[0055] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0056] 其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0057] 可选的, 所述极坐标域码字通过如下公式计算得到:

$$[0058] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0059] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0060] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

[0061] 本申请实施例提供一种通信设备, 包括: 存储器、收发机和处理器, 其中:

[0062] 所述存储器, 用于存储计算机程序; 所述收发机, 用于在所述处理器的控制下收发数据; 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:

[0063] 确定 N 个角度, 所述角度为设备与散射体之间的空间角度, N 为大于 1 的整数;

[0064] 针对每个角度计算 S 个距离, 得到 $N \times S$ 个距离, 所述距离为设备与散射体之间的空间距离, S 为大于 1 的整数;

[0065] 根据所述 N 个角度和 $N \times S$ 个距离, 构造 N 个极坐标域子码本, 得到极坐标域码本, 所述极坐标域码本包括所述 N 个极坐标域子码本, 其中, 所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应, 且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应。

[0066] 可选的, 所述确定 N 个角度, 包括:

[0067] 基于如下公式确定 N 个角度:

$$[0068] \quad \theta_n = (2n - N - 1) / N, \quad n = 1, 2, \dots, N;$$

[0069] 其中, θ_n 表示所述 N 个角度的第 n 个角度。

[0070] 可选的, 所述针对每个角度计算 S 个距离, 得到 $N \times S$ 个距离, 包括:

[0071] 依据天线数、天线间距和波长, 计算每个角度关联的 S 个距离, 得到 $N \times S$ 个距离, 其中, 所述天线数为 N 。

[0072] 可选的, 所述依据天线数、天线间距和波长, 计算每个角度关联的 S 个距离, 得到 $N \times S$ 个距离, 包括:

[0073] 基于如下公式计算每个角度关联的S个距离,得到NXS个距离:

$$[0074] \quad r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n=1,2,\dots,N, \quad s=1,2,\dots,S$$

[0075] 其中, $r_{n,s}$ 表示第n个角度的第s个距离, θ_n 表示第n个角度, d表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0076] 可选的,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0077] \quad \left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

[0078] 其中, Δ 为常数。

[0079] 可选的,所述极坐标域码本,包括:

$$[0080] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$[0081] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0082] 其中, P表示极坐标域码本, P_n 表示第n个极坐标域子码本, θ_n 表示第n个角度, $r_{n,S}$ 表示第n个角度的第S个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0083] 可选的,通过如下公式计算极坐标域码字:

$$[0084] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0085] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n=1,2,\dots,N$$

[0086] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d表示天线间距, λ 为载频波长, c为光速, f为载频, j为虚数单位。

[0087] 本申请实施例提供一种通信设备,包括:存储器、收发机和处理器,其中:

[0088] 所述存储器,用于存储计算机程序;所述收发机,用于在所述处理器的控制下收发数据;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:

[0089] 获取极坐标域码本,所述极坐标域码本包括N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,所述距离为设备与散射体之间的空间距离, N和S为大于1的整数;

[0090] 基于所述极坐标域码本进行信道估计。

[0091] 可选的,所述基于所述极坐标域码本进行信道估计,包括:

[0092] 基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道;

[0093] 使用稀疏恢复算法获取所述极坐标域信道的高维极坐标域信道;

[0094] 对所述高维极坐标域信道进行极坐标域反变换,得到估计的信道。

[0095] 可选的,所述基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道,包括:

[0096] 通过如下公式求解接收信号的极坐标域信道:

$$[0097] \quad y = A P h_p + n$$

[0098] 其中, y表示接收信号, A表示接收矩阵, P表示所述极坐标域码本, h_p 表示极坐标域信道, n表示噪声。

[0099] 可选的,所述N个角度,包括:

[0100] 通过如下公式表示的N个角度:

[0101] $\theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$

[0102] 其中, θ_n 表示所述N个角度的第n个角度。

[0103] 可选的,每个角度关联的S个距离与如下内容对应:

[0104] 天线数、天线间距和波长;

[0105] 其中,所述天线数为N。

[0106] 可选的,第n个角度的第s个距离通过如下公式表示:

[0107] $r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, n = 1, 2, \dots, N, s = 1, 2, \dots, S$

[0108] 其中, $r_{n,s}$ 表示第n个角度的第s个距离, θ_n 表示第n个角度,d表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0109] 可选的,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

[0110] $\left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$

[0111] 其中, Δ 为常数。

[0112] 可选的,所述极坐标域码本,包括:

[0113] $P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$

[0114] $P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$

[0115] 其中,P表示极坐标域码本, P_n 表示第n个极坐标域子码本, θ_n 表示第n个角度, $r_{n,S}$ 表示第n个角度的第S个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0116] 可选的,所述极坐标域码字通过如下公式计算得到:

[0117] $p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$

[0118] $k = \frac{2\pi f}{c}, \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, n = 1, 2, \dots, N$

[0119] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字,d表示天线间距, λ 为载频波长,c为光速,f为载频,j为虚数单位。

[0120] 本申请实施例提供一种通信设备,包括:

[0121] 确定模块,用于确定N个角度,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,N为大于1的整数;

[0122] 计算模块,用于针对每个角度计算S个距离,得到N×S个距离,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,S为大于1的整数;

[0123] 构造模块,用于根据所述N个角度和N×S个距离,构造N个极坐标域子码本,得到极坐标域码本,所述极坐标域码本包括所述N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应。

[0124] 本申请实施例提供一种通信设备,包括:

[0125] 获取模块,用于获取极坐标域码本,所述极坐标域码本包括N个极坐标域子码本,

其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,N和S为大于1的整数;

[0126] 估计模块,用于基于所述极坐标域码本进行信道估计。

[0127] 本申请实施例提供一种处理器可读存储介质,所述处理器可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序用于使所述处理器执行本申请实施例提供的码本生成方法,或者,所述计算机程序用于使所述处理器执行本申请实施例提供的信道估计方法。

[0128] 本申请实施例中,确定N个角度,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,N为大于1的整数;针对每个角度计算S个距离,得到N×S个距离,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,S为大于1的整数;根据所述N个角度和N×S个距离,构造N个极坐标域子码本,得到极坐标域码本,所述极坐标域码本包括所述N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应。这样可以实现构造的码本与角度对应,以及还与距离对应,从而使得该码本即可以适用于远场通信场景,也可以适用于近场通信场景,进而提高码本的可用性。

附图说明

[0129] 图1是本申请实施可应用的网络构架的结构示意图;

[0130] 图2是本申请实施例提供的一种码本生成方法的示意图;

[0131] 图3是本申请实施例提供的一种信号传输的示意图;

[0132] 图4是本申请实施例提供的一种系统模型的示意图;

[0133] 图5是本申请实施例提供的一种信道模型的示意图;

[0134] 图6是本申请实施例提供的一种码本生成框架的示意图;

[0135] 图7是本申请实施例提供的一种信道估计方法的流程图;

[0136] 图8是本申请实施例提供的一种信道估计的示意图;

[0137] 图9是本申请实施例提供的一种实验效果的示意图;

[0138] 图10是本申请实施例提供的一种通信设备的结构图;

[0139] 图11是本申请实施例提供的另一种通信设备的结构图;

[0140] 图12是本申请实施例提供的另一种通信设备的结构图;

[0141] 图13是本申请实施例提供的另一种通信设备的结构图。

具体实施方式

[0142] 为使本申请要解决的技术问题、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。

[0143] 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。

[0144] 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。

[0145] 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。

[0146] 本申请实施例提供一种码本生成方法、信道估计方法、设备和存储介质,以解决码本的可用性比较差的问题。

[0147] 其中,方法和设备是基于同一申请构思的,由于方法和设备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。

[0148] 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6G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、6G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。

[0149] 请参见图1,图1是本申请实施可应用的网络构架的结构示意图,如图1所示,包括终端11和网络设备12。

[0150] 其中,本申请实施例涉及的终端,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)、Redcap终端、低功耗广域(Low power wide area,LPWA)终端等设备。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。

[0151] 本申请实施例涉及的网络设备,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)、6G中的基站,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。

[0152] 网络设备与终端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。

[0153] 请参见图2,图2是本申请实施例提供的一种码本生成方法的流程图,如图2所示,包括以下步骤:

[0154] 步骤201、确定N个角度,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,N为大于1的整数;

[0155] 步骤202、针对每个角度计算S个距离,得到NXS个距离,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,S为大于1的整数;

[0156] 步骤203、根据所述N个角度和NXS个距离,构造N个极坐标域子码本,得到极坐标域码本,所述极坐标域码本包括所述N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应。

[0157] 上述确定N个角度可以是根据经验值或者协议约定的规则确定N个角度,且N个角度可以为假设的设备与散射体之间的空间角度,该设备可以为假设的网络设备或者终端,具体可以是假设的信号接收设备或者信号发送设备。另外,上述N的取值可以等于设备的天线数量,或者协议约定的其他值,对此不作限定。

[0158] 上述根据所述N个角度和NXS个距离,构造N个极坐标域子码本,得到极坐标域码本可以是,为每个角度生成一个极坐标域子码本,每个角度的极坐标域子码本包括该角度对应的S个距离的码字。

[0159] 上述针对每个角度计算S个距离,得到NXS个距离可以是,根据经验值或者协议约定的规则针对每个角度计算S个距离,得到NXS个距离,且NXS个距离可以为假设的设备与散射体之间的空间距离,该设备可以为网络设备或者终端,具体可以是信号接收设备或者信号发送设备。另外,不同角度计算的距离可以相同或者不同。另外,上述S的取值可以是根据经验值或者协议约定确定,对此不作限定。

[0160] 上述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应可以是,针对每个角度分别构造一个子码本,这样可以实现上述极坐标域码本包含N个角度的特征,以使得该码本适用于远场通信。上述每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应可以是,针对任一角度对

应的极坐标域子码本,针对该极坐标域子码本对应的角度的每个距离分别构造一个码字,即每个极坐标域子码本包括S个码字,这样可以使得极坐标域码本可以适用于近场通信。

[0161] 例如:如图3所示,在远场电磁信号以平面波的形式传播,电磁波等相位面仅与传播角度有关,高频信道在角度域的稀疏特性,也是从远场平面波假设中推得的。但是,随着天线数和工作频率的大幅提高,超大规模MIMO的近场半径也发生质变,超大规模MIMO的近场范围高达几米甚至几十米。如图3所示,远场电磁波信号以球面波的形式传播,电磁波等相位面与传播角度和距离均相关。这样本申请实施例构造的码本由于与角度对应,以及还与距离对应,因此,该码本即可以适用于远场通信场景,也可以适用于近场通信场景,进而提高码本的可用性。

[0162] 本申请实施例中,通过上述步骤可以实现构造的码本与角度对应,以及还与距离对应,从而使得该码本即可以适用于远场通信场景,也可以适用于近场通信场景,进而提高码本的可用性。

[0163] 本申请实施例中,上述方法可以由通信设备执行,通信设备可以是终端或者网络设备。

[0164] 作为一种可选的实施方式,所述确定N个角度,包括:

[0165] 基于如下公式确定N个角度:

[0166] $\theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$

[0167] 其中, θ_n 表示所述N个角度的第n个角度。

[0168] 该实施方式中,上述N个角度可以沿用远场的角度确定方法确定N个角度,且每个角度满足 $\theta_n = (2n - N - 1) / N$ 。

[0169] 作为一种可选的实施方式,所述针对每个角度计算S个距离,得到N×S个距离,包括:

[0170] 依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离,其中,所述天线数为N。

[0171] 上述依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离可以是,针对每个角度,计算S个与天线数、天线间距和波长相关的距离。

[0172] 该实施方式中,由于依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,这样可以使得计算的距离与天线数、天线间距和波长,从而可以使得计算距离更加符合近场的通信,以进一步提高码本的可靠性。

[0173] 需要说明的是,本申请实施例中,并不限定依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,例如:在一些实施方式中,可以基于预设的经验值得到每个角度的S个距离。

[0174] 可选的,在一种方式中,所述依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离,包括:

[0175] 基于如下公式计算每个角度关联的S个距离,得到N×S个距离:

[0176] $r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$

[0177] 其中, $r_{n,s}$ 表示第n个角度的第s个距离, θ_n 表示第n个角度,d表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0178] 该实施方式中,通过上述公式可以得到每个角度关联的S个距离,且可以实现极坐标域码本通过对角度和距离二维空间的非均匀采样,充分提取近场的路径信息,克服了近场角度域码本的能量扩散现象,以提高码本的可靠性。

[0179] 需要说明的是,本申请实施例中,并不限定通过上述公式得到每个角度关联的S个距离,例如:在一些实施方式中,在一些实施例中,还可以通过如下公式得到NXS个距离:

$$[0180] \quad r_{n,s} = \frac{1}{s+v} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2) + w, \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n=1,2,\dots,N, \quad s=1,2,\dots,S$$

[0181] 其中,上述w和v为常数,这两个常数为根据实际场景、业务需求灵活设置,以使得码本根据实际场景、业务需求灵活设置,进一步提高码本的可靠性。

[0182] 还需要说明的是,本申请实施例中,计算S个距离还可以直接根据经验值或者协议定义的规则采样S个距离。

[0183] 可选的,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0184] \quad \left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

[0185] 其中, Δ 为常数。

[0186] 在一些实施方式中除了通过上述超越方程求解得到上述 β_{Δ} 之外,还可以直接采用预设的阈值作为上述 β_{Δ} 的取值,该阈值可以是根据经验值或者协议约定。

[0187] 作为一种可选的实施方式,所述极坐标域码本,包括:

$$[0188] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$[0189] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0190] 其中,P表示极坐标域码本, P_n 表示第n个极坐标域子码本, θ_n 表示第n个角度, $r_{n,S}$ 表示第n个角度的第S个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0191] 在一种实施方式中,可以通过如下公式计算极坐标域码字:

$$[0192] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0193] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n=1,2,\dots,N$$

[0194] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字,d表示天线间距, λ 为载频波长,c为光速,f为载频,j为虚数单位。

[0195] 需要说明的是,本申请实施例中,并不限定计算极坐标域码字的实施方式,例如:在一些实施方式中,可以通过如下公式计算极坐标域码字:

$$[0196] \quad p(\theta, r) = \frac{\rho}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T + t1$$

$$[0197] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n=1,2,\dots,N$$

[0198] 其中,上述t1和 ρ 为常数,这两个常数为根据实际场景、业务需求灵活设置,以使得码本根据实际场景、业务需求灵活设置,进一步提高码本的可靠性。

[0199] 本申请实施例中,确定N个角度,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,,N为大于1的整数;针对每个角度计算S个距离,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,得到N×S个距离,S为大于1的整数;根据所述N个角度和N×S个距离,构造N个极坐标域子码本,得到极坐标域码本,所述极坐标域码本包括所述N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应。这样可以实现构造的码本与角度对应,以及还与距离对应,从而使得该码本即可以适用于远场通信场景,也可以适用于近场通信场景,进而提高码本的可用性。

[0200] 下面以图4所示的场景,基于菲涅尔近似的近场极坐标域码字对本申请实施例提供的极坐标域码本进行举例说明,具体如下:

[0201] 针对超大规模MIMO通信系统,如图4所示,假设N天线基站同时服务K个单天线的用户,基站天线的间距为d,λ为载频波长,f为载频,c为光速。考虑任意一个用户,假设其信道为 $\mathbf{h} \in \mathbb{C}^{N \times 1}$,在毫米波太赫兹等高频段,通常可以认为信道是由不同路径的信道分量叠加而成,同时考虑近场球面波模型,h可表示为:

$$[0202] \quad \mathbf{h} = \sum_{l=1}^L g_l e^{-j2\pi f \tau_l} \mathbf{a}(\theta_l, r_l)$$

[0203] 其中,L表示路径数量, g_l 和 τ_l 分别表示第l条路径分量的路径增益和延时, $\mathbf{a}(\theta_l, r_l)$ 表示基站的阵列响应矢量,其中 θ_l 和 r_l 分别表示基站与第l条路径的散射体之间的空间角度与距离, $\mathbf{a}(\theta_l, r_l)$ 可表示为:

$$[0204] \quad \mathbf{a}(\theta_l, r_l) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{-jk(r_l^{(1)} - r_l)}, e^{-jk(r_l^{(2)} - r_l)}, \dots, e^{-jk(r_l^{(N)} - r_l)}]^T$$

[0205] 其中, $k = \frac{2\pi f}{c}$ 表示波数, $r_l^{(n)}$ ($n=1, 2, L, N$)表示天线n与散射体的距离。

[0206] 以图5为例,如图5所示绘制了信道路径数为2时的场景,由图5可知, $r_l^{(n)}$ 可以表示为:

$$[0207] \quad r_l^{(n)} = \sqrt{r_l^2 + \delta_n^2 d^2 - 2\delta_n d r_l \theta_l}$$

[0208] 其中, $\delta_n = n - (N+1)/2$,根式形式的 $r_l^{(n)}$ 较为复杂,难以分析,本实施例中,利用近场的菲涅尔近似,用 $r_l^{(n)}$ 的二阶泰勒展开项逼近 $r_l^{(n)}$ 。由二阶泰勒展开 $\sqrt{1+x} \approx 1 + 0.5x - 0.125x^2$ 可知如下:

$$[0209] \quad r_l^{(n)} \approx r_l - \delta_n d \theta_l + \frac{\delta_n^2 d^2 (1 - \theta_l^2)}{2r_l}$$

[0210] 此时,近场阵列响应矢量可以近似为

$$[0211] \quad \mathbf{a}(\theta, r) \approx \mathbf{p}(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1 - \theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1 - \theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1 - \theta^2}{2r})}]^T$$

[0212] 即, $\mathbf{p}(\theta, r)$ 既与角度 θ 相关,又与距离r相关,可将其称为极坐标域阵列相应矢量或极坐标域码字。 $\mathbf{p}(\theta, r)$ 可以以较高的精度逼近 $\mathbf{a}(\theta, r)$,同时又有较好的结构性。

[0213] 这样可以使用极坐标域导引矢量 $\mathbf{p}(\theta, r)$ 构造极坐标域码本。该码本由多个极坐标域码字构成,因而需要同时对角度 θ 和距离r做采样。对于角度的采样准则,可以沿用远场的

角度采样方法,即采样N个角度,每个角度满足 $\theta_n = (2n-N-1)/N, n=1, 2, \dots, N$ 。

[0214] 同时,对于某一个采样的角度 θ_n ,还需采样多个距离,假设采样的距离数为S。对于距离的采样准则,假设在角度 θ_n 上,任意两相邻的距离采样点 $r_{n,p}$ 和 $r_{n,q}$ 所对应的近场阵列响应矢量 $p(\theta_n, r_{n,p})$ 和 $p(\theta_n, r_{n,q})$ 之间的相关性要小于等于某一个常数,即 $|p(\theta_n, r_{n,p})^H p(\theta_n, r_{n,q})| \leq \Delta$ 。依据这一准则,可以证明,此时在方向 θ_n 上,采样的距离为:

$$[0215] \quad r_{n,s} = \frac{1}{S} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), s = 1, 2, \dots, S$$

[0216] 其中, $Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}$, β_{Δ} 是与常数 Δ 相关的参数,通过求解如下超越方程可得到参数 β_{Δ} 的值

$$[0217] \quad \left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

[0218] 通常使 $\Delta = 0.7$ 。

[0219] 需要说明的是,上述相关描述可以为所提极坐标域码本的基本原理,根据这些描述,可以给出生成整个极坐标域码本的流程,如图6所示。其基本思想是先采样多个角度,在每个角度上采样多个距离,进而实现对整个极坐标域空间的采样。每个角度-距离采样点对应于一个码字,所有的码字即组成了整个极坐标域码本。

[0220] 具体流程如下,首先均匀地采样N个角度,满足 $\theta_n = (2n-N-1)/N, n=1, 2, \dots, N$ 。并根据预设的相关性 Δ ,解超越方程得到阈值 β_{Δ} 。接着,对于每一个角度 θ_n 采样S个距离,每个距离采样点满足 $r_{n,s} = Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2) / S, s = 1, 2, \dots, S$ 。根据 θ_n 和 $\{r_{n,s}\}_{s=1}^S$ 构造角度 θ_n 上的子码本:

$$[0221] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0222] 最后,将所有的子码本合并,得到最终的极坐标域码本:

$$[0223] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

[0224] 本实施例中,相较于仅提取角度信息的角度域码本F,所提的极坐标域码本P同时提取信道在角度距离两个维度的信息,因而码本P同时适用于远场和近场。

[0225] 请参见图7,图7是本申请实施例提供的一种信道估计方法的流程图,如图7所示,包括以下步骤:

[0226] 步骤701、获取极坐标域码本,所述极坐标域码本包括N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,N和S为大于1的整数;

[0227] 步骤702、基于所述极坐标域码本进行信道估计。

[0228] 其中,上述极坐标域码本可以参见图2所示的实施例中的相应描述,此处不作赘述。

[0229] 可选的,上述角度和距离定义中的设备为假设的网络设备或者终端,与执行信道估计的设备可以是同类型的设备,但可以不是同一个设备。

[0230] 上述基于所述极坐标域码本进行信道估计可以是,参考协议中定义的基于码本进行信道估计的方式,例如:如图8所示,在图8所示的流程中,其核心是将角度域码本对应的

角度域转换矩阵和角度域反变换替换为极坐标域码本对应的极坐标域转换矩阵和极坐标域反变换。

[0231] 本实施例中,由于基于上述极坐标域码本进行信道估计,这样可以实现在远场和近场进行信道估计,从而提高通信设备的通信性能,

[0232] 本实施例中,上述方法可以由通信设备执行,通信设备可以是终端或者网络设备。

[0233] 作为一种可选的实施方式,所述基于所述极坐标域码本进行信道估计,包括:

[0234] 基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道;

[0235] 使用稀疏恢复算法获取所述极坐标域信道的高维极坐标域信道;

[0236] 对所述高维极坐标域信道进行极坐标域反变换,得到估计的信道。

[0237] 其中,上述接收信号可以表示为:

[0238] $y = Ah + n$

[0239] 其中, $A \in \mathbb{C}^{Q N_{RF} \times N}$ 表示接收矩阵,可由移相网络实现, N_{RF} 表示射频链的数量, Q 表示导频数, N 表示天线数,为了降低导频开销,通常有 $N_{RF} Q = N$ 。 $y \in \mathbb{C}^{Q N_{RF} \times 1}$ 表示接收导频, $n \in \mathbb{C}^{Q N_{RF} \times 1}$ 表示噪声,本实施例中,通过低维的接收数据 y 估计高维的信道 h 。

[0240] 可选的,所述基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道,包括:

[0241] 通过如下公式求解接收信号的极坐标域信道:

[0242] $y = A P h_p + n$

[0243] 其中, y 表示接收信号, A 表示接收矩阵, P 表示所述极坐标域码本, h_p 表示极坐标域信道, n 表示噪声。

[0244] $h_p \in \mathbb{C}^{NS \times 1}$ 为极坐标域信道,由于所提的极坐标域码本 P 同时提取信道在角度距离两个维度的信息,因而不论对远场信道还是近场信道, h_p 都将呈现稀疏分布。可使用稀疏恢复算法,例如:格点化的正交匹配追踪算法、非格点化的迭代重加权算法,由接收数据 y 估计得到高维的极坐标域信道 $\hat{h}_p$ 。最后,使用极坐标域的反变换,得到估计的信道 $\hat{h} = P \hat{h}_p$,从而实现远场和近场的信道估计。

[0245] 可选的,所述 N 个角度,包括:

[0246] 通过如下公式表示的 N 个角度:

[0247] $\theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$

[0248] 其中, θ_n 表示所述 N 个角度的第 n 个角度。

[0249] 可选的,每个角度关联的 S 个距离与如下内容对应:

[0250] 天线数、天线间距和波长;

[0251] 其中,所述天线数为 N 。

[0252] 可选的,第 n 个角度的第 s 个距离通过如下公式表示:

[0253] $r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2 \beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$

[0254] 其中, $r_{n,s}$ 表示第 n 个角度的第 s 个距离, θ_n 表示第 n 个角度, d 表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0255] 可选的,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0256] \quad \left| \int_0^{\beta_\Delta} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_\Delta|$$

[0257] 其中, Δ 为常数。

[0258] 可选的, 所述极坐标域码本, 包括:

$$[0259] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$[0260] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0261] 其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0262] 可选的, 所述极坐标域码字通过如下公式计算得到:

$$[0263] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0264] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0265] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

[0266] 本实施例中, 由于基于上述极坐标域码本进行信道估计, 这样可以实现在远场和近场进行信道估计, 从而提高通信设备的通信性能。另外, 本实施例中利用近场信道在极坐标域的稀疏性, 使用格点化的正交匹配追踪算法或非格点化的迭代重加权算法, 以低导频开销估计近场信道。

[0267] 在图9中绘制了信道估计均方误差随着通信距离的变化, 为了显示地表明近场效应的影响, 假设可以通过发射功率控制, 使得接收信号的信噪比在不同距离上是相同的。具体的仿真参数可以见表1:

[0268] 表1:

系统参数	参数取值
载频	100 GHz
带宽	100 MHz
子载波数	1024
天线数	256
信噪比	10 dB
射频数	4
导频数	32

[0270] 在图9中包含了基于所提极坐标域码本的格点化正交匹配追踪信道估计, 以及非格点化的迭代重加权信道估计, 以及还包括基于角度域码本的格点化和非格点化信道估计。通过图9可知, 相较基于角度域码本的格点化和非格点化信道估计, 本实施例提供的信

道估计方案可降低近场场景下的信道估计误差5到15个dB,且在远场场景下,性能和现有远场算法相当。

[0271] 请参见图10,图10是本发明实施例提供的一种通信设备的结构图,如图10所示,包括存储器1020、收发机1000和处理器1010:

[0272] 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的控制下收发数据;处理器1010,用于读取所述存储器1020中的计算机程序并执行以下操作:

[0273] 确定N个角度,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,N为大于1的整数;

[0274] 针对每个角度计算S个距离,得到NXS个距离,所述距离为设备与散射体之间的空间距离,S为大于1的整数;

[0275] 根据所述N个角度和NXS个距离,构造N个极坐标域子码本,得到极坐标域码本,所述极坐标域码本包括所述N个极坐标域子码本,其中,所述N个极坐标域子码本分别与N个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的S个距离对应。

[0276] 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,即包括发送机和接收机,提供用于在传输介质上与各种其他装置通信的单元,这些传输介质包括,这些传输介质包括无线信道、有线信道、光缆等传输介质。针对不同的用户设备,用户接口1030还可以是能够外接内接需要设备的接口,连接的设备包括但不限于小键盘、显示器、扬声器、麦克风、操纵杆等。

[0277] 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1000在执行操作时所使用的数据。

[0278] 可选的,处理器1010可以是CPU(中央处理器)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit,专用集成电路)、FPGA(Field-Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)或CPLD(Complex Programmable Logic Device,复杂可编程逻辑器件),处理器也可以采用多核架构。

[0279] 处理器通过调用存储器存储的计算机程序,用于按照获得的可执行指令执行本发明实施例提供的任一所述方法。处理器与存储器也可以物理上分开布置。

[0280] 可选的,所述确定N个角度,包括:

[0281] 基于如下公式确定N个角度:

[0282] $\theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$

[0283] 其中, θ_n 表示所述N个角度的第n个角度。

[0284] 可选的,所述针对每个角度计算S个距离,得到NXS个距离,包括:

[0285] 依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,得到NXS个距离,其中,所述天线数为N。

[0286] 可选的,所述依据天线数、天线间距和波长,计算每个角度关联的S个距离,得到NXS个距离,包括:

[0287] 基于如下公式计算每个角度关联的S个距离,得到NXS个距离:

$$[0288] \quad r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$$

[0289] 其中, $r_{n,s}$ 表示第 n 个角度的第 s 个距离, θ_n 表示第 n 个角度, d 表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0290] 可选的, 所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0291] \quad \left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

[0292] 其中, Δ 为常数。

[0293] 可选的, 所述极坐标域码本, 包括:

$$[0294] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$[0295] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0296] 其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0297] 可选的, 通过如下公式计算极坐标域码字:

$$[0298] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0299] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0300] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

[0301] 在此需要说明的是, 本发明实施例提供的上述通信设备, 能够实现上述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。

[0302] 请参见图11, 图11是本发明实施例提供的一种通信设备的结构图, 如图11所示, 包括存储器1120、收发机1100和处理器1110:

[0303] 存储器1120, 用于存储计算机程序; 收发机1100, 用于在所述处理器1110的控制下收发数据; 处理器1110, 用于读取所述存储器1120中的计算机程序并执行以下操作:

[0304] 获取极坐标域码本, 所述极坐标域码本包括 N 个极坐标域子码本, 其中, 所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应, 且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应, 所述角度为设备与散射体之间的空间角度, 所述距离为设备与散射体之间的空间距离, N 和 S 为大于1的整数;

[0305] 基于所述极坐标域码本进行信道估计。

[0306] 其中, 在图11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1110代表的一个或多个处理器和存储器1120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1100可以是多个元件, 即包括发送机和接收机, 提供用于在传输介质上与各种其他装置通信的单元, 这些传输介质包括, 这些传输介质包括无线信道、有线信道、光缆等传输介质。针

对不同的用户设备,用户接口1130还可以是能够外接内接需要设备的接口,连接的设备包括但不限于小键盘、显示器、扬声器、麦克风、操纵杆等。

[0307] 处理器1110负责管理总线架构和通常的处理,存储器1120可以存储处理器1100在执行操作时所使用的数据。

[0308] 可选的,处理器1110可以是CPU(中央处理器)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit,专用集成电路)、FPGA(Field-Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)或CPLD(Complex Programmable Logic Device,复杂可编程逻辑器件),处理器也可以采用多核架构。

[0309] 处理器通过调用存储器存储的计算机程序,用于按照获得的可执行指令执行本发明实施例提供的任一所述方法。处理器与存储器也可以物理上分开布置。

[0310] 可选的,所述基于所述极坐标域码本进行信道估计,包括:

[0311] 基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道;

[0312] 使用稀疏恢复算法获取所述极坐标域信道的高维极坐标域信道;

[0313] 对所述高维极坐标域信道进行极坐标域反变换,得到估计的信道。

[0314] 可选的,所述基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道,包括:

[0315] 通过如下公式求解接收信号的极坐标域信道:

$$[0316] \quad y = A\Phi_p + n$$

[0317] 其中, y 表示接收信号, A 表示接收矩阵, P 表示所述极坐标域码本, h_p 表示极坐标域信道, n 表示噪声。

[0318] 可选的,所述 N 个角度,包括:

[0319] 通过如下公式表示的 N 个角度:

$$[0320] \quad \theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$$

[0321] 其中, θ_n 表示所述 N 个角度的第 n 个角度。

[0322] 可选的,每个角度关联的 S 个距离与如下内容对应:

[0323] 天线数、天线间距和波长;

[0324] 其中,所述天线数为 N 。

[0325] 可选的,第 n 个角度的第 s 个距离通过如下公式表示:

$$[0326] \quad r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$$

[0327] 其中, $r_{n,s}$ 表示第 n 个角度的第 s 个距离, θ_n 表示第 n 个角度, d 表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0328] 可选的,所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0329] \quad \left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

[0330] 其中, Δ 为常数。

[0331] 可选的,所述极坐标域码本,包括:

$$[0332] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$[0333] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0334] 其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0335] 可选的, 所述极坐标域码字通过如下公式计算得到:

$$[0336] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0337] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0338] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

[0339] 在此需要说明的是, 本发明实施例提供的上述通信设备, 能够实现上述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。

[0340] 请参见图12, 图12是本发明实施例提供的另一种通信设备的结构图, 如图12所示, 通信设备1200, 包括:

[0341] 确定模块1201, 用于确定 N 个角度, 所述角度为设备与散射体之间的空间角度, N 为大于1的整数;

[0342] 计算模块1202, 用于针对每个角度计算 S 个距离, 所述距离为设备与散射体之间的空间距离, 得到 $N \times S$ 个距离, S 为大于1的整数;

[0343] 构造模块1203, 用于根据所述 N 个角度和 $N \times S$ 个距离, 构造 N 个极坐标域子码本, 得到极坐标域码本, 所述极坐标域码本包括所述 N 个极坐标域子码本, 其中, 所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应, 且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应。

[0344] 可选的, 确定模块1201用于基于如下公式确定 N 个角度:

$$[0345] \quad \theta_n = (2n - N - 1) / N, \quad n = 1, 2, \dots, N;$$

[0346] 其中, θ_n 表示所述 N 个角度的第 n 个角度。

[0347] 可选的, 计算模块1202用于依据天线数、天线间距和波长, 计算每个角度关联的 S 个距离, 得到 $N \times S$ 个距离, 其中, 所述天线数为 N 。

[0348] 可选的, 计算模块1202用于基于如下公式计算每个角度关联的 S 个距离, 得到 $N \times S$ 个距离:

$$[0349] \quad r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$$

[0350] 其中, $r_{n,s}$ 表示第 n 个角度的第 s 个距离, θ_n 表示第 n 个角度, d 表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0351] 可选的, 所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0352] \quad \left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{j\frac{1}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

[0353] 其中, Δ 为常数。

[0354] 可选的, 所述极坐标域码本, 包括:

$$[0355] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

[0356] $P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$

[0357] 其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0358] 可选的,通过如下公式计算极坐标域码字:

$$[0359] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0360] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0361] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

[0362] 在此需要说明的是,本发明实施例提供的上述通信设备,能够实现上述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。

[0363] 请参见图13,图13是本发明实施例提供的另一种通信设备的结构图,如图13所示,通信设备1300,包括:

[0364] 获取模块1301,用于获取极坐标域码本,所述极坐标域码本包括 N 个极坐标域子码本,其中,所述 N 个极坐标域子码本分别与 N 个角度对应,且每个极坐标域子码本还与对应的角度关联的 S 个距离对应,所述角度为设备与散射体之间的空间角度,所述距离为设备与散射体之间的空间距离, N 和 S 为大于1的整数;

[0365] 估计模块1302,用于基于所述极坐标域码本进行信道估计。

[0366] 可选的,估计模块1302用于基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道;

[0367] 使用稀疏恢复算法获取所述极坐标域信道的高维极坐标域信道;

[0368] 对所述高维极坐标域信道进行极坐标域反变换,得到估计的信道。

[0369] 可选的,所述基于所述极坐标域码本求解接收信号的极坐标域信道,包括:

[0370] 通过如下公式求解接收信号的极坐标域信道:

$$[0371] \quad y = A P h_p + n$$

[0372] 其中, y 表示接收信号, A 表示接收矩阵, P 表示所述极坐标域码本, h_p 表示极坐标域信道, n 表示噪声。

[0373] 可选的,所述 N 个角度,包括:

[0374] 通过如下公式表示的 N 个角度:

$$[0375] \quad \theta_n = (2n - N - 1) / N, n = 1, 2, \dots, N;$$

[0376] 其中, θ_n 表示所述 N 个角度的第 n 个角度。

[0377] 可选的,每个角度关联的 S 个距离与如下内容对应:

[0378] 天线数、天线间距和波长;

[0379] 其中,所述天线数为 N 。

[0380] 可选的,第 n 个角度的第 s 个距离通过如下公式表示:

$$[0381] \quad r_{n,s} = \frac{1}{s} Z_{\Delta} (1 - \theta_n^2), \quad Z_{\Delta} = \frac{N^2 d^2}{2\beta_{\Delta}^2 \lambda}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad s = 1, 2, \dots, S$$

[0382] 其中, $r_{n,s}$ 表示第 n 个角度的第 s 个距离, θ_n 表示第 n 个角度, d 表示天线间距, λ 为载频波长, β_{Δ} 为阈值。

[0383] 可选的, 所述 β_{Δ} 通过如下超越方程求解得到:

$$[0384] \quad \left| \int_0^{\beta_{\Delta}} e^{\frac{j}{2}\pi x^2} dx \right| = \Delta |\beta_{\Delta}|$$

[0385] 其中, Δ 为常数。

[0386] 可选的, 所述极坐标域码本, 包括:

$$[0387] \quad P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$$

$$[0388] \quad P_n = [p(\theta_n, r_{n,1}), p(\theta_n, r_{n,2}), \dots, p(\theta_n, r_{n,S})]$$

[0389] 其中, P 表示极坐标域码本, P_n 表示第 n 个极坐标域子码本, θ_n 表示第 n 个角度, $r_{n,S}$ 表示第 n 个角度的第 S 个距离, $p(\theta_n, r_{n,S})$ 表示由 θ_n 和 $r_{n,S}$ 决定的极坐标域码字。

[0390] 可选的, 所述极坐标域码字通过如下公式计算得到:

$$[0391] \quad p(\theta, r) = \frac{1}{\sqrt{N}} [e^{jk(\delta_1 d \theta - \delta_1^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, e^{jk(\delta_2 d \theta - \delta_2^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}, \dots, e^{jk(\delta_N d \theta - \delta_N^2 d^2 \frac{1-\theta^2}{2r})}]^T$$

$$[0392] \quad k = \frac{2\pi f}{c}, \quad \delta_n = n - \frac{N+1}{2}, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0393] 其中, $p(\theta, r)$ 表示对应角度 θ 和距离 r 的极坐标域码字, d 表示天线间距, λ 为载频波长, c 为光速, f 为载频, j 为虚数单位。

[0394] 在此需要说明的是, 本发明实施例提供的上述通信设备, 能够实现上述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。

[0395] 需要说明的是, 本发明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。

[0396] 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。

[0397] 本申请实施例提供一种处理器可读取存储介质, 所述处理器可读取存储介质存储有计算机程序, 所述计算机程序用于使所述处理器执行本申请实施例提供的码本生成方法, 或

者,所述计算机程序用于使所述处理器执行本申请实施例提供的信道估计方法。

[0398] 所述处理器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。

[0399] 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。

[0400] 本申请是参照根据本发明实施例的方法、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一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0401] 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一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0402] 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一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0403] 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。

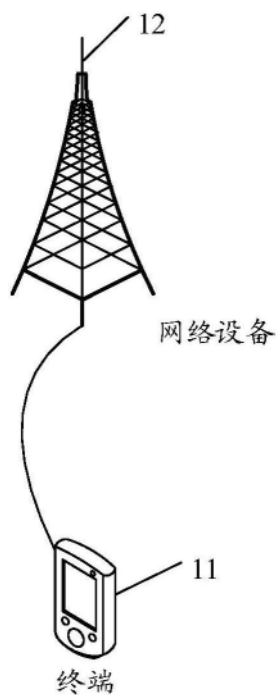


图1

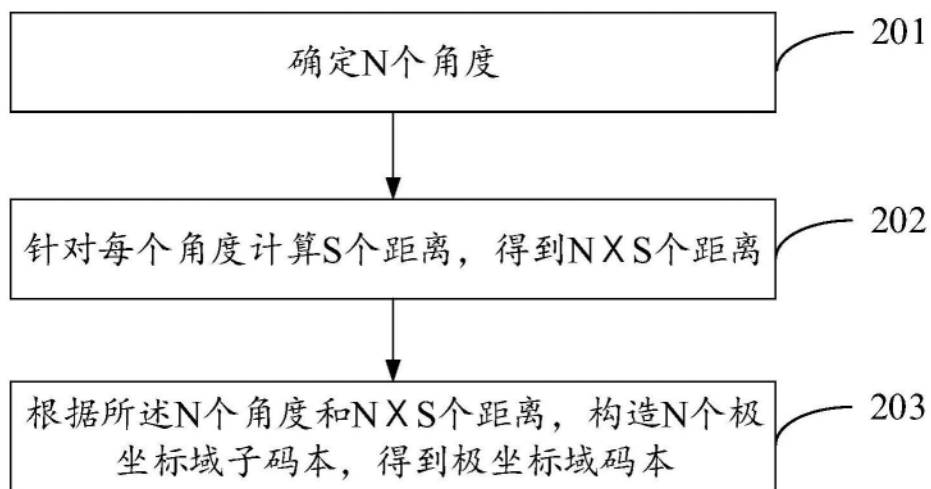


图2

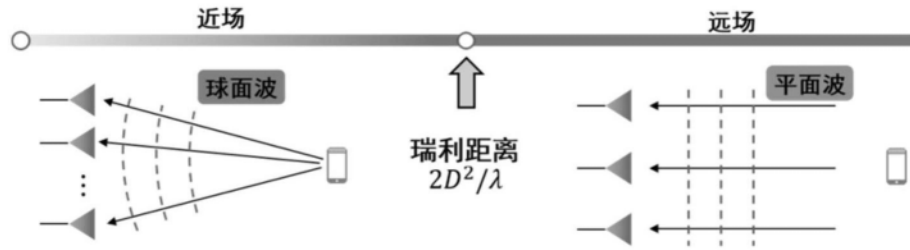


图3

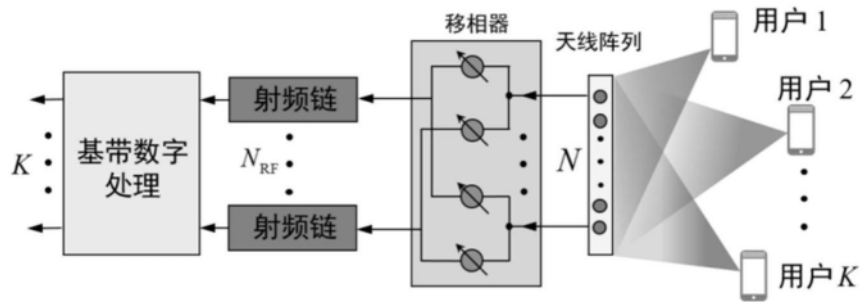


图4

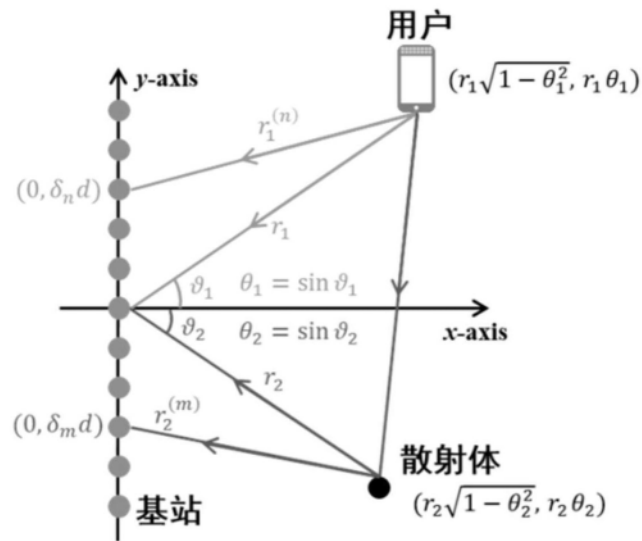


图5

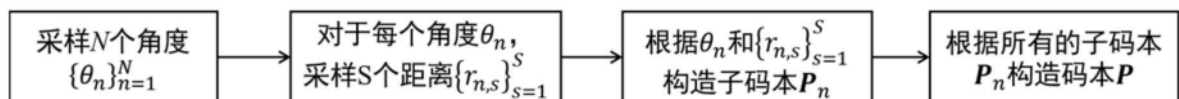


图6

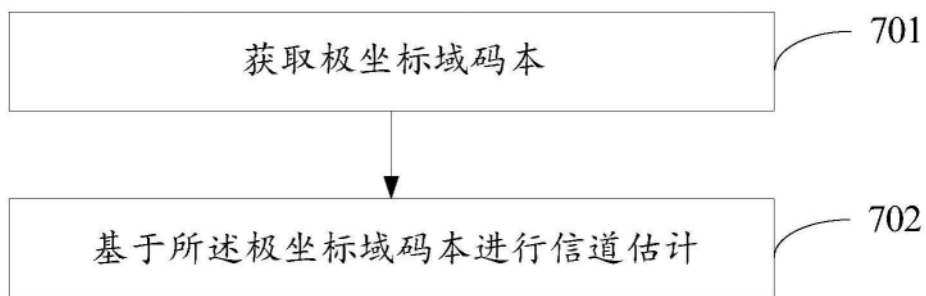


图7

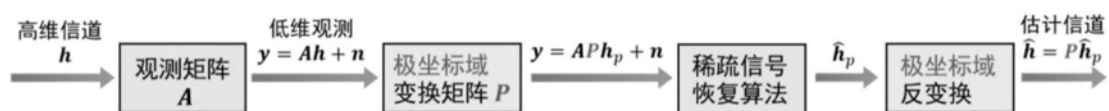


图8

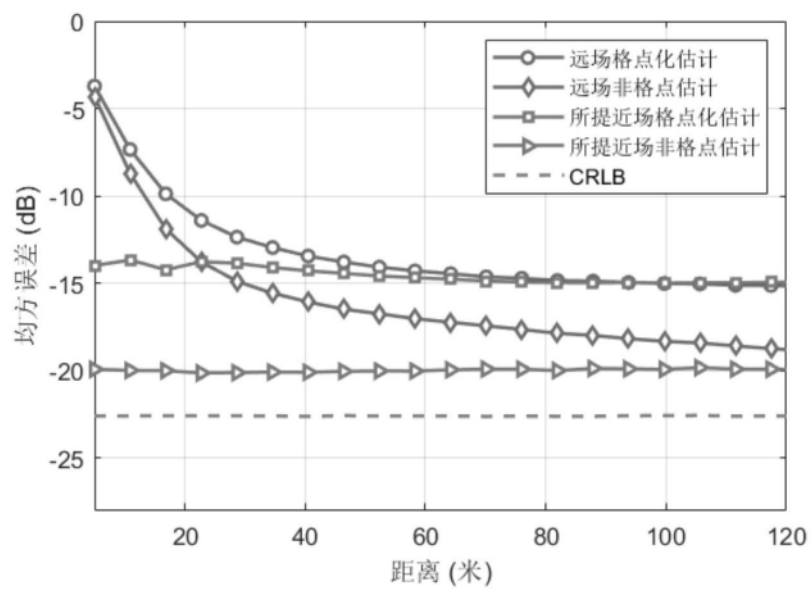


图9



图10



图11

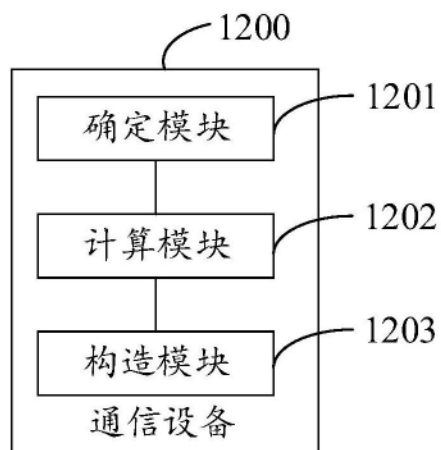


图12

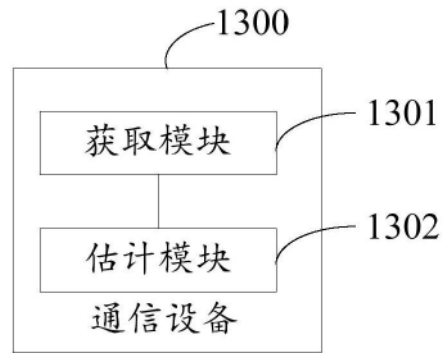


图13