



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1684455 B

(45) 授权公告日 2010.06.23

(21) 申请号 200510063691.0

审查员 王健

(22) 申请日 2005.03.29

(30) 优先权数据

60/557,946 2004.03.31 US

10/877,638 2004.06.25 US

(73) 专利权人 美国博通公司

地址 美国加州

(72) 发明人 艾瑞克·J·欧贾德

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 44217

代理人 蔡晓红

(51) Int. Cl.

H04L 25/49 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

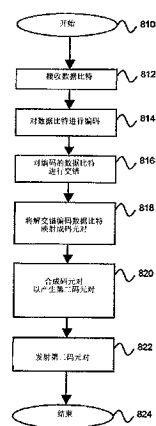
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 8 页

(54) 发明名称

在衰落信道上扩频的方法和系统

(57) 摘要

本发明公开了一种简单的扩频技术,该技术可以改进具有正交相移键控 (QPSK) 或二进制相移键控 (BPSK) 调制的衰落信道的通信性能。该技术可以包括在发射机端通过应用 2×2 阶变换,将两个码元结合起来,形成一个 4 点的脉冲幅度调制 (4-PAM) 或 16 点的正交幅度调制 (16-QAM) 的星座。接收机端可以利用二维软解映射器向软输入解码器提供输入。本方案可以在基本不增加复杂程度的情况下,显著提高衰落信道上的通信性能。该技术最有利于弱编码或完全无编码的系统。本技术的一种应用在于遭遇选频衰落的编码正交频分复用 (OFDM) 系统,这种系统的一个例子是多带 OFDM 联盟 (MBOA) 有关超宽带 (UWB) 无线通信的草案规范。



1. 一种利用两个码元发射和接收两个比特的方法,其中所述两个码元能够遭遇不同程度的衰落,其特征在于,当进行发射时:

将两个比特映射到两个码元,其中所述映射由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,且所述 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座在两轴中任一轴上的投影构成具有 4 个不等点的一维星座;其中,通过 2×2 阶矩阵 $\begin{bmatrix} 2,1 \\ 1,-2 \end{bmatrix}$,将所述两个码元变换成新的两个码元,以上述星座进行变换,从而产生通频带系统中的 4 级 PAM 或 16 位 QAM,及

发射所述新的两个码元;当进行接收时:

估算两个衰落幅度;

接收新的两个码元;

利用估算出的衰落幅度联合处理接收到的两个码元以产生两个软输出;以及

利用前向纠错解码器对这两个软输出进行解码;其中,当进行接收时,所述解码包括:

对这两个软输出进行解交错;以及

对两个解交错的软输出进行解码以产生解码输出比特。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,当进行发射时,所述两个比特来自交错器的输出。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,当进行发射时,所述两个比特来自采用前向纠错(FEC) 码的编码器的输出。

4. 一种利用两个码元发射和接收两个比特的系统,其中所述两个码元能够遭遇不同程度的衰落,其中,发射系统包括:

至少一个处理器,用于处理两个比特以进行发射;

所述至少一个处理器能够将两个比特映射到两个码元,其中所述映射由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,且所述 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座在两轴中任一轴上的投影构成具有 4 个不等点的一维星座;其中,通过 2×2 阶矩阵 $\begin{bmatrix} 2,1 \\ 1,-2 \end{bmatrix}$,将所述两个码元变换成新的两个码元,以上述星座进行变换,从而产生通频带系统中的 4 级 PAM 或 16 位 QAM,及

所述至少一个处理器能够发射新的这两个码元;

接收系统包括:

至少一个能够估算两个衰落幅度的处理器;

所述至少一个处理器能够接收两个码元;

所述至少一个处理器能够利用估算出的衰落幅值联合地处理接收到的两个码元,以产生两个软输出;

所述至少一个处理器能够利用前向纠错解码器对该两个软输出进行解码;其中,

所述解码包括:

对这两个软输出进行解交错;以及

对两个解交错的软输出进行解码以产生解码输出比特。

5. 根据权利要求 4 所述的系统,其中,在发射系统中,处理两个比特以进行发射包括应

用交错运算法则。

在衰落信道上扩频的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及利用射频通信系统进行数据发射,具体涉及在进行发射前将数据比特映射到信息码元值的方法,以减少接收机恢复信息码元时产生衰落的负效应。

背景技术

[0002] 许多射频 (RF) 通信系统都会遭遇发射码元衰落,导致不同的码元接收时振幅不相等 (和 / 或噪声水平不相等)。一个普遍的例子就是在通信信道上发射的编码正交频分复用 (Coded OFDM 或 COFDM) 会遭遇多径干扰。在这个例子中,发射信号遭遇选频衰落。当多径干扰足够密集 (亦即,接收信号包括大量的信号,其中每个信号都有不同的路径延时),这种衰落可以精确地模拟为瑞利衰落 (Rayleigh fading)。

[0003] 多带 OFDM 联盟 (MBOA) 为超宽带 (UWB) 通信制定的草案规范规范是基于编码 OFDM。IEEE 802.15.3a 标准草案规范规范详细内容参见“关于 IEEE 802.15.3a 任务组的多带 OFDM 提议物理层提案 (Multi-band OFDM Physical Layer Proposal for IEEE 802.15 Task Group 3a)”一文,电气和电子工程师协会文件 IEEE P802.15-03/268r2,2003 年 11 月 10 日,本申请参考该草案的全部内容,并结合于本申请中。通常 UWB 信道存在大量的选频衰落,这种衰落可以精确地模拟为瑞利衰落。在较高的编码率下,上述提议的参数性能相对较差。尤其是采用正交相移键控 (QPSK) 调制及 3/4 速率的卷积码,当存在选频瑞利衰落时,480Mbps 模式 (状态) 遭遇严重的性能下降。

[0004] 有几种提议用于改善这种草案规范模式的性能。其中一种提议使用以 3/8 编码率进行的 16 位 QAM (正交幅度调制) 调制。该方法可以显著改善瑞利衰落信道的性能,但是却有损于无衰落的信道及选频衰落不严重的信道的性能。

[0005] 另一种提议是在发射机上采用 2x2 阶哈达马 (Hadamard) 变换将两码元组合。这种提议的方法组合的两个码元,通过与 2x2 阶哈达马矩阵相乘,可以具有不同程度的衰落。

$$[0006] \quad \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

[0007] 如果指定 x_1 和 x_2 的值:当比特值为 0 时, x_1 和 x_2 的值为 -1;当比特值为 1 时, x_1 和 x_2 的值为 +1,则输出值 y_1 和 y_2 为三重值。图 1A 示出了输入值 x_1 和 x_2 的原始二维星座图。图 1B 示出了当输入值 x_1 和 x_2 映射到不同合成信号的实数和虚数部分时的同一个星座图。图 1C 示出了 y_1 和 y_2 的二维星座图。图 1D 示出了在通频带系统中合成码元的合成星座,其中 y_1 和 y_2 映射到不同合成码元的实数和虚数部分。得到的合成星座是 9 位 QAM。

[0008] 在接收机端,采用一个二维的软解映射器提供输入信号给软输入解码器,如, Viterbi 解码器。这种方法较之在无衰落信道上具 3/8 编码率的 16 位 QAM 的性能较好,但是对瑞利衰落信道的 16 位 QAM 不能得到相同的性能提高。

[0009] 图 2A 和图 2B 示出了采用 QPSK 调制的传统的编码 OFDM 系统发射机 200A 和接收

机 200B 的基本组成部分。目前改善瑞利衰落信道性能的技术,既对无衰落的信道的性能造成损害,又不能使瑞利衰落信道的性能得到显著提高。其它可能采用的技术如增强型编码,会使接收机端的复杂性显著增大。

[0010] 通过将这样的系统与本发明进行比较,对本领域的普通技术人员来说,传统方案的其它缺点和局限性是显而易见的。以下将参考附图对本发明进行阐述。

发明内容

[0011] 一方面,本发明提供一种采用两个码元发射两个比特的方法,其中两个码元可以遭受不同程度的衰落。这种方法可以包括将两个比特映射到两个码元。在本发明的典型实施例中,映射可以由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,该 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成具有 4 个不等点的一维星座。该一维星座的 4 个不等点可以是均匀(间隔相等)地点分布。根据本发明的典型实施例,该方法还可以包括发射这两个码元。这两个码元可以是交错器的输出,可以是采用前向纠错(FEC)码的编码器的输出,该前向纠错码可以包括卷积码。发射可以采用射频(RF)通信进行,及两码元中的每一码元都可映射到正交频分复用(OFDM)通信链路的不同的子载波上。根据本发明,该发射可以与 IEEE802.15.3a 任务组的多带 OFDM 提议物理层提案的提案相兼容。

[0012] 另一方面,本发明提供一种采用两个码元发射两个比特的系统,其中两个码元可以受到不同程度的衰落。本发明的一个典型实施例,可以包括至少一个处理器,用于处理要发射的两个比特,该至少一个处理器能够将两个比特映射到两个码元。该映射可以由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,该 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成具有 4 个不等点的一维星座。该一维星座的 4 个不等点可以是均匀(间隔相等)地点分布。该至少一个处理器能够发射这两个码元。处理要发射的两个比特可以包括应用交错运算法则。处理要发射的两个比特还可以包括采用前向纠错(FEC)码对两个比特进行编码,前向纠错码可以包括卷积码。本发明的典型实施例中,发射可以包括使用射频(RF)信号发射这两个码元。两个码元中的每一码元都可映射到正交频分复用(OFDM)通信链路的不同的子载波上,该发射可以与 IEEE 802.15.3a 任务组的多带 OFDM 提议物理层提案相兼容。

[0013] 第三方面,本发明提供一种可机读存储器,其上存储有具有多个代码段的计算机程序,用于实现采用两个码元发射两个比特的方法,其中该两个码元能够遭遇不同程度的衰落。代码段可以是机器可执行的,以使机器执行包括将两个比特映射到两个码元的操作。该映射可以由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,该 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成具有 4 个不等点的一维星座。该一维星座的 4 个不等点可以是均匀(间隔相等)地点分布。本发明的典型实施例还可以包括发射这两个码元。本发明的典型实施例可以包括应用交错运算法则处理要发射的两个比特,采用前向纠错(FEC)码对两个比特进行编码,其中前向纠错码可以包括卷积码。发射可以包括使用射频(RF)信号发射这两个码元,两码元可以映射到正交频分复用(OFDM)通信链路的不同的子载波上。该发射可以与 IEEE 802.15.3a 任务组的多带 OFDM 提议物理层提案相兼容。

[0014] 第四方面,本发明提供一种能够调制两个数据比特的系统,该两个数据比特映射成分离的码元,以便在受到不同程度衰落的分离的路径上进行联合(接缝)发射,其中两个

数据比特到两个码元的映射可以由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征。4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成具有 4 个不等点的一维星座。该 4 点、二维、四方形星座可以包括四方形的子集、均匀分布、16 点星座,并且 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成均匀分布的 4 点星座。在本发明的实施例中,路径可以是采用多带频分复用 (OFDM) 的通信系统中分离的子载波。

[0015] 第五方面,本发明提供一种接收两个码元以产生两个数据比特的方法,其中该两个码元受到不同程度的衰落。这种方法可以包括估算两个衰落幅度、接收两个码元、利用估算出的衰落幅度联合处理接收到的两个码元以产生两个软输出、以及利用前向纠错解码器对这两个软输出进行解码。该解码可以包括对这两个软输出进行解交错、以及对两个解交错的软输出进行解码以产生解码输出比特。

[0016] 第六方面,本发明提供一种可机读的存储器,其上存储有计算机程序。该计算机程序具有多个代码段,以实现接收两个码元从而产生两个数据比特的方法,其中这两个码元受到不同程度的衰落。该代码段可以是机器可执行的,以使机器执行包括以下内容的操作:估算两个衰落幅度、接收两个码元、利用估算出的两个衰落幅度联合处理所接收到的两个码元以产生两个软输出、利用前向纠错解码器对这两个软输出进行解码。在本发明的实施例中,该解码可以包括对这两个软输出进行解交错、以及对两个解交错的软输出进行解码以产生解码输出比特。

[0017] 第七方面,本发明提供一种接收两个码元以产生两个数据比特的系统,其中该两个码元受到不同程度的衰落。这种系统可以包括至少一个能够估算衰落幅度的处理器,且该至少一个处理器可以是能够接收两个码元。该至少一个处理器还可以是能够利用估算出的衰落幅值联合地处理接收到的两个码元以产生两个软输出,并且该至少一个处理器可以利用前向纠错解码器对这两个软输出进行解码。该解码可以包括对这两个软输出进行解交错、以及对两个解交错的软输出进行解码以产生解码输出比特。

[0018] 根据本发明,提供一种利用两个码元发射二进制比特的方法,其中所述两个码元能够遭遇不同程度的衰落,所述方法包括:

[0019] 将两个比特映射到两个码元,其中所述映射可以由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,及所述 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成具有 4 个不等点的一维星座;及

[0020] 发射这两个码元。

[0021] 作为优选,所述两个比特来自交错器的输出。

[0022] 作为优选,所述两个比特来自采用前向纠错码的编码器的输出。

[0023] 作为优选,所述前向纠错码包括卷积码。

[0024] 作为优选,所述发射采用射频 (RF) 通信。

[0025] 作为优选,所述两个码元中的每一码元映射到正交频分复用 (OFDM) 通信链路的不同子载波中。

[0026] 作为优选,所述发射与 IEEE 802.15.3a 任务组的多带 OFDM 提议物理层提案相兼容。

[0027] 作为优选,所述一维星座的 4 个不等点是均匀地分布。

[0028] 根据本发明,提供一种利用两个码元发射二进制比特的系统,其中所述两个码元

能够遭遇不同程度的衰落,所述系统包括:

- [0029] 至少一个处理器,用于处理两个比特以进行发射;
- [0030] 所述至少一个处理器能够将两个比特映射到两个码元,其中所述映射可以由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,及所述 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成具有 4 个不等点的一维星座;及
- [0031] 所述至少一个处理器能够发射这两个码元。
- [0032] 作为优选,处理两个比特以进行发射包括应用交错运算法则。
- [0033] 作为优选,处理两个比特以进行发射包括采用前向纠错码对两个比特进行解码。
- [0034] 作为优选,所述前向纠错码包括卷积码。
- [0035] 作为优选,所述发射包括采用射频 (RF) 信号发射这两个码元。
- [0036] 作为优选,所述两个码元中的每一码元映射到正交频分复用 (OFDM) 通信链路的不同子载波中。
- [0037] 作为优选,所述发射与 IEEE 802. 15. 3a 任务组的多带 OFDM 提议物理层提案相兼容。
- [0038] 作为优选,所述一维星座的 4 个不等点是均匀地分布。
- [0039] 根据本发明,提供一种可机读存储器,其上存储有计算机程序,所述计算机程序具有多个代码段用于实现采用两个码元发射两个比特的方法,其中所述两个码元能够遭遇不同程度的衰落,代码段是机器可执行的,以使机器执行包括如下的操作:
- [0040] 将两个比特映射到两个码元,所述映射可以由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,其中所述 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成具有 4 个不等点的一维星座。
- [0041] 发射所述两个码元。
- [0042] 作为优选,所述操作还包括采用交错运算法则对所述两个比特进行处理。
- [0043] 作为优选,所述操作还包括采用前向纠错 (FEC) 码对两个比特进行编码。
- [0044] 作为优选,所述前向纠错码包括卷积码。
- [0045] 作为优选,所述发射包括采用射频 (RF) 信号发射这两个码元。
- [0046] 作为优选,所述两个码元中的每一码元映射到正交频分复用 (OFDM) 通信链路的不同子载波中。
- [0047] 作为优选,所述发射与 IEEE 802. 15. 3a 任务组的多带 OFDM 提议物理层提案相兼容。
- [0048] 作为优选,所述一维星座的 4 个不等点是均匀地分布。
- [0049] 根据本发明,提供一种能够调制两个数据比特的系统,所述两个数据比特映射到分离的码元,以便在受到不同程度衰落的分离的路径上进行联合发射,其中两个数据比特到两个码元的映射可以由 4 点、二维、绕原点旋转的四方形星座来表征,且 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成具有 4 个不等点的一维星座。
- [0050] 作为优选,所述 4 点、二维、四方形星座包括四方形的子集、均匀分布、16 点星座,且其中 4 点、二维、四方形星座在两轴中任一轴上的投影可以构成均匀分布的 4 点星座。
- [0051] 作为优选,所述路径是采用多带正交频分复用 (OFDM) 通信系统中的分离的子载波。

[0052] 根据本发明,提供一种接收两个码元以产生两个数据比特的方法,其中所述两个码元受到不同程度的衰落,所述方法包括:

[0053] 估算两个衰落幅度;

[0054] 接收两个码元;

[0055] 利用估算出的衰落幅度联合处理接收到的两个码元以产生两个软输出;以及

[0056] 利用前向纠错解码器对这两个软输出进行解码。

[0057] 作为优选,所述解码包括:

[0058] 对这两个软输出进行解交错;以及

[0059] 对两个解交错的软输出进行解码以产生解码输出比特。

[0060] 根据本发明,提供一种可机读的存储器,其上存储有计算机程序,所述计算机程序具有多个代码段,以实现接收两个码元从而产生两个数据比特的方法,其中这两个码元受到不同程度的衰落;所述代码段是机器可执行的,以使机器执行包括以下内容的操作:

[0061] 估算两个衰落幅度;

[0062] 接收两个码元;

[0063] 利用估算出的两个衰落幅度联合处理所接收到的两个码元,以产生两个软输出;

[0064] 利用前向纠错解码器对这两个软输出进行解码。

[0065] 作为优选,所述解码包括:

[0066] 对所述两个软输出进行解交错;以及

[0067] 对两个解交错的软输出进行解码以产生解码输出比特。

[0068] 根据本发明,提供一种接收两个码元以产生两个数据比特的系统,其中所述两个码元受到不同程度的衰落,所述系统包括:

[0069] 至少一个能够估算衰落幅度的处理器;

[0070] 所述至少一个处理器能够接收两个码元;

[0071] 所述至少一个处理器能够利用估算出的衰落幅值联合地处理接收到的两个码元,以产生两个软输出;

[0072] 所述至少一个处理器能够利用前向纠错解码器对这两个软输出进行解码。

[0073] 作为优选,所述解码包括:

[0074] 对所述两个软输出进行解交错;以及

[0075] 对两个解交错的软输出进行解码以产生解码输出比特。

[0076] 本发明的上述及其它特征及优点在本发明的下述详细描述中体现,附图中的相同的参照标号指相同的部分。

附图说明

[0077] 图 1A 所示为 x_1 和 x_2 的原始二维星座图;

[0078] 图 1B 所示为当 x_1 和 x_2 映射到不同合成信号的实数或虚数部分时,与图 1A 相同的星座;

[0079] 图 1C 所示为 y_1 和 y_2 的二维星座图;

[0080] 图 1D 示出了在通频带系统中合成码元的合成星座,其中图 1A 的 y_1 和 y_2 映射到不同合成码元的实数和虚数部分;

- [0081] 图 2A 所示为采用 QPSK 调制的传统的编码的 OFDM 系统发射机的基本组成部分；
- [0082] 图 2B 所示为采用 QPSK 调制的传统的编码的 OFDM 系统接收机的基本组成部分；
- [0083] 图 3A 所示为两个码元 x_1 和 x_2 的典型的二维星座图,例如,可以对应于图 1A 所示的信号星座；
- [0084] 图 3B 所示为当码元 x_1 和 x_2 映射到不同合成信号的实数或虚数部分时图 3A 的星座图；
- [0085] 图 3C 所示为根据本发明的典型实施例,码元 y_1 和 y_2 的典型的二维星座图；
- [0086] 图 3D 所示为根据本发明的典型实施例,带频通系统中合成码元的合成星座,其中 y_1 和 y_2 映射到不同合成码元的实数或虚数部分；
- [0087] 图 4A 的星座图示出了当一个码元受到深度衰落而其它码元未受到影响时出现的压缩；
- [0088] 图 4B 的星座图所示为采用 2×2 阶哈达马变换对图 4A 的通信系统进行扩频时,当一个码元受到深度衰落而其它码元未受到影响时可能出现的压缩；
- [0089] 图 4C 的星座图所示为在与图 4A 相同的衰落影响下,根据本发明的典型实施例的通信系统的状态；
- [0090] 图 5 所示为衰落影响存在时,对于 MBOA 提议的 480Mbps 模式,先前所提议的选择方案的性能的曲线图,以及根据本发明的典型实施例,通信系统性能的曲线图；
- [0091] 图 6 所示为衰落影响不存在时,对于 MBOA 提议的 480Mbps 模式,在先所提议的选择方案的性能的曲线图,以及根据本发明的典型实施例,通信系统性能的曲线图；
- [0092] 图 7A 所示为根据本发明的典型实施例,典型的 COFDM 通信系统发射机的基本组成；
- [0093] 图 7B 所示为根据本发明的典型实施例,典型的 COFDM 通信系统接收机的基本组成；
- [0094] 图 8 所示为根据本发明的典型实施例,在受到不同程度衰落的两个码元上发射两个数据比特的典型方法的流程图；
- [0095] 图 9 所示为根据本发明的典型实施例,接收由图 8 所示方法发射的码元对的典型方法的流程图,其中所述码元受到不同程度的衰落。

具体实施方式

- [0096] 本发明涉及射频通信系统的数据传输,尤其涉及一种在发射前将数据比特映射到信息码元值的方法,以减小在接收机端信息码元恢复时因衰落引起的负效应。
- [0097] 根据本发明的典型实施例,改良的编码方案可以包括通过与 2×2 阶矩阵相乘,将两个受到不同程度衰落的码元 x_1 和 x_2 进行组合,如下：

$$[0098] \quad \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

- [0099] 上面的等式还可以包括一个比例因子以保持同样的发射功率。这样,矩阵相乘使得点 (x_1, x_2) 简单地旋转,而不改变编码的间隔特性。如果,例如,这两个码元 x_1 和 x_2 从 0 和 1 二进位值映射成的 $[-1, +1]$ 中取值,上述变换的输出 y_1 和 y_2 的取值范围为 $[-3, -1, +1, +3]$ 。如此,从上述变换产生的星座可以是通频带系统中的 4 级 PAM (4 级脉冲幅度调制),

或者是 16 位 QAM(16 位正交幅度调制)。由于 $[-3, -1, +1, +3]$ 值可以由两个比特准确地表示, 因此该方法便于实施。

[0100] 图 3A 所示为两个码元 x_1 和 x_2 的典型二维星座图, 例如, 可与图 1A 所示的信号星座一致。图 3B 所示为当码元 x_1 和 x_2 映射到不同合成信号的实数或虚数部分时图 3A 的星座图。图 3C 所示为根据本发明的典型实施例, 码元 y_1 和 y_2 的典型二维星座图。图 3C 所示星座的点通过上述变换而得到。如图 3C 中可看出, 该变换是使这些点绕原点旋转。图 3C 示意的旋转形成一种点阵排列, 这种排列使得在两轴中任一轴上的投影构成包含不等的、均匀分布的 4 个点的一维星座。图 3D 所示为根据本发明的典型实施例, 通频带系统中合成码元的合成星座, 其中 y_1 和 y_2 映射到不同合成码元的实数或虚数部分。如图所示, 生成的合成星座是 16-QAM。

[0101] 请注意, 图中的比特标签仅仅是为了说明本发明, 在本发明的实施例中也可以采用其它比特标签配置, 而不会影响性能。另外, 图 3C 所示的星座可以绕任一轴或两轴翻转, 或以 90 度的倍数旋转, 而不影响其性能, 并不偏离本发明的范围和精神。

[0102] 在本发明的实施例中, 可采用多种方法对按照上述方式编码的码元进行解码。一种可行的性能良好的解码器可以包括二维软解映射器。这种方案可以向软输入解码器, 如 Viterbi 解码器, 提供软输出。在本发明的典型实施例中, 二维软解映射器可以按下述方式进行运行。

[0103] 对于图 3B 所示的二维星座的两个发射码元 y_1 和 y_2 , 设 a_1 和 a_2 为相应的衰落幅度 (假设从信道估算得出近似值), 设 n_1 和 n_2 为每个接收码元上的相应噪声, 假设加性白高斯噪声 (AWGN) 方差 σ^2 。设 z_1 和 z_2 是两个接收码元。

$$[0104] \quad z_1 = a_1 y_1 + n_1$$

$$[0105] \quad z_2 = a_2 y_2 + n_2$$

[0106] 假定星座中点的比特标签如图 3C 所示, 其中 #1 比特是标签中最左位置的比特, #2 比特是标签中最右位置比特, 本发明典型实施例中的二维软解映射器可以计算出以下两表达式的值:

$$[0107] \quad LLR1 = \log \left[\frac{e^{-((z_1 - 3a_1)^2 + (z_2 + a_2)^2) / 2\sigma^2} + e^{-((z_1 - a_1)^2 + (z_2 - 3a_2)^2) / 2\sigma^2}}{e^{-((z_1 + 3a_1)^2 + (z_2 - a_2)^2) / 2\sigma^2} + e^{-((z_1 + a_1)^2 + (z_2 + 3a_2)^2) / 2\sigma^2}} \right]$$

$$[0108] \quad LLR2 = \log \left[\frac{e^{-((z_1 - 3a_1)^2 + (z_2 + a_2)^2) / 2\sigma^2} + e^{-((z_1 + a_1)^2 + (z_2 + 3a_2)^2) / 2\sigma^2}}{e^{-((z_1 + 3a_1)^2 + (z_2 - a_2)^2) / 2\sigma^2} + e^{-((z_1 - a_1)^2 + (z_2 - 3a_2)^2) / 2\sigma^2}} \right]$$

[0109] 式中 LLR1 和 LLR2 分别为比特 1 和比特 2 的可能性对数 (log-likelihood) 比值。

[0110] 这些值可以用作软输入解码器 (如 Viterbi 解码器) 的输入。

[0111] 图 4A 的星座图示出了当一个码元受到深度衰落而其它码元未受到影响时出现的压缩。在图 4A 中, 例如, 承载码元 y_2 的路径受到深度衰落的影响, 而承载码元 y_1 的路径未受到影响。在采用现有技术的系统中, 深度衰落引起的星座中点之间的最小距离随衰落的幅度 a_2 成比例地减小, 如图 4A 所示。

[0112] 图 4B 的星座图所示为采用 2×2 阶哈达马变换对图 4A 的通信系统进行扩频时, 当一个码元受到深度衰落而其它码元未受到影响时可能出现的压缩。在一定的衰落深度之外, 最小距离随衰落幅度 a_2 而成比例减小, 但最小距离保持大于未扩频系统 $\sqrt{2}$ 倍, 或 3dB。

这使得采用了扩频技术的通信系统相对于未扩频的通信系统来说更具优势。尽管具有此优势,当一条路径上的衰落幅度(本例中为 a_2) 趋近于零时,上述采用了扩频技术的通信系统中的最小距离依然趋近于零。

[0113] 图 4C 的星座图所示为在与图 4A 相同的衰落影响下,根据本发明的典型实施例的通信系统的状态。从图 4C 中可看出,当衰落幅度 a_2 (与 y_2 相关) 减小,最小距离减小。然而,应当注意,与图 4B 所示的状态不同,图 4C 所示的星座中的最小距离不趋于零。仅当两个码元都遭遇深度衰落,并且衰落幅度 a_1 和 a_2 (分别为 y_1 和 y_2 的) 趋于零时,最小距离趋于零。该行为使得本发明的实施例较之 2×2 阶哈达马扩频更具优势。

[0114] 图 5 中的曲线 510、520、530 示出了为衰落影响存在时,对于 MBOA 提议的 480Mbps 模式,先前所提议的选择方案的性能的曲线图;曲线 540 示出本发明的典型实施例的通信系统性能的曲线图。用于产生图 5 所示结果的仿真呈现独立的瑞利衰落,表示配有设计良好的交错器的系统中典型的多带 OFDM (MB-OFDM) 超宽带 (UWB) 信道。相反,图 6 中的曲线 610、620、630 示出了衰落影响不存在时,对于 MBOA 提议的 480Mbps 模式,先前所提议的选择方案的性能的曲线图;曲线 640 示出根据本发明的典型实施例的通信系统性能的曲线图。在图 5 和图 6 中, Y 轴表示每比特判定错误的概率。图 5 中曲线 510 和图 6 中曲线 610 分别为存在和不存在衰落时, MBOA 原始提议的草案规范中,采用具 $3/4$ 速率卷积码的正交相移键控 (QPSK) 所期望的性能。从图 5 中可以看出,相对于其它所示的方法,曲线 510 所示的提议的草案规范中,当存在瑞利衰落时,明显具有较高的每比特判定错误的概率。图 5 中曲线 520 和图 6 中曲线 620 分别为存在和不存在衰落时,选择使用具 $3/8$ 编码率的 16-QAM 时所期望的性能。如图 5 中曲线 520 所示,在遭遇瑞利衰落时,该方法明显比 MBOA 提议的草案规范(如曲线 510 所示)的性能好。但是,当将这种选择方法应用到无衰落的信道时,会损害其性能,使每比特判定错误的概率明显增大,如图 6 的曲线 620 所示。

[0115] 图 5 中曲线 530 和图 6 中曲线 630 分别为存在和不存在衰落时,选择 2×2 阶哈达马扩频技术时所期望的性能。这种选择方法(如图 5 中曲线 530 所示),当应用到遭遇瑞利衰落的信道上时,其性能比 MBOA 提议的草案规范的性能好,但是,没有 16-QAM 方案的性能(如图 5 中曲线 520 所示)好。

[0116] 图 5 中曲线 540 和图 6 中曲线 640 分别为存在和不存在衰落时,根据本发明的典型实施例的通信系统所期望的性能。这种方案大幅度胜过曲线 530 所示的 2×2 阶哈达马扩频技术,且性能非常接近具 $3/8$ 编码率的 16-QAM 的性能(如图 5 中曲线 520 所示)。然而,与具 $3/8$ 编码率的 16-QAM 方案性能不同的是,当应用到无瑞利衰落的信道时,本发明实施例的性能不会降低。通过将图 6 中的曲线 640 与具 $3/8$ 编码率的 16-QAM 的性能(如图 6 中曲线 620 所示)相比较,可以看出本发明实施例在无衰落信道上具有较高性能。

[0117] 图 7A 和图 7B 所示为根据本发明的典型实施例,典型的 OFDM 通信系统发射机 700A 和接收机 700B 的基本组成。图 7A 和图 7B 的发射机 700A 和接收机 700B 的主要部分别相应于图 2A 和图 2B 所示通信系统的发射机 200A 和接收机 200B。然而,根据本发明的实施例,通过应用上述分别地到实数和 / 或虚数部分的变换 710A,可以将宽距离子载波对结合到发射机 700A 中。为了得到较佳性能,可以选择子载波对,以使频域中子载波之间的距离最大。根据本发明的典型实施例的接收机,如图 7B 所示的接收机 700B,一维软解映射器(相应于图 2 中的软解映射器 210B)可以由二维软解映射器(如图 7 中的二维软解映射器 720B)替

代,以进行上述操作。相位补偿模块 715B 可以从接收到的码元中去除任何相位旋转,从而可以分别对实数和虚数部分进行处理。之后,二维软解映射器 720B 可以按如前所述方式处理实数和虚数部分。

[0118] 图 8 所示为根据本发明的典型实施例,在受到不同程度衰落两个码元上发射两个数据比特的典型方法的流程图 800。如图 8 所示,方法开始 (810),接收用于发射的数据比特对流 (812)。之后,采用编码计算法则,例如,卷积码,对数据比特对中的每一比特进行编码 (814),及对编码数据比特进行交错处理 (816)。然后,将交错数据比特对映射到码元对 (818),可以组合每一码元对 (820),以采用上述图 3C 和图 4C 对应的变换方式形成新的码元对。最后,发射新的码元对 (822),流程结束 (824)。

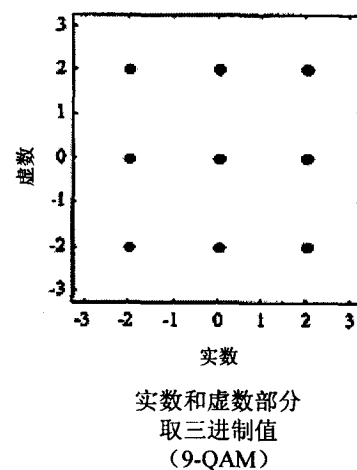
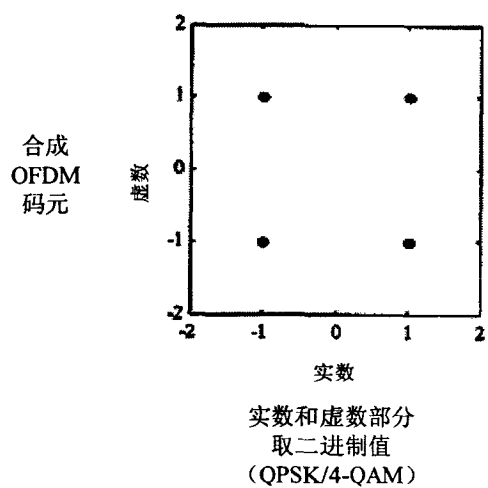
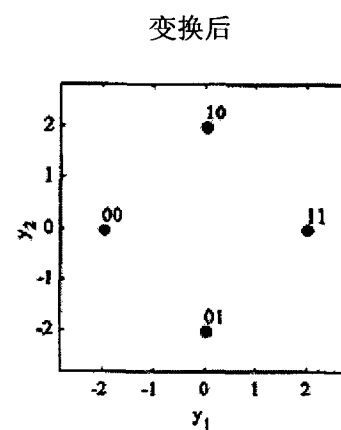
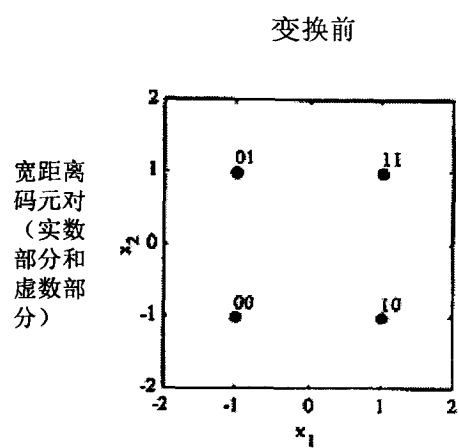
[0119] 图 9 所示为根据本发明的典型实施例,接收由图 8 所示方法发射的码元对的典型方法的流程图 900,其中所述码元受到不同程度的衰落。如图 9 所示,方法开始 (910),对两个码元的衰落幅度进行估算 (912)。之后,接收这两个码元 (914)。然后,可以采用软解映射器,例如,上述描述的软解映射器,对接收到的码元进行解映射 (916)。两个解映射的码元联合产生一个数据比特对。接下来,对数据比特对进行解交错 (918) 和解码 (920),重新生成数据比特对流。流程结束 (922)。

[0120] 本发明可以通过软件、硬件或软件和硬件的结合来实现。本发明可以集中方式在至少一个计算机系统中实现,或以分散在多个互连的计算机系统中的不同部分的分布方式来实现。任何适于实现本文描述的方法的计算机系统或其它设备都是适用的。通常硬件和软件的结合可以是安装及执行计算机程序的通用计算机系统,该程序控制计算机系统,使其执行本文描述的方法步骤。

[0121] 本发明还可以嵌入计算机程序产品中,该程序产品包括所有能够实现本文所述方法的特点,当其安装在计算机系统中,能够执行这些方法步骤。本文所述的计算机程序意指以任何语言、编码和符号组成的一组指令的任何表达方式,使得系统具备执行特定操作的信息处理能力,直接或进行下述任一或两个步骤之后:a) 转换成另外一种语言、编码或符号;b) 以不同的材料形式再现。

[0122] 虽然通过实施例对本发明进行了描述,本领域技术人员明白,在不脱离本发明权利要求范围的情况下,可以对本发明进行各种改变及等同替代。另外,在不脱离本发明权利要求范围的情况下,从本发明的教导中可以对本发明进行修改以适应特定的情形或材料。因而,本发明不受此处所公开的特殊的实施例的限制,任何落入本发明权利要求范围内的实施例都属于本发明的范围。

[0123] 本申请参考并要求名称为“在衰落信道上扩频的方法及系统”的美国临时专利申请的优先权,该申请的申请日为 2004 年 3 月 31 日、申请号为 60/557,946(代理方档案号 15670US01 BP-3587)。本申请参考其全部主要内容并结合于本申请中。



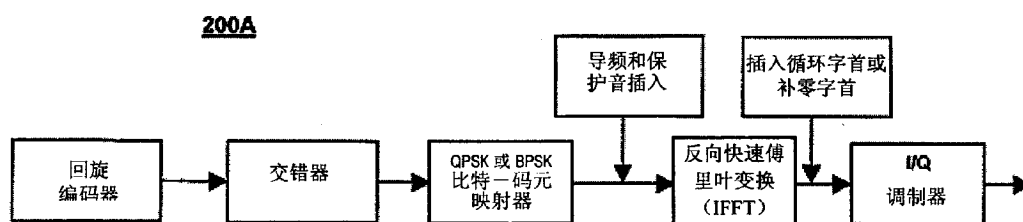


图 2A

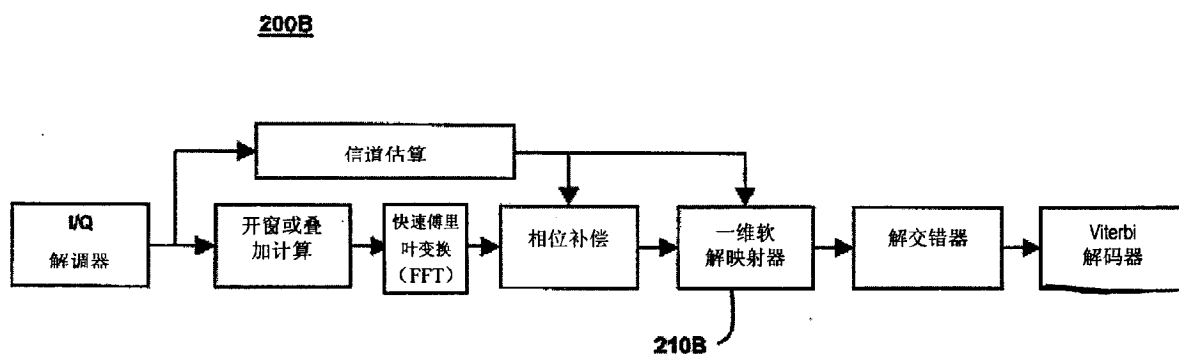


图 2B

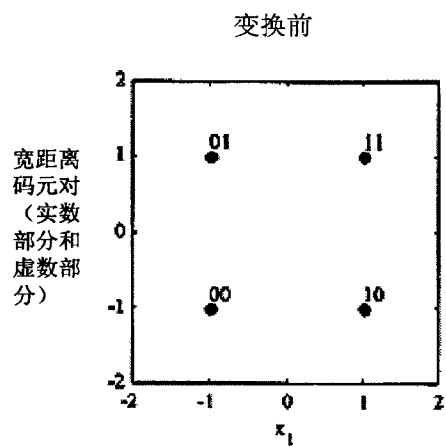


图 3A

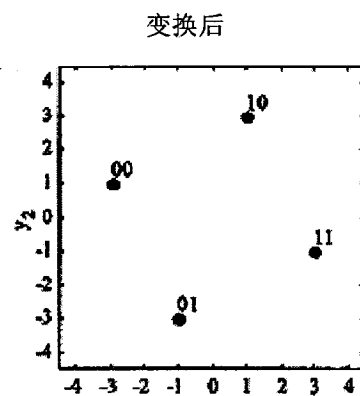


图 3C

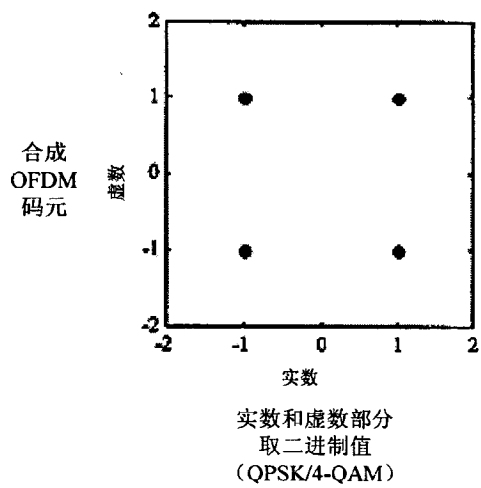


图 3B

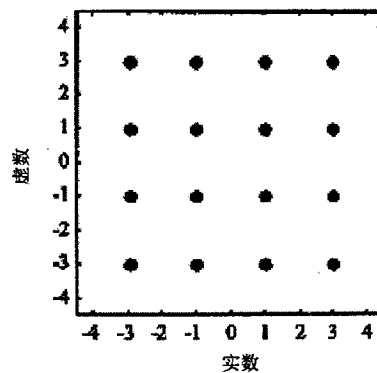


图 3D

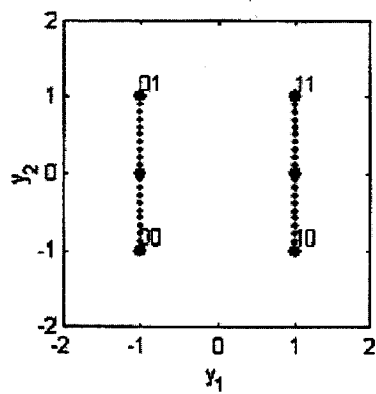


图 4A

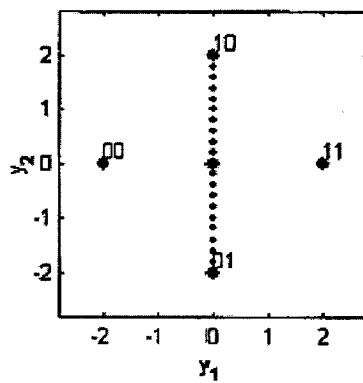


图 4B

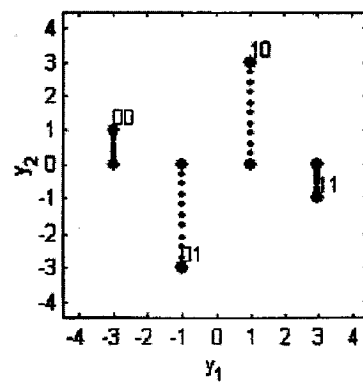


图 4C

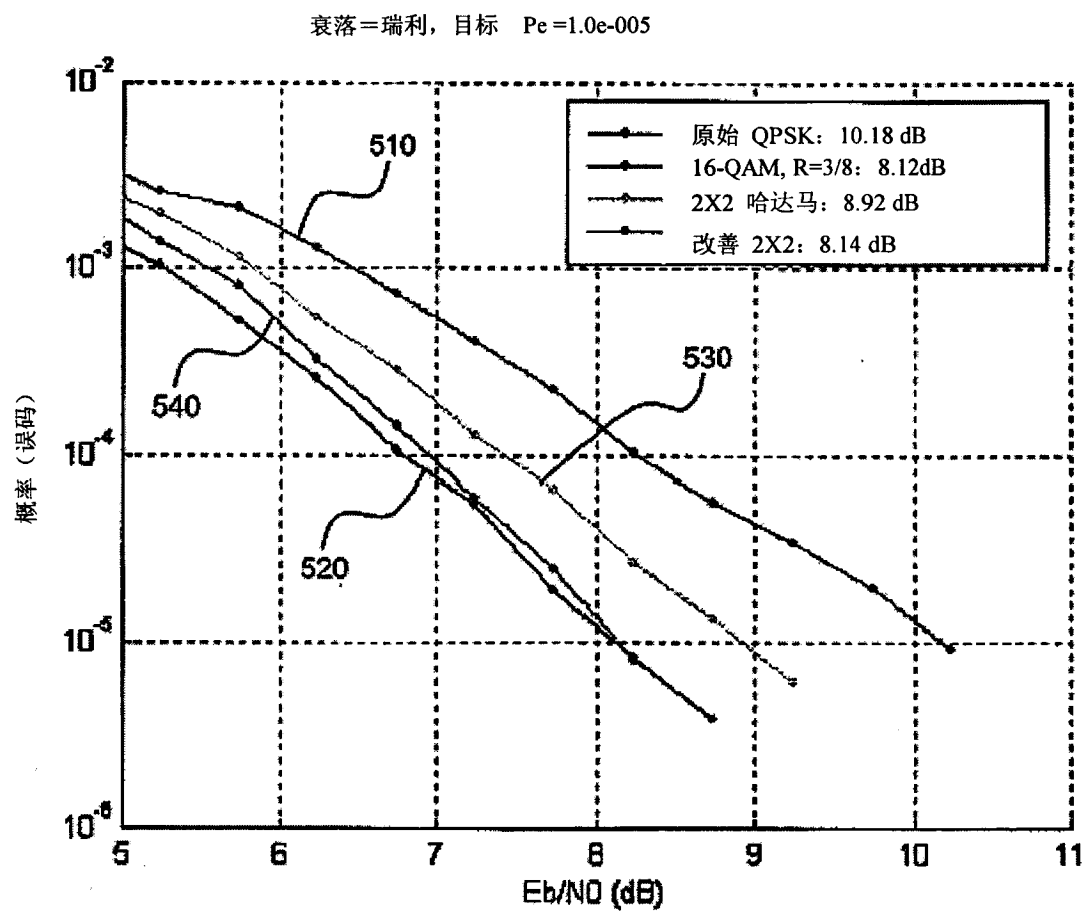


图 5

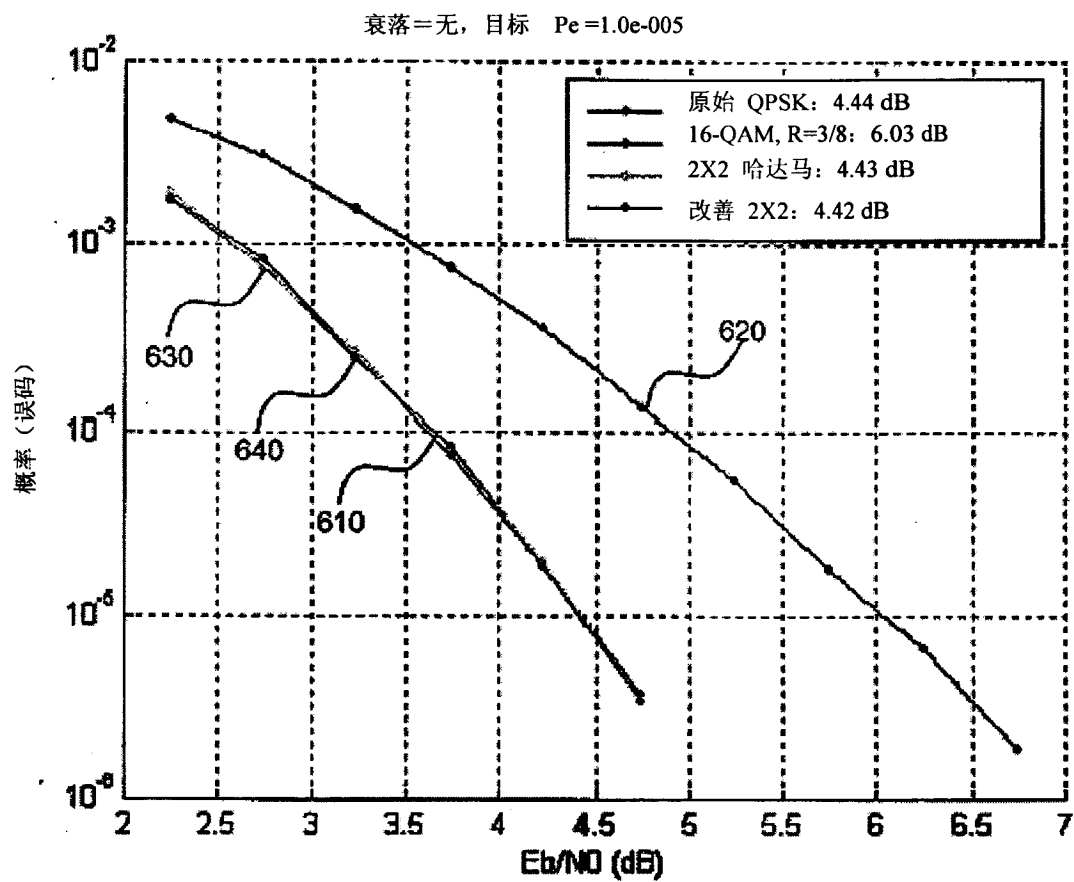


图 6

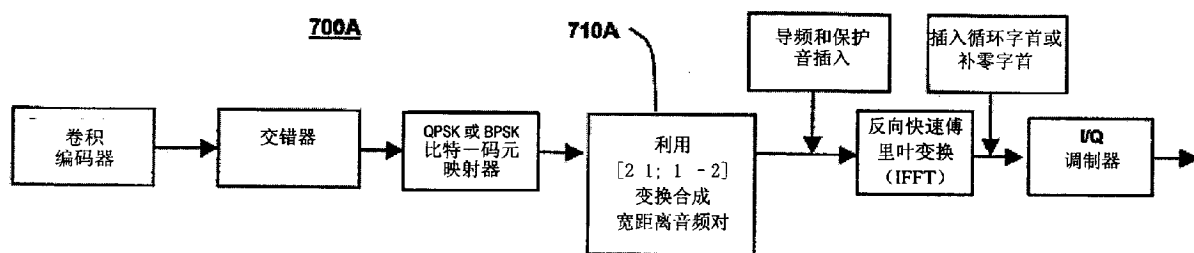


图 7A

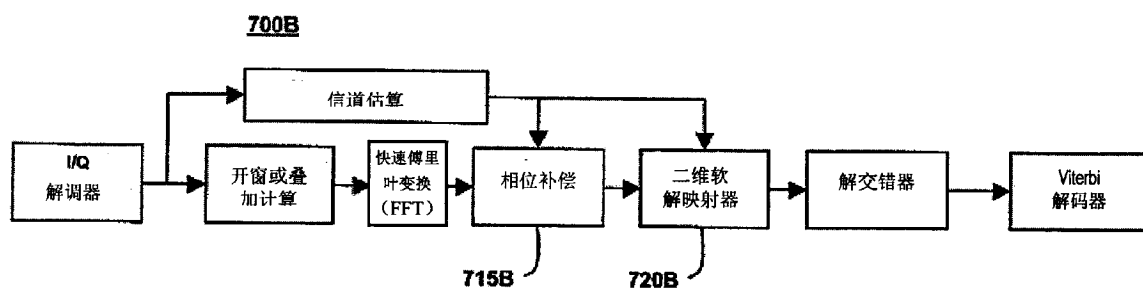


图 7B

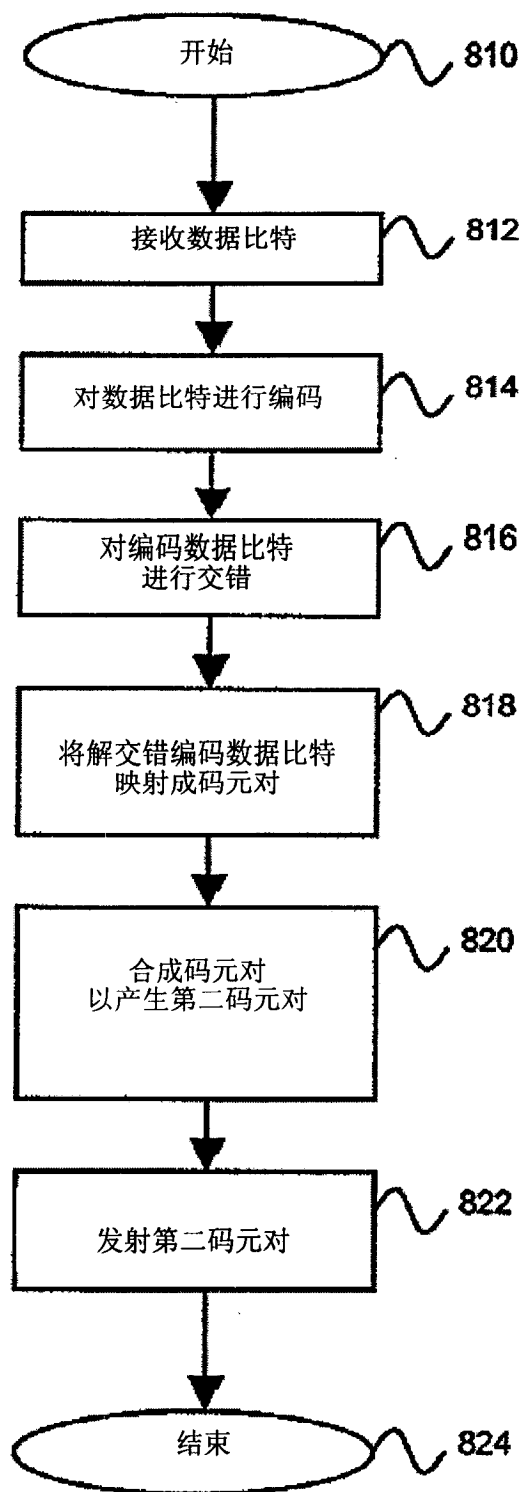
800

图 8

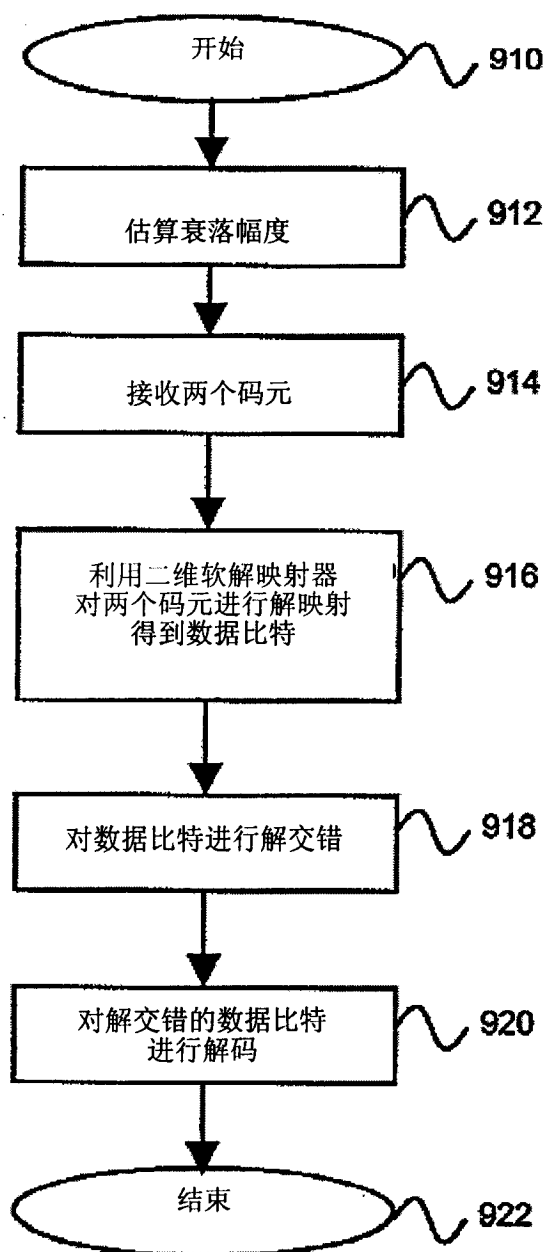
900

图 9