

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04L 25/03 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480039474.1

[43] 公开日 2007年2月7日

[11] 公开号 CN 1910879A

[22] 申请日 2004.12.23

[21] 申请号 200480039474.1

[30] 优先权

[32] 2003.12.30 [33] SE [31] 0303583-9

[32] 2004.6.30 [33] EP [31] 04015304.1

[86] 国际申请 PCT/EP2004/014669 2004.12.23

[87] 国际公布 WO2005/064871 英 2005.7.14

[85] 进入国家阶段日期 2006.6.30

[71] 申请人 艾利森电话股份有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

[72] 发明人 P·拉森 J·-C·盖

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 李亚非 刘杰

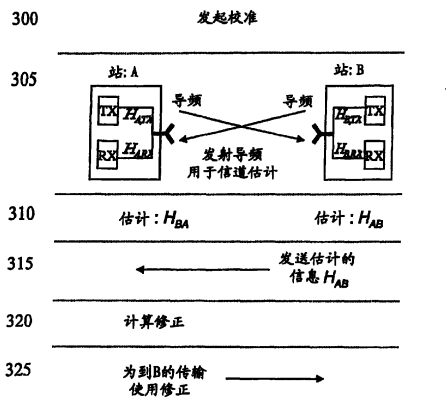
权利要求书 7 页 说明书 16 页 附图 7 页

[54] 发明名称

实现双向通信信道互易性的校准方法

[57] 摘要

本发明涉及一种在无线通信系统中提高通信性能的方法和装置。本发明的方法提供了一种在无线通信网络中校准至少一个第一无线电节点的方法。该通信网络至少包括可以被配置为彼此进行无线电通信的第一无线电节点和一个第二无线电节点。该校准方法基于无线电信道特性的已经从一个无线电节点交换到其它节点的至少一个表示。由此，发射接收链中的误差和差异被补偿，信道互易性可以被应用。



1. 一种校准无线通信网络中节点的发射部分的方法，其中该通信网络至少包括可以被配置为彼此之间进行无线电通信的第一无线电节点和一个第二无线电节点，所述校准方法其特征在于，该校准是基于无线电信道特性的至少一个表示，其中该至少一个表示已经从一个无线电节点交换到其它的无线电节点。

2. 根据权利要求1的校准方法，其中，所述校准方法包括步骤：

通过无线电信道至少从第二无线电节点发射（305）信道估计符号或者导频到第一无线电节点；

至少在第二无线电节点中计算（310）无线电信道特性的至少一个表示；

从无线电节点中的一个交换（315）无线电信道特性的至少一个表示到其它的无线电节点；

利用至少一个修正系数补偿（325）来自第一无线电节点的无线电传输，该修正系数至少部分的基于所交换的无线电信道特性的表示，由此在从第一无线电节点到第二无线电节点的无线电信道和从第二无线电节点到第一无线电节点的无线电信道之间基本上实现互易性。

3. 根据权利要求2的校准方法，其中，该校准方法是在预定的时间间隔被发起。

4. 根据权利要求2的校准方法，其中，该校准方法作为对通信质量的测量值低于预定阈值的响应而被发起。

5. 根据权利要求2至4中任意一个的校准方法，其中：

在发射步骤（305，405）中，导频信号既从第一无线电节点发送到第二无线电节点又从第二无线电节点发送到第一无线电节点；

在计算步骤（310，410）中，从第一无线电节点到第二无线电节点的信道的第一估计 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 在第二无线电节点中计算，从第二无线电节点到第一无线电节点的信道的第二估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 在第一无线电节点中计算；

在交换步骤（315，415）中，第一信道估计的一个表示从第二无线电节点发射到第一无线电节点。

6. 根据权利要求2或4中任意一个的校准方法，其中：

在发射步骤 (305, 505) 中, 导频信号从第二无线电节点发送到第一无线电节点;

在计算步骤 (310, 510) 中, 从第二无线电节点到第一无线电节点的信道的估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 在第一无线电节点中计算; 以及该校准方法进一步包括步骤:

在第一无线电节点中基于信道估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 计算一个初步修正系数 h_{AB} (511);

利用初步修正系数 h_{AB} 补偿 (512) 从第一无线电节点到第二无线电节点的传输;

在第二无线电节点中估计 (513) 来自第一无线电节点的传输中的误差, 并根据估计的误差计算一个修正项 h_{corr} , 其中:

在交换步骤 (315, 515) 中, 修正项从第二无线电节点传输到第一无线电节点;

在补偿步骤 (325, 525) 中, 来自第一无线电节点的无线电传输利用一个修正系数被补偿, 该修正系数已经利用修正项 h_{corr} 被更新。

7. 根据权利要求 3 或 4 的校准方法, 其中, 至少第一无线电节点提供有多个天线, 和:

在发射步骤 (305, 605) 中, 第一形式的导频信号既从第一无线电节点发送到第二无线电节点又从第二无线电节点发送到第一无线电节点;

在计算步骤 (310, 610) 中, 从第一无线电节点到第二无线电节点的信道的第一估计 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 在第二无线电节点中被计算, 从第二无线电节点到第一无线电节点的信道的第二估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 在第一无线电节点中被计算; 该校准方法进一步包括步骤:

从第一无线电节点的每个天线发射 (611) 第二形式的导频信号到第二无线电节点;

在第二无线电节点中估计传输误差 (612), 所述估计基于第一和第二形式的接收的导频信号, 利用第一无线电节点的各个天线的修正项计算一个修正向量; 和其中:

在交换步骤 (615, 515) 中, 修正向量从第二无线电节点发射到第一无线电节点; 和

在补偿步骤 (325, 625) 中, 来自第一无线电节点的无线电传输利用每个

天线的修正系数进行补偿，其中该修正系数至少部分的基于修正向量中的各个修正项。

8. 根据权利要求1的校准方法，其中，所述校准方法包括步骤：

从第一无线电节点发射（405）信道估计符号或导频到至少第二无线电节点和从第二无线电节点发射（405）信道估计符号或导频到至少第一无线电节点；

在第二无线电节点中估计（410）从第一无线电节点到第二无线电节点的无线电信道 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ ，和在第一无线电节点中，估计从第二无线电节点到第一无线电节点的无线电信道 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ ；

在站之间交换信息（415），其中第二无线电节点发送信道估计 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 的一个表示到第一无线电节点；

根据下式计算（420）一个信道修正系数 H_{Corr} ：

$$H_{Corr} = \frac{\hat{H}_{B \rightarrow A}}{\hat{H}_{A \rightarrow B}} = \frac{\hat{H}_{B,TX} \cdot \hat{H}_{CH} \cdot \hat{H}_{A,RX}}{\hat{H}_{A,TX} \cdot \hat{H}_{CH} \cdot \hat{H}_{B,RX}} = \frac{\hat{H}_{B,TX} \cdot \hat{H}_{A,RX}}{\hat{H}_{A,TX} \cdot \hat{H}_{B,RX}}$$

利用信道修正系数 H_{Corr} 补偿（325）从第一无线电节点到至少第二无线电节点的传输。

9. 根据权利要求1的校准方法，其中，至少第一无线电节点装备有多个天线，所述校准方法包括步骤：

从第一无线电节点发射（705）第一信道估计符号或第一导频 P 到至少第二无线电节点和从第二无线电节点发射（705）第一信道估计符号或第一导频 P 到至少第一无线电节点；

在第二无线电节点中估计（710）从第一无线电节点到第二无线电节点的无线电信道 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ ，和在第一无线电节点中估计从第二无线电节点到第一无线电节点的无线电信道 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ ；

在第一无线电节点中计算（711）一个预过滤 $H_{B \rightarrow A}^*$ ；

从第一无线电节点发射（712）乘以预过滤 $H_{B \rightarrow A}^*$ 的第二信道估计符号或第二导频 P_d 到第二无线电节点，

在第二无线电节点将接收到

$$R_s = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot P_d;$$

在第二无线电节点中根据 $H_{B \rightarrow A}^*$ 和 $H_{A \rightarrow B}$ 估计 (713) 一个修正向量, 其中 $H_{A \rightarrow B}$ 是第二无线电节点从第一导频已知的, $H_{B \rightarrow A}^*$ 是从 R_s 估计的;

在站之间交换信息 (715), 其中第二无线电节点发送修正向量的一个表示到第一无线电节点;

在第一无线电节点中基于修正向量为每个天线计算 (720) 信道修正系数; 利用信道修正系数补偿 (725) 从第一无线电节点到至少第二无线电节点的传输, 由此确保互易性。

10. 根据权利要求 1 的校准方法, 其中, 至少第一无线电节点装备有多个天线, 所述校准方法包括步骤:

从第一无线电节点发射 (605) 第一信道估计符号或第一导频 P 到至少第二无线电节点和从第二无线电节点发射 (605) 第一信道估计符号或第一导频 P 到至少第一无线电节点;

在第二无线电节点中估计 (610) 从第一无线电节点到第二无线电节点的无线电信道 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$, 和在第一无线电节点中估计从第二无线电节点到第一无线电节点的无线电信道 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$;

从第一无线电节点发射 (611) 根据 $P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot \mathbf{1}_{n_B}$ 预乘的第二信道估计符号或者第二导频 P_s 到第二无线电节点, 该 $P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot \mathbf{1}_{n_B}$ 在第二无线电节点将被接收为 R_s ;

在第二无线电节点基于 R_s 和 $H_{A \rightarrow B}$ 估计 (612) 一个包含第一无线电节点的每个天线的误差的修正向量;

在无线电节点间交换信息 (615), 其中第二无线电节点发送修正向量的一个表示到第一无线电节点;

在第一无线电节点中基于修正向量为每个天线计算 (620) 信道修正系数; 利用信道修正系数补偿 (625) 从第一无线电节点到至少第二无线电节点的传输, 由此确保互易性。

11. 根据权利要求 6 至 10 中任意一个的校准方法, 其中, 该修正向量包含延迟误差、相位误差或振幅误差或这些误差的组合中的任一个的表示。

12. 根据权利要求 1 至 11 中任意一个的校准方法, 其中, 发射信道估计符号的步骤的第一部分在第一发射时隙 TX_1 中执行, 其中第二无线电节点发射一个导频 P_c , 其被处于接收模式的第一无线电节点接收; 和

发射信道估计符号的步骤的第二部分在第二发射时隙 TX_2 中执行,其中第一无线电节点发射一个导频 P_c 、 P_d 或 P_s ,其被处于接收模式的第二无线电节点接收。

13. 根据权利要求12的校准方法,其中,在无线电节点间交换信息的步骤在第三发射时隙 TX_3 中执行,其中第二无线电节点处于规则的发射模式并且在无线电信道上发射信息到处于接收模式的第一无线电节点。

14. 根据权利要求13的校准方法,其中,第一无线电节点在第一发射时隙 TX_1 估计从第二无线电信道到第一无线电节点的无线电信道 $H_{B \rightarrow A}$ 。

15. 根据权利要求13或14的校准方法,其中,第二无线电节点在第二发射时隙 TX_2 估计从第一无线电信道到第二无线电节点的无线电信道 $H_{A \rightarrow B}$ 。

16. 根据权利要求15的校准方法,其中,第二无线电节点在第二发射时隙 TX_2 进一步估计一个修正向量或修正项。

17. 根据权利要求13至16中任意一个校准方法,其中,在第一无线电节点中计算一个修正系数或多个修正系数的步骤在第三发射时隙 TX_3 中执行。

18. 一种可直接装载到一个无线电节点内的处理装置的内部存储器上的计算机程序产品,包括适用于控制权利要求1至17中任意一个的步骤的软件代码装置。

19. 一种存储在计算机可读介质上的计算机程序产品,包括适用于致使在发送机和接收机内的处理单元中的处理装置来控制权利要求1至17中任意一个的步骤的执行的程序。

20. 一种用于无线通信的通信系统(800),该系统至少包括可以被配置为彼此之间进行无线电通信的第一无线电节点和第二无线电节点,所述通信系统其特征在于:通过使用根据权利要求1至17中任意一个的校准方法,至少第一无线电节点借助于第二无线电节点被校准。

21. 根据权利要求20的通信系统,其中,该系统的无线电节点中的至少一个利用诸如MIMO的多天线配置。

22. 一种适用于无线网络(800)中无线通信的无线电节点,该网络包括至少一个第二无线电节点,其特征在于第一无线电节点包括:

交换装置(232),用于接收第一无线电信道估计的至少一个表示;

信道估计装置(224),用于从通过该第一无线电节点接收的一个无线电信

号生成第二无线电信道估计;

计算装置 (226), 用于基于接收的第一无线电信道估计和第二无线电信道估计计算一个修正向量/项或一个无线电信道估计的一个表示; 和

补偿装置 (234), 用于利用至少一个修正系数补偿来自第一无线电节点的无线电传输, 该修正系数至少部分的基于计算的校准, 适于在从第一无线电节点到第二无线电节点的无线电信道和从第二无线电节点到第一无线电节点的无线电信道之间基本上实现互易性。

23. 根据权利要求 22 的无线电节点, 其中, 该第一无线电节点进一步包括:

导频发射装置 (228), 用于控制无线电信道上信道估计符号到至少第二无线电节点的传输。

24. 根据权利要求 22 或 23 的无线电节点, 其中, 该无线电节点进一步包括用于发起校准过程的装置, 所述发起装置适于以预定的时间间隔发起校准过程。

25. 根据权利要求 22 或 23 的无线电节点, 其中, 该无线电节点进一步包括用于发起校准过程的装置, 所述发起装置适于发起校准过程来作为对通信质量测量值低于一个预定阈值的响应。

26. 根据权利要求 23 至 25 中任意一个的无线电节点, 其中

发射装置适于至少向第二无线电节点发射一个导频信号;

计算装置适于为从第二无线电节点到第一无线电节点的信道计算一个估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, 和基于信道估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 计算一个初步修正系数 h_{AB} ;

补偿装置适于利用初步的修正系数 h_{AB} 补偿从第一无线电节点到至少第二无线电节点的传输;

交换装置适于接收一个修正项 h_{corr} , 其基于来自第一无线电节点的传输中的误差估计利用初步修正系数 h_{AB} 被计算出;

补偿装置进一步适于利用已经通过修正项 h_{corr} 更新的修正系数补偿来自第一无线电节点的无线电传输。

27. 根据权利要求 22 至 26 中任意一个的无线电节点, 其中, 该无线电节点利用诸如 MIMO 的多天线配置。

28. 根据权利要求 22 至 26 中任意一个的无线电节点, 其中, 该无线电节

点是移动站(815)。

29. 根据权利要求22至26中任意一个的无线电节点,其中,无线电节点是无线电基站(805)。

30. 根据权利要求22至26中任意一个的无线电节点,其中,该无线电节点是中继站(810)。

实现双向通信信道互易性的校准方法

发明领域

本发明涉及一种在无线通信系统中提高通信性能的方法和装置。特别的，本发明涉及双向通信信道的互易性(reciprocity)。

发明背景

在无线通信系统中对业务容量、覆盖范围和可靠性的要求看上去在不断增长。业务容量方面的一个瓶颈是能够用于通信目的的有限的频谱，这种限制是物理上的（只有部分频谱适合通信和每个频率和时间的信息内容是有限的，和构成上的），频谱的有用部分将被用于许多目的，包括：电视和无线电广播，例如飞行器通信和军事通信的非公共通信，和为例如 GSM、第三代网络 (3G)、无线局域网 (WLAN) 等公共无线通信建立的系统。在无线通信系统的无线电传输技术领域中的最新进展展示了期望的结果，因为业务容量能够得到显著的增加以及提供了考虑到同时处理不同的和变动的容量需要的灵活性的增长。几种有前途的技术是多输入多输出 (MIMO)，例如参见 A.Goldsmith 等人于 2003 年 6 月发表在 IEEE Journal on Selected Areas of Comm 第 21 卷第 5 期上的“Capacity Limits of MIMO Channels” (MIMO 信道的容量限制)，和基于相干组合的协同中继，例如参见 Peter Larsson 于 2003 年 12 月 9-10 日在中国北京举办的 Proc.OfFuture telecom Conference 上发表的“Large-Scale Cooperative Relaying Network with Optimal Coherent Combining under Aggregate Relay Power Constraints” (在总中继功率约束下使用最佳相干组合的大规模协同中继网络)。相比较现在所使用的传输技术例如 TDMA (用于 GSM) 和 WCDMA (用于 UMTS)，上述例示的技术表现了可用的无线电频谱的更好使用。作为新传输技术的容量的一个实例，但也是由新传输技术提出的需要，将参照附图 1 (现有技术) 对 MIMO 无线系统进行简短描述。对基本原理以及 MIMO 研究的最新进展和领域的全面描述可在上面提到的 A Goldsmith 等人的论文中得到。

MIMO 系统中的无线电链路特征在于发射端以及接收端装备有多个天线单元，如附图 1 所示。MIMO 的思想是在一端的发射 (TX) 天线和另一端的

接收 (RX) 天线上的信号以这样一种方式被“组合”，即改善每个 MIMO 用户通信的质量 (误码率, BER) 或数据速率 (bits/sec)。这样一个优点可用于显著地增加网络的服务质量和运营商的收入。MIMO 系统的核心思想是时空信号处理，其中时间 (数字通信数据的自然维度) 被补充了使用多个空间分布式天线固有的空间维度。MIMO 系统的一个关键特性是将传统上认为是无线传输的限制因素的多径传播转变为对用户有益处的能力。MIMO 有效的利用了随机衰落和在可利用时，多径延迟传播开来，用于成倍增加传输速率。而且一些方法，例如具有丰富反馈的传输分集 (TDRF) 方法和基于相干组合的协同方法提供了容量和/或质量方面的显著增加，如在 K.Zangi 和 L.Krasny 于 2002 年 7 月在 IEEE Trans.Wireless Commun.上发表的“Capacity achieving transmitter and receiver pairs for dispersive MISO channels” (实现用于分布 MISO 信道的发射机和接收机对的容量) 和在 L.Krasny,S.Grand 和 K.Molnar 在 Proceeding IEEE Globecom 2003 上发表的“Optimal and Reduced Complexity Receivers for MISO Antenna Systems” (用于 MISO 天线系统的优化和减少复杂性接收机) 中所描述的。在无线通信性能中无需花费额外频谱 (只增加了硬件和复杂性) 的重要改进的前景已经自然的引起了广泛的关注。

将结合附图 1 的示意性说明来描述多天线系统的传输原理。二进制数据流 105 形式的压缩数字源被供应给包含差错控制编码和 (或者结合有) 映射到复合调制符号 (四相移键控 (QPSK), M-QAM, 等) 的功能的发射块 110。后者产生几个单独的符号流，其范围从单独的到部分冗余到全部冗余。然后每一个都被映射到多个 TX 天线 115 之一上。映射可以包括天线单元的线性空间加权或线性天线时空预编码。在上变频、过滤和放大后，信号进入无线信道。N 个 TX 天线 115 被使用，发射块 110 通常可以包括用于 N 个同步传输的装置。在接收机中，通过多个天线 (M) 120 更好的获取信号并在接收块 125 中执行解调和解映射的操作以恢复消息。在选择编码和天线映射算法中使用的智能水平、复杂性和在前的信道知识将依据应用而变化很大。这决定了被实现的多天线解决方案的级别和性能。

自然地，多天线系统提供了一种和现有的智能天线系统类似的发射-接收分集增益，但是也提供了一种在时空探测上的重要的新优点。可以认为多天线系统通过一个矩阵信道而不是一个向量信道来发射数据。多天线系统的这类信

号模型可以被简要描述为:

$$r = H_s + n \quad (1)$$

其中, r 是 $M \times 1$ 的接收信号向量, s 是 $N \times 1$ 的发射信号向量, n 是加性噪声项的一个向量, 例如白高斯噪声, H 是用于发射机和接收机间发射的信号的 $M \times N$ 信道矩阵。

仅靠前面所提到的多路技术, 还不足以实现增益的显著增加。先进的编码/解码和映射方法, 即时空编码, 是必需的。对于诸如 GSM 和 UMTS 的如今现有的无线系统中已经存在的解码, 无线电信道的知识是需要的, 并且在多天系统这种知识也是完全必需的。在最期望的 MIMO 的实现建议中的一些中, 用 H 表示的信道知识, 不仅用于在接收机侧执行解码, 而且用于在发射机侧的编码, 如在 D.Gesbert 等人于 2003 年 4 月发表在 IEEE Journal on Selected Areas of Comm, 第 21 卷, 第 3 期上的 “From Theory to practice: An Overview of MIMO Space-Time Coded Wireless Systems” (从理论到实践: MIMO 时空编码的无线系统纵览) 中和在 WIPO 公开号为 WO03005606 中所述的。

在发射机信道矩阵 H 的特性的知识可用于优化编码和映射。不仅 MIMO 系统利用精确的信道状态信息 (CSI), 而且 TDRF 和基于相干组合的协同中继也自然的使用 CSI 信息来优化各自的通信性能。一个前向信道通常可以具有以下两者之一的特征: 在前向上通过一些训练信号探测信道然后从通知信道特性的其它站接收反馈, 或者通过从其它站接收一个训练信号和获得发射功率的知识。两者中的第一个选择能够提供好的信道特性估计, 但是同时 H 特性的传输占用了宝贵的传输资源。因此, 在增益的增加和净荷信号之外的控制信号的增加之间的一种折衷通常被认为是例如为 H 的特性确定合适的更新频率。两者中的后一个选择使用较少的传输资源, 但是依靠假定信道是互易的, 即不管什么传输方向振幅和相位都是相同的。举例来说, 在信道相干时间内一个 TDD (时分复用) 信道内的情形。当在第一个站使用多个天线和在其它站只使用一个 (或较少的) 天线, 同样训练序列的数量也会被减少时, 这尤其是真实的, 并引起了关注。这也引起了对基于相干组合的协同中继的极大关注, 因为当和只有一个或几个天线的用户通信时利用潜在的大量中继 (可能装备有一个或几个天线)。

发明内容

如上面和在引用的文献中讨论的，互易性的假定被广泛接受和用来有效的估计信道。然而，现实情况中，例如给定非理想的发射机-接收机链，互易性可能无法保持。因此，对于实现信道的适当估计有一个明显的需要，例如通过信道矩阵 H 表现其特性，其中该估计表征完整的发射机-空中接口-接收机链。

本发明的一个目的是提供克服现有技术缺点的一种方法、无线电节点、系统和程序。这是通过如权利要求 1 中所述的方法，如权利要求 21 中所述的系统，如权利要求 22 中所述的无线电节点和如权利要求 18 中所述的程序产品来实现的。

根据本发明的方法提供了在一个无线通信网络中校准至少一个第一无线电节点的一种方法。该通信网络至少包括被配置为彼此之间进行无线电通信的第一无线电节点和第二无线电节点。该校准方法基于：无线电信道特性的至少一种表示已经从一个无线电节点交换到其它节点。

本发明的一个实施方案包括步骤：

- 从至少第二无线电节点通过一个无线电信道发射信道估计符号，或者导频到第一无线电节点；

- 在至少第二无线电节点中计算无线电信道特性的至少一个表示；

- 从无线电节点中的一个交换无线电信道特性的至少一个表示到其它的无线电节点；

- 利用至少一个修正系数来补偿来自第一无线电节点的无线电传输，该修正系数至少部分的基于所交换的无线电信道特性的表示。

相应于一个进一步的实施例的方法进一步包括步骤：

基于以第一和第二形式接收的导频信号在第二无线电节点估计传输误差，为第一无线电节点的各个天线计算一个具有修正项的修正向量。可选的，第一无线电节点使用专用导频，该导频已经被修正以便易于在第二无线电节点中的误差估计。

根据本发明的通信系统至少包括能够发射和接收无线电信号的第一无线电节点和第二无线电节点，第一和第二无线电节点可以被配置为彼此之间进行无线电通信。至少第一无线电节点借助于第二无线电节点被校准，其中第一无线电节点以已经从第二无线电节点交换的无线电信道特性的至少一个表示为基础

来校准。

根据本发明的无线电节点适用于无线网络中的无线通信。该网络包括至少一个第二无线电节点和第一无线电节点，该第二无线电节点和第一无线电节点能够发射和接收无线电信号和可以被配置为彼此之间进行无线电通信。至少第一无线电节点借助于第二无线电节点被校准，其中第一无线电节点以已经从第二无线电节点交换的无线电信道特性的至少一个表示为基础来校准。

根据本发明的一个实施方案，无线电节点包括校准发起装置，用于识别校准无线电节点的需要，信道估计装置，用于从第一无线电节点接收到的无线电信号中产生无线电信道估计，交换装置，用于把无线电信道估计的表示或者修正项/向量交换到其它无线电节点。信道估计装置和交换装置优选和接收机通信，并且基于接收到的交换装置提供的无线电信道估计和/或从信道估计装置提供的内部确定的信道估计，使用计算装置来计算一个修正向量/项或者一个无线电信道估计的一个表示。无线电节点进一步包括导频发射装置，用于控制信道估计符号或导频到其它无线电节点的传输，补偿装置，用于使用一个或一组修正系数补偿来自无线电节点的无线电传输。发射装置和补偿装置优选和发射机通信，发射机也和交换装置通信。补偿装置进一步和计算装置通信。

由于本发明在发射接收链中的误差和差异能够被补偿，由此在两个无线电节点间实现了互易性。该校准方法也可以用于和其它无线电节点的通信，在这些通信中也维持了互易性。

本发明提供的一个优点是，由于确保了互易性，在需要精确的前向信道估计的发射机中，可以使用优化的编码和映射的方法。

所描述的方法具有另外的优点，即能够用于在不能或没有通信的站之间的相对的校准。典型的例子是基于相关组合的协同中继。

本发明的实施例在从属权利要求中进行阐述。在考虑到结合附图和权利要求时，本发明的其他目的、优点和新颖性将根据随后的本发明的详细描述变得更加清楚。

附图说明

现在结合附图详细描述本发明，其中

图1是一个多天线系统的示意图（现有技术）；

图2a是根据本发明的两个进行通信的无线电节点的示意图，和

图 2b 是根据本发明的一个无线电节点中的功能模块的示意图；

图 3 是一个消息时序图，示出了根据本发明的方法；

图 4 是一个消息时序图，示出了根据本发明的第一实施例的方法；

图 5 是一个消息时序图，示出了根据本发明的第二实施例的方法；

图 6 是一个消息时序图，示出了根据本发明的第三实施例的方法；

图 7 是一个消息时序图，示出了根据本发明的第四实施例的方法；

图 8 是无线系统的示意图，其中实体使用根据本发明的校准方法；

图 9 是在使用根据本发明的方法的两个实体间传输的示意图。

具体实施方式

图 2 中示意性的说明了无线通信网络中的两个节点，站 A 210 和站 B 220，彼此之间同时进行通信。站 A 210 包含发射机 212 和接收机 214。站 B 220 包含发射机 222 和接收机 224。站 A 210 的发射机 212 和站 B 220 的接收机 224 构成一个第一发射机-接收机链，站 B 220 的发射机 222 和站 A 210 的接收机 214 构成第二个发射机-接收机链。如前所述，传输可以通过信道矩阵 H 表示其特性，但是如此处图 2 中所示，它退化为一个标量复值信道 (scalar complex valued channel)。一个发射机-接收机链的端到端信道可以描述为基本上由涉及发射机、空中接口和接收机的三个部分构成。涉及发射机和接收机的部分将被称为内部信道。这种方法考虑到信号不仅在空中接口中也在发射机-接收机链的所有部分例如发射机/接收机和天线馈线等中被影响。在图 2 描述的实例中，从站 A 到站 B 的信道 (在频域中和因此通常是关于频率的依赖关系) 可以被描述为：

$$H_{A \rightarrow B} = H_{A,TX} \cdot H_{CH} \cdot H_{B,RX}, \quad (2)$$

从 B 到 A 的信道是

$$H_{B \rightarrow A} = H_{B,TX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,RX} \quad (3)$$

其中 $H_{A,TX}$ 表示站 A 210 的发射机 212 的特性， $H_{B,TX}$ 表示站 B 220 的发射机 222 的特性， $H_{A,RX}$ 是表示站 A 210 的接收机 214 的特性的信道矩阵， $H_{B,RX}$ 表示站 B 220 的接收机 224 的特性。 H_{CH} 表示无线电传播信道的特性。涉及发射机和接收机的项 $H_{A,TX}$ 、 $H_{B,TX}$ 、 $H_{A,RX}$ 和 $H_{B,RX}$ 不限于在实际发射机或接收机内对信号的影响，它们将优选的包含各自站内的所有基本的信道影响的特性。此处信道通过矩阵表述其特性，如果使用任何类型的 MIMO 通信，它们是相关的。通常，发射-接收链用对角线矩阵表示特性，而 H_{CH} 是一个全矩阵。可是，

不仅空中接口而且发射/接收部分对信道影响的观测在诸如 MISO、SIMO 和 SISO 系统之类的其他情形中也是有效的,为此在单个天线侧的矩阵减少为一个标量。一个各向同性媒介,例如无线电信道,的基本特性是,显示出互易性,反映为两个方向的 H_{CH} 都是相同的。然而,由于元件中不可避免的差异,既不能认为 $H_{A,TX}$ 等于 $H_{B,TX}$ 也不能认为 $H_{A,RX}$ 等于 $H_{B,RX}$, 所以从站 A 210 到站 B 220 的信道, $H_{A \rightarrow B}$, 不能认为等于从站 B 220 到站 A 的信道, $H_{B \rightarrow A}$ 。换句话说, $H_{A \rightarrow B} \neq H_{B \rightarrow A}$ 通常是正确的和信道是不可互易的。即使设备同时被校准使得在该时间的内部信道 $H_{A,TX} = H_{B,TX}$ 和 $H_{A,RX} = H_{B,RX}$, 由于例如温度、湿度、元件老化的偏差,将导致信道变的不可互易。

在根据本发明的方法中介绍了发射机和可能也是接收机的外部校准。这是可能的,因为发射机和接收机的内部信道 $H_{A,TX}$ 、 $H_{B,TX}$ 、 $H_{A,RX}$ 和 $H_{B,RX}$ 是长时间固定的并且其改变主要是由于温度偏差、湿度等。这些改变通常基于例如小时、天或者最快的分钟这些时间量程而发生,相比于系统内其他特性的时间量程,例如空中接口的改变,功率控制的改变和通信速度,可以被认为是非常缓慢的。根据本发明的校准可以在一个常规的基础上发生或基于例如检测到的通信性能(例如吞吐量)中的下降或通过其它装置的检测作为来自控制实体的信号的回应而发生。在校准实例间的通信仅在校准因子被包含在每个传输中的意义上受到影响。

图 2a 中所述的无线电节点 210 是根据本发明适合于使用根据本发明的方法。在图 2b 中示意性描述的一个优选实施例中,一个无线电节点可以被校准并可以参与另一个节点的校准。下面所描述的模块通常认为是在无线电节点的数字处理部分中软件定义的功能模块,即不必是物理实体。无线电节点优选的包括校准发起模块 222,用于识别校准无线电节点的需要,信道估计模块 224,用于从第一无线电节点接收的无线电信号中产生无线电信道估计,交换模块 232,用于把无线电信道估计的表示或者修正项/向量交换到其它无线电节点。信道估计模块 224 和交换模块 232 优选的和接收机 214 通信,并且基于接收从交换模块 232 提供的无线电信道估计和/或从信道估计模块 224 提供的内部确定的信道估计,使用计算模块 226 来计算一个修正项/向量或一个无线电信道估计的表示。无线电节点进一步包括导频发射模块 228,用于发射信道估计符号或导频到其它无线电节点,补偿模块 234,用于使用一个或一组修正系数补偿来

自无线电节点的无线电传输。发射模块 228 和补偿模块 234 优选的和发射机 212 通信，发射机也和交换模块 232 通信。补偿模块 234 进一步和计算模块 226 通信。上述模块提供的功能可通过多个不同的实施方式完成，而限于上述的例子。

将结合图 3 的消息时序图和图 2a 和 b 的示意图来描述根据本发明的方法的步骤，其提供了站的外部校准的方法。在图 2 中描述的一个示范性的系统中，在每个站只提供一个发射机和一个接收机。该步骤的结果是站 A 的发射机校准。这是一个非限制性的例子而且本发明的方法不限于这种情形，正相反，如背景部分所指出的，在多天线系统中能够使用互易性的假设是非常重要的，该方法很容易扩展到这样的系统。校准的方法包括步骤：

300：发起校准过程。

校准过程可以在预定的时间间隔被发起，其中合适的预定时间间隔可以基于经验和例如对气候的假设来设置。可替换地，校准过程可以根据例如系统控制实体的要求来发起，该系统控制实体已经从一个或多个节点记录了通信降级的一些测量值，例如一个高的平均 BER 或平均 BER 中的变化。校准也可以基于气候变化被触发，例如环境温度或通信设备的温度变化。此外，发射机也具有传输历史（传输的时间和持续时期）、使用的发射功率以及潜在的未来传输的信息，并可以使用这些来触发任何校准。更进一步的，校准误差（例如相位偏离）可以在每个发射天线的接收机处被检测出来，当超出了偏离的预定阈值时实例化(instantiated)校准事件。校准的需要通常在无线电节点的校准发起模块 222 中被认出，但是可以在无线电节点的外部被检测出来，通过适当的装置，无线电节点被告知一个需要的校准。

305：发射信道估计符号，P。

信道估计符号，即发射机和接收机都已知的符号，例如以一个导频信号的形式，从站 B 220 发射到站 A 210，和/或从站 A 210 到站 B 220。许多系统有一个能够被用于校准目的的现有公用导频信道。导频发射模块 228 控制导频的传输。

310：信道估计。

根据 P 的传输结果计算信道估计 \hat{H} ，其中信道估计 \hat{H} 包括整个发射机-空中接口-接收机链。可以优选的计算从站 A 210 到站 B 220 的信号的信道估计

$\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 和/或从站 B 220 到站 A 210 的信道估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 。无线电节点的信道估计模块 224 执行该估计。

315: 在站间交换信息。

从信道估计 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 和/或 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 中提取站交换信息以便易于计算通过站 A 的传输所使用的修正系数。优选的, 接收站 (站 B 220) 发送信道估计 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 的表示到站 A 210, 或者可替换地, 站 B 220 发送修正系数的表示。为了不占用多于所需的传输资源, 该表示优选的以压缩的形式被发送。交换模块 232 准备并控制不同节点间关于无线电信道的信息的交换。

320: 计算信道修正系数。

考虑信道估计时交换的信息, 信道修正系数在计算模块 226 中被计算出来。

325: 利用信道修正系数补偿传输。

站 A 210 利用信道修正系数补偿到 B 的每个传输, 给出一个有效的信道 $H_{A \rightarrow B}^{(eff)}$ 。由于通过补偿传输, 信道互易性保持, $H_{A \rightarrow B}^{(eff)} = H_{B \rightarrow A}$, 所以站 A 210 现在可以在来自 B 的导频 (信道估计符号) 上测量用于例如增强编码和映射所需要的 $H_{B \rightarrow A}$ 的估计。至少等到发起新的校准过程才使用信道修正系数。补偿可以被看作通过补偿模块 234 控制的发射机 212 的调整。

通过站 A 中发射机的校准来举例说明校准过程, 来为到站 B 和来自站 B 的通信给出互易条件。自然的, 校准过程可以被用于校准站 B。上面所述的校准过程能够扩展到多天线 (多个 TX 和 / 或 RX) 系统。这将在下面的本发明的不同实施例的描述中进一步讨论。进一步假定可以忽略非线性特性, 例如由于非线性功率放大器的操作所引起的。

上面所述的校准过程可以容易地用于无线网络的不同实现方式。这样的使用将通过发明的不同实施例来举例说明。

在结合图 4 所描述的根据本发明的方法的第一实施例中, 信道估计符号既从站 A 210 发送到站 B 220 也从站 B 发送到站 A。因此可以产生两个方向上的估计 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 和 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ (对应于步骤 310)。

在信道估计后, 站交换它的信道估计数据, 例如站 B 发送 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 到站 A (步骤 315)。基于站 A 已经得到的 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 和接收到的 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$, 可以根据以下来确定信道修正系数 (步骤 320):

$$H_{Corr} = \frac{\hat{H}_{B \rightarrow A}}{\hat{H}_{A \rightarrow B}} = \frac{\hat{H}_{B,TX} \cdot \hat{H}_{CH} \cdot \hat{H}_{A,RX}}{\hat{H}_{A,TX} \cdot \hat{H}_{CH} \cdot \hat{H}_{B,RX}} = \frac{\hat{H}_{B,TX} \cdot \hat{H}_{A,RX}}{\hat{H}_{A,TX} \cdot \hat{H}_{B,RX}} \quad (4)$$

把将从 A 发射到 B 的信号 S 预乘 H_{Corr} 得到接收的信号 (步骤 325):

$$R = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{Corr} \cdot S + N \quad (5)$$

这里 N 是接收机噪声。可以看到有效信道根据下式改变为相反的信道:

$$\begin{aligned} H_{A \rightarrow B}^{(eff)} &= H_{A \rightarrow B} \cdot H_{Corr} = H_{A,TX} \cdot H_{CH} \cdot H_{B,RX} \cdot \frac{\hat{H}_{B,TX} \cdot \hat{H}_{A,RX}}{\hat{H}_{A,TX} \cdot \hat{H}_{B,RX}} \approx \\ &\approx H_{B,TX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,RX} = H_{B \rightarrow A} \end{aligned} \quad (6)$$

因此由于 $H_{A \rightarrow B}^{(eff)} = H_{B \rightarrow A}$, 所以信道现在是互易的, 可以在 B 到 A 的方向上使用信道估计, 对将基于 $H_{B \rightarrow A}$ 发射的信号执行任何操作并通过从 A 到 B 的有效信道 $H_{A \rightarrow B}^{(eff)}$ 发送信号。

如图 4 的消息时序图所示, 本发明的实施例优选的包括步骤:

405 (对应于步骤 305): 发射信道估计符号, P。

导频信号从站 B 220 发射到站 A 210, 并从站 A 210 发射到站 B 220。

410 (310): 信道估计。

$\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 在站 B 220 计算, $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 在站 A 210 计算。

415 (315): 在站间交换信息。

站 B 220 发送信道估计 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 的一个表示到站 A 210, 优选的以压缩的形式。压缩表示能被使用, 因为已知信道的主要特性, 例如从 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, 和只需要传输部分的估计, 例如大的偏离。

420 (320): 计算信道修正系数。

站 A 210 根据公式(4) 计算修正系数 H_{Corr} 。

425 (325): 利用信道修正系数补偿传输。

站 A 210 利用信道修正系数 H_{Corr} 补偿每个到 B 的传输, 给出一个确保了互易性的有效信道 $H_{A \rightarrow B}^{(eff)}$, 如公式 (6) 所示。

通过为每个天线单元组合执行相同的程序, 该实施例可以被扩展到 MIMO。由于有 M 个 TX 和 N 个 RX 天线, 校准的总数是 M 乘以 N。

如结合图 5 的信号图所述, 在本发明方法的第二个实施例中, 估计符号、或者导频, 只在一个方向上发射。在这个实施例中, 站 A 210 首先通过从站 B 接收一个训练符号来执行一个开环信道估计。基于估计的信道, 从 A 到 B 的随后传输被预乘上信道估计的倒数。基于此, 站 B 能够将一个修正系数报告回

站 A。该修正系数用于每个传输直到下一个校准发起。这其实就是一个所谓的零推动方案，可导致按比例地大功率被分配给带有高衰减的频率（假定一个频率选择性信道例如 OFDM）。可能的，我们可以避免使用高衰减的频率。

反馈的修正系数可以优选的以一种低阶复多项式（可能带有用于任何延迟的指数函数）的形式，并因此只有几个权重系数被发送回去。延迟、相位差和振幅差在量值上通常是小的并且是工作很好的函数，因此通常使用一个低阶多项式就足够了。如本领域普通技术人员所知的也可以使用其它压缩修正系数的方法。

作为替换，从 A 到 B 的传输预乘以 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 的复共轭。该替换方法不会经历关于零推动方法的高衰减频率的问题。当确定要反馈回站 A 的修正系数时，接收机，即站 B，仍然必须考虑接收的信号是使用 $|H_{CH}|^2$ 衰减的，除了将被校准的相位和振幅误差之外。但是，最重要的是相位误差的反馈，正如发射接收机链的振幅增益通常不会如信道增益 $|H_{CH}|$ 的改变一样大。

如图 5 的消息时序图所示，本发明的第二个实施例优选的包括步骤：

505(对应于步骤 305)：发射信道估计符号，P。

导频信号仅从站 B 220 发射到站 A 210。

510(310)：信道估计。

在站 A 210 估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 。

511: 计算初步修正系数。

初步修正系数 h_{AB} 是基于 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ 计算的，优选的是信道估计的倒数， $\hat{H}_{B \rightarrow A}^{-1}$ 或者它的复共轭 $\hat{H}_{B \rightarrow A}^*$ 。

512：补偿传输。

从站 A 到站 B 的传输通过将信号乘以初步修正系数 h_{AB} 来得到补偿。

513：估计误差。

站 B 220 在用初步修正系数补偿了的传输中估计相位和振幅误差。根据所述估计站 B 计算一个修正项 h_{corr} 。对 $\hat{H}_{B \rightarrow A}^{-1}$ 来说，当 $\hat{H}_{B \rightarrow A}^{-1}$ 连接到 $H_{A \rightarrow B}$ 时，修正系数仅仅是复共轭有效信道。对于 $\hat{H}_{B \rightarrow A}^*$ 的情形，相位误差的复共轭可以例如以信号发回，因此假定由于发射接收链而发生可忽略的数量偏离。

515 (315)：在站间交换信息。

站 B 220 发送修正项 h_{corr} 到站 A 210, 优选的以压缩的形式。

520 (320): 计算信道修正系数。

基于初级修正系数 h_{AB} 和修正项 h_{corr} , 站 A 210 计算一个最终修正系数,
 H_{corr} 。

525 (325): 使用信道修正系数补偿传输。

站 A 210 使用信道修正系数 H_{corr} 补偿每个到 B 的传输, 给出能够保证互易性的有效信道。

结合图 6 的示意图所述的, 本发明的方法的第三实施例中, 除去现有的公共导频信道之外, 使用特殊估计符号(或者导频信道)来估计一个修正向量。

例如, 在一个 MIMO 方案中, 其中站 A 有 n_A 个天线, 站 B 有 n_B 个天线, 收发机链的频率响应可以通过对角线矩阵表示, 该矩阵具有相应于基带处理器和特定天线间响应的元素。例如, $H_{A,TX}$ 是一个 n_A 乘 n_A 的对角线矩阵, 如站 B 所见, 现在信道响应是一个 n_B 乘 n_A 矩阵。

下面是通过站 B 校准站 A 的例子, 和最初的两个例子相似, 从站 A 到站 B 的信道可以通过一个通常称为公共导频信道并且此处表示为 P_c 的已知信号(一个 n_A 维度的频率域列向量)被站 B 估计。相应于这个导频在站 B 接收的信号这样给出

$$R_d = H_{B,RX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,TX} \cdot P_c, \quad (7)$$

并且据此有效信道响应 $\hat{H}_{A \rightarrow B} = H_{B,RX} H_{CH} H_{A,TX}$ 可以被估计。站 A 可以类似的得到 $H_{B \rightarrow A}^T = H_{B,TX} H_{CH}^T H_{A,RX}$ 。然后从每个天线发射一个预乘的特殊导频信号, 共同的用一个列向量表示:

$$P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot \mathbf{1}_{n_B}, \quad (8)$$

其中, P_s 是一个 $n_A \times n_A$ 的对角线矩阵, 包含具有良好的自相关性和互相关性的 n_A 个独立导频信号, $\mathbf{1}_{n_B}$ 是一个 n_B 维的全一列向量。然后对应于这个特殊导频信号的接收的信号这样给出

$$R_s = H_{B,RX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,TX} \cdot P_s \cdot H_{A,RX}^H \cdot H_{CH}^H \cdot H_{B,TX}^H \cdot \mathbf{1}_{n_B}, \quad (9)$$

为简单起见, 可以假定 $n_B=1$ (这两个站可以同意只用 B 中的一个天线来校准 A), 然后在上面等式中接收的信号可以被写成

$$R_s = H_{B,RX} \cdot H_{B,TX}^H \cdot \sum_{j=1}^{n_A} H_{A,TX}(j,j) \cdot H_{A,RX}^H(j,j) \cdot P_s(j,j) \cdot |H_{CH}(i,j)|^2 \quad (10)$$

既然收发机链的频率响应只包括延迟、相位旋转和可能小的振幅变化, 公

式(7)中的 $H_{B,RX}$ 和 $H_{A,TX}$ 都有单位振幅。因此从公共导频信号 P_c 中可知 $|H_{CH}| = |H_{A \rightarrow B}|$ 并且用于站 A 的每个天线的修正项 $H_{A,TX}(j, j) \cdot H_{A,RX}^H(j, j)$ 可以通过使接收的信号 R_s 和相应的导频信号 $P_s(j, j)$ 相关连来估计。从站 B 接收到这个修正信息后, 站 A 然后可以调整发射和接收链以便于 $H_{A,TX}(j, j) \cdot H_{A,RX}^H(j, j)$ 对所有的 j 都是相同的。这确保了信道在站 B 的天线和站 A 的基带处理器间是互易的。注意为了在天线处相干的增加到达信号, 站 B 中收发机的响应是不相干的, 因为它们可以在解调前被估计和消除。

如图 6 的消息时序图所示的, 本发明的第三个实施例优选的包括步骤:

605 (对应于步骤 305): 发射信道估计符号, P。

已知的信道估计符号, 优选的是现有公共导频信道 P_c , 被从站 B 220 发射到站 A 210, 也从站 A 210 发射到站 B 220。

610 (310): 信道估计。

依照以上方式在站 A 210 估计 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, 在站 B 220 估计 $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ 。

611: 发射特殊导频信道 P_s 。

站 A 从每个天线发射一个预乘的特殊导频信号, $P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot \mathbf{1}_{n_B}$ 。

612: 估计误差。

站 B 220 基于接收到的 P_c 和 $P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot \mathbf{1}_{n_B}$ 为站 A 的每个天线估计延迟、相位和振幅误差。一个包含站 A 中的每个天线的修正项的修正向量被计算出来。

615 (315): 在站间交换信息。

站 B 220 发送修正向量到站 A 210。

620 (320): 计算信道修正系数。

站 A 210 为每个天线计算信道修正系数。

625 (325): 利用信道修正系数补偿传输。

站 A 210 利用保证互易性的信道修正系数补偿到 B 的每个传输。

结合图 7 的信号图所述的, 本发明的第四个实施例, 涉及基于 SVD (奇异值分解) 的 MIMO 或 TDRF 的情况, 并且结合现有公共导频信道利用一个专用导频信道。发射侧 (例如站 A 210) 执行信道匹配预过滤从而当到达接收侧 (站 B 220) 的天线时信号相干的加起来。在站 B 接收的信号通过 $H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot S$ 给出, 其中 S 是一个包含数据符号的 n_B 维的列向量。预过滤函

数是一个从 B 到 A 的信道的复共轭，并可以通过站 B 发送的公共导频信道来估计。

通常，已知的符号与数据符号多路复用所以有效信道响应可被估计以用于相关解调。这些已知的符号有时是指专用导频信道，此处表示为 P_d 。结合公共导频信道 P_c ，专用导频信道将用于导出修正向量，如下所示。

在站 B, 通过下式给出接收到的对应于专用导频信道的信号

$$R_s = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot P_d \quad (11)$$

因为 $H_{A \rightarrow B}$ 从公共导频 P_c 中已知， $H_{B \rightarrow A}^*$ 可以从 R_s 中估计，因此

$$\begin{aligned} H_{A \rightarrow B} &= H_{B, RX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A, TX} \\ H_{B \rightarrow A}^* &= H_{A, RX}^H \cdot H_{CH}^H \cdot H_{B, TX}^H \end{aligned} \quad (12)$$

对站 B 来说是已知的，并且正如前面实施例中一样修正向量可以被产生和报告回站 A。

如图 7 的消息时序图中所示，本发明的第四个实施例优选的包括步骤：

705 (对应于步骤 305)：发射信道估计符号，P。

已知的信道估计符号，优选的是现有的公共导频信道 P_c ，从站 B220 发射到站 A210 和从站 A210 发射到站 B 220。

710 (310)：信道估计。

根据导频信道， $H_{B \rightarrow A}$ 在站 A210 中估计， $H_{A \rightarrow B}$ 在站 B 220 中估计。

711：计算预过滤。

站 A210 计算预过滤 $H_{B \rightarrow A}^*$ 。

712：发射专用导频信道 P_d 。

站 A 发射乘以 $H_{B \rightarrow A}^*$ 的专用导频信道 P_d ，其在站 B 被接收为 $R_s = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot P_d$ 。

713：估计修正向量。

$H_{B \rightarrow A}^*$ 和 $H_{A \rightarrow B}$ 在站 B 220 是已知的，用来估计一个修正向量。

715 (315)：在站间交换信息。

站 B220 发送修正向量到站 A210。

720 (320)：计算信道修正系数。

站 A210 为每个天线计算信道修正系数。

725 (325)：利用信道修正系数补偿传输。

站 A210 利用保证互易性的信道修正系数补偿到 B 的每个传输。

如不同的实施例中所示，根据本发明的校准方法可以用在各种无线系统中，也用于系统中各种实体（节点）之间。图 8 示出了节点的各种例子，在这些节点之间可以发生校准。典型的网络 800 包括多个基站 805（既有多天线又有单天线）、中继站 810 和移动站 815。校准可以发生在例如两个中继站 810 之间（如箭头 820 所示），两个基站 805 之间（箭头 825），一个中继站 810 和一个移动站 815 之间（箭头 830），一个基站 805 和一个移动站 815 之间（箭头 835），一个基站 805 和一个中继站 810 之间（箭头 840）。其它用于根据本发明的校准目的的基于无线电的节点组合也是可能的。此外，一些站可能装备有多个天线，然而其它站仅仅有单个天线。校准将根据特定的天线配置来执行。选择哪个节点用来校准可以通过结合在系统中的选择规则被指定，例如基于链路质量、通过一些站提供的校准精度的信息（例如在固定站和移动站间可能不同）、天线的数量等等。

应当强调的是虽然校准发生在一些成对的站间，但是校准的实体可以随后和其它站通信。例如在基于相干组合的协同中继中，中继站可以和一个邻近的基站执行校准，随后当在一个链路（例如从一个基站）上接收到的中继信号传送到一个第二链路（例如用一个接收移动站）时，根据本发明的补偿和从信道估计（见[ref]）中得出的相位补偿被应用来使通过不同中继站中继的信号在接收实体中能够相干组合。

图 9 中示出了根据本发明的校准方法的一个可能的实施方式，其中系统是 TDD 模式的。上面所述的校准方法可以优选的通过被分配给相反发射/接收时隙的两个站来实现。在一个蜂窝系统中，意味着在一个基站和一个用户终端之间。但是，如前面所讨论的，校准也可以在分配了相同的发射/接收时隙的节点间发生，例如在基站间。图 9 示出了在一个 TDD 系统中两个基站间校准过程的例子。为了不会中断正在进行中的操作，在一个最初分配为用于接收的时隙内没有站应当发射。因此，基站可以在一个最初调度用于传输的时隙中切换到接收模式并且从其它基站测量导频信道。

在图 9 中示出的是在站 A 和站 B 间的传输，其中：

a) 在第一发射时隙 T_{X_1} 中，站 B 发射一个被已经切换到接收模式的站 A 接收的导频 P_c 。站 A 估计 $H_{B \rightarrow A}$ 。

b) 在第二发射时隙 TX_2 , 站 A 发射一个被已经切换到接收模式的站 B 接收的导频 P_c 、 P_d 或 P_s 。站 B 估计 $H_{A \rightarrow B}$, 可能还有 $H_{B \rightarrow A}$, 并确定 $H_{A \rightarrow B}$ 的一个表示或者一个修正向量/项。

c) 在第三发射时隙 TX_3 , 经常处于发射模式的站 B 发射修正向量到已经切换到接收模式的站 A。站 A 相应地调整收发机。

校准传输不需要发生在相邻的 TX-时隙, 校准过程可以涉及图 9 中未描述的另外的传输。

利用根据本发明的校准方法可以补偿传输从而在一个无线网络中的两个无线电节点间的通信信道是互易的。所介绍的实施例提供了以各种有效方式执行校准过程的方法, 保证了有价值的信道资源不会浪费在不必要的信号发送上。通过本发明的校准过程完成的互易性使得充分使用一些特征提供的容量增益成为可能, 所述的特征例如是用在新开发的无线电通信系统例如 MIMO, TDRF 中的时空编码和基于相干组合的协同中继。

根据本发明的方法优选的通过包含执行该方法的步骤的软件代码的程序产品或程序模块产品实现。该程序产品优选在网络中的多个无线电节点上执行。例如, 该程序是从诸如软盘、CD 之类计算机可读介质上分配和载入的, 或者通过无线电发射的, 或者从互联网上下载的。

如在不同实施例中示范的和例证的, 本发明提供了一种方法和无线电节点, 其使信道互易性的使用成为可能, 因为它补偿了发射接收链中的误差和差异。

所述的方法具有另外的优点, 即它可以用于不能或没有通信的站间的相对校准。典型的例子是基于相干组合的协同中继。

虽然本发明已经连同目前认为最实际的和最优的实施例而被描述, 但是可以理解本发明不限于所公开的实施例, 相反的, 其意图覆盖所附的权利要求定义的各种修改和等同装置。

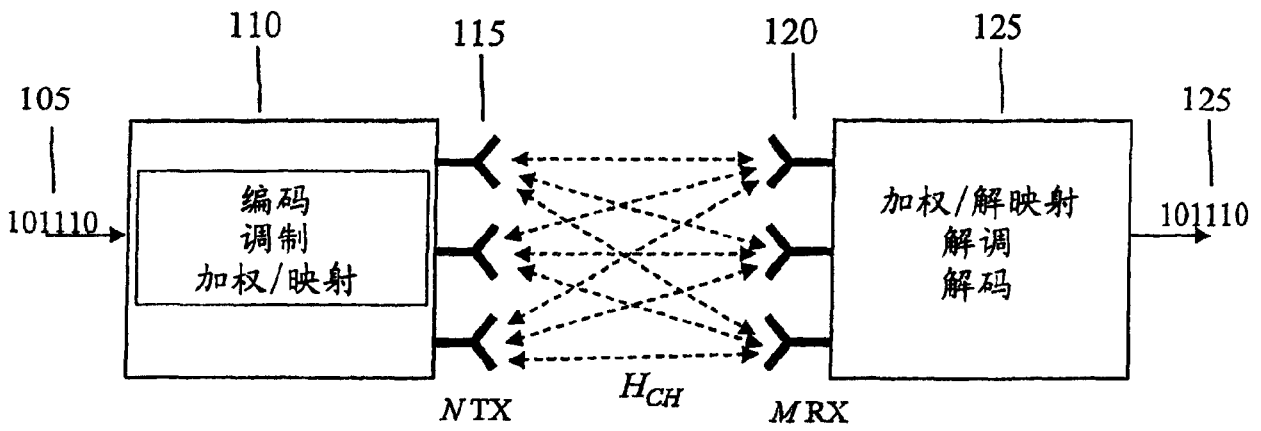


图 1 (现有技术)

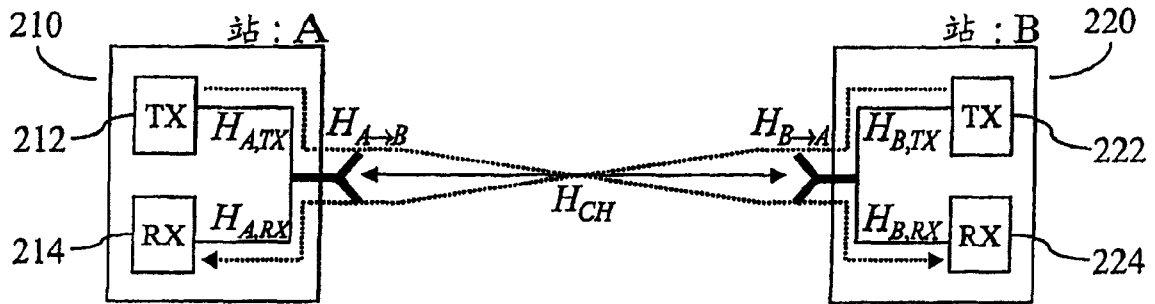


图 2a

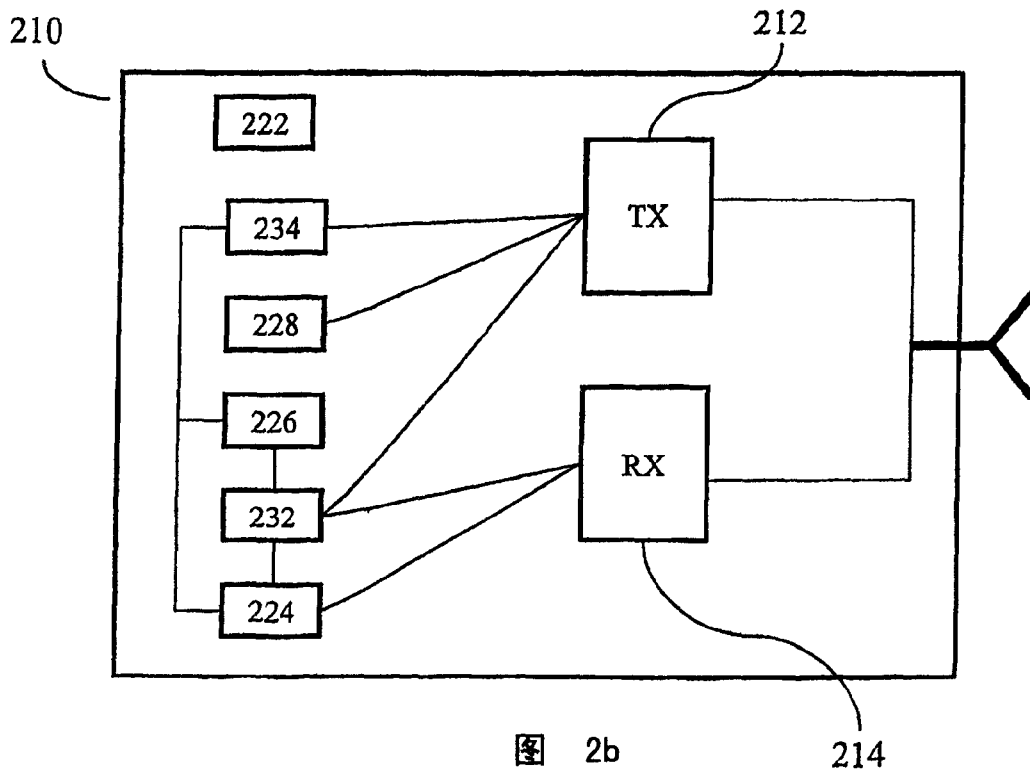


图 2b

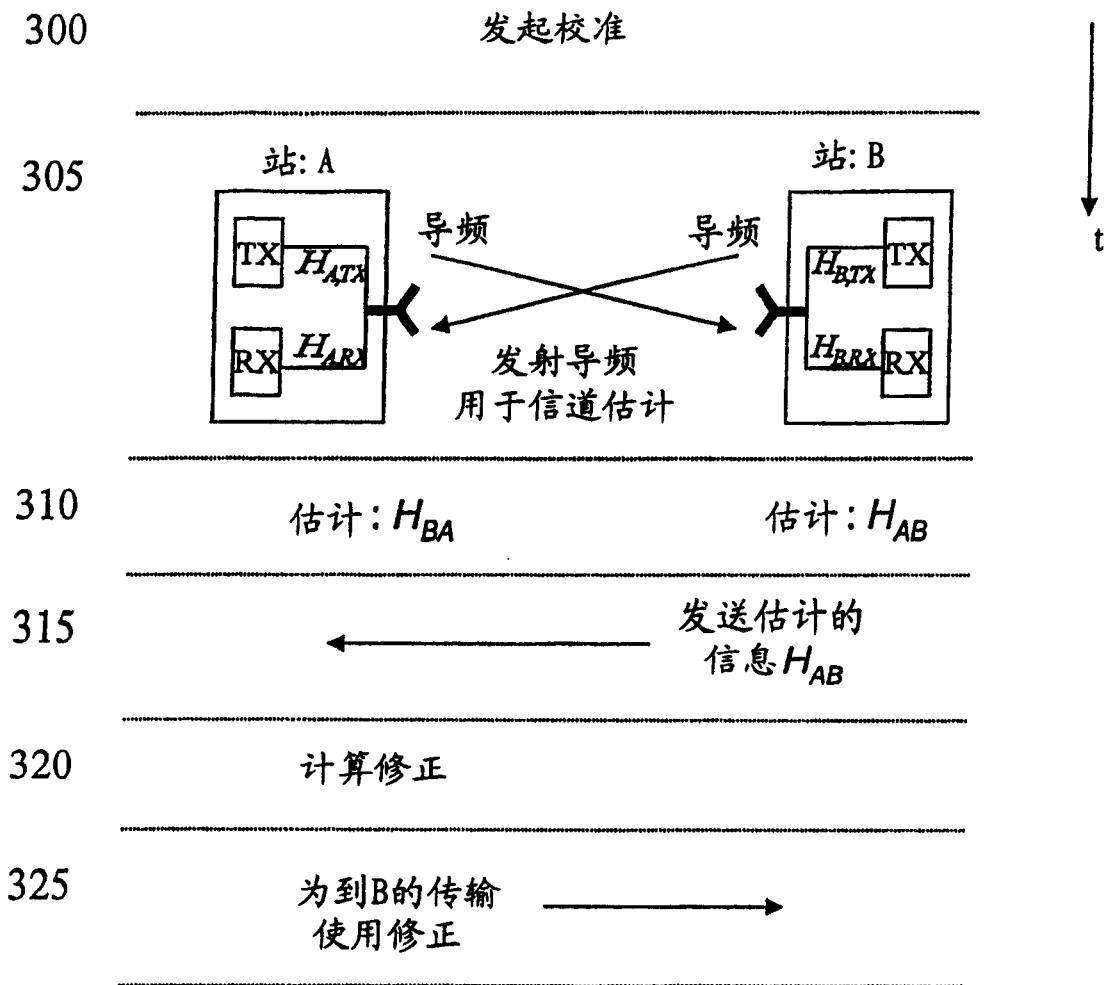


图 3

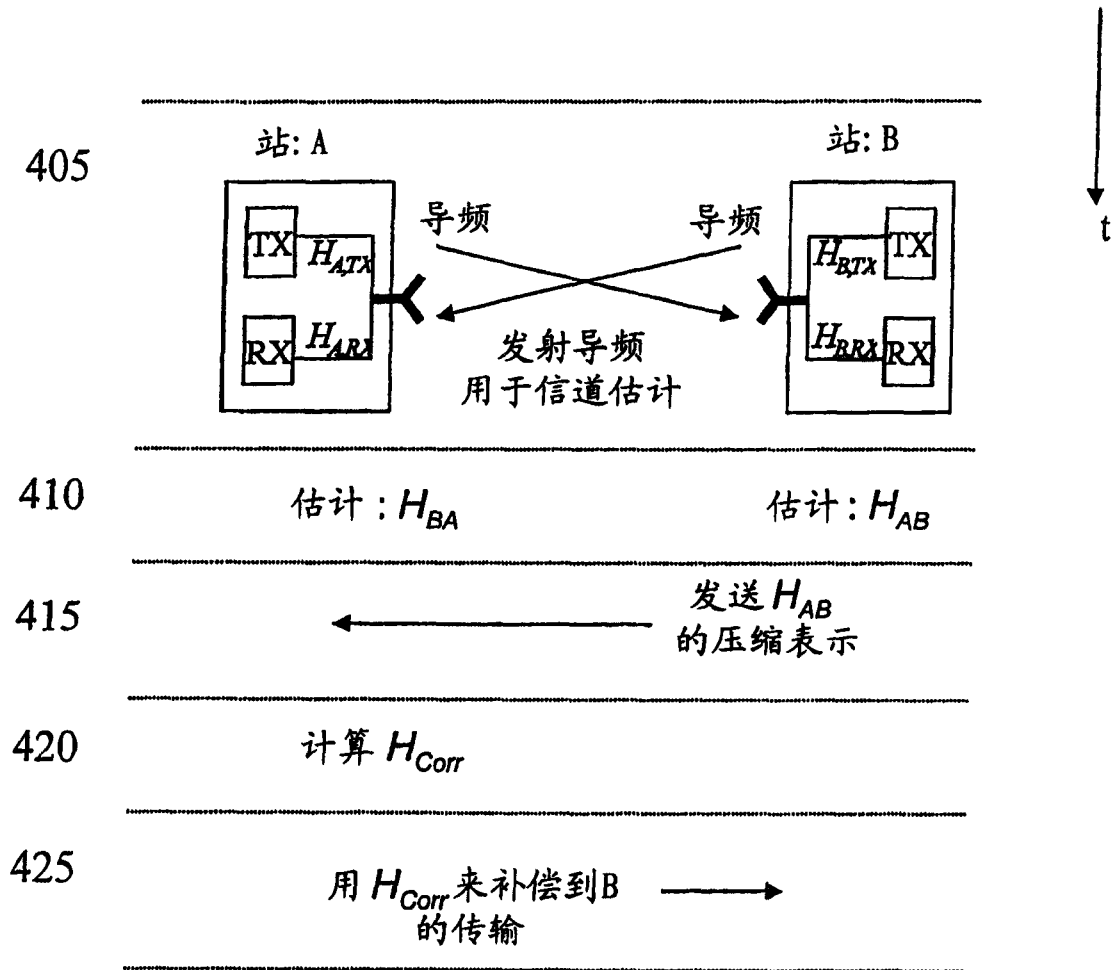


图 4

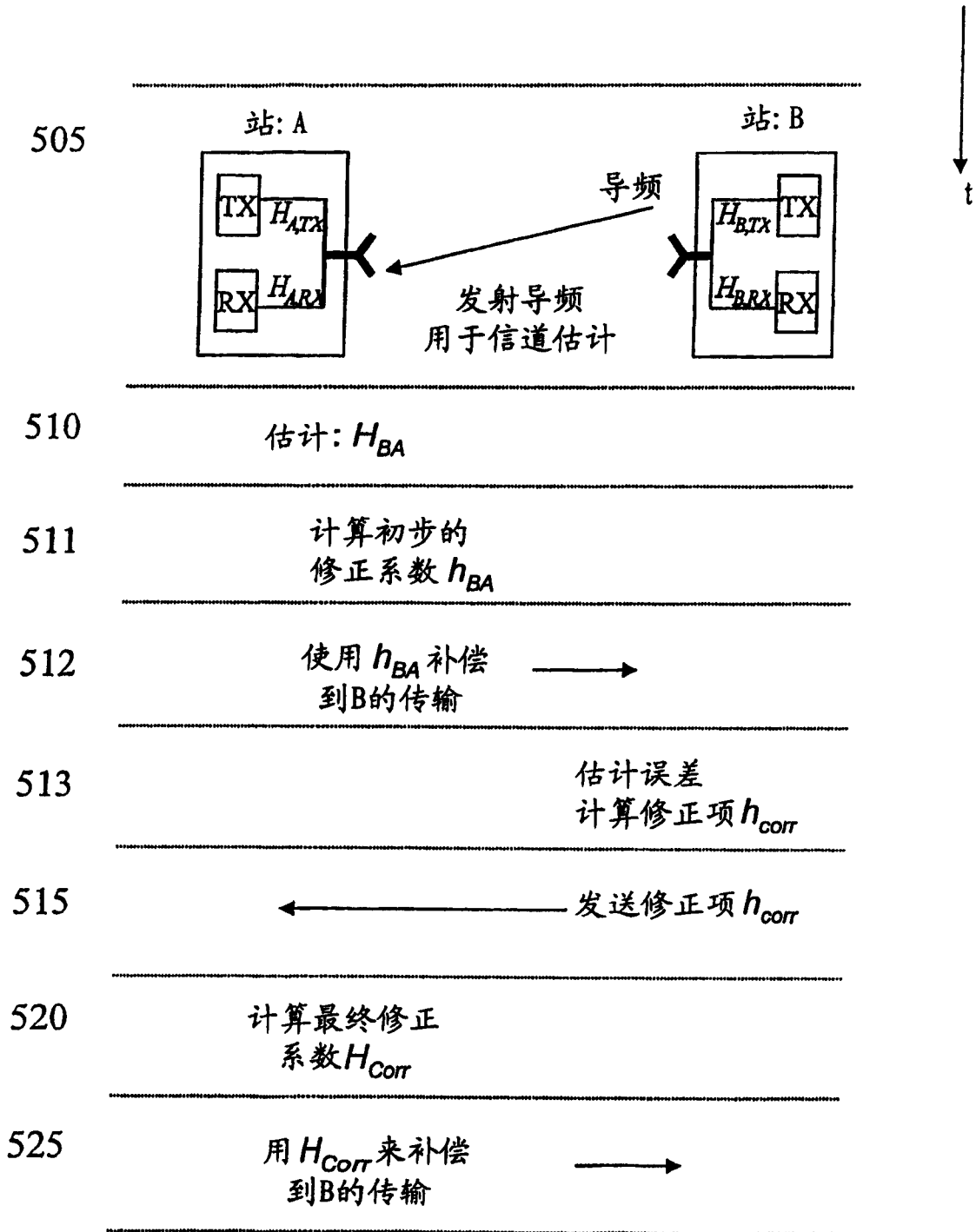


图 5

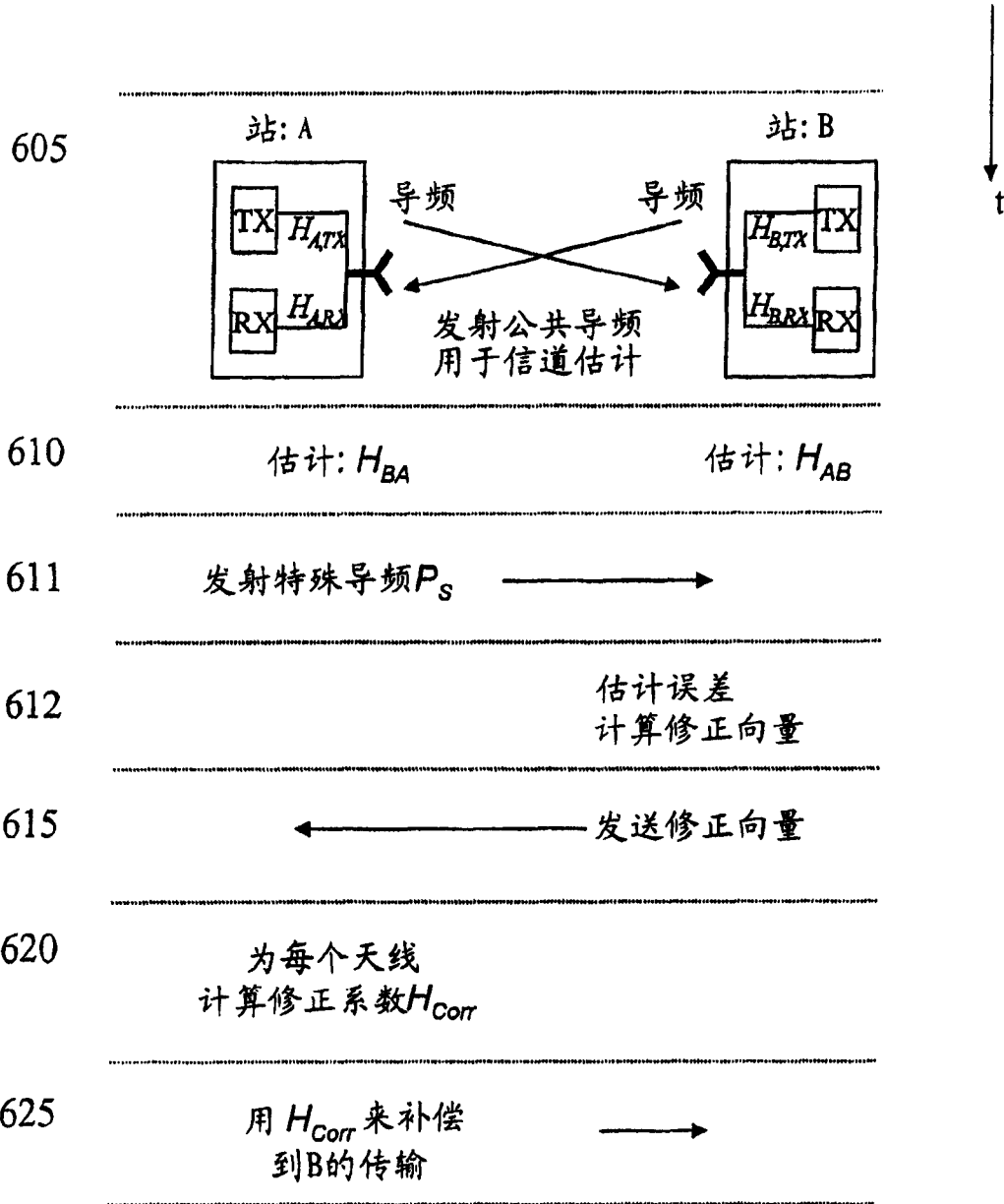


图 6

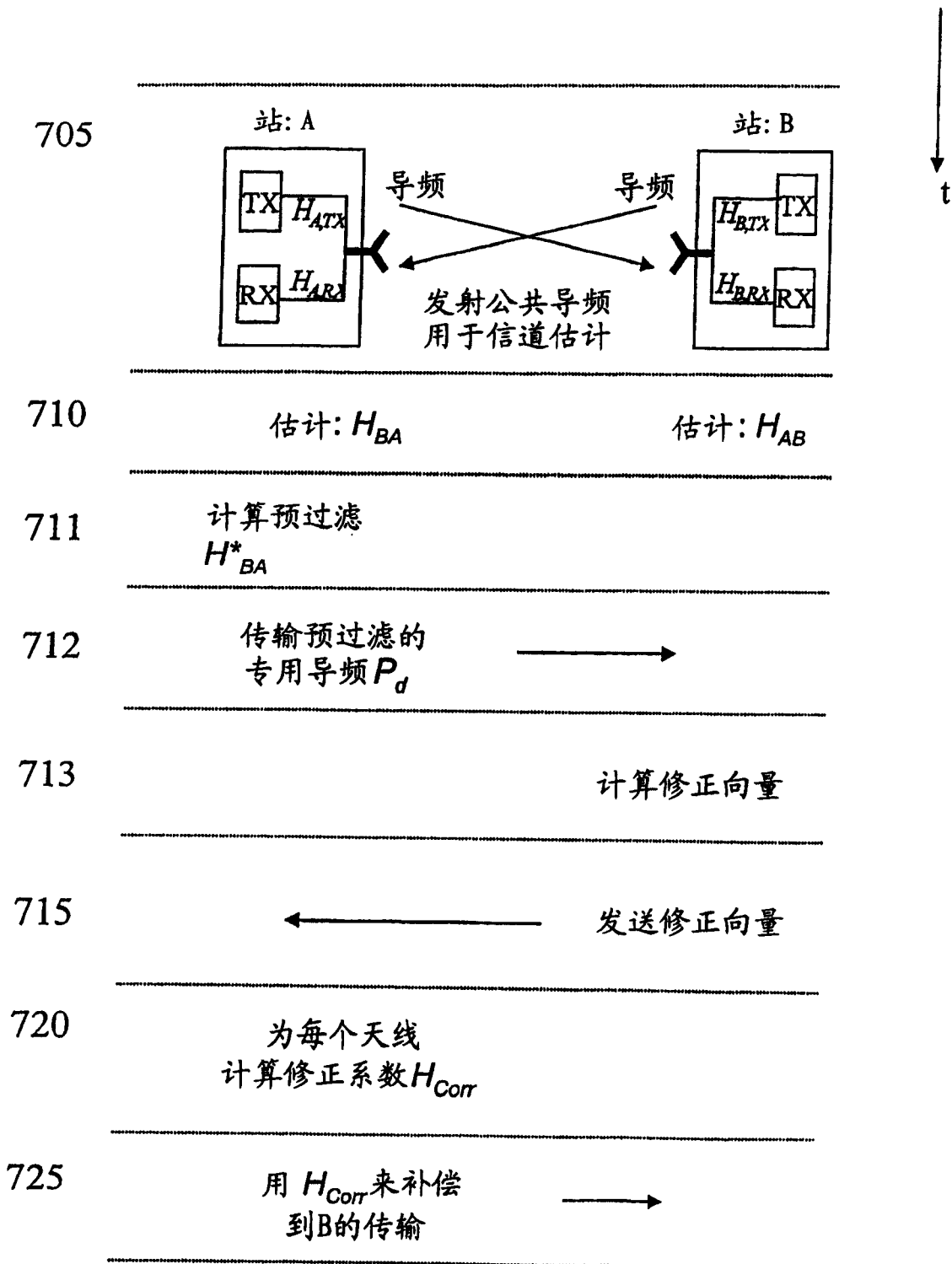


图 7

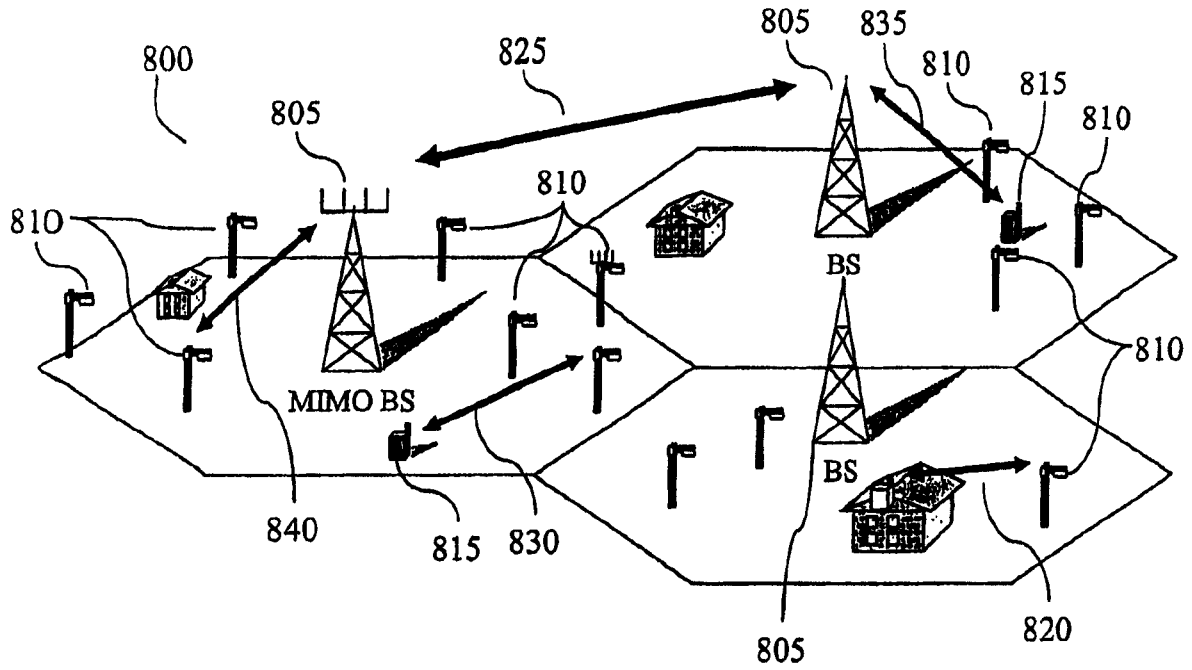


图 8

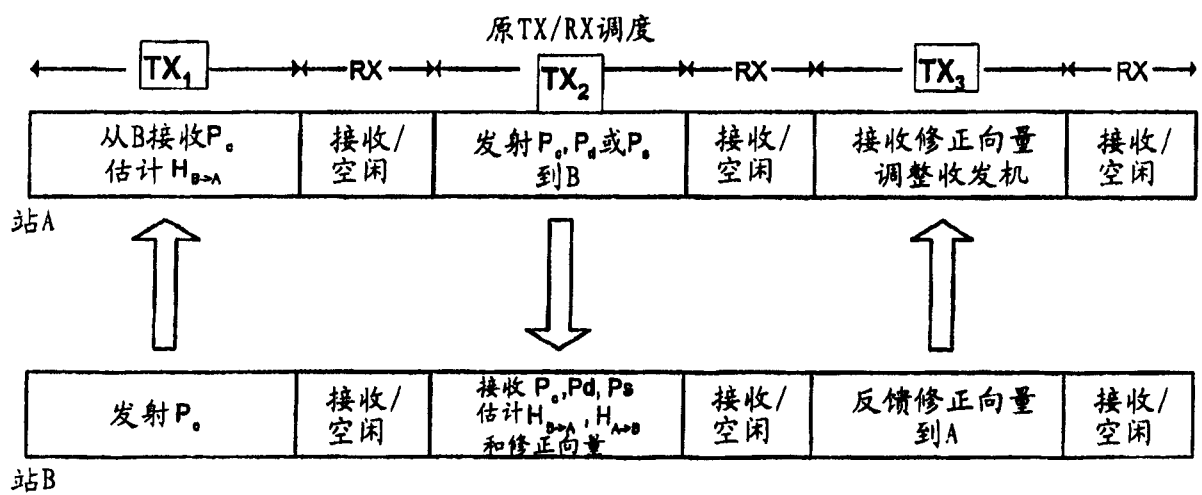


图 9