

### 无线感知方法及装置

本申请要求于2023年09月28日提交的申请号为202311279386.X、发明名称为“无线感知方法及装置”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

本申请涉及感知技术领域，特别涉及一种无线感知方法及装置。

### 背景技术

无线感知是指通过测量无线信号经过人或物的散射和/或反射的变化来感知环境中的人或物的技术。如何基于无线局域网（wireless local area network, WLAN）实现环境感知，比如实现环境中的人员入侵检测或人员呼吸检测等，是目前的研究重点。

### 发明内容

本申请提供了一种无线感知方法及装置，可以基于WLAN实现环境感知。

第一方面，提供了一种无线感知方法。该方法包括：WLAN中的接入点（access point, AP）用第一天线发送信标帧。AP用第二天线接收回响信号，该回响信号由该信标帧经过反射或散射得到。AP根据接收到的回响信号进行环境感知。

本申请利用AP可自收发报文的能力，由同一AP发送信标帧并接收该信标帧的回响信号，相较于该AP而言，信号收发位置始终是已知的，因此有助于提升环境感知精度，且AP的部署位置不受限制，可灵活应用于各种场景。另外，AP利用信标帧实现环境感知。信标帧是周期性发送的，以宣布AP的存在。因此，利用信标帧实现环境感知无需额外发包，可以节约信道资源，而且可以在正常通信过程中完成环境感知，实现通信感知一体化。

可选地，第一天线和第二天线为连接AP的同一基带电路的不同天线。

这种实现方式下，由于第一天线和第二天线通过同一射频电路连接AP的同一基带电路，可以实现发射电路和接收电路的共本振设计，使得发送端和接收端之间的采样频率和载波频率一致，不会存在采样频率偏置和载波频率偏置影响到接收信号的CSI质量的问题，从而可以提升环境感知精度。另外也无需进行内部时间同步，从而可以提升环境感知效率。

可选地，第一天线和第二天线分别连接AP的不同基带电路。

可选地，AP用第一天线发送信标帧的一种实现方式，包括：AP用第一天线在主信道和次信道上同时发送信标帧。

本申请中，AP可以将将在主信道上传输的信标帧复制到一个或多个次信道上同时传输，使得信标帧在更大带宽上传输，以使AP能够在更大带宽上接收到信标帧经过环境的反射或散射得到的回响信号，从而提升感知精度。

可选地，AP根据接收到的回响信号进行环境感知的一种实现方式，包括：AP根据接收到的回响信号计算信道状态信息（channel state information, CSI）。AP基于预设的幅相补偿关系，根据该回响信号对应的自动增益控制（automatic gain control, AGC）档位对该CSI进行幅相补偿，该幅相补偿关系包括多个AGC档位对应的幅度补偿值和/或相位补偿值。AP根据经过幅相补偿后的CSI进行环境感知。

本申请中，通过预先建立幅相补偿关系，采用回响信号对应的AGC档位对基于该回响信号计算得到的CSI进行幅相补偿，可以尽量消除由AGC档位引入的CSI的动态变量对环境感知的影响。

第二方面，提供了一种WLAN中的AP。所述AP包括多个功能模块，所述多个功能模块相互作用，实现上述第一方面及其各实施方式中的方法。所述多个功能模块可以基于软件、硬件或软件和硬件的结合实现，且所述多个功能模块可以基于具体实现进行任意组合或分割。

例如，该AP包括发送模块、接收模块和处理模块。其中，发送模块，用于用第一天线发送信标帧。接

收模块，用于用第二天线接收回响信号，所述回响信号由所述信标帧经过反射或散射得到。处理模块，用于根据接收到的所述回响信号进行环境感知。

可选地，所述第一天线和所述第二天线为连接所述AP的同一基带电路的不同天线。

可选地，所述第一天线和所述第二天线分别连接所述AP的不同基带电路。

可选地，所述发送模块，具体用于：用所述第一天线在主信道和次信道上同时发送所述信标帧。

可选地，所述处理模块，具体用于：根据接收到的所述回响信号计算CSI；基于预设的幅相补偿关系，根据所述回响信号对应的AGC档位对所述CSI进行幅相补偿，所述幅相补偿关系包括多个AGC档位对应的幅度补偿值和/或相位补偿值；根据经过幅相补偿后的CSI进行环境感知。

第三方面，提供了一种WLAN中的AP。该AP包括：处理器、存储器、收发器和多个天线。

所述收发器，用于用所述多个天线中的第一天线发送信标帧。所述收发器还用于用所述多个天线中的第二天线接收回响信号，所述回响信号由所述信标帧经过反射或散射得到。所述处理器，用于调用所述存储器中所存储的计算机程序，以根据接收到的所述回响信号进行环境感知。

可选地，第一天线和第二天线为AP的不同天线。比如，第一天线和第二天线为连接AP的同一基带电路的不同天线。或者，第一天线和第二天线分别连接AP的不同基带电路。

第四方面，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有指令，当所述指令被AP的处理器执行时，实现上述第一方面及其各实施方式中的方法。

第五方面，提供了一种芯片，芯片包括可编程逻辑电路和/或程序指令，当芯片运行时，实现上述第一方面及其各实施方式中的方法。

#### 附图说明

图1是本申请实施例提供的一种应用场景示意图；

图2是本申请实施例提供的一种AP的硬件结构示意图；

图3是本申请实施例提供的另一种AP的硬件结构示意图；

图4是本申请实施例提供的一种无线感知方法的流程示意图；

图5是本申请实施例提供的一种AP的结构示意图。

#### 具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本申请实施方式作进一步地详细描述。

WLAN可以利用CSI进行环境感知，简称CSI感知。CSI数据包含例如散射、衰落、能量随着距离的衰减等信道特性。由于物体在环境中活动时会影响信号的传播，而这些都会随着信道变化被CSI记录下来，因此利用CSI可以实现检测、定位和识别等功能。CSI感知技术有很多优点，比如室内普适性、隐私保护性、细粒度感知和环境鲁棒性。CSI感知技术也有很多应用场景，比如健康监控和智能家居等。

电气和电子工程师协会（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）802.11bf协议草案提出了为WLAN技术提供无线感知功能，同时最小化对通信的影响。目前IEEE 802.11bf协议草案所讨论内容主要为多站间组网，以实现CSI数据的获取。其中，多站间组网可以是一个支持发送WLAN信号的WLAN设备与一个支持测量CSI的WLAN设备进行组网，比如AP与AP组网，AP与物联网（Internet of things, IOT）设备组网，或者IOT设备与IOT设备组网。简单来说，在多站间组网场景下，由一个WLAN设备发送无线信号，另一个WLAN设备根据接收到的无线信号计算CSI，以进一步实现环境感知。

例如，由一个WLAN设备周期性地发送无线信号，另一个WLAN设备根据接收到的无线信号计算CSI，并采用基于模型的方式或基于学习的方式来分析一段时间内获取的连续CSI数据，以感知环境中的人体活动。其中，基于模型的方式是根据一些物理模型信号来建模人体的活动，比如菲涅尔区理论。基于学习的方式是基于数据和机器学习驱动的，对于一些较难建模的人体活动，比如人体摔倒状态识别，可以通过采集大量的数据以训练机器学习模型来进行识别。

但是，无论是基于模型的方式还是基于学习的方式，都与多站间组网的拓扑结构相关。对于基于模型的方式来说，若不知拓扑结构会影响环境感知精度。而对于基于学习的方式，会因为拓扑结构的改变导致之前训练得到的机器学习模型失效。因此在多站间组网的拓扑结构未知的情况下，两个WLAN设备分别发送和接收信号的技术可能无法实现对环境的精确感知。

此外，由于多站间组网场景下，多个WLAN设备之间需要互相测量CSI数据。一方面，如果接收端和发送端之间的时钟不同步，可能会造成接收端与发送端之间的采样频率和载波频率不同，而CSI质量会受到采样频率偏置（sampling frequency offset, SFO）和载波频率偏置（carrier frequency offset, CFO）等因素的影响，从而会影响环境感知精度。另一方面，不同WLAN设备之间可能会受限于异频组网，或者受限于载波侦听多路访问及冲突避免（carrier-sense multiple access with collision avoidance, CSMA/CA）机制，无法在一段时间内获取较多的相对于同一WLAN设备的CSI数据，导致环境感知精度较低。

基于此，本申请提供了一种应用于WLAN的技术方案。AP用第一天线发送信标（beacon）帧，并用第二天线接收该信标帧经过反射或散射得到的回响（Echo）信号，进一步根据接收到的回响信号进行环境感知。其中，第一天线和第二天线可以是AP中的不同天线。本申请利用AP可自收发报文的能力，由同一AP发送信标帧并接收该信标帧的回响信号，相较于该AP而言，信号收发位置始终是已知的，因此有助于提升环境感知精度，且AP的部署位置不受限制，可灵活应用于各种场景。另外，AP利用信标帧实现环境感知。信标帧是周期性发送的，以宣布AP的存在。因此，利用信标帧实现环境感知无需额外发包，可以节约信道资源，而且可以在正常通信过程中完成环境感知，实现通信感知一体化。

下面从应用场景、硬件结构、方法流程、虚拟装置等多个角度对本申请技术方案进行详细介绍。

下面对本申请实施例涉及的应用场景和硬件结构进行举例说明。

本申请实施例提供的无线感知方法可以应用于部署有WLAN的各种应用场景，比如环境中入侵检测、呼吸检测等，既可以应用于室内环境，也可以应用于室外环境。例如，图1是本申请实施例提供的一种应用场景示意图。如图1所示，该应用场景包括AP 100。AP 100为支持WLAN协议的网络设备。例如AP 100可以是无线路由器等。AP 100用于为站点（station, STA）提供基于WLAN协议的无线接入服务。WLAN协议中定义了IEEE 802.11系列标准。

可选地，AP 100支持的工作频段包括但不限于2.4吉赫兹（GHz）频段、3.6GHz频段、4.9GHz频段、5GHz频段、6GHz频段或60GHz频段。其中，2.4GHz频段包括2.4GHz至2.4835GHz，5GHz频段包括5.150GHz至5.350GHz以及5.725GHz至5.850GHz。为了避免同频干扰问题，WLAN中的可用频段被划分为独立信道，即信道之间不存在频段交叠。例如，2.4GHz频段有3个独立信道，包括信道1、信道6和信道11，因此在2.4GHz频段下最多能够同时部署三个异频WLAN。本申请实施例中，“信道x”中的“x”指的是WLAN协议中定义的信道编号。例如，5GHz频段包括信道36、信道40、信道44和信道48等。

AP 100的工作信道至少包括主信道。可选地，AP 100的工作信道还包括次信道。本申请实施例中，AP 100的工作信道指完整的WLAN信道，例如20兆赫兹（MHz）的WLAN信道，或者带宽更大的（例如40MHz，80MHz或160MHz）WLAN信道。带宽大于20MHz的信道可称为大带宽信道，大带宽信道由多个连续的20MHz信道组成。例如5GHz频段下，40MHz的大带宽信道可以由20MHz的信道36和20MHz的信道40组成，表示为信道<36,40>。如果AP 100的工作信道为大带宽信道，则AP 100的工作信道可以包括主信道和次信道。其中，AP 100的工作信道中的任意一个20MHz信道都可以设置成主信道。AP 100的工作信道中除主信道以外的信道为次信道。为了提高WLAN服务质量，AP可以采用大带宽信道作为工作信道，例如40MHz或更大带宽的WLAN信道。若AP 100的工作信道被配置为大带宽信道，则AP 100在每次传输WLAN帧时，可以使用工作信道的部分或全部带宽进行传输，但是必须包含主信道。例如，AP 100的工作信道被配置为80MHz信道<36,40,44,48>，其中，主信道是信道36，那么AP 100可以在整个80MHz信道上传输WLAN帧，或者在40MHz信道<36,40>上传输WLAN帧，又或者在20MHz信道36上传输WLAN帧。其中，WLAN帧包括管理帧、控制帧和数据帧。管理帧包括但不限于信标帧。

本申请实施例中，AP 100用于实现单基感知，即参与环境感知的设备只有一个，由AP 100通过自发自收信号来感知环境，这与传统雷达的工作方式相似。例如参见图1，AP 100用于发送信标帧，信标帧经过环境的散射和/或反射，会形成回响信号，之后AP 100可以接收到回响信号，进一步通过分析接收到的回响信号实现对环境的感知。

可选地, 请继续参见图1, 该应用场景还包括无线控制器110和/或服务器120。无线控制器110用于管理AP 100, 包括对AP 100进行射频调优、空口优化和安全认证等。无线控制器110例如可以是接入控制器(access controller, AC)。服务器120用于为AP 100提供服务, 包括但不限于接入服务等。本申请实施例中, AP 100接收到信标帧的回响信号之后, 可以自行独立完成环境感知, 或者也可以配合无线控制器110或服务器120完成环境感知, 例如AP 100可以将采集到的CSI数据发送给无线控制器110或服务器120, 由无线控制器110或服务器120通过分析CSI数据的变化来感知环境的变化。

可选地, AP 100包括多个天线。例如, 图2和图3分别是本申请实施例提供的一种AP的硬件结构示意图。如图2或图3所示, AP 100包括: 处理器101、存储器102、收发器103以及多个天线。例如参见图2, AP 100包括2个天线, 分别为天线A1和天线A2。又例如参见图3, AP 100包括4个天线, 分别为天线B1、天线B2、天线B3和天线B4。图2和图3中天线的数量仅用作示例性说明, 不作为对本申请实施例提供的AP的限制。

处理器101、存储器102和收发器103之间通过通信总线(图中未示出)连接。

处理器101可以是一个通用中央处理器(central processing unit, CPU)、特定应用集成电路(application-specific integrated circuit, ASIC)或一个或多个用于控制本申请方案执行的集成电路。处理器101可以是单核(single-CPU)处理器, 也可以是多核(multi-CPU)处理器。这里的处理器101可以指一个或多个设备、电路、和/或用于处理数据(例如计算机程序指令)的处理核。

存储器102可以是只读存储器(read-only memory, ROM)或可存储静态信息和指令的其它类型的静态存储设备, 随机存取存储器(random access memory, RAM)或者可存储信息和指令的其它类型的动态存储设备, 也可以是电可擦可编程只读存储器(electrically erasable programmable read-only memory, EEPROM)、只读光盘(compact disc read-only Memory, CD-ROM)或其它光盘存储、光碟存储(包括压缩光碟、激光光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等)、磁盘或者其它磁存储设备、或者能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机存取的任何其它介质, 但不限于此。存储器102可以是独立存在, 通过通信总线与处理器101相连接。存储器102也可以和处理器101集成在一起。

本申请实施例中, 存储器102用于存储计算机程序, 该计算机程序包括程序指令。处理器101用于调用该计算机程序, 协同收发器103实现本申请以下实施例提供的无线感知方法。

收发器103用于执行设备的收发动作。可选地, 收发器103包括一个或多个基带电路以及一个或多个射频电路。例如参见图2, 收发器103包括一个基带电路(基带电路21)和一个射频电路(射频电路22)。又例如参见图3, 收发器103包括两个基带电路(基带电路311和基带电路312)和两个射频电路(射频电路321和射频电路322), 其中, 基带电路311与射频电路321相连, 基带电路312与射频电路322相连。图3中以多个基带电路集成在同一收发器103中为例进行说明, 或者AP 100也可以包括多个收发器, 多个基带电路可以独立部署在AP 100的不同收发器中。

参见图2或图3, 每个基带电路包括信号产生电路和信号接收电路。信号产生电路和信号接收电路可以是独立的两个电路, 或者信号产生电路和信号接收电路之间也可以共用部分电路。信号产生电路用于产生和发出信号。信号接收电路用于接收和处理信号。图2和图3中示出的基带电路基于硬件实现。在一些实现方式中, 基带处理功能也可以基于软件实现。例如, 基带处理功能可以在处理器中实现, 即在处理器中集成基带处理模块, 本申请实施例对此不做限定。为了便于区分, 本申请将实现基带处理功能的硬件称之为基带电路, 将实现基带处理功能的软件称之为基带处理模块。

可选地, 射频电路中可以包括一个或多个通道(chain)。基带电路可以使能射频电路中的通道为发送(transmit, Tx)通道或接收(receive, Rx)通道。可选地, 发送通道可以包括滤波器、数模转换器和功率放大器等。接收通道可以包括滤波器、模数转换器和功率放大器等。发送通道和接收通道之间可以相互独立, 或者也可以共用部分器件。

例如参见图2, 射频电路22中包括通道22a和通道22b。当AP 100进行环境感知时, 可以通过基带电路21将通道22a使能为发送通道, 并将通道22b使能为接收通道。通道22a与信号产生电路连接, 且通道22a连接天线A1, 即天线A1为发送天线。通道22b与信号接收电路连接, 且通道22b连接天线A2, 即天线A2为接收天线。基带电路21中的信号产生电路产生的信号在射频电路22中的通道22a传输, 并由天线A1发送出去。天线A2接收到的信号经过射频电路22中的通道22b传输至基带电路21中的信号接收电路, 然后该信号由信号接收电路处理或继续传输至处理器101由处理器101处理。例如天线A1可以发出信标帧, 天线A2可以接收到该信标帧以及该信标帧经过环境散射或反射产生的回响信号。图2中以射频电路22包括两个通道为例进

行说明, 射频电路22还可以包括三个或更多的通道, 相应地, 射频电路22可以连接三个或更多的天线。当AP 100进行环境感知时, 可以通过基带电路21使能射频电路22连接的一个天线为发送天线, 其余天线为接收天线, 或者也可以使能射频电路22连接的多个天线为发送天线, 其余天线为接收天线, 只要保证基带电路21通过射频电路22连接的多个天线中同时有发送天线和接收天线即可。

又例如参见图3, 射频电路321中包括通道321a和通道321b。当AP 100进行环境感知时, 可以通过基带电路311将通道321a和通道321b使能为发送通道, 并通过基带电路312将通道322a和通道322b使能为接收通道。通道321a和通道321b分别与信号产生电路连接, 且通道321a连接天线B1, 通道321b连接天线B2, 即天线B1和天线B2为发送天线。通道322a和通道322b分别与信号接收电路连接, 且通道322a连接天线B3, 通道322b连接天线B4, 即天线B3和天线B4为接收天线。基带电路311中的信号产生电路产生的信号在射频电路321中的通道321a和通道321b传输, 并分别由天线B1和天线B2发送出去。天线B3和天线B4接收到的信号分别经过射频电路322中的通道322a和通道322b传输至基带电路312中的信号接收电路, 然后该信号由信号接收电路处理或继续传输至处理器101由处理器101处理。例如天线B1和天线B2可以发出信标帧, 天线B3和天线B4可以接收到该信标帧以及该信标帧经过环境散射或反射产生的回响信号。图3中以射频电路321和射频电路322均包括两个通道为例进行说明, 射频电路321和射频电路322还可以包括一个、三个或更多的通道, 相应地, 射频电路321和射频电路322可以连接一个、三个或更多的天线。当AP 100进行环境感知时, 可以通过基带电路311使能射频电路321连接的一个或多个天线为发送天线, 并通过基带电路312使能射频电路322连接的一个或多个天线为接收天线, 或者也可以通过基带电路311使能射频电路321连接的一个或多个天线为接收天线, 并通过基带电路312使能射频电路322连接的一个或多个天线为发送天线, 只要保证基带电路311通过射频电路321连接的天线中存在发送天线, 且基带电路312通过射频电路322连接的天线中存在接收天线即可。

下面对本申请实施例的方法流程举例说明。

本申请实施例提供的无线感知方法可以应用于WLAN中的AP, 该AP包括多个天线, 例如该AP可以是如图1至图3任一所示的AP 100。例如, 图4是本申请实施例提供的一种无线感知方法的流程示意图。如图4所示, 该方法包括但不限于以下步骤401至步骤403。

步骤401、AP用第一天线发送信标帧。

可选地, AP用第一天线定期发送信标帧来宣告WLAN的存在, 以便STA接入该WLAN。

可选地, AP的工作信道为大带宽信道, 包括主信道和次信道。AP的工作信道为大带宽信道时, 信标帧一般仅在主信道上被发送。为了提升感知精度, AP可以用第一天线在主信道和次信道上同时发送信标帧。例如AP的工作信道的带宽为80MHz, 包括一个20MHz的主信道以及三个20MHz的次信道, 则AP可以将将在主信道上传输的信标帧复制到一个或多个次信道(如所有次信道)上同时传输, 使得信标帧在更大带宽上传输, 以使AP能够在更大带宽上接收到信标帧经过环境的反射或散射得到的回响信号, 从而提升感知精度。接收信号的带宽越大, 则感知精度越高。具体来说, 接收信号的带宽越大, 则AP在时域上对接收信号的时间分辨率越高, 在频域上获取的接收信号的子载波数量越多。以时域为例, 回响信号在介质中的传播时间能够反映感知目标到AP的距离, 因此接收信号的时间分辨率越高, 则计算得到的感知目标到AP的距离的精度越高, 从而能够提升对感知目标的定位精度, 即提升感知精度。

可选地, AP还可以在环境感知过程中减小信标帧的发包时间间隔, 也即是, AP在环境感知过程中发送更多的信标帧, 以使AP能够接收到更多信标帧经过环境的反射或散射得到的回响信号, 从而能够获取更多环境感知信息, 以提升感知精度。

步骤402、AP用第二天线接收回响信号, 该回响信号由AP用第一天线发送的信标帧经过反射或散射得到。

值得说明的是, 本申请实施例中的第一天线用于指代AP用于发送信标帧的天线, 并非特指AP的某个天线。第一天线可以是AP的一个天线, 或者也可以是AP的多个天线。本申请实施例对AP用于发送信标帧的天线的数量不做限定。同样地, 本申请实施例中的第二天线用于指代AP用于接收信标帧经过反射或散射得到的回响信号的天线, 并非特指AP的某个天线。第二天线可以是AP的一个天线, 或者也可以是AP的多个天线。本申请实施例对AP用于接收回响信号的天线的数量不做限定。

可选地, AP在用第一天线发送信标帧之前(即执行步骤401之前), 将第一天线设置为发送天线, 并将

第二天线设置为接收天线，以等待接收用第一天线发出的信标帧经过反射或散射得到的回响信号。

本申请实施例以第一天线和第二天线为AP的不同天线为例进行说明。

一种可能实现方式，第一天线和第二天线为连接AP的同一基带电路的不同天线。例如AP的结构如图2所示，第一天线可以是天线A1，第二天线可以是天线A2，第一天线和第二天线通过射频电路22连接同一基带电路21。AP 100可以用天线A1发送信标帧，以及用天线A2接收回响信号。

这种实现方式下，AP可以设置有通信模式和感知模式。当AP处于通信模式时，连接同一基带电路的所有天线的收发状态通常是相同的，比如所有天线都使能为发送天线以向外发出基带电路产生的信号，或者所有天线都使能为接收天线以接收外部信号，这样能够提高AP的信号收发效率。当AP处于感知模式时，连接同一基带电路的多个天线包括发送天线和接收天线，这样使得AP用发送天线发出的信号能够被接收天线接收到，从而实现环境感知。

可选地，AP可以周期性地对环境感知，比如每隔5分钟进行一次环境感知。或者，AP可以在感知指令的触发下进行环境感知，该感知指令可以是人为在AP上触发的，或者也可以是其它设备发送给AP的控制指令。当AP开始进行环境感知时，可以从通信模式切换至感知模式。相应地，当AP结束环境感知之后，可以立即从感知模式切换至通信模式，以提高AP的通信效率。

这种实现方式下，由于第一天线和第二天线通过同一射频电路连接AP的同一基带电路，可以实现发射电路和接收电路的共本振设计，使得发送端和接收端之间的采样频率和载波频率一致，不会存在采样频率偏置和载波频率偏置影响到接收信号的CSI质量的问题，从而可以提升环境感知精度。另外也无需进行内部时间同步，从而可以提升环境感知效率。

另一种可能实现方式，第一天线和第二天线分别连接AP的不同基带电路。可选地，第一天线通过第一射频电路连接AP的第一基带电路，第二天线通过第二射频电路连接AP的第二基带电路。例如AP的结构如图3所示，第一天线可以是天线B1和天线B2，第二天线可以是天线B3和天线B4。第一射频电路可以是射频电路321，第一基带电路可以是基带电路311，即第一天线（天线B1和天线B2）通过射频电路321连接基带电路311。第二射频电路可以是射频电路322，第二基带电路可以是基带电路312，即第二天线（天线B3和天线B4）通过射频电路322连接基带电路312。AP 100可以用天线B1和天线B2发送信标帧，以及用天线B3和天线B4接收回响信号。

可选地，在第一射频电路和第二射频电路的工作频点不同的情况下，AP在用第一天线发送信标帧之前（即执行步骤401之前），需要切换第一射频电路和/或第二射频电路的工作频点，以使第一射频电路和第二射频电路的工作频点相同。比如第一射频电路的工作频点为5.2GHz，第二射频电路的工作频点为5.4GHz，则可以将第二射频电路的工作频点由5.4GHz切换至5.2GHz，或者可以将第一射频电路的工作频点由5.2GHz切换至5.4GHz，以使第一射频电路和第二射频电路工作在同一频点上，从而使得第一天线发出的信号能够被第二天线接收到。

可选地，AP可以周期性地对环境感知，比如每隔5分钟进行一次环境感知。或者，AP可以在感知指令的触发下进行环境感知，该感知指令可以是人为在AP上触发的，或者也可以是其它设备发送给AP的控制指令。当AP开始进行环境感知时，可以将第一射频电路和第二射频电路切换至相同的工作频点。相应地，当AP结束环境感知之后，可以立即将第一射频电路和第二射频电路的工作频点还原至原有工作频点，以尽量降低对AP的正常通信的影响。

本申请实施例也不排除第一天线和第二天线为同一天线的可能性，这种实现方式下，AP在用第一天线发送完信标帧之后，可以立即将第一天线由发送天线切换为接收天线，以等待接收发出的信标帧经过反射或散射得到的回响信号。

AP除了用第二天线接收回响信号以外，还用第二天线接收从第一天线直接发出的信标帧（称为直射信号）。由于信号在空气介质中传播需要一定的时间，而直射信号的传播距离远小于回响信号的传播距离，因此对于同一信标帧，AP用第二天线第一次接收到的信标帧为直射信号，第二次接收到的信标帧为回响信号。

进一步地，AP用第二天线接收到回响信号之后，继续执行以下步骤403。

步骤403、AP根据接收到的回响信号进行环境感知。

可选地，AP可以根据接收到的回响信号的频域特征进行环境感知，比如AP可以对接收到的回响信号进行频域采样以计算得到CSI，然后根据CSI进行环境感知。这种实现方式下，AP可以复用通信处理链路计算接收信号的CSI。

可选地, AP根据CSI进行环境感知, 可以是AP采集一段时间内接收到的回响信号的CSI, 然后根据这段时间内CSI的幅度信息和/或相位信息的变化来感知环境的变化。例如可以基于模型的方式或基于学习的方式分析一段时间内采集的连续CSI数据以感知环境。以基于模式的方式判断环境中是否有人入侵为例, 可以预先采集训练样本, 并采用有监督的学习方式训练机器学习模型以得到入侵检测模型。其中, 训练样本包括环境中无人入侵时AP采集的回响信号的CSI的幅度信息和相位信息以及环境中有人入侵时AP采集的回响信号的CSI的幅度信息和相位信息。当AP进行环境感知时, 可以将采集的回响信号的CSI的幅度信息和相位信息作为入侵检测模型的输入, 以得到入侵检测模型输出的判断结果, 该判断结果指示环境中有人入侵或者无人入侵。

或者, AP根据CSI进行环境感知, 也可以是AP采集一段时间内接收到的回响信号的CSI, 然后将采集到的CSI上传给无线控制器或服务器, 由无线控制器或服务器根据这段时间内CSI的幅度信息和/或相位信息的变化来感知环境的变化。

AP在接收回响信号时, 需要调整该回响信号的接收信号功率增益。如果该回响信号的接收信号功率过低, 则AP需要对该回响信号的接收信号功率进行放大。如果该回响信号的接收信号功率过高, 则AP需要对该回响信号的接收信号功率进行衰减。以使得该回响信号的接收信号功率最终被调整到一个合适的功率大小, 进而使AP能够成功接收该回响信号。AP调整回响信号的接收信号功率增益的整个过程即AGC调整过程。AGC调整主要由AGC模块、控制接口和模拟放大器这三部分实现。AGC模块通常在基带电路中, 模拟放大器在射频电路中, 控制接口则是连接基带电路和射频电路的桥梁, 能够传递基带电路与射频电路之间的控制信号。具体实现时, 由AGC模块计算接收信号功率调整方式, 并通过控制接口向模拟放大器发送功率调整控制字, 然后由模拟放大器根据功率调整控制字调整AGC档位, 实现对接收信号功率的增益调整。

由于AP收发信号的发射功率和接收功率会随着环境发生变化, 进而会导致AP在工作过程中切换AGC档位来接收信号。对于同一接收信号而言, AGC档位不同, 计算得到的该接收信号的CSI也不同。基于此, 本申请实施例提供了一种对CSI数据进行补偿的方式, 以尽量消除由AGC档位引入的CSI的动态变量对环境感知的影响。

可选地, AP可以基于预设的幅相补偿关系, 根据回响信号对应的AGC档位对CSI进行幅相补偿, 该幅相补偿关系包括多个AGC档位对应的幅度补偿值和/或相位补偿值。之后AP根据经过幅相补偿后的CSI进行环境感知。其中, 幅相补偿关系可以通过控制AP的发射功率和接收信号对应的AGC档位建立。当环境中数据报文较多时, AGC档位可能变化较大, 通过进行CSI数据补偿, 可提升感知精度。

例如, 第二天线连接的射频电路有10个AGC档位, 可以固定第一天线的发射功率, 然后分别采用该射频电路中不同的AGC档位处理用第二天线接收到的由第一天线发出的信号, 并计算接收信号的CSI的幅度和相位, 然后以其中一个AGC档位为基准, 计算其它AGC档位下接收信号的CSI的幅度和相位与作为基准的AGC档位下接收信号的CSI的幅度和相位的差值, 并将该差值作为幅度补偿值和相位补偿值。之后, AP用第二天线接收到回响信号之后, 可以根据该回响信号对应的AGC档位获取幅度补偿值和相位补偿值, 来对该回响信号的CSI进行幅相补偿。

或者, 当AP在进行环境感知时, 将第二天线的接收信号的功率增益设置为固定值, 即固定AGC档位, 以提升感知精度。

本申请实施例中, 通过对接收信号的CSI数据进行幅相补偿, 或者固定接收信号的AGC档位, 可以减少或避免由于硬件通道引入的CSI变量, 从而可以提升环境感知精度。

可选地, AP也可以根据接收到的回响信号的时域特征信息进行环境感知, 比如AP可以对接收到的回响信号进行时域同相正交 (in-phase quadrature, IQ) 采样, 并对采样结果进行互相关等操作进行环境感知, 本申请实施例在此不再赘述。

在本申请实施例提供的无线感知方法中, AP用第一天线发送信标帧, 并用第二天线接收该信标帧经过反射或散射得到的回响信号, 进一步根据接收到的回响信号进行环境感知。本申请实施例利用AP可自收发报文的能力, 由同一AP发送信标帧并接收该信标帧的回响信号, 相较于该AP而言, 信号收发位置始终是已知的, 因此有助于提升环境感知精度, 且AP的部署位置不受限制, 可灵活应用于各种场景, 可提升感知算法的环境变化鲁棒性。另外, AP利用信标帧实现环境感知。信标帧是周期性发送的, 以宣布AP的存在。因此, 利用信标帧实现环境感知无需额外发包, 可以节约信道资源, 而且可以在正常通信过程中完成环境感知, 实现通信感知一体化。

本申请实施例提供的无线感知方法的步骤先后顺序可以进行适当调整，步骤也可以根据情况进行相应增减。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，可轻易想到变化的方法，都应涵盖在本申请的保护范围之内。

例如，本申请方案中，AP除了可以利用信标帧实现环境感知以外，还可以利用数据帧、控制帧、信标帧以外的其它管理帧或私有帧实现环境感知，具体实现方式可参考上述实施例中描述的利用信标帧实现环境感知的方式。

可选地，AP利用数据帧实现环境感知。具体实现方案如下，AP用第一天线发送数据帧，用第二天线接收该数据帧经过反射或散射得到的回响信号，然后根据数据帧的回响信号进行环境感知。这种实现方式下，当AP的业务较多时，AP能够采集到较多的回响信号，从而能够获取充分的环境感知信息以提升感知精度。

又或者，AP可以结合利用数据帧和信标帧实现环境感知。比如在AP的业务较多时，AP仅利用数据帧实现环境感知。在AP的业务较少时，AP可以利用数据帧和信标帧实现环境感知，比如AP可以提升信标帧的发包频率和/或增加信标帧的发送带宽，以使AP能够接收到更多信标帧经过环境的反射或散射得到的回响信号，从而能够获取更多环境感知信息，以提升感知精度。

下面对本申请实施例的虚拟装置举例说明。

本申请实施例提供了一种WLAN中的AP。例如，图5是本申请实施例提供的一种AP的结构示意图。如图5所示，AP 500包括发送模块501、接收模块502和处理模块503。

发送模块501，用于用第一天线发送信标帧。此发送模块501的具体实现过程可参考上述步骤401。

接收模块502，用于用第二天线接收回响信号，该回响信号由信标帧经过反射或散射得到。此接收模块502的具体实现过程可参考上述步骤402。

处理模块503，用于根据接收到的回响信号进行环境感知。此处理模块503的具体实现过程可参考上述步骤403。

可选地，第一天线和第二天线为连接AP的同一基带电路的不同天线。

可选地，第一天线和第二天线分别连接AP的不同基带电路。

可选地，发送模块501，具体用于：用第一天线在主信道和次信道上同时发送信标帧。

可选地，处理模块503，具体用于：根据接收到的回响信号计算CSI；基于预设的幅相补偿关系，根据回响信号对应的AGC档位对CSI进行幅相补偿，该幅相补偿关系包括多个AGC档位对应的幅度补偿值和/或相位补偿值；根据经过幅相补偿后的CSI进行环境感知。

关于上述实施例中的装置，其中各个模块执行操作的具体方式已经在有关该方法的实施例中进行了详细描述，此处将不做详细阐述说明。

本申请实施例还提供了一种AP，包括：处理器、存储器、收发器和多个天线。

收发器，用于用多个天线中的第一天线发送信标帧。

收发器，还用于用多个天线中的第二天线接收回响信号，该回响信号由信标帧经过反射或散射得到。

处理器，用于调用存储器中所存储的计算机程序，以根据接收到的回响信号进行环境感知。

可选地，收发器具体用于用第一天线在主信道和次信道上同时发送信标帧。

可选地，处理器具体用于调用存储器中所存储的计算机程序，根据接收到的回响信号计算CSI；基于预设的幅相补偿关系，根据回响信号对应的AGC档位对CSI进行幅相补偿，该幅相补偿关系包括多个AGC档位对应的幅度补偿值和/或相位补偿值；根据经过幅相补偿后的CSI进行环境感知。

例如，AP可以为如图2或图3所示的AP 100。存储器102中存储的计算机程序可以包括一个或多个软件模块。这一个或多个软件模块可以为如图5所示实施例中提供的软件模块。处理器101用于调用计算机程序，协同收发器103实现上述方法实施例提供的无线感知方法。其中，收发器103用于执行上述方法实施例中AP的收发动作。可选地，存储器102还用于存储收发器103的多个AGC档位分别对应的幅度补偿值和/或相位补偿值，以供处理器101使用。

本申请实施例还提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有指令，当所述指令被处理器执行时，实现上述方法实施例涉及的无线感知方法。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成，也可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

在本申请实施例中，术语“第一”、“第二”和“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

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。

需要说明的是，本申请所涉及的信息（包括但不限于用户设备信息、用户个人信息等）、数据（包括但不限于用于分析的数据、存储的数据、展示的数据等）以及信号，均为经用户授权或者经过各方充分授权的，且相关数据的收集、使用和处理需要遵守相关国家和地区的相关法律法规和标准。

以上所述仅为本申请的可选实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的构思和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

## 权利要求书

- 1.一种无线感知方法，其特征在于，所述方法包括：  
无线局域网WLAN中的接入点AP用第一天线发送信标帧；  
所述AP用第二天线接收回响信号，所述回响信号由所述信标帧经过反射或散射得到；  
所述AP根据接收到的所述回响信号进行环境感知。
- 2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第一天线和所述第二天线为连接所述AP的同一基带电路的不同天线。
- 3.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第一天线和所述第二天线分别连接所述AP的不同基带电路。
- 4.根据权利要求1至3任一所述的方法，其特征在于，所述AP用第一天线发送信标帧，包括：  
所述AP用所述第一天线在主信道和次信道上同时发送所述信标帧。
- 5.根据权利要求1至4任一所述的方法，其特征在于，所述AP根据接收到的所述回响信号进行环境感知，包括：  
所述AP根据接收到的所述回响信号计算信道状态信息CSI；  
所述AP基于预设的幅相补偿关系，根据所述回响信号对应的自动增益控制AGC档位对所述CSI进行幅相补偿，所述幅相补偿关系包括多个AGC档位对应的幅度补偿值和/或相位补偿值；  
所述AP根据经过幅相补偿后的CSI进行环境感知。
- 6.一种无线局域网WLAN中的接入点AP，其特征在于，包括：  
发送模块，用于用第一天线发送信标帧；  
接收模块，用于用第二天线接收回响信号，所述回响信号由所述信标帧经过反射或散射得到；  
处理模块，用于根据接收到的所述回响信号进行环境感知。
- 7.根据权利要求6所述的AP，其特征在于，所述第一天线和所述第二天线为连接所述AP的同一基带电路的不同天线。
- 8.根据权利要求6所述的AP，其特征在于，所述第一天线和所述第二天线分别连接所述AP的不同基带电路。
- 9.根据权利要求6至8任一所述的AP，其特征在于，所述发送模块，用于：  
用所述第一天线在主信道和次信道上同时发送所述信标帧。
- 10.根据权利要求6至9任一所述的AP，其特征在于，所述处理模块，用于：  
根据接收到的所述回响信号计算信道状态信息CSI；  
基于预设的幅相补偿关系，根据所述回响信号对应的自动增益控制AGC档位对所述CSI进行幅相补偿，所述幅相补偿关系包括多个AGC档位对应的幅度补偿值和/或相位补偿值；  
根据经过幅相补偿后的CSI进行环境感知。
- 11.一种无线局域网WLAN中的接入点AP，其特征在于，包括：处理器、存储器、收发器和多个天线；  
所述收发器，用于用所述多个天线中的第一天线发送信标帧；  
所述收发器，还用于用所述多个天线中的第二天线接收回响信号，所述回响信号由所述信标帧经过反

射或散射得到；

所述处理器，用于调用所述存储器中所存储的计算机程序，以根据接收到的所述回响信号进行环境感知。