



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105594131 B

(45)授权公告日 2018.02.06

(21)申请号 201380079976.6

(22)申请日 2013.11.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105594131 A

(43)申请公布日 2016.05.18

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.04.05

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2013/088229 2013.11.29

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/078009 ZH 2015.06.04

(73)专利权人 华为技术有限公司
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72)发明人 刘晟

(74)专利代理机构 北京龙双利达知识产权代理有限公司 11329

代理人 王君 周乔

(51)Int.Cl.
H04B 1/10(2006.01)
H04B 15/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 101529729 A,2009.09.09,
CN 1741423 A,2006.03.01,
CN 1150477 A,1997.05.21,
CN 103338172 A,2013.10.02,
CN 103095351 A,2013.05.08,
US 2006098765 A1,2006.05.11,
US 2013089021 A1,2013.04.11,
US 2012201153 A1,2012.08.09,

审查员 马娟

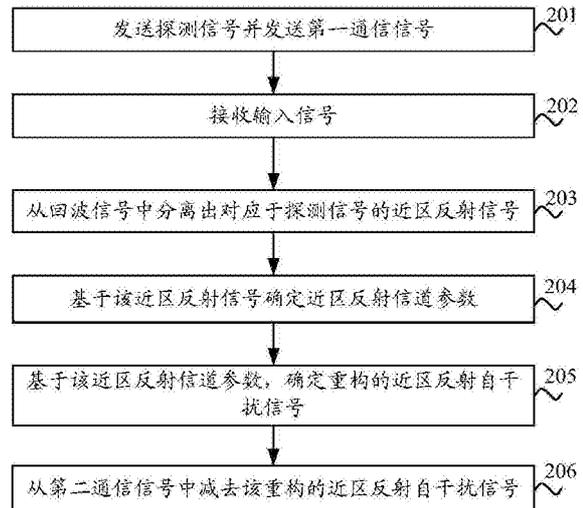
权利要求书6页 说明书26页 附图17页

(54)发明名称

减少通信系统自干扰信号的方法和装置

(57)摘要

本发明实施例提供减少通信系统自干扰信号的方法和装置,包括:发送探测信号并发送第一通信信号;接收输入信号;从该输入信号中的回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号;基于该近区反射信号确定近区反射信道参数;基于该近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号;从接收到的第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。本发明能够有效地分辨并重构近区反射信号,从而能够达到减少自干扰中的近区反射自干扰信号。



1. 一种无线全双工通信装置,其特征在于,所述装置包括:

发送单元,用于发送探测信号并发送第一通信信号,其中用于发送所述探测信号的时隙与用于发送所述第一通信信号的时隙不同,所述探测信号为大时宽带宽积信号;

接收单元,用于接收输入信号,其中所述输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于所述探测信号和所述第一通信信号的回波信号;

信号分离单元,用于从所述回波信号中分离出对应于所述探测信号的近区反射信号;

近区反射自干扰信号处理单元,用于基于所述近区反射信号确定近区反射信道参数;

近区反射自干扰信号消除单元,用于基于所述近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述近区反射自干扰信号消除单元,具体用于根据所述近区反射信道参数和所述第一通信信号,确定所述重构的近区反射自干扰信号,从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号。

3. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

耦合单元,用于对待发送的信号进行取样,获取自干扰射频参考信号;

所述近区反射自干扰信号消除单元,具体用于根据所述近区反射信道参数和所述自干扰射频参考信号,确定所述重构的近区反射自干扰信号,从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号。

4. 如权利要求1-3中任一项所述的装置,其特征在于,所述发送单元,具体用于使用大于发送所述第一通信信号所用的带宽发送所述探测信号;

所述近区反射自干扰信号处理单元,具体用于对所述近区反射信号进行匹配滤波,得到滤波后的近区反射信号,根据所述滤波后的近区反射信号,确定所述近区反射信道参数。

5. 如权利要求1-3中任一项所述的装置,其特征在于,所述发送单元,具体用于使用大于或等于发送所述第一通信信号所用的带宽发送所述探测信号;

所述近区反射自干扰信号处理单元,具体用于使用时延超分辨算法确定对应于所述近区反射信号的所述近区反射信道参数。

6. 如权利要求5所述的装置,其特征在于,

所述近区反射自干扰信号处理单元,具体用于使用以下公式确定所述近区反射信道参数:

$$\begin{aligned} \hat{h}^{(k)} &= \left(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \} \right)^{-1} b, \\ w^{(k)} &= \left[1 + \kappa - \frac{|\hat{h}^{(k-1)}|}{\max |\hat{h}^{(k-1)}|} \right] \circ w^{(k-1)}, \end{aligned}$$

其中, \hat{h} 表示所述近区反射信道参数, $\hat{h}^{(k)}$ 的上标k标识第k次迭代的结果, $B=A^H A$,A表示探测信号矩阵, $b=A^H r$,r表示所述近区反射信号, $w^{(k)}$ 表示第k次迭代的加权向量,所述加权向量的初始值为 $w^{(0)} = \alpha \mathbf{1}_{M \times 1}$, $\mathbf{1}_{M \times 1}$ 表示元素全部为1的 $M \times 1$ 列向量,M表示近区反射信道的多径时延分布范围,运算符“ \circ ”表示两个向量对应元素相乘, κ 、k、 α 为用于调节收敛性的预设正整数。

7. 如权利要求6所述的装置,其特征在于,在B为共轭矩阵的情况下,

所述近区反射自干扰信号处理单元,具体用于使用以下公式从 $m=1$ 到 M 迭代计算获得 $(\mathbf{B}+\text{diag}\{\mathbf{w}^{(k)}\})^{-1}$:

$$\mathbf{B}_m^{-1} = \mathbf{D}_{m-1} - \frac{w_m^{(k)}}{1 + w_m^{(k)} d_{m-1,mm}} \mathbf{d}_{m-1,m} \mathbf{d}_{m-1,m}^H, \quad m=1,2,\dots,M$$

其中, $\mathbf{B}_m = \mathbf{B}_{m-1} + w_m^{(k)} \mathbf{e}_m \mathbf{e}_m^H$, $\mathbf{D}_{m-1} = \mathbf{B}_{m-1}^{-1} = [\mathbf{d}_{m-1,1}, \mathbf{d}_{m-1,2}, \dots, \mathbf{d}_{m-1,M}]$, 特别地 $\mathbf{B}_0 = \mathbf{B}$, $\mathbf{B}_M^{-1} = (\mathbf{B} + \text{diag}\{\mathbf{w}^{(k)}\})^{-1}$, $\mathbf{d}_{m-1,m}$ 为矩阵 \mathbf{D}_{m-1} 的第 m 个列向量, $d_{m-1,mm}$ 为矩阵 \mathbf{D}_{m-1} 的第 m 行第 m 列元素, \mathbf{e}_i 表示除第 i 列元素为1其他元素均为零的 $M \times 1$ 列向量。

8. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述发送单元,具体用于在发送射频信号中的探测信号时使用的功率小于发送所述射频信号中的数据信号使用的功率。

9. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,

所述近区反射自干扰信号处理单元,还用于累积多个近区反射信道参数,确定所述多个所述近区反射信道参数的平均值;

所述近区反射自干扰信号消除单元,具体用于根据所述多个所述近区反射信道参数的平均值确定所述重构的近区反射自干扰信号,从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号。

10. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,在所述装置支持多输入多输出MIMO的情况下,所述发送单元,具体用于使用多根天线分别发送射频信号;

所述接收单元,具体用于使用所述多根天线分别接收所述输入信号,且所述多根天线发送所述探测信号所用的时隙互相错开。

11. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,

所述发送单元,具体用于在发送射频信号时与相邻的支持所述无线全双工的装置发送射频信号的时隙互相错开。

12. 一种无线全双工通信装置,其特征在于,所述装置包括:

发送器,用于发送探测信号并发送第一通信信号,其中用于发送所述探测信号的时隙与用于发送所述第一通信信号的时隙不同,所述探测信号为大时宽带宽积信号;

接收器,用于接收输入信号,其中所述输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于所述探测信号和所述第一通信信号的回波信号;

处理器,用于从所述回波信号中分离出对应于所述探测信号的近区反射信号;

所述处理器,还用于基于所述近区反射信号确定近区反射信道参数;

所述处理器,还用于基于所述近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号。

13. 如权利要求12所述的装置,其特征在于,所述处理器,具体用于根据所述近区反射信道参数和所述第一通信信号,确定所述重构的近区反射自干扰信号,从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号。

14. 如权利要求12所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

耦合器,用于对待发送的信号进行取样,获取自干扰射频参考信号;

所述处理器,具体用于根据所述近区反射信道参数和所述自干扰射频参考信号,确定

所述重构的近区反射自干扰信号,从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号。

15. 如权利要求12-14中任一项所述的装置,其特征在于,所述发送器,具体用于使用大于发送所述第一通信信号所用的带宽发送所述探测信号;

所述处理器,具体用于对所述近区反射信号进行匹配滤波,得到滤波后的近区反射信号,根据所述滤波后的近区反射信号,确定所述近区反射信道参数。

16. 如权利要求12-14中任一项所述的装置,其特征在于,所述发送器,具体用于使用大于或等于发送所述第一通信信号所用的带宽发送所述探测信号;

所述处理器,具体用于使用时延超分辨算法确定对应于所述近区反射信号的所述近区反射信道参数。

17. 如权利要求16所述的装置,其特征在于,

所述处理器,具体用于使用以下公式确定所述近区反射信道参数:

$$\hat{h}^{(k)} = \left(\mathbf{B} + \text{diag} \{ w^{(k)} \} \right)^{-1} \mathbf{b},$$

$$w^{(k)} = \left[1 + \kappa - \frac{|\hat{h}^{(k-1)}|}{\max |\hat{h}^{(k-1)}|} \right] \circ w^{(k-1)},$$

其中, \hat{h} 表示所述近区反射信道参数, $\hat{h}^{(k)}$ 的上标k标识第k次迭代的结果, $\mathbf{B} = \mathbf{A}^H \mathbf{A}$, \mathbf{A} 表示探测信号矩阵, $\mathbf{b} = \mathbf{A}^H \mathbf{r}$, \mathbf{r} 表示所述近区反射信号, $w^{(k)}$ 表示第k次迭代的加权向量,所述加权向量的初始值为 $w^{(0)} = \alpha \mathbf{1}_{M \times 1}$, $\mathbf{1}_{M \times 1}$ 表示元素全部为1的 $M \times 1$ 列向量, M 表示近区反射信道的多径时延分布范围,运算符“ \circ ”表示两个向量对应元素相乘, κ 、 k 、 α 为用于调节收敛性的预设正整数。

18. 如权利要求17所述的装置,其特征在于,在 \mathbf{B} 为共轭矩阵的情况下,

所述处理器,具体用于使用以下公式从 $m=1$ 到 M 迭代计算获得 $(\mathbf{B} + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$:

$$\mathbf{B}_m^{-1} = \mathbf{D}_{m-1} - \frac{w_m^{(k)}}{1 + w_m^{(k)} d_{m-1,mm}} \mathbf{d}_{m-1,m} \mathbf{d}_{m-1,m}^H, \quad m = 1, 2, \dots, M$$

其中, $\mathbf{B}_m = \mathbf{B}_{m-1} + w_m^{(k)} \mathbf{e}_m \mathbf{e}_m^H$, $\mathbf{D}_{m-1} = \mathbf{B}_{m-1}^{-1} = [\mathbf{d}_{m-1,1}, \mathbf{d}_{m-1,2}, \dots, \mathbf{d}_{m-1,M}]$,特别地 $\mathbf{B}_0 = \mathbf{B}$, $\mathbf{B}_M^{-1} = (\mathbf{B} + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$, $\mathbf{d}_{m-1,m}$ 为矩阵 \mathbf{D}_{m-1} 的第m个列向量, $d_{m-1,mm}$ 为矩阵 \mathbf{D}_{m-1} 的第m行第m列元素, \mathbf{e}_i 表示除第i列元素为1其他元素均为零的 $M \times 1$ 列向量。

19. 如权利要求12所述的装置,其特征在于,所述发送器,具体用于在发送射频信号中的探测信号时使用的功率小于发送所述射频信号中的数据信号使用的功率。

20. 如权利要求12所述的装置,其特征在于,

所述处理器,还用于累积多个近区反射信道参数,确定所述多个所述近区反射信道参数的平均值;

所述处理器,具体用于根据所述多个所述近区反射信道参数的平均值确定所述重构的近区反射自干扰信号,从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号。

21. 如权利要求12所述的装置,其特征在于,在所述装置支持多输入多输出MIMO的情况下,所述发送器,具体用于使用多根天线分别发送射频信号;

所述接收器,具体用于使用所述多根天线分别接收所述输入信号,且所述多根天线发送所述探测信号所用的时隙互相错开。

22. 如权利要求12所述的装置,其特征在于,

所述发送器,具体用于在发送射频信号时与相邻的支持所述无线全双工的装置发送射频信号的时隙互相错开。

23. 一种消除通信系统自干扰信号的方法,其特征在于,所述方法由支持无线全双工的装置执行,所述方法包括:

发送探测信号并发送第一通信信号,其中用于发送所述探测信号的时隙与用于发送所述第一通信信号的时隙不同,所述探测信号为大时宽带宽积信号;

接收输入信号,其中所述输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于所述探测信号和所述第一通信信号的回波信号;

从所述回波信号中分离出对应于所述探测信号的近区反射信号;

基于所述近区反射信号,确定近区反射信道参数;

基于所述近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号;

从所述第二通信信号中减去所述重构的近区反射自干扰信号,其中所述第二通信信号是其他装置发送的。

24. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,所述基于所述近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,包括:

根据所述近区反射信道参数和所述第一通信信号,确定所述重构的近区反射自干扰信号。

25. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

对待发送的信号进行取样,获取自干扰射频参考信号;

所述基于所述近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,包括:

根据所述近区反射信道参数和所述自干扰射频参考信号,确定所述重构的近区反射自干扰信号。

26. 如权利要求23-25中任一项所述的方法,其特征在于,所述发送探测信号,包括:

在探测时隙中的发射时隙发送所述探测信号。

27. 如权利要求26所述的方法,其特征在于,所述发送探测信号,包括:

在所述探测时隙中的空闲时隙停止发送所述探测信号,其中所述空闲时隙包括第一静默时隙和第二静默时隙;

在数据传输时隙发送所述第一通信信号。

28. 如权利要求27所述的方法,其特征在于,所述第一静默时隙的时长为所述近区反射信道的最大多径时延,

所述第二静默时隙的取值使得回波分量的时延超过了所述第一静默时隙的时长与所述第二静默时隙的时长之和,且所述回波多径分量的功率低于预设阈值。

29. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,在发送所述探测信号使用的带宽大于发送所述第一通信信号使用的带宽的情况下,所述基于所述近区反射信号确定近区反射信道参数,包括:

对所述近区反射信号进行匹配滤波,得到滤波后的近区反射信号;

根据所述滤波后的近区反射信号,确定所述近区反射信道参数。

30. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,在发送所述探测信号使用的带宽大于或等于发送所述第一通信信号使用的带宽的情况下,所述基于所述近区反射信号确定近区反射信道参数,包括:

使用时延超分辨算法确定对应于所述近区反射信号的所述近区反射信道参数。

31. 如权利要求30所述的方法,其特征在于,所述使用时延超分辨算法确定对应于所述近区反射信号的所述近区反射信道参数,包括:

使用以下公式确定所述近区反射信道参数:

$$\hat{h}^{(k)} = \left(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \} \right)^{-1} b,$$

$$w^{(k)} = \left[1 + \kappa \frac{|\hat{h}^{(k-1)}|}{\max |\hat{h}^{(k-1)}|} \right] \circ w^{(k-1)},$$

其中, \hat{h} 表示所述近区反射信道参数, $\hat{h}^{(k)}$ 的上标k标识第k次迭代的结果, $B=A^H A$,A表示探测信号矩阵, $b=A^H r$,r表示所述近区反射信号, $w^{(k)}$ 表示第k次迭代的加权向量,所述加权向量的初始值为 $w^{(0)} = \alpha \mathbf{1}_{M \times 1}$, $\mathbf{1}_{M \times 1}$ 表示元素全部为1的 $M \times 1$ 列向量,M表示近区反射信道的多径时延分布范围,运算符“ \circ ”表示两个向量对应元素相乘, κ 、k、 α 为用于调节收敛性的预设正整数。

32. 如权利要求31所述的方法,其特征在于, $(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$ 通过使用以下公式从 $m=1$ 到M迭代计算获得:

$$\mathbf{B}_m^{-1} = \mathbf{D}_{m-1} - \frac{w_m^{(k)}}{1 + w_m^{(k)} d_{m-1,mm}} \mathbf{d}_{m-1,m} \mathbf{d}_{m-1,m}^H, \quad m = 1, 2, \dots, M$$

其中, $\mathbf{B}_m = \mathbf{B}_{m-1} + w_m^{(k)} \mathbf{e}_m \mathbf{e}_m^H$, $\mathbf{D}_{m-1} = \mathbf{B}_{m-1}^{-1} = [\mathbf{d}_{m-1,1}, \mathbf{d}_{m-1,2}, \dots, \mathbf{d}_{m-1,M}]$,特别地 $\mathbf{B}_0 = \mathbf{B}$, $\mathbf{B}_M^{-1} = (\mathbf{B} + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$, $d_{m-1,m}$ 为矩阵 \mathbf{D}_{m-1} 的第m个列向量, $d_{m-1,mm}$ 为矩阵 \mathbf{D}_{m-1} 的第m行第m列元素, \mathbf{e}_i 表示除第i列元素为1其他元素均为零的 $M \times 1$ 列向量。

33. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,在所述基于所述近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号之前,所述方法还包括:

获取多个近区反射信道参数;

确定所述多个近区反射信道参数的平均值;

所述基于所述近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,包括:

根据所述多个近区反射信道参数的平均值,确定所述重构的近区反射自干扰信号。

34. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,发送所述探测信号所用的功率小于发送所述第一通信信号所用的功率。

35. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,在所述装置支持多输入多输出MIMO的情况下,所述发送探测信号,包括:

使用所述装置的多根天线分别发送所述探测信号,且所述多根天线发送所述探测信号所用的时隙不同。

36. 如权利要求23所述的方法,其特征在于,所述探测信号在发送时与相邻的支持所述

无线全双工的装置发送的探测信号的时隙不同。

减少通信系统自干扰信号的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及无线通信技术领域,并且更具体地,涉及减少通信系统自干扰信号的方法和装置。

背景技术

[0002] 在移动蜂窝通信系统、无线局域网(Wireless Local Area Network,WLAN)、固定无线接入(Fixed Wireless Access,FWA)等无线通信系统中,基站(Base Station,BS)或者接入点(Access Point,AP)、中继站(Relay Station,RS)以及用户设备(User Equipment,UE)等通信节点通常具有发送自身信号和接收其他通信节点信号的能力。由于无线信号在无线信道中的衰减非常大,与自身的发送信号相比,来自通信发送端的信号到达接收端时的信号已经非常微弱。例如,移动蜂窝通信系统中一个通信节点收发信号功率差能够达到80dB至120dB甚至更大。因此,为了避免通信节点的发送信号对该通信节点的接收信号造成的干扰(这种干扰称为自干扰,Self-interference),无线信号的发送和接收通常采用不同的频段或者时间段加以区分。例如,在频分双工(Frequency Division Duplex,FDD)中,发送和接收使用相隔一定保护频带的不同频段进行通信。在时分双工(Time Division Duplex,FDD)中,发送和接收使用相隔一定保护时间间隔的不同时间段进行通信。FDD系统中的保护频带和TDD系统中的保护时间间隔都是为了保证接收和发送之间充分地间隔,避免发送对接收造成的干扰。

[0003] 无线全双工技术可以在相同的无线信道上同时进行接收和发送操作。从理论上来说,无线全双工技术的频谱效率是FDD技术或TDD技术的两倍。但是由于没有保护频带或保护时间间隔的存在,支持无线全双工的通信节点的发送信号会对该通信节点的接收信号造成自干扰,造成该通信节点无法正确接收有用的信号。自干扰包括近区反射信道中的近区反射自干扰信号和远区反射信道中的远区反射自干扰信号。近区反射自干扰信号典型对应于0.3m-60m的近区反射路径,多径传播延迟为1-400ns量级。由于收发天线附近区域传播环境的变化较小,因此该近区反射自干扰信号的延迟随时间变化较小且较为缓慢。近区反射自干扰信号是无线全双工系统中最难有效消除的自干扰,其原因在于:由于近区多径回波信号传播距离较小,多径之间的传播延迟差非常小,通常带宽(10-40MHz)的通信信号无法有效分辨并重构该近区反射自干扰信号,从而导致无法实现有效的干扰抵消。例如,通信节点所发送的射频信号到两个与该通信节点直线传播距离相差3米的反射体的延迟差为20ns,要分辨这两个多径延迟不同的回波非常困难。远区反射自干扰信号分量由于多径延迟差较大,因此通常的带宽都可以分辨,从而可以实现有效的消除。因此,如何减少近区反射自干扰信号从而提高无线全双工系统的使用效率,是一个亟待解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供减少通信系统自干扰信号的方法和装置,能够有效地减少近区反射自干扰信号,从而达到提高无线全双工系统的使用效率的目的。

[0005] 第一方面,本发明实施例通过一种无线全双工通信装置,该装置包括:发送单元,用于发送探测信号并发送第一通信信号,其中用于发送该探测信号的时隙与用于发送该第一通信信号的时隙不同,该探测信号为大时宽带宽积信号;接收单元,用于接收输入信号,其中该输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于该探测信号和该第一通信信号的回波信号;信号分离单元,用于从该回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号;近区反射自干扰信号处理单元,用于基于该近区反射信号确定近区反射信道参数;近区反射自干扰信号消除单元,用于基于该近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0006] 结合第一方面,在第一种可能的实现方式中,该近区反射自干扰信号消除单元,具体用于根据该近区反射信道参数和该第一通信信号,确定该重构的近区反射自干扰信号,从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0007] 结合第一方面,在第二种可能的实现方式中,该装置还包括:耦合单元,用于对待发送的信号进行取样,获取自干扰射频参考信号;该近区反射自干扰信号消除单元,具体用于根据该近区反射信道参数和该自干扰射频参考信号,确定该重构的近区反射自干扰信号,从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0008] 结合第一方面或上述任一种可能的实现方式,在第三种可能的实现方式中,该发送单元,具体用于使用大于发送该第一通信信号所用的带宽发送该探测信号;该近区反射自干扰信号处理单元,具体用于对该近区反射信号进行匹配滤波,得到滤波后的近区反射信号,根据该滤波后的近区反射信号,确定该近区反射信道参数。

[0009] 结合第一方面或第一种可能的实现方式至第二种可能的实现方式中的任一种可能的实现方式,在第四种可能的实现方式中,该发送单元,具体用于使用大于或等于发送该第一通信信号所用的带宽发送该探测信号;该近区反射自干扰信号处理单元,具体用于使用时延超分辨率算法确定对应于该近区反射信号的该近区反射信道参数。

[0010] 结合第四种可能的实现方式,在第五种可能的实现方式中,该近区反射自干扰信号处理单元,具体用于使用以下公式确定该近区反射信道参数:

$$[0011] \quad \hat{h}^{(k)} = \left(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \} \right)^{-1} b, \quad w^{(k)} = \left[1 + \kappa - \frac{|\hat{h}^{(k-1)}|}{\max |\hat{h}^{(k-1)}|} \right] \circ w^{(k-1)},$$

[0012] 其中, \hat{h} 表示该近区反射信道参数, $\hat{h}^{(k)}$ 的上标k标识第k次迭代的结果, $B = A^H A$,A表示探测信号矩阵, $b = A^H r$,r表示该近区反射信号, $w^{(k)}$ 表示第k次迭代的加权向量,该加权向量的初始值为 $w^{(0)} = \alpha 1_{M \times 1}$, $1_{M \times 1}$ 表示元素全部为1的 $M \times 1$ 列向量,M表示近区反射信道的多径时延分布范围,运算符“ \circ ”表示两个向量对应元素相乘, κ 、k、 α 为用于调节收敛性的预设正整数。

[0013] 结合第五种可能的实现方式,在第六种可能的实现方式中,在B为共轭矩阵的情况下,该近区反射自干扰信号处理单元,具体用于使用以下公式从 $m = 1$ 到M迭代计算获得 $(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$:

$$[0014] \quad B_m^{-1} = D_{m-1} - \frac{w_m^{(k)}}{1 + w_m^{(k)} d_{m-1,mm}} d_{m-1,m} d_{m-1,m}^H, \quad m = 1, 2, \dots, M$$

[0015] 其中, $B_m = B_{m-1} + w_m^{(k)} e_m e_m^H$, $D_{m-1} = B_{m-1}^{-1} = [d_{m-1,1}, d_{m-1,2}, \dots, d_{m-1,M}]$, 特别地 $B_0 = B$, $B_M^{-1} = (B + \text{diag}\{w^{(k)}\})^{-1}$, $d_{m-1,m}$ 为矩阵 D_{m-1} 的第 m 个列向量, $d_{m-1,m}$ 为矩阵 D_{m-1} 的第 m 行第 m 列元素, e_i 表示除第 i 列元素为 1 其他元素均为零的 $M \times 1$ 列向量。

[0016] 结合第一方面或上述任一种可能的实现方式, 在第七种可能的实现方式中, 该发送单元, 具体用于在发送该射频信号中的探测信号时使用的功率小于发送该射频信号中的数据信号使用的功率。

[0017] 结合第一方面或上述任一种可能的实现方式, 在第八种可能的实现方式中, 该近区反射自干扰信号处理单元, 还用于累积多个近区反射信道参数, 确定该多个该近区反射信道参数的平均值; 该近区反射自干扰信号消除单元, 具体用于根据该多个该近区反射信道参数的平均值确定该重构的近区反射自干扰信号, 从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0018] 结合第一方面或上述任一种可能的实现方式, 在第九种可能的实现方式中, 在该装置支持多输入多输出 MIMO 的情况下, 该发送单元, 具体用于使用多根天线分别发送该射频信号; 该接收单元, 具体用于使用该多根天线分别接收该输入信号, 且该多根天线发送该探测信号所用的时隙互相错开。

[0019] 结合第一方面或上述任一种可能的实现方式, 在第十种可能的实现方式中, 该发送单元, 具体用于在发送该射频信号时与相邻的支持该无线全双工的装置发送射频信号的时隙互相错开。

[0020] 第二方面, 本发明实施例提供一种无线全双工通信装置, 该装置包括: 发送器, 用于发送探测信号并发送第一通信信号, 其中用于发送该探测信号的时隙与用于发送该第一通信信号的时隙不同, 该探测信号为大时宽带宽积信号; 接收器, 用于接收输入信号, 其中该输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于该探测信号和该第一通信信号的回波信号; 处理器, 用于从该回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号; 该处理器, 还用于基于该近区反射信号确定近区反射信道参数; 该处理器, 还用于基于该近区反射信道参数, 确定重构的近区反射自干扰信号, 从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0021] 结合第二方面, 在第一种可能的实现方式中, 该处理器, 具体用于根据该近区反射信号参数和该第一通信信号, 确定该重构的近区反射自干扰信号, 从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0022] 结合第二方面, 在第二种可能的实现方式中, 该装置还包括: 耦合器, 用于对带发送的信号进行取样, 获取自干扰射频参考信号; 该处理器, 具体用于根据该近区反射信道参数和该自干扰射频参考信号, 确定该重构的近区反射自干扰信号, 从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0023] 结合第二方面或上述任一种可能的实现方式, 在第三种可能的实现方式中, 该发送器, 具体用于使用大于发送该第一通信信号所用的带宽发送该探测信号; 该处理器, 具体用于对该近区反射信号进行匹配滤波, 得到滤波后的近区反射信号, 根据该滤波后的近区反射信号, 确定该近区反射信道参数。

[0024] 结合第二方面或第一种可能的实现方式至第二种可能的实现方式中的任一种可

能的实现方式,在第四种可能的实现方式中,该发送器,具体用于使用大于或等于发送该第一通信信号所用的带宽发送该探测信号;该处理器,具体用于使用时延超分辨率算法确定对应于该近区反射信号的该近区反射信道参数。

[0025] 结合第四种可能的实现方式,在第五种可能的实现方式中,该处理器,具体用于使用以下公式确定该近区反射信道参数:

$$[0026] \quad \hat{h}^{(k)} = \left(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \} \right)^{-1} b, \quad w^{(k)} = \left[1 + \kappa - \frac{|\hat{h}^{(k-1)}|}{\max |\hat{h}^{(k-1)}|} \right] \circ w^{(k-1)},$$

[0027] 其中, \hat{h} 表示该近区反射信道参数, $\hat{h}^{(k)}$ 的上标k标识第k次迭代的结果, $B = A^H A$, A表示探测信号矩阵, $b = A^H r$, r表示该近区反射信号, $w^{(k)}$ 表示第k次迭代的加权向量,该加权向量的初始值为 $w^{(0)} = \alpha \mathbf{1}_{M \times 1}$, $\mathbf{1}_{M \times 1}$ 表示元素全部为1的 $M \times 1$ 列向量, M表示近区反射信道的多径时延分布范围,运算符“ \circ ”表示两个向量对应元素相乘, κ 、k、 α 为用于调节收敛性的预设正整数。

[0028] 结合第五种可能的实现方式,在第六种可能的实现方式中,在B为共轭矩阵的情况下,该处理器,具体用于使用以下公式从 $m=1$ 到M迭代计算获得 $(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$:

$$[0029] \quad B_m^{-1} = D_{m-1} - \frac{w_m^{(k)}}{1 + w_m^{(k)} d_{m-1,mm}} d_{m-1,m} d_{m-1,m}^H, \quad m = 1, 2, \dots, M$$

[0030] 其中, $B_m = B_{m-1} + w_m^{(k)} e_m e_m^H$, $D_{m-1} = B_{m-1}^{-1} = [d_{m-1,1}, d_{m-1,2}, \dots, d_{m-1,M}]$, 特别地 $B_0 = B$, $B_M^{-1} = (B + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$, $d_{m-1,m}$ 为矩阵 D_{m-1} 的第m个列向量, $d_{m-1,mm}$ 为矩阵 D_{m-1} 的第m行第m列元素, e_i 表示除第i列元素为1其他元素均为零的 $M \times 1$ 列向量。

[0031] 结合第二方面或上述任一种可能的实现方式,在第七种可能的实现方式中,该发送器,具体用于在发送该射频信号中的探测信号时使用的功率小于发送该射频信号中的数据信号使用的功率。

[0032] 结合第二方面或上述任一种可能的实现方式,在第八种可能的实现方式中,该处理器,还用于累积多个近区反射信道参数,确定该多个该近区反射信道参数的平均值;该处理器,具体用于根据该多个该近区反射信道参数的平均值确定该重构的近区反射自干扰信号,从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0033] 结合第二方面或上述任一种可能的实现方式,在第九种可能的实现方式中,在该装置支持多输入多输出MIMO的情况下,该发送器,具体用于使用多根天线分别发送该射频信号;该接收器,具体用于使用该多根天线分别接收该输入信号,且该多根天线发送该探测信号所用的时隙互相错开。

[0034] 结合第二方面或上述任一种可能的实现方式,在第十种可能的实现方式中,该发送器,具体用于在发送该射频信号时与相邻的支持该无线全双工的装置发送射频信号的时隙互相错开。

[0035] 第三方面,本发明实施例提供一种消除通信系统自干扰信号的方法,该方法由支持无线全双工的装置执行,该方法包括:发送探测信号并发送第一通信信号,其中,用于发送该探测信号的时隙与用于发送该第一通信信号的时隙不同,该探测信号为大时宽带宽信号;接收输入信号,其中该输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于该探测

信号和该第一通信信号的回波信号；从该回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号；基于该近区反射信号，确定近区反射信道参数；基于该近区反射信道参数，确定重构的近区反射自干扰信号；从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号，其中该第二通信信号是其他装置发送的。

[0036] 结合第三方面，在第一种可能的实现方式中，该基于该近区反射信道参数，确定重构的近区反射自干扰信号，包括：根据该近区反射信道参数和该第一通信信号，确定该重构的近区反射自干扰信号。

[0037] 结合第三方面，在第二种可能的实现方式中，该方法还包括：对待发送的信号进行取样，获取自干扰射频参考信号；该基于该近区反射信道参数，确定重构的近区反射自干扰信号，包括：根据该近区反射信道参数和该自干扰射频参考信号，确定该重构的近区反射自干扰信号。

[0038] 结合第三方面或上述任一种可能的实现方式，在第三种可能的实现方式中，该发送探测信号，包括：在探测时隙中的发射时隙发送该探测信号。

[0039] 结合第三种可能的实现方式，在第四种可能的实现方式中，该发送探测信号，包括：在该探测时隙中的空闲时隙停止发送该探测信号，其中该空闲时隙包括第一静默时隙和第二静默时隙；在数据传输时隙发送该第一通信信号。

[0040] 结合第四种可能的实现方式，在第五种可能的实现方式中，该第一静默时隙的时长为该近区反射信道的最大多径时延，该第二静默时隙的取值使得回波分量的时延超过了该第一静默时隙的时长与该第二静默时隙的时长之和，且该回波多径分量的功率低于预设阈值。

[0041] 结合第三方面或上述任一种可能的实现方式，在第六种可能的实现方式中，在发送该探测信号使用的带宽大于发送该第一通信信号使用的带宽的情况下，该基于该近区反射信号确定近区反射信道参数，包括：对该近区反射信号进行匹配滤波，得到滤波后的近区反射信号；根据该滤波后的近区反射信号，确定该近区反射信道参数。

[0042] 结合第三方面或第一种可能的实现方式至第五种可能的实现方式中的任一种可能的实现方式，在第六种可能的实现方式中，在发送该探测信号使用的带宽大于或等于发送该第一通信信号使用的带宽的情况下，该基于该近区反射信号确定近区反射信道参数，包括：使用时延超分辨算法确定对应于该近区反射信号的该近区反射信道参数。

[0043] 结合第六种可能的实现方式，在第七种可能的实现方式中，该使用时延超分辨算法确定对应于该近区反射信号的该近区反射信道参数，包括：使用以下公式确定该近区反射信道参数：

$$[0044] \quad \hat{h}^{(k)} = \left(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \} \right)^{-1} b, \quad w^{(k)} = \left[1 + \kappa - \frac{|\hat{h}^{(k-1)}|}{\max |\hat{h}^{(k-1)}|} \right] \circ w^{(k-1)},$$

[0045] 其中， \hat{h} 表示该近区反射信道参数， $\hat{h}^{(k)}$ 的上标k标识第k次迭代的结果， $B = A^H A$ ，A表示探测信号矩阵， $b = A^H r$ ，r表示该近区反射信号， $w^{(k)}$ 表示第k次迭代的加权向量，该加权向量的初始值为 $w^{(0)} = \alpha \mathbf{1}_{M \times 1}$ ， $\mathbf{1}_{M \times 1}$ 表示元素全部为1的 $M \times 1$ 列向量，M表示近区反射信道的多径时延分布范围，运算符“ \circ ”表示两个向量对应元素相乘， κ 、k、 α 为用于调节收敛性的预设正整数。

[0046] 结合第七种可能的实现方式,在第八种可能的实现方式中,, $(B+\text{diag}\{w^{(k)}\})^{-1}$ 通过使用以下公式从 $m=1$ 到 M 迭代计算获得:

$$[0047] \quad B_m^{-1} = D_{m-1} - \frac{w_m^{(k)}}{1 + w_m^{(k)} d_{m-1,mm}} d_{m-1,m} d_{m-1,m}^H, \quad m = 1, 2, \dots, M$$

[0048] 其中, $B_m = B_{m-1} + w_m^{(k)} e_m e_m^H$, $D_{m-1} = B_{m-1}^{-1} = [d_{m-1,1}, d_{m-1,2}, \dots, d_{m-1,M}]$,特别地 $B_0 = B$, $B_M^{-1} = (B + \text{diag}\{w^{(k)}\})^{-1}$, $d_{m-1,m}$ 为矩阵 D_{m-1} 的第 m 个列向量, $d_{m-1,mm}$ 为矩阵 D_{m-1} 的第 m 行第 m 列元素, e_i 表示除第 i 列元素为1其他元素均为零的 $M \times 1$ 列向量。

[0049] 结合第三方面或上述任一种可能的实现方式,在第九种可能的实现方式中,在该基于该近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号之前,该方法还包括:获取多个近区反射信道参数;确定该多个近区反射信道参数的平均值;该基于该近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,包括:根据该多个近区反射信道参数的平均值,确定该重构的近区反射自干扰信号。

[0050] 结合第三方面或上述任一种可能的实现方式,在第十种可能的实现方式中,发送该探测信号所用的功率小于发送该第一通信信号所用的功率。

[0051] 结合第三方面或上述任一种可能的实现方式,在第十一种可能的实现方式中,在该装置支持多输入多输出MIMO的情况下,该发送探测信号,包括:使用该装置的多根天线分别发送该探测信号,且该多根天线发送该探测信号所用的时隙不同。

[0052] 结合第三方面或上述任一种可能的实现方式,在第十二种可能的实现方式中,该探测信号在发送时与相邻的支持该无线全双工的装置发送的探测信号的时隙不同。

[0053] 根据本发明实施例所提供的方法和装置,包含该装置的用户设备、基站等通信节点可以通过时分复用的方式在发送数据信号时发送探测信号,并能够有效分辨出对应于该探测信号的近区反射信号,从而可以根据该近区反射信号确定近区反射信道参数,并根据该近区反射信道参数减少该第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

附图说明

[0054] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对本发明实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面所描述的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0055] 图1是通信系统的示意图。

[0056] 图2是根据本发明实施例提供的减少通信系统自干扰信号的方法的示意性流程图。

[0057] 图3是根据本发明实施例提供的减少通信系统自干扰信号的方法的示意性流程图。

[0058] 图4是根据本发明实施例提供的一种时隙结构图。

[0059] 图5是根据本发明实施例提供的另一种时隙结构图。

[0060] 图6是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。

[0061] 图7是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。

- [0062] 图8是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。
- [0063] 图9是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。
- [0064] 图10是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。
- [0065] 图11是本发明实施例提供的近区反射自干扰信号消除单元的结构示意图。
- [0066] 图12是本发明实施例提供的另一近区反射自干扰信号消除单元的结构示意图。
- [0067] 图13是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。
- [0068] 图14是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。
- [0069] 图15是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。
- [0070] 图16是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。
- [0071] 图17是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。
- [0072] 图18是本发明实施例提供的近区反射自干扰信号消除器的结构示意图。
- [0073] 图19是本发明实施例提供的另一近区反射自干扰信号消除器的结构示意图。

具体实施方式

[0074] 下面将结合本发明实施例中的图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都应属于本发明保护的范围。

[0075] 应理解,本发明实施例的技术方案可以应用于无线全双工系统。本发明实施例中所提到的用户设备、基站等通信节点均支持无线全双工系统。

[0076] 用户设备(User Equipment,UE)也可称之为移动终端(Mobile Terminal,MT)、移动用户设备等,可以经无线接入网(Radio Access Network,RAN)与一个或多个核心网进行通信,用户设备可以是移动终端,如移动电话(或称为“蜂窝”电话)和具有移动终端的计算机,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。

[0077] 图1是通信系统的示意图。图2和图3所示的减少通信系统自干扰信号的方法可以由图1中的装置101中的支持无线全双工的装置执行。图1所示的通信系统包括用户设备101、第一反射体102、第二反射体103和基站104,其中第一反射体102和第二反射体102可以是建筑物等可以反射射频信号的物体。一般情况下,第一反射体102到用户设备101的距离可以是0.3m至60m之间的任何距离,第二反射体103到用户设备101的距离可以是大于60m的任何距离。

[0078] 用户设备101与基站104进行通信。具体地,用户设备101通过第一通信信号向基站104发送信息,基站104通过第二通信信号向用户设备101发送信息。用户设备101还可以发送用于估算近区反射自干扰信号的探测信号。换句话说,用户设备101所发送的射频信号包括用于与基站104通信的第一通信信号和用于确定近区反射自干扰信号的探测信号。

[0079] 用户设备101除了接收基站104发送的第二通信信号外,还接收反射体所反射的回波信号。具体地,第一反射体102可以将用户设备101所发送的射频信号反射到用户设备101。该第一反射体102所反射的信号称为近区反射自干扰信号,传输该近区反射自干扰信号的信道称为近区反射信道。第二反射体103也可以将用户设备101所发送的信号反射到用户设备101。该第二反射体103所反射的信号称为远区反射自干扰信号,传输该远区反射自

干扰信号的信道称为远区反射信道。该近区反射自干扰信号与该远区反射自干扰信号统称为回波信号。

[0080] 需要说明的是,图1所示仅由一个第一反射体和一个第二反射体,实际情况中可以有多个与用户设备101的距离在0.3m至60m之间的第一反射体和多个与用户设备101的距离大于60m的第二反射体。用户设备101所发送的射频信号经由多个第一反射体反射回该用户设备101的信号也为近区反射自干扰信号。类似的,用户设备101所发送的射频信号经由多个第二反射体反射回该用户设备101的信号也为远区反射自干扰信号。换句话说,近区反射自干扰信号和远区反射自干扰信号并不区分是哪个反射体所反射的信号,只要是特定范围内反射回来的信号,就可以称为近区反射自干扰信号(反射体位于0.3m至60m之间)或远区反射自干扰信号(反射体大于60m)。此外,图1所示的用户设备101和基站104还可以是其他支持无线全双工的通信节点。

[0081] 需要说明的是,本发明说明书中的第一通信信号和第二通信信号中的“第一”和“第二”仅是为了区分不同的数据,并非对数据以及数据内容的限制。

[0082] 图2是根据本发明实施例提供的减少通信系统自干扰信号的方法的示意性流程图。图2所示的方法由支持无线全双工的装置执行,该装置可以位于用户设备、基站等通信节点中。

[0083] 201,发送探测信号并发送第一通信信号,其中用于发送该探测信号的时隙与用于向其它装置发送该第一通信信号的时隙不同,该探测信号为大时宽带宽积信号。

[0084] 202,接收输入信号,其中该输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于该探测信号和该第一通信信号的回波信号。

[0085] 203,从该回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号。

[0086] 204,基于该近区反射信号,确定近区反射信道参数。

[0087] 205,基于该近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号。

[0088] 206,从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号,其中该第二通信信号是其他装置发送的。

[0089] 根据图2所示的方法,包含该装置的用户设备、基站等通信节点可以通过时分复用的方式在发送数据信号时发送探测信号,并能够有效分辨出对应于该探测信号的近区反射信号,从而可以根据该近区反射信号确定近区反射信道参数,并根据该近区反射信道参数减少该第二通信信号中的近区反射自干扰信号。采用图2所示的方法能够有效地估计出近区反射信道,从而能够达到减少自干扰中的近区反射自干扰信号的目的。

[0090] 图3是根据本发明实施例提供的减少通信系统自干扰信号的方法的示意性流程图。图3所示的方法是图2所示方法的一个具体实施例。图3所示的方法由支持无线全双工的装置执行,该装置可以位于用户设备、基站等通信节点中。

[0091] 301,对待发送的信号进行取样,获取自干扰射频参考信号。

[0092] 该待发送的信号包括探测信号和第一通信信号。具体地,具有该支持无线全双工装置的通信节点(以下简称为第一通信节点)与其他通信节点进行通信,该第一通信节点生成的与其他通信节点进行通信的信号称为第一通信信号,其中该第一通信信号包括与其他通信节点进行通信的所有信息,例如数据信息、控制信息等。除了生成该第一通信信号以外,第一通信节点还生成探测信号,该探测信号用于测量近区反射信道参数。第一通信节点

采用时分复用的方式将该第一通信信号和该探测信号合为一路射频信号。换句话说,该探测信号与该第一通信信号在时域上错开。此外,在该第一通信信号和该探测信号合为一路射频信号之前,该第一通信信号和该探测信号还可以分别通过不同的中射频通道(包括数模转换、上变频、功放等)。或者,在该第一通信信号和该探测信号合为一路射频信号之后,该射频信号经过中射频通道(包括数模转换、上变频、功放等)。在这之后,第一通信节点对待发送的射频信号进行取样,获取自干扰射频参考信号。

[0093] 302,发送该探测信号并发送该第一通信信号,其中用于发送探测信号的时隙与用于发送该第一通信信号的时隙不同,该探测信号为大时宽带宽积信号。

[0094] 由于第一通信节点采用时分复用的方式将该第一通信信号和该探测信号合为一路射频信号,因此第一通信节点在数据传输时隙发送该第一通信信号,在探测时隙中的发射时隙发送该探测信号,在该探测时隙中的空闲时隙停止发送该探测信号,其中该空闲时隙包括第一静默时隙 δ_1 和第二静默时隙 δ_2 。具体地,第一通信节点在发射时隙发送带宽为B,时间长度为T的大时宽带宽积信号,其中 $TB \gg 1$,其中符号“ \gg ”表示远远大于。典型的用于探测信号的大时宽带宽积(简称“时带积”)信号可以是线性调频、非线性调频等。通常地,为了降低带外辐射,该探测信号还可以是时域加窗后的大时宽带宽积信号,典型的用于加窗的窗函数可以是海明(Hamming)窗、海宁(Hanning)窗、泰勒(Tyler)窗等。然后,第一通信节点在空闲时隙保持静默,在此期间不发送任何信号,从而可以进行回波检测处理。可选的,该空闲时隙中的第一静默时隙 δ_1 的时长可以为近区反射信道的最大多径时延,该空闲时隙中的第二静默时隙 δ_2 的取值使得该回波多径分量的时延超过了第一静默时隙时长与该第二静默时隙时长之和,并且回波多径分量的功率低于预设阈值,由此使得该探测信号不对下一个探测时隙中的探测信号的检测造成干扰。典型的, $\delta_2 = 3\delta_1 \sim 4\delta_1$ 。

[0095] 可选的,第一通信节点可以在执行一次在该探测时隙中的发射时隙发送该探测信号和在该探测时隙中的空闲时隙停止发送该探测信号的情况下,执行在该数据传输时隙发送该第一通信信号(即图4所示的时隙结构)。第一通信节点还可以在重复执行多次在该探测时隙中的发射时隙发送该探测信号和在该探测时隙中的空闲时隙停止发送该探测信号的情况下,执行在该数据传输时隙发送该第一通信信号(即图5所示的时隙结构)。换句话说,探测时隙与数据传输时隙的关系(即探测信号与第一通信信号时分复用的方式)可以是:N个探测时隙后有一个数据传输时隙,或者每一个探测时隙后都有一个数据传输时隙。在每一个探测时隙后都有一个数据传输时隙且数据传输时隙远远大于探测时隙的情况下,该空闲时隙中的第二静默时隙 δ_2 的取值可以是零。

[0096] 由于探测信号仅用于估计近区反射信道中的近区反射信号,因此, $\delta_1 \ll T$ 。例如,考虑发射机60m半径内的近区反射信道,则可以取 $\delta_1 = 400\text{ns}$ 。当采用图4所示的时隙结构时,可取 $\delta_2 = 1.6\mu\text{s}$ 。由于近区信道随时间变化比较缓慢,因此有 $T_2 \gg T_1$,其中 T_2 表示数据传输时隙时长, T_1 表示探测时隙时长。典型地, $T_1 + T_2 = 10 \sim 100\text{ms}$, $T_1 = 3 \sim 10\mu\text{s}$ 。与用于数据传输的数据传输时隙的时间相比,用于近区反射信道探测的探测时隙的时间仅占很小的比例,因此,对通信系统容量的影响可以忽略。

[0097] 可选的,作为一个实施例,由于带宽越大越容易分辨重叠的信号,因此发送探测信号所用的带宽大于发送第一通信信号所用的带宽,这样可以分辨多径时延差较小的近区反射信道。例如,发送第一通信信号所用的通信信道的带宽可以是20MHz,而发送探测信号的

带宽 $B=80\text{MHz}$ 。这样,可以分辨 12ns 的多径时延。因此,尽管探测信号的带宽大于第一通信信号的带宽,但是探测信号与第一通信信号处于相同的频段,这样可以保证探测信号所测量的无线信道参数与第一通信信号的通信信道的信道参数相近似。

[0098] 例如,发送第一通信信号所用的通信信道位于 $2.4\sim 2.42\text{GHz}$,而发送该探测信号位于 $2.4\sim 2.48\text{GHz}$ 。探测信号采用时带积 $TB=120$ 的海明窗非线性调频信号,信号带宽 $B=80\text{MHz}$,采用图4所示的时隙结构, $T=1.5\mu\text{s}$, $T_1=3.5\mu\text{s}$ 。此时,第一通信信号与探测信号处于相同的频段,但是探测信号的带宽大于第一通信信号。

[0099] 可选的,作为另一个实施例,发送探测信号所用的带宽大于或等于发送第一通信信号所用的带宽,并且位于相同的频段。在发送探测信号所用的带宽等于发送第一通信信号所用的带宽的情况下,探测信号所测量的无线信道参数与通信信道的信道参数相同。在发送探测信号所用的带宽大于发送第一通信信号所用的带宽的情况下,可以保证探测信号所测量的无线信道参数与通信信道的信道参数近似相同。

[0100] 例如,在发送探测信号所用的带宽等于发送第一通信信号所用的带宽的情况下,通信信道带宽 20MHz ,位于 $2.44\sim 2.46\text{GHz}$,中心频率 2.45GHz 。探测信号位于相同的频段,采用时带积 $TB=80$ 的线性调频信号,带宽 $B=20\text{MHz}$,采用图3所示的时隙结构, $T=4\mu\text{s}$,可取 $T_1=4.4\mu\text{s}$ 。又如,在发送探测信号所用的带宽大于发送第一通信信号所用的带宽的情况下,通信信道带宽 20MHz ,位于 $2.44\sim 2.46\text{GHz}$,中心频率 2.45GHz ,探测信号采用时带积 $TB=80$ 的海明窗非线性调频信号,位于 $2.43\sim 2.47\text{GHz}$,带宽 $B=40\text{MHz}$,采用图4所示的时隙结构, $T=2\mu\text{s}$,可取 $T_1=4\mu\text{s}$ 。

[0101] 进一步,发送该探测信号所用的功率小于发送该第一通信信号所用的功率。在此情况下,除了距离非常近(数米至数十米)的全双工通信节点,该探测信号的发送不会对其他通信节点的近区反射信道探测以及数据传输造成干扰。

[0102] 进一步,对于相邻(例如相距数米或数十米)的支持无线全双工的装置,该探测信号在发送时与相邻的支持无线全双工的装置发送的探测信号的发射时隙互相错开。换句话说,相邻的通信节点A和B的近区反射信道探测时隙互相错开,任一节点在发送探测信号并接收回波信号时,另一个通信节点的发射机处于静默状态,发射功率为零。若各节点近区反射信道的探测时隙相隔 δ_3 ,其中 $\delta_3\geq 0$,则各个节点近区反射信道的探测时隙中的第二静默时隙 δ_1 的取值使得时延超过 $\delta_1+\delta_2+\delta_3$ 的探测信号回波多径分量的功率足够低,从而使之不对后面的其他节点的近区反射信道的探测时隙内的近区反射回波信号的检测造成干扰。

[0103] 可选的,作为一个实施例,在该支持无线全双工的装置支持多输入多输出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)的情况下,使用该装置的多根天线分别发送该射频信号,并使用该多根天线分别接收该输入信号,且该多根天线发送该探测信号的发射时隙互相错开。即任一个时刻只有一个支路(即天线)发送探测信号并接受其回波信号,这样每个支路互不干扰。因此,所有支路可以共用一路探测信号。同样的,若各支路近区反射信道的探测时隙相隔 δ_3 ,其中 $\delta_3\geq 0$,则各个支路近区反射信道的探测时隙中的第二静默时隙 δ_2 的取值使得时延超过 $\delta_1+\delta_2+\delta_3$ 的探测信号回波多径分量的功率足够低,从而使之不对后面的其他支路的近区反射信道的探测时隙内的近区反射回波信号的检测造成干扰。

[0104] 303,接收输入信号,其中该输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应与该探测信号和该第一通信信号的回波信号。

[0105] 304,从该回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号。

[0106] 具体地,第一通信节点接收输入信号,其中该输入信号包括第二通信信号和对应于第一通信节点所发送的射频信号的回波信号,该第二通信信号是其他装置发送的。在接收到该输入信号后,第一通信节点可以使用该自干扰射频参考信号,减少该输入信号中的主径自干扰信号。第一通信节点可以从该回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号。

[0107] 305,基于该近区反射信号确定近区反射信道参数。

[0108] 可选的,作为一个实施例,在发送探测信号的带宽大于发送第一通信信号的带宽的情况下,可以使用匹配滤波确定该近区反射信道参数。

[0109] 可选的,作为另一个实施例,在发送探测信号的带宽大于或等于发送第一通信信号的带宽的情况下,可以使用时延超分辨算法确定该近区反射信道参数。典型地时延超分辨算法包括:最大似然估计算法、基于阵列信号处理的高分辨波达方向估计算法、匹配追踪、正交匹配追踪等。

[0110] 进一步,该时延超分辨算法还可以包括一种低复杂度的时延超分辨算法。具体地,该近区反射信道参数可以使用以下公式进行迭代确定:

$$[0111] \quad \hat{h}^{(k)} = \left(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \} \right)^{-1} b \dots\dots\dots 1.1$$

[0112]

$$w^{(k)} = \left[1 + \kappa - \frac{|\hat{h}^{(k-1)}|}{\max |\hat{h}^{(k-1)}|} \right] \circ w^{(k-1)} \dots\dots\dots 1.2$$

[0113] 其中, \hat{h} 表示该近区反射信道参数, $\hat{h}^{(k)}$ 中的上标 k 表示迭代次数 $B = A^H A$, A 表示探测信号矩阵, $b = A^H r$, r 表示该近区反射信号, $w^{(k)}$ 表示第 k 次迭代的加权向量,该加权向量的初始值为 $w^{(0)} = \alpha \mathbf{1}_{M \times 1}$, $\mathbf{1}_{M \times 1}$ 表示元素全部为 1 的 $M \times 1$ 列向量, M 表示近区反射信道的多径时延分布范围,运算符“ \circ ”表示两个向量对应元素相乘, κ 、 k 、 α 为用于调节收敛性的预设正整数。通常情况下,迭代次数为 20 至 30 次时该低复杂度的时延超分辨算法收敛,及 k 的取值可以为 20 至 30 时该低复杂度的时延超分辨算法收敛。进一步,如果该 $M \times M$ 阶矩阵为 B 为共轭对称矩阵 (即 $B = B^H$), 则可以下公式从 $m = 1$ 到 M 迭代计算获得 $(B + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$:

[0114]

$$B_m^{-1} = D_{m-1} - \frac{w_m^{(k)}}{1 + w_m^{(k)} d_{m-1,mm}} d_{m-1,m} d_{m-1,m}^H, \quad m = 1, 2, \dots, M \dots\dots\dots 1.3$$

[0115] 其中, $B_m = B_{m-1} + w_m^{(k)} e_m e_m^H$, $D_{m-1} = B_{m-1}^{-1} = [d_{m-1,1}, d_{m-1,2}, \dots, d_{m-1,M}]$, 特别地 $B_0 = B$, $B_M^{-1} = (B + \text{diag} \{ w^{(k)} \})^{-1}$, $d_{m-1,m}$ 为矩阵 D_{m-1} 的第 m 个列向量, $d_{m-1,mm}$ 为矩阵 D_{m-1} 的第 m 行第 m 列元素, e_i 表示除第 i 列元素为 1 其他元素均为零的 $M \times 1$ 列向量。换句话说,预先计算好 $B^{-1} = (A^H A)^{-1}$, 再通过 M 次迭代计算矩阵 $B + w_1^{(k)} e_1 e_1^H, (B + w_1^{(k)} e_1 e_1^H) + w_2^{(k)} e_2 e_2^H, \dots, \left(B + \sum_{i=1}^{M-1} w_i^{(k)} e_i e_i^H \right) + w_M^{(k)} e_M e_M^H$ 的逆矩阵,从而得到 $B + \text{diag} \{ w^{(k)} \}$ 的逆矩阵。

[0116] 306,累积多个近区反射信道参数。

[0117] 307,确定该多个近区反射信道参数的平均值。

[0118] 需要说明的是,步骤306和步骤307为可选步骤。由于近区反射信道变化比较缓慢,相邻的多个近区反射信道探测时隙中,近区反射信道近似不变,因此可以采用多时隙相干累积的方法,从而进一步降低对近区反射信道参数的信噪比需求。例如,在采用图4所示的时隙结构的情况下,每次连续发送N个(N为大于等于1的正整数)近区反射信道的探测时隙,对每个时隙接收到的回波信号进行处理,确定对应于近区反射信号的近区反射信道参数,经过缓存后,与下一个时隙接收到的回波信号计算出的近区反射信道参数进行累加,累积N个时隙的近区反射信道参数后进行平均,得到相干累积后的近区反射信道参数。

[0119] 308,基于近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号。

[0120] 具体来说,可以采用以下公式确定重构的近区反射自干扰信号:

[0121] $y(t) = x(t) * h(t)$,1.4

[0122] 其中,y(t)表示重构的近区反射自干扰信号,x(t)表示重构参考信号,h(t)表示近区反射信道参数,符号“*”表示卷积。可选的,该重构参考信号可以是第一通信信号,还可以是自干扰射频参考信号。换句话说,可以根据该近区反射信道参数和第一通信信号,确定重构的近区反射自干扰信号;或者可以根据该近区反射信道参数和自干扰射频参考信号,确定重构的近区反射自干扰信号。

[0123] 309,从接收到的第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号,其中该第二通信信号是其他装置发送的。

[0124] 可选的,作为一个实施例,第一通信节点可以从接收到的第二通信信号中减去根据该近区反射信道参数和第一通信信号确定的重构的近区反射自干扰信号。

[0125] 可选的,作为另一个实施例,第一通信节点还可以从接收到的第二通信信号中减去根据该近区反射信道参数和自干扰射频参考信号确定的重构的近区反射自干扰信号。

[0126] 在执行了步骤306和步骤307的情况下,可选的,作为一个实施例,第一通信节点可以根据该多个近区反射信道参数的平均值和该自干扰射频参考信号确定重构的近区反射自干扰信号,从接收到的第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。或者,作为另一个实施例,第一通信节点可以根据该多个近区反射信道参数的平均值和该第一通信信号确定重构的该近区反射自干扰信号,从接收到的第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。。

[0127] 此外,在该支持无线全双工的装置支持MIMO情况下,每个接收支路不但包括来自各自的发射支路的近区反射自干扰信号,还包含来自其他支路的近区反射自干扰信号。因此对于有M(M为大于等于2的正整数)个发射支路的MIMO系统,每个支路需要分别估计来自M个发射支路的自干扰信道,并以此重构相应的与各个发射支路对应的自干扰信号分量,从而在接收信号中有效消除该近区反射自干扰信号。

[0128] 根据图3所示的方法,包含该装置的用户设备、基站等通信节点可以通过在时分复用的方式在发送数据信号时发送探测信号,并能够有效分辨出对应于该探测信号的近区反射信号,从而可以根据该近区反射信号确定近区反射信道参数,并根据该近区反射信道参数确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。采用图3所示的方法能够有效地分辨并重构近区反射信号,并消除接收信号的自干扰中的近区反射自干扰信号。

[0129] 图4是根据本发明实施例提供的一种时隙结构图。在此情况下,探测时隙与数据传输时隙交替出现。

[0130] 图5是根据本发明实施例提供的另一种时隙结构图。在此情况下,连续N个探测时隙与一个数据传输时隙交替出现,其中N为大于等于2的正整数。

[0131] 图6是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图6所示的装置支持无线全双工系统,该装置可以位于基站、用户设备等通信节点中。图6所示的装置600包括:发送单元601、接收单元602、信号分离单元603、近区反射自干扰信号处理单元604和近区反射自干扰信号消除单元605。

[0132] 发送单元601,用于发送探测信号并发送第一通信信号,其中发送单元601发送探测信号所用的时隙与发送该第一通信信号所用的时隙不同,该探测信号为大时宽带宽积信号。

[0133] 接收单元602,用于接收输入信号,其中该输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于发送单元601发送的探测信号和第一通信信号的回波信号。

[0134] 信号分离单元603,用于从该回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号。

[0135] 近区反射自干扰信号处理单元604,用于基于该近区反射信号确定近区反射信道参数。

[0136] 近区反射自干扰信号消除单元605,用于基于该近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0137] 图6所示的装置600通过在时分复用的方式在发送数据信号的时候发送探测信号,能够有效分辨并重构近区反射信号,从而可以达到有效减少近区反射信号造成的自干扰的目的。

[0138] 可选的,作为一个实施例,发送单元601,具体可以用于使用大于该第一通信信号所用的带宽发送该探测信号。在此情况下,近区反射自干扰信号处理单元604,具体用于对该近区反射信号进行匹配滤波,得到滤波后的近区反射信号,根据该滤波后的近区反射信号,确定该近区反射信道参数。

[0139] 可选的,作为另一个实施例,发送单元601,具体可以用于使用大于或等于该第一通信信号所用的带宽发送该探测信号。在此情况下,近区反射自干扰信号处理单元604,具体可以用于使用时延超分辨算法确定对应于该近区反射信号的该近区反射信道参数,其中该时延超分辨算法可以最大似然估计算法、基于阵列信号处理的高分辨波达方向估计算法、匹配追踪、正交匹配追踪等算法。

[0140] 进一步,该时延超分辨算法还可以包括一种低复杂度的时延超分辨算法。具体过程参见方法侧描述,在此不必赘述。

[0141] 可选的,作为一个实施例,近区反射自干扰信号消除单元605,具体用于确定对应于该第二数据信号的时隙,在该对应于该第二数据信号的时隙,根据该近区反射信道参数以及该第一通信信号,确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0142] 可选的,作为另一个实施例,近区反射自干扰信号处理单元604,还可以用于累积多个近区反射信道参数,确定该多个近区反射信道参数的平均值。近区反射自干扰信号消

除单元605,具体用于确定对应于该第二数据信号的时隙,在该对应于该第二数据信号的时隙,根据该多个近区反射信道参数的平均值以及该第一通信信号,确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0143] 可选的,作为一个实施例,装置600还可以包括:耦合单元606,用于对待发送的信号进行取样,获取自干扰射频参考信号,其中该待发送的信号包括该探测信号和该第一通信信号。具体来说,探测信号和第一通信信号通过时分复用的方式合为一路射频信号。发送单元601发送的探测信号和第一通信信号是该射频信号,即合路后的探测信号和第一通信信号。探测信号、第一通信信号以及射频信号的具体关系上文已有具体描述,在此不必赘述。

[0144] 在装置600包括耦合单元606的情况下,作为一个实施例,近区反射自干扰信号消除单元605,具体用于确定对应于该第二数据信号的时隙,在该对应于该第二数据信号的时隙,根据该近区反射信道参数以及该自干扰射频参考信号,确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0145] 在装置600包括耦合单元606的情况下,作为另一个实施例,近区反射自干扰信号处理单元604,还可以用于累积多个近区反射信道参数,确定该多个近区反射信道参数的平均值。近区反射自干扰信号消除单元605,具体用于确定对应于该第二数据信号的时隙,在该对应于该第二数据信号的时隙,根据该多个近区反射信道参数的平均值以及该自干扰射频参考信号,确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0146] 进一步,近区反射自干扰小区单元605,在该第二数据信号的时隙开始工作,在其他时隙停止工作。

[0147] 可选的,作为一个实施例,在装置600支持多输入多输出的情况下,发送单元601,具体用于使用多根天线分别发送该射频信号。接收单元602,具体用于使用该多根天线分别接收该输入信号,且该多根天线发送的该探测信号所用的时隙互相错开。

[0148] 可选的,作为一个实施例,发送单元601,具体用于在发送该射频信号时,与相邻的支持无线全双工的装置发送的射频信号的时隙互相错开。

[0149] 图7是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图7所示的装置700是图6所示的装置600的一个具体实施例,其中图7所示的实施例是发送探测信号的带宽大于发送第一通信信号的带宽,采用匹配滤波的方法确定近区反射信道参数的一个实施例。如图7所示,装置700包括:数据信号产生单元701、探测信号产生单元702、第一数模转换单元703、第二数模转换单元704、第一上变频单元705、第二上变频单元706、高功率功放单元707、低功率功放单元708、信号合并单元709、耦合单元710、发送单元711、接收单元712、主径自干扰消除单元713、信号分离单元714、下变频单元715、模数转换单元716、近区反射自干扰信号处理单元717、近区反射自干扰信号消除单元718。

[0150] 数据信号产生单元701,用于产生第一通信信号。探测信号产生单元702,用于产生探测信号。由于探测信号和数据信号具有不同的带宽,因此需要采用不同的中射频通道。对应于第一通信信号的中射频通道包括第一数模转换单元703、第一上变频单元705和高功率功放单元707。对应于探测信号的中射频通道包括第二数模转换单元704、第二上变频单元706和低功率功放单元708。由于探测信号的发射功率远低于数据信号的发射功率,因此,对

于第一通信信号的中射频通道中所采用的功放为具有较高输出功率的高功率功放,对应于探测信号的中射频通道中所采用的功放为具有较低功率的低功率功放。该第一通信信号和探测信号在分别经过相应的中射频通道后,在信号合并单元709时分复用合为一路射频信号,具体合并方法以及射频信号的时隙结构上文已有详述,在此不必赘述。该射频信号通过耦合单元710,耦合单元710用于对待发送的射频信号取样得到自干扰射频参考信号。然后,发送单元711,用于发送该射频信号。进一步,如果发送和接收共用天线,则装置700还需要包括环形器单元(图中未示出)。通过耦合单元710后的射频信号通过环形器单元后由发送单元711发送,其中该环形器单元用于在接收和发送共用天线的情况下的收发隔离。如果发送和接收分别使用不同的天线,则不需要通过环形器单元。

[0151] 接收单元712接收到的输入信号(包括第二数据信号和对应于该射频信号的回波信号)需要经过主径自干扰消除单元713。主径自干扰消除单元713不区分近区反射信道的探测时隙和数据传输时隙,根据耦合单元710获取的自干扰射频参考信号,对所有信号均进行主径自干扰信号消除处理。消除主径自干扰信号后的输入信号通过低噪声放大单元(图中未示出)进行放大后,通过信号分离单元714分离出探测时隙和第二通信信号传输时隙,其中该第二通信信号是从其他装置接收到的信号。近区反射信道的探测时隙中接收到的对应于探测信号的近区反射信号经过下变频单元715、模数转换单元716形成基带信号,并经过近区反射自干扰信号处理单元717生成近区反射信道参数。具体地,近区反射自干扰信号处理单元717是采用匹配滤波的方法生成近区反射信道参数。进一步,近区反射自干扰信号处理单元717还可以累积多个近区反射信道参数并取该多个近区反射信道参数的平均值。在第二通信信号传输时隙中接收到的第二通信信号首先经过近区反射自干扰信号消除单元718消除近区反射自干扰信号,再经过下变频、模数转换单元等变换到基带,进一步经过远区反射自干扰信号消除单元(图中未示出)消除远区反射自干扰信号,得到消除了自干扰信号的数据信号。近区反射自干扰信号消除单元718具体采用了近区反射自干扰信号处理单元717提供的近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)和耦合单元710提供的自干扰射频参考信号来确定重构的近区反射自干扰信号,并从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0152] 图8是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图8所示的装置800是图6所示的装置600的一个具体实施例,其中图8所示的实施例是发送探测信号的带宽大于发送第一通信信号的带宽,并采用匹配滤波的方法确定近区反射信道参数的另一个实施例。图8所示的装置800可以在接收机模数转换单元的动态范围较大(例如大于14bits),或者发射功率较低(例如低于20dBm)的情况下应用。如图8所示,装置800包括:数据信号产生单元801、探测信号产生单元802、第一数模转换单元803、第二数模转换单元804、第一上变频单元805、第二上变频单元806、高功率功放单元807、低功率功放单元808、信号合并单元809、耦合单元810、发送单元811、接收单元812、主径自干扰消除单元813、信号分离单元814、第一下变频单元815、第一模数转换单元816、近区反射自干扰信号处理单元817、近区反射自干扰信号消除单元818,第二下变频单元819,第二模数转换单元820。

[0153] 数据信号产生单元801,用于产生第一通信信号。探测信号产生单元802,用于产生探测信号。由于探测信号和数据信号具有不同的带宽,因此需要采用不同的中射频通道。对应于第一通信信号的中射频通道包括第一数模转换单元803、第一上变频单元805和高功率

功放单元807。对应于探测信号的中射频通道包括第二数模转换单元804、第二上变频单元806和低功率功放单元808。由于探测信号的发射功率远低于数据信号的发射功率,因此,对于第一通信信号的中射频通道中所采用的功放为具有较高输出功率的高功率功放,对应于探测信号的中射频通道中所采用的功放为具有较低功率的低功率功放。该第一通信信号和探测信号在分别经过相应的中射频通道后,在信号合并单元809时分复用合为一路射频信号,具体合并方法以及射频信号的时隙结构上文已有详述,在此不必赘述。该射频信号通过耦合单元810,耦合单元810用于对待发送的射频信号取样得到自干扰射频参考信号。然后,发送单元811,用于发送该射频信号。进一步,如果发送和接收共用天线,则装置800还需要包括环形器单元(图中未示出)。通过耦合单元810后的射频信号通过环形器单元后由发送单元811发送,其中该环形器单元用于在接收和发送共用天线的情况下的收发隔离。如果发送和接收分别使用不同的天线,则不需要通过环形器单元。

[0154] 接收单元812接收到的输入信号(包括第二数据信号和对应于该射频信号的回波信号)需要经过主径自干扰消除单元813。主径自干扰消除单元813不区分近区反射信道的探测时隙和数据传输时隙,根据耦合单元810获取的自干扰射频参考信号,对所有信号均进行主径自干扰信号消除处理。消除主径自干扰信号后的输入信号通过低噪声放大单元(图中未示出)进行放大后,通过信号分离单元814分离出探测时隙和第二通信信号传输时隙,其中该第二通信信号是从其他装置接收到的信号。近区反射信道的探测时隙中接收到的对应于探测信号的近区反射信号经过第一下变频单元815、第一模数转换单元816形成基带信号,并经过近区反射自干扰信号处理单元817生成近区反射信道参数。具体地,近区反射自干扰信号处理单元817是采用匹配滤波的方法生成近区反射信道参数。进一步,近区反射自干扰信号处理单元817还可以累积多个近区反射信道参数并取该多个近区反射信道参数的平均值。

[0155] 在接收机的模数转换单元的动态范围较大(例如大于14bits),或者发射功率较低(例如低于20dBm)时,近区反射自干扰信号消除也可以在基带实现。在此情况下,将在第二通信信号传输时隙接收到的第二通信信号先经过第二下变频单元819、第二模数转换单元820变换后输入到基带,再经过近区反射自干扰信号消除单元818减少近区反射自干扰信号。近区反射自干扰信号消除单元818可以采用基于数字滤波单元的结构。

[0156] 可选的,作为一个实施例,近区反射自干扰信号消除单元818可以根据数据信号产生单元801产生的第一通信信号和近区反射自干扰信号处理单元817提供的近区反射信道参数(或者多个近区反射信道参数的平均值)确定重构的近区反射自干扰信号。然后,近区反射自干扰信号消除单元818直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,以减少经过变换后输入到基带的第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0157] 可选的,作为另一个实施例,近区反射自干扰信号消除单元818还可以根据耦合单元810获取的自干扰射频参考信号和近区反射与近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)重构近区反射自干扰信号。在此情况下,装置800还可以包括第三下变频单元821和第三模数转换单元822。这样,自干扰射频参考信号经过第三下变频单元821和第三模数转换单元822变换。近区反射自干扰信号消除单元818使用近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)与变换后的自干扰射频参考信号确定重构的近区反射自干扰信号。然后,近区反射自干扰信号消除单元818直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通

信信号相减,减少第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0158] 图9是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图9所示的装置900是图6所示的装置600的一个具体实施例,其中图9所示的实施例是发送的探测信号的带宽大于或等于发送第一通信信号的带宽,并采用时延超分辨算法或低复杂度的时延超分辨算法一个实施例。如图9所示,装置900包括:数据信号产生单元901、探测信号产生单元902、信号合并单元903、数模转换单元904、上变频单元905、功放单元906、耦合单元907、发送单元908、接收单元909、主径自干扰消除单元910、近区反射自干扰信号消除单元911、下变频单元912、模数转换单元913、信号分离单元914、近区反射自干扰信号处理单元915。

[0159] 数据信号产生单元901用于产生第一通信信号。探测信号产生单元902用于产生探测信号。该探测信号的带宽大于或等于该第一通信信号的带宽。该探测信号和该第一通信信号在信号合并单元903时分复用合为一路射频信号,具体合并方法以及射频信号的时隙结构上文已有详述,在此不必赘述。耦合单元907对经过了中射频通道的射频信号取样得到自干扰射频参考信号,其中该中射频通道包括数模转换单元904、上变频单元905和功放单元906。然后,发送单元908,用于发送该射频信号。进一步,,如果发送和接收共用天线,则装置900还需要包括环形器单元(图中未示出)。通过耦合单元907后的射频信号通过环形器单元后由发送单元908发送,其中该环形器单元用于在接收和发送共用天线的情况下的收发隔离。如果发送和接收分别使用不同的天线,则不需要通过环形器单元。

[0160] 接收单元909接收到的输入信号(包括第二数据信号和对应于该射频信号的回波信号)需要经过主径自干扰消除单元910。主径自干扰消除单元910不区分近区反射信道的探测时隙和数据传输时隙,根据耦合单元907获取的自干扰射频参考信号,对所有信号均进行主径自干扰信号消除处理。消除主径自干扰信号后的输入信号通过低噪声放大单元(图中未示出)进行放大。然后,该输入信号通过近区反射自干扰信号消除单元910,再经过下变频单元912,模数转换单元913等变换到基带。近区反射自干扰信号消除单元910用于减少第二通信信号中的近区反射自干扰信号,其中该第二通信信号是从其他装置接收到的信号。并且近区反射自干扰信号消除单元910仅在第二通信信号传输时隙工作,在探测时隙不工作。输入信号在变换到基带后,通过信号分离单元914分离出探测时隙和第二通信信号传输时隙。近区反射自干扰信号处理单元915采用时延超分辨算法或低复杂度的时延超分辨算法生成近区反射信道参数。进一步,近区反射自干扰信号处理单元915还可以累积多个近区反射信道参数并取该多个近区反射信道参数的平均值。近区反射自干扰信号消除单元911利用该近区反射信道参数或该多个近区反射信道参数的平均值和耦合单元907获取的自干扰射频参考信号,确定重构的近区反射自干扰信号。然后近区反射自干扰信号消除单元911直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,以减少经过第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0161] 图10是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图10所示的装置1000是图6所示的装置600的一个具体实施例,其中图10所示的实施例是发送的探测信号的带宽大于或等于发送第一通信信号的带宽,并采用时延超分辨算法或低复杂度的时延超分辨算法一个实施例。图10所示的装置1000可以在接收机模数转换单元的动态范围较大(例如大于14bits),或者发射功率较低(例如低于20dBm)的情况下应用。如图10所示,装置1000包括:数据信号产生单元1001、探测信号产生单元1002、信号合并单元1003、数模转换单元1004、

上变频单元1005、功放单元1006、耦合单元1007、发送单元1008、接收单元1009、主径自干扰消除单元1010、近区反射自干扰信号消除单元1011、第一下变频单元1012、第一模数转换单元1013、信号分离单元1014、近区反射自干扰信号处理单元1015。

[0162] 数据信号产生单元1001用于产生第一通信信号。探测信号产生单元1002用于产生探测信号。该探测信号的带宽大于或等于该第一通信信号的带宽。该探测信号和该第一通信信号在信号合并单元1003时分复用合为一路射频信号,具体合并方法以及射频信号的时隙结构上文已有详述,在此不必赘述。耦合单元1007对经过了中射频通道的射频信号取样得到自干扰射频参考信号,其中该中射频通道包括数模转换单元1004、上变频单元1005和功放单元1006。然后,发送单元1008,用于发送该射频信号。进一步,,如果发送和接收共用天线,则装置1000还需要包括环形器单元(图中未示出)。通过耦合单元1007后的射频信号通过环形器单元后由发送单元1008发送,其中该环形器单元用于在接收和发送共用天线的情况下的收发隔离。如果发送和接收分别使用不同的天线,则不需要通过环形器单元。

[0163] 接收单元1009接收到的输入信号(包括第二数据信号和对应于该射频信号的回波信号)需要经过主径自干扰消除单元1010。主径自干扰消除单元1010不区分近区反射信道的探测时隙和数据传输时隙,根据耦合单元1007获取的自干扰射频参考信号,对所有信号均进行主径自干扰信号消除处理。消除主径自干扰信号后的输入信号通过低噪声放大单元(图中未示出)进行放大。

[0164] 在接收机的模数转换单元的动态范围较大(例如大于14bits),或者发射功率较低(例如低于20dBm)时,近区反射自干扰信号消除也可以在基带实现。在此情况下,将通过低噪声放大单元的输入信号先经过第一下变频单元1012、第一模数转换单元1013变换后输入到基带,通过信号分离单元1014分离出探测时隙和第二通信信号传输时隙。近区反射自干扰信号处理单元1015采用时延超分辨算法或低复杂度的时延超分辨算法生成近区反射信道参数。进一步,近区反射自干扰信号处理单元1015还可以累积多个近区反射信道参数并取该多个近区反射信道参数的平均值。近区反射自干扰信号消除单元1011根据该近区反射信道参数或该多个近区反射信道参数的平均值,减少近区反射自干扰信号。近区反射自干扰信号消除单元1015可以采用基于数字滤波单元的结构。

[0165] 可选的,作为一个实施例,近区反射自干扰信号消除单元1015可以根据数据信号产生单元1001产生的第一通信信号和近区反射自干扰信号处理单元1015提供的近区反射信道参数(或者多个近区反射信道参数的平均值)确定重构的近区反射自干扰信号。然后,近区反射自干扰信号消除单元1011直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,以减少经过变换后输入到基带的第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0166] 可选的,作为另一个实施例,近区反射自干扰信号消除单元1011还可以根据耦合单元1007获取的自干扰射频参考信号和近区反射与近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)确定重构的近区反射自干扰信号。在此情况下,装置1000还可以包括第二下变频单元1016和第二模数转换单元1017。这样,自干扰射频参考信号经过第二下变频单元1016和第二模数转换单元1017变换。近区反射自干扰信号消除单元1011使用近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)与变换后的自干扰射频参考信号确定重构的近区反射自干扰信号。然后,近区反射自干扰信号消除单元1011直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,减少第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0167] 图11是本发明实施例提供的近区反射自干扰信号消除单元的结构示意图。图11所示的近区反射自干扰信号消除单元可以应用于图7或图9的装置中。

[0168] 自干扰射频参考信号经过多级模拟延迟单元1101,对应近区反射信号不同的时延分量,每个支路通过数控衰减单元1102和数控移相单元1103进一步调节其幅度和相位,最后经合路单元1104合路形成重构的近区反射自干扰信号,其中,模拟延迟单元1101的延时量、数控衰减单元1102和数控移相单元1103的幅度与相位值,由近区反射自干扰信号处理单元提供,即根据其提供的近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)来设置。重构的近区反射自干扰信号与接收信号(即第二通信信号)相减,即得到近区反射自干扰信号减少后的第二通信信号。

[0169] 图12是本发明实施例提供的另一近区反射自干扰信号消除单元的结构示意图。

[0170] 根据近区反射自干扰信号处理单元提供的近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)设置数字有限冲击响应(Finite Impulse Response,FIR)滤波器的滤波器系数 C_1, C_2, \dots, C_N 以及延迟单元1201的延迟量。数字自干扰参考信号经过多级延迟器1201,对应近区反射信号不同的时延分量,每个支路的滤波器系数不同,多路信号合路形成重构的数字近区反射自干扰信号,再通过数模转换单元1202、上变频单元1203等单元,即得到重构的模拟近区反射自干扰信号。其中,该数字自干扰参考信号与远区反射自干扰信号消除单元采用的数字自干扰参考信号相同,可以直接采用发射支路的数据信号产生单元产生的第一通信信号的基带信号,也可以采用由耦合单元从功放后取样得到的自干扰射频参考信号经过下变频和模数转换单元后得到的基带信号。特别的,在图8与图10所示的装置采用图12所示的近区反射自干扰信号消除单元的情况下,图8与图10中重构的近区反射自干扰信号即为该重构的数字近区反射自干扰信号。换句话说,如果图12所示的近区反射自干扰信号消除单元应用与图8或图10的装置,则该近区反射自干扰信号消除单元可以不包括数模转换单元1202与上变频单元1203。重构的数字近区反射自干扰信号可以直接作为重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减。

[0171] 图13是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图13所示的装置支持无线全双工系统,该装置可以位于基站、用户设备等通信节点中。图13所示的装置1300包括:发射天线1301、接收天线1302、信号解复用器1303、近区反射自干扰信号处理器1304和近区反射自干扰信号消除器1305。

[0172] 发射天线1301,用于发送探测信号并发送第一通信信号,其中发射天线1301发送探测信号所用的时隙与发送该第一通信信号所用的时隙不同,该探测信号为大时宽带宽积信号。

[0173] 接收天线1302,用于接收输入信号,其中该输入信号包括其他装置发送的第二通信信号和对应于发送天线1301所发送的探测信号和第一通信信号的回波信号。

[0174] 信号解复用器1303,用于从该回波信号中分离出对应于该探测信号的近区反射信号。

[0175] 近区反射自干扰信号处理器1304,用于基于该近区反射信号确定近区反射信道参数。

[0176] 近区反射自干扰信号消除器1305,用于基于该近区反射信道参数,确定重构的近区反射自干扰信号,从该第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0177] 图13所示的装置1300通过在时分复用的方式在发送数据信号的时候发送探测信号,能够有效分辨并重构近区反射信号,从而可以达到有效减少近区反射信号造成的自干扰的目的。

[0178] 可选的,作为一个实施例,发射天线1301,具体可以用于使用大于该第一通信信号所用的带宽发送该探测信号。在此情况下,近区反射自干扰信号处理器1304,具体用于对该近区反射信号进行匹配滤波,得到滤波后的近区反射信号,根据该滤波后的近区反射信号,确定该近区反射信道参数。

[0179] 可选的,作为另一个实施例,发射天线1301,具体可以用于使用大于或等于该第一通信信号所用的带宽发送该探测信号。在此情况下,近区反射自干扰信号处理器1304,具体可以用于使用时延超分辨算法确定对应于该近区反射信号的该近区反射信道参数,其中该时延超分辨算法可以最大似然估计算法、基于阵列信号处理的高分辨波达方向估计算法、匹配追踪、正交匹配追踪等算法。

[0180] 进一步,该时延超分辨算法还可以包括一种低复杂度的时延超分辨算法。具体过程参见方法侧描述,在此不必赘述。

[0181] 可选的,作为一个实施例,近区反射自干扰信号消除器1305,具体用于确定对应于该第二数据信号的时隙,在该对应于该第二数据信号的时隙,根据该近区反射信道参数以及该第一通信信号,确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0182] 可选的,作为另一个实施例,近区反射自干扰信号处理器1304,还可以用于累积多个近区反射信道参数,确定该多个近区反射信道参数的平均值。近区反射自干扰信号消除器1305,具体用于确定对应于该第二数据信号的时隙,在该对应于该第二数据信号的时隙,根据该多个近区反射信道参数的平均值以及该第一通信信号,确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0183] 可选的,作为一个实施例,装置1300还可以包括:耦合器1306,用于对待发送的信号进行取样,获取自干扰射频参考信号,,其中该待发送的信号包括该探测信号和该第一通信信号。具体来说,探测信号和第一通信信号通过时分复用的方式合为一路射频信号。发射天线1301发送的探测信号和第一通信信号是该射频信号,即合路后的探测信号和第一通信信号。探测信号、第一通信信号以及射频信号的具体关系上文已有具体描述,在此不必赘述。

[0184] 在装置1300包括耦合器1306的情况下,作为一个实施例,近区反射自干扰信号消除器1305,具体用于确定对应于该第二数据信号的时隙,在该对应于该第二数据信号的时隙,根据该近区反射信道参数以及该自干扰射频参考信号,确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0185] 在装置1300包括耦合器1306的情况下,作为另一个实施例,近区反射自干扰信号处理器1304,还可以用于累积多个近区反射信道参数,确定该多个近区反射信道参数的平均值。近区反射自干扰信号消除器1305,具体用于确定对应于该第二数据信号的时隙,在该对应于该第二数据信号的时隙,根据该多个近区反射信道参数的平均值以及该自干扰射频参考信号,,确定重构的近区反射自干扰信号,从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0186] 进一步,近区反射自干扰小区单元1305,在该第二数据信号的时隙开始工作,在其他时隙停止工作。

[0187] 可选的,作为一个实施例,在装置1300支持多输入多输出的情况下,发射天线1301,具体用于使用多根天线分别发送该射频信号。接收天线1302,具体用于使用该多根天线分别接收该输入信号,且该多根天线发送的该探测信号所用的时隙互相错开。

[0188] 可选的,作为一个实施例,发射天线1301,具体用于在发送该射频信号时,与相邻的支持无线全双工的装置发送的射频信号的时隙互相错开。

[0189] 图14是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图14所示的装置1400是图13所示的装置1300的一个具体实施例,其中图14所示的实施例是发送探测信号的带宽大于发送第一通信信号的带宽,采用匹配滤波的方法确定近区反射信道参数的一个实施例。如图14所示,装置1400包括:数据信号产生电路1401、探测信号产生电路1402、第一数模转换器1403、第二数模转换器1404、第一上变频器1405、第二上变频器1406、高功率功放器1407、低功率功放器1408、信号复用器1409、耦合器1410、发射天线1411、接收天线1412、主径自干扰消除电路1413、信号解复用器1414、下变频器1415、模数转换器1416、近区反射自干扰信号处理器1417、近区反射自干扰信号消除器1418。

[0190] 数据信号产生电路1401,用于产生第一通信信号。探测信号产生电路1402,用于产生探测信号。由于探测信号和数据信号具有不同的带宽,因此需要采用不同的中射频通道。对应于第一通信信号的中射频通道包括第一数模转换器1403、第一上变频器1405和高功率功放器1407。对应于探测信号的中射频通道包括第二数模转换器1404、第二上变频器1406和低功率功放器1408。由于探测信号的发射功率远低于数据信号的发射功率,因此,对于第一通信信号的中射频通道中所采用的功放为具有较高输出功率的高功率功放,对应于探测信号的中射频通道中所采用的功放为具有较低功率的低功率功放。该第一通信信号和探测信号在分别经过相应的中射频通道后,在信号复用器1409时分复用合为一路射频信号,具体合并方法以及射频信号的时隙结构上文已有详述,在此不必赘述。该射频信号通过耦合器1410,耦合器1410用于对待发送的射频信号取样得到自干扰射频参考信号。然后,发射天线1411,用于发送该射频信号。进一步,如果发送和接收共用天线,则装置1400还需要包括环形器(图中未示出)。通过耦合器1410后的射频信号通过环形器后由发射天线1411发送,其中该环形器用于在接收和发送共用天线的情况下的收发隔离。如果发送和接收分别使用不同的天线,则不需要通过环形器。

[0191] 接收天线1412接收到的输入信号(包括第二数据信号和对应于该射频信号的回波信号)需要经过主径自干扰消除电路1413。主径自干扰消除电路1413不区分近区反射信道的探测时隙和数据传输时隙,根据耦合器1410获取的自干扰射频参考信号,对所有信号均进行主径自干扰信号消除处理。消除主径自干扰信号后的输入信号通过低噪声放大器(图中未示出)进行放大后,通过信号解复用器1414分离出探测时隙和第二通信信号传输时隙,其中该第二通信信号是从其他装置接收到的信号。近区反射信道的探测时隙中接收到的对应于探测信号的近区反射信号经过下变频器1415、模数转换器1416形成基带信号,并经过近区反射自干扰信号处理器1417生成近区反射信道参数。具体地,近区反射自干扰信号处理器1417是采用匹配滤波的方法生成近区反射信道参数。进一步,近区反射自干扰信号处理器1417还可以累积多个近区反射信道参数并取该多个近区反射信道参数的平均值。在第

二通信信号传输时隙中接收到的第二通信信号首先经过近区反射自干扰信号消除器1418消除近区反射自干扰信号,再经过下变频、模数转换器等变换到基带,进一步经过远区反射自干扰信号消除单元(图中未示出)消除远区反射自干扰信号,得到消除了自干扰信号的数据信号。近区反射自干扰信号消除器1418具体采用了近区反射自干扰信号处理器1417提供的近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)和耦合器1410提供的自干扰射频参考信号来确定重构的近区反射自干扰信号,并从第二通信信号中减去该重构的近区反射自干扰信号。

[0192] 图15是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图15所示的装置1500是图13所示的装置1300的一个具体实施例,其中图15所示的实施例是发送探测信号的带宽大于发送第一通信信号的带宽,并采用匹配滤波的方法确定近区反射信道参数的另一个实施例。图15所示的装置1500可以在接收机模数转换器的动态范围较大(例如大于14bits),或者发射功率较低(例如低于20dBm)的情况下应用。如图15所示,装置1500包括:数据信号产生电路1501、探测信号产生电路1502、第一数模转换器1503、第二数模转换器1504、第一上变频器1505、第二上变频器1506、高功率功放器1507、低功率功放器1508、信号复用器1509、耦合器1510、发射天线1511、接收天线1512、主径自干扰消除电路1513、信号解复用器1514、第一下变频器1515、第一模数转换器1516、近区反射自干扰信号处理器1517、近区反射自干扰信号消除器1518,第二下变频器1519,第二模数转换器820。

[0193] 数据信号产生电路1501,用于产生第一通信信号。探测信号产生电路1502,用于产生探测信号。由于探测信号和数据信号具有不同的带宽,因此需要采用不同的中射频通道。对应于第一通信信号的中射频通道包括第一数模转换器1503、第一上变频器1505和高功率功放器1507。对应于探测信号的中射频通道包括第二数模转换器1504、第二上变频器1506和低功率功放器1508。由于探测信号的发射功率远低于数据信号的发射功率,因此,对于第一通信信号的中射频通道中所采用的功放为具有较高输出功率的高功率功放,对应于探测信号的中射频通道中所采用的功放为具有较低功率的低功率功放。该第一通信信号和探测信号在分别经过相应的中射频通道后,在信号复用器1509时分复用合为一路射频信号,具体合并方法以及射频信号的时隙结构上文已有详述,在此不必赘述。该射频信号通过耦合器1510,耦合器1510用于对待发送的射频信号取样得到自干扰射频参考信号。然后,发射天线1511,用于发送该射频信号。进一步,如果发送和接收共用天线,则装置1500还需要包括环形器(图中未示出)。通过耦合器1510后的射频信号通过环形器后由发射天线1511发送,其中该环形器用于在接收和发送共用天线的情况下的收发隔离。如果发送和接收分别使用不同的天线,则不需要通过环形器。

[0194] 接收天线1512接收到的输入信号(包括第二数据信号和对应于该射频信号的回波信号)需要经过主径自干扰消除电路1513。主径自干扰消除电路1513不区分近区反射信道的探测时隙和数据传输时隙,根据耦合器1510获取的自干扰射频参考信号,对所有信号均进行主径自干扰信号消除处理。消除主径自干扰信号后的输入信号通过低噪声放大器(图中未示出)进行放大后,通过信号解复用器1514分离出探测时隙和第二通信信号传输时隙,其中该第二通信信号是从其他装置接收到的信号。近区反射信道的探测时隙中接收到的对应于探测信号的近区反射信号经过第一下变频器1515、第一模数转换器1516形成基带信号,并经过近区反射自干扰信号处理器1517生成近区反射信道参数。具体地,近区反射自干

扰信号处理器1517是采用匹配滤波的方法生成近区反射信道参数。进一步,近区反射自干扰信号处理器1517还可以累积多个近区反射信道参数并取该多个近区反射信道参数的平均值。

[0195] 在接收机的模数转换器的动态范围较大(例如大于14bits),或者发射功率较低(例如低于20dBm)时,近区反射自干扰信号消除也可以在基带实现。在此情况下,将在第二通信信号传输时隙接收到的第二通信信号先经过第二下变频器1519、第二模数转换器820变换后输入到基带,再经过近区反射自干扰信号消除器1518减少近区反射自干扰信号。近区反射自干扰信号消除器1518可以采用基于数字滤波器的结构。

[0196] 可选的,作为一个实施例,近区反射自干扰信号消除器1518可以根据数据信号产生电路1501产生的第一通信信号和近区反射自干扰信号处理器1517提供的近区反射信道参数(或者多个近区反射信道参数的平均值)确定重构的近区反射自干扰信号。然后,近区反射自干扰信号消除器1518直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,以减少经过变换后输入到基带的第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0197] 可选的,作为另一个实施例,近区反射自干扰信号消除器1518还可以根据耦合器1510获取的自干扰射频参考信号和近区反射与近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)确定重构的近区反射自干扰信号。在此情况下,装置1500还可以包括第三下变频器821和第三模数转换器822。这样,自干扰射频参考信号经过第三下变频器821和第三模数转换器822变换。近区反射自干扰信号消除器1518使用近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)与变换后的自干扰射频参考信号确定重构的近区反射自干扰信号。然后,近区反射自干扰信号消除器1518直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,减少第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0198] 图16是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图16所示的装置1600是图13所示的装置1300的一个具体实施例,其中图16所示的实施例是发送的探测信号的带宽大于或等于发送第一通信信号的带宽,并采用时延超分辨算法或低复杂度的时延超分辨算法一个实施例。如图16所示,装置1600包括:数据信号产生电路1601、探测信号产生电路1602、信号复用器1603、数模转换器1604、上变频器1605、功放器1606、耦合器1607、发射天线1608、接收天线1609、主径自干扰消除电路1610、近区反射自干扰信号消除器1611、下变频器1612、模数转换器1613、信号解复用器1614、近区反射自干扰信号处理器1615。

[0199] 数据信号产生电路1601用于产生第一通信信号。探测信号产生电路1602用于产生探测信号。该探测信号的带宽大于或等于该第一通信信号的带宽。该探测信号和该第一通信信号在信号复用器1603时分复用合为一路射频信号,具体合并方法以及射频信号的时隙结构上文已有详述,在此不必赘述。耦合器1607对经过了中射频通道的射频信号取样得到自干扰射频参考信号,其中该中射频通道包括数模转换器1604、上变频器1605和功放器1606。然后,发射天线1608,用于发送该射频信号。进一步,,如果发送和接收共用天线,则装置1600还需要包括环形器(图中未示出)。通过耦合器1607后的射频信号通过环形器后由发射天线1608发送,其中该环形器用于在接收和发送共用天线的情况下的收发隔离。如果发送和接收分别使用不同的天线,则不需要通过环形器。

[0200] 接收天线1609接收到的输入信号(包括第二数据信号和对应于该射频信号的回波信号)需要经过主径自干扰消除电路1610。主径自干扰消除电路1610不区分近区反射信道

的探测时隙和数据传输时隙,根据耦合器1607获取的自干扰射频参考信号,对所有信号均进行主径自干扰信号消除处理。消除主径自干扰信号后的输入信号通过低噪声放大器(图中未示出)进行放大。然后,该输入信号通过近区反射自干扰信号消除器1610,再经过下变频器1612,模数转换器1613等变换到基带。近区反射自干扰信号消除器1610用于减少第二通信信号中的近区反射自干扰信号,其中该第二通信信号是从其他装置接收到的信号。并且近区反射自干扰信号消除器1610仅在第二通信信号传输时隙工作,在探测时隙不工作。输入信号在变换到基带后,通过信号解复用器1614分离出探测时隙和第二通信信号传输时隙。近区反射自干扰信号处理器1615采用时延超分辨算法或低复杂度的时延超分辨算法生成近区反射信道参数。进一步,近区反射自干扰信号处理器1615还可以累积多个近区反射信道参数并取该多个近区反射信道参数的平均值。近区反射自干扰信号消除器1611利用该近区反射信道参数或该多个近区反射信道参数的平均值和耦合器1607获取的自干扰射频参考信号,确定重构的近区反射自干扰信号。然后近区反射自干扰信号消除器1611直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,以减少经过第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0201] 图17是根据本发明实施例提供的装置的结构框图。图17所示的装置1700是图13所示的装置1300的一个具体实施例,其中图17所示的实施例是发送的探测信号的带宽大于或等于发送第一通信信号的带宽,并采用时延超分辨算法或低复杂度的时延超分辨算法一个实施例。图17所示的装置1700可以在接收机模数转换器的动态范围较大(例如大于14bits),或者发射功率较低(例如低于20dBm)的情况下应用。如图17所示,装置1700包括:数据信号产生电路1701、探测信号产生电路1702、信号复用器1703、数模转换器1704、上变频器1705、功放器1706、耦合器1707、发射天线1708、接收天线1709、主径自干扰消除电路1710、近区反射自干扰信号消除器1711、第一下变频器1712、第一模数转换器1713、信号解复用器1714、近区反射自干扰信号处理器1715。

[0202] 数据信号产生电路1701用于产生第一通信信号。探测信号产生电路1702用于产生探测信号。该探测信号的带宽大于或等于该第一通信信号的带宽。该探测信号和该第一通信信号在信号复用器1703时分复用合为一路射频信号,具体合并方法以及射频信号的时隙结构上文已有详述,在此不必赘述。耦合器1707对经过了中射频通道的射频信号取样得到自干扰射频参考信号,其中该中射频通道包括数模转换器1704、上变频器1705和功放器1706。然后,发射天线1708,用于发送该射频信号。进一步,,如果发送和接收共用天线,则装置1700还需要包括环形器(图中未示出)。通过耦合器1707后的射频信号通过环形器后由发射天线1708发送,其中该环形器用于在接收和发送共用天线的情况下的收发隔离。如果发送和接收分别使用不同的天线,则不需要通过环形器。

[0203] 接收天线1709接收到的输入信号(包括第二数据信号和对应于该射频信号的回波信号)需要经过主径自干扰消除电路1710。主径自干扰消除电路1710不区分近区反射信道的探测时隙和数据传输时隙,根据耦合器1707获取的自干扰射频参考信号,对所有信号均进行主径自干扰信号消除处理。消除主径自干扰信号后的输入信号通过低噪声放大器(图中未示出)进行放大。

[0204] 在接收机的模数转换器的动态范围较大(例如大于14bits),或者发射功率较低(例如低于20dBm)时,近区反射自干扰信号消除也可以在基带实现。在此情况下,将通过低

噪声放大器的输入信号先经过第一下变频器1712、第一模数转换器1713变换后输入到基带,通过信号解复用器1714分离出探测时隙和第二通信信号传输时隙。近区反射自干扰信号处理器1715采用时延超分辨算法或低复杂度的时延超分辨算法生成近区反射信道参数。进一步,近区反射自干扰信号处理器1715还可以累积多个近区反射信道参数并取该多个近区反射信道参数的平均值。近区反射自干扰信号消除器1711根据该近区反射信道参数或该多个近区反射信道参数的平均值,减少近区反射自干扰信号。近区反射自干扰信号消除器1715可以采用基于数字滤波器的结构。

[0205] 可选的,作为一个实施例,近区反射自干扰信号消除器1715可以根据数据信号产生电路1701产生的第一通信信号和近区反射自干扰信号处理器1715提供的近区反射信道参数(或者多个近区反射信道参数的平均值)确定重构的近区反射自干扰信号。然后,近区反射自干扰信号消除器1711直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,以减少经过变换后输入到基带的第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0206] 可选的,作为另一个实施例,近区反射自干扰信号消除器1711还可以根据耦合器1707获取的自干扰射频参考信号和近区反射与近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)确定重构的近区反射自干扰信号。在此情况下,装置1700还可以包括第二下变频器1716和第二模数转换器1717。这样,自干扰射频参考信号经过第二下变频器1716和第二模数转换器1717变换。近区反射自干扰信号消除器1711使用近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)与变换后的自干扰射频参考信号确定重构的近区反射自干扰信号。然后,近区反射自干扰信号消除器1711直接将重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减,减少第二通信信号中的近区反射自干扰信号。

[0207] 图18是本发明实施例提供的近区反射自干扰信号消除器的结构示意图。图18所示的近区反射自干扰信号消除器可以应用于图14或图16的装置中。

[0208] 自干扰射频参考信号经过多级模拟延迟线1801,对应近区反射信号不同的时延分量,每个支路通过数控衰减器1802和数控移相器1803进一步调节其幅度和相位,最后经合路器1804合路确定重构的近区反射自干扰信号,其中,模拟延迟线1801的延时量、数控衰减器1802和数控移相器1803的幅度与相位值,由近区反射自干扰信号处理器提供,即根据其提供的近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)来设置。重构的近区反射自干扰信号与接收信号(即第二通信信号)相减,即得到近区反射自干扰信号减少后的第二通信信号。

[0209] 图19是本发明实施例提供的另一近区反射自干扰信号消除器的结构示意图。

[0210] 根据近区反射自干扰信号处理器提供的近区反射信道参数(或多个近区反射信道参数的平均值)设置数字有限冲击响应(Finite Impulse Response,FIR)滤波器的滤波器系数 C_1, C_2, \dots, C_N 以及延迟器1901的延迟量。数字自干扰参考信号经过多级延迟器1901,对应近区反射信号不同的时延分量,每个支路的滤波器系数不同,多路信号合路确定重构的数字近区反射自干扰信号,再通过数模转换器1902、上变频器1903等单元,即得到重构的模拟近区反射自干扰信号。其中,该数字自干扰参考信号与远区反射自干扰信号消除单元采用的数字自干扰参考信号相同,可以直接采用发射支路的数据信号产生电路产生的第一通信信号的基带信号,也可以采用由耦合器从功放后取样得到的自干扰射频参考信号经过下变频和模数转换器后得到的基带信号。特别的,在图15与图17所示的装置采用图19所示的

近区反射自干扰信号消除器的情况下,图15与图17中重构的近区反射自干扰信号即为该重构的数字近区反射自干扰信号。换句话说,如果图19所示的近区反射自干扰信号消除器应用与图15或图17的装置,则该近区反射自干扰信号消除器可以不包括数模转换器1902与上变频器1903。重构的数字近区反射自干扰信号可以直接作为重构的近区反射自干扰信号与第二通信信号相减。

[0211] 需要说明的是,图7至图12,图14至图19仅是为了更好的帮助理解本发明所给出的具体实施例,并不是对本发明的限制。

[0212] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0213] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0214] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统、装置和方法,可以通过其他的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其他的形式。

[0215] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0216] 另外,在本发明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。

[0217] 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)或处理器(processor)执行本发明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(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0218] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内,因此本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

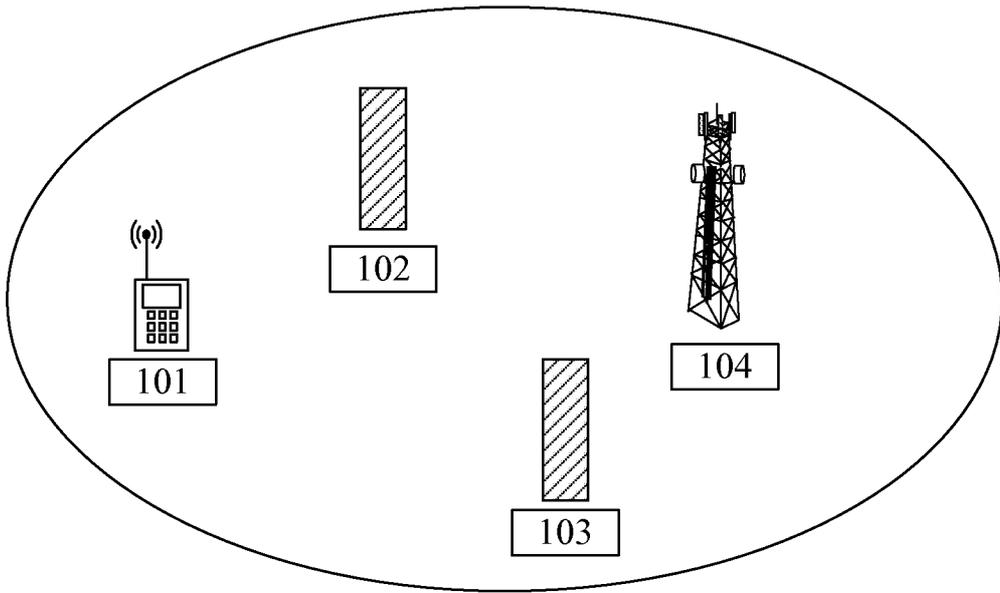


图1

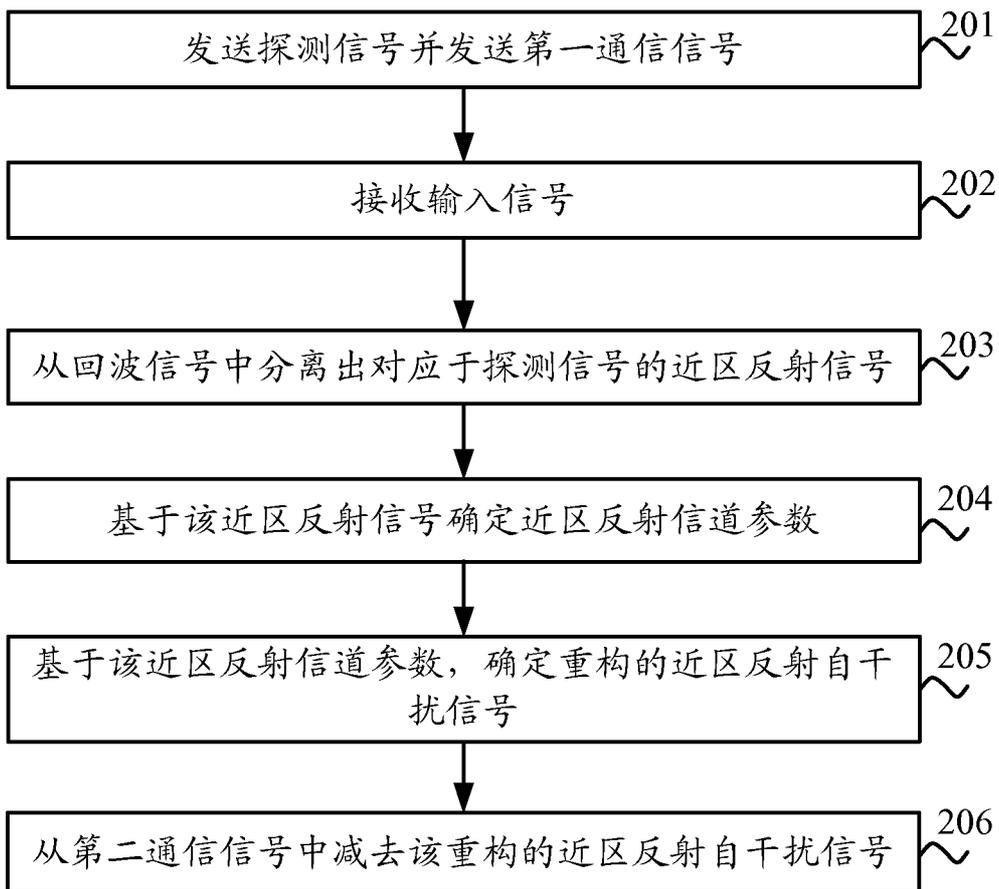


图2

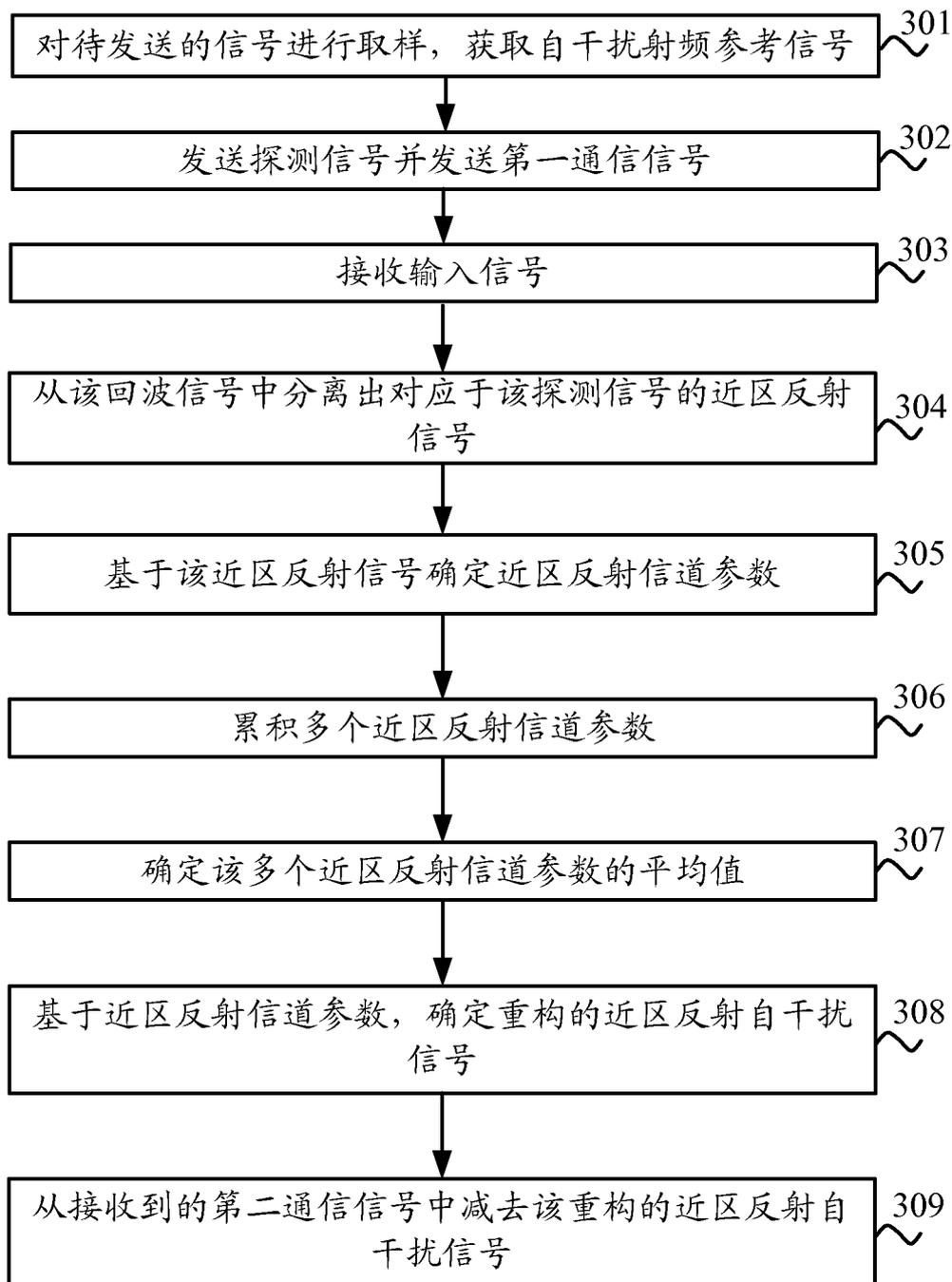


图3

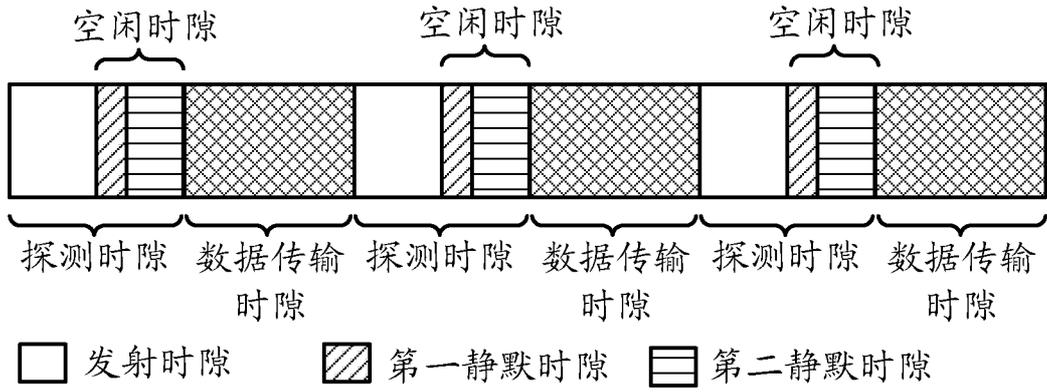


图4

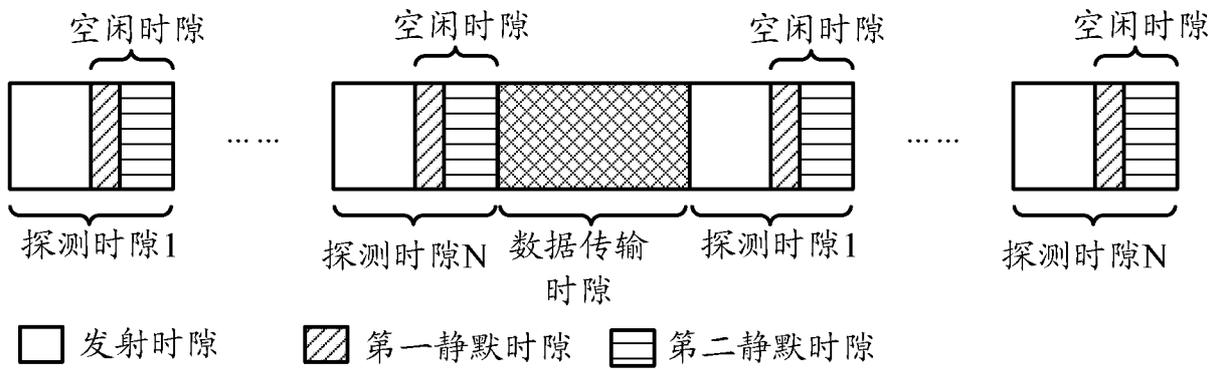


图5

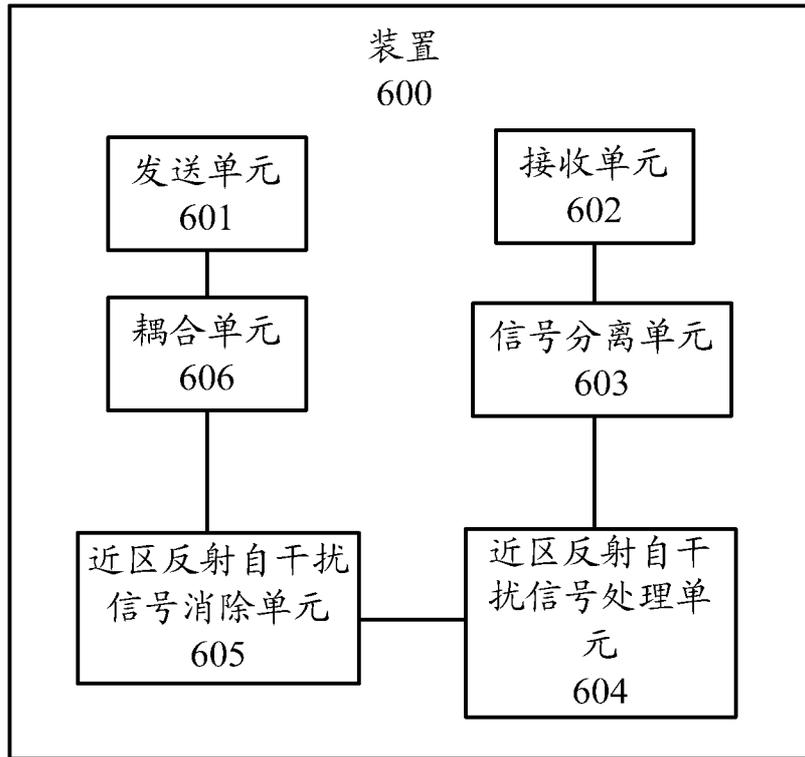


图6

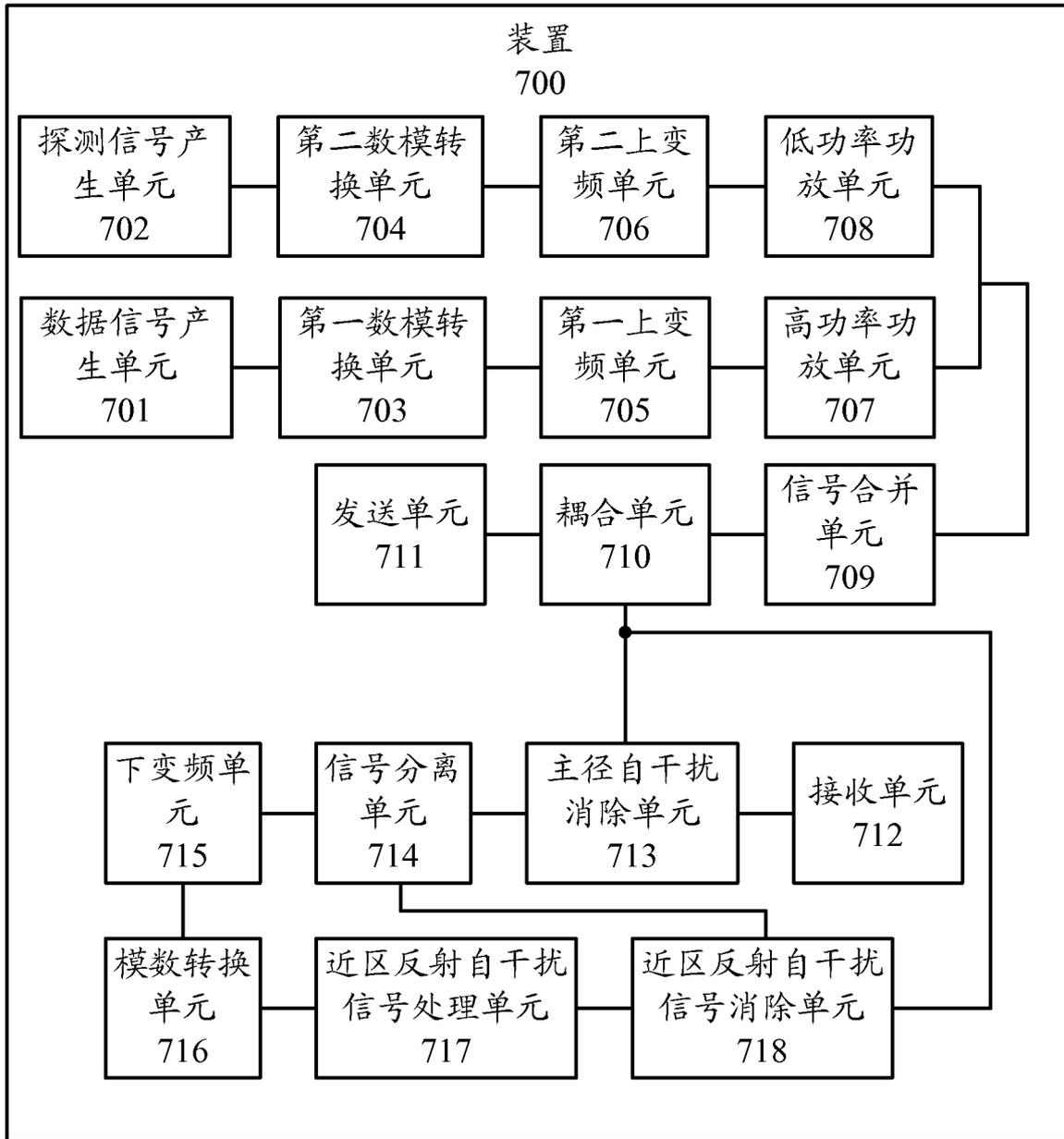


图7

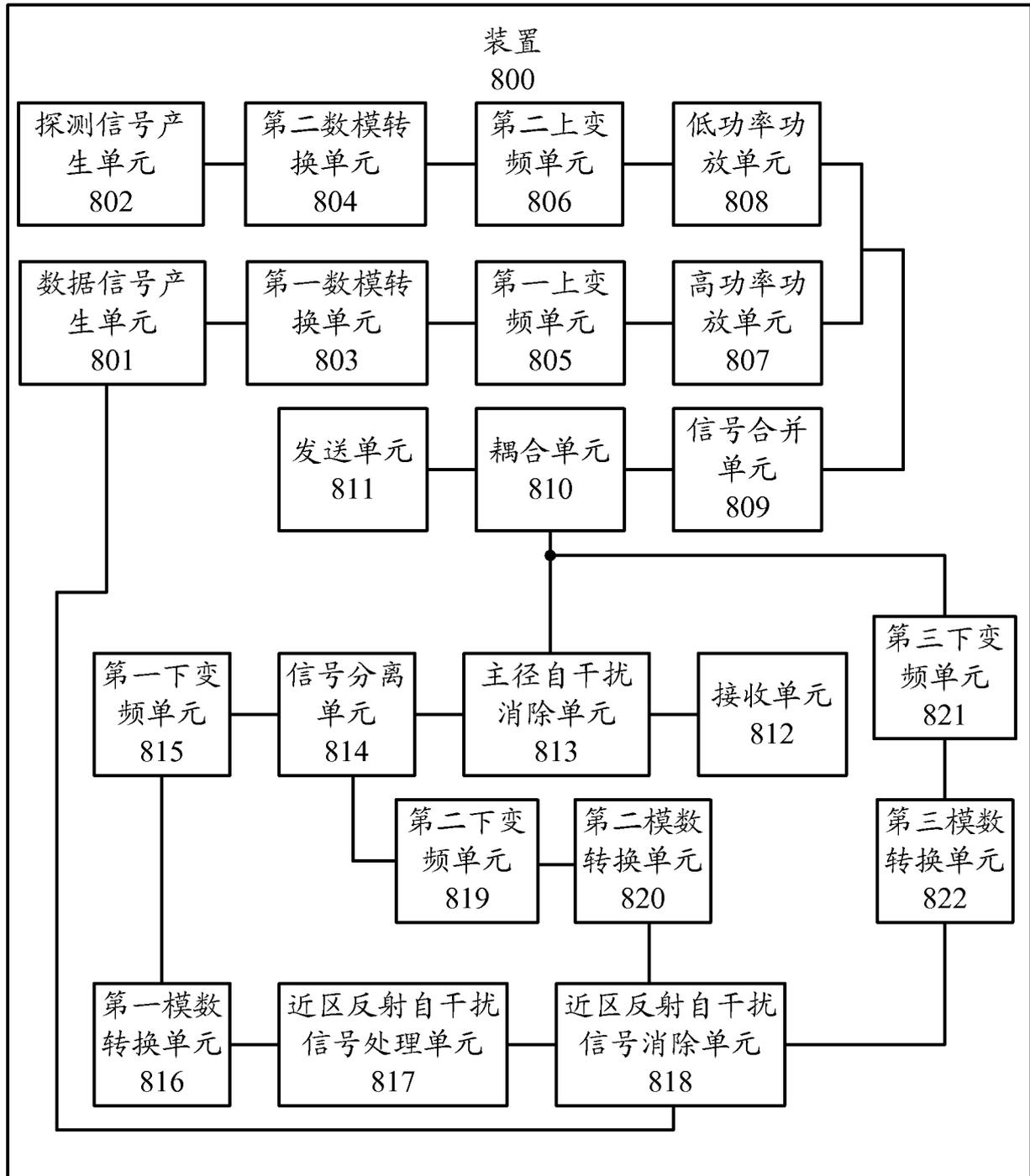


图8

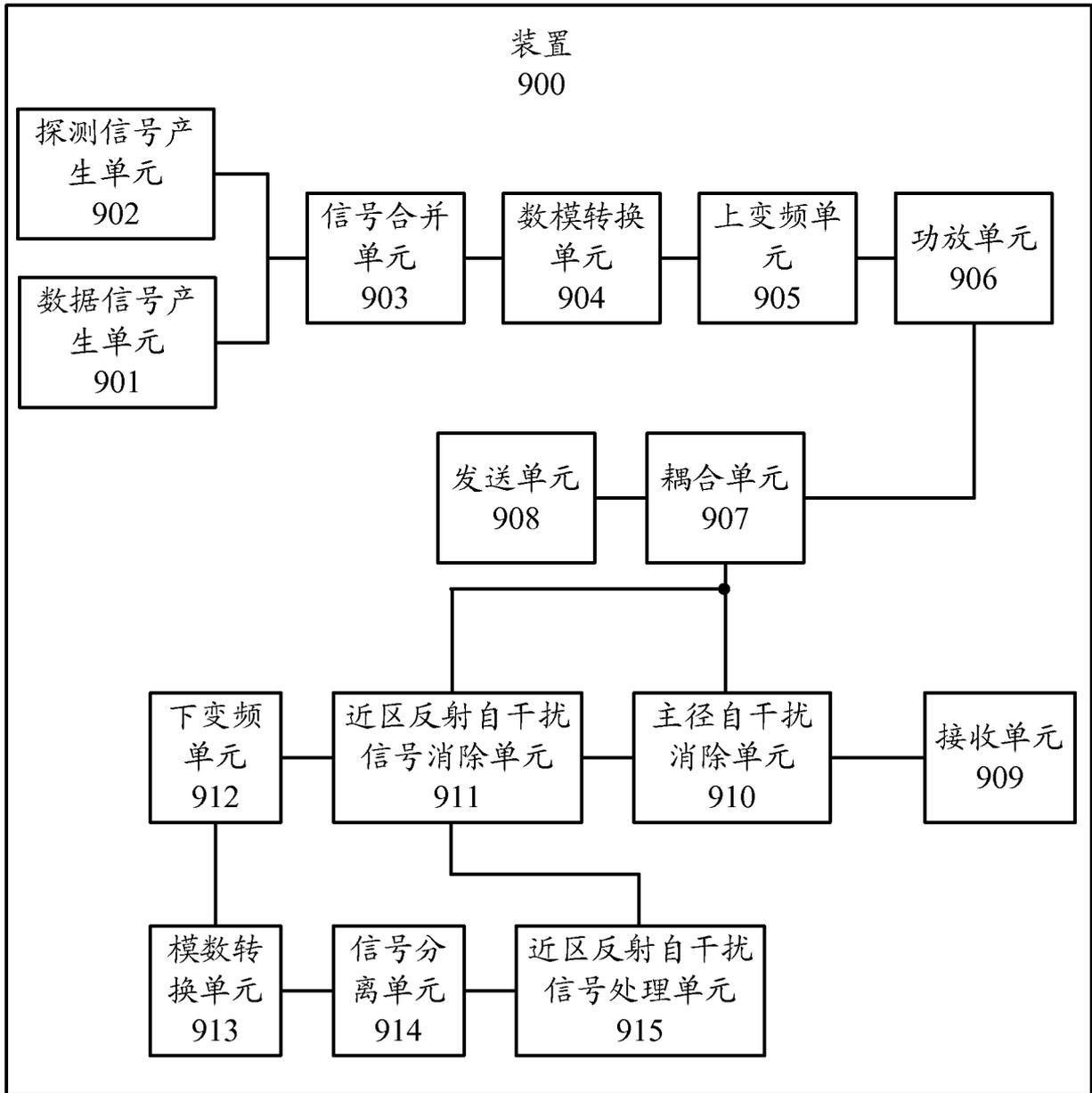


图9

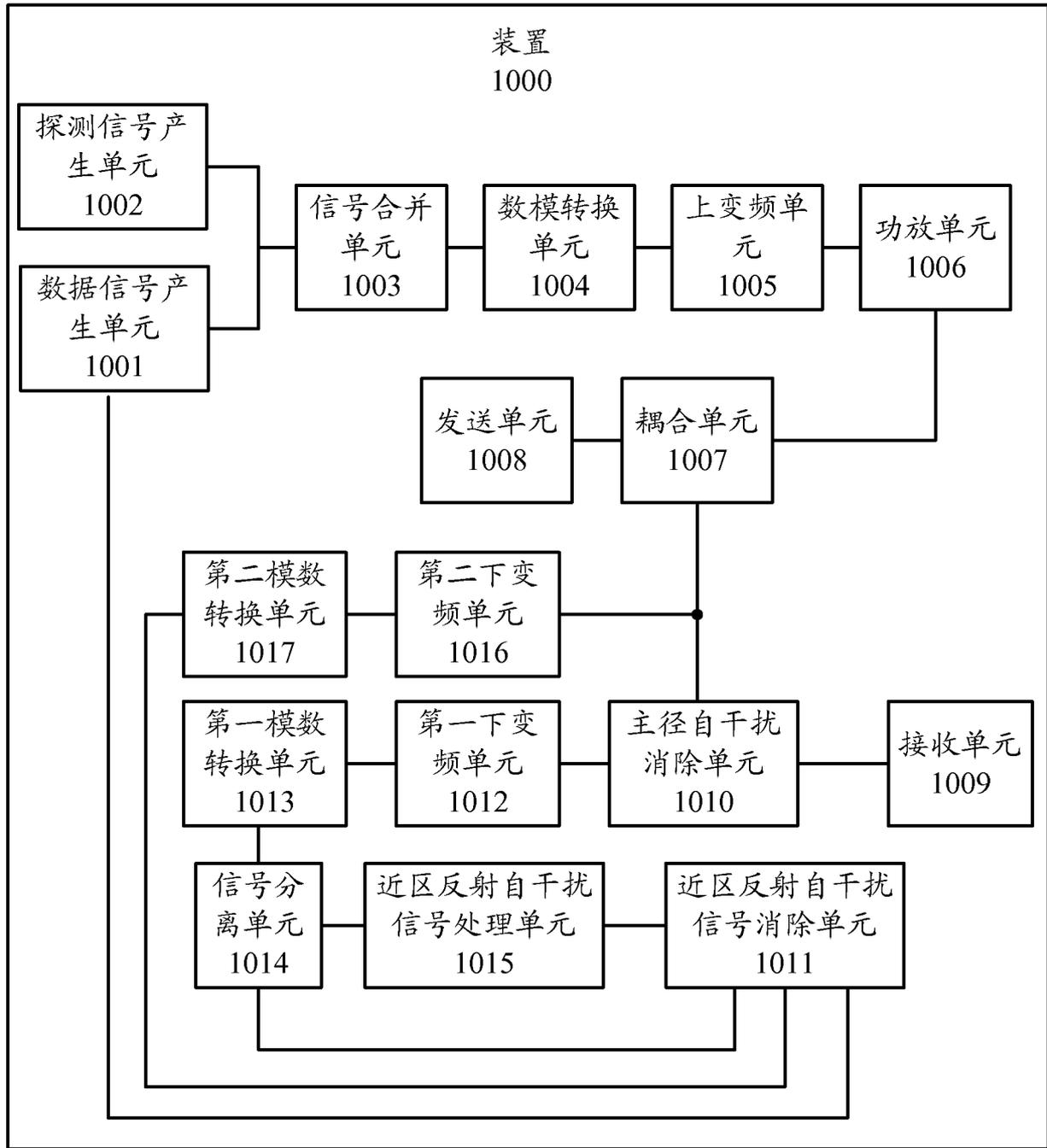


图10

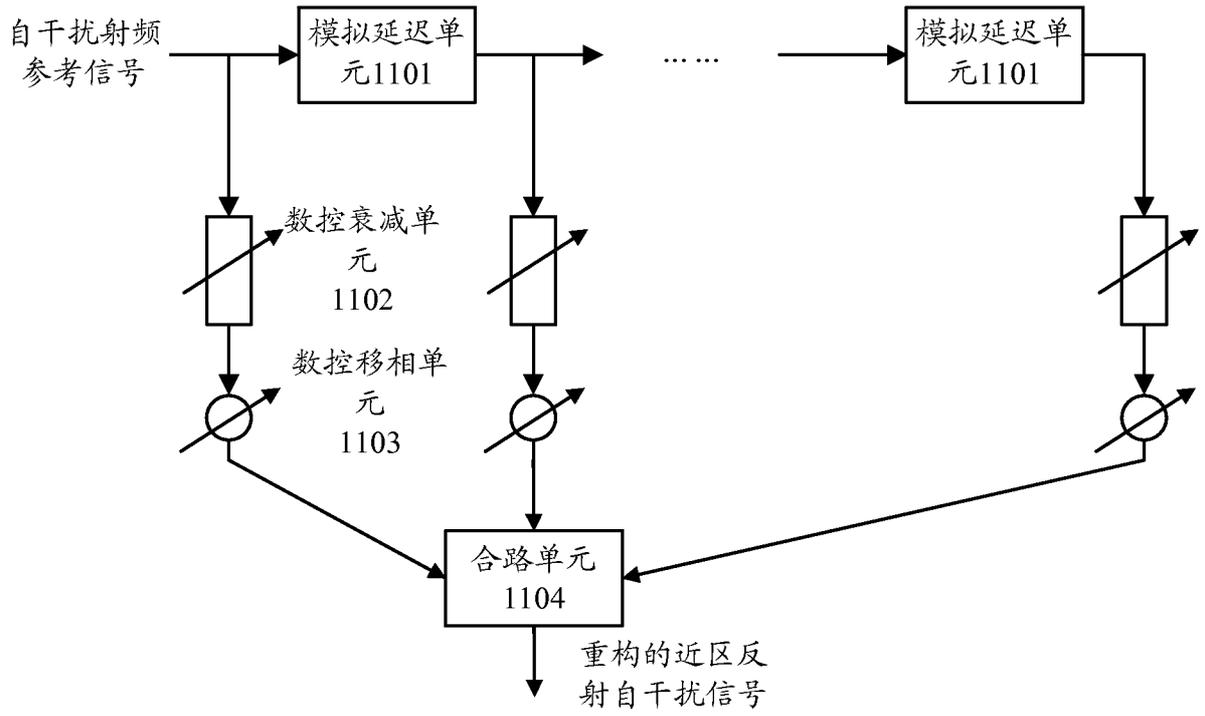


图11

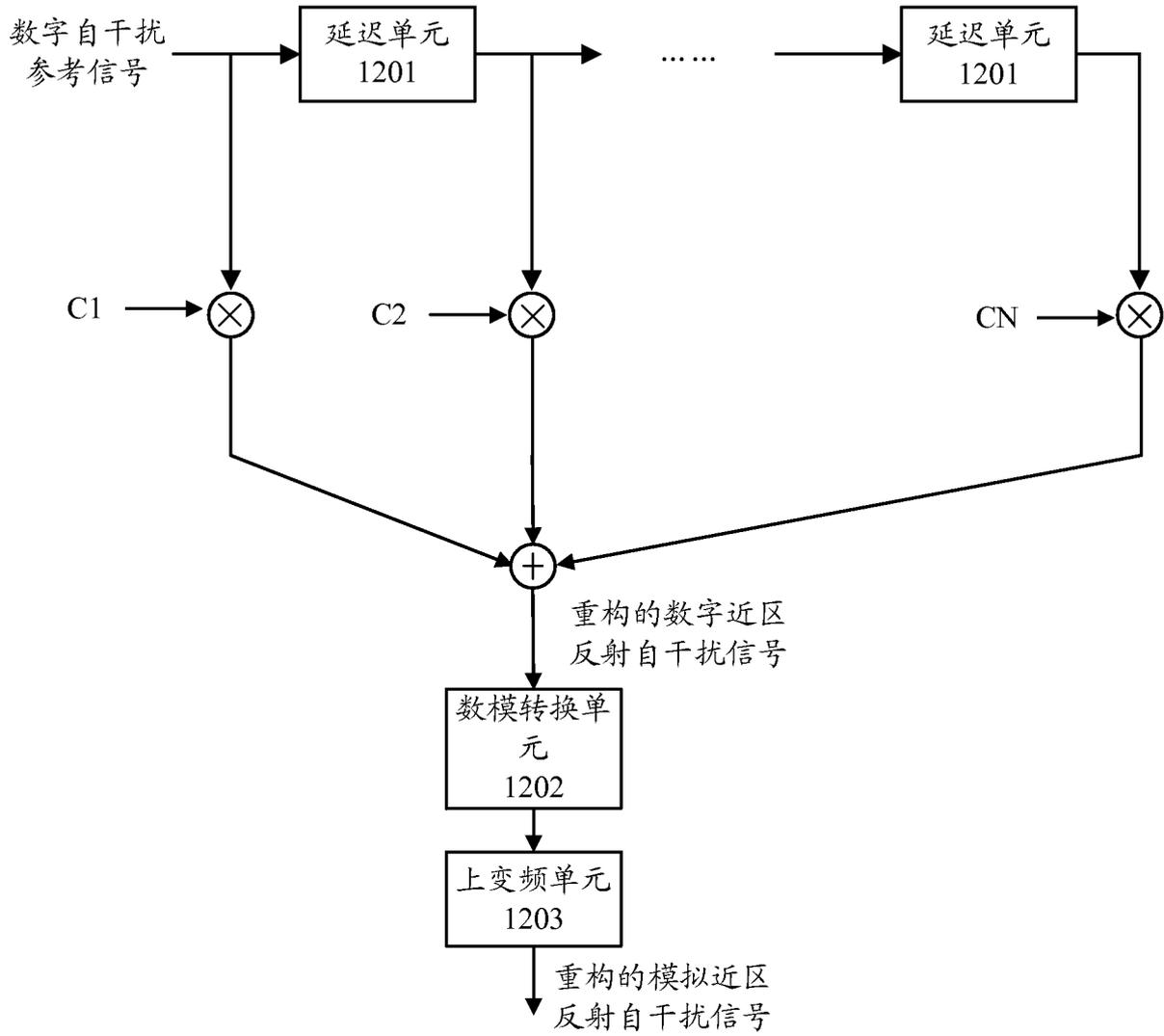


图12

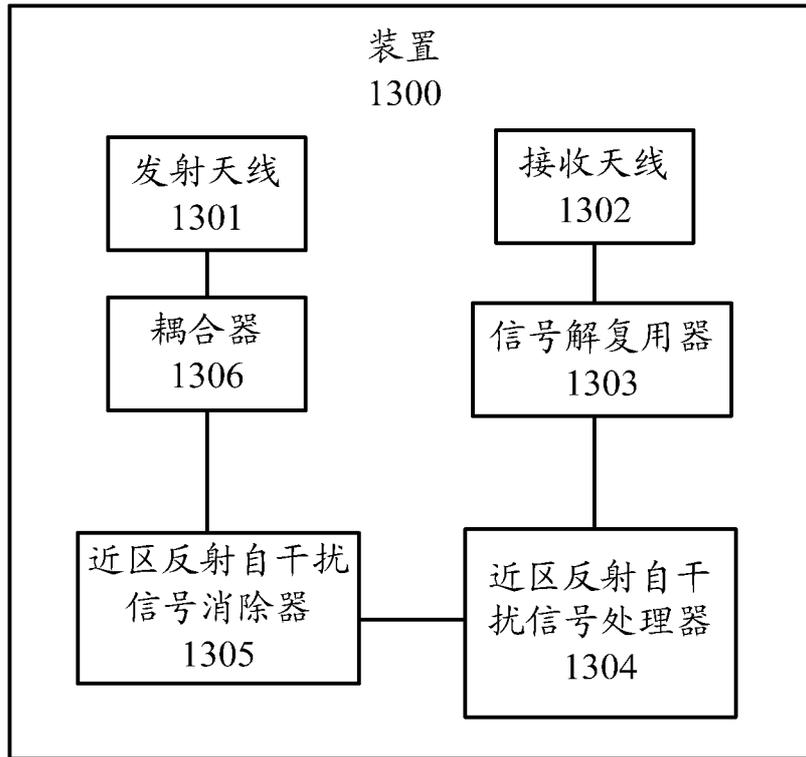


图13

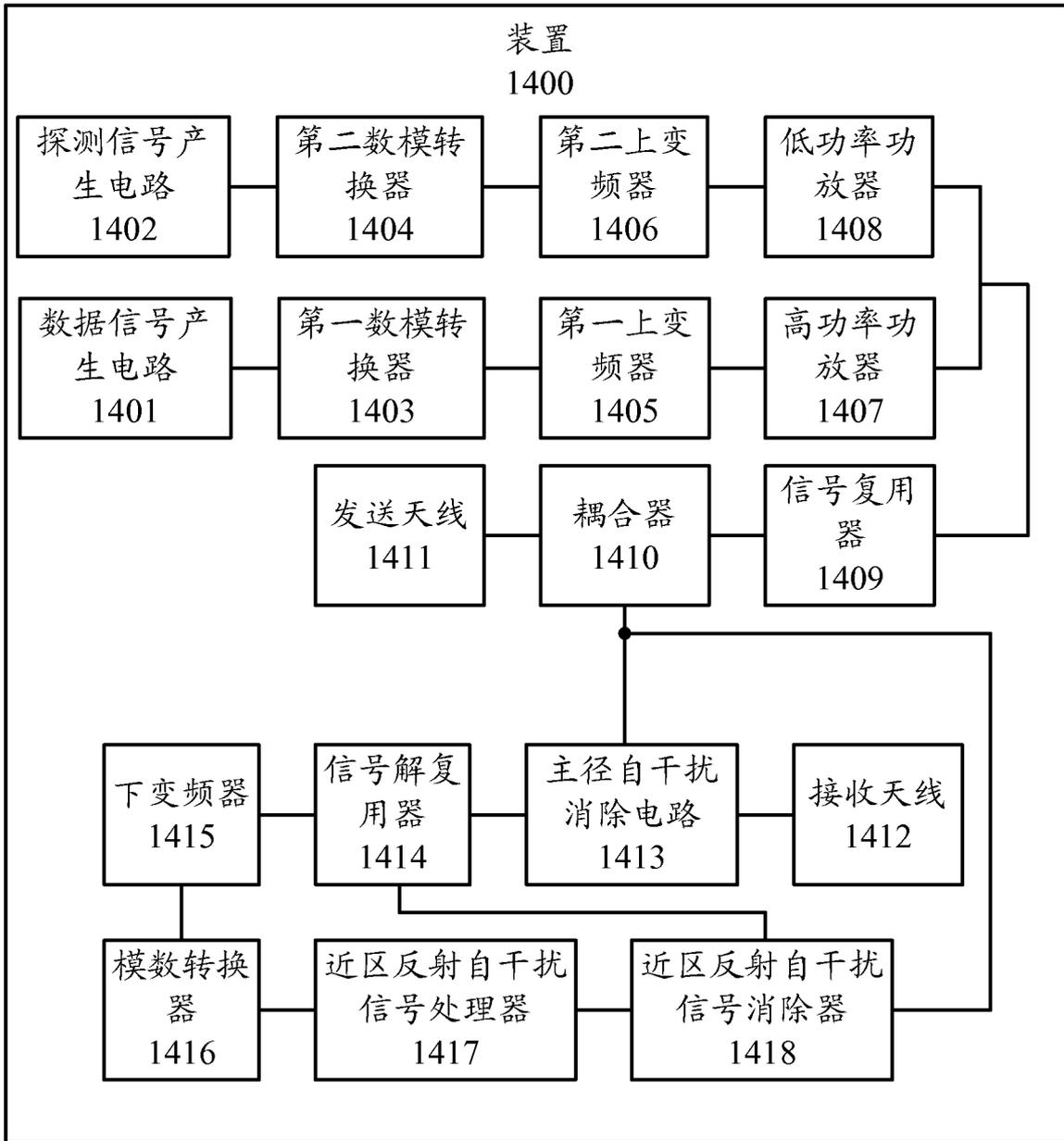


图14

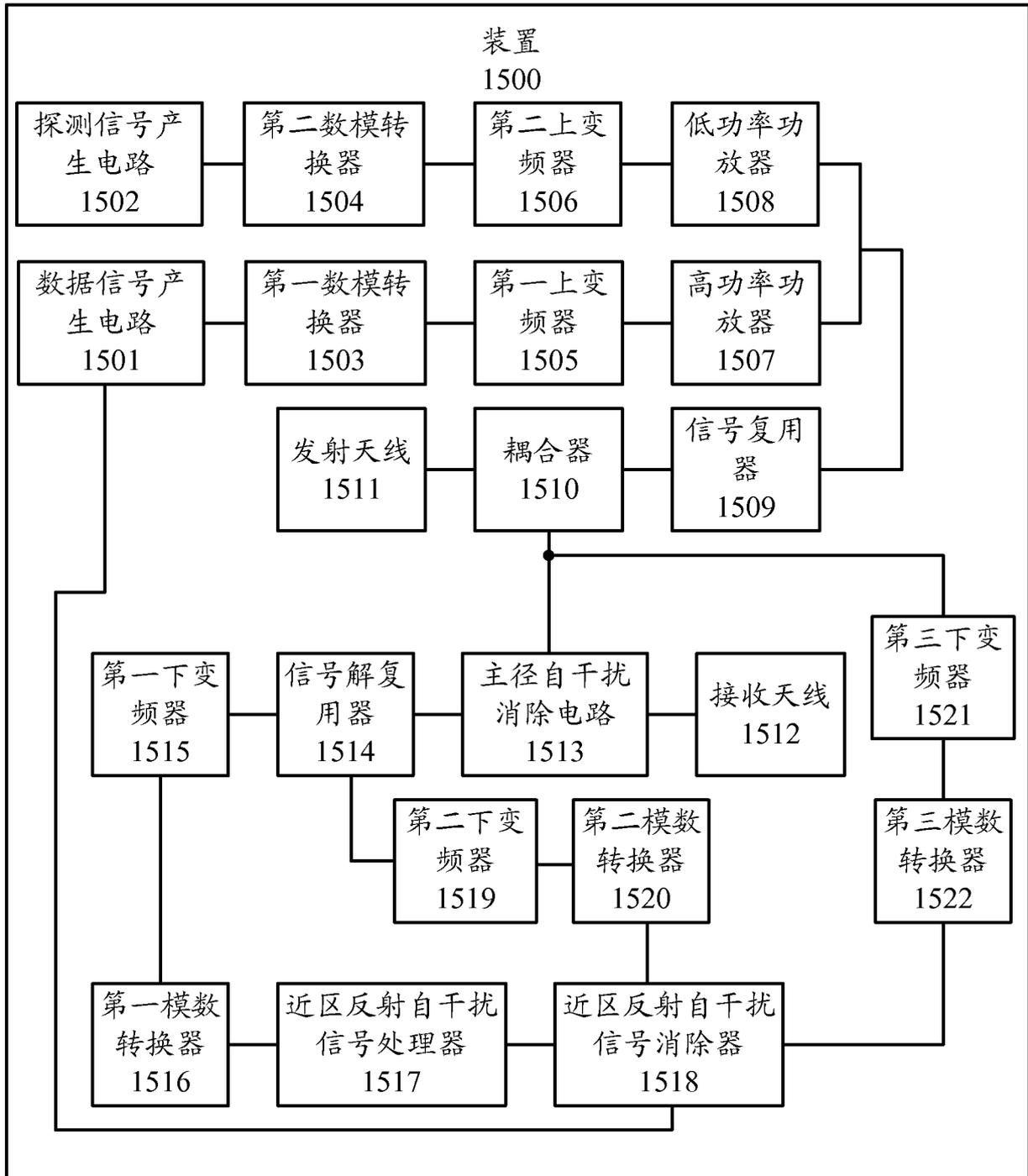


图15

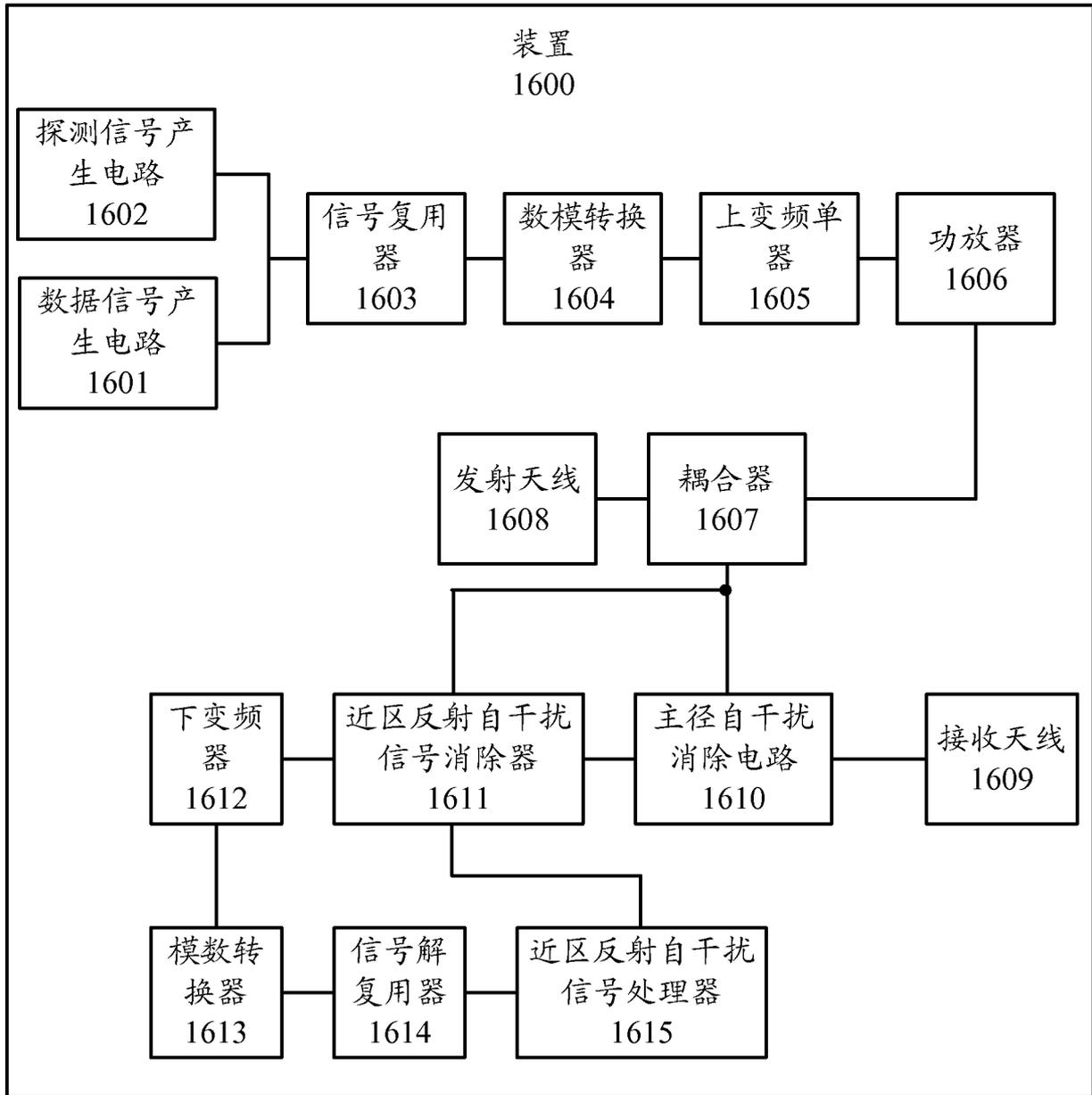


图16

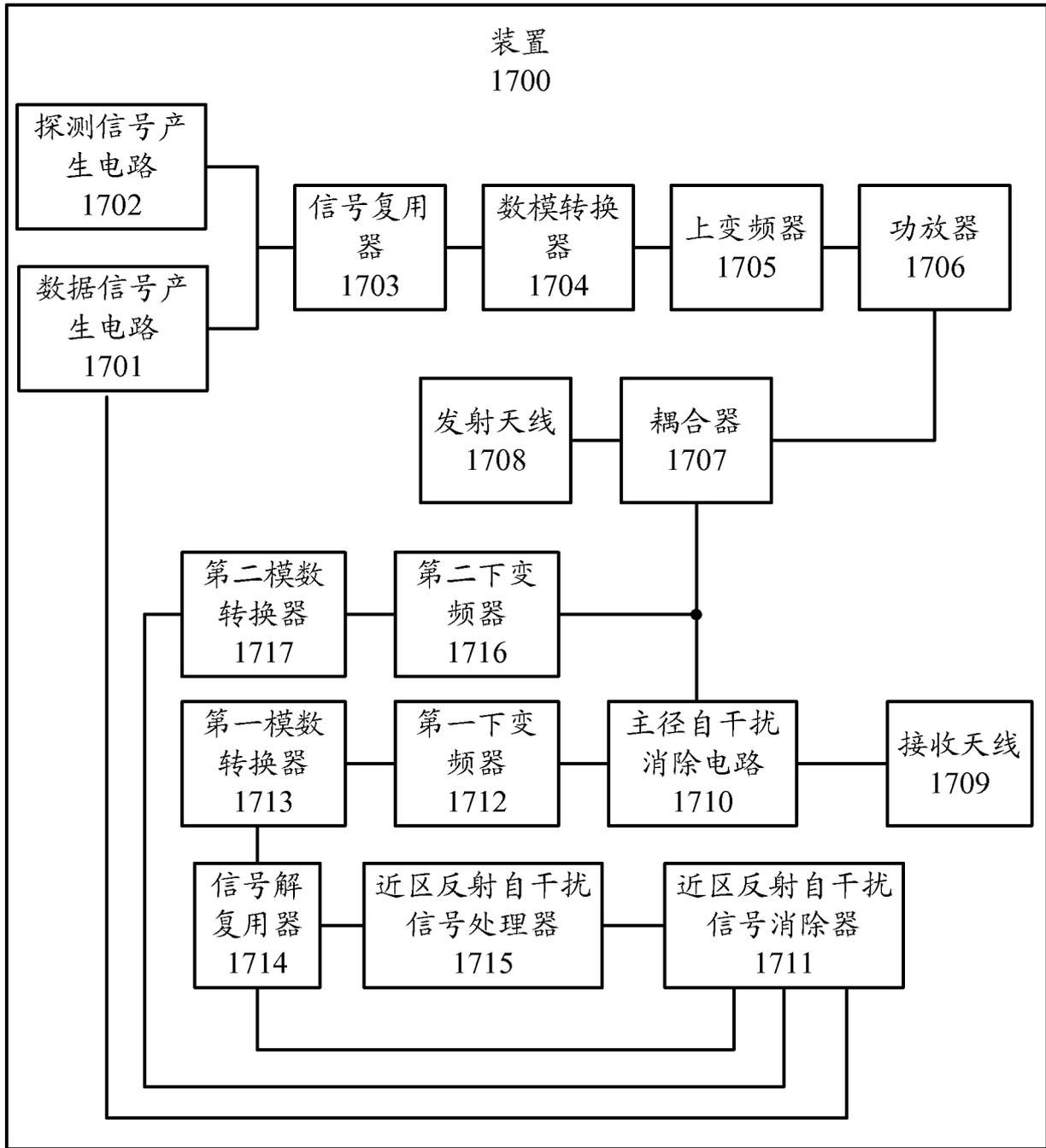


图17

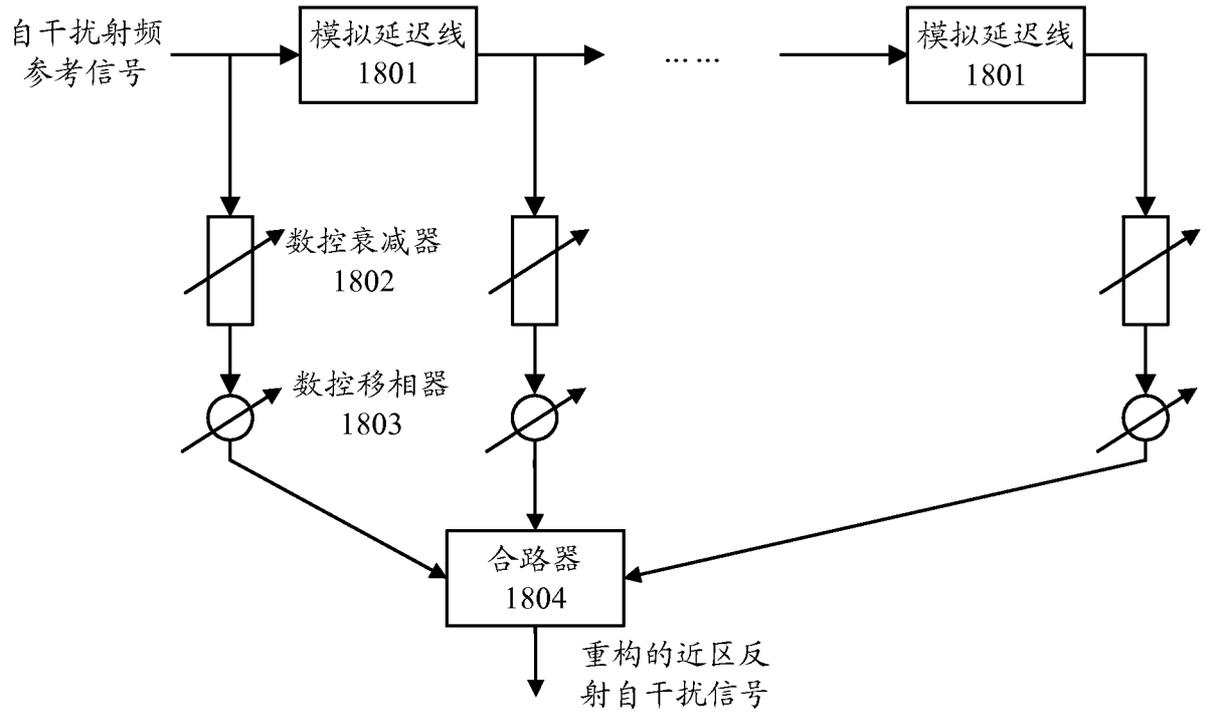


图18

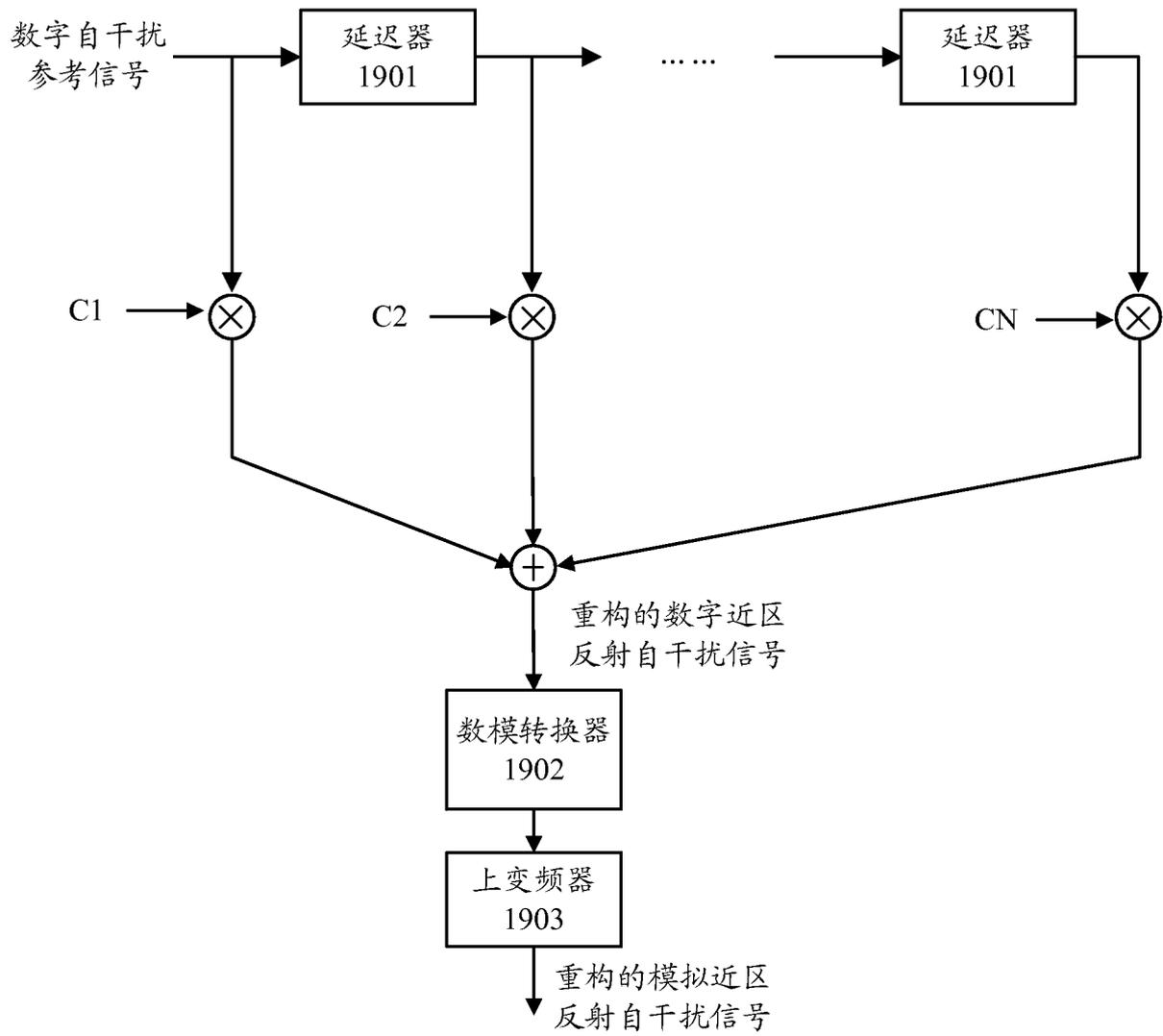


图19