

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02823276.3

[51] Int. Cl.

H04B 7/12 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

H04B 17/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 7 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1328859C

[22] 申请日 2002.9.27 [21] 申请号 02823276.3

[30] 优先权

[32] 2001.9.28 [33] US [31] 09/967,258

[86] 国际申请 PCT/US2002/030897 2002.9.27

[87] 国际公布 WO2003/028248 英 2003.4.3

[85] 进入国家阶段日期 2004.5.24

[73] 专利权人 阿雷伊通讯有限责任公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 E·D·林斯各 M·D·特罗特
A·B·凯尔

[56] 参考文献

US5546090A 1996.8.13

EP0940934A 1999.9.8

CN1213909A 1999.4.14

审查员 黄 玲

[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 罗 朋

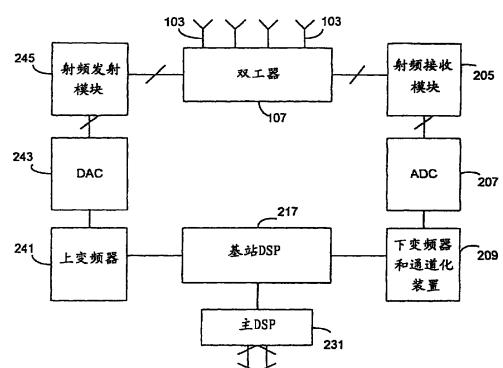
权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图 4 页

[54] 发明名称

用于校准无线通信系统的设备、信号处理器
和方法

[57] 摘要

提供一种方法和设备，其仅利用在发射链路和接收链路之间的差分相位和幅度来分别为无线通信系统的一组发射或接收链路确定频率相关的校准矢量。在一个实施例中，本发明包括一个适于与多个其它终端发射和接收无线通信信号的天线阵列、通过天线阵列向转发器在至少两个不同频带上发射校准信号的发射链路，以及通过天线阵列从转发器接收转发器信号的接收链路，该转发器信号在至少两个不同频带上被接收并基于该校准信号。通过比较在至少两个频率的第一个频率上转发器信号的相对特性与至少两个频率的第二个频率上转发器信号的相对特性，信号处理器确定基于在通过接收链路接收时的转换器信号的至少两个频带的，频率相关的校准矢量。



1. 一种无线通信设备，包括：

天线阵列，它适合于与多个其它终端发射和接收无线通信信号；

发射链路，在至少两个不同频带上通过天线阵列向转发器发射校准信号；

接收链路，通过天线阵列从转发器接收转发器信号，该转发器信号在至少两个不同频带上被接收并且基于该校准信号产生；和

信号处理器，通过比较在至少两个频带中的第一频带上的转发器信号的相对特性与在至少两个频带中的第二频带上的转发器信号的相对特性，确定基于通过接收链路接收的转发器信号的至少两个频带的，频率相关的校准矢量。

2. 根据权利要求1的设备，其中，确定频率相关的校准矢量包括：比较在至少两个频带的第一频带上转发器信号的相对相位与在至少两个频带的第二频带上转发器信号的相对相位来确定群时延。

3. 根据权利要求1的设备，其中：与校准信号相比，转发器信号被频移。

4. 根据权利要求1的设备，其中，所述相对特性包括该接收链路接收的转发器信号的相对相位和幅度。

5. 根据权利要求4的设备，

其中，所述接收链路包括多个接收链路；

每个接收链路都接收转发器信号；

所述频率相关的校准矢量包括群时延；和

所述信号处理器通过比较每个接收链路接收的每个频带上转发器信号的相对相位和幅度来确定群时延。

6. 根据权利要求5的设备，其中，确定频率相关的校准矢量包括：通过比较在至少两个频带的第一频带上的转发器信号在至少两个接收链路之间的相位差与在至少两个频带的第二频带上的转发器信号在相同的两个接收链路之间的相位差来确定接收链路的群时延。

7. 根据权利要求6的设备，其中，所述多个接收链路中的一个被选择作为参考接收链路，并且每个接收链路的群时延相对于该参考接收链路来表征。

8. 根据权利要求4的设备，其中，所述信号处理器利用转发器信

号的测量的相位和幅度在转发器信号的每个频带上确定转发器在天线阵列上的上行链路特征标记，并且信号处理器利用转发器的上行链路特征标记来确定接收链路的频率相关校准矢量。

9. 根据权利要求 4 的设备，其中，信号处理器在转发器信号的每个频带上利用测量的相位和幅度来确定发射链路在转发器中的下行链路特征标记，并且信号处理器利用发射链路的下行链路特征标记进一步确定发射链路的频率相关校准矢量。

10. 根据权利要求 4 的设备：

其中，所述发射链路包括多个发射链路；

每个发射链路都发射校准信号；

所述频率相关的校准矢量包括群时延；和

信号处理器通过比较每个接收链路接收的转发器信号的每个频带上的转发器信号的相对相位来确定频率相关的发射校准矢量。

11. 根据权利要求 10 的设备，其中，所述校准信号包括多个信号，该信号来自每个发射链路，可基于唯一的调制序列个别地识别每个信号。

12. 根据权利要求 10 的设备，其中，确定频率相关发射校准矢量包括：比较在至少两个频带的第一频带上的转发器信号在两个发射链路之间的相位差别与在至少两个频带的第二频带上的转发器信号在相同的两个发射链路之间的相位差别来确定群时延。

13. 根据权利要求 12 的设备，其中，多个发射链路中的一个被选择作为参考链路，并且每个发射链路的群时延都相对于该参考链路来定义。

14. 根据权利要求 1 的设备，其中，所述无线通信信号适于符合码分多址接入标准。

15. 一种方法，包括：

利用发射链路向多个其它终端发射无线通信信号；

利用接收链路从多个其它终端接收无线通信信号；

在至少两个不同频带上通过发射链路向转发器发射校准信号；

从转发器接收转发器信号，该转发器信号在至少两个不同频带上被接收并基于该校准信号；和

通过比较在至少两个频带中的第一频带上的转发器信号的相对特

性与在至少两个频带中的第二频带上的转发器信号的相对特性，确定基于通过接收链路接收的转发器信号的至少两个频带的，频率相关的校准矢量。

16. 根据权利要求 15 的方法，其中，确定频率相关的校准矢量包括：比较在至少两个频带中的第一频带上转发器信号的相对相位与至少两个频带中的第二频带上转发器信号的相对相位以确定群时延。

17. 根据权利要求 15 的方法，其中，所述相对特性包括测量的转发器信号的相位和幅度，该方法进一步包括：利用在转发器信号的每个频带上所测量的相位和幅度，确定发射链路在转发器上的下行链路特征标记，以及利用发射链路的下行链路特征标记来确定发射链路的频率相关校准矢量。

18. 根据权利要求 15 的方法，其中，确定频率相关的发射校准矢量包括：比较在至少两个频带中的第一个频带上的转发器信号在两个发射链路之间的相位差与在至少两个频带中的第二个频带上的转发器信号在相同的两个发射链路之间的相位差，从而确定群时延。

19. 根据权利要求 15 的方法，其中，所述无线通信信号适于符合码分多址接入标准。

20. 一种信号处理器，用于基于所接收到的转发器信号的至少两个频带确定群时延校准矢量，该信号处理器包括：

比较电路，用于比较在该至少两个频带中的第一频带上的转发器信号的相对特性与在该至少两个频带中的第二频带上的转发器信号的相对特性；以及

用于从该比较结果中确定群时延校准矢量的电路。

21. 根据权利要求 20 的信号处理器，其中所述相对特性包括通过接收链路的不同元件接收的转发器信号的相对相位。

22. 根据权利要求 21 的信号处理器，其中所述比较电路比较在接收的每个频带上的转发器信号的相对相位。

23. 根据权利要求 22 的信号处理器，其中所述比较电路比较在所述至少两个频带中的第一频带上转发器信号在至少两个接收链路之间的相位差与在该至少两个频带中的第二频带上转发器信号在相同的两个接收链路之间的相位差。

24. 根据权利要求 21 的信号处理器，其中所述相对特性包括所述

转发器信号的所测量的相位，其中所述信号处理器使用在该转发器信号的每个频带上的所测量的相位来确定发射链路的下行链路特征标记，以及其中该信号处理器还使用所述发射链路的下行链路特征标记来确定该发射链路的所述群时延校准矢量。

25. 一种方法，包括：

接收转发器信号的至少两个频带；

比较在所述至少两个频带中的第一频带上的转发器信号的相对特性与在该至少两个频带中的第二频带上的转发器信号的相对特性；以及

从该比较结果中确定群时延校准矢量。

26. 根据权利要求 25 的方法，其中比较相对特性包括：比较在所述至少两个频带中的第一频带上要被校准的接收天线阵列的不同元件之间的转发器信号的相对相位与在该至少两个频带中的第二频带上该天线阵列的相同元件处的转发器信号的相对相位，从而确定群时延。

用于校准无线通信系统的设备、信号处理器和方法

发明背景

发明领域

本发明通常涉及数字信号通信领域以及接收和发射链路的校准。特别地，本发明涉及校准无线通信系统多个接收或发射链路的差分群时延。

相关技术领域的描述

采用定向而不是全向无线传输可以显著增加无线通信容量。一种发射定向信号以及定向接收信号的方法是采用通过天线阵列进行的波束形成和波束调零(nulling)。如果发射和接收链路都被校准，则通过天线阵列进行的波束形成和调零的精度能够被改善，校准可以被应用到从基带的数字接口至每个天线元件发射或者接收的场的链路中。一种产生校准的方法是使与天线阵列隔离开的转发器(transponder)在基站下行链路频率上侦听天线阵列的输出。转发器接收来自基站的下行链路校准信号，然后在上行链路频率上再重新发射它。通过选择发射适当信号和接收适当信号，基站能够用信号处理来估算相位和幅度补偿以校准其发射和接收链路。

例如，授予 Roy, III 等人的美国专利号第 5,546,090 中示出了一个远程转发器校准系统。该专利描述了在每个发射和接收链路上校准窄带 FDD(频分双工)系统的相位和幅度，在 FDD 系统中，通常未占用的时间和频率片(frequency slot)偶尔出现，这些可以被用于发送和接收窄带校准信号。可是，在一个典型的扩频系统中，却没有未占用的时间和频率片用于校准。与 FDMA(频分多址)和 TDMA(时分多址)系统相反，扩频系统，例如 CDMA(码分多址)系统，具有同时使用相同无线信道的多个用户。如果转发器被设计成采用用于业务的同一扩频信道来接收和发射信号，那么，由校准向信道加入的额外能量将减少系统容量。一个典型的转发器将接收包括校准信号在内的所有下行链路业务、进行频移、放大之并把所有业务发回基站。这导致非常巨大的能量在上行链路上被转发器发送，并且可能会有效地压倒所有其它业务。作为结果，校准将影响下行和上

行信道容量。

为校准一组发射机或接收机的频率相关的群性能，校准信号必须在几个不同频率上发射。然而，对于单个转发器，被发射或接收链路引入到发射或接收链路中的相位和幅度微扰的实际值不能被准确测量。该信息的缺乏带来了校准每部分阵列以纠正引入改变的巨大障碍。

发明概述

提供一种方法和装置，其仅利用在发射链路和接收链路之间的差分相位和幅度，分别确定无线通信系统的一组发射或接收链路的频率相关校准矢量。在一个实施例中，本发明包括：一个适于与多个其它终端发射和接收无线通信信号的天线阵列，通过天线阵列在至少两个不同频带上向转发器发射校准信号的发射链路，以及通过天线阵列从转发器接收转发器信号的接收链路，该转发器信号在至少两个不同频带上被接收并且是基于该校准信号的。通过比较在至少两个频率中的第一个频率上转发器信号的相对特性与至少两个频率中的第二个频率上转发器信号的相对特性，信号处理器根据通过接收链路接收的转换器信号的至少两个频带确定频率相关校准矢量。

本发明其它特征将从附图和下面的详细描述中更为明显。

附图说明

本发明在附图中通过示例的方式来说明，但并不限于此，附图中：相同参考编号代表相同元素，其中：

图 1 是一个说明适用于本发明一实施例的无线通信系统基站示例结构的方框图；

图 2 是一个说明适用于图 1 基站的无线转发器系统示例结构的方框图；

图 3 是一个示出接收链路的校准的处理流程图；

图 4 是一个示出发射链路的校准的处理流程图。

发明详细描述

介绍

在一个实施例中，本发明包括一种方法，它利用窄带转发器来校准宽带自适应天线基站的多个发射和接收链路的群时延。为了校准发射和接收链路的群时延，基站在下行链路频带中的至少两个不同

频率上通过每个发射链路发射不同的窄带校准信号。然后，这些信号被窄带转发器接收并在宽带上行链路频带中作为窄带信号重新向基站发射。在这种应用中，自适应天线基站的无线电支持宽带信道。然而，为了避免产生任何不需要的干扰，校准信号和转发器信号是窄带的。换句话说，校准信号只占用宽带信道很窄的一部分。转发器仅在这些窄频带中接收并仅在上行链路带宽的相应很窄的一部分中重发信号。

由于窄带信号仅向宽带上行链路和下行链路信道加入少量的能量，所以校准可在基站支持常规数据业务的同时来实现。校准信号的带宽越窄，则将被加入系统的能量总量将越少。对于宽带扩频系统，窄带信号能够轻易成为常规数据业务信道宽度的十分之一，或者百分之一。对于频分系统，窄带信号仍然可以是业务信道宽度的三分之一到五分之一。适当地选择信号功率电平能够进一步减少对常规业务的影响。利用多个窄带信号和转发器带宽，则校准作为频率函数的更多普通相位和增益变化是可能的。在 CDMA（码分多址）系统中，设计对于窄带信号特别迟钝的 CDMA 系统是可能的。

在一个实施例中，转发器仅在要被校准的宽带系统的业务带宽内的窄带上接收和重发。系统可以有一组具有天线元件的宽带发射机以及一组具有天线元件的宽带接收机，或者，单独一组元件可以被发射机和接收机公用。两种情况下，对发射链路和接收链路的群时延进行频率校准，则系统性能通常将被改善。群时延校准矢量对于接收链路和发射链路可以不同。在一个实例中，系统具有多信道基站，所述多信道基站采用具有 SDMA（空分多址）的 CDMA 与远至 10Km 的多个用户通信。对于这个系统，已经发现每小时或每两小时的校准将显著改善性能。通过这种频繁的校准，校准对正常操作的效果可以很重要。根据本发明，校准对正常操作的影响能够通过窄带校准转发器而最小化。

在每个窄带频率校准频带上，不同的信号能够通过两个或者更多的发射链路发射。例如，能够通过将不同序列调制到信号上来区分信号。在一个实施例中，序列是正交序列以帮助解调。另一个实施例中，该序列被作为扩展码调制到信号上。这允许对接收信号使用解扩码，以便使来自每个发射链路的信号能够被辨别出来。转发器

接收这些信号并在基站上行链路频带上将它们重新发射出去。然后，可以处理由基站接收的信号以便测量信号的任何期望的相对特性。例如，该信号可以被用来发现涉及发射链路的相对相位和幅度以及涉及接收链路的相对相位和幅度。通过在不同发射链路上发射不同信号，信号可以在接收时被区分开。这允许为每个发射链路独立地估算例如相对相位和幅度的特征。该特性既能够被用于为上行链路和下行链路确定空间特征标记 (spatial signature)，又能够被用于计算频率相关的校准矢量。在不同频率上合并相位测量，就可以推导出群时延校准矢量。

通过在单个天线上接收不同信号然后评估在不同发射链路上发射的每个不同信号的信道，可以估算发射链路的相对相位和幅度。接收链路的相对相位和幅度可以通过在单个发射链路上发射单个校准信号以及在不同的接收链路上接收而被估算。然后，可以评估并比较在每个接收链路上接收的信道以便发现空间特征标记和校准。作为结果，如果校准信号在所有发射链路上发送了一次并且相应的转发器信号通过所有接收链路接收，则可以根据单个下行链路和上行链路脉冲串 (burst) 来校准全部阵列。由于发射和接收校准矢量的确定不需要相互结合，对相同脉冲串同时执行校准提高了效率并减少了对业务的影响。无论在同一时间还是彼此很近的不同时间上，如果校准信号在两个或者更多不同频率上发射，那么可以推导出群时延。

作为一种选择，一次可以校准仅仅一些或甚至两个发射或接收链路。如果所有发射或接收链路没有在每个校准测量中涉及到，那么可以用不同组发射或接收链路重复执行校准测量，以至能够在所有发射和接收天线中测量所有的相对相位和幅度。如果每个测量中存在公共的发射或接收链路，那么精度将被改善。这允许测量的相位和幅度通过参考公用链路彼此相关联。典型地，接收链路之一被设计成参考接收链路，通过每个接收链路都与参考链路成对来成对地测量校准信号。由于参考链路在每个测量中都参与了，所有其它链路可以通过参考链路彼此互相参考。通过发射链路与参考成对测量来执行类似的过程。选择哪个特定链路作为参考并不重要，并且接收和发射参考不需要彼此有任何联系。校准矢量可以表示为与该参

考的偏差，或者是与任何标准值的偏差，该标准值例如分别为平均值、中间值或在接收或发射链路之间不同的中间值。

在一个实施例中，本发明在 SDMA 无线数据通信系统中实现。在这样一个空分系统中，每个终端与一组空间参数相关，该空间参数涉及例如在基站和用户终端之间的无线通信信道。空间参数包括每个终端的空间特征标记。利用该空间特征标记和阵列天线，在单个用户终端上能够精确定向来自基站的 RF 能量，为其它用户终端减少相互干扰并且降低噪声门限。相反，同时从几个不同用户终端接收的数据可以在较低接收能量电平上分析(resolve)。通过用户终端的空分天线，通信所需的 RF 能量甚至可以更小。对于互相空间分离的用户，其好处甚至更大。该空间特征标记可以包括如发射机的空间位置、到达的方向 (DOA)、到达的时间 (TOA) 以及与基站的距离这样的事物。

为了与传感器 (天线) 阵列信息相关联的信道均衡的目的，可以通过采用数字数据流中的已知训练序列来确定如信号功率电平、DOA 和 TOA 之类参数的估算。然后，该信息用于为空间多路解复用器、复用器和混合器计算适当的加权。本领域公知的扩展卡门滤波器 (Extended Kalman filter) 或其它类型的线性滤波器可以用训练序列的特性来确定空间参数。对于空分和 SDMA 系统使用的进一步细节已在例如 1998 年 10 月 27 日颁发给 Ottersten 等人的美国专利 5,828,658 和 1997 年 6 月 24 日颁布给 Roy, III 等人的 5,642,353 中描述。

基站结构

本发明涉及无线通信系统以及可以是固定接入或移动接入的无线网络。它可以结合宽度多址接入系统来使用空分技术，例如码分多址接入 (CDMA) 和其它扩频类型系统。图 1 示出适于实现本发明的无线通信系统或者网络的基站的一个示例。该系统或网络包括多个用户站，也被称为远程终端或用户终端 (未示出)。基站可以通过其主 DSP 231 连接至广域网 (WAN)，该 DSP 用于提供任何所需数据业务以及外界至紧邻无线系统的连接。为支持空分，采用多个天线 103，例如四个天线，尽管也可以选择其它数量的天线。

天线的输出被连接至一个双工开关 107，该开关在这个 CDMA 系统中是一个频率开关。可替换地，可以采用分离的发射和接收天线阵列，在这种情况下不需要双工器。在接收时，天线输出经过开关 107 连接至 RF (射频) 接收模块 205，并在下变频器 207 中被下混频和信道化 (channelize)。随后下变频信号在 ADC (模数转换器) 209 中被抽样和转换为数字形式。这可以采用 FIR (有限冲激响应) 滤波技术来完成。本发明可以被用于适合广泛范围的 RF 和 IF (中频) 载波频率和频带。

在当前示例中有四个天线信道输出，它们来自每个天线接收模块 205。特定信道的数量可以按网络需要而变化。对于四个接收天线信道中的每一个，来自四个天线的四个下变频输出被馈送给数字信号处理 (DSP) 设备 217 以便作进一步处理，包括校准。根据本发明的一个方面，四个 Motorola DSP 56300 系列的 DSP 可以用作信道处理器，每个接收信道一个。时隙处理器 217 监控接收的信号功率并估算相位和时间对准。它们也为每个天线元件确定智能天线的加权。这些用于空分多址方案以确定来自特定远程用户的信号并解调所确定的信号。

信道处理器 217 的输出是解调的脉冲串数据。该数据被发向主要功能是控制系统的所有元件并与较高级处理对接的主 DSP 231。该较高级处理在系统通信协议中定义的所有不同控制和业务通信信道中提供通信所需的信号。主 DSP 231 可以是 Motorola DSP 56300 系列的 DSP。另外，信道处理器向主 DSP 231 发送每个用户终端的确定的接收加权。

主 DSP 231 保持状态和定时信息，接收来自信道处理器 217 的上行链路脉冲串数据，并对信道处理器 217 编程。另外，它解密、解扰、检查检错码、以及解构 (deconstruct) 上行链路信号的脉冲串，然后把要被发送的上行链路信号格式化以便在基站的其它部分中进行较高级处理。关于基站的其它部分，它格式化服务数据和业务数据以便在基站中进一步进行较高处理，它还从基站其它部分接收下行链路消息和业务数据，处理下行链路脉冲串并格式化下行链路脉冲串和向发射链路发送下行链路脉冲串，下面进行讨论。

从主 DSP 231 发送的数据用于产生模拟发射输出，该输出发往 RF

发射机(tx)模块 245。特别地，接收数据比特经 DAC(数模转换器)241 转换为模拟发送波形，并在上变频器 243 中在 IF 频率被上变频为复合调制信号。该模拟波形被发送到发射模块 245。发射模块 245 将信号上变频为发射频率并放大该信号。放大的发射信号输出经双工/时间开关 107 发送至天线 103。

窄带转发器结构

参见图 2，示出了适于实现本发明的远程转发器的示例。该转发器被设计成廉价和简单的。如果需要，所示的特定转发器设计也可以由小的、便携和轻便包装制造，该包装可以用于基站的安装。转发器可以安装在附近的固定装置上，或者甚至安装在由基站天线所使用的天线杆上。可替换地，转发器可以改为作为更加复杂的特定模式以及全功能的用户终端的操作。第二基站也可以执行转发器功能。转发器 118 的功能是在宽带下行链路信道的范围内接收信号，上变频或下变频它至宽带上行链路信道，对它进行滤波以便仅仅选择一个狭窄频带，放大它，然后作为上行链路信道范围内的信号重新发送它。如上所述，频移转发器 118 只是适用于校准的转发器的一种可能示例。对转发器唯一的一般要求是它发射回射频信号，该射频信号以某种方式从它接收的信号中辨别出来。除了频移该信号，转发器也可以时间延迟该信号，或者更一般地用各种公知调制方案来调制它。对于码分复用系统，转发器也可以对所接收的信号解码并用上行链路信道的新扩展码来编码。

如图 2 所示，来自基站的校准信号在转发器天线 122 上接收。双工器 140 分别将在天线上接收的信号路由至接收链路，该接收链路从接收带通滤波器 126 开始，信号从发射链路进入，结束于发射带通滤波器 125。在接收链路中，在滤波器 125 之后从转发器天线进入的信号被路由至一个低噪声放大器(LNA) 142。放大信号接着通过带通滤波器 144 再一次滤波，基于它们的频率消除不需要的信号。该滤波信号然后通过混频器 148 被下变频为 IF(中频)，该混频器把接收的信号与 LO(本地振荡器信号) 146 波形合并。IF 信号在用于发送的上变频之前通过另一个带通滤波器 150 来处理。信道滤波器 150 可以被构造成具有两个或更多通带，用于每个来自基站的校准信号的频率。

第二混频器 149 把来自带通滤波器 150 和第二 LO 147 的信号合并以产生两个新发射信号，这两个新发射信号处于上行链路频带中并在频率上彼此互相隔开。这两个新信号通过带通滤波器 145 并在功率放大器 143 中放大。功率放大器被功率反馈控制环路 141 调整以减少与其它信道的干扰，并在基站中平滑校准信号的接收。另一个带通滤波器 125 消除上混频器产物和来自功率放大器的任何人为因素，只留下下混频器产物，除了频率之外，该产物是原始输入信号在 RF 接收链路上的复制。该信号被连接至双工器 140 以便通过天线元件 122 发射。作为一种选择，转发器示出了分离的发射天线元件 123 和接收天线元件 124。如果采用分离元件，那么不再需要双工器 140，并且天线可以直接耦合至各自的发射和接收带通滤波器。

上面描述的转发器被设计为移位并转发来自基站的在北美蜂窝 CDMA 通信频带中传输窄带信号，其中北美蜂窝 CDMA 通信被通信工业协会 (TIA) 指定为 IS-95。在某些环境下，可能希望在完整的 CDMA 信道上接收宽带校准信号，并将它作为窄带信号返回。由于在 RF 频率上大多数单信道通信带宽对于实际滤波器来说太宽了，所以，这样的单信道转发器可将 RF 频率下混频到一个较低的中频，在这个中频上使用窄带滤波器，然后将滤波信号上混频回到所需的 RF 频率以作为窄带信号反射 (echo) 回去。在所有其它方面，宽带、单信道转发器将表现和被构造成与这里描述的窄带转发器一样。

为了确定群时延，需要至少两个校准信号的频率。为返回该校准信号的两个频率，可以配置转发器返回这两个频移的窄带信号。可替换地，可以采用唯一一个附加的具有唯一或某些共享硬件的转发器。每个转发器被配置成仅在窄带接收和发射，或者接收和发射宽范围的不同频率。多个频率转发器系统的特定设计将取决于通信系统和应用的特定环境。

在操作中，基站 DSP 217 在至少两个频率上产生特定窄带校准发射信号，该频率通过双工器从天线阵列中发射。转发器接收校准发射信号并经过适当变化将它反射回去，以便经过双工器通过接收链路来接收。在传统蜂窝 CDMA 系统中，无线系统采用不同频率来发射和接收。因此，转发器在上行链路频带上将信号反射回去，该上行链路频带是它接收的下行链路信号的频移复制。通过接收链路，

基站 DSP 在两个频率上都获得反射的校准信号，并利用这个接收的校准信号和发射校准信号的知识来计算群时延矢量，随后该群时延矢量存储在群时延校准矢量存储缓冲器中。

对于 CDMA 蜂窝系统，系统可以从例如 824 MHz 到 835 MHz 或者从 835 MHz 到 849 MHz 带宽中分配。在这个范围内的宽带信道可以如 1.25MHz 窄，或者如 5MHz 宽。在这种系统中，上行链路和下行链路频带典型地彼此分开一个有效保护带，以便它们分开 1.25 Hz 到 5 Hz。这是转发器必须将校准信号频率频移以发回给基站的量。在其它系统中，宽带上行链路和下行链路信道可以如 40MHz 宽或者更宽。另一方面，窄带校准信号典型地可以是从 0.01MHz 到 0.1MHz 宽。校准信号的谱宽将这样小，即，只要对于适度成本的可易于获得的设备而言相当方便就行。信号越窄，干扰现有业务的程度将会越小。然而，如上所述，必须能够通过宽带发射和接收链路发射和接收窄带信号。必要的带宽限制也将依赖于特定系统。对于宽带信号是 1.25MHz 宽的系统，窄带信号将可能比宽带信号是 40MHz 宽的系统更窄。采用的特定载波频率也可以适用于满足特定系统的需要。目前，适当的系统具有以从 450MHz 到 2100MHz 频率范围为中心的载波频率。

校准矢量的计算

这里有多种不同的方法利用窄带信号和转发器来计算和校准多个天线阵列的相位和幅度。1996 年 8 月 13 日颁布给 Roy III 等人的美国专利号 5,546,922, 1999 年 7 月 27 日颁布给 Parish 等人的 5,930,243 和颁布给 Parish 等人的 6,037,898 示出了一些适当的校准方法。另一种方法在 Boros 等人在 1999 年 11 月 11 日公布的国际申请号 WO 99157820 中示出。这些公开内容在此引入并作为参考。

对于校准基站的发射和接收链路的群时延，假设上行链路和下行链路的 RF 传播相同，可以将单个转发器或者用户单元与它的基站一起用来执行校准。然而，本发明使得能够为转发器或任何用户单元分开确定上行链路和下行链路特征标记。这些空间特征标记包括基站硬件中的电信号路径效应，和在转发器或用户单元的上行链路和下行链路电信号路径之间的任何差别。这种信息的一种作用是在来自/去往用户单元的 RF 传播不相同的时候，为每个用户单元分开确

定校准。另一种作用与其说是使用基站和单个转发器来获得单个校准矢量，还不如说是使用几个转发器来校准基站从而确定单个校准矢量。

在一个实施例中，单个校准矢量是平均校准矢量。在另一个实施例中，它是加权的平均校准矢量。赋予利用特定用户单元作出的估算的加权将取决于该用户单元接收的信号质量的测量，从而使得来自具有较好质量信号的用户单元的估算在加权平均中加权更大。确定信号质量的方法和设备在 Yun 的 1999 年 8 月 12 日公布的国际申请 WO99/40689 中公开。

在图 1 和 2 的结构中，基站 DSP 产生一组用于校准的信号。在一个实例中，所有天线发射不同的已知校准信号，以便能够计算从每个发射天线到每个接收天线的信道。通常，在减去对转发器位置来说是特定的成分之后，然后接收校准矢量可以从信道频率的相位和幅度的差别中来估算，该信道频率是从一个发射天线到每个接收天线的信道的频率。通过对从所有天线产生的结果取平均，校准矢量可以更进一步得到改善。因此，在减去转发器特定成份之后，发射链路的校准矢量可以通过从不同发射天线至一个接收天线的信道的相对相位和幅度来估计。此外，把从所有不同接收天线产生的结果进行平均可以改善该估计。

利用两个或更多窄带转发器的返回，发射和接收链路的相对相位和幅度可以分别在基站下行链路和上行链路频带内的两个频率上得到校准。测量也可以用于校准群时延以及在接收或发射链路之间的其它任何频率相对的差异。如果两个窄频带在业务带宽内被分开放置有一段距离则可以获得较高精度。较高精度也可以通过使用多于两个不同频率来获得。校准频率和不同频率数目的最佳选择将取决于业务频带的带宽和所需精度。

因为群时延可以被认为等效于具有特定斜度的相位斜坡 (ramp)，所以可以采用相位测量来分别校准在发射和接收链路中的群时延中的相对差异。这可以通过根据对频带内两个频率上的相位的测量来计算相位斜坡的斜度来实现。仅利用两个频率，由于相位环绕 (phase wrapping) 所以在每个相位测量中存在不明确性。在两个测量频率间的相对相位只可以确定在 360 度的相位窗以内。结果，

在两个测量频率间相应于 360 度相移的任何群时延的变化和在时延中的差别可以被测量和补偿。相位窗可以因测量更多频率而扩大。

群时延可以直接从相位校准过程中确定。如果系统正在校准相位和幅度差别的不同的接收和发射链路，从该过程中确定的相位可以用于发现群时延。群时延也可以使用除任何相位校准过程以外所计算的相对相位测量而得到确定。相位校准将为每个天线 i 和频率 j 给出校准系数为 α_{ij} 的校准矢量。天线 i 在频率 j 的实际相位 φ_{ij} 可以表示为 $\varphi_{ij} = \alpha_{ij} + \delta_i$ ，其中 δ_i 是在频率 j 上所有天线都公用的任意未知相位项。并不需要为了相对于其它链路校准发射或者接收链路而知道 δ 的值。只需要通过 α 来表征的相对相位。

对于群时延，在不同发射或接收链路之间的差值被采用。对于单个频率 j ，这个在天线 i 和 i' 之间的差值 $\Delta\varphi_i$ 可以被表示为 $\Delta\varphi_j = \varphi_{ij} - \varphi_{i'j} = \alpha_{ij} + \delta_i - (\alpha_{i'j} + \delta_i) = \alpha_{ij} - \alpha_{i'j}$ 。在天线 i 和 i' 之间的群时延通过比较在不同频率上相位差值 $\Delta\varphi$ 而获得。对于频率 j 和 j' ，群时延因此与 $\Delta\varphi_j - \Delta\varphi_{j'}$ 成比例。通过使用两个不同频率上的相位校准矢量 α' ，可以迅速确定相对群时延。

在上述过程中，在频率 j 对于所有天线都公用的任意未知相位项 δ_i 依然未知。此项也可以随着时间变化。例如，如果频率 f_i 被重复测量，测量出的特征标记可以表示为 $e^{j\varphi} a_i$ ，其中 a 是在频率 f_i 上测量包括元素 a_1, a_2, a_3, \dots 的矢量，而相位 φ 随着每次测量而变化。可替换地，可以规格化测量的相位，以使一些分量是实数，例如第一分量。在两种情况下都不测量绝对相位。

结果，利用相位校准值不能够轻易确定绝对群时延，然而在不同发射和接收链路间校正相对相位延迟就有效地增强了性能。这些相对相位差值组成了在系统的发射和接收链路间的不同相位延迟。目前的数字信号处理技术可以调节 (accommodate) 来自单发射机的频率相关的相位变化。如果来自多个发射机的相位变化能够被对准，那么在多个发射机系统中的变化也可按照与单个发射机相同的方法来由接收机调节。如果在发射机中相位变化不一致，则发射的信号变得非常难于分析 (resolve)。因此，在一些应用可能希望进行纠正群时延的校准的同时，对相对群时延的校准也非常有用。在发射 (或可替换地，接收) 链路之间的差别可以减少越多，系统的性能就越

强。

利用相位和幅度测量，校准矢量可以通过基站形成并用于传输。一种方法利用来自天线系统接收链路的空间特征标记，并且使用两个不同频率上的特征标记强加(impose)了一个线性的相移斜坡。该空间特征标记可以由一个矢量或每个接收或发射链路的一组相位和幅度的测量结果构成。它们可以被表示如 a_i 和 a_j ，其中 a_i 例如代表在频率 j 上 M 个接收或发射链路中的每一个 $i = 1, 2, 3, \dots, M$ ，的一组值 $a_{j1}, a_{j2}, a_{j3}, \dots, a_{jM}$ 。这些两个特征标记组合得到频率相关的校准因数 $c(f)$ 。

虽然仅利用两个测量频率，对 $c(f)$ 的线性配合提供了对校准矢量简单和快速的确定，如下所述，但是更多的频率可以被测量，并且任何其它种类的曲线或形状也能够与测量结果匹配。对插值算法或曲线匹配算法的选择以及对要测量的不同频率数目的选择将取决于在校准复杂性和信号质量之间的平衡。在其它因素中，均衡器和解调器的质量以及系统频带的宽度也将可能被考虑。

为随着频率校准不同幅度变化，每个天线 $i=1\dots M$ 的频率相关幅度校准因数 $|g_i(f)|$ 可以通过线性插值来确定：

$$\text{对于 } f_2 \geq f \geq f_1, |g_i(f)| = [(f - f_1)/(f_2 - f_1)] |a_{1,i}| + [(f_2 - f)/(f_2 - f_1)] |a_{2,i}|$$

其中 f_2 对应于频率 j' ， f_1 对应于频率 j ， $a_{1,i}$ 对应于天线 i 在频率 f_1 的相位和幅度测量结果，以及 $a_{2,i}$ 对应于天线 i 在频率 f_2 的相位和幅度测量结果。线性外推法可以用于扩展在两个测量频率 f_1, f_2 之间间隔外的幅度校准因数。

为了确定校准矢量 $c(f)$ 的相位部分，可以采用对相位环绕进行补偿的修正线性内插法。如上所述，具有 360 度或 2π 的相对相位窗，在 360 度或 2π 点上，相位环绕回至零点。如果角 (a) 是一个角度，该角度可以取从 -180 度到 180 度但不包括 180 的任何值，角 $(a) \in (-180, 180]$ ，并且角 (a) 对应于复数 a ， a^* 是 a 的复数共轭值，那么天线 i 在频率 f 的校准相位 $\varphi_i(f)$ 可以表示如下。

$$\text{对于 } i=1\dots M, \varphi_i(f) = [(f - f_1)/(f_2 - f_1)] \angle (a_{1,i})^* a_{2,i} + \angle (a_{1,i})$$

而且总体校准因数等于幅度和相位校准因数的组合，它可以被表示如下。

$$c_i(f) = |g_i(f)| e^{j(180/\pi)\varphi_i(f)}$$

操作方法

用于校准一组接收链路的群时延的操作过程示例如图 3 所示。其它频率相关的校准矢量可以采用相似过程来确定。校准过程典型地包括校准具有相同组样值的接收链路和发射链路。发射链路的校准如图 4 所示。为了开始接收链路的一个校准循环，基站 (BS) (例如参见图 1) 将产生一个校准信号。如上所述，这典型地是一个在两个或更多频率上的窄带信号。然后，从基站 311 的单个发射链路发射这个窄带发射校准信号。由于窄带信号将少量额外能量添加到现有宽带数据业务，该发射可以在将基站常规地用于正常操作期间的任何时间发生。仅仅当需要一个发射链路时，从所有发射链路的发射立刻提供接收校准算法的更多样值。

发射的窄带校准信号在转发器 313 (例如参见图 2) 上接收。如果该校准信号是一个宽带信号，则利用如上所述的适当的带通滤波器将它变换为一组至少两个窄带波形。如果该信号具有特定扩展序列或利用特定数据或训练序列被调制，则这个信号可以被解调，并且一个新信号可以被调制到该信号上。在一个实施例中，校准信号是一个窄带信号，它仅仅被接收，在 315 被频移，并发射回基站 317。这种方法简化了转发器并消除了许多其它误差的潜在起因。频移的校准信号也可以被移位到两个或更多不同频率并被重发，以便可以通过不同窄频带执行校准。然而，通过从基站发射几个不同的校准信号，可用更简单的转发器获得相同效果，所述校准信号每一个在下行链路的不同频率上。每个信号将被移位到上行链路的不同频率上。

基站在它的每个接收天线链路接收转发器信号 319。为每个接收天线链路抽样这些接收的转发器信号 321 并且该抽样可以用于测量接收信号的任何数量的特性。来自每个接收链路的每组样值代表了相同窄带转发器信号的不同形式。为强化接收，DSP 217 通常采用窄带带通滤波器来消除大多数的数据业务信号能量以及隔离接收的转发器信号。该接收的转发器信号用于计算一组相位，例如上面讨论的 α 和幅度 323。支持群时延的计算典型地将基于如下比较：比较通过每个接收链路接收的接收转发器信号和通过每个其它接收链路接收的每个信号。例如，这一般通过测量相位和幅度以及采用协方差

矩阵来实现。作为一种选择，只可以在两个接收链路上抽样信号。这将允许两个所选择的链路彼此相互校准。通过对于每个可能组合或与被选择为参考的接收链路相对的每个接收链路重复该处理过程，能够获得一组相对相位测量。

接着，上述发射和接收校准信号的处理过程可以被重复，并且结果被取平均或被存储 325。进一步利用额外数据计算相对相位和幅度 327，并且计算群时延 328。如上所述，该群时延典型地以由每个发射和接收链路的一组相位和幅度校正因数组成的校准矢量形式。可替换地，所得到的校准矢量可以被应用，并且该过程一直重复直到发现一个用于调整第一矢量的新矢量。通过在每个循环之后应用该调整的校准矢量，校准应该逐步变得越来越精确，直到它汇集在校准系统的精度限制上。对于接收链路的不同组合以及甚至对于不同的转发器，发射、接收和计算可以重复。随着时间的过去，接收链路的特性可能会改变，所以，为了随着条件的变化而更新校准矢量，可以重复该过程。当校准相对参考链路进行时，使每个接收链路与该参考结对，参考链路的矢量可以被设置在一组或其它几组规格化的值，因此其它接收链路的矢量代表与参考链路的差异。可替换地，矢量可以代表与任何其它值的差异，例如与平均值、中间值或中间响应的差异。

如图 4 所示以相似方式实现了发射链路的校准。与接收链路同样，校准信号被发射至转发器。在这种情况下，从每个基站的发射链路发射校准信号 329。每个接收链路采用不同调制序列，因此在接收时它们可以相互区别开来。与接收校准同样，该信号是一个在至少两个不同频率上的窄带信号。该窄带信号使得转发器具有简单的结构。

校准信号在转发器上被接收 331，然后与接收校准同样，该转发器移频接收到的校准信号 333。此后，该频移的校准信号被发射回基站 335。再次改变调制序列或扩展码是可能的，但是最简单的转发器将采用它在下行链路频带接收的窄带信号并将它作为一个实质相同的窄带信号在上行链路频带中发射回去。

这时，基站仅在一个接收天线链路上接收转发器信号 337。该接收的转发器信号被抽样 339，然后利用唯一调制的序列从抽样了的波

形中抽取每个发射链路的校准信号 341。与接收校准相同，窄带通滤波器典型地用于隔离转发器信号。为了校准的目的，从每个发射链路发射的校准信号相互比较 343。为了能够更容易地区别从不同发射链路同时接收的信号，可以降低同时发射链路的数量。例如，发射链路中的一个可以被指定作为参考链路，然后，其它的每个发射链路可以与参考链路一起发射，一次一对，直到所有发射链路已经相对于参考链路被校准。这与上述按对 (pair-wise) 接收链路校准相似。

这些比较成为产生一组相对相位和幅度的基础 345。然后，发送和接收校准信号的过程可以被重复 347，并进一步计算相对相位和幅度 349 以便对结果进行精调。接着，可以为每个发射链路计算发射群时延校准矢量 351。在一个实施例中，在第一轮确定的校准矢量被应用到每个发射链路，然后重复这个过程。由于总误差已经被补偿，下一个校准周期将导致更高的精度。这与先执行粗调过程然后执行精调过程相似。

相对现有技术，本发明提供了许多优点。校准可以仅利用一个简单、廉价的转发器来执行。发射和接收校准都可以在单个事务处理 (transaction) 中得到确定，并且该方法在天线阵列系统中自动校正参考频率的偏差。因此，根据本发明的校准固有地是精确的。虽然本发明已经被主要描述为利用远程转发器来校准基站，但是它可以被应用于具有多个天线的远程用户终端。它也可以被应用于具有多个天线系统的其它任何类型的无线网络中，无论该系统是否一个具有基站和远端、对等体或主站和从站。

为提高校准期间正常业务的接收，可能希望在基站应用陷波滤波器以滤除转发器信号频带。这将典型地是一个数字滤波器并且可以在没有校准信号被激活的情况下关闭。用户单元可以同样地具有用于来自基站的校准信号的陷波滤波器。

上面描述中，为解释目的，许多具体细节被阐述以便提供对本发明透彻的理解。但是，对于本领域技术人员来说显而易见的是，不需要这些具体细节就可以实施本发明。在其它实例中，以方框图形式示出了公知的结构和设备。

本发明包括多个步骤。本发明的步骤可由硬件组件来执行，例如

图 1 和 2 中所示的硬件，或可以在机器可执行的指令中体现，该机器可执行指令是可用于导致通用或专用处理器或逻辑电路（例如，DSP）被该指令编程从而执行这些步骤。可替换地，该步骤可以由硬件和软件的组合来执行。

本发明可以被提供为计算机程序产品，该计算机程序产品可以包括其上存储有指令的机器可读介质，该指令可用于编程计算机（或其它电子设备）以便执行根据本发明的过程。机器可读介质可以包括，但不局限于软盘、光盘、CD-ROM 和磁光盘、ROM、RAM、EPROM、EEPROM、磁或光卡、闪存存储器、或其它类型的适合存储电子指令的媒体或机器可读介质。而且，本发明也可以作为计算机程序产品下载，其中该程序产品可以通过包含在载波或其它传播介质中的数据信号经由通信链路（例如，调制解调器或网络连接）从远程计算机发送至请求的计算机。

重要的是，虽然本发明已经在移动远程终端的无线扩频数据系统的环境下描述，但是它还可以应用到广泛范围的其中进行数据交换的不同无线系统中。这样的系统包括话音、视频、音乐、广播和其它类型的无外部连接的数据系统中。本发明可以被应用于固定用户终端以及低和高移动性终端。在此以基本形式描述了许多方法，但是可以在任何方法中增加或删除步骤，并且可以在任何已描述的消息中加入或减去信息而不脱离本发明的基本范围。对于本领域技术人员显而易见的是，可以做出许多进一步修改和适应。特定实施例不是提供用来限制本发明，仅仅是为了说明它。本发明的范围不由上面提供的特定实例来确定，它仅由下面的权利要求来确定。

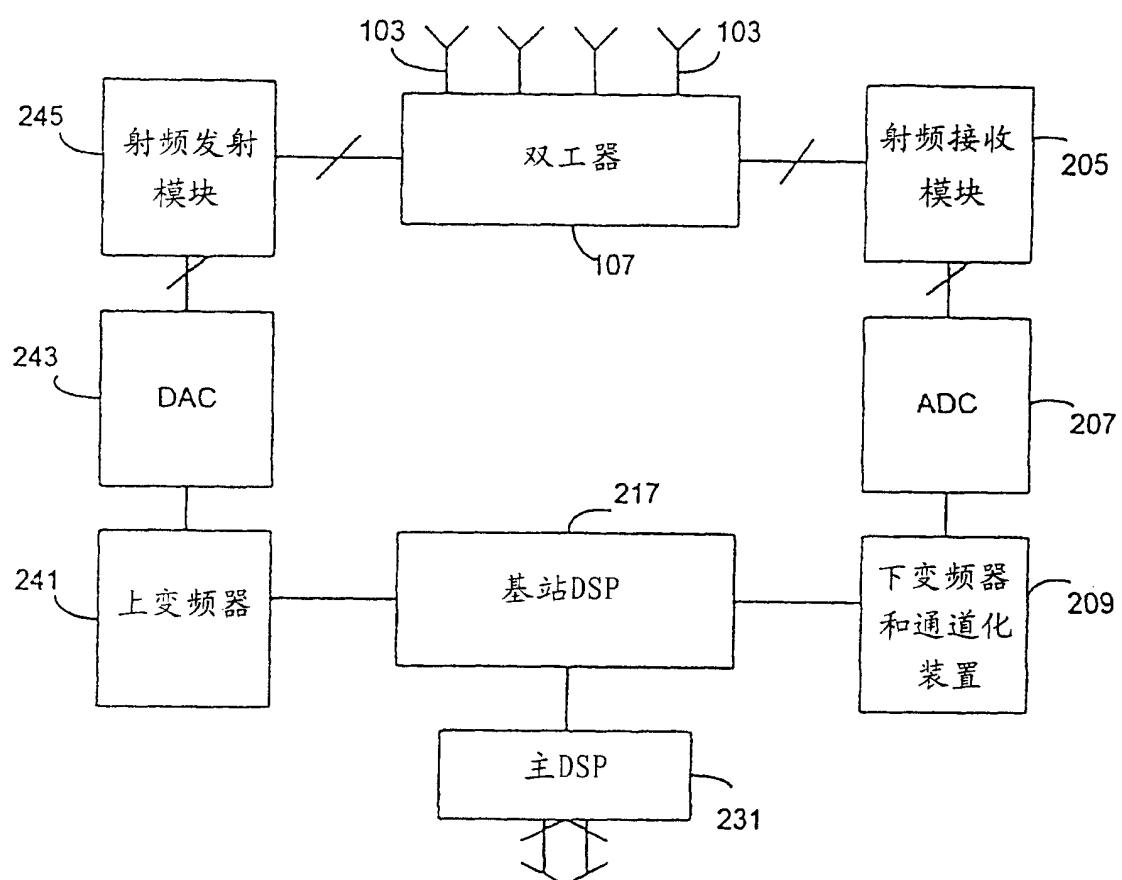


图 1

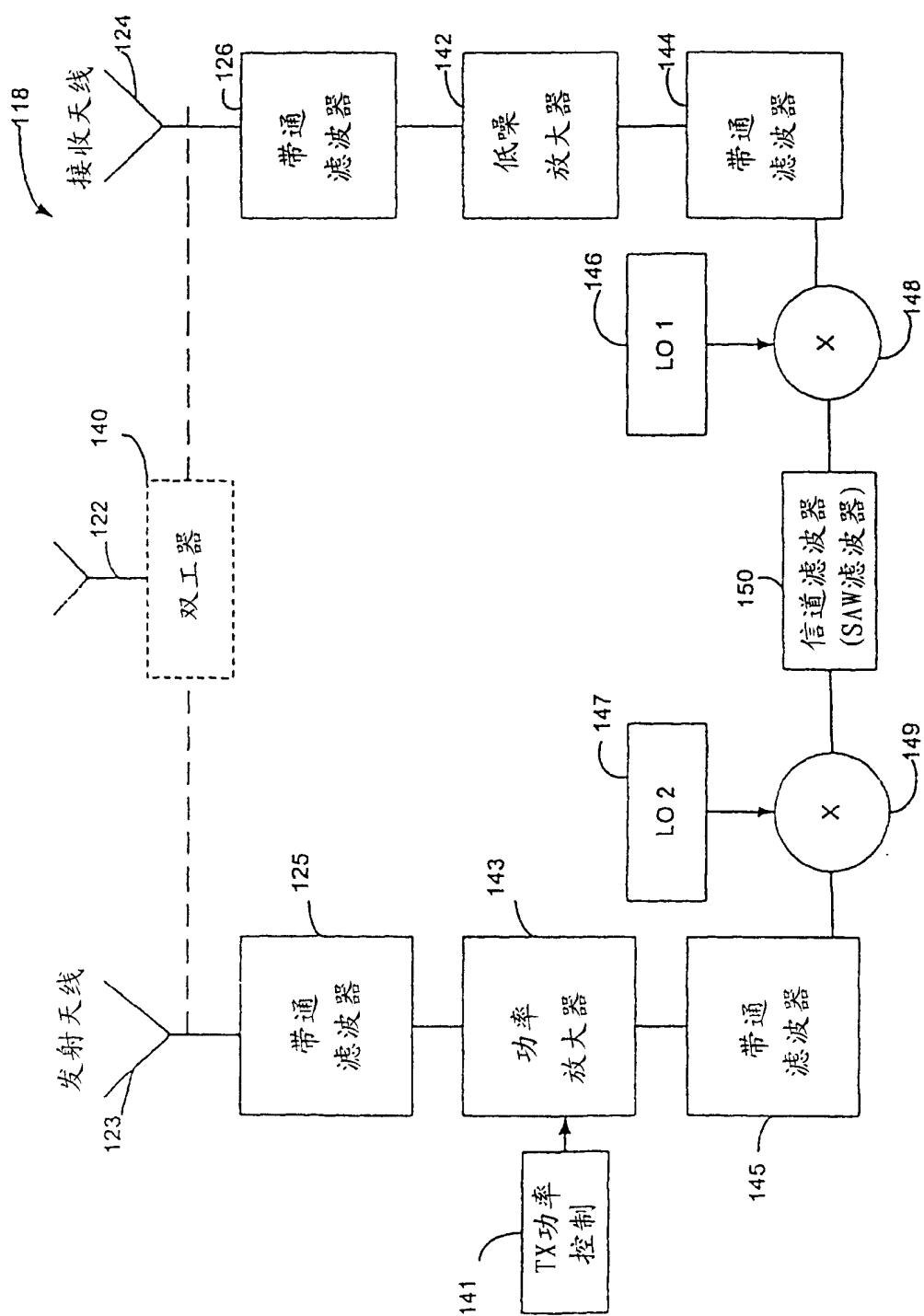


图 2

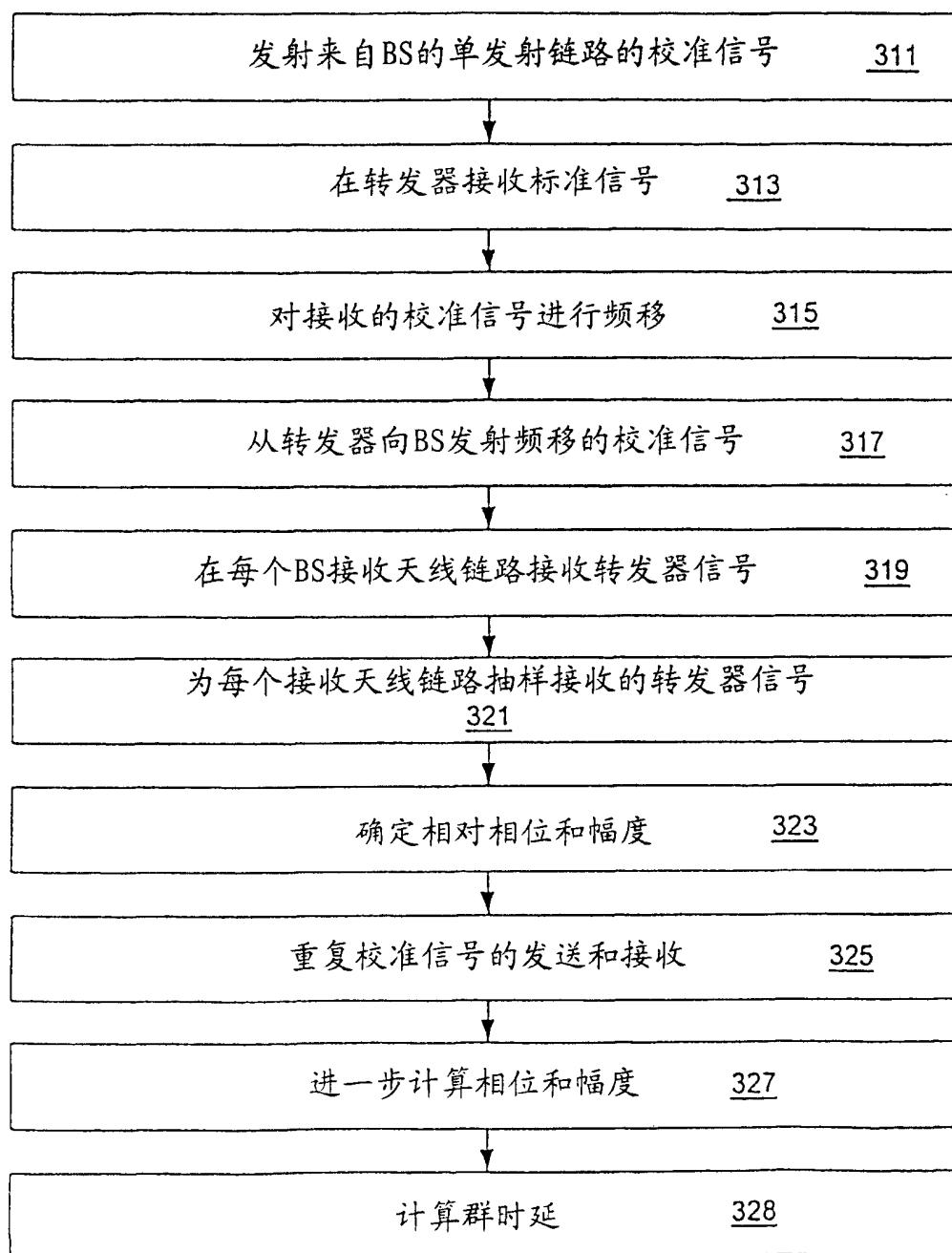


图 3

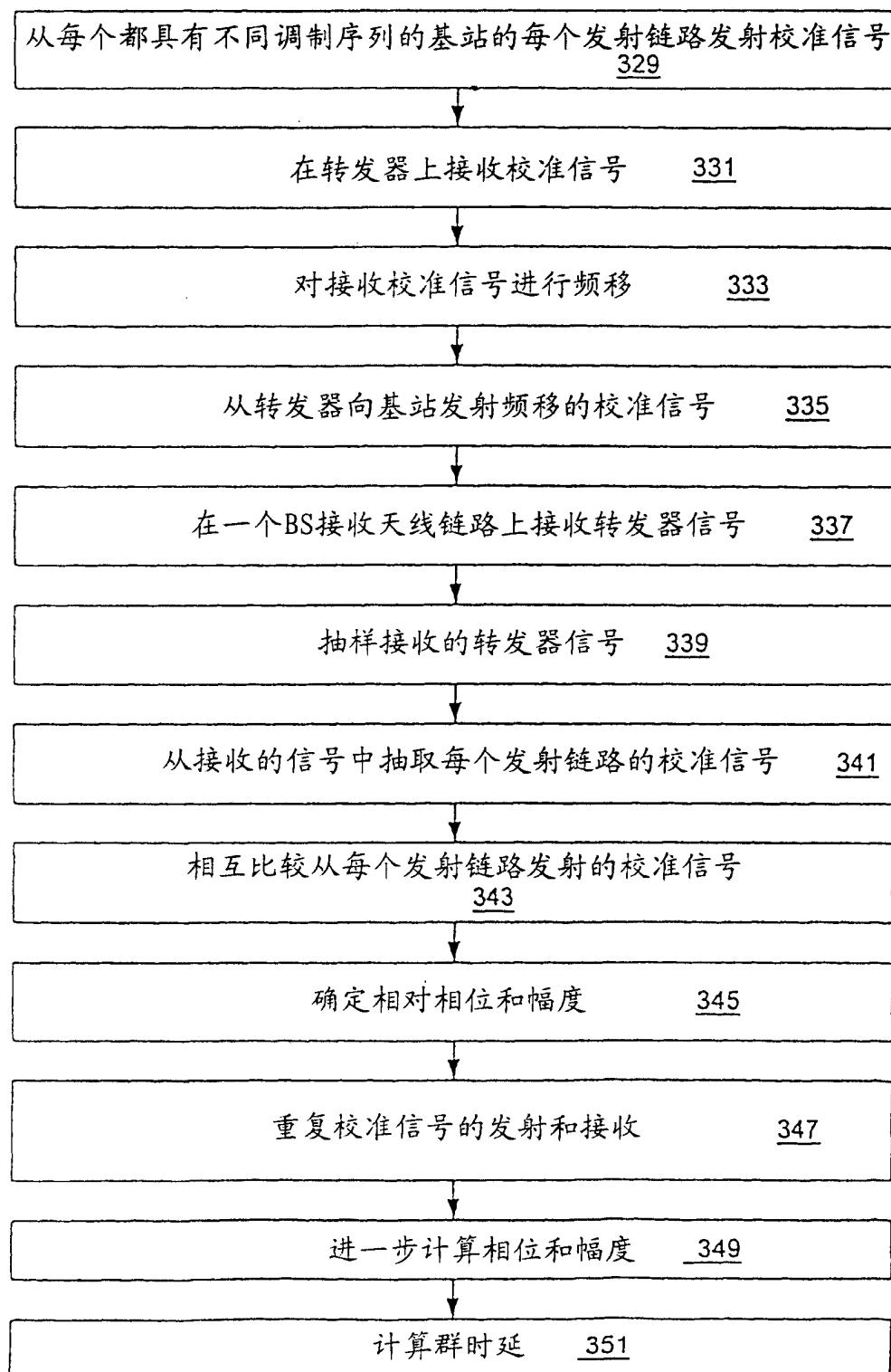


图 4