

说明书

发明名称: 一种无线感知方法及装置

技术领域

[0001] 本申请涉及通信领域, 更具体的, 涉及一种无线感知方法及装置。

背景技术

[0002] 感知是第六代移动通信技术(6th generation, 6G)和下一代无线连接(wireless-fidelity, Wi-Fi)重要的应用之一。感知的基本原理是: 利用无线信号对信道进行测量, 获取信道状态信息(channel state information, CSI)或信道冲击响应(channel impulse response, CIR), 并由此推断与环境或被感知对象(例如, 环境中存在的人、物体)相关的信息。无线系统中特殊的“测量”信号(例如, 导频)可用来进行感知, 但这类信号具有公开的信号结构, 从而有可能造成隐私暴露: 未授权用户通过对上述测量信号的窃听, 能够实现对物理环境的感知, 从而推断合法用户位置、轨迹、行为特征等, 这会带来隐私泄露问题。

[0003] 如何在保证感知性能的同时保护用户隐私, 是目前亟待解决的问题。

[0004] 发明内容

[0005] 本申请实施例提供一种无线感知方法及装置, 可以在保证感知性能的同时保护用户隐私。

[0006] 为达到上述目的, 本申请采用如下技术方案:

[0007] 第一方面, 提供了一种无线感知方法, 该方法可以由第一节点执行, 也可以由第一节点的部件, 例如第一节点的处理器、芯片、或芯片系统等执行, 还可以由能实现全部或部分第一节点功能的逻辑模块或软件实现。以该方法可以由第一节点执行为例, 该方法包括: 生成至少两个感知信号流, 至少两个感知信号流包括第一感知信号流和第二感知信号流, 第一感知信号流为随机信号流, 第二感知信号流由第一感知信号流和低通函数确定; 在多个时间单元的每个时间单元上输出至少两个感知信号流。

[0008] 本申请实施例中, 第一节点可以在多个时间单元中的每个时间单元上输出至少两个感知信号流, 其中, 第一感知信号流为随机信号流, 第二感知信号流由第

一感知信号流和低通函数确定，这样第二节点就可以根据接收到的信号确定无线感知结果。一方面，利用低通函数的低通特性，使得未授权用户不能确定无线感知结果，保护了合法用户的隐私；另一方面，由于本申请实施例仅需在第一节点和第二节点之间分享一组用于确定低通函数的随机数，就能够使得合法用户能够通过第二节点接收到的信号确定无线感知结果，因此实现复杂度较低。综上，本申请实施例可以在保证感知的同时有效保护合法用户的隐私，并且实现复杂度较低。

- [0009] 一种可能的实现方式中，第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化，这样可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。例如，由于第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化可以使得信道强度不变，信道估计性能较好，而无线感知结果通常基于信道估计结果确定，好的信道估计结果可以获得更准确的无线感知结果，因此，这样可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。
- [0010] 可选地，第一感知信号流为模为任一正数、相位为在 0 至 2π 均匀分布的随机量。该实现方式较灵活，使得第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化，进而可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。
- [0011] 可选地，第一感知信号流设置为调制星座集中的点，该实现方式中，第一感知信号流是从有限集合中选择的，实现复杂度低，其中，在调制星座集中的点为恒模调制的情况下，调制阶数的升高不会影响感知精度，这样可以通过增加调制星座集的调制阶数来增大“密钥空间”，使得未授权用户难以获得感知信息，保护了用户的隐私。换言之，该方案可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。
- [0012] 一种可能的实现方式中，第二感知信号流由第一感知信号流和低通函数确定，包括：第二感知信号流的相位由低通函数在发送感知信号流的时间单元上的采样值确定，第二感知信号流的模与第一感知信号流的模相等，其中，一方面，低通函数的低通特性使得未授权用户不能通过低通滤波确定无线感知结果，保护了用户的隐私；另一方面，第一感知信号流和第二感知信号流的模相等，保证了感知精度。例如，由于第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化可

以使得信道估计性能较好，而无线感知结果通常基于信道估计结果确定，好的信道估计结果可以获得更准确的无线感知结果，因此，这样可以保证感知精度。

[0013] 可选地，第二感知信号流和第一感知信号流满足如下关系： $\frac{X_2[k]}{X_1[k]} = e^{j\rho}$

[0014] 其中， $X_1[k]$ 表示第一感知信号流在第k个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示第二感知信号流在第k个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数的采样值，k为正整数。基于上述方案，可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流。

[0015] 可选地，第二感知信号流在第k个子载波上的信号为调制星座集中距离 $\widehat{x_2[k]}$ 最近的星座点，其中， $\widehat{x_2[k]}$ 满足如下关系： $\frac{\widehat{x_2[k]}}{X_1[k]} = e^{j\rho}$

[0016] 其中， $X_1[k]$ 表示第一感知信号流在第k个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数的采样值，k为正整数。基于上述方案，可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流。

[0017] 可选地，第二感知信号流由第一感知信号流、低通函数和循环移位分集CSD矩阵K确定。基于上述方案，可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流。

[0018] 可选地，第二感知信号流由第一感知信号流、低通函数和CSD矩阵K确定，包括：第二感知信号流由第一感知信号流、随机化矩阵 Φ 和K确定， Φ 为主对角元素为1和 $e^{j\rho}$ 的对角阵，其中， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数的采样值。

[0019] 示例性的，第二感知信号流满足如下关系： $\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = \Phi \times K \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$

[0020] 其中， $X_1[k]$ 表示第一感知信号流在第k个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示第二感知信号流在第k个子载波上的信号。通过对在现有的CSD模块之前添加 Φ 模块，可以获得第二感知信号流，实现复杂度较低。

[0021] 示例性的，第二感知信号流满足如下关系： $\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = K \times \Phi \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$

- [0022] 其中， $X_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号。通过对在现有的CSD模块之后添加 Φ 模块，可以获得第二感知信号流，实现复杂度较低。
- [0023] 一种可能的实现方式中，低通函数的参数为共享的，低通函数的参数由一组随机数和插值函数确定，一组随机数以保密方式共享，这样可以使得第一节点和第二节点获取一组随机数即可确定无线感知结果，节省了系统的开销。
- [0024] 其中，可选的，低通函数的参数可以由第一节点生成，加密后发送给第二节点；或者，可选的，低通函数的参数可以由第二节点生成，加密后发送给第一节点；或者，可选的，第一节点和第二节点可以基于预先约定好参数(例如，可以基于随机种子和随机数生成算法)生成一组随机数；或者，可选的，低通函数的参数可以由第三方节点生成，加密后向第一节点和第二节点发送。
- [0025] 第二方面，提供了一种无线感知方法，该方法可以由第二节点执行，也可以由第二节点的部件，例如第二节点的处理器、芯片、或芯片系统等执行，还可以由能实现全部或部分第二节点功能的逻辑模块或软件实现。以该方法可以由第二节点执行为例，该方法包括：在多个时间单元接收多个感知信号流，多个感知信号流包括第一感知信号流经过信道传输后的信号和第二感知信号流经过信道传输后的信号，第一感知信号流为随机信号流，第二感知信号流由第一感知信号流和低通函数确定；对多个时间单元上接收到的至少两个感知信号流进行处理，确定无线感知结果。
- [0026] 本申请实施例中，第二节点可以在多个时间单元中的每个时间单元上接收至少两个感知信号流，其中，第一感知信号流为随机信号流，第二感知信号流由第一感知信号流和低通函数确定，这样第二节点就可以根据接收到的信号确定无线感知结果。一方面，利用低通函数的低通特性，使得未授权用户不能确定无线感知结果，保护了合法用户的隐私；另一方面，由于本申请实施例仅需在第一节点和第二节点之间分享一组用于确定低通函数的随机数，就能够使得合法用户能够通过第二节点接收到的信号确定无线感知结果，因此实现复杂度较低。综上，本申请实施例可以在保证感知的同时有效保护合法用户的隐私，并且实现复杂度较低。

- [0027] 一种可能的实现方式中，第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化，这样可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。例如，由于第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化可以使得信道强度不变，信道估计性能较好，而无线感知结果通常基于信道估计结果确定，好的信道估计结果可以获得更准确的无线感知结果，因此，这样可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。
- [0028] 可选地，第一感知信号流为模为任一正数、相位为在0至 2π 均匀分布的随机量。该实现方式较灵活，使得第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化，进而可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。
- [0029] 可选地，第一感知信号流设置为调制星座集中的点，该实现方式中，第一感知信号流是从有限集中选择的，实现复杂度低，其中，在调制星座集中的点为恒模调制的情况下，调制阶数的升高不会影响感知精度，这样可以通过增加调制星座集的调制阶数来增大“密钥空间”，使得未授权用户难以获得感知信息，保护了用户的隐私。换言之，该方案可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。
- [0030] 一种可能的实现方式中，第二感知信号流由第一感知信号流和低通函数确定，包括：第二感知信号流的相位由低通函数在发送感知信号流的时间单元上的采样值确定，第二感知信号流的模与第一感知信号流的模相等。其中，一方面，低通函数的低通特性使得未授权用户不能通过低通滤波确定无线感知结果，保护了用户的隐私；另一方面，第一感知信号流和第二感知信号流的模相等，保证了感知精度。例如，由于第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化可以使得信道估计性能较好，而无线感知结果通常基于信道估计结果确定，好的信道估计结果可以获得更准确的无线感知结果，因此，这样可以保证感知精度。
- [0031] 可选地，第二感知信号流和第一感知信号流满足如下关系： $\frac{x_2[k]}{x_1[k]} = e^{j\rho}$
- [0032] 其中， $x_1[k]$ 表示第一感知信号流在第k个子载波上的信号， $x_2[k]$ 表示第二感知信号流在第k个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函

数的采样值， k 为正整数。基于上述方案，可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流。

[0033] 可选地，第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号为调制星座集中距离 $\widehat{x}_2[k]$ 最近的星座点，其中， $\widehat{x}_2[k]$ 满足如下关系： $\frac{\widehat{x}_2[k]}{x_1[k]} = e^{j\rho}$

[0034] 其中， $x_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数的采样值， k 为正整数。基于上述方案，可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流。

[0035] 可选地，第二感知信号流由第一感知信号流、低通函数和循环移位分集CSD矩阵 K 确定。基于上述方案，可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流。

[0036] 可选地，第二感知信号流由第一感知信号流、低通函数和CSD矩阵 K 确定，包括：第二感知信号流由第一感知信号流、随机化矩阵 Φ 和 K 确定， Φ 为主对角元素为1和 $e^{j\rho}$ 的对角阵，其中， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数的采样值。

[0037] 示例性的，第二感知信号流满足如下关系： $\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = \Phi \times K \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$

[0038] 其中， $x_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $x_2[k]$ 表示第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号。通过对在现有的CSD模块之前添加 Φ 模块，可以获得第二感知信号流，实现复杂度较低。

[0039] 示例性的，第二感知信号流满足如下关系： $\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = K \times \Phi \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$

[0040] 其中， $x_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $x_2[k]$ 表示第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号。通过对在现有的CSD模块之后添加 Φ 模块，可以获得第二感知信号流，实现复杂度较低。

[0041] 一种可能的实现方式中，低通函数的参数为共享的，低通函数的参数由一组随机数和插值函数确定，一组随机数以保密方式共享，这样可以使得第一节点和第二节点获取一组随机数即可确定无线感知结果，节省了系统的开销。

- [0042] 其中，可选的，低通函数的参数可以由第一节点生成，加密后发送给第二节点；或者，可选的，低通函数的参数可以由第二节点生成，加密后发送给第一节点；或者，可选的，第一节点和第二节点可以基于预先约定好参数(例如，可以基于随机种子和随机数生成算法)生成一组随机数；或者，可选的，低通函数的参数可以由第三方节点生成，加密后向第一节点和第二节点发送。
- [0043] 第三方面，提供了一种通信装置用于实现上述各种方法。该通信装置可以为第一方面中的第一节点，或者第一节点中包括的装置，比如芯片；或者，该通信装置可以为第二方面中的第二节点，或者该第二节点中包括的装置，比如芯片。
- [0044] 所述通信装置包括实现上述方法相应的模块、单元、或手段(means)，该模块、单元、或means可以通过硬件实现，软件实现，或者通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个与上述功能相对应的模块或单元。
- [0045] 在一些可能的设计中，该通信装置可以包括处理模块和通信模块。该通信模块，可以包括输出模块(或发送模块)和输入模块(或接收模块)，分别用以实现上述任一方面及其任意可能的设计中的输出类(或发送类)和输入类(或接收类)的功能。该处理模块，可以用于实现上述任一方面及其任意可能的设计中的处理功能。
- [0046] 可选地，该通信装置还包括存储模块，用于存储程序指令和数据。
- [0047] 第四方面，提供了一种通信装置，包括：至少一个处理器，该处理器用于运行计算机程序或指令，或者用于通过逻辑电路，使得该通信装置执行上述任一方面所述的方法。该通信装置可以为第一方面中的第一节点，或者第一节点中包括的装置，比如芯片；或者，该通信装置可以为第二方面中的第二节点，或者该第二节点中包括的装置，比如芯片。
- [0048] 在一些可能的设计中，该通信装置还包括存储器，用于存储计算机指令和/或逻辑电路的配置文件。可选地，该存储器和处理器集成在一起，或者，该存储器独立于处理器。
- [0049] 在一种可能的设计中，该通信装置还包括通信接口，用于输入和/或输出信号。

- [0050] 一些可能的设计中，该通信接口为接口电路，用于读写计算机指令，例如该接口电路用于接收计算机执行指令(计算机执行指令存储在存储器中，可能直接从存储器读取，或可能经过其他器件)并传输至该处理器。
- [0051] 一些可能的设计中，该通信接口用于与该通信装置之外的模块通信。
- [0052] 在一些可能的设计中，该通信装置可以是芯片系统。其中，通信装置是芯片系统时，芯片系统可以包括芯片，也可以包含芯片和其他分立器件。
- [0053] 第五方面，提供一种通信装置，包括：逻辑电路和接口电路；该接口电路，用于输入信息和/或输出信息；该逻辑电路用于执行上述任一方面所述的方法，根据输入的信息进行处理和/或生成输出的信息。该通信装置可以为第一方面中的第一节点，或者第一节点中包括的装置，比如芯片；或者，该通信装置可以为第二方面中的第二节点，或者该第二节点中包括的装置，比如芯片。
- [0054] 第六方面，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计算机程序或指令，当该计算机程序或指令被处理器执行时，使得上述任一方面所述的方法被执行。
- [0055] 第七方面，提供了一种计算机程序产品，当该计算机程序产品被处理器执行时，使得上述任一方面所述的方法被执行。
- [0056] 可以理解的是，第三方面至第七方面中任一方面提供的通信装置是芯片时，上述的发送动作/功能可以理解为输出信息，上述的接收动作/功能可以理解为输入信息。
- [0057] 其中，第三方面至第七方面中任一种设计方式所带来的技术效果可参见上述第一方面或第二方面中不同设计方式所带来的技术效果，在此不再赘述。
- [0058] 第八方面，提供一种通信系统，该通信系统包括上述第一方面所述的第一节点和第二方面所述的第二节点。

细则 91,
15.08.2023

细则 91,
15.08.2023

附图说明

- [0059] 图1是本申请实施例提供的应用场景的示意图；
- [0060] 图2是本申请实施例提供的无线感知方法的一例的示意图；
- [0061] 图3是本申请实施例提供的无线感知方法的一例的示意图；
- [0062] 图4是本申请实施例得到第二感知信号流的方法的一例的示意图；

[0063] 图5是本申请实施例得到第二感知信号流的方法的另一例的示意图；

[0064] 图6是本申请实施例提供的通信装置的一例的示意图；

[0065] 图7是本申请实施例提供的通信装置的另一例的示意图。

具体实施方式

[0066] 在本申请的描述中，除非另有说明，“/”表示前后关联的对象是一种“或”的关系，例如，A/B可以表示A或B；本申请中的“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，其中A，B可以是单数或者复数。

[0067] 在本申请的描述中，除非另有说明，“多个”是指两个或两个以上。“以下至少一项(个)”或其类似表达，是指的这些项中的任意组合，包括单项(个)或复数项(个)的任意组合。例如，a，b，或c中的至少一项(个)，可以表示：a，b，c，a-b，a-c，b-c，或a-b-c，其中a，b，c可以是单个，也可以是多个。

[0068] 另外，为了便于清楚描述本申请实施例的技术方案，在本申请的实施例中，采用了“第一”、“第二”等字样对功能和作用基本相同的相同项或相似项进行区分。本领域技术人员可以理解“第一”、“第二”等字样并不对数量和执行次序进行限定，并且“第一”、“第二”等字样也并不限定一定不同。

[0069] 在本申请实施例中，“示例性的”或者“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请实施例中被描述为“示例性的”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用“示例性的”或者“例如”等词旨在以具体方式呈现相关概念，便于理解。

[0070] 可以理解，说明书通篇中提到的“实施例”意味着与实施例有关的特定特征、结构或特性包括在本申请的至少一个实施例中。因此，在整个说明书各个实施例未必指相同的实施例。此外，这些特定的特征、结构或特性可以任意适合的方式结合在一个或多个实施例中。可以理解，在本申请的各种实施例中，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。

- [0071] 可以理解，在本申请中，“…时”以及“若”均指在某种客观情况下会做出相应的处理，并非限定时间，且也不要求实现时要有判断的动作，也不意味着存在其它限定。
- [0072] 可以理解，本申请实施例中的一些可选地特征，在某些场景下，可以不依赖于其他特征，比如其当前所基于的方案，而独立实施，解决相应的技术问题，达到相应的效果，也可以在某些场景下，依据需求与其他特征进行结合。相应的，本申请实施例中给出的装置也可以相应的实现这些特征或功能，在此不予赘述。
- [0073] 本申请中，除特殊说明外，各个实施例之间相同或相似的部分可以互相参考。在本申请中各个实施例、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法中，如果没有特殊说明以及逻辑冲突，不同的实施例之间、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法之间的术语和/或描述具有一致性、且可以相互引用，不同的实施例、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法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、实施方式、实施方法、或实现方法。以下所述的本申请实施方式并不构成对本申请保护范围的限定。
- [0074] 为了方便理解本申请实施例的技术方案，首先给出本申请相关技术的简要介绍如下。
- [0075] 一、加密。
- [0076] 具体的，发送端根据收发双方事先约定好的密钥对发送序列或者信号进行随机化处理，使得未授权用户无法实现准确的信道估计，从而保护合法用户的隐私。
- [0077] 以一个示例进行说明，在安全的高效长训练字段(secure high-efficiency long training field, secure HE-LTF)技术中，收发双方首先共享密钥，然后使用该密钥并基于高级加密标准(advanced encryption standard, AES)加密算法生成加密序列。而后，发送端对于加密序列进行调制，生成并发送导频符号。接收端在收到导频符号之后，使用本地产生的加密序列，进行信道估计，从而获得真实的

信道状态信息。需要说明的是，本地加密序列是利用收发双方事先约定好的密钥和AES加密算法产生。

[0078] 在该示例中，未授权用户由于未知加密序列，所以无法进行准确的信道估计。

[0079] 但是，该加密技术对合法用户的感知精度影响较大。例如，在secure HE-LTF技术中，为了增加未授权用户的破解难度，采用高阶调制，使得信道估计性能变差，进而影响感知精度。

[0080] 并且，当未授权用户配置两副接收天线时，可以将两副接收天线上的信号相除，从而消去加密后的导频符号，并基于上述相除的结果执行感知算法，仍然能够实现感知功能，因而起不到隐私保护的效果。

[0081] 二、干扰设备。

[0082] 具体的，使用专门的干扰(Jamming)设备发送干扰信号，降低未授权用户的信干噪比，降低未授权用户的信道估计精度。

[0083] 但是，干扰设备对合法用户的感知精度影响较大。

[0084] 并且，所引入的干扰信号只能降低未授权用户的信干噪比，在一定程度上降低其感知性能，但未授权用户仍然能够从接收信号中推断出与被感知对象相关的信息，因而起不到隐私保护的效果。

[0085] 三、信号处理。

[0086] 具体的，信号处理的方法，使发送的信号经历的等效信道响应是真实信道响应被混淆过后的版本，混淆的方式(或者混淆算法)仅在合法用户的收发双方之间共享。未授权用户由于对混淆的方式未知，因此无法估计出真实的信道响应。

[0087] 例如，该处理方法中可以在发送端的正交频分复用(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM)调制模块之后，增加一个CSI混淆模块。例如，该CSI混淆模块可以是一个有限长脉冲响应(finite impulse response, FIR)滤波器。经OFDM调制之后所得到的时域信号会首先经过该CSI混淆模块，然后再被发送出去。在接收端经信道估计所得到的CSI其实是由CSI混淆模块所引入的人工CSI和真实信道的CSI级联之后的结果。对于合法用户来说，由于已知混淆模式(即：CSI混淆模块的具体实现方式)，因此可以从被混淆的CSI中恢复出真实信道的CSI。但是，对于未授权用户来说，由于未知混淆模式，所以无法恢复真实的CSI。

- [0088] 再例如，可以在环境中部署智能反射面、中继等设备等，这些设备会对接收到的信号进行反射，相当于引入人工的多径分量，这会使接收端测量出的CSI与真实的CSI不一致，由于已知人工多径的引入方式，因此接收端可以恢复出真实信道的CSI。但是，对于未授权用户来说，由于未知人工多径的引入方式，所以无法恢复真实的CSI。
- [0089] 但是，信号处理的方案需要增加额外的硬件或者处理单元，实现的复杂度较高。
- [0090] 由于上述无线感知隐私保护技术的缺陷，本申请实施例提出了一种无线感知方法及装置，以下将进行详细描述。
- [0091] 图1是本申请实施例提供的应用场景的示意图。如图1所示，本申请实施例提供一种通信系统，该通信系统包括第一节点和第二节点。其中，第一节点和第二节点之间通过通信，实现无线感知。
- [0092] 示例性的，本申请实施例可应用于多种无线感知场景，例如，呼吸检测、心率检测等生理特征监测应用、或者存在检测等智能家居的监测应用、跌倒检测等生命健康特征的监测应用、或者入侵检测等安防监测应用、又或者环境重构相关的应用等，本申请实施例对此不做具体限定。
- [0093] 示例性的，本申请实施例中的第一节点或者第二节点可以是基站、AP、用户终端等具有无线射频信号收发能力的设备。
- [0094] 示例性的，本申请实施例中的第一节点也可以称之为发送节点，本申请实施例中的第二节点也可以称之为接收节点，本申请实施例对此不做具体限定。
- [0095] 当第一节点或第二节点作为发送节点时，一种可能的实现方式中，发送节点可以包括处理器和收发器，处理器用于对信号进行处理，并输出处理后的信号，收发器用于发送处理器处理后的信号；另一种可能的实现方式中，发送节点包括处理器，用于输出信号，发送节点与外部的收发器耦合或者链接，用于发送处理后的信号。
- [0096] 示例性的，本申请实施例中的发送节点可以包括一个或多个发射机，每个发送机可以配备一个或多个天线，发送节点可以采用一个或多个发射机的一个或多个天线联合发送多个信号。

- [0097] 示例性的，本申请实施例中的接收节点可以包括一个或多个接收机，每个接收机可以配备一个或多个天线，接收节点可以采用一个或多个接收机的一个或多个天线联合接收多个信号，接收节点也可以采用一个或多个接收机的一个天线接收一个信号。
- [0098] 需要说明的是，在本申请实施例中，一个信号可以包括多个信号流，一个信号流是指能够承载一路独立信息的信号。
- [0099] 本申请涉及的发送节点、接收节点可以是各类终端设备，终端可以是第五代移动通信技术(5th generation, 5G)网络或者5G之后演进的公共陆地移动网络(public land mobile network, PLMN)中的用户设备(user equipment, UE)、接入终端、终端单元、用户站、终端站、移动站、移动台、远方站、远程终端、用户终端terminal equipment, TE)、移动设备、无线通信设备、终端代理、平板电脑(pad)、具有无线通信功能的手持设备、计算设备或连接到无线调制解调器的其它处理设备、车载设备、车载收发单元、可穿戴设备，或终端装置、接入终端可以是蜂窝电话、无绳电话、会话启动协议(session initiation protocol, SIP)电话、无线本地环路(wireless local loop, WLL)站、个人数字处理(personal digital assistant, PDA)、具有无线通信功能的手持设备、计算设备或连接到无线调制解调器的其它处理设备、车载设备、无人机、机器人、智能销售点(point of sale, POS)机、客户终端设备(customer-premises equipment, CPE)或可穿戴设备，虚拟现实(virtual reality, VR)终端设备、增强现实(augmented reality, AR)终端设备、工业控制(industrial control)中的无线终端、无人驾驶(self driving)中的无线终端、远程医疗(remote medical)中的无线终端、智能电网(smart grid)中的无线终端、运输安全(transportation safety)中的无线终端、智慧城市(smart city)中的无线终端、智慧家庭(smart home)中的无线终端等。或者，终端可以是物联网(internet of things, Iot)中具有通信功能的终端，例如V2X中的终端(例如车联网设备)、D2D通信中的终端、或者M2M通信中的终端等。终端可以是移动的，也可以是固定的。
- [0100] 本申请涉及的发射机、接收机还可以是通信系统中的各类网络设备或接入设备，即可以是用于与终端设备进行通信的设备，例如，可以包括长期演进(long

term evolution, LTE)系统或增强的LTE(LTE-advanced, LTE-A)系统中的演进型基站(NodeB或eNB或e-NodeB, evolutionary Node B), 如传统的宏基站eNB和异构网络场景下的微基站eNB。或者, 可以包括新无线(new radio, NR)系统中的下一代节点B(next generation node B, gNB)。或者, 可以包括传输接收点(transmission reception point, TRP)、家庭基站(例如, home evolved NodeB, 或home Node B, HNB)、基带单元(base band unit, BBU)、基带池(BBU pool), 或无线保真(wireless fidelity, WiFi)接入点(access point, AP)等。或者, 可以包括非地面网络(non-terrestrial network, NTN)中的基站, 即可以部署于飞行平台或者卫星, 在NTN中, 网络设备或接入设备可以作为层1(L1)中继(relay), 或者可以作为基站, 或者可以作为接入回传一体化(integrated access and backhaul, IAB)节点。或者, 网络设备或接入设备可以是IoT中实现基站功能的设备, 例如无人机通信、V2X、D2D、或者机器到机器(machine to machine, M2M)中实现基站功能的设备。

[0101] 一些可能的场景中, 网络设备或接入设备还可以是能够实现基站部分功能的模块或单元, 例如, 网络设备或接入设备可以是集中式单元(central unit, CU), 分布式单元(distributed unit, DU), CU-控制面(control plane, CP), CU-用户面(user plane, UP), 或者无线单元(radio unit, RU)等。CU和DU可以是单独设置, 或者也可以包括在同一个网元中, 例如基带单元(baseband unit, BBU)中。RU可以包括在射频设备或者射频单元中, 例如包括在射频拉远单元(remote radio unit, RRU)、有源天线处理单元(active antenna unit, AAU)或远程射频头(remote radio head, RRH)中。

[0102] 在不同系统中, CU(或CU-CP和CU-UP)、DU或RU也可以有不同的名称, 但是本领域的技术人员可以理解其含义。例如, 网络设备或接入设备可以是开放无线接入网(open RAN, ORAN)系统中的网络设备或网络设备的模块。在ORAN系统中, CU还可以称为开放(open, O)-CU, DU还可以称为O-DU, CU-CP还可以称为O-CU-CP, CU-UP还可以称为O-CU-UP, RU还可以称为O-RU。本申请中的CU(或CU-CP、CU-UP)、DU和RU中的任一单元, 可以通过软件模块、硬件模块、或者软件模块与硬件模块结合来实现。

- [0103] 可选地，本申请实施例中的基站可以包括各种形式的基站，例如：宏基站、微基站(也称为小站)、中继站、接入点、家庭基站、TRP、发射点(transmitting point, TP)、移动交换中心等，本申请实施例对此不作具体限定。
- [0104] 本申请所提出的无线感知方法通过存储器中的程序代码来实现，其中，基站或者AP等侧的无线感知方法运行于基站或者AP内的处理芯片或任何具有通信、计算、存储功能的装置中，或任何在基站或者AP侧安装的处理设备中；终端侧(如手机、平板、智能终端、智能标签，等等)的无线感知方法运行于终端的内置处理芯片中或任何具有通信、计算、存储功能的装置中。
- [0105] 图2是本申请实施例提供的无线感知方法的一例的示意图。执行主体包括第一节点和第二节点。
- [0106] 应理解，本申请实施例中的第一节点包括多个天线，第一节点可以发送多个感知信号流；
- [0107] 本申请实施例中的第二节点可以包括单个天线，也可以包括多个天线，第二节点可以通过单天线接收信号，也可以通过多天线接收信号，本申请实施例不做限定。
- [0108] 如图2所示，本申请实施例提供的无线感知方法中，第一节点在至少两个时间单元上向第二节点发送信号，第二节点在至少两个时间单元上接收第一节点发送的信号。
- [0109] 其中，该无线感知方法中第一节点侧执行的步骤主要包括：
- [0110] 1)生成至少两个感知信号流；
- [0111] 2)在多个时间单元的每个时间单元上输出至少两个感知信号流。
- [0112] 该无线感知方法中第二节点侧执行的步骤主要包括：
- [0113] 1)在多个时间单元的每个时间单元接收至少两个感知信号流；
- [0114] 2)对多个时间单元上接收到的至少两个感知信号流进行处理，确定无线感知结果。
- [0115] 本申请实施例中的第一节点包括多个天线。对于第一节点包括单个天线能够实现本申请提供的方案的情况，本申请不做限定。

- [0116] 本申请实施例中涉及的时间单元可以为时隙，也可以为未来设置的任意用于信号传输的时间单位，本申请实施例不做限定。
- [0117] 本申请实施例中，确定无线感知结果，可以为获得信道质量参数(例如CSI或CIR)并根据信道质量参数确定无线感知结果，也可以为通过其他方式确定无线感知结果，本申请对此不做限定。
- [0118] 示例性的，如图3所示，本申请实施例提供的无线感知方法包括：
- [0119] S310，第一节点生成至少两个感知信号流。
- [0120] 其中，至少两个感知信号流包括第一感知信号流和第二感知信号流，第一感知信号流为随机信号流，第二感知信号流由所述第一感知信号流和低通函数确定。
- [0121] 可选地，本申请实施例中的至少两个感知信号流可以为该第一节点包括的多个天线联合向第二节点发送的，例如，多个天线中的每个天线发送一个感知信号流。其中，第一感知信号流和第二感知信号流来自第一节点的不同天线。
- [0122] 示例性的，本申请实施中，第一感知信号流可以为模不变，相位随时间单元变化的信号流，这样可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。例如，由于第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化可以使得信道强度不变，信道估计性能较好，而无线感知结果通常基于信道估计结果确定，好的信道估计结果可以获得更准确的无线感知结果，因此，这样可以在保护合法用户的隐私的同时，保证感知精度。
- [0123] 一种可能的实现方式中，该第一感知信号流可以为模为任一正数，相位为在 0 至 2π 均匀分布的随机量，第一感知信号流和第二感知信号流更灵活，可以使得第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化，恒模情况下，信道强度不变，信道估计性能好，从而可以提高感知精度，进而保护合法用户的隐私。
- [0124] 另一种可能的实现方式中，该第一感知信号流可以为调制星座集中的点。该实现方式中，第一感知信号流是从有限集合中选择的，实现复杂度低。可选地，该调制星座集可以为恒模调制星座集，例如可以为移相键控(phase shift keying, PSK)星座集，例如8PSK,16PSK,64PSK等。其中，在调制星座集中的点为恒模调制的情况下，调制阶数的升高不会影响感知精度，这样可以通过增

加调制星座集的调制阶数来增大“密钥空间”，使得未授权用户难以获得感知信息，保护了用户的隐私。该调制星座集还可以为正交幅度调制(quadrature amplitude modulation,QAM)星座集，例如，16QAM，64QAM等，本申请实施例不做限定。

- [0125] 可选地，本申请实施例中，第二感知信号流可以由第一感知信号流和低通函数 $\theta_k(t)$ 确定。其中，低通函数 $\theta_k(t)$ 可以随时间编号，因此还可以称之为时变函数或者随时间慢变的时变函数，本申请实施例对此不作具体限定。
- [0126] 示例性的，该第二感知信号流的相位由低通函数 $\theta_k(t)$ 在发送感知信号流的时间单元上的采样值确定，该第二感知信号流的模与第一感知信号流的模相等。其中，一方面，低通函数的低通特性使得未授权用户不能通过低通滤波确定无线感知结果，保护了用户的隐私；另一方面，第一感知信号流和第二感知信号流的模相等，保证了感知精度。例如，由于第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化可以使得信道强度不变，信道估计性能较好，而无线感知结果通常基于信道估计结果确定，好的信道估计结果可以获得更准确的无线感知结果，因此，这样可以保证感知精度。
- [0127] 其中，低通函数的低通特性可以为低通函数的阈值低于第一阈值，本申请实施例对此不做限定。
- [0128] 一种可能的实现方式中，本申请实施例中的第一感知信号流和第二感知信号流满足如下关系：
$$\frac{x_2[k]}{x_1[k]} = e^{j\rho}$$
- [0129] 其中， $x_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $x_2[k]$ 表示第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值， k 为正整数。上述关系可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流
- [0130] 另一种可能的实现方式中，第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号为调制星座集中距离 $\widehat{x_2[k]}$ 最近的星座点，其中， $\widehat{x_2[k]}$ 满足如下关系：
$$\frac{\widehat{x_2[k]}}{x_1[k]} = e^{j\rho}$$

[0131] 其中, $x_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号, ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值, k 为正整数。上述关系可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流。

[0132] 可选地, 本申请实施例中, 第二感知信号流可以由第一感知信号流和低通函数 $\theta_k(t)$ 确定, 包括: 第二感知信号流由第一感知信号流、低通函数 $\theta_k(t)$ 、以及循环移位分集(cyclic shift diversity, CSD)矩阵 K 确定。可以在第一感知信号流确定的情况下得到第二感知信号流

[0133] 示例性的, 第二感知信号流由第一感知信号流、随机化矩阵 Φ 和 K 确定。其中, Φ 可以为主对角线元素为1和 $e^{j\rho}$ 的对角阵。 ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值, k 为正整数。

[0134] 例如, 该对角阵可以为如下形式: $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\rho} \end{bmatrix}$

[0135] 又例如, 该对角阵可以为如下形式: $\begin{bmatrix} e^{j\rho} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

[0136] 需要说明的是, 本申请实施例中对1和 $e^{j\rho}$ 组成的对角阵的形式不做限定。

[0137] 在第二感知信号流由第一感知信号流、随机化矩阵 Φ 和 K 确定的情况下, 一种可能的实现方式中, 本申请实施例中的第二感知信号流满足如下关系:

$$\begin{bmatrix} x_1[k] \\ x_2[k] \end{bmatrix} = K \times \Phi \times \begin{bmatrix} x_1[k] \\ x_1[k] \end{bmatrix}$$

[0138] 图4是本申请实施例通过CSD矩阵变换得到第二感知信号流的方法的一例。

如图4所示, 第一信号流的两个副本构成的向量 $\begin{bmatrix} x_1[k] \\ x_1[k] \end{bmatrix}$ 顺次经过CSD变换矩阵 K 和随机化矩阵 Φ 进行处理, 得到待发送的两个信号流, 待发送的两个信号流用 $\begin{bmatrix} x_1[k] \\ x_2[k] \end{bmatrix}$ 表示。

[0139] 示例性的, 第一信号流的两个副本构成的向量 $\begin{bmatrix} x_1[k] \\ x_1[k] \end{bmatrix}$ 可以为导频符号经过流映射矩阵 $P1$ 和导频符号经过流映射矩阵 PM 得到。

[0140] 可选的, 待发送的两个信号流 $\begin{bmatrix} x_1[k] \\ x_2[k] \end{bmatrix}$ 还可能经过空间映射和IFFT, 生成第一感知信号流和第二感知信号流。

[0141] 通过对在现有的CSD模块之前添加 Φ 模块,可以获得第二感知信号流,实现复杂度较低。

[0142] 在第二感知信号流由第一感知信号流、随机化矩阵 Φ 和 K 确定的情况下,另一种可能的实现方式中,本申请实施例中的第二感知信号流满足如下关系:

$$\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = \Phi \times K \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$$

[0143] 图5是本申请实施例通过CSD矩阵变换得到第二感知信号流的方法的另一例。如图5所示,

[0144] 第一信号流的两个副本构成的向量 $\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$ 顺次经过随机化矩阵 Φ 和CSD变换矩阵 K 和进行处理,得到待发送的两个信号流,待发送的两个信号流用 $\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix}$ 表示。

[0145] 示例性的,第一信号流的两个副本构成的向量 $\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$ 可以为导频符号经过流映射矩阵 $P1$ 和导频符号经过流映射矩阵 PM 得到。可选的,待发送的两个信号流 $\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix}$ 还可能经过空间映射和IFFT,生成第一感知信号流和第二感知信号流。

[0146] 通过对在现有的CSD模块之后添加 Φ 模块,可以获得第二感知信号流,实现复杂度较低。

[0147] S320,第一节点在多个时间单元的每个时间单元输出至少两个感知信号流,相应的,在每个时间单元上第二节点从第一节点接收至少两个感知信号流。

[0148] 应理解,第二节点从第一节点接收的至少两个感知信号流为第一节点输出的至少两个感知信号流经过信道传输后的信号。

[0149] 为了便于区分和描述,假设第一节点输出的至少两个感知信号流为第一感知信号流和第二感知信号流,第二节点从第一节点接收的至少两个感知信号流为第三感知信号流和第四感知信号流。

[0150] 应理解,第三感知信号流为第一感知信号流经过信道传输后的信号,第四感知信号流为第二感知信号流经过信道传输后的信号。

[0151] 第三感知信号流和第四感知信号流并非第二节点包括的天线实际接收到感知信号流,而是天线对接收到的信号经过处理,可以等效于接收到第三感知信号流

和第四感知信号流。对于第二节点天线处的处理，本申请实施例不做具体说明。

。

[0152] 一种可能的实现中，第一节点在不同的时间单元发送的第一感知信号流和第二感知信号流不同，针对同一个时间单元，第一感知信号流和第二感知信号流满足上述的关系。而第一个时间单元对应的第一感知信号流和第二感知信号流，与第二个时间单元对应的第一感知信号流和第二感知信号流是不同的。示例性的，假设第一节点在第一个时间单元上输出的第一感知信号流为 $X_{11}[k]$ ，第二感知信号流为 $X_{12}[k]$ ，第一节点在第二时间单元上输出的第一感知信号流为 $X_{21}[k]$ ，第二感知信号流为 $X_{22}[k]$ 。

[0153] S330，第二节点对多个时间单元上接收到的至少两个感知信号流进行处理，确定无线感知结果。

[0154] 示例性的，第二节点在第一个时间单元上和第二个时间单元上接收两个感知信号流，确定信道质量参数(例如CSI或CIR)并根据信道质量参数确定无线感知结果。

[0155] 示例性的，第二节点接收的信号可以为如下形式： $Y_1[k] = X_{11}[k]H_1[k] + X_{12}[k]H_2[k] + W_1[k]$
 $Y_2[k] = X_{21}[k]H_1[k] + X_{22}[k]H_2[k] + W_2[k]$

[0156] 其中， $Y_1[k]$ 表示第二节点在第一个时间单元上接收到的信号， $Y_2[k]$ 表示第二节点在第二个时间单元上接收到的信号， $H_1[k]$ 表示在第k个子载波上第一副发送天线到接收天线的频域信道系数， $H_2[k]$ 表示在第k个子载波上第二副发送天线到接收天线的频域信道系数， $W_1[k]$ 、 $W_2[k]$ 为接收机热噪声。

[0157] 进一步的，第二节点根据上述方程组，估计信道状态信息CSI。

[0158] 进一步的，第二节点根据CSI确定无线感知结果。

[0159] 本申请实施例中，以未授权用户包括两个天线为例进行说明。当然，未授权用户也可以包括多于两个天线，本申请实施例对此不做限定。应理解，未授权用户可以在任意一个时间单元上接收信号，任一一个时间单元可能包括上述的第一个时间单元或第二个时间单元，也可能为发送第一感知信号流和第二感知信号流的时间单元之外的时间单元。 $R_{e1} = X_{11}H_{t1e1} + X_{12}H_{t2e1}$ $R_{e2} = X_{11}H_{t1e2} + X_{12}H_{t2e2}$

[0160] 其中, R_{e1} 表示未授权用户第一根天线接收到的信号, R_{e2} 表示未授权用户第二根天线接收到的信号, H_{t1e1} 表示第一节点的第一根天线到未授权用户的第一根天线之间的频域信道系数, H_{t2e1} 表示第一节点的第二根天线到未授权用户的第一根天线之间的频域信道系数, H_{t1e2} 表示第一节点的第一根天线到未授权用户的第二根天线之间的频域信道系数, H_{t2e2} 表示第一节点的第二根天线到未授权用户的第二根天线之间的频域信道系数。

[0161] 需要说明的是, 此处略去子载波序号, 并且, 噪声的影响忽略不计。

[0162] 其中, X_{11} 和 X_{12} 对于未授权用户来说均为未知, 因此, 未授权用户无法直接通过两根天线上的接收信号 R_{e1} 和 R_{e2} 确定无线感知结果。

[0163] 下面分析低通函数 $\theta_k(t)$ 的设计原因。

[0164] 对于未授权用户来说, 可以通过将两根天线上接收到的信号进行联立, 获得无线感知结果。

[0165] 令 $\frac{H_{t2e1}}{H_{t1e1}} = a_1 e^{j\theta_1}$, $\frac{H_{t2e2}}{H_{t1e2}} = a_2 e^{j\theta_2}$, $\frac{X_{12}}{X_{11}} = e^{j\theta}$, 则可以得到如下关系:

$$\frac{R_{e2}}{R_{e1}} = \frac{X_{11}H_{t1e2}(1 + e^{j\theta}a_2e^{j\theta_2})}{X_{11}H_{t1e1}(1 + e^{j\theta}a_1e^{j\theta_1})}$$

[0166] 从而得到如下关系: $\frac{|R_{e2}|}{|R_{e1}|} = \frac{|H_{t1e2}|}{|H_{t1e1}|} \sqrt{\frac{(1 + a_2^2 + 2a_2\cos(\theta + \theta_2))}{(1 + a_1^2 + 2a_1\cos(\theta + \theta_1))}}$

$$\varphi\left(\frac{R_{e2}}{R_{e1}}\right) = \varphi\left(\frac{H_{t1e2}}{H_{t1e1}}\right) + \tan^{-1} \frac{a_2 \sin(\theta + \theta_2)}{1 + a_2 \cos(\theta + \theta_2)} - \tan^{-1} \frac{a_1 \sin(\theta + \theta_1)}{1 + a_1 \cos(\theta + \theta_1)}$$

[0167] 在实际系统中, a_1 、 θ_1 、 a_2 、 θ_2 由环境决定, 其变化很小且不可控。由于大多数场景下被感知对象所引起的信道波动是慢变的, 因此, 为混淆未授权用户, 使其无法正确推断等效信道的变化规律从而实现感知功能, 需要将 $\theta_k(t)$ 设计成具有低通特性的慢变函数(若变化过快则未授权用户可以通过低通滤波去除其效果), 即: 利用 $\theta_k(t)$ 的变化规律掩盖信道变化的真实规律。

[0168] 在某些实施例, 本申请实施例中的低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值 ρ 可以为0至 2π 之间均匀分布的随机数。

[0169] 示例性的, 给出一个低通函数 $\theta_k(t)$ 产生算法的具体示例。

- [0170] 应理解，本申请实施例的算法只是低通函数 $\theta_k(t)$ 的一个具体示例，本申请实施例对低通函数 $\theta_k(t)$ 的产生算法不做限定。
- [0171] 该算法可以包括以下步骤：
- [0172] 步骤一：对任意子载波 k 定义一个低通函数 $\theta_k(t)$ 。假设整个感知过程包含 S 轮，其中， S 大于或等于 1，每一轮的持续时间为 T ，其中， T 大于 0，则感知过程的总持续时长为 ST ， ST 可以为 $\theta_k(t)$ 的时间持续期。
- [0173] 例如，每一个第一节点向第二节点发送感知信号流，第二节点接收感知信号流的时间为一轮。
- [0174] 步骤二：对于任一子载波 k ，随机产生 M 个范围为 0 至 2π 的均匀分布随机数，相邻随机数对应的时间间隔为 ST/M 。这样，上述产生的 M 个随机数就是 $\theta_k(t)$ 在 $0, ST/M, \dots, (M-1) \cdot ST/M$ 等时刻的采样值。
- [0175] 步骤三：对于上述采样值，可以使用分段插值方法进行插值(例如：三次 Hermite 插值算法)得到 $\theta_k(t)$ 。
- [0176] 若 $\theta_k(t) > 2\pi$ ，则令 $\theta_k(t) = 2\pi$ ；若 $\theta_k(t) < 0$ ，则令 $\theta_k(t) = 0$ 。
- [0177] 步骤四：对 $\theta_k(t)$ 以 T 为间隔采样，得到一组样本 $\theta_k(nT)$ ，其中 $n = 0, 1, \dots, S-1$ 。
- [0178] 其中，第 n 轮感知所使用的 θ 等于 $\theta_k(nT)$ 。
- [0179] 由上述示例可知，低通函数可以由一组随机数和插值函数确定，这一组随机数在第一节点和第二节点之间以保密的方式共享。
- [0180] 可选的，第一节点可以生成一组随机数，加密后发送给第二节点；或者，可选的，第二节点可以生成一组随机数，加密后发送给第一节点；或者，可选的，第一节点和第二节点可以基于预先约定好的随机种子和随机数生成算法生成一组随机数；或者，可选的，第三方节点向第一节点和第二节点发送加密后的一组随机数。
- [0181] 示例性的，插值函数是公开的函数。
- [0182] 需要说明的是，上述算法只是低通函数 $\theta_k(t)$ 的一种具体的算法， $\theta_k(t)$ 也可能采用其他算法确定。
- [0183] 在一种可能的实现方式中，在输出第一感知信号流和第二感知信号流的第一时间单元上， $\theta_k(t)$ 可以满足关系 $\theta_1(t)$ ，在输出第一感知信号流和第二感知信号流

的第二时间单元上， $\theta_k(t)$ 可以满足 $\theta_{2k}(t)$ ，即在第一时间单元和第二时间单元上低通函数满足不同的规律，为两个不同的低通函数。

[0184] 在另一种可能的实现方式中，在输出第一感知信号流和第二感知信号流的第一时间单元上和第二时间单元上，低通函数满足相同的规律，为相同的低通函数。

[0185] 本申请实施例中，第一节点可以在多个时间单元中的每个时间单元上输出至少两个感知信号流，其中，第一感知信号流为随机信号流，第二感知信号流由第一感知信号流和低通函数确定，这样第二节点就可以根据接收到的信号确定无线感知结果。一方面，利用低通函数的低通特性，使得未授权用户不能确定无线感知结果，保护了合法用户的隐私；另一方面，由于本申请实施例仅需在第一节点和第二节点之间分享一组用于确定低通函数的随机数，就能够使得合法用户能够通过第二节点接收到的信号确定无线感知结果，因此实现复杂度较低。综上，本申请实施例可以在保证感知的同时有效保护合法用户的隐私，并且实现复杂度较低。

[0186] 可以理解的是，以上各个实施例中，由第一节点实现的方法和/或步骤，也可以由可用于该第一节点的部件(例如处理器、芯片、芯片系统、电路、逻辑模块、或软件例如芯片或者电路)实现。由第二节点实现的方法和/或步骤，也可以由可用于该第二节点的部件(例如处理器、芯片、芯片系统、电路、逻辑模块、或软件例如芯片或者电路)实现。

[0187] 上述主要从各个设备之间交互的角度对本申请提供的方案进行了介绍。相应的，本申请还提供了通信装置，该通信装置用于实现上述各种方法。该通信装置可以为上述方法实施例中的第一节点，或者包含上述第一节点的装置，或者为可用于第一节点的部件，例如第一节点中的芯片；或者，该通信装置可以为上述方法实施例涉及的第二节点，或者包含该第二节点的装置，或者为可用于该第二节点的部件，例如第二节点中的芯片。

[0188] 可以理解的是，该通信装置为了实现上述功能，其包含了执行各个功能相应的硬件结构和/或软件模块。本领域技术人员应该很容易意识到，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，本申请能够以硬件或硬件和计算

机软件的结合形式来实现。某个功能究竟以硬件还是计算机软件驱动硬件的方式来执行，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。

- [0189] 本申请实施例可以根据上述方法实施例对通信装置进行功能模块的划分，例如，可以对应各个功能划分各个功能模块，也可以将两个或两个以上的功能集成在一个处理模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能模块的形式实现。需要说明的是，本申请实施例中对模块的划分是示意性的，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。
- [0190] 图6是本申请实施例提供的通信装置的一例的示意图。该通信装置600包括通信模块610和处理模块620。可选地，该通信装置还包括存储模块630。通信模块610可以与外部进行通信，处理模块620用于进行数据处理。通信模块610还可以称为通信接口或通信单元。
- [0191] 可选地，该通信装置600还可以包括存储模块，该存储模块可以用于存储指令或者和/或数据，处理模块620可以读取存储模块中的指令或者和/或数据。
- [0192] 在一些实施例中，通信模块610，用以实现输出和/或输入的功能，该通信模块610可以由通信接口构成。可选地，该通信模块610也可以为收发模块(或称为通信单元)用以实现发送和/或接收功能，此时，该通信模块610可以是输入输出接口，收发电路，收发机，或收发器。
- [0193] 在一些实施例中，通信模块610，可以包括输出模块(或接收模块)和输入模块(或发送模块)，分别用于执行上述方法实施例中由第一节点或者第二节点执行的输出(或接收)和输入(或发送)类的步骤，和/或用于支持本文所描述的技术的其它过程；处理模块620，可以用于执行上述方法实施例中由第一节点或者第二节点执行的处理类(例如确定、生成等)的步骤，和/或用于支持本文所描述的技术的其它过程。
- [0194] 以通信装置为上述方法实施例中的第一节点，或者包含上述第一节点的装置，或者为可用于第一节点的部件为例，处理模块620用于：生成至少两个感知信号流，至少两个感知信号流包括第一感知信号流和第二感知信号流，第一感知

信号流为随机信号流，所述第二感知信号流由所述第一感知信号流和低通函数确。通信模块610用于：在多个时间单元的每个时间单元上输出多个感知信号流。

- [0195] 示例性的，第一感知信号流的模不变，相位随所述时间单元变化。恒模情况下，信道强度不变，信道估计性能好，从而可以提高感知精度。
- [0196] 一种可能的实现方式中，该第一感知信号流可以为模为任一正数，相位为在 0 至 2π 均匀分布的随机量，第一感知信号流和第二感知信号流较灵活，可以使得第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化，恒模情况下，信道强度不变，信道估计性能好，从而可以提高感知精度，进而保护合法用户的隐私。
- [0197] 另一种可能的实现方式中，该第一感知信号流可以为调制星座集中的点。该实现方式中，第一感知信号流是从有限集合中选择的，实现复杂度低。可选地，该调制星座集可以为恒模调制星座集，例如可以为PSK星座集，例如8PSK, 16PSK, 64PSK等。其中，在调制星座集中的点为恒模调制的情况下，调制阶数的升高不会影响感知精度，这样可以通过增加调制星座集的调制阶数来增大“密钥空间”，使得未授权用户难以获得感知信息，保护了用户的隐私。该调制星座集还可以为QAM星座集，例如，16QAM，64QAM等，本申请实施例不做限定。
- [0198] 可选地，本申请实施例中，第二感知信号流可以由第一感知信号流和低通函数 $\theta_k(t)$ 确定。其中，低通函数 $\theta_k(t)$ 还可以称之为时变函数或者随时间慢变的时变函数，本申请实施例对此不作具体限定。
- [0199] 示例性的，该第二感知信号流的相位由低通函数 $\theta_k(t)$ 在发送感知信号流的时间单元上的采样值确定，该第二感知信号流的模与第一感知信号流的模相等。
- [0200] 一种可能的实现方式中，本申请实施例中的第一感知信号流和第二感知信号流满足如下关系：
$$\frac{X_2[k]}{X_1[k]} = e^{j\rho}$$
- [0201] 其中， $X_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值， k 为正整数。

- [0202] 另一种可能的实现方式中，第二感知信号流在第k个子载波上的信号为调制星座集中距离 $\widehat{x}_2[k]$ 最近的星座点，其中， $\widehat{x}_2[k]$ 满足如下关系： $\frac{\widehat{x}_2[k]}{X_1[k]} = e^{j\rho}$
- [0203] 其中， $X_1[k]$ 表示第一感知信号流在第k个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值，k为正整数。
- [0204] 可选地，本申请实施例中，第二感知信号流可以由第一感知信号流和低通函数 $\theta_k(t)$ 确定，包括：第二感知信号流由第一感知信号流、低通函数 $\theta_k(t)$ 、以及CSD矩阵K确定。
- [0205] 示例性的，该第二感知信号流由第一感知信号流、 Φ 和K确定。其中，该 Φ 可以为主对角线元素为1和 $e^{j\rho}$ 组成的对角阵。 ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值，k为正整数。
- [0206] 以通信装置为上述方法实施例中的第二节点，或者包含上述第二节点的装置，或者为可用于第二节点的部件为例，通信模块610用于：在多个时间单元的每个时间单元上分别接收至少两个感知信号流，至少两个感知信号流包括第一感知信号流经过信道传输后的信号和第二感知信号流经过信道传输后的信号，第一感知信号流为随机信号流，第二感知信号流由所述第一感知信号流和低通函数确定。处理模块620用于：对多个时间单元上接收到的至少两个感知信号流进行处理，确定无线感知结果。
- [0207] 示例性的，第一感知信号流的模不变，相位随所述时间单元变化。恒模情况下，信道强度不变，信道估计性能好，从而可以提高感知精度。
- [0208] 一种可能的实现方式中，该第一感知信号流可以为模为任一正数，相位为在0至 2π 均匀分布的随机量，第一感知信号流和第二感知信号流较灵活，并且可以使得第一感知信号流的模不变，相位随时间单元变化，恒模情况下，信道强度不变，信道估计性能好，从而可以提高感知精度，进而保护合法用户的隐私。
- [0209] 另一种可能的实现方式中，该第一感知信号流可以为调制星座集中的点。该实现方式中，第一感知信号流是从有限集合中选择的，实现复杂度低。可选地，该调制星座集可以为恒模调制星座集，例如可以为PSK星座集，例如8PSK, 16PSK, 64PSK等。其中，在调制星座集中的点为恒模调制的情况下，调制阶

数的升高不会影响感知精度，这样可以通过增加调制星座集的调制阶数来增大“密钥空间”，使得未授权用户难以获得感知信息，保护了用户的隐私。该调制星座集还可以为QAM星座集，例如，16QAM，64QAM等，本申请实施例不做限定。

- [0210] 可选地，本申请实施例中，第二感知信号流可以由第一感知信号流和低通函数 $\theta_k(t)$ 确定。其中，低通函数 $\theta_k(t)$ 还可以称之为时变函数或者随时间慢变的时变函数，本申请实施例对此不作具体限定。
- [0211] 示例性的，该第二感知信号流的相位由低通函数 $\theta_k(t)$ 在发送感知信号流的时间单元上的采样值确定，该第二感知信号流的模与第一感知信号流的模相等。
- [0212] 一种可能的实现方式中，本申请实施例中的第一感知信号流和第二感知信号流满足如下关系：
$$\frac{X_2[k]}{X_1[k]} = e^{j\rho}$$
- [0213] 其中， $X_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值， k 为正整数。
- [0214] 另一种可能的实现方式中，第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号为调制星座集中距离 $\widehat{X_2[k]}$ 最近的星座点，其中， $\widehat{X_2[k]}$ 满足如下关系：
$$\frac{\widehat{X_2[k]}}{X_1[k]} = e^{j\rho}$$
- [0215] 其中， $X_1[k]$ 表示第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值， k 为正整数。
- [0216] 可选地，本申请实施例中，第二感知信号流可以由第一感知信号流和低通函数 $\theta_k(t)$ 确定，包括：第二感知信号流由第一感知信号流、低通函数 $\theta_k(t)$ 、以及CSD矩阵 K 确定。
- [0217] 示例性的，该第二感知信号流由第一感知信号流、 $\emptyset$ 和 K 确定。其中，该 $\emptyset$ 可以为住对角线元素为1和 $e^{j\rho}$ 组成的对角阵。 ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上低通函数 $\theta_k(t)$ 的采样值， k 为正整数。
- [0218] 在本申请中，该通信装置600以采用集成的方式划分各个功能模块的形式来呈现。这里的“模块”可以指特定ASIC，电路，执行一个或多个软件或固件程序的处理器和存储器，集成逻辑电路，和/或其他可以提供上述功能的器件。

- [0219] 在一些实施例中，在硬件实现上，本领域的技术人员可以想到该通信装置700可以采用图6所示的通信装置600的形式。
- [0220] 在一些实施例中，本申请实施例中，在通信装置600可以为第一节点或者第二节点中的芯片或者芯片系统的情况下，通信模块610可以为接口电路、管脚等。具体地，接口电路可以包括输入电路和输出电路，处理模块620可以包括处理电路。
- [0221] 在一些实施例中，本申请实施例中，在通信装置600可以为第一节点或者第二节点中的芯片或者芯片系统的情况下，通信模块610的功能/实现过程可以通过芯片或芯片系统的输入输出接口(或通信接口)实现，处理模块620的功能/实现过程可以通过芯片或芯片系统的处理器(或者处理电路)实现。
- [0222] 由于本实施例提供的通信装置600可执行上述无线感知方法，因此其所能获得的技术效果可参考上述方法实施例，在此不再赘述。
- [0223] 作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的第一节点或第二节点，还可以使用下述来实现：一个或多个现场可编程门阵列(field programmable gate array, FPGA)、可编程逻辑器件(programmable logic device, PLD)、控制器、状态机、门逻辑、分立硬件部件、任何其它适合的电路、或者能够执行本申请通篇所描述的各种功能的电路的任意组合。
- [0224] 作为另一种可能的产品形态，本申请实施例所述的第一节点或第二节点，可以由一般性的总线体系结构来实现。为了便于说明，参见图7，图7是本申请实施例提供的通信装置700的结构示意图，该通信装置700包括处理器701和一个或多个收发器702(图7中以一个收发器为例进行示意)。当然，图7仅示出了通信装置700的主要部件。除处理器701和收发器702之外，该通信装置还可以进一步包括存储器703。
- [0225] 可选地，处理器701可以是一个通用中央处理器(central processing unit, CPU)，微处理器，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程序执行的集成电路、或用于处理数据(例如计算机程序指令)的处理核。处理器可以是一个单核(single-CPU)处理器，也可以是一个多核(multi-CPU)处理器。

- [0226] 在具体实现中，作为一种实施例，处理器701可以包括一个或多个CPU。
- [0227] 可选地，处理器701、收发器702、以及存储器703可以通过通信总线连接。通信总线可以是外设部件互连标准(peripheral component interconnect, PCI)总线或扩展工业标准结构(extended industry standard architecture, EISA)总线等。该总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图7中仅用一条粗线表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。该通信总线用于连接通信装置700中的不同组件，使得通信装置700中的不同组件之间可以进行通信交互。
- [0228] 可选地，收发器702，也可以称之为通信接口，可以是收发模块，用于与其他设备或通信网络通信，该通信网络例如可以为以太网(Ethernet)，RAN，WLAN等。示例性的，该收发器702可以是收发机一类的装置。或者，该收发器702也可以是位于处理器701内的收发电路，用以实现处理器的信号输入和信号输出。
- [0229] 可选地，存储器703可以是具有存储功能的装置。例如可以是只读存储器(read-only memory, ROM)或可存储静态信息和指令的其他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他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)或其他光盘存储、光碟存储(包括压缩光碟、激光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等)、磁盘存储介质或者其他磁存储设备、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他介质，但不限于此。存储器可以是独立存在，通过通信总线与处理器701相连接。存储器也可以和处理器集成在一起。
- [0230] 虽然未示意，在具体实现中，作为一种实施例，通信装置700还可以包括输出设备和输入设备。输出设备和处理器701通信，可以以多种方式来显示信息。例如，输出设备可以是液晶显示器(liquid crystal display, LCD)，发光二极管(light emitting diode, LED)显示设备，阴极射线管(cathode ray tube, CRT)显示设备，或投影仪(projector)等。输入设备和处理器701通信，可以以多种方式接收用户的输入。例如，输入设备可以是鼠标、键盘、触摸屏设备或传感设备等。

细则 91,
15.08.2023

- [0231] 可选地，处理器701主要用于对通信协议以及通信数据进行处理，以及对整个通信装置700进行控制，执行软件程序，处理软件程序的数据。存储器703主要用于存储软件程序和数据。收发器702可以包括射频电路和天线，射频电路主要用于基带信号与射频信号的转换以及对射频信号的处理。天线主要用于收发电磁波形式的射频信号。
- [0232] 在一种实现中，当通信装置700开机后，处理器701可以读取存储器703中的软件程序，解释并执行软件程序的指令，处理软件程序的数据。当需要通过无线发送数据时，处理器701对待发送的数据进行基带处理后，输出基带信号至射频电路，射频电路将基带信号进行射频处理后将射频信号通过天线以电磁波的形式向外发送。当有数据发送到通信装置700时，射频电路通过天线接收到射频信号，将射频信号转换为基带信号，并将基带信号输出至处理器701，处理器701将基带信号转换为数据并对该数据进行处理。
- [0233] 在另一种实现中，所述的射频电路和天线可以独立于进行基带处理的处理器而设置，例如在分布式场景中，射频电路和天线可以与独立于通信装置700，呈拉远式的布置。
- [0234] 作为一种示例，图6中的处理模块620的功能/实现过程可以通过图7所示的通信装置700中的处理器701调用存储器703中存储的计算机执行指令来实现。图6中的通信模块610的功能/实现过程可以通过图7所示的通信装置700中的收发器702来实现。
- [0235] 在一些实施例中，本申请实施例还提供一种通信装置，该通信装置包括处理器，用于实现上述任一方法实施例中的方法。该通信装置可以为上述方法实施例中的第一节点或第二节点。
- [0236] 作为一种可能的实现方式，该通信装置还包括存储器。该存储器，用于保存必要的计算机程序和数据。该计算机程序可以包括指令，处理器可以调用存储器中存储的计算机程序中的指令以指令该通信装置执行上述任一方法实施例中的方法。当然，存储器也可以不在该通信装置中。
- [0237] 作为另一种可能的实现方式，该通信装置还包括接口电路，该接口电路为代码/数据读写接口电路，该接口电路用于接收计算机执行指令(计算机执行指令存

储在存储器中，可能直接从存储器读取，或可能经过其他器件)并传输至该处理器。

[0238] 作为又一种可能的实现方式，该通信装置还包括通信接口，该通信接口用于与该通信装置之外的模块通信。

[0239] 可以理解的是，该通信装置可以是芯片或芯片系统，该通信装置是芯片系统时，可以由芯片构成，也可以包含芯片和其他分立器件，本申请实施例对此不作具体限定。

[0240] 本申请还提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序或指令，该计算机程序或指令被计算机执行时实现上述任一方法实施例的功能。

[0241] 可选地，本申请实施例中的计算机执行指令也可以称之为应用程序代码，本申请实施例对此不作具体限定。

[0242] 本申请还提供了一种计算机程序产品，该计算机程序产品被计算机执行时实现上述任一方法实施例的功能。

[0243] 本领域普通技术人员可以理解，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。

[0244] 可以理解，本申请中描述的系统、装置和方法也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。

[0245] 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，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元。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。

[0246] 另外，本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中，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。

- [0247] 在上述实施例中，可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件程序实现时，可以全部或部分地以计算机程序产品的形式来实现。该计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行计算机程序指令时，本申请实施例所述的全部或部分流程(或功能)被实现。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或者数据中心通过有线(例如同轴电缆、光纤、数字用户线(digital subscriber line, DSL))或无线(例如红外、无线、微波等)方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可以用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质(例如，软盘、硬盘、磁带)，光介质(例如，DVD)、或者半导体介质(例如固态硬盘(solid state drive, SSD))等。本申请实施例中,计算机可以包括前面所述的装置。
- [0248] 尽管在此结合各实施例对本申请进行了描述，然而，在实施所要求保护的本申请过程中，本领域技术人员通过查看所述附图、公开内容、以及所附权利要求书，可理解并实现所述公开实施例的其他变化。在权利要求中，“包括”(comprising)一词不排除其他组成部分或步骤，“一”或“一个”不排除多个的情况。单个处理器或其他单元可以实现权利要求中列举的若干项功能。相互不同的从属权利要求中记载了某些措施，但这并不表示这些措施不能组合起来产生良好的效果。
- [0249] 尽管结合具体特征及其实施例对本申请进行了描述，显而易见的，在不脱离本申请的精神和范围的情况下，可对其进行各种修改和组合。相应地，本说明书和附图仅仅是所附权利要求所界定的本申请的示例性说明，且视为已覆盖本申请范围内的任意和所有修改、变化、组合或等同物。显然，本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样，倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内，则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种无线感知方法，其特征在于，包括：
- 生成至少两个感知信号流，所述至少两个感知信号流包括第一感知信号流和第二感知信号流，所述第一感知信号流为随机信号流，所述第二感知信号流由所述第一感知信号流和低通函数确定；
- 在多个时间单元的每个时间单元上输出所述至少两个感知信号流。
- [权利要求 2] 一种无线感知方法，其特征在于，包括：
- 在多个时间单元的每个时间单元上分别接收至少两个感知信号流，所述至少两个感知信号流包括第一感知信号流经过信道传输后的信号和第二感知信号流经过信道传输后的信号，所述第一感知信号流为随机信号流，所述第二感知信号流由所述第一感知信号流和低通函数确定；
- 对所述多个时间单元上接收到的所述至少两个感知信号流进行处理，确定无线感知结果。
- [权利要求 3] 根据权利要求1或2所述的方法，其特征在于，所述第一感知信号流的模不变，相位随所述时间单元变化。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的方法，其特征在于，
- 所述第一感知信号流为模为任一正数、相位为在 0 至 2π 均匀分布的随机量。
- [权利要求 5] 根据权利要求3或4所述的方法，其特征在于，
- 所述第一感知信号流设置为调制星座集中的点。
- [权利要求 6] 根据权利要求3至5中任一项所述的方法，其特征在于，包括：
- 所述第二感知信号流的相位由所述低通函数在发送感知信号流的时间单元上的采样值确定，所述第二感知信号流的模与所述第一感知信号流的模相等。
- [权利要求 7] 根据权利要求3至6中任一项所述的方法，其特征在于，
- 所述第二感知信号流和所述第一感知信号流满足如下关系：

$$\frac{X_2[k]}{X_1[k]} = e^{j\rho}$$

其中， $X_1[k]$ 表示所述第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示所述第二感知信号流在所述第 k 个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上所述低通函数的采样值，所述 k 为正整数。

[权利要求 8]

根据权利要求3至6中任一项所述的方法，其特征在于，
所述第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号为所述调制星座集中距离 $\widehat{x_2[k]}$ 最近的星座点，其中， $\widehat{x_2[k]}$ 满足如下关系：

$$\frac{\widehat{X_2[k]}}{X_1[k]} = e^{j\rho}$$

其中， $X_1[k]$ 表示所述第一感知信号流在所述第 k 个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上所述低通函数的采样值，所述 k 为正整数。

[权利要求 9]

根据权利要求3至6中任一项所述的方法，其特征在于，
所述第二感知信号流由所述第一感知信号流、低通函数和循环移位分集CSD矩阵 K 确定。

[权利要求 10]

根据权利要求9所述的方法，其特征在于，所述第二感知信号流由所述第一感知信号流、低通函数和CSD矩阵 K 确定，包括：
所述第二感知信号流由所述第一感知信号流、随机化矩阵 Φ 和所述 K 确定，所述 Φ 为主对角线元素为1和 $e^{j\rho}$ 的对角阵，其中，所述 ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上所述低通函数的采样值。

[权利要求 11]

根据权利要求9所述的方法，其特征在于，所述第二感知信号流满足如下关系：

$$\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = \Phi \times K \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$$

其中， $X_1[k]$ 表示所述第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示所述第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号。

- [权利要求 12]

根据权利要求9所述的方法，其特征在于，所述第二感知信号流满足如下关系：

$$\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = K \times \emptyset \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$$

其中， $X_1[k]$ 表示所述第一感知信号流在第 k 个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示所述第二感知信号流在第 k 个子载波上的信号。
- [权利要求 13]

根据权利要求1至12中任一项所述的方法，其特征在于，所述低通函数的参数由一组随机数和公开的插值函数确定，所述参数以保密方式共享。
- [权利要求 14]

一种通信装置，其特征在于，包括：

处理模块，用于生成至少两个感知信号流，所述至少两个感知信号流包括第一感知信号流和第二感知信号流，所述第一感知信号流为随机信号流，所述第二感知信号流由所述第一感知信号流和低通函数确定；

通信模块，用于在多个时间单元的每个时间单元上输出所述至少两个感知信号流。
- [权利要求 15]

一种通信装置，其特征在于，包括：

通信模块，在多个时间单元的每个时间单元上分别接收至少两个感知信号流，所述至少两个感知信号流包括第一感知信号流经过信道传输后的信号和第二感知信号流经过信道传输后的信号，所述第一感知信号流为随机信号流，所述第二感知信号流由所述第一感知信号流和低通函数确定；

处理模块，用于对所述多个时间单元上接收到的所述至少两个感知信号流进行处理，确定无线感知结果。
- [权利要求 16]

根据权利要求14或15所述的装置，其特征在于，所述第一感知信号流的模不变，相位随所述时间单元变化。
- [权利要求 17]

根据权利要求16所述的方法或装置，其特征在于，

所述第一感知信号流为模为任一正数、相位为在0至 2π 均匀分布的随机量。

[权利要求 18] 根据权利要求16或17所述的装置，其特征在于，
所述第一感知信号流设置为调制星座集中的点。

[权利要求 19] 根据权利要求16至18中任一项所述的装置，其特征在于，包括：
所述第二感知信号流的相位由所述低通函数在发送感知信号流的时间单元上的采样值确定，所述第二感知信号流的模与所述第一感知信号流的模相等。

[权利要求 20] 根据权利要求16至19中任一项所述的装置，其特征在于，
所述第二感知信号流和所述第一感知信号流满足如下关系：

$$\frac{X_2[k]}{X_1[k]} = e^{j\rho}$$

其中， $X_1[k]$ 表示所述第一感知信号流在第k个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示所述第二感知信号流在所述第k个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上所述低通函数的采样值，所述k为正整数。

[权利要求 21] 根据权利要求16至19中任一项所述的装置，其特征在于，
所述第二感知信号流在第k个子载波上的信号为所述调制星座集中距离 $\widehat{X_2[k]}$ 最近的星座点，其中， $\widehat{X_2[k]}$ 满足如下关系：

$$\frac{\widehat{X_2[k]}}{X_1[k]} = e^{j\rho}$$

其中， $X_1[k]$ 表示所述第一感知信号流在所述第k个子载波上的信号， ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上所述低通函数的采样值，所述k为正整数。

[权利要求 22] 根据权利要求16至19中任一项所述的装置，其特征在于，
所述第二感知信号流由所述第一感知信号流、低通函数和循环移位分集CSD矩阵K确定。

- [权利要求 23] 根据权利要求22所述的装置，其特征在于，所述第二感知信号流由所述第一感知信号流、低通函数和CSD矩阵K确定，包括：
所述第二感知信号流由所述第一感知信号流、随机化矩阵 Φ 和所述K确定，所述 Φ 为主对角线元素为1和 $e^{j\rho}$ 的对角阵，其中，所述 ρ 表示在发送感知信号流的时间单元上所述低通函数的采样值。
- [权利要求 24] 根据权利要求23所述的装置，其特征在于，所述第二感知信号流满足如下关系：

$$\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = \Phi \times K \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$$
 其中， $X_1[k]$ 表示所述第一感知信号流在第k个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示所述第二感知信号流在第k个子载波上的信号。
- [权利要求 25] 根据权利要求23所述的装置，其特征在于，所述第二感知信号流满足如下关系：

$$\begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_2[k] \end{bmatrix} = K \times \Phi \times \begin{bmatrix} X_1[k] \\ X_1[k] \end{bmatrix}$$
 其中， $X_1[k]$ 表示所述第一感知信号流在第k个子载波上的信号， $X_2[k]$ 表示所述第二感知信号流在第k个子载波上的信号。
- [权利要求 26] 根据权利要求14至25中任一项所述的装置，其特征在于，所述低通函数的参数由一组随机数和公开的插值函数确定，所述参数以保密方式共享。
- [权利要求 27] 一种通信装置，其特征在于，所述通信装置包括处理器；所述处理器，用于运行计算机程序或指令，或者用于通过逻辑电路，以使所述通信装置执行如权利要求1、3至13中任一项所述的方法，或者使所述通信装置执行如权利要求2、3至13中任一项所述的方法。
- [权利要求 28] 根据权利要求27所述的装置，其特征在于，所述装置还包括通信接口，用于输入和/或输出信号。
- [权利要求 29] 根据权利要求27或28所述的装置，其特征在于，所述装置还包括存储器，用于存储所述计算机程序或指令。

- [权利要求 30] 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质存储有计算机指令或程序，当计算机指令或程序在计算机上运行时，以使所述通信装置执行如权利要求1、3至13中任一项所述的方法，或者使所述通信装置执行如权利要求2、3至13中任一项所述的方法。
- [权利要求 31] 一种通信系统，其特征在于，所述通信系统包括如权利要求14、16至26任一项所述的通信装置以及如权利要求15、16至26任一项所述的通信装置。