

基于信道状态信息反馈的方法、设备和介质

技术领域

本公开涉及无线局域网领域，更具体地，涉及基于信道状态信息（CSI）反馈的方法、装置和介质。

背景技术

无线局域网感知（Wireless Local Area Network Sensing, WLAN Sensing）的一个用例是通过 WLAN 信号对兴趣方位内的目标进行感知。区别于 802.11az, WLAN Sensing 中的被感知目标不需要携带任何设备。WLAN sensing 相关技术可广泛应用于入侵检测、动作识别、呼吸/心跳检测等场景。WLAN sensing 的一种实现方式是使用信道状态信息（Channel State Information, CSI）进行感知。CSI 反映了发射设备和接收设备之间的信道状态，包含丰富的细节信息，因此可以通过分析 CSI 对环境感兴趣的进行感知。然而，传统的 CSI 反馈方式无法较好的支持 WLAN sensing。

发明内容

本公开提供了一种基于信道状态信息（CSI）反馈的方案。

在本公开的第一方面，提供了一种通信方法。在该方法中，感知响应设备基于信道估计获得 CSI 数据，并且基于 CSI 数据生成功率时延谱（Power Delay Profile, PDP）数据。继而，感知响应设备反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，在基于信道估计获得 CSI 数据之前，感知响应设备从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。

在某些实现方式中，响应于接收到对 PDP 数据进行反馈的指示，感知响应设备基于 CSI 数据生成 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的关联标识符（Association Identifier, AID）字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

在某些实现方式中，感知响应设备基于对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示，从所生成的 PDP 数据中选择待反馈的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备使用 PDP 报告帧来反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备基于感知信号的传播距离来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备从感知发起设备接收对感知信号的感兴趣的距离的指示。感知响应设备基于感兴趣的距离来反馈一部分 PDP 数据。在某些实现方式中，感知响应设备从感知发起设备接收对偏差的指示，并且基于感兴趣的距离和偏差来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对感兴趣的距离的指示或者对偏差指示中的至少一个指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

在某些实现方式中，感知响应设备向感知发起设备反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在本公开的第二方面，提供了一种通信方法。在该方法中，感知响应设备从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。基于该指示，感知响应设备反馈基于 CSI 数据生成 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备向感知发起设备反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备基于信道估计获得 CSI 数据，并且基于 CSI 数据生成 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的 AID 字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

在某些实现方式中，感知响应设备基于对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示，从所生成的 PDP 数据中选择待反馈的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备使用 PDP 报告帧来反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备基于感知信号的传播距离来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备从感知发起设备接收对感知信号的感兴趣的距离的指示。感知响应设备基于感兴趣的距离来反馈一部分 PDP 数据。在某些实现方式中，感知响应

设备从感知发起设备接收对偏差的指示，并且基于感兴趣的距离和偏差来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知响应设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

在本公开的第三方面，提供了一种通信方法。在该方法中，感知发起设备向感知响应设备发送对 PDP 数据进行反馈的指示，以触发感知响应设备基于 CSI 数据生成 PDP 数据以用于进行反馈。感知发起设备从感知响应设备接收所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知发起设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧向感知响应设备发送对 PDP 数据进行反馈的指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的 AID 字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

在某些实现方式中，感知发起设备通过 PDP 报告帧来从感知响应设备接收一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，感知发起设备向感知响应设备发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差指示中的至少一个指示。

在某些实现方式中，感知发起设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧向感知响应设备发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

在本公开的第四方面，提供了一种通信装置。该装置包括第一信道估计模块、第二信道估计模块和反馈模块。第一信道估计模块被配置为通过感知响应设备基于信道估计获得 CSI 数据，并且第二信道估计模块被配置为通过感知响应设备基于 CSI 数据生成功率时延谱 PDP 数据。反馈模块被配置为通过感知响应设备反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，装置还包括第一接收模块，其被配置为在基于信道估计获得 CSI 数据之前，通过感知响应设备从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。

在某些实现方式中，第二信道估计模块被配置为响应于接收到对 PDP 数据进行反馈的指示，通过感知响应设备基于 CSI 数据生成 PDP 数据。

在某些实现方式中，第一接收模块被配置为通过感知响应设备，通过触发帧、空数据包

声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的 AID 字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

在某些实现方式中，反馈模块被配置为通过感知响应设备基于对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示，从所生成的 PDP 数据中选择待反馈的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，反馈模块被配置为通过感知响应设备使用 PDP 报告帧来反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，反馈模块被配置为通过感知响应设备基于感知信号的传播距离来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，装置还包括第二接收模块，被配置为通过感知响应设备从感知发起设备接收对感知信号的感兴趣的距离的指示。反馈模块被配置为通过感知响应设备，至少基于感兴趣的距离来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，第二接收模块被配置为通过感知响应设备从感知发起设备接收对偏差的指示。反馈模块被配置为通过感知响应设备，基于感兴趣的距离和偏差来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，第二接收模块被配置为通过感知响应设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对感兴趣的距离或者偏差中的至少一项的指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

在本公开的第五方面，提供了一种通信装置。该装置包括第一接收模块和反馈模块。第一接收模块被配置为通过感知响应设备从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。反馈模块被配置为通过感知响应设备基于该指示向感知响应设备反馈基于 CSI 数据生成 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，该装置还包括第一信道估计模块和第二信道估计模块。第一信道估计模块被配置为通过感知响应设备基于信道估计获得 CSI 数据，并且第二信道估计模块被配置为通过感知响应设备基于 CSI 数据生成功率时延谱 PDP 数据。

在某些实现方式中，第一接收模块被配置为通过感知响应设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反

馈。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的 AID 字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

在某些实现方式中，反馈模块被配置为通过感知响应设备基于对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示，从所生成的 PDP 数据中选择待反馈的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，反馈模块被配置为通过感知响应设备使用 PDP 报告帧来反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，反馈模块被配置为通过感知响应设备基于感知信号的传播距离来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，装置还包括第二接收模块，被配置为通过感知响应设备从感知发起设备接收对感兴趣的距离的指示。反馈模块被配置为通过感知响应设备，至少基于感兴趣的距离来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，第二接收模块被配置为通过感知响应设备从感知发起设备接收对偏差的指示。反馈模块被配置为通过感知响应设备，基于感兴趣的距离和偏差来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，第二接收模块被配置为通过感知响应设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

在本公开的第六方面，提供了一种通信装置。该装置包括第一发送模块和第三接收模块。第一发送模块被配置为通过感知发起设备向感知响应设备发送对 PDP 数据进行反馈的指示，以触发感知响应设备基于 CSI 数据生成 PDP 数据以用于进行反馈。第三接收模块被配置为通过感知发起设备从感知响应设备接收所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，第一发送模块被配置为通过感知发起设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧向感知响应设备发送对 PDP 数据进行反馈的指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实现方式中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的 AID 字段指示要对 PDP 数据进

行反馈。

在某些实现方式中，PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

在某些实现方式中，第三接收模块被配置为通过感知发起设备通过 PDP 报告帧来从感知响应设备接收一部分 PDP 数据。

在某些实现方式中，装置还包括第二发送模块，其被配置为通过感知发起设备向感知响应设备发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。

在某些实现方式中，第二发送模块被配置为通过感知发起设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧向感知响应设备发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。

在某些实现方式中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

在本公开的第七方面，提供了一种通信设备。该设备包括处理器，该处理器与存储指令的存储器耦合。该指令在被处理器执行时使根据本公开的第一、第二或第三方面的方法被执行。

在本公开的第八方面，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有程序，至少部分程序在由设备中的处理器执行时，使设备执行根据本公开的第一、第二或第三方面的方法。

在本公开的第九方面，提供了一种计算机程序产品。该计算机程序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令。计算机可执行指令在被执行时实现根据本公开的第一方面或其任一实现方式中的方法的操作，或者实现根据本公开的第二方面或其任一实现方式中的方法的操作，或者实现根据本公开的第三方面或其任一实现方式中的方法的操作。

在本公开的第十方面，提供了一种芯片。该芯片包括处理电路，被配置为执行根据本公开的第一方面或其任一实现方式中的方法的操作，或者实现根据本公开的第二方面或其任一实现方式中的方法的操作，或者实现根据本公开的第三方面或其任一实现方式中的方法的操作。

应当理解，发明内容部分中所描述的内容并非旨在限定本公开的关键或重要特征，亦非用于限制本公开的范围。本公开的其它特征将通过以下的描述变得容易理解。

附图说明

结合附图并参考以下详细说明，本公开各实施例的上述和其他特征、优点及方面将变得更加明显。在附图中，相同或相似的附图标记表示相同或相似的元素，其中：

图 1a 和图 1b 示出了 WLAN sensing 中 CSI 反馈的两个示例场景；

图 2 示出了本公开的实施例可以在其中实施的示例环境；

图 3 示出了根据本公开的某些实施例的 CSI 反馈过程；

图 4 示出了根据本公开的某些实施例的 WLAN 感知的示例场景；

图 5 示出了根据本公开的某些实施例的 PDP 对距离/时延曲线；

图 6 示出了根据本公开的某些其他实施例的 PDP 对距离/时延曲线；

图 7 示出了根据本公开的某些实施例的在感知响应设备处实施的 CSI 反馈方法的流程图；

图 8 示出了根据本公开的某些实施例的示例感知过程；

图 9a 示出了根据本公开的某些实施例的触发帧的示例帧格式；

图 9b 示出了根据本公开的某些实施例的触发帧的公共信息字段的示例帧格式；

图 9c 示出了根据本公开的某些实施例的触发帧的公共信息字段中的基于触发的公共信息字段的示例帧结构；

图 10a 示出了根据本公开的某些实施例的空数据包声明（NDPA）帧的示例帧格式；

图 10b 示出了根据本公开的某些实施例的 NDPA 帧的站点信息 1 字段的示例帧格式；

图 11 示出了根据本公开的某些实施例的 HE 多输入多输出（MIMO）控制字段的示例帧结构；

图 12 示出了传统的 EHT MIMO 控制（EHT MIMO Control）字段的帧结构；

图 13 示出了根据本公开的某些实施例的 EHT MIMO Control 字段的示例帧结构；

图 14 示出了根据本公开的某些其他实施例的在感知响应设备处实施的 CSI 反馈方法的流程图；

图 15 示出了根据本公开的某些实施例的在感知发起设备处实施的基于 CSI 反馈的方法的流程图；

图 16 示出了根据本公开的某些实施例的在感知响应设备处进行基于 CSI 反馈的装置的示意性结构框图；

图 17 示出了根据本公开的某些实施例的在感知发起设备处进行基于 CSI 反馈的装置的示意性结构框图；以及

图 18 示出了其中可以实施本公开的某些实施例的设备的框图。

具体实施方式

下面将参照附图更详细地描述本公开的实施例。虽然附图中示出了本公开的某些实施例，然而应当理解的是，本公开可以通过各种形式来实现，而且不应该被解释为限于这里阐述的实施例，相反提供这些实施例是为了更加透彻和完整地理解本公开。应当理解的是，本公开的附图及实施例仅用于示例性作用，并非用于限制本公开的保护范围。

在此使用的术语“包括”及其变形是开放性包括，即“包括但不限于”。术语“基于”是“至少部分地基于”。术语“一个实施例”表示“至少一个实施例”；术语“另一实施例”表示“至少一个另外的实施例”。其他术语的相关定义将在下文描述中给出。

应理解，尽管本文可以使用术语“第一”和“第二”等来描述各种元件，但这些元件不应受到这些术语的限制。这些术语仅用于区分一个元件和另一个元件。如本文所用，术语“和/或”包括一个或多个所列术语的任何和所有组合。

如上所述，WLAN sensing 的一种实现方式是使用 CSI 进行感知。图 1a 和图 1b 示出了 WLAN sensing 中 CSI 反馈的两个示例场景 100 和 105。

在图 1a 所示的场景 100 中，站点（station，STA）110 充当用于发起感知流程的感知发起者以及用于在感知流程中接收感知信号的接收端，STA 115 和 STA 120 充当用于响应并参与感知发起者发起的感知流程的感知响应者和用于在感知流程中发射感知信号的发射端。如图 1a 所示，STA 110 向 STA 115 和 STA 120 发送（125、130）触发（trigger）帧，STA 115 和 STA 120 向 STA 110 发送（135、140）感知物理层协议数据单元（sensing Physical Layer Protocol Data Unit，sensing PPDU）。STA 110 接收 sensing PPDU 并测量环境/信道，得到 CSI。

在图 1b 所示的场景 105 中，STA 110 充当感知发起者和发射端，STA 115 和 STA 120 充当感知响应者和接收端。如图 1b 所示，STA 110 向 STA 115 和 STA 120 发送（145、150）sensing PPDU，STA 115 和 STA 120 接收 sensing PPDU 并测量环境/信道，并将测量得到的 CSI 反馈

(155、160)到STA 110。这属于CSI的显式反馈。

目前,在802.11标准中,有两种传统的CSI显式反馈方式,包括CSI矩阵(CSI matrix)反馈和压缩CSI(compressed CSI)反馈。CSI matrix通常为完整的CSI矩阵,包含测量得到的所有信道状态信息。基于CSI matrix的运算可以很好的实现对目标的感知。但是,由于开销教导,CSI matrix只在802.11n中使用,在802.11ac之后就不再使用。

Compressed CSI是802.11ac之后引入的CSI反馈方式。该方式首先对CSI矩阵进行奇异值分解(SVD),再将得到的右奇异矩阵V进行旋转角度求解(例如,Givens Rotation分解),将所得到的角度进行反馈。例如,可以将分解得到的角度值按照指定的比特数目量化之后进行传输。Compressed CSI可以用于支持多输入多输出(Multi-input Multi-output, MIMO)的预编码,从而提高数据传输的效率。但是,在上述角度计算过程中丢失了部分信息,因此无法较好的支持WLAN sensing。

本公开的实施例提出了一种新的WLAN sensing压缩反馈机制。根据该机制,感知响应设备在由感知发起设备发起的感知过程中反馈CSI时,在基于信道估计获得CSI数据后,基于CSI数据生成功率时延谱(Power Delay Profile, PDP)数据。PDP数据可以反映感知信号传播路径上的能量与时延或距离之间的关系,也称作能量时延像。感知响应设备对所生成的PDP数据中的一部分PDP数据进行反馈。这些PDP数据可以反馈给感知发起设备,也可以反馈给感知过程中的其他参与方。例如,在由其他设备充当感知发射端的情况下,感知响应设备可以将PDP数据反馈给相应的感知发射端。

这样,感知发射端可以根据接收到的这一部分PDP数据对感知信号传播路径中的目标进行感知。此种方式可以明显降低用于反馈CSI的开销(overhead),同时可以在一定程度上确保感知的性能。

在接下来的描述中,PDP数据也可以称为信道脉冲响应(Channel Impulse Response, CIR)数据。换句话说,在公开中,术语“PDP数据”与“CIR数据”具有相同的物理含义并且可以被等价地替换使用。

图2示出了本公开的实施例可以在其中实施的示例环境200。

如图2所示,环境200为无线局域网的一部分,包括一个感知发起设备210和两个感知响应设备220和230。在此示例中,感知发起设备210以及感知响应设备220和230均为STA。应当理解,这仅仅是示例而非限制。取决于具体实现和场景,感知发起设备210和感知响应设备220和230可以是STA或接入点(access point, AP)中的任意一个。感知发起设备210以及感知响应设备220和230可以由任意适当设备来实现,包括但不限于通信服务器、路由器、交换机、网桥、计算机、手机等AP和STA。

还应当理解,环境200仅出于说明目的示出了一个感知发起设备和两个感知响应设备。由此,以多个感知响应设备和一个感知发起设备的场景(图2)为例,对本公开的实施例进行说明。但是,本公开的实施例可以扩展到应用于多个感知响应设备和多个感知发起设备的场景。

在环境200中,感知发起设备210与感知响应设备220和230之间能够以无线方式进行通信。该通信可以遵循任意适当通信技术以及相应的通信标准。

在本公开的某些实施例中,在WLAN sensing过程中,感知响应设备220或230接收发射端发射的感知信号并执行信道估计以得到CSI数据。感知信号可以由任意适当信号来实现。作为示例,感知信号可以通过感知物理层协议数据单元(Physical Layer Protocol Data Unit, PPDU)来实现。例如,发射端可以发射空数据包(Null Data Packet, NDP)作为感知信号。

发射端也可以发送包含有效数据的数据包作为感知信号。感知信号还可以为收发双方已知的其他信号。当需要反馈 CSI 时,感知响应设备 220 将得到的 CSI 数据转换成 PDP 数据,并且将一部分 PDP 数据作为 WLAN sensing 的 CSI 反馈。

为了便于讨论,本公开的某些实施例以感知发起设备 210 作为感知发射端为例进行了描述。但是,应当理解,这仅仅是示例而非限制。可以由任意适当设备充当用于发射感知信号的感知发射端。作为示例,可以由感知发起设备 210 作为感知发射端。在某些实施例中,还可以由感知响应设备 220 或 230 自发自收,同时充当感知发射端和感知接收端。备选地或附加地,可以由一个感知设备 220 作为感知发射端,由另一个感知设备 230 作为感知接收端。

由于感知响应设备 220 或 230 仅将基于 CSI 数据生成的 PDP 数据的一部分进行了反馈,所以大大节省了反馈开销。而且,由于 PDP 数据可以反映出具有不同时延或距离的感知信号传播路径的衰落情况,所以可以有效地用于 WLAN sensing,在一定程度上确保感知的性能。

图 3 示出了根据本公开的某些实施例的基于 CSI 反馈的过程 300。为讨论方便,以下将结合图 2 来描述过程 300。

如图 3 所示,在过程 300 中,感知发起设备 210 向感知响应设备 220 (或感知响应设备 230) 发送 (305) 对 PDP 数据进行反馈的指示,用于指示感知响应设备 220 进行 PDP 数据反馈。可以由任意适当消息或字段通过显式或隐式的方式来承载该指示。后文将对此方面的实施例进行详细说明。

在接收到该指示后,感知响应设备 220 (或感知响应设备 230) 向感知发起设备 210 反馈 (310) PDP 数据。在某些实施例中,感知响应设备 220 的 PDP 数据反馈可以由来自感知发起设备 210 的反馈指示来触发。例如,感知响应设备 220 可以周期性地向感知发起设备 210 反馈 PDP 数据,或者可以自发地向感知发起设备 210 反馈 PDP 数据。

在 PDP 数据的反馈过程中,感知响应设备 220 可以首先基于信道估计获得 CSI 数据,继而基于 CSI 数据生成 PDP 数据,并且将其中一部分 PDP 数据反馈给感知发起设备 210。下面将讨论一个具体示例。

在此示例中,感知信号通过 OFDM 信号来实现。在这种情况下,基于接收到的感知信号通过估计得到的频域中各个子载波的 CSI 之间的相对关系 a 满足如下的公式。

$$a(\tau_l) = [1, e^{-j2\pi\Delta f\tau_l}, \dots, e^{-j2\pi(K-1)\Delta f\tau_l}]^T \quad (\text{公式 1})$$

在上式中, Δf 表示子载波间隔, K 表示子载波个数, τ_l 表示第 l 条路径对应的传播时延。这里,为了简化起见,各个子载波之上的能量表示为 1。

对上式的 CSI 进行逆傅里叶变换 (Inverse Fourier Transform, IFT) 处理,并且获取幅度,可以得到对应的 PDP 数据。在某些实施例中,为了加速计算,采用逆快速傅里叶变换 (Inverse fast Fourier transform, IFFT) 处理。PDP 反映了多径功率 (或能量) 和时延/距离之间的关系。例如,如果某条多径的时延为 τ ,则在对应的传播时延 τ 或者距离 $\tau \times c$ (其中, c 表示电磁波的传播速度或光速),会出现一个尖峰,表示该时延处有能量 (即为该条径)。相应地,可以根据 PDP 数据来对传播路径中存在的目标进行感知。

下面结合图 4 和图 5 讨论感知响应设备 220 或 230 可以采用的反馈过程的示例。

图 4 示出了根据本公开的某些实施例的 WLAN sensing 的示例场景 400。在场景 400 中,存在待感知的目标 405。这样,从感知发射端 410 到感知接收端 415 的感知信号在传播时至少会经过两个路径,一个是感知发射端 410 和感知接收端 415 之间的直射路径 420,另一个是

经过目标 405 的反射路径, 包括感知发射端 410 到目标 405 的路径 425 以及目标 405 到感知接收端 415 的路径 430。

在简单条件下, 感知信号的距离分辨率 ΔR 与带宽成反比, 满足以下公式。

$$\Delta R = \frac{c}{2B\cos(\frac{\beta}{2})} \quad (\text{公式 2})$$

其中 c 表示电磁波的传播速度/光速, B 表示信号的等效带宽, β 是表示发射-目标-接收之间构成的夹角, 如图 4 所示的夹角 435, 在雷达中可称为双基地角。

在场景 400 中, 感知发射端 410 和感知接收端 415 为两个分离的设备, 也即, 收发分置。在某些实施例, 可以由一个设备自发自收感知信号, 同时充当发射端和接收端, 也即, 发射接收位于同一个位置。此时, $\beta = 0$, 距离分辨率为:

$$\Delta R = \frac{c}{2B} \quad (\text{公式 3})$$

可见, 在自发自收情况下, 距离分辨率最小。在收发分置的情况下, 距离分辨率会受到发射-目标-接收之间的夹角 β 的影响, 总会大于自发自收情况下的距离分辨率。

例如, 如果感知信号 (例如, NDP) 的带宽为 20MHz, 则自发自收感知的距离分辨率 ΔR 为 7.5m (在收发分置场景下, 则大于 7.5m)。此时, 对上面的公式 1 进行 IFT 处理 (在不补零的情况下) 并且获取幅度, 可以得到如图 5 所示的 PDP 数据。在图 5 所示的曲线图 500 中, 横轴表示距离/时间, 其中横轴上的点 505 表示距离/时延单元的倍数, 例如, 距离单元为 $c/2B$, 时延单元为 $1/2B$ 。

WLAN sensing 的常见应用场景的距离范围为 10m 左右, 即感兴趣的距离对应于前两个距离单元内的信息。这样, 在 WLAN sensing 多数场景下, 只需在 IFFT 处理之后, 选取前几个距离单元内的信息 (例如, 可以表示为复数) 进行反馈即可。例如, 可以按照下面的公式来选择要反馈的距离单元的数目 N 。

$$N = \frac{\text{感兴趣的距离}}{\Delta R} \quad (\text{公式 4})$$

应当理解, 要反馈的距离单元的数目 N 为一大于零的正整数。因此, 上述公式 4 等价于为:

$$N = \text{ceil}(\frac{\text{感兴趣的距离}}{\Delta R}) = \lceil \frac{\text{感兴趣的距离}}{\Delta R} \rceil \quad (\text{公式 4-1})$$

在某些实施例中, 考虑到同步误差等偏差可能会引起 PDP 的偏移, 如图 6 所示。与图 5 相比, 在图 6 所示的 PDP 对距离/时延曲线 600 中, 由于存在偏差, PDP 整体向右偏移。此时, 在对距离单元信息进行反馈时可以考虑该偏移, 例如可以多反馈几个距离单元的信息。

接下来, 将详细描述在发生 PDP 的偏移的情况下, 如何选择和反馈 PDP 数据。

在一些实施例中, 要反馈的距离单元的数目 (即, 要反馈的复数采样点数, 被表示为 $N_{\text{反馈}}$) 由感兴趣的距离和偏差共同决定。具体为, 要反馈的复数采样点数 $N_{\text{反馈}}$ 由与感兴趣的距离相关联的第一数目 (被表示为 N) 和与偏差相关联的第二数目 (被表示为 N_{off}) 共同决定。进一步地, 要反馈的复数采样点数 $N_{\text{反馈}}$ 为第一数目 N 和第二数目 N_{off} 之和。

在一些实施例中, 选取 IFT/IFFT 之后的幅度最大的点作为反馈的参考点 (如图 6 所示, 采样点 610 被选取为参考点), 进一步地向后选取由与感兴趣的距离相关联的第一数目 N 个采样点 (可以包括或不包括参考点), 并向前选择由与偏差相关联的第二数目 N_{off} 个采样点 (可

以包括或不包括参考点)。

进一步地, 参考点通常作为必须要反馈的采样点。在一些实施例中, 参考点作为第一数目 N 的采样点的一部分被考虑。备选地, 在另外一些实施例中, 参考点作为第二数目 N_{off} 的采样点的一部分被考虑。

在一个示例实施例中, 参考点作为第一数目 N 的采样点的一部分被考虑。此时, 与感兴趣的距离相关联的第一数目 N 和与偏差相关联的第二数目 N_{off} 分别被计算为:

$$N = \left\lceil \frac{\text{感兴趣的距离}}{\Delta R} \right\rceil + 1 \quad (\text{公式 5-1})$$

$$N_{off} = \left\lceil \frac{\text{偏移}}{\Delta R} \right\rceil \quad (\text{公式 5-2})$$

在另一示例实施例中, 参考点作为第二数目 N_{off} 的采样点的一部分被考虑。此时, 与感兴趣的距离相关联的第一数目 N 和与偏差相关联的第二数目 N_{off} 分别被计算为:

$$N = \left\lceil \frac{\text{感兴趣的距离}}{\Delta R} \right\rceil \quad (\text{公式 6-1})$$

$$N_{off} = \left\lceil \frac{\text{偏移}}{\Delta R} \right\rceil + 1 \quad (\text{公式 6-2})$$

在一些实施例中, 连续的反馈长度 (即, 对应于连续索引值的 $N_{反馈}$ 个复数采样点数), 被发送至感知发起端。附加地, 在一些实施例中, 反馈信息还可以包括参考点的索引, 以使感知发起端可以获知反馈的采样点在坐标系中的绝对位置。

应当理解, 用于确定第一数目 N 和第二数目 N_{off} 的感兴趣的距离和偏差可以通过任意方式被感知发起端和/或感知响应端所获取, 本公开对此并不加以限定。作为示例实施例, 感知触发帧、感知 NDPA 帧、感知请求/响应帧中的一个或多个可以用于交互感兴趣的距离和偏差。

在一些实施例中, 与感兴趣的距离相关联的第一数目 N 和与偏差相关联的第二数目 N_{off} 可以通过预先配置的对对应关系来确定。例如, 可以根据实际需要, 在感知发起端和感知响应端维护如下关系中的一项或多项: 与第一数目 N 相关联的第一对应关系, 以及与第二数目 N_{off} 相关联的第二对应关系。

进一步地, 基于所维护的是第一对应关系还是第二对应关系, 确定需要维护的相应的元素。例如, 当维护第一对应关系时, 所维护的元素包括第一数目 N 和感兴趣的距离。类似地, 当维护第二对应关系时, 所维护的元素包括第二数目 N_{off} 和偏差。

在一些实施例中, 可以为每个不同的 N/N_{off} 值分配唯一的标识 (ID) 信息, 例如, 第一 ID 信息 (对应第一数目 N) 和第二 ID 信息 (对应第二数目 N_{off})。在这种情况下, 第一 ID 信息和第二 ID 信息也可以作为所维护的对对应关系中的一个元素。例如, 第一对应关系指示第一数目 N 与第一 ID 信息之间的对应关系, 第二对应关系指示第二数目 N_{off} 与第二 ID 信息之间的对应关系。

在一些实施例中, 第一 ID 信息和第二 ID 信息为一比特序列。进一步地, 在一些实施例中, 第一 ID 信息的比特序列的比特大小 (bit size) 由所支持的最大感兴趣距离、所支持的最大反馈采样点数 (被表示为 N_{max}) 中的至少一者来确定。类似地, 在一些实施例中, 第二 ID 信息的比特序列的比特大小由所支持的最大偏移、所支持的最大反馈采样点数 (被表示为

$N_{max-off}$) 中的至少一者来确定。

作为一特定实施例, 第一 ID 信息的比特序列的比特大小与所支持的最大感兴趣距离/所支持的最大反馈采样点数成正比例关系。

在一些实施例中, 如果所支持的最大反馈采样点数 N_{max} 为连续的整数, 则第一 ID 信息的比特序列的比特大小可以根据所支持的最大反馈采样点数 N_{max} 来计算, 例如:

$$\text{第一 ID 信息的比特序列的比特大小} = \log_2 N_{max} \quad (\text{公式 7-1})$$

备选地, 在另外一些实施例中, 如果所支持的最大反馈采样点数 N_{max} 为连续的整数, 则第一 ID 信息的比特序列的比特大小可以根据所支持的最大感兴趣距离来计算, 例如:

当参考点作为第一数目 N 的采样点的一部分被考虑时,

$$\text{第一 ID 信息的比特序列的比特大小} = \log_2 \left(\left\lceil \frac{\text{所支持的最大感兴趣的距离}}{\Delta R} \right\rceil + 1 \right) \quad (\text{公式 7-2})$$

当参考点未作为第一数目 N 的采样点的一部分被考虑时,

$$\text{第一 ID 信息的比特序列的比特大小} = \log_2 \left(\left\lceil \frac{\text{所支持的最大感兴趣的距离}}{\Delta R} \right\rceil \right) \quad (\text{公式 7-3})$$

类似地, 在一些实施例中, 第二 ID 信息的比特序列的比特大小与所支持的最大偏移/所支持的最大反馈采样点数被表示为 $N_{max-off}$ 成正比例关系。

在一些实施例中, 如果所支持的最大反馈采样点数 $N_{max-off}$ 为连续的整数, 则第二 ID 信息的比特序列的比特大小可以根据所支持的最大反馈采样点数 $N_{max-off}$ 来计算, 例如:

$$\text{第二 ID 信息的比特序列的比特大小} = \log_2 N_{max-off} \quad (\text{公式 8-1})$$

备选地, 在另外一些实施例中, 如果所支持的最大反馈采样点数 $N_{max-off}$ 为连续的整数, 则第二 ID 信息的比特序列的比特大小可以根据所支持的最大偏差来计算, 例如:

当参考点作为第二数目 N_{off} 的采样点的一部分被考虑时,

$$\text{第二 ID 信息的比特序列的比特大小} = \log_2 \left(\left\lceil \frac{\text{所支持的最大偏差}}{\Delta R} \right\rceil + 1 \right) \quad (\text{公式 8-2})$$

当参考点未作为第二数目 N_{off} 的采样点的一部分被考虑时,

$$\text{第二 ID 信息的比特序列的比特大小} = \log_2 \left(\left\lceil \frac{\text{所支持的最大偏差}}{\Delta R} \right\rceil \right) \quad (\text{公式 8-3})$$

应当理解, 上述计算第一/二 ID 信息的比特序列的比特大小的方式仅仅是示例性的。在其他实施例中, 例如, 所支持的最大反馈采样点数 $N/N_{max-off}$ 为非连续的整数离散数值的集合时, 第一/二 ID 信息的比特序列的比特大小可以根据离散数值集合的数目来调整。

进一步地, 由于要反馈的采样点数与感知 PPDU 带宽成正比例关系, 因此在一些实施例中, 当感知 PPDU 带宽进一步增大时, 要反馈的采样点数 (诸如, 第一数目 N 和第二数目 N_{off}) 可以表示为一个与带宽相关的函数。在一些实施例中, 将参考带宽 (诸如, 20MHz) 对应的

要反馈的采样点数设置为参考值（被表示为 N_{ref} ），基于感知 PPDU 带宽与参考带宽间的关系来确定与感知 PPDU 带宽相对应的要反馈的点数（被表示为 N_{PPDF} ）。例如， $N_{\text{PPDF}} = N_{\text{ref}} * N_B$ ，其中 N_B = 感知 PPDU 带宽/参考带宽。

应当理解，参考带宽、感知 PPDU 带宽和/或 N_B 可以被感知发起端和感知响应端所获知。

下面的表 A 示出了第一对应关系的示例。

表 A

第一 ID 信息（比特序列）	复数采样个数	感兴趣的距离 (m)
00	$1 \times N_B + 1$	(0-7.5] 或者 [0-7.5)
01	$2 \times N_B + 1$	(7.5-15] 或者 [7.5-15)
10	$3 \times N_B + 1$	(15-22.5] 或者 [15-22.5)
11（或 reserved）	$4 \times N_B + 1$ （或 reserved）	(15-22.5] 或者 [15-22.5) 或者 reserved
可继续拓展	可继续拓展	可继续拓展

下面的表 B 示出了第二对应关系的示例。

表 B

第二 ID 信息（比特序列）	复数采样个数	偏差 (m)
0	$1 \times N_B$	(0-7.5] 或者 (0-7.5)
1	$2 \times N_B$	(7.5-15] 或者 [7.5-15)
可继续拓展	可继续拓展	可继续拓展

在另外一些实施例中，表 A 存在如下的变形形式。

表 A-1

第一 ID 信息（比特序列）	复数采样个数	感兴趣的距离 (m)
00	1	(0-3.75] 或者 (0-3.75)
01	$1 \times N_B + 1$	(0-7.5] 或者 [0-7.5)
10	$2 \times N_B + 1$	(7.5-15] 或者 [7.5-15)
11	$3 \times N_B + 1$	(15-22.5] 或者 [15-22.5)
可继续拓展	可继续拓展	可继续拓展

在表 A（或表 A-1）和表 B 的特定实施例中，将参考点作为第一数目 N 的一部分，参考带宽为 20MHz， N_B 为感知 PPDU 带宽相对于参考带宽 20MHz 的倍数（即，感知 PPDU 带宽/参考带宽 20MHz），距离分辨率 ΔR 为 7.5m。应当理解，上述数值仅仅是为了说明的目的，在其他实施例中，具体数值可以根据实际需要来确定。本公开对此并不加以限定。

进一步地，还应当理解，当所支持的最大感兴趣的距离增大/减小时，表 A（或表 A-1）可以包括更多/少的条目，第一 ID 信息的比特大小也可以随之增大/减少。类似地，当所支持的最大偏差增大时，表 B 可以包括更多的条目，第二 ID 信息的比特大小也可以随之增大。在一些实施例中，第一 ID 信息的比特大小取决于表 A 所包括的条目的数量，第二 ID 信息的比特大小取决于表 B 所包括的条目的数量。

还应当理解，表 A（或表 A-1）中的“第一 ID 信息”、“复数采样个数”以及“感兴趣的距离”中的任一元素均不是必须被包含的，其可以根据实际需要被省略；类似地，表 B 中的“第二 ID 信息”、“复数采样个数”以及“偏差距离”中的任一元素也可以根据实际需要被省略。例如，感知发起端和/或感知响应端可以仅维护表 A（或表 A-1）和表 B 中的第一列和第二列。

基于表 A（或表 A-1）和表 B 的对应关系，感知发起端和/或感知响应端即可以确定相应

的反馈采样点的数目。例如,当 PPDU 带宽为 20MHz,感兴趣距离为 10m 并且偏差为 5m 时,则可以确定与感兴趣的距离相关联的第一数目 N 和与偏差相关联的第二数目 N_{off} 分别为 2+1 和 1。

进一步的,可以将表 A (或表 A-1) 和表 B 进行组合以生成表 C, 并且使用单个表 C 来完成对应关系的指示, 示例如下。

表 C 示例

第三 ID 信息 (比特序列)	复数采样个数	偏差距离 (m)+感兴趣的距离 (m)
00	$1 \times N_B + 1$	$0 + (0-7.5]$ 或者 $[0-7.5)$
01	$2 \times N_B + 1$	$0 + (7.5-15]$ 或者 $[7.5-15)$
		$(0-7.5]$ 或者 $[0-7.5) + (0-7.5]$ 或者 $[0-7.5)$
可继续拓展	可继续拓展	可继续拓展

应当理解, 上述表 C 仅用于说明的目的。当通过单独的表来维护对应关系时, 可是根据实际需要来调整表的形式 (例如, 增加、减少或整合表 A、A-1 和 B 中的相应的元素)。进一步地, 应当理解, 第三 ID 信息的比特大小取决于表 C 所包括的条目的数量。

在一些实施例中, 第一 ID 信息、第二 ID 信息和/或第三 ID 信息可以被感知发起端和/或感知响应端交互, 已使得感知响应端确定第一数目 N 、第二数目 N_{off} 和/或者要反馈的复数采样点数 $N_{反馈}$ 。应当理解, 第一 ID 信息、第二 ID 信息和/或第三 ID 信息可以通过任意方式被感知发起端和/或感知响应端所获取, 本公开对此并不加以限定。作为示例实施例, 感知触发帧、感知 NDPA 帧、感知请求/响应帧可以被用于交互第一 ID 信息和第二 ID 信息。附加地, 为了使感知发起端可以获知反馈采样点在坐标系中的绝对位置, 在一些实施例中, 反馈信息还可以包括参考点的索引。

备选地, 在一些实施例中, 以多个不连续分段 (也称为分段反馈方式) 来反馈反馈区间中的部分样值, 即, 反馈整个反馈长度 (例如, $N+N_{off}+1$) 中的部分。换句话说, 反馈的采样点对应反馈区间内的多个分段, 多个分段之间彼此不连续且每个分段的最大跨度距离不超过整个反馈长度 (例如, $N+N_{off}+1$)。

在一些实施例中, 反馈的信息包括: 多个分段内的采样点的值, 以及指示多个连续分段之间的相对关系的第一信息。应当理解, 第一信息可以根据实际需要来确定, 其可以为分段的起始索引、终止索引、分段间的间隔 (即, 相邻两个分段间的反馈空缺点的个数), 或者在某些情况下可以被省略。

在一个特定实施例中, 第一信息为多个分段中的每个分段所对应的起始索引和/或终止索引。在另一个特定实施例中, 第一信息为多个分段中的第一分段的起始索引以及多个分段之间的分段间隔。在其他特定实施例中, 第一信息为分段的起始索引、终止索引、分段间的间隔的组合, 例如, 一些分段的相对位置通过分段的起始索引、终止索引来指示, 而另一些分段的相对位置通过分段间的间隔来指示。

备选地, 在一些实施例中, 以多个离散点 (也称为离散反馈方式) 来反馈反馈区间中的部分样值。例如, 反馈信息为反馈区间内的部分采样点。在一些实施例中, 反馈信息为所选取的离散采样点所对应的数值以及指示多个离散采样点位置的第二信息。

在一个特定实施例中, 第二信息为所选取的离散采样点的索引值。在另一个特定实施例中, 当两个相邻离散点的距离大于 1 时, 第二信息也可以表示为两个相邻离散点之间的间隔。在其他特定实施例中, 第二信息为离散采样点的索引值和两个相邻离散点之间的间隔的组合,

例如,一些采样点的相对位置通过采样点的索引值来指示,而另一些分段的相对位置通过两个相邻离散点之间的间隔来指示。

备选地,在一些实施中,上述分段反馈方式和离散反馈方式可以被组合使用。

应当理解,本公开所列举的上述反馈方式仅仅是示例性的。在其他实施中,可以通过任意方式来向感知发起端反馈信息,以使得感知发起端获知反馈采样点的数值和位置关系。本公开对于反馈信息的具体表达形式并不加以限定。

在某些实施中,感知反射端可以在发射时采用循环移位分集(Cyclic Shift Diversity, CSD)。在这种情况下,感知接收端可以首先对测量得到的CSI进行CSD移除,然后再进行后续PDP数据计算和反馈。

图7示出了根据本公开的某些实施例的在感知响应设备220或230处实施的基于CSI反馈的方法700的流程图。

如图7所示,在框705,感知响应设备220或230从感知发起设备210接收对PDP数据进行反馈的指示。该指示可以任意适当方式来实现。下面结合图8讨论根据本公开的某些实施例的对PDP数据进行反馈的指示的示例实现。

图8示出了根据本公开的某些实施例的示例感知过程800。

如图8所示,感知过程800包括发现阶段805、设置阶段810、测量阶段815和反馈阶段820。在发现阶段805,感知发起设备210发送感知请求(SENSE.request)帧825,感知响应设备220和230回复感知响应(SENSE.response)帧830和835,以便交互设备能力等信息。

在设置阶段810,感知发起设备210发送声明(Announcement)帧840,以进行感知角色(例如,发射端和接收端)的分配、指明感知信号的发送周期等等。在此示例中,感知发起设备210作为感知信号的反射端,感知响应设备220和230作为感知信号的接收端。感知响应设备220和230回复确认(Confirmation)帧845和850。

在测量阶段815,感知发起设备210发送感知PPDU,而感知响应设备220和230接收感知PPDU,并据此测量信道或环境。在此示例中,感知发起设备210向感知响应设备220和230发送NDP 855作为感知信号。感知发起设备210还发送空数据包声明(Null Data Packet Announcement, NDPA)帧860。

在反馈阶段820,感知发起设备210发送触发(Trigger)帧865,以触发感知响应设备220和230进行CSI反馈。感知响应设备220和230按照本公开的实施例描述的压缩方式,对测量得到的CSI进行相应处理,反馈PDP数据870和875。

在此示例中,感知发起设备210可以通过触发帧865、NDPA帧860和/或Announcement帧840来向感知响应设备220和/或230发送对PDP数据进行反馈的指示。该指示的传输可以复用上述帧中的已有字段或者可以使用新的字段。在某些实施中,还可以专门设计用于指示PDP数据反馈的PDP帧。

下面参考9a、图9b和图9c来讨论感知发起设备210在反馈阶段820利用触发帧865来向感知响应设备220或230发送与PDP数据反馈相关联的指示的示例实现。

首先参考图9a,其示出了根据本公开的某些实施例的触发帧的示例帧格式900。

作为示例,可以使用触发帧的公共信息(Common Info)字段905或者诸如站点信息1(STA Info1)字段910的专用信息字段来传输对PDP数据进行反馈的指示。可以复用公共信息字段905和专用信息字段中的任意字段或者设计新字段来传输该指示。

图9b示出了根据本公开的某些实施例的触发帧的公共信息字段905的示例帧格式。作为示例,可以使用触发帧的公共信息字段905中包括的触发类型(Trigger Type)字段915来指

示要进行 PDP 数据的反馈。例如，可以新增一种触发类型，名为 PDP 报告提取（PDP Report Poll），用来指示感知 PDP 数据的反馈。下面的表 1 示出了触发类型字段的示例取值。

表 1

触发类型 (Trigger Type)	触发帧变量 (Trigger Frame Variant)
0	基本 (Basic)
1	波束成形报告提取 (Beamforming Report Poll)
...	...
7	NDP 反馈报告提取 (NDP Feedback Report Poll)
8	PDP 报告提取 (PDP Report Poll)
9-15	保留 (Reserved)

相应地，感知响应设备 220 或 230 在接收到触发类型字段值为 8 的触发帧时，可以确定感知发起设备 210 要求其反馈 PDP 数据。

在某些实施例中，感知发起设备 210 还可以感知响应设备 220 或 230 指示感知信号的感兴趣距离和/或偏差。例如，可以利用图 9b 所示的公共信息字段 905 中的基于触发的公共信息 (Trigger Dependent Common Info) 字段 920 来指示感兴趣距离和/或偏差。

图 9c 示出了根据本公开的某些实施例的触发帧的公共信息字段 905 中的基于触发的公共信息字段 920 的示例帧结构。在此示例中，基于触发的公共信息字段 920 包括感兴趣的距离 (Range of Interested) 字段 925 和偏差 (Offset) 字段 930。

下面的表 2 示出了感兴趣的距离字段 925 的示例取值。在此示例中，感知信号的参考带宽为 20MHz，自发自收感知的距离分辨率 ΔR 为 7.5m。如果感知信号的带宽超过 20MHz，其对应的需要反馈的 PDP 的数据数目 N 如表 2 中的最后一列所示，N 可以表示成为感知信号带宽 B 的函数。

表 2

感兴趣的距离字段	含义	对应的要反馈的 PDP 数据的数目 N
000	感兴趣的距离感兴趣的距离 15m	$N = 2 \times (B/20\text{MHz})$
001	感兴趣的距离感兴趣的距离 30m	$N = 4 \times (B/20\text{MHz})$
...	...	...

下面的表 3 示出考虑了偏差字段 930 中指示的偏差的要反馈的 PDP 数据的数目。

表 3

感兴趣的距离字段	含义	对应的要反馈的 PDP 数据的数目 L
000	感兴趣的距离感兴趣的距离 15m	$L = N + \text{偏差值}$

001	感兴趣的距离感兴趣的 距离 30m	$L = N + \text{偏差值}$
...	...	...

在某些实施例中,偏差字段 930 的取值可以在感知过程的多轮发射-反馈中采用相同的值。在某些其他实施例中,可以在感知过程的初期,采用较大的值,以保证信道/环境信息的正确反馈。可以随着发射-反馈的多轮迭代执行,可以根据预定原则逐渐减小偏差的数值,以在保证信道/环境信息可以正确反馈的同时减小反馈量。

除了在反馈阶段 815 通过触发帧在感知发起设备 210 与感知响应设备 220 和 230 进行相关信息的交互,还可以在测量阶段 815 通过 NDPA 帧来实现信息的交互。下面参考图 10a 和图 10b 来讨论在设置阶段 810 通过 NDPA 帧 860 来发送与 PDP 数据反馈相关联的指示的示例实现。

图 10a 示出了根据本公开的某些实施例的 NDPA 帧的示例帧格式 1000。

作为示例,可以使用 NDPA 帧的探测对话令牌 (Sounding Dialog Token) 字段 1005 或者诸如站点信息 1 (STA Info1) 字段 1010 的专用信息字段来传输对 PDP 数据进行反馈的指示。可以复用探测对话令牌字段 1005 和站点信息 1 字段 1010 中的任意字段或者设计新字段来传输该指示。

图 10b 示出了根据本公开的某些实施例的 NDPA 帧的站点信息 1 字段 1010 的示例帧格式。

在此示例中,站点信息 1 字段 1010 中的 11 位标识 (AID11) 字段 1015 用于传输对 PDP 数据进行反馈的指示。站点信息 1 字段 1010 还可以包括感兴趣的距离 (Range of Interested) 字段 1020 和偏差 (Offset) 字段 1025。

可以复用 WIFI 6 标准规范中的 HE NDPA 帧的已有字段来传输与 PDP 数据反馈相关联的指示。表 4 示出了 HE NDPA 帧的相关字段的示例定义。

表 4

字段名称	含义
探测对话令牌 (Sounding Dialog Token)	前 2 个比特含义 00 VHT NDPA 01 HE NDPA 10 Ranging NDPA (测距 NDPA) 11 Sensing NDPA (感知 NDPA) 该字段用来表示该 NDPA 是感知 NDPA,以指示要进行 PDP 反馈。 作为示例,当此字段对应 Sensing NDPA (11) 时,后续可以存在一个 common Info 字段和多个 STA Info 字段。 可以使用感兴趣的距离 (Range of Interested) 字段和偏差 (Offset) 字段来交互反馈中的相关信息。当各个 STA 需要交互的信息相同时,感兴趣的距离字段和偏差字段放在 Common Info 字段之中,如果各部相同,相应字段可以放在对应的 STA Info 字段之中。
站点信息 1	另外的,在探测对话令牌对应 HE NDPA (01) 时,可以通

(STA Info1)	过 11 位标识 (AID11) 字段来指示要进行 PDP 反馈。 例如, 采用特殊 AID(如 AID=2045/2046)表示该 HE NDPA 为 HE sensing NDPA, 以指示要进行 PDP 反馈。此时, Sounding Dialog Token 字段的前 2 个比特可以为 01, 表示该 NDPA 为 HE NDPA。 第一个用户字段(STA Info1)的 AID11 为前文所述的 special AID。 此时这个 HE NDPA 为 HE sensing NDPA, 且第一个用户信息字段 (STA Info1) 为公共字段。此方法与表 4 中第一行所描述的通过 Dialog Token 字段前 2 个比特置 11, 指示 Sensing NDPA 为并行方案。
站点信息 1 (STA Info1)	通过 Range of Interested 字段和 Offset 字段来指示感兴趣距离和偏差。 如果所有感知响应设备采用相同的感兴趣的距离和偏差, 则 Range of Interested 字段和 Offset 字段为公共信息字段。 如果各个感知响应设备分配的不同的感兴趣的距离和偏差, 则可以将对应的信息放在各个感知响应设备对应的 STA Info2 到 STA Infon 字段中。此时 STA Info1 可以仍然使用特殊 AID (如 2045/2046) 来进行 HE sensing NDPA 的区分。

还可以复用 WIFI 7 标准规范中的 EHT NDPA 帧的已有字段来传输与 PDP 数据反馈相关联的指示。表 5 示出了 EHT NDPA 帧中用于发送与 PDP 数据反馈相关联的指示的字段的示例定义。

表 5

字段名称	含义
探测对话令牌 (Sounding Dialog Token)	前 2 个比特含义 00 VHT NDPA 01 HE NDPA 10 Ranging NDPA (测距 NDPA) 11 EHT NDPA
站点信息 1 (STA Info1)	通过 AID11 字段来指示要进行 PDP 反馈。 例如, special AID (如 AID=2045/2046) 表示该 EHT NDPA 为 EHT sensing NDPA, 以指示要进行 PDP 反馈。 此时, Sounding Dialog Token 字段的前 2 个比特可以为 11, 表示该 NDPA 为 EHT NDPA。 在用于指示 EHT sensing NDPA 时, 第一个用户信息字段的 (STA Info1) 中的 AID11 可以设置为特殊 ID (如

	AID=2045/2046)，来表示该 NDPA 为 EHT sensing NDPA，且该字段为公共信息字段。
	通过 Range of Interested 字段和 Offset 字段来指示感兴趣的距离和偏差。 如果所有感知响应设备采用相同的感兴趣的距离和偏差，则 Range of Interested 字段和 Offset 字段为公共信息字段。 如果各个感知响应设备分配的不同的感兴趣的距离和偏差，则可以将对应的信息放在各个感知响应设备对应的 STA Info2 到 STA Infon 字段中。此时 STA Info1 可以仍然使用特殊 AID（如 2045/2046）来进行 EHT sensing NDPA 的区分。

另外，还可以在设置阶段 810 使用 Announcement 帧 840 来提供 PDP 数据反馈相关联的指示。可以复用 Announcement 帧中的已有字段或者设计新字段来传输相应的指示。作为示例，可以在 Announcement 帧中设置 Range of Interested 字段和 Offset 字段来感兴趣的距离和偏差。

在某些实施例中，还可以设计专门的 PDP 帧，来提供 PDP 数据反馈相关联的指示。下面讨论一种示例 HE PDP 帧。可以在 HE 动作（HE Action）字段中新加入一种新的类型，如表 6 所示。

表 6

值	含义
0	HE 压缩波束成形/CQI (HE compressed beamforming/CQI)
1	静默时段（ Quiet Time Period ）
2	OPS
3	PDP
4-255	保留（ Reserved ）

如表 6 所示出，如果 HE Action 字段的值为 3，则表示该帧是 HE PDP 帧。表 7 示出了 HE PDP 帧动作字段的示例值。如表 7 所示，当 PDP 帧动作字段的值为 3 时，指示该帧携带 HE MIMO 控制信息。当 PDP 帧动作字段的值为 4 时，表示该帧携带 HE PDP 报告信息，用于感知响应设备 220 或 230 向感知发起设备 210 反馈 PDP 数据，后文将对此进行详细说明。

表 7

值	含义
1	类别（ Category ）
2	HE 动作（ HE Action ）
3	HE MIMO 控制(HE MIMO Control)

4	HE PDP 报告（HE PDP report）
---	--------------------------

HE MIMO Control 字段可以基于现有 HE 帧结构来进行设计。在 HE PDP 帧中,HE MIMO Control 字段中的部分字段置为保留（Reserved）。图 11 示出了根据本公开的某些实施例的 HE MIMO Control 字段的示例帧结构 1100，其中的字段的含义如下面的表 8 所示。

表 8

字段	含义
Nc 索引（Nc index）（3 比特）	表示 PDP 矩阵的列数减 1。PDP 矩阵中，Nc 对应单个天线上的反馈长度，例如对应于表 3 中的 L。
Nr 索引（Nr index）（3 比特）	表示 PDP 矩阵的行数减 1。PDP 矩阵中，Nr 对应接收侧的接收通道数目。
带宽（BW）（2 比特）	与传统 HE MIMO control 对应字段含义相同。
分组（Grouping）（1 比特）	保留（Reserved）
码本信息/系数大小 （Codebook information/Coefficient Size） （3 比特）	0, 量化比特 Nb=4 1, 量化比特 Nb=5 2, 量化比特 Nb=6 3, 量化比特 Nb=8 4-7, 预留（Reserved） 随着测量带宽的增加，采用的量化比特可以相应的继续增加。
反馈类型（Feedback type）（2 比特）	保留（Reserved）
...	与传统 HE MIMO control 对应字段含义相同。

可见，利用 HE MIMO Control 字段，感知发起设备 210 可以向感知响应设备 220 或 230 指示反馈哪部分 PDP 数据。

下面讨论一种示例 EHT PDP 帧。可以在 EHT 动作（EHT Action）字段中新加入一种新的类型，如表 9 所示。

表 9

值	含义
0	EHT 压缩波束成形/CQI （EHT compressed

	beamforming/CQI)
1	PDP
2-255	保留 (Reserved)

如表 10 所示出，如果 EHT Action 字段的值为 1，则表示该帧是 EHT PDP 帧。表 10 示出了 EHT PDP 帧动作字段的示例值。如表 11 所示，当 PDP 帧动作字段的值为 3 时，指示该帧携带 EHT MIMO 控制信息。当 PDP 帧动作字段的值为 4 时，表示该帧携带 EHT PDP 报告信息，后文将对此进行详细说明。

表 10

值	含义
1	类别 (Category)
2	EHT 动作 (EHT Action)
3	EHT MIMO 控制 (EHT MIMO Control)
4	EHT PDP 报告 (EHT PDP report)

EHT MIMO Control 字段可以基于现有 EHT 帧结构来进行设计，如图 12 所示。在 EHT PDP 帧中，EHT MIMO Control 字段中的部分字段置为保留 (Reserved)。

图 13 示出了根据本公开的某些实施例的 EHT MIMO Control 字段的示例帧结构 1300，其中的字段的含义如下面的表 11 所示。

表 11

字段	含义
Nc 索引 (Nc index) (4 比特)	表示 PDP 矩阵的列数减 1。PDP 矩阵中，Nc 对应单个天线上的反馈长度，对应表 3 中的 L。
Nr 索引 (Nr index) (4 比特)	表示 PDP 矩阵的行数减 1。PDP 矩阵中，Nr 对应接收侧的接收通道数。
带宽 (BW) (3 比特)	与传统 EHT MIMO control 对应字段含义相同。
分组 (Grouping)	保留 (Reserved)
码本信息/系数大小 (Codebook information/Coefficient Size) (3 比特)	0, 量化比特 Nb=4 1, 量化比特 Nb=5 2, 量化比特 Nb=6 3, 量化比特 Nb=8 4-7, 保留 (Reserved) 随着测量带宽的增加，采用的量化

	比特可以相应的继续增加。
反馈类型 (Feedback type)	保留 (Reserved)
...	有待设计 (TBD)

提供 PDP 数据反馈相关联的指示的 PDP 帧可以由感知发起设备 210 在反馈阶段 820、测量阶段 815 和设置阶段 810 向感知响应设备 220 和 230 发送，从而提供了更大的灵活性。

接下来继续参考图 7，在框 710，感知响应设备 220 或 230 反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。下面参考图 14 来讨论感知响应设备 220 或 230 反馈的 PDP 数据的示例处理。

图 14 示出了根据本公开的某些实施例的在感知响应设备 220 或 230 处进行基于 CSI 反馈的方法 1400 的流程图。

如图 14 所示，在框 1405，感知响应设备 220 或 230 基于信道估计获得 CSI 数据。当前已知以及将来开发的任何适当信道估计技术都可以在此使用，本公开的范围在此方面不受限制。在框 1410，感知响应设备 220 或 230 基于 CSI 数据生成 PDP 数据。作为示例，可以通过 IFT 或 IFFT 变换来生成 PDP 数据。还可以使用由 CSI 数据生成 PDP 数据的任意其他适当方法。

在框 1415，感知响应设备 220 或 230 反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。在某些实施例中，可以基于感知信号的传播路径的传播距离来反馈一部分 PDP 数据。例如，感知响应设备 220 或 230 可以选择传播距离低于或者等于预定阈值的传播路径的所对应的 PDP 数据作为待反馈的 PDP 数据。该阈值可以是预定义的，也可以是动态配置的。例如，如前所述，感知发起设备 210 可以例如通过 Trigger 帧、NDPA 帧或 Announcement 帧来向感知响应设备 220 或 230 发送对感兴趣的距离的指示。相应地，感知响应设备 220 或 230 可以将感兴趣的距离作为阈值，反馈低于或者等于感兴趣的距离的传播距离所对应的 PDP 数据。

在某些实施例中，感知响应设备 220 或 230 还可以基于偏差来反馈 PDP 数据。例如，感知响应设备 220 或 230 可以从感知发起设备 210 接收对偏差的指示。继而，感知响应设备 220 或 230 可以根据感兴趣的距离以及偏差来确定待反馈的 PDP 数据。

举例而言，在 MIMO 场景下，在感知响应设备 220 或 230 从感知发起设备 210 接收到通知进行 PDP 反馈的指示之后，可以对针对每个流在每个接收通道上的信道估计进行 IFFT 处理，之后选取长度为 L （如表 3 中所示）的前几个数据进行反馈。

在某些其他实施例中，如上所述，在 MIMO 场景下，感知发起设备 210 可以使用专用 PDP 帧的 MIMO 控制字段来向感知响应设备 220 或 230 指示反馈哪些 PDP 数据。在这些实施例中，感知响应设备 220 或 230 可以根据 MIMO 控制字段中的指示来选择待反馈的 PDP 数据。

例如，如表 8 和表 11 所示，整体上，需要反馈的 PDP 矩阵维度可以表示为 $N_{STS} \times N_r \times L$ ，其中 N_{STS} 表示空时流的个数， N_r 表示接收端的接通道个数， L 表示每个流、每个接收链路上 IFFT 处理后需要反馈的数据长度。反馈的数据格式编码如下：

每一个空时流（1，...， N_{STS} ，共 N_{STS} ）包含以下信息，

{反馈矩阵包含 N_r （1，...，共 N_r ）行，其中的每一行包含以下信息，

{包含 L （1，...，共 L ）个复数，对于每一个复数，按照实部（ N_b 比特），虚

部 (Nb 比特) 进行量化传输。
}
}

其中, Nb 可以对应于表 8 和表 11 中的 MIMO control 字段中的 Codebook information/Coefficient Size (3 比特)。

感知响应设备 220 或 230 可以使用 PDP 报告信息来反馈 PDP 数据。例如, 对于 HE PDP 帧, 如表 7 所示, 可以通过将 PDP 帧动作字段的值设置为 4, 来指示当前帧承载 HE PDP 报告 (HE PDP Report) 信息。对于 EHT PDP 帧, 如表 10 所示, 当 PDP 帧动作字段的值为 4 时, 表示该帧携带 EHT PDP 报告信息。PDP Report 信息包含的示例信息如表 12 所示。

表 12

字段	大小 (比特)	含义
接收通道 1 中的 SNR	8	发送该报告的设备的第一个接收通道中的信噪比
...	...	...
接收通道 Nr 中的 SNR	8	发送该报告的设备的第 Nr 个接收通道中的信噪比
针对空时流 1 的 PDP 矩阵	$2 \times Nb \times L \times Nr$	PDP 矩阵
...	...	...
针对空时流 N _{STS} 的 PDP 矩阵	$2 \times Nb \times L \times Nr$	PDP 矩阵

其中 Nb 表示量化比特, L 表示 IFFT 处理之后反馈的复数长度 (由表 3 描述), Nr 表示矩阵感知接收端/发送报告的设备的接收通道个数, N_{STS} 表示空时流个数。

应当理解, 上面参考图 7 和图 14 中所述, 感知响应设备 220 或 230 在从感知发起设备 210 接收对 PDP 数据进行反馈的指示之后再执行信道估计并生成 CSI 数据, 仅仅是示例而非限制。在某些实施例中, 感知响应设备 220 或 230 可以自主地执行信道估计并生成 CSI 数据以及相应地生成 PDP 数据。在接收到来自感知发起设备 210 的对 PDP 数据进行反馈的指示之后再向感知发起设备 210 反馈一部分 PDP 数据。在某些其他实施例中, 感知响应设备 220 或 230 还可以周期性地或自发地执行信道估计, 生成 CSI 数据, 并且生成和反馈 PDP 数据, 而无需来自感知发起设备 210 的指示触发。

图 15 示出了根据本公开的某些实施例的在感知发起设备 210 处执行的基于 CSI 反馈的方法 1500 的流程图。

如图 15 所示, 在框 1505, 感知发起设备 210 向感知响应设备 220 或 230 发送对 PDP 数据进行反馈的指示, 以触发感知响应设备 220 或 230 基于 CSI 数据生成 PDP 数据以用于进行反馈。在框 1510, 感知发起设备 210 从感知响应设备 220 或 230 接收所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，感知发起设备 210 通过 Trigger 帧、NDPA 帧、Announcement 帧或者 PDP 帧中的至少一种帧向感知响应设备 220 或 230 发送对 PDP 数据进行反馈的指示。在某些实施例中，Trigger 帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，Trigger 帧中的所述公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的 AID 字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实施例中，PDP 帧包括 MIMO 控制字段，其包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。在某些实施例中，感知发起设备 210 通过 PDP 报告帧来从感知响应设备 220 或 230 接收一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，感知发起设备 210 向感知响应设备 220 或 230 发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。例如，感知发起设备 210 可以通过 Trigger 帧、NDPA 帧、Announcement 帧或者 PDP 帧中的至少一种帧向感知响应设备 220 或 230 发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。在某些实施例中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

应理解，上文结合图 2 至图 14 描述的操作和特征同样适用于方法 1500，并且具有同样的效果，具体细节不再赘述。

本公开的实施例还提供了用于实现上述方法或过程的相应装置。图 16 示出了根据本公开的某些实施例的在感知响应设备 220 或 230 处进行基于 CSI 反馈的装置 1600 的示意性结构框图。

如图 16 所示，装置 1600 包括第一信道估计模块 1605，被配置为基于信道估计获得 CSI 数据；第二信道估计模块 1610，被配置为基于 CSI 数据生成 PDP 数据；以及反馈模块 1615，被配置为反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，装置 1600 还包括第一接收模块 1620，被配置为在基于信道估计获得 CSI 数据之前，通过感知响应设备从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。在某些实施例中，第二信道估计模块 1610 被配置为响应于接收到对 PDP 数据进行反馈的指示，通过感知响应设备基于 CSI 数据生成 PDP 数据。

在某些实施例中，第一接收模块 1620 被配置为通过感知响应设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对 PDP 数据进行反馈的指示。在某些实施例中，触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，触发帧中的公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的 AID 字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实施例中，PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。在某些实施例中，反馈模块 1615 被配置为通过感知响应设备基于对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示，从所生成的 PDP 数据中选择待反馈的一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，反馈模块 1615 反馈模块被配置为：通过感知响应设备使用 PDP 报告帧来向感知发起设备反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，反馈模块 1615 被配置为：通过感知响应设备基于感知信号的传播距离来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，装置 1600 还包括第二接收模块，被配置为通过感知响应设备从感知发起设备接收对感兴趣的距离的指示。反馈模块 1615 被配置为通过感知响应设备，至少基于感兴趣的距离来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，第二接收模块被配置为通过感知响应设备从感知发起设备接收对偏差的指示。反馈模块 1615 被配置为通过感知响应设备，基于感兴趣的距离和偏差来反馈一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，第二接收模块被配置为：通过感知响应设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从感知发起设备接收对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。在某些实施例中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

应理解，上文结合图 2 至图 14 描述的在感知响应设备 220 或 230 处的操作和特征同样适用于装置 1600，并且具有同样的效果，具体细节不再赘述。

图 17 示出了根据本公开的某些实施例的在感知发起设备 210 处进行基于 CSI 反馈的装置 1700 的示意性结构框图。

如图 17 所示，装置 1700 包括第一发送模块 1705，被配置为通过感知发起设备向感知响应设备发送对功率时延谱 PDP 数据进行反馈的指示，以触发感知响应设备基于信道状态信息 CSI 数据生成 PDP 数据以用于向感知发起设备进行反馈；以及第三接收模块 1710，被配置为通过感知发起设备从感知响应设备接收所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，第一发送模块被配置为：通过感知发起设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧向感知响应设备发送对 PDP 数据进行反馈的指示。在某些实施例中，触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，触发帧中的公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对 PDP 数据进行反馈。在某些实施例中，NDPA 帧中的专用信息字段中包括的 AID 字段指示要对 PDP 数据进行反馈。

在某些实施例中，PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

在某些实施例中，第三接收模块被配置为：通过感知发起设备通过 PDP 报告帧来从感知响应设备接收一部分 PDP 数据。

在某些实施例中，装置 1700 还包括：第二发送模块，被配置为通过感知发起设备向感知响应设备发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。在某些实施例中，第二发送模块被配置为：通过感知发起设备，通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧向感知响应设备发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。在某些实施例中，触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示感兴趣的距离或者偏差中的至少一项。

应理解，上文结合图 2 至图 14 描述的在感知发起设备 210 处的操作和特征同样适用于装置 1700，并且具有同样的效果，具体细节不再赘述。

装置 1600 和 1700 中所包括的模块可以利用各种方式来实现，包括软件、硬件、固件或

其任意组合。在一些实施例中，一个或多个模块可以使用软件和/或固件来实现，例如存储在存储介质上的机器可执行指令。除了机器可执行指令之外或者作为替代，装置 1600 和 1700 中的部分或者全部模块可以至少部分地由一个或多个硬件逻辑组件来实现。作为示例而非限制，可以使用的示范类型的硬件逻辑组件包括现场可编程门阵列（FPGA）、专用集成电路（ASIC）、专用标准品（ASSP）、片上系统（SOC）、复杂可编程逻辑器件（CPLD），等等。

图 18 示出了其中可以实施本公开的某些实施例的设备 1800 的框图。设备 1800 能够用来实现例图 2 中所示的感知发起设备 210 或者感知响应设备 220 或 230。

如图 18 所示，设备 1800 包括处理器 1810，处理器 1810 控制设备 1800 的操作和功能。例如，在某些示例实施例中，处理器 1810 可以借助于与其耦合的存储器 1820 中所存储的指令 1830 来执行各种操作。存储器 1820 可以是适用于本地技术环境的任何合适的类型，并且可以利用任何合适的数据存储技术来实现，包括但不限于基于半导体的存储器件、磁存储器件和系统、光存储器件和系统。尽管图 18 中仅仅示出了一个存储器单元，但是在设备 1800 中可以有多物理不同的存储器单元。

处理器 1810 可以是适用于本地技术环境的任何合适的类型，并且可以包括但不限于通用计算机、专用计算机、微控制器、数字信号控制器（DSP）以及基于控制器的多核控制器架构中的一个或多个。设备 1800 也可以包括多个处理器 1810。处理器 1810 与通信单元 1840 耦合。通信单元 1840 可以通过无线电信号或者借助于光纤、电缆和/或其他部件来实现信息的接收和发送。

当设备 1800 充当感知响应设备 220 或 230 时，处理器 1810 可以通过执行指令实现上文参考图 2 到图 17 描述的在感知响应设备 220 或 230 处的操作和动作。当设备 1800 充当感知发起设备 210 时，处理器 1810 可以通过执行指令实现上文参考图 2 到图 17 描述的在感知发起设备 210 处的操作和动作。上文参考图 2 到图 17 所描述的所有特征均适用于设备 1800，在此不再赘述。

一般而言，本公开的各种示例实施例可以在硬件或专用电路、软件、逻辑，或其任何组合中实施。某些方面可以在硬件中实施，而其他方面可以在可以由控制器、微处理器或其他计算设备执行的固件或软件中实施。当本公开的示例实施例的各方面被图示或描述为框图、流程图或使用某些其他图形表示时，将理解此处描述的方框、装置、系统、技术或方法可以作为非限制性的示例在硬件、软件、固件、专用电路或逻辑、通用硬件或控制器或其他计算设备，或其某些组合中实施。

作为示例，本公开的示例实施例可以在机器或计算机可执行指令的上下文中被描述，机器可执行指令诸如包括在目标的真实或者虚拟处理器上的器件中执行的程序模块中。一般而言，程序模块包括例程、程序、库、对象、类、组件、数据结构等，其执行特定的任务或者实现特定的抽象数据结构。在各示例实施例中，程序模块的功能可以在所描述的程序模块之间合并或者分割。用于程序模块的机器可执行指令可以在本地或者分布式设备内执行。在分布式设备中，程序模块可以位于本地和远程存储介质二者中。

用于实现本公开的方法的计算机程序代码可以用一种或多种编程语言编写。这些计算机程序代码可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程的数据处理装置的处理器，使得程序代码在被计算机或其他可编程的数据处理装置执行的时候，引起在流程图和/或框图中规定的功能/操作被实施。程序代码可以完全在计算机上、部分在计算机上、作为独立的软件包、部分在计算机上且部分在远程计算机上或完全在远程计算机或服务器上执行。

在本公开的上下文中，机器可读介质或计算机可读介质可以是包含或存储用于或有关于

指令执行系统、装置或设备的程序的任何有形介质。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读存储介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁的、光学的、电磁的、红外的或半导体系统、装置或设备，或其任意合适的组合。机器可读存储介质的更详细示例包括带有一根或多根导线的电气连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机存储存取器（RAM）、只读存储器（ROM）、可擦除可编程只读存储器（EPROM 或闪存）、光存储设备、磁存储设备，或其任意合适的组合。

另外，尽管操作以特定顺序被描绘，但这并不应该理解为要求此类操作以示出的特定顺序或以相继顺序完成，或者执行所有图示的操作以获取期望结果。在某些情况下，多任务或并行处理会是有益的。同样地，尽管上述讨论包含了某些特定的实施细节，但这并不应解释为限制任何发明或权利要求的范围，而应解释为对可以针对特定发明的特定示例实施例的描述。本说明书中在分开的示例实施例的上下文中描述的某些特征也可以整合实施在单个示例实施例中。反之，在单个示例实施例的上下文中描述的各种特征也可以分离地在多个示例实施例或在任意合适的子组合中实施。

尽管已经以特定于结构特征和/或方法动作的语言描述了主题，但是应当理解，所附权利要求中限定的主题并不限于上文描述的特定特征或动作。相反，上文描述的特定特征和动作是作为实现权利要求的示例形式而被公开的。

权 利 要 求 书

1、一种通信方法，包括：

感知发起设备向感知响应设备发送对功率时延谱 PDP 数据进行反馈的指示，以触发所述感知响应设备基于 CSI 数据生成 PDP 数据以用于进行反馈；以及

所述感知发起设备从所述感知响应设备接收所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中发送所述对 PDP 数据进行反馈的指示包括：

所述感知发起设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对所述 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧向所述感知响应设备发送所述对 PDP 数据进行反馈的指示。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其中所述触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对所述 PDP 数据进行反馈。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其中所述触发帧中的所述公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对所述 PDP 数据进行反馈。

5、根据权利要求 2 所述的方法，其中所述 NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对所述 PDP 数据进行反馈。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其中所述 NDPA 帧中的所述专用信息字段中包括的关联标识符 AID 字段指示要对所述 PDP 数据进行反馈。

7、根据权利要求 2 所述的方法，其中所述 PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，所述 MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

8、根据权利要求 1 所述的方法，其中接收所述一部分 PDP 数据包括：

所述感知发起设备通过 PDP 报告帧来从所述感知响应设备接收所述一部分 PDP 数据。

9、根据权利要求 1 所述的方法，还包括：

所述感知发起设备向所述感知响应设备发送对感兴趣的距离的指示或者对偏差的指示中的至少一个指示。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其中

所述感知发起设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对所述 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧向所述感知响应设备发送所述对感兴趣的距离的指示或者所述对偏差的指示中的至少一个指示。

11、根据权利要求 10 所述的方法，其中所述触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示所述感兴趣的距离或者所述偏差中的至少一项。

12、一种通信方法，包括：

感知响应设备基于信道估计获得 CSI 数据；

所述感知响应设备基于所述 CSI 数据生成功率时延谱 PDP 数据；以及

所述感知响应设备反馈所生成的 PDP 数据中的一部分 PDP 数据。

13、根据权利要求 12 所述的方法，还包括：

在基于所述信道估计获得所述 CSI 数据之前，所述感知响应设备从所述感知发起设备接收对所述 PDP 数据进行反馈的指示。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其中生成所述 PDP 数据包括：

响应于接收到所述对 PDP 数据进行反馈的指示，所述感知响应设备基于所述 CSI 数据生

成所述 PDP 数据。

15、根据权利要求 13 所述的方法，其中接收所述对 PDP 数据进行反馈的指示包括：

所述感知响应设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对所述 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从所述感知发起设备接收所述对 PDP 数据进行反馈的指示。

16、根据权利要求 15 所述的方法，其中所述触发帧中的公共信息字段或专用信息字段指示要对所述 PDP 数据进行反馈。

17、根据权利要求 16 所述的方法，其中所述触发帧中的所述公共信息字段中包括的触发类型字段指示要对所述 PDP 数据进行反馈。

18、根据权利要求 15 所述的方法，其中所述 NDPA 帧中的探测对话令牌字段或专用信息字段指示要对所述 PDP 数据进行反馈。

19、根据权利要求 18 所述的方法，其中所述 NDPA 帧中的所述专用信息字段中包括的关联标识符 AID 字段指示要对所述 PDP 数据进行反馈。

20、根据权利要求 15 所述的方法，其中所述 PDP 帧包括多输入多输出 MIMO 控制字段，所述 MIMO 控制字段包括对要反馈的 PDP 矩阵的列数、行数或者矩阵元素的量化比特数中的至少一项的指示。

21、根据权利要求 20 所述的方法，其中反馈所述一部分 PDP 数据包括：

所述感知响应设备基于对要反馈的 PDP 矩阵的所述列数、所述行数或者所述矩阵元素的量化比特数中的至少一项的所述指示，从所生成的 PDP 数据中选择待反馈的所述一部分 PDP 数据。

22、根据权利要求 12 所述的方法，其中反馈所述一部分 PDP 数据包括：

所述感知响应设备使用 PDP 报告帧来反馈所生成的 PDP 数据中的所述一部分 PDP 数据。

23、根据权利要求 12 所述的方法，其中反馈所述一部分 PDP 数据包括：

所述感知响应设备基于感知信号的传播距离来反馈所述一部分 PDP 数据。

24、根据权利要求 23 所述的方法，其中反馈所述一部分 PDP 数据包括：

所述感知响应设备从所述感知发起设备接收对感知信号的感兴趣的距离的指示；以及

所述感知响应设备至少基于所述感兴趣的距离来反馈所述一部分 PDP 数据。

25、根据权利要求 24 所述的方法，其中至少基于所述感兴趣的距离来反馈所述一部分 PDP 数据包括：

所述感知响应设备从所述感知发起设备接收对偏差的指示；以及

所述感知响应设备基于所述感兴趣的距离和所述偏差来反馈所述一部分 PDP 数据。

26、根据权利要求 25 所述的方法，其中

所述感知响应设备通过触发帧、空数据包声明 NDPA 帧、声明帧或者用于指示要对所述 PDP 数据进行反馈的 PDP 帧中的至少一种帧从所述感知发起设备接收所述对感兴趣的距离的指示或者所述对偏差的指示中的至少一个指示。

27、根据权利要求 26 所述的方法，其中所述触发帧中的公共信息字段中包括的基于触发的信息字段指示所述感兴趣的距离或者所述偏差中的至少一项。

28、根据权利要求 12 所述的方法，其中反馈所述一部分 PDP 数据包括：

所述感知响应设备向感知发起设备反馈所生成的 PDP 数据中的所述一部分 PDP 数据。

29、一种通信设备，包括：

处理器；所述处理器与存储器耦合，所述存储器存储指令，其中

所述指令在被所述处理器执行时使权利要求 1 到 11 或者权利要求 12 到 28 中的任一项所述的方法被执行。

30. 一种计算机可读存储介质，其上存储有程序，至少部分所述程序在由设备中的处理器执行时，使设备执行根据权利要求 1 到 11 或者权利要求 12 到 28 中的任一项所述的方法。

31. 一种计算机程序产品，所述计算机程序产品上包含计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时实现根据权利要求 1 到 11 或者权利要求 12 到 28 中的任一项所述的方法。

32. 一种芯片，包括处理电路，被配置为执行根据权利要求 1 到 11 或者权利要求 12 到 28 中的任一项所述的方法。