



(45) 授权公告日 2015.04.15

代理人 张扬 王英

1. 一种用于报告信道反馈信息的方法,包括:

获得用于从第一站到第二站的通信信道的初始信道矢量;

在一组码本中选择用于对所述初始信道矢量进行量化的码本,每个码本包括不同的一组信道矢量,其中,在不同的报告间隔中从该组码本中选择不同的码本,以使得以平均的机会选择该组码本中的各个码本;

根据所述初始信道矢量,在所选择的码本中选择信道矢量;

将所选择的信道矢量从所述第二站发送给所述第一站,

其中,所述在不同的报告间隔中对不同的码本的所述选择使得所述第一站能够至少部分地基于从在多个报告间隔中的所述不同的码本中所选择的多个被发送的信道矢量来推导出最终信道矢量,以便提高信道估计的精确度。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所选择的码本中选择信道矢量的步骤包括:

根据所述初始信道矢量获得归一化信道矢量,

将所述归一化信道矢量与所选择码本中的每个信道矢量进行相关,

在所选择码本的所有信道矢量中,选择具有最大相关结果的信道矢量。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所选择的码本中选择信道矢量的步骤包括:

确定所述初始信道矢量与所选择码本中每个信道矢量之间的距离,

在所选择码本的所有信道矢量中,选择具有最小距离的信道矢量。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述初始信道矢量用于所述第二站的一个接收天线,该方法进一步包括:

获得用于所述第二站的至少一个附加接收天线的至少一个附加初始信道矢量;

根据所述至少一个附加初始信道矢量,在所选择的码本中选择至少一个信道矢量;

将所有选择的信道矢量从所述第二站发送给所述第一站。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,获得所述初始信道矢量包括:

获得用于所述第二站的多个接收天线的多个较短的初始信道矢量,每个接收天线对应一个较短的初始信道矢量,其中,所述多个较短的初始信道矢量的长度比所述初始信道矢量的长度短;

根据所述多个较短的初始信道矢量生成所述初始信道矢量。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

获得用于所述第二站的多个接收天线的多个初始信道矢量,其中所述初始信道矢量用于一个接收天线;

根据所述多个初始信道矢量和空间滤波器,推导出等效信道矩阵;

根据所述等效信道矩阵中的至少一个矢量,在所选择的码本中选择至少一个信道矢量;

将所选择的至少一个信道矢量从所述第二站发送给所述第一站,其中所选择的信道矢量是所选择的至少一个信道矢量中的一个。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中每个码本包括具有不同方向和单位幅值的信道矢量。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中每个码本包括具有不同方向和幅值的信道矢量。

9. 一种用于报告信道反馈信息的装置,包括:

获得用于从第一站到第二站的通信信道的初始信道矢量的模块；

在一组码本中选择用于对所述初始信道矢量进行量化的码本的模块，每个码本包括不同的一组信道矢量，其中，在不同的报告间隔中从该组码本中选择不同的码本，以使得以平均的机会选择该组码本中的各个码本；

根据所述初始信道矢量，在所选择的码本中选择信道矢量的模块；

将所选择的信道矢量从所述第二站发送给所述第一站的模块，

其中，所述在不同的报告间隔中对不同的码本的所述选择使得所述第一站能够至少部分地基于从在多个报告间隔中的所述不同的码本中所选择的多个被发送的信道矢量来推导出最终信道矢量，以便提高信道估计的精确度。

10. 根据权利要求 9 所述的装置，其中在所选择的码本中选择信道矢量的模块包括：

根据所述初始信道矢量获得归一化信道矢量的模块，

将所述归一化信道矢量与所选择码本中的每个信道矢量进行相关的模块，

在所选择码本的所有信道矢量中，选择具有最大相关结果的信道矢量的模块。

11. 根据权利要求 9 所述的装置，其中在所选择的码本中选择信道矢量的模块包括：

确定所述初始信道矢量与所选择码本中每个信道矢量之间的距离的模块，

在所选择码本的所有信道矢量中，选择具有最小距离的信道矢量的模块。

12. 根据权利要求 9 所述的装置，其中所述初始信道矢量用于所述第二站的一个接收天线，该装置进一步包括：

获得用于所述第二站的至少一个附加接收天线的至少一个附加初始信道矢量的模块；

根据所述至少一个附加初始信道矢量，在所选择的码本中选择至少一个信道矢量的模块；

将所有选择的信道矢量从所述第二站发送给所述第一站的模块。

13. 根据权利要求 9 所述的装置，获得所述初始信道矢量包括：

获得用于所述第二站的多个接收天线的多个较短的初始信道矢量的模块，每个接收天线对应一个较短的初始信道矢量，其中，所述多个较短的初始信道矢量的长度比所述初始信道矢量的长度短；

根据所述多个较短的初始信道矢量生成所述初始信道矢量的模块。

14. 一种用于报告信道反馈信息的装置，包括：

至少一个处理器，用于：

获得用于从第一站到第二站的通信信道的初始信道矢量，

在一组码本中选择用于对所述初始信道矢量进行量化的码本，每个码本包括不同的一组信道矢量，其中，在不同的报告间隔中从该组码本中选择不同的码本，以使得以平均的机会选择该组码本中的各个码本，

根据所述初始信道矢量，在所选择的码本中选择信道矢量，将所选择的信道矢量从所述第二站发送给所述第一站，

其中，所述在不同的报告间隔中对不同的码本的所述选择使得所述第一站能够至少部分地基于从在多个报告间隔中的所述不同的码本中所选择的多个被发送的信道矢量来推导出最终信道矢量，以便提高信道估计的精确度。

15. 根据权利要求 14 所述的装置,其中所述至少一个处理器用于:
根据所述初始信道矢量获得归一化信道矢量,
将所述归一化信道矢量与所选择码本中的每个信道矢量进行相关,
在所选择码本的所有信道矢量中,选择具有最大相关结果的信道矢量。

16. 根据权利要求 14 所述的装置,其中所述至少一个处理器用于:
确定所述初始信道矢量与所选择码本中每个信道矢量之间的距离,
在所选择码本的所有信道矢量中,选择具有最小距离的信道矢量。

17. 根据权利要求 14 所述的装置,其中所述初始信道矢量用于所述第二站的一个接收天线,并且其中所述至少一个处理器用于:

获得用于所述第二站的至少一个附加接收天线的至少一个附加初始信道矢量;
根据所述至少一个附加初始信道矢量,在所选择的码本中选择至少一个信道矢量;
将所有选择的信道矢量从所述第二站发送给所述第一站。

18. 根据权利要求 14 所述的装置,其中所述至少一个处理器用于通过以下来获得所述初始信道矢量:

获得用于所述第二站的多个接收天线的多个较短的初始信道矢量,每个接收天线对应一个较短的初始信道矢量;

根据所述多个较短的初始信道矢量生成所述初始信道矢量,其中,所述多个较短的初始信道矢量的长度比所述初始信道矢量的长度短。

19. 一种用于执行信道估计的方法,包括:

在第一站接收由第二站在多个报告间隔中发送的多个报告信道矢量,所述多个报告信道矢量由所述第二站根据一组码本进行确定,每个码本包括不同的一组信道矢量,其中,在不同的报告间隔中从该组码本中选择不同的码本,以使得以平均的机会选择该组码本中的各个码本,并且其中,在不同的报告间隔中,所述报告信道矢量是从所述不同的码本中选择的,以便提高信道估计的精确度;

根据所述多个报告信道矢量推导出最终的信道矢量。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中推导出最终信道矢量的步骤包括:

根据所述多个报告信道矢量,生成用于所述第一站的多个发射天线的多个中间信道矢量,每个发射天线对应一个中间信道矢量,

根据用于每个发射天线的所述中间信道矢量,推导出用于该发射天线的信道增益,最终信道矢量包括用于多个发射天线的多个信道增益。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中每个报告信道矢量包括信道方向信息并且具有单位幅值,并且其中生成多个中间信道矢量的步骤包括:

消除多个报告信道矢量中的相位模糊,从而获得多个相位经修正的信道矢量,

生成每个中间信道矢量,所述每个中间信道矢量具有在所述多个相位经修正的信道矢量中用于一个发射天线的信道增益。

22. 根据权利要求 20 所述的方法,其中每个报告信道矢量包括信道方向和幅值信息,并且其中生成所述多个中间信道矢量的步骤包括:

生成每个中间信道矢量,所述每个中间信道矢量具有在所述多个报告信道矢量中用于一个发射天线的信道增益。

23. 根据权利要求 20 所述的方法,其中推导出用于每个发射天线的信道增益的步骤包括:

对用于每个发射天线的所述中间信道矢量进行滤波,从而获得用于该发射天线的信道增益。

24. 根据权利要求 20 所述的方法,其中推导出用于每个发射天线的信道增益的步骤包括:

使用最小均方误差 (MMSE) 滤波器对用于每个发射天线的所述中间信道矢量进行滤波,从而获得用于该发射天线的信道增益。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,进一步包括:

确定用于每个发射天线的协方差矩阵和相关矢量;

根据用于每个发射天线的所述协方差矩阵和所述相关矢量,确定用于该发射天线的 MMSE 滤波器。

26. 根据权利要求 19 所述的方法,其中在每个报告间隔中接收一个用于从所述第一站的多个发射天线到第二站的单一接收天线的通信信道的报告信道矢量。

27. 根据权利要求 19 所述的方法,其中在每个报告间隔中接收用于从所述第一站的多个发射天线到所述第二站的多个接收天线的通信信道的多个报告信道矢量,每个接收天线对应一个报告信道矢量,

并且其中推导出用于所述多个接收天线的多个最终信道矢量,用于不同接收天线的每个最终信道矢量是根据用于该接收天线的报告信道矢量推导出的。

28. 根据权利要求 19 所述的方法,其中在每个报告间隔中接收一个用于从所述第一站的多个发射天线到所述第二站的多个接收天线的通信信道的报告信道矢量,

并且其中推导出用于所述多个接收天线的的一个最终信道矢量,并将该最终信道矢量进行分解,以获得用于所述多个接收天线的多个较短的最终信道矢量,其中,所述多个较短的最终信道矢量在长度上与所述最终信道矢量相比较短。

29. 一种用于执行信道估计的装置,包括:

在第一站接收由第二站在多个报告间隔中发送的多个报告信道矢量的模块,多个报告信道矢量由所述第二站根据一组码本进行确定,每个码本包括不同的一组信道矢量,其中,在不同的报告间隔中从该组码本中选择不同的码本,以使得以平均的机会选择该组码本中的各个码本,并且其中,在不同的报告间隔中,所述报告信道矢量是从所述不同的码本中选择的,以便提高信道估计的精确度;

根据所述多个报告信道矢量推导出最终的信道矢量的模块。

30. 根据权利要求 29 所述的装置,其中推导出最终信道矢量的模块包括:

根据所述多个报告信道矢量,生成用于所述第一站的多个发射天线的多个中间信道矢量的模块,每个发射天线对应一个中间信道矢量,

根据用于每个发射天线的所述中间信道矢量,推导出用于该发射天线的信道增益的模块,所述最终信道矢量包括用于所述多个发射天线的多个信道增益。

31. 根据权利要求 30 所述的装置,其中每个报告信道矢量包括信道方向信息并且具有单位幅值,并且其中生成多个中间信道矢量的模块包括:

消除所述多个报告信道矢量中的相位模糊以获得多个相位经修正的信道矢量的模块,

生成每个中间信道矢量的模块,所述每个中间信道矢量具有在所述多个相位经修正的信道矢量中用于一个发射天线的信道增益。

32. 根据权利要求 30 所述的装置,其中每个报告信道矢量包括信道方向和幅值信息,并且其中生成多个中间信道矢量的模块包括:

生成每个中间信道矢量的模块,所述每个中间信道矢量具有在所述多个报告信道矢量中用于一个发射天线的信道增益。

33. 根据权利要求 30 所述的装置,其中推导出用于每个发射天线的信道增益的模块包括:

使用最小均方误差 (MMSE) 滤波器对用于每个发射天线的所述中间信道矢量进行滤波以获得用于该发射天线的信道增益的模块。

使用多描述码进行信道估计的方法和系统

[0001] 本申请要求于 2009 年 1 月 6 日递交的、名称为“METHOD AND APPARATUS FOR CHANNEL ESTIMATION USING MULTIPLE DESCRIPTION CODES”、序号为 61/142,826 的美国临时专利申请的优先权,该临时申请已转让给本申请的受让人,并以引用方式加入本申请。

技术领域

[0002] 概括地说,本发明公开内容涉及通信,具体地说,涉及在无线通信系统中实现信道估计的技术。

背景技术

[0003] 无线通信系统被广泛应用于提供各种类型的通信内容(例如,语音、视频、分组数据、消息、广播等)。这些无线系统可以是通过共享可用系统资源能够支持多个用户的多址系统。这种多址系统的例子包括码分多址(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。

[0004] 在无线通信系统中,发射机可通过多个(K 个)发射天线将数据传输发送给接收机的一个或多个(R 个)接收天线。K 个发射天线和 R 个接收天线之间的无线信道包括从每个发射天线到每个接收天线的传播信道。用于所有发射和接收天线的传播信道会受到不同的衰落和多径影响,并且会与不同的复信道增益相关联。如果能够精确估计无线信道响应,则可以获得数据传输的良好性能。因此,能够提供精确信道估计的技术是值得期待的。

发明内容

[0005] 本发明描述了使用多描述码(MDC)进行信道反馈以提高信道估计精确度的技术。对于使用 MDC 的信道反馈,使用一组码本(并非单一的码本)来对测量的信道矢量进行量化。每个码本可包括不同的一组信道矢量或码字。在不同的报告间隔中选择不同的码本,以便对在这些报告间隔中所获得的测量信道矢量进行量化。使用不同的码本可提高信道估计的精确度。

[0006] 在一个设计方案中,接收机获得通信信道的初始信道矢量/测量信道矢量。该初始信道矢量是对通信信道的响应的估计。接收机从一组码本中选择码本,以用于对初始信道矢量进行量化。然后,接收机基于初始信道矢量从所选择的码本中选择信道矢量。例如,接收机可选择具有以下属性的信道矢量:(i)与归一化信道矢量具有最大相关度的信道矢量;或(ii)与初始信道矢量具有最短距离的信道矢量。接收机将所选择的信道矢量,可能还有所选择的码本,发送给发射机。

[0007] 在一个设计方案中,发射机在多个报告间隔中接收由接收机发送的多个报告信道矢量。每个报告信道矢量是接收机根据初始信道矢量所选择的信道矢量。发射机根据报告信道矢量推导出通信信道的最终信道矢量。在一个设计方案中,发射机对报告信道矢量中的相位模糊进行消除,以便获得相位经修正的信道矢量。发射机随后根据该相位经修正的信道矢量,生成用于发射机的多个发射天线的多个中间信道矢量。每个中间信道矢量包括

在相位经修正的信道矢量中用于一个发射天线的信道增益。在另一个设计方案中,发射机在不消除相位模糊的情况下,生成每个中间信道矢量,每个中间信道矢量具有在报告信道矢量中用于一个发射天线的信道增益。在这两个设计方案中,发射机根据用于发射天线的中间信道矢量(例如,对发射天线的中间信道矢量进行滤波),推导出用于每个发射天线的信道增益。最终信道矢量包括用于多个发射天线的多个信道增益。

[0008] 下文对本发明公开内容的各个方面和特征进行更详尽的描述。

附图说明

[0009] 图 1 给出了具有多个发射天线的发射机和具有单一接收天线的接收机的框图。

[0010] 图 2 给出了具有多个发射天线的发射机和具有多个接收天线的接收机的框图。

[0011] 图 3 给出了用于报告信道反馈的处理过程。

[0012] 图 4 给出了用于报告信道反馈的装置。

[0013] 图 5 给出了用于执行信道估计的处理过程。

[0014] 图 6 给出了用于执行信道估计的装置。

[0015] 图 7 给出了基站和 UE 的框图。

具体实施方式

[0016] 本文所描述的技术可以用于各种无线通信系统,例如 CDMA、TDMA、FDMA、OFDMA、SC-FDMA 和其它系统。术语“系统”和“网络”经常互换使用。CDMA 系统可以实现诸如通用陆地无线接入(UTRA)、cdma2000 等的无线技术。UTRA 包括宽带 CDMA(W-CDMA)和其它 CDMA 的变形。cdma2000 涵盖了 IS-2000、IS-95 和 IS-856 标准。TDMA 系统可以实现诸如全球移动通信系统(GSM)等的无线技术。OFDMA 系统可以实现诸如演进的 UTRA(E-UTRA)、超移动宽带(UMB)、IEEE 802.11(Wi-Fi)、IEEE802.16(WiMAX)、IEEE 802.20、Flash-OFDM®等的无线技术。UTRA 和 E-UTRA 是通用移动通信系统(UMTS)的一部分。3GPP 长期演进(LTE)和高级的 LTE(LTE-Advanced)是使用 E-UTRA 的 UMTS 的新版本,其在下行链路上采用 OFDMA 并在上行链路上采用 SC-FDMA。在来自名为“第三代合作伙伴计划(3GPP)”的组织文件中描述了 UTRA、E-UTRA、UMTS、LTE、LTE-A 和 GSM。在来自名为“第三代合作伙伴计划 2(3GPP2)”的组织文件中描述了 cdma2000 和 UMB。本发明所描述的技术可用于上文所提及的系统和无线技术以及其它系统和无线技术。

[0017] 图 1 给出了在无线通信系统中的发射机 110 和接收机 150 的设计方案的框图。在一个设计方案中,发射机 110 可以是基站的一部分,接收机 150 可以是用户设备(UE)的一部分,在从基站到 UE 的下行链路上进行数据传输的发送。在另一个设计方案中,发射机 110 可以是 UE 的一部分,接收机 150 可以是基站的一部分,在从 UE 到基站的上行链路上进行数据传输的发送。发射机 110 和接收机 150 还可以是其它实体的一部分。

[0018] 在图 1 所示的设计方案中,发射机 110 配有多个(K 个)发射天线 132a-132k,同时接收机 150 配有单一的接收天线 152。在 K 个发射天线 132a-132k 和单一接收天线 152 之间形成多输入单输出(MISO)信道。为了简便起见,考虑到低用户移动性,可以假设 MISO 信道在频率上是平坦的,而在时间上是相关的。MISO 信道的响应可描述为:

[0019]
$$h(n) = [h_1(n) h_2(n) \dots h_K(n)]^T, \quad \text{公式 (1)}$$

[0020] 其中 $h_k(n)$ 是在时刻 n , 位于发射天线 k 和接收天线之间的复信道增益, 并且 $1 \leq k \leq K$,

[0021] $h(n)$ 是在时刻 n 的 $K \times 1$ 实际信道矢量,

[0022] “ T ”表示转置。

[0023] $h(n)$ 是在时刻 n 的 MISO 信道响应的 K 维复高斯矢量。一般来说, 信道矢量代表了通信信道的响应。信道矢量包括用于一个或多个发射天线和一个或多个接收天线的信道增益信息。

[0024] 在发射机 110 处, 发射处理器 120 产生导频符号, 并将导频符号提供给 K 个发射机单元 (TMTR) 130a-130k。导频符号是发射机 110 和接收机 150 先验已知的调制符号, 导频符号还可称为参考符号、训练符号等。发射机单元 130a-130k 处理导频符号并产生 K 个调制信号, 其中 K 个调制信号分别通过天线 132a-132k 进行发射。

[0025] 在接收机 150 处, 天线 152 从发射机 110 接收调制信号, 并将所接收的信号提供给接收机单元 (RCVR) 154。接收机单元 154 对所接收到的信号进行处理, 并将所接收的符号提供给信道估计器 160。信道估计器 160 根据导频符号的接收符号来估计 MISO 信道的响应, 并提供包括初始信道矢量 $h'(n)$ 的初始信道估计, 其中初始信道矢量 $h'(n)$ 是对实际信道矢量 $h(n)$ 的估计。

[0026] 接收机 150 对矢量 $h'(n)$ 中的 K 个信道增益进行量化, 并将 K 个经量化的信道增益作为反馈发送给发射机 110。发送 K 个经量化的信道增益可能需要多个比特。通过定义包含有 M 个信道矢量的码本, 以减少向回发送的信息量。从 B 维单位球体上的各向同性分布中独立地选择码本中的 M 个信道矢量, 其中 $M = 2^B$ 。将每一个信道矢量称为码本中的码字, 并且给每一个信道矢量分配一个唯一的 B -比特的索引。例如, B 等于 4, 码本包括 16 个信道矢量, 同时给每一个信道矢量分配一个唯一的 4-比特的索引。在码本中选择与初始信道矢量 $h'(n)$ 最为匹配的信道矢量, 并将其标为 $g(n)$ 。接收机 150 将所选择的信道矢量的 B -比特索引发送给发射机 110。

[0027] 使用码本对初始信道矢量 $h'(n)$ 进行量化, 能够极大地减少向回发送的信息量。然而, 所选择的信道矢量 $g(n)$ 存在量化误差, 因此会降低发射机 110 推导信道估计的精确度。通过使用较大的码本可以减少量化误差。然而, 对于较大的码本而言, 接收机 150 为了评估所有的码字, 就会需要进行较多的处理; 同时用于传送所选择码字的比特也会较多。

[0028] 在一个方面中, 将多描述码 (MDC) 用于信道反馈。一般来说, MDC 指的是使用多个码的描述来提高对信源进行描述的精确度。对于使用 MDC 的信道反馈而言, 在不同的信道反馈报告间隔中使用具有相似统计属性的不同码本。使用不同的码本会提高信道估计的精确度。使用 MDC 对时域中的信道估计进行量化, 以利用低移动性的 UE 在时间上的信道相关。还使用 MDC 对频域中的信道估计 (例如, 在子载波上) 进行量化, 从而使之可适用于中 / 低频率选择性信道。还用 MDC 对时频 (2D) 信道估计进行量化。为了清楚起见, 下面的大部分描述涵盖了使用 MDC 对时域信道估计进行的量化。

[0029] 将使用 MDC 的信道反馈用于全信道反馈和信道方向反馈。对于全信道反馈, 信道范数 / 幅值和方向都要进行反馈。用于全信道反馈的码本包括 M 个具有不同范数和方向的信道矢量。对于信道方向反馈, 具有单位范数的归一化信道矢量 $\tilde{h}(n)$ 按如下方式获得:

[0030] $\tilde{\mathbf{h}}(n) = \frac{\mathbf{h}'(n)}{\|\mathbf{h}'(n)\|}$, 公式 (2)

[0031] 其中 $\|\mathbf{h}'(n)\|$ 代表 $\mathbf{h}'(n)$ 的幅值。归一化信道矢量包括信道方向信息, 同时归一化信道矢量具有单位范数, 因此信道的范数不用反馈。用于信道方向反馈的码本包括单位范数的 M 个信道矢量。

[0032] 对于使用 MDC 的信道方向反馈, 可产生多个 (T 个) 具有良好统计特性的码本。这通过从一大组可能的码本中选择 T 个最好的码本来实现, 以使得中断归一化相关度在目标中断概率处 (例如, 0.001) 是最大的。可能的码本是随机产生的高斯码本。对中断归一化相关度作如下描述。具有 M 个码字的码本 G 表示为 $G = [\mathbf{g}_1, \dots, \mathbf{g}_M]$, 其中 $\mathbf{g}_m$ 是码本中的第 m 个码字。中断归一化相关度被定义为一个数值, 使得实际信道矢量 $\mathbf{h}$ 和报告信道矢量 $\mathbf{g}$ 之间的归一化相关度以概率 α 小于或等于该数值, 其中 α 为中断概率。码本 G 的中断归一化相关度按如下方式进行表示:

[0033] $r_\alpha^2(\mathbf{G}) = \arg \{ P((\max_{1 \leq m \leq M} |\mathbf{g}_m^H \mathbf{h}|^2) \leq \mu \|\mathbf{h}\|^2) = \alpha \}$, 公式 (3)

[0034] 其中 $r_\alpha^2(\mathbf{G})$ 是由数值 μ 决定的码本 G 的中断归一化相关度, 其中数值 μ 为上述公式的解,

[0035] $|\mathbf{g}_m^H \mathbf{h}|^2$ 是实际信道矢量 $\mathbf{h}$ 和码本中的信道矢量 $\mathbf{g}_m$ 之间的相关度,

[0036] $P()$ 代表概率函数,

[0037] “ H ” 代表厄米特 (Hermetian) 转置或共轭转置。

[0038] 从一大组可能的码本中选择 T 个最好的码本的方式如下。对每个可能的码本进行评估以确定它的中断归一化相关度。对于给定的可能的码本 G_j , 用于给定信道实现的实际信道矢量 $\mathbf{h}_i$ 与码本中的每个信道矢量 $\mathbf{g}_m$ 进行相关, 确定出最大的相关度并将其表示为 $|\mathbf{g}_{j,\max}^H \mathbf{h}_i|^2$ 。计算用于信道实现的特征值 (figure of merit) μ_i , 并将其表示为 $\mu_i = |\mathbf{g}_{j,\max}^H \mathbf{h}_i|^2 / \|\mathbf{h}_i\|^2$ 。对多个信道实现进行评估, 并对用于每个信道实现的特征值采用相似的方式进行计算。确定使得所有信道实现有百分之 α 的特征值是较差的数值 μ , 并将其设为码本 G_j 的中断归一化相关度。重复该处理过程以确定每一个可能码本的中断归一化相关度。将具有 T 个最高的中断归一化相关度的 T 个可能码本选择为 T 个最好的码本。这 T 个最好的码本具有 μ 的最大值, 以使得最大的相关度 $(\max_{1 \leq m \leq M} |\mathbf{g}_m^H \mathbf{h}|^2)$ 小于或等于 $\mu \|\mathbf{h}\|^2$ 的概率为 α 。通过将相关度和由 μ 缩放的 $\mathbf{h}$ 的范数进行比较来确定归一化相关度。还可以采用其它方法选择或确定 T 个最好的码本。

[0039] 中断归一化相关度可用于指示报告信道矢量相对于实际信道矢量的精确程度。中断归一化相关度越大, 报告信道矢量的精度就越好, 反之亦然。目标中断概率用于指示报告信道矢量不满足中断归一化相关度的时间百分比。一般来说, 目标中断概率越小 (例如, 较小的 α), 中断归一化相关度就越小 (例如, 较小的 μ), 反之亦然。

[0040] 所选择使用的 T 个码本包括不同组的信道矢量。这 T 个码本存储在接收机 150 的存储器 164 中, 还存储在发射机 110 的存储器 142 中。

[0041] 在接收机 150 处, 量化器 162 从信道估计器 160 获得初始信道矢量 $\mathbf{h}'(n)$, 并计算归一化信道矢量 $\tilde{\mathbf{h}}(n)$, 例如, 可利用公式 (2) 进行计算。接收机 150 随机选择 T 个码本中

的一个码本,以对归一化信道矢量进行量化。接收机 150 选择码本,以使得以相等的机会选择所有的 T 个码本。量化器 162 计算归一化信道矢量相对于在所选择的码本中每个信道矢量的相关度,计算如下:

$$[0042] \quad Q_m = |\mathbf{g}_m^H \tilde{\mathbf{h}}(n)|^2, \text{ 其中 } 1 \leq m \leq M, \quad \text{公式 (4)}$$

[0043] 其中 $\mathbf{g}_m$ 是在所选择的码本中的第 m 个信道矢量,

[0044] Q_m 是信道矢量 $\tilde{\mathbf{h}}(n)$ 和 $\mathbf{g}_m$ 之间的相关度。

[0045] 从所选择的码本中,量化器 162 选择具有最大相关度的信道矢量,以作为报告信道矢量 $\mathbf{g}(n)$,其中报告信道矢量是归一化信道矢量的最好量化版本。在一个设计方案中,量化器 162 同时提供所选择信道矢量的索引和所选择码本的索引,以作为信道反馈信息。在另一个设计方案中,发射机 110 先验已知接收机 150 所使用的选择码本的方案,量化器 162 仅提供所选择信道矢量的索引以作为信道反馈信息。在这两个设计方案中,由发射处理器 170 处理信道反馈信息,并将其通过发射机单元 172 发送给发射机 110。

[0046] 在发射机 110 处,由接收机单元 138 处理来自接收机 150 的信号,以恢复出报告信道矢量 $\mathbf{g}(n)$ 。发射信道估计器 140 接收报告信道矢量,并根据 L 个最近的报告信道矢量 $\mathbf{g}(n) - \mathbf{g}(n-L-1)$,推导出包括最终信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}(n+\Delta)$ 的最终信道估计,其中 L 是任意大于 1 的数值。最终信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}(n+\Delta)$ 是在时刻 $n+\Delta$ 对 MISO 信道响应的估计,其中一般说来 $\Delta \geq 0$ 。

[0047] 在一个设计方案中,信道估计器 140 首先对报告信道矢量进行预处理以消除相位模糊。在当前的报告信道矢量 $\mathbf{g}(n)$ 和每个较早的报告信道矢量 $\mathbf{g}(n-i)$ 之间的相位 θ_i 按如下方式进行确定:

$$[0048] \quad \theta_i = \angle \{ \mathbf{g}^H(n) \cdot \mathbf{g}(n-i) \}, \text{ 其中 } 1 \leq i < L-1, \quad \text{公式 (5)}$$

[0049] 每个较早的信道矢量的相位模糊可以按照下述方式进行消除:

$$[0050] \quad \tilde{\mathbf{g}}(n-i) = \exp(-j\theta_i) \cdot \mathbf{g}(n-i), \text{ 其中 } 1 \leq i < L-1, \quad \text{公式 (6)}$$

[0051] 其中 $\tilde{\mathbf{g}}(n-i)$ 是相位经过旋转的信道矢量。

[0052] 如公式 (1) 所示,实际信道矢量 $\mathbf{h}(n)$ 包括 K 个复信道增益 $h_k(n)$,其中 $1 \leq k \leq K$ 。每个发射天线 k 的中间信道矢量 $\mathbf{g}_k$ 可以定义为:

$$[0053] \quad \mathbf{g}_k = [\mathbf{g}_k(n) \mathbf{g}_k(n-1) \dots \mathbf{g}_k(n-L-1)]^T, \quad \text{公式 (7)}$$

[0054] 其中 $\mathbf{g}_k(n-i)$ 是在报告信道矢量 $\mathbf{g}(n-i)$ 中用于发射天线 k 的复信道增益,其中 $0 \leq i < L$ 。中间信道矢量 $\mathbf{g}_k$ 包括在 L 个在最近的报告信道矢量中用于发射天线 k 的 L 个信道增益。

[0055] 在一个设计方案中,使用最小均方误差 (MMSE) 滤波器根据中间信道矢量 $\mathbf{g}_k$,对在实际信道矢量 $\mathbf{h}(n)$ 中的每一个信道增益 $h_k(n)$ 独立地进行估计。为每个发射天线定义 $L \times L$ 的协方差矩阵 $\mathbf{R}_k$ 和 $L \times 1$ 的相关矢量 $\mathbf{c}_k$,具体如下所示:

$$[0056] \quad \mathbf{R}_k = E \{ \mathbf{g}_k \cdot \mathbf{g}_k^H \}, \text{ 和 } \quad \text{公式 (8)}$$

$$[0057] \quad \mathbf{c}_k = E \{ \mathbf{h}_k^*(n+\Delta) \cdot \mathbf{g}_k \}, \quad \text{公式 (9)}$$

[0058] 其中 $E \{ \}$ 表示期望操作,“*”表示复共轭。

[0059] 在一个设计方案中,根据对相应于发射机 110 和接收机 150 的 UE 速度的假设,可凭借经验对协方差矩阵和相关矢量进行计算。例如,根据特定的信道模型对多个信道实现的 $\mathbf{g}_k$ 进行确定,并使用 $\mathbf{g}_k$ 计算协方差矩阵和相关矢量。在另一个设计方案中,对于假设的

UE 速度,可以假设无线信道具有平坦的多普勒 (Doppler) 功率谱。在这两个设计方案中,考虑到鲁棒性 (robustness),可以将假设的 UE 速度选择的相对高一些,例如 5-10 公里 / 小时。一般说来,协方差矩阵和相关矢量可按以下方式进行计算:(i) 根据特定信道模型的经验进行计算;或(ii) 根据报告信道矢量进行实时计算。

[0060] 用于每个发射天线的 MMSE 滤波器可定义为:

$$[0061] \quad \mathbf{w}_k = \mathbf{R}_k^{-1} \cdot \mathbf{c}_k, \text{ 其中 } 1 \leq k < K, \quad \text{公式 (10)}$$

[0062] 其中 $\mathbf{w}_k$ 是用于发射天线 k 的 MMSE 滤波器。根据发射天线的协方差矩阵和相关矢量,对不同的发射天线定义不同的 MMSE 滤波器。

[0063] 如下所示,根据用于 K 个发射天线的 MMSE 滤波器,来确定最终信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}(n+\Delta)$ 的各分量:

$$[0064] \quad \hat{h}_k(n+\Delta) = \frac{\mathbf{w}_k^H \cdot \mathbf{g}_k}{\|\mathbf{w}_k^H \cdot \mathbf{g}_k\|}, \text{ 其中 } 1 \leq k < K, \quad \text{公式 (11)}$$

[0065] 其中 $\hat{\mathbf{h}}(n+\Delta) = [\hat{h}_1(n+\Delta) \ \hat{h}_2(n+\Delta) \ \dots \ \hat{h}_K(n+\Delta)]^T$ 是在时刻 $n+\Delta$ 对归一化的实际信道矢量 $\frac{\mathbf{h}(n+\Delta)}{\|\mathbf{h}(n+\Delta)\|}$ 所作的估计。

[0066] 还可以使用其它方式来确定最终信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}(n+\Delta)$ 的各分量。例如,通过对中间信道矢量 $\mathbf{g}_k$ 中的 L 个信道增益求平均值以获得 $\hat{h}_k(n+\Delta)$ 。

[0067] 对于使用 MDC 的全信道反馈,可产生具有良好统计属性的多个 (T 个) 码本。这通过从一大组可能的码本 (例如,随机产生的高斯码本) 中选择 T 个最好的码本来实现,从而使得中断欧几里得 (Euclidean) 距离在目标中断概率处 (例如,0.001) 是最小的。除了使用欧几里得距离替换归一化相关度作为度量之外,中断欧几里得距离的定义与中断归一化相关度的定义相类似。将中断欧几里得距离定义为一个数值,使得实际信道矢量 $\mathbf{h}$ 和报告信道矢量 $\mathbf{g}$ 之间的欧几里得距离小于或等于该数值的概率为 α , 其中 α 为中断概率。选择使用的 T 个码本包括不同组的信道矢量。

[0068] 接收机 150 获得初始信道矢量 $\mathbf{h}'(n)$, 并从 T 个码本中随机选择一个码本,以对初始信道矢量进行量化。接收机 150 选择码本,以使得以相等的机会选择所有的 T 个码本。如下所示,接收机 150 计算在初始信道矢量和在所选择码本中的每个信道矢量之间的欧几里得距离:

$$[0069] \quad D_m = \sqrt{\sum_{k=1}^K [g_{m,k} - h'_k(n)]^2}, \text{ 其中 } 1 \leq m < M, \quad \text{公式 (12)}$$

[0070] 其中 $g_{m,k}$ 是在所选择码本中的信道矢量 $\mathbf{g}_m$ 中的第 k 个分量,

[0071] $h'_k(n)$ 是在初始信道矢量 $\mathbf{h}'(n)$ 中的第 k 个信道增益,

[0072] D_m 是信道矢量 $\mathbf{h}'(n)$ 和 $\mathbf{g}_m$ 之间的欧几里得距离。

[0073] 接收机 150 从所选择的码本中,选择在欧几里得距离的意义上最接近初始信道矢量的信道矢量。接收机 150 将所选择信道矢量 $\mathbf{g}(n)$ 的索引,可能还有所选择码本的索引,作为信道反馈信息以进行提供。

[0074] 发射机 110 接收报告信道矢量 $\mathbf{g}(n)$, 并根据 L 个最近的报告信道矢量 $\mathbf{g}(n) - \mathbf{g}(n-L-1)$, 以推导出最终信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}(n+\Delta)$ 。对于全信道反馈,发射机 110 可省略消除

相位模糊的预处理过程。由于使用不同的方法来定义用于信道方向反馈和全信道反馈的码本,因此这个步骤可以省略。发射机 110 根据 L 个报告信道矢量,生成 K 个中间信道矢量 g_k , 其中 $1 \leq k < K$ 。发射机 110 根据中间信道矢量(例如,使用 MMSE 滤波器)来确定最终信道矢量中的信道增益。也可以使用其它方法(例如,求平均法)来确定在最终信道矢量中的信道增益。

[0075] 图 2 给出了在无线通信系统中的发射机 210 和接收机 250 的设计方案的框图。在这个设计方案中,发射机 210 配有多(K 个)发射天线 232a-232k,接收机 250 配有多(R 个)接收天线 252a-252r。在 K 个发射天线 232 和 R 个接收天线 252 之间形成多输入多输出(MIMO)信道。为了简洁起见,考虑到低用户移动性,假设 MIMO 信道在频率上是平坦的,但是在时间上是相关的。MIMO 信道的响应可表示为:

$$[0076] \quad \mathbf{H}(n) = \begin{bmatrix} h_{1,1}(n) & h_{1,2}(n) & \cdots & h_{1,K}(n) \\ h_{2,1}(n) & h_{2,2}(n) & \cdots & h_{2,K}(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{R,1}(n) & h_{R,2}(n) & \cdots & h_{R,K}(n) \end{bmatrix}, \text{公式 (13)}$$

[0077] 其中 $h_{r,k}(n)$ 是在时刻 n、在发射天线 k 和接收天线 r 之间的复信道增益,其中 $1 \leq k < K, 1 \leq r < R$,

[0078] $\mathbf{H}(n)$ 是在时刻 n 的 $R \times K$ 实际信道矩阵。

[0079] 在发射机 210 处,发射处理器 220 产生导频符号,并将其提供给 K 个发射机单元 230a-230k。发射机单元 230a-230k 对导频符号进行处理,并产生 K 个调制信号,其中 K 个调制信号通过 K 个天线 232a-232k 进行发射。

[0080] 在接收机 250 处, R 个天线 252a-252r 从发射机 210 接收调制信号,每个天线 252 将各自接收的信号提供给相应的接收机单元 254。每个接收机单元 254 处理其所接收到的信号,并将所接收到的符号提供给接收信道估计器 260。信道估计器 260 根据导频符号的所接收符号来估计 MIMO 信道的响应,并提供包括初始信道矩阵 $\mathbf{H}'(n)$ 的初始信道估计。初始信道矩阵 $\mathbf{H}'(n)$ 还可以用初始信道矢量 $\mathbf{h}'(n)$ 来表示。

[0081] 量化器 262 接收初始信道矩阵并执行量化。在一个设计方案中,量化器 262 忽略了 R 个接收天线之间的相关,并独立地处理每个接收天线。在这个设计方案中,将初始信道矩阵 $\mathbf{H}'(n)$ 中的每一行视为单独的初始信道矢量 $\mathbf{h}'_r(n)$,并按照图 1 的上述描述对该初始信道矢量进行处理,以得到相应的报告信道矢量 $g_r(n)$,其中 $1 \leq r \leq R$ 。量化器 262 为所有的 R 个接收天线选择一个码本,也可以为不同的接收天线选择不同的码本。量化器 262 为 R 个接收天线提供 R 个报告信道矢量。

[0082] 在另一个设计方案中,量化器 262 利用 R 个接收天线之间的相关,并将初始信道矩阵视为一个长的初始信道矢量 $\mathbf{h}'(n)$,该初始信道矢量的长度为 $K \cdot R$ 。按照图 1 的上述描述对该长的初始信道矢量进行处理,以得到长的报告信道矢量 $g(n)$ 。

[0083] 对于这两个设计方案,量化器 262 会提供信道反馈信息,其中信道反馈信息包括 R 个报告信道矢量或者一个长的报告信道矢量,以及可能还有选择的码本。发射处理器 270 处理信道反馈信息,并通过发射机单元 272 将其发送给发射机 210。

[0084] 在发射机 210 处,接收机单元 238 对来自接收机 250 的信号进行处理,并提供 R 个报告信道矢量或一个长的报告信道矢量。发射信道估计器 240 根据用于 L 个最近报告间隔

的报告信道矢量,推导出最终信道矩阵 $\hat{\mathbf{H}}(n+\Delta)$ 。最终信道矩阵 $\hat{\mathbf{H}}(n+\Delta)$ 也可用最终信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}(n+\Delta)$ 来表示。如果在每一个报告间隔中发送R个报告信道矢量 $\mathbf{g}_r(n)$,其中 $1 \leq r \leq R$,则信道估计器240根据用于每个接收天线的L个最近的报告信道矢量 $\mathbf{g}_r(n)-\mathbf{g}_r(n-L-1)$,推导出用于每个接收天线的最终信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}_r(n+\Delta)$,如上所述。如果在每一个报告间隔中发送一个长的报告信道矢量 $\mathbf{g}(n)$,则信道估计器240根据L个最近的长的报告信道矢量 $\mathbf{g}(n)-\mathbf{g}(n-L-1)$,推导出用于所有R个接收天线的最终长信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}(n+\Delta)$ 。信道估计器240对最终的长信道矢量进行分解,以获得用于每个接收天线的最终信道矢量 $\hat{\mathbf{h}}_r(n+\Delta)$ 。

[0085] 在一个设计方案中,通过采用特定的接收机空间滤波/处理,将用于MIMO信道的信道矩阵转换为等效信道矩阵。例如,利用奇异值分解将信道矩阵作如下分解: $\mathbf{H}'(n) = \mathbf{U}(n) \Lambda(n) \mathbf{V}^H(n)$,其中 $\mathbf{U}(n)$ 是左奇异矢量的酉矩阵, $\Lambda(n)$ 是奇异值的对角矩阵, $\mathbf{V}(n)$ 是右奇异矢量的酉矩阵。将等效信道矩阵定义为: $\mathbf{H}_{eq}(n) = \mathbf{U}^H(n) \mathbf{H}'(n)$ 。使用MDC对 $\mathbf{H}_{eq}(n)$ 的一个或多个列进行量化,并将其作为信道反馈信息来提供。还可以使用其它方法对等效信道矩阵进行定义,例如,通过采用其它的接收机空间滤波处理来进行定义。

[0086] 这里描述的技术可允许发射机根据不同报告间隔的多个报告信道矢量,推导出更精确的信道估计。在不同的报告间隔中使用不同的码本,使得接收机能够捕获用不同方式表示的信道响应。当在发射机处组合这些不同的表示时(例如,使用MMSE滤波器),这些不同的表示会减少量化误差并提高精度。该技术能提高信道估计的性能,相应地也会提高数据传输的性能。

[0087] 图3给出了用于报告从第一站到第二站的通信信道的信道反馈的处理过程300的设计方案。处理过程300由第二站执行,其中该第二站可以是UE、基站、或一些其它实体。第二站(例如,接收机150或250)获得通信信道的初始信道矢量(例如, $\mathbf{h}'(n)$)(方框312)。初始信道矢量可以是在时域上的信道估计,或者在频域上的信道估计。第二站从一组码本中选择用于对初始信道矢量进行量化的码本(方框314)。每一个码本包括不同的一组信道矢量/信道码字。例如,在不同的报告间隔中选择不同的码本,以使得以平均的机会和/或相同的概率选择所有的码本。第二站根据初始信道矢量,在所选择的码本中选择信道矢量(方框316)。第二站将所选择的信道矢量发送给第一站(方框318)。例如,第二站将所选择信道矢量的索引,可能还有所选择码本的索引,作为信道反馈信息进行发送。

[0088] 在方框316的一个设计方案中,对于信道方向反馈,每个码本包括具有不同方向和单位幅值的信道矢量。例如,如上所述,定义一组码本以使得中断归一化相关度相对于目标中断概率是最大的。例如,如公式(2)所示,第二站根据初始信道矢量获得归一化的信道矢量 $\tilde{\mathbf{h}}(n)$ 。例如,如公式(4)所示,第二站计算归一化信道矢量与所选择码本中的每个信道矢量的相关度。第二站在所选择码本的所有信道矢量中选择具有最大相关结果的信道矢量。所选择的信道矢量仅包括信道方向信息。

[0089] 在方框316的另一个设计方案中,对于全信道反馈,每个码本包括具有不同方向和幅值的信道矢量。例如,如上所述,定义一组码本以使得中断距离相对于目标中断概率是最小的。例如,如公式(12)所示,第二站确定初始信道矢量和所选择码本中每个信道矢量之间的距离(例如,欧几里德距离)。第二站在所选择码本的所有信道矢量中选择具有最小距离的信道矢量。所选择的信道矢量包括信道方向和幅值信息。

[0090] 根据除最大相关度或最小距离之外的一些其它度量,来确定所选择的信道矢量。一般说来,根据初始信道矢量来计算用于所选择码本中的每个信道矢量的度量。选择和报告具有最佳度量的信道矢量。

[0091] 在一个设计方案中,例如,如图 1 所示,初始信道矢量是用于从第一站的多个发射天线到第二站的单一接收天线之间的 MISO 通信信道。在另一个设计方案中,例如,如图 2 所示,第二站配有多个接收天线。在用于 MIMO 信道的第一个设计方案中,获得用于多个接收天线的多个初始信道矢量(例如, $h'_{r}(n)$,其中 $1 \leq r \leq R$)。第二站获得用于至少一个附加的接收天线的至少一个附加的初始信道矢量。第二站根据至少一个附加的初始信道矢量,在所选择的码本(或至少一个其它所选择的码本)中选择至少一个信道矢量。第二站将所有选择的信道矢量发送给第一站。

[0092] 在用于 MIMO 信道的第二设计方案中,获得用于多个接收天线的单一初始信道矢量。第二站获得用于多个接收天线的多个较短的初始信道矢量(例如, $h'_{r}(n)$,其中 $1 \leq r \leq R$),其中每个接收天线对应一个较短的初始信道矢量。第二站根据多个较短的初始信道矢量,生成用于所有接收天线的初始信道矢量(例如, $h'_{r}(n)$)。第二站根据初始信道矢量推导出用于所有接收天线的最终信道矢量。

[0093] 在用于 MIMO 信道的第三设计方案中,第二站获得用于多个接收天线的多个初始信道矢量,每个接收天线对应一个初始信道矢量。第二站根据多个初始信道矢量和特定的接收机空间滤波器,推导出等效的信道矩阵。第二站根据等效信道矩阵中的至少一个矢量,在所选择的码本中选择至少一个信道矢量。然后,第二站将至少一个所选择的信道矢量发送给第一站。

[0094] 图 4 给出了用于报告信道反馈的装置 400 的设计方案。装置 400 包括模块 412,用于获得从第一站到第二站的通信信道的初始信道向量;模块 414,用于在一组码本中选择对初始信道向量进行量化的码本,其中每个码本包括不同的一组信道矢量;模块 416,用于根据初始信道向量在所选择的码本中选择信道矢量;模块 418,用于将所选择的信道矢量从第二站发送给第一站。

[0095] 图 5 给出了用于对从第一站到第二站的通信信道执行信道估计的处理过程 500 的设计方案。由第一站执行处理过程 500,其中第一站可以是基站、UE、或一些其它实体。第一站(例如,发射机 110 或 210)接收由第二站在多个报告间隔中发送的多个报告信道矢量(例如, $g(n)-g(n-L-1)$)(方框 512)。该多个报告信道矢量由第二站根据一组码本来确定,其中每个码本包括不同的一组信道矢量/信道码字。第一站根据多个报告信道矢量,推导出用于通信信道的最终信道矢量(例如, $\hat{h}(n+\Delta)$)(方框 514)。

[0096] 在方框 514 的一个设计方案中,对于信道方向反馈,每个报告信道矢量包括信道方向信息,同时每个报告信道矢量具有单位幅值。第一站在多个报告信道矢量中消除相位模糊,以获得多个相位经修正的信道矢量,例如,如公式(6)所示。第一站根据多个相位经修正的信道矢量,生成用于在第一站的多个发射天线的多个中间信道矢量(例如, g_k),例如,如公式(7)所示。每个中间信道矢量包括多个相位经修正的信道矢量中用于一个发射天线的信道增益。在另一个设计方案中,对于全信道反馈,每个报告信道矢量包括信道方向和幅值信息。第一站生成各个中间信道矢量,各个中间信道矢量具有在多个报告信道矢量中用于一个发射天线的信道增益。

[0097] 对于信道方向反馈和全信道反馈,第一站根据用于每个发射天线的中间信道矢量,推导出用于每个发射天线的信道增益。在一个设计方案中,例如,如公式 (11) 所示,第一站对用于每个发射天线的中间信道矢量采用 MMSE 滤波器进行滤波,从而获得用于发射天线的信道增益。例如,如公式 (8) 和 (9) 所示,第一站确定用于每个发射天线的协方差矩阵和相关矢量。例如,如公式 (10) 所示,第一站根据用于每个发射天线的协方差矩阵和相关矢量,确定用于每个发射天线的 MMSE 滤波器。在另一个设计方案中,第一站对用于每个发射天线的中间信道矢量进行平均,从而获得用于发射天线的信道增益。在任何情况下,最终信道矢量包括多个用于在第一站的多个发射天线的信道增益。

[0098] 在一个设计方案中,第一站在每个报告间隔中,接收用于从第一站的多个发射天线到第二站的单一接收天线之间的 MISO 信道的一个报告信道矢量。在另一个设计方案中,第一站在每个报告间隔中,接收用于从第一站的多个发射天线到第二站的多个接收天线之间的 MIMO 信道的多个报告信道矢量。第一站接收用于每个接收天线的一个报告信道矢量。第一站推导出用于多个接收天线的多个最终信道矢量。每个最终信道矢量用于一个不同的接收天线,同时可以根据用于该接收天线的报告信道矢量来推导出。或者,第一站在每个报告间隔中接收一个用于 MIMO 信道的报告信道矢量。该报告信道矢量由第二站将用于第二站的多个天线的较小的初始信道矢量进行连接而得到。第一站推导出用于多个接收天线的一个最终信道矢量,并将该最终信道矢量进行分解,从而得到用于多个接收天线的多个较小的最终信道矢量。

[0099] 图 6 给出了用于执行信道估计的装置 600 的设计方案。装置 600 包括模块 612,用于在第一站接收由第二站在多个报告间隔中发送的多个报告信道矢量,其中多个报告信道矢量由第二站根据一组码本进行确定,每个码本包括不同的一组信道矢量;模块 614,用于根据多个报告信道矢量推导出最终信道矢量。

[0100] 图 4 和图 6 中的模块可包括处理器、电子设备、硬件设备、电子部件、逻辑电路、存储器、软件代码、固件代码等,或者其任意的组合。

[0101] 图 7 给出了基站 710 和 UE 750 的设计方案的方框图。基站可被称为节点 B、演进的节点 B (eNB)、接入点等。UE 可被称为移动台、终端、接入终端、用户单元、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、手持设备、笔记本电脑、无绳电话等。在图 7 所示的设计方案中,基站 710 配有 K 个天线 734a-734k, UE750 配有 R 个天线 752a-752r,其中一般说来 $K \geq 1$ 、 $R \geq 1$ 。

[0102] 在基站 710 处,发射处理器 720 从数据源 712 处接收用于一个或多个 UE 的数据,并根据用于 UE 的一个或多个调制和编码方案,对该 UE 的数据进行处理 (例如,编码和调制),并提供用于所有 UE 的数据符号。发射处理器 720 还产生用于控制信息的控制符号。发射处理器 720 进一步产生用于一个或多个参考信号的参考符号 / 导频符号。MIMO 处理器 730 对数据符号、控制符号和 / 或参考符号执行预编码,如果适用的话;MIMO 处理器给 K 个调制器 (MOD) 732a-732k 提供 K 个输出符号流。每个调制器 732 处理其输出符号流 (例如,用 OFDM 进行处理),从而获得输出采样流。每个调制器 732 进一步修整其输出采样流 (例如,转换为模拟信号、滤波、放大和上变频),从而产生下行链路信号。来自调制器 732a-732k 的 K 个下行链路信号分别通过天线 734a-734k 进行发射。

[0103] 在 UE 750 处, R 个天线 752a-752r 接收来自基站 710 的 K 个下行链路信号,每个

天线 752 将所接收到的信号提供给相关联的解调器 (DEMOD) 754。每个解调器 754 修整其所接收到信号 (例如, 滤波、放大、下变频和数字化) 以获得采样, 并进一步对采样进行处理 (例如, 进行 OFDM 处理) 以获得所接收的符号。每个解调器 754 给 MIMO 检测器 760 提供所接收的数据符号, 并将所接收的参考符号提供给信道处理器 794。信道处理器 794 根据所接收的参考符号, 估计从基站 710 到 UE750 的下行链路信道的响应, 并将信道估计提供给 MIMO 检测器 760。MIMO 检测器 760 根据信道估计, 对所接收符号执行 MIMO 检测, 并提供符号估计, 其中符号估计是对所发送符号的估计。接收处理器 770 根据 UE 750 所使用的调制和编码方案, 对符号估计进行处理 (例如, 解调和解码), 将解码数据提供给数据宿 772, 并将经解码的控制信息提供给控制器 / 处理器 790。

[0104] UE750 估计下行链路信道响应, 并产生包括报告信道矢量的信道反馈信息。UE750 还估计下行链路信道质量, 并确定信道质量指示符 (CQI) 信息。发射处理器 780 处理 (例如, 编码和调制) 反馈信息 (例如, 信道反馈信息、CQI 信息等)、来自数据源 778 的数据和参考信号, 并由 MIMO 处理器 782 对其进行预编码 (如果能够应用的话), 调制器 754a-754r 对这些信息进行进一步处理, 从而产生通过天线 752a-752r 进行发射的 R 个上行链路信号。在基站 710 处, 由 K 个天线 734a-734k 接收来自 UE750 的 R 个上行链路信号, 并由解调器 732a-732k 进行处理。信道处理器 744 对从 UE750 到基站 710 的上行链路信道的响应进行估计, 并将信道估计提供给 MIMO 检测器 736。MIMO 检测器 736 根据该信道估计来执行 MIMO 检测, 并提供符号估计。接收处理器 738 对符号估计进行处理, 将经解码的数据提供给数据宿 739, 并将经解码的反馈信息提供给控制器 / 处理器 740。控制器 / 处理器 740 根据反馈信息来控制发送到 UE750 的数据传输。

[0105] 控制器 / 处理器 740 和 790 分别指导基站 710 和 UE750 的操作。处理器 794、处理器 790 和 / 或 UE750 的其他处理器以及模块执行或指导图 3 中给出的处理过程 300, 图 5 中给出的处理过程 500, 和 / 或用于这里所描述技术的其他处理过程。处理器 744、处理器 740 和 / 或基站 710 的其他处理器以及模块执行或指导图 3 中给出的处理过程 300, 图 5 中给出的处理过程 500, 和 / 或用于这里所描述技术的其他处理过程。存储器 742 和 792 分别存储用于基站 710 和 UE 750 的数据和程序代码。调度器 746 根据从 UE 所接收的反馈信息, 选择用于在下行链路和 / 或上行链路上进行数据传输的 UE750 和 / 或其它 UE。

[0106] 本领域技术人员应当理解, 信息和信号可以使用多种不同的技术和方法来表示。例如, 在贯穿上面的描述中提及的数据、指令、命令、信息、信号、比特、符号和码片可以用电压、电流、电磁波、磁场或粒子、光场或粒子或者其任意组合来表示。

[0107] 本领域技术人员还应当明白, 结合本发明而描述的各种示例性逻辑方框、模块、电路和算法步骤均可以实现成电子硬件、计算机软件或它们的组合。为了清楚地表示硬件和软件之间的可互换性, 上面对各种示例性的部件、方框、模块、电路和步骤均围绕其功能进行了总体描述。至于这种功能是实现成硬件还是实现成软件, 取决于特定的应用和对整个系统所施加的设计约束条件。熟练的技术人员可以针对每个特定应用, 以变通的方式实现所描述的功能, 但是, 这种实现决策不应解释为背离了本发明的保护范围。

[0108] 用于执行本发明所述功能的通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA) 或其它可编程逻辑器件、分立的门或者晶体管逻辑器件、分立的硬件部件或者其任意组合, 可以实现或执行结合本发明公开内容所描述的各种

示例性的逻辑方框、模块和电路。通用处理器可以是微处理器,或者,该处理器也可以是何常规的处理器、控制器、微控制器或者状态机。处理器也可能实现为计算设备的组合,例如,DSP 和微处理器的组合、多个微处理器、一个或多个微处理器与 DSP 内核的结合,或者任何其它此种结构。

[0109] 结合本发明所描述的方法或者算法的步骤可直接体现为硬件、由处理器执行的软件模块或两者的组合。软件模块可以位于 RAM 存储器、闪存、ROM 存储器、EPROM 存储器、EEPROM 存储器、寄存器、硬盘、移动硬盘、CD-ROM 或者本领域熟知的任何其它形式的存储介质中。一种示例性的存储介质耦合至处理器,从而使处理器能够从该存储介质读取信息,且可向该存储介质写入信息。当然,存储介质也可以是处理器的组成部分。处理器和存储介质可以位于 ASIC 中。另外,该 ASIC 可以位于用户终端中。当然,处理器和存储介质也可以作为分立组件存在于用户终端中。

[0110] 在一个或多个示例性设计方案中,本发明所述功能可以用硬件、软件、固件或它们组合的方式来实现。当使用软件实现时,可以将这些功能存储在计算机可读介质中或者作为计算机可读介质上的一个或多个指令或代码进行传输。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质,其中通信介质包括便于从一个地方向另一个地方传送计算机程序的任何介质。存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质。通过示例的方式而非限制的方式,这种计算机可读介质可以包括 RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM 或其它光盘存储、磁盘存储介质或其它磁存储设备、或者能够用于携带或存储期望的指令或数据结构形式的程序代码并能够由计算机进行存取的任何其它介质。此外,任何连接可以适当地称为计算机可读介质。例如,如果软件是使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字用户线(DSL)或者诸如红外线、无线和微波之类的无线技术从网站、服务器或其它远程源传输的,那么同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL 或者诸如红外线、无线和微波之类的无线技术包括在所述介质的定义中。如本发明所使用的,盘和碟包括压缩光碟(CD)、激光影碟、光碟、数字通用光碟(DVD)、软盘和蓝光碟,其中盘(disk)通常磁性地复制数据,而碟(disc)则用激光来光学地复制数据。上面的组合也应当包括在计算机可读介质的保护范围之内。

[0111] 前文对本发明公开内容进行了描述,以使得本领域技术人员能够实现或者使用本发明公开的内容。对于本领域技术人员来说,对这些公开内容的各种修改都是显而易见的,并且,本发明定义的总体原理也可以在不脱离这些公开内容的精神和保护范围的基础上适用于其它变形。因此,本发明公开内容并不限于本发明给出的例子和设计方案,而是应与本发明公开的原理和新颖性特征的最广范围相一致。

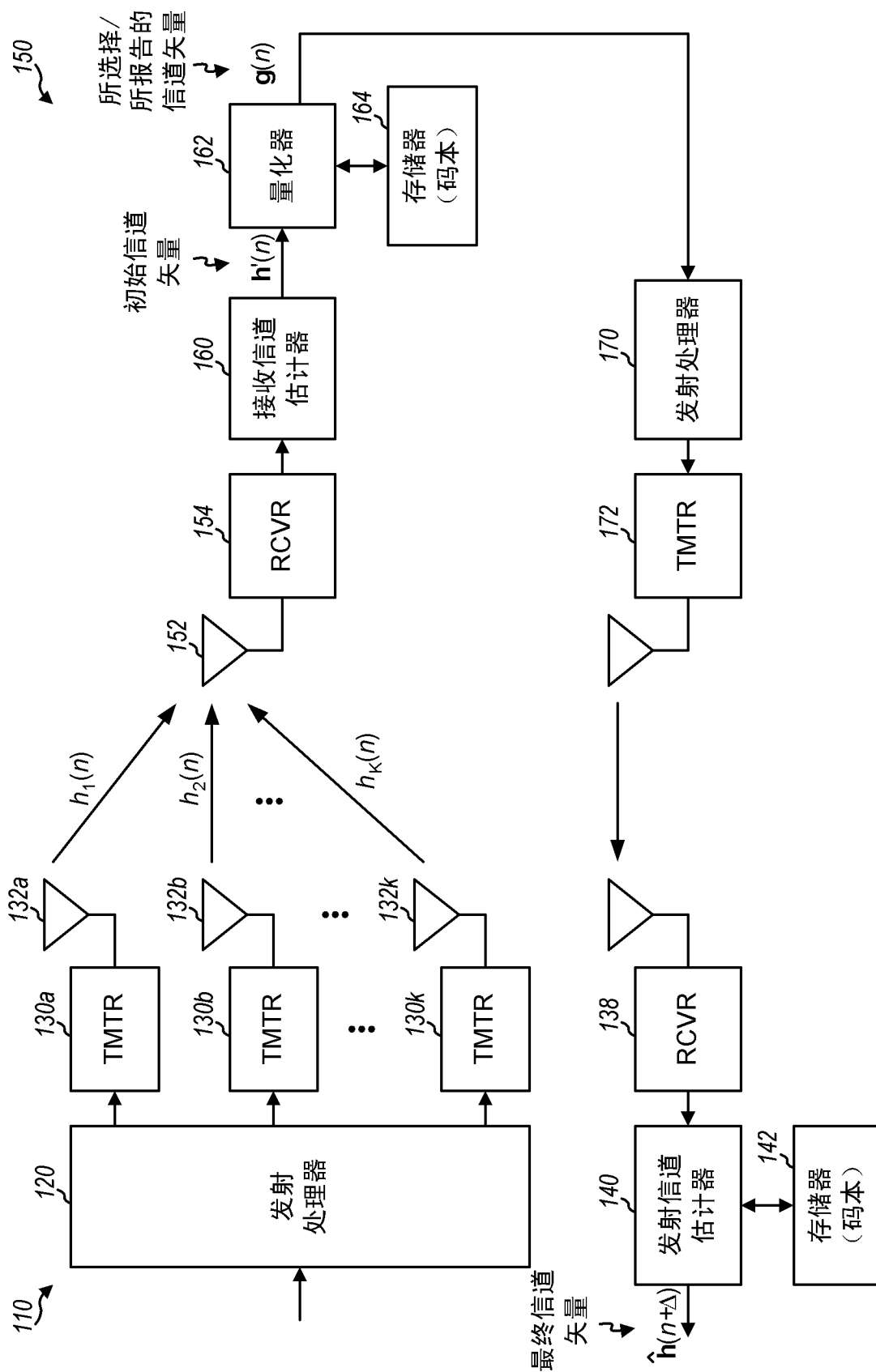


图 1

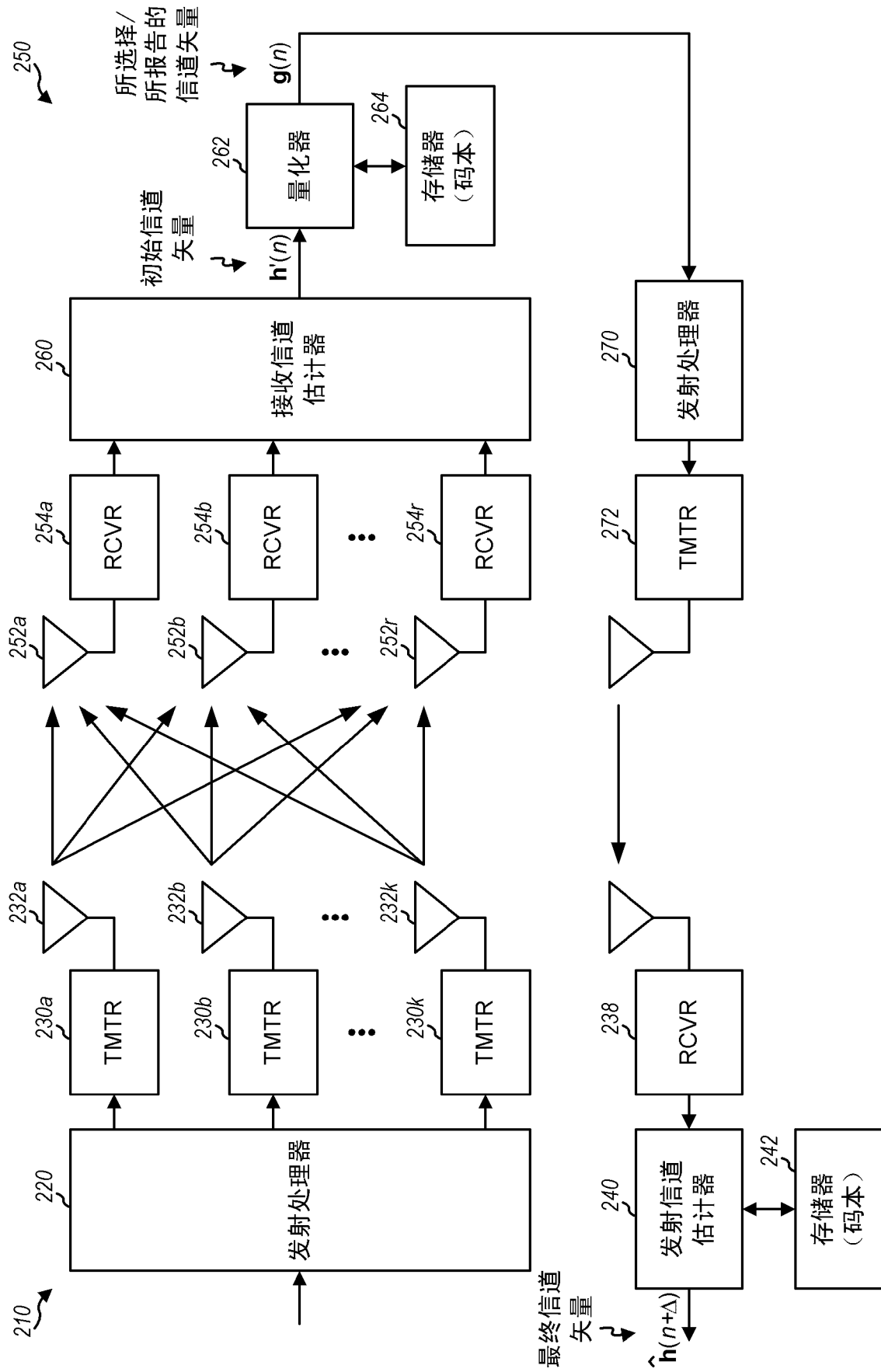


图 2

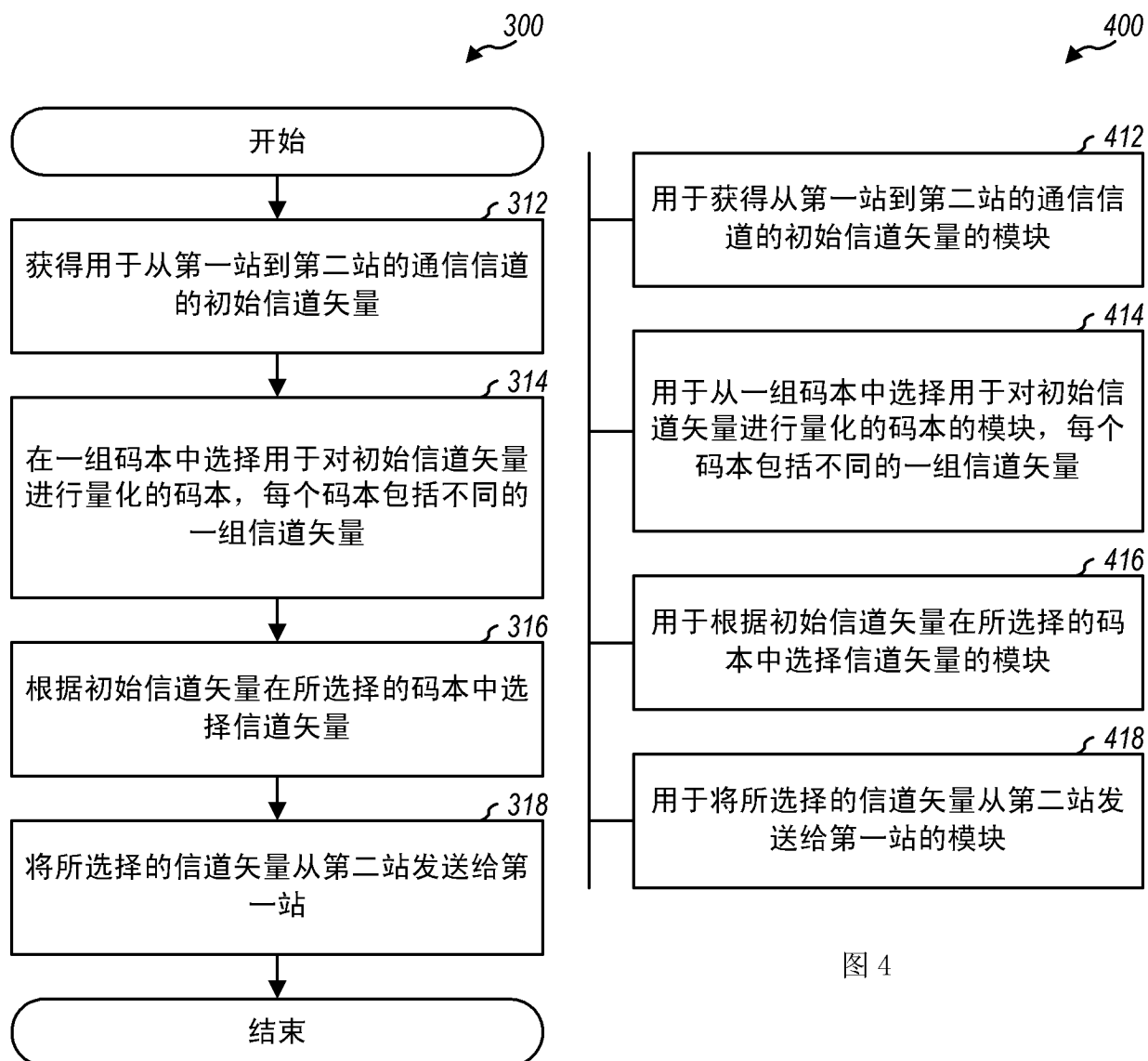


图 4

图 3

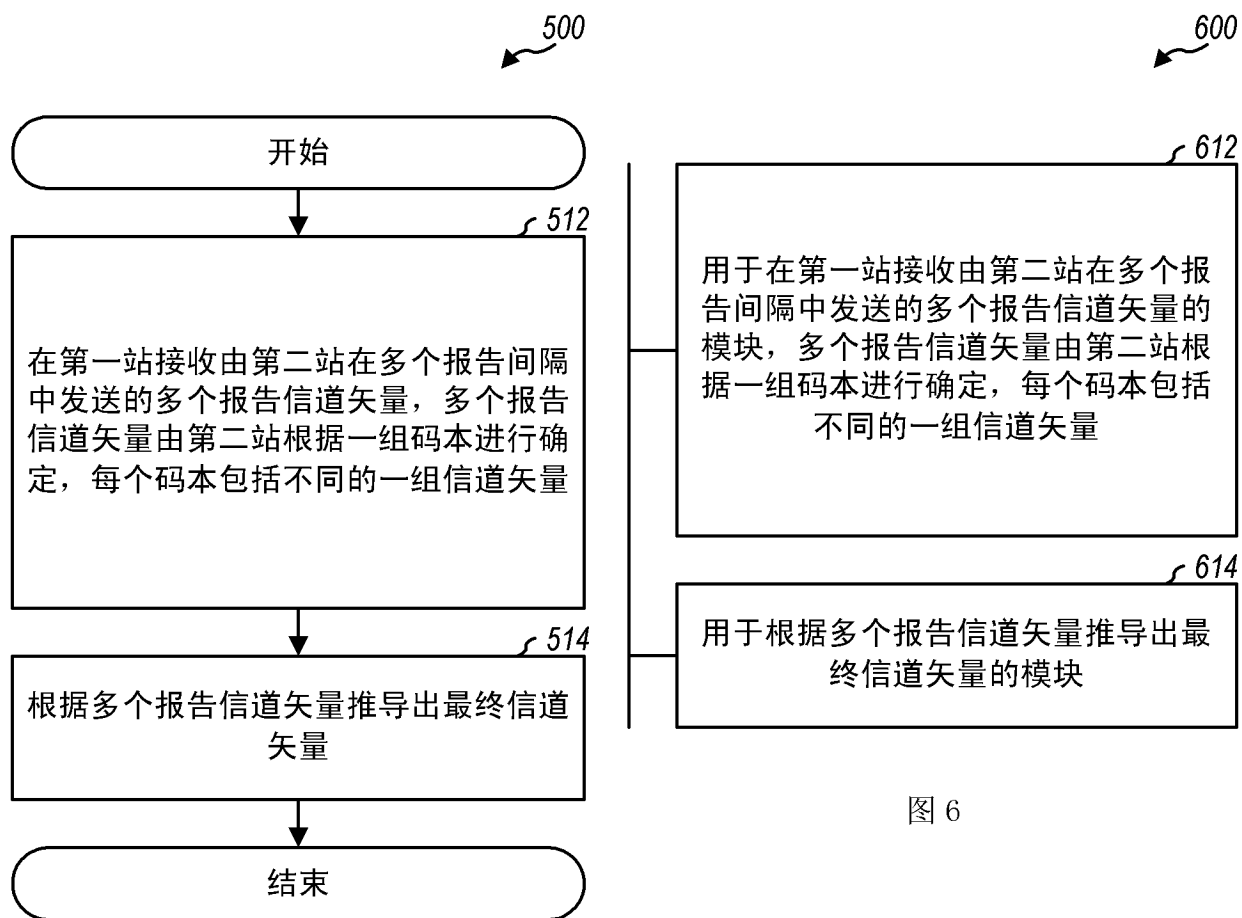


图 6

图 5

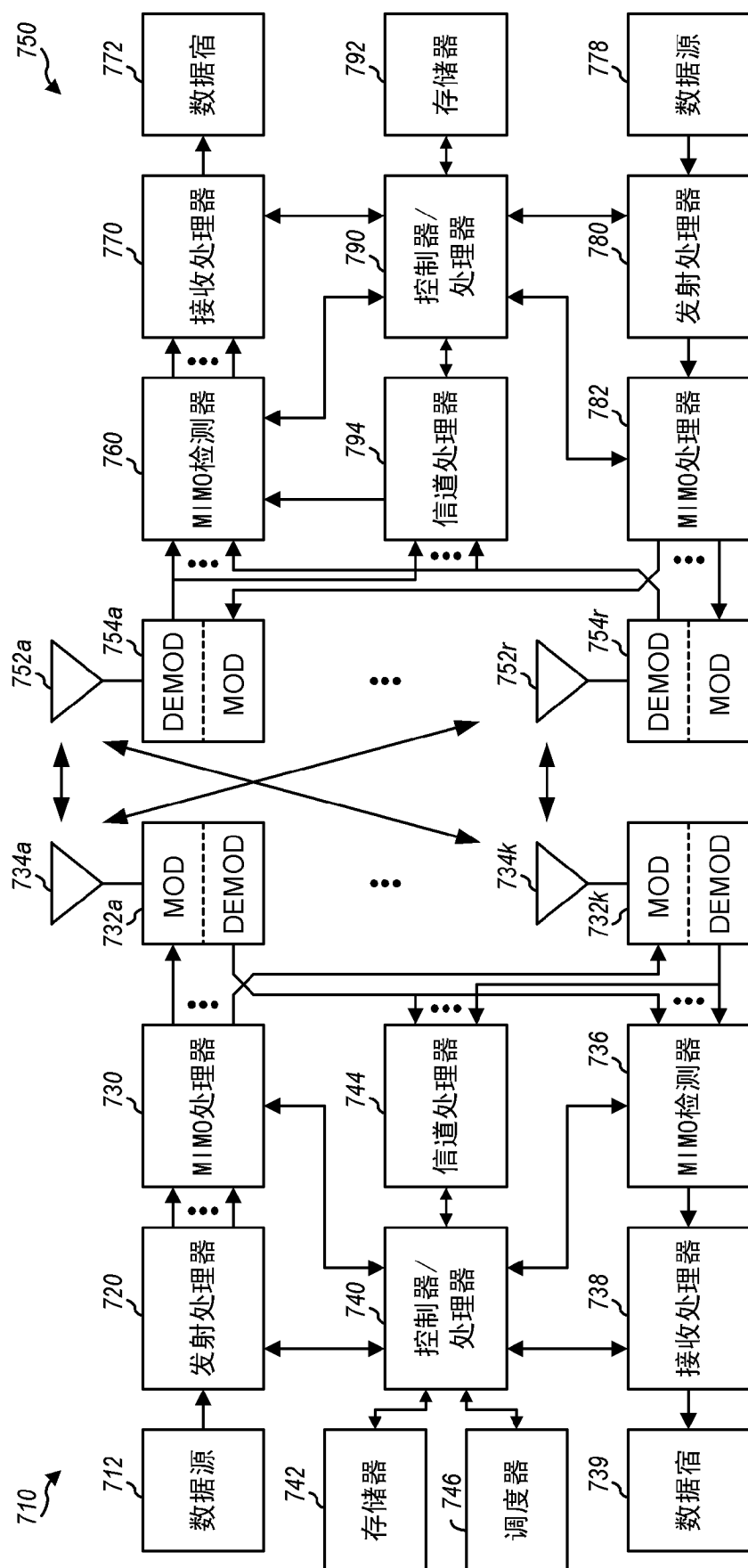


图 7