



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101926104 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 07

(21) 申请号 200980103034. 0

H04B 7/06(2006. 01)

(22) 申请日 2009. 01. 21

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

08305010. 4 2008. 01. 25 EP

W0 2007095354 A2, 2007. 08. 23, 参见附图 1, 5, 说明书第 5, 28-115 段、权利要求 1-51.

CN 1520063 A, 2004. 08. 01, 全文.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 07. 23

US 20040209579 A1, 2004. 10. 21, 全文.

US 5303240 A, 1994. 04. 12, 全文.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2009/050216 2009. 01. 21

审查员 张凡

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/093182 EN 2009. 07. 30

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 R·里特曼 Y·王

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 刘红 刘鹏

(51) Int. Cl.

H04B 7/08(2006. 01)

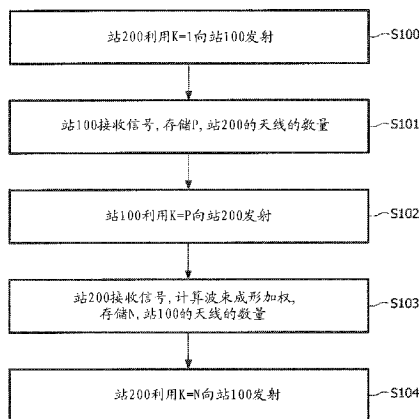
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

用于使用模拟波束控制来传送信号的方法、发射站、接收站和前同步码结构

(57) 摘要

本发明涉及用于将信号从第二站传送到第一站的方法, 这些站具有天线阵列。对于在类似于 60GHz 的波段中的通信, 执行模拟波束控制是可取的。但是, 需要在单个消息中计算所有的波束形成加权。于是, 本发明提议: 对于每一个信号, 在前同步码中, 包含多个训练符号, 其中在每一个训练符号重复期间, 接收站调整多个天线的至少一个天线参数, 并且测量组合信号, 以便计算将被应用于天线阵列上模拟波束形成的天线加权组, 从而接收和 / 或发射数据字段。



1. 一种用于将信号从第二站传送到第一站的方法,所述第一站具有包含多个天线的天线阵列,所述方法包括以下步骤:

在第一站上借助于所述天线阵列来接收通过与第二站的每个天线相对应的相应模拟信号的组合而形成的组合信号,所述相应模拟信号具有配置字段和数据字段,所述配置字段包括重复多次的相同训练符号的序列,

其中在每个训练符号重复期间,在第二站上根据基于傅里叶矩阵的训练矩阵来调整第二站的每个天线的至少一个天线参数,

在第一站上测量与每个训练符号相对应的至少一个参数,并将基于测量参数的指示用信号通知给第二站,

在第二站上从基于测量参数的指示中计算将被应用于其天线阵列上的模拟波束形成的发射天线加权组,

其中所述第一站指示将由所述第二站在下一个传输信号中使用的比特率,所述比特率根据计算的发射天线加权组来选择。

2. 权利要求 1 的方法,其中所述组合信号在被测量之前被数字化。

3. 权利要求 1 或 2 的方法,其中天线参数包括每个天线信号的相位和幅度。

4. 权利要求 1 或 2 的方法,其中第二站包括具有多个发射天线的发射天线阵列,并且所述方法还包括:

在第二站上,在每个训练符号重复期间调整多个发射天线的第二站的至少一个天线参数,

在第一站上,计算发射天线加权组和接收天线加权组,

在第一站上,向第二站发送将在下一传输期间使用的发射天线加权组。

5. 权利要求 1 或 2 的方法,其中第二站包括具有多个发射天线的发射天线阵列,所述方法包括:在第二站上,使用全向辐射图案来发起与接收站的通信。

6. 权利要求 1 或 2 的方法,其中所述比特率根据组合信号的信号质量来选择。

7. 一种用于与发射站通信的接收站,所述接收站包括:

包含多个天线的天线阵列,用于接收通过与发射站的每个天线相对应的相应模拟信号的组合而形成的组合信号,所述相应模拟信号具有配置字段和数据字段,所述配置字段包括重复多次的相同训练符号的序列,

其中在发射站上,在每个训练符号重复期间根据基于傅里叶矩阵的训练矩阵来调整发射站的每个天线的至少一个天线参数,

测量装置,用于测量与每个训练符号相对应的至少一个参数,以及

其中所述接收站将基于测量参数的指示用信号通知给发射站,

其中在发射站上,从基于测量参数的指示中计算将被应用于其天线阵列上的模拟波束形成的发射天线加权组,

其中所述接收站指示将由所述发射站在下一个传输信号中使用的比特率,所述比特率根据计算的发射天线加权组来选择。

8. 一种用于与根据权利要求 7 的接收站通信的发射站,包括:

发射装置,用于发射具有配置字段和数据字段的模拟信号,所述配置字段包括重复多次的相同训练符号的序列,以便所述接收站为了推断模拟波束形成而利用相应的天线设置

来执行多个测量。

9. 一种用于将信号从第一站传送到第二站的方法,所述第一站具有包含多个天线的天线阵列,所述方法包括以下步骤:

(a) 在第一站上,借助于所述天线阵列来发射通过与所述天线阵列中的每个天线相对应的相应模拟信号的组合而形成的组合信号,所述相应模拟信号具有配置字段和数据字段,所述配置字段包括重复多次的相同训练符号的序列,其中所述发射步骤包括根据基于傅里叶矩阵的训练矩阵在每个训练符号重复期间调整多个天线中的每个天线的至少一个天线参数的子步骤,和

(b) 在第二站上,接收所述组合信号,测量与每个训练符号相对应的至少一个参数,并将基于测量参数的指示用信号通知给第一站,

(c) 在第一站上,从基于测量参数的指示中计算发射天线加权组,其中所述发射天线加权组将被应用于所述天线阵列上的模拟波束形成,

其中所述第二站指示将由所述第一站在下一个传输信号中使用的比特率,所述比特率根据计算的发射天线加权组来选择。

10. 权利要求 9 的方法,其中通过将先前计算的最优的发射天线加权组与傅里叶矩阵的至少一列逐点相乘来获得所述训练矩阵。

11. 权利要求 9 或 10 的方法,其中通过根据训练符号的测量参数计算波束形成加权来获得基于测量参数的指示。

12. 权利要求 9 或 10 的方法,其中所述第一站发射傅里叶矩阵的至少一个参数,以便所述第二站能够根据这至少一个参数来构造傅里叶矩阵。

13. 权利要求 9 的方法,其中重复这些步骤,直至发现最优的波束形成加权组,并且一旦发现了最优的波束形成加权组,则将第一站与第二站之间的通信切换到不同的信道。

14. 一种无线电站,包括用于将信号传送到另一无线电站的装置,所述无线电站包括:
包含多个天线的天线阵列,

用于借助于所述天线阵列来发射组合信号的装置,其中所述组合信号是通过与所述天线阵列中的每个天线相对应的相应模拟信号的组合而形成的,所述相应模拟信号具有配置字段和数据字段,所述配置字段包括重复多次的相同训练符号的序列,

用于根据基于傅里叶矩阵的训练矩阵在每个训练符号重复期间调整多个天线中的每一个天线的至少一个天线参数的装置,

用于从另一无线电站接收基于测量参数的指示的装置,所述测量参数对应于每个训练符号,

用于从基于测量参数的指示中计算发射天线加权组的装置,其中所述发射天线加权组将被应用于所述天线阵列上的模拟波束形成,

其中所述另一无线电站指示将由所述无线电站在下一个传输信号中使用的比特率,所述比特率根据计算的发射天线加权组来选择。

用于使用模拟波束控制来传送信号的方法、发射站、接收站 和前同步码结构

技术领域

[0001] 本发明涉及用于使用模拟波束形成来传送信号的方法、执行这种方法的发射站和接收站以及在这种方法中使用的特定的前同步码 (preamble) 结构。

[0002] 本发明涉及利用任何传输方案例如 OFDM 或类似方案的无线通信, 并且本发明对于 (例如, 60GHz 波段中) 毫米波无线通信是尤其令人感兴趣的。

背景技术

[0003] 对于某些应用, 如同例如基于 60GHz 波段中的毫米波无线通信, 在大于数米的距离上, 需要高增益天线, 以克服链路预算限制。

[0004] 这样的高增益天线可以利用包含多个天线或天线单元的天线阵列来获得, 其中能够电子地对辐射束执行控制 (steer)。这些天线之中每一个天线上的信号借助于放大器 / 衰减器以及移相器或延迟线来修改。为了动态波束形成, 放大器的增益和移相器的相位可以进行控制和调整。这能够利用称为加权 (weight) 的复数来模拟, 其中所述加权的模数 (或绝对值) 代表应用于专用于所考虑天线的放大器的增益, 并且其自变量代表应用于移相器的相移。波束形成允许修改天线阵列的敏感图案, 以使之更加定向, 即, 沿着设想该信号所处的特定方向增加灵敏度, 和 / 或沿着例如具有干扰的不同方向减少灵敏度。

[0005] 对于需要高天线增益的某些应用, 人们可以采用包含许多单元的天线。但是, 在用于基带处理器的功耗和处理需求方面, 对于每单个天线信号具有高速模数转换器是禁止的。因此, 更可取的是使用模拟波束形成, 即, 其中天线信号在模拟域中被修改 (被相移和被幅度相乘)、被添加并且随后仅仅利用单个模数转换器被数字化的接收站结构。在一些应用中, 接收站包括多个模数转换器, 每一个模数转换器对于多个天线单元 (有可能, 少量的 M 个模数转换器, 其中 $M < N =$ 天线单元的数量) 是共用的。类似地, 在发射站中, 单个数字信号 (或一些数字信号) 被转换成模拟信号并被分开在多个天线单元上。每一个单元上的模拟信号能够单独地进行修改, 正如在接收机中一样。

[0006] 但是, 由于接收站具有比天线单元 (N) 更少的 A/D 转换器 (M), 所以它只能同时执行 M 个信道测量, 而完整的信道测量将需要 N 次测量。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提议一种用于从发射站到接收站的通信的方法, 允许使用单个前同步码来训练许多天线单元。

[0008] 本发明的另一个目的是提议一种用于快速配置模拟波束形成的方法。

[0009] 为此, 本发明提议一种用于将信号从第二站传送到第一站的方法, 所述第一站具有包含多个天线的天线阵列, 所述方法包括以下步骤:

[0010] (a) 在第一站上在每一个天线上接收具有配置字段和数据字段的相应模拟信号, 所述配置字段包括重复多次的训练符号,

[0011] (b) 将至少两个模拟信号组合成组合信号,其中在每一个训练符号重复期间,调整多个天线的至少一个天线参数,并且测量所述组合信号,以及

[0012] (c) 计算将被应用于天线阵列上的模拟波束形成的天线加权组,以接收基于组合信号的测量的数据字段,

[0013] 其中第一站指示将由第二站在下一个传输信号中使用的比特率,所述比特率根据计算的天线加权组来选择。

[0014] 结果,借助于单个前同步码,在这里是第一站的接收站可以在接收不同的训练符号的时候通过切换其波束形成加权来执行更多的信道测量,并由此确定最佳的波束形成加权。根据训练符号的数量,它甚至能够测量所有天线的信号,并计算最优的波束形成加权组,且使用它们来接收随后的数据报。

[0015] 在本发明的例示实施例中,配置字段包括训练符号的重复次数的指示。举例来说,这个符号数量是预先确定的。

[0016] 在另一个示例中,该方法包括用信号将天线阵列中天线的数量从第一站通知给第二站的预备步骤。在这种情况下,举例来说,重复的次数根据第一站的天线数量来确定。

[0017] 本发明还涉及一种接收站,包括:

[0018] 包含多个天线的天线阵列,用于在每一个天线上接收具有配置字段和数据字段的相应模拟信号,所述配置字段包括多次重复的训练符号,

[0019] 组合装置,用于将至少两个模拟信号组合成组合信号,

[0020] 调整装置,用于在每一个训练符号重复期间调整多个天线的至少一个天线参数,

[0021] 测量装置,用于测量利用至少一个参数的每一个设置获得的组合信号,以及

[0022] 计算装置,用于计算为了天线阵列上的模拟波束形成而将应用于调整装置的天线加权组,以接收基于组合信号的测量的数据字段,

[0023] 其中所述接收站进一步包括用于发射指示将由发射站在下一个传输信号中使用的比特率的指示的装置,所述比特率根据计算的天线加权组来选择。

[0024] 根据本发明的另一个方面,提议一种用于与根据本发明的先前方面的接收站通信的发射站,包括用于发射具有配置字段和数据字段的模拟信号的发射装置,所述配置字段包括重复多次的相同训练符号的序列,以便接收站利用相应的天线设置执行多次测量,以推断(deduce)模拟波束形成,

[0025] 其中所述发射站进一步包括用于接收指示将由发射站在下一个传输信号中使用的比特率的指示的装置,所述比特率根据计算的天线加权组来选择。

[0026] 根据本发明的又一个方面,提议一种前同步码结构,该前同步码结构具有重复多次的相同训练符号的序列,该前同步码结构被安排,以致根据本发明的接收站可以利用相应的天线设置执行多次测量,以推断模拟波束形成。

[0027] 根据本发明的又一个方面,提议一种用于将信号从第一站传送到第二站的方法,所述第一站具有包含多个天线的天线阵列,所述方法包括以下步骤:

[0028] (a) 在第一站上,借助于天线阵列来发射通过与天线阵列中的每个天线相对应的相应模拟信号的组合而形成的组合信号,所述相应模拟信号具有配置字段,所述配置字段包括重复多次的训练符号,其中所述发射步骤包括根据基于傅里叶矩阵的训练矩阵在每个训练符号重复期间调整多个天线中的每个天线的至少一个天线参数的子步骤,知

[0029] (b) 在第二站上,接收所述组合信号,测量与每个训练符号相对应的至少一个参数,并将基于测量参数的指示用信号通知给第一站,

[0030] (c) 在第一站上,从基于测量参数的指示中计算发射天线加权组,

[0031] 其中所述指示指示将由第一站在下一个传输信号中使用的比特率,所述比特率根据计算的天线加权组来选择。

[0032] 根据本发明的又一个方面,提议一种无线电站,包括用于将信号传送到另一无线电站的装置,所述无线电站包括:

[0033] 包含多个天线的天线阵列,

[0034] 用于借助于天线阵列来发射组合信号的装置,其中所述组合信号是通过与天线阵列中的每个天线相对应的相应模拟信号的组合而形成的,所述相应模拟信号具有配置字段,所述配置字段包括重复多次的训练符号,

[0035] 用于根据基于傅里叶矩阵的训练矩阵在每个训练符号重复期间调整多个天线中的每一个天线的至少一个天线参数的装置,

[0036] 用于从另一无线电站接收基于测量参数的指示的装置,所述测量参数对应于每个训练符号,

[0037] 用于从基于测量参数的指示中计算发射天线加权组的装置,

[0038] 其中所述指示指示将由无线电站在下一个传输信号中使用的比特率,所述比特率根据所计算的天线加权组来选择。

[0039] 本发明的这些和其他方面从下述的实施例中将是清楚的,并且将参考下述的实施例进行说明。

附图说明

[0040] 现在将参考附图并借助于示例来更详细描述本发明,其中:

[0041] 图 1 是示意性表示包含根据本发明第一实施例的两个站的系统的框图;

[0042] 图 2 是示出根据本发明实施例的方法的流程图;和

[0043] 图 3 是表示包含根据本发明实施例的前同步码结构的信号的时间图;

[0044] 图 4 是表示包含根据本发明另一个实施例的前同步码结构的信号的时间图。

具体实施方式

[0045] 本发明涉及用于在如图 1 所示的系统中通信的方法,其中该系统具有至少一个能够接收信号的第一站 100 以及至少一个能够发射信号的第二站 200。一般来说,并且如图 1 所示,该系统中的每一个站都能够接收和发射信号。

[0046] 根据本发明的第一站 100 包括 N 个天线 101-10N,其中每一个天线分别被连接到调整装置 111-11N。这些调整装置可以包括用于调整接收信号的增益的放大器或衰减器,以及用于调整其相应信号的移相器或延迟门。在这个示例中,这些调整装置 111-11N 是模拟的,并且由处理单元 140 动态地进行控制。调整装置提供信号给组合装置 120,例如,该组合装置 120 为如图 1 所示的加法器。该加法器 120 输出组合的模拟信号,该信号随后由模数转换器 (ADC) 130 数字化成数字信号。处理单元 140 接收数字信号,以便执行测量以及对其进行处理。在本发明的变型中,该站 100 可以包括多个模数转换器 130,其中每一个对于天线

阵列的天线子集是共有的。

[0047] 如所示的, 第一站 100 还能利用相同的天线阵列来发射信号。切换装置 150 允许从接收模式切换到发射模式。在发射模式中, 站 100 的发射链通过切换装置 150 被连接到天线阵列。当与先前描述的接收链相比时, 该发射链具有对称的结构。在发射模式中, 每一个天线 101-10N 分别地被连接到调整装置 211-21P。这些调整装置 211-21P 可以是模拟的, 并且可以类似于接收链的调整装置。该处理单元 140 可以动态地控制天线。这个处理单元可以首先生成待发送给第二站的数字信号。这个数字信号可以由数模转换器 230 转换成模拟信号, 并且随后, 该信号由解复用装置 200 进行拷贝, 并被提供给每一个调整装置 211-21P 和发射天线 T1-TP。

[0048] 第二站 200 具有类似的结构, 并且在下文中将不进一步详细描述。

[0049] 如图 1 所示, 所有的站可以包括用于例如使用相同的天线阵列来发射和接收信号的装置, 其中这些相同的天线阵列从接收时的接收链切换到发射时的发射链。

[0050] 在相互通信时, 站 100 和 200 使用具有图 3 所述的前同步码的信号。这个前同步码包括多个训练符号, 标记为 L。L 符号是例如在单天线系统中接收机能够用于估计信道的预定波形。实际上, 如同站 100 的接收站可以利用调整装置来调整一些天线参数, 并且利用这些参数来测量该信号。因此, 它能够尝试若干不同的天线设置, 并且从结果中计算波束形成加权。S 符号是由发射机发射的另一个训练符号, 接收机可以使用该训练符号来执行 (与 802.11 中的长和短前同步码类似定义的) 同步。

[0051] 在根据本发明的波束形成系统中, 发射站利用图 3 的结构来发射分组, 其中 L 符号的总数:

[0052] - 或由标准规定成适当的数值, 例如 1、2、4 或 137。在这种情况下, 指示符字段可以是不存在的,

[0053] - 或是可变的, 在这种情况下, 其数值在指示符字段中用信号通知。该指示符字段可以使用与信号字段 (低数据率) 相同的调制来发射, 由此其具有最高的可被正确解码的概率。为了顾及许多训练符号, 可以提供至少一个完整的八比特组 (取值 0、.....、255), 由此这使得让这个数值指示跟随在指示符字段之后的 L 符号的数量是有意义的。如果提供正好跟随在同步符号之后的第一 L 符号, 那么 L 符号的总数可以是一个以上, 以致接收站可以测试其当前的波束形成加权。指示符字段中的剩余八比特组可以用于其他目的, 例如, 用于向接收机指示当发射机和接收机的角色颠倒时发射机希望稍后从接收机接收的 L 符号的数量。

[0054] 在这里, 符号 (信号字段) 使用固定编码和调制方法来发射。其中, 发射站在跟随在它之后的数据符号中编码它使用什么样的编码和调制方法。

[0055] 由于 L 符号的数量, 接收站可以通过在接收到不同的 L 符号时切换其波束形成加权来执行信道测量, 并由此确定最佳的波束形成加权。这将在下文中更详细进行描述。

[0056] 对于如图 1 中将相同的天线用于发射与用于接收的两个站、例如站 100 和站 200 来说, 信道互易性 (互惠) (reciprocity) 意味着: 对于站 100 从站 200 接收来说是最佳的加权对于站 100 向站 200 发射来说也是最佳的。如果这些站使用不同的天线来发射和接收, 那么这些信道由于发射链和接收链中的差异而是非互易的。但是, 由于这些差异可以利用已知的方法来测量和校准, 因此可以使用这种校准来保证信道互易性。

[0057] 根据本发明的方法的第一实施例,并且假设该站的信道互易性,当诸如站 200 之类的站开始与站 100 通信时,它可以首先使用全向传输图案来发射第一信号。此外,如果初始地站 100 和 200 既不知道其最优波束形成也不知道彼此的天线单元的数量,那么在图 2 的步骤 S100,发射站 100 将以低数据率并且使用与完全全向辐射图案相对应的发射波束形成加权 $V^{(1)}$ 来发射其第一个分组,也就是说,没有传输方向是优选的。如图 3 所示,在该信号的指示符字段 320 中,站 200 指示其天线单元的数量 P 以及它正在发射多少训练符号,其中训练符号在图 3 上标注为 L 符号。由于站 200 不知道接收站 100 具有的天线单元的数量 N ,所以它必须任意地选择 L 符号的数量。在第一步骤 S100 中,站 200 可以选择 $K = 1$ 。

[0058] 在步骤 S101,站 100 利用第一组波束形成加权 $W^{(1)}$ 来接收这个分组。由于它只接收 $K = 1$ 训练符号,因此站 100 尚无法执行任何优化。在步骤 S102,站 100 利用使用波束形成加权 $W^{(1)}$ 发射且包含 P 个 L 符号的分组进行响应,它也可以在指示符字段中指示:它具有 N 个天线单元。站 100 可以选择发射较少的 L 符号,并且它也可以为这个分组的数据符号选择稍高些的数据率,这是因为站 200 将能够在步骤 S103 中在接收期间进行接收机波束形成。假设 $V^{(2)}$ 表示最终得到的波束形成加权。

[0059] 然后,在步骤 S104,站 200 利用例如 N 个 L 符号并且使用波束形成加权 $V^{(2)}$ 来发射其第二分组。这些数据符号可以以较高速率来发射,这是因为站 100 现在正在执行发射波束形成,并且站 200 应该能够在站 200 的第二分组的接收过程中进行接收波束形成。实际上,站 100 知道: N 个 L 符号将跟随而来。然后,对每一个 L 符号来说,它可以将其调整装置调整到相应的设置,并且例如通过测量信号的质量(CQI 量度、信噪比量度等等),对接收信号进行测量。通过这样做,它随后能够计算波束形成加权。站 100 的波束形成的结果是 $W^{(2)}$ 。然后,站 100 再次使用利用波束形成加权 $W^{(2)}$ 发射的分组来响应,等等

[0060] 执行的计算的一个示例如下。如果利用 $X(n)$ 来表示第 n 个天线单元上的基带信号,并且与该天线单元相对应的复数(波束形成加权)是 $W(n)$,那么接收的信号是:

$$[0061] \quad R = \sum_{n=1}^N W(n)X(n)$$

[0062] 其中 N 是接收站、例如站 100 的天线单元的数量。

[0063] 如果前同步码包含 K 个 L 符号,那么接收站对于 K 种不同的天线设置测量接收信号(在 A-D 转换器之后)。如果利用 $W_k(n)$ 来表示与第 k 个天线设置以及第 n 个单元相对应的波束形成加权,并且在接收 L 符号期间在第 n 个天线单元上的基带信号是 $X(n)$,那么在第 k 个符号期间的接收信号是:

$$R_k = \sum_{n=1}^N W_k(n)X(n)$$

[0064] 紧接在接收 R_1, \dots, R_k 之后,接收机计算 $\alpha_k = \frac{(R_k)^*}{\sum_{n=1}^N |W_k(n)|^2}$,该接收机将在接

收分组中的数据符号的过程中将其用于波束形成加权 $W(n) = \sum_{k=1}^K \alpha_k W_k(n)$ 。在这个上述示例

中,假设加权 $W_k(n)$ 是正交的。

[0065] 对发射站来说,发射一个另外的 L 符号是可取的,以致接收站也可以使用利用计算的波束形成加权 W 来执行信道测量。(当 $K = 1$ 时,不需要这个额外的符号)。这些加权在被 W_1, \dots, W_k 跨越的空间中给出最优的波束形成加权,即,给出最高的信噪比的波束

形成。如果 $K = N$ 并且 W_1, \dots, W_N 是线性独立的, 那么最终得到的波束形成加权是最优的。接收机能够自由选择 W_1, \dots, W_k 。

[0066] 如果信道是稳定的, 那么波束形成加权 $V^{(i)}$ 和 $W^{(i)}$ 将快速地收敛到极限值。这些站可以随后选择去请求比其相应的天线单元的数量更少的 L 符号 (例如, 仅仅 1 个), 这是因为不需要进一步的优化。如果信道条件改变, 那么它们可以再次请求更多的 L 符号。在每一次迭代, 该站可以自由选择它在 K 次信道测量期间使用的基本矢量。让第一基本矢量等于从先前步骤中计算的最优矢量是明智的。

[0067] 在本发明的变型中, 第一站指示将由另一个站在下一个传输信号中使用的比特率。该比特率可以根据计算的天线加权组来选择。例如, 如果计算的天线加权不是足够精细的, 因为 L 符号的数量对于测试所有可能的设置而言太低, 则第一站将指示中间数据率而非高数据率。

[0068] 在本发明的另一个变型中, 诸如站 200 之类的发射站可以发射比接收站 100 的天线数量更多的 L 符号。例如, 它可以发射 Q 个 L 符号, 其中 $Q = N \times P$ 。这能够用于测试发射和接收天线设置。站 200 可以利用不同的天线设置来发射 L 符号, 其中这些天线设置随着与 N 个 L 符号的持续时间相等的预定周期例如 T 而改变。站 100 利用不同的天线设置来接收 L 符号, 其中这些天线设置例如随着每个 L 符号而改变。

[0069] 可以执行设置变更, 以致每个站较少频繁地变化。例如, 如果两个站 100 和 200 具有相同数量的天线, 那么它们可以每两个 L 符号改变其相应的设置, 但是, 是异相的, 例如, 是彼此正交的。

[0070] 然后, 接收站 100 可以计算发射天线加权和接收天线加权, 并且至少将发射天线加权发射给站 200, 以便后者可以在下一次传输中使用这些发射天线加权。

[0071] 在本发明的另一个实施例中, 发射站发送 Q 个 L 符号的序列, 其中例如 $Q = N + P$ 。这能够用于测试发射和接收天线设置。如在图 4 上可以看到的, 在形成接收训练阶段 (Rx 训练) 的 N 个第一 L 符号期间, 发射站可以利用其当前的最优天线设置来发射 L 符号 (在首次传输时, 能够选择全向天线设置), 并且在形成发射训练阶段 (Tx 训练) 的 P 个最后的 L 符号期间, 发射站可以利用不同的变化天线设置来发射 L 符号。在接收侧上, 在接收训练阶段的 N 个第一 L 符号期间, 接收站可以利用不同的不断变化的天线设置来接收 L 符号, 并且在接收训练阶段的 P 个最终的 L 符号期间, 接收站可以利用其当前最优的天线设置来接收 L 符号。接收站能够计算发射站应该用于最大化接收信号功率的波束形成加权。然后, 在下一个消息中, 接收站能够将这些加权反馈给发射站。

[0072] 在发射训练阶段期间的天线设置可以根据若干规则来选择。例如, 每一个 L 符号可以与不同的传输加权 T_k (即, 指定的训练矩阵 T 的第 k 列) 相乘。事实上, 天线阵列中的每一个天线单元 n 借助于训练矩阵的系数 $T(n, k)$ 来调整的, 其中 $T(n, k)$ 是在传输第 k 个训练 L 符号中第 n 个天线单元的发射加权。举例来说, 可以使用哈达玛 (Hadamard) 矩阵。

[0073] 将注意, 使用具有正交列的矩阵是特别有利的, 这是因为这能够帮助接收站处理加权。实际上, 如果该矩阵的列不是正交的, 那么接收机必须在接收之前了解这个矩阵。但是, 正交的列创建在所有方向上辐射的图案, 因而对其他的相邻终端产生干扰。因而, 提议使用傅里叶矩阵。

[0074] $N \times K$ 傅里叶矩阵 F 被定义为如下:

[0075] 每一个系数 $F(n, k) = \exp\left(-j2\pi\left(\frac{k_1 n_1}{K_1} - \frac{k_2 n_2}{K_2}\right)\right)$, $n = 0, \dots, N-1, k = 0, \dots, K-1$,

[0076] $N = N1 * N2, K = K1 * K2, K1 \geq N1, K2 \geq N2$

[0077] $n1 = n \bmod N1, n1 = 0, \dots, N1-1, n2 = \text{floor}(n/N1), n2 = 0, \dots, N2-1$ 。

[0078] 在这个实施例的示例中,该天线阵列包括排列在矩形 $N2 \times N1$ 中的 N 个单元。在这种情况下, F 的 K 个列中的每一列对应于指向某个方向的波束,也就是说, K 确定波束指向分辨率 (beam pointing resolution)。

[0079] 傅里叶矩阵的主要优点在于:容易用信号向接收站通知构造矩阵所需要的参数。

[0080] 根据这个实施例的一个变型,区分两种不同的工作模式。在能够以低速率并且利用全向图案在特定的发现信道上执行的发现模式中,可以选择完整的傅里叶矩阵,也就是说, $K1 = N1$ 以及 $K2 = N2$ 。随之,需要仅将 $N1$ 和 $N2$ 用信号通知给接收站。在该发现模式中,这两个站并不知道彼此,并且它们不知道哪一个波束形成是最优的。发射站利用 Q 个 L 符号的序列来发射帧,如上所解释的,其中例如 $Q = N+P$ 。当在这个发现模式之后计算最优的波束形成时,这两个站可以切换到另一信道,例如数据信道,并且可以开始利用更高的数据率来通信。

[0081] 在这个通信期间,需要保持最优的波束形成。因此,这些站进入跟踪模式。在这个跟踪模式中,在至少一些消息的前同步码中,提供一些训练符号。由于最优波束形成被认为是已知的,因此提供与发现阶段中一样多的训练符号也许不是有用的。这些训练符号用于测试在当前最优波束形成周围的一些波束形成加权。在这个实施例的一个示例中,发射站使用等同于当前波束形成矢量与傅里叶矩阵中的指定列逐点相乘的矩阵。这给出了具有接近于当前图案的波瓣的适当图案。用信号通知所使用的列,以致接收站知道当前的训练矩阵,并且可以执行更高级的处理来获得新的最优发射加权的更好估计。

[0082] 举例来说,跟踪模式矩阵可以利用小的阵列大小来选择,例如,对于小的阵列大小来说, $K1 = N1 * 4, K2 = N2 * 4$,或者对于大的阵列大小来说, $K1 = N1, K2 = N2$ 。然后,训练矩阵使用从大小为 $N \times 4$ (或 $N \times 8$) 的傅里叶矩阵中选择的 4 (或 8) 列。仅仅需要用信号通知 $N1, N2, K1, K2$, 以确保更好的加权估计。

[0083] 有可能选择减小的傅里叶矩阵,仅仅具有有限数量的在当前最优波束形成加权周围的波瓣。例如,从 F 中选择列用于波束跟踪

[0084] 跟踪波束: $w_{\text{opt}} * F(:, k1:k2)$ 。

[0085] 当前最优波束: $(k1, k2) = (0, 0)$ 。

[0086] 最接近的 4 个波束: $(k1, k2) = (0, 1), (0, K2-1), (1, 0), (K1-1, 0)$ 。

[0087] 接下来最接近的 4 个波束:

[0088] $(k1, k2) = (1, 1), (1, K2-1), (K1-1, 1), (K1-1, K2-1)$ 。

[0089] 将注意,根据本发明的另一个实施例,发现模式和 / 或跟踪模式中的前同步码可以只包含发射训练阶段 (而没有接收训练阶段),即, L 符号的序列,在其期间发射站根据傅里叶矩阵来调整波束形成加权。然后,接收站需要反馈。

[0090] 无论使用什么传输方案 (例如,OFDM、单载波、单载波块传输或某种其他方法),该前同步码的结构都能够使用。

[0091] 这种方法允许保证波束形成加权的计算而无需至其他站的反馈传输。此外,在单

个前同步码中,这些站能够获取最优的波束形成加权,并且可以在每一次数据传输时适配这些加权。

[0092] 在目前的说明书和权利要求书中,处于单元之前的词“一”或“一个”并不排除存在多个此类单元。进一步,词“包括”或“包含”并不排除除了所列举的单元或步骤之外还存在其他的单元或步骤。在权利要求的括号中包含参考符号旨在帮助理解,而不是打算加以限制。

[0093] 通过阅读本公开内容,本领域技术人员可以清楚其他的修改。这样的修改可以涉及在无线电通信领域中已知的并且可以用来取代或补充在这里已被描述的特征的其他特征。

图 1-I
图 1-II

图 1

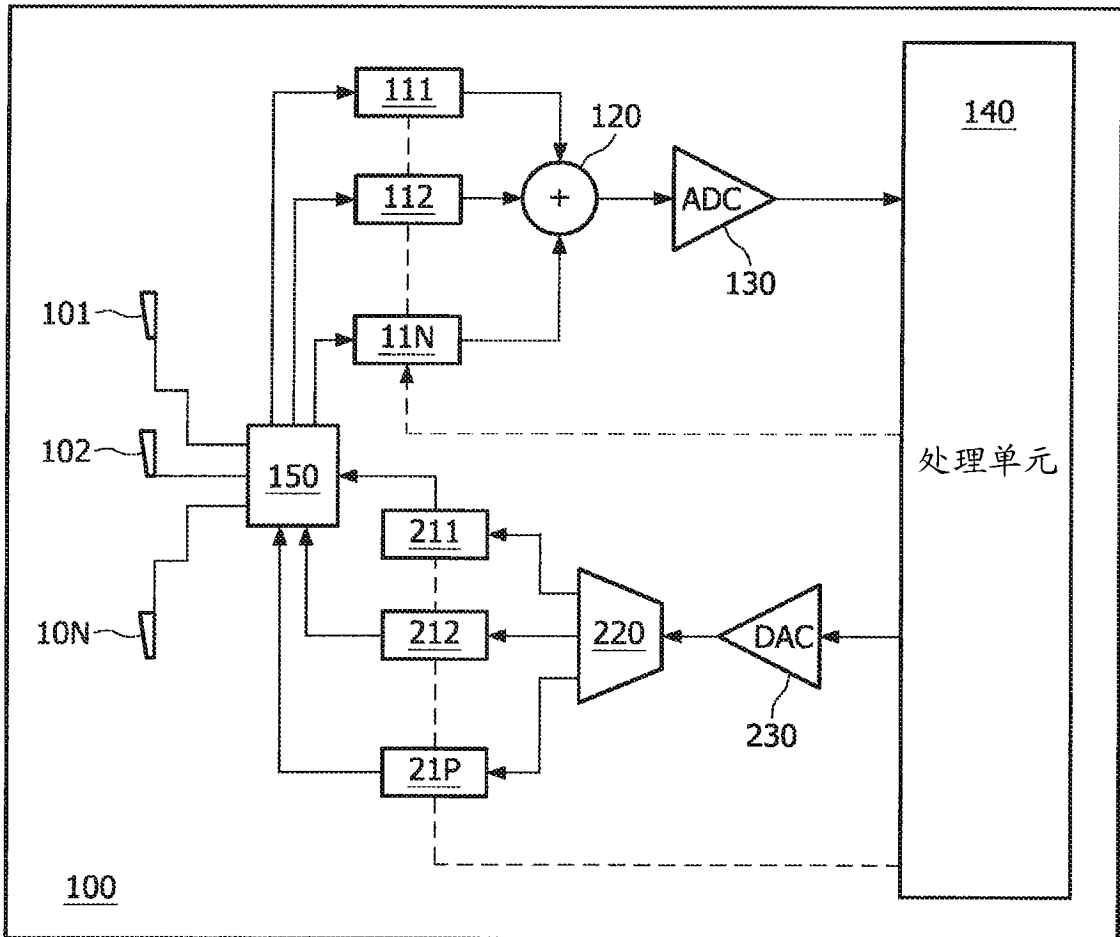


图 1-I

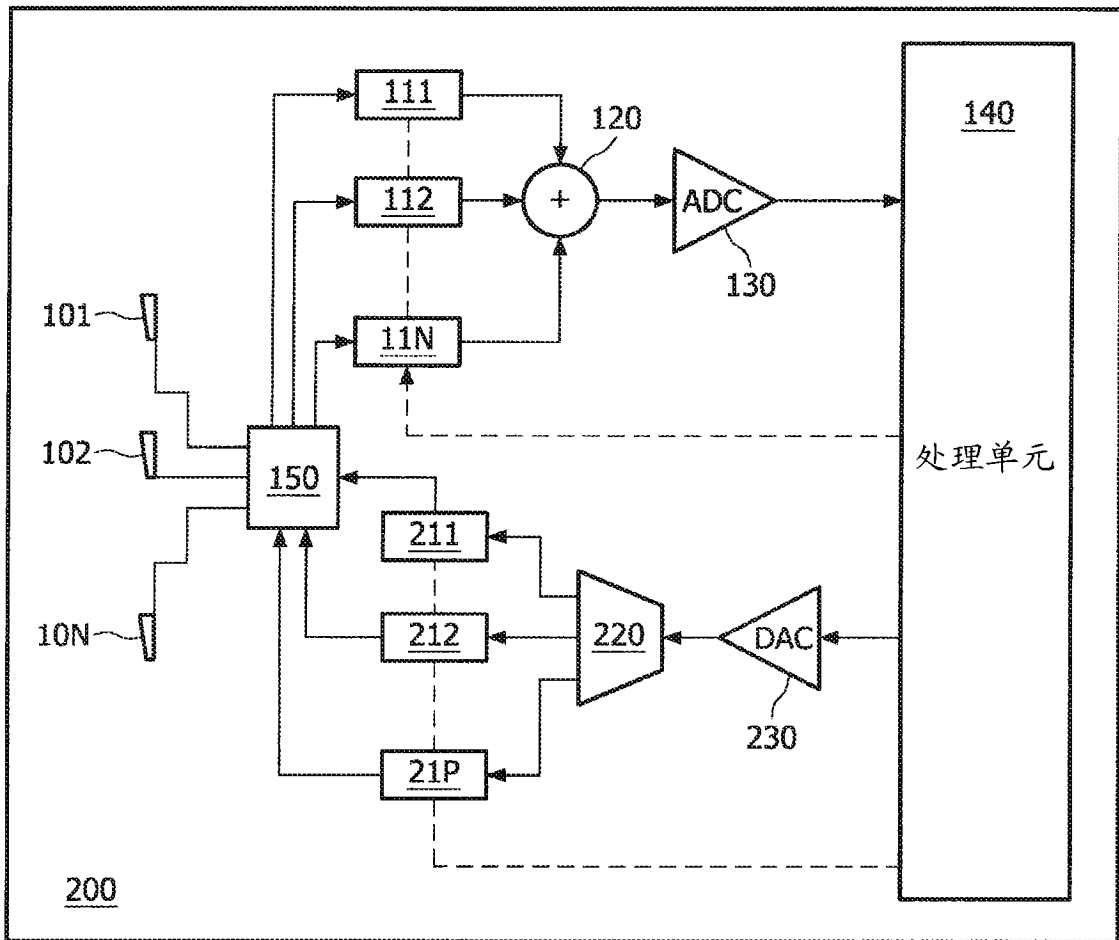


图 1-II

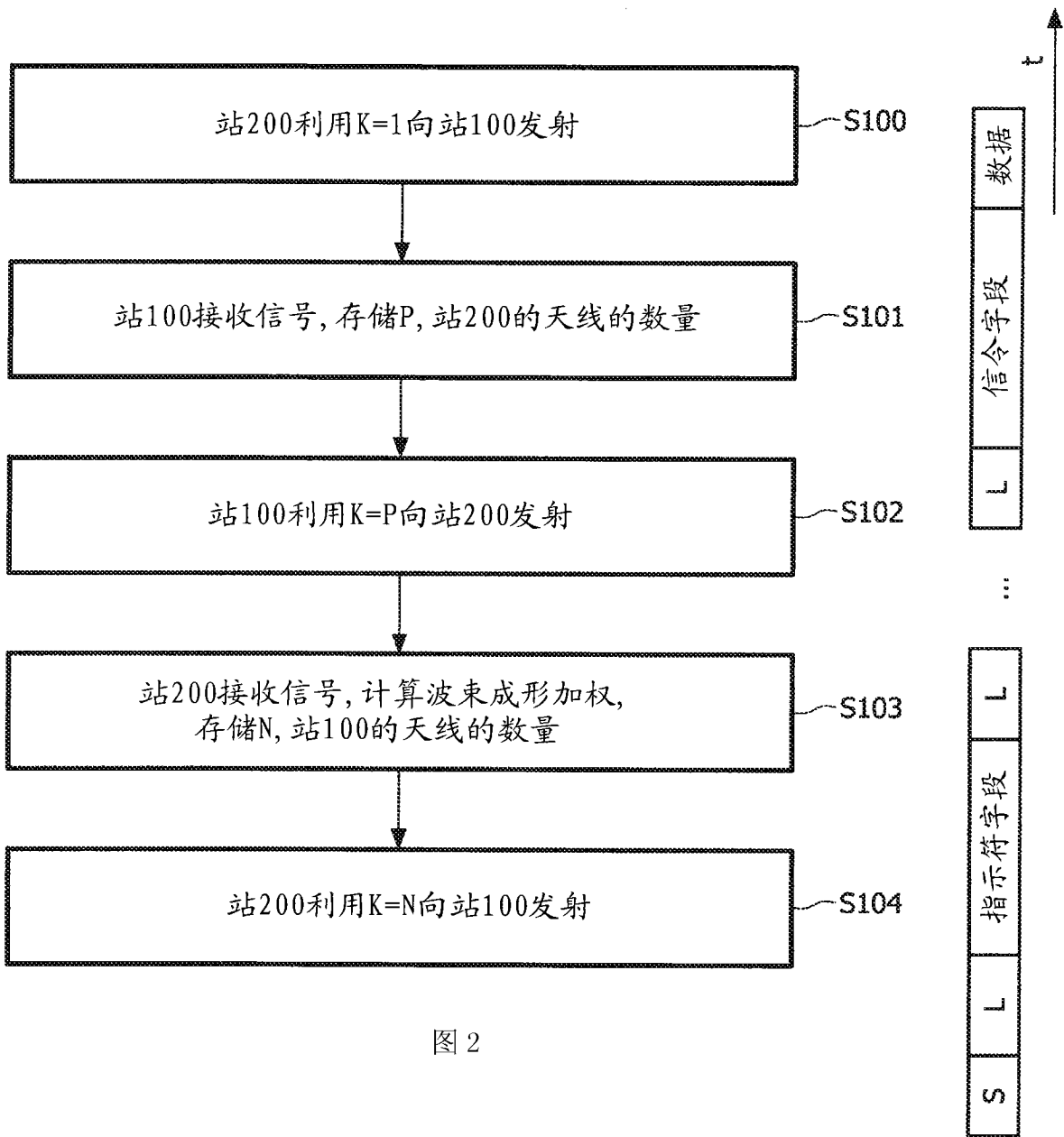


图 2

图 3

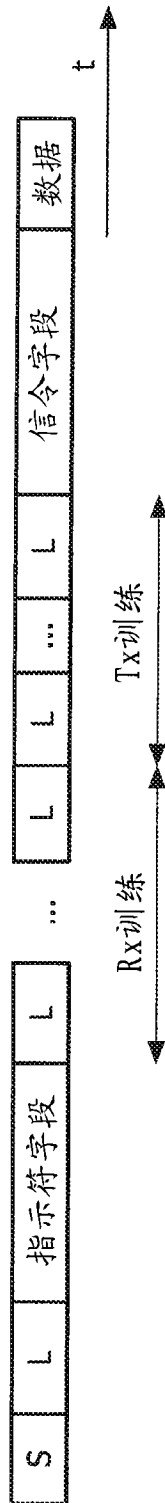


图 4