

[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

H04L 1/00 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01)

[21] 申请号 200780011008.6

[43] 公开日 2009年4月15日

[11] 公开号 CN 101411110A

[22] 申请日 2007.3.26

[21] 申请号 200780011008.6

[30] 优先权

[32] 2006.3.27 [33] US [31] 60/786,445

[86] 国际申请 PCT/US2007/064962 2007.3.26

[87] 国际公布 WO2007/112371 英 2007.10.4

[85] 进入国家阶段日期 2008.9.26

[71] 申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 B·金 D·P·马拉蒂

J·达姆尼亚诺维奇

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 王 英

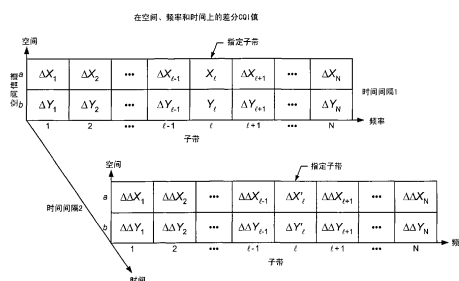
权利要求书9页 说明书22页 附图10页

[54] 发明名称

无线通信系统中 MIMO 和子带调度的信道状态信息的反馈

[57] 摘要

描述了使用差分编码来有效地发送信道状态信息的技术。差分编码可以在空间上，在频率上，在空间 and 频率上，在空间、频率和时间上，或者在其他一些维度的组合上来进行。在一个设计中，可以确定多个子带上的多个空间信道的空间状态信息。空间信道可以对应于不同的天线、不同的预编码矢量等等。可以获取多个子带上的多个空间信道的信道质量指示符(CQI)值。可以在多个空间信道和多个子带上对 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息。在另一设计中，可以获取多个时间间隔内的多个子带上的多个空间信道的 CQI 值，并且可以在空间、频率和时间上对 CQI 值进行差分编码。差分 CQI 信息和空间状态信息可以作为反馈被发送。



1、一种装置，包括：

处理器，用于获取多个子带上的多个空间信道的信道质量指示符(CQI)值，在所述多个空间信道和所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息，以及将所述差分 CQI 信息作为反馈来发送；以及存储器，其耦合至所述处理器。

2、根据权利要求 1 所述的装置，其中所述处理器用于在所述多个空间信道和所述多个子带上依据参照 CQI 值对所述 CQI 值进行差分编码，以及将所述参照 CQI 值与所述差分 CQI 信息一同发送。

3、根据权利要求 2 所述的装置，其中所述参照 CQI 值是指定子带上的指定空间信道的 CQI 值。

4、根据权利要求 2 所述的装置，其中所述参照 CQI 值是所述多个空间信道和所述多个子带的平均 CQI 值。

5、根据权利要求 2 所述的装置，其中所述参照 CQI 值是指定子带上的所述多个空间信道的平均 CQI 值。

6、根据权利要求 2 所述的装置，其中所述参照 CQI 值是所述多个子带上的指定空间信道的平均 CQI 值。

7、根据权利要求 1 所述的装置，其中所述处理器用于首先在所述多个空间信道上对所述 CQI 值进行差分编码，然后在所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码。

8、根据权利要求 1 所述的装置，其中所述处理器用于首先在所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码，然后在所述多个空间信道上对所述 CQI

值进行差分编码。

9、根据权利要求 1 所述的装置，其中所述多个空间信道包括指定空间信道和至少一个未指定空间信道，其中所述多个子带包括指定子带和至少一个未指定子带，以及其中所述处理器用于对每个未指定子带发送差分 CQI 信息。

10、根据权利要求 9 所述的装置，其中所述处理器用于：基于每个子带上的所述多个空间信道的 CQI 值，确定所述子带上的所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值。

11、根据权利要求 10 所述的装置，其中对于每个未指定子带，所述处理器用于：确定所述未指定子带上的所述指定空间信道的 CQI 值与所述指定子带上的所述指定空间信道的 CQI 值之间的差，以及确定所述未指定子带上的所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值与所述指定子带上的所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值之间的差。

12、根据权利要求 10 所述的装置，其中对于每个未指定子带，所述处理器用于：确定所述未指定子带上的所述指定空间信道的 CQI 值与邻近子带上的所述指定空间信道的 CQI 值之间的差，以及确定所述未指定子带上的所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值与所述邻近子带上的所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值之间的差。

13、根据权利要求 9 所述的装置，其中对于每个未指定子带，所述处理器用于：获取所述指定空间信道的差分 CQI 值，获取所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值，将所述指定空间信道的所述差分 CQI 值和所述至少一个未指定空间信道的所述至少一个差分 CQI 值映射至索引，以及将该索引作为所述未指定子带的差分 CQI 信息来发送。

14、根据权利要求 1 所述的装置，其中所述处理器用于确定所述多个

子带中的至少一个子带的空间状态信息，以及将所述空间状态信息作为反馈来发送。

15、根据权利要求 14 所述的装置，其中所述多个空间信道对应于从可用于传输的多个天线之中选择出的几个天线，以及其中所述空间状态信息表示所选择的天线。

16、根据权利要求 14 所述的装置，其中所述多个空间信道对应于从可用于传输的多个预编码矢量之中选择出的几个预编码矢量，以及其中所述空间状态信息表示所选择的预编码矢量。

17、一种方法，包括：

获取多个子带上的多个空间信道的信道质量指示符(CQI)值；

在所述多个空间信道和所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息；以及

将所述差分 CQI 信息作为反馈来发送。

18、根据权利要求 17 所述的方法，其中对所述 CQI 值进行所述差分编码包括

首先在所述多个空间信道上对所述 CQI 值进行差分编码，以及
然后在所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码。

19、根据权利要求 17 所述的方法，其中所述多个空间信道包括指定空间信道和至少一个未指定空间信道，其中所述多个子带包括指定子带和至少一个未指定子带，以及其中对每个未指定子带发送差分 CQI 信息。

20、根据权利要求 19 所述的方法，其中对所述 CQI 值进行所述差分编码包括，对于每个未指定子带，

获取所述指定空间信道的差分 CQI 值，

获取所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值，以及

将所述指定空间信道的所述差分 CQI 值和所述至少一个未指定空间信道的所述至少一个差分 CQI 值映射至索引。

21、一种装置，包括：

用于获取多个子带上的多个空间信道的信道质量指示符(CQI)值的模块；

用于在所述多个空间信道和所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息的模块；以及

用于将所述差分 CQI 信息作为反馈来发送的模块。

22、根据权利要求 21 所述的装置，其中用于对所述 CQI 值进行所述差分编码的模块包括

用于首先在所述多个空间信道上对所述 CQI 值进行差分编码的模块，以及

用于然后在所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码的模块。

23、根据权利要求 21 所述的装置，其中所述多个空间信道包括指定空间信道和至少一个未指定空间信道，其中所述多个子带包括指定子带和至少一个未指定子带，以及其中用于对所述 CQI 值进行所述差分编码的所述模块包括，对于每个未指定子带，

用于获取所述指定空间信道的差分 CQI 值的模块，

用于获取所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值的模块，以及

用于将所述指定空间信道的所述差分 CQI 值和所述至少一个未指定空间信道的所述至少一个差分 CQI 值映射至索引的模块。

24、一种处理器可读介质，其包括存储在其上的指令，所述指令包括：

第一指令集，用于获取多个子带上的多个空间信道的信道质量指示符(CQI)值；

第二指令集，用于在所述多个空间信道和所述多个子带上对所述 CQI

值进行差分编码来获取差分 CQI 信息；以及

第三指令集，用于将所述差分 CQI 信息作为反馈来发送。

25、根据权利要求 24 所述的处理器可读介质，其中所述第二指令集包括

第四指令集，用于首先在所述多个空间信道上对所述 CQI 值进行差分编码，以及

第五指令集，用于然后在所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码。

26、根据权利要求 24 所述的处理器可读介质，其中所述多个空间信道包括指定空间信道和至少一个未指定空间信道，其中所述多个子带包括指定子带和至少一个未指定子带，以及其中所述第二指令集包括

第四指令集，用于获取每个未指定子带上的所述指定空间信道的差分 CQI 值，

第五指令集，用于获取每个未指定子带上的所述至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值，以及

第六指令集，将所述指定空间信道的所述差分 CQI 值和每个未指定子带上的所述至少一个未指定空间信道的所述至少一个差分 CQI 值映射至索引。

27、一种装置，包括：

处理器，用于获取多个空间信道的信道质量指示符(CQI)值，在所述多个空间信道上对所述 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息，以及将所述差分 CQI 信息作为反馈来发送；以及

存储器，其耦合至所述处理器。

28、根据权利要求 27 所述的装置，其中所述处理器用于：获取从可用于传输的多个子带之中选择的子带上的所述多个空间信道的所述 CQI 值。

29、根据权利要求 27 所述的装置，其中所述处理器用于：通过在可用

于传输的多个子带上求平均，来获取所述多个空间信道的所述 CQI 值。

30、根据权利要求 27 所述的装置，其中所述处理器用于：在多个时间间隔内获取所述多个空间信道的 CQI 值，以及在所述多个空间信道和所述多个时间间隔上对所述 CQI 值进行差分编码来获取每个时间间隔的差分 CQI 信息。

31、一种装置，包括：

处理器，用于获取多个子带的信道质量指示符(CQI)值，在所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息，以及将所述差分 CQI 信息作为反馈来发送；以及

存储器，其耦合至所述处理器。

32、根据权利要求 31 所述的装置，其中所述处理器用于：获取从可用于传输的多个空间信道之中选择的所述多个子带的所述 CQI 值。

33、根据权利要求 31 所述的装置，其中所述处理器用于：通过在可用于传输的多个空间信道上求平均，来获取所述多个子带的所述 CQI 值。

34、根据权利要求 31 所述的装置，其中所述处理器用于：在多个时间间隔内获取所述多个子带的 CQI 值，以及在所述多个子带和所述多个时间间隔上对所述 CQI 值进行差分编码来获取每个时间间隔的差分 CQI 信息。

35、一种装置，包括：

处理器，用于在多个时间间隔内获取多个子带上的多个空间信道的信道质量指示符(CQI)值，在所述多个空间信道、所述多个子带和所述多个时间间隔上对所述 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息，以及将所述差分 CQI 信息作为反馈来发送；以及

存储器，其耦合至所述处理器。

36、根据权利要求 35 所述的装置，其中所述处理器用于在每个时间间隔内在所述多个空间信道和所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码，来获取所述时间间隔的差分 CQI 值。

37、根据权利要求 35 所述的装置，其中在每个时间间隔内，所述处理器用于：首先在所述多个空间信道上对所述 CQI 值进行差分编码，然后在所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码。

38、根据权利要求 36 所述的装置，其中所述多个时间间隔包括指定时间间隔和至少一个未指定时间间隔，以及其中对于每个未指定时间间隔，所述处理器用于确定在所述未指定时间间隔的所述差分 CQI 值与先前的时间间隔的所述差分 CQI 值之间的差。

39、根据权利要求 38 所述的装置，其中所述处理器用于将所述指定时间间隔的所述差分 CQI 值作为所述指定时间间隔的差分 CQI 信息来发送，以及将每个未指定时间间隔内的差分 CQI 值之间的差作为所述未指定时间间隔的差分 CQI 信息来发送。

40、一种方法，包括：

在多个时间间隔内获取多个子带上的多个空间信道的信道质量指示符 (CQI) 值；

在所述多个空间信道、所述多个子带和多个时间间隔上对所述 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息；以及

将所述差分 CQI 信息作为反馈来发送。

41、根据权利要求 40 所述的方法，其中所述多个时间间隔包括指定时间间隔和至少一个未指定时间间隔，以及

其中对所述 CQI 值进行所述差分编码包括

在所述每个时间间隔内在所述多个空间信道和所述多个子带上对所述

CQI 值进行差分编码, 来获取所述时间间隔的差分 CQI 值, 以及
确定未指定时间间隔的差分 CQI 值与先前的时间间隔的差分 CQI 值之间的差。

42、根据权利要求 41 所述的方法, 其中将所述差分 CQI 信息进行所述发送包括

将所述指定时间间隔的所述差分 CQI 值作为所述指定时间间隔的差分 CQI 信息来发送, 以及

将每个未指定时间间隔的差分 CQI 值之间的差作为所述未指定时间间隔的差分 CQI 信息来发送。

43、一种装置, 包括:

处理器, 其用于当处于第一操作模式下时, 根据第一报告模式来报告信道质量指示符(CQI)信息, 以及当处于第二操作模式下时, 根据第二报告模式来报告 CQI 信息;

存储器, 耦合至所述处理器。

44、根据权利要求 43 所述的方法, 其中对于所述第一报告模式, 所述处理器用于获取从可用于传输的多个子带之中选择的至少一个子带上的多个空间信道的 CQI 值, 以及在所述至少一个所选择的子带上的所述多个空间信道上对所述 CQI 值进行差分编码, 来获取所述第一报告模式的所述 CQI 信息。

45、根据权利要求 43 所述的方法, 其中对于所述第一报告模式, 所述处理器用于获取从可用于传输的多个子带之中选择的至少一个子带上的多个空间信道的 CQI 值, 对每个空间信道的 CQI 值在所述至少一个所选择的子带上求平均来获取所述空间信道的平均 CQI 值, 以及在所述多个空间信道上对平均 CQI 值进行差分编码来获取所述第一报告模式的所述 CQI 信息。

46、根据权利要求 43 所述的方法，其中对于所述第二报告模式，所述处理器用于获取可用于传输的多个子带上的多个空间信道的 CQI 值，以及在所述多个空间信道和所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码来获取所述第二报告模式的所述 CQI 信息。

47、根据权利要求 43 所述的方法，其中所述处理器用于在所述第一报告模式下以第一速率发送所述 CQI 信息，以及在所述第二报告模式下以慢于所述第一速率的第二速率发送所述 CQI 信息。

48、根据权利要求 43 所述的方法，其中所述处理器当被调度进行传输时转换至所述第一操作模式，以及当未被调度进行传输时转换至所述第二操作模式。

49、一种方法，包括：

当处于第一操作模式下时根据第一报告模式报告信道质量指示符(CQI)信息；以及

当处于第二操作模式下时根据第二报告模式报告 CQI 信息。

50、根据权利要求 49 所述的方法，其中所述根据所述第一报告模式报告 CQI 信息包括

获取从可用于传输的多个子带之中选择的至少一个子带上的多个空间信道的 CQI 值，以及

在所述至少一个被选择的子带上的所述多个空间信道上对所述 CQI 值进行差分编码，来获取所述第一报告模式的所述 CQI 信息。

51、根据权利要求 49 所述的方法，其中所述根据所述第二报告模式报告 CQI 信息包括

获取多个子带上的多个空间信道的 CQI 值，以及

在所述多个空间信道和所述多个子带上对所述 CQI 值进行差分编码，来获取所述第二报告模式的所述 CQI 信息。

无线通信系统中 MIMO 和子带调度的信道状态信息的反馈

本申请要求2006年3月27日提交的题为“下行链路MIMO-OFDMA子带调度的信道状态反馈”的美国临时专利申请序号60/786,445的优先权，该申请已转让给本受让人，并通过引用将其并入本文。

技术领域

本公开一般涉及通信，以及更为具体地，涉及发送信道状态信息的技术。

背景技术

在无线通信系统中，基站可以利用多个(T 个)传输天线将数据传输至装配有多个(R 个)接收天线的终端。多个发射和接收天线组成可用于增加吞吐量和/或提高可靠性的多输入多输出(MIMO)信道。例如，基站可以从 T 个发射天线同时传输多达 T 个数据流来提高吞吐量。可替换地，基站可以从所有的 T 个发射天线传输单个数据流来改善终端的接收。

通过以一种可获取数据传输的最高整体吞吐量的方式经由 MIMO 信道来传输一个或多个数据流，可以实现良好的性能。为促进这一点，终端可以估计 MIMO 信道的响应，并将信道状态信息发送至基站。信道状态信息可以指示传输多少个数据流、如何传输这些数据流以及每个数据流的信道质量指示符(CQI)。每个数据流的 CQI 可以指示该数据流的接收信噪比(SNR)，并且可以用于为数据流选择适合的速率。信道状态信息可以提高发往终端的数据传输的性能。但是，终端会消耗大量无线资源来将信道状态信息发送至基站。

因此，在该技术领域，存在对在无线通信系统中有效地发送信道状态信息的技术的需求。

发明内容

本文描述在无线通信系统中有效地发送信道状态信息的技术。一方面，差分编码可以用于减少要发送的信道状态信息的数量。差分编码指的是表示各个数值之间的差值，而不是实际的数值。可以在空间上，在频率上，在空间和频率上，在空间、频率和时间上，或者在一些其他维度的组合上对 CQI 值进行差分编码。

在一种设计中，可以确定多个子带上的多个空间信道的空间状态信息。空间状态信息可以对应于不同的天线、不同的预编码矢量等等。空间状态信息可以指示特定的一组天线、特定的一组预编码矢量等等用于数据传输。可以获取多个子带上的多个空间信道的 CQI 值。可以在多个空间信道和多个子带上对 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息，其可以包括各种差分 CQI 值。在另一设计中，可以在多个时间间隔内在多个子带上获取多个空间信道的 CQI 值，并且可以在空间、频率和时间上对 CQI 值进行差分编码。在任何情形下，差分 CQI 信息和空间状态信息可以作为反馈被发送。

另一方面，不同的信道状态信息可以在不同操作模式下以异构报告来发送。在一个设计中，当处于第一操作模式(例如调度模式)中时，CQI 信息可以按照第一报告模式报告。当处于第二操作模式(例如非调度模式)中时，CQI 信息可以按照第二报告模式报告。对于不同的报告模式，CQI 信息可以以不同的方式生成和/或以不同的速率发送。

本公开的各个方面和特征在下面得到进一步详细描述。

附图说明

图 1 示出基站和终端的框图。

图 2 示出 N 个子带上的 M 个空间信道的 CQI 值。

图 3A 示出在空间上的差分 CQI 编码。

图 3B 示出在频率上的差分 CQI 编码。

图 3C 示出在空间和频率上的差分 CQI 编码。

图 3D 示出在空间、频率和时间上的差分 CQI 编码。

图 4A 示出每个子带在空间上的差分 CQI 编码。

图 4B 示出在空间和频率上的差分 CQI 编码。

图 4C 示出在空间、频率和时间上的差分 CQI 编码。

图 5 说明异构的 CQI 报告。

图 6 和 7 分别示出采用在空间和频率上的差分编码报告信道状态信息的过程和装置。

图 8 和 9 分别示出采用在空间、频率和时间上的差分编码报告信道状态信息的过程和装置。

图 10 和 11 分别示出对信道状态信息进行异构的报告的装置和过程。

具体实施方式

本文所述的发送信道状态信息的技术可以用于各种支持 MIMO 传输和利用任何形式的频分复用(FDM)的通信系统。例如,该技术可以用于利用正交 FDM (OFDM)、单载波 FDM (SC-FDM)等等的系统。OFDM 和 SC-FDM 将系统带宽划分成多个(K 个)正交的子载波,其也称为音(tone)、块(bin)等等。每个子载波可以用数据进行调制。一般地,调制符号以 OFDM 形式在频域内以及以 SC-FDM 形式在时域内发送。

该技术也可以用于在下行链路或上行链路上发送信道状态信息。下行链路(或前向链路)指的是从基站到终端的通信链路,而上行链路(或反向链路)指的是从终端到基站的通信链路。为了明确,用于在上行链路发送信道状态信息的技术在下面的到描述。

图 1 示出无线通信系统 100 中的基站 110 和终端 150 的设计的框图。基站 110 也可以称为节点 B、演进节点 B (e 节点 B)、接入点等等。终端 150 也可以称为用户设备(UE)、移动台、接入终端、用户单元、站点等等。终端 150 可以是手机、个人数字助手(PDA)、无线通信设备、手持设备、无线调制解调器、膝上型电脑等等。基站 110 配置有多个(T 个)天线 134a~134t。终端 150 配置有多个(R 个)天线 152a~152r。每个发射天线和每个接收天线可以是物理的天线或天线阵列。

在基站 110 处,传输(TX)数据处理器可以从数据源 112 接收流量数据,根据分组格式处理(例如格式化、预编码、交织和符号映射)流量数据,并生成数据符号。如本文所使用,数据符号是数据的符号,导频符号是用于导频的符号,并且符号通常是复数值。数据符号和导频符号可以是来自调制

方案比如 PSK 或 QAM 的调制符号。导频是由基站和终端预先知道的数据。分组格式可以指示数据速率、编码方案或编码速率、调制方案、分组大小和/或其他参数。分组格式也可以称为调制和编码方案、速率等等。TX 数据处理器 120 可以将数据符号解复用(demultiplex)成 M 个流, 其中一般地 $1 \leq M \leq T$ 。 M 个数据符号流也可以经由 MIMO 信道同时发送, 并且还可以称为数据流、空间流、业务流等等。

TX MIMO 处理器 130 可以基于直接 MIMO 映射、预编码等对数据和导频符号执行发射机空间处理。数据符号可以从一个天线发送来进行 MIMO 映射, 或从多个天线发送来进行预编码。处理器 130 可以将 T 个输出符号流提供给 T 个调制器(MOD) 132a~132t。每个调制器 132 可以对输出符号进行调制(例如 OFDM、SC-FDM 的等等)来获取输出码片。每个调制器 132 进一步处理(例如转换为模拟、滤波、放大和上变换)它的输出码片, 并生成下行链路信号。从调制器 132a~132t 的 T 个下行链路信号分别经由天线 134a~134t 被传输。

在终端 150 处, R 个天线 152a~152r 接收 T 个下行链路信号, 而且每个天线 152 将接收信号提供给相应的解调器(DEMOD) 154。每个解调器 154 处理(例如滤波、放大、下变换和数字化)其接收信号来获取采样值, 并可以进一步对采样值进行解调(例如 OFDM、SC-FDM 的等等)来获取接收符号。每个解调器 154 将接收到的数据符号提供给接收(RX) MIMO 处理器 160, 并且将接收到的导频符号提供给信道处理器 194。信道处理器 194 可以基于接收到的导频符号来估计从基站 110 到终端 150 的 MIMO 信道的响应, 并将信道估计量提供给 RX MIMO 处理器 160。RX MIMO 处理器 160 可以利用信道估计量对接收到的数据符号进行 MIMO 检测, 并提供数据符号估计量。RX 数据处理器 170 可以对数据符号估计量进行处理(例如解交织和译码), 并将译码数据提供给数据汇(data sink) 172。

终端 150 可以评估信道的状况, 并将信道状态信息发送至基站 110。信道状态信息可以由 TX 信令处理器 180 进行处理(例如被预编码、交织和符号映射), 由 TX MIMO 处理器 182 进行空间处理, 以及由调制器 154a~154r 进一步处理, 从而生成 R 个上行链路信号, 其经由天线 152a~152r 传输。

在基站 110, R 个上行链路信号由天线 134a~134t 接收, 由解调器

132a~132t 进行处理, 由 RX MIMO 处理器 136 进行空间处理, 并且进一步由 RX 信令处理器 138 进行空间处理(例如被解交织和译码)来恢复由终端 150 发送的信道状态信息。基于接收自终端的信道状态信息, 控制器/处理器 140 可以控制发往终端 150 的数据传输。

控制器/处理器 140 和 190 分别在基站 110 和终端 150 处控制操作。存储器 142 和 192 分别为基站 110 和终端 150 存储数据和程序代码。基于从所有的终端接收到的信道状态信息, 调度器 144 可以选择终端 150 和/或其他终端进行下行链路上的数据传输。

对于从基站 110 至终端 150 的下行链路传输可以有 S 个空间信道是可用的, 此处 $S \leq \min\{T, R\}$ 。 S 个空间信道可以以各种各样的方式形成。对于直接 MIMO 映射, S 个数据流可以从 S 个发射天线发送, 每个发射天线一个数据流。 S 个空间信道然后可以对应于用于数据传输的 S 个发射天线。对于预编码, S 个数据流可以与预编码矩阵相乘, 使得每个数据流可以从所有的 T 个发射天线发送。 S 个空间然后可以对应于由 S 个数据流所见并且以预编码矩阵形成的 S 个“虚拟的”天线。一般地, M 个数据流可以在 M 个空间信道上发送, 每个空间信道一个数据流, 此处 $1 \leq M \leq S$ 。基于一个或多个准则, 比如总吞吐量, M 个空间信道可以从 S 个可用的空间信道之中选择。

出于简明的目的, 下列描述假设每个数据流在一个空间信道上发送, 取决于使用直接 MIMO 映射还是预编码, 其可以对应于实际的天线或虚拟的天线。术语“数据流”、“空间信道”和“天线”可以被可交替地使用。 M 个分组或码字可以同时在这 M 个数据流上发送。

终端 150 可以使用各种 MIMO 检测技术恢复 M 个数据流, 例如线性最小均方差(MMSE)、迫零(ZF)、串行干扰消除(SIC)等等, 所有这些皆为本领域所熟知。SIC 承担一次恢复一个数据流, 估计由于每个被恢复数据流引起的干扰, 以及在恢复下一个数据流之前消除该干扰。SIC 可以改进接收到的其后被恢复的数据流的 SNR。

系统 100 可以支持子带调度来改进性能。系统带宽可以被划分成多个(N 个)子带。每个子带可以涵盖总共 K 个子载波中的 Q 个连续的子载波, 此处 $Q = K/N$ 或一些其他的值。由于在多径信道中频率的选择性衰落, 对于不

同的子带，终端 150 可能获取不同的 SNR。采用子带调度，终端 150 可以在具有良好 SNR 的子带而不是具有不良 SNR 的子带中被分配子载波。数据可以在具有良好 SNR 的子带中所分配到的载波上以较高的速率发送。

终端 150 可以发送信道状态信息来支持基站 110 的 MIMO 传输和子带调度。信道状态信息可以包括：

- 用于 MIMO 传输的空间状态信息，以及
- 用于子带调度、速率选择等等的 CQI 信息。

空间状态信息可以包括各种类型的信息。在一个设计中，给定的子带的空间状态信息可以指示用于在该子带上数据传输的一组 M 个发射天线。终端 150 可以估计 MIMO 信道响应，基于 MIMO 信道估计量评估不同的可能的多组发射天线，并且确定具有最佳性能(例如最高总吞吐量)的一组发射天线。空间信息然后可以指示这组发射天线。

在另一设计中，给定的子带的空间状态信息可以指示用于在该子带上传输的一组 M 个虚拟的天线(或者等价地，一组 M 个预编码矢量)。对于不同的可能的预编码矩阵和/或预编码矩阵的列的不同组合，终端 150 可以评估数据性能。空间状态信息然后可以指示具有最佳性能的一组 M 个预编码矢量，例如特定的预编码矩阵，以及同样地该预编码矩阵的 M 个特定的列。

一般地，空间状态信息可以指示待传输数据流的数量(其可以与 MIMO 信道的秩有关)、用于传输的一组天线、用于传输的一组预编码矢量、其他的信息或者它们的组合。空间状态信息可能为一个或多个子带提供。

CQI 信息可以为不同的空间信道和/或不同的子带表示 SNR 或等价的信息。由于无线信道的频率选择性，对于不同的子带可能获取不同的 SNR。还有可能对于不同的空间信道而获取不同的 SNR，假如基站 110 对数据传输使用直接 MIMO 映射，以及假如终端 150 对数据接收进行串行干扰消除，等等。因而，对于不同的子带上的不同的空间信道可以获取不同的 SNR。在给定的子带上的给定的空间信道的 SNR 可以用于选择适合的分组格式，其可以指示用于经由该子带上的该空间信道来发送的数据的编码速率、调制方案、数据速率等等。一般地，CQI 信息可以表示一个或多个空间信道和/或一个或多个子带的 SNR 和/或其他显示接收信号质量的信息。

图 2 示出 N 个子带上的 M 个空间信道的 CQI 值。可以获取每个子带 n

上的每个空间信道 m 的 CQI 值 X_{nm} 。CQI 值的数量然后可以同空间信道的数量与子带的数量的乘积成比例，或 $M \cdot N$ 个 CQI 值。这些 CQI 值可以用于子带调度来为数据传输选择适合的子带。这些 CQI 值还可以用于为每个子带上的每个空间信道确定适合的分组格式。然而，将所有的 $M \cdot N$ 个 CQI 值发送至基站 110 可能消耗大量上行链路的资源。

一方面，差分编码可以用于减少发送的信道状态信息的数量。差分编码指的是表示各个数值之间的差值，而不是实际的数值。如果数值中的偏差和实际值相比较是小的，那么相比于实际的数值，其差异可以使用较少的位来表示。差分编码可以在提供良好的性能的同时较少信令的开销。可以在空间上，在频率上，在空间和频率上，在空间、频率和时间上或者在一些其他维度的组合上对 CQI 值进行差分编码。

表格 1 列出对于 CQI 信息的可被发送的不同的信息。完整 CQI 值也可以称为 CQI 值、基准(pivot) CQI 值、实际 CQI 值等等。差分 CQI 值可以表示两个完整 CQI 值之间的差(例如 Y 或 ΔX)或两个差分 CQI 值之间的差(例如 ΔY 、 $\Delta\Delta X$ 或 $\Delta\Delta Y$)。一般地，差分 CQI 信息可以包括显示在完整和/或差分 CQI 值之间的差(例如表格 1 中的 Y 、 ΔX 、 ΔY 、 $\Delta\Delta X$ 和/或 $\Delta\Delta Y$)的任何信息。

表格 1

符号	描述
X	子带上的空间信道的完整 CQI 值(例如 SNR 值)
Y	相同子带上的两个空间信道的 CQI 值之间的差
ΔX	两个子带上的给定的空间信道的 CQI 值之间的差
ΔY	两个子带的 Y 值之间的差
$\Delta\Delta X$	两个时间间隔的 ΔX 值之间的差
$\Delta\Delta Y$	两个时间间隔的 ΔY 值之间的差

对于在空间上的差分编码，一个空间信道可以是指定空间信道，并且剩余的空间信道可以是未指定空间信道。完整的 CQI 值可以向指定空间信道提供，并且差分 CQI 值可以向每个未指定空间信道或所有未指定空间信道提供。对于在频率上的差分编码，一个子带可以是指定子带，并且剩余

的子带可以是未指定子带。完整的 CQI 值可以向指定子带提供，并且差分 CQI 值可以向每个未指定子带提供。对于在时间上的差分编码，一个时间间隔可以是指定时间间隔，并且一个或多个其他的时间间隔可以是未指定时间间隔。完整的 CQI 值可以向指定时间间隔提供，并且差分 CQI 值可以向每个未指定时间间隔提供。指定子带也可以称为主要子带、优选子带、参考子带等等。指定空间信道和指定时间间隔也可以以其他的术语指称。

图 3A 示出一个子带上两个空间信道的在空间上的差分 CQI 编码的设计。在这个实例中，指定空间信道 a 的值为 X_a 的 CQI 值被获取，并且未指定空间信道 b 的值为 X_b 的 CQI 值被获取。终端 150 (或发射机)可以得出并发送下列的 CQI 信息：

$$X = X_a , \quad \text{以及} \quad \text{式 (1)}$$

$$Y = X_b - X_a 。$$

基站 110 (或接收机)可以从终端 150 接收 X 和 Y ，并可以如下得出初始的 CQI 值，如下：

$$X_a = X , \quad \text{以及} \quad \text{式 (2)}$$

$$X_b = X + Y 。$$

由于 X 和 Y 的量化，由基站 110 得出的 CQI 值可能并不严格与由终端 150 获取的 CQI 值相匹配。出于简明的目的，下列的多数描述假设没有量化误差。

图 3B 示出两个子带上一个空间信道在频率上的差分 CQI 编码的设计。在这个实例中，指定子带 1 上的空间信道的值为 X_1 的 CQI 值被获取，并且未指定子带 2 上的相同的空间信道的值为 X_2 的 CQI 值被获取。终端 150 可以得出并发送下列 CQI 信息：

$$X = X_1 , \quad \text{以及} \quad \text{式 (3)}$$

$$\Delta X = X_2 - X_1 。$$

基站 110 可以从终端 150 接收 X 和 ΔX ，并可以得出如下初始的 CQI 值：

$$\begin{aligned} X_1 &= X, \text{ 以及} & \text{式 (4)} \\ X_2 &= X + \Delta X. \end{aligned}$$

如果在单个空间信道上发送单个数据流，在频率上的差分 CQI 编码可以被使用。在这种情形下，对于另一个空间信道可能并不需要差分 CQI 值。

图 3C 示出在两个子带上两个空间信道在空间和频率上的差分 CQI 编码的设计。在这个实例中，在指定子带 1 上，指定空间信道 a 的值为 X_{1a} 的 CQI 值被获取，并且未指定空间信道 b 的值为 X_{1b} 的 CQI 值被获取。在未指定子带 2 上，空间信道 a 和 b 的值为 X_{2a} 和 X_{2b} 的 CQI 值分别被获取。终端 150 可以得出下列 CQI 信息：

$$\begin{aligned} X &= X_{1a}, & \text{式 (5)} \\ Y &= X_{1b} - X_{1a}, \\ \Delta X &= X_{2a} - X_{1a}, \text{ 以及} \\ \Delta Y &= Y_2 - Y_1 = \underbrace{(X_{2b} - X_{2a})}_{Y_2} - \underbrace{(X_{1b} - X_{1a})}_{Y_1}, \end{aligned}$$

其中 Y_1 和 Y_2 分别是子带 1 和 2 上的空间信道 b 的差分 CQI 值。终端 150 可以发送 X 和 Y 作为子带 1 的 CQI 信息，并可以发送 ΔX 和 ΔY 作为子带 2 的 CQI 信息。

基站 110 可以从终端 150 接收 X 、 Y 、 ΔX 和 ΔY ，并可以得出如下的初始的 CQI 值：

$$\begin{aligned} X_{1a} &= X, & \text{式 (6)} \\ X_{1b} &= X + Y, \\ X_{2a} &= X + \Delta X, \text{ 以及} \\ X_{2b} &= X + \Delta X + Y + \Delta Y. \end{aligned}$$

在式(5)示出的设计中，差分编码首先在空间上进行，而然后在频率上进行。差分编码也可以首先在频率上进行而然后在空间上进行。

图 3D 示出在两个时间间隔内两个子带上的两个空间信道在空间、频率

和时间上的差分编码的设计。在时间间隔 1 中，指定子带 1 上的空间信道 a 和 b 的值为 X_{1a} 和 X_{1b} 的 CQI 值可以被获取，并且未指定子带 2 上的空间信道 a 和 b 的值为 X_{2a} 和 X_{2b} 的 CQI 值可以被获取。在时间间隔 2 中，子带 1 上的空间信道 a 和 b 的值为 X'_{1a} 和 X'_{1b} 的 CQI 值可以被获取，并且子带 2 上的空间信道 a 和 b 的值为 X'_{2a} 和 X'_{2b} 的 CQI 值可以被获取。如等式组(5)中所示，终端 150 可以得出时间间隔 1 的 CQI 值。

终端 150 可以如下得出时间间隔 2 的 CQI 信息：

$$\Delta X' = X'_{1a} - X_{1a} , \quad \text{式(7)}$$

$$\Delta Y' = Y'_1 - Y_1 = \underbrace{(X'_{1b} - X'_{1a})}_{Y'_1} - \underbrace{(X_{1b} - X_{1a})}_{Y_1} ,$$

$$\Delta \Delta X = \Delta X'_2 - \Delta X = \underbrace{(X'_{2a} - X'_{1a})}_{\Delta X'_2} - \underbrace{(X_{2a} - X_{1a})}_{\Delta X} , \text{ 以及}$$

$$\begin{aligned} \Delta \Delta Y &= \Delta Y'_2 - \Delta Y = \underbrace{(Y'_2 - Y'_1)}_{\Delta Y'_2} - \underbrace{(Y_2 - Y_1)}_{\Delta Y} \\ &= \underbrace{(X'_{2b} - X'_{2a})}_{Y'_2} - \underbrace{(X'_{1b} - X'_{1a})}_{Y'_1} - \underbrace{(X_{2b} - X_{2a})}_{Y_2} + \underbrace{(X_{1b} - X_{1a})}_{Y_1} \end{aligned}$$

其中 $\Delta X'$ 是在两个时间间隔内的子带 1 上的空间信道 a 的 CQI 值之间的差，

$\Delta Y'$ 是在两个时间间隔内的子带 1 上的空间信道 b 的 Y 值之间的差，

$\Delta \Delta X$ 是在两个时间间隔内的空间信道 a 的 ΔX 值之间的差，以及

$\Delta \Delta Y$ 是在两个时间间隔内的空间信道 b 的 ΔY 值之间的差。

对于时间间隔 1，终端 150 可以发送 X 和 Y 作为子带 1 的 CQI 信息，并且可以发送 ΔX 和 ΔY 作为子带 2 的 CQI 信息。对于时间间隔 2，终端 150 可以发送 $\Delta X'$ 和 $\Delta Y'$ 作为子带 1 的 CQI 信息，并且可以发送 $\Delta \Delta X$ 和 $\Delta \Delta Y$ 作为子带 2 的 CQI 信息。

基站 110 可以在时间间隔 1 从终端 150 接收 X 、 Y 、 ΔX 和 ΔY ，并且可以在时间间隔 2 接收 $\Delta X'$ 、 $\Delta Y'$ 、 $\Delta \Delta X$ 和 $\Delta \Delta Y$ 。如等式组(6)中所示，基站 110 可以得出时间间隔 1 的初始 CQI 值。基站 110 可以如下得出时间间隔 2 的初始 CQI 值：

$$X'_{1a} = X + \Delta X' , \quad \text{式 (8)}$$

$$X'_{1b} = X'_{1a} + Y + \Delta Y' ,$$

$$X'_{2a} = X'_{1a} + \Delta X + \Delta \Delta X , \text{ 以及}$$

$$X'_{2b} = X'_{1b} + \Delta X + \Delta \Delta X + \Delta Y + \Delta \Delta Y = X'_{2a} + Y + \Delta Y' + \Delta Y + \Delta \Delta Y .$$

在式(7)中示出的设计中，差分编码首先在空间上进行，然后在频率上进行，然后在时间上进行。差分编码也可以首先在频率上进行，然后在空间上进行，然后在时间上进行。

出于简明的目的，图 3A~3D 示出两个空间信道、两个子带和两个时间间隔的差分编码。差分编码可以扩展至任何数量的空间信道、任何数量的子带和任何数量的时间间隔。

多于两个的空间信道的在空间上的差分编码可以以各种方式来进行。在一个设计中，空间信道的 CQI 值被假设为由一共同的 Y 值线性地相关联。因此，如果指定空间信道 a 具有值为 X 的 CQI 值，那么空间信道 b 具有值为 $X+Y$ 的 CQI 值，空间信道 c 具有值为 $X+2Y$ 的 CQI 值，空间信道 d 具有值为 $X+3Y$ 的 CQI 值，等等。单个的 Y 值可以为所有未指定空间信道发送。在另一设计中，可以为每个未指定空间信道相对于指定空间信道或邻近的空间信道计算出单独的 Y 值。例如，如果空间信道 a 、 b 、 c 和 d 分别具有值为 X_a 、 X_b 、 X_c 和 X_d 的值，那么空间信道 b 、 c 和 d 的 Y 值可以分别被计算为 $Y_b = X_b - X_a$ 、 $Y_c = X_c - X_b$ 和 $Y_d = X_d - X_c$ 。 Y_b 、 Y_c 和 Y_d 值对于空间信道 b 、 c 和 d 可以分别被发送。在又一设计中，可以为每个未指定空间信道计算单独的 Y 值。然后将单个索引发送来为所有未指定空间信道表示 Y 值。 Y 值的不同组合可以被定义并在查找表格中存储。单个索引可以指示在查阅表格中与计算出的这组 Y 值最接近地匹配的 Y 值的特定组合。多个未指定空间信道的 Y 值也可以以其他方式表示。处于简明的目的，下列的描述多数假设一个未指定空间信道。

一般地，任何数量的位可以用于包括在信道状态信息中的每项信息。下列符号被使用在以下描述中：

N_X – 完整的 CQI 值 X 的位的数量，

- N_Y - 差分 CQI 值 Y 的位的数量,
 N_W - 差分 CQI 值 ΔX 和 ΔY 的位的数量,
 N_Z - 空间状态信息的位的数量, 以及
 N_S - 指示指定子带的位的数量, 其为 $N_S = \lceil \log_2 N \rceil$ 。

用于给定一项信息的位的数量可以基于该信息的细节或精度的量与信令开销之间的权衡来选择。在一个设计实例中, 对于具有 $M=2$ 的 2 层 MIMO, $N_X=5$, $N_Y=3$, $N_W=4$, $N_Z=2$, 对于具有 $M=4$ 的 4 层 MIMO, $N_Z=4$ 。其他 N_X 、 N_Y 、 N_W 和 N_Z 的值也可以被使用。

各种报告方案可以用于以有效的方式来发送信道状态信息。一些报告方案在下面得到描述。

图 4A 示出对 N 个子带的每一个采用在空间上的差分 CQI 编码和独立编码的第一报告方案。在这个方案中, 完整的 CQI 值 X_n , 差分 CQI 值 Y_n , 以及空间状态信息可以为 N 个子带中的每一个而发送。对所有 N 个子带的 CQI 报告可以包括 $N \cdot (N_Z + N_X + N_Y)$ 位。每个子带 n 的完整的 CQI 值 X_n 和差分 CQI 值 Y_n 可以如等式组(1)中所示来确定。

第二报告方案对 N 个子带的一个子集采用在空间上的差分 CQI 编码和独立编码。这个子集可以包括 L 个子带, 并且可以由一 N_L 位的子带集合索引来识别, 其中 $L \geq 1$ 且 $N_L > 1$ 。例如, 假如有 8 个子带并且最多 3 个连续的子带可以被报告, 那么 N_L 可以等于 5。在这个方案中, 完整的 CQI 值 X_n , 差分 CQI 值 Y_n 和空间状态信息可以为 L 个子带中的每一个而发送。对 L 个子带的 CQI 报告可以包括 $L \cdot (N_Z + N_X + N_Y) + N_L$ 位。

CQI 信息也可以为不同时间间隔内的子带的不同子集而发送。例如, 可以对 N 个子带从头至尾循环, 并且一个子带的 CQI 信息可以在每个时间间隔以 $N_Z + N_X + N_Y$ 位被发送。多于一个的子带的 CQI 信息也可以在每个时间间隔内被发送。

第三报告方案对 N 个子带采用在空间上的差分编码、独立编码以及对所有 N 个子带采用共同的空间状态信息。对于每个子带, 为该子带提供最佳性能(例如最高总吞吐量)的一组空间信道(例如一组天线或一组预编码矢量)可以被确定。最佳空间信道组可以从 N 个子带的 N 个空间信道组之中选择, 并可以用作所有 N 个空间信道的共同空间信道组。可替换地, 提供最

佳的对所有 N 个子带平均后的性能的空间信道组可以被选作共同的空间信道组。基于共同的空间信道组，可以得出完整和差分 CQI 值。对所有 N 个子带的 CQI 报告可以包括 $N_z + N \cdot (N_x + N_y)$ 位。共同的空间状态信息还可以包含其他的信息，而不是共同的空间信道组或除共同的空间信道组以外。在另一设计中，空间状态信息可以为特定的单元而报告(例如每个子带)，CQI 信息可以为较大的单元(例如多个空间状态报告单元)进行平均后并报告。CQI 报告单元因此可以大于空间状态报告单元，例如在频率方面。

图 4B 示出第四报告方案，其采用在空间和频率上的差分 CQI 编码。在这个方案中，完整的 CQI 值 X_ℓ 、差分 CQI 值 Y_ℓ 和空间状态信息可以向指定子带 ℓ 提供，并且可以以 $N_z + (N_x + N_y)$ 位发送。指定子带可以是预先确定的子带(例如子带 1)、具有最佳性能的子带等等。如果指定子带是不固定的，那么可以发送 N_s 位来指示哪一个子带是指定子带。基于共同的空间状态信息(例如共同空间信道组)，可以得出每个未指定子带的差分 CQI 值 ΔX 和 ΔY ，并为该子带而发送。对所有 N 个子带的 CQI 报告可以包括 $N_z + (N_x + N_y) + (N - 1) \cdot N_w + N_s$ 位。

在一个设计中，在频率上的差分 CQI 编码通过取邻近的子带之间的差来得到。在这个设计中，未指定子带 n 的差分 CQI 信息可以包括在子带 n 和 $n-1$ 之间的差分 CQI 值 $\Delta X_n = X_n - X_{n-1}$ 和 $\Delta Y_n = Y_n - Y_{n-1}$ ，或者在子带 n 和 $n+1$ 之间的差分 CQI 值 $\Delta X_n = X_n - X_{n+1}$ 和 $\Delta Y_n = Y_n - Y_{n+1}$ 。

CQI 报告可以包括表现各种格式的不同的信息项。 N 个子带索引可以以单调的方式排列，使得在系统带宽中，子带 1 占用最低的频率范围并且子带 N 占用最高的频率范围，如图 2 所示。如果子带 ℓ 是指定子带，那么前 N_s 位可以表示指定子带索引 ℓ ，后面的 N_z 位可以表示子带 ℓ 的空间状态信息，并且后面的 $(N_x + N_y)$ 位可以表示子带 ℓ 的完整的 CQI 值 X_ℓ 和差分 CQI 值 Y_ℓ 。后面的 N_w 位可以表示子带 ℓ 和 $\ell+1$ 之间在空间和频率上的差分 CQI 信息(例如 $\Delta X_{\ell+1}$ 和 $\Delta Y_{\ell+1}$)。后面的 N_w 位可以表示子带 $\ell+1$ 和 $\ell+2$ 之间的差分 CQI 信息，以此类推，以及 N_w 位可以表示子带 $N-1$ 和 N 之间的差分 CQI 信息。然后，后面的 N_w 位可以表示子带 ℓ 和 $\ell-1$ 之间的差分 CQI 信息，后面的 N_w 位可以表示子带 $\ell-1$ 和 $\ell-2$ 之间的差分 CQI 信息，以此类推，接着最后的 N_w 位可以表示子带 2 和 1 之间的差分 CQI 信息。

表格 2 的前三列示出在邻近的子带之间的差分编码的差分 CQI 信息的设计。在这个设计中，每个未指定子带 n 的差分 CQI 信息包括 $N_w = 4$ 位并且联合地提供(i)指定空间信道的子带 n 和邻近的子带之间的差分 CQI 值 ΔX_n ，以及(ii)未指定空间信道的差分 CQI 值 ΔY_n 。每个子带上的每个空间信道的 CQI 值可以如等式组(5)和(6)中所示来确定。

表格 2

邻近的子带之间的差分			指定子带 l 的差分		
索引	ΔX_n	ΔY_n	索引	ΔX_n	ΔY_n
0	0	-2	0	-3	-2
1	-2	-1	1	-2	-2
2	-1	-1	2	-1	-2
3	0	-1	3	0	-2
4	+1	-1	4	+1	-2
5	+2	-1	5	-3	-1
6	-2	0	6	-2	-1
7	-1	0	7	-1	-1
8	0	0	8	0	-1
9	+1	0	9	-3	0
10	+2	0	10	-2	0
11	-2	+1	11	-1	0
12	-1	+1	12	0	0
13	0	+1	13	-3	+1
14	+1	+1	14	-2	+1
15	+2	+1	15	-1	+1

在另一设计中，在频率上的差分 CQI 编码通过取与指定子带有关的差来获取。在这个设计中，未指定子带 n 的差分 CQI 信息可以包括在指定子带 l 和未指定子带 n 之间的差分 CQI 值 $\Delta X_n = X_n - X_l$ 和 $\Delta Y_n = Y_n - Y_l$ 。

如果子带 l 是指定子带, 那么前 N_S 位可以表示指定子带索引, 后面的 N_Z 位可以表示子带 l 的空间状态信息, 然后后面的 (N_X+N_Y) 位可以表示子带 l 的完整的 CQI 值 X_l 和差分 CQI 值 Y_l 。后面的 N_W 位可以表示子带 l 和 $l+1$ 之间在空间和频率上的差分 CQI 信息(例如 ΔX_{l+1} 和 ΔY_{l+1})。后面的 N_W 位可以表示子带 l 和 $l+2$ 之间的差分 CQI 信息, 以此类推, 以及 N_W 位可以表示子带 l 和 N 之间的差分 CQI 信息。然后, 后面的 N_W 位可以表示子带 l 和 $l-1$ 之间的差分 CQI 信息, 后面的 N_W 位可以表示子带 l 和 $l-2$ 之间的差分 CQI 信息, 以此类推, 以及最后的 N_W 位可以表示子带 l 和 1 之间的差分 CQI 信息。

表格 2 的最后三列示出与指定子带有关的差分编码的差分 CQI 信息的设计。在这个设计中, 每个未指定子带 n 的差分 CQI 信息包括 $N_W = 4$ 位并且联合地提供(i)指定空间信道的子带 l 和 n 之间的差分 CQI 值 ΔX_n , 以及(ii)未指定空间信道的差分 CQI 值 ΔY_n 。如果指定子带具有最佳性能并被用作未指定子带的参考, 那么每个未指定子带的差分 CQI 值 ΔX_n 应该是非正的值。每个子带上的每个空间信道的 CQI 值可以如等式组(5)和(6)中所示来确定。

表格 3 示出对于 $N_W = 3$ 位, 与指定子带有关的差分编码的差分 CQI 信息的另一设计。

表格 3

索引	ΔX_n	ΔY_n
0	-2	-1
1	-1	-1
2	0	-1
3	-2	0
4	-1	0
5	0	0
6	-2	+1
7	-1	+1

表格 1 至 3 示出对差分 CQI 值 ΔX_n 和 ΔY_n 进行联合编码的一些实例。还可以使用其他的联合编码的设计。

CQI 报告可以表示所有 N 个子带的 CQI 信息，例如图 4B 中所示。CQI 报告还可以表示 N 个子带的子集的 CQI 信息。在一个设计中，偶数时间间隔的 CQI 报告可以包括完整的 CQI 值 X_ℓ 、差分 CQI 值 Y_ℓ 和指定子带 ℓ 的空间状态信息，并可以以 $N_s + N_z + (N_x + N_y)$ 位发送。奇数时间间隔的 CQI 报告可以包括每个未指定子带的差分 CQI 值 ΔX 和 ΔY ，并且可以以 $(N-1) \cdot N_w$ 位被发送。如果有许多子带，那么未指定子带的 CQI 信息可以在多个时间间隔内被发送。指定或未指定子带的 CQI 信息也可以以其他方式被发送。

图 4C 示出第五报告方案，其采用在空间、频率和时间上的差分 CQI 编码。如果无线信道变化缓慢，差分编码可以在时间(例如在连续的报告间隔上)上进行。在这个方案中，包含空间-频率 CQI 信息的 CQI 报告可以以每 P 个时间间隔被发送，其中 $P > 1$ 。空间-频率 CQI 信息可以包括基于以上描述的任何方案为一个或多个子带上的一个或多个空间信道而生成的 CQI 信息。例如，空间-频率 CQI 信息可以包含基于以上描述的第四个方案为 N 个子带上的两个空间信道生成的 CQI 信息的 $N_z + (N_x + N_y) + (N-1) \cdot N_w + N_s$ 位。如上所讨论，空间-频率 CQI 信息可以在一个时间间隔或者可能在多个时间间隔内被发送。包含时间差分 CQI 信息的一个或多个 CQI 报告可以在具有空间-频率 CQI 信息的报告之间的时间间隔内被发送。每个 CQI 报告中的时间差分 CQI 信息可以根据先前的 CQI 报告的 CQI 信息来生成。时间差分 CQI 信息可以包含所报告的指定子带的 ΔX 和 ΔY 以及每个未指定子带的 $\Delta \Delta X$ 和 $\Delta \Delta Y$ 。 ΔX 、 ΔY 、 $\Delta \Delta X$ 和 $\Delta \Delta Y$ 的值可以如前面图 3D 所述得出。每 P 个时间间隔可以进行指定子带的改变。

上述第一至第五报告方案假定多个空间信道是可用的。如果使用单个空间信道，那么差分编码可以在频率上进行，并且差分 CQI 值 Y 可以被略去。 ΔX 值可以以较少的位来发送，因为只有频率上的差异(而非在空间上的)被表示。差分编码还可以在频率和时间上进行。如果差分编码不在空间上进行， ΔX 和 $\Delta \Delta X$ 值可以以较少的位来发送。

一般地，CQI 信息和空间状态信息可以以相同的速率或不同的速率来报告。空间状态信息可以以一个速率来报告，而 CQI 信息可以以第二速率来报告，其可以慢于或快于第一个速率。

信道状态信息可以基于一种配置来生成和报告，该配置可以为终端而被选择，并且可以通过信令以半静态方式来改变。在一个设计中，可以获取指定自带的信道状态信息并将其报告。在另一设计中，信道状态信息可以对所有的子带进行平均后(例如基于信道状态容量函数)，并且报告平均信道状态信息。如果平均信道状态信息被报告，那么差分 CQI 信息可以依据平均 CQI 信息来获取。此外，不需要表示指定子带。

空间状态信息可以依赖于终端 150 的偏好。在一个设计中，用于选择一组空间信道(或一组天线)的准则可以是基于所有子带的平均信道特征。在另一设计中，该准则可以是基于指定子带的信道特征。

在一个设计中，终端 150 可以基于选定的报告方案生成信道状态信息，并在每个报告间隔内，基于连续的方式报告信道状态信息。这个设计可以例如在终端 150 具有涵盖一个或少数个报告间隔的服务期间时被使用。

在另一设计中，终端 150 可以在服务期间内以不同的方式生成和/或报告信道状态信息。这个设计可以例如在服务期间比报告间隔长得多时被使用。终端 150 可以在服务期间传输多个分组，并可以为每个分组的传输选择适合的分组格式和一组适合的空间信道。分组的传输可以跨越一个或多个报告间隔。指定子带可以为每个分组的传输而被选择，而且可以随不同的分组传输而改变。子带的选择可以对每个分组的传输保持不变。在这种情形下，指定子带的索引可以在分组的传输期间发送的 CQI 报告中被忽略。

在任何给定的时刻，终端 150 可以在数个操作模式的一个操作模式下操作，比如调度模式或非调度模式。在调度模式下，终端 150 被调度来在下行链路上传输，并且可以具有为终端和基站均知晓的持久不变的子带分配。在调度模式下，可以期望来准确地报告所分配子带的平均信道状态信息，而不是不准确地报告所有子带的信道状态信息。在非调度模式下，终端 150 可能不被调度来在下行链路上传输，且可能不具有持久不变的子带分配。在非调度模式下，可以期望来报告尽可能多的子带的信道状态信息。取决于终端是否被调度用于传输，终端 150 可以在调度和非调度模式之间

转换。例如，终端 150 可以在它的服务期间内在调度模式下操作，并且可以在它的服务期间以外在非调度模式下操作。

在另一方面，异构报告方案被使用，而且终端 150 可以取决于它的操作模式来发送不同的信道状态信息。在调度模式下，终端 150 可以在所分配的一个或多个子带的整体或平均信道特征的基础上生成完整的 CQI 值 X 和差分 CQI 值 Y 。终端 150 可以以 $N_z + (N_x + N_y)$ 位表示完整的 CQI 值、差分 CQI 值和空间状态信息。终端 150 可以以较高的速率或更频繁地报告信道状态信息，以便及时的方式更新信道状态信息。例如，终端 150 可以在每个报告间隔内报告 $N_z + (N_x + N_y)$ 位。

在非调度模式下，终端 150 可以生成所有或者许多子带的 CQI 信息。例如，终端 150 可以基于图 4B 中的第四报告方案生成 CQI 信息，并可以为所有 N 个子带发送 $N_z + (N_x + N_y) + (N - 1) \cdot N_w + N_s$ 位。终端 150 还可以基于图 4C 中的第五报告方案或其他一些方案生成 CQI 信息。终端 150 可以以较低的速率或较不频繁地报告信道状态信息，以便减少信令开销。

图 5 说明异构报告方案。终端 150 可以在时间 T_1 和 T_2 之间在调度模式下操作。在这个时间期间内，终端 150 可以仅确定选定的一个或多个子带的信道状态信息(例如平均 CQI)，并且更加频繁地报告信道状态信息，例如以每 T_{rep1} 秒一次的速率。终端可以在时间 T_2 和 T_3 之间在非调度模式下操作。在这个时间期间内，终端 150 可以确定所有 N 个子带的信道状态信息(例如每个子带的 CQI)，并可以较不频繁地报告信道状态信息，例如以每 T_{rep2} 秒一次的速率，其中 $T_{rep2} > T_{rep1}$ 。

图 6 示出报告在空间和频率上差分编码的信道状态信息的过程 600 的设计。可以确定多个子带上的多个空间信道的空间状态信息(方框 612)。多个空间信道可以对应于选择自多个可用于传输的天线之中的多个天线。空间信道信息然后可以表示所选择的天线。多个空间信道还可以对应于选择自多个可用于传输的预编码矢量之中的多个预编码矢量。空间信道信息然后可以表示所选择的预编码矢量。空间状态信息可以表示每个子带、每组子带或所有子带的多个空间信道。

可以获取多个子带上的多个空间信道的 CQI 值(方框 614)。CQI 值可以对应于 SNR 估计量或接收信号质量的其他一些测量值。可以在多个空间信

道和多个子带上对 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息(方框 616)。差分 CQI 信息可以包含表格 1 中示出的任何信息(例如 Y 、 ΔX 、 ΔY 、 $\Delta\Delta X$ 和 $\Delta\Delta Y$)和/或其他一些信息。差分 CQI 信息和空间状态信息可以作为反馈被发送(方框 618)。

对于方框 614, CQI 值可以根据参考 CQI 值在多个空间信道和多个子带上被差分编码。该参照 CQI 值可以是指定子带上的指定空间信道的 CQI 值、指定子带上的所有空间信道的平均 CQI 值、所有空间信道和所有子带的平均 CQI 值等等。参考 CQI 值可以与差分 CQI 信息一同发送。

方框 614 中的差分编码可以以各种方式来执行。CQI 值可以首先在多个空间信道上被差分编码,然后在多个子带上被差分编码。可替换地, CQI 值可以首先在多个子带上被差分编码,然后在多个空间信道上被差分编码。

多个空间信道可以包括指定空间信道和至少一个未指定空间信道。多个子带可以包含指定子带和至少一个未指定子带。每个子带上的至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值(例如 Y_n)可以基于该子带上的空间信道的 CQI 值来确定。对于每个未指定子带,可以确定该未指定子带上的指定空间信道的 CQI 值与指定子带或邻近的子带两者之一上的指定空间信道的 CQI 值之间的差(例如 ΔX_n)。对于每个未指定子带,还可以确定该未指定子带上的至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值(例如 Y_n)与指定子带或邻近的子带两者之一上的至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值(例如 Y_ℓ 、 Y_{n-1} 或 Y_{n+1})之间的差(例如 ΔY_n)。对于每个未指定子带,指定空间信道的差分 CQI 值(例如 ΔX_n)和至少一个未指定空间信道的至少一个差分 CQI 值(例如 ΔY_n)可以被映射至一索引,其可以作为该未指定子带的差分 CQI 信息来发送。

图 7 示出报告在空间和频率上差分编码的信道状态信息的装置 700 的设计。装置 700 包括用于确定多个子带上的多个空间信道的空间状态信息的模块(模块 712),用于获取多个子带上的多个空间信道的 CQI 值的模块(模块 714),在多个空间信道和多个子带上对 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息的模块(模块 716),以及将差分 CQI 信息和空间状态信息作为反馈来发送的模块(模块 718)。模块 712 至 718 可以包括处理器、电子设备、硬件设备、电子组件、逻辑电路、存储器等等或以上的任何组合。

图 8 示出报告在空间、频率和时间上差分编码的信道状态信息的过程 800 的设计。可以确定多个子带上的多个空间信道的空间状态信息(方框 812)。可以在多个时间间隔内获取多个子带上的多个空间信道的 CQI 值(方框 814)。可以在多个空间信道、多个子带和多个时间间隔上对 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息(方框 816)。差分 CQI 信息和空间状态信息可以作为反馈被发送(方框 818)。

对于方框 816,可以在每个时间间隔内在多个空间信道和多个子带上对 CQI 值进行差分编码来获取该时间间隔的差分 CQI 值(例如 Y 、 ΔX 和 ΔY)。可以先在多个空间信道上对 CQI 值进行差分编码,然后再在多个多个子带上进行。多个时间间隔可以包括指定的时间间隔和至少一个未指定的时间间隔。对于每个未指定时间间隔,可以确定该未指定时间间隔的差分 CQI 值与先前的时间间隔的差分 CQI 值之间的差(例如 $\Delta\Delta X$ 和 $\Delta\Delta Y$)。

对于方框 818,指定时间间隔的差分 CQI 值(例如 Y 、 ΔX 、 ΔY 等等)可以作为指定时间间隔的差分 CQI 信息被发送。所确定的每个未指定时间间隔的多个差分 CQI 值(例如 $\Delta\Delta X$ 、 $\Delta\Delta Y$ 等等)之间的差可以作为该未指定时间间隔的差分 CQI 信息被发送。

图 9 示出报告在空间、频率和时间上差分编码的信道状态信息的装置 900 的设计。装置 900 包括,确定多个子带上的多个空间信道的空间状态信息的模块(模块 912),在多个时间间隔内获取多个子带上的多个空间信道的 CQI 值的模块(模块 914),在多个空间信道、多个子带和多个时间间隔上对 CQI 值进行差分编码来获取差分 CQI 信息的模块(模块 916),以及将差分 CQI 信息和空间状态信息作为反馈来发送的模块(模块 918)。模块 912 至模块 918 可以包含处理器、电子设备、硬件设备、电子组件、逻辑电路、存储器等等或以上的任何组合。

图 10 示出异构的信道状态信息报告的过程 1000 的设计。当处于第一操作模式(例如调度模式)下时,可以根据第一报告模式来报告 CQI 信息(方框 1012)。当处于第二操作模式(例如非调度模式)下时,可以根据第二报告模式(例如非调度模式)报告 CQI 信息(方框 1014)。CQI 信息可以在第一报告模式下以第一速率被发送,并可以在第二报告模式下以第二速率被发送。第二个速率可以慢于第一个速率。

对于第一报告模式，可以获取从可用于传输的多个子带之中选择的至少一个子带上的多个空间信道的 CQI 值。可以在多个空间信道和至少一个所选择的子带上对 CQI 值进行差分编码来获取第一报告模式的 CQI 信息。CQI 值可以在所选择的多个子带上进行平均，而且多个空间信道的平均 CQI 值可以被差分编码。

对于第二报告模式，可以获取可用于传输的多个子带上的多个空间信道的 CQI 值。可以在多个空间信道和多个子带上对 CQI 值进行差分编码来获取第二报告模式的 CQI 信息。

图 11 示出异构的信道状态信息报告的装置 1100 的设计。装置 1100 包括，当处于第一操作模式(例如调度模式)时，可以根据第一报告模式报告 CQI 信息的模块(模块 1112)，以及当处于第二操作模式(例如非调度模式)时，可以依照第二报告模式(例如非调度模式)报告 CQI 信息的模块(模块 1114)。模块 1112 和 1114 可以包含处理器、电子设备、硬件设备、电子组件、逻辑电路、存储器等等，或以上的任何组合。

OFDMA 系统可以能够通过子带调度取得实质的收获。但是，系统中的子带数量可能并不少。空间-频率差分 CQI 编码(例如图 4B 中的第四报告方案)或空间-频率-时间差分 CQI 编码(例如图 4C 中的第五报告方案)可以能够减少在 MIMO-OFDMA 操作中的反馈开销。数据流可以利用空间分集(例如使用天线的排列、预编码等等)发送。空间分集可以产生比单输入单输出(SISO)传输要小的邻近子带之间的 SNR 变化。较小的 SNR 变化可以更为有效地在空间和频率上进行二维差分编码。

本文所述的技术可以通过各种方式来实现。例如，这些技术可以在硬件、固件、软件或其组合中实现。对于硬件实现，用于执行所述技术的处理单元可以在一个或多个专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理设备(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、电子设备、设计用来执行本文所述功能的其他电子单元、计算机或以上的组合中实现。

对于固件和/或软件的实现，所述技术可以利用执行本文所述功能的模块(例如程序、功能等等)来实现。固件和/或软件指令可以存储在存储器中(例如图 1 中的存储器 192)，并由处理器(例如处理器 190)执行。存储器可以在

处理器内部或在处理器外部实现。固件和/或软件指令还可以存储在其他的处理器可读的介质中，比如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、非易失性随机存取存储器(NVRAM)、可编程只读存储器(PROM)、电可擦除PROM (EEPROM)、闪速存储器、光盘(CD)、磁的或光学的数据存储设备等等。

本公开前面的说明是提供用来使本领域任何技术人员能够制造或使用本公开。本公开的各种修改对于本领域技术人员将会是显而易见的，并且本文所定义的一般原理可以被应用到其他变型中，而并不背离本公开的实质或范围。因此，本公开不是要被限制在本文所述的实例中，而是要与本文所公开的原理和新颖特征相一致的最宽泛的范围相符。

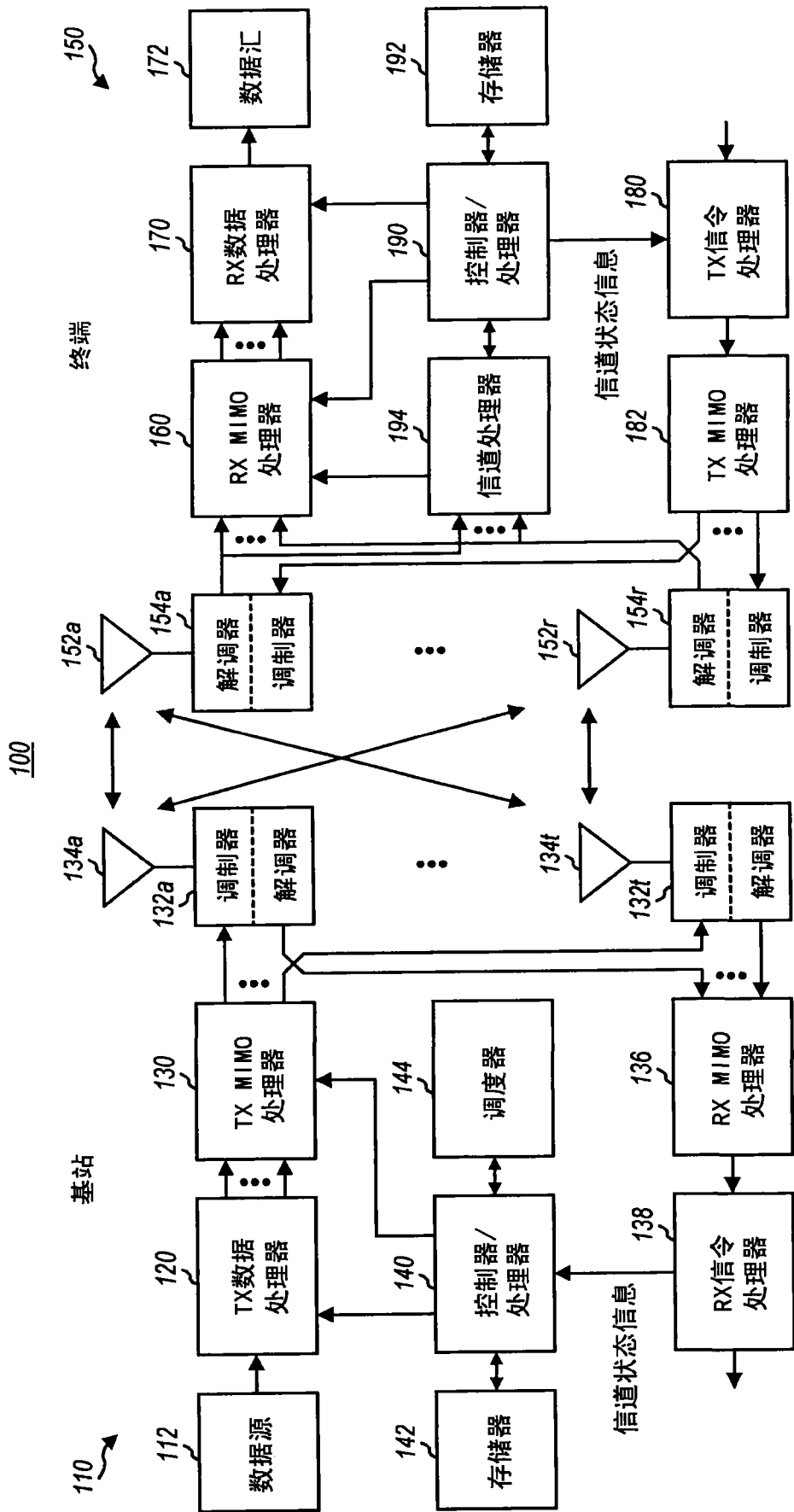


图1

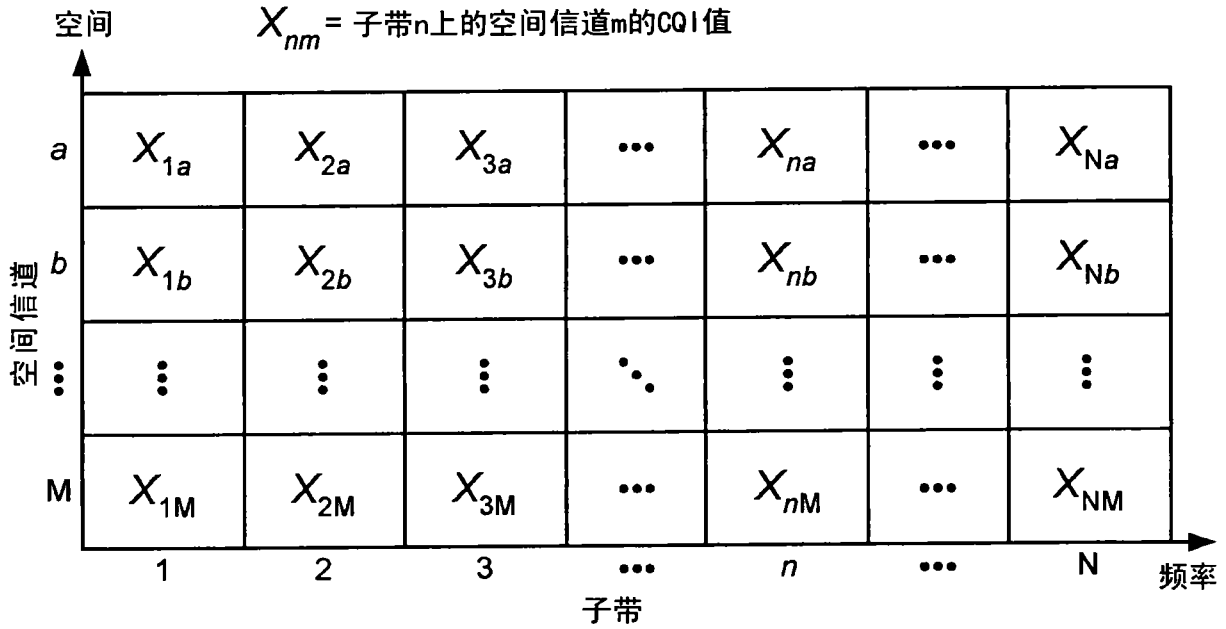


图2

在空间上的差分CQI编码

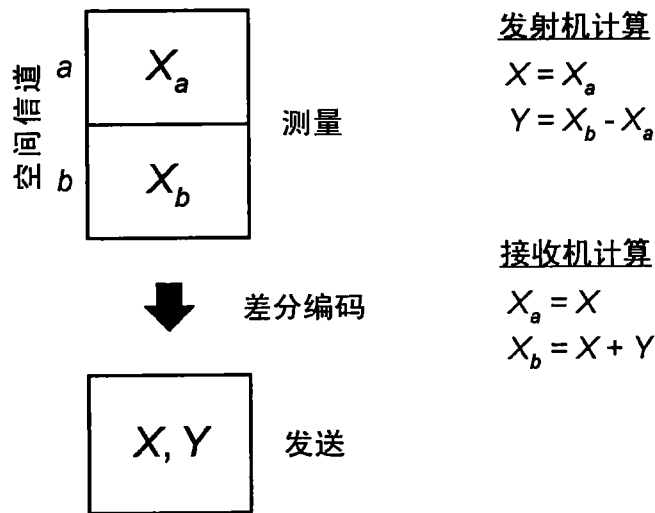


图3A

在频率上的差分CQI编码

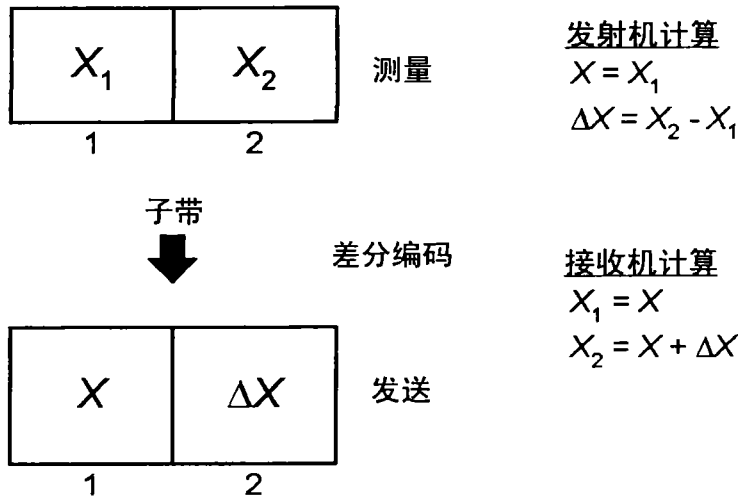


图3B

在空间和频率上的差分CQI编码

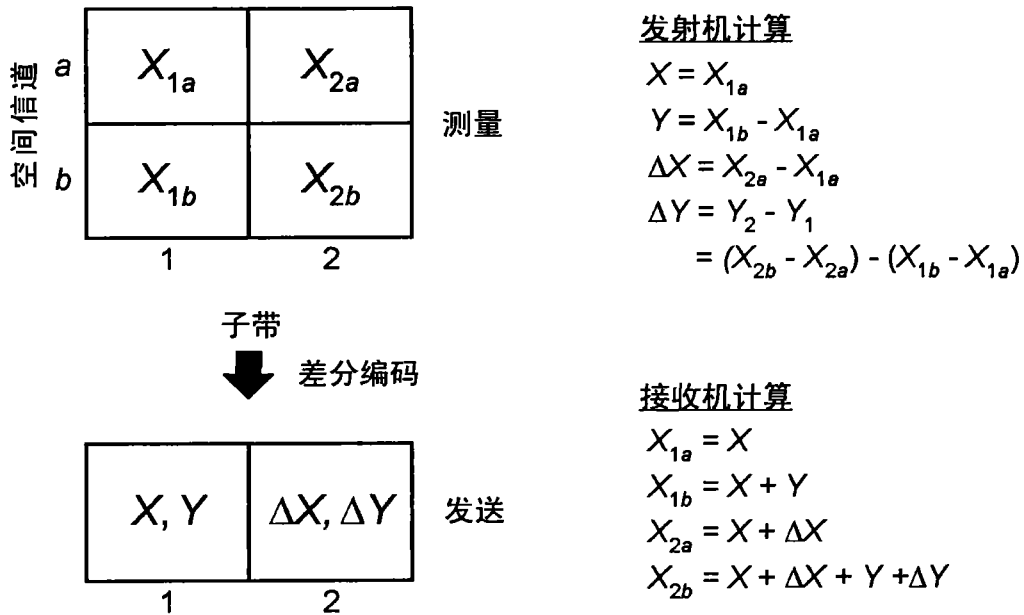


图3C

在空间、频率和时间上的差分CQI编码

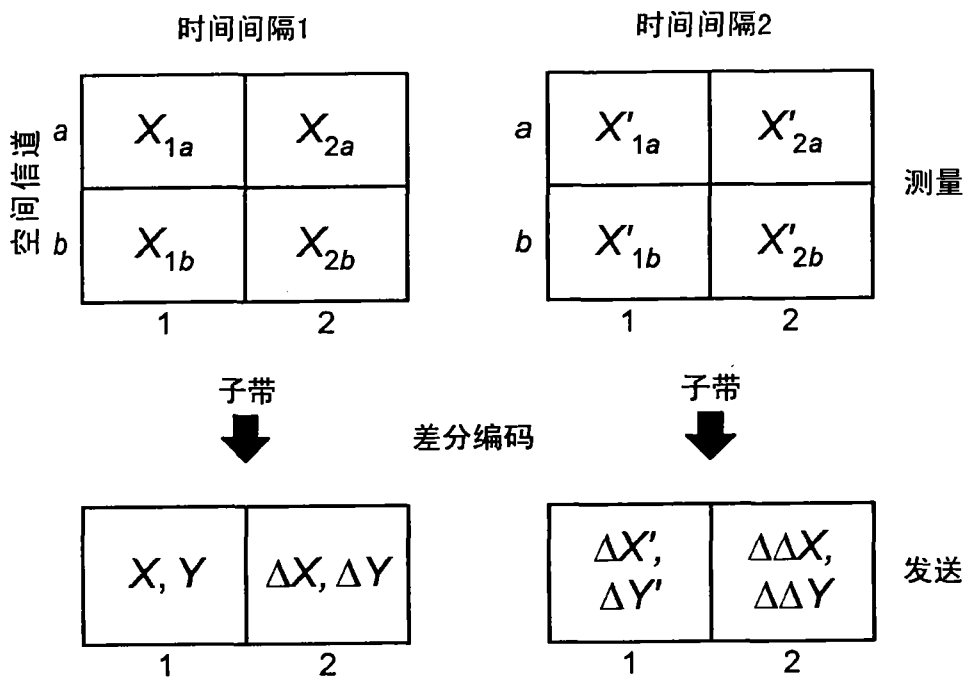


图3D

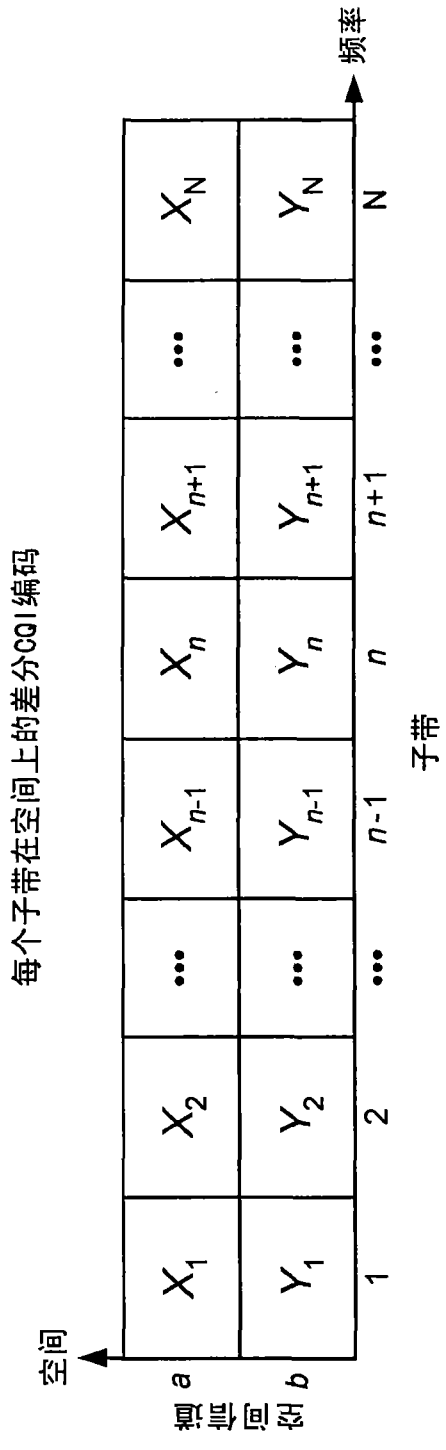


图4A

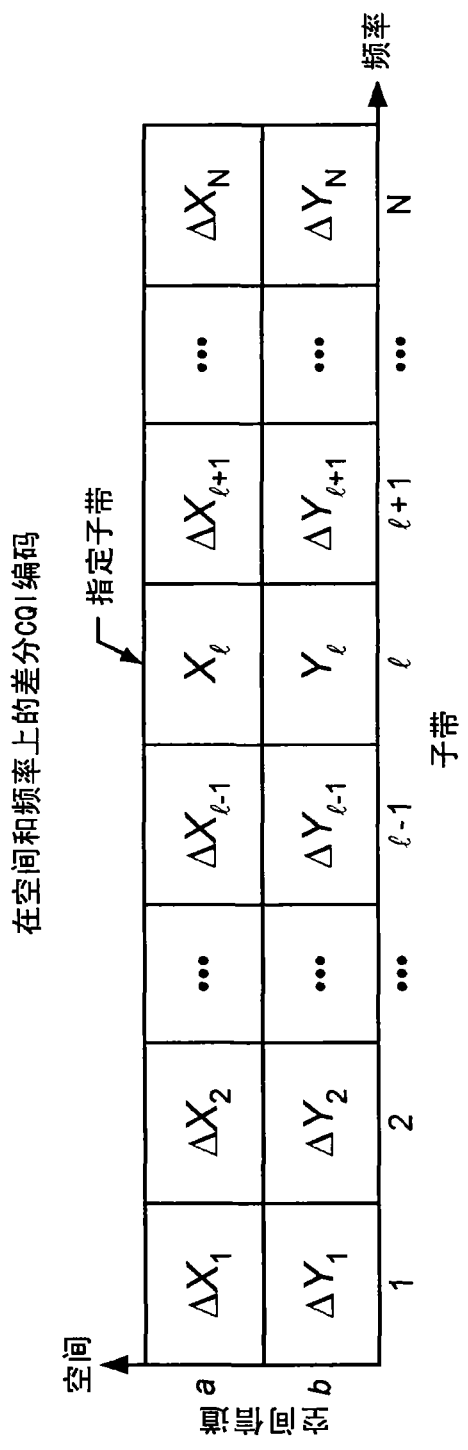


图4B

在空间、频率和时间上的差分CQI编码

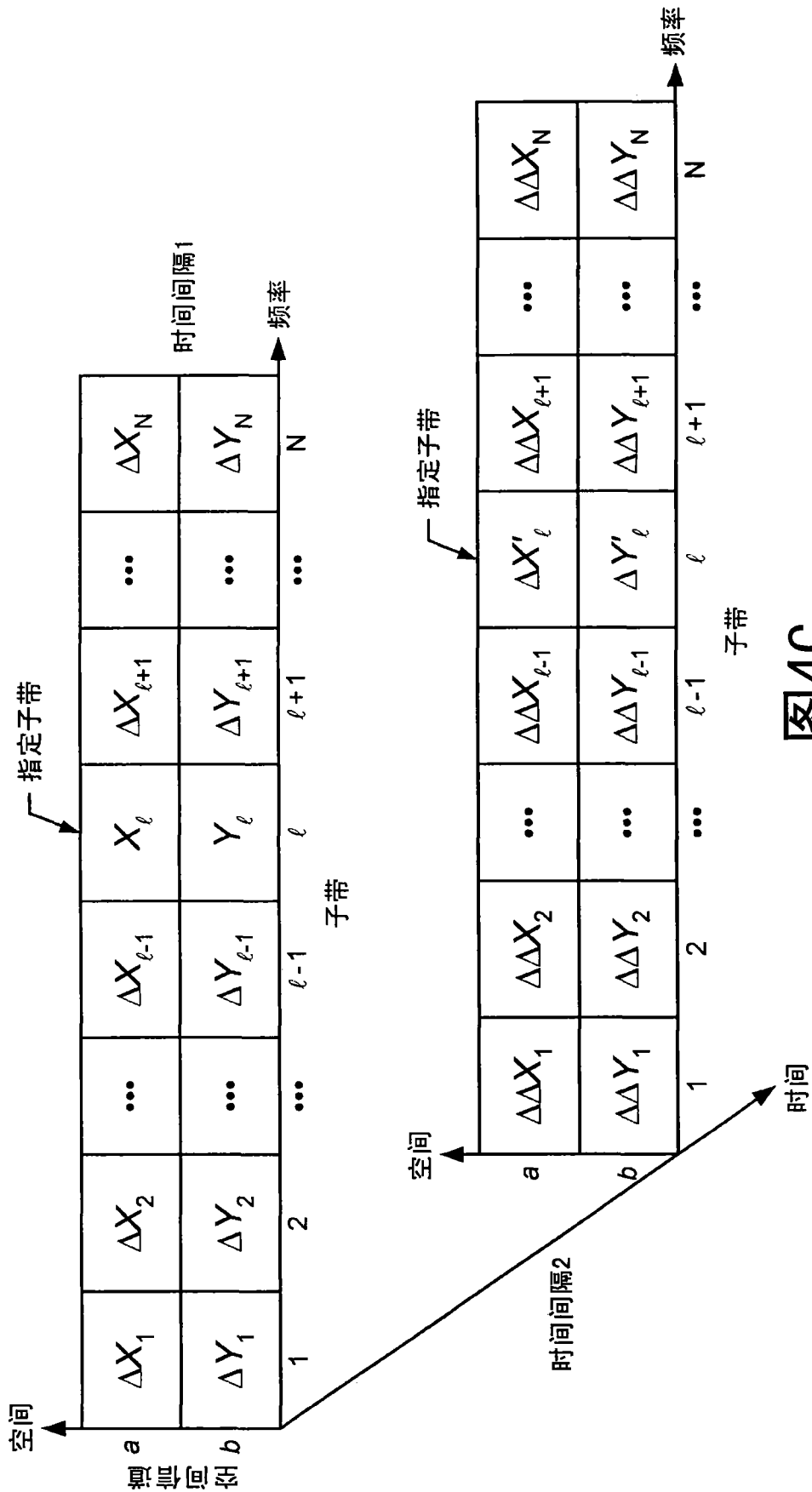


图4C

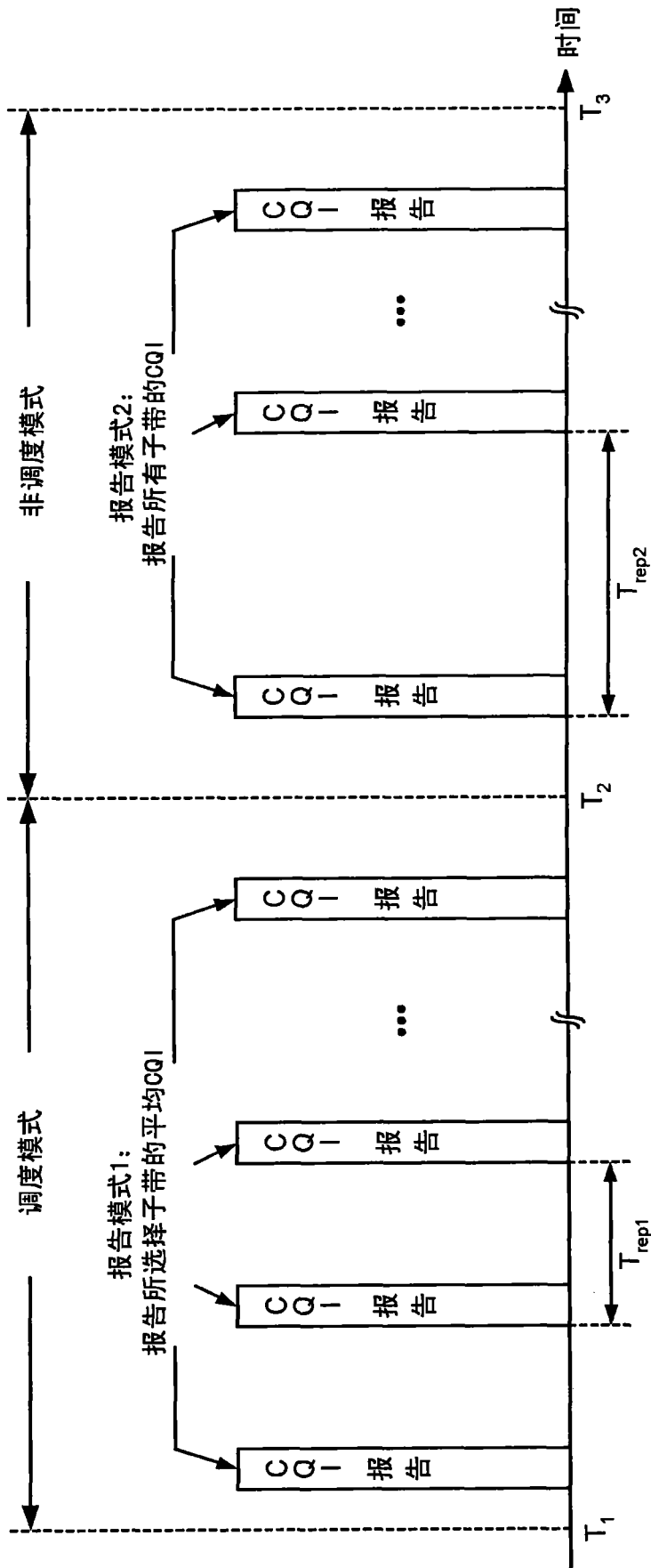


图5

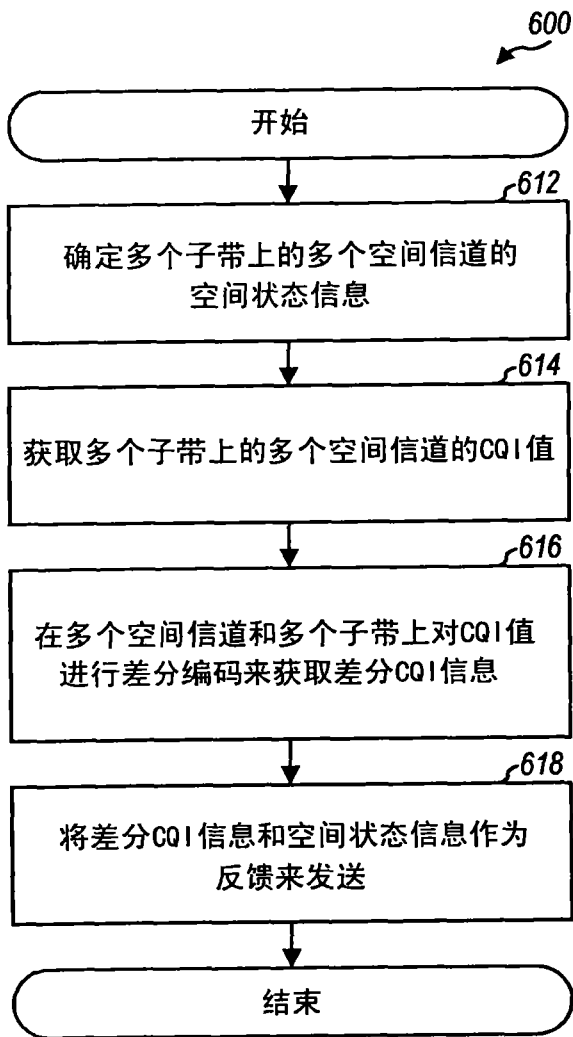


图6

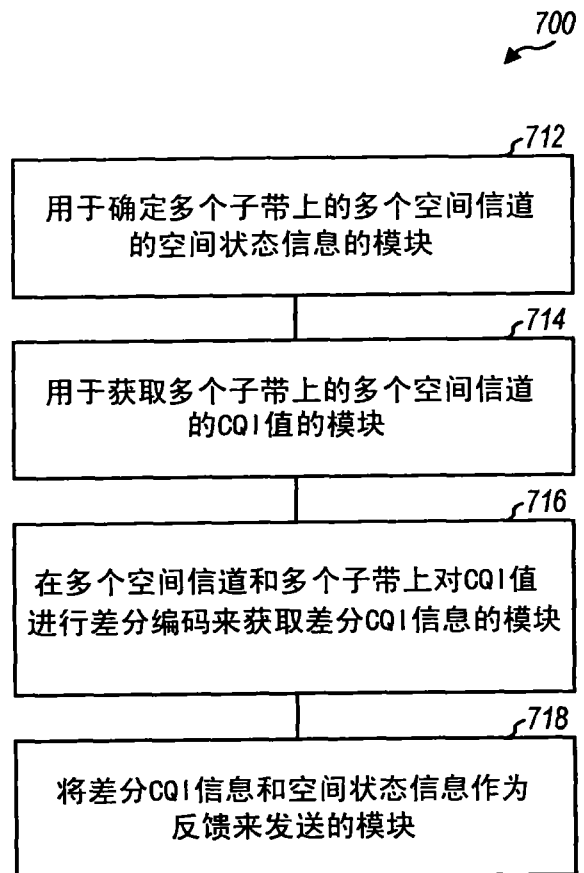


图7

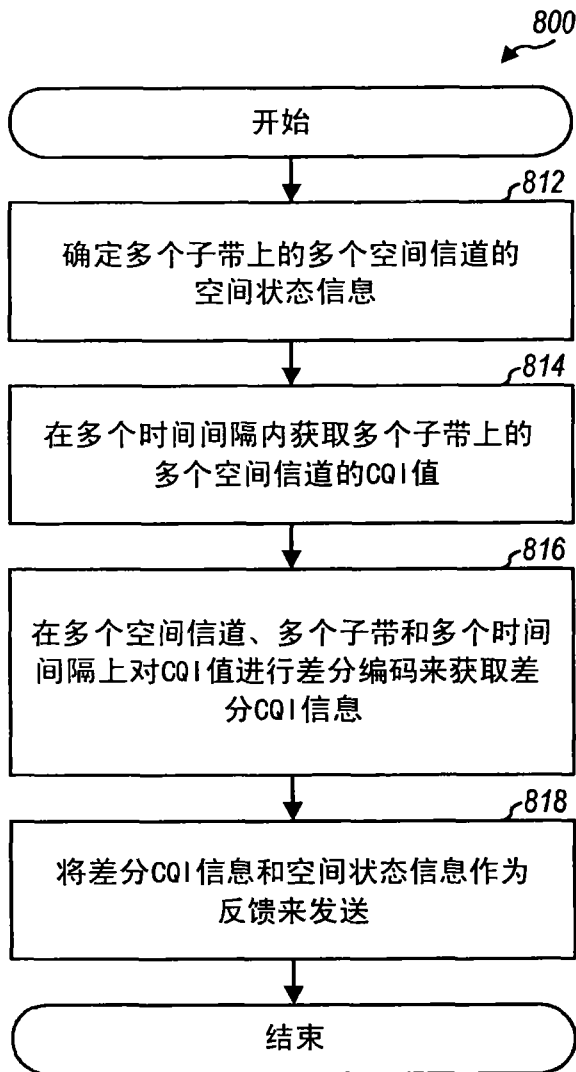


图8

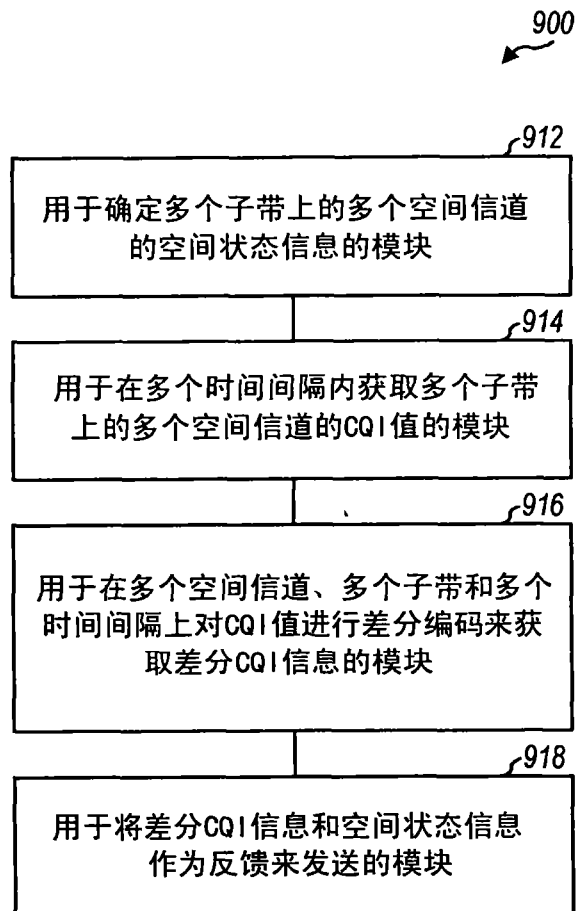


图9

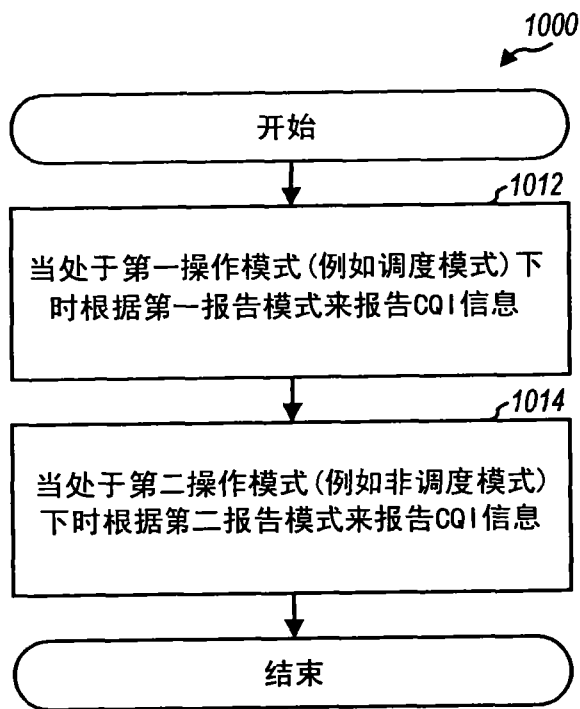


图10

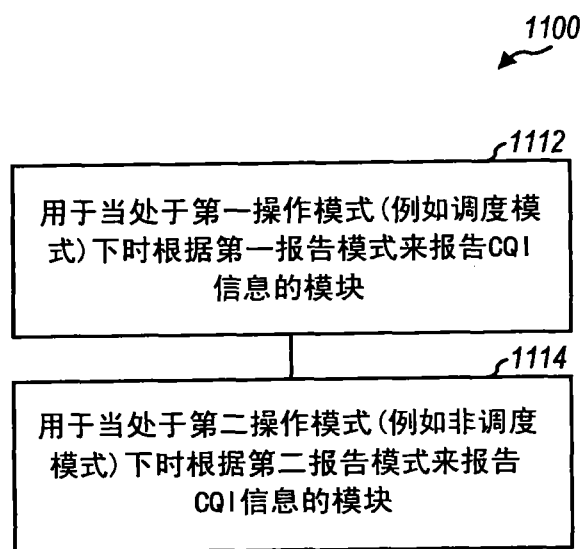


图11