

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102223169 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 19

(21) 申请号 201110164809. 4

(22) 申请日 2006. 06. 01

(30) 优先权数据

60/686, 646 2005. 06. 01 US

60/691, 722 2005. 06. 16 US

(62) 分案原申请数据

200680019697. 0 2006. 06. 01

(71) 申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 H·萨姆帕斯 T·卡多斯

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 毛力

(51) Int. Cl.

H04B 7/06 (2006. 01)

H04L 1/00 (2006. 01)

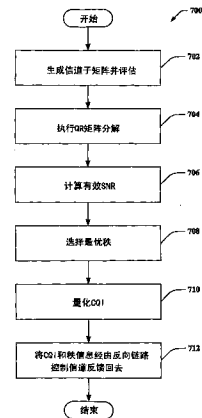
权利要求书 4 页 说明书 13 页 附图 12 页

(54) 发明名称

用于列表球解码及 ML MIMO 接收机的 CQI 和秩预测

(57) 摘要

描述了便于在多输入多输出 (MIMO) 无线通信环境中集成列表-球解码设计的系统和方法集。根据各个方面,可结合诸如最大生命 (ML) MMSE 接收机、具有列表-球解码器的非线性接收机等的非线性接收机来执行最优秩选择以及针对最优秩的 CQI 计算。最优秩选择可使用最大值选择协议、基于信道容量的协议、或便于进行秩选择的任何其他合适的协议来执行,而 CQI 信息可部分地基于关于选定的最优秩而确定的有效 SNR 来生成。



1. 一种在无线通信环境中在用户设备中的非线性接收机中选择秩的方法,其特征在于,所述方法包括:

在非线性接收机处接收传输信号;

为所述非线性接收机的多个可能秩中的每一个确定所述非线性接收机的容量指示;以及

选择多个秩中所期望的秩,所述所期望的秩的对应容量高于所述多个秩中每一个其他秩所对应的容量。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,确定容量指示包括使用有效信号噪声比。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,确定容量指示包括:将有效信号噪声比在一帧的多个音调和码元上求平均,以确定平均有效信号噪声比。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,进一步包括根据平均有效信号噪声比来计算信道质量指示。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,进一步包括对信道质量指示进行量化,并在反向链路上将量化的信道质量指示反馈回去。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,进一步包括生成信道子矩阵并评估信道子矩阵。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,评估信道子矩阵包括执行相应的 Q-R 矩阵分解。

8. 无线通信环境中的一种用户设备,其特征在于,所述用户设备包括:

非线性接收机,被配置为接收传输信号;

处理器,与接收机通信地耦合,并被配置为:

为所述非线性接收机的多个可能秩中的每一个确定所述非线性接收机的容量指示;以及

选择多个秩中所期望的秩,所述所期望的秩的对应容量高于所述多个秩中每一个其他秩所对应的容量。

9. 如权利要求 8 所述的设备,其特征在于,所述处理器被配置为使用有效信号噪声比来确定容量指示。

10. 如权利要求 9 所述的设备,其特征在于,确定容量指示包括:将有效信号噪声比在一帧的多个音调和码元上求平均,以确定平均有效信号噪声比。

11. 如权利要求 10 所述的设备,其特征在于,所述处理器进一步被配置为根据平均有效信号噪声比来计算信道质量指示。

12. 如权利要求 11 所述的设备,其特征在于,进一步包括与所述处理器通信地耦合的发射机,其中所述处理器进一步被配置为对信道质量指示进行量化,并在反向链路上经由所述发射机将量化的信道质量指示反馈回去。

13. 如权利要求 8 所述的设备,其特征在于,所述处理器进一步被配置为生成信道子矩阵并评估信道子矩阵。

14. 如权利要求 13 所述的设备,其特征在于,评估信道子矩阵包括执行相应的 Q-R 矩阵分解。

15. 无线通信环境中的一种用户设备,其特征在于,所述用户设备包括:

用于在非线性接收机处接收传输信号的装置；

用于为所述非线性接收机的多个可能秩中的每一个确定所述非线性接收机的容量指示的装置；以及

用于选择多个秩中所期望的秩的装置，所述所期望的秩的对应容量高于所述多个秩中每一个其他秩所对应的容量。

16. 如权利要求 15 所述的设备，其特征在于，用于确定容量指示的装置使用有效信号噪声比。

17. 如权利要求 16 所述的设备，其特征在于，确定容量指示包括：将有效信号噪声比在一帧的多个音调和码元上求平均，以确定平均有效信号噪声比。

18. 如权利要求 17 所述的设备，其特征在于，进一步包括用于根据平均有效信号噪声比来计算信道质量指示的装置。

19. 如权利要求 18 所述的设备，其特征在于，进一步包括用于对信道质量指示进行量化的装置以及用于在反向链路上将量化的信道质量指示反馈回去的装置。

20. 如权利要求 15 所述的设备，其特征在于，进一步包括用于生成信道子矩阵的装置以及用于评估信道子矩阵的装置。

21. 如权利要求 20 所述的设备，其特征在于，用于评估信道子矩阵的装置执行相应的 Q-R 矩阵分解。

22. 一种驻留在有形处理器可读介质上的计算机程序产品，包括处理器可读指令，所述处理器可读指令被配置为使处理器：

为非线性接收机的多个可能秩中的每一个确定所述非线性接收机的容量指示；以及

选择多个秩中所期望的秩，所述所期望的秩的对应容量高于所述多个秩中每一个其他秩所对应的容量。

23. 如权利要求 22 所述的计算机程序产品，其特征在于，被配置为使处理器确定容量指示的指令被配置为使处理器使用有效信号噪声比。

24. 如权利要求 23 所述的计算机程序产品，其特征在于，被配置为使处理器确定容量指示的指令被配置为使处理器将有效信号噪声比在一帧的多个音调和码元上求平均，以确定平均有效信号噪声比。

25. 如权利要求 24 所述的计算机程序产品，其特征在于，进一步包括被配置为使处理器为根据平均有效信号噪声比来计算信道质量指示的指令。

26. 如权利要求 25 所述的计算机程序产品，其特征在于，进一步包括被配置为使处理器对信道质量指示进行量化，并在反向链路上经由所述发射机将量化的信道质量指示反馈回去的指令。

27. 如权利要求 22 所述的计算机程序产品，其特征在于，进一步包括被配置为使处理器生成信道子矩阵并评估信道子矩阵的指令。

28. 如权利要求 27 所述的计算机程序产品，其特征在于，被配置为使处理器评估信道子矩阵的指令被配置为使处理器执行相应的 Q-R 矩阵分解。

29. 一种在非线性接收机中确定信道质量指示的方法，其特征在于，所述方法包括：

为不同的码率和不同的正交幅度调制方案计算假定非线性接收机的最大可能秩下的频谱效率；

选择所计算的频谱效率的所期望的频谱效率 ; 以及  
对于至少一个所期望的频谱效率, 根据有效信号噪声比来计算信道质量指示。

30. 如权利要求 29 所述的方法, 其特征在于, 进一步包括将每一个频谱效率在一帧的多个音调和码元上求平均。

31. 如权利要求 29 所述的方法, 其特征在于, 进一步包括对信道质量指示进行量化, 并在反向链路上将量化的信道质量指示反馈回去。

32. 无线通信环境中的一种用户设备, 其特征在于, 所述用户设备包括 :

非线性接收机, 被配置为接收传输信号 ;

处理器, 与接收机通信地耦合, 并被配置为 :

为不同的码率和不同的正交幅度调制方案计算假定非线性接收机的最大可能秩下的频谱效率 ;

选择所计算的频谱效率的所期望的频谱效率 ; 以及

对于至少一个所期望的频谱效率, 根据有效信号噪声比来计算信道质量指示。

33. 如权利要求 32 所述的设备, 其特征在于, 所述处理器进一步被配置为将每一个频谱效率在一帧的多个音调和码元上求平均。

34. 如权利要求 32 所述的设备, 其特征在于, 所述处理器进一步被配置为对信道质量指示进行量化, 并在反向链路上将量化的信道质量指示反馈回去。

35. 无线通信环境中的一种用户设备, 其特征在于, 所述用户设备包括 :

用于为不同的码率和不同的正交幅度调制方案计算假定非线性接收机的最大可能秩下的频谱效率的装置 ;

用于选择所计算的频谱效率的所期望的频谱效率的装置 ; 以及

用于对于至少一个所期望的频谱效率, 根据有效信号噪声比来计算信道质量指示的装置。

36. 如权利要求 35 所述的设备, 其特征在于, 进一步包括用于将每一个频谱效率在一帧的多个音调和码元上求平均的装置。

37. 如权利要求 35 所述的设备, 其特征在于, 进一步包括用于对信道质量指示进行量化的装置以及用于在反向链路上将量化的信道质量指示反馈回去的装置。

38. 一种驻留在有形处理器可读介质上的计算机程序产品, 包括处理器可读指令, 所述处理器可读指令被配置为使处理器 :

为不同的码率和不同的正交幅度调制方案计算假定非线性接收机的最大可能秩下的频谱效率 ;

选择所计算的频谱效率的所期望的频谱效率 ; 以及

对于至少一个所期望的频谱效率, 根据有效信号噪声比来计算信道质量指示。

39. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品, 其特征在于, 进一步被配置为使处理器将每一个频谱效率在一帧的多个音调和码元上求平均的指令。

40. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品, 其特征在于, 进一步包括被配置为使处理器对信道质量指示进行量化, 并在反向链路上将量化的信道质量指示反馈回去的指令。

41. 一种确定非线性接收机的秩的方法, 其特征在于, 所述方法包括 :

在最小均方误差非线性接收机处接收传输信号 ;

为所述非线性接收机的多个可能秩中的每一个确定连续干扰消去容量；以及选择多个秩中所期望的秩，所述所期望的秩的对应容量高于所述多个秩中每一个其他秩所对应的容量。

42. 如权利要求 41 所述的方法，其特征在于，进一步包括为所述多个秩的每一个生成信道子矩阵并评估信道子矩阵。

43. 无线通信环境中的一种用户设备，其特征在于，所述用户设备包括：  
非线性接收机，被配置为接收传输信号；  
处理器，与接收机通信地耦合，被配置为：  
为所述非线性接收机的多个可能秩中的每一个确定连续干扰消去容量；以及  
选择多个秩中所期望的秩，所述所期望的秩的对应容量高于所述多个秩中每一个其他秩所对应的容量。

44. 如权利要求 43 所述的设备，其特征在于，所述处理器进一步被配置为为所述多个秩的每一个生成信道子矩阵并评估信道子矩阵。

45. 无线通信环境中的一种用户设备，其特征在于，所述用户设备包括：  
用于在最小均方误差非线性接收机处接收传输信号的装置；  
用于为所述非线性接收机的多个可能秩中的每一个确定连续干扰消去容量的装置；以  
及

用于选择多个秩中所期望的秩的装置，所述所期望的秩的对应容量高于所述多个秩中每一个其他秩所对应的容量。

46. 如权利要求 45 所述的方法，其特征在于，进一步包括为所述多个秩的每一个生成信道子矩阵并评估信道子矩阵。

47. 一种驻留在有形处理器可读介质上的计算机程序产品，包括处理器可读指令，所述处理器可读指令被配置为使处理器：

为非线性接收机的多个可能秩中的每一个确定连续干扰消去容量；以及  
选择多个秩中所期望的秩，所述所期望的秩的对应容量高于所述多个秩中每一个其他秩所对应的容量。

48. 如权利要求 47 所述的计算机程序产品，其特征在于，进一步包括被配置为使处理器为所述多个秩的每一个生成信道子矩阵并评估信道子矩阵的指令。

## 用于列表球解码及 ML MIMO 接收机的 CQI 和秩预测

[0001] 本申请是 PCT 国际申请号为 PCT/US2006/021583、国际申请日为 2006 年 6 月 1 日、中国国家申请号为 200680019697.0、题为“用于列表球解码及 ML MIMO 接收机的 CQI 和秩预测”的申请的分案申请。

[0002] 35U. S. C. § 119 下的优先权要求

[0003] 本申请要求 2005 年 6 月 1 日提交的题为“CQI AND RANK PREDICTION IN LIST SPHERE DECODING (列表球解码中的 CQI 和秩预测)”的美国临时申请 S/N. 60/686, 646 以及 2005 年 6 月 16 日提交的题为“A METHOD OF LIST SPHERE DECODING FOR MIMO RECEIVERS (用于 MIMO 接收机的列表球解码方法)”的美国临时申请 S/N. 60/691, 722 的优先权, 这两个申请皆已被转让给本发明受让人, 并被明确援引包含于此。

[0004] 背景

[0005] I. 领域

[0006] 以下说明一般涉及无线通信, 尤其涉及在无线通信环境中采用的非线性接收机中执行秩计算。

[0007] II. 背景

[0008] 无线通信系统已成为全世界大多数人藉以通信的盛行手段。无线通信设备已变得更小且更强大以期满足消费者的需要以及增强便携性和便利性。诸如蜂窝电话等的移动设备中处理能力的增强导致对无线网络传输系统要求的增加。此类系统通常不像在其上进行通信的蜂窝设备那样易于被更新。随着移动设备能力的扩张, 要以便于充分利用新的和改进的无线设备能力的方式来维护较老的无线网络系统可能是困难的。

[0009] 尤其是, 基于频分的技术通常通过将频谱拆分成一致的带宽块来将其分成不同的信道, 例如, 为无线通信分配的频带可被拆分成 30 个信道, 其中每一个可承载语音会谈, 或者在数字业务的情况下可承载数字数据。每一信道在一个时刻可被指派给仅一个用户。一种已知的变形是有效地将系统总带宽分割成多个正交子带的正交频分技术。这些子带也被称作音调、载波、副载波、槽、和 / 或频率信道等。每一子带与可用数据调制的一个副载波相关联。在采用基于时分的技术的情况下, 频带被按时间拆分成顺序的时间片或时隙。信道的每一用户被以循环方式提供一时间片以发送和接收信息。例如, 在任何给定时刻  $t$ , 用户被提供很短一阵的对信道的接入。然后, 接入切换到另一用户, 该用户被提供很短的一阵时间以发送和接收信息。“轮流”的循环继续进行, 最终每一用户被提供了多个发送和接收阵发。

[0010] 基于码分的技术通常在一范围里的任何时间上可用的多个频率上传送数据。一般而言, 数据被数字化并扩展到可用带宽上, 其中多个用户可被重叠在信道上, 并且各个用户可被指派一唯一性的序列码。用户可在同一宽带频谱块中进行传送, 其中每一用户的信号用其各自唯一性的扩展码扩展到整个带宽上。此技术可提供共用, 其中一个或多个用户可并发地发送和接收。这样的共用可通过扩频数字调制来实现, 其中用户的比特流被编码并以伪随机方式跨一非常宽的信道扩展。接收机被设计成识别出相关联的唯一性序列码, 并逆转此随机化来以相干方式收集对应于一特定用户的比特。

[0011] 典型的无线网络（例如，采用频分、时分、及码分技术）包括提供覆盖区域的一个或多个基站、以及可在该覆盖区域内发送和接收数据的一个或多个移动（例如，无线）终端。典型的基站可同时发送对应于广播、多播、和 / 或单播服务的多个数据流，其中数据流是移动终端有兴趣独立接收的数据的流。在该基站的覆盖范围内的移动终端可能有兴趣接收由复合流承载的一个、一个以上、或所有数据流。类似地，移动终端可向基站或另一移动终端发送数据。基站与移动终端之间或是移动终端之间的这种通信可能会因为信道变动和 / 或干扰功率变动而劣化。

[0012] 常规的无线系统因计算复杂度、处理开销等而无法在非线性接收机中提供支持自适应通信技术。因此，本领域中存在对在此类无线网络系统中提高吞吐量的系统和 / 或方法集的需要。

[0013] 概要

[0014] 以下给出一个或多个实施例的简化概要以提供对此类实施例的基本理解。此概要不是所有构想到的实施例的详尽综览，并且既非在指出所有实施例的关键性或决定性要素，也非旨在界定任意或全部实施例的范围。其纯粹目的是以简化形式 提供一个或多个实施例的一些概念以为稍后给出的更具体的说明之序。

[0015] 根据一个或多个实施例及其相应的公开内容，结合在 MIMO 无线通信环境中为诸如 ML-MMSE 接收机等非线性接收机执行秩选择和 CQI 计算来描述各个方面。根据一个方面，一种在无线通信环境中在用户设备中的非线性接收机中计算秩的方法可包括：在非线性接收机处接收一传输信号，为该传输信号的一个或多个层确定秩，以及选择具有使信道效率最大化的秩的层来进行传输。该方法可进一步包括在非线性接收机中采用列表 - 球解码算法来将所接收到的信号传输解码。另外，可采用基于容量的秩选择协议来确定所接收的传输的秩，并且可为这一个或多个层中的每一个生成至少一个子矩阵。可评估这至少一个子矩阵中的每一个的传输容量，并可针对每一层求平均。该方法可再进一步包括为一层标识具有最高平均容量的秩，计算 CQI，并使用反向链路控制信道将该 CQI 和秩信息反馈回去。该非线性接收机可以是最大生命 (ML) 最小均方误差 (MMSE) 非线性接收机，并且该无线通信环境可以是多输入多输出 (MIMO) 单码字 (SCW) 无线通信环境。

[0016] 另一个方面涉及一种便于在无线通信环境中在用户设备中的非线性接收机中计算秩的无线通信装置，其可包括：非线性接收机，用于接收具有多个层的信号；存储器，用于存储与秩计算算法有关的信息；以及耦合到该存储器的处理器，用于采用秩计算算法来为接收的信号中的至少一个传输层确定最优秩。该非线性接收机可利用列表 - 球解码协议来将接收到的信号解码。该装置可进一步包括：容量映射组件，用于对至少一个接收到的层的至少一个子矩阵评估传输容量；以及秩评估组件，用于标识与具有最高平均传输容量的接收层相关联的最优秩。另外，该处理器可生成供在反向链路控制信道上传输的 CQI 报告，并可向其追加一 2 比特最优秩标识符。

[0017] 又一个方面涉及一种无线通信设备，包括：用于对在用户设备处接收到的多层信号执行非线性解码协议的装置；用于确定与所接收的信号的各层中的至少一层相关联的最优秩的装置；以及用于在反向链路控制信道上发送涉及最优秩的信息与 CQI 信息的装置。该设备可另外包括：用于执行列表 - 球解码协议以将接收到的信号解码的装置；用于为所接收的信号的每一层生成多个子矩阵并对这些子矩阵进行容量映射的装置；以及用于为每

一子矩阵确定有效信噪比 (SNR) 的装置。此外,该设备可包括:用于至少部分地基于具有最优秩的层的有效 SNR 来生成涉及接收的信号的 CQI 信息的装置。该用于发送的装置可在反向链路控制信道上大约每 5ms 一次地发送 CQI 和秩信息。

[0018] 又一个方面涉及其上存储有计算机可执行指令的计算机可读介质,这些计算机可执行指令用于在用户设备中采用非线性解码协议来将接收到的多层信号解码,标识与所接收的信号的各层中的至少一层相关联的最优秩,至少部分地基于所标识的秩来为所接收的信号生成 CQI 信息,以及在反向链路控制信道上发送 CQI 和秩信息。该计算机可读介质可另行包括用于执行列表-球解码协议以将接收到的信号解码的指令,用于为所接收的信号的每一层生成多个子矩阵并对这些子矩阵进行容量映射的指令,以及用于为每一子矩阵确定有效信噪比 (SNR) 的指令。此外,该计算机可读介质可包括用于至少部分地基于具有最优秩的层的有效 SNR 来生成该 CQI 信息的指令。

[0019] 又一个方面提供一种执行指令的处理器,这些指令用于在用户设备中采用非线性解码协议来将接收到的多层信号解码,标识与所接收的信号的各层中的至少一层相关联的最优秩,至少部分地基于所标识的秩为所接收的信号生成 CQI 信息,以及在反向链路控制信道上发送 CQI 和秩信息。这些指令可进一步包括执行列表-球解码协议来将接收到的信号解码,为所接收的信号的每一层生成多个子矩阵并对这些子矩阵进行容量映射,以及为每一子矩阵确定有效信噪比 (SNR)。该处理器可另行执行用于至少部分地基于具有最优秩的层的有效 SNR 来生成该 CQI 信息的指令,以及用于在反向链路控制信道上大约每 5ms 一次地发送 CQI 和秩信息的装置。

[0020] 为实现前述及相关目的,这一个或多个实施例包括了在以下充分描述并在权利要求书中特别指出的特征。以下说明和附图详细阐明了这一个或多个实施例的某些示例性方面。但是这些方面仅仅指示了可采用各个实施例的原理的各种方式中的某一些,并且所描述的实施例旨在涵盖所有这些方面及其等效方面。

[0021] 附图简要说明

[0022] 图 1 示出根据本文中给出的各个实施例的一种无线网络通信系统。

[0023] 图 2 是根据一个或多个实施例的一种多址无线通信系统的图解。

[0024] 图 3 是根据一个或多个方面的便于随无线设备中的 SWC 发射机执行秩预测的系统的图解。

[0025] 图 4-6 示出根据本文中所描述的一个或多个方面的列表-球解码协议及其优化的栅格表示。

[0026] 图 7 示出根据一个或多个方面的用于在接入终端中的非线性接收机中执行基于容量的秩选择的方法集。

[0027] 图 8 是根据本文中所阐述的各个方面的用于在接入终端中的非线性接收机中结合单码字通信设计执行最大秩选择的方法集。

[0028] 图 9 是根据本文中所阐述的一个或多个方面的用于在接入终端的基于最小均方误差 (MMSE) 的非线性接收机中确定秩的方法集。

[0029] 图 10 是根据本文中所阐述的一个或多个方面的便于在无线通信环境中采用的非线性接收机中计算接收的传输层的秩的用户设备的图解。

[0030] 图 11 是根据各个方面的便于在无线通信环境中为采用非线性接收机的用户设备



更新秩的系统的图解。

[0031] 图 12 是可结合本文中描述的各个系统和方法采用的无线网络环境的图解。

[0032] 图 13 是根据一个或多个方面的一种便于在接入终端的非线性接收机中执行秩预测的装置的图解。

[0033] 具体说明

[0034] 现在参考附图对各个实施例进行说明,其中贯穿各附图始终使用相同的附图标记来标示相似的要素。在以下说明中,为便于解释,阐述了许多具体细节以期提供对一个或多个实施例的透彻理解。但是显然,不用这些具体细节也可实施此类实施例。在其他实例中,公知的结构和设备以框图形式示出以便于描述一个或多个实施例。

[0035] 如在本申请中使用的,术语“组件”、“系统”等意指计算机相关实体,无论是硬件、软件、执行中的软件、固件、中间件、微码、和 / 或其任意组合。例如,组件可以是但不限于,在处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行码、执行的线程、程序、和 / 或计算机。一个或多个组件可驻留在进程和 / 或执行的线程内,并且组件可以本地化在一台计算机上和 / 或分布在两台或多台计算机之间。这些组件也可从其上存储有各种数据结构的各种计算机可读介质执行。这些组件可借助于本地和 / 或远程过程,诸如根据具有一个或多个数据分组的信号来通信(例如,来自与本地系统中、分布式系统中的另一组件、和 / 或跨诸如因特网等的网络交互的一个组件的数据借助于该信号与其他系统通信)。另外,本文中所描述的系统的组件可被重排和 / 或由外加组件补充以便于实现关于其所描述各个方面、目的、优势等,并且如本领域技术人员将可认识到的不限于在给定图中阐明的精确形式。

[0036] 此外,在此是结合了订户站来描述各个实施例。订户站也可被称为系统、订户单元、移动站、移动机、远程站、接入点、远程终端、接入终端、用户终端、用户代理、用户设备、或用户设施。订户站可以是蜂窝电话、无绳电话、会话发起协议(SIP)电话、无线本地环路(WLL)站、个人数字助理(PDA)、具有无线连接能力的手持式设备、或连接到无线调制解调器的其他处理设备。

[0037] 此外,本文中所描述的各个方面或特征可使用标准编程和 / 或工程技术实现为方法、装置、或制品。如本文中所使用的术语“制品”旨在涵盖可从任何计算机可读设备、载体、或介质访问的计算机程序。例如,计算机可读介质可包括但不限于磁存储设备(例如,硬盘、软盘、磁带……)、光盘(例如,紧凑盘(CD)、数字多功能盘(DVD)……)、智能卡、以及闪存设备(例如,卡、棒、钥匙驱动器……)。另外,本文中所描述的各种存储介质可代表用于存储信息的一个或多个设备和 / 或其他机器可读介质。术语“机器可读介质”可包括但不限于无线信道和能够存储、包含、和 / 或承载指令和 / 或数据的各种其他介质。

[0038] 现在参见图 1,图中示出根据本文中所给出的各个实施例的无线网络通信系统 100。网络 100 可包括在一个或多个扇区中的一个或多个基站 102,它们向彼此和 / 或向一个或多个移动设备 104 进行无线通信信号的发送、中继等。如本领域技术人员将可认识到的,每一基站 102 可包括发射机链和接收机链,其各自进而包括与信号发送和接收相关联的多个组件(例如,处理器、调制器、多路复用器、解调器、多路分解器、天线等等)。移动设备 104 可以是例如蜂窝电话、智能电话、膝上型计算机、手持式通信设备、手持式计算设备、卫星无线电、全球定位系统、PDA、和 / 或用于在无线网络 100 上进行通信的任何其他合适的设备。

[0039] 根据本文中描述的各个方面,当采用 MIMO-MMSE 接收机(例如,在基站 102 和 / 或用户设备 104 中)时,可相对容易地执行秩预测和 CQI 计算。但是,当利用列表-球解码器技术时,秩预测和 CQI 计算可能会因为接收机的非线性性而更具挑战性。常规的系统和 / 或方法不能支持在 MIMO 系统中集成列表-球解码器设计,因此不能利用列表-球解码器设计的性能益处。本文中所给出的各个方面描述了可便于在 MIMO 系统中实现列表-球解码器以改善系统性能的系统 and / 或方法。例如,可如将在以下更加详细地描述的那样至少部分地基于球解码器有容量缺口这一假设来利用 MIMO 信道容量作为 CQI 和秩预测的度量。

[0040] 现在参见图 2,图中示出了根据一个或多个实施例的多址无线通信系统 200。系统 200 是为说明目的而给出,并可结合以下所阐述的各个方面来利用。3 扇区基站 202 包括多个天线群:一个包括天线 204 和 206,另一个包括天线 208 和 210,第三个包括天线 212 和 214。根据该图,每一天线群仅示出两个天线,但是每一天线群可使用更多或更少的天线。移动设备 216 与天线 212 和 214 通信,其中天线 212 和 214 在前向链路 220 上向移动设备 216 发送信息,并在反向链路 218 上从移动设备 216 接收信息。移动设备 222 与天线 204 和 206 通信,其中天线 204 和 206 在前向链路 226 上向移动设备 222 发送信息,并在反向链路 224 上从移动设备 222 接收信息。

[0041] 每一天线群和 / 或它们被指定在其中通信的区域常被称作基站 202 的扇区。在一个实施例中,天线群各自被设计成向在被基站 202 覆盖的区域的扇区中的移动设备通信。在前向链路 202 和 226 上进行的通信中,基站 202 的发射天线可利用波束成形技术来改善对应于不同移动设备 216 和 222 的前向链路的信噪比。另外,与基站通过单个天线向在其覆盖区域中的所有移动设备进行发射相比,基站利用波束成形来向随机分散在其覆盖区域中各处的移动站进行发射会给在邻近蜂窝小区 / 扇区中的移动设备造成较少的干扰。基站可以是用于与终端通信的固定站,并且也可被称为接入点、B 节点、或其他某个术语。移动设备也可被称为移动站、用户设施 (UE)、无线通信设备、终端、接入终端、用户设备、或其他某个术语。

[0042] 根据一个或多个方面,用户设备 216 和 222 以及基站 202 可结合 MIMO-MMSE 接收机使用具有秩预测的单码字 (SCW) 设计。使用具有 SCW 设计的此类接收机可便于缩短 SCW 设计与多码字 (MCS) 达到容量的设计之间的性能差距。例如,针对 SCW 设计的列表球解码器技术对于低于 15dB 的信噪比 (SNR) 可实现最高达 1.5dB 的增益,而对于大于 20dB 的 SNR 可提供最高达 3.5dB 的增益。

[0043] MIMO 接收机设计可具有两种工作模式:单码字 (SCW) 和多码字 (MCS)。MCW 模式可以是达到容量的,因为发射机可独立地并可能以不同速率来编码在每一空间层上发送的数据。接收机采用如下工作的连续干扰消去 (SIC) 算法:解码第 1 层;在重新编码之后将其贡献从接收的信号中减去;将已编码的第 1 层与“估计的信道”相乘;解码第 2 层,依此类推。这种“剥洋葱式”的方法意味着每一接连解码的层会经历增长的 SNR,因此能支持较高的传输速率。在没有错误传播的情况下,具有 SIC 特征的 MCW 设计可达到容量。但是,这样一种设计要求每一空间层的速率的小心管理,因为 CQI 反馈增加了(每一层一个 CQI),ACK/NACK 消息接发增加了(每一层一个),混合自动请求 (HARQ) 协议因每一层可在不同传输上终止而变得错综复杂,SIC 对多普勒效应和 CQI 擦除具有性能敏感度、因每一连续层在先前各层被解码之前不能被解码而导致解码等待时间要求提高、由于要 为多个传输等存储所有信

道和接收的信号以便于执行干扰消除等而导致具有 HARQ 的 AT 处的存储器要求提高。

[0044] 相应地,其中发射机以基本相似的和 / 或相等的数据率编码在每一空间层上发送的数据的 SCW 模式设计会是 MCW 设计的理想替换方案。根据信道情景和 SNR 在逐分组的基础上调适多个空间层 (例如,秩) 以执行秩预测。接收机可对多个接收的音调中的每一个采用低复杂度的线性接收机。SCW 设计由此可减轻 MCW 设计的上述实现复杂性。例如,由于 WAN 环境中 90% 的用户通常具有 < 15dB 的 SNR, 因此 SCW 设计会是 MCW 设计的理想替换方案。

[0045] 图 3 是根据一个或多个方面的便于对无线设备中的 SCW 发射机执行秩预测的系统 300 的图解。系统 300 包括 turbo 编码器 302、QAM 映射组件 304、以及速率预测组件 306, 它们操纵接收到的输入, 并将已编码的、经映射的信号提供给多路分解器 308。已编码的码元然后由多路分解器 308 多路分解以生成满足  $1 \leq M \leq \min(M_T, M_R)$  的 M 个流或层, 其中 M 是作为 5 比特 CQI 反馈信息补充的、大约每 5ms 由接收机 318 经由反馈在反向链路 CQI 控制信道中指定的 2 比特秩信息片段。M 个流然后由空间映射组件 310 映射到  $M_T$  个天线, 此后传输处理的其余部分与 SISO 设计相类似。多个相应的 OFDM 调制器 312、314 和 316 然后可调制这个  $M_T$  流以供  $M_T$  个天线发射。

[0046] 空间映射组件 310 (例如, 前置编码器) 可为每一 OFDM 音调 k 生成将 M 个码元映射到  $M_T$  个天线上的  $M_T \times M$  矩阵  $P(k)$ 。空间映射组件 310 在将码元映射到天线时可采用多个选项。根据一个示例, 可考虑  $M_R \times M_T$  MIMO 信道  $H(k)$ 。前置编码器矩阵可被选择成使等效信道矩阵  $H(k)P(k)$  与  $H(k)$  相比具有改善的频率选择性。解码器可利用改善的频率选择性来获得频率分集增益。

[0047] 图 3 进一步示出多个接收天线 1 到  $M_R$ , 其中每一个被连接到各自的 OFDM 解调器 320、322 和 324, 它们进而被耦合到列表 - 球解码器 (LSD) 326。LSD 326 可在逐音调的基础上实现, 其中对于每一音调,  $M_R$  个接收到的信号被处理以为 M 个码元生成对数似然比 (LLR), 其中 M 即为秩。例如, LSD 326 可向 CQI 和秩计算组件 328 提供信息以便于大约每 5ms 生成一 5 比特 CQI 报告和一 2 比特秩指示符。LSD 326 可向多路复用器 330 另外提供 1 到 M 个数据流, 由多路复用器 330 多路复用这些数据流并向 LLR 组件 332 提供单个信号。LLR 组件 332 然后将具有 LLR 信息的信号提供给 turbo 解码器 334, 由 turbo 解码器 334 将数据信号解码。

[0048] SCW 设计通常使用的 MMSE 接收机是线性接收机, 它将 MIMO 信道解耦成多个 SISO 信道, 在此 SISO 信道的数目等于 MIMO 传输的秩。与之相比, LSD 326 可利用球解码技术, 它是对最大生命 (ML) MIMO 解码器 (非线性) 的低复杂度逼近, 因此与线性 MMSE 接收机相比可实现优越的性能。对于正交信道, MMSE 接收机和所描述的 LSD 326 的性能将彼此基本相似和 / 或相等。例如, 如果  $M_R$  是接收天线的数目而 M 是给定 MIMO 传输的秩, 则对应于给定音调的系统等式可被定义为:

$$[0049] \quad x = Hs + n$$

[0050] 其中 H 是每音调的 MIMO 信道 ( $M_R \times M$ ), x 是每音调的接收信号矢量 ( $M_R \times 1$ ), s 是每音调的发送码元矢量 ( $M \times 1 = [s_1 \ s_2 \ \dots \ s_M]$ ), 并且其中 n 是每音调的噪声矢量 ( $M_R \times 1$ )。

[0051] ML MIMO 解给定如下:

$$[0052] \quad \hat{s} = \arg \max_{s \in \Lambda} \|x - Hs\|^2$$

[0053] 如果直接实现,则复杂度与 MIMO 层的数目 (M) 以及码元星座的阶呈指数关系。

[0054] 但是, LSD 326 可逼近 ML 解的性能, 由此降低了计算复杂度。根据一个示例, QR 分解可被定义为  $H = QR$ , 其中 Q 是  $M_r \times M$  矩阵, 并且 R 是上三角  $M \times M$  矩阵。迫零解可被定义为:  $\hat{s} = (H^*H)^{-1} H^*x$

[0055] 由此:

$$[0056] \quad \hat{s}_{ML} = \arg \min_{s \in \Lambda} \|x - Hs\|^2$$

$$[0057] \quad = \arg \min_{s \in \Lambda} [(s - \hat{s})^* H^* H (s - \hat{s}) + x^* (I - H(H^*H)^{-1} H^*) x]$$

$$[0058] \quad \leq \arg \min_{s \in \Lambda} (s - \hat{s})^* H^* H (s - \hat{s}) = r^2 \quad (r = \text{球半径})$$

$$[0059] \quad = \arg \min_{s \in \Lambda} (s - \hat{s})^* R^* R (s - \hat{s})$$

$$[0060] \quad = \arg \min_{s \in \Lambda} \sum_{i=1}^M R_{ii}^2 \left[ s_i - \hat{s}_i + \sum_{j=i+1}^M \frac{R_{ij}}{R_{ii}} (s_j - \hat{s}_j) \right]^2 = r^2 \quad (1)$$

[0061] 由此, 根据式 (1), LSD 326 仅仅通过查看半径为“r”的球内的各点就能够避免穷举性的 ML 搜索。

[0062] LSD 组件 326 可执行如下算法。可将一值 i 设为使得  $i = M$ 。式 (1) 的左边变成  $R_{MM}^2 \|s_M - \hat{s}_M\|^2$ , 其中  $s_M \in \Lambda_M$ ,  $\Lambda_M$  是第 M 层使用的星座。可搜索各候选星座点, 并可选择使得  $R_{MM}^2 \|s_M - \hat{s}_M\|^2 \leq r^2$  的候选星座点  $\bar{s}_M$ 。值 i 随后可被重设以使  $i = M-1$ 。式 (1) 的左边现在变为

$$[0063] \quad R_{M-1, M-1}^2 \left[ s_{M-1} - \hat{s}_{M-1} + \frac{R_{M-1, M}}{R_{M-1, M-1}} (\bar{s}_M - \hat{s}_M) \right]^2 + R_{MM}^2 \|s_M - \hat{s}_M\|^2, \quad \text{其中 } \bar{s}_{M-1} \in \Lambda_{M-1},$$

$\Lambda_{M-1}$  是第 (M-1) 层使用的星座。对于 SCW 设计, 所有层使用的星座可以是相同的 (例如,  $\Lambda_m = \Lambda, \forall m = 1, 2, \dots, M$ )。对于给定点  $\bar{s}_M$ , 可选择满足下式的一个星座点  $\bar{s}_{M-1}$ :

$$[0064] \quad R_{M-1, M-1}^2 \left[ \bar{s}_{M-1} - \hat{s}_{M-1} + \frac{R_{M-1, M}}{R_{M-1, M-1}} (\bar{s}_M - \hat{s}_M) \right]^2 + R_{MM}^2 \|s_M - \hat{s}_M\|^2 \leq r^2。 \text{如果没有任}$$

何点  $\bar{s}_{M-1}$  可供  $\bar{s}_M$  选择, 则可将 i 重设为等于 M, 并且可选择另一  $\bar{s}_M$ 。对于给定的一对  $\bar{s}_{M-1}$ 、 $\bar{s}_M$ , i 可以被设为使得  $i = M-2$ , 并且可选择落在半径“r”内的点  $\bar{s}_{M-2}$ 。这些动作可被反复直至获得一个解矢量点  $[\bar{s}_M, \bar{s}_{M-1}, \bar{s}_{M-2}, \dots, \bar{s}_1]$ 。

[0065] 然后可在假定以上获得的矢量点的情况下重新计算式 (1) 的左边以获得新的半径  $r_{\text{update}}$ 。然后, r 可被重定义为  $r \leftarrow r_{\text{update}}$ , 并且可在该新的 r 内重复前述动作直至获得 ML 解。将可认识到, 每一次迭代球半径将收缩, 由此在获得 ML 解之前仅需评估候选点的一个子集, 由此提供了与使用常规技术所能获得的相比更快、更高效率的解。

[0066] LSD 326 可以是为 turbo 解码器生成软信息的 MIMO-MAP 解码器, 并且是基于球解码器的原理。如在以上所描述的球解码器技术中那样, 球半径“r”可被选择, 并且可执行相

似的动作来选择候选解矢量  $[\bar{s}_M, \bar{s}_{M-1}, \bar{s}_{M-2}, \dots, \bar{s}_1]$ , 并计算由  $\frac{1}{\sigma^2} \|x - Hs\|^2$  给出的相关联的成本。然后可将一函数 [ 候选, 成本 ] 添加到“候选列表”中。此过程可被反复直至在“候选列表”中获得了  $N_{\text{cand}}$  个候选解。通过替换掉候选列表中具有最高成本的那些候选解矢量, 就可将半径“r”内的其余候选解矢量添加到候选列表中。

[0067] 例如, 令  $M_c$  为调制阶, 并令  $M$  为 MIMO 传输的秩。由此在每一音调中可传送总共  $MM_c$  个比特。  $\forall k = 1, 2, \dots, MM_c$  的每一比特  $b_k$  的软外赋信息 (例如, LLR) 被近似为:

$$[0068] \quad L_E(b_k | x) \approx \max_{b_k=1}^* \left\{ -\frac{1}{\sigma^2} \|x - Hs_{\langle b_k=1 \rangle}\|^2 + b_{[k]}^T \cdot L_{A,[k]} \right\} -$$

$$[0069] \quad \max_{b_k=-1}^* \left\{ -\frac{1}{\sigma^2} \|x - Hs_{\langle b_k=-1 \rangle}\|^2 + b_{[k]}^T \cdot L_{A,[k]} \right\} \quad (2)$$

[0070] 其中  $s_{\langle b_k=1 \rangle} = [s_1 \quad s_2 \quad \dots \quad s_M]_{\langle b_k=1 \rangle}$  包括  $b_k = 1$  的所有候选解矢量;  $\sigma^2$  是噪声方差;  $b_{[k]} = [b_1 \quad \dots \quad b_{k-1} \quad b_{k+1} \quad \dots]$  是通过排除  $b_k$  而获得的比特的子矢量;  $L_{A,[k]} = [L_{A,[1]} \quad \dots \quad L_{A,[k-1]} \quad L_{A,[k+1]} \quad \dots]$  是关于在矢量  $b_{[k]}$  中相应存在的所有比特的先验 LLR 信息的矢量, 并且其中  $\max^*(a, b) = \ln(e^a + e^b)$ 。

[0071] 图 4-6 示出根据本文中描述的一个或多个方面的列表-球解码器及其优化的栅格表示。参考图 4, 示出了具有与 MIMO 传输的秩相对应的  $M$  级以及与星座点的数目相对应的  $M_c$  个状态的栅格表示 400。根据一个示例, 对于 16QAM 星座和秩 4 传输,  $M = 4$  并且  $M_c = 4$ 。描述复杂度和性能之间的关系的优化参数为  $N_{\text{cand}}$ 。在此示例中进一步地, 可定义  $N_{\text{cand}} = 2$ 。可针对所有星座点评估成本函数  $R_{MM}^2 \|s_M - \hat{s}_M\|^2$ , 并且可保留代表最小成本的  $N_{\text{cand}}$  个点。如果  $N_{\text{cand}} > 2^{M_c}$ , 则可保留  $2^{M_c}$  个点, 如由图 4 中的黑点所示。对于所选各点中的每一个, 对应于第  $(M-1)$  层的  $M_c$  个候选星座点的成本可被计算为:

$$[0072] \quad R_{M-1, M-1}^2 \left[ \bar{s}_{M-1} - \hat{s}_{M-1} + \frac{R_{M-1, M}}{R_{M-1, M-1}} (\bar{s}_M - \hat{s}_M) \right]^2 + R_{MM}^2 \|s_M - \hat{s}_M\|^2$$

。可生成数个候选对  $[s_M, s_{M-1}]$ , 如由栅格图 400 中的虚线所示。注意, 项  $R_{MM}^2 \|s_M - \hat{s}_M\|^2$  是已计算出的, 并且在此时可被重复利用。此外,  $\frac{R_{M-1, M}}{R_{M-1, M-1}} (\bar{s}_M - \hat{s}_M)$  仅被计算  $N_{\text{cand}}$  次, 并且可被其余计算重复利用。

这些观察结果降低了列表球-解码算法的总体复杂度。

[0073] 现在转到图 5, 图中示出了栅格图 500, 它描绘了根据各个方面并结合图 4 的进一步的路径选择。在图 4 中的数个虚线路径当中, 仅给出最小成本的  $N_{\text{cand}}$  条路径以及来自层  $M$  和  $M-1$  的相关联的星座点被保留, 如由栅格图 500 中的实线所示。可对所有后续层重复这些动作, 直至到达该栅格的最终一级 (对应于层 1), 每次仅保留来自所有先前层的  $N_{\text{cand}}$  条路径和相关联的星座点。  $N_{\text{cand}}$  条路径和候选解矢量可以此方式来选择, 如在图 6 的最终栅格图 600 中所示。一旦获得了候选解和相应的成本, 就可利用式 (2) 来获得每一比特的 LLR。优化参数  $N_{\text{cand}}$  可能根据星座大小而有所不同。此外,  $N_{\text{cand}}$  可跨各级而有所不同。

[0074] 参考图 7-9, 图中示出了涉及使用接入终端中的非线性接收机来计算传输秩的方法。例如, 方法可涉及在 FDMA 环境、OFDMA 环境、CDMA 环境、WCDMA 环境、TDMA 环境、SDMA 环

境、或任何其他合适的无线环境中使用具有 SCW 协议的非线性接收机来计算传输秩。尽管为便于解释,这些方法被图示并描述为一系列动作,但是应当理解并认识到,这些方法不受动作的次序所限,因为根据一个或多个实施例,一些动作可按不同次序发生和 / 或可与来自本文中所图示和描述的其他动作并发地发生。例如,本领域技术人员将可理解并认识到,方法可被替换表示为一系列相互关联的状态或事件,诸如像在状态图中那样。此外,不是所有例示的动作都是实现根据一个或多个实施例的方法所必要的。

[0075] 图 7 示出根据一个或多个方面的用于在用户设备中的非线性接收机中执行基于 Q-R 分解的秩选择的方法 700。方法 700 是使用 4 层传输来描述的,但是如本领域技术人员将可认识到的,可结合本文中所描述的系统和方法使用更多或更少的层。在 702,从估计的  $4 \times 4$  MIMO 信道中,可推导出  $4 \times 1$ 、 $4 \times 2$ 、 $4 \times 3$  和  $4 \times 4$  信道子矩阵,记为  $\hat{H}(1) = H_{4 \times 1}$ 、 $\hat{H}(2) = H_{4 \times 2}$ 、 $\hat{H}(3) = H_{4 \times 3}$ 、 $\hat{H}(4) = H_{4 \times 4}$ ,并可对其进行评估。矩阵评估可包括在 704 执行相应的 Q-R 矩阵分解以推导出上三角矩阵 R(1)、R(2)、……R(4) 如下:

$$[0076] \quad R(1) = QR[H_{4 \times 1}], R(2) = QR[H_{4 \times 2}], R(3) = QR[H_{4 \times 3}], R(4) = QR[H_{4 \times 4}]$$

[0077] 方法 700 可由诸如 MAP/ML 解码器等的所有层执行联合处理并从所有层估计码元的 QRM/列表-球解码器执行。假定来自所有层的码元估计都被准确估计,则在 706 可执行有效 SNR 计算,并被表达为:

$$[0078] \quad \text{effSNR}[M_{\text{poss}}, \sigma^2, k] = \frac{R_{kk}(M_{\text{poss}})}{M_{\text{poss}} \sigma^2} \quad k = 1, 2, \dots, M_{\text{poss}}$$

[0079] 其中  $M_{\text{poss}} = 1, 2, \dots, 4$  并指示可能的传输秩,其中  $\sigma^2$  是噪声方差,并且其中  $R_{kk}(M_{\text{poss}})$  是矩阵 R( $M_{\text{poss}}$ ) 的第 (k, k) 个元素。从上式计算出的有效 SNR 可在当前帧中的数个音调和码元上使用例如 64-QAM 约束的容量映射来求平均以给出平均的有效 SNR 数字,记为  $\overline{\text{effSNR}}[M_{\text{poss}}]$ 。在 708,使容量最大化的秩可被选为最优秩,例如,

$$[0080] \quad M_{\text{opt}} = \underset{j=1, 2, \dots, \min(\text{MR}, \text{MT})}{\text{arg max}} \quad j \times \text{cap}_{64}[\overline{\text{effSNR}}[j]]。$$

[0081] MIMO-SCW 涉及的频谱效率 / 层可被给为:

$$[0082] \quad \bar{C} = \text{cap}_{64}[\overline{\text{effSNR}}[M_{\text{opt}}]]$$

[0083] 在 710, MIMO-SCW 传输的 CQI (假定以上的秩) 可被量化为所需的位数:  $CQI = Q[\overline{\text{effSNR}}[M_{\text{opt}}]]$ 。然后,在 712 可使用反向链路控制信道将此 CQI 和秩反馈回去。

[0084] 图 8 是根据本文中阐述的各个方面的用于在无线终端的非线性接收机中结合单码字通信设计来执行最大秩选择的方法 800 的图解。根据方法 800,为 MIMO 传输选择最大秩,并且可改变码率和 QAM 以实现合需的频谱效率。在 802, SCW 设计的频谱效率从 MIMO 信道计算如下:

$$[0085] \quad C = \frac{1}{M} \log \det \left[ I + \frac{E_s}{M\Gamma\sigma^2} HH^* \right] \text{ bps/Hz}$$

[0086] 其中 M 是 MIMO-SCW 传输秩,  $E_s$  是跨所有天线的总发射功率。  $\Gamma$  表示容量缺口 (例如, turbo 解码器缺口、球解码器缺口、信道估计损耗、……), 并且  $\sigma^2$  是每接收天线的噪声方差。在 804, 可在一帧中跨全部音调和多个 OFDM 码元对频谱效率求平均以生成平均频谱

效率  $\bar{C}$  在 806, 可通过计算加性高斯白噪声有效 SNR 以使  $\bar{C} = \log \left[ 1 + \frac{\text{effSNR}}{\Gamma} \right]$  并将其量化到所需比特得到  $\text{CQI} = \text{Q}[\text{effSNR}]$  来算出 MIMO-SCW 传输的 CQI (例如, 假定在 4 层情景中秩为 4, 如参考图 7 所描述)。将可认识到, 与例如 64-QAM 系统相反, 对于 4-QAM 和 16-QAM 系统可以启用更高的码率。

[0087] 图 9 是根据本文中阐述的一个或多个方面的用于在具有基于最小均方误差 (MMSE) 的非线性接收机的接入终端中确定秩的方法 900 的图解。在 902, 可如上所述地为多个传输层中的每一个生成子矩阵。在 904, 可确定每一矩阵的连续干扰消去 (SIC) 容量。在 906, 可对每一层进行容量映射, 并可确定其有效 SNR。根据一个示例, 可确定秩 2 在特定情景中是最优的。在这一情形中, 对应于秩 2 的层的矩阵中的对角元素可被评估并求平均。另外, 可对与秩 1 的层相对应的矩阵的元素进行评估, 并且可将其容量与秩 2 层的元素的容量的均值相加 (例如, 因为这些层是连续的)。由此, 在 908 可将这些容量相加, 从而使得秩 2 的总容量等于秩 2 的所有层的平均容量加上秩 1 层的容量。在 910, 可对所有秩重复此方法。在 912, 可选择显示最高总容量的秩。然后可如上所述地大约每 5ms 一次将选定的秩随 CQI 报告一起返回。

[0088] 将可认识到, 根据本文中所描述的一个或多个方面, 可作出关于非线性接收机中的秩评估的推断, 何时采用与其相关联的算法, 是否采用非线性接收机协议, 等等。如本文中所使用的, 术语“推断 (动词)”或“推断 (名词)”一般是指从经由事件和 / 或数据捕捉到的一组观察量来推理或推论系统、环境、和 / 或用户的状态的过程。例如, 可采用推断来标识出特定的上下文或动作, 或可生成状态上的概率分布。推断可以是盖然性的——即基于数据和事件的考虑来计算感兴趣的状态上的概率分布。推断还可以指用于从一组事件和 / 或数据组合出较高层次的事件的技术。此类推断导致从一组观察到的事件和 / 或存储的事件数据构建出新的事件, 无论这些事件是否在时间上密切相关, 也无论这些事件和数据是来自于一个还是数个事件和数据源。

[0089] 根据一个示例, 以上给出的一个或多个方法可包括作出关于是否在包括双重解码能力等的系统中采用如上所述的非线性解码器的推断。例如, 在既具有线性解码器又具有非线性解码器的用户设备中, 可作出关于资源可用性、与采用任一解码器相关联的计算开销、接收的传输的信号强度、和 / 或与作出线性解码器协议是否足以实现合需的输出或者是否优选非线性解码方案的确定有关的任何其它合适的信息的推断。在此类情形中, 可作出推断以便于保留系统资源, 改善用户的通信体验等。例如, 如果电池寿命是问题所在, 则放弃与非线性接收机结合的秩相关协议以减少计算开销并尽可能保持电池寿命可能是合乎需要的。反之, 在电池寿命不是问题所在的情形中, 可以推断要增强通信体验, 使用非线性接收机是合乎需要的, 即便在可能需要更多处理功率的情况下也是如此。将可认识到, 以上的示例本质上是说明性的, 并且并非旨在限定结合本文中描述的各个实施例和 / 或方法可作出的推断的数目或是可作出此类推断的方式。

[0090] 图 10 是根据本文中所阐述的一个或多个方面的便于在无线通信环境中采用的非线性接收机中计算接收的传输层的秩的用户设备 1000 的图解。用户设备 1000 包括接收机 1002, 用于从例如接收天线 (未示出) 接收信号并对所接收的信号执行典型动作 (例如, 滤波、放大、下变频等), 并将经调整的信号数字化以获得样本。接收机 1002 可以是非线性接

收机,诸如最大生命 (ML)-MMSE 接收机等。解调器 1004 可解调接收到的导频码元并将其提供给处理器 1006 进行信道估计。处理器 1006 可以是专用于分析接收机 1002 所接收到的信息和 / 或生成供发射机 1016 发射的信息的处理器、控制用户设备 1000 的一个或多个组件的控制器、和 / 或既分析接收机 1002 接收到的信息,生成供发射机 1016 发射的信息,又控制用户设备 1000 的一个或多个组件的处理器。

[0091] 用户设备 1000 可另外包括存储器 1008,它操作上耦合于处理器 1006,并且用于为用户设备 1000 存储与计算出的秩有关的信息、秩计算协议、包括与之有关的信息的查找表、以及用于如本文中所描述地在无线通信系统中的非线性接收机中支持列表-球解码以计算秩的任何其它合适的信息。存储器 1008 可另行存储与秩计算、矩阵生成等相关联的协议,从而使用户设备 1000 可如本文中所描述地在非线性接收机中利用存储的协议和 / 或算法来实现秩确定。

[0092] 将可认识到,本文中所描述的数据存储(例如,存储器)组件或可是易失性存储器或可是非易失性存储器,或可包括易失性和非易失性存储器两者。作为示例而非限定,非易失性存储器可包括只读存储器 (ROM)、可编程 ROM (PROM)、电可编程 ROM (EPROM)、电可擦除 ROM (EEPROM)、或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器,它可起到外部高速缓冲存储器的作用。作为示例而非限定, RAM 有许多形式可用,诸如同步 RAM (SRAM)、动态 RAM (DRAM)、同步 DRAM (SDRAM)、双倍数据率 SDRAM (DDR SDRAM)、增强型 SDRAM (ESDRAM)、同步链路 DRAM (SLDRAM)、以及直接存储器总线 RAM (DDRAM)。本发明系统和方法的存储器 1008 旨在包括但不限于这些以及任何其它合适类型的存储器。

[0093] 处理器 1006 被进一步耦合到容量映射组件 1010,它可便于映射一个或多个接收层的容量以便于对其进行秩确定。用户设备可进一步包括秩评估器 1012,它用于如本文中结合前述系统和方法所描述地评价每一接收层的秩。例如,在非线性接收机中,秩评估器 1012 可利用基于容量的秩选择算法、最大秩选择算法、或任何其它合适的秩选择协议来评估接收层的秩。用户设备 1000 还进一步包括码元调制器 1014 和用于发射已调制信号的发射机 1016。

[0094] 图 11 是根据各个方面的在无线通信环境中便于为采用非线性接收机的用户设备更新秩的系统 1100 的图解。系统 1100 包括基站 1102,它具有用于通过多个接收天线 1106 接收来自一个或多个用户设备 1104 的信号的接收机 1110、以及用于通过发射天线 1108 向这一个或多个用户设备 1104 进行发射的发射机 1124。接收机 1110 可从接收天线 1106 接收信息,并且操作上与用于将接收的信息解调的解调器 1112 相关联。已解调码元由处理器 1114 分析,处理器 1114 与以上参考图 10 描述的处理器相似,并且被耦合到存储器 1116,存储器 1116 用于存储与用户秩有关的信息、与之相关联的查找表、和 / 或与执行本文中所阐述的各种动作和功能有关的任何其它合适的信息。处理器 1114 被进一步耦合到秩调节器 1118,秩调节器 1118 便于基于随 CQI 报告接收的信息来更新与一个或多个相应的用户设备 1104 相关联的秩信息。此类信息可大约每 5ms 从一个或多个用户设备 1104 接收,5ms 是 CQI 报告传输的标准间隔。

[0095] 调制器 1122 可多路复用信号以供发射机 1124 通过发射天线 1108 向用户设备 1104 发射。秩调节器 1118 可向信号追加与要向用户设备 1104 传达的给定传输流的更新后的最优秩有关的信息,该信息可被传送给用户设备 1104 以提供已标识出并确认了新的最



优信道的指示。以此方式,基站 1102 可与如以上参考前图描述的提供秩更新信息、并结合诸如 ML-MIMO 接收机等非线性接收机采用列表-球解码协议的用户设备 1104 交互。

[0096] 图 12 示出示例性无线通信系统 1200。为简明起见,无线通信系统 1200 描绘了一个基站和一个终端。但是,应当认识到,该系统可包括一个以上基站和/或一个以上终端,其中外加的基站和/或终端可与以下描述的示例性基站和终端基本相似或相异。另外,应当认识到,基站和/或终端可采用本文中所描述的系统(图 1-6 以及 10-11)和/或方法(图 7-9)以便于在其间进行无线通信。

[0097] 现在参考图 12,在下行链路上,在接入点 1205 处,发送(TX)数据处理器 1210 接收、格式化、编码、交织、并调制(或码元映射)话务数据,并提供调制码元(“数据码元”)。码元调制器 1215 接收并处理数据码元和导频码元并提供码元流。码元调制器 1220 多路复用数据和导频码元并将它们提供给发射机单元(TMTR) 1220。每一发送码元可以是数据码元、导频码元、或单一的零值。导频码元可在每一码元周期被连续发送。导频码元可被频分复用(FDM)、正交频分复用(OFDM)、时分复用(TDM)、频分复用(FDM)、或码分复用(CDM)。

[0098] TMTR 1220 接收各码元流并将它们转换成一个或多个模拟信号,并进一步调整(例如,放大、滤波、以及上变频)这些模拟信号以生成适合在无线信道上传输的下行链路信号。该下行链路信号然后通过天线 1225 向终端发送。在终端 1230 处,天线 1235 接收到下行链路信号,并将接收到的信号提供给接收机单元(RCVR) 1240。接收机单元 1240 调整(例如,滤波、放大、以及下变频)接收的信号,并将经调整的信号数字化以获得样本。码元解调器 1245 解调接收到的导频码元并将其提供给处理器 1250 以进行信道估计。码元解调器 1245 进一步从处理器 1250 接收针对下行链路的频率响应估计,对接收的数据码元执行数据解调以获得数据码元估计(它们是对发送的数据码元的估计),并将这些数据码元估计提供给 RX 数据处理器 1255,由其解调(即,码元解映射)、解交织、并解码数据码元估计以恢复出发送的话务数据。由码元解调器 1245 和 RX 数据处理器 1255 进行的处理分别与在接入点 1205 处由码元调制器 1215 和 TX 数据处理器 1210 进行的处理互补。

[0099] 在上行链路上, TX 数据处理器 1260 处理话务数据并提供数据码元。码元调制器 1265 接收数据码元并将其与导频码元多路复用,执行调制,并提供码元流。发射机单元 1270 随后接收并处理该码元流以生成上行链路信号,该上行链路信号由天线 1235 向接入点 1205 发送。

[0100] 在接入点 1205 处,来自终端 1230 的上行链路信号被天线 1225 接收到,并由接收机单元 1275 处理以获得样本。码元解调器 1280 随后处理这些样本并提供接收的导频码元和针对上行链路的数据码元估计。RX 数据处理器 1285 处理这些数据码元估计以恢复出终端 1230 所发送的话务数据。处理器 1290 为在上行链路上发送的每一活动终端执行信道估计。多个终端可在上行链路上在其各自被指派的导频子带集合上并发地发送导频,其中这些导频子带集合可被交织。

[0101] 处理器 1290 和 1250 分别指导(例如,控制、协调、管理等)接入点 1205 和终端 1230 处的操作。相应的处理器 1290 和 1250 可与用于存储程序代码和数据的存储器单元(未示出)相关联。处理器 1290 和 1250 还可执行计算来分别为上行链路和下行链路推导频率和冲激响应估计。

[0102] 对于多址系统(例如,FDMA、OFDMA、CDMA、TDMA 等),多个终端可在上行链路上并发

地进行发送。对于这样一个系统,可在不同终端间共用各导频子带。在用于每一终端的导频子带跨越整个工作频带(可能除频带边缘以外)的情形中可使用信道估计技术。这样的导频子带结构对于为每一终端获得频率分集将是合乎需要的。本文中所描述的技术可借助各种手段来实现。例如,这些技术可用硬件、软件、或其组合来实现。对于硬件实现,信道估计使用的处理单元可在一个或多个专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理器件(DSPD)、可编程逻辑器件(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA)、处理器、控制器、微控制器、微处理器、设计成执行本文中所描述的功能的其它电子单元、或其组合中实现。在采用软件的情况下,可通过执行本文中所描述的功能的模块(例如,过程、函数等等)来实现。软件模块可被存储在存储器单元中,并由处理器 1290 和 1250 执行。

[0103] 图 13 是根据一个或多个方面的便于在接入终端的非线性接收机中执行秩预测的装置 1300 的图解。装置 1300 被表示为一系列相互关联的功能块或“模块”,它们可表示由处理器、软件、或其组合(例如,固件)实现的功能。例如,装置 1300 可提供用于执行诸如以上参考前图描述的各种动作的模块。装置 1300 包括用于生成和评估信道子矩阵的逻辑模块 1302,它操作上耦合于用于执行 QR 矩阵分解的逻辑模块 1304。装置 1300 进一步包括用于计算有效 SNR 的逻辑模块 1306、以及用于选择最优秩的逻辑模块 1308。装置 1300 还进一步包括用于量化 CQI 信息(例如,量化对应于选定的最优秩的有效 SNR 以为其生成 CQI 信息)的模块 1310、以及用于在反向链路控制信道上将 CQI 和秩信息 1312 从接入终端反馈回接入点的逻辑模块。应当理解,装置 1300 以及其所包含的各个模块可实施以上描述的方法和/或可将任何需要的功能提供给本文中所描述的各个系统。

[0104] 对于软件实现,本文中所描述的技术可用执行本文中所描述的功能的模块(例如,过程、函数等)来实现。这些软件代码可被存储在存储器单元中,并由处理器执行。存储器单元可在处理器内实现或可外置于处理器,在后一种情形中它可经由本领域中已知的任何手段通信地耦合到处理器。

[0105] 以上所描述的包括一个或多个实施例的示例。当然,要为描述上述实施例的目的而描述组件或方法的每一种可构想的组合是不可能的,但是本领域普通技术人员将可认识到,各个实施例的许多进一步的组合和变换是可能的。相应地,所描述的实施例旨在涵盖落在所附权利要求书精神和范围内的所有这些替换、修改、和变型。此外,就术语“包括”在本具体说明或权利要求书中的使用而言,此类术语旨在以与术语“包含”在权利要求书中被用作过渡词时所解释的那样作可兼之解。

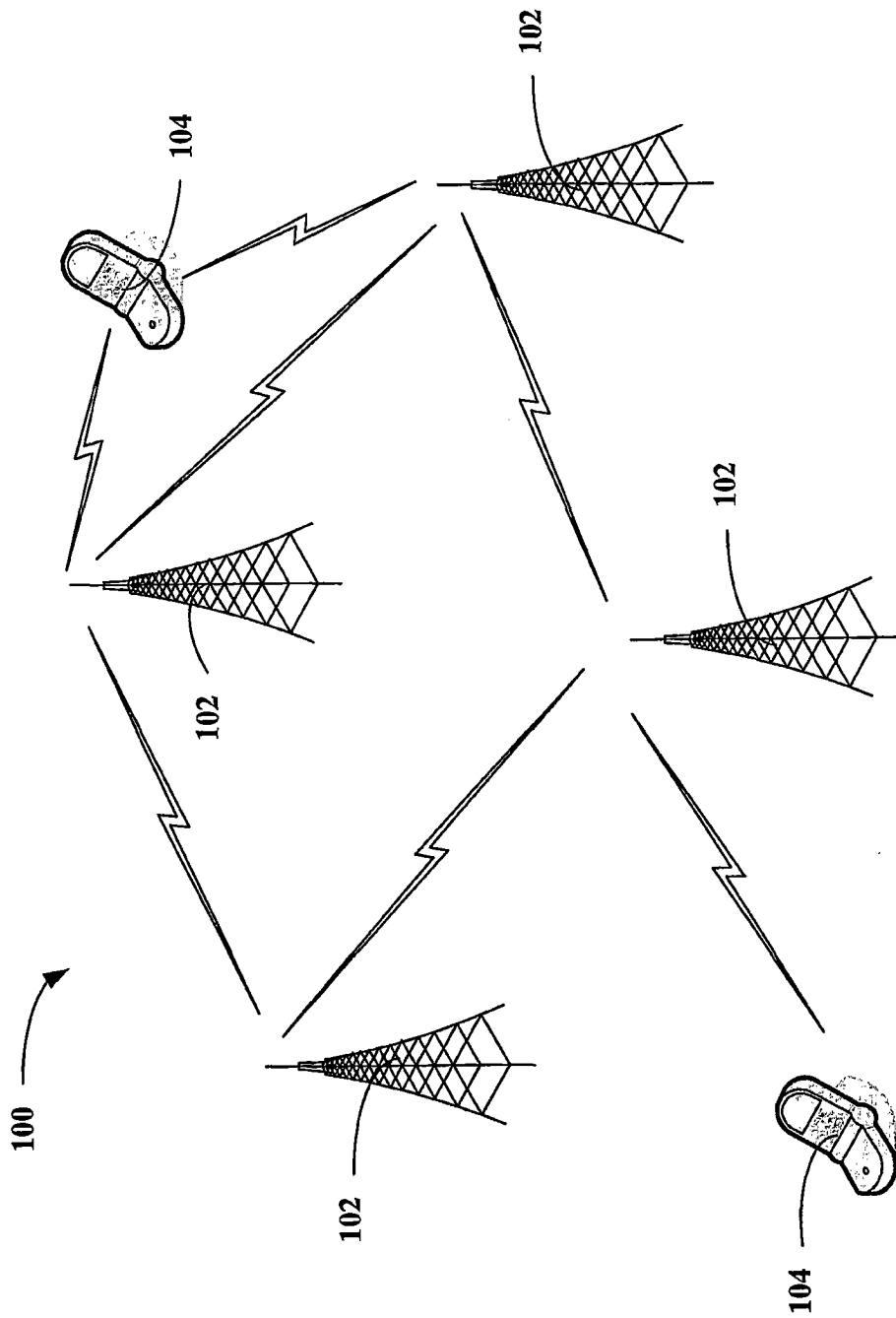


图 1

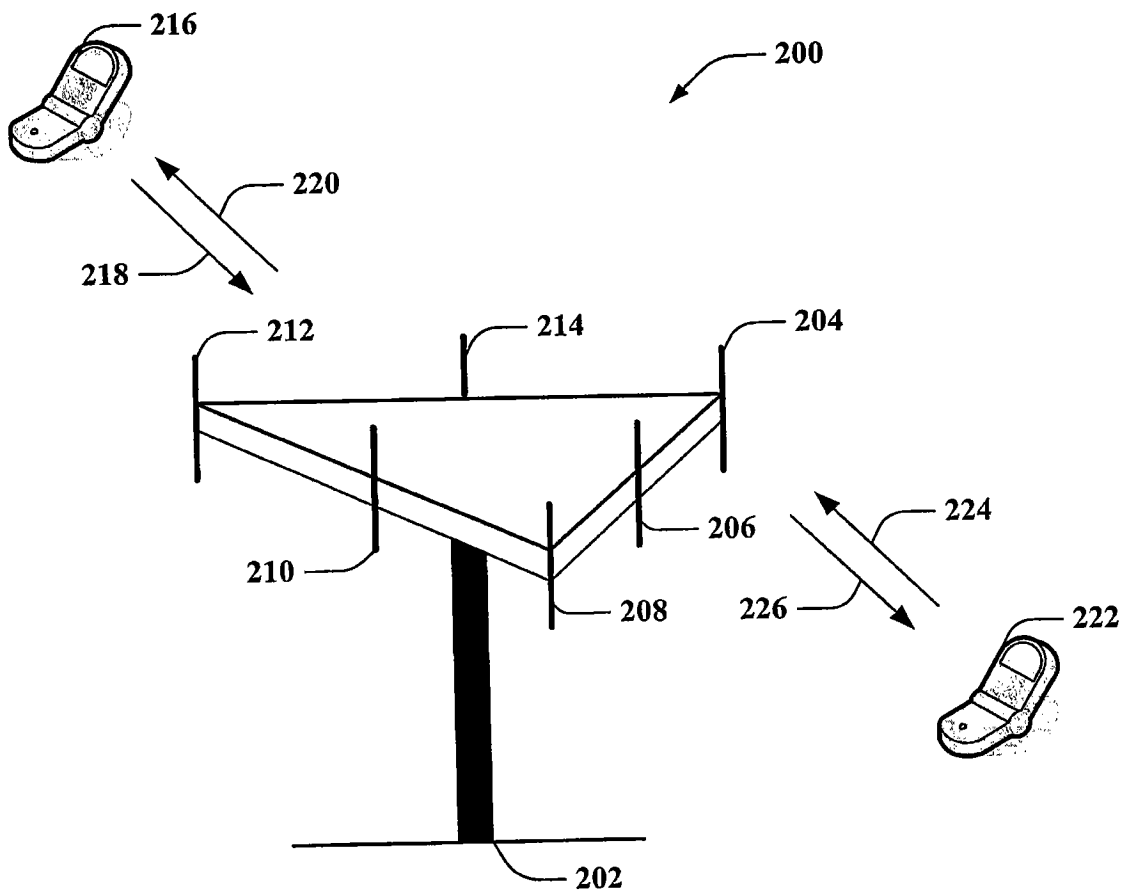


图 2

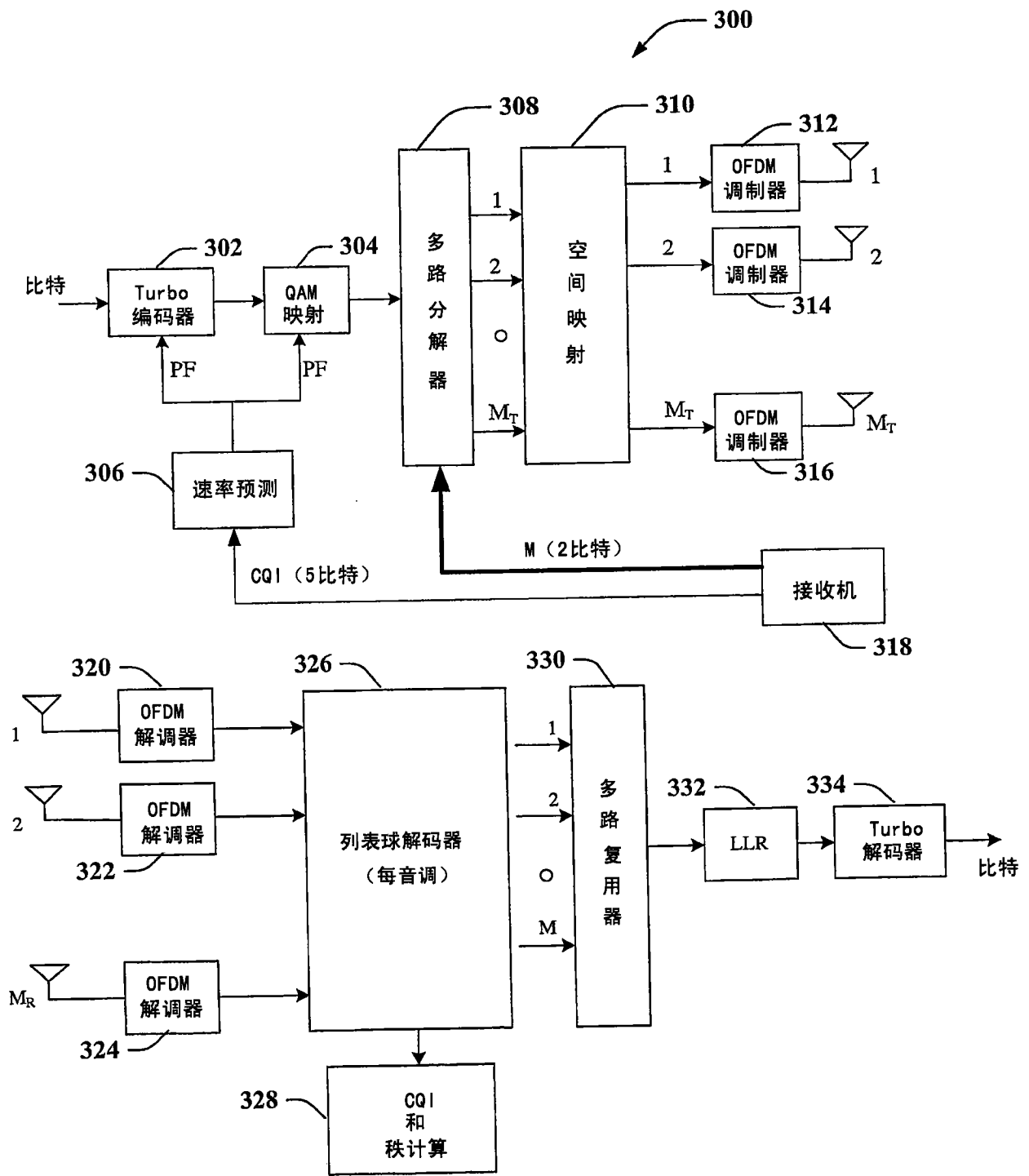


图 3

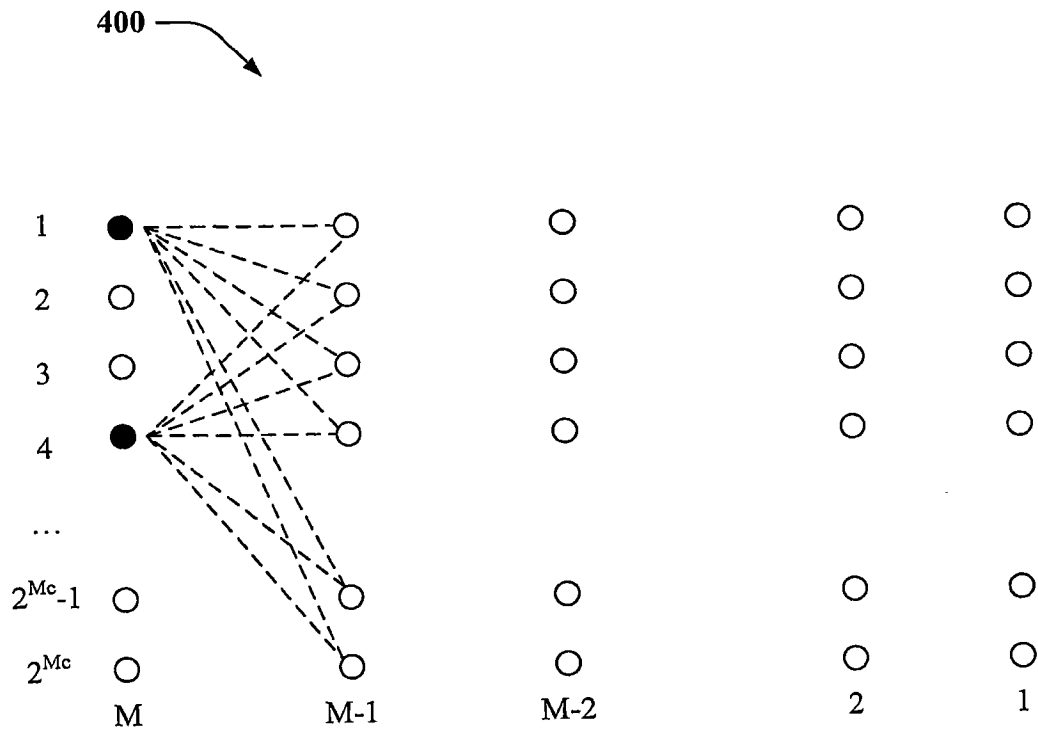


图 4

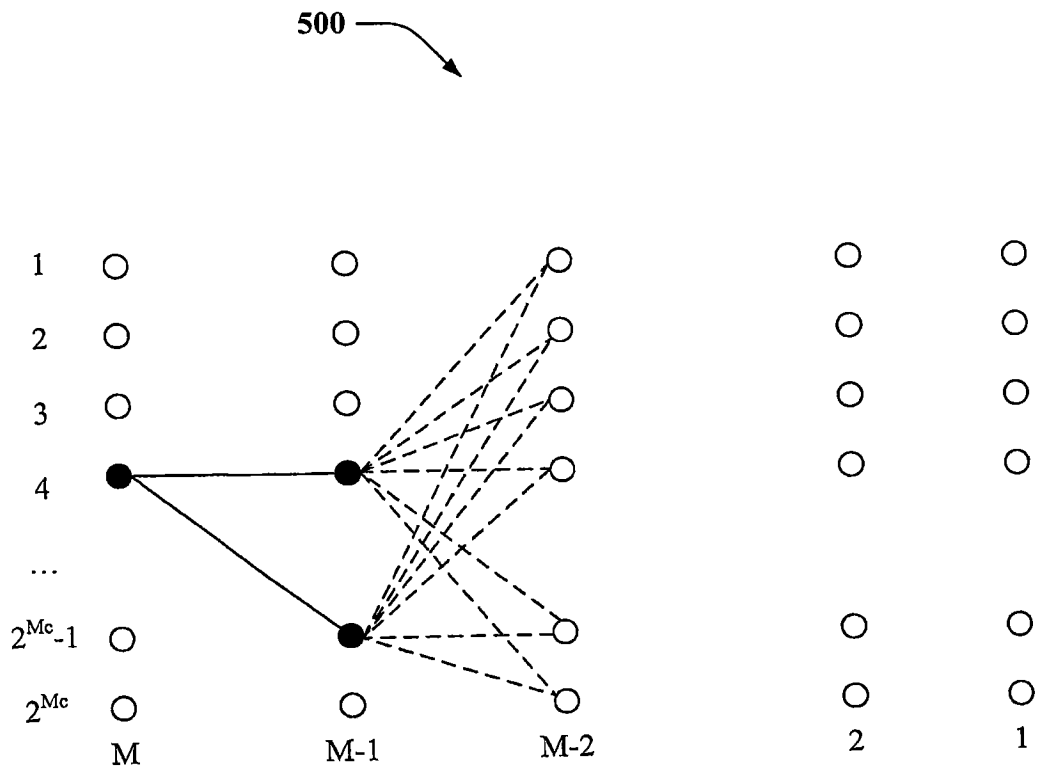


图 5

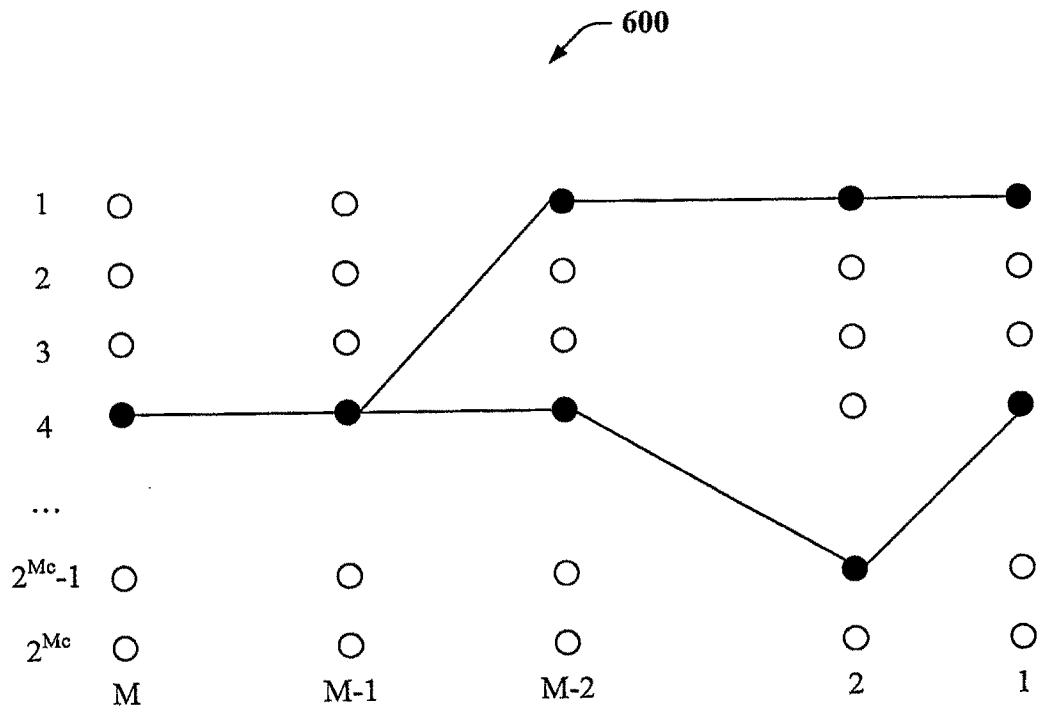


图 6

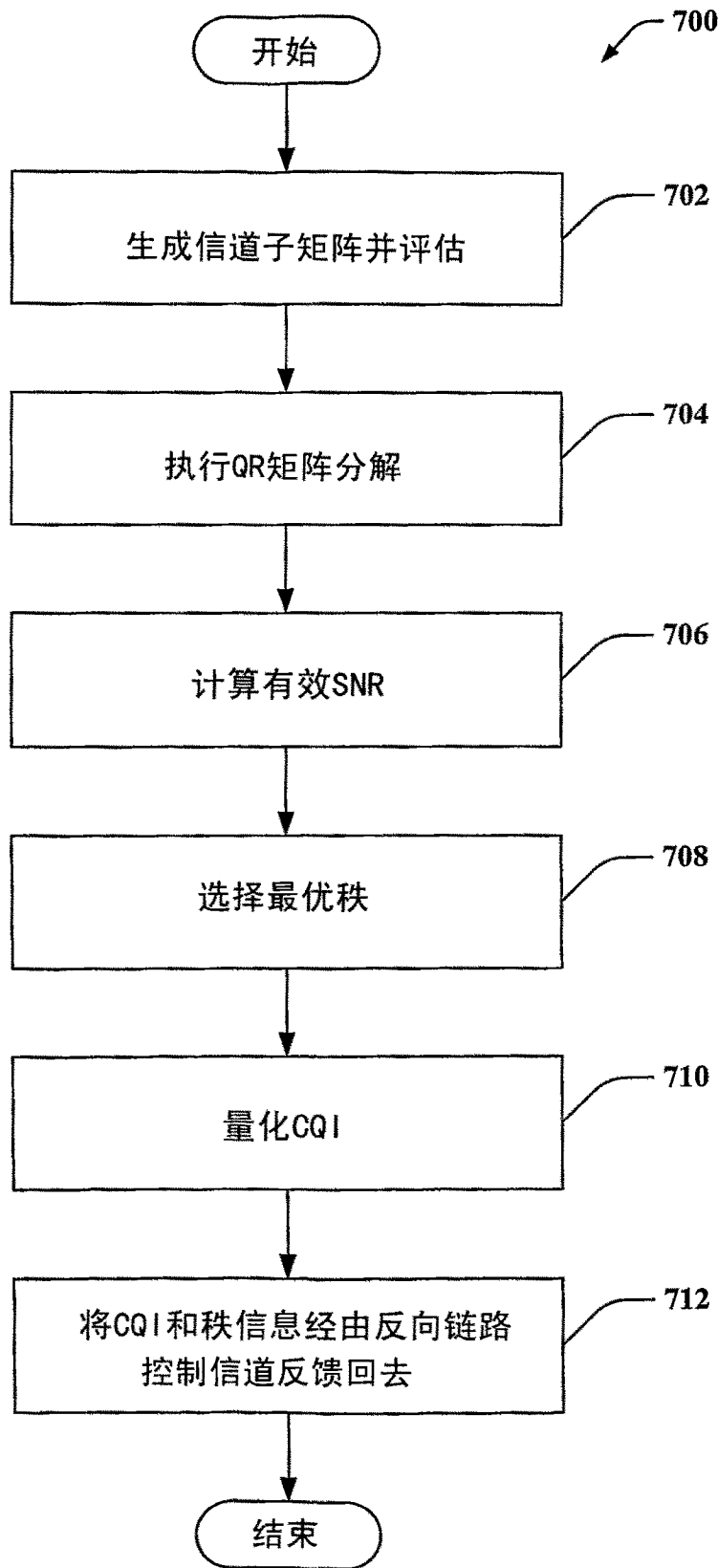


图 7



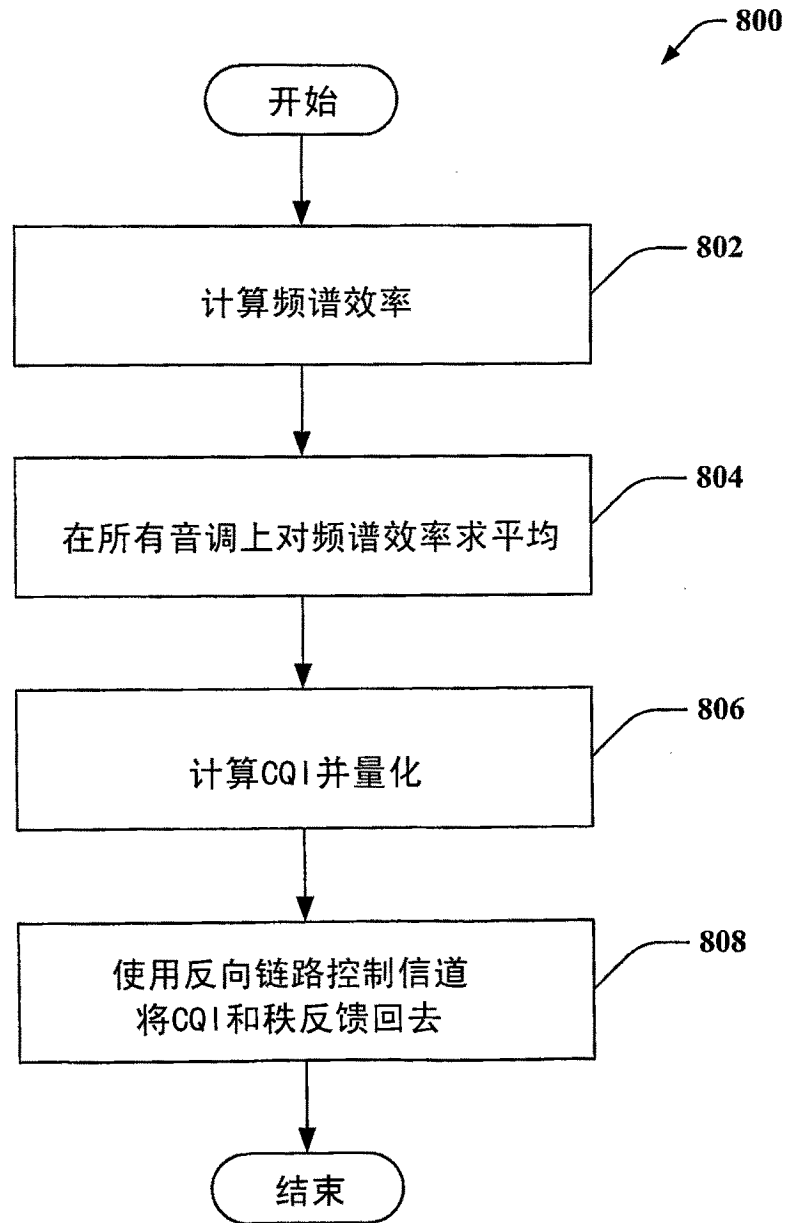


图 8

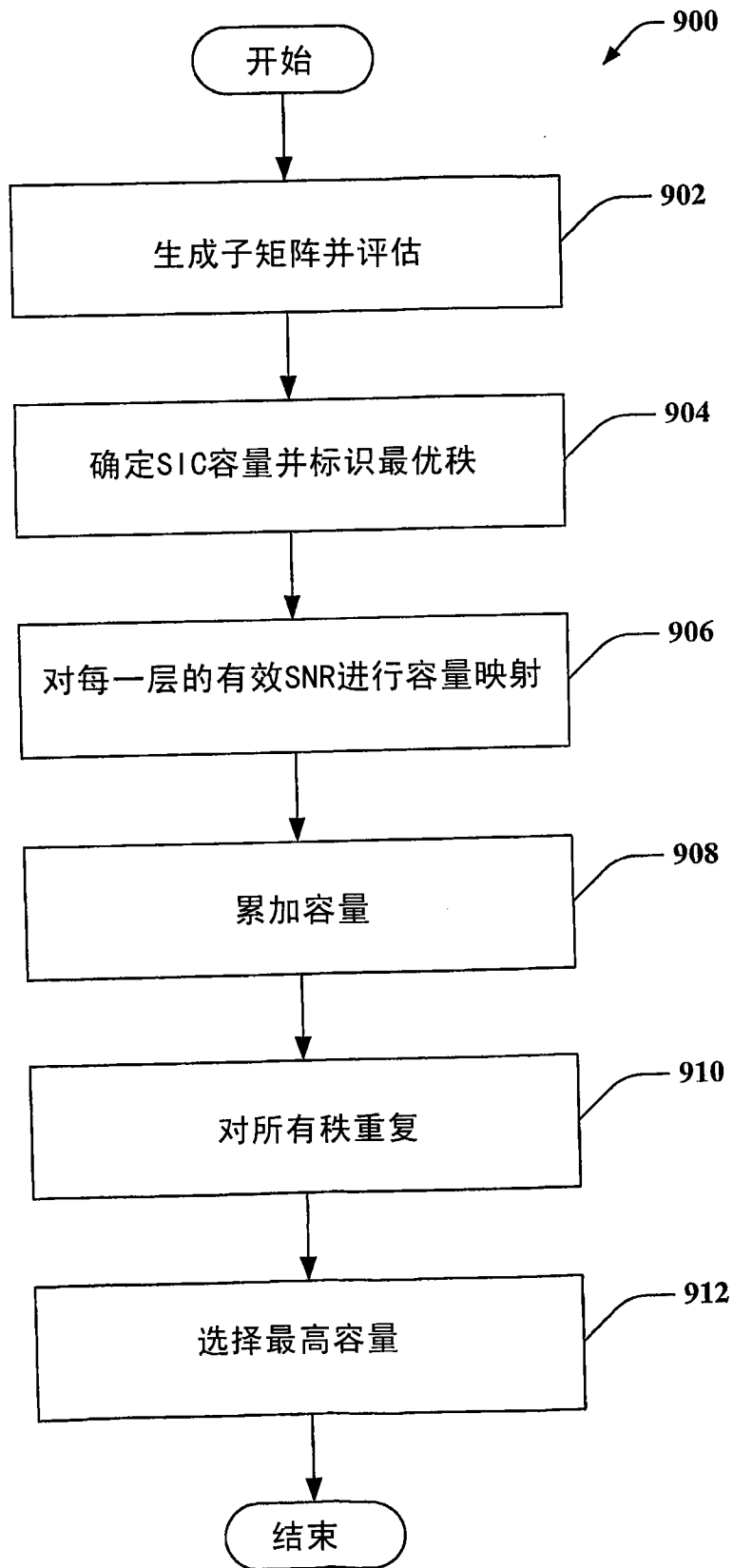


图 9

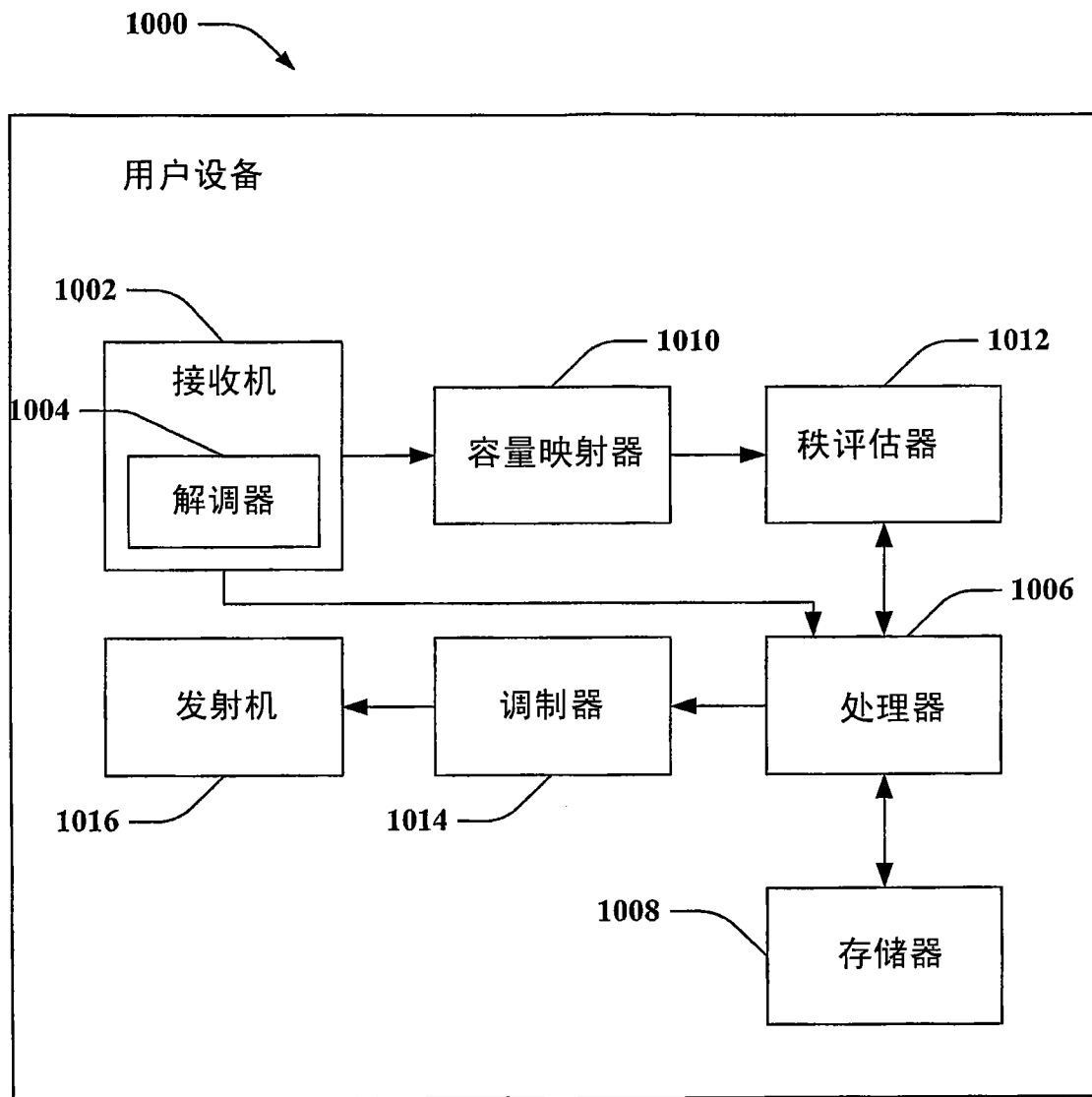


图 10

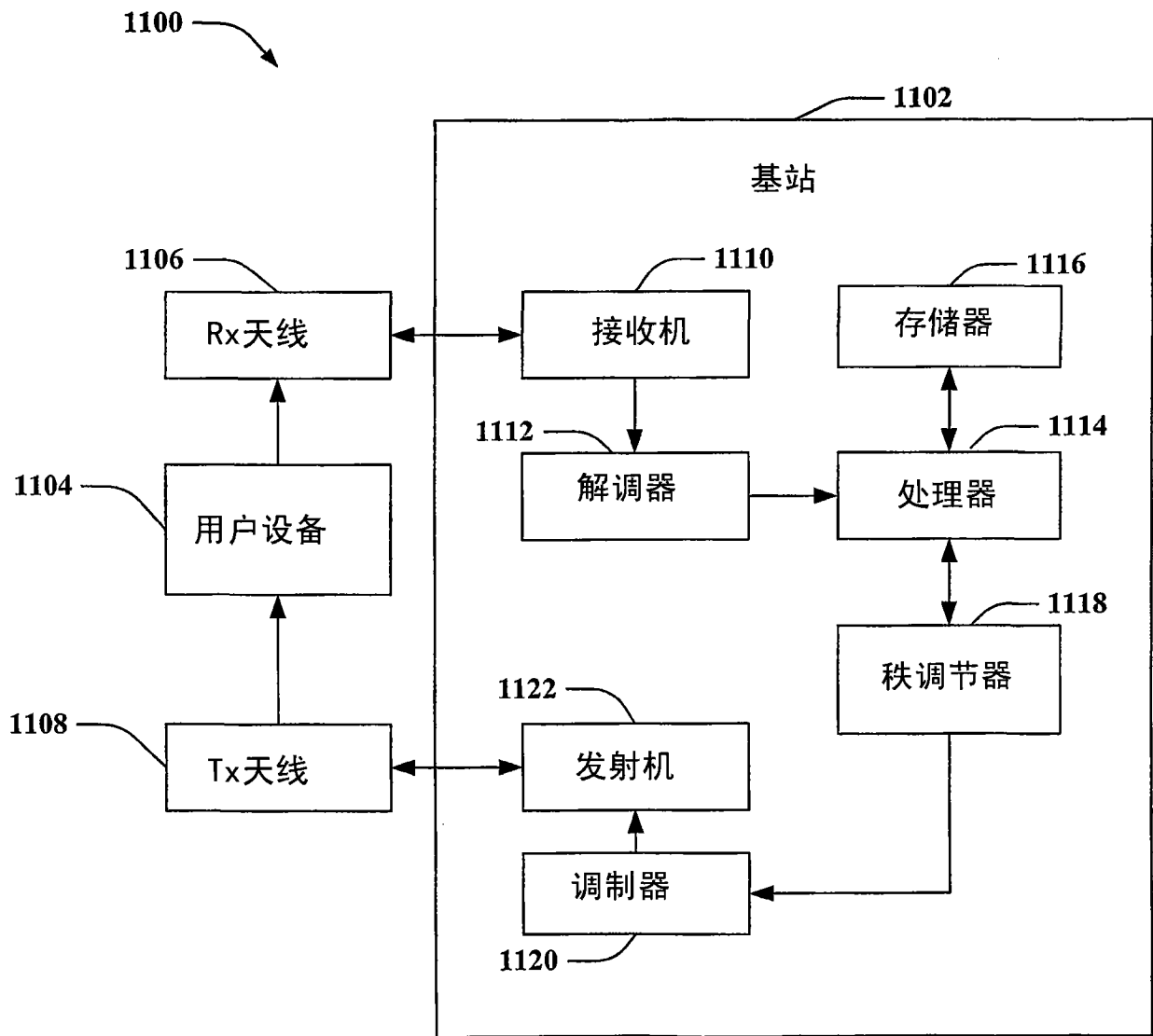


图 11

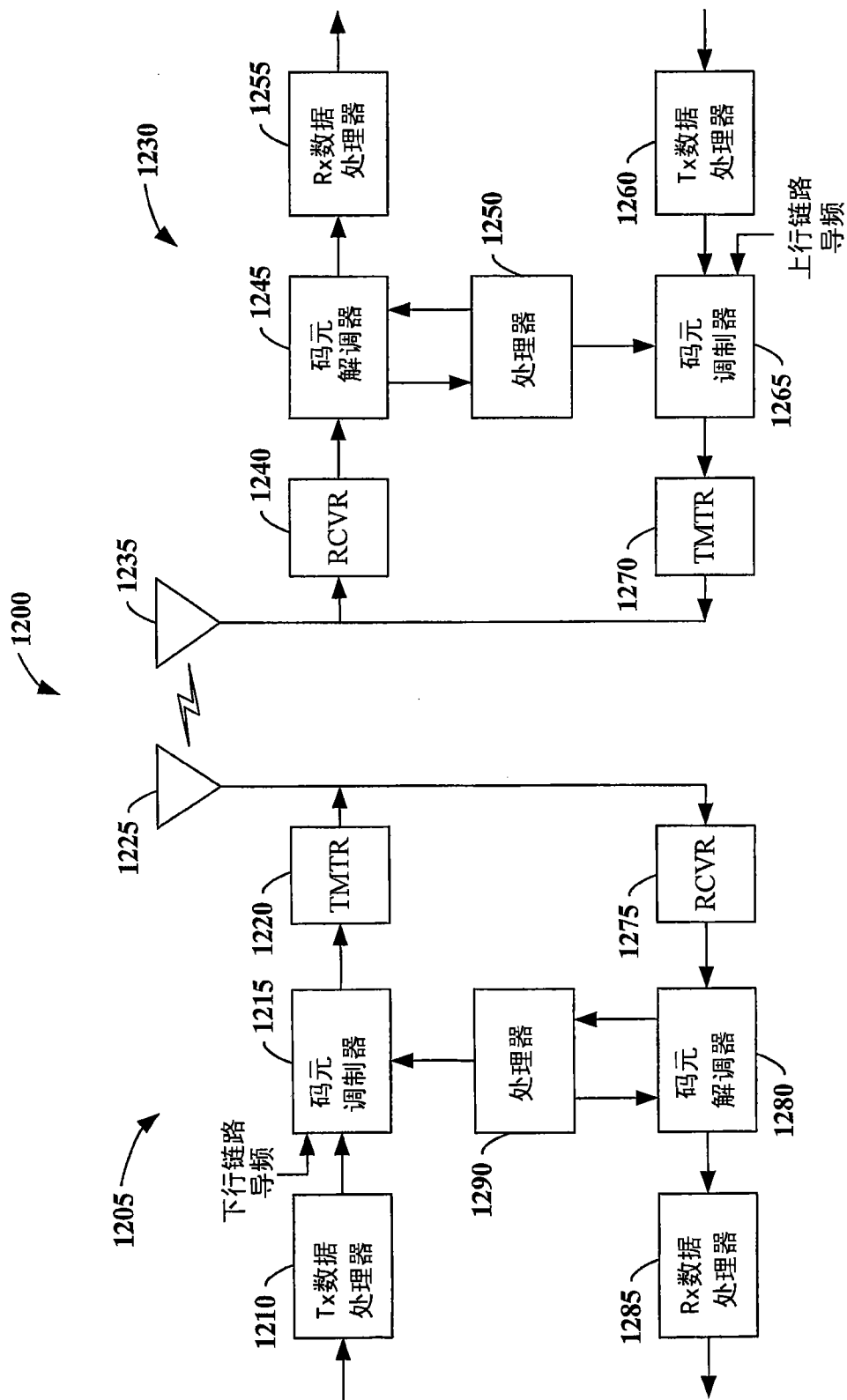


图 12

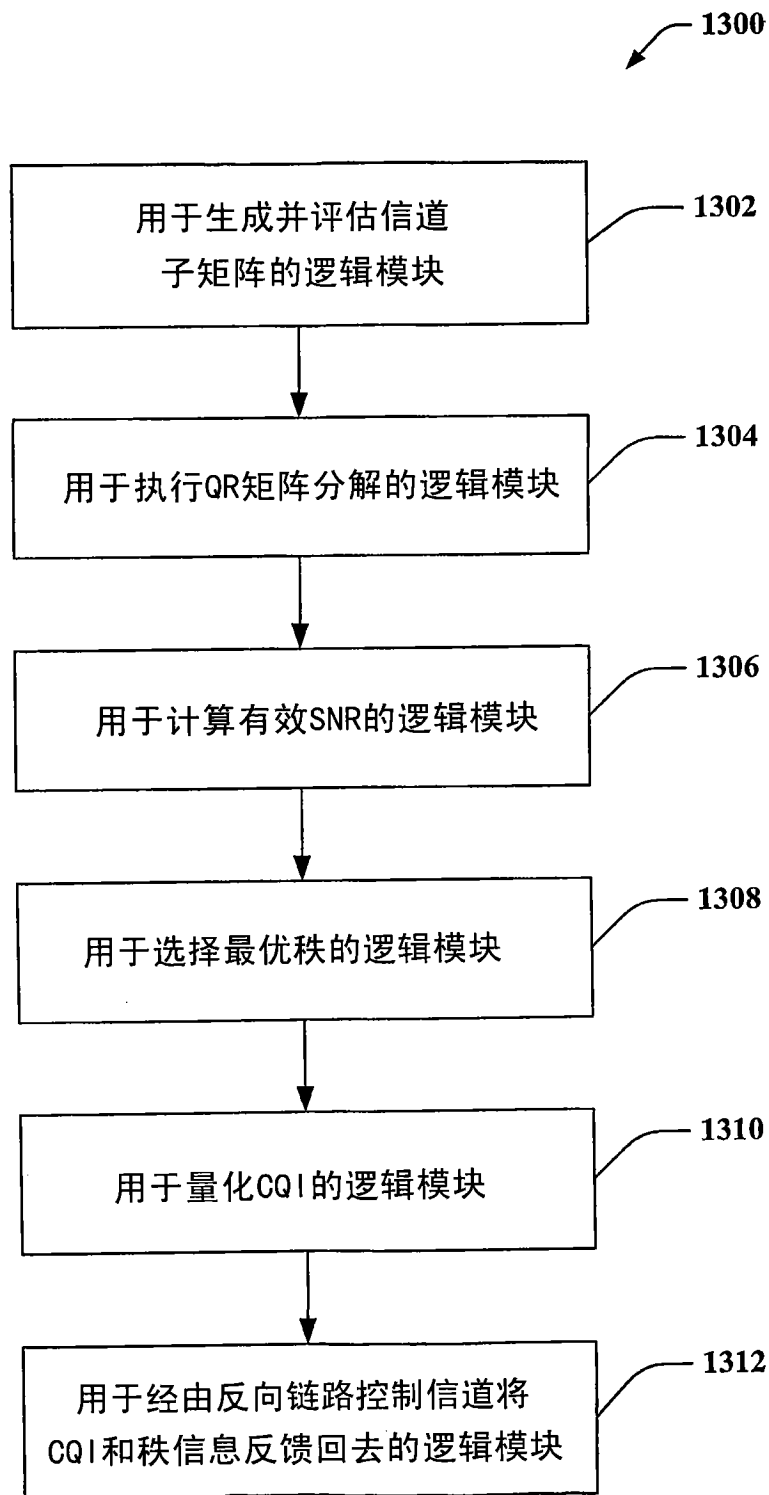


图 13