

信号处理方法及装置

本申请要求于 2021 年 02 月 10 日提交中国专利局、申请号为 202110184266.6、申请名称为“信号处理方法及装置”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

本申请涉及通信技术领域，尤其涉及一种信号处理方法及装置。

背景技术

目前电气与电子工程师协会 (institute of electrical and electronics engineers, IEEE) 系列标准有低频段 (例如: 2.4GHz 和 5GHz) 相关标准 (例如: 802.11n、802.11ac、802.11ax 等) 和高频段 (例如: 60GHz) 相关标准 (例如: 802.11ad、802.11ay 等)。

同时, 由于高频信号 (如 60GHz) 具有诸多的优势, 如波长短, 对运动目标敏感, 传输带宽大, 距离分辨率高等, 因此, 常常利用高频信号进行相关操作, 例如该相关操作可以包括信道估计或目标感知。示例性的, 发送端设备通过向接收端设备发送物理层 (physical, PHY) 协议数据单元 (PHY protocol data unit, PPDU), 可使得接收端设备根据该 PPDU 中承载的序列进行信道估计或目标感知等。

因此, 如何提高序列的发送效率亟待解决。

发明内容

本申请提供一种信号处理方法及装置, 能够有效提高序列的发送效率。

第一方面, 本申请实施例提供一种信号处理方法, 所述方法包括:

生成物理层 (physical, PHY) 协议数据单元 (PHY protocol data unit, PPDU), 所述 PPDU 包括第一字段, 所述第一字段用于承载 M 个序列, 所述 M 个序列对应 M 个空时流, 一个所述序列对应一个所述空时流, 所述 M 为正整数, 所述 M 个序列中包括第一序列, 所述 M 大于 2 时, 所述第一序列至少与所述 M 个序列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零, 所述第一序列根据信道估计 (channel estimation, CE) 序列得到, 所述格雷互补序列用于构造所述 CE 序列; 发送所述 PPDU。

本申请实施例中, M 大于 1 时, 发送端设备在发送 M 个序列时, 本申请实施例提供的第一序列至少与两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 从而改善了该第一序列与该至少两个序列之间的干扰, 使得发送端设备在一个周期内能够尽可能多的发送序列 (如至少可以发送三个序列)。进而, 提高了发送端设备发送 M 个序列的效率, 提高了接收端设备进行信道估计的效率。同时, 由于发送端设备在一个周期内能发送至少三个序列, 由此还有效减少了感知脉冲时间, 根据脉冲重复时间与脉冲重复频率之间的关系, 还提高了感知的最大可探测多普勒或速率。

第二方面, 本申请实施例提供一种信号处理方法, 所述方法包括:

接收物理层协议数据单元 PPDU, 所述 PPDU 包括第一字段, 所述第一字段用于承载 M 个序列, 所述 M 个序列对应 M 个空时流, 一个所述序列对应一个所述空时流, 所述 M 为正整数, 所述 M 个序列中包括第一序列, 所述 M 大于 2 时, 所述第一序列至少与所述 M 个序

列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零, 所述第一序列根据信道估计 CE 序列得到, 所述格雷互补序列用于构造所述 CE 序列; 根据所述 M 个序列进行信号处理。

示例性的, 接收端设备可以根据该 M 个序列进行信道估计或目标感知等。

关于第二方面的有益效果可以参考第一方面的描述, 这里不再赘述。

结合第一方面或第二方面, 在一种可能的实现方式中, 所述 M 个序列用于信道估计, 或者, 所述 M 个序列用于目标感知。

结合第一方面或第二方面, 在一种可能的实现方式中, 所述 M 大于 4 时, 所述第一序列至少与所述 M 个序列中的三个序列在所述格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。

结合第一方面或第二方面, 在一种可能的实现方式中, 所述第一序列根据 P 矩阵以及所述 CE 序列得到, 所述 P 矩阵为:

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix}。$$

结合第一方面或第二方面, 在一种可能的实现方式中, 所述格雷互补序列包括第一格雷互补序列 Ga 和 Gb, 所述第一序列根据所述 Ga、所述 Gb 以及第一符号序列得到, 所述第一符号序列用于表示所述 Ga 和所述 Gb 的正负符号。

结合第一方面或第二方面, 在一种可能的实现方式中, 所述第一符号序列 $a(n) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}\}$, 所述 a_1 等于所述 a_9 , 所述 a_2 等于所述 a_{10} , 所述 $a(n)$ 中各元素的取值为 1 或 -1。

结合第一方面或第二方面, 在一种可能的实现方式中, 所述 $a(n)$ 满足如下至少一项:

$$a_1 \cdot a_2 + a_3 \cdot a_4 + a_5 \cdot a_6 + a_7 \cdot a_8 = 0$$

$$a_2 \cdot a_3 + a_4 \cdot a_5 + a_6 \cdot a_7 + a_8 \cdot a_9 = 0。$$

$$a_3 \cdot a_4 + a_5 \cdot a_6 + a_7 \cdot a_8 + a_9 \cdot a_{10} = 0$$

结合第一方面或第二方面, 在一种可能的实现方式中, 所述 a_1 至所述 a_{10} 的取值为以下任一项, 且横向顺序依次对应所述 a_1 至所述 a_{10} :

1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1;
1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1;
1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1;
1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1;
1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1;
1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1;

1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1;
1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1;
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1;
-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1;
-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1;
-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1;
-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1。

结合第一方面或第二方面，在一种可能的实现方式中，M 大于 2 时，所述 M 个序列还包括第二序列，所述第二序列与所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，所述格雷互补序列还包括第二格雷互补序列 Ga' 和 Gb'；

其中，所述第二序列根据所述 Ga'、所述 Gb' 以及第二符号序列 $b(n) = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}\}$ 得到，所述第二符号序列用于表示所述 Ga' 和所述 Gb' 的正负符号，所述 b_1 等于所述 b_9 ，所述 b_2 等于所述 b_{10} ，所述 $b(n)$ 中各元素的取值为 1 或 -1，所述 $b(n)$ 不等于所述 $a(n)$ 。

结合第一方面或第二方面，在一种可能的实现方式中，所述 $a(n)$ 与所述 $b(n)$ 满足如下至少一项：

$$\begin{aligned}
 a_4 \cdot b_3 + a_6 \cdot b_5 + a_8 \cdot b_7 + a_{10} \cdot b_9 &= 0 \\
 a_2 \cdot b_2 + a_4 \cdot b_4 + a_6 \cdot b_6 + a_8 \cdot b_8 &= 0 \\
 a_3 \cdot b_3 + a_5 \cdot b_5 + a_7 \cdot b_7 + a_9 \cdot b_9 &= 0 \\
 a_3 \cdot b_2 + a_5 \cdot b_4 + a_7 \cdot b_6 + a_9 \cdot b_8 &= 0 \\
 a_2 \cdot b_3 + a_4 \cdot b_5 + a_6 \cdot b_7 + a_8 \cdot b_9 &= 0 \\
 a_1 \cdot b_2 + a_3 \cdot b_4 + a_5 \cdot b_6 + a_7 \cdot b_8 &= 0
 \end{aligned}$$

结合第一方面或第二方面，在一种可能的实现方式中，所述 $a(n) = \{1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ 时，所述 $b(n) = \{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1\}$ ，或者，所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1\}$ ；或者，

所述 $a(n) = \{1,1,1,-1,1,-1,1,1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{1,1,-1,1,1,-1,-1,-1,1,1\}$, 或者, 所述 $b(n) = \{-1,1,1,1,-1,-1,1,-1,-1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1,1,1,1,-1,1,-1,1,1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{1,1,-1,-1,-1,1,1,-1,1,1\}$, 或者, 所述 $b(n) = \{-1,1,1,-1,1,1,-1,-1,-1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1,1,-1,-1,1,-1,-1,1,1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{1,1,1,1,1,-1,1,-1,1,1\}$, 或者, 所述 $b(n) = \{-1,1,-1,1,-1,-1,-1,-1,-1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1,1,-1,-1,-1,1,1,-1,1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1,1,-1,1,1,1,1,1,-1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1,1,1,1,1,-1,1,-1,1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1,1,1,-1,-1,-1,1,1,-1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1,1,1,-1,-1,1,-1,-1,1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1,1,1,1,1,1,-1,1,-1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1,1,-1,1,1,-1,-1,-1,1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1,1,1,-1,-1,-1,-1,-1,1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{-1,1,-1,1,1,1,1,1,-1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1,1,1,-1,1,1,-1,-1,-1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{-1,1,1,-1,-1,-1,-1,1,1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1,1,1,-1,-1,-1,-1,-1,1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{-1,1,1,1,1,1,-1,1,-1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1,1,-1,-1,1,1,1,-1,-1,1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{-1,1,-1,-1,-1,-1,-1,1,-1,1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1,1,1,1,-1,-1,-1,-1,-1,1\}$ 。

结合第一方面或第二方面, 在一种可能的实现方式中, 所述第一字段为所述 PPDU 中的训练字段单元; 或者,

所述第一字段为所述 PPDU 中的增强定向多千兆信道估计字段; 或者,

所述第一字段为所述 PPDU 中的长训练字段。

可理解, 关于第一方面或第二方面的具体说明, 还可以参考下文所示的实施例, 这里不再一一详述。

第三方面, 本申请实施例提供一种通信装置, 用于执行第一方面或第一方面的任意可能的实现方式中的方法。该通信装置包括具有执行第一方面或第一方面的任意可能的实现方式中的方法的相应单元。

示例性的, 该通信装置可以为发送端设备或发送端设备中的芯片等。

第四方面, 本申请实施例提供一种通信装置, 用于执行第二方面或第二方面的任意可能的实现方式中的方法。该通信装置包括具有执行第二方面或第二方面的任意可能的实现方式中的方法的相应方法。

示例性的, 该通信装置可以为接收端设备或接收端设备中的芯片等。

在第三方面或第四方面中, 上述通信装置可以包括收发单元和处理单元。对于收发单元和处理单元的具体描述还可以参考下文示出的装置实施例。

第五方面, 本申请实施例提供一种通信装置, 该通信装置包括处理器, 用于执行上述第一方面或第一方面的任意可能的实现方式所示的方法。或者, 该处理器用于执行存储器中存储的程序, 当该程序被执行时, 上述第一方面或第一方面的任意可能的实现方式所示的方法被执行。

在执行上述方法的过程中, 上述方法中有关发送信息(如发送 PPDU)的过程, 可以理解为由处理器输出上述信息的过程, 或者处理器接收输入的上述信息的过程。在输出上述信

息时，处理器将该上述信息输出给收发器，以便由收发器进行发射。该上述信息在由处理器输出之后，还可能需要进行其他的处理，然后才到达收发器。类似的，处理器接收输入的上述信息时，收发器接收该上述信息，并将其输入处理器。更进一步的，在收发器收到该上述信息之后，该上述信息可能需要进行其他的处理，然后才输入处理器。

对于处理器所涉及的发射、发送和接收等操作，如果没有特殊说明，或者，如果未与其在相关描述中的实际作用或者内在逻辑相抵触，则均可以更加一般性的理解为处理器输出和接收、输入等操作，而不是直接由射频电路和天线所进行的发射、发送和接收操作。

在实现过程中，上述处理器可以是专门用于执行这些方法的处理器，也可以是执行存储器中的计算机指令来执行这些方法的处理器，例如通用处理器。上述存储器可以为非瞬态性（non-transitory）存储器，例如只读存储器（Read Only Memory, ROM），其可以与处理器集成在同一块芯片上，也可以分别设置在不同的芯片上，本申请实施例对存储器的类型以及存储器与处理器的设置方式不做限定。可理解，对于处理器和存储器的说明同样适用于下文示出的第六方面，为避免赘述，第六方面不再详述。

在一种可能的实现方式中，存储器位于上述通信装置之外。

在一种可能的实现方式中，存储器位于上述通信装置之内。

本申请实施例中，处理器和存储器还可以集成于一个器件中，即处理器和存储器还可以被集成在一起。

在一种可能的实现方式中，通信装置还包括收发器，该收发器，用于接收信号或发送信号。示例性的，该收发器还可以用于发送 PPDU 等。

本申请实施例中，该通信装置可以为发送端设备或发送端设备中的芯片等。

第六方面，本申请实施例提供一种通信装置，该通信装置包括处理器，用于执行上述第二方面或第二方面的任意可能的实现方式所示的方法。或者，处理器用于执行存储器中存储的程序，当该程序被执行时，上述第二方面或第二方面的任意可能的实现方式所示的方法被执行。

在一种可能的实现方式中，存储器位于上述通信装置之外。

在一种可能的实现方式中，存储器位于上述通信装置之内。

在本申请实施例中，处理器和存储器还可以集成于一个器件中，即处理器和存储器还可以被集成在一起。

在一种可能的实现方式中，通信装置还包括收发器，该收发器，用于接收信号或发送信号。示例性的，该收发器可以用于接收 PPDU。

本申请实施例中，该通信装置可以为接收端设备或接收端设备中的芯片等。

第七方面，本申请实施例提供一种通信装置，该通信装置包括逻辑电路和接口，所述逻辑电路和所述接口耦合；所述逻辑电路，用于生成 PPDU；所述接口，用于输出该 PPDU。

可理解，上述接口和逻辑电路还可以有如下理解：

如所述逻辑电路，用于获得处理后的数据（如 PPDU），所述接口，用于输出由逻辑电路处理后的处理。

可理解，关于 PPDU、M 个序列、第一序列、格雷互补序列、CE 序列等的描述，可以参考上述第一方面或第二方面的描述；或者，还可以参考下文示出的各个实施例，这里不再详述。

第八方面，本申请实施例提供一种通信装置，该通信装置包括逻辑电路和接口，所述逻辑电路和所述接口耦合；所述接口，用于输入 PPDU；所述逻辑电路，用于处理该 PPDU（如

包括处理 PPDU 中所承载的 M 个序列等)。

可理解,上述接口和逻辑电路还可以有如下理解:

如所述接口用于输入待处理的数据(如 PPDU),所述逻辑电路,用于所述待处理的数据进行处理。

可理解,关于 PPDU、M 个序列、第一序列、格雷互补序列、CE 序列等的描述,可以参考上述第一方面或第二方面的描述;或者,还可以参考下文示出的各个实施例,这里不再详述。

第九方面,本申请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用于存储计算机程序,当其在计算机上运行时,使得上述第一方面或第一方面的任意可能的实现方式所示的方法被执行。

第十方面,本申请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用于存储计算机程序,当其在计算机上运行时,使得上述第二方面或第二方面的任意可能的实现方式所示的方法被执行。

第十一方面,本申请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或计算机代码,当其在计算机上运行时,使得上述第一方面或第一方面的任意可能的实现方式所示的方法被执行。

第十二方面,本申请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或计算机代码,当其在计算机上运行时,使得上述第二方面或第二方面的任意可能的实现方式所示的方法被执行。

第十三方面,本申请实施例提供一种计算机程序,该计算机程序在计算机上运行时,上述第一方面或第一方面的任意可能的实现方式所示的方法被执行。

第十四方面,本申请实施例提供一种计算机程序,该计算机程序在计算机上运行时,上述第二方面或第二方面的任意可能的实现方式所示的方法被执行。

第十五方面,本申请实施例提供一种无线通信系统,该无线通信系统包括发送端设备和接收端设备,所述发送端设备用于执行上述第一方面或第一方面的任意可能的实现方式所示的方法,所述接收端设备用于执行上述第二方面或第二方面的任意可能的实现方式所示的方法。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的一种通信系统示意图;

图 2 是本申请实施例提供的一种接入点和站点的结构示意图;

图 3a 和图 3b 是本申请实施例提供的一种 PPDU 的结构示意图;

图 4a 是本申请实施例提供的一种 CE 序列的结构示意图;

图 4b 是本申请实施例提供的一种 CE 序列自相关的结构示意图;

图 4c 是本申请实施例提供的一种多流序列的发送示意图;

图 4d 是本申请实施例提供的一种 CE 序列的结构示意图;

图 5a 是本申请实施例提供的一种 CE 序列自相关的分析示意图;

图 5b 至图 5d 是本申请提供的一种 CE 序列的结构示意图;

图 6a 和图 6b 是本申请实施例提供的一种 CE 序列互相关的分析示意图;

图 6c 是本申请实施例提供的一种 CE 序列的结构示意图;

图 7 是本申请实施例提供的一种信号处理方法的流程示意图;

图 8a 是本申请实施例提供的一种 CE 序列的结构示意图；
图 8b 和图 8c 是本申请实施例提供的一种 CE 序列自相关的结果示意图；
图 8d 和图 8e 是本申请实施例提供的一种 CE 序列互相关的结果示意图；
图 9 是本申请实施例提供的一种多流序列的发送示意图；
图 10a 是本申请实施例提供的一种 CE 序列的结构示意图；
图 10b 至图 10e 是本申请实施例提供的一种 CE 序列互相关的结果示意图；
图 11 是本申请实施例提供的一种 CE 序列的结构示意图；
图 12 至图 14 是本申请实施例提供的一种通信装置的结构示意图。

具体实施方式

为了使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本申请作进一步地描述。

本申请的说明书、权利要求书及附图中的术语“第一”和“第二”等仅用于区别不同对象，而不是用于描述特定顺序。此外，术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形，意图在于覆盖不排斥的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备等，没有限定于已列出的步骤或单元，而是可选地还包括没有列出的步骤或单元等，或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备等固有的其它步骤或单元。

在本文中提及的“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员可以显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

在本申请中，“至少一个（项）”是指一个或者多个，“多个”是指两个或两个以上，“至少两个（项）”是指两个或三个及三个以上，“和/或”，用于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：只存在 A，只存在 B 以及同时存在 A 和 B 三种情况，其中 A，B 可以是单数或者复数。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。“以下至少一项（个）”或其类似表达，是指这些项中的任意组合。例如，a，b 或 c 中的至少一项（个），可以表示：a，b，c，“a 和 b”，“a 和 c”，“b 和 c”，或“a 和 b 和 c”。

本申请提供的方法可以应用于各类通信系统，例如，可以是物联网（internet of things，IoT）系统、窄带物联网（narrow band internet of things，NB-IoT）系统、长期演进（long term evolution，LTE）系统，也可以是第五代（5th-generation，5G）通信系统，以及未来通信发展中出现的新的通信系统（如 6G）等。以及本申请提供的方法还可以应用于无线局域网（wireless local area network，WLAN）系统，如无线保真（wireless-fidelity，Wi-Fi）等。

本申请提供的方法可以由无线通信系统中的通信装置实现。例如，该通信装置可以是接入点（access point，AP）设备或站点（station，STA）设备。

本申请提供的方法可以应用于一个节点与一个或多个节点进行数据传输的场景中；也可以应用于单用户的上行/下行传输，和/或，多用户的上行/下行传输；还可以应用于设备到设备（device to device，D2D）的传输等；还可以应用于对于环境中的目标进行感知，估计其距离，速度，角度等信息，进一步的，还可以基于相关信息对感知目标的动作进行识别，成像等，这里不再一一详述。例如，WLAN 感知是一种利用 WLAN 无线信号进行目标感知的技

术。这项技术可以基于无线电测量或采样环境的能力，使得两个物理设备之间的每个通信路径都能够获取周围环境信息。

其中，上述节点既可以是 AP，也可以是 STA。为便于描述，下文以 AP 与 STA 之间的通信为例进行说明。

示例性的，本申请提供的方法可以应用的通信系统可以包括接入点（access point，AP）设备和站点（station，STA）设备。该接入点设备也可理解为接入点实体，该站点设备也可理解为站点实体。例如，本申请可以适用于 WLAN 中 AP 与 STA 之间通信或感知的场景。可选地，AP 可以与单个 STA 通信或感知，或者，AP 同时与多个 STA 通信或感知。具体地，AP 与多个 STA 通信或感知又可以分为 AP 同时给多个 STA 发送信号的下行传输，以及多个 STA 向 AP 发送信号的上行传输。其中，AP 和 STA 之间可以支持 WLAN 通信协议，该通信协议可以包括 IEEE802.11 系列的协议。示例性的，低频段（如 2.4GHz 和 5GHz）协议，如 802.11n、802.11ac、802.11ax；又如高频段（如 60GHz）协议，如 802.11ad/定向多千兆比特（directional multi gigabit，DMG）、802.11ay/增强定向多千兆比特（enhanced directional multi gigabit，EDMG）；又如 802.11ay 单载波物理层（single carrier physical Layer，SC PHY）等协议。当然，随着通信技术的不断演进和发展，该通信协议还可以包括 IEEE 802.11ay 或 IEEE802.11ad 的下一代协议等。

图 1 是本申请实施例提供的一种通信系统的架构示意图。该通信系统可以包括一个或多个 AP 以及一个或多个 STA。图 1 中示出了一个接入点设备如 AP，以及三个站点设备，如 STA1、STA2 和 STA3。可理解，图 1 仅示例性的示出了一个 AP 和三个 STA，但是该 AP 或 STA 的数量还可以更多或更少，本申请对此不限定。

其中，接入点（例如图 1 的 AP）是一种具有无线通信功能的装置，支持采用 WLAN 协议进行通信或感知，具有与 WLAN 网络中其他设备（比如站点或其他接入点）通信或感知的功能，当然，还可以具有与其他设备通信或感知的功能。或者，接入点相当于一个连接有线网和无线网的桥梁，主要作用是将各个无线网络客户端连接到一起，然后将无线网络接入以太网。在 WLAN 系统中，接入点可以称为接入点站点（AP STA）。该具有无线通信功能的装置可以为一个整机的设备，还可以是安装在整机设备中的芯片或处理系统等，安装这些芯片或处理系统的设备可以在芯片或处理系统的控制下，实现本申请实施例的方法和功能等。本申请实施例中的 AP 是为 STA 提供服务的装置，可以支持 802.11 系列协议。例如，接入点可以为终端设备（如手机）进入有线（或无线）网络的接入点，主要部署于家庭、大楼内部以及园区内部，典型覆盖半径为几十米至上百米，当然，也可以部署于户外。又例如，AP 可以为通信服务器、路由器、交换机、网桥等通信实体；AP 可以包括各种形式的宏基站，微基站，中继站等，当然 AP 还可以为这些各种形式的设备中的芯片和处理系统，从而实现本申请实施例的方法和功能。本申请中的接入点可以是高效（high efficient，HE）AP 或极高吞吐量（extremely high throughput，EHT）AP，还可以是适用未来 WiFi 标准的接入点等。

站点（例如图 1 中的 STA1 或 STA2 等）是一种具有无线通信功能的装置，支持采用 WLAN 协议进行通信或感知，具有与 WLAN 网络中的其他站点或接入点通信或感知的能力。在 WLAN 系统中，站点可以称为非接入点站点（non-access point station，non-AP STA）。例如，STA 是允许用户与 AP 通信或感知进而与 WLAN 通信的任何用户通信设备，该具有无线通信功能的装置可以为一个整机的设备，还可以是安装在整机设备中的芯片或处理系统等，安装这些芯片或处理系统的设备可以在芯片或处理系统的控制下，实现本申请实施例的方法和功能。例如，站点可以为无线通讯芯片、无线传感器或无线通信终端等，也可称为用户。又例

如, 站点可以为支持 WiFi 通讯功能的移动电话、支持 WiFi 通讯功能的平板电脑、支持 WiFi 通讯功能的机顶盒、支持 WiFi 通讯功能的智能电视、支持 WiFi 通讯功能的智能可穿戴设备、支持 WiFi 通讯功能的车载通信设备和支持 WiFi 通讯功能的计算机等等。

WLAN 系统可以提供高速率低时延的传输, 随着 WLAN 应用场景的不断演进, WLAN 系统将会应用于更多场景或产业中, 比如, 应用于物联网产业, 应用于车联网产业或应用于银行业, 应用于企业办公, 体育场馆展馆, 音乐厅, 酒店客房, 宿舍, 病房, 教室, 商超, 广场, 街道, 生成车间和仓储等。当然, 支持 WLAN 通信或感知的设备(比如接入点或站点)可以是智慧城市中的传感器节点(比如, 智能水表, 智能电表, 智能空气检测节点), 智能家居中的智能设备(比如智能摄像头, 投影仪, 显示屏, 电视机, 音响, 电冰箱, 洗衣机等), 物联网中的节点, 娱乐终端(比如 AR, VR 等可穿戴设备), 智能办公中的智能设备(比如, 打印机, 投影仪, 扩音器, 音响等), 车联网中的车联网设备, 日常生活场景中的基础设施(比如自动售货机, 商超的自助导航台, 自助收银设备, 自助点餐机等), 以及大型体育以及音乐场馆的设备等。示例性的, 例如, 接入点和站点可以是应用于车联网中的设备, 物联网(IoT, internet of things)中的物联网节点、传感器等, 智能家居中的智能摄像头, 智能遥控器, 智能水表电表, 以及智慧城市中的传感器等。本申请实施例中对于 STA 和 AP 的具体形式不做限制, 在此仅是示例性说明。

虽然本申请主要以部署 IEEE 802.11 的网络为例进行说明, 本领域技术人员容易理解, 本申请涉及的各个方面可以扩展到采用各种标准或协议的其它网络, 例如, 蓝牙 (bluetooth)、高性能无线 LAN (high performance radio LAN, HIPERLAN) (一种与 IEEE 802.11 标准类似的无线标准, 主要在欧洲使用) 以及广域网 (WAN)、无线局域网 (wireless local area network, WLAN)、个人区域网 (personal area network, PAN) 或其它现在已知或以后发展起来的网络等。

示例性的, 图 2 是本申请实施例提供的接入点和站点的结构示意图。其中, AP 可以是多天线的, 也可以是单天线的。如图 2 所示, AP 包括物理层 (physical layer, PHY) 处理电路和媒介接入控制 (medium access control, MAC) 处理电路, 物理层处理电路可以用于处理物理层信号, MAC 层处理电路可以用于处理 MAC 层信号。802.11 标准关注 PHY 和 MAC 部分。如图 2 所示, 图 2 还示出了单个天线的 STA 结构示意图, 实际场景中, STA 也可以是多天线的, 并且可以是两个以上天线的设备。STA 可以包括 PHY 处理电路和 MAC 处理电路, 物理层处理电路可以用于处理物理层信号, MAC 层处理电路可以用于处理 MAC 层信号。

本申请中, 发送端设备可以为接入点设备或站点设备; 接收端设备也可以为接入点设备或站点设备。例如, 发送端设备可为接入点设备, 接收端设备为接入点设备; 又例如, 发送端设备为站点设备, 接收端设备为站点设备; 又例如, 发送端设备可为接入点设备, 接收端设备为站点设备; 又例如, 发送端设备可为站点设备, 接收端设备为接入点设备。可理解, 这里示出的发送端设备和接收端设备还可以统称为通信装置。

可理解, 本申请是将以发送端设备向接收端设备发送物理层协议数据单元 (PHY protocol data unit, PPDU) 为例, 说明本申请所提供的信号处理方法的。但是, 本申请示出的方法还可以适用于各种类型的 PPDU。例如, 该 PPDU 可以包括: 多用户物理协议数据单元 (multiple user PHY protocol data unit, MU PPDU)、单用户物理协议数据单元 (single user PHY protocol data unit, SU PPDU) 或基于触发帧的物理协议数据单元 (trigger based PHY protocol data unit, TB PPDU) 等。

示例性的, 图 3a 示出的是一种 PPDU 的结构示意图。如图 3a 所示, 该 PPDU 可以包括传统短训练字段 (legacy-short training field, L-STF)、传统长训练字段 (legacy-long training field, L-LTF)、传统头标记 (legacy-header, L-header)、增强定向多千兆头标记 A (EDMG-header-A)、增强定向多千兆短训练字段 (EDMG-STF)、增强定向多千兆信道估计字段 (EDMG-channel estimation field, EDMG-CEF)、增强定向多千兆头标记 B (EDMG-header-B)、数据 (data)、训练字段单元 (training field unit, TRN unit)。该训练字段单元可以包括序列 (sequence)。可以理解, 关于图 3a 所示的 PPDU 的具体说明还可以参考 802.11ay EDMG 协议等, 这里不作详述。

示例性的, 图 3b 示出的是一种 PPDU 的结构示意图。如该 PPDU 可以包括短训练字段 (short training field, STF)、长训练字段 (long training field, LTF)、头 (header)、数据 (data)、训练字段单元 (TRN unit)。可以理解, 关于图 3b 所示的 PPDU 的具体说明还可以从参考 802.11ad DMG 协议。

以下将详细说明本申请涉及的格雷 (golay) 互补序列 (也可以称为 golay 互补序列) 以及信道估计 (channel estimation, CE) 序列。

示例性的, 长度为 N (即序列长度为 N, 或者也可以称为格雷互补序列的长度为 N) 的二元恒模序列 x 和 y 满足如下公式 (1) 的情况下, 则可以称其互为 golay 互补序列。

$$x(n) \otimes x^*(-n) + y(n) \otimes y^*(-n) = 2N\delta(n) \quad (1)$$

其中, 上标*表示复共轭, 符号 $\otimes$ 表示卷积运算。

结合相关标准如 802.11ay 中规定的 golay 互补序列, (Ga_N^1, Gb_N^1) 与 (Ga_N^2, Gb_N^2) 具有零互相关 (zero cross correlation, ZCC) 特性, 如下公式 (2) 和公式 (3)。同样的, (Ga_N^3, Gb_N^3) 与 (Ga_N^4, Gb_N^4) 、 (Ga_N^5, Gb_N^5) 与 (Ga_N^6, Gb_N^6) 、 (Ga_N^7, Gb_N^7) 与 (Ga_N^8, Gb_N^8) 也都具有 ZCC 特性。

$$Ga_N^2(-n) \otimes Ga_N^1(n) + Gb_N^2(-n) \otimes Gb_N^1(n) = 0 \quad (2)$$

$$Ga_N^1(-n) \otimes Ga_N^2(n) + Gb_N^1(-n) \otimes Gb_N^2(n) = 0 \quad (3)$$

可以理解, 这里所示的上标 1-8 可以理解为序列的索引, 或序列编号等。例如, 发送端设备发送 1 流时的 CE1 序列可以由 Ga_N^1 和 Gb_N^1 构成, 发送 2 流时的 CE2 序列可以由 Ga_N^2 和 Gb_N^2 构成 (发送 2 流时还会发送 CE1 序列), 发送 3 流时的 CE3 序列可以由 Ga_N^3 和 Gb_N^3 构成等等, 这里不再一一列举。n 表示元素索引或码片的索引等, 上述符号 $\otimes$ 表示卷积运算。

示例性的, CE 序列可以用于进行 WLAN 感知 (sensing), 在进行 WLAN 感知时, 单程距离 L 可以满足公式 (4)。

$$L = \frac{N \times c}{\text{Chip_rate}} \quad (4)$$

其中, 若以 802.11ay SC PHY 标准中规定的码片速率 (如也可以称为码元速率) 1.76Gbps 为例, 则每秒钟发送的码率速率为 1.76G, 由此公式 (2) 中的 $\text{Chip_rate} = 1.76\text{Gbps} = 1.76\text{Gb/s}$ 。

如当 $N=128$ 时, $L = \frac{128 \times 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.76 \times 10^9 \text{ b/s}} = 21.8181\text{m}$ 。由此往返距离 $L/2 = 10.9091\text{m}$, 该距离可以

满足 WLAN 感知中的多数应用场景。需要注意的是, 这里所示的 N 仅为示例, 本申请下文示出的 N 可以等于 128, 或者, N 可以等于 256, 或者, N 可以等于 512 等, 本申请对于序列长度 N 的具体取值不作限定。但是, 随着 N 取值的变化, 距离 L 也会发生变化, 同时, 本申请下文示出的格雷互补序列的长度范围也会发生变化。

如图 4a 所示, 图 4a 示出的是利用 golay 互补序列构造的 CE 序列的结构示意图。采用 golay 互补序列构造 CE 序列, 可以使得 CE 序列在格雷互补序列的长度范围内如-128 至+128 自相关旁瓣能量为零 (零也可以称为 0)。如图 4b 所示, 图 4b 示出的是 CE 序列自相关的结果示意图, 从图 4b 可以看出在格雷互补序列的长度范围 (即-128 至+128) 内自相关旁瓣能量为零。图 4b 中的横坐标表示延迟索引 (delay index), 纵坐标表示能量 (power), 从图 4b 中可以看出, 在-128 至+128 的范围内, 该 CE 序列在横坐标 0 处的自相关结果可以达到 1024 (即自相关主瓣能量为 1024), 而在该-128 至+128 除了 0 之外的其他范围, 该 CE 序列的自相关结果为 0。可理解, 图 4b 中的横坐标还可以表示为码元。需要说明的是, 本申请附图中的横坐标是以样本 (samples) 为例示出的, 但是不应将其理解为本申请的限定。如图 4b、图 8b 至图 8e、图 10b 至图 10e 均是以 samples 为例示出的横坐标, 该横坐标还可以称为码元或延迟索引 (附图中未示出)。

CE 序列可以应用于多输入多输出 (multiple input multiple output, MIMO) 信道估计中, 从而结合 P 矩阵 (P-matrix) 进行发射。

示例性的, 该 P 矩阵可以如公式 (5) 所示:

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

可理解, 由于上述公式 (5) 中的第一行和第二行相同, 第三行和第四行相同, 第五行和第六行相同, 第七行和第八行相同, 因此上述公式 (5) 还可以等效表示为如下所示:

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

结合公式 (5) 或公式 (6), 图 4c 示出的是进行信道估计的 CE 序列的发射示意图。图 4c 中, 横坐标可以表示时间 (time), 纵坐标可以表示空时流 (space time stream) (也可以简称为流, 如图 4c 中简称为流), 同时图 4c 示出的是结合 P 矩阵的 CE 序列的发射示意图。

如图 4c 所示, 当发射 2 流进行信道估计时, 可以如图 4d 所示, G_{u1} 、 G_{v1} 分别是根据 golay 互补序列 G_{128}^1 、 G_{128}^1 得到, G_{u2} 、 G_{v2} 分别是根据 golay 互补序列 G_{128}^2 、 G_{128}^2 得到。同时, 2 流的 CE 序列具有相同的符号结构, 或者, 也可以称为具有相同的构造方式。本申请所述的符合结构或构造方式指的是构成 CE 序列的 golay 互补序列的正负符号。例如, CE1 序列的符号结构指的是 G_{128}^1 、 G_{128}^1 的正负符号。又例如, CE2 序列的符号结构指的是 G_{128}^2 、 G_{128}^2 的正负符号。为便于描述, 下文以具有相同的构造方式来说明本申请提供的 CE 序列。

以下详细说明接收端设备根据 CE1 序列 (也可以简称为 CE1) 和 CE2 序列 (也可以简称为 CE2) 进行信道估计的方法。

如设 $C_i(n)$ 为循环前缀 (cyclic prefix) 与 CE_i 的组合序列, $U_i(n)$ 为与 $C_i(n)$ 相同但循环前缀和循环后缀均为 0 的序列。 $U_i(n)$ 也可以为与 $C_i(n)$ 相同但是不包含循环前缀和循环后缀的

序列。信道估计过程中, $U_i(n)$ 可以作为参考序列, 进行信道估计。例如, $C_1(n)$ 表示循环前缀与 CE1 的组合序列, $C_2(n)$ 表示循环前缀与 CE2 的组合序列, $U_1(n)$ 表示循环前缀为 0, 以及 CE1 的组合序列, 该 CE1 序列中的循环后缀为 0, $U_2(n)$ 表示循环前缀为 0, 以及 CE2 的组合序列, 该 CE2 序列中的循环后缀为 0。又例如, $C_1(n)$ 表示循环前缀与 CE1 的组合序列, $C_2(n)$ 表示循环前缀与 CE2 的组合序列, $U_1(n)$ 与 CE1 的序列相同, 但不含循环后缀, $U_2(n)$ 与 CE2 的序列相同, 但不含循环后缀。

则发送端设备发射 2 流时, 如在时域进行信道估计时, 第一个天线接收到的信息可以如下所示:

$$y_1 = h_{11} \otimes C_1(n) + h_{12} \otimes C_2(n) + z_1 \quad (7)$$

其中, h_{11} 、 h_{12} 分别表示第 1 流和第 2 流的信道响应, z_1 表示噪声, $\otimes$ 表示卷积运算。例如, 利用匹配滤波器 (或相关器等) 求解可以得到以下公式 (8):

$$\hat{h}_{11} = h_{11} \otimes \underbrace{C_1(n) \otimes U_1(-n)}_{=1} + h_{12} \otimes \underbrace{C_2(n) \otimes U_1(-n)}_{=0} + z_1 \otimes U_1(-n) \quad (8)$$

根据卷积运算的性质, 可以得出 $C_1(n) \otimes U_1(-n)$ 实际上是求 $C_1(n)$ 和 $U_1(n)$ 的相关, 设 τ 为进行相关时进行平移的值, 如在 $-128 \leq \tau \leq 128$ (即零相关区域) 时, 根据 golay 互补序列的性质, 可以得知 $C_1(n) \otimes U_1(-n)$ 在 $-128 \leq \tau \leq 128$ 仅在 $\tau=0$ 的点有值, $C_2(n) \otimes U_1(-n)$ 在 $-128 \leq \tau \leq 128$ 的区域内全为 0。

类似的, 也可以使用匹配滤波器对 h_{12} 进行信道估计, 如下所示:

$$\hat{h}_{12} = h_{11} \otimes \underbrace{C_1(n) \otimes U_2(-n)}_{=0} + h_{12} \otimes \underbrace{C_2(n) \otimes U_2(-n)}_{=1} + z_1 \otimes U_2(-n) \quad (9)$$

以上是发射 2 流的 CE 序列的信道估计方法。然而, 当发射 2 流以上的 CE 序列时, 由于在格雷互补序列的长度范围 (如 -128 至 +128) 内 CE 序列之间不再具有 ZCC 特性, 此时需要结合 P-matrix 进行发射。当发射 3 流或 4 流时, 如图 4c 所示, 结合 P-matrix 在两个周期进行信道估计, 此时 P-matrix 如下所示:

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

可理解, 由于 CE1 与 CE2 的符号结构相同, 以及 CE3 与 CE4 的符号结构相同, 因此上述公式 (10) 还可以表示为:

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

当发射 5 流、6 流、7 流或 8 流的 CE 序列时, 如图 4c 所示, 结合 P-matrix 在四个周期进行信道估计, 此时 P-matrix 如上述公式 (5) 或公式 (6) 所示。

以上过程说明了如何通过 CE 序列和 P-matrix 实现 MIMO 信道估计。如前文所述, 本申请所涉及的序列除了可以用于信道估计之外, 还可以用于对环境中的目标进行感知 (如上文所示的 WLAN 感知)。当对环境中的目标进行感知时, 可以按照上述流程进行信道估计, 然后在信道估计的结果上, 进一步进行多径消除, 目标参数 (时间, 距离, 角度) 估计等处理, 从而实现目标的感知。

可理解,对于信道估计或目标感知的具体流程或方法等可以参考相关标准或协议,本申请不再一一详述。

从上述分析可以看出,CE序列的正交个数会导致P矩阵有所不同,如上述所示的方法以及图4c所示,发射2流以上的CE序列时,如发射3流或4流的CE序列时,P矩阵如公式(10)或公式(11)所示,即发送端设备需要通过两个周期如T1和T2来发送CE序列,以保证接收端设备能够正确进行信道估计。可理解,如果发送端设备在发送4流的CE序列时,不结合P矩阵来发送,如通过一个周期来发送该4流的CE序列,则会导致如CE1序列与CE3(或CE4)序列之间产生干扰,以及CE2序列与CE3(或CE4)序列之间产生干扰,从而导致接收端设备无法正确进行信道估计。因此,发送端设备在发送4流的CE序列时,需要结合P矩阵如上述公式(10)所示,通过两个周期来发送该4流的CE序列,以保证发送端设备所发送的四个序列之间能够保证两两正交。可理解,本申请所示的两个序列之间正交,也可以理解为这两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。

又如,发射5流或6流的CE序列时,P矩阵如公式(5)或公式(6)所示,即发送端设备需要通过四个周期如T1、T2、T3和T4来发送CE序列,以保证接收端设备能够正确进行信道估计。又如,发射7流或8流的CE序列时,P矩阵如公式(5)或公式(6)所示,即发送端设备需要通过四个周期如T1至T4来发送CE序列,以保证接收端设备能够正确进行信道估计。

也就是说,通过上述方法发送CE序列,导致发送端设备需要更多的发送周期(或称为发送时间),以保证接收端设备能够正确进行多流信道估计。即利用CE序列进行信道估计包括MIMO信道估计,以及目标感知时,为使得接收端设备能够准确地进行信道估计,发送端设备不仅需要结合P矩阵发送CE序列,而且还需要通过至少两个周期来发送CE序列。

鉴于此,本申请提供了一种信号处理方法及装置,在接收端设备能够正确进行信道估计的基础上,减少发送端设备发送CE序列的发射时间,从而提高目标感知(包括WLAN感知)或MIMO信道估计的效率。同时,本申请提供的方法,通过重新构造CE序列,可以实现4流CE序列在格雷互补序列的长度范围内具有ZCC特性,从而在进行信道估计时,可改善P-matrix的维度(如对P-matrix进行降维),还能够减少发送CE序列的周期。尤其是对于WLAN感知而言,通过降低P-matrix的维度,还可以减少感知脉冲重复时间,由于脉冲重复时间和脉冲重复频率存在倒数关系,因此本申请提供的方法有效提高了感知的脉冲重复频率(pulse repetition frequency, PRF),提高了感知中的最大可探测多普勒/速度,能够有效优化感知性能。

示例性的,如发送3流或4流的CE序列时,本申请所提供的CE1序列和CE2序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零,CE3序列和CE4序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零;而且CE1序列和CE3(或CE4)序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零,以及CE2序列和CE3(或CE4)序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。本申请所提供的CE1序列、CE2序列、CE3序列和CE4序列之间两两正交,因此,发送端设备在发送四流的CE序列时,无需再结合P矩阵便可以使得上述四个CE序列之间两两正交。从而,发送端设备仅在一个周期内就可以发送4流的CE序列,有效提高了发送CE序列的效率,进而提高了接收端设备进行信道估计的效率以及目标感知的PRF等。

示例性的,如发送6流的CE序列时,本申请所提供的CE1序列至少与三个序列(如CE2序列、CE5序列和CE6序列)在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。该情况下,由

于 CE1 序列与 CE3 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量不为零,如果在同一个周期内发送 CE1 序列和 CE3 序列,会导致该 CE1 序列与 CE3 序列之间产生干扰,导致接收端设备无法有效进行信道估计等。因此,该情况下,发送端设备可以结合 P 矩阵来发送该 6 流的 CE 序列,如通过两个周期发送该 6 流的 CE 序列。从而,发送端设备在两个周期内就可以发送 6 流的 CE 序列,相对于上述所示的发送端设备需要通过 4 个周期来发送 6 流的 CE 序列来说,本申请所提供的方法,有效提高了发送 CE 序列的效率,提高了接收端设备进行信道估计的效率以及目标感知的 PRF 等。

在介绍本申请提供的信号处理方法之前,以下将对本申请所涉及的 CE 序列的自相关和互相关的性质进行分析,以便于说明本申请构造的 CE 序列的理论基础。

本申请所涉及的格雷互补序列的长度 $N=128$, 或者, $N=256$, 或者, $N=512$ 等, 本申请对于 N 的取值不作限定。或者, N 也可以等于 32 或 64 等。

示例性的, 当 $N=128$ 时, 格雷互补序列的长度范围则可以为 -128 至 +128 (可以包括 -128 和/或 +128)。例如, 格雷互补序列如 Ga_{128}^1 和 Gb_{128}^1 、 Ga_{128}^2 和 Gb_{128}^2 、 Ga_{128}^3 和 Gb_{128}^3 、 Ga_{128}^4 和 Gb_{128}^4 、 Ga_{128}^5 和 Gb_{128}^5 、 Ga_{128}^6 和 Gb_{128}^6 、 Ga_{128}^7 和 Gb_{128}^7 、 Ga_{128}^8 和 Gb_{128}^8 的单元长度 (表示一个单元的长) 分别为 128。上述各个格雷互补序列的长度范围为 -128 至 +128。

即当 $N=128$ 时, CE 序列自相关旁瓣能量为零的范围可以为 -128 至 +128。不同 CE 序列互相关能量为零的范围为 -128 至 +128 (可以包括 -128 和/或 +128)。

示例性的, 当 $N=256$ 时, 格雷互补序列的长度范围可以为 -256 至 +256 (可以包括 -256 和/或 +256)。即当 $N=256$ 时, CE 序列自相关旁瓣能量为零的范围可以为 -256 至 +256。不同 CE 序列互相关能量为零的范围可以为 -256 至 +256 (可以包括 -256 和/或 +256)。示例性的, 当 $N=512$ 时, 格雷互补序列的长度范围可以为 -512 至 +512 (可以包括 -512 和/或 +512)。即当 $N=512$ 时, CE 序列自相关旁瓣能量为零的范围可以为 -512 至 +512, 不同 CE 序列互相关能量为零的范围可以为 -512 至 +512 (可以包括 -512 和/或 +512)。为便于描述, 下文将以 $N=128$ 为例说明本申请提供的方法, 但是不应将 $N=128$ 理解为对本申请的限定。可理解, 本申请所示的格雷互补序列的长度范围也可以理解为格雷互补序列的单元长度的范围。例如, 图 5a 所示的每个虚框可以表示格雷互补序列的单元长度。可理解, 图 5a 仅示意性地示出了三个单元长度, 对于图 5a 所示的其他长度单位未在图 5a 中一一示出。

1、CE 序列的自相关

从图 4b 所示的 CE 序列的自相关的结果示意图可以看出: 在 -128 至 +128 范围内, 除了范围 0 之外, 该 -128 至 +128 除了 0 之外的其他范围的能量为 0。由此, 将循环前缀替换为 0_{128} (即长度为 128 的全 0 序列), 以及将 CE 序列的循环后缀替换为 0_{128} 后, 将其与 CE 序列的对应部分相乘求和为零。

如以图 5a 为例, 序列 2 为原 CE 序列, 将与其进行相关的序列两端的格雷互补序列的单元长度 (如循环前缀对应的单元长度和循环后缀对应的单元长度) 替换成 0, 得到序列 1 和序列 3。也就是说, 序列 1 之于序列 2 向左平移了 n ($0 < n < 128$) 个码元, 序列 3 之于序列 2 向右平移了 n ($0 < n < 128$) 个码元。

将序列 1 与序列 2 的对应码元相乘, 得到公式 (12) 和公式 (13)。可理解, 本申请所示的序列均可以理解为行向量。如 $(Ga_n^1)^T$ 可以表示 Ga_n^1 的转置向量。

$$\begin{aligned} Gb_n^2 \times (Ga_n^1)^T - Gb_n^4 \times (Ga_n^3)^T + Gb_n^6 \times (Ga_n^5)^T - Gb_n^8 \times (Ga_n^7)^T &= 0 \\ Ga_n^3 \times (Gb_n^2)^T - Ga_n^5 \times (Gb_n^4)^T - Ga_n^7 \times (Gb_n^6)^T + Ga_n^9 \times (Gb_n^8)^T &= 0 \quad (12) \\ 4Gb_m \times (Gb_m)^T + 4Ga_m \times (Ga_m)^T &= 0 \end{aligned}$$

其中, $m=128-n$, 本申请公式 (12)、公式 (13)、公式 (14) 以及公式 (16) 中的上标表示 CE 序列中的位置。即这里所示的上标与本申请其他实施例中所示的上标有所不同。如上文公式 (2) 和公式 (3) 的上标表示的是构成 CE 序列的 golay 互补序列, 上标不同即表示 golay 互补序列不同。而本申请公式 (12)、公式 (13)、公式 (14) 以及公式 (16) 中的上标表示的是 CE 序列中的位置, 上标不同表示 CE 序列的位置不同。

$$\begin{aligned} Gb_m^2 \times (Gb_m^2)^T + Gb_m^4 \times (Gb_m^4)^T + Gb_m^6 \times (Gb_m^6)^T + Gb_m^8 \times (Gb_m^8)^T &= 4Gb_m \times (Gb_m)^T \\ Ga_m^3 \times (Ga_m^3)^T + Ga_m^5 \times (Ga_m^5)^T + Ga_m^7 \times (Ga_m^7)^T + Ga_m^9 \times (Ga_m^9)^T &= 4Ga_m \times (Ga_m)^T \end{aligned} \quad (13)$$

由 golay 互补序列性质可得 $4Gb_m \cdot Gb_m + 4Ga_m \cdot Ga_m = 0$ 。

同理, 将序列 3 与序列 2 对应码元相乘并取和, 得到公式 (14)。

$$\begin{aligned} -Gb_n^4 \times (Ga_n^3)^T + Gb_n^6 \times (Ga_n^5)^T - Gb_n^8 \times (Ga_n^7)^T + Gb_n^{10} \times (Ga_n^9)^T &= 0 \\ Ga_n^3 \times (Gb_n^2)^T - Ga_n^5 \times (Gb_n^4)^T - Ga_n^7 \times (Gb_n^6)^T + Ga_n^9 \times (Gb_n^8)^T &= 0 \\ 4Gb_m \times (Gb_m)^T + 4Ga_m \times (Ga_m)^T &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

由此可得, 若需要实现 CE 序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零, 则需同时满足公式 (12) 和公式 (14)。假设, 用于构造 CE 序列的格雷互补序列的符号序列 (即正负符号) 为 $x(n) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}\}$, 其中, a_2-a_{10} 是格雷互补序列的每个单元长度的正负符号, 如 a_1 对应着循环前缀, a_{10} 对应着循环后缀, 同时 $a_1=a_9$, $a_2=a_{10}$ 。则根据上述情况, 若需要实现 CE 序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零的特性, 则上述符号序列需要满足公式 (15) 中的至少一项。

$$\begin{aligned} a_1 \cdot a_2 + a_3 \cdot a_4 + a_5 \cdot a_6 + a_7 \cdot a_8 &= 0 \\ a_2 \cdot a_3 + a_4 \cdot a_5 + a_6 \cdot a_7 + a_8 \cdot a_9 &= 0 \\ a_3 \cdot a_4 + a_5 \cdot a_6 + a_7 \cdot a_8 + a_9 \cdot a_{10} &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

其中, a_1 至 a_{10} 的取值分别为 -1 或 1, 例如, a_1 为 -1 或 1, a_2 为 -1 或 1, 以此类推, a_{10} 为 -1 或 1。

以上推导的参考序列 (如图 5a 中的序列 1) 是由为 0 的循环前缀和循环后缀为 0 的 CE 序列组成, 若参考序列为无循环后缀的 CE 序列, 以上推导也成立。例如, 本申请所示的参考序列可以为设备 (如接收端设备) 自身中存储的序列或存储于云端中的序列, 而不是由其他设备 (如发送端设备) 发送的序列。

需要说明的是, 符号序列 $y(n) = \{-a_1, -a_2, -a_3, -a_4, -a_5, -a_6, -a_7, -a_8, -a_9, -a_{10}\}$, 也属于本申请的保护范围。该 $y(n)$ 与 $x(n)$ 的区别仅在于相位相反, 同时, 根据该 $y(n)$ 所构造出的 CE 序列与 $x(n)$ 所构造出的 CE 序列的效果相同。

示例性的, a_1 表示循环前缀的正负符号, a_2-a_5 表示 Gu 单元对应的正负符号, a_6-a_9 表示 Gv 单元对应的正负符号, a_{10} 表示循环后缀的符号, CE 序列由 Gu、Gv 和循环后缀组成, 由此 a_2-a_{10} 可以对应格雷互补序列的每个单元长度的正负符号, 则 a_1-a_{10} 的取值如表 1 所示。

表 1

编号	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1
2	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1
3	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	1
4	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1
5	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1

6	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1
7	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1
8	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1
9	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1
10	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1
11	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1
12	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1
13	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1
14	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1
15	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1
16	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1
17	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1
18	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1
19	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1
20	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1
21	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1
22	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1
23	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1
24	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
25	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1
26	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1
27	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1
28	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1
29	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1
30	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1
31	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1
32	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1
33	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1
34	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1
35	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
36	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
37	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1
38	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1
39	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1
40	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1
41	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1
42	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
43	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1
44	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1
45	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1

46	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1
47	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1
48	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1
49	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1
50	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
51	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1
52	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1
53	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1
54	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
55	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1
56	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
57	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1
58	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
59	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1
60	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1
61	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1
62	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1
63	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1
64	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1
65	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1
66	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
67	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1
68	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1
69	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
70	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
71	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
72	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1

结合 a_1 - a_{10} 以及 Ga_{128} 和 Gb_{128} , 则 CE 序列可以如图 5b 所示。

示例性的, a_1 - a_{10} 的取值分别为 $\{1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1\}$ (即表 1 中的编号 1 对应的取值), 则 CE 序列可以如图 5c 所示。结合图 4c, 如以发送端设备发送 2 流 CE 序列为例, 则发送端设备发送的 CE1 序列和 CE2 序列可以均如图 5d 所示, 如以 CE1 表示 CE1 序列, CE2 表示 CE2 序列, 则 $CE1 = \{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2 = \{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$ 。该 CE1 序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零, CE2 序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零, 同时 CE1 序列与 CE2 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。

示例性的, a_1 - a_{10} 的取值分别为 $\{1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ (即表 1 中的编号 2 对应的取值), 则发送端设备发送 2 流的 CE 序列时, $CE1 = \{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2 = \{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$ 。

示例性的, a_1 - a_{10} 的取值分别为 $\{1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ (即表 1 中的编号 3 对应的取值), 则发送端设备发送 2 流的 CE 序列时, $CE1=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2=\{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$ 。

示例性的, a_1 - a_{10} 的取值分别为 $\{1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, 1, 1\}$ (即表 1 中的编号 4 对应的取值), 则发送端设备发送 2 流的 CE 序列时, $CE1=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2=\{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$ 。

可理解, 以上仅示例性的给出了 a_1 - a_{10} 的取值所对应的四种 CE 序列, 根据表 1 所示的 a_1 - a_{10} 的取值构造出的 CE 序列均属于本申请的保护范围, 这里不再一一列举。可理解, 以上仅示例性的示出了 2 流的 CE 序列, 对于 1 流的 CE 序列, 上述所示的方法同样适用。可理解, 以上所示的 a_1 - a_{10} 的取值也可以用于构造 3 流的 CE 序列 (或 4 流的 CE 序列或 5 流的 CE 序列等) 中的单个 CE 序列。例如, 以上所示的 a_1 - a_{10} 的取值可以用于构造 3 流的 CE 序列中的 CE3 序列。又例如, 以上所示的 a_1 - a_{10} 的取值也可以用于构造 5 流的 CE 序列中的 CE5 序列。又例如, 以上所示的 a_1 - a_{10} 的取值也可以用于构造 7 流的 CE 序列中的 CE7 序列等, 这里不再一一详述。也就是说, 以上所示的方法适用于单流的 CE 序列, 只是在发送 2 流以上的 CE 序列时, 该 2 流以上的 CE 序列之间的关系, 本申请不作限定。示例性的, 在发送 2 流以上的 CE 序列时, 该 2 流以上的 CE 序列之间的关系可以参考下文所示的不同 CE 序列的互相关的描述。

可以理解的是, 若是用于 WLAN 感知中, 则表 1 中所有序列可以运用到 TRN 中进行感知。若是用于 MIMO 信道估计中, 由于 EDMG-STF 是以 $-Ga_{128}$ 结尾的 (即是以负号结尾), 为了保持兼容, 则根据负号形成的循环前缀的序列可以应用于 EDMG-STF 序列之后的 EDMG-CEF, 如表 2 所示。同时, 在 MIMO 信道估计中, 在第一时刻 CE 序列可以没有循环前缀 (即可以没有表 1 或表 2 中的 a_1)。当然, 如果需要多个时刻 (即两个时刻或两个以上时刻) 才能完成 MIMO 信道估计, 则从第二时刻开始可以有循环前缀。

表 2

编号	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1
2	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1
3	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1
4	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1
5	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1
6	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
7	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1
8	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1
9	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1
10	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1
11	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1
12	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1
13	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1

14	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1
15	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1
16	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1
17	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
18	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
19	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1
20	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
21	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1
22	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
23	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1
24	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1
25	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1
26	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1
27	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1
28	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1
29	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1
30	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
31	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1
32	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1
33	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
34	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
35	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
36	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1

可理解,图 5a 至图 5c 示出的单元中的序列是以 Ga_{128} 和 Gb_{128} 为例,并没有区分是 Ga_{128}^1 、 Gb_{128}^1 , 还是 Ga_{128}^2 、 Gb_{128}^2 。这是因为本申请上文所示的方法是为了说明 CE 序列的自相关特性,并不在于重点强调某个 CE 序列。

2、不同 CE 序列的互相关

示例性的,如以表 1 所示的编号 1 对应的取值为图 6a 或图 6b 所示的排列 1 的正负符号,以表 1 所示的编号 16 对应的取值为图 6a 或图 6b 所示的排列 16 的正负符号。排列 16 为参考序列,实际过程中进行相关时,参考序列不含循环前缀和循环后缀,故此处将其替换为 0。需要说明的是,与不含循环前缀和循环后缀的参考序列进行相关操作时,下文推导依然成立。如图 6a 或图 6b 所示,由于 Ga_1 与 Gb_3 、 Ga_3 与 Gb_1 不是 golay 互补序列,因此,需要将其看成无关系的序列进行消除,即对应部分的乘积相加为零,以便于达到在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零的结果。可理解,这里所示的 Ga_1 与 Gb_3 、 Ga_3 与 Gb_1 仅为示例,如该 Ga_1 和 Gb_1 可以构成一个 CE 序列,该 Ga_3 和 Gb_3 可以构成另一个 CE 序列。也就是说,下文所示的公式 (15) 中的下标与本申请上文所示的公式 (2) 或公式 (3) 中的上标 1 或 2 的含义相同,只是下文所示的公式 (15) 省略了格雷互补序列的长度 N。可理解,本申请中的 Ga_1 与 Gb_3 、 Ga_3 与 Gb_1 可以理解为行向量。

因此,根据图 6a 对应码元相乘取和为 0,以及图 6b 对应码元相乘取和为 0,则 Ga_1 、 Gb_1 、 Ga_3 、 Gb_3 可以满足如下至少一项:

$$\begin{aligned}
&Gb_3^4 \times (Ga_1^3)^T - Gb_3^6 \times (Ga_1^5)^T - Gb_3^8 \times (Ga_1^7)^T + Gb_3^{10} \times (Ga_1^9)^T = 0 \\
&Gb_3^2 \times (Gb_1^2)^T - Gb_3^4 \times (Gb_1^4)^T + Gb_3^6 \times (Gb_1^6)^T - Gb_3^8 \times (Gb_1^8)^T = 0 \\
&-Ga_3^3 \times (Ga_1^3)^T + Ga_3^5 \times (Ga_1^5)^T - Ga_3^7 \times (Ga_1^7)^T + Ga_3^9 \times (Ga_1^9)^T = 0 \\
&-Ga_3^3 \times (Gb_1^2)^T + Ga_3^5 \times (Gb_1^4)^T + Ga_3^7 \times (Gb_1^6)^T - Ga_3^9 \times (Gb_1^8)^T = 0 \\
&Gb_3^2 \times (Ga_1^3)^T - Gb_3^4 \times (Ga_1^5)^T - Gb_3^6 \times (Ga_1^7)^T + Gb_3^8 \times (Ga_1^9)^T = 0 \\
&Ga_3^1 \times (Gb_1^2)^T + Ga_3^3 \times (Gb_1^4)^T - Ga_3^5 \times (Gb_1^6)^T - Ga_3^7 \times (Gb_1^8)^T = 0
\end{aligned} \quad (15)$$

其中，上标表示位置，乘（如 $\times$ ）表示两个向量相乘。

也就是说，如果满足了上述关系，则可以实现两个无关系的序列在格雷互补序列的长度范围内互相关具有 ZCC 特性。设用于构造一个 CE 序列的格雷互补序列的正负符号为 $a(n) = \{a_1, a_2 \dots a_{10}\}$ ，用于构造另一个 CE 序列的格雷互补序列的正负符号为 $b(n) = \{b_1, b_2 \dots b_{10}\}$ ，同时 $a_1 = a_9$, $a_2 = a_{10}$, $b_1 = b_9$, $b_2 = b_{10}$ 。其中 a_1 至 a_{10} 、 b_1 至 b_{10} 取值分别为 1 和 -1。因此，如果满足如下公式 (17) 中的至少一项，则可以使得两个 CE 序列（如 CE1 序列和 CE3 序列）在格雷互补序列的长度范围内具有互相关能量为零，即实现两个 CE 序列在格雷互补序列的长度范围内具有 ZCC 特性。

$$\begin{aligned}
&a_4 \cdot b_3 + a_6 \cdot b_5 + a_8 \cdot b_7 + a_{10} \cdot b_9 = 0 \\
&a_2 \cdot b_2 + a_4 \cdot b_4 + a_6 \cdot b_6 + a_8 \cdot b_8 = 0 \\
&a_3 \cdot b_3 + a_5 \cdot b_5 + a_7 \cdot b_7 + a_9 \cdot b_9 = 0 \\
&a_3 \cdot b_2 + a_5 \cdot b_4 + a_7 \cdot b_6 + a_9 \cdot b_8 = 0 \\
&a_2 \cdot b_3 + a_4 \cdot b_5 + a_6 \cdot b_7 + a_8 \cdot b_9 = 0 \\
&a_1 \cdot b_2 + a_3 \cdot b_4 + a_5 \cdot b_6 + a_7 \cdot b_8 = 0
\end{aligned} \quad (17)$$

公式 (17) 中点乘（如 $\cdot$ ）表示序列对应位置相乘取和。可理解，本申请所示的点乘还可以称为点积、内积或数量积等。

如图 6c 所示，尽管 Ga_1 与 Gb_3 不是格雷互补序列， Ga_3 与 Gb_1 不是格雷互补序列，但是通过上述公式 (17)，可使得在格雷互补序列的长度范围内本不具有 ZCC 特性的两个 CE 序列具有 ZCC 特性。同时，该两个 CE 序列中的任一 CE 序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零的特性。可理解，图 6c 所示的 CE1 序列和 CE3 序列仅为示例，不应将图 6c 所示的 CE1 序列和 CE3 序列理解为对本申请的限定。

示例性的，上述 a_1 至 a_{10} 与 b_1 至 b_{10} 的关系可以如表 3 所示。

表 3

编号 1	编号 2
1	16
1	28
1	45
1	57
3	17
3	29
3	44
3	56
6	13
6	32

6	41
6	60
8	14
8	36
8	37
8	59
13	19
13	54
13	67
14	24
14	49
14	65
16	25
16	48
16	72
17	27
17	46
17	70
19	32
19	41
19	60
24	36
24	37
24	59
25	28
25	45
25	57
27	29
27	44
27	56
28	48
28	72
29	46
29	70
32	54
32	67
36	49
36	65
37	49
37	65

41	54
41	67
44	46
44	70
45	48
45	72
46	56
48	57
49	59
54	60
56	70
57	72
59	65
60	67

可理解, 表 3 中的编号 1 和编号 2 指的都是表 1 中的编号。示例性的, 如以编号 1 为 1 和编号 2 为 16 为例, 则 a_1 至 a_{10} 的取值可以分别为表 1 中的编号 1 即{1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1}, b_1 至 b_{10} 的取值分别为表 1 中的编号 16 即{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1}。又如, b_1 至 b_{10} 的取值可以分别为表 1 中的编号 1 即{1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1}, a_1 至 a_{10} 的取值分别为表 1 中的编号 16 即{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1}。

换句话说, 通过表 3 所构造出的 CE 序列可以使得两个本来在格雷互补序列的长度范围内不具有 ZCC 特性的 CE 序列, 具有 ZCC 特性, 即可以使得两个 CE 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。可以理解的是, 表 3 中的编号 1 可以对应上述 a_1 至 a_{10} , 编号 2 可以对应上述 b_1 至 b_{10} 。或者, 表 3 中的编号 1 可以对应上述 b_1 至 b_{10} , 编号 2 对应上述 a_1 至 a_{10} 。

示例性的, a_1 - a_{10} 的取值分别为{1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1} (即表 1 中的编号 1 对应的取值), b_1 - b_{10} 的取值分别为{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1} (即表 1 中的编号 16 对应的取值), 则发送端设备发送四流的 CE 序列时, $CE1=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2=\{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$, $CE3=\{Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3\}$, $CE4=\{Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4\}$ 。或者, $CE1=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2=\{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$, $CE3=\{Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3\}$, $CE4=\{Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4\}$ 。

示例性的, a_1 - a_{10} 的取值分别为{1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1} (即表 1 中的编号 3 对应的取值), b_1 - b_{10} 的取值分别为{1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1} (即表 1 中的编号 17 对应的取值), 则发送端设备发送四流的 CE 序列时, $CE1=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2=\{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$,

$-Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$, $CE3=\{Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3\}$, $CE4=\{Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4\}$ 。或者, $CE1=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2=\{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$, $CE3=\{Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3\}$, $CE4=\{Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4\}$ 。

可理解, 以上所示的 CE 序列仅为示例, 关于 $a(n)$ 和 $b(n)$ 的不同取值多对应的 CE 序列这里不再一一列举。同样的, 发送端设备发送 5 流的 CE 序列、6 流的 CE 序列、7 流的 CE 序列或 8 流的 CE 序列的具体说明, 还可以参考下文, 这里不再一一详述。

以下将详细说明本申请实施例提供的信号处理方法。

可理解, 对于本申请提供的信号处理方法的通信装置以及通信系统的描述, 可以参考上文, 这里不再详述。可理解, 下文将以通信装置包括发送端设备和接收端设备为例说明本申请实施例提供的方法。下文示出的发送端设备可以理解为发送 PPDU 的设备, 接收端设备可以理解为接收 PPDU 的设备。

图 7 是本申请实施例提供的一种信号处理方法的流程示意图, 如图 7 所示, 该方法包括:

701、发送端设备生成 PPDU, 该 PPDU 包括第一字段, 该第一字段用于承载 M 个序列, 该 M 个序列对应 M 个空时流, 一个序列对应一个空时流, 该 M 个序列包括第一序列, 当 M 大于 2 时, 该第一序列至少与 M 个序列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 该第一序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零, 该第一序列根据 CE 序列得到, 格雷互补序列用于构造该 CE 序列。

本申请实施例中, M 个序列中的每个序列可以基于 CE 序列得到, 该 CE 序列可以根据格雷互补序列得到。可理解, 本申请实施例所示的第一序列根据 CE 序列得到可以理解为: 第一序列为 CE 序列, 或者, 第一序列与 CE 序列不同, 而是根据该 CE 序列得到。该 CE 序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零, 对于自相关的描述可以参考上文, 这里不再详述。可理解, M=1 时, 第一字段用于承载 1 个序列, 如第一序列, 该第一序列可以为 CE1 序列, CE1 序列可以由第一格雷互补序列如 Ga_{128}^1, Gb_{128}^1 得到。M=2 时, 第一字段用于承载 2 个序列, 如序列 1 和序列 2, 序列 1 可以为 CE1 序列, CE1 序列可以根据格雷互补序列如 Ga_{128}^1, Gb_{128}^1 得到, 序列 2 可以为 CE2 序列, CE2 序列可以根据格雷互补序列如 Ga_{128}^2, Gb_{128}^2 得到。当 M=2 时, 如序列 1 可以称为第一序列, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1 可以称为第一格雷互补序列。或者, 又如序列 2 可以称为第一序列, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2 可以称为第一格雷互补序列。也就是说, 第一序列可以为序列 1 或序列 2 中的任一项。可理解, 关于 Ga_{128}^1, Gb_{128}^1 的正负符号(如第一符号序列)以及 Ga_{128}^2, Gb_{128}^2 的正负符号的说明可以参考本申请其他地方的描述, 这里不再赘述。

以下将详细描述本申请实施例所述的互相关。

示例性的, M=3 时, 第一字段可以用于承载 3 个序列, 如该 3 个序列分别为序列 1、序列 2 和序列 3, 如该序列 1 可以为 CE1 序列, 序列 2 可以为 CE2 序列, 序列 3 可以为 CE3 序列。本申请实施例中, CE1 序列和 CE2 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 或者, 也可以称为 CE1 序列和 CE2 序列在格雷互补序列的长度范围内具有 ZCC 特性, 或者,

也可以称为 CE1 序列和 CE2 序列在格雷互补序列的长度范围内正交。由此，序列 1 和序列 2 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。CE1 序列和 CE3 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，由此，序列 1 和序列 3 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。CE2 序列和 CE3 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，由此，序列 2 和序列 3 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。可理解，序列 1 可以称为第一序列，序列 3 可以称为第二序列，如序列 3 可以为 CE3 序列，该 CE3 序列可以根据第二格雷互补序列如 Ga_{128}^3 ， Gb_{128}^3 得到。关于 Ga_{128}^1 ， Gb_{128}^1 的正负符号（如第一符号序列）、 Ga_{128}^2 ， Gb_{128}^2 的正负符号以及 Ga_{128}^3 ， Gb_{128}^3 的正负符号（如第二符号序列）的说明可以参考本申请其他地方的描述，这里不再赘述。

示例性的，M=4 时，第一字段可以用于承载 4 个序列，如该 4 个序列分别为序列 1、序列 2、序列 3 和序列 4，该序列 4 为 CE4 序列，关于序列 1 至序列 3 的描述可以参考上述说明，这里不再详述。本申请实施例中，CE1 序列和 CE4 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，CE2 序列和 CE4 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，CE3 序列和 CE4 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，由此，序列 1 和序列 4 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，序列 2 和序列 4 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，序列 3 和序列 4 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。可理解，序列 3 或序列 4 中的任一项可以称为第二序列。需要说明的是，本申请实施例所示的第一序列和第二序列的说明仅为示例，如 M=4 时，序列 3 或序列 4 中的任一项可以称为第一序列，而序列 1 或序列 2 中的任一项称为第二序列。

可理解，当 M=1、M=2、M=3 或 M=4 时，之所以序列 1 为 CE1 序列，序列 2 为 CE2 序列，序列 3 为 CE3 序列，序列 4 为 CE4 序列，是因为：本申请所提供的 CE1 序列至 CE4 序列之间任意两个 CE 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，发送端设备发送序列时，P 矩阵可以如下文所示的公式 (18) 所示，即 P 矩阵的每一行元素为+1。由此，发送端设备在获取到 CE1 序列至 CE4 序列后，可以直接发送该 CE1 序列至 CE4 序列。

而当 M 大于 4 时，如 M=5 时，之所以称序列 5 根据 CE5 序列得到，是因为发送端设备发送该序列 5 时，需要结合 P 矩阵来发送。该情况下，如 P 矩阵为下文所示的公式 (19) 时，序列 5 可以根据 CE5 序列得到，序列 6 可以根据 CE6 序列得到。或者，P 矩阵为下文所示的公式 (20) 时，序列 3 可以根据 CE3 序列得到，序列 4 可以根据 CE4 序列得到，序列 5 为 CE5 序列，序列 6 为 CE6 序列。或者，P 矩阵为下文所示的公式 (21) 时，序列 3 可以根据 CE3 序列得到，序列 4 可以根据 CE4 序列得到，序列 5 可以根据 CE5 序列得到，序列 6 可以根据 CE6 序列得到。可理解，为避免赘述，关于序列与 CE 序列之间的关系，下文不再一一详述。为简洁起见，本申请以序列根据 CE 序列得到为例说明本申请实施例提供的方法。

示例性的，M=5 时，第一字段可以用于承载 5 个序列，如该 5 个序列分别为序列 1 至序列 5，该序列 5 可以由 CE5 序列得到，该 CE5 序列可以根据 Ga_{128}^5 ， Gb_{128}^5 得到。示例性的，CE5 序列可以分别与 CE4 序列、CE3 序列、CE1 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，则序列 5 可以分别与序列 4、序列 3、序列 1 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。可理解，这里所示的 CE5 序列分别与 CE4 序列、CE3 序列、CE1 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零仅为示例。如 CE5 序列还可以分别与 CE1 序列、CE2 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。又如 CE5 序列还可以分别与 CE3 序列、CE4 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。这里不再详述。

示例性的，M=6 时，第一字段可以用于承载 6 个序列，如该 6 个序列分别为序列 1 至序

列 6, 该序列 6 可以根据 CE6 序列得到, 该 CE6 序列可以根据 Ga_{128}^6 , Gb_{128}^6 得到。例如, CE6 序列可以分别与 CE3 序列、CE4 序列、CE5 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 序列 6 可以分别与序列 3、序列 4、序列 5 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。如序列 1 称为第一序列, 则序列 3 至序列 6 中的任一项可以称为第二序列。需要说明的是, 本申请所示的第一序列和第二序列仅为示例, 对于 M 个序列中的其他序列的具体名称, 本申请实施例不作限定。例如, 该 M 个序列中的名称还可以如上述所示为序列 1、序列 2、序列 3 等。可理解, 对于第一序列和第二序列的说明, 下文不再一一详述。关于 M=6 的具体说明可以参考 M=5 的描述, 本申请实施例不作详述。

示例性的, M=8 时, 第一字段可以用于 8 个序列, 如该 8 个序列分别为序列 1 至序列 8, 如序列 7 可以由 CE7 序列得到, CE7 序列可以根据格雷互补序列 Ga_{128}^7 , Gb_{128}^7 得到, 序列 8 可以由 CE8 序列得到, CE8 序列可以根据格雷互补序列 Ga_{128}^8 , Gb_{128}^8 得到。示例性的, 如 CE8 序列可以分别与 CE7 序列、CE1 序列、CE2 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 因此, 序列 8 可以分别与序列 7、序列 1、序列 2 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。又例如, CE8 序列可以分别与 CE5 序列、CE6 序列、CE7 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 因此序列 8 可以分别与序列 5、序列 6、序列 7 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。又例如, CE8 序列可以分别与 CE7 序列、CE3 序列、CE4 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零, 因此, 序列 8 可以分别与序列 7、序列 3、序列 4 在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。可理解, 这里所示的 CE8 仅为示例, 对于 CE1 至 CE7 的具体说明还可以参考 CE8 的说明等, 本申请实施例不作详述。对于上述各个格雷互补序列的正负符号的说明, 可以参考本申请其他地方的描述, 这里不再赘述。可理解, 关于上述 CE1 序列至 CE8 序列的具体说明, 还可以参考本申请其他地方的说明, 这里不再一一详述。

示例性的, 关于各个 CE 序列的自相关特性, 或者不同 CE 序列的互相关特性的具体说明还可以参考前述实施例等。同样的, 关于上述 M 个序列中各个序列的自相关特性, 或者, M 个序列中不同的序列之间的互相关特性的说明也可以参考上述关于 CE 序列的说明, 这里不再详述。示例性的, 关于各个 CE 序列的具体序列还可以参考前述实施例以及下文所示的实施例等。

本申请实施例中, 当 M 大于 4 时, 发送端设备还可以结合 P 矩阵来发送 CE 序列, 即当 M 大于 4 时, 第一序列可以根据 CE 序列和 P 矩阵得到。关于该 P 矩阵的具体说明还可以参考本申请其他地方的说明等, 这里不再一一详述。

本申请实施例中, 第一字段可以为 PPDU 中的 TRN, 或者, 该第一字段可以为 PPDU 中的 EDMG-CEF, 或者, 该第一字段可以为 PPDU 中的 LTF。示例性的, 如 CE 序列可以承载于 802.11ay SC PHY 中的 TRN, 该 TRN 可以用于目标感知, 波束训练等。又如, CE 序列可以承载于 802.11ay SC PHY 中的 EDMG-CEF, 该 EDMG-CEF 可以用于用于 (MIMO) 信道估计。又如, CE 序列可以承载于 802.11ad 中的 TRN, 该 TRN 可以用于目标感知, 波束训练。又如, CE 序列可以承载于 802.11ad 中的 DMG-CEF, 该 DMG-CEF 可以用于信道估计。

本申请所示的 M 个序列可以用于信道估计或目标感知等, 关于该 M 个序列的具体作用可以参考本申请其他地方所描述的 CE 序列的作用, 这里不再详述。

702、发送端设备发送 PPDU。相应的, 接收端设备接收 PPDU。

703、接收端设备根据 M 个序列进行信号处理。

如接收端设备根据该 M 个序列进行信道估计或目标感知等, 这里不再详述。

示例性的, 如当 $M=1$ 或 $M=2$ 时, 接收端设备可以对 CE 序列进行信道估计或目标感知等。又如当 $M=5$ 或 $M=6$ 时, 接收端设备可以根据其所接收到的 M 个序列进行信道估计或目标感知等。

本申请实施例所提供的方法, 不仅可以有效缩短发送端设备发送序列的时间, 而且还可以提高接收端设备进行信道估计的效率或提高目标感知的 PRF 等。

以下将结合不同的流数对本申请实施例提供的 CE 序列分别进行描述。

一、一个空间流/二个空间流 (以下简称为一流/二流)

本申请实施例中, 发送端设备可以发送一个 CE 序列如 CE1 序列 (即一个流), 也可以发送两个 CE 序列 (即两个流) 如 CE1 序列和 CE2 序列。构成该 CE1 序列的正负符号可以根据表 1 获得, 即本申请所提供的 CE1 序列的正负符号可以有 72 种选择。

通过上述 CE 序列的自相关的介绍可知, 即使是同时发送 CE1 序列和 CE2 序列, 该 CE1 序列在格雷互补序列的长度范围内具有自相关旁瓣能量为零的特性, 以及该 CE2 序列也具有在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零的特性。因此, 接收端设备接收到 PPDU 之后, 可以根据其获取到的 CE1 序列和 CE2 序列进行信道估计, 信道估计的方法可以参考上述公式 (7) 至公式 (9) 的说明, 这里不再详述。

可理解, 关于 CE1 序列和 CE2 序列的具体说明还可以参考上文关于图 5d 的描述, 这里不再赘述。

本申请实施例中, 发送端设备生成并发送物理层协议数据单元 PPDU, 所述 PPDU 包括第一字段, 所述第一字段用于承载 M 个序列; 所述 M 个序列对应 M 个空时流, 一个所述序列对应一个所述空时流, 所述 M 为正整数; 接收端设备接收 PPDU 并根据 M 个序列进行信号处理。

示例性的, $M=1$ 时, 第一字段中所承载的一个序列可以与 CE1 序列相同, 如第一序列 $=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$ (如表 1 中的编号 1 对应的 a_1-a_{10} 取值)。又如, 第一序列 $=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$ (如表 1 中的编号 2 对应的 a_1-a_{10} 取值)。又如, 第一序列 $=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$ (如表 1 中的编号 3 对应的 a_1-a_{10} 取值)。又如, 第一序列 $=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$ (如表 1 中的编号 4 对应的 a_1-a_{10} 取值)。

示例性的, $M=2$ 时, 第一字段中可以承载 2 个序列, 如该 2 个序列可以为序列 1 和序列 2, 序列 1 $=\{Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1\}$ (如表 1 中的编号 37 对应的 a_1-a_{10} 取值), 序列 2 $=\{Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2\}$ 。又如, 序列 1 $=\{Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$ (如表 1 中的编号 38 对应的 a_1-a_{10} 取值), 序列 2 $=\{Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$ 。又如, 序列 1 $=\{Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1\}$ (如表 1 中的编号 39 对应的 a_1-a_{10} 取值), 序列 2 $=\{Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2\}$ 。又如, 序列 1 $=\{Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$ (如表 1 中的编号 40 对应的 a_1-a_{10} 取值), 序列 2 $=\{Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$ 。

需要说明的是, 这里所示的 M 个序列的描述仅为示例, 对于 $M=1$ 或 $M=2$ 时, 第一字段

中所承载的序列的具体例子还可以根据上述表 1 以及格雷互补序列得到。可理解, 上述序列 1 或序列 2 可以称为第一序列, 例如, 序列 1 称为第一序列, 则 Ga_{128}^1 和 Gb_{128}^1 可以称为第一格雷互补序列。又如, 当序列 2 称为第一序列, 则 Ga_{128}^2 和 Gb_{128}^2 可以称为第一格雷互补序列。

二、三流/四流

本申请实施例中, 发送端设备可以发送三个 CE 序列如 CE1 序列、CE2 序列和 CE3 序列 (即三流), 或者, 也可以发送四个 CE 序列, 如 CE1 序列、CE2 序列、CE3 序列和 CE4 序列 (即四流)。

以下主要以 CE1 序列至 CE4 序列为例说明本申请实施例提供的 CE 序列的构造方法。

示例性的, CE1 序列与 CE2 序列的构造方式相同 (即 CE1 序列和 CE2 序列的符号序列相同), CE3 序列与 CE4 序列的构造方式相同 (即 CE3 序列和 CE4 序列的符号序列相同)。根据表 1 和表 2, 例如, CE1 序列与 CE2 序列的符号序列对应表 1 中的编号 1, 则 CE3 序列与 CE4 序列的符号序列可以对应表 1 中的编号 16 (如图 8a 所示)、编号 28、编号 45 或编号 57。

本申请实施例中, 发送端设备生成并发送物理层协议数据单元 PPDU, 所述 PPDU 包括第一字段, 所述第一字段用于承载 M 个序列; 所述 M 个序列对应 M 个空时流, 一个所述序列对应一个所述空时流, 所述 M 为正整数; 接收端设备接收 PPDU 并根据 M 个序列进行信号处理; 例如, M=4 时的四个 CE 序列以及 4 个序列如下:

CE1={ $Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1$ },
CE2={ $Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2$ },
CE3={ $Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3$ } (即对应表 1 中的编号 16), CE4={ $Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4$ }. 该情况下, 第一字段中所承载的 4 个序列, 如序列 1={ $Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1$ }, 序列 2={ $Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2$ }, 序列 3={ $Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3$ }, 序列 4={ $Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4$ }。

或者, CE3={ $-Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3$ }, CE4={ $-Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4$ } (即对应表 1 中的编号 28)。该情况下, 第一字段中所承载的 4 个序列, 如序列 3={ $-Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3$ }, 序列 4={ $-Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4$ }。

或者, CE3={ $Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3$ }, CE4={ $Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4$ } (即对应表 1 中的编号 45)。该情况下, 第一字段中所承载的 4 个序列, 如序列 3={ $Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3$ }, 序列 4={ $Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4$ }。

或者, CE3={ $-Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3$ }, CE4={ $-Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4$ } (即对应表 1 中的编号 57)。该情况下, 第一字段中所承载的 4 个序列, 如序列 3={ $-Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3$ }, 序列 4={ $-Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4$ }。可

理解,关于序列1和序列2的具体说明可以参考上述描述,这里不再赘述。可理解,上述序列1或序列2可以称为第一序列, Ga_{128}^1 和 Gb_{128}^1 (即上文示出的 Ga 和 Gb) 可以称为第一格雷互补序列,或者, Ga_{128}^2 和 Gb_{128}^2 可以称为第一格雷互补序列。则上述序列3或序列4可以称为第二序列, Ga_{128}^3 和 Gb_{128}^3 (即上文示出的 Ga' 和 Gb') 可以称为第二格雷互补序列,或者, Ga_{128}^4 和 Gb_{128}^4 可以称为第二格雷互补序列。

又例如,CE1序列与CE2序列的符号序列对应表1中的编号3,则CE3序列与CE4序列的符号序列可以对应表1中的编号17、编号29、编号44或编号56。

如 $CE1=\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, $CE2=\{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$, $CE3=\{Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3\}$, $CE4=\{Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4\}$ (即对应表1中的编号17)。该情况下,第一字段中所承载的4个序列,如序列1= $\{Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, -Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1\}$, 序列2= $\{Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, -Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2\}$, 序列3= $\{Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3\}$, 序列4= $\{Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4\}$ 。

或者, $CE3=\{-Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3\}$, $CE4=\{-Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4\}$ (即对应表1中的编号29)。该情况下,第一字段中所承载的4个序列,如序列3= $\{-Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3\}$, 序列4= $\{-Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4\}$ 。

或者, $CE3=\{Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3\}$, $CE4=\{Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4\}$ (即对应表1中的编号44)。该情况下,第一字段中所承载的4个序列,如序列3= $\{Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3\}$, 序列4= $\{Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4\}$ 。

或者, $CE3=\{-Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3\}$, $CE4=\{-Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4\}$ (即对应表1中的编号56)。该情况下,第一字段中所承载的4个序列,如序列3= $\{-Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3\}$, 序列4= $\{-Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4\}$ 。可理解,关于序列1和序列2的说明可以参考上述描述,这里不再赘述。

又例如,CE1序列与CE2序列的符号序列对应表1中的编号6,则CE3序列与CE4序列的符号序列可以对应表1中的编号13或编号32。又例如,CE1序列与CE2序列的符号序列对应表1中的编号8,则CE3序列与CE4序列的符号序列可以对应表1中的编号14或编号36。可理解,对于CE1序列至CE4序列的符号序列可以参考上述表1和表2,这里不再一一列举。可理解,图8a仅示例性给出了CE1序列和CE2序列的符号序列,以及CE3序列和CE4序列的符号序列,对于图8a的具体说明还可以参考上文,这里不再详述。关于序列1至序列4的具体说明可以参考CE1至CE4的描述等,这里不再详述。

可理解,这里仅示例性给出了M=4时的四个CE序列以及4个序列,对于M=3时的三个CE序列以及3个序列的具体描述,这里不再赘述。

根据上述 CE 序列的互相关的介绍可知，CE1 序列至 CE4 序列可以达到两两之间均具备在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零的特性。示例性的，这四个 CE 序列在格雷互补序列的长度范围如-128 至+128 内互相关的峰值（即最大能量）如表 4 所示。

表 4

	CE1	CE2	CE3	CE4
CE1	1024	0	0	0
CE2	0	1024	0	0
CE3	0	0	1024	0
CE4	0	0	0	1024

在一种可能的实现方式中，在三流或四流的情况下进行 MIMO 信道估计时，P 矩阵可以如下公式（18）所示：

$$P=\begin{bmatrix} +1 \\ +1 \\ +1 \\ +1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

即发送端设备在一个周期内就可以发送三流或四流，而且接收端设备还可以在一个周期内完成信道估计或目标感知等。如图 8b-图 8e 所示，图 8b 示出的是 CE1 序列自相关的结果示意图，图 8c 示出的是 CE3 自相关的结果示意图，图 8d 示出的是不具有局部 ZCC 特性的 CE1 序列和 CE3 互相关的结果示意图，图 8e 示出的是本申请所提供的具有局部 ZCC 特性的 CE1 序列和 CE3 序列互相关的结果示意图。从图 8b 至图 8e 可以看出，本申请所构造的 CE1 序列和 CE3 序列单流均具有在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零的特性，而对于互相关特性来说，相对于 802.11ad 中示出的 CE1 序列和 CE3 序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量不为零，即不具有局部区域 ZCC 特性而言，本申请所构造的 CE1 序列和 CE3 序列在格雷互补序列的长度范围内具有互相关能量为零的特性，即本申请所构造的 CE1 序列和 CE3 序列具有格雷互补序列的长度范围 ZCC 特性。

可理解，关于 CE1 序列至 CE4 序列的说明还可以参考上文关于表 3 的描述等，这里不再一一详述。

通过本申请实施例提供的方法，发送端设备在发送三流或四流时，发送端设备只需一个周期就可以同时发送三流或四流，如图 9 所示。从而，不仅可以有效缩短了信道估计的时间（也可以称为缩短了信道估计的时长），而且还提高了信道估计的效率。同时，如果应用于目标感知，本申请实施例提供的方法，还可以缩短目标感知的时间，提高目标感知的效率。进一步地，由于周期和频率之间的关系，本申请实施例提供的方法还有效提高了感知的 PRF，提高了感知中的最大可探测多普勒和/或速度。

三、五流/六流

本申请实施例中，发送端设备生成并发送物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 包括第一字段，所述第一字段用于承载 M 个序列；所述 M 个序列对应 M 个空时流，一个所述序列对应一个所述空时流，所述 M 为正整数；接收端设备接收 PPDU 并根据 M 个序列进行信号处理；例如，M=5 或 6。

本申请实施例中，发送端设备可以发送五个 CE 序列，如 CE1 序列至 CE5 序列，或者，

也可以发送六个 CE 序列，如 CE1 序列至 CE6 序列。

示例性的，CE1 序列与 CE2 序列的构造方式相同，CE3 序列、CE4 序列、CE5 序列、CE6 序列的构造方式相同。也就是说，CE1 序列和 CE2 序列所对应的符号序列相同，CE3 序列至 CE6 序列所对应的符号序列相同。对于这两个符号序列的具体取值可以如表 1 和表 2 所示。图 10a 示例性的示出了 CE1 序列至 CE6 序列。示例性的，这六个 CE 序列在格雷互补序列的长度范围-128 至+128 之间互相关的峰值如表 5 所示。

表 5

	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6
CE1	1024	0	0	0	0	0
CE2	0	1024	0	0	0	0
CE3	0	0	1024	0	160	288
CE4	0	0	0	1024	288	160
CE5	0	0	160	288	1024	0
CE6	0	0	288	160	0	1024

结合图 10b 至图 10e，图 10b 示出的是本申请所提供的 CE3 序列和 CE5 序列互相关的结果示意图，图 10c 是 802.11ad 中示出的 CE3 序列和 CE5 序列互相关的结果示意图，图 10d 是本申请所提供的 CE1 序列和 CE3 序列互相关的结果示意图，图 10e 是 802.11ad 中示出的 CE1 序列和 CE3 序列互相关的结果示意图。从图中可以看出，本申请所示出的 CE1 序列和 CE3 序列具有局部 ZCC 特性。

在一种可能的实现方式中，由于 CE3 和 CE5 序列不具有局部 ZCC 特性，因此，发送端设备可以结合 P-matrix 来确定 CE 序列。如图 9 所示，发送端设备可以结合 P 矩阵来发送 CE 序列，该 P 矩阵可以为下文所示的公式 (19)：

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

示例性的，如 CE1 和 CE2 的构造方式相同，CE3 至 CE6 的构造方式相同。例如，CE1 和 CE2 的符号序列对应表 1 中的编号 1，CE3 至 CE6 的符号序列对应表 1 中的编号 16、编号 28、编号 45 或编号 57。

可理解，本申请实施例，关于 CE1 至 CE4、以及序列 1 至序列 4 的说明可以参考上述关于三流/四流的描述，这里不再一一赘述。以下将重点说明 CE5 和 CE6，以及序列 6 和序列 7。

如 $CE5 = \{Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5\}$ (即对应表 1 中的编号 16)， $CE6 = \{Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6\}$ 。该情况下，序列 5 = $\{-Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5\}$ ，

$Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5$ }, 序列 6= $\{-Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6\}$ 。

或者, CE5= $\{-Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5\}$, CE6= $\{-Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6\}$ (即对应表 1 中的编号 28)。该情况下, 序列 5= $\{Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5\}$, 序列 6= $\{Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6\}$ 。

或者, CE5= $\{Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5\}$, CE6= $\{Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6\}$ (即对应表 1 中的编号 45)。该情况下, 序列 5= $\{-Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5\}$, 序列 6= $\{-Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6\}$ 。

或者, CE5= $\{-Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5\}$, CE6= $\{-Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6\}$ (即对应表 1 中的编号 57)。该情况下, 序列 5= $\{Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5\}$, 序列 6= $\{Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6\}$ 。

可理解, 以上仅为示例, 对于 CE1 至 CE6 以及序列 1 至序列 6 的具体说明还可以参考本申请示出的其他实施例, 这里不再一一赘述。

在一种可能的实现方式中, CE1 序列、CE2 序列、CE5 序列和 CE6 序列的构造方式相同, CE3 序列和 CE4 序列的构造方式相同。

发送端设备也可以结合 P 矩阵来发送 CE 序列, 该 P 矩阵可以如上述公式 (19) 所示。

在一种可能的实现方式中, CE1 序列、CE2 序列、CE3 序列和 CE4 序列的构造方式相同, CE5 序列和 CE6 序列的构造方式相同。

发送端设备也可以结合 P 矩阵来发送 CE 序列, 该 P 矩阵可以如公式 (20) 或公式 (21) 所示:

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} \quad (21)$$

可理解, 关于 CE1 至 CE6, 以及序列 1 至序列 6 的具体说明还可以参考上述关于公式 (19) 的描述, 这里不再赘述。

本申请实施例中, 接收端设备结合 P-matrix 在两个周期内就可以进行信道估计或目标感

知，不仅减少了发送端设备发送 CE 序列的时间，而且还缩短了接收端设备信道估计的时间或缩短了接收端设备感知的时间。

四、七流/八流

本申请实施例中，发送端设备生成并发送物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 包括第一字段，所述第一字段用于承载 M 个序列；所述 M 个序列对应 M 个空时流，一个所述序列对应一个所述空时流，所述 M 为正整数；接收端设备接收 PPDU 并根据 M 个序列进行信号处理；例如，M=7 或 8。

本申请实施例中，发送端设备可以发送七个 CE 序列，如 CE1 序列至 CE7 序列，或者，也可以发送八个 CE 序列，如 CE1 序列至 CE8 序列。

示例性的，CE1 序列、CE2 序列、CE7 序列、CE8 序列的构造方式相同，CE3 序列、CE4 序列、CE5 序列、CE6 序列的构造方式相同。也就是说，CE1 序列、CE2 序列、CE7 序列、CE8 序列所对应的符号序列相同，CE3 序列、CE4 序列、CE5 序列、CE6 序列所对应的符号序列相同。对于这两个符号序列的具体取值可以如表 1 和表 2 所示。示例性的，图 11 示例性的示出了 CE1 序列至 CE8 序列。

示例性的，本申请所提供的这八个 CE 序列在格雷互补序列的长度范围如-128 至+128 之间互相关的峰值如表 6 所示。

表 6

	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8
CE1	1024	0	0	0	0	0	512	128
CE2	0	1024	0	0	0	0	128	512
CE3	0	0	1024	0	160	288	0	0
CE4	0	0	0	1024	288	160	0	0
CE5	0	0	160	288	1024	0	0	0
CE6	0	0	288	160	0	1024	0	0
CE7	512	128	0	0	0	0	1024	0
CE8	128	512	0	0	0	0	0	1024

示例性的，802.11ad 中示出的 CE1 序列至 CE8 序列互相关的峰值可以如表 7 所示。

表 7

	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8
CE1	1024	0	256	160	256	160	512	128
CE2	0	1024	160	256	160	256	128	512
CE3	256	160	1024	0	160	288	512	144
CE4	160	256	0	1024	288	160	144	512
CE5	256	160	160	288	1024	0	512	144
CE6	160	256	288	160	0	1024	144	512
CE7	512	128	512	144	512	144	1024	0
CE8	128	512	144	512	144	512	0	1024

相对于表 7 来说，本申请提供的 CE 序列有明显地提升。从表 6 可以看出，CE1 序列和 CE7 序列互相关的结果不为 0，同时，CE1 序列与 CE8 序列互相关的结果也不为 0 等，因此，发送端设备可以结合公式 (22) 所示的 P-matrix 来发送 CE 序列。该情况下，接收端设备结合 P-matrix 在两个周期内就可以完成信道估计或 WLAN 感知，从而不仅减少了发送端设备发送 CE 序列的时间，而且还缩短了接收端设备信道估计的时间，或者，缩短了接收端设备感知的时间。

例如，P 矩阵可以如下公式 (22) 所示：

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} \quad (22)$$

可理解, 五流或六流时所适用的 P 矩阵也可以是上述公式 (22), 如上述五流/六流时所示出的公式 (19) 也可以替换为公式 (22)。

示例性的, CE1 序列、CE2 序列、CE7 序列、CE8 序列的构造方式相同, CE3 序列、CE4 序列、CE5 序列、CE6 序列的构造方式相同。例如, CE1、CE2、CE7 和 CE8 的符号对应对应表 1 中的编号 1, CE3 至 CE6 对应表 1 中的编号 16、编号 28、编号 45 或编号 57。可理解, 由于上述所示的例子中, CE3 至 CE6 的构造方式相同, CE1 和 CE2 的构造方式相同, 因此本申请实施例关于 CE1 至 CE6、以及序列 1 至序列 6 的说明可以参考上述关于五流/六流的描述, 这里不再一一赘述。以下将重点说明 CE7 和 CE8, 以及序列 7 和序列 8。

例如, $CE7 = \{Ga_{128}^7, Gb_{128}^7, -Ga_{128}^7, Gb_{128}^7, -Ga_{128}^7, Gb_{128}^7, Ga_{128}^7, Gb_{128}^7, Ga_{128}^7, Gb_{128}^7\}$, $CE8 = \{Ga_{128}^8, Gb_{128}^8, -Ga_{128}^8, Gb_{128}^8, -Ga_{128}^8, Gb_{128}^8, Ga_{128}^8, Gb_{128}^8, Ga_{128}^8, Gb_{128}^8\}$ (即对应表 1 中的编号 1)。该情况下, 序列 7 = $\{-Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7, Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7, Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7, -Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7, -Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7\}$, 序列 8 = $\{-Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8, Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8, Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8, -Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8, -Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8\}$ 。

可理解, 关于 CE1 至 CE8, 序列 1 至序列 8 的具体说明可以参考本申请其他地方的描述, 这里不再赘述。

示例性的, CE1 序列至 CE4 序列的构造方式相同, CE5 序列至 CE8 序列的构造方式相同。该情况下, 发送端设备也可以结合 P 矩阵进行信道估计或目标感知, 该 P 矩阵可以如下公式 (23) 或公式 (24) 所示:

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ -1 & +1 \\ -1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \end{bmatrix} \quad (24)$$

可理解, 五流或六流时所适用的 P 矩阵也可以是上述公式 (23), 如上述五流/六流时所示出的公式 (21) 也可以替换为公式 (23)。

示例性的, CE1 至 CE4 的符号序列对应表 1 中的编号 1, CE5 至 CE8 的符号序列对应表 1 中的编号 16, 则 CE1={ $Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1$ }, CE2={ $Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2$ }, CE3={ $Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, Gb_{128}^3$ }, CE4={ $Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, Gb_{128}^4$ }, 即对应表 1 中的编号 1。CE5={ $Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, Gb_{128}^5$ }, CE6={ $Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, Gb_{128}^6$ }, CE7={ $Ga_{128}^7, Gb_{128}^7, Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7, -Ga_{128}^7, Gb_{128}^7, -Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7, Ga_{128}^7, Gb_{128}^7$ }, CE8={ $Ga_{128}^8, Gb_{128}^8, Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8, -Ga_{128}^8, Gb_{128}^8, -Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8, Ga_{128}^8, Gb_{128}^8$ }, 即对应表 1 中的编号 16。

如公式 (23) 所示的 P 矩阵, 则第一字段中承载的 8 个序列, 如序列 1={ $Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, -Ga_{128}^1, Gb_{128}^1, Ga_{128}^1, Gb_{128}^1$ }, 序列 2={ $Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, -Ga_{128}^2, Gb_{128}^2, Ga_{128}^2, Gb_{128}^2$ }, 序列 3={ $-Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, -Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3, Ga_{128}^3, -Gb_{128}^3$ }, 序列 4={ $-Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, -Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4, Ga_{128}^4, -Gb_{128}^4$ }, 序列 5={ $-Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5, Ga_{128}^5, -Gb_{128}^5, -Ga_{128}^5, Gb_{128}^5$ }, 序列 6={ $-Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6, Ga_{128}^6, -Gb_{128}^6, -Ga_{128}^6, Gb_{128}^6$ }, 序列 7={ $Ga_{128}^7, Gb_{128}^7, -Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7, -Ga_{128}^7, Gb_{128}^7, Ga_{128}^7, -Gb_{128}^7$ }, 序列 8={ $Ga_{128}^8, Gb_{128}^8, -Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8, -Ga_{128}^8, Gb_{128}^8, Ga_{128}^8, -Gb_{128}^8$ }。

示例性的, CE1 序列、CE2 序列、CE5 序列、CE6 序列的构造方式相同, CE3 序列、CE4 序列、CE7 序列、CE8 序列的构造方式相同, 这里不再一一详述。该情况下, 发送端设备也可以结合 P 矩阵进行信道估计或目标感知, 该 P 矩阵可以如上述公式 (23) 或公式 (24) 所示。可理解, 关于 CE1 至 CE8, 序列 1 至序列 8 的具体说明, 可以参考上文, 这里不再赘述。

本申请实施例中, 接收端设备结合 P-matrix 在两个周期内就可以完成信道估计或 WLAN 感知, 从而不仅减少了发送端设备发送 CE 序列的时间, 而且还缩短了接收端设备信道估计的时间, 或者, 缩短了接收端设备感知的时间。

需要说明的是, 本申请上文图 3a 和图 3b 所示的 PPDU 仅为示例, 但凡具有与本申请实施例所示的 PPDU 功能类似的 PPDU 均属于本申请的保护范围。如图 3a 和/或图 3b 所示的 PPDU 仅为示例, 随着标准的演进, PPDU 的形式可能也会变化, 但是只要该 PPDU 中的某个字段或某些字段符合本申请所示的第一字段的特征, 均属于本申请的保护范围。

需要说明的是,上述仅示例性给出了一种类型的格雷互补序列即 (Ga_N^i, Gb_N^i) ,如上文所示的格雷互补序列的说明同样适用于另一种类型的格雷互补序列如 (Gc_N^i, Gd_N^i) 。当然,随着标准的演进,可能还会出现其他类型的与上述格雷互补序列功能相似的格雷互补类型,本申请实施例对此不作限定。

根据上文记载:本申请所涉及的格雷互补序列的长度 $N=128$,或者, $N=256$,或者, $N=512$ 等,本申请对于 N 的取值不作限定。或者, N 也可以等于32或64等。

示例性的,当 $N=128$ 时,从图4b所示的CE序列的自相关的结果可以看出,由于0表示为完全重叠的时候,因此上文所示的格雷互补序列的长度范围还可以是-127至+127。因此,当 $N=128$ 时,一个CE序列的自相关旁瓣能量为零的范围可以为-127至+127(包括-127和/或+127,不包括0)。不同CE序列互相关能量为零的范围为-127至+127(包括-127和/或+127,包括0)。

类似的,当 $N=64$ 时,格雷互补序列的长度范围可以为-63至+63(可以包括-63和/或+63)。当 $N=64$ 时,一个CE序列的自相关旁瓣能量为零的范围可以为-63至+63(包括-63和/或+63,不包括0)。不同CE序列互相关能量为零的范围可以为-63至+63(包括-63和/或+63,包括0)。

类似的,当 $N=256$ 时,格雷互补序列的长度范围可以为-255至+255(可以包括-255和/或+255)。当 $N=256$ 时,一个CE序列的自相关旁瓣能量为零的范围可以为-255至+255(包括-255和/或+255,不包括0)。不同CE序列互相关能量为零的范围可以为-255至+255(包括-255和/或+255,包括0)。

类似的,当 $N=512$ 时,格雷互补序列的长度范围可以为-511至+511(可以包括-511和/或+511)。即当 $N=512$ 时,一个CE序列的自相关旁瓣能量为零的范围可以为-511至+511(包括-511和/或+511,不包括0),不同CE序列互相关能量为零的范围可以为-511至+511(包括-511和/或+511,包括0)。

可理解,这里不再一一列举 N 的取值与格雷互补序列的长度范围之间的关系。关于 N 的其他取值的说明可以参考上文。关于CE格雷互补序列的长度范围的说明同样适用于上文所示的 M 个序列,这里不再一一详述。

本申请所示的循环前缀的英文名称为cyclic prefix,循环后缀的英文名称为cyclic suffix。

本申请所示的如图4b、图8b至图8e、图10b至图10e所示的横坐标除了可以表示为样本、码元或延迟索引之外,还可以表示元素或位。如图4b、图8b至图8e、图10b至图10e所示的纵坐标还可以表示相关值(correlation)。

可理解,本申请上文所示的两个CE序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零还可以称为:该两个CE序列在格雷互补序列的长度范围内互相关为零。一个CE序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零还可以称为:该一个CE序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣为零。同样的,本申请上文所示的第一序列至少与 M 个序列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零,还可以称为:该第一序列至少与 M 个序列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关为量。第一序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零,还可以称为:该第一序列在格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣为零。也就是说,本申请上文所示的自相关旁瓣能量为零还可以称为:自相关旁瓣为零;互相关能量为零还可以称为:互相关为零。

以下将介绍本申请实施例提供的通信装置。

本申请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。下面将结合图12至图14详细描述本申请实施例的通信装置。

图12是本申请实施例提供的一种通信装置的结构示意图，如图12所示，该通信装置包括处理单元1201和收发单元1202。

在本申请的一些实施例中，该通信装置可以是上文示出的发送端设备或发送端设备中的芯片等。即该通信装置可以用于执行上文方法实施例中由发送端设备执行的步骤或功能等。

处理单元1201，用于生成PPDU；收发单元1202，用于输出该PPDU。

可理解，本申请实施例示出的收发单元和处理单元的具体说明仅为示例，对于收发单元和处理单元的具体功能或执行的步骤等，可以参考上述方法实施例，这里不再详述。示例性的，处理单元1201可以用于执行图7所示的步骤701。该收发单元1202可以用于执行图7所示的步骤702中的发送步骤。

复用图12，在本申请的另一一些实施例中，该通信装置可以是上文示出的接收端设备或接收端设备中的芯片等。即该通信装置可以用于执行上文方法实施例中由接收端设备执行的步骤或功能等。

如收发单元1202，用于输入PPDU；处理单元1201，用于对该PPDU中承载的M个序列进行处理。

例如，处理单元1201，可以根据该M个序列进行信道估计，或根据该M个序列进行目标感知等。对于该M个序列的具体作用可以参考上文，这里不再赘述。

可理解，本申请实施例示出的收发单元和处理单元的具体说明仅为示例，对于收发单元和处理单元的具体功能或执行的步骤等，可以参考上述方法实施例，这里不再详述。示例性的，收发单元1202还可以用于执行图7所示的步骤702中的接收步骤。该处理单元1201还可以用于执行图7所示的步骤703。

上个各个实施例中，关于PPDU、M个序列、第一序列、格雷互补序列（如包括 Ga_{128}^1 和 Gb_{128}^1 、 Ga_{128}^2 和 Gb_{128}^2 、 Ga_{128}^3 和 Gb_{128}^3 、 Ga_{128}^4 和 Gb_{128}^4 、 Ga_{128}^5 和 Gb_{128}^5 、 Ga_{128}^6 和 Gb_{128}^6 、 Ga_{128}^7 和 Gb_{128}^7 、 Ga_{128}^8 和 Gb_{128}^8 ）、CE序列（如包括CE1序列至CE8序列）等说明还可以参考上文方法实施例中的介绍，这里不再一一详述。

以上介绍了本申请实施例的发送端设备和接收端设备，以下介绍所述发送端设备和接收端设备可能的产品形态。应理解，但凡具备上述图12所述的发送端设备的功能的任何形态的产品，或者，但凡具备上述图12所述的接收端设备的功能的任何形态的产品，都落入本申请实施例的保护范围。还应理解，以下介绍仅为举例，不限制本申请实施例的发送端设备和接收端设备的产品形态仅限于此。

在一种可能的实现方式中，图12所示的通信装置中，处理单元1201可以是一个或多个处理器，收发单元1202可以是收发器，或者收发单元1202还可以是发送单元和接收单元，发送单元可以是发送器，接收单元可以是接收器，该发送单元和接收单元集成于一个器件，例如收发器。本申请实施例中，处理器和收发器可以被耦合等，对于处理器和收发器的连接方式，本申请实施例不作限定。

如图13所示，该通信装置130包括一个或多个处理器1320和收发器1310。

示例性的，当该通信装置用于执行上述发送端设备执行的步骤或方法或功能时，处理器

1320, 用于生成PPDU; 收发器1310, 用于向接收端设备发送PPDU。

示例性的, 当该通信装置用于执行上述接收端设备执行的步骤或方法或功能时, 收发器1310, 用于接收来自发送端设备的PPDU; 处理器1320, 用于对PPDU中承载的M个序列进行处理。

本申请实施例中, 关于PPDU、M个序列、第一序列、格雷互补序列(如包括 Ga_{128}^1 和 Gb_{128}^1 、 Ga_{128}^2 和 Gb_{128}^2 、 Ga_{128}^3 和 Gb_{128}^3 、 Ga_{128}^4 和 Gb_{128}^4 、 Ga_{128}^5 和 Gb_{128}^5 、 Ga_{128}^6 和 Gb_{128}^6 、 Ga_{128}^7 和 Gb_{128}^7 、 Ga_{128}^8 和 Gb_{128}^8)、CE序列(如包括CE1序列至CE8序列)等说明还可以参考上文方法实施例中的介绍, 这里不再一一详述。

可理解, 对于处理器和收发器的具体说明还可以参考图12所示的处理单元和收发单元的介绍, 这里不再赘述。

在图13所示的通信装置的各个实现方式中, 收发器可以包括接收机和发射机, 该接收机用于执行接收的功能(或操作), 该发射机用于执行发射的功能(或操作)。以及收发器用于通过传输介质和其他设备/装置进行通信。

可选的, 通信装置130还可以包括一个或多个存储器1330, 用于存储程序指令和/或数据等。存储器1330和处理器1320耦合。本申请实施例中的耦合是装置、单元或模块之间的间接耦合或通信连接, 可以是电性, 机械或其它的形式, 用于装置、单元或模块之间的信息交互。处理器1320可能和存储器1330协同操作。处理器1320可以执行存储器1330中存储的程序指令。可选的, 上述一个或多个存储器中的至少一个可以包括于处理器中。

本申请实施例中不限定上述收发器1310、处理器1320以及存储器1330之间的具体连接介质。本申请实施例在图13中以存储器1330、处理器1320以及收发器1310之间通过总线13120连接, 总线在图13中以粗线表示, 其它部件之间的连接方式, 仅是进行示意性说明, 并不引以为限。所述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13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。

在本申请实施例中, 处理器可以是通用处理器、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、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等, 可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者任何常规的处理器等。结合本申请实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件处理器执行完成, 或者用处理器中的硬件及软件模块组合执行完成等。

本申请实施例中, 存储器可包括但不限于硬盘(hard disk drive, HDD)或固态硬盘(solid-state drive, SSD)等非易失性存储器, 随机存储记忆体(Random Access Memory, RAM)、可擦除可编程只读存储器(Erasable Programmable ROM, EPROM)、只读存储器(Read-Only Memory, ROM)或便携式只读存储器(Compact Disc Read-Only Memory, CD-ROM)等等。存储器是能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的程序代码, 并能够由计算机(如本申请示出的通信装置等)读和/或写的任何存储介质, 但不限于此。本申请实施例中的存储器还可以是电路或者其它任意能够实现存储功能的装置, 用于存储程序指令和/或数据。

示例性的, 处理器1320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进行控制, 执行软件程序, 处理软件程序的数据。存储器1330主要用于存储软件程序和数据。收发器1310可以包括控制电路和天线, 控制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。输入输出装置, 例如触摸屏、显示屏, 键盘等主要用于接收用户输入的数据以及对用户输出数据。

当通信装置开机后, 处理器1320可以读取存储器1330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 1320 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 1320, 处理器 1320 将基带信号转换为数据并对该数据进行处理。

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, 呈拉远式的布置。

可理解, 本申请实施例示出的通信装置还可以具有比图13更多的元器件等, 本申请实施例对此不作限定。以上所示的处理器和收发器所执行的方法仅为示例, 对于该处理器和收发器具体所执行的步骤可参照上文介绍的方法。

在另一种可能的实现方式中, 图12所示的通信装置中, 处理单元1201可以是一个或多个逻辑电路, 收发单元1202可以是输入输出接口, 又或者称为通信接口, 或者接口电路, 或接口等等。或者收发单元1202还可以是发送单元和接收单元, 发送单元可以是输出接口, 接收单元可以是输入接口, 该发送单元和接收单元集成于一个单元, 例如输入输出接口。如图14所示, 图14所示的通信装置包括逻辑电路1401和接口1402。即上述处理单元1201可以用逻辑电路1401实现, 收发单元902可以用接口1402实现。其中, 该逻辑电路1401可以为芯片、处理电路、集成电路或片上系统(system on chip, SoC)芯片等, 接口1402可以为通信接口、输入输出接口、管脚等。示例性的, 图14是以上述通信装置为芯片为例出的, 该芯片包括逻辑电路1401和接口1402。

本申请实施例中, 逻辑电路和接口还可以相互耦合。对于逻辑电路和接口的具体连接方式, 本申请实施例不作限定。

示例性的, 当通信装置用于执行上述发送端设备执行的方法或功能或步骤时, 逻辑电路1401, 用于生成PPDU; 接口1402, 用于输出该PPDU。

示例性的, 当通信装置用于执行上述接收端设备执行的方法或功能或步骤时, 接口1402, 用于输入PPDU; 逻辑电路1401, 用于对PPDU中承载的M个序列进行处理。

可理解, 本申请实施例示出的通信装置可以采用硬件的形式实现本申请实施例提供的方法, 也可以采用软件的形式实现本申请实施例提供的方法等, 本申请实施例对此不作限定。

本申请实施例中, 关于PPDU、M个序列、第一序列、格雷互补序列(如包括 Ga_{128}^1 和 Gb_{128}^1 、 Ga_{128}^2 和 Gb_{128}^2 、 Ga_{128}^3 和 Gb_{128}^3 、 Ga_{128}^4 和 Gb_{128}^4 、 Ga_{128}^5 和 Gb_{128}^5 、 Ga_{128}^6 和 Gb_{128}^6 、 Ga_{128}^7 和 Gb_{128}^7 、 Ga_{128}^8 和 Gb_{128}^8)、CE序列(如包括CE1序列至CE8序列)等说明还可以参考上文方法实施例中的介绍, 这里不再一一详述。

对于图14所示的各个实施例的具体实现方式, 还可以参考上述各个实施例, 这里不再详述。

本申请实施例还提供了一种无线通信系统, 该无线通信系统包括发送端设备和接收端设备, 该发送端设备和该接收端设备可以用于执行前述任一实施例(如图7)中的方法。

此外, 本申请还提供一种计算机程序, 该计算机程序用于实现本申请提供的方法中由发送端设备执行的操作和/或处理。

本申请还提供一种计算机程序, 该计算机程序用于实现本申请提供的方法中由接收端设备执行的操作和/或处理。

本申请还提供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代码,

当计算机代码在计算机上运行时，使得计算机执行本申请提供的方法中由发送端设备执行的操作和/或处理。

本申请还提供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代码，当计算机代码在计算机上运行时，使得计算机执行本申请提供的方法中由接收端设备执行的操作和/或处理。

本申请还提供一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括计算机代码或计算机程序，当该计算机代码或计算机程序在计算机上运行时，使得本申请提供的方法中由发送端设备执行的操作和/或处理被执行。

本申请还提供一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括计算机代码或计算机程序，当该计算机代码或计算机程序在计算机上运行时，使得本申请提供的方法中由接收端设备执行的操作和/或处理被执行。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅是示意性的，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。另外，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，也可以是电的，机械的或其它的形式连接。

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

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以是两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

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

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

权 利 要 求 书

1.一种信号处理方法，其特征在于，所述方法包括：

生成物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 包括第一字段，所述第一字段用于承载 M 个序列，所述 M 个序列对应 M 个空时流，一个所述序列对应一个所述空时流，所述 M 为正整数，所述 M 个序列中包括第一序列，所述 M 大于 2 时，所述第一序列至少与所述 M 个序列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零，所述第一序列根据信道估计 CE 序列得到，所述格雷互补序列用于构造所述 CE 序列；

发送所述 PPDU。

2.一种信号处理方法，其特征在于，所述方法包括：

接收物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 包括第一字段，所述第一字段用于承载 M 个序列，所述 M 个序列对应 M 个空时流，一个所述序列对应一个所述空时流，所述 M 为正整数，所述 M 个序列中包括第一序列，所述 M 大于 2 时，所述第一序列至少与所述 M 个序列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零，所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零，所述第一序列根据信道估计 CE 序列得到，所述格雷互补序列用于构造所述 CE 序列；

根据所述 M 个序列进行信号处理。

3.根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述 M 个序列用于信道估计，或者，所述 M 个序列用于目标感知。

4.根据权利要求 1-3 任一项所述的方法，其特征在于，所述 M 大于 4 时，所述第一序列至少与所述 M 个序列中的三个序列在所述格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。

5.根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述第一序列根据 P 矩阵以及所述 CE 序列得到，所述 P 矩阵为：

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix}。$$

6.根据权利要求 1-5 任一项所述的方法，其特征在于，所述格雷互补序列包括第一格雷互补序列 Ga 和 Gb，所述第一序列根据所述 Ga、所述 Gb 以及第一符号序列得到，所述第一符号序列用于表示所述 Ga 和所述 Gb 的正负符号。

7.根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述第一符号序列

$a(n) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}\}$, 所述 a_1 等于所述 a_9 , 所述 a_2 等于所述 a_{10} , 所述 $a(n)$ 中各元素的取值为 1 或-1。

8.根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述 $a(n)$ 满足如下至少一项:

$$a_1 \cdot a_2 + a_3 \cdot a_4 + a_5 \cdot a_6 + a_7 \cdot a_8 = 0$$

$$a_2 \cdot a_3 + a_4 \cdot a_5 + a_6 \cdot a_7 + a_8 \cdot a_9 = 0。$$

$$a_3 \cdot a_4 + a_5 \cdot a_6 + a_7 \cdot a_8 + a_9 \cdot a_{10} = 0$$

9.根据权利要求 7 或 8 所述的方法, 其特征在于, 所述 a_1 至所述 a_{10} 的取值为以下任一项, 且横向顺序依次对应所述 a_1 至所述 a_{10} :

1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1;
1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1;
1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1;
1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1;
1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1;
1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1;
1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1;
1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1;
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1;
-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1;
-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1;
-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1;
-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1;
-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1;
-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1;

$$\begin{array}{cccccccccc} -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1; \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1。 \end{array}$$

10.根据权利要求 1-7 任一项所述的方法,其特征在于,M 大于 2 时,所述 M 个序列还包括第二序列,所述第二序列与所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零,所述格雷互补序列还包括第二格雷互补序列 Ga'和 Gb';

其中,所述第二序列根据所述 Ga'、所述 Gb'以及第二符号序列 $b(n) = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}\}$ 得到,所述第二符号序列用于表示所述 Ga'和所述 Gb'的正负符号,所述 b_1 等于所述 b_9 ,所述 b_2 等于所述 b_{10} ,所述 $b(n)$ 中各元素的取值为 1 或 -1,所述 $b(n)$ 不等于所述 $a(n)$ 。

11.根据权利要求 10 所述的方法,其特征在于,所述 $a(n)$ 与所述 $b(n)$ 满足如下至少一项:

$$\begin{aligned} a_4 \cdot b_3 + a_6 \cdot b_5 + a_8 \cdot b_7 + a_{10} \cdot b_9 &= 0 \\ a_2 \cdot b_2 + a_4 \cdot b_4 + a_6 \cdot b_6 + a_8 \cdot b_8 &= 0 \\ a_3 \cdot b_3 + a_5 \cdot b_5 + a_7 \cdot b_7 + a_9 \cdot b_9 &= 0 \\ a_3 \cdot b_2 + a_5 \cdot b_4 + a_7 \cdot b_6 + a_9 \cdot b_8 &= 0 \\ a_2 \cdot b_3 + a_4 \cdot b_5 + a_6 \cdot b_7 + a_8 \cdot b_9 &= 0 \\ a_1 \cdot b_2 + a_3 \cdot b_4 + a_5 \cdot b_6 + a_7 \cdot b_8 &= 0 \end{aligned}$$

12.根据权利要求 10 或 11 所述的方法,其特征在于,

所述 $a(n) = \{1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1\}$,或者,所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1\}$,或者,所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1\}$,或者,所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1\}$,或者,所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{-1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{-1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{-1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, 1\}$;或者,

所述 $a(n) = \{-1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, 1\}$ 时,所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1\}$ 。

13.根据权利要求 1-12 任一项所述的方法,其特征在于,所述第一字段为所述 PPDU 中的训练字段单元;或者,

所述第一字段为所述 PPDU 中的增强定向多千兆信道估计字段;或者,

所述第一字段为所述 PPDU 中的长训练字段。

14.一种通信装置,其特征在于,所述通信装置包括:

处理单元,用于生成物理层协议数据单元 PPDU,所述 PPDU 包括第一字段,所述第一字段用于承载 M 个序列,所述 M 个序列对应 M 个空时流,一个所述序列对应一个所述空时流,所述 M 为正整数,所述 M 个序列中包括第一序列,所述 M 大于 2 时,所述第一序列至少与所述 M 个序列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零,所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零,所述第一序列根据信道估计 CE 序列得到,所述格雷互补序列用于构造所述 CE 序列;

收发单元,用于发送所述 PPDU。

15.一种通信装置,其特征在于,所述通信装置包括:

收发单元,用于接收物理层协议数据单元 PPDU,所述 PPDU 包括第一字段,所述第一字段用于承载 M 个序列,所述 M 个序列对应 M 个空时流,一个所述序列对应一个所述空时流,所述 M 为正整数,所述 M 个序列中包括第一序列,所述 M 大于 2 时,所述第一序列至少与所述 M 个序列中的两个序列在格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零,所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内自相关旁瓣能量为零,所述第一序列根据信道估计 CE 序列得到,所述格雷互补序列用于构造所述 CE 序列;

处理单元,用于根据所述 M 个序列进行信号处理。

16.根据权利要求 14 或 15 所述的通信装置,其特征在于,所述 M 个序列用于信道估计,或者,所述 M 个序列用于目标感知。

17.根据权利要求 14-16 任一项所述的通信装置,其特征在于,所述 M 大于 4 时,所述第一序列至少与所述 M 个序列中的三个序列在所述格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零。

18.根据权利要求 17 所述的通信装置,其特征在于,所述第一序列根据 P 矩阵以及所述 CE 序列得到,所述 P 矩阵为:

$$P = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix}。$$

19.根据权利要求 14-18 任一项所述的通信装置,其特征在于,所述格雷互补序列包括第一格雷互补序列 Ga 和 Gb,所述第一序列根据所述 Ga、所述 Gb 以及第一符号序列得到,所述第一符号序列用于表示所述 Ga 和所述 Gb 的正负符号。

20.根据权利要求 19 所述的通信装置,其特征在于,所述第一符号序列 $a(n) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}\}$, 所述 a_1 等于所述 a_9 , 所述 a_2 等于所述 a_{10} , 所述 $a(n)$ 中各元素的取值为 1 或 -1。

21.根据权利要求 20 所述的通信装置,其特征在于,所述 $a(n)$ 满足如下至少一项:

$$a_1 \cdot a_2 + a_3 \cdot a_4 + a_5 \cdot a_6 + a_7 \cdot a_8 = 0$$

$$a_2 \cdot a_3 + a_4 \cdot a_5 + a_6 \cdot a_7 + a_8 \cdot a_9 = 0。$$

$$a_3 \cdot a_4 + a_5 \cdot a_6 + a_7 \cdot a_8 + a_9 \cdot a_{10} = 0$$

22.根据权利要求 20 或 21 所述的通信装置,其特征在于,所述 a_1 至所述 a_{10} 的取值为以下任一项,且横向顺序依次对应所述 a_1 至所述 a_{10} :

1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1;
1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1;
1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1;
1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1;
1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1;
1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1;
1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1;
1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1;
1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1;
1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1;
1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1;
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1;
-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1;
-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1;
-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1;

-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1;
-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1;
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1。

23.根据权利要求 14-20 任一项所述的通信装置,其特征在於,M 大于 2 时,所述 M 个序列还包括第二序列,所述第二序列与所述第一序列在所述格雷互补序列的长度范围内互相关能量为零,所述格雷互补序列还包括第二格雷互补序列 Ga'和 Gb';

其中,所述第二序列根据所述 Ga'、所述 Gb'以及第二符号序列 $b(n) = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}\}$ 得到,所述第二符号序列用于表示所述 Ga'和所述 Gb'的正负符号,所述 b_1 等于所述 b_9 , 所述 b_2 等于所述 b_{10} , 所述 $b(n)$ 中各元素的取值为 1 或 -1, 所述 $b(n)$ 不等于所述 $a(n)$ 。

24.根据权利要求 23 所述的通信装置,其特征在於,所述 $a(n)$ 与所述 $b(n)$ 满足如下至少一项:

$$\begin{aligned} a_4 \cdot b_3 + a_6 \cdot b_5 + a_8 \cdot b_7 + a_{10} \cdot b_9 &= 0 \\ a_2 \cdot b_2 + a_4 \cdot b_4 + a_6 \cdot b_6 + a_8 \cdot b_8 &= 0 \\ a_3 \cdot b_3 + a_5 \cdot b_5 + a_7 \cdot b_7 + a_9 \cdot b_9 &= 0 \\ a_3 \cdot b_2 + a_5 \cdot b_4 + a_7 \cdot b_6 + a_9 \cdot b_8 &= 0 \\ a_2 \cdot b_3 + a_4 \cdot b_5 + a_6 \cdot b_7 + a_8 \cdot b_9 &= 0 \\ a_1 \cdot b_2 + a_3 \cdot b_4 + a_5 \cdot b_6 + a_7 \cdot b_8 &= 0 \end{aligned}$$

25.根据权利要求 23 或 24 所述的通信装置,其特征在於,

所述 $a(n) = \{1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1\}$, 或者, 所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1\}$, 或者, 所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1\}$, 或者, 所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1\}$, 或者, 所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{-1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{-1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{-1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1\}$; 或者,

所述 $a(n) = \{-1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, 1\}$ 时, 所述 $b(n) = \{-1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1\}$ 。

26. 根据权利要求 14-25 任一项所述的通信装置, 其特征在于, 所述第一字段为所述 PPDU 中的训练字段单元; 或者,

所述第一字段为所述 PPDU 中的增强定向多千兆信道估计字段; 或者,

所述第一字段为所述 PPDU 中的长训练字段。

27. 一种通信装置, 其特征在于, 包括处理器和存储器;

所述处理器用于存储计算机执行指令;

所述处理器用于执行所述计算机执行指令, 以使权利要求 1-13 任一项所述的方法被执行。

28. 一种通信装置, 其特征在于, 包括逻辑电路和接口, 所述逻辑电路和接口耦合;

所述接口用于输入和/或输出代码指令, 所述逻辑电路用于执行所述代码指令, 以使权利要求 1-13 任一项所述的方法被执行。

29. 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用于存储计算机程序, 当所述计算机程序被执行时, 权利要求 1-13 任一项所述的方法被执行。

30. 一种计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被执行时, 权利要求 1-13 任一项所述的方法被执行。