



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102959880 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 03

(21) 申请号 201080053887. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 11. 22

H04B 7/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/264495 2009. 11. 25 US

(56) 对比文件

CN 101371483 A, 2009. 02. 18,

WO 2008156067 A1, 2008. 12. 24,

CN 101257367 A, 2008. 09. 03,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 05. 24

审查员 洪小燕

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/SE2010/051282 2010. 11. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/065898 EN 2011. 06. 03

(73) 专利权人 瑞典爱立信有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

(72) 发明人 G·约恩格伦 D·哈马瓦尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 汤春龙 卢江

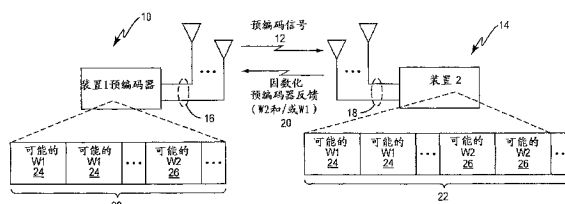
权利要求书5页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

使用因数化预编码的方法和设备

(57) 摘要

根据一个或多个方面, 本文中的教导通过使 CSI 反馈报告的预编码器部分包括因数化预编码器反馈来改进用户设备 (UE) 信道状态信息 (CSI) 反馈。在一个或多个此类实施例中, 因数化预编码器反馈对应于至少两个预编码器矩阵, 包括建议的“转换”预编码器矩阵和建议的“调谐”预编码器矩阵。建议的转换预编码器矩阵限制建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量, 并且反过来, 建议的调谐预编码器矩阵使建议的预编码器矩阵匹配部分地由所述建议的转换预编码器矩阵定义的有效信道。



1. 一种预编码从第一装置(10)到第二装置(14)的传送的方法(500),所述方法包括:

从所述第二装置(14)接收(502)指示建议的转换预编码器矩阵和建议的调谐预编码器矩阵至少之一的因数化预编码器反馈(20),所述建议的转换预编码器矩阵和所述建议的调谐预编码器矩阵联合表示建议的预编码器矩阵,所述建议的预编码器矩阵是所述建议的转换和调谐预编码器矩阵的矩阵相乘,其中所述建议的转换预编码器矩阵限制所述建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量,并且所述建议的调谐预编码器矩阵使所述建议的预编码器矩阵匹配部分地由所述建议的转换预编码器矩阵定义的有效信道;

至少部分地基于评估所述建议的预编码器矩阵,确定(504)预编码操作;以及

将根据所述预编码操作预编码的预编码信号(12)传送(506)到所述第二装置(14),

所述方法还包括保持作为可能的预编码器矩阵的二维表(28)的一个或多个码本(22),其中所述表(28)的每行或列对应于多个可能的转换预编码器矩阵(24)中的特定转换预编码器矩阵,并且所述表(28)的每列或行对应于多个可能的调谐预编码器矩阵(26)中的特定调谐预编码器矩阵,以及其中所述因数化预编码器反馈(20)包括行索引值和列索引值至少之一,用于标识所述表(28)中所述可能的预编码器矩阵中作为所述建议的预编码器矩阵的特定预编码器矩阵。

2. 如权利要求1所述的方法(500),其中评估所述建议的预编码器矩阵包括:确定在用于生成所述预编码信号(12)的所述预编码操作中是否使用所述建议的预编码器矩阵。

3. 如权利要求1或2所述的方法(500),还包括保持可能的转换预编码器矩阵(24)和可能的调谐预编码器矩阵(26)的一个或多个码本(22),以及其中所述因数化预编码器反馈(20)包括指示以下至少之一的至少一个索引值:所述可能的转换预编码器矩阵(24)中作为所述建议的转换预编码器矩阵的特定矩阵,以及所述可能的调谐预编码器矩阵(26)中作为所述建议的调谐预编码器矩阵的特定矩阵。

4. 如权利要求3所述的方法(500),其中所述保持一个或多个码本(22)包括保持所述可能的转换预编码器矩阵(24)的第一码本(30)和所述可能的调谐预编码器矩阵(26)的第二码本(32),以及其中所述因数化预编码器反馈(20)包括用于所述第一码本(30)的第一索引值和用于所述第二码本(32)的第二索引值至少之一。

5. 如权利要求1或2所述的方法(500),还包括保持可能的转换预编码器矩阵(24)和可能的调谐预编码器矩阵(26)的一个或多个码本(22),以及其中每个可能的转换预编码器矩阵(24)具有 $N_T \times k$ 的行-列维度,其中行的数量 N_T 等于在所述第一装置(10)的传送天线端口(56)的数量,并且列的数量 k 等于小于 N_T 的值的转换维度,由此限制所述建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量。

6. 如权利要求5所述的方法(500),其中所述可能的转换预编码器矩阵(24)至少之一包括分块对角矩阵。

7. 如权利要求6所述的方法(500),其中所述可能的调谐预编码器矩阵(26)至少之一具有更改所述分块对角矩阵中所述分块的定相的矩阵行。

8. 如权利要求5所述的方法(500),其中所述转换维度 k 由所述第一装置(10)或所述第二装置(14)配置,以及其中在所述转换维度 k 由所述第一装置(10)配置的情况下,所述方法(500)还包括从所述第一装置(10)通过信号发送所述转换维度 k 的指示到所述第二装置(14)。

9. 如权利要求8所述的方法(500), 其中所述建议的转换预编码器矩阵由所述第一装置(10)配置, 以及其中所述方法(500)还包括从所述第一装置(10)通过信号发送所述建议的转换预编码器矩阵的指示到所述第二装置(14)。

10. 如权利要求1所述的方法(500), 其中所述一个或多个码本(22)包括可能的调谐预编码器矩阵(26)的集合, 使得形成可能的调谐预编码器矩阵的所述集合的特定行的独特向量的数量大于形成可能的调谐预编码器矩阵的所述集合的其它行的独特向量的数量。

11. 如权利要求1或2所述的方法(500), 其中所述从所述第二装置(14)接收所述因数化预编码器反馈(20)包括在时间或频率方面以第一颗粒度接收指示所述建议的转换预编码器矩阵的信令, 以及在时间或频率方面以第二颗粒度接收指示所述建议的调谐预编码器矩阵的信令, 以及其中所述第一颗粒度比所述第二颗粒度更粗糙。

12. 一种第一装置(10), 配置用于预编码到第二装置(14)的传送, 其中所述第一装置(10)包括:

接收器(34), 配置成从所述第二装置(14)接收指示建议的转换预编码器矩阵和建议的调谐预编码器矩阵至少之一的因数化预编码器反馈(20), 所述建议的转换预编码器矩阵和所述建议的调谐预编码器矩阵联合表示建议的预编码器矩阵, 所述建议的预编码器矩阵是所述建议的转换和调谐预编码器矩阵的矩阵相乘, 其中所述建议的转换预编码器矩阵限制所述建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量, 并且所述建议的调谐预编码器矩阵使所述建议的预编码器矩阵匹配部分地由所述建议的转换预编码器矩阵定义的有效信道; 以及

传送器(36), 包括预编码器电路(38)并配置成:

至少部分地基于评估所述建议的预编码器矩阵, 确定预编码操作; 以及

将根据所述预编码操作预编码的预编码信号(12)传送到所述第二装置(14),

其中所述第一装置(10)配置成保持作为可能的预编码器矩阵的二维表(28)的一个或多个码本(22), 其中所述表(28)的每行或列对应于多个可能的转换预编码器矩阵(24)中的特定矩阵, 并且所述表(28)的每列或行对应于多个可能的调谐预编码器矩阵(26)中的特定矩阵, 以及其中所述因数化预编码器反馈(20)包括行索引值和列索引值至少之一, 用于标识所述可能的预编码器矩阵中作为所述建议的预编码器矩阵的特定矩阵。

13. 如权利要求12所述的第一装置(10), 其中所述传送器(36)配置成通过确定在用于生成所述预编码信号(12)的所述预编码操作中是否要使用所述建议的预编码器矩阵, 评估所述建议的预编码器矩阵。

14. 如权利要求12或13所述的第一装置(10), 其中所述第一装置(10)配置成保持可能的转换预编码器矩阵(24)和可能的调谐预编码器矩阵(26)的一个或多个码本(22), 以及其中所述接收器(34)配置成接收作为指示以下至少之一的至少一个索引值的所述因数化预编码器反馈(20): 所述可能的转换预编码器矩阵(24)中作为所述建议的转换预编码器矩阵的特定矩阵, 以及所述可能的调谐预编码器矩阵(26)中作为所述建议的调谐预编码器矩阵的特定矩阵。

15. 如权利要求14所述的第一装置(10), 其中所述第一装置(10)配置成通过保持所述可能的转换预编码器矩阵(24)的第一码本(30)和所述可能的调谐预编码器矩阵(26)的第二码本(32)来保持所述一个或多个码本(22), 以及其中所述因数化预编码器反馈(20)包括

用于所述第一码本(30)的第一索引值和用于所述第二码本(32)的第二索引值至少之一。

16. 如权利要求12或13所述的第一装置(10), 其中所述第一装置(10)配置成保持可能的转换预编码器矩阵(24)和可能的调谐预编码器矩阵(26)的一个或多个码本(22), 以及其中每个可能的转换预编码器矩阵(24)具有 $N_T \times k$ 的行-列维度, 其中行的数量 N_T 等于在所述第一装置(10)的传送天线端口(56)的数量, 并且列的数量 k 等于小于 N_T 的值的转换维度, 由此限制所述建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量。

17. 如权利要求16所述的第一装置(10), 其中所述可能的转换预编码器矩阵(24)至少之一包括分块对角矩阵。

18. 如权利要求17所述的第一装置(10), 其中所述可能的调谐预编码器矩阵(26)至少之一具有更改所述分块对角矩阵中所述分块的定相的矩阵行。

19. 如权利要求16所述的第一装置(10), 其中所述转换维度 k 由所述第一装置(10)或所述第二装置(14)配置, 以及其中在所述转换维度 k 由所述第一装置(10)配置的情况下, 所述第一装置(10)配置成从所述第一装置(10)通过信号发送所述转换维度 k 的指示到所述第二装置(14)。

20. 如权利要求19所述的第一装置(10), 其中所述建议的转换预编码器矩阵由所述第一装置(10)选择, 以及其中所述第一装置(10)配置成从所述第一装置(10)通过信号发送所述建议的转换预编码器矩阵的指示到所述第二装置(14)。

21. 如权利要求12所述的第一装置(10), 其中所述一个或多个码本(22)包括可能的调谐预编码器矩阵(26)的集合, 使得形成可能的调谐预编码器矩阵的所述集合的特定行的独特向量的数量大于形成可能的调谐预编码器矩阵的所述集合的其它行的独特向量的数量。

22. 如权利要求12或13所述的第一装置(10), 其中所述第一装置(10)配置成从所述第二装置(14)接收所述因数化预编码器反馈(20), 作为由所述第一装置(10)在时间或频率方面以第一颗粒度收到的指示所述建议的转换预编码器矩阵的第一信令, 以及作为由所述第一装置(10)在时间或频率方面以第二颗粒度收到的指示所述建议的调谐预编码器矩阵的第二信令, 以及其中所述第一颗粒度比所述第二颗粒度更粗糙。

23. 一种在第二装置(14)向第一装置(10)指示建议的预编码器矩阵的方法(600), 所述方法包括:

相关于所述第一装置(10)估计信道条件;

至少部分地基于所述信道条件确定因数化预编码器反馈(20), 其中所述因数化预编码器反馈(20)指示建议的转换预编码器矩阵和建议的调谐预编码器矩阵至少之一, 所述建议的转换和调谐预编码器矩阵联合表示建议的预编码器矩阵, 所述建议的预编码器矩阵是所述建议的转换和调谐预编码器矩阵的矩阵相乘, 以及其中所述建议的转换预编码器矩阵限制所述建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量, 并且所述建议的调谐预编码器矩阵使所述建议的预编码器矩阵匹配在所述第一装置与第二装置(10, 14)之间部分地由所述建议的转换预编码器矩阵定义的有效信道; 以及

将所述因数化预编码器反馈(20)发送到所述第一装置(10)以向所述第一装置(10)指示所述建议的预编码器矩阵,

所述方法还包括保持可能的预编码器矩阵的二维表(28), 每一个预编码器矩阵可能选择为所述建议的预编码器矩阵, 以及其中所述表(28)的每行或列对应于多个可能的转换预

编码器矩阵(24)中的特定转换预编码器矩阵,并且所述表(28)的每列或行对应于多个可能的调谐预编码器矩阵(26)中的特定调谐预编码器矩阵,以及其中所述因数化预编码器反馈(20)包括行索引值和列索引值至少之一用于标识所述可能的预编码器矩阵中作为所述建议的预编码器矩阵的特定预编码器矩阵。

24. 如权利要求23所述的方法(600),其中所述因数化预编码器反馈(20)的所述发送包括在时间或频率方面以第一颗粒度通过信号发送所述建议的转换预编码器矩阵,以及在时间或频率方面以第二颗粒度通过信号发送所述建议的调谐预编码器矩阵,其中所述第一颗粒度比所述第二颗粒度更粗糙。

25. 如权利要求23任一项所述的方法(600),还包括在所述第二装置(14)保持包括多个可能的转换预编码器矩阵(24)的一个或多个码本(22),每个可能的转换预编码器矩阵具有 $N_T \times k$ 的行-列维度,其中行的所述数量 N_T 等于在所述第一装置(10)的传送天线端口(56)的数量,并且列的所述数量 k 等于小于 N_T 的值的转换维度,由此限制所述建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量。

26. 如权利要求25所述的方法(600),其中所述可能的转换预编码器矩阵(24)至少之一包括分块对角矩阵。

27. 如权利要求26所述的方法(600),其中所述一个或多个码本(22)还包括多个可能的调谐预编码器矩阵(26),以及其中所述可能的调谐预编码器矩阵(26)至少之一具有更改所述分块对角矩阵中所述分块的定相的矩阵行。

28. 如权利要求25所述的方法(600),其中所述转换维度 k 由所述第一装置(10)或所述第二装置(14)配置,以及其中在所述转换维度 k 由所述第一装置(10)配置的情况下,所述方法(600)还包括从所述第一装置(10)接收所述转换维度 k 的指示。

29. 如权利要求28所述的方法(600),其中所述建议的转换预编码器矩阵由所述第一装置(10)选择,以及其中所述方法(600)还包括从所述第一装置(10)接收所述建议的转换预编码器矩阵的指示。

30. 如权利要求23所述的方法(600),还包括在所述第二装置(14)保持一个或多个码本(22),其中所述一个或多个码本(22)包括可能的调谐预编码器矩阵(26)的集合,使得形成可能的调谐预编码器矩阵的所述集合的特定行的独特向量的数量大于形成可能的调谐预编码器矩阵的所述集合的其它行的独特向量的数量。

31. 一种配置成向第一装置(10)指示建议的预编码器矩阵的第二装置(14),所述第二装置(14)包括:

接收器(40),配置成:

相关于所述第一装置(10)估计信道条件;以及

至少部分地基于所述信道条件确定因数化预编码器反馈(20),其中所述因数化预编码器反馈(20)指示建议的转换预编码器矩阵和建议的调谐预编码器矩阵至少之一,所述建议的转换和调谐预编码器矩阵联合表示建议的预编码器矩阵,所述建议的预编码器矩阵是所述建议的转换和调谐预编码器矩阵的矩阵相乘,以及其中所述建议的转换预编码器矩阵限制所述建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量,并且所述建议的调谐预编码器矩阵使所述建议的预编码器矩阵匹配在所述第一装置与第二装置(10,14)之间部分地由所述建议的转换预编码器矩阵定义的有效信道;以及

传送器(42),配置成将所述因数化预编码器反馈(20)发送到所述第一装置(10)以向所述第一装置(10)指示所述建议的预编码器矩阵,

其中所述第二装置(14)配置成保持可能的预编码器矩阵的二维表(28),每一个可能的预编码器矩阵可能选择为所述建议的预编码器矩阵,以及其中所述表(28)的每行或列对应于多个可能的转换预编码器矩阵(24)中的特定转换预编码器矩阵,并且所述表(28)的每列或行对应于多个可能的调谐预编码器矩阵(26)中的特定调谐预编码器矩阵,以及其中所述因数化预编码器反馈(20)包括标识所述可能的预编码器矩阵中作为所述建议的预编码器矩阵的特定预编码器矩阵的表索引值。

32.如权利要求31所述的第二装置(14),其中所述第二装置(14)配置成在时间或频率方面以第一颗粒度通过信号发送所述建议的转换预编码器矩阵,以及在时间或频率方面以第二颗粒度通过信号发送所述建议的调谐预编码器矩阵来发送所述因数化预编码器反馈(20),其中所述第一颗粒度比所述第二颗粒度更粗糙。

33.如权利要求31或32所述的第二装置(14),其中所述第二装置(14)配置成保持包括多个可能的转换预编码器矩阵(24)的一个或多个码本(22),每个可能的转换预编码器矩阵具有 $N_T \times k$ 的行-列维度,其中行的所述数量 N_T 等于在所述第一装置(10)的传送天线端口(56)的数量,并且列的所述数量 k 等于小于 N_T 的值的转换维度,由此限制所述建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量。

34.如权利要求33所述的第二装置(14),其中所述可能的转换预编码器矩阵(24)至少之一包括分块对角矩阵。

35.如权利要求34所述的第二装置(14),其中所述一个或多个码本(22)还包括多个可能的调谐预编码器矩阵(26),以及其中所述可能的调谐预编码器矩阵(26)至少之一具有更改所述分块对角矩阵中所述分块的定相的矩阵行。

36.如权利要求33所述的第二装置(14),其中所述转换维度 k 由所述第一装置(10)或所述第二装置(14)配置,以及其中在所述转换维度 k 由所述第一装置(10)配置的情况下,所述第二装置(14)配置成从所述第一装置(10)接收所述转换维度 k 的指示。

37.如权利要求36所述的第二装置(14),其中所述建议的转换预编码器矩阵由所述第一装置(10)选择,以及其中所述第二装置(14)配置成从所述第一装置(10)接收所述建议的转换预编码器矩阵的指示。

38.如权利要求31或32所述的第二装置(14),其中所述第二装置配置成保持一个或多个码本(22),其中所述一个或多个码本(22)包括可能的调谐预编码器矩阵(24)的集合,使得形成可能的调谐预编码器矩阵的所述集合的特定行的独特向量的数量大于形成可能的调谐预编码器矩阵的所述集合的其它行的独特向量的数量。

使用因数化预编码的方法和设备

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求2009年11月25日提交且指派的申请号为61/264495的美国临时专利申请的优先权。

技术领域

[0003] 一般而言,本发明涉及传送信号预编码,并且具体地说,涉及因数化预编码的使用。

背景技术

[0004] 多天线技术能显著地增大无线通信系统的数据率和可靠性。如果传送器和接收器均配有多根天线(其产生多输入多输出(MIMO)通信信道),则性能尤其得到改进。此类系统和/或有关技术统称为MIMO。

[0005] LTE标准当前正在随着增强的MIMO支持演进。LTE中的核心组件是MIMO天线部署和MIMO有关技术的支持。在LTE-高级中的当前工作假设是支持带有可能信道相关预编码的8层空间复用模式。空间复用模式预期用于在有利信道条件中的高数据率。根据此类复用,携带符号向量 s 的信息乘以 $N_T \times r$ 的预编码器矩阵 $\mathbf{W}_{N_T \times r}$,预编码器矩阵用于在 N_T (对应于 N_T 个天线端口)维向量空间的子空间中分配传送能量。

[0006] 通常情况下从可能的预编码器矩阵的码本中选择预编码器矩阵,并且通常情况下借助于在码本中指定独特的预编码器矩阵的预编码器矩阵指示符(PMI)指示预编码器矩阵。如果预编码器矩阵被限于具有标准正交列,则预编码器矩阵的码本的设计对应于格拉斯曼子空间封装问题(Grassmannian subspace-packing problem)。在 s 中的 r 个符号各对应于一层,并且 r 称为传送秩。这样,由于能够通过相同资源元素(RE)同时传送多个符号,因此,实现了空间复用。符号 r 的数量通常适用于符合当前信道属性的要求。

[0007] LTE在下行链路中使用OFDM(并且在上行链路中使用DFT预编码OFDM),因此,假设无小区间干扰,用于副载波 n 上某个资源元素(或备选数据RE编号 n)的接收的 $N_R \times 1$ 的向量 y_n 由此建模为:

$$[0008] \quad \mathbf{y}_n = \mathbf{H}_n \mathbf{W}_{N_T \times r} \mathbf{s}_n + \mathbf{e}_n$$

[0009] 其中, $\mathbf{e}_n$ 是作为随机进程的实现在获得的噪声向量。预编码器 $\mathbf{W}_{N_T \times r}$ 能够是在频率上是恒定的或具频率选择性的宽带预编码器。

[0010] 预编码器矩阵经常选择成匹配 $N_R \times N_T$ MIMO信道 $\mathbf{H}$ 的特性,从而产生所谓的信道相关预编码。这也统称为闭环预编码,并且基本上力求将传送能量集中到在输送许多传送的能量到UE方面强大的子空间中。另外,预编码器矩阵也可选择成以力求正交化信道,这意味着在UE的适当线性均衡后,降低了层间干扰。

[0011] 在闭环预编码中,基于在前向链路(下行链路)中的信道测量,UE向eNodeB传送要使用的适当预编码器的建议。可反馈应该覆盖大的带宽的单个预编码器(宽带预编码)。也可有益的是匹配信道的频率变化并且作为代替来反馈频率选择性预编码报告,例如若干预

编码器,每个子频带一个。这是信道状态信息(CSI)反馈的更一般情况的示例,信道状态信息(CSI)反馈也包含在到UE的随后传送中反馈除预编码器外的其它实体以帮助eNodeB。此类其它信息可包括信道质量指示符(CQI)及传送秩指示符(RI)。

[0012] 闭环预编码有关的一个问题是通过信号发送预编码器矩阵指示符(PMI)和预编码器秩指示符(即,RI)造成的反馈开销-特别是在有许多信道维度要表征、带有大天线配置的系统。根据最新技术反馈设计,在许多情况下,用于带有许多传送天线的系统的反馈开销将导致不当的反馈开销。随着天线阵列大小变得更大,如果使用常规反馈方案,则复杂性也可成为问题。在此方面,从大的码本中的候选预编码器矩阵中搜索“最佳”预编码器在计算上要求高,这是因为它基本上暗示在大量的码本条目上的穷举搜索。

发明内容

[0013] 根据一个或多个方面,本文中的教导通过使CSI反馈报告的预编码器部分包括因数化预编码器反馈(factorized precoder feedback)来改进用户设备(UE)信道状态信息(CSI)反馈。在一个或多个此类实施例中,因数化预编码器反馈对应于至少两个预编码器矩阵,包括建议的“转换”预编码器矩阵和建议的“调谐”预编码器矩阵。建议的转换预编码器矩阵限制建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量,并且反过来,建议的调谐预编码器矩阵使建议的预编码器矩阵匹配部分地由所述建议的转换预编码器矩阵定义的有效信道。

[0014] 此外,建议的转换预编码器矩阵具有 $N_{Tx}k$ 的行-列维度,其中,行的数量 N_T 等于在第一装置传送天线端口的数量,并且列的数量 k 等于小于 N_T 的值的转换维度,由此限制建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量。通常但不一定在时间和/或频率方面以比调谐预编码器更粗糙的颗粒度报告转换预编码器以节省信令开销和/或降低复杂性。

[0015] 特定方面是转换维度(conversion dimension) k 不一定等于天线端口的数量 N_T ,并且由例如可以是LTE eNodeB的第一装置配置,或者由例如可以是LTE移动终端或其它类型UE的第二装置配置。对于给定 N_T ,传送秩 r 和转换维度 k 的关系为 $N_T \geq k \geq r$,因此, k 和 r 的多个可能值可用。特定方面是存在 N_T 和 r 的至少一种组合,对于该组合, k 能够采用至少两个不同值。具体而言, k 能够严格地小于 N_T ,从而提供维度降低的可能性。另一方面是存在 N_T 和 k 的至少一种组合,对于该组合, r 能够采用至少两个不同值。

[0016] 包括转换维度 k 和传送秩 r 的选择的转换和调谐预编码器矩阵建议通常由第二装置做出,使得第二装置使用因数化预编码器反馈为第一装置提供建议的预编码器矩阵。相应地,第一装置通过此类反馈接收建议的预编码器矩阵,但它不一定采取此类建议,而是能够从反馈中推导用于确定应用的预编码操作的信道状态信息。本文中考虑的一种备选是这些参数的一些部分或全部由第一装置配置。这些确定从第一装置通过信号发送到第二装置,第二装置使用该信息确定表示预编码建议的剩余参数。

附图说明

[0017] 图1是第一装置和第二装置的示例实施例的框图,其中,第二装置配置成通过因数化预编码器反馈将预编码建议发送到第一装置。

[0018] 图2是图1中引入的装置的进一步示例细节的框图。

[0019] 图3A和3B示出根据本文中介绍的教导,用于保持转换和调谐预编码器信息的示例码本。

[0020] 图4是根据本文中的教导,配置用于预编码传送的预编码器电路的一个实施例的框图。

[0021] 图5是在第二装置生成和发送因数化预编码器反馈以提供预编码建议到第一装置的方法的一个实施例的逻辑流程图。

[0022] 图6是在第一装置接收和评估因数化预编码器反馈的方法的一个实施例的逻辑流程图,其中,该因数化预编码器反馈提供来自第二装置的预编码建议。

具体实施方式

[0023] 图1示出使用多个传送天线16传送预编码信号12到第二装置14(“装置2”)的第一装置10(“装置1”)。第二装置14又包括多个天线18用于接收预编码信号12以及用于传送返回数据和信令到第一装置10,包括因数化预编码器反馈20。因数化预编码器反馈20包括用于第一装置10的预编码器建议。第一装置10在确定它用于生成预编码信号12的预编码操作时,考虑但不一定采取在因数化预编码器反馈20中包括的预编码建议。然而,本文中介绍的教导的一个有利方面是在确定因数化预编码器反馈20所要求的处理方面和/或在发送因数化预编码器反馈20要求的信令开销方面,因数化预编码器反馈20提供了极大改进的效率。

[0024] 在至少一个实施例中,第二装置14通过向第一装置10指示建议的转换预编码器矩阵和/或通过向第一装置10指示建议的调谐预编码器矩阵,向第一装置10建议预编码器矩阵。在至少一个此类实施例中,因数化预编码器反馈20包括提供此类指示到第一装置10的信令。例如,在至少一个实施例中,第二装置14“保持”(存储)包括多个可能的转换预编码器矩阵24和多个可能的调谐预编码器矩阵26的一个或多个码本22。第一装置10保持相同的一个或多个码本22(或者相当本地,存储从在第二装置14处保持的码本条目推导或取决于所述码本条目的码本信息)。

[0025] 在一个或多个此类实施例中,第二装置14发送预编码器矩阵索引(PMI)值,其中,那些值标识表示第一装置10在确定应用于生成预编码信号12的预编码操作时要考虑的预编码器矩阵建议的码本条目。例如,由 W 表示建议的预编码器矩阵,在至少一个实施例中的因数化预编码器反馈20包括标识可能的转换预编码器矩阵24中作为表示为 W_1 的建议的转换预编码器矩阵的特定转换预编码器矩阵的索引值,并且还包括标识可能的转换预编码器矩阵26中作为表示为 W_2 的建议的调谐预编码器矩阵的特定调谐预编码器矩阵的索引值。装置10相应地配置成将建议的预编码器矩阵 W 形成成为建议的转换预编码器矩阵 W_1 和建议的调谐预编码器矩阵 W_2 的积(矩阵相乘)。即, $W = W_1 \times W_2$ 。装置10在确定它应用的预编码操作时考虑建议的预编码器矩阵 W 。例如,它至少部分地基于建议的预编码器 W 制定用于生成预编码信号12的预编码器矩阵。

[0026] 因此,通过接收因数化预编码器反馈20,第一装置10得到建议的转换和调谐预编码器矩阵 W_1 和 W_2 的通知,并且在确定其预编码操作时考虑此类反馈指示的CSI。第一装置10评估 W ,例如,以确定是否使其预编码操作符合建议的预编码器矩阵 W 。也就是说,第一装置10接收和理解因数化预编码器反馈20,但第一装置10实际应用的预编码操作可采取或不采取来自第二装置14的预编码器建议。在第一装置10的实际预编码取决于在从第二装置10

收到的建议外的多个因素。

[0027] 作为非限制性示例,图2示出第一和第二装置10和14的一个实施例。根据所示示例,第一装置10包括配置成从第二装置14接收因数化预编码器反馈20的接收器34。如所述一样,因数化预编码器反馈20指示建议的转换预编码器矩阵(W_1)和建议的调谐预编码器矩阵(W_2)至少之一,建议的转换预编码器矩阵(W_1)和建议的调谐预编码器矩阵(W_2)联合表示是建议的转换和调谐预编码器矩阵的矩阵相乘的建议的预编码器矩阵(W)。如本文中后面将进一步详细描述的一样,建议的转换预编码器矩阵限制建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量,并且建议的调谐预编码器矩阵使建议的预编码器矩阵匹配部分地由建议的转换预编码器矩阵定义的有效信道。

[0028] 第一装置10还包括传送器36,传送器36包括预编码器电路38。传送器36配置成至少部分地基于评估所述建议的预编码器矩阵,来确定用于生成预编码信号12的预编码操作。此处,“预编码操作”将理解为由第一装置10实际用于生成预编码信号12的预编码,并且它可以采取或不采取对应于建议的转换和调谐预编码器矩阵的建议的预编码器矩阵。传送器36配置成传送预编码信号12到第二装置14,其中,根据装置10应用的预编码操作对预编码信号12进行预编码。

[0029] 在确定要使用的实际预编码操作时,传送器36例如配置成确定是否使用建议的预编码器矩阵作为在预编码器电路38中实际用于生成预编码信号12的预编码器矩阵。也就是说,视多个条件而定,第一装置10执行的预编码操作可采取或不采取建议的预编码操作。然而,将理解的是,第一装置10可采取该建议,并且在任何情况下配置成理解和考虑因数化预编码器反馈20作为识别此类建议的基础。

[0030] 此外,在至少一个实施例中,第一装置10配置成保持作为可能的预编码器矩阵的二维表28的一个或多个码本22。参见图3A的示例表28,其中,表28将要理解成例如是在装置10的存储器中存储的数据结构。表28包括由图示中的“W”单独表示的多个数字条目。每个W是形成为可能的转换和调谐预编码器矩阵24和26的特定组合的矩阵相乘的可能的预编码器矩阵。也就是说,在表28中的一些或所有W每个都表示可能的转换预编码器矩阵24和可能的调谐预编码器矩阵26的不同配对的乘积。因此,表28的每行(或列)对应于多个可能的转换预编码器矩阵24中的特定矩阵,并且表28的每列(或行)对应于多个可能的调谐预编码器矩阵26中的特定矩阵。

[0031] 在此类实施例中,因数化预编码器反馈20包括行索引值和列索引值至少之一,用于标识表28中所述可能的预编码器矩阵中作为建议的预编码器矩阵的特定矩阵。每行(或列)索引值能够理解为表示特定的转换预编码器建议,并且每列(或行)索引值能够理解为表示特定的调谐预编码器建议。

[0032] 要注意的是,可用不同颗粒度反馈行索引值和列索引值,并且要注意的是,通过此类实施例,可能的转换预编码器矩阵24和可能的调谐预编码器矩阵26未在单独的码本中明确指定;相反,特定的可能的转换预编码器矩阵24和特定的可能的调谐预编码器矩阵26的乘积存储在表28的单元格中。

[0033] 将理解的是,在此类实施例中,第二装置14也可配置成在第二装置14的存储器中保持类似表28。这样,第二装置14随后确定对应于其预编码器建议的一个或多个表索引值,并且通过因数化预编码器反馈20将那些值的指示发回第一装置10。也就是说,第二装置14

将行索引值和/或列索引值作为因数化预编码器反馈20发回。(例如,就第一装置10选择转换预编码器而言,第二装置14无需一定发回行和列索引值。)

[0034] 在诸如图1所建议实施例等其它实施例中,第一装置10配置成保持可能的转换预编码器矩阵24和可能的调谐预编码器矩阵26的一个或多个码本22。相应地,第一装置10的接收器34配置成接收作为指示以下至少之一的至少一个索引值的因数化预编码器反馈20:可能的转换预编码器矩阵24中作为建议的转换预编码器的特定转换预编码器矩阵,以及可能的调谐预编码器矩阵26中作为建议的调谐预编码器矩阵的特定调谐预编码器矩阵。

[0035] 图3B示出此类实施例的示例,其中,第一装置10配置成通过保持可能的转换预编码器矩阵24的第一码本30和可能的调谐预编码器矩阵26的第二码本32,来保持一个或多个码本22。在此类实施例中,因数化预编码器反馈20包括用于第一码本30的第一索引值和用于第二码本32的第二索引值至少之一。将理解的是,第二装置14保持码本30和32之一或两者的副本。

[0036] 无论特定的码本组织如何,在至少一个实施例中,第一装置10保持可能的转换预编码器矩阵24和可能的调谐预编码器矩阵26的一个或多个码本22,其中,每个可能的转换预编码器矩阵24具有特定配置。具体而言,每个可能的转换预编码器矩阵具有 $N_{Tx}k$ 的行-列维度,其中,行的数量 N_T 等于在第一装置10传送天线端口的数量,并且列的数量 k 等于小于 N_T 的值的转换维度,由此限制建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量。将理解的是,第二装置14可保持类似结构的码本22。

[0037] 参见图4的预编码器电路38的示例实现,预编码器电路38包括根据预编码操作将信号预编码以便由第一装置10传送的预编码器50,如所述一样,预编码操作的确定至少部分地基于评估从因数化预编码器反馈20确定的建议的预编码器。更详细的说,预编码器电路38包括将输入符号处理成用于使用着的每个(空间复用)层(例如,“第1层”、“第2层”等等)的符号向量 s 的层处理电路52。

[0038] 根据预编码器50采用的实际预编码器矩阵对那些符号向量预编码,并且预编码向量被传递到逆快速傅立叶变换(IFFT)处理电路54中,以及该电路的输出随后应用到 N_T 个天线端口56中的相应天线端口。将理解的是,可供第一装置10用于执行预编码传送的天线端口的数量 N_T 定义第一装置10的预编码操作考虑的信道维度的最大数量。如本文中后面更详细解释的一样,通过将考虑的信道维度数量限制为小于 N_T ,能够有利地降低一个或多个码本22的大小和/或复杂性(及预编码反馈20的大小和/或复杂性)。

[0039] 在上述实施例中,可能的转换预编码器矩阵24至少之一包括分块对角矩阵。此外,可能的调谐预编码器矩阵26至少之一具有更改分块对角矩阵中分块的定相的矩阵行。因此,分块对角矩阵中的每个分块能够从波束形成意义上理解为生成从 N_T 个天线端口56的相应子集发射的波束集,并且此处所述“定相”表示在分块对角矩阵的两个分块上波束之间的相位偏移。

[0040] 此外,在至少一个实施例中,转换维度 k 由第一装置10或由第二装置14配置。也就是说,转换维度 k 是可配置参数。如果转换维度 k 由第一装置10配置,则第一装置10配置成从第一装置10通过信号发送转换维度 k 的指示到第二装置14。相应地,第二装置14在此类情况下配置成接收转换维度 k 的通过信号发送的值,并且在进行其预编码建议时考虑该值-即,它鉴于 k 的通过信号发送的值限制其对建议的转换预编码器矩阵的选择。

[0041] 还有,在至少一个实施例中,建议的转换预编码器矩阵由第一装置10而不是由第二装置14选择。在此类情况下,第一装置10配置成通过信号发送建议的转换预编码器矩阵的指示到第二装置14。相应地,第二装置14配置成从第一装置10接收建议的转换预编码器矩阵的指示,并且在其选择建议的调谐预编码器矩阵时使用该通过信号发送的指示-即,第二装置14将其对可能的调谐预编码器矩阵26的考虑限制到适合(在维度方面)与建议的转换预编码器矩阵一起使用的那些矩阵。

[0042] 作为本文中教导的又一优点,在一个或多个实施例中,一个或多个码本22包括可能的转换预编码器矩阵24的集合,使得形成可能的转换预编码器矩阵的所述集合的特定列的独特向量的数量大于形成可能的转换预编码器矩阵的所述集合的其它列的独特向量的数量。

[0043] 此外,在至少一个实施例中,第一装置10配置成从第二装置14接收因数化预编码器反馈20,作为由第一装置10在时间或频率方面以第一颗粒度收到的第一信令(其指示建议的转换预编码器矩阵),以及作为由第一装置10在时间或频率方面以第二颗粒度收到的第二信令(其指示建议的调谐预编码器矩阵)。具体而言,第一颗粒度比第二颗粒度更粗糙。相应地,第二装置14配置成以第一颗粒度通过信号发送建议的转换预编码器矩阵,并且以第二颗粒度通过信号发送建议的调谐预编码器矩阵。

[0044] 更广义地说,并且参照图2,将理解的是,第二装置14配置成向第一装置10指示建议的预编码器矩阵。在该配置的支持下,第二装置14的示例实施例包括配置成相关于第一装置10估计信道条件的接收器40。在此方面,第二装置14例如接收用于 N_T 个天线端口56的天线特定参考信号。这些信号允许接收器40进行按照天线的信道估计,按照天线的信道估计允许第二装置14例如确定它能够支持的空间复用层的数量并由此在向第一装置10做出预编码器建议时使用该确定。

[0045] 相应地,接收器40还配置成至少部分地基于信道条件确定因数化预编码器反馈20。如前面所述,因数化预编码器反馈20指示建议的转换预编码器矩阵和建议的调谐预编码器矩阵至少之一,其中,建议的转换和调谐预编码器矩阵联合表示是建议的转换和调谐预编码器矩阵的矩阵相乘的建议的预编码器矩阵。

[0046] 也如前面一样,建议的转换预编码器矩阵限制建议的调谐预编码器矩阵考虑的信道维度数量,并且建议的调谐预编码器矩阵使建议的预编码器矩阵匹配在第一装置10与第二装置14之间部分地由建议的转换预编码器矩阵定义的有效信道。第二装置14还包括配置成将因数化预编码器反馈20发送到第一装置10以向第一装置10指示建议的预编码器矩阵的传送器42。

[0047] 鉴于上述第一装置示例和第二装置示例,图5示出根据本文中的教导在第一装置10中实现的方法的一个实施例。所示方法500规定预编码从第一装置10到第二装置14的传送。方法500包括从第二装置14接收因数化预编码器反馈20(方框502),其中,该反馈指示(带有前面详细描述的结构/性质的)建议的转换预编码器矩阵和建议的调谐预编码器矩阵至少之一。方法500还包括至少部分地基于评估所述建议的预编码器矩阵,确定预编码操作(用于预编码到第二装置14)(方框504)。还有,方法包括将根据确定的预编码操作预编码的预编码信号12传送到第二装置14(方框506)。

[0048] 图6示出在第二装置14中实现的方法600的对应示例,其中,该方法包括相关于第

一装置10估计信道条件(方框602),并且至少部分地基于信道条件确定因数化预编码器反馈20(方框604)。如前面一样,因数化预编码器反馈20指示建议的转换预编码器矩阵和建议的调谐预编码器矩阵至少之一。方法600还包括将因数化预编码器反馈20发送到第一装置10(方框606),以向第一装置10指示建议的预编码器矩阵。

[0049] 作为又一示例,在本文中教导的一个或多个实施例中,预编码器建议的至少一些方面是基于确定信道协方差的平方根。此处理因此与在第一装置10和第二装置14之间信道条件的估计有联系。在至少一个此类实施例中,第一装置10是例如基于LTE的无线通信网络中的eNodeB。相应地,第二装置14是移动终端或配置用于在基于LTE的无线通信网络中操作的用户设备(UE)的其它项目。

[0050] eNodeB确定要用于预编码到UE的传送的预编码器矩阵,其中,至少部分地基于考虑如前面所述以因数化预编码器反馈20的形式提供的来自UE的预编码器建议,做出该确定。具体而言,UE确定用于eNodeB的预编码器建议的一种方法是基于以下:

[0051] 1. UE估计用于正交频分复用(OFDM)资源元素(RE)的集合的 $N_{\text{Rx}}N_{\text{T}}$ 信道矩阵 H_n ,其中,此类估计是基于来自eNodeB的天线特定参考信号。

[0052] 2. UE例如通过形成样本估计 $\hat{\mathbf{R}}_{\text{tr}} = \frac{1}{N} \sum_n \hat{\mathbf{H}}_n^* \hat{\mathbf{H}}_n$ 而形成传送信道协方差矩阵 $\mathbf{R}_{\text{tr}} = E$

$[\mathbf{H}^* \mathbf{H}]$ 的估计,其中,在RE的集合上求和。在时间上在RE的集合上进行的此类求平均利用了信道的相关属性经常可随时间慢慢更改的事实,而在频率上的类似求平均利用了相关属性可在频率上相当恒定的事实。因此,典型的操作是在整个系统带宽(例如,所涉及OFDM载波的全部带宽)上进行求平均,并且涉及在时间上的多个子帧。也可形成加权平均以将相关属性最终变成在时间方面或频率方面过时考虑进去。

[0053] 3. UE随后取 $\hat{\mathbf{R}}_{\text{tr}}$ 的矩阵平方根,例如, $\hat{\mathbf{R}}_{\text{tr}}^{1/2} = \mathbf{V} \mathbf{\Lambda}^{1/2}$,其中, $\mathbf{V}$ 是传送信道协方差矩阵的本征向量,并且对角矩阵 $\mathbf{\Lambda}^{1/2}$ 包含按降序排序的对应本征值的平方根。(要注意的是,存在其它形式的矩阵平方根,并且本文中设想了可使用此类其它形式。)

[0054] 4. UE现在假设地采用转换维度 k 的某个值(其隐含地将传送秩限制为 k)。这暗示只保持 $\hat{\mathbf{R}}_{\text{tr}}$ 的前 k 个列。这些列被缩放为某一固定Frobenius范数并随后按元素量化。

[0055] 5. 建议的转换预编码器矩阵($\mathbf{W}_1$)现在对于 k 的假设值是固定的,以对应于传送信道协方差矩阵的列删截、量化且缩放的平方根。

[0056] 6. 给出假设 k 的情况下,UE现在假设地采用传送秩 r 的某个值。

[0057] 7. UE现在面临新的有效信道 $H_n \mathbf{W}_1$,对于该信道,它尝试选择匹配的假设调谐预编码器(在RE的集合上匹配,例如,LTE中的子带)以优化某一性能度量。例如,选择可优化例如预测吞吐量,或者可以提供不高于10%的BLER的最高传输格式为目标。可从码本 $\mathbf{W}_m = \{\tilde{\mathbf{W}}_{2,1}, \tilde{\mathbf{W}}_{2,2}, \dots\}$ 中选择调谐预编码器。也就是说,对于转换维度 k 和传送秩 r 的假设值,为图3B中码本32所示的多个可能的调谐预编码器26可包括不同调谐预编码器 $\mathbf{W}_{2,1}$ 、 $\mathbf{W}_{2,2}$ 等等的选择的有限集。可为不同值或 k 和 r 保持此类集合中的不同集合。调谐预编码器码本例如能够对应于在LTE发行版8中可用的2或4天线端口码本的相关传送秩。

[0058] 8. UE随后通过重复上述步骤4到7在 k 和 r 的多个或所有不同可能组合上执行搜索,并最终选择转换和调谐预编码器矩阵的总体最佳组合,包括 k 和 r 的选择。此处的“最佳”组

合可以是来自码本22的可能的转换预编码器24和可能的调谐预编码器26的组合,所述组合产生选择的所选性能度量的最高或其它方面最佳值。备选,已在前一时刻选择和报告最佳转换维度 k 但该最佳转换维度 k 仍适用,并且通过重复步骤4-7,基于以前确定的转换维度,只确定秩 r 。

[0059] 9.继续,UE将建议的转换预编码器的标量量化元素转换成被编码并发送到eNodeB的比特序列。类似地,也报告指向调谐预编码器码本的索引。此后一索引能够直接对应于在LTE中报告的PMI。也要注意的,代替标量量化,通过例如选择在最大化接收信噪比(SNR)或各态历经信道容量测度方面匹配传送协方差的可能的转换预编码器24,也能够从码本中选择建议的转换预编码器。此外,即使使用标量量化进行因数化预编码器反馈信令,UE仍可能具有内部转换预编码器码本,作为在舍入到最近标量量化前,实施所需属性到选定为建议的转换预编码器矩阵的转换预编码器矩阵上的方式。

[0060] 此外,如前面所述,能够以多种方式进行实际反馈报告。例如,在LTE中,反馈报告能够在上行链路控制信道PUCCH上执行,以周期性地输送信道状态信息(CSI)到eNodeB,其中,该CSI可包括本文中关注的因数化预编码器反馈。也可通过明确请求在PUSCH上的CSI报告来输送CIS。在一个或多个实施例中,与报告多个建议的调谐预编码器矩阵一起,UE在PUSCH上报告单个建议的转换预编码器矩阵,每个此类调谐预编码器针对总体系统带宽的特定子带。也设想更改基于PUSCH的报告的内容,以便有时传送建议的转换预编码器矩阵,并且对于其它子帧传送一个或多个建议的调谐预编码器矩阵。

[0061] 在一个或多个实施例中,作为在PDCCH上的上行链路许可的一部分通过信号发送从UE传送到eNodeB的是哪些建议。例如,许可包括UE理解为要发送哪些建议的指示符的比特或某一可用比特组合。在此方法的支持下,能够在来自UE的不同预编码器报告建议之间建立严格的定时关系,以便UE和eNodeB均清楚哪些时间/频率资源对应于UE所做的特定预编码器矩阵建议。作为一有用的备选,UE配置成在协议栈中更高点将其转换预编码器矩阵建议作为媒体接入控制(MAC)元素传送,或者借助于无线电资源控制(RRC)协议信令传送。

[0062] 此外,eNodeB不必知道UE如何选择它建议的预编码器。实际上,典型的情况是UE不知道,而是只知道UE在某种程度上更喜欢它报告的预编码器。具体而言,eNodeB可不知道UE建议特定转换预编码器矩阵的依据。为本文中一个或多个实施例设想的一个备选是指定应基于传送信道协方差的平方根选择转换预编码器矩阵,或者甚至是将传送协方差矩阵作为一个整体从UE反馈到eNodeB。然而,此类方案在测试和确保跨多个UE供应商有类似UE行为方面带来了某些挑战。

[0063] 这些挑战的出现是因为只在UE中内部看到的(诸如传送信道协方差等)信道属性不易于从外部观测,因此没有简单的方式确保报告的协方差具有正确的值,特别是因为UE中的接收器前端的部分可能影响该协方差。相反,明确报告的预编码器采用假设传送,并且因此在传输格式为假设传送提供大约10%的BLER方面,借助于CQI来报告结果。这可通过检查UE的ACK/NACK并估计BLER来观测。反馈报告的这些方面不限于本文中所述的任何特定实施例,并且适用于以下进一步的细节。

[0064] 在至少一个实施例中,转换维度 k 适用于匹配信道的不同相关属性。在此方面,选择转换维度 k 用作将传送能量严格限定到 N_t 维的向量空间中维度已减少的子空间的方式。大致而言,这将能量集中在某些优选“方向”上,并因此避免调谐预编码器需要处理大于所

需的子空间。例如,码本22包括多个可能的转换预编码器矩阵24,(通过k维度)将这些矩阵限于 N_T 维向量空间的子空间,并且可能的调谐预编码器矩阵26的集合由此得以简化。

[0065] 否则,强制调谐预编码器矩阵考虑完全 N_T 维向量空间将需要更大的码本并因此在UE与eNodeB之间需要更高的信令开销和/或在UE和/或eNodeB的预编码器搜索中需要更高复杂性。要理解调整转换维度k的值有利的原因,考虑了在eNodeB带有四个同向偏振(co-polarized)且间距小(大约一半波长)的传送天线的情形。为说明此示例,第一装置10可理解为eNodeB,并且其天线16因此包括四个同向偏振且间距小的天线。如果在eNodeB的角展度足够小,则对应于不同传送天线的信道将高度相关,并且传送信道协方差将因此具有一个极强的本征值,并且剩余本征值将是弱的。对于此类信道,单层波束形成是适当的。

[0066] 上述操作能够借助于如下因数化预编码实现:

$$[0067] \quad W_1 = W_{BF}$$

$$[0068] \quad W_2 = 1 \quad (1)$$

[0069] 提供有效预编码器

$$[0070] \quad W_{eff} = W_{BF} \times 1 = W_{BF} \quad (2)$$

[0071] 此处,转换维度k等于1,并且传送秩r也等于1,而 W_{BF} 是将所有传送能量集中在信道的“最强方向”上的单层波束形成器,由此改进在接收侧的SINR。在此情况下,UE将报告描述或以其它方式指示建议的转换预编码器矩阵的信息,而对应的建议的调谐预编码器矩阵是恒定的,因此,无需为报告它而消耗比特。

[0072] 波束形成器能够基于离散傅立叶变换(DFT)矩阵的列从码本获得,形成要从中选择的波束的网格。备选,波束形成器能够基于信道的传送协方差矩阵。然而,随着角展度增大,信道的传送协方差矩阵的本征值变得更加类似。因此,最强的本征值的主导程度不再象以前一样大。因此,分配一些功率到不止一个方向可以是有益的。因此,使转换维度k大于1有意义。同时,传送秩r可能保持为1,例如,这是因为SNR不够高,无法保证多秩传送。在此类情况下, $k > 1$,并且 $r = 1$ 。对于 $k = 2$,能够在LTE发行版8中从双天线端口预编码器中选择建议的调谐预编码器矩阵,即,作为,

$$[0073] \quad W_2 \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix} \right\} \quad (3)$$

[0074] 如果在eNodeB的天线阵列由多个间距小的交叉极(cross-pole)组成,则转换维度为2的后一情况也有意义。每个偏振因而形成一组同向偏振且间距小的天线,对于这些天线,如果角展度足够低,则信道相关高。在每个偏振上的波束形成因而是适当的,并且随后是调谐预编码器尝试调整在两个偏振之间的相对相位。通过将W确定为有效的预编码器矩阵 $W_{eff} = W_1 W_2$,建议的预编码器矩阵W能够调整适应此类操作,其中,建议的转换预编码器矩阵 W_1 和建议的调谐预编码器矩阵 W_2 能够采用以下形式

$$[0075] \quad W_1 = \begin{bmatrix} W_{BF} & 0 \\ 0 & W_{BF} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$[0076] \quad W_2 \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix} \right\}$$

[0077] 上述细节演示了在转换维度k的不同值之间选择的可能性是有益的。k的实际选择

能够以在示范实施例中的搜索类似的方式进行,示范实施例涉及基于矩阵平方根确定要建议哪个可能的转换预编码器矩阵24。

[0078] 传送秩调整是在本文中教导的一个或多个实施例中的另一方面。也就是说,传送秩 r 也有所变化。在本文中认识到,重要的是,即使转换维度 k 和传送天线端口的数量 N_T 保持固定,也要允许 r 变化。再次考虑带有多个间距小的交叉极的传送天线阵列的情况。如上所示,转换预编码器 W_1 可采用分块对角形式

$$[0079] \quad W_1 = \begin{bmatrix} W_{BF} & 0 \\ 0 & W_{BF} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

[0080] 转换维度 k 此处等于2,对应于两个正交偏振,由此也暗示适当的调谐预编码器具有两行。然而,视认为信道可支持的传送秩 r 而定,调谐预编码器能够具有一列或两列。例如,如果SINR低,则单层传送可能是优选的。仍保持 $k=2$ 是有益的,这是因为它允许调谐预编码器调整在两个偏振之间的相对相位,并由此实现在接收侧传送信号的相干组合。然而,如果SINR高,则使用两层可能比只使用单个层更佳,并且调谐预编码器将因此具有两列。

[0081] 因此能够从力求正交化由信道矩阵和转换预编码器的积形成的有效 2×2 信道的酉 2×2 矩阵的码本中选择建议使用的调谐预编码器矩阵。对于其中天线的群组具有的信道带有高相关,但其中群组之间的相关低的集群天线阵列,应用类似的变元,由此需要用于相位调整的调谐预编码器。将理解的是,一个或多个码本22可填充有可能的调谐预编码器矩阵26的更大集合,其中,它们的一个或多个定义的子集具有上述属性。(一般而言,在码本22中可能的调谐预编码器矩阵26的给定子集将对应于转换维度 k 和传送秩 r 的给定值,以便选择对选定转换预编码器矩阵而言适当的调谐预编码器矩阵。)

[0082] 本文中教导的一个或多个实施例中的另一方面是eNodeB辅助的预编码器选择。即使预编码器建议通常由UE执行(这是因为UE一般而言具有更佳的下行链路信道测量),本文中介绍的因数化预编码器设计也有利地允许其中eNodeB辅助预编码器选择的设计。此类辅助例如是基于在反向链路(上行链路)中的信道测量,其中能够应用互易性以获得用于下行链路的信道信息。eNodeB辅助的预编码器选择特别适用于其中能够精确地利用互易性的时分双工(TDD)系统,但频分双工(FDD)系统通过利用在较大的双工距离上也是互易的信道的大规模参数,也能够从此类辅助中受益。

[0083] 一个此类示例实施例是让eNodeB(而不是UE)选择转换维度 k ,并且借助于前向信令,通过信号发送选定的转换维度到UE,这种情况下,UE通过解码从eNodeB发送的消息来确定 k 。在此配置中,UE将被约束为报告满足配置的转换维度的转换预编码器。此类配置具有的优点是eNodeB能够在选择中将在UE不可用的因素考虑在内,诸如在下行链路多用户多输入多输出(MU-MIMO)情况下共同调度的UE的存在。即使信道测量通常在UE更准确,此类解决方案也因此能够是有益的。

[0084] 在另一示例实施例中,eNodeB另外进行转换预编码器矩阵建议,并且借助于前向信令,通过信号发送该选择到UE。在此类情况下,UE基于解码该信令,确定 k 和转换预编码器选择。在此类配置中,UE被约束到由eNodeB在确定其调谐预编码器建议时所做的转换预编码器矩阵选择。

[0085] 此外,关于MU-MIMO,在相同时间频率资源上调度多个UE时,eNodeB能够在空间上分开流以便实现同时传送是必不可少的。对于此类应用,转换维度 k 的设置应限制性更小,

以便不仅表征信道的少数主导本征模式,而且表征其中UE仍对干扰敏感的程度适中的本征模式。通过让eNodeB与上述实施例一致地选择转换维度 k ,或者如果UE选择转换维度,则通过以下示例实施例:eNodeB能够配置UE为选择转换维度 k 而应用的准则的限制性,此方案能够实现。为了有效,应为秩 r 的选择设置类似的配置。

[0086] 作为本文中的另一考虑事项,要注意的是,转换维度 k 确定相关于因数化预编码器反馈20严格删截(未量化)多少信道维度($N_T - k$)。建议的转换预编码器矩阵的列确定要量化的实际信道维度。然而,在量化的维度与删截的维度之间具有更平滑的过渡能够是有用的。在本文中的一个或多个实施例中,通过让用于可能的调谐预编码器矩阵26的码本条目使得调谐预编码器矩阵行以不同分辨率量化,实现此类平滑过渡。作为用于在一个或多个码本22中可能的调谐预编码器矩阵26中的任何给定矩阵的示例,该矩阵的第一行具有最高分辨率,并且该分辨率随着行索引增大而降低(最后一行具有最粗糙的量化分辨率)。

[0087] 通过此类调谐预编码器码本设计,转换预编码器矩阵的列排序变得重要,这是因为每个列与调谐预编码器矩阵的对行相关联。因此,如果实现调谐预编码行的降低的量化分辨率,则在选择第一转换预编码器矩阵列的旋转上比在最后的转换预编码器矩阵列上会消耗更多的调谐预编码器反馈比特。转换预编码器矩阵的列因此应排序,使得第一列表示最重要的信道维度,并且最后一列表示(k 个最重要的中)最不重要的信道维度(“方向”)。因此,从广义上而言,本文中教导的一个或多个实施例使用以不同分辨率量化可能的调谐预编码器矩阵26的行的码本条目。

[0088] 鉴于上述变化,本文中公开的教导提供了用于对于闭环空间复用及对于MU-MIMO操作的解决方案,并且使用可管理的反馈开销进行此操作。通过使用因数化预编码器反馈20(和相关联处理)提供的增大的效率和简化为较大的天线配置提供了特别的优点。

[0089] 作为各种优点的另外的非限制性示例,公开的教导提供:用于给定下行链路性能的已降低反馈开销;用于给定反馈开销的改进的下行链路性能;通过降低用于因数化预编码器反馈20提供的动态预编码器报告的评估的维度而降低的计算复杂性;由于在量化步骤中以高分辨率报告转换预编码器建议而用于MU-MIMO传送的良好适合性。

[0090] 另外,虽然在本文档的各种部分中已使用来自3GPP LTE的术语提供有意义的配置和操作示例,但LTE示例的此类使用不应视为限制本文中介绍的教导的范围。这些教导被设想扩展到例如WCDMA、WiMAX、UMB和GSM。更一般地说,应理解上述细节和附图提供本文中公开的教导的非限制性示例实施例。

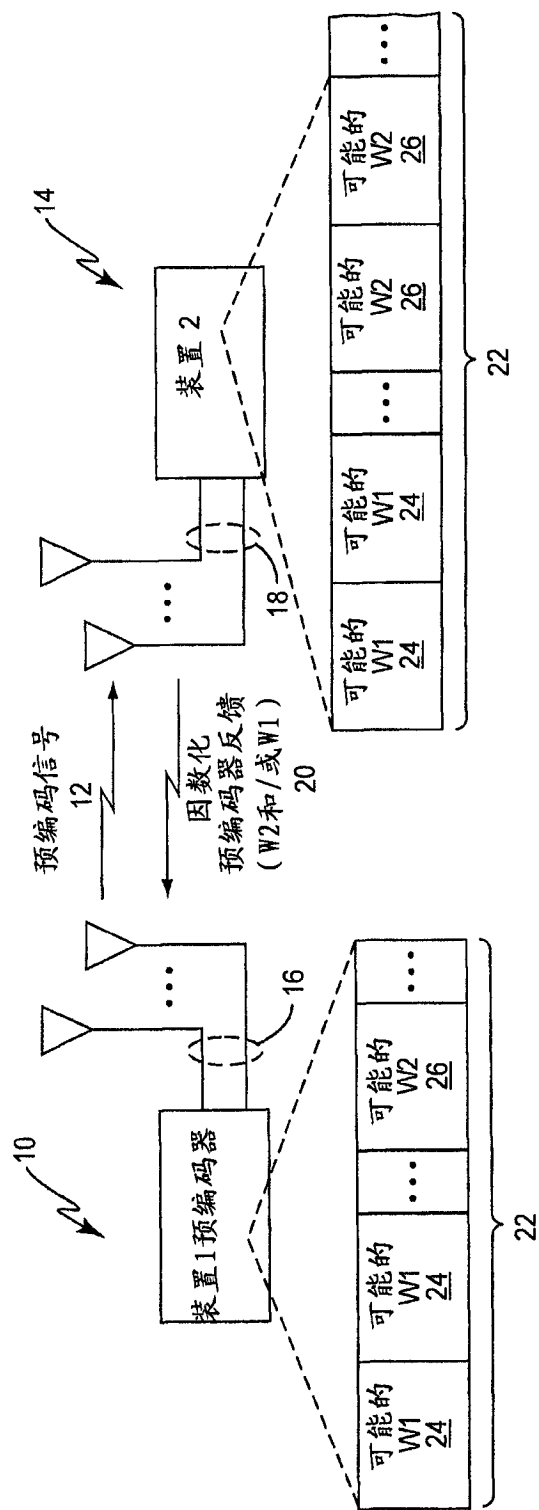


图1

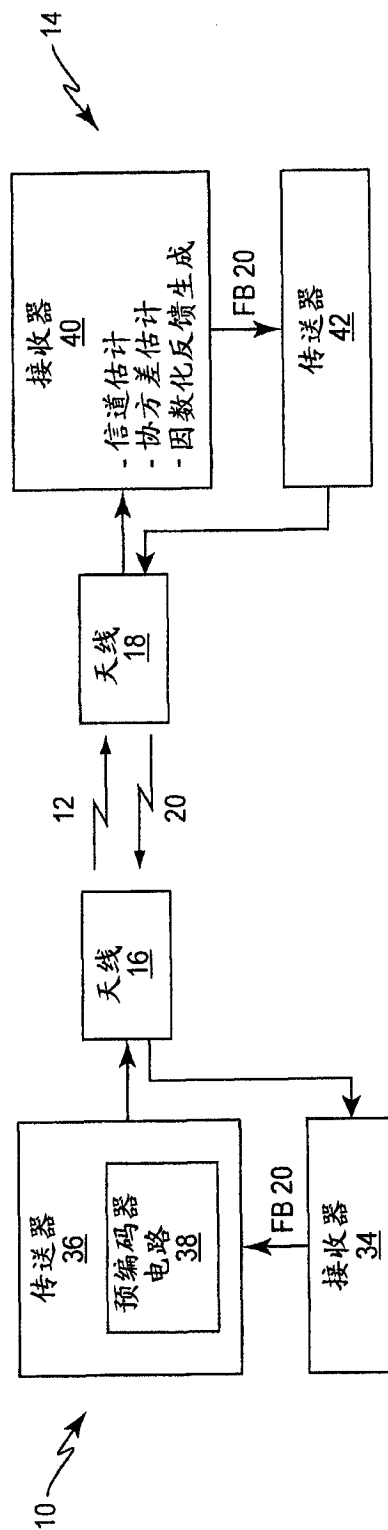


图2

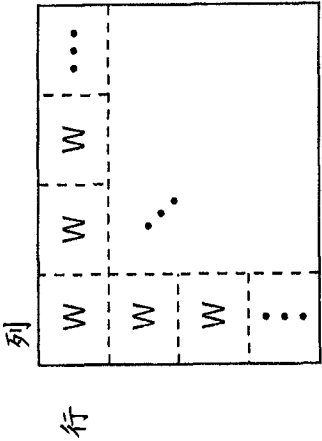


图3A

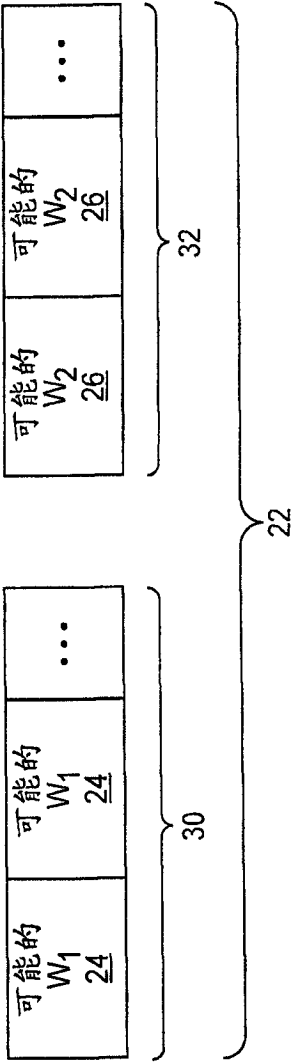


图3B

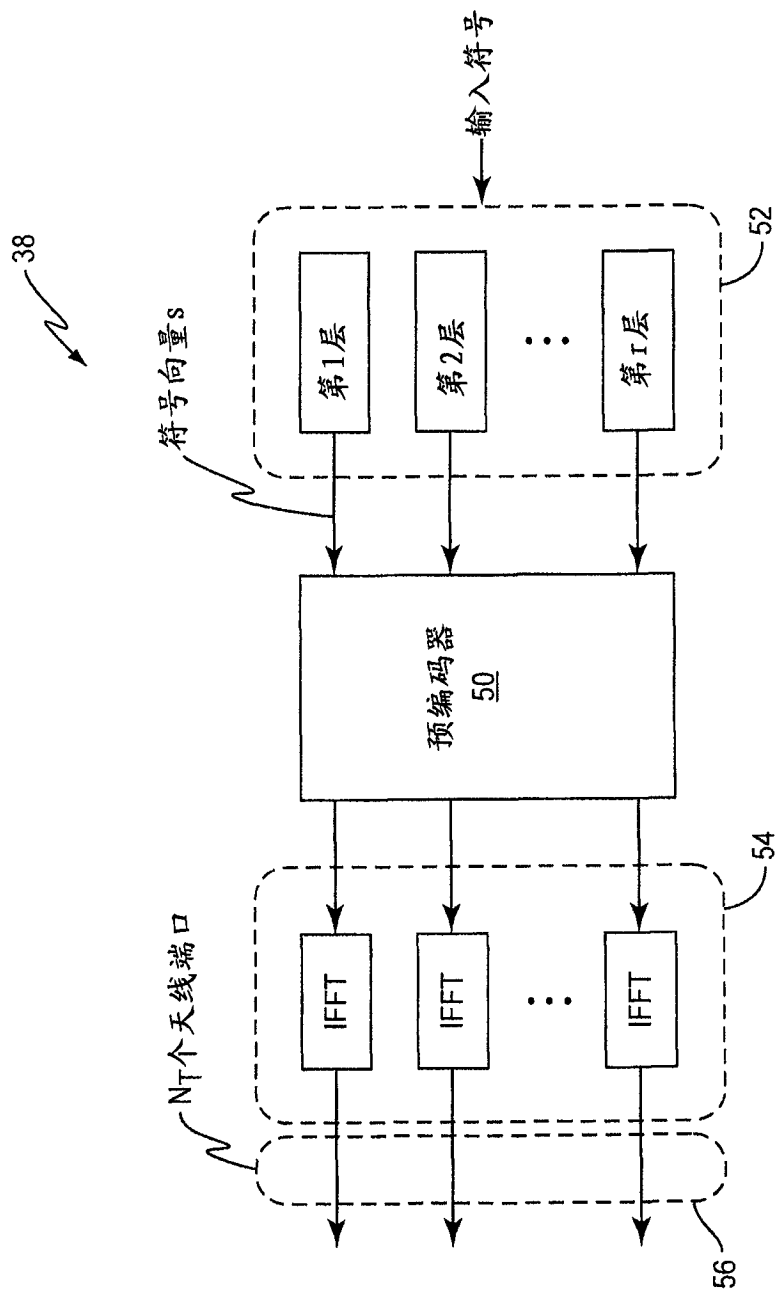


图4

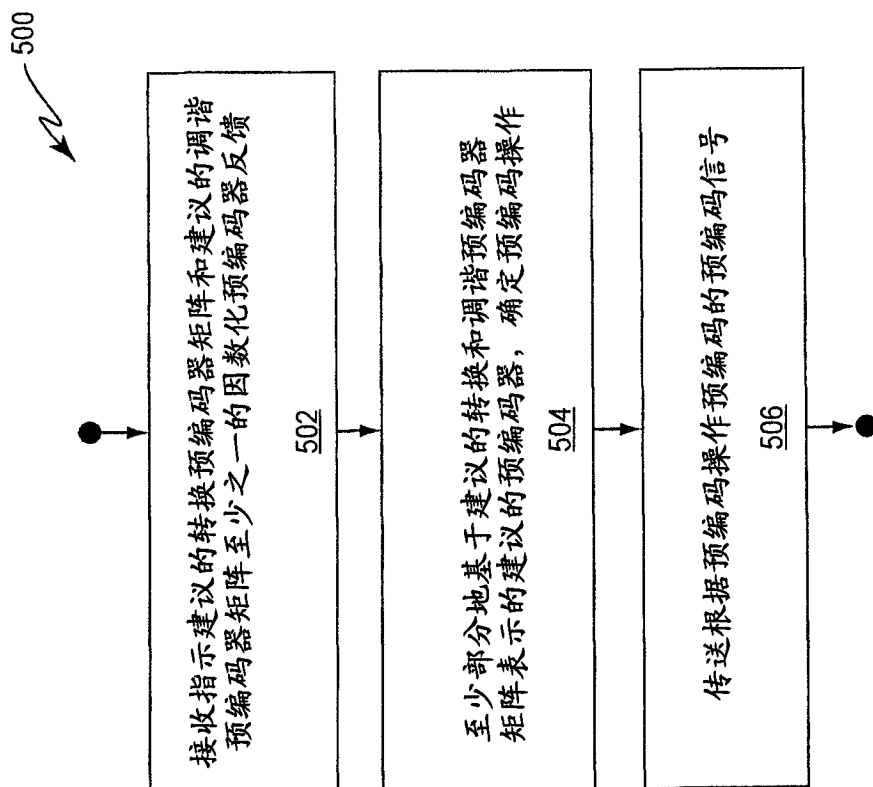


图5

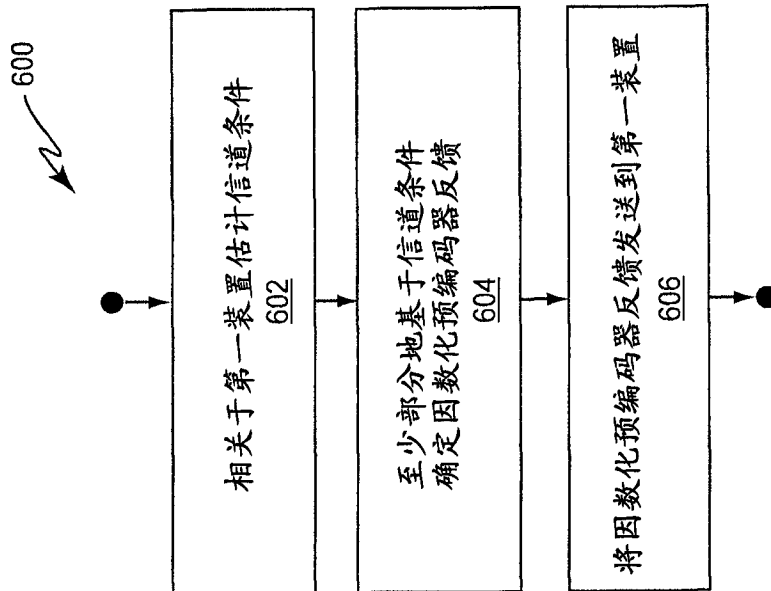


图6