

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01Q 21/24 (2006.01)

H01Q 9/06 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580039643.6

[43] 公开日 2007年10月24日

[11] 公开号 CN 101061606A

[22] 申请日 2005.11.1

[21] 申请号 200580039643.6

[30] 优先权

[32] 2004.11.18 [33] US [31] 10/991,935

[86] 国际申请 PCT/US2005/039889 2005.11.1

[87] 国际公布 WO2006/055267 英 2006.5.26

[85] 进入国家阶段日期 2007.5.18

[71] 申请人 艾格瑞系统有限公司

地址 美国宾夕法尼亚

[72] 发明人 伊莎贝拉·莫多尼斯 蒂姆·申克  
陶晓角

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事务所  
代理人 党建华

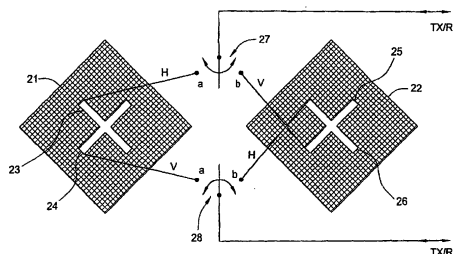
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

## [54] 发明名称

用于多输入多输出无线局域网的天线布置

## [57] 摘要

通过经由控制器将两个或更多双极化天线耦合在一起而在 MIMO 无线网络中高效地且最优地处理视距和非视距信道条件，其中该控制器响应于特定信道条件是否存在的判断而选择一种规定的天线输出组合。以这种方式，受控天线阵列建立一种适当级别的信号区别(解相关)，不论信道条件是否提供这种信号区别。在一个实施例中，两个双极化天线彼此分离，并且使它们的双极化输出信号耦合到同一个切换元件，使得在同一个切换元件处可提供来自一个天线的正交输出。控制器基于预定的准则从每个天线选择以特定方式极化的输出信号。



1. 一种无线天线布置，该无线天线布置包括：

按照预定距离彼此分离的至少第一和第二天线，每个天线具有第一和第二正交元件，其分别用于接收信号的第一和第二极化；

可控选择元件，其耦合到该至少第一和第二天线的每一个正交元件，该可控选择元件还包括至少第一和第二输出端口，并且响应于控制信号，用于将第一天线接收的信号的所需极化连接到第一输出端口，并且用于将第二天线接收的信号的所需极化连接到第二输出端口。

2. 如权利要求 1 所述的无线天线布置，还包括控制器，该控制器响应于由天线接收的信号的信号的特性，用于生成控制信号，以使所选择的接收信号组合由该可控选择元件输出。

3. 如权利要求 2 所述的无线天线布置，其中该至少第一和第二天线中的每一个天线都是双极化孔径耦合贴片天线。

4. 如权利要求 2 所述的无线天线布置，其中该至少第一和第二天线中的每一个天线都是一组正交偶极天线。

5. 如权利要求 1 所述的无线天线布置，还包括控制器，该控制器用于监视天线接收的信号的信号的特性，并且用于生成控制信号，以便使所选择的接收信号组合由该可控选择元件输出。

6. 如权利要求 5 所述的无线天线布置，其中该控制器还比较天线在一个预定的监视时段中接收的信号的信号的特性，以便确定天线接收的最佳特性，从而生成控制信号，该控制信号选择要由可控选择元件输出的接收信号组合。

7. 如权利要求 5 所述的无线天线布置，其中该至少第一和第二天线中的每一个天线都是双极化孔径耦合贴片天线。

8. 如权利要求 5 所述的无线天线布置，其中该至少第一和第二天线中的每一个天线都是一组正交偶极天线。

9. 一种无线天线布置，该无线天线布置包括：

按照预定距离彼此分离的至少第一和第二天线，每个天线具有用

于接收信号的第一和第二极化的正交元件；

可控选择元件，其耦合到该至少第一和第二天线的每一个正交元件，该可控选择元件还包括至少第一和第二输入端口，并且响应于控制信号，用于将第一输入端口处的信号连接到第一天线的所需正交元件，并且用于将第二输入端口处的信号连接到第二天线的所需正交元件。

10. 如权利要求 9 所述的无线天线布置，还包括控制器，该控制器用于生成控制信号，以使所选择的接收信号组合由该可控选择元件输出。

11. 如权利要求 10 所述的无线天线布置，其中该至少第一和第二天线中的每一个天线都是双极化孔径耦合贴片天线。

12. 如权利要求 10 所述的无线天线布置，其中该至少第一和第二天线中的每一个天线都是一组正交偶极天线。

13. 一种用于改善无线网络中的通信的方法，该方法包括如下步骤：

在第一和第二双极化天线处接收信号，以生成来自每个双极化天线的第一和第二输出信号；

响应于控制信号选择第一信号组合作为向多输入多输出（MIMO）接收机的输入信号，该信号组合包括来自第一双极化天线的第一和第二输出信号的一个信号、和来自第二双极化天线的第一和第二输出信号的另一个信号。

14. 如权利要求 13 所述的方法，还包括如下步骤：

响应于控制信号从第一信号组合切换到第二信号组合，该第二信号组合包括与该一个信号和该另一个信号中的每一个信号正交的信号。

15. 如权利要求 14 所述的方法，还包括如下步骤：

监视天线接收的信号的特性；以及  
响应于被监视的特性生成控制信号。

## 用于多输入多输出无线局域网的天线布置

### 技术领域

本发明涉及一种用于在无线网络中使用的天线布置，尤其涉及双极化天线阵列的受控使用，以改善诸如局域网的无线网络中的视距信号的接收。

### 背景技术

多输入多输出 (MIMO) 系统被适宜地设计成利用无线网络中的发射机和接收机之间的多信道提供的空间分集。独立的多径传播确保了空间分集的存在、以及预期的 MIMO 系统性能。多径信号分量虚拟地增大了天线阵列孔径，并且确保信道矩阵是可逆的。当发射机和接收机工作在非视距信道中时，存在 MIMO 所需的多径条件。当发射机和接收机在其中通常只存在一个主导路径的视距信道上工作时，MIMO 对于性能显著降低的免疫力很差。

在如无线局域网(WLAN)等的网络中，预期经常有发射机和接收机在视距信道上工作的场合。当这种条件成立时，接收到的信号是空间高度相关的，并且如果并非不可能，也是极度难以分离的。从数学上，视距条件使得 MIMO 系统工作很差，这是因为信道矩阵是病态且秩亏的，也就是不可逆的。

对于这种在视距环境中的 MIMO 系统，已经建议通过用若干倍的工作波长把多个接收天线彼此分隔开，以便增加天线阵列的孔径。例如参见 G. D. Durgin 等人的“Effects of multipath angular spread on the spatial cross-correlation of received voltage envelopes”，Proc. of the 49th IEEE Vehicular Technology Conf. 1999, vol. 2, pp. 996-1000。与其中天线阵列孔径被虚拟增加的非视距条件相反，所建议的分隔开阵列中的单个天线以处理视距条件的解决方案实际上增加了该阵列的

整个尺寸。

其它解决方案已经应用了极化分集以便在视距环境中解决这个问题。例如参见 C. B. Dietrich, Jr.等人的“Spatial, Polarization, and Pattern Diversity for Wireless Handheld Terminals”, IEEE Transactions On Antennas And Propagation, Vol. 49, No. 9, pp. 1271-1281, 2001年9月。但是,在现有技术中从未有过允许 MIMO 无线网络同时高效并最优地工作于视距和非视距信道条件中的建议。事实上,从未有过这样的建议,其在视距信道环境或在非视距信道环境中工作时都提供充足的空间分辨率。

### 发明内容

通过经由控制器将两个或更多双极化天线耦合在一起而在 MIMO 无线网络中高效地且最优地处理视距和非视距信道条件,其中该控制器响应于特定信道条件是否存在的判断而选择一种规定的天线输出(接收信号极化)组合。以这种方式,受控天线阵列建立一种适当级别的信号区别(signal discrimination)(解相关),不论信道条件是否提供这种信号区别。

在一个实施例中,两个双极化天线被彼此分离,并且使它们的双极化输出信号耦合于同一个可控选择元件,使得在同一个切换元件处可供选择来自一个天线的正交的输出。控制器基于预定准则选择来自天线的极化输出信号的一个特定的组合。在一种示例性准则中,控制器可以接收来自发射机的一种信号,该信号指示接收机选择某一个极化(例如 H-pol)或者另一个极化(例如 V-pol)的天线输出。在另一种示例性准则中,控制器测量所接收信号的特性,诸如当选择来自第一正交极化的天线输出时的接收功率;然后该控制器选择用于天线输出的第二正交极化状态,并且测量所接收信号的特性,诸如当选择来自第二正交极化的天线输出时的接收功率;然后该个控制器比较这两组特性来确定哪个天线输出设置提供了最佳的响应。在又一种示例性准则中,发射机和接收机控制器经过协同的一系列选择,以便确定哪

个天线输出设置提供了最佳的响应。

### 附图说明

可以通过结合附图阅读以下的本发明的特定图示实施例的描述，从而获得对本发明的更完整的理解。在附图中：

图 1 示出了用于示例性无线系统的简化系统图；以及

图 2 到图 4 示出了根据本发明的原理实现的孔径耦合贴片天线布置。

然而应该注意，附图仅示出了本发明的典型实施例，因此并不意图限制其范围，因为本发明也允许其他同等有效的实施方式。在可能的情况下，在图中插入了相同的附图标记以表示相同的元素。

### 具体实施方式

本发明应用于基于无线局域网（WLAN）标准 IEEE 802.11a/g 和未来 WLAN 标准 IEEE 802.11n 的产品。根据本发明的原理，可以克服基于 WLAN 网络的 MIMO 中的直线对传（Line-of-Site, LOS）通信所引起的问题。当经历 LOS 状态下的通信时，则这种低成本方案提供显著的性能提高。此外，当通信处于非 LOS 状态下时，本发明并不降低性能。本发明可以用于补充符合标准的产品的不足，而不削弱该产品对标准的兼容性。

图 1 示出了用于例如包括无线局域网（WLAN）的无线系统的简化框图。该图示出了与接收机站点通信的发射机站点。在实践中，发射机和接收机站点通常是收发机站点，其中每个站点都担当发射和接收的双重角色。为了说明的简单起见，在图 1 中把该系统示出为单向系统，而不是所预期的双向系统。发射机站点包括发射机 11、天线阵列 12、和控制器 13；接收机站点包括接收机 15、天线阵列 14、和控制器 16。发射机和接收机在技术领域都是公知的，并且在此不详细讨论。在此，考虑使用用于 WLAN 应用的符合标准的装置和其他 MIMO 装置。

优选地，天线阵列 12 和 14 是相同的，或者是基本上相似的。在一个示例性实施例中，如图 2-4 所示，每一个阵列中使用两个双极化天线。图中描绘的天线是孔径耦合贴片天线。也考虑在此使用偶极天线。

控制器 13 耦合在发射机和天线阵列之间，以控制天线阵列 12。相似地，控制器 16 耦合在发射机和天线阵列之间，以控制天线阵列 14。将在下文中详细讨论控制器操作的各方面。此时理解该控制器用于确定最大化系统性能的发射或者接收的极化的组合是很重要的，尤其是在 LOS 通信环境中。

在介绍关于本发明的各方面的其它细节之前，理解系统中视距条件导致出现的问题和困难是很重要的。

多径长期被认为是通信系统的主要问题。但是容易出现这个问题是因为系统设计和操作特性，也就是说，窄带系统和内在的衰落效应。但是在某些环境中，多径可能是有利的性质。在宽带系统中，信号在时域中具有高分辨率，从而允许大量的子路径被分解 (resolved) 并有利地相加，同时只有时间延迟差小于传输带宽的倒数的少量子路径影响通信。对于 MIMO 系统，多径虚拟地增加了阵列孔径 (大小)。每个镜面反射实际上生成了一个虚拟接收机。在室内环境中，空间上的“零点 (null)”图案可能会由于多径而变为一个斑点形状，而不是在自由空间传播情况下所预期的锐利形状 (pencil shape)。

尽管如此，会遇到多径分量不太强或者甚至没有多径分量的现实生活中的环境。这常常被建模为 Ricean 衰落，或者称作视距 (LOS) 情形。不幸的是，LOS 条件降低 MIMO 系统的性能。这可以从下面的例子中理解。考虑一种自由空间传播环境 (Ricean 衰落中  $k \rightarrow \infty$  的极端情形)，在这种环境中两个发射机位于接收机阵列的视轴 (boresight) 上。为了在接收机抑制来自第二发射机的信号，MIMO 的解复用功能将把它的权重调节为，在这种情况下例如 [0.5, -0.5]，在第二发射机的方向上放置一个“零点”。由于第一发射机和第二发射机来自同一个方向，来自第一发射机的信号也将被置于零点。信道矩阵

$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$  是奇异的。对于所谓的钥匙孔效应 (key-hole effect)，上述事实也成立，在该钥匙孔效应中，来自发射机的波通过一个非常小的孔传播到达接收机。MIMO 操作会在这点放置一个空间上的“零点”。同样，由于多对一和一对多映射，

$$H = \begin{bmatrix} h_1 \\ \vdots \\ h_{R_x} \end{bmatrix} [g_1 \cdots g_{T_x}]$$

因此信道矩阵是秩亏（退化）的。

上述的例子指出 LOS 条件中缺少空间分集。然而，如果两个发射机都处于和接收机阵列平行通信，则实现空间分集。空间分辨率，也就是到达方向的差(DOA)，几乎达到它的最大值。在第二发射机的方向上放置一个“零点”后，阵列幅度响应是

$$P(\theta) = \left| \sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin\theta\right) \right|$$

其中，

$$d = d_{R_x}$$

$$\theta = \arctan \frac{d_{T_x}}{r}$$

其中  $d_{R_x}$ ， $d_{T_x}$  和  $r$  分别表示接收机孔距、发射机间隔、以及第一发射机和接收机阵列中心之间的距离。任何接近空间零位面 (spatial null plane) 的源都将被衰减。对于在发射机和接收机处的不同孔径设置，下面表 1 中列出了第一发射机的信噪比 (SNR) 恶化，定义为  $20 \log_{10} P(\theta)$ 。要注意，第二发射机和接收机阵列中心之间的距离是 100 倍波长（在 2.4GHz 大约 12.5 米）。4 倍波长的间隔，大约 50 厘米，可能是阵列的最大可用尺寸，因为这个距离是笔记本电脑盖的最大对角线尺寸。忽略传播损失的效果，可以看出对于接收机孔径或者发射机间隔的每次加倍，都有 6dB 的 SNR 增加。结果，技术人员可以得出结论，即 MIMO 在 LOS 环境中不能工作。



范围=100 倍波长 解复用之后的 SNR 损失 (dB)		发射机间隔 (以波长计算的 $d_{Tx}$ )			
		0.5	1	2	4
接收机孔径 (以波 长计算的 $d_{Rx}$ )	0.5	-42.1	-36.1	-30.1	-24.1
	1	-36.1	-30.1	-24.1	-18.1
	2	-30.1	-24.1	-18.1	-12.1
	4	-24.1	-18.1	-12.1	-6.3

表 1. 由于  $2 \times 2$  MIMO 解复用引起的所需信号的 SNR 恶化

给定 WLAN 系统的空间限制, 可以通过使用每个天线元件的各向异性特性来应对 LOS 环境, 包括极化分集和图案分集。使用简单的极化和辐射图案可以实现必要的性能。为了理解这点, 考虑上述的同一个  $2 \times 2$  MIMO 系统, 其中附加的正交极化被使用在发射机和接收机。也就是说, 在每一个发射机和在每一个接收机, 两个天线元件之间, 在极化中有  $90$  度差。图 2 描绘一种具有正交元件的贴片天线的示例性实施例。为了把第二发射机置零, 通过解复用功能调节的权重将是,

$$\left[ \frac{\sin \beta}{\sin \beta + \cos \beta}, \frac{\cos \beta}{\sin \beta + \cos \beta} \right]$$

其中  $\beta$  是由第一发射机发射的信号和由第一接收机接收的信号之间的角度偏移。那么阵列幅度响应能够被写成

$$P(\theta) = \left| \frac{\sin^2 \beta}{\sin \beta + \cos \beta} + \frac{\cos^2 \beta}{\sin \beta + \cos \beta} \exp\left(i \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta\right) \right|$$

即使第一发射机和第二发射机来自同样的方向 (即  $\theta=0$ ) 并且

$$P(\theta) = \frac{1}{|\sin \beta + \cos \beta|}, \text{ 其中 } \frac{1}{\sqrt{2}} \leq P(\theta) \leq 1$$

因而, 在最差情况下, 使用极化分集时的 SNR 的恶化为  $-3\text{dB}$ 。

当考虑空间分集损失之后, 我们发现, 保证在 LOS 和 NLOS 环境中的 MIMO 系统有好的性能的最佳可能方法是构建一个天线阵列,

其中有至少两个双极化天线元件和至少两个耦合到每个极化对的天线元件的开关。这些开关允许接收机（或者发射机）处的控制器选择接收信号极化的所有可能的组合，其中该控制器适当地使天线馈电适合于如 LOS 和 NLOS 的不同信道条件。图 2 示出了孔径耦合贴片天线的示例性配置。可以考虑在发射机中使用相似的天线布置。考虑诸如斜置偶极元件的其它天线设计也可以被应用于本发明。

根据本发明的原理，天线阵列耦合于一个或者更多可控切换元件，用来选择接收和发送的信号极化的组合。为了简化本文表述，描述将会集中于接收机处的天线阵列 14。本领域技术人员将会认可，两个天线阵列的操作是基本上相同的。在图 2-4 中的每一幅图中，在附着到每个开关的引线的一端上示出了伴随有双箭头的标记“Tx/Rx”。这个标记表示当该阵列被用于发射机（Tx）站点时的朝向开关的信号内流（inward flow of signals）。类似地，该标记表示当该阵列被用于接收机（Rx）站点时的从开关离开的信号外流（outward flow of signals）。也应该理解

图 2 中示出根据本发明的原理的可控天线阵列的示例性实施例。该阵列包括两个双极化孔径耦合贴片天线和两个可控开关元件。虽然图中没有示出，控制器 16 控制开关 27 和 28 的操作。开关 27 和开关 28 可以通过图 1 中示出的标准开关元件、多路复用器元件、选择器元件等实现，条件是这些元件是可控制的并且响应于施加的控制信号。

贴片天线 21 包括正交极化的元件 23 和 24。元件 23 被指定为水平极化的元件（H-pol），而元件 24 被指定为垂直极化的元件（V-pol）。贴片天线 22 包括正交极化的元件 25 和 26。元件 26 被指定为水平极化的元件（H-pol），而元件 25 被指定为垂直极化的元件（V-pol）。在本技术领域，孔径耦合贴片天线被熟知，并且不在这里讨论其构成和制造方法。

开关 27 和 28 选择性地耦合到可从两个天线之一得到的特定极化。开关 27 可以在开关的“a”位置处耦合到来自天线 21 的 H-pol 天线元件，或者在开关的“b”位置处耦合到来自天线 22 的 V-pol 天线元

件。相似地，开关 28 可以在开关的“a”位置处耦合到来自天线 21 的 V-pol 天线元件，或者在开关的“b”位置处耦合到来自天线 22 的 H-pol 天线元件。典型地，控制器从每个天线选择一个极化，并且通常该极化将是相同的。例如，该控制器将通过将开关 27 连接到“b”位置并且通过将开关 28 连接到“a”位置，选择垂直极化的天线元件。结果，在垂直极化中每个天线接收到的信号将通过天线阵列输出到接收机 15 用于 MIMO 处理。

虽然，阵列输出信号来自同一极化是优选的，但也考虑控制器将会选择使天线阵列输出正交极化开关位置。需要理解，这在 LOS 环境中甚至是更加优选的。

图 2-4 中的每幅图中示出了两个天线。但也考虑将更多天线应用到该天线阵列中。由于更多天线被加入该阵列，要考虑天线的空间分布。如图中所示考虑线性阵列图案，但如圆形的其它阵列朝向也是可以的。总体上，选择分布图案使得最小化天线阵列的整个覆盖区（区域），并且维持工业中常用的期望尺寸。对于所有发射机和接收机，预期在整个系统中图案分布和天线类型基本上相同。

对阵列尺寸会有所贡献的另外一个因素是天线间隔。总体上，天线间隔应该被最大化。但是技术领域显示，可接受甚至期望的间隔至少是  $\lambda/2$ ，其中  $\lambda$  表示波长。对于 5GHz 带宽的操作， $\lambda$  是 5cm。在 2GHz 带宽， $\lambda$  是大约 15cm。从一个实际的观点来看，对于在 NLOS MIMO 模式中减小所发射和接收信号的相关性，天线间隔是必要的。

如上文所述的，阵列中的天线可以是正交偶极或者双极化孔径耦合贴片元件。对于这里叙述的无线应用，每一个单独贴片天线的尺寸最好是  $0.37\lambda \times 0.37\lambda$  并且每个正交偶极的尺寸最好是  $0.5\lambda$ 。由于基于 WLAN 系统的 IEEE 802.11a 工作于 5GHz 带宽，因此  $\lambda$  大约 6cm。由于基于 UMTS/IMT200 和 IEEE802.11G 的系统工作于 2GHz 带宽， $\lambda$  大约为 15cm。虽然预期结果是略小于最优的，也可以考虑在此使用用于偶极天线的诸如波长的四分之一的其它尺寸。

天线对齐是另外一个考虑。虽然使每一组相同正交极化的天线元

件在同一平面上是理想的，但是还是要考虑偏离。事实上，如果相同极化元件的对齐偏离 90 度之多，那么通过对偏离的元件切换极性指定能够简单地克服偏离。

图 3 和 4 中示出了用于从相同天线发送（和接收）正交的极化的布置。在那些说明性的实施例中，每个开关（图 3 中的元件 31-34 和元件 35-38）使它的各极是可控地可切换的。例如当开关 31 在位置 a 时，开关 32 可以在位置 b，或者在也被标为 a 的远处的位置。当期望在同一天线以两个极化发射或接收信号时，控制器将一个信号发送给耦合于天线的开关，使两个开关都处于位置 b。显然，当只期望一个极化来自或者去往天线时，那么控制器发送一个信号，它使一个开关处于位置 a 同时另一开关处于位置 b。当在各种接收机处的天线配置都是未知的并且可能与发射机天线配置不同时，发射机可以使用图 3 和 4 所示的布置。

控制器 16 监视接收机 15 接收到的信号并且作为响应选择天线输出（极化）的特定组合，这为 MIMO WLAN 建立了足够用来工作的信号区别，无论该传输信道是否提供该区别。在 NLOS 环境中，足够的区别作为信号多径的结果而发生。在 LOS 环境中，如前所讨论，没有足够的多径以便在两个接收天线区别来自于对方的一个接收信号。通过使用图中所示的可控地可切换的天线阵列 14。通过该控制器，可以选择一组提供足够信号区别或解相关的天线输出（极化）从而在遇到 LOS 环境时改进 MIMO 系统的性能。

在一个示例性实施例中，控制器 16 接收一个来自发射机的信号，该信号指示控制器 16 选择一个特定的天线输出的组合。这可以是初始化程序或者可以基于此时正被使用的发射机天线图案。例如，可以指示控制器 16 从同一天线或从分立天线选择两个 H-pol 天线输出、或者两个 V-pol 天线输出、或者这二者的组合。在控制器 16 将控制信号发送到开关以使在接收机出现适合的天线输出之后，控制器 16 监视接收信号的特性，来测量系统的性能。如果控制器观察并测量出，通过把天线输出的组合切换到请求的状态导致了性能下降，那么控制器 16

可以开始向新的天线输出组合改变，预期该新的天线输出组合提供改善的性能。尽管也可以观察其它性能度量，控制器观察的优选度量是接收信号输出功率。

在很多 MIMO 系统中，对应于信号同步码 (preamble) 接收的时间段可以用来在信道条件上进行训练。也可以考虑控制器 16 在该时间段中执行其监视和控制切换功能，以避免与有效载荷或者接收信号的其他部分干扰。

如上所述，控制器 16 监视接收信号的一个或者更多特性。即使没有来自发射机的初步指令，控制器 16 基于从监视信号性能得到的观察结果生成控制信号，以便将天线输出组合切换到一个期望的状态。通过开始从一个天线输出组合切换到另一个天线输出组合，控制器能够潜在地观察不同性能水平，并且通过可控地将天线输出切换到一个提供最好性能水平的组合来采取校正动作。

虽然前文所述针对本发明的实施例，但是可以设计本发明的其它和进一步的实施例，而不偏离其基本范围，其中的基本范围由后附的权利要求书确定。

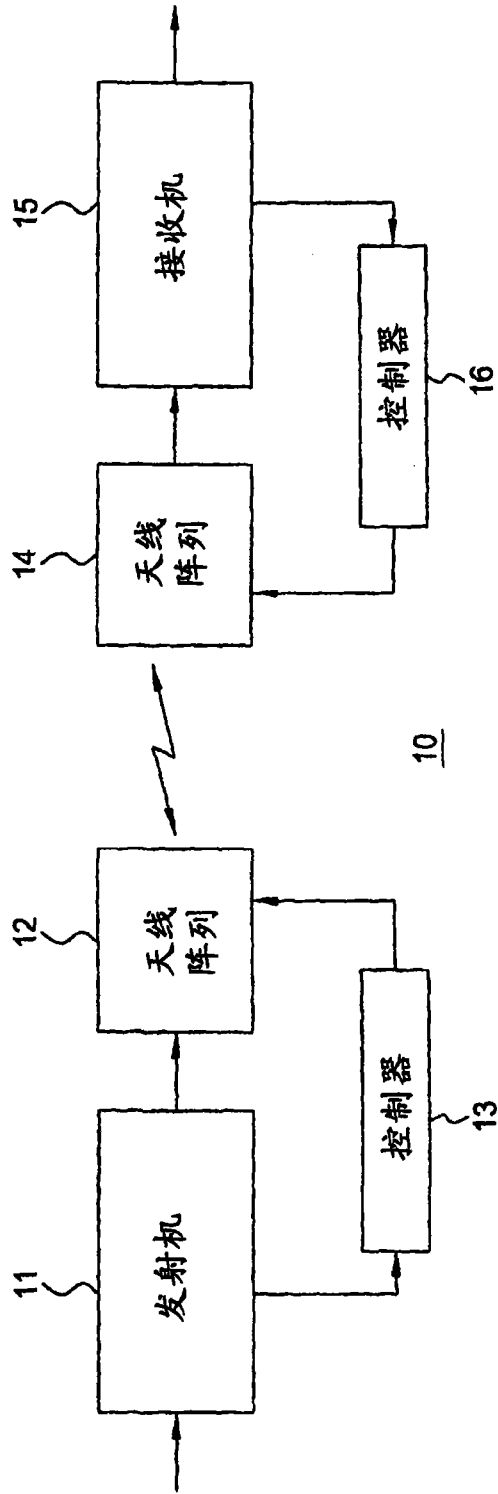


图1

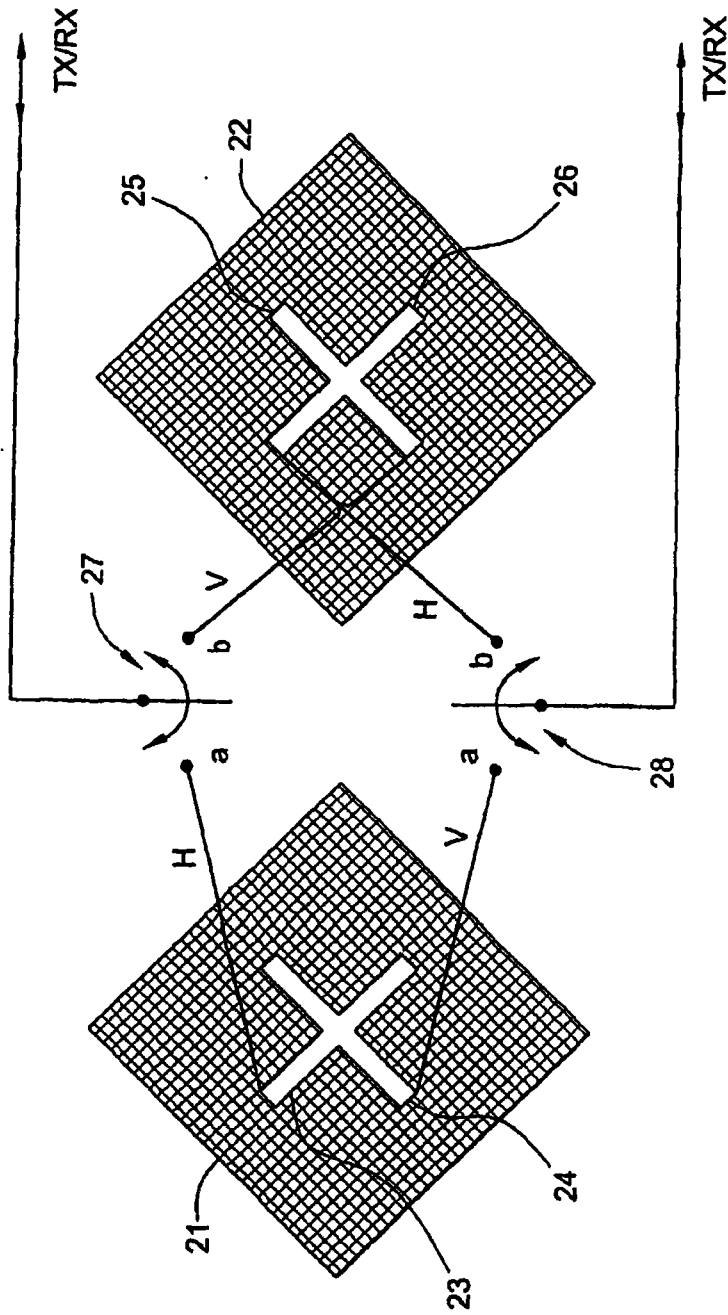


图2

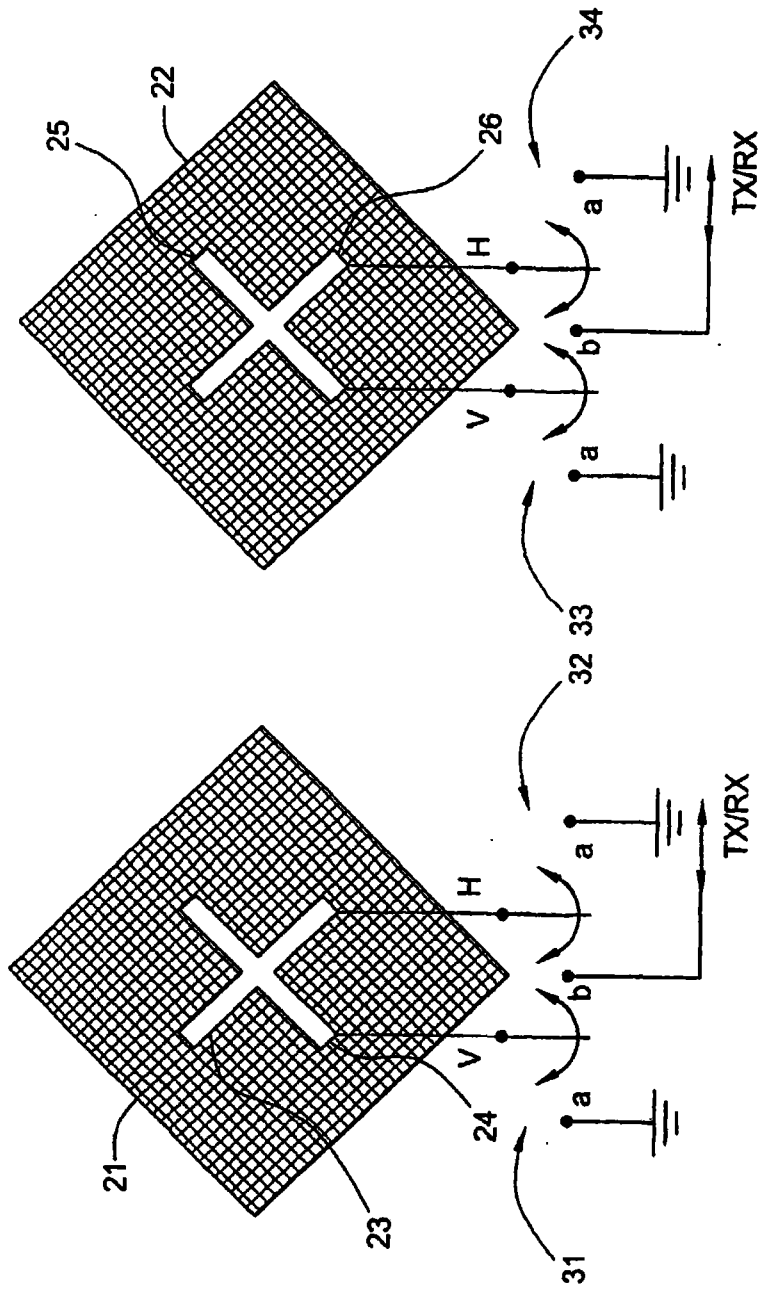


图 3



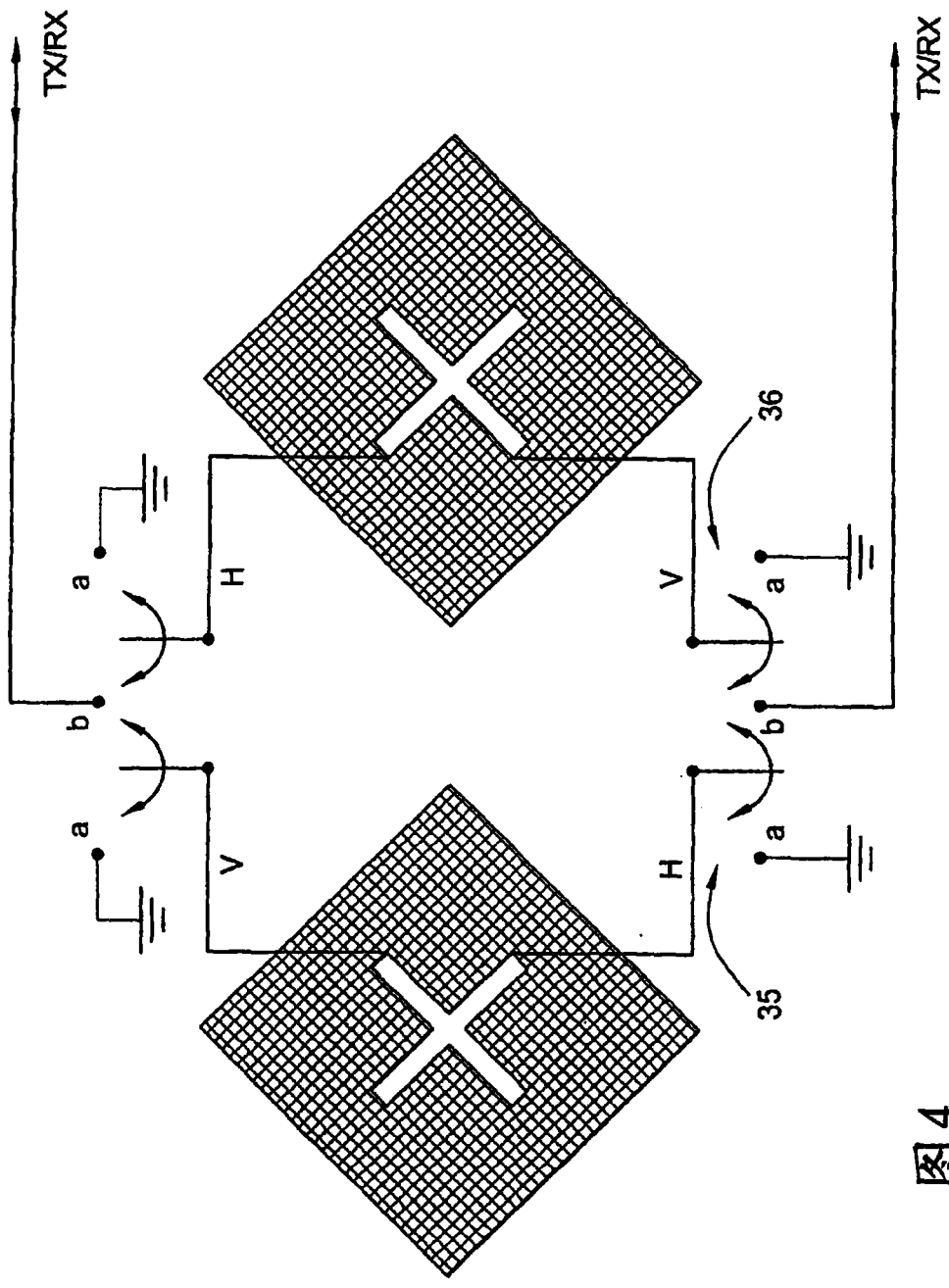


图4