

基于超宽带的信号传输方法及装置

本申请要求在 2022 年 12 月 07 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202211567222.2 的中国专利申请的优先权，发明名称为“基于超宽带的信号传输方法及装置”的中国专利申请的优先权，和在 2022 年 12 月 15 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202211620738.9 的中国专利申请的优先权，发明名称为“基于超宽带的信号传输方法及装置”的中国专利申请的优先权，和在 2023 年 01 月 17 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202310095577.4 的中国专利申请的优先权，发明名称为“基于超宽带的信号传输方法及装置”的中国专利申请的优先权，以及在 2023 年 02 月 01 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202310101526.8 的中国专利申请的优先权，发明名称为“基于超宽带的信号传输方法及装置”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

本申请涉及无线通信技术领域，尤其涉及一种基于超宽带（ultra-wide band，UWB）的信号传输方法及装置。

背景技术

随着超宽带（ultra-wide band，UWB）技术进入民用领域，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）已经将 UWB 技术纳入其 IEEE 802 系列无线标准，已经发布了基于 UWB 技术的高速无线个人局域网（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 无线个人局域网（WPAN）标准 802.15.4ab 也正在讨论中。现有 WPAN 标准中的物理层协议数据单元（physical layer protocol data unit，PPDU）至少包含物理层报头（physical layer header，PHR）字段和物理层（physical layer，PHY）有效载荷（PHY payload）字段。

目前，PHR 字段采用卷积编码，其编码性能有待进一步的提高。

发明内容

本申请实施例提供一种基于超宽带的信号传输方法及装置，可以提高 PHR 字段的编码性能，进一步的还可以降低 PHR 字段的传输时长。

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超宽带的信号传输方法，该方法包括：通信装置生成物理层协议数据单元（physical layer protocol data unit，PPDU），该 PPDU 包括物理层报头（physical layer header，PHR）字段和物理层（physical layer，PHY）有效载荷（PHY payload）字段，该 PHR 字段包括第一 PHR 信息，用于指示 PHY payload 字段的数据速率；通信装置发送基于该 PPDU 生成的信号，该信号包括根据第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，该码字包括第一码字集合中与第一 PHR 信息对应的码字。其中，该码字的具体内容可以参见下文的方法实施例，这里篇幅限制，不一一列举。

本申请通过设计一个新的码字集合（也就是码本），用这个码字集合中的码字来对第一 PHR 信息进行映射编码，相比于采用卷积编码的方式，可以提高 PHR 字段（主要是第一 PHR 信息）的编码性能。

第二方面，本申请提供一种基于超宽带的信号传输方法，该方法包括：通信装置接收信号，该信号基于 PPDU 生成，该 PPDU 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段，该 PHR 字段包括第一 PHR 信息，该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字；并对该信号进行解调和解码，获得该第一 PHR 信息，该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率。其中，该码字的具体内容可以参见下文的方法实施例，这里篇幅限制，不一一列举。

上述任一方面的一种可能的实现方式中，上述第一 PHR 信息为 3 比特，可以用于指示 PHY payload 字段的数据速率是以下任一种：1.95 Mbps（兆比特每秒），7.8 Mbps，31.2 Mbps，62.4 Mbps，或 124.8 Mbps。

上述任一方面的一种可能的实现方式中，第一 PHR 信息还包括：用于指示 PHY payload 字段是否使用

第一编码方式进行编码的信息。示例性的，第一 PHR 信息为 4 比特，其中 3 比特用于指示 PHY payload 字段的数据速率，另外 1 比特用于指示 PHY payload 字段是否使用第一编码方式进行编码。

可选的，第一编码方式是以下任一种：低密度奇偶校验码（low density parity code, LDPC）、卷积码、polar 码、turbo 码等等，本申请不做限制。下文便于描述，以第一编码方式为 LDPC 为例进行说明。

本申请用第一码字集中码字来对第一 PHR 信息（4 比特）进行映射编码，相比于卷积编码的方式，既能满足解调性能的要求，又能降低第一 PHR 信息的传输时长，实现第一 PHR 信息的解调性能和传输时长的良好折中。

上述任一方面的一种可能的实现方式中，上述第一码字集中码字的个数 M 小于或等于 $2K$ ，其中， K 是第一 PHR 信息的比特长度。示例性的，当 K 等于 3 时，第一码字集中码字的个数 M 小于或等于 8；当 K 等于 4 时，第一码字集中码字的个数 M 小于或等于 16；当 K 等于 2 时，第一码字集中码字的个数 M 小于或等于 4。

在一些场景中，上述第一码字集中任意两个码字之间的汉明距离大于或等于这个第一码字集合的理论最小汉明距离的上限值。

可选的，如果第一码字集中包括 M 个码字，每个码字的长度为 L 。示例性的，这 M 个码字中任意两个码字之间的汉明距离 d 满足：

$$d \geq \left\lfloor \frac{ML}{2(M-1)} \right\rfloor, \text{ 或者, } d \geq \left\lfloor \frac{ML}{2(M-1)} \right\rfloor - 1。$$

本申请通过增大码字间的汉明距离，来提高编码性能。

上述任一方面的一种可能的实现方式中，当第一 PHR 信息为 4 比特时，第一码字集中码字的长度满足 $L=4n+2$ ；其中， L 表示码字的长度， n 为正整数。不同码字长度下，第一码字集中码字的具体内容参见下文实施例一的描述，这里不一一详述。

上述任一方面的一种可能的实现方式中，当第一 PHR 信息为 3 比特时，第一码字集中码字的长度为偶数个比特，且满足 $L=7n+m$ ；其中， L 表示码字的长度， n 为正整数， m 为大于或等于 0 且小于 7 的整数。不同码字长度下，第一码字集中码字的具体内容参见下文实施例二的描述，这里不一一详述。

上述任一方面的一种可能的实现方式中，上述码字的长度大于或等于 $2K$ 个比特， K 是第一 PHR 信息的比特长度。示例性的，码字的长度为以下任一种：20，22，24，26，28，30，32，34，36，38，或 40 个比特。

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，用于发送信号。

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，用于接收信号。

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 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段，该 PHR 字段包括第一 PHR 信息，该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率；该接口，用于输出信号，该信号基于该 PPDU 生成，该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字。

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。接口，用于输入信号，该信号基于 PPDU 生成，该 PPDU 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段，该 PHR 字段包括第一 PHR 信息，该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字；逻辑电路，用于对该信号解码，获得该第一 PHR 信息，该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率。

在第七方面或第八方面中，关于 PPDU、第一 PHR 信息、第一码字集合等的具体说明可以参考前述第一方面或第二方面的描述，这里不再一一详述。

第九方面，本申请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第一通信装置和/或第二通信装置，所述第一通信装置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，所述第二通信装置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。

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 UWB PPDU 格式的一种示意图；
- 图 4 是本申请实施例提供的 UWB PPDU 格式的另一示意图；
- 图 5 是本申请实施例提供的基于超宽带的信号传输方法的一流程示意图；
- 图 6 是本申请实施例提供的不同码长下理论最小汉明距离的上限值示意图；
- 图 7 是本申请实施例提供的采用不同编码方式时 PHR1 的误包率仿真结果示意图；
- 图 8 是本申请实施例提供的基于超宽带的信号传输方法的另一流程示意图；
- 图 9 是本申请实施例提供的不同码长下理论最小汉明距离的上限值的另一示意图；
- 图 10 是本申请实施例提供的不同码长下最小汉明距离的示意图；
- 图 11 是本申请实施例提供的通信装置的一结构示意图；
- 图 12 是本申请实施例提供的通信装置的另一结构示意图；
- 图 13 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，除非另有说明，“/”表示“或”的意思，例如，A/B 可以表示 A 或 B。本文中的“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。此外，“以下一项（个）或多项（个）”或其类似表达，是指的这些项中的任意组合，包括单项（个）或复数项（个）的任意组合。例如，a，b，或 c 中的至少一项（个），可以表示：a，b，c；a 和 b；a 和 c；b 和 c；或 a 和 b 和 c。其中 a，b，c 可以是单个，也可以是多个。

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。

可以理解，在本申请各实施例中，“与 A 映射的 B”或“A 映射为 B”表示 A 与 B 存在对应关系，根据 A 可以确定 B。但还应理解，根据 A 确定（或生成）B 并不意味着仅仅根据 A 确定（或生成）B，还可以根据 A 和/或其它信息确定（或生成）B。

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或功能单元可以被称为 UWB 模块，实现窄带通信系统功能的装置或芯片或功能单元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。可理解，以上关于通信装置的说明适用于本申请中的第一通信装置和第二通信装置。

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 PPDU 传输方法的装置，均属于本申请的保护范围。

由于 UWB 的频谱能量很低，对其他无线通信技术的干扰很小；所以根据法规，UWB 可以不用进行信道监听就发送信号，因此对于低延迟的数据传输十分友好。同时由于 UWB 的通信带宽较大，所以可以在超宽带信道上传输较高速率的数据。另一方面，为了提高传输距离或者扩大设备的覆盖范围，也可以选择以较低的速率传输数据。

一种可能的 UWB PPDU 格式（format）如图 3 所示，图 3 是本申请实施例提供的 UWB PPDU 格式的一种示意图。如图 3 所示，该 UWB PPDU 至少包含物理层报头（physical layer header, PHR）字段，可选的还包括以下一个或多个字段：同步（synchronization, SYNC）字段、帧开始分隔符（start-of-frame delimiter, SFD）字段、或物理层（physical layer, PHY）有效载荷（PHY payload）字段。其中，同步（SYNC）字段用于信道测量和信号同步，SFD 字段用于分隔 SYNC 字段和后续的部分。PHR 字段用于指示解调 PHY payload 字段所必须的一些参数，比如 PHY payload 字段的长度、数据速率（data rate）、编码方式等。PHY payload 字段用于承载数据。可以理解，图 3 中各个字段的名称仅是示例，随着标准的演进，UWB PPDU 中各个字段的名称可能会有所不同，但能实现上述功能的字段都属于本申请的保护范围内。

因此，为了能够正确解调出 PHY payload 字段中的数据，必须保证 PHR 字段的正确解调。一般情况下，数据速率越低，其传输的数据越可靠，即越容易解调正确，所以 PHR 字段通常采用较低的数据速率传输。而 PHY payload 字段则可以采用较高的数据速率传输，从而提高传输性能。换句话说，为了保证解调性能，PHR 字段的数据速率通常小于 PHY payload 字段的数据速率。目前，为了保证 PHR 字段能够正确解调且其可靠性要高于 PHY payload 字段，PHR 字段需要采用较低的数据速率传输，这将导致传输时间（或者说占用空口的时间）较长，增加时延，且会对其他无线设备或者其他无线通信技术产生干扰。此外，如果 PHR 字段的数据速率过高，则会使 PHR 成为整个 PPDU 解调的性能瓶颈。

一种可能的实现方式中,为了减少 PHR 字段的传输时间,考虑将 PHR 字段分成两部分,一部分采用固定的比较低的数据速率进行传输,另一部分采用动态的数据速率进行传输。参见图 4,图 4 是本申请实施例提供的 UWB PPDU 格式的另一种示意图。如图 4 所示,PHR 字段可以分成两部分,记为 PHR1 和 PHR2。其中,PHR1 又被称为速率头(rate header),共有 4 比特,其中 3 比特用于指示 PHY payload 字段的数据速率,另外 1 比特用于指示 PHY payload 字段是否使用低密度奇偶校验码(low density parity code, LDPC)进行编码。目前,PHY payload 字段支持的数据速率包括:1.95 Mbps(兆比特每秒),7.8 Mbps,31.2 Mbps,62.4 Mbps 以及 124.8 Mbps。PHR2 主要用于指示 PHY payload 字段的长度,可选的,PHR2 还可以包括:用于指示 PPDU 是否用于做感知测量的比特,预留比特,循环冗余检验(cyclic redundancy check, CRC)比特。PHR1 可以采用固定比较低的数据速率进行传输,而 PHR2 则可以采用动态的数据速率进行传输,其中 PHR2 的数据速率可以根据 PHY payload 字段的数据速率以及 PHY payload 字段所采用的信道编码共同决定。

此外,PHR1 可以采用码率为 0.5 的卷积码进行编码,如多项式为 $(133,171)_8$ 的卷积码。PHR1 的一种可能编码方式如下:在 PHR1 的 4 比特后加入 6 个 0 作为尾比特,然后采用码率为 0.5 的卷积码编码后变成 20 个比特;再以 2 比特作为一个符号,共有 10 个符号。根据不同的符号传输速率有以下几种方案:(1)以 3.9Mbps 的速率传输 PHR1,共需要约 2.5 μ s(微秒);(2)以 1.95Mbps 的速率传输 PHR1,共需要约 5 μ s;(3)以 0.975Mbps 的速率传输 PHR1,共需要约 10 μ s。对于方案(1),由于 PHR1 的符号速率较高(3.9Mbps),当 PHY payload 字段的数据速率为 1.95 Mbps 时,无法保证解调性能,从而出现性能瓶颈。对于方案(2),PHR1 的符号速率为 1.95Mbps,由于 LDPC 编码的性能优于卷积码编码,所以当 PHY payload 字段的数据速率为 1.95 Mbps 且使用 LDPC 进行编码的情况下,仍然无法保证解调性能,会出现性能瓶颈。对于方案(3),PHR1 的符号速率非常低(0.975Mbps),增加了 PHR1 的传输时长。

鉴于此,本申请实施例提供一种基于超宽带的信号传输方法及装置,通过设计一种新的码本(如第一码字集合)来对第一 IPHR 信息进行映射(mapping)编码,可以提高 PHR 字段(主要是第一 IPHR 信息)的编码性能,进一步的还可以降低 PHR 字段(主要是第一 IPHR 信息)的传输时长。示例性的,本申请所称的“码字集合”,是指一个或多个码字。

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。

为便于清楚描述本申请的技术方案,本申请通过多个实施例进行阐述,具体参见下文。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可以支持 802.15.4ab 制式或者 802.15.4ab 的下一代制式,也可以支持 802.15.4a、802.15.4-2011、802.15.4-2015、802.15.4-2020 及 802.15.4z 等多种制式,还可以支持 802.11ax、802.11ac、802.11n、802.11g、802.11b、802.11a、802.11be 下一代等 802.11 家族的 WLAN 制式。

参见图 5,图 5 是本申请实施例提供的基于超宽带的信号传输方法的一流程示意图。如图 5 所示,该基于超宽带的信号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 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段,该 PHR 字段包括第一 PHR 信息,该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否使用第一编码方式进行编码。

S102,第一通信装置发送信号,该信号基于该 PPDU 生成,该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号,该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字。

相应的,第二通信装置接收该信号。

S103,第二通信装置对该信号解码,获得该第一 PHR 信息。

可选的,上述 PPDU 可以是应用于 UWB WPAN 标准中的 PPDU,比如 802.15.4ab 协议中的 PPDU。

可选的,上述 PPDU 可以包括但不限于:PHR 字段和 PHY payload 字段。该 PHR 字段可以包括第一 PHR 信息和第二 PHR 信息。该第一 PHR 信息可以用于指示 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否使用第一编码方式进行编码。该第二 PHR 信息可以用于指示 PHY payload 字段的长度,可选的还

用于指示以下一项或多项：该 PPDU 是否用于进行感知测量，或循环冗余检验（cyclic redundancy check, CRC）码。

示例性的，第一编码方式可以是以下任一种：LDPC、卷积码、极化(Polar)码、涡轮(Turbo)码等等，本申请实施例不做限制。下文便于描述，以第一编码方式为 LDPC 为例进行说明；当然随着标准的发展，下文的 LDPC 也可以换成未来标准中规定的任一种编码方式（如卷积码、polar 码、turbo 码等）。

示例性的，该 PPDU 的帧格式可以如前述图 4 所示，前述图 4 中的 PHR1 对应为本申请实施例的第一 PHR 信息，前述图 4 中的 PHR2 对应为本申请实施例中的第二 PHR 信息。那么，第一 PHR 信息（PHR1）共有 4 个比特，其中 3 比特用于指示 PHY payload 字段的数据速率，另外 1 比特用于指示 PHY payload 字段是否使用 LDPC 进行编码。示例性的，第二 PHR 信息（PHR2）共有 23 个比特，其中 12 比特用于指示 PHY payload 字段的长度，1 比特用于指示 PPDU 是否用于做感知测量，2 比特预留，8 比特用于指示 CRC 码。

可选的，第一通信装置可以对生成的 PPDU 进行编码，然后将编码得到的码字调制成为 UWB 脉冲（即信号）发送。相应的，第二通信装置接收到信号（即 UWB 脉冲）后，对该信号进行解调获得 PPDU 编码后的码字，再根据第一码字集合对第一 PHR 信息（PHR1）经过编码后的码字进行解码，获得第一 PHR 信息（PHR1）。其中，该第一码字集合可以是预定义，预协商，或预配置的等。这里的编码可以包括卷积码、LDPC、特定码本，重复码等等。可以理解，PPDU 中不同字段可以采用不同的编码方式进行编码。例如，PPDU 中的 PHY payload 字段采用 LDPC 或卷积码进行编码，SFD 字段采用码本的方式进行映射编码。再例如，PPDU 中第一 PHR 信息（PHR1）采用码本的方式进行映射编码，第二 PHR 信息（PHR2）采用卷积码进行编码，等等。

因此，上述信号可以基于 PPDU 生成。那么，该信号中至少包括根据上述第一 PHR 信息（PHR1）经过编码得到的码字生成的信号，该码字可以包括第一码字集合中与第一 PHR 信息映射的码字。该第一码字集合至少包括 M 个码字，每个码字的长度为 L。示例性的，这 M 个码字中任意两个码字之间的汉明距离 d 满足下述公式（1-1）或者下述公式（1-2）。

$$d \geq \left\lfloor \frac{ML}{2(M-1)} \right\rfloor - 1 \dots\dots\dots (1-1)$$

$$d \geq \left\lfloor \frac{ML}{2(M-1)} \right\rfloor \dots\dots\dots (1-2)$$

其中，符号 $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示向下取整，下文相同符号表示相同含义，不再赘述。

可选的，上述第一码字集合可以是码本中的全部或部分码字，码本中的码字个数为 2^K ，K 是第一 PHR 信息（PHR1）的比特长度。M 小于或等于 2^K 。该码本可以是预定义，预协商，或预配置的等。本申请中的预定义可以理解为定义、预先定义、预设、存储、预存储、预协商、预配置、固化、或预烧制等。

本文中，“码字的长度”也可以简称为“码长”、“码字长度”等，三者可替换使用，下文不再赘述。

可以理解，汉明距离（Hamming distance）是用于在数据传输差错控制编码中的，它表示两个（相同长度）字符串对应位置的不同字符的数量。以 $d(x,y)$ 表示两个字符串 x 和 y 之间的汉明距离，对这两个字符串进行异或运算，并统计结果为 1 的个数，那么这个统计出的结果为 1 的个数就是汉明距离。

还可以理解，大小为 N 个码字且码长为 L 的码本，它的理论最小汉明距离满足下述公式（1-3）。

$$d_{\min} \leq \left\lfloor \frac{NL}{2(N-1)} \right\rfloor \dots\dots\dots (1-3)$$

可选的，上述第一码字集合中码字的长度 L 可以是偶数个比特，且还可以大于或等于 2^K 个比特，K 是第一 PHR 信息（PHR1）的比特长度。示例性的，码字的长度 L 为 22 个比特，26 个比特，30 个比特，或 36 个比特。

可选的，上述第一码字集合中的码字可以基于 $(L+2)$ 阶的哈达玛 Hadamard 矩阵生成。该第一码字集合的生成方式以及码字的具体内容可以参见下文的描述，这里不展开说明。

可以理解，哈达玛矩阵（英语：Hadamard matrix）是一个方阵，由元素+1 和元素-1 构成；并且哈达玛矩阵的每行都是相互正交的，每一列也是相互正交的。k 阶（指 $k \times k$ ）的哈达玛矩阵 H 满足 $HH^T = kI_k$ ，这里 I_k 表示 $k \times k$ 的单位矩阵， H^T 表示 H 的转置。由于哈达玛矩阵的所有行之间相互正交，故不同行之间的汉明距离为 $(k/2)$ 。规范化的哈达玛矩阵是指第一行元素和第一列元素全为 1 的哈达玛矩阵。当 Hadamard 矩阵的行数 $k > 2$ 时，k 是 4 的整数倍。

本申请实施例通过设计一个新的码本，用这个码本中的第一码字集合来对第一 PHR 信息（PHR1）进

行映射编码,既能满足解调性能的要求,又能降低 PHR 字段(主要是 PHR1)的传输时长,实现 PHR 字段(主要是 PHR1)的解调性能和传输时长的良好折中。此外,本申请实施例还通过增大第一码字集合中码字之间的汉明距离,来提高 PHR 字段(主要是 PHR1)的编码性能。

下面详细介绍本申请实施例中码本的设计思想,以及举例说明本申请实施例提供的码本及码本的生成方式。

本申请实施例考虑到 PHY payload 字段目前支持的数据速率共有 5 种,再结合 PHY payload 字段是否使用 LDPC 进行编码,那么第一 PHR 信息(PHR1)至少需要 10 种取值来指示 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否使用 LDPC 进行编码;相应的,也就至少需要 10 种码字来对第一 PHR 信息(PHR1)进行映射编码。

可以理解,编码的性能与码字之间的最小汉明距离相关,码字之间的最小汉明距离越大,不同码字之间的差异越大,从而编码性能越好,越容易解码正确。

对于第一 PHR 信息(PHR1)为 4 比特的情况,若考虑 4 比特的所有取值与码字的映射,则总共有 16 种码字,在码长为 L 时,这 16 种码字之间的理论最小汉明距离的上限值(bound)是:

$$\left\lfloor \frac{16 * L}{2(16-1)} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{8 * L}{15} \right\rfloor。$$

而如果只考虑 10 种码字,则在码长为 L 时,这 10 种码字之间的理论最小汉明距离的上限值是:

$$\left\lfloor \frac{10 * L}{2(10-1)} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{5 * L}{9} \right\rfloor。$$

本文中符号“*”表示“乘以”或“乘”运算。下文相同符号表示相同含义,下文不再赘述。

参见图 6,图 6 是本申请实施例提供的不同码长下理论最小汉明距离的上限值示意图。如图 6 所示,横坐标表示码长(code length),纵坐标表示理论最小汉明距离的上限值(minimum hamming distance bound)。可以理解,考虑到示意的精度,图 6 只示意了部分码长的理论最小汉明距离的上限值,即横坐标表示的码长范围是 20 个比特到 32 个比特。图 6 中,equal(同等)表示均等编码,unequal(不相等)表示不均等编码。其中,均等编码是指考虑 16 种码字的情况,不均等编码是指只考虑 10 种码字的情况。

由图 6 可知,在码长 L 为 20,22,24,26 以及 28 等值时,只考虑 10 种码字(不均等编码)相比于考虑 16 种码字(均等编码)在理论最小汉明距离上有一定优势。

下面举例说明如何设计码本,使得这个码本中存在 10 种码字,且这 10 种码字之间的汉明距离达到最大值。

举例来说,一种可能的码本生成方式如下:

令 K 表示第一 PHR 信息(即 PHR1)的比特长度,L 表示码字的长度, $L \geq 2^K$,第一码字集合中包括的码字个数为 M, $M \leq 2^K$ 。

当 $L=4n+2$ (n 为正整数)时, $L+2$ (即 $4n+4$)为 4 的整数倍,此时存在一个 $(L+2)*(L+2)$ 的规范化的 Hadamard 矩阵 $H_{(L+2)}$,可以通过以下步骤生成一个码本。

第一步:选取一个 $(L+2)*(L+2)$ 的规范化的 Hadamard 矩阵 $H_{(L+2)}$,根据 Hadamard 矩阵的特性可知, $H_{(L+2)}$ 中任意两行之间的汉明距离为 $(L+2)/2=(4(n+1))/2=2n+2$;然后移除 $H_{(L+2)}$ 的第一列元素,可以得到一个 $(L+2)*(L+1)$ 的矩阵 $H_{((L+2)*(L+1))}$ 。由于 $H_{(L+2)}$ 的第一列元素(全为 1)均相同,故矩阵 $H_{((L+2)*(L+1))}$ 中任意两行之间的汉明距离依然是 $2n+2$ 。

第二步:从矩阵 $H_{((L+2)*(L+1))}$ 中任选一行移除,同时按照所移除列中元素的正负将移除该行后矩阵的行分为两组,得到矩阵 G_+ 和矩阵 G_- 。其中,矩阵 G_+ 包含 $(2n+2)$ 个长度为 L 的行(即 G_+ 的大小是 $(2n+2)$ 行 L 列),并且矩阵 G_+ 中任意两行元素之间的汉明距离依然是 $2n+2$ 。矩阵 G_- 包含 $(2n+2)$ 个长度为 L 的行(即 G_- 的大小是 $(2n+2)$ 行 L 列),并且矩阵 G_- 中任意两行元素之间的汉明距离依然是 $2n+2$ 。此外,矩阵 G_+ 中任意一行元素与矩阵 G_- 中任意一行元素的汉明距离为 $2n+1$ 。

第三步:从矩阵 G_+ 和矩阵 G_- 中任意一个选取 M 行元素,从另一个矩阵中选取 (2^K-M) 行元素,合并后形成一个码本矩阵 C。码本矩阵 C 包含 2^K 个长度为 L 的码字,其中 M 个合法码字之间的最小汉明距离为 $2n+2$,所有码字之间的最小汉明距离是 $2n+1$ 。可以理解,从矩阵 G_+ 或矩阵 G_- 中选取的 M 行元素即为 M 个合法码字,这 M 个合法码字可以组合第一码字集合,或者这 M 个合法码字是第一码字集合中的部分码字。

利用上述步骤生成的码本满足:码本中码字之间的最小汉明距离等于这个码本的理论最小汉明距离的上限值,即 $2n+1$;这个码本中第一码字集合的任意两个码字之间的汉明距离等于这个第一码字集合的理论

最小汉明距离的上限值, 即 $2n+2$ 。从而可以提高第一 PHR 信息 (PHR1) 的编码性能。

可以理解, 上述步骤 (第一步到第三步) 中, 使用不同的 Hadamard 矩阵, 可以构造不同的码本, 但其最小汉明距离不变。还可以理解, 对上述第三步得到的码本矩阵 C 进行列重新排列、行重新排列、或整列元素取反 (元素取反是指元素 -1 变为元素 1, 元素 1 变为元素 -1) 等操作后可以得到另一码本矩阵, 该另一码本矩阵与上述第三步得到的码本矩阵 C 具有相同的汉明距离分布。

例如, K 等于 4, 当 $L=22$ 时, 构造如下 $24*24$ 的 Hadamard 矩阵 H_{24} 。

$$H_{24} = \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 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 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}$$

去除 H_{24} 的第一列后, 得到 H_{24*23} 的矩阵。假设选定 H_{24*23} 的第一列, 并将 H_{24*23} 的第一列去除的同时, 将所有行按照 H_{24*23} 的第一列元素的正负分为如下两组:

$$G_+^{22} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

那么, G_+^{22} 中任意两行元素之间的汉明距离是 12, G_-^{22} 中任意两行元素之间的汉明距离也是 12, G_+^{22} 中任意一行元素与 G_-^{22} 中任意一行元素之间的汉明距离是 11。然后从 G_-^{22} 中选取 12 行元素 (即 M 等于 12), G_+^{22} 中选取 4 行元素, 并将元素 1 映射为 0, 元素 -1 映射为 1, 得到下述表 1 所示的码字。其中, G_+^{22} 的大小为 12 行 22 列, G_-^{22} 的大小也是 12 行 22 列。

可以理解, 本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。还可以理解, 下述表 1 中,

前 10 个码字中任两个码字之间的汉明距离为 12，根据前述图 6 所示，达到了不均等编码情况下码长 L 等于 22 时的理论上界。此外，对于下述表 1 示出的所有码字而言，最小汉明距离可以达到 11，也已经达到了均等编码情况下码长 L 等于 22 时的理论上界。

表 1: 码长 (L) 为 22 的码本举例 1

第一 PHR 信息 (PHR1)		
Data rate 数据速率 (3 比特)	LDPC Indication LDPC 指示 (1 比特)	code word 码字
000	0	0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1
000	1	1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
001	0	0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
001	1	1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1
010	0	1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
010	1	0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0
011	0	0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0
011	1	1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1
100	0	0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0
100	1	1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0
101	0	1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1
101	1	0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1
110	0	1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1
110	1	0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1
111	0	0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0

那么， G_+^{26} 中任意两行元素之间的汉明距离是 14， G_-^{26} 中任意两行元素之间的汉明距离也是 14， G_+^{26} 中任意一行元素与 G_-^{26} 中任意一元素之间的汉明距离是 13。然后从 G^{26} 中选取 14 行元素（即 M 等于 14）， G_+^{26} 中选取 2 行元素（任意 2 行，下述表 2 以 G_+^{26} 的最后 2 行为例），并将元素 1 映射为 0，元素-1 映射为 1，得到下述表 2 所示的码字。其中， G_+^{26} 的大小为 14 行 26 列， G_-^{26} 的大小也是 14 行 26 列。

可以理解，本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和-1 与 1 和 0 的映射关系。还可以理解，下述表 2 中，前 10 个码字中任两个码字之间的汉明距离为 14，根据前述图 6 所示，达到了不均等编码情况下码长 L 等于 26 时的理论上界。此外，对于下述表 2 示出的所有码字而言，最小汉明距离可以达到 13，也已经达到了均等编码情况下码长 L 等于 26 时的理论上界。

表 2：码长（L）为 26 的码本举例 1

第一 PHR 信息（PHR1）		
Data rate 数据速率 (3 比特)	LDPC Indication LDPC 指示 (1 比特)	code word 码字
000	0	0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0
000	1	0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1
001	0	1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0
001	1	0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0
010	0	0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1
010	1	1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1
011	0	1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1
011	1	1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1
100	0	1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0
100	1	0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0
101	0	0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1
101	1	1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0
110	0	0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1

100	1	1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1
101	0	0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1
101	1	1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0
110	0	0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1
110	1	1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0
111	0	0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0
111	1	1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1

此外, 当 $L \geq 2^{(K+1)} - 2$ 时, 可以将码长拆分为两个部分 $L = L_1 + L_2$, 利用上述码本生成方式分别设计码长为 L_1 和码长为 L_2 的码本矩阵, 然后将这两个码本矩阵拼接, 从而形成长度为 L 的码本。

例如, $L=18+18$ 时, $20*20$ 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{20} 如下。

[illegible]

去除 H_{20} 的第一列后, 得到 $H_{20 \times 19}$ 的矩阵。从矩阵 $H_{20 \times 19}$ 中任选一列(示例性的, 此处为第一列)移除, 同时按照所移除列中元素的正负将移除该列后矩阵的行分为如下两组:

$$G_4^{\text{IS}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$G_{-}^{18} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

从 G_{-}^{18} 中选 10 行元素，从 G_{+}^{18} 中选后六行元素，组成码长 L 为 18 的码本矩阵 $C_{16 \times 18}$ 。

$$C_{16 \times 18} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

再将两个 $C_{16 \times 18}$ 进行拼接，形成码长 L 为 36 的码本矩阵 $C_{16 \times 36}$ 。

$$C_{16 \times 36} = [C_{16 \times 18}, C_{16 \times 18}^p]$$

其中， $C_{16 \times 18}^p$ 表示对 $C_{16 \times 18}$ 的行进行重新排列后的矩阵。由于行排列不影响 $C_{16 \times 18}$ 的汉明距离，所以 $C_{16 \times 18}$ 中后 10 行元素的任意两行元素之间的汉明距离都为 10，前 6 行元素的任意两行元素之间的汉明距离也为 10，但前 6 行元素中任意一行元素与后 10 行元素中任意一行元素之间的汉明距离是 9。

当 $C_{16 \times 18}^p$ 与 $C_{16 \times 18}$ 相同时，将元素 1 映射为 0，元素 -1 映射为 1，可以得到下述表 4 所示的码字。可以理解，本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。还可以理解，下述表 4 中，后 10 个码字中任两个码字之间的汉明距离为 20，达到了不均等编码情况下码长 L 等于 36 时的理论上限。此外，对于下述表 4 示出的所有码字而言，最小汉明距离为 18。

表 4：码长 (L) 为 36 的码本举例 1

第一 PHR 信息 (PHR1)		
Data rate 数据速率 (3 比特)	LDPC Indication LDPC 指示 (1 比特)	code word 码字
000	0	1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1
000	1	0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1
001	0	0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0
001	1	0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1

		0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0
010	0	1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0
010	1	1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1
011	0	1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0
011	1	0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1
100	0	1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0
100	1	1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 1
101	0	1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 1 1
101	1	0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1
110	0	0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0
110	1	0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0
111	0	1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0
111	1	0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1

再例如, $L=18+14$ 时, 20×20 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{20} 如下。

$$H_{16} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

去除 H_{16} 的第一列后, 得到 $H_{16 \times 15}$ 的矩阵。从矩阵 $H_{16 \times 15}$ 中任选一列(示例性的, 此处为第一列)移除, 同时按照所移除列中元素的正负将移除该列后矩阵的行分为如下两组:

$$G_+^{14} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

从 G_+^{14} 中选 8 行元素, 在加上从 G_-^{14} 中选 8 行元素, 组成码长 L 为 14 的码本矩阵 $C_{16 \times 14}$ 。

$$C_{16 \times 14} = \begin{bmatrix} G_+^{14} \\ G_-^{14} \end{bmatrix}$$

再将 $C_{16 \times 18}$ 和 $C_{16 \times 14}$ 进行拼接, 形成码长 L 为 32 的码本矩阵 $C_{16 \times 32}$ 。

$$C_{16 \times 32} = [C_{16 \times 18}, C_{16 \times 14}^p]$$

其中, $C_{16 \times 14}^p$ 是对 $C_{16 \times 14}$ 的行进行重新排列后的矩阵, 行排列不影响 $C_{16 \times 14}$ 的汉明距离分布, 此处 $C_{16 \times 14}^p = C_{16 \times 14}$, 所以 $C_{16 \times 32}$ 中前 8 行元素的任意两行元素之间的汉明距离都为 18, 前 10 行元素的任意两行元素之间的汉明距离为 18 或 17, 所有 16 行元素中任意两行元素之间的汉明距离至少是 16。

当 $C_{16 \times 14}^p$ 与 $C_{16 \times 14}$ 相同时, 将元素 1 映射为 0, 元素 -1 映射为 1, 可以得到下述表 5a 所示的码字。可以理解, 本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。

表 5a: 码长 (L) 为 32 的码本举例 1

第一 PHR 信息 (PHR1) 的取值组合	code word 码字
组合 1	1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1
组合 3	1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1

	0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
组合 4	1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0
组合 5	1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
组合 6	0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0
组合 7	0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
组合 8	0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1
组合 9	1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
组合 10	0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0
组合 11	1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0
组合 12	0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1
组合 13	0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0
组合 14	0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1
组合 15	1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1
组合 16	1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0

又例如, L=22+10 时, 24*24 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{24} 如下。

$$H_{12} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

去除 H_{12} 的第一列后, 得到 $H_{12 \times 11}$ 的矩阵。从矩阵 $H_{12 \times 11}$ 中任选一列(示例性的, 此处为第一列)移除, 同时按照所移除列中元素的正负将移除该列后矩阵的行分为如下两组:

$$G_+^{10} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

那么, G_+^{10} 中任意两行元素之间的汉明距离是 6, G_-^{10} 中任意两行元素之间的汉明距离也是 6, G_+^{10} 中任意一行元素与 G_-^{10} 中任意一行元素之间的汉明距离是 5。再将 G_+^{10} 和 G_-^{10} 中的所有行合并在一起, 组成码长 L 为 10 的码本矩阵 $C_{12 \times 10}$ 。

$$C_{12 \times 10} = \begin{bmatrix} G_+^{10} \\ G_-^{10} \end{bmatrix}$$

将 G_+^{22} 或 G_-^{22} 与 $C_{12 \times 10}$ 拼接在一起, 形成码长 L 为 32 的码本矩阵 $C_{12 \times 32}$ 。

$$C_{12 \times 32} = [G_+^{22}, C_{12 \times 10}], \text{ 或者 } C_{12 \times 32} = [G_-^{22}, C_{12 \times 10}]$$

其中, $C_{12 \times 32}$ 中前 6 行元素的任意两行元素之间的汉明距离为 18, 后 6 行元素的任意两行元素之间的汉明距离也为 18, 前 6 行元素中的任意一行元素与后 6 行元素中的任意一行元素之间的汉明距离为 17。

以 G_-^{22} 与 $C_{12 \times 10}$ 拼接为例, 将 $C_{12 \times 32}$ 中的元素 1 映射为 0, 元素 -1 映射为 1, 可以得到下述表 5b 所示的码字。可以理解, 本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。

表 5b: 码长 (L) 为 32 的码本举例 2

第一 PHR 信息 (PHR1) 的取值组合	code word 码字
组合 1	0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1
组合 3	0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0
组合 4	1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0
组合 5	1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1

组合 6	0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1
组合 7	0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1
组合 8	1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
组合 9	0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
组合 10	1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1
组合 11	1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
组合 12	0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0

可以理解,上述表 1 到表 4 仅是示例,表 1 到表 4 中数据速率(date rate)和 LDPC 指示(LDPC Indication)与码字的映射关系不是固定的,只需要保证不同的数据速率和 LDPC 指示的组合,映射到不同的码字即可。也就是说,第一 PHR 信息 (PHR1) 的不同取值映射到不同的码字即可。

示例性的,上述第一码字集合可以包括以下一个或多个码字:上述表 1 中的一个或多个码字,上述表 2 中的一个或多个码字,上述表 3 中的一个或多个码字,或上述表 4 中码字中的一个或多个码字,或上述表 5a 中码字中的一个或多个码字,或上述表 5b 中的一个或多个码字。

为更好地说明利用本申请实施例设计的第一码字集合来对第一 PHR 信息 (即 PHR1) 进行映射编码的有益效果,下面通过不同编码方式下第一 PHR 信息 (即 PHR1) 的误包率仿真来示例性说明本申请实施例的性能。另外,还通过计算第一 PHR 信息 (即 PHR1) 的传输时间来示例说明本申请实施例在传输时长方面的优势。

举例来说,参见图 7,图 7 是本申请实施例提供的采用不同编码方式时 PHR1 的误包率仿真结果示意图。如图 7 所示,横坐标表示信噪比 (signal-to-noise ratio, SNR),单位为分贝 (decibel, dB);纵坐标表示第一 PHR 信息 (即 PHR1) 的误包率 (packet error rate, PER)。可以理解,考虑到示意的精度,图 7 只示意了部分仿真结果,即横坐标表示的 SNR 范围是-5dB 到 0,纵坐标表示的误包率范围大于 10^{-3} 。图 7 中,BCC 表示将 PHR1 的 4 比特进行卷积编码时的误包率,equal,L=22 表示 PHR1 采用上述表 1 中所有码字进行映射编码时的误包率,Uequal,L=22 表示 PHR1 采用上述表 1 的前 10 个码字 (即第一码字集合) 进行映射编码时的误包率,equal,L=26 表示 PHR1 采用上述表 2 中所有码字进行映射编码时的误包率,Uequal,L=26 表示 PHR1 采用上述表 2 的前 10 个码字 (即第一码字集合) 进行映射编码时的误包率。

由图 7 可知,随着码字长度的增加,PHR1 的误包率性能不断提升。

此外,采用不同码字长度的码本时 PHR1 的传输时长如下表 6 所示。

表 6

码字长度	PHR1 的传输时长 (us)
20	5
22	5.5
26	6.5

由上述表 6 可知,采用本申请实施例设计的码本来对第一 PHR 信息 (即 PHR1) 进行映射编码,相比于现有技术方案 3 (以 0.975Mbps 的速率传输 PHR1),传输时间更短。

因此,本申请实施例既可以满足解调性能的要求,又能降低 PHR 字段 (主要是 PHR1) 的传输时长,实现 PHR 字段 (主要是 PHR1) 的解调性能和传输时长的良好折中。

本申请还提供第一码字集合的另一实现方式。

由于 PHY payload 字段目前支持的数据速率共有 5 种，即使考虑 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的指示，最多也只需 10 种取值来指示，那么可以用至少 10 个(考虑后续标准推展)不同的码字序列来指示 UWB 系统的调制编码速率信息。对于较小的数据速率，其对应的码字序列与其他码字序列之间的汉明距离可以较大，对于较大的数据速率，其对应的码字序列与其他码字序列之间的汉明距离可以较小，从而使得码字序列性能与数据编码调制速率相匹配。

举例来说，另一种可能的码本生成方式如下：

当 $L=16$ 时， 12×12 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{12} 如下所示。

$$H_{12} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

去除 H_{12} 的第一列后，得到 $H_{12 \times 11}$ 的矩阵。

$$H_{12 \times 11} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

那么 $H_{12 \times 11}$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 6。再构造矩阵 $P_{12 \times 5}$ ，使得 $P_{12 \times 5}$ 的第一行元素都为 -1，其他元素都为 1，即：

$$P_{12 \times 5} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

那么， $P_{12 \times 5}$ 中第一行元素与其他行元素之间的汉明距离为 5，除第一行元素外，其他任意两行元素之间的汉明距离为 0。故可构造长度为 16 的码本矩阵 $C_{12 \times 16} = [P_{12 \times 5}, H_{12 \times 11}]$ 。 $C_{12 \times 16}$ 可以理解为一个矩阵的拼接，拼接之前可以对右边的矩阵 $H_{12 \times 11}$ 的行进行重新排列，重新排列之后再拼接得到的码本矩阵不影响原码本矩阵 $C_{12 \times 16}$ 的汉明距离分布。其中，码本矩阵 $C_{12 \times 16}$ 中第一行元素与其他任意一行元素之间的汉明距离为 11，其他任意两行元素之间的汉明距离为 6。

将码本矩阵 $C_{12 \times 16}$ 中的元素 1 映射为 0，元素 -1 映射为 1，可以得到下述表 7 所示的码字。

表 7：码长 (L) 为 16 的码本举例

调制编码速率组合 (指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY	code word 码字
--------------------------------------	--------------

payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的组合)	
组合 1	1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1
组合 3	0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
组合 4	0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1
组合 5	0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
组合 6	0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1
组合 7	0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
组合 8	0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0
组合 9	0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0
组合 10	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1
组合 11	0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0
组合 12	0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1

当 $L=18$ 时, 12×12 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{12} 如前文所示, 这里不赘述。去除 H_{12} 的第一列后, 得到 $H_{12 \times 11}$ 的矩阵, 如前文所示, 这里不赘述。其中, $H_{12 \times 11}$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 6。

再构造矩阵 $P_{12 \times 7}$, 使得 $P_{12 \times 7}$ 的第一行元素都为 -1, 其他元素都为 1, 即:

$$P_{12 \times 7} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

那么, $P_{12 \times 7}$ 中第一行元素与其他行元素之间的汉明距离为 7, 除第一行元素外, 其他任意两行元素之间的汉明距离为 0。故可构造长度为 18 的码本矩阵 $C_{12 \times 18} = [P_{12 \times 7}, H_{12 \times 11}]$ 。 $C_{12 \times 18}$ 可以理解为两个矩阵的拼接, 拼接之前可以对右边的矩阵 $H_{12 \times 11}$ 的行进行重新排列, 重新排列之后再拼接得到的码本矩阵不影响原码本矩阵 $C_{12 \times 18}$ 的汉明距离分布。其中, 码本矩阵 $C_{12 \times 18}$ 中第一行元素与其他任意一行元素之间的汉明距离为 13, 其他任意两行元素之间的汉明距离为 6。

将码本矩阵 $C_{12 \times 18}$ 中的元素 1 映射为 0, 元素 -1 映射为 1, 可以得到下述表 8 所示的码字。

表 8: 码长 (L) 为 18 的码本举例 1

调制编码速率组合 (指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的组合)	code word 码字
组合 1	1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1
组合 3	0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
组合 4	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1
组合 5	0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
组合 6	0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1
组合 7	0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
组合 8	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0
组合 9	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0
组合 10	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1
组合 11	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0
组合 12	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1

或者, 当 L=18 时, 16*16 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{16} 如下所示。

$$H_{16} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

去除 H_{16} 的第一列后, 得到 $H_{16 \times 15}$ 的矩阵。

$$H_{16 \times 15} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

那么 $H_{16 \times 15}$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 8。再构造矩阵 $P_{16 \times 3}$ ，使得 $P_{16 \times 3}$ 的第一行元素都为-1，其他元素都为 1，即：

$$P_{16 \times 3} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

那么， $P_{16 \times 3}$ 中第一行元素与其他行元素之间的汉明距离为 3，除第一行元素外，其他任意两行元素之间的汉明距离为 0。故可构造长度为 18 的码本矩阵 $C_{16 \times 18} = [P_{16 \times 3}, H_{16 \times 15}]$ 。 $C_{16 \times 18}$ 可以理解为一个矩阵的拼接，拼接之前可以对右边的矩阵 $H_{16 \times 15}$ 的行进行重新排列，重新排列之后再拼接得到的码本矩阵不影响原码本矩阵 $C_{16 \times 18}$ 的汉明距离分布。其中，码本矩阵 $C_{16 \times 18}$ 中第一行元素与其他任意一行元素之间的汉明距离为 11，其他任意两行元素之间的汉明距离为 8。

将码本矩阵 $C_{16 \times 18}$ 中的元素 1 映射为 0，元素 -1 映射为 1，可以得到下述表 9 所示的码字。

表 9：码长 (L) 为 18 的码本举例 2

调制编码速率组合（指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的组合）	code word 码字
组合 1	1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
组合 3	0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1
组合 4	0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0
组合 5	0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
组合 6	0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0

组合 7	0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0
组合 8	0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1
组合 9	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1
组合 10	0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0
组合 11	0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0
组合 12	0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1
组合 13	0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
组合 14	0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1
组合 15	0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1
组合 16	0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0

当 L=20 时，12*12 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{12} 如前文所示，这里不赘述。去除 H_{12} 的第一列后，得到 $H_{12 \times 11}$ 的矩阵，如前文所示，这里不赘述。其中， $H_{12 \times 11}$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 6。

再构造矩阵 $P_{12 \times 9}$ ，使得 $P_{12 \times 9}$ 的前三行是如下矩阵的重复：

$$H_3 = \begin{bmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

也就是说 $P_{12 \times 9}$ 的前三行是矩阵 H_3 重复三次得到，即：

$$P_{12 \times 9} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

那么， $P_{12 \times 9}$ 中前三行元素的任意一行元素与其他任意一行元素之间的汉明距离为 6，除前三行元素外，其他任意两行元素之间的汉明距离为 0。故可构造长度为 20 的码本矩阵 $C_{12 \times 20} = [P_{12 \times 9}, H_{12 \times 11}]$ 。 $C_{12 \times 20}$ 可以理解为两个矩阵的拼接，拼接之前可以对右边的矩阵 $H_{12 \times 11}$ 的行进行重新排列，重新排列之后再拼接得到的码本矩阵不影响原码本矩阵 $C_{12 \times 20}$ 的汉明距离分布。其中，码本矩阵 $C_{12 \times 20}$ 中前三行元素的任意一行元素与其他任意一行元素之间的汉明距离为 12，其他任意两行元素之间的汉明距离为 6。

将码本矩阵 $C_{12 \times 20}$ 中的元素 1 映射为 0，元素 -1 映射为 1，可以得到下述表 10 所示的码字。

表 10：码长 (L) 为 20 的码本举例 1

调制编码速率组合（指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编	code word 码字
---	--------------

码的组合)	
组合 1	1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1
组合 3	1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
组合 4	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1
组合 5	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
组合 6	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1
组合 7	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
组合 8	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0
组合 9	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0
组合 10	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1
组合 11	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0
组合 12	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1

或者，16*16 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{16} 如前文所示，这里不赘述。去除 H_{16} 的第一列后，得到 $H_{16} \times 15$ 的矩阵，如前文所示，这里不赘述。其中， $H_{16} \times 15$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 8。

再构造矩阵 $P_{16 \times 5}$ ，使得 $P_{16 \times 5}$ 的如下所示：

$$P_{16 \times 5} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{case 1})$$

或者, $P_{16 \times 5} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ (case 2)

对于 case 1 的 $P_{16 \times 5}$, 第一行元素与其他行元素之间的汉明距离为 5, 除第一行元素外, 其他任意两行元素之间的汉明距离为 0。故可构造长度为 20 的码本矩阵 $C_{16 \times 20} = [P_{16 \times 5}, H_{16 \times 15}]$ 。 $C_{16 \times 20}$ 可以理解为两个矩阵的拼接, 拼接之前可以对右边的矩阵 $H_{16 \times 15}$ 的行进行重新排列, 重新排列之后再拼接得到的码本矩阵不影响原码本矩阵 $C_{16 \times 20}$ 的汉明距离分布。其中, 码本矩阵 $C_{16 \times 20}$ 中第一行元素与其他任意一行元素之间的汉明距离为 13, 其他任意两行元素之间的汉明距离为 8。将码本矩阵 $C_{16 \times 20}$ 中的元素 1 映射为 0, 元素 -1 映射为 1, 可以得到下述表 11 所示的码字。

表 11: 码长 (L) 为 20 的码本举例 2

调制编码速率组合 (指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的组合)	code word 码字
组合 1	1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
组合 3	0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1
组合 4	0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0
组合 5	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
组合 6	0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0
组合 7	0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0
组合 8	0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1
组合 9	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
组合 10	0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0
组合 11	0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0

组合 12	0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1
组合 13	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
组合 14	0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1
组合 15	0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1
组合 16	0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0

对于 case 2 的 $P_{16 \times 5}$ ，前三行元素的任意一行元素与其他行元素之间的汉明距离至少为 3，除前三行元素外，其他任意两行元素之间的汉明距离为 0。故可构造长度为 20 的码本矩阵 $C_{16 \times 20} = [P_{16 \times 5}, H_{16 \times 15}]$ 。 $C_{16 \times 20}$ 可以理解为两个矩阵的拼接，拼接之前可以对右边的矩阵 $H_{16 \times 15}$ 的行进行重新排列，重新排列之后再拼接得到的码本矩阵不影响原码本矩阵 $C_{16 \times 20}$ 的汉明距离分布。其中，码本矩阵 $C_{16 \times 20}$ 中前三行元素的任意一行元素与其他任意一行元素之间的汉明距离为 11，其他任意两行元素之间的汉明距离为 8。将码本矩阵 $C_{16 \times 20}$ 中的元素 1 映射为 0，元素 -1 映射为 1，可以得到下述表 12 所示的码字。

表 12：码长 (L) 为 20 的码本举例 3

调制编码速率组合（指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的组合）	code word 码字
组合 1	0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
组合 3	1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1
组合 4	0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0
组合 5	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
组合 6	0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0
组合 7	0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0
组合 8	0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1
组合 9	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
组合 10	0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0
组合 11	0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0
组合 12	0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1
组合 13	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0

组合 14	0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1
组合 15	0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1
组合 16	0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0

或者, 利用如下所示 20*20 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{20} 。

$$H_{20} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

去除 H_{20} 的第一列后, 得到 $H_{20 \times 19}$ 的矩阵。假设选定 $H_{20 \times 19}$ 的第一列, 并将 $H_{20 \times 19}$ 的第一列去除的同时, 将所有行按照 $H_{20 \times 19}$ 的第一列元素的正负分为如下两组:

$$G_+^{18} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

那么, G_+^{18} 中任意两行元素之间的汉明距离是 10, G_-^{18} 中任意两行元素之间的汉明距离也是 10, G_+^{18} 中任意一行元素与 G_-^{18} 中任意一行元素之间的汉明距离是 9。

再构造矩阵 $P_{10 \times 2}$, 使得 $P_{10 \times 2}$ 的如下所示:

$$P_{10 \times 2} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & -1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

故可构造长度为 20 的码本矩阵 $C_{10 \times 20} = [P_{10 \times 2}, G_-^{18}]$ 。 $C_{10 \times 20}$ 可以理解为两个矩阵的拼接, 拼接之前可以

对右边的矩阵 G^{18} 的行进行重新排列, 重新排列之后再拼接得到的码本矩阵不影响原码本矩阵 $C_{10 \times 20}$ 的汉明距离分布。其中, 码本矩阵 $C_{10 \times 20}$ 中前两行元素的任意一行元素与其他任意一行元素之间的汉明距离为 11, 其他任意两行元素之间的汉明距离为 10。

将码本矩阵 $C_{10 \times 20}$ 中的元素 1 映射为 0, 元素 -1 映射为 1, 可以得到下述表 13 所示的码字。

表 13: 码长 (L) 为 20 的码本举例 4

调制编码速率组合 (指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的组合)	code word 码字
组合 1	1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0
组合 2	0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1
组合 3	0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0
组合 4	0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1
组合 5	0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1
组合 6	0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1
组合 7	0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0
组合 8	0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0
组合 9	0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0
组合 10	0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1

可以理解, 上述表 7 到表 13 仅是示例, 表 7 到表 13 中调制编码速率组合与码字的映射关系不是固定的, 只需要保证不同的数据速率和 LDPC 指示的组合, 映射到不同的码字即可。

示例性的, 上述第一码字集合可以包括以下一个或多个码字: 上述表 7 到上述表 13 中的一个或多个码字。

可以理解, 对上述表 7 到表 13 中的全部或部分码字序列中的一列或多列元素取反 (示例性的, 这里元素取反是指元素 1 变为元素 0, 元素 0 变为元素 1), 或行重新排列, 或列重新排列等操作, 不影响汉明距离分布, 都属于本申请保护范围内。

本申请还提供第一码字集合的又一实现方式。

示例性的, 由于 PHY payload 字段目前支持的数据速率共有 5 种, 即使考虑 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的指示, 最多也只需 10 种取值来指示, 那么可以用至少 10 个 (考虑后续标准推展) 不同的码字序列来指示 UWB 系统的调制编码速率信息。对于较小的数据速率, 其对应的码字序列与其他码字序列之间的汉明距离可以较大, 对于较大的数据速率, 其对应的码字序列与其他码字序列之间的汉明距离可以较小, 从而使得码字序列性能与数据编码调制速率相匹配。

可以理解, 对于码率为 0.5, 长度为 24 的推展二进制格雷码 (extended binary Golay code), 任意两个码字之间的汉明距离至少是 8。故本申请考虑根据码率为 0.5, 长度为 24 的推展二进制格雷码来设计序列集 (也就是码本), 从而保证序列集 (即码本) 中码字之间的汉明距离。

示例性的, 码率为 0.5 且长度为 24 的推展二进制格雷码的生成矩阵 G 如下:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

任意一个长度为 12 的二进制信息比特序列 $\vec{s}$ (即 1 行 12 列的二进制向量), 乘以生成矩阵 G (这里是二进制乘法, 乘法结果为 0 和 1 的二进制), 可以得到一个推展二进制格雷码 $\vec{c}$, 即 $\vec{c} = \vec{s}G$ 。

可以理解, 使用不同的二进制信息比特序列 $\vec{s}$, 就可以生成不同的推展二进制格雷码 $\vec{c}$ 。将一个推展二进制格雷码 $\vec{c}$ 作为一个码字序列, 由于信息比特长度为 12, 所以可以构造 $2^{12}=4096$ 条不同的码字序列。根据编码理论, 可以对码率为 0.5 且长度为 24 的推展二进制格雷码进行缩短(shorting), 即可以去掉其中的一些信息比特和这些信息比特对应的校验比特, 这对应于减少生成矩阵 G 的维数, 并且该操作(即缩短操作)不会减小码字之间的汉明距离。

故, 可以将码率为 0.5 且长度为 24 的推展二进制格雷码缩短 k 个比特, 那么缩短后这个推展二进制格雷码的生成矩阵可以表示为: $G_{short}=G((k+1):12, (k+1):24)$ 。其中, 生成矩阵 G_{short} 包含生成矩阵 G 中的第 $(k+1)$ 行到第 12 行以及第 $(k+1)$ 列到第 24 列。可以理解, 基于生成矩阵 G_{short} , 可以构造 $2^{(12-k)}$ 条码字序列。

举例来说, 一种可能的码本生成方式如下:

当码长 $L=18$ 时, 可以将码率为 0.5 且长度为 24 的推展二进制格雷码缩短 5 个比特, 可以得到 128 条长度为 19 的码字序列。删除这 128 条码字序列的任意一位, 比如将这 128 条码字序列的第一位删除, 可以得到 128 条长度为 18 的码字序列。再从这 128 条长度为 18 的码字序列中, 筛选出包含 12 个 1 的码字序列, 共有 18 条包含 12 个 1 的码字序列; 再加上全为 0 的码字序列, 可以得到如下表 14 所示的 19 个码字。

表 14: 码长 (L) 为 18 的码本举例 3

调制编码速率组合 (指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的组合)	code word 码字
组合 1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
组合 2	1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0
组合 3	0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1
组合 4	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1
组合 5	1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1
组合 6	0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0
组合 7	1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1
组合 8	1 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 1

组合 9	0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1
组合 10	1 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0
组合 11	1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1
组合 12	0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
组合 13	1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1
组合 14	0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1
组合 15	1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1
组合 16	1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 1
组合 17	0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1
组合 18	1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0
组合 19	1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0

其中，上述表 14 所示的 19 个码字中，第一个码字（即元素全为 0 的码字）与其他码字之间的汉明距离都为 12，除第一个码字外其他任意两个码字之间的汉明距离至少为 8。

在一些场景中，可以将上述表 14 中的第一个码字（即元素全为 0 的码字）用于较低速率的指示，其他码字用于较高速率的指示。在一些场景中，发送端可以根据负载的速率选择相应的码字序列，再将选择出的码字序列映射到 1 和-1 后发送。示例性的，元素 0 映射为元素 1，元素 1 映射为元素-1。当然，也可以是元素 0 映射为元素-1，元素 1 映射为元素 0。本申请实施例不做限制。

可以理解，上述表 14 仅是示例，表 14 中调制编码速率组合与码字的映射关系不是固定的，只需要保证不同的数据速率和 LDPC 指示的组合，映射到不同的码字即可。

示例性的，上述第一码字集合可以包括以下一个或多个码字：上述表 14 中的一个或多个码字。在实际应用中，可以只使用上述表 14 中的部分码字，或者说上述表 14 中有部分码字可以作为预留。

可以理解，对上述表 14 中所有码字的一列或多列元素取反（示例性的，这里元素取反是指元素 1 变为元素 0，元素 0 变为元素 1），或行重新排列，或列重新排列等操作，不影响汉明距离分布，都属于本申请保护范围内。

本申请还提供第一码字集合的又一实现方式。

示例性的，由于 PHY payload 字段目前支持的数据速率共有 5 种，即使考虑 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的指示，最多也只需 10 种取值来指示，那么可以用至少 10 个(考虑后续标准推展)不同的码字序列来指示 UWB 系统的调制编码速率信息。对于较小的数据速率，其对应的码字序列与其他码字序列之间的汉明距离可以较大，对于较大的数据速率，其对应的码字序列与其他码字序列之间的汉明距离可以较小，从而使得码字序列性能与数据编码调制速率相匹配。

举例来说，一种可能的码本生成方式如下：

对于码长 $L=18$ 的情况，可以将码长拆分为两个部分 $L=12+6$ ，分别设计码长为 12 的码本和码长为 6 的码本，并将设计的这两个码本拼接，从而形成码长为 18 的码本。

从长度为 12 且包含 5 个 1 和 7 个 0 的序列中选取 12 条序列，使得这 12 条序列的任意两条序列之间的汉明距离至少是 6。例如码长为 12 的码本矩阵 P_1 如下：

$$P_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

码长为 12 的码本矩阵 P_1 中任意两行元素之间的汉明距离至少为 6。

例如码长为 6 的码本矩阵 P_2 如下：

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

再将码长为 12 的码本矩阵 P_1 和码长为 6 的码本矩阵 P_2 拼接在一起，可以得到码长为 18 的序列集 $[P_1, P_2]$ 。这个序列集 $[P_1, P_2]$ 中任意两条序列之间汉明距离为 8 或 10。此外，全 1 序列(即 18 个元素都为 1)与序列集 $[P_1, P_2]$ 中的任意序列之间的汉明距离为 12，且序列 $[0_{12}, 1_6]$ (即 12 个元素 0 和 6 个元素 1 构成的序列)与序列集 $[P_1, P_2]$ 中的任意序列之间的汉明距离为 10;故可以将这两条序列(即全 1 序列和序列 $[0_{12}, 1_6]$)和码长为 18 的序列集 $[P_1, P_2]$ 作为码本，可以得到如下表 15 所示的 14 个码字。

表 15：码长 (L) 为 18 的码本举例 4

调制编码速率组合（指 PHY payload 字段的数据速率和 PHY payload 字段是否采用 LDPC 进行编码的组合）	code word 码字
组合 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
组合 2	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1
组合 3	1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
组合 4	0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0
组合 5	1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0
组合 6	0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0
组合 7	0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0
组合 8	1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0

组合 9	1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0
组合 10	0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0
组合 11	0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0
组合 12	1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0
组合 13	0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 1
组合 14	0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1

其中，上述表 15 所示的 14 个码字中，第一个码字（即元素全为 1 的码字）与其他码字之间的汉明距离都为 12，第二个码字（即前 12 个元素全为 0 且后 6 个元素全为 1 的码字）与其他码字之间的汉明距离都为 10，除第一个码字和第二个码字外其他任意两个码字之间的汉明距离至少为 8。

在一些场景中，可以将上述表 15 中的第一个码字（即元素全为 1 的码字）和第二个码字（即前 12 个元素全为 0 且后 6 个元素全为 1 的码字）用于较低速率的指示，其他码字用于较高速率的指示。在一些场景中，发送端可以根据负载的速率选择相应的码字序列，再将选择出的码字序列映射到 1 和-1 后发送。示例性的，元素 0 映射为元素 1，元素 1 映射为元素-1。当然，也可以是元素 0 映射为元素-1，元素 1 映射为元素 0。本申请实施例不做限制。

可以理解，上述表 15 仅是示例，表 15 中调制编码速率组合与码字的映射关系不是固定的，只需要保证不同的数据速率和 LDPC 指示的组合，映射到不同的码字即可。

示例性的，上述第一码字集合可以包括以下一个或多个码字：上述表 15 中的一个或多个码字。在实际应用中，可以只使用上述表 15 中的部分码字，或者说上述表 15 中有部分码字可以作为预留。

可以理解，对上述表 15 中所有码字的一列或多列元素取反（示例性的，这里元素取反是指元素 1 变为元素 0，元素 0 变为元素 1），或行重新排列，或列重新排列等操作，不影响汉明距离分布，都属于本申请保护范围内。

参见图 8，图 8 是本申请实施例提供的基于超宽带的信号传输方法的另一流程示意图。如图 8 所示，该基于超宽带的信号传输方法包括但不限于以下步骤：

S201，第一通信装置生成 PPDU，该 PPDU 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段，该 PHR 字段包括第一 PHR 信息，该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率。

S202，第一通信装置发送信号，该信号基于该 PPDU 生成，该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字。

相应的，第二通信装置接收该信号。

S203，第二通信装置对该信号解码，获得该第一 PHR 信息。

可选的，上述 PPDU 可以是应用于 UWB WPAN 标准中的 PPDU，比如 802.15.4ab 协议中的 PPDU。

可选的，上述 PPDU 可以包括但不限于：PHR 字段和 PHY payload 字段。该 PHR 字段可以包括第一 PHR 信息和第二 PHR 信息。该第一 PHR 信息可以用于指示 PHY payload 字段的数据速率。该第二 PHR 信息可以用于指示 PHY payload 字段是否使用第一编码方式进行编码和 PHY payload 字段的长度，可选的还用于指示以下一项或多项：该 PPDU 是否用于进行感知测量，或 CRC 码。

示例性的，本申请实施例的第一 PHR 信息可以理解为 PHR1 中用于指示 PHY payload 字段的数据速率的 3 比特，第二 PHR 信息可以理解为 PHR1 中用于指示 PHY payload 字段是否使用第一编码方式进行编码的 1 比特和 PHR2。也就是说，第一 PHR 信息共有 3 比特，用于指示 PHY payload 字段的数据速率；第二 PHR 信息共有 24 个比特，其中 1 比特用于指示 PHY payload 字段是否使用第一编码方式进行编码，12 比特用于指示 PHY payload 字段的长度，1 比特用于指示 PPDU 是否用于做感知测量，2 比特预留，8 比特用于指示 CRC 码。

示例性的，第一编码方式可以是以下任一种：LDPC、卷积码、极化(Polar)码，涡轮(Turbo)码等等，本申请实施例不做限制。下文便于描述，以第一编码方式为 LDPC 为例进行说明；当然随着标准的发展，

下文的 LDPC 也可以换成未来标准中规定的任一种编码方式（如卷积码、polar 码、turbo 码等）。

可选的，第一通信装置可以对生成的 PPDU 进行编码，然后可以将编码得到的码字调制成为 UWB 脉冲（即信号）发送。相应的，第二通信装置接收到信号（即 UWB 脉冲）后，对该信号进行解调获得 PPDU 编码后的码字，再根据第一码字集合对第一 PHR 信息经过编码后的码字进行解码，获得第一 PHR 信息。其中，该第一码字集合可以是预定义，预协商，或预配置的等。这里的编码可以包括卷积码，LDPC，特定码本，重复码等等。可以理解，PPDU 中不同字段可以采用不同的编码方式进行编码。例如，PPDU 中的 PHY payload 字段采用 LDPC 或卷积码进行编码，SFD 字段采用码本的方式进行映射编码。再例如，PPDU 中第一 PHR 信息采用码本的方式进行映射编码，第二 PHR 信息采用卷积码进行编码，等等。

因此，上述信号可以基于 PPDU 生成。那么，该信号中至少包括根据上述第一 PHR 信息经过编码得到的码字生成的信号，该码字可以包括第一码字集合中与第一 PHR 信息映射的码字。在一些场景中，该第一码字集合中任意两个码字之间的汉明距离大于或等于该第一码字集合的理论最小汉明距离的上限值（bound）。示例性的，如果第一码字集合共有 M 个码字，每个码字的长度为 L，则第一码字集合中任意两个码字之间的汉明距离 d 可以满足前述公式（1-1）或前述公式（1-2）。再示例性的，M 小于或等于 2^K 。

可选的，上述第一码字集合中码字的长度 L 可以是偶数个比特，且还可以大于或等于 2^K 个比特，K 是第一 PHR 信息的比特长度。示例性的，K 等于 3。再示例性的，码字的长度 L 为以下任一种：20 个比特，22 个比特，24 个比特，26 个比特，28 个比特，30 个比特，32 个比特，34 个比特，36 个比特，38 个比特，或 40 个比特。

可选的，上述第一码字集合中的码字可以基于 2^K 阶（K 为 3 时，这里是 8×8 ）的哈达玛 Hadamard 矩阵生成。该第一码字集合的生成方式以及码字的具体内容可以参见下文的描述，这里不展开说明。

本申请实施例通过设计一个新的码字集合（也就是码本），用这个码字集合中的码字来对第一 PHR 信息进行映射编码，由于这个码字集合中的最小汉明距离可达理论上限，所以可以提高 PHR 字段（主要是第一 PHR 信息）的编码性能。

下面详细介绍本申请实施例中第一码字集合的设计思想，以及举例说明本申请实施例提供的第一码字集合及第一码字集合的生成方式。

本申请实施例将用于指示 PHY payload 字段是否使用 LDPC 进行编码的 1 比特放在 PHR2 中，那么本申请实施例的第一 PHR 信息共有 3 比特。此外，本申请实施例考虑到 PHY payload 字段目前支持的数据速率共有 5 种，则第一 PHR 信息（3 比特）至少需要 5 种取值来指示 PHY payload 字段的数据速率；相应的，也就至少需要 5 种码字来对第一 PHR 信息进行映射编码。

可以理解，编码的性能与码字之间的最小汉明距离相关，码字之间的最小汉明距离越大，不同码字之间的差异越大，从而编码性能越好，越容易解码正确。

对于第一 PHR 信息为 3 比特的情况，若考虑 3 比特的所有取值与码字的映射，则总共有 8 种码字，在码长为 L 时，这 8 种码字之间的理论最小汉明距离的上限值是：

$$\left\lfloor \frac{8 * L}{2(8-1)} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{4 * L}{7} \right\rfloor。$$

而如果只考虑 5 种码字，则在码长为 L 时，这 5 种码字之间的理论最小汉明距离的上限值是：

$$\left\lfloor \frac{3 * L}{5} \right\rfloor。$$

参见图 9，图 9 是本申请实施例提供的不同码长下理论最小汉明距离的上限值的另一示意图。如图 9 所示，横坐标表示码长（code length），纵坐标表示理论最小汉明距离的上限值（minimum hamming distance bound）。可以理解，考虑到示意的精度，图 9 只示意了部分码长的理论最小汉明距离的上限值，即横坐标表示的码长范围是 20 个比特到 40 个比特。图 9 中，equal（同等）表示均等编码，unequal（不相等）表示不均等编码。其中，均等编码是指考虑 8 种码字的情况，不均等编码是指只考虑 5 种码字的情况。

由图 9 可知，当第一 PHR 信息为 3 比特时，不同码长下，只考虑 5 种码字（不均等编码）相比于考虑 8 种码字（均等编码）在理论最小汉明距离上有一定优势。

下面举例说明如何设计第一码字集合，使得第一码字集合中任意两个码字之间的汉明距离大于或等于这个第一码字集合的理论最小汉明距离的上限值。

举例来说，一种可能的码本生成方式如下：

令 K 表示第一 PHR 信息的比特长度，本申请实施例中 K 等于 3；L 表示码字的长度， $L \geq 2^K$ ，第一码字集合中包括的码字数为 2^K 。

当 $L=7n+m$ (n 和 m 均为正整数) 时, 第一码字集合可以基于规范化的 $8*8$ 的 Hadamard 矩阵 H_8 生成。

$$H_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

由于 H_8 的第一列元素全为 1, 其对不同行之间的汉明距离没有任何贡献, 可以移除 H_8 的第一列元素, 得到如下矩阵 $H_{(8 \times 7)}$ 。

$$H_{(8 \times 7)} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

再根据 Hadamard 矩阵的特性可知, $H_{(8 \times 7)}$ 中任意两行元素之间的汉明距离是 $(8/2)=4$ 。

若 $m=0$, 则 $L=7n$, 可以将矩阵 $H_{(8 \times 7)}$ 重复 n 次, 得到 n 个矩阵 $H_{(8 \times 7)}$, 再可以对这 n 个 $H_{(8 \times 7)}$ 的行分别进行重新排列后(也可以跳过排列过程), 再按照行并排, 得到矩阵 $C_{8 \times 7n}$ 。

$$C_{8 \times 7n} = [H_{(8 \times 7)}, H_{(8 \times 7)}^{p_1}, \dots, H_{(8 \times 7)}^{p_{n-1}}]$$

其中, $H_{(8 \times 7)}^{p_i}$ 表示对 $H_{(8 \times 7)}$ 的行进行重新排列后的矩阵, 下文相同表示方式表达相同含义, 下文不再赘述。由于 $H_{(8 \times 7)}$ 中任意两行元素之间的汉明距离是 4, 而 $H_{(8 \times 7)}$ 重复 n 次和行重新排列并不影响每个 $H_{(8 \times 7)}$ 中的汉明距离, 故 $C_{8 \times 7n}$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 $4n$ 。再将 $C_{8 \times 7n}$ 中的元素 1 和 -1 分别映射为 0 和 1, 可以得到码长为 $7n$ 的码本。可以理解, 本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。

例如, $L=28$ 时, 码长为 28 的码本如下表 16 所示。下表 16 中任两个码字之间的汉明距离为 16。可选的, 上述第一码字集合可以包括下表 16 中的全部或部分码字。

表 16: 码长 (L) 为 28 的码本举例

第一 PHR 信息 (3 比特) 的取值	code word 码字
000	0 0
001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1

	0 0 1
--	-------

若 $m=1, 2, 5$ 或 $6, L=7n+m$, 可以将矩阵 $H_{(8 \times 7)}$ 重复 n 次, 得到 n 个矩阵 $H_{(8 \times 7)}$, 再可以对这 n 个 $H_{(8 \times 7)}$ 的行分别进行重新排列后(也可以跳过排列过程), 再按照行并排, 并从 $H_{(8 \times 7)}$ 中任意选取 m 列构成矩阵 $H_{(8 \times m)}$, 并与 n 次重复后的矩阵按照行并排得到矩阵 $C_{8 \times (7n+m)}$ 。

$$C_{8 \times (7n+m)} = [H_{(8 \times 7)}, H_{8 \times 7}^1, \dots, H_{8 \times 7}^{n-1}, H_{(8 \times m)}]$$

其中, $H_{8 \times 7}^i$ 表示对 $H_{(8 \times 7)}$ 的行进行重新排列后的矩阵。由于 m 分别为 $1, 2, 5, 6$ 时, 矩阵 $H_{(8 \times m)}$ 中各行元素之间的最小汉明距离为 $0, 0, 2, 3$ 。当 m 等于 1 或 2 时, $C_{8 \times (7n+m)}$ 中各行元素之间的最小汉明距离为 $4n$ 。当 m 等于 5 时, $C_{8 \times (7n+m)}$ 中各行元素之间的最小汉明距离为 $4n+2$ 。当 m 等于 6 时, $C_{8 \times (7n+m)}$ 中各行元素之间的最小汉明距离为 $4n+3$ 。再将 $C_{8 \times (7n+m)}$ 中的元素 1 和 -1 分别映射为 0 和 1 , 可以得到码长 $L=7n+m$ 的码本。可以理解, 本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。

例如, $L=22$ 时, 码长为 22 的码本如下表 17 所示。下表 17 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 12 。可选的, 上述第一码字集合可以包括下表 17 中的全部或部分码字。

表 17: 码长 (L) 为 22 的码本举例 2

第一 PHR 信息 (3 比特) 的取值	code word 码字
000	0 0
001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1

再例如, $L=26$ 时, 码长为 26 的码本如下表 18 所示。下表 18 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 14 。可选的, 上述第一码字集合可以包括下表 18 中的全部或部分码字。

表 18: 码长 (L) 为 26 的码本举例 2

第一 PHR 信息 (3 比特) 的取值	code word 码字
000	0 0
001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0

011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0

又例如，L=30 时，码长为 30 的码本如下表 19 所示。下述表 19 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 16。可选的，上述第一码字集合可以包括下述表 19 中的全部或部分码字。

表 19：码长（L）为 30 的码本举例 2

第一 PHR 信息（3 比特）的取值	code word 码字
000	0 0
001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1

又例如，L=34 时，码长为 34 的码本如下表 20 所示。下述表 20 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 19。可选的，上述第一码字集合可以包括下述表 20 中的全部或部分码字。

表 20：码长（L）为 34 的码本举例

第一 PHR 信息（3 比特）的取值	code word 码字
000	0 0

001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0

又例如，L=36 时，码长为 36 的码本如下表 21 所示。下表 21 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 20。可选的，上述第一码字集合可以包括下表 21 中的全部或部分码字。

表 21：码长 (L) 为 36 的码本举例 2

第一 PHR 信息 (3 比特) 的取值	code word 码字
000	0 0
001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1

又例如，L=40 时，码长为 40 的码本如下表 22 所示。下表 22 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 22。可选的，上述第一码字集合可以包括下表 22 中的全部或部分码字。

里以 q 等于 2 为例), 构成矩阵 $C_{8 \times 10}$ 。

$$\mathbf{C}_{8 \times 10} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

再将矩阵 $H_{(8 \times 7)}$ 重复 $n-1$ 次, 得到 $n-1$ 个矩阵 $H_{(8 \times 7)}$, 再可以对这 $n-1$ 个 $H_{(8 \times 7)}$ 的行分别进行重新排列后 (也可以跳过排列过程), 再将矩阵 $C_{8 \times 10}$ 与 $H_{(8 \times 7)}$ 经过 $n-1$ 次重复后的矩阵按照行并排得到矩阵 $C_{8 \times (7n+3)}$ 。

$$C_{8 \times (7n+3)} = [H_{(8 \times 7)}, H_{8 \times 7}^{P_1}, \dots, H_{8 \times 7}^{P_{n-2}}, C_{(8 \times 10)}]$$

其中, $H_{8 \times 7}^{P_1}$ 表示对 $H_{8 \times 7}$ 的行进行重新排列后的矩阵。那么, $C_{8 \times (7n+3)}$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 $4(n-1)+5=4n+1$ 或 $4(n-1)+6=4n+2$ 。故, $C_{8 \times (7n+3)}$ 中各行元素之间的最小汉明距离为 $4n+1$ 。再将 $C_{8 \times (7n+3)}$ 中的元素 1 和 -1 分别映射为 0 和 1, 可以得到码长 $L=7n+3$ 的码本。可以理解, 本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。

例如, $L=24$ 时, 码长为 24 的码本如下述表 23 所示。下述表 23 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 13。可选的, 上述第一码字集合可以包括下述表 23 中的全部或部分码字。

表 23: 码长 (L) 为 24 的码本举例

第一 PHR 信息 (3 比特) 的取值	code word 码字
000	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1
001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0

例如, $L=38$ 时, 码长为 38 的码本如下述表 24 所示。下述表 24 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 21。可选的, 上述第一码字集合可以包括下述表 24 中的全部或部分码字。

表 24: 码长 (L) 为 38 的码本举例

第一 PHR 信息 (3 比特) 的取值	code word 码字
000	0 1 1 1 0 1 1 0 1
001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1

010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0

此外, 针对 $L=7n+3$ 的情况, 也可以通过如下方法生成码本。将矩阵 $H_{(8 \times 7)}$ 重复 n 次, 得到 n 个矩阵 $H_{(8 \times 7)}$, 再可以对这 n 个 $H_{(8 \times 7)}$ 的行分别进行重新排列后(也可以跳过排列过程), 再按照行并排, 并从 $H_{(8 \times 7)}$ 中任意选取除以下 7 种组合之外的 3 列: 避免选取列数的组合= $\{1,2,3; 1,4,5; 1,6,7; 2,4,6; 2,5,7; 3,4,7; 3,5,6\}$; 构成矩阵 $H_{(8 \times 3)}$ 。再将矩阵 $H_{(8 \times 3)}$ 与 $H_{(8 \times 7)}$ 经过 n 次重复后的矩阵按照行并排得到矩阵 $C_{8 \times (7n+3)}$ 。

$$C_{8 \times (7n+3)} = [H_{(8 \times 7)}, H_{8 \times 7}^{P_1}, \dots, H_{8 \times 7}^{P_{n-1}}, H_{(8 \times 3)}]$$

其中, $H_{8 \times 7}^{P_i}$ 表示对 $H_{(8 \times 7)}$ 的行进行重新排列后的矩阵。最后将 $C_{8 \times (7n+3)}$ 中的元素 1 和 -1 分别映射为 0 和 1, 可以得到码长 $L=7n+3$ 的码本。这里不一一列举具体的码本。可以理解, 本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。

若 $m=4$, $L=7n+4$, 选取 12×12 的规范化 Hadamard 矩阵 H_{12} , 如前文所述, 这里不再赘述。然后移除 H_{12} 的第一列元素, 可以得到一个 12×11 的矩阵 $H_{12 \times 11}$ 。再从矩阵 $H_{12 \times 11}$ 中任选 8 行, 例如第 5 至 12 行获得一个 8×11 的矩阵 $H_{8 \times 11}$ 。则矩阵 $H_{8 \times 11}$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 6。

$$H_{8 \times 11} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

再将矩阵 $H_{(8 \times 7)}$ 重复 $n-1$ 次, 得到 $n-1$ 个矩阵 $H_{(8 \times 7)}$, 再可以对这 $n-1$ 个 $H_{(8 \times 7)}$ 的行分别进行重新排列后(也可以跳过排列过程), 再将矩阵 $H_{8 \times 11}$ 与 $H_{(8 \times 7)}$ 经过 $n-1$ 次重复后的矩阵按照行并排得到矩阵 $C_{8 \times (7n+4)}$ 。

$$C_{8 \times (7n+4)} = [H_{(8 \times 7)}, H_{8 \times 7}^{P_1}, \dots, H_{8 \times 7}^{P_{n-2}}, H_{8 \times 11}]$$

其中, $H_{8 \times 7}^{P_i}$ 表示对 $H_{(8 \times 7)}$ 的行进行重新排列后的矩阵。那么, $C_{8 \times (7n+4)}$ 中任意两行元素之间的汉明距离为 $4(n-1)+6=4n+2$ 。故, $C_{8 \times (7n+4)}$ 中各行元素之间的最小汉明距离为 $4n+2$ 。再将 $C_{8 \times (7n+4)}$ 中的元素 1 和 -1 分别映射为 0 和 1, 可以得到码长 $L=7n+4$ 的码本。可以理解, 本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。

例如, $L=32$ 时, 码长为 32 的码本如下表 25 所示。下表 25 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 18。可选的, 上述第一码字集合可以包括下表 25 中的全部或部分码字。

表 25: 码长 (L) 为 32 的码本举例 3

第一 PHR 信息 (3 比特) 的取值	code word 码字
000	0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1

001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1
110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1

此外，针对 $L=7n+4$ 的情况，也可以通过如下方法生成码本。将矩阵 $H_{(8 \times 7)}$ 重复 n 次，得到 n 个矩阵 $H_{(8 \times 7)}$ ，再可以对这 n 个 $H_{(8 \times 7)}$ 的行分别进行重新排列后(也可以跳过排列过程)，再按照行并排，并从 $H_{(8 \times 7)}$ 中任意选取 4 列，这 4 列是以下 7 种组合中一种：可选取的列数组合= $\{1,2,4,7; 1,2,5,6; 1,3,4,6; 1,3,5,7; 2,3,4,5; 2,3,6,7; 4,5,6,7\}$ ；构成矩阵 $H_{(8 \times 4)}$ 。再将矩阵 $H_{(8 \times 4)}$ 与 $H_{(8 \times 7)}$ 经过 n 次重复后的矩阵按照行并排得到矩阵 $C_{8 \times (7n+4)}$ 。

$C_{8 \times (7n+4)} = [H_{(8 \times 7)}, H_{8 \times 7}^1, \dots, H_{8 \times 7}^{n-1}, H_{(8 \times 4)}]$
其中， $H_{8 \times 7}^i$ 表示对 $H_{(8 \times 7)}$ 的行进行重新排列后的矩阵。最后将 $C_{8 \times (7n+4)}$ 中的元素 1 和 -1 分别映射为 0 和 1，可以得到码长 $L=7n+4$ 的码本。可以理解，本申请实施例不限制矩阵中元素 1 和 -1 与 1 和 0 的映射关系。

例如， $L=32$ 时，将 $H_{(8 \times 7)}$ 复制 4 次，同时另外选取 $H_{(8 \times 7)}$ 中的第 1，2，4 和 7 列，可以构成下述表 26 所示码长为 32 的码本。下述表 26 中这 8 个码字之间的最小汉明距离为 18。可选的，上述第一码字集合可以包括下述表 26 中的全部或部分码字。

表 26：码长 (L) 为 32 的码本举例 4

第一 PHR 信息 (3 比特) 的取值	code word 码字
000	0 0
001	1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1
010	0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1
011	1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0
100	0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1
101	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0

110	0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0
111	1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1

可以理解，上述表 16 到表 26 仅是示例，表 16 到表 26 中第一 PHR 信息的不同取值与码字的映射关系不是固定的，只需要保证第一 PHR 信息的不同取值映射到不同的码字即可。

可以理解，上述各种码本生成方式中，使用不同的 Hadamard 矩阵，可以构造不同的码本，但其最小汉明距离不变。还可以理解，对上述表 16 到表 26 的任一个码本进行列重新排列、行重新排列、或整列元素取反（元素取反是指元素-1 变为元素 1，元素 1 变为元素-1）等操作后可以得到另一码本，该另一码本与该码本具有相同的汉明距离分布。

为更直观的理解本申请实施例设计的不同码长的码本（即第一码字集合）中各个码字之间的最小汉明距离，下面通过图示进行说明。参见图 10，图 10 是本申请实施例提供的不同码长下最小汉明距离的示意图。如图 10 所示，横坐标表示码长（code length），纵坐标表示最小汉明距离（minimum Hamming distance）。可以理解，考虑到示意的精度，图 10 只示意了部分码长的最小汉明距离，即横坐标表示的码长范围是 20 个比特到 40 个比特。

对比分析前述图 9 和图 10 可知，对于码长为 20 到 40 之间的偶数值，除了 30 之外，其他码长下设计的码字间的最小汉明距离均可以达到理论最小汉明距离的上限值，从而保证最小的误码率，提高编码性能。因此，本申请实施例通过增大码字间的汉明距离，来提高编码性能。

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 11 至图 13 详细描述本申请实施例的通信装置。

参见图 11，图 11 是本申请实施例提供的通信装置的一结构示意图。如图 11 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 11 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。

处理单元 20，用于生成 PPDU，该 PPDU 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段，该 PHR 字段包括第一 PHR 信息，该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率；收发单元 10，用于发送信号，该信号基于该 PPDU 生成，该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字。

其中，关于 PPDU、第一 PHR 信息、第一码字集合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 5 所示的步骤 S102 或图 8 所示的步骤 S202；处理单元 20 可以用于执行图 5 所示的步骤 S101 或图 8 所示的步骤 S201。

复用图 11，在本申请的另一实施例中，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 11 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。

收发单元 10，用于接收信号，该信号基于 PPDU 生成，该 PPDU 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段，该 PHR 字段包括第一 PHR 信息，该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字；处理单元 20，用于对该信号解码，获得该第一 PHR 信息，该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率。

其中，关于 PPDU、第一 PHR 信息、第一码字集合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 可以用于接收信号；处理单元 20 可以用于执行图 5 所示的步骤 S103 或图 8 所示的步骤 S203。

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 11 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 11 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（如发送信号）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（如接收信号）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 12，图 12 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 12 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，示例性的，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。

一种设计中，通信装置可以用于执行前述实施例一中第一通信装置的功能：处理器 1001 可以用于执行图 5 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 5 中的步骤 S102，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

另一种设计中，通信装置可以用于执行前述实施例一中第二通信装置的功能：处理器 1001 可以用于执行图 5 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 5 中步骤 S102 发送的信号，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

一种设计中，通信装置可以用于执行前述实施例二中第一通信装置的功能：处理器 1001 可以用于执行图 8 中的步骤 S201，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 8 中的步骤 S202，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

另一种设计中，通信装置可以用于执行前述实施例二中第二通信装置的功能：处理器 1001 可以用于执行图 8 中的步骤 S203，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 8 中步骤 S202 发送的信号，和/或用于本文所描述的技术的其它过程。

在上述任一种设计中，处理器 1001 中可以包括用于实现接收和发送功能的收发器。例如该收发器可以是收发电路，或者是接口，或者是接口电路。用于实现接收和发送功能的收发电路、接口或接口电路可以是分开的，也可以集成在一起。上述收发电路、接口或接口电路可以用于代码/数据的读写，或者，上述收发电路、接口或接口电路可以用于信号的传输或传递。

在上述任一种设计中,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。

本申请中描述的通信装置的范围并不限于此,而且通信装置的结构可以不受图 12 的限制。通信装置可以是独立的设备或者可以是较大设备的一部分。例如所述通信装置可以是:

- (1) 独立的集成电路 IC, 或芯片, 或, 芯片系统或子系统;
- (2) 具有一个或多个 IC 的集合, 可选的, 该 IC 集合也可以包括用于存储数据, 计算机程序的存储部件;
- (3) ASIC, 例如调制解调器(Modem);
- (4) 可嵌入在其他设备内的模块;
- (5) 接收机、终端、智能终端、蜂窝电话、无线设备、手持机、移动单元、车载设备、网络设备、云设备、人工智能设备等等;
- (6) 其他等等。

在另一种可能的实现方式中,图 11 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 13,图 13 是本申请实施例提供的通信装置的又一结构示意图。如图 13 所示,图 13 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 13 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。可理解,本申请实施例所示的芯片可以包括窄带芯片或超宽带芯片等,本申请实施例不作限定。窄带芯片和超宽带芯片也可以集成在一个装置或芯片上,也可以分别独立,本申请实施例不限制窄带芯片和超宽带芯片在设备中的实现方式。如上文所示的发送信号的步骤可以由超宽带芯片执行,其余步骤是否由超宽带芯片执行,本申请实施例不作限定。

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前述方法实施例中第一通信装置执行的方法或功能或步骤时,逻辑电路 901,用于生成 PPDU,该 PPDU 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段,该 PHR 字段包括第一 PHR 信息,该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率;接口 902,用于输出信号,该信号基于该 PPDU 生成,该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号,该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字。

示例性的,当通信装置用于执行前述方法实施例中第二通信装置执行的方法或功能或步骤时,接口 902,用于输入信号,该信号基于 PPDU 生成,该 PPDU 包括 PHR 字段和 PHY payload 字段,该 PHR 字段包括第一 PHR 信息,该信号包括根据该第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号,该码字包括第一码字集合中与该第一 PHR 信息对应的码字;逻辑电路 901,用于对该信号解码,获得该第一 PHR 信息,该第一 PHR 信息用于指示 PHY payload 字段的数据速率。

可以理解,关于 PPDU、第一 PHR 信息、第一码字集合等的具体说明可以参考上文所示的方法实施例一,这里不再一一详述。

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限定。

对于图 13 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任一实施例中的方法。

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时，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. 一种基于超宽带的信号传输方法，其特征在于，包括：

生成物理层协议数据单元 PPDU，所述 PPDU 包括物理层报头 PHR 字段和物理层有效载荷字段，所述 PHR 字段包括第一 PHR 信息，所述第一 PHR 信息用于指示所述物理层有效载荷字段的数据速率；

发送信号，所述信号基于所述 PPDU 生成，所述信号包括根据所述第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，所述码字包括第一码字集合中与所述第一 PHR 信息对应的码字。

2. 一种基于超宽带的信号传输方法，其特征在于，包括：

接收信号，所述信号基于物理层协议数据单元 PPDU 生成，所述 PPDU 包括物理层报头 PHR 字段和物理层有效载荷字段，所述 PHR 字段包括第一 PHR 信息，所述信号包括根据所述第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号，所述码字包括第一码字集合中与所述第一 PHR 信息对应的码字；

对所述信号解码，获得所述第一 PHR 信息，所述第一 PHR 信息用于指示所述物理层有效载荷字段的数据速率。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述第一码字集合中包括 M 个码字，所述码字的长度为 L，所述 M 个码字中任意两个码字之间的汉明距离 d 满足：

$$d \geq \left\lfloor \frac{ML}{2(M-1)} \right\rfloor, \text{ 或者 } d \geq \left\lfloor \frac{ML}{2(M-1)} \right\rfloor - 1。$$

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述第一 PHR 信息还包括：用于指示所述物理层有效载荷字段是否使用第一编码方式进行编码的信息。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述码字的长度满足：

$$L=4n+2;$$

其中，L 表示所述码字的长度，n 为正整数。

6. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一码字集合中包括 M 个码字，所述码字的长度为 L，M 小于或等于 16，L 等于 20 个比特，所述第一码字集合包括以下一个或多个码字：

1 1 1 1 1 11111111111111;
0 0 0 0 0 100110011001100;
0 0 0 0 0 001100110011001;
0 0 0 0 0 111000011110000;
0 0 0 0 0 010010110100101;
0 0 0 0 0 100001111000011;
0 0 0 0 0 001011010010110;
0 0 0 0 0 111111100000000;
0 0 0 0 0 010101001010101;
0 0 0 0 0 100110000110011;
0 0 0 0 0 010101010101010;
0 0 0 0 0 001100101100110;
0 0 0 0 0 111000000001111;
0 0 0 0 0 010010101011010;
0 0 0 0 0 100001100111100;
0 0 0 0 0 001011001101001。

7. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一码字集合中包括 M 个码字，所述码字的二进制比特长度为 L，M 小于或等于 16，L 等于 20 个比特，所述码字用 16 进制表示，所述第一码字集合包括以下一个或多个码字：

0xFFFF;
0x04CCC;
0x01999;
0x070F0;
0x025A5;
0x043C3;
0x01696;
0x07F00;
0x02A55;
0x04C33;
0x02AAA;
0x01966;
0x0700F;
0x0255A;
0x0433C;
0x01669。

8. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一码字集合中包括 M 个码字，所述码字的长度为 L，M 小于或等于 16，L 等于 36 个比特，所述第一码字集合包括以下一个或多个码字：

1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0
0 1 1 1 1 0 1;
0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1
1 1 1 0 1 0 1;
0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1
1 1 0 1 0 1 0;
0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1
1 0 1 0 1 0 0;
1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1
0 1 0 1 0 0 0;
1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0
1 0 0 0 0 1 1;
1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1
0 0 0 0 1 1 0;
0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0
0 0 0 1 1 0 1;
1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0
1 1 0 1 1 0 0;
1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1
1 0 1 1 0 0 1;
1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1
0 1 1 0 0 1 1;
0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0
1 1 0 0 1 1 1;
0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1
0 0 1 1 1 1 0;
0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0
1 1 1 1 0 1 0;
1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0
1 0 1 0 0 0 0;

0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1
0 1 0 0 0 0 1。

9. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述第一码字集合中包括 M 个码字, 所述码字的长度为 L, M 小于或等于 16, L 等于 32 个比特, 所述第一码字集合包括以下一个或多个码字:

1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0;
0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0
0 1 1;
1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1
1 1 1;
1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1
1 0 0;
1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1
1 1 1;
0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1
1 0 0;
0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0
0 0 0;
0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0
0 1 1;
1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
1 0 1;
0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0
1 1 0;
1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1
0 1 0;
0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1
0 0 1;
0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1
0 1 0;
0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1
0 0 1;
1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0
1 0 1;
1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0
1 1 0。

10. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述第一码字集合中包括 M 个码字, 所述码字的长度为 L, M 小于或等于 16, L 等于 32 个比特, 所述第一码字集合包括以下一个或多个码字:

0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0;
1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0
1 1 1;
0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0
1 0 0;
1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1
0 1 0;
1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1
1

1 0 1;
 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1
 0 1 1;
 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1
 1 0 1;
 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1
 1 1 0;
 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0
 0 1 1;
 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0
 0 0 1;
 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1
 0 0 0;
 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0
 1 1 0。

11. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法，其特征在于，所述码字的长度为偶数个比特，且所述码字的长度满足：

$$L=7n+m;$$

其中，L 表示所述码字的长度，n 为正整数，m 为大于或等于 0 且小于 7 的整数。

12. 根据权利要求 1-3，11 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一码字集合中包括 M 个码字，所述码字的长度为 L，M 小于或等于 8，L 等于 28 个比特，所述第一码字集合包括以下一个或多个码字：

0 0;
 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1;
 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1;
 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0;
 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1;
 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0;
 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0;
 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1。

13. 根据权利要求 1-3，11 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一码字集合中包括 M 个码字，所述码字的长度为 L，M 小于或等于 8，L 等于 30 个比特，所述第一码字集合包括以下一个或多个码字：

0
 0;
 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1
 0;
 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0
 1;
 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1
 1;
 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0
 0;
 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
 0;
 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0
 1;
 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1

19

14. 根据权利要求 1-3, 11 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述第一码字集合中包括 M 个码字, 所述码字的长度为 L, M 小于或等于 8, L 等于 32 个比特, 所述第一码字集合包括以下一个或多个码字:

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0;
    1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1
0 0 1;
    0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0
1 0 1;
    1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1
1 0 0;
    0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0
0 1 1;
    1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 1
0 1 0;
    0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0
1 1 0;
    1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1
1 1 1。

```

15. 根据权利要求 1-3, 11 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述第一码字集合中包括 M 个码字, 所述码字的长度为 L , M 小于或等于 8, L 等于 34 个比特, 所述第一码字集合包括以下一个或多个码字:

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0;
    1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1
0 1 0 1 0;
    0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0
1 1 0 0 1;
    1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1
1 0 0 1 1;
    0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0
0 0 1 1 1;
    1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1
0 1 1 0 1;
    0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0
1 1 1 1 0;
    1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1
1 0 1 0 0。

```

16. 根据权利要求 1-3, 11 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述第一码字集合中包括 M 个码字, 所述码字的长度为 L, M 小于或等于 8, L 等于 36 个比特, 所述第一码字集合包括以下一个或多个码字:

```
0   0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0;  
    1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1  
0 1 0 1 0 1 1;  
    0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0  
1 1 0 0 1 1 0;  
    1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1
```

1 0 0 1 1 0 1;
0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0
0 0 1 1 1 1 0;
1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1
0 1 1 0 1 0 1;
0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0
1 1 1 1 0 0 0;
1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1
1 0 1 0 0 1 1。

17. 根据权利要求 1 至 16 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述第一码字集合中码字的个数 M 小于或等于 2^K , 其中, K 是所述第一 PHR 信息的比特长度, $K=2, 3$ 或 4 。

18. 根据权利要求 1 至 17 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述码字的长度为以下任一种: 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 或 40 个比特。

19. 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 包括物理层报头 PHR 字段和物理层有效载荷字段, 所述 PHR 字段包括第一 PHR 信息, 所述第一 PHR 信息用于指示所述物理层有效载荷字段的数据速率;

收发单元, 用于发送信号, 所述信号基于所述 PPDU 生成, 所述信号包括根据所述第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号, 所述码字包括第一码字集合中与所述第一 PHR 信息对应的码字。

20. 一种通信装置, 其特征在于, 包括:

收发单元, 用于接收信号, 所述信号基于物理层协议数据单元 PPDU 生成, 所述 PPDU 包括物理层报头 PHR 字段和物理层有效载荷字段, 所述 PHR 字段包括第一 PHR 信息, 所述信号包括根据所述第一 PHR 信息经过编码后的码字生成的信号, 所述码字包括第一码字集合中与所述第一 PHR 信息对应的码字;

处理单元, 用于对所述信号解码, 获得所述第一 PHR 信息, 所述第一 PHR 信息用于指示所述物理层有效载荷字段的数据速率。

21. 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 18 中任一项所述的方法被执行。

22. 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 18 中任一项所述的方法被执行。

23. 一种无线通信系统, 其特征在于, 包括: 如权利要求 19 所述的通信装置, 和/或, 如权利要求 20 所述的通信装置。

24. 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 18 中任一项所述的方法被执行。