



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109257312 B

(45) 授权公告日 2020.10.23

(21) 申请号 201811312807.3

(22) 申请日 2018.11.06

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109257312 A

(43) 申请公布日 2019.01.22

(73) 专利权人 广东工业大学  
地址 510060 广东省广州市越秀区东风东  
路729号大院

(72) 发明人 方毅 马焕 蔡国发 张玉  
韩国军

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限  
公司 11227

代理人 罗满

(51) Int. Cl.

H04L 27/00 (2006.01)

(56) 对比文件

Lin Wang 等.《Design and Performance Analysis of a New Multiresolution M-Ary Differential Chaos Shift Keying Communication System》.《IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS》.2015,第14卷(第9期),第5197-5208页.

审查员 匡仁炳

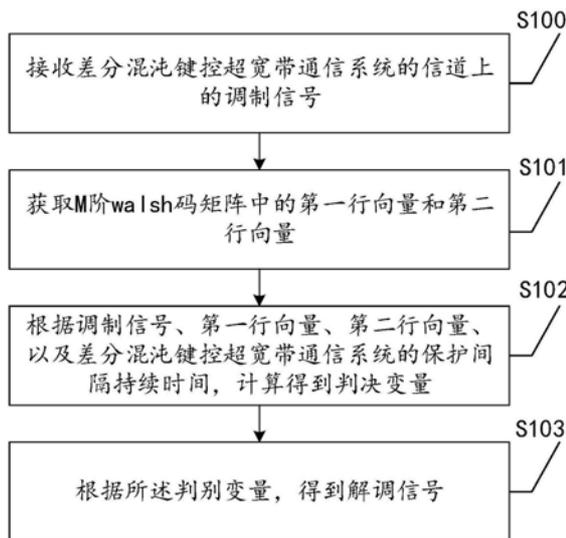
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法,在接收到差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号后,会获取M阶walsh码矩阵中的任意两个行向量,进而根据调制信号、两个行向量、以及保护间隔持续时间计算得到判决变量,最终根据判决变量,得到解调信号。可见,该方法利用两个行向量对调制信号进行调制,并经过平方运算、四阶矩运算,将调制信号中的大部分能量和高斯白噪声能量搬移到0Hz处,并减去直流成分的能量,实现了消除窄带干扰的目的,显著提升了误比特性能。此外,本发明还提供了一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置,其作用与上述方法的作用相对应。



1. 一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法,其特征在于,包括:

接收差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号;

获取M阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,M为2的整数次幂,所述第一行向量和所述第二行向量为所述M阶walsh码矩阵中任意两个行向量;

根据所述调制信号、所述第一行向量、所述第二行向量、以及所述差分混沌键控超宽带通信系统的保护间隔持续时间,计算得到判决变量,其中,所述判决变量的计算公式如下:

$$\text{判决变量 } Z = Q_1 - Q_0, \text{ 其中, } Q_1 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y^4(t) dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y(t) dt \right]^2,$$

$$Q_0 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^4(t) dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^2(t) dt \right]^2, y_1(t) = r_1^2(t), y_0(t) = r_0^2(t), r_1(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{j,N-i},$$

$$r_0(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{k,N-i}, \text{ 其中 } r(t) \text{ 为所述调制信号, } T_d \text{ 为所述保护间隔持续时间, } i \text{ 为 } 0 \text{ 到 } M-$$

1之间的整数,所述第一行向量为M阶walsh码矩阵的第k行,所述第二行向量为M阶walsh码矩阵的第j行,k和j均为1到M之间的正整数,且k不等于j, $w_{k,N-i}$ 为所述第一行向量的第N-i个参数, $w_{j,N-i}$ 为所述第二行向量的第N-i个参数;

根据所述判决变量,得到解调信号。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取M阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,包括:

获取二阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,所述第一行向量为(+1,+1),所述第二行向量为(+1,-1)。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述判决变量,得到解调信号,包括:

判断所述判决变量与0的大小关系;

若所述判决变量大于0,则得到解调信号+1;

若所述判决变量小于0,则得到解调信号-1。

4. 一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置,其特征在于,包括:

信号接收模块:用于接收差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号;

行向量获取模块:获取M阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,M为2的整数次幂,所述第一行向量和所述第二行向量为所述M阶walsh码矩阵中任意两个行向量;

判决变量计算模块:用于根据所述调制信号、所述第一行向量、所述第二行向量、以及所述差分混沌键控超宽带通信系统的保护间隔持续时间,计算得到判决变量,其中,所述判决变量的计算公式如下:

$$\text{判决变量 } Z = Q_1 - Q_0, \text{ 其中, } Q_1 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y^4(t) dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y(t) dt \right]^2,$$

$$Q_0 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^4(t) dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^2(t) dt \right]^2, y_1(t) = r_1^2(t), y_0(t) = r_0^2(t), r_1(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{j,N-i},$$

$$r_0(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{k,N-i}, \text{ 其中 } r(t) \text{ 为所述调制信号, } T_d \text{ 为所述保护间隔持续时间, } i \text{ 为 } 0 \text{ 到 } M-$$

1之间的整数,所述第一行向量为M阶walsh码矩阵的第k行,所述第二行向量为M阶walsh码矩阵的第j行,k和j均为1到M之间的正整数,且k不等于j, $w_{k,N-i}$ 为所述第一行向量的第N-i个参数, $w_{j,N-i}$ 为所述第二行向量的第N-i个参数;

解调信号得到模块:用于根据所述判决变量,得到解调信号。

5.如权利要求4所述的装置,其特征在于,所述行向量获取模块具体用于:获取二阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,所述第一行向量为(+1,+1),所述第二行向量为(+1,-1)。

6.如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述解调信号得到模块包括:

判断单元:用于判断所述判决变量与0的大小关系;

第一结果单元:用于在所述判决变量大于0时,得到解调信号+1;

第二结果单元:用于在所述判决变量小于0时,得到解调信号-1。

## 一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通信领域,特别涉及一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法及装置。

### 背景技术

[0002] 无线通信技术是通信领域发展的历程中一个关键的角色。随着人们对无线通信要求的不断提高,希望能得到随时随地高传输速率的通信服务。在这样的需求背景下,超宽带(Ultra Wide Band,UWB)技术得到了广泛的关注。

[0003] 混沌无线通信是一种以混沌信号作为载波,采用数字调制的无线通信系统。混沌信号的产生电路简单,并且该信号具有天然的宽带频谱特性,因此基于混沌数字调制技术的混沌无线超宽带无线通信系统受到了越来越多的重视。在2005年3月通过的IEEE802.15.4a标准中,混沌信号成为了可选波形之一,随后Su Khiong Yong等人提出了差分混沌键控超宽带(Differential Chaos Shift Keying-Ultra Wide Band,简称DCSK-UWB)通信系统,并且对DCSK-UWB通信系统进行了系统的性能进行了评估,证实了该系统在多径信道中鲁棒性强,具有良好的应用前景。

[0004] 自相关解调是现有的广泛应用于DCSK-UWB通信系统的解调方法,但是,在实际应用中,DCSK-UWB通信系统的信号的频谱不可避免的会覆盖已有的窄带系统所占用的频谱区域。这些已有的窄带系统会对DCSK-UWB通信系统造成严重的干扰,这种干扰被称为窄带干扰。在窄带干扰存在的情况下,现有的自相关解调方法的误比特率性能严重下降,甚至当信号干扰功率比(signal-to-interference power ratio,SIR)较小时,即使不断增大比特信噪比,基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法误比特率性能仍然无法得到改善。因此现有技术的误比特率性能、窄带干扰性能、鲁棒性都不强。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法及装置,用以解决由窄带干扰导致的现有的差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法误比特性能较低的问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法,包括:

[0007] 接收差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号;

[0008] 获取M阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,M为2的整数次幂,所述第一行向量和所述第二行向量为所述M阶walsh码矩阵中任意两个行向量;

[0009] 根据所述调制信号、所述第一行向量、所述第二行向量、以及所述差分混沌键控超宽带通信系统的保护间隔持续时间,计算得到判决变量,其中,所述判决变量的计算公式如下:

[0010] 判决变量  $Z = Q_1 - Q_0$ ，其中， $Q_1 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^4(t) dt - [\frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^2(t) dt]^2$ ，

$$Q_0 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^4(t) dt - [\frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^2(t) dt]^2, \quad y_1(t) = r_1^2(t), \quad y_0(t) = r_0^2(t),$$

$$r_1(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{j,N-i}, \quad r_0(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{k,N-i},$$

其中  $r(t)$  为所述调制信号， $T_d$  为所述保护间隔持续时间， $i$  为 0 到  $M-1$  之间的整数，所述第一行向量为  $M$  阶 walsh 码矩阵的第  $k$  行，所述第二行向量为  $M$  阶 walsh 码矩阵的第  $j$  行， $k$  和  $j$  均为 1 到  $M$  之间的正整数，且  $k$  不等于  $j$ ， $w_{k,N-i}$  为所述第一行向量的第  $N-i$  个参数， $w_{j,N-i}$  为所述第二行向量的第  $N-i$  个参数；

[0011] 根据所述判别变量，得到解调信号。

[0012] 可选的，所述获取  $M$  阶 walsh 码矩阵中的第一行向量和第二行向量，包括：

[0013] 获取二阶 walsh 码矩阵中的第一行向量和第二行向量，其中，所述第一行向量为  $(+1, +1)$ ，所述第二行向量为  $(+1, -1)$ 。

[0014] 可选的，所述根据所述判别变量，得到解调信号，包括：

[0015] 判断所述判决变量与 0 的大小关系；

[0016] 若所述判别变量大于 0，则得到解调信号  $+1$ ；

[0017] 若所述判决变量小于 0，则得到解调信号  $-1$ 。

[0018] 相应的，本发明还提供了一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置，包括：

[0019] 信号接收模块：用于接收差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号；

[0020] 行向量获取模块：获取  $M$  阶 walsh 码矩阵中的第一行向量和第二行向量，其中， $M$  为 2 的整数次幂，所述第一行向量和所述第二行向量为所述  $M$  阶 walsh 码矩阵中任意两个行向量；

[0021] 判决变量计算模块：用于根据所述调制信号、所述第一行向量、所述第二行向量、以及所述差分混沌键控超宽带通信系统的保护间隔持续时间，计算得到判决变量，其中，所述判决变量的计算公式如下：

[0022] 判决变量  $Z = Q_1 - Q_0$ ，其中， $Q_1 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^4(t) dt - [\frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^2(t) dt]^2$ ，

$$Q_0 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^4(t) dt - [\frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^2(t) dt]^2, \quad y_1(t) = r_1^2(t), \quad y_0(t) = r_0^2(t),$$

$$r_1(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{j,N-i}, \quad r_0(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{k,N-i},$$

其中  $r(t)$  为所述调制信号， $T_d$  为所述保护间隔持续时间， $i$  为 0 到  $M-1$  之间的整数，所述第一行向量为  $M$  阶 walsh 码矩阵的第  $k$  行，所述第二行向量为  $M$  阶 walsh 码矩阵的第  $j$  行， $k$  和  $j$  均为 1 到  $M$  之间的正整数，且  $k$  不等于  $j$ ， $w_{k,N-i}$  为所述第一行向量的第  $N-i$  个参数， $w_{j,N-i}$  为所述第二行向量的第  $N-i$  个参数；

[0023] 解调信号得到模块：用于根据所述判别变量，得到解调信号。

[0024] 可选的，所述行向量获取模块具体用于：获取二阶 walsh 码矩阵中的第一行向量和第二行向量，其中，所述第一行向量为  $(+1, +1)$ ，所述第二行向量为  $(+1, -1)$ 。

[0025] 可选的，所述解调信号得到模块包括：

[0026] 判断单元:用于判断所述判决变量与0的大小关系;

[0027] 第一结果单元:用于在所述判决变量大于0时,得到解调信号+1;

[0028] 第二结果单元:用于在所述差值小于0时,得到解调信号-1。

[0029] 综上,本发明所提供的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法,在接收到差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号后,会获取M阶walsh码矩阵中任意两个行向量,进而根据调制信号、两个行向量、以及保护间隔持续时间计算得到判决变量,最终根据判决变量,得到解调信号。可见,该方法利用两个行向量对调制信号进行调制,并经过平方运算、四阶矩运算,将调制信号中的大部分能量和高斯白噪声能量搬移到0Hz处,并减去直流成分的能量,实现了消除窄带干扰的目的,显著提升了误比特性能。

[0030] 此外,本发明还提供了一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置,其作用与上述方法的作用相对应,这里不再赘述。

## 附图说明

[0031] 为了更清楚的说明本发明实施例或现有技术的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0032] 图1为UWB系统与现有窄带系统的频谱分布示意图;

[0033] 图2为差分混沌键控超宽带通信系统的调制器原理示意图;

[0034] 图3为差分混沌键控超宽带通信系统的调制器发射信号的波形示意图;

[0035] 图4为差分混沌键控超宽带通信系统中基于自相关运算方法的解调器原理示意图;

[0036] 图5为本发明所提供的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法实施例一的实现流程图;

[0037] 图6为本发明所提供的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法实施例二的解调器原理示意图;

[0038] 图7为本发明所提供的实施例二与基于自相关运算的解调方法的性能曲线对比第一示意图;

[0039] 图8为本发明所提供的实施例二与基于自相关运算的解调方法的性能曲线对比第二示意图;

[0040] 图9为本发明所提供的实施例二与基于自相关运算的解调方法的性能曲线对比第三示意图;

[0041] 图10为本发明所提供的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置实施例的功能框图。

## 具体实施方式

[0042] 本发明的核心是提供一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法及装置,实现了消除窄带干扰的目的,显著提高了误比特性能。

[0043] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面结合附图和具体实施方式

对本发明作进一步的详细说明。显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0044] 在介绍本发明实施例之前,首先对技术背景进行简要介绍:

[0045] 2002年2月14日,美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission, FCC)同意UWB技术用于民用通信系统,UWB信号被批准的频率范围为3.1-10.6GHz。覆盖了现有的全球定位系统(Global Positioning System, GPS)、蓝牙通信系统和无线局域网(Wireless Local Area Networks, WLAN)等的频段。为了避免对现有系统的正常通信造成干扰,FCC限制UWB的功率谱密度不得高于-41.3dBm/MHz。UWB信号与现有窄带系统的频谱占用情况如图1所示。

[0046] DCSK-UWB通信系统结构由调制器和解调器两部分组成,其中调制器结构如图2所示,发射信号的波形如图3所示。其中, $T_p$ 为混沌脉冲信号持续时间, $T_d$ 为保护间隔持续时间,发送的信息为“+1”或者“-1”。发射信号 $s(t)$ 可以被表示为:

$$[0047] \quad s(t) = \sqrt{\frac{E_b}{2}} [c(t) + bc(t - T_d)] \quad (1)$$

[0048] 其中, $E_b$ 是每个发送比特的平均能量, $b$ 是发送的信息, $b \in [-1, +1]$ , $c(t)$ 是混沌脉冲信号,本实施例以Logistic混沌脉冲信号为例,Logistic混沌信号具有均匀的概率密度和理想的相关特性,其映射可以表示为:

$$[0049] \quad x_{n+1} = 1 - 2x_n^2, |x_n| < 1, n = 1, 2, \dots \quad (2)$$

[0050] 本实施例可以选用美国电气和电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 802.15.4a的抽头延迟线模型作为信道模型,该信道的冲激响应可以表示为:

$$[0051] \quad h(t) = \sum_{l=1}^L \alpha_l \delta(t - \tau_l) \quad (3)$$

[0052] 其中, $\alpha_l$ 和 $\tau_l$ 分别是第 $l$ 条径的增益和延时。通过信道后解调器的接收信号为:

$$[0053] \quad r(t) = s(t) \otimes h(t) + n(t) \quad (4)$$

[0054] 其中, $\otimes$ 表示卷积操作。 $n(t)$ 是方差为 $N_0/2$ 的加性高斯白噪声(Additive White Gaussian Noise, AWGN)。

[0055] DCSK-UWB通信系统是传输参考(Transmitted Reference, TR)UWB系统的一种,与TR-UWB相同,发送信息映射于参考片段和数据片段间的相关性,以及在一个比特信息发送中的参考片段和数据片段可以认为是处于同样的信道环境,因此自相关解调方法广泛应用于DCSK-UWB通信系统的解调过程(李波.混沌超宽带通信技术研究[D].南京航空航天大学, 2007)。

[0056] 自相关解调是现有的广泛应用于DCSK-UWB通信系统的解调方法,该方法对应的解调器结构如图4所示。当系统启动时,调制器将对发送的信息进行调制,被调制器所调制好的发射信号 $s(t)$  ( $s(t)$ 的表示方法见式(1))经过信道后成为解调器的接收信号 $r(t)$  ( $r(t)$ 的表示方法见式(4))。随后,解调器对接收信号与其延迟 $T_d$ 后的信号进行相关积分操作,得到判决变量 $Z$ ,该过程可表示为:

$$[0057] \quad Z = \int_t^{t+T_d} r(t)r(t-T_d)dt \quad (5)$$

[0058] 判决规则为:Z大于0,则所恢复的信息为“+1”,若Z小于0,则所恢复的信息为“-1”。

[0059] 如图1所示,在实际应用中DCSK-UWB通信系统的信号的频谱不可避免的会覆盖已有的窄带系统所占用的频谱区域。这些已有的窄带系统会对DCSK-UWB通信系统造成严重的干扰,这种干扰被称为窄带干扰。在窄带干扰存在的情况下,现有的自相关解调方法的误比特率性能严重下降,甚至当信号干扰功率比(signal-to-interference power ratio,SIR)较小时,即使不断增大比特信噪比,基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法误比特率性能仍然无法得到改善。因此现有技术的误比特率性能、窄带干扰性能、鲁棒性都不强。

[0060] 为了改善现有采用基于自相关运算的解调方法的DCSK-UWB通信系统的误比特率性能,本方面提出一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法,该方法中所涉及的DCSK-UWB通信系统调制器与所现有方法中的一致。

[0061] 下面对本发明提供的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法实施例一进行介绍,参见图1,实施例一包括:

[0062] 步骤S100:接收差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号。

[0063] 步骤S101:获取M阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,M为2的整数次幂,所述第一行向量和所述第二行向量为所述M阶walsh码矩阵中任意两个行向量。

[0064] 步骤S102:根据所述调制信号、所述第一行向量、所述第二行向量、以及所述差分混沌键控超宽带通信系统的保护间隔持续时间,计算得到判决变量。

[0065] 其中,所述判决变量的计算公式如下:判决变量 $Z = Q_1 - Q_0$ 。其中,

$$Q_1 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^4(t)dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^2(t)dt \right]^2, \quad Q_0 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^4(t)dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^2(t)dt \right]^2, \quad y_1(t) = r_1^2(t), \quad y_0(t) = r_0^2(t), \quad r_1(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d)w_{j,N-i}, \quad r_0(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d)w_{k,N-i},$$

其中r(t)为所述调制信号, $T_d$ 为所述保护间隔持续时间,i为0到M-1之间的整数,所述第一行向量为M阶walsh码矩阵的第k行,所述第二行向量为M阶walsh码矩阵的第j行,k和j均为1到M之间的正整数,且k不等于j, $w_{k,N-i}$ 为所述第一行向量的第N-i个参数, $w_{j,N-i}$ 为所述第二行向量的第N-i个参数。

[0066] 步骤S103:根据所述判别变量,得到解调信号。

[0067] 可见,本实施例所提供一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法,在接收到差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号后,会获取M阶walsh码矩阵中任意两个行向量,进而根据调制信号、两个行向量、以及保护间隔持续时间计算得到判决变量,最终根据判决变量,得到解调信号。可见,该方法利用两个行向量对调制信号进行调制,并经过平方运算、四阶矩运算,将调制信号中的大部分能量和高斯白噪声能量搬移到0Hz处,并减去直流成分的能量,实现了消除窄带干扰的目的,显著提升了误比特性能。

[0068] 下面开始详细介绍本发明提供的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法实施例二,实施例一选取的行向量为M阶walsh码矩阵中的任意两个行向量,实施例二针对选取2阶walsh码矩阵中的两个行向量的实施过程进行说明,本实施例所对应的解调器结构

如图6所示。

[0069] 当系统启动时,调制器将对发送的信息进行调制,被调制好的发射信号 $s(t)$  (调制方法在技术背景中已介绍, $s(t)$ 的表示方法见式(1))经过信道后成为基于四阶矩方法的解调器的接收信号 $r(t)$  ( $r(t)$ 的表示方法见式(4))。解调过程包括以下步骤:

[0070] 步骤S200:确定接受信号 $r(t)$ ,获取2阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,所述第一行向量为 $[+1,-1]$ ,所述第二行向量为 $[+1,-1]$ 。

[0071] 步骤S201:将接收信号 $r(t)$ 分别与行向量 $[+1,-1]$ , $[+1,-1]$ 相乘并相加,得到 $r_1(t)$ 和 $r_0(t)$ 。该过程计算公式如下所示:

$$[0072] \quad r_1(t) = r(t) + r(t-T_d) \quad (6)$$

$$[0073] \quad r_0(t) = r(t) - r(t-T_d) \quad (7)$$

[0074] 步骤S202:将第一步中所得到的信号 $r_1(t)$ 和 $r_0(t)$ 分别进行平方运算,得到 $y_1(t)$ 和 $y_0(t)$ 。该过程计算公式如下所示:

$$[0075] \quad y_1(t) = r_1^2(t) \quad (8)$$

$$[0076] \quad y_0(t) = r_0^2(t) \quad (9)$$

[0077] 步骤S203:将第二步中的 $y_1(t)$ 和 $y_0(t)$ 分别进行相应的基于四阶矩的运算。得到 $Q_1$ 和 $Q_0$ 。该过程计算公式如下所示:

$$[0078] \quad Q_1 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^4(t) dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^2(t) dt \right]^2 \quad (10)$$

$$[0079] \quad Q_0 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^4(t) dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^2(t) dt \right]^2 \quad (11)$$

[0080] 步骤S204:利用 $Q_1$ 和 $Q_0$ 得到判决变量 $Z$ ,该过程计算公式如下所示:

$$[0081] \quad Z = Q_1 - Q_0 \quad (12)$$

[0082] 步骤S205:根据 $Z$ 得到解调信号。

[0083] 具体的,判决规则为:若 $Z$ 大于0,则所恢复的信息为“+1”,若 $Z$ 小于0,则所恢复的信息为“-1”。

[0084] 为了证明本实施例的实施效果,本发明还提供了仿真实验,下面对仿真实验的过程以及结果进行说明:

[0085] 首先,将系统参数设置为:混沌脉冲宽度 $T_p=0.3\text{ns}$ ,延迟时间 $T_d=150\text{ns}$ 。信道模型为AWGN信道和IEEE 802.15.4a CM1信道。在AWGN信道下的差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法实施例二和基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法(现有方法)的误比特率性能曲线如图7所示。由图7可知,在AWGN信道下实施例二要优于基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法。当误比特率 $=1 \times 10^{-4}$ 时,实施例二要比基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法好约5dB。同样地,由图8可知,在CM1信道下,实施例二的性能与基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法的性能表现趋势类似,当误比特率 $=1 \times 10^{-4}$ 时,实施例二要比基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法好约2dB。

[0086] 在CM1信道下存在窄带干扰时,实施例二和基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法的性能曲线如图9所示。由图9可知,在SIR=0dB的情况下,基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法的误比特率性能随着比特信噪比的提高无明显改善,而实施例

二的误比特率性能随着比特信噪比的提高有着明显的改善。在SIR=5dB的情况下,当误比特率= $1 \times 10^{-3}$ 时,实施例二要比基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法好约3dB。

[0087] 综上所述,误比特率性能仿真实验说明了:在AWGN信道,CM1信道以及在CM1信道下存在窄带干扰时,本发明提供了一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法实施例二比基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法误比特性能表现更加优异,并且有着更强的抗窄带干扰能力,鲁棒性更强。

[0088] 综上所述,与现有技术中基于自相关运算的DCSK-UWB通信系统解调方法相比,本实施例提供了一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法具有更加优异的误比特率性能以及更强的抗窄带干扰能力,因此实施例二具有更强的鲁棒性。

[0089] 值得一提的是,本仿真实验只对实施例二进行了验证,实施例一与实施例二的主要区别在于选取的行向量的不同,二者实现消除窄带干扰的原理相同,理论上实施例一的实验结果与实施例二的试验结果相对应,这里不再对实施例一的仿真实验及其结果进行展开介绍。

[0090] 下面对本发明实施例提供的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置进行介绍,下文描述的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置与上文描述的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法可相互对应参照。

[0091] 如图10所示,该装置实施例包括:

[0092] 信号接收模块100:用于接收差分混沌键控超宽带通信系统的信道上的调制信号。

[0093] 行向量获取模块200:获取M阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,M为2的整数次幂,所述第一行向量和所述第二行向量为所述M阶walsh码矩阵中任意两个行向量。

[0094] 判决变量计算模块300:用于根据所述调制信号、所述第一行向量、所述第二行向量、以及所述差分混沌键控超宽带通信系统的保护间隔持续时间,计算得到判决变量。

[0095] 其中,所述判决变量的计算公式如下:判决变量 $Z = Q_1 - Q_0$ ,其中,

$$Q_1 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^A(t) dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_1^2(t) dt \right]^2, \quad Q_0 = \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^A(t) dt - \left[ \frac{1}{T_d} \int_t^{t+T_d} y_0^2(t) dt \right]^2, \quad y_1(t) = r_1^2(t), \quad y_0(t) = r_0^2(t), \quad r_1(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{j,N-i}, \quad r_0(t) = \sum_{i=0}^{M-1} r(t-iT_d) w_{k,N-i},$$

其中r(t)为所述调制信号, $T_d$ 为所述保护间隔持续时间,i为0到M-1之间的整数,所述第一行向量为M阶walsh码矩阵的第k行,所述第二行向量为M阶walsh码矩阵的第j行,k和j均为1到M之间的正整数,且k不等于j, $w_{k,N-i}$ 为所述第一行向量的第N-i个参数, $w_{j,N-i}$ 为所述第二行向量的第N-i个参数。

[0096] 解调信号得到模块400:用于根据所述判别变量,得到解调信号。

[0097] 作为一种实施方式,所述行向量获取模块200具体用于:获取二阶walsh码矩阵中的第一行向量和第二行向量,其中,所述第一行向量为(+1,+1),所述第二行向量为(+1,-1)。

[0098] 作为一种实施方式,所述解调信号得到模块400包括:

[0099] 判断单元:用于判断所述判决变量与0的大小关系;

[0100] 第一结果单元:用于在所述判决变量大于0时,得到解调信号+1;

[0101] 第二结果单元:用于在所述差值小于0时,得到解调信号-1。

[0102] 本实施例的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置用于实现前述的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法,因此该装置中的具体实施方式可见前文中的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法的实施例部分,例如,信号接收模块100、行向量获取模块200、判决变量计算模块300、解调信号得到模块400,分别用于实现上述一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法中步骤S100,S101,S102,S103。所以,其具体实施方式可以参照相应的各个部分实施例的描述,在此不再展开介绍。

[0103] 另外,由于本实施例的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调装置用于实现前述的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法,因此其作用与上述方法的作用相对应,这里不再赘述。

[0104] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其它实施例的不同之处,各个实施例之间相同或相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0105] 专业人员还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0106] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以直接用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0107] 以上对本发明所提供的一种差分混沌键控超宽带通信系统的解调方法及装置进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

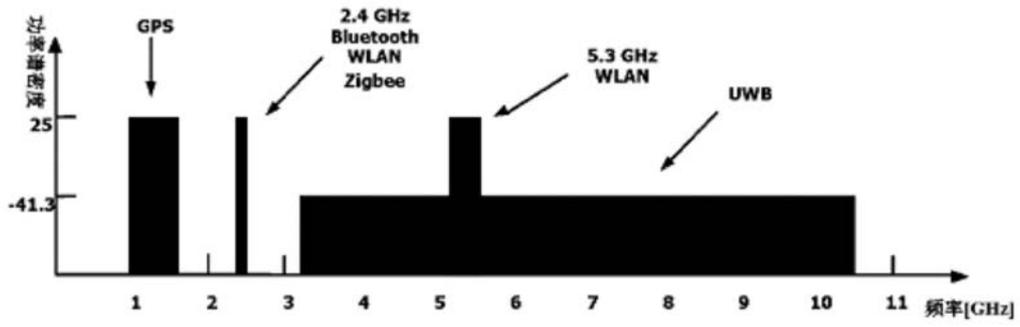


图1

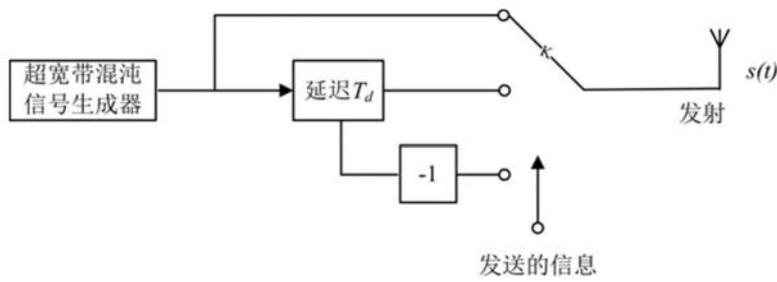


图2

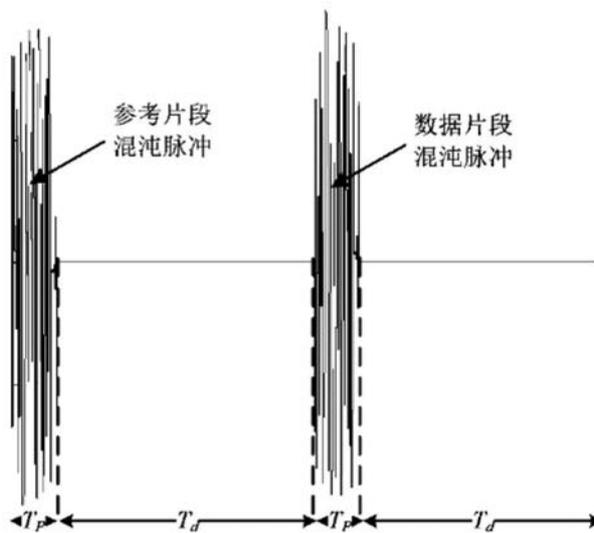


图3

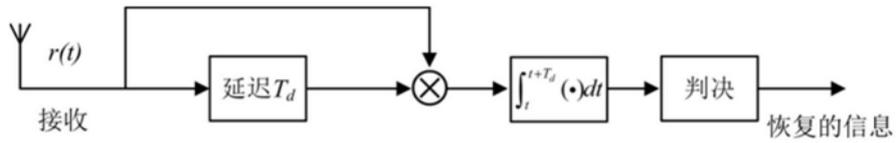


图4

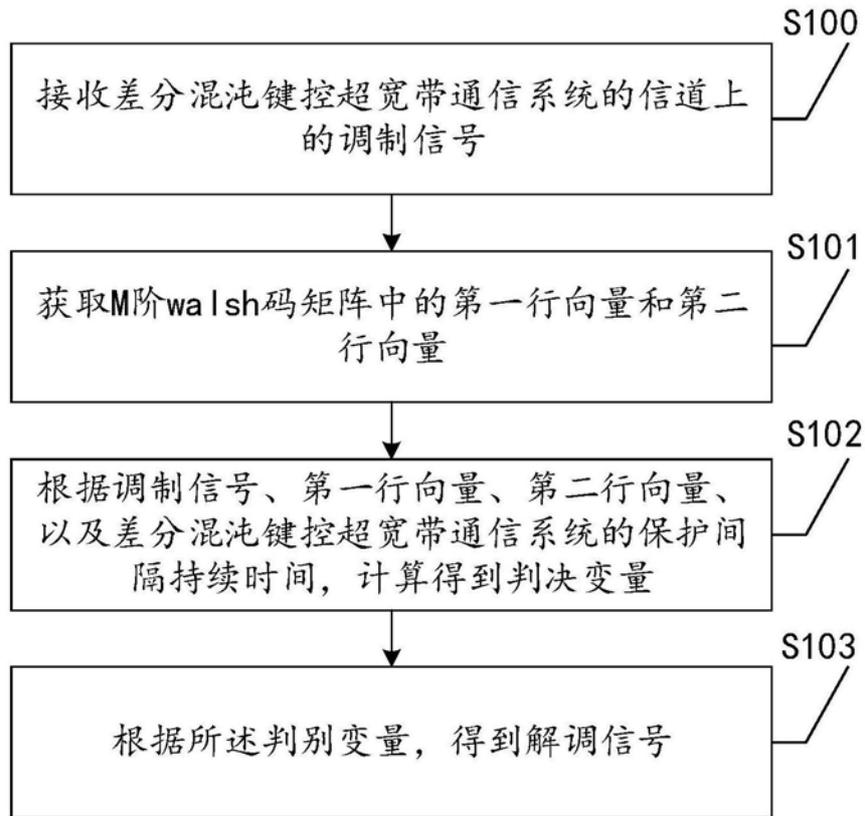


图5

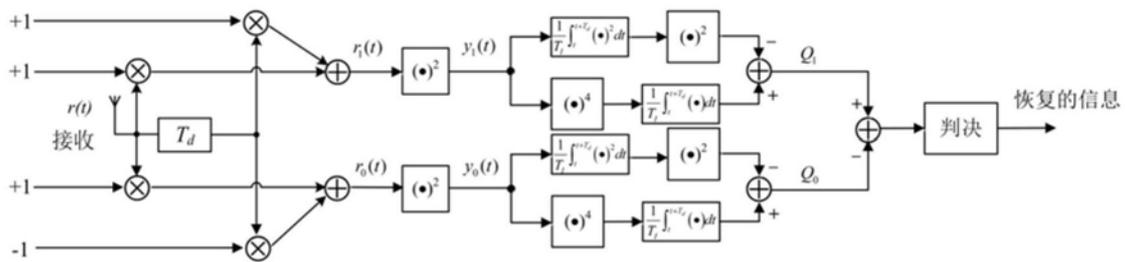


图6

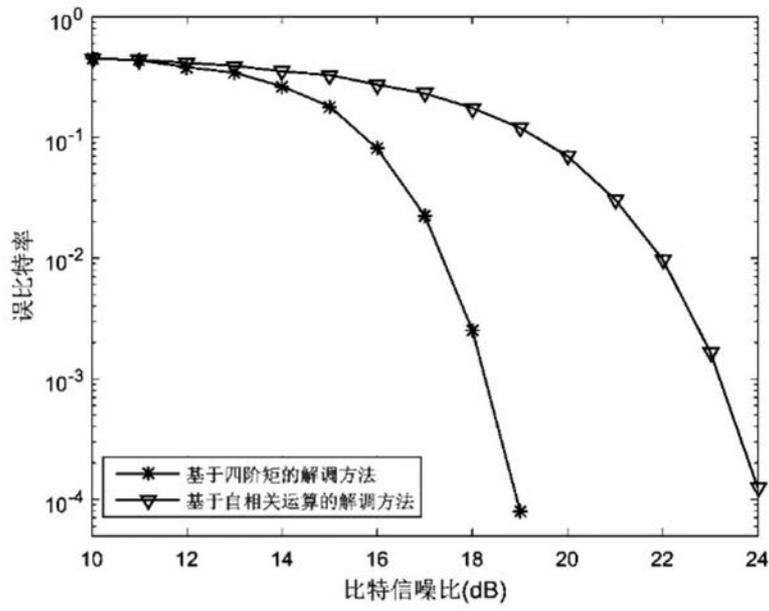


图7

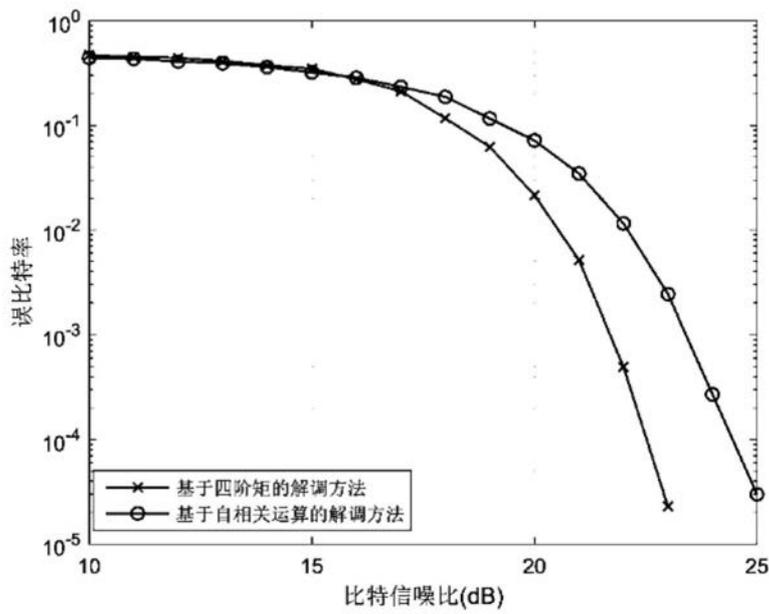


图8

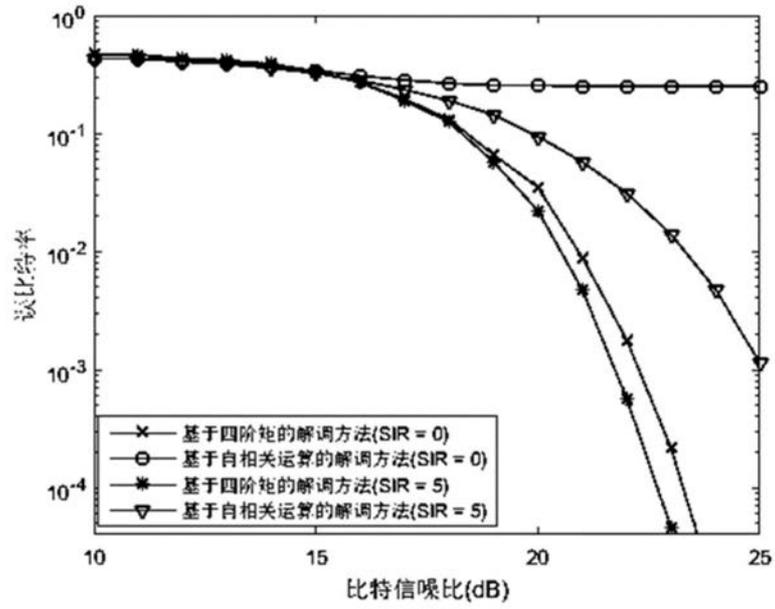


图9

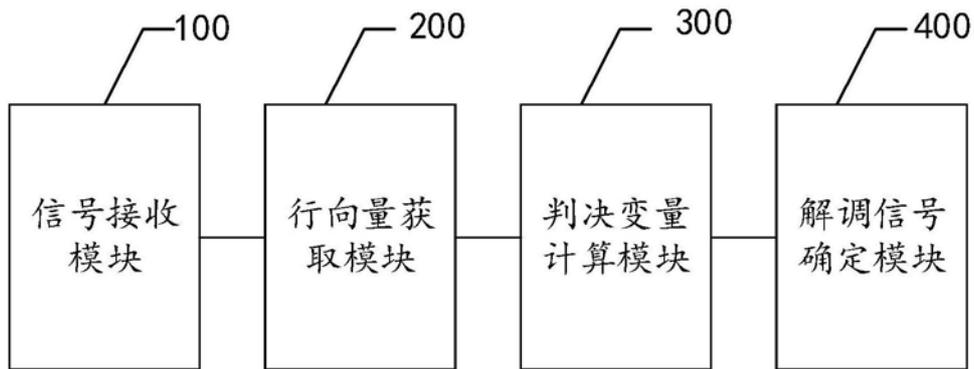


图10