



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102369674 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201080014699. 7

H04B 7/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 03. 30

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

61/165, 249 2009. 03. 31 US

US 2007230373 A1, 2007. 10. 04,

CN 1902874 A, 2007. 01. 24,

US 2005047384 A1, 2005. 03. 03,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 09. 29

审查员 张莉

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/029275 2010. 03. 30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/117816 EN 2010. 10. 14

(73) 专利权人 马维尔国际贸易有限公司

地址 巴巴多斯圣米加勒

(72) 发明人 张鸿远 娄蕙苓 R·U·纳巴尔

刘勇

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 鄢迅

(51) Int. Cl.

H04B 7/06 (2006. 01)

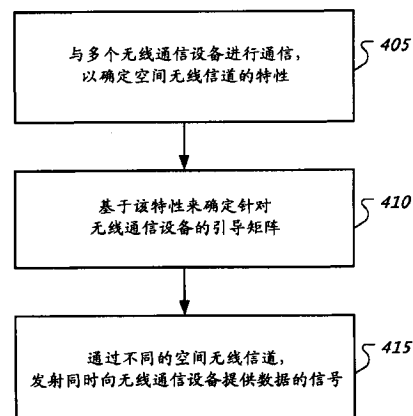
权利要求书3页 说明书14页 附图17页

(54) 发明名称

用于无线通信的方法、装置及系统

(57) 摘要

本公开包括与无线局域网设备相关的系统、装置和技术。该系统、装置和技术包括：与多个无线通信设备进行通信以确定空间无线信道的特性；基于该通信的一个或多个输出来确定引导矩阵；以及经由不同的空间无线信道，发射同时向多个无线通信设备提供数据的信号。可以基于引导矩阵将信号在空间中引导到多个无线通信设备。



1. 一种用于无线通信的方法,包括:

向无线通信设备发送探测分组,以确定空间无线信道的特性,其中,所述空间无线信道分别与所述无线通信设备相关联,其中所述探测分组基于空间映射矩阵;

响应于所述探测分组,从所述无线通信设备接收反馈分组,其中,所述反馈分组指示反馈矩阵,所述反馈分组是根据基于所接收的探测分组的版本的无线信道估计导出的;

基于所述空间映射矩阵和所述反馈矩阵来确定引导矩阵,其中,所述引导矩阵分别与所述无线通信设备相关联;以及

经由不同的空间无线信道,在空分多址(SDMA)帧中发射同时向所述无线通信设备提供数据的第一段和第二段,所述第一段包括用于向所述无线通信设备提供信息的单个未被引导的物理(PHY)帧,所述第二段包括多个引导的PHY帧,其中所述单个未被引导的PHY帧未被空间引导,其中所述多个引导的PHY帧被分别基于所述引导矩阵空间引导到所述无线通信设备。

2. 如权利要求1所述的方法,还包括:

发射这样一种信令信息,所述信令信息使得一个或多个基于IEEE802.11n的设备或基于IEEE802.11a的设备忽略所述SDMA帧的处理并且防止所述一个或多个基于IEEE802.11n的设备或基于IEEE802.11a的设备在所述SDMA帧的传输期间进行发射。

3. 一种用于无线通信的装置,包括:

发射和接收信号的收发器电子部件;以及

处理器电子部件,其被配置为:

(i) 与多个无线通信设备进行通信,以确定与空间无线信道相关联的信息,其中,所述空间无线信道分别与所述无线通信设备相关联,

(ii) 基于所述信息来确定引导矩阵,所述引导矩阵分别与所述无线通信设备相关联,以及

(iii) 使得所述收发器电子部件经由不同的空间无线信道在空分多址(SDMA)帧中发射同时向所述无线通信设备提供数据的第一段和第二段,所述第一段包括用于向所述无线通信设备提供信息的单个未被引导的物理(PHY)帧,所述第二段包括多个引导的PHY帧,其中所述单个未被引导的PHY帧未被空间引导,其中所述多个引导的PHY帧被分别基于所述引导矩阵空间引导到所述无线通信设备。

4. 如权利要求3所述的装置,其中,所述处理器电子部件被配置为使得所述收发器电子部件:

(i) 在频带中向所述无线通信设备发射一个或多个探测分组;以及

(ii) 响应于所述一个或多个探测分组,从所述无线通信设备接收反馈分组,其中,反馈分组是根据基于所接收的探测分组的无线信道估计导出的。

5. 如权利要求4所述的装置,其中,所述处理器电子部件被配置为:

(i) 从所述无线通信设备中的第一设备接收第一信道状态信息;

(ii) 从所述无线通信设备中的第二设备接收第二信道状态信息;

(iii) 至少基于所述第二信道状态信息来确定第一引导矩阵;以及

(iv) 至少基于所述第一信道状态信息来确定第二引导矩阵。

6. 如权利要求4所述的装置,其中,所述处理器电子部件被配置为:

- (i) 从所述无线通信设备中的第一设备接收指示第一反馈矩阵的波束成形信息；
- (ii) 从所述无线通信设备中的第二设备接收指示第二反馈矩阵的波束成形信息；
- (iii) 至少基于所述第一反馈矩阵来确定第一引导矩阵；以及
- (iv) 至少基于所述第二反馈矩阵来确定第二引导矩阵。

7. 如权利要求 4 所述的装置，其中，所述处理器电子部件被配置为：

- (i) 从所述无线通信设备中的第一设备接收指示第一干扰矩阵的干扰拒绝信息；
- (ii) 从所述无线通信设备中的第二设备接收指示第二干扰矩阵的干扰拒绝信息；
- (iii) 至少基于所述第二干扰矩阵来确定第一引导矩阵；以及
- (iv) 至少基于所述第一干扰矩阵来确定第二引导矩阵，

其中，所述第一干扰矩阵基于与所述第一设备相关联的无线信道矩阵的零空间，其中，所述第二干扰矩阵基于与所述第二设备相关联的无线信道矩阵的零空间。

8. 如权利要求 3 所述的装置，其中，所述处理器电子部件被配置为使得所述收发器电子部件：

- (i) 在频带中向所述无线通信设备发射一个或多个探测请求；以及
- (ii) 响应于所述一个或多个探测请求，从所述无线通信设备接收探测分组，其中，确定所述引导矩阵包括基于所接收的探测分组估计无线信道矩阵。

9. 一种用于无线通信的系统，包括：

接入点，其被配置为：

(i) 与多个无线通信设备进行通信，以确定与空间无线信道相关联的信息，所述空间无线信道分别与所述无线通信设备相关联，

(ii) 基于所述信息来确定引导矩阵，所述引导矩阵分别与所述无线通信设备相关联，以及

(iii) 经由不同的空间无线信道在空分多址 (SDMA) 帧中发射同时向所述无线通信设备提供数据的第一段和第二段，所述第一段包括用于向所述无线通信设备提供信息的单个未被引导的物理 (PHY) 帧，所述第二段包括多个引导的 PHY 帧，其中所述单个未被引导的 PHY 帧未被空间引导，其中所述多个引导的 PHY 帧被分别基于所述引导矩阵空间引导到所述无线通信设备。

10. 如权利要求 9 所述的系统，其中，所述接入点被配置为：

- (i) 在频带中向所述无线通信设备发射一个或多个探测分组，以及
- (ii) 响应于所述一个或多个探测分组，从所述无线通信设备接收反馈分组，其中，反馈分组是根据基于所接收的探测分组的无线信道估计导出的。

11. 如权利要求 10 所述的系统，其中，所述接入点被配置为：

- (i) 从所述无线通信设备中的第一设备接收第一信道状态信息；
- (ii) 从所述无线通信设备中的第二设备接收第二信道状态信息；
- (iii) 至少基于所述第二信道状态信息来确定第一引导矩阵；以及
- (iv) 至少基于所述第一信道状态信息来确定第二引导矩阵。

12. 如权利要求 10 所述的系统，其中，所述接入点被配置为：

- (i) 从所述无线通信设备中的第一设备接收指示第一反馈矩阵的波束成形信息；
- (ii) 从所述无线通信设备中的第二设备接收指示第二反馈矩阵的波束成形信息；

- (iii) 至少基于所述第一反馈矩阵来确定第一引导矩阵 ; 以及
- (iv) 至少基于所述第二反馈矩阵来确定第二引导矩阵。

13. 如权利要求 10 所述的系统, 其中, 所述接入点被配置为 :

- (i) 从所述无线通信设备中的第一设备接收指示第一干扰矩阵的干扰拒绝信息 ;
- (ii) 从所述无线通信设备中的第二设备接收指示第二干扰矩阵的干扰拒绝信息 ;
- (iii) 至少基于所述第二干扰矩阵来确定第一引导矩阵 ; 以及
- (iv) 至少基于所述第一干扰矩阵来确定第二引导矩阵,

其中, 所述第一干扰矩阵基于与所述第一设备相关联的无线信道矩阵的零空间, 其中, 所述第二干扰矩阵基于与所述第二设备相关联的无线信道矩阵的零空间。

14. 如权利要求 9 所述的系统, 其中, 所述接入点被配置为

- (i) 在频带中向所述无线通信设备发射一个或多个探测请求, 以及
 - (ii) 响应于所述一个或多个探测请求, 从所述无线通信设备接收探测分组,
- 其中, 确定所述引导矩阵包括基于所接收的探测分组估计无线信道矩阵。

15. 如权利要求 9 所述的系统, 还包括 :

第一组天线 ; 以及
第二组天线 ;

其中, 所述接入点被配置为 :

- (i) 发射第一探测分组, 以在所述第一组天线上执行探测, 以及
- (ii) 发射第二探测分组, 以在所述第二组天线上执行探测。

16. 如权利要求 9 所述的系统, 其中, 所述接入点被配置为 :

发射这样一种信令信息, 所述信令信息使得一个或多个基于 IEEE802. 11n 的设备或基于 IEEE802. 11a 的设备忽略所述 SDMA 帧的处理并且防止所述一个或多个基于 IEEE802. 11n 的设备或基于 IEEE802. 11a 的设备在所述 SDMA 帧的传输期间进行发射。

17. 一种用于无线通信的系统, 包括 :

用于发送和接收信号的收发器 ; 以及

处理器, 其与所述收发器可通信地耦合, 所述处理器被配置为执行如下操作, 包括 :

使得所述收发器向无线通信设备发送探测分组, 以确定空间无线信道的特性, 其中, 所述空间无线信道分别与所述无线通信设备相关联, 其中所述探测分组基于空间映射矩阵 ;

响应于所述探测分组, 从所述无线通信设备接收反馈分组, 其中, 所述反馈分组指示反馈矩阵, 所述反馈分组是根据基于所接收的探测分组的版本的无线信道估计导出的 ;

基于所述空间映射矩阵和所述反馈矩阵来确定引导矩阵, 其中, 所述引导矩阵分别与所述无线通信设备相关联 ; 以及

使得所述收发器在空分多址 (SDMA) 帧中向所述无线通信设备进行发射, 所述 SDMA 帧包括经由不同的空间无线信道同时向所述无线通信设备提供数据的多个引导的物理 (PHY) 帧, 其中所述多个引导的 PHY 帧被分别基于所述引导矩阵空间引导到所述无线通信设备。

18. 如权利要求 17 所述的系统, 其中所述 SDMA 帧包括第一段和第二段, 其中所述第一段包括用于向所述无线通信设备提供信息的单个未被引导的 PHY 帧, 其中所述第二段包括所述多个引导的 PHY 帧, 并且其中所述单个未被引导的 PHY 帧未被空间引导。

19. 如权利要求 17 所述的系统, 其中所述多个引导的 PHY 帧完全跨越所述 SDMA 帧。

用于无线通信的方法、装置及系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本公开要求 2009 年 3 月 31 日递交的、标题为“SDMA Sounding and Steering Protocol for WLAN”的美国临时专利申请序列号 61/165,249 的优先权,以引用的方式将该申请整体并入本文。

[0003] 背景技术

[0004] 无线局域网 (WLAN) 包括通过一个或多个无线信道进行通信的多个无线通信设备。当以基础设施模式操作时,称为接入点 (AP) 的无线通信设备向其他无线通信设备 (例如客户端站或接入终端 (AT)) 提供与网络 (如因特网) 的连接。无线通信设备的各种实例包括移动电话、智能电话、无线路由器、无线集线器。在一些情况中,无线通信电子部件与诸如膝上电脑、个人数字助理和计算机之类的数据处理设备相集成。

[0005] 诸如 WLAN 的无线通信系统可以使用一种或多种无线通信技术,如正交频分多路复用 (OFDM)。在基于 OFDM 的无线通信系统中,数据流被分割成多个数据子流。在不同的 OFDM 子载波上发送该数据子流,OFDM 子载波可以被称为音调或频调。一些无线通信系统使用单输入单输出 (SISO) 通信方法,在该方法中每个无线通信设备使用单个天线。其他无线通信系统使用多输入多输出 (MIMO) 通信方法,在该方法中无线通信设备使用多个发射天线和多个接收天线。WLAN (如电子电气工程师协会 (IEEE) 无线通信标准 (例如 IEEE802.11a 或 IEEE802.11n) 所定义的那些 WLAN) 可以使用 OFDM 来发射和接收信号。此外,WLAN (如基于 IEEE802.11n 标准的 WLAN) 可以使用 OFDM 和 MIMO。

[0006] 发明内容

[0007] 本公开包括用于无线局域网的系统、装置和技术。

[0008] 用于无线局域网的系统、装置和技术可以包括与多个无线通信设备进行通信以确定空间无线信道的特性。空间无线信道可以分别与无线通信设备相关联。该系统、装置和技术可以包括基于该通信的一个或多个输出来确定引导 (steering) 矩阵。引导矩阵可以分别与无线通信设备相关联。该系统、装置和技术可以包括经由不同的空间无线信道来发送同时向多个无线通信设备提供数据的信号。可以基于引导矩阵将信号在空间中引导到无线通信设备。

[0009] 用于无线局域网的系统、装置和技术可以包括以下特征中的一个或多个。与无线通信设备进行通信可以包括在频带中向无线通信设备发射一个或多个探测 (sounding) 分组。与无线通信设备进行通信可以包括响应于该一个或多个探测分组,从无线通信设备接收反馈分组。在一些实现中,反馈分组是从基于所接收的探测分组的无线信道估计导出的。

[0010] 在一些实现中,接收反馈分组可以包括从无线通信设备中的第一设备接收第一信道状态信息以及从无线通信设备中的第二设备接收第二信道状态信息。确定引导矩阵可以包括至少基于第二信道状态信息来确定第一引导矩阵。确定引导矩阵可以包括至少基于第一信道状态信息来确定第二引导矩阵。

[0011] 在一些实现中,接收反馈分组可以包括从无线通信设备中的第一设备接收指示第一反馈矩阵的波束成形信息。接收反馈分组可以包括从无线通信设备中的第二设备接收指

示第二反馈矩阵的波束成形信息。确定引导矩阵可以包括至少基于第一反馈矩阵来确定第一引导矩阵。确定引导矩阵可以包括至少基于第二反馈矩阵来确定第二引导矩阵。

[0012] 在一些实现中,接收反馈分组可以包括从无线通信设备中的第一设备接收指示第一干扰矩阵的干扰拒绝信息。接收反馈分组可以包括从无线通信设备中的第二设备接收指示第二干扰矩阵的干扰拒绝信息。在一些实现中,第一干扰矩阵基于与第一设备相关联的无线信道矩阵的零空间。在一些实现中,第二干扰矩阵基于与第二设备相关联的无线信道矩阵的零空间。确定引导矩阵可以包括至少基于第二干扰矩阵来确定第一引导矩阵。确定引导矩阵可以包括至少基于第一干扰矩阵来确定第二引导矩阵。

[0013] 与无线通信设备进行通信可以包括在频带中向无线通信设备发射一个或多个探测请求。与无线通信设备进行通信可以包括响应于该一个或多个探测请求,从无线通信设备接收探测分组。确定引导矩阵可以包括基于所接收的探测分组估计无线信道矩阵。

[0014] 与无线通信设备进行通信可以包括发送第一探测分组以在第一组天线上执行探测以及发送第二探测分组以在第二组天线上执行探测。发射信号可以包括使用第一组天线和第二组天线。实现方式可以包括发射这样一种信令信息,该信令信息将导致一个或多个传统设备忽略空分多址(SDMA)帧的处理并且防止该一个或多个传统设备在SDMA帧的传输期间进行发射。

[0015] 在附图和下文的描述中阐述了一个或多个实现的细节。其他特征和优点将从该描述和附图中并且从权利要求中变得显而易见。

附图说明

[0016] 图 1A 显示了具有两个无线通信设备的无线局域网的实例。

[0017] 图 1B 显示了无线通信设备架构的实例。

[0018] 图 2 显示了无线通信设备的发射路径的功能性方框图的实例。

[0019] 图 3 显示了对多个传输信号进行组合以用于多个天线上的传输的架构的实例。

[0020] 图 4 显示了通信过程的实例。

[0021] 图 5 显示了显式探测通信过程的实例。

[0022] 图 6A 显示了显式探测时序图的实例。

[0023] 图 6B 显示了显式探测时序图的另一个实例。

[0024] 图 7 显示了隐式探测通信过程的实例。

[0025] 图 8A 显示了隐式探测时序图的实例。

[0026] 图 8B 显示了隐式探测时序图的另一个实例。

[0027] 图 9A 显示了交错探测分组的实例。

[0028] 图 9B 显示了交错探测分组的另一个实例。

[0029] 图 9C 显示了基于零数据分组的探测分组的实例。

[0030] 图 9D 显示了基于零数据分组的探测分组的另一个实例。

[0031] 图 9E 显示了用于发射连续的交错探测分组以对多个天线进行探测的实例。

[0032] 图 9F 显示了用于发射连续的基于零数据分组的探测分组以对多个天线进行探测的实例。

[0033] 图 10A 显示了基于空分多址的帧的实例。

- [0034] 图 10B 显示了基于空分多址的帧的另一个实例。
- [0035] 图 11 显示了基于空分多址的帧的另一个实例。
- [0036] 图 12 显示了基于空分多址的帧的另一个实例。
- [0037] 图 13 显示了包括用于基于载波感测的通信的窗口和用于基于空分的通信的窗口的时序图的实例。
- [0038] 图 14 显示了包括基于空分多址的帧和上行链路确认的时序图的实例。
- [0039] 图 15 显示了基于信道状态信息的通信过程的实例。
- [0040] 图 16 显示了基于波束成形反馈的通信过程的实例。
- [0041] 图 17 显示了基于干扰反馈的通信过程的实例。
- [0042] 在各个附图中,相似的附图标记指示相似的元件。

具体实施方式

[0043] 图 1A 显示了具有两个无线通信设备的无线局域网的实例。无线通信设备 105、107,如接入点 (AP)、基站 (BS)、接入终端 (AT)、客户端站或移动站 (MS),可以包括处理器电子部件 110、112,如实施用于实现本公开所提供的技术的方法的一个或多个处理器。无线通信设备 105、107 包括收发器电子部件 115、117,以通过一个或多个天线 120a、120b、122a、122b 发送和 / 或接收无线信号。在一些实现中,收发器电子部件 115、117 包括多个无线电单元。在一些实现中,无线电单元包括基带单元 (BBU) 和射频单元 (RFU),以发射和接收信号。无线通信设备 105、107 包括被配置为存储诸如数据和 / 或指令的信息的一个或多个存储器 125、127。在一些实现中,无线通信设备 105、107 包括用于发射的专门电路和用于接收的专门电路。

[0044] 第一无线通信设备 105 可以经由两个或更多个正交空间子空间 (例如正交空分多址 (SDMA) 子空间),向两个或更多个设备发射数据。例如,第一无线通信设备 105 可以同时使用空间无线信道向第二无线通信设备 107 发射数据,并且可以使用不同的空间无线信道向第三无线通信设备 (未显示) 发射数据。在一些实现中,第一无线通信设备 105 实现空分技术,以使用两个或更多个空间复用矩阵向两个或更多个无线通信设备发射数据,以在单个频带中提供空间分离的无线信道。

[0045] WLAN 中的无线通信设备 105、107 可以使用一个或多个媒体访问控制 (MAC) 和物理 (PHY) 层协议。例如,无线通信设备可以对 MAC 层使用具有基于冲突避免 (CA) 的协议的载波感测多重访问 (CSMA) 以及对 PHY 层使用 OFDM。基于 MIMO 的无线通信设备可以在 OFDM 信号的每个音调中、通过多个天线发射和接收多个空间流。

[0046] 为了方便起见,无线通信设备 105、107 有时候被称为发射器和接收器。例如,本文中所使用的“发射器”是指接收和发射信号的无线通信设备。类似地,本文中所使用的“接收器”是指接收和发射信号的无线通信设备。

[0047] 通过将一个或多个发射器端波束成形矩阵应用于与不同的客户端无线通信设备相关联的空间分离的信号,无线通信设备 (如支持 MIMO 的 AP) 可以同时相同的频带中发射针对多个客户端无线通信设备的信号。基于在无线通信设备的不同天线处的不同的干扰图样,每个客户端无线通信设备可以辨别它自己的信号。支持 MIMO 的 AP 可以参与探测,以获得每个客户端无线通信设备的信道状态信息。AP 可以基于不同的信道状态信息计算空

间复用矩阵（如空间引导矩阵），以将到不同的客户端无线通信设备的信号在空间上分离。

[0048] 本公开总体提供了用于基于空分多址的探测、引导和通信的技术和系统的细节和实例。所述技术和系统中的一个或多个包括用于对无线通信设备的多个天线进行探测的探测协议。所述技术和系统中的一个或多个包括用于基于来自探测过程的输出将通信信号引导到无线通信设备的引导协议。

[0049] 发射器可以使用传输信号模型来生成针对两个或更多个接收器的 SDMA 传输信号。生成 SDMA 传输信号可以包括使用与各个接收器相关联的空间复用矩阵。发射器可以基于干扰避免和 / 或信号干扰噪声比 (SINR) 平衡, 来构造针对客户端接收器的复用矩阵 W 。干扰避免试图将到达接收器的不希望的信号能量的量最小化。干扰避免可以确保意图发往特定接收器的信号仅到达该特定的接收器, 并且在不同的接收器处被抵消掉。发射器可以执行 SINR 平衡。SINR 平衡可以包括确定复用矩阵, 以活动地控制在不同接收器处观察到的 SINR。例如, 一种 SINR 平衡方法可以包括将被服务的各接收器上的最小 SINR 最大化。

[0050] 发射器可以经由不同的空间无线信道, 来与多个接收器同时通信。发射器可以使用复用矩阵（如引导矩阵）在不同的空间无线信道上发射信息。发射器可以将针对第 i 个接收器的传输向量与各自的复用矩阵相乘。针对每个接收器的复用矩阵可以不同。复用矩阵可以取决于发射器和接收器之间的无线信道。发射器可以将与不同接收器相对应的引导的信号向量进行组合, 以产生同时向各个接收器发射不同信息的传输信号。

[0051] 在一些实现中, 发射器使用基于 $s = \sum_{i=1}^N W_i x_i$ 的 OFDM 传输信号模型, 其中, s 是

针对一个音调的发射的信号向量, N 是同时被服务的接收器的数量, x_i 是意图发往第 i 个接收器的信息向量 ($T_i \times 1$, $T_i < P_i$), W_i 是针对第 i 个接收器的复用矩阵 ($M \times T_i$), M 是发射器的发射天线的数量, P_i 是第 i 个接收器的接收天线的数量。

[0052] 在一些实现中, 无线通信设备可以基于一个或多个接收信号来确定多个无线信道矩阵 H_k^i 。这里, H_k^i 表示与第 i 个接收器相关联的第 k 个音调的信道条件。发射器可以在多个音调上向两个或更多个接收器进行发射。例如, 可以将由第一接收器接收的第一音调表达为 $H_1^1[W_1^1 x_1 + W_1^2 x_2 + \dots + W_1^N x_N]$, 其中 W_k^i 是在第 k 个音调上针对第 i 个接收器的复用矩阵。

[0053] 复用矩阵 W 可以被选择为使得第一接收器接收 $H_1^1 W_1^1 x_1$ 并且使得其余信号 $x_2, x_3, \dots, x_N$ 处于针对第一接收器的零 (null) 空间中。因此, 当使用信号干扰方法时, 复用矩阵 W 的值被选择为使得 $H_1^1 W_1^2 \approx 0, \dots, H_1^1 W_1^N \approx 0$ 。换句话说, 复用矩阵 W 可以调整这些 OFDM 音调的相位和幅度, 使得在第一接收器处产生零。这样, 第一接收器可以接收意图发给它的信号 x_1 , 而没有来自意图发往其他接收器的其他信号 $x_2, x_3, \dots, x_N$ 的干扰。

[0054] 一般而言, 接收的信号可以包括意图发往第 i 个接收器的信号分量以及来自意图发往一个或多个其他接收器的一个或多个信号的一个或多个共信道干扰分量。例如, 在第 i 个接收器处接收的信号表示为:

$$[0055] \quad y_i = H_i W_i x_i + H_i \sum_{j \neq i} W_j x_j + n_i,$$

[0056] 其中 H_i 表示与发射器和第 i 个接收器之间的无线信道相关联的无线信道矩阵, n_i

表示在第 i 个接收器处的噪声。该求和是对与除了第 i 个接收器之外的接收器相对应的 j 的值进行的。

[0057] 当同时对多个接收器进行服务时,可以在多个接收器之间分配发射器处的可用功率。这继而影响在每个接收器处观察到的 SINR。发射器可以在接收器之间执行灵活的功率管理。例如,发射器可以向数据速率要求低的接收器分配较少功率。在一些实现中,将发射功率分配给可靠接收的可能性高的接收器(以便不浪费发射功率)。可以在对应的复用矩阵 W 中和/或在使用了其他幅度调整方法之后,调整功率。

[0058] 发射器设备可以基于发射器与接收器之间的信道条件来确定与该接收器相关联的复用矩阵 W 。发射器和接收器可以执行探测,以确定无线信道特性。探测技术的各种实例包括显式探测和隐式探测。

[0059] 在一些实现中,设备可以基于预先确定的探测数据和空间映射矩阵 Q_{sounding} 来发射探测分组。例如,设备可以将 Q_{sounding} 与探测数据发射向量相乘。在一些实现中,在多个探测的情况下, Q_{sounding} 是列式复合矩阵(composite matrix)。设备可以基于关于如何接收到探测分组的信息,例如将指示接收的探测分组的信号与预先确定的信号进行比较,来确定引导向量 V_i 。在一些实现中,AP 基于 $W_i = Q_{\text{sounding}} V_i$ 来计算针对第 i 个接收器的引导矩阵。

[0060] 在一些实现中,AP 向接收器发射探测分组。接收器可以基于该探测分组确定无线信道信息。在一些实现中,接收器发送无线信道信息,如信道状态信息(CSI)、指示引导矩阵 V_i 的信息或者指示干扰的信息。例如,接收器可以基于所接收的探测分组来测量 CSI。

[0061] AP 可以基于无线信道信息来计算引导矩阵。在一些实现中,设备计算

$$[0062] \quad \mathbf{H}_{\text{Total}} = \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{H}}_1 \\ \tilde{\mathbf{H}}_2 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} \mathbf{H}_1 \\ \mathbf{H}_2 \end{bmatrix} \mathbf{Q}_{\text{sounding}}$$

[0063] 来作为来自两个接收器的组合的 CSI 反馈。这里, $\tilde{\mathbf{H}}_1 \approx \mathbf{H}_1 \mathbf{Q}_{\text{sounding}}$, $\tilde{\mathbf{H}}_2 \approx \mathbf{H}_2 \mathbf{Q}_{\text{sounding}}$ 是与分别用于两个客户端的 OFDM 系统音调相关联的无线信道矩阵的估计。可以扩展 $\mathbf{H}_{\text{Total}}$ 以包括针对附加客户端的无线信道矩阵估计。

[0064] 复用矩阵(如引导矩阵)可以包括干扰减轻分量和波束成形分量。令 $\mathbf{V}_{T\perp}$ 表示第 i 个客户端的信号在其他客户端处的干扰减轻。在一些实现中, $\mathbf{V}_{T\perp}$ 是这样一种矩阵,这种矩阵映射到由与除了第 i 个客户端的信道之外(例如,除了 $\tilde{\mathbf{H}}_i$)的其他信道相对应的 $\mathbf{H}_{\text{Total}}$ 中的行所组成的矩阵的零空间。换句话说, $\mathbf{V}_{T\perp} = \text{null}(\tilde{\mathbf{H}}_i)$ 并且 $\tilde{\mathbf{H}}_i \mathbf{V}_{T\perp} \approx \mathbf{0}$ 。令 $\mathbf{V}'_i$ 表示特定于第 i 个客户端的波束成形矩阵, $\mathbf{V}'_i$ 是用于提高等效信道的性能的每个客户端的引导矩阵 $\tilde{\mathbf{H}}_i \mathbf{V}'_i$ 。在一些实现中,通过单值分解(SVD)技术来计算波束成形增益矩阵(如 $\mathbf{V}'_i$)。在一些实现中,由 $\mathbf{V}_i = \mathbf{V}_{T\perp} \mathbf{V}'_i$ 给出引导矩阵。

[0065] 在两个客户端的实例中,AP 可以分别基于 $\mathbf{V}_1 = \mathbf{V}_{T\perp} \mathbf{V}'_1$ 和 $\mathbf{V}_2 = \mathbf{V}_{2\perp} \mathbf{V}'_2$ 计算针对两个客户端的引导矩阵。AP 可以为第一客户端计算 $\mathbf{V}_{T\perp} = \text{null}(\tilde{\mathbf{H}}_2)$ 并且 AP 可以为第二客户端计算 $\mathbf{V}_{2\perp} = \text{null}(\tilde{\mathbf{H}}_1)$ 。观察到 $\tilde{\mathbf{H}}_2 \mathbf{V}_{T\perp} \approx \mathbf{0}$, $\tilde{\mathbf{H}}_1 \mathbf{V}_{2\perp} \approx \mathbf{0}$ 。

[0066] 在三个客户端的实例中,AP 可以分别基于 $\mathbf{V}_1 = \mathbf{V}_{T\perp} \mathbf{V}'_1$ 、 $\mathbf{V}_2 = \mathbf{V}_{2\perp} \mathbf{V}'_2$ 和 $\mathbf{V}_3 = \mathbf{V}_{3\perp} \mathbf{V}'_3$

来计算针对该三个客户端的引导矩阵。AP 可以为第一客户端计算 $\mathbf{V}_{1\perp} = \text{null}([\tilde{\mathbf{H}}_2, \tilde{\mathbf{H}}_3])$ 。AP 可以为第二客户端计算 $\mathbf{V}_{2\perp} = \text{null}([\tilde{\mathbf{H}}_1, \tilde{\mathbf{H}}_3])$ 。AP 可以为第三客户端计算 $\mathbf{V}_{3\perp} = \text{null}([\tilde{\mathbf{H}}_1, \tilde{\mathbf{H}}_2])$ 。观察到 $\tilde{\mathbf{H}}_2 \mathbf{V}_{1\perp} \approx \mathbf{0}, \tilde{\mathbf{H}}_1 \mathbf{V}_{2\perp} \approx \mathbf{0}, \tilde{\mathbf{H}}_3 \mathbf{V}_{3\perp} \approx \mathbf{0}$ 。

[0067] 在一些实现中,客户端可以基于无线信道估计来确定引导矩阵反馈,其中所述无线信道估计在每个客户端处基于从 AP 接收到探测分组而执行。引导矩阵反馈可以包括一矩阵。在一些实现中,引导矩阵反馈包括矩阵的压缩表示。引导反馈的各种实例包括波束成形反馈和干扰拒绝反馈。基于引导矩阵反馈的接收,AP 可以计算针对每个客户端的更新的引导矩阵 $\mathbf{W}_i$ 。在一些实现中,WLAN 中的一些客户端可以发射波束成形反馈,而该 WLAN 中的其他客户端可以发射干扰拒绝反馈。

[0068] AP 可以从客户端接收波束成形反馈。该反馈可以包括针对基于从 AP 到第 i 个客户端的无线信道的波束成形增益的、来自第 i 个客户端的波束成形反馈矩阵 $\mathbf{V}_{i_FB}$ 。客户端可以计算

$$[0069] \quad \mathbf{V}_{i_FB} = f_{BF}(\tilde{\mathbf{H}}_i)$$

[0070] 其中, f_{BF} 是波束成形函数。波束成形计算可以包括执行 SVD 计算。

[0071] AP 可以基于

$$[0072] \quad \mathbf{W}_i = \mathbf{Q}_{\text{sounding}} \mathbf{V}_{i_FB}$$

[0073] 计算针对第 i 个客户端的引导矩阵。在一些实现中,波束成形反馈包括每个空间流的信噪比 (SNR) 值,该每个空间流的 SNR 值对应于引导矩阵反馈的每个列。在一些实现中,波束成形反馈包括与调制编码方案 (MCS) 相关联的信息。

[0074] AP 可以从客户端接收干扰拒绝反馈。客户端可以基于估计的无线信道矩阵的零空间 (例如 $\mathbf{V}_{i_FB} = \text{null}(\tilde{\mathbf{H}}_i)$) 来发送反馈矩阵。AP 可以将来自第 i 个客户端的反馈矩阵用于避免从其他客户端到该第 i 个客户端的信号干扰。

[0075] 在两个客户端的实例中, $\mathbf{V}_{1_FB} = \text{null}(\tilde{\mathbf{H}}_1)$ 并且 $\mathbf{V}_{2_FB} = \text{null}(\tilde{\mathbf{H}}_2)$ 。AP 可以基于 $\mathbf{V}_{i_FB}$ 矩阵来计算针对该两个客户端的引导矩阵 (例如 $\mathbf{W}_1 = \mathbf{Q}_{\text{sounding}} \mathbf{V}_{2_FB}$ 以及 $\mathbf{W}_2 = \mathbf{Q}_{\text{sounding}} \mathbf{V}_{1_FB}$)。在一些情况中, $\mathbf{V}_{1_FB}$ 可以映射到空间 $\text{null}(\tilde{\mathbf{H}}_1)$ 的子空间,例如列数量小于 $\text{null}(\tilde{\mathbf{H}}_1)$ 。在一些实现中,针对第二个客户端的空间时间流的数量小于或等于 $\mathbf{V}_{1_FB}$ 中的列的数量。类似地,针对第一个客户端的空间时间流的数量小于或等于 $\mathbf{V}_{2_FB}$ 中的列的数量。

[0076] 客户端可以接收具有 $N_{\text{sts_client}}$ 个空间时间流 (例如基于 MCS 的流) 的物理层分组。为了反馈干扰拒绝引导矩阵,客户端可以计算列数量等于或小于 $N_{\text{sts_max_AP}} - N_{\text{sts_client}}$ 的反馈引导矩阵,其中 $N_{\text{sts_max_AP}}$ 是能够从该 AP 发射的空间时间流的最大可能数量。在一些实现中,客户端可以与干扰拒绝引导矩阵反馈一起反馈 MCS 建议。MCS 建议可以指示该客户端优选的 $N_{\text{sts_client}}$ 值。

[0077] 在一些实现中,客户端可以反馈每个接收链的 SNR。在一些实现中,客户端可以反馈 $N_{\text{sts_client}}$ 个子流的子流 SNR。在一些实现中, $N_{\text{sts_client}} = N_{\text{sts_max_AP}} - \text{Columns}(\mathbf{V}_{i_FB})$, 其中 $\text{Columns}(\mathbf{V}_{i_FB})$ 表示 $\mathbf{V}_{i_FB}$ 的列的数量。

[0078] 在一些实现中,当建立 SDMA TxOP 时,AP 可以执行一个或多个 MAC 信元 (IE) 交换,使得每个客户端知道其他客户端的最大可能 $N_{\text{sts_client}}$ 。客户端可以基于该交换来确定该客

户端的反馈 V_{i_FB} 中的列的数量。

[0079] 在一些实现中, AP 向客户端发送探测请求分组, 该探测请求分组使得客户端发送探测分组, AP 可以根据该探测分组估计无线信道信息。AP 可以计算客户端与 AP 之间的无线信道的无线信道矩阵 $\tilde{\mathbf{H}}_i^T$ 。在一些实现中, H_{Total} 矩阵可以包括两个或更多个 $\tilde{\mathbf{H}}_i^T$ 矩阵。AP 可以基于 H_{Total} 矩阵计算引导矩阵 V_i 。

[0080] 图 1B 显示了无线通信设备架构的实例。无线通信设备 150 可以产生针对不同客户端的信号, 该针对不同客户端的信号由各自的复用矩阵 W_i (例如引导矩阵) 空间上分离。每个 W_i 与子空间相关联。无线通信设备 150 包括 MAC 模块 155。MAC 模块 155 可以包括一个或多个 MAC 控制单元 (MCU) (未显示)。无线通信设备 150 包括两个或更多个模块 160a、160b, 用于从 MAC 模块 155 接收与不同的客户端相关联的数据流。该两个或更多个模块 160a、160b 可以对数据流执行编码 (如前向纠错 (FEC) 编码技术) 和调制。该两个或更多个模块 160a、160b 分别与两个或更多个空间映射模块 165a、165b 耦合。

[0081] 空间映射模块 165a、165b 可以访问存储器 170a、170b, 以获取与数据流意图发往的客户端相关联的空间复用矩阵。在一些实现中, 空间映射模块 165a、165b 访问相同的存储器, 但以不同的偏移量进行访问, 以获取不同的矩阵。加法器 175 可以对来自空间映射模块 165a、165b 的输出进行求和。

[0082] 快速傅立叶逆变换 (IFFT) 模块 180 可以对加法器 175 的输出执行 IFFT, 以产生时域信号。数字滤波和无线电模块 185 可以对时域信号进行滤波并且放大该信号以经由天线模块 190 进行传输。天线模块 190 可以包括多个发射天线和多个接收天线。在一些实现中, 天线模块 190 是在无线通信设备 150 外部的可拆卸单元。

[0083] 在一些实现中, 无线通信设备 150 包括一个或多个集成电路 (IC)。在一些实现中, MAC 模块 155 包括一个或多个 IC。在一些实现中, 无线通信设备 150 包括用于实现多个单元和 / 或模块 (如 MAC 模块、MCU、BBU 或 RFU) 的功能的 IC。在一些实现中, 无线通信设备 150 包括用于向 MAC 模块 155 提供数据流以进行传输的主处理器。在一些实现中, 无线通信设备 150 包括用于从 MAC 模块 155 接收数据流的主处理器。在一些实现中, 主处理器包括 MAC 模块 155。

[0084] 图 2 显示了无线通信设备的发射路径的功能方框图的实例。在该实例中, 发射路径被配置为用于 MIMO 通信。无线通信设备 (如 AP) 可以包括一个或多个发射路径。AP 的发射路径可以包括编码模块 205, 其被配置为接收数据流, 如音频数据流、视频数据流或它们的组合。编码模块 205 向空间解析模块 210 输出已编码比特流, 空间解析模块 210 执行空间映射以产生多个输出。

[0085] 空间解析模块 210 的输出被分别输入到星座映射模块 215。在一些实现中, 星座映射模块 215 包括串并转换器, 其将输入的串行流转换成多个并行流。星座映射模块 215 可以对由串并转换所产生的多个流执行正交幅度调制 (QAM)。星座映射模块 215 可以输出 OFDM 音调, 该 OFDM 音调被输入到空间复用矩阵模块 220。空间复用矩阵模块 220 可以将 OFDM 音调与空间复用矩阵相乘, 以产生用于多个发射天线的信号数据。

[0086] 空间复用矩阵模块 220 的输出被输入到快速傅立叶逆变换 (IFFT) 模块 225。IFFT 模块 225 的输出被输入到循环前缀 (CP) 模块 230。CP 模块 230 的输出被输入到数模转换器 (DAC) 235, DAC 235 产生分别用于在多个发射天线上传输的模拟信号。

[0087] 图 3 显示了组合多个传输信号以便在多个天线上传输的架构的实例。发射器可以包括两个或更多个发射路径 301、302、303，发射路径 301、302、303 中的每一个被配置用于 MIMO 通信。第一发射路径 301 生成分别用于在多个发射天线 320a、320b、320n 上传输的多个发射信号 310a、310b、310n。第二发射路径 302 生成分别用于在多个发射天线 320a、320b、320n 上传输的多个发射信号 311a、311b、311n。第三发射路径 303 生成分别用于在多个发射天线 320a、320b、320n 上传输的多个发射信号 312a、312b、312n。

[0088] 发射器可以包括分别与多个发射天线 320a、320b、320n 相关联的多个求和模块 315a、315b、315n。在一些实现中，求和模块 315a、315b、315n 对发射路径 301、302、303 中的每一个中的 DAC 的对应的输出进行求和，以产生用于天线 320a、320b、320n 中的每一个的组合的发射信号。

[0089] 图 4 显示了通信过程的实例。在 405，通信过程包括与多个无线通信设备进行通信，以确定空间无线信道的特性。这些空间无线信道分别与这些无线通信设备相关联。与多个无线通信设备进行通信可以包括使用探测技术，如显式探测技术或隐式探测技术。在 410，该通信过程包括基于该特性来确定用于无线通信设备的引导矩阵。引导矩阵分别与无线通信设备相关联。在显式探测中，AP 可以使用从无线通信设备接收到的反馈来确定引导矩阵。在隐式探测中，AP 接收探测分组，AP 可以根据该探测分组来确定引导矩阵。在 415，该通信过程包括经由不同的空间无线信道，发射同时向多个无线通信设备提供数据的信号。可以基于引导矩阵将信号在空间中引导到无线通信设备。

[0090] 图 5 显示了显式探测通信过程的实例。无线通信设备可以使用显式探测通信过程来探测天线。在 505，发射器向多个无线通信设备发射一个或多个探测分组。探测分组可以包括基于预定义的参考信号的信号。探测分组可以包括用于在不同的客户端处进行探测的不同的段。在一些实现中，发射器针对每个客户端发射独立的探测分组。在一些实现中，发射器可以向多个客户端组播探测分组。在一些实现中，发射器可以生成聚合数据单元，该聚合数据单元包括用于 WLAN 中的每个客户端的数据单元。例如，聚合数据单元可以包括具有针对第一客户端的探测数据的第一数据单元以及具有针对第二客户端的探测数据的第二数据单元。

[0091] 在 510，发射器从无线通信设备接收反馈分组。反馈分组可以包括根据基于所接收的探测分组的无线信道估计导出的信息。在一些实现中，反馈分组包括信道状态信息 (CSI)。在一些实现中，反馈分组包括波束成形反馈信息，如引导矩阵。在一些实现中，反馈分组包括干扰反馈信息，如干扰反馈矩阵。可以对包括矩阵的数据进行压缩以便传输。

[0092] 在 515，发射器基于该反馈分组来确定引导矩阵。确定引导矩阵可以包括基于来自设备的反馈来估计无线信道矩阵。确定引导矩阵可以包括使用反馈矩阵来确定引导矩阵。在 520，发射器基于引导矩阵和数据流，生成引导的数据分组。在 525，发射器向无线通信设备发射引导的数据分组。

[0093] 图 6A 显示了显式探测时序图的实例。AP 向两个或更多个接收器发射探测分组 605，在一些实现中，AP 可以使用组播来向多个接收器发射探测分组。在一些实现中，探测分组包括用于协调接收器发射反馈分组的的时间的信息。例如，MAC 层数据可以指示反馈分组的排序。

[0094] 接收器可以基于探测分组 605 的接收来确定无线信道信息。例如，第一接收器基

于第一接收器对探测分组 605 的接收,向 AP 发射反馈分组 610。在不同的时隙中,第二接收器基于第二接收器对探测分组 605 的接收,向 AP 发射反馈分组 615。AP 可以创建一个或多个保护时段 (TxOP),在保护时段 (TxOP) 中发送和接收探测和反馈信息。

[0095] AP 可以基于反馈分组来确定针对接收器的引导矩阵。在一些实现中,反馈分组可以包括无线信道信息。AP 发射 SDMA 帧 620,SDMA 帧 620 包括针对各个接收器的引导的数据分组。

[0096] 图 6B 显示了显式探测时序图的另一个实例。在该实例中,AP 发送独立的探测分组。AP 向第一接收器发射探测分组 655。作为响应,第一接收器向 AP 发射反馈分组 660。AP 向第二接收器发射探测分组 665。作为响应,第二接收器向 AP 发射反馈分组 670。在一些实现中,AP 为 AP 的每个探测交换创建独立的 TxOP。AP 可以基于反馈分组来确定针对接收器的引导矩阵。AP 发射 SDMA 帧 675,SDMA 帧 675 包括针对各个接收器的引导的数据分组。

[0097] 图 7 显示了隐式探测通信过程的实例。无线通信设备可以使用 隐式探测通信过程来探测天线。在该实例中,发射器向两个或更多个接收器请求探测分组。在 705,发射器向多个无线通信设备发射一个或多个探测请求分组。探测请求分组可以使得接收器发射探测分组。探测请求分组可以包括寻址到不同接收器的不同段。在一些实现中,发射器可以向多个客户端组播探测请求分组。在一些实现中,发射器可以生成包括针对 WLAN 中的每个客户端的数据单元的聚合数据单元。例如,聚合数据单元可以包括具有针对第一客户端的探测请求的第一数据单元和具有针对第二客户端的探测请求的第二数据单元。在一些实现中,发射器针对每个接收器发射独立的探测请求分组。

[0098] 在 710,发射器从无线通信设备接收探测分组。在一些实现中,所接收的探测分组可以在与探测请求分组相同的 TxOP 中发送。在一些实现中,设备可以创建 TxOP 以传输探测分组。在 715,发射器基于该探测分组,估计无线信道矩阵。在 720,发射器基于无线信道矩阵来确定引导矩阵。在 725,发射器基于该引导矩阵和数据流,生成引导的数据分组。在 730,发射器向无线通信设备发射引导的数据分组。在一些实现中,发射器对一个或多个无线信道中的相位偏移和 / 或幅度改变进行校准。

[0099] 图 8A 显示了隐式探测时序图的实例。AP 向两个或更多个接收器发射探测请求分组 805。探测请求分组 805 可以包括训练请求 (TRQ) 字段集合以指示一个或多个探测分组是来自接收器的请求。在一些实现中,AP 可以使用组播向多个接收器发射探测请求分组。在一些实现中,探测请求分组包括用于协调接收器发射反馈分组的的时间的信息。例如,MAC 层数据可以指示探测分组的排序。

[0100] 第一接收器向 AP 发射探测分组 810。在后续的时隙中,第二接收器向 AP 发射探测分组 815。AP 接收探测分组。AP 可以基于接收到的探测分组的版本和预先确定的探测分组数据来确定无线信道信息。AP 可以基于该无线信道信息来确定针对接收器的引导矩阵。AP 发射 SDMA 帧 820,SDMA 帧 820 包括针对各个接收器的引导的数据分组。

[0101] 图 8B 显示了隐式探测时序图的另一个实例。在该实例中,AP 发送独立的探测请求分组。AP 向第一接收器发射探测请求分组 855。作为响应,第一接收器向 AP 发射探测分组 860。AP 向第二接收器发射探测请求分组 865。作为响应,第二接收器向 AP 发射探测分组 870。在一些实现中,AP 为 AP 与接收器的每个探测交换创建独立的 TxOP。

[0102] AP 可以基于接收到的探测分组的版本和预先确定的探测分组数据来确定无线信道信息。AP 可以基于该无线信道信息来确定针对接收器的引导矩阵。AP 发射 SDMA 帧 875, SDMA 帧 875 包括针对各个接收器的引导的数据分组。

[0103] 无线通信设备可以发送探测分组来探测一个或多个天线。探测天线可以包括确定无线信道信息。探测分组的 MAC 帧格式可以包括诸如 HT 控制字段或 VHT 控制字段之类的字段, 以表示所请求的无线信道信息的类型, 例如 CSI 反馈、非压缩引导矩阵反馈或压缩引导矩阵反馈。

[0104] 无线通信设备 (如 AP 或客户端) 可以通过发射探测分组来执行探测。探测分组的各种实例包括交错 (staggered) 探测分组和基于零数据分组 (NDP) 的探测分组。

[0105] 图 9A 显示了交错探测分组的实例。无线通信设备可以生成交错探测分组 905。探测分组 905 可以包括传统短训练字段 (L-STF)、传统长训练字段 (L-LTF) 以及传统信号字段 (L-SIG)。探测分组 905 可以包括一个或多个甚高吞吐量 (VHT) 字段, 如 VHT 信号字段 (VHT-SIG)、VHT 短训练字段 (VHT-STF)、VHT 长训练字段 (VHT-LTF)。探测分组 905 可以包括扩展长训练字段 (E-LTF)。例如, 探测分组 905 可以包括针对每个待探测的 TX 天线的 E-LTF。在一些实现中, VHT-SIG 字段中的子字段的组合可以表示探测分组 905 中的 E-LTF 的数量。

[0106] 图 9B 显示了交错探测分组的另一个实例。交错探测分组 910 可以包括 L-STF、L-LTF 和 L-SIG 中的一个或多个。探测分组 910 可以包括一个或多个高吞吐量 (HT) 字段, 如 HT 信号字段 (HT-SIG), 以表示在探测分组 905 中包括 VHT-SIG 字段。在该实例中, 对于每个 OFDM 音调中的二相移键控 (BPSK) 调制, 以 90 度相移来发射 VHT-SIG 字段。在一些实现中, AP 可以将每个子载波中的 VHT-SIG BPSK 调制星座点旋转到虚轴上。探测分组 910 包括针对每个待探测的 TX 天线的 E-LTF。VHT-SIG 字段可以包括指示探测分组 910 中的 E-LTF 的数量的子字段。

[0107] 图 9C 显示了基于零数据分组的探测分组的实例。无线通信设备可以生成基于 NDP 的探测分组 915。探测分组 915 可以包括 L-STF、L-LTF 和 L-SIG 中的一个或多个。探测分组 915 可以包括一个或多个 VHT 字段, 如 VHT-SIG1 和 VHT-SIG2、VHT-STF 以及多个 VHT-LTF。探测分组 915 中的信令字段 (如 VHT-SIG1 和 VHT-SIG2) 可以用于指示所包括的 VHT-LTF 的数量。探测分组 915 包括针对每个待探测的 TX 天线的 VHT-LTF。VHT-LTF 可用于确定无线信道矩阵。

[0108] 图 9D 显示了基于零数据分组的探测分组的另一个实例。基于零数据分组的探测分组 920 可以包括 L-STF、L-LTF 和 L-SIG 中的一个或多个。探测分组 920 可以包括信令字段, 如 HT-SIG1 和 HT-SIG2 字段, 以表示在探测分组 920 中包括 VHT-SIG 字段。在该实例中, 对于每个 OFDM 音调中的 BPSK 调制, 以 90 度相移来发射 VHT-SIG 字段。在一些实现中, AP 可以将每个子载波中的 VHT-SIG BPSK 调制星座点旋转到虚轴上。探测分组 920 包括针对每个待探测的 TX 天线的 E-LTF。VHT-SIG 字段可以包括用于指示探测分组 920 中的 E-LTF 的数量的子字段。

[0109] 在 AP 处, 待探测的 TX 天线的数量可以大于 4。在一些实现中, 可以扩展基于无线标准 (如 IEEE 802.11n) 的探测技术, 以适应具有多于 4 个天线的无线设备。例如, 一种探测技术可以探测 AP 的 8 个 TX 天线。在一些实现中, AP 可以使用连续探测分组的突发来探

测多个 TX 天线。例如,如果在 AP 处存在 8 个 TX 天线,那么 AP 可以发送两个连续的探测分组,其中每个分组一次探测 4 个 TX 天线。

[0110] 图 9E 显示了用于发射连续的交错探测分组以对多个天线进行探测的实例。在该实例中,AP 包括 8 个 TX 天线。第一交错探测分组 930 可以探测 AP 处的一组 4 个 TX 天线。第二交错探测分组 935 可以探测 AP 处的剩下的一组 4 个 TX 天线。短帧间间隔 (SIFS) 将第一交错探测分组 930 与第二交错探测分组 935 在时间上分离。在一些实现中,与第一交错探测分组 930 相关联的 MAC 层信息可以指示接下将来是一个完好的探测分组。

[0111] 图 9F 显示了用于发射连续的基于零数据分组的探测分组以对多个天线进行探测的实例。在该实例中,AP 包括 8 个 TX 天线。AP 可以发送 NDP 通告分组 940,以指示将要发射两个或更多个基于 NDP 的探测分组。第一 NDP 分组 945 可以探测 AP 处的一组 4 个 TX 天线。第二 NDP 探测分组 950 可以探测 AP 处的剩下的一组 4 个 TX 天线。SIFS 将分组 940、945 和 950 在时间上分离。

[0112] 无线通信设备可以支持单个客户端和多个客户端通信两者。例如,基于诸如 IEEE 802.11n 的无线标准的无线通信设备可以支持与单个无线通信设备的传统模式通信。例如,发射器可以发射这样一种信令信息,该信令信息使得传统设备忽略对多客户端 SDMA 帧的处理并且防止传统设备在多客户端 SDMA 帧的传输期间进行发射。多客户端 SDMA 帧可以在各个空间无线信道中包含针对不同客户端的数据。

[0113] 无线通信设备可以生成并且传输用于指示帧是多客户端 SDMA 帧的信令信息。无线通信设备可以在 SDMA 帧中通过两个或更多个无线信道向两个或更多个客户端发射两个或更多个 PHY 帧。在一些实现中,不要求 PHY 帧的持续时间相同。在一些实现中,客户端基于 SDMA 帧中较长的 PHY 帧持续时间,来设置空闲信道评估 (CCA) 持续时间。

[0114] 图 10A 显示了基于空分多址的帧的实例。无线通信设备可以基于 IEEE 802.11n 混合模式,生成 SDMA 帧 1001。SDMA 帧 1001 可以包括第一段 1005 和第二段 1010。第一段 1005 是全向的,例如,其未被引导。第二段 1010 包括第一 PHY 帧 1015 和第二 PHY 帧 1020,该第一 PHY 帧 1015 被引导到与第一子空间相关联的第一客户端,该第二 PHY 帧 1020 被引导到与第二子空间相关联的第二客户端。第一段 1005 包括 L-STF、L-LTF 和 L-SIG。PHY 帧 1015 和 PHY 帧 1020 包括 VHT-SIG、VHT-STF 和一个或多个 VHT-LTF 以及 VHT 数据。每个客户端所包括的 VHT-LTF 的数量可以不同。每个客户端的 VHT 数据的长度可以不同。

[0115] 在一些实现中,无线通信设备可以在第一段 1005 中的 L-SIG 中设置一比特,以向接收器指示 SDMA 帧的存在。在一些实现中,可以在第二段 1010 中的一个或多个 VHT-SIG 中设置一比特,以指示 SDMA 帧的存在。

[0116] 在一些实现中,无线通信设备可以将 PHY 帧 1015 和 PHY 帧 1020 的 L-SIG 字段中的与无线通信标准 (如 IEEE 802.11n) 相关联的保留比特设置为 1,以向接收器指示 SDMA 帧的存在。在一些实现中,无线通信设备可以在第一段 1005 的 L-SIG 字段中包括长度和速率数据。该长度和速率数据可以基于 SDMA 帧 1001 的第二段 1010。在一些实现中,SDMA 帧 1001 的接收器可以基于使用 L-SIG 中的长度和速率子字段所进行的计算,设置 CCA 持续时间。

[0117] 图 10B 显示了基于空分多址的帧的另一个实例。SDMA 帧 1051 可以包括第一段 1055 和第二段 1060。第一段 1055 是全向的,并且包括 L-STF、L-LTF、L-SIG、VHT-SIG1 和

VHT-SIG2。VHT-SIG1 和 VHT-SIG2 包含用于在 WLAN 上进行监听的客户端的信息。VHT-SIG1 和 VHT-SIG2 可以包括用于指示在 SDMA 帧 1051 的引导部分中存在 VHT 信令字段的子字段。第二段 1060 包括引导的 PHY 帧,例如被引导到与第一子空间相关联的第一客户端的第一 PHY 帧 1065 和被引导到与第二子空间相关联的第二客户端的第二 PHY 帧 1070。PHY 帧 1065 和 1070 包括 VHT-STF、VHT-LTF、VHT-SIG1、VHT-SIG2 以及 VHT 数据。PHY 帧 1065 和 1070 的字段,如 VHT-SIG1 和 VHT-SIG2,可以表示针对特定接收器在 PHY 帧 1065 和 1070 中剩余多少额外的 VHT-LTF。

[0118] 图 11 显示了基于空分多址的帧的另一个实例。SDMA 帧 1101 可以包括被划分为第一段 1120 和第二段 1125 的第一 PHY 帧 1105 和第二 PHY 帧 1110。第一 PHY 帧 1105 和第二 PHY 帧 1110 被引导到不同的客户端。在第一段 1120 中,第一 PHY 帧 1105 和第二 PHY 帧 1110 具有相同的数据,例如相同的 L-STF、L-LTF 和 L-SIG。然而,在第一段 1120 中,AP 通过使用对应的引导矩阵的一个列,针对每个客户端执行引导。在第二段 1125 中,第一 PHY 帧 1105 和第二 PHY 帧 1110 包括 HT-SIG、HT-STF、多个 HT-LTF 和 HT 数据。每个客户端所包括的 HT-LTF 的数量可以不同。每个客户端的 HT 数据的长度可以不同。在第二段 1125 中,AP 通过使用对应的引导矩阵的全部列,针对每个客户端执行引导。

[0119] 可以基于一个或多个 FFT 带宽频率,例如 20MHz、40MHz 或 80MHz 来操作 PHY 帧 1105 和 PHY 帧 1110。在一些实现中,不同的 PHY 帧 1105 和 PHY 帧 1110 可以使用同一 SDMA 帧 1101 中的不同带宽频率。在一些实现中,如果一个子空间在第二段 1125 中以 4MHz 进行操作,那么与第一段 1120 相关联的子空间以 20MHz 进行操作,其中它的信息内容被在上 20MHz 半部或下 20MHz 半部复制,其中上半部的音调相对于下半部的音调具有 90 度相移。

[0120] 图 12 显示了基于空分多址的帧的另一个实例。无线通信设备可以基于 IEEE 802.11n Greenfield 模式生成 SDMA 帧 1201。SDMA 帧 1201 可以包括第一 PHY 帧 1205 和第二 PHY 帧 1210。在该实例中,使用对应的引导矩阵的全部列,针对各个客户端对 PHY 帧 1205、1210 进行引导。

[0121] PHY 帧 1205、1210 可以包括 HT-STF、HT-LTF、HT-SIG 和 HT 数据字段。PHY 帧 1205、1210 可以包括用于指示包括一个或多个额外 HT-LTF 的信令。在一些实现中,无线通信设备可以在 HT-SIG 字段中设置一比特,以向客户端指示 SDMA 帧的存在。如果需要,则无线通信设备可以包括填充(padding),以生成持续时间相等的 PHY 帧 1205、1210。例如,设备可以在 HT 数据字段的结尾之后包括零字节填充,以生成与 SDMA 帧的包括更长的 HT 数据字段的另一个 PHY 帧长度相等的 PHY 帧。

[0122] 探测帧格式和 SDMA 帧格式可以改变。本文所呈现的探测和反馈技术可以与应用于无线通信系统(例如基于 IEEE 802.11ac 的无线通信系统)的各种帧格式(例如前序格式)结合。

[0123] 在一些实现中,SDMA 设备与传统设备兼容操作,该传统设备如传统的基于 IEEE 802.11n 的设备或传统的基于 IEEE 802.11a 的设备。在一些实现中,SDMA 帧格式与该传统设备兼容。例如,传统设备可以检测和/或丢弃在传统设备的操作频带中发射的 SDMA 帧。在一些实现中,SDMA 设备可以创建保护时段(TxOP),在该保护时段中执行 SDMA 帧传输。该 SDMA 设备可以使用 MAC 机制来为 SDMA 帧的传输保留时间。

[0124] 在 TxOP 期间可以由客户端 SDMA 设备发射确认(ACK)分组。在一些情况中,可以

发射否定确认 (NAK), 以指示失败。如果 SDMA 帧需要 ACK, 那么接收设备可以在 SDMA 帧的结尾之后开始的 SIFS 之后发送 ACK。在一些实现中, 无线通信设备基于预先确定的 SDMA 帧数量来聚合确认信息并且发射块 ACK。

[0125] 图 13 显示了包括用于基于载波感测的通信的窗口和用于基于空分的通信的窗口的时序图的实例。AP 1305 可以在用于基于 CSMA 的通信的传统窗口 1350、1352 期间向 / 从传统客户端 1310a、1310b 发射或者接收数据。在用于基于 SDMA 的通信的窗口 1354 期间, AP 1305 向支持 SDMA 的客户端 1315a、1315b、1315c 发送引导的数据, 然后从该支持 SDMA 的客户端 1315a、1315b、1315c 接收确认。在 SDMA 窗口 1354 期间, 传统客户端 1310a、1310b 可能被禁止发射数据。利用使用 MAC 机制的传统客户端站 1310a、1310b, 可以安排足以用于 SDMA 窗口 1354 的时间。

[0126] 图 14 显示了包括下行链路 SDMA 帧和上行链路确认的时序图的实例。AP 可以在 SDMA 帧 1405 中向不同的客户端发射数据。可以基于固定的调度, 例如使用基于时隙的方法, 在 SDMA 帧 1405 之后发送 ACK 1410a、1410b、1410c。在一些实现中, SDMA 帧 1405 可以在对应的子空间中所发射的每个信号中包括 MAC IE, 以指示每个客户端能够发送 ACK 或 NAK 的时间的排序。然而, 可以使用其他方法和 / 或在其他时间分配用于 ACK 的时间分配。SIFS 可以将 SDMA 帧 1405 与 ACK 1410a、1410b、1410c 分离。

[0127] 图 15 显示了基于信道状态信息的通信过程的实例。一种通信过程可以使用信道状态信息来确定引导矩阵。该过程可以使用显式探测来从两个或更多个设备接收反馈信息。在该实例中描述了两个客户端设备, 但是, 该实例所示的技术很容易被扩展到多于两个设备。

[0128] 在 1505, 一种通信过程从第一设备接收第一信道状态信息。在 1510, 该通信过程从第二设备接收第二信道状态信息。在 1515, 该通信过程至少基于该第二信道状态信息来确定第一引导矩阵。在 1520, 该通信过程至少基于该第一信道状态信息来确定第二引导矩阵。在一些实现中, 一种通信过程可以使用隐式探测。例如, 发射器可以基于从多个设备接收到的探测分组来确定信道状态信息。

[0129] 图 16 显示了基于波束成形反馈的通信过程的实例。一种通信过程可以使用波束成形反馈信息, 如波束成形反馈矩阵, 来确定引导矩阵。该过程可以使用显式探测以从两个或更多个设备接收反馈信息。在该实例中描述了两个客户端设备, 但是, 该实例所示的技术很容易被扩展到多于两个设备。

[0130] 在 1605, 一种通信过程从第一设备接收包括第一反馈矩阵的波束成形信息。在 1610, 该通信过程从第二设备接收包括第二反馈矩阵的波束成形信息。在 1615, 该通信过程至少基于该第一反馈矩阵来确定第一引导矩阵。在 1620, 该通信过程至少基于该第二反馈矩阵来确定第二引导矩阵。

[0131] 图 17 显示了基于干扰反馈的通信过程的实例。一种通信过程可以使用干扰反馈信息, 如干扰反馈矩阵, 来确定引导矩阵。该通信过程可以使用显式探测, 以从两个或更多个设备接收反馈信息。在该实例中描述了两个客户端设备, 但是, 该实例所示的技术很容易被扩展到多于两个设备。

[0132] 在 1705, 一种通信过程从第一设备接收包括第一矩阵的干扰拒绝信息。在一些实现中, 该第一矩阵基于与第一设备相关联的无线信道矩阵的零空间。在 1710, 该通信过程从

第二设备接收包括第二矩阵的干扰拒绝信息。在一些实现中,该第二矩阵基于与第二设备相关联的无线信道矩阵的零空间。在 1715,该通信过程至少基于该第二矩阵来确定针对第一设备的第一引导矩阵。在 1720,该通信过程至少基于该第一矩阵来确定针对第二设备的第二引导矩阵。

[0133] 本文所述的技术和分组格式可以与针对各种对应的无线系统(如基于 IEEE 802.11ac 的无线系统)所定义的各种分组格式兼容。例如,可以用本文所述的技术和系统来改造各种无线系统,以包括与经由多个客户端的探测相关的信令和 SDMA 帧的信令。

[0134] 上文详细描述了一些实施方式,并且各种修改是可能的。包括本说明书中所述的功能性操作的本文公开的主题可以实现在有可能包括可进行操作以导致一个或多个数据处理装置执行本文所述的操作的程序(如编码在计算机可读介质中的程序,计算机可读介质可以是内存设备、存储设备、机器可读存储基板或其他物理的、机器可读的介质或它们中的一个或多个的组合)的电子电路、计算机硬件、固件、软件或它们的组合(诸如本说明书中公开的结构性的装置及其结构性的等效物)中,。

[0135] 术语“数据处理装置”包括用于处理数据的全部装置、设备和机器,作为示例包括可编程处理器、计算机、多处理器或计算机。除了硬件之外,该装置还可以包括用于为所讨论的计算机程序创建执行环境的代码,例如组成处理器固件、协议栈、数据库管理系统、操作系统或它们中的一个或多个的组的代码。

[0136] 可以用任何形式的编程语言来编写程序(又被称为计算机程序、软件、软件应用、脚本或代码),所述任何形式的编程语言包括编译或解释语言、或者声明或过程语言,并且可以以任何形式部署程序,所述任何形式包括作为独立的程序或者作为模块、组件、子例程或者适合于在计算环境中使用的其他的单元。程序不一定对应于文件系统中的文件。程序可以存储在保持有其他程序或数据的文件的一部分中(例如,标记语言文件中所存储的一个或多个脚本),程序可以存储在专门用于所讨论的程序的单个文件中或者存储在多个协调的文件中(例如存储一个或多个模块、子程序或代码部分的文件)。程序可以被部署为在一个计算机上执行或在位于一个位置或分布在多个位置并且通过通信网络来相互连接的多个计算机上执行。

[0137] 虽然本说明书包括许多具体细节,但是不应将它们解释为是对所请求保护的范围的限制,而是应当将它们解释为可能是具体的实施方式特有的特征。还可以在单个实施方式中组合实施在本说明书中在独立的实施方式的背景下描述的特定特征。反之,可以将单个实施方式的背景下描述的各种特征独立地或者以任何合适的子组合实现在多个实施方式中。并且,虽然上文可能将特征描述为在特定的组合中动作并且甚至最初是这样请求保护的,但是所请求保护的组合中的一个或多个特征在一些情况中可以从该组合中删去,并且所请求保护的组合可以转成子组合或者子组合的变体。

[0138] 类似地,虽然在附图中按照特定次序来描述操作,但是这不应该被理解为需要按照所示的该特定次序或者按照顺序来执行该操作或者需要执行全部所示的操作来,实现希望的结果。在特定情形中,多任务和并行处理可能是有利的。并且,不应该将上述实施方式中的各种系统组件的分离理解为在全部实施方式中都需要该分离。

[0139] 其他实施方式落入所附权利要求范围中。

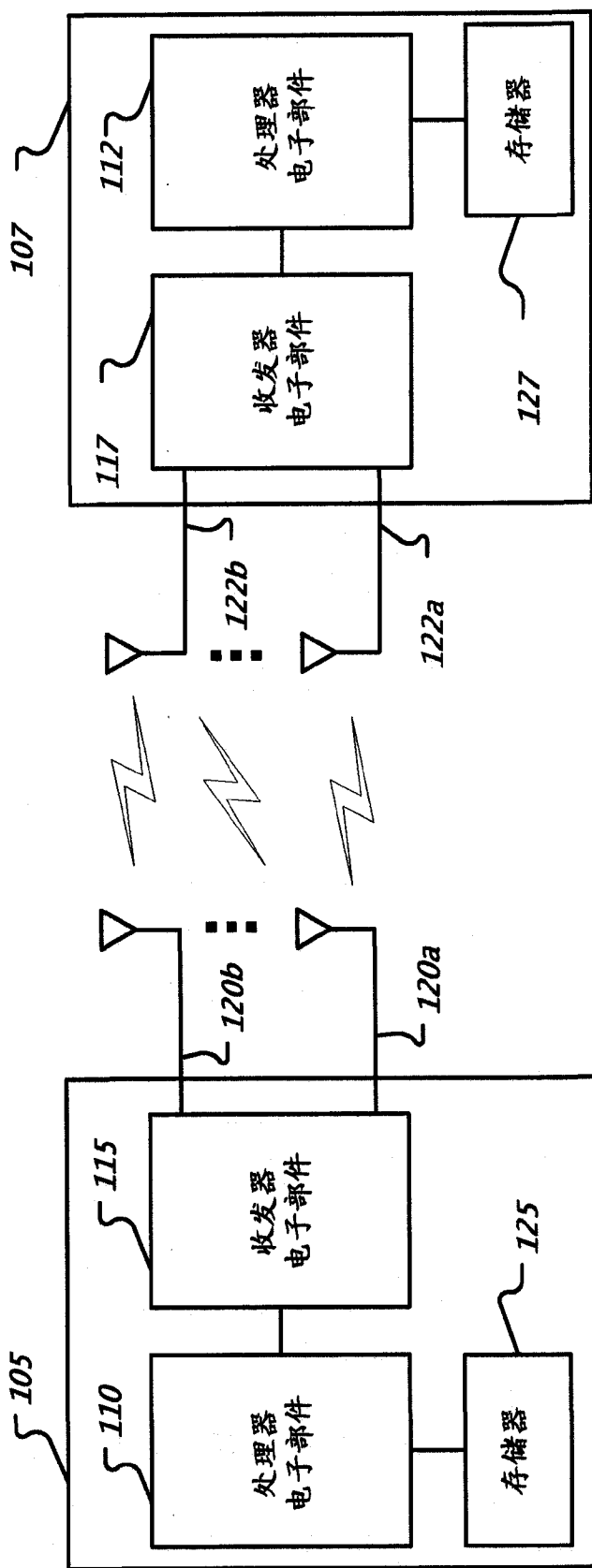


图 1A

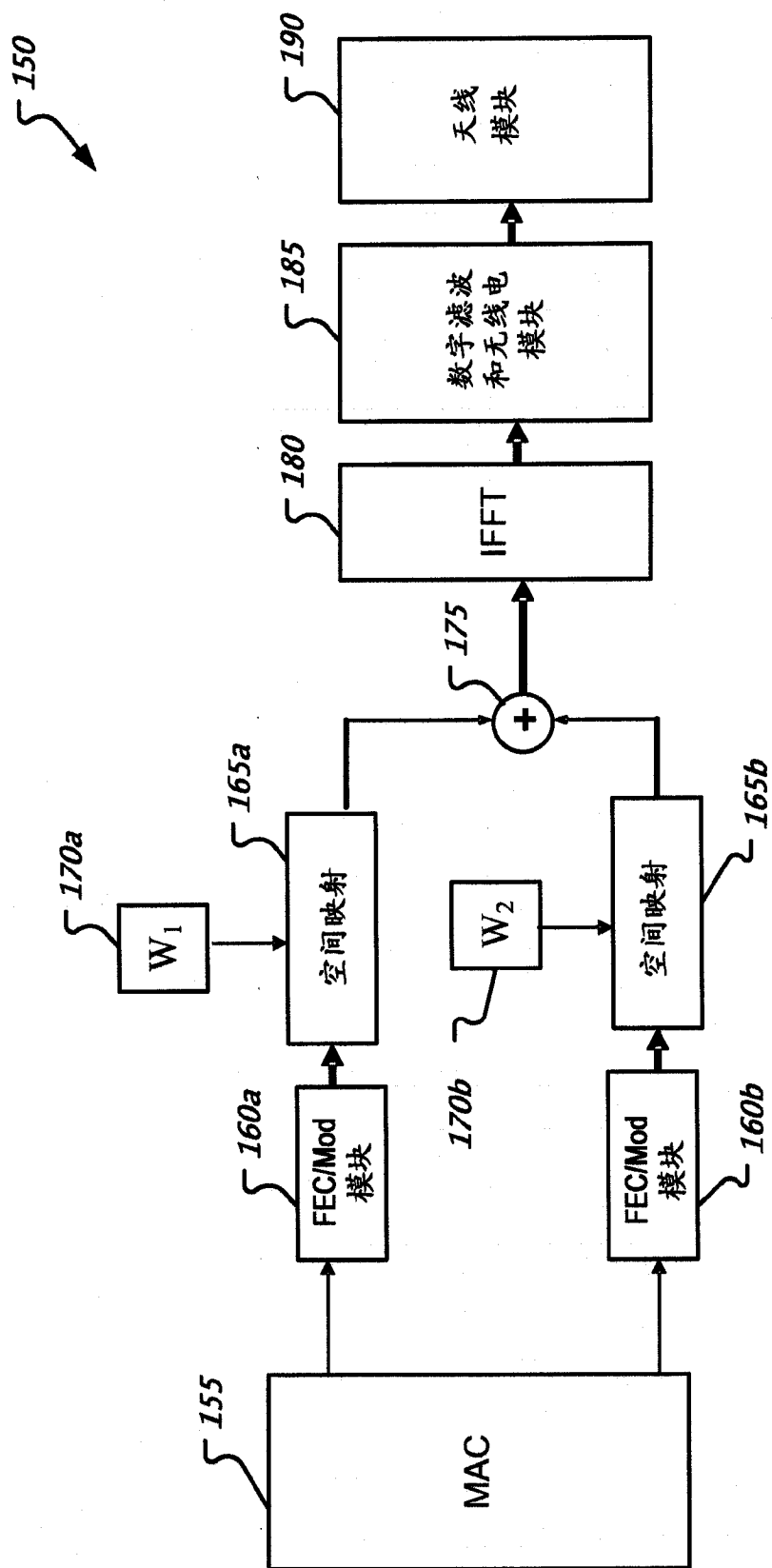


图 1B

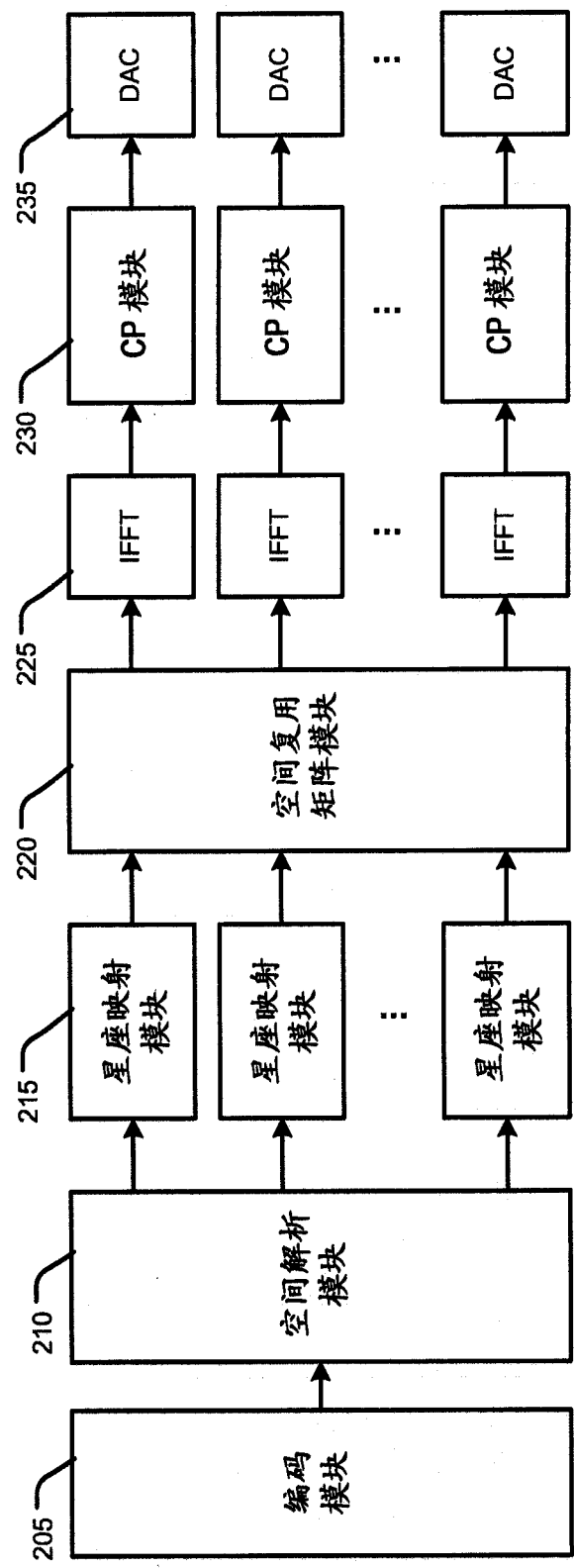


图 2

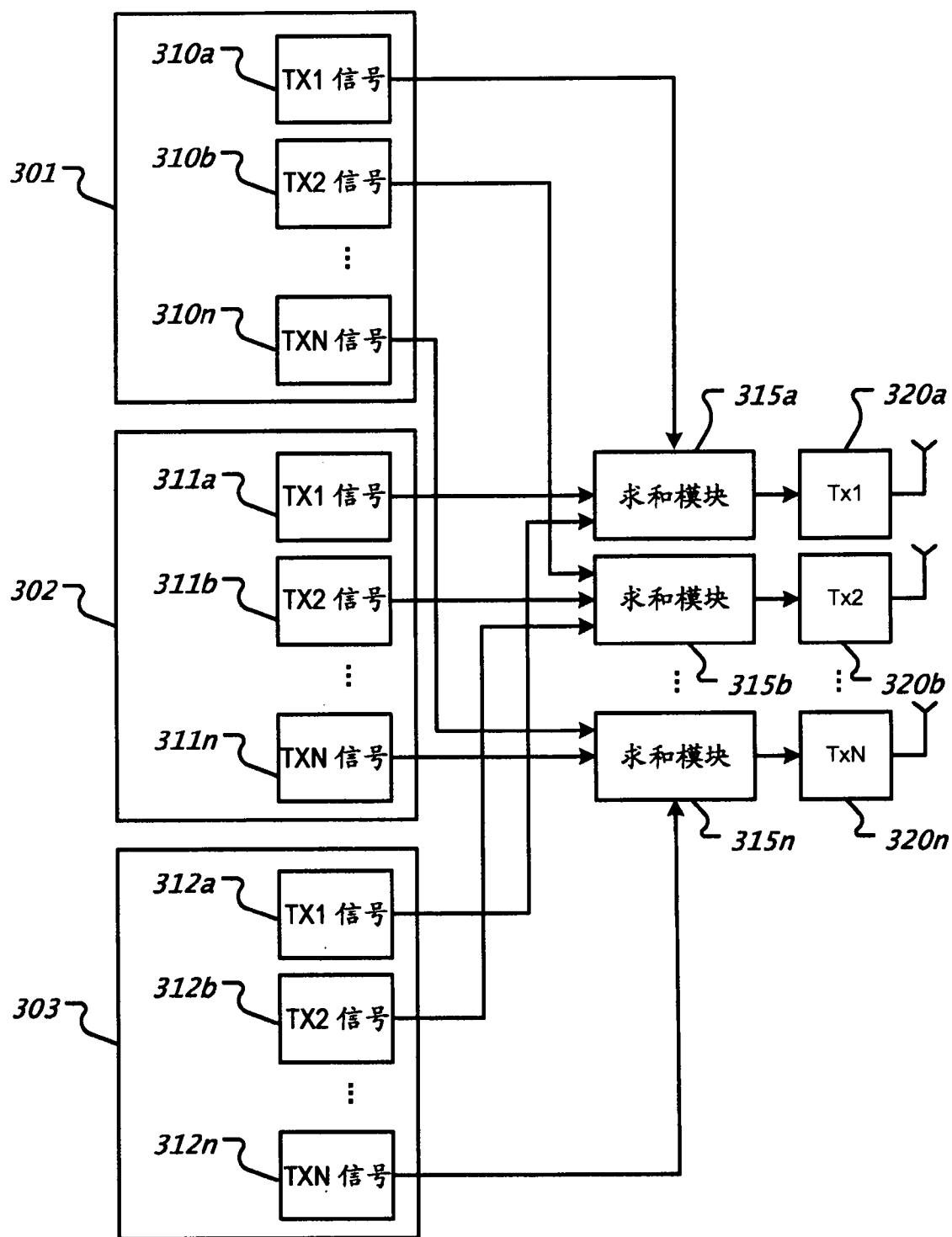


图 3

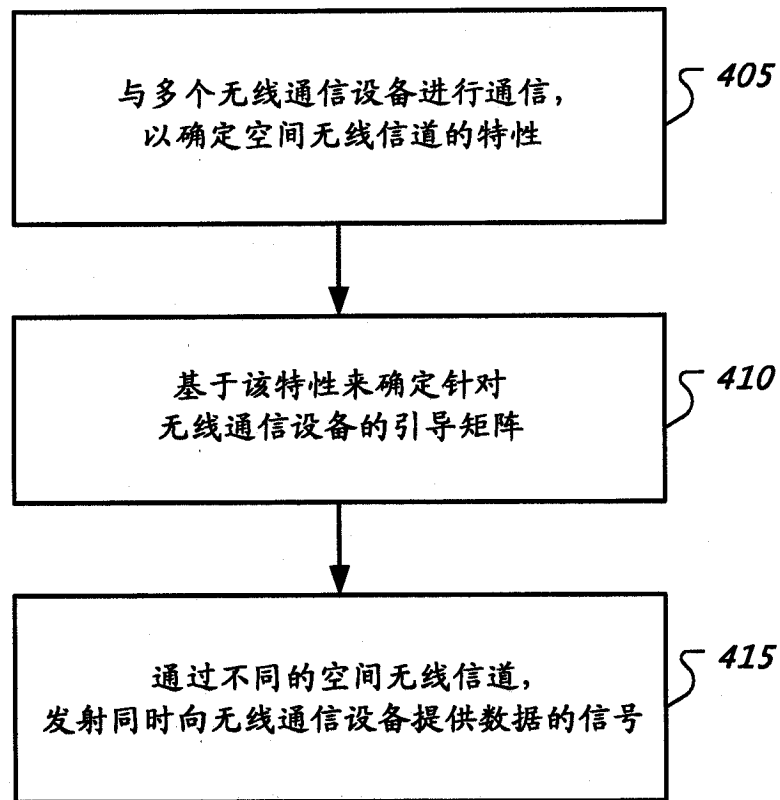


图 4

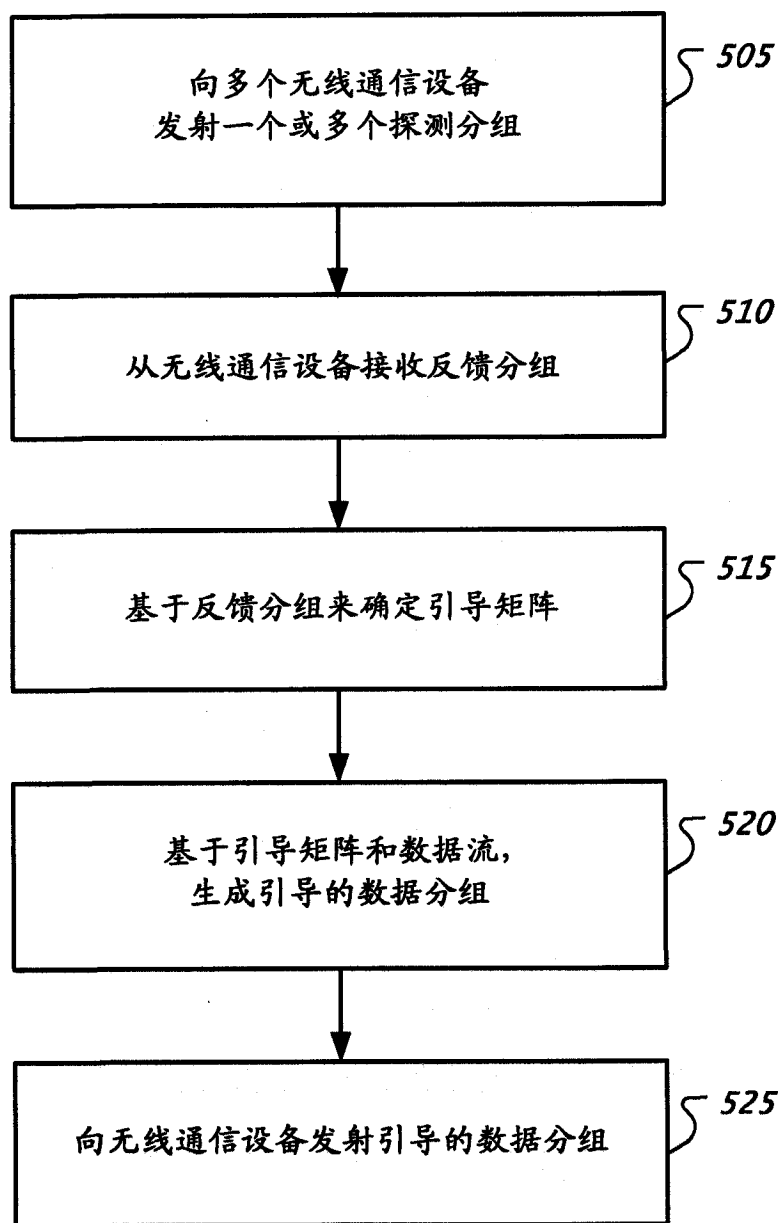


图 5

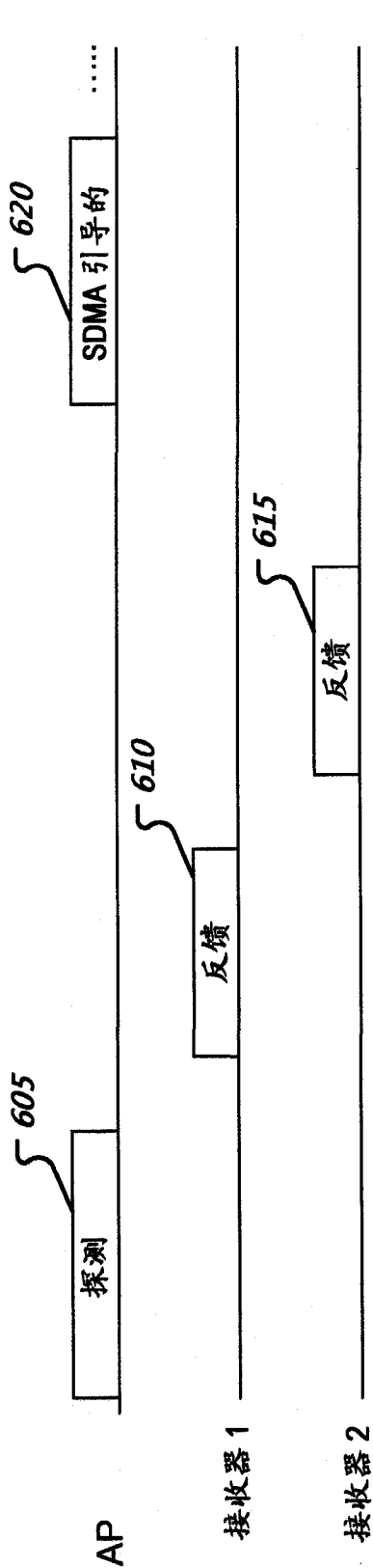


图 6A

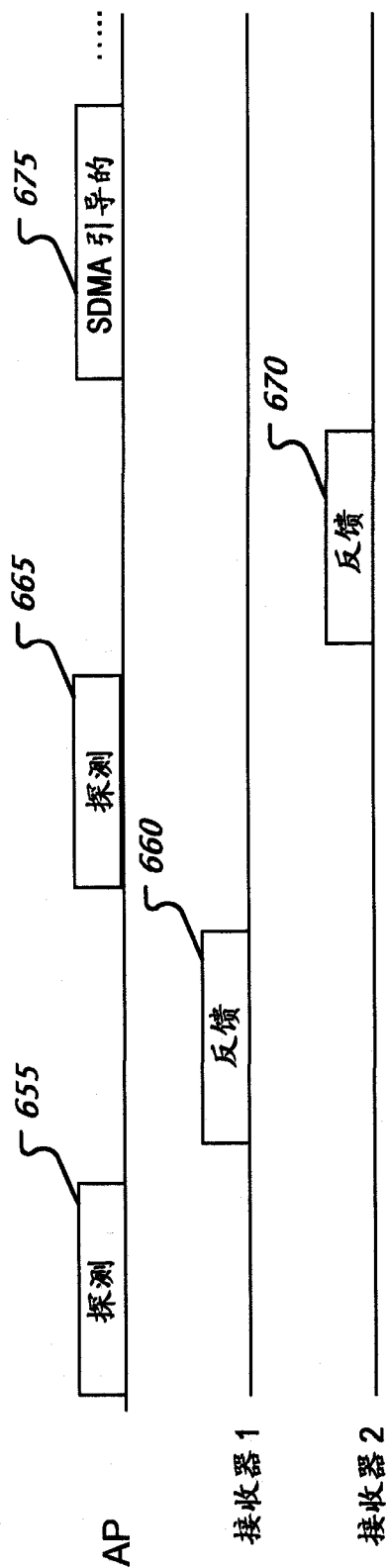


图 6B

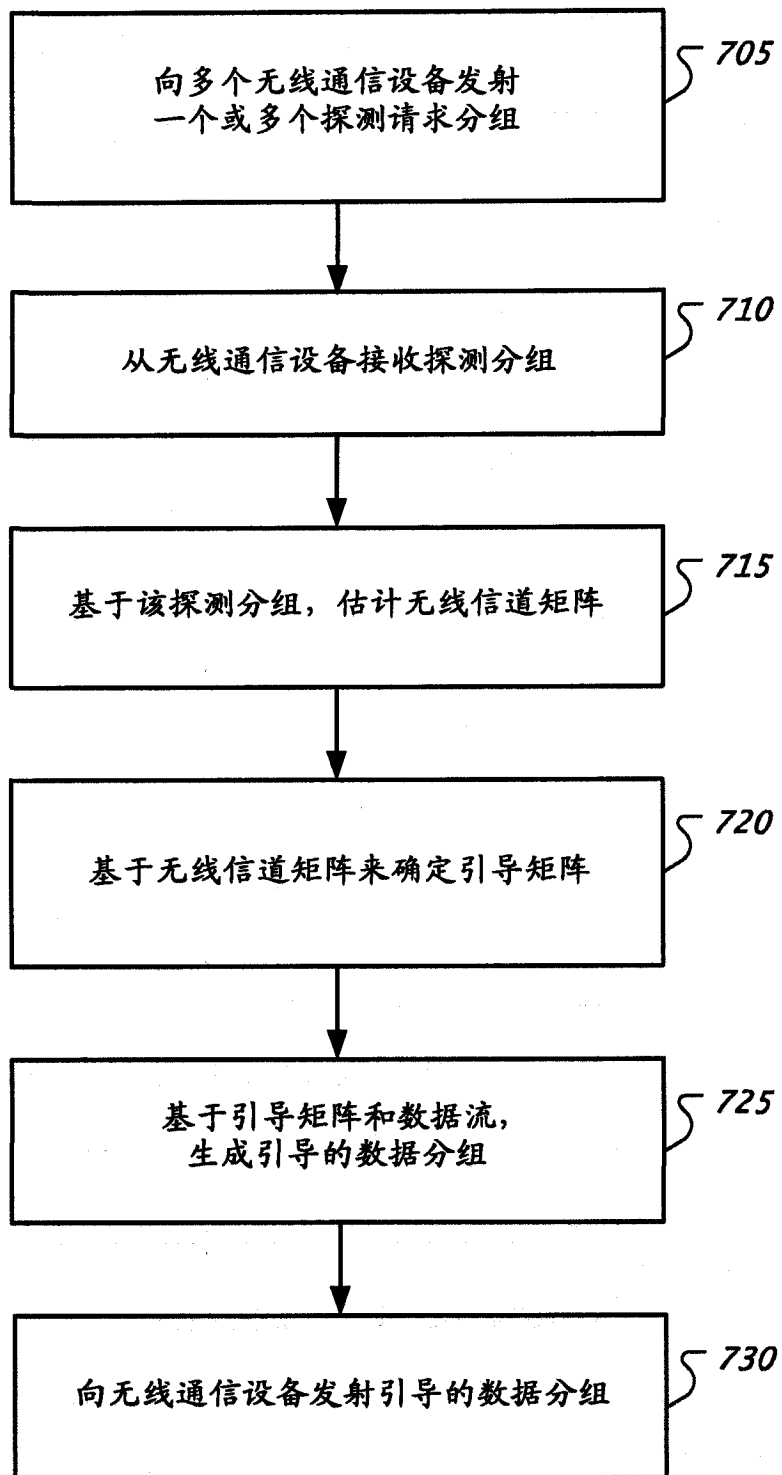


图 7

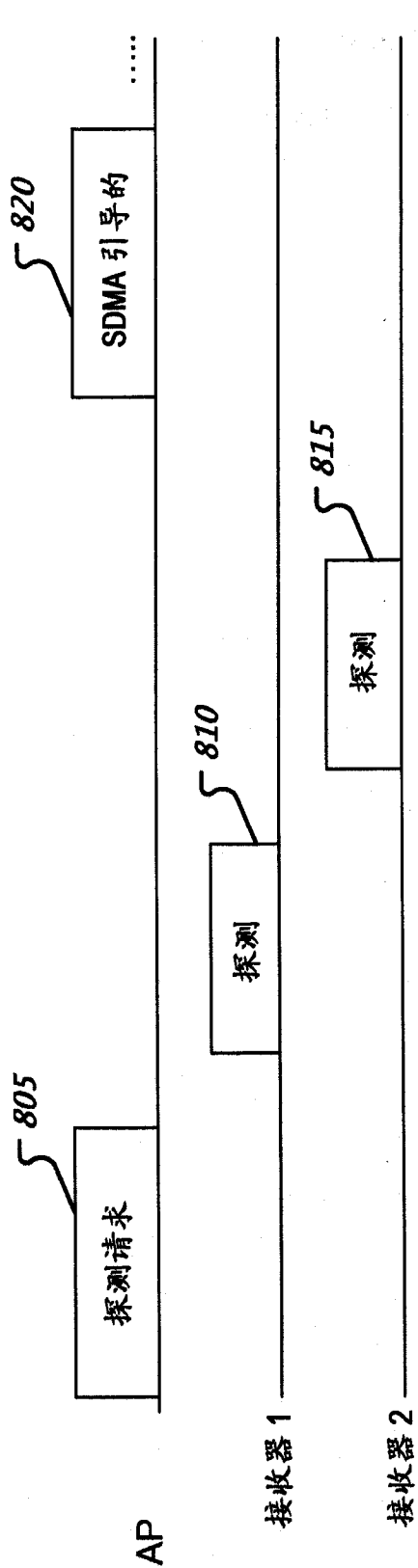


图 8A

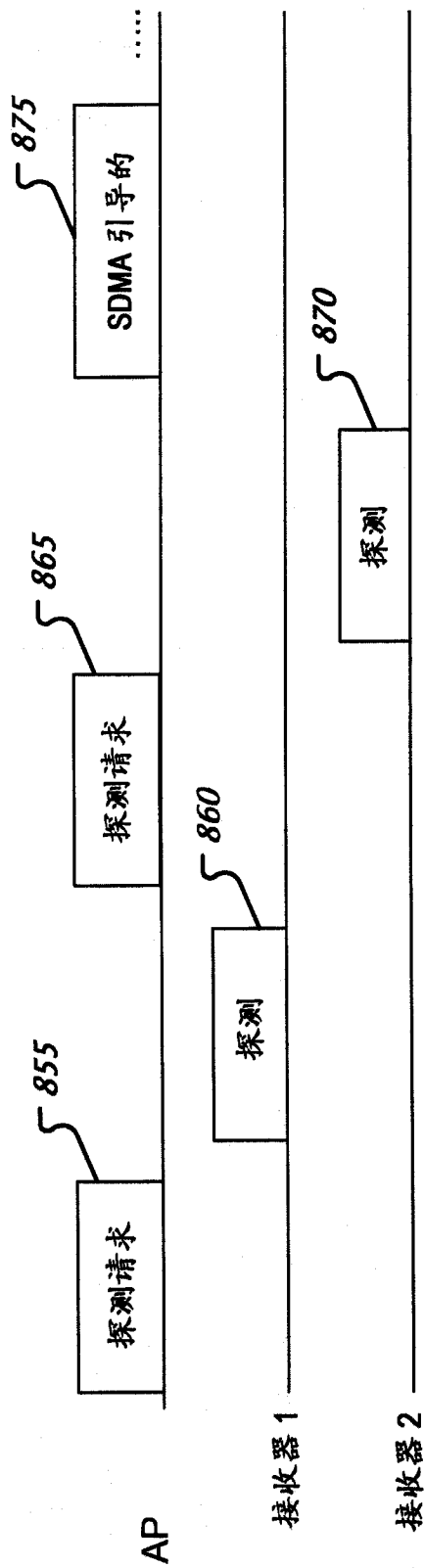


图 8B

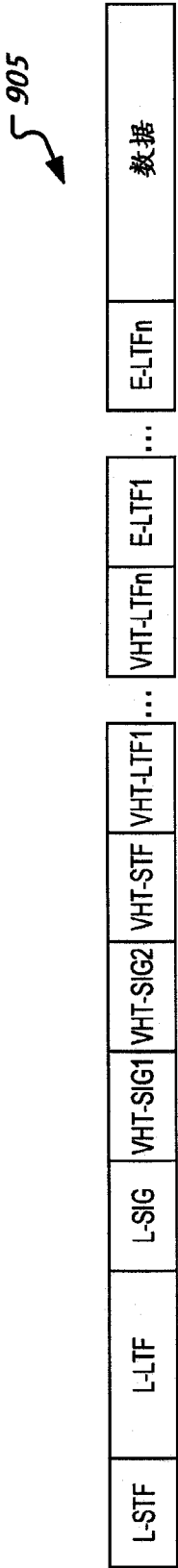


图 9A

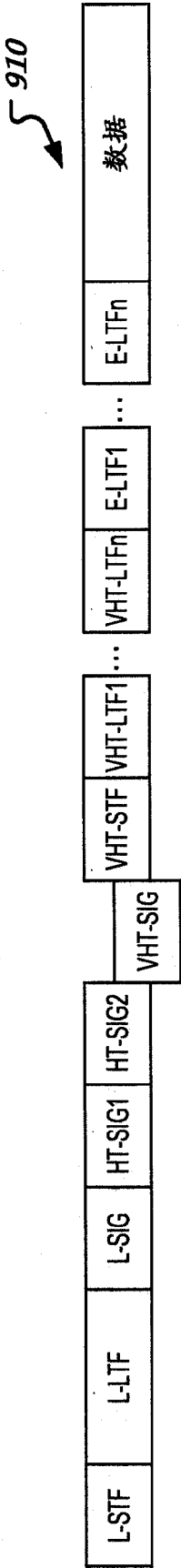


图 9B

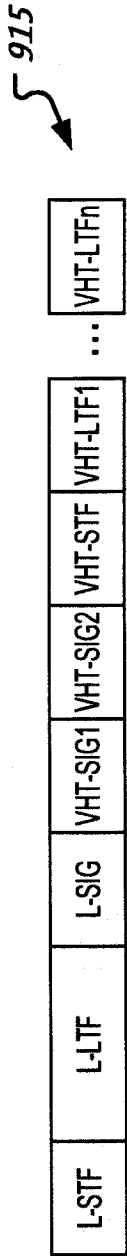


图 9C

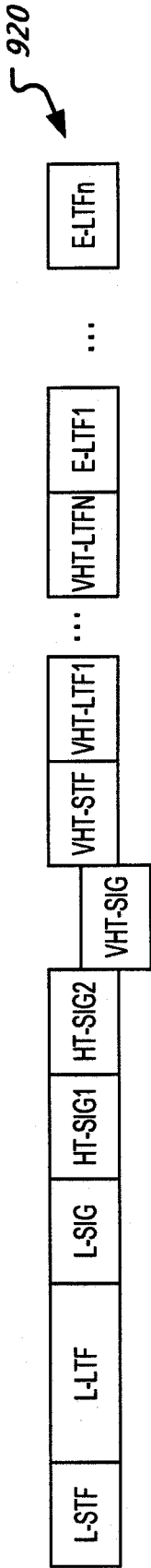


图 9D

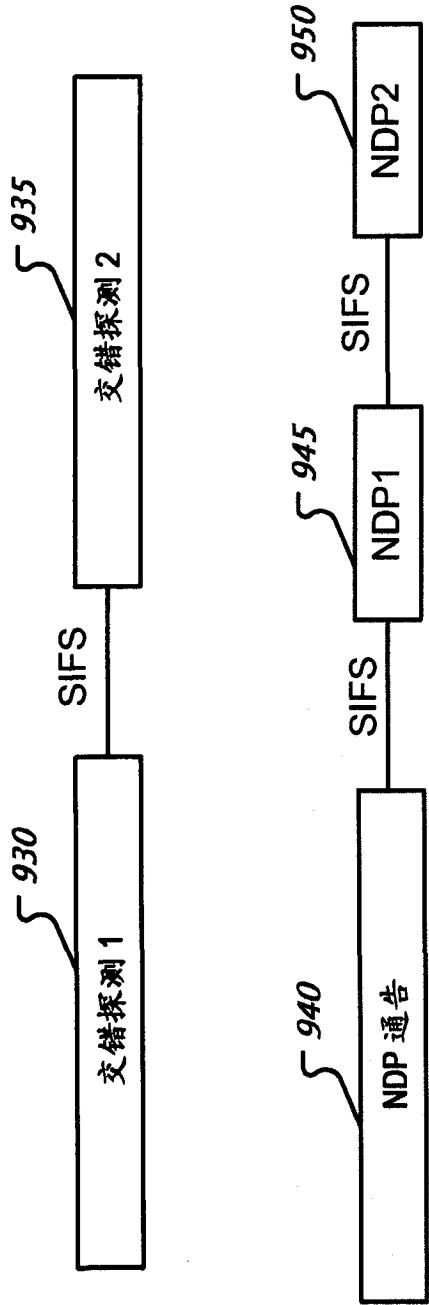


图 9E

图 9F

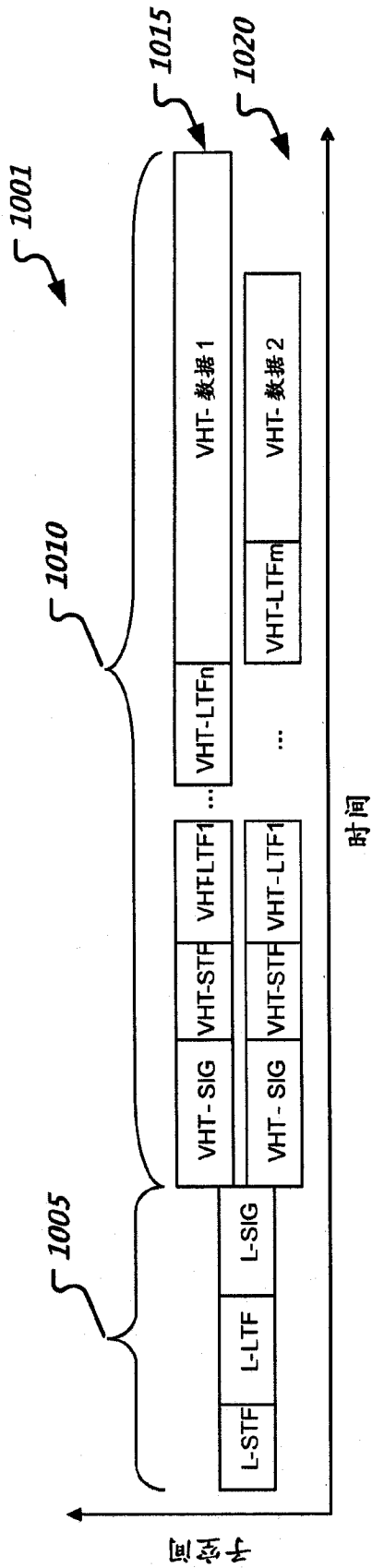


图 10A

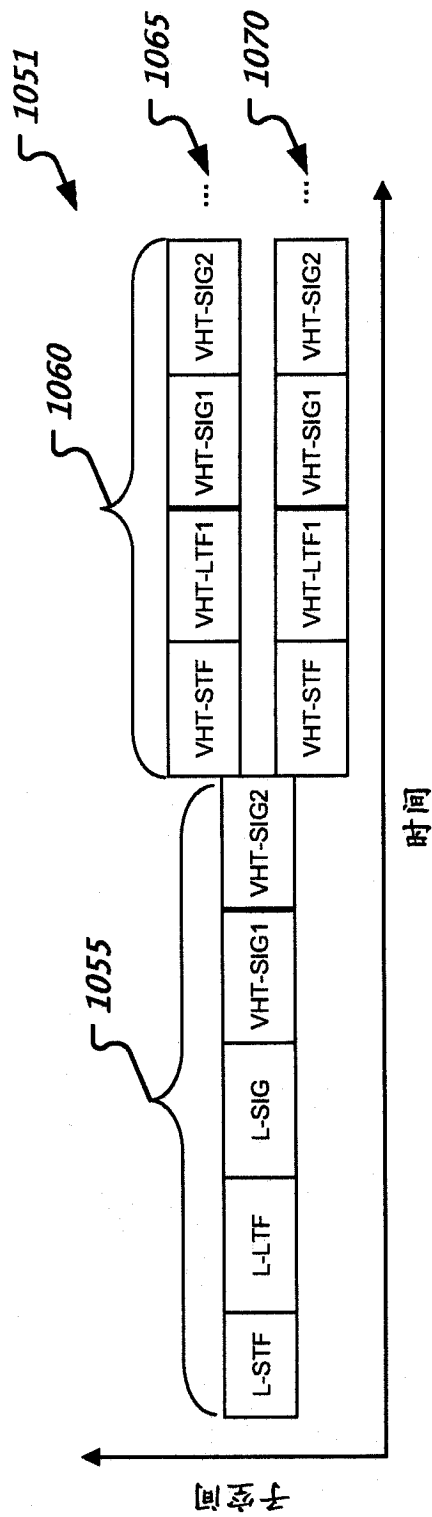


图 10B

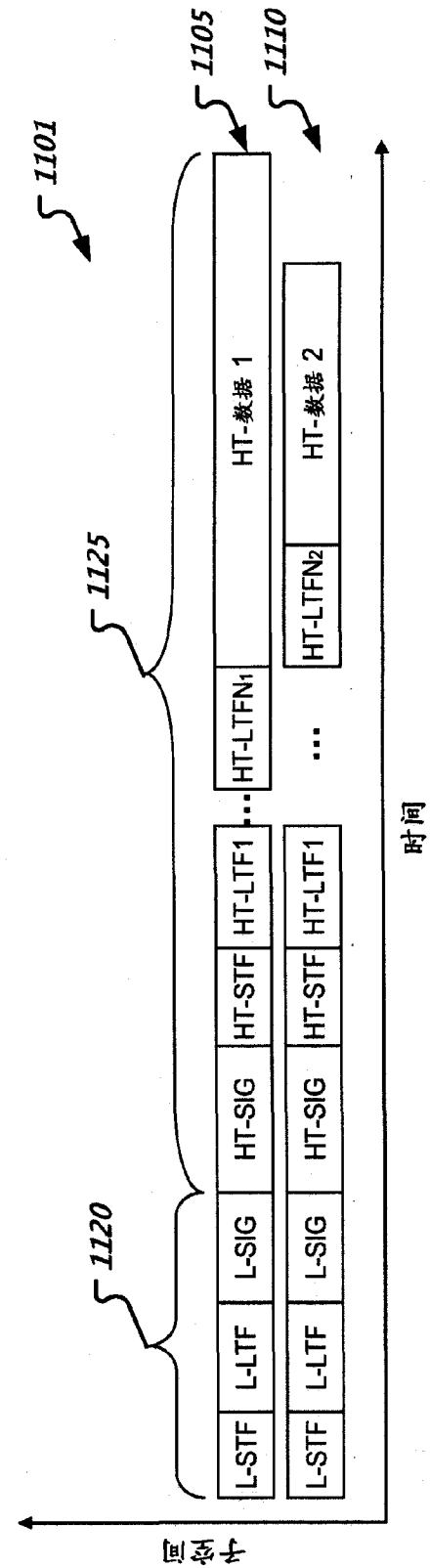


图 11

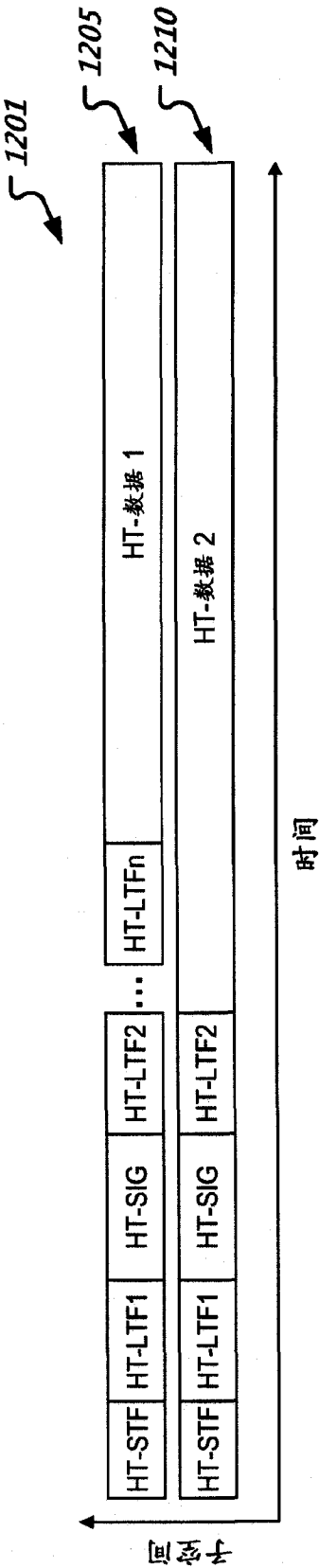


图 12

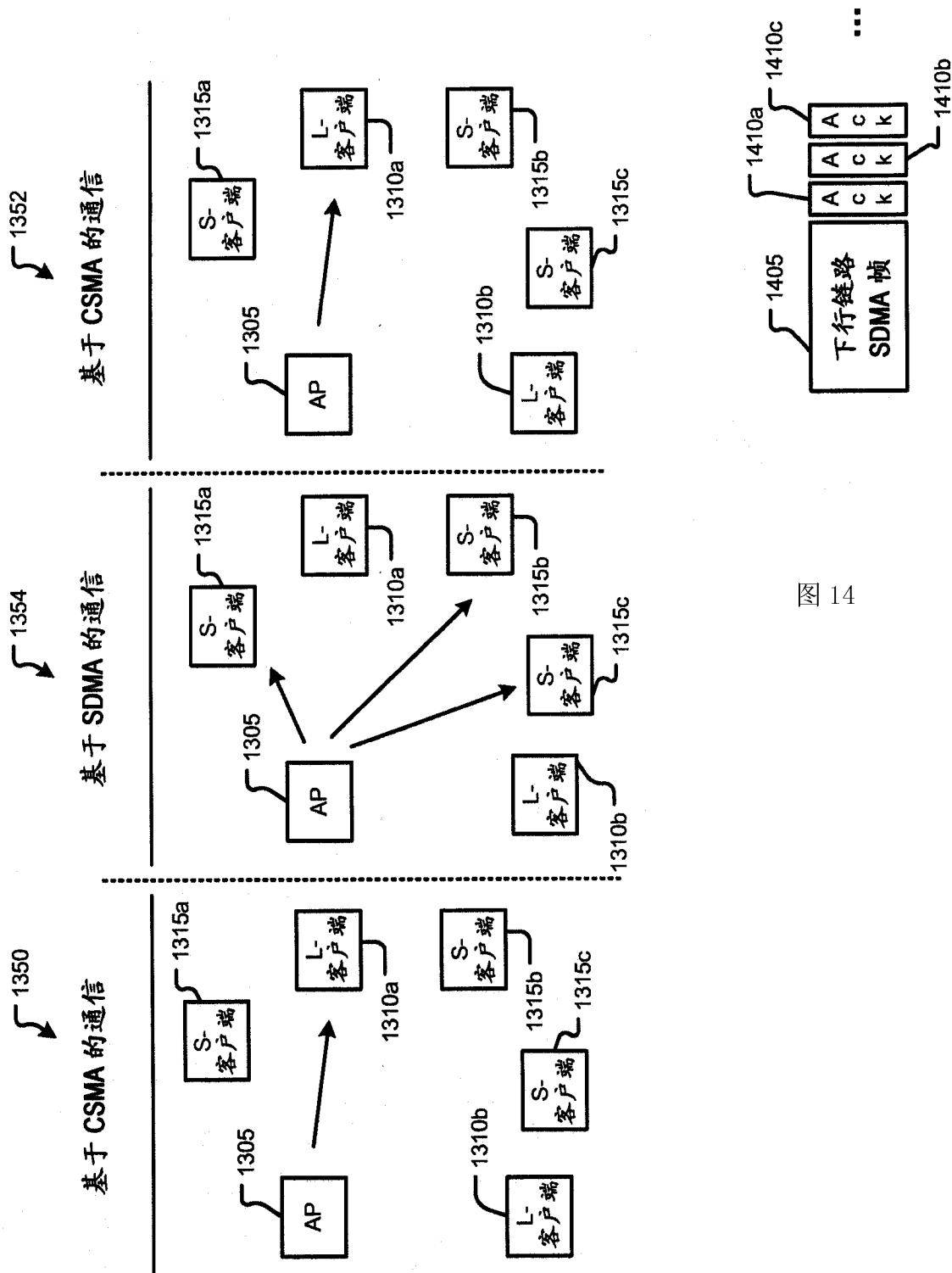


图 13

图 14

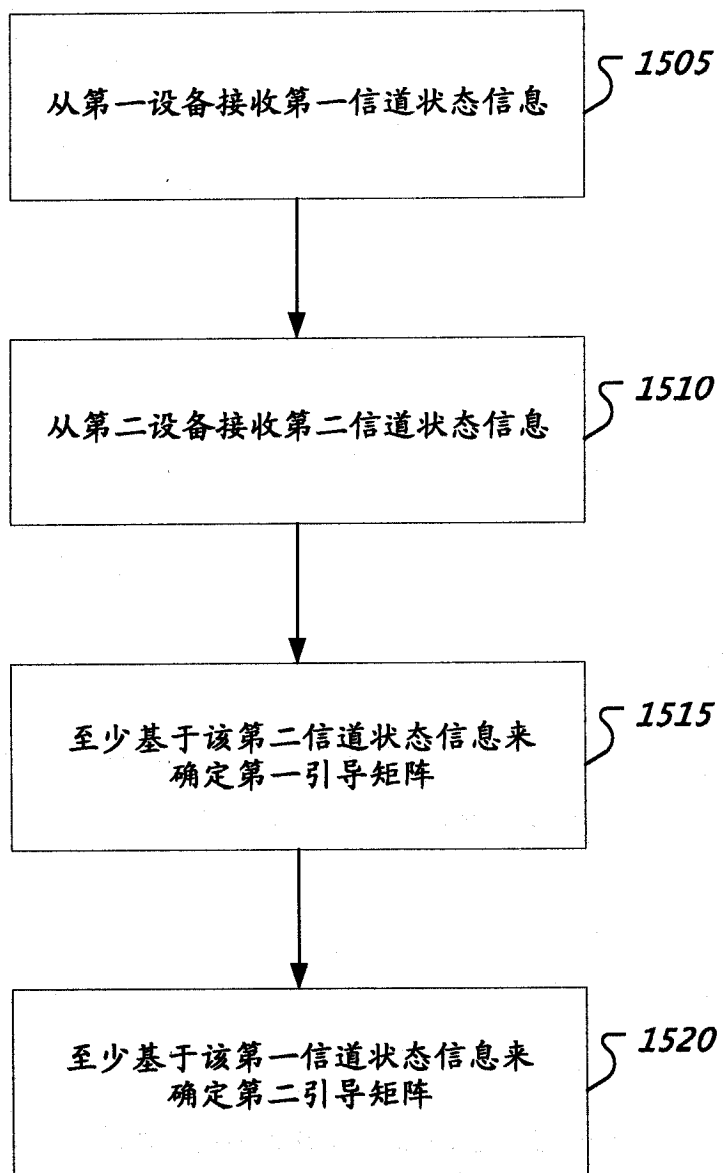


图 15

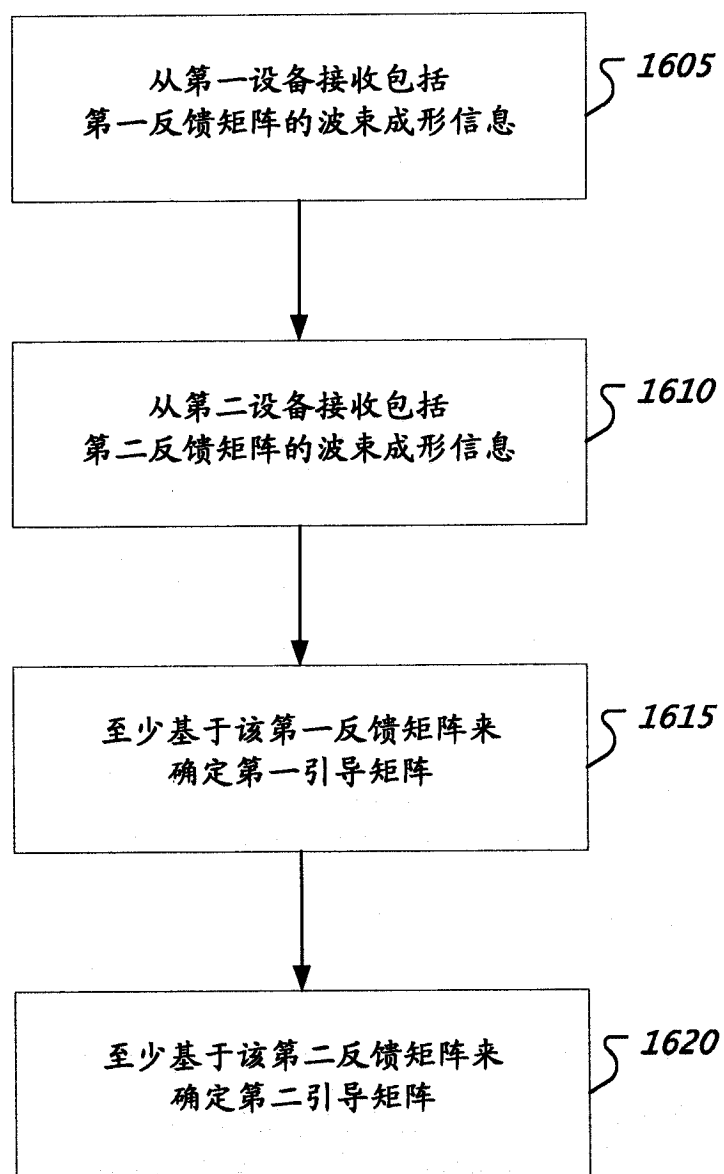


图 16

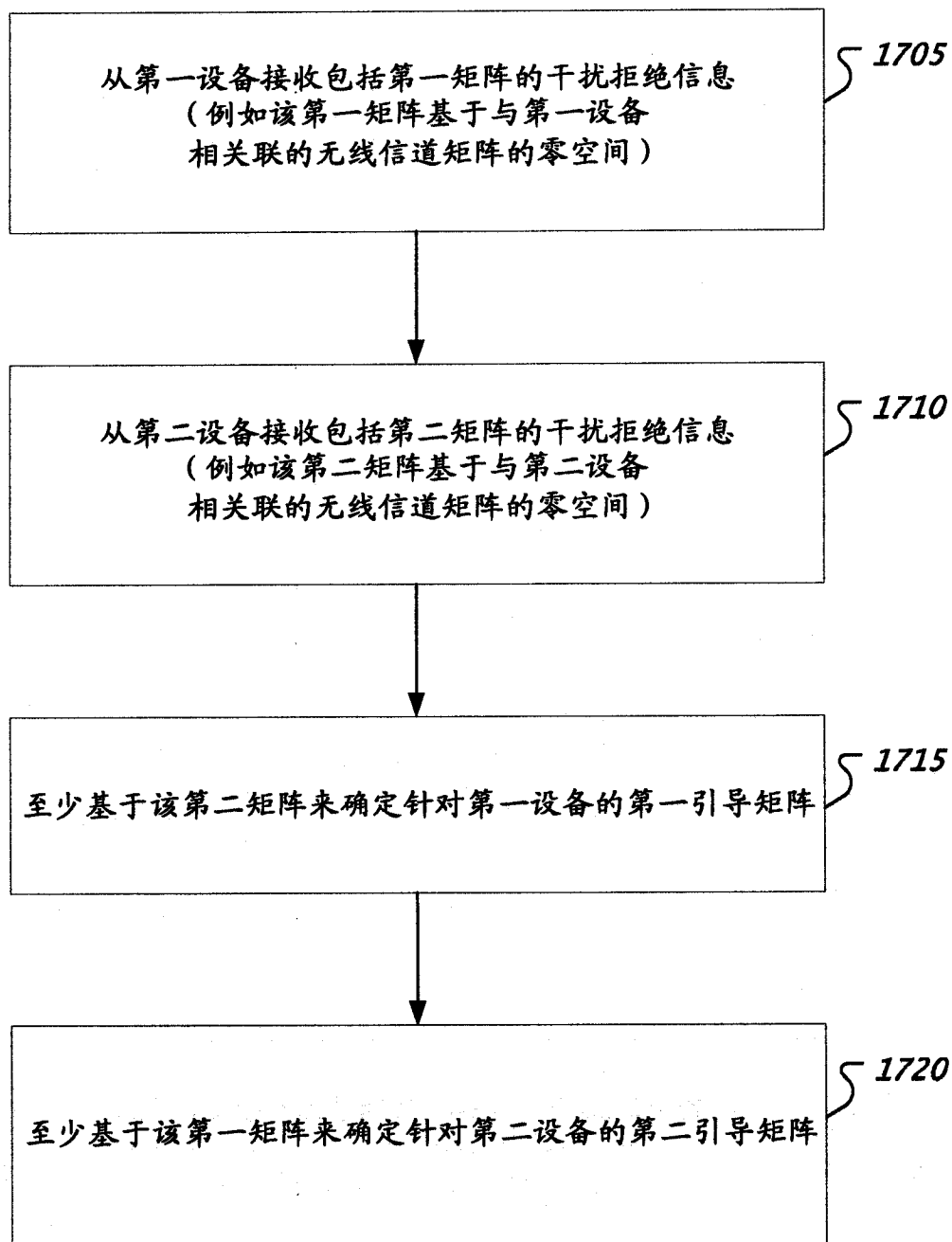


图 17