



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105210306 B

(45)授权公告日 2018. 11. 30

(21)申请号 201480026301.X

(22)申请日 2014.05.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105210306 A

(43)申请公布日 2015.12.30

(30)优先权数据

10-2013-0052993 2013.05.10 KR

10-2014-0056525 2014.05.12 KR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.11.09

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2014/004233 2014.05.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/182143 EN 2014.11.13

(73)专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

(72)发明人 金赞洪 金泰莹 薛志允

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邵亚丽

(51)Int.Cl.

H04B 7/06(2006.01)

H04B 7/0408(2017.01)

H04B 7/0456(2017.01)

H04B 7/0413(2017.01)

审查员 高宇腾

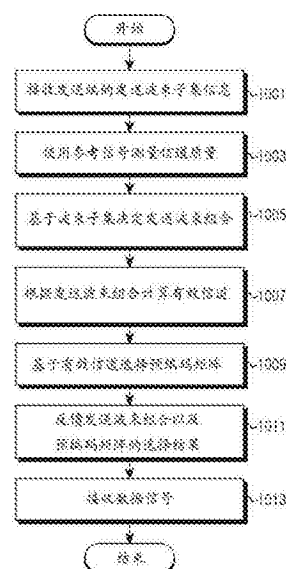
权利要求书4页 说明书20页 附图16页

(54)发明名称

无线通信系统中用于选择发送和接收波束的设备和方法

(57)摘要

一种用于操作无线通信系统中的接收端的方法包括:从发送端接收关于发送端的模拟波束的子集信息,和基于子集信息确定将用于向接收端进行数据信号传输的发送波束的组合,其中,子集信息指示模拟波束被归类成的至少一个子集,并且至少一个子集的每个模拟波束与另一个波束的相关性等于或小于阈值。一种用于接收端的设备包括:配置成从发送端接收关于发送端的模拟波束的子集信息的通信单元,和配置成基于子集信息确定将用于向接收端进行数据信号传输的发送波束的组的控制器。



1. 一种操作无线通信系统中的接收设备的方法,该方法包括:
从发送设备接收关于所述发送设备的模拟波束的子集信息;和
发送关于基于所述子集信息确定的将用于向所述接收设备进行数据信号传输的发送波束的组合的信息,

其中,所述子集信息指示以下中的一项:模拟波束被归类到其中的至少一个子集,和用于归类所述至少一个子集的信息,并且

其中,所述至少一个子集中的每个模拟波束与所述至少一个子集中的另一个模拟波束之间的相关性等于或小于阈值。

2. 如权利要求1所述的方法,其中发送波束的组合属于同一个子集,并且被空间复用。

3. 如权利要求2所述的方法,其中确定发送波束的组合包括:

识别在每个子集中提供最佳信道质量的一定数目的模拟波束,其中所述模拟波束的数目与复用阶数相对应;

确定在每个子集中识别的所述数目的模拟波束的信道质量和,并且

将在每个子集中具有最大信道质量和的模拟波束指定为发送波束的组合。

4. 如权利要求1所述的方法,其中发送波束的组合包括在所有发送波束当中提供最大信道质量值的发送波束,使得发送波束之间的相关性小于阈值,

其中发送波束的组合是用于空间复用的波束组合,并且

其中所述发送波束的数目等于复用阶数。

5. 如权利要求4所述的方法,其中确定发送波束的组合包括:

在所述发送设备的所有模拟波束当中选择具有最大信道质量的第一波束;

将所述第一波束按照较高信道质量的顺序与剩余波束中的每一个波束相比较;

如果所述第一波束与所述剩余波束中的一个波束之间的相关性等于或大于所述阈值,则将所述一个波束排除到发送波束的组合以外;并且

如果所述相关性小于所述阈值,则将所述一个波束包括在发送波束的组合中。

6. 如权利要求1所述的方法,其中发送波束的组合属于用于分集的不同子集。

7. 如权利要求6所述的方法,其中所述确定发送波束的组合包括:

在所述发送设备的所有模拟波束当中选择具有最大信道质量的第一波束;

将所述第一波束按照较高信道质量的顺序与剩余模拟波束中的每个波束相比较;

如果一个剩余模拟波束属于与所述第一波束相同的子集,则将所述一个剩余模拟波束排除到发送波束的组合以外;并且

如果所述一个剩余模拟波束不属于与所述第一波束相同的子集,则将所述一个模拟波束包括在发送波束的组合中。

8. 如权利要求1所述的方法,其中作为用于分集的波束组合,发送波束的组合包括发送波束的一个子集或者在所有发送波束当中具有最大信道质量值的一定数目的发送波束,其中所述发送波束的数目等于分集阶数。

9. 如权利要求1所述的方法,其中所述子集信息包括以下中的至少一项:构成所述发送设备的模拟波束系数的幅度和相位值向量的集合、代表所述发送设备的模拟波束系数的转向角值的集合和代表所述发送设备的归类子集根据多输入多输出(MIMO)模式的位图。

10. 如权利要求9所述的方法,进一步包括:

确定归类发送波束的子集,使得所述子集的所有对两个发送波束的相关性等于或小于所述阈值。

11.如权利要求1所述的方法,其中所述至少一个子集是根据多输入多输出(MIMO)模式来区别性地确定的。

12.如权利要求1所述的方法,其中所述子集信息是作为周期性广播的系统信息接收的,或者是在初始访问进程期间接收的,或者是在所述初始访问进程之后接收的,或者是作为在切换进程期间交换的系统信息接收的。

13.如权利要求1所述的方法,进一步包括:

使用所述发送设备发送的至少一个参考信号,通过发送波束测量信道质量。

14.如权利要求1所述的方法,进一步包括:

根据发送波束的组合确定有效信道;

基于所述有效信道选择用于数字波束成形的预编码矩阵;

向所述发送设备发送发送波束的组合和所选择的预编码矩阵;和

接收通过所述预编码矩阵进行数字波束成形的和通过所述发送设备中的发送波束的组合进行模拟波束成形的数据信号。

15.一种操作无线通信系统中的发送设备的方法,该方法包括:

发送关于所述发送设备的模拟波束的子集信息;

从接收设备接收关于基于所述子集信息确定的发送波束的组的信息;和

向所述接收设备发送使用发送波束的组合进行模拟波束成形的数据信号,

其中所述子集信息指示以下中的一项:模拟波束被归类到其中的至少一个子集,和用于归类所述至少一个子集的信息,并且

其中,所述至少一个子集中的每个模拟波束与所述至少一个子集中的另一个模拟波束之间的相关性等于或小于阈值。

16.如权利要求15所述的方法,其中发送波束的组合属于同一个子集,并且被空间复用。

17.如权利要求15所述的方法,其中发送波束的组合属于用于分集的不同子集。

18.如权利要求15所述的方法,其中所述子集信息包括以下中的至少一项:构成所述发送设备的模拟波束系数的幅度和相位值向量的集合、代表所述发送设备的模拟波束系数的转向角值的集合和代表所述发送设备的归类子集根据MIMO模式的位图。

19.如权利要求15所述的方法,其中所述子集信息包括依照MIMO模式的不同的子集。

20.如权利要求15所述的方法,其中所述子集信息是作为周期性广播的系统信息接收的,或者是在初始访问进程期间接收的,或者是在所述初始访问进程之后接收的,或者是作为在切换进程期间交换的系统信息接收的。

21.一种用于无线通信系统中的接收设备的设备,该设备包括:

接收单元,其配置成从发送设备接收关于所述发送设备的模拟波束的子集信息;和

发送单元,其配置成发送关于基于所述子集信息确定的将用于向所述接收设备进行数据信号传输的发送波束的组的信息,

其中,所述子集信息指示以下中的一项:模拟波束被归类到其中的至少一个子集,和用于归类所述至少一个子集的信息,并且

其中,所述至少一个子集中的每个模拟波束与所述至少一个子集中的另一个模拟波束之间的相关性等于或小于阈值。

22.如权利要求21所述的设备,其中发送波束的组合属于同一个子集,并且被空间复用。

23.如权利要求22所述的设备,进一步包括:

控制器,其配置成:

识别提供最佳信道质量的模拟波束的子集,计算每个子集的模拟波束的信道质量和,并且将具有最大信道质量和的子集确定为发送波束的组合。

24.如权利要求21所述的设备,其中发送波束的组合包括在所有发送波束当中提供最大信道质量值的发送波束,使得发送波束之间的相关性小于阈值,

其中发送波束的组合是用于空间复用的波束组合,并且

其中所述发送波束的数目等于复用阶数。

25.如权利要求24所述的设备,进一步包括:

控制器,其配置成:

在所述发送设备的所有模拟波束当中选择具有最大信道质量的第一波束;

将所述第一波束按照较高信道质量的顺序与剩余波束中的每一个波束相比较;

如果所述第一波束与所述剩余波束中的一个波束之间的相关性等于或大于所述阈值,则将所述剩余波束中的所述一个波束排除到发送波束的组合以外;并且

如果所述相关性小于所述阈值,则将所述剩余波束中的所述一个波束包括在发送波束的组合中。

26.如权利要求21所述的设备,其中发送波束的组合属于用于分集的不同子集。

27.如权利要求26所述的设备,进一步包括:

控制器,其配置成:

在所述发送设备的所有模拟波束当中选择具有最大信道质量的第一波束;

将所述第一波束按照较高信道质量的顺序与剩余波束中的每一个波束相比较;

如果所述剩余模拟波束中的一个波束属于与所述第一波束相同的子集,则将所述剩余模拟波束中的所述一个波束排除到发送波束的组合以外;并且

如果所述剩余模拟波束中的一个波束不属于与所述第一波束相同的子集,则将所述剩余模拟波束中的所述一个波束包括在发送波束的组合中。

28.如权利要求21所述的设备,进一步包括:

控制器,其配置成:

确定发送波束的组合,其中作为用于分集的波束组合,每个发送波束属于特定子集,或者发送波束的数目与分集阶数相同以便获得最大信道质量。

29.如权利要求21所述的设备,其中所述子集信息包括以下中的至少一项:构成所述发送设备的模拟波束系数的幅度和相位值向量的集合、代表所述发送设备的模拟波束系数的转向角值的集合和代表所述发送设备的归类子集根据多输入多输出(MIMO)模式的位图。

30.如权利要求29所述的设备,进一步包括:

控制器,其配置成:

确定归类发送波束的子集,使得所述子集的所有对两个发送波束的相关性等于或小于

所述阈值。

31. 如权利要求21所述的设备,其中所述至少一个子集是根据多输入多输出(MIMO)模式来区别性地确定的。

32. 如权利要求21所述的设备,其中所述子集信息是作为周期性广播的系统信息接收的,或者是在初始访问进程期间接收的,或者是在所述初始访问进程之后接收的,或者是作为在切换进程期间交换的系统信息接收的。

33. 如权利要求21所述的设备,进一步包括:

控制器,其配置成:

使用所述发送设备发送的至少一个参考信号,通过发送波束测量信道质量。

34. 如权利要求21所述的设备,进一步包括:

控制器,其配置成:

根据发送波束的组合计算有效信道;和

基于所述有效信道选择用于数字波束成形的预编码矩阵,并且

其中所述发送单元配置成向所述发送设备发送发送波束的组合和所选择的预编码矩阵;并且

其中所述接收单元配置成接收通过所述预编码矩阵进行数字波束成形的和通过所述发送设备中的发送波束的组合进行模拟波束成形的数据信号。

35. 一种用于无线通信系统中的发送设备的设备,该设备包括:

发送单元,其配置成发送关于所述发送设备的模拟波束的子集信息;和

接收单元,其配置成从接收设备接收关于基于所述子集信息确定的发送波束的组的信息;并且

其中所述发送单元进一步配置成向接收设备发送使用发送波束的组合进行模拟波束成形的数据信号,

其中所述子集信息指示以下中的一项:模拟波束被归类到其中的至少一个子集,和用于归类所述至少一个子集的信息,并且

其中,所述至少一个子集中的每个模拟波束与所述至少一个子集中的另一个模拟波束之间的相关性等于或小于阈值。

36. 如权利要求35所述的设备,其中发送波束的组合属于同一个子集,并且被空间复用。

37. 如权利要求35所述的设备,其中发送波束的组合属于用于分集的不同子集。

38. 如权利要求35所述的设备,其中所述子集信息包括以下中的至少一项:构成所述发送设备的模拟波束系数的幅度和相位值向量的集合、代表所述发送设备的模拟波束系数的转向角值的集合和代表所述发送设备的归类子集根据MIMO模式的位图。

39. 如权利要求35所述的设备,其中所述子集信息包括依照MIMO模式归类结果的不同的子集。

40. 如权利要求35所述的设备,其中所述子集信息是作为周期性广播的系统信息接收的,或者是在初始访问进程期间接收的,或者是在所述初始访问进程之后接收的,或者是作为在切换进程期间交换的系统信息接收的。

无线通信系统中用于选择发送和接收波束的设备和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及无线通信系统中的波束成形。

背景技术

[0002] 现今,无线通信网络的数据使用量呈几何级增长。据此,超四代(4G)移动通信技术不得不甚至是在户外环境中也要支持千兆字节级通信。用于此的最突出的候选技术是毫米(mm)波段的波束成形技术。与现有的低频波段相比,毫米波段具有能够使用宽带的优点。但是,毫米波段还具有信道衰减高的缺点。波束成形是通过使用多个天线能够增强特定方向的信号的强度的技术。过去,在波束成形方面做出了许多研究。这样,由于波束的长度在高频波段处减小,波束成形可以将多个天线集成在小区域中。相应地,波束成形技术作为能够克服毫米波段的信道衰减的有效技术而再次吸引了人们的注意。

[0003] 波束成形可以实施于数字终端中,即基带,在数模(D/A)转换之后,或者在射频(RF)端中的任意位置。当波束成形在数字终端中实施时,很容易调节波束成形系数(即,信号的强度和相位)。但是,这种情况下在成本和实施方面存在困难,因为要为每个天线提供加入基带的RF链-D/A-RF。相反,当波束成形在RF端中实施时,其会导致低价,但是在精密地调节信号的强度和相位方面有困难。

[0004] 混合式波束成形是一种通过数字预编码器发送多个数据和通过RF波束成形器获得波束成形增益的方法,该方法通过仅仅由几个RF链构成基带并在每个RF链再次耦合RF波束成形器来实施。相应地,与上述的数字波束成形和模拟波束成形技术相比,混合式波束成形能够实现适当的取舍。

[0005] 混合式波束成形可以与正交频分复用(OFDM)系统相结合,并且可以实施为不同的结构。例如,多个RF链的RF波束成形器可以通过加法器连接到单个物理阵列天线。这种情况下,与每个RF链的RF波束成形器相连的阵列天线是相同的。相应地,基带基础的有效信道的相关性可以根据每个RF波束成形器的波束系数而显著增大。换言之,用于波束成形的波束之间的相关性是根据波束系数而变的。波束之间的相关性的变化可以根据所用的多输入多输出(MIMO)模式而使性能变得更差或更好。因此,混合式波束成形结构不得不提出一种替代方案,用于在考虑了波束之间的相关性后适当地选择将被实际用于数据发送/接收的波束。

发明内容

[0006] 问题的解决方案

[0007] 一种用于操作无线通信系统中的接收端的方法,该方法包括:从发送端接收关于发送端的模拟波束的子集信息,和基于子集信息确定将用于向接收端进行数据信号传输的发送波束的组合,其中,子集信息指示模拟波束被归类成的至少一个子集,并且至少一个子集的每个模拟波束彼此之间的相关性等于或小于阈值。

[0008] 在一些实施例中,发送波束的组合属于同一个子集,并且被空间复用。

[0009] 在一些实施例中,确定发送波束的组合包括:识别在每个子集中提供最佳信道质量的一定数目的模拟波束,其中该模拟波束的数目与复用阶数相对应;计算在每个子集中识别的所述数目的模拟波束的信道质量和,并且将在每个子集中具有最大信道质量和的模拟波束指定为所述发送波束的组合。

[0010] 在一些实施例中,发送波束的组合包括在所有发送波束当中提供最大信道质量值的一定数目的发送波束,作为用于空间复用的波束组合,每个发送波束具有小于阈值的相关性,其中所述发送波束的数目等于复用阶数。

[0011] 在一些实施例中,确定发送波束的组合包括:在发送端的所有模拟波束当中选择具有最大信道质量的第一波束,将第一波束按照较高信道质量的顺序与剩余波束中的每一个波束相比较,如果第一波束与所述剩余波束中的一个波束之间的相关性等于或大于阈值,则将所述一个波束排除到发送波束的组合以外,并且如果相关性小于阈值,则将所述一个波束包括在发送波束的组合中。

[0012] 在一些实施例中,确定发送波束的组合,其中每个发送波束属于用于分集的不同子集。

[0013] 在一些实施例中,确定发送波束的组合包括:在发送端的所有模拟波束当中选择具有最大信道质量的第一波束,将第一波束按照较高信道质量的顺序与剩余模拟波束中的每一个波束相比较,如果一个剩余模拟波束属于与第一波束相同的子集,则将所述一个剩余模拟波束排除到发送波束的组合以外,并且如果一个剩余模拟波束不属于与所述第一波束相同的子集,则将所述一个模拟波束包括在发送波束的组合中。

[0014] 在一些实施例中,作为用于分集的发送波束组合,发送波束的组合包括一个子集的发送波束或者在所有发送波束当中具有最大信道质量值的一定数目的发送波束,其中所述发送波束的数目等于分集阶数。

[0015] 在一些实施例中,子集信息包括以下中的至少一项:构成发送端的模拟波束系数的幅度和相位值向量的集合、代表发送端的模拟波束系数的转向角值的集合和代表发送端被归类的子集根据多输入多输出(MIMO)模式的位图。

[0016] 在一些实施例中,所述方法进一步包括:通过发送端确定对发送波束进行归类的子集,使得所述子集的所有对两个发送波束的相关性等于或小于阈值。

[0017] 在一些实施例中,所述至少一个子集是根据多输入多输出(MIMO)模式来区别性地确定的。

[0018] 在一些实施例中,所述子集信息是作为周期性广播的系统信息接收的,或者是在初始访问进程期间接收的,或者是在所述初始访问进程之后接收的,或者是作为在切换进程期间交换的系统信息接收的。

[0019] 在一些实施例中,所述方法进一步包括:使用所述发送端发送的至少一个参考信号,通过发送波束测量信道质量。

[0020] 在一些实施例中,所述方法进一步包括:根据发送波束的组合确定有效信道,基于有效信道选择用于数字波束成形的预编码矩阵,向发送端发送发送波束的组合和选择的预编码矩阵,和接收通过预编码矩阵进行数字波束成形的和通过发送端中的发送波束的组合进行模拟波束成形的数字信号。

[0021] 一种用于操作无线通信系统中的发送端的方法,该方法包括:发送关于发送端的

模拟波束的子集信息,从接收端接收基于子集信息确定的发送波束的组合,和通过使用发送波束的组合,针对向接收端进行的数据信号发送执行模拟波束成形,其中子集信息指示所述模拟波束被归类成的至少一个子集,并且至少一个子集的每个模拟波束彼此之间的相关性等于或小于阈值。

[0022] 在一些实施例中,发送波束的组合属于同一个子集并且被空间复用。

[0023] 在一些实施例中,发送波束的组合属于用于分集的不同子集。

[0024] 在一些实施例中,子集信息包括以下中的至少一项:构成发送端的模拟波束系数的幅度和相位值向量的集合、代表发送端的模拟波束系数的转向角值的集合和代表发送端的归类子集根据MIMO模式的位图。

[0025] 在一些实施例中,子集信息包括依照MIMO模式的不同子集。

[0026] 在一些实施例中,子集信息是作为周期性广播的系统信息接收的,或者是在初始访问进程期间接收的,或者是在所述初始访问进程之后接收的,或者是作为在切换进程期间交换的系统信息接收的。

[0027] 一种用于无线通信系统中的接收端的设备,该设备包括:配置成从发送端接收关于发送端的模拟波束的子集信息的通信单元,和配置成基于子集信息确定将用于向接收端进行数据信号传输的发送波束的组的控制器,其中,子集信息包括模拟波束被归类成的至少一个子集,并且每个模拟波束彼此之间的相关性等于或小于阈值。

[0028] 在一些实施例中,控制器配置成:识别提供最佳信道质量的模拟波束的子集,计算每个子集的模拟波束的信道质量和,并且将具有最大信道质量和的子集确定为发送波束的组合。

[0029] 在一些实施例中,控制器配置成:在发送端的所有模拟波束当中选择具有最大信道质量的第一波束,将第一波束按照高信道质量的顺序与剩余波束中的每一个波束相比较,如果第一波束与剩余模拟波束中的一个波束之间的相关性等于或大于阈值,则将所述剩余模拟波束中的所述一个波束排除到发送波束的组合以外,并且如果相关性小于阈值,则将所述剩余模拟波束中的所述一个波束包括在发送波束的组合中。

[0030] 在一些实施例中,控制器配置成:在发送端的所有模拟波束当中选择具有最大信道质量的第一波束,将第一波束按照高信道质量的顺序与剩余模拟波束中的每一个波束相比较,如果一个剩余模拟波束属于与第一波束相同的子集,则将所述一个剩余模拟波束排除到发送波束的组合以外,并且如果一个剩余波束不属于与所述第一波束相同的子集,则将所述一个模拟波束包括在发送波束的组合中。

[0031] 在一些实施例中,控制器配置成:确定发送波束的组合,其中当波束组合用于分集时,每个发送波束属于特定子集,或者发送波束的数目与分集阶数相同以便获得最大信道质量。

[0032] 在一些实施例中,控制器配置成:通过发送端确定对发送波束进行归类的子集,使得子集中的所有对两个发送波束的相关性均等于或小于阈值。

[0033] 在一些实施例中,控制器配置成:使用由发送端发送的至少一个参考信号,通过发送波束测量信道质量。

[0034] 在一些实施例中,控制器配置成:根据发送波束的组合计算有效信道,和基于有效信道选择用于数字波束成形的预编码矩阵,并且其中通信单元配置成:向发送端发送所述

发送波束的组合和选择的预编码矩阵,和接收通过所述预编码矩阵进行数字波束成形的和通过所述发送端中的发送波束的组合进行模拟波束成形的数据信号。

[0035] 一种用于无线通信系统中的发送端的设备,该设备包括:配置成发送关于发送端的模拟波束的子集信息和从接收端接收基于子集信息确定的发送波束的组合的通信单元,和配置成通过使用发送波束的组合对向接收端的数据信号传输执行模拟波束成形的控制器,其中子集信息指示模拟波束被归类成的至少一个子集,并且至少一个子集的每个模拟波束彼此之间的相关性等于或小于阈值。

[0036] 在进行以下的具体实施方式以前,阐明对本专利文档的通篇所用的某些词语和短语的定义是有利的:术语“包括”和“包含”以及其派生词,表示内含物而没有限制意义;术语“或”是包含性的,意味着和/或者;短语“与……相关联”和“与之相关联”以及其派生词可以旨在包括、被包括在内、互连、包含、被包含在内、连接至或相连、耦接至或相耦接、可与……通信、与……配合、交错、并置、邻近、密切关系到或有密切关系、具有、具有性质等等;术语“控制器”表示控制至少一个操作的任意装置、系统或其一部分,这样的装置可以实施为硬件、固件或软件,或其中的至少两者的一些组合。应注意到,与任意特定控制器相关联的功能可以在本地或在远程被集中化或分散开。在本专利文献中提供的关于某些词语或术语的定义,本领域普通技术任意应理解,在一些示例中,如果不是大多数示例中,这样的定义应用于现有技术,以及这样定义的词语和术语的未来应用。

附图说明

[0037] 为了更透彻地理解本公开和其优点,现在要参考结合附图做出的以下描述,在附图中相似的附图标记代表相似的部分:

[0038] 图1示出了根据本公开的实施例的混合式波束成形结构;

[0039] 图2示出了根据本公开的另一个实施例的混合式波束成形结构;

[0040] 图3示出了根据本公开的进一步的实施例的混合式波束成形结构;

[0041] 图4至图8示出了根据本公开的实施例的在无线通信系统中对子集信息的发送的示例;

[0042] 图9A和图9B示出了根据本公开的实施例的在无线通信系统中的子集信息的构造的示例;

[0043] 图10示出了根据本公开的实施例的在无线通信系统中接收端的操作进程;

[0044] 图11示出了根据本公开的实施例的在无线通信系统中发送端的操作进程;

[0045] 图12示出了根据本公开的实施例的在无线通信系统中的接收端中确定波束组合的进程;

[0046] 图13示出了根据本公开的另一个实施例的在无线通信系统中的接收端中确定波束组合的进程;

[0047] 图14示出了根据本公开的进一步的实施例的在无线通信系统中的接收端中确定波束组合的进程;

[0048] 图15示出了根据本公开的再另一个实施例的在无线通信系统中的接收端中确定波束组合的进程;

[0049] 图16是根据本公开的另一个实施例的在无线通信系统中的发送端的构造的框图;

以及

[0050] 图17是根据本公开的另一个实施例的在无线通信系统中的接收端的构造的框图。

具体实施方式

[0051] 在本篇专利文档中以下讨论的图1至图17以及用于描述本公开的原理的各个实施例仅仅用作说明的目的,而不应以任何方式解释成对本公开的范围进行限制。本领域技术人员将理解本公开的原理可以任何适当布置的电信技术来实施。以下将参考附图在本文中描述本公开的优选实施例。在以下描述中,将不会详细描述公知的功能或构造,因为它们的不必要的细节会模糊本公开。并且,以下描述的术语,作为在本公开中限定的考虑的功能,可以依照用户和操作者的目的或实践进行修改。因此,在本说明书的通篇中应根据公开内容对术语进行限定。

[0052] 以下,本公开描述了在利用混合式波束成形的无线通信系统中用于为波束成形选择波束的技术。以下,本公开描述了正交频分复用/正交频分多址 (OFDM/OFDMA) 无线通信系统。

[0053] 图1示出了根据本公开的示例性实施例的混合式波束成形结构。

[0054] 参考图1,混合式波束成形是通过数字波束成形功能块110、链功能块120和模拟波束成形功能块130执行的。详细地说,数字波束成形功能块110包括多输入多输出 (MIMO) 编码器112和基带预编码器114。链功能块120包括 'N' 个链。每个链包括快速傅里叶逆变换 (IFFT) 功能块122、并行转串行 (P/S) 功能块124,和数模转换器 (DAC) 126。模拟波束成形功能块130包括 'N' 个混合器132-1至132-N、由 $(N \times K)$ 个相位和幅度转换元件构成的RF波束成形器134-11至134-NK、'K' 个加法器136-1至136-K、'K' 个功率放大器 (PA) 138-1至138-K,和具有 'K' 个信号辐射元件的阵列天线140。图1中所示的混合式波束成形结构仅仅是一个示例,并且其具体构造可以不同方式实施。

[0055] 如图1中所示,混合式波束成形可以与OFDM传输技术相结合。参考图1,多个链120的RF波束成形器134-11至134-NK可以通过加法器136-1至136-K连接至一个物理阵列天线140。这种情况下,不同的模拟波束可以在 'N' 个链中逐个形成,并且诸如分集、空间复用等等这样的现有MIMO技术可以在基带基础上通过MIMO编码器112和基带预编码器114来执行。并且,考虑到发送/接收反馈数量,可以将基带预编码器114中支持的预编码的种类和在RF波束成形器134-11至134-NK中支持的波束的种类限制成有限数量。此时,基带预编码器114可以对应于基于码书的优选矩阵索引 (Preferred Matrix Index) (PMI),并且RF波束成形器134-11至134-NK需要新的反馈,诸如波束索引。

[0056] 根据图1的结构,与每个链的RF波束成形器相连的阵列天线是相同的。详细地说,不同链的信号是由不同的RF波束成形器来执行模拟波束成形的,并且由不同RF波束成形器生成的波束被阵列天线的天线加到一起。相应地,基带基础 (baseband basis) 的有效信道的相关性根据每个RF波束成形器的波束系数而大大增大。如果相关性增大,这可能使独立信道路径形成变得困难并且恶化MIMO传输模式 (尤其是,通过RF链发送彼此不同的数据符号的空间复用技术或通过链向彼此不同的用户发送数据符号的多用户 (MU) MIMO技术) 的性能。相反,在通过所有链发送相同的数据符号的分集模式的情况下,如果信道相关性增大,分集阶数可能减小,但是接收的信号噪声比 (SNR) 增益可能增大。因此,可以根据波束系

数调节来选择适当的取舍点(trade-off point)。在有限反馈的环境的情况下,波束系数调节可以通过在有限数目的波束当中选择特定波束来实现。相应地,为了解决这个问题,需要一种根据MIMO模式选择不同波束的方法。

[0057] 相应地,本公开提出了一种波束选择的方式,其根据MIMO发送模式考虑波束的相关性,以便改善在有限反馈的环境中的混合式波束成形系统性能。

[0058] 假设RF端的天线阵列是均匀线性阵列(ULA)形式,RF波束成形器可以仅仅调节信号的相位,RF波束成形向量可以表达为以下这样,并且在点对点的基础上一个相位值可以对应于一个波束。

$$[0059] \quad w(\theta_{ij}^t) = \frac{1}{\sqrt{N_t}} \begin{bmatrix} 1 \\ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta_{ij}^t} \\ e^{j\frac{2\pi}{\lambda} 2d \sin \theta_{ij}^t} \\ \vdots \\ e^{j\frac{2\pi}{\lambda} (N_t - 1)d \sin \theta_{ij}^t} \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0060] 其中 $w(\theta_{ij}^t)$ 表示发送端的第 i 个 RF 链的第 j 个 RF 波束成形向量, N_t 表示发送端的天线的数目,并且 θ_{ij}^t 表示发送端的第 i 个 RF 链的第 j 个波束的相位。这里, i 为等于或大于 '0' 并且等于或小于 $N_{RF}^t - 1$ 的整数值, j 为等于或大于 '0' 并且等于或小于 $N_B^t(i) - 1$ 的整数值。 N_{RF}^t 表示发送端的 RF 链的数目,并且 $N_B^t(i)$ 表示在发送端的第 i 个 RF 链中可以工作的波束的数目。

[0061] 在一般的无线通信系统中,如果发送端向接收端发送对于特定MIMO模式的信道质量信息的请求,则接收端会将信道质量指示符(CQI)、秩指数符(rank indicator)(RI)和PMI当中的至少一个信息反馈给发送端。在混合式波束成形系统的情况下,关于RF波束的信息是更需要的。接收端可以通过诸如中间码(midamble)这样的参考信号获取与发送端的所有发送波束组合对应的信道信息。当使用MIMO时,接收端可以确定每个RF链的最优发送波束组合,并将此反馈给发送端。例如,接收端可以将RF链的波束索引(BI)发送给发送端。此时,一组可能的所有波束组合可以表达为以下等式2:

$$[0062] \quad K = \left\{ \left(\theta_{0j_0}^t, \theta_{1j_1}^t, \dots, \theta_{N_{RF}^t-1, j_{N_{RF}^t-1}}^t \right) \mid j_i = 0, 1, \dots, N_B^t(i) - 1, i = 0, 1, \dots, N_{RF}^t - 1 \right\} \quad (2)$$

[0063] 其中所述表示可能的所有波束组合的集合, θ_{ij}^t 表示发送端的第 i 个 RF 链的第 j 个波束的相位, N_{RF}^t 表示发送端的 RF 链的数目,并且 $N_B^t(i)$ 表示可以在发送端的第 i 个 RF 链中工作的波束的数目。

[0064] 在可能的所有波束组合的集合中包括的元素数目,即波束组合的数目可以表达

为以下等式3

$$[0065] \quad |K| = \prod_{i=0}^{N_B^t-1} N_B^t(i) \quad (3)$$

[0066] 其中 $|K|$ 表示在可能的所有波束组合的集合中包括的元素数目， N_{RF}^t 表示发送端的RF链的数目， $N_B^t(i)$ 表示可以在发送端的第 i 个RF链中工作的波束的数目。

[0067] 任意两个传输RF链的两个波束之间的相关性可以定义为以下等式4。

$$[0068] \quad \rho_{rs}^{pq} = \left| w(\theta_{pr}^t)^H w(\theta_{qs}^t) \right| \quad (4)$$

[0069] 其中 ρ_{rs}^{pq} 表示第 p 个RF链的第 r 个RF波束与第 q 个RF链的第 s 个RF波束之间的相关性， $w(\theta_{pr}^t)$ 表示发送端的第 p 个RF链的第 r 个RF波束成形向量， $w(\theta_{qs}^t)$ 表示发送端的第 q 个RF链的第 s 个RF波束成形向量，并且 H 是埃尔米特(Hermitian)并且表示复共轭和转置。

[0070] 如果RF波束成形向量被归一化为以上的等式1，则相关性可以具有在‘0’ and ‘1’ 之间的值。两个波束之间的相关性 ρ_{rs}^{pq} 在接近‘1’时是较高的。在极端的例子中，如果两个波束具有相同的相位，则相关性会等于‘1’，而如果两个波束具有正交的相位，则相关性等于‘0’。

[0071] 本公开定义了MIMO模式的适宜相关性阈值，并且在确定发送波束组合时，从研究对象中排除了具有的相关性超过以上等式3中的 $|K|$ 个候选项当中的阈值的组合的候选项。然而，用于一些MIMO模式的相关性阈值可以是相同的。

[0072] 在对于各个链来说波束数目 $N_B^t(i)$ 均是不同并且波束相位 θ_{ij}^t 均为不同的情况下，在以下的表1中给出了确定波束组合的算法的示例。

[0073] 表1

[0074]

1	初始化	
	A	$K' = \phi$
	B	根据给定的 MIMO 模式设置阈值 ρ_{th}
2	对于 k: 0 至 $ K - 1$	
	A	第 k 个候选项: $\left(\theta_{0k}^t, \theta_{1k}^t, \dots, \theta_{(N_{RF}-1)k}^t \right)$, 设置标记 f=1
	B	对于 $\left(\theta_{0k}^t, \theta_{1k}^t, \dots, \theta_{(N_{RF}-1)k}^t \right)$ 内的两个波束 θ_{pr}^t 和 θ_{qs}^t 的所有组合, (组合的总数 = $\left(\frac{N_{RF}}{2} \right)$)
	i	如果 $\rho_{rs}^{pq} > \rho_{th}$, 则设置 f=0, 并且跳出循环 B
	C	如果 f=1, 则 $K' \leftarrow K' \cup \left\{ \left(\theta_{0k}^t, \theta_{1k}^t, \dots, \theta_{(N_{RF}-1)k}^t \right) \right\}$
3	将 K' 存储在存储器中	
4	在接收到参考信号之后, 根据给定准则选择 K' 中的最优候选项	

[0075] 在以上表1中,在步骤4的情况下,找到最优波束组合的标准可以定义为有效SINR最大化、互信息(相互容量)最大化和最小SNR最大化当中的一项或两项的组合。

[0076] 即,如以上表1中所示,每个子集定义为使得属于该子集的波束当中的所有对两个波束的相关性均等于或小于阈值。这里,阈值是按照要求定义的,使得包括在子集中的发送波束的数目的变化并不会过大。为了得到同一个结果,可以使用与以上表1不同的算法。

[0077] 考虑到实施RF波束成形器的复杂度和其BI反馈的效率,还可以有这样的示例性实施例:在发送端的所有RF链中使用相同数目的波束并且对每个链生成的波束的偶相位(even phase)做出相同设置。即,可以设置成如下这样:

$$[0078] \quad N_B^t(0) = N_B^t(1) = \dots = N_B^t(N_{RF}^t - 1) = N_B^t, \theta_0^t = \theta_1^t = \dots = \theta_{(N_{RF}^t-1)}^t = \theta_f^t$$

[0079] 这种情况下,一个给定的发送波束集 $\Theta^t = \{ \theta_0^t, \theta_1^t, \dots, \theta_{(N_{RF}^t-1)}^t \}$ 合可以根据相关性基础而被分类成几个子集。这种情况下,确定波束组合的算法的示例为如下表2中所示的那样。

[0080] 表2

[0081]

1	初始化	
	A	$\Theta^t = \{\theta_0^t, \theta_1^t, \dots, \theta_{(N_s-1)}^t\}$
	B	根据给定的 MIMO 模式设置阈值 ρ_{th}
	C	$i \leftarrow 0$
2	在 $\Theta^t \neq \emptyset$ 期间, 执行以下 A 至 D	
	A	产生新子集 Θ_i , 并选择特定的 θ_c^t ($\theta_c^t \in \Theta^t$)
	B	设置 $\Theta_i = \{\theta_c^t\}$, 和 $\Theta^t = \Theta^t - \{\theta_c^t\}$
	C	如果 $\Theta^t \neq \emptyset$, 则在 $\Theta^t \neq \emptyset$ 期间执行 i 和 ii
	i	选择某个 θ_d^t ($\theta_d^t \in \Theta^t$)
	ii	如果 $\rho_{cd} < \rho_{th}$, 则 $\Theta_i = \Theta_i \cup \{\theta_d^t\}$ 并且 $\Theta^t = \Theta^t - \{\theta_d^t\}$
3	将所有 Θ_i 存储在存储器中	
	在接收到参考信号之后, 根据给定准则搜索每个 Θ_i 中的最优候选项, 并在搜索到的候选项当中再次选择最优候选项。	

[0082] 即, 如在以上表2中, 每个子集定义为使得属于该子集的波束当中所有对两个波束的相关性均等于或小于阈值。为了取得相同的结果, 可以使用与以上表2不同的算法。

[0083] 上述的用于确定子集的示例性实施例已经基于图1中的混合式波束成形结构进行了描述。有别于图1, 依照本公开的另一个示例性实施例, 可以使用图2或以下图3的混合式波束成形结构。

[0084] 图2示出了依照本公开的另一个示例性实施例的混合式波束成形结构。图2举例说明了其中数字路径与一个子阵列天线相连的结构。

[0085] 参考图2, 混合式波束成形是通过数字波束成形功能块210、链功能块220和模拟波束成形功能块230执行的。具体地说, 数字波束成形功能块210包括MIMO编码器212和基带预编码器214。链功能块220包括‘N’个链。每个链包括IFFT功能块222、P/S功能块224和DAC 226。模拟波束成形功能块230包括‘N’个混合器232-1至232-N、由 $(N \times K)$ 个相位和幅度转换元件构成的RF波束成形器234-11至234-NK、‘K’个PA 238-1至238-K, 和具有‘K’个信号辐射元件的子阵列天线240-1至240-M。在图2的波束成形结构中, 在链功能块220 (230→220) 内的RF链各自具有独立的子阵列天线240。

[0086] 图3示出了根据本申请的进一步示例性实施例的混合式波束成形结构。图3举例说明了其中每个数字路径与所有子阵列天线相连的结构。

[0087] 参考图3,混合式波束成形是通过数字波束成形功能块310、链功能块320和模拟波束成形功能块330执行的。具体地说,数字波束成形功能块310包括MIMO编码器312和基带预编码器314。链功能块320包括‘N’个链。每个链包括IFFT功能块322、P/S功能块324和DAC 326。模拟波束成形功能块330包括‘N’个混合器332-1至332-N、由(N×K)个相位和幅度转换元件构成的RF波束成形器334-11至334-NK、‘K’个加法器336-1至336-K、‘K’个PA 338-1至338-K,和具有‘K’个信号辐射元件的子阵列天线340-1至340-M。

[0088] 图3的结构是能够支持图1和图2中的所有结构的通用结构的示例。例如,如果图3的结构仅使用一个天线,则其能够是类似于图1的结构。并且,在图3的结构中,在RF链的数目和天线的数目被变成一样之后,如果非零的波束成形系数仅应用于相互对应的路径并且零(0)系数被应用于剩余路径,则其可以是类似于图2的结构。这里,对零(0)系数的应用包括断开连接。

[0089] 在图3中的混合式波束成形结构的情况下,波束成形向量可以表示为以下等式5中的那样。

$$[0090] \quad W_{RF1} = \begin{bmatrix} \vec{W}_{11} \\ \vec{W}_{21} \\ \vec{W}_{31} \end{bmatrix}, \quad W_{RF2} = \begin{bmatrix} \vec{W}_{21} \\ \vec{W}_{22} \\ \vec{W}_{32} \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0091] 其中 W_{RFn} 表示用于第n个RF链的波束成形向量,而 $\vec{W}_{nm}$ 表示与第n个RF链和第m个子阵列天线对应的波束成形向量。

[0092] 以上的等式5举例说明了在RF链的数目等于‘2’而子阵列天线的数目等于‘3’的情况下的波束成形向量。这种情况下,波束成形向量之间的相关性可以按照以下等式6中那样确定。

$$[0093] \quad \rho = |W_{RF1}^H W_{RF2}| = |\vec{W}_{11}^H \vec{W}_{21} + \vec{W}_{21}^H \vec{W}_{22} + \vec{W}_{31}^H \vec{W}_{32}| \neq 0 \quad (6)$$

[0094] 其中p表示波束成形向量之间的相关性, W_{RFn} 表示用于第n个RF链的波束成形向量,而 $\vec{W}_{nm}$ 表示与第n个RF链和第m个子阵列天线对应的波束成形向量。

[0095] 如果波束子集的有限数目是由每个子阵列定义的,在总的波束成形向量通过由子阵列天线将波束彼此组合而与以上等式5相类似的方式构造之后,可以根据上述方法在相关性的基础上确定子集。

[0096] 以上等式1的RF波束成形向量可以用通式表示成如以下等式7那样。

$$[0097] \quad W_{RF1} = \begin{bmatrix} \vec{W}_{11} \\ \vec{W}_{21} \\ \vdots \\ \vec{W}_{N_t^{\text{SA}}1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

[0098] 其中 W_{RFn} 表示用于第 n 个RF链的波束成形向量, $\vec{W}_{nm}$ 表示与第 n 个RF链和第 m 个子阵列天线对应的波束成形向量, 并且 N_t^{SA} 表示子阵列天线的数目。

[0099] 以上等式7中给出的每个 $\vec{W}_{nm}$ 对应于以上等式1中表达的波束成形向量。在以上等式7中, 如果 N_t^{SA} 等于‘1’, 则构造出被施加到图1中的波束成形结构的波束成形向量。

[0100] 并且, 以上等式2和等式3中的 $N_B^t(i)$ 可以定义为以下等式8中的那样。

$$[0101] \quad N_B^t(i) = N_B^{\text{SA}1} \times N_B^{\text{SA}2} \times \dots \times N_B^{\text{SA}N_t^{\text{SA}}} \quad (8)$$

[0102] 其中 $N_B^t(i)$ 表示可以在发送端的第 i 个RF链中工作的波束的数目, $N_B^{\text{SA}m}$ 表示可以在第 m 个子阵列天线中工作的波束的数目, 并且 N_t^{SA} 表示子阵列天线的数目。

[0103] 即, 参考以上等式8, 可以在第 i 个RF链中工作的波束的数目可以表达为波束的数目乘以子阵列。相应地, 在图1中的混合式波束成形结构的情况下, N_t^{SA} 等于‘1’。

[0104] 如上所述, 波束的子集是根据波束之间的相关性确定的。具体地说, 由相关性小于阈值的波束构成的至少一个子集是依照以上的表1和以上的表2的算法确定的。此时, 不同的子集可以通过MIMO模式构造。换言之, 全部波束被归类为至少一个子集。此时, 不同的子集归类可以依照MIMO模式来确定。例如, 当特定的两个波束‘b1’和‘b2’存在时, 在空间复用模式的情况下, 波束‘b1’和‘b2’可以属于同一个子集, 但是在分集模式的情况下, 波束‘b1’和‘b2’可以属于不同的子集。

[0105] 至少一个子集可以为基站(BS)的发送波束确定, 或者可以为BS的接收波束确定。这种情况下, 至少一个子集是在考虑了BS的硬件特性, 诸如RF链、阵列天线等等的情况下确定的。并且, 至少一个子集可以为终端的发送波束确定, 或者可以为终端的接收波束确定。这种情况下, 至少一个子集是在考虑了终端的硬件特性, 诸如RF链、阵列天线等等的情况下确定的。相应地, 子集可以被确定, 并且可以之前在BS和终端的制造处理中被存储起来。

[0106] 如果使用了波束的子集, BS和终端可以在考虑了相关性的情况下执行波束选择。例如, 如果在波束之间的相关性降低时以MIMO模式工作具有最佳性能, BS和终端可以使用某个时间资源或频率资源范围内同一个子集内的波束的组合。相反, 如果在波束之间的相关性增强时以MIMO模式工作具有最佳性能, 则BS和终端可以使用某个时间资源或频率资源范围内不同子集内的波束的组合。

[0107] 该子集可以对应于帧或子帧。例如,BS可以仅仅支持在特定子帧内同一个子集的波束。也就是,BS可以限制对于每个子帧可以工作的波束。此时,对所用的波束进行选择的标准可以是子集。

[0108] 根据本公开的示例性实施例,即使在不共享关于BS和终端自身的波束的子集信息的情况下,BS和终端也可以使用如上的子集。例如,如果用于发送波束成形的发送波束是由发送端选择的,尽管发送端不将关于发送端的发送波束的子集信息提供给接收端,发送端可以在考虑了子集的情况下选择多个波束。相反,尽管对用于发送波束成形的发送波束的选择是由接收端执行的,如果发送端的模拟波束集合已经在之前确定,接收端可以确定发送端的发送波束的相关性,而不必将发送端的信令分离开。据此,接收端可以在确定出的相关性的基础上确定由发送端的MIMO模式所用的子集,并将确定出的子集存储在存储器中。后来,如果BS为了下行链路传输请求对于特定MIMO模式的BI和PMI反馈,则接收端可以使用自身确定的子集信息。

[0109] 根据本公开的另一个示例性实施例,为了上述的子集应用,发送端和接收端不得不共享子集信息。例如,在发送端的模拟波束集合没有之前确定的情况下,例如,在因为发送端的模拟波束集合可能根据制造公司而不同所以应将发送端的子集信息通知给接收端的情况下,子集信息可以通过例如信令来交换。具体地说,用于识别至少一个子集的信息和用于识别每个子集中包括的波束的信息可以通过信令转发。此外,包括波束的波束系数的波束向量可以被转发。这里,波束系数可以表达为幅度和相位的组合。

[0110] 如果发送端是BS,子集信息可以按照如下这样发送。例如,BS可以通过广播信道周期性地发送子集信息。参考图4,在步骤401中,BS 410将包括子集信息的周期性广播消息发送给终端420。这里,广播消息可以是系统信息。对于另一个示例,在打开电源时终端420执行初始访问之后,BS 410可以将子集信息发送给终端420。参考图5,在步骤501中,BS 510和终端520执行初始访问进程。在初始访问进程之后,在步骤503中,BS 510将子集信息发送给终端520。然而,不同于图5,对子集信息的发送可以作为一部分包括在初始访问进程中。另举一例,BS 510可以包括在切换时进入目标BS的过程中发送的系统信息中的子集信息。参考图6,在步骤601中,服务BS 610-1、目标BS 610-2和终端620执行终端620的切换进程。在切换进程期间,在步骤603之中,目标BS 610-2将子集信息发送给终端620。在由终端发送子集信息的情况下,例如,在图5和图6的情况下,BS可以识别可以在终端中工作的MIMO模式,以及仅仅以可以在终端中工作的MIMO模式发送子集信息。

[0111] 如果发送端是终端,换言之,如果终端在上行链路中将多个波束发送给BS,子集信息可以按以下那样被发送。如果每个终端被给定一个能够各自发送其自身波束的参考信号持续时间,在终端进入BS并且形成传输信道之后,终端可以将子集信息发送给BS。例如,终端可以通过初始入网进程(initial entry procedure)将子集信息发送给BS。参考图7,在步骤701中,终端720和BS 710执行初始入网进程。此时,在初始入网进程期间,在步骤703中,终端720向BS 710发送子集信息。另举一例,在切换时交换系统信息的过程中,终端720可以将子集信息发送给BS 710。参考图8,在步骤801中,服务BS 810-1、目标BS 810-2和终端820执行终端820的切换进程。

[0112] 在切换进程期间,在步骤803中,终端820向目标BS 810-2发送子集信息。之后,如果目标BS 810-2从终端820接收到上行链路数据发送请求,目标BS 810-2可以将声音信道

(sounding channel) 分配给终端820,接收波束参考信号,在先前存储的子集信息的基础上选择最优波束和码书组合,并将通知最优波束和码书组合的信息与上行链路资源分配信息一起发送给终端820。据此,终端820通过使用在子集信息的基础上选择的最优波束和码书组合来执行多波束传输。

[0113] 在子集信息通过信号发送的情况下,子集信息的具体形式可以以各种方式构造。例如,子集信息可以构造成如图9A和图9B中的那样。

[0114] 图9A和图9B示出了在根据本公开的示例性实施例的无线通信系统中的子集信息的构造的示例。图9A示出了包括波束系数的示例性实施例,图9B示出了包括归类结果的示例性实施例。

[0115] 参考图9A,发送端可以将模拟波束系数报告给接收端,使得接收端可以依照本公开的示例性实施例自己确定子集。例如,发送端可以将自身构造波束系数所用的幅度和相位值转发给接收端。另举一例,当发送端使用ULA或以上等式1中的均匀平面矩阵(UPA)时,发送端可以仅将转向角值编码并将其发送给接收端,因为在点对点的基础上该转向角值可以使波束成形向量与一个或多个转向角值对应起来。这里,当转向角的数量是一个时,其可以定义为ULA,并且在转向角的数量是两个时,其可以定义为UPA。例如,在发送端由能够由每个链使用八个波束的ULA构成的情况下,发送端将不得不提供给接收端的信息是与每个波束对应的八个转向角值,并且对八个转向角值进行编码所必须的比特的数目可以依照所需的精确度而变。例如,假设转向角被表示为从 -60° 至 60° 的范围内间隔 10° 的角,则需要十三个级别。因此,每一个波束需要四个比特(即,十六个级别)。

[0116] 参考图9B,依照本公开的另一个示例性实施例,发送端可以通知用于识别子集的信息和用于识别包括在子集中的波束的信息。这种情况下,子集的数目和子集内波束的数目可以根据MIMO模式而变,因此用于识别子集的信息和用于识别波束的信息被编码成使得MIMO模式、子集的数目和波束的数目均可以被区分出。通常,因为可以在发送端中工作的波束的数目受诸如中间码和探测信号(sounding signal)这样的参考信号的图案(pattern)的影响,可以工作的波束的数目可以是固定的。并且,如果给出了由相同的比特数目编码相应信息的约束,则子集信息可以编码成{MIMO模式索引}-{波束的子集索引}的形式。例如,当子集的种类是诸如分集和空间复用的两个MIMO模式,子集的种类等于最大值‘2’并且发送端的波束的数目等于‘8’时,子集信息可以用九个比特($m_0m_1m_2m_3m_4m_5m_6m_7m_8$)来表示。这里,比特(m_0)是MIMO模式标识符,而剩余的八个比特(m_1 至 m_8)作为位图(bitmap),可以是每个波束所属于的子集标识符。作为具体示例,如果比特(m_0)等于‘0’,这可以表示分集,如果比特(m_0)等于‘1’,这可以表示空间复用。如果八个比特(m_1 至 m_8)等于‘01010101’,这可以代表波束1、3、5和7属于子集0,而波束2、4、6和8属于子集1。

[0117] 图10示出了根据本公开的示例性实施例在无线通信系统中的接收端的操作进程。

[0118] 参考图10,在步骤1001,接收端从发送端接收发送端的发送波束子集信息。该子集信息包括代表将发送端的模拟发送波束归类成至少一个子集的信息和用于确定子集的信息中的信息之一。例如,如果接收端是终端,则接收端可以在接收端的初始访问过程期间接收子集信息,或者在接收端的初始访问不久以后接收子集信息,或者从BS广播的系统信息获得子集信息,或者在接收端的切换进程期间接收子集信息。另举一例,如果接收端是BS,则接收端可以在发送端的初始访问过程期间接收子集信息,或者在发送端的初始访问不久

以后接收子集信息,或者在发送端的切换进程期间接收子集信息。

[0119] 在接收到子集信息之后,接收端进行步骤1003并且使用发送端发送的参考信号来测量信道质量。具体地说,该参考信号可以是报头、中间码、同步信号、导频信号等等。并且,信道质量可以是接收信号强度(RSS)。另举一例,信道质量可以是信干噪比(SINR)、信噪比(SNR)、载波与干扰和噪声的比率(CINR)中的一个。这里,接收端通过发送端的发送波束测量信道质量。即,参考信号被波束成形为每个发送波束,并且由发送端重复发送。换言之,可以发送与发送波束的数目一样多的参考信号。

[0120] 在那之后,接收端进行步骤1005,并且在发送端的波束子集信息的基础上确定将被应用于数据信号的发送波束组合。此时,接收端通过依照考虑了将应用的MIMO模式的标准选择多个波束来确定发送波束组合。确定发送波束的具体过程可以根据本公开的示例性实施例而变。以下,本公开参考以下的图12至以下的图15描述了确定发送波束组合的示例性实施例。

[0121] 在确定发送波束组合之后,接收端进行步骤1007,并根据发送波束组合计算有效信道。此时,接收端可以为针对不同MIMO模式选择的多个波束组合中的每一个计算有效信道。换言之,接收端可以根据MIMO模式确定有效信道。用实际信道与波束系数的乘积表达的有效信道代表考虑了模拟波束成形的影响的信道。然而,为了计算用于发送数据的有效信道,接收端并不必须要知道波束系数。例如,有效信道可以通过组合根据应用到波束成形过程中的参考信号估计的信道值来计算

[0122] 在计算有效信道之后,接收端进行步骤1009,并在有效信道的基础上选择预编码矩阵。该预编码矩阵,代表数字波束成形的波束系数的矩阵,可以用PMI来标识。例如,接收端可以依照MIMO模式选择预编码矩阵。此处,MIMO模式可以是分集模式和空间复用模式其中之一。

[0123] 在选择了预编码矩阵之后,接收端进行步骤1011,并将发送波束组合和预编码矩阵的选择结果反馈给发送端。选择结果可以包括指示发送波束组合中包括的波束的模拟波束索引和指示预编码矩阵的数字波束索引(例如,PMI)。依照本公开的另一个示例性实施例,接收端可以将用于多个MIMO模式的发送波束组合和用于发送波束组合的有效信道反馈给发送端。这种情况下,将实施的MIMO模式可以由发送端确定。

[0124] 接下来,接收端进行步骤1013并接收数据信号。数据信号是在发送端进行数字波束成形和模拟波束成形之后发送的。此时,数字波束成形是通过在步骤1101中的预编码矩阵反馈实现的,而模拟波束成形是通过在步骤1011中的发送波束组合反馈实现的。

[0125] 图11示出了根据本公开的示例性实施例在无线通信系统中的发送端的操作进程。

[0126] 参考图11,在步骤1101中,发送端向将发送端的发送波束子集信息发送给接收端。子集信息可以包括代表将发送端的模拟发送波束归类成至少一个子集的结果的信息和用于确定子集的信息中的信息之一。

[0127] 例如,如果接收端是终端,则发送端可以在接收端的初始访问过程期间发送子集信息,或者在接收端的初始访问不久以后发送子集信息,或者通过由BS广播的系统信息发送子集信息,或者在接收端的切换进程期间发送子集信息。

[0128] 另举一例,如果接收端是BS,则接收端可以在发送端的初始访问过程期间接收子集信息,或者在发送端的初始访问不久以后接收子集信息,或者在发送端的切换进程期间

接收子集信息。

[0129] 在那之后,在步骤1103中,发送端从接收端接收发送波束组合和预编码矩阵的选择结果。该选择结果可以包括指示发送波束组合中包括的波束的模拟波束索引和指示预编码矩阵的数字波束索引(例如,PMI)。

[0130] 接下来,发送端进行步骤1105并发送数据信号。具体地说,发送端对将被发送到接收端的数据进行调制,并且在进行数字波束成形和模拟波束成形之后,发送端发送波束成形后的信号。此时,数字波束成形是通过在步骤1103中的预编码矩阵反馈实现的,模拟波束成形是通过在步骤1103中反馈的发送波束组合实现的。

[0131] 如上所述,接收端在发送端的发送波束子集的基础上确定将用于数据发送的发送波束组合。此时,发送波束组合可以通过依照MIMO模式的不同准则来确定。根据MIMO模式确定发送波束组合的步骤将简单描述如下。

[0132] 例如,发送端的整个发送波束集合B可以是{b0,b1,b2,b3,b4,b5,b6,b7,b8,b9,b10,b11,b12,b13,b14,b15}。这里,B1和B2表示发送波束子集。子集B1可以定义为{b0,b2,b4,b6,b8,b10,b12,b14},并且子集B2可以定义为{b1,b3,b5,b7,b9,b11,b13,b15}。

[0133] 当MIMO模式是分集模式时,发送波束组合可以通过选择每个子集中具有最大接收信号强度的一个波束来确定。具体地说,当其为 2×1 分集时,接收端将子集B1中具有最大接收信号强度的一个波束和子集B2中具有最大接收信号强度的一个波束包括在波束组合中。这是因为,在分集模式的情况下,SNR增益对性能的影响比分集阶数更大。另举一例,当MIMO模式是分集模式时,发送波束组合可以在考虑波束之间的相关性而不考虑子集的情况下确定。具体地说,当其为 2×1 分集时,接收端可以在根据整个发送波束集合B中的接收信号强度以降序的顺序排列波束索引之后,选择具有最大的接收信号强度的两个波束而不论相关性如何。

[0134] 当MIMO模式是空间复用模式时,可以在选择了要求数目的具有高接收信号强度的波束之后通过选择具有最大接收信号强度和的子集,来确定发送波束组合。具体地说,当其为 2×2 空间复用时,在接收端确定子集B1中具有高接收信号强度的两个波束和子集B2中具有高接收信号强度的两个波束之后,接收端将子集B1和子集B2当中具有较高接收信号强度和的子集B1或B2中确定的两个波束包括在波束组合中。这是因为,在空间复用模式的情况下,降低有效信道的相关性对性能具有更大的影响。另举一例,当MIMO模式是分集模式时,可以考虑波束之间的相关性而不论子集如何地确定发送波束组合。具体地说,当其为 2×2 空间复用时,接收端可以在根据整个发送波束集合B中的接收信号强度以降序的顺序排列波束索引之后,选择具有最大的接收信号强度的第一波束。并且,如果第一波束和第二波束之间的相关性小于阈值,则接收端选择第二波束。如果相关性等于或大于阈值,则接收端将第一波束与第三波束进行比较。通过重复这个步骤,接收端选择两个波束。

[0135] 以下,本公开通过参考图12至图15详细地描述了上述的确定发送波束组合的示例性实施例。在图12至图15中,接收端根据接收信号强度选择波束。但是,接收信号强度仅仅是信道质量的一个示例,并且接收信号强度可以被替换为其他度量标准,诸如SINR、CINR、SNR等等。

[0136] 图12示出了根据本公开的示例性实施例的在无线通信系统中的接收端中确定波束组合的进程。

[0137] 参考图12,在步骤1201中,接收端逐个子集地确定具有最大接收信号强度的波束。换言之,接收端针对发送端的所有发送波束中的每个波束测量所接收的信号强度,并确定在每个子集中具有最大接收信号强度的波束。据此,识别出与子集数目一样多的波束。

[0138] 之后,接收端进行步骤1203并将每一子集选择一个波束的步骤重复与分集阶数对应的数目一样多的次数。即,接收端针对在步骤1201中识别的子集逐个子集地选择在具有最大接收信号强度的波束当中与分集阶数对应的数目一样多的波束。例如,接收端可以选择具有最大接收信号强度的波束。另举一例,接收端可以逐个子集地选择波束当中相关性最大的组合的波束。

[0139] 图13示出了根据本公开的另一个示例性实施例的在无线通信系统中的接收端中确定波束组合的进程。

[0140] 参考图13,在步骤1301中,接收端按照在所有子集中接收信号强度的顺序排列波束。即,接收端不论子集如何地排列波束。

[0141] 之后,接收端进行步骤1303,并且不论子集如何地根据接收信号强度的次序选择与分集阶数对应的数目一样多的波束。例如,如果分集阶数等于‘2’,则接收端将所有波束当中具有高接收信号强度的两个波束包括在波束组合中。

[0142] 图13中所示的示例性实施例不论子集如何地选择波束。根据本公开的另一个示例性实施例,接收端可以选择与分集阶数对应的数目一样多的波束,然而,根据一个子集的波束确定那个波束组合。此时,可以根据预定标准选择一个子集。例如,一个子集可以是具有最大的平均信号强度的子集。

[0143] 图14示出了根据本公开的进一步的示例性实施例的在无线通信系统中的接收端中确定波束组合的进程。

[0144] 参考图14,在步骤1401中,接收端在每个子集中按照接收信号强度的顺序确定与空间复用阶数对应的数目的波束。例如,当空间复用阶数等于‘2’时,接收端在每个子集中确定具有高接收信号强度的两个波束。据此,在每一子集识别具有高接收信号强度的两个波束。

[0145] 接下来,接收端进行步骤1403,并识别在子集中具有最大接收信号强度和的波束。换言之,接收端通过在步骤1401中识别的波束的子集计算所接收的信号强度和,并且将在子集中识别的具有最大接收信号强度和的波束包括在波束组合中。

[0146] 图15示出了根据本公开的再另一个示例性实施例的在无线通信系统中的接收端中确定波束组合的进程。

[0147] 参考图15,在步骤1501中,接收端按照所有子集中的接收信号强度的顺序排列波束。即,接收端不考虑子集地排列波束。

[0148] 在排列波束之后,接收端进行步骤1503并选择具有最大接收信号强度的第一波束。换言之,接收端将在所有发送波束当中具有最大接收信号强度的波束包括在波束组合中。

[0149] 接下来,接收端进行步骤1505,并确定是否所选波束与第 n 个波束之间的相关性小于阈值。此处,将‘ n ’最初设置为初始值‘2’。如果相关性等于或大于阈值,接收端进行步骤1507并将‘ n ’增加‘1’,然后返回到步骤1505。此时,当所选波束很多时,确定是否相关性小于阈值是针对每一个所选波束执行的。如果至少一个所选波束与第 n 个波束之间的相关性

等于或大于阈值,则接收端进行步骤1507。

[0150] 相反,如果相关性小于阈值,则接收端进行步骤1509并选择第n个波束。换言之,接收端将第n个波束包括在波束组合中。

[0151] 接下来,接收端进行步骤1511并确定是否已经选择出与空间复用阶数一样多的波束。换言之,接收端确定是否其完成了对所需数目的波束的选择。如果还没有选择出与空间复用阶数一样多的波束,则接收端返回到步骤1507并将‘n’增加‘1’,然后进行步骤1505。即,接收端重复步骤1505至步骤1509,直至选择出与空间复用阶数一样多的波束。

[0152] 图16是根据本公开的另一个示例性实施例的在无线通信系统中的发送端的构造的框图。

[0153] 参考图16,发送端包括RF处理电路系统1610、基带处理电路系统1620、存储单元1630和控制单元1640。

[0154] RF处理电路系统1610执行通过无线信道发送/接收信号的功能,诸如信号频带转换、放大等等。即,RF处理电路系统1610将从基带处理电路系统1620提供的基带信号上变频(up convert)成RF频带信号,然后通过天线发送RF频带信号,并将通过天线接收到的RF频带信号下变频(down convert)成基带信号。例如,RF处理电路系统1610可以包括发送滤波器、接收滤波器、放大器、混合器、震荡器、数模转换器(DAC)、模数转换器(ADC)等等。如图16中所示,发送端包括多个天线,并且该多个天线可以构成至少一个阵列天线。并且,RF处理电路系统1610可以包括与多个天线对应的数目的RF链。并且,RF处理电路系统1610执行模拟波束成形。对于模拟波束成形,RF处理电路系统1610可以包括诸如图1、图2或图3中的模拟波束成形功能块130、230或330这样的构造。

[0155] 基带处理电路系统1620根据系统的物理层标准执行基带信号与比特流之间的转换的功能。例如,在数据发送处,基带处理电路系统1620通过对发送比特流进行编码和调制来生成复杂符号(complex symbol)。而且,在反馈信息接收处,基带处理电路系统1620通过将RF处理电路系统1610提供的基带信号解调和解码来恢复接收比特流。例如,当遵循OFDM方法时,在数据发送处,基带处理电路系统1620通过将发送比特流编码和调制来生成复杂符号,并将该复杂符号映射成副载波(subcarrier),然后通过IFFT运算和循环前缀(CP)插入来构造OFDM符号。而且,在反馈信息接收处,基带处理电路系统1620将从RF处理电路系统1610提供的基带信号拆分成OFDM符号单元,并且通过FFT运算恢复被映射到副载波的信号,然后通过解调和解码恢复接收比特流。而且,基带处理电路系统1620执行数字波束成形。为了数字波束成形,基带处理电路系统1620可以包括诸如图1、图2或图3中的数字波束成形功能块110、210或310这样的构造。

[0156] 基带处理电路系统1620和RF处理电路系统1610如上述那样发送和接收信号。据此,基带处理电路系统1620和RF处理电路系统1610可以表示为发送单元、接收单元或发送/接收单元(例如,收发器)。

[0157] 存储装置1630存储诸如用于发送端的操作的基本程序、应用程序、设置信息等等这样的数据。具体而言,存储装置1630存储基于发送端的发送波束之间的相关性限定的发送波束子集的信息。例如,发送波束子集可以依照以上的表1或以上的表2的算法来定义。或者,存储装置1630可以存储基于发送端的接收波束之间的相关性限定的接收波束子集的信息。并且,存储装置1630响应于控制单元1640的请求提供存储数据。

[0158] 控制器1640控制发送端的一般性操作。例如,控制器1640通过基带处理电路系统1620和RF处理电路系统1610发送/接收信号。根据本公开的示例性实施例,控制单元1640向接收端提供波束子集信息,并根据接收端的反馈信息执行用于执行波束成形的控制。例如,控制器1640控制发送端执行图11中所示的进程。根据本公开的示例性实施例的控制器1640的操作如以下给出的那样。

[0159] 控制器1640通过基带处理电路系统1620和RF处理电路系统1610将发送端的存储单元1630中存储的波束子集信息发送给接收端。之后,控制单元1640通过RF处理电路系统1610和基带处理电路系统1620从接收端接收包括发送波束组合和对预编码矩阵的选择结果的反馈信息。控制器1640控制基带处理电路系统1620和RF处理电路系统1610来根据接收到的反馈信息对数据信号进行数字波束成形和模拟波束成形。

[0160] 图17是根据本公开的另一个示例性实施例的在无线通信系统中的接收端的构造的框图。

[0161] 参考图17,接收端包括RF处理电路系统1710、基带处理电路系统1720、存储单元1730和控制单元1740。

[0162] RF处理电路系统1710执行通过无线信道发送/接收信号的功能,诸如信号频带转换、放大等等。即,RF处理电路系统1710将从基带处理电路系统1720提供的基带信号上变频成RF频带信号,然后通过天线发送RF频带信号,并将通过天线接收到的RF频带信号下变频成基带信号。例如,RF处理电路系统1710可以包括发送滤波器、接收滤波器、放大器、混合器、振荡器、DAC、ADC等等。如图17中所示,接收端包括多个天线,并且该多个天线可以构成至少一个阵列天线。并且,RF处理电路系统1710可以包括与多个天线对应的数目的RF链。并且,RF处理电路系统1710执行模拟波束成形。对于模拟波束成形,RF处理电路系统1710可以包括诸如图1、图2或图3中的模拟波束成形功能块130、230或330这样的构造。

[0163] 基带处理电路系统1720根据系统的物理层标准执行基带信号与比特流之间的转换的功能。例如,在反馈信息发送处,基带处理电路系统1720通过对发送比特流进行编码和调制来生成复杂信号。而且,在数据接收处,基带处理电路系统1720通过将RF处理电路系统1710提供的基带信号解调和解码来恢复接收比特流。例如,当遵循OFDM方法时,在反馈信息发送处,基带处理电路系统1720通过将发送比特流编码和调制来生成复杂符号,并将该复杂符号映射成副载波,然后通过IFFT运算和CP插入来构造OFDM符号。而且,在数据接收处,基带处理电路系统1720将从RF处理电路系统1710提供的基带信号拆分成OFDM符号单元,并且通过FFT运算恢复被映射到副载波的信号,然后通过解调和解码恢复接收比特流。而且,基带处理电路系统1720执行数字波束成形。为了数字波束成形,基带处理电路系统1720可以包括诸如图1、图2或图3中的数字波束成形功能块110、210或310这样的构造。

[0164] 基带处理电路系统1720和RF处理电路系统1710如上述那样发送和接收信号。据此,基带处理电路系统1720和RF处理电路系统1710可以表示为发送单元、接收单元或发送/接收单元。

[0165] 存储单元1730存储诸如用于接收端的操作的基本程序、应用程序、设置信息等等这样的数据。具体而言,存储单元1730存储在从发送端提供的发送端的发送波束之间的相关性的基础上限定的发送波束子集的信息。例如,发送波束子集可以依照以上的表1或以上的表2的算法来定义。或者,存储单元1730可以存储基于发送端的接收波束之间的相关性限

定的接收波束子集的信息。此外,存储单元1730可以进一步存储基于接收端的接收波束之间的相关性限定的接收波束子集的信息,或者基于接收端的发送波束之间的相关性限定的接收波束子集的信息。并且,存储单元1730响应于控制单元1740的请求提供存储数据。

[0166] 控制单元1740控制接收端的一般性操作。例如,控制单元1740通过基带处理电路系统1720和RF处理电路系统1710发送/接收信号。根据本公开的示例性实施例,控制单元1740可以从发送端接收波束子集信息,基于该波束子集信息确定将用于数据通信和数字波束的模拟波束组合。例如,控制器1740控制接收端执行图10中所示的进程。而且,控制单元1740控制接收端执行图12至图15中所示的进程。根据本公开的示例性实施例的控制单元1740的操作如以下给出的那样。

[0167] 控制单元1740通过RF处理电路系统1710和基带处理电路系统1720接收发送端的发送波束子集信息,并使用由发送端发送的参考信号来测量信道质量。接下来,在控制单元1740基于发送端的波束子集信息确定了将应用于数据信号的发送波束组合之后,控制单元1740根据发送波束组合计算有效信道。在计算有效信道之后,控制单元1740基于有效信道选择适合于MIMO模式的预编码矩阵。在选择预编码矩阵之后,控制单元1740生成包括发送波束组合和预编码矩阵的选择结果的反馈信息,然后通过基带处理电路系统1720和RF处理电路系统1710将生成的反馈信息发送给发送端。接下来,控制单元1740从发送端接收数据信号,该数据信号是根据反馈信息而被数字波束成形和模拟波束成形的。

[0168] 在控制单元1740的上述操作期间,依照MIMO模式预先定义的规则被应用在确定发送波束组合的操作中。例如,当MIMO模式是分集模式时,可以通过选择在每个子集中具有最大接收信号强度的一个波束来确定发送波束组合。另举一例,当MIMO模式是分集模式时,发送波束组合可以在考虑了波束的接收信号强度而不考虑子集的情况下确定。作为进一步的示例,当MIMO模式是分集模式时,发送波束组合可以仅根据特定一个子集中的波束来确定。例如,当MIMO模式是空间复用模式时,发送波束组合可以通过选择在每个子集中具有高接收信号强度的所需数目的波束然后选择具有最大接收信号强度和的子集来确定。另举一例,当MIMO模式是分集模式时,发送波束组合可以在考虑了波束之间的相关性而不考虑子集的情况下确定。

[0169] 本公开的示例性实施例通过按照模拟波束之间的相关性限定波束子集和根据在支持混合式波束成形的无线通信系统中的MIMO模式在考虑了子集的情况下选择波束,来执行有效的波束成形。

[0170] 根据权利要求和说明书中的描述的本发明的实施例可以以硬件、软件或硬件和软件的组合的形式来实现。

[0171] 这样的软件可以存储在计算机可读存储介质中。计算机可读存储介质存储一个或多个程序(软件模块)、该一个或多个程序包括指令,该程序在由电子装置中的一个或多个处理器执行时,使电子装置执行本申请的方法。

[0172] 这样的软件可以以易失性或非易失性存储装置的形式存储,诸如,例如,如只读存储器(ROM)这样的存储装置(可以是可擦除的或可重写的或并非这样),或者以存储器的形式存储,诸如,例如,随机存取存储器(RAM)、存储芯片、光学可读或磁可读介质(诸如,例如,光盘(CD)、数字视频磁盘(DVD)、磁盘或磁带等等)上的装置或集成电路。将体会到的是,存储装置和存储介质是适于存储包括在执行时实施本公开的各个实施例的指令的程序的机

器可读存储装置的实施例。实施例提供了包括用于实施如此说明书的任意一个权利要求要保护的设备或方法的代码的程序以及存储这样的程序的机器可读存储装置。更进一步地，这样的程序可以经由诸如通过有线或无线连接承载的通信信号这样的任意媒体来以电子方式传递，并且实施例适宜地涵盖了这样的情况。

[0173] 在本公开的上述具体示例性实施例中，根据提出地具体示例性实施例，公开内容中包括的构成元件被表示成单数形式或复数形式。但是，单数数目或复数数目的表达被选择成适合于便于描述的给定情形的。本公开并不限于单数或复数的构成元件。尽管构成元件表示为具有复数的数目，但构成元件也可以由单数的数目构成，或者尽管构成元件表示成单数的数目，但是构成元件可以由复数的数目构成。

[0174] 尽管已经通过参考本文的各个实施例示出和描述了本公开，但本领域的技术人员将理解在本文中可以在形式和细节方面做出各种改变，而不会脱离本申请的由所附权利要求限定的精神和范围。

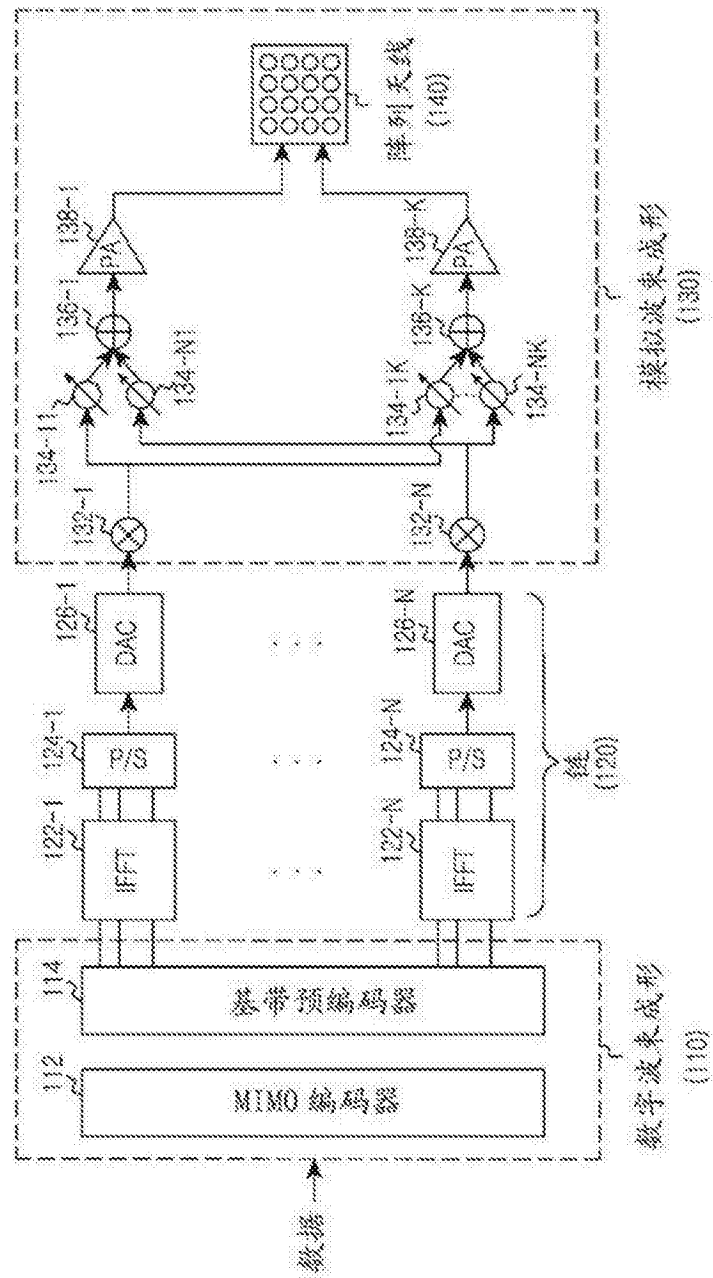


图1

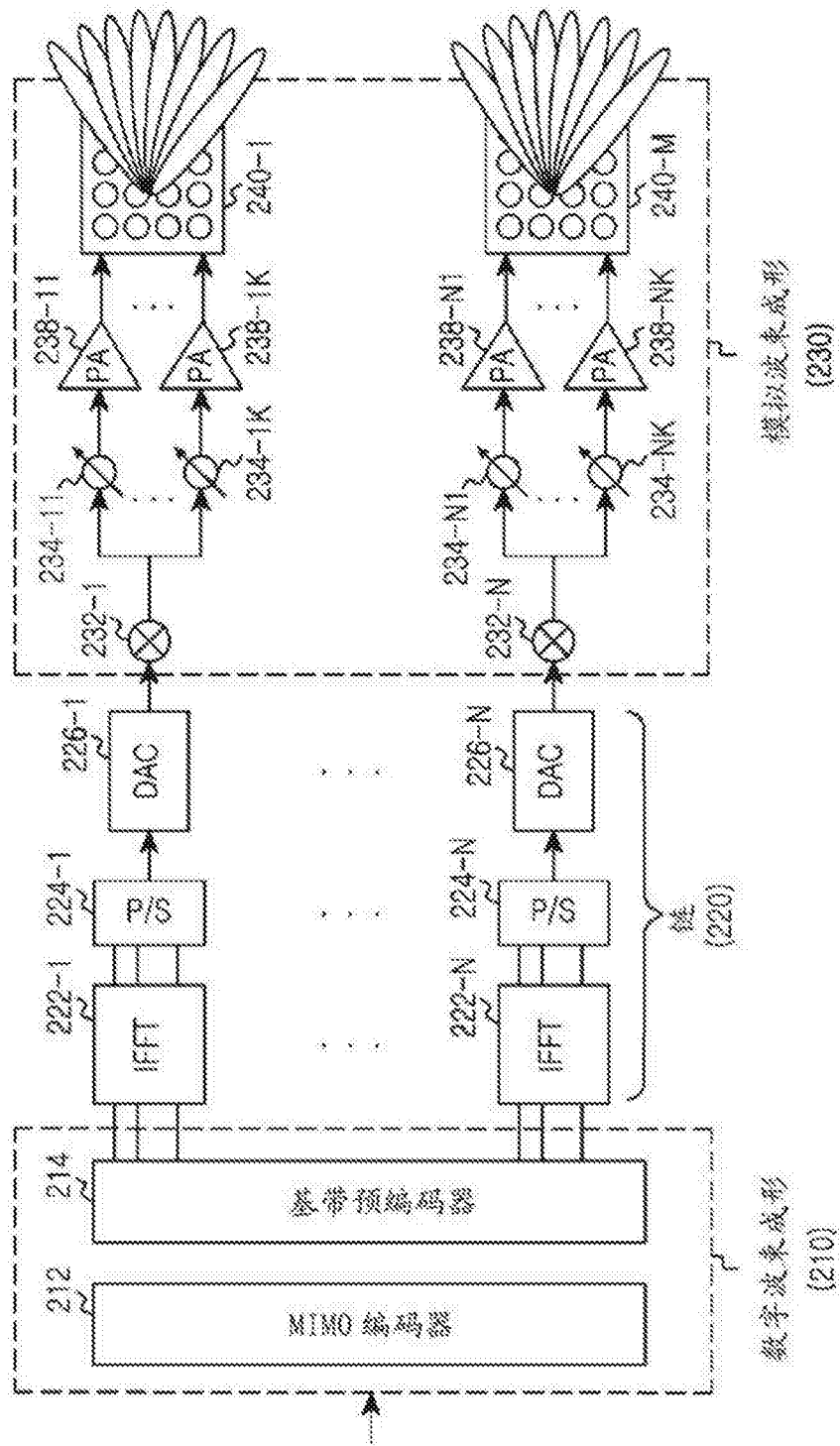


图2

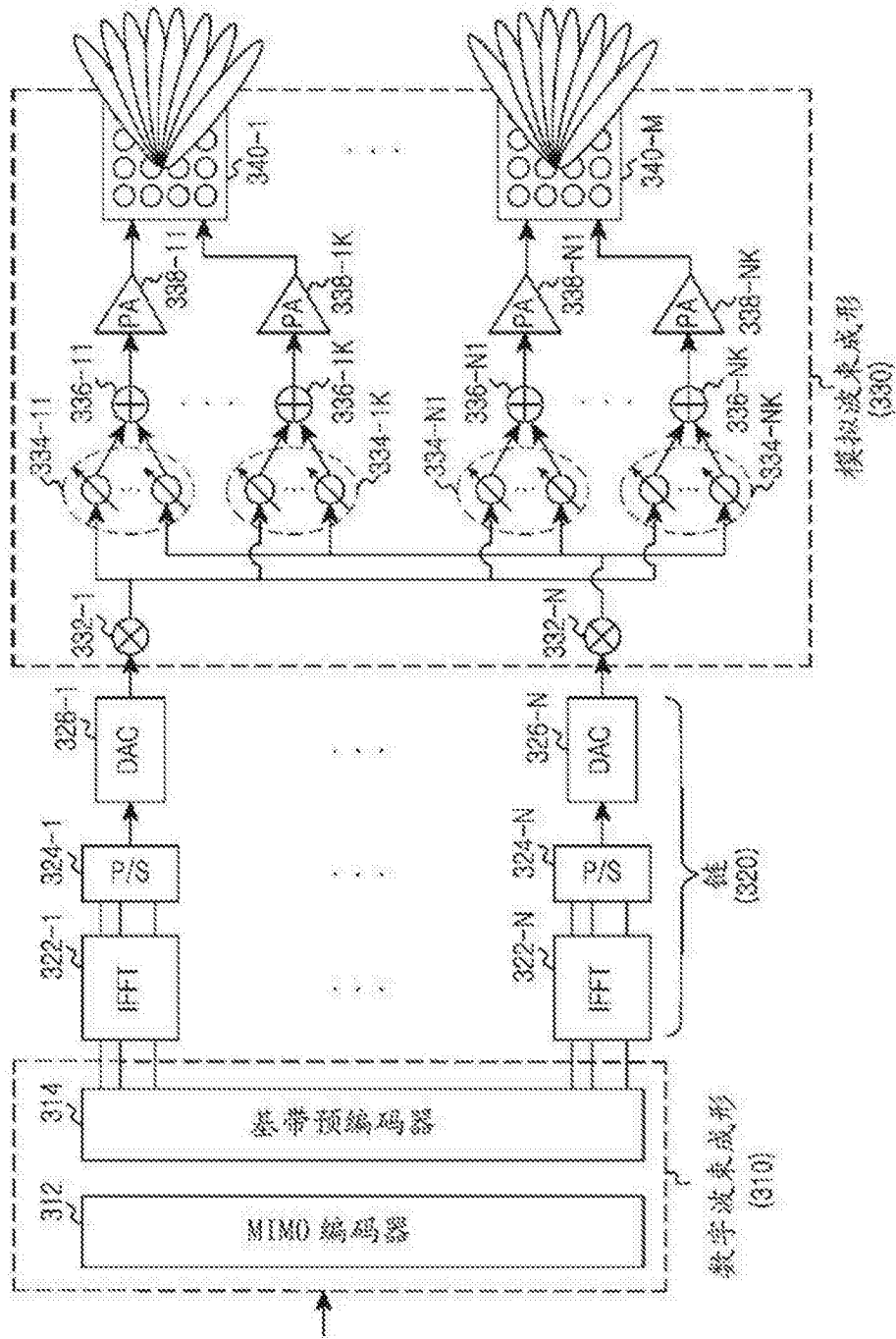


图3



图4

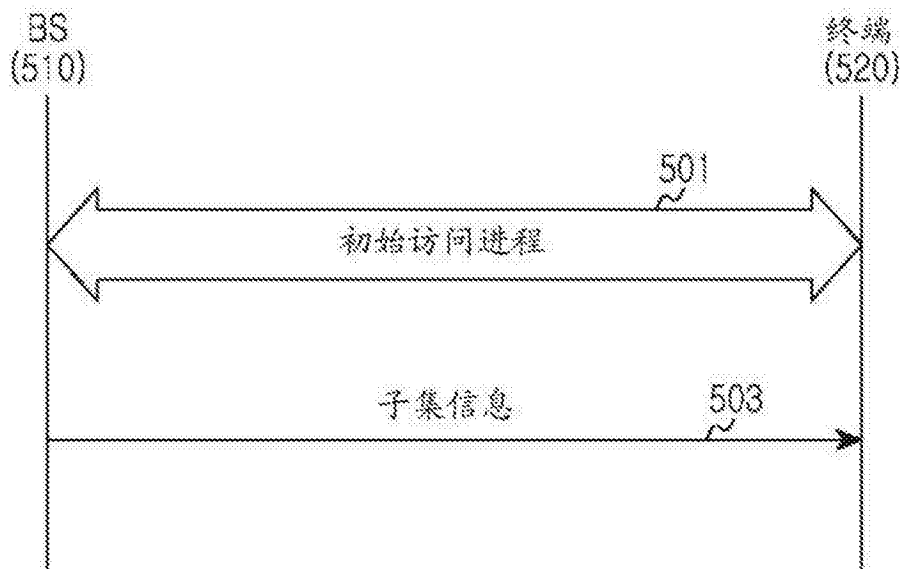


图5

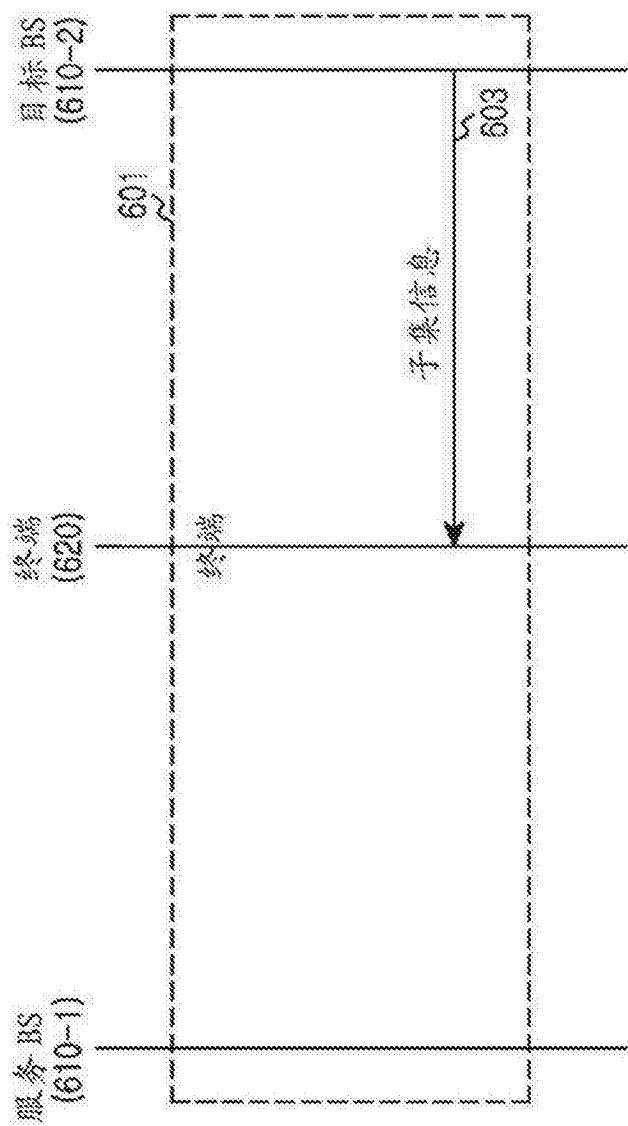


图6

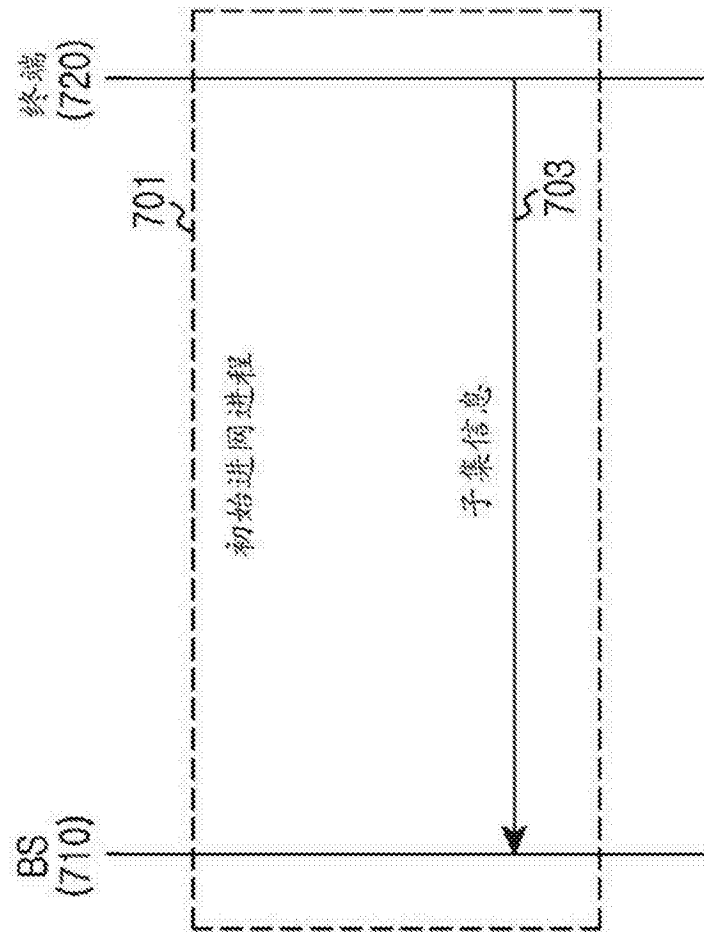


图7

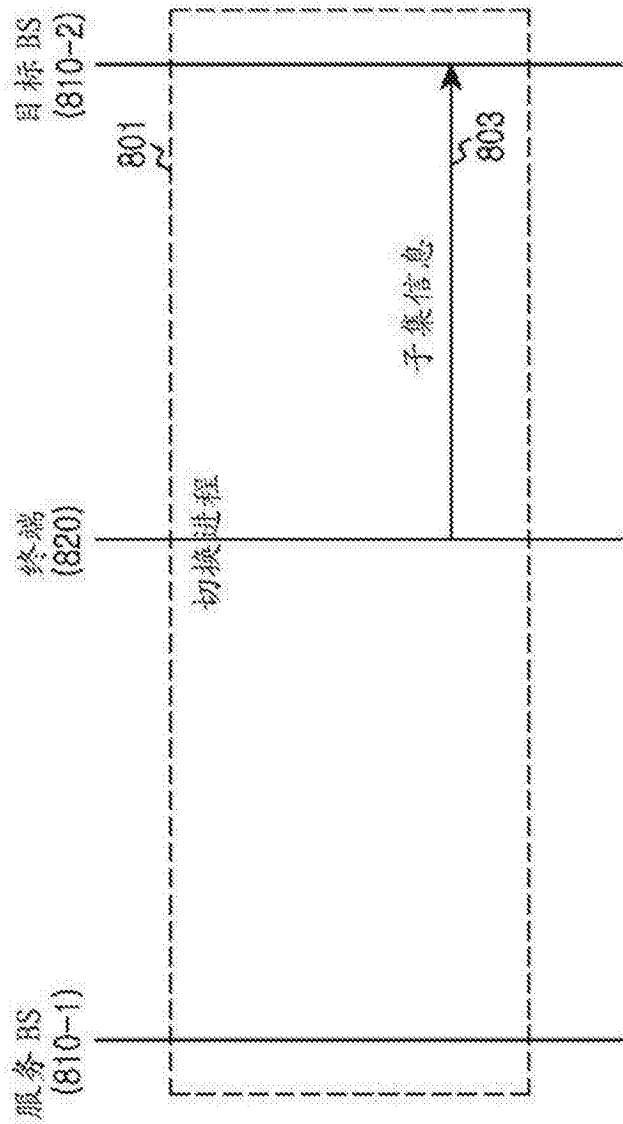


图8

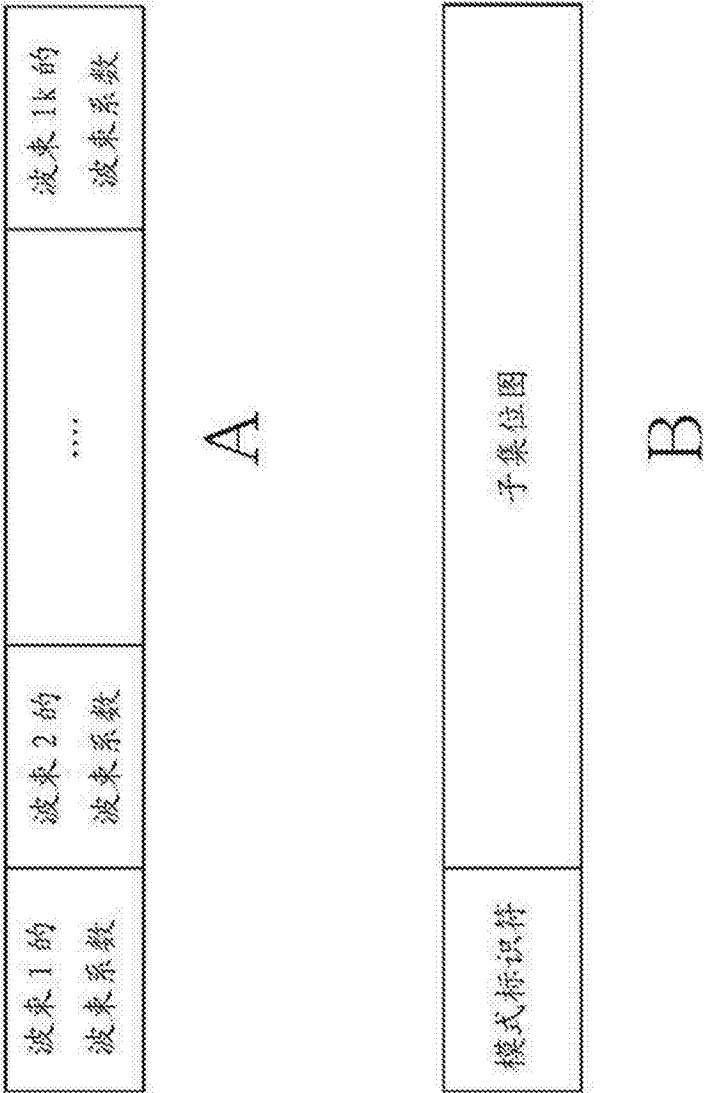


图9

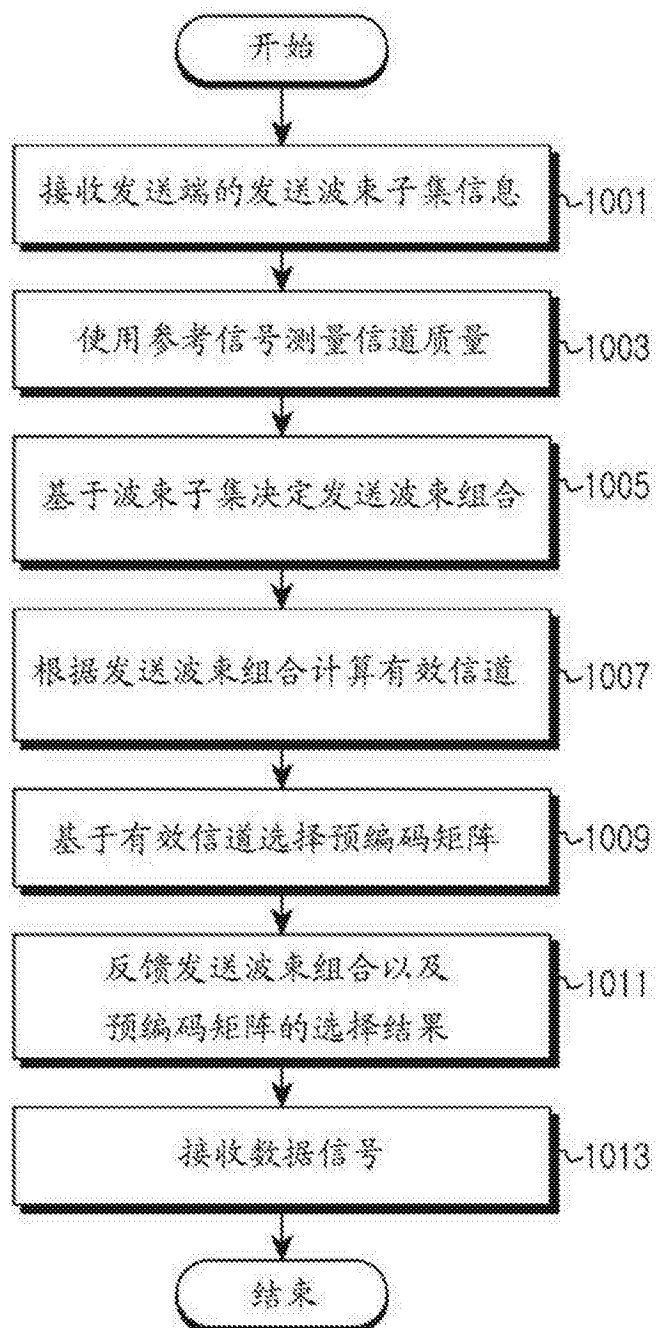


图10

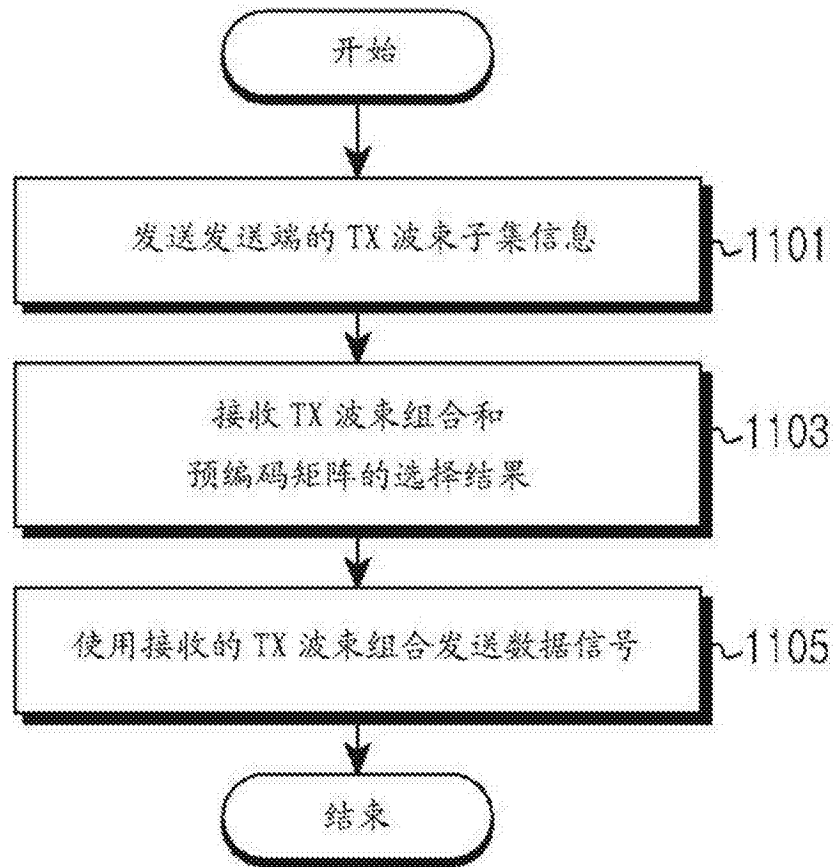


图11

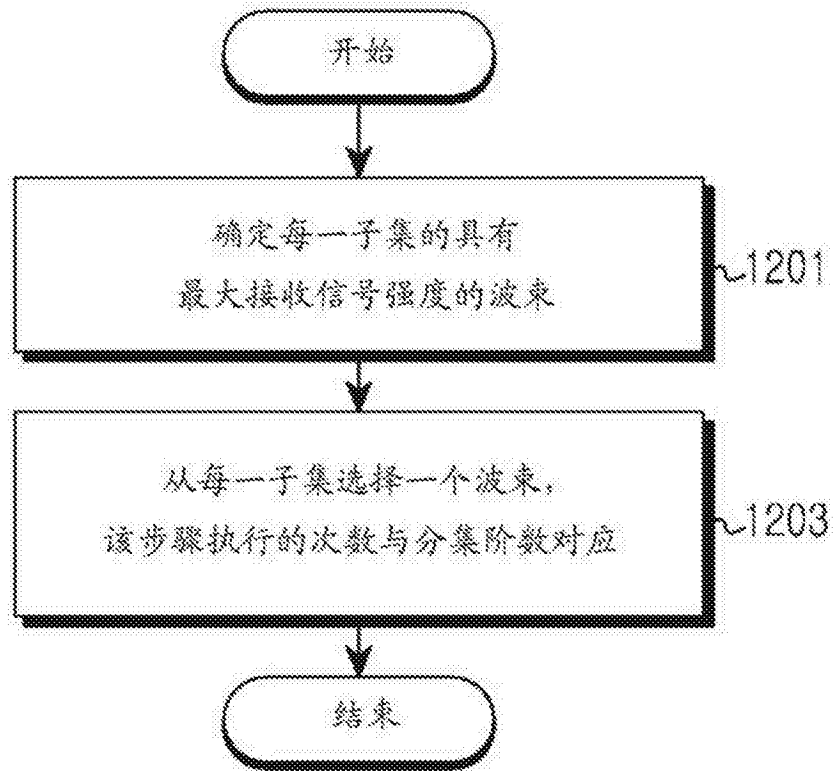


图12

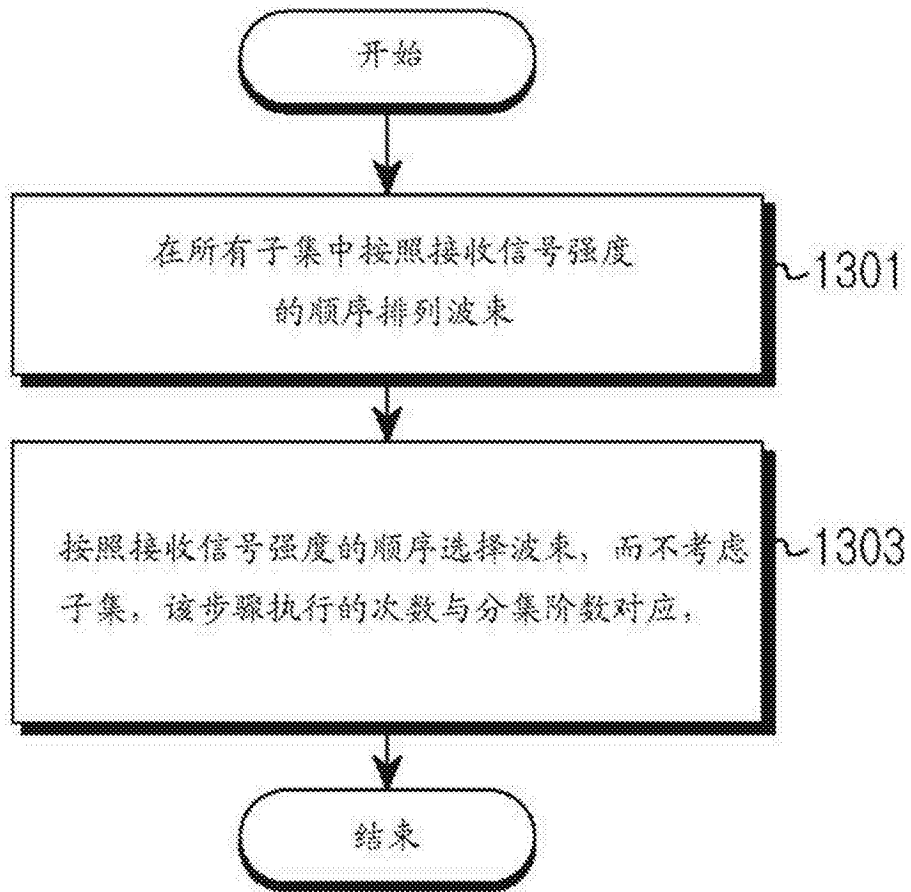


图13

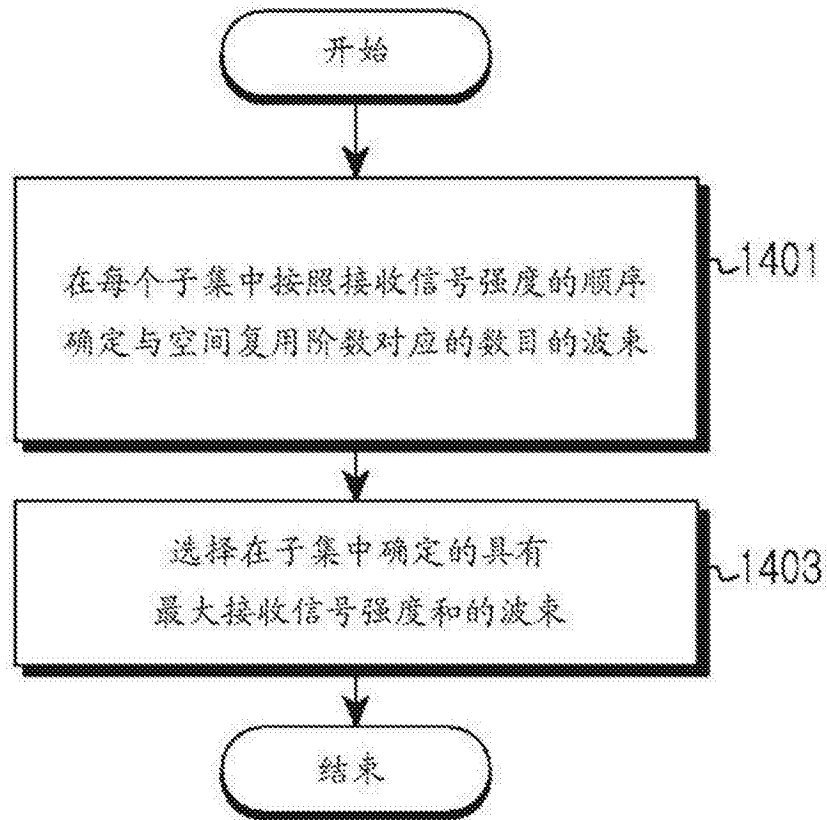


图14

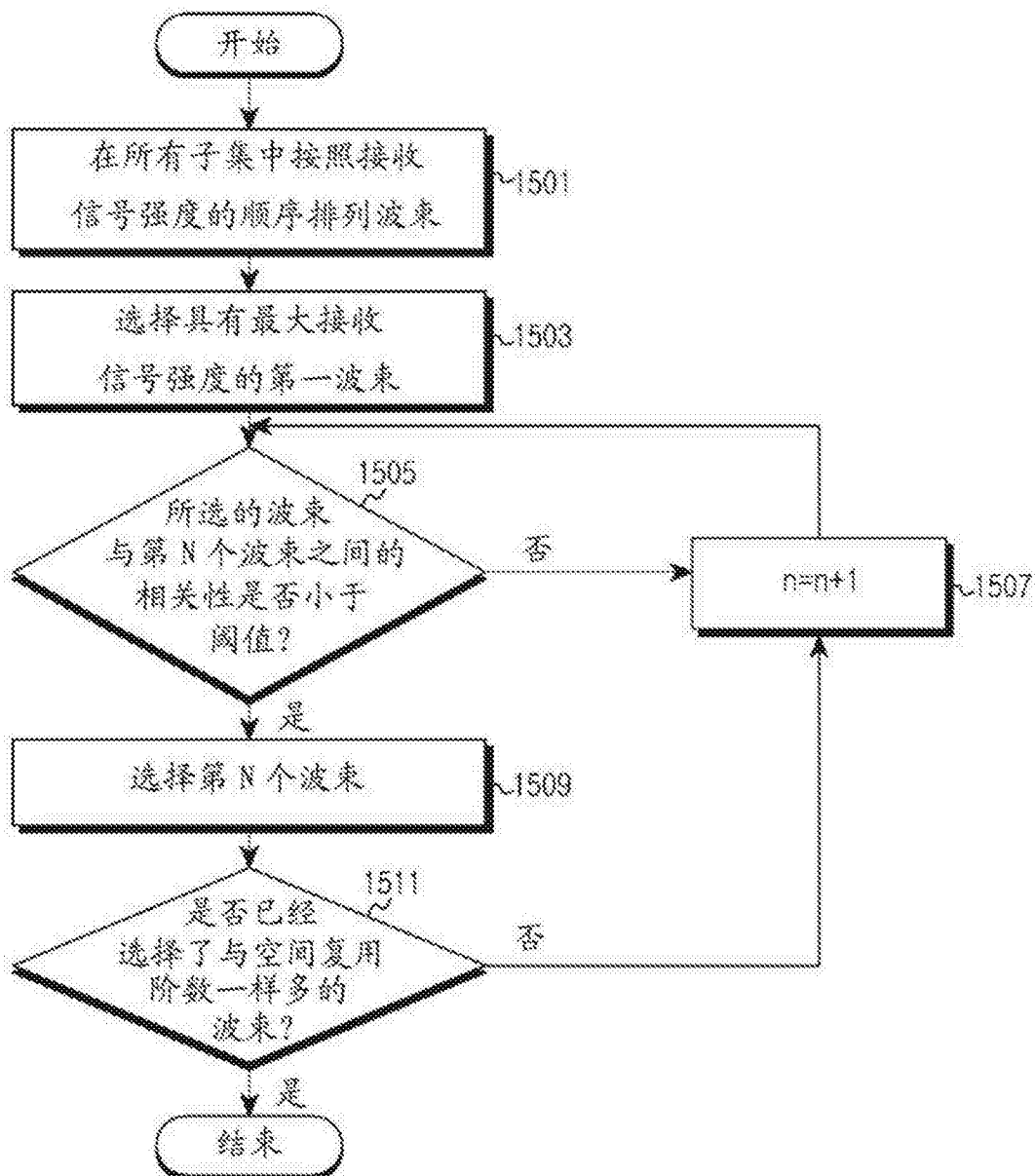


图15

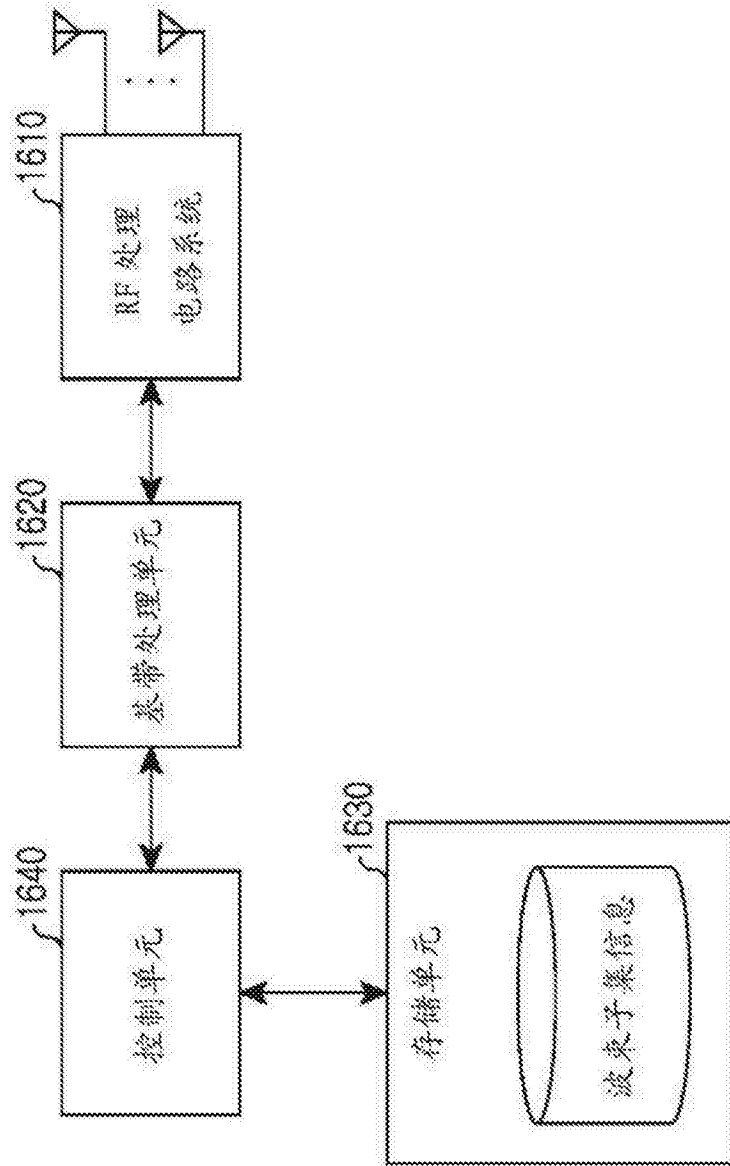


图16

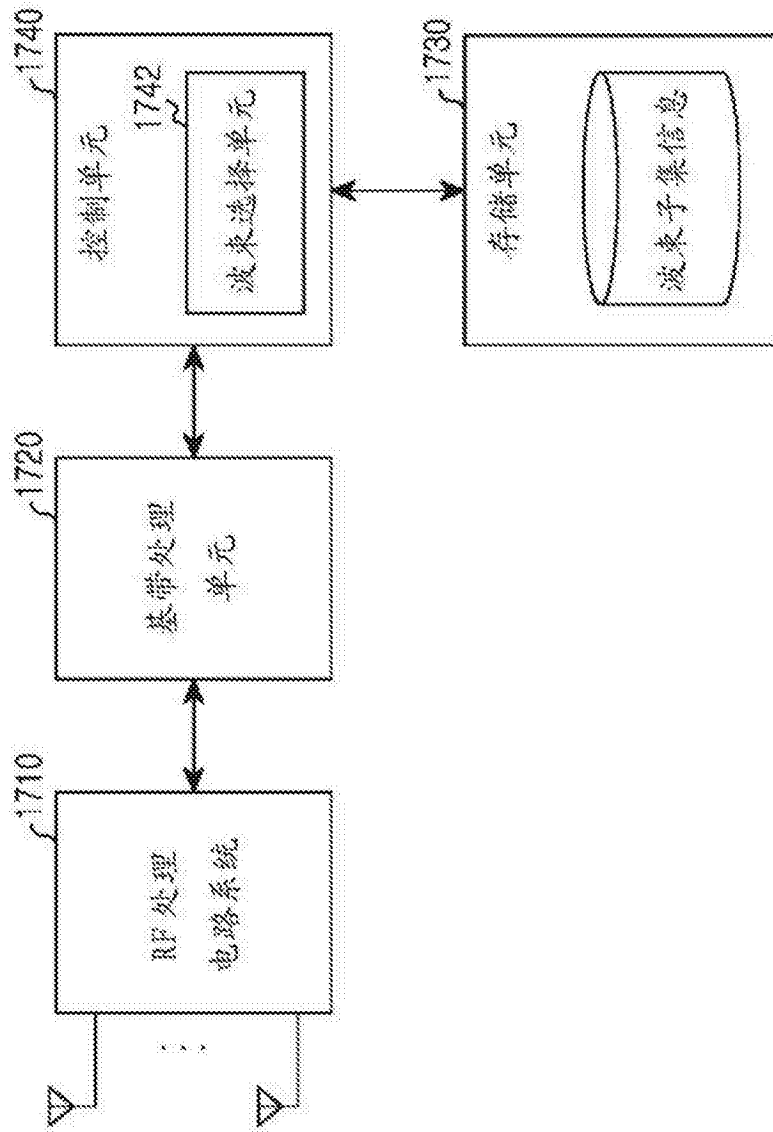


图17