



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114137583 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 04

(21) 申请号 202111287267.X

(22) 申请日 2021.11.02

(71) 申请人 中国科学院国家授时中心

地址 710600 陕西省西安市临潼区书院东路3号

(72) 发明人 克兢 卢晓春 陈校非 田斌 张森 唐升

(74) 专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务所 61216

代理人 李郑建

(51) Int. Cl.

G01S 19/39 (2010.01)

H04B 7/185 (2006.01)

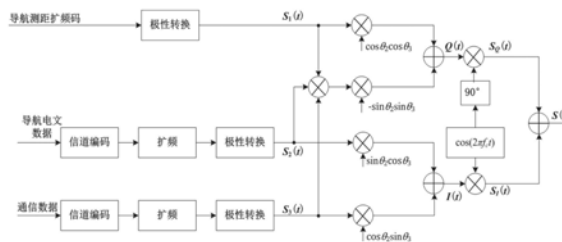
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法,该方法将导航测距信号、导航电文信号和通信数据信号结合在一起,在为用户提供导航能力的同时,增加了卫星向用户发送通信数据的能力。其方案是分别产生导航测距支路信号、导航电文支路信号和通信数据支路信号的基带信号,然后使用同一个频点对三个支路基带信号进行恒包络调制并发送。该方法不仅可以提高卫星的频率资源利用效率,还可以使调制后的合路信号呈现恒包络特性,降低信号的峰均比,减小信号通过卫星功放后造成的非线性失真。在时域可以消除非线性失真造成的信号波形失真,在频域不会导致发送功率谱旁瓣升高,从而降低对相邻频段造成的干扰。



1. 一种基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法,其特征在于,该方法将导航测距信号、导航电文信号和通信数据信号结合在一起,使用同一个频点进行恒包络调制发送;具体包括下列步骤:

步骤1:生成导航测距支路基带信号 $S_1(t)$:

(1) 输入导航测距支路扩频码流,该扩频码流为0、1序列;

(2) 对导航测距支路扩频码流的0、1序列码片数值进行极性转换,其中0转换为1,1转换为-1;

步骤2:生成导航电文支路基带信号 $S_2(t)$:

(1) 输入导航电文支路数据比特流,该数据比特流为0、1序列;

(2) 对导航电文数据进行信道编码,并按电文帧格式要求组帧;

(3) 对编码后的导航电文数据与扩频码进行模二和运算,实现扩频处理;

(4) 对导航电文数据扩频后的0、1序列码片数值进行极性转换,其中0转换为1,1转换为-1;

步骤3:生成通信数据支路基带信号 $S_3(t)$:

(1) 输入通信数据支路数据比特流,该数据比特流为0、1序列;

(2) 对通信数据进行信道编码,并按通信数据帧格式要求组帧;

(3) 对编码后的通信数据与扩频码进行模二和运算,实现扩频处理;

(4) 对通信数据扩频后的0、1码片数值进行极性转换,其中0转换为1,1转换为-1;

步骤4:将导航测距支路基带信号 $S_1(t)$ 的调制系数 θ_1 固定为 $\pi/2$,计算导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ 的调制系数 θ_2 和通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ 的调制系数 θ_3 :

(1) 根据预设的导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ 与导航测距支路基带信号 $S_1(t)$ 的功率比值 α_2 ,按照下式计算导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ 调制系数 θ_2 :

$$\theta_2 = \arctan \sqrt{\alpha_2}$$

(2) 根据预设的通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ 与导航测距支路基带信号 $S_1(t)$ 的功率比值 α_3 ;按照下式计算通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ 调制系数 θ_3 :

$$\theta_3 = \arctan \sqrt{\alpha_3}$$

步骤5,分别生成I、Q路基带信号:

(1) I路基带信号 $I(t)$ 由下式得到:

$$I(t) = S_2(t) \sin\theta_2 \cos\theta_3 + S_3(t) \cos\theta_2 \sin\theta_3$$

(2) Q路基带信号 $Q(t)$ 由下式得到:

$$Q(t) = S_1(t) \cos\theta_2 \cos\theta_3 - S_1(t) S_2(t) S_3(t) \sin\theta_2 \sin\theta_3$$

步骤6:分别对基带信号 $I(t)$ 和 $Q(t)$ 进行载波调制,即,对 $I(t)$ 和 $Q(t)$ 分别如下式乘以相同频率但初相位相差 $\pi/2$ 的载波,得到载波调制后的I路射频信号 $S_I(t)$ 和Q路射频信号 $S_Q(t)$:

$$S_I(t) = I(t) \cos(2\pi f_c t)$$

$$S_Q(t) = Q(t) \sin(2\pi f_c t)$$

式中, f_c 为载波频率;

步骤7:将 $S_I(t)$ 和 $S_Q(t)$ 相加得到发送的导通一体化信号射频合路信号 $S(t)$:

$$S(t) = S_I(t) + S_Q(t)$$

最后将 $S(t)$ 通过信号发射机发送到信道中。

一种基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法

技术领域

[0001] 本发明属于通信技术领域,涉及卫星导航、通信技术领域中的信号设计,特别涉及一种基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法,可用于为卫星导航通信一体化系统提供具有恒包络特性的信号设计方法。

背景技术

[0002] 全球卫星导航系统(Global Navigation Satellite System,GNSS)是能够在地球表面或者近地空间的任意地点为用户提供全天候的3维坐标和速度以及时间信息的空基无线电导航定位系统。全球现在有4大卫星导航系统供应商,美国的全球卫星定位系统(Globe Position System,GPS)、俄罗斯的格洛纳斯(Global Navigation Satellite System, GLONASS)、欧洲的伽利略系统(Galileo)以及中国的北斗卫星导航系统(BeiDou Navigation Satellite System,BDS)。

[0003] 近年来无论是在军用上还是民用上都在探索着导航通信的融合,将通信与导航结合为一体的新型导航系统正在兴起。而我国的北斗卫星导航系统相对于其他主流的导航系统最大的特色在于,将有源定位和短报文特色服务相结合,实现了将通信和导航功能结合在一起的系统设计,这是北斗卫星导航系统的独特发明,也是一大优势。然而,北斗卫星导航系统中的短报文业务使用的频率:下行(空对地)使用2483.5-2500MHz频段,上行(地对空)使用1610-1626.5MHz频段,这与北斗卫星导航系统导航业务使用的频段是不同的。也就是说北斗卫星导航系统只是将导航与通信功能集中在一个系统,两者却使用了不同的频点,这导致系统占用的频率资源较多。而直接将多路信号(三路以上)复用一個频点后得到的合路信号可能会导致信号不具有恒包络特性,这会使信号经过卫星功率放大器时造成非线性失真。从时域来看非线性失真会造成信号波形失真,从频域来看会导致发送功率谱旁瓣升高,对相邻频段造成干扰。

发明内容

[0004] 针对上述已有技术存在的缺陷或不足,本发明的目的在于,提供一种基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法。

[0005] 为了实现上述任务,本发明采取如下的技术解决方案:

[0006] 一种基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法,其特征在于,该方法将导航测距信号、导航电文信号和通信数据信号结合在一起,使用同一个频点进行恒包络调制发送;具体包括下列步骤:

[0007] 步骤1:生成导航测距支路基带信号 $S_1(t)$:

[0008] (1) 输入导航测距支路扩频码流,该扩频码流为0、1序列;

[0009] (2) 对导航测距支路扩频码流的0、1序列码片数值进行极性转换,其中0转换为1,1转换为-1;

[0010] 步骤2:生成导航电文支路基带信号 $S_2(t)$:

- [0011] (1) 输入导航电文支路数据比特流,该数据比特流为0、1序列;
- [0012] (2) 对导航电文数据进行信道编码,并按电文帧格式要求组帧;
- [0013] (3) 对编码后的导航电文数据与扩频码进行模二和运算,实现扩频处理;
- [0014] (4) 对导航电文数据扩频后的0、1序列码片数值进行极性转换,其中0转换为1,1转换为-1;

[0015] 步骤3:生成通信数据支路基带信号 $S_3(t)$:

- [0016] (1) 输入通信数据支路数据比特流,该数据比特流为0、1序列;
- [0017] (2) 对通信数据进行信道编码,并按通信数据帧格式要求组帧;
- [0018] (3) 对编码后的通信数据与扩频码进行模二和运算,实现扩频处理;
- [0019] (4) 对通信数据扩频后的0、1码片数值进行极性转换,其中0转换为1,1转换为-1;

[0020] 步骤4:将导航测距支路基带信号 $S_1(t)$ 的调制系数 θ_1 固定为 $\pi/2$,计算导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ 的调制系数 θ_2 和通信数据支路基带信号 S_3

[0021] (t)的调制系数 θ_3 :

[0022] (1) 根据预设的导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ 与导航测距支路基带信号 $S_1(t)$ 的功率比值 α_2 ,按照下式计算导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ 调制系数 θ_2 :

$$[0023] \quad \theta_2 = \arctan \sqrt{\alpha_2}$$

[0024] (2) 根据预设的通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ 与导航测距支路基带信号 $S'_1(t)$ 的功率比值 α_3 ;按照下式计算通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ 调制系数 θ_3 :

$$[0025] \quad \theta_3 = \arctan \sqrt{\alpha_3}$$

[0026] 步骤5,分别生成I、Q路基带信号:

[0027] (1) I路基带信号 $I(t)$ 由下式得到:

$$[0028] \quad I(t) = S_2(t) \sin\theta_2 \cos\theta_3 + S_3(t) \cos\theta_2 \sin\theta_3$$

[0029] (2) Q路基带信号 $Q(t)$ 由下式得到:

$$[0030] \quad Q(t) = S_1(t) \cos\theta_2 \cos\theta_3 - S_2(t) S_3(t) \sin\theta_2 \sin\theta_3$$

[0031] 步骤6:分别对基带信号 $I(t)$ 和 $Q(t)$ 进行载波调制,即,对 $I(t)$ 和 $Q(t)$ 分别如下式乘以相同频率但初相位相差 $\pi/2$ 的载波,得到载波调制后的I路射频信号 $S_I(t)$ 和Q路射频信号 $S_Q(t)$:

$$[0032] \quad S_I(t) = I(t) \cos(2\pi f_c t)$$

$$[0033] \quad S_Q(t) = Q(t) \sin(2\pi f_c t)$$

[0034] 式中, f_c 为载波频率;

[0035] 步骤7:将 $S_I(t)$ 和 $S_Q(t)$ 相加得到发送的导通一体化信号射频合路信号 $S(t)$:

$$[0036] \quad S(t) = S_I(t) + S_Q(t)$$

[0037] 最后将 $S(t)$ 通过信号发射机发送到信道中。

[0038] 本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法,采用了将导航测距信号、导航电文信号和通信数据信号三路信号结合在一起的信号设计方案,不仅提高系统的频率资源利用效率,还可以使调制完成的信号呈现恒包络特性,降低信号的峰均比,减小功放带来的非线性失真的影响。与现有技术相比具有以下优点:

[0039] 第一,基于卫星平台将导航信号和通信信号进行一体化设计,在为用户提供导航

功能的同时,增加了卫星至用户的通信数据播发功能,可用于卫星导航系统高精度增强服务等应用场合。

[0040] 第二,通信信号与导航信号使用相同的频点进行发送,相对于现有的导航系统中通信数据信号,导航信号(测距、电文)分别使用不同频点的设计方式提高了频带利用率,节约了频带资源。

[0041] 第三,对要进行发送的导航测距、导航电文、通信数据这三路信号进行恒包络调制,可以降低信号的峰均比,减小功放带来的非线性失真的影响。从时域来看可以消除非线性失真造成的信号波形失真,从频域来看不会导致发送功率谱旁瓣升高,从而降低对相邻频段造成干扰。

附图说明

[0042] 图1为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的信号产生流程图;

[0043] 图2为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的导航电文数据信道编码和帧结构示意图;

[0044] 图3为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的通信数据信道编码和帧结构示意图;

[0045] 图4为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的I路基带信号 $I(t)$ 的时域波形图;

[0046] 图5为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的Q路基带信号 $Q(t)$ 的时域波形图;

[0047] 图6为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的I路射频信号 $S_I(t)$ 的时域波形图;

[0048] 图7为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的Q路射频信号 $S_Q(t)$ 的时域波形图;

[0049] 图8为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的射频合路信号 $S(t)$ 的时域波形图;

[0050] 图9为本发明的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法的基带合路信号包络波形图。

[0051] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步地详细说明。

具体实施方式

[0052] 本实施例给出一种基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法,该方法以导航电文支路信号 $S_2(t)$ 与导航测距支路信号 $S_1(t)$ 的功率比值 $\alpha_2=1/3$,通信数据支路基带信号 $S'_3(t)$ 与导航测距支路信号 $S_1(t)$ 的功率比值 $\alpha_3=4/3$,导航电文数据比特速率为50bps,通信数据通道数据比特速率为250bps,导航测距码、导航电文信号和通信数据信号扩频码码长10230、扩频码码率为5.115MHz,载波发射频率为 $f_c=5022.93\text{MHz}$ 为例进行介绍,具体实现步骤如下:

[0053] 步骤1:生成导航测距支路基带信号 $S_1(t)$;

[0054] (1) 输入码长为10230、码速率为5.115MHz的导航测距支路扩频码码流(0、1序列)；
 [0055] (2) 对导航测距支路扩频码流的0、1码片数值进行极性转换，其中0转换为1，1转换为-1。

[0056] 步骤2:生成导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ ：

[0057] (1) 输入比特速率为50bps的导航电文支路数据流(0、1序列)；

[0058] (2) 对导航电文数据进行信道编码，并按电文帧格式要求组帧，如图2所示，每个导航电文帧由帧同步码、电文信息数据和CRC校验码组成，其中，帧同步码为13位巴克码，即1111100110101。每个电文子帧的463比特电文信息数据使用24-bit CRC校验算法计算24比特CRC校验码，24比特CRC校验码生成多项式为：

$$[0059] \quad g(x) = \sum_{i=0}^{24} g_i x^i, \text{ 其中, } g_i = \begin{cases} 1, & i=0,1,3,4,5,6,7,10,11,14,17,18,23,24 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

[0060] 电文信息数据和CRC校验码共计487比特，与5比特填充位[0 1 0 1 0]合并一起，采用码率为1/2的LDPC(984,492)进行纠错编码，得到984个编码符号。编码后的电文包括13位帧同步码、984位电文信息符号和3位填充符号[0 1 0]。编码后的电文符号速率为100sps。

[0061] (3) 对编码后的导航电文数据进行扩频，电文数据支路扩频码码长为10230，码速率为5.115MHz，扩频处理是1个电文符号与5个周期长度的扩频码序列进行模二和操作。

[0062] (4) 对导航电文数据扩频后的0、1码片数值进行极性转换，其中0转换为1，1转换为-1。

[0063] 步骤3:生成通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ ：

[0064] (1) 输入数据比特速率为250bps的通信数据支路数据流(0、1序列)；

[0065] (2) 对通信数据进行信道编码，并按通信数据帧格式要求组帧，如图3所示，每个通信数据帧由帧同步码、通信数据块1和CRC1校验码、通信数据块2和CRC2校验码组成。

[0066] 帧同步码为13位巴克码，即1111100110101。

[0067] 通信数据块1的56比特数据使用8-bit CRC校验算法计算8比特CRC1校验码，通信数据和CRC校验码共计64比特；采用码率为1/2的LDPC(128,64)进行纠错编码，得到128个编码符号。8比特CRC校验码生成多项式为 x^8+x^2+x+1 。

[0068] 通信数据块2的400比特数据使用16-bit CRC校验算法计算16比特CRC2校验码，通信数据和CRC校验码共计416比特；采用码率为1/2的LDPC(832,416)进行纠错编码，得到832个编码符号。16比特CRC校验码生成多项式为 $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ 。

[0069] 编码后的通信数据包括13位帧同步码、128位通信数据块1符号和832位通信数据块2符号。编码后的电文符号速率为500sps。

[0070] (3) 对编码后的通信数据进行扩频，通信数据支路扩频码码长为10230，码速率为5.115MHz，扩频处理是1个通信数据符号与1个周期长度的扩频码序列进行模二和操作。

[0071] (4) 对通信数据扩频后的0、1码片数值进行极性转换，其中0转换为1，1转换为-1。

[0072] 步骤4:将导航测距支路基带信号 $S_1(t)$ 的调制系数 θ_1 固定为 $\pi/2$ ，计算导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ 的调制系数 θ_2 和通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ 的调制系数 θ_3 ：

[0073] (1) 将预设的导航电文支路基带信号 $S_2(t)$ 与导航测距支路基带信号 $S_1(t)$ 的功率比值 $\alpha_2=1/3$ 代入下式计算导航电文支路信号 $S_2(t)$ 调制系数 θ_2 ：

[0074] $\theta_2 = \arctan \sqrt{\alpha_2} = 0.5236$

[0075] (2) 将预设的通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ 与导航测距支路信号 $S_1(t)$ 的功率比值 $\alpha_3 = 4/3$ 代入下式计算通信数据支路基带信号 $S_3(t)$ 调制系数 θ_3 :

[0076] $\theta_3 = \arctan \sqrt{\alpha_3} = 0.8571$

[0077] 步骤5:由步骤4得出的 $\theta_2 = 0.5236, \theta_3 = 0.8571$ 分别计算I、Q路基带信号:

[0078] (1) I路基带信号 $I(t)$ 由下式得到:

[0079] $I(t) = S_2(t) \sin\theta_2 \cos\theta_3 + S_3(t) \cos\theta_2 \sin\theta_3$

[0080] (2) Q路基带信号 $Q(t)$ 由下式得到:

[0081] $Q(t) = S_1(t) \cos\theta_2 \cos\theta_3 - S_1(t) S_2(t) S_3(t) \sin\theta_2 \sin\theta_3$

[0082] 在仿真时间 t 为0到 $5E-5$ s时得到的 $I(t)$ 和 $Q(t)$ 时域波形分别如图4和图5所示。

[0083] 步骤6:分别对基带信号 $I(t)$ 和 $Q(t)$ 进行载波调制,即,对 $I(t)$ 和 $Q(t)$ 分别如下式乘以相同频率但初相位相差不/2的载波,得到载波调制后的I路射频信号 $S_I(t)$ 和Q路射频信号 $S_Q(t)$:

[0084] $S_I(t) = I(t) \cos(2\pi f_c t)$

[0085] $S_Q(t) = Q(t) \sin(2\pi f_c t)$

[0086] 式中, $f_c = 5022.93$ MHz。在仿真时间 t 为0到 $5E-5$ s时得到的 $S_I(t)$ 和 $S_Q(t)$ 时域波形分别如图6和图7所示。

[0087] 步骤7:将 $S_I(t)$ 和 $S_Q(t)$ 相加得到发送信号 $S(t)$:

[0088] $S(t) = S_I(t) + S_Q(t)$

[0089] 在仿真时间 t 为0到 $5E-5$ s时得到的 $S(t)$ 时域波形如图8所示。最后将 $S(t)$ 通过信号发射机发送到信道中。

[0090] 本实施例给出的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法,基带信号的包络 $I(t)^2 + Q(t)^2$ 的仿真图如图9所示,可以看出信号的包络恒定为1,证明了按照本实施例的基于卫星平台的导航通信一体化信号设计方法将三路信号复用一個频点后得到的合路信号具有恒包络特性,可以避免信号经过卫星功率放大器时造成的非线性失真。

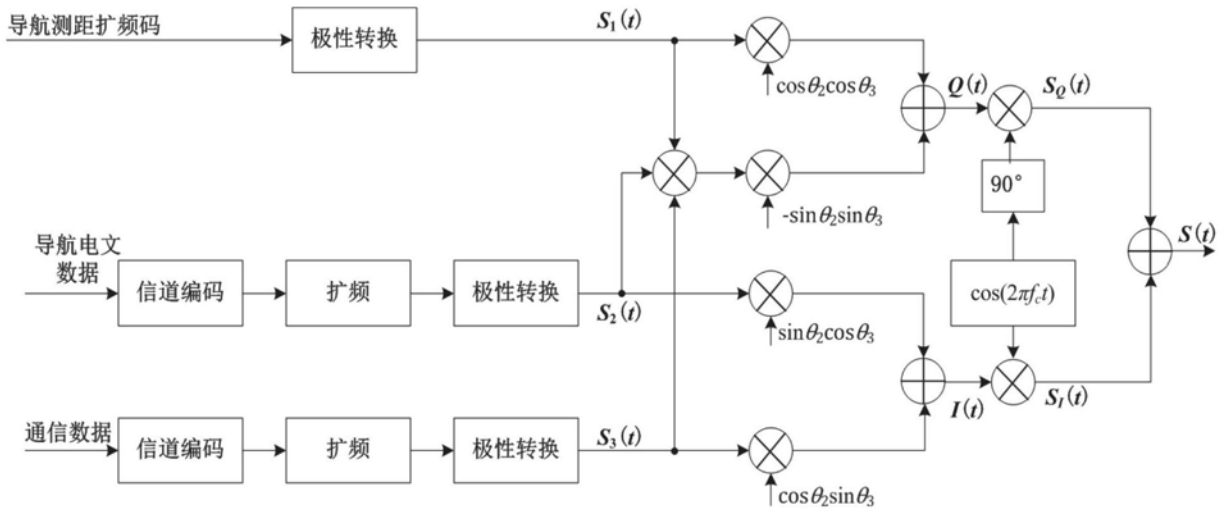


图1

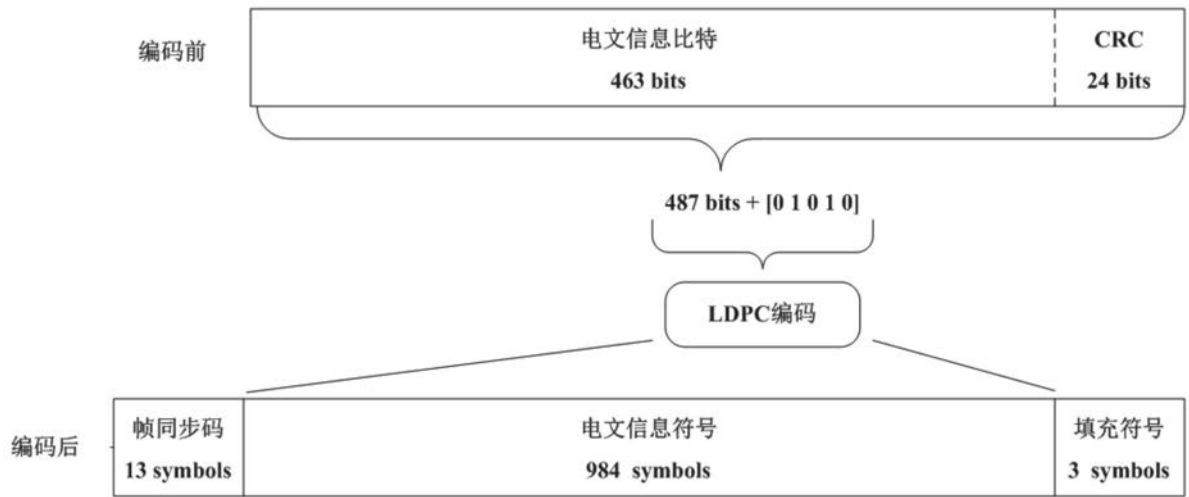


图2

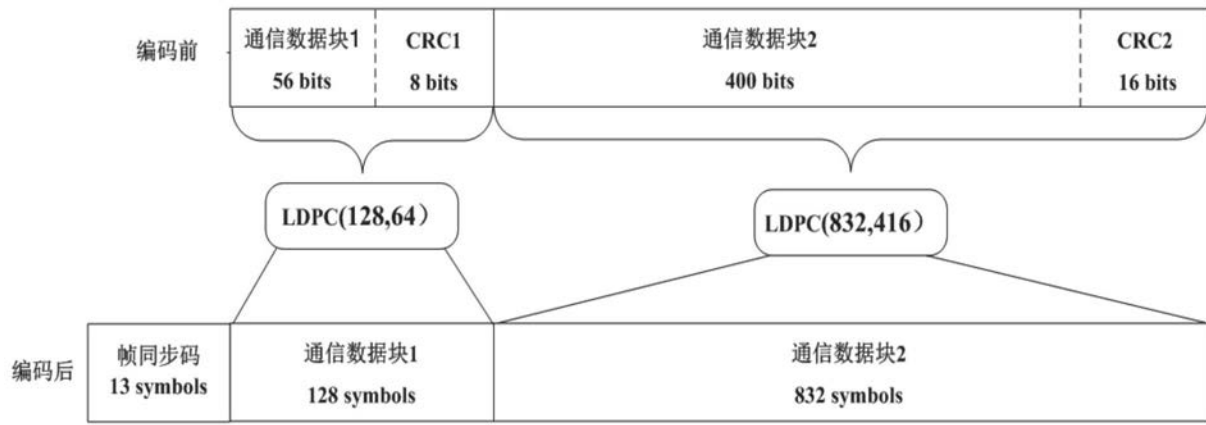


图3

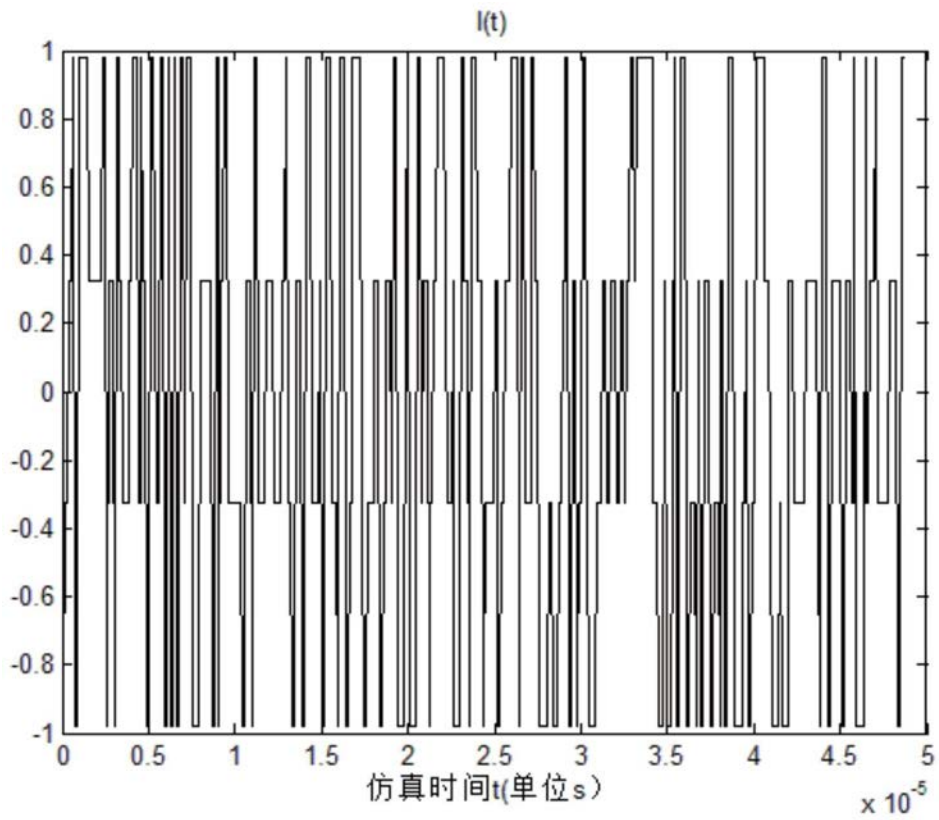


图4

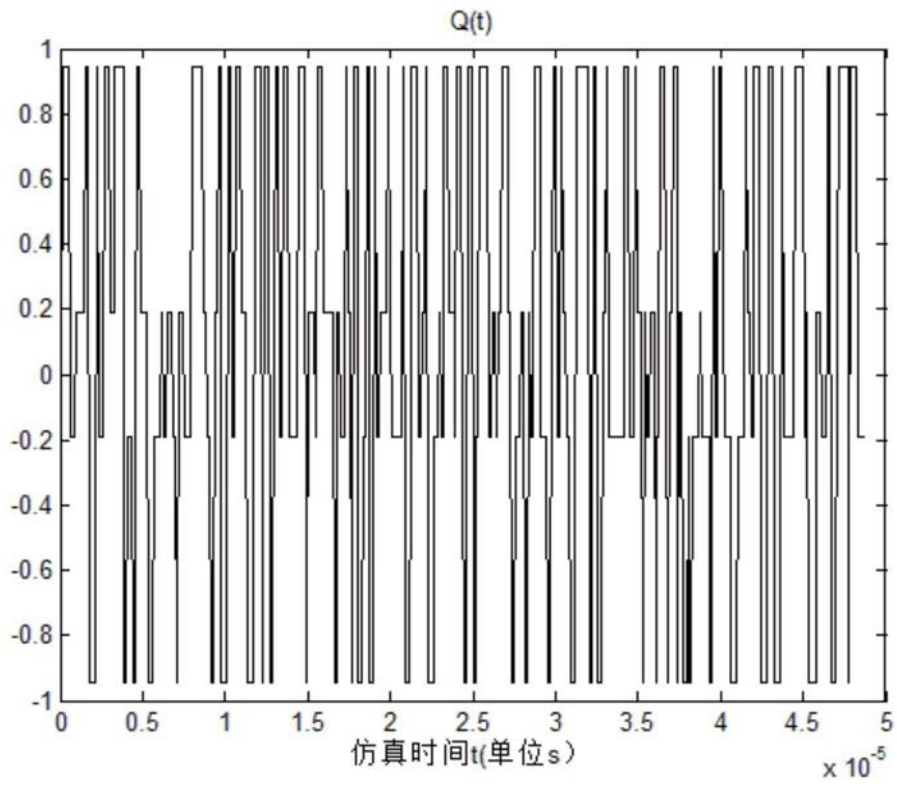


图5

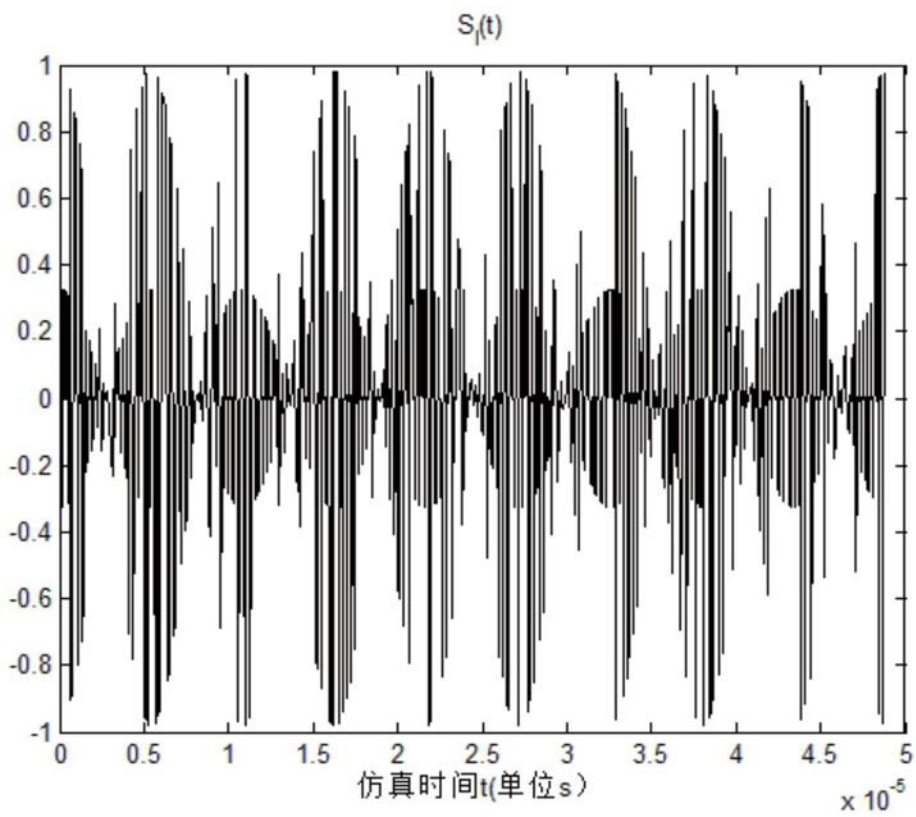


图6

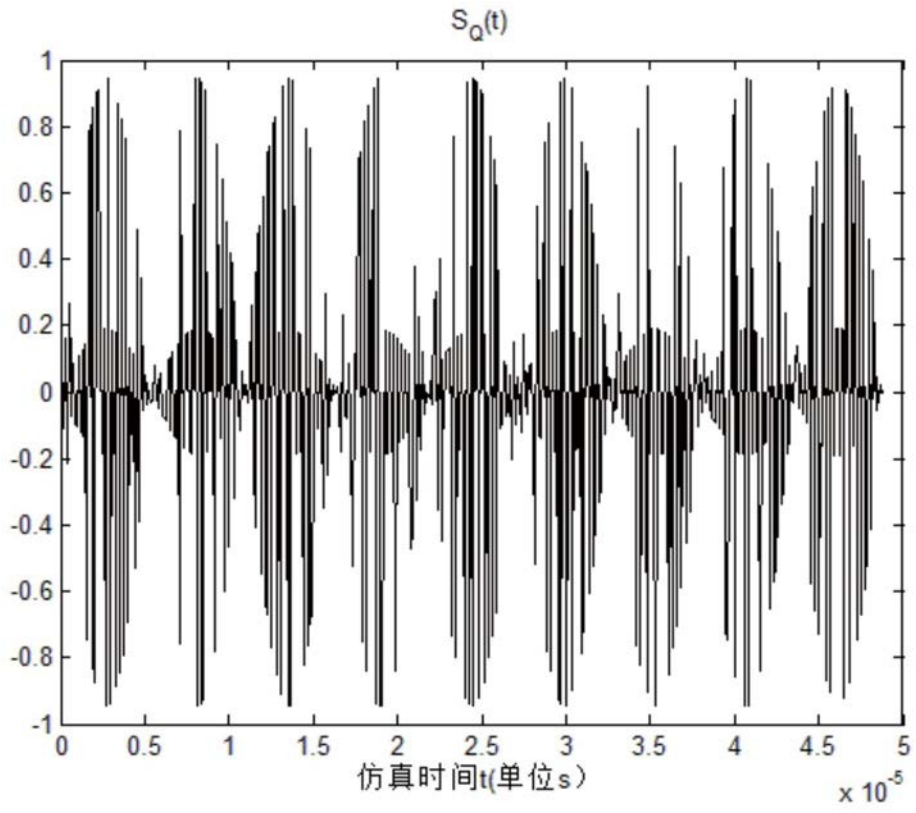


图7

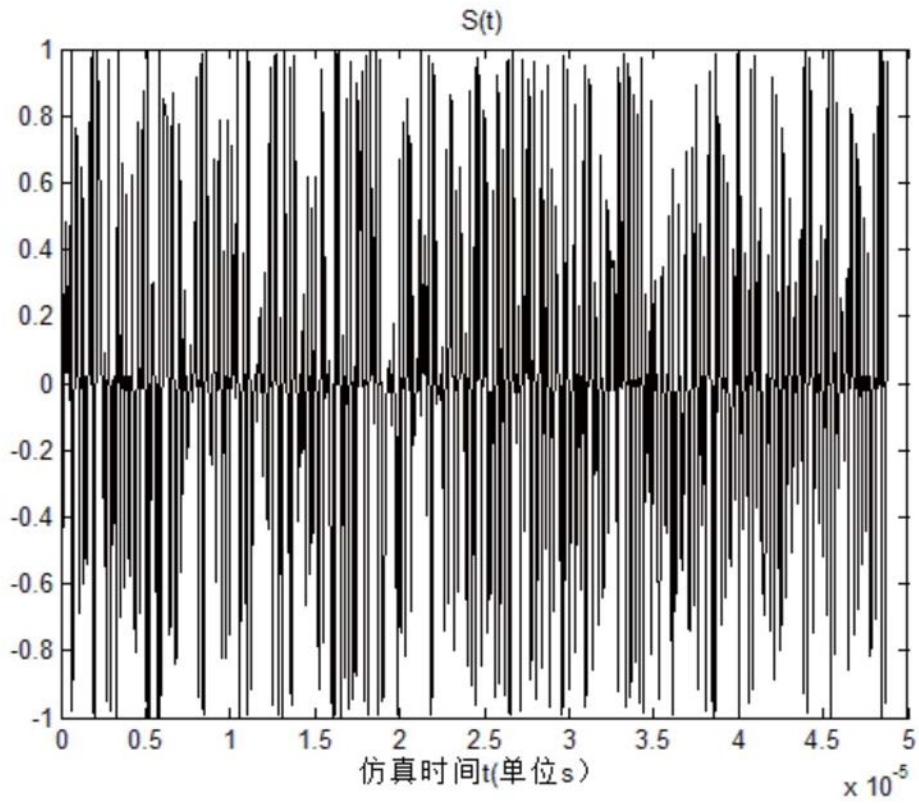


图8

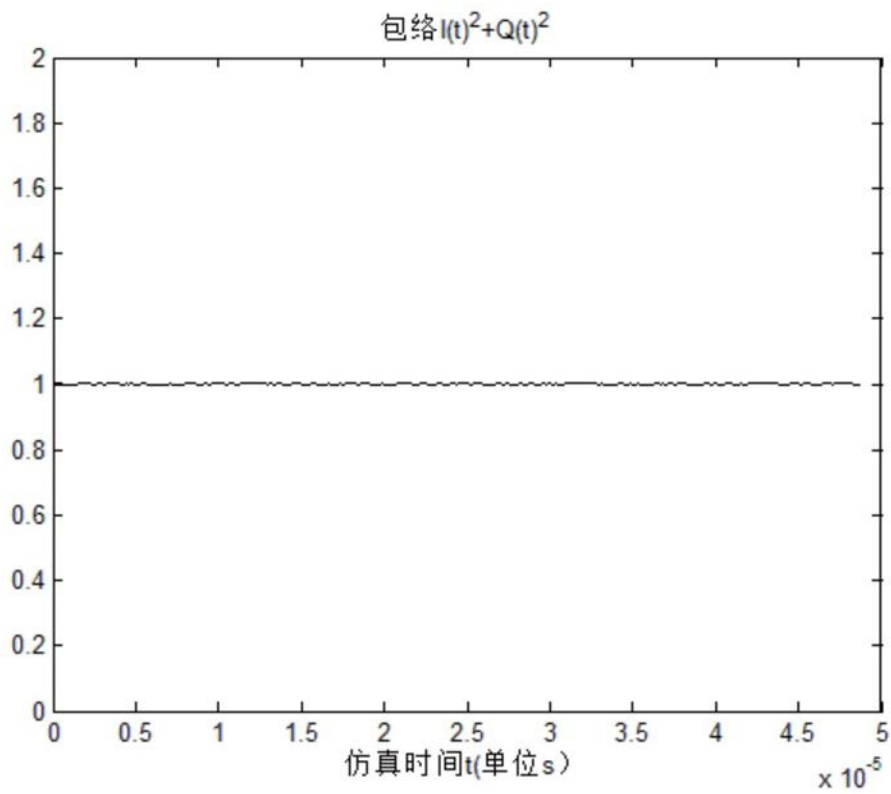


图9