



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103969663 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201410199321. 9

(22) 申请日 2014. 05. 12

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084-82 信箱

(72) 发明人 郑伦贵 尤政 张高飞 赵开春

马林 王晓初

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51) Int. Cl.

G01S 19/29(2010. 01)

G01S 19/30(2010. 01)

G01S 19/35(2010. 01)

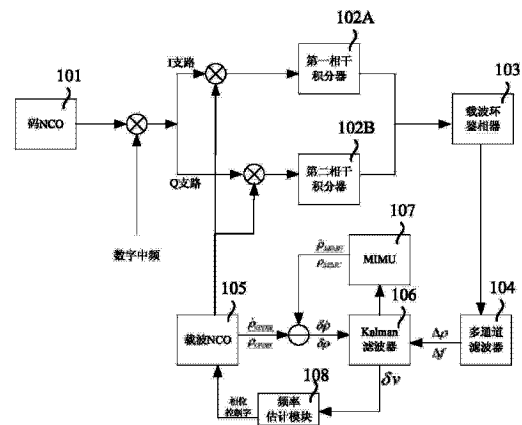
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块

(57) 摘要

本发明公开了一种具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,包括载波环和码环。载波环中包括载波环跟踪辅助模块,用于去除 GNSS 接收机动态对载波环的影响,提高载波环的动态跟踪性能,消除环路带宽与动态应力之间的矛盾。码环中包括码环跟踪辅助模块,用于提高码跟踪精度的同时,通过 Kalman 滤波器校正的惯导速度信息及对应的伪距率信息与低通滤波器输出量相加,产生驱动信号,驱动信号控制预测的信号延迟,使码环仅跟踪剩余的惯导辅助误差,提高环路动态特性。本发明的 GNSS 接收机通过读取相关器层面的同相/正交信息与 SINS 信息统一融合,消除动态应力减小跟踪环路滤波带宽降低环路测量噪声,提高信噪比实现全局最优。



1. 一种具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,其特征在于,包括载波环和码环,其中,

载波环中包括载波环跟踪辅助模块,其中,所述载波环跟踪辅助模块用于去除所述 GNSS 接收机动态对所述载波环的影响,提高所述载波环的动态跟踪性能,消除环路带宽与动态应力之间的矛盾;以及

码环中包括码环跟踪辅助模块,其中,所述码环跟踪辅助模块用于提高码跟踪精度的同时,通过 Kalman 滤波器校正的惯导速度信息及对应的伪距率信息与低通滤波器输出量相加,产生驱动信号,所述驱动信号控制预测的信号延迟,使所述码环仅跟踪剩余的惯导辅助误差,提高环路动态特性。

2. 根据权利要求 1 所述的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,其特征在于,所述载波环包括:

第一相干积分器和第二相干积分器,所述第一相干积分器和第二相干积分器分别设在同相 I 支路和正交 Q 支路上,所述第一相干积分器和第二相干积分器的输入端与数字中频信号源以及码 NCO 相连;

载波环鉴相器,所述载波环鉴相器的输入端分别与所述第一相干积分器和第二相干积分器的输出端相连;

多通道滤波器,所述多通道滤波器的输入端与所述载波环鉴相器的输出端相连,所述多通道滤波器输出相位误差 ΔP 和频率误差 Δf ;

载波 NCO;

所述载波环辅助控制模块,所述载波环辅助控制模块包括 Kalman 滤波器、MIMU 和频率估计模块,其中:

所述 Kalman 滤波器的输入端与所述多通道滤波器的输出端相连,接收来自多通道滤波器的所述 ΔP 和 Δf ,并处理得到速度误差 δv ;

所述频率估计模块将所述 Kalman 滤波器提供的 δv 变为相位控制字然后发送给所述载波 NCO,以使所述载波 NCO 在相位控制字的作用下跟踪信号并得到第一伪距率 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和第一伪距 ρ_{GNSS} ;

所述 MIMU 从所述 Kalman 滤波器的状态估计中得到第二伪距率 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和第二伪距 ρ_{MIMU} ,所述 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和 ρ_{MIMU} 和载波 NCO 提供的 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和 ρ_{GNSS} 经过减法器后,得到伪距率误差 $\delta \dot{\rho}$ 和伪距误差 $\delta \rho$ 再回传给所述 Kalman 滤波器作观测信息。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的 GNSS 接收机,其特征在于,所述码环包括:

I/Q 相关器及所述码 NCO,所述码 NCO 产生本地复制信号,进入所述 I/Q 相关器一起剥离码信号;

码环鉴相器,所述码环鉴相器的输入端与所述 I/Q 相关器的输出端相连,接收超前支路、即时支路和滞后支路三路信息后,经过鉴相操作得到相位误差 ΔP ;

环路滤波器,所述环路滤波器的输入端与所述码环鉴相器的输出端相连,所述环路滤波器将鉴相结果中的噪声滤除掉;

所述码环辅助控制模块,所述码环辅助控制模块包括 Kalman 滤波器、MIMU 和速率转换模块,其中:

所述 Kalman 滤波器,所述 Kalman 滤波器接收来自所述码 NCO 的第一伪距率 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和第一伪距 ρ_{GNSS} ,并向所述码 NCO 输入频率控制字;

所述 MIMU 接收来自所述 Kalman 滤波器的速度误差 δv 和位置误差 δP ,并向所述 Kalman 滤波器输入第二伪距率 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和第二伪距 ρ_{MIMU} ,所述 MIMU 通过捷联计算后输出最终速度 V 和最终位置 P 的导航信息;

所述速率转换模块,所述 MIMU 输出的最终速度 V 和最终位置 P 与卫星历数据的时间信息、所述码 NCO 提供的基准值一起经过加法器后输入所述速率转换模块,所述速率转换模块的输出值辅助所述码 NCO。

4. 如权利要求 1-3 任一项所述的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,其特征在于,通过外部 MIMU 信息与载波 NCO 输出伪距率一起通过 Kalman 滤波器的输出量来去除掉载波环所承受的动态应力,保证载波环在恶劣环境中组合系统依旧可靠。

5. 如权利要求 1-4 任一项所述的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,其特征在于,外部 MIMU 信息为所述码环提供了辅助信息,保证码环正常工作输出伪距量测信息,避免因载波环失锁而导致组合系统性能下降。

6. 如权利要求 1-5 任一项所述的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,其特征在于,所述载波 NCO 和码 NCO 结合外部 MIMU 信息经过 Kalman 滤波器同时辅助载波跟踪环和码跟踪环提高系统鲁棒性。

具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块

技术领域

[0001] 本发明涉及信号接收和处理技术领域,特别涉及一种具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块。

背景技术

[0002] 全球导航卫星系统 (GNSS, Global Navigation Satellite System) 是一种以卫星为基础的无线电导航系统,它包括卫星星座、地面监控系统及用户终端设备,能为陆、海、空的各类载体提供全天候、不间断、高精度、实时导航定位服务。GNSS 的导航误差不随时间积累,但 GNSS 数据更新率低,在低信噪比和高动态环境下会引起频率和相位跟踪误差的振荡。而捷联惯导能承受更高动态应力,短时性好、不受干扰。为实现各导航子系统优势互补,获得高精度、高抗干扰性能的导航系统,从底层硬件对各系统进行超紧组合成为研究热点。

[0003] 现有的超紧组合的 GNSS 接收机通常融合程度不佳,未能达到全局最优化。在高动态恶劣环境下,卫星导航、惯性导航或常规伪距层面的组合导航不能很好兼顾高动态、信噪比低。

发明内容

[0004] 本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的融合程度不佳、未能达到全局最优化的技术问题之一。为此,本发明的目的在于提出一种融合程度好、能够实现全局最优的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块。

[0005] 有鉴于此,根据本发明实施例的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,包括载波环和码环,其中,载波环中包括载波环跟踪辅助模块,其中,所述载波环跟踪辅助模块用于去除所述 GNSS 接收机动态对所述载波环的影响,提高所述载波环的动态跟踪性能,消除环路带宽与动态应力之间的矛盾;以及码环中包括码环跟踪辅助模块,其中,所述码环跟踪辅助模块用于提高码跟踪精度的同时,通过 Kalman 滤波器校正的惯导速度信息及对应的伪距率信息与低通滤波器输出量相加,产生驱动信号,所述驱动信号控制预测的信号延迟,使所述码环仅跟踪剩余的惯导辅助误差,提高环路动态特性。

[0006] 根据本发明实施例的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块不需要进行信号跟踪,采用卫星接收机每个信号通道输出环路跟踪结果与 MIMU 部分估计伪距 ρ_{SINS} 和伪距率 $\dot{\rho}_{SINS}$ 作为观测信息,预测组合系统的姿态、速度、位置等导航信息。通过读取相关器层面的同相/正交信息与 SINS 信息统一融合,消除动态应力减小跟踪环路滤波带宽降低环路测量噪声,提高信噪比实现全局最优。

[0007] 另外,根据本发明上述实施例的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,还可以具有如下附加的技术特征:

[0008] 根据本发明的一个实施例,所述载波环包括:第一相干积分器和第二相干积分器,所述第一相干积分器和第二相干积分器分别设在同相 I 支路和正交 Q 支路上,所述第一相干积分器和第二相干积分器的输入端与数字中频信号源以及码 NCO 相连;载波环鉴相器,

所述载波环鉴相器的输入端分别与所述第一相干积分器和第二相干积分器的输出端相连；多通道滤波器，所述多通道滤波器的输入端与所述载波环鉴相器的输出端相连，所述多通道滤波器输出相位误差 ΔP 和频率误差 Δf ；载波 NCO；所述载波环辅助控制模块，所述载波环辅助控制模块包括 Kalman 滤波器、MIMU 和频率估计模块，其中：所述 Kalman 滤波器的输入端与所述多通道滤波器的输出端相连，接收来自多通道滤波器的所述 ΔP 和 Δf ，并处理得到速度误差 δv ；所述频率估计模块将所述 Kalman 滤波器提供的 δv 变为相位控制字然后发送给所述载波 NCO，以使所述载波 NCO 在相位控制字的作用下跟踪信号并得到第一伪距率 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和第一伪距 ρ_{GNSS} ；所述 MIMU 从所述 Kalman 滤波器的状态估计中得到第二伪距率 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和第二伪距 ρ_{MIMU} ，所述 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和 ρ_{MIMU} 和载波 NCO 提供的 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和 ρ_{GNSS} 经过减法器后，得到伪距率误差 $\delta\dot{\rho}$ 和伪距误差 $\delta\rho$ 再回传给所述 Kalman 滤波器作观测信息。

[0009] 根据本发明的一个实施例，所述码环包括：I/Q 相关器及所述码 NCO，所述码 NCO 产生本地复制信号，进入所述 I/Q 相关器一起剥离码信号；码环鉴相器，所述码环鉴相器的输入端与所述 I/Q 相关器的输出端相连，接收超前支路、即时支路和滞后支路三路信息后，经过鉴相操作得到相位误差 ΔP ；环路滤波器，所述环路滤波器的输入端与所述码环鉴相器的输出端相连，所述环路滤波器将鉴相结果中的噪声滤除掉；所述码环辅助控制模块，所述码环辅助控制模块包括 Kalman 滤波器、MIMU 和速率转换模块，其中：所述 Kalman 滤波器，所述 Kalman 滤波器接收来自所述码 NCO 的第一伪距率 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和第一伪距 ρ_{GNSS} ，并向所述码 NCO 输入频率控制字；所述 MIMU 接收来自所述 Kalman 滤波器的速度误差 δv 和位置误差 δP ，并向所述 Kalman 滤波器输入第二伪距率 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和第二伪距 ρ_{MIMU} ，所述 MIMU 通过捷联计算后输出最终速度 V 和最终位置 P 的导航信息；所述速率转换模块，所述 MIMU 输出的最终速度 V 和最终位置 P 与卫星星历数据的时间信息、所述码 NCO 提供的基准值一起经过加法器后输入所述速率转换模块，所述速率转换模块的输出值辅助所述码 NCO。

[0010] 根据本发明的一个实施例，通过外部 MIMU 信息与载波 NCO 输出伪距率一起通过 Kalman 滤波器的输出量来去除掉载波环所承受的动态应力，保证载波环在恶劣环境中组合系统依旧可靠。

[0011] 根据本发明的一个实施例，外部 MIMU 信息为所述码环提供了辅助信息，保证码环正常工作输出伪距量测信息，避免因载波环失锁而导致组合系统性能下降。

[0012] 根据本发明的一个实施例，所述载波 NCO 和码 NCO 结合外部 MIMU 信息经过 Kalman 滤波器同时辅助载波跟踪环和码跟踪环提高系统鲁棒性。

附图说明

[0013] 图 1 是本发明实施例的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块的载波环的示意图。

[0014] 图 2 是本发明实施例的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块的码环的示意图。

具体实施方式

[0015] 下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终

相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0016] 本发明实施例的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,包括载波环和码环。其中,载波环中包括载波环跟踪辅助模块,其中,载波环跟踪辅助模块用于去除 GNSS 接收机动态对载波环的影响,提高载波环的动态跟踪性能,消除环路带宽与动态应力之间的矛盾。码环中包括码环跟踪辅助模块,其中,码环跟踪辅助模块用于在减小相关时间间隔、提高码跟踪进度的同时,通过 Kalman 滤波器校正的惯导速度信息及对应的伪距率信息与低通滤波器输出量相加,产生驱动信号,驱动信号控制预测的信号延迟,使码环仅跟踪剩余的惯导辅助误差,提高环路动态特性。

[0017] 根据本发明的一个实施例,具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块的载波环如图 1 所示。该载波环包括:第一相干积分器 102A、第二相干积分器 102B、载波环鉴相器 103、多通道滤波器 104、载波 NCO105 以及载波环辅助控制模块。第一相干积分器 102A 和第二相干积分器 102B 分别设在同相 I 支路和正交 Q 支路上,第一相干积分器 102A 和第二相干积分器 102B 的输入端与数字中频信号源以及码 NCO101 相连。载波环鉴相器 103 的输入端分别与第一相干积分器 102A 和第二相干积分器 102B 的输出端相连。多通道滤波器 104 的输入端与载波环鉴相器的输出端相连。多通道滤波器 104 输出相位误差 ΔP 和频率误差 Δf 。其中载波环辅助控制模块具体包括 Kalman 滤波器 106、MIMU(MEMS Inertial Measurement Unit)107 和频率估计模块 108。Kalman 滤波器 106 的输入端与多通道滤波器 104 的输出端相连,接收来自多通道滤波器 104 的 ΔP 和 Δf ,并处理得到速度误差 δv 。频率估计模块 108 将 Kalman 滤波器提供的 δv 变为相位控制字然后发送给载波 NCO105,以使载波 NCO 在相位控制字的作用下跟踪信号并得到第一伪距率 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和第一伪距 ρ_{GNSS} 。MIMU107 从 Kalman 滤波器 106 的状态估计中得到第二伪距率 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和第二伪距 ρ_{MIMU} 。第二伪距率 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和第二伪距 ρ_{MIMU} 和载波 NCO 提供的第一伪距率 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和第一伪距 ρ_{GNSS} 经过减法器后,得到伪距率误差 $\delta\dot{\rho}$ 和伪距误差 $\delta\rho$ 再回传给 Kalman 滤波器 106 作观测信息。

[0018] 根据本发明的一个实施例,具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块的码环如图 2 所示。该码环包括:I/Q 相关器 109 及码 NCO101、码环鉴相器 110、环路滤波器 111 以及码环辅助控制模块。码 NCO101 产生本地复制信号,进入 I/Q 相关器 109 一起剥离码信号。码环鉴相器 110 的输入端与 I/Q 相关器 109 的输出端相连,接收超前支路、即时支路和滞后支路三路信息后,经过鉴相操作得到相位误差 ΔP 。环路滤波器 111 的输入端与码环鉴相器 110 的输出端相连,环路滤波器 111 将鉴相结果中的噪声滤除掉。码环辅助控制模块具体包括 Kalman 滤波器 106、MIMU107 和速率转换模块 112。Kalman 滤波器 106 接收来自码 NCO101 的第一伪距率 $\dot{\rho}_{GNSS}$ 和第一伪距 ρ_{GNSS} ,并向码 NCO101 输入频率控制字。MIMU107 接收来自 Kalman 滤波器 106 的速度误差 δv 和位置误差 δP ,并向 Kalman 滤波器 106 输入第二伪距率 $\dot{\rho}_{MIMU}$ 和第二伪距 ρ_{MIMU} 。MIMU107 通过捷联计算后输出最终速度 V 和最终位置 P 的导航信息。MIMU107 输出的最终速度 V 和最终位置 P 与卫星星历数据的时间信息、码 NCO101 提供的基准值一起经过加法器后输入速率转换模块 112,速率转换模块 112 的输出值辅助码 NCO101。

[0019] 综上所述,本发明具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块与传统组合不同,不

需要进行信号跟踪。本发明的 GNSS 接收机采用卫星接收机每个信号通道输出环路跟踪结果与 MIMU 部分估计伪距 ρ_{SINS} 和伪距率 $\dot{\rho}_{SINS}$ 作为观测信息,预测组合系统的姿态、速度、位置等导航信息。通过读取相关器层面的同相 / 正交信息与 SINS 信息统一融合,消除动态应力减小跟踪环路滤波带宽降低环路测量噪声,提高信噪比实现全局最优。

[0020] 根据本发明的一个实施例,通过外部 MIMU 信息与载波 NCO 输出伪距率一起通过 Kalman 滤波器的输出量来去除掉载波环所承受的动态应力,保证载波环在恶劣环境中组合系统依旧可靠。

[0021] 根据本发明的一个实施例,外部 MIMU 信息为码环提供了辅助信息,保证码环正常工作输出伪距量测信息,避免因载波环失锁而导致组合系统性能下降。

[0022] 根据本发明的一个实施例,载波 NCO 和码 NCO 结合外部 MIMU 信息经过 Kalman 滤波器同时辅助载波跟踪环和码跟踪环提高系统鲁棒性。

[0023] 需要说明的是,前述的载波环跟踪辅助可以采用 20 万 Lut 资源 FPGA 编程实现开放式载波跟踪功能,可被后端处理器读 / 写控制载波频率、相位,设置相干 / 非相干长度等功能;前述码跟踪环辅助可以采用 20 万 Lut 资源 FPGA 编程实现码跟踪功能,后端处理器上运行的 Kalman 滤波程序可通过可编程接口读写码环 NCO,实现对码跟踪环路的相位控制和读取。

[0024] 本发明实施例的具有环路辅助的 GNSS 接收机基带处理模块,能够使接收机跟踪环路工作在高动态应力和环路窄带宽状态,抑制进入环路的噪声功率。本发明采用外部惯性导航信息与卫星接收机跟踪环路 NCO、卫星星历得到载波多普勒频移,注入硬件层面的跟踪环路发生器 NCO 消除动态应力同时缩减接收机跟踪环路带宽,抑制进入环路的噪声功率提高系统精度。

[0025] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0026] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0027] 流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为,表示包括一个或更多个用于实现特定逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分,并且本发明的优选实施方式的范围包括另外的实现,其中可以不按所示出或讨论的顺序,包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序,来执行功能,这应被本发明的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

[0028] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任

一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

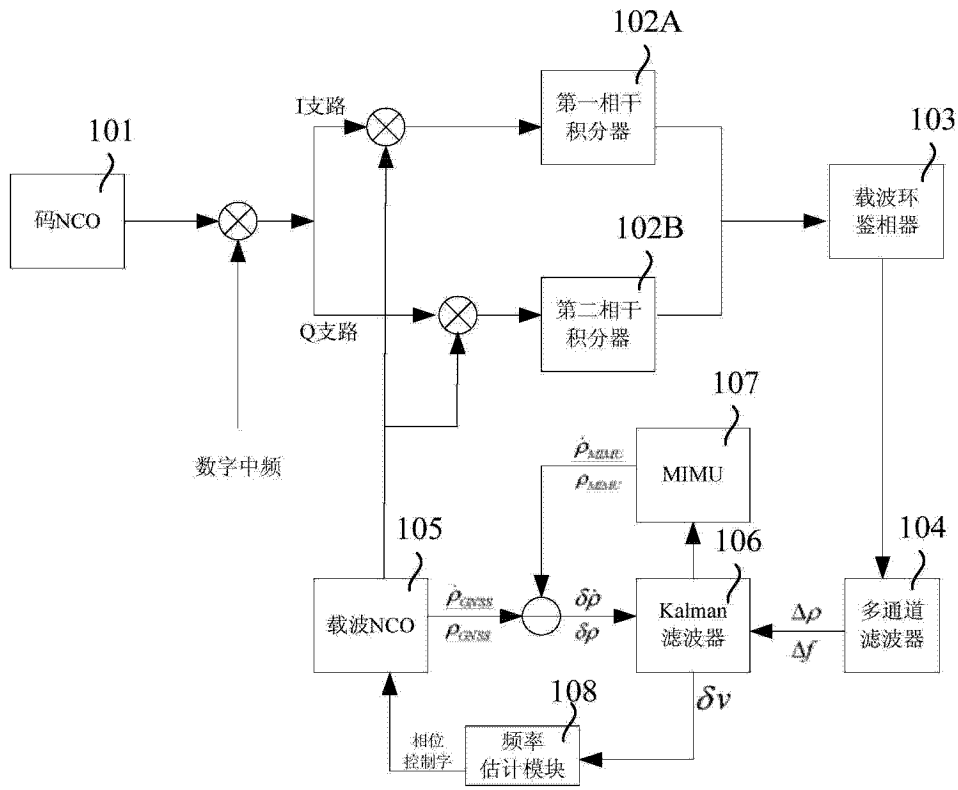


图 1

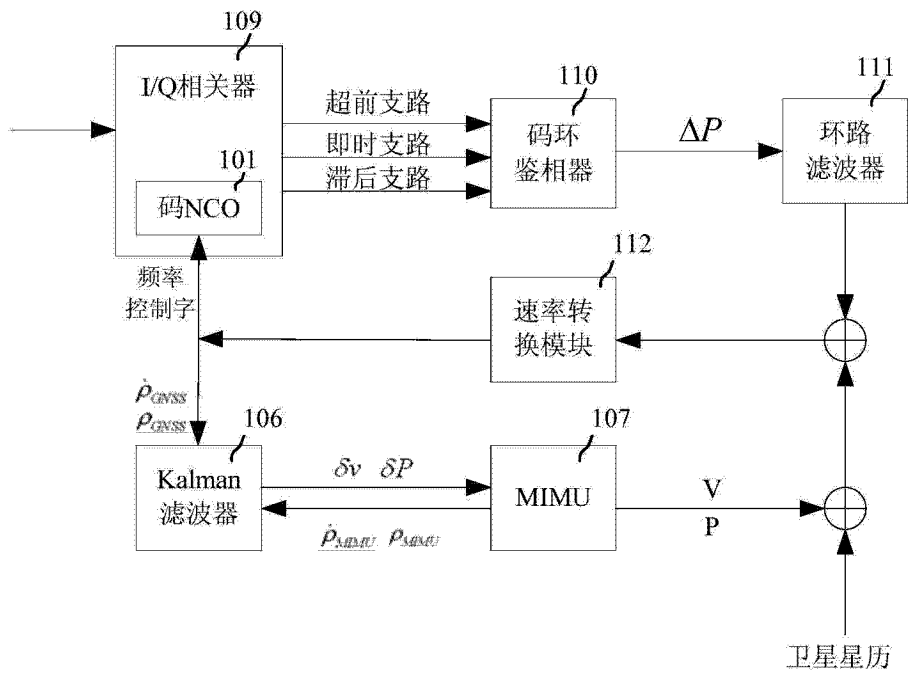


图 2