

基于 UWB 的 PPDU 传输方法及装置

本申请要求在 2023 年 03 月 10 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202310260811.4 的中国专利申请优先权，发明名称为“基于 UWB 的 PPDU 传输方法及装置”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，尤其涉及一种基于超宽带（ultra-wide band, UWB）的物理层协议数据单元（physical layer protocol data unit, PPDU）传输方法及装置。

背景技术

随着超宽带（ultra-wide band, UWB）进入民用领域，超宽带（UWB）无线通信成为短距离、高速无线网络的物理层技术之一。超宽带（UWB）技术是一种无线载波通信技术，如可以利用纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据，因此其所占的频谱范围很宽。由于其脉冲比较窄，且辐射谱密度低，因此 UWB 具有多径分辨能力强，功耗低，保密性强等优点。

电气及电子工程师学会（institute of electrical and electronics engineers, IEEE）将 UWB 技术纳入其 IEEE 802 系列无线标准，已经发布了基于 UWB 技术的高速无线个域网（wireless personal area network, WPAN）标准 IEEE 802.15.4a，以及其演进版本 IEEE 802.15.4z，而下一代 UWB 无线个域网（WPAN）标准 802.15.4ab 正在讨论中。由于超宽带技术不需要使用传统通信体制中的载波，而是通过收发纳秒级的极窄脉冲来传输数据，其对收发设备的时间同步具有很高的要求，故超宽带技术中同步序列的设计至关重要。

目前，802.15.4a 和 802.15.4z 标准中定义了一些同步序列（即前导码序列）。然而当多个设备采用现有的同步序列同时进行通信传输时，可能会产生较大干扰，导致传输失败。

发明内容

本申请实施例提供一种基于 UWB 的 PPDU 传输方法及装置，可以在保证完备序列（perfect sequence）的周期自相关特性的同时减少完备序列间的干扰，从而减少设备间的干扰，支持多设备并发传输。

下面从不同的方面介绍本申请，应理解的是，下面的不同方面的实施方式和有益效果可以互相参考。

第一方面，本申请提供一种基于 UWB 的 PPDU 传输方法，该方法包括：通信装置生成并发送 PPDU，该 PPDU 包含第一序列，该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，并且第一序列和第二序列属于同一序列对。其中，该第一序列可以用于实现以下一项或多项功能：时间同步、感知测量、测距、或唤醒设备。本申请不限制第一序列的具体功能。示例性的，该第一序列可以携带于该 PPDU 的以下一个或多个字段中：同步字段、唤醒字段、感知字段、或测距字段。

本申请将周期自相关的主瓣幅度不为 0，且周期自相关的旁瓣幅度为 0 的序列称为完备序列（Perfect Sequence）。相应的，本申请中“完美的周期自相关特性”可以指：周期自相关的主瓣幅度不为 0，且周期自相关的旁瓣幅度为 0。

由于两个序列的周期互相关函数幅度的总和是固定值，当周期互相关函数的不同值越少时，其周期互相关函数幅度的最大值越小；而两个序列之间的干扰强度主要取决于两个序列的周期互相关函数幅度的最大值（即互相关旁瓣幅度的最大值）。所以本申请实施例通过约束序列对中两个序列（如第一序列和第二序列）之间的周期互相关函数最多存在三种不同的值，那么它们的互相关旁瓣幅度的最大值较小，可以在保证完备序列的周期自相关特性的同时减少序列间的干扰，使得采用这两个序列（即第一序列和第二序列）同时进行通信传输的两个设备间的干扰较小，从而支持多设备并发传输，提高系统整体的吞吐率。

结合第一方面，在一种可能的实现方式中，通信装置发送 PPDU 之前，上述方法还可以包括：通信装置接收序列配置信息，该序列配置信息中包括该通信装置的序列索引信息，该序列索引信息对应第一序列，或者说用于确定第一序列。示例性的，该序列索引信息可以包括序列索引，或者该序列索引信息包括序列索引和序列对的索引。在一些场景中，该序列配置信息还可以包括另一通信装置的序列索引信息，用

于确定第二序列。该通信装置与该另一通信装置可以在地理位置上临近。本申请可以通过序列配置信息调度在地理位置上临近的两个通信装置同时使用序列对中的不同序列进行通信传输，从而减少干扰、支持多设备并发传输，提高系统整体的吞吐率。

第二方面，本申请提供一种基于 UWB 的 PPDU 传输方法，该方法包括：通信装置接收 PPDU 并对该 PPDU 进行处理，该 PPDU 包含第一序列，该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，并且第一序列和第二序列属于同一序列对。其中，该第一序列可以用于实现以下一项或多项功能：时间同步、感知测量、测距、或唤醒设备。示例性的，该第一序列可以携带于该 PPDU 的以下一个或多个字段中：同步字段、唤醒字段、感知字段、或测距字段。

结合第二方面，在一种可能的实现方式中，通信装置对该 PPDU 进行处理之前，上述方法还可以包括：发送或接收序列配置信息，该序列配置信息中包括序列索引信息，该序列索引信息对应前述第一序列，或者说用于确定第一序列。示例性的，当该通信装置作为调度方时，该通信装置发送序列配置信息；当该通信装置不是调度方时，该通信装置接收调度方发送的序列配置信息，用于确定第一序列；然后该通信装置还可以用确定出的第一序列对接收到的 PPDU 进行处理，比如相关运算，然后可以根据相关运算的结果进行时间同步、测距、感知测量或者唤醒设备等操作。示例性的，该序列索引信息可以包括序列索引，或者该序列索引信息包括序列索引和序列对的索引。

上述任一方面的一种可能实现方式中，上述第一序列和上述第二序列的长度相同，用 N 表示。上述第一序列和上述第二序列的周期互相关函数 $R_{\bar{u}_{d_1}, \bar{u}_{d_2}}(t)$ 包括以下一种或多种值：

$$R_{\bar{u}_{d_1}, \bar{u}_{d_2}}(t) = \begin{cases} 0, & \text{出现 } 2^n - 2^{(n-f)} - 1 \text{ 次} \\ 2^{(n-f)/2}, & \text{出现 } 2^{(n-f-1)} + 2^{(n-f-2)/2} \text{ 次} \\ -2^{(n-f)/2}, & \text{出现 } 2^{(n-f-1)} - 2^{(n-f-2)/2} \text{ 次} \end{cases}.$$

其中， $f=2 \times e - \gcd(n, 3k)$ ， $e=\gcd(n, k)$ 且 n 除以 e 的商（即 n/e ）是奇数， $\gcd(n, k)$ 表示 n 和 k 的最大公约数， $\gcd(n, 3k)$ 表示 n 和 $3k$ 的最大公约数。 k 是正整数。 n 满足 $2^n = N+1$ 。 $\bar{u}_{d_1}$ 和 $\bar{u}_{d_2}$ 分别表示第一序列和第二序列。

示例性的，第一序列和第二序列的长度都是 511 位，该第一序列可以是下文实施例的表 1 中的任一序列，而第二序列可以是表 1 中与第一序列属于同一序列对中的另一序列。或者，第一序列和第二序列的长度都是 127 位，该第一序列可以是下文实施例的表 2 中的任一序列，而第二序列可以是表 2 中与第一序列属于同一序列对中的另一序列。

上述任一方面的一种可能实现方式中，上述第一序列可以基于 m 序列的 d_1 倍采样序列生成，第二序列可以基于 m 序列的 d_2 倍采样序列生成。 d_1 和 d_2 不相同，且 d_1 和 d_2 满足： $d_1=(2^k+1)^{-1}$ 且 $d_2=2^{2k}-2^k+1$ ，或者 $d_1=(2^k+1)$ 且 $d_2=(2^{2k}-2^k+1)^{-1}$ 。其中， $(2^k+1)^{-1}$ 的值可以通过 $d_1 \times d_1^{-1} = 1 \pmod{N}$ ，即 $((2^k+1)^{-1} \times (2^k+1)) \pmod{N} = 1$ 来求解。同理， $(2^{2k}-2^k+1)^{-1}$ 的值可以通过 $d_2 \times d_2^{-1} = 1 \pmod{N}$ ，即 $((2^{2k}-2^k+1)^{-1} \times (2^{2k}-2^k+1)) \pmod{N} = 1$ 来求解。 k 是正整数。 N 可以表示 m 序列的长度，示例性的，第一序列、第二序列、以及 m 序列的长度均相同。具体的，第一序列和第二序列（即序列对）的生成方式以及具体值参见下文实施例的描述。

上述任一方面的一种可能实现方式中，上述第二序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零。也就是说，第二序列也是完备序列。

第三方面，本申请实施例提供一种通信装置，该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单元。

第四方面，本申请实施例提供一种通信装置，该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单元。

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。上述第三方面到第四方面的有益效果可以参考前述第一方面和第二方面的相关描述，这里不赘述。

第五方面，本申请提供一种通信装置，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。

结合第五方面，在一种可能的实现方式中，存储器位于上述通信装置之外。

结合第五方面，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。

结合第五方面，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，用于发送 PPDU。

第六方面，本申请提供一种通信装置，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，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。

结合第六方面，在一种可能的实现方式中，存储器位于上述通信装置之外。

结合第六方面，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。

结合第六方面，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 PPDU。

第七方面，本申请提供一种通信装置，该通信装置包括逻辑电路和接口，该逻辑电路和该接口耦合。该逻辑电路，用于生成 PPDU，该 PPDU 包含第一序列，该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，该第一序列和该第二序列属于同一序列对；该接口，用于输出该 PPDU。

第八方面，本申请提供一种通信装置，该通信装置包括逻辑电路和接口，该逻辑电路和该接口耦合。该接口，用于输入 PPDU，该 PPDU 包含第一序列，该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，该第一序列和该第二序列属于同一序列对；逻辑电路，用于对该 PPDU 进行处理。

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：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方法的通信装置，和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方法的通信装置。

上述各个方面达到的技术效果可以相互参考或参考下文所示的方法实施例中的有益效果，此处不再重复赘述。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的无线通信系统的一结构示意图；

图 2 是本申请实施例提供的无线通信系统的另一结构示意图；

图 3 是本申请实施例提供的 PPDU 的帧结构示意图；

图 4 是本申请实施例提供的 SHR 的结构示意图；

图 5 是本申请实施例提供的一种 Ipatov 序列的自相关仿真结果示意图；

图 6 是本申请实施例提供的基于 UWB 的 PPDU 传输方法的流程示意图；

图 7 是本申请实施例提供的通信装置的一结构示意图；

图 8 是本申请实施例提供的通信装置的另一结构示意图；

图 9 是本申请实施例提供的通信装置的又一结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

在本申请的描述中，“第一”、“第二”等字样仅用于区别不同对象，并不对数量和执行次序进行限定，并且“第一”、“第二”等字样也并不限定一定不同。此外，术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。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。

在本申请的描述中，“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。另外，“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。“以下一项（个）或多项（个）”或其类似表达，是指这些项中的任意组合。例如，以下一项（个）或多项（个）：a、b或c，可以表示：a，b，c，“a和b”，“a和c”，“b和c”，或“a和b和c”。

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

本申请中对于使用单数表示的元素旨在用于表示“一个或多个”，而并非表示“一个且仅一个”，除非有特别说明。

本申请提供的技术方案可以适用于基于 UWB 技术的无线个人局域网（wireless personal area network, WPAN）。如本申请提供的方法可以适用于 IEEE802.15 系列协议，例如 802.15.4a 协议、802.15.4z 协议或 802.15.4ab 协议，或者未来某代 UWB WPAN 标准等，这里不再一一列举。本申请提供的方法还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、车联网（vehicle to X, V2X）、窄带物联网（narrow band internet of things, NB-IoT）系统，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。本申请提供的方法还可以适用于长期演进（long term evolution, LTE）频分双工（frequency division duplex, FDD）系统、LTE 时分双工（time division duplex, TDD）、通用移动通信系统（universal mobile telecommunication system, UMTS）、全球互联微波接入（worldwide interoperability for microwave access, WiMAX）通信系统、LTE 系统，也可以是第五代（5th-generation, 5G）通信系统、第六代（6th-generation, 6G）通信系统等。

UWB 技术是一种新型的无线通信技术。它利用纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据，通过对具有很陡上升和下降时间的冲激脉冲进行调制，因此其所传输的频谱范围很宽，使信号具有吉赫（GHz）量级的带宽。UWB 使用的带宽通常在 1GHz 以上。因为 UWB 系统不需要产生正弦载波信号，可以直接发射冲激序列，所以 UWB 系统具有很宽的频谱和很低的平均功率，UWB 无线通信系统具有多径分辨能力强、功耗低、保密性强等优点，有利于与其他系统共存，从而提高频谱利用率和系统容量。另外，在短距离的通信应用中，UWB 发射机的发射功率通常可做到低于 1mW（毫瓦），从理论上来说，UWB 信号所产生的干扰仅相当于白噪声。这样有助于超宽带与现有窄带通信之间的良好共存。因此，UWB 系统可以实现与窄带（narrowband, NB）通信系统同时工作而互不干扰。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。一个通信装置中，实现 UWB 系统功能的装置或芯片可以被称为 UWB 模块，实现窄带通信系统功能的装置或芯片可以被称为窄带通信模块。UWB 模块和窄带通信模块可以为不同的装置或芯片，当然 UWB 模块和窄带通信模块也可以集成在一个装置或芯片上，本申请实施例不限制 UWB 模块和窄带通信模块在通信装置中的实现方式。本申请中的通信装置包括 UWB 模块，可选的还包括窄带通信模块。

虽然本申请实施例主要以 WPAN 为例，比如以应用于 IEEE 802.15 系列标准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，无线局域网（wireless local area networks, WLAN）、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）或其它现在已知或以后发展起来的网络。因此，无论使用的覆盖范围和无线接入协议如何，本申请提供的各种方面可以适用于任何合适的无线网络。

可选地，本申请实施例中的通信装置可以为支持 802.15.4a 和 802.15.4z、以及现在正在讨论中的 IEEE

802.15.4ab 或后续版本等多种 WPAN 制式的设备。

示例性的，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，该通信装置可以是 UWB 系统中涉及的装置。例如，该通信装置可以包括但不限于支持 UWB 技术的通信服务器、路由器、交换机、网桥、计算机、手机等。又例如，该通信装置可以包括用户设备（user equipment, UE），该用户设备可以包括支持 UWB 技术的各种手持设备、车载设备（如汽车或安装于汽车上的部件等）、可穿戴设备、物联网（internet of things, IoT）设备、计算设备或连接到无线调制解调器的其它处理设备，这里不再一一列举。又例如，该通信装置可以包括中心控制点，如个人局域网（personal area network, PAN）或 PAN 协调者等。该 PAN 协调者或 PAN 可以是手机、车载设备、锚点（Anchor）、标签（tag）或智能家居等。又例如，该通信装置可以包括芯片，该芯片可以设置于通信服务器、路由器、交换机或终端设备中等，这里不再一一列举。

在本申请实施例中，上述通信装置可以包括硬件层、运行在硬件层之上的操作系统层，以及运行在操作系统层上的应用层。该硬件层包括中央处理器（central processing unit, CPU）、内存管理单元（memory management unit, MMU）和内存（也称为主存）等硬件。该操作系统可以是任意一种或多种通过进程（process）实现业务处理的计算机操作系统，例如，Linux 操作系统、Unix 操作系统、Android 操作系统、iOS 操作系统或 windows 操作系统等。该应用层包含浏览器、通讯录、文字处理软件、即时通信软件等应用。并且，本申请实施例并未对本申请实施例提供的方法的执行主体的具体结构特别限定，只要能够通过运行记录有本申请实施例的提供的方法的代码的程序，以根据本申请实施例提供的方法进行通信即可。

可理解，以上关于通信装置的说明适用于本申请实施例中的第一通信装置和第二通信装置。

示例性的，参见图 1，图 1 是本申请实施例提供的无线通信系统的一结构示意图。如图 1 所示，该无线通信系统是一种星型拓扑结构，该种结构中一个中心控制节点（如图 1 中的 PAN 协调者）可以与一个或多个其他设备进行数据通信。参见图 2，图 2 是本申请实施例提供的无线通信系统的另一结构示意图。如图 2 所示，该无线通信系统是一种点对点拓扑结构，该种结构中，中心控制节点（如图 2 中的 PAN 协调者）可以与一个或多个其他设备进行数据通信，其他不同设备之间也可以互相进行数据通信。在图 1 和图 2 中，全功能设备（full function device）和低功能设备（reduced function device）都可以理解为本申请所示的通信装置。其中，全功能设备和低功能设备是相对而言的，如低功能设备不能是 PAN 协调者（coordinator）。又如低功能设备与全功能设备相比，该低功能设备可以没有协调能力或通信速率相对全功能设备较低等。可理解，图 2 所示的 PAN 协调者仅为示例，图 2 所示的其他三个全功能设备也可以作为 PAN 协调者，这里不再一一示出。还可理解，本申请所示的全功能设备和低功能设备仅为通信装置的一种示例，但凡能够实现本申请所提供的基于 UWB 的 PPDU 传输方法的装置，均属于本申请的保护范围。

下面对本申请涉及的一些术语或名词进行简要介绍。

一、周期自相关函数和周期互相关函数

对于长度为 N 的序列 $\mathbf{a} = [a_0, a_1, a_2, \dots, a_{N-1}]$ ，其周期自相关函数 $R_a(\tau)$ 定义如下：

$$R_a(\tau) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n \times a_{n+\tau}^* \dots\dots\dots (1-1)$$

其中， $\tau \in [0, N-1]$ ，且当 $n+\tau \geq N$ 时 $a_{n+\tau} = a_{n+\tau-N}$ 。 $a_{n+\tau}^*$ 是 $a_{n+\tau}$ 的共轭，下文类似表达表示相同含义，不再赘述。

序列 $\mathbf{a}$ 的周期自相关函数的旁瓣幅度为 $|R_a(\tau)|$ ， $\tau \neq 0$ 。可以理解， $|R_a(\tau)|$ 表示周期自相关函数 $R_a(\tau)$ 的绝对值，下文不再赘述。通常，在序列设计中周期自相关函数的旁瓣幅度在一定范围内越小越好，即： $|R_a(\tau)| \leq \varepsilon$ ，当 $|\tau| \leq Z$ 且 $\tau \neq 0$ 时。其中， Z 表示预设的一定范围。 $|\tau|$ 表示 τ 的绝对值。

举例来说，当 $\varepsilon=0$ 时，序列 $\mathbf{a}$ 被称为具有零相关区的序列；当 ε 远远小于 N 时，序列 $\mathbf{a}$ 被称为具有低相关区的序列。

$\mathbf{b} = [b_0, b_1, b_2, \dots, b_{N-1}]$ 是长度为 N 的另一序列，序列 $\mathbf{a}$ 和序列 $\mathbf{b}$ 的周期互相关函数 $R_{a,b}(\tau)$ 定义如下：

$$R_{a,b}(\tau) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n \times b_{n+\tau}^* \dots\dots\dots (1-2)$$

其中， $\tau \in [0, N-1]$ ，且当 $n+\tau \geq N$ 时 $b_{n+\tau} = b_{n+\tau-N}$ ； $b_{n+\tau}^*$ 是 $b_{n+\tau}$ 的共轭。

用 $R_{C\max}$ 表示周期互相关函数幅度 $|R_{a,b}(\tau)|$ 的最大值。可以理解, $|R_{a,b}(\tau)|$ 表示周期互相关函数 $R_{a,b}(\tau)$ 的绝对值, 下文不再赘述。通常在序列设计中序列集合包含的序列间 $R_{C\max}$ 越小越好, 或者说序列集合中任意两个序列间的互相关值越小越好。

二、UWB 系统中 PPDU 的结构

IEEE 802.15.4a 和 IEEE 802.15.4z 标准定义的 PPDU 的基本结构如图 3 所示, 图 3 是本申请实施例提供的 PPDU 的帧结构示意图。如图 3 所示, PPDU 可以包括但不限于: 同步头(synchronization header, SHR)、物理层头 (physical layer header, PHR) 以及物理承载字段 (PHY payload field)。其中, 接收端可以根据 SHR 进行 PPDU 检测和同步, PHR 中携带一些物理层的指示信息, 如调制编码信息、PPDU 长度等, 可以用来协助接收端正确解调数据。物理承载字段用于携带数据。

示例性的, 如图 4 所示, 同步头 (SHR) 可以包括同步 (synchronization, SYNC) 字段和帧开始分隔符 (start-of-frame delimiter, SFD) 字段。图 4 中 T_{pre} 表示每个 SHR 的时间长度, T_{SYNC} 表示 SYNC 字段的时间长度, T_{SFD} 表示 SFD 字段的时间长度。同步 (SYNC) 字段可以包含多个符号, 该符号可以由前导码序列生成, 具体生成方式参见现有标准, 比如 802.15.4a 或 802.15.4z 标准。其中, 前导码序列可以是长度为 31 或 127 或 91 的 Ipatov 序列, 该 Ipatov 序列是由 $\{-1, 0, 1\}$ 三种元素构成的三元序列, 且具有完备序列的周期自相关特性; 不同长度的 Ipatov 序列的具体内容参见 802.15.4a 和 802.15.4z 标准, 这里不展开说明。

以 802.15.4a 标准中长度为 31 的 Ipatov 序列为例, 其周期自相关特性的仿真结果如图 5 所示, 图 5 是本申请实施例提供的一种 Ipatov 序列的自相关仿真结果示意图。如图 5 所示, 长度为 31 的 Ipatov 序列的周期自相关函数在原点处有值 (即原点处的纵坐标不为 0), 在横坐标的其他地方都是 0 (即其他非原点处的纵坐标为 0)。图 5 中, 长度为 31 的 Ipatov 序列周期自相关的主瓣幅度为 16 (也可以理解为周期自相关的峰值为 16), 周期自相关的旁瓣幅度为 0。可以理解, 图 5 所示的横坐标表示时间移位 (time shift), 纵坐标表示周期自相关 (periodic autocorrelation) 的幅度。图 5 所示的横坐标还可以理解为是元素或位等, 本申请实施例对于周期自相关函数的仿真中涉及的横坐标的解释不作限定。由于自相关可以理解为一个信号与其自身在不同时间点的互相关, 因此横坐标中的正轴取值 (0 到 15) 和负轴取值 (-15 到 0) 可以由 Ipatov 序列的长度确定, 图 5 仅是示例说明, 不做限制。

本申请将周期自相关的主瓣幅度不为 0, 且周期自相关的旁瓣幅度为 0 的序列称为完备序列 (Perfect Sequence)。可以理解, 本申请中“完美的周期自相关特性”是指: 周期自相关的主瓣幅度不为 0, 且周期自相关的旁瓣幅度为 0。

接收端可以利用 Ipatov 序列的周期自相关特性, 使用相同的序列与接收到的信号做相关处理, 比如相关运算, 利用相关处理的结果 (比如相关峰的位置) 进行同步、测距、或感知等操作。

802.15.4a 和 802.15.4z 标准中定义了多个 Ipatov 序列作为前导码序列, 并利用 Ipatov 序列完美的周期自相关特性 (指周期自相关的主瓣幅度不为 0 且周期自相关的旁瓣幅度为 0) 来生成同步头 (SHR), 可以增强接收端的同步精度。但是现有技术没有考虑 Ipatov 序列之间的互相关特性, 不同 Ipatov 序列之间的周期互相关函数幅度的最大值 ($R_{C\max}$) 较大。那么当地理位置临近的多个设备在同一信道上同时采用不同的 Ipatov 序列进行通信传输时, 可能会产生较大干扰, 从而导致传输失败。

鉴于此, 本申请实施例提供一种基于 UWB 的 PPDU 传输方法及装置, 通过设计一种具有较低互相关特性的完备序列 (perfect sequence) 对, 应用于 PPDU, 可以在保证序列完美的周期自相关特性的同时减少序列间的干扰, 尽可能减小地理位置临近的设备间的干扰; 从而可以支持多设备并发传输, 提高系统整体的吞吐率。

下面将结合更多的附图对本申请提供的技术方案进行详细说明。

本申请中, 除特殊说明外, 各个实施例或实现方式之间相同或相似的部分可以互相参考。在本申请中各个实施例、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法中, 如果没有特殊说明以及逻辑冲突, 不同的实施例之间、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法之间的术语和/或描述具有一致性、且可以相互引用, 不同的实施例、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法中的技术特征根据其内在的逻辑关系可以组合形成新的实施例、实施方式、实施方法、或实现方法。以下所述的本申请实施方式并不构成对本申请保护范围的限定。

本申请中的通信装置不仅可以支持 802.15 系列协议, 如 802.15.4ab 制式或者 802.15.4ab 的下一代制式等; 还可以支持其他标准协议 (比如 802.11 系列协议), 如 802.11be, Wi-Fi7 或 EHT (极高吞吐率, extremely high throughput), 再如 802.11be 下一代, Wi-Fi8, UHR (超高吞吐率, ultra high throughput), Wi-Fi AI (Wi-Fi

人工智能)等 802.11 家族的多种无线局域网 (wireless local area networks, WLAN) 制式。当然, 本申请中的通信装置还可以支持基于 UWB 的感知 sensing 协议中, 如 802.11bf 或 802.11bf 的下一代制式。

参见图 6, 图 6 是本申请实施例提供的基于 UWB 的 PPDU 传输方法的流程示意图。该方法中所涉及的第一通信装置和第二通信装置可以是前述图 1 或图 2 中任两个可以进行数据传输的设备。如图 6 所示, 该基于 UWB 的 PPDU 传输方法包括但不限于以下步骤:

S101, 第一通信装置生成 PPDU, 该 PPDU 包含第一序列, 该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零, 该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值, 该第一序列和该第二序列属于同一序列对。

S102, 第一通信装置发送该 PPDU。

相应的, 第二通信装置接收该 PPDU。

S103, 第二通信装置对该 PPDU 进行处理。

可选的, 上述 PPDU 包含第一序列, 该第一序列可以用于实现以下一项或多项功能: 时间同步、感知测量、测距、或唤醒设备。示例性的, 该第一序列可以携带于该 PPDU 的以下一个或多个字段中: 同步 (SYNC) 字段、唤醒 (wakeup) 字段、感知 (sensing) 字段、或测距 (ranging) 字段。本申请实施例不限制第一序列的具体功能。

可选的, 上述第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零, 也就是说, 该第一序列是完备序列 (perfect sequence)。该第一序列可以是序列集中的任一序列, 该序列集中还存在第二序列, 该第二序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零, 也就是说第二序列也是完备序列; 并且该第二序列与第一序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值。该第一序列和该第二序列可以组成一个序列对, 可以用于地理位置临近的两个设备在同一信道上同时进行通信传输时使用。其中, 第一序列和第二序列可以是包含 $\{-1, 0, 1\}$ 三种元素的三元序列。示例性的, 第一序列和第二序列的长度可以相同, 比如第一序列和第二序列的长度都是 511 位或者 127 位。

由于两个序列的周期互相关函数幅度的总和是固定值, 当周期互相关函数的不同值越少时, 其周期互相关函数幅度的最大值 ($R_{C_{\max}}$) 越小; 而两个序列之间的干扰强度主要取决于两个序列的周期互相关函数幅度的最大值 $R_{C_{\max}}$ (即互相关旁瓣幅度的最大值)。所以本申请实施例约束序列对中两个完备序列 (如第一序列和第二序列) 之间的周期互相关函数最多存在三种不同的值, 那么它们的互相关旁瓣幅度的最大值较小, 可以在保证完备序列的周期自相关特性的同时减少序列间的干扰, 支持多设备并发传输, 提高系统整体的吞吐率。

可选的, 上述第一序列可以基于 m 序列的 d_1 倍采样序列生成, 第二序列可以基于 m 序列的 d_2 倍采样序列生成。 d_1 和 d_2 不相同, 且 d_1 和 d_2 满足: $d_1 = (2^k + 1)^{-1}$ 且 $d_2 = 2^{2k} - 2^k + 1$, 或者 $d_1 = (2^k + 1)$ 且 $d_2 = (2^{2k} - 2^k + 1)^{-1}$ 。其中, $(2^k + 1)^{-1}$ 的值可以通过 $d_1 \times d_1^{-1} = 1 \pmod{N}$, 即 $((2^k + 1)^{-1} \times (2^k + 1)) \pmod{N} = 1$ 来求解。同理, $(2^{2k} - 2^k + 1)^{-1}$ 的值可以通过 $d_2 \times d_2^{-1} = 1 \pmod{N}$, 即 $((2^{2k} - 2^k + 1)^{-1} \times (2^{2k} - 2^k + 1)) \pmod{N} = 1$ 来求解。 k 是正整数。 N 可以表示 m 序列的长度, 示例性的, 第一序列、第二序列、以及 m 序列的长度均相同。具体的, 第一序列和第二序列 (即序列对) 的生成方式以及具体值参见下文的描述。

可以理解, m 序列是最长线性反馈移位寄存器序列的简称, 它是由带线性反馈的移位寄存器产生的周期最长的序列。一般来说, 一个 n 级线性反馈移位寄存器可能产生的最长周期等于 $(2^n - 1)$ 。 m 序列是一种典型的伪随机序列, 在通信领域有着广泛的应用。在所有的伪随机序列中, m 序列是最重要、最基本的一种伪随机序列。它容易产生, 规律性强, 有很好的自相关性和较好的互相关特性。

可选的, 上述第一序列可以是预先配置的。示例性的, 第三通信装置可以发送序列配置信息, 该序列配置信息中包括第一通信装置的序列索引信息 A, 该序列索引信息 A 可以对应第一序列, 也可以说, 用于确定第一序列。第一通信装置接收到该序列配置信息后, 根据其中的序列索引信息 A 确定第一序列。在一些场景中, 比如第三通信装置想要调度在地理位置上临近的第一通信装置和第四通信装置在同一信道上同时进行通信传输, 那么该序列配置信息还可以包括第四通信装置的序列索引信息 B, 该序列索引信息 B 可以对应第二序列, 或者说用于确定第二序列, 第二序列与第一序列属于同一序列对。当然, 第三通信装置也可以单独向第四通信装置发送该序列索引信息 B, 无需与序列索引信息 A 一起发送。其中, 该序列索引信息 A 可以包括序列索引, 或者该序列索引信息 A 包括序列索引和序列对的索引。同理, 该序列索引信息 B 可以包括序列索引, 或者该序列索引信息 B 包括序列索引和序列对的索引。第三通信装置可以与第二通信装置是同一个通信装置, 也可以是不同的通信装置。当第三通信装置与第二通信装置不同时, 第二通信装置也需要获知第一通信装置的序列索引信息 A, 以便于确定第一序列, 用于对接收到的 PPDU 进行

处理（比如相关运算）。例如，第二通信装置也可以接收该序列配置信息，根据其中的序列索引信息 A 确定第一序列，并可以用确定出的第一序列对接收到的 PPDU 进行处理，比如相关运算，然后可以根据相关运算的结果进行时间同步、测距、感知测量或者唤醒设备等操作。

本申请实施例通过设计一种具有较低互相关特性的三元完备序列对，应用于 PPDU，由于该三元完备序列对的周期互相关函数最多存在三种不同的值，所以它们的互相关旁瓣幅度的最大值 $R_{C \max}$ 较小，可以在保证完备序列的周期自相关特性（即周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零）的同时减少完备序列间的干扰，尽可能减小设备间的干扰；从而可以支持多设备并发传输，提高系统整体的吞吐率。

下面举例说明本申请实施例提供的第一序列和第二序列（即序列对）及其生成方法。

举例来说，一种可能的序列对生成方式如下：

用 $\bar{s}$ 来表示一个长度为 N 的 m 序列， $N=2^n-1$ 。设 $s(i)$ 表示序列 $\bar{s}$ 中的第 i 个元素， $i=0,1,2,\dots,(N-1)$ 。序列 $\bar{s}$ 的 d 倍采样序列 $\bar{s}_d$ 根据如下公式 (2-1) 生成：

$$s_d(i) = \begin{cases} s(d*i), & \text{如果 } d*i \leq N-1 \\ s(r), r = \text{mod}(d*i, N), & \text{如果 } d*i \geq N \end{cases} \quad (2-1)$$

其中 $s_d(i)$ 表示序列 $\bar{s}_d$ 中的第 i 个元素。 $\text{mod}(d*i, N)$ 表示 $(d*i)$ 除以 N 的余数，下文不再赘述。d 与 N 的最大公约数是 1，也就是说 d 与 N 互质。本申请中符号 “*” 表示乘或乘以的含义，本文其他地方不再赘述。

当 $d=2^{k+1}$ 或 $d=2^{2k}-2^k+1$ 时，序列 $\bar{s}$ 和序列 $\bar{s}_d$ 的周期互相关函数 $R_{\bar{s}, \bar{s}_d}(t)$ 最多存在三种不同的值。

$$R_{\bar{s}, \bar{s}_d}(t) = \begin{cases} -1 + 2^{\frac{n+e}{2}}, & \text{出现 } 2^{(n-e-2)/2} \text{ 次} \\ -1, & \text{出现 } 2^n - 2^{(n-e)} - 1 \text{ 次} \\ -1 - 2^{\frac{n+e}{2}}, & \text{出现 } 2^{(n-e-1)} - 2^{(n-e-2)/2} \text{ 次} \end{cases} \quad (2-2)$$

这里 $e=\text{gcd}(n, k)$ 且 n/e 是奇数。 $\text{gcd}(n, k)$ 表示 n 和 k 的最大公约数，下文不再赘述。n 可以根据序列 $\bar{s}$ 的长度 N 确定，即 $N=2^n-1$ 。k 是正整数。

再可以按照如下公式 (2-3) 构造三元完备序列 $\bar{u}_d$ ：

$$u_d(t) = (R_{\bar{s}, \bar{s}_d}(t) + 1) \times 2^{-(n+e)/2} \quad (2-3)$$

其中 $u_d(t)$ 表示序列 $\bar{u}_d$ 中的第 t 个元素。

对于整数 d，假设存在另一整数 d^{-1} 满足等式 $d^{-1} \times d = 1 \pmod{N}$ ，也就是说 $(d^{-1} \times d) \pmod{N} = 1$ 。整数 d^{-1} 倍采样序列 $\bar{s}_{d^{-1}}$ 与原序列 $\bar{s}$ 的周期互相关函数 $R_{\bar{s}, \bar{s}_{d^{-1}}}(t)$ ，和 d 倍采样序列 $\bar{s}_d$ 与原序列 $\bar{s}$ 的周期互相关函数 $R_{\bar{s}, \bar{s}_d}(t)$ 满足以下关系：

$$R_{\bar{s}, \bar{s}_d}(t) = R_{\bar{s}, \bar{s}_{d^{-1}}}(-d \times t)_N \quad (2-4)$$

其中 $(-d \times t)_N$ 表示 $(-d \times t) \pmod{N}$ 。可以理解，本申请中的 “mod” 表示求余数运算，本文其他地方不再赘述。

可以理解，当 d 取不同值时，按照上述方式可以生成不同的三元完备序列。示例性的，当 d 为 d_1 时，按照上述方式可以生成三元完备序列 $\bar{u}_{d_1}$ ，当 d 为 d_2 时，按照上述方式可以生成三元完备序列 $\bar{u}_{d_2}$ 。当 $d_1=(2^k+1)^{-1}$ 且 $d_2=2^{2k}-2^k+1$ ，或者 $d_1=2^k+1$ 且 $d_2=(2^{2k}-2^k+1)^{-1}$ 时，序列 $\bar{u}_{d_1}$ 和 $\bar{u}_{d_2}$ （如前述第一序列和第二序列）的周期互相关函数 $R_{\bar{u}_{d_1}, \bar{u}_{d_2}}(t)$ 幅度的最大值较低，且该周期互相关函数最多存在三种不同的值，如下述公式 (2-5) 所示。这里， $d_1 \times d_1^{-1} = 1 \pmod{N}$ ， $d_2 \times d_2^{-1} = 1 \pmod{N}$ 。

$$R_{\bar{u}_{d_1}, \bar{u}_{d_2}}(t) = \begin{cases} 0, & \text{出现 } 2^n - 2^{(n-f)} - 1 \text{ 次} \\ 2^{(n-f)/2}, & \text{出现 } 2^{(n-f-1)} + 2^{(n-f-2)/2} \text{ 次} \\ -2^{(n-f)/2}, & \text{出现 } 2^{(n-f-1)} - 2^{(n-f-2)/2} \text{ 次} \end{cases} \quad (2-5)$$

这里 $f=2 \times e - \text{gcd}(n, 3k)$ 。 $\text{gcd}(n, 3k)$ 表示 n 和 3k 的最大公约数，k 是正整数，n 可以根据序列 $\bar{s}$ 的长度 N 确定。

下面通过理论推导证明当 $d_1=(2^k+1)^{-1}$ 且 $d_2=2^{2k}-2^k+1$ ，或者 $d_1=2^k+1$ 且 $d_2=(2^{2k}-2^k+1)^{-1}$ 时，序列 $\bar{u}_{d_1}$ 和序

对三元完备序列。示例性的,当 k 等于 1 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_3$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{341}$ 。当 k 等于 2 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_5$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{118}$ 。当 k 等于 3 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_9$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{260}$ 。当 k 等于 4 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{17}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{229}$ 。当 k 等于 5 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{33}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{370}$ 。当 k 等于 6 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{65}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{288}$ 。当 k 等于 7 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{129}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{355}$ 。当 k 等于 8 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{257}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{342}$ 。可以理解,当 k 等于 1 时, $d_1=2^1+1=3$, d_2 可以通过 $d_2 \times d_2^{-1} = (2^{2k}-2^k+1)^{-1} \times (2^{2k}-2^k+1) = d_2 \times 3 = 1 \pmod{N}$ 求解, $N=511$, 故 $d_2=341$ 。还可以理解,当 k 等于其他值时 d_1 和 d_2 的计算方式与 k 等于 1 时 d_1 和 d_2 的计算方式相同,这里不一一详述。

在 $d_1=(2^k+1)^{-1}$ 且 $d_2=2^{2k}-2^k+1$ 的情况下,按照上述序列对的生成方式,当 $k=2,3,4,\dots,8$ 时,可以获得 7 对三元完备序列。示例性的,当 k 等于 2 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{409}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{13}$ 。当 k 等于 3 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{284}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{57}$ 。当 k 等于 4 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{481}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{241}$ 。当 k 等于 5 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{31}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{482}$ 。当 k 等于 6 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{228}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{456}$ 。当 k 等于 7 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{103}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{416}$ 。当 k 等于 8 时,可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{171}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{384}$ 。可以理解,当 k 等于 2 时, $d_2=2^4-2^2+1=13$, d_1 可以通过 $d_1 \times d_1^{-1} = (2^{2k+1})^{-1} \times (2^{2k+1}) = d_1 \times 5 = 1 \pmod{N}$ 求解, $N=511$, 故 $d_1=409$ 。还可以理解,当 k 等于其他值时 d_1 和 d_2 的计算方式与 k 等于 2 时 d_1 和 d_2 的计算方式相同,这里不一一详述。

下述表 1 示出了上述 15 对三元完备序列的具体值。示例性的,上述第一序列可以是下述表 1 中的任一序列,而上述第二序列则是与第一序列属于同一序列对中的另一序列。举例来说,如果第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_3$,第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{341}$,当然第一序列也可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{341}$,第二序列是 $\bar{\mathbf{u}}_3$ 。本申请实施例不限制第一序列和第二序列分别是序列对中的哪一条序列,第一序列和第二序列属于同一序列对即可。再举例来说,第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{118}$,第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_5$;或者第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{129}$,第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{355}$;或者第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{260}$,第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_9$;或者第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{284}$,第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{57}$;或者第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{171}$,第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{384}$;等等,这里不一一列举。

可以理解,下述表 1 中每个序列都可以使用其等效变形序列替换,该等效变形序列可以是对表 1 中的任意序列进行循环移位或取反(如元素 1 取反为-1,元素-1 取反为 1,元素 0 取反为本身)操作后得到。还可以理解,表 1 示出的序列对的具体值仅是示例,当 n 取不同值时,生成的序列对可能不相同,任意满足上述公式(2-5)的两个三元完备序列都在本申请实施例的保护范围内。

表 1

序列	序列值
$\bar{\mathbf{u}}_3$	{1 -1 1 0 -1 -1 0 1 0 0 0 -1 -1 -1 -1 0 0 -1 -1 1 -1 -1 0 0 1 1 0 -1 -1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 -1 0 0 0 1 1 -1 0 0 0 -1 -1 0 -1 -1 0 1 0 -1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 -1 -1 0 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 -1 0 0 1 0 -1 0 1 0 -1 1 0 0 0 0 -1 1 0 1 -1 -1 1 0 1 0 0 1 -1 0 -1 -1 -1 0 0 1 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 -1 0 1 0 0 1 1 1 -1 1 -1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 -1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 0 0 1 0 0 1 -1 0 1 0 -1 0 0 -1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 -1 -1 0 0 1 0 -1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 -1 -1 1 1 0 -1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 -1 1 -1 0 1 0 1 1 0 0 -1 0 -1 1 0 0 -1 -1 1 1 0 0 0 1 1 -1 1 -1 0 -1 1 1 0 -1 0 0 0 0 1 -1 0 -1 0 -1 1 0 -1 -1 0 -1 1 -1 0 1 -1 0 0 0 0 -1 0 1 -1 0 -1 0 -1 1 -1 1 1 0 1 0 -1 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 -1 1 -1 0 0 -1 0 -1 1 1 0 -1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 1 -1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 -1 1 0 1 0 -1 1 -1 0 1 0 1 0 0 0 -1 0 0 -1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 -1 1 0 0 0 0 1 0 -1 -1 1 1 0 -1 -1 0 -1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 -1 -1 -1 0 -1 -1 -1 1 0 0 0 0 -1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 -1 -1 1 -1 -1 0 0 0 -1 0 1 1 1 0 0 1 -1 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 -1 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{341}$	{1 0 0 0 1 0 0 1 0 -1 0 -1 0 -1 0 1 1 1 0 -1 0 0 1 -1 -1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 -1 1 -1 1 0 1 -1 0 0 0 -1 -1 -1 1 0 0 0 1 -1 0 0 1 1 0 0 1 0 -1 1 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 -1 -1 0 1 -1 1 0 1 0 -1 -1 0 1 -1 -1 -1 0 -1 0 1 -1 1 0 -1 0 1 1 1 0 0 -1 0 0 0 0 1 -1 0 0 0 0 1 -1 -1 -1 1 1 -1 0 -1 1 0 0 1 1 0 -1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 -1 1 1 0 -1 -1 0 -1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 -1 -1 -1 0 -1 -1 -1 1 0 0 0 0 -1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 -1 -1 1 -1 -1 0 0 0 -1 0 1 1 1 0 0 1 -1 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 -1 0 0}

	-1 0-1 0-1-1 0 0-1 0 1 0 0 1 0 1-1 0-1 0 0 0-1 1 1 1-1 0-1-1-1 1-1 0 1 0 1 0-1 0 0-1 0 0-1-1 1 0 1 1 0 1-1 0 0-1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0-1 1 0 0 0 0-1 0-1 0 1 1 0-1 0 1 0 0 1-1 0 0-1-1 1 0 0 0 1 0-1 1 0 1-1 0-1-1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0-1 0 0 1-1 0 0 0-1 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0-1 0 0-1 0 0 1 0-1 1-1-1 1 0 0 0 0 0 1-1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0-1-1 0 1 0-1-1 1 0 0 0 1 1-1 0 0 -1 0 1 0-1-1-1-1 1-1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1-1-1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1-1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0-1 1 0 1 0 1 0 1-1 0 0 0 0 0 0 0-1 0-1 0 0-1 1-1 0 0-1 1-1-1 1 1 0 0 0 1 0 0 1-1 1-1-1 0 0 1 0-1-1-1 0-1 1 0 0-1-1 0-1 1-1-1-1-1 1 1-1 0 0-1 1 1 0-1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1-1 1 0-1 0-1 0 0 0 1 1 0-1 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_5$	{0 1 0 0 0 0 1 0 0 0-1 1 0 0 0 0-1 0 0-1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0-1-1 0 0 0 0 1-1 0 1-1 1 1 0-1 0 0 1-1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0-1 0-1 0 0 0 0-1 0 1 0 1 1 0-1 0 0-1 1 1-1-1 1 0 1-1 0 0 -1 0 0-1 0 0 1 0-1 1 0 1 1 1 1-1 1 0 0 1 0 0 1 1 0-1 0-1 0 0-1 1 0 0-1-1 0 0 0 0 0 0 0 1-1 0 0 0 1-1 0 0 1 0 1 0 0 0 -1 1 0 1 0 0-1 0 1-1 1 1-1 1-1 0 1 0 0 0 1 0-1 1 0 0 0 1-1 1 0-1 0-1-1 0 0 1 0 1 1 0 0 1-1-1 1 0 0 0 1 1 1-1 1 0 1-1-1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1-1 0 1-1-1 0 1-1 0 0 0 0 0 -1 0 1 1 0 1 0-1-1-1-1-1 0-1 0-1 0 1 0-1 0 0 0 0 0 0 1 0-1 0 0-1 0 1 0 1 1 1-1 0 0 1 0-1 1-1 0-1 1 1 0 0 0 0 0 0-1 1 1 0 0-1 1-1 0-1 0 0-1 0 0 1 1 1-1 0 1 0 1-1-1 0 1 0-1 0 0 0 1 0 0-1 0 0 0 0 1 1 0 0-1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1-1-1 0 1 1 0 1 -1 0 0 1-1 0-1 0 0 0 0 1 1 1 0-1 1-1 1 0 0 0 0 1 1-1-1-1-1-1 1-1 0 0 0 0 0-1 1 1 1 0 1-1-1-1 1 0 0 0 1 0-1-1-1 0 0 1 1 0 0-1 0 0 0 0 0-1 0 0 1 0 1 0 0 1 1-1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1-1 -1 0 0 1-1-1-1-1 0 0-1 1 0-1-1 0 0 0-1 0 1 0-1 0 0-1 0 0 0 1-1 1 0 0 0 1-1 0-1-1 0-1 0-1 0-1 1-1 0 0 0-1 0 0-1-1 0 0 0 1 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{118}$	{0 0-1 0 0 0 1 0-1 0 1 0 1-1 1 0 0 0-1-1 0 0 0 0-1 0-1 1 0 0 0-1 0 0 0 1 1 0 0 1 0-1 0 1 1 0-1 0 0 0 0-1 1-1-1 0 0 0 0 0 1 0 0-1-1 0 0-1 0 1 0 0 0 0 1 0 1-1 0 0-1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 1-1-1 0 1 1-1 1-1 0-1-1 1 0 1 0-1 0 0 0 0 -1 1 1 1-1 0-1 0 0 0 0-1 0-1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0-1-1-1 1 0 1 0 0-1 0 0-1 1 0 0-1 0-1 0 1 0 0 1 0 0-1 1 0-1 0 0 1 0 1-1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0-1 0 1 1 1 0 -1 0 0 1 1-1-1-1 0 0 0 1-1 1 0-1 0 1 1-1 0 0 0-1 1-1 1 1 0 0 -1 1 1 0 0-1-1 0 0 0-1 0 0 0 0-1 0 1-1 1 1 1 0-1 0 0-1-1 0 0 0 0 1 0 0 0 1-1 0 0 1-1 0 0 1 0-1 0 0 0 0 1 1 0-1 0 1 0 1 0 0 0 1-1 1-1-1-1 1 1-1 0 0 1 1 0 0 0-1-1 0 0 0 0-1 1 1 0 0-1 0-1-1 1 0 0-1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0-1 1 1-1 0 1-1 0 0-1 0 0 1 0 0 1 1 0-1 1 0-1 0-1 0 0 0-1 1 0 0-1 0 0 1 0 1 0 1 0 1-1 0 0 1-1 1 1 0 1 1-1 1-1 0 1 0-1 0 0 0 1 0-1-1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1-1 1 0-1 0 0 1 0 1-1-1 0-1 0-1 0 0 0 0-1 0-1 1 1-1-1 1-1 0 1-1 1 0 0 1 1 1 1-1 0 0-1 0 0 0 0-1-1 1-1-1 1 1 0 1 1 0-1 0 0-1-1 1 0 1-1 0-1 0-1-1-1-1 1 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0-1}

$\bar{\mathbf{u}}_9$	{1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0-1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0-1 0 0 0 0 0-1 0 1 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0-1 0 0 0 0 0 0-1 0 0-1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0-1 0-1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0-1 0 1 0 0 0 0-1 0 0 0 0-1 0 1}
$\bar{\mathbf{u}}_{260}$	{0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0-1 0-1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0-1 0 1 0 0 0 0-1 0 0 0 0-1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0-1 0 1 0-1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0-1 1 0 0 0 0-1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0-1 0 0 0 0 0-1 0 1 0 0 0 1 0-1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0-1 0 0 0 0 0 0-1 0 0-1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{17}$	{1 0 0-1 0 1-1 0-1-1 1 1-1 1 0 0 1 0 0-1-1 0-1 0-1 0 0 1 1 0 0-1 1 0 0 0 0 0 0 0-1-1 0 0 0 1 1 0 0 1 0-1 0 0 0-1 1 0 1 0 0 1 0-1-1 1-1-1 1 1 0-1 0 0 0 1 0-1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0-1-1 0 0 1 1 1-1 0 0 0-1-1-1 1 1 0 1 1-1 0 1 0 0 0 0 0 1-1 0 1 0 1-1 0-1-1 0-1-1 1 0-1-1 0 0 0 0 0 1 0 1-1 0 1 0 1-1 1 1-1 0 1 0 1 0-1 0 1 0 0 0 0 0 0-1 0-1 0 0-1 0-1 0 -1 1-1 1 0 0-1 0-1 1 1 0 1-1 1 0 0 0 0 0 0-1 1 1 0 0 1 1 1 0-1 0 0 1 0 0-1-1 1-1 0 1 0-1-1-1 0 1 0 1 0 0 0-1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0-1-1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1-1 0 1 1 0 0-1 1 0 1 0 0 0 0-1 1 1 0-1-1 1-1 0 0 0 0-1 1 1 1-1 1 1-1 1 0 0 0 0 0-1-1-1-1 0-1-1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 1-1 0 0-1 1 0 0-1 0 0 0

	0 0 1 0 0 1 0-1 0 0 1 1 1 0-1 1 0-1 0 0 0-1 1-1 1 0 0-1 1-1 1 1 0 0 -1 -1 0-1 1 0 0 0 1 0-1 0-1 0 0 1 0 0 0 1 1-1 0 0 0 1 1 0 1 1 0-1 0 1 0 1-1-1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0-1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0-1 0 0 0-1-1 0 0 0 0-1 0 0-1-1-1 0 0-1 0 1 0-1 0 1-1 0 0 0 0-1-1 0-1-1-1 1 0 1 0 0-1 1 0-1 1 1 0 0-1 0 0 0 1 0-1 0 0 0 0-1 0 1 0 1-1 0-1 0 0 1-1 1-1 1-1 0 1-1 0 0 1 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{229}$	{0 0-1 0 0 0 0 1-1 0 0 0-1 1 0 0 0 0-1 1 0 0 0-1-1 1 0 1 1 -1-1-1 0 0 0-1 0 0-1 0-1 0 0 0 1 0 0 1-1-1 0-1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0-1 0-1 1 0 1 0-1 0-1 1-1 0 0 0 0 0 0-1 1 0 1 0-1 0 1 1-1 1-1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0-1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0-1 1 1-1-1 0-1 0 0 0 0 0 1-1-1 1 1 0 0 0-1-1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1-1 1-1-1 0 0 0 0 0-1 0 1 0 0 1-1 1-1-1 0 0 1-1 1 0-1 0 0 0 0 1-1-1 0 0 0 0 0 1 1-1 0-1 0 0 0 1-1 0 0 1-1-1 0 1 0 1-1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1-1 1-1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1-1-1-1 1-1-1 1 1-1 0-1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0-1 1-1 1-1 0 1 1-1 0-1 1 1 0 1 0-1 0 0-1-1 0 0-1 1 0 0 -1 1-1 0 0 1 0 1-1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0-1 0 0 1 0 0 0 1-1 0 1-1 0 1 0-1 0 1 0-1-1 0 1 1 0 1 0-1 0 0-1-1-1 1 1 1 0 0 1 1 1 0-1-1-1 0-1 0 0-1 0-1 0 0-1 0 0-1 0 1-1 0 0 0-1-1 0 1 0-1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1-1-1-1 0 0 0-1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1-1 0 0 0 0-1 1 0 0-1 0 1 0 0 1 1-1 0 0-1 1 0-1-1 0 1 1-1 0 0-1 0 0 0 1 0 0 0-1 0-1 0 0-1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 -1-1 0 0 1 0 1-1-1-1 1-1-1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0-1 0-1 0-1-1}
$\bar{\mathbf{u}}_{33}$	{1 1 1 0-1 0 0 1 0 0-1-1 1-1 0 1 0-1-1-1 0 1 0 1 0 0 0-1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0-1-1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1-1 0 1 1 0 0-1 1 0 1 0 0 0 0-1 1 1 0-1-1 1-1 0 0 0 0-1 1 1 1-1 1 1-1 1 0 0 0 0 0-1-1-1-1 0-1-1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 1-1 0 0-1 1 0 0-1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0-1 0 0 1 1 1 0-1 1 0-1 0 0 0-1 1-1 1 0 0-1 1-1 1 1 0 0-1-1 0-1 1 0 0 0 1 0-1 0-1 0 0 1 0 0 0 1 1-1 0 0 0 1 1 0 1 1 0-1 0 1 0 1-1-1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0-1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0-1 0 0 0-1-1 0 0 0 0-1 0 0 -1-1-1 0 0-1 0 1 0-1 0 1-1 0 0 0 0-1-1 0-1-1-1 1 0 1 0 0-1 1 0 -1 1 1 0 0-1 0 0 0 1 0-1 0 0 0 0-1 0 1 0 1-1 0-1 0 0 1-1 1 -1 1-1 0 1-1 0 0 1 0 0 1 0 0-1 0 1-1 0-1-1 1 1-1 1 0 0 1 0 0-1-1 0-1 0-1 0 0 1 1 0 0-1 1 0 0 0 0 0 0 0-1-1 0 0 0 1 1 0 0 1 0-1 0 0 0-1 1 0 1 0 0 1 0-1-1 1-1-1 1 1 0-1 0 0 0 1 0-1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0-1-1 0 0 1 1 1-1 0 0 0-1-1 -1 1 1 0 1 1-1 0 1 0 0 0 0 0 1-1 0 1 0 1-1 0-1-1 0-1-1 1 0-1 -1 0 0 0 0 0 1 0 1-1 0 1 0 1-1 1 1-1 0 1 0 1 0-1 0 1 0 0 0 0 0 0-1 0-1 0 0-1 0-1 0-1 1-1 1 0 0-1 0-1 1 1 0 1-1 1 0 0 0 0 0 0-1 1 1 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{370}$	{0 -1 0 1 0 0 1 1-1 0 0-1 1 0-1-1 0 1 1-1 0 0-1 0 0 0 1 0 0 0-1 0-1 0 0-1 1 1 1 0 0 1 1 0 0-1-1 0 0 1 0 1-1-1-1 1-1-1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0-1 0-1 0-1-1 0 0-1 0 0 0 0 1-1 0 0 0-1 1 0 0 0 0-1 1 0 0 0-1-1 1 0 1 1-1-1-1 0 0 0-1 0 0-1 0-1 0 0 0 1 0 0 1-1-1 0-1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0-1 0-1 1 0 1 0-1 0-1 1-1 0 0 0 0 0 0 0-1 1 0 1 0-1 0 1 1-1 1-1 1 0

	0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 -1 1 1 -1 -1 0 -1 0 0 0 0 0 1 -1 -1 1 1 0 0 0 -1 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 -1 1 -1 -1 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 1 -1 1 -1 -1 0 0 1 -1 1 0 -1 0 0 0 0 1 -1 -1 0 0 0 0 0 1 1 -1 0 -1 0 0 0 1 -1 0 0 1 -1 -1 0 1 0 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 -1 1 -1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 0 -1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 -1 1 -1 1 -1 0 1 1 -1 0 -1 1 1 0 1 0 -1 0 0 -1 -1 0 0 -1 1 0 0 -1 1 -1 0 0 1 0 1 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 1 0 0 0 1 -1 0 1 -1 0 1 0 -1 0 1 0 -1 -1 0 1 1 0 1 0 -1 0 0 -1 -1 -1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 -1 -1 -1 0 -1 0 0 -1 0 -1 0 0 -1 0 0 -1 0 1 -1 0 0 0 -1 -1 0 1 0 -1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 -1 -1 -1 0 0 0 -1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 -1 0 0 0 0 -1 1 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{65}$	{1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 -1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 -1}
$\bar{\mathbf{u}}_{288}$	{0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 -1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0

	0 -1 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{129}$	{0 0 0 0 -1 1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 0 0 0 1 0 -1 -1 -1 0 0 1 1 0 0 -1 0 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 -1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 -1 -1 0 0 1 -1 -1 -1 -1 0 0 -1 1 0 -1 -1 0 0 0 -1 0 1 0 -1 0 0 -1 0 0 0 1 -1 1 0 0 0 1 -1 0 -1 -1 0 -1 0 -1 1 -1 0 0 0 -1 0 0 -1 -1 0 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 -1 0 0 -1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 -1 -1 0 0 0 0 1 -1 0 1 -1 1 1 0 -1 0 0 1 -1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 0 0 -1 0 1 0 1 1 0 -1 0 0 -1 1 1 -1 -1 1 0 1 -1 0 0 -1 0 0 -1 0 0 1 0 -1 1 0 1 1 1 1 -1 1 0 0 1 0 0 1 1 0 -1 0 -1 0 0 -1 1 0 0 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 -1 0 0 0 1 -1 0 0 1 0 1 0 0 0 -1 1 0 1 0 0 -1 0 1 -1 1 1 -1 1 -1 0 1 0 0 0 1 0 -1 1 0 0 0 1 -1 1 0 -1 0 -1 -1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 -1 -1 1 0 0 0 1 1 1 -1 1 0 1 -1 -1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 -1 0 1 -1 -1 0 1 -1 0 0 0 0 0 -1 0 1 1 0 1 0 -1 -1 -1 -1 -1 0 -1 0 -1 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 -1 0 1 0 1 1 1 -1 0 0 1 0 -1 1 -1 0 -1 1 1 0 0 0 0 0 0 -1 1 1 0 0 -1 1 -1 0 -1 0 0 -1 0 0 1 1 1 -1 0 1 0 1 -1 -1 0 1 0 -1 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 1 1 0 0 -1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 -1 -1 0 1 1 0 1 -1 0 0 1 -1 0 -1 0 0 0 0 1 1 1 0 -1 1 -1 1 0 0 0 0 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{355}$	{0 0 -1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 -1 0 0 1 -1 1 1 0 1 1 -1 1 -1 0 1 0 -1 0 0 0 1 0 -1 -1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 -1 1 0 -1 0 0 1 0 1 -1 -1 0 -1 0 -1 0 0 0 0 -1 0 -1 1 1 -1 -1 1 -1 0 1 -1 1 0 0 1 1 1 1 -1 0 0 -1 0 0 0 0 -1 -1 1 -1 -1 1 1 0 1 1 0 -1 0 0 -1 -1 1 0 1 -1 0 -1 -1 -1 -1 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 0 0 0 1 0 -1 0 1 0 1 -1 1 0 0 0 -1 -1 0 0 0 0 -1 0 -1 1 0 0 0 -1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 -1 0 1 1 0 -1 0 0 0 0 -1 1 -1 -1 0 0 0 0 0 1 0 0 -1 -1 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 -1 0 0 -1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 1 -1 -1 0 1 1 -1 1 -1 0 -1 -1 1 0 1 0 -1 0 0 0 0 -1 1 1 1 -1 0 -1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 -1 -1 1 0 1 0 0 -1 0 0 -1 1 0 0 -1 0 -1 0 1 0 0 1 0 0 -1 1 0 -1 0 0 1 0 1 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 -1 0 1 1 1 0 -1 0 0 1 1 -1 -1 -1 0 0 0 1 -1 1 0 -1 0 1 1 -1 0 0 0 -1 1 -1 1 1 0 0 -1 1 1 0 0 -1 -1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 0 1 -1 1 1 1 0 -1 0 0 -1 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 -1 0 0 1 -1 0 0 1 0 -1 0 0 0 0 1 1 0 -1 0 1 0 1 0 0 0 1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 0 0 1 1 0 0 0 -1 -1 0 0 0 0 0 -1 1 1 0 0 -1 0 -1 -1 1 0 0 -1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 -1 1 1 -1 0 1 -1 0 0 -1 0 0 1 0 0 1 1 0 -1 1 0 -1 0 -1 0 0 0 -1 1}
$\bar{\mathbf{u}}_{257}$	{1 1 -1 0 0 0 -1 -1 0 -1 -1 0 1 0 -1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 -1 -1 0 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 -1 0 0 1 0 -1 0 1 0 -1 1 0 0 0 0 -1 1 0 1 -1 -1 1 0 1 0 0 1 -1 0 -1 -1 -1 0 0 1 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 -1 0 1 0 0 1 1 1 -1 1 -1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 -1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 0 0 1 0 0 1 -1 0 1 0 -1 0 0 -1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 -1 -1 0 0 1 0 -1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 -1 -1 1 1 0 -1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 -1 1 -1 0 1 0 1 1 0 0 -1 0 -1 1 0 0 -1 -1 1 1 0 0 0 1 1 -1 1 -1 0 -1 1 1 0 -1 0 0 0 0 0 1 -1 0 -1 0 -1 1 0 -1 -1 0 -1 1 -1 0 1 -1 0 0 0 0 0 -1 0 1 -1 0 -1 0 -1 1 1 0 1 0 -1 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 -1 1 -1 0 0 -1 0 -1 1 1 0 -1 -1 0 0 0 0 0 0 1 -1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 -1 1 0 1 0 -1

	1 -1 0 1 0 1 0 0 0 -1 0 0 -1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 -1 1 0 0 0 0 1 0 -1 -1 1 1 0 -1 -1 0 -1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 -1 -1 -1 0 -1 -1 -1 1 0 0 0 0 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 -1 -1 1 -1 -1 0 0 0 -1 0 1 1 1 0 0 1 -1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 -1 0 0 1 -1 1 0 -1 -1 0 1 0 0 0 -1 -1 -1 -1 0 0 -1 -1 1 -1 -1 0 0 1 1 0 -1 -1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 -1 0 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{342}$	{1 0 -1 -1 0 1 -1 -1 -1 0 -1 0 1 -1 -1 1 0 -1 1 -1 0 1 1 1 0 0 -1 0 0 0 0 1 -1 0 0 0 0 1 -1 -1 -1 1 1 -1 0 -1 1 0 1 0 0 1 1 0 -1 -1 0 -1 0 -1 -1 0 0 -1 0 1 0 0 1 0 1 -1 0 -1 0 0 0 -1 1 1 1 -1 0 -1 -1 -1 1 -1 0 1 0 1 0 -1 0 0 -1 0 0 -1 -1 1 0 1 1 0 1 -1 0 0 -1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 -1 1 0 0 0 0 -1 0 -1 0 1 1 0 -1 0 1 0 0 1 -1 0 0 -1 -1 1 0 0 0 1 0 -1 1 0 1 -1 0 -1 -1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 -1 0 0 1 -1 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 -1 0 0 -1 0 0 1 0 -1 1 -1 -1 1 0 0 0 0 0 1 -1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 -1 -1 0 1 0 -1 -1 1 0 0 0 1 1 -1 0 0 -1 0 1 0 -1 -1 -1 -1 1 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 -1 -1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 -1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 -1 1 0 1 0 1 0 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 -1 0 0 -1 1 -1 0 0 -1 1 -1 -1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 -1 1 -1 -1 0 0 1 0 -1 -1 -1 0 -1 1 0 0 -1 -1 0 -1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 0 0 -1 1 1 0 -1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 -1 1 0 -1 0 -1 0 0 0 1 1 0 -1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 -1 0 -1 0 -1 0 1 1 1 0 -1 0 0 1 -1 -1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 -1 1 -1 1 0 1 -1 0 0 0 -1 -1 -1 1 0 0 0 1 -1 0 0 1 1 0 0 1 0 -1 1 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 -1 -1 0 1 -1 1 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{409}$	{0 -1 0 1 1 0 1 -1 1 0 0 1 -1 1 0 0 1 1 0 -1 0 1 0 0 -1 0 0 1 -1 -1 0 1 -1 0 0 0 -1 1 0 1 -1 0 1 -1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 1 1 -1 0 -1 -1 0 0 1 0 -1 0 0 -1 0 -1 0 -1 -1 1 1 -1 0 1 1 0 -1 0 0 -1 1 0 -1 0 0 1 0 1 1 0 1 -1 0 1 0 -1 0 1 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 1 0 1 0 1 1 -1 1 0 -1 -1 -1 -1 0 0 0 0 1 -1 0 -1 -1 -1 0 -1 0 1 -1 -1 0 1 -1 -1 0 1 -1 0 -1 -1 1 1 1 -1 -1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 -1 0 0 -1 0 1 -1 1 1 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 -1 -1 -1 0 0 1 1 0 0 -1 -1 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 -1 -1 1 -1 0 1 0 1 0 1 -1 1 0 0 0 1 0 0 -1 0 1 0 0 0 1 -1 0 0 1 1 1 0 -1 0 1 0 0 0 -1 0 -1 0 -1 0 -1 0 -1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 -1 0 0 0 -1 -1 -1 1 -1 1 0 0 -1 0 0 1 1 0 -1 1 -1 1 0 0 1 0 -1 0 -1 0 0 1 1 -1 -1 -1 0 0 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 0 -1 1 -1 0 0 0 0 1 0 -1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 -1 -1 0 1 0 -1 -1 0 0 0 1 0 -1 -1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 -1 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 1 -1 -1 0 -1 -1 -1 -1 0 1 0 0 1 -1 1 0 0 0 0 0 -1 1 -1 0 0 0 -1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 -1 1 0 0 1 0 0 -1 0 -1 -1 1 0 -1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 -1 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 -1 1}
$\bar{\mathbf{u}}_{13}$	{0 0 1 -1 1 1 -1 1 0 1 1 -1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 -1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1 1 -1 -1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 -1 0 -1 -1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 -1 0 -1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 -1 -1 -1 0 0 1 -1 0 -1 1 1 1 -1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 -1 1 1 0 1 0 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 1 0 -1 -1 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 -1 1 0 0 -1 0 0 0 0 -1 0 0 -1

	0 0 0 0 -1 1 1 1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 0 -1 0 0 1 1 0 -1 -1 0 -1 0 1 -1 0 0 -1 0 0 1 -1 -1 1 -1 1 1 0 -1 0 1 -1 1 -1 0 -1 -1 -1 0 -1 1 -1 -1 0 1 0 -1 0 0 1 -1 1 -1 -1 -1 -1 0 0 -1 0 1 1 -1 -1 -1 1 0 1 1 -1 0 1 -1 0 0 1 0 1 1 -1 -1 0 1 1 -1 0 -1 0 -1 1 -1 1 0 0 0 0 -1 1 0 0 1 0 1 0 -1 0 -1 1 -1 0 1 1 0 0 1 0 1 -1 -1 1 0 0 1 0 -1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 -1 0 -1 0 0 0 1 -1 1 -1 -1 1 0 -1 -1 -1 0 1 -1 0 1 1 -1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 -1 0 1 1 0 0 0 -1 1 -1 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 0 1 0 -1 -1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 -1 -1 0 -1 -1 1 -1 0 0 0 1 1 0 0 0 -1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 -1 1 0 0 -1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 -1 1 0 -1 0 -1 1 1 0 0 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 0 0 1 1 -1 -1}
$\bar{\mathbf{u}}_{284}$	{1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 1 -1 0 0 0 0 0 -1 0 -1 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 -1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{57}$	{0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 -1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 1 -1 0 0 0 0 -1 0 -1 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 -1 -1 0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 1 0}

$\bar{\mathbf{u}}_{481}$	$\{1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1$ $0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0$ $0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0$ $0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0$ $0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0$ $-1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1$ $1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0$ $0 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1$ $-1 \ 1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1$ $0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0$ $0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1$ $1 \ -1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0$ $0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1$ $0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 0$ $0 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0\}$
$\bar{\mathbf{u}}_{241}$	$\{0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1$ $1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1$ $0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 0$ $1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0$ $0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1$ $-1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0$ $1 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0$ $1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1$ $1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1$ $0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $-1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0$ $0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 1$ $0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0$ $0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1$ $0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0$ $0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 1$ $0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1$ $0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1\}$
$\bar{\mathbf{u}}_{31}$	$\{1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0$ $0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0$ $0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 1$ $0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0$ $1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0$ $0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1$ $0 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1$ $-1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1$ $1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1$ $1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1$ $0 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$ $0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ -1$

	0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 1 -1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1 0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 1 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{103}$	{0 1 -1 0 -1 -1 1 1 1 -1 -1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 -1 0 0 -1 0 1 -1 1 1 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 -1 -1 -1 0 0 1 1 0 0 -1 -1 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 -1 -1 1 -1 0 1 0 1 0 1 -1 1 0 0 0 1 0 0 -1 0 1 0 0 0 1 -1 0 0 1 1 1 0 -1 0 1 0 0 0 -1 0 -1 0 -1 0 -1 0 -1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 -1 0 0 0 -1 -1 -1 1 -1 1 0 0 -1 0 0 1 1 0 -1 1 -1 1 0 0 1 0 -1 0 -1 0 0 1 1 -1 -1 -1 0 0 -1 -1 -1 1 -1 1 0 -1 1 -1 0 0 0 0 1 0 -1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 -1 -1 0 1 0 -1 -1 0 0 0 1 0 -1 -1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 -1 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 1 -1 -1 0 -1 -1 -1 0 1 0 0 1 -1 1 0 0 0 0 0 -1 1 -1 0 0 0 -1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 -1 1 0 0 1 0 0 -1 0 -1 -1 1 0 -1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 -1 0 1 0 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 -1 1 0 -1 0 1 1 0 1 -1 1 0 0 1 -1 1 0 0 1 1 0 -1 0 1 0 0 -1 0 0 1 -1 -1 0 1 -1 0 0 0 -1 1 0 1 -1 0 1 -1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 1 1 -1 0 -1 -1 0 0 1 0 -1 0 0 -1 0 -1 0 -1 -1 1 1 -1 0 1 1 0 -1 0 0 -1 1 0 -1 0 0 1 0 1 1 0 1 -1 0 1 0 -1 0 1 0 0 0 -1 1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 1 0 1 0 1 1 -1 1 0 -1 -1 -1 -1 0 0 0 0 1 -1 0 -1 -1 0 -1 0 1 -1 -1 0 1 -1 -1}
$\bar{\mathbf{u}}_{416}$	{0 1 0 0 0 1 -1 -1 0 -1 -1 1 -1 0 0 0 1 1 0 0 0 -1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 -1 1 0 0 -1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 -1 -1 1 0 -1 0 -1 1 1 0 0 -1 -1 -1 -1 -1 0 0 0 1 1 -1 -1 0 0 1 -1 1 1 -1 1 0 1 1 -1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 -1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1 1 -1 -1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 1 0 0 0 -1 0 -1 -1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 -1 0 -1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 -1 -1 -1 0 0 1 -1 0 -1 1 1 1 -1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 -1 -1 1 1 0 1 0 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 1 0 1 0 -1 -1 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 -1 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 -1 1 0 0 -1 0 0 0 0 -1 0 0 -1 0 0 0 0 -1 1 1 1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 0 -1 0 0 1 1 0 -1 -1 0 -1 0 1 -1 0 0 -1 0 0 1 -1 -1 1 -1 1 1 0 -1 0 1 -1 1 -1 0 -1 -1 -1 0 1 0 -1 0 0 1 -1 1 -1 -1 -1 -1 0 0 -1 0 1 1 -1 -1 -1 1 0 1 1 -1 0 1 -1 0 0 1 1 -1 -1 0 1 1 -1 0 -1 0 -1 1 -1 1 0 0 0 0 -1 1 0 0 1 0 1 0 -1 0 -1 1 -1 0 1 1 0 0 1 0 1 -1 -1 1 0 0 1 0 -1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 -1 0 -1 0 0 0 1 -1 1 -1 -1 1 0 -1 -1 -1 0 1 -1 0 1 1 -1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 1 1 0 0 0 -1 1 -1 0 0 1 0 0 0 -1 0 0 0 -1 0 1 0 -1 -1 0 0 1 0 1 0 0 1 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{171}$	{1 1 0 0 1 0 -1 1 0 0 0 1 0 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 -1 -1 0 1 -1

对三元完备序列。示例性的，当 k 等于 2 时，可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{51}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{13}$ 。当 k 等于 3 时，可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{113}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{57}$ 。当 k 等于 4 时，可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{15}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{114}$ 。当 k 等于 5 时，可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{77}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{104}$ 。当 k 等于 6 时，可以获得序列对 $\bar{\mathbf{u}}_{43}$ 和 $\bar{\mathbf{u}}_{96}$ 。可以理解，当 k 等于 2 时， $d_2=2^4-2^2+1=13$ ， d_1 可以通过 $d_1 \times d_1^{-1} = (2^k+1)^{-1} \times (2^k+1) = d_1 \times 5 = 1 \pmod{N}$ 求解， $N=127$ ，故 $d_1=51$ 。还可以理解，当 k 等于其他值时 d_1 和 d_2 的计算方式与 k 等于 2 时 d_1 和 d_2 的计算方式相同，这里不一一详述。

下述表 2 示出了上述 11 对三元完备序列的具体值。示例性的，上述第一序列可以是下述表 2 中的任一序列，而上述第二序列则是与第一序列属于同一序列对中的另一序列。举例来说，如果第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_3$ ，第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{85}$ ，当然第一序列也可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{85}$ ，第二序列是 $\bar{\mathbf{u}}_3$ 。本申请实施例不限制第一序列和第二序列分别是序列对中的哪一条序列，第一序列和第二序列属于同一序列对即可。再举例来说，第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{88}$ ，第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_5$ ；或者第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{65}$ ，第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{86}$ ；或者第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{51}$ ，第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{13}$ ；或者第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{15}$ ，第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{114}$ ；或者第一序列是 $\bar{\mathbf{u}}_{96}$ ，第二序列可以是 $\bar{\mathbf{u}}_{43}$ ；等等，这里不一一列举。

可以理解，下述表 2 中每个序列都可以使用其等效变形序列替换，该等效变形序列可以是对表 2 中的任意序列进行循环移位或取反（如元素 1 取反为 -1，元素 -1 取反为 1，元素 0 取反为本身）操作后得到。还可以理解，表 2 示出的序列对的具体值仅是示例，当 n 取不同值时，生成的序列对可能不相同，任意满足上述公式 (2-5) 的两个三元完备序列都在本申请实施例的保护范围内。

表 2

序列	序列值
$\bar{\mathbf{u}}_3$	{0 0 1 0 -1 1 0 1 -1 1 1 0 0 1 -1 -1 0 0 1 0 -1 0 1 1 0 0 -1 1 0 0 0 0 0 1 -1 0 -1 1 0 -1 0 1 -1 1 0 -1 0 0 0 -1 -1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 -1 0 1 0 0 1 1 -1 -1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 -1 -1 -1 -1 0 0 0 1 1 1 0 1 -1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 -1 1 1 -1 0 -1 0 -1 0 -1 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{85}$	{0 -1 0 0 1 1 0 0 1 -1 -1 1 0 0 0 -1 1 -1 0 -1 -1 -1 0 1 0 -1 1 -1 1 0 1 0 0 1 0 1 -1 0 0 1 0 -1 0 0 1 1 1 0 0 -1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 -1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 -1 -1 1 -1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 -1 1 0 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 0 0 1 1 0 1 -1 0 1 0 -1 0 1 0 0 0 1 0}
$\bar{\mathbf{u}}_5$	{0 -1 0 -1 1 -1 0 -1 0 0 0 -1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 -1 0 1 0 0 1 -1 -1 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 -1 -1 -1 1 1 0 0 0 1 -1 1 0 1 1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 1 0 1 -1 -1 -1 -1 0 -1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 1 0 -1 1 1 1 0 0 1 -1 1 0 0 -1 0 1 0 -1 -1 0 0 -1 -1 0 0 0 0 0 1 -1 0 1 1}
$\bar{\mathbf{u}}_{88}$	{1 -1 1 -1 0 0 0 -1 1 1 0 -1 0 1 0 -1 0 0 -1 0 1 0 1 -1 -1 1 0 1 0 0 1 -1 0 0 1 1 1 0 0 -1 1 0 -1 0 1 -1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 -1 -1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 -1 1 1 -1 0 0 1 0 1 1 0 1 -1 1 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 -1 1 0 1 1 0 -1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 -1}
$\bar{\mathbf{u}}_9$	{0 -1 -1 0 0 1 -1 0 0 0 0 0 1 1 0 -1 1 0 1 0 -1 -1 -1 0 1 0 0 0 1 -1 0 0 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 -1 1 -1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 -1 1 1 -1 -1 0 0 0 1 -1 1 0 1 -1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 1 0 1 1 -1 -1 1 0 1 0 -1 0 -1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 -1 -1 1 1 0 0 1 1 -1 0 0 -1 0 -1}
$\bar{\mathbf{u}}_{78}$	{0 1 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 1 0 -1 1 0 -1 -1 0 0 -1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 -1 0 0 -1 0 -1 -1 1 0 0 -1 0 1 1 0 0 0 1 -1 0 -1 0 1 0 1 0 0 -1 0 0 -1 0 -1 1 0 0 -1 -1 1 1 0 0 -1 -1 0 -1 1 0 -1 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 -1 1 0 0 0 0 -1 0 0 1 -1 0 -1 0 1 1 0 1 0 -1 -1 1 0}

$\bar{\mathbf{u}}_{17}$	{0 0 1 1 -1 0 0 -1 0 -1 0 -1 -1 0 0 1 -1 0 0 0 0 0 1 1 0 -1 1 0 1 0 -1 -1 -1 0 1 0 0 0 1 -1 0 0 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 -1 1 -1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 -1 1 1 -1 -1 0 0 0 1 -1 1 0 1 -1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 1 0 1 1 -1 -1 1 0 1 0 -1 0 -1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 -1 -1 1 1}
$\bar{\mathbf{u}}_{39}$	{1 0 -1 1 0 -1 -1 0 0 -1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 -1 0 0 -1 0 -1 -1 1 0 0 -1 0 1 1 0 0 0 1 -1 0 -1 0 1 0 1 0 0 -1 0 0 -1 0 -1 1 0 0 -1 -1 1 1 0 0 -1 -1 0 -1 1 0 -1 0 1 -1 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 -1 1 0 0 0 0 -1 0 0 1 -1 0 -1 0 1 1 0 1 0 -1 -1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 -1 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{33}$	{0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 1 0 -1 1 1 1 0 0 1 -1 1 0 0 -1 0 1 0 -1 -1 0 0 -1 -1 0 0 0 0 0 1 -1 0 1 1 0 -1 0 -1 1 -1 0 0 0 -1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 -1 0 1 0 0 1 -1 -1 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 -1 -1 -1 1 1 0 0 0 1 -1 1 0 1 1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 1 0 1 -1 -1 -1 -1 0 -1}
$\bar{\mathbf{u}}_{11}$	{0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 -1 -1 -1 -1 -1 0 -1 1 -1 1 -1 0 0 0 -1 1 1 0 -1 0 1 0 -1 0 0 -1 0 1 0 1 -1 -1 1 0 1 0 0 1 -1 0 0 1 1 1 0 0 -1 1 0 -1 0 1 -1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 -1 -1 -1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 -1 1 1 -1 0 0 1 0 1 1 0 1 -1 1 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 -1 1 0 1 1 0 -1}
$\bar{\mathbf{u}}_{65}$	{0 1 -1 0 -1 1 0 -1 0 1 -1 1 0 -1 0 0 0 -1 -1 0 0 -1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 -1 0 1 0 0 1 1 -1 -1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 -1 -1 -1 -1 0 0 0 1 1 1 0 1 -1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 -1 1 1 -1 0 -1 0 -1 0 -1 0 0 0 0 1 0 -1 1 0 1 -1 1 1 0 0 1 -1 -1 0 0 1 0 -1 0 1 1 0 0 -1 1 0 0 0 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{86}$	{0 1 0 -1 0 0 1 1 1 0 0 -1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 -1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 -1 -1 1 -1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 -1 1 0 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 0 0 1 1 0 1 -1 0 1 0 -1 0 1 0 0 1 0 0 -1 0 0 1 1 0 0 1 -1 -1 1 0 0 0 -1 1 -1 0 -1 -1 -1 0 1 0 -1 1 -1 1 0 1 0 0 1 0 1 -1 0}
$\bar{\mathbf{u}}_{51}$	{0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 -1 0 0 1 0 1 -1 0 -1 1 0 0 1 0 1 0 -1 0 1 1 0 0 0 -1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 -1 -1 1 0 0 -1 -1 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 -1 0 0 -1 -1 0 1 1 -1 1 0 0 0 0 0 0 1 -1 1 0 -1 0 1 0 0 0 -1 0 -1 1 -1 0 0 0 1 1 -1 1 0 -1 -1 -1 0 1 -1 0 -1 0 -1 -1 -1 -1 1 1 1}
$\bar{\mathbf{u}}_{13}$	{1 0 0 0 0 0 1 1 -1 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 1 -1 -1 0 0 0 1 -1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 -1 1 0 1 1 1 0 0 -1 -1 0 1 -1 0 0 1 0 1 0 1 -1 0 1 0 1 -1 1 -1 -1 0 -1 1 -1 -1 0 0 0 0 -1 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 -1 0 0 -1 1 0 0 1 1 1 -1 0 1 0 -1 0 -1 0 0 0 -1 1 1 1 -1 -1 -1 0 0 -1 0 0 0 0 0 0 -1 0 1}
$\bar{\mathbf{u}}_{113}$	{0 0 1 0 -1 1 0 0 0 -1 1 0 0 1 -1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 -1 -1 1 -1 0 0 0 0 1 1 -1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 -1 0 -1 -1 1 0 -1 0 0 1 0 -1 0 1 0 1 1 0 1 -1 -1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 1 -1 1 1 0 -1 0 1 0 0 0 0 0 -1 0 -1 1 -1 1 0 0 -1 -1 -1 0 -1 -1 -1 -1 1 1 1 0 1 -1}
$\bar{\mathbf{u}}_{57}$	{0 1 -1 1 1 0 0 0 0 0 0 -1 0 1 0 -1 -1 0 0 0 1 -1 -1 0 0 1 0 0 1 1 -1 1 1 1 1 -1 0 0 0 -1 0 -1 0 0 0 1 0 0 -1 1 0 1 1 0 0 0 -1 1 -1 0 0 -1 0 1 0 1 1 1 -1 0 -1 -1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 -1 1 1 1 0 -1 1 1 0 1 -1 1 0 1 0 -1 0 0 0 0 1 0 0 -1 0 0 -1 -1 0 0 0 -1 0 -1 1 0 0 0}

	0 0 0-1 0 1-1 0}
$\bar{u}_{15}$	{0 0 0-1 1 0 0 1-1 0 1 1 0 1 0 0 0 1-1-1 1-1 0 0 0 0 1 1-1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0-1 0-1-1 1 0-1 0 0 1 0-1 0 1 0 1 1 0 1-1-1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0-1 0 0 1-1 1 1 0-1 0 1 0 0 0 0 0-1 0-1 1-1 1 0 0-1-1-1 0-1-1-1-1 1 1 1 0 1-1 0 0 1 0-1 1}
$\bar{u}_{114}$	{1 1-1 0-1-1 0 1 0 1 1 0 0 1 0-1 1 1 1 0-1 1 1 0 1-1 1 0 1 0 -1 0 0 0 0 1 0 0-1 0 0-1-1 0 0 0 0-1 0-1 1 0 0 0 0 0-1 0 1-1 0 0 1-1 1 1 0 0 0 0 0-1 0 1 0-1-1 0 0 0 1-1-1 0 0 1 0 0 1 1-1 1 1 1 1-1 0 0 0-1 0-1 0 0 0 1 0 0-1 1 0 1 1 0 0 0-1 1-1 0 0-1 0 1 0 1}
$\bar{u}_{77}$	{0 0 1 0 1-1 0-1 1 0 0 1 0 1 0-1 0 1 1 0 0 0-1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1-1-1 1 0 0-1-1 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1-1 0 0-1-1 0 1 1 -1 1 0 0 0 0 0 0 1-1 1 0-1 0 1 0 0 0-1 0-1 1-1 0 0 0 1 1-1 1 0-1-1-1 0 1-1 0-1 0-1-1-1-1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0-1}
$\bar{u}_{104}$	{0-1 0-1 0 0 0-1 1 1 1-1-1-1 0 0-1 0 0 0 0 0 0-1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1-1 0-1 0 0 0 0 1 0 0 1-1-1 0 0 0 1-1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0-1 1 0 1 1 1 0 0-1-1 0 1-1 0 0 1 0 1 0 1-1 0 1 0 1 -1 1-1-1 0-1 1-1-1 0 0 0 0-1 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0-1 0 0-1 1 0 0 1 1 1-1 0 1}
$\bar{u}_{43}$	{0 1 1 0 1-1 0 1 0-1 0 1 0 0 0 1 0 0-1 0 0 1 1 0 0 1-1-1 1 0 0 0-1 1-1 0-1-1-1 0 1 0-1 1-1 1 0 1 0 0 1 0 1-1 0 0 1 0-1 0 0 1 1 1 0 0-1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0-1 0 0 0 0-1 1 0 1 0 0 0 0 0 1-1-1 1-1 0 1 1 0 0 0 0 0 0-1 0 1 0-1 1 0-1-1-1-1 1-1-1 0}
$\bar{u}_{96}$	{0 0 1 1 1 0 1-1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1-1 1 1-1 0-1 0-1 0-1 0 0 0 0 1 0-1 1 0 1-1 1 1 0 0 1-1-1 0 0 1 0-1 0 1 1 0 0-1 1 0 0 0 0 0 1-1 0-1 1 0-1 0 1-1 1 0-1 0 0 0-1-1 0 0-1 0 0 0-1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1-1 0 1 0 0 1 1-1-1 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1-1-1-1-1 0}

上述内容详细阐述了本申请提供的方法，为了便于实施本申请实施例的上述方案，本申请实施例还提供了相应的装置或设备。

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 7 至图 9 详细描述本申请实施例的通信装置。

参见图 7，图 7 是本申请实施例提供的通信装置的一结构示意图。如图 7 所示，该通信装置包括：收发单元 10 和处理单元 20。

在本申请的一些实施例中，该通信装置可以是上文示出的第一通信装置或其中的芯片。即图 7 所示的通信装置可以用于执行上文方法实施例中由第一通信装置执行的步骤或功能等。

示例性的，处理单元 20，用于生成 PPDU，该 PPDU 包含第一序列，该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，该第一序列和该第二序列属于同一序列对；收发单元 10，用于发送该 PPDU。

在一种可能的实现方式中，收发单元 10 还用于接收序列配置信息，该序列配置信息中包括序列索引信息，该序列索引信息对应前述第一序列，或者说用于确定第一序列。

其中，关于 PPDU、第一序列、第二序列、序列配置信息等的具体说明可以参考上文所示的方法实施

例，这里不再一一详述。

应理解，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 10 可以用于执行图 6 所示的步骤 S102；处理单元 20 可以用于执行图 6 所示的步骤 S101。

复用图 7，在本申请的另一些实施例中，该通信装置可以是上文示出的第二通信装置或其中的芯片。即图 7 所示的通信装置可以用于执行上文方法实施例中由第二通信装置执行的步骤或功能等。

示例性的，收发单元 10，用于接收 PPDU，该 PPDU 包含第一序列，该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，该第一序列和该第二序列属于同一序列对；处理单元 20，用于对该 PPDU 进行处理。

在一种可能的实现方式中，收发单元 10 还用于发送或接收序列配置信息，该序列配置信息中包括序列索引信息，该序列索引信息对应前述第一序列，或者说，用于确定第一序列。

其中，关于 PPDU、第一序列、第二序列、序列配置信息等的具体说明可以参考上文所示的方法实施例，这里不再一一详述。

应理解，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 10 可以用于接收 PPDU；处理单元 20 可以用于执行图 6 所示的步骤 S103。

以上介绍了本申请实施例的通信装置，以下介绍通信装置可能的产品形态。应理解，但凡具备上述图 7 所述的通信装置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通信装置的产品形态仅限于此。

在一种可能的实现方式中，图 7 所示的通信装置中，处理单元 20 可以是一个或多个处理器，收发单元 10 可以是收发器，或者收发单元 10 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。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 等）的过程，可以理解为由处理器输出上述信息的过程。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，上述方法中有关接收信息（如接收 PPDU 等）的过程，可以理解为处理器接收输入的上述信息的过程。处理器接收输入的信息时，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。

参见图 8，图 8 是本申请实施例提供的通信装置的另一结构示意图。该通信装置可以为第一通信装置或第二通信装置，或其中的芯片。图 8 仅示出了通信装置的主要部件。除处理器 1001 和收发器 1002 之外，所述通信装置还可以进一步包括存储器 1003、以及输入输出装置（图未示意）。

处理器 1001 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 1003 主要用于存储软件程序和数据。收发器 1002 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 1001 可以读取存储器 1003 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 1001 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 1001，处理器 1001 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。

其中，处理器 1001、收发器 1002、以及存储器 1003 可以通过通信总线连接。

示例性的，当该通信装置用于执行上述方法实施例中第一通信装置执行的步骤或方法或功能时，处理器 1001 可以用于执行图 6 中的步骤 S101，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于执行图 6 中的步骤 S102，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程。

示例性的，当该通信装置用于执行上述方法实施例中第二通信装置执行的步骤或方法或功能时，处理器 1001 可以用于执行图 6 中的步骤 S103，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程；收发器 1002 可以用于接收图 6 中步骤 S103 处理的 PPDU，和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程。

一种实现方式中，处理器 1001 可以存有指令，该指令可为计算机程序，计算机程序在处理器 1001 上运行，可使得通信装置执行上述方法实施例中描述的方法。计算机程序可能固化在处理器 1001 中，该种情况下，处理器 1001 可能由硬件实现。

在一种实现方式中，通信装置可以包括电路，所述电路可以实现前述方法实施例中发送或接收或者通信的功能。本申请中描述的处理器和收发器可实现在集成电路（integrated circuit, IC）、模拟 IC、无线射频集成电路（radio frequency integrated circuit, RFIC）、混合信号 IC、专用集成电路（application specific integrated circuit, ASIC）、印刷电路板（printed circuit board, PCB）、电子设备等上。该处理器和收发器也可以用各种 IC 工艺技术来制造，例如互补金属氧化物半导体（complementary metal oxide semiconductor, CMOS）、N 型金属氧化物半导体（nMetal-oxide-semiconductor, NMOS）、P 型金属氧化物半导体（positive channel metal oxide semiconductor, PMOS）、双极结型晶体管（bipolar junction transistor, BJT）、双极 CMOS（BiCMOS）、硅锗（SiGe）、砷化镓（GaAs）等。

可以理解，本申请实施例示出的通信装置还可以具有比图 8 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考上文方法实施例的介绍。

在另一种可能的实现方式中，图 7 所示的通信装置中，处理单元 20 可以是一个或多个逻辑电路，收发单元 10 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 10 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。参见图 9，图 9 是本申请实施例提供的通信装置的又一结构示意图。如图 9 所示，图 9 所示的通信装置包括逻辑电路 901 和接口 902。即上述处理单元 20 可以用逻辑电路 901 实现，收发单元 10 可以用接口 902 实现。其中，该逻辑电路 901 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 902 可以为通信接口、输入输出接口、管脚等。示例性的，图 9 是以上述通信装置为芯片为例示出的，该芯片包括逻辑电路 901 和接口 902。

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，当该通信装置用于执行上述方法实施例中第一通信装置执行的步骤或方法或功能时，逻辑电路 901，用于生成 PPDU，该 PPDU 包含第一序列，该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，该第一序列和该第二序列属于同一序列对；接口 902，用于输出该 PPDU。

示例性的，当该通信装置用于执行上述方法实施例中第二通信装置执行的步骤或方法或功能时，接口 902 用于输入 PPDU，该 PPDU 包含第一序列，该第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，该第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，该第一序列和该第二序列属于同一序列对；逻辑电路 901，用于对该 PPDU 进行处理。

可以理解，关于 PPDU、第一序列、第二序列等的具体说明可以参考上文所示的方法实施例，这里不再一一详述。

可以理解，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。

对于图 9 所示的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第一通信装置和第二通信装置，该第一通信装置和该第二通信装置可以用于执行前述实施例中的方法。

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第一通信装置执行的操作和/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第二通信装置执行的操作和/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第一通信装置执行的操作和/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第二通信装置执行的操作和/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第一通信装置执行的操作和/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第二通信装置执行的操作和/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

1.一种基于超宽带的物理层协议数据单元 PPDU 传输方法，其特征在于，包括：

通信装置生成物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 包含第一序列，所述第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，所述第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，所述第一序列和所述第二序列属于同一序列对；

所述通信装置发送所述 PPDU。

2.一种基于超宽带的物理层协议数据单元 PPDU 传输方法，其特征在于，包括：

通信装置接收物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 包含第一序列，所述第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，所述第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，所述第一序列和所述第二序列属于同一序列对；

所述通信装置对所述 PPDU 进行处理。

3.根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述第一序列和所述第二序列的长度均为 N ，所述第一序列和所述第二序列的周期互相关函数包括以下一种或多种值：

$$0; 2^{(n-f)/2}; -2^{(n-f)/2};$$

其中， $f=2 \times e - \gcd(n, 3k)$ ， $e=\gcd(n, k)$ 且 n 除以 e 的商是奇数， $\gcd(n, k)$ 表示 n 和 k 的最大公约数， $\gcd(n, 3k)$ 表示 n 和 $3k$ 的最大公约数， k 是正整数， n 满足 $2^n = N+1$ 。

4.根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一序列的长度为 511 位，为表 1 中的任一序列；

或者所述第一序列的长度为 127 位，为表 2 中的任一序列。

5.根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一序列基于 m 序列的 d_1 倍采样序列生成，所述第二序列基于所述 m 序列的 d_2 倍采样序列生成；其中 $d_1=(2^k+1)^{-1}$ 且 $d_2=2^{2k}-2^k+1$ ， d_1 满足 $d_1 \times d_1^{-1} = d_1 \times (2^k+1) = 1 \pmod{N}$ ；或者 $d_1=(2^k+1)$ 且 $d_2=(2^{2k}-2^k+1)^{-1}$ ， d_2 满足 $d_2 \times d_2^{-1} = d_2 \times (2^{2k}-2^k+1) = 1 \pmod{N}$ ； k 是正整数， N 为所述 m 序列的长度。

6.根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一序列携带于所述 PPDU 的以下一个或多个字段中：同步字段、唤醒字段、感知字段、或测距字段。

7.根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第二序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零。

8.根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述通信装置接收序列配置信息，所述序列配置信息中包括序列索引信息，所述序列索引信息对应所述第一序列。

9.根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述通信装置发送或接收序列配置信息，所述序列配置信息中包括序列索引信息，所述序列索引信息对应所述第一序列。

10.一种通信装置，其特征在于，包括：

处理单元，用于生成物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 包含第一序列，所述第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零，所述第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值，所述第一序列和所述第二序列属于同一序列对；

收发单元，用于发送所述 PPDU。

11. 根据权利要求 10 所述的装置, 其特征在于, 所述收发单元, 还用于:

接收序列配置信息, 所述序列配置信息中包括序列索引信息, 所述序列索引信息对应所述第一序列。

12. 一种通信装置, 其特征在于, 包括:

收发单元, 用于接收物理层协议数据单元 PPDU, 所述 PPDU 包含第一序列, 所述第一序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零, 所述第一序列和第二序列的周期互相关函数最多存在三种不同的值, 所述第一序列和所述第二序列属于同一序列对;

处理单元, 用于对所述 PPDU 进行处理。

13. 根据权利要求 12 所述的装置, 其特征在于, 所述收发单元, 还用于:

发送或接收序列配置信息, 所述序列配置信息中包括序列索引信息, 所述序列索引信息对应所述第一序列。

14. 根据权利要求 10 至 13 中任一项所述的装置, 其特征在于, 所述第一序列和所述第二序列的长度均为 N , 所述第一序列和所述第二序列的周期互相关函数包括以下一种或多种值:

0; $2^{(n-f)/2}$; $-2^{(n-f)/2}$;

其中, $f=2 \times e - \gcd(n, 3k)$, $e=\gcd(n, k)$ 且 n 除以 e 的商是奇数, $\gcd(n, k)$ 表示 n 和 k 的最大公约数, $\gcd(n, 3k)$ 表示 n 和 $3k$ 的最大公约数, k 是正整数, n 满足 $2^n=N+1$ 。

15. 根据权利要求 10 至 14 中任一项所述的装置, 其特征在于, 所述第一序列的长度为 511 位, 为表 1 中的任一序列;

或者所述第一序列的长度为 127 位, 为表 2 中的任一序列。

16. 根据权利要求 10 至 15 中任一项所述的装置, 其特征在于, 所述第一序列基于 m 序列的 d_1 倍采样序列生成, 所述第二序列基于所述 m 序列的 d_2 倍采样序列生成; 其中 $d_1=(2^k+1)^{-1}$ 且 $d_2=2^{2k}-2^k+1$, d_1 满足 $d_1 \times d_1^{-1}=d_1 \times (2^k+1)=1(\bmod N)$; 或者 $d_1=(2^k+1)$ 且 $d_2=(2^{2k}-2^k+1)^{-1}$, d_2 满足 $d_2 \times d_2^{-1}=d_2 \times (2^{2k}-2^k+1)=1(\bmod N)$; k 是正整数, N 为所述 m 序列的长度。

17. 根据权利要求 10 至 16 中任一项所述的装置, 其特征在于, 所述第一序列携带于所述 PPDU 的以下一个或多个字段中: 同步字段、唤醒字段、感知字段、或测距字段。

18. 根据权利要求 10 至 17 中任一项所述的装置, 其特征在于, 所述第二序列的周期自相关主瓣幅度不为零且周期自相关旁瓣幅度为零。

19. 一种通信装置, 其特征在于, 包括处理器和存储器;

所述存储器用于存储指令;

所述处理器用于执行所述指令, 以使权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法被执行。

20. 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 至 9 中任一项所述的方法被执行。

21. 一种无线通信系统, 其特征在于, 包括: 如权利要求 10 或 11 所述的通信装置, 和如权利要求 12 或 13 所述的通信装置。

22. 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 至 9 中任一项所述的方法被执行。