



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115039356 B

(45) 授权公告日 2024. 05. 24

(21) 申请号 202180012248.8

(22) 申请日 2021.02.04

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115039356 A

(43) 申请公布日 2022.09.09

(30) 优先权数据  
62/970,857 2020.02.06 US  
17/166,897 2021.02.03 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2022.08.01

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2021/016547 2021.02.04

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02021/158741 EN 2021.08.12

(73) 专利权人 高通股份有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 S·莫林

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100  
专利代理师 唐杰敏 陈炜

(51) Int.Cl.  
H04B 17/309 (2006.01)  
H04B 7/06 (2006.01)  
H04W 84/12 (2006.01)  
H04W 72/04 (2006.01)  
H04L 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 107431567 A, 2017.12.01  
CN 107925462 A, 2018.04.17  
US 2016127019 A1, 2016.05.05  
US 9985708 B2, 2018.05.29

审查员 徐振新

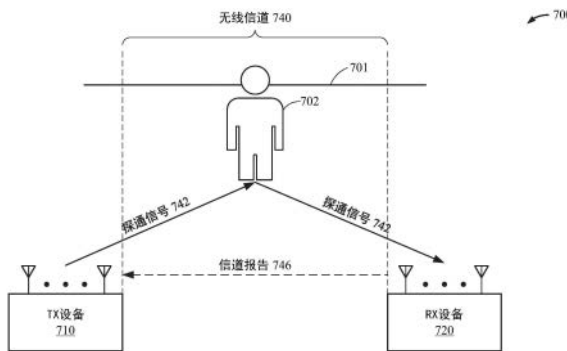
权利要求书3页 说明书22页 附图15页

(54) 发明名称

用于射频 (RF) 感测的探通

(57) 摘要

本公开提供了用于无线通信系统中的射频 (RF) 感测的方法、设备和系统。在一些实现中, 传送方设备可以在无线信道上向接收方设备传送探通数据集。该探通数据集可包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及至少部分地基于传送方设备的配置的探通控制信息。接收方设备可基于接收到的探通数据集来获取无线信道的信道状态信息 (CSI) 并且至少部分地基于该CSI和探通控制信息来选择性地生成针对该无线信道的信道报告。该信道报告可指示对该无线信道的改变, 该改变进而可用于感测传送方设备或接收方设备附近的对象。



1. 一种用于由无线通信设备执行的无线通信的方法,包括:  
在无线信道上从传送方设备接收探通数据集,所述探通数据集包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及指示所述传送方设备的配置的探通控制信息,其中所述探通控制信息在所述一个或多个训练字段之前;  
基于所接收到的探通数据集来获取所述无线信道的信道状态信息(CSI);以及  
至少部分地基于所述CSI和所述探通控制信息来选择性地向所述传送方设备传送信道报告。
2. 如权利要求1所述的方法,其中所述探通控制信息包括指示所述传送方设备的所述配置的序列号。
3. 如权利要求1所述的方法,其中所述探通控制信息包括定时信息或者指示与所述传送方设备传送所述探通数据集相关联的一个或多个传输参数的信息。
4. 如权利要求3所述的方法,其中所述信道报告包括所述探通控制信息的子集。
5. 如权利要求1所述的方法,其中所述信道报告包括指示所述无线通信设备的配置的序列号。
6. 如权利要求1所述的方法,其中所述信道报告包括定时信息或者指示与接收所述探通数据集相关联的一个或多个接收参数的信息。
7. 如权利要求1所述的方法,其中选择性地传送信道报告包括:  
获得关于与所述探通数据集相关联的收到信号强度指示(RSSI)低于RSSI阈值的指示,基于关于所述RSSI低于所述RSSI阈值的所述指示而不向所述传送方设备传送信道报告。
8. 如权利要求1所述的方法,进一步包括:  
获取参考信道的CSI;以及  
获得对所述无线信道的CSI与所述参考信道的CSI之间的CSI差别的指示。
9. 如权利要求8所述的方法,其中所述信道报告包括对所述CSI差别的指示。
10. 如权利要求8所述的方法,其中选择性地传送信道报告包括:  
将所述CSI差别与CSI差别阈值相比较,基于所述CSI差别低于所述CSI差别阈值而不向所述传送方设备传送信道报告。
11. 一种无线通信设备,包括:  
至少一个调制解调器;  
与所述至少一个调制解调器通信地耦合的至少一个处理器;以及  
与所述至少一个处理器通信地耦合并存储处理器可读代码的至少一个存储器,所述处理器可读代码在由所述至少一个处理器与所述至少一个调制解调器相结合地执行时被配置成:  
在无线信道上从传送方设备接收探通数据集,所述探通数据集包括在探通分组的训练字段中携带的信息以及指示所述传送方设备的配置的探通控制信息,其中所述探通控制信息在所述训练字段之前;  
基于所接收到的探通数据集来获取所述无线信道的信道状态信息(CSI);以及  
至少部分地基于所述CSI和所述探通控制信息来选择性地向所述传送方设备传送信道报告。
12. 如权利要求11所述的无线通信设备,其中选择性地传送信道报告包括:

获得关于与所述探通数据集相关联的收到信号强度指示 (RSSI) 低于RSSI阈值的指示, 基于关于所述RSSI低于所述RSSI阈值的所述指示而不向所述传送方设备传送信道报告。

13. 如权利要求11所述的无线通信设备, 其中对所述处理器可读代码的执行被进一步配置成:

获取参考信道的CSI; 以及

获得对所述无线信道的CSI与所述参考信道的CSI之间的CSI差别的指示。

14. 如权利要求13所述的无线通信设备, 其中所述信道报告包括对所述CSI差别的指示。

15. 如权利要求13所述的无线通信设备, 其中选择性地传送信道报告包括:

将所述CSI差别与CSI差别阈值相比较, 基于所述CSI差别低于所述CSI差别阈值而不向所述传送方设备传送信道报告。

16. 一种用于由无线通信设备执行的无线通信的方法, 包括:

至少部分地基于所述无线通信设备的配置来生成探通控制信息; 以及

在无线信道上向接收方设备传送探通数据集, 所述探通数据集包括所述探通控制信息以及在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息, 其中所述探通控制信息在所述一个或多个训练字段之前。

17. 如权利要求16所述的方法, 其中所述探通控制信息包括指示所述无线通信设备的所述配置的序列号。

18. 如权利要求16所述的方法, 其中所述探通控制信息包括定时信息或者与传送所述探通数据集相关联的一个或多个传输参数。

19. 如权利要求16所述的方法, 进一步包括:

响应于传送所述探通数据集而从所述接收方设备接收信道报告, 所述信道报告包括所述无线信道的信道状态信息 (CSI); 以及

基于所接收到的信道报告来感测所述无线通信设备附近的对象。

20. 如权利要求19所述的方法, 其中所述信道报告包括所述探通控制信息的子集。

21. 如权利要求19所述的方法, 其中所述信道报告包括指示所述接收方设备的配置的序列号。

22. 如权利要求19所述的方法, 其中所述信道报告包括定时信息或者指示与所述接收方设备接收所述探通数据集相关联的一个或多个接收参数的信息。

23. 如权利要求19所述的方法, 其中所述信道报告指示所述无线信道与参考信道之间的CSI差别。

24. 如权利要求23所述的方法, 其中所述探通控制信息标识所述参考信道。

25. 如权利要求23所述的方法, 其中所述探通控制信息将所述无线信道标识为用于将来信道报告的参考信道。

26. 一种无线通信设备, 包括:

至少一个调制解调器;

与所述至少一个调制解调器通信地耦合的至少一个处理器; 以及

与所述至少一个处理器通信地耦合并存储处理器可读代码的至少一个存储器, 所述处理器可读代码在由所述至少一个处理器与所述至少一个调制解调器相结合地执行时被配

置成：

至少部分地基于所述无线通信设备的配置来生成探通控制信息；以及

在无线信道上向接收方设备传送探通数据集，所述探通数据集包括所述探通控制信息以及在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息，其中所述探通控制信息在所述一个或多个训练字段之前。

27. 如权利要求26所述的无线通信设备，其中对所述处理器可读代码的执行被进一步配置成：

响应于传送所述探通数据集而从所述接收方设备接收信道报告，所述信道报告包括所述无线信道的信道状态信息 (CSI)；以及

基于所接收到的信道报告来感测所述无线通信设备附近的对象。

28. 如权利要求27所述的无线通信设备，其中所述信道报告指示所述无线信道与参考信道之间的CSI差别。

29. 如权利要求28所述的无线通信设备，其中所述探通控制信息标识所述参考信道。

30. 如权利要求28所述的无线通信设备，其中所述探通控制信息将所述无线信道标识为用于将来信道报告的参考信道。

## 用于射频(RF)感测的探通

### 技术领域

[0001] 本公开一般涉及无线通信,尤其涉及用于无线通信系统中的RF感测的探通技术。

[0002] 相关技术描述

[0003] 无线通信设备通过在射频(RF)频谱中传送和接收电磁信号来进行通信。无线通信设备的操作环境影响电磁信号的传播。例如,传送方设备所传送的电磁信号在到达位于远处的接收方设备之前可能从环境中的对象和表面反射。因此,接收方设备接收到的电磁信号的幅度或相位可以至少部分地取决于环境的特性。

[0004] RF感测是用于至少部分地基于电磁信号的传送和接收来感测环境中的对象或移动的技术。更具体地,环境中的改变可基于在环境中传播的电磁信号中的改变(诸如相位或幅度)来检测。例如,在环境中移动的人干扰传送方设备所传送的电磁信号。接收方设备可检测并表征对其接收到的信号的此类改变以确定这个人的移动速度或方向。

[0005] RF感测的应用范围或准确性可取决于在传送方设备和接收方设备之间传达的信息的量或细节。因此,需要用于促成在执行RF感测时在传送方设备和接收方设备之间交换信息的机制。

[0006] 概述

[0007] 本公开的系统、方法和设备各自具有若干创新性方面,其中并不由任何单个方面全权负责本文中所公开的期望属性。

[0008] 本公开中所描述的主题内容的一个创新性方面可被实现为一种无线通信方法。该方法可由无线通信设备执行,并且可包括在无线信道上从传送方设备接收探通数据集,其中该探通数据集包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及指示该传送方设备的配置的探通控制信息;基于接收到的探通数据集来获取该无线信道的信道状态信息(CSI);以及至少部分地基于该CSI和探通控制信息来选择性地向传送方设备传送信道报告。

[0009] 在一些实现中,该探通控制信息可包括指示传送方设备的配置的序列号。在一些实现中,该探通控制信息可包括定时信息或者指示与传送方设备传送探通数据集相关联的一个或多个传输参数的信息。在一些实现中,该信道报告可包括该探通控制信息的子集。

[0010] 在一些实现中,该信道报告可包括指示无线通信设备的配置的序列号。在一些实现中,该信道报告可包括定时信息或者指示与接收探通数据集相关联的一个或多个接收参数的信息。在一些实现中,选择性地传送信道报告可包括获得关于与该探通数据集相关联的收到信号强度指示(RSSI)低于RSSI阈值的指示,其中基于关于该RSSI低于该RSSI阈值的指示而不向传送方设备传送信道报告。

[0011] 在一些实现中,该方法可进一步包括获取参考信道的CSI;以及获得对该无线信道的CSI和该参考信道的CSI之间的差别的指示。在一些实现中,该信道报告可包括对CSI差别的指示。在一些实现中,选择性地传送信道报告可包括将CSI差别与CSI差别阈值相比较,其中基于该CSI差别低于该CSI差别阈值而不向传送方设备传送信道报告。

[0012] 本公开所描述的主题内容的另一创新性方面可在一种无线通信设备中实现。在一

些实现中,该无线通信设备可包括至少一个调制解调器、与该至少一个调制解调器通信地耦合的至少一个处理器、以及与该至少一个处理器通信地耦合且存储处理器可读代码的至少一个存储器。在一些实现中,至少一个处理器对处理器可读代码的执行使无线通信设备执行操作,包括在无线信道上从传送方设备接收探通数据集,该探通数据集包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及指示该传送方设备的配置的探通控制信息;基于接收到的探通数据集来获取该无线信道的CSI;以及至少部分地基于该CSI和探通控制信息来选择性地向传送方设备传送信道报告。

[0013] 本公开中所描述的主题内容的另一创新性方面可被实现为一种无线通信方法。该方法可由无线通信设备执行,并且可包括至少部分地基于该无线通信设备的配置来生成探通控制信息;以及在无线信道上向接收方设备传送探通数据集,其中该探通数据集包括该探通控制信息以及在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息。

[0014] 在一些实现中,该探通控制信息可包括指示无线通信设备的配置的序列号。在一些实现中,该探通控制信息可包括定时信息或者指示与传送探通数据集相关联的一个或多个传输参数的信息。

[0015] 在一些实现中,该方法可进一步包括响应于传送探通数据集而从接收方设备接收信道报告,其中该信道报告包括该无线信道的CSI;以及基于接收到的信道报告来感测无线通信设备附近的对象。在一些实现中,该信道报告可包括该探通控制信息的子集。在一些实现中,该信道报告可包括指示接收方设备的配置的序列号。在一些实现中,该信道报告可包括定时信息或者指示与接收方设备接收探通数据集相关联的一个或多个接收参数的信息。

[0016] 在一些实现中,该信道报告可指示无线信道和参考信道之间的CSI差别。在一些实现中,探通控制信息可标识参考信道。在一些其他实现中,探通控制信息可将无线信道标识为用于将来信道报告的参考信道。

[0017] 本公开所描述的主题内容的另一创新性方面可在一种无线通信设备中实现。在一些实现中,该无线通信设备可包括至少一个调制解调器、与该至少一个调制解调器通信地耦合的至少一个处理器、以及与该至少一个处理器通信地耦合且存储处理器可读代码的至少一个存储器。在一些实现中,至少一个处理器对处理器可读代码的执行使无线通信设备执行操作,包括至少部分地基于该无线通信设备的配置来生成探通控制信息;以及在无线信道上向接收方设备传送探通数据集,其中该探通数据集包括该探通控制信息以及在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息。

[0018] 附图简述

[0019] 本公开中所描述的主题内容的一种或多种实现的详情在附图及以下描述中阐述。其他特征、方面和优点将从该描述、附图和权利要求书中变得明了。应注意,以下附图的相对尺寸可能并非按比例绘制。

[0020] 图1示出了示例无线通信网络的示意图。

[0021] 图2示出了可用于接入点(AP)与数个站(STA)中的每一者之间的通信的示例协议数据单元(PDU)。

[0022] 图3A示出了可用于AP与数个STA中的每一者之间的通信的示例PDU。

[0023] 图3B示出了可用于AP与数个STA中的每一者之间的通信的另一示例PDU。

[0024] 图4示出了可用于AP与数个STA中的每一者之间的通信的示例物理层汇聚协议

(PLCP) 协议数据单元 (PPDU)。

[0025] 图5示出了示例无线通信设备的框图。

[0026] 图6A示出了示例AP的框图。

[0027] 图6B示出了示例STA的框图。

[0028] 图7A和7B示出了根据一些实现的示例射频 (RF) 感测系统。

[0029] 图8A示出了根据一些实现的可用于RF感测的示例探通数据集。

[0030] 图8B示出了根据一些实现的可用于RF感测的另一示例探通数据集。

[0031] 图8C示出了根据一些实现的可用于RF感测的另一示例探通数据集。

[0032] 图9示出了解说根据一些实现的RF感测系统中的传送方设备与接收方设备之间的示例消息交换的时序图。

[0033] 图10A示出了解说根据一些实现的用于支持用于RF感测的探通的无线通信的示例过程的流程图。

[0034] 图10B示出了解说根据一些实现的用于支持用于RF感测的探通的无线通信的示例过程的流程图。

[0035] 图11A示出了解说根据一些实现的用于支持用于RF感测的探通的无线通信的示例过程的流程图。

[0036] 图11B示出了解说根据一些实现的用于支持用于RF感测的探通的无线通信的示例过程的流程图。

[0037] 图12示出了根据一些实现的供在支持用于RF感测的探通的无线通信中使用的示例无线通信设备的框图。

[0038] 图13示出了根据一些实现的供在支持用于RF感测的探通的无线通信中使用的示例无线通信设备的框图。

[0039] 各个附图中相似的附图标记和命名指示相似要素。

[0040] 详细描述

[0041] 以下描述针对某些实现以旨在描述本公开的创新性方面。然而,本领域普通技术人员将容易认识到,本文中的教导可按众多不同方式来应用。所描述的实现可在能够根据电气与电子工程师协会 (IEEE) 802.11标准、IEEE 802.15标准、如由蓝牙特别兴趣小组 (SIG) 定义的蓝牙®标准、或由第三代伙伴项目 (3GPP) 发布的长期演进 (LTE)、3G、4G或5G (新无线电 (NR)) 标准等中的一者或多者来传送和接收射频 (RF) 信号的任何设备、系统或网络中实现。所描述的实现可以在能够根据以下技术或技艺中的一种或多种来传送和接收RF信号的任何设备、系统或网络中实现:码分多址 (CDMA)、时分多址 (TDMA)、频分多址 (FDMA)、正交FDMA (OFDMA)、单载波FDMA (SC-FDMA)、单用户 (SU) 多输入多输出 (MIMO) 和多用户 (MU) MIMO。所描述的实现还可以使用适合于在无线个域网 (WPAN)、无线局域网 (WLAN)、无线广域网 (WWAN)、或物联网 (IOT) 网络中的一者或多者中使用的其他无线通信协议或RF信号来实现。

[0042] 各种实现一般涉及无线通信系统中的RF感测。一些实现尤其涉及使用遵循IEEE 802.11标准族的信令技术和分组格式来执行由一个或多个无线通信设备进行的RF感测。WLAN可由提供共享无线通信介质以供数个客户端设备 (亦称为站 (STA)) 使用的一个或多个接入点 (AP) 形成。遵循IEEE 802.11标准族的WLAN的基本构建块是由AP管理的基本服务集

(BSS)。每个BSS由AP所宣告的基本服务集标识符(BSSID)来标识。无线通信设备(诸如AP和STA)通过在RF频谱中传送和接收电磁信号来通信。传送方设备所传送的电磁信号在到达位于远处的接收方设备之前可沿传输路径从对象和表面反射。电磁信号还可携带可由接收方设备用来测量无线信道的信息和数据。因此,遵循IEEE 802.11标准族的信令技术可以很好地适用于RF感测。

[0043] 在一些实现中,遵循IEEE 802.11标准族的无线通信网络(诸如WLAN)可用于实现RF感测系统。传送方设备可以在无线信道上向接收方设备传送探通数据集。该探通数据集可包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及至少部分地基于传送方设备的配置的探通控制信息。接收方设备可基于接收到的探通数据集来获取无线信道的信道状态信息(CSI)并且至少部分地基于该CSI和探通控制信息来选择性地生成针对该无线信道的信道报告。该信道报告可指示对该无线信道的改变,该改变进而可用于感测传送方设备或接收方设备附近的对象。

[0044] 图1示出了示例无线通信网络100的框图。根据一些方面,无线通信网络100可以是无线局域网(WLAN)(诸如Wi-Fi网络)的示例(并且在下文中将被称为WLAN 100)。例如,WLAN 100可以是实现IEEE 802.11无线通信协议标准族中的至少一者(诸如由IEEE 802.11-2016规范或其修订版所定义的标准,包括但不限于802.11ah、802.11ad、802.11ay、802.11ax、802.11az、802.11ba和802.11be)的网络。WLAN 100可包括众多无线通信设备,诸如接入点(AP) 102和多个站(STA) 104。虽然仅示出了一个AP 102,但WLAN网络100还可包括多个AP 102。

[0045] 每个STA 104还可被称为移动站(MS)、移动设备、移动手持机、无线手持机、接入终端(AT)、用户装备(UE)、订户站(SS)、或订户单元、及其他可能性。STA 104可表示各种设备,诸如移动电话、个人数字助理(PDA)、其他手持设备、上网本、笔记本电脑、平板计算机、膝上型设备、显示设备(例如,TV、计算机监视器、导航系统等)、音乐或者其他音频或立体声设备、遥控设备(“遥控器”)、打印机、厨房或其他家用电器、遥控钥匙(key fob)(例如,用于被动式无钥匙进入与启动(PKES)系统)、以及其他可能性。

[0046] 单个AP 102及相关联的STA集合104可被称为基本服务集(BSS),该BSS由相应AP 102管理。图1附加地示出了AP 102的示例覆盖区域106,该示例覆盖区域106可表示WLAN 100的基本服务区域(BSA)。BSS可以通过服务集标识符(SSID)来向用户进行标识,还可以通过基本服务集标识符(BSSID)来向其他设备进行标识,BSSID可以是AP 102的媒体接入控制(MAC)地址。AP 102周期性地广播包括BSSID的信标帧(“信标”),以使得AP 102的无线射程内的任何STA 104能够与AP 102“关联”或重新关联以建立与AP 102的相应通信链路108(在下文中还被称为“Wi-Fi链路”)或维持与AP 102的通信链路108。例如,信标可包括相应AP 102所使用的主信道的标识以及用于建立或维持与AP 102的定时同步的定时同步功能。AP 102可经由相应的通信链路108向WLAN中的各个STA 104提供对外部网络的接入。

[0047] 为了与AP 102建立通信链路108,每个STA 104被配置成在一个或多个频带(例如,2.4GHz、5GHz、6GHz或60GHz频带)中的频率信道上执行被动或主动扫描操作(“扫描”)。为了执行被动扫描,STA 104监听由相应AP 102按周期性时间区间(被称为目标信标传输时间(TBTT)(以时间单位(TU)测量,其中一个TU可以等于1024微秒( $\mu$ s))来传送的信标。为了执行主动扫描,STA 104生成探测请求并在待扫描的每个信道上顺序地传送这些探测请求,并



且监听来自AP 102的探测响应。每个STA 104可被配置成：基于通过被动或主动扫描获得的扫描信息来标识或选择要与其关联的AP 102，并执行认证和关联操作以建立与所选AP 102的通信链路108。AP 102在关联操作结束时向STA 104指派关联标识符(AID)，AP 102使用该AID来跟踪STA 104。

[0048] 由于无线网络越来越普遍，STA 104可以有机会选择在该STA的射程内的许多BSS之一或者在一起形成扩展服务集(ESS)(包括多个连通BSS)的多个AP 102之中进行选择。与WLAN 100相关联的扩展网络站可被连接到可允许在此类ESS中连接多个AP 102的有线或无线分发系统。如此，STA 104可被不止一个AP 102覆盖，并且可在不同时间与不同AP 102相关联以用于不同传输。附加地，在与AP 102关联之后，STA 104还可被配置成周期性地扫描其周围环境以寻找要与其关联的更合适的AP 102。例如，相对于其相关联AP 102正在移动的STA 104可执行“漫游”扫描以寻找具有更合宜的网络特性(诸如更大的收到信号强度指示符(RSSI)或减小的话务负载)的另一AP 102。

[0049] 在一些情形中，STA 104可形成不具有AP 102或不具有除STA 104自身以外的其他装备的网络。此类网络的一个示例是自组织(ad hoc)网络(或无线自组织网络)。自组织网络可替代地被称为网状网络或对等(P2P)网络。在一些情形中，自组织网络可在较大无线网络(诸如WLAN 100)内实现。在此类实现中，虽然STA 104可以能够使用通信链路108通过AP 102彼此通信，但STA 104还可经由直接无线链路110彼此直接通信。另外，两个STA 104可经由直接通信链路110进行通信，而不论这两个STA 104是否与相同AP 102相关联并由该相同AP 102服务。在此类自组织系统中，一个或多个STA 104可承担由AP 102在BSS中充当的角色。这种STA 104可被称为群主(GO)并且可协调自组织网络内的传输。直接无线链路110的示例包括Wi-Fi直连连接、通过使用Wi-Fi隧穿直接链路设立(TDLS)链路来建立的连接、以及其他P2P群连接。

[0050] AP 102和STA 104可根据IEEE 802.11无线通信协议标准族(诸如由IEEE 802.11-2016规范或其修订版所定义的标准，包括但不限于802.11ah、802.11ad、802.11ay、802.11ax、802.11az、802.11ba和802.11be)来发挥作用和通信(经由相应的通信链路108)。这些标准定义用于PHY和媒体接入控制(MAC)层的WLAN无线电和基带协议。AP 102和STA 104以物理层汇聚协议(PLCP)协议数据单元(PPDU)的形式传送和接收往来于彼此的无线通信(在下文中也被称为“Wi-Fi通信”)。WLAN 100中的AP 102和STA 104可在无执照频谱上传送PPDU，该无执照频谱可以是包括传统上由Wi-Fi技术使用的频带(诸如2.4GHz频带、5GHz频带、60GHz频带、3.6GHz频带和900MHz频带)的频谱的一部分。本文中所描述的AP 102和STA 104的一些实现还可以在可支持有执照和无执照通信两者的其他频带(诸如6GHz频带)中进行通信。AP 102和STA 104还可被配置成在其他频带(诸如共享有执照频带)上进行通信，其中多个运营商可具有在一个或多个相同或交叠频带中操作的执照。

[0051] 每个频带可包括多个信道(其可用作下文所述的更大带宽信道的子信道)。例如，遵循IEEE 802.11n、802.11ac和802.11ax标准修订版的PPDU可在2.4GHz和5GHz频带上被传送，其中每个频带被划分成多个20MHz信道。如此，这些PPDU在具有20MHz的最小带宽的物理信道上被传送，但可通过信道绑定来形成较大信道。例如，PPDU可在通过将多个20MHz信道(其可被称为子信道)绑定在一起而具有40MHz、80MHz、160MHz或320MHz带宽的物理信道上传送。

[0052] 每个PPDU是包括PHY前置码和PLCP服务数据单元(PSDU)形式的有效载荷的复合结构。前置码中所提供的信息可由接收方设备用于解码PSDU中的后续数据。在其中PPDU在经绑定信道上被传送的实例中,前置码字段可被复制并在多个分量信道中的每一者中被传送。PHY前置码可包括第一部分(或“旧式前置码”)和第二部分(或“非旧式前置码”)两者。第一部分可被用于分组检测、自动增益控制和信道估计、以及其他用途。第一部分通常还可用于维持与旧式设备以及非旧式设备的兼容性。前置码的第二部分的格式、译码以及其中所提供的信息基于要用于传送有效载荷的特定IEEE 802.11协议。

[0053] 图2示出可用于AP与数个STA之间的无线通信的示例协议数据单元(PDU) 200。例如,PDU 200可以被配置为PPDU。如图所示,PDU 200包括PHY前置码201和PHY有效载荷204。例如,前置码201可包括第一部分202,该第一部分202自身包括可由两个BPSK码元组成的旧式短训练字段(L-STF) 206、可由两个BPSK码元组成的旧式长训练字段(L-LTF) 208、以及可由一个BPSK码元组成的旧式信号字段(L-SIG) 210。前置码201的第一部分202可根据IEEE 802.11a无线通信协议标准来配置。前置码201还可包括第二部分203,该第二部分203包括例如遵循IEEE无线通信协议(诸如IEEE 802.11ac、802.11ax、802.11be或以后的无线通信协议标准)的一个或多个非旧式信号字段212。

[0054] L-STF 206一般使得接收方设备能够执行自动增益控制(AGC)和粗略定时以及频率估计。L-LTF 208一般使得接收方设备能够执行精细定时和频率估计,并且还能够执行对无线信道的初始估计。L-SIG 210一般使得接收方设备能够确定PDU的历时并使用所确定的历历来避免在PDU之上进行传送。例如,L-STF 206、L-LTF 208和L-SIG 210可根据二进制相移键控(BPSK)调制方案来调制。有效载荷204可根据BPSK调制方案、正交BPSK(Q-BPSK)调制方案、正交振幅调制(QAM)调制方案、或另一恰适调制方案来调制。有效载荷204可包括包含数据字段(DATA) 214的PSDU,数据字段214进而可携带例如媒体接入控制(MAC)协议数据单元(MPDU)或聚集MPDU(A-MPDU)形式的较高层数据。

[0055] 图2还示出了PDU 200中的示例L-SIG 210。L-SIG 210包括数据速率字段222、保留比特224、长度字段226、奇偶校验比特228和尾部字段230。数据率字段222指示数据率(注意,数据率字段212中所指示的数据率可能不是有效载荷204中所携带的数据的实际数据率)。长度字段226指示例如以码元或字节为单位的分组长度。奇偶校验比特228可被用于检测比特差错。尾部字段230包括尾部比特,尾部比特可由接收方设备用于终止解码器(例如,Viterbi解码器)的操作。接收方设备可利用数据率字段222和长度字段226中所指示的数据率和长度来确定例如以微秒( $\mu$ s)或其他时间单位为单位的分组历时。

[0056] 图3A示出了可用于AP与数个STA之间的无线通信的另一示例PDU 300。PDU 300包括PHY前置码,该PHY前置码包括第一部分302和第二部分304。PDU 300可进一步在前置码之后包括PHY有效载荷306(例如,以包括数据字段322的PSDU的形式)。前置码的第一部分302包括L-STF 308、L-LTF 310和L-SIG 312。根据对IEEE 802.11无线通信协议标准的IEEE 802.11ac修订版,前置码的第二部分304和数据字段322可分别被格式化为甚高吞吐量(VHT)前置码和帧。第二部分304包括第一VHT信号字段(VHT-SIG-A) 314、VHT短训练字段(VHT-STF) 316、数个VHT长训练字段(VHT-LTF) 318以及与VHT-SIG-A 314分开编码的第二VHT信号字段(VHT-SIG-B) 320。与L-STF 308、L-LTF 310和L-SIG 312一样,在涉及使用经绑定信道的实例中,VHT-SIG-A 314中的信息可被复制并在每个分量20MHz子信道中传送。

[0057] VHT-STF 316可被用于改进MIMO传输中的自动增益控制估计。VHT-LTF318可被用于MIMO信道估计和导频副载波跟踪。前置码可针对传送前置码的每个空间流包括一个VHT-LTF 318。VHT-SIG-A 314可向VHT兼容AP 102和STA 104指示该PPDU是VHT PPDU。VHT-SIG-A 314包括可由STA 104用于解码VHT-SIG-B 320的信令信息和其他信息。VHT-SIG-A 314可以指示分组的带宽(BW)、空时块编码(STBC)的存在、每用户空时流的数目 $N_{STS}$ 、指示指派给STA的群和用户位置的群ID、可组合AID和BSSID的部分关联标识符、短保护区间(GI)指示、指示是使用卷积编码还是LDPC编码的单用户/多用户(SU/MU)编码、调制和编码方案(MCS)、关于波束成形矩阵是否已应用于传输的指示、循环冗余校验(CRC)和尾部。VHT-SIG-B 320可被用于MU传输并且可包含用于多个STA 104中的每一者的实际数据率和MPDU或A-MPDU长度值、以及可由STA 104用于对数据字段322中接收到的数据进行解码的信令信息(包括例如MCS和波束成形信息)。

[0058] 图3B示出了可用于AP与数个STA之间的无线通信的另一示例PDU 350。PDU 350可被用于MU-OFDMA或MU-MIMO传输。PDU 350包括PHY前置码,该PHY前置码包括第一部分352和第二部分354。PDU 350可进一步在前置码之后包括PHY有效载荷356(例如,以包括数据字段374的PSDU的形式)。第一部分352包括L-STF 358、L-LTF 360和L-SIG 362。根据对IEEE 802.11无线通信协议标准的IEEE 802.11ax修订版,前置码的第二部分354和数据字段374可分别被格式化为高效率(HE)WLAN前置码和帧。第二部分354包括重复旧式信号字段(RL-SIG) 364、第一HE信号字段(HE-SIG-A) 366、与HE-SIG-A 366分开编码的第二HE信号字段(HE-SIG-B) 368、HE短训练字段(HE-STF) 370和数个HE长训练字段(HE-LTF) 372。与L-STF 358、L-LTF 360和L-SIG 362一样,在涉及使用经绑定信道的实例中,RL-SIG 364和HE-SIG-A 366中的信息可被复制并在每个分量20MHz子信道中传送。相比之下,HE-SIG-B 368对于每个20MHz子信道而言可以是唯一的,并且可针对特定的STA 104。

[0059] RL-SIG 364可向HE兼容STA 104指示该PPDU是HE PPDU。AP 102可使用HE-SIG-A 366来标识多个STA 104并向该多个STA 104通知该AP已为它们调度UL或DL资源。HE-SIG-A 366可由AP 102所服务的每个HE兼容STA 104解码。HE-SIG-A 366包括可由每个所标识STA 104用于解码相关联HE-SIG-B 368的信息。例如,HE-SIG-A 366可指示帧格式(包括HE-SIG-B 368的位置和长度)、可用信道带宽和调制和编码方案(MCS)等等。HE-SIG-A 366还可包括可由除了数个所标识STA 104以外的STA 104使用的HE WLAN信令信息。

[0060] HE-SIG-B 368可携带因STA而异的调度信息,诸如举例而言,每用户MCS值以及每用户RU分配信息。在DL MU-OFDMA的上下文中,此类信息使得相应STA 104能够标识并解码相关联数据字段中的对应RU。每个HE-SIG-B 368包括共用字段以及至少一个因STA而异(“因用户而异”)的字段。共用字段可以指示对多个STA 104的RU分布,指示频域中的RU指派,指示哪些RU被分配用于MU-MIMO传输和哪些RU对应于MU-OFDMA传输、以及分配中的用户数量等等。共用字段可被编码有共用比特、CRC比特和尾部比特。因用户而异的字段被指派给特定的STA 104并且可被用于调度特定的RU以及向其他WLAN设备指示该调度。每个因用户而异的字段可包括多个用户块字段(其后可继以填充)。每个用户块字段可包括两个用户字段,这两个用户字段包含供两个相应STA对数据字段374中的其相应RU有效载荷进行解码的信息。

[0061] 图4示出了可用于AP 102与数个STA 104之间的通信的示例PPDU 400。如上所述,

每个PPDU 400包括PHY前置码402和PSDU 404。每个PSDU 404可携带一个或多个MAC协议数据单元(MPDU)。例如,每个PSDU 404可携带聚集MPDU(A-MPDU)408,其包括多个A-MPDU子帧406的聚集。每个A-MPDU子帧406可包括在伴随的MPDU 414(其包括A-MPDU子帧406的数据部分(“有效载荷”或“帧体”))之前的MAC定界符410和MAC报头412。MPDU 414可携带一个或多个MAC服务数据单元(MSDU)子帧416。例如,MPDU 414可携带经聚集MSDU(A-MSDU)418,其包括多个MSDU子帧416。每个MSDU子帧416包含在子帧报头422之后的对应MSDU 420。

[0062] 参照回A-MPDU子帧406,MAC报头412可包括:包含定义或指示被封装在帧体414内的数据的特性或属性的信息的数个字段。MAC报头412还包括对被封装在帧体414内的数据的地址进行指示的数个字段。例如,MAC报头412可包括源地址、发射机地址、接收机地址或目的地地址的组合。MAC报头412可包括:包含控制信息的帧控制字段。帧控制字段指定帧类型,例如,数据帧、控制帧或管理帧。MAC报头412可进一步包括历时字段,其指示从PPDU结束直到对无线通信设备要传送的最后PPDU的确收(ACK)(例如,在A-MPDU的情形中是块ACK(BA))结束的历时。使用历时字段是用于保留无线介质达所指示的历时,由此建立NAV。每个A-MPDU子帧406还可包括用于检错的帧校验序列(FCS)字段424。例如,FCS字段416可包括循环冗余校验(CRC)。

[0063] 如以上所描述的,AP 102和STA 104可以支持多用户(MU)通信;即,从一个设备到多个设备中的每一者的并发传输(例如,从AP 102到诸对应STA 104的多个同时下行链路(DL)通信),或从多个设备到单个设备的并发传输(例如,从诸对应STA 104到AP 102的多个同时上行链路(UL)传输)。为了支持MU传输,AP 102和STA 104可利用多用户多输入多输出(MU-MIMO)和多用户正交频分多址(MU-OFDMA)技术。

[0064] 在MU-OFDMA方案中,无线信道的可用频谱可被划分为各自包括数个不同的频率副载波(“频调”)的多个资源单元(RU)。不同的RU可由AP 102在特定时间分配或指派给不同的STA 104。RU的大小和分布可被称为RU分配。在一些实现中,可按2MHz区间来分配RU,并且由此,最小RU可包括包含24个数据频调和2个导频频调的26个频调。因此,在20MHz信道中,可分配至多达9个RU(诸如2MHz、26个频调的RU)(因为一些频调被保留用于其他目的)。类似地,在160MHz信道中,可分配至多达74个RU。还可分配更大的52个频调、106个频调、242个频调、484个频调和996个频调的RU。毗邻RU可由空副载波(诸如DC副载波)分隔开,例如以减小毗邻RU之间的干扰、减小接收机DC偏移、并且避免发射中心频率漏泄。

[0065] 对于UL MU传输,AP 102可以传送触发帧以发起并同步从多个STA 104到该AP 102的UL MU-OFDMA或UL MU-MIMO传输。此类触发帧由此可使得多个STA 104能够在时间上并发地向AP 102发送UL话务。触发帧可通过相应的关联标识符(AID)来对一个或多个STA 104进行定址,并且可向每个AID(以及由此向每个STA 104)指派一个或多个RU,这些RU可以被用于向AP 102发送UL话务。AP还可指定未被调度的STA 104可争用的一个或多个随机接入(RA)RU。

[0066] 包括多个天线的AP和STA可支持各种分集方案。例如,可由传送方设备或接收方设备中的一者或两者使用空间分集以提高传输的稳健性。例如,为了实现发射分集方案,传送方设备可以在两个或更多个天线上冗余地传送相同数据。包括多个天线的AP和STA也可支持空时块译码(STBC)。使用STBC,传送方设备还跨数个天线传送数据流的多个副本以利用数据的各个所接收版本来增大对正确的数据进行解码的可能性。更具体地,要被传送的数

据流被编码在块中,这些块在间隔开的天线之间并跨时间分布。一般地,当发射天线的数目 $N_{Tx}$ 超过空间流的数目 $N_{SS}$ 时,可使用STBC(在下文描述)。 $N_{SS}$ 个空间流可被映射成数目为 $N_{STS}$ 个空时流,其随后被映射到 $N_{Tx}$ 个发射链。

[0067] 包括多个天线的AP和STA也可支持空间复用,其可用于提高频谱效率和传输的所得吞吐量。为了实现空间复用,传送方设备将数据流划分成数目为 $N_{SS}$ 个分开的独立空间流。这些空间流随后被分开地编码,并经由 $N_{Tx}$ 个发射天线并行地被发射。若传送方设备包括 $N_{Tx}$ 个发射天线并且接收方设备包括 $N_{Rx}$ 个接收天线,则该传送方设备可同时向该接收方设备传送的空间流的最大数目 $N_{SS}$ 受限于 $N_{Tx}$ 和 $N_{Rx}$ 中的较小者。在一些实现中,AP 102和STA 104可以能够实现发射分集与空间复用两者。例如,在空间流的数目( $N_{SS}$ )小于发射天线的数目( $N_{Tx}$ )的实例中,空间流可乘以空间扩展矩阵以达成发射分集。

[0068] 包括多个天线的AP和STA也可支持波束成形。波束成形指的是将传输的能量聚焦于目标接收方的方向上。波束成形既可以在单用户环境中使用(例如,以提高信噪比(SNR)),也可以在多用户(MU)环境中使用(例如,以实现MU多输入多输出(MIMO)(MU-MIMO)传输(也称为空分多址(SDMA)))。为了执行波束成形,传送方设备(被称为波束成形器)从多个天线中的每一者传送信号。波束成形器配置从不同天线传送的信号之间的振幅和相移,以使得这些信号沿朝向预期接收方(被称为波束成形接收方)的特定方向相长地相加。波束成形发起方配置幅度和相移的方式取决于与该波束成形发起方在其上旨在与波束成形接收方进行通信的无线信道相关联的信道状态信息(CSI)。

[0069] 为了获得波束成形所需的CSI,波束成形发起方可以与波束成形接收方执行信道探通规程。例如,波束成形发起方可向波束成形接收方传送一个或多个探通信号(例如,以空数据分组(NDP)的形式)。波束成形接收方随后可基于探通信号来执行针对与所有发射天线和接收天线对相对应的 $N_{Tx} \times N_{Rx}$ 个子信道的每一者的测量。波束成形接收方基于信道测量生成反馈矩阵,并且通常压缩该反馈矩阵,然后将反馈传送到波束成形发起方。波束成形发起方随后可基于该反馈来生成针对波束成形接收方的预编码(或“引导”)矩阵,并使用该引导矩阵对数据流进行预编码以为至波束成形接收方的后续传输配置幅度和相移。

[0070] 如上所述,传送方设备可支持分集方案的使用。当执行波束成形时,传送的波束成形阵列增益与 $N_{Tx}$ 与 $N_{SS}$ 之比对数地成比例。如此,当执行波束成形以增加增益时,在其他约束内增大发射天线的数目 $N_{Tx}$ 一般是合乎期望的。也可能通过增加发射天线的数量来更准确地引导传输。这在减少用户间干扰尤其重要的MU传输环境中是特别有利。

[0071] 图5示出了示例无线通信设备500的框图。在一些实现中,无线通信设备500可以是用于STA(诸如以上参照图1所描述的各STA 104中的一者)中的设备的示例。在一些实现中,无线通信设备500可以是用于AP(诸如以上参照图1所描述的AP 102)中的设备的示例。无线通信设备500能够传送(或输出以供传输)和接收无线通信(例如,以无线分组的形式)。例如,无线通信设备可被配置成传送和接收遵循IEEE 802.11标准(诸如由IEEE 802.11-2016规范或其修正版所定义的标准,包括但不限于802.11ah、802.11ad、802.11ay、802.11ax、802.11az、802.11ba和802.11be)的PPDU和MPDU形式的分组。

[0072] 无线通信设备500可以是或可包括包含一个或多个调制解调器502(例如,Wi-Fi(遵循IEEE 802.11)调制解调器)的芯片、片上系统(SoC)、芯片组、封装或设备。在一些实现中,一个或多个调制解调器502(统称为“调制解调器502”)附加地包括WWAN调制解调器(例

如,3GPP 4G LTE或5G兼容调制解调器)。在一些实现中,无线通信设备500还包括一个或多个无线电504(统称为“无线电504”)。在一些实现中,无线通信设备506进一步包括一个或多个处理器、处理块或处理元件506(统称为“处理器506”)和一个或多个存储器块或元件508(统称为“存储器508”)。

[0073] 调制解调器502可包括智能硬件块或设备(举例而言,诸如专用集成电路(ASIC)等)。调制解调器502一般被配置成实现PHY层。例如,调制解调器502被配置成调制分组并将经调制分组输出给无线电504以供在无线介质上传输。类似地,调制解调器502被配置成获取由无线电504接收的经调制分组并对这些分组进行解调以提供经解调分组。除了调制器和解调器之外,调制解调器502还可进一步包括数字信号处理(DSP)电路系统、自动增益控制(AGC)、译码器、解码器、复用器和解复用器。例如,当处在传输模式中之时,将从处理器506获取的数据提供给译码器,该译码器对数据进行编码以提供经编码比特。经编码比特随后被映射到调制星座中的点(使用所选MCS)以提供经调制的码元。随后,经调制的码元可被映射到数个( $N_{SS}$ 个)空间流或数个( $N_{STS}$ 个)空时流。随后,相应空间流或空时流中的经调制码元可被复用,经由快速傅里叶逆变换(IFFT)块进行变换,并随后被提供给DSP电路系统以供Tx加窗和滤波。数字信号可随后被提供给数模转换器(DAC)。结果所得的模拟信号随后可被提供给上变频器,并最终提供给无线电504。在涉及波束成形的实现中,在相应的空间流中的经调制码元在被提供给IFFT块之前,经由引导矩阵进行预编码。

[0074] 当在接收模式中时,从无线电504接收到的数字信号被提供给DSP电路系统,该DSP电路系统被配置成获取收到信号,例如,通过检测信号的存在以及估计初始定时和频率偏移。DSP电路系统被进一步配置成数字地调理数字信号,例如,使用信道(窄带)滤波、模拟损伤调理(诸如校正I/Q不平衡),以及应用数字增益以最终获得窄带信号。随后,DSP电路系统的输出可被馈送到AGC,其被配置成使用从数字信号(例如在一个或多个收到训练字段中)中提取的信息,以确定适当增益。DSP电路系统的输出还与解调器耦合,该解调器被配置成从信号提取经调制码元,并且例如计算每个空间流中每个副载波的每个比特位置的对数似然比(LLR)。解调器与解码器耦合,该解码器可被配置成处理LLR以提供经解码比特。随后,经解码的来自所有空间流的比特被馈送到解复用器以进行解复用。经解复用的比特随后可被解扰并被提供给MAC层(处理器506)以供处理、评估或解读。

[0075] 无线电504一般包括至少一个射频(RF)发射机(或“发射机链”)和至少一个RF接收机(或“接收机链”),它们可以组合成一个或多个收发机。例如,RF发射机和接收机可包括各种DSP电路系统,分别包括至少一个功率放大器(PA)和至少一个低噪声放大器(LNA)。RF发射机和接收机可进而耦合到一个或多个天线。例如,在一些实现中,无线通信设备500可包括或耦合到多个发射天线(每一者具有对应的发射链)和多个接收天线(每一者具有对应的接收链)。从调制解调器502输出的码元被提供给无线电504,该无线电随后经由所耦合的天线来发射这些码元。类似地,经由天线接收到的码元由无线电504获取,该无线电随后将这些码元提供给调制解调器502。

[0076] 处理器506可包括被设计成执行本文中所描述的功能的智能硬件块或设备,诸如举例而言处理核、处理块、中央处理单元(CPU)、微处理器、微控制器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑器件(PLD)(诸如现场可编程门阵列(FPGA))、分立的门或晶体管逻辑、分立的硬件组件或其任何组合。处理器506处理通过无线电504和调制

解调器502接收到的信息,并处理要通过调制解调器502和无线电504输出以通过无线介质传输的信息。例如,处理器506可以实现控制面和MAC层,其被配置成执行与MPDU、帧或分组的生成和传输有关的各种操作。MAC层被配置成执行或促成帧的译码和解码、空间复用、空时块译码(STBC)、波束成形和OFDMA资源分配及其他操作或技术。在一些实现中,处理器506一般可以控制调制解调器502以使该调制解调器执行上述各种操作。

[0077] 存储器504可包括有形存储介质,诸如随机存取存储器(RAM)或只读存储器(ROM)或其组合。存储器504还可以存储包含指令的非瞬态处理器或计算机可执行软件(SW)代码,这些指令在被处理器506执行时使该处理器执行本文所描述的用于无线通信的各种操作,包括MPDU、帧或分组的生成、传输、接收和解读。例如,本文所公开的各组件的各个功能或者本文所公开的方法、操作、过程或算法的各个框或步骤可以被实现为一个或多个计算机程序的一个或多个模块。

[0078] 图6A示出了示例AP 602的框图。例如,AP 602可以是参照图1所描述的AP 102的示例实现。AP 602包括无线通信设备(WCD)610。例如,无线通信设备610可以是参照图5所描述的无线通信设备500的示例实现。AP 602还包括与无线通信设备610耦合的多个天线620以发射和接收无线通信。在一些实现中,AP 602附加地包括与无线通信设备610耦合的应用处理器630、以及与应用处理器630耦合的存储器640。AP 602进一步包括至少一个外部网络接口650,其使得AP602能够与核心网或回程网络进行通信以获得对包括因特网的外部网络的接入。例如,外部网络接口650可包括有线(例如,以太网)网络接口和无线网络接口(诸如,WWAN接口)中的一者或两者。前述组件中的组件可以在至少一条总线上直接或间接地与这些组件中的其他组件进行通信。AP 602进一步包括外壳,该外壳包封无线通信设备610、应用处理器630、存储器640并且包封天线620和外部网络接口650的至少部分。

[0079] 图6B示出了示例STA 604的框图。例如,STA 604可以是参照图1所描述的STA 104的示例实现。STA 604包括无线通信设备615。例如,无线通信设备615可以是参照图5所描述的无线通信设备500的示例实现。STA 604还包括与无线通信设备615耦合的一个或多个天线625以发射和接收无线通信。STA 604附加地包括与无线通信设备615耦合的应用处理器635、以及与应用处理器635耦合的存储器645。在一些实现中,STA 604进一步包括用户接口(UI)655(诸如触摸屏或键盘)和显示器665,该显示器665可与UI 655集成以形成触摸屏显示器。在一些实现中,STA 604可进一步包括一个或多个传感器675(举例而言,诸如一个或多个惯性传感器、加速计、温度传感器、压力传感器或高度传感器)。前述组件中的组件可以在至少一条总线上直接或间接地与这些组件中的其他组件进行通信。STA 604进一步包括外壳,该外壳包封无线通信设备615、应用处理器635、存储器645并且包封天线625、UI 655和显示器665的至少各部分。

[0080] 本公开的各方面认识到遵循IEEE 802.11标准族的无线通信可以很好地适用于RF感测。RF感测是用于至少部分地基于电磁信号的传送和接收来感测环境中的对象或移动的技术。更具体地,环境中的改变可基于传送方设备和接收方设备之间的无线通信信道中的改变来检测。例如,环境中的对象的存在或移动可干扰或以其他方式更改从传送方设备传送至接收方设备的无线通信信号的相位或幅度并由此干扰或以其他方式更改无线信道。RF感测的应用范围或准确性可取决于在传送方设备和接收方设备之间传达的信息的量或细节。

[0081] 如上所述,现有的IEEE 802.11标准定义用于波束成形的信道探通规程,由此波束成形发起方向波束成形接收方传送探通信号(以NDP的形式)。波束成形接收方可基于接收到的探通信号来执行对无线信道的测量。波束成形接收方然后基于信道测量来生成经压缩反馈矩阵并将该经压缩反馈矩阵传送到波束成形发起方。然而,由于压缩,反馈矩阵可能不适用于某些RF感测应用。例如,环境中的小改变(诸如人呼吸)可能不转变成与其相关联的经压缩反馈矩阵中的可检测改变。反馈矩阵中的改变也可被归因为传送方设备的传输参数中的改变或者接收方设备的接收参数中的改变。然而,由现有IEEE 802.11标准定义的探通信号和反馈矩阵这两者都不提供对传输参数或接收参数的足够指示。

[0082] 在一些实现中,遵循IEEE 802.11标准族的无线通信网络(诸如WLAN)可用于实现RF感测系统。传送方设备可以在无线信道上向接收方设备传送探通数据集。该探通数据集可包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及至少部分地基于传送方设备的配置的探通控制信息。接收方设备可基于接收到的探通数据集来获取无线信道的CSI并且至少部分地基于该CSI和探通控制信息来选择性地生成针对该无线信道的信道报告。例如,接收方设备可以只在无线信道的特性已被改变达至少阈值量时生成信道报告。该信道报告可指示对该无线信道的改变,该改变进而可用于感测传送方设备或接收方设备附近的对象。

[0083] 可实现本公开中所描述的主题内容的特定实现以达成以下潜在优点中的一者或多者。在一些实现中,所描述的技术可用于促成可支持各种应用的RF感测。例如,通过在传送到接收方设备的探通数据中包括传送方设备的配置,接收方设备可获取对无线信道的更准确测量。此外,通过只在无线信道改变达阈值量时生成信道报告,本公开的各方面可减少与信道探通规程相关联的开销。

[0084] 图7A和7B示出了根据一些实现的示例RF感测系统700。RF感测系统700包括传送方(TX)设备710和接收方(RX)设备720。在一些实现中,传送方设备710可以是图1的AP 102或图6A的AP 602的一个示例。在一些其他实现中,传送方设备710可以是图1的STA 104或图6B的STA 604的一个示例。在一些实现中,接收方设备720可以是图1的AP 102或图6A的AP 602的一个示例。在一些其他实现中,接收方设备720可以是图1的STA 104或图6B的STA 604的一个示例。

[0085] 参照图7A,传送方设备710被配置成在无线信道730上向接收方设备720传送探通信号。一些探通信号可能在到达接收方设备720之前从环境中的对象或表面反射。如图7A所示,静态对象或表面701(诸如墙壁)位于探通信号732的路径上。更具体地,表面701在接收方设备720的方向上反射探通信号732。接收方设备被配置成基于接收到的探通信号732来测量无线信道730的一个或多个特性。例如,探通信号732可包括可用于信道估计的一个或多个训练字段(诸如参照图2、3A和3B描述的LTF中的一者或多者)。在一些实现中,接收方设备720可基于无线信道730的所测量的特性来将信道报告736传送到传送方设备710。

[0086] 参照图7B,新对象702(诸如人)可进入RF感测系统700的环境。传送方设备710可以在存在对象702的情况下向接收方设备720传送探通信号742。接收方设备720然后可基于接收到的探通信号742来测量无线信道740的一个或多个特性。相比于图7A,新对象702可更改由传送方设备710传送的至少某些探通信号的传播路径。例如,在存在对象702的情况下(由接收方设备720)接收到的探通信号的相位或幅度可能不同于在缺少对象702的情况下接收



到的探通信号和的相位或幅度。结果,无线信道740可不同于先前由接收方设备720测量的无线信道730。在一些实现中,接收方设备720可基于无线信道740的所测量的特性来将信道报告746传送到传送方设备710。

[0087] 传送方设备710可基于无线信道740和无线信道730之间的差别或改变来检测对象702的存在或移动。例如,传送方设备710可将无线信道740的特性(基于信道报告746)与无线信道730的特性(基于信道报告736)相比较以检测无线信道中的改变。假定传送方设备710和接收方设备720保持静止(从图7A到图7B),无线信道730和无线信道740之间的差别可被归因于新对象702的存在或移动。可基于无线信道中的改变来检测到的示例特性包括但不限于对象的移动(或缺少该移动)、移动模式(诸如走动、下落或姿势)、对象跟踪(诸如移动方向、范围或位置)、以及生命体征(诸如呼吸)。

[0088] 如上所述,用于RF感测的应用的范围可取决于在传送方设备710和接收方设备720之间传达的信息的细节和准确性。例如,压缩可降低检测环境中的轻微改变所需的细节水平。在一些实现中,由接收方设备720生成的信道报告736和746可包括原始或未经压缩的信道状态信息(CSI)。在某些方面,该CSI可包括相关联的无线信道的同相(I)和正交(Q)表示。在某些其他方面,该CSI可包括相关联的无线信道的相位和幅度表示。在一些实现中,信道报告可包括无线信道的原始或未经压缩的仅幅度表示。在一些其他实现中,信道报告可包括无线信道的原始或未经压缩的仅相位表示。本公开的各方面认识到无线信道的仅幅度或仅相位表示可能足够用于某些RF感测应用并且可帮助减少开销。

[0089] 在一些情形中,接收方设备720可以执行对信道测量的预处理。例如,CSI可针对接收方设备720的特定参考天线被归一化。替代地或附加地,CSI可相对于相位(而非幅度)、幅度(而非相位)或其组合被归一化。在一些实现中,接收方设备720可将CSI执行的预处理的指示(诸如针对其归一化CSI的参考天线的指示)包括在发回到传送方设备710的信道报告中。在一些其他实现中,接收方设备可确定要对CSI执行的量化水平。接收方设备720可将CSI的量化水平的指示包括在发回到传送方设备710的信道报告中。

[0090] 本公开的各方面认识到除了环境的特性以外,无线信道的属性还取决于传送方设备710的传输参数以及接收方设备720的接收参数。换言之,在探通操作之间改变传送方设备710的传输参数或接收方设备720的接收参数可导致接收方设备720即使在环境未改变的情况下也测得响应于每一次探通的不同CSI。为了将无线信道中的改变准确地归因于环境中的改变,可由传送方设备710与探通信号相关联地向接收方设备720(或由接收方设备720向传送方设备710)传达附加信息。

[0091] 在一些实现中,传送方设备710可被配置成与每一个探通信号相关联地向接收方设备720传送探通控制信息。该探通控制信息可以指示传送方设备710在向接收方设备720传送相应探通信号(或探通信号集)时的配置。在某些方面,探通控制信息可指示传送方设备710用来传送探通信号的一个或多个传输参数。示例传输参数可包括但不限于发射天线索引、每天线发射功率、循环移位延迟(CSD)、以及探通信号到不同发射天线的任何空间映射。由此,对传输参数的指示可用于控制原本可能被归因于传送方设备710的传输参数中的改变的CSI变化。

[0092] 在某些其他方面,探通控制信息可包括相应探通信号的序列号。该序列号可提供对用于传送探通信号的传输参数的一般指示。例如,传送方设备710可以在传送方设备710

使用不同的传输参数来传送后续探通信号的情况下改变后续探通信号的序列号。由此,该序列号还可用于控制原本可能被归因于传送方设备710的传输参数中的改变的CSI变化。

[0093] 另外,在某些方面,探通控制信息可包括传送方设备710的定时同步功能(TSF)值。传送方设备710的TSF值可指示(或者可用于确定)相关联的探通信号被传送方设备710传送的时间。更具体地,TSF值可用于确定传送方设备710对探通信号的传送与接收方设备720对该探通信号的接收之间的传播延迟。该传播延迟可用于某些RF感测应用(诸如测距和对象跟踪)。

[0094] 在一些实现中,接收方设备720可在被发送回到传送方设备710的信道报告中包括探通控制信息的至少子集。在一些其他实现中,信道报告可以指示接收方设备720在接收用于生成被包括在该信道报告中的CSI的相应探通信号时的配置。例如,信道报告可包括指示相应探通信号被传送方设备710传送的时间的TSF值。在某些方面,信道报告还可包括接收方设备720的TSF值。接收方设备720的TSF值可指示相应探通信号被接收方设备720接收到的时间。传送方设备710可将接收方设备720的TSF值与该传送方设备710的TSF值相比较以确定相应探通信号的传播延迟。

[0095] 附加地或替代地,信道报告可包括相应探通信号的序列号。在某些方面,信道报告可以在用于接收相应探通信号的接收参数不同于先前用于接收具有同一序列号的其他探通信号的接收参数的情况下指示序列号中的改变(诸如用新序列号)。为了控制原本可能被归因于传输参数或接收参数中的改变的CSI变化,传送方设备710可以只将接收方设备720报告的CSI与关联于同一序列号的其他CSI进行对比。

[0096] 另外,在一些实现中,信道报告可指示接收方设备720用来接收相应探通信号的一个或多个接收参数。示例接收参数可包括但不限于接收天线索引、每接收链自动增益控制(AGC)、所估计的载波频率偏移(CFO)或预校正、每天线接收信号强度指示(RSSI)、或探通信号到不同接收天线的任何空间映射。为了控制原本可能被归因于接收参数中的改变的CSI变化,传送方设备710可以只将接收方设备720报告的CSI与关联于至少相同接收参数的其他CSI进行对比。

[0097] 探通控制信息和训练字段(用于信道估计)可被统称为探通数据集。在一些实现中,探通数据集可作为单个探通分组或PDU来传送。例如,探通控制信息和训练字段可被包括在同一探通分组的各部分中。替代地或附加地,探通控制信息中的至少某一些可被包括在探通分组的包括训练字段的同一部分中。在一些其他实现中,探通数据集可以跨多个分组分布。例如,训练字段可被包括在探通分组或PDU中并且探通控制信息可被包括在与该探通分组或PDU相关联(或紧接在该探通分组或PDU之前)的单独消息或分组中。

[0098] 图8A示出了根据一些实现的可用于RF感测的示例探通数据集800A。在一些实现中,探通数据集800A可以是分别在图7A和7B中的探通信号732或742中的任一者的一个示例。探通数据集800A包括探通控制信息812以及可用于信道估计的一个或多个训练字段822。如图8A所示,探通控制信息812被包括在空数据分组通告(NDPA)810中并且训练字段822被包括在紧接在该NDPA 810之后的空数据分组(NDP)820中。NDP 820和NDPA 810可由短帧间间隔(SIFS)历时分开。

[0099] 在一些实现中,探通控制信息812可指示将要用于传送探通数据集800A的传送方设备(诸如参照图7A和7B描述的)的配置。在一些其他实现中,探通控制信息812可指示将由

接收方设备用来对信道报告进行编码的一个或多个参数。示例编码参数可包括但不限于CSI的最小或最大量化水平、带宽或资源单元(RU)分配、空间流的数目、或一个或多个天线索引。另外,在一些实现中,探通控制信息812可将接收方设备群标识为探通数据集800A的预期接收者。

[0100] 图8B示出了根据一些实现的可用于RF感测的另一示例探通数据集800B。在一些实现中,探通数据集800B可以是分别在图7A和7B中的探通信号732或742中的任一者的一个示例。如图8B所示,探通控制信息812和训练字段822被包括在单个PPDU 850中。更具体地,训练字段822被包括在PPDU 850的PHY前置码830中,而探通控制信息812被包括在PPDU 850的有效载荷840中。在一些实现中,PPDU 850可以是探通PPDU,诸如由现有或将来的IEEE 802.11标准定义。在此情形中,训练字段822可包括被配置用于完全信道估计的探通LTF。在一些其他实现中,PPDU 850可以是数据PPDU,诸如由现有或将来的IEEE 802.11标准定义。在此情形中,训练字段822可包括可用于信道估计的标准LTF,该信道估计被限于用于传送PPDU 850的MIMO配置。另外,在一些实现中,有效载荷840还可包括预期给(诸)接收方设备的数据842。

[0101] 图8C示出了根据一些实现的可用于RF感测的另一示例探通数据集800C。在一些实现中,探通数据集800C可以是分别在图7A和7B中的探通信号732或742中的任一者的一个示例。如图8C所示,探通控制信息812和训练字段822被包括在单个PPDU 880中。更具体地,探通控制信息812和训练字段822被一起包括在PPDU 880的PHY前置码860中。PPDU 880可对应于并非由现有IEEE 802.11标准定义的新PPDU格式。在一些实现中,PPDU 880可进一步包括有效载荷870,该有效载荷870可包括预期给(诸)接收方设备的数据872。

[0102] 如上所述,RF感测系统中的接收方设备可基于接收到的探通数据集来生成信道报告。信道报告可包括原始或未经压缩的CSI以及可用于表征无线信道的附加信息。为了减少开销,生成或传送信道报告的频度可小于探通数据集。在一些实现中,接收方设备可以只在接收到来自传送方设备的数个(n个)探通数据集后才生成信道报告。在一些其他实现中,接收方设备可以只在满足一个或多个条件后生成信道报告。另外,在一些实现中,接收方设备可以不向传送方设备传送任何信道报告。例如,一些接收方设备(而不是传送方设备)可被配置成出于RF感测目的解读CSI差别。替代地或附加地,传送方设备和接收方设备可以通信地耦合到共享回程。为了进一步减少无线通信开销,接收方设备可以向回程提供信道报告,而不是在无线介质上传送信道报告。

[0103] 图9示出了解说根据一些实现的RF感测系统中的传送方(TX)设备与接收方(RX)设备之间的示例消息交换的时序图。在一些实现中,TX设备和RX设备可以是分别在图7A和7B中的传送方设备710和接收方设备720的示例。为了简明起见,图9中仅示出一个RX设备。然而,在实际实现中,RF感测系统可包括任何数目的RX设备。

[0104] 在一些实现中,TX设备可以在时间 $t_0$ 向RX设备传送控制或管理帧910。控制或管理帧910可包括一般可适用于将要作为RF感测规程的一部分传送的数个(n个)数据集920(1)-920(n)的探通控制信息。如上所述,探通数据集920(1)-920(n)中的每一者可包括可指示TX设备在传送相应探通数据集时的配置、将由接收方设备用来对信道报告进行编码的一个或多个参数、或要接收探通数据集的RX设备群的探通控制信息。为了减少开销,对于探通数据集920(1)-920(n)是共用的任何探通控制信息可被包括在控制管理帧910中(而不是各个探

通数据集中)。

[0105] 在一些实现中,被包括在控制或管理帧910中(或替代地探通数据集920(1)-920(n)中的一者或多者中)的探通控制信息可指示生成或传送信道报告的一个或多个条件。在某些方面, TX设备可要求RX设备基于来自多个探通数据集的聚集数据来生成信道报告。例如,探通控制信息可指示RX设备应在接收到全部n个探通数据集920(1)-920(n)之后生成信道报告(如果有的话)。在某些其他方面, TX设备可要求RX设备只在相应数据集的RSSI超过RSSI阈值的情况下生成信道报告。例如,从弱探通信号生成的CSI可能不如从更强探通信号生成的CSI准确或可靠。由此,探通控制信息可指示为了生成相应信道报告而必须被满足的RSSI阈值。

[0106] 本公开的各方面认识到RF感测技术依赖于改变的信道状况来检测环境中的对象或移动。因此,为了减少开销, RX设备可以只报告来自两个或更多个探通数据集的CSI差别。被包括在控制或管理帧910中(或一个或多个探通数据集中)的探通控制信息可指示探通数据集920(1)-920(n)中的哪一个探通数据集将被用于确定CSI差别的“参考”数据集。替代地或附加地,被包括在控制或管理帧910中的探通控制信息可以从探通数据集920(1)-920(n)中标识多个参考数据集并且RX设备可被单独通知要使用这些参考数据集中的哪一个参考数据集来生成特定信道报告。在一些实现中, RX设备可要求TX设备只在CSI差别超过阈值量的情况下生成信道报告。例如,探通控制信息可指示为了生成信道报告而必须被满足的CSI阈值。

[0107] 在时间 $t_1$ , TX设备向RX设备传送第一探通数据集920(1)。在一些实现中,探通数据集920(1)可以是分别参照图8A-8C描述的探通数据集800A-800C中的任一者的一个示例。探通数据集920(1)可包括探通控制信息以及将由RX设备用来获取对TX设备和该RX设备之间的无线通信信道的第一测量的一个或多个训练字段。在一些实现中,探通控制信息可指示第一探通数据集920(1)是否对应于参考数据集。假定第一探通数据集920(1)是参考数据集,则RX设备可将该探通数据集920(1)获取的CSI存储为参考CSI。

[0108] 在时间 $t_2$ , TX设备向RX设备传送第n探通数据集920(n)。在一些实现中,探通数据集920(n)也可以是分别参照图8A-8C描述的探通数据集800A-800C中的任一者的一个示例。探通数据集920(n)可包括探通控制信息以及将由RX设备用来获取对TX设备和该RX设备之间的无线通信信道的第n测量的一个或多个训练字段。由于探通数据集920(n)是探通序列中的最后数据集,因此RX设备可以选择性地在时间 $t_3$ 将信道报告930传送回到TX设备。如上所述,信道报告930可包括从TX设备接收到的探通控制信息的子集。附加地或替代地,信道报告930可指示RX设备在接收到探通数据集920(1)-920(n)中的一者或多者时的配置。

[0109] 在一些实现中,信道报告930可包括由RX设备基于接收到的探通数据集920(1)-920(n)来测量的平均或聚集CSI。在一些其他实现中,信道报告930可包括基于第n探通数据集920(n)来获取的CSI与参考CSI(诸如基于第一探通数据集920(1)来获取的CSI)的差别。例如,CSI差别可被表达为误差向量幅度(EVM)。在一些实现中, RX设备可确定要对CSI差别执行的量化水平。例如, RX设备可选择遵循探通控制信息中所指示的最大或最小量化阈值的任何量化水平。RX设备可将对该量化水平的指示包括在信道报告930中。

[0110] 在一些实现中, RX设备可以只在满足一个或多个条件的情况下生成或传送信道报告。例如,报告条件可以在从TX设备接收到的探通控制信息中被指示。在某些方面, RX设备

可以在与接收到的探通数据集920(1)-920(n)相关联的RSSI阈值低于RSSI阈值的情况下不生成信道报告。在某些其他方面,RX设备可以在CSI差别低于CSI阈值的情况下不生成信道报告。另外,在某些方面,RX设备还可以在未能正确地接收或解码探通数据集920(1)-920(n)中的一者或多者的情况下不生成信道报告。例如,RX设备可能由于无线信道上的太多干扰、失败的循环冗余校验(CRC)等而未能接收到探通数据集920(1)-920(n)中的一者或多者。

[0111] 在一些实现中,即使未生成信道报告,RX设备也可以在时间 $t_3$ 向TX设备传送响应。例如,该响应可提供未生成信道报告的原因或者指示哪些报告条件未被满足。替代地,该响应可以是不包括信道报告的短确收帧(ACK或QoS空)。在一些其他实现中,RX设备可以在时间 $t_3$ 向TX设备发送任何响应。如上所述,在某些RF感测配置中(诸如在RX设备执行RF感测或者TX设备和RX设备通信地耦合到共享回程的情况下),TX设备可能不期望接收到来自RX设备的任何信道报告或响应。TX设备还可显式地在探通控制信息中指示没有信道报告被发回到TX设备。

[0112] 在图9的示例中,RX设备选择性地为每n个探通数据集(其中n被描绘为大于1的整数)生成信道报告。然而,在一些其他实现中,RX设备可以在从TX设备接收到的每一个探通数据集后选择性地生成信道报告。如上所述,信道报告可包括原始或未经压缩的CSI或者响应于从TX设备接收到的每一个探通数据集而获得的CSI差别。在一些实现中,RX设备可将最新近的探通数据集获取的CSI用作将要与从接收自TX设备的下一探通数据集获取的CSI进行对比的参考CSI。在一些其他实现中,RX设备可将参考CSI与从此后接收到的第n探通数据集(其中n是大于1的任何整数)获取的CSI进行对比。

[0113] 图10A示出了解说根据一些实现的用于支持用于RF感测的探通的无线通信的示例过程1000的流程图。在一些实现中,过程1000可以由作为AP(诸如上面分别参照图1和图6A所描述的AP 102或602之一)来操作或在AP内操作的无线通信设备执行。在一些其他实现中,过程1000可以由作为网络节点(诸如上面分别参照图1和图6B所描述的STA 104或604之一)来操作或在网络节点内操作的无线通信设备执行。

[0114] 在一些实现中,过程1000在框1002中开始于在无线信道上从传送方设备接收探通数据集,其中该探通数据集包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及指示该传送方设备的配置的探通控制信息。在一些实现中,该探通控制信息可包括指示传送方设备的配置的序列号。在一些实现中,该探通控制信息可包括定时信息或者指示与传送方设备传送探通数据集相关联的一个或多个传输参数的信息。在框1004中,过程1000继续基于接收到的探通数据集来获取无线信道的CSI。在框1006中,过程1000继续至少部分地基于该CSI和探通控制信息来选择性地向传送方设备传送信道报告。

[0115] 在一些实现中,该信道报告可包括指示无线通信设备的配置的序列号。在一些实现中,该信道报告可包括定时信息或者指示与接收探通数据集相关联的一个或多个接收参数的信息。在一些实现中,框1006中的用于选择性地传送信道报告的操作可包括获得关于与该探通数据集相关联的RSSI低于RSSI阈值的指示,其中基于关于该RSSI低于该RSSI阈值的指示而不向传送方设备传送信道报告。

[0116] 图10B示出了解说根据一些实现的用于支持用于RF感测的探通的无线通信的示例过程1010的流程图。在一些实现中,过程1010可以由作为AP(诸如上面分别参照图1和图6A

所描述的AP 102或602之一)来操作或在AP内操作的无线通信设备执行。在一些其他实现中,过程1010可以由作为网络节点(诸如上面分别参照图1和图6B所描述的STA 104或604之一)来操作或在网络节点内操作的无线通信设备执行。

[0117] 参照例如图10A,过程1010可以在过程1000的框1006中的用于选择性地传送信道报告的操作之前被执行。在一些实现中,过程1010在框1012中开始于获取参考信道的CSI。在框1014中,过程1010继续获得对该无线信道的CSI与该参考信道的CSI之间的差别的指示。在一些实现中,该信道报告可包括对该CSI差别的指示。在一些实现中,框1006中的用于选择性地传送信道报告的操作可包括将CSI差别与CSI差别阈值相比较,其中基于该CSI差别低于该CSI差别阈值而不向传送方设备传送信道报告。

[0118] 图11A示出了解说根据一些实现的用于支持用于RF感测的探通的无线通信的示例过程1100的流程图。在一些实现中,过程1100可以由作为AP(诸如上面分别参照图1和图6A所描述的AP 102或602之一)来操作或在AP内操作的无线通信设备执行。在一些其他实现中,过程1100可以由作为网络节点(诸如上面分别参照图1和图6B所描述的STA 104或604之一)来操作或在网络节点内操作的无线通信设备执行。

[0119] 在一些实现中,过程1100在框1102中开始于至少部分地基于无线通信设备的配置来生成探通控制信息。在一些实现中,该探通控制信息可包括指示无线通信设备的配置的序列号。在一些实现中,该探通控制信息可包括定时信息或者指示与传送探通数据集相关联的一个或多个传输参数的信息。在框1104中,过程1100继续在无线信道上向接收方设备传送探通数据集,其中该探通数据集包括探通控制信息以及在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息。

[0120] 图11B示出了解说根据一些实现的用于支持用于RF感测的探通的无线通信的示例过程1110的流程图。在一些实现中,过程1110可以由作为AP(诸如上面分别参照图1和图6A所描述的AP 102或602之一)来操作或在AP内操作的无线通信设备执行。在一些其他实现中,过程1110可以由作为网络节点(诸如上面分别参照图1和图6B所描述的STA 104或604之一)来操作或在网络节点内操作的无线通信设备执行。

[0121] 参照例如图11A,过程1110可以在过程1100的框1104中的用于传送探通数据集的操作之后被执行。在一些实现中,过程1110在框1112中开始于响应于传送探通数据集而从接收方设备接收信道报告,其中该信道报告包括无线信道的CSI。在一些实现中,该信道报告可包括该探通控制信息的子集。在一些实现中,该信道报告可包括指示接收方设备的配置的序列号。在一些实现中,该信道报告可包括定时信息或者指示与接收方设备接收探通数据集相关联的一个或多个接收参数的信息。在框1114中,过程1110继续基于接收到的信道报告来感测无线通信设备附近的对象。

[0122] 在一些实现中,该信道报告可进一步指示无线信道和参考信道之间的CSI差别。在一些实现中,探通控制信息可标识参考信道。在一些实现中,探通控制信息可将无线信道标识为参考信道以用于将来信道报告。

[0123] 图12示出了根据一些实现的用于无线通信的示例无线通信设备1200的框图。在一些实现中,无线通信设备1200可被配置成执行以上分别参考图10A和图10B所描述的过程1000或1010中的任一者。在一些实现中,无线通信设备1200可以是以上参考图5所描述的无线通信设备500的示例实现。例如,无线通信设备1200可以是包括至少一个处理器和至少一

个调制解调器(例如,Wi-Fi (IEEE 802.11) 调制解调器或蜂窝调制解调器) 的芯片、SoC、芯片组、封装或设备。在一些实现中,无线通信设备1200可以是用在AP(诸如以上分别参考图1和6A所描述的AP 102和602之一) 中的设备。在一些其他实现中,无线通信设备1200可以是用在STA(诸如以上分别参考图1和6B所描述的STA 104和604之一) 中的设备。

[0124] 无线通信设备1200包括用于接收探通数据的模块1202、用于获取CSI的模块1204、以及用于传送信道报告的模块1206。模块1202、1204和1206中的一者或多者的各部分可以至少部分地用硬件或固件来实现。在一些实现中,模块1202、1204和1206中的至少一些模块被至少部分地实现为存储在存储器(诸如存储器508) 中的软件。例如,模块1202、1204和1206中的一者或多者的各部分可被实现为可由处理器(诸如处理器506) 执行以执行相应模块的功能或操作的非瞬态指令(或“代码”)。

[0125] 用于接收探通数据的模块1202被配置成在无线信道上从传送方设备接收探通数据集,其中该探通数据集包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及指示该传送方设备的配置的探通控制信息。用于获取CSI的模块1204被配置成基于接收到的探通数据集来获取该无线信道的CSI。用于传送信道报告的模块1206被配置成至少部分地基于该CSI和探通控制信息来选择性地向传送方设备传送信道报告。

[0126] 图13示出了根据一些实现的用于无线通信的示例无线通信设备1300的框图。在一些实现中,无线通信设备1300可被配置成执行以上分别参考图11A和图11B所描述的过程1100或1110中的任一者。在一些实现中,无线通信设备1300可以是以上参考图5所描述的无线通信设备500的示例实现。例如,无线通信设备1300可以是包括至少一个处理器和至少一个调制解调器(例如,Wi-Fi (IEEE 802.11) 调制解调器或蜂窝调制解调器) 的芯片、SoC、芯片组、封装或设备。在一些实现中,无线通信设备1300可以是用在STA(诸如以上分别参考图1和6B所描述的STA 104和604之一) 中的设备。在一些其他实现中,无线通信设备1300可以是用在AP(诸如以上分别参考图1和6A所描述的AP 102和602之一) 中的设备。

[0127] 无线通信设备1300包括用于生成探通控制信息的模块1302以及用于传送探通数据的模块1304。模块1302和1304中的一者或多者的各部分可以至少部分地以硬件或固件来实现。在一些实现中,模块1302和1304中的至少一些模块至少部分地被实现为存储器(诸如存储器508) 中所存储的软件。例如,模块1302和1304中的一者或多者的各部分可被实现为可由处理器(诸如处理器506) 执行以执行相应模块的功能或操作的非瞬态指令(或“代码”)。

[0128] 用于生成探通控制信息的模块1302被配置成至少部分地基于无线通信设备的配置来生成探通控制信息。用于传送探通数据的模块1304被配置成在无线信道上向接收方设备传送探通数据集,其中该探通数据集包括探通控制信息以及在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息。

[0129] 如本文中所使用的,引述一系列项目“中的至少一者”或“中的一者或多者”的短语是指这些项目的任何组合,包括单个成员。例如,“a、b或c中的至少一者”旨在涵盖以下可能性:仅a、仅b、仅c、a和b的组合、a和c的组合、b和c的组合、以及a和b和c的组合。

[0130] 结合本文公开的实现来描述的各种解说性组件、逻辑、逻辑块、模块、电路、操作和算法过程可实现为电子硬件、固件、软件、或者硬件、固件或软件的组合,包括本说明书中公开的结构及其结构等效物。硬件、固件和软件的这种可互换性已以其功能性的形式作了一

般化描述,并在上文描述的各种解说性组件、框、模块、电路、和过程中作了解说。此类功能性是实现在硬件、固件还是软件中取决于具体应用和加诸整体系统的设计约束。

[0131] 在以下经编号条款中描述了各实现示例:

[0132] 1.一种用于由无线通信设备执行的无线通信的方法,包括:

[0133] 在无线信道上从传送方设备接收探通数据集,所述探通数据集包括在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息以及指示所述传送方设备的配置的探通控制信息;

[0134] 基于接收到的探通数据集来获取所述无线信道的信道状态信息(CSI);以及

[0135] 至少部分地基于所述CSI和所述探通控制信息来选择性地向所述传送方设备传送信道报告。

[0136] 2.如条款1所述的方法,其中所述探通控制信息包括指示所述传送方设备的所述配置的序列号。

[0137] 3.如条款1或2中的任一者所述的方法,其中所述探通控制信息包括定时信息或者指示与所述传送方设备传送所述探通数据集相关联的一个或多个传输参数的信息。

[0138] 4.如条款1-3中的任一者所述的方法,其中所述信道报告包括所述探通控制信息的子集。

[0139] 5.如条款1-4中的任一者所述的方法,其中所述信道报告包括指示所述无线通信设备的配置的序列号。

[0140] 6.如条款1-5中的任一者所述的方法,其中所述信道报告包括定时信息或者指示与接收所述探通数据集相关联的一个或多个接收参数的信息。

[0141] 7.如条款1-6中的任一者所述的方法,其中选择性地传送信道报告包括:

[0142] 获得关于与所述探通数据集相关联的收到信号强度指示(RSSI)低于RSSI阈值的指示,基于关于所述RSSI低于所述RSSI阈值的所述指示而不向所述传送方设备传送信道报告。

[0143] 8.如条款1-6中的任一者所述的方法,进一步包括:

[0144] 获取参考信道的CSI;以及

[0145] 获得对所述无线信道的CSI与所述参考信道的CSI之间的差别的指示。

[0146] 9.如条款1-6或8中的任一者所述的方法,其中所述信道报告包括对CSI差别的指示。

[0147] 10.如条款1-6或8中的任一者所述的方法,其中选择性地传送信道报告包括:

[0148] 将CSI差别与CSI差别阈值相比较,基于所述CSI差别低于所述CSI差别阈值而不向所述传送方设备传送信道报告。

[0149] 11.一种无线通信设备,包括:

[0150] 至少一个调制解调器;

[0151] 与所述至少一个调制解调器通信地耦合的至少一个处理器;以及

[0152] 与所述至少一个处理器通信地耦合并存储处理器可读代码的至少一个存储器,所述处理器可读代码在由所述至少一个处理器与所述至少一个调制解调器相结合地执行时被配置成执行如条款1-10中的任一者或多者所述的方法。

[0153] 12.一种用于由无线通信设备执行的无线通信的方法,包括:



- [0154] 至少部分地基于所述无线通信设备的配置来生成探通控制信息;以及
- [0155] 在无线信道上向接收方设备传送探通数据集,所述探通数据集包括所述探通控制信息以及在被配置用于信道估计的一个或多个训练字段中携带的信息。
- [0156] 13.如条款12所述的方法,其中所述探通控制信息包括指示所述无线通信设备的所述配置的序列号。
- [0157] 14.如条款12或13中的任一者所述的方法,其中所述探通控制信息包括定时信息或者与传送所述探通数据集相关联的一个或多个传输参数。
- [0158] 15.如条款12-14中的任一者所述的方法,进一步包括:
- [0159] 响应于传送所述探通数据集而从所述接收方设备接收信道报告,所述信道报告包括所述无线信道的信道状态信息(CSI);以及
- [0160] 基于接收到的信道报告来感测所述无线通信设备附近的对象。
- [0161] 16.如条款12-15中的任一者所述的方法,其中所述信道报告包括所述探通控制信息的子集。
- [0162] 17.如条款12-16中的任一者所述的方法,其中所述信道报告包括指示所述接收方设备的配置的序列号。
- [0163] 18.如条款12-17中的任一者所述的方法,其中所述信道报告包括定时信息或者指示与所述接收方设备接收所述探通数据集相关联的一个或多个接收参数的信息。
- [0164] 19.如条款12-18中的任一者所述的方法,其中所述信道报告指示所述无线信道与参考信道之间的CSI差别。
- [0165] 20.如条款12-19中的任一者所述的方法,其中所述探通控制信息标识所述参考信道。
- [0166] 21.如条款12-20中的任一者所述的方法,其中所述探通控制信息将所述无线信道标识为用于将来信道报告的参考信道。
- [0167] 22.一种无线通信设备,包括:
- [0168] 至少一个调制解调器;
- [0169] 与所述至少一个调制解调器通信地耦合的至少一个处理器;以及
- [0170] 与所述至少一个处理器通信地耦合并存储处理器可读代码的至少一个存储器,所述处理器可读代码在由所述至少一个处理器与所述至少一个调制解调器相结合地执行时被配置成执行如条款12-21中的任一者或多者所述的方法。
- [0171] 对本公开中描述的实现的实现的各种改动对于本领域普通技术人员可能是明显的,并且本文中所定义的普适原理可应用于其他实现而不会脱离本公开的精神或范围。由此,权利要求并非旨在被限定于本文中示出的实现,而是应被授予与本公开、本文中所公开的原理和新颖性特征一致的最广范围。
- [0172] 另外,本说明书中在分开实现的上下文中描述的各种特征也可组合地实现在单个实现中。相反,在单个实现的上下文中描述的各种特征也可分开地或以任何合适的子组合实现在多个实现中。如此,虽然诸特征在上文可能被描述为以特定组合的方式起作用且甚至最初是如此要求保护的,但来自所要求保护的组合的一个或多个特征在一些情形中可从该组合中去掉,且所要求保护的组合可以针对子组合、或子组合的变体。
- [0173] 类似地,虽然在附图中以特定次序描绘了诸操作,但这不应当被理解为要求此类

操作以所示的特定次序或按顺序次序来执行、或要执行所有所解说的操作才能达成期望的结果。此外,附图可能以流程图或流图的形式示意性地描绘一个或多个示例过程。然而,未描绘的其他操作可被纳入示意性地解说的示例过程中。例如,可在任何所解说的操作之前、之后、同时或之间执行一个或多个附加操作。在一些环境中,多任务处理和并行处理可能是有利的。此外,上文所描述的实现中的各种系统组件的分开不应被理解为在所有实现中都要求此类分开,并且应当理解,所描述的程序组件和系统一般可以一起整合在单个软件产品中或封装成多个软件产品。

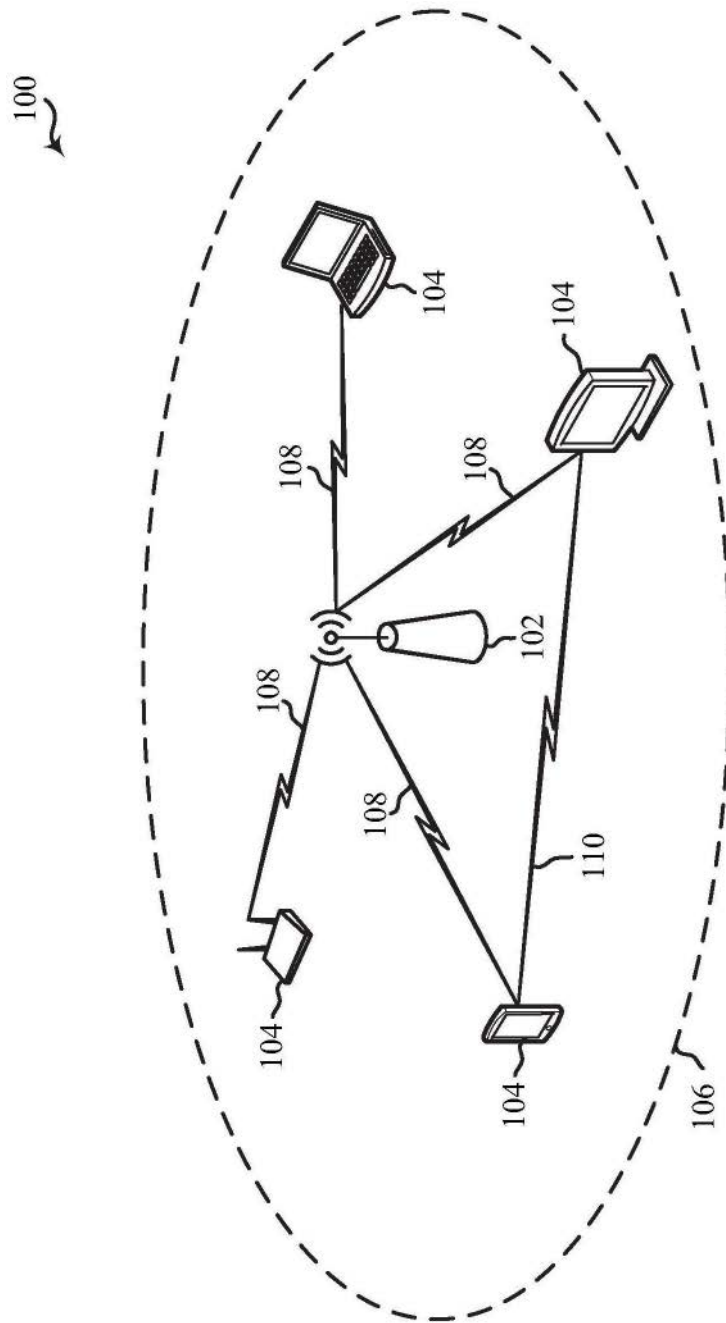


图1

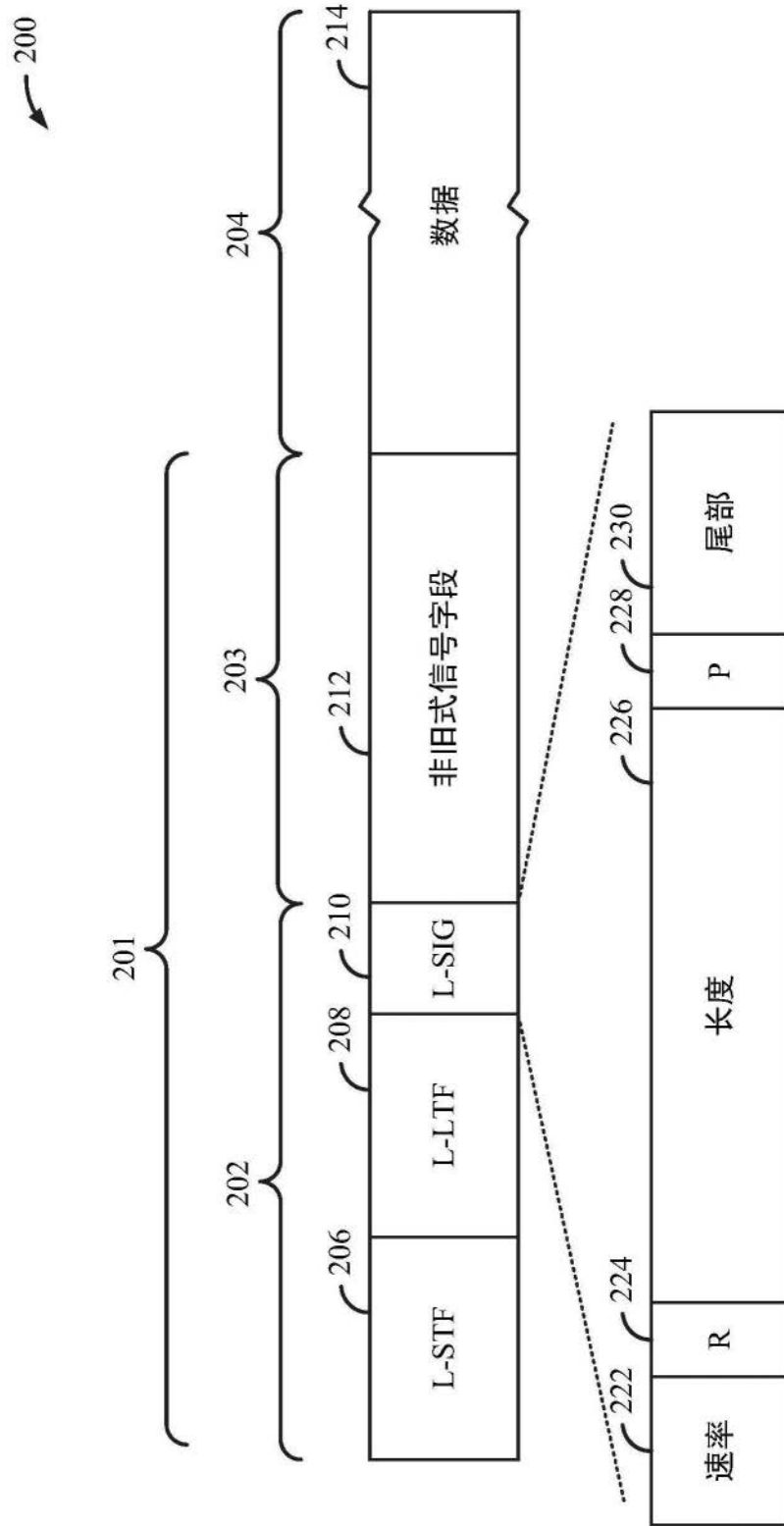


图2

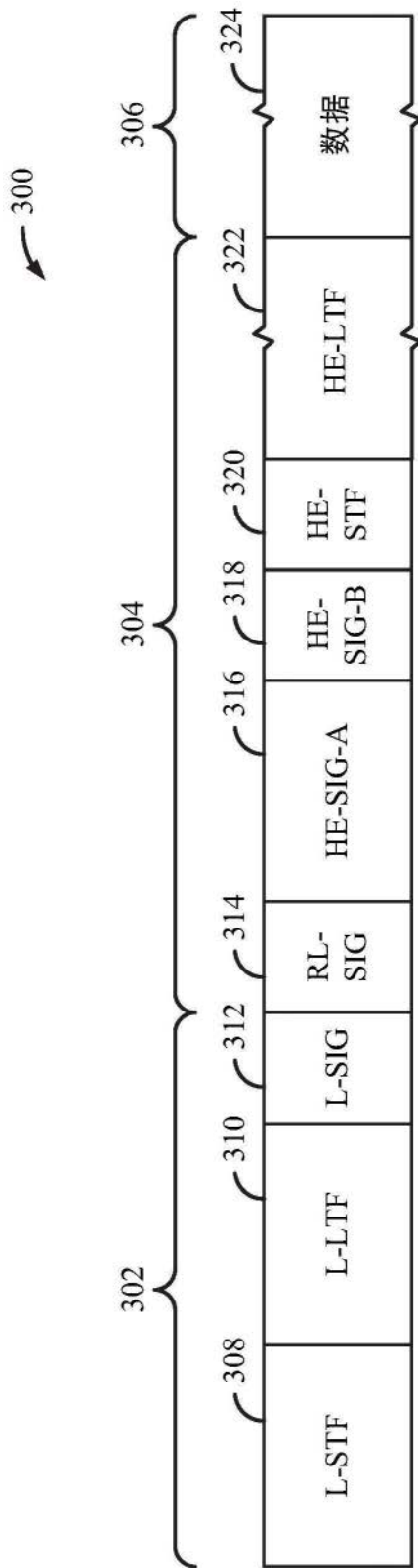


图3A

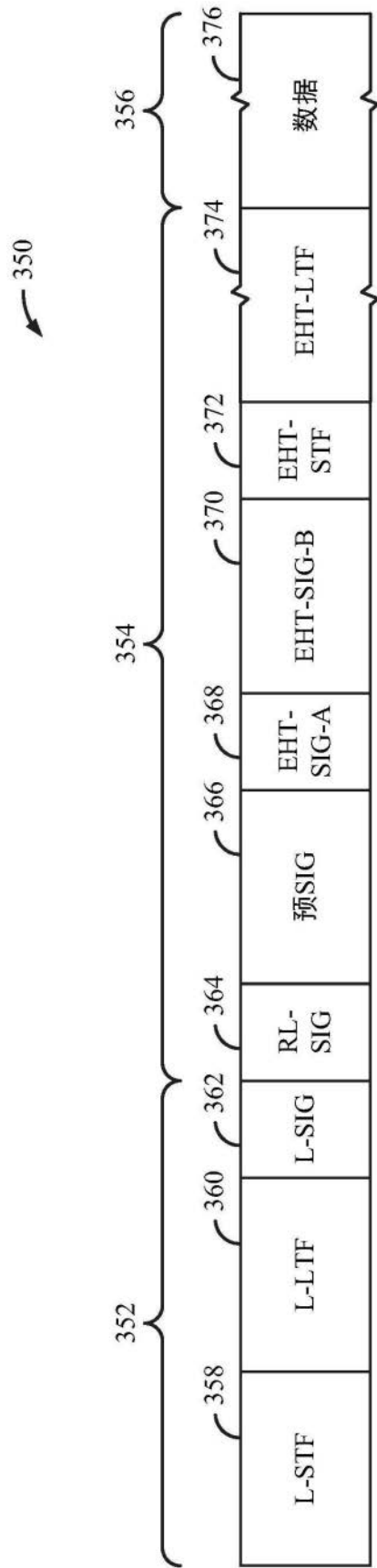


图3B

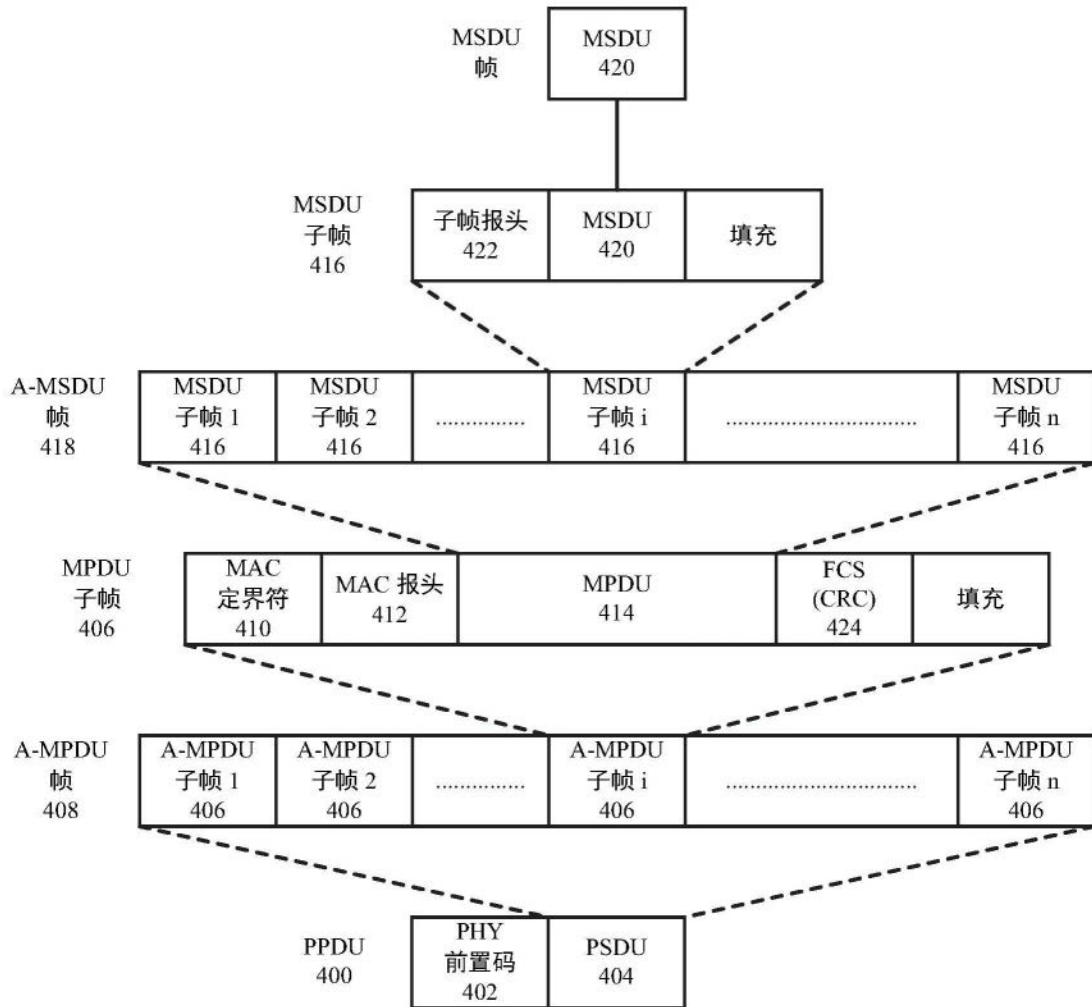


图4

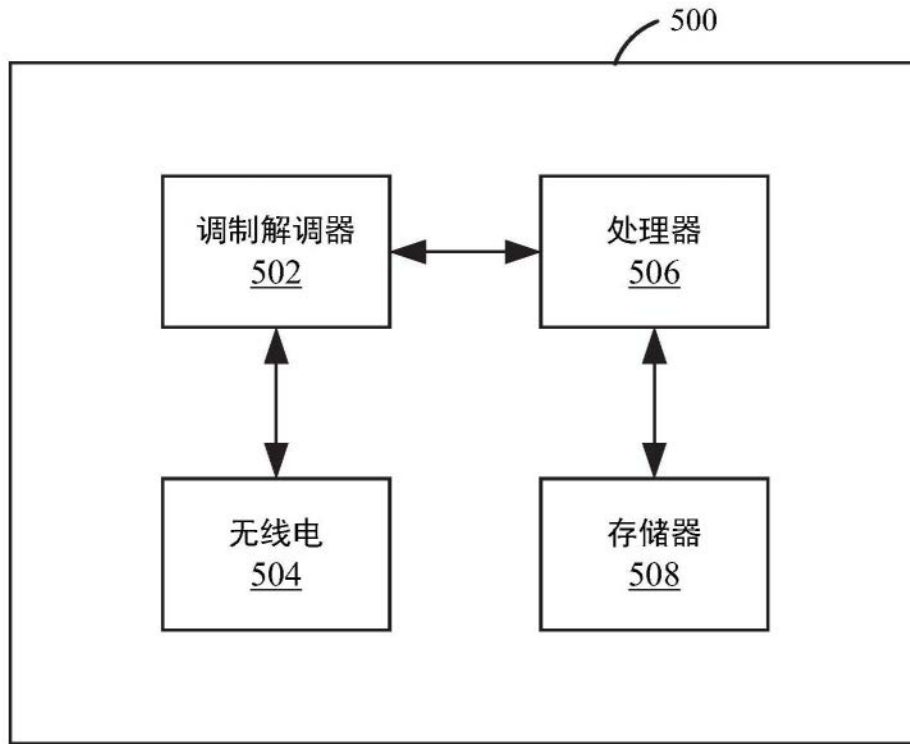


图5



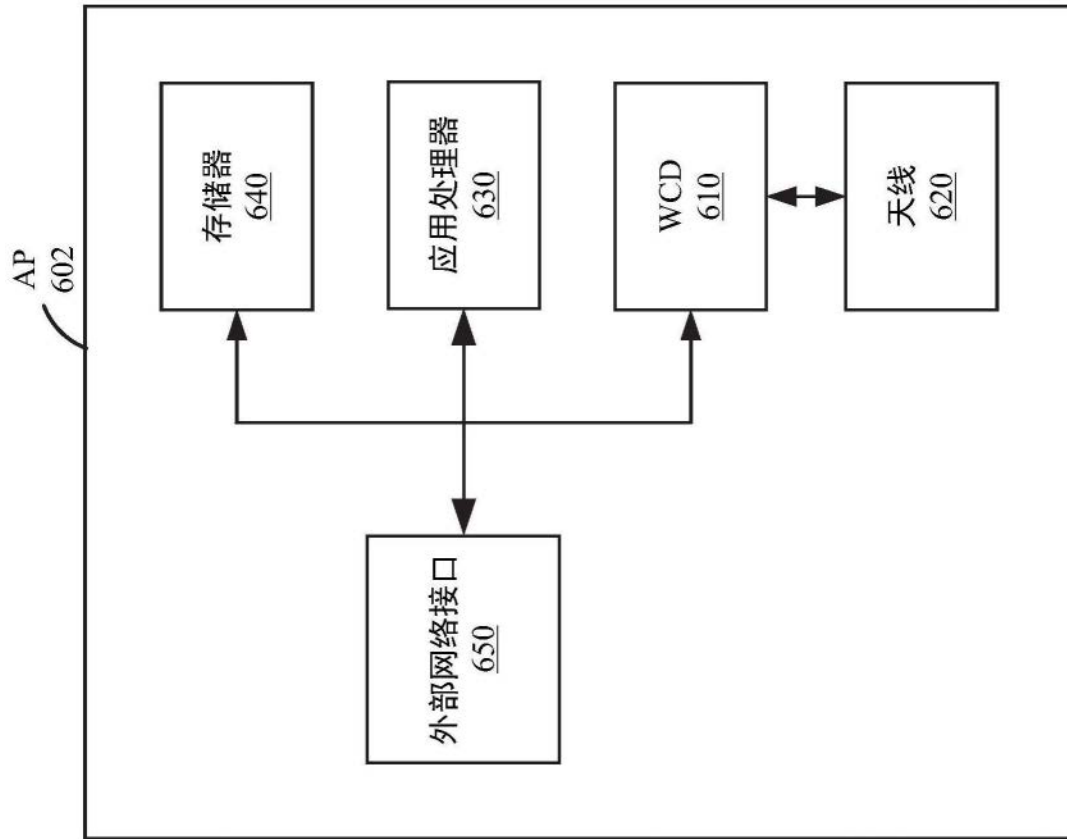


图6A

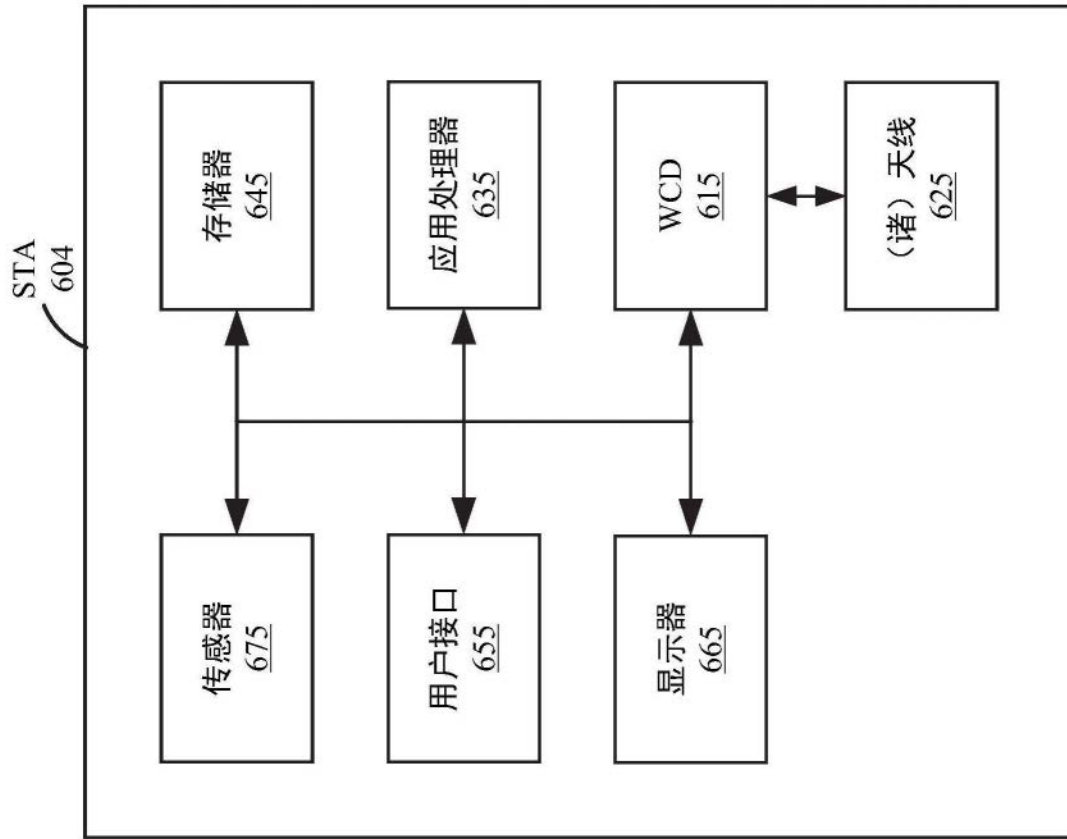


图6B

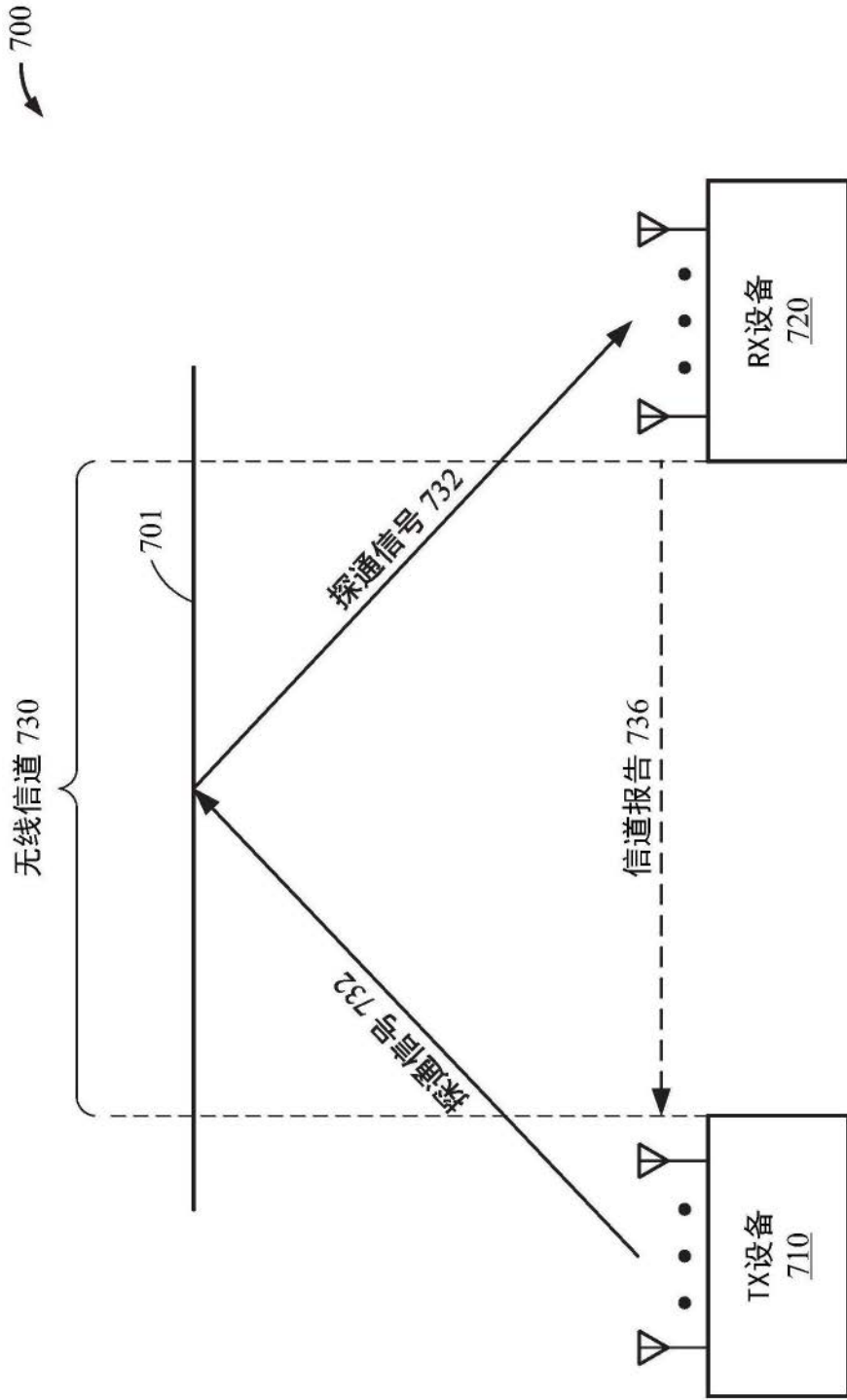


图7A

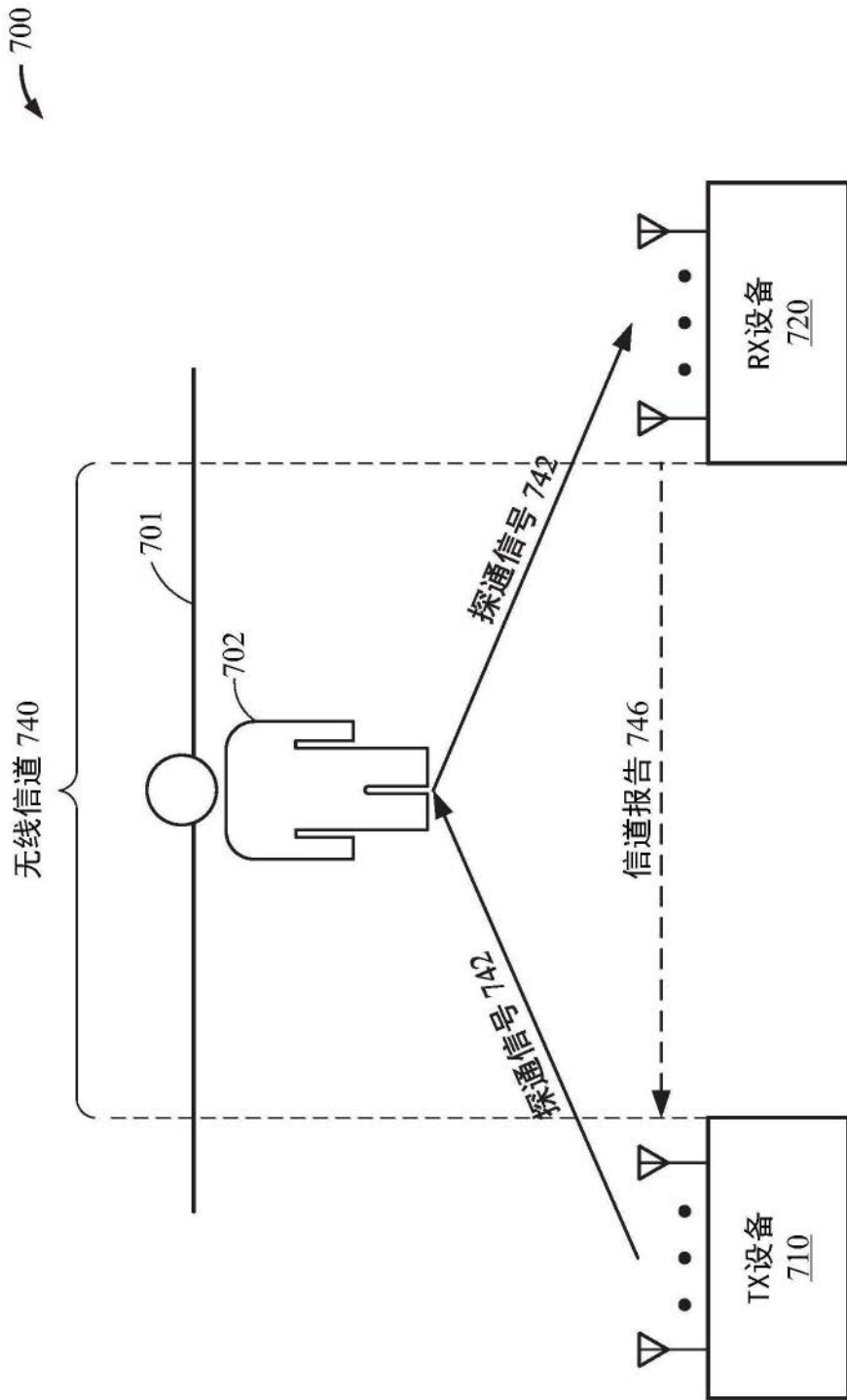


图7B

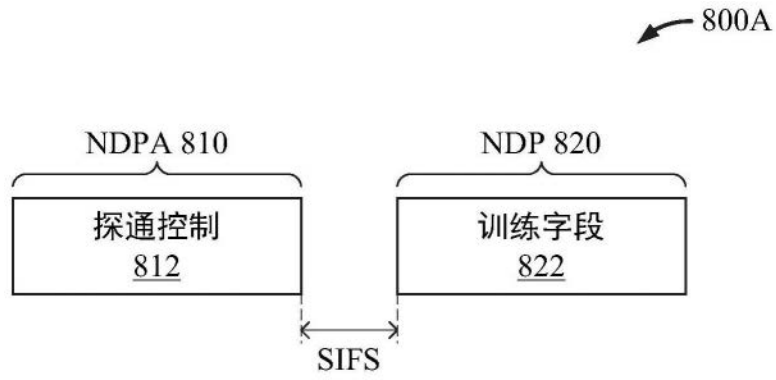


图8A

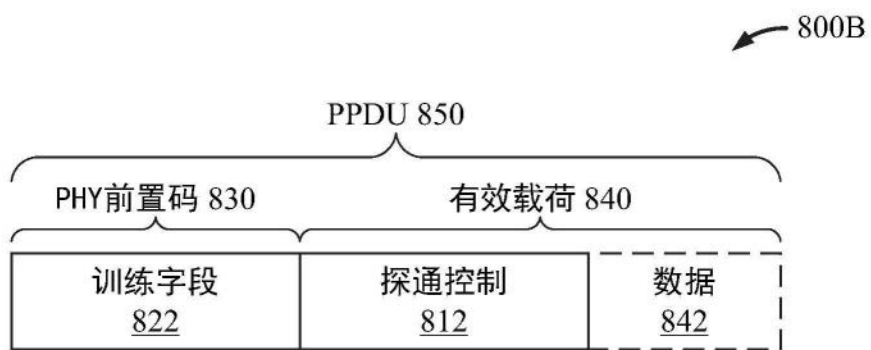


图8B

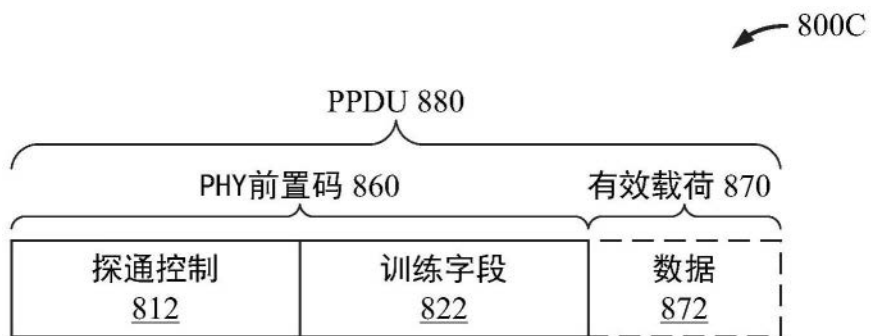


图8C

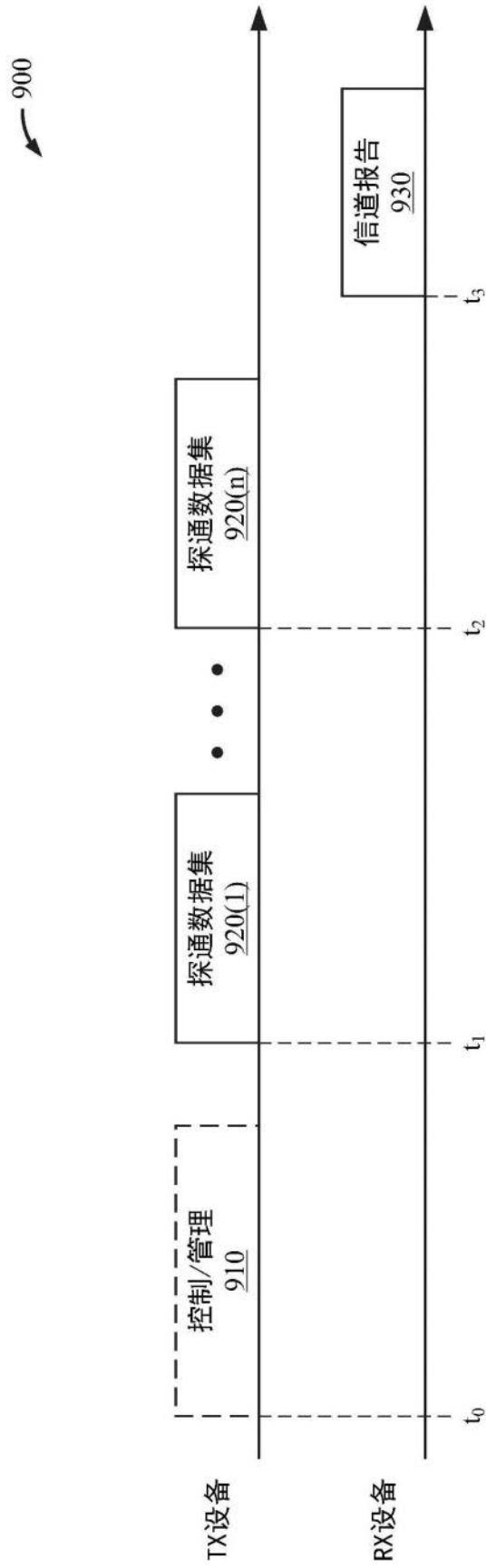


图9

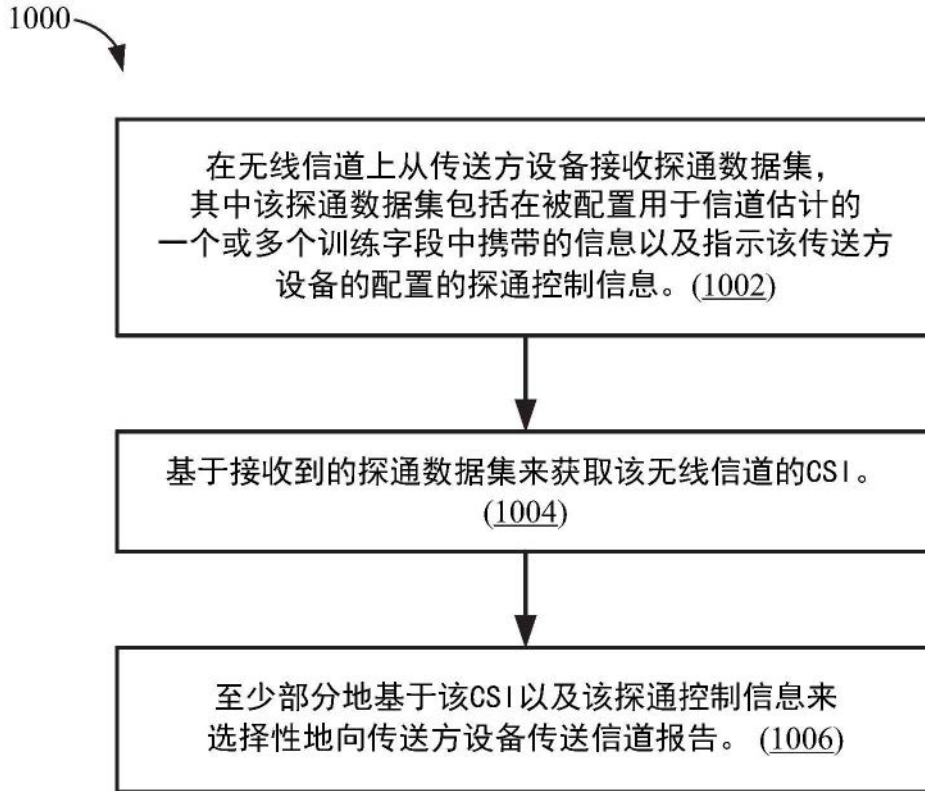


图10A

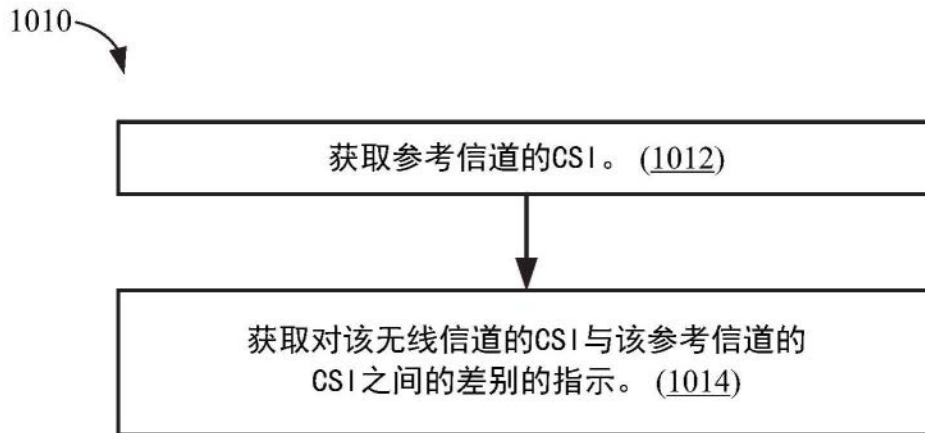


图10B

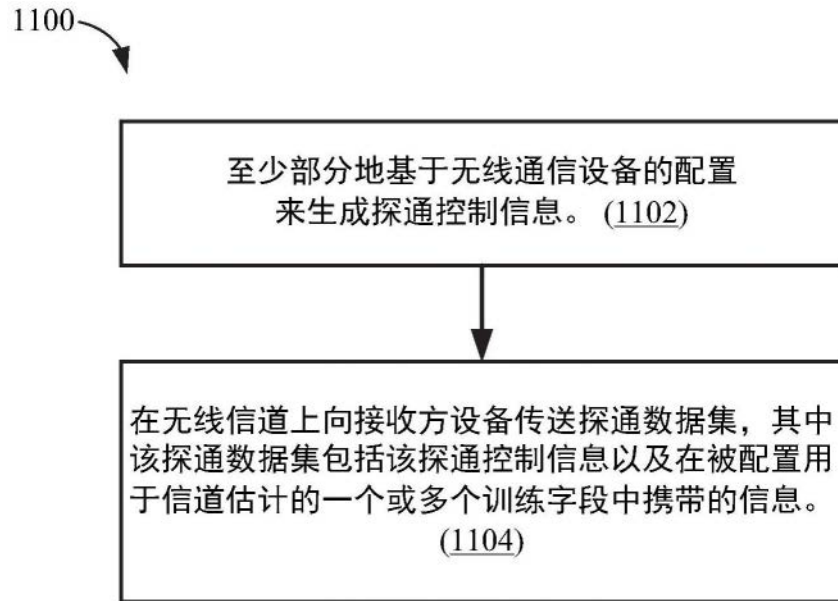


图11A

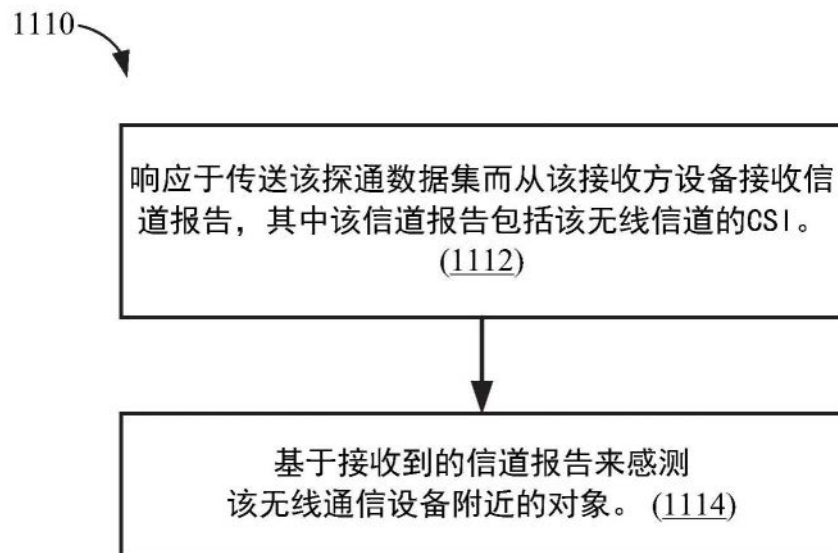


图11B



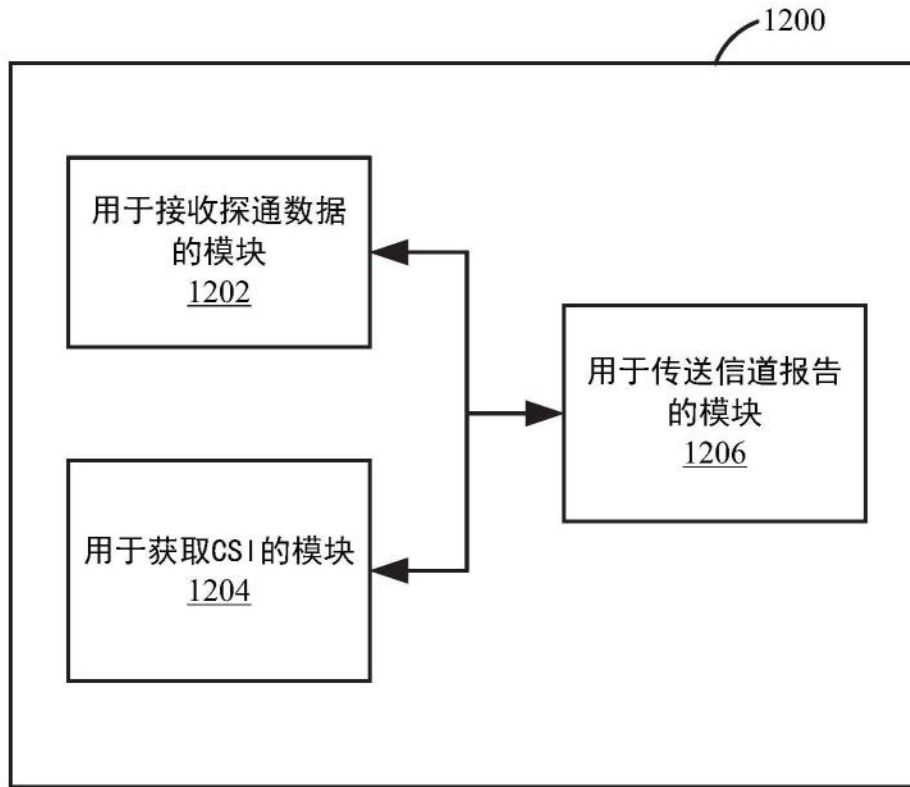


图12

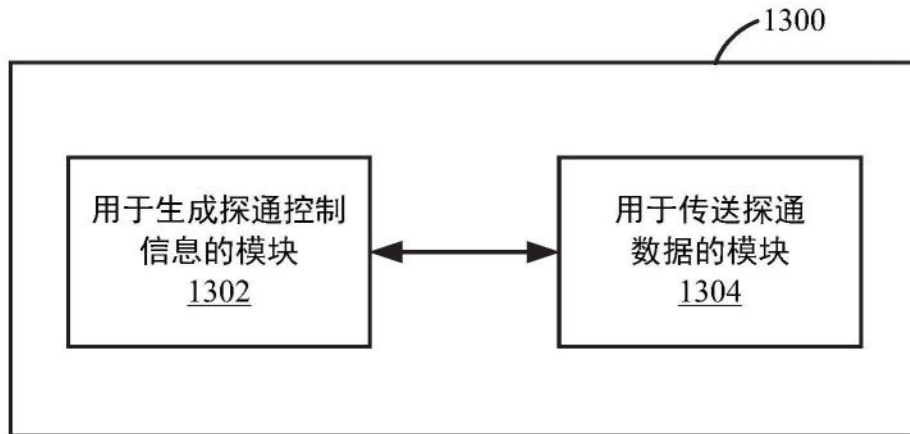


图13