

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780041094.5

H04B 7/06 (2006.01)

H04L 1/06 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

[43] 公开日 2009年9月16日

[11] 公开号 CN 101536358A

[22] 申请日 2007.11.6

[21] 申请号 200780041094.5

[30] 优先权

[32] 2006.11.6 [33] US [31] 60/864, 581

[86] 国际申请 PCT/US2007/083739 2007.11.6

[87] 国际公布 WO2008/058112 英 2008.5.15

[85] 进入国家阶段日期 2009.5.4

[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 D·P·玛拉迪 金丙勋 T·刘

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 陈 炜

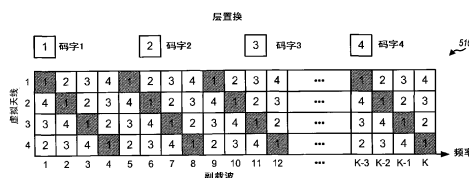
权利要求书9页 说明书23页 附图13页

[54] 发明名称

无线通信系统中带层置换的 MIMO 传输

[57] 摘要

描述了用于支持带层置换的 MIMO 传输的技术。在一个方面,可生成用于从多个天线(例如,虚拟天线)发射的多个码字,并且码字的数目少于天线的数目。每个码字可跨多个天线映射。可生成两个码字。对于秩 3,第一码字可被映射至一个层(或者在每个副载波上映射至一个天线),而第二码字可被映射至两个层(或者在每个副载波上映射至两个天线)。对于秩 4,每个码字可被映射至两个层。在另一方面,可确定指示平均信号质量的基 CQI。也可确定指示相对于平均信号质量的提升的 Δ CQI。在又一方面,可使用针对不同秩或码字数目的不同惩罚因子执行选择。



1. 一种用于无线通信的装置，包括：

至少一个处理器，配置成生成用于从多个天线发射的多个码字，以及跨所述多个天线映射所述多个码字的每一个，其中码字的数目少于天线的数目；以及

耦合到所述至少一个处理器的存储器。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成跨所述多个天线均匀地映射每个码字，以使均等的码字部分被映射至所述多个天线的每一个。

3. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成在多个副载波上跨所述多个天线循环地映射每个码字。

4. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成生成包括第一和第二码字的两个码字，将所述第一码字跨三个天线映射并在多个副载波的每一个上映射至一个天线，以及将所述第二码字跨所述三个天线映射并在所述多个副载波的每一个上映射至两个天线。

5. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成生成包括第一和第二码字的两个码字，将所述第一码字跨四个天线映射并在多个副载波的每一个上映射至两个天线，以及将所述第二码字跨所述四个天线映射并在所述多个副载波的每一个上映射至两个天线。

6. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述多个天线与基于预编码矩阵形成的多个虚拟天线相对应。

7. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成将所述多个码字的每一个映射至多个层的至少之一，以及将所述多个层映射至所述多个虚拟天线。

8. 如权利要求 7 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成在多个副载波上跨所述多个虚拟天线循环地映射每个层。

9. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述多个天线包括基于预编码矩阵形成的三个虚拟天线，并且其中所述至少一个处理器被配置成生成包括第

一和第二码字的两个码字，将所述第一码字映射至三个层中的一个，将所述第二码字映射至所述三个层中的其余两个，以及将所述三个层映射至所述三个虚拟天线。

10. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述多个天线包括基于预编码矩阵形成的四个虚拟天线，并且其中所述至少一个处理器被配置成生成包括第一和第二码字的两个码字，将所述第一码字映射至四个层中的两个，将所述第二码字映射至所述四个层中的其余两个，以及将所述四个层映射至所述四个虚拟天线。

11. 如权利要求 6 所述的装置，其特征在于，所述多个虚拟天线是从基于所述预编码矩阵形成的多个可用虚拟天线中选取的。

12. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述多个天线与多个物理天线相对应。

13. 一种用于无线通信的方法，包括：

生成用于从多个天线发射的多个码字，其中码字的数目小于天线的数目；
以及

跨所述多个天线映射所述多个码字的每一个。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述映射多个码字的每一个包括在多个副载波上跨所述多个天线循环地映射每个码字。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述多个码字包括第一和第二码字，并且其中所述映射多个码字的每一个包括

将所述第一码字跨三个天线映射并在多个副载波的每一个上映射至一个天线；以及

将所述第二码字跨所述三个天线映射并在所述多个副载波的每一个上映射至两个天线。

16. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述多个码字包括第一和第二码字，并且其中所述映射多个码字的每一个包括

将所述第一码字跨四个天线映射并在多个副载波的每一个上映射至两个天线；以及

将所述第二码字跨所述四个天线映射并在所述多个副载波的每一个上映

射至两个天线。

17. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述多个码字包括第一和第二码字且所述多个天线包括基于预编码矩阵形成的三个虚拟天线，并且其中所述映射多个码字的每一个包括

将所述第一码字映射至三个层中的一个，
将所述第二码字映射至所述三个层中的其余两个，以及
将所述三个层映射至所述三个虚拟天线。

18. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述多个码字包括第一和第二码字且所述多个天线包括基于预编码矩阵形成的四个虚拟天线，并且其中所述映射多个码字的每一个包括

将所述第一码字映射至四个层中的两个，
将所述第二码字映射至所述四个层中的其余两个，以及
将所述四个层映射至所述四个虚拟天线。

19. 一种用于无线通信的装置，包括：

用于生成用以从多个天线发射的多个码字的装置，其中码字的数目小于天线的数目；以及

用于跨所述多个天线映射所述多个码字的每一个的装置。

20. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述用于映射多个码字的每一个的装置包括用于在多个副载波上跨所述多个天线循环地映射每个码字的装置。

21. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述多个码字包括第一和第二码字，并且其中所述用于映射多个码字的每一个的装置包括

用于将所述第一码字跨三个天线映射并在多个副载波的每一个上映射至一个天线的装置；以及

用于将所述第二码字跨所述三个天线映射并在所述多个副载波的每一个上映射至两个天线的装置。

22. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述多个码字包括第一和第二码字，并且其中所述用于映射多个码字的每一个的装置包括

用于将所述第一码字跨四个天线映射并在多个副载波的每一个上映射至

两个天线的装置；以及

用于将所述第二码字跨所述四个天线映射并在所述多个副载波的每一个上映射至两个天线的装置。

23. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述多个码字包括第一和第二码字且所述多个天线包括基于预编码矩阵形成的三个虚拟天线，并且其中所述用于映射多个码字的每一个的装置包括

用于将所述第一码字映射至三个层中的一个的装置，

用于将所述第二码字映射至所述三个层中的其余两个的装置；以及

用于将所述三个层映射至所述三个虚拟天线的装置。

24. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述多个码字包括第一和第二码字且所述多个天线包括基于预编码矩阵形成的四个虚拟天线，并且其中所述用于映射多个码字的每一个的装置包括

用于将所述第一码字映射至四个层中的两个的装置，

用于将所述第二码字映射至所述四个层中的其余两个的装置；以及

用于将所述四个层映射至所述四个虚拟天线的装置。

25. 一种包括在由机器执行时引发所述机器执行操作的指令的机器可读介质，所述操作包括：

生成用于从多个天线发射的多个码字，其中码字的数目小于天线的数目；

以及

跨所述多个天线映射所述多个码字的每一个。

26. 一种用于无线通信的装置，包括：

至少一个处理器，配置成接收包括经由多个天线发送的多个码字——每个码字跨所述多个天线映射且码字的数目小于天线的数目——的多输入多输出（MIMO）传输，对源自跨所述多个天线的每个码字执行解映射，以及解码每个经解映射码字；以及

耦合到所述至少一个处理器的存储器。

27. 如权利要求 26 所述的装置，其特征在于，所述 MIMO 传输包括经由基于预编码矩阵形成的三个虚拟天线发送的第一和第二码字，并且其中所述至少一个处理器被配置成对源自跨所述三个虚拟天线且在多个副载波的每一个

上源自一个虚拟天线的所述第一码字执行解映射，以及对源自跨所述三个虚拟天线且在所述多个副载波的每一个上源自两个虚拟天线的所述第二码字执行解映射。

28. 如权利要求 26 所述的装置，其特征在于，所述 MIMO 传输包括经由基于预编码矩阵形成的四个虚拟天线发送的两个码字，并且其中所述至少一个处理器被配置成对源自跨所述四个虚拟天线且在所述多个副载波的每一个上源自两个虚拟天线的每个码字执行解映射。

29. 如权利要求 26 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成对多个收到码元流执行 MIMO 检测以获得对应所述多个天线的多个检出码元流，解映射所述多个检出码元流以获得对应所述多个码字的多个经解映射码元流，以及解码每个经解映射码元流以获得对应一个码字的经解码数据块。

30. 如权利要求 26 所述的装置，其特征在于，所述多个天线与多个虚拟天线相对应，并且其中所述至少一个处理器被配置成对多个收到码元流执行 MIMO 检测以获得对应所述多个虚拟天线的多个检出码元流，解映射所述多个检出码元流以获得对应多个层的多个第一经解映射码元流，解映射所述多个第一经解映射码元流以获得对应所述多个码字的多个第二经解映射码元流，以及解码每个第二经解映射码元流以获得对应一个码字的经解码数据块。

31. 一种用于无线通信的方法，包括：

接收包括经由多个天线发送的多个码字的多输入多输出（MIMO）传输，其中每个码字跨所述多个天线映射，并且码字的数目少于天线的数目；

对源自跨所述多个天线的每个码字执行解映射；以及
解码每个经解映射码字。

32. 如权利要求 31 所述的方法，其特征在于，所述 MIMO 传输包括经由基于预编码矩阵形成的三个虚拟天线发送的第一和第二码字，并且其中所述执行解映射包括

对源自跨所述三个虚拟天线且在多个副载波的每一个上源自一个虚拟天线的所述第一码字执行解映射，以及

对源自跨所述三个虚拟天线且在所述多个副载波的每一个上源自两个虚拟天线的所述第二码字执行解映射。

33. 如权利要求 31 所述的方法，其特征在于，所述 MIMO 传输包括经由基于预编码矩阵形成的四个虚拟天线发送的第一和第二码字，并且其中所述执行解映射包括

对源自跨所述四个虚拟天线且在所述多个副载波的每一个上源自两个虚拟天线的每个码字执行解映射。

34. 一种用于无线通信的装置，包括：

至少一个处理器，配置成确定指示多输入多输出（MIMO）传输所用的多个天线的平均信号质量的基信道质量指示符（CQI），以及确定指示相对于所述 MIMO 传输的所述平均信号质量的提升的 ΔCQI ；

耦合到所述至少一个处理器的存储器。

35. 如权利要求 34 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成基于将连续干扰消除（SIC）用于对所述 MIMO 传输的检测来确定所述 ΔCQI 。

36. 如权利要求 35 所述的装置，其特征在于，所述 MIMO 传输包括第一和第二码字，并且其中所述 ΔCQI 指示在消除源自所述第一码字的干扰之后所恢复的所述第二码字的信号质量的提升。

37. 如权利要求 34 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成在连续干扰消除（SIC）没有被用于对所述 MIMO 传输的检测的情况下或者在所述 MIMO 传输具有秩 1 的情况下将所述 ΔCQI 设成空值。

38. 如权利要求 34 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成在连续干扰消除（SIC）没有被用于对所述 MIMO 传输的检测的情况下或者在所述 MIMO 传输具有秩 1 的情况下发送预编码信息替代所述 ΔCQI 。

39. 如权利要求 38 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成从多个预编码矩阵当中选取预编码矩阵，以及发送所选取的预编码矩阵作为所述预编码信息。

40. 如权利要求 34 所述的装置，其特征在于，所述 MIMO 传输包括跨基于预编码矩阵形成的三个虚拟天线发送的第一和第二码字，并且其中所述至少一个处理器被配置成基于所述三个虚拟天线的所述平均信号质量确定所述基 CQI，以及基于在消除源自所述第一码字的干扰之后所述第二码字的信号质量

的提升确定所述 ΔCQI 。

41. 如权利要求 34 所述的装置，其特征在于，所述 MIMO 传输包括跨基于预编码矩阵形成的四个虚拟天线发送的第一和第二码字，并且其中所述至少一个处理器被配置成基于所述四个虚拟天线的所述平均信号质量确定所述基 CQI，以及基于在消除源自所述第一码字的干扰之后所述第二码字的信号质量的提升确定所述 ΔCQI 。

42. 如权利要求 34 所述的装置，其特征在于，所述基 CQI 包括信噪干扰比 (SINR) 值、调制和编码方案 (MCS)、分组格式、传输格式和率中的至少一者。

43. 一种用于无线通信的方法，包括：

确定指示多输入多输出 (MIMO) 传输所用的多个天线的平均信号质量的基信道质量指示符 (CQI)；以及

确定指示相对于所述 MIMO 传输的所述平均信号质量的提升的 ΔCQI 。

44. 如权利要求 43 所述的方法，其特征在于，所述确定 ΔCQI 包括基于将连续干扰消除 (SIC) 用于对所述 MIMO 传输的检测来确定所述 ΔCQI 。

45. 如权利要求 43 所述的方法，其特征在于，所述确定 ΔCQI 包括在连续干扰消除 (SIC) 没有被用于对所述 MIMO 传输的检测的情况下将所述 ΔCQI 设成空值。

46. 如权利要求 43 所述的方法，其特征在于，所述确定 ΔCQI 包括

从多个预编码矩阵当中选取预编码矩阵，以及

在连续干扰消除 (SIC) 没有被用于对所述 MIMO 传输的检测的情况下发送包括所选预编码矩阵的预编码信息来替代所述 ΔCQI 。

47. 一种用于无线通信的装置，包括：

至少一个处理器，配置成使用每个传输阶的惩罚因子来确定多个传输阶的性能度量值，以及基于所述多个传输阶的所述性能度量值选择用于多输入多输出 (MIMO) 传输的传输阶，其中每个传输阶与用于传输的不同秩或不同码字数目相对应且较高传输阶与较大的惩罚因子相关联；以及

耦合到所述至少一个处理器的存储器。

48. 如权利要求 47 所述的装置，其特征在于，每个传输阶与不同秩相对

应，并且其中所述至少一个处理器被配置成确定对应所述多个秩的多个假言——每个假言与至少一个天线的不同集合相对应——的性能度量值，以及选择与具有最大性能度量值的假言相对应的秩和至少一个天线的集合进行所述 MIMO 传输。

49. 如权利要求 48 所述的装置，其特征在于，所述每个假言的性能度量值与对应所述假言的所述至少一个天线的集合的总容量有关。

50. 如权利要求 47 所述的装置，其特征在于，每个传输阶与不同秩相对应，并且其中所述至少一个处理器被配置成使用第一惩罚因子来确定对应秩 1 的多个第一假言中每一个——每个第一假言与多个天线当中的不同天线相对应——的性能度量值，以及使用第二惩罚因子来确定对应秩 2 的多个第二假言中每一个——每个第二假言与所述多个天线当中的不同天线对相对应——的性能度量值，所述第二惩罚因子大于所述第一惩罚因子。

51. 如权利要求 50 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成使用第三惩罚因子来确定对应秩 3 的多个第三假言中每一个——每个第三假言与所述多个天线当中的不同三重天线集合相对应——的性能度量值，所述第三惩罚因子等于或大于所述第二惩罚因子。

52. 如权利要求 51 所述的装置，其特征在于，所述至少一个处理器被配置成使用第四惩罚因子来确定对应秩 4 的第四假言的性能度量值，所述第四假言与四重天线集合相对应，所述第四惩罚因子等于或大于所述第三惩罚因子。

53. 如权利要求 47 所述的装置，其特征在于，每个传输阶与不同码字数目相对应，并且其中所述至少一个处理器被配置成确定不同码字数目的性能度量值，以及选择具有最大性能度量值的码字数目进行所述 MIMO 传输。

54. 一种用于无线通信的方法，包括：

使用每个传输阶的惩罚因子来确定多个传输阶的性能度量值，其中每个传输阶与用于传输的不同秩或不同码字数目相对应，并且较高的传输阶与较大的惩罚因子相关联；以及

基于所述多个传输阶的所述性能度量值来选择用于多输入多输出 (MIMO) 传输的传输阶。

55. 如权利要求 54 所述的方法，其特征在于，每个传输阶与不同秩相对

应，并且其中所述确定性能度量值包括确定对应所述多个秩的多个假言——每个假言与至少一个天线的不同集合相对应——的性能度量值，并且其中所述选择传输阶包括选择与具有最大性能度量值的假言相对应的秩和至少一个天线的集合进行所述 MIMO 传输。

56. 如权利要求 54 所述的方法，其特征在于，每个传输阶与不同码字数目相对应，其中所述确定性能度量值包括确定不同码字数目的性能度量值，并且其中所述选择传输阶包括选择具有最大性能度量值的码字数目进行所述 MIMO 传输

无线通信系统中带层置换的 MIMO 传输

本申请要求转让给本申请人并通过援引结合于此的、2006年11月6日提交的题为“METHOD AND APPARATUS FOR EFFICIENT OPERATIONS OF LAYER PERMUTATION IN MIMO WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS (用于 MIMO 无线通信系统中的层置换的高效操作的方法和装置)”的临时美国申请 S/N. 60/864,581 的优先权。

背景

I. 领域

本公开一般涉及通信，尤其涉及用于在无线通信系统中传送数据的技术。

II. 背景

无线通信网络被广泛地部署以提供诸如语音、视频、分组数据、消息接发、广播等各种通信内容。这些无线系统可以是能够通过共享可用系统资源来支持多个用户的多址系统。此类多址系统的示例包括码分多址 (CDMA) 系统、时分多址 (TDMA) 系统、频分多址 (FDMA) 系统、正交 FDMA (OFDMA) 系统、和单载波 FDMA (SC-FDMA) 系统。

无线通信系统可支持多输入多输出 (MIMO) 传输。对于 MIMO，发射机站可利用多个 (T 个) 发射天线来向装备有多个 (R 个) 接收天线的接收机站进行数据传输。这多个发射和接收天线形成可用于提高吞吐量和/或提升可靠性的 MIMO 信道。例如，发射机站可从这 T 个发射天线同时发射至多 T 个数据流以提高吞吐量。替换地，发射机站可从所有 T 个发射天线发射单个数据流以改善可靠性。在任一情形中，以达成良好性能以及减少用于支持 MIMO 传输的反馈信息的量的方式发送 MIMO 传输是合需的。

概要

本文描述了用于支持带层置换的 MIMO 传输的技术。通过采用层置换，码字可跨 MIMO 传输所用的所有天线被映射，并可在随后观测针对所有天线的平均信噪干扰比 (SINR)。通常，天线可以是用预编码矩阵形成的虚拟天线、物理天线、天线阵列等。用于 MIMO 传输的天线的数目可被称为秩。

在一个方面，可生成用于从多个天线发射以进行 MIMO 传输的多个码字，并且码字的数目少于天线的数目。每个码字可跨多个天线被例如均匀地映射，以使均等的码字部分被映射到每个天线。例如，每个码字可在多个副载波上跨多个天线被循环地映射。在一种设计中，可生成两个码字。对于秩 3，第一码字在每个副载波上被映射至一个天线，而第二码字在每个副载波上被映射至两个天线。对于秩 4，每个码字可在每个副载波上被映射至两个天线。在一种设计中，每个码字可被映射至多个层中的至少一个。随后，可将多个层映射至多个天线。例如，每个层可在多个副载波上跨多个天线被循环地映射。

在另一方面，可确定指示 MIMO 传输所用的多个天线的平均信号质量（例如，平均 SINR）的基信道质量指示符 (CQI)。也可确定指示相对于 MIMO 传输的平均信号质量的提升的 Δ CQI。对于能够执行连续干扰消除 (SIC) 的 UE， Δ CQI 可指示在消除源自第一码字的干扰之后第二码字的信号质量提升。对于不能执行 SIC 的 UE，以及同样对于在秩为 1 或仅一个码字被发送时的有 SIC 能力的 UE，可将 Δ CQI 设为空值，或者可减少反馈的量，或者可使用惯常用于 Δ CQI 的比特来发送预编码和/或其它信息。

在又一方面，可使用对应不同传输阶的不同惩罚因子来执行传输阶选择。每个传输阶可与用于 MIMO 传输的不同秩或不同码字数目相对应。可使用对应每个传输阶的惩罚因子来确定多个传输阶的性能度量值。较高的传输阶可与较大的惩罚因子相关联，这在随后可支持对具有潜在可能的较少实现损耗的较低传输阶的选择。可基于多个传输阶的性能度量值选择进行 MIMO 传输的传输阶。在一种设计中，每个传输阶与不同秩相对应，且可对多个秩的多个假言确定性能度量值，其中每个假言与至少一个天线的不同集合相对应。可选择与具有最大性能度量值的假言相对应的秩和至少一个天线的集合来用于 MIMO 传输。

本公开的各个方面和特征在下面进一步具体说明。

附图简述

图 1 示出一种无线多址通信系统。

图 2 示出了 B 节点和 UE 的框图。

图 3 示出了具有四个虚拟天线的秩选择。

图 4 示出了秩选择器。

图 5A 和 5B 示出了带层置换或不带层置换的传输。

图 6A 到 6F 示出了具有不同秩的 1 或 2 个码字的传输。

图 7A 到 7C 图示出了不同的 CQI 报告方案。

图 8 示出了发射 (TX) 数据处理器和 TX MIMO 处理器。

图 9 示出了接收 (RX) MIMO 处理器和 RX 数据处理器。

图 10 示出了另一 RX MIMO 处理器和 RX 数据处理器。

图 11 示出了用于发送 MIMO 传输的过程。

图 12 示出了用于发送 MIMO 传输的装置。

图 13 示出了用于接收 MIMO 传输的过程。

图 14 示出了用于接收 MIMO 传输的装置。

图 15 示出了用于确定 CQI 的过程。

图 16 示出了用于确定 CQI 的装置。

图 17 示出了用于执行秩选择的过程。

图 18 示出了用于执行秩选择的装置。

详细描述

本文中所描述的技术可用于各种无线通信系统，诸如 CDMA、TDMA、FDMA、OFDMA、SC-FDMA 和其他系统。术语“系统”和“网络”常被可互换地使用。CDMA 系统可实现诸如通用地面无线电接入 (UTRA)、cdma2000 等无线电技术。UTRA 包括宽带-CDMA (W-CDMA) 和其它 CDMA 变体。cdma2000 涵盖 IS-2000、IS-95 和 IS-856 标准。TDMA 系统可实现诸如全球移动通信系统 (GSM) 等的无线电技术。OFDMA 系统可实现无线电技术，诸如演进 UTRA (E-UTRA)、超移动宽带 (UMB)、IEEE 802.11 (Wi-Fi)、IEEE 802.16

(WiMAX)、IEEE 802.20、Flash-OFDM®等。UTRA、E-UTRA 和 GSM 是通用移动通信系统 (UMTS) 的部分。3GPP 长期演进(LTE)是即将发布的使用 E-UTRA 的 UMTS, 其在下行链路上采用 OFDMA 而在上行链路上采用 SC-FDMA。UTRA、E-UTRA、GSM、UMTS 以及 LTE 在来自名为“第三代伙伴项目”(3GPP) 的组织的文档中进行了描述。cdma2000 和 UMB 在来自名为“第三代伙伴项目 2”(3GPP2) 的组织的文档中进行了描述。这些不同的无线电技术和标准在本领域中是公知的。

图 1 示出具有多个 B 节点 110 的无线多址通信系统 100。B 节点可以是用于与 UE 通信的固定站并且也可被称为演进 B 节点 (eNB)、基站、接入点等。每个 B 节点 110 为特定地理区域提供通信覆盖。UE 120 可散布在系统之中, 且每个 UE 可以是静止或移动的。UE 也可称为移动站、终端、接入终端、订户单元、站等。UE 可以是蜂窝电话、个人数字助理 (PDA)、无线调制解调器、无线通信设备、手持式设备、膝上型计算机、无绳电话等。UE 可经由下行链路和上行链路上的传输与 B 节点通信。下行链路 (或即前向链路) 是指从 B 节点至 UE 的通信链路, 而上行链路 (或即反向链路) 是指从 UE 至 B 节点的通信链路。

本文所述的技术可被用于下行链路和上行链路上的 MIMO 传输。出于明晰起见, 以下许多描述是针对下行链路上的 MIMO 传输。

图 2 示出了作为图 1 中 B 节点之一和 UE 之一的 B 节点 110 和 UE 120 的设计的框图。B 节点 110 配备有多个 (T 个) 天线 234a 到 234t。UE 120 配备有多个 (R 个) 天线 252a 到 352r。天线 234 和 254 的每一个可以是物理天线或天线阵列。

在 B 节点 110 处, TX 数据处理器 220 可以接收来自数据源 212 的数据, 基于一个或更多个调制和编码方案处理 (例如, 编码和码元映射) 该数据, 并提供数据码元。如在此所使用的, 数据码元是对应数据的码元, 导频码元是对应导频的码元, 而码元通常是复数值。数据码元和导频码元可以是源于诸如 PSK 或 QAM 等调制方案的调制码元。导频是为 B 节点和 UE 两者先验已知的数据。TX MIMO 处理器 230 可基于如以下所描述的直接 MIMO 映射或预编码/波束成形对数据和导频码元执行空间处理。TX MIMO 处理器 230 可向 T 个调

制器 (MOD) 232a 到 232t 提供 T 个输出码元流。每个调制器 232 可处理其输出码元流 (例如, 对应正交频分复用 (OFDM) 等) 以生成输出码片流。每个调制器 232 可进一步调理 (例如, 转换至模拟、滤波、放大、及上变频) 其输出码片流并生成下行链路信号。来自调制器 232a 到 232t 的 T 个下行链路信号可分别经由天线 234a 到 234t 被发射。

在 UE 120 处, R 个天线 252a 到 252r 可以接收这 T 个下行链路信号, 且每个天线 254 可以将收到的信号提供给相关联的解调器 (DEMOD) 254。每个解调器 254 可以调理 (例如, 滤波、放大、下变频、以及数字化) 其收到的信号以获得输入样本并且可以进一步处理这些样本 (例如, 针对 OFDM 等) 以获得收到码元。每个解调器 254 可以将收到数据码元提供给 RX MIMO 处理器 260 并将收到导频码元提供给信道处理器 294。信道处理器 294 可基于收到导频码元估计从 B 节点 110 到 UE 120 的无线信道的响应, 并向 RX MIMO 处理器 260 提供信道估计。RX MIMO 处理器 260 可用信道估计对收到数据码元执行 MIMO 检测, 并提供检出码元, 该检出码元是对所传送数据码元的估计。RX 数据处理器 270 可处理 (例如, 码元解映射并解码) 这些检出码元并将经解码的数据提供给数据阱 272。

UE 120 可评估信道条件并确定信道状态信息, 该信道状态信息可包括如下所描述的各种类型的信息。信道状态信息和来自数据源 278 的数据可以由 TX 数据处理器 280 处理 (例如, 编码和码元映射)、由 TX MIMO 处理器 282 空间处理、并由调制器 254a 到 254r 进一步处理以生成 R 个上行链路信号, 这些信号可以经由天线 252a 到 252r 被发射。在 B 节点 110 处, 来自 UE 120 的这 R 个上行链路信号可以被天线 234a 到 234t 接收、由解调器 232a 到 232t 处理、由 RX MIMO 处理器 236 空间处理、并由 RX 数据处理器 238 进一步处理 (例如, 码元解映射和解码) 以恢复出 UE 120 发送的信道状态信息和数据。控制器/处理器 240 可基于收到的信道状态信息控制去往/来自 UE 120 的数据传输。

控制器/处理器 240 和 290 可分别指令 B 节点 110 和 UE 120 上的操作。存储器 242 和 292 可各自存储供 B 节点 110 和 UE 120 使用的数据和程序代码。调度器 244 可基于接收自所有 UE 的信道状态信息来选择 UE 120 和/或其他 UE

进行下行链路和/或上行链路上的数据传输。

B 节点 110 可在每个码元周期的每个副载波上同时从 T 个发射天线发射一个或多个数据码元。多个 (K 个) 副载波可用于传输并且可用 OFDM 或单载波频分复用 (SC-FDM) 来获得。B 节点 110 可使用各种传输方案传送数据码元。

在一种设计中, B 节点 110 可如下处理每个副载波 k 的数据码元:

$$\underline{\mathbf{x}}(k) = \mathbf{U} \mathbf{P}(k) \underline{\mathbf{s}}(k), \quad \text{式(1)}$$

其中 $\underline{\mathbf{s}}(k) = [s_1(k) \ s_2(k) \ \dots \ s_M(k)]^T$ 为 $M \times 1$ 向量, 该向量包含在一个码元周期中的副载波 k 上要在 M 个层上发送的 M 个数据码元,

$\mathbf{P}(k)$ 为副载波 k 的 $T \times M$ 层置换矩阵,

$\mathbf{U} = [\mathbf{u}_1 \ \mathbf{u}_2 \ \dots \ \mathbf{u}_T]$ 为 $T \times T$ 预编码矩阵,

$\underline{\mathbf{x}}(k) = [x_1(k) \ x_2(k) \ \dots \ x_T(k)]^T$ 为 $T \times 1$ 向量, 该向量包含 T 个发射天线在一个码元周期中的副载波 k 上的输出码元, 以及

“ T ”标示转置。

式(1)对应于一个副载波 k 。可对用于传输的每个副载波执行相同的处理。

预编码矩阵 \mathbf{U} 被用来通过 T 个发射天线形成 T 个虚拟天线。每个虚拟天线由 \mathbf{U} 的一列构成。数据码元可与 \mathbf{U} 的一列相乘, 并且随后可在一个虚拟天线和所有 T 个发射天线上发送。 \mathbf{U} 可以是离散傅里叶变换 (DFT) 矩阵或一些其他具有正交列和对应每列的单位功率的正交矩阵。 \mathbf{U} 还可以从预编码矩阵集合中选择。

层置换矩阵 $\mathbf{P}(k)$ 将 M 个层映射至 M 个虚拟天线, 后者可以从 T 个可用虚拟天线中选择。 $\mathbf{P}(k)$ 可以基于层到选定供使用的虚拟天线的映射来定义, 如以下所描述的。通常, 可对 K 个副载波使用相同或不同的置换矩阵。

对于式(1)中所示的设计, B 节点 110 可呈现为具有 T 个虚拟天线而非 T 个物理天线。T 个虚拟天线可与不同的 SINR 相关联。可执行秩选择以确定 M 个最佳虚拟天线供数据传输用, 其中通常 $1 \leq M \leq T$ 。

图 3 示出了用于确定 M 个最佳虚拟天线 v_1 到 v_M 以供数据传输用的秩选择的设计。在图 3 所示的示例中, $T=4$, 且四个虚拟天线可用。可评估总共 15 个假言, 其中四个假言 1 到 4 对应一个虚拟天线, 六个假言 5 到 10 对应两

个虚拟天线，四个假言 11 到 14 对应三个虚拟天线，以及一个假言 15 对应四个虚拟天线。图 3 中示出了对应每个假言的虚拟天线集合。例如，假言 2 对应一个虚拟天线 2 ($v_1=2$)，假言 6 对应两个虚拟天线 1 和 3 ($v_1=1$ 和 $v_2=3$) 等等。

每个假言的性能可通过首先跨对应该假言的所有虚拟天线均匀地分布总发射功率 $P_{\text{总}}$ 来确定。性能可按诸如平均 SINR、总容量、整体吞吐量等度量来量化。可对 15 个假言的每一个确定度量值。可标识具有最大度量值的假言，且对应此假言的虚拟天线集合可被选择供使用。

通常，秩选择可依赖于可供使用的预编码矩阵以及该预编码矩阵可被使用的方式。例如，有预编码矩阵集合可供使用，并且给定预编码矩阵中的任一个或多个列可被选择供使用。在此情形中，可对每个预编码矩阵的所有假言确定度量值。具有最大度量值的预编码矩阵和虚拟天线集合随后可被选择供使用。作为另一示例，具有不同数目个列的预编码矩阵集合可供使用，且一个预编码矩阵可被选择供使用。在此情形中，对应每个预编码矩阵有一个假言，可对每个预编码矩阵确定度量值，且具有最大度量值的预编码矩阵可被选择供使用。通常，任意数目个预编码矩阵可供使用，且每个预编码矩阵可具有任意数目个假言。在任一情形中，所选虚拟天线的数目可称为 MIMO 传输的秩。

可基于具有例如最高总容量等最大度量值的假言来选择 MIMO 传输的秩。可基于数据可从每个虚拟天线独立地发送的假设来计算每个假言的度量值。然而，在实际系统中，相比于较低的秩，较高的秩可能与更多的实现损耗相关联。例如，对于秩为 2 或更高，多个码字可与混合自动重复请求 (HARQ) 并行发送，可对这些码字使用不同次数的重传，并且在为使下一组码字可时间对准地发送而等待最后的码字完成时可能在一个或多个层上的传输中存在间隙。作为另一示例，更高秩的 MIMO 检测可能更倾向于遭受归因于不准确的信道估计的损耗。

在一方面，秩选择可按计及依存于秩的实现损耗的方式来执行。较高的秩可能与例如归因于上述缘由的较大的实现损耗相关联。因此，与秩成比例的惩罚因子可用于秩选择，其中对秩的渐进升高使用渐进增大的惩罚因子以计算度量值。可选择惩罚因子以支持较低的秩，后者可与较少的实现损耗以及可能较

低的信令开销相关联。当两个秩具有近似度量值时，惩罚因子可使得仅当这两个秩的度量值之间的差异大于补偿较高秩的预期较大实现损耗时才选择较高的秩。每个秩的预期实现损耗可经由计算机仿真、经验测量等来估计。随后可基于每个秩的预期实现损耗来设置该秩的惩罚因子。在一种设计中，可对不同的秩独立地选择不同的惩罚因子。在另一种设计中，不同秩的惩罚因子可按预定偏移量 PF_{OS} 线性地增加且可被计算为 $PF_{Rm} = (m-1) \cdot PF_{OS}$ ，其中 PF_{Rm} 是秩 m 的惩罚因子。通常，不同秩的惩罚因子可被给定为 $PF_{R1} < PF_{R2} \leq \dots \leq PF_{RM}$ 。在两种设计中，不同秩的惩罚因子可以是静态值或可以是基于信道条件和/或其他因素而变化的动态值，

图 4 示出了基于最大总容量准则选择 M 个最佳虚拟天线的秩选择器 400 的设计的框图。秩选择器 400 可由图 2 中 UE 120 处的处理器 290 或 B 节点 110 处的处理器 240 来实现。秩选择器 400 包括分别对应秩 1 到 4 的四个处理部分 410a 到 410d。部分 410a 提供对应秩 1 的四个假言的四个总容量值，部分 410b 提供对应秩 2 的六个假言的六个总容量值，部分 410c 提供对应秩 3 的四个假言的四个总容量值，而部分 410d 提供对应秩 4 的一个假言的一个总容量值。

在对应秩 1 的处理部分 410a 内，空间映射单元 412a 可接收对应每个副载波 k 的 MIMO 信道响应矩阵 $\mathbf{H}(k)$ ，并确定高效 MIMO 信道响应向量 $\mathbf{h}_{v_1}(k)$ 如下： $\mathbf{h}_{v_1}(k) = \mathbf{H}(k) \cdot \mathbf{u}_{v_1}$ ，其中 \mathbf{u}_{v_1} 为预编码矩阵 \mathbf{U} 中对应虚拟天线 v_1 的列，且 v_1 取决于正被评估的假言。SINR 计算单元 414a 可基于 $\mathbf{h}_{v_1}(k)$ 、UE 120 所用的 MIMO 检测技术、以及分配给虚拟天线 v_1 的副载波 k 的发射功率来确定虚拟天线 v_1 的每个副载波 k 的 SINR $\gamma_{v_1}(k)$ 。容量映射器 416a 可基于无约束容量函数或约束容量函数来将 SINR $\gamma_{v_1}(k)$ 映射至容量。单元 416a 可累积虚拟天线 v_1 的所有 K 个副载波的容量并提供虚拟天线 v_1 的总容量 C_{v_1} 。也可以其他方式来确定总容量。例如，可在所有副载波上对 SINR 取平均，且可将平均 SNR 映射至容量。在任一情形中，单元 418a 可基于秩 1 的惩罚因子 PF_{R1} 调节虚拟天线 v_1 的总容量并提供虚拟天线 v_1 的经调节容量 C_{adj,v_1} 。可对分别与正被选择的虚拟天线 1、2、3 或 4 相对应的 $v_1 = 1, 2, 3, 4$ 的四个假言中的每一个重复此处理。

对应秩 2 的处理部分 410b 可对采用两个虚拟天线的六个假言中的每一个

确定总容量 C_{v12} 。单元 418b 可基于秩 2 的惩罚因子 PF_{R2} 调节每个假言的总容量。对应秩 3 的处理部分 410c 可对采用三个虚拟天线的四个假言中的每一个确定总容量 C_{v123} 。单元 418c 可基于秩 3 的惩罚因子 PF_{R3} 调节每个假言的总容量。对应秩 4 的处理部分 410d 可对采用四个虚拟天线的假言确定总容量 C_{v1234} 。单元 418d 可基于秩 4 的惩罚因子 PF_{R4} 调节该假言的总容量。

秩选择器和 CQI 生成器 430 可接收秩 1 到 4 的 15 个假言中的每一个的经调节容量。单元 430 可选择具有最大经调节容量的假言并可提供与所选假言相对应的秩和虚拟天线。对于 $T=4$ ，总共有 15 个假言，且所选秩和所选虚拟天线两者可由所选假言的 4 比特索引来传达。单元 430 还可基于所选虚拟天线的 SINR 来确定一个或多个 CQI。通常，可针对一个或多个天线、一个或多个码字等生成 CQI。CQI 可包括平均 SINR、调制和编码方案 (MCS)、分组格式、传输格式、率和/或一些其他指示信号质量或传输容量的信息。也可以其他方式来执行秩和天线选择。

在另一种设计中，可将不同的惩罚因子用于不同的码字数目（而非秩）。对于 HARQ，空白损耗可能是归因于不同码字的不同次数的重传，且可能由此与码字的数目（而非层的数目）相关。不同码字数目的惩罚因子可被给定为 $PF_{C1} < PF_{C2} \leq \dots \leq PF_{CL}$ ，其中 PF_{Cl} 是 l 个码字的惩罚因子。通常，惩罚因子可被参数化为因变于秩、码字的数目、一些其他参数、或任何参数组合。

UE 120 可向 B 节点 110 发送所选预编码矩阵（如果多个预编码矩阵可供使用）和 M 个所选虚拟天线。B 节点 110 可使用 M 个所选虚拟天线的全部或子集来向 UE 120 进行数据传输。

B 节点 110 可使用 M 个所选虚拟天线发送 L 个码字，其中通常 $1 \leq L \leq M$ 。码字可通过在发射机处编码数据块来获得，并且可由接收机单独地解码。数据块也可称为码块、传输块、分组、协议数据单元 (PDU) 等。码字也可称为编码块、编码分组等。 L 个数据块可被单独地编码以获得 L 个码字。在数据块与码字之间有一对一映射。B 节点 110 可经由一个或多个所选虚拟天线来发送每个码字。

图 5A 示出了在不带层置换的情况下从 $M=4$ 个虚拟天线发射 $L=4$ 个码字的设计，这也可称为选择性每虚拟天线率控制 (S-PVARC)。在此设计

中，码字 1、2、3 和 4 是分别从虚拟天线 1、2、3 和 4 发送的——从每个虚拟天线发送一个码字。M 个虚拟天线可具有不同 SINR。可基于用于每个码字的虚拟天线的 SINR 为该码字选择合适的 MCS。每个码字可基于为该码字选取的 MCS 来发送。

图 5B 示出了在带层置换的情况下从 $M=4$ 个虚拟天线发射 $L=4$ 个码字的设计，这也可称为选择性虚拟天线置换 (S-VAP)。在此设计中，可基于将码字映射至副载波和虚拟天线的映射图案来从所有四个虚拟天线发送每个码字。在图 5A 所示的设计中，每个码字跨 K 个副载波在四个虚拟天线当中循环。因此，码字 1 是在副载波 1、5 等上从虚拟天线 1 发送、在副载波 2、6 等上从虚拟天线 2 发送、在副载波 3、7 等上从虚拟天线 3 发送、以及在副载波 4、8 等上从虚拟天线 4 发送。其余各个码字也是跨 K 个副载波在四个虚拟天线当中循环的，如图 5B 中所示的。每个码字是通过层置换跨所有所选的虚拟天线发送的，并且可由此观测 M 个所选虚拟天线的平均 SINR。可基于平均 SINR 来选择合适的 MCS 并将其用于每个码字。

可将层定义为对应供传输用的每个副载波包括一个空间维度。层也可称为传输层等。在有 M 个所选虚拟天线的情况下，M 个空间维度可用于每个副载波。在图 5A 中没有层置换的情况下，M 个层可供使用，且每个层可被映射至不同虚拟天线。在图 5B 中有层置换的情况下，M 个层可供使用，且每个层可跨所有 M 个虚拟天线被映射。通常，可基于任何映射将每个层映射至副载波和虚拟天线，在图 5A 和 5B 中示出了其两个示例。

UE 120 可对 R 个接收自 R 个解调器 254a 到 254r 的 R 个码元流执行 MIMO 检测以获得 M 个检出码元流，后者是经由 M 个所选虚拟天线发送的 M 个数据码元流的估计。MIMO 检测可以基于最小均方误差 (MMSE)、迫零 (ZF)、最大比组合 (MRC)、最大似然 (ML) 检测、球形检测和/解码、或某些其他技术。UE 120 可处理 M 个数据码元流以获得对应由 B 节点 110 发送的 L 个码字的 L 个经解码数据块。

UE 120 还可执行带 SIC 的 MIMO 检测。在此情形中，UE 120 可执行 MIMO 检测，接着处理检出码元流以恢复一个码字，随后估计并消除归因于所恢复的码字的干扰，再接着对下一码字重复相同处理。稍后被恢复的各个码字可体验

较少的干扰，因此观测到更高的 SINR。由于 SIC 的缘故，L 个码字可达成不同的 SINR。每个码字的 SINR 可依存于：(i) 线性 MIMO 检测下该码字的 SINR；(ii) 码字被恢复的具体阶段；以及(iii) 归因于稍后恢复的码字（如果有）的干扰。

UE 120 可发送信道状态信息以帮助 B 节点 110 向 UE 进行数据传输。信道状态信息可包括所选预编码矩阵和 M 个所选虚拟天线。信道状态信息还可包括 M 个所选虚拟天线的一个或多个 CQI。对于图 5A 中所示没有层置换的情形，UE 120 可发送 M 个所选虚拟天线的每一个的 CQI。如果 UE 120 支持 SIC，则 M 个所选虚拟天线的 M 个 CQI 可反映归因于 SIC 的 SINR 改善。对于图 5B 中所示有层置换的情形，UE 120 可发送所有 M 个所选虚拟天线的平均 CQI。如果 UE 120 支持 SIC，则 UE 120 还可在第一虚拟天线之后发送每个虚拟天线的 Δ CQI。每个虚拟天线的 Δ CQI 可指示归因于对该虚拟天线使用 SIC 的 SINR 改善。或者，UE 120 可发送单个 Δ CQI，后者可指示归因于每个虚拟天线的 SIC 的平均 SINR 改善。 Δ CQI 也可称为差分 CQI、空间差分 CQI、增量 CQI 等。在任一情形中，发送每个所选虚拟天线的 CQI 可导致相对较高的反馈开销。

在一方面，或者一个码字或者两个码字可使用层置换经由一个或多个虚拟天线来发送。表 1 给出了关于一个或两个码字根据一种设计如何对应秩 1、2、3 和 4 发送的描述。层的数目等于秩。

表 1

秩	码字的数目	描述
1	1	经由最佳虚拟天线——例如 1、2、3 或 4——发送一个码字。
2	2	经由最佳虚拟天线对发送两个码字，每个层上一个码字。
3	2	经由三个最佳虚拟天线发送两个码字，一个码字在一个层上，而另一个码字在两个层上。
4	2	经由四个虚拟天线发送两个码字，每个码字在两个层上。

图 6A 示出了一个码字对应秩 1 的传输 610。可从四个可用虚拟天线 1、2、3 和 4 当中选择最佳虚拟天线来使用。一个层可用且被映射至所选虚拟天线，在图 6A 所示的示例中，该所选虚拟天线是虚拟天线 3。一个码字在一个层上且经由一个所选虚拟天线发送。

图 6B 示出了两个码字对应秩 2 的传输 620。可从四个可用虚拟天线当中选择最佳天线对{1, 2}、{1, 3}、{1, 4}、{2, 3}、{2, 4}或{3, 4}来使用。在图 6B 中所示的示例中，虚拟天线 2 和 4 是所选虚拟天线。两个层可用并且可在层置换下被映射至两个所选虚拟天线。码字 1 可在层 1 上发送，这在图 6B 中用阴影示出。码字 2 可在层 2 上发送，这在图 6B 中不带阴影地示出。

图 6C 示出了两个码字对应秩 3 采用对称层置换的传输 630。可从四个可用虚拟天线当中选择三个最佳天线{1, 2, 3}、{1, 2, 4}、{1, 3, 4}或{2, 3, 4}来使用。在图 6C 中所示的示例中，虚拟天线 1、2 和 4 是所选虚拟天线。三个层可用并且可在层置换下被映射至三个所选虚拟天线。在图 6C 所示的示例中，层置换是对称的，且每个层以循环方式被映射至全部三个所选虚拟天线。码字 1 可在层 1 上发送，这在图 6C 中用阴影示出。码字 2 可在层 2 和 3 上发送，这在图 6C 中不带阴影地示出。由于码字 2 在两个层上发送而码字 1 在一个层上发送，因此码字 2 可具有比码字 1 大的大小。

图 6D 示出了两个码字对应秩 3 采用非对称层置换的传输 632。在图 6D 所示的示例中，层 1 被跨所有三个所选虚拟天线映射，层 2 被映射至虚拟天线 1 和 2，而层 3 被映射至虚拟天线 1 和 4。码字 1 可在层 1 上发送，这在图 6D 中用阴影示出。码字 1 可跨所有三个所选虚拟天线发送，因为层 1 被映射至所有三个所选虚拟天线。码字 2 可在层 2 和 3 上发送，这在图 6D 中不带阴影地示出。码字 2 可跨所有三个所选虚拟天线发送，即使层 2 和 3 各自仅被映射至三个所选虚拟天线中的两个。

图 6E 示出了两个码字对应秩 4 采用对称层置换的传输 640。所有四个可用虚拟天线可被选择来使用。四个层可用并且可在层置换下被映射至四个所选虚拟天线。在图 6E 所示的示例中，层置换是对称的，且每个层以循环方式被映射至全部四个所选虚拟天线。码字 1 可在层 1 和 2 上发送，这在图 6E 中用

阴影示出。码字 2 可在层 3 和 4 上发送，这在图 6E 中不带阴影地示出。

图 6F 示出了两个码字对应秩 4 采用非对称层置换的传输 642。在图 6F 所示的示例中，层 1 在交替副载波上被映射至虚拟天线 1 和 3，层 2 在交替副载波上被映射至虚拟天线 2 和 4，层 3 在交替副载波上被映射至虚拟天线 1 和 3，而层 4 在交替副载波上被映射至虚拟天线 2 和 4。码字 1 可在层 1 和 2 上发送，这在图 6F 中用阴影示出。码字 1 可跨所有四个所选虚拟天线发送，即使层 1 和 2 各自仅被映射至四个所选虚拟天线中的两个。码字 2 可在层 3 和 4 上发送，这在图 6F 中不带阴影地示出。码字 2 可跨所有四个所选虚拟天线发送，即使层 3 和 4 各自仅被映射至四个所选虚拟天线中的两个。

图 6F 中的非对称层置换可被认为是码字置换的示例。在此示例中，第一天线群包括虚拟天线 1 和 2，而第二天线群包括虚拟天线 3 和 4。码字 1 在交替副载波上被映射至第一和第二天线群，而码字 2 类似地在交替副载波上被映射至第二和第一天线群。

图 6B 到 6F 示出了对应两个、三个和四个所选虚拟天线的对称和非对称层置换的一些示例。通常，层可被对称地映射至所有所选虚拟天线或非对称地映射至所选虚拟天线的全部或子集。无论用于每个码字的每个层可被如何映射，层置换皆可以是这种形式的：该码字被均匀地映射至所有所选虚拟天线。

码字到虚拟天线的映射可如下执行：

1. 将 L 个码字映射至 M 个层，例如，如表 1 中所示的，
2. 将置换 M 个层，例如，如图 6B 到 6F 中所示的，以及
3. 将 M 个经置换层映射至 M 个所选虚拟天线，每个所选虚拟天线映射一个经置换的层。

如果每个码字是跨所有 M 个所选的虚拟天线发送的，则每个码字可观测线性 MIMO 检测下 M 个所选虚拟天线的平均 SINR。UE 120 可基于平均 SINR 确定基 CQI。如果 UE 120 能够执行 SIC 且两个码字在秩 2 或更高下发送，则 UE 120 可基于稍后恢复的码字的 SINR 与平均 SINR 之间的差的确定 Δ CQI。 Δ CQI 还可称为 SIC 增益且可以是 0 dB 或更大。如果 UE 120 不能执行 SIC，则可将平均 SINR 应用于发送给 UE 的所有码字。UE 120 可向 B 节点 110 发送基 CQI 和 Δ CQI（如果适用）。B 节点 110 可基于 CQI 处理（例如，编码和调

制) 第一码字并可基于基 CQI 和 Δ CQI (如果适用) 处理第二码字。

在层置换的情况下, Δ CQI 可应用于支持 SIC 的有 SIC 能力的 UE, 但是不能应用于不支持 SIC 的无 SIC 能力的 UE。可通过有 SIC 能力和无 SIC 能力的 UE 以各种方式发送 CQI 信息。

图 7A 示出了有 SIC 能力和无 SIC 能力的 UE 的 CQI 报告方案。在此方案中, 相同的 CQI 格式 710 被用于两种类型的 UE 并包括基 CQI 字段 712 和 Δ CQI 字段 714。字段 712 可携带完全 CQI 值并可具有 N_B 比特的长度, 其中 N_B 可等于 4、5、6 或某一其他值。字段 714 可携带 Δ CQI 值并可具有 N_D 比特的长度, 其中 N_D 可等于 2、3、4 或某一其他值。有 SIC 能力的 UE 可在字段 712 中发送基 CQI 以及在字段 714 中发送 Δ CQI。无 SIC 能力的 UE 可在字段 712 中发送基 CQI 以及在字段 714 中发送空值 (例如, 0dB)。

图 7B 示出了有 SIC 能力和无 SIC 能力的 UE 的另一 CQI 报告方案。在此方案中, 不同 CQI 格式 710 和 720 被用于两种类型的 UE。CQI 格式 710 包括基 CQI 字段 712 和 Δ CQI 字段 714, 而 CQI 格式 720 仅包括基 CQI 字段 722。有 SIC 能力的 UE 可在 CQI 格式 710 的字段 712 中发送基 CQI 以及在 CQI 格式 710 的字段 714 中发送 Δ CQI。无 SIC 能力的 UE 可在 CQI 格式 720 的字段 722 中发送基 CQI。UE 可在呼叫开始时报告其能力, 例如作为呼叫建立期间的参数或基于 UE 标识。UE 可被指令基于其能力使用或者 CQI 格式 710 或者 720。

图 7C 示出了有 SIC 能力和无 SIC 能力的 UE 的另一 CQI 报告方案。在此方案中, 相同 CQI 格式 710 被用于两种类型的 UE, 但是针对有 SIC 能力和无 SIC 能力的 UE 携带不同内容。有 SIC 能力的 UE 可在字段 712 中发送基 CQI 以及在字段 714 中发送 Δ CQI。无 SIC 能力的 UE 可在字段 712 中发送基 CQI 以及在字段 714 中发送其他信息。有 SIC 能力和无 SIC 能力的 UE 皆能更充分利用 CQI 格式 710 中的可用比特。UE 可在呼叫开始时报告其能力。UE 可被指令发送以下任一者: (i) 基 CQI 和 Δ CQI——如果 UE 是有 SIC 能力的; (ii) 基 CQI 和其他信息——如果 UE 是无 SIC 能力的。

在一种设计中, 在字段 714 中发送的其他信息包括从预编码矩阵集合中选取的预编码矩阵。在此设计中, 有 SIC 能力的 UE 可关于单个预编码矩阵 (例

如，DFT 矩阵）进行操作，并且无需针对所选的预编码矩阵回送信息。无 SIC 能力的 UE 可关于预编码集合进行操作，并能够选择并回送提供最佳性能的预编码矩阵。例如，如果 $N_D = 3$ ，则无 SIC 能力的 UE 可选择八个可能的预编码矩阵中的一者，并使用三个比特回送所选预编码矩阵。在另一种设计中，有 SIC 能力的 UE 可关于较小的预编码矩阵集合进行操作，无 SIC 能力的 UE 可关于较大的预编码矩阵集合进行操作，并且针对较大集合的附加预编码信息可在字段 714 中发送。通常，字段 714 可被用来发送预编码信息（例如，预编码矩阵、预编码向量等的）、SINR 信息（例如，平均 SINR、差分 SINR 等）和/或其他信息。当选择秩 1 且 ΔCQI 不适用时，有 SIC 能力的 UE 也可在字段 714 中发送其他信息（例如，可由无 SIC 能力的 UE 发送的任何信息）。

对于有 SIC 能力的 UE，基 CQI 可被认为是空间信道取平均参数，而 ΔCQI 可被认为是 SIC 增益参数。层置换本质上将 L 个码字的 L 个单独的信道依存 CQI 转换成具有类似总容量的空间信道取平均参数和 SIC 增益参数。空间信道取平均参数和 SIC 增益参数相较于单独的信道依存 CQI 可在时间和频率上更缓慢地变化。此外，SIC 增益参数可在较窄范围内变化，而单独的信道依存 CQI 之间的间隙可在较大范围内变化。这些因素可实现空间反馈的减少以及潜在的时频反馈的减少。

使用具有基 CQI 和 ΔCQI 反馈的层置换可提供各个优点，包括：

1. 减少的反馈开销—相较于在没有层置换下每个码字的完全 CQI，基 CQI 和 ΔCQI 可用较少的比特且可能更低频率地发送，以及
2. 提升的性能，其归因于在 CQI 开始失效或被差错地接收到时，或者当调度带宽与在其上估计 CQI 的带宽不同时以及其时候每层提高的空间分集。

针对不同操作环境——例如不同信道模型、不同 CQI 格式、不同 CQI 报告延迟、不同调度带宽相对 CQI 报告带宽等——带层置换或不带层置换的 2×2 和 4×4 MIMO 传输执行各种计算机仿真。计算机仿真表明，对于相同反馈开销——例如 5 比德基 CQI 和 2 比特 ΔCQI ——而言层置换在性能上胜于没有层置换。当信道多普勒适度或较高时和当调度带宽不等于 CQI 报告带宽时——这两者通常是实际 MIMO 操作中存在的情形，性能提升更大。

图 8 示出了图 2 中 B 节点 110 处的 TX 数据处理器 220 和 TX MIMO 处理器 230 的设计的框图。在 TX 数据处理器 220 内，分用器 (Demux) 810 可接收来自数据源 212 的数据，将数据分用成要并行发送的 L 个数据块，并将这 L 个数据块提供给 L 个处理部分 820a 到 820 ℓ ，其中 $L \geq 1$ 。

在处理部分 820 内，编码器 822a 可根据编码方案编码其数据块并提供码字 1。编码方案可包括卷积码、Turbo 码、低密度奇偶校验 (LDPC) 码、循环冗余校验 (CRC) 码、块码等或其组合。编码器 822a 还可根据需要执行穿孔或重复，以获得所需数目的码比特。加扰器 824a 可基于用于码字 1 的扰码将来自编码器 822a 的码比特加扰。码元映射器 826a 可基于调制方案映射来自加扰器 824a 的经加扰比特并提供数据码元。

TX 数据处理器 220 内的其余各个处理部分 820 可类似地处理其数据块并提供每个码字的数据码元。每个处理部分 820 可基于为其码字选取的 MCS 执行编码和调制。通常，MCS 可指示编码方案或码率、调制方案、分组大小、数据率、和/或其他参数。

在 TX MIMO 处理器 230 内，乘法器 830a 到 830 ℓ 可分别从处理部分 820a 到 820 ℓ 接收 L 个码字的数据码元。每个乘法器 828 可选择成达成其码字的合需发射功率的增益 G 来定标其数据码元。码字映射器 832 可例如如图 6A 到 6F 中所示地将 L 个码字的数据码元映射至 M 个层。层映射器 834 可例如如图 6A 到 6F 所示地将 M 个层的数据码元和导频码元映射至用于传输的副载波和虚拟天线。码字映射器 832 和层映射器 834 还可被组合成一个映射器。预编码 836 可将每个副载波的经映射码元与预编码矩阵 \mathbf{U} 相乘并提供所有副载波的输出码元。预编码 836 可向 T 个调制器 232a 到 232t 提供 T 个输出码元流。

图 9 示出了 RX MIMO 处理器 620a 和 RX 数据处理器 270a 的框图，其是图 2 中 UE 120 处的 RX MIMO 处理器 260 和 RX 数据处理器 270 的一种设计。在 RX MIMO 处理器 260a 内，MIMO 检测器 910 可获得接收自 R 个解调器 254a 到 254r 的 R 个码元流。MIMO 检测器 910 可基于 MMSE、迫零、MRC 或一些其他技术对 R 个收到码元流执行 MIMO 检测。MIMO 检测器 910 可提供 M 个所选虚拟天线的 M 个检出码元流。层解映射器 912 可接收 M 个检出码元流，以与图 8 中的层映射器 834 执行的映射互补的方式执行解映射，并提供 M 个

层的 M 个经解映射的码元流。码字解映射器 914 可解映射 M 个层的 M 个经解映射的码元流，并提供 L 个码字的 M 个经解映射的码元流。层解映射器 912 和码字解映射器 914 还可被组合成一个映射器。

在图 9 中所示的设计中，RX 数据处理器 270a 包括对应 L 个码字的 L 个处理部分 920a 到 920 l 。每个处理部分 920 可接收并处理对应一个码字的一个经解映射的码元流并提供对应经解码的数据块。在码字 1 的处理部分 920a 内，码元解映射器 922a 可例如通过基于经解映射的码元和用于码字 1 的调制方案计算码字 1 的传送码比特的对数似然比 (LLR) 来对其经解映射的码元流执行码元解映射。解扰器 924a 可基于用于码字 1 的扰码将来自码元解映射器 922a 的 LLR 解扰。解码器 926a 可解码经解扰的 LLR 并提供对应码字 1 的经解码数据块。

RX 数据处理器 27a 内的其余各个处理部分 920 可类似地处理其经解映射码元流并提供对应的经解码数据块。处理部分 920a 到 920 l 可提供对应 L 个码字的 L 个经解码数据块。复用器 (Mux) 930 可复用 L 个经解码数据块并提供经解码数据。

图 10 示出了 RX MIMO 处理器 260b 和 RX 数据处理器 270b 的框图，其是图 2 中 UE 120 处的 RX MIMO 处理器 260 和 RX 数据处理器 270 的另一种设计。处理器 260b 和 270b 执行 SIC、一次恢复一个码字、以及估计并消除来自每个所恢复码字的干扰。

在用于首先正被恢复的码字 1 的级 1 内，MIMO 检测器 1010a 可获得接收自 R 个解调器 254a 到 254r 的 R 个码元流。MIMO 检测器 1010a 可对 R 个收到码元流执行 MIMO 检测 (例如，基于 MMSE 技术) 并提供对应 M 个所选虚拟天线的 M 个检测码元流。层和码字解映射器 1012a 可解映射 M 个检出码元流并提供码字 1 的一个经解映射的码元流。处理部分 1020a 可对经解映射码元流执行码元解映射、解扰和解码，并提供码字 1 的经解码数据块，如以上针对图 9 的处理部分 920a 描述的。

如果码字 1 被正确解码，则处理部分 1022a 可以与图 8 中 B 节点 110 处的处理部分 820a 相同的方式将经解码的数据块编码、加扰和码元映射，以生成码字 1 的数据码元。TX MIMO 处理器 1014a 可以与图 8 中的 TX MIMO 处理

器 230 相同的方式对码字 1 的数据码元执行空间处理。干扰估计器 1016a 可基于来自 TX MIMO 处理器 1014a 的经映射数据码元和信道估计来估计归因于码字 1 的干扰。干扰减去单元 1018a 可从 R 个收到码元流减去估计干扰并向下一级提供 R 个输入码元流。

在用于其次被恢复的码元 2 的级 2 内, MIMO 检测器 1010b 可获得来自第一级中的单元 1018a 的 R 个输入码元流, 对这 R 个输入码元流执行 MIMO 检测(例如, 基于 MMSE 技术)并提供对应 M 个所选虚拟天线的 M 个检出码元流。层和码字解映射器 1012b 可解映射 M 个检出码元流并提供码字 2 的一个经解映射的码元流。处理部分 1020b 可对经解映射的码元流执行码元解映射、解扰和解码并提供码字 2 的经解码数据块。

如果两个以上的码字被并行地发送, 则级 1 之后的每个级可接收来自前一级的 R 个输入码元流, 以与级 1 相类似的方式处理这些输入码元流, 并提供正由此级恢复的码字的经解码数据块。如果码字被正确解码, 则可估计归因于该码字的干扰并将其从用于该级的 R 个输入码元流中减去以获得供下一级用的 R 个输入码元流。最后一级可省去干扰估计和消除。

图 11 示出了用于发送 MIMO 传输的过程 1100 的设计。过程 1100 可由 B 节点、UE、或某一其他发射机站来执行。可生成用于从多个天线发射以进行 MIMO 传输的多个码字, 其中码字的数目少于天线的数目(框 1112)。通常, 天线可对应于基于预编码矩阵形成的虚拟天线、物理天线等。可从多个可用天线选择多个天线。多个码字的每一个可跨多个天线被映射(框 1114)。每个码字可跨多个天线被均匀地映射, 以使均等的码字部分被映射至多个天线的每一个。例如, 每个码字可例如如图 6C 到 6E 中所示地在多个副载波上跨多个天线被循环地映射。

在一种设计中, 可生成包括第一和第二码字的两个码字。对于秩 3, 第一码字可跨三个天线被映射且在每个副载波上被映射至一个天线。第二码字可跨三个天线被映射且在每个副载波上被映射至两个天线。对于秩 4, 每个码字可跨四个天线被映射且在每个副载波上被映射至两个天线。

在一种设计中, 每个码字可被映射至多个层中的至少一个。多个层随后例如可通过在多个副载波上跨多个虚拟天线循环地映射每个层来映射至多个虚

拟天线。可生成包括第一和第二码字的两个码字。对于秩 3，第一码字被映射至三个层中的一个，第二码字被映射至三个层中的其余两个，并且这三个层可被映射至三个虚拟天线。对于秩 4，每个码字可被映射至四个层中的两个，并且四个层可被映射至四个虚拟天线。

图 12 示出了用于发送 MIMO 传输的装置 1200 的设计。装置 1200 包括：用于生成供从多个天线发射以进行 MIMO 传输的多个码字的装置，并且码字的数目少于天线的数目（模块 1212）；以及用于跨多个天线映射多个码字的每一个的装置（模块 1214）。

图 13 示出了用于接收 MIMO 传输的过程 1300 的设计。过程 1300 可由 UE、B 节点、或某一其他接收机站来执行。包括经由多个天线发送的多个码字的 MIMO 传输可被接收到，其中每个码字跨多个天线被映射，并且其中码字的数目少于天线的数目（框 1312）。可对源自跨多个天线的每个码字执行解映射（框 1314）。每个经解映射的码字可被解码以获得对应经解码数据块（框 1316）。

在一种设计中，MIMO 传输可包括第一和第二码字。对于秩 3，解映射可以是针对以下执行的：(i) 源自跨三个虚拟天线且在多个副载波中每一个上源自一个虚拟天线的第一个码字；以及(ii) 源自跨三个虚拟天线且在每个副载波上源自两个虚拟天线的第二个码字。对于秩 4，可对源自跨四个虚拟天线且在每个副载波上源自两个虚拟天线的每个码字进行解映射。

可对多个收到码元流执行 MIMO 检测以获得对应多个天线的多个检出码元流。在一种设计中，多个检出码元流可被解映射以获得对应多个码字的多个经解映射码元流。每个经解映射码元流随后可被解码以获得对应一个码字的经解码数据块。在另一种设计中，多个检出码元流可被解映射以获得对应多个层的多个第一经解映射码元流。多个第一经解映射码元流可被进一步解映射以获得对应多个码字的多个第二经解映射码元流。每个第二经解映射码元流随后可被解码以获得对应一个码字的经解码数据块。

图 14 示出了用于接收 MIMO 传输的装置 1400 的设计。装置 1400 包括：用于接收包括经由多个天线发送的多个码字的 MIMO 传输的装置，其中每个码字跨多个天线被映射，并且其中码字的数目少于天线的数目（模块 1412）；

用于对源自跨多个天线的每个码字执行解映射的装置（模块 1414）；以及用于解码每个经解映射码字以获得对应经解码数据块的装置（模块 1416）。

图 15 示出了用于确定 CQI 的过程 1500 的设计。过程 1500 可由 UE、B 节点等来执行。可确定指示 MIMO 传输所用的多个天线的平均信号质量的基 CQI（框 1512）。还可确定指示相对于 MIMO 传输的平均信号质量的提升的 Δ CQI（框 1514）。基 CQI 可包括 SINR 值、调制和编码方案、分组格式、传输格式、率等。 Δ CQI 可包括对基 CQI 的改变。

对于有 SIC 能力的 UE，可基于将 SIC 用于对 MIMO 传输的检测来确定 Δ CQI。 Δ CQI 可指示在消除源自第一码字的干扰之后第二码字的信号质量的提升。若 MIMO 传输具有秩 1，则可将 Δ CQI 设成空值。对于无 SIC 能力的 UE 以及同样对于在秩为 1 时有 SIC 能力的 UE，若 SIC 未被用于对 MIMO 传输的检测或者若秩为 1，则可将 Δ CQI 设为空值。预编码和/或其他信息也可使用惯常被用于 Δ CQI 的比特来发送，并且可指示从多个预编码矩阵选取的预编码矩阵和/或其他信息。

在一种设计中，MIMO 传输可包括第一和第二码字。对于秩 3，可基于三个虚拟天线的平均信号质量来确定基 CQI。对于秩 4，可基于四个虚拟天线的平均信号质量来确定基 CQI。对于秩 3 和 4，可基于在消除源自第一码字的干扰之后第二码字的信号质量中的提升来确定 Δ CQI。

图 16 示出了用于确定 CQI 的装置 1600 的设计。装置 1600 包括：用于确定指示 MIMO 传输所用的多个天线的平均信号质量的基 CQI 的装置（模块 1612）；以及用于确定指示相对于 MIMO 传输的平均信号质量的提升的 Δ CQI 的装置（模块 1614）。

图 17 示出了用于执行秩/码字选择的过程 1700 的设计。过程 1700 可由 UE、B 节点等来执行。可使用对应每个传输阶的惩罚因子来确定多个传输阶的性能度量值，其中每个传输阶与用于传输的不同秩或不同码字数目相对应，并且较高的传输阶与较大的惩罚因子相关联（框 1712）。可基于多个传输阶的性能度量值选择用于 MIMO 传输的传输阶（框 1714）。

在一种设计中，每个传输阶可对应于不同秩。在此情形中，可为多个秩的多个假言确定性度量值，其中每个假言对应于至少一个天线的不同集合，例

如如图 3 中所示的。可为 MIMO 传输选择与具有最大性能度量值的假言相对应的秩以及至少一个天线的集合。每个假言的性能度量值可与对应该假言的至少一个天线的集合的总容量或某一其它度量有关。

在一种设计中,可使用第一惩罚因子来为对应秩 1 的多个第一假言中的每一个确定性能度量值。每个第一假言可对应于多个天线当中不同的天线。第一惩罚因子可以为零或非零。可使用第二惩罚因子来为对应秩 2 的多个第二假言中的每一个确定性能度量值。每个第二假言可对应于不同天线对。第二惩罚因子可等于或大于第一惩罚因子。可使用第三惩罚因子来为对应秩 3 的多个第三假言中的每一个确定性能度量值。每个第三假言可对应于不同三重天线集合。第三惩罚因子可等于或大于第二惩罚因子。可使用第四惩罚因子来为对应秩 4 的第四假言确定性能度量值。第四假言可对应于四重天线集合。第四惩罚因子可等于或大于第三惩罚因子。对于表 1 中所示的设计,一个码字对应秩 1 来发送,而两个码字对应秩 2、3 或 4 来发送。对应秩 2、3 和 4 的第二、第三和第四惩罚因子可彼此相等且可大于对应秩 1 的第一惩罚因子。在此情形中,秩选择实质上是针对不同的码字数目用不同惩罚因子来执行的。通常,当每个传输阶对应于不同秩时,可对应每个秩发送任何数目的码字。

在另一种设计中,每个传输阶可对应于不同的码字数目。在此情形中,可使用任何方案来为不同的码字数目确定性能度量值。可为 MIMO 传输选择具有最大性能度量值的码字数目。通常,当每个传输阶对应于不同的码字数目时,可将任何秩用于数据传输,且供数据传输用的秩可以任何方式来确定。

图 18 示出了用于执行秩/码字选择的装置 1800 的设计。装置 1800 包括:用于使用每个传输阶的惩罚因子来确定多个传输阶的性能度量值的装置,其中较高的传输阶与较大的惩罚因子相关联(模块 1812);以及用于基于多个传输阶的性能度量值选择用于 MIMO 传输的传输阶的装置(模块 1814)。

图 12、14、16 和 18 中的模块可包括处理器、电子设备、硬件设备、电子组件、逻辑电路、存储器等,或其任意组合。

本领域技术人员将可理解,信息和信号可使用各种不同技术和技艺中的任何一种来表示。例如,贯穿上面说明始终可能被述及的数据、指令、命令、信息、信号、比特、码元、和码片可由电压、电流、电磁波、磁场或磁粒子、光

场或光粒子、或其任何组合来表示。

本领域技术人员将进一步领会，结合本文公开描述的各种说明性逻辑框、模块、电路、和算法步骤可被实现为电子硬件、计算机软件、或两者的组合。为清楚地说明硬件与软件的可互换性，各种说明性组件、框、模块、电路、和步骤在上面是以其功能集的形式作一般化描述的。此类功能集是被实现为硬件还是软件取决于具体应用和强加于整体系统的设计约束。技术人员可针对每种特定应用以不同方式来实现所描述的功能集，但此类设计决策不应被解释为致使脱离本公开的范围。

结合本文公开描述的各个说明性逻辑框、模块、以及电路可用通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA) 或其他可编程逻辑器件、分立的门或晶体管逻辑、分立的硬件组件、或其设计成执行本文中描述的功能的任何组合来实现或执行。通用处理器可以是微处理器，但在替换方案中，处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器、或状态机。处理器还可以被实现为计算设备的组合，例如 DSP 与微处理器的组合、多个微处理器、与 DSP 核心协作的一个或多个微处理器、或任何其他此类配置。

结合本文公开描述的方法或算法的步骤可直接在硬件中、在由处理器执行的软件模块中、或在这两者的组合中体现。软件模块可驻留在 RAM 存储器、闪存、ROM 存储器、EPROM 存储器、EEPROM 存储器、寄存器、硬盘、可移动盘、CD-ROM、或本领域中所知的任何其他形式的存储介质。示例性存储介质耦合到处理器以使得该处理器能从/向该存储介质读取和写入信息。在替换方案中，存储介质可被整合到处理器。处理器和存储介质可驻留在 ASIC 中。ASIC 可驻留在用户终端中。在替换方案中，处理器和存储介质可作为分立组件驻留在用户终端中。

在一个或多个示例性设计中，所描述的功能可在硬件、软件、固件或其任何组合中实现。如果以软件来实现，则功能可作为一个或多个指令或代码被存储在计算机可读介质上或从其上传送。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质两者，通信介质包括助益于将计算机程序从一个地方传递到另一地方的任何媒介。存储介质可以是可由通用或专用计算机访问的任何可用介质。作

为示例而非限定，这样的计算机可读介质可包括 RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM 或其它光盘存储、磁盘存储或其它磁存储设备、或者可用来携带或存储指令或数据结构形式且可由通用或专用计算机或者通用或专用处理器访问的合需程序代码手段的任何其它介质。任何连接也正当地被称为计算机可读介质。例如，如果该软件是使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字订户线(DSL)、或诸如红外、无线电、以及微波等无线技术从 web 网站、服务器、或其它远程源传送的，则该同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL、或诸如红外、无线电、以及微波等无线技术也被包括在介质的定义之内。如在此所用的碟或盘包括压缩盘(CD)、激光盘、光盘、数字多功能盘(DVD)、软盘和蓝光盘，其中碟通常以磁的方式再现数据，而盘通常用激光以光的方式再现数据。上述的组合也应被包括在计算机可读介质的范围内。

提供了先前对本公开的描述是为了使得本领域任何技术人员皆能够制作或使用本公开。对该公开各种修改对于本领域技术人员将是显而易见的，并且本文中定义的普适原理可被应用于其他变形而不会脱离本公开的精神或范围。由此，本公开并非旨在被限定于本文中所述的示例和设计，而是应被授予与本文中公开的原理和新颖性特征一致的最广义的范围。

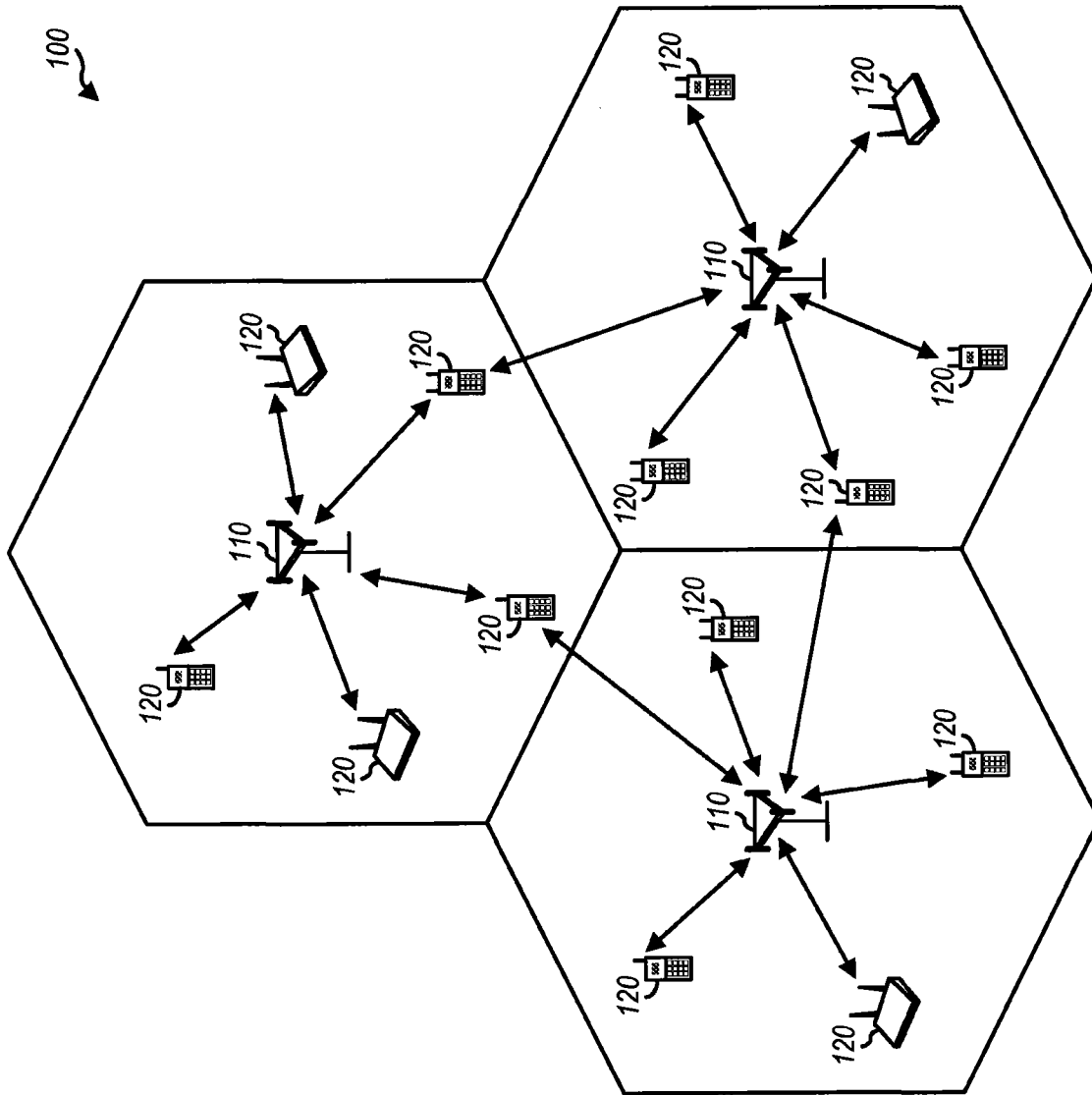


图 1

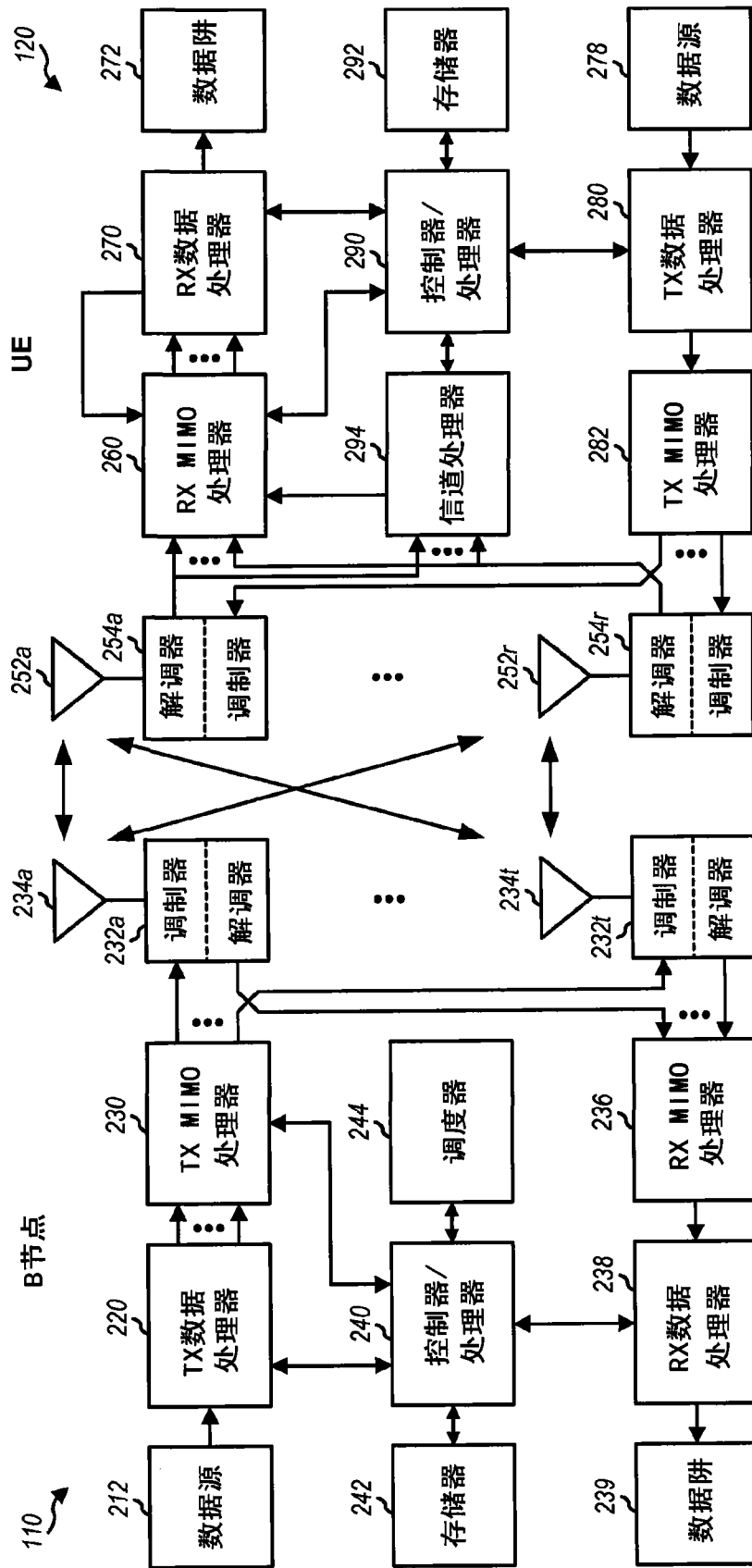


图 2

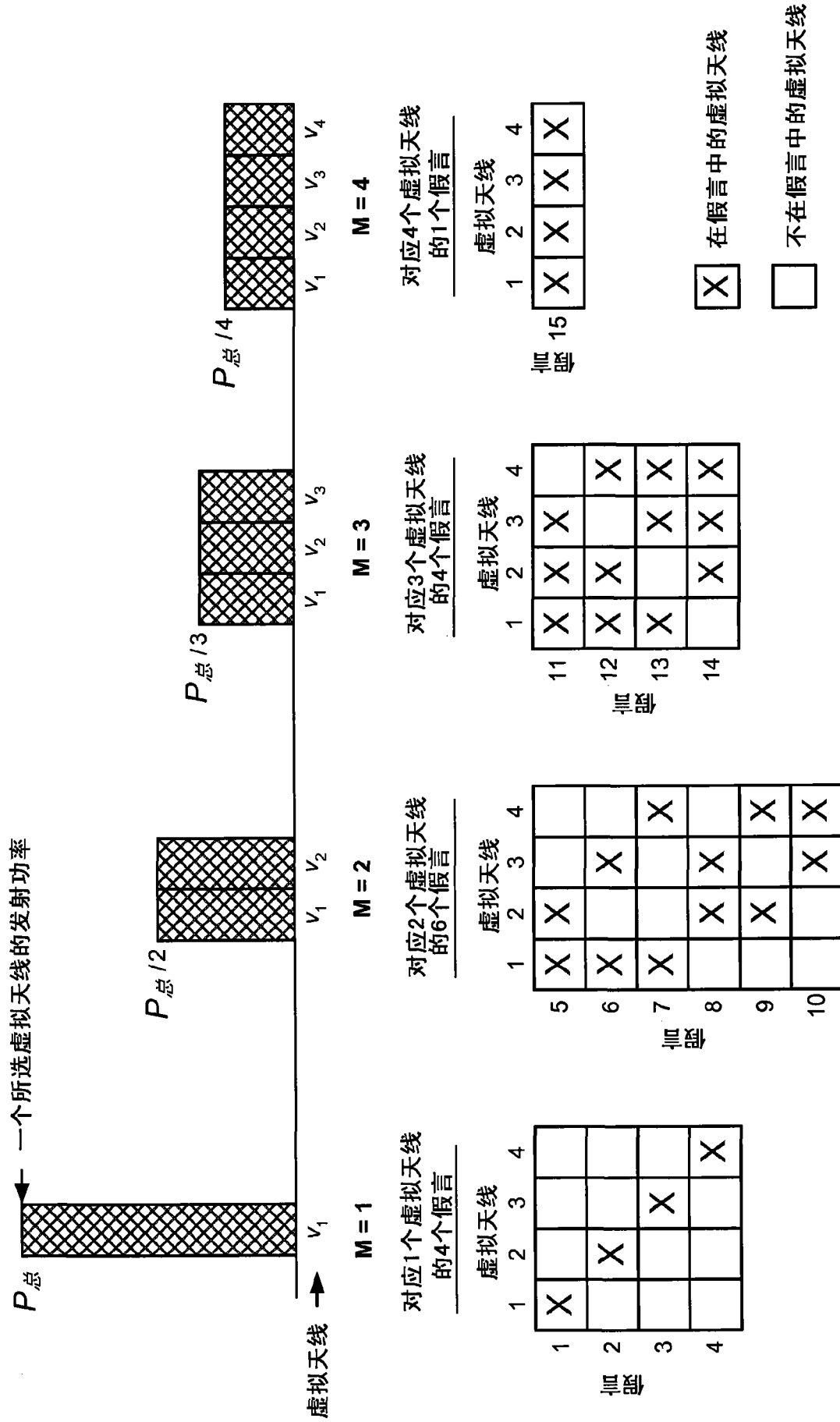


图 3

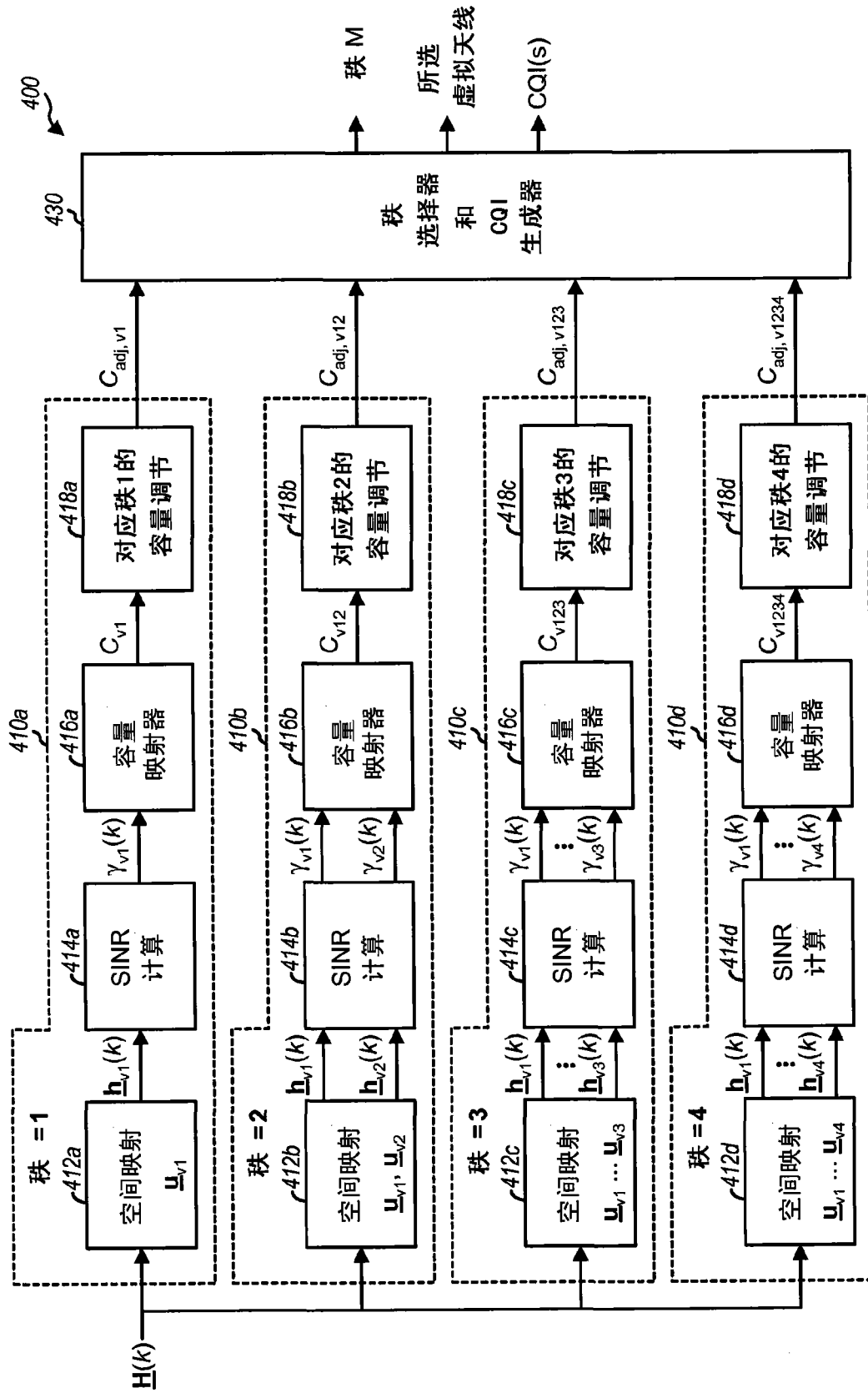


图 4

没有层置换

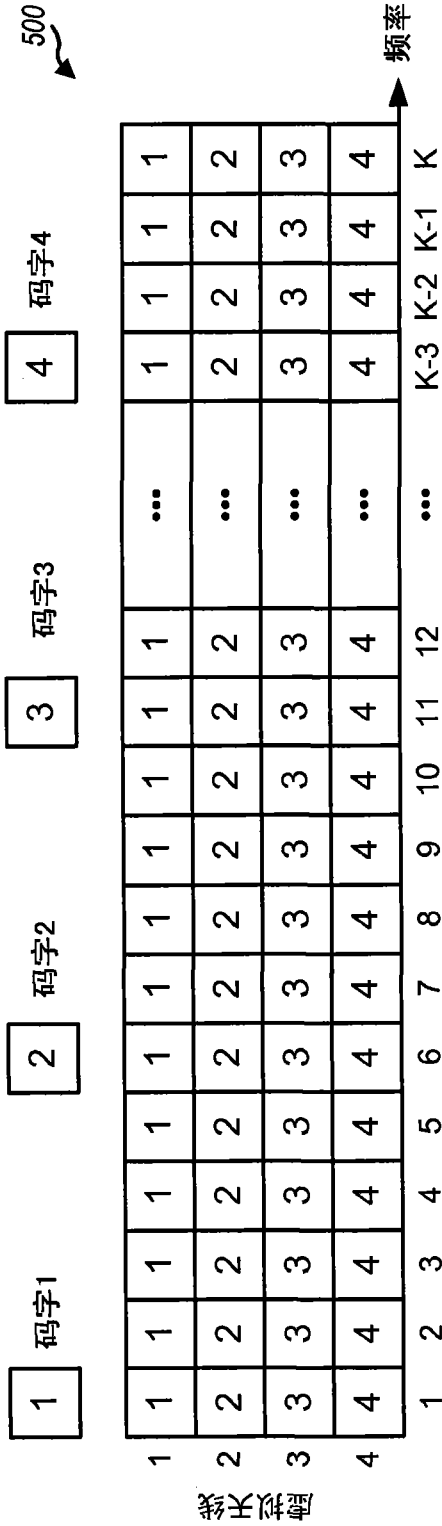


图 5A

层置换

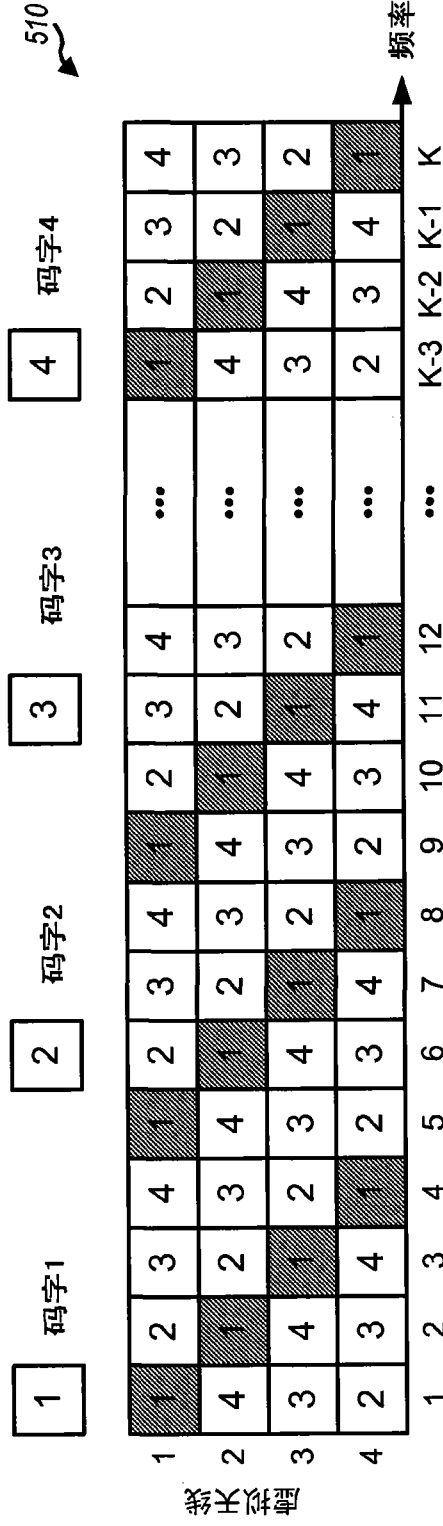


图 5B

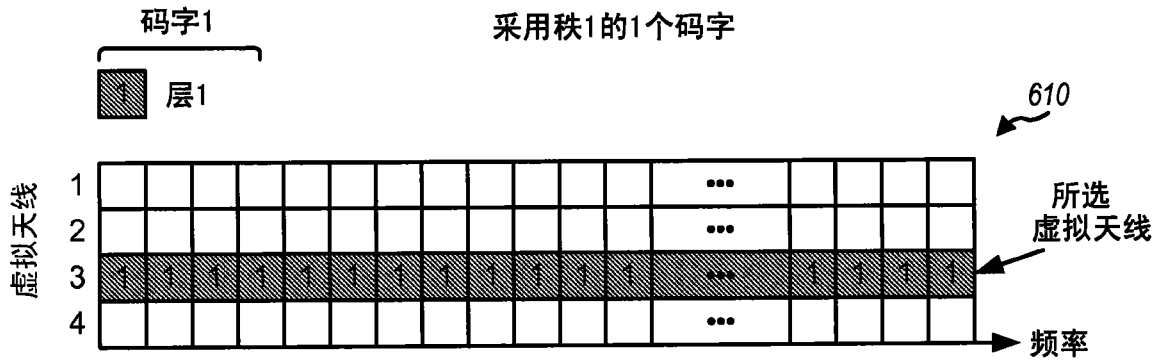


图 6A

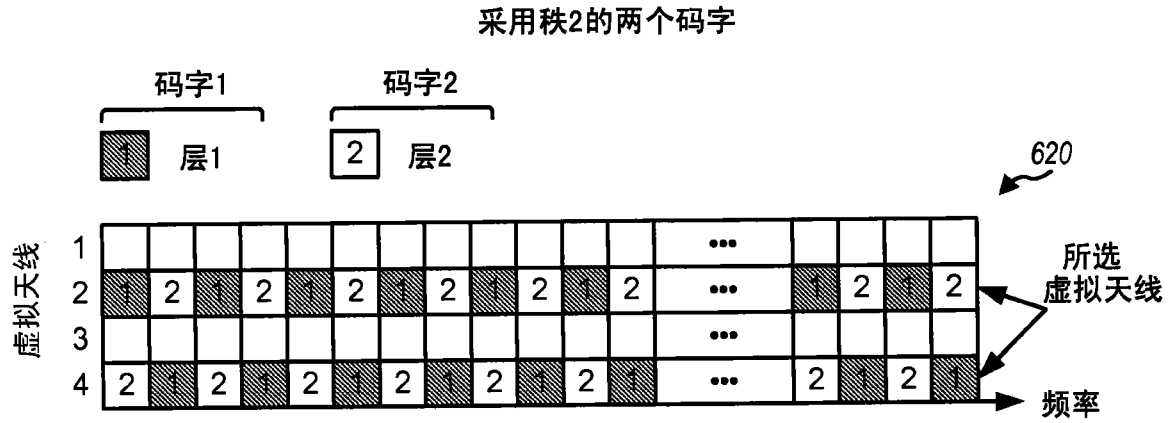


图 6B

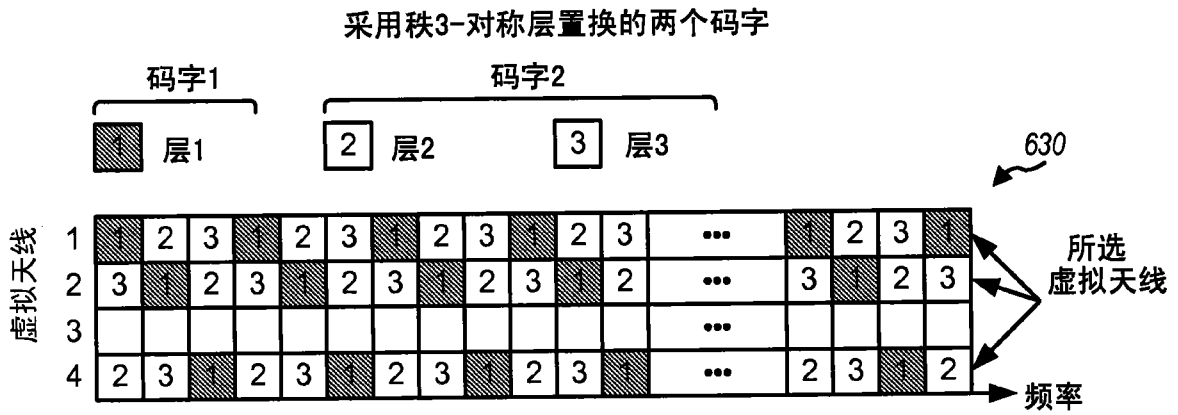


图 6C

采用秩3-非对称层置换的两个码字

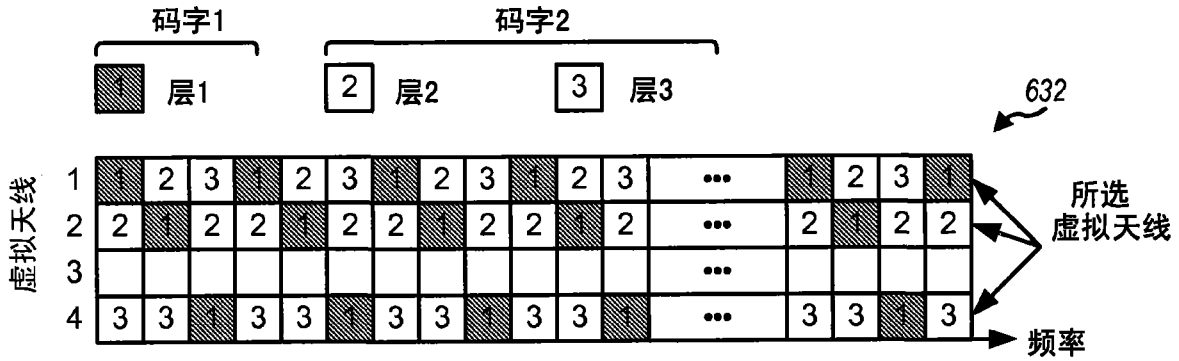


图 6D

采用秩4-对称层置换的两个码字

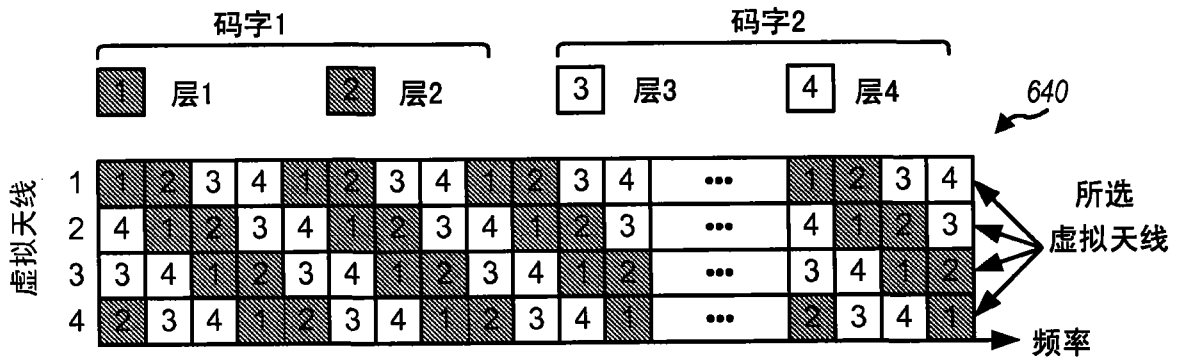


图 6E

采用秩4-非对称层置换的两个码字

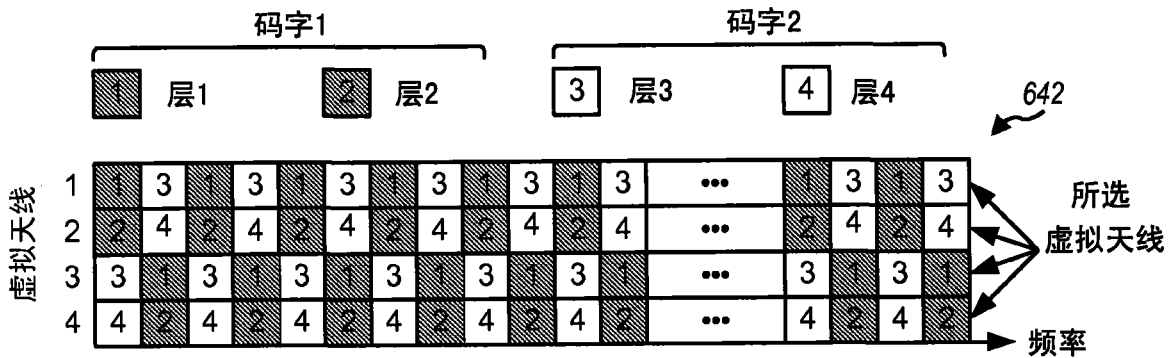


图 6F

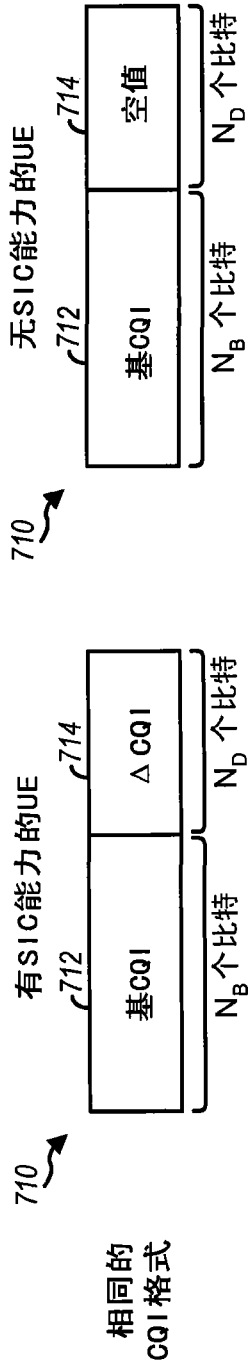


图 7A

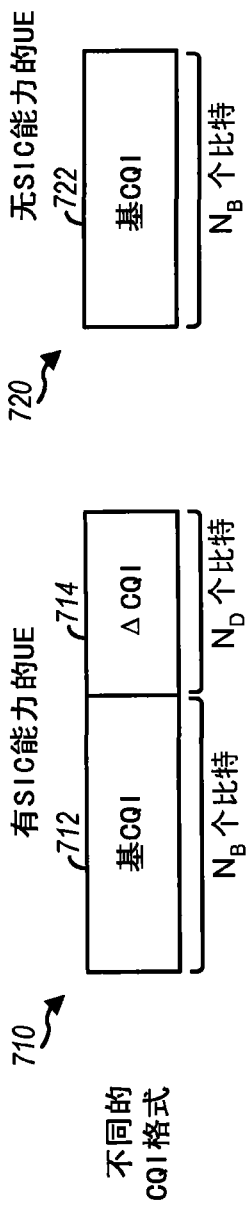


图 7B

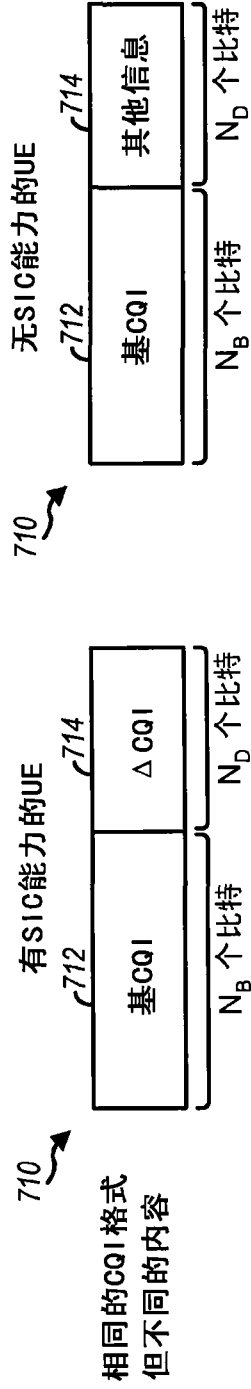


图 7C

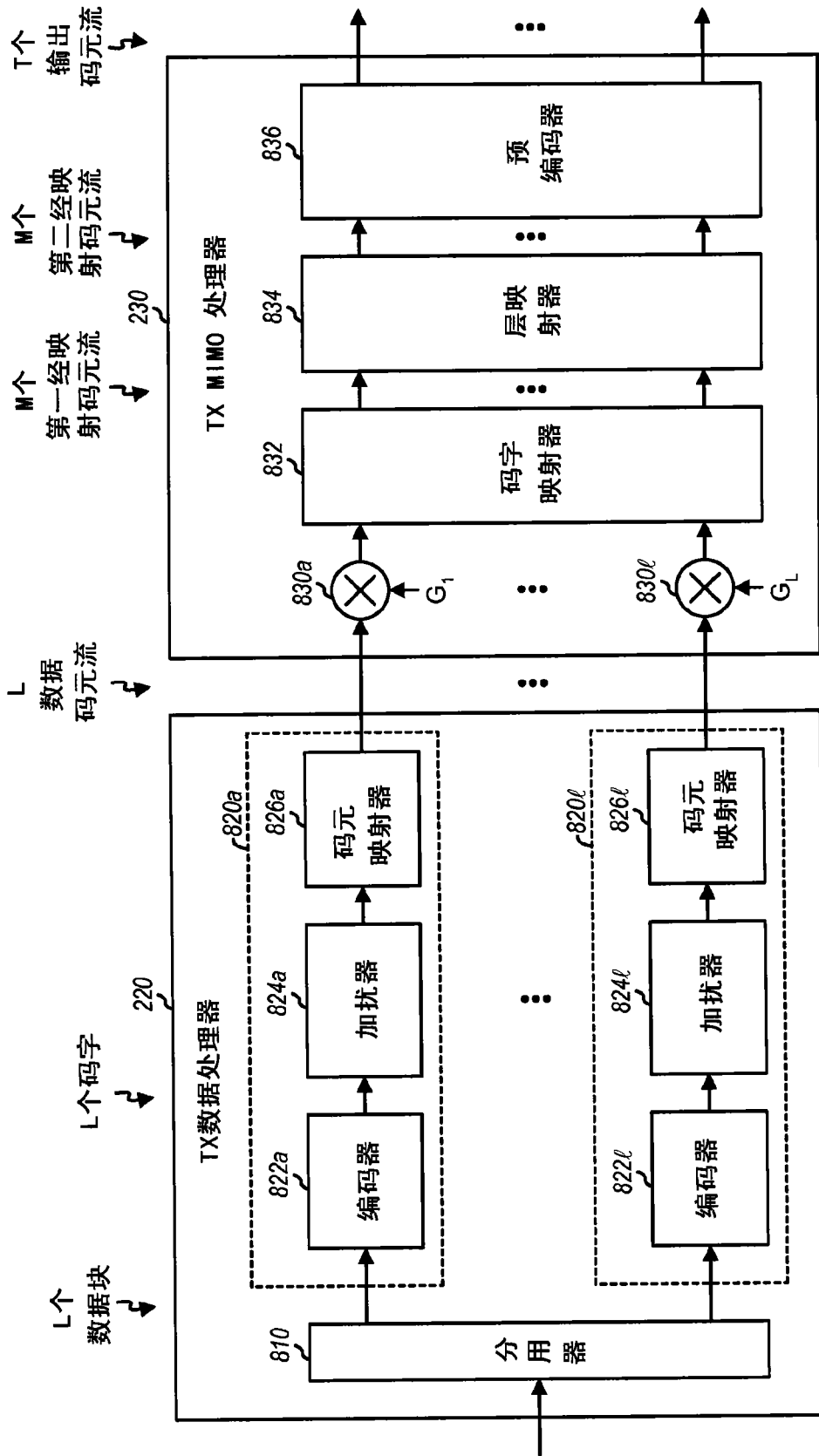


图 8

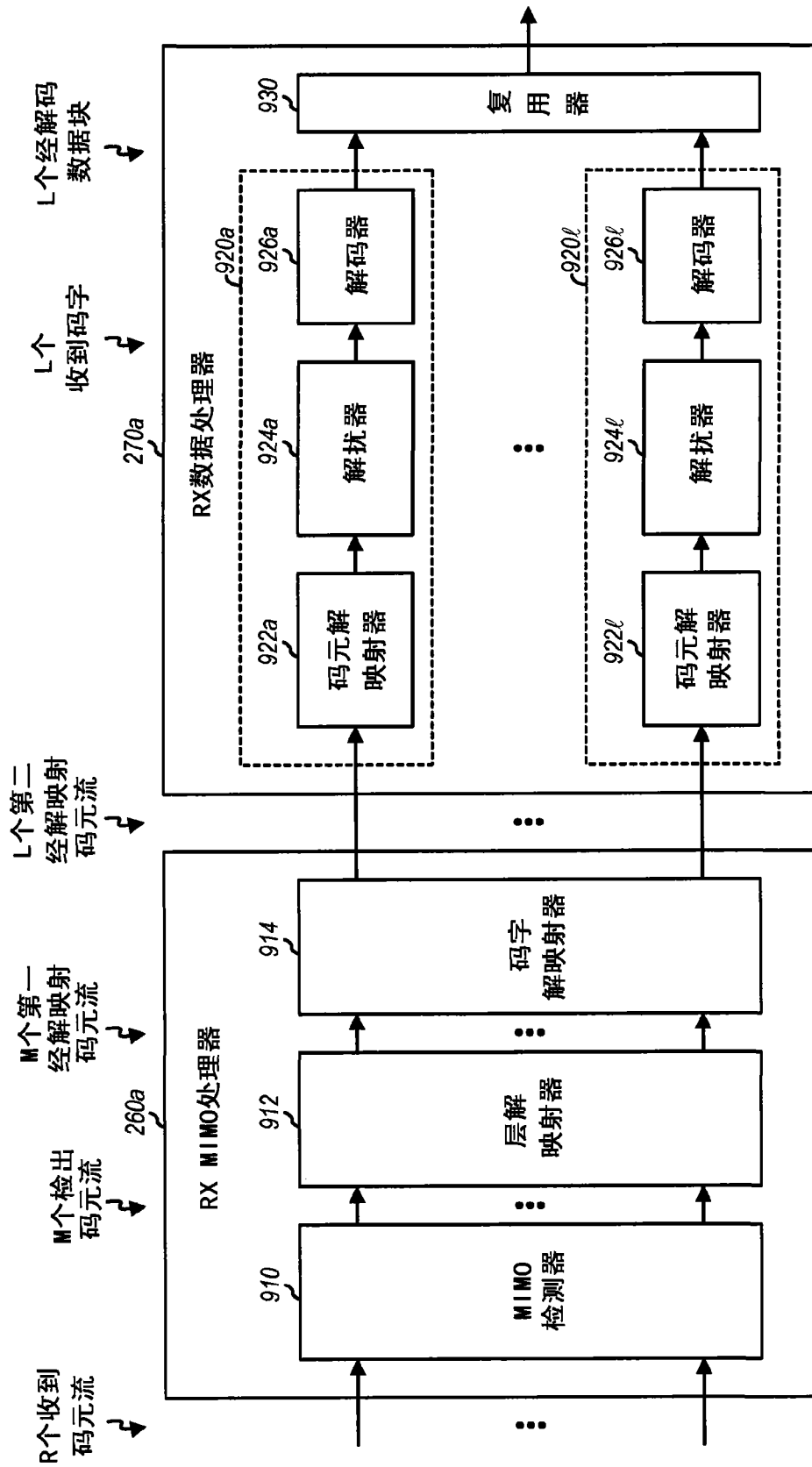


图 9

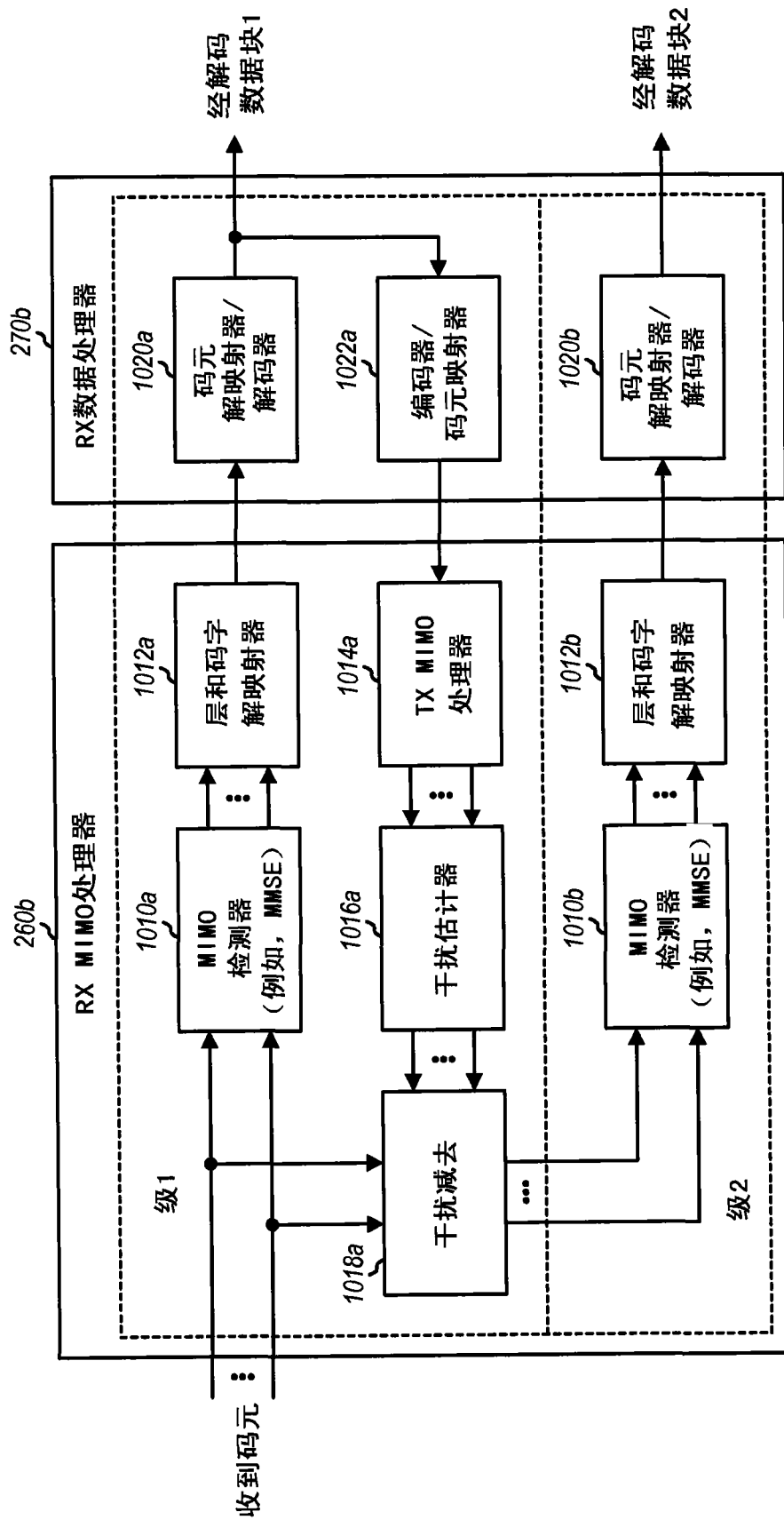


图 10

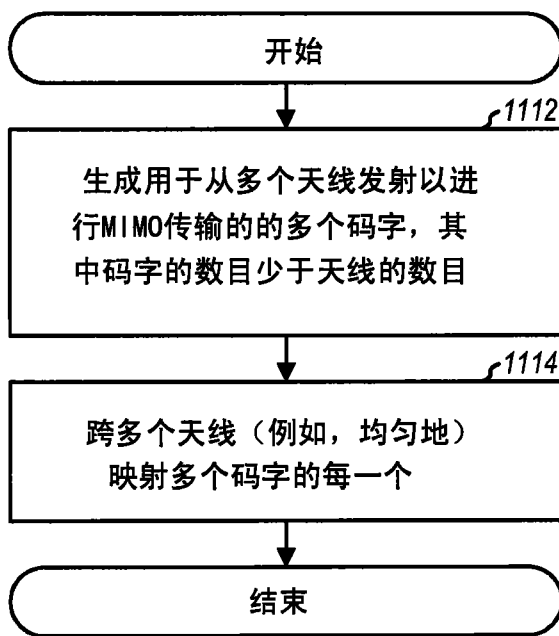


图 11

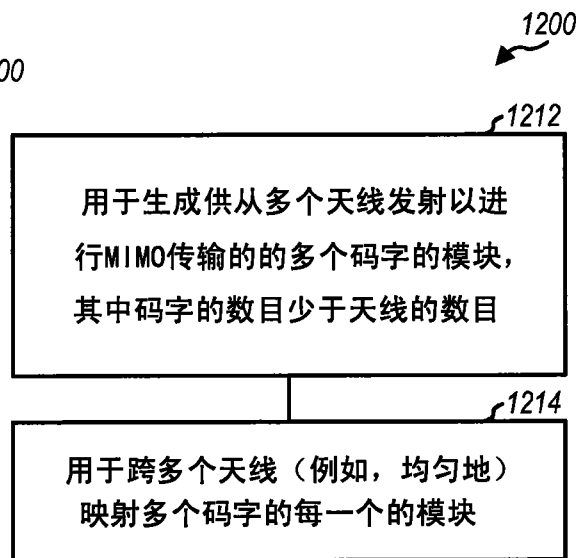


图 12

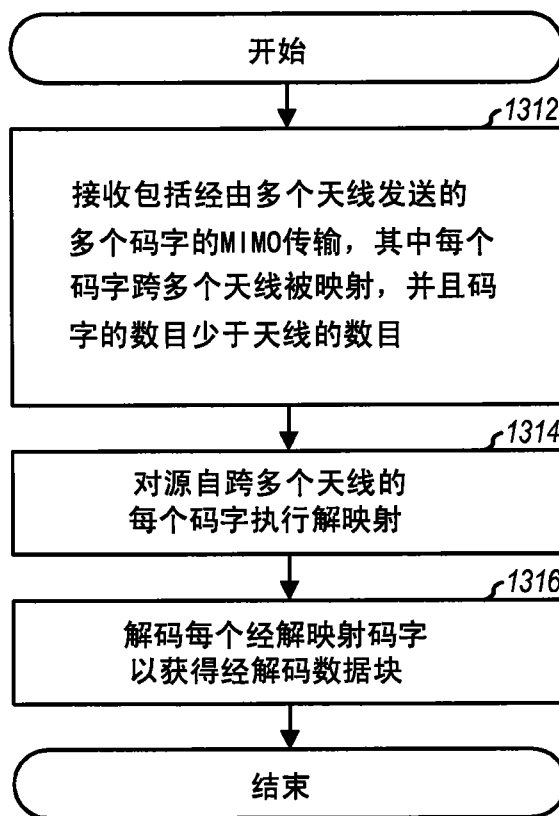


图 13

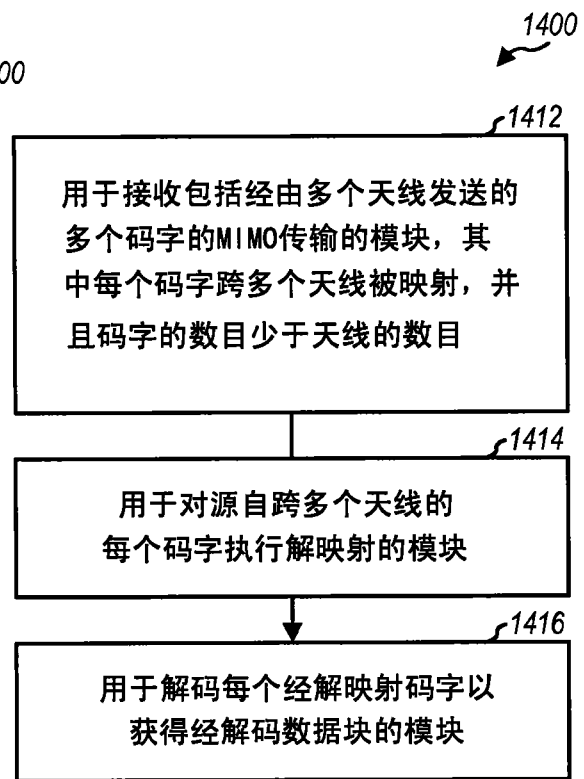


图 14

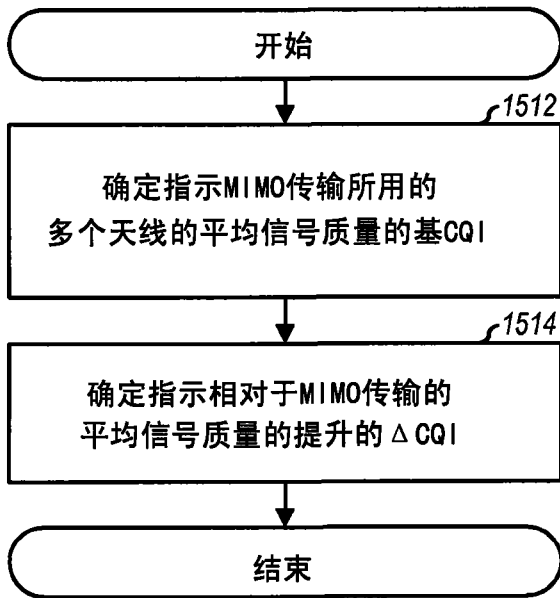


图 15

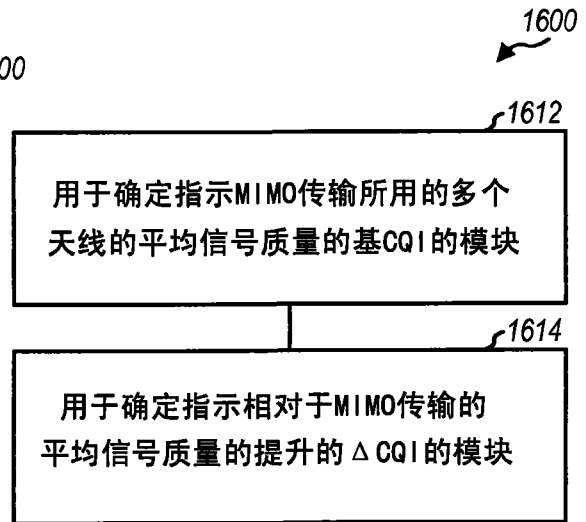


图 16

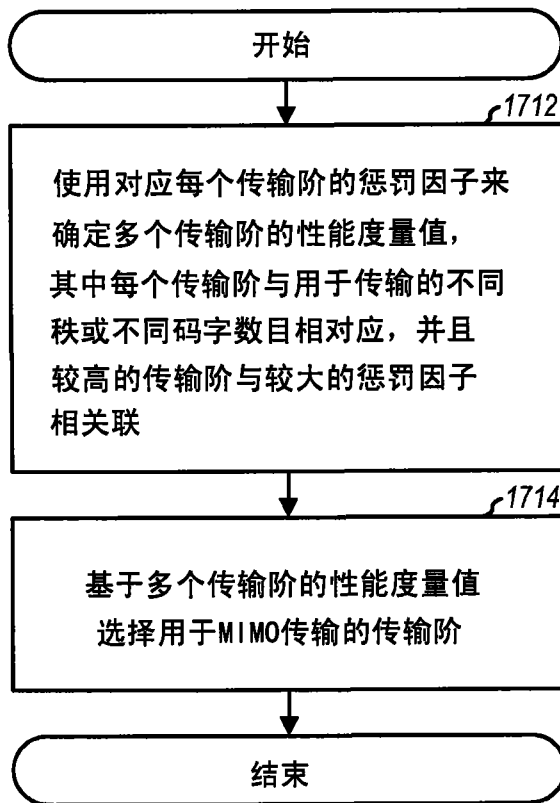


图 17

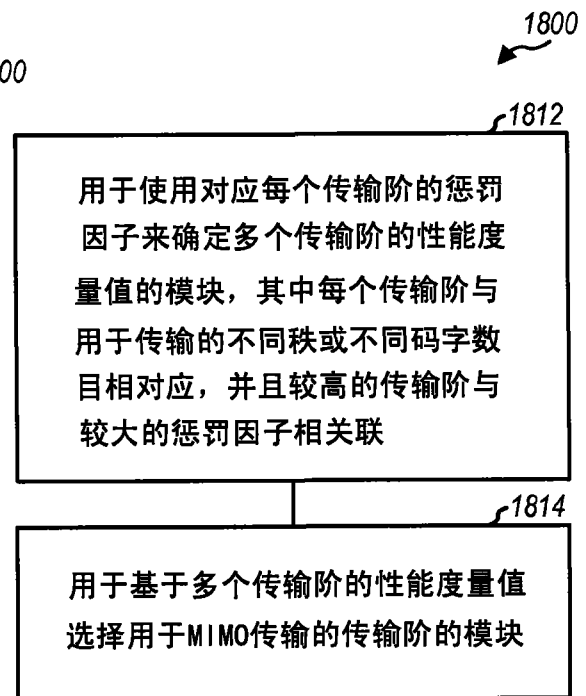


图 18