



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102123779 A

(43) 申请公布日 2011. 07. 13

(21) 申请号 200980131989. 7

C01B 31/24 (2006. 01)

(22) 申请日 2009. 08. 26

(30) 优先权数据

61/092, 043 2008. 08. 26 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 02. 14

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/055099 2009. 08. 26

(87) PCT申请的公布数据

W02010/025203 EN 2010. 03. 04

(71) 申请人 华为技术有限公司

地址 518129 中国广东省深圳市龙岗区坂田
华为总部办公楼

(72) 发明人 唐扬

(51) Int. Cl.

B01D 53/14 (2006. 01)

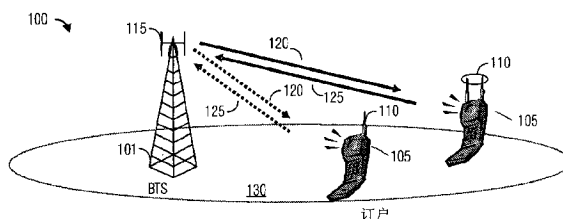
权利要求书 4 页 说明书 13 页 附图 11 页

(54) 发明名称

用于无线通信的系统和方法

(57) 摘要

本发明提供一种用于无线通信的方法和系统。一种在通信网络中操作的方法包括接收码簿(405),所述码簿包括若干码字;确定所述码簿是否满足恒定模数性质(410)。该方法还包括当确定所述码簿不满足所述恒定模数性质,将所述码簿转换为满足所述恒定模数性质的码簿(415),以及存储满足所述恒定模数性质的码簿(420)。该方法进一步包括当确定所述码簿满足所述恒定模数性质,存储所述码簿(420),以及将传输信号发射到通信装置,其中所述传输信号使用所述所存储码簿中的码字编码。



1. 一种在通信网络中操作的方法,所述方法包括:

接收码簿,所述码簿包括若干码字;

确定所述码簿是否满足恒定模数性质;

当确定所述码簿不满足所述恒定模数性质,将所述码簿转换为满足所述恒定模数性质的码簿,以及存储满足所述恒定模数性质的码簿;

当确定所述码簿满足所述恒定模数性质,存储所述码簿;以及

将传输信号发射到通信装置,其中所述传输信号使用所述所存储码簿中的码字编码。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述码簿是否满足所述恒定模数性质包括:

如果针对所有 i 和 j , $|c_{i,j}|^2 = \frac{1}{N_t}$, 那么确定所述码簿满足所述恒定模数性质,其中 $c_{i,j}$ 是所述码簿中的第 j 码字的第 i 元素, $|c_{i,j}|$ 传回码字 $c_{i,j}$ 的量值,且 N_t 是所述通信网络中的发射天线的数目;以及

如果针对所述码簿中的任何码字, $|c_{i,j}|^2 \neq \frac{1}{N_t}$, 那么确定所述码字不满足所述恒定模数性质。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中转换所述码簿包括:针对所述码簿中的每一码字,将所述码字除以所述码字的量值。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述码簿包括基础码簿和本地码簿,其中通信系统是具有四个发射天线的多输入多输出通信系统,且其中所述基础码簿可表达为

$$C_{base}^4 = \frac{1}{2} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & j & -j \\ j & j & -1 & 1 \\ j & -j & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -j & -j \end{bmatrix},$$

所述本地码簿可表达为

$$C_{local}^4 = \frac{1}{2} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -j & -1 & j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & j & -1 & -j \end{bmatrix},$$

缩放因数可表达为

$$\alpha = \frac{\sqrt{2}}{4},$$

且具有恒定模数性质的4位秩1码簿可表达为

$$C16^{4,1} = [c16_1^{4,1}, c16_2^{4,1}, \dots, c16_{16}^{4,1}],$$

其中

$$[c16_1^{4,1}, c16_2^{4,1}, c16_3^{4,1}, c16_4^{4,1}] = \begin{pmatrix} -0.5 & -0.5j & -0.2151-0.4514j & 0.2151+0.4514j \\ -0.5 & 0.1536-0.4758j & -0.5j & 0.4758-0.1536j \\ -0.4514-0.2151j & -0.2151-0.4514j & -0.5j & 0.5 \\ -0.4758+0.1536j & -0.5j & 0.1536-0.4758j & 0.5 \end{pmatrix}$$

$$[c16_5^{4,1}, c16_6^{4,1}, c16_7^{4,1}, c16_8^{4,1}] = \begin{pmatrix} -0.5 & -0.5j & -0.2151-0.4514j & 0.4514+0.2151j \\ 0.5j & -0.4758-0.1536j & -0.5 & -0.1536-0.4758j \\ 0.4514+0.2151j & 0.2151+0.4514j & 0.5j & -0.5 \\ -0.1536-0.4758j & 0.5 & 0.4758+0.1536j & 0.5j \end{pmatrix}$$

$$[c16_9^{4,1}, c16_{10}^{4,1}, c16_{11}^{4,1}, c16_{12}^{4,1}] = \begin{pmatrix} -0.5 & -0.5j & -0.2151-0.4514j & 0.4514+0.2151j \\ 0.5 & -0.1536+0.4758j & 0.5j & -0.4758+0.1536j \\ -0.4514-0.2151j & -0.2151-0.4514j & -0.5j & 0.5 \\ 0.4758-0.1536j & 0.5j & -0.1536+0.4758j & -0.5 \end{pmatrix}$$

以及

$$[c16_{13}^{4,1}, c16_{14}^{4,1}, c16_{15}^{4,1}, c16_{16}^{4,1}] = \begin{pmatrix} -0.5 & -0.5j & -0.2151-0.4514j & 0.4514+0.2151j \\ -0.5j & 0.4758+0.1536j & 0.5 & 0.1536+0.4758j \\ 0.4514+0.2151j & 0.2151+0.4514j & 0.5j & -0.5 \\ 0.1536+0.4758j & -0.5 & -0.4758-0.1536j & -0.5j \end{pmatrix}$$

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述码簿包括基础码簿和本地码簿,其中所述通信系统是具有两个发射天线的多输入多输出通信系统,且其中所述基础码簿可表达为

$$C_{base}^2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{\frac{\pi}{8}j} & e^{\frac{5\pi}{8}j} & e^{\frac{3\pi}{8}j} & e^{\frac{7\pi}{8}j} \end{bmatrix},$$

所述本地码簿可表达为

$$C_{local}^2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \begin{bmatrix} 1.3604-0.2706j & 1.3604+0.2706j \\ 0.0538+0.2706j & 0.0538-0.2706j \end{bmatrix},$$

缩放因数可表达为

$$\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2},$$

且具有所述恒定模数性质的用于两个发射天线的2位秩4组合码簿可表达为

$$C8^{2,1} = [c8_1^{2,1}, c8_2^{2,1}, \dots, c8_8^{2,1}],$$

其中

$c8_1^{2,1}$	$c8_2^{2,1}$	$c8_3^{2,1}$	$c8_4^{2,1}$	$c8_5^{2,1}$	$c8_6^{2,1}$	$c8_7^{2,1}$	$c8_8^{2,1}$
$[1,1]$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1, e^{\frac{\pi}{4}j} \end{bmatrix}$	$[1,j]$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1, e^{\frac{3\pi}{4}j} \end{bmatrix}$	$[1,-1]$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1, e^{-\frac{\pi}{4}j} \end{bmatrix}$	$[1,-j]$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1, e^{-\frac{3\pi}{4}j} \end{bmatrix}$

6. 一种用于通信网络中的通信装置操作的方法,所述通信网络具有基站,所述方法包

括：

计算所述通信装置与所述基站之间的通信信道的估计值；

以第一码簿量化所述估计值，其中所述第一码簿满足恒定模数性质；以及
将基于所述经量化的估计值的信息发射到所述基站。

7. 根据权利要求6所述的方法，其进一步包括：

基于所述经量化的估计值调整本地码簿；以及

以所述经调整的本地码簿重新量化所述经量化的估计值，借此产生经精细化的信道估计值。

8. 根据权利要求7所述的方法，其中发射信息进一步基于所述经精细化的信道估计值。

9. 根据权利要求7所述的方法，其中调整本地码簿包括缩放所述本地码簿。

10. 根据权利要求9所述的方法，其中缩放所述本地码字包括以缩放因数缩放所述本地码簿中的码字。

11. 根据权利要求9所述的方法，其中调整本地码簿进一步包括，
旋转所述本地码簿。

12. 根据权利要求11所述的方法，其中旋转所述本地码簿包括：
找到旋转矩阵；以及
将所述本地码簿与所述旋转矩阵相乘。

13. 根据权利要求7所述的方法，其中所述本地码簿满足所述恒定模数性质。

14. 一种用于通信网络中的基站操作的方法，所述基站服务于通信节点，所述方法包括：

从所述通信节点接收信道信息；

从所述信道信息提取码簿索引；

使用所述码簿索引和码簿重建信道估计值，其中所述码簿满足恒定模数性质；以及
将传输信号发射到所述通信节点，其中所述传输信号使用所述经重建的信道估计值预编码。

15. 根据权利要求14所述的方法，其进一步包括：

从所述信道信息提取本地码簿索引；

调整本地码簿，其中所述调整是基于所述码簿索引；以及

使用所述本地码簿索引和所述经调整的本地码簿进一步重建所述信道估计值。

16. 根据权利要求15所述的方法，其中所述本地码簿满足所述恒定模数性质。

17. 根据权利要求15所述的方法，其中调整本地码簿包括：

基于所述码簿索引缩放所述本地码簿；以及

基于所述码簿索引旋转所述本地码簿。

18. 根据权利要求14所述的方法，其中发射包括：

使用所述经重建的信道估计值调整所述基站中的发射电路；

以所述经重建的信道估计值预编码所述传输信号；以及

将所述经预编码的传输信号发射到所述通信节点。

19. 根据权利要求14所述的方法，其进一步包括：

从所述通信节点接收精细信道信息；
从所述精细信道信息提取精细本地码簿索引；
调整本地码簿，其中所述调整是基于所述码簿索引；以及
使用所述精细本地码簿索引和所述经调整的本地码簿进一步重建所述信道估计值。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其中在到所述基站的不同反馈传输信号中接收所述精细信道信息和所述信道信息。

用于无线通信的系统和方法

[0001] 本发明要求 2008 年 8 月 26 日递交的发明名称为“用于码簿设计的模数归一化 (Modulus Normalization for the Codebook Design)”的第 61/092,043 号美国临时申请案的优先权,所述临时申请案以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0002] 本发明大体上涉及无线通信,具体地,涉及一种用于使用恒定模数 (Constant Modulus, CM) 码簿进行无线通信的系统和方法。

背景技术

[0003] 通信系统容量一般可在发射器具有完全或部分信道状态信息 (CSI) 时显著改进。CSI 可由发射器经由发射器与接收器之间的反向反馈信道来获得。为了适应有限的反馈信道带宽,CSI 通常在反馈到发射器之前在接收器处量化为数字格式。基于码簿的算法一般来说是量化信道的最有效方式之一。一般码簿可由多个码字组成。一般来说,基于某一选择标准来选择码字,且对应的码字索引从接收器反馈到发射器。码字选择的原理可基于不同的预编码技术而变化。

[0004] 码簿设计的挑战之一是反馈额外开销与量化准确性之间的平衡。一般来说,包含在码簿中的码字越多,则信道量化准确性越好。然而,较大数目的码字也意味着较大的反馈负载。

[0005] 码簿设计的另一挑战是覆盖较广范围的信道特性。举例来说,相关信道和非相关信道一般具有非常不同的特性,且因此伴有不同的码簿设计标准。

[0006] 然而,现有的码簿遇到重大挑战,包含相关和非相关信道两者的性能方面的缺点以及码字搜索和差分反馈中涉及的复杂性。因而,需要一种码簿,和使用所述码簿来克服现有技术中的这些缺点的方法。

发明内容

[0007] 用于使用恒定模数 (CM) 码簿进行无线通信的系统和方法的实施例可以大致解决或避免这些和其它问题且实现其技术优点。

[0008] 根据一实施例,提供一种用于在通信网络中操作的方法。所述方法包含:接收码簿,所述码簿包含多个码字;以及确定所述码簿是否满足恒定模数性质。所述方法还包含当确定所述码簿不满足恒定模数性质而将所述码簿转换为满足恒定模数性质的码簿;以及存储所述满足恒定模数性质的码簿。所述方法进一步包含:当确定所述码簿确实满足恒定模数性质而存储所述码簿;以及将传输信号发射到通信装置。使用所存储码簿中的码字来编码所述传输信号。

[0009] 根据另一实施例,提供一种用于通信网络中的通信装置操作的方法。通信网络具有基站。所述方法包含:计算通信装置与基站之间的通信信道的估计值;以第一码簿量化所述估计值;以及将基于经量化的估计值的信息发射到基站。第一码簿满足恒定模数性质。

[0010] 根据另一实施例,提供一种用于通信网络中的基站操作的方法。基站服务于通信节点。所述方法包含:从通信节点接收信道信息;从信道信息提取码簿索引;使用码簿索引和码簿重建信道估计值;以及致使将传输信号发射到通信节点。码簿满足恒定模数性质,且使用经重建的信道估计值来预编码所述传输信号。

[0011] 实施例的一优点在于,在发射中使用 CM 码簿可有助于避免多输入多输出 (MIMO) 通信系统中的发射功率失衡。

[0012] 实施例的另一优点在于,使用 CM 码簿还可通过减少信号处理中所需的乘法数目而减小计算复杂性。通过减小计算复杂性,可减少计算负载,这样便可允许在通信装置中使用计算方面不太强大的、功率消耗较低且较便宜的计算硬件。

[0013] 上文已相当广泛地概述本发明的特征和技术优点以便可更好地理解下文的对实施例的详细描述。下文将描述实施例的额外特征和优点,其形成本发明的权利要求书的主题。所属领域的技术人员应了解,所揭示的概念和特定实施例可容易地用作修改或设计用于实行本发明的相同目的其它结构或过程的基础。所属领域的技术人员还应认识到,此类等效构造不脱离如所附权利要求书中陈述的本发明的精神和范围。

附图说明

[0014] 为了更完整地理解实施例及其优点,现参考结合附图进行的以下描述,附图中:

[0015] 图 1 是无线通信系统的图;

[0016] 图 2a 是现有技术 BTS 的图;

[0017] 图 2b 是现有技术订户单元的图;

[0018] 图 3a 是 BTS 的图;

[0019] 图 3b 是订户单元的图;

[0020] 图 4 是 CM 码簿产生过程中的操作的流程图;

[0021] 图 5a 是基础码簿的图;

[0022] 图 5b 是本地码簿的图;

[0023] 图 5c 是调整本地码簿的操作的流程图;

[0024] 图 6 是组合码簿的层级结构的图;

[0025] 图 7 是针对具有四个发射天线的 MIMO 无线通信系统的组合码簿的码字搜索的图;

[0026] 图 8a 是针对具有四个发射天线和两个接收天线的 MIMO 通信系统以及第一业务模型的若干不同码簿的一定范围的信噪比的系统处理量的数据曲线图;

[0027] 图 8b 是针对具有四个发射天线和两个接收天线的 MIMO 通信系统以及第二业务模型的若干不同码簿的一定范围的信噪比的系统处理量的数据曲线图;

[0028] 图 9a 和 9b 是产生信道质量信息反馈的订户单元操作的流程图;以及

[0029] 图 10a 和 10b 是使用订户单元所提供的信道质量信息反馈将信息发射到订户单元的 BTS 操作的流程图。

具体实施方式

[0030] 下文详细论述实施例的制作和使用。然而,应了解,本发明提供可在广泛多种特定

情境中体现的许多适用的发明性概念。所论述的特定实施例仅说明制作和使用本发明的特定方式,且不限本发明的范围。

[0031] 将在特定情境中,即具有 2 个、4 个和 8 个发射天线的单用户 (Single User, SU) 无线通信系统即 SU-MIMO 中描述实施例。然而,本发明还可应用于 SU-MIMO 和具有任意数目的发射天线及接收天线的多用户 (MU) MIMO 无线通信系统两者。

[0032] 图 1 说明无线通信系统 100。无线通信系统 100 包含基站收发台 (BTS) 101 和可为移动或固定的多个订户单元 105。BTS 101 和订户单元 105 使用无线通信来通信。BTS 101 具有多个发射天线 115,而订户单元 105 具有一个或一个以上接收天线 110。BTS 101 经由下行链路 (Downlink, DL) 信道 120 将控制信息和数据发送到订户单元 105,而订户单元 105 经由上行链路 (Uplink, UL) 信道 125 将控制信息和数据发送到 BTS 101。

[0033] 一般来说, BTS 例如, BTS 101 也可称为基站、节点 B 和增强型节点 B 等。类似地, 订户单元例如, 订户单元 105 也可称为移动台、用户、订户、用户设备等。

[0034] 订户单元 105 可在 UL 信道 125 上发送控制信息以改进 DL 信道 120 上的发射质量。BTS 101 可在 DL 信道 120 上发送控制信息以用于改进上行链路信道 125 的质量。小区 130 是 BTS 101 的覆盖区域的常规术语。一般应理解,在无线通信系统 100 中,可存在对应于多个 BTS 的多个小区。

[0035] 图 2a 说明现有 BTS 101。可将例如位、符号或包的形式目的地址为正服务的若干订户单元的数据 200 发送到调度器 205,所述调度器 205 可决定哪些订户单元将在给定时间 / 频率机会中发射。调度器 205 可使用包含循环法、最大和速率、比例公平、最小剩余处理时间或最大加权和速率等文献中的广泛的已知调度规程中的任一者。一般来说,调度决策是基于从多个订户单元反馈的信道质量信息反馈 245。

[0036] 经选择以供发射的来自订户单元的数据由调制和编码块 210 处理以将所述数据转换为所发射符号。调制和编码块 210 还可添加冗余以用于辅助错误校正和 / 或错误检测。调制和编码块中所实施的调制和编码方案部分基于关于信道质量信息反馈 245 的信息来选择。

[0037] 可将调制和编码块 210 的输出传递到发射波束成形块 220,所述发射波束成形块 220 将输出 (针对每一订户单元的经调制和编码流) 映射到波束成形向量上。波束成形输出经由 RF 电路 (其未展示) 耦合到天线 115。从单用户块 225 或多用户块 230 输入发射波束成形向量。

[0038] 可采用用于单用户 (订户单元) 波束成形或多用户 (订户单元) 波束成形的任一波束成形,如交换机 235 基于来自调度器 205 的信息以及信道质量信息反馈 245 所确定。每一订户单元的信道质量信息反馈的一部分包含到码簿 215 中的码字的索引,其对应于经量化的信道信息。可基于来自调度器 205 的输出针对所有经调度的订户单元重复调制 / 编码和波束成形。

[0039] 确切的码字块 240 基于从信道质量信息反馈 245 接收的索引而产生经量化的信道状态信息。确切的码字块 240 可使用所述索引来参考来自码簿 215 的码字。确切的码字块 240 的输出被传递到交换机 235,所述交换机 235 将信息转发到单用户块 225 或多用户块 230。也可将其它信息传递到这些块,例如可将信号与干扰加噪声比 (SINR) 估计值传递到多用户块 230 以改进其性能。单用户块 225 使用确切的码字块 240 的输出作为用于选定的

订户单元的波束成形向量。也可应用其它处理,例如采用正交频分多路复用 (OFDM) 调制的情况下的内插。

[0040] 多用户块 230 将来自码簿 215 的码字与来自多个订户单元的其它信息组合以导出用于每一订户单元的发射波束成形向量。其可使用包含例如迫零 (zero forcing)、协调的波束成形、最小均方差波束成形或晶格缩减辅助式预编码等文献中普遍已知的任何数目的算法。信道质量信息反馈 245 可出于说明的目的而呈经量化的信道测量值、调制、编码和 / 或空间格式化决策、所接收信号强度以及信号与干扰加噪声测量值等的形式。

[0041] 图 2b 说明现有技术订户单元 105。订户单元 105 可具有一个或多个接收天线 110, 其经由 RF 电路 (未图示) 连接到接收器信号处理块 250。接收器信号处理块 250 所执行的关键功能中的一些可为信道估计 255 和估计信号与干扰加噪声比 (SINR) 块 260。信道估计块 255 使用插入到发射信号中的呈训练信号、训练导频或所发射信号中的结构 (例如, 循环平稳性) 的形式的信息以估计 BTS 101 与订户单元 105 之间的信道的系数。

[0042] 信道状态信息在基于码簿的量化块 265 中经量化, 所述基于码簿的量化块 265 使用在 BTS 101 处也可用的码簿 215 (与图 2a 的码簿 215 相同的码簿)。量化块 265 的输出可为码簿 215 中的码字的索引, 其最佳地对应于信道状态信息。举例来说, 可选择码簿 215 中的最接近在最小子空间距离方面的所估计信道向量的向量, 或可选择使有效 SINR 最大化的来自码簿 215 的向量。码字的索引经提供以产生信道质量信息块 270, 所述信道质量信息块 270 从索引产生信道质量信息反馈 245。举例来说, 信道质量信息反馈 245 可用于辅助调度和发射波束成形。

[0043] 在现有技术中, 发射器处选择的波束成形向量 $f_u^{\#}$ 来自可能的波束成形向量的有限集合 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_N\}$, 其系数可来自包含格拉斯曼 (Grassmannian) 码簿、DFT 码簿、向量量化码簿等文献中已知的任何数目的码簿。

[0044] 码簿的尺寸由 N 给定且有时以位 $\log_2 N$ 给定。现有技术考虑尺寸约 6 位的码簿。接收器根据任何数目的码字选择标准从接收器处的码簿选择最佳向量的索引。举例来说, 量化块 265 可将最佳索引计算为 $k_u = \max_{n=1,2,\dots,N} \|H_u f_n\|$, 且由产生信道质量信息消息块 270 将此索引并入到信道质量信息反馈 245 中。在另一实施例中, 量化块 265 将 H_u 的主导右奇异向量计算为 v , 接着使用如弦距离等子空间距离将最佳索引计算为 $k_u = \min_{n=1,2,\dots,N} d(v, f_n)$ 。BTS 101 接着提取码字块集合 $f_u^{\#} = f_k$, 基本上, 使用反馈信道上接收的索引来产生用于发射的波束成形向量。

[0045] 现考虑多用户发射模式的一个实施例。出于说明性目的, 假设 $M_t = 2$, $M_r = 1$ 且存在由调度器 205 选择的两个订户单元 a 和 b 。假设使用迫零预编码方法 (例如 T. Yoo、N. Jindal 和 A. Goldsmith 的“具有有限反馈和用户选择的多天线下行链路信道 (Multi-Antenna Downlink Channels with Limited Feedback and User Selection)”中所描述, IEEE 通信选题期刊, 第 25 卷, 第 7 期, 第 1478-1491 页, 2007 年 9 月) 计算发射波束成形向量。订户单元 a 处的所接收信号在经匹配的滤波和取样之后可写为

$$[0046] \quad y_a = H_a f_a^{\#} s_a + H_a f_b s_b + v_a$$

[0047] 其中 y_a 是 $M_r \times 1$ 所接收信号向量 (其中 M_r 是接收天线的数目), H_a 是 BTS 101 与订户单元 a 之间的 $M_r \times M_t$ 信道矩阵 (其中 M_t 是 BTS 处的发射天线的数目), $f_a^{\#}$ 是针对

订户单元 a 设计的 $M_t \times 1$ 发射波束成形向量, $f_b^\#$ 是针对订户单元 b 设计的 $M_t \times 1$ 发射波束成形向量, s_a 是发送到订户单元 a 的符号, s_b 是发送到订户单元 b 的符号, 且 v_a 是订户单元 a 的尺寸为 $M_r \times 1$ 的接收器处的加性噪声向量。

[0048] 可针对订户单元 b 编写类似等式, 且此等式可自然地一般化到两个以上订户单元。在 $M_r = 1$ 的情况下, 订户单元可采用与先前情况中描述的相同的量化方法来寻找量化块 265 中用于经量化信道状态的索引。然而, 不同于单用户情况, 订户单元还可发送包含量化的效应的比如信号与干扰加噪声 (SINR) 比的估计值等额外信息。原因是因为使用经量化信道状态信息, 且存在应解决的残余干扰。此可在产生信道质量信息块 270 中使用文献中已知的任何数目的技术来估计。

[0049] BTS 101 使用调度器 205 中的 SINR 信息来选择用于发射的订户单元, 并且还估计其针对调制和编码块 210 的发射速率。通过迫零预编码, 多用户块 230 可通过颠倒矩阵 $[f_a, f_b]$ 并将列归一化以产生波束成形向量 $[f_a^\#, f_b^\#]$ 来计算发射波束成形向量。由于残余干扰的效应的缘故, 如现有技术 (例如参见 Yoo. 等人) 中众所周知的多用户系统需要大码簿尺寸, 即 N 可为大的 (例如, 大约 4,096 或更大)。主要挑战在于, 当码簿尺寸较大时, 非常难以在量化块 265 中执行量化并产生确切的码字块 240 中的重建。实施例中克服所述问题。

[0050] 图 3a 说明 BTS 301。将呈 (例如) 位、符号或包的形式的数据 200 送往正服务的多个订户单元的数据 200 发送到调度器 205, 所述调度器 205 决定哪些订户单元将在给定时间 / 频率机会中发射。经选择以供发射的来自订户单元的数据由调制和编码块 210 处理以转换为所发射符号, 且添加冗余以用于辅助错误校正或错误检测。部分基于关于信道质量信息反馈 315 的信息来选择调制和编码方案。

[0051] 调制和编码块 210 的输出被传递到发射波束成形块 220, 所述发射波束成形块 220 将针对每一订户单元的经调制和编码流映射到波束成形向量上。波束成形输出经由 RF 电路耦合到天线 115。从单用户块 225 或多用户块 230 输入发射波束成形向量。可采用用于单用户或多用户波束成形的任一波束成形, 如交换机 235 基于来自调度器 205 的信息以及信道质量信息反馈 315 所确定。每一订户单元的信道质量信息反馈的一部分包含新的渐进反馈消息, 其提供对应于如实施例中描述的经渐进量化信道信息的索引。

[0052] 渐进重建块 302 使用与基础码簿 305 和本地码簿 310 组合的信道质量信息反馈 315 中的索引来重建经量化的信道状态信息的高分辨率估计值。渐进重建块 302 的输出被传递到交换机 235, 所述交换机 235 将信息转发到单用户块 225 或多用户块 230。也可将其它信息传递到这些块, 例如, 可将 SINR 估计值传递到多用户块 230 以改进其性能。单用户块 225 使用渐进重建块 302 的输出作为用于选定用户的波束成形向量。

[0053] 多用户块 230 将码字与来自多个用户的其它信息组合以导出用于每一订户单元的发射波束成形向量。其可使用包含例如迫零 (zero forcing)、协调的波束成形、最小均方差波束成形或晶格缩减辅助式预编码等文献中已知的任何数目的算法。

[0054] 调度器 205 可使用包含循环法、最大和速率、比例公平、最小剩余处理时间或最大加权和速率等文献中已知的调度规程中的任一者; 通常调度决策基于从多个订户单元接收的信道质量信息反馈 315。调度器 205 可决定经由发射波束成形将信息发送到单一订户单元, 或可决定经由多用户 MIMO 通信同时服务于多个订户单元。

[0055] 调制和编码块 210 可执行任何数目的编码和调制技术,包含正交振幅调制、相移键控、频移键控、差分相位调制、卷积编码、涡轮编码、位交错卷积编码、低密度奇偶校验编码、喷泉编码或块编码。优选实施例中对调制和编码速率的选择是基于优选实施例中的信道质量信息反馈 315 而作出,且可在调度器 205 中共同确定。

[0056] 虽然未明确说明,但所属领域的一般技术人员清楚可使用 OFDM 调制。此外,可使用任何数目的多址技术,包含正交频分多址、码分多址、频分多址或时分多址。多址技术可(尤其)与调制和编码块 210 或发射波束成形块 220 组合。

[0057] 尽管论述聚焦于渐进重建块 302 以及基础码簿 305 和本地码簿 310 的使用,但所属领域的一般技术人员清楚,BTS 301 也可在不修改的情况下使用单一码簿来代替多个码簿(基础码簿 305 和本地码簿 310)。举例来说,渐进重建块 302 可与仅基础码簿 305 一起使用信道质量信息反馈 315 中的索引来重建经量化的信道状态信息的估计值。渐进重建块 302 的输出被传递到交换机 235,所述交换机 235 将信息转发到单用户块 225 或多用户块 230。BTS 301 的剩余部分可如上文所描述。

[0058] 信道质量信息反馈 315 可出于说明的目的而呈经量化的信道测量值、调制、编码和/或空间格式化决策、所接收信号强度以及信号与干扰加噪声测量值的形式。

[0059] 图 3b 说明订户单元 303。订户单元 303 可具有一个或一个以上接收天线 110,其经由 RF 电路连接到接收器信号处理块 250。接收器信号处理块 250 所执行的关键功能中的一些包含信道估计块 255、估计 SINR 块 260 和移动性估计块 325。

[0060] 使用渐进量化块 330 来量化信道状态信息,如实施例描述。渐进量化块 330 首先量化去往基础码簿 305 的所接收信号,接着使用本地码簿 310 产生至少一个连续精细化。通过每一渐进的精细化,本地码簿 310 变得更本地化,从而产生更有效的量化。从渐进量化块 330 输出来自基础码簿的索引和来自本地码簿的若干索引。由移动性估计块 325 产生的信道变化的量的估计值可用于通过从先前量化水平初始化算法或调整本地化的量而改进渐进量化算法。

[0061] 渐进反馈块 335 通过组合来自渐进量化块 330 的基础和本地码簿索引而产生新的反馈消息。产生信道质量信息块 340 产生特殊反馈控制消息,其采用渐进反馈块 335 的输出产生信道质量信息反馈 315。

[0062] 信道估计块 255 可采用此项技术中已知的任何数目的算法,包含最小平方、最大似然、最大后验(maximum a posteriori)、贝氏估计法、自适应估计法或盲估计法。一些算法利用插入到传输信号中的呈训练信号、训练导频的形式的已知信息(而其它算法使用所传输信号中的结构(例如,循环平稳性))来估计 BTS 与订户单元之间的信道的系数。

[0063] 估计 SINR 块 260 输出对应于所需信号的性能的某一量度。在一个实施例中,此由所接收信号功率与干扰加噪声的估计值组成。在另一实施例中,其提供所接收信号与噪声比的估计值。在又一实施例中,其提供 OFDM 系统中的副载波上求平均的平均所接收信号功率的估计值。

[0064] 尽管论述聚焦于渐进量化块 330 以及基础码簿 305 和本地码簿 310 的使用,但所属领域的一般技术人员清楚,订户单元 303 也可在不修改的情况下使用单一码簿来代替多个码簿(基础码簿 305 和本地码簿 310)。举例来说,渐进量化块 330 可仅量化去往基础码簿 305 的所接收信号。渐进量化块 330 可输出来自基础码簿 305 的索引。渐进反馈块 335

仅从基础码簿 305 的索引产生新的反馈消息。订户单元 303 的操作可如上文描述而继续。

[0065] 一般来说,用于具有 2 个、4 个和 8 个发射天线的无线通信系统中的码簿应基于性能、复杂性和若干所需性质来设计和选择,所述所需性质包含:

[0066] - 性能 - 在固定量的反馈(通常以位计算)的情况下,个别通信装置的总体系统处理量以及平均处理量应在较广范围的通信信道条件(包含非相关、相关和双极化)下为良好到优秀。

[0067] - 复杂性 - a) 在固定量的反馈的情况下,可能需要码簿设计使码簿搜索的量最小化,以及 b) 可需要具有恒定模数(CM)性质的码簿以避免(或减少)矩阵乘法的使用。

[0068] - 功率放大器平衡 - 可需要具有 CM 性质的码簿以避免(或减少)发射功率失衡。

[0069] - 反馈额外开销 - 可需要支持差分反馈的码簿设计以减少总体反馈额外开销。

[0070] - 扩展到其它 MIMO 情境的灵活性 - 码簿设计应涵盖 SU-MIMO 和 MU-MIMO 两者,其通常需要不同尺寸的码簿。

[0071] 如上文所论述,具有 CM 性质的码簿(简称为 CM 码簿)可有助于通过减少(或消除)矩阵乘法的使用而避免 MIMO 无线通信系统中的发射功率失衡以及减少计算复杂性。然而,例如格拉斯曼链接打包和渐进码簿设计等许多众所周知的码簿设计标准不会始终能够创建 CM 码簿。

[0072] 图 4 说明 CM 码簿产生过程中的操作 400 的流程图。操作 400 可指示码簿产生器中发生的操作,且所得 CM 码簿可存储在 BTS 和订户单元中以供随后使用。或者,操作 400 可在 BTS 的处理单元中发生以创建 CM 码簿以供 BTS 和 BTS 所服务的订户单元使用。操作 400 可发生以产生 CM 码簿,且可在需要额外 CM 码簿的情况下重复。

[0073] 操作 400 可以码簿产生器接收码簿而开始(框 405)。码簿可能已存储在例如存储器或某一其它存储媒体中,且经检索以进行处理。举例来说,码簿产生器可能已在早先操作中产生码簿。

[0074] 码簿产生器可接着执行检查以确定码簿是否具有 CM 性质(框 410)。假设码簿表示为:

[0075] $C = \{c_{i,j}\}, i \in [1, \dots, N_t]; j \in [1, \dots, N],$

[0076] 其中 N_t 表示发射天线的数目,且 N 表示码簿中码字的数目。因此, $c_{i,j}$ 为第 j 码字的第 i 元素。

[0077] 如果针对每一 $c_{i,j}, |c_{i,j}|^2 = \frac{1}{N_t}$, 那么码簿可具有 CM 性质。相反,如果针对一个 $c_{i,j}$,

$|c_{i,j}|^2 \neq \frac{1}{N_t}$, 那么码簿不具有 CM 性质。

[0078] 如果码簿不具有 CM 性质,那么有可能通过将码簿中的码字归一化来转换码簿以使得其确实具有 CM 性质(框 415)。经归一化的码簿可表达为:

[0079] $\hat{C} = \{\hat{c}_{i,j}\}, i \in [1, \dots, N_t]; j \in [1, \dots, N],$

[0080] 其中 $\hat{c}_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{|c_{i,j}|}$ 。

[0081] 在使码簿中的每一码字归一化以将码簿转换为具有 CM 性质的码簿之后(或如果

码簿已具有 CM 性质), 码簿产生器可将码簿 (即, 经转换的码簿或已为 CM 的原始码簿) 存储到存储器或某一其它存储媒体以供随后使用 (框 420)。操作 400 可接着终止。

[0082] 如先前所描述, 无线通信系统 100 可利用渐进量化和渐进重建结合基础码簿以及一个或一个以上本地码簿来帮助改进无线通信系统 100 的总体性能。基础码簿和 / 或本地码簿可具有 CM 性质以帮助减少功率放大器失衡和计算要求。

[0083] 基础码簿和本地码簿可共同称为组合码簿。组合码簿包括基础码簿和至少一个本地码簿。本地码簿可在多个级上经精细化以产生额外本地码簿。至少所述基础码簿可具有 CM 性质。然而, 可能优选的是, 本地码簿也具有 CM 性质。

[0084] 图 5a 说明基础码簿的代表性实例, 且图 5b 说明本地码簿的代表性实例。在图 5a 和 5b 两者中, 相应码簿的码字被说明为单位球面 500 上的点, 例如点 505。图 5a 和 5b 说明基础码簿与本地码簿之间的关系。

[0085] 基础码簿可依据各种设计标准来选择。举例来说, 在不相关的 MIMO 信道中, 离散傅里叶变换 (DFT) 矩阵是若干良好选项中的一者, 因为码字之间的最小弦距离最大化。基础码簿可定义为:

$$[0086] \quad C_{base}^M = [c_{base}^1, c_{base}^2, \dots, c_{base}^M],$$

[0087] 其中 M 表示基础码簿中的码字的数目。

[0088] 如图 5b 所示的本地码簿可能不是均匀的。通过本地码簿的处理 (包含缩放和旋转), 本地码簿中的元素可经解译为基础码簿的卫星码字。可将本地码簿定义为 $N_t \times N$ 矩阵, 其可表达为:

$$[0089] \quad C_{base}^M = [c_{base}^1, c_{base}^2, \dots, c_{base}^M],$$

[0090] 其中 N_t 是发射天线的数目, 且 N 表示本地码簿中码字的数目。本地码簿的质心 510 可表达为:

$$[0091] \quad c_{cnt} = [1, 0, \dots, 0]_{1 \times N}^H.$$

[0092] 根据一优选实施例, 本地码簿可具有以下约束: 质心 510 具有距 C_{local}^N 中的每一码字的相等弦距离。因此, 本地码簿可重写为:

[0093]

$$C_{local}^N = \begin{bmatrix} re^{j\theta_{11}} & re^{j\theta_{12}} & \dots & re^{j\theta_{1N}} \\ r_{21}e^{j\theta_{21}} & r_{22}e^{j\theta_{22}} & \dots & r_{2N}e^{j\theta_{2N}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{N_t,1}e^{j\theta_{N_t,1}} & r_{N_t,2}e^{j\theta_{N_t,2}} & \dots & r_{N_t,N}e^{j\theta_{N_t,N}} \end{bmatrix},$$

[0094] 其中给定 $\sum_{i=2}^{N_t} |r_{ij}|^2 + |r|^2 = 1, j \in \{1, \dots, N\}$, 且质心 510 与本地码簿中的码字之间的距离为 $\sqrt{1-r^2}$ 。

[0095] 由于单一本地码簿可结合基础码簿使用, 所以可能有必要基于正使用的基础码簿的码字来调整本地码簿。图 5c 说明调整基础码簿的操作 550 的流程图。操作 550 可指示在订户单元产生从 BTS 发射的所接收信号导出的信道状态信息的渐进量化时在订户单元中发生的操作。操作 550 还可指示在 BTS 使用渐进重建来从订户单元所提供的基础码簿和

本地码簿的索引重建码字时在 BTS 中发生的操作。操作 550 可每当订户单元执行信道估计以将信道反馈信息提供到 BTS 时或当 BTS 从订户单元接收信道反馈信息时发生。

[0096] 操作 550 可以本地码簿的缩放而开始 (框 555)。质心 510 与本地码簿的码字之间的弦距离可缩放以适应各种操作情境。在弦距离将缩放到值 $\alpha\sqrt{1-r^2}$ 的情形中, 本地码簿的经缩放版本可表达为:

[0097]

$$C_{local}^N(\alpha) = \begin{bmatrix} \sqrt{1-\alpha^2(1-r^2)}e^{j\theta_{11}} & \sqrt{1-\alpha^2(1-r^2)}e^{j\theta_{12}} & \dots & \sqrt{1-\alpha^2(1-r^2)}e^{j\theta_{1N}} \\ \alpha r_{21}e^{j\theta_{21}} & \alpha r_{22}e^{j\theta_{22}} & \dots & \alpha r_{2N}e^{j\theta_{2N}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha r_{N,1}e^{j\theta_{N,1}} & \alpha r_{N,2}e^{j\theta_{N,2}} & \dots & \alpha r_{N,N}e^{j\theta_{N,N}} \end{bmatrix},$$

[0098] 其中 α 为缩放因数。

[0099] 操作 550 还可包含码字旋转 (框 560 和 565)。框 560 和 565 可共同称为码字旋转 (框 570)。码字旋转 (框 570) 可涉及到基础码簿中的码字 c_{base}^m 的旋转向量 c_{cnt} , 其中 $m \in \{1, \dots, M\}$ 。如此, 本地码簿也可旋转以围绕 c_{base}^m 。因此, 经旋转的本地码簿的质心 510 变成码字 c_{base}^m 。特定来说, 可在多级过程中执行码字旋转。

[0100] 码字旋转的第一级 (框 560) 可涉及找到向量 c_{cnt} 可借以旋转到向量 c_{base}^m 的旋转矩阵 R^m 。旋转矩阵 R^m 可为具有约束 $(R^m)^H c_{base}^m = c_{cnt}$ 的任何一元矩阵。可显而易见, $R^m c_{cnt} = c_{base}^m$, 其指示向量 c_{cnt} 已旋转到向量 c_{base}^m 。

[0101] 码字旋转的第二级 (框 565) 可涉及将本地码簿 C_{local}^N 旋转旋转矩阵 R^m 。经旋转的本地码簿可表示为 $C_{local}^{(N,m)} = R^m C_{local}^N$ 。

[0102] 操作 550 可接着终止。

[0103] 组合码簿 (表示为 $CX^{N_i,r}$, 其中 $X = M \times N$ 表示组合码簿的侧部, 且 r 为秩) 可基于经缩放和旋转的本地码簿而获得。 $CX^{N_i,r}$ 可为 $N_i \times (MN)$ 尺寸的矩阵且可表达为:

$$[0104] \quad CX^{N_i,r} = [C_{local}^{(N,1)}, C_{local}^{(N,2)}, \dots, C_{local}^{(N,M)}].$$

[0105] 在各种部署情境 (例如, MU-MIMO 和 SU-MIMO) 中, 所需量化准确性 (或码簿的尺寸) 可变化。因此, 组合码簿 $CX^{N_i,r}$ 可进一步被精细化。特定来说, $CX^{N_i,r}$ 可用作基础码簿。接着, 通过预先定义的缩放因数和本地码簿, 可使用上述技术容易地获得新的码簿。

[0106] 图 6 说明组合码簿的层级结构。如图 6 所示, N_i 表示与第 i 层 (精细) 相关联的本地码簿尺寸。组合码簿的固有层级结构可简化对码字的搜索以及差分反馈两者。

[0107] 可通过组合码簿的层级结构来简化码字搜索。特定来说, 在一层中, 仅考虑与较高层中的选定节点相关联的节点。因此, 对于具有 N_{layer} 层的组合码簿, 所搜索码字的数目为

$$M + \sum_{i=1}^{N_{layer}} N_i. \text{ 与具有相同尺寸的常规码簿相比, 将搜索 } M \prod_{i=1}^{N_{layer}} N_i \text{ 个码字。显然, 码字搜索复杂性在使用组合码簿时显著减小。}$$

[0108] 差分反馈还受到组合码簿的层级结构支持。与较高层中的母节点相关联的节点将在向量空间中系统地具有更高相关度且彼此更接近。这可容易促进差分反馈且因此减少反

馈额外开销。举例来说,在第一反馈中,反馈到组合码簿的基础码簿的索引。接着,在第二反馈中,反馈到组合码簿的本地码簿的第一精细的索引,而不是基础码簿的索引和本地码簿的第一精细的索引两者。一般来说,在第1反馈中,反馈到本地码簿的第(1-1)精细的索引,而不是整个索引集合。

[0109] 下文提供具有四个发射天线的MIMO无线通信系统的示范性组合码簿:

$$[0110] \quad \text{基础码簿: } C_{base}^4 = \frac{1}{2} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & j & -j \\ j & j & -1 & 1 \\ j & -j & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -j & -j \end{bmatrix}$$

$$[0111] \quad \text{本地码簿: } C_{local}^4 = \frac{1}{2} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -j & -1 & j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & j & -1 & -j \end{bmatrix}$$

$$[0112] \quad \text{缩放因数: } \alpha = \frac{\sqrt{2}}{4}$$

[0113] 具有CM性质的用于四个发射天线的4位秩1组合码簿

$$[0114] \quad C16^{4,1} = [c16_1^{4,1}, c16_2^{4,1}, \dots, c16_{16}^{4,1}]$$

[0115]

$$[c16_1^{4,1}, c16_2^{4,1}, c16_3^{4,1}, c16_4^{4,1}] = \begin{pmatrix} -0.5 & -0.5j & -0.2151-0.4514j & 0.2151+0.4514j \\ -0.5 & 0.1536-0.4758j & -0.5j & 0.4758-0.1536j \\ -0.4514-0.2151j & -0.2151-0.4514j & -0.5j & 0.5 \\ -0.4758+0.1536j & -0.5j & 0.1536-0.4758j & 0.5 \end{pmatrix}$$

[0116]

$$[c16_5^{4,1}, c16_6^{4,1}, c16_7^{4,1}, c16_8^{4,1}] = \begin{pmatrix} -0.5 & -0.5j & -0.2151-0.4514j & 0.4514+0.2151j \\ 0.5j & -0.4758-0.1536j & -0.5 & -0.1536-0.4758j \\ 0.4514+0.2151j & 0.2151+0.4514j & 0.5j & -0.5 \\ -0.1536-0.4758j & 0.5 & 0.4758+0.1536j & 0.5j \end{pmatrix}$$

[0117]

$$[c16_9^{4,1}, c16_{10}^{4,1}, c16_{11}^{4,1}, c16_{12}^{4,1}] = \begin{pmatrix} -0.5 & -0.5j & -0.2151-0.4514j & 0.4514+0.2151j \\ 0.5 & -0.1536+0.4758j & 0.5j & -0.4758+0.1536j \\ -0.4514-0.2151j & -0.2151-0.4514j & -0.5j & 0.5 \\ 0.4758-0.1536j & 0.5j & -0.1536+0.4758j & -0.5 \end{pmatrix}$$

[0118]

$$[c16_{13}^{4,1}, c16_{14}^{4,1}, c16_{15}^{4,1}, c16_{16}^{4,1}] = \begin{pmatrix} -0.5 & -0.5j & -0.2151-0.4514j & 0.4514+0.2151j \\ -0.5j & 0.4758+0.1536j & 0.5 & 0.1536+0.4758j \\ 0.4514+0.2151j & 0.2151+0.4514j & 0.5j & -0.5 \\ 0.1536+0.4758j & -0.5 & -0.4758-0.1536j & -0.5j \end{pmatrix}$$

[0119] 图 7 说明针对具有四个发射天线的 MIMO 无线通信系统的组合码簿的码簿搜索的图。所搜索到的码字的数目从 16 个码字减少 50% 到八 (8) 个码字。

[0120] 具有 CM 性质的用于四个发射天线的 3 位秩 1 组合码簿

$$C8^{4,2} = [c8_1^{4,2}, c8_2^{4,2}, \dots, c8_{16}^{4,2}]$$

[0122]

$c8_1^{4,2}$	$c8_2^{4,2}$	$c8_3^{4,2}$	$c8_4^{4,2}$
$[c16_1^4, c16_5^4]$	$[c16_2^4, c16_6^4]$	$[c16_3^4, c16_7^4]$	$[c16_4^4, c16_8^4]$
$c8_5^{4,2}$	$c8_6^{4,2}$	$c8_7^{4,2}$	$c8_8^{4,2}$
$[c16_9^4, c16_{13}^4]$	$[c16_{10}^4, c16_{14}^4]$	$[c16_{11}^4, c16_{15}^4]$	$[c16_{12}^4, c16_{16}^4]$

[0123] 具有 CM 性质的用于四个发射天线的 3 位秩 4 组合码簿

$$C4^{4,4} = [c4_1^{4,4}, c4_2^{4,4}, \dots, c4_4^{4,4}]$$

[0125]

$c4_1^{4,4}$	$c4_2^{4,4}$	$c4_3^{4,4}$	$c4_4^{4,4}$
$c8_1^{4,2}, c8_5^{4,2}$	$c8_2^{4,2}, c8_8^{4,2}$	$c8_3^{4,2}, c8_7^{4,2}$	$c8_4^{4,2}, c8_6^{4,2}$

[0126] 图 8a 说明针对具有四个发射天线和两个接收天线的 MIMO 通信系统以及第一业务模型的若干不同码簿的一定范围的信噪比的系统处理量的数据曲线图 800。第一迹线 805 说明如上文揭示的组合码簿的性能, 第二迹线 810 说明基于 DFT 的码簿的性能, 且第三迹线 815 说明基于格拉斯曼链接打包 (GLP) 的码簿的性能。第一迹线 805 展示组合码簿的性能优于基于 DFT 和 GLP 的码簿的性能, 且仅被具有完美信道状态信息 (展示为第四迹线 820) 的理想 MIMO 通信系统超过。

[0127] 图 8b 说明针对具有四个发射天线和两个接收天线的 MIMO 通信系统以及第二业务模型的若干不同码簿的一定范围的信噪比的系统处理量的数据曲线图 850。第一迹线 855 说明如上文揭示的组合码簿的性能, 第二迹线 860 说明具有四位索引的基于 GLP 的码簿的性能, 第三迹线 865 说明具有四位索引的基于 DFT 的码簿的性能, 且第四迹线 870 说明具有三位索引的基于 DFT 的码簿的性能。第一迹线 855 展示组合码簿的性能类似于具有四位索引的基于 GLP 的码簿的性能, 且优于四位索引或三位索引基于 DFT 的码簿。同样, 第一迹线 855 被具有完美信道状态信息 (展示为第五迹线 875) 的理想 MIMO 通信系统超越。

[0128] 下文提供具有两个发射天线的 MIMO 无线通信系统的示范性组合码簿:

[0129] 基础码簿: $C_{base}^2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{\frac{\pi}{8}j} & e^{\frac{5\pi}{8}j} & e^{\frac{3\pi}{8}j} & e^{\frac{7\pi}{8}j} \end{bmatrix}$

[0130] 本地码簿: $C_{local}^2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \begin{bmatrix} 1.3604 - 0.2706j & 1.3604 + 0.2706j \\ 0.0538 + 0.2706j & 0.0538 - 0.2706j \end{bmatrix}$

[0131] 缩放因数: $\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$

[0132] 具有 CM 性质的用于两个发射天线的 2 位秩 4 组合码簿

[0133] $C8^{2,1} = [c8_1^{2,1}, c8_2^{2,1}, \dots, c8_8^{2,1}]$

[0134]

$c8_1^{2,1}$	$c8_2^{2,1}$	$c8_3^{2,1}$	$c8_4^{2,1}$	$c8_5^{2,1}$	$c8_6^{2,1}$	$c8_7^{2,1}$	$c8_8^{2,1}$
$[1, 1]$	$\left[1, e^{\frac{\pi}{4}j}\right]$	$[1, j]$	$\left[1, e^{\frac{3\pi}{4}j}\right]$	$[1, -1]$	$\left[1, e^{-\frac{\pi}{4}j}\right]$	$[1, -j]$	$\left[1, e^{-\frac{3\pi}{4}j}\right]$

[0135]

[0136] 具有 CM 性质的用于两个发射天线的 3 位秩 2 组合码簿

[0137] $C4^{2,2} = [c4_1^{2,2}, c4_2^{2,2}, \dots, c4_4^{2,2}]$

[0138]

$c4_1^{2,2}$	$c4_2^{2,2}$	$c4_3^{2,2}$	$c4_4^{2,2}$
$c8_1^{2,1}, c8_5^{2,1}$	$c8_2^{2,1}, c8_8^{2,1}$	$c8_3^{2,1}, c8_7^{2,1}$	$c8_4^{2,1}, c8_6^{2,1}$

[0139] 图 9a 说明产生信道质量信息反馈中的订户单元操作 900 的流程图。订户单元操作 900 可以估计信道以产生信道估计值而开始 (框 905)。信道的估计可由估计信道块 255 执行。在估计信道之后,可使用 CM 码簿来量化信道估计值 (框 910)。信道估计值也可在量化之前归一化。接着,可将 CM 码簿中的码字的索引发射到服务于订户单元的 BTS。订户单元操作 900 可接着终止。

[0140] 图 9b 说明产生信道质量信息反馈中的订户单元操作 950 的流程图。订户单元操作 950 可以估计信道以产生信道估计值而开始 (框 955)。信道的估计可由估计信道块 255 执行。在估计信道之后,可使用 CM 基础码簿来量化信道估计值 (框 957)。这可产生到 CM 基础码簿的索引。信道估计值可在量化之前归一化。

[0141] 接着,可基于向量 c_{cnt} 来缩放和旋转 CM 本地码簿 (框 959)。经缩放和旋转的 CM 本地码簿可接着用于量化信道估计值 (框 961)。这可产生到经缩放 / 量化的 CM 本地码簿的索引。可将所述索引 (到 CM 基础码簿的索引和到经缩放 / 量化的 CM 本地码簿的索引) 发射到服务于订户单元的 BTS。订户单元操作 900 可接着终止。

[0142] 一般来说, CM 本地码簿的缩放和旋转可执行多次,每一次增加信道估计值的量化

的精细度。因此,尽管论述聚焦于 CM 本地码簿的单一缩放和旋转,但订户单元操作 950 可容易经修改以对 CM 本地码簿执行多个缩放 / 旋转操作。

[0143] 图 10a 说明使用订户单元所提供的信道质量信息反馈将信息发射到订户单元的 BTS 操作 1000 的流程图。BTS 操作 1000 可开始从订户单元接收信道质量信息反馈 (或反馈位) (框 1005)。可从信道质量信息反馈提取到 CM 码簿的索引 (框 1007)。到 CM 码簿的索引可用于重建信道估计向量 (框 1009)。信道估计向量可用于调整 BTS 中的射频 (RF) 硬件 (框 1011), 且 BTS 可利用经调整的 RF 硬件以向订户单元发射 (框 1013)。BTS 操作 1000 可接着终止。

[0144] 图 10b 说明使用订户单元所提供的信道质量信息反馈将信息发射到订户单元的 BTS 操作 1050 的流程图。BTS 操作 1050 可以 BTS 从订户单元接收信道质量信息反馈 (或反馈位) 而开始 (框 1055)。可从信道质量信息反馈提取到 CM 基础码簿的索引 (框 1057)。到 CM 码簿的索引可用于重建信道估计向量 (框 1059)。

[0145] BTS 还可从订户单元接收额外信道质量信息反馈 (框 1061)。可从信道质量信息反馈提取到 CM 本地码簿的索引 (框 1063)。到 CM 本地码簿的索引可用于缩放和旋转 CM 本地码簿 (框 1065), 且可使用经缩放 / 旋转的 CM 本地码簿来精细化经重建的信道估计向量 (框 1067)。

[0146] 额外信道质量信息反馈可以是用于提供到 CM 码簿的索引的相同信道质量反馈的一部分。或者,可在不同的反馈传输信号中将额外信道质量信息反馈发送到 BTS。

[0147] 经精细化的信道估计向量可用于调整 BTS 中的射频 (RF) 硬件 (框 1069), 且 BTS 可利用经调整的 RF 硬件以向订户单元发射 (框 1071)。BTS 操作 1050 可接着终止。

[0148] 一般来说, CM 本地码簿的缩放和旋转可执行多次。在 BTS 继续接收 CM 本地码簿的索引 (在信道质量信息反馈传输信号中) 时, BTS 可继续精细化经重建的信道估计向量而不是再次以 CM 基础码簿开始。因此,尽管论述聚焦于 CM 本地码簿的单一缩放和旋转,但 BTS 操作 1050 可容易经修改以对来自信道质量信息反馈的 CM 本地码簿执行多个缩放 / 旋转操作。

[0149] 尽管已详细描述实施例及其优点,但应了解,可在本文中作出各种改变、替代和更改而不脱离如所附权利要求书界定的本发明的精神和范围。此外,本申请案的范围不希望限于本说明书中所描述的过程、机器、制造、物质组成、构件、方法和步骤的特定实施例。如所属领域的一般技术人员从本发明的揭示内容将容易了解,当前存在或以后待开发的大体上执行与本文描述的对应实施例相同的功能或实现与其大体上相同效果的过程、机器、制造、物质组成、构件、方法或步骤可根据本发明而加以利用。因此,所附权利要求书希望将此类过程、机器、制造、物质组成、构件、方法或步骤包含在其范围内。

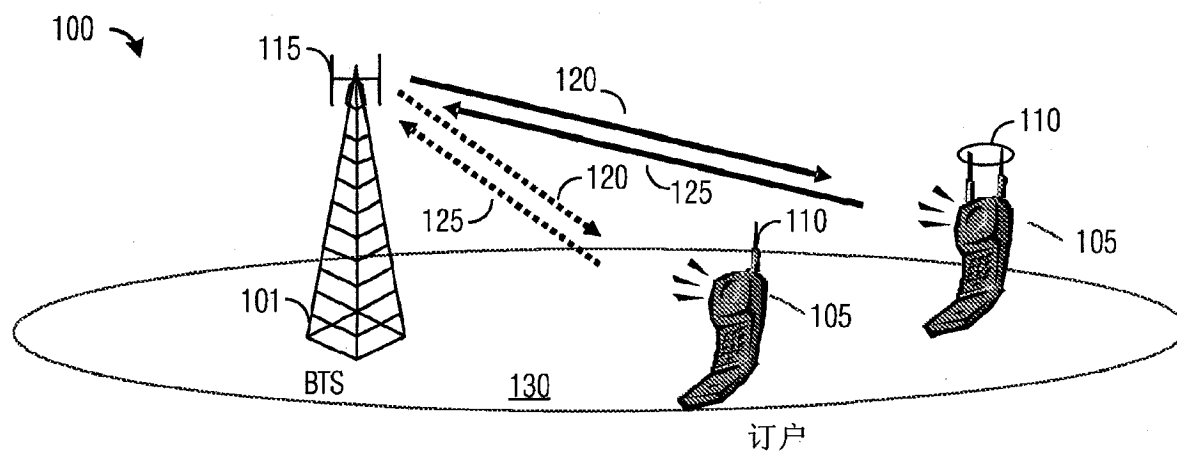


图 1

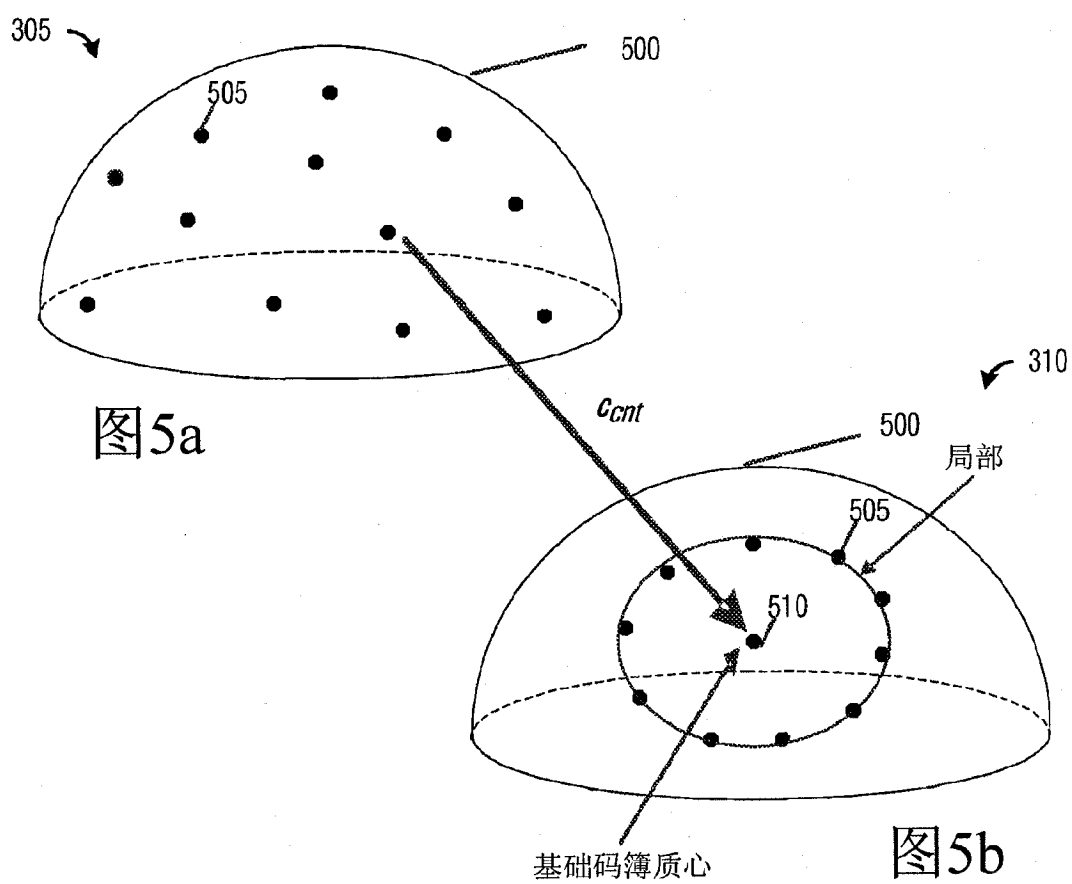


图5a

图5b

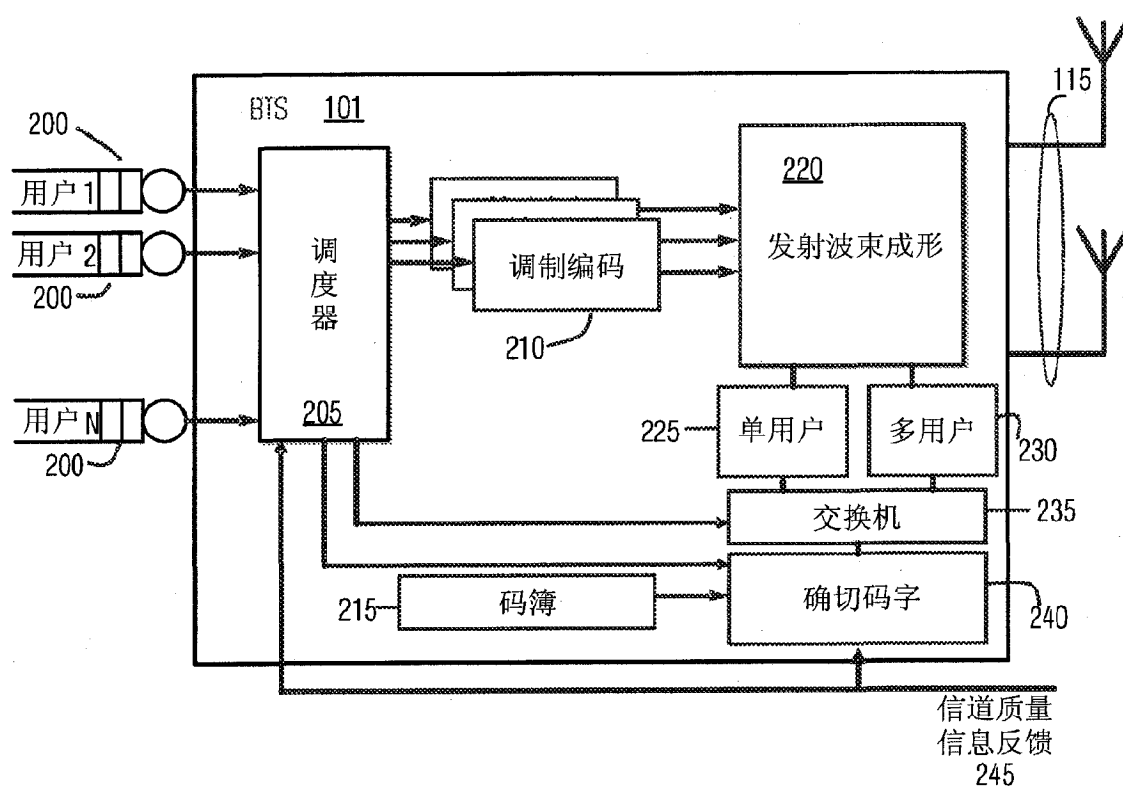


图 2a(现有技术)

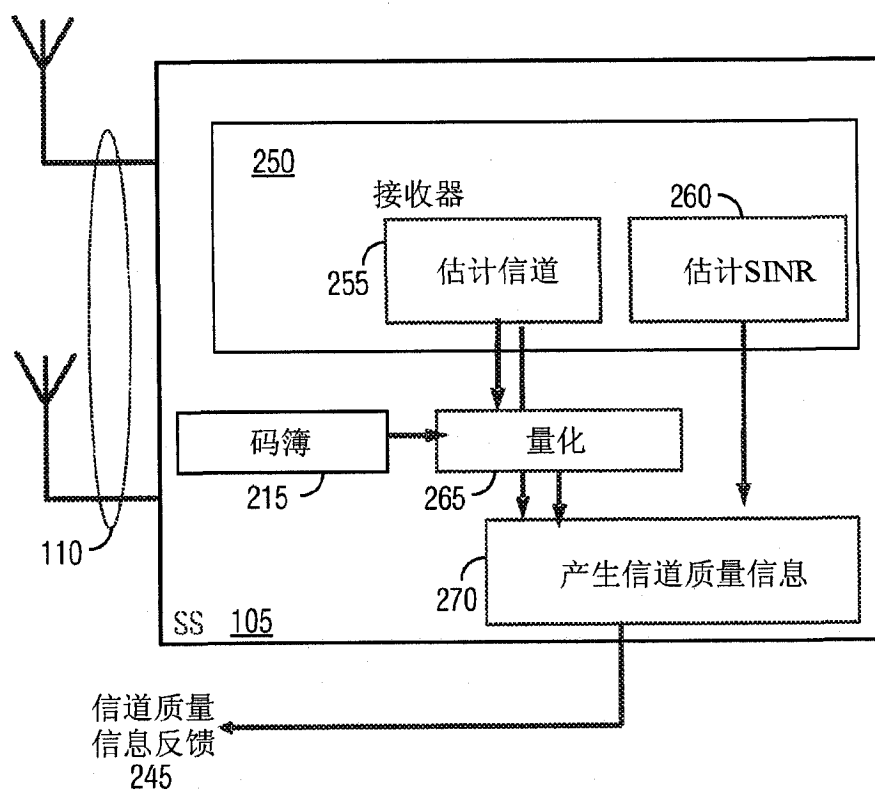


图 2b(现有技术)

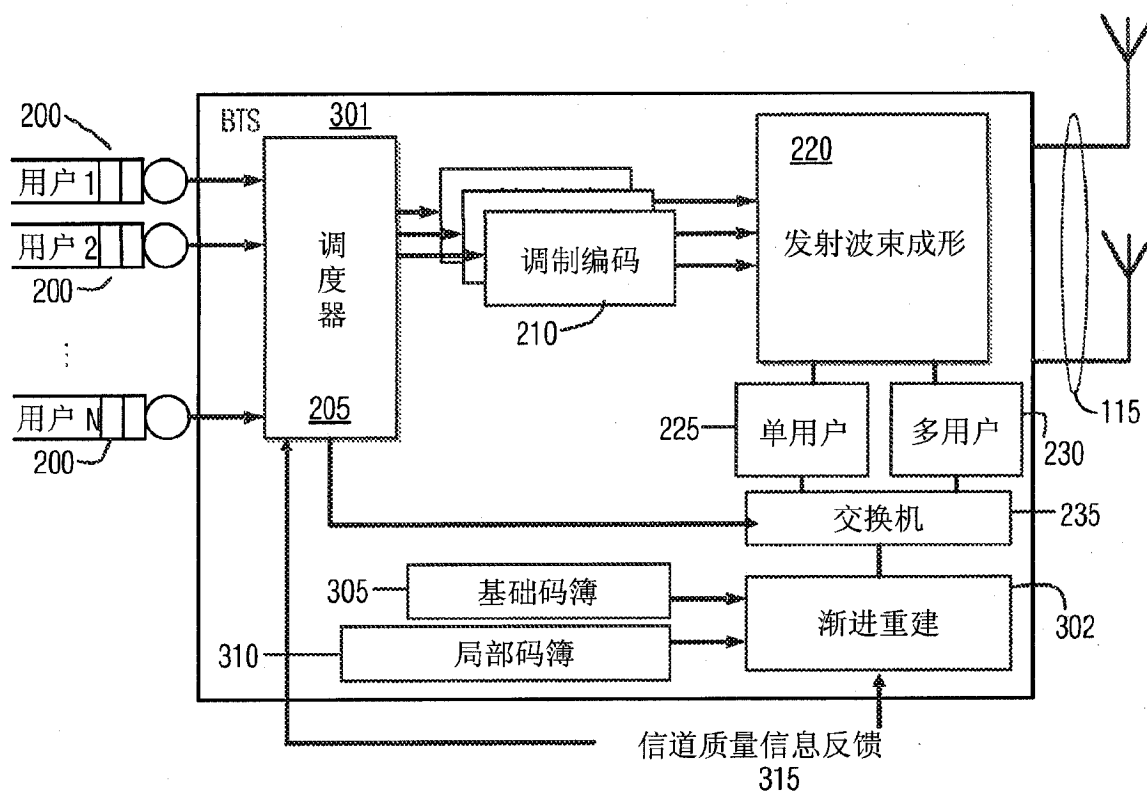


图 3a

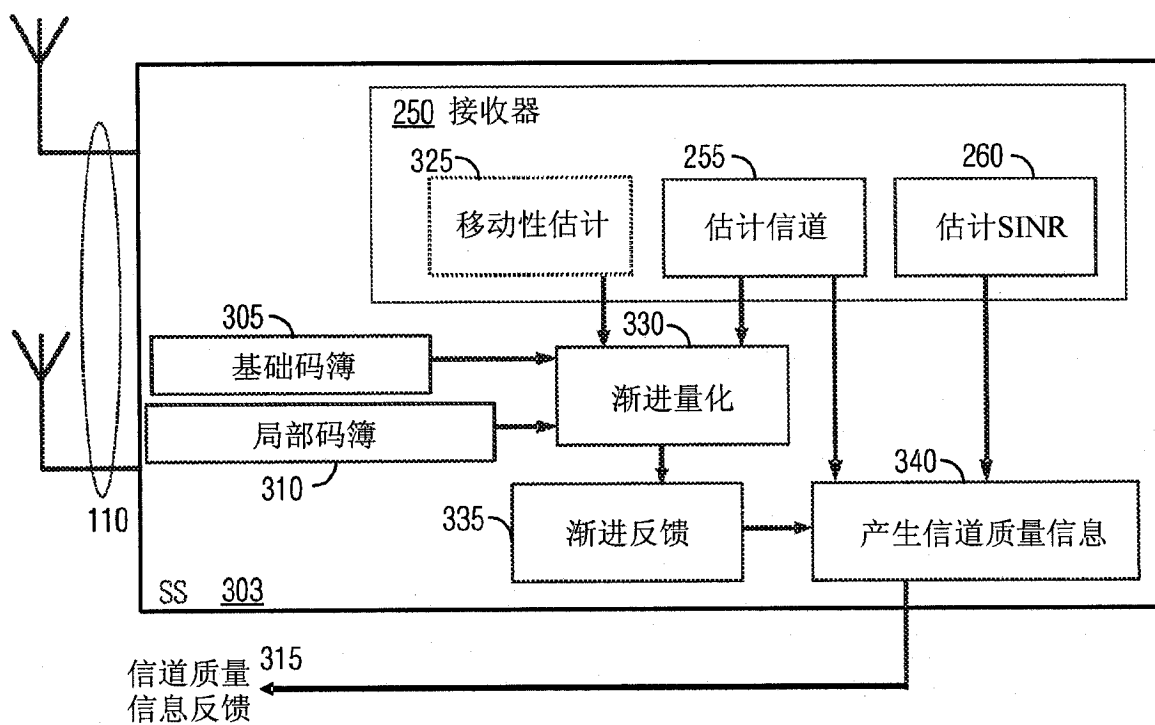


图 3b

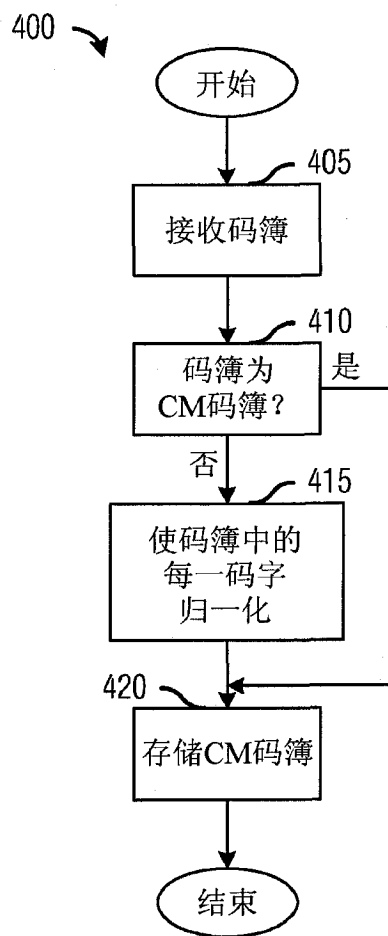


图 4

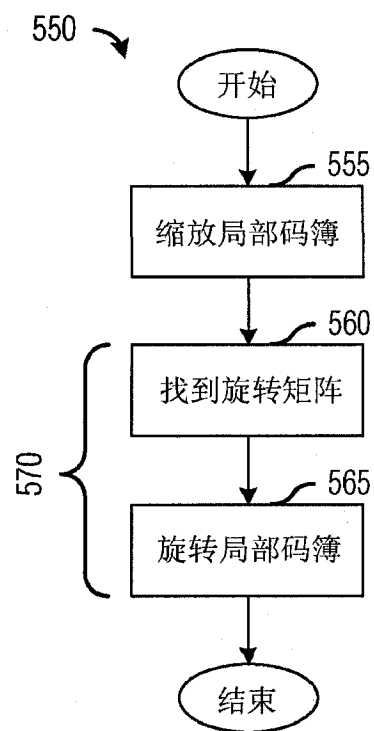


图 5c

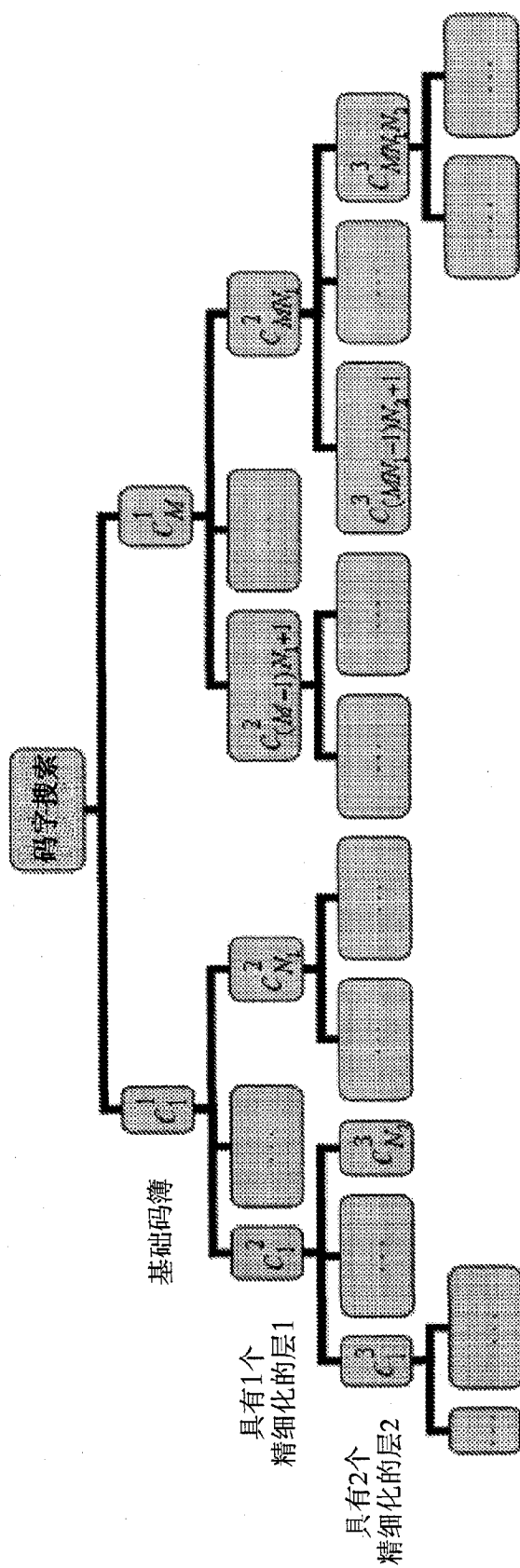


图 6

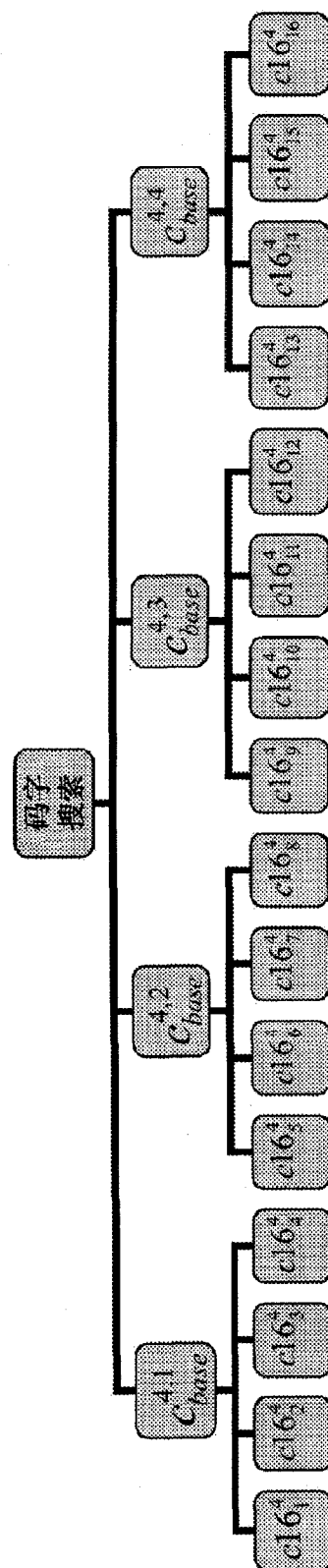


图 7

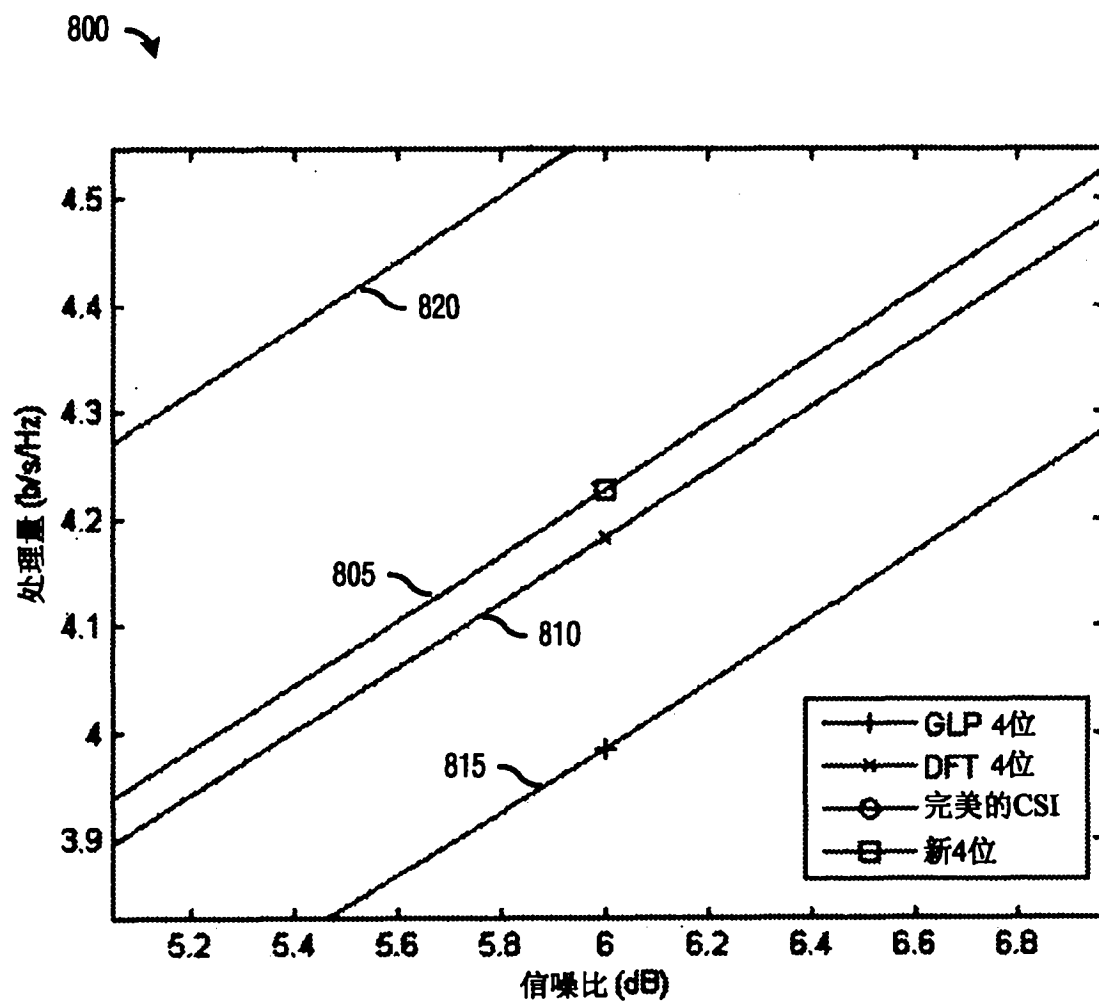


图 8a

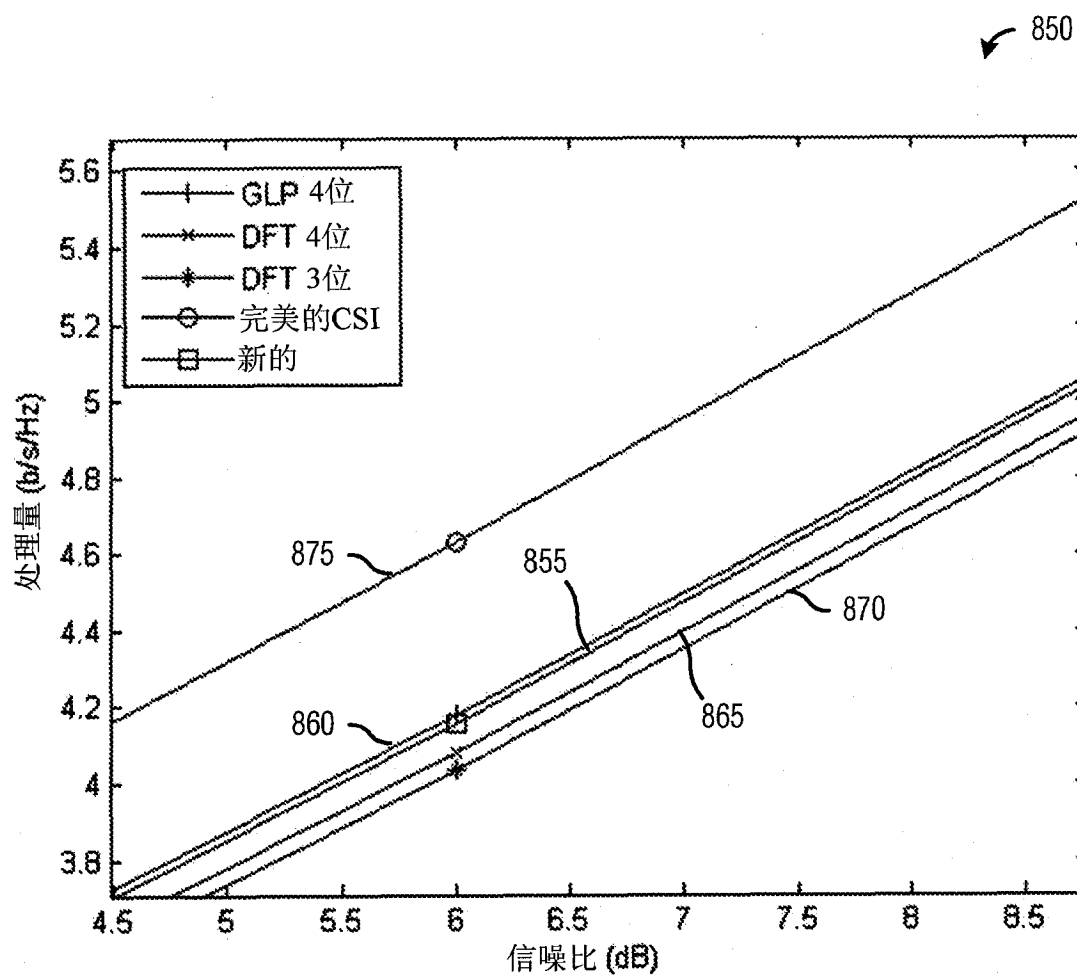


图 8b

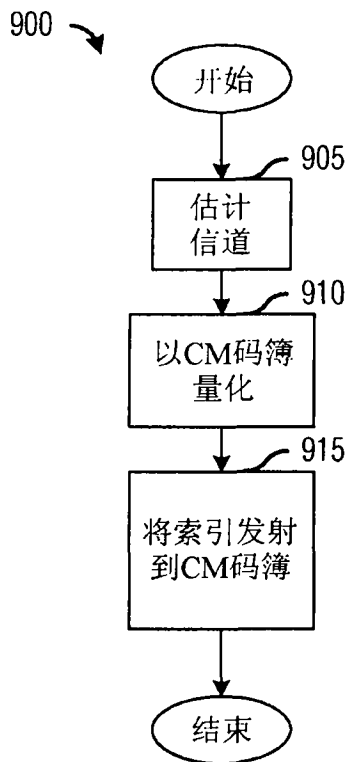


图 9a

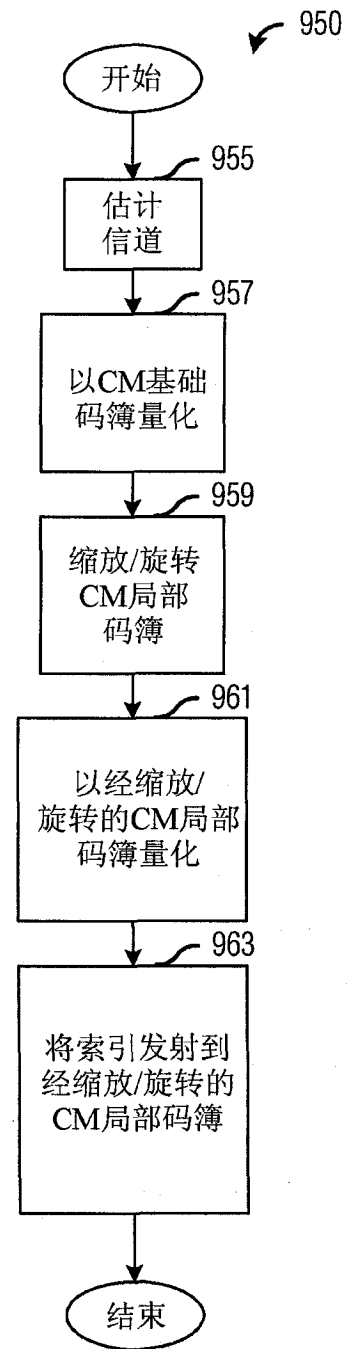


图 9b

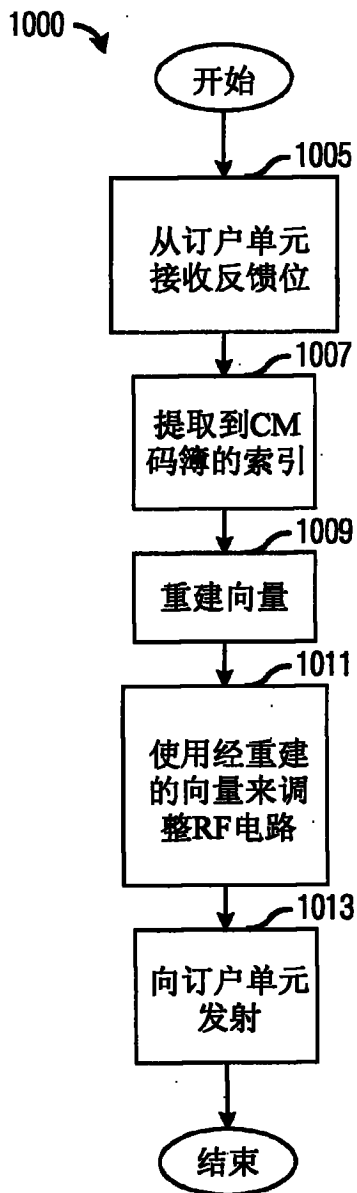


图 10a

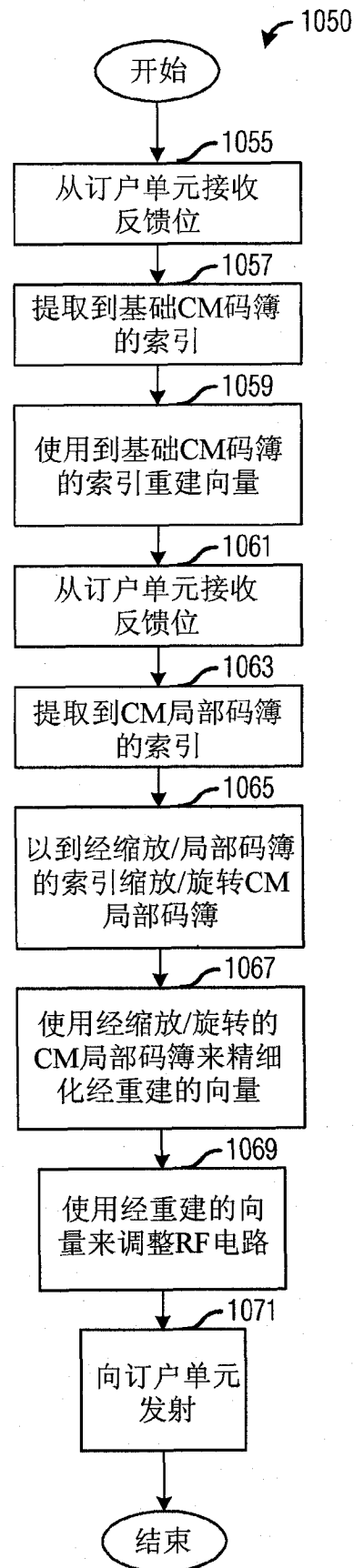


图 10b