

## 用于频偏估计的方法、站点和接入点

- 5       本申请要求于 2020 年 03 月 27 日提交中国专利局、申请号为 202010228622.5、申请名称为“用于频偏估计的方法、站点和接入点”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

### 技术领域

- 10       本申请涉及通信领域，并且更具体地，涉及一种用于频偏估计的方法、站点和接入点。

### 背景技术

- 随着无线局域网技术的发展，引入上行多站点多输入多输出 (uplink multi-user multiple input multiple output, UL MU-MIMO) 技术，上行多个站点 (station, STA) 向接入点 (access point, AP) 同时发送数据，通过空间复用的技术以及 AP 侧的正交均衡，消除各个站点之间的干扰，有效增加了上行的频谱资源利用率。

- 然而站点各型各样，站点的射频链路各不相同，所以站点在发送数据时所用的载波频率很难一致，即多个站点向 AP 发送数据时无法做到频率同步。这就导致 AP 侧进行信道估计时，多个站点的信道之间难以正交、互相串扰，大大降低信道估计精度。因此，如何提高上行多站点信道多输入多输出场景下，AP 估计多个站点相对于 AP 的频偏值，成为亟待解决的问题。

### 发明内容

- 25       本申请提供一种用于频偏估计的方法、站点和接入点，以期提高接入点确定频偏估计的精度。

第一方面，提供了一种用于频偏估计的方法，该用于频偏估计的方法可以由接入点 AP 执行，或者，也可以由设置于 AP 中的芯片或电路执行，本申请对此不作限定。

该用于频偏估计的方法包括：

- 30       该 AP 向 STA 发送第一信息，该第一信息用于指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 对应的空间流数  $M$  以及该 STA 上报该第一训练序列或第二训练序列占用的第一子载波子集，其中，该 STA 为该多个 STA 中的任意一个，该第一子载波子集为  $S$  个预设子载波子集中与该 STA 对应的子载波子集，该  $M$  和  $S$  为正整数，用于确定该第一训练序列或第二训练序列；该 AP 在该第一子载波子集上接收来自该 STA 的物理层协议数据单元 PPDU，该 PPDU 中包括该第一训练序列和第二训练序列，该第一训练序列和第二训练序列用于确定该 STA 与该 AP 之间的频偏值。

本申请实施例提供的用于频偏估计的方法，AP 通过第一信息指示 STA 如何生成并上报频偏估计训练序列，并基于接收到的至少两个频偏估计训练序列确定 AP 和 STA 之间的频偏值，能够提高 AP 确定频偏估计的精度。

结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,该第一信息包括:第一指示信息和第二指示信息,该第一指示信息用于指示该 M,该第二指示信息用于确定该第一子载波子集。

上述的指示 STA 个数 M 的指示信息和指示第一子载波子集的指示信息可以为两条不同的指示信息,提供不同的指示信息发送方式,从而提高方案的灵活性。

- 5 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,该 AP 向该 STA 发送该第一信息包括:该 AP 向该 STA 发送触发帧,该触发帧用于触发该 STA 上报该 PPDU,其中,该触发帧中携带该第一指示信息和第二指示信息,该第一指示信息为调度信息字段。

- 本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,AP 发送的用于指示 STA 如何生成并上报频偏估计训练序列的第一信息可以复用现有的 AP 发送给 STA 的触发帧,从而节省信令的开销,并且能够与现有的流程相兼容提高方案兼容性。
- 10

结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,该触发帧中携带该第一指示信息包括:该触发帧中包括通用信息字段,该通用信息字段中包括该第一指示信息。

- 进一步地,触发帧中包括上述的第一指示信息的一种可能的实现方式是在触发帧中的通用信息字段中携带该第一指示信息,复用触发帧中已有的字段携带第一指示信息,能够节省信令的开销。
- 15

结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,该第一训练序列或第二训练序列由该 STA 与 P 矩阵元素之间的映射关系确定。

- 上述的第一训练序列或第二训练序列可以基于预设的 P 矩阵中与 STA 相对应的元素确定,提供基于已知的 P 矩阵确定第一训练序列或第二训练序列的方式,无需引入新的矩阵能够增加与现有方案的兼容性。
- 20

- 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,该方法还包括:该 AP 在该第一子载波子集上接收第一信息矩阵,该第一信息矩阵由该第一训练序列和信道信息以及该 STA 与该 AP 之间的频偏值确定;该 AP 在该第一子载波子集上接收第二信息矩阵,该第二信息矩阵由该第二训练序列和信道信息以及该 STA 与该 AP 之间的频偏值确定;其中,该 STA 与该 AP 之间的频偏值根据该第一信息矩阵和该第二信息矩阵确定。
- 25

本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,AP 可以基于自身在第一子载波子集上接收到的信息矩阵确定 STA 与 AP 之间的频偏值。由于 AP 在第一子载波子集上接收到的两个信息矩阵因 STA 与 AP 之间的频偏值而不同,从而基于接收到的两个信息矩阵能够准确确定出 STA 与 AP 之间的频偏值,提高 AP 确定频偏估计的精度。

- 30 结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,该 PPDU 还包括信道估计训练序列,该第一训练序列、该第二训练序列和该信道估计训练序列在该 PPDU 中依次先后排列,或者,间隔交叉排列。

- 本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,STA 向 AP 发送的 PPDU,且该 PPDU 中包括第一训练序列、第二训练序列和信道估计训练序列时,该第一训练序列、第二训练序列和信道估计训练序列在 PPDU 中的排列方式有多种,从而可以提高 PPDU 结构的灵活性。
- 35

结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,第一训练序列、第二训练序列和信道估计训练序列在 PPDU 中间隔交叉排列包括:第一训练序列位于前导序列之后,且位于信道估计训练序列之前、第二训练序列位于信道估计训练序列之后,且位于数据符号之前;或者,第一训练序列位于前导序列之后,且位于第一信道估计训练序列之前、第二训练序

列位于第一信道估计训练序列之后,且位于第二信道估计训练序列之前,其中,第一信道估计训练序列和第二信道估计训练序列组成信道估计训练序列。

结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,第一训练序列、第二训练序列和信道估计训练序列在 PPDU 中依次先后排列包括:第一训练序列位于前导序列之后,且位于第二训练序列之前、第二训练序列位于信道估计训练序列之前;或者,第一训练序列位于信道估计训练序列之后,且位于第二训练序列之前、第二训练序列位于数据符号之前。

本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,提供了多种不同的 PPDU 帧格式的结构,从而能够提高方案的灵活性。

结合第一方面,在第一方面的某些实现方式中,该 PPDU 还包括自动增益控制训练序列,该自动增益控制训练序列用于该 AP 调整在该第一子载波子集上接收该第一训练序列和/或第二训练序列的接收功率。

本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,STA 向 AP 发送的 PPDU,且该 PPDU 中新增自动增益控制训练序列,AP 可以基于该自动增益控制训练序列调整在第一子载波子集上接收该第一训练序列和/或第二训练序列的接收功率,使得 AP 接收第一训练序列和/或第二训练序列的接收功率可调。

第二方面,提供了一种用于频偏估计的方法,该用于频偏估计的方法可以由 STA 执行,或者,也可以由设置于 STA 中的芯片或电路执行,本申请对此不作限定。

该用于频偏估计的方法包括:

STA 接收来自该 AP 的第一信息,该第一信息用于指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 对应的空间流数 M 以及该 STA 上报该第一训练序列或第二训练序列占用的第一子载波子集;其中,该第一子载波子集为 S 个预设子载波子集中与该 STA 对应的子载波子集,该 M 和 S 为正整数,用于确定该第一训练序列或第二训练序列;

该 STA 在该第一子载波子集上向该 AP 发送物理层协议数据单元 PPDU,该 PPDU 中包括该第一训练序列和第二训练序列,该第一训练序列和第二训练序列用于确定该 STA 与该 AP 之间的频偏值。

本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,STA 基于接收到的第一信息确定如何生成并上报频偏估计训练序列,使得 AP 能够基于接收到的至少两个频偏估计训练序列确定 AP 和 STA 之间的频偏值,能够提高 AP 确定频偏估计的精度。

结合第二方面,在第二方面的某些实现方式中,该第一信息包括:第一指示信息和第二指示信息,该第一指示信息用于指示该 M,该第二指示信息用于确定该第一子载波子集。

上述的指示 STA 个数 M 的指示信息和指示第一子载波子集的指示信息可以为两条不同的指示信息,提供不同的指示信息发送方式,从而提高方案的灵活性。

结合第二方面,在第二方面的某些实现方式中,该 STA 接收来自该 AP 的第一信息包括:该 STA 接收来自该 AP 的触发帧,该触发帧用于触发该 STA 上报该 PPDU,其中,该触发帧中携带该第一指示信息和第二指示信息,该第一指示信息为调度信息字段。

本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,AP 发送的用于指示 STA 如何生成并上报频偏估计训练序列的第一信息可以复用现有的 AP 发送给 STA 的触发帧,从而节省信令的开销,并且能够与现有的流程相兼容提高方案兼容性。

结合第二方面,在第二方面的某些实现方式中,该触发帧中携带该第一指示信息包括:

该触发帧中包括通用信息字段，该通用信息字段中包括该第一指示信息。

进一步地，触发帧中包括上述的第一指示信息的一种可能的实现方式是在触发帧中的通用信息字段中携带该第一指示信息，复用触发帧中已有的字段携带第一指示信息，能够节省信令的开销。

- 5       结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，该第一训练序列或第二训练序列由该 STA 与 P 矩阵元素之间的映射关系确定。

上述的第一训练序列或第二训练序列可以基于预设的 P 矩阵中与 STA 相对应的元素确定，提供基于已知的 P 矩阵确定第一训练序列或第二训练序列的方式，无需引入新的矩阵能够增加与现有方案的兼容性。

- 10       结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，该 PPDU 还包括信道估计训练序列，该第一训练序列、该第二训练序列和该信道估计训练序列在该 PPDU 中依次先后排列，或者，间隔交叉排列。

- 本申请实施例提供的用于频偏估计的方法，AP 可以基于自身在第一子载波子集上接收到的信息矩阵确定 STA 与 AP 之间的频偏值。由于 AP 在第一子载波子集上接收到的两个信息矩阵因 STA 与 AP 之间的频偏值而不同，从而基于接收到的两个信息矩阵能够准确  
15       确定出 STA 与 AP 之间的频偏值，提高 AP 确定频偏估计的精度。

- 结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，第一训练序列、第二训练序列和信道估计训练序列在 PPDU 中间隔交叉排列包括：第一训练序列位于前导序列之后，且位于信道估计训练序列之前、第二训练序列位于信道估计训练序列之后，且位于数据符号之前；  
20       或者，第一训练序列位于前导序列之后，且位于第一信道估计训练序列之前、第二训练序列位于第一信道估计训练序列之后，且位于第二信道估计训练序列之前，其中，第一信道估计训练序列和第二信道估计训练序列组成信道估计训练序列。

- 结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，第一训练序列、第二训练序列和信道估计训练序列在 PPDU 中依次先后排列包括：第一训练序列位于前导序列之后，且位于第二训练序列之前、第二训练序列位于信道估计训练序列之前；或者，第一训练序列位于信道估计训练序列之后，且位于第二训练序列之前、第二训练序列位于数据符号之前。  
25

本申请实施例提供的用于频偏估计的方法，提供了多种不同的 PPDU 帧格式的结构，从而能够提高方案的灵活性。

- 结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，该 PPDU 还包括自动增益控制训练序列，该自动增益控制训练序列用于该 AP 调整在该第一子载波子集上接收该第一训练序列和/或第二训练序列的接收功率。  
30

- 本申请实施例提供的用于频偏估计的方法，STA 向 AP 发送的 PPDU，且该 PPDU 中新增自动增益控制训练序列，AP 可以基于该自动增益控制训练序列调整在第一子载波子集上接收该第一训练序列和/或第二训练序列的接收功率，使得 AP 接收第一训练序列和/或第二训练序列的接收功率可调。  
35

第三方面，提供一种用于频偏估计的装置，所述装置用于执行上述第一方面提供的方法。具体地，所述装置可以包括用于执行第一方面以及第一方面任一种可能实现方式的模块。

第四方面，提供一种用于频偏估计的装置，所述装置用于执行上述第二方面提供的方

法。具体地，所述装置可以包括用于执行第二方面以及第二方面任一种可能实现方式的模块。

第五方面，提供一种用于频偏估计的装置，包括处理器。该处理器与存储器耦合，可用于执行存储器中的指令，以实现上述第一方面以及第一方面任一种可能实现方式中的方法。可选地，该装置还包括存储器。可选地，该装置还包括通信接口，处理器与通信接口耦合。

在一种实现方式中，该装置为接入点。当该装置为接入点时，所述通信接口可以是收发器，或，输入/输出接口。

在另一种实现方式中，该装置为配置于接入点中的芯片。当该装置为配置于接入点中的芯片时，所述通信接口可以是输入/输出接口。

在另一种实现方式中，该装置为芯片或芯片系统。

可选地，所述收发器可以为收发电路。可选地，所述输入/输出接口可以为输入/输出电路。

第六方面，提供一种用于频偏估计的装置，包括处理器。该处理器与存储器耦合，可用于执行存储器中的指令，以实现上述第二方面以及第二方面任一种可能实现方式中的方法。可选地，该装置还包括存储器。可选地，该装置还包括通信接口，处理器与通信接口耦合。

在一种实现方式中，该装置为站点。当该装置为站点时，所述通信接口可以是收发器，或，输入/输出接口。

在另一种实现方式中，该装置为配置于站点中的芯片。当该装置为配置于站点中的芯片时，所述通信接口可以是输入/输出接口。

在另一种实现方式中，该装置为芯片或芯片系统。

可选地，所述收发器可以为收发电路。可选地，所述输入/输出接口可以为输入/输出电路。

第七方面，提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被装置执行时，使得所述装置实现第一方面以及第一方面任一种可能实现方式中的方法。

第八方面，提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被装置执行时，使得所述装置实现第二方面以及第二方面任一种可能实现方式中的方法。

第九方面，提供一种包含指令的计算机程序产品，所述指令被计算机执行时使得装置实现第一方面以及第一方面任一种可能实现方式中提供的方法。

第十方面，提供一种包含指令的计算机程序产品，所述指令被计算机执行时使得装置实现第二方面以及第二方面任一种可能实现方式中提供的方法。

第十一方面，提供一种通信系统，包括如前所述的接入点和站点。

## 附图说明

图 1 是一个典型的 WLAN 部署场景的系统示意图。

图 2 中 (a) 和 (b) 是本申请实施例提供的一种 AP 和 STA 之间通过 MU-MIMO 方式上行传输的示意图。

图 3 是本申请实施例提供的一种两个 STA 向 AP 发送数据的示意图。

- 图 4 是本申请实施例提供的一种单天线 STA 发送数据的示意图。
- 图 5 是本申请实施例提供的一种多 STA 分别对应的正交序列的示意图。
- 图 6 是本申请实施例提供的一种用于频偏估计的方法的示意性流程图。
- 图 7 中 (a) 和 (b) 是本申请实施例提供的一种子载波子集的划分示意图。
- 5 图 8 是本申请实施例提供的一种触发帧通用信息字段的示意图。
- 图 9 中 (a) 和 (b) 是本申请实施例提供的一种间接指示子载波子集的示意图。
- 图 10 是本申请实施例提供的一种确定频偏估计训练序列的相关信息示意图。
- 图 11 是本申请实施例提供的一种频偏估计训练序列示意图。
- 图 12 中 (a) - (e) 是本申请实施例中提供的物理帧的帧格式示意图。
- 10 图 13 是本申请实施例提供的用于频偏估计的方法适用的场景。
- 图 14 是一种 AP 接收到的多个 STA 发送的物理帧的示意图。
- 图 15 是本申请提出的用于频偏估计的装置 1500 的示意图。
- 图 16 是适用于本申请实施例的 STA 1600 的结构示意图。
- 图 17 是本申请提出的用于频偏估计的装置 1700 的示意图。
- 15 图 18 是适用于本申请实施例的 AP 1800 的结构示意图。

### 具体实施方式

下面将结合附图, 对本申请中的技术方案进行描述。

- 20 本申请实施例可以应用于无线局域网 (wireless local area network, WLAN), WLAN 中可以包括一个或者多个基本服务集 (basic service set, BSS)。BSS 的网络节点包括 AP 和 STA。每个 BSS 可以包含一个 AP 和多个关联于该 AP 的 STA。

- 25 上述的 AP 称为接入点, 也可以称之为无线访问接入点或热点等。AP 是用户终端进入有线网络的接入点, 主要部署于家庭、大楼内部以及园区内部。典型的 AP 覆盖半径为几十米至上百米。应理解, AP 也可以部署于户外。AP 相当于一个连接有线网和无线网的桥梁, 其主要作用是将各个无线网络的客户端连接到一起, 然后将无线网络接入以太网。目前 AP 主要采用的标准为电气和电子工程师协会 (institute of electrical and electronics engineers, IEEE) 802.11 系列, 例如 802.11ax 或 802.11be 标准。AP 可以为支持 WLAN 制式的设备, 例如, AP 可以是带有无线保真 (wireless fidelity, WiFi) 芯片的终端设备或者网络设备。

- 30 STA 称为站点, 在本申请中 STA 表示用户终端, 所以下文中可以直接称之为用户终端或用户。STA 可以是带有无线通讯芯片、无线传感器或无线通信终端。STA 可以为支持 WLAN 制式的设备, 例如, STA 可以是支持 WiFi 通讯功能的移动电话、支持 WiFi 通讯功能的平板电脑、支持 WiFi 通讯功能的机顶盒、支持 WiFi 通讯功能的智能电视、支持 WiFi 通讯功能的智能可穿戴设备和支持 WiFi 通讯功能的计算机。

- 35 图 1 是一个典型的 WLAN 部署场景的系统示意图, 包括一个 AP 和 4 个 STA, AP 可以分别与 STA#1、STA#2、STA#3 和 STA#4 进行通信。AP 和 STA 之间的上行传输方式包括但不限于正交频分多址 (orthogonal frequency-division multiple access, OFDMA) 方式, 多站点信道多输入多输出 (mulit-user multiple input multiple output, MU-MIMO) 方式或者 OFDMA 与 MU-MIMO 混合传输方式。

本申请中以 AP 和多个 STA 之间的上行传输方式为 MU-MIMO 方式为例进行, AP 天线个数  $N$  大于或者等于与之关联的所有 STA 的天线的总和  $M$ 。应理解, 任意一个 STA 可以包括多个天线, 当某一 STA 有两根天线, 可以将该 STA 等效成两个相同的单天线 STA, 只是该等效的两个 STA 到 AP 的信道不同而已。如图 2 所示, 图 2 是本申请实施例提供的一种 AP 和 STA 之间通过 MU-MIMO 方式上行传输的示意图。图 2 中 AP 包括  $N$  个天线 (如图 2 所示的天线#1~天线# $N$ ), 所有 STA 的天线根数的总和为  $M$ 。图 2 中  $h_{NM}$  表示 STA 侧的天线  $M$  与 AP 侧的天线  $N$  之间的信道。

本申请中, 空间流数  $M$  指的是 STA 的天线根数的总和  $M$ , 则 STA 对应的空间流数  $M$  可以理解为至少一个 STA 的天线根数的总和  $M$ ;

本申请实施例适用于 2 空间流 (spatial stream, ss) 的系统, 也适用于 4, 8, 16ss 的系统, 随着技术的发展, 本申请实施例提供的技术方案也可以适用于更多的空间流数的系统。

图 2 (a) 表示一个 STA 可以包括多个天线, 如果该 STA 与 AP 之间存在频率差异, 则该 STA 包括的多个天线发出的信号与 AP 之间存在的频率差异相同。图 2 (b) 是图 2 (a) 的等效变换, 即包括多个天线的 STA, 可以等效为多个相同的单天线 STA, 应理解这种等效变换只是为了更容易理解本申请提供的技术方案, 对本申请的保护范围不构成任何限定。在将包括多个天线的 STA 等效为多个相同的单天线 STA 的情况下, 上述的 STA 的天线根数的总和  $M$  可以理解为 STA 的个数  $M$ , 即在多天线 STA 等效为单天线 STA 的情况下本申请实施例中涉及的 STA 对应的空间流数  $M$  也可以称为 STA 的个数  $M$ 。

为了便于理解本申请实施例, 做出以下几点说明。

第一, 在本申请中, “用于指示”可以包括用于直接指示和用于间接指示。当描述某一指示信息用于指示 A 时, 可以包括该指示信息直接指示 A 或间接指示 A, 而并不代表该指示信息中一定携带有 A。

将指示信息所指示的信息称为待指示信息, 则具体实现过程中, 对待指示信息进行指示的方式有很多种, 例如但不限于, 可以直接指示待指示信息, 如待指示信息本身或者该待指示信息的索引等。也可以通过指示其他信息来间接指示待指示信息, 其中该其他信息与待指示信息之间存在关联关系。还可以仅仅指示待指示信息的一部分, 而待指示信息的其他部分则是已知的或者提前约定的。例如, 还可以借助预先约定 (例如协议规定) 的各个信息的排列顺序来实现对特定信息的指示, 从而在一定程度上降低指示开销。同时, 还可以识别各个信息的通用部分并统一指示, 以降低单独指示同样的信息而带来的指示开销。

第二, 在本申请中示出的第一、第二以及各种数字编号 (例如, “#1”、“#2”等) 仅为描述方便, 用于区分的对象, 并不用来限制本申请实施例的范围。例如, 区分不同的序列, 或区分不同的 STA 等。而不是用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样描述的对象在适当情况下可以互换, 以便能够描述本申请的实施例以外的方案。

第三, 在本申请中, “预设的”可包括预先定义, 例如, 协议定义。其中, “预先定义”可以通过在设备 (例如, 包括 STA 和 AP) 中预先保存相应的代码、表格或其他可用于指示相关信息的方式来实现, 本申请对于其具体的实现方式不做限定。

第四, 本申请实施例中涉及的“保存”, 可以是指的保存在一个或者多个存储器中。所

述一个或者多个存储器，可以是单独的设置，也可以是集成在编码器或者译码器，处理器、或通信装置中。所述一个或者多个存储器，也可以是一部分单独设置，一部分集成在译码器、处理器、或通信装置中。存储器的类型可以是任意形式的存储介质，本申请并不对此限定。

- 5 第五，本申请实施例中涉及的“协议”可以是指通信领域的标准协议，例如可以包括 WiFi 协议、新空口（new radio, NR）协议以及应用于未来的通信系统中的相关协议，本申请对此不做限定。

第六，为方便理解，下面对本申请中涉及到的主要参数做简单说明：

- 10  $h_{ij}$ ：STA#j 的天线与 AP 侧天线#i 之间的信道，i, j 为正整数。（本申请以单天线的 STA 为例进行说明的，STA 包括多天线的情况可以如图 2 所示等效为单条线的 STA）。

$y_k^l$ ：AP 侧天线#k 接收到第 l 个符号上的信息大小，k, l 为正整数。

$\Delta f_q$ ：STA#q 与 AP 之间的频偏。

$e^{j2\pi\Delta f_q * (\# - 1) * T}$ ：STA#q 对应的第一训练序列中第 W 个符号上发送的训练序列相对于第一个符号上发送的训练序列发生相位的旋转大小。

- 15  $P_{fix}$ ：基于 STA 与 AP 之间的频偏值修正的 P 矩阵。

具体地，上行多站点 MIMO 主要依赖于 AP 侧的多天线正交均衡，即 AP 侧利用训练序列得到空口的链路信息（例如，信道状态信息（channel state information, CSI）），进而均衡多站点的有效负载，将多个站点的叠加信息拆分出来，使得各个站点相互正交，互不影响。因此能否准确得到无线信道状态信息，一方面会直接影响上行多站点正交，或者说是影响各个站点获取各自流准确性的关键；另一方面，还可能影响下行数据传输时接入点进行预编码的准确性。该获得无线信道状态信息的过程也可以称为信道估计。

然而用户终端各型各样，不同用户终端的射频链路可能不相同，所以用户终端在发送信号时所用的载波频率很难一致，即不同用户终端很难做到频率同步。

- 25 首先，结合图 3 简单说明多个用户终端发送的信号频率不同步对 AP 侧估计信道带来的影响。图 3 是本申请实施例提供的一种两个 STA 向 AP 发送数据的示意图。图 3 中包括两个 STA（如图 3 所示的 STA#1 和 STA#2）以及一个 AP，其中，STA#1 和 STA#2 可以通过 AP 接入网络。例如，STA#1 和 STA#2 可以为两个支持 WiFi 通讯功能的手机，AP 可以为带有 WiFi 芯片的路由器，AP 部署有两个天线（如图 3 所示的天线#1 和天线#2）。

- 30 作为一种可能的实现方式，STA#1 和 STA#2 与 AP 之间没有频率差异，即没有载波频率偏移（carrier frequency offsets, CFO），则 STA#1 和 STA#2 发送的两个正交符号不会有相位的旋转，下文中将 CFO 简称为频偏值。

- 例如，STA#1 发送的数据为  $X_1 = [X_1^1, X_1^2] = [1 \quad -1]$ ，然后通过空间信道  $h_{11}$ 、 $h_{21}$ ，分别达到 AP 侧的天线#1 和天线#2；STA#2 发送的数据为  $X_2 = [X_2^1, X_2^2] = [1 \quad 1]$ ，然后通过空间信道  $h_{12}$ 、 $h_{22}$ ，分别达到 AP 侧的天线#1 和天线#2。AP 侧天线#1 和天线#2 收到的信息是两个 STA 经过空口信道后的叠加信号，具体地，天线#1 接收到的信息包括  $y_1^1$  和  $y_1^2$ ，其中， $y_1^1 = h_{11} + h_{12}$ 、 $y_1^2 = -h_{11} + h_{12}$ ；天线#2 接收到的信息包括  $y_2^1$  和  $y_2^2$ ，其中， $y_2^1 = h_{21} + h_{22}$ 、 $y_2^2 = -h_{21} + h_{22}$ 。

具体地，本申请实施例中涉及的 STA 发送数据可以理解为 STA 在某个子载波上发送

的长训练字段 (long training field, LTF) 对应的训练序列, 数据可以理解为信号或信息, 该 LTF 包括在 STA 发送给 AP 的 PPDU 中, 以 802.11ax 为例, 该 LTF 可以为 HE-LTF, 包含该 HE-LTF 的 PPDU 具体帧格式可以如下所示:

|       |       |       |        |          |          |        |        |     |        |      |    |
|-------|-------|-------|--------|----------|----------|--------|--------|-----|--------|------|----|
| L-STF | L-LTF | L-SIG | RL-SIG | HE-SIG-A | HE-SIG-B | HE-STF | HE-LTF | ... | HE-LTF | Data | PE |
|-------|-------|-------|--------|----------|----------|--------|--------|-----|--------|------|----|

- 其中, L-STF 表示非高吞吐短训练字段 (non- High throughout short training field)、
- 5 L-LTF 表示非高吞吐长训练字段 (non- High throughout long training field)、L-SIG 表示非高吞吐信号字段 (non- High throughout signal field)、RL-SIG 表示重复非高吞吐信号字段 (repetition non- High throughout signal field)、HE-SIG-A 表示高效信号字段 A (High efficiency signal field A)、HE-SIG-B 表示高效信号字段 B (High efficiency signal field B)、HE-STF 表示高效短训练字段 (high-efficiency short training field, HE-STF)、HE-LTF 表示
- 10 示高效长训练字段 (high-efficiency long training field, HE-STF)、Data 表示数据字段、PE 表示包扩展字段 (package extension field)。

又如, 以 802.11be 为例, 该 LTF 可以为 EHT-LTF, 包含该 EHT-LTF 的 PPDU 帧的一种可能的格式可以如下所示:

|       |       |       |        |       |         |         |         |     |         |      |    |
|-------|-------|-------|--------|-------|---------|---------|---------|-----|---------|------|----|
| L-STF | L-LTF | L-SIG | RL-SIG | U-SIG | EHT-SIG | EHT-STF | EHT-LTF | ... | EHT-LTF | Data | PE |
|-------|-------|-------|--------|-------|---------|---------|---------|-----|---------|------|----|

- 其中, L-STF 表示非高吞吐短训练字段、L-LTF 表示非高吞吐长训练字段、L-SIG 表示非高吞吐信号字段、RL-SIG 表示重复非高吞吐信号字段、通用信令字段 (universal signal field, U-SIG) 和极高吞吐信令字段 (extremely High throughput signal field, EHT-SIG) 用于携带用于解调后续数据的信令、极高吞吐量短训练序列 (extremely High throughput short training field, EHT-STF) 用于后续字段的自动增益控制、极高吞吐量长训练序列 (eExtremely High throughput long training field, EHT-LTF) 用于信道估计、Data 表示数据
- 20 字段、PE 表示包扩展字段。

AP 侧只需要对收到信息  $h_{11}$ 、 $h_{21}$ 、 $h_{12}$  以及  $h_{22}$  求解得到 CSI。以上过程可以用矩阵方式表示更有利于理解, 在 AP 收到的信息矩阵表示为如下公式:

$$\begin{bmatrix} y_1^1 & y_1^2 \\ y_2^1 & y_2^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- AP 侧已知 STA#1 和 STA#2 发送的训练序列分别为  $X_1 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix}$  和  $X_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$ , 基于该训练序列 AP 能够获知上式中的矩阵  $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ 。该矩阵在目前协议中, 称为 P 矩阵。
- 25

因此 AP 侧只需对收到的信息矩阵做如下操作即可得到信道矩阵:

$$\begin{bmatrix} y_1^1 & y_1^2 \\ y_2^1 & y_2^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}$$

- 作为另一种可能的实现方式, STA#1 和 STA#2 分别与 AP 之间有各自的频偏, 例如, STA#1 相对 AP 的频偏为  $\Delta f_1$ , STA#2 相对 AP 的频偏为  $\Delta f_2$ 。STA1 和 STA2 在连续的两个正交符号上发送数据时, 数据会发生相位的旋转, 假设每个符号的周期为 T, 即 STA#1 在第二个符号上发送的数据相对于 STA#1 在第一个符号上发送的数据相位旋转了  $e^{j2\pi\Delta f_1 T}$ ,
- 30

同理 STA#2 在第二个符号上发送的数据相对于 STA#2 在第一个符号上发送的数据相位旋转了  $e^{j2\pi\Delta f_2 T}$ 。则 STA#1 发送的数据为  $X_1 = \begin{bmatrix} 1 & -1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \end{bmatrix}$ ，STA#2 发送的数据为  $X_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_2 T} \end{bmatrix}$ 。

在 AP 收到的信息矩阵表示为如下公式：

$$\begin{bmatrix} y_1^{3+D} & y_1^{4+D} \\ y_2^{3+D} & y_2^{4+D} \\ y_3^{3+D} & y_3^{4+D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \\ h_{31} & h_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1e^{j2\pi\Delta f_1 (D+2)T} & -1e^{j2\pi\Delta f_1 (D+3)T} \\ 1e^{j2\pi\Delta f_2 (D+2)T} & 1e^{j2\pi\Delta f_2 (D+3)T} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \\ h_{31} & h_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1e^{j2\pi\Delta f_1 (D+2)T} & 0 \\ 0 & 1e^{j2\pi\Delta f_2 (D+3)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \\ 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_2 T} \end{bmatrix}$$

对于 AP 侧，还是默认两个 STA 发送的数据对应的 P 矩阵为  $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ ，因为 AP 侧并不知道 STA 相对于 AP 存在频偏，所以 AP 按照原有操作，得到信道矩阵：

$$\begin{bmatrix} y_1^1 & y_1^2 \\ y_2^1 & y_2^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \\ 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_2 T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} =$$

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} h_{11}(1 + e^{j\theta_1}) + h_{12}(1 - e^{j\theta_2}) & h_{12}(1 - e^{j\theta_1}) + h_{11}(1 - e^{j\theta_2}) \\ h_{21}(1 + e^{j\theta_1}) + h_{22}(1 - e^{j\theta_2}) & h_{22}(1 - e^{j\theta_1}) + h_{21}(1 - e^{j\theta_2}) \end{bmatrix}$$

可以发现，AP 确定出的信道矩阵该两个 STA 中的某一个 STA 的信道都掺杂着另外一个 STA 的信道，发生了相互串扰，由上述的计算过程可知，这是由于存在频偏的情况下，对应的  $P_{fix}$  矩阵非正交导致的，也就是说如果 AP 侧可以获知 STA 的频偏信息，通过补偿或修正 AP 侧已知的 P 矩阵，使得 P 矩阵不是上述的  $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ ，而是考虑到频偏信息之后的  $P_{fix}$

矩阵  $\begin{bmatrix} 1 & -1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \\ 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_2 T} \end{bmatrix}$ 。然后 AP 再基于矩阵  $P_{fix}$  进行求逆解出信道信息，则 AP 可以得到准确的信道信息。

上面结合图 3 详细说明了，当 STA 与 AP 之间存在频偏的情况下，AP 基于原有的 P 矩阵无法准确得到 STA 与 AP 之间的信道信息，为了得到准确的信道信息首先需要得到  $P_{fix}$  矩阵，而获得  $P_{fix}$  矩阵的重点在于获知 STA 与 AP 之间的频偏值，基于频偏值修正或补偿 P 矩阵即可得到  $P_{fix}$  矩阵。

因此，本申请实施例中主要涉及如何获知 STA 与 AP 之间的频偏值。

可选地，让同一个 STA 在两个符号上发送两个相同的数据，这样在 AP 侧接收该两个数据对应的信息时，只需要对比两个符号中，该两个数据对应的信息的变化即可得到 STA 与 AP 的频偏值。

例如，如图 4 所示，图 4 是本申请实施例提供的一种单天线 STA 发送数据的示意图。

STA#1 分别在两个符号上发出的数据本应为  $X_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$ ，由于 STA 与 AP 的频偏值为  $\Delta f_1$ ，

相当于 STA#1 分别在两个符号上发送出来的数据为  $X_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \end{bmatrix}$ 。则 AP 天线#1 收

到的连续两个符号中的数据对应的信息矩阵为  $\begin{bmatrix} y_1^1 & y_1^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{11}e^{j2\pi\Delta f_1 T} \end{bmatrix}$ , AP 将收到的信息矩阵进行点除求角度, 或者共轭求角度, 就可以得到两个数据相对旋转的角度  $2\pi\Delta f_1 T$ , 进而计算得到 STA#1 与 AP 的频偏值  $\Delta f_1$ 。

但是, 由于在上行多 STA 发送数据时, AP 侧收到的信息矩阵是多个 STA 发送的数据的叠加, 信息无法区分, 即使每个 STA 在两个符号上发送了重复的数据, 由于 AP 侧收到的两个符号上的信息都是多个 STA 数据的叠加, 所以各 STA 相对于 AP 之间的频偏值无法通过上述的点除求角度方式进行准确估计。

可选地, 可以认为在测量的 WiFi 带宽内, 连续的子载波正交块内信道近乎是相等的, 即信道是相对平坦的信道。给各个 STA 发送的子载波分配不同的正交序列, 使得 AP 侧能够

10 够将各个 STA 信道信息解开, 进而得到符号间的相位旋转角度。  
例如, 如图 5 所示, 图 5 是本申请实施例提供的一种多 STA 分别对应的正交序列的示意图。对于 STA#1, 第一个符号各个子载波发送的数据为  $X_1 = \begin{bmatrix} X_1^1 & X_1^2 & X_1^3 & X_1^4 \end{bmatrix}$ ; 对于 STA#2, 第一个符号各个子载波发送的数据为  $X_2 = \begin{bmatrix} X_2^1 & X_2^2 & X_2^3 & X_2^4 \end{bmatrix}$ , 因为各个 STA 发送的子载波分配的是正交序列, 所以:

$$15 \quad X_1(X_2)^T = \sum_{i=1}^4 X_1^i X_2^i = 0$$

AP 侧以天线#1 为例, 第一个符号各个子载波收到的信息可分别表示为:

$$y_1^{1,1} = h_{11}^1 X_1^1 + h_{12}^1 X_2^1$$

$$y_1^{1,2} = h_{11}^2 X_1^2 + h_{12}^2 X_2^2$$

$$y_1^{1,3} = h_{11}^3 X_1^3 + h_{12}^3 X_2^3$$

$$y_1^{1,4} = h_{11}^4 X_1^4 + h_{12}^4 X_2^4$$

由于前提为连续的子载波正交块内信道近乎是相等, 所以  $h_{11}^1 = h_{11}^2 = h_{11}^3 = h_{11}^4 = h_{11}$ ,  $h_{12}^1 = h_{12}^2 = h_{12}^3 = h_{12}^4 = h_{12}$ 。

20 依次类推各个正交块, 802.11ax 中有 234 个有效子载波, 要保证连续的子载波都是平坦的。在满足上述的前提条件下, 对接收到的信号进行正交化, 以正交 STA#2 的信号为例, 对 AP 侧天线#1 在第一个符号各个子载波收到的信号进行正交求和

$$\sum_{i=1}^4 y_1^{1,i} X_1^i = \sum_{i=1}^4 (h_{11} X_1^i + h_{12} X_2^i) X_1^i = h_{11} \sum_{i=1}^4 (X_1^i)^2 + h_{12} \sum_{i=1}^4 X_2^i X_1^i$$

25 由于  $\sum_{i=1}^4 X_1^i X_2^i = 0$ , 所以  $h_{12} \sum_{i=1}^4 X_2^i X_1^i = 0$ , 可将 STA#2 的信号消除掉, 仅剩 STA#1 的信息, 即:

$$\sum_{i=1}^4 y_1^{1,i} X_1^i = h_{11} \sum_{i=1}^4 (X_1^i)^2$$

同理, 对于第二个符号, AP 侧可以进行上述相同的处理, 得到:

$$\sum_{i=1}^4 y_1^{2,i} X_1^i = h_{11} e^{j2\pi\Delta f_1 T} \sum_{i=1}^4 (X_1^i)^2$$

30 联合  $\sum_{i=1}^4 y_1^{1,i} X_1^i = h_{11} \sum_{i=1}^4 (X_1^i)^2$  和  $\sum_{i=1}^4 y_1^{2,i} X_1^i = h_{11} e^{j2\pi\Delta f_1 T} \sum_{i=1}^4 (X_1^i)^2$  可以计算得到  $2\pi\Delta f_1 T$ 。

但是, 上述的前提条件连续的子载波正交块内信道近乎是相等是比较苛刻的条件, 现实中很难满足, 导致 AP 进行信道估计的精度难以保证。

为了解决上述信道估计存在的缺陷，本申请提供一种用于频偏估计的方法。通过在向 AP 发送两个重复的频偏估计训练序列，提高频偏估计的准确性。

应理解，本申请实施例提供的方法可以应用于 WLAN 通信系统，例如，图 1 中所示的通信系统 100。该通信系统可以包括至少一个 AP 和多个 STA。该多个 STA 与 AP 之间的频偏不一致。

本申请实施例中以单天线的 STA 为例进行说明，即一个 AP 关联多个单天线的 STA。当某个 STA 包括多个天线的时候，该 STA 中的每个天线与 AP 的天线之间的频偏相同，所以该 STA 上的其他天线与 AP 的天线之间的信道信息的计算方式可以参考本申请实施例中涉及的该 STA 中某个天线与 AP 的天线之间的信道信息的计算方式，对于某个 STA 包括多个天线的情况本申请不再赘述。

还应理解，本申请实施例提供的用于频偏估计的方法还可以应用在多个 AP 的场景下，例如，图 1 所示的 WLAN 部署场景的系统中还包括另外一个 AP，该另外一个 AP 与 STA 之间的通信和图 1 中所示的 AP 与 STA 之间的通信相同，该另一个 AP 与 STA 之间的频偏估计可以参考图 1 中示出的 AP 与 STA 之间的频偏估计，本申请不再赘述。

另外，STA 与 AP 之间进行数据传输可以发生在全带宽上（例如，20 兆带宽，包括 256 个子载波），本申请实施例中以一个子载波上 STA 与 AP 之间的频偏估计为例进行说明，其他的子载波上 STA 与 AP 之间的频偏估计方式相同，本申请不再赘述。

下文示出的实施例并未对本申请实施例提供的方法的执行主体的具体结构特别限定，只要能够通过运行记录有本申请实施例的提供的方法的代码的程序，以根据本申请实施例提供的方法进行通信即可，例如，本申请实施例提供的方法的执行主体可以是 AP 或 STA，或者，是 AP 或 STA 中能够调用程序并执行程序的功能模块。

以下，不失一般性，以 AP 与 STA 之间的交互为例详细说明本申请实施例提供的用于频偏估计的方法。

图 6 是本申请实施例提供的一种用于频偏估计的方法的示意性流程图。执行主体包括 AP 和 STA。

为了便于理解，图 6 中仅示出一个 STA，实际本申请实施例中与图 6 所示的 AP 关联的 STA 有多个，图 6 中未示出所有的 STA，因为与 AP 关联的多个 STA 执行的步骤相同，其他未示出的 STA 具体执行的步骤可以参考图 6 中示出的 STA，下文中不再赘述。

该用于频偏估计的方法包括以下部分或全部的步骤。

S610，AP 向 STA 发送第一信息。

该第一信息用于指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 对应的空间流数 M 以及接收该第一信息的 STA 上报第一训练序列或第二训练序列占用的第一子载波子集。其中，该第一训练序列和第二训练序列用于估计 AP 与该 STA 之间的频偏值，该第一子载波子集为 S 个预设子载波子集中与该 STA 对应的子载波子集。

上述的 STA 对应的空间流数 M 指的是需要上报第一训练序列和第二训练序列的至少一个 STA 包括的天线根数的总和 M，而且图 6 所示的实施例中是以单天线的 STA 为例进行说明（如图 2（b）所示多天线 STA 可以等效为单天线的 STA），在该情况下 STA 对应的空间流数 M 也可以称为 STA 的个数 M，即空间流数和需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 的个数相等，则下文中 STA 的个数可以替换为空间流数。

应理解,本申请实施例中涉及的第一训练序列和第二训练序列为相同的训练序列,只是在 STA 向 AP 发送的物理层协议数据单元 (physical protocol data unit, PPDU) 中占的位置不同,第一训练序列和第二训练序列中包括的信息相同,所以下文中可以从第一训练序列的角度进行说明 STA 如何生成第一训练序列。上述的 M 和 S 为正整数,且 M 和 S 用于确定第一训练序列,具体如何基于 M 和 S 确定第一训练序列将在下文中阐述,这里不进行说明。

上述的第一训练序列还可以称为频偏估计训练序列、长训练字段 (long training field, LTF)、极高吞吐量-LTF (extremely high throughput LTF, EHT-LTF)、或频偏训练序列等,本申请实施例中对于用于估计频偏值的训练序列的名称并不限定。

需要说明的是,为了便于描述图 6 所示的实施例中从一个 STA 的角度说明本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,上述的 STA 为与 AP 关联的多个 STA 中的任意一个。

示例性地,该第一信息可以用于指示与 AP 关联的多个 STA 上报第一训练序列或第二训练序列占用的子载波子集;或者,

示例性地,AP 可以分别向与 AP 关联的多个 STA 发送多个信息,多个信息分别指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 的个数以及接收信息的 STA 上报第一训练序列或第二训练序列占用的子载波子集。

另一种实现方式中,上述的第一信息可以指示 STA 上报第一训练序列需要的符号个数,该符号个数可以用于确定 P 矩阵的维数,该 P 矩阵用于确定第一训练序列。

作为另一种可能的实现方式,还可以通过协议预定义的方式确定 STA 上报第一训练序列需要的符号个数。

需要说明的是,本申请实施例中符号个数 J、子载波子集总数 S 以及需要上报频偏估计训练序列的 STA 总数 M 之间可以相互推导得到,也就是说 J、S 和 M 三个参数中获知其中两个参数能够确定出另外的一个参数。具体确定过程可以是查表或者计算,本申请不做限定。

也就是说,当协议预定义或 AP 指示 STA 上报第一训练序列需要的符号个数的情况下,上述的子载波子集的个数 S 可以无需通过协议预定义。本申请实施例中以获知子载波子集的个数 S 为例进行说明,当获知上报第一训练序列需要的符号个数 J 的情况下与获知子载波子集的个数 S 类似,区别在于一种是由 S 推导出 J,另一种直接指示 J 可以无需推导得到 J,本申请不进行赘述。

本申请实施例中子载波子集的划分方式可以是协议预定义的,还可以是 STA 和 AP 协商的,还可以是 AP 确定之后通过信令通知给各个 STA 的,或者还可以是各个 STA 之间协商确定之后将结果通过信令上报给 AP 的,应理解本申请实施例中对于如何划分所有的子载波得到至少一个子载波子集的方式不做限定。

例如,协议预定义将所有的子载波 (K 个) 划分为 S 个子载波子集,该 S 个子载波子集之间没有交集,每个子载波子集所占用的子载波可以是连续的,也可以是非连续的,其中, K 为正整数, S 为正整数。

示例性地,子载波子集中的子载波为连续的,则上述的 S 个子载波子集中包括的子载波可以为:

子载波子集#1 包括子载波 {1,2,3, ..., K/S}、子载波子集#2 包括子载波 { K/S+1, K/S+2,

$K/S+3, \dots, 2K/S\}$ 、...、子载波子集#S 包括子载波 $\{K-K/S+1, K-K/S+2, K-K/S+3, \dots, K\}$ 。如图 7 (a) 所示, 图 7 是本申请实施例提供的一种子载波子集的划分示意图。

示例性地, 子载波子集中的子载波为非连续的, 则上述的 S 个子载波子集中包括的子载波可以为:

- 5       子载波子集#1 包括子载波 $\{1, K/S+1, 2K/S+1, \dots, K-K/S+1\}$ 、子载波子集#2 包括子载波 $\{2, K/S+2, 2K/S+2, \dots, K-K/S+2\}$ 、...、子载波子集#S 包括子载波 $\{K/S, 2K/S, 2K/S+3, \dots, K\}$ 。如图 7 (b) 所示。

需要说明的是, 本申请中涉及的所有的子载波指的是当前调度的所有的子载波, 每次调度的子载波的个数可能不同。

- 10       例如, 当前调度的所有子载波包括 K 个子载波, 下一次调度的所有子载波为 2K 个子载波。本申请实施例主要估计某一次调度流程中, STA 和 AP 之间的频偏值, 对于其他调度流程中需要估计频偏值的情况下, 可以参考本申请实施例提供的估计频偏值的方案, 本申请实施例中对于不同调度流程中的估计频偏方案不再赘述。

- 15       作为一种可能的实现方式, 上述的第一信息中包括第一指示信息和第二指示信息, 其中, 第一指示信息用于指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 的个数 M, 第二指示信息用于指示第一子载波子集。

可选地, 该第一指示信息和第二指示信息可以同时发送给该 STA, 或者, 该第一指示信息和第二指示信息可以先后发送给该 STA, 本申请实施例中对于第一指示信息和第二指示信息发送至 STA 的先后关系不做限定。

- 20       作为一种可能的实现方式, 上述的第一信息为现有协议或下一代标准协议中规定的触发帧(trigger frame, TF), 触发帧用于触发 STA 上报 PPDU。本申请实施例中以协议 802.11ax 中规定的触发帧的帧格式为例进行说明。可以在触发帧的通用信息字段(common information field)中增加 Q 个 bit 位, 该 Q 个 bit 位用于指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 的个数 M, 其中, Q 为正整数。在该示例下, 触发帧中的通用信息字段格式如图 8 所示, 图 8 是本申请实施例提供的一种触发帧通用信息字段的示意图。

从图 8 中可以看出, 触发帧中包括的字段有:

- 30       触发类型(trigger type)、上行长度(uplink length, UL length)、更多触发帧(more trigger frame, more TF)、需要载波侦听(carrier sense required, CS required)、上行带宽(uplink bandwidth, UL BW)、保护间隔和长训练字段类型(guard interval and long training field type, GI and LTF type)、MU-MIMO 长训练字段类型(MU-MIMO LTF mode)、高效长训练字段符号数与中间训练序列周期数(number of HE-LTF symbols and mid-amble periodicity)、上行空时块编码(uplink space time block code, UL STBC)、低密度奇偶校验码额外符号分段(low density parity check code extra symbol segment)、接入点发射功率(AP TX power)、上行报文拓展(UL packet extension)、上行空分复用(UL spatial reuses)、多普勒(Doppler)、上行高效型号字段 A2 部分保留字段(UL HE-SIG-A2 reserved)、保留字段(reserved)、触发类型相关通用信息(trigger dependent common information)。

本申请实施例中涉及的触发帧各个字段的具体含义可以参考现有协议以及下一代标准协议中的规定, 例如 802.11ax 或 802.11be 标准中的规定, 本申请中不再赘述。本申请实施例中涉及的触发帧中的通用信息字段与现有协议以及下一代标准协议中规定的触发

帧的通用信息字段不同的是,在通用信息字段的保留位字段和触发类型相关通用信息字段之间增加第一指示信息,该第一指示信息可以占用至少一个 bit。

例如,需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 的个数为 10,则该第一指示信息占用 4 个 bit 即可。

- 5 作为另一种可能的实现方式,上述的第一信息为现有协议或下一代标准协议中规定的触发帧,第一指示信息可以为触发帧中新增的字段,而不是一定限定为触发帧中的通用信息字段中新增的字段,本申请实施例对于第一指示信息具体位于触发帧中的哪个位置不做限定,只需要将该第一指示信息携带在触发帧中发送给与 AP 关联的 STA 即可。

- 10 作为又一种可能的实现方式,上述的第一信息为现有协议或下一代标准协议中规定的触发帧,第一指示信息可以复用触发帧中保留的字段(如,图 8 所示的 reserved 字段),在该实现方式下可以节省信令的开销。

作为又一种可能的实现方式,上述的第一信息为现有协议或下一代标准协议中规定的触发帧,第一指示信息可以部分复用触发帧中保留的字段,另外部分作为触发帧中新增的字段(如,保留字段不够用的情况下)。

- 15 应理解,上述第一指示信息携带在触发帧中只是举例,对本申请的保护范围不构成任何的限定。例如,上述的第一指示信息可以携带在 AP 和 STA 之间新增的信令中,发送给 STA;或者,上述的第一指示信息可以携带在 AP 和 STA 之间其他已有的信令中,发送给 STA。

- 20 本申请实施例同样可以应用于上行传输,即上述的第一信息可以为 STA 发送给 AP 的 PPDU,上述的第一指示信息和第二指示信息可以携带在 STA 发送给 AP 的 PPDU 的信令(Signal)字段中,例如携带在 PPDU 中的 HE-SIG 或 EHT-SIG 字段中。

- 25 进一步地,当第一信息为现有协议或下一代标准协议中规定的触发帧的情况下,该触发帧中包括的调度信息字段可以用于指示第一子载波子集,即上述的第二指示信息可以复用该触发帧中的调度信息字段以实现指示第一子载波子集的功能,下面结合图 9 详细说明如何复用该调度信息字段指示第一子载波子集。

- 图 9 是本申请实施例提供的一种间接指示子载波子集的示意图。从图 9 中(a)包括:媒体接入控制头(MAC header)信息、STA 调度信息排序、填充(padding)以及帧校验序列(frame check sequence, FCS)。其中,MAC header 信息包括帧控制(frame control)、持续时间(duration)、接收机地址(reserve address, RA)、发射机地址(transmit address, TA)、通用信息(common information);STA 调度信息排序包括至少一个用户的调度信息(user information),该至少一个用户的调度信息在 STA 调度信息字段中按照一定的顺序排列,因此可以按照触发帧中的多个 STA 对应的调度信息的顺序依次将每个 STA 对应到各个子载波子集上,当所有的子载波子集排满之后,再重新从第一个子载波子集开始排列剩余的 STA,最终排放效果如图 9 中(b),该排列过程可以表示为:

- 35 假设,共有 M 个 STA(如图 9 中(b)所示的 STA#1~STA#M)需要向 AP 发送频偏估计训练序列,本次调度的所有子载波一共分为 S 个子载波子集。则第 i 个 STA,需要在第  $\text{mod}(i-1, S) + 1$  个子载波子集上发送频偏估计训练序列,其中,mod 表示取模运算。从图 9 中(b)可以看出,前  $\text{mod}(i-1, S) + 1$  个子载波子集上都承载有  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil$  个 STA,为

了能将这  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil$  个 STA 区分开, STA 发送频偏估计训练序列时需要乘以  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil$  维的 P 矩阵, 对应着的一个频偏估计训练序列需要  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil$  个符号, 其余子载波子集则承载有  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil - 1$  个 STA, 为了能将这  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil - 1$  个 STA 区分开, STA 发送频偏估计训练序列时需要乘以  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil - 1$  维的 P 矩阵, 对应着的一个频偏估计训练序列需要  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil - 1$  个符号。

- 5 需要说明的是, 图 9 所示的复用调度信息字段指示第一子载波子集只是举例, 对本申请的  
保护范围不构成任何的限定。

作为一种可能的实现方式, 上述的第二指示信息为触发帧中新增的字段, 用于指示第一子载波子集, 或者, 上述的第二指示信息复用触发帧中保留字段指示第一子载波子集。

- 10 应理解, 上述第二指示信息携带在触发帧中只是举例, 对本申请的  
保护范围不构成任何的限定。例如, 上述的第二指示信息可以携带在 AP 和 STA 之间新增的信令中, 发送给 STA; 或者, 上述的第二指示信息可以携带在 AP 和 STA 之间其他已有的信令中, 发送给 STA。

进一步地, 在 STA 接收到上述的第一信息之后, 可以基于第一信息生成第一训练序列。即图 6 所示的方法流程还包括 S620, STA 生成第一训练序列。

- 15 首先, STA 基于第一指示信息 (如, 触发帧通用信息字段中新增的字段), 确定当前  
调度下有 M 个 STA 需要向 AP 发送第一训练序列和第二训练序列。

- 其次, 该 STA 基于第二指示信息 (如, 该 STA 在调度信息字段中所处的位置为 STA#i) 确定该 STA 对应的第一子载波子集 (如, 子载波子集#j), 进而可以确定发送第一训练序列需要的符号个数以及该第一子载波子集上承载的 STA 的个数 ( $M_j$ ), 并确定该 STA  
20 为该第一子载波子集上承载的第几个 STA ( $R_i$ )。

其中, 该第一子载波子集上承载的 STA 的个数  $M_j$  用于确定 P 矩阵的维度, P 矩阵为  $M_j$  维方阵, STA 在该第一子载波子集承载的所有 STA 中的排序决定该 STA 乘以 P 矩阵的第几行可以生成第一训练序列。

- 25 以第一信息为触发帧, 第二指示信息复用触发帧中的调度信息为例说明该 STA 生成  
第一训练序列的过程:

步骤一:

- STA 基于预定义的子载波子集个数 S, 触发帧中携带的第一指示信息指示的 STA 的  
个数 M, 以及自身在触发帧中的调度信息字段中的排序 i, 确定生成第一训练序列所需  
的相关信息, 如图 10 所示, 图 10 是本申请实施例提供的一种确定第一训练序列的相关信息  
30 的示意图, 从图 10 中可以看出相关信息包括以下信息:

- 1、发送第一训练序列需要的符号数  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil$ ;
- 2、该 STA 占用的第一子载波子集的序号  $j = \text{mod}(i-1, S) + 1$ ;
- 3、该 STA 占用的第一子载波子集承载的所有 STA 的个数

$$M_j = \begin{cases} \left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil, & \text{if } j \leq \text{mod}(M-1, S) \\ \left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil - 1, & \text{if } j > \text{mod}(M-1, S) \end{cases};$$

4、该 STA 在所占用的第一子载波子集承载的所有 STA 中的序号  $R_i = \left\lfloor \frac{i-1}{S} \right\rfloor + 1$ 。

需要说明的是，图 10 是以第一指示信息为指示 STA 的个数 M 为例说明 STA 生成第一训练序列，在第一指示信息指示 STA 上报第一训练序列需要的符号个数 J 的情况下，  
5 则 STA 可以基于该符号个数 J，以及自身在触发帧中的调度信息字段中的排序 i，确定生成第一训练序列所需的相关信息：

1、发送第一训练序列需要的符号数  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil = J$ ；

2、该 STA 占用的第一子载波子集的序号  $j = \text{mod}(i-1, S) + 1$ ；

10 3、该 STA 占用的第一子载波子集承载的所有 STA 的个数

$$M_j = \begin{cases} J, & \text{if } j \leq \text{mod}(M-1, S) \\ J-1, & \text{if } j > \text{mod}(M-1, S) \end{cases}$$

其中，M 可以由 J 和 S 确定；

4、该 STA 在所占用的第一子载波子集承载的所有 STA 中的序号  $R_i = \left\lfloor \frac{i-1}{S} \right\rfloor + 1$ 。

步骤二：

基于步骤一中获得相关信息，STA 生成需要发送给 AP 的第一训练序列。STA 在子载波子集 #j 上发送的第一训练序列如图 11 所示，图 11 是本申请实施例提供的一种第一训练序列示意图。从图 11 中可以看出，用预设数据乘上  $M_j$  维 P 矩阵的第  $R_i$  行，特别的，当  
15  $M_j = \left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil - 1$  时，第一训练序列的最后一个符号为第一训练序列第一个符号的复制或者第一训练序列的最后一个符号为第一训练序列其他符号的复制。

进一步地，STA 生成第一训练序列之后，一种可能的实现方式，前导序列、信道估计训练序列、数据符号部分按照现有协议或下一代标准协议中的规定生成即可，本申请中对于如何生成前导序列、信道估计训练序列、数据符号部分不作限定。可以按照现有协议或下一代标准协议中的生成方式完成生成，或者还可以基于未来协议中规定的生成方式完成生成。  
20

频偏估计训练序列、前导序列、信道估计训练序列以及数据符号部分生成之后，STA  
25 可以获得需要发送给 AP 的 PPDU。即图 6 所示的方法流程还包括 S630，STA 向 AP 发送 PPDU。

本申请实施例中 PPDU 中需要至少包括两个训练序列（如，第一训练序列和第二训练序列），也可以包括两个以上的训练序列（如，除了包括上述的第一训练序列和第二训练序列之外，还包括第三训练序列、第四训练序列等，其中，第一训练序列、第二训练序列、第三训练序列、第四训练序列为相同的训练序列），下面以 PPDU 中包括两个训练序列为例说明，当 PPDU 中包括两个以上的训练序列的情况下与 PPDU 中包括两个训练序列类似，  
30 本申请中不再赘述。

需要说明的是，上述的物理层协议数据单元（physical protocol data unit, PPDU）可以

理解为协议中规定的 STA 上报给 AP 的上行传输 PPDU (uplink transport block PPDU, UL TB PPDU), 还可以简称为物理帧, 本申请实施例中对于 STA 上报给 AP 的携带第一训练序列和第二训练序列的帧的名称并不限定。

如图 12 所示, 图 12 是本申请实施例中提供的 PPDU 的格式示意图。

- 5 一种可能的实现方式, 第一训练序列、第二训练序列和信道估计训练序列在 PPDU 中间隔交叉排列:

例如, 第一训练序列位于前导序列之后, 且位于信道估计训练序列之前、第二训练序列位于信道估计训练序列之后, 且位于数据符号之前。

- 10 示例性地, 从图 12 中的 (a) 可以看出, 上述的频偏估计训练序列包括两个 (如, 图 12 中的 (a) 所示的第一训练序列和第二训练序列), 并且该两个频偏估计训练序列可分别放置在信道估计训练序列的前后;

还例如, 第一训练序列位于前导序列之后, 且位于第一信道估计训练序列之前、第二训练序列位于第一信道估计训练序列之后, 且位于第二信道估计训练序列之前, 其中, 第一信道估计训练序列和第二信道估计训练序列组成信道估计训练序列。

- 15 示例性地, 从图 12 中的 (b) 可以看出, 上述的频偏估计训练序列包括两个 (如, 图 12 中的 (a) 所示的第一训练序列和第二训练序列), 并且该两个频偏估计训练序列可分别放置在部分信道估计训练序列的前后。

另一种可能的实现方式, 第一训练序列、第二训练序列和信道估计训练序列在 PPDU 中依次先后排列:

- 20 例如, 第一训练序列位于前导序列之后, 且位于第二训练序列之前、第二训练序列位于信道估计训练序列之前。

示例性地, 从图 12 中的 (c) 可以看出, 上述的频偏估计训练序列包括两个 (如, 图 12 中的 (a) 所示的第一训练序列和第二训练序列), 并且该两个频偏估计训练序列可放置在信道估计训练序列的前面;

- 25 还例如, 第一训练序列位于信道估计训练序列之后, 且位于第二训练序列之前、第二训练序列位于数据符号之前。

示例性地, 从图 12 中的 (d) 可以看出, 上述的频偏估计训练序列包括两个 (如, 图 12 中的 (a) 所示的第一训练序列和第二训练序列), 并且该两个频偏估计训练序列可分别放置在信道估计训练序列的后面。

- 30 应理解, 上述图 12 中的 (a) - (d) 所示的 PPDU 的格式只是举例对本申请的保护范围不构成任何的限定, 第一训练序列和第二训练序列在 PPDU 中的排列方式还可以为其他的形式, 并且 PPDU 中还可以包括两个以上的频偏估计训练序列, 这里不再赘述。当 PPDU 的格式如图 12 (a) 所示的情况下, 传输的干扰最小。

- 35 另外, PPDU 中的前导序列还可以包括第三指示信息, 该第三指示信息用于指示频偏估计训练序列上承载的 STA 总数  $M_j$ 。

进一步地, AP 接收到 PPDU 之后, 基于 PPDU 中的两个频偏估计训练序列可以实现频偏估计, 即图 6 所示的方法流程还包括 S640, AP 进行频偏估计。

以子载波子集  $j$  中的某个子载波为例, 若不考虑 STA 与 AP 之间的频偏值, AP 各天线所收到的第一个或第二个频偏估计训练序列对应的信息矩阵可表示为:

$$\begin{bmatrix} y_1^{sym_1} & y_1^{sym_2} & \dots & y_1^{sym_{M_j}} \\ y_2^{sym_1} & y_2^{sym_2} & \dots & y_2^{sym_{M_j}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_N^{sym_1} & y_N^{sym_2} & \dots & y_N^{sym_{M_j}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1M_j} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2M_j} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ h_{N1} & h_{N2} & \dots & h_{NM_j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1M_j} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2M_j} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{M1} & P_{M2} & \dots & P_{MM_j} \end{bmatrix} \quad (1-1)$$

进一步地, 考虑 STA 与 AP 之间的频偏值。假设,  $M_j$  个 STA 与 AP 之间的频偏值分别为  $\Delta f_1$ 、 $\Delta f_2$ 、...、 $\Delta f_{M_j}$ ,  $M_j$  个 STA 中每个 STA 发送的频偏估计训练序列会由于频偏, 在第一个符号之后的每个符号上发送的频偏估计训练序列相对于第一个符号上发送的频偏估计训练序列会产生相位旋转的累加, 所以某一符号 Q 上发送的频偏估计训练序列相对于第一个符号上发送的频偏估计训练序列的相位旋转角度为  $j2\pi\Delta f(Q-1)T$ , 则存在频偏的情况下 AP 各天线所收到的第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵可表示为:

$$\begin{bmatrix} y_1^{sym_1} & y_1^{sym_2} & \dots & y_1^{sym_{M_j}} \\ y_2^{sym_1} & y_2^{sym_2} & \dots & y_2^{sym_{M_j}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_N^{sym_1} & y_N^{sym_2} & \dots & y_N^{sym_{M_j}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1M_j} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2M_j} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ h_{N1} & h_{N2} & \dots & h_{NM_j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12}e^{j2\pi\Delta f_1 T} & \dots & P_{1Q}e^{j2\pi\Delta f_1 (M_j-1)T} \\ P_{21} & P_{22}e^{j2\pi\Delta f_2 T} & \dots & P_{2Q}e^{j2\pi\Delta f_2 (M_j-1)T} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{M1} & P_{M2}e^{j2\pi\Delta f_M T} & \dots & P_{MM_j}e^{j2\pi\Delta f_M (M_j-1)T} \end{bmatrix} \quad (1-2)$$

对应于图 12 (a) 中所示的 PPDU 格式 AP 收到的第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵可表示为:

$$\begin{bmatrix} y_1^{sym_{1+D+M_j}} & y_1^{sym_{2+D+M_j}} & \dots & y_1^{sym_{M_j+D+M_j}} \\ y_2^{sym_{1+D+M_j}} & y_2^{sym_{2+D+M_j}} & \dots & y_2^{sym_{M_j+D+M_j}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_N^{sym_{1+D+M_j}} & y_N^{sym_{2+D+M_j}} & \dots & y_N^{sym_{M_j+D+M_j}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1M_j} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2M_j} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ h_{N1} & h_{N2} & \dots & h_{NM_j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12}e^{j2\pi\Delta f_1 T} & \dots & P_{1Q}e^{j2\pi\Delta f_1 (M_j-1)T} \\ P_{21} & P_{22}e^{j2\pi\Delta f_2 T} & \dots & P_{2Q}e^{j2\pi\Delta f_2 (M_j-1)T} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{M1} & P_{M2}e^{j2\pi\Delta f_M T} & \dots & P_{MM_j}e^{j2\pi\Delta f_M (M_j-1)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{j2\pi\Delta f_1 (D+M_j)T} \\ e^{j2\pi\Delta f_2 (D+M_j)T} \\ \vdots \\ e^{j2\pi\Delta f_{M_j} (D+M_j)T} \end{bmatrix} \quad (1-3)$$

其中, D 为信道估计训练序列的符号数。将收到的第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵 (即公式 (1-2)) 求伪逆左乘在第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵 (即式 (1-3) 上), 可以得到:

$$\begin{bmatrix} y_1^{sym_1} & y_1^{sym_2} & \cdots & y_1^{sym_{M_j}} \\ y_2^{sym_1} & y_2^{sym_2} & \cdots & y_2^{sym_{M_j}} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ y_N^{sym_1} & y_N^{sym_2} & \cdots & y_N^{sym_{M_j}} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} y_1^{sym_{1+D+M_j}} & y_1^{sym_{2+D+M_j}} & \cdots & y_1^{sym_{M_j+D+M_j}} \\ y_2^{sym_{1+D+M_j}} & y_2^{sym_{2+D+M_j}} & \cdots & y_2^{sym_{M_j+D+M_j}} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ y_N^{sym_{1+D+M_j}} & y_N^{sym_{2+D+M_j}} & \cdots & y_N^{sym_{M_j+D+M_j}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi f_1(D+M_j)T} \\ e^{j2\pi f_2(D+M_j)T} \\ \vdots \\ e^{j2\pi f_{M_j}(D+M_j)T} \end{bmatrix} \quad (1-4)$$

从式 1-4 可以看出第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵求逆之后，左乘于第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵得到的结果具有标准的特征值分解性质，利用特征值分解求解得到特征值： $e^{j2\pi f_1(D+M_j)T}$ 、 $e^{j2\pi f_2(D+M_j)T}$ 、...、 $e^{j2\pi f_{M_j}(D+M_j)T}$ 。基于上述的特征值计算得到  $M_j$  个 STA 分别与 AP 之间的频偏值  $\Delta f_1$ 、 $\Delta f_2$ 、...、 $\Delta f_{M_j}$ 。

图 12(b)-图 12(d)所示的 PPDU 格式的情况下的求解过程与图 12(a)所示的 PPDU 格式的情况下频偏值的求解过程类似，这里不再赘述。

需要说明的是，本申请实施例中 AP 接收到频偏估计训练序列对应的内容称为信息矩阵只是一种举例，对本申请的保护范围不构成任何的限定，例如，还可以称为信号矩阵、频偏估计训练序列信息等。

进一步地，本申请实施例中 PPDU 中还可以包括一个自动增益控制训练序列。该自动增益控制训练序列一般可以称短训练字段 (short training field, STF)，例如在 802.11ax 协议中，除了目前协议中规定的 L-STF、HE-STF 之外，还增加了类似于 HE-STF 的字段，该新增的字段可以称为自动增益控制训练序列；还例如，在 802.11be 协议或未来的 WiFi 协议中，除了目前协议中规定的极高吞吐量-STF (extremely high throughput STF, EHT-STF) 之外，还增加了类似于 EHT-STF 的字段，该新增的字段可以称为自动增益控制训练序列。本申请实施例中该自动增益控制训练序列用于控制 AP 在接收频偏估计训练序列 (如，控制 AP 在接收第一训练序列和/或第二训练序列) 时的接收机放大器档位控制，如图 12(e) 所示。

需要说明的是，加入该自动增益控制训练序列的原因是，STA 在发送频偏估计训练序列占用的子载波和其他部分 (如，前导序列、信道估计训练序列以及数据符号) 的是不同的，由于信道的频率选择性，会使得 AP 总的接收信号强度相对其他部分可能发生改变，为了增强接收性能，需要调整接收机放大器档位。

例如，上行报文经 AP 放大调整后的目标信号强度为 X。对于除频偏估计训练序列外的其他部分，AP 基于已有的自动增益控制训练序列估计出其信号强度为 Y，则 AP 在接收该部分时的放大器档位需要调整为 X/Y；而对于频偏估计训练序列，AP 基于新增的自动增益控制训练序列估计出该部分信号强度为 Z，则 AP 在接收频偏估计训练序列部分时的放大器档位需要调整为 X/Z。

为了便于理解本申请实施例提供的用于频偏估计的方法,下面以一个具体的例子进行说明。

假设本申请实施例提供的用于频偏估计的方法应用于图 13 所示的场景下,一个 AP 关联着 3 个 STA(如图 13 所示的 STA#1、STA#2 和 STA#3),每个 STA 为单天线的 STA。

- 5 该 3 个 STA 相对于 AP 的频偏分别为  $\Delta f_1$ 、 $\Delta f_2$ 、 $\Delta f_3$ 。本次调度的整个频段划分为 2 个子载波子集。在图 13 所示的场景下本申请实施例提供的用于频偏估计的方法包括以下步骤:

步骤一:

- 10 AP 发送触发帧通知所有的 STA,准备发送 PPDU,该触发帧中包括第一指示信息和调度信息,该第一指示信息指示图 13 所示的场景下共有 3 个 STA 发送频偏估计训练序列、触发帧中 STA 的调度信息字段的排序为 STA#1、STA #2 和 STA#3。

步骤二:

- STA#1 收到触发帧后,组建频偏估计训练序列。STA#1 获知两个频偏估计训练序列中的一个频偏估计训练序列包含  $\left\lceil \frac{M}{S} \right\rceil = 2$  个符号;并且获知 STA#1 需要占用子载波子集 #1,且该子载波子集#1 上有 2 个 STA (STA#1 和 STA#3),STA#1 为该子载波子集#1 上的第一个 STA。因此,STA#1 在两个符号上发送的第一个频偏估计训练序列分别为预设数据乘以二维 P 矩阵  $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$  中第一行的两个值,即乘以[1,-1]。也就是说第一个频偏估计训练序列中的第一个符号上发送的为预设数据乘以 1,第二个符号上发送的为预设数据乘以 -1。图 14 所示第一行为 STA#1 发送的物理帧,图 14 是一种 AP 接收到的多个 STA 发送的 PPDU 的示意图。
- 15
- 20

- STA#3 收到触发帧后,组建频偏估计训练序列。STA#3 获知两个频偏估计训练序列中的一个频偏估计训练序列包含 2 个符号;并且获知 STA#3 需要占用子载波子集#1,且该子载波子集#1 上有 2 个 STA (STA#1 和 STA#3),STA#3 为该子载波子集#1 上的第二个 STA。因此,STA#3 在两个符号上发送的第一个频偏估计训练序列分别为预设数据乘以二维 P 矩阵  $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$  中第二行的两个值,即乘以[1,1]。也就是说第一个频偏估计训练序列中的第一个符号上发送的为预设数据乘以 1,第二个符号上发送的为预设数据乘以 1。如图 14 所示第二行为 STA#3 发送的 PPDU;
- 25

- STA#2 收到触发帧后,组建频偏估计训练序列。STA#2 获知两个频偏估计训练序列中的一个频偏估计训练序列包含 2 个符号;并且获知 STA#2 需要占用子载波子集#2,且该子载波子集#2 上有 1 个 STA (STA#2),STA#2 为该子载波子集#2 上的第一个 STA。因此,STA#2 在两个符号上发送的第一个频偏估计训练序列分别为预设数据乘以一维 P 矩阵[1]中第一行的值,即乘以[1,1]。也就是说第一个频偏估计训练序列中的第一个符号上发送的为预设数据乘以 1,第二个符号上发送的为预设数据乘以 1。如图 14 所示第三行为 STA#3 发送的 PPDU。
- 30

- 35 步骤三:

STA#1、STA #2 和 STA#3 分别向 AP 发送各自组建好的两个重复的频偏估计训练序列。

步骤四:

在子载波子集#1 上,AP 的天线#1 接收到的信息矩阵是 STA#1 的数据经历信道  $h_{11}$  与

STA #3 的数据经历信道  $h_{13}$  两部分数据的和、AP 的天线#2 收到的信息是 STA# 1 的数据经历信道  $h_{21}$  与 STA #3 的数据经历信道  $h_{23}$  两部分数据的和、AP 的天线#3 收到的信息是 STA# 1 的数据经历信道  $h_{31}$  与 STA #3 的数据经历信道  $h_{33}$  两部分数据的和。

- 5 对于各个符号上发送的频偏估计训练序列, 由于各 STA 相对于 AP 有不同的频偏, 导致 STA# 1 的第二个符号上发送的本身应该是-1, 但是由于相位旋转, 变成了  $-1e^{j2\pi\Delta f_1 T}$ , 之后的符号依次类推。同样地, STA #3 的第二个符号上发送的本身应该是1, 但是由于相位旋转, 变成了  $1e^{j2\pi\Delta f_3 T}$ , 之后的符号依次类推。

则 AP 在子载波子集 1 上收到的第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵为:

$$\begin{bmatrix} y_1^1 & y_1^3 \\ y_2^1 & y_2^3 \\ y_3^1 & y_3^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{13} \\ h_{21} & h_{23} \\ h_{31} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \\ 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_3 T} \end{bmatrix}$$

- 10 AP 在子载波子集 1 上收到的第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵为:

$$\begin{bmatrix} y_1^{3+D} & y_1^{5+D} \\ y_2^{3+D} & y_2^{5+D} \\ y_3^{3+D} & y_3^{5+D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{13} \\ h_{21} & h_{23} \\ h_{31} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1e^{j2\pi\Delta f_1 (D+2)T} & -1e^{j2\pi\Delta f_1 (D+3)T} \\ 1e^{j2\pi\Delta f_3 (D+2)T} & 1e^{j2\pi\Delta f_3 (D+3)T} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{13} \\ h_{21} & h_{23} \\ h_{31} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1e^{j2\pi\Delta f_1 (D+2)T} & 0 \\ 0 & 1e^{j2\pi\Delta f_3 (D+2)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \\ 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_3 T} \end{bmatrix}$$

AP 用收到的第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵求伪逆左乘在第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵上, 则可得到相应的特征值标准形式:

$$\begin{bmatrix} y_1^1 & y_1^3 \\ y_2^1 & y_2^3 \\ y_3^1 & y_3^3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} y_1^{3+D} & y_1^{5+D} \\ y_2^{3+D} & y_2^{5+D} \\ y_3^{3+D} & y_3^{5+D} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \\ 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_3 T} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1e^{j2\pi\Delta f_1 (D+2)T} & 0 \\ 0 & 1e^{j2\pi\Delta f_3 (D+2)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1e^{j2\pi\Delta f_1 T} \\ 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_3 T} \end{bmatrix}$$

- 15 利用特征值分解定理, 可得到特征值  $[e^{j2\pi\Delta f_1 (D+2)T}, e^{j2\pi\Delta f_3 (D+2)T}]$ , 求其特征值的角度然后除以相应的系数则可以得到  $\Delta f_1$  和  $\Delta f_3$ 。

在子载波子集#2 上, AP 天线#1 收到的信息是 STA# 2 的数据经历信道  $h_{12}$  的数据、AP 的天线#2 收到的信息是 STA#2 的数据经历信道  $h_{22}$  的数据。考虑 STA# 2 和 AP 间的频偏, AP 在子载波子集#2 上收到的第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵为:

$$20 \quad \begin{bmatrix} y_1^1 & y_1^2 \\ y_2^1 & y_2^2 \\ y_3^1 & y_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{12} \\ h_{22} \\ h_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1e^{j2\pi\Delta f_2 T} \end{bmatrix}$$

AP 在子载波子集 2 上收到的第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵为:

$$\begin{bmatrix} y_1^{3+D} & y_1^{4+D} \\ y_2^{3+D} & y_2^{4+D} \\ y_3^{3+D} & y_3^{4+D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{12} \\ h_{22} \\ h_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1e^{j2\pi f_2(D+2)T} & 1e^{j2\pi f_2(D+3)T} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} h_{12} \\ h_{22} \\ h_{32} \end{bmatrix} e^{j2\pi f_2(D+2)T} \begin{bmatrix} 1 & 1e^{j2\pi f_2 T} \end{bmatrix}$$

AP 用收到的第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵、第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵中位置相同的系数取商, 得到:

$$\begin{bmatrix} y_1^{3+D} & y_1^{4+D} \\ y_2^{3+D} & y_2^{4+D} \\ y_3^{3+D} & y_3^{4+D} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1^1 & y_1^2 \\ y_2^1 & y_2^2 \\ y_3^1 & y_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi f_2(D+2)T} & e^{j2\pi f_2(D+2)T} \\ e^{j2\pi f_2(D+2)T} & e^{j2\pi f_2(D+2)T} \\ e^{j2\pi f_2(D+2)T} & e^{j2\pi f_2(D+2)T} \end{bmatrix}$$

5 可得到  $e^{j2\pi f_2(D+2)T}$ , 取该复数角度然后除以相应的系数则可以得到  $\Delta f_2$ 。

另外, 也可以通过第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵求伪逆左乘在第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵的方式求解得到  $\Delta f_2$ , 计算方式如下:

10 计算中需忽略所接收到的第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵的第二列、第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵的第二列; 即使用第一个频偏估计训练序列对应的第一信息矩阵的第一列求伪逆左乘在第二个频偏估计训练序列对应的第二信息矩阵的第一列上, 得到:

$$\begin{bmatrix} y_1^1 \\ y_2^1 \\ y_3^1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} y_1^{3+D} \\ y_2^{3+D} \\ y_3^{3+D} \end{bmatrix} = e^{j2\pi f_2(D+2)T}$$

可得到  $e^{j2\pi f_2(D+2)T}$ , 取该复数角度然后除以相应的系数则可以得到  $\Delta f_2$ 。

15 应理解, 上述方法实施例 AP 和/或 STA 可以执行实施例中的部分或全部步骤, 这些步骤或操作仅是示例, 本申请实施例还可以包括执行其它操作或者各种操作的变形。

还应理解, 在本申请的各个实施例中, 如果没有特殊说明以及逻辑冲突, 不同的实施例之间的术语和/或描述可以具有一致性、且可以相互引用, 不同的实施例中的技术特征根据其内在的逻辑关系可以组合形成新的实施例。

20 还应理解, 上述方法实施例中, 上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后, 各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定, 而不对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

上面结合图 6 详细介绍了本申请实施例提供的用于频偏估计的方法, 下面结合图 15-图 18 详细介绍本申请实施例提供的用于频偏估计的装置。

25 参见图 15, 图 15 是本申请提出的用于频偏估计的装置 150 的示意图。如图 15 所示, 装置 1500 包括接收单元 1510 和发送单元 1520。

接收单元 1510, 用于接收来自接入点 AP 的第一信息, 所述第一信息用于指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 对应的空间流数 M 以及所述站点上报所述第一训练序列或第二训练序列占用的第一子载波子集;

其中, 所述站点为与所述接入点通信的多站点中的任意一个, 所述第一子载波子集为

S 个预设子载波子集中与所述站点对应的子载波子集, 所述 M 和 S 为正整数, 用于确定所述第一训练序列或第二训练序列。

发送单元 1520, 用于在所述第一子载波子集上向所述 AP 发送物理层协议数据单元 PPDU, 所述 PPDU 中包括所述第一训练序列和第二训练序列, 所述第一训练序列和第二训练序列用于确定所述站点与所述 AP 之间的频偏值。

装置 1500 和方法实施例中的 STA 完全对应, 装置 1500 可以是方法实施例中的 STA, 或者方法实施例中的 STA 内部的芯片或功能模块。装置 1500 的相应单元用于执行图 6 所示的方法实施例中由 STA 执行的相应步骤。

其中, 装置 1500 中的接收单元 1510 执行方法实施例中 STA 接收的步骤。例如, 执行图 6 中接收第一信息的步骤 S610。

发送单元 1520 执行方法实施例中 STA 发送的步骤。例如, 执行图 6 中向 AP 发送 PPDU 的步骤 S630;

装置 150 还可以包括处理单元, 该处理单元执行方法实施例中 STA 内部实现或处理的步骤。例如, 执行图 6 中生成第一训练序列的步骤 S620。

发送单元 1520 和接收单元 1510 可以组成收发单元, 同时具有接收和发送的功能。其中, 处理单元可以是处理器。发送单元 1520 可以是发射器, 接收单元 1510 可以是接收器。接收器和发射器可以集成在一起组成收发器。

参见图 16, 图 16 是适用于本申请实施例的 STA 1600 的结构示意图。该 STA 1600 可应用于图 1 所示出的系统中。为了便于说明, 图 16 仅示出了 STA 的主要部件。如图 16 所示, STA 1600 包括处理器、存储器、控制电路、天线以及输入输出装置 (对应于图 15 中所示的发送单元 1520 和接收单元 1530)。处理器用于控制天线以及输入输出装置收发信号, 存储器用于存储计算机程序, 处理器用于从存储器中调用并运行该计算机程序, 以执行本申请提出的用于频偏估计的方法中由 STA 执行的相应流程和/或操作。此处不再赘述。

本领域技术人员可以理解, 为了便于说明, 图 16 仅示出了一个存储器和处理器。在实际的 STA 中, 可以存在多个处理器和存储器。存储器也可以称为存储介质或者存储设备等, 本申请实施例对此不做限制。

参见图 17, 图 17 是本申请提出的用于频偏估计的装置 1700 的示意图。如图 17 所示, 装置 1700 包括接收单元 1710 和发送单元 1720。

发送单元 1720, 用于向站点 STA 发送第一信息, 所述第一信息用于指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 对应的空间流数 M 以及所述 STA 上报所述第一训练序列或第二训练序列占用的第一子载波子集,

其中, 所述 STA 为与所述接入点通信的多个 STA 中的任意一个, 所述第一子载波子集为 S 个预设子载波子集中与所述 STA 对应的子载波子集, 所述 M 和 S 为正整数, 用于确定所述第一训练序列或第二训练序列。

上述的 STA 对应的空间流数 M 指的是需要上报第一训练序列和第二训练序列的至少一个 STA 包括的天线根数的总和 M, 而且本申请实施例中是以单天线的 STA 为例进行说明 (如图 2 (b) 所示多天线 STA 可以等效为单天线的 STA), 在该情况下 STA 对应的空间流数 M 也可以称为 STA 的个数 M, 即空间流数和需要上报第一训练序列和第二训练序列

列的 STA 的个数相等。

另外，本申请实施例同样应用于上行传输时，上述第一信息可以为 STA 发送给 AP 的 PPDU，第一信息中包括的用于指示需要上报第一训练序列和第二训练序列的 STA 对应的空间流数 M 的第一指示信息和用于指示所述 STA 上报所述第一训练序列或第二训练序列占用的第一子载波子集的第二指示信息，可以携带在 STA 发送给 AP 的 PPDU 的信令字段中，例如携带在 PPDU 中的 HE-SIG 或 EHT-SIG 字段中。

接收单元 1710，用于在所述第一子载波子集上接收来自所述 STA 的物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 中包括所述第一训练序列和第二训练序列，所述第一训练序列和第二训练序列用于确定所述 STA 与所述接入点之间的频偏值。

10 装置 1700 和方法实施例中的 AP 完全对应，装置 1700 可以是方法实施例中的 AP，或者方法实施例中的 AP 内部的芯片或功能模块。装置 1700 的相应单元用于执行图 6 所示的方法实施例中由 AP 执行的相应步骤。

其中，装置 1700 中的接收单元 1710 执行方法实施例中 AP 接收的步骤。例如，执行图 6 中接收 STA 发送 PDU 的步骤 S620。

15 装置 1700 中的接收单元 1720 执行方法实施例中 AP 发送的步骤。例如，执行图 6 中向 STA 发送第一信息的步骤 S610。

装置 1700 还可以包括处理单元，该处理单元执行方法实施例中 AP 内部实现或处理的步骤。例如，执行图 6 中进行频偏估计的步骤 S640。

20 接收单元 1710 和发送单元 1720 可以组成收发单元，同时具有接收和发送的功能。其中，处理单元可以是处理器。发送单元 1720 可以是发射器。接收单元 1710 可以是接收器。接收器和发射器可以集成在一起组成收发器。

参见图 18，图 18 是适用于本申请实施例的 AP 1800 的结构示意图，可以用于实现上述用于频偏估计的方法中的 AP 的功能。可以为 AP 的结构示意图。

25 AP 包括 1810 部分以及 1820 部分。1810 部分主要用于射频信号的收发以及射频信号与基带信号的转换；1820 部分主要用于基带处理，对定位管理组件进行控制等。1810 部分通常可以称为收发单元、收发机、收发电路、或者收发器等。1820 部分通常是定位管理组件的控制中心，通常可以称为处理单元，用于控制定位管理组件执行上述方法实施例中 AP 侧的处理操作。

30 1810 部分的收发单元，也可以称为收发机或收发器等，其包括天线和射频单元，其中射频单元主要用于进行射频处理。可选地，可以将 1810 部分中用于实现接收功能的器件视为接收单元，将用于实现发送功能的器件视为发送单元，即 1810 部分包括接收单元和发送单元。接收单元也可以称为接收机、接收器、或接收电路等，发送单元可以称为发射机、发射器或者发射电路等。

35 1820 部分可以包括一个或多个单板，每个单板可以包括一个或多个处理器和一个或多个存储器。处理器用于读取和执行存储器中的程序以实现基带处理功能以及对定位管理组件的控制。若存在多个单板，各个单板之间可以互联以增强处理能力。作为一种可选的实施方式，也可以是多个单板共用一个或多个处理器，或者是多个单板共用一个或多个存储器，或者是多个单板同时共用一个或多个处理器。

应理解，图 18 仅为示例而非限定，上述包括收发单元和处理单元的 AP 可以不依

5 赖于图 18 所示的结构。

还应理解，图 18 所示的 AP 1800 能够实现图 6 的方法实施例中涉及的 AP 功能。AP 1800 中的各个单元的操作和/或功能，分别为了实现本申请方法实施例中由 AP 执行的相应流程。为避免重复，此处适当省略详述描述。图 18 示例的 AP 的结构仅为一种可能的形态，而不应对本申请实施例构成任何限定。本申请并不排除未来可能出现的其他形态的 AP 结构的可能。

本申请实施例还提供一种通信系统，其包括前述的 STA 和 AP。

10 本申请还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有指令，当该指令在计算机上运行时，使得计算机执行上述如图 6 所示的方法中 STA 执行的各个步骤。

本申请还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有指令，当该指令在计算机上运行时，使得计算机执行上述如图 6 所示的方法中 AP 执行的各个步骤。

本申请还提供了一种包含指令的计算机程序产品，当该计算机程序产品在计算机上运行时，使得计算机执行如图 6 所示的方法中 STA 执行的各个步骤。

15 本申请还提供了一种包含指令的计算机程序产品，当该计算机程序产品在计算机上运行时，使得计算机执行如图 6 所示的方法中 AP 执行的各个步骤。

20 本申请还提供一种芯片，包括处理器。该处理器用于读取并运行存储器中存储的计算机程序，以执行本申请提供的用于频偏估计的方法中由 STA 执行的相应操作和/或流程。可选地，该芯片还包括存储器，该存储器与该处理器通过电路或电线与存储器连接，处理器用于读取并执行该存储器中的计算机程序。进一步可选地，该芯片还包括通信接口，处理器与该通信接口连接。通信接口用于接收需要处理的数据和/或信息，处理器从该通信接口获取该数据和/或信息，并对该数据和/或信息进行处理。该通信接口可以是该芯片上的输入/输出接口、接口电路、输出电路、输入电路、管脚或相关电路等。所述处理器也可以体现为处理电路或逻辑电路。

25 本申请还提供一种芯片，包括处理器。该处理器用于读取并运行存储器中存储的计算机程序，以执行本申请提供的用于频偏估计的方法中由 AP 执行的相应操作和/或流程。可选地，该芯片还包括存储器，该存储器与该处理器通过电路或电线与存储器连接，处理器用于读取并执行该存储器中的计算机程序。进一步可选地，该芯片还包括通信接口，处理器与该通信接口连接。通信接口用于接收需要处理的数据和/或信息，处理器从该通信接口获取该数据和/或信息，并对该数据和/或信息进行处理。该通信接口可以是该芯片上的输入/输出接口、接口电路、输出电路、输入电路、管脚或相关电路等。所述处理器也可以体现为处理电路或逻辑电路。应理解，上述的芯片也可以替换为芯片系统，这里不再赘述。本申请中的术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

30 35

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可

以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

5 在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

10 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

20 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U盘、移动硬盘、只读存储器（read-only memory, ROM）、随机存取存储器（random access memory, RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

25 另外，本申请中术语“和/或”，仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A和/或B，可以表示：单独存在A，同时存在A和B，单独存在B这三种情况。另外，本文中字符“/”，一般表示前后关联对象是一种“或”的关系；本申请中术语“至少一个”，可以表示“一个”和“两个或两个以上”，例如，A、B和C中至少一个，可以表示：单独存在A，单独存在B，单独存在C、同时存在A和B，同时存在A和C，同时存在C和B，同时存在A和B和C，这七种情况。另外，本申请中术语“左乘/右乘”，描述矩阵之间的计算方式。例如，矩阵A左乘矩阵B，得到矩阵BA，矩阵A右乘矩阵B，得到矩阵AB；本申请中术语“左乘于/右乘于”，描述矩阵之间的计算方式。例如，矩阵A左乘于矩阵B，得到矩阵AB，矩阵A右乘于矩阵B，得到矩阵BA。

35 以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。