



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104618288 B

(45)授权公告日 2018.05.08

(21)申请号 201410835505.X

(22)申请日 2014.12.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104618288 A

(43)申请公布日 2015.05.13

(73)专利权人 中国电子科技集团公司第四十一  
研究所

地址 233010 安徽省蚌埠市华光大道七二  
六号

(72)发明人 徐兰天 凌云志 周建焯

(74)专利代理机构 工业和信息化部电子专利中  
心 11010

代理人 梁军

(51)Int.Cl.

H04L 27/26(2006.01)

(56)对比文件

- EP 2159980 A3,2010.10.20,
- CN 104243386 A,2014.12.24,
- CN 102546484 A,2012.07.04,
- CN 102023290 A,2011.04.20,
- CN 102065056 A,2011.05.18,
- CN 101022280 A,2007.08.22,

审查员 田雨润

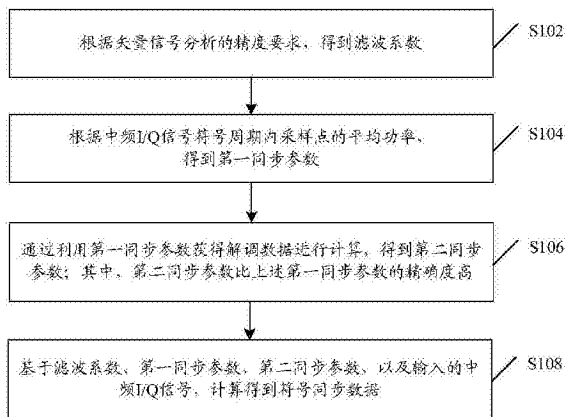
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种无线通信测试系统的符号同步方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种无线通信测试系统的符号同步方法及装置。其中该方法包括：根据矢量信号分析的精度要求，得到滤波系数；根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率，得到第一同步参数；通过利用第一同步参数获得解调数据进行计算，得到第二同步参数；其中，第二同步参数比第一同步参数的精确度高；基于滤波系数、第一同步参数、第二同步参数，以及输入的中频I/Q信号，计算得到符号同步数据。通过本发明，解决了相关技术中符号同步方法的运算量较大的问题，满足了无线通信测试系统和电子测量仪器的需求；利用矢量信号分析中已知的设置参数和测量后获得的测量参数，降低同步估计算法的复杂度，采用两级符号同步，提高数字实现的同步精度。



1. 一种无线通信测试系统的符号同步方法,其特征在于,所述方法包括:  
根据矢量信号分析的精度要求,得到滤波系数;  
根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,得到第一同步参数;  
通过利用所述第一同步参数获得解调数据进行计算,得到第二同步参数;其中,所述第二同步参数比所述第一同步参数的精确度高;  
基于所述滤波系数、所述第一同步参数、所述第二同步参数,以及输入的中频I/Q信号,计算得到符号同步数据;  
其中,根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,估算得到符号同步位置;  
基于所述符号同步位置,得到第一同步参数;  
通过对所述第一同步参数的同步数据进行解调,得到测量数据和参考数据;  
根据所述测量数据和参考数据的时域特性估计,精确符号同步时刻;  
基于所述符号同步时刻,得到第二同步参数;  
根据所述第一同步参数、所述第二同步参数,确定最佳采样时刻;  
根据所述滤波参数对所述中频I/Q信号进行恢复,获得原始信号;  
根据所述最佳采样时刻对所述原始信号进行重新采样,获得最佳采样点数据,即所述符号同步数据。

2. 一种无线通信测试系统的符号同步装置,其特征在于,所述装置包括:  
变速率滤波器参数设计模块,用于根据矢量信号分析的精度要求,得到滤波系数;  
初步符号同步模块,用于根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,得到第一同步参数;  
精确符号同步模块,用于通过利用所述第一同步参数获得解调数据进行计算,得到第二同步参数;其中,所述第二同步参数比所述第一同步参数的精确度高;  
变速率/同步联合实现模块,用于基于所述滤波系数、所述第一同步参数、所述第二同步参数,以及输入的中频I/Q信号,计算得到符号同步数据;  
其中,所述初步符号同步模块,还用于:根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,估算得到符号同步位置;基于所述符号同步位置,得到第一同步参数;  
所述精确符号同步模块,还用于:通过对所述第一同步参数的同步数据进行解调,得到测量数据和参考数据;根据所述测量数据和参考数据的时域特性估计,精确符号同步时刻;基于所述符号同步时刻,得到第二同步参数;  
所述变速率/同步联合实现模块,还用于:根据所述第一同步参数、所述第二同步参数,确定最佳采样时刻;根据所述滤波参数对所述中频I/Q信号进行恢复,获得原始信号;根据所述最佳采样时刻对所述原始信号进行重新采样,获得最佳采样点数据,即所述符号同步数据。

## 一种无线通信测试系统的符号同步方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通信领域,特别是涉及一种无线通信测试系统的符号同步方法及装置。

### 背景技术

[0002] 现代无线通信网络采用数字调制解调技术,有效克服了无线信道带来的各种不利影响,并提高了频谱资源利用率,已成为现代射频/微波通信的基本形式,带动了新型测试技术的研究。矢量信号分析技术是无线通信测试关键测试技术之一,具有精确、直观的调制参数测量能力,广泛应用于矢量信号分析仪器和无线通信测量系统中。

[0003] 符号同步(或定时恢复)是矢量信号分析技术中最关键技术之一,实现符号速率周期性的精确抽样。对于无线通信测试系统还要满足符号速率周期在一定范围内是任意可变的要求。常用的实现方法包括最大似然定时估计、非面向判决定时估计和早-迟门同步器等。他们是采用盲或半盲估计方法,且采用VCO、积分电路和数字求和模块等数模结合的实现方式,存在成本高、体积大和不易集成等缺点。因此,全数字实现的方法开始被研究,像符号同步方法、无线通信系统的符号同步方法等,利用训练序列做相关运算、功率检测、信道估计等方式实现,同步精度与采样率有关,为了获得高精度,需要增加采样率,这样带来了运算量的大幅增加。

[0004] 针对相关技术中符号同步方法的运算量较大的问题,目前尚未提出有效的解决方案。

### 发明内容

[0005] 针对相关技术中符号同步方法的运算量较大的问题,本发明提供了一种无线通信测试系统的符号同步方法及装置,用以解决上述技术问题。

[0006] 根据本发明的一个方面,本发明提供了一种无线通信测试系统的符号同步方法,其中,该方法包括:根据矢量信号分析的精度要求,得到滤波系数;根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,得到第一同步参数;通过利用所述第一同步参数获得解调数据进行计算,得到第二同步参数;其中,所述第二同步参数比所述第一同步参数的精确度高;基于所述滤波系数、所述第一同步参数、所述第二同步参数,以及输入的中频I/Q信号,计算得到符号同步数据。

[0007] 优选地,根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,得到第一同步参数,包括:根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,估算得到符号同步位置;基于所述符号同步位置,得到第一同步参数;

[0008] 优选地,通过利用所述第一同步参数获得解调数据进行计算,得到第二同步参数,包括:通过对所述第一同步参数的同步数据进行解调,得到测量数据和参考数据;根据所述测量数据和参考数据的时域特性估计,精确符号同步时刻;基于所述符号同步时刻,得到第二同步参数。

[0009] 优选地,基于所述滤波系数、所述第一同步参数、所述第二同步参数,以及输入的中频I/Q信号,计算得到符号同步数据,包括:根据所述第一同步参数、所述第二同步参数,确定最佳采样时刻;根据所述滤波参数对所述中频I/Q信号进行恢复,获得原始信号;根据所述最佳采样时刻对所述原始信号进行重新采样,获得最佳采样点数据,即所述符号同步数据。

[0010] 根据本发明的另一方面,本发明还提供了一种无线通信测试系统的符号同步装置,其中,该装置包括:变速率滤波器参数设计模块,用于根据矢量信号分析的精度要求,得到滤波系数;初步符号同步模块,用于根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,得到第一同步参数;精确符号同步模块,用于通过利用所述第一同步参数获得解调数据进行计算,得到第二同步参数;其中,所述第二同步参数比所述第一同步参数的精确度高;变速率/同步联合实现模块,用于基于所述滤波系数、所述第一同步参数、所述第二同步参数,以及输入的中频I/Q信号,计算得到符号同步数据。

[0011] 优选地,所述初步符号同步模块,还用于:根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,估算得到符号同步位置;基于所述符号同步位置,得到第一同步参数;

[0012] 优选地,所述精确符号同步模块,还用于:通过对所述第一同步参数的同步数据进行解调,得到测量数据和参考数据;根据所述测量数据和参考数据的时域特性估计,精确符号同步时刻;基于所述符号同步时刻,得到第二同步参数。

[0013] 优选地,所述变速率/同步联合实现模块,还用于:根据所述第一同步参数、所述第二同步参数,确定最佳采样时刻;根据所述滤波参数对所述中频I/Q信号进行恢复,获得原始信号;根据所述最佳采样时刻对所述原始信号进行重新采样,获得最佳采样点数据,即所述符号同步数据。

[0014] 本发明有益效果如下:

[0015] 通过本发明的技术方案,解决了相关技术中符号同步方法的运算量较大的问题,满足了无线通信测试系统和电子测量仪器的需求;充分利用了矢量信号分析中已知的设置参数和测量后获得的测量参数,大大降低了同步估计算法的复杂度,采用两级符号同步,提高数字实现的同步精度,精确符号同步采用是时域分析方法,具有很宽的频带特性,并采用可变定时机制,降低同步带来的数据抖动,采用变速率和同步联合实现算法,有效降低实现的难度,通过软件无线电技术进行全数字实现,便于集成和移植,广泛应用于矢量信号分析仪器和无线通信测量系统中。

[0016] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举本发明的具体实施方式。

## 附图说明

[0017] 图1是根据本发明实施例一的无线通信测试系统的符号同步方法流程图;

[0018] 图2是根据本发明实施例二的无线通信测试系统的符号同步装置的结构框图;

[0019] 图3是根据本发明实施例三的符号同步装置的操作流程示意图;

[0020] 图4是根据本发明实施例三的滤波系数示意图;

[0021] 图5是根据本发明实施例三的QPSK的功率示意图;

[0022] 图6是根据本发明实施例三的最佳采样时刻示意图。

### 具体实施方式

[0023] 为了解决现有技术中符号同步方法的运算量较大的问题,本发明提供了一种无线通信测试系统的符号同步方法及装置,以下结合附图以及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不限定本发明。

[0024] 实施例一

[0025] 图1所示的是无线通信测试系统的符号同步方法流程图,如图1所示,包括:

[0026] 步骤S102,根据矢量信号分析的精度要求,得到滤波系数。

[0027] 步骤S104,根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,得到第一同步参数。

[0028] 具体过程为:根据上述中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,估算得到符号同步位置;基于上述符号同步位置,得到第一同步参数;

[0029] 步骤S106,通过利用第一同步参数获得解调数据进行计算,得到第二同步参数;其中,上述第二同步参数比上述第一同步参数的精确度高。

[0030] 具体过程为:通过利用上述第一同步参数的同步数据进行解调,得到测量数据和参考数据;根据上述测量数据和参考数据的时域特性估计,精确符号同步时刻;基于上述符号同步时刻,得到第二同步参数。

[0031] 步骤S108,基于上述滤波系数、上述第一同步参数、上述第二同步参数,以及输入的中频I/Q信号,计算得到符号同步数据。

[0032] 具体过程为:根据上述第一同步参数、上述第二同步参数,确定最佳采样时刻;根据上述滤波参数对上述中频I/Q信号进行恢复,获得原始信号;根据上述最佳采样时刻对上述原始信号进行重新采样,获得最佳采样点数据,即上述符号同步数据。

[0033] 上述方法可以在FPGA上实现,可用于便携式矢量信号分析仪或测试系统中,同时可移植到现有的矢量信号分析仪或测试系统中,在不增加硬件成本和硬件架构的条件下,提高符号同步精度。

[0034] 实施例二

[0035] 图2所示的是无线通信测试系统的符号同步装置的结构框图,如图2所示,包括:

[0036] 变速率滤波器参数设计模块10,连接至变速率/同步联合实现模块40,用于根据矢量信号分析的精度要求,得到滤波系数。

[0037] 初步符号同步模块20,连接至变速率/同步联合实现模块40,用于根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,得到第一同步参数。

[0038] 具体还用于:根据中频I/Q信号符号周期内采样点的平均功率,估算得到符号同步位置;基于上述符号同步位置,得到第一同步参数。

[0039] 精确符号同步模块30,连接至变速率/同步联合实现模块40,用于通过利用上述第一同步参数获得解调数据进行计算,得到第二同步参数;其中,上述第二同步参数比上述第一同步参数的精确度高。

[0040] 具体还用于:通过对上述第一同步参数的同步数据进行解调,得到测量数据和参考数据;根据上述测量数据和参考数据的时域特性估计,精确符号同步时刻;基于上述符号同步时刻,得到第二同步参数。

[0041] 变速率/同步联合实现模块40,用于基于上述滤波系数、上述第一同步参数、上述第二同步参数,以及输入的中频I/Q信号,计算得到符号同步数据。

[0042] 具体还用于:根据上述第一同步参数、上述第二同步参数,确定最佳采样时刻;根据上述滤波参数对上述中频I/Q信号进行恢复,获得原始信号;根据上述最佳采样时刻对上述原始信号进行重新采样,获得最佳采样点数据,即上述符号同步数据。

[0043] 上述装置可以设置在FPGA上实现,可用于便携式矢量信号分析仪或测试系统中,同时可移植到现有的矢量信号分析仪或测试系统中,在不增加硬件成本和硬件架构的条件下,提高符号同步精度。

[0044] 下面结合优选实施例和附图,对上述符号同步装置的操作流程进行介绍。

[0045] 实施例三

[0046] 图3所示的是符号同步装置的操作流程示意图,如图3所示,符号同步装置包括4个模块:变速率滤波器参数设计模块、初步符号同步模块、精确符号同步模块和变速率/同步联合实现模块。其中,

[0047] 变速率滤波器参数设计模块设计滤波系数,输出给变速率/同步联合实现模块;

[0048] 初步符号同步模块估计出符号同步初步位置,基于符号同步初步位置得到初步同步参数(即上述第一同步参数),输出给变速率/同步联合实现模块;

[0049] 精确符号同步模块估计精确符号同步时刻,基于精确符号同步时刻得到精确同步参数(即上述第二同步参数),输出给变速率/同步联合实现模块;

[0050] 变速率/同步联合实现模块利用输入中频I/Q数据、滤波参数和同步参数实现变速率和符号同步,输出最佳采样点数据。

[0051] 下面对各个模块的具体实现步骤进行详细说明。

[0052] 1) 在测试系统或测试仪器开始测量前,需要进行初始化,完成矢量信号参数设置,和正确中频I/Q数据 $x(nT_{s1}) = I(nT_{s1}) + j*Q(nT_{s1})$ 输入,其中 $T_{s1}$ 为采样周期。

[0053] 2) 根据矢量信号参数中拖尾长度 $N1$ 和每码元点数 $N2$ ,变速率滤波器参数设计模块产生滤波参数。

[0054] 从频域的角度进行分析,中频I/Q数据 $x(nT_{s1})$ 频谱 $X_s(w)$ 是原始信号的频谱以 $f_s$ 为周期进行延拓,当 $f_s \geq 2f_H$ 时,周期性频谱没有混叠现象。因为 $f_H$ 的准确数值往往未知,这里设定理想低通滤波器的截止频率为 $\frac{f_s}{2}$ ,其冲激响应的表达式为

$$[0055] \quad h(t) = \frac{\sin(\pi f_s t)}{\pi f_s t} = Sa(\pi f_s t)$$

[0056] 可以看出, $h(t)$ 在 $t=0$ 有一个峰值1,并且过零点是在 $1/f_s$ 的非零整数倍上,且 $h(t)$ 的长度无穷。

[0057] 由于Sa函数的拖尾虽然无穷长,但后面的幅度已经很小,可以忽略不计,在实际实现过程中,为了降低运算量,需要对Sa函数进行截短。为了降低截短后对数据处理精度的影响,进行加窗函数处理。图4所示的滤波系数示意图中,显示的就是最终得到的滤波器系数。

[0058] 3) 在初次处理时,初始同步参数是未知的,初始化为0。变速率/同步联合实现模块此时完成变速率单一功能。输出的数据为 $x_0(nT_{s1})$ , $T_{s2}$ 为码元速率的整数倍。

[0059] 变速率/同步联合实现模块的变速率算法在下面变速率/同步联合算法中详细说

明,这里就不再赘述。

[0060] 4) 初次输出的数据为 $x_0(nT_{s1})$ ,经过初步同步,输出初步同步参数。

[0061] 初步同步算法采用常用的功率同步算法,需要对数据进行消除ISI滤波,再利用码元点功率能量比具有ISI的数据点更集中的特点,完成初步符号同步,具体步骤为:

[0062] a) 设计ISI滤波器,用于消除ISI,如果原始数据就是没有ISI数据,可以跳过本步骤。

[0063] b) 把数据一次分为M路进行计算功率 $P_1 \dots P_M$ ,M为每码元采样点数,图5示出了QPSK的功率示意图(M=4)。

[0064] c) 分别计算每路功率的均方差,进行比较,输出同步符号位置。这里需要注意的是对于QAM,不同幅度位置的码元点会出现跳变的现象,需要算法处理。

[0065] 5) 在初步同步参数获得后,精确同步参数是未知,初始化为0。变速率/同步联合实现模块此时完成变速率和初步同步功能。输出的数据为 $x_1(nT_{s2})$ 。

[0066] 变速率/同步联合实现模块的变速率和初步同步算法在下面变速率/同步联合算法中详细说明,这里就不再赘述。

[0067] 6) 输出的初步同步参数为 $x_1(nT_{s2})$ ,经过后续解调算法获得参考数据 $ref(nT_{s3})$ 和测量数据 $meas(nT_{s3})$ ,进入精确符号同步模块获得精确同步参数。

[0068] 参考数据 $ref(nT_{s3})$ 是还原发射信号,每码元第一个点为最佳采样点,每码元采样点数通过界面设置。测量数据 $meas(nT_{s3})$ 是经过像偏、频偏等误差参数补偿后的数据,特性与参考数据相同。精确符号同步模块利用参考数据 $ref(nT_{s3})$ 和测量数据 $meas(nT_{s3})$ 进行曲线拟合,进行采样间隔的精确同步,具体实现步骤如下:

[0069] a) 对 $meas(nT_{s3})$ 曲线拟合 $meas1(nT_{s3})$ ,降低噪声干扰;

[0070] b) 分别计算参考数据 $ref(nT_{s3})$ 和测量数据 $meas(nT_{s3})$ 的相位 $phref(nT_{s3}) = \text{phase}(ref(nT_{s3}))$ ,  $phmeas(nT_{s3}) = \text{phase}(meas(nT_{s3}))$ ;

[0071] c) 分别消除相位 $phref(nT_{s3})$ ,  $phmeas(nT_{s3})$ 的 $(-180^\circ, 180^\circ)$ 跳变点,获得连续的相位 $phrefcw(nT_{s3})$ ,  $phmeascw(nT_{s3})$ ;

[0072] d) 分别计算相位累加和为 $phrsum(nT_{s3}) = phrsum((n-1)T_{s3}) + phrefcw(nT_{s3})$ ,  $phmsum(nT_{s3}) = phmsum((n-1)T_{s3}) + phmeascw(nT_{s3})$ ;

[0073] e) 计算参考数据和测量数据的相位差,  $Perr(nT_{s3}) = phrsum(nT_{s3}) - phmsum(nT_{s3})$ ;

[0074] f) 设计二阶环路滤波器,对相位差进行环路滤波;

[0075] g) 进行曲线拟合,获得精确同步时刻。

[0076] 7) 在精确同步参数获得后,结合初步同步参数和滤波参数,变速率/同步联合实现模块完成变速率和精确同步功能。输出的数据为 $x_2(nT_{s2})$ 。

[0077] 对数字解调来说,解调过程中,匹配滤波以及抽样判决各环节中都需要保证一个符号内有整数个采样点,并从这些采样点中确定最佳采样点时刻数据,实现符号同步。

[0078] 变速率/同步联合实现模块的目的是在中频I/Q数据 $x(nT_{s1})$ 的基础上得到最佳采样点数据 $x_2(nT_{s2})$ 。实现原理从时域说,中频I/Q数据 $x(nT_{s1})$ 可以无失真地重建恢复原始信号 $x(t)$ ,然后在根据变速率参数和同步参数确定最佳采样时刻,具体实现步骤如下:

[0079] a) 确定变速率参数和同步参数的有效性,把参数设定在有效的范围内,防止变速率/同步联合实现出现异常;

[0080] b) 通过变速率参数和同步参数确定, 最佳采样时刻, 如图6所示的最佳采样时刻示意图。由于 $x(nT_{s1})$ 与 $x_2(nT_{s2})$ 都可表征模拟信号 $x(t)$ , 在一定时间内,  $x(nT_{s1})$ 具有 $N_1$ 采样点,  $x_2(nT_{s2})$ 具有 $N_2$ 采样点。对于 $x(nT_{s1})$ , 这段时间长度为 $t_1 = (N_1 - 1)T_{s1}$ 。对于 $x_2(nT_{s2})$ , 时间长度为 $t_2 = (N_2 - 1)T_{s2}$ 。因为 $T_{s1}$ 和 $T_{s2}$ 不是整数倍关系, 所以 $t_1$ 和 $t_2$ 并不严格相等。这里 $t_2$ 取最靠近 $t_1$ 的小于等于 $t_1$ 的数值。所以, 有

$$[0081] \quad t_2 = \text{floor}\left(\frac{t_1}{T_{s2}}\right) \cdot T_{s2} \quad N_2 = \text{floor}\left(\frac{t_1}{T_{s2}}\right) + 1$$

[0082] c) 利用Nyquist采样定理, 对于中频I/Q数据 $x(nT_{s1})$ 进行恢复, 获得原始信号 $x(t)$ 。由于数字实现, 恢复原始信号 $x(t)$ 中 $t = nT_0$ ,  $T_0$ 与获得数据精度有关, 当 $T_0$ 趋于0时, 为模拟信号;

[0083] d) 根据最佳采样时刻, 对原始信号 $x(t)$ 进行重新采样, 获得最佳采样点数据 $x_2(nT_{s2})$ 。

[0084] 因为本发明关心的采样时刻的数据恢复, 而不需要把 $x(t)$ 都进行全部恢复, 所以, 在实现时把步骤c)和d)同时实现。这样可以有效的降低运算复杂度, 缩短数据处理时间。

[0085] 8) 输出的精确同步数据为 $x_2(nT_{s2})$ 经过后续解调算法获得更精确的测量数据 $\text{meas}(nT_{s3})$ , 进入精确符号同步模块获得精确同步参数。

[0086] 9) 当中频I/Q数据 $x(nT_{s1})$ 不是期望信号时, 变速率参数将还原为保存为上次值, 精确同步参数初始化为0, 初步同步参数根据算法获得, 具有不确定性, 但会在合理的值范围内。

[0087] 10) 当矢量参数设置不正确, 会造成变速率参数和同步参数不确定性, 但会在合理的值范围内。

[0088] 从以上的描述中可知, 本发明为了克服现有技术中符号同步方法的运算量较大的问题, 本发明的目的在于一种适用于无线通信测试系统中矢量信号分析的高精度、全数字、变速率符号同步方案。

[0089] (1) 本同步方法是全数字实现, 利用设置参数和测量参数, 估计出变速率参数和同步参数, 采用实现变速率/同步联合算法实现最佳采样点的输出。

[0090] (2) 本同步方法利用到测量参数, 使数据处理形成闭环, 为了快速进入稳定状态, 采用两级符号同步方法。

[0091] (3) 变速率/同步联合实现模块用于完成变速率和符号同步两个功能。利用变速率滤波器参数设计模块提供变速率的实现参数, 和初步符号同步模块、精确符号同步模块提供符号同步参数, 采样变速率/同步联合实现算法实现高精度、变速率符号同步。实现原理为: 对于采样后的数据, 无论是整数倍码元速率采样还是小数倍参数码元速率采样, 都包含信号的所有信息, 可以用来恢复任意时刻的信号数据值, 因此把变速率和符号同步结合, 同步实现最佳采样点的数据输出。

[0092] (4) 变速率滤波器参数设计模块为变速率/同步联合实现模块提供变速率参数。根据矢量信号分析的精度要求, 确定滤波器的拖尾长度和每码元点数, 最终完成变速率低通滤波器设计。滤波器的拖尾长度直接影响信号的幅-频特性, 影响分析性能。但是, 随着拖尾长度的增加, 运算的时间、消耗的资源都将呈指数倍的增加。通过加窗函数, 有效的降低拖



尾长度对分析性能的影响。

[0093] (5) 初步同步模块和精确符号同步模块为变速率/同步联合实现模块提供同步参数。初步同步模块完成每码元内采样数据同步,同步精度等于每码元点数与码元速率乘积的倒数。精确符号同步算法是进一步采样数据间的符号同步,同步精度大于初步同步精度的一倍。

[0094] (6) 精确符号同步模块是利用矢量信号分析输出的测量信号和参考信号进行曲线拟合实现。参考信号作为理想信号,被认为是发射的信号。测量信号被认为是发射信号经信道干扰后的信号,因此利用测量信号和参考信号之间的关系,完成精确符号同步估计。

[0095] (7) 初步同步模块可使二级同步方法很快进入稳定状态。在有效数据进入和正确参数设置前,各种同步参数是未知的。测量开始时,测试结果是不确定的,很容易造成整个测试系统的不稳定性。增加初步同步模块,可以使测试系统最快的正常工作。

[0096] 尽管为示例目的,已经公开了本发明的优选实施例,本领域的技术人员将意识到各种改进、增加和取代也是可能的,因此,本发明的范围应当不限于上述实施例。

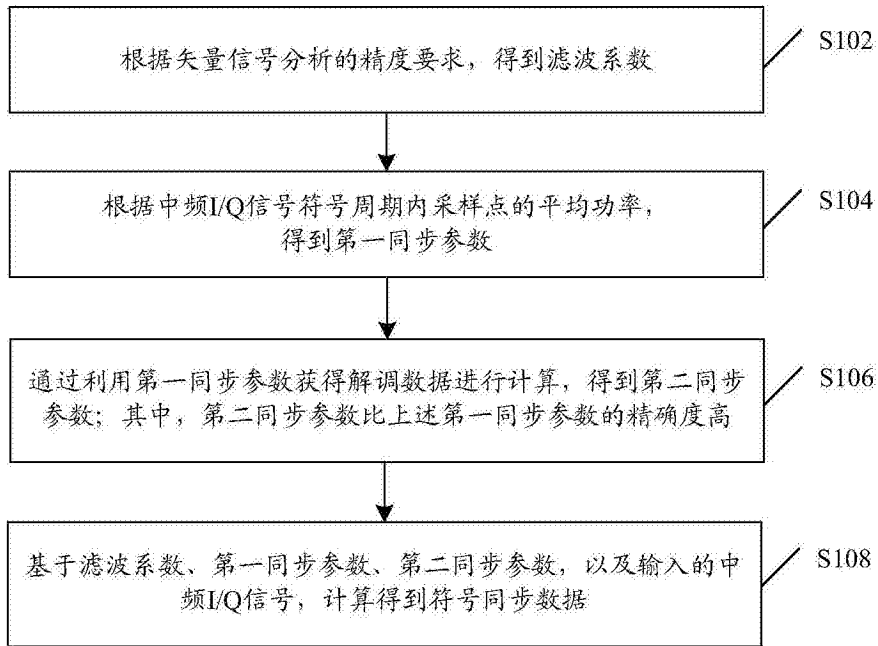


图1

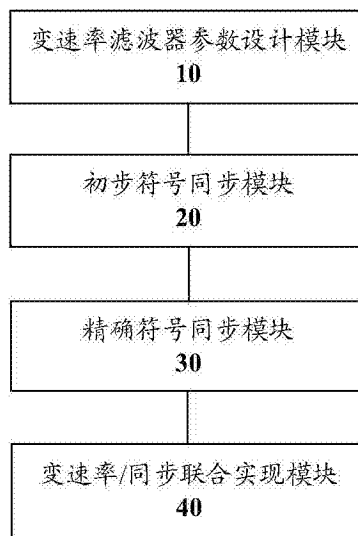


图2

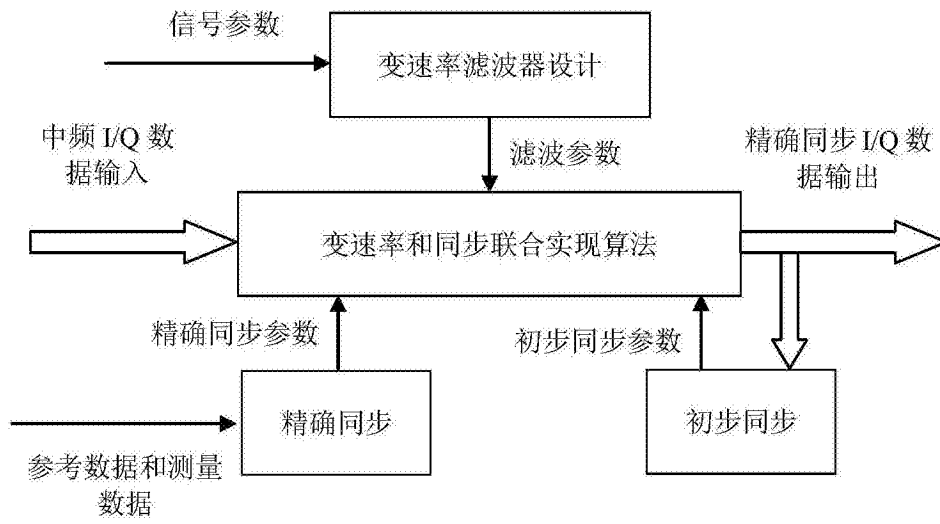


图3

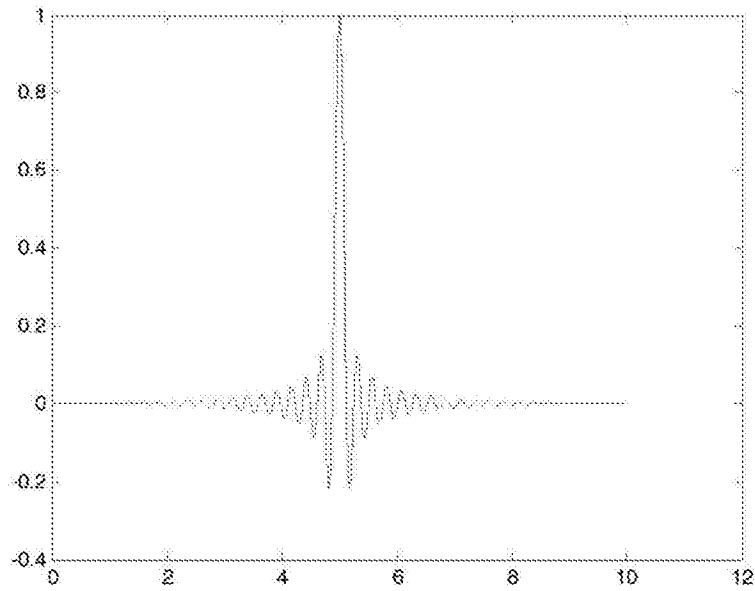


图4

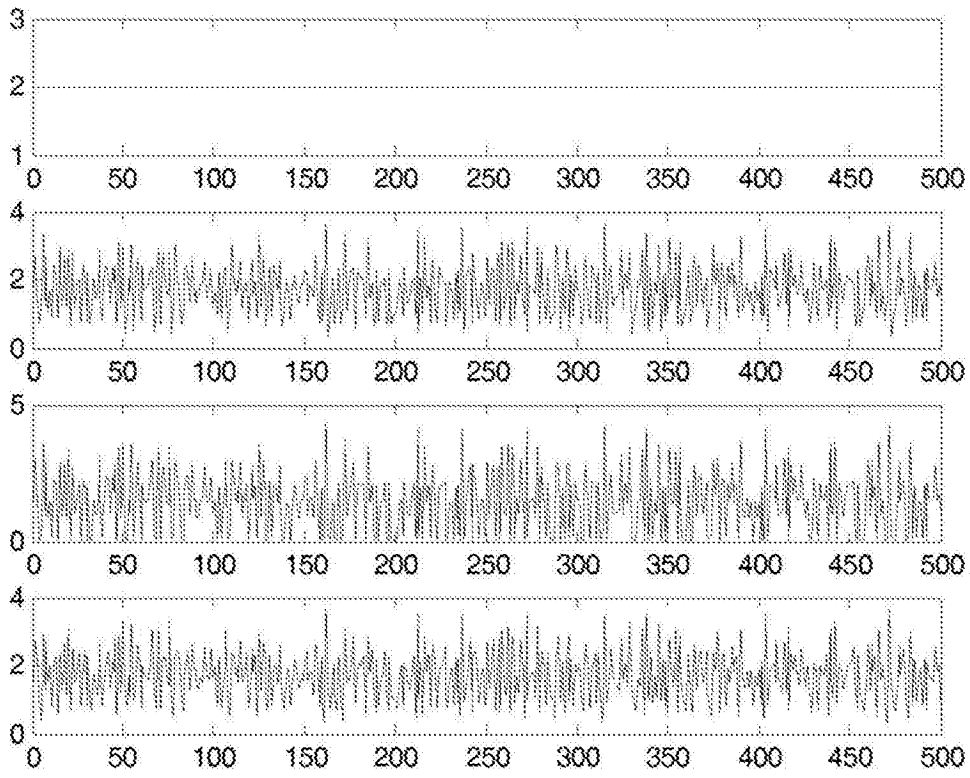


图5

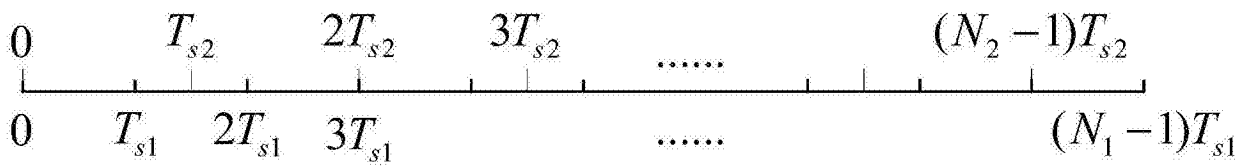


图6