

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102655430 A

(43) 申请公布日 2012.09.05

(21) 申请号 201210152927.8

代理人 南毅宁 刘国平

(22) 申请日 2003.07.25

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H04B 7/06 (2006.01)

60/319,437 2002.07.30 US

60/461,672 2003.04.10 US

60/479,945 2003.06.19 US

(62) 分案原申请数据

03823232.4 2003.07.25

(71) 申请人 美商智慧财产权授权股份有限公司

地址 美国特拉华州

(72) 发明人 强德拉·法得雅纳珊

葛里·L·苏格而

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司 11283

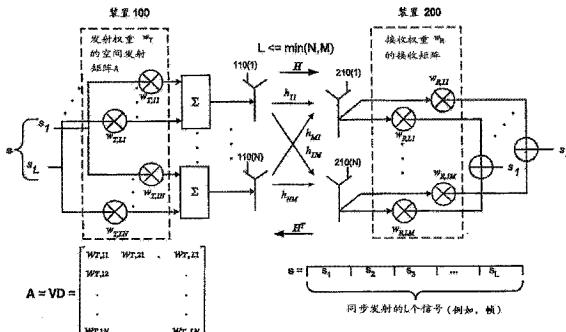
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

(54) 发明名称

通过信道传送信号的方法和无线电通信装置

(57) 摘要

一种通过具有 N 个天线的第一装置和具有 M 个天线的第二装置之间的信道传送信号的方法和无线电通信装置。在所述的第一装置，代表将发射的 L 个信号的一向量 s 是经过一发射矩阵 A 的处理，进而最大化在第一装置与第二装置之间受制于一功率限制的信道容量，其中，经由 N 个天线的每一天线所发射的功率小于或等于一最大的功率值。每个天线的功率限制可以是所有天线相同，或者是每个天线特定的或不同。例如，每个天线的功率限制可以等于由所有 N 个天线组合发射的总最大功率除以 N。发射矩阵 A 在 N 个天线中分配 L 个信号以同步发射至第二装置。在所述的第二装置，由 M 个天线所接收的信号经由接收权重处理，并且所得到的信号被组合来恢复所述的 L 个信号。



1. 一种通过具有 N 个天线的第一装置和具有 M 个天线的第二装置之间的信道传送信号的方法, 该方法包括:

通过计算一个发射矩阵 A 来用所述发射矩阵 A 处理表示 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 的向量 s, 以最大化所述第一装置和所述第二装置之间的信道容量, 其中所述发射矩阵 A 加权所述 L 个信号并在所述 N 个天线中分配所述 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 以以功率 P_{\max}/N 同步发射至所述第二装置, 其中 P_{\max} 为来自所有 N 个天线组合的总发射功率。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 在 $N \leq M$ 的条件下, 所述发射矩阵 $A=VD$, 其中 V 为 $H^H H$ 的特征向量, H 为从所述第一装置到所述第二装置的信道响应, 矩阵 $D=I \cdot \sqrt{(P_{\max}/N)}$, 以及 I 为单位矩阵。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 在 $N > M$ 的条件下, 所述 N 个天线中的至少两个天线发射的功率彼此不相同。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述发射矩阵 A 等于 VD , 其中 V 为 $H^H H$ 的特征向量, H 为从所述第一装置到所述第二装置的信道响应, $D=\text{diag}(d_1, \dots, d_L)$, 以及 $|d_p|^2$ 为所述发射功率, 其中 $p=1$ 至 L 。

5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其中, 当 $N > M$ 时, $D=\sqrt{(d \cdot P_{\max}/N)} \cdot I$, 其中天线 i 发射的功率为 $(d \cdot P_{\max}/N) \cdot (VV^H)_{ii}$, $i=1, \dots, N$, 以及 $d=d_p$, 其中 $p=1$ 至 L 。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其中, $d=1/z$, 以及 $z = \max_i \{(VV^H)_{ii}\}$, 由此来自所述 N 个天线中的任意天线的最大功率为 P_{\max}/N , 而由所述 N 个天线组合发射的总功率介于 P_{\max}/M 和 P_{\max} 之间。

7. 根据权利要求 5 所述的方法, 其中, $d=1$, 由此天线 i 发射的功率为 $(P_{\max}/N) \cdot (VV^H)_{ii}$, $i=1$ 至 N , 以及由所述 N 个天线组合发射的总功率为 P_{\max}/M 。

8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述 L 个信号中的每个信号利用多载波调制处理而被基带调制, 且其中所述处理包括用多个子载波 k 的每个子载波处的发射矩阵 $A(k)$ 乘以所述向量 s。

9. 一种无线电通信装置, 该无线电通信装置包括:

N 个天线;

N 个无线电发射机, 每个无线电发射机连接至所述多个天线中对应的一者; 以及

基带信号处理器, 连接至所述 N 个无线电发射机, 通过计算一个发射矩阵 A 来用所述发射矩阵 A 处理表示 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 的向量 s, 以最大化所述无线电通信装置和远程装置之间的信道容量, 其中所述发射矩阵 A 加权所述 L 个信号并在所述 N 个天线中分配所述 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 以以功率 P_{\max}/N 同步发射至所述远程装置, 其中 P_{\max} 为来自所有 N 个天线组合的总发射功率。

10. 根据权利要求 9 所述的无线电通信装置, 其中, 在 $N \leq M$ 的条件下, 所述发射矩阵 $A=VD$, 其中 M 为所述远程装置的天线数量, V 为 $H^H H$ 的特征向量, H 为从所述无线电通信装置到所述远程装置的信道响应, 矩阵 $D=I \cdot \sqrt{(P_{\max}/N)}$, 以及 I 为单位矩阵。

11. 根据权利要求 9 所述的无线电通信装置, 其中, 在 $N > M$ 的条件下, 其中 M 为所述远程装置的天线数量, 所述 N 个天线中的至少两个天线发射的功率彼此不相同。

12. 根据权利要求 9 所述的无线电通信装置, 其中, 所述发射矩阵 A 等于 VD , 其中 V 为

$H^H H$ 的特征向量, H 为从所述无线电通信装置到所述远程装置的信道响应, $D=\text{diag}(d_1, \dots, d_L)$, 以及 $|d_p|^2$ 为所述发射功率, 其中 $p=1$ 至 L 。

13. 根据权利要求 12 所述的无线电通信装置, 其中, 当 $N > M$ 时, 其中 M 为所述远程装置的天线数量, $D=\sqrt{d \cdot P_{\max}/N} \cdot I$, 其中天线 i 发射的功率为 $(d \cdot P_{\max}/N) \cdot (VV^H)_{ii}$, $i=1, \dots, N$, 以及 $d=d_p$, 其中 $p=1$ 至 L 。

14. 根据权利要求 13 所述的无线电通信装置, 其中, $d=1/z$, 以及 $Z = \max_i \{(VV^H)_{ii}\}$, 由此来自所述 N 个天线中的任意天线的最大功率为 P_{\max}/N , 而由所述 N 个天线组合发射的总功率介于 P_{\max}/M 和 P_{\max} 之间。

15. 根据权利要求 13 所述的无线电通信装置, 其中, $d=1$, 由此天线 i 发射的功率为 $(P_{\max}/N) \cdot (VV^H)_{ii}$, $i=1$ 至 N , 以及由所述 N 个天线组合发射的总功率为 P_{\max}/M 。

16. 根据权利要求 9 所述的无线电通信装置, 其中, 所述 L 个信号中的每个信号利用多载波调制处理而被基带调制, 且其中所述处理包括用多个子载波 k 的每个子载波处的发射矩阵 $A(k)$ 乘以所述向量 s 。

通过信道传送信号的方法和无线电通信装置

[0001] 本申请是申请号为 03823232.4、申请日为 2003 年 7 月 25 日、名称为“多输入多输出无线通信的装置及方法”的中国发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及通过具有 N 个天线的第一装置和具有 M 个天线的第二装置之间的信道传送信号的方法和无线电通信装置。

背景技术

[0003] 本发明针对一种最大化在两个无线电通信装置之间的一无线电通信链路的容量和 / 或范围的系统与方法。

[0004] 多输入多输出(MIMO)无线电通信技术已熟知是用来提升由一装置到另一装置所发射的信号的接收的 SNR，在 MIMO 无线电算法的研究已经导入多重信号流同时从一装置的多个天线上发射到另一个装置，因此大幅地提升在两个装置间的无线电通信信道的数据率。传统的借由多个天线同步地发射多个信号流的一个方法是利用在经由多个天线组合所发射的总功率上的一功率限制以及一注水解法(waterfilling solution)，所谓的注水解法在发射装置上需要多个全功率的功率放大器，因为对于某些信道，所有的或几乎全部的发射功率都由一功率放大器所发射是可能的。对于 MIMO 系统来说，还有空间来改善用于 MIMO 无线电通信系统的装置的设计，尤其是，在想要在一集成电路上制造无线电收发信机装置的情况时。

发明内容

[0005] 简单来说，本发明提供用于具有 N 个天线的第一装置与具有 M 个天线的第二装置间的多重信号(信号流)的同步无线电通信的一系统、方法与装置。不像先前技术中的方法，本发明中所提供的方法在发射装置的每一发射天线路径上加入了一功率限制。

[0006] 根据本发明一方面提供一种用于在具有 N 个天线的第一装置与具有 M 个天线的第二装置间的无线电通信的方法，所述的方法包含：通过计算一个发射矩阵 A 以该一个发射矩阵 A 来处理代表 L 个信号的向量 s，以便使得在所述第一装置与所述第二装置间受制于一功率限制的信道容量得以最大，其中，由所述 N 个天线中的各天线所发出的功率小于或等于一最大功率，并且，该发射矩阵 A 顺着该 N 个天线以及该第二装置的 M 个天线之间的信道的特征向量加权同步发射的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ ；借此，当 $N \leq M$ 时，所述的发射矩阵 $A=VD$ ，其中 V 为 $H^H H$ 的特征向量，H 为从所述的第一装置到所述的第二装置的信道响应，矩阵 $D=I \cdot \text{sqrt}(P_{\max}/N)$ ，而 I 为单位矩阵，因此由 N 个天线的每一天线所发射的功率彼此相同且等于 P_{\max}/N ，其中 P_{\max} 是来自所有 N 个天线组合的总发射功率。

[0007] 根据本发明另一方面提供一种无线电通信装置，其包含：a. N 个天线；b. N 个无线电发射机，每一发射机连接到多个天线中对应的一个；c. 一基带信号处理器，连接到所述的 N 个无线电发射机，通过计算一个发射矩阵 A 以该一个发射矩阵 A 来处理代表 L 个信号

的向量 s ,以便使得在所述装置与一远端装置间受制于一功率限制的信道容量得以最大,其中,由所述 N 个天线中的各天线所发出的功率小于或等于一最大功率,并且,该发射矩阵 A 顺着该 N 个天线以及该远端装置的 M 个天线之间的信道的特征向量加权同步发射的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$;借此,当 $N \leq M$ 时,所述的发射矩阵 $A=VD$,其中 V 为 $H^H H$ 的特征向量, H 为从所述的装置到所述的远端装置的信道响应,矩阵 $D=I \cdot \text{sqrt}(P_{\max}/N)$,而 I 为单位矩阵,因此由 N 个天线的每一天线所发射的功率彼此相同且等于 P_{\max}/N ,其中 P_{\max} 是从所有 N 个天线组合的总发射功率。

[0008] 根据本发明又一方面提供一种无线电通信系统,其包含 :a. 一第一装置 ;i. N 个天线 ;ii. N 个无线电发射机,每一发射机连接到多个天线中对应的一个;以及 iii. 一基带信号处理器,连接到所述的 N 个无线电发射机,通过计算一个发射矩阵 A 以该一个发射矩阵 A 来处理代表 L 个信号的向量 s ,以便使得在所述第一装置与一第二装置间受制于一功率限制的信道容量得以最大,其中,由所述 N 个天线中的各天线所发出的功率小于或等于一最大功率,并且,该发射矩阵 A 顺着该 N 个天线以及该第二装置的 M 个天线之间的信道的特征向量加权同步发射的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$;借此,当 $N \leq M$ 时,所述的发射矩阵 $A=VD$,其中 V 为 $H^H H$ 的特征向量, H 为从所述的第一装置到所述的第二装置的信道响应,矩阵 $D=I \cdot \text{sqrt}(P_{\max}/N)$,而 I 为单位矩阵,因此由 N 个天线的每一天线所发射的功率彼此相同且等于 P_{\max}/N ,其中 P_{\max} 是从所有 N 个天线组合的总发射功率 ;b. 第二装置,其包含 :i. M 个天线 ;ii. M 个无线电发射机,每一发射机连接到多个天线中对应的一个;以及 iii. 一基带信号处理器,连接到所达的 N 个无线电发射机,以借由接收权重处理在经由多个无线电接收机的所输出的信号并结合所得到的结果信号以回复所述的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 。

[0009] 在第一装置上,代表所要发射的 L 组信号 $[s_1 \dots s_L]$ 的一向量 s 通过一发射矩阵 A 来处理,以最大化在所述的第一装置与第二装置间的信道的容量,其中所述的信道受制于一功率限制,亦即经由 N 组信道中的每一信道所发射的功率小于或等于一最大功率。对每一天线的功率限制可以与所有的天线或特定的天线相同,亦或者是不同的功率限制。例如,所述的每一天线的功率限制可能与由 N 组天线所发射的一功率总和除以 N 后的值相同。所述的发射矩阵 A 在 N 组天线中分配所述的 L 组信号 $[s_1 \dots s_L]$ 以同步发射到第二装置。而在所述第二装置,由 M 组天线所接收的信号以接收权重来加以处理,而所得到的信号被组合以恢复所述的 L 组信号。这种方式适用于 $N > M$ 以及 $N \leq M$ 的情况。

[0010] 根据本发明又一方面提供一种通过具有 N 个天线的第一装置和具有 M 个天线的第二装置之间的信道传送信号的方法,该方法包括 :通过计算一个发射矩阵 A 来用发射矩阵 A 处理表示 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 的向量 s ,以最大化第一装置和第二装置之间的信道容量,其中发射矩阵 A 加权 L 个信号并在 N 个天线中分配 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 以以功率 P_{\max}/N 同步发射至第二装置,其中 P_{\max} 为来自所有 N 个天线组合的总发射功率。

[0011] 根据本发明又一方面提供 N 个天线 ;N 个无线电发射机,每个无线电发射机连接至多个天线中对应的一者;以及基带信号处理器,连接至 N 个无线电发生器,通过计算一个发射矩阵 A 来用发射矩阵 A 处理表示 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 的向量 s ,以最大化无线电装置和远程装置之间的信道容量,其中发射矩阵 A 加权 L 个信号并在 N 个天线中分配 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 以以功率 P_{\max}/N 同步发射至远程装置,其中 P_{\max} 为来自所有 N 个天线组合的总发射功率。

[0012] 如果在一个系统中的通信装置是设计成大约在每一天线的功率限制,那么所述的

通信系统的性能将会是接近最佳的注水解法一样的优异,而且提供更显著的实施优势。所述的无线电发射机可以以需要低功率输出容量的功率放大器来执行。因而也可以减少所需要的硅晶片的面积。因此,经由所述的发射机所泄漏的 DC 电流将会比较低,而且经由功率放大器所引起的芯片上的干扰也会变得比较低。

[0013] 前面所说的技术特征以及本发明的目的及其它优势将会参考下列的详细说明以及配合附图而变的更加清楚。

附图说明

[0014] 图 1 表示两个多天线的无线电通信装置所组成的一系统图,其中多重信号流经由一第一装置而同步发射到一第二装置。

[0015] 图 2 是表示映射与多路复用信号至多个天线路径以用于同步发射的流程图。

[0016] 图 3 表示能够执行如图 1 所示的 MIMO 无线电通信技术的一无线电通信装置的框图。

[0017] 图 4 表示形成如图 3 所述的装置的一部份的一调制解调制器(modem)的发射机部分的一较佳具体实施例的框图。

[0018] 图 5 表示所述的调制解调制器(modem)的接收机部分的一较佳具体实施例的框图。

[0019] 图 6 是示出了根据本发明所述的 MIMO 无线电技术的相对性能的一坐标标绘图。

具体实施方式

[0020] 请参照图 1 与图 2 所示,图中所示的一系统 10 中,其中具有 N 组天线 110 (1) 到 110 (N) 的一第一无线电通信装置 100 借由一无线电通信链路与具有 M 天线 210 (1) 到 210 (M) 的一第二无线电通信装置 200 进行通信。在下面的详细说明中,将只说明由所述的第一无线电通信装置发射到所述的第二无线电通信装置的状况,但相同的分析结果应用于由第二无线电通信装置到第一无线电通信装置的发射。从所述的第一通信装置的 N 个天线到所述的第二通信装置的 M 个天线的多输入多输出(MIMO)信道响应将由信道响应矩阵 H 来加以说明。所述的信道矩阵在相反的方向上即为 H^T 。

[0021] 装置 100 将会经由天线 110 (1) 到 110 (N) 同步发射 L 个信号 S_1, S_2, \dots, S_L 。一向量 s 将由表示在基带上发射的 L 个信号 $[S_1 \dots S_L]$ 来定义,以使得 $s = [S_1 \dots S_L]^T$ 。所述的可以同步发射的信号的数目(L) 与在所述的装置 100 与装置 200 间的信道 H 有关,尤其是 $L \leq \text{Rank of } H^T H \leq \min(N, M)$ 。例如,假如 $N=4$,以及 $M=2$,那么 $L \leq \text{Rank of } H^T H \leq 2$ 。

[0022] 所述的装置 100 具有信道状态(例如使用训练序列,反馈等)的知识,也就是说装置 100 知道 H。在发射装置(在发射装置与接收装置间)上获得与更新所述的信道知识的技术已经为本技术领域所熟知,因而不再于此详述。例如,训练与反馈技术已详述于 Raleigh 等人的美国专利号 6,144,711。

[0023] 接下来要介绍两个矩阵;V 为 $H^T H$ 的特征向量矩阵,而 A 为 $H^T H$ 的特征值矩阵。装置 100 发射乘积 As,其中矩阵 A 为空间多路复用发射矩阵,而 $A=VD$ 。所述的矩阵 D=diag(d_1, \dots, d_L),其中 $|d_p|^2$ 为在 pth 模式下的发射功率,或者换句话说,为所述的 L 个信号的第 pth 个的功率。装置 200 接收 $HAs+n$,而且在针对每一个模式的最大比例组合之后,装置 200

计算 $c = A^H H^H H A s + A^H H^H n = D^H D A s + D^H V^H H^H n$ 。

[0024] 如图 2 所示,在所述的第一装置中,来自一比特流 {b} 的大量的比特以一映射技术而映射到一向量 s 。所述的映射技术可以选择性地包括编码调制以改善链路余量。所述的比特流 {b} 可以是一个文件或比特的集合,以表示任何形式的数据,例如语音、影像,声音,计算数据等,被划分或者分离成将在空间上多路复用或同步发射的不连续的帧或块(通常被称为信号)。其中一个例子为多个 IEEE 802.11x 帧(每一 S_i 可能为一不同的帧)从所述的第一装置 100 到所述的第二装置 200 的同步发射,其中,例如,所述的第一装置 100 为一 IEEE 802.11 接入点(AP),而所述的第二装置为客户端(STA)。所述的发射矩阵 A 与矩阵 s 的乘积为一向量 x 。所述的矩阵乘法步骤有效地加权向量 s 的每一个跨过 N 个天线的每一个的元素,借此,在多个天线中分配多个信号以同步发射。从矩阵乘法区块中所导出的向量 x 的分量 x_1 到 x_N 随后连接到所述的第一通信装置的对应天线。例如,元素 x_1 为天线 1 的向量 s 的所有加权元素的总和,分量 x_2 为天线 2 的向量 s 所有的加权元素的总和,依此类推。

[0025] 发射矩阵 A 为包含发射权重 $w_{t,ij}$ 的一复数矩阵,其中 $i=1$ 到 L ,而 $j=1$ 到 N ,每一天线权重可能与频率有关以考虑一频率相关的信道 H 。例如,对于一多载波调制系统,例如,一正交频分复用(OFDM)系统,对每一个次载波频率 k 具有一个矩阵 A ,换句话说,每一发射权重 $w_{t,ij}$ 为次载波频率 k 的一个函数。对于一时域(单载波)调制系统来说,每一发射权重 $w_{t,ij}$ 可能为一抽头延迟线滤波器(tapped-delay line filter)。

[0026] 于先前技术中关于选择权重 d_p 以将容量最大化的方法

$$[0027] C = \sum_{p=1}^L \log(1 + SNR_p), \quad SNR_p = |d_p|^2 \lambda_p \frac{E(|s_p|^2)}{E(|n_p|^2)}$$

[0028] 受制于由组合成发射矩阵 A 的多个发射天线所发射的一总功率限制,也就是说,

$$[0029] P_{TOT} = \text{Tr}(AA^H) \cdot E|s_p|^2 = \text{Tr}(VDD^HV^H) \cdot E|s_p|^2$$

$$[0030] = \text{Tr}(VDD^HV^H) < P_{max} (\text{assuming } E|s_p|^2 = 1)$$

[0031] 对于这个问题的最佳解决方案在于使用注水(waterfilling)来选择所述的权重 d_p (也就是说,使用注水以在特征信道上施加更多的功率以具有更高的 SNR λ_p)。

[0032] 所述的注水解法在所述的发射装置上需要 N 个可承受全功率的功率放大器,因为,对于某些信道来说,对于最佳的方法需要将所有或者是几乎所有的功率从一天线路径上发射出去是可能的。为了重申,先前技术中的方法限制从所有的天线路径组合所发射的总功率,仅仅是 $\sum p_i = P_{TOT} < P_{max}$ (对 $i=1$ 到 N 个天线),其中 P_{max} 为总功率限制,而 P_i 则是为来自所发射天线路径 i 的功率。

[0033] 一个较好的方法在于对每一个单独的发射天线路径使用功率限制。这样一个限制即为从每一天线所发射的功率小于从所有 N 个天线组合所发射的功率 P_{max} 除以 N ,例如对每一个 i 来说, $P_i \leq P_{max}/N$ 。使用这样的方法,被称为“天线功率限制”方法,每一个功率放大器可以设计成输出(不超过) P_{max}/N 的平均功率,其中 P_{max} 为来自所有的 N 个天线组合中所发射的最大功率。这个方法的重要好处在于所述的功率放大器可以设计成具有低最大输出功率容量,因此只需要较少的硅芯片面积。较小与较低输出的功率放大器的使用具有较低的片上功率放大器干扰与较低的 DC 漏电流的好处。

[0034] 当为每一个天线使用一 P_{max}/N 功率限制,所述的问题将变成:

[0035] 最大化容量 C 受制于 $(AA^H)_{ii} \leq P_{max}/N$, $i=1, \dots, N$ 。

[0036] 对于 d_p 来说, 这是很难解决的问题, 因为它与在使用 N 个拉格朗日乘子的一非线性函数中找出根有关(一个针对上述的 N 个限制中的每个)。然而, 存在针对两个情况中的每个的简单非最佳解决方案。

[0037] 状况 1 : $N \leq M$:

[0038] 在这个状况中, 所述的发射装置(具有 N 个天线)将代表所要发射的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]^T$ 乘上所述的发射矩阵 A, (即计算 As), 其中所述的发射矩阵 A 以 D 设定成与 $I \cdot \sqrt{P_{max}/N}$ (其中 I 为单位矩阵)相等来计算以在每一个模式下实施等效功率。因此, $H^H H$ 为厄密共轭而且(在机率为 1 的情况下)为满秩(full-rank), 即表示 V 是正交的。因此, $(AA^H)_{ii} = (VDD^H V^H)_{ii} = (VV^H)_{ii} P_{max}/N = P_{max}/N$, 即表示等效功率 P_{max}/N 经由在装置 100 的一对应功率放大器的每一天线所发射, 而且总发射功率与 P_{max} 相等。

[0039] 状况 2 : $N > M$:

[0040] 在这个状况中, $H^H H$ 不是满秩(full-rank)。使 V_1, \dots, V_L 表示具有非零特征值的 $H^H H$ 的 L 个特征向量。让 $V = [v_1 \dots v_L]$ 且使 $D = \sqrt{(d \cdot P_{max}/N) \cdot I}$, 其中每一模式下的功率都是相等的, 而且对于 $p=1$ 到 L , $d_p=d$ 。在天线路径 i 上的功率由公式 $(d \cdot P_{max}/N) \cdot (VV^H)_{ii}$ 给定。因此, 从 i 个天线路径的每一个所发射的功率可能会不同。所述的发射装置(具有 N 个天线)将代表所要发射的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]^T$ 乘上发射矩阵 A (即计算 As), 其中所述的发射矩阵 A 以 D 设定成与 $\sqrt{(d \cdot P_{max}/N) \cdot I}$ 来计算, 而其中所述的功率在每一个模式下都是相同的, 且 $d_p=d$, 其中 $p=1$ 到 L 。

[0041] 方法 1: 设定 $d=1/z$, 其中 $Z = \max_i \{(VV^H)_{ii}\}$ 。然后来自任何天线路径的最大功率都为 P_{max}/N 。来自所有天线路径的总功率可以证明至少为 P_{max}/M 而且不会大于 P_{max} 。

[0042] 方法 2: 设定 $d=1$ 。在这个情况中, 所述的由 N 个天线所发射的总功率为 P_{max}/M 而由天线 i ($i=1$ 到 N) 所发射的功率则为 $P_{max}/N \cdot (VV^H)_{ii}$ 。

[0043] 假设在链路的两端的装置上的功率放大器具有相同的峰值输出功率, 则对于状况 1 与状况 2 / 方法 2 来说, 从 N 个天线装置发射的总功率将会与从 M 个天线装置所发射的总功率相等。因此, 在两个装置间的链路在这些情况中是对称的。状况 2 / 方法 1 仅仅稍微复杂一点(因为它需要一标准化的步骤), 但相较于方法 2 具有更大的发射功率。

[0044] 前面所述的方法对于每一个对称系统(在两端的链路上具有相同的天线数)能够执行在 1dB 内的香农极限(Shannon limit), 但有助于在无线电收发信机中更小且更有效率的功率放大器的使用, 因此, 相较于注水解法, 可以实现无线电路径间的较低的片上干扰(由功率放大器所引起)。

[0045] 对于每一个发射天线来说, 所述的天线功率限制并不需要相同, 而且可以针对每个天线是特定的或不同的。此外, 即使针对每一个天线使用不同的天线功率限制, 每一特定天线功率限制可能会低于或等于 P_{max}/N 。

[0046] 所述的具有 M 个天线的装置 200 发射到装置 100 时将在 M 个天线上的每一个天线上受制于相同类型的功率限制。如上所述的情况应用于 M 相对于 N 的比较, 而适当的解决方案用于发射信号到装置 100。

[0047] 图 3 表示适用于装置 100 与 200 的一无线电通信装置的框图。所述的装置 100 包含一调制解调器 120、多个数字模拟转换器(DAC) 130、多个模拟数字转换器 140 (ADC)、连

接于天线 110 (1) 到 110 (N) 的一 MIMO 无线电收发信机 150, 以及一控制处理器 160。所述的调制解调器 120, 也被称为基带信号处理器, 且用以执行将被发射的信号(向量 s)的基带调制以及所接收的信号的基带解调制。借由这样的执行, 所述的调制解调器 120 将代表将被发射的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]^T$ 的向量 s 乘上发射矩阵 A。所述的 DAC 130 为复合 DAC, 用以将代表 As 的数字基带调制信号转换成所对应的模拟信号, 而所述的 DAC 130 连接到 MIMO 无线电收发信机 150 中的发射路径。所述的 ADC 140 将来自在所述的 MIMO 无线电收发信机 150 中的所对应的接收路径上所接收的模拟信号转换成数字信号以由所述的调制解调器 120 基带解调制。在基带解调制过程中, 所述的调制解调器 120 将会应用适当的接收权重到所接收的信号以恢复所述的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]^T$ 。所述的 MIMO 无线电收发信机 150 包含多个无线电收发信机, 每一个包含通过对应的开关 156 (i) 与对应的天线连接且相关联的一发射机 152 (i) 与一接收机 154 (i)。每一发射机包含一功率放大器(没有表示于图中)。所述的 MIMO 无线电收发信机 150 可以是一单一集成电路或两个或多个分离的集成电路。一单一的集成 MIMO 无线电收发信机的具体实施例已揭示于共同发表的美国专利申请号 10/065, 388 (2002 年 10 月 11 日提交), 该案同样列为本发明的参考资料。

[0048] 有很多方式可以用来执行所述的调制解调器 120。图 4 与图 5 分别表示用于一多载波(例如正交频分复用(OFDM)应用)的调制解调器 120 的发射机部分 120A 与接收机部分 120B 的框图。一般来说, 如上所述的类型的矩阵乘法是单独地执行于每一个 OFDM 次载波上以最佳化内部的频率选择性衰落信道(frequency-selective fading channels)的性能。请参照图 4 所示, 所述的调制解调器的发射机部分 120A 包含一扰频器模块 310、一卷积编码器模块 315、交织器模块 320、执行与发射矩阵 A(在 OFDM 次载波 k 的每一个处不同)(即 $A=A(k)$)的矩阵乘法的一空间多路复用器模块 325、一次载波调制器 330、一快速傅立叶逆转换(IFFT)模块 335 以及一低通滤波器模块 340。所述的低通滤波器模块 340 的输出连接到所述的 DAC 130(图 3)。一前导序列发生器(preamble generator)350 也被提供并连接到所述的 DAC 130。如同图 4 所示, 假设所述的调制解调器在 N 个天线的装置中, 存在模块 315、320 与 325 的 L 个示例用以执行在每一基带发射信号流上的处理以及模块 335、340 与 130 的 N 个示例用以处理与每一发射天线路径相关联的信号。

[0049] 如图 5 所示的接收机部分 120B 包含重新取样器模块 415, 低通滤波器模块 420、数值控制振荡器(NCO)模块 425、FFT 模块 430、均衡器模块 435, 在该均衡器中, 所述的接收权重应用到所接收的信号上、一解交织器模块 440 以及一卷积译码器模块 445。一前导序列处理与自动增益控制(AGC)模块 450 以及一信道估计器模块 455 也被提供用于信道估计的计算以及其它的功能。所述的前导序列与 AGC 模块 450 恢复一在所接收信号上的一前导序列, 而所述的信道估计器 445 产生关于所述的信道 H 的知识, 其中所述的知识提供到所述的均衡器 435 以计算并应用接收权重至由所述的 FFT 模块 430 输出的信号。假设所述的调制解调器在一 N 个天线的装置中, 存在模块 415、420、425 与 430 的 N 个示例用以执行在每一所接收信号流上的处理以及模块 435、440 与 445 的 L 个示例, 用以恢复所述的 L 个信号。

[0050] 从上面图 4 与图 5 的说明所建议的可知, 一旦通过每个天线在例如一分组序列中发射一已知的 OFDM 训练序列, 一第一装置就传递信道响应信息到一第二装置。对于一频域实现来说, 所述的第二装置执行给出这个信道信息的一空间频率分解(space frequency decomposition, SFD), 并且使用这个 SFD 数据来处理来自该装置的接收信号, 并且发射

信号回到其它装置。这在链路上假设了相互作用,而因此在每一装置上的 MIMO 相位校正必须要执行。关于 MIMO 相位校正的信息已经揭示于共同指定与申请的美国专利申请号 10/457,293(2003 年 6 月 9 日提交),该申请案已经列入本发明的参考资料中。有关以次载波指数为函数的星座顺序的信息以及特征信道也可以包含于前导序列中。每一个次载波具有针对每个特征信道的相关联的星座顺序。在发射机部分 120A 中,一多维向量网格编码器(VTE)可能用来映射来自扰频器的输入比特到 OFDM 星座符号上。多维的 VTE's 的实施例已公知于相关的先前技术中。取得信道状态信息的其它技术也已为本领域所熟知,而且也已详述如前。

[0051] 一调制解调器可以被构建成将前面所描述的功率限制原则应用到一时域系统实现,其中抽头延迟线滤波器会被使用。

[0052] 图 6 示出了相较于最佳化的注水解法这里所描述的天线功率限制是更高效的。

[0053] 综合以上所述,本发明提供一种用于在具有 N 个天线的第一装置与具有 M 个天线的第二装置间的 MIMO 无线电通信的系统与方法。在所述的第一装置中,代表所发射信号的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 的一向量 s 经过一发射矩阵 A 的处理而最佳化在第一装置与第二装置间受制于一功率限制的信道的容量,所述的功率限制为经由 N 个天线的每一天线所发射的功率小于一最大的功率。借由这样的方式,所述的发射矩阵 A 在 N 个天线中分配 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 以同步发射到所述的第二装置。同样地,所提供之无线电通信装置包含 N 个天线, N 个无线电发射机,每一个连接到一对对应的多个天线的其中之一,而且一基带信号处理器连接到所述的无线电发射机的 N 个天线,并以一发射矩阵 A 来处理代表所发射信号的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 的一向量 s,以最大化在所述的第一装置与第二装置间受制于一功率限制的信道的容量,所述的功率限制为经由 N 个天线的每一天线所发射的功率小于一最大的功率值。借由这样的方式,发射矩阵 A 通过 N 个天线分配所述的 L 个信号 $[s_1 \dots s_L]$ 以同步发射到所述的第二装置。所述的发射矩阵 A 被计算受制于与 N 个天线中的一个或多个天线不同或者是与 N 个天线中的每一个相同的功率限制。例如,在后面的情况中,所述的发射矩阵 A 可能会被计算受制于与 N 个天线的每一个的功率限制,该功率限制等于由所有的 N 个天线组合所发射的一总最大功率除以 N。

[0054] 前面所述的说明仅作为本发明的实施例。

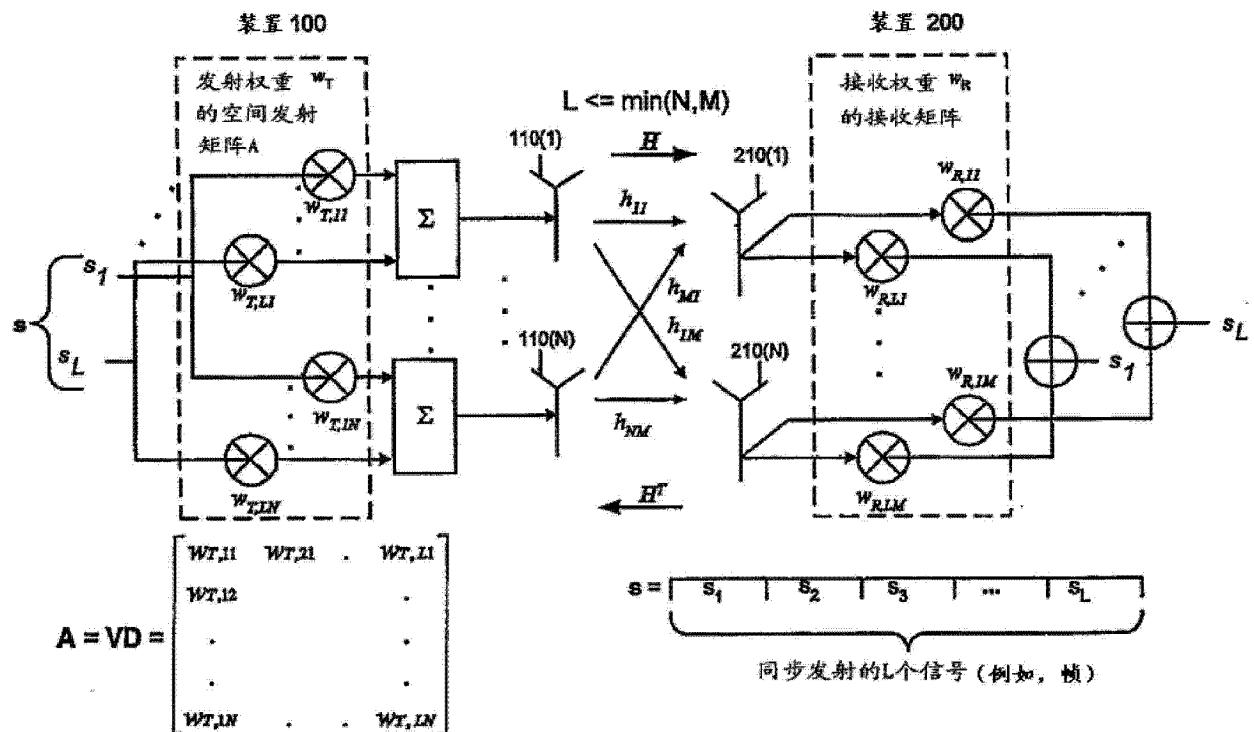


图 1

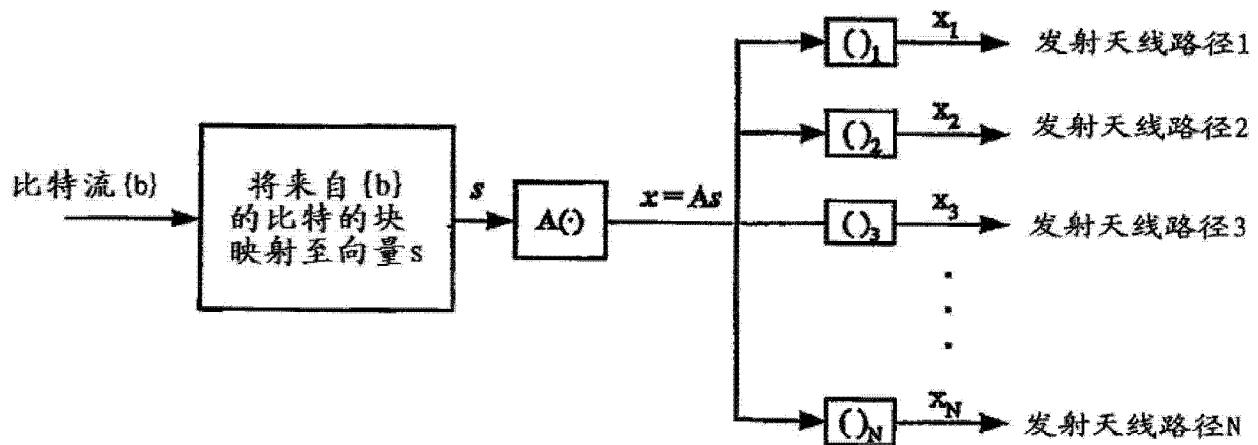


图 2

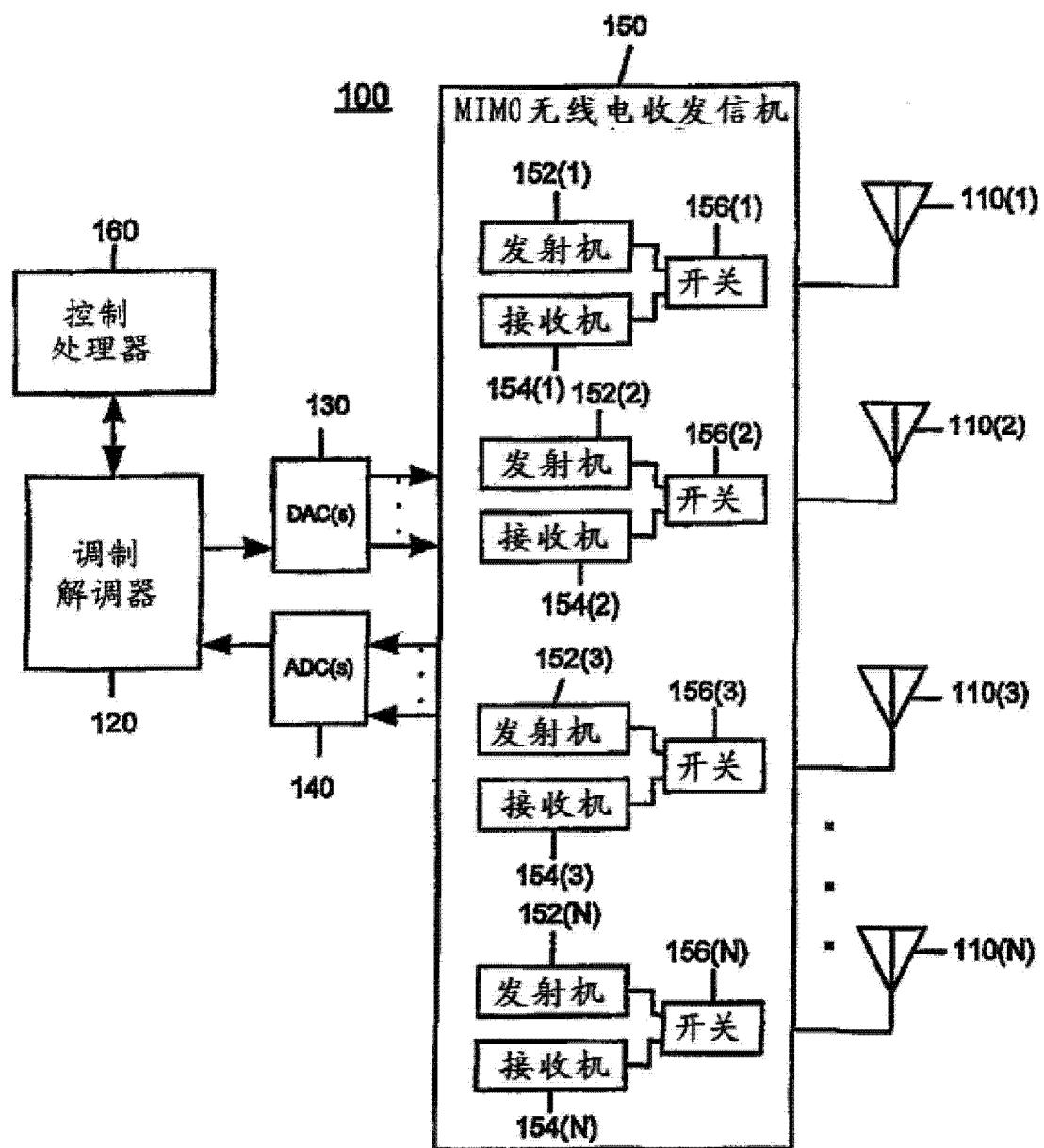


图 3

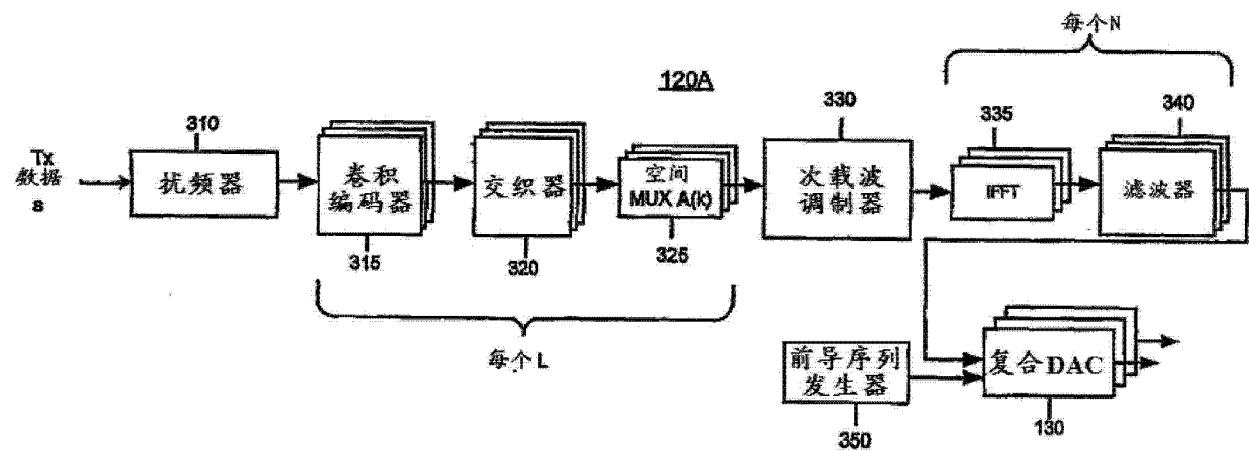
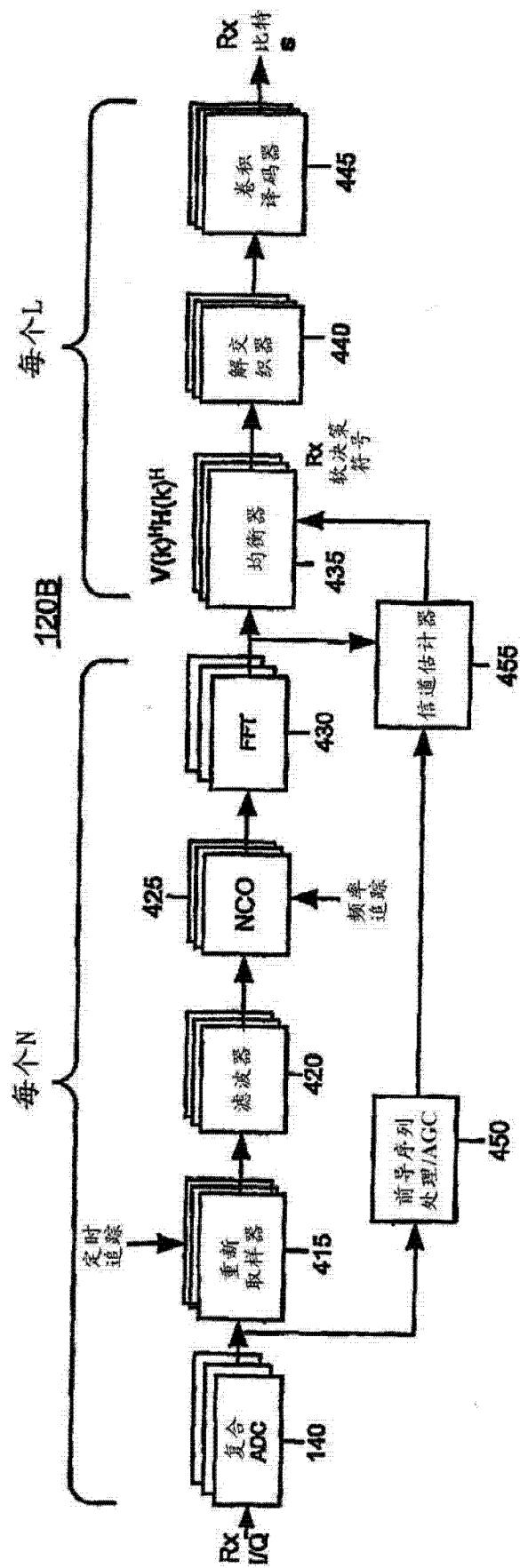


图 4



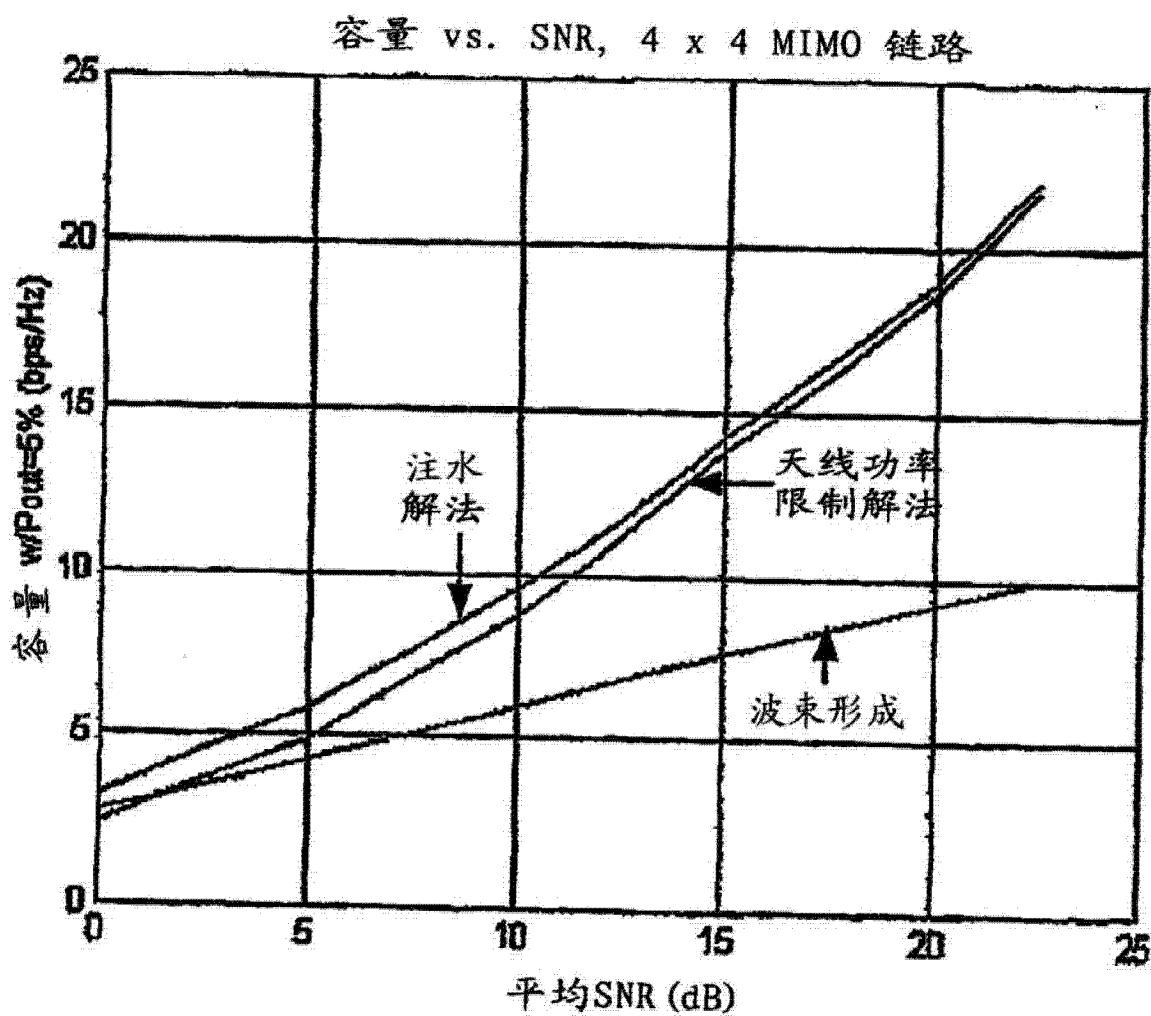


图 6