

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[ 51 ] Int. Cl<sup>7</sup>

H04B 7/04

H04B 7/06



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02814521.6

[43] 公开日 2005 年 1 月 19 日

[11] 公开号 CN 1568588A

[22] 申请日 2002.6.6 [21] 申请号 02814521.6

[30] 优先权

[32] 2001. 6. 6 [33] US [31] 09/875,397

[86] 国际申请 PCT/US2002/018134 2002.6.6

[87] 国际公布 WO2002/099995 英 2002.12.12

[85] 进入国家阶段日期 2004.1.18

[71] 申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 M·华莱士 J·R·沃尔顿

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

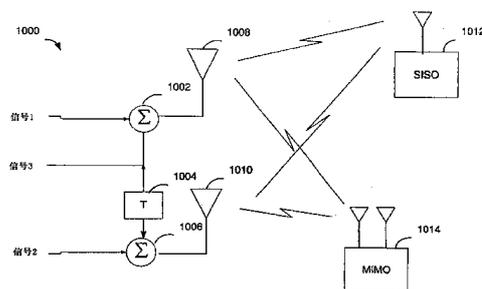
代理人 李家麟

权利要求书 4 页 说明书 25 页 附图 19 页

[54] 发明名称 无线通信系统中的天线分集的方法和设备

[57] 摘要

在能进行 MISO 和 SISO 话务的混合模式频谱无线通信系统中用于协商传输方案的方法和设备。发射机为给定的通信链路确定天线分集配置并应用传输方案。基站向远程站查询天线分集状态。根据天线分集状态信息，基站确定并应用传输方案。在一个实施例中，基站产生合成的 MIMO 传输至多个 SISO 移动站。



ISSN 1008-4274

1. 基站设备，包括：  
天线阵列；以及  
分集控制器耦合于所述天线阵列，可操作用于根据给定的通信链路的配置确定传输方案。
2. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于所述分集控制器操作用于向移动站查询该移动站的分集能力以和所述移动站建立第一通信链路。
3. 如权利要求 2 所述的设备，其特征在于所述分集控制器可操作用于根据所述移动站的天线配置和所述基站的天线配置确定传输方案。
4. 如权利要求 3 所述的设备，其特征在于所述移动站具有单个天线，所述分集控制器操作用于在单个天线上向所述移动站发射。
5. 如权利要求 3 所述的设备，还包括：  
延迟元件，耦合在所数天线阵列的第一天线元件和第二天线元件之间，  
其中如果移动站具有单个天线，该设备操作用于使用所述第一和第二天线元件向所述移动站发射。
6. 如权利要求 3 所述的设备，其特征在于，  
所述天线阵列包括第一天线元件和第二天线元件，  
在第一时间周期所述第一天线元件发射第一信号而所述第二天线元件发射第二信号，以及在第二时间周期所述第一天线发射第三信号，该第三信号是所述第二信号的函数，而第二天线发射第四信号，该第四信号是所述第一信号的函数。
7. 如权利要求 3 所述的设备，还包括：  
第一编码单元；以及  
第一开关装置，用于将所述第一编码单元耦合到所述天线阵列。

8. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于对于能进行多输入多输出的接收机，所述传输方案作为信道质量度量的函数被确定。

9. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述传输方案作为接收机能力的函数被确定。

10. 基站设备，包括：

天线阵列；

控制处理器，用于处理计算机可读指令；以及

存储器储存设备，耦合于所述控制处理器，操作用于存储多个计算机可读指令，包括：

第一组指令，用于请求所述第一通信链路的的天线分集状态；

第二组指令，用于根据所述天线分集状态确定所述第一通信链路的第一传输方案；以及

第三组指令，用于应用所述第一传输方案于所述第一通信链路。

11. 如权利要求 10 所述的设备，其特征在于对于能进行多输入多输出的接收机，所述传输方案作为信道质量的函数被确定。

12. 如权利要求 10 所述的设备，其特征在于天线分集状态包括所述第一通信链路的接收机处的接收天线的数量。

13. 一种与无线通信系统进行通信的方法，该方法包括：

接收用于第一通信链路的的天线分集状态信息；以及

根据所述天线分集状态信息确定所述第一通信链路的配置；以及

应用传输方案于所述第一通信链路。

14. 如权利要求 13 所述的方法，还包括：

接收用于第二通信链路的的天线分集状态信息；以及

根据所述天线分集状态信息确定所述第二通信链路的配置；以及

应用第二传输方案于所述第二通信链路。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于如果所述第一配置是单个接收天线配置，而所述第二配置是多个接收天线配置，所述传输方案将一延迟应用于用于所述第一通信链路的信号。

16. 计算机可读媒体，记载了在无线通信系统中确定传输方案的方法，该方法包括：

向多个移动用户查询天线分集状态；  
从至少一个移动用户接收天线分集状态信息；以及  
应用符合所述天线分集状态信息的传输方案。

17. 移动站设备，包括：

信道质量测量单元，操作用于确定信道质量；以及  
分集控制器，耦合于所述信道质量测量单元，操作用于基于所述信道质量确定传输方案。

18. 如权利要求 17 所述的移动站设备，其特征在于所述信道质量是接收信号的载波与干扰之比的函数。

19. 如权利要求 17 所述的移动站设备，还包括：

接收机，耦合到所述信道质量测量单元和所述分集控制器，  
其中所述移动站装置按照所述传输方案配置所述接收机。

20. 在无线通信系统中接收通信的方法，包括：

接收通信信号；  
基于所述接收通信信号测量信道质量；以及  
基于所述信道质量确定传输方案。

21. 无线通信系统，包括：

发射天线装置；

---

接收天线装置，操作用于接收来自发射天线装置的通信；以及  
分集控制器，耦合于所述发射天线装置，操作用于基于给定的通信链路的  
配置确定传输方案。

## 无线通信系统中的天线分集的方法和设备

### 技术领域

本发明涉及无线数据通信。更具体地说，本发明涉及一种新颖的改进的无线通信系统中天线分集的方法和设备。

### 背景技术

为了改善无线传输的质量，通信系统经常在与接收机互通信息的发射机处使用多个辐射天线元件。使用多个天线的目的是无线通信系统为了限制干扰，而且使用多个天线元件减少了无线电信号调制和传输期间引入的符号间干扰和共信道干扰，增强了通信的质量。进一步，在发射机和接收机处都使用多元件天线阵列增加了多址通信系统的容量。

每个系统可以使用不同的天线配置，包括仅具有单个天线容量的用户终端和具有多个天线的其他用户终端。每一种类用户的通信进行不同的处理。于是，就需要混合模式系统中高质量、有效的通信。

### 发明内容

一种无线通信系统中的通信方法，该方法包括接收第一通信链路的的天线分集状态信息，根据所述天线分集状态信息确定所述第一通信链路的配置，以及应用一传输方案于所述第一通信链路。

在一方面，基站设备包括天线阵列，和耦合到所述天线阵列的分集控制器，可对其操作于基于给出的通信链路的配置确定传输情况。

在另一方面，基站设备包括控制处理器，用于处理计算机可读的指令，和耦合到所述控制处理器的存储器储存设备，操作其用于储存多个计算机可读的指令。所述指令包括第一组指令，用于请求所述第一通信链路的的天线分集状态，第二组指令，用于根据所述天线分集状态确定所述第一通信链路的第一传输情况，以及第三组指令，用于应用所述第一传输情况于所述第一通信链路。

在又一方面，无线通信系统包括基站，具有第一接收天线、第一相关器和耦合于所述第一接收天线的第二相关器、第二接收天线、第三相关器和耦合于

所述第一接收天线的第四相关器、耦合于所述第一和第三相关器的第一组合器、以及耦合于所述第二和第四相关器的第二组合器。按照一个实施例，第一编码被应用于所述第一相关器，不同于所述第一编码的第二编码被应用于所述第二相关器，所述第一编码被应用于所述第三相关器而所述第二编码被应用于所述第四相关器。

#### 附图说明

图 1 是一个无线通信系统。

图 2 是无线通信系统中发射天线的配置。

图 3 是无线通信系统中的天线分集配置表。

图 4 是一个混合模式的无线通信系统。

图 5 是一个混合模式的无线通信系统。

图 6 是无线通信系统中发射机和接收机之间的信道的模型。

图 7 是多输入多输出，MIMO 配置的信道模型。

图 8 是在接收机处使用选择性分集的无线通信系统。

图 9 是在接收机处使用最大比率组合，MRC 类形选择性分集的无线通信系统。

图 10A 和 10B 说明了扩频通信系统的模型。

图 11A 和 11B 是配置成 MIMO 传输的无线通信系统。

图 12 是具有 MIMO 和分集传输能力的无线通信系统。

图 13 是无线通信系统中前向链路的混合模式操作方法的流程图。

图 14 是无线通信系统中反向链路的混合模式操作方法的流程图。

图 15 是使用发射分集的无线通信系统。

图 16 是使用发射分集和扩展码的无线通信系统。

图 17 是无线通信系统中具有分散天线系统以建立多个路径的基站。

图 18 是具有混合模式控制器的基站。

图 19 是结合 MIMO 移动站和 SISO 移动站的混合模式移动通信系统。

图 20 是适于无线通信系统中操作的移动站。

#### 具体实施方式

在发射机和接收机处同时使用多元件天线阵列是增加多址接入系统容量

的有效技术。使用多输入——多输出，MIMO，发射机可以在同一个载波频率上向用户发送多个独立的数据流。在高信噪比，SNRs 下，其吞吐量达到了单输入——多输出，SIMO，或没有接收分集，单输入——单输出，SISO 中单个发射系统操作的  $N$  倍，其中  $N=\min(N_t, N_r)$ ， $N_t$  和  $N_r$  分别是接收机和发射机天线数。

在一些系统中，希望能支持混合的用户终端类型。例如，被设计成用于语音服务的终端对于接收和发射仅使用单个天线。其他设备可使用多个接收天线，同样也可能是多个发射天线。为了支持混合模式操作，基站必须具备在其上进行发射和接收的多个天线。图 3 的表给出了可由具有 MIMO 能力的网络支持的终端话务操作模式的矩阵，包括 SISO、SIMO、多输入——单输出，MISO 和 MIMO。

在多址接入系统中，希望能支持所有四种操作模式。为了性能的原因，通常希望在任何可能的时候使用分集技术(即，SIMO 和 MISO)，因为这些方案一般来说胜过 SISO 方法。在上行链路，也称为反向链路，分集技术可以通过在基站处放置多个接收天线来支持。然而，在下行链路，这意味着在向单个接收天线设备发射时也使用一些形式的发射分集(即，MISO)。因为 MISO 操作要求与 SISO 操作不同的接收机处理，某些系统就可能同时支持一部分终端的 SISO 操作的要求。

在时分多址，TDMA 和频分多址，FDMA 系统中，可通过提供那些在分开的时隙或频率中的服务来把 SISO 下行链路话务从其余的话务中隔离出来。这样，混合模式操作被相对容易地融合到这些系统中。

在 CDMA 系统中，把 SISO 话务从使用其他模式的话务中分离出来并不容易。在 CDMA 系统中，用户被分配给不同的扩展码，其实现的功能类似于 FDMA 情况下的频率子信道或 TDMA 情况下的时隙。在一些情况下，扩频码被设计成相互正交的，这样来自其他用户的干扰就是 0。在信道为非分散(即，没有可分解的多路径)时，维持正交特性使用户不会相互干扰。在这种情况下，可在一个编码信道上对一个用户使用 SISO 而在其他编码信道上对其他用户使用 MISO 或 MIMO。然而，当信道变成时间分散时，正交性就会失去而来自其他用户的功率干扰也不再是 0。互相相差一个以上扩展码片时段的多路径信号的传播会导致信道变成分散的。当传播路径相差对于一个以上扩展码片的时段时，它们可以使用瑞克(RAKE)接收机进行独立的解调，这在业内是熟知的并在美国专利 No. 5109390 中详细描述，题为“CDMA 蜂窝电

话系统中的分集接收机”（“Diversity Receiver in a CDMA Cellular Telephone System”），已转让给本发明的申请人为受让人并特地通过引用结合于此。另外，均衡器接收机结构也可被用于解调经过多路径传播的信号。

在传统的 CDMA 系统中，在下行链路上失去正交性并不是灾难性的因为信号和干扰项对于每个延迟分量是相关的。假设信道响应为  $H_0(t)=h_{0,0}(t)+h_{0,1}(t-T)$ ，其中  $h_{0,0}$  是直接信道而  $h_{0,1}$  是发射天线 0 和用户终端天线之间的反射路径。进一步假设  $h_{0,0}$  和  $h_{0,1}$  并不是高度相关的。在这种情况下，瑞克 (RAKE) 接收机本质上来讲是一个匹配的滤波器，所以平均 SNR 比率， $\gamma$ ，可以表示如下：

$$\gamma_{\text{SISO}} = \left( \frac{W\phi I_0}{R} \right) \cdot \left[ \frac{\alpha}{\eta + \beta I_0} + \frac{\beta}{\eta + \alpha I_0} \right] \quad (1)$$

其中  $W$  是工作带宽， $R$  是数据速率， $I_0$  是下行链路的总功率， $\phi$  分配给用户的总功率的分数， $\eta$  是热噪音功率。另外再定义：

$$\alpha = E\{|h_{0,0}|^2\} \quad (2)$$

以及

$$\beta = E\{|h_{0,1}|^2\} \quad (3)$$

其中  $E\{\}$  表示期望值。观察表示 SISO SNR 的等式 (1) 体现了即使信道的直接和反射路径破坏了正交性，它们提供了一种暗示的分集的形式。这就是，括号中的第一个分式的分母中的干扰功率， $\beta I_0$ ，同样与第二个分式中的分子中的信号功率相关。类似的关系也存在与其他路径中。假设数据速率和功率分配是适当地匹配，则由延迟扩展引起的干扰功率不会对整体的出错率造成显著的影响。于是，主要的错误发生在两条路径都衰落成噪声时。

现在，考虑当使用另一个发射天线以容纳使用 MISO 和/或 MIMO 的用户时 SISO 接收机发生了什么。对第二发射天线使用类似的上述信道模型会导致如下信道响应  $H_1(t)=h_{1,0}(t)+h_{1,1}(t-T)$ ，而瑞克 (RAKE) 接收机输出的 SNR 现在变成：

$$\gamma_{\text{mixed\_mode}} = \left( \frac{W\phi I_0}{R} \right) \cdot \left[ \frac{\alpha}{\eta + \beta I_0 + I_1} + \frac{\beta}{\eta + \alpha I_0 + I_1} \right] \quad (4)$$

观察表示 SISO SNR 的等式 (4)，来自发射天线 1 的功率， $I_1$  现在在括号中的两个分式的分母中都引入了独立的衰落干扰项。在这种情况下，主要的差错事

件是来自天线 0 的期望的信号相对于天线 1 发射的干扰功率而衰落造成的。所以在混合模式操作(即, 一个发射机既与 MIMO 和/或 MISO 用户通信又与 SISO 用户通信)中, 来自附加天线的干扰功率会严重降低 SISO 终端的性能。

在一个实施例中, CDMA 系统在提供混合模式服务时使用一种形式的发射分集(例如, MISO)来容纳单个接收天线的用户而解决了这个问题。这里将描述多种可选的 MISO 方案以解决这个问题。

图 1 是支持多个用户并能实施至少本发明的一些方面和实施例的通信系统 100 的图示。系统 100 为多个小区 102A 到 102G 提供通信, 每一个小区分别由对应的基站 104A 到 104G 提供服务。在示例实施例中, 一些基站 104 具有多个接收天线而其他的仅具有单个接收天线。类似的, 一些基站 104 具有多个发射天线, 而其他的仅具有单个发射天线。对于发射天线和接收天线的组合并没有任何限制。于是, 一个基站 104 具有多个发射天线和单个接收天线, 或者具有多个接收天线和单个发射天线, 或者同时具有单个或多个发射和接收天线都是可能的。

覆盖区中的终端 106 可以使固定的(即静止的)或是移动的。如图 1 所示, 各个终端 106 分布在整个系统中。每个终端 106 和至少一个并可能是多个基站 104 在下行链路和上行链路上于任何给定时刻进行通信, 上述时刻是根据, 例如, 是否使用软切换或者终端是否被设计成并被操作于(同时或顺序地)从多个基站接收多个传输。CDMA 通信系统中的软切换是业内所熟知的并在美国专利 No. 5101501 中详细描述, 题为“在 CDMA 蜂窝电话系统中提供软切换的方法和系统”(“Method and system for providing a Soft Handoff in CDMA Cellular Telephone System”), 已转让给本发明的申请人为受让人并通过引用结合于此。

下行链路是指从基站到终端的传输, 而上行链路是指从终端到基站的传输。在一个示范实施例中, 一些终端 106 具有多个接收天线而其他仅具有单个接收天线。类似的, 一些终端 106 具有多个发射天线, 而其他的仅具有单个发射天线。发射天线和接收天线的组合并没有任何限制。于是, 一个终端 106 具有多个发射天线和单个接收天线, 或者具有多个接收天线和单个发射天线, 或者同时具有单个或多个发射和接收天线都是可能的。在图 1 中, 基站 104A 在下行链路上向终端 106A 和 106J 发射数据, 基站 104B 向终端 106B 和 106J 发射数据, 基站 104C 向终端 106C 发射数据, 等等。

在发射机和/或接收机处使用多个天线就称为天线分集。图 2 图示了发射机处的多个天线的物理配置。4 个天线以间距“d”分别放置。水平线给出了一个参考

方向。传输的夹角以这个参考方向来测量。如图示，夹角“ $\alpha$ ”对应于传播路径在 2-D 平面上与参考方向的夹角。图中同样示出了相对于参考方向的夹角的范围。传播的位置和夹角定义了天线配置的传输模式。发射天线分集允许方向性天线形成定向波束用于特定的用户或形成具有光分分离的多路径信号用于接收机以识别出组成分量。

接收机也可以使用天线分集。在一个实施例中，瑞克 (RAKE) 接收机平行处理多路径信号，组合单独的信号以形成合成的，更强的信号。对于一个给出的通信链路，接收机和/或发射机可使用某些类形的天线分集。

分集接收是指组合多个信号以改善系统的 SNR。时间分集被用于改善 IS-95 CDMA 系统的系统性能。一般的，建筑物区域的建筑和其他障碍物会散射信号。更进一步，因为同时到达的几个波之间的相互干扰，在天线处的结果信号会出现快速且深度的衰落。平均的信号强度可比自由空间路径损失更低 40—50dB。城市环境中的密集建筑区的衰落更为严重。在这些区域，信号包络在短距离上符合瑞利 (Rayleigh) 分布而在长距离上符合正态分布。

分集接收技术被用于降低衰落的影响并在不增加其他发射机功率或信道带宽的情况下增加通信的可靠性。

分集接收的基本想法是，如果取得信号的两个或更多个独立的样本，这些样本将以互不相关的方式衰落。这意味着所有样本同时低于一个给定的电平的概率比任何一个单独的样本低于该电平的概率要低得多。所有  $M$  个样本同时低于该电平的概率是  $p^M$ ，其中  $p$  是一个单独样本低于该电平的概率。因此，可见一个由多个信号通过适当的组合而组成的信号具有比任何单独样本小得多的衰落特性。

原则上，分集接收技术可应用于基站或者移动站，尽管每种类型的应用具有不同的问题必须要解决。一般的，分集接收机被用于基站中而不用于移动站。分集组合器的价格可能是很高的，尤其是要求多个接收机时。同时移动站的功率输出被其电池寿命所限。然而，基站可以增加它的输出功率或增加天线的高度来增加其对移动站的覆盖。多数分集系统是在接收机中实施而不是在发射机中实施，因为安装接收机分集系统不需要额外的发射功率。因为移动站和基站之间的路径被假设为大致互易，因此在移动站中实施的分集系统与那些在基站中的分集系统的工作相类似。

一种解决多路径问题的方法是在使用其他调制方法 (AM 或 FM) 的发射机上再使用宽带伪随机序列调制。伪随机序列具有的特性是其时移形式几乎不相关。因此，

在多路径(假设具有多个不同的延迟)上从发射机传播到接收机的信号可被分解成分开的衰落信号,这可通过把接收的信号与伪随机序列的多个时移形式进行互相关而达到。在接收机中,输出是时移的,并且因而必须在进入分集组合器之前被发送通过一延迟线。接收机被称为瑞克(RAKE)接收机因为它的框图看上去像一个花园用的耙子。

当 CDMA 系统被设计用于蜂窝系统时,其固有的宽频带信号和它们的正交 Walsh 函数被自然地用于实施瑞克(RAKE)接收机以减轻衰落造成的影响并被用于 CDMA,宣称比模拟蜂窝有 10:1 的频谱效率增加有部分影响。

在 CDMA 系统中,其带宽(1.25 到 15MHz)比蜂窝或是个人通信系统、PCS 信道具有的带宽要宽。因此当多路径分量在接收机中被分解时,来自延迟线上的每个抽头的信号互不相关。接收机接下来使用任何一种组合方案来组合它们。这样 CDMA 系统使用信道的多路径特性,利用它的优点来改善系统的操作。

使用的组合方案决定了瑞克(RAKE)接收机的性能,接收机设计中的一个重要的因素就是同步接收机中的信号以匹配发射信号。由于相邻的小区也在同样的频率上,只是在 Walsh 编码中具有不同的时间延迟,因此整个 CDMA 系统必须进行严格的同步。

瑞克(RAKE)接收机使用多个相关器分别检测  $M$  个最强的多路径分量。相应多路径分量的幅度和相位通过将接收的波形与信号的延迟形式相关来查找或反之亦然。按(延迟补偿)多路径分量的强度为比例将它们组合就能有效地恢复多路径分量的能量。这种组合是一种形式的分集并能帮助减轻衰落。具有小于  $\Delta t=1/B_w$  的相对延迟的多路径分量不能被分解,如果它出现,会导致衰落;在这种情况下,前向纠错编码和功率控制方案对减轻衰落的影响起到决定性的作用。

分别用  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、... , 以及  $Z_M$  来表示  $M$  个相关器的输出,并用  $a_1$ 、 $a_2$ 、... , 以及  $a_M$  来表示对应输出的权重,合成的信号  $\bar{Z}$  被表示成  $\bar{Z} = \sum_{k=1}^M a_k \cdot Z_k$ 。权重系数是基于每个相关器输出的功率或 SNR。如果某一个相关器的功率或 SNR 较小,它就被分配一个较小的权重。权重系数  $a_k$  被归一化到相关器的输出信号功率,使得系数之和为 1,例如  $a_k = \frac{Z_k^2}{\sum_{k=1}^M Z_k^2}$ 。

在 CDMA 蜂窝/PCS 系统中,前向链路(BS 到 MS)使用三指瑞克(RAKE)接收机,反向链路(MS 到 BS)使用四指瑞克(RAKE)接收机。在 IS-95 CDMA 系统中,多路径参数的检测和测量由查找接收机来执行,该查找接收机被编程用于比较到达的具有

I-和 Q-信道 PN 编码分量的信号。到达接收机单元的多路径将它们自己表示为出现在不同时间的相关的峰值。峰值的量与路径信号的包络成比例。每个峰值相对于第一个到达的时间提供了路径延迟的测量值。

1. 2288Mcps 的 PN 码片速率允许分辨时间间隔为  $0.814 \mu s$  的多路径分量。因为所有的基站使用相同的 I 和 Q PN 编码，其差别仅在于编码相位偏移，所以不仅多路径元件而且其他基站都是通过于对应于选择的基站的部分编码相关(在不同于到达时间的查找窗口中)来检测的。搜索接收机维持一个较强多路径分量和/或基站信号的表用于可能的分集组合或用于切换的目的。该表包括到达时间、信号强度，以及对应的 PN 码偏移。

在反向链路上，基站接收机被分配用于跟踪某一个移动发射机，使用 I-和 Q-码的到达时间以识别来自被该基站接纳的用户的移动信号。对于使用相同 I-和 Q-码偏移的移动信号，基站的搜索器接收机能够通过用于该目的唯一的特殊先导序列信号来区别出期望的移动信号。随着呼叫的进行，搜索器接收机能够监测从移动单元到基站的多路径分量的强度并通过分集组合使用一个以上的路径。

图 3 图示了对于基站和用户终端或移动站之间的给定的通信链路的数个天线分集方案。两个收发机之间的通信链路一般包括两个有向链路，例如前向链路，FL，从基站到用户终端，和反向链路，RL，从用户终端到基站。考虑从发射机到接收机的通信链路的一条路径。图 3 给出了该路径的四个可能的配置类型：单输入单输出，SISO；单输入多输出，SIMO；多输入单输出，MISO；和多输入多输出，MIMO。每个配置类型描述了给定的通信链路的一条路径，其中一条路径的发射机是另一条路径的接收机，反之亦然。

注意到对于发射机和/或接收机来说接收天线的数目，表示为  $N_r$ ，并不需要等于发射天线的数目，表示为  $N_t$ 。于是，RL 可能具有和 FL 不同的配置。在实践中，基站一般不使用单个发射天线，然而，随着无线设备，尤其是仅具有语音能力的无线设备的增长，具有单个接收天线的用户终端是很普遍的。

如图 3 所示，SISO 配置在发射机处使用单个发射天线并在接收机处使用单个接收天线。进一步，考虑发射机仅具有单个发射天线的 SIMO 配置，在接收机处使用  $N_r$  个接收天线，其中  $N_r$  大于 1，而发射机具有单个的发射天线。在接收机处使用多个天线提供天线分集用于改善接收。接收机处由多个天线接收的信号接下来被按照预定的组合技术进行处理。例如，接收机可加入瑞克(RAKE)接收机机制，其中接收信号是平行处理的，类似于瑞克(RAKE)的指。对于给定系统和/或无线设备的

特定要求和限制也可以使用其他方法。

继续参考图 3, MISO 配置在发射机处使用使用  $N_t$  个发射天线, 其中其中  $N_t$  大于 1, 而接收机具有单个的接收天线。发射机处的天线分集, 比如在基站处, 通过提供减轻多路径衰落的效应来改善接收。在发射机处使用多个天线引入了附加的信号路径并由此会增加对接收机处的衰落的影响。分集基本上是对发射信号的多个复制进行组合。对于从多个衰落信道上接收的冗余信号的组合倾向于增加整体的接收信噪比 (SNR)。

最后一种配置, MIMO, 在发射机和接收机处均放置多个天线, 即  $N_t \times N_r$  MIMO。发射机在同一个载波频率上向给定的用户发射多个独立的数据流。一个 MIMO 通信链路具有个  $(N_t \times N_r)$  单独链路。在高 SNR 情况下, 其增加的吞吐量达到单个发射系统的  $N$  倍, 该单个发射系统是配置成 SIMO 系统或没有接收分集的系统, 比如 SISO 系统, 其中  $N$  等于发射机和接收机处最小的天线数, 即  $N = \min(N_t, N_r)$ 。

在接收器处一般的分集组合方法分成四种类型之: 选择; 最大比率组合, MRC; 等增益组合; 反馈分集。下面讨论分集组合方法。

图 4 图示了具有多个发射机  $T_x$  天线的混合模式无线通信系统的配置。通信链路存在于每个发射机天线和接收机天线之间。图示了用于各种路径的两种配置: MISO 和 MIMO。如图示, 发射机对于两个链路都使用多个发射天线。注意到多址接入系统可包括图 3 中的所有四种配置。由于天线分集改进了通信的质量并增加了系统的容量, 大多数通信链路将是 MISO 和/或 MIMO。由于天线分集一般被假设在基站处, 在固定模式系统中用户终端可使用各种天线配置和处理方法。于是就需要基站识别至每个用户终端的通信链路的类型并依此处理通信。换句话说, 基站可能被要求支持 MISO、MIMO, 以及 SISO 配置。

在时分多址, TDMA, 和频分多址, FDMA 类型的系统中, 至用户终端的通信没有接收分集, 即, 单个接收天线, 可能从其他话务中隔离出来。混合模式操作相对更容易容纳在 TDMA 和 FDMA 系统中。在扩频类型的通信系统中, 比如码分多址, CDMA 系统, 用户被分配给不同的扩展码, 其功能类似于 FDMA 系统中的子信道或 TDMA 系统中的时隙。“cdma2000 扩频系统的 TIA/EIA/IS-2000 标准”(“TIA/EIA/IS-2000 Standards for cdma2000 Spread Spectrum Systems”)被称为“cdma2000 标准”, 提供用于 CDMA 系统的细节。CDMA 系统的操作在下列美国专利中描述, No. 4901307, 题为“使用卫星或地面中继站的扩频多重接入通信系统”(“SPREAD SPECTRUM MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM USING SATELLITE OR

TERRESTRIAL REPEATERS” ), 和 No. 5103459, 题为 “在 CDMA 蜂窝电话系统中产生波形的系统和方法” ( “SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING WAVEFORMS IN A CDMA DELLULAR TELEPHONE SYSTEM” ), 两者都转让给本发明的申请人为受让人并特地通过引用结合于此。

在一个 CDMA 系统的实施例中, 扩展码被设计为互相正交以消除相邻互干扰。当通信信道是非分散时, 维持了正交的特性而用户不会相互干扰。在这些情况下的混合模式系统中, 在 SISO 通信链路上使用一个编码进行通行以及在 MISO 或 MIMO 链路上使用其它编码进行通信是可能的。当通信信道是分散的, 正交性就会丧失并会从其他用户引入干扰功率。

图 5 图示了混合模式系统 10 的一个实施例, 它具有基站, BS 12, 和 4 个用户终端或移动站, MSs, MS1 14、MS2 16、MS3 18 和 MS4 20。在 BS 12 和每个移动站 14、16、18、20 之间图示了一条通信链路。BS 12 具有 M 和发射天线。每个通信链路包括 FL 和 RL。FL 通信链路配置包括对 MS1 14 的 SISO 配置, 其中 MS1 14 是限制于 SISO 通信的仅具有语音通信的设备。至 MS1 14 的通信可通过使用唯一的扩展码以孤立出 SISO 通信来进行处理, 或通过不同于来自 BS 12 的其他话务的载波频率来进行处理。MS2 16 的 FL 通信链路是 MISO 配置, 其中 MS2 16 具有单个接收天线。MS2 16 组合多个接收的信号以确定发射信息。一般会使用各种方法中的任何一种来进行这种信号处理。数种组合方法将在下面进行讨论。MS3 18 和 MS4 20 的 FL 通信链路都是 MIMO 配置, 其中 MS3 18 具有 N 个接收天线而 MS4 20 具有 M 个接收天线。MS3 18 和 MS4 20 可使用各种接收处理方法。

系统 10 是具有如图 6 所示的信道模型 22 的 CDMA 无线通信系统。信道模型 22 用于模拟 BS 12 和 MS4 20 之间的通信链路。一个传输函数可被用作信道模型 22, 其中传输函数表示为一组描述链路的方程。

图 7 图示了用于连续时间的 MIMO 信道模型 24, 它具有一个有  $N_{Tx}$  个输入和  $N_{Rx}$  个输出的线性 MIMO 滤波器 26。线性 MIMO 滤波器 26 用  $N_{Tx} \times N_{Rx}$  矩阵  $H(t)$  来定义, 该矩阵包括线性函数  $h_{ij}(t)$ ,  $i=1$  到  $N_{Tx}$ ,  $j=1$  到  $N_{Rx}$ 。一般来说,  $h_{ij}(t)$ ,  $i=1$  到  $N_{Tx}$ ,  $j=1$  到  $N_{Rx}$  是未知的线性函数。线性 MIMO 滤波器 26 表示  $(N_{Tx} \cdot N_{Rx})$  无线电信道, 通过该信道  $N_{Tx}$  个发射信号发射到  $N_{Rx}$  个接收天线。这些信道由它们的信道冲击响应  $h_{ij}(t)$ ,  $i=1$  到  $N_{Tx}$ ,  $j=1$  到  $N_{Rx}$  来表征。该模型的输入信号,  $\overset{p}{x}(t)$ , 是  $(N_{Tx} \cdot 1)$  列向量, 表示  $N_{Tx}$  个频带限制的发射信号, 而来自模型的输出信号,  $\overset{p}{y}(t)$ , 是  $(N_{Rx} \cdot 1)$  列向量, 在  $t=T, 2T, \dots$  处取样, 由开关 T 表示, 其中每个发射信号的带宽小于或等于  $1/T$ 。

接收信号包括由  $(N_{Tx} \times 1)$  列向量信号  $\overset{\circ}{z}(t)$  表示的加性扰动信号，由噪声或共信道干扰引入。加性扰动信号在加法节点 28 处被加入。输入信号  $\overset{\circ}{x}(t)$ ，信道  $H(t)$ ，扰动  $\overset{\circ}{z}(t)$  和输出信号  $\overset{\circ}{y}(t)$  之间的关系为  $\overset{\circ}{y}(t) = H^T(t) * \overset{\circ}{x}(t) + \overset{\circ}{z}(t)$ ，其中 \* 表示卷积。其他模型也可用于描述一个信道。

对于一个实施例的混合模式操作，基站与用户终端协商以确定该终端的天线分集的状态。如这里上述所讨论的，接收机处一般使用 4 种类型的组合处理。选择分集用于具有多个天线的接收机，其中多个接收信号中的最佳的信号被选择。图 8 图示了使用选择分集的通信系统，它具有有一个发射天线 42 的发射机 40。发射机 40 与瑞克 (RAKE) 接收机 44 进行通信，瑞克接收机具有  $N_r$  个每个与天线阵列 46 中的一个天线线相耦合的指。瑞克接收机 44 输出  $N_r$  个天线信号到选择单元 48。选择单元对信号进行取样并提供最佳的一个作为输出，其中最佳信号是通过质量度量，比如 SNR 来确定的。基于系统配置和限制也可以使用其他度量。图 8 的选择分集操作可使用在基站或移动站。

第二种接收分集的方法，称为 MRC，对每个接收信号应用权重。图 9 图示了 MRC 系统的一个实施例。该系统包括具有单个天线 62 的发射机 60。该接收机具有多个增益放大器 64，每个都耦合到天线阵列 66 中的一个天线。每个接收的信号按正比于信号的 SNR 值进行加权，其中接收信号的值提供对相应的增益放大器 64 的控制。接下来把权重相加。各单独信号在求和前由同相和求和单元进行同相单元 66 的输出的 SNR 等于单独分支的 SNRs 的和，其中组合的 SNR 随接收天线的数目  $N_r$  线性变化。MRC 组合方法普遍用于具有瑞克类型接收机的 CDMA 系统中。第三种分集接收的方法是对 MRC 的修改或简化，其中增益被设为等于一个常量。

最后一种分集接收的方法称为反馈分集，类似于选择分集。接收机查找接收的信号以基于预定的准则确定最佳的信号。信号以固定的顺序进行查找直到找到一个高于门限的信号。在该信号维持在门限以上时始终使用该信号。当选择的信号降到门限以下时，重新进行查找处理。

给出多种无线设备，天线配置，和发射/接收处理方法，以及不同的单独系统，基站要求至少一些最少量的关于接收机的信息。回到图 5，BS 12 要求与每个 MSs 14、16、18、20 的活动通信开始有关的天线分集状态信息。

无线通信系统，特别是 CDMA 系统，可以操作于多种不同的通信模式中，每种通信模式使用天线、频率、或时间分集，或者它们的组合。通信模式可包括，例如“分集”通信模式和“MIMO”通信模式。

分集通信模式使用分集以增加通信链路的可靠性。在分集通信模式的一种普通应用中,也称为“纯”分集通信模式,数据从所有可用的发射天线发射到接收者的接收机系统。纯分集通信模式可用在数据速率要求较低或 SNR 较低,或者两者都较低的实例中。

图 10A 和 10B 图示了配置成分集模式操作的扩频通信系统 200。图 10A 还特别图示了从发射机 202 到接收机 212 的前向链路发射路径。在发射机 202,可以是基站,用于发射的数据作为单独的数据流被提供给复数乘法器 204 和 206。对于每一个复数乘法器 204、206 应用唯一的编码。第一编码  $c_1$  应用于乘法器 204 而第二编码  $c_2$  应用于乘法器 206。在乘法器 204,信号  $d$  由编码  $c_1$  进行扩展而在乘法器 206,信号  $d$  由编码  $c_2$  进行扩展。每一个复数乘法器 204、206 分别耦合到发射天线 208、210。以这种方式,信号  $d$  对于每一个天线被使用唯一的扩展编码进行扩展。天线 208 发射一个扩展数据信号而天线 210 发射另一个扩展数据信号。接收机 212 包括两个天线 214、216。

图 10A 中图示了 4 条传输路径,每一条都有一个特征函数,或特性,记为  $h_{ij}$ ,其中  $i$  是对应于发射天线的索引,而  $j$  是对应于接收天线的索引。换句话说,每一对发射接收天线对都存在一条路径。

数据信号  $d$  可能是数据流的一部分,并可能表示任何类型的传输信息,包括低延迟传输,比如语音通信,以及高速数据传输。在一个实施例中,数据流是分组数据,其中单独的数据流被提供给每一个乘法器 204、206。在接收机处,发射的数据流被恢复成发射之前的序列。发射天线 208、210 向接收天线 212 发射扩展信号。

在如图 10B 所示的接收机中,发射信号在天线 214、216 处接收。接收机 212 被配置成处理发射天线和接收天线之间的每条传输路径。于是,每个接收天线 214、216 被耦合到对应于该路径的去扩展处理电路。

在图 10 所示的系统 200 中,提供了 4 条路径,每一条具有描述该路径或信道对发射信号的影响的特性或传递函数。对这 4 条路径进行去扩展并处理以确定 4 个原始发射信号的估计值。4 个估计值接下来在加法节点 220 相加以确定合成估计值  $\hat{d}$ 。

每一个天线 214、216 耦合到多个去扩展单元,即复数乘法器。唯一的编码  $c_1^*$  被应用于对由编码  $c_1$  进行原始扩展的信号进行去扩展。增益被应用于去扩展的结果信号,其中该增益表示了发射天线 204 到接收天线 214 的信道特性,  $h_{11}^*$ 。其结

果是通过天线 204 发射并由天线 214 接收的信号  $d$  的估计值。

天线 214 与另一个乘法器耦合用于处理第二接收信号，其中唯一的编码  $c_2^*$  被应用于对由编码  $c_2$  进行原始扩展的信号进行去扩展。增益被应用于去扩展的结果信号，其中该增益表示了发射天线 206 到接收天线 214 的信道特性， $h_{21}^*$ 。

天线 216 被配置成以类似的形式用于处理从发射天线接收的信号。每条处理路径的估计值接下来被提供给加法节点 220 以产生估计值  $\hat{d}$ 。

其他实施例可包括任何数量的发射和接收天线，其中发射天线的数量可以不等于接收天线的数量。接收天线包括对应于至少一部分发射天线或至少一部分传输路径的处理电路。MIMO 通信模式在通信链路的两端都使用天线分集(即，多个发射天线和多个接收天线)并一般被用于增加通信链路的可靠性并增大容量。MIMO 通信模式可进一步使用频率和/或时间分集以结合天线分集。

图 11A 和 11B 图示了配置成 MIMO 模式操作的无线系统 230。特别示出了从发射机 232 到接收机 250 的前向链路的传输路径。信号以数据速率  $r$  提供给发射机 232 作为信号  $d$ 。发射机 232 将信号  $d$  分离成多个部分，一个对应于每一个发射天线 240、242。MUX234 向乘法器 236 提供信号  $d$  的第一部分，标记为  $d_1$ ，向乘法器 238 提供信号  $d$  的第二部分，标记为  $d_2$ 。例如，每一个信号部分  $d_1$  和  $d_2$  被分别以速率  $r/2$  提供给乘法器 236、238。乘法器 236、238 分别应用扩展码  $c_1$  和  $c_2$  于信号  $d_1$  和  $d_2$ 。乘法器 236、238 然后耦合到发射天线 240、242。

如图 11A 所示，接收机 250 包括天线 252、254，其中每个天线耦合到两个处理路径，在天线 252 处接收的信号被识别为  $s_1$ ，其中  $s_1 = h_{11}d_1 + h_{21}d_2$ 。从发射天线 240 到接收天线 252 的传输信道或路径由  $h_{11}$  进行描述而从发射天线 242 到接收天线 252 的路径由  $h_{21}$  进行米描述。类似的，在天线 254 处接收的信号被识别为  $s_2$ ，其中  $s_2 = h_{12}d_1 + h_{22}d_2$ 。从发射天线 240 到接收天线 254 的传输信道或路径由  $h_{12}$  进行描述而从发射天线 242 到接收天线 254 的路径由  $h_{22}$  进行米描述。使用对应于发射天线 232 的编码  $c_1$  的编码  $c_1^*$ ，对应于发射天线 232 的编码  $c_2$  的编码  $c_2^*$  对信号  $s_1$  和  $s_2$  进行去扩展。对应于每一个传输路径的增益被应用于每一个处理路径。结果被分别提供给加法节点 260 和 262，以产生估计值  $\hat{d}_1$  和  $\hat{d}_2$ 。估计值  $\hat{d}_1$  和  $\hat{d}_2$  接下来可被多路分解以产生源信号  $d$  的估计值  $\hat{d}$ 。

特别的，通过从发射天线 240 到接收天线 252 的传输路径发射的传输信号使用对应于编码  $c_1$  的  $c_1^*$  进行去扩展并接下来应用对应于  $h_{11}$  的增益。其结果被提供给加法节点 260。用类似的方法，通过从发射天线 240 到接收天线 254 的传输路径

发射的传输信号使用对应于编码  $c_1$  的  $c_1^*$  进行去扩展并接下来应用对应于  $h_{12}$  的增益。其结果被提供给加法节点 260。用这种方法，加法节点 260 的输出是来自发射天线 240 的传输信号的合成估计值。

来自发射天线 242 的传输信号以类似的方式处理。通过从发射天线 242 到接收天线 252 的传输路径发射的传输信号使用对应于编码  $c_2$  的  $c_2^*$  进行去扩展并接下来应用对应于  $h_{21}$  的增益。其结果被提供给加法节点 262。用类似的方法，通过从发射天线 242 到接收天线 254 的传输路径发射的传输信号使用对应于编码  $c_2$  的  $c_2^*$  进行去扩展并接下来应用对应于  $h_{22}$  的增益。其结果被提供给加法节点 262。用这种方法，加法节点 262 的输出是来自发射天线 242 的传输信号的合成估计值。

图 12 是无线通信系统 300 的详细图示。系统 300 可操作于通过多个传输信道发射数据。MIMO 信道可分解成  $NC$  个独立的信道，其中  $NC \leq \min(NT, NR)$ 。 $NC$  个独立信道的每一个也称为 MIMO 信道的空间子信道。对于 MIMO 系统，可能只有一个频率子信道而每个空间子信道可被称为“传输信道”。

如果使用多个发射和接收天线创建的附加的维数，MIMO 系统可提供改进的性能。这并不需要在发射机处知晓 CSI，当发射机装备了 CSI，就可能增加系统效率和性能 CSI 是用于描述从发射天线到接收天线的传输特性。CSI 可分为“全 CSI”或“部分 CSI”。

全 CSI 包括  $NT \times NR$  MIMO 矩阵中每个发射-接收天线对之间的传播路径的充分的宽带特征(即，幅度和相位)。全 CSI 处理隐含了(1)发射机和接收机处都可用的信道特征，(2)发射机计算 MIMO 信道的特征模式(下面描述)，确定在该特征模式上要被发射的调制符号，对该调制符号进行线性预调整(滤波)，并发射经预调整的调制符号，以及(3)接收机基于信道特征对线性发射处理进行互补处理(例如，空间匹配滤波)以计算每个传输信道(即，每个特征模式)需要的  $NC$  个空间匹配滤波器的系数。全 SCI 处理基于信道特征值(下面描述)进一步继续处理每个传输信道的数据(例如，选择合适的编码和调制方案)以生成调制符号。

部分 SCI 是指，例如传输信道的信号对噪声加干扰比(SNR)(即，没有 OFDM 的 MIMO 系统每一个空间子信道的 SNR，或者带有 OFDM 的 MIMO 系统每一个空间子信道的频率子信道的 SNR)。部分 CSI 处理可能隐含了基于信道 SNR 处理每个传输信道的数据(例如，选择合适的编码和调制方案)。

图 12 是能实现本发明的多个方面和实施例的多输入多输出(MIMO)通信系统 300 的图示。系统 200 包括与第二系统 350 进行通信的第一系统 310。系统 300 可

操作以使用天线、频率和时间分集的组合(下面描述)以增加频谱效率,改善性能,并增强灵活性。在一个方面,系统 350 可操作用于确定通信链路的特征并向系统 310 报告信道状态信息(CSI),系统 310 可操作用于基于报告的 CSI 调整对于即将发射的信号的处理(例如,编码和调制)。

在系统 310 中,数据源 312 向发射(TX)数据处理器 314 提供数据(即,信息比特),发射数据处理器 314 按照特定的编码方案对数据进行编码,基于特定的交错方案对编码的数据进行交错(即重新排序),并将交错比特映射到用于发射该数据的一个或多个发射信道的调制符号上。编码增加了数据传输的可靠性。交错为编码比特提供了时间分集,允许基于传输信道的平均信号对噪声加干扰比(SNR)来发射数据,该 SNR 是用于数据传输,对抗衰落,并进一步消除用于形成每个调制符号的编码比特的相关性。如果编码比特是在多频率子信道上发射的,交错可进一步提供频率分集。按照本发明的一个方面,编码、交错和符号映射(或它们的组合)是基于可供系统 310 使用的全或部分 CSI 来进行的,如图 12 所示。

发射机系统 310 处的编码、交错和符号映射可基于多种方案来进行。一种特定的方案在美国专利序列号 09/776073 中描述,题为“无线通信系统的编码方案”(“CODING SCHEM FOR A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM”,提交于 2001 年 2 月 1 日,已转让给本发明的申请人为受让人并通过引用结合于此。

参考图 12, TX MIMO 处理器 320 接收并处理来自 TX 数据处理器 314 的调制符号以提供用于在 MIMO 信道上传输的合适的符号。TX MIMO 处理器 320 进行的处理是根据是否使用了全或部分 CSI 处理,并将在下面进一步详细描述。

对于全 CSI 处理, TX MIMO 处理器 320 可多路分解并预调整该调制符号。对于部分 CSI 处理, TX MIMO 处理器 320 可简单地对调制信号多路分解。全和部分 CSI MIMO 处理在下面会进一步详细描述。对于使用全 CSI 处理的 MIMO 系统, TX MIMO 处理器对每个发射天线提供了经预调整的调制符号流,每个经预调整的调制符号用于一个时隙。每个经预调整的调制符号是  $N_C$  个空间子信道在给出的时隙处的  $N_C$  个调制符号的线性(并加权)组合,下面会进一步详细描述。对于使用部分 CSI 处理的 MIMO 系统, TX MIMO 处理器 320 为每一个发射天线提供一调制符号流,一个调制符号用于一个时隙。对上述的所有情况,每一个调制符号流(经预调整或没有经预调整)或调制信号向量由各自的调制器(MOD) 322 接收并调制,再通过相关的天线 324 发射。

在如图 12 所示的实施例中,接收系统 350 包括多个接收天线 352,用于接收

发射的信号并向各自的解调器 (DEMOD) 354 提供接收信号。每个解调器 354 执行与在调制器 122 处进行的处理互补的处理。来自所有解调器 354 的解调符号被提供给接收 (RX) MIMO 处理器 356 并以下述的方式进行处理。用于传输信道的接收调制信号接下来被提供给 RX 数据处理器 358, 处理器 358 执行与 TX 数据处理器 314 进行的处理互补的处理。在特定的设计中, RX 数据处理器提供表示接收调制符号的比特值, 对比特值进行去交错, 并对去交错的值进行解码以产生解码比特, 解码比特然后被提供给数据宿 360。接收符号的去映射、去交错和解码是与发射机系统 310 处的进行符号映射、交错和编码互补。接收机系统 350 的操作下面进一步详细描述。

MIMO 系统的空间子信道一般会经历不同的链路情况 (例如, 不同的衰落和多路径效应) 并表现出不同的 SNR。因此, 不同信道的传输信道容量会不同。该容量可用每个发射信道上用于特定等级性能的发射信息比特率 (即, 每个调制符号的信息比特数) 来定量说明。而且, 链路情况一般随时间变化。其结果, 用于传输信道的支持信息比特率也随时间变化。为了更彻底地使用传输信道的容量, CSI 描述的链路情况可被确定 (一般是在接收机单元) 并被提供给发射机单元从而依此调节 (或适应) 其处理。

对于混合模式系统, 每个参与者一般都要求关于每个通信链路的配置和操作模式的信息。图 13 图示了 FL 协商的方法 400, 其中协商是在基站进行。该处理起始于步骤 402 处向移动用户的一个查询以确定分集能力信息。用于 FL 的分集能力包括移动站处使用的接收天线的数量。另外, 基站可要求关于用于多个接收天线的组合类型的信息。基站还可在同一个查询中请求关于给定的链路的信道质量的信息。基站从移动站接收信息并开始确定适合用于 FL 的配置和处理。如果基站具有单独的发射天线, 就如在菱形判决框 404 中所确定的, 处理进入菱形判决框 408 以确定移动用户是否具有单独的接收天线还是多个接收天线。对于使用单个发射天线和单个接收天线的 FL, 系统在步骤 416 配置成 SISO 模式操作。SISO 模式表示仅有单个传输流从基站处的一个天线发射到接收机处的一个天线。

如果基站在菱形判决框 408 确定移动站具有多个接收天线, 处理进入步骤 414 以将 FL 配置成 SIMO 链路。一般 SIMO 操作隐含了接收机能在高数据速率低  $E_b/N_0$  的情况下进行操作。在一个实施例中, SIMO 链路配置不要求对发射机进行进一步的修改, 而是当从发射机考虑时类似于 SISO。在另一个实施例中, SIMO 能增加数据速率, 并因此, 发射机从想要的接收机接收表示要求的数据速率的反馈。发射机然后按照要求的数据速率进行调整, 比如调整调制, 编码, 等等。这种发射机根据

来自接收机的反馈进行调整被看作是部分 CSI 操作。在一个实施例中，反馈信息被通过实时反馈信道提供给基站而不是建立在呼叫的开始时。回到菱形判决框 404，如果基站具有多个发射天线，处理进入菱形判决框 406 以确定如果移动用户具有多个接收天线。如果移动用户具有单个接收天线，在步骤 412，基站将链路配置成 MISO，否则移动站具有多个接收天线而在步骤 410 基站将链路识别为 MIMO。处理接下来进入步骤 418 以确定接收机的特定模式的性能，即，空间分集或纯分集。基站接下来依此配置 FL。各种指示符可被实施以确定 MIMO 模式操作。

在一个实施例中，基站确定 FL 的 C/I 以测量链路质量。移动站可被查询以提供链路质量的指示，比如在 FL 上从基站接收的信号的 C/I。基站将链路质量测值与预定的门限值相比较。如果链路质量较差，天线分集被用于从多个天线发射相同的数据信号。注意到在较差的链路情况中，同时使用发射和接收分集提供了一种最佳的解决方法。这种情况仍可被视为 MIMO 链路，其中 MIMO 链路的两种基本类型是：纯分集，即发射和接收都分集；以及空间复用，即平行信道。如果链路质量较好，则使用空间分集，否则使用纯分集。

图 14 图示了协商 RL 的对应的方法 500，其中协商在基站进行，该处理起始于步骤 502，向移动用户的一个查询以确定分集性能信息。用于 RL 的分集性能包括移动站处使用的发射天线的数量。另外，基站可要求关于用于发射天线的信号传输类型的信息。基站还可在同一个查询中要求表示给出的链路的信道质量的信息。基站从移动站接收信息并开始确定适合用于 RL 的配置和处理。如果移动站具有单个发射天线，就如在菱形判决框 504 中所确定的，处理进入菱形判决框 508 以确定是否基站具有单个的接收天线或多个接收天线。对于使用单个发射天线和单个接收天线的 FL，系统在步骤 516 配制成 SISO 模式操作。SISO 模式表示仅有单个传输流从移动站处的一个天线发射到基站处的一个天线。

如果在菱形判决框 508 确定基站具有多个接收天线，处理进入步骤 514 以将 RL 配置成 SIMO 链路。（再说一次，不需要对 SISO 进行特别的处理）。进一步的处理将在下面详细描述，确认链路的质量以确定合适的配置。

回到菱形判决框 504，如果移动站具有多个发射天线，处理进入菱形判决框 506 以确定是否基站具有多个接收天线。如果基站具有单个接收天线，在步骤 512，将链路配置成 MISO，否则如果基站具有多个接收天线而在步骤 510 将链路识别为 MIMO。处理接下来进入步骤 518 以选择操作模式作为空间分集或纯分集。如上面所述的，该决定可根据多个指示符而作出。

在混合模式系统中，基站配置该系统用于为每个链路提供合适的通信。基站还向远程站提供指令以指示应用的接收处理的类型。MIMO 处理可扩展信号用于具有唯一扩展码的每个单独通信链路，但在所有的天线元件上发射到所有的链路。各种方法可用于 SO 处理，即，MISO 和/或 SISO 处理。一种使用 2 个发射天线的方法在“无线通信的简单发射分集技术”（“A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications”）中描述，作者 Siavash M. Alamouti，发表于 1998 年 10 月的 IEEE JOURNAL ON SELECT AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 16, NO. 8, 第 1451-1458 页上，特地通过引用结合于此。发射分集方案被应用于双发射天线和单个接收天线的配置中。接收天线使用 MRC 类型的接收分集方法。

图 15 图示了使用该方法的系统的一个实施例。系统 600 包括与接收天线 606 进行通信的发射天线 602、604。接收天线 606 耦合到信道估计器 608 和组合器 610，组合器 610 耦合到最大似然检测器 612。在发射机处，操作由编码和信息符号的传输序列定义，在接收机处，由合成方案定义，在最大似然检测器处由判决规则定义。信号以指示的顺序从天线 602、604 发射。

天线 602 和 604 如图 15 所示建立发射向量。在第一时间天线 602 发射  $s_0$  而天线 604 发射  $s_1$ 。在第二时间天线 602 发射  $-s_1^*$  而天线 604 发射  $s_0^*$ ，其中 \* 表示复共轭操作。在时间  $t$  信道模型为  $h_0 = \alpha_0 \theta^{j\theta_0}$  和  $h_1 = \alpha_1 \theta^{j\theta_1}$ 。

信道估计器 608 向组合器 610 和最大似然检测器 612 提供  $h_0$  和  $h_1$ 。从  $h_0$  和  $h_1$  的值，组合器 610 形成两个组合的信号  $\overline{s_0}$  和  $\overline{s_1}$  并提供给最大似然检测器 612。在信道估计器 608 和组合器 610 处的接收信号为  $r_0 = h_0 s_0 + h_1 s_1 + n_0$ ，以及  $r_1 = -h_0 s_1^* + h_1 s_0^* + n_1$ ，其中  $n_0$  和  $n_1$  表示每个路径注入的噪声项。噪声注入可能是在接收天线 606 和信道估计器 608 之间引入的。第一信号  $\overline{s_0}$  被计算为  $h_0^* \cdot r_0 + h_1 \cdot r_1^*$ ，而第二信号  $\overline{s_1}$  被计算为  $h_1^* \cdot r_0 - h_0 \cdot r_1^*$ 。

如图 15 所示，信道估计  $h_0$  和  $h_1$  以及信号  $\overline{s_0}$  和  $\overline{s_1}$  被提供给最大似然检测器 612。选择判定规则由最大似然检测器 612 应用于信号  $\overline{s_0}$  和  $\overline{s_1}$ 。设  $N_t=2$  而  $N_r=M$ ，该配置及方法提供  $2M$  的分集级，即  $2M$  个通信链路。

图 15 的系统 600 可被扩展以加入多个接收天线，其中对于每个从发射机到接收机的通信链路进行信道估计。信道估计接下来被提供给组合器，其中选择准则被应用于该通信链路。

进一步，图 15 所示系统的操作可扩展成使用 Walsh 函数的组合。图 16 图示了按照一个实施例的非信道状态信息，或非 CSI 类型的发射机调制解调器结构 700。

发射机处的非 CSI 调制解调器不依靠实质性的信道状态信息。该结构通过应用 Walsh 函数于发射信号上来在从多个发射天线上发射的信号中建立正交性。由 Walsh 函数提供的正交性可用于通过向每个天线发射区分的发射信号符号来有效增加带宽。如图 16 所示，调制解调器 700 包括网格编码单元 702，耦合于调制器 704，比如正交调幅调制器。其他实施例可使用其它类型的调制器。调制信号通过开关 706 被提供给多个天线中的一个(图中未示出)。每个天线耦合于一个对应的乘法器 708。信号被路由到乘法器 708 用于应用唯一的 Walsh 编码。开关 706 将调制器 704 的输出耦合到每一个乘法器 708，并从而一次耦合到一个天线。

图 16 所示的调制解调器结构增加了图 15 所示的传输编码和接收处理的效率。例如，考虑两个符号的传输，记为 A 和 B。发射机建立两个发射向量  $x_1 = [AB]^T$  以及  $x_2 = [B-A]^T$ 。不同的 Walsh 编码被应用于每个向量。两个向量的元件接下来分别在两个天线上依次被发射。考虑到如图 15 所示的配置具有两个发射天线和一个接收天线。接收机可应用适当的 Walsh 编码建立对于两个发射信号的估计。

在另一个实施例中，每个乘法器 708 不通过开关 706 而直接耦合到 QAM 704。发射信号符号通过发射天线被重复，其中在每个天线处每个符号使用不同的 Walsh 序列进行扩展。其产生的正交性可被用于建立跨过所有发射天线的全发射分集。

另一种分集处理的方法在“用于无线 CDMA 系统的创新的时空扩展方案”(“A Novel Space-Time Spreading Scheme for Wireless CDMA System”)，由 B. M. Hochwald 等发表于 37 届通信、控制及计算年度 Allerton 会议上，1999 年 9 月 22-24 日，第 1284-1293 页，特别通过应用结合于此。基站的发射分集通过发射信号的时空扩展来增强。按照一个实施例，该方法指定了发射信号的形式和编码的类型，每个发射信号通过不同的天线元件被扩展。对于具有双发射天线和单个接收天线的情况，使用两个扩展编码。两个扩展编码都被应用于两个发射符号。发射信号为  $t_1 = (1/\sqrt{2})(b_1c_1 + b_2c_2)$  和  $t_2 = (1/\sqrt{2})(b_2c_1 - b_1c_2)$ ，其中  $b_1$  和  $b_2$  是数据符号， $c_1$  和  $c_2$  是扩展编码。接收机使用  $c_1$  和  $c_2$  编码去扩展接收信号。

另一种天线分集的方法在美国专利 No. 5280472，“CDMA 微蜂窝电话系统和用于其的分散天线系统”(“CDMA MICROCELLULAR TELEPHONE SYSTEM AND DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEM THEREFOR”)，由 Klein S. Gilhousen 发表于 1994 年 1 月 18 日，转让给本发明的申请人为受让人并特地通过引用结合于此。图 17 所示的系统 800 具有与 CDMA 通信系统中的移动用户进行通信的分布式天线结构。移动用户可使用任何一种天线配置。系统 800 包括收发机，接收用于传输的编码信号并进行编码信

号的频率转换以生成射频, RF 信号。收发机 802 将 RF 信号提供到分布式天线系统 804, 天线系统 804 具有串联耦合的天线元件 806、808、810、...812。延迟元件 814、816、818、...分布于相邻的天线元件 806、808、810、...812 之间。延迟元件 814、816、818、...向从每个天线 806、808、810、...812 发射的信号提供预定的延迟(一般的大于 1 个码片)。延迟信号提供促进信号分集的多路径用于增强系统性能。

其他实施例可以按照不同的配置及方法来提供发射分集和/或接收分集。在每一个这种情况中, 基站确定每一个通信链路的配置和要求。基站可从给定的移动用户处要求附加的信息, 类似的, 需要向一个或所有移动用户发射特定的处理信息。基站可基于给出的通信链路的限制或其他准则来从多个传输方案中进行选择。在一个实施例中, 基站根据通信链路信道的质量来确定传输方案。另一个实施例根据期望的信号差错率来进行寻找。

图 18 图示了按照一个实施例的基站 900, 具有多个天线 902, 包括多个发射天线和接收天线。需要注意图 18 的电路也可应用于远程站。其他配置可使用分开的接收天线和发射天线。如图示, 通信总线 916 在基站 900 内提供用于中央处理器 912、存储设备 914、天线分集控制器 906、调制解调器 910 和错误编码及状态单元 908 的接口。收发机 904 耦合于天线 902 准备用于传输的信号。收发机 904 耦合于天线分集控制器 906 和调制解调器 910。

基站 900 在每个通信链路起始时确定传输方案。起始是指通信的开始, 包括, 但不限于, 响应来自基站的寻呼消息, 或来自移动用户的进行通信的请求。在基站 900 中, 分集控制判决由中央处理器 912 按照保存在存储设备 914 中的计算机可读指令进行处理。分集控制指令可保存在存储设备 914 和/或天线分集控制器 906 中, 其中判决准则可根据通信环境等进行动态调整。

对于一个给定的通信链路, 天线分集控制器 906 确定配置和处理的类型, 即传输方案。对于 MIMO 配置, 天线分集控制器 906 应用公共传输方案于多个发射天线 902 中的每一个。在一个实施例中, 使用默认的方案, 在另一个实施例中, 方案从多个选项中选择。

基站 900 分别执行图 13 和图 14 中的方法 400 和 500 来确定合适的传输方案。基本上, 按照一个实施例, 该方法从通信的其他参与者处提取天线分集状态信息。处理该信息以确定合适的、可用的传输方案。该传输方案可以是简单的或是复杂的, 者要根据系统性能而定。方法 400、500 可保存在计算机可读指令中, 并保存于存储设备 910 或天线分集控制器 906。根据该选择, 调制解

调器 910 在天线分集控制器 906 的指示下对基带数据符号进行编码。在一个实施例中，天线分集状态是指示 MISO 或 MIMO 配置的 FL 分集指示符。在另一个实施例中，天线分集状态包括指示 SIMO 或 MIMO 配置的 RL 分集指示符。在简单的形式中，FL 和 RL 指示符可以是一个比特，其中正值表示移动用户处和对应路径相关的是多个天线，而负值表示单个天线。天线分集状态可包括多个信息，并可以消息的形式被发送到基站 900。对于给出的移动用户，天线分集状态可包括发射天线的数量，接收天线的数量，接收分集配置，以及移动用户的其他参数。基站 900 使用所有这些信息或其中的一些来为移动用户，即给出的通信链路选择传输方案。

当基站选择了一个传输方案时，天线分集控制器 906 向该移动用户发送操作指令。基站从一组预定方案中识别出一个以提供接收处理，包括，但不限于，形成用于产生发射信号的方程、选择判决准则、发射天线的数量，等等。类似的，基站 900 也可指示移动用户关于用于 RL 的传输方案。可以以消息的形式将确认发射到移动终端，或广播到所有的用户。

各种天线分集方案可用于处理至仅具有单个天线的接收机的通信。实施例可使用任何数量的这种方案和/或它们的组合。类似的，发射机和接收器之间对于通信链路上给定路径的协商可以用多种方式处理。按照一个实施例，天线分集状态信息按照预定的格式和/或协议发射。另一个实施例允许发射机向接收机查询单独的分集参数，比如接收天线的数量、天线的配置和/或空间位置、接收分集处理细节，等等。另一个实施例允许接收机向发射机查询细节信息。一般而言，天线分集协商在通信起始时进行，然而，其他实施例可允许在通信期间的调整，其中通信链路的质量随着时间和环境情况而下降。

无线通信系统中空间分集的实施需要考虑那些不具有处理多个发射信号能力的移动站，例如 SISO 单元。一种强制进行的方法是为能进行 SISO 的移动站分配不同于该系统中使用的其他载波频率的载波频率。一种智能的分集解决方法，就如这里上面所述的，结合了能在混合操作系统中容纳单个接收天线用户的算法或其他方法或技术。另一个方法，对系统的带宽使用有较少的需求，结合了延迟发射分集，其中准备发射到能进行 SISO 的移动站的信号在每个天线发射时具有一个延迟。这为保护提供给 SISO 用户信号不受干扰提供了足够的能量。

按照一个混合模式系统中的空间分集的实施例，如图 19 所示，基站 1000

适于在混合模式系统中通信。例如，基站 1000 可与能进行 SISO 的移动站 1012 通信而且基站 1000 能与可进行 MIMO 的移动站 1014 通信。移动站 1012 不具有接收来自使用发射分集的发射机的信号的能力。这隐含了移动站 1012 具有单个的接收天线并且不适用于任何用于处理使用发射分集信号的软件、硬件或其他装置。移动站 1012 是一个基本的 SISO 设备。能进行 MIMO 的移动站 1014 可包括下列的组合：多个接收天线、具有组合多个接收信号能力的瑞克(rake)类型的接收机电路、用于实施如这里上面所述的智能分集方法的软件和/或硬件。

为了优化操作，基站 1000 期望使用空间分集或纯分集技术来向能进行 MIMO 的移动站 1014 进行发射，然而，这种来自多个天线的传输将把干扰引入能进行 SISO 的移动站 1012。如这里上面所描述的，SISO 通信中的接收信号的 SNR 表示为，其中接收机包括瑞克类型的接收机：

$$\gamma_{SISO} = \left( \frac{W\phi I_0}{R} \right) \cdot \left[ \frac{\alpha}{\eta + \beta I_0} + \frac{\beta}{\eta + \alpha I_0} \right] \quad (5)$$

等式(5)的括号中的第一个分式的分母中的干扰功率与第二个分式中的信号功率同等相关。假设数据速率和分配的功率适当相匹配，由延迟扩散造成的干扰功率并不在整体错误率中起重要的作用。也就是说，主要的出错事件是出在两个信道均衰落噪声时。

当发射机引入附加的发射天线以容纳使用 MISO 和/或 MIMO 的用户时，该第二发射天线导致了对于 SISO 用户的信道响应  $H_1(t) = h_{1,0}(t) + h_{1,1}(t-T)$ ，且瑞克类型的接收机的输出 SNR 现在变成：

$$\gamma_{mixed\_mode} = \left( \frac{W\phi I_0}{R} \right) \cdot \left[ \frac{\alpha}{\eta + \beta I_0 + I_1} + \frac{\beta}{\eta + \alpha I_0 + I_1} \right] \quad (6)$$

观察表示 SISO SNR 的等式(6)，来自附加发射天线的功率在括号中的两个分式的分母上都呈现为独立的衰落的干扰。在这种情况下，主要的出错是来自天线 0 的期望的信号由于与附加天线辐射的干扰功率相关的衰落造成的。所以在混合操作(即，一个发射机既与 MIMO 和/或 MISO 用户通信又与 SISO 用户通信)中，来自附加天线的干扰功率会严重降低 SISO 用户的性能。

为了使基站 1000 可使用空间分集，即多个天线来向移动站 1012 和 1014 进行发送，基站 1000 在从多个天线发射到移动站 1012 的信号上实施延迟。为准备发射到能进行 SISO 的移动站 1012 的信号提供多个复制提供了防止由于从多个天线上的

传输而造成的阻塞所需要的附加信号能量。

如图 19 所示，基站 1000 包括天线 1008、1010，其中其他实施例可包括任何数量的天线。准备发射到能进行 MIMO 的移动站 1012 的第一信号标记为 SINGAL 1，其中该信号被提供给基站 1000 的天线 1008。准备发射到能进行 MIMO 的移动站的第二信号标记为 SINGAL 2，其中该信号被提供给基站 1000 的天线 1010。

准备发射到能进行 SISO 的移动站 1012 的第三信号标记为 SINGAL 3，其中该信号被通过节点 1002 提供给天线 1008。SINGAL 3 被提供给天线 1010 作为延迟信号，其中 SINGAL 3 被提供给延迟元件 1004，然后提供给节点 1006。对于具有比图 19 所示的更多天线的实施例，每个附加的天线可具有相关的延迟。

移动站 1012 接下来接收从天线 1008 发射的 SINGAL 3 以及从天线 1010 发射的 SINGAL 3 的延迟形式。从天线 1010 发射的 SINGAL 3 的延时形式的能量提供了用于平衡由天线 1008 产生的其他信号的其他能量造成的影响的能量。上面考虑的具有双路径信道模型的情况下，SISO 瑞克接收机的输出的有效 SNR 表示为：

$$\gamma_{mixed\_mode} = \left( \frac{W\phi}{R} \right) \cdot \left[ \frac{\alpha I_0}{\eta + \beta I_0 + I_1} + \frac{\beta I_0}{\eta + \alpha I_0 + I_1} + \frac{\alpha I_1}{\eta + I_0 + \beta I_1} + \frac{\beta I_1}{\eta + I_0 + \alpha I_1} \right] \quad (9)$$

其中

$$a = E\{|h_{0,0}|^2\}$$

以及

$$b = E\{|h_{0,1}|^2\}$$

按照一个实施例，移动站能在各种传输方案中进行操作。

如图 20 所示，移动站 1100 包括耦合于接收机 1104 的接收天线阵列 1102。在一个实施例中，该接收机 1104 是收发机。接收机 1104 接下来耦合于信道质量测量单元 1106。移动站 1100 测量关于信道质量的参数，比如 C/I，并基于上述参数做出表示接收处理的判决。通常，移动站基于信道质量、干扰加上噪声电平以及其他可能的准则做出数据速率决定。移动站向基站传达描述较佳传输模式的信息。该判决确定哪一个传输方案将被天线分集控制器 1108 实施用于该信道。

在移动站 1100 中，模块通过通信总线 1116 进行通信。指令可存储在存储器储存设备，比如存储器设备 1114 中。中央处理器 1112 控制移动站 1100 内的操作。在一个实施例中，在存储设备 1114 中提供快速查找表，其中各表项将传输方案与多个信道质量测量值相关联。其他实施例可使用信道质量的其他测量，能有效提供

用于确定传输方案的信息。

如这里上面所描述的，基站经常操作于可能包括各种不同接收机，即移动站等的无线通信系统中。为了处理对 SISO 接收机的传输，基站确定一个传输方案。该传输方案可以是分集技术，比如通过 Walsh 或 Alamouti 所描述的，如这里上面所述的，可以是纯分集方案，或者是这些的组合。类似的，基站可使用如这里上面所描述延迟来实施传输方案。为了实现高数据速率，其他实施例实施空间复用方案，其中冗余的数据被发射。基站基于该基站和接收机的资源来选择传输方案。接收机的资源可在接收机的基站注册时提供，或者基站可查询接收机以获得这种信息。基站接下来实施方案。

熟悉本领域的人员应该理解可以使用不同的工艺和技术来表示信息和信号。比如，贯穿于上述说明中的数据、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、磁场或磁粒子、光场或光粒子或者任何他们的组合。

熟悉本领域的人员还应该认识到和这里公开的实施例相关的各种图示的逻辑框图、模块、电路和算法步骤可以通过电子硬件、计算机软件或者它们的组合来实现。为了清楚地表示硬件和软件的互换性，通常以功能性描述的形式来说明上述的各种图示的部件、框图、模块、电路和步骤。这些功能是用硬件还是软件来实现取决于具体的应用和对总体系统设计的限制。熟练的技术人员对每一个具体的应用都可以用多种方法来实施所述的功能，但是这种实施方式的确定不应该解释为脱离了本发明的范围。

和这里公开的实施例相关的各种图示的逻辑框图、模块和电路可以用通用处理器、数字信号处理器(DSP)、应用专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可变成逻辑设备、离散门或晶体管逻辑、离散硬件部件、或任何为实现所述功能而设计的它们的组合来实现。通用处理器可以是微处理器，或者，处理器可以是任何传统处理器、控制器、微处理器或状态机。处理器也可以用计算机设备的组合，比如 DSP 和微处理器的组合、多个微处理器、和 DSP 核心连接的一个或多个微处理器或者其他配置来实现。

和这里公开的实施例相关的方法或算法的步骤可以直接以硬件、由处理器执行的软件模块或者两者的组合来体现。软件模块可以放置在 RAM 存储器、闪存、ROM 存储器、EPROM 存储器、EEPROM 存储器、寄存器、硬件、可移动磁盘、CD-ROM 或其他形式的存储媒体或者本领域中熟知的计算机可读媒体。一个示范存储媒体与处理器相耦合，使得处理器就能将信息读取自、或写入到存储媒体中。或者，存储媒

体也可以集成到处理器上。处理器和存储媒体可以放置在 ASIC 中。ASIC 可以放置在移动站中。或者，处理器和存储媒体可以放置在移动站的离散部件中。

先前的对于所公开的实施例的描述是提供给任何熟悉本领域的人员来实施或使用本发明的。对这些实施例做的各种修改对于熟悉本领域的人员来说是显而易见的，这里所定义的一般原理可以应用于其他实施例而不脱离本发明的思想和范围。这样，本发明的不应该被这里所示的实施例所限而是应该按照这里所公开的原理和创新性特征的最宽范围。

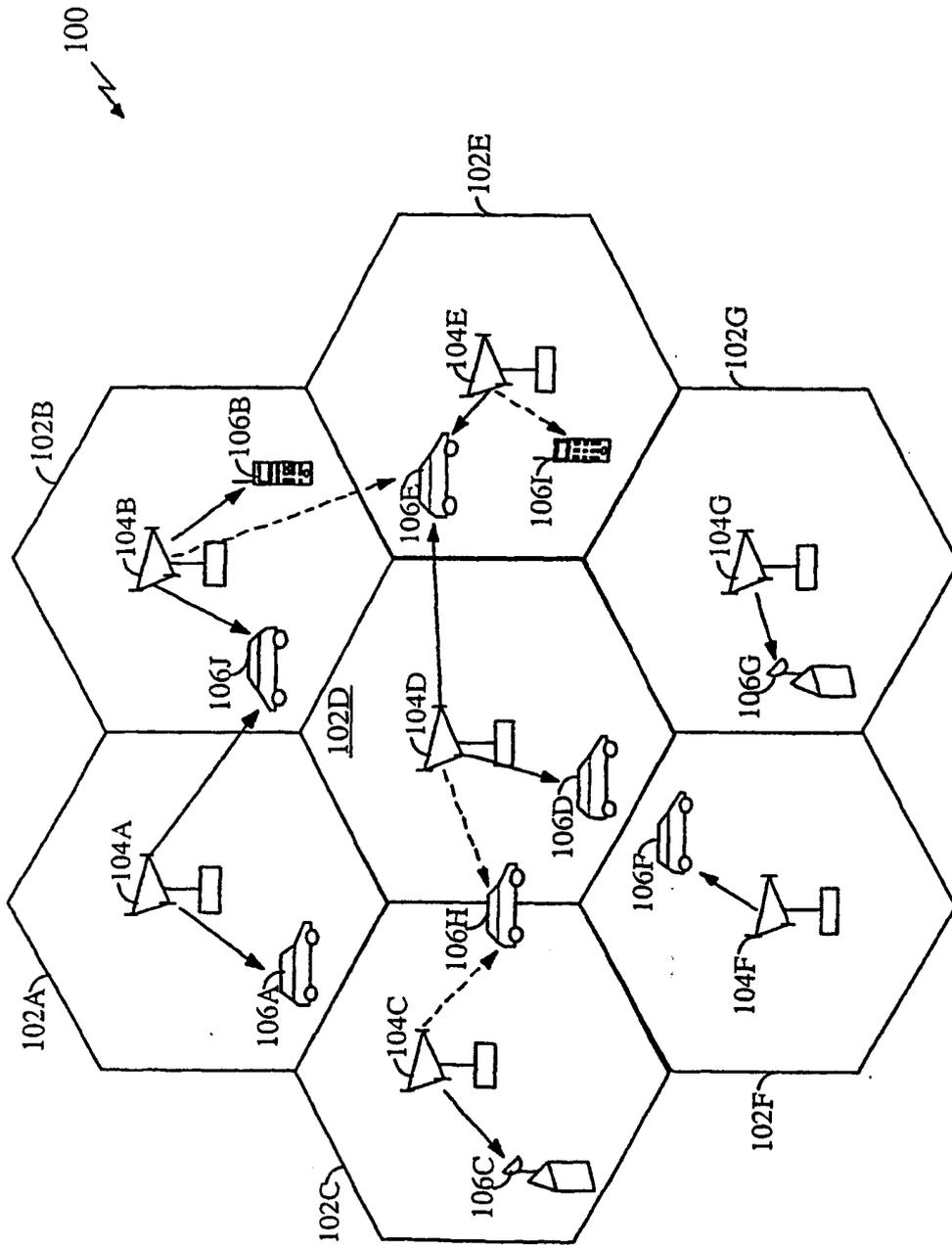


图 1

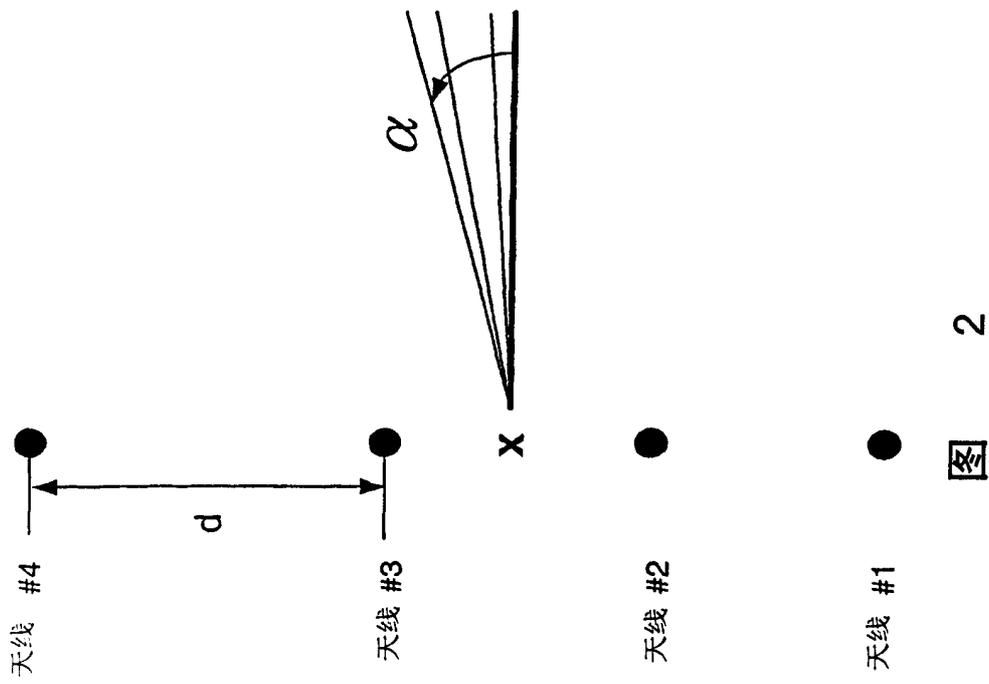


图 2

	接收天线数量	
发射 天线数量	1	$N_r$
1	SISO	SIMO
$N_t$	MISO	MIMO

图 3

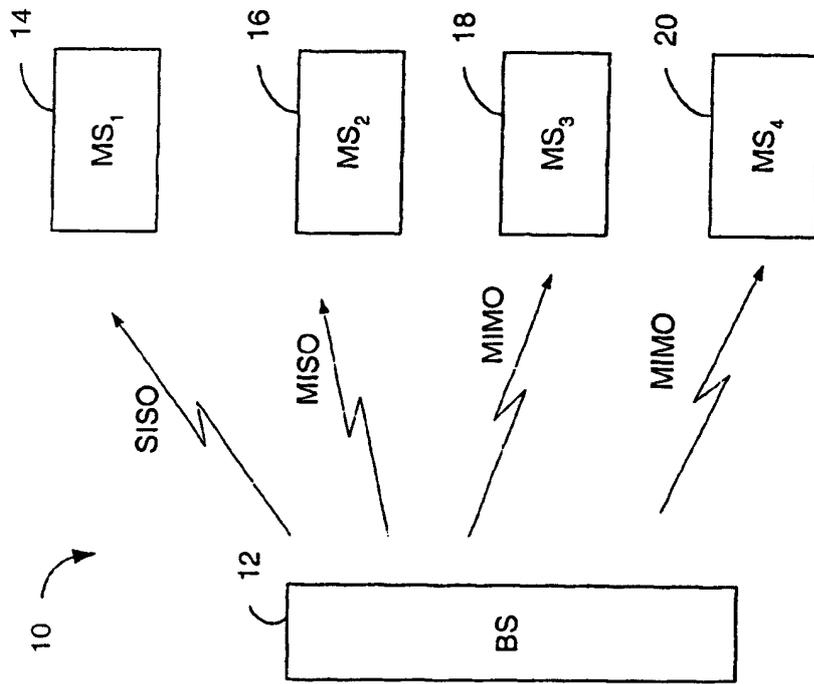


图 5

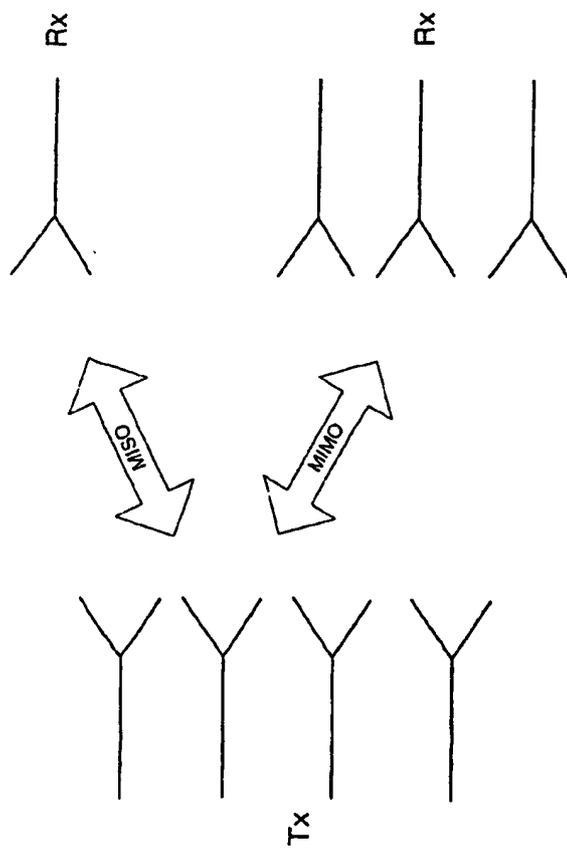


图 4

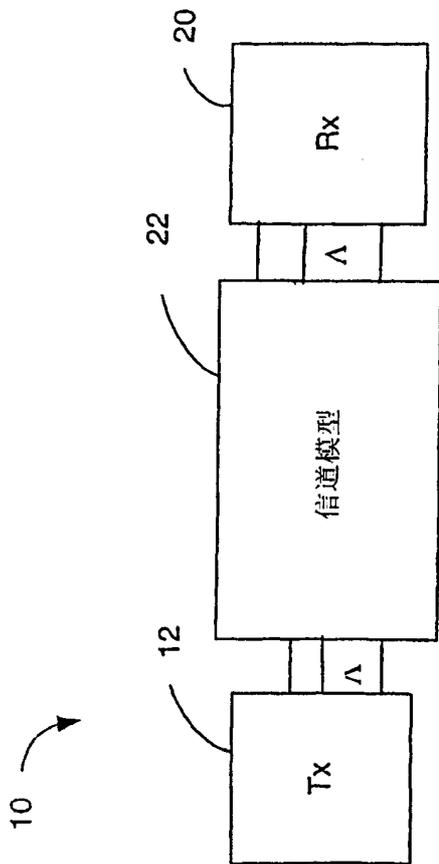


图 6

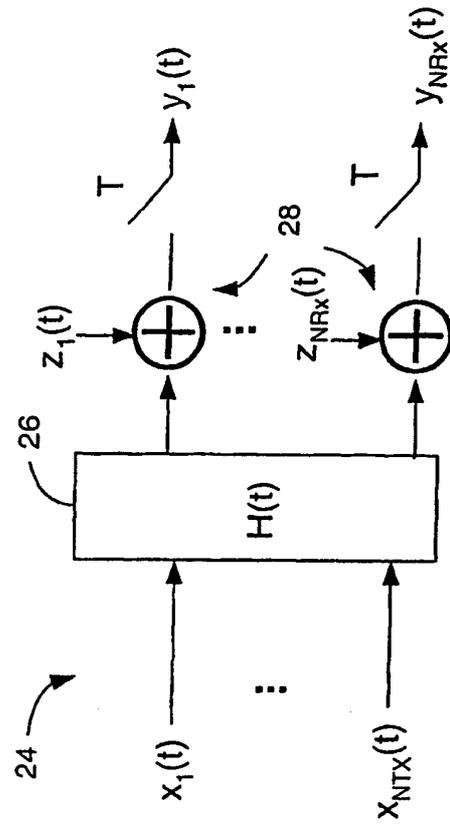
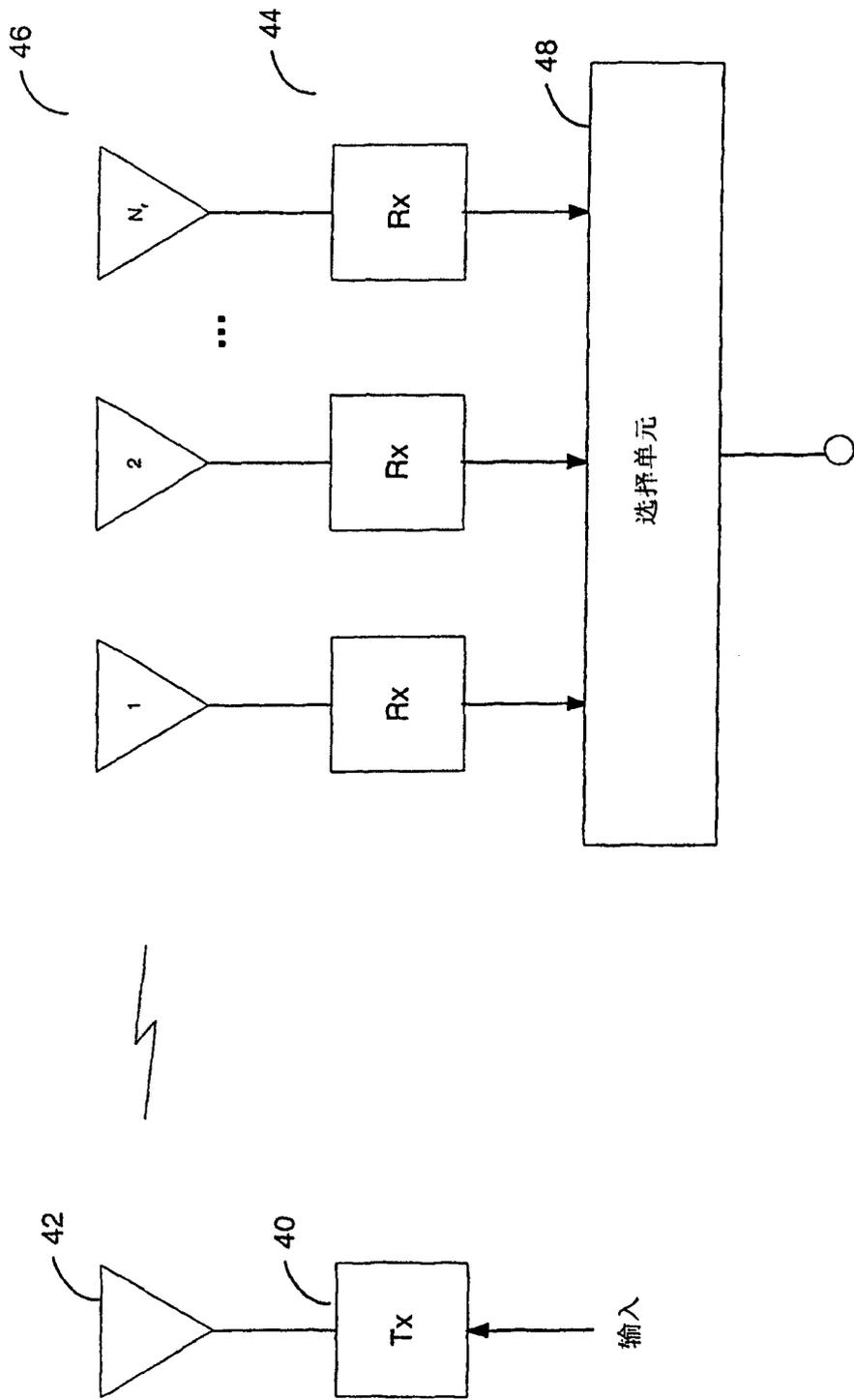


图 7



输出N<sub>r</sub>个接收器中最好的一个

图 8

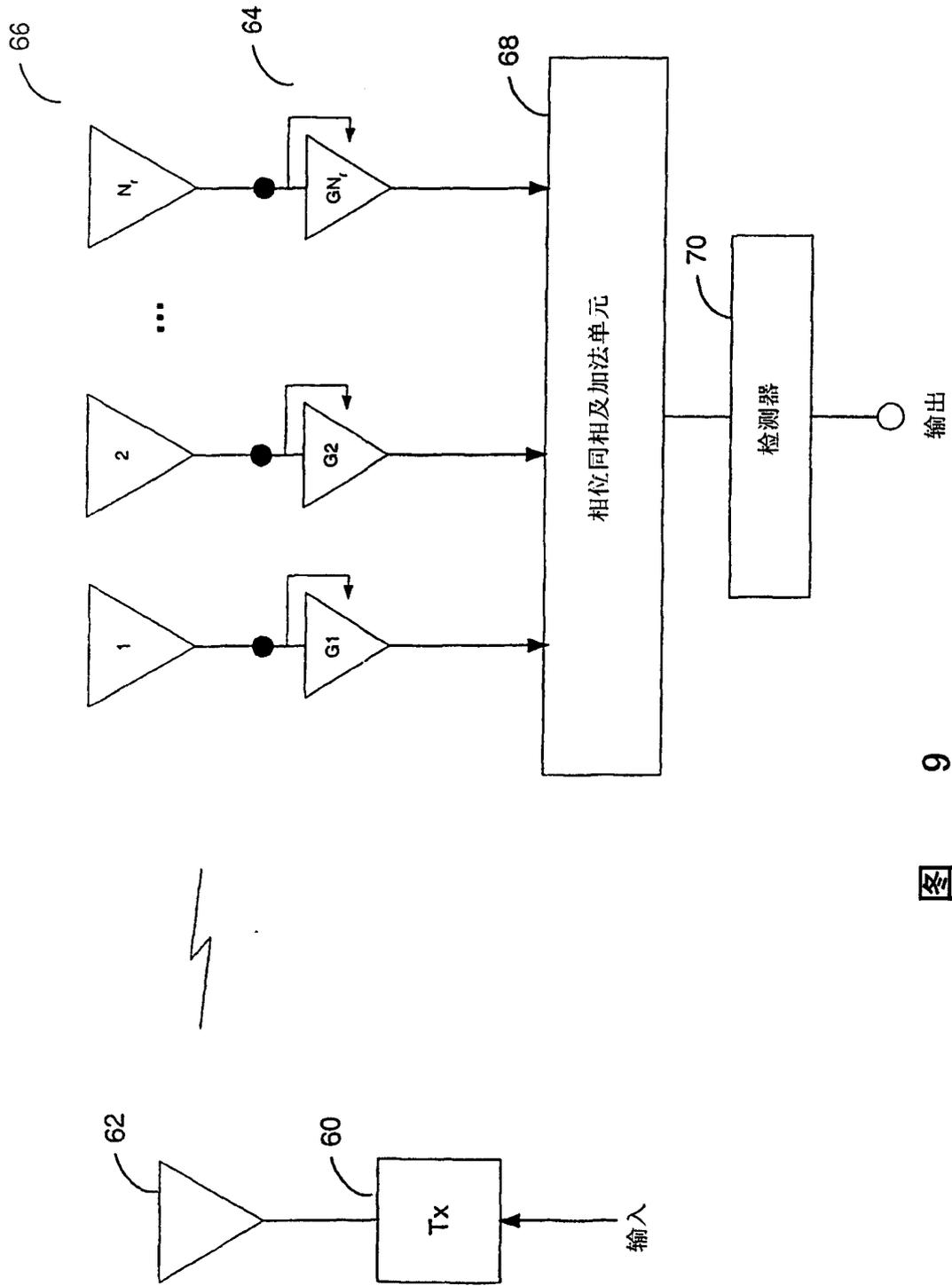


图 9

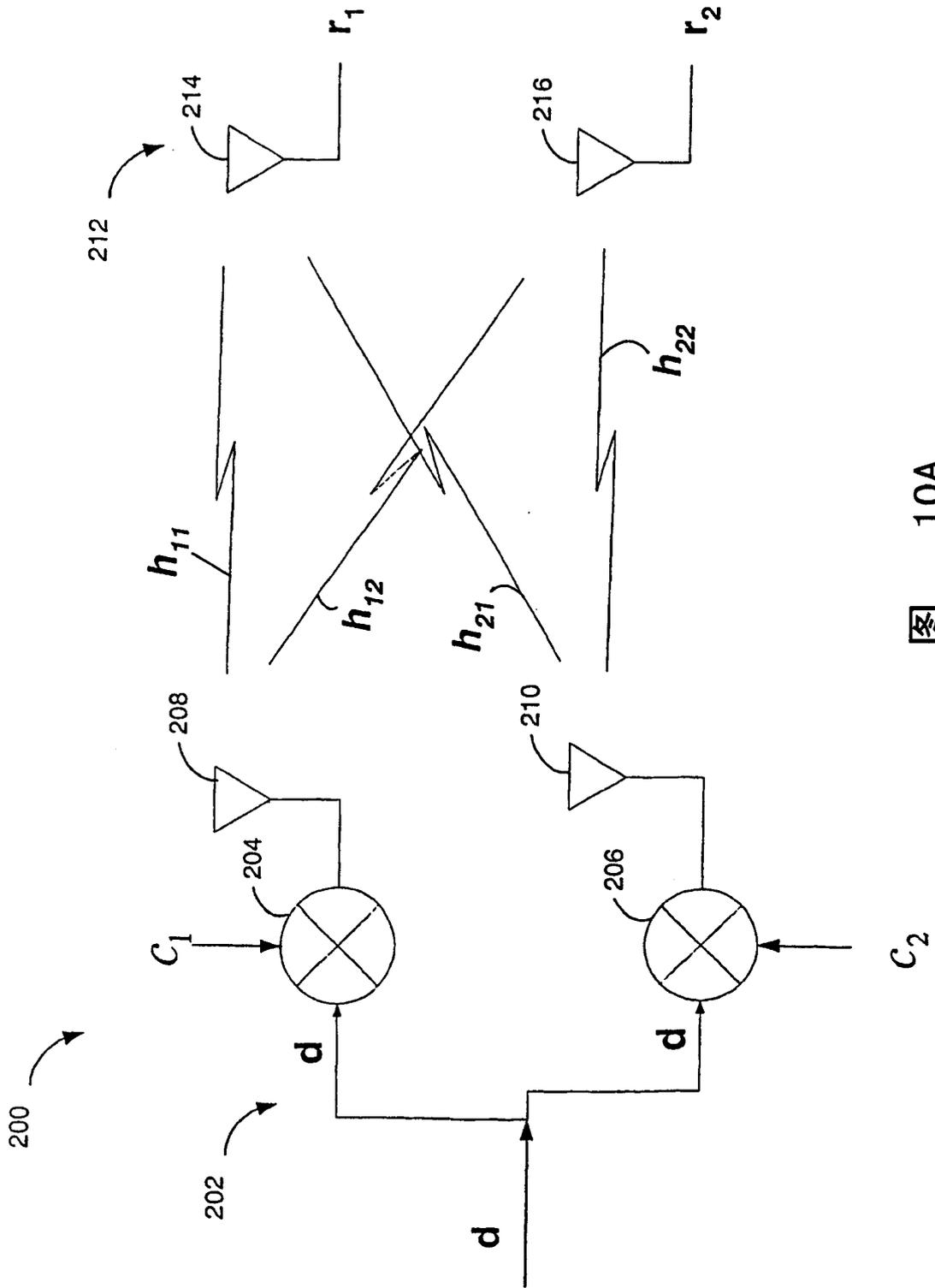
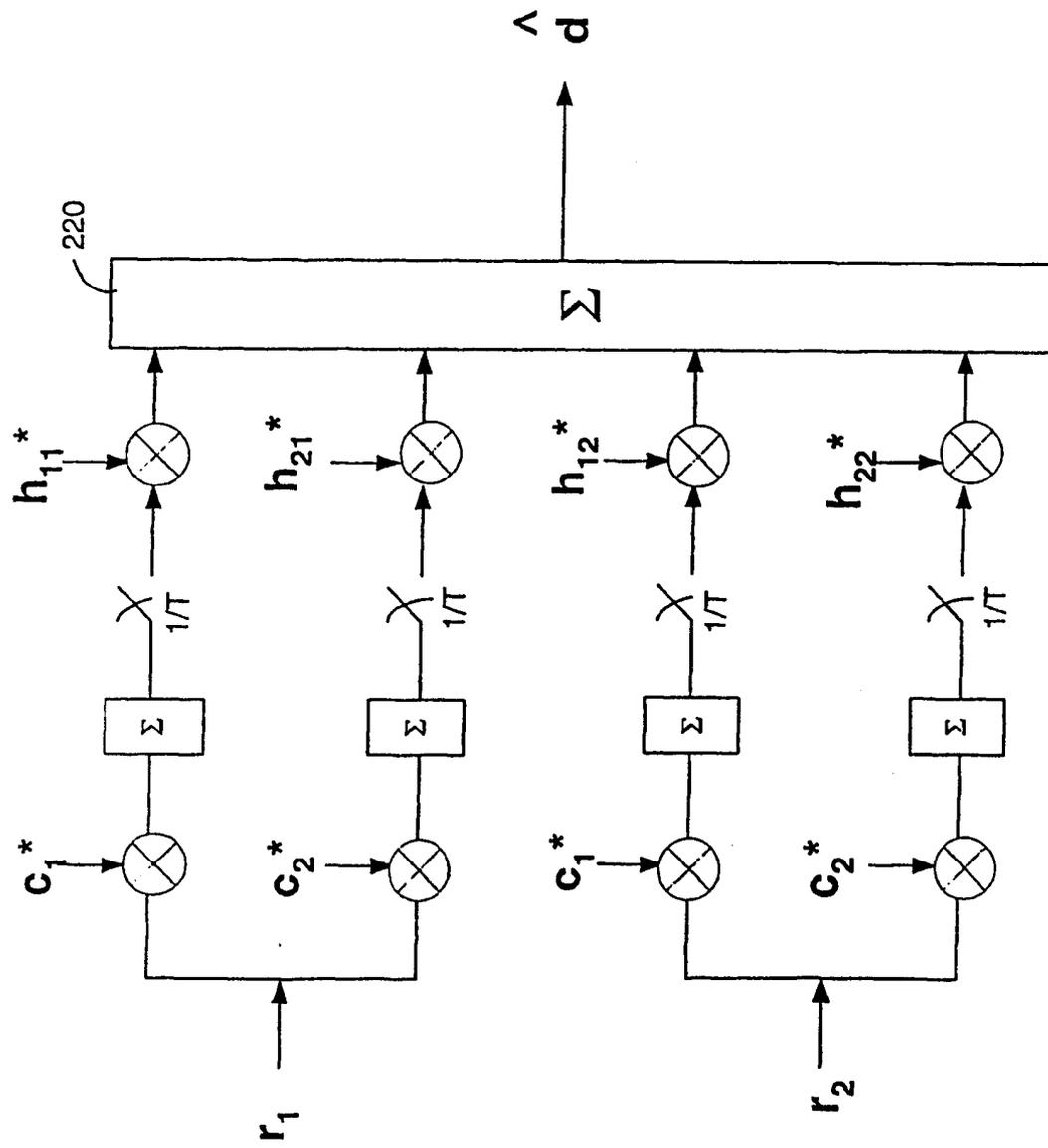


图 10A



212 ↗

图 10B

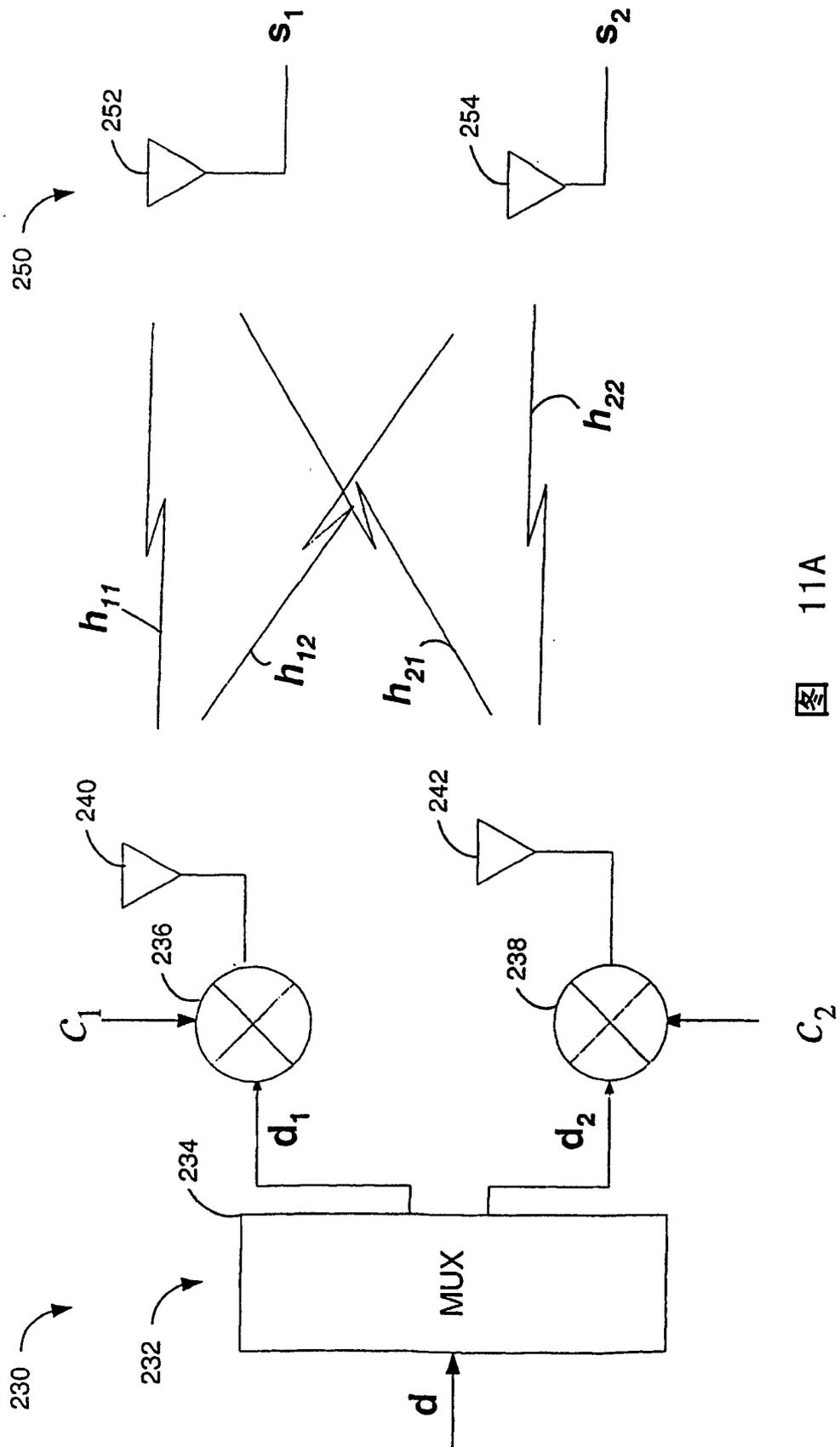


图 11A

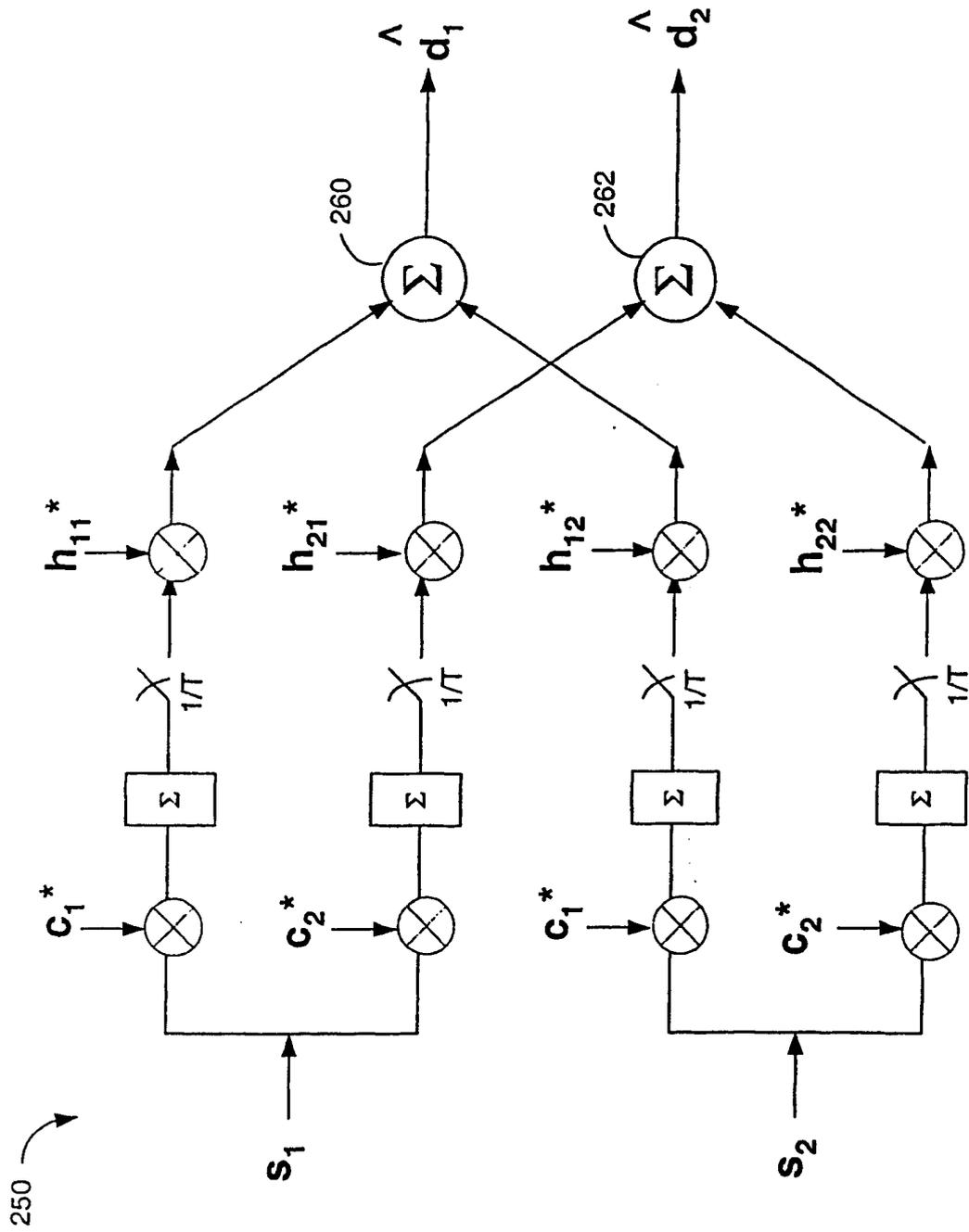


图 11B

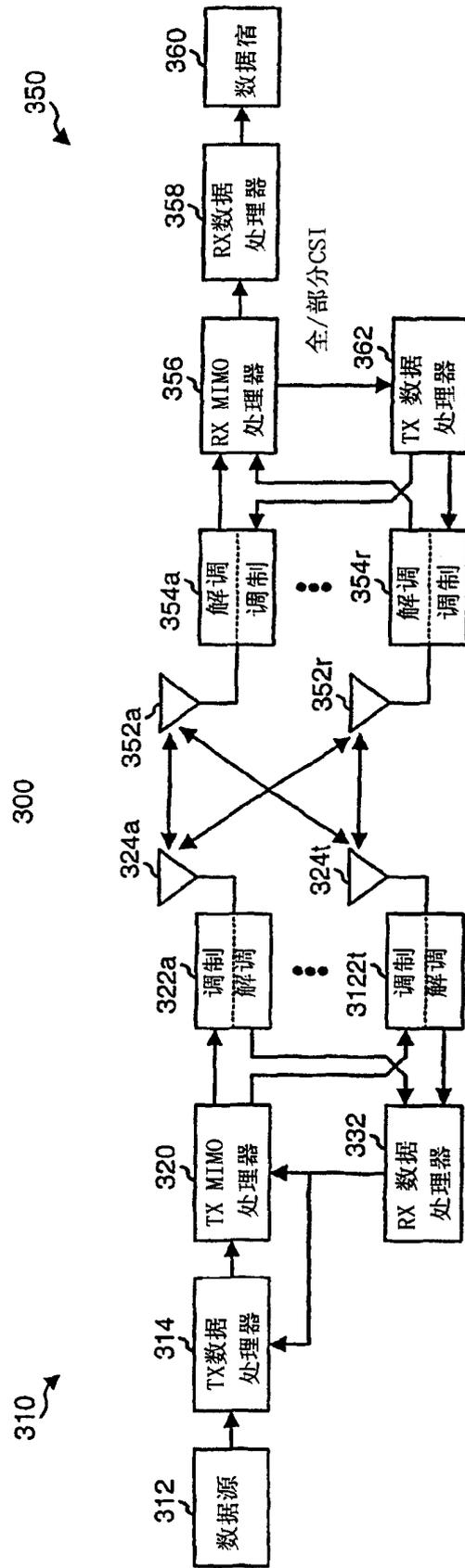


图 12

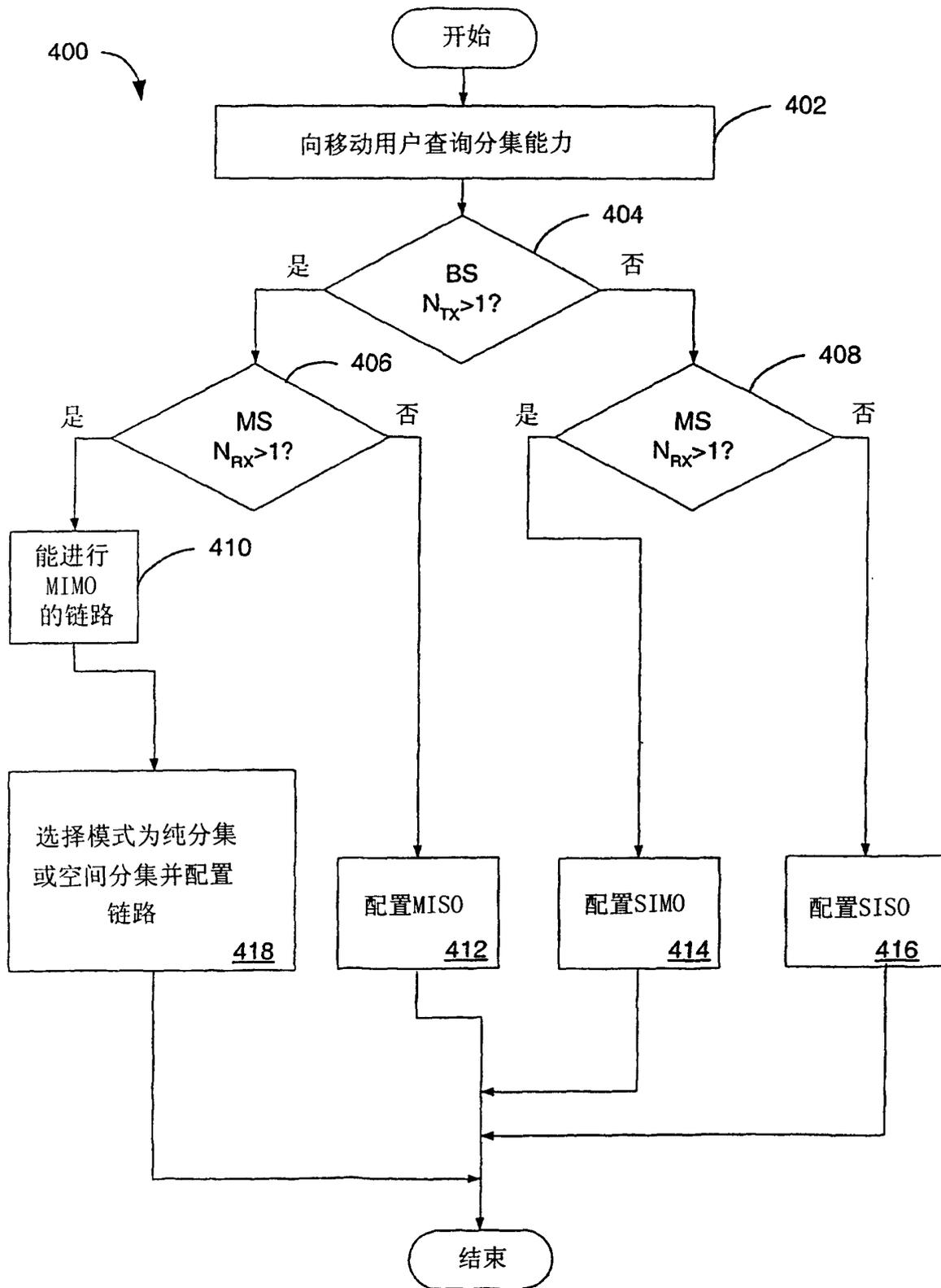


图 13

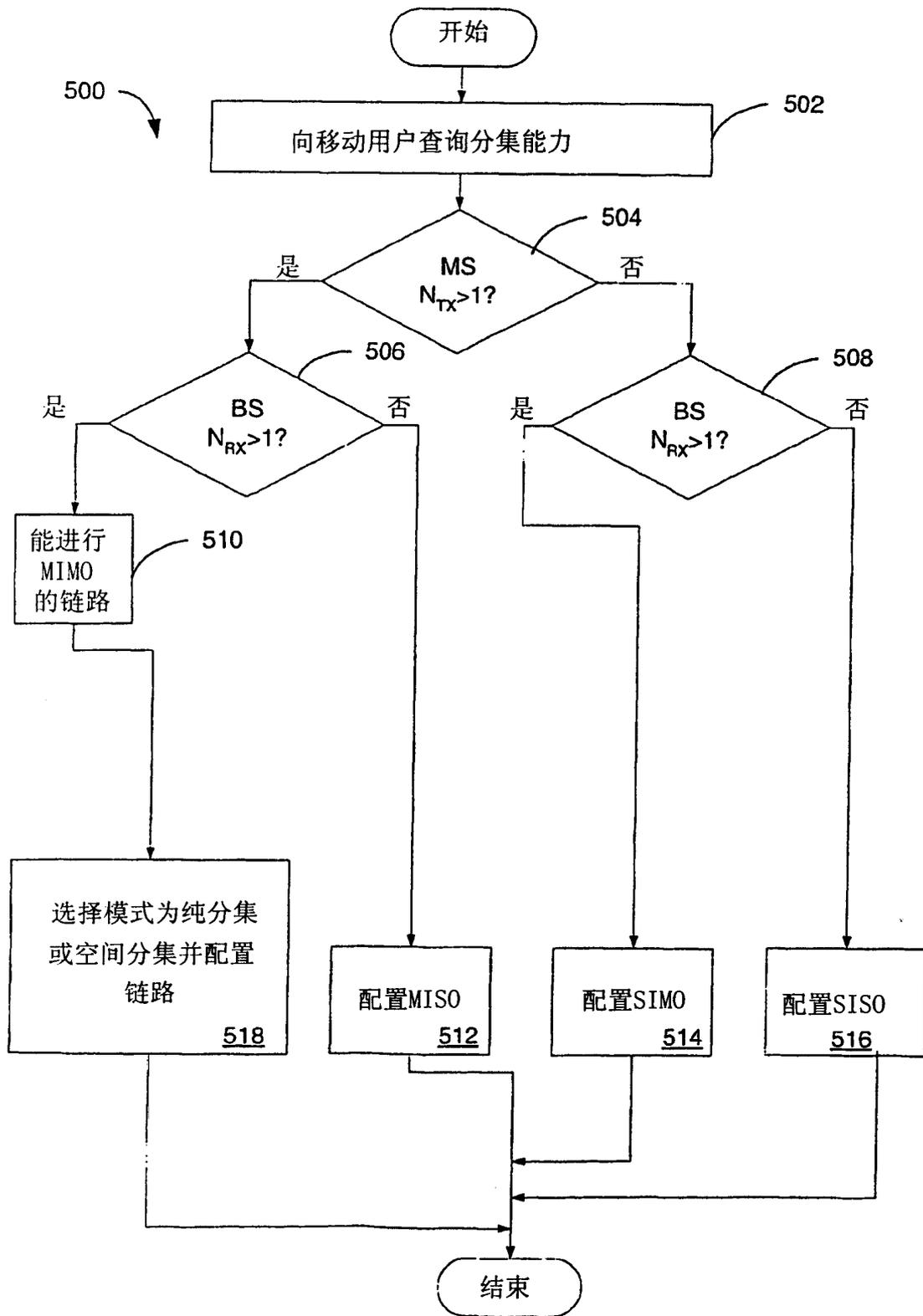


图 14

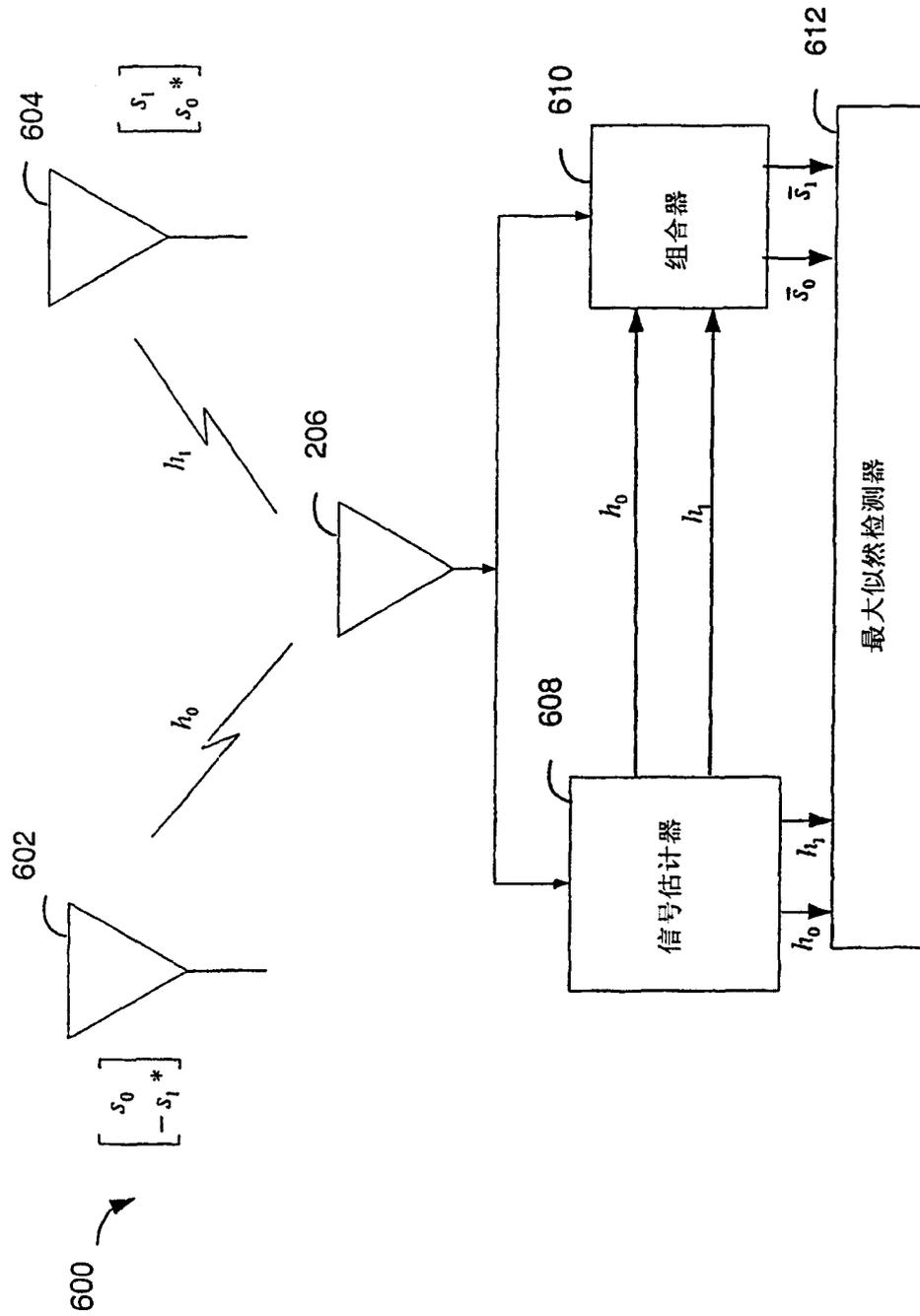


图 15

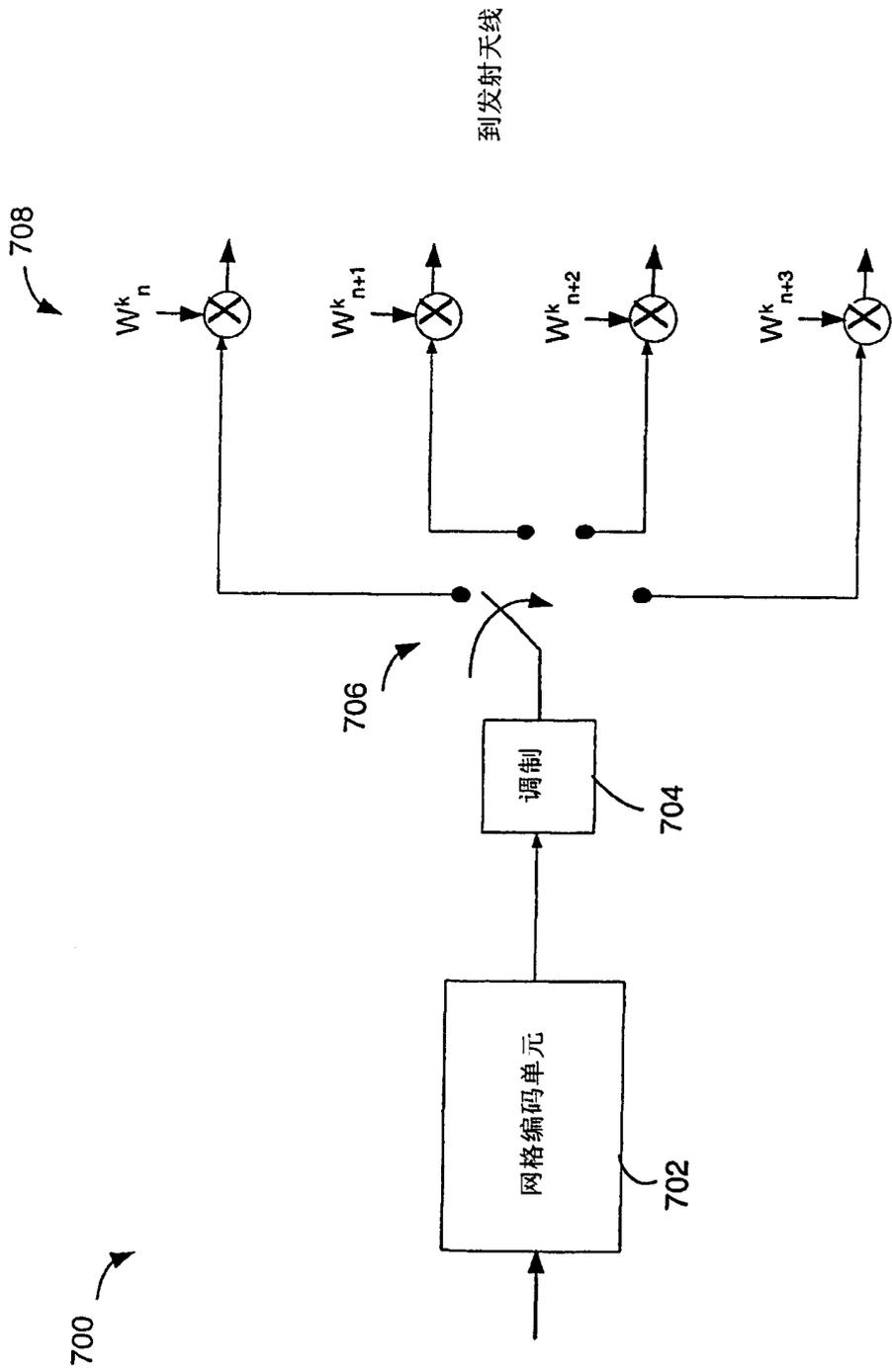


图 16

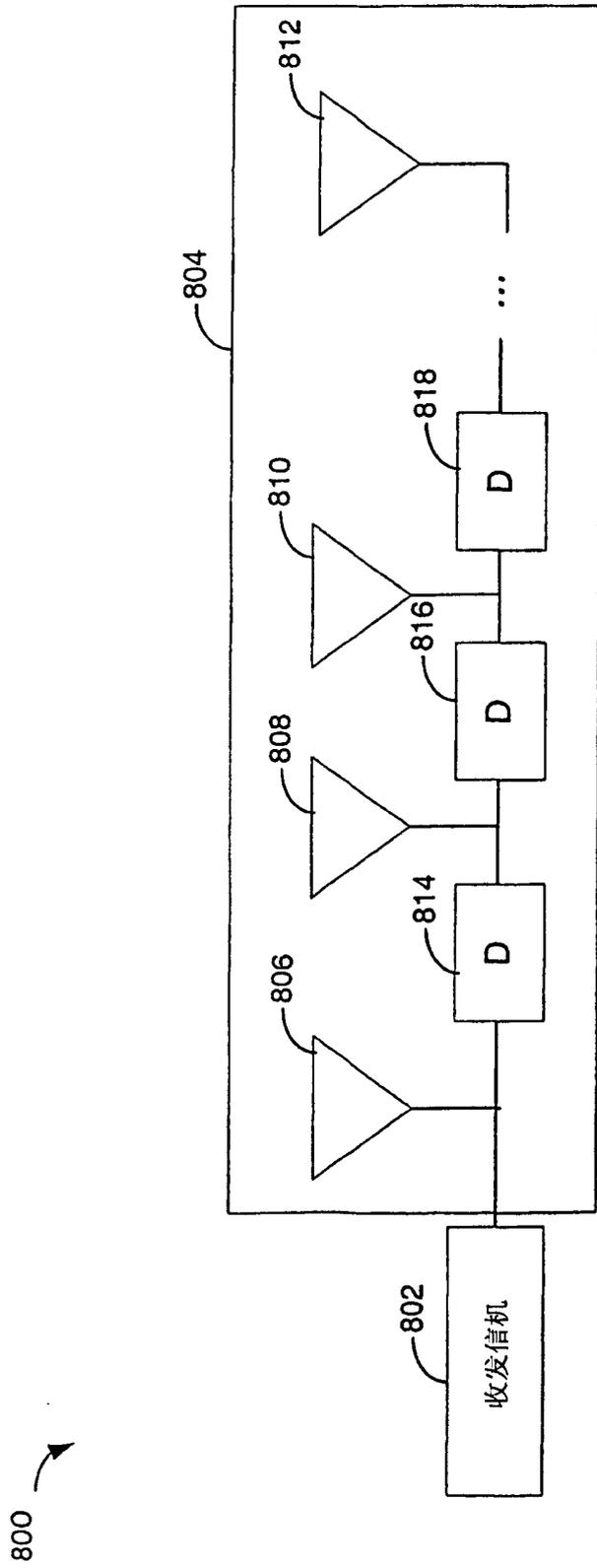


图 17

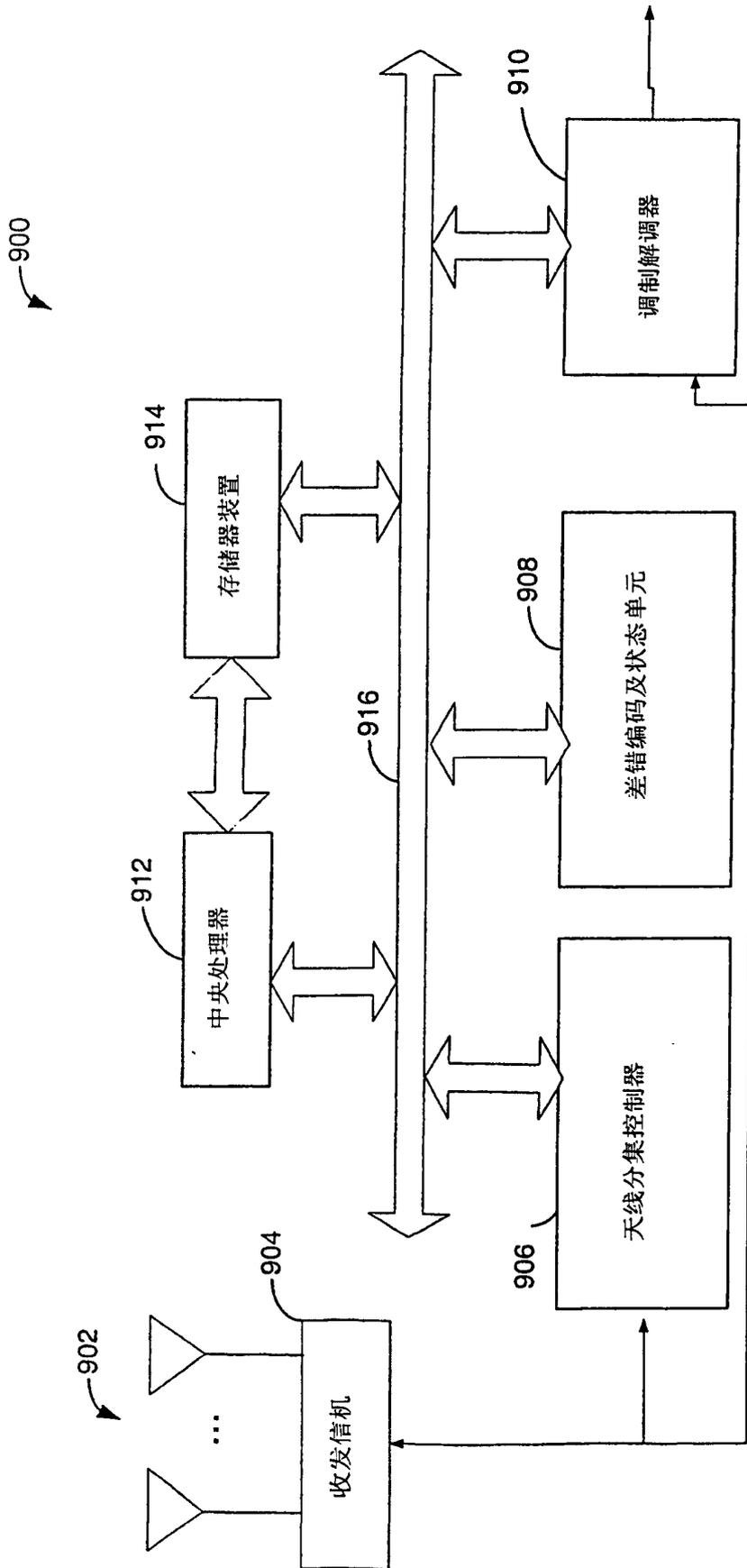


图 18

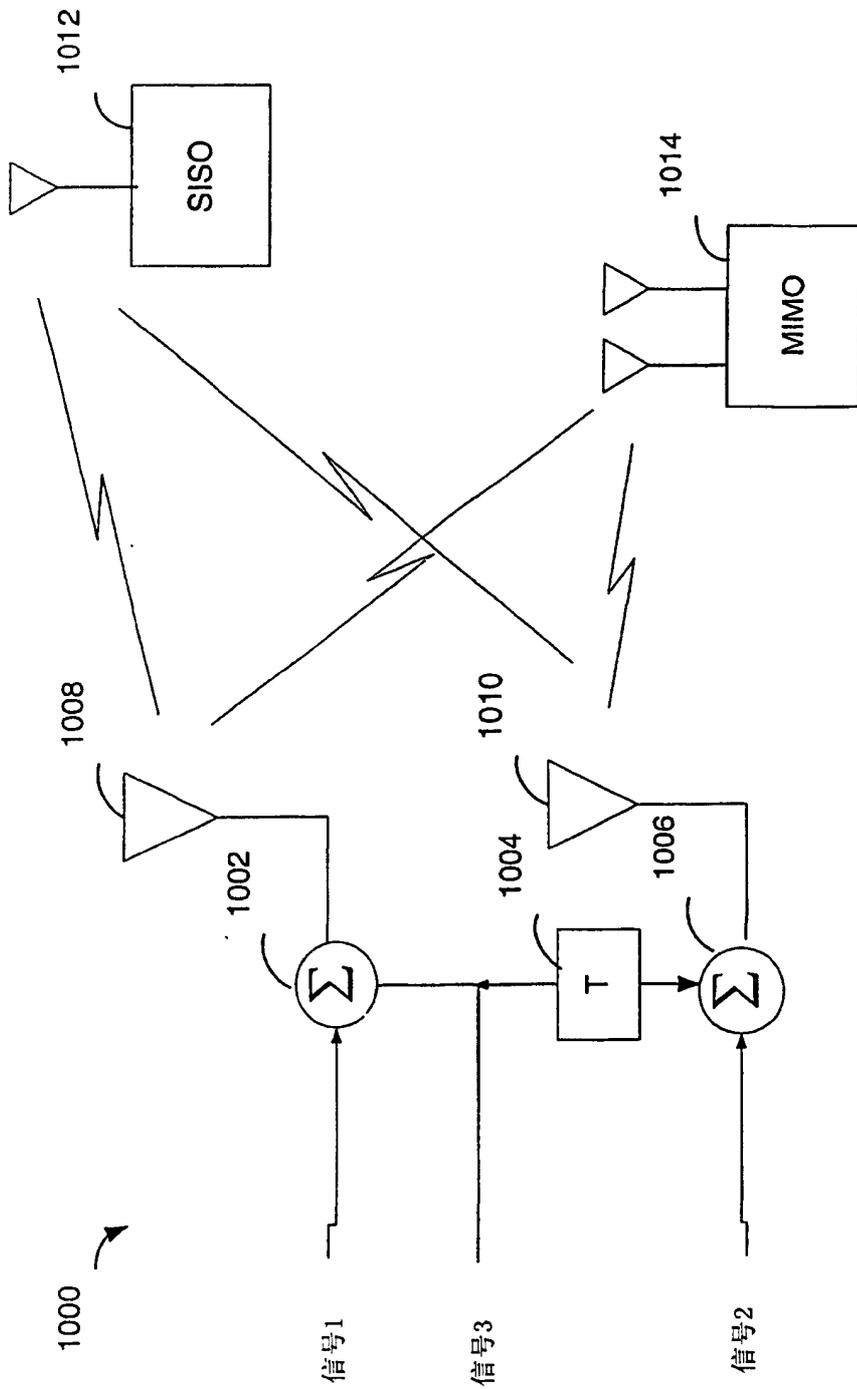


图 19

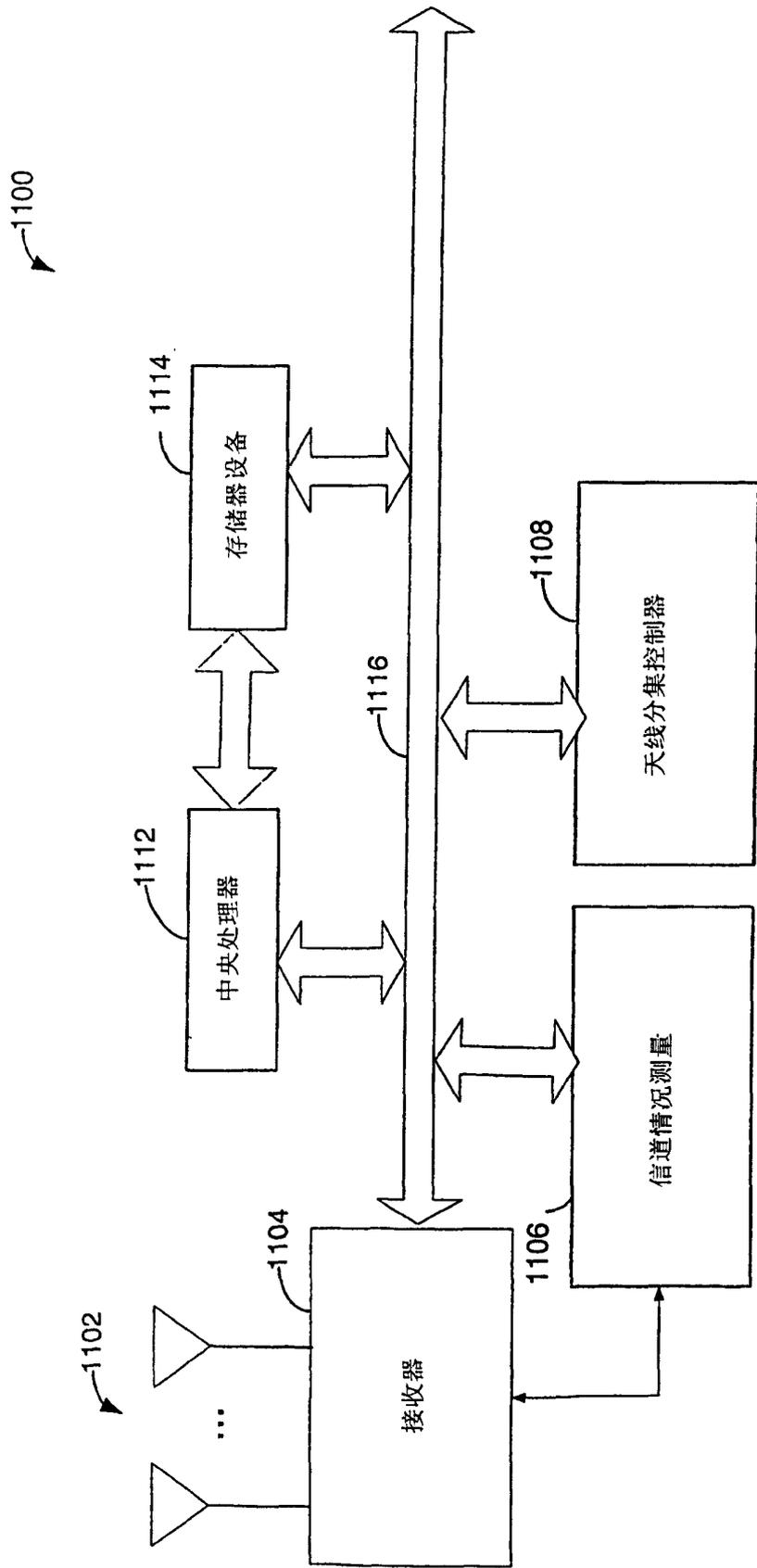


图 20