



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103609053 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 26

(21) 申请号 201280019744. 7

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

(22) 申请日 2012. 04. 18

代理人 周靖 郑霞

(30) 优先权数据

61/479, 123 2011. 04. 26 US

(51) Int. Cl.

H04L 1/06 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H04B 7/04 (2006. 01)

2013. 10. 22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/033990 2012. 04. 18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/148742 EN 2012. 11. 01

(71) 申请人 中兴通讯股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦法务部

申请人 中兴通讯(美国)公司

(72) 发明人 袁弋非 霍大卫

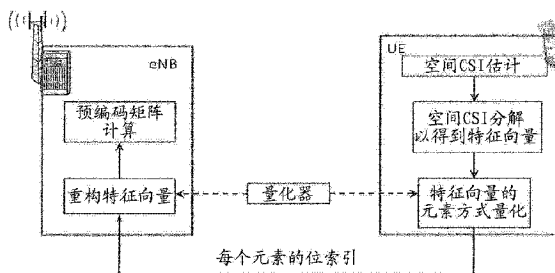
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

用于多输入多输出(MIMO)的空间信道状态信息反馈的方法和系统

(57) 摘要

一种用于空间信道的空间CSI的反馈的方法和系统,所述空间信道连接用户设备的接收天线和多个发送天线。空间辨别信息被提供作为连接所述用户设备和小区的发送器和接收器处的反馈。用户设备提供每个子信道的发送器和接收器侧的空间辨别信息作为反馈,可以确定在多段发送天线的复合空间CSI。用户设备可具有一个或多个接收天线,且空间辨别信息可以是短期子频带。在某些实施方案中,在接收器侧的空间辨别信息来源于实际的空间信道,同时考虑接收器实现。利用用于MIMO预编码的码本,发送器和接收器处的空间辨别信息可以被提供作为反馈。



下行MIMO的空间CSI反馈示例的方框图

1. 一种用于非相关 MIMO 信道的空间 CSI 反馈方法,所述方法包括:
估计用户设备 UE 处的空间 CSI ;
分解所述空间 CSI,产生包含元素的特征向量 ;
量化所述元素 ;以及
提供所量化的元素作为反馈。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,量化所述元素包括在幅度和相位上量化所述元素。
3. 如权利要求 2 所述的方法,还包括规范化所述幅度和所述相位。
4. 如权利要求 3 所述的方法,其中,规范化所述幅度和所述相位包括通过最大的幅度元素规范化所述幅度和通过第一行元素规范化所述相位。
5. 如权利要求 1 所述的方法,其中,分解所述空间 CSI 包括奇异值分解。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其中,量化所述元素包括利用均匀量化器量化所述元素。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述 UE 处的所述空间 CSI 包括具有表示发送器侧空间辨别的两个或多于两个的列的矩阵,且所述元素包括第一列和第二列或第一列之一的元素。
8. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述空间 CSI 考虑到接收器的实现。
9. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述空间 CSI 是短期子频带。
10. 如权利要求 1 所述的方法,其中,提供所量化的元素作为反馈包括利用一个或多个码本用于 MIMO 预编码。
11. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:
根据量化的元素重构特征向量 ;以及
计算预编码矩阵。
12. 一种用于非相关 MIMO 信道的空间 CSI 反馈系统,所述系统包括:
用于估计用户设备 UE 处的空间 CSI 的装置 ;
用于分解所述空间 CSI、产生包含元素的特征向量的装置 ;
用于量化所述元素的装置 ;以及
用于提供所量化的元素作为反馈的装置。
13. 如权利要求 12 所述的系统,其中,用于量化所述元素的所述装置被配置为在幅度和相位上进行量化。
14. 如权利要求 13 所述的系统,还包括用于规范化所述幅度和所述相位的装置。
15. 如权利要求 14 所述的系统,其中,用于规范化的所述装置被配置为通过最大的幅度元素量化所述幅度和通过第一行元素量化所述相位。
16. 如权利要求 12 所述的系统,其中,用于分解的所述装置被配置为用于奇异值分解。
17. 如权利要求 12 所述的系统,其中,用于量化的所述装置是均匀量化器。
18. 如权利要求 12 所述的系统,其中,所述 UE 处的所述空间 CSI 包括具有表示发送器侧空间辨别的两个或多于两个的列的矩阵,且所述元素包括第一列和第二列或第一列之一的元素。
19. 如权利要求 12 所述的系统,其中,所述空间 CSI 考虑到接收器实施。
20. 如权利要求 12 所述的系统,其中,所述空间 CSI 是短期子频带。
21. 如权利要求 12 所述的系统,其中,用于提供所量化的元素作为反馈的所述装置被

配置为利用一个或多个码本用于 MIMO 预编码。

22. 如权利要求 12 所述的系统,还包括:

用于根据量化的元素重构特征向量的装置;以及用于计算预编码矩阵的装置。

用于多输入多输出(MIMO)的空间信道状态信息反馈的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明的领域涉及下行 MIMO 技术的反馈空间信道状态信息(CSI)。特别是,本发明的领域涉及利用按元素方式量化特征向量的空间 CSI 反馈。

背景技术

[0002] MIMO 技术能够在链路层、系统层、或链路层和系统层两者显著提高数据吞吐量。空间复用和波束成形已经用于增加光谱效率和数据吞吐量。通过经并行信道复用相同用户的数据流,空间复用直接提升链路层数据吞吐量和峰值速率。当天线间的空间相关性低的时候,对于发送天线和接收天线两者而言,空间复用是最有效的。波束成形或预编码增加信道的信号干扰噪声比(SINR),从而增加信道速率。预编码涉及应用在多天线上发送权重,其中权重计算基于 CSI 或者根据信道互易或者反馈。

[0003] 当发送天线的数量大于接收天线数量时,虽然只要信道的秩大于 1,空间复用就仍然能够被执行,但是发送器的额外空间维度青睐预编码。在信道互易一般不保留的频分双工(FDD)系统中,需要空间 CSI 反馈用于预编码。由于开销的关系,CSI 反馈不能利用太多的位。一般,随着位数的增加,量化误差减小。

[0004] 预编码的 MIMO 能够操作于两种场景:单用户 MIMO (SU-MIMO) 和多用户 MIMO (MU-MIMO)。在 SU-MIMO 中,空间复用的数据流被发送给一个用户,且预编码主要被用于增加接收器的 SINR。在 MU-MIMO 中,多个用户的数据流分享在相同时间-频率资源中的相同的发送天线组。通过适当的预编码和接收器处理实现数据解耦。然而,在空间 CSI 反馈中的量化误差完全不同地影响 SU-MIMO 和 MU-MIMO 的性能。对于 SU-MIMO,当预编码不能很好地匹配 MIMO 信道的空间特征时,码本的有限分辨率导致一定的 SINR 损失。在或者低或者高的 SNR 区域,这种 SINR 损失几乎是均匀遍布不同的信号噪声(SNR)操作区域。换言之,因为对相同用户的多个数据流的解耦只在接收器进行的,其与在发送器端的预编码没关系,所以空间复用中没有损失。然而,对于 MU-MIMO,量化误差引发跨用户干扰,随着 SNR 增加,其迅速使 MIMO 信道速率达到饱和,如图 1 中所示和在 2009 年 10 月在日本宫崎召开的 3GPP RAN1#58bis 中的中兴 3GPP R1093818“Performancesensitivity to feedback types”中所述。

[0005] 当发送器的天线(例如,波束成形天线)相关时,随着 MIMO 信道特征被退化至线性相位旋转,码本设计问题能够被显著减少。然而,如果受限于 CSI 反馈负担得起的位数,那么非相关信道的码本设计一般是难的。非相关天线的一种典型配置是广泛分布的交叉极化。在散射环境中,两组之间的间距(通常大于 4 个波长)确保其间的低相关性。正交的极化(+45/-45 度)导致每个极化方向上相当独立的衰落。

[0006] 信息理论,如 IEEE 信息论学报 2006 年 11 月的第 52 卷 11 期第 5054 页至 5060 页的 N. Jindal 所著的“MIMO broadcast channels with finite-rate feedback”中所述,展示的是为了获得 MU-MIMO 的全面复用增益,每个用户的 CSI 量化所需位数应该是成比例于按照

dB 的操作 SNR,如下

$$[0007] \quad B = (M - 1) \log_2 p \approx \frac{M - 1}{3} P_{dB} \quad (1)$$

[0008] 其中 M 是发送天线的数量。

[0009] 在 4G 无线系统中,移动终端被假定具有两个接收天线,这意味着对于有效的预编码, M 应该等于或大于 4。甚至在 M=4 时,当 SNR 操作点移动高出 1dB 时,所需位数需要增加 1dB。如果在低 SNR (即,小于 3dB) B=2 位,那么对于高 SNR (即,大于 16dB), B 能够超出 15 位。这种大码本 ($2^{15}=3278$ 条目) 的设计和存储是有挑战性的,且码字搜索将需要大量的基带处理。这种及其他情况展示了问题和障碍,其被下述方法和系统所克服。

发明内容

[0010] 本发明是针对无线通信的方法和系统,该方法和系统利用按元素方式量化特征向量,提供用于下行 MIMO 技术的空间 CSI。

[0011] 在该方法中,提供了用于非相关 MIMO 信道的空间 CSI 作为从用户设备到发送设备的反馈。更特别的是,空间 CSI 在用户设备上被估计,然后被分解成特征向量。特征向量的元素被量化且用作对发送设备的反馈。量化是在幅度和相位上,且可以事先进行规范化。可选的是,码本可以被用于反馈。特征向量也可以从反馈中重构,且预编码矩阵可以在发送设备上被计算。

[0012] 该系统包括用于在用户设备上估计空间 CSI 的装置、用于将空间 CSI 分解成特征向量的装置、用于量化特征向量的装置、和用于提供量化的特征向量作为对发送设备的反馈的装置。量化器被配置为在幅度和相位上进行量化。此外,可以包括用于规范化幅度和相位的装置。可选的是,发送设备可以包括用于从量化的元素重构特征向量的装置和用于计算预编码矩阵的装置。

[0013] 改进的其他方面和优点将从优选的实施方式的阐述中体现出来。

附图说明

[0014] 通过附图的方式说明本发明的实施方式。

[0015] 图 1 展示的是预编码的 MIMO 对 CSI 反馈的性能灵敏度。

[0016] 图 2 展示的是特征向量的元素方式量化比起量化协方差矩阵的性能优势。

[0017] 图 3 是下行 MIMO 的空间 CSI 反馈示例的方框图。

[0018] 图 4 说明的是发送天线分段的示例。

具体实施方式

[0019] 以下阐述的方法和系统提供有效的方式用于精确地反馈非相关 MIMO 信道的空间 CSI,特别是当每个用户的 MIMO 秩数等于或大于 2 时。该方法和系统可用于具有单个或多个接收天线的移动设备。

[0020] 在接收器侧用于每一段发送天线的空间辨别信息能够直接来源于空间信道(显式反馈),例如,通过奇异值分解(SVD),或者考虑接收器的实现(隐式反馈)。隐式反馈假设特定的接收器处理且通常采用预编码矩阵指示符的形式(PMI)或者加强的版本。显式反

馈尝试“客观地”捕捉空间信道特征而不考虑接收器处理。根据信道状态信息的参考信道(CSI-RS)测量空间信道。CSI-RS 由更高层配置。

[0021] 利用码本,空间 CSI 能够被用作反馈。码本是有效的矢量量化器。可以重复利用早期 LTE 版本的码本,例如,Rel-8/9/10。应用 Rel-8/9/10CQI 或增强版本,诸如空间信道的特征值的与 SNR 有关的信息能够被用作反馈。

[0022] 在 2009 年 11 月在韩国济州岛的 3GPP RAN1#59 中摩托罗拉的 3GPP R1-094844“Low-overhead feedback of spatial covariance matrix”中,空间 CSI 以发送协方差矩阵为特征,且逐个元素进行量化。相反,在此,可以由特征向量表示空间 CSI,且在特征向量的每个元素上进行量化。结果,能够应用更少数量的位达到更精确的 CSI 反馈,如图 2 中所示。

[0023] 图 3 说明的是反馈设置的例子,其中特征向量被逐个元素地量化。在该设置中有两个主要实体,即,演进基站(eNB)和用户设备(UE)。eNB 的发送天线能够驻留在不同的地理位置,且具有不同的极化。

[0024] 图 4 说明的是处于基站的广泛排列的交叉极化的天线(共四个元素)的分集式天线配置。假设移动终端具有两个接收天线,4 乘 2 的 MIMO 信道 H 分段为

$$[0025] \quad H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \\ h_{31} & h_{32} \\ h_{41} & h_{42} \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0026] 其中(2)中“h”的第二个下标(1, 2)是接收天线的索引。对于非相关信道,H 中的每个元素是均匀分布的。

[0027] 当 H 在接收器被估计之后,执行奇异值分解(SVD)以获得特征向量:

$$[0028] \quad H = \mathbf{V} \mathbf{\Lambda} \mathbf{U} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & v_{14} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & v_{24} \\ v_{31} & v_{32} & v_{33} & v_{34} \\ v_{41} & v_{42} & v_{43} & v_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 \\ 0 & \lambda_{12} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} \\ u_{21} & u_{22} \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0029] 矩阵 V 表示发送器侧的空间辨别,其与预编码相关。事实上,对于每个用户,如果 MIMO 秩是 2,那只有 V 的前两列对于预编码是有用的。如果第二列向量的特征值太小,那么,MIMO 秩变成 1,且只有第一列向量需要预编码。只要其他方法捕捉发送器侧的空间辨别特征,V 中的特征向量也能够通过那些其他方法被确定。

[0030] 对于非相关信道,均匀量化器被用于 V 的第一列和第二列的每一个元素。因为那些元素通常是复数,所以在幅度和相位上各自进行量化。为了便于量化,首先执行幅度和相位的规范化。这种规范化并不改变空间 CSI 的基本性质且并不影响发送器上的预编码器的计算。

[0031] 幅度由最大的幅度元素规范化。在幅度规范化后,能够应用 7 个阈值,如,【0. 25, 0. 35, 0. 45, 0. 55, 0. 65, 0. 75, 0. 85】以得到 8 个(3 位)量化的值【0. 2, 0. 3, 0. 4, 0. 5, 0. 6, 0. 7, 0. 8, 0. 925】。对于相位,每列中的元素能被第一行元素的相位规范化,以致第一行元素变成实数。在这种情况下,只需要三位用于量化。【 $-\pi$, π 】相位能够被量化成 32 个二进制(bin)中的一个(每个 $\pi/2$)。

[0032] 虽然已经展示和阐述了本方法和系统的实施方式,但是对于本领域的技术人员而言明显的是,可以进行更多的修改而不偏离本文中发明的概念。因而本发明并不限制于以下权利要求的主旨之外。

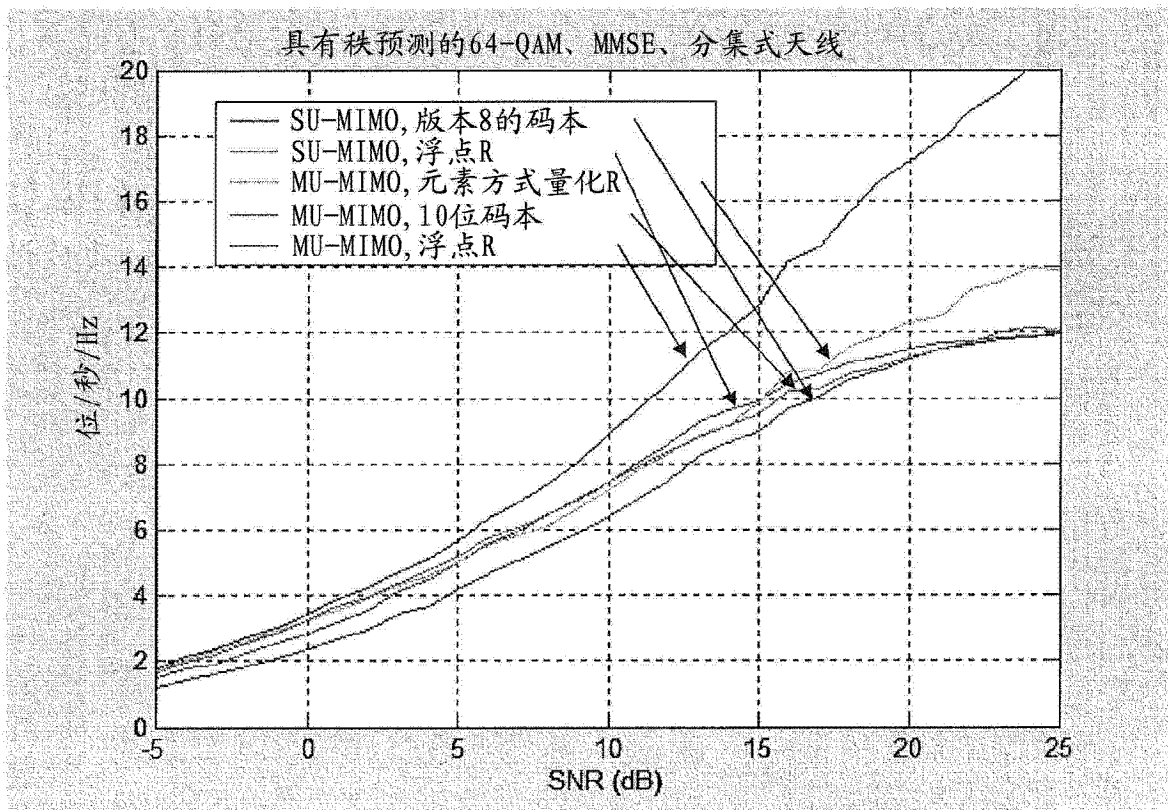


图1 预编码的MIMO对CSI反馈的性能灵敏度

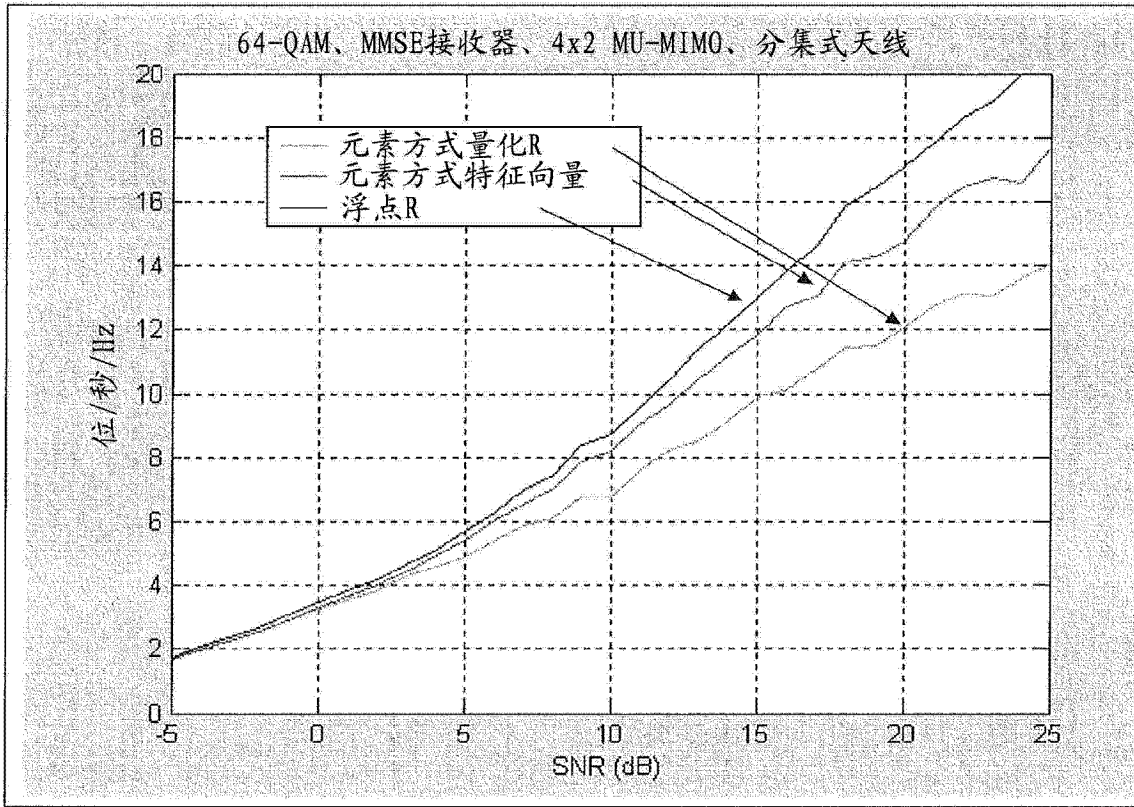


图 2 特征向量的元素方式量化比起量化协方差矩阵的性能优势

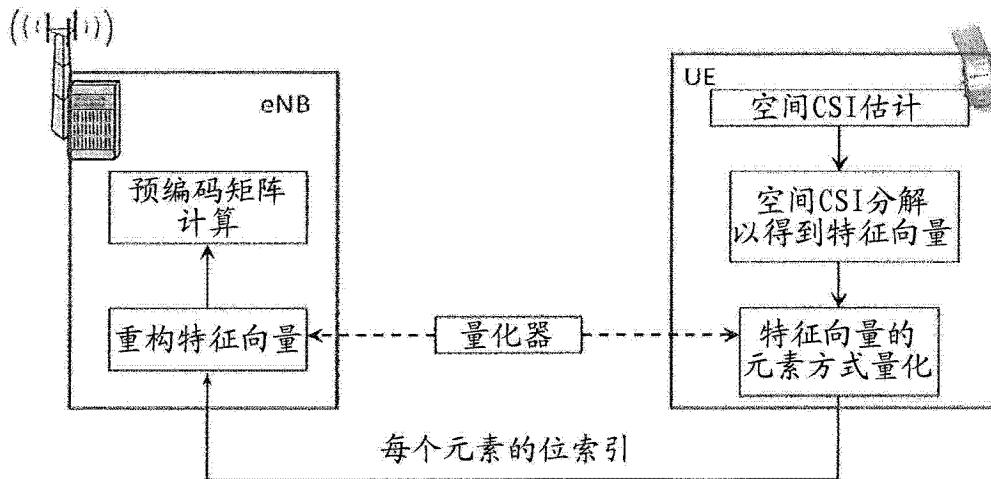


图 3 下行 MIMO 的空间 CSI 反馈示例的方框图



图 4 基站发送器的分集式天线的示例