



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101095327 B

(45) 授权公告日 2013.04.03

(21) 申请号 200580045396.0

(56) 对比文件

CN 1331528 A, 2002.01.16, 说明书第7页第15行至第8页第14行、附图3B, 4B.

US 6473467 B1, 2002.10.29, 全文.

BARHUMI I ET AL. Optimal training design for MIMO OFDM systems in mobile wireless channels. IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING vol. 5 no. 6. 2003, vol. 5 (no. 6), 第1615-1624页.

审查员 付凌霄

(22) 申请日 2005.12.29

(30) 优先权数据

11/024, 587 2004.12.29 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007.06.29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/047685 2005.12.29

(87) PCT申请的公布数据

W02006/072103 EN 2006.07.06

(73) 专利权人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 X·林 Q·李

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 曾祥菱 刘春元

(51) Int. Cl.

H04L 27/26(2006.01)

H04L 1/06(2006.01)

权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 9 页

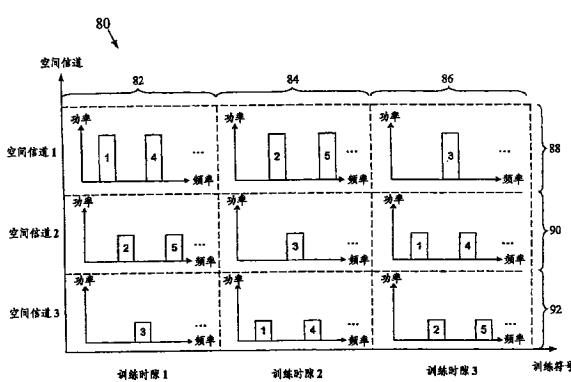
(54) 发明名称

用于执行基于MIMO的多载波系统中的信道训练的方法、设备和系统

(57) 摘要

OFDM训练符号格式被提供用于采用自适应功率加载的基于MIMO的无线通信系统。在本发明的一个实施例中，在无线数据帧的第一训练时隙中，第一OFDM训练符号的调制单音在多个空间信道之间划分。然后，在无线数据帧的第二训练时隙中，在先前分配给特定空间信道的相同单音在那个空间信道中没有重复的条件下，第二OFDM训练符号的调制单音在所述多个空间信道之间划分。因此，采用能够增强训练符号信噪比(SNR)的OFDM训练符号格式。

CN 101095327 B



1. 一种用于执行基于 MIMO 的多载波系统中的信道训练的方法,包括 :

对于数据帧中的第一训练时隙,把第一 OFDM 训练符号的单音在 K 个空间信道之间进行频率交织,其中,所述第一 OFDM 训练符号的所述单音的每个在所述第一训练时隙中仅在所述 K 个空间信道的一个中传送;

对于所述数据帧中的第二训练时隙,把第二 OFDM 训练符号的单音在所述 K 个空间信道之间进行频率交织,其中,所述第二 OFDM 训练符号的所述单音的每个在所述第二训练时隙中仅在所述 K 个空间信道的一个中传送,以及来自所述第一训练时隙的单音在所述第二训练时隙中在相同的空间信道内没有重复,

其中在所述第一训练时隙期间在所述 K 个空间信道的第一空间信道内传送的所述第一 OFDM 训练符号的单音和在所述第二训练时隙期间在所述 K 个空间信道的第一空间信道内传送的所述第二 OFDM 训练符号的单音以在所述数据帧内在所述第一空间信道中传送用户数据所用的功率电平的 K 倍的功率电平进行传送,以及在所述第一训练时隙期间在所述 K 个空间信道的第二空间信道内传送的所述第一 OFDM 训练符号的单音和在所述第二训练时隙期间在所述 K 个空间信道的第二空间信道内传送的所述第二 OFDM 训练符号的单音以在所述数据帧内在所述第二空间信道中传送用户数据所用的功率电平的 K 倍的功率电平进行传送,其中用于在所述第一和第二空间信道中传送所述用户数据的所述功率电平采用自适应功率加载技术来设置。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中 :

把第一 OFDM 训练符号的单音在 K 个空间信道之间进行频率交织的步骤包括把单音组跨所述 K 个空间信道进行分布,其中,各组单音包括至少两个相邻单音。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中 :

所述 K 个空间信道包括至少三个空间信道;以及

所述方法还包括,对于所述数据帧中的第三训练时隙,把第三 OFDM 训练符号的单音在所述 K 个空间信道之间划分,其中,所述第三 OFDM 训练符号的所述单音的每个在所述第三训练时隙中仅在所述 K 个空间信道的一个中传送,以及来自所述第一和第二训练时隙的单音在所述第三训练时隙中在相同的空间信道内没有重复。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中, K 等于下列之一 :2、3、4、5 和 6。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中 :

所述第二训练时隙在所述数据帧内的所述第一训练时隙之后出现。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中 :

所述第二训练时隙在时间上与所述数据帧内的所述第一训练时隙相邻。

7. 一种用于执行基于 MIMO 的多载波系统中的信道训练的设备,包括 :

无线收发器,用于产生射频发射信号,以便传送给多个发射天线;以及

控制器,耦合到所述无线收发器,使数据帧从所述设备传送到 MIMO 信道,所述数据帧具有每流训练部分和用户数据部分,其中,所述每流训练部分包括至少第一训练时隙和第二训练时隙,所述第一训练时隙使得第一 OFDM 训练符号的训练单音在所述 MIMO 信道中的多个空间信道之间进行频率交织,以及所述第二训练时隙使得第二 OFDM 训练符号的训练单音在所述 MIMO 信道中的所述多个空间信道之间进行频率交织,

其中所述多个空间信道包括至少第一空间信道和第二空间信道;

在所述第一空间信道中传送的所述训练单音以在所述第一空间信道内传送所述数据帧中的用户数据的功率电平的 K 倍的功率电平进行传送, 以及在所述第二空间信道中传送的所述训练单音以在所述第二空间信道内传送所述数据帧中的用户数据的功率电平的 K 倍的功率电平进行传送, 其中 K 是所述多个空间信道中的空间信道的数量; 以及

在所述第一和第二空间信道中传送用户数据的所述功率电平根据自适应功率加载方案来选择。

8. 如权利要求 7 所述的设备, 其中 :

所述第一 OFDM 训练符号的所述训练单音在所述第一训练时隙内在所述多个空间信道之间相等地划分, 以及所述第二 OFDM 训练符号的所述训练单音在所述第二训练时隙内在所述多个空间信道之间相等地划分。

9. 如权利要求 7 所述的设备, 其中 :

所述多个空间信道由第一空间信道和第二空间信道组成;

在所述第一训练时隙中, 所述第一 OFDM 训练符号的奇数训练单音在所述第一空间信道内传送, 以及所述第一 OFDM 训练符号的偶数训练单音在所述第二空间信道内传送; 以及

在所述第二训练时隙中, 所述第二 OFDM 训练符号的偶数训练单音在所述第一空间信道内传送, 以及所述第二 OFDM 训练符号的奇数训练单音在所述第二空间信道内传送。

10. 如权利要求 7 所述的设备, 其中 :

所述第一 OFDM 训练符号的所述训练单音以组跨所述多个空间信道进行分布, 其中, 各组包括至少两个相邻单音。

11. 如权利要求 7 所述的设备, 其中 :

在所述数据帧的所述每流训练部分, 各特定训练单音在所述多个空间信道的各空间信道内仅传送一次。

12. 如权利要求 7 所述的设备, 其中 :

所述数据帧的所述每流训练部分包括第三训练时隙, 所述第三训练时隙使得第三 OFDM 训练符号的训练单音在所述多个空间信道之间划分。

13. 一种用于执行基于 MIMO 的多载波系统中的信道训练的系统, 包括 :

多个偶极天线;

无线收发器, 用以产生射频发射信号, 以便传送给所述多个偶极天线; 以及

控制器, 耦合到所述无线收发器, 使数据帧从所述系统传送到 MIMO 信道, 所述数据帧具有每流训练部分和用户数据部分, 其中, 所述每流训练部分包括至少第一训练时隙和第二训练时隙, 所述第一训练时隙使得第一 OFDM 训练符号的训练单音在所述 MIMO 信道中的多个空间信道之间进行频率交织, 以及所述第二训练时隙使得第二 OFDM 训练符号的训练单音在所述 MIMO 信道中的所述多个空间信道之间进行频率交织,

其中所述多个空间信道包括至少第一空间信道和第二空间信道;

在所述第一空间信道中传送的所述训练单音以在所述第一空间信道内传送所述数据帧中的用户数据的功率电平的 K 倍的功率电平进行传送, 以及在所述第二空间信道中传送的所述训练单音以在所述第二空间信道内传送所述数据帧中的用户数据的功率电平的 K 倍的功率电平进行传送, 其中 K 是所述多个空间信道中的空间信道的数量; 以及

在所述第一和第二空间信道中传送用户数据的所述功率电平根据自适应功率加载方

案来选择。

14. 如权利要求 13 所述的系统，其中：

在所述数据帧的所述每流训练部分，各特定训练单音在所述多个空间信道的各空间信道内仅传送一次。

15. 一种用于执行基于 MIMO 的多载波系统中的信道训练的装置，包括：

用于对于数据帧中的第一训练时隙把第一 OFDM 训练符号的单音在 K 个空间信道之间进行频率交织以便传送的部件，其中，所述 OFDM 训练符号的所述单音的每个在所述第一训练时隙中仅在所述 K 个空间信道的一个中传送；以及

用于对于所述数据帧中的第二训练时隙把第二 OFDM 训练符号的单音在 K 个空间信道之间频率交织的部件，其中，所述第二 OFDM 训练符号的所述单音的每个在所述第二训练时隙中仅在所述 K 个空间信道的一个中传送，以及来自所述第一训练时隙的单音在所述第二训练时隙中在相同的空间信道内没有重复，

其中在所述第一训练时隙期间在所述 K 个空间信道的第一空间信道内传送的所述第一 OFDM 训练符号的单音和在所述第二训练时隙期间在所述 K 个空间信道的第一空间信道内传送的所述第二 OFDM 训练符号的单音以在所述数据帧内在所述第一空间信道中传送用户数据所用的功率电平的 K 倍的功率电平进行传送，以及在所述第一训练时隙期间在所述 K 个空间信道的第二空间信道内传送的所述第一 OFDM 训练符号的单音和在所述第二训练时隙期间在所述 K 个空间信道的第二空间信道内传送的所述第二 OFDM 训练符号的单音以在所述数据帧内在所述第二空间信道中传送用户数据所用的功率电平的 K 倍的功率电平进行传送，其中用于在所述第一和第二空间信道内传送所述用户数据的所述功率电平采用自适应功率加载技术来设置。

16. 如权利要求 15 所述的装置，其中：

用于把第一 OFDM 训练符号的单音在 K 个空间信道之间进行频率交织的部件包括用于把单音组跨所述 K 个空间信道进行分布的单元，其中，各组单音包括至少两个相邻单音。

17. 一种用于执行基于 MIMO 的多载波系统中的信道训练的方法，包括：

对于数据帧中的第一训练时隙，跨 K 个空间信道频率交织第一 OFDM 训练符号的单音，其中，所述第一 OFDM 训练符号的所述单音的每个在所述第一训练时隙中仅在所述 K 个空间信道的一个中传送；以及

对于所述数据帧内的第二训练时隙，在所述 K 个空间信道之间频率交织第二 OFDM 训练符号的单音，其中，所述第二 OFDM 训练符号的所述单音的每个在所述第二训练时隙中仅在所述 K 个空间信道的一个中传送，以及来自所述第一训练时隙的单音在所述第二训练时隙中在所述相同的空间信道内没有重复，在所述 K 个空间信道的第一空间信道中传送的训练单音的发射功率电平是用于在所述数据帧中在所述第一空间信道内传送用户数据的发射功率电平的 K 倍，以及在所述 K 个空间信道的第二空间信道内传送的训练单音的发射功率电平是用于在所述数据帧中在所述第二空间信道内传送用户数据的发射功率电平的 K 倍。

18. 一种用于执行基于 MIMO 的多载波系统中的信道训练的方法，包括：

在数据帧的第一训练时隙中把第一 OFDM 训练符号传送到 MIMO 信道，所述 MIMO 信道具有至少第一空间信道和第二空间信道；

在所述数据帧的第二训练时隙中把第二 OFDM 训练符号传送到所述 MIMO 信道；

在所述数据帧中传送自适应功率加载信息，所述自适应功率加载信息包括关于所述第一与第二空间信道之间的功率加载比的指示；

在所述数据帧的用户数据部分把用户数据传送到所述第一空间信道和所述第二空间信道；

其中，所述第一和第二 OFDM 训练符号的一些训练单音在所述 MIMO 信道的第一空间信道中传送，以及所述第一和第二 OFDM 训练符号的一些训练单音在所述 MIMO 信道的第二空间信道中传送，其中，在所述第一和第二空间信道中传送的训练单音以在所述数据帧中在所述第一空间信道和第二空间信道内传送用户数据所用的发射功率电平的 K 倍的发射功率电平进行传送，其中 K 是空间信道的数量，以及在所述第一和第二空间信道中传送用户数据的所述发射功率电平根据自适应功率加载方案来选择。

19. 如权利要求 18 所述的方法，其中：

所述第一 OFDM 训练符号的所有训练单音在所述第一空间信道中传送，以及所述第二 OFDM 训练符号的所有训练单音在所述第二空间信道中传送。

20. 如权利要求 18 所述的方法，其中：

所述第一 OFDM 训练符号的所述训练单音在所述空间信道之间划分，以及所述第二 OFDM 训练符号的所述训练单音在所述空间信道之间划分。

21. 如权利要求 18 所述的方法，其中：

在所述第一和第二空间信道中传送的所述训练单音以 FCC 限制允许的最大功率电平传送。

用于执行基于 MIMO 的多载波系统中的信道训练的方法、设备和系统

技术领域

[0001] 一般来说，本发明涉及无线通信，更具体来说，涉及用于执行基于 MIMO 的无线系统中的信道训练的技术和结构。

[0002] 背景技术

[0003] 多输入多输出 (MIMO) 是一种无线电通信技术，在其中，发射器以及接收器均采用多个天线相互进行无线通信。通过在发射器和接收器上采用多个天线，可通过改进无线链路的整体性能的方式利用空间维。MIMO 可按开环或闭环技术来实现。在开环 MIMO 中，发射器在数据信号传送给接收器之前没有具体了解信道的状态。另一方面，在闭环 MIMO 中，发射器在发射信号被传送之前使用信道相关信息对它们进行预处理，以便更好地匹配当前信道状态。这样，可改进性能，和 / 或可简化接收器处理。需要用于有效地实现无线网络中的闭环 MIMO 的技术和结构。

[0004] 附图说明

[0005] 图 1 是框图，说明根据本发明的一个实施例的示例无线组网装置；

[0006] 图 2 是信令图，说明根据本发明的一个实施例、可用于在基于 MIMO 的无线网络中执行数据传递的示例帧交换序列；

[0007] 图 3 是简图，说明提出用于其中使用 OFDM 的 MIMO 信道的每流训练格式。

[0008] 图 4 是简图，说明根据本发明的一个实施例、可用于具有两个空间信道的 MIMO 信道的一个示例每流训练格式；

[0009] 图 5 是简图，说明根据本发明的一个实施例、可用于具有三个空间信道的 MIMO 信道的一个示例每流训练格式；

[0010] 图 6 是简图，说明根据本发明的一个实施例、可用于具有两个空间信道的 MIMO 信道的另一个示例每流训练格式；

[0011] 图 7 是简图，说明根据本发明的一个实施例、可用于具有两个空间信道的 MIMO 信道的又一个示例每流训练格式；

[0012] 图 8 是流程图，说明根据本发明的一个实施例、用于在基于 MIMO 的无线网络中执行信道训练的一个示例方法；以及

[0013] 图 9 是框图，说明根据本发明的一个实施例的一个示例 SDMA 系统。

具体实施方式

[0014] 在以下详细说明中，参照附图，附图通过图解给出可实施本发明的具体实施例。充分地详细描述这些实施例，使本领域的技术人员能够实施本发明。大家要理解，本发明的各种实施例虽然有所不同，但不一定是相互排斥的。例如，本文中结合一个实施例描述的具体功能、结构或特性可在其它实施例中实现，而没有背离本发明的精神和范围。另外，大家要理解，每个公开的实施例中各个元件的位置或配置可以被修改，而没有背离本发明的精神和范围。因此，以下详细说明不是限制性的，本发明的范围仅由适当解释的所附权利要求书

以及权利要求书涵盖的全部等效范围来限定。附图中，相似的附图标记在若干视图中表示相同或相似的功能性。

[0015] 图 1 是框图，说明根据本发明的一个实施例的示例无线组网装置 10。如图所示，第一无线系统 12 经由无线通信链路与第二无线系统 14 进行通信。第一无线系统 12 例如可能是无线接入点 (AP) 或基站，以及第二无线系统 14 可能是无线电台 (STA)，反之亦然。在这样一种情况下，无线 AP 可为 STA 提供对较大的网络 (有线和 / 或无线) 的访问。在一些备选实现中，第一和第二无线系统均可能是无线 AP 或者均可能 是无线 STA。其它配置也是可行的。本文所使用的术语“台”或“STA”意在包含能够通过远程无线接入点或基站访问网络的任何类型的无线组件、装置或系统。如图所示，第一和第二无线系统 12、14 各具有多个 (即两个或两个以上) 天线。第一无线系统 12 与第二无线系统 14 之间的无线信道是多输入多输出 (MIMO) 信道。在所述实施例中，第一和第二无线系统 12、14 各具有可用于发射以及接收功能的单一的天线集合。在其它实施例中，第一无线系统 12 和 / 或第二无线系统 14 可采用不同的天线集合进行发射和接收。可采用任何类型的天线，包括例如偶极、贴片、螺旋天线等。

[0016] 在图 1 的实施例中，第一无线系统 12 包括无线收发器 16 和控制器 18。控制器 18 可操作用于执行支持第一无线系统 12 的闭环 MIMO 操作所需的数字处理功能。控制器功能可尤其采用例如一个或多个数字处理装置来执行，所述一个或多个数字处理装置例如是通用微处理器、数字信号处理器 (DSP)、简化指令集计算机 (RISC)、复杂指令集计算机 (CISC)、现场可编程门阵列 (FPGA)、专用集成电路 (ASIC) 等等，其中包括以上所述的组合。控制器 18 还可包括一个或多个分立数字元件，例如位交织器、位去交织器、调制单元、解调单元、离散傅立叶变换单元、离散傅立叶逆变换单元等。无线收发器 16 可操作用于执行以下操作所需的射频 (RF) 相关的功能：(a) 产生 RF 发射信号，用于在发射操作期间传送给多个天线；以及 (b) 在接收操作期间处理由多个天线接收的 RF 信号。独立的发射和接收链可在收发器 16 中为每个对应天线提供。数模转换器和模数转换器可用于控制器 18 与收发器 16 之间的接口。图 1 的第二无线系统 14 还包括无线收发器 20 和控制器 22。这些单元将执行与第一无线系统 12 中的对应单元相似的功能。

[0017] 在至少一个实施例中，第一无线系统 12 和第二无线系统 14 采用正交频分复用 (OFDM) 技术，以便通过无线信道传送信息。在一个 OFDM 系统中，待传送的数据分布在多个基本上正交的窄带副载波之间。第一无线系统 12 和第二无线系统 14 还可实现称作 SVD (即单值分解) MIMO 的一种形式的 MIMO。下面更详细地论述 SVD MIMO。为了帮助理解和简化符号，以下论述可能针对 OFDM 系统中的单个副载波。但是应当理解，以下所述的功能可能需要对多载波系统中的每个副载波执行。副载波之间的内插也可用来减少计算和反馈的数量。

[0018] 在基于 MIMO 的系统中，无线信道的特征可采用 $n_{RX} \times n_{TX}$ 信道矩阵 H 来表示，其中， n_{RX} 是接收天线的数量，以及 n_{TX} 是发射天线的数量。采用 SVD，信道矩阵 H 可分解为：

$$[0019] H = UDV^H$$

[0020] 其中， U 和 V 是酉矩阵 (即具有正交列和单位列范数的矩阵)， D 是对角矩阵，以及 V^H 是酉矩阵 V 的厄密共轭。酉矩阵 U 具有下列属性：

$$[0021] U^H U = I$$

[0022] 其中, I 是单位矩阵。在以上所述的信道矩阵分解中, 矩阵 V 可称作波束形成矩阵(预编码器)。可通过首先确定信道矩阵 H (例如采用所接收训练信息), 然后采用 SVD 技术(或其它相似的技术)分解矩阵 H , 在接收装置中生成这个波束形成矩阵 V 。波束形成矩阵 V (或者它的一部分)则可回送给发射装置, 以便用于生成后续发射信号。独立的矩阵 V 可能是多载波系统中的每个副载波所需的。获取波束形成矩阵的另一个方法是采用反向链路信道探测(channel sounding)和信道互易(channel reciprocity)。在这种情况下, 例如在下行链路中, 接收器向发射器发送训练符号, 使得发射器了解上行链路信道矩阵。如果在探测之前进行校准, 则上行链路信道和下行链路信道互易, 然后下行链路信道矩阵 H 可通过简单转置上行链路信道矩阵来获得。最后, 波束形成矩阵可从 H 计算。

[0023] 对角矩阵 D 的元素称作信道矩阵 H 的单值或本征值。波束形成矩阵 V 由对应于本征值的称作本征向量的多个列向量构成。每个本征向量可定义 MIMO 信道中的空间信道(或本征模式)。流经特定空间信道的数据流称作空间流。本征值通常表示对应本征向量/空间信道的相对强度。有时可能有利的是把 MIMO 信道仅限制到可用空间信道的最强信道(例如限制到与 2 个最大本征值关联的空间信道)。例如, 这可减少传送到发射装置的反馈的总体数量。

[0024] 图 2 是信令图, 说明根据本发明的一个实施例、可用于在基于 MIMO 的无线网络中执行数据传递的示例帧交换序列 30。该图的上部说明第一无线系统(例如图 1 的第一无线系统 12)的传送, 以及下部说明第二无线系统(例如图 1 的第二无线系统 14)的传送。在图 2 的帧交换序列 30 中, 短帧间空间(SIFS)可存在于序列中的帧的各连续对之间。第一无线系统最初确定它需要向第二无线系统传送用户数据。如图 2 所示, 第一无线系统然后向第二无线系统传送训练信息帧 32, 以便发起信道训练。作为响应, 第二无线系统向第一无线系统传送训练响应帧 36。训练发起帧 32 和训练响应帧 36 将产生由第一无线系统获取的信道相关信息。第一无线系统然后可在后续数据帧 40 的生成期间使用这个信道信息。任何类型的信道训练可采用训练发起帧 32 和训练响应帧 36 来执行。可采用隐式或者显式信道反馈技术。在第二无线系统从第一无线系统接收到数据帧 40 之后, 第二无线系统可向第一无线系统传送确认帧 48, 以表明数据帧 40 被成功接收。

[0025] 如图 2 所示, 在至少一个实施例中, 帧交换序列 30 中的各帧可包含用来保留将在序列中传送的下一帧或下一批若干帧的网络媒体的网络分配向量(NAV)。因此, 训练发起帧 32 中的 NAV 34 将保留训练响应帧 36 的媒体, 训练响应帧 36 中的 NAV 38 将保留数据帧 40 的媒体, 以及数据帧 40 中的 NAV 42 将保留 ACK 帧 48 的媒体。该区域中的其它无线装置和系统可读取所传送帧中的 NAV, 随后避免传送信号, 直到关联保留周期结束之后为止。这样可避免冲突。

[0026] 如上所述, 在第一无线系统接收到训练响应帧 36 之后, 它将传送数据帧 40。除了以上所述的 NAV 42 之外, 数据帧 40 还可包括每流训练 44 和用户数据 46。每流训练 44 包括所使用的空间信道/流中的每个的信道训练符号。这些每流训练符号可在必要时逐个空间信道地用来执行后续信道训练。当前使用的空间信道可由采用训练发起帧 32 和训练响应帧 36 所执行的前一个信道训练标识。由于图 2 涉及 2×2 MIMO 系统, 所以空间信道的最大数量为 2。因此, 每流训练 44 对 1 或 2 个空间信道/流进行训练。其它 MIMO 信道可对于更大数量的空间信道/流进行训练。每流训练 44 可细分为多个训练时段, 以便用于执行

每流训练。训练时隙的数量可能等于例如被训练的空间信道 / 流的数量。

[0027] 用户数据 46 是从第一无线系统传送到第二无线系统的有用数据,与开销数据相对。本文所使用的词组“用户数据”可包括任何类型的有用数据,包括例如计算机应用数据、文本数据、图形数据、视频数据、音频数据、语音数据和 / 或其它非开销数据形式。第一无线系统获取的信道信息可用于在传送之前对用户数据 46 进行预处理。例如,波束形成矩阵可用于在传送用户数据 46 时为第一无线系统提供波束形成。本发明涉及可用于在无线帧中提供每流训练(例如图 2 的每流训练 44)的格式。应当理解,图 2 的帧交换序列 30 只是说明根据本发明可在无线网络中使用的一个可能的序列,而不是要进行限制。。

[0028] 图 3 是简图,说明提出用于其中使用 OFDM 的 MIMO 信道的每流训练格式。如图所示,每流训练间隔细分为第一训练时隙 50(训练时隙 1) 和第二训练时隙 52(训练时隙 2)。MIMO 信道由第一空间信道 54(空间信道 1) 和第二空间信道 56(空间信道 2) 组成。在第一训练时隙 50 中,第一 OFDM 训练符号 58 在第一空间信道 54 中传送。第一 OFDM 训练符号 58 可能是包括多个 OFDM 单音(在图 3 中标记为 1、2、3 和 4) 中的每个的一个已知数据符号的预定 OFDM 符号。第一 OFDM 训练符号 58 中的数据序列在接收装置中将是已知的。在第二训练时隙 52 中,第二 OFDM 训练符号 60 在第二空间信道 56 中传送。第二 OFDM 训练符号 60 可包括与第一 OFDM 训练符号 58 相同的数据符号序列。虽然在图 3 的 OFDM 训练符号 58、60 的每个中仅说明了四个单音,但是应当理解,实际上,OFDM 训练符号可包括数量大得多的单音(例如在一种实现中的 256 个单音)。

[0029] 在基于 MIMO 的系统中,称作自适应功率加载的技术可用来增强 MIMO 信道中的总体吞吐量。如前面所述,构成给定 MIMO 信道的空间信道通常具有与其关联的不同强度。这些强度可能与 $n_{RX} \times n_{TX}$ 信道矩阵的对应本征值成比例。自适应功率加载认识到,通过分配总发射功率,使得较高发射功率在具有较高相对强度的空间信道中使用,并且较低发射功率在具有较低相对强度的空间信道中使用,可实现增强性能。其它功率分配策略也可适用于增强性能。因此,当用户数据将通过 MIMO 信道从第一无线系统传送到第二无线系统时(参见例如图 2 中的用户数据 46),可根据先前得到的信道信息进行对于可用空间信道的每个中的用户数据使用不同发射功率电平的确定。由于信道信息将随时间改变,所以这个功率加载将随时间“适配”。

[0030] 再来看图 3,在所示方法中,用于在第一空间信道 54 中传送第一 OFDM 训练符号 58 以及在第二空间信道 56 中传送第二 OFDM 训练符号 60 的功率电平将与用于随后在相应空间信道 54、56 中传送用户数据的功率电平相同(根据自适应功率加载)。这样,数据帧中的后续用户数据的星座点可在每流训练期间被校准。虽然这是有用结果,但是以上所述的方法导致其中训练符号往往采用小于所允许的最大功率电平的功率电平发送的情形。FCC 限制可在操作的某些频带中传送的平均的功率数量。在图 3 所示的情况下,对于 OFDM 训练符号 58、60 的每个仅激励可用空间信道中的一个。根据本发明的一个方面,将要进行更详细描述,OFDM 训练符号的每个可在可用空间流之间以均衡两个训练符号的功率的方式来划分。另外,与各单音关联的发射功率电平可增加某个固定乘数。这样,可实现较高的总体训练发射功率电平,而没有超过 FCC 限制。

[0031] 图 4 是简图,说明根据本发明的一个实施例可用于具有两个空间信道的 MIMO 信道的一个示例每流训练格式 70。如图所示,在第一训练时隙 50 中,OFDM 训练符号在第一与

第二空间信道 54、56 之间进行频率交织。也就是说，第一单音 62 在第一空间信道 54 中传送，第二单音 64 在第二空间信道 56 中传送，第三单音 66 在第一空间信道 54 中传送，以及第四单音 68 在第二空间信道 56 中传送。同样，在第二训练时隙 52 中，OFDM 训练符号在第一与第二空间信道 54、56 之间、但以相反方式进行频率交织。也就是说，第一单音 72 在第二空间信道 56 中传送，第二单音 74 在第一空间信道 54 中传送，第三单音 76 在第二空间信道 56 中传送，以及第四单音 78 在第一空间信道 54 中传送。因此，在第二训练时隙 52 结束时，OFDM 训练符号的每个单音已经在两个空间信道的每个中被传送一次。

[0032] 除了在两个空间信道之间交织各训练符号的单音之外，单音的发射功率电平可增加超过图 3 的自适应功率加载电平。例如在一个方法中，单音的每个的功率电平比相应的数据功率电平增加因子 K ，其中的 K 是空间信道的数量。这通过把单音的幅值增加 \sqrt{K} 来实现（即功率电平与幅值的平方成正比）。或者可使用其它乘法因子。因此，在所述实施例中，第一空间信道 54 中的单音 62、66、74 和 78 的发射功率电平可能是后续数据部分（例如图 2 中的数据 46）中的相应自适应功率加载电平的两倍，以及第二空间信道 56 中的单音 64、68、72 和 76 的功率电平可能是后续数据部分（例如图 2 中的数据 46）中的相应自适应功率加载电平的两倍。为了执行星座点校准，接收装置需要考虑因子 \sqrt{K} 。接收装置通常会知道特定时间所使用的空间信道的数量，并且能够计算在校准中使用的 \sqrt{K} 的值。使用图 4 的训练格式，可使各训练符号的两个空间信道的总功率等于 FCC 限制。因此，两个训练符号的总训练功率是图 3 所示的训练格式的两倍。这产生 3dB 的训练信噪比 (SNR) 的改进。

[0033] 图 5 是简图，说明根据本发明的一个实施例、可用于具有三个空间信道的 MIMO 信道的一个示例每流训练格式 80。如图所示，在第一训练时隙 82 中，第一 OFDM 训练符号在三个空间信道 88、90、92 之间交织；在第二训练时隙 84 中，第二 OFDM 训练符号在三个空间信道 88、90、92 之间交织；以及在第三训练时隙 86 中，第三 OFDM 训练符号在三个空间信道 88、90、92 之间交织。各 OFDM 训练符号单音在三个训练时隙 82、84、86 上在各空间信道 88、90、92 中仅出现一次。另外，空间信道 88、90、92 的每个中的单音的发射功率电平比相应的自适应功率加载电平大 $\sqrt{3}$ 。这个相同的方法可扩展到与具有四个或四个以上空间信道的 MIMO 信道一起使用。

[0034] 为了实现增加的训练功率电平，OFDM 训练符号不需要按照以上所述逐个单音进行交织。也就是说，各 OFDM 训练符号的单音可通过另外某种方式在可用空间信道之间划分。例如，单音的划分可能不是均匀或规则的，如图 4 和图 5 所示。图 6 是简图，说明根据本发明的一个实施例、可用于具有两个空间信道的 MIMO 信道的另一个示例每流训练格式 100。如图所示，不是通过可用空间信道交织各 OFDM 训练符号的各个单音，而是单音分组分布于空间信道上。例如，如图 6 所示，在第一训练时隙 102 中，第一组两个相邻单音（单音 110 和单音 112 可在第一空间信道 106 中传送，以及第二组两个相邻单音（单音 114 和单音 116）可在第二空间信道 108 中传送。同样，在第二训练时隙 104 中，第一组两个相邻单音（单音 118 和单音 120）可在第二空间信道 108 中传送，以及第二组两个相邻单音（单音 122 和单音 124）可在第一空间信道 106 中传送。如前面所述，单音的幅值可比自适应功率加载电平增加固定因子（例如 \sqrt{K} ）。任何数量的单音可设置在各单音组中。

[0035] 在本发明的另一个实施例中，图 3 的每流训练格式通过把训练符号的每个单音的幅值增加因子 \sqrt{K} 来修改。在这种情况下，K 个训练时隙上的平均功率仍然等于数据部分（例如图 2 中的数据 46）中使用的调整发射功率。如果时隙足够小，则这个方案将满足 FCC 调整限制。

[0036] 图 7 是简图，说明根据本发明的一个实施例、可用于具有两个空间信道的 MIMO 信道的另一个示例每流训练格式 128。如图 7 所示，自适应功率加载信息没有在 OFDM 训练符号的发射功率电平中反映。用于执行星座点校准的自适应功率加载信息而是可包含在例如包括受关注用户数据的帧的首标部分（例如图 2 的数据帧 40 的首标部分）（或者其它开销部分）。在另一种方法中，自适应功率加载信息可根据用户数据的所选调制编码方案包含在接收装置中。如图 7 所示，OFDM 训练符号的单音的功率电平可能在第一和第二空间信道 106、108 中相同。另外，可分别使两个空间信道 106、108 的总功率等于 FCC 限制，因而使训练功率电平为最大。每个 OFDM 训练符号可分配给两个空间信道 106、108 其中之一，如图 7 所示，或者，OFDM 训练符号的单音可在各个空间信道之间以某种方式（例如通过图 4 中的交织、通过图 6 中的分组等）来划分。

[0037] 图 8 是流程图，说明根据本发明的一个实施例、用于在基于 MIMO 的无线网络中执行信道训练的方法 130。在无线数据帧的第一训练时隙中，第一 OFDM 训练符号的调制单音在多个空间信道之间划分（框 132）。第一 OFDM 训练符号是将接收该数据帧的装置已知的符号。OFDM 训练符号的调制单音可在空间信道之间以各种不同方式的任一种来划分。例如，在一种方法中，单音跨空间信道逐个单音进行交织，如图 4 和图 5 所示。在另一种可能的方法中，相邻单音的分组可跨空间信道进行交织，例如图 6 中所示。或者可采用用于在空间信道上划分调制单音的其它技术。分配给各空间信道的单音的数量应当近似相等。

[0038] 在无线数据帧的第二训练时隙中，第二 OFDM 训练符号的调制单音在多个空间信道之间划分（框 134）。第二 OFDM 训练符号可以是第一训练时隙中使用的同样的已知符号。但是，这一次执行单音的划分，使得先前分配给特定空间信道的相同单音没有在那个空间信道中重复。例如，在图 4 所示的实施例中，第一单音 62 和第三单音 66 在第一训练时隙 50 中在第一空间信道 54 内传送，而第二单音 74 和第四单音 78 则在第二训练时隙 52 中在第一空间信道 54 内传送。在第二空间信道 56 中存在类似的情况。同样，在图 6 所示的实施例中，第一单音 110 和第二单音 112 在第一训练时隙 102 中在第一空间信道 106 内传送，而第三单音 122 和第四单音 124 则在第二训练时隙 104 中在第一空间信道 106 内传送。在第二空间信道 108 中存在类似的情况。如果存在三个或三个以上空间信道，则可使用附加训练时隙，以及相应的 OFDM 训练符号的单音可再次在空间信道之间划分。

[0039] 通过按照如上所述划分 OFDM 训练符号，训练功率可跨训练符号而被均衡。除了划分单音之外，单音的发射功率电平也可基于自适应功率加载的用户数据所要求的电平得到增加。例如，在本发明的至少一个实施例中，每个空间信道中的单音的发射功率电平将比相应的自适应功率加载电平（即，在相同空间信道中传送的用户数据的发射功率电平）大一个固定因子。在一种可能的方法中，如前面所述，固定因子为 K，其中的 K 是所使用的空间信道的数量（即，单音的幅值增加 \sqrt{K} ）。

[0040] 在上述实施例中，在无线接入点与客户机装置之间的闭环 MIMO 信道的上下文中描述了本发明。还存在其它应用。例如，在至少一个实施例中，创造性技术在作为 MIMO 的

多用户形式的空分多址 (SDMA) 系统中实现。在 SDMA 系统中, 接入点 (或基站) 通常具有多个天线, 以及各移动台 (或用户台) 可具有一个或多个天线。在下行链路信道中, AP 可通过多个空间信道同时向多个台发送数据。AP 可根据例如站的接收天线的数量以及 AP 与 STA 之间的信道的质量把一个或多个空间信道分配给每个 STA。图 9 是框图, 说明根据本发明的一个实施例的一个示例 SDMA 系统。如图所示, 无线 AP142 与多个 STA144、146 (STA 1 和 STA 2) 进行通信。在 AP 142 中, 由波束形成矩阵 (或预编码器) F 对信号向量 s 进行操作, 以便生成将由关联 AP 142 的多个发射天线传送的信号向量 x。在所述实施例中, 信号向量 s 是可表示为下式的三个空间信道的信号向量:

$$[0041] \quad \mathbf{s} = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{bmatrix}$$

[0042] 波束形成矩阵 F 具有 4×3 的维。信号向量 x 从 4 个发射天线传送, 并且具有如下形式:

$$[0043] \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_4 \end{bmatrix}$$

[0044] 或者可采用其它配置。由信道矩阵 H 对发射向量 x 起作用。在所述实施例中, 信道矩阵 H 为 3×4 矩阵。传统的波束形成矩阵称作迫零 (zero-forcing)。它预先抵消将由信道 (即 H) 引起的空间流之间的干扰。这种情况的波束形成矩阵是信道矩阵 H 的伪逆, 它可表示为下式:

$$[0045] \quad \mathbf{F} = \mathbf{H}^H (\mathbf{H}\mathbf{H}^H)^{-1}$$

[0046] 其中, H 表示共轭和转置运算。因此, 台 144、146 的接收天线上的接收信号向量为:

$$[0047] \quad \mathbf{r} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix}$$

[0048] 它等于发射信号向量。功率加载可对于各数据流 s_i 进行, 以便满足 FCC 规程以及改进系统性能。这与原始 MIMO 情况相似。根据本发明, AP142 传送的各训练符号可在相应的训练时隙中在各个空间流之间划分 (如前面所述)。训练符号的单音的每个的功率电平可设置成比相同的数据帧中使用的数据功率电平大某个固定因子 (例如 K) 的电平 (其中的 K 是空间信道的数量)。

[0049] 本发明的技术和结构可通过各种不同形式的任一种来实现。例如, 本发明的特征可在下列各项中体现: 具有无线功能的掌上计算机、台式计算机和平板计算机; 具有无线功能的个人数字助理 (PDA); 卫星通信装置; 蜂窝电话和其它手持无线通信装置; 具有无线功能的照相机; 具有无线功能的音频 / 视频装置; 网络接口卡 (NIC) 和其它网络接口结构; 集成电路; 作为机器可读媒体上存储的指令和 / 或数据结构, 和 / 或以其它格式。可采用的不同类型的机器可读媒体的实例包括软盘、硬盘、光盘、光盘只读存储器 (CD-ROM)、磁光盘、只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM)、可擦可编程 ROM (EPROM)、电可擦可编程 ROM (EEPROM)、磁卡或光卡、闪速存储器和 / 或适合于存储电子指令或数据的其它类型的媒体。在至少一种形式中, 本发明体现为调制到载波以便通过传输媒体传送的指令集。

[0050] 在前面的详细描述中,本发明的各种特征集中到一个或多个单独的实施例中,用于简化本公开。这个公开的方法不应解释为反映了要求其权益的本发明要求比各权利要求中明确描述的特征更多的目的。相反,如所附权利要求所反映的那样,创造性方面可少于各公开实施例的全部特征。

[0051] 虽然结合某些实施例描述了本发明,但要理解,可以进行各种修改和变更,而没有背离本发明的精神和范围,如本领域的技术人员所理解的那样。这类修改和变更被认为落入本发明以及所附权利要求书的范围之内。

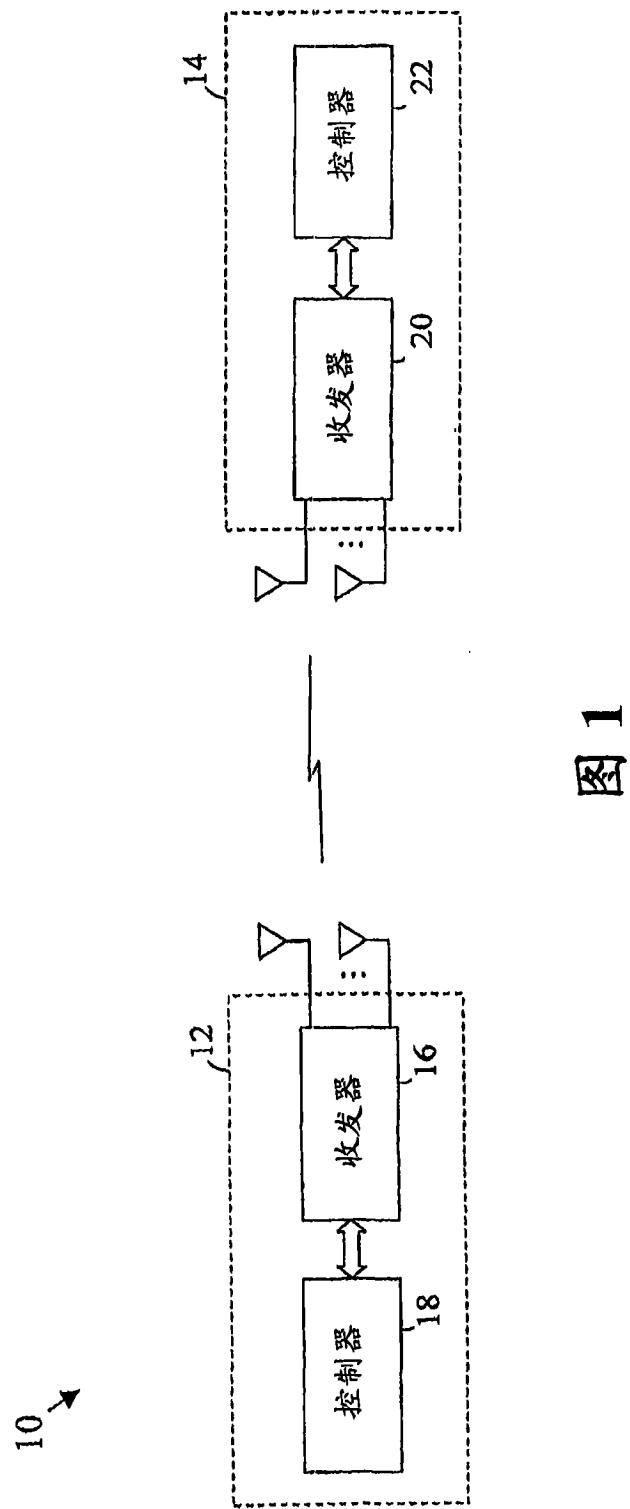
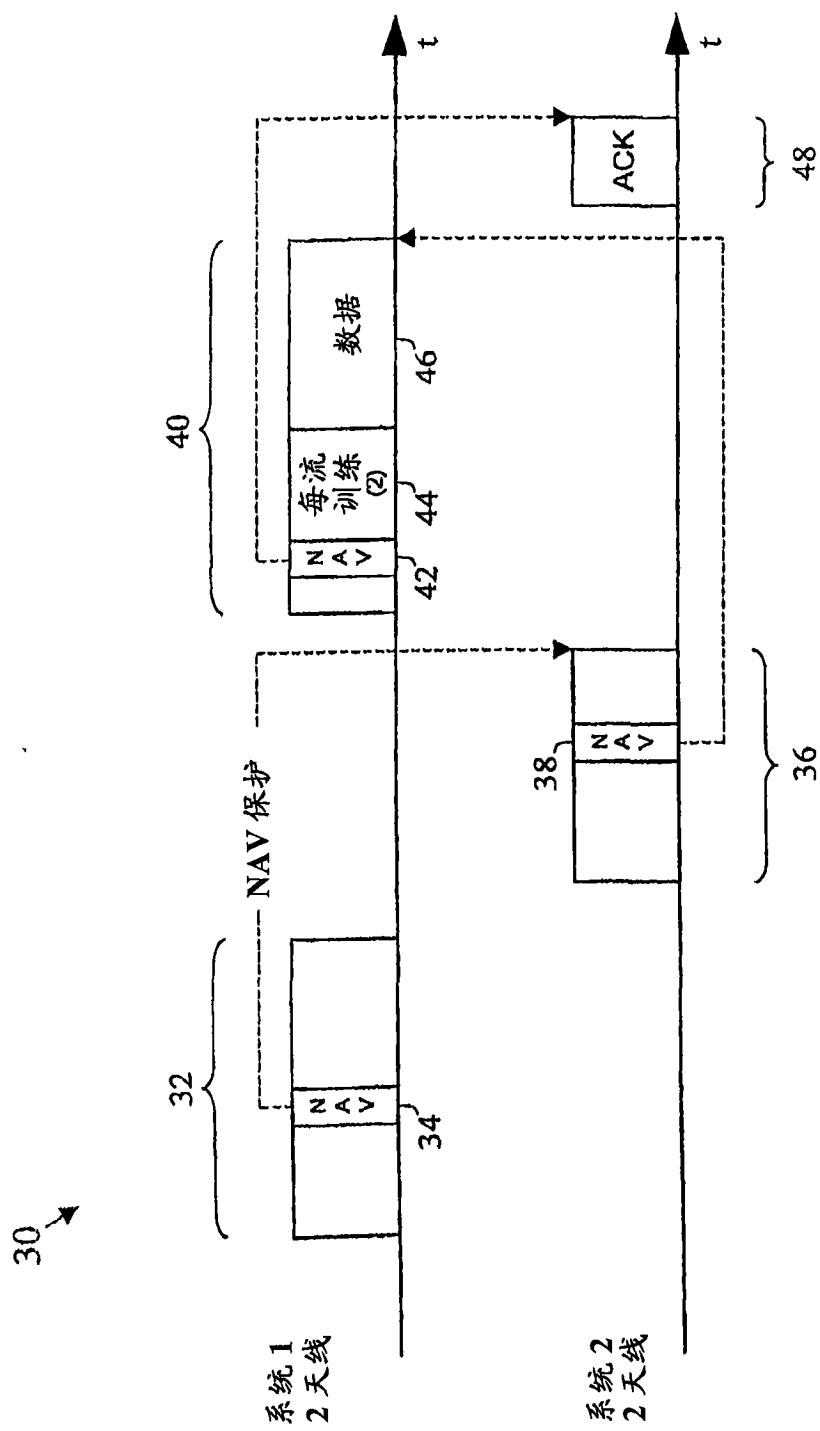
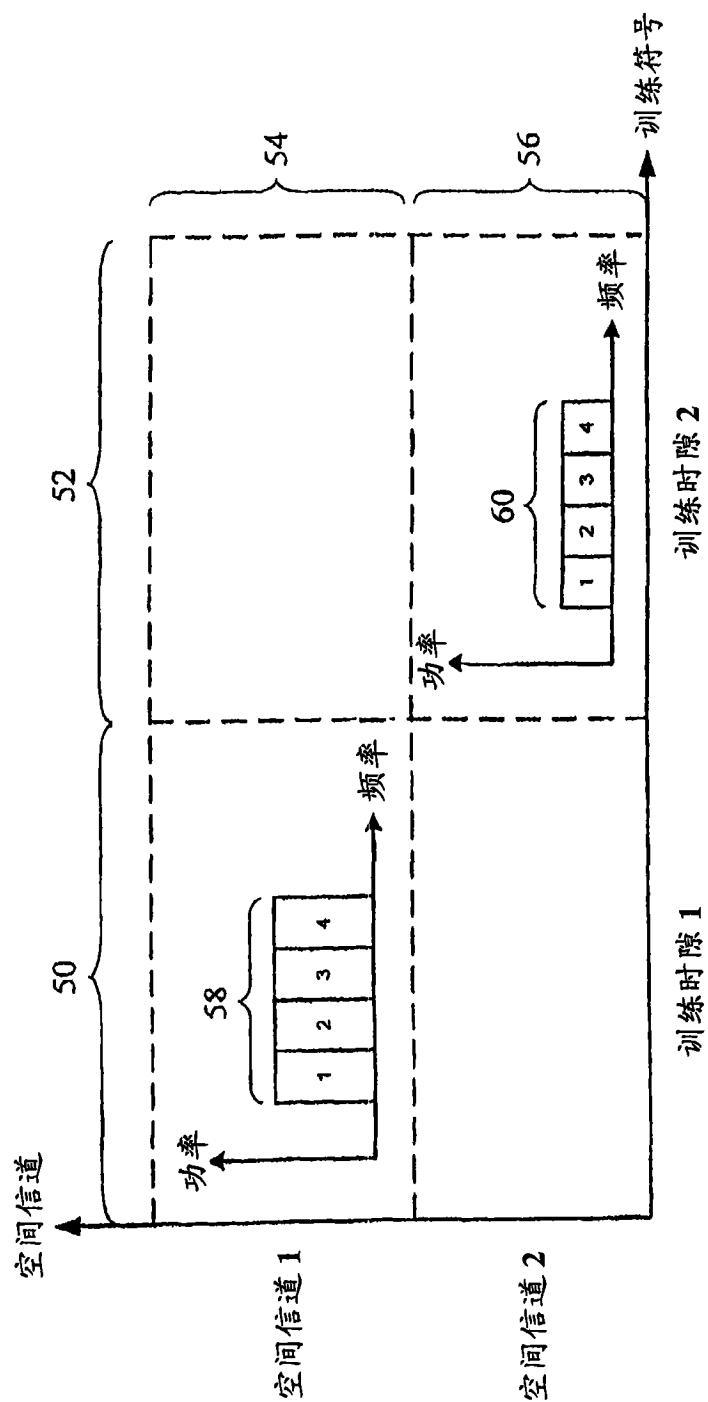


图 1





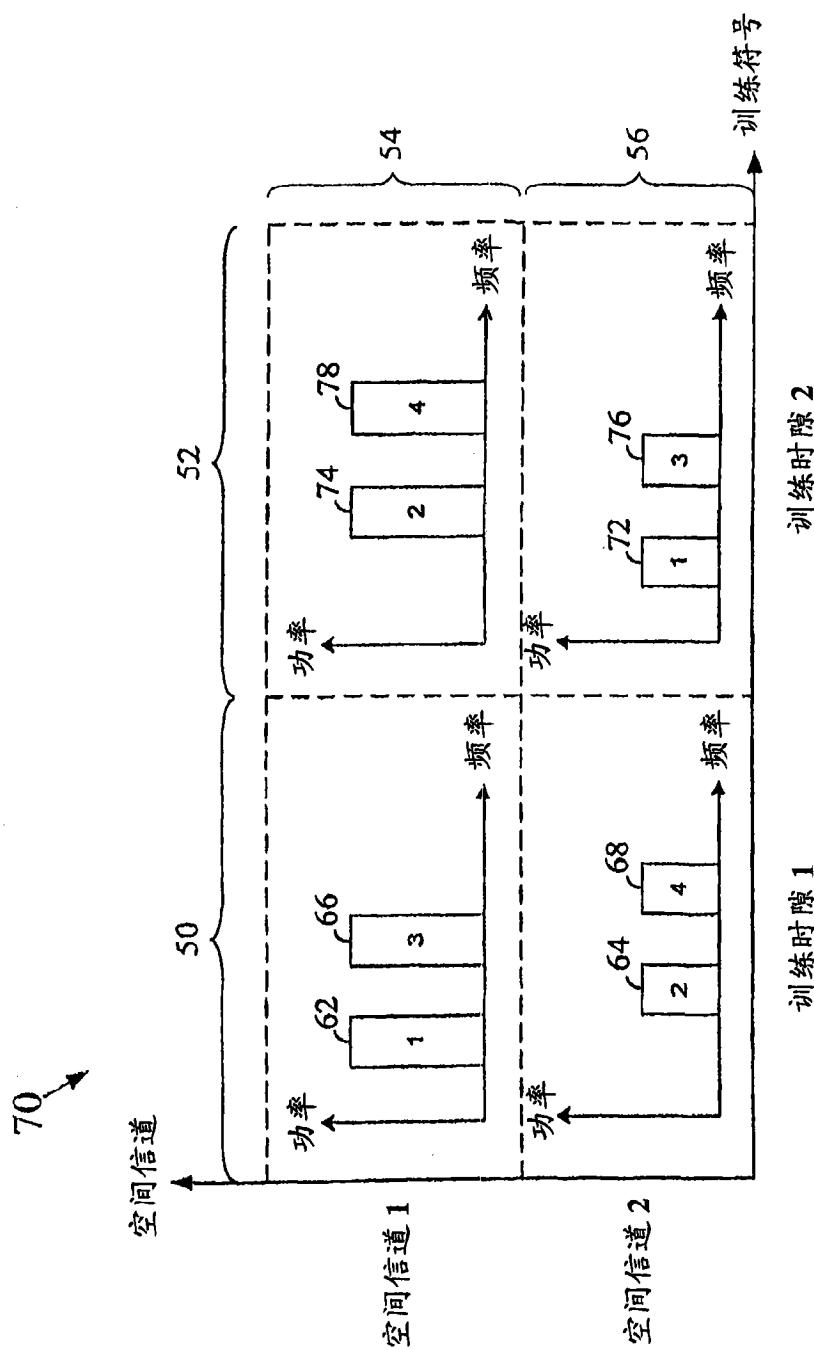


图 4

训练时隙 1 训练时隙 2

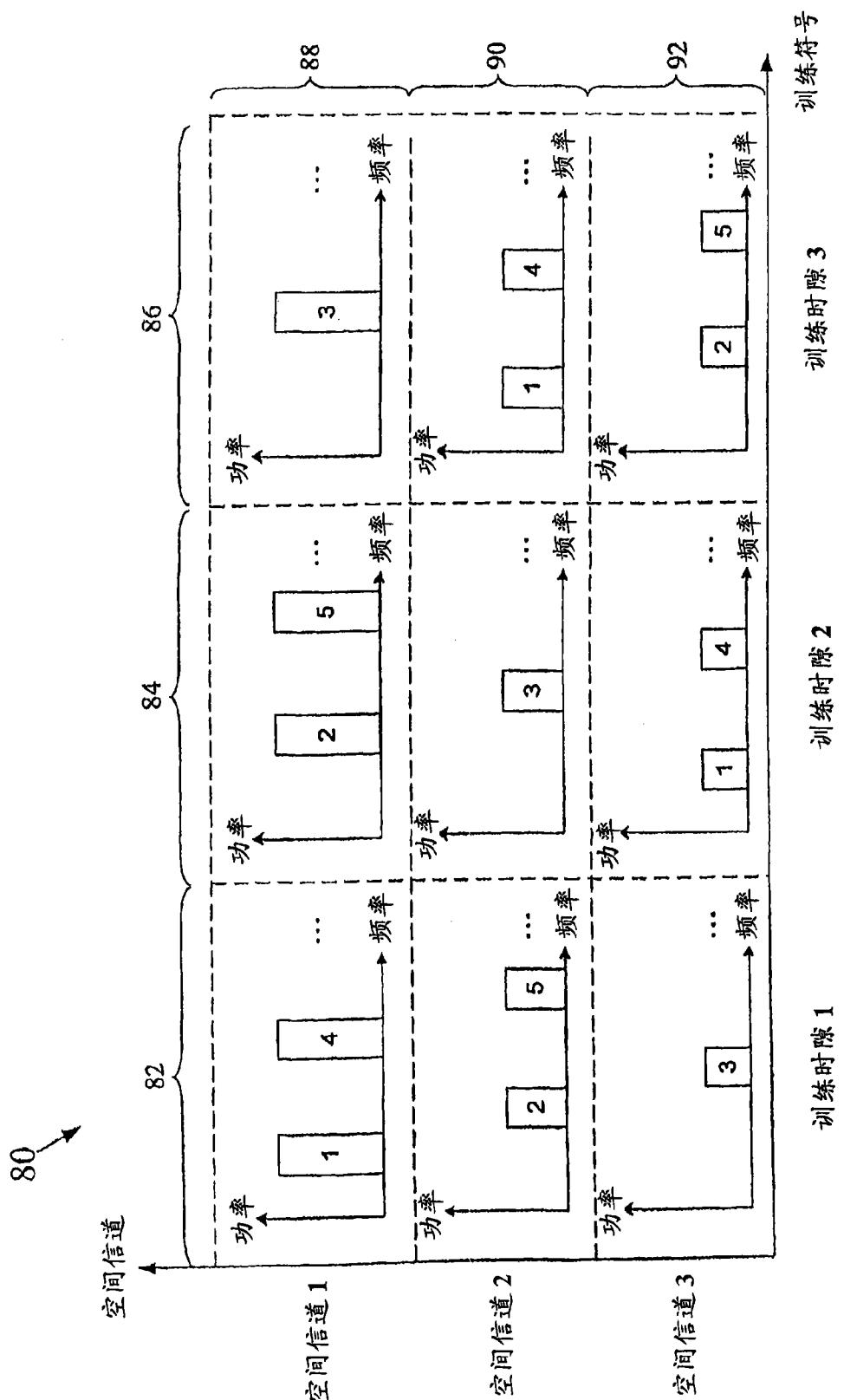


图 5

训练时隙 1

训练时隙 2

训练时隙 3

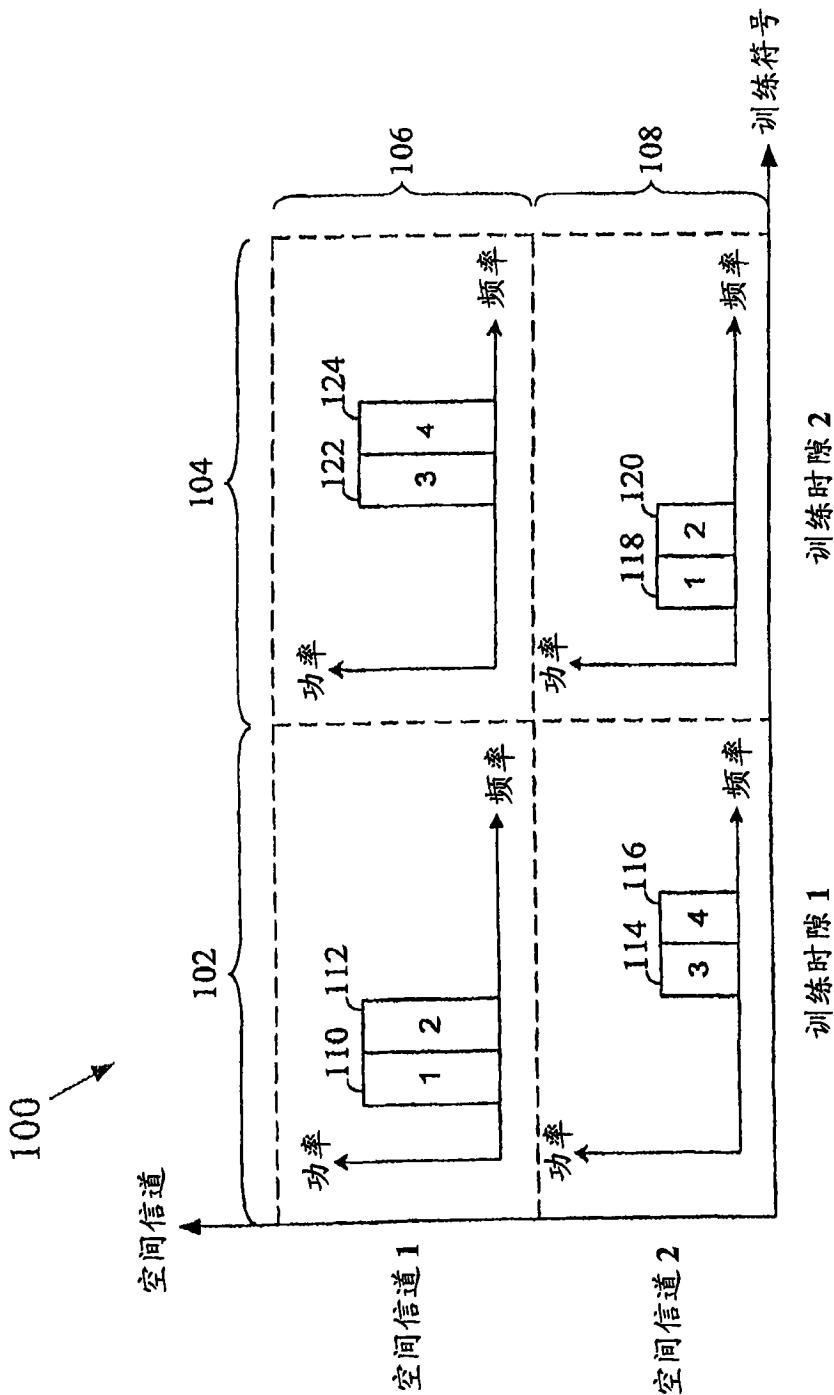


图 6

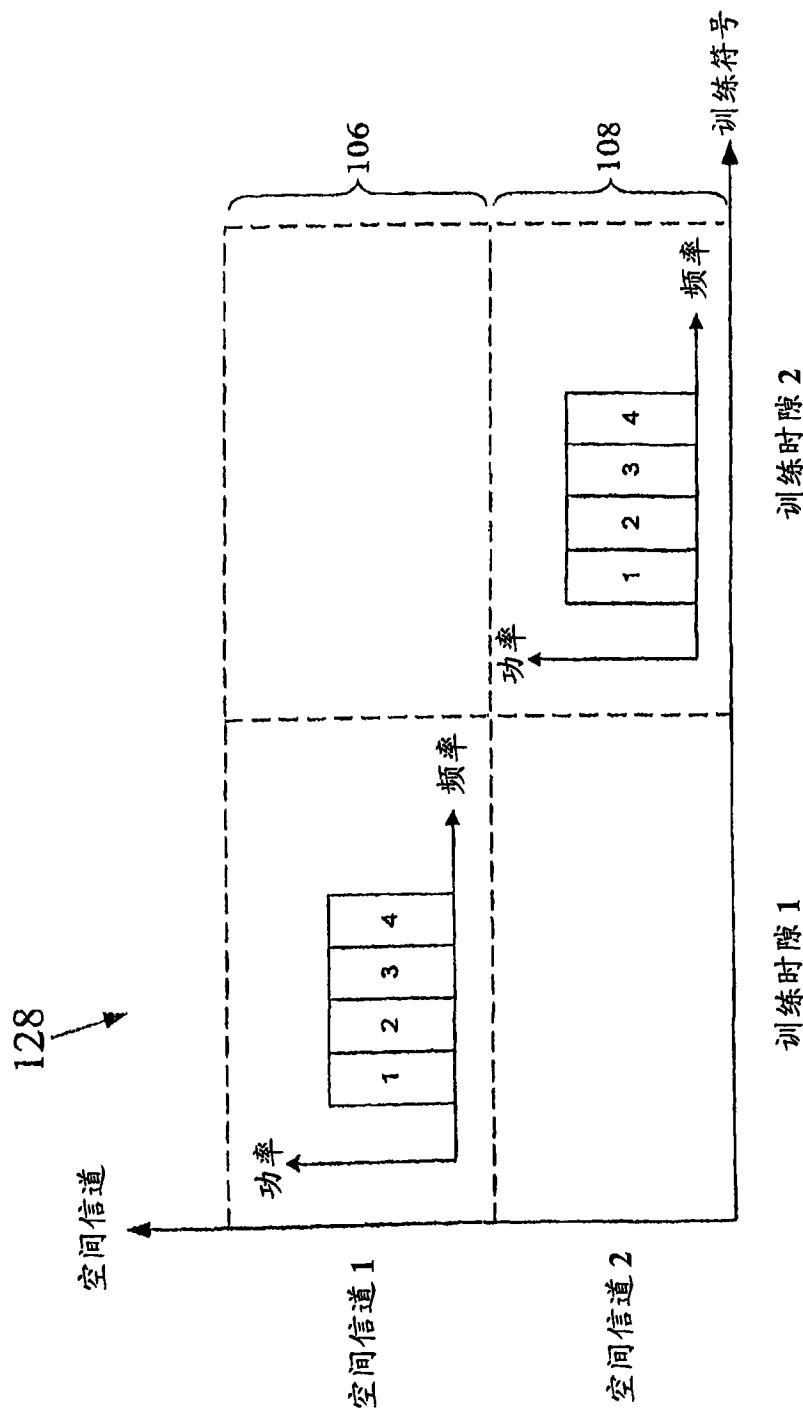


图 7

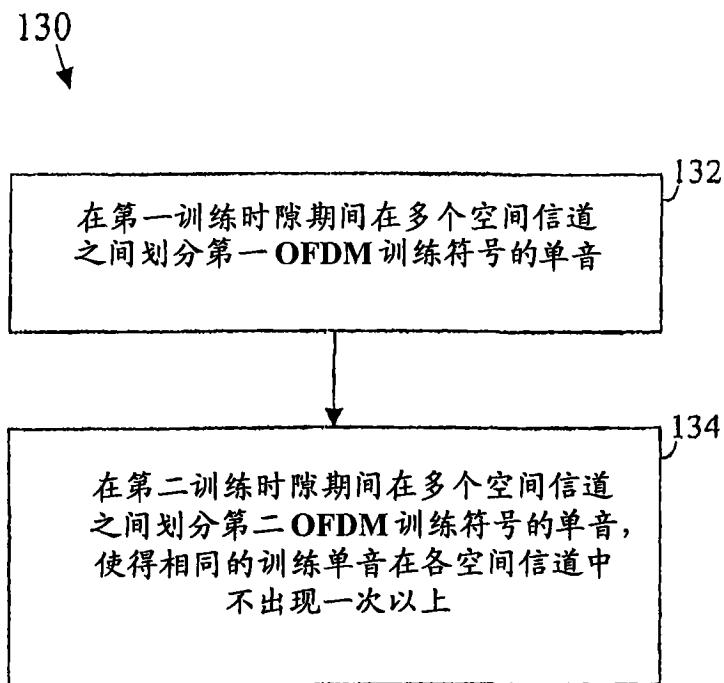


图 8

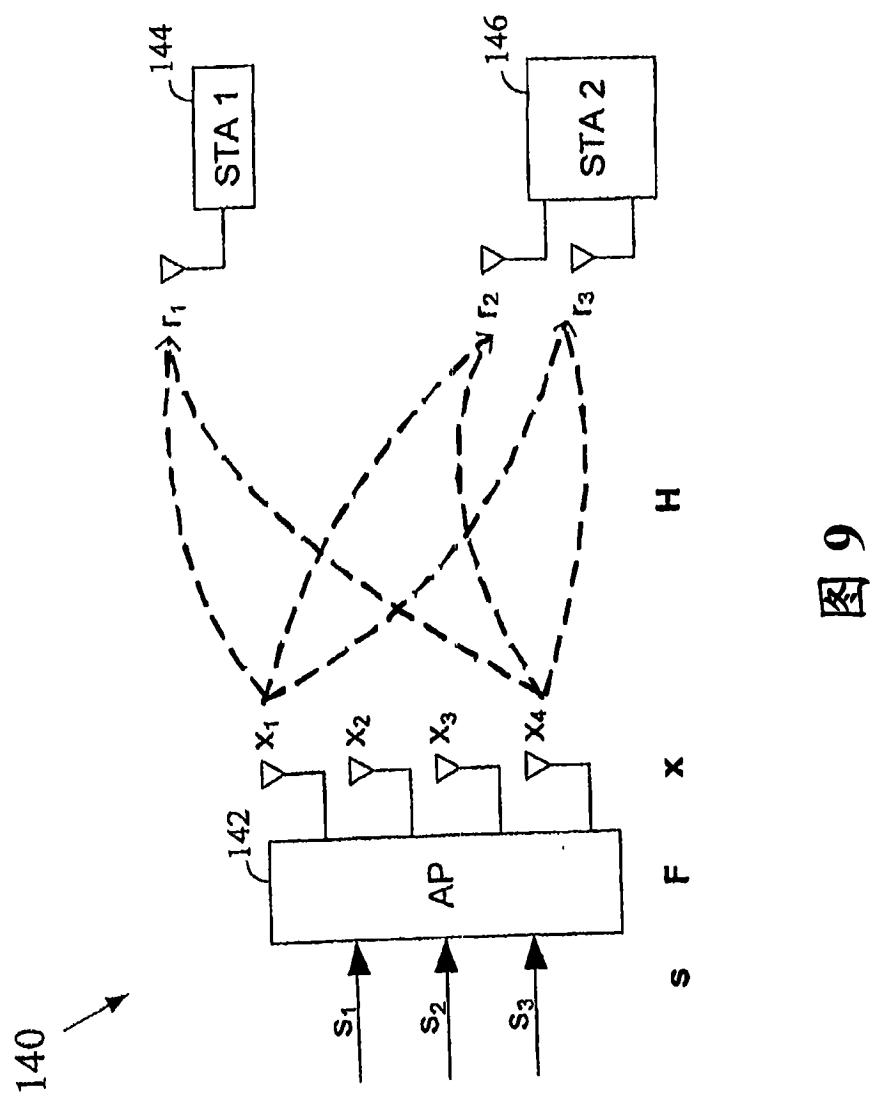


图 9