

信号处理方法、装置及存储介质

本公开要求于 2023 年 09 月 28 日提交的、申请号为 202311287412.3 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。

5 技术领域

本公开涉及无线通信技术领域，尤其涉及信号处理方法、装置及存储介质。

背景技术

目前，通感一体化系统通过软硬件资源的共享实现通信和感知两种功能。传统的通信和感知系统采用各自的波形，未能实现一体化。通信常用的波形为正交频分复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 波形。

发明内容

一方面，本公开实施例提供一种信号处理方法。该信号处理方法包括：

获取第一频域序列，第一频域序列包括通信子载波对应的调制符号和预留子载波对应的调制符号；

通过配置第一频域序列的预留子载波对应的调制符号，得到第五频域序列，第五频域序列的峰均比低
15 于第一频域序列的峰均比。

需要说明的是，本公开中提到的峰均比指的是峰值平均功率比，为便于描述，后文中简称峰均比。

再一方面，本公开实施例提供一种信号处理装置。该信号处理装置包括：

获取模块，用于获取第一频域序列，第一频域序列包括通信子载波对应的调制符号和预留子载波对应的调制符号；

20 处理模块，用于通过配置第一频域序列的预留子载波对应的调制符号，得到第五频域序列，第五频域序列的峰均比低于第一频域序列的峰均比。

又一方面，本公开实施例提供一种通信装置。该通信装置包括：存储器和处理器；存储器和处理器耦合；存储器用于存储计算机程序；处理器执行计算机程序时实现上述任一实施例的信号处理方法。

又一方面，本公开实施例提供一种计算机可读存储介质。该计算机可读存储介质上存储有计算机程序指令，该计算机程序指令被处理器执行时实现上述任一实施例的信号处理方法。

又一方面，本公开实施例提供一种计算机程序产品。该计算机程序产品包括计算机程序指令，该计算机程序指令被处理器执行时实现上述任一实施例的信号处理方法。

附图说明

为了更清楚地说明本公开中的技术方案，下面将对本公开一些实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例的附图，对于本领域普通技术人员来讲，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为根据一些实施例的一种通感一体化系统的架构示意图。

图 2 为根据一些实施例的一种信号处理方法的流程图。

图 3 为根据一些实施例的一种峰均比的仿真示意图。

35 图 4 为根据一些实施例的另一种信号处理方法的流程图。

图 5 为根据一些实施例的又一种信号处理方法的流程图。

图 6 为根据一些实施例的又一种信号处理方法的流程图。

图 7 为根据一些实施例的另一种峰均比的仿真示意图。

图 8 为根据一些实施例的一种信号处理装置的结构示意图。

图 9 为根据一些实施例的一种通信装置的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本公开中的附图，对本公开中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅是本公开一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本公开中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。

需要说明的是，在本公开中，“示例性地”或者“例如”等表述用于表示作例子、例证或说明。本公开中被描述为“示例性地”或者“例如”等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“示例性地”或者“例如”等表述旨在以详细方式呈现相关概念。

以下，术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”等的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。

在本公开的描述中，除非另有说明，“/”表示“或”的意思，例如，A/B 可以表示 A 或 B。本文中的“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：仅 A、仅 B 以及 A 和 B。此外，“至少一个”是指一个或多个，“多个”是指两个或两个以上。

在通信感知一体化系统中，使用相同的时间、频率、功率等资源就可实现数据传输和目标感知两大业务功能。相比于传统的通信与感知分离的系统，通信感知一体化系统具有许多优势，例如节约成本、减小设备尺寸、降低功耗、提升频谱效率等。因此，通信感知一体化技术受到业界越来越多的重视。

在信号特性方面，由于 OFDM 波形在频谱效率、干扰抑制、与 MIMO 技术适配结合等方面都具有显著优势，因此，OFDM 波形已在 4G 和 5G 通信系统中得到了广泛应用。此外，由于 OFDM 信号的模糊函数呈现单一尖峰形状，具有良好的距离分辨率特性，因此 OFDM 信号也能很好地承担无线感知任务。基于上述两个原因，通感一体化融合波形设计中，经常还是以 OFDM 作为主要调制方式。

由于 OFDM 是一种优秀的通信波形，且通信、感知波形在设计上存在差异。因此，一些技术在设计通感一体化波形时，通常还是会将 OFDM 作为通信波形，采用时分/频分的方式发送感知波形，但这种方式存在感知资源利用不充分、无法真正实现通感一体化的问题。

如背景技术所述，若直接采用通信的 OFDM 波形用于实现通感一体化，会存在峰值平均功率比（Peak to Average Power Ratio, PAPR）（也称为峰均比）较高的问题，而 PAPR 较高通常会限制感知的距离，从而降低 OFDM 信号的覆盖范围。

针对上述技术问题，本公开实施例提供一种信号处理方法，其思路在于：通过对第一频域序列中的预留子载波序列的调制符号进行配置，来实现降低 OFDM 信号的 PAPR 的目的，如此，能够避免 OFDM 信号在用作通感一体化信号时，感知覆盖范围受到限制。

下面结合说明书附图对本公开实施例提供的通感一体化系统进行详细介绍。

图 1 为本公开实施例提供的一种通感一体化系统的架构示意图。如图 1 所示，该通感一体化系统 100 包括：发送端 110、通信接收端 120 和感知接收端 130。

发送端 110，用于发送通感一体化信号。

在一些实施例中，发送端 110 用于先对通感一体化信号进行峰均比抑制处理，然后再进行发送。

需要说明的是，本公开中提到的峰均比指的是峰值平均功率比，为便于描述，后文中简称峰均比。

示例性地，发送端 110 可以通过无线空口发送通感一体化信号。

示例性地，发送端 110 可以为基站或终端设备等。例如，终端设备可以是手机、平板电脑、桌面型、膝上型、手持计算机、笔记本电脑、超级移动个人计算机（Ultra-Mobile Personal Computer, UMPC）、上网本，以及蜂窝电话、个人数字助理（Personal Digital Assistant, PDA）、增强现实（Augmented Reality, AR）、虚拟现实（Virtual Reality, VR）设备等。本公开实施例对终端设备的形态不作特殊限制。

5 通信接收端 120，用于接收通感一体化信号，并基于通感一体化信号获取通信信息。

在一些实施例中，通信接收端 120 包括通信处理装置，用于对接收到的通感一体化信号进行通信处理，得到通信信息。

在一些实施例中，通信接收端 120 包括接收天线，则通信接收端 120 可以通过接收天线接收通感一体化信号。

10 示例性地，通信接收端 120 可以通过无线空口接收通感一体化信号。

示例性地，通信接收端 120 可以为基站或终端设备等。

感知接收端 130，用于接收经过感知目标散射后的通感一体化信号，并基于该通感一体化信号获取感知信息。

在一些实施例中，感知接收端 130 包括感知处理装置，用于对接收到的通感一体化信号进行感知处理，得到感知信息。

15 示例性地，感知接收端 130 可以通过无线空口接收通感一体化信号。

示例性地，感知接收端 130 可以为基站或终端设备等。

需要说明的是，本公开实施例中的通信接收端 120 和感知接收端 130 可以集成在同一个设备上；或者，通信接收端 120 和感知接收端 130 可以分别部署在不同的设备上。

20 需要说明的是，本公开实施例描述的系统架构以及应用场景是为了更加清楚的说明本公开实施例的技术方案，并不构成对于本公开实施例提供的技术方案的限定，本领域普通技术人员可知，随着系统架构的演变和新业务场景的出现，本公开实施例提供的技术方案对于类似的技术问题，同样适用。

下面对本公开实施例提供的信号处理方法进行详细介绍。

25 本公开提供一种信号处理方法，该方法可以应用于如图 1 中所示的发送端 110。如图 2 所示，该方法包括以下步骤。

S201、获取第一频域序列，第一频域序列包括通信子载波对应的调制符号和预留子载波对应的调制符号。

示例性地，上述第一频域序列可以为 OFDM 信号对应的频域序列。

30 OFDM 符号可以包括多个子载波，用于调制待发送的数据，以实现在一个宽带频谱上同时传输多个数据流。通信子载波是用于传输数据的子载波。预留子载波为预先保留的一部分子载波。预留子载波不用于传输数据，而可以用来插入特定的导频信号、重复数据或者保护间隔等，以提高系统的性能。在本公开实施例中，通过对预留子载波的调制符号进行配置，以降低 PAPR。

35 在一些实施例中，预留子载波的数目和位置可以根据用户对 OFDM 信号的需求来设定。例如，预留子载波的数目可以根据传输数据的数据量和传输质量要求确定。在数据量较小的情况下，可以适当增加预留子载波的数量，以保证数据传输质量；在数据量较大的情况下，可以适当减少预留子载波的数量，以提高传输效率。预留子载波的位置一般选择在频带两端或者中心位置，以使预留子载波对传输数据的影响最小化，从而保证传输质量。另外，预留子载波的数目和位置还可以根据用户对 OFDM 信号的 PAPR 的需求来设定，以使得 OFDM 信号具有较低的 PAPR。

示例性地，假设第一频域序列包括 N 个子载波，通信子载波的数目为 N_1 ，预留子载波的数目为 N_2 ，且 $N_1+N_2=N$ 。假设表示通信子载波索引的矩阵为 A ，则矩阵 A 的大小为 $N_1 \times N$ ，矩阵 A 的每一行只有一个元素为 1（对应的列的序号为子载波的索引），其他元素都为 0；假设表示预留子载波索引的矩阵为 B ，则矩阵 B 的大小为 $N_2 \times N$ ，矩阵 B 的每一行只有一个元素为 1（对应的列的序号为子载波的索引），其他元素都为 0。

5 在一些实施例中，上述方法还包括：从第一频域序列的子载波中确定预留子载波。

作为一种实现方式，从第一频域序列的子载波中等间隔地选取预留子载波。示例性地，可以在第一频域序列的子载波的中心位置等间隔地选取一定数目的预留子载波。可以理解的是，等间隔选取的方式可以使预留子载波在频带中的分布比较均匀，但可能会导致预留子载波的数量不够或者过多，从而影响传输效率。

10 作为另一种实现方式，从第一频域序列的子载波中连续地选取预留子载波。示例性地，可以在第一频域序列的子载波的某个范围内连续选取一定数目的子载波作为预留子载波。可以理解的是，连续选取的方式可以根据实际需要选择预留子载波的数目和位置，但可能会导致预留子载波在频带中的分布不均匀，从而影响传输质量。

15 作为又一种实现方式，从第一频域序列的子载波中随机地选取预留子载波。可以理解的是，随机选取的方式简单易行，但可能会导致预留子载波在频带中的分布不均匀，从而影响传输质量。

此外，不同的选取方式，对 PAPR 的影响不同。示例性地，如图 3 所示，随着迭代次数的增加，不同的选取方式对应的 PAPR 的降低情况不同。从图 3 中可以看出，在迭代次数超过 300 之后（或者，在第一频域序列趋向于收敛之后），随机地选取预留子载波的方式降低 PAPR 的效果最显著，连续地选取预留子载波的方式次之，等间隔地选取的预留子载波的方式降低 PAPR 的效果较差。

20 S202、通过配置第一频域序列的预留子载波对应的调制符号，得到第五频域序列，第五频域序列的峰均比低于第一频域序列的峰均比。

在一些实施例中，如图 4 所示，上述 S202 可以实现为以下步骤。

S2021、将第一频域序列中预留子载波对应的调制符号置为零，得到第二频域序列。

25 需要说明的是，在本公开实施例中，第一频域序列中通信子载波上的调制符号已知且不变，仅对预留子载波上的调制符号进行配置。

示例性地，假设第一频域序列为 $X(k)$ ， $k=1, 2, \dots, N$ ，则将第一频域序列中预留子载波对应的调制符号设置为零，得到的第二频域序列为 XC 。

30 在一些实施例中，在上述 S2021 之前，该方法还包括：对第一频域序列进行初始化。示例性地，对第一频域序列进行初始化包括确定第一频域序列的初始化值，以及为第一频域序列中的通信子载波和预留子载波的调制符号分配功率。示例性地，假设总功率为 1，分配给通信子载波的调制符号的功率为 a ，分配给预留子载波上的调制符号的功率为 b ； $b = \sqrt{1-a^2}$ ， $a = \|XC\|_2$ 。

S2022、将第一频域序列变换到时域，得到第一时域序列。

在一些实施例中，可以采用傅里叶逆变换矩阵，将第一频域序列变换到时域，得到第一时域序列。示例性地，第一时域序列可以满足以下公式（1）。

$$x(n) = F^H X(k) \quad \text{公式 (1)}$$

在上述公式中， $x(n)$ 表示第一时域序列， $n=1, 2, \dots, N$ 。 F^H 表示傅里叶逆变换矩阵。

在一些实施例中，第一时域序列和第一频域序列之间的关系满足以下公式（2）。

$$\sum_{n=1}^N |x(n)|^2 = \sum_{k=1}^N |X(k)|^2 = 1 \quad \text{公式 (2)}$$

S2023、基于第一时域序列，确定第一功率矩阵和第二功率矩阵。

第一功率矩阵为对角矩阵，第一功率矩阵的对角线上的元素值为第一时域序列中各时域符号的功率值的最大值与第一预设偏置之和。

5 第一预设偏置为大于零的常数。示例性地，第一预设偏置的取值可以为：1 或 2。

第二功率矩阵为对角矩阵，第二功率矩阵的对角线上的元素值为第一时域序列中各时域符号的功率值。在一些实施例中，上述 S2023 可以实现为以下步骤。

a1、确定第一时域序列中各时域符号的功率值。

10 示例性地，第一时域序列中各时域符号的功率值为各时域符号的模的平方。示例性地，第一时域序列中各时域符号的功率值可以根据以下公式 (3) 确定。

$$p = |x(n)|^2 \quad \text{公式 (3)}$$

在上述公式中，p 表示时域符号的功率值。

15 在一些实施例中，在第一时域序列包括第一时域符号和第二时域符号的情况下，确定第一时域序列对应的功率序列，包括：基于第一时域符号的模的平方，确定第一时域符号对应的功率；基于第二时域符号的模的平方和第二预设偏置，确定第二时域符号对应的功率；第二预设偏置为大于零的常数。

第一时域符号为可用的时域符号；第二时域符号为不可用的时域符号，或者为有特定用途的时域符号（例如导频符号等）。第二时域符号的功率值通常为 0 或者较小的值。

示例性地，第一时域序列中各时域符号的功率值可以根据以下公式 (4) 确定。

$$p = \begin{cases} |x(n)|^2, n \in C \\ |x(n)|^2 + \text{offset2}, n \in D \end{cases} \quad \text{公式 (4)}$$

20 在上述公式中，C 表示第一时域符号的索引集合，D 表示第二时域符号的索引集合，offset2 表示第二预设偏置。

可以理解的是，由于第二时域符号的功率值通常为 0 或者较小的值，因此，为避免在后续运算时出现奇异值，可以给第二时域符号的功率值加上第二预设偏置。

25 a2、基于第一时域序列中各时域符号的功率值的最大值与第一预设偏置之和，以及单位矩阵，得到第一功率矩阵。

示例性地，上述 a2 可以实现为以下步骤。

a2.1、基于第一时域序列中各时域符号的功率值的最大值与第一预设偏置之和，得到目标功率值。

示例性地，上述目标功率值可以满足以下公式 (5)。

$$p_{\max} = \max(p) + \text{offset1} \quad \text{公式 (5)}$$

30 在上述公式中， $p_{\max}$ 表示目标功率值，max 为最大值运算符，offset1 表示第一预设偏置。

a2.2、基于目标功率值与单位矩阵，得到第一功率矩阵。

示例性地，上述第一功率矩阵可以满足以下公式 (6)。

$$M = p_{\max} I_N \quad \text{公式 (6)}$$

在上述公式中, M 表示第一功率矩阵, I_N 表示单位矩阵, 且 I_N 为 $N \times N$ 的单位矩阵。

a3、对第一时域序列中各时域符号的功率值进行对角化, 得到第二功率矩阵。

示例性地, 上述第二功率矩阵可以满足以下公式 (7)。

$$L = \text{diag}(p) \quad \text{公式 (7)}$$

在上述公式中, L 表示第二功率矩阵, $\text{diag}()$ 为用于构造对角矩阵的函数。

S2024、基于第一时域序列、第一功率矩阵和第二功率矩阵, 确定第三频域序列。

在一些实施例中, 上述 S2024 可以实现为: 计算第一功率矩阵与第二功率矩阵的差值, 并将该差值与第一时域序列的乘积变换到频域, 得到第三频域序列。

10 示例性地, 可以采用傅里叶变换矩阵, 将该差值与第一时域序列的乘积变换到频域。

示例性地, 第三频域序列可以满足以下公式 (8)。

$$Y = F(M - L)x(n) \quad \text{公式 (8)}$$

在上述公式中, Y 表示第三频域序列, F 表示傅里叶变换矩阵 (或归一化的傅里叶变换矩阵)。

S2025、从第三频域序列中筛选出预留子载波上的调制符号, 得到第四频域序列。

15 示例性地, 第四频域序列可以满足以下公式 (9)。

$$Y_b = B^T B Y \quad \text{公式 (9)}$$

在上述公式中, Y_b 表示第四频域序列, B 为第一频域序列的预留子载波索引矩阵。

S2026、基于第四频域序列和第二频域序列, 得到第五频域序列。

在一些实施例中, 上述 S2026 可以实现为以下步骤。

20 b1、确定第四频域序列的归一化序列。

在一些实施例中, 对第四频域序列进行归一化处理, 并将归一化处理的结果乘以第一功率值, 得到第四频域序列的归一化序列。

在上述公式中, 第一功率值是初始化的过程中为第一频域序列中预留子载波分配的功率值 b , 功率值 b 可以由第一频域序列中预留子载波对应的调制符号的模的平方确定。

25 示例性地, 第四频域序列的归一化序列可以满足以下公式 (10)。

$$Z = \frac{b Y_b}{\|Y_b\|} \quad \text{公式 (10)}$$

在上述公式中, Z 表示第四频域序列的归一化序列, b 表示第一功率值。

b2、基于第四频域序列的归一化序列和第二频域序列, 得到第五频域序列。

在一些实施例中, 将第四频域序列的归一化序列和第二频域序列中对应位置的元素的取值相加, 得到

30 第五频域序列。

示例性地, 第五频域序列可以满足以下公式 (11)。

$$X = Z + X C \quad \text{公式 (11)}$$

在上述公式中, X 表示第五频域序列。

可以理解的是, 基于上述 S2021 至 S2026 可以看出, 本公开实施例通过对第一频域序列中的预留子载波序列的调制符号进行配置, 来实现降低 OFDM 信号的 PAPR 的目的。如此, 能够避免 OFDM 信号在用作通感一体化信号时, 感知覆盖范围受到限制。

在一些实施例中, 为进一步提高 PAPR 的抑制效果, 如图 5 所示, 本公开实施例还包括 S203 至 S204。

5 S203、确定第五频域序列是否满足收敛条件。

收敛条件包括以下至少一项:

实际迭代次数大于或等于预设最大迭代次数;

第 $k+1$ 次迭代得到的第五频域序列与第 k 次迭代得到的第五频域序列之差的模值小于预设阈值。

可以理解的是, 在实际迭代次数小于预设最大迭代次数的情况下, 说明 PAPR 还有降低的空间, 因此
10 可以继续迭代; 在相邻两次迭代得到的第五频域序列之差的模值小于预设阈值的情况下, 说明 PAPR 降低的空间较小, 可以终止迭代。

S204、在第五频域序列不满足收敛条件的情况下, 将第五频域序列作为第一频域序列, 进行迭代。

示例性地, 在第五频域序列不满足收敛条件的情况下, 可以将第五频域序列作为第一频域序列, 迭代执行上述 S2021 至 S2026。

15 可以理解的是, 基于本公开实施例提供的方法, 可以通过迭代的方式, 能够减小第一时域序列中各时域符号的功率值之间的差异, 使得第一时域序列趋向于恒模, 提高 OFDM 信号的 PAPR 的抑制效果。

为便于理解, 下面以示例的形式对本公开实施例提供的信号处理方法进行说明。

示例性地, 以第一频域序列为 OFDM 符号对应的频域序列为例进行说明。假设第一频域序列包括通信子载波的调制符号和预留子载波的调制符号; 通信子载波上的调制符号已知且不变。

20 如图 6 所示, 本公开实施例提供的信号处理方法可以实现为以下步骤。

Sc1、确定第一频域序列的初始值 $X^{(0)}$, 并将 $X^{(0)}$ 中预留子载波上的调制符号置为 0, 得到第二频域序列 XC 。

Sc2、为第一频域序列中的通信子载波和预留子载波的调制符号分配功率。

示例性地, 假设总功率为 1, 分配给通信子载波的调制符号的功率为 a , 分配给预留子载波上的调制符号的功率为 b ; $b = \sqrt{1-a^2}$, $a = \|XC\|_2$ 。

Sc3、将第一频域序列 $X^{(m)}$ 变换到时域, 得到第一时域序列 $x^{(m)}$ 。

第一时域序列满足 $x^{(m)} = F^H X^{(m)}$ 。在上述公式中, m 表示迭代次数, m 为大于 0 的整数。

Sc4、确定第一时域序列对应的功率序列 $p^{(m)} = |x^{(m)}|^2$ 。

可以看出, 功率序列由第一时域序列中各个时域符号对应的功率值构成。

30 Sc5、将功率序列中的最大值, 与预设偏置相加, 得到目标功率值。

目标功率值满足 $p_{\max}^{(m)} = \max(p^{(m)}) + \text{offset1}$ 。

Sc6、将目标功率值与单位矩阵相乘, 得到第一功率矩阵。

第一功率矩阵满足 $M^{(m)} = p_{\max}^{(m)} I_N$ 。

Sc7、对功率序列进行对角化处理, 得到第二功率矩阵。

35 第二功率矩阵满足 $L^{(m)} = \text{diag}(p^{(m)})$ 。

Sc8、基于第一时域序列、第一功率矩阵和第二功率矩阵，确定第三频域序列。

第三频域序列满足 $Y^{(m)} = F(M^{(m)} - L^{(m)})x^{(m)}$ 。

Sc9、根据第三频域序列和第一频域序列的预留子载波索引矩阵，确定第四频域序列。第四频域序列包括从第三频域序列中筛选出预留子载波上的调制符号。

5 第四频域序列满足 $Y_b^{(m)} = B^T B Y^{(m)}$ 。

Sc10、确定第四频域序列的归一化序列。

第四频域序列的归一化序列满足 $Z^{(m)} = \frac{bY_b^{(m)}}{\|Y_b^{(m)}\|}$ 。

Sc11、基于第四频域序列和第二频域序列，确定第五频域序列。

第五频域序列满足 $X^{(m+1)} = Z^{(m)} + XC$ 。

10 Sc12、确定第五频域序列是否满足收敛条件。

示例性地，在第五频域序列不满足收敛条件的情况下，将第五频域序列作为第一频域序列，然后执行 Sc3。在第五频域序列满足收敛条件的情况下，执行 Sc13。

Sc13、终止迭代，输出 PAPR 降低后的第五频域序列。

15 示例性地，假设第一频域序列包括的子载波的总数目 $N=100$ ，预留子载波的数目为 N_2 ；总功率为 1，预留子载波功率为 $Pr=b$ ；假设通信子载波的调制方式为正交移相键控 (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK)；预留子载波的选择方式为随机选择方式；预设最大迭代次数为 1000。则基于上述假设，以预留子载波的数目 N_2 取不同值和预留子载波功率 Pr 取不同值为例进行仿真，得到如图 7 所示的仿真结果。从图 7 中可以看出，在预留子载波的数目 N_2 取不同值，以及预留子载波功率 Pr 取不同值的情况下，PAPR 的抑制效果不同。

20 在实际序列设计时，一些时域符号可能不可用或被配置为特定用途，那么，在进行 PAPR 抑制时，对不同的用途的时域符号的处理方式可能不同。示例性地，假设时域符号索引集合 C 包括可用的时域符号；时域符号索引集合 D 包括不可用的时域符号，或者有特定用途的时域符号（例如，导频符号），索引集合 D 的时域符号的功率通常为 0 或者较小的数。

针对上述实际序列设计，本公开实施例提供的信号处理方法可以实现为以下步骤。

25 Sd1、确定第一频域序列的初始值 $X^{(0)}$ ，并将 $X^{(0)}$ 中预留子载波上的调制符号置为 0，得到第二频域序列 XC 。

Sd2、为第一频域序列中的通信子载波和预留子载波的调制符号分配功率。

示例性地，假设总功率为 1，分配给通信子载波的调制符号的功率为 a ，分配给预留子载波上的调制符号的功率为 b ； $b = \sqrt{1-a^2}$ ， $a = \|XC\|_2$ 。

30 Sd3、将第一频域序列 $X^{(m)}$ 变换到时域，得到第一时域序列 $x^{(m)}$ 。

第一时域序列满足 $x^{(m)} = F^H X^{(m)}$ 。在上述公式中， m 表示迭代次数， m 为大于 0 的整数。

Sd4、确定第一时域序列中不可用或者有特定用途的时域符号的索引集合 D 。

Sd5、确定第一时域序列对应的功率序列。

$$\text{第一时域序列对应的功率序列满足 } p^{(m)}(n) = \begin{cases} |x^{(m)}(n)|^2, n \in C \\ |x^{(m)}(n)|^2 + \text{offset2}, n \in D \end{cases}。$$

可以看出，功率序列由第一时域序列中各个时域符号（包括归属于集合 C 的时域符号和归属于集合 D 的时域符号）对应的功率值构成。

Sd6、将功率序列中的最大值，与预设偏置相加，得到目标功率值。

$$5 \quad \text{目标功率值满足 } p_{\max}^{(m)} = \max(p^{(m)}) + \text{offset1}。$$

Sd7、将目标功率值与单位矩阵相乘，得到第一功率矩阵。

$$\text{第一功率矩阵满足 } M^{(m)} = p_{\max}^{(m)} I_N。$$

Sd8、对功率序列进行对角化处理，得到第二功率矩阵。

$$\text{第二功率矩阵满足 } L^{(m)} = \text{diag}(p^{(m)})。$$

10 Sd9、基于第一时域序列、第一功率矩阵和第二功率矩阵，确定第三频域序列。

$$\text{第三频域序列满足 } Y^{(m)} = F(M^{(m)} - L^{(m)})x^{(m)}。$$

Sd10、根据第三频域序列和第一频域序列的预留子载波索引矩阵，确定第四频域序列。第四频域序列包括从第三频域序列中筛选出预留子载波上的调制符号。

$$\text{第四频域序列满足 } Y_b^{(m)} = B^T B Y^{(m)}。$$

15 Sd11、确定第四频域序列的归一化序列。

$$\text{第四频域序列的归一化序列满足 } Z^{(m)} = \frac{b Y_b^{(m)}}{\|Y_b^{(m)}\|}。$$

Sd12、基于第四频域序列和第二频域序列，确定第五频域序列。

$$\text{第五频域序列满足 } X^{(m+1)} = Z^{(m)} + X C。$$

Sd13、确定第五频域序列是否满足收敛条件。

20 示例性地，在第五频域序列不满足收敛条件的情况下，将第五频域序列作为第一频域序列，然后执行 Sd3。在第五频域序列满足收敛条件的情况下，执行以下 Sd14。

Sd14、终止迭代，输出 PAPR 降低后的第五频域序列。

25 上述主要从方法的角度对本公开实施例的方案进行了介绍。可以理解的是，信号处理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软件模块中的至少一个。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，本公开实施例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公开实施例的范围。

30 可以理解的是，信号处理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，结合本公开实施例描述的各示例的算法步骤，本公开能够以硬件或

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公开的范围。

本公开实施例可以根据上述方法实施例对信号处理装置进行功能模块的划分，例如，可以对应每一个功能划分每一个功能模块，也可以将两个或两个以上的功能集成在一个功能模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件的形式实现。需要说明的是，本公开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。下面以采用对应每一个功能划分每一个功能模块为例进行说明。

图 8 是本公开实施例提供的一种信号处理装置的结构示意图，该信号处理装置应可以执行上述方法实施例提供的信号处理方法。如图 8 所示，信号处理装置 600 包括：获取模块 601 和处理模块 602。

获取模块 601，用于获取第一频域序列，第一频域序列包括通信子载波对应的调制符号和预留子载波对应的调制符号。

处理模块 602，用于通过配置第一频域序列的预留子载波对应的调制符号，得到第五频域序列，第五频域序列的峰均比低于第一频域序列的峰均比。

在一些实施例中，处理模块 602，用于将第一频域序列中预留子载波对应的调制符号置为零，得到第二频域序列；将第一频域序列变换到时域，得到第一时域序列；基于第一时域序列，确定第一功率矩阵和第二功率矩阵；第一功率矩阵为对角矩阵，第一功率矩阵的对角线上的元素值为第一时域序列中各时域符号的功率值的最大值与第一预设偏置之和；第一预设偏置为大于零的常数；第二功率矩阵为对角矩阵，第二功率矩阵的对角线上的元素值为第一时域序列中各时域符号的功率值；基于第一时域序列、第一功率矩阵和第二功率矩阵，确定第三频域序列；从第三频域序列中筛选出预留子载波上的调制符号，得到第四频域序列；基于第四频域序列和第二频域序列，得到第五频域序列。

在一些实施例中，处理模块 602，还用于确定第一时域序列中各时域符号的功率值；基于第一时域序列中各时域符号的功率值的最大值与第一预设偏置之和，以及单位矩阵，得到第一功率矩阵；对第一时域序列中各时域符号的功率值进行对角化，得到第二功率矩阵。

在一些实施例中，处理模块 602，还用于基于第一时域符号的模的平方，确定第一时域符号对应的功率；基于第二时域符号的模的平方和第二预设偏置，确定第二时域符号对应的功率；第二预设偏置为大于零的常数。

在一些实施例中，处理模块 602，还用于计算第一功率矩阵与第二功率矩阵的差值；将差值与第一时域序列的乘积变换到频域，得到第三频域序列。

在一些实施例中，处理模块 602，用于确定第四频域序列的归一化序列；基于第四频域序列的归一化序列和第二频域序列，得到第五频域序列。

在一些实施例中，处理模块 602，还用于对第四频域序列进行归一化处理，并将归一化处理的结果乘以第一功率值，得到第四频域序列的归一化序列；第一功率值基于第一频域序列中预留子载波对应的调制符号的模的平方确定。

在一些实施例中，处理模块 602，还用于将第四频域序列的归一化序列和第二频域序列中对应位置的元素的取值相加，得到第五频域序列。

在一些实施例中，处理模块 602，还用于确定第五频域序列是否满足收敛条件；在第五频域序列不满足收敛条件的情况下，将第五频域序列作为第一频域序列，进行迭代。

在一些实施例中，收敛条件包括以下至少一项：实际迭代次数大于或等于预设最大迭代次数；第 $k+1$ 次迭代得到的第五频域序列与第 k 次迭代得到的第五频域序列之差的模值小于预设阈值。

在一些实施例中，处理模块 602，还用于从第一频域序列的子载波中确定预留子载波。

在一些实施例中，处理模块 602，还用于从第一频域序列的子载波中等间隔选取预留子载波；或者，从
5 第一频域序列的子载波中连续选取预留子载波；或者，从第一频域序列的子载波中随机选取预留子载波。

在采用硬件的形式实现上述集成的模块的功能的情况下，本公开实施例提供了上述实施例中所涉及的通信装置的一种结构。如图 9 所示，该通信装置 800 包括：处理器 802，总线 804。在一些实施例中，该通信装置还可以包括存储器 801；在一些实施例中，该通信装置 800 还可以包括通信接口 803。

处理器 802，可以是实现或执行结合本公开实施例所描述的各种示例性的逻辑方框，模块和电路。该处
10 理器 802 可以是中央处理器，通用处理器，数字信号处理器，专用集成电路，现场可编程门阵列或者其他可编程逻辑器件、晶体管逻辑器件、硬件部件或者其任意组合。处理器 802 可以实现或执行结合本公开实施例所描述的各种示例性的逻辑方框，模块和电路。处理器 802 也可以是实现计算功能的组合，例如包含一个或多个微处理器组合，DSP 和微处理器的组合等。

通信接口 803，用于与其他设备通过通信网络连接。该通信网络可以是以太网，无线接入网，无线局域
15 网（Wireless Local Area Networks, WLAN）等。

存储器 801，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）、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
20 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。

作为一种实现方式，存储器 801 可以独立于处理器 802 存在，存储器 801 可以通过总线 804 与处理器 802 相连接，用于存储指令或者程序代码。处理器 802 调用并执行存储器 801 中存储的指令或程序代码时，能够实现本公开实施例提供的信号处理方法。另一种实现方式中，存储器 801 也可以和处理器 802 集成在一起。

总线 804，可以是扩展工业标准结构（Extended Industry Standard Architecture, EISA）总线等。总线 804
25 可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图 9 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。

本公开的一些实施例提供了一种计算机可读存储介质（例如，非暂态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指令，计算机程序指令在计算机上运行时，使得计算机执行如上述实施
30 例中任一实施例所述的信号处理方法。

示例性地，上述计算机可读存储介质可以包括，但不限于：磁存储器件（例如，硬盘、软盘或磁带等），光盘（例如，压缩盘（Compact Disk, CD）、数字通用盘（Digital Versatile Disk, DVD）等），智能卡和闪存器件（例如，EPROM、卡、棒或钥匙驱动器等）。本公开描述的各种计算机可读存储介质可代表用于存储信息的一个或多个设备和/或其它机器可读存储介质。术语“机器可读存储介质”可包括但不限于，无线
35 信道和能够存储、包含和/或承载指令和/或数据的各种其它介质。

本公开实施例提供一种包含指令的计算机程序产品，当该计算机程序产品在计算机上运行时，使得该计算机执行上述实施例中任一实施例所述的信号处理方法。

以上所述，仅为本公开的具体实施方式，但本公开的保护范围并不局限于此，任何在本公开揭露的技术

范围内的变化或替换, 都应涵盖在本公开的保护范围之内。因此, 本公开的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

- 1、一种信号处理方法，包括：
- 获取第一频域序列，所述第一频域序列包括通信子载波对应的调制符号和预留子载波对应的调制符号；
- 通过配置所述第一频域序列的预留子载波对应的调制符号，得到第五频域序列，所述第五频域序列的峰均比低于所述第一频域序列的峰均比。
- 5 2、根据权利要求1所述的方法，其中，所述通过配置所述第一频域序列的预留子载波对应的调制符号，得到第五频域序列，包括：
- 将所述第一频域序列中预留子载波对应的调制符号置为零，得到第二频域序列；
- 将所述第一频域序列变换到时域，得到第一时域序列；
- 基于所述第一时域序列，确定第一功率矩阵和第二功率矩阵；其中，所述第一功率矩阵为对角矩阵，所
- 10 述第一功率矩阵的对角线上的元素值为所述第一时域序列中各时域符号的功率值的最大值与第一预设偏置之和；所述第一预设偏置为大于零的常数；所述第二功率矩阵为对角矩阵，所述第二功率矩阵的对角线上的元素值为所述第一时域序列中各时域符号的功率值；
- 基于所述第一时域序列、所述第一功率矩阵和所述第二功率矩阵，确定第三频域序列；
- 从所述第三频域序列中筛选出预留子载波上的调制符号，得到第四频域序列；
- 15 基于所述第四频域序列和所述第二频域序列，得到所述第五频域序列。
- 3、根据权利要求2所述的方法，其中，所述基于所述第一时域序列，确定第一功率矩阵和第二功率矩阵，包括：
- 确定所述第一时域序列中各时域符号的功率值；
- 基于所述第一时域序列中各时域符号的功率值的最大值与第一预设偏置之和，以及单位矩阵，得到所
- 20 述第一功率矩阵；
- 对所述第一时域序列中各时域符号的功率值进行对角化，得到所述第二功率矩阵。
- 4、根据权利要求3所述的方法，其中，在所述第一时域序列包括第一时域符号和第二时域符号的情况下，所述确定所述第一时域序列对应的功率序列，包括：
- 基于所述第一时域符号的模的平方，确定所述第一时域符号对应的功率；
- 25 基于所述第二时域符号的模的平方和第二预设偏置，确定所述第二时域符号对应的功率；所述第二预设偏置为大于零的常数。
- 5、根据权利要求2所述的方法，其中，所述基于所述第一时域序列、所述第一功率矩阵和所述第二功率矩阵，确定第三频域序列，包括：
- 计算所述第一功率矩阵与所述第二功率矩阵的差值；
- 30 将所述差值与所述第一时域序列的乘积变换到频域，得到所述第三频域序列。
- 6、根据权利要求2所述的方法，其中，所述基于所述第四频域序列和所述第二频域序列，得到第五频域序列，包括：
- 确定所述第四频域序列的归一化序列；
- 基于所述第四频域序列的归一化序列和所述第二频域序列，得到所述第五频域序列。
- 35 7、根据权利要求6所述的方法，其中，所述确定所述第四频域序列的归一化序列，包括：
- 对所述第四频域序列进行归一化处理，并将所述归一化处理的结果乘以第一功率值，得到所述第四频域序列的归一化序列；其中，所述第一功率值基于所述第一频域序列中所述预留子载波对应的调制符号的模的平方确定。

8、根据权利要求 6 所述的方法，其中，所述基于所述第四频域序列的归一化序列和所述第二频域序列，得到所述第五频域序列，包括：

将所述第四频域序列的归一化序列和所述第二频域序列中对应位置的元素的取值相加，得到所述第五频域序列。

5 9、根据权利要求 1 所述的方法，还包括：

确定所述第五频域序列是否满足收敛条件；

在所述第五频域序列不满足所述收敛条件的情况下，将所述第五频域序列作为所述第一频域序列，进行迭代。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其中，所述收敛条件包括以下至少一项：

10 实际迭代次数大于或等于预设最大迭代次数；

第 $k+1$ 次迭代得到的第五频域序列与第 k 次迭代得到的第五频域序列之差的模值小于预设阈值。

11、根据权利要求 1 所述的方法，还包括：

从所述第一频域序列的子载波中确定所述预留子载波。

12、根据权利要求 11 所述的方法，其中，所述从所述第一频域序列的子载波中确定所述预留子载波，

15 包括：

从所述第一频域序列的子载波中等间隔选取所述预留子载波；或者，

从所述第一频域序列的子载波中连续选取所述预留子载波；或者，

从所述第一频域序列的子载波中随机选取所述预留子载波。

13、一种通信装置，包括：存储器和处理器；所述存储器和所述处理器耦合；所述存储器用于存储所述
20 处理器可执行的指令；所述处理器执行所述指令时执行根据权利要求 1 至 12 中任一项所述的信号处理方法。

14、一种计算机可读存储介质，其中，所述计算机可读存储介质上存储有计算机指令，当所述计算机指令在电子设备上运行时，使得所述电子设备执行根据权利要求 1 至 12 中任一项所述的信号处理方法。